

平成11年度

新エネルギー・産業技術総合開発機構研究受託成果報告書

新規産業支援型国際標準開発事業

「色再現管理 (カラーマネージメント) の標準化」

平成12年3月

NEDOBIS

T98060

NEDO 図書・資料室



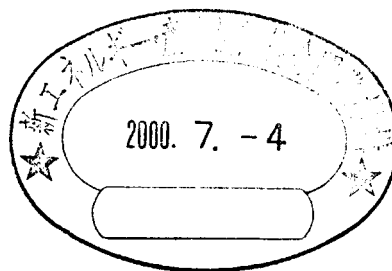
010015196-8

財団法人 日本規格協会
財団法人 新映像産業推進センター

平成11年度

新エネルギー・産業技術総合開発機構研究受託成果報告書

新規産業支援型国際標準開発事業 「色再現管理（カラーマネージメント）の標準化」



平成12年3月

（財）日本規格協会

（財）新映像産業推進センター

開発項目「色再現管理（カラーマネージメント）の標準化」

要旨

「色再現管理の標準化」の目的は、マルチメディア出力機器における色再現のバラツキを無くすため規格を作成し、最も標準化を必要としている色再現管理の課題にて、国際標準化を実現することである。

現在、個別の画像・映像入力や出力機器の特性の差に起因する色再現のばらつきを是正するために、「入出力機器非依存」色情報取得・再現法の国際標準化が進められている。

さらに、色再現領域を効率的に拡張する手法が望まれており、又、色再現領域が限定されている場合でも、心理的に適切な色の再現法（色の見え）を如何にすべきかという手法の確立も望まれている。

本研究開発は、これらの要求に応えるべく、ハードウェアとしての色彩情報機器及びその特性を決めるソフトウェアを含めた標準案の作成、それに基づく国際標準案の取り纏めを目的とするものであり、平成11年度の標準化対象を平成10年度に引き続き、以下のよう設定し研究を行った。なお、(4)は本年度新設したものである。

(1) 入出力機器における色彩制御の標準化

カラープリンタに焦点を絞り、周囲温度や湿度などの環境条件による特性依存性を求め、それをICCプロファイルに盛り込むためのプロファイル拡張を行った。

(2) マルチスペクトラムカラー画像の記述形式の標準化

蛍光インキの分光特性を求めることおよび蛍光インキで現される色表現法をまとめることを目標として実施した。この結果、照明光源の種類、照明のレベルおよび照明の幾何学条件に依存する非線形特性を有することを明確にした。

(3) 心理的色再現の標準化

被験者実験を拡大し、肌色評価用標準画像が統計的に確度の高いものとして認知されるよう検討を進めた。従来から行われている一対比較法が被験者の負荷が重くまた時間がかかることから、改良案として順位法を提案し、両者の比較を行った。この結果、より簡便でしかも有効な順位法を確立した。

(4) 国際規格案審議

ISO 17321 (Graphic Technology and Photography- Colour characterization of digital still camera (DSCs) using colour targets and spectral illumination) 標準化作業 (WD) で審議中の電子スチールカメラ色彩特性測定法およびその中で提案されている色空間 ISO RGB について検討し、日本の関連業界の意見を反映した。

重要語

色再現、ICCプロファイル、蛍光インキ、心理的色再現、ISO 17321

Report on Research Commissioned by the New Energy and Industrial Technology
Development Organization in Fiscal 1999

Development Target: Standardization of Color Management

Abstract

The purpose of standardizing color management is to develop standards for eliminating variation in color reproduction via multimedia output devices, and establish an international standard for color management, an issue of primary importance.

Today, international standardization of I/O equipment-independent color information acquisition and color reproduction methods is underway to eliminate variations in color reproduction due to differences in characteristics between individual image input and output equipment.

Further, demand for a scheme that allows efficient expansion of a color reproduction region is rising. Also, even when the color reproduction region is limited, establishment of a scheme that defines and so makes reproducible psychological reaction to colors (how colors should be perceived) is desirable.

The objectives of this research and development project were (1) to develop a proposal for standardization, including that for hardware (color information equipment) and for the software that determines the characteristics of the hardware, and (2) to bring together proposals for international standardization, thus meeting the above-stated goals. To do this, we have set four targets for fiscal 1999, three of which were previously set in fiscal 1998, while the remaining one (No.4) is a new target.

(1) Standardization of color control for I/O equipment

We focused on color printers and determined the characteristic dependency under

various ambient temperatures and humidities to expand the ICC profile, thus incorporating the obtained dependency into the profile.

(2) Standardization of multi-spectrum color image description format

This target was set to obtain the spectral characteristics of fluorescent ink and to bring together methods to describe colors that can be represented by fluorescent ink. As a result, we found that fluorescent ink has non-linear spectral characteristics that are dependent on the type of light source, light intensity, and the geometric conditions of illumination.

(3) Standardization of psychological color reproduction

We expanded the scope of our experimental efforts to ensure statistical accuracy of the standard image for flesh tone evaluation. Because the traditional method of single-pair comparison is both excessively burdensome to subjects and time consuming, we proposed a sequence method and compared the results obtained with these two methods. We found that the latter is easier to implement and more effective.

(4) Discussions of proposed international standards

We reviewed the method of electronic still camera color characteristics measurement that is currently under discussion for ISO 17321, "Graphic Technology and Photography - Color Characterization of Digital Still Camera (DSCs) using Color Targets and Spectral Illumination" (WD), and the color-space ISO RGB proposed in the above color characteristics measurement method. We reflected opinions and suggestions from related Japanese industries into the standards.

Important terminology:

Color reproduction, ICC profile, fluorescent ink, psychological color reproduction, ISO 17321

目次

1. はじめに	1
1. 1 背景と目的	1
1. 2 研究成果の概要	2
1. 2. 1 入出力機器における色彩制御の標準化	2
1. 2. 2 マルチパ°外ラムカラー画像の記述形式の標準化	3
1. 2. 3 心理的色再現の標準化	3
1. 2. 4 国際規格案審議	3
2. 要約表	4
3. 研究開発実施計画	6
3. 1 研究実施事項及び手法・手段・機械装置	6
3. 1. 1 入出力機器における色彩制御の標準化	6
3. 1. 2 マルチパ°外ラムカラー画像の記述形式の標準化	8
3. 1. 3 心理的色再現の標準化	10
3. 1. 4 国際規格案審議	12
3. 2 研究場所	14
4. 研究開発体制	15
5. 委員会	16
5. 1 色再現管理（カラーマネージメント）標準開発委員会	16
5. 2 分科会	17
5. 2. 1 入出力機器分科会（入出力機器における色彩制御の標準化を担当）	17
5. 2. 2 多色表示分科会（マルチパ°外ラムカラー画像の記述形式の標準化を担当）	17
5. 2. 3 心理的色再現分科会（心理的色再現の標準化を担当）	17
5. 2. 4 国際規格案審議分科会（国際規格案の審議を担当）	17
6. 研究開発実施項目	18
6. 1 入出力機器における色彩制御の標準化	18
6. 1. 1 平成10年度の成果	18
6. 1. 2 ICCプロファイルフォーマット拡張方式の検討	18

6. 1. 3	マルチバンド色再現システムの標準化に関する検討	37
6. 2	マルチカメラ画像の記述形式の標準化	50
6. 2. 1	平成10年度の成果	50
6. 2. 2	印刷用蛍光インキ	50
6. 2. 3	蛍光物質に関する文献概要	53
6. 2. 4	分光器による蛍光測定法	54
6. 2. 5	実験装置の励起/蛍光スペクトルの補正法	61
6. 2. 6	蛍光インキ	67
6. 2. 7	分光蛍光分布の測定法	83
6. 3	心理的色再現の標準化	87
6. 3. 1	平成10年度の成果	87
6. 3. 2	予備実験	94
6. 3. 3	本実験	111
6. 4	国際規格案審議	131
6. 4. 1	審議の進め方	131
6. 4. 2	審議・検討内容	131

7. 結論

7. 1	入出力機器における色彩制御の標準化	140
7. 1. 1	得られた成果	140
7. 1. 2	国際標準化へのアプローチ	140
7. 2	マルチカメラ画像の記述形式の標準化	141
7. 2. 1	得られた成果	141
7. 2. 2	国際標準化へのアプローチ	142
7. 3	心理的色再現の標準化	142
7. 3. 1	結果	142
7. 3. 2	今後の課題	142
7. 3. 3	国際標準化へのアプローチ	143
7. 4	国際規格案審議	143

8. おわりに

8. 1	入出力機器における色彩制御の標準化	144
8. 2	マルチカメラ画像の記述形式の標準化	145
8. 3	心理的色再現の標準化	145
8. 4	国際規格案審議	145

9. 参考文献	146
9. 1 入出力機器における色彩制御の標準化	146
9. 2 マルチパレットカラー画像の記述形式の標準化	146
9. 3 心理的色再現の標準化	147
9. 4 国際規格案審議	147
10. 付録	148
10. 1 海外調査	148
10. 1. 1 ISO/TC130	148
10. 1. 2 ISO/TC42	150
10. 1. 3 ISO 17321	151
10. 1. 4 Siggraph	153
10. 1. 5 IFA	155
10. 1. 6 COMDEX	157
10. 1. 7 CIC	159
10. 1. 8 ISO TC42/JWG20	161
10. 1. 9 ISO/TC42	164
10. 1. 10 Electronic Imaging 2000	166
10. 1. 11 Imagina 2000	169
10. 1. 12 SPIE	172
10. 1. 13 ECMA	174
10. 1. 14 PICS2000	176
10. 1. 15 PICS2000	178
10. 1. 16 ISO	180
10. 1. 17 PICS2000 動向調査	183
10. 2 議事録	185
10. 2. 1 色再現管理(カラーマネジメント) 標準開発委員会	185
10. 2. 2 入出力機器における色彩制御の標準化/入出力機器分科会	189
10. 2. 3 マルチパレットカラー画像の記述形式の標準化/多色表示分科会	195
10. 2. 4 心理的色再現の標準化/心理的色再現分科会	201
10. 2. 5 国際企画案の審議/国際規格案審議分科会	208
10. 3 講演会	215
10. 3. 1 米国マイケルストークス(マイクロソフト社) 講演会	215
10. 4 研究開発実施項目関連	219

10.4.1	入出力機器における色彩制御の標準化／入出力機器分科会	219
10.4.2	マルチペクタムカラー画像の記述形式の標準化／多色表示分科会	230
10.4.3	心理的色再現の標準化／心理的色再現分科会	231
10.4.4	国際規格案審議分科会	236
10.5	各分科会に於ける国際規格案	310
10.5.1	入出力機器における色彩制御の標準化／入出力機器分科会	310
10.5.2	マルチペクタムカラー画像の記述形式の標準化／多色表示分科会	312
10.5.3	心理的色再現の標準化／心理的色再現分科会	314
10.5.4	国際規格案審議分科会	316

1. はじめに

1. 1 背景と目的

平成 10 年度から 3 年計画で開始した「色再現管理の標準化」事業の目的は、色再現に係る種々の課題の中から、現在及び近い将来に最も標準化を必要としている重要課題を提案し色再現のための規格を作成して、国際標準化を実現することである。

現在、個別の画像・映像入力や出力機器の特性の差に起因する色再現のばらつきを是正するために、心理物理的色表現 CIE 1931 XYZ 表色系を基礎とした ITU-R Rec.709-3 に準拠するカラーマネジメント国際標準 IEC 61966-2-1、暗黙の RGB 色空間 (sRGB) や、ICC プロファイルフォーマットなどに基づいて、「入出力機器非依存」色情報取得・再現法の国際標準化が進められている。特に、IEC/TC 100 (マルチメディアシステム及び機器) においては、従来の SC(技術分科会)の代わりに、国際標準化においてより強力で機動的に産業界の要求に対応できる TA(技術領域)制度を導入し、TC 100/TA 2 においてはインターネットなどマルチメディア環境下における色再現管理 (カラーマネジメント) に関する国際標準化を迅速に進めている。CRT や LCD 利用表示装置については、それぞれ IEC 61966-3, IEC 61966-4 が判定された (2000 年 3 月)。さらに、TA2 では高精彩マルチメディア色彩環境を国際標準化すべく、ICC プロファイルフォーマットと sRGB のギャップを埋める拡張 RGB 色空間の審議も行われている。

一方、ISO/TC 42 (写真) や ISO/TC 130 (印刷) の分野では、より高度な色情報取得・再現の要求があり、これに基づいて業界ごとの国際標準化が活発である。これらの分野では、個々の色彩情報入出力機器の色表示空間への対応は個別に定めなければならない、また、従来から採用されている三原色に基づく色再現領域は、人間の色覚領域を全てカバーすることができないなどの問題意識を持っている。このため、色再現領域を効率的に拡張する手法が望まれており、さらに、色再現領域が限定されている場合でも、心理的に適切な色の再現法 (色の見え) を如何にすべきかという手法の確立も望まれている。

本研究開発は、これらの要求に応えるべく、ハードウェアとしての色彩情報機器及びその特性を決めるソフトウェアを含めた標準案の作成、それに基づく国際標準案の取り纏めを目的とするものであり、平成 11 年度の標準化対象を平成 10 年度に引き続き、以下のよう

- (1) 入出力機器における色彩制御の標準化
- (2) マルチスペクトラムカラー画像の記述形式の標準化
- (3) 心理的色再現の標準化
- (4) 国際規格案審議

これらの対象とその目的を達成するために、入出力機器分科会、多色表示分科会、心理

色再現分科会、国際規格案審議分科会をそれぞれ設置し研究開発を実施した。各分科会の成果は本報告書の各章で詳細を報告することとし、ここではその概要を示す。

1. 2 研究成果の概要

1. 2. 1 入出力機器における色彩制御の標準化

平成 10 年度は、色彩情報機器としてカラスキャナ、カラープリンタ、カラー画像表示装置の現状を調査し、典型的な機器の色彩特性の測定を実施した。

平成 11 年度は、カラープリンタに焦点を絞り、周囲温度や湿度などの環境条件による特性依存性を求め、それを ICC プロファイルに盛り込むためのプロファイル拡張を行った。しかし、ICC プロファイルの考え方に対する知的所有権の主張があり、国際標準化になじまないことが指摘されており、今後この問題を解決する必要がある。

なお、入出力機器の所定の環境条件下での測定法については、CRT 及び LCD については IEC 61966-3、IEC 61966-4 が出版され、PDP(FDIS)、デジタルカメラ(FDIS)、カラスキャナ(CDV)などの国際標準化が IEC/TC 100 で進行中であるので、これとの協力が有効である。

1. 2. 2 マルチスペクトラムカラー画像の記述形式の標準化

多色表示分科会で研究開発を実施した。業務印刷を対象として、従来の YMCK インキを用いた色彩画像の印刷による色再現範囲の拡大には、蛍光物質を混合した蛍光インキを併用することが有効であることに着目した。平成 10 年度は、蛍光物質の光学特性、つまり蛍光色の基礎的な測定を行い、蛍光物体色の測定法 JIS の技術的な内容を検証すると同時に新しい知見を得た。

平成 11 年度は、蛍光インキの分光特性を求めることおよび蛍光インキで現される色表現法をまとめることを目標として実施した。この結果、照明光源の種類、照明のレベルおよび照明の幾何学条件に依存する非線形特性を有することを明確にした。本年度の成果としては、代表的な蛍光インキを用いた色票の必要性を確認できたことである。これは、蛍光インキを使った印刷物の評価となるものである。蛍光物体色の測定法は今後とも重要な分野であるので、引き続いた検討が必要である。

又、最終目標である「画像の記述形式」との関連性も検討する必要がある。

1. 2. 3 心理的色再現の標準化

平成 10 年度は主題に対するサブテーマとして、写真印画紙上の好ましい肌色に絞り、人間の肌色の快適な再現に関する標準化の方策を探るため、黄色人種（日本人）、白色人種、黒色人種の「モデル」を選定し、複数の部位の分光反射率を測定した。また、基準画像を、画像デジタルデータに基づいて写真印画紙上に実現し、これに変調を加えて作成した画像とともに、被験者を用いて官能検査により好ましい肌色画像を選択させた。これによって得た肌色評価用標準画像を使用して被験者実験及び実験データの解析方法を確立し、黄色人種の好ましい肌色標準値を得ることができた。

平成 11 年度は、これを発展として、被験者実験と対象を拡大し、肌色評価用標準画像が統計的に確度の高いものとして認知されるよう検討を進めた。すなわち、従来から行われている一対比較法が被験者の負荷が重くまた時間がかかることから、改良案として順位法を提案し、両者の比較を行った。この結果、より簡便でしかも有効な順位法を確立した。順位法の国際提案については、提案先の検討が残っている。

1. 2. 4 国際規格案審議

1999 年 12 月に正式に設置された ISO TC42-TC130 JWG20 に移された ISO 17321 (Graphic Technology and Photography- Colour characterization of digital still camera (DSCs) using colour targets and spectral illumination)標準化作業で審議中の電子スチールカメラ色彩特性測定法およびその中で提案されている色空間 ISO RGB の内容を検討した。

この結果、審議文書のいくつかの問題点を明らかにし、それを JWG20 活動に反映した。すなわち、IEC/TC 100 におけるデジタルカメラ色彩特性測定法(IEC/FDIS 61966-9)で標準化中の分光感度測定を引用すること、ISO RGB については線形のもののみにすること等で、日本の関連業界の意見を反映する努力をした。今後も引き続き同様の活動が必要である。

2. 要約表

新規産業支援型国際標準開発（継続）『色再現管理（カラーマネージメント）の標準化』要約表

2. 1 研究開発の目的

映像入出力機器の特性の差に起因する色再現のばらつきを是正するために、「機器非依存」色表示法が標準化され、それに基づいて、ISO/TC42、TC130、IEC/TC100 において色再現管理（カラーマネージメント）に関する標準化が進められている。

しかし、色再現のばらつき補正は、画一的な手法に基づくものでは不十分であり、個々の入出力機器の色表示空間への対応を、個別に定めることが重要である。また、三原色で扱われる色再現領域は人間の色認識領域を全てカバーできないため、この色再現領域を効率的に拡張する手法が望まれており、更に、色再現領域が限定されている場合に、心理的に適切な色の再現を如何にすべきかという手法の確立も望まれている。

本研究開発は、これらの要求に応えるべく、ハードウェア、ソフトウェアの標準の提示、あるいは手法の標準化を提示し、適切な標準化機関に国際標準化案として提案することを目的とする。

2. 2 体制

カラーマネージメント標準開発委員会 委員長) 池田宏明 委員)①②③④分科会主査及び研究員

- ① 入出力機器分科会 主査)大山永昭 研究員)大川元一/浜田長晴 委員) 西子雅美 久野徹也 鍛田直樹
鈴木祥司 北村好徳 大根田章吾 大澤健郎 和田徹
- ② 多色表示分科会 主査)三品博達 研究員)大川元一/工藤芳明 委員) 金重義宏 加藤直哉 斎藤雅行 久野徹也 田島穰二 犬塚達基
- ③ 心理的色再現分科会 主査) 中嶋正之 研究員)大川元一/ト部 仁 委員) 西子雅美 諸原雄大 大澤健郎 和田徹 野村昭寛
吉田邦夫 金房邦彦 加藤直哉 野村昭寛 斎藤雅行
- ④ 国際規格案審議分科会主査)星野坦之 研究員)大川元一/杉浦博明 委員) 岡野幸夫 洪 博哲 田島穰二 次田 誠 金森克洋

2. 3 研究開発のスケジュール

実施項目	H10 年度 Key item	H11 年度 Key item	H12 年度 Key item
①入出力機器における色彩制御の標準化	ICC プロファイルによる検討課題の明確化	プリンタの色変動要因の分析による補正法の策定	標準化案の確認と提案先の選定
②多色表示の記述形式の標準化	色域拡大のための基礎検討	蛍光色による色域拡大の確認	蛍光色特定による標準化案の作成
③心理的色再現の標準化	肌色再現評価用画像試作	パネル評価での要因分析	色域処理方法のまとめ
④国際規格案の審議		ISO の JWG で審議中の課題の検討	日本案のまとめと提案

2. 4 本年度（平成11年度）の実施内容と成果

- ①カラープリンターを対象とした試験的プロファイルセットを作成、種々の評価を行った。
- ②特定の蛍光色を使って印刷した資料を作成して分析し、色再現域の拡大効果を確認した。
- ③評価用画像を用いて官能検査を実施し、好みに対する因子の傾向を探った。
- ④JWG20 の編集委員会に参加してスコープについて日本の考えの方向への軌道修正を行った。

○分科会 △海外調査

実施項目	平成 11 年										平成 12 年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
①入出力機器	▲	資料作成				●17	●14	●25	まとめ	●24	報告書	▲●10	
②多色表示		実験準備				▲	●18	評価実験	●16	まとめ	▲●24	報告書	
③心理的色再現		サンプル作成		▲			●21	▲	●10	まとめ	●15	報告書	
④国際規格案					規格の検討		●1		●14	▲	まとめ	●▲13	

2. 5 来年度（最終年度：平成12年度）の取り組み

- ①プロファイル変動要因を抽出し原色の増加を含めてプロファイルの階層的機能拡張を目指し標準化案をまとめる。
- ②色域拡大のための蛍光色を含む原色系の標準色票を作成し、その作成法を含めて国際標準へ提案する準備を行う。
- ③肌色の心理的に快適な色再現の安定かつ再現性の高い評価法を確立し、国際標準として提案する準備を行う。
- ④ISO/JWG20,IEC/TC100/TA2 などの関連会議に出席して、国際提案されている色表示の課題の審議を行い、広く色々な分野で適用可能な色表示方式の標準化を目指す。

実施項目	平成 12 年										平成 13 年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
①入出力機器	△		実験			○	実験		○まとめ	○	△○		
②多色表示			評価実験			△○			○まとめ	△	○	◎	
③心理的色再現			実験	△		○	評価	△	○まとめ	○	◎		
④国際規格案審議		△	検討実験			○		△	○まとめ	○	◎	◎	

◎国際提案

2. 6 国際標準化への展開

- (1) 国際規格の現状：色を表現するための標準色空間としては、CIE 標準の XYZ 表色系がありこの標準色空間への合わせ込みの手法として、機器のプロファイルの規定法が ICC で定められている。またディスプレイでの色再現性向上のために、IEC でデフォルト RGB(sRGB)が標準化され、更に高度な色再現のための Extended RGB color space sRGB64 が提案されている。一方、ISO/JWG20 では、同様な意図の下で ISORGB が提案されており調整が図られようとしている。しかし、現状では、業界毎に独自の色表示法を用いているのが一般的である。
- (2) 本研究開発における国際規格の内容：色再現の対象分野は非常に広く、また、それぞれの特殊事情もあるため全ての分野に共通する色再現管理手法の標準化を提案することは、至難の業である。従って、本研究開発においては、色再現管理に関して、真に必要な分野と、色再現に関する標準化が業界にとって有効である事項に着目しその範囲内での国際規格化を目的とした。具体的には「入出力機器に対するプロファイル作成に関する手法の標準化」、「蛍光色を用いた色再現域拡大の標準化」、「肌色再現法における色管理の標準化」、および「sRGB より高度な色表示空間に関する標準化」を行う。
- (3) 国際標準化へのアプローチ：関連性の高い分野間に異なる規格が適用されることのないよう、ISO/TC42, ISO/TC130,IEC/TC100 の各エキスパートを始めなるべく多岐に亘る分野からの専門家を集めた審議を行うと共に ICC, CIE などの機関に対しても常時委員を送り込み、国際標準化への布石と、同調者の確保を目指す。
- 現時点での提案のスコープ原案は次の通り。

- 1.1. ICC プロファイルの階層的機能拡張。
- 1.2. マルチバンドを用いた色再現範囲の拡張。
- 2.1. 入出力機器の色分解・色表現に関する設計・性能・色再現評価。
- 2.2. 紙をベースにした蛍光色票の作成法。
- 3.1. sRGB デジタルデータとしての、日本人、白人、黒人の3種の標準画像。
- 3.2. 標準画像を用いた主観評価方法。
4. デジタル機器に採用するための、現在の sRGB 色空間を改良した新色空間の提案。

3. 研究開発実施計画

映像入出力機器の特性の差に起因する色再現のばらつきを是正するために、従来より「機器非依存」色表示法が標準化されているが、更にそれに基づいて、ISO/TC42、TC130、およびIEC/TC100において、インターネットなどのマルチメディア環境下における色再現管理（カラーマネージメント）に関する標準化が進められている。

しかし、個々の入出力機器の色表示空間への対応は個別に定められるべきものである。また、三原色で扱われる色再現領域は人間の色認識領域を全てカバーできないため、この色再現領域を効率的に拡張する手法が望まれており、更に、色再現領域が限定されている場合に、心理的に適切な色の再現法を如何にすべきかという手法の確立も望まれている。

本研究開発は、これらの要求に応え、主として絵画などの文化財をデジタル映像として保存する場合に必要なハードウェア、ソフトウェアの標準の提示、あるいは色再現手法の標準化を提示し、これを国際標準案としてとりまとめることを目的とするものである。

3. 1 研究実施事項及び手法・手段・機械装置

3. 1. 1 入出力機器における色彩制御の標準化

(1) 問題点

入力から出力まで一貫して物体固有の色情報を伝達することで、真実に近い確かなデジタルアーカイブが可能である。

この概念に対応可能な、入力システムと、対応する出力システムがない。

(2) 研究ポイント

出力機器としてプリンタをとりあげ、出力の変動要因を検討し、プロファイル法の適用拡張策を研究し、問題点解消に一步でも近づける。

このプロファイル法の拡張法を国際規格化する。

(3) 研究用開発用機械装置

平成10年度に購入した、色再現評価装置評価計、デジタルフォトカメラ、パーソナルコンピュータを使用して検討をすすめる。

その他の被検証入出力機器は手持ち品を使用する。

(4) 平成12年度最終到達目標

プロファイル法の適用拡張策を標準化し、国際提案を行う。

(5) 平成11年度目標

市場の入出力機器の状況を調査すると共に、評価手法を確立する。

色空間変換処理の実状を評価分析し、課題を明確にする。

(6) 詳細

近年のパソコン及びそのカラー関連入出力機器の高性能化、低価格化やインターネットに代表される通信網の普及拡大によって、写真画質のフルカラー画像の入力、編集、加工、配信などが容易にできる環境が整いつつあり、デジタルアーカイブなどの業務用の他にも、一般のオフィスや家庭での個人ベースの高画質カラー画像に対する入出力ニーズが高まっている。このため、デジタル情報としての色情報をオープンなシステム環境のもとで、世界規模で交換・再利用したいという要望が強くなりつつあり、その前提となる色情報のグローバルな交換・再現を正しく行うための手段や手法など、必要な環境整備が重要であることが早くから指摘されている^{1) 2)}。

即ち、デジタル電子情報を前提にしたオープンな映像システムにおいては、対象物を電子信号として取り込む入力段階、映像を電子信号化したものを編集・蓄積・伝送する信号処理段階、電子信号を可視化する出力段階に大別されるが、この3段階を通して観測される対象物の色再現性は満足すべきレベルにないのが実状である。特に、従来の入出力機器では、経済的理由から RGB 又は CMY の 3 バンドによる色空間表現が用いられており、色の再現範囲が不足していることや、色再現性そのものが個々の機器固有の特性に依存して変動することなどが、遠隔地での正確なカラー画像提示が必要とされるような応用の普及進展に対する大きな阻害要因になっている。

このような状況を改善するために、ISO/TC42、TC130、および IEC/TC100 などにおいて、インターネットなどのマルチメディア環境下における色再現管理（カラーマネジメント）に関する標準化が進められつつある³⁾。また、機器非依存型色管理システム（Device-independent Color Management System）として、標準的な色表示フォーマットを定義し、入出力機器の特性をこの標準フォーマットに合わせることで、入力から出力までを通した色表現が機器の特性に因らないようにする手法が提案され、パソコンの基本機能として組み込まれるなど業界標準として普及し始めている⁴⁾。

しかし、このような提案の中では、個別の機器の特性をどのように標準表示法に合わせ込むかは、各機器個別の課題となっており、個々の入出力機器の色表示空間への対応が個別に異なるため、最終的な出力画像の色再現は、依然として入出力機器の特性に依存して変化しているのが現状である。

一方、3 バンドの制約から脱却し、色再現範囲の拡大や精度の向上、異なる観察照明光下での現物に忠実な色再現などを目的に、マルチバンドを用いた色再現システムの研究・開発が急速に進展しつつあるが、このような成果を反映できる国際的な色再現管理規格は、まだ、存在していない。

本分科会は、3 ヶ年計画の最終目的として、標準となる機器と個別の機器固有のプロファイルを提示することにより、個々の機器を標準表示法に合わせ込むための手段や手法の標

準化を提案する事を目指している。

初年度である平成10年度は、まず、その第一段階として、市場に出回っているカラー対応の入出力機器の状況を調査すると共に、代表的なカラー入出力機器を対象にしたケーススタディにより、具体的な評価手法、測定機器、色空間変換処理などの実状を評価分析した。その結果、色再現管理の業界標準として定着しつつある ICC(International Color Consortium)プロファイルをベースに、標準となる機器と個別の機器固有のプロファイルを提示することにより、個々の機器を標準表示法に合わせ込むための拡張的な手段や手法を模索した。そして、色再現の変動要因として、装置の動作環境、装置内部の特性のほかに、ICC モデルに基づくプロファイルデータに依存して発生するものや、入出力に伴う画像信号処理に依存する場合があることなどの課題を明らかにした。これらの解決のためには、さらに、1) 機器の個体差や変動要因にダイナミックに対応できる ICC プロファイルベースの階層的モデル化と拡張プロファイルデータ構造の策定、2) より現物に忠実な色再現のためのマルチバンドスペクトルを用いた高忠実度カラー入出力システム方式の策定などを検討すべきであることを示した 5)。

2 年目である本年度は、昨年度の成果を踏まえ、1) ICC プロファイルをベースにした色再現管理に必要な検討課題をより明確にするため、前年度実施した評価実験をさらに拡充すべく、カラープリンタをケース・スタディに、フィードバックによる具体的な補正方式を策定、評価すること、2) より高忠実な色再現範囲拡大効果が期待できるマルチバンド・カラー・システムの現状及び課題を調査・分析し、その効果を定量的に評価すると同時に、今後、標準化すべき項目を整理すること、などを目的に活動を進めた。

その結果、1) に関しては、入出力機器が持つ色再現に関する変動要因と、現れる色の変動との対応をプロファイル補正表として用意することで、変動要因に基づいて色信号を補正するフィードバック系の実現手法を構築・評価することを試み、カラープリンタをケーススタディにして、そのような考え方が、環境条件(温度、湿度など)に対応する印刷物の色の変動補正に有効なことを確認できた。また、このような機能を、既存の ICC プロファイルをベースにして、その上位階層として実装可能なデータ構造を明確にした。2) に関しては、郵政省「ナチュラルビジョンプロジェクト」などで研究開発中のマルチスペクトルを用いた高忠実度色再現のための画像入出力システム 6) をベースに、標準化推進のために必要な検討課題の抽出を試み、今後、その前提となる基本的な構成要素、データフォーマット、ファイルフォーマットなどを明確にすべきことを示した。

3. 1. 2 マルチバンドカラー画像の記述形式の標準化

(1) 問題点

三原色を基本とした色再現は、再現色域に限界がある。

(2) 研究ポイント

多色表示による色再現域の拡大を研究する。

追加する原色に蛍光色を取り込む。

測色値に与える蛍光象白剤の影響を評価する。

(3) 研究用開発用機械装置

平成10年度購入の**分光蛍光光度計**内で生じる迷光をカットするため、光学フィルターを購入する。

平成10年度購入の**分光蛍光光度計**と**パーソナルコンピュータ**を使用する。

その他は、手持ちの色評価用蛍光ランプ、色見台、放射輝度計を使用する。

(4) 平成12年度最終到達目標

「蛍光インキ測定法」及び「蛍光資材の標準特性」に関連する国際提案を行う。

(5) 平成11年度目標

蛍光インキの特性を求める。

蛍光色インキの色表現法をまとめる。

(6) 詳細

前年度は、蛍光物質の測定法に関する文献調査、蛍光物質の測定を実施するために、選定した分光蛍光光度計と JIS Z 8717-1989 で規定した蛍光物質の測定法との関係を検討した。本実験に使用した装置は 2 分光器の構成を取っているため、励起光波長と蛍光波長とが重複する波長領域において励起光と蛍光発光が同時に測定され、真の分光蛍光ラジアンス・ファクタを求める方法が問題となった。初年度の実験は、そのような重複領域が存在しない試料として印刷用紙、プリンタ用紙、コピー用紙を選定し、それらの用紙に含まれる蛍光増白剤の蛍光特性計測を実施し、それらの紙の白色度を計算した。分光蛍光光度計の測定結果、印刷用紙、各種プリンター用紙に含まれる蛍光増白剤の励起光波長は 360nm～410nm まで、蛍光波長は 430nm～440nm までの間に存在することがわかった。この特性と各種用紙の白色度との対応関係を調べるために、照明光源 A、D50、D65 の照明下における全反射分光ラジアンス・ファクタを分光放射輝度計で測定した。この測定データを基に、ISO 規格と CIE 規格で規定された方法で用紙の白色度を算出した。この時、どちらの基準が適するのかを検討する必要があったが、単に両者の規格に従った値を求めるにとどまった。また、分光放射輝度計の測定データから、A、D50、D65 の照明光源下での用紙の蛍光分光ラジアンス・ファクタを導き出した。以下に、実施した項目を示す。

- (1) 蛍光計測に関する文献調査
- (2) 観察照明光源の分光分布計測
- (3) 各種用紙に含まれる蛍光増白剤の励起波長・蛍光波長を計測
- (4) 各種用紙の分光反射率を計測し、蛍光分光分布を算出
- (5) インキ濃度と蛍光増白効果との関連実験
- (6) 用紙の白色度を算出

分光蛍光光度計の幾何学測定条件が、30° 入射、60° 受光の角度であるために、JIS 規格に規定されている 45° 照明及び 0° 受光又は 0° 照明及び 45° 受光の幾何学的条件に一致していない。そのために、今年度は分光放射輝度計と分光蛍光光度計との間の測定データを比較検討が可能になるよう、測定の幾何学的条件を合わせる簡単な治具を準備した。また、幾つかの蛍光インキに対する変角特性を詳細に求めるために、(株)村上色彩研究所に測定実験を依頼した。商用印刷物に使用されている蛍光インキを計測し、蛍光インキの色再現域を調査すること、蛍光インキの色表示法を検討することを行った。蛍光インキを利用した色表現する方法を示す基準がないために、蛍光色の色域範囲を示す色票を作成することを目標に進めた。その他に分光蛍光光度計（日立製 F-4500）の 2 分光器による測定法の理解と、その測定データの信頼性等の見直しを行う。

3. 1. 3 心理的色再現の標準化

(1) 問題点

心理的色再現の最も関連が深いのが人間の肌色である。

この肌色再現の研究が関連者により精力的に行われているが、標準化への努力は全く行われていない。

(2) 研究ポイント

評価用標準画像を作成する。

評価手法を確立する。

(3) 研究用開発用機械装置

手持ち機械装置を使用する。

(4) 平成 12 年度最終到達目標

評価用標準画像の国際標準提案。

評価用標準画像作成法の国際標準提案。

評価用標準画像の評価法の国際標準提案。

(5) 平成 11 年度目標

評価用標準画像の確立。

心理実験と統計的解析方法の確立

(6) 詳細

1) 目的と位置づけ

コンピュータ技術の発展により、画像を異なるデバイスや異なる環境下で観察する機会が増している。これに伴い CIE Div. 8 や ICC 等では、例えばコンピュータディスプレイとハードコピーに見られるように同じ画像を異なるメディアで観察する際、その観察環境の違いを補償する方法や、異なる色再現域間で色をマッピングする方法に関する技術検討を精力的に進めている^{1) 2)}。

これらの研究においては通常、提案される手法やアルゴリズムの性能評価を、画像を比較観察し、結果を統計的に処理するべく心理実験が計画されることが多い^{3) 4) 5)}。心理実験において導き出される結果の精度と繰り返し再現性、及び被験者への負荷を含めた実験の効率は大切である。統計的に確度の高い実験結果を得るためには、実験に対する周到な準備に加え、多くの被験者による観察が必要となり手間と時間を必要とする。また画像の呈示方法や被験者の質問方法により結果が左右されることも考えられる。従って実験効率と結果の精度及び安定性が最大限得られるような心理実験方法の開発は、デジタルイメージングシステムの設計や評価にとって、今後一段と重要性が増す課題と考えられる。

本研究は、以上のような背景をもとに写真印画紙上の好ましい肌色をテーマとして、評価用標準画像の作成、心理実験と統計的解析方法について検討するものである。このうち心理実験に関しては、①実験精度と繰り返し安定性、②実験の効率—実験にかかる負荷の二点から評価されるが、前者に関しては次のように考えられよう。

今、心理実験の結果をYとすると、①は実験の精度、繰り返し安定性に影響を与えるX1～X5の因子のもとでYを最適化することに他ならない。

$$Y = \text{Opt. } \{F(X1, X2, X3, X4, X5)\};$$

ここでX1～X5の因子としては次のようなものが挙げられる。

X1；画像　　：色、階調、背景、主要被写体、記憶色の有無、等。

X2；被験者　：年齢、男女、画像評価の経験、主要被写体への知識の有無、等。

X3；観察条件：照明光源、周囲、背景、画像の大きさ、等。

X4；実験方法：画像の比較提示方法（比較、時間、順番、参照画像の有無）等

X5；統計処理：実験結果を導く統計処理の方法、等

一例を挙げて見よう。今肌色の好ましさを評価する場合を考えると、肌色の色味や明るさの他に、肌色を囲む背景の影響、画像を観察する条件等々が結果に影響を与える因子として考えられる。これらすべてを実験の水準とすると水準数は多く、さらにこれを一対比較方法で実験すると各組に対する判定は容易でも、組み合わせ数が膨大となり非常に多くの時間を必要とする。結局、多くの被験者数が確保しにくく、統計的な有意性の観点で問題が生じる可能性がある。一方、画像を一枚一枚呈示し、それを尺度化するマグニチュード推定方法を採用した場合には、被験者にかかる負担は少ないが、特に画像評価に慣れていない人を対象とする場合、結果がばらつき、繰り返し再現性の観点から問題があることが予想される。

本報告では、写真プリントにおける「好ましい肌色」について調べることをケーススタディーとし、実際に実験方法やそれに付随する統計処理方法でどのくらい得られる結果が異なるのか、又結果の安定性はどのように異なるのかを、被験者への負荷と対比して検討することを試みる。こうすることで最終的に画像評価に相応しい実験方法に関するガイドラインを提案することを目的としている。

3. 1. 4 国際規格案審議

(1) 問題点

ISO 17321 (Graphic Technology and Photography- Colour characterization of digital still camera (DSCs) using colour targets and spectral illumination)は、日本のデジタルスチルカメラ全てを包含する形で国際規格案として提案されており、早急に審議と対策が必要である。

(2) 研究ポイント

ISO 17321の規格案を詳細に調査、適応検討を行い、対案を提出する。

(3) 研究用開発用機械装置

手持ちの機器を使用する。

(4) 平成12年度最終到達目標

ISO 17321を、日本側が不利とならない形に修正する。

(5) 平成11年度目標

ISO 17321の規格案のスコープを解析し、スコープの修正案を提出する。

(6) 詳細

1) これまでの経緯

1996年秋に開催されたISO/TC42 ロンドン会議において、ISO/TC130 とのカラーに関わる Joint Task Force を設立し、電子カメラにおける色の問題の規格化を新作業提案することになった。その後、米国 HP 社のジャック ホルム氏をプロジェクトリーダーとして、新作業が開始され、WD1.1 “Graphic Technology and Photography – Test objects and procedures for the colour characterization of electronic still cameras”が、1998年5月5日付で作業文書として回付された。その後、種々の改訂を経て、1999年10月1日付けで WD 4 of ISO 17321 “Graphic Technology and Photography – Colour characterisation of digital still cameras (DSCs) using colour targets and spectral illumination.”が回付された。その間、日本においては、残念ながら、上記の作業文書について十分な審議がなされていなかった。本年度、新エネルギー・産業技術総合開発機構研究受託の一環として、(財)新映像産業推進センターに設置された色再現管理(カラーマネージメント)標準開発委員会下で昨年度より活動の始まった3つの分科会とは別に、新たに国際規格案審議分科会を加え、上記 ISO 17321 関連の国際規格案を審議するに至った。

2) 目的

上述のように、ISO 17321 については、これまで、日本国内で十分な議論がなされていなかった。ISO 17321 においては、いわゆるデジタルスチルカメラの色彩特性のキャラクタライゼーションが規定されようとしているが、特に、当該製品が、近年、日本国内で急速に普及しつつあることや、わが国がその主たる生産国でもあるこ

となどから、将来的に一般消費者、製造業者等にとって不利益をもたらすものであってはならない。そのような観点から、上記作業文書で規定された内容について、その科学的、技術的、実用性および、同様の分野で先行している IEC 61966-9 “Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management – Part 9: Digital Cameras” など他の国際標準との整合性を議論・検証し、日本意見としてそれらを取りまとめ、必要であれば、対案を提示することが、本分科会の活動の目的である。

3. 2 研究場所

東京本部

(財) 新映像産業推進センター事務所

(東京都港区赤坂 7-3-38 プラズ・カタ 3F)

日立分室

株式会社 日立製作所 日立研究所内

(茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号)

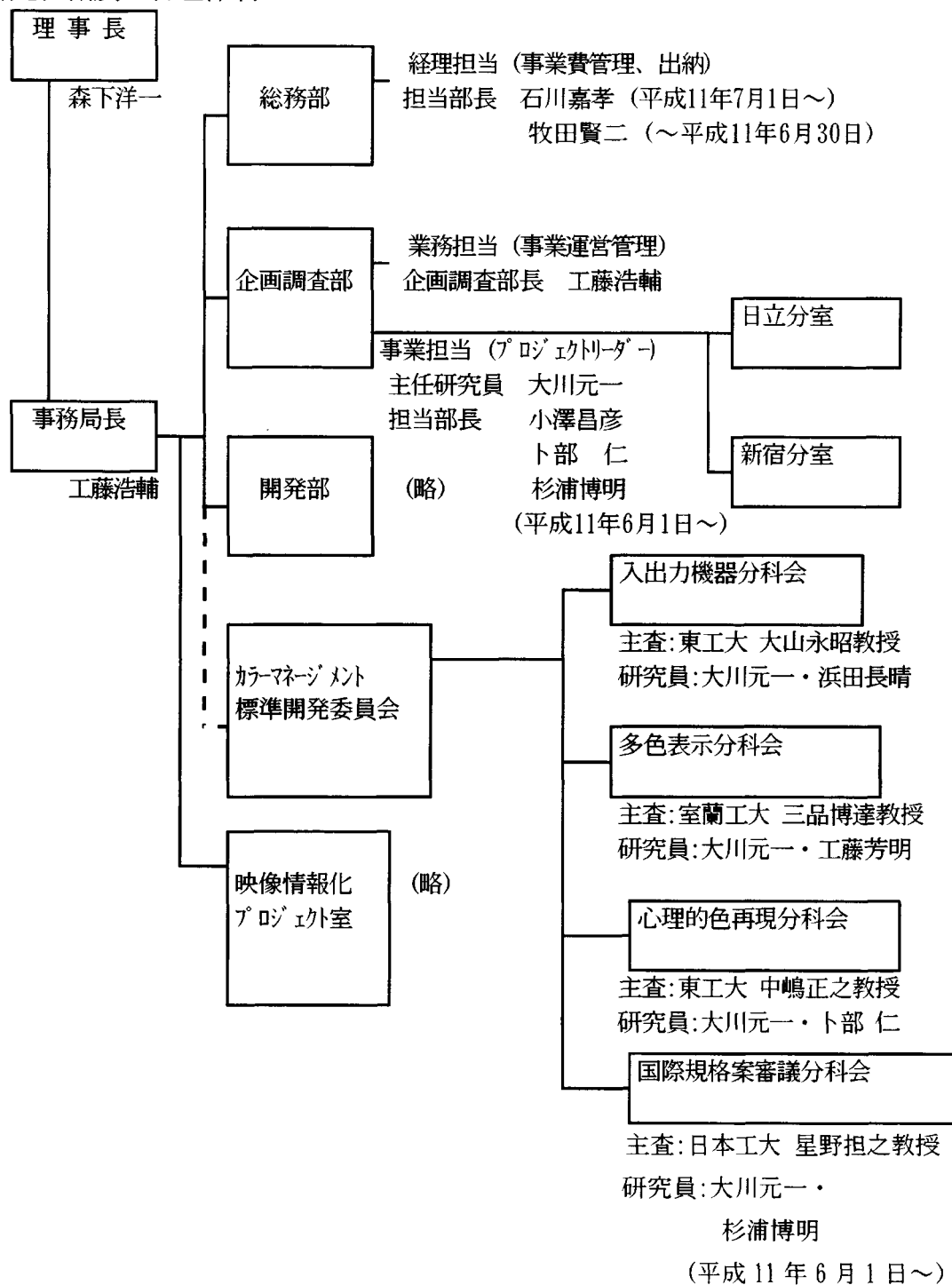
新宿分室

大日本印刷株式会社 C&I 研究所内

(東京都新宿区市谷台町 6 - 1 0)

4. 研究開発体制

研究組織及び管理体制



5. 委員会

5. 1 色再現管理（カラーマネジメント）標準開発委員会

カラーマネジメント標準開発委員会は、デジタル映像を扱う場合に必要なハードウェア、ソフトウェアの標準の提示、あるいは手法の標準化を提示することを目的として、各分科会が目的通りに運営されていることを支援し、また、国際標準機関への窓口として標準化提案を行う。

委員会構成

カラーマネジメント標準開発委員会

オブザーバ	津田 博（工技院） 橋爪邦隆（工技院）（～平成 11 年 6 月） 八田 勲（工技院）（平成 11 年 7 月～） 牧内勝哉（通産省新映室）（～平成 11 年 5 月） 平井淳生（通産省新映室）（～平成 11 年 5 月） 江藤 学（通産省新映室）（平成 11 年 6 月～） 梶山正司（通産省新映室）（平成 11 年 6 月～） 豊島厚二（通産省新映室）（平成 11 年 6 月～） 須藤 剛（通産省新映室） 荻山久雄（NEDO） 山村修蔵（規格協会）
委員長	池田宏明（千葉大教授）
委員	大山永昭（東工大教授） 三品博達（室蘭工大教授） 中嶋正之（東工大教授） 星野担之（日本工大教授） 浜田長晴（HVC） 工藤芳明（HVC） 卜部 仁（HVC） 杉浦博明（HVC）（平成 11 年 6 月～）
事務局	大川元一（HVC） 小澤昌彦（HVC）

5. 2 分科会

5. 2. 1 入出力機器分科会 (入出力機器における色彩制御の標準化を担当)

主査	大山永昭 (東工大教授)	委員	西子雅美 (アルチグラフィックス/SOLVE)
研究員	大川元一 (HVC)		北村好徳 (松下電器)
	浜田長晴 (HVC)		大澤健郎 (オリンパス)
			久野徹也 (三菱電機)
事務局	小澤昌彦		

5. 2. 2 多色表示分科会 (マルチカラー画像の記述形式の標準化を担当)

主査	三品博達 (室蘭工大教授)	委員	金重義宏 (IDM)
研究員	大川元一 (HVC)		田島穰二 (NEC)
	工藤芳明 (HVC)		小澤昌彦 (HVC)
事務局			

5. 2. 3 心理的色再現分科会 (心理的色再現の標準化を担当)

主査	中嶋正之 (東工大教授)	委員	西子雅美 (アルチグラフィックス/SOLVE)
研究員	大川元一 (HVC)		大澤健郎 (オリンパス)
			和 田 徹 (リパル)
			野村昭寛 (大日本スクリーン) 吉田邦夫 (松下技研)
			金房邦彦 (富士写真フイルム) 加藤直哉 (ソニー)
			斉藤雅行 (三菱電機)
			飯野浩一 (凸版印刷) (平成 11 年 4 月)
			諸原雄大 (凸版印刷) (平成 11 年 4 月)
事務局			小澤昌彦 (HVC)

5. 2. 4 国際規格案審議分科会 (国際規格案の審議を担当)

主査	星野担之 (日本工大教授)	委員	岡野幸夫 (シャープ)
研究員	大川元一 (HVC)		次田 誠 (富士写真フイルム) 田島穰二 (NEC)
			金森克洋 (松下技研)
	杉浦博明 (HVC)		明官 功 (コニカ) (平成 11 年 4 月)
	(平成 11 年 6 月)		洪 博哲 (コニカ) (平成 11 年 4 月)
事務局			小澤昌彦 (HVC)

6. 研究開発実施項目

6. 1 入出力機器における色彩制御の標準化

6. 1. 1 平成10年度の成果

各種の入出力機器の色再現変動要因を分類整理すると共に、具体的な色再現変動量の測定を行い、その影響が実用上問題となるレベル以上になる場合があることを確認した。また、既存のICCプロファイル⁴⁾を利用しながら、その拡張方式として、変動を補正するためのデータを付加する仕組みを構築することを検討し、前記変動要因の影響を改善できる可能性があることを明らかにした⁵⁾。

6. 1. 2 ICCプロファイルフォーマット拡張方式の検討

(1) ICCプロファイルの概要

カラー画像を入力、表示、出力する機器の色信号特性を補正し、任意の機器を接続した時の色再現を満たすための仕組みとして、ICCが定めたプロファイル仕様⁴⁾がある。この仕様は、基本的には図6.1.1に示すように、デバイス依存の色信号の変換過程に、デバイス非依存の色信号を介すことで、変換誤差の低減、信号処理方式の統一をはかろうとするものである。このため、分光光度計などの測定結果に基づいて、入力画像信号と出力画像信号間の対応関係を記述するデバイスプロファイルと呼ばれる一連のデータを補正のための変換表としてあらかじめ用意することが前提になっている。即ち、上記仕様書は、デバイス毎に、デバイス依存色からデバイス非依存色、およびその逆方向への色信号の変換表を用意することを前提にしており、これらの補正処理に必要なデータの種類や構成などを規定している。そして、このような規定値を取り込んで処理するための色管理モジュール(CMM: Color Management Module)と呼ばれるプログラムを用いて色信号の変換を行うことで、スキャナ、モニタ、プリンタなどカラー入出力機器間の色再現に関するデバイス依存性を解消しようとするものである。

上述のようにICCプロファイルは、デバイスに依存しない汎用的な色信号の変換の仕組みを提供するものであり、現状では、大部分のパソコンに、そのOSと一体化する形で組み込まれており、世界的な標準としての利用価値が高まっている。従って、このようなOSが組み込まれたシステムを利用する一般ユーザは、機器操作において色信号処理を意識することなく、上記プロファイルを利用できる状況にある。

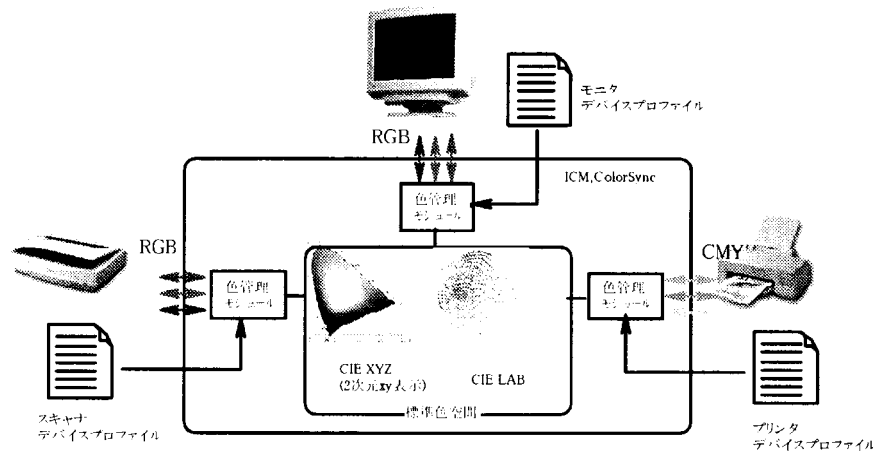
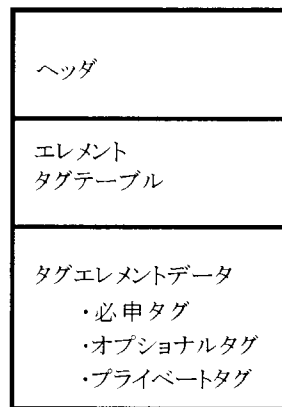


図 6.1.1 ICC プロファイルを用いた色信号の流れ

ICC プロファイル仕様書に規定されているプロファイルデータ構造を図 6.1.2 に示す。上述の各種の変換テーブルがこの中に書き込まれ、色管理モジュールによって処理される。



ICC プロファイルエレメント構造

図 6.1.2 ICC プロファイルのデータ構造

1) ヘッダ

システムがプロファイルデータを正確に検索するための情報を記述。

2) エレメントタグテーブル

タグ化された情報の内訳のテーブルを記述。

3) タグエレメントデータ

必須データ、オプションデータ、プライベートデータのタグ情報を記述。

- ・ 必須タグ

デフォルト CMM がプロファイルコネクションスペースとネイティブデバイススペース間でカラー情報を交換するのに必要な情報の完全なセットが記述されている。

- ・ オプションタグ

PostScript Level2 のサポート、キャリブレーションのサポートなどが記述される。

- ・ プライベートデータタグ

CMM の開発元がプロファイルに独自の価値を付加するためのタグ。

タグシグネチャ及びタグタイプシグネチャを登録することで、開発元は業界標準との互換性を維持しつつ、独自の技術を付加できる。

(2) ICCプロファイルの拡張方式

色信号を入力、表示、出力するメカニズムは、入出力機器の種類によって大きく異なる。したがって色再現の変動を引き起こす要因も多岐に渡る。また、大量に製造される機器においては、機器特性の同一性と、製造コストは背反する場合も多い。このような理由から、ICCプロファイルが動作する環境が用意されているにも関わらず、現状では、必ずしも結果として良好な色再現が達成できていない場合が多い。

さらに、ICCプロファイルはプロファイル作成(測定)環境と観察環境が一致した場合にのみ正常に動作するものであり、デバイス自体に特性変動が生じた場合には誤って動作(予期しない色信号が発生)してしまう。これを回避するためには、環境変化に伴う特性変動にあわせて、その都度ダイナミックにプロファイル作成・更新する必要があるが、これを実現するには、次のような課題をリーズナブルなコストで実現する必要がある。

- ①プロファイル作成するための環境
- ②正確なプロファイル測定のためのツール
- ③プロファイルの作成に必要な専門知識と時間

例えば、市販のプロファイル作成ツールを用いて、デバイスプロファイルを測定・作成するには、おおよそ以下のような時間が必要である。

- ・モニタ用プロファイルの作成には、簡易手順で 10 分、詳細手順で 20 分
- ・スキャナ用プロファイルの作成は、簡易手順で 10 分、詳細手順で 20 分
- ・プリンタ用プロファイルの作成は、簡易手順で 30 分、詳細手順で 90 分

カラー画像の入出力機器の利用にあたって、それなりの環境を準備し、高価なツールを用いて、多大な時間を費やしてプロファイル作成を行うことは、一般のユーザにとっては困難なことである。また、カラー画像機器が普及するにつれて利用する環境も様々となることから、機器自体がある程度の変動要因（例えば温度、湿度）に対する補正機能を取り込むことが望まれている。しかしながら、現在の ICC の色再現モデルには、変動要因に対応するための補正処理の考え方が組み込まれていないため、プロファイルデータにも、このような変動要因の補正に必要な構造やデータが用意されていないのが実状である。

このような観点から、既に業界標準として広く利用されている ICC の色再現の仕組みを活かしつつ、上記のような変動要因に対応可能なように、その適用範囲を拡大することは有用であると考えられる。既存の ICC プロファイルフォーマットをベースとして、前述のような変動補正を取り込むためには、まず既存の ICC プロファイルの信号処理手順を整理、拡張し、連続性のある拡張型として利用するための階層的な構造を提案する必要がある。

また、提案方式の実現性を検証するため、機器特性の測定、変動要因の測定、提案方式に基づく補正処理などを定量的に評価する必要がある。

このような要求を実現するため、既存の ICC プロファイルデータに、変動要因に対応した補正値を算出するための補正データを付加する図 6.1.3 のような拡張方式を検討した。変動補正が不要、あるいは対応できない機器の場合は、補正用データを無視すればよい。以下に本拡張方式による色再現の補正手順を説明する。

まず、デバイスの色再現の特性を、環境・経時特性などの条件設定のもとで測定する。このなかの標準的な条件（例えば温度を要因とした場合の、室温 20℃）における測定値は、従来と同様にデバイスプロファイルとして利用することができる。そして、標準条件から外れた、例えば 10℃、30℃、40℃の測定値を補正データとして利用する。補正データは、表あるいは関数近似などの形式で持つことが出来る。分かりやすいデータ構造としては、既存のデバイスプロファイルに準じた表形式を利用するものであり、3 次元 LUT の格子点に要因に対応した補正値を配置する。この補正値は色空間上の変動ベクトルと見ることができる。

補正データを利用するためには、想定している変動要因の測定が必要である。例えば環境変化（温度、湿度など）をセンサで測定して、フィードバック信号とする。プリンタであれば、印刷結果の濃度測定をしてフィードバックすることもできる。

標準条件におけるデバイスプロファイルのデータ内容を、変動要因に対応する数値に修正するために、フィードバック信号に基づく補正値を利用する。温度が要因であれば、温度センサの測定値を用いて補正値を算出して、標準条件のデバイスプロファイルを修正する。上記手順で準備された修正後のプロファイルデータを用いて、色管理モジュール CMM が色変換の演算を実行することになる。

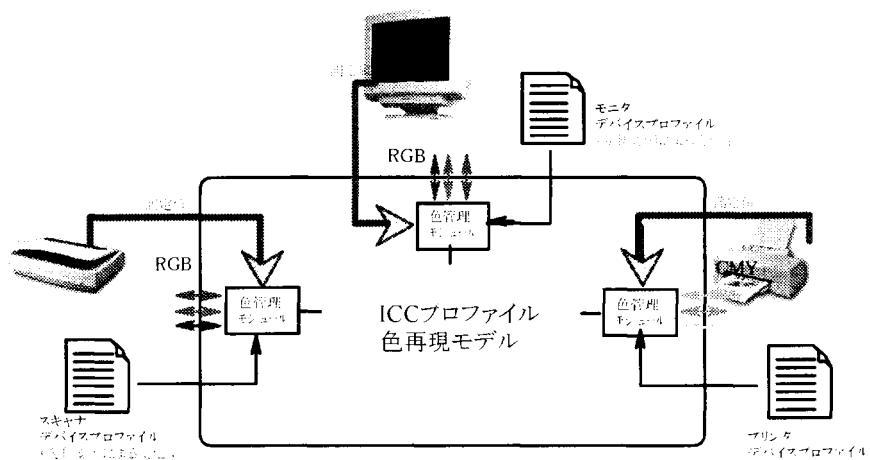


図 6.1.3 ICC プロファイルデータの拡張

具体的な拡張方式についてプリンタプロファイルを例にして説明する。

1) 従来のプロファイル変換方式(プリンタ)

①プロファイルデータ

カラープリンタは、一般に RGB あるいは CMY などの色信号を用いて印字を行う。一方 ICC のモデルは、デバイス間の色信号のやり取りをデバイス非依存の Lab などの信号を利用して行う。図 6.1.4 に示すように、両者の色信号の変換を行うための情報を提供するのがプリンタ用のプロファイルデータの役割であり、前記したように3段階の変換表から構成される。一般に、機種ごとにプロファイルデータが測定され、プリンタのドライバソフトと一緒に製品に添付する場合が多い。したがって、デバイスの経時変化、環境変動による色変動に対応するには、プロファイルを作り直すためデバイス特性を再測定することが必要となる。

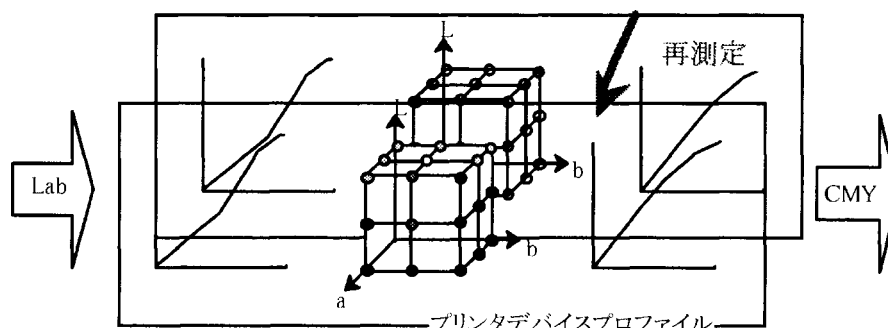


図 6.1.4 プロファイル変換の流れ

②プロファイル構造(プリンタ)

図 6.1.5 にプロファイルデータの一部である変換表を例示する。パソコンを利用する場合、適当なファイルにプロファイルデータを蓄積しておくことで、色管理モジュール CMM が内容を読み取って色変換の信号処理を行う。通常はこれらの手順をパソコン OS およびドライバソフトが実行するため、ユーザがプロファイルデータを管理する必要はない。

しかし、プロファイル仕様書に記述されたルールに基づいたデータ構造であるため、データの参照、さらに必要であれば編集をおこなうことができる。このオープンなデータ構造を利用して、以下に述べる拡張方式を構成する。

CLUT table: 1029										
Xvalue								Yvalue		
offset :	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2
	12	15	22	31	35	36	38	129	128	130
	10	12	20	34	40	42	45	129	129	131
	25	27	35	46	51	54	58	118	118	119
	54	58	62	66	69	72	76	97	96	98
	77	77	78	80	83	86	90	78	79	83
	89	86	86	89	92	96	99	67	70	74
	98	94	93	96	100	104	108	61	63	67
offset :	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2
	11	13	20	31	35	36	39	129	126	130
	7	11	23	40	48	51	55	127	128	131
	25	32	44	58	65	69	73	114	116	118
	63	72	79	82	85	88	92	93	92	94
	90	96	99	99	102	105	109	77	76	77
:										

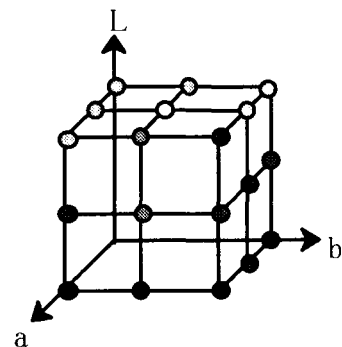


図 6.1.5 プロファイルデータの一例

2) プロファイルデータの拡張方式

①拡張プロファイルの変換方式

標準的な条件でのプロファイルデータに、変動要因に基づく補正値を用いた信号処理を行うことで新たな補正プロファイルデータを作成することを目的とする。このために、基本的には図 6.1.6 に示すように、変動要因に基づく補正を行うフィードバック系を構成する。環境変化あるいは経時変化などの変動要因と対応した色の変動量を測定して、補正データを表あるいは関数などの形式にまとめておく。この補正データおよび補正方法を、既存の ICC プロファイルの拡張方式としてルール化する。既存機種は拡張部分を解釈実行しないことで、互換性を維持することができる。

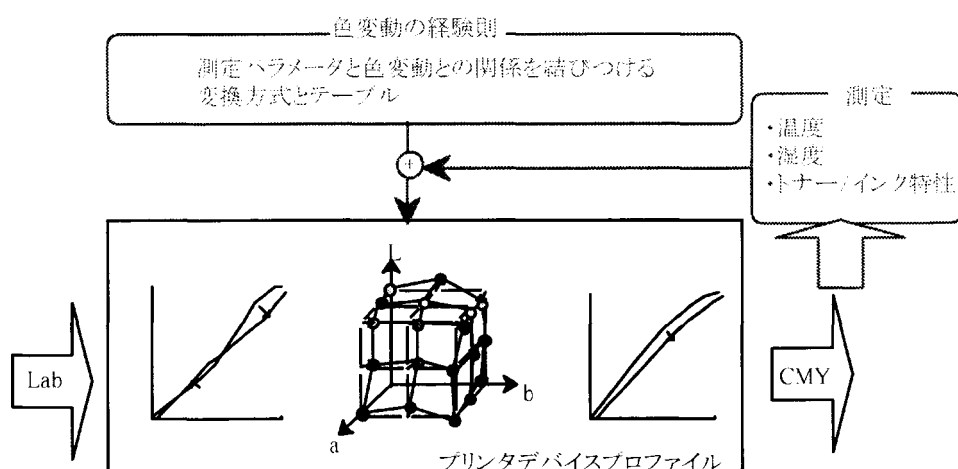


図 6.1.6 拡張方式のプロファイル変換の流れ

② 拡張方式のプロファイルデータ構造

具体的な補正値の組み込み方法として、経時、環境などの変動要因補正用のプライベートタグを新たに定義する。図 6.1.7 は、既存の必須タグで示される標準的なプロファイルデータの構造に準拠した、拡張部分のプロファイルデータ（補正値）を記述した例を示す。

例) 温度センサによるプロファイルデータ補正(20℃→40℃)

temp20 table: 1029									
Xvalue							bytes		
offset :	0	1	2	3	4	5	6		Yvalue
	0	0	0	0	1	1	1	...	0 0 0
	0	0	0	1	1	1	1	...	0 0 0
	0	0	1	1	2	2	1	...	0 0 0
	1	1	1	1	2	3	3	...	0 0 0
	1	1	1	2	2	4	4	...	0 0 0
	1	1	2	2	3	4	4	...	0 0 0
	1	1	3	3	4	4	4	...	0 0 0
offset :	0	1	2	3	4	5	6		0 1 2
	0	0	0	0	1	1	1	...	0 0 0
	0	0	0	1	1	1	1	...	0 0 0
	0	0	1	2	5	3	2	...	0 0 0
	1	1	1	2	5	4	4	...	0 0 0
	1	1	2	2	5	5	4	...	0 0 0

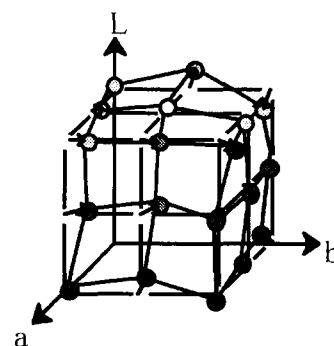


図 6.1.7 拡張プロファイルデータの一例

③ プロファイルデータの補正方法

プロファイルデータの補正を色空間上で表せば、図 6.1.8 のように、格子分割点に設定されている標準的な変換信号（図 6.1.5）に補正ベクトルを加えることである。

プロファイルデータ補正結果(例)
CLUT+temp20

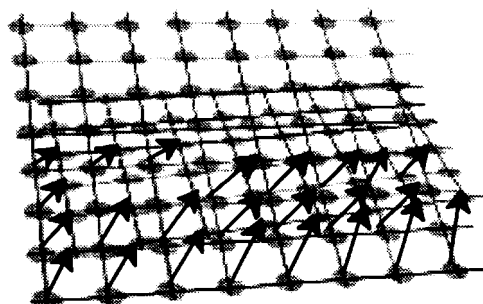


図 6.1.8 テーブル変更結果

このようにして、例えばプリンタの装置温度が 20℃から 40℃に変化した場合に、印字

結果に色変動が出ないように、印字のための色信号を補正することができる。

実用上は装置が稼動する温度範囲の全てについて補正表を用意することは困難であるため、飛び飛びの温度における補正表を用意して、補間処理などで条件を合わせこむことができる。また変動量は何らかの関数で近似できる場合には、補正表を不要とすることも出来る。

④拡張方式の ICC プロファイルシステムへの適用

拡張方式を実現するために必要な ICC プロファイルシステムへの追加次項は以下のよう
な項目である。

a) ICC プロファイルフォーマット

フォーマットに環境変化（温度、湿度）および経年劣化で発生する色変動量情報をテーブルおよび関数として保存するタグを追加する。

b) カラーマネージメントフレームワークインターフェース（ColorSync, ICM）

デバイスに標準添付されているプロファイルの作成環境と実際にプロファイル変換を行う環境が一致しているかを外部センサから取り込んで CMM に渡す。

c) CMM

外部センサからの環境変動情報および使用時間などの経時劣化情報から色変動情報のタグを利用してプロファイルの更新を行う。

d) プロファイル作成者

デバイスの環境変動および経時劣化による色変動量をテーブル化および関数化してプロファイルに保存する。

②湿度変化

恒温槽内にインクジェットプリンタ本体、インク(C,M,Y,K)、記録用紙(光沢紙)を設置し、恒温槽の内部環境を一定温度(20℃)のもと、湿度を3状態(30%RH、50%RH、70%RH)に変化させて評価画像の印刷を行い、3つの印刷結果を印刷終了後1時間経過させて分光光度計で測定することによって湿度変化による発色の変化を測定した。測定結果の比較にはR,G,B,C,M,Yのベタの分光反射率と各カラーパッチのLab値を用いた。なお、評価に用いたカラーパッチは1)の温度変化による発色調査と同じもの(図6.1.9)である。

図6.1.14に3つの湿度環境によって変化したC,M,Yベタの分光反射率を示す。また、図6.1.15に湿度変化による発色変動(a-b面)、図6.1.16に30%RHの印刷結果を基準とした各カラーパッチにおける色差 ΔE を示す。その結果、50、70%RHでは顕著な変化は得られなかったが、30%RHでMの短波長域に0.12%、C,Yの中波長域にそれぞれ0.11%の変化が見られた。また、30%RHを基準としたLab値にはM、Yの構成色であるRの階調領域に16の色差が見られた。

2) 環境変化による ICC プロファイル拡張方式の検証実験(温度変化)

ICC プロファイルの拡張部分の動作検証を目的として、温度変化によるプリンタ出力の色変動に関する以下の実験を行った。

① ICC プロファイル拡張方式を利用したシミュレーション実験

実際のプリンタでは、環境温度の測定に基づいてプロファイルの補正を即時に行う構成が考えられる。しかし今回は動作検証を目的としたシミュレーション実験であるため、オフライン処理の評価プログラムを使っている。そして、基本となるプロファイルを作成するため、25℃をプリンタ設置環境の標準的な温度としている。評価プログラムは、プリンタに搭載した温度センサの測定温度と、想定した標準温度との差分から、予め測定しておいた温度変化による色変動量を利用して、プロファイルのテーブルを更新する。シミュレーション手順を以下に示す。

a) 前準備

- i) プリンタの設置環境の標準的な温度を 25℃と想定してプロファイル(以下、基本プロファイルとする)を作成する。
- ii) プリンタの環境温度が変化した場合 (Δ -10℃, Δ +10℃など) の色変動量テーブルを作成する。(次項②参照)

b) シミュレーション

- i) 温度センサの測定値を入力する。
- ii) 温度センサの測定値が、標準的なプリンタの環境温度 (25℃) と異なる場合、温度変化量に適合する色変動量テーブルを利用して基本プロファイルを更新する。(次項③参照)
- iii) 更新したプロファイルを利用して、既存の ICC プロファイルシステムでプロファイル変換を行う。

図 6.1.20 に ICC プロファイル拡張方式を利用したシミュレーションの概要を示す。今回は、恒温槽を用いてプリンタ設置環境の温度が Δ -20℃ (25℃ $\rightarrow$ 5℃) 変化した条件を設定して、拡張方式を適用したシミュレーション実験を行った。

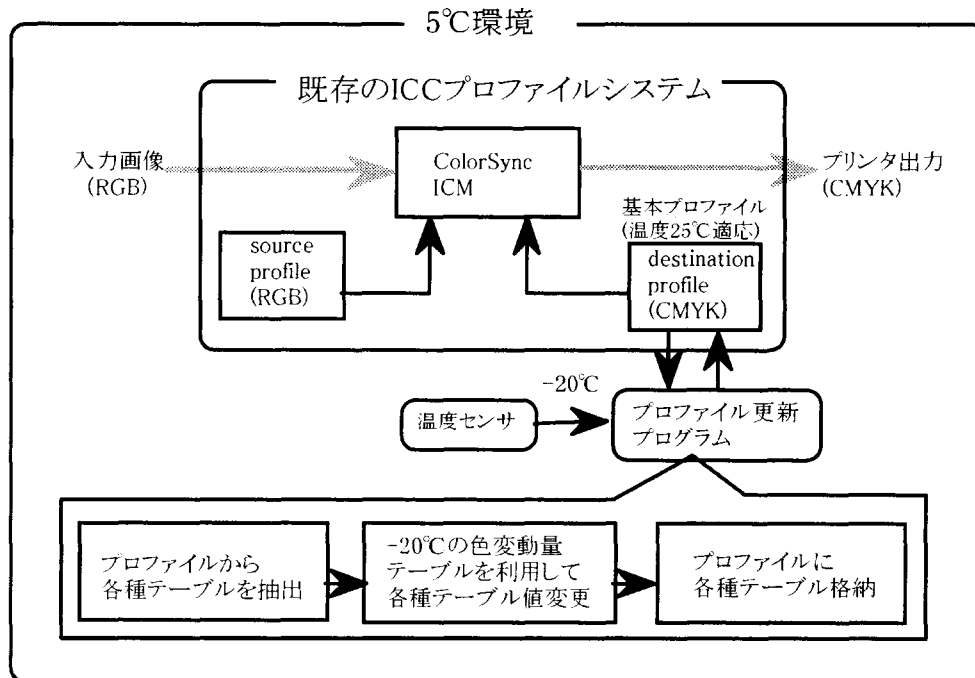


図 6.1.20 ICC プロファイル拡張方式を利用したシミュレーションの概要

② Δ -20°Cの色変動量テーブル生成方法

プリンタの設置環境が 25°C → 5°C に変化した場合の色変動量をテーブル化する手順を以下に示す。なお、印刷紙は同じものを利用するのでホワイトポイントの変化はない。

- 恒温槽内にインクジェットプリンタ本体、インク(C,M,Y,K)、記録用紙(光沢紙)を設置し、内部温度を 25°C、5°C に変化させてプロファイル作成用のパッチを印刷する。
- 25°C、5°C 環境でのプロファイルをそれぞれ作成する。
- 2 つのプロファイル内のテーブル値から差分を温度変化(Δ -20°C)の色変動量テーブルとする。

③ プロファイルの更新方法

色変動量テーブルは基本プロファイルのテーブルと環境変化後のプロファイルのテーブルとの差分値なので、基本プロファイルのテーブルに色変動量テーブルを加算することによって実現した。

標準状態で印刷結果と環境変動状態での印刷結果の色差が0に近いほど、色の再現性が保存されていることになる。

プリンタの設置環境が25℃から5℃に変化した場合、25℃環境用の基本プロファイルを利用すると図6.1.22の(a)-(c)グラフが示すようにデバイスの発色変動の影響から最大7の色差が発生するが、予め作成した温度変化による色変動量を組み込んだ拡張プロファイルを利用して、印字のための色信号を補正することで、(a)-(b)グラフが示すように印字結果の発色変動を最大色差4までに抑えることができた。

特にグレーや肌色、淡い青空といった中間調色では色差を4以下に抑えないと目立つので、良好な結果を得ることができたといえる。

(4) 実験結果の考察及び今後の課題

前章まで、ICCプロファイルを利用しながら、変動要因を補正するための拡張方式、およびその装置への適用効果について検討してきた。その結果、色再現の変動要因を補正するための仕組みとして本提案方式が十分に機能することが確認できた。今後、提案方式を具体的な装置に適用するにあたっては、以下の項目を考慮していくことでさらに使いやすくなると考えられる。

1)補正表データ量の削減

ICCプロファイル仕様では、異なる設定のそれぞれに一式のプロファイルデータを用意するようになっている。例えばLUT格子点分割数が2種類あれば、プロファイルデータも2種類用意することになる。また、その精度を高めようとするほどデータ量が増加することになる。さらに、今回提案した拡張方式のためには、さらに新しい補正表を追加することになり、このような補正表に必要なデータ量削減策を検討する必要がある。

2)補正ベクトルの補間演算誤差

上記補正表データ量削減策の一手段として、ある程度の飛び飛びの条件における補正表を用意して、その間のデータは必要に応じて補間処理で求めることが一般的に行われている。このような補間演算においては、演算誤差の発生によって正常な色再現が阻害されるため、誤差の少ない補間方式を検討し、規定する必要がある。

3)センサ及びセンサ系の安定性

補正表が用意できたとしても、補正表に正しい補正值を入力するためには、センサなどによる変動要因の測定とフィードバック手段が必要になる。プリンタの印刷結果を直接測定するようなセンサ系では、印刷の直後から安定するまでの画質変化が、新たな劣化要因となってしまう場合も考えられる。さらに、センサ自体の経時的な安定性も問題であり、このような系を経済的に構築する手段の開発が必要である。

4)装置変動要因を特定する手間及び時間

実用的には、全ての変動要因に対応する必要はなく、主体的な役割を果たすいくつかの変動要因を特定し、これに対応することだけで十分と思われる。このためには、多くの実験が必要であり、また、色再現の変動を測定し、それに基づく補正表を作成するのにも、多くの手間とデータの収集が必要である。

上記1)に記したプロファイルデータ(LUT)の補正表データ量の問題に関しては、特に、ネットワーク接続されたカラー画像の入出力機器間でカラー画像を伝送する場合などにおいて顕在化しつつあり、色再現性を高めることを目的に付加したプロファイルデータの量、中でも3次元LUTのデータ量が画像データ自体よりも大きくなる場合も見受けられる。また、このようなデータ量増加が、データ伝送時間、処理装置の規模、処理時間などへ悪影響を及ぼしている例も多くなりつつある。

また、本来、変換データの内容は色空間の格子分割数(各色の座標軸を8, 16, 32などに分割する)に依存しないものであるが、ICCプロファイルでは、入出力機器の色変換特性を表形式、つまり色信号の組み合わせで作られる色空間上に分布する変換値のセットとして表す簡易なデータ形式とするために、格子分割数ごとに別個のセットとして用意する構造になっており、プロファイル全体のデータ量の増加一要因になっている。

これらの点に着目し、上記のような課題を解決できるプロファイルデータ(提案した拡張方式を含む)の新しい圧縮伸長の手法を構築することができれば、ICCに準拠する多くの装置へ適用可能なり、実用的な価値が高いと考えられる。具体的な問題としては、多次元空間上に分布する多値信号の効率的な圧縮伸長の信号処理に関するものであり、いわゆるボリュームデータが対象となる。プロファイルデータとして利用するための条件(色信号の種類、分割数など)を考慮して、空間上の格子分割数に関する階層性(粗い分割から、細かな分割へ)を持つデータ構造としたうえで、高い圧縮効率を実現することが課題となる。結果として、入出力機器においてプロファイルデータの効率的な利用が可能となり、色再現の向上に寄与できることが期待できるので、次年度以降の課題の一つとして検討する予定である。

また、上記の2)~4)にあげた問題点は、個々の機器での具体的な評価実験をしなければ現実的な解を見つけられない課題であり、今後更に検討が必要である。関係者のご協力、ご指導を得ながら次年度以降具体化を推進したい。

上記のように、本提案のICCプロファイル拡張方式は、今後検討すべき課題は多いものの、業界標準規格をベースにして上位互換性を有する階層構造化が可能であり、入出力機器間の色再現の安定性を高める仕組みとして有効な手段となり得るものであることを明らかにできたと考える。

6.1.3 マルチバンド色再現システムの標準化に関する検討

(1) マルチバンド色再現システムの概要

現在の色再現システムでは、人の視覚が 3 種類の異なる分光感度をもつセンサーにより色情報を取得していることに基づいて、3 バンドの入力方式がとられている。しかし、入力装置の分光感度特性を人の視覚の分光感度特性と等しく設計することは難しく、現実の多くの画像入力装置ではそれぞれ人の視覚特性とは異なった固有の分光特性を持っている。このため、大部分の 3 バンドのカラー画像入力装置では、任意の被写体に対して正確に色情報を取得できる保証がないのが現状である。また、撮影照明光と観察照明光が異なる場合には、観察照明光下の被写体の色情報を取得することが色再現目標の一つとして求められるが、3 バンド入力によりこのような色情報を取得することは難しく現実的ではなかった。近年、このような課題に対してマルチバンド入力をを用いた色再現システムの研究成果が国内外で報告されており、実用化へ向けた研究・開発が進められている。本章では、はじめに色再現の基本的な原理と現在広く用いられている 3 原色に基づく色再現システムについてまとめ、マルチバンド入力による色再現システムの基本構成について説明する。最後に標準化に関する検討課題について報告する。

1) 再現原理⁶⁾

人の色知覚は、入射光に対して錐体と呼ばれる 3 種類の分光感度の異なる視細胞が出力する信号に基づいて得られる。錐体による感度特性と脳における処理を含む人の色知覚特性は、周囲光等に順応することにより変化するが、同一の順応状態では錐体の出力信号が等しい場合と同じ色と知覚する。錐体の出力信号 LMS は、入射光スペクトル $I(\lambda)$ に対して、次式により得られる。

$$\begin{aligned} L &= \int_{\lambda=380}^{780} l(\lambda) I(\lambda) d\lambda \\ M &= \int_{\lambda=380}^{780} m(\lambda) I(\lambda) d\lambda \\ S &= \int_{\lambda=380}^{780} s(\lambda) I(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $l(\lambda)$ 、 $m(\lambda)$ 、 $s(\lambda)$ 、は錐体の分光感度を表す。

これに対して、CIE (国際照明委員会) では等色実験により得られた等色関数 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ を用いて、

$$\begin{aligned}
X &= \int_{\lambda=380}^{780} x(\lambda) I(\lambda) d\lambda \\
Y &= \int_{\lambda=380}^{780} y(\lambda) I(\lambda) d\lambda \quad (2) \\
Z &= \int_{\lambda=380}^{780} z(\lambda) I(\lambda) d\lambda
\end{aligned}$$

により与えられるXYZ表色系を定めて色を定量化している。錐体の分光感度特性と等色関数は次式のような線形変換の関係にあることから、任意の入射光スペクトル $I(\lambda)$ に対してLMSが等しくなることとXYZが等しくなることは等価である。

$$\begin{pmatrix} x(\lambda) \\ y(\lambda) \\ z(\lambda) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l(\lambda) \\ m(\lambda) \\ s(\lambda) \end{pmatrix} \quad (3)$$

ここで、 c_{ji} ($i, j = 1 \sim 3$) は定数である。

このように、異なるスペクトルであっても等しいXYZを与えるスペクトルに対してはLMSも等しく、同一の色と知覚する。

正確な色再現を目的とするシステムでは、被写体のXYZを取得・再現することが必要であり、スペクトル情報の取得・再現は必ずしも必要ではない。現在の3原色色再現システムでは、このような原理に基づいて入力では被写体のXYZを正確に取得し、表示ではXYZを正確に表示することを基本として設計されている。

2) 3原色色再現システム⁶⁾

現在の色再現システムでは、上述のように人の色知覚が3次元であることから、3バンド入力、3原色表示を基本としている。このようなシステムの例として、図6.1.23に3バンドのRGBカメラを入力装置、

3原色のRGBディスプレイを表示装置とした色再現システムを示す。ここでは、撮影照明光下の被写体のXYZをディスプレイに正確に表示することを色再現目標とする。カメラからの出力信号値 $R_c G_c B_c$ とディスプレイへの入力信号 $R_d G_d B_d$ は一般に同一のXYZに対応していないため、 $R_c G_c B_c$ からXYZへの変換とXYZから $R_d G_d B_d$ への変換がそれぞれ必要となり、システムの色再現精度は、各段階における変換精度に依存する。 $R_c G_c B_c$ からXYZへの変換とXYZから $R_d G_d B_d$ への変換について、それぞれ一般によく用いられている方法について概説する。

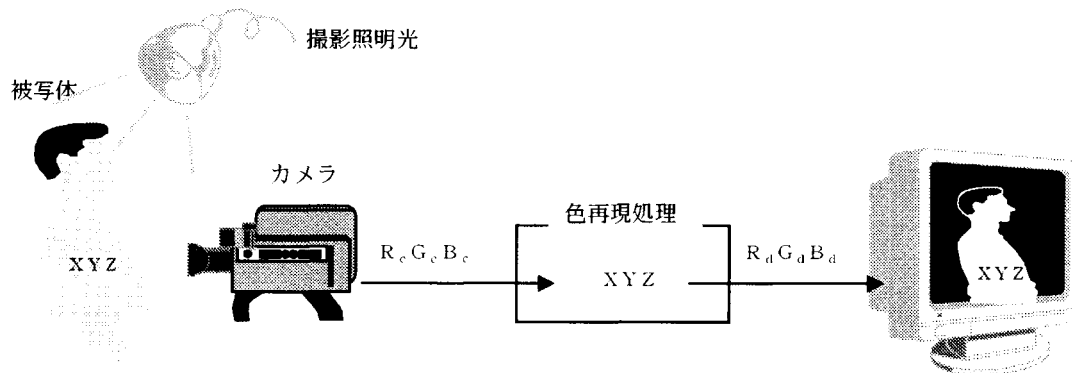


図 6.1.23 3 原色色再現システム

R_c, G_c, B_c から XYZ への変換

入力部では、カメラの感度特性が入射光強度に対して線形である（もしくは線形な信号に補正する）とし、次式のように 3×3 のマトリクス変換により R_c, G_c, B_c から被写体の XYZ の推定値 XYZ を求める。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_c \\ G_c \\ B_c \end{pmatrix} \quad (4)$$

入射光スペクトル $I(\lambda)$ に対するカメラ出力信号 R_c, G_c, B_c はカメラの分光感度を $r(\lambda)$ 、 $g(\lambda)$ 、 $b(\lambda)$ 、とすると

$$\begin{aligned} R_c &= \int_{\lambda=380}^{780} r(\lambda) I(\lambda) d\lambda \\ G_c &= \int_{\lambda=380}^{780} g(\lambda) I(\lambda) d\lambda \\ B_c &= \int_{\lambda=380}^{780} b(\lambda) I(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (5)$$

と表される。

任意の入射スペクトル $I(\lambda)$ に対して正確に R_c, G_c, B_c から XYZ を求めるためには、(2) (4) (5) 式より次式のようにカメラの分光感度と等色関数が線形変換の関係になければならない。

$$\begin{pmatrix} x(\lambda) \\ y(\lambda) \\ z(\lambda) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r(\lambda) \\ g(\lambda) \\ b(\lambda) \end{pmatrix} \quad (6)$$

(6) 式はルータ条件と呼ばれている。カメラ等の入力装置の分光感度がルータ条件を満たす場合には、(4) 式により任意の入射光スペクトル $I(\lambda)$ に対してカメラ出力信号から XYZ を正確に求めることができる。ルータ条件が満たされていない場合には、(4) 式のようなマトリクス変換により正確に XYZ を求めることができるのは、被写体のスペクトルが 3 本以下の独立なスペクトルの線形和として表される場合に限定される。

XYZ から $R_d G_d B_d$ への変換

表示部では、 $R_d G_d B_d$ に対応するディスプレイの各原色の発光スペクトルは互いに独立であり、発光強度により原色の色度値は変わらないものとする。このような条件のもとでは、ディスプレイに表示される XYZ と $R_d G_d B_d$ は次式のような階調補正とマトリクス変換により精度よくモデル化できる。各原色の発光スペクトルを $s_r(\lambda)$ 、 $s_g(\lambda)$ 、 $s_b(\lambda)$ 、それぞれの原色の最大発光スペクトルを $S_r(\lambda)$ 、 $S_g(\lambda)$ 、 $S_b(\lambda)$ 、階調特性を $\gamma_r()$ 、 $\gamma_g()$ 、 $\gamma_b()$ とすると、ディスプレイに表示される X は、

$$\begin{aligned} X &= \int_{\lambda=380}^{780} x(\lambda) \{s_r(\lambda) + s_g(\lambda) + s_b(\lambda)\} d\lambda \\ &= \gamma_r(R_d) \int_{\lambda=380}^{780} x(\lambda) S_r(\lambda) d\lambda + \gamma_g(G_d) \int_{\lambda=380}^{780} x(\lambda) S_g(\lambda) d\lambda + \gamma_b(B_d) \int_{\lambda=380}^{780} x(\lambda) S_b(\lambda) d\lambda \quad (7) \\ &= R X_r + G X_g + B X_b \end{aligned}$$

ここで、 R 、 G 、 B は階調補正後の入力信号値、 X_r 、 X_g 、 X_b は RGB 各原色の最大発光スペクトルの X を表す。

Y 、 Z についても同様である。これより、

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_r & X_g & X_b \\ Y_r & Y_g & Y_b \\ Z_r & Z_g & Z_b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} R &= \gamma_r(R_d) \\ G &= \gamma_g(G_d) \\ B &= \gamma_b(B_d) \end{aligned} \quad (9)$$

XYZから $R_d G_d B_d$ への変換はこの逆関係から

$$\begin{aligned} R_d &= \gamma_r^{-1}(R) \\ G_d &= \gamma_g^{-1}(G) \\ B_d &= \gamma_b^{-1}(B) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_r X_g X_b \\ Y_r Y_g Y_b \\ Z_r Z_g Z_b \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (11)$$

により求められる。

3) マルチバンド色再現システム⁷⁾

マルチバンド色再現システムでは、従来の3バンドよりも多くの独立な分光感度をもつマルチバンドカメラを入力装置として用いる。マルチバンドを実現する方式としては、干渉フィルタや色フィルタ等をターレットに装填して順次撮影する回転フィルタ方式や液晶チューナブルフィルタを用いる方式などが提案されている。図6.1.24に、マルチバンド色再現システムの一例として16個の干渉フィルタを装填したターレット回転式のマルチバンドカメラを用いた色再現システムを示す。図6.1.25にはフィルタの分光透過率とCCDの分光感度を掛け合わせた16バンドの分光感度を示す。横軸は波長を表し、縦軸は各波長における相対感度値を表す。分光感度は可視波長域(380nm~780nm)をほぼ等間隔に分割している。図6.1.26はマルチバンドカメラの概観、図6.1.27はフィルタターレット部の写真である。レンズとフィルタを透過した光がCCD上に結像される。3原色色再現システムと同様、マルチバンド色再現システムの色再現処理では、マルチバンドカメラの撮影信号 $g_1 \sim g_{16}$ からXYZへの変換とXYZからディスプレイへの入力信号 $R_d G_d B_d$ への変換が行われる。 $g_1 \sim g_{16}$ からXYZへの変換は 3×16 のマトリクスによる変換となる。マルチバンド色再現システムでは、被写体のスペクトルを精度良く求めることができるため、撮影照明光と異なる観察照明光下のXYZも推定することができる。

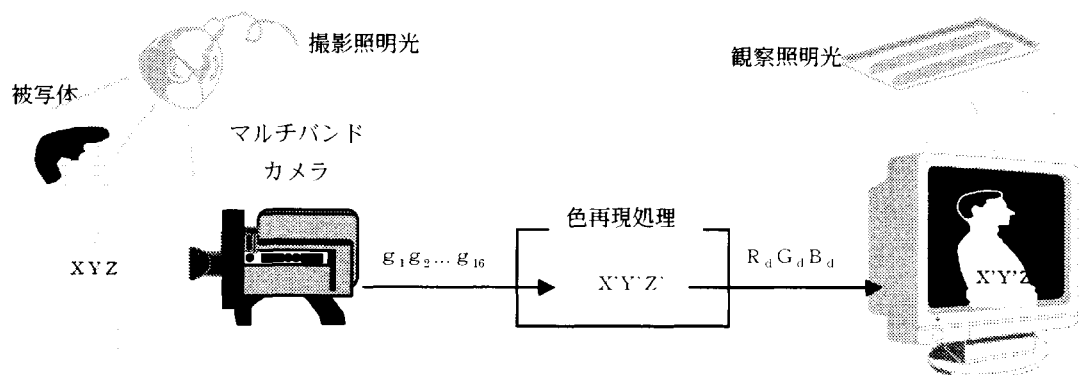


図6.1.24 マルチバンド再現システム

(2) マルチバンド色再現システムによる色再現の高精度化

1) マルチバンド化による精度向上の理論

入力信号からXYZを推定する精度は、3バンドの入力であっても入力装置の分光感度がルータ条件を満たすものであれば理論上0にすることができる。しかし、撮影照明光と観察照明光が異なる場合には、(6)式のルータ条件は次式のようにそれぞれ異なる照明光スペクトルのかかった等色関数と入力装置の分光感度が線形変換の関係とならなければならない

$$\begin{pmatrix} x(\lambda)E_o(\lambda) \\ y(\lambda)E_o(\lambda) \\ z(\lambda)E_o(\lambda) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11}m_{12}m_{13} \\ m_{21}m_{22}m_{23} \\ m_{31}m_{32}m_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r(\lambda)E_m(\lambda) \\ g(\lambda)E_m(\lambda) \\ b(\lambda)E_m(\lambda) \end{pmatrix} \quad (12)$$

ここで、 $E_o(\lambda)$ は観察照明光スペクトル、 $E_m(\lambda)$ は撮影照明光スペクトルである。このような条件は蛍光灯等の輝線を含む照明光を考えると現実的ではない。また、観察照明光が変わるたびに入力の分光感度が満たさなければならない条件が変わってしまうため、分光感度の設計を行うことがいっそう難しくなる。

入力装置がルータ条件を満たしていない場合でも、被写体の分光反射率特性の統計的性質が既知の被写体に対しては高精度な色推定を行うことができる。図 6.1.28 にスペクトル空間での色推定の概念図を示す。図では簡単のためスペクトル空間を2次元($f(\lambda_i)$, $f(\lambda_j)$)、N次元の入力装置の分光感度及び3次元の等色関数を1次元で表している。被写体の分光反射率がN次元の部分空間Aに限られているとすると、入力装置の分光感度、撮影照明光スペクトル、等色関数、観察照明光スペクトル、Aの基底関数が既知であれば入力装置の撮影信号から被写体の観察照明光下におけるXYZを求めるマトリクス $\mathbf{M}$ を算出することができる。マトリクス $\mathbf{M}$ はA1、A2のようにAに含まれる分光反射率に対しては正しいXYZを与えるが、Aに含まれない分光反射率に対しては誤差が生じる。例えば、図中Aに含まれない分光反射率BはA1と等しい入力信号値を与えるため、A1のXYZを算出するが、BのXYZはA1のXYZとは異なるため誤差 ϵ が生じる。このように入力装置の分光感度(×撮影照明光スペクトル)の張る部分空間に対して直行する方向に被写体の分光反射率が分布する場合には推定誤差が生じる。そのような分光反射率に対しても正しい推定を行うためには被写体の分光反射率分布がカメラ感度と直行する成分を持たないように更に入力バンド数を増やすことが必要である。ルータ条件を満たす場合には入力装置の分光感度(×撮影照明光)と等色関数(×観察照明光)は一致し、 θ は0となる。図より、 θ が小さく、被写体の分布とAとの差が小さいほど推定誤差 ϵ が小さくなり、どちらか一方の条件が完全に満たされる場合には ϵ は0となることが分かる。入力のマルチバンド化は、これらの条件をより良く満たすようにするものであり、バンド数を増やすことによる色推定の高精度化が期待できる

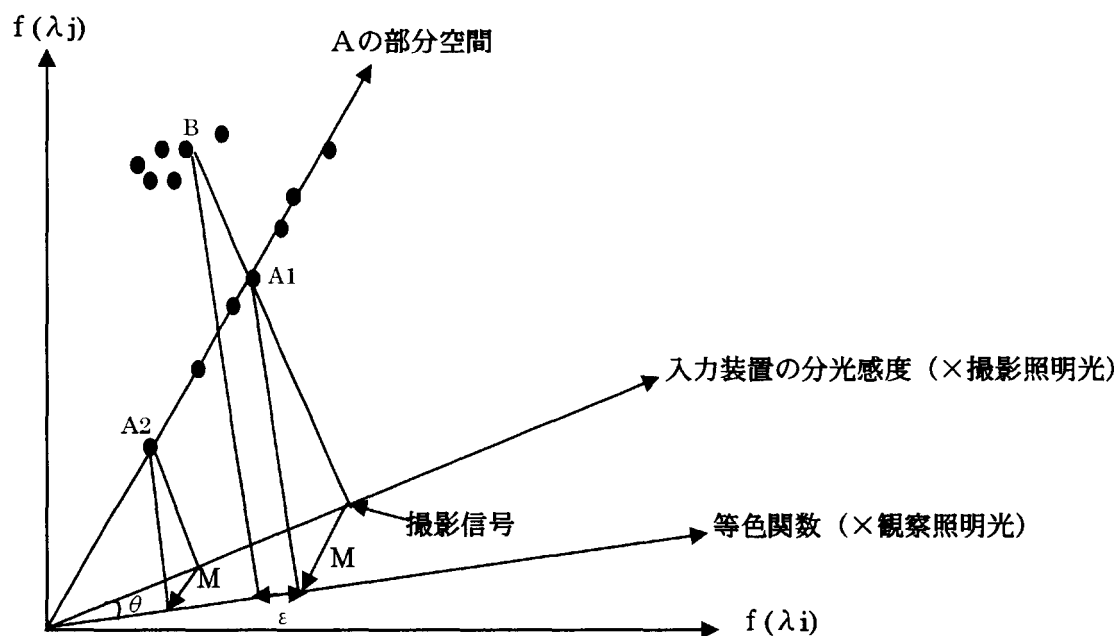


図 6.1.28 スペクトル空間での色推定の概念図

2) 色推定精度の定量的評価

マルチバンド化による色推定シミュレーション結果⁷⁾の一例を示す。自然界の170種類の分光反射率⁸⁾を対象としてD65照明下にて撮影した撮影信号値からD65、A、C、F2、F7、F11照明光下における色の推定誤差を算出した。カメラのバンド数1～10に対してCIELAB空間の平均推定誤差 ΔE_{ab} を表6.1.1に示した。各バンド数に対応するカメラの分光感度は可視波長域においてバンド数により等間隔に分割された矩形状であるとした。このシミュレーション結果より、バンド数の増加により平均推定誤差が減少することが分かる。

表 6.1.1 カメラバンド数と色推定誤差の関係

カメラバンド数	推定誤差 ΔE_{ab}
1	20.203322
2	16.539153
3	5.791204
4	2.207366
5	0.820387
6	0.731857
7	0.527998
8	0.466352
9	0.449043
10	0.310186

(3) マルチバンド色再現システムの標準化に関する検討課題

1) マルチバンド色再現システムの応用形式

マルチバンド色再現の利点は、色再現精度の向上と撮影照明光とは異なる観察照明光下の色を再現することが可能になることである。このような利点を生かした色再現を行うためには、撮影画像データに対応してカメラ分光感度、撮影照明光スペクトル、被写体分光反射率の統計データ、観察照明光データが色推定処理時に必要となる。これらのデータは画像ごとに固有のデータであるから、画像データとともにオブジェクト化することが最良であると考えられる。現在普及している画像データフォーマットにはこのような色再現に必要なデータを全て含むものはない。

図 6.1.29 に遠隔医療を例として、このようなオブジェクト化された色再現用画像データを用いた色再現システムを示す。撮影側（診療所）にて撮影された被写体（患者）の画像データがカメラ分光感度、撮影照明光スペクトル、被写体分光反射率の統計データとともにオブジェクト化されたデータ（照明可変画像）として観察側（病院）に伝送される。観察側では、観察環境の観察照明光スペクトルと撮影側から伝送された照明可変画像データから、観察照明光下の被写体の色をモニタ上に再現する。複数の観察側（病院）に伝送された照明可変画像データはそれぞれの観察照明光に応じて観察照明光下の色をモニタ上に再現する。医者は患者が目の前にいる場合の色をモニタ上にて見ることで診断することができる。図 6.1.30 色再現処理フローに処理のフローを示す。このようなオブジェクト化されたマルチバンド画像は、伝送するデータ量としては通常の 3 原色画像と比較して大きくなるため、主にアーカイブ用途として利用することが有効であると考えられる。

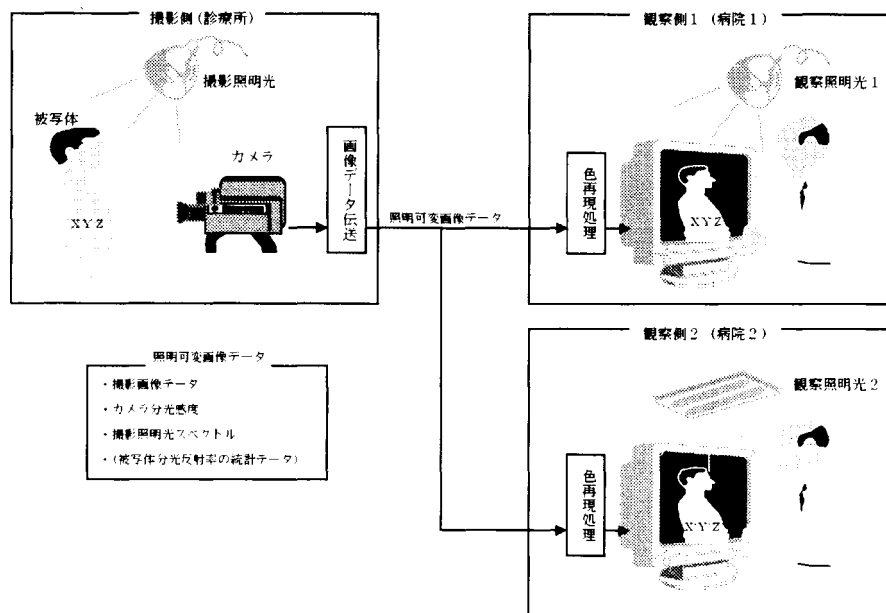


図 6.1.29 複数の観察照明光に対応する色再現システム

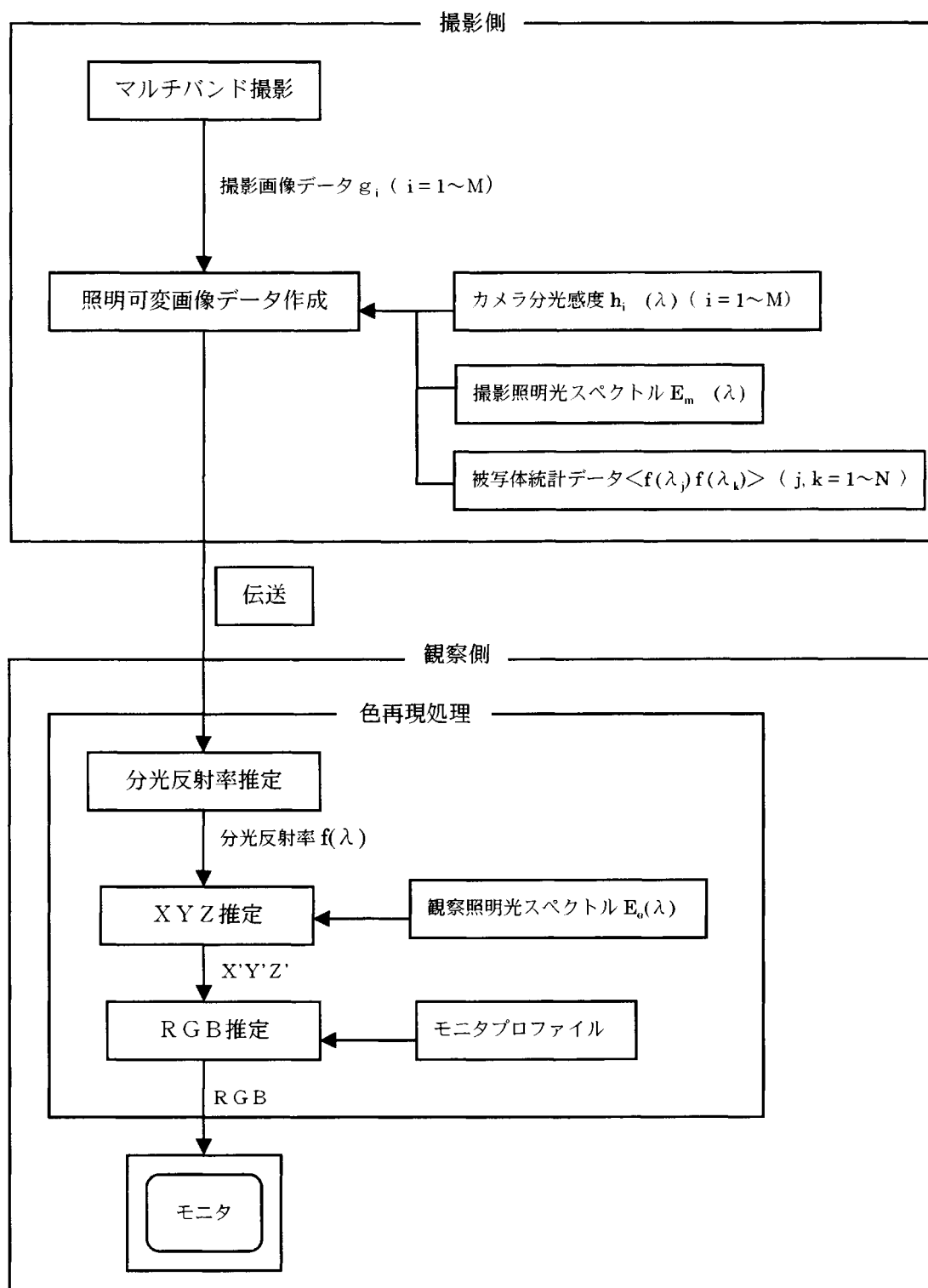


図 6.1.30 色再現処理フロー

色再現用オブジェクトデータフォーマットの一案を図 6.1.31 に示した。ヘッダー、撮影特性データ、観察照明光データ、被写体特性データ、マルチバンド画像データから構成される。撮影特性データには、カメラ分光感度と撮影照明光スペクトルデータが含まれる。各データのデータオフセットは、色再現用オブジェクトデータの先頭アドレスからそのデータまでのバイト数を示し、この情報とデータサイズに基づいて各データの読み込みを行う。

区分	名前	型	意味	バイト数
ヘッダー	マーカー	DWORD	“IEIF” 文字列	4
	フォーマットバージョン	Float	1.00	4
	ファイルサイズ	DWORD	ファイルサイズ	4
	ヘッダーサイズ	WORD	ヘッダーサイズ	2
	画像幅 Width	WORD		2
	画像高さ Height	WORD		2
	画像次元数 ImgDim (チャンネル数)	WORD		2
	画像データバイトサイズ (階調数)	WORD	sizeof (BYTE)	2
	スペクトル次元数 SpeDim (波長数)	WORD	401	2
	スペクトル短波長	WORD	380	2
	スペクトル長波長	WORD	780	2
	スペクトル間隔	WORD	1	2
	スペクトルデータバイトサイズ SpeBytes	WORD	sizeof (float)	2
	撮影特性データの有無	BOOL	TRUE/FALSE	4
	撮影特性データオフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	撮影特性データサイズ	DWORD		4
	観察照明光データの有無	BOOL	TRUE/FALSE	4
	観察照明光データオフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	観察照明光データサイズ	DWORD		4
	被写体特性データの有無	BOOL	TRUE/FALSE	4
	被写体特性データオフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	被写体特性データサイズ	DWORD		4
	マルチバンド画像データの有無	BOOL	TRUE/FALSE	4
	マルチバンド画像データオフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	マルチバンド画像データサイズ	DWORD		4
	画像圧縮の有無	BOOL		4
	画像圧縮モード	DWORD	“JPEG”, etc	4
撮影特性データ	カメラ名サイズ CameraNameSize	WORD		2
	レンズ情報サイズ LensNameSize	WORD		2
	撮影特性データモード	WORD	1:MSC 感度/2:色票撮影	2
	色票モード	WORD	1:Macbeth24	2
	フィルタ情報オフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	シャッタ速度オフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	絞り情報オフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	撮影照明光スペクトルデータの有無	BOOL	TRUE/FALSE	4
	撮影照明光スペクトルオフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	マルチチャンネル分光感度データの有無	BOOL	TRUE/FALSE	4
	マルチチャンネル分光感度オフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	信号値補正係数データの有無	BOOL	TRUE/FALSE	4
	信号値補正係数オフセット	DWORD	メモリオフセット	4
	予備	BYTE[12]	予備用バッファ	12

区分	名前		型	意味	バイト数
	カメラ名		BYTE [CameraNameSize]		可変
	レンズ名		BYTE [LensNameSize]		可変
	フィルタ情報		DWORD × ImgDim	各フィルタ中心波長、半値幅	可変
	シャッタ速度情報		float × ImgDim		可変
	絞り情報		float × ImgDim		可変
	照明光データ	照明光名サイズ NameSize	WORD		2
		照明光名	BYTE[Name Size]		可変
		スペクトルデータ	SpeBytes × SpeDim		可変
	マルチバンド分光感度データ		Float × ImgDim × SpeDim		可変
	信号値補正係数データ		Float × ImgDim		可変
観察照明光 データ	照明光データ数 DataNum		WORD	1	2
	予備		BYTE[14]	予備用バッファ	14
	データセットオフセット		DWORD× DataNum		可変
	照明光データ× DataNum	照明光名サイズ NameSize	WORD		2
		照明光名	BYTE[Name Size]		可変
		スペクトルデータ	SpeBytes × SpeDim		可変
被写体特性 データ	被写体特性データ数 DataNum		WORD	1	2
	データセットオフセット		DWORD× DataNum		可変
	データ セット× DataNum	被写体特性モード	WORD	1:基底関数/2:相関行列	2
		被写体特性名サイズ NameSize	WORD		2
		被写体特性名	BYTE[Name Size]		可変
		1 基 底	基底数 BasCnt	WORD	2
			固有値	Float × BasCnt	可変
			基底関数データ	Float× SpeDim × BasCnt	可変
		2 相 関	相関行列データ	Float× SpeDim × SpeDim	可変
	マルチバンド 画像データ		BYTE× Width × Height× Dim		可変

図 6.1.31 マルチバンド画像フォーマットの例

図 6.1.32 に遠隔医療を例として、3 原色信号を伝送するマルチバンド色再現システムを示す。観察側（病院）から観察照明光スペクトルデータが予め撮影側（診療所）に伝送される。撮影側にて撮影された被写体（患者）の画像データはカメラ分光感度、撮影照明光スペクトル、被写体分光反射率の統計データ及び観察照明光スペクトルとから観察照明光下の被写体の色を算出し、観察側に伝送する。このシステムでは観察照明光下の色データを伝送するため、従来の 3 原色データと同等のデータ量で画像データを伝送できる。

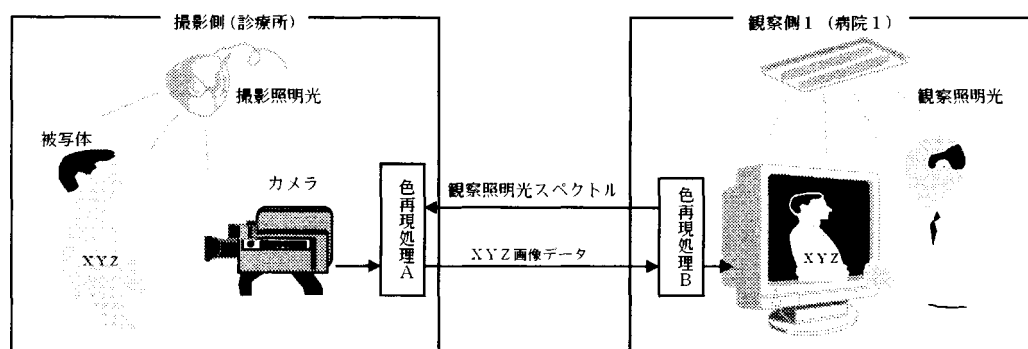


図 6.1.32 観察照明伝送の色再現システム

2) マルチバンド色再現システムの標準化検討課題

上記のマルチバンド色再現システムの普及を実現するためには

- ・色再現用画像データフォーマット
- ・色再現に必要な各データのファイルフォーマット

が標準化すべき重要項目であると考えられる。ここで、色再現に必要な各データを測定により取得するためには、高価な測定器や撮影時の煩雑な測定が必要となるが、簡易にこれらのデータを取得できることが分光特性に基づく色再現システムの普及をはかるうえで重要となる。そのための方法の一つとして、分光反射率が既知の色票撮影画像から撮影条件の情報を取得する方法が提案されている。⁹⁾ このような方法により得られた情報も含めて撮影条件に関するデータのフォーマットを検討することが重要である。

6. 2 マルチスペクトラムカラー画像の記述形式の標準化

6. 2. 1 平成10年度の成果

色再現範囲の拡大には、蛍光インキの併用が有効であるとの知見を得た。

蛍光色の基礎的な測定を通して測定法の技術的な検証を行った。

6. 2. 2 印刷用蛍光インキ

(1) 蛍光インキの性質と用途の概要

一般に、蛍光物質は、昼光蛍光顔料 (daylight fluorescent pigment) と呼ばれる有機蛍光顔料を言うようである。この有機蛍光顔料は、昼光あるいは昼光に似た照明の下で、きわめて光輝性の色を呈する特徴をもっている。また、無機化合物顔料 (硫化亜鉛等) の発光は、有機化合物の発光機構と異なるために、蛍光と区別して夜光 (蓄光) と呼ばれている。

蛍光物質の性質は、吸収した可視域や紫外域の光エネルギーを熱などで放出するが、酸化や還元、加水分解などの反応に消費されると変質し、退色や変色が生ずる。変質の程度は、一般に無機顔料は耐光性に強い物質が多く、有機顔料は耐光性に弱いと言われている。このような耐光性を示す要因は、主に物質の化学構造と、粒子の大きさで決まることが経験的にわかっているだけである。

他方、多色の表現及び蛍光インキを利用した色表現に関する動きを示す。色表現の代表的な方法は、4色 (CMYK) の版を重ねて色を表現するオフセット印刷とグラビア印刷がある。これらの印刷は、版の重ねによるモアレ発生が伴うために、4色以上の多色版を作成するのは難しい技術である。特に、オフセット印刷において、1994年にマイクロドット (レーザードット) をランダムに記録するFMスクリーンが発表された。このスクリーニング技術により、版の重ねモアレが解消され、プロセスインキのCMYKの4色とCMYの補色に位置する彩度の高い色を加えたHiFi印刷技と呼ぶ新しい多色再現の考え方を示す技術が話題になっている。また、高いスクリーン600線、700線等による印刷物を作ることにより、従来の網点の重なり領域で生ずる濁り成分を現象させた高精細印刷も話題となった。グラビア印刷では、色版を増やす代わりに、複数のインキを調査して特殊な色を作ることが良く行われている。その流れの中でインキジェットプリンターは、CMYKのインキと蛍光インキを使用した6色のカラープリント法が広まっている。これは、3色又は4色インキの色域よりも広い色再現、印刷画像のようなハイライト領域の滑らかな色・階調再現を狙っているようにも思われる。

本実験は、従来のプロセスインキで再現可能な色域よりも広いと考えられる蛍光インキを調査の対象としている。そのために、文具や商用オフセット印刷に使用される蛍光インキの特性を計測する。

(2) 蛍光材料の種類

はじめに、いくつかの代表的な蛍光材料を示し、その特徴を簡単に紹介する。

1) 紫外線発色インキ

紫外線発色インキは、太陽光や一般照明光のもとでは乳白色にしか見えないが、ブラックライトなどの紫外線を照射すると鮮明な蛍光色を発する一種の蛍光インキである。

発光材料として無機蛍光体が使用され、3原色の発色特性は次のようなものがある。

赤…620nm～630nm

緑…520nm～540nm

藍…450nm～455nm

このインキは溶剤型と水性型があり、一般の蛍光インキと比較して耐熱性、耐溶剤性、耐薬品性が優れている。

2) 蛍光顔料

蛍光顔料は吸収した光の波長よりも長い波長の光で発光し、この光は昼間でも比較的鮮やかに輝いて見えるので、雑誌の表紙やポスター等に利用される

昼光蛍光材料(1) - 染料 CI :Color Index

色	染料	CI Generic Name	分類
黄	チオフラビン	Basic Yellow 1	チアゾール系塩基性染料
	プリリアントスルホフラビン	Acid Yellow 7	ナフタルイミド系酸性染料
	フルオレッセイン	Acid Yellow 73	キサンテン系酸性染料
	ベーシックイエローHG	Basic Yellow 9	アクリジン系塩基性染料
赤	ローダミン6G	Basic Red 87	キサンテン系塩基性染料
	エオシン	Acid Red 87	キサンテン系酸性染料
ピンク	ローダミンB	Basic Violet 87	キサンテン系塩基性染料

〔色彩科学ハンドブック（1998年）：日本色彩学会編より引用〕

昼光蛍光顔料(2) - 樹脂及び用途

樹脂	形態	平均粒子径(μm)	蛍光性	用途
アルミホルム アミド樹脂	粉体、球状/不定形	3～5	優	塗料、グラビアインキ、 顔料捺染、プラスチック
アルミホルム アミド樹脂	アルキド樹脂分散体、 球状	0.5～1	優	オフセットインキ
アクリル樹脂	水分散体、球状	0.5～1	良	顔料捺染、水性グラビア インキ、紙コーティング
アクリル樹脂	水分散体、球状	0.1～0.5	良	蛍光マーカーインキ
ポリアミド樹脂	粉体、不定形	10～20	良	プラスチック

〔色彩科学ハンドブック（1998年）：日本色彩学会編より引用〕

蓄光顔料

残光色	化学式/組成	発光ピーク 波長 (nm)	残光時間	平均粒子 径 (μm)	体色	用途
黄緑	ZnS:Cu	525~530	短	20~25	黄緑	塗料 印刷インキ プラスチック
	SrAl ₂ O ₄ :Eu、Dy	520	長	7~13	淡黄	
青緑	SrO (AlB) ₂ O ₃ :Eu、 Dy	490	長	6~8	淡黄	
	SrO (AlB) ₂ O ₃ :Eu、 Ho	490	長	6~8	淡緑	
青	(Ca、Sr)S:Bi	450	長	10	白	

〔色彩科学ハンドブック（1998年）：日本色彩学会編より引用〕

（３） 蛍光物体色に関するJIS規格

測色と蛍光に関するJIS規格の適用範囲を簡単に示す。これらのJIS規格に出てくる用語と測色値の計算法は、本実験の結果をまとめる上で参照している。

JIS Z 8724-1983：（光源色の測定法）この規格は、2度視野に基づく表色系及び10度視野に基づく $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 表色系によって光源色を測定する方法並びに物体色の三刺激値を計算する場合に用いる照明光の分光分布を測定する方法について規定している。

JIS Z 8720-1983：（測色用の標準の光及び標準光源）この規格は、物体色の測色に用いる標準の光及び補助光源の光並びに標準光源及び常用光源について規定している。

JIS Z 8902-1984：（キセノン標準白色光源）この規格は、蛍光を発する物体の色比較及び測色に使用するキセノン標準白色光源について規定している。この光源は、JIS Z 8720に規定する昼光に近似した常用光源に相当する。なお、蛍光を発しない物体の色比較及び測色にも準用することができる。

JIS Z 8717-1989：（蛍光物体色の測定法）この規格は、2度視野に基づく表色系及び10度視野に基づく $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 表色系によって、蛍光性の反射物体の色を測定する方法について規定している。

JIS Z 8722-1994：（色の測定法—反射及び透過物体色）この規格は、2度視野に基づく表色系及び10度視野に基づく $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 表色系によって物体色を測定する方法について規定している。なお、蛍光性の反射物体の色を測定する場合には、JIS Z 8717による。また、XYZ表色系及び $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 表色系は、観測者の目に対して張る角が、それぞれ1~4°の視野及び4°を超える視野における視感等色に対して良い相関を得ようとするときに適用する。

JIS Z 9108-1990：（蛍光安全標識板）この規格は、工場・鉱山・建設作業場・学校・病院・劇場などの事業場、駅・道路・埠頭・空港（航空機発着場を除く。）・車両・船舶・航空機などにおける災害防止及び救急体制のための一つ的手段として、JIS Z 9106に基づきJIS Z 9107に規定する安全標識板、JIS M 7001に規定する鉱山保安警標などに蛍光性色材を用いて加工を施した蛍光安全標識板について規定している。

本テーマをまとめるために、蛍光インキの蛍光分光ラジアンズ・ファクタを求めることが重要である。本テーマに関連する文献をあげると、湊秀幸氏の電子技術総合研究所研究報告第829号「蛍光材料の分光色技術の確立の関する研究」（昭和57年10月、UDC 535.371:535.651）と木下一彦・御橋廣眞著の日本分光学会編「蛍光測定 生物化学への応用」（1982年）である。特に、湊氏の報告書は、今回使用する測定器と同じ2分光器による計測法をまとめたものである。また、木下・御橋氏の、一般的な蛍光計測法を紹介した書籍がある。したがって、これらの内容とを引用しながら、本実験で使用する分光蛍光光度計F-4500との関係を示す。

6. 2. 3 蛍光物体色の測定に関する文献概要

蛍光物質に関する測定法の文献調査では、任意の照明光源下における蛍光物体色を正確に推定できる方法は、(1)単色光の励起照明側と分光観測側にそれぞれ分光器を設置した2分光器法、(2)2分光器法の観測側を三刺激値直読形色彩計に置き換えた単色光照明—三刺激値観測法、に集約されることがわかった。注目すべき報告として、(1)に関する研究は、湊氏の詳細な研究報告、(2)に関する研究は、一条、森氏らによる研究報告である。まず、一条、森氏らの研究報告では、JIS化の前段階として学会奨励の方法を定める目的で検討した「蛍光物体色の推奨測定方法とその国内測定比較」がある。この報告は、第2回色彩工学コンファレンスで行われており、方法I：単色光照明—非分光観測で試料と常用白色面を比較測定し、資料の見かけの分光放射輝度率を求める、方法II：方法Iと同じ測定法であるが、試験用白色光源と試料面との間に、励起光減衰用フィルタ又は励起光遮断用フィルタを挿入したときの2種類の全分光放射輝度率を測定する、方法III：2分光器配置で分光器の波長を等しくした単色光照明—分光観測条件で、常用標準白色面及び試料を測定する、で得られる測定精度の検討結果が論じられている。その報告では、方法Iと方法IIとは大差なく実用的な測色結果が得られるが、方法Iは白色光源の近似の良さに関係した測定値が得られる。反射分光放射輝度率自体を知るためには、方法IIと方法IIIがよいとある。

本テーマでは、一条、森氏の報告にある方法IIIを参考にすることができる。また、湊氏の2分光器による蛍光測光法が、本実験に使用した測定器（日立製分光蛍光光度計F-4500）と同じ光学系を有しており、湊氏の報告を理解して、実験を進めて行く必要がある。また、一般的な蛍光計測法を理解するには、木下・御橋氏の書籍が参考になる。以下に、それらの報告の内から重要な項目だけを簡単に紹介する。

6. 2. 4 2分光器による蛍光測定法（湊氏：電総研研究報告第829号、1982）

（1） 蛍光材料の分光測定とその測色精度

「蛍光材料の分光色技術の確立の関する研究より蛍光材料の測色では、入射光に対する蛍光材料の諸特性を十分正確に把握することが重要である。蛍光材料の分光測色法には2台の分光器を用いる2分光器法と、1台の分光器を用いる簡易蛍光測色法がある。2分光器法は、原理的に最も正確とされている。この方法は、Donaldson氏によって始められ、その後測色の立場から福田、馬場、Grum氏らによって精細な研究がされている。しかし、この方法に基づいて精密な測定（重複領域の反射分光ラジアンズ・ファクタの決定方法、測定光学系の偏光特性に起因する誤差、回折格子分光器は特徴のある偏光特性を有する）を実際に遂行するには、測定誤差に関する精細な解析やいくつかの測定技術上の未解決の問題がある。1台の分光器を用いる方法に関しては、その確度の高精度な吟味や通常の測色用積分球を用いる場合の実行手順の確立が重要な問題となっている。」との記述ではじまり、湊氏は2分光器法が原理的に最も正確に計測可能であるとして、重複領域の蛍光分光分布を推定する方法等を含めた研究を実施し報告をしている。その研究報告書の中から、本実験に関係する内容をまとめと以下のようなになる。

一般に、物体色の分光測定原理は、標準白色拡散板の分光放射輝度と比較することによって、試料の分光反射率あるいは分光ラジアンズ・ファクタを求めることである。JIS規格では、同一条件で照明及び観測した物体波長 λ における分光放射輝度 Les_{λ} 、と完全反射（透過）面の波長 λ における分光放射輝度 Len_{λ} との比（ $Les_{\lambda}/Len_{\lambda}$ ）、又は同一条件で照明し同一方向の同一立体角内に、物体から反射する分光放射束 Φs_{λ} と完全拡散反射面から反射する分光放射束 Φn_{λ} との比（ $\Phi s_{\lambda}/\Phi n_{\lambda}$ ）と規定している。また、JIS Z 8105の規定では、前者の比が分光ラジアンズ・ファクタとして $\beta(\lambda)$ で表記し、後者の比（ $\Phi s_{\lambda}/\Phi n_{\lambda}$ ）が分光立体角反射率であると規定している。

物体色の測定法は、JIS Z 8722-1994（色の測定方法—反射及び透過物体色）に規定されている。この規格は、CIEが1986年に推奨した Publication CIE No. 15. 2 (1986) COLORIMETRY、SECOND EDITIONの1、2、3（以下、CIE、No. 15. 2という）に定める物体色の測定法に合致している。蛍光物体に対する分光放射輝度率（分光ラジアンズ・ファクタ）は、JIS Z 8717で規定している。また、湊氏においても、上記の反射率との違いを述べ、0度照射・45度受光条件で計測する場合のJIS Z 8105（色に関する用語）に規定された分光ラジアンズ・ファクタを採用している。そして、以下のような2分光器による問題点を列挙し、補正法を提案している。

1) Almanらが、2つの蛍光材料について、同一波長において同時に励起光と蛍光が存在するいわゆる重複領域において、測定した見かけの反射分光ラジアンズ・ファクタが、分光器のスリット波長幅によって変化することの報告したことに對して、湊氏は反射分光ラジアンズ・ファクタと蛍光分光ラジアンズファクタの分離の必要性和、問題の所在を明らかにしている。そして、蛍光材料の重複領域における反射分光ラジアンズ・ファクタを正確に決定するため、反射、及び蛍光分光ラジアンズ・ファクタを分離する方法を提示し、2種類の蛍光材料の重複領域にお

いて、提案した方法による反射分光ラジアン・ワットの結果として、測定値の再現性が±0.4%以内であることを報告している。

2) 蛍光材料の分光測色における偏光に起因する誤差の問題は、測定光学系の偏光の存在および標準白色板の蛍光材料の反射、および蛍光成分の間の偏光特性の組合せ効果に起因する。

分光器の透過率あるいはその内部光学素子の反射率は、反射面の法線と光の進行方向で決定される入射面に平行な方向（以下p方向）に電気ベクトルを有する入射成分光と、垂直な方向（以下s方向）に電気ベクトルを有する入射成分光によって異なった値をもつ。測定光学系の場合、第1分光器への入射光が無偏光でも、分光器から出射し、第2分光器に導かれる。第2分光器も同様にp方向成分光およびs方向成分光のそれぞれに異なった透過率を有する。測定光学系の偏光による分光測光誤差は、反射および蛍光分光ラジアン・ワットのための、フイルタ法によって励起光と蛍光放射を分離し、種々の励起単色光に対する、全蛍光放射の平均的な偏光特性を測定した。これらの結果に基づき単一励起波長における蛍光分光ラジアン・ワット法の分光測光誤差は、約0.006以下であると推定された。

3) 分光器法による蛍光分光測色の測定手順の確立とその精度の検討。原理的には明確である分光器法も、その具体的測定手順においては、なお次の2種類の条件の正確な決定が重要であることを報告している。

1. 第1分光器により照射される蛍光材料面上の分光照射照度の決定
2. 第2分光器側の分光検出応答特性の正確な補正方法の確立。

そこで、研究報告書に示されている2分光器法による分光ラジアン・ワットを求める手順を簡単に記述する。分光放射輝度 $S(\mu)$ の照明光源から励起分光器（第1分光器）で照射波長 μ_0 の単色光を得て、蛍光材料に照射した場合、蛍光材料面上の放射照度 $S_p(\mu_0)$ は、次式で表せる。

$$S_m(\mu_0) \propto \int_0^\infty S(\mu) \tau_{M1}(\mu) \tau_{M1}(\mu) d\mu \quad (1)$$

$S(\mu)$ は、第1分光器への入射光の分光分布

$\tau_{M1}(\mu)$ 、 $\tau_{M1}(\mu_0)$ は、第1分光器の分光透過率およびスリット帯域関数

添字のmは、試料面上で測定される光源を表す。

また、蛍光材料に励起単色光 $S_m(\mu_0)$ を照射して得られる第2分光器（又は蛍光）波長 λ の分光放射輝度に対応する受光器光電流値 $i_f(\lambda, \mu_0)$ は、第2分光器の設定波長 λ に対する分光透過率を $\tau_{M2}(\lambda)$ 、スリット波長幅を ΔM_2 、受光器の分光感度 $R(\lambda)$ としたとき、次式で表せる。

$$i_f(\lambda, \mu_0) = k_1 S_m(\mu_0) \beta_f^N(\lambda, \mu_0) \tau_{M2}(\lambda) R(\lambda) \Delta M_2(\lambda) \quad (2)$$

$\beta_f^N(\lambda, \mu_0)$ ：規準化した蛍光分光ラジアンズ・ファクタ

λ ：第2分光器側の波長、 μ ：第1分光器側の波長

同様にして、標準光源で標準白色板に照射した場合では、次式のように表せる。

$$i_{w2}(\lambda) = k_2 S_r(\lambda) \beta_{std}(\lambda) \tau_{M2}(\lambda) R(\lambda) \Delta M_2(\lambda) \quad (3)$$

$S_r(\lambda)$ は標準光源の分光放射照度 [$W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$]

$\beta_{std}(\lambda)$ は標準白色板の分光ラジアンズ・ファクタ

上の二つの式の光電流比から規準化した蛍光分光ラジアンズ・ファクタが、下式のように導き出せる。

$$\beta_f^N(\lambda, \mu_0) = K \left[\frac{i_f(\lambda, \mu_0)}{i_{w2}(\lambda)} \right] \left[\frac{S_r(\lambda)}{S_m(\mu_0)} \right] \beta_{std}(\lambda) \quad (4)$$

試料面上の励起単色光 $S_m(\mu_0)$ の校正と $\beta_f^N(\lambda, \mu_0)$

上式(4)から、係数 K と観測光源の励起単色光 $S_m(\mu_0)$ 以外は測定可能な値である。したがって、この励起単色光の $S_m(\mu_0)$ の正確な校正が必要となる。観測光源の分光放射照度 $S_m(\mu_0)$ は、第1分光器の設定波長 μ_0 と蛍光放射領域の特定波長 λ_c を同一に設定し、標準白色板をその励起単色光($\mu_0 = \mu_c$)で照射したときに得られる。これは、標準白色板の全分光放射輝度に対応する光電流値 $I_{w1}(\lambda_c)$ を測定する。この値は、第2分光器の波長 λ を λ_c の前後に移動して測定される受光器光電流値 $i_{w1}(\lambda_c, \lambda)$ から求められ、その値は次式で表せる。

$$\begin{aligned}
I_{w1}(\lambda_c) &= \int_0^{\infty} i_{w1}(\lambda_c, \lambda) d\lambda \\
&= k_1 \int_0^{\infty} [S_m(\lambda_0 = \lambda_c) * t_{M2}(\lambda_c, \lambda)] \cdot \tau_{M2}(\lambda) \cdot \beta_{std}(\lambda) \cdot R(\lambda) d\lambda \\
&\cong k_1 S_m(\lambda_c) \beta_{std}(\lambda_c) \tau_{M2}(\lambda_c) R(\lambda_c) \Delta M_2(\lambda_c)
\end{aligned} \tag{5}$$

一方、標準光源による標準白色板の分光放射輝度に対応する受光器光電流値は、上式(3)に示した i_{w2} で表せるので、励起単色光は次式のように表せる。

$$S_m(\lambda_c) = K \left[\frac{I_{w1}(\lambda_c)}{i_{w2}(\lambda_c)} \right] S_r(\lambda_c) \tag{6}$$

測定系に、光電流値をモニタする受光器がある場合、そのモニタのモニタ分光感度を $R_m(\lambda)$ とした時に、モニタ受光器の出力値は励起単色光とモニタ分光感度に比例して求められる。即ち、特定波長 λ_c に対するモニタ受光器の出力 $i_m(\lambda_c)$ は励起単色光 $S_m(\lambda_c)$ とモニタ分光感度 $R_m(\lambda_c)$ の積で得られる。同様に、第1分光器に対して任意波長 μ_0 に設定した場合でも、モニタ受光器の出力 $i_m(\mu_0)$ は励起単色光 $S_m(\mu_0)$ とモニタ分光感度 $R_m(\mu_0)$ の積で得られる。これらの出力比を求めれば、下式の関係が得られる。

$$S_m(\mu_0) = \left[\frac{i_m(\mu_0)/i_m(\lambda_c)}{R_m(\mu_0)/R_m(\lambda_c)} \right] S_m(\lambda_c) \tag{7}$$

上式の[]を $\alpha(\mu_0)$ で表せば、励起単色光の $S_m(\mu_0)$ は $S_m(\lambda_c)$ が求められているので、式(6)と式(7)から、任意波長での分光放射照度は下式のように表せる。

$$S_m(\mu_0) = K \cdot S_r(\lambda_c) \left[\frac{I_{w1}(\lambda_c)}{i_{w2}(\lambda_c)} \right] \alpha(\mu_0) \tag{8}$$

したがって、規準化した蛍光分光ラジアンズ・ファクタ $\beta_f^N(\lambda)$ (式(4))は、次式のように求められる。

$$\beta_f^N(\lambda, \mu_0) = \left[\frac{i_f(\lambda, \mu_0)}{i_{w2}(\lambda)} \right] \left[\frac{i_{w2}(\lambda_c) S_r(\lambda) \beta_{std}(\lambda)}{i_{w1}(\lambda_c) \alpha(\mu_0) S_r(\lambda_c)} \right] \tag{9}$$

以上の結果、規準化した蛍光分光ラジアンズ・ファクタ $\beta_f^N(\lambda)$ は、 $\beta_{std}(\lambda)$ の他は相対測定で求められることがわかる。

2分光器法では、蛍光材料の各波長 λ ごとの反射分光ラジアンズ・ファクタ $\beta_0(\lambda)$ と、上式 (9) の照射波長 μ に対する波長 λ の蛍光分光ラジアンズ・ファクタ $\beta_f^N(\lambda)$ を用い、分光分布 $S_0(\lambda)$ の照明光源に対して、全分光ラジアンズ・ファクタを計算で求めることができる。したがって、2分光器法による特定光源照明下の蛍光材料の全分光ラジアンズファクタは、

$$\begin{aligned}\beta_t^H(\lambda; S_0) &= \beta_0(\lambda) + \beta_f^H(\lambda; S_0) \\ &= \beta_0(\lambda) + \frac{\sum_{\mu} S_0(\mu) \beta_f^N(\lambda, \mu) \Delta\mu}{S_0(\lambda)}\end{aligned}\quad (10)$$

で表せる。第1項は、反射成分、第2項 $\beta_f^H(\lambda)$ は全蛍光成分に対応する分光ラジアンズ・ファクタである。

そして、2 分光器法の測定精度は次式の量ではば推測される。

$$\Delta\beta_t(\lambda) = \beta_t^H(\lambda; S_0) - \beta_t(\lambda; S_0) \quad (11)$$

以上のように、湊氏は蛍光分光ラジアンズ・ファクタ及び測色精度を導き出している。

(2) 重複領域の反射分光ラジアンズ・ファクタの決定

2分光器による測定は、単色励起光と蛍光分光分布とが重なる重複領域が存在する。この重複領域の蛍光分光分布を求めるには、単色の励起光を取り除く必要があり、この方法として湊氏は、以下の考察を行っている。

重複領域波長 λ_0 において、励起側分光器の励起波長 μ を λ_0 と同一にして測定した全分光ラジアンズ・ファクタ $\beta(\lambda_0, \lambda_0)$ は、次式のように反射分光ラジアンズ・ファクタ $\beta_0(\lambda_0)$ と蛍光分光ラジアンズ・ファクタが含まれている。

$$\beta(\lambda_0, \lambda_0) = \beta_0(\lambda_0) + Q(\lambda_0) F_{\lambda_0}(\lambda_0) \Delta M_{eff} \quad (12)$$

$Q(\mu)$: 蛍光放射率 (または分子量子吸収係数)

$F_{\mu}(\lambda)$: 蛍光の分光分布

ΔM_{eff} : 励起と受光の分光器に対するスリット帯域関数

重複領域の全分光ラジアンス・ファクタを求めるには、励起側分光器の波長 $\mu (= \lambda_0)$ を固定して受光側の分光器の波長 λ を変える測定と、受光側分光器の波長 $\lambda (= \lambda_0)$ を固定して励起側の分光器の波長 μ を変える測定とがある。後者の測定は、上式の右辺第二項が光源の分光分布に影響を受けるために、測定法として適当でない。前者の場合、上式(12)の第2項は受光器の分光感度に関する蛍光成分で求められる。そこで、この反射分光ラジアンス・ファクタは、波長 λ_0 の上下にずらした波長における蛍光の分光分布を数点測定し、その測定点の補間演算で求める。その結果は実験によって、反射分光ラジアンス・ファクタの推定精度を検証している。

(3) 一般的な蛍光計測法の概要

ここでは、木下・御橋著に記述された励起スペクトルの補正と蛍光スペクトルの補正を示す。

励起スペクトルの補正と蛍光スペクトルの補正

1) 励起スペクトルの補正

発光波長を固定し、励起波長のみを変えて観測される蛍光強度を励起波長に対してプロットしたものを励起スペクトルと呼んでいる。このスペクトルの各波長での高さは、希薄溶液試料については、励起波長強度 $I_{ex}(\lambda)$ と蛍光分子の吸収係数 $\varepsilon_{ex}(\lambda)$ との積に比例する。どの波長に設定しても一定の励起光強度(光量子数/単位時間)が得られるような理想的な計測系で観測される励起スペクトルを、「真」の励起スペクトルと呼ぶことにする。多くの蛍光分子の蛍光量子吸収率は励起波長に依存しないので、得られる励起スペクトルは「真」の励起スペクトルに一致する。試料中に多種の化合物が存在する場合には、「真」の励起スペクトルは吸収スペクトルと一致しない。計測の立場では、特定の化合物の吸収スペクトルを反映していることを利用して、化合物の同定が可能である。また、分子間励起エネルギー移動が起こる系では、その移動効率についての情報がわかれば、「真」の励起スペクトルを求めることも可能である。

実際の測定系においては、 $I_{ex}(\lambda)$ は波長とともに変動し、その変動は装着されている光源や分光器の種類に大きく依存しており、また装置の経年変化にも依存する。したがって、この励起スペクトルは「真」の励起スペクトルと区別するために、「見かけ」の励起スペクトルと呼ぶことにする。「見かけ」の励起スペクトルから「真」の励起スペクトルを得るには、励起光の分光特性を求め、装置の「特性」を較正する必要がある。分光特性を求める方法としては、入射光の光エネルギーをすべて熱エネルギーに変換して発生する熱量を測る方法(サーモパイル、ボロメーター)、入射光により化学反応を起こさせ、その結果生ずる化合物の量を測定する方法(アクチメーター)、蛍光分子を利用して入射光を特定の波長の光に変換し、その光強度を測る方法(光量子計)等がある。

光量子計の蛍光スクリーンとして最もよく利用されるのが、高濃度(3g/l)のローダミンBをエチレングリコールに溶かしたものである。この溶液は600nmまでの波長域において十分に高い吸収度を示し、実質的にすべての入射光が溶液の表面の薄い層において吸収され、そこから放射さ

れる蛍光強度は入射してくる光子数の数（単位時間当り）に比例する性質をもっている。実際には、ロータミンB溶液を三角セルにいれ、測光する。発光用分光器の波長を掃引して光検出器からの信号を記録する。このとき、発光用分光器のスリット幅は充分に広くし、励起光で照射されている三角セルの表面部分を光検出系が完全に「見て」いる状態にすれば、励起光の光線の幅が励起波長とともに多少変動（レンズの色収差による）しても、光検出器の出力は入射光の強度（光子数/単位時間）にほぼ比例する。しかし、厳密に言えば、ロータミンBの蛍光はわずかに偏光しているので、その度合いが励起波長に依存するが、偏光の影響を補正すればさらに正確になる。キセノン放電管を光源とする蛍光光度計での較正方法の問題の一つは、励起用回折格子分光器を通り抜けてくる2次光の影響である。例えば、分光器の波長が530nmに設定されているとき、275nm ($\lambda/2$) の光も通過するので、この2次光の分だけ高めの出力が記録されることになる。この問題とは逆に、キセノン放電管からの出力が弱くなる300nm以下の波長領域においては、強い可視光が迷光として混入してきて、大きな誤差の原因となる。

2) 発光スベクトルの補正

「見かけ」の発光スベクトル $F_{em}(\lambda)$ は、希薄溶液については、「真」の発光スベクトル $\psi_{em}(\lambda)$ に光検出系の感度 $\Psi_{em}(\lambda)$ と分光器の波長半値幅 $\Delta\lambda_{em}(\lambda)$ を乗じたものに比例する。

$$F_{em}(\lambda) = \Psi_{em}(\lambda) \psi_{em}(\lambda) \Delta\lambda_{em}(\lambda)$$

発光側の分光器として回折格子分光器が用いられていれば、半値幅 $\Delta\lambda_{em}(\lambda)$ は波長に依存せず一定である。したがって、「真」の発光スベクトルを求めるには、光検出系の分光感度特性がわかればよい。

分光感度曲線を実際に求める方法としては、①標準タンダステンランプを用いる方法、②標準蛍光物質の蛍光を利用する方法、③キセノン放電管から分光出力分布を光子数計で較正したものを利用する。

① 標準タンダステンランプを用いる方法

この方法は可視域での分光感度曲線を求めるのに最適で、特に600nmより長波長側の領域での較正は、現在のところ信頼できる唯一の方法といえる。標準ランプは蛍光光度計から数m離して設置する（光強度を弱める）。ランプからの放射光を、細長い黒い筒とアルミ蒸着鏡を用いて発光用分光器の入カスリットに導く。分光器の波長を掃引して、検出器からの出力 $H(\lambda)$ を記録する。このスベクトルをランプからの出力の分光光子数分布 $B(\lambda)$ と比較し、 $H(\lambda)/B(\lambda)$ を波長に対してプロットすれば、分光感度曲線が得られる。

② 標準蛍光物質の蛍光を利用する方法

標準蛍光物質の発光スベクトルを記録し、「真」の発光スベクトルとの比較から分光感度曲線を求める。問題となる点は、標準物質の純度と、文献中の発光スベクトルの信頼度である。③キセノン放電管から分光出力分布を光子数計で較正したものを利用する

光子数計が光を検知できる波長領域での較正が可能で、ロータミンB溶液を用いれば600nmまでの領域がカバーできる。分光感度曲線を求めるにあたって、まず励起スベクトルの較正のところで述べた要領で、試料ホルダーに入射してくる励起光の分光特性を求める。次に、試料ホルダーに鏡または水晶板を設置して、励起光を発光用分光器の入カスリットに導く。励起側と

発光側の分光器を同じ波長 λ_i に設置して検出器からの出力 $H(\lambda_i)$ を測り、 λ_i を次々と変えて同じ操作を繰り返す。各波長で $H(\lambda_i)$ と $I_{ex}(\lambda_i)$ の比を計算し、その値を波長に対してプロットすれば分光感度曲線が求まる。

6. 2. 5 実験装置(F-4500)の励起/蛍光スペクトルの補正法

本実験で使用する日立製の分光蛍光光度計F-4500は、光源・試料台・受光の幾何学的な位置関係が 30° 入射角、 60° 受光角、試料の煽り角度 15° となっている。分光蛍光光度計の測定は、0/45の幾何学的条件となっているために、この分光蛍光光度計で得た測定値を測色器の条件に合わせる補正が必要である。また、実験で併用する分光放射輝度計は、分光蛍光光度計と同一条件にした測定が必要である。さらに、蛍光インキの分光特性に対して、通常の測色条件（0/45等）に合せたデータを導いて、本実験の結論をまとめる必要がある。

はじめに、文献から得られる情報をもとに、本実験で使用する分光蛍光光度計F-4500での励起スペクトル/蛍光スペクトルの補正法を整理する。

- (1) 光源の波長特性、励起側分光器の波長特性
- (2) モニタ検知器の波長特性
- (3) 蛍光側分光器、蛍光測定用検知器の波長特性

(2)のモニタ検知器の感度は、石英セルに蒸留水を入れた試料に350nmの単色励起光を照射した時に得られるラマン散乱光のピーク値を基準光度にした相対的な値で求められる。そのために、励起波長350nmで蒸留水を約10分の間照射して、得られるラマン散乱光のピーク値の変動（SN）比が100db以上である場合には、その値をモニタ検知器の感度データとして登録する。(1)及び(3)の励起側分光器、蛍光側検知器の波長特性は以下のように測定される。

分光蛍光光度計F-4500における励起スペクトルの形状は、ローダミンB溶液（高濃度：5g/l）を使用して測定する。この測定は、蛍光側の波長を640nmに設定して、励起側の波長を198.6nm～601.4nmまで走査したときに得られる受光強度を測定して、その測定値を励起スペクトル側補正（又は装置）関数として登録する。

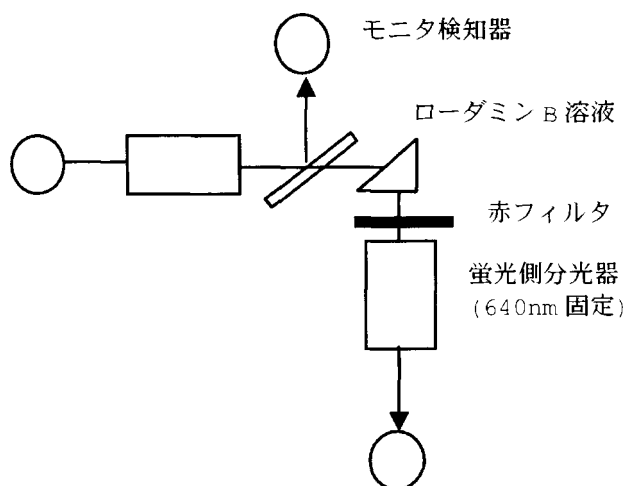


図 6. 2. 1 励起側スペクトル補正

蛍光側分光器、蛍光測定用検知器の波長特性は以下のように測定する。

光検出系の分光感度特性は、キセノン光源から回折格子で200nm～600nmまでの単色光を得て、この光を拡散素子に照射したときの受光強度、さらに副標準光源副標準光源で500nm～900nmまでの受光強度を計測して求めている。ローダミン溶液を利用して励起側補正関数が求められている場合、下図に示すように拡散素子を試料台に設置し、励起側、蛍光側を同じ波長で同時走査する。この結果得られるスペクトルは、励起側補正関数と蛍光側補正関数の重なったものになる。すでに求めている励起側補正関数で割ることにより、200nm～600nmまでの蛍光側の補正関数を求めることができる。

蛍光側の長波長域での補正は、副標準光源を用いる。これは、

$$\begin{aligned} \text{スペクトル} &= \text{蛍光側分光器の分光透過特性} \\ &\quad \times \text{蛍光側検知器の分光感度特性} \\ &\quad \times \text{副標準光源の分光放射特性} \end{aligned}$$

このスペクトルを既知の副標準光源の分光放射特性で割ることにより、蛍光側の補正関数を求めている。

試料の蛍光スペクトルをこの蛍光側補正関数で割れば、補正蛍光スペクトルが求められる。

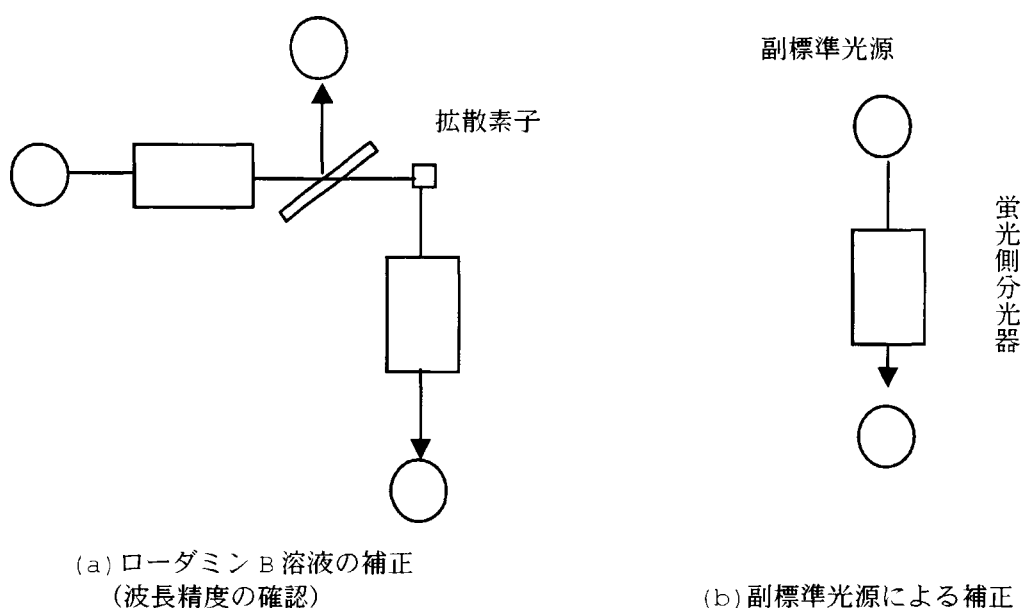


図6. 2. 2 波長精度の確認及び受光感度の補正

また、本装置は、Xeランプの輝線を用いた波長精度の確認を行う。上図に示したように、拡散素子をせ設置し、440nm～480nmの間を走査して励起側と発光側でモニタ検出器のピーク波長の位置が、それぞれ450nm±2nm以内にあることを確認する。

参考

- (1) ラマン光の特徴は、蛍光試料の濃度を変えたとき、蛍光強度はその濃度に比例して増大するが、ラマン散乱光の強度はほとんど変化しない。励起波長を変えると、ラマン散乱光の極大位置も変化し、その波長と励起波長との間隔がほぼ一定に保たれる。即ち、励起光の波長 λ_{ex} とラマン散乱光の波長 λ_{Raman} の間には、 $1/\lambda_{Raman}=1/\lambda_{ex}-\Delta$ の関係があり、 Δ は用いた溶媒で決まる。
- (2) ローダミンB溶液は、溶媒にエタノール、量子吸収率0.67～0.97、 $\lambda_{ex}=590nm$

(1) 測定器の波長精度確認実験

これまでの実験データの見直しを行った結果、入射光の波長と受光の波長が、同一波長になっていないことが判明した。これを補正する方法を検討して、正しいデータを求める必要がでてきた。

1) F-4500蛍光光度計の波長設定精度

2分光器による計測は、蛍光ラジアンズ・ファクタを算出するために、励起光波長と受光波長が同一に設定したときに得られる受光器の光電流値が読み取れることが重要になる。分光蛍光光

度計F4500が、励起光波長と受光波長が同一で測定値が得られるのかの確認を、硫酸バリウムを利用して行う。即ち、硫酸バリウムの反射成分に対して、励起波長と受光波長の同一波長で最大強度が得られる。そこで、分光蛍光光度計F4500の両波長を同一に設定（3D測定）し、この時に得られる測定値をグラフに示す。グラフより、波長の分布が得られ、両分光器の波長が一致していないことがわかる。そこで、励起波長の付近で、受光強度が最大になる波長とその強度をひろい、グラフにすると図のような、山状の分光分布が得られる。したがって、このズレ方は、機械的に回折格子を動かす送りカム（サインバー）による変動と推測できる。本計測器は、蛍光側又は励起側の波長較正が必要になる。

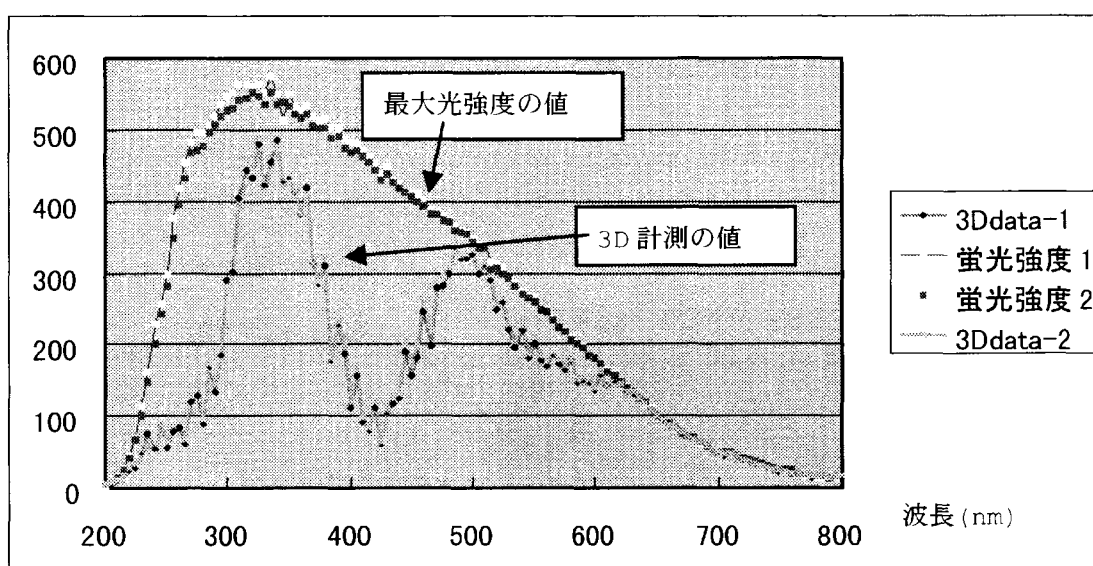


図6. 2. 3 励起と蛍光が同一波長となる場合に得られる測定値

波長のズレを補正するために、以下の実験を行った。

本測定器の機能として、励起光側の波長は200nm～900nmまでを1nm刻みで設定した場合、蛍光側の波長は200nm～900nmまでの波長域を0.2nm刻みで測定できる。また、逆に蛍光側の波長を1nm刻みに設定すれば、励起光側は0.2nm刻みになる。そのために、2通りの測定を行った。

実験：(a) 励起光の波長を設定したときの蛍光側の最大光度とその波長を求める。

(b) 蛍光の波長を設定したときの励起光側の光度が最大となる波長とその光度を求める。

そのズレ量（最大光度の波長-設定波長）を求め、そのズレ量が(a), (b)の測定値に対して反転しているのであれば、サインバーによる誤差と考えられる。この場合、励起波長が正しいのか、蛍光波長が正しいのかは同定できない。

本実験装置のズレ量：平均 0.5nm、-0.2nm、 +1.2 nm と測定された。

最大光度が得られる波長のふらつきは、±0.2 nmと測定された。

ここでは、基準の設定波長は、キセノンの輝線スペクトルがある450nmにとる。

つぎに、測定波長の位置ズレ補正を行わずに行える測定可能な条件を調査するために、励起光側と受光側のスリッド幅の組合せを変化させたときの受光波形を調べた。これまで、出来る限り正確なスペクトル波形を求めるために(励起光側スリット幅/受光側スリット幅)を(1nm/1nm)としていたが、受光側のスリッド幅を広く設定して中心波長の位置の光度とほぼ等しく測定できるスリッド幅を求める。この実験として、それぞれのスリッド幅を(2.5nm/1nm)、(5nm/1nm)に設定した場合の受光波形を求めた。また、それらのスリッド幅の組合せに対して、受光光量を変えたときの受光波形を測定した。受光光量は、減光板(は8/100と33/100)を使用し、入射光量を制限している。その結果は、図に示すように400nmの設定波長に対して、受光の最大値となる波長は400.6nmとなっているが、入射光量が少なければ、なだらかな波形となる。(最大受光値/400nmの受光値)の百分率を求めると設定条件(5nm/1nm(8/100))において93.5%、また(2.5nm/1nm(8/100))において78.8%であった。

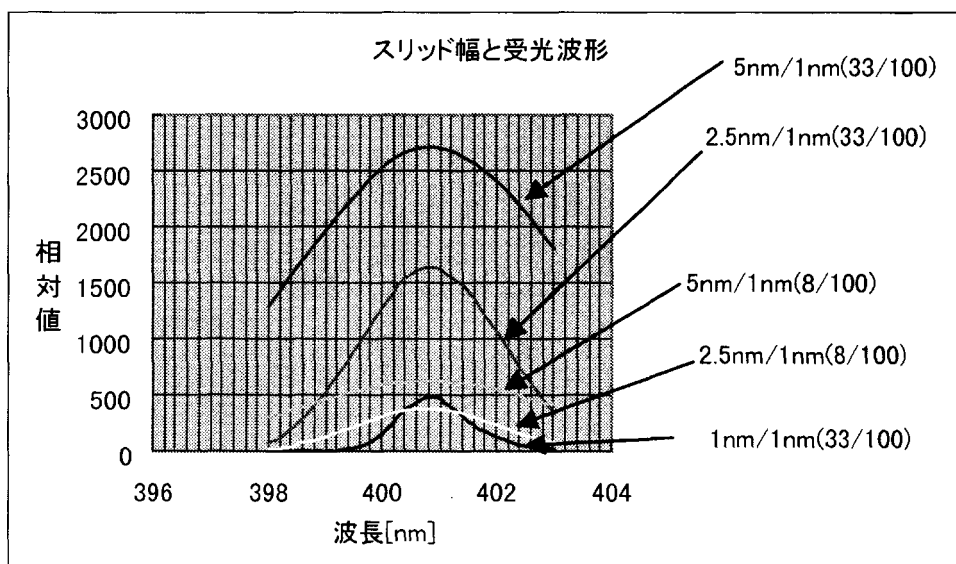


図6.2.4 受光波形

以上の結果、設定条件(5nm/1nm(8/100))の場合のみ、補正を行わなくとも測定値を利用可能な範囲である。他の条件では、波長の補正が必要である。

(2) F-4500蛍光光度計の迷光量の確認実験

一般的に言われる迷光については以下に示すものがあるが、これらの影響が少なく回折格子の2次光による影響が大きい。そのために、回折格子で得た単色光を試料(標準白色板)に照射した時、受光側の波長を走査して、2次光の光量を測定する。

1) 回折格子分光器で生じる迷光の原因

- (a) 多重反射: とくに、広い立体角で光を入力スリッドに入射させるとこの種の迷光が増大する。

一般に、分光器内に設置されている反射鏡の枚数が増えるに従って多重反射の起こる可能性も多くなる。

(b) 高次回折光

高透過率領域が狭い分光器の透過率は、一般に、鉛直方向と水平方向に偏光している入射光にたいして、異なった分光特性を示す。したがって、G因子（鉛直方向および水平方向に偏向した光に対する検出系の感度の比（または回折格子補正因子））は発光分光器の設定波長に依存しており、とくにブレイズ波長付近で顕著に変化する。溶液の粘性を変えると、「真」の発光スペクトルが不変でも、偏光素子を使用していない分光蛍光光度計で観測される。

蛍光光度計F-4500の高次回折光は、下のグラフのように測定される。グラフの受光波長600nmであれば、600nmの励起波長の光だけが受光できればよい。実際は、300nmの2次光と250nm以下の波長域も迷光が観測される。同様に、受光波長400nmにおいても迷光が観測される。ただし、250nm以下の波長域で観測される光については、2次光ではないので、別の実

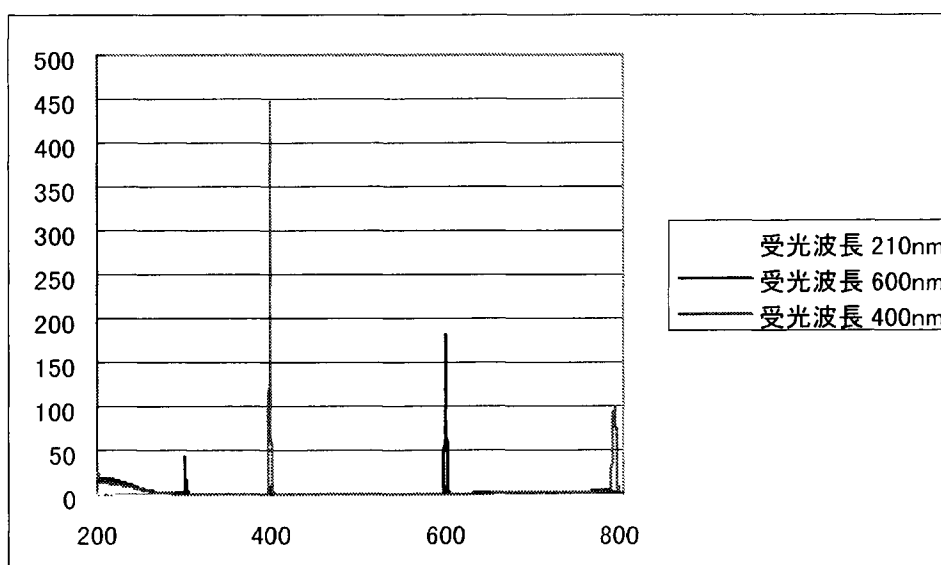


図6. 2. 5 2次光の例

験が必要である。また、この波長域は、蛍光発色に寄与しないのであれば、フィルタで遮断しても差し支えない。

この様な2次光を遮断するために、以下に示すフィルタを使用した。

(HOYA(株)製)

フィルタ	透過限界波長	フィルタ	透過限界波長
UV-22	220 nm	Y-44	440 nm
UV-28	280 nm	Y-46	460 nm
UV-30	300 nm	Y-48	480 nm
UV-32	320 nm	Y-50	500 nm

UV- 34	340 nm	Y- 52	520 nm
UV- 36	360 nm	O- 54	540 nm
L- 40	400 nm	O- 56	560 nm
L- 42	420 nm	O- 58	580 nm
U- 330	330 nm		
U- 340	340 nm		
U- 350	350 nm		
U- 360	360 nm		
C5000	500 nm		

蛍光増白剤の蛍光特性を測定する場合では、励起波長が350nm～410nmであることから迷光による影響を取り除くには、フィルタUV- 34を使用して測定を行う。また、蛍光インキの蛍光分光特性を測定する場合は、後節で励起波長を示すが、560nm以上蛍光発光を測定する場合、フィルタO- 56を使用して迷光を遮断している。

6. 2. 6 蛍光インキ

(1) 蛍光インキ色の表記法

物体色の分光分布特性は、光源の分光分布特性と観測物の反射分光分布特性の積で表すことができる。蛍光物質の場合にも、同様に表せるが、蛍光物質を含んでいる物体色の分光ラジアンス・ファクタは、全分光ラジアンス・ファクタと呼ばれるものになる。これは、物体の反射分光分布成分と蛍光分光分布成分とが重なった分光分布で、式(12)に示した。その全分光ラジアンス・ファクタは複領域の波長 λ_0 において、励起側分光器の励起波長 μ を λ_0 と同一の測定値を表していた。

$$\beta(\lambda_0, \lambda_0) = \beta_0(\lambda_0) + Q(\lambda_0)F_\mu(\lambda_0)\Delta M_{\text{eff}}$$

$Q(\mu)$: 蛍光放射率 (または分子量子吸収係数)

$F_\mu(\lambda)$: 蛍光成分の分光分布

ΔM_{eff} : 励起と受光の分光器に対するスリット帯域関数

そこで、蛍光物体色を表すために分光分布 $F_\mu(\lambda)$ の基底値を $\lambda = \mu$ の状態にとり、この時の蛍光放射効率 $Q(\mu)$ を1に正規化した蛍光分光ラジアンス・ファクタを $\beta_f(\lambda, \mu)$ とする。そして、励起波長 μ と受光波長 λ が同一でない状態における、蛍光物質に対する全分光ラジアンス・ファクタを $\beta(\lambda, \mu)$ として表す。したがって、蛍光物体色を表す式は、次式のようにになる。

$$\beta(\lambda, \mu) = \beta_0(\lambda) + \beta_f(\lambda, \mu)$$

$$\int_{280}^{780} \beta_f(\lambda, \mu) d\mu = \frac{1}{S(\lambda)} \int_{280}^{780} [F_\mu(\lambda) Q(\mu) S(\mu)] d\mu \quad (13)$$

ただし、上式の全分光ラジアンズ・ファクタは、単色光を蛍光物質に照射したときに成立する。上式の280nm～780nmまでの波長域は、ほとんどの蛍光増白剤の励起波長が350nm付近に存在すること、自然光や照明光下での全分光ラジアンズ・ファクタを求めることから決定した。この全分光ラジアンズ・ファクタと三刺激値の関係は、次式のように表せる。

$$\beta(\lambda) = \beta_0(\lambda) + \int_{280}^{780} \beta_f(\lambda, \mu) d\mu \quad (14)$$

$$\begin{aligned} X &= k \int_{280}^{780} \left[\beta_0(\lambda) + \int_{280}^{780} \beta_f(\lambda, \mu) d\mu \right] \cdot s(\lambda) \bar{x} d\lambda \\ Y &= k \int_{280}^{780} \left[\beta_0(\lambda) + \int_{280}^{780} \beta_f(\lambda, \mu) d\mu \right] \cdot s(\lambda) \bar{y} d\lambda \\ Z &= k \int_{280}^{780} \left[\beta_0(\lambda) + \int_{280}^{780} \beta_f(\lambda, \mu) d\mu \right] \cdot s(\lambda) \bar{z} d\lambda \end{aligned} \quad (15)$$

$$k = \frac{100}{\int_{280}^{780} s(\lambda) \bar{y} d\lambda}, \quad \bar{x} = \bar{y} = \bar{z} = 0 \quad (\lambda < 380)$$

上式の等色関数は380nm～780nmの範囲で規定されているが、蛍光インキの励起波長域を含めた280nm～780nmまで積分範囲を拡張して表している。したがって、等色関数の規定範囲以外に対しては、特色関数の値を0において計算する。

そこで、蛍光インキの分光分布 $V(\lambda)$ を全分光ラジアンズ・ファクタ $\beta(\lambda, \mu)$ と照明光の分光分布 $S(\lambda)$ の積で表せば、次式のようになる。

$$\begin{aligned} v(\lambda) &= \beta(\lambda, \mu) s(\lambda) \\ &= [\beta_0(\lambda) + \beta_f(\lambda, \mu)] \cdot s(\lambda) \\ &= \beta_0(\lambda) s(\lambda) + [q(\mu) f_\mu(\lambda)] s(\mu) \end{aligned} \quad (16)$$

(280 ≤ λ, μ ≤ 780)

上式から測色値を求める場合、蛍光インキ分光分布 $V(\lambda)$ 及び反射分光ラジアンズ・ファクタ $\beta_0(\lambda)$ は、等色関数を規定した波長域である。また、実験においては、上式の波長 λ と μ は、間隔 $\Delta\lambda$ 、間隔 $\Delta\mu$ で測定されるので分光分布は離散値で記述される。したがって、蛍光インキの発光分光分布を離散的分光分布で表せば、次式のようになる。

$$v(\lambda_i) = \beta_0(\lambda_i) s(\lambda_i) + f_\mu(\lambda_i) \sum_{\mu=280}^{780} [q(\mu) s(\mu)] \Delta\mu \quad (17)$$

上式をベクトルで表記すれば、

$$[V(\lambda)] = ([\beta_0(\lambda)] + \Delta\mu[\beta_f(\lambda)])[S(\mu)] \quad (19)$$

$$[\beta_f] = [F_\mu][Q]^t$$

$$= \begin{bmatrix} f_{\mu=280q_{\lambda=280}} & f_{\mu=280q_{\lambda=282}} & f_{\mu=280q_{\lambda=780}} \\ f_{\mu=282q_{\lambda=280}} & f_{\mu=282q_{\lambda=282}} & f_{\mu=282q_{\lambda=780}} \\ f_{\mu=780q_{\lambda=280}} & f_{\mu=780q_{\lambda=282}} & f_{\mu=780q_{\lambda=780}} \end{bmatrix} \quad (20)$$

$[Q]^t$: $[Q]$ の転置行列

である。蛍光発光は、照射光の波長より長い波長で生じるので、

$$\begin{cases} f_{\mu=a}q_{\lambda=b} = 0 & , (a \leq b) \\ f_{\mu=a}q_{\lambda=b} \neq 0 & , (a > b) \end{cases} \quad (21)$$

である。蛍光インキの分光分布は、

$$\begin{bmatrix} v_{\lambda=280} \\ v_{\lambda=282} \\ \vdots \\ v_{\lambda=780} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{0,\lambda=280} & 0 & \cdot & 0 \\ f_{\mu=282q_{\lambda=280}\Delta\mu} & \beta_{0,\lambda=282} & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ f_{\mu=780q_{\lambda=280}\Delta\mu} & & f_{\mu=780q_{\lambda=778}\Delta\mu} & \beta_{0,\lambda=780} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_{\lambda=280} \\ s_{\lambda=282} \\ \vdots \\ s_{\lambda=780} \end{bmatrix} \quad (22)$$

で表せる。以上、実際の蛍光インキの分光分布 $[\beta_f]$ を求めることにより、蛍光物体色を求めることができる。

(2) サンプルと計測

はじめに、プロセスインキの色再現域と蛍光の色再現域を比較するために、商用印刷に使用する蛍光インキの色を選定し、蛍光インキの励起波長域と蛍光波長域を測定した。また、この時、蛍光インキ展色用紙の蛍光増白特性も合わせて測定した。今回の試料は、表6. 2. 1の蛍光インキ、文具、用紙である。蛍光インキの概要特性は、表6. 2. 2と表6. 2. 3に示す。

測定器 日立製

分光蛍光光度計F-4500 (200nm～900nm)

Xeランプ、(入射角30° /受光角60° , 煽り角15°)

表6. 2. 1 蛍光物質を含んだ試料

プロセスインキ	蛍光インキ (商用印刷)	蛍光用紙 (文具)	蛍光インキ (特殊印刷)	蓄光テープ
プロセス藍、 プロセス紅、 プロセス黄、 プロセス墨	NS蛍光ピオニイ NS蛍光マゼンタ NS蛍光ピンク NS蛍光レッド NS蛍光ファイヤーレッド NS蛍光オレンジレッド NS蛍光オレンジ NS蛍光オレンジイエロー NS蛍光サンセットイエロー NS蛍光イエロー NS蛍光グリーン NS蛍光ライトグリーン NS蛍光モスグリーン NS蛍光ブルー	桃 赤 赤橙 橙 黄橙 黄 緑 牡丹 紫 青	レッドオレンジ グリーン レッド オレンジ レモンイエロー オレンジイエロー ー ピンク ローズ ルビン ブルー ホワイト	レッドオレンジ グリーン (1) レッド (1) オレンジ レモン レモンイエロー (1) オレンジイエロー ー ピンク ライトピンク ベビーピンク ブルー ディープグリーン ローズ バイオレット ライトバイオレット ディープバイオレット グリーン (2) レッド (2) レモンイエロー (2)

表6. 2. 2 蛍光インキの励起波長と蛍光波長 (単位: nm)

サンプル	最大励起 波長	最大蛍光 波長	励起開始 波長	励起終了 波長	蛍光開始 波長	蛍光終了 波長
蛍光ピオニイ	541.6	601.6	452.0	598.0	562.0	714.0
蛍光マゼンタ	569.4	599.2	452.0	634.0	562.0	752.0
蛍光ピンク	548.2	598.2	436.0	630.0	554.0	734.0
蛍光レッド	549.4	597.0	386.0	630.0	544.0	740.0
蛍光ファイヤーレッド	543.8	594.8	380.0	630.0	552.0	628.0
蛍光オレンジレッド	541.6	594.8	372.0	632.0	538.0	730.0
蛍光オレンジ	540.6	592.6	372.0	636.0	538.0	730.0
蛍光オレンジイエロー	541.6	589.4	346.0	642.0	528.0	734.0
蛍光サンセットイエロー	473.0	580.4	346.0	624.0	486.0	686.0
蛍光イエロー	460.8	518.4	350.0	548.0	458.0	688.0
蛍光グリーン	461.8	516.2	350.0	540.0	458.0	648.0
蛍光ライトグリーン	466.2	516.2	348.0	542.0	462.0	644.0
蛍光モスグリーン	465.2	512.8	342.0	536.0	462.0	610.0
蛍光ブルー	397.6	444.0	332.0	464.0	394.0	566.0

表6. 2. 3 展色用紙の蛍光増白剤の特性 (単位: nm)

展色用紙 (コート紙)	最大励起波長	最大蛍光波長	励起開始波長	励起終了波長	蛍光開始波長	蛍光終了波長
用紙蛍光ピオイニ	379. 8	441. 8	280. 0	434. 0	402. 0	528. 0
蛍光マゼンタ	379. 8	441. 8	280. 0	434. 0	400. 0	530. 0
蛍光ピンク	380. 8	437. 4	280. 0	430. 0	400. 0	544. 0
蛍光レッド	378. 6	439. 6	280. 0	434. 0	400. 0	528. 0
蛍光ファイヤーレッド	378. 6	438. 6	280. 0	430. 0	400. 0	544. 0
蛍光オレンジレッド	377. 6	431. 8	280. 0	428. 0	400. 0	558. 0
蛍光オレンジ	378. 6	418. 6	280. 0	428. 0	400. 0	556. 0
蛍光オレンジイエロー	377. 6	418. 6	280. 0	430. 0	400. 0	548. 0
蛍光サンセットイエロー	377. 6	420. 8	280. 0	430. 0	400. 0	680. 0
蛍光イエロー	376. 4	417. 4	280. 0	432. 0	400. 0	636. 0
蛍光グリーン	378. 6	414. 2	310. 0	430. 0	400. 0	602. 0
蛍光ライトグリーン	375. 4	413. 0	310. 0	430. 0	402. 0	608. 0
蛍光モスグリーン	383. 2	443. 0	316. 0	430. 0	406. 0	576. 0
蛍光ブルー	396. 4	446. 2	332. 0	462. 0	392. 0	574. 0

この表の最大蛍光波長は、蛍光発光が起こる中で最大強度が得られる波長を言う。受光側をこの最大蛍光波長に固定し、励起波長を走査したときに、励起光が最大強度になる波長を最大励起波長と言っている。表6. 2. 2と表6. 2. 3に示した測定波長は、 $\pm 2\text{nm}$ の誤差を含んでいる。励起開始波長を280nmとしているのは、280nm以下の光を照射した場合でも蛍光発光を現象が見られるが、蛍光分光光度計自身の迷光成分が250nm以下に存在するために、測定値が正確に求められないことがあること、この様に制限しても、観察照明光源として、蛍光ランプを使用する限り280nm以下の光は影響を及ぼさないと考えられることによる。

表6. 2. 2から、蛍光オレンジレッドと蛍光オレンジは、同一のプロセスインキと蛍光顔料を使用し、蛍光顔料の含有量の違いにより、異なった色を作っているように窺える。他の蛍光インキの特性は微妙に異なり、同一の蛍光顔料を使用していると推定できない。

表6. 2. 3は、蛍光インキの展色用紙に含まれた蛍光増白剤の特性を測定した結果である。用紙はコート紙であるが、最大励起光の波長が同じでも最大蛍光の波長が異なる結果が得られた。最大励起波長に対する測定値は分光蛍光光度計の誤差と見ても良いが、最大蛍光波長のバラツキは、分光蛍光光度計の測定誤差よりも大きい。また、各開始波長と終了波長を比較しても同じ現象が見られるので、現段階では、コート紙に含まれる蛍光増白剤自身のばらつきによりものか、他のコート紙を利用しているかどうかは不明である。

(3) 分光放射輝度計による蛍光インキの測色値

5000K 及びD65蛍光ランプの照明下に蛍光インキを置いて、全分光放射輝度を分光放射輝度計で測定した。その蛍光インキに対する $L^*a^*b^*$ 値は、表6. 2. 4及び表6. 2. 5に示す。

D/45°

(室温 25°)

表6. 2. 4 測定結果 (5000K)

試料名	L	a	b
硫酸バリウム	100	0	0
プロセス藍	47.18	-34.68	-53.36
NS蛍光 オレンジレッド	76.93	58.2	37.46
NS蛍光 オレンジ	81.39	50.92	43.68
NS蛍光 オレンジイエロー	86.04	38.75	51.63
NS蛍光 サンセットイエロー	91.85	10.26	57.83
NS蛍光 イエロー	93.78	-13.63	62.71
NS蛍光 グリーン	81.98	-45.89	43.84
NS蛍光 ライトグリーン	84.73	-41.75	45.03
NS蛍光 モスグリーン	67.78	-61.64	9.22
NS蛍光 ブルー	57.72	-39.2	-42.89
プロセス紅	42.35	75.26	7.46
プロセス黄	87.02	-5.28	94.68
プロセス墨	14.53	4.4	4.33
NS蛍光 ビニオイ	61.92	69.59	-24.31
NS蛍光 マゼンタ	67.09	75.11	-18.56
NS蛍光 ピンク	70.65	73.19	-7.91
NS蛍光 レッド	72.34	69.22	7.53
NS蛍光 ファイヤーレッド	73.57	64.7	19.3

表6. 2. 5 測定結果 (D65)

試料名	L	a	b
硫酸バリウム	100	0	0
プロセス藍	48.77	-26.18	-49.56
NS蛍光 オレンジレッド	76.88	60.22	37.32
NS蛍光 オレンジ	81.85	52.61	44.21
NS蛍光 オレンジイエロー	86.94	39.93	52.79
NS蛍光 サンセットイエロー	93.31	9	60.57
NS蛍光 イエロー	94.92	-19.72	65
NS蛍光 グリーン	83.35	-50.13	47.26
NS蛍光 ライトグリーン	86.23	-46.8	48.22
NS蛍光 モスグリーン	69.44	-62.97	13.5
NS蛍光 ブルー	59.41	-32.13	-40.53
プロセス紅	39.88	75.45	1.68
プロセス黄	86.61	-10.81	96.09
プロセス墨	14.58	4.06	4.43
NS蛍光 ビニオイ	60.91	73.98	-27.14
NS蛍光 マゼンタ	66.04	79.18	-21.56
NS蛍光 ピンク	69.67	77.68	-11.23
NS蛍光 レッド	71.68	72.39	5.3
NS蛍光 ファイヤーレッド	73.35	66.87	17.99

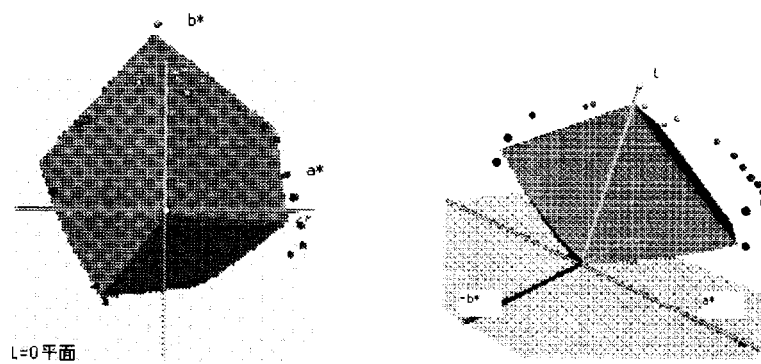


図6. 2. 6 (a) 印刷インキと蛍光インキの色再現範囲 (5000K蛍光ランプ下)

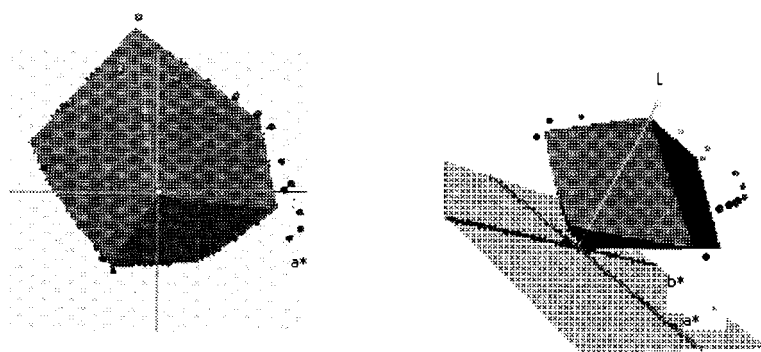


図6. 2. 6 (b) 印刷インキと蛍光インキの色再現範囲 (D65蛍光ランプ下)

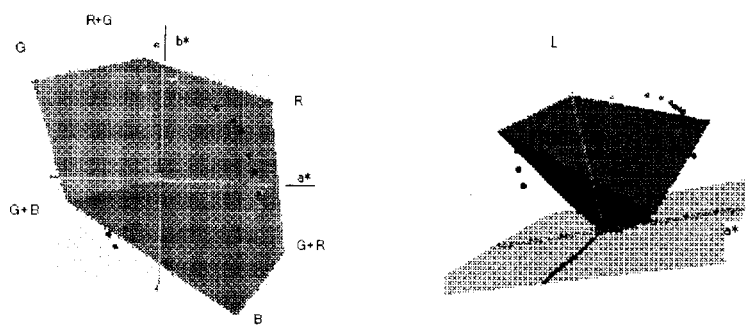


図6. 2. 6 (c) モニタと蛍光インキの色再現 (5000K蛍光ランプ下)

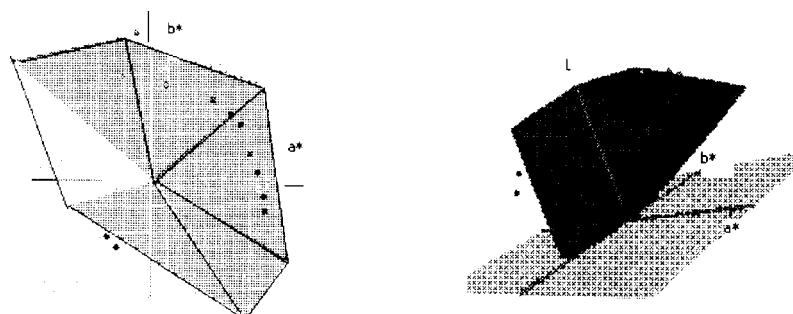


図6. 2. 6 (d) モニタと蛍光インキの色再現範囲 (D65蛍光ランプ下)

測定器 Photo Research社 分光放射輝度計PR-704 (380nm～780nm、2nm)
照明光源 5000K (東芝ライテック製、FL40S・N-EDL 色評価用蛍光ランプ)
D65 (東芝ライテック製、FL40S・D-EDL 色評価用蛍光ランプ)

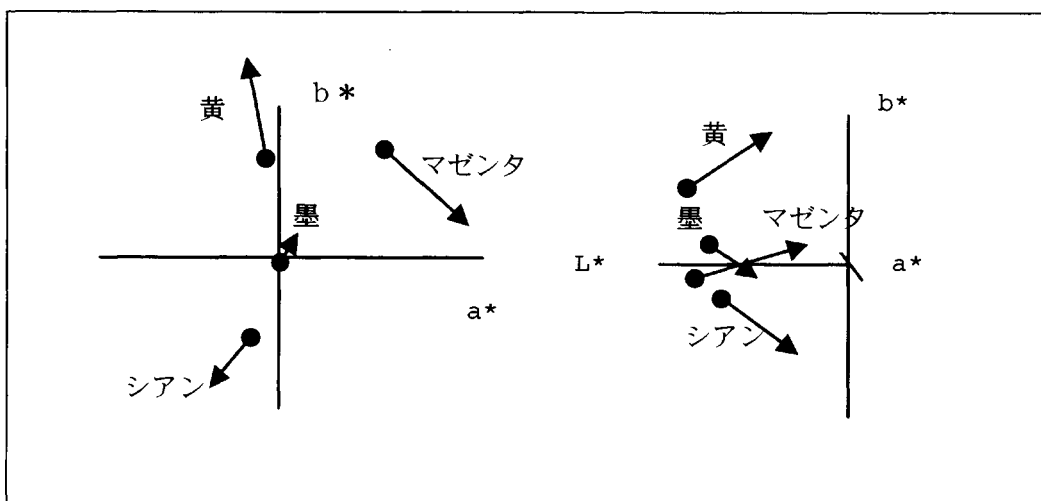
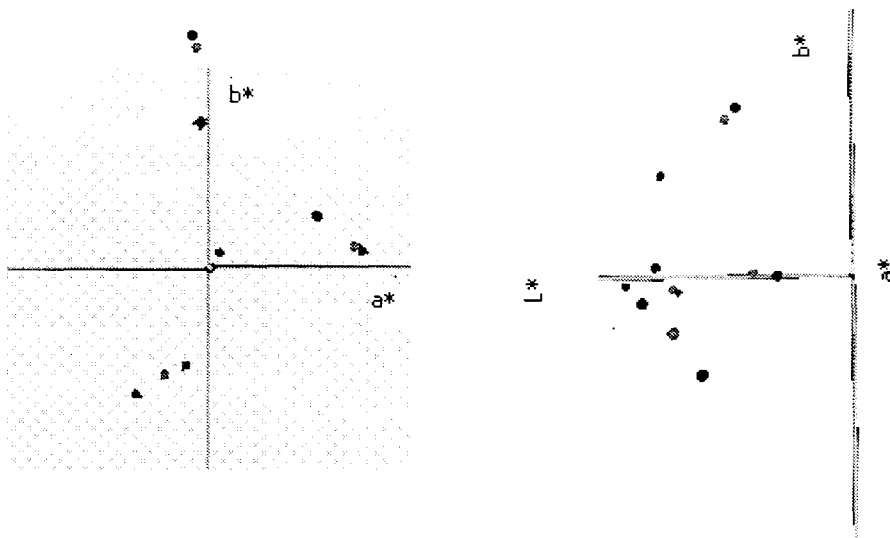
表6. 2. 3、表6. 2. 4中の値は硫酸バリウムを基準の白として求めた値である。この値に対して、LAB空間にプロットしたのが図6. 2. 6である。図6. 2. 6 (a), (b) の黒い多面体は印刷インキの色再現範囲を示し、また、図6. 2. 6 (c), (d) の黒い多面体はカラーモニタの色再現範囲を示している。その多面体の周りに点在する点は、蛍光インキの測色値である。この図6. 2. 6 (a), (b) から、印刷インキの色再現範囲を比較すると、蛍光インキの輝度と彩度の値が高いことが示されている。特に蛍光ブルーの場合、輝度はさほど高くはないが、カラーモニターよりも彩度が高く、色域が広いことがわかる。

つぎに、蛍光インキの分光反射率を求めるために、プロセスインキの特性との違いを把握する。特に、蛍光インキは発光現象とインキの分光吸収特性を伴う特性を有している。変角による分光分布の変化は、プロセスインキとかなり異なると考えられる。

(4) 分光蛍光光度計による蛍光インキの分光反射率測定

分光蛍光光度計の幾何学的測定条件が入射角 30° ・受光角 60° ・煽り角 15° となっており、一方、分光放射輝度計の幾何学的測定条件は入射角 0° ・受光角 45° となっている。そのために、両者の測定データを比較する場合は、少なくとも幾何学的測定条件を揃えた測定が必要となる。現状では、分光放射輝度計の測定条件を、分光蛍光光度計の幾何学的測定条件に合わせる方が容易である。そのために、入射角を固定にして、受光角度を 45° 、 60° 、 75° に変化させる簡易資料台を試作した。その資料台を使用して、蛍光インキの変角特性の傾向を見ることにし、どの程度正確に幾何学条件を設定すれば良いかの判断を行うことにした。さらに、詳細なA照明光源での変角測定は、村上色彩研究所(株)に依頼した。本節では、我々の実験室で行った結果を述べる。

プロセスインキの変角測定結果は図6. 2. 7に、蛍光インキの変角測定結果は図6. 2. 8に示す。図6. 2. 7の上段は、5000Kの蛍光ランプ下の4色（シアン、マゼンタ、イエロー、ブラック）のプロセスインキの測色点をLAB空間に描いた結果である。図6. 2. 7の測定点は、入射光を 45° 、受光角度を 45° 、 60° 、 75° と変化させたときの測色値を同一空間内にプロットした。下段の図は上段の図に対応しており、変角測定したときに、それぞれのインキの測色点が動く方向を図示した。受光角度が大きくなるにつれ、彩度は高くなるが、明度が低くなる特徴を示している。

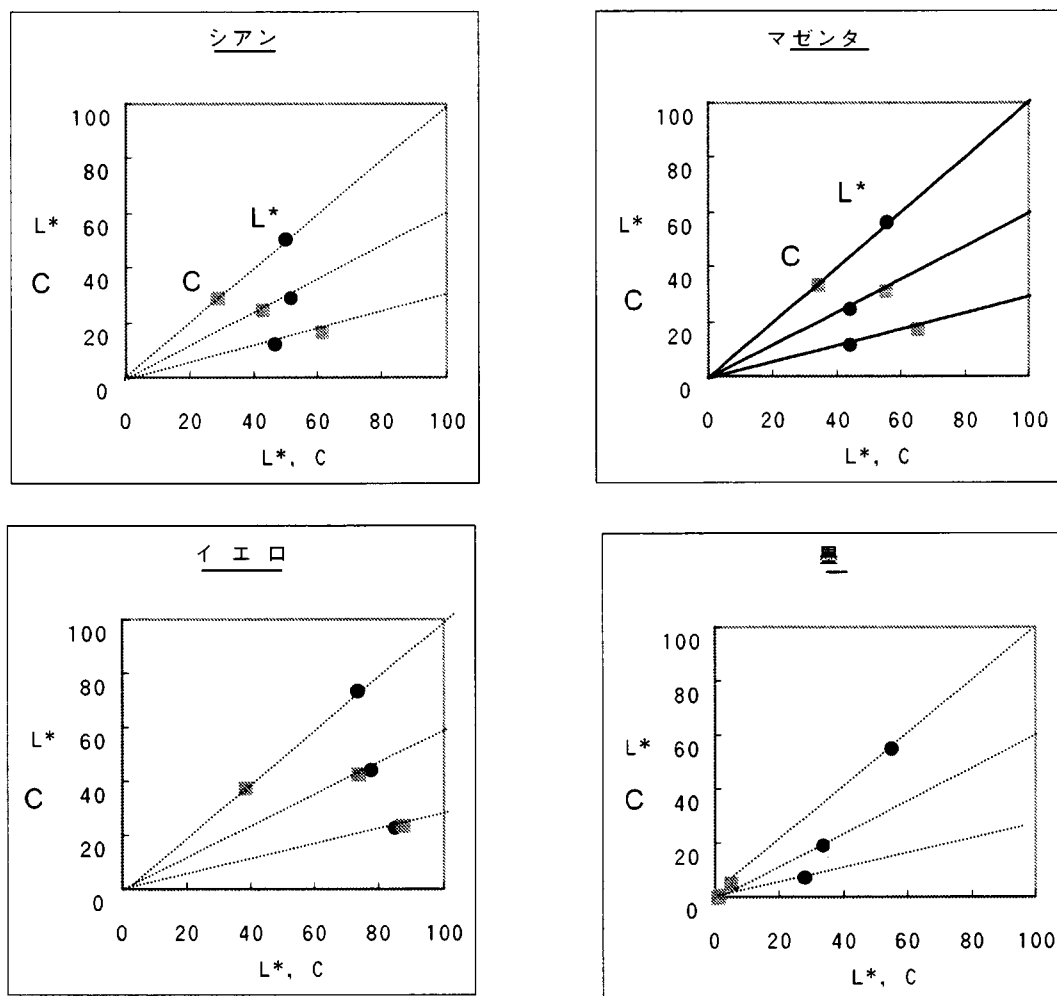


(矢印：受光角度の変化に対応する測色値の変化方向)

照明光源5000K蛍光ランプ

図6.2.7 プロセスインキの測色点(入射角 45° ，受光角度 45° ， 60° ， 75° の変角測定)

また、変角による輝度 (L^*) 成分と彩度 (c^*) 成分の変化の様子が、理解しやすくするために、図6. 2. 8のグラフを作成した。グラフの縦軸と横軸は、輝度値又は彩度値を示しており、左下を



原点とし同心円状の変化が等輝度

図6. 2. 8 プロセスインキの変角特性 (5000K蛍光ランプ)

(L^*) 成分又は等彩度 (c^*) 成分を表す。図中の45° に引いた破線上に存在する点は、受光角45° の測定点である。一番傾いた破線は受光角75° を意味している。一般に、プロセスインキにおいて正反射成分を含んだ場合、輝度が一番高く、彩度が一番低いと言われている結果が、本測定においても得られた。そして、受光角度を30°、15° に取った場合には、図には示していないが、45° に線に対して対象な位置に輝度値と彩度値が描かれる。図6. 2. 8の分光反射率が1.0を越えるのは、白色基準を硫酸バリウムに取っているためである。分光反射率1.0を越えるインキは、イエローと紅であり、特にイエローは光沢感があり、きわめて大きな値で測定された。

同様に、蛍光インキの測色点をLAB空間に展開すると、図6. 2. 9のようになる。この図は、すべての変角測定値を示してある。ほとんどの蛍光インキは、受光角の増加に対して輝度が若干減少する様子が、図6. 2. 9から窺える。プロセスインキと異なることは、図6. 2. 7と比べると、蛍光インキは、輝度及び彩度が高い座標の位置に点在していることがわかる。これらの様子を示すため

に、図6. 2. 7と同じグラフを図6. 2. 10に示した。ほとんどの蛍光インキは、受光角度が大きくなっても輝度の減少は小さく、彩度も大きく変化しない。ただし、蛍光ブルーだけは、受光角度が大きくなると輝度だけが、大きく低くなる特徴を示している。

以上、蛍光インキの分光蛍光分布を求めるための幾何学的測定条件は、正確な設定を必要としない可能性がある。しかし、蛍光発光は、励起光の波長と励起光強度により影響を受けるために、蛍光ランプを観測用光源とした場合には、輝線スペクトルによる蛍光発光を解析する必要がある。

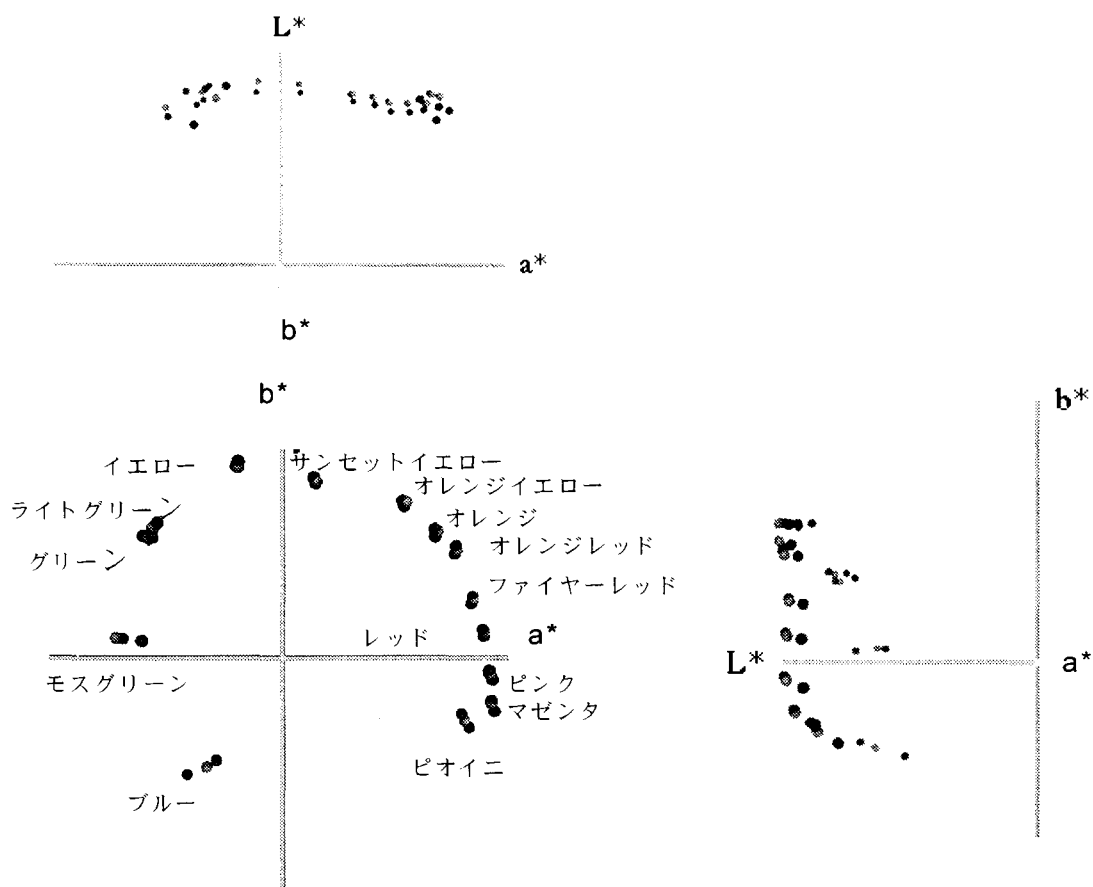
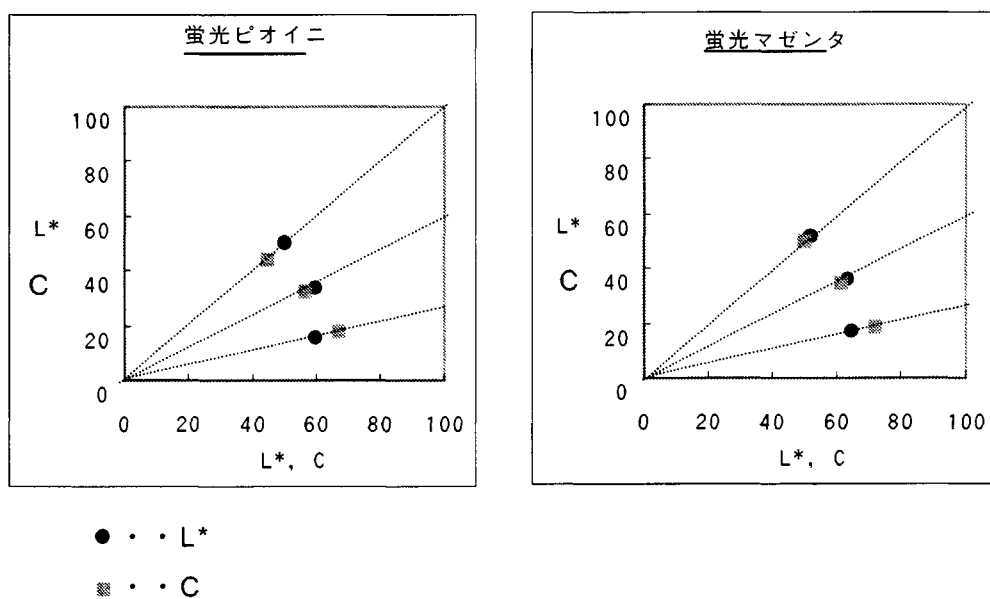
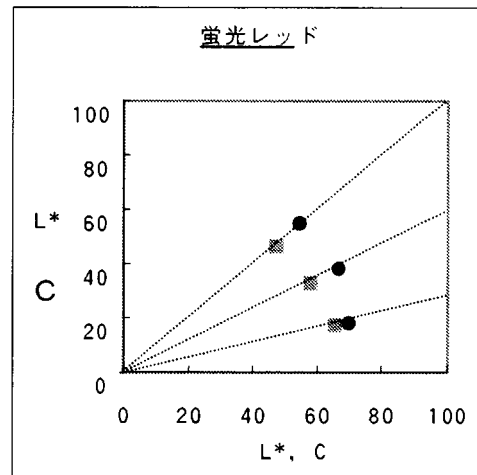
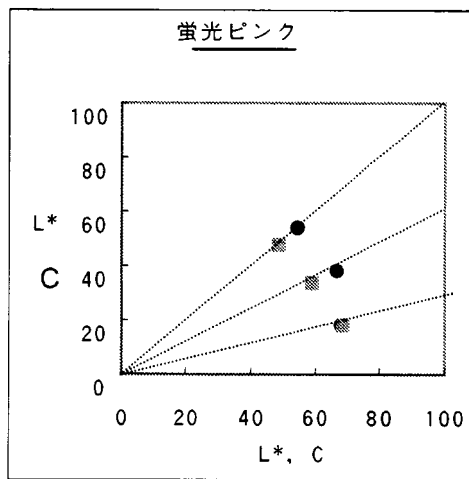


図6. 2. 9 印刷用蛍光インキのLAB空間上の色度点 (5000K蛍光ランプ下)



● ● ● L^*
 ■ ■ ■ C



● . . . L* ■ . . . C

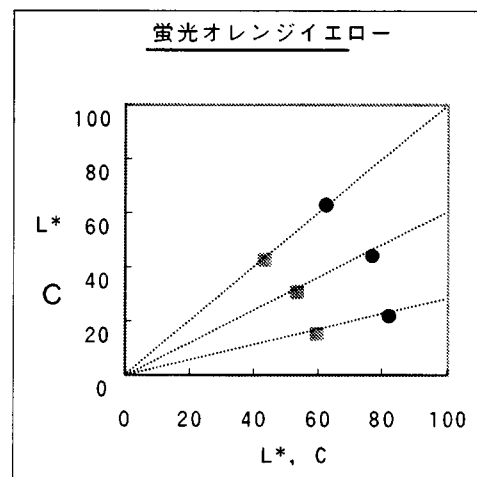
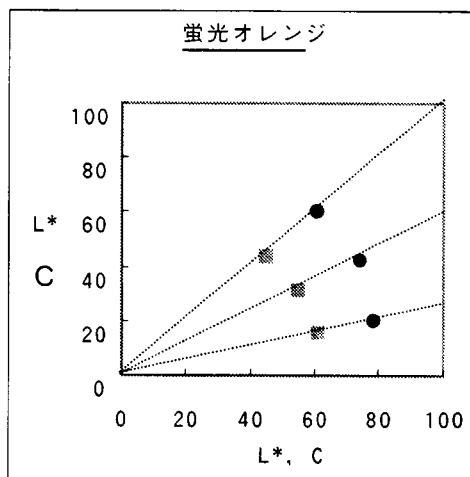
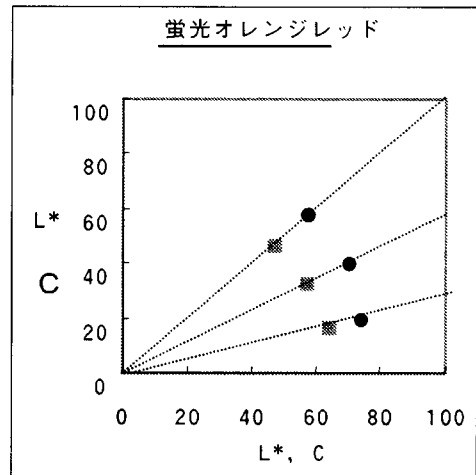
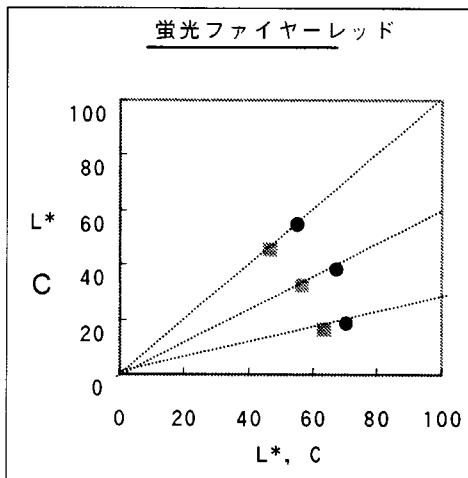
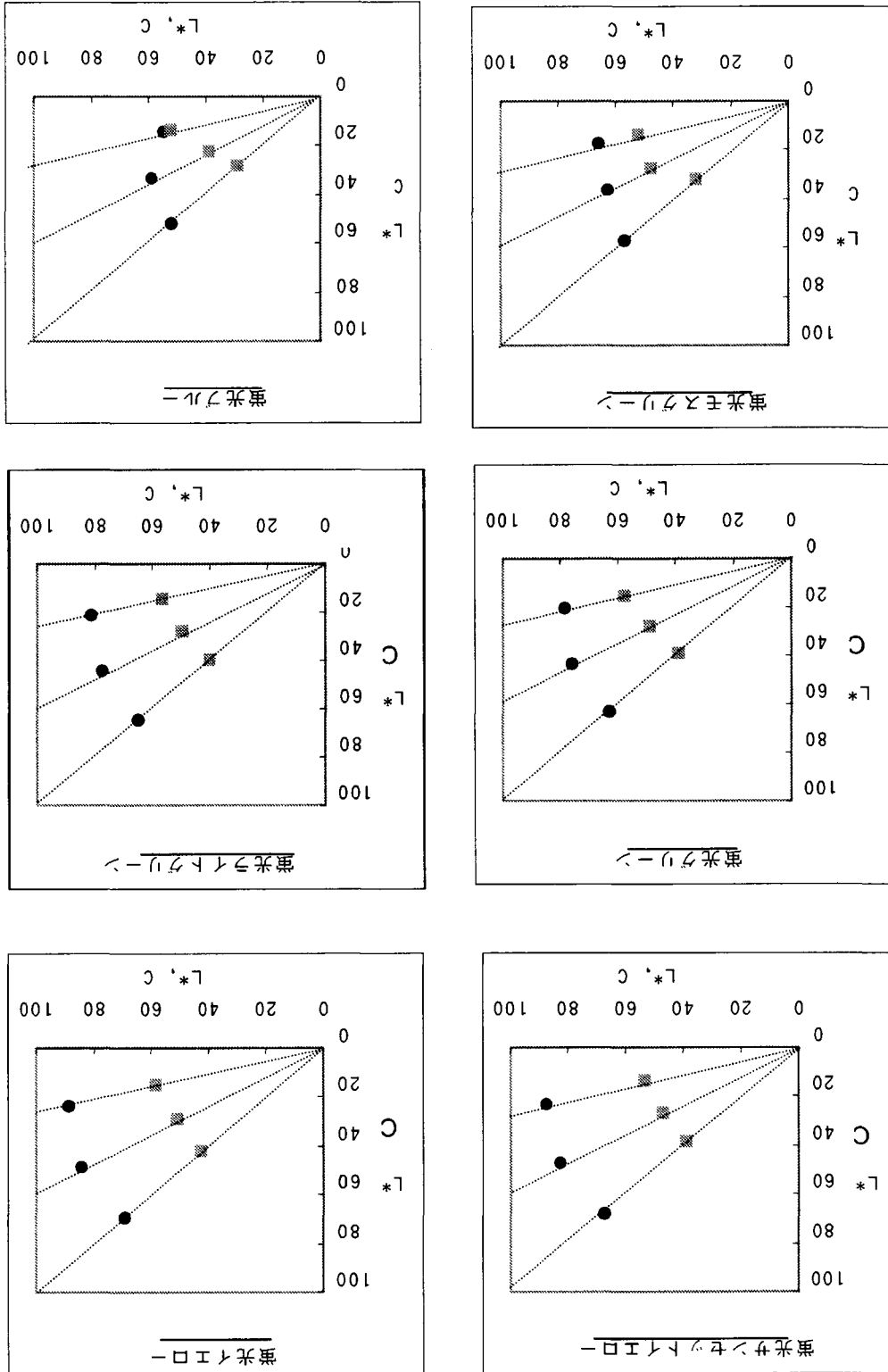


図6.2.10 印刷用蛍光インキの変角特性 (5000K蛍光ランプ)



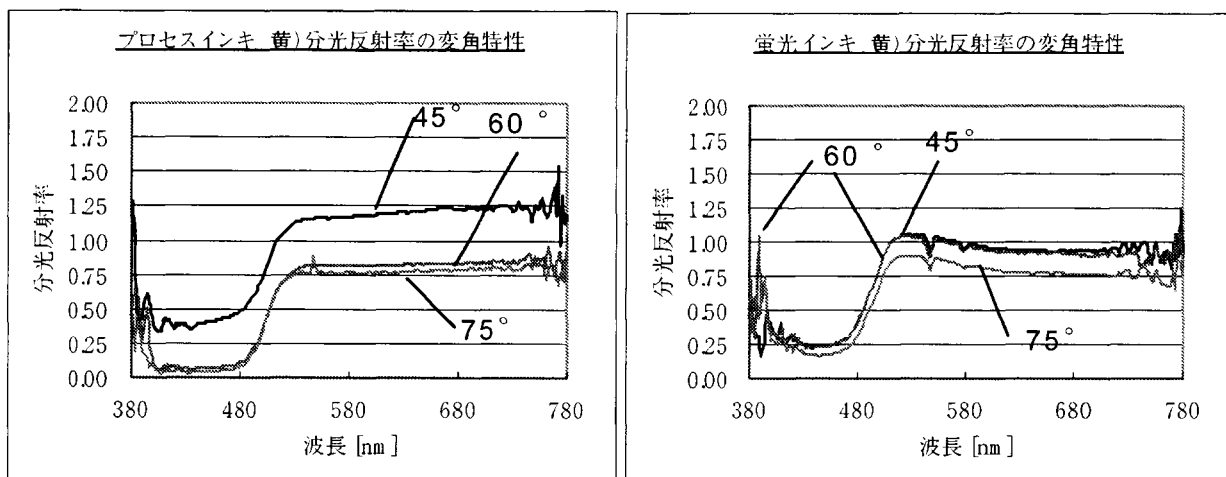


図6. 2. 11 変角によるプロセスインキと蛍光インキの分光分布 (5000K)

イエローインキの変角による分光反射率特性は、図6. 2. 11のようになる。両インキの吸収分光分布はほぼ同じ形であるが、この蛍光インキは、蛍光増白剤が含まれている波長域480nm以下で分光反射率が高く、蛍光発光の波長域500nm付近で山状の分光分布となる。プロセスインキでは、正反射光成分を含む受光角度45° の場合、分光反射率が1. 00以上となる波長域をもっている。プロセスインキで分光反射率が1. 00以上となる原因として、インキ表面光沢があるので鏡面反射が強いために、この様な差が生じていると思われる。蛍光インキは無光沢である。他に、分光反射率が1. 00以上となるプロセスインキには、紅がある。一方、蛍光インキは、蛍光発光の波長域を除いた波長域では、受光角度を大きくとればプロセスインキと同程度の分光反射率となっている。また、蛍光インキの場合、受光角度が変化しても、分光反射率の変動幅は、プロセスインキよりも少ない。この現象は、他の蛍光インキの分光反射率特性にも言える。

他方、図6. 2. 6 (a) と図6. 2. 7に示したa*b*平面状で、ほぼ同じ色相に位置するプロセスインキのシアンと蛍光インキのブルーに対して分光反射率を比較すると、図6. 2. 12のようになる。

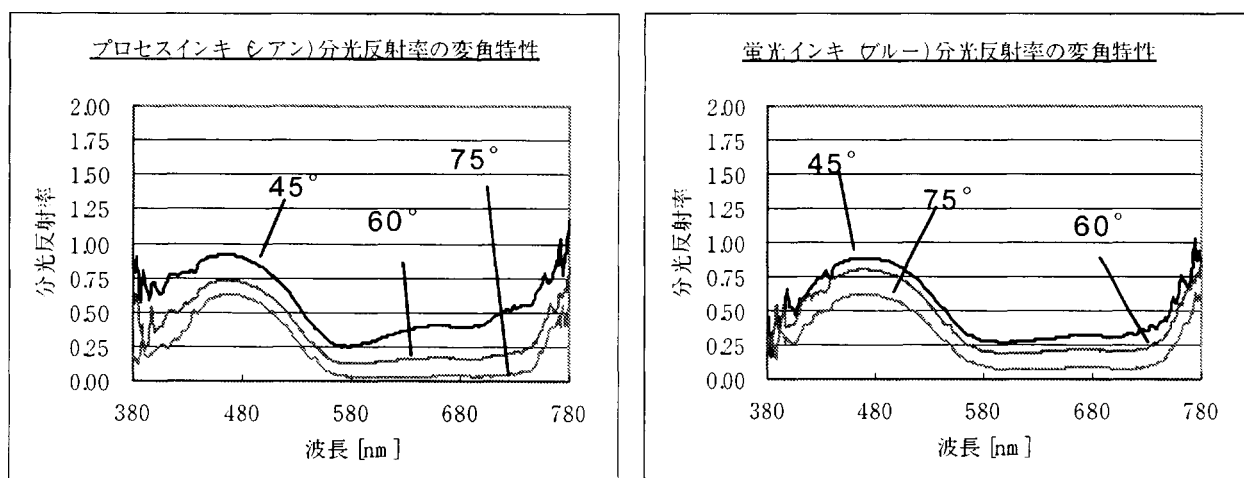


図6. 2. 12 変角によるプロセスインキと蛍光インキの分光分布 (5000K)

イエローインキのように分光反射率が1を越えることはないが、展色インキの光沢感は、プロセスインキと蛍光インキと間には差はあまりないように思われるのに、プロセスインキの分光反射率がやや大きい現象が見られる。また、蛍光増白剤の影響が蛍光インキに存在しているので400nm付近の反射率が異なっている。

以上の結果、蛍光インキは、プロセスインキと比べ変角により分光反射率の変動は少ない。しかし、蛍光インキの分光反射率は、ある受光角度までは、正反射光と同じ分光反射率が得られ、それ以後、急に分光反射率が変化するインキ、角度に比例して分光反射率が減少するインキと、プロセスインキと同じような変化をするインキ等が存在することがわかってきた。そこで、蛍光インキの変角による分光反射率特性は、変角特性が測定できる専用装置で、変角一分光分布を確認する必要がある。

(5) A照明光源下での蛍光インキの変角特性

ここに示す結果は、村上色彩研究所(株)に変角一分光分布の測定を依頼したデータである。使用した変角分光測色器は、GCMS-4であり、性能の概要は以下のとおりである。

測定範囲 390nm～730nm (10nm間隔) 波長精度 1nm(560nm付近)
光源 ハロゲン+熱線吸収フィルタ(0-58)、入射角：0度

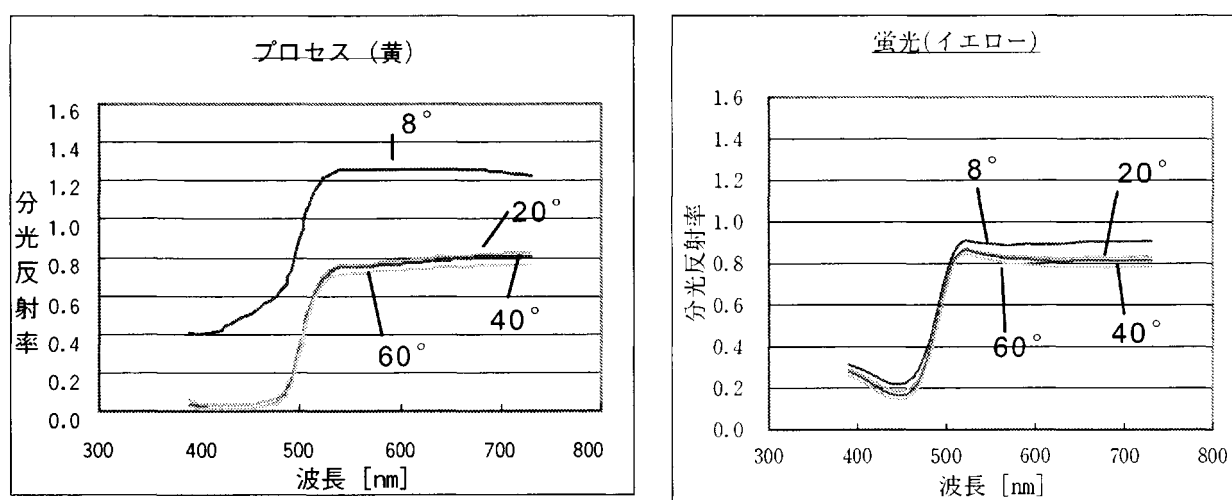


図6. 2. 13 変角分光測定データ (イエロー, A光源)

今回の実験では、測定条件を0° 固定入射にして、受光角度を8° から60° までを4° ピッチで変化させた測定を行った。測定した資料は、表6. 2. 1に示した中からいくつかを選択した。さらに、測定結果からイエローインキのみを図6. 2. 13に示す。この図6. 2. 13は、受光角度8°、20°、40°、60° のデータをグラフに表した。この結果、分光反射率の変化は、図6. 2. 13に示した測定結果と同様の傾向が得られた。また、GCMS4を分光蛍光光度計の幾何学的測色条件と同じに設定して測定した結果と、A光源の照明下で測定条件をD/45とした場合に分光放射輝度計で測定した分光反射率を比較した。その結果は、図6. 2. 14に示した。この図から、GCMS4に0-58フィルタが装着されているために、蛍光増白剤の蛍光発光成分が抑えられ、450nm以下と650nm以上の波長域

で、分光反射率が異なる。しかし、他の波長域では、両者の測定データは一致する。したがって、A光源下での蛍光インキの分光分布は、ある受光角度を越えれば、あまり分光反射率の変動が少ないことが言えそうである。蛍光成分は、幾何学的測色条件を0/45又は45/0に合わせた測定をしなくとも、分光蛍光光度計で測定したデータから直接求めることが出来そうである。ただし、蛍光インキの耐光性を向上させるために、蛍光インキの表面を保護するようなオーバーコート等がなされていないという条件が必要であると思われる。一方、蛍光ランプ下での分光反射率を求める場合には、前節で述べたように蛍光増白剤の影響や蛍光インキの分光反射率自身が光源の強度に応じて変化するので、測色値を求める場合には、幾何学的測色条件を0/45又は45/0に合せた照明光源の分光分布を求める必要がある。

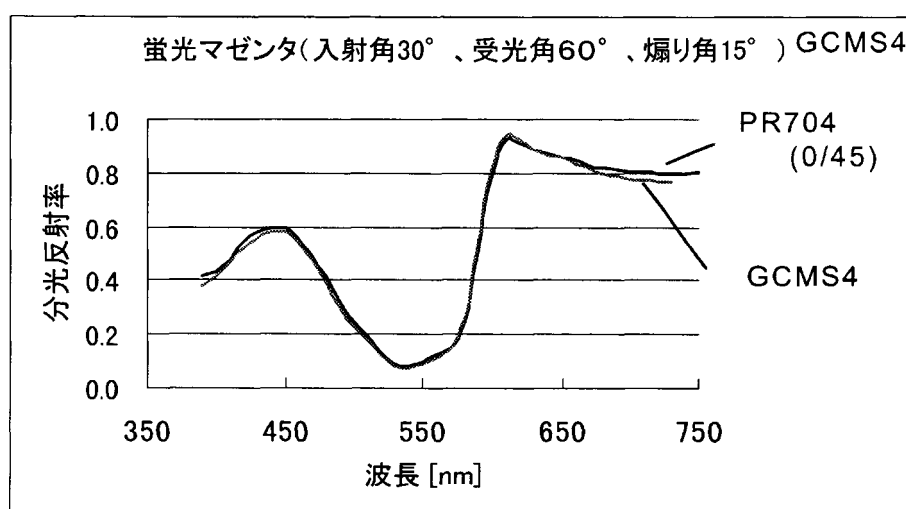


図6. 2. 14 幾何学的測色条件の違いによる比較

6. 2. 7 分光蛍光分布の測定法

プロセスインキを用紙に展色（ベタ塗りに）した場合、蛍光増白剤の発光特性は測定されないが、蛍光インキの場合、A光源の照射でも蛍光増白剤と発光の蛍光の発光現象が同時に観測される。蛍光増白剤の励起波長は、前年度の報告書に記述しているようにインキジェットプリンター専用用紙等を含めると長い波長の光で約440nmまで存在する。蛍光増白剤による蛍光発光を除くには、440nm以下の光を遮断するフィルタを使用する必要がある。ただ、ここで問題となることは、蛍光インキに対してJIS Z 8717に規定した1光源による測定法で測色用の光として蛍光ランプを使用する場合、蛍光インキの全分光放射輝度率を求めるには、蛍光ランプに含まれる輝線スペクトル(400nm, 436nm)の光を吸収するフィルタを使用すると過小評価されることが予想される。したがって、JIS Z 8717に規定した1光源による測定法は、A光源照明下での蛍光インキの全分光放射輝度率を求めるのに適していると思われる。また、蛍光ランプ照明下での蛍光インキの全分光放射輝度率は、上記の蛍光増白剤の影響のほかに、照明光源の入射角度により光強度が異なるので、0/45又は、45/0の幾何学的測色条件に設定するか、入射角度に応じた光強度の補正が必要である。

本実験で使用した分光蛍光光度計と分光放射輝度計とを併用した蛍光インキの測定法と、JIS Z 8717とを簡単に説明する。JIS規格の1光源蛍光分離法は、観測用光源で標準白色板と試料に照射したとき、分光測光器で測光量を読み取り、試料の全分光放射輝度率(300nm~780nm)を求める。さらに、単色光で標準白色板と試料に照射したとき、非分光観測用受光器で測光量を読み取り、試料の見掛けの分光放射輝度率(300nm~780nm)を求める。この全分光放射輝度率と見掛けの分光放射輝度率を比較して、そのうち小さい方の分光放射輝度率(300nm~780nm)を取り出して反射分光放射率とする。見掛けの分光放射輝度率と反射分光放射率から相対外部蛍光放射効率を求め、測色用の光の下での全分光放射輝度率(380nm~780nm)を求める。

本実験では、観測用光源下で標準白色板と試料に対して分光放射輝度計で測定した全分光放射輝度率(380nm~780nm)を求めるべき測色用の光の下での全分光放射輝度率としている。そして、その分光放射輝度計で得た全分光放射輝度率と、今年度導き出した式(22)で全分光放射輝度率を表した結果を比較している。式(22)の反射分光放射率は、分光蛍光光度計が2分光器であるので、標準白色板と試料に対して励起波長と受光波長が同一のときの測光量から算出した。分光蛍光放射輝度率は、標準白色板と試料に対して励起光の波長をある波長に固定し、受光器の波長を280nm~780nmまで2nm間隔で走査した測光量、さらに励起光の波長を別の波長に固定して同様の測定を繰り返して求めた測光量から得ている。励起光強度と蛍光発光強度の関係を求めるために、はじめに、上の測定データの中から最大蛍光発光を起こす励起光の波長と強度、その励起光の波長で観測される分光蛍光分布を求める。次に、最大蛍光発光を起こす波長の励起光を標準白色板に照射して、その時の励起光強度値を求め、その励起光強度値で上で求めた分光蛍光分布に対して割算を行い、正規化した蛍光強度分布を求める。また、最大蛍光発光の起る波長に受光器を固定し、励起光の波長を280nm~780nmまで2nm間隔で走査して、蛍光発光に寄与する冷機スペクトルを求める。この励起スペクトルの中で最大強度を1に置いて、励起スペクトル分布を正規化する。

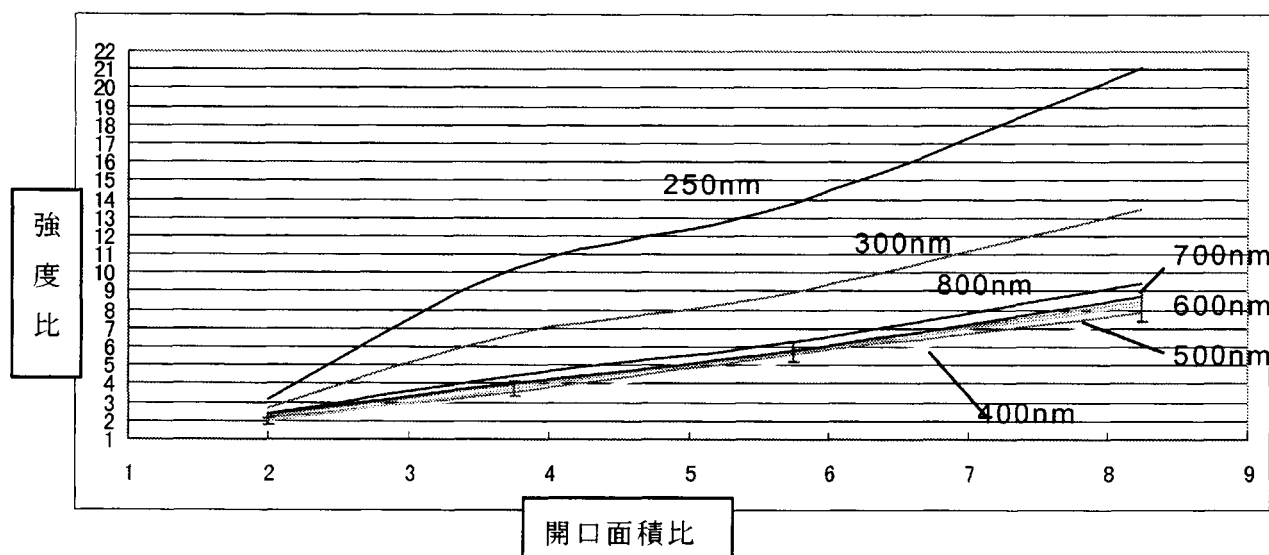
現状、A光源下では、それらの全分光反射率は平均色差が約5で、蛍光ランプ5000K、D65下では、それぞれ約9と約8の平均色差が得られる。蛍光ランプ照明下で分光放射輝度計で測定して得た全分光反射率が、分光蛍光光度計で測定し、式(22)で求めた全分光反射率より大きくなっている。特に、600nmより長い波長域の分光反射率が、分光放射輝度計で測定した値の方が大きくなっている。このような状況は、変角による全分光反射率が、図6.2.12に示した蛍光インキ(ブルー)と同じ変化をする蛍光インキであれば、色差が約3~4程度となるが、図6.2.11に示した蛍光インキ(イエロー)と同じ変化をする蛍光インキであれば、さらに大きな色差となって現れる傾向がある。分光蛍光光度計から求めた全分光放射率の内、長波長域で全分光放射率が小さめに評価される原因は、以下の項目であると考えている。その一つは、式(22)に用いた光源分光分布がタログ値である。そのために、この長波長域の全分光放射率には、蛍光ランプに含まれている輝線スペクトル(400nm、436nm、546nm、580nm)強度の違いによる影響がある。これは、分光蛍光光度計の励起光側のスリッド幅を10nm以上に設定すると、分光放射輝度計で測定される全分光反射率に近似する傾向が得られる。また、蛍光増白剤と蛍光成分による蛍光発光は、入射光の強さにより、発光分布の裾野の広がり異なることが観測される。したがって、その励起光強度に応じた蛍光分光分布が、分光蛍光光度計で得たデータには正確に反映されていないので、長波長域にお

ける蛍光分光分布の記述が重要である。そのために、これらの輝線スペクトルの強度による違いによる全分光反射率を測定する必要がある。それには、分光蛍光光度計の励起光強度又は、受光感度を上げた測定が行えばよいことになる。しかし、分光蛍光光度計のスリッド幅を広く設定した場合、励起光の強度が測定範囲を超え、受光強度との比較ができなくなり、式(22)の計算ができない。同様に、受光感度を上げて同じ結果となる。一方、分光放射輝度計による測定の場合、照明強度（又は光量）を制限する操作は、測定器の受光感度の問題があり、限界がある。

以上の結果、励起光強度と発光強度の関係を詳細に求める必要があり、分光蛍光光度計において励起光の光量を制限する減光板を準備をし、励起光強度と受光強度の関係を求める実験を行っている。現段階では、6.2.4 (3)で紹介したような300nm以下の励起光に対して、強い可視光の迷光が混入する現象を実験で確認している。ただし、400nm以上の励起波長に対しては、迷光は少なく励起光強度と受光強度は減光量に比例していることが確認できている。したがって、その結果を整理して、全分光反射率の計算精度を向上させる必要がある。ここでは、励起光強度と受光強度の概要関係を示したグラフを示す。

(1) 減光板と受光光度の関係

減光板を通過した光に対する受光光度が、その開口面積に比例して得られるのかを確認する。この確認方法は、励起光強度と光源電源電圧を一定にした状態で、減光板により入射光量を制限する開口面積率を(4/100、8/100、15/100、23/100、33/100)としたときの受光光度を測定する。この時、励起光波長は250nm、300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nmとして、受光強度は硫酸バリウムによる反射光を測定した。下図の横軸は減光板の開口面積(4/100)を基準にした面積の変化比率、縦軸は減光板(4/100)の受光光度を基準にした受光強度の変化比である。



上図より、400nm以上の入射光に対しては、ほぼ開口面積に比例した強度が得られることが確認できた。しかし、400nm以下では、迷光があるために、入射光の光度は開口面積に比例しない状態が観測されている。蛍光ランプの輝線スペクトルは、主に400nmより長波長域に存在して

いるために、入射強度は減光板の開口面積に比例して与えることが可能である。この結果を基に、分光蛍光分布を測定する予定である。

6. 3 心理的色再現の標準化

6. 3. 1 平成10年度の成果

好ましい肌色を評価するための標準画像を完成した。

好ましい肌色を評価するための被験者実験及びその実験データの解析のあたりをつけた。

前述した心理実験に影響を及ぼすと思われる要因、X1～X5のすべての要因に対して検討を一度に行うのは大変であるので、平成10年度はX1の因子の画像について検討を加え、さらに心理実験に用いる画像の標準化に注力した。以下標準画像に対する考察とその作成方法について紹介し、その利用例として行われた「好ましい肌色」に関する心理実験とその統計的解析結果について触れる⁶⁾。

(1) 実験

1) 標準画像

a. 撮影及び標準画像について

標準画像として、下記の①から⑥のような工夫を行うことで、肌色の好ましさに関する評価に影響を与える因子を極力排除した。

①基本の肌色：平均的な日本人（黄色人種）の分光反射率データをもとに標準的な肌色、顔立ちのモデルを選定。

②衣装／背景：肌色評価に影響のないようにニュートラルなグレーを選定。

③画面構成：モデルは半身像で正面向きとすることで顔の肌色を判別しやすく設定。

④撮影機材：営業写真分野で汎用的に使用されているカメラ、レンズ、ストロボ等を選択。

⑤撮影条件：標準的なスタジオポートレート撮影条件で、ライティングは肌色評価しやすいように幾分軟らかめ（照明比1：2）に設定し、コントラストが強くないよう配慮。

⑥感材：営業写真向け感材を選定。粒状性、シャープネス等の画質が肌色評価に与える影響を除くために4×5インチのフォーマットを使用。

以上の内容にて撮影を実施し、基準となるプリントを光学プリンターで作成し基準画像とした。プリントの際のカラーバランス、濃度は感材被験者により決定された。プリントサイズは、2Lサイズ（実画面11.7×15.2mm）、その他機材、感材については以下の内容のものを使用した。

表 6. 3. 1 撮影機材／感材一覧

カメラ／レンズ	ジナーP 4×5、250mmF6.3
ストロボ	フォトナーPH2501 3灯（アンブレラ装着）
カラーネガフィルム	フジカラー160NS
カラーペーパー	フジカラーペーパー FA-P

b. デジタル標準画像ファイルの作成

基準となる光学プリントをデジタルデータとして提供するために、図 6. 3. 1 のフローに従いデジタル標準画像ファイルを作成した。光学プリントの画像収録は、画質の劣化を最小限にするために 12bit/channel の濃度情報が得られるドラム型スキャナーで行った。収録した画像の RGB/スキャナー値から、カラーペーパーの分光濃度分布との変換テーブルを介して、各画素の分光積分濃度に変換し、観察評価光源の標準である CIED₅₀ における CIELAB の値を求めた。さらに ITR-R BT. 709-2⁷⁾、⁸⁾ 等で規格となっている色空間の標準光源は D₆₅ であることから、図 6. 3. 1 の von Kries の変換式を使って sRGB⁹⁾ データに変換した後、TIFF/IT 準拠フォーマットの画像を作成した。

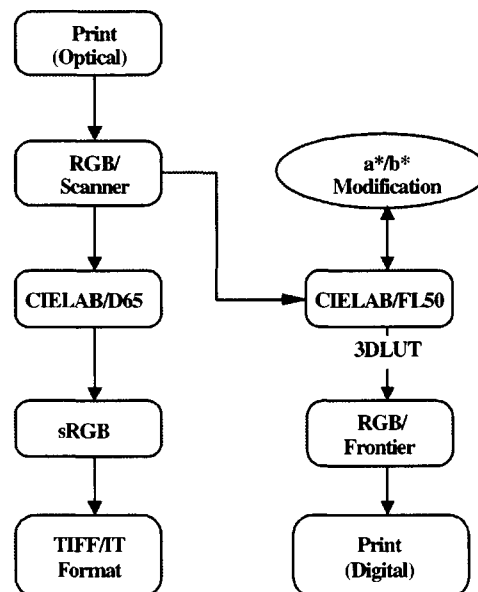


図 6. 3. 1 標準デジタルデータの作成プロセス

2) 心理実験

a. 評価画像準備

心理実験に用いるプリントは、光学プリントの複製画像として、デジタル標準画像ファイルのデータをもとにデジタルプリンター（富士写真フィルムフロンティア¹⁰⁾）で作成した。デジタルプリンターを利用した理由は、後の心理実験において、評価画像の肌色部の色味を変更したサンプルを作成、評価する必要があることを考慮したものである。作成する各サンプルプリントの各画素の CIELAB 値は、心理実験における観察光源として用いる色評価用蛍光灯（東芝製）の実測値に基づいて計算、再現した。肌色の変更は、CIELAB 色空間上で顔、腕等の肌色だけを一定量変化させることで行った。変更量は CIELAB 上で色差 2 を一単位として、図 6.3.2 に示した合計 25 種類のプリントを作成した。作成したプリントの色相と彩度方向のばらつきは、実測で平均色差 0.2 以内の精度で作成されていることを確認した。

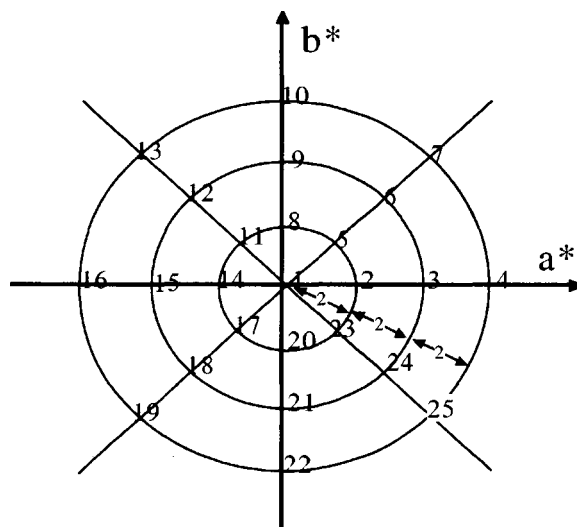


図 6.3.2 CIELAB 色空間での肌色変更の位置

b. 評価実験

心理評価、結果の解析の標準化を提案するため、一次テストとして下記の要領で好ましい肌色の心理評価実験と解析を行い、許容色差空間を求めた。

嗜好調査は被験者選定、評価条件設定、心理評価実験、統計解析の順で行われた。以下それぞれについて説明する。

①被験者選定

富士写真フィルム(株)の感材評価担当者から 25～50 才の男性 20 名を対象とした。各被験者は石原式検査表により正常な色覚を有することを確認した。

②評価条件設定

観察条件（照明条件）：ISO3664 の観察条件に関するガイドラインを参照¹¹⁾。ただし観察光源としては実用的な色評用蛍光灯（東芝製）を用いた。観察面の照度は 1500 lx であり、周囲も平均的な室内の明るさに設定されている。画像を囲む背景、周囲はニュートラルグレーである。

③心理評価方法：各被験者は画像を一枚ずつ 5 秒間観察したのちに、肌色の好ましさを 4 段階（良い、やや良い、許容内、許容外）の中から評価してもらった。さらに、同一被験者に、日を変えて同じ実験を 2 回繰り返してした。

c. 統計的解析方法について

カテゴリー尺度の定量化方法としては、平均値から算出する方法、Z 値を利用し各カテゴリー間の距離を求める方法、望小 SN 比がある。ここでは、被験者が 2 回のテストで安定して“良い”と判断されたサンプルを好ましい肌色画像と考え、望小 SN 比による解析を実施した¹²⁾。これは、

①平均値では、被験者間のばらつきが考慮されない。

②Z 値を利用した方法では結果の頻度分布が正規分布であることを仮定しているため、データ数が少ないケースには適切でない。

の理由からである。

望小 SN 比とは「非負で、平均値、ばらつきともに小さいことを理想とした場合の総合尺度値」であり、本実験では、下式で定義した。

望小 SN 比 = $-10 * \text{Log} \{ (\sum \text{評点}^2) / \text{被験者数} \}$ 単位 db

（評点 = よい：0 点、ややよい：1 点、許容内：2 点、許容外：3 点）

又、サンプルの各カテゴリーは次ぎのように定義される。

・“ややよい” “許容内” サンプルの区分値 = 全被験者が“ややよい”と回答した場合の望小 SN 比

$$-10 * \text{Log} \{ (1^2 \times n) / n \} = -10 \text{Log} (1) = 0 \text{ (db)}$$

・“許容内” “許容外” サンプルの区分値 = 全被験者が“許容内”と回答した場合の望小 SN 比

$$-10 * \text{Log} \{ (2^2 \times n) / n \} = -10 \text{Log} (4) = -6 \text{ (db)}$$

(3) 実験結果

1) サンプル評価値の算出

前出の計算式により、算出した各評価サンプルの望小 SN 比の結果を表 6.3.2 と図 6.3.3 に示す。これより、各評価サンプルは下表のように区分され、サンプル 23 が最も好ましいと評価された。また、サンプル 23 は基準画像（サンプル 1）に対して、約 1.4 倍 ($10^{(5.1-2.0)/20}$) 安定してよいと評価されていることがわかった。

表 6.3.2 サンプル区分結果

評価区分	サンプル数	サンプルNo.
ややよい～よい	4	1, 2, 20, 23
許容内	5	5, 8, 17, 21, 22, 24
許容外	16	上記以外

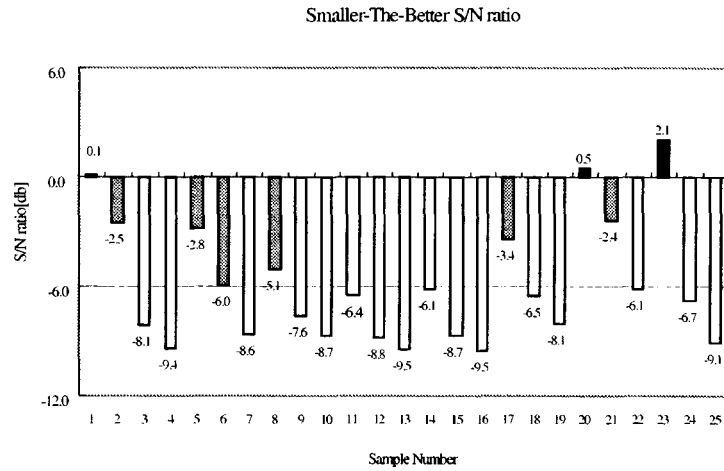


図 6.3.3 全被験者望小S/N比

2) 肌色嗜好色空間の作成

各サンプル画像の肌色の代表値を、画像中に含まれる額、頬、胸、首の肌色のCIELAB値の平均値として計算することで心理尺度値と肌色の好ましさととの関係を調べた。このようにして得られたCIELAB値と心理的好ましさのランクを図6.3.4にまとめた。図において肌色の好ましさはS/N比が0と-6dbでランク分けされた等高線として示した。

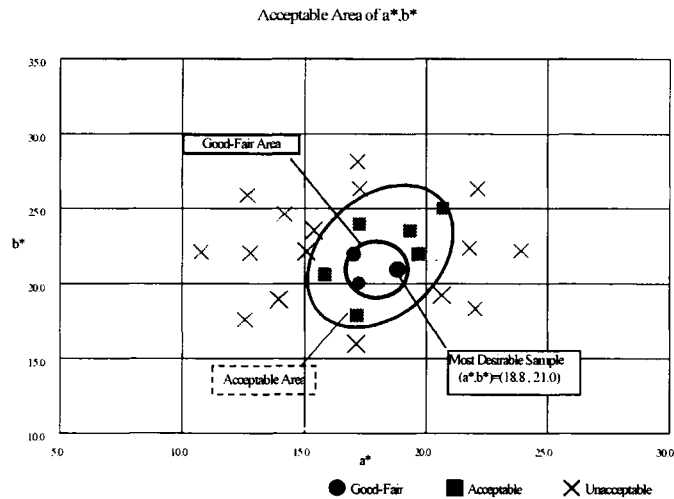


図 6.3.4 許容色差空間

前述した基準プリントからややマゼンタ味の水準を中心 ($a^* = 1.8$ 、 $b^* = 2.2$) に色差 2～3 の領域が「良い領域」、肌色の色相方向に長楕円となる色差約 5 の領域が「許容内領域」となった。これらの結果は、肌色の好ましさに関する我々の長年の経験と良く一致することを確認した。

(4) 考察

以上、「好ましい肌色再現」をテーマに標準画像の準備、心理実験と結果の統計解析を実施し、好ましい肌色の範囲を求めた。以下、各過程別に考察を行った。

1) 評価用標準画像に関して

肌色評価に影響を与える因子を極力押さえた画像設計を行った。被験者に対して実験終了後行ったインタビューより、肌の調子再現、肌色再現、顔の大きさ、背景に関して標準的な評価用画像として相応しく、当初の目的を達成していると考えられる。さらに画像をファイル化したことで、今後種々のメディアや異なる環境下での実験に活用されと期待できる。

2) 心理評価実験に関して

a. 心理評価手法の安定性

今回、日を変えて同一実験を 2 回繰り返した結果をみると、被験者の 60% (12/20 名) において、評価サンプルの 30% 以上が 1 ランク以上異なった評価を与えており、必ずしも繰り返し安定性が十分でない。また、心理実験後の聞き取り調査でも、相対的な評価で位置付けを確認しながら判断した方が安定するという意見が多く、今後の検討課題として残った。

b. 統計解析方法

カテゴリー尺度を距離尺度に置き換えた望小 SN 比にて総合尺度化し、サンプル間の差を比較しているが、この差の妥当性の検証やこの手法の優位性については、今後更なる検討が必要である。

3) 肌色代表値による評価

好みの肌色を評価するにあたり、被験者は顔を中心とした肌色（すなわち、明度、色相、彩度の異なった部位とその連続的なつながりを含めた画像）を総合的に評価してランク分けしていると推察できる。今回画像中の肌色の平均値により、許容色空間を作成しているがこの値がどのくらい肌色画像全体を代表しているかについても今後の検討が必要と思われる。

(5) H11年度へ向けての課題

標準画像の作成、それに基づく心理実験結果に対する考察よりを、実験方法と解析手法のさらなる標準化に向け、H11年度の課題を以下のように抽出した。

- ①心理評価に関する種々の実験手法を、被験者への負荷、実験結果の精度と安定性から検討すること。
- ②同じく、結果の妥当性を統計処理方法の観点から検討すること。
- ③心理評価に用いられる標準画像の肌色の特性値の算出方法の妥当性について検討すること。

(6) H10年度活動成果の学会報告

①PICS, 2000

H10年度の活動内容を2000年3月に行われるPICS(Image Processing Image Quality Image Capture System Conference)にて報告し、平成12年度の国際標準提案へ向けて参加者の認知を得た。参考までに英文予稿集を付録1に示した。本報告により将来の規格化に向け、作成した肌色評価用画像を標準画像の作成方法として引用されることが期待される。

②写真学会年次大会

国内においては同じくH10年度の活動内容を、平成12年5月に行われる日本写真学会年次大会にて報告し国際標準提案への賛同を得る予定。

6. 3. 2 予備実験

(1) 本年度の進め方

H10年度の活動報告において、同一母集団、同一画像、同一観察条件の下で評価したにもかかわらず、被験者の繰り返しばらつきがある、ことが判明した。この原因として

①評価サンプル間の色差が小さく（色差2）、かつ絶対評価法を採用（4段階カテゴリ-尺度）したため、判断のずれによるばらつきが生じたこと。

②評価手順が必ずしも明確に規定されておらず、被験者によってばらつきを生じたこと。の可能性が考える。

これらのことを基に、今年度は、実験手法を、被験者への負荷、実験結果の精度と安定性の観点から検討することを目的として、「被験者への負担が小さく、精度よく、安定した結果が得られる評価方法（画像提示法を含む）」を検討することにした。

(2) 検討プロセス

1) 標準的な評価方法構築の必要性

前述したように本年度は、「写真印画紙上の好ましい肌色評価」をケーススタディーとして標準的な評価方法を構築することにある。評価方法に関しては、次のような観点から検討することが重要と考えた^{13), 14)}。

- a. 精度（評価サンプル間の嗜好差異の尺度化）
- b. 繰り返し安定性
- c. 被験者への負荷（時間、疲労、比較しやすさ）

これは、例えば、a. とb. の精度や安定性を上げるために長時間にわたり実験することがもし必要となれば、逆にc. の被験者の疲労により精度と安定性が低下する、ことが考えられ、これらの中で最適なバランスがあると思われるからである。表6.3.3には心理実験に使われている代表的な評価方法と評価に必要な時間の関係を示している。

表 6. 3. 3 評価方法と負荷の関係

評価方法	精度	負荷（評価時間）	安定性
カテゴリ法	低い	小さい	高い
マグニチュード法	↕	↕	低い
順位法			低い
一対比較法			高い

a. b. の安定性が高い方法としては一対比較、c. の負荷が少ない方法としてはカテゴリ法が知られているが、精度と繰り返し安定性が高く且つ評価時間が短い手法

としては、別の方法が必要となろう。両者を満足する手法が見いだせれば、好ましい肌色に対し、色相、彩度だけでなく、背景の影響等種々の要因を加味したより多数の因子に関して検討することが可能となる。加えて、実験手法そのものを標準的な方法として規格化することで、デジタルイメージングにおける設計や評価に広く用いられることが期待されよう。

2) 新規評価法の検討

a. ～c. の条件を満足する良い方法を導き出すために、東京工芸大学工学部光工学科の畑田教授の協力を得た。畑田教授は、視覚情報に関する心理物理的研究を専門とされており、視覚評価に関する官能評価に関しても多くの経験をお持ちであることから、今回の目的には最高のパートナーである。

具体的にどのような方法が「被験者への負担が小さく、精度よく、安定した結果が得られる評価方法の構築」であるかについては、畑田先生と同研究室の石川講師と数回に渡り意見交換を行った結果、順位法と比較法の2段階からなる「2段階評価法」という新しい評価方法を考案した。前者はサンプル全体を観察して序列と大まかなカテゴリー分けを行うことをタスクとし、後者は、分類されたサンプル間での細かい差を比較することを目的としている。

この手法の具体的な内容は3章に記述するが、本年度の活動は、従来法(順位法、一対比較法)の問題点を定量的な把握と、「2段階評価法」を提案、その妥当性を検証、提案することにある。

3) 実験案概要

a. 予備実験：従来法(順位法、一対比較法)の問題点把握

代表的評価法として「順位法」と「一対比較法」を選択、学生8名を対象に肌色情報の変数に応じた評価応答の精度、安定性、被験者への負荷度を評価、次の結果を得た。

- ①一対比較法は600通り(${}_{25}P_2$)の評価を行う必要あり、非常に評価負荷が大きい。
- ②順位法は評価基準が曖昧となり、繰り返し安定性に乏しい。
- ③一対比較法では、サンプル間の相対評価は精密にできるが、許容内かどうかの判断ができず、かつ許容外と判断されるサンプル対間での優劣の判断が難しい。

b. 新規評価法立案

上記結果を踏まえ、次の評価法(2段階評価法)を立案した。これは「順位法で得られたサンプルにカテゴリー化し、目的に則した、例えば“許容内”と判断されたサンプルを抽出(1次評価)、さらにその目的に則したサンプルに関して、同時3枚比較(2次評価)を行うことで、最初から比較を行う時に比べ試行回数を減らし、かつ比較法により通常よく行われる統計手法を用いたサンプル間の間隔尺度を求める方法」である。

従って本評価法には、次のような特徴が期待される。

- ① 2段階に評価を分けることで、意味ある評価サンプルに集約した下で、要求される評価精度に対応できる。サンプル間における間隔尺度が必要ない場合は1次評価のみで終了させることも可能。
- ② サンプル間の微妙な差異を知りたいときサンプルに対し、比較法を適用するので、精度、効率の点で優れる。
- ③ さらに一対比較と異なり、評価対を2枚から3枚とすることで、負荷を軽減することができる。

以下、予備実験の方法並びに結果について2. 3章で説明する。

(3) 予備実験—従来評価法の問題分析—

1) 評価画像

評価実験に用いた観察用サンプルは、昨年度同様(1. 1. 3節参照)、肌色部を含む女性のバストショットを使用した(図6. 3. 5)。サンプルの大きさは117×152mm、画枠(背景)の大きさは148×180mmで、評価に影響のないようサンプルを灰色(N5)で囲んだ。

サンプルは図6. 3. 6に示した肌色部分だけのCIELABにおける a^* 、 b^* 値を変化させたものに加え、新たに L^* を変化させることで、図6. 3. 7に示した $L^*a^*b^*$ 値の組み合わせのサンプル計31枚を用意した。2c、2yの表記は、頭の数字が中心Sからの色差を示し、cやyは色相を示すようにした。図6. 3. 8の配置で画像を縮小出力した見本を図6. 3. 9-1から図6. 3. 9-6に示す。

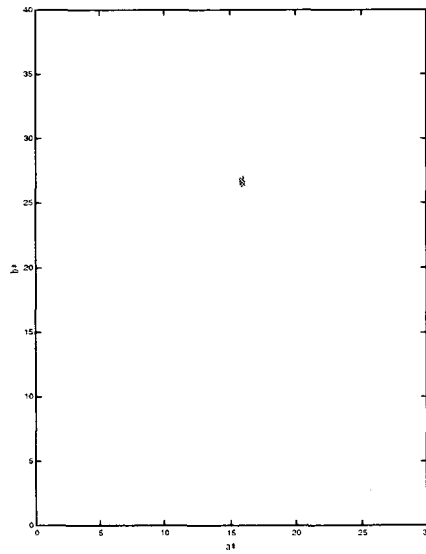


図 6.3.6 L*a*b*空間における基準サンプル「S」の肌色再現範囲

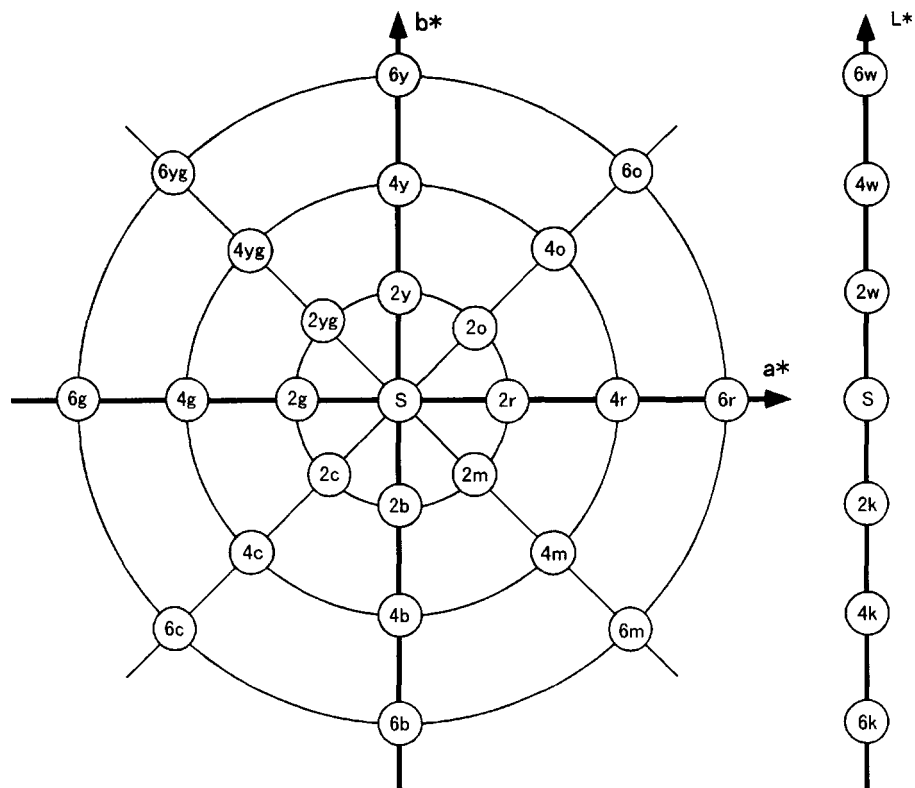


図 6.3.7 L*a*b*空間上での肌色変更の相対位置

基準サンプル「S」より外側に行くに従って、色差 2 ずつ増えていく。
同様に、明るさの違いも色差 2 の間隔で作成した。。

2 y g	2 y	2 o
2 g	S	2 r
2 c	2 b	2 m

図 6.3.9- 1 (色差 2)

4 y g	4 y	4 o
4 g	S	4 r
4 c	4 b	4 m

図 6. 3. 9- 2 (色差 4)

6 y g	6 y	6 o
6 g	S	6 r
6 c	6 b	6 m

図 6. 3. 9- 3 (色差 6)

2 w
S
2 k

図 6.3.9- 4 (色差 2)

4 w
S
4 K

図 6. 3. 9- 5 (色差 4)

6 w
S
6 k

図 6. 3. 9- 6 (色差 6)

図 6. 3. 8 図 6. 3. 9- 1 ～図 6. 3. 9- 6 の画像配置

2) 実験内容

実験内容を表 6.3.4 に示した。被験者は色覚が正常とみなされた男性、女性で行った。

表 6.3.4 予備実験内容

	予備実験 1	予備実験 2
観察サンプル	明るさ変化を覗いた 25 枚	
被験者	男性 4 名、女性 4 名	男性 3 名、女性 1 名
評価方法	順位法	シェッフェの一対比較法
施行回数	3 回	1 回
実験環境	実験ボックス (図 6.3.10)	
観察光源	色評価用蛍光灯 D50	
照度	1500 lx	

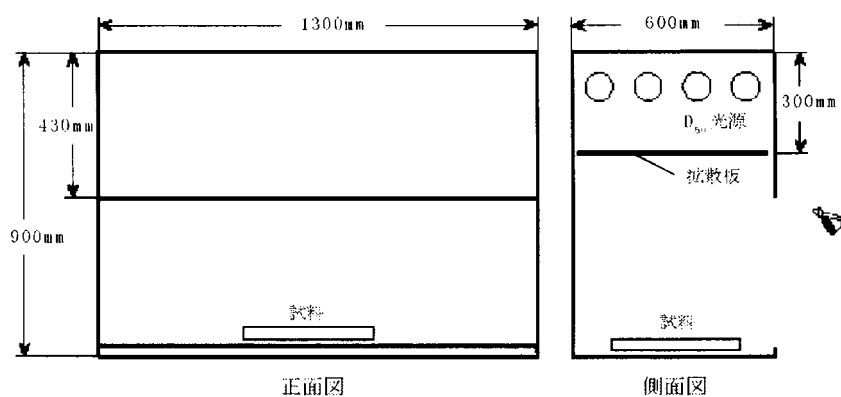


図 6.3.10 実験ボックス

予備実験 1 の評価は、25 枚のサンプルを好ましい順番に並べる方法で行った。予備実験 2 のシェッフェの一対比較法¹については、観察サンプルの左右入れ替えによる評価の乱れを調べるために、同じ組合せにおいても左右を入れ替えた合計 600 通り (${}_{25}P_2 = 25 \times 24 = 600$) の評価を実施した。

¹ シェッフェの一対比較法 サンプル間の順位ばかりではなく、サンプル間の差の程度まで知ろうとする目的のために考案された方法で、評価の時にカテゴリーを与えることによって求めることが出来る。

3) 実験結果と考察

a. 順位法・一対比較法の比較

予備実験1の結果を表6.3.5、予備実験2の結果を表6.3.5と図6.3.11に示す。

① 繰り返し安定性

予備実験1、2のそれぞれの平均値の結果を比較すると、大きく3つのグループ（上位、中間、下位）の分けることができる。好ましいと評価されたサンプルのうち、上から5番目までのサンプルについては順位の変動が見られるものの、同じサンプルから構成されている。同様に下位のサンプルを調べてみると、やはり同じサンプルから構成されていることがわかる。すなわち、おおまかな嗜好を知りたい場合は、今回調査した順位法、一対比較法のどちらでも結果でも同じ結果が得られることが判る。

一方、図6.3.12に示したように、順位法の結果は、繰り返し安定性が十分とは言えない。特に Observer:NTでは3回の繰り返しのなかで、同一に対し大きく順位を変えていることが窺える。各サンプルの尺度値を求めようとするのであれば、一対比較法などの比較評価法を用いた方が繰り返し安定性のある結果を得られるものと予想される。

② 評価負荷

被験者に対し内省報告を採ったところ、評価をするにあたり、一対比較では負担がかり評価に自信がもてない、悪いもの間でのサンプルの比較が難しい（意味がない）との報告を得ている。一対比較法は、サンプル数が25枚あるため、 $600({}_{25}P_2)$ 通りもの組合せの評価を実施した。一対比較法は、単純繰り返し以上に、異なる2対のサンプルを比較評価することで信頼性は高まるかも知れないが、評価負荷が非常に大きく、多くの因子を調べたいとき（サンプル数が多い時）は現実的な方法とはいえない。

b. 好ましい肌色

被験者8名の平均順位¹⁾（表6.3.5）、被験者4名のシェッフェー対比較結果（図6.3.11）から、全体的に2cや4cのシアン方向の色が好ましく、6mや6rの赤みがかった肌色再現が好ましくないという結果が得られた。しかし中には被験者T.Kのように、赤みがかった肌色再現範囲が好ましく、緑がかった肌色再現範囲を好まないという結果も得られている。母集団の特徴を捕らえるにはより多くのn数の被験者が必要である。

¹⁾ 被験者8人の順位法の結果を平均したもの。25枚のサンプルに好ましい方から点数（一番好ましいサンプルに25点、次のサンプルが24点…）を付け、各サンプルについた点数の平均点を採り、点数の高い順番に並べたものを平均順位とした。

表 6.3.5 予備実験 1 (順位法) 8 名の結果

	K.H			N.T			H.N			T.K		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
1	6b	2c	2g	2b	6b	6b	2b	6b	4b	4g	4r	4r
2	4b	2g	S	4b	4b	2b	4b	2c	2c	4o	4m	4m
3	2c	4c	2yg	6b	6c	4b	2r	4b	6b	2r	6m	2r
4	S	6c	2c	6m	4c	4m	2o	2m	4c	S	2r	6o
5	2b	4g	4c	2m	2b	2o	S	S	2b	2o	2m	4o
6	2yg	2yg	2b	2r	2m	2r	2c	2b	2m	6r	6b	2m
7	2g	2y	4b	6r	S	2m	2y	4c	2g	4r	2b	6m
8	2y	2o	6c	4o	2c	6o	4c	2g	4g	6yg	6o	6r
9	2m	2b	6b	4y	4r	4o	2g	2y	4y	6m	6r	4b
10	2r	S	2y	4m	2g	4r	4g	4g	4yg	6c	4o	S
11	2o	4b	4yg	4r	6y	6c	6c	2yg	S	6o	2c	2b
12	6c	6b	4y	6o	4y	2yg	6b	4yg	2y	4m	2o	4c
13	4c	2m	2o	2o	2yg	4c	4y	6c	2yg	2y	4y	6c
14	4g	2r	6y	6y	4g	S	2yg	2r	2o	4y	6y	2o
15	4yg	4y	2m	2c	4yg	2c	4yg	4o	6c	2c	4b	6b
16	6y	4yg	2r	4c	2y	2y	6o	2o	6g	2yg	S	2c
17	4y	4o	4g	S	2o	6y	4o	4y	6y	4c	2y	6y
18	6g	6y	6g	2y	2r	4y	4m	6yg	6yg	6b	4c	2g
19	6yg	6yg	4m	2yg	4m	2g	2m	6m	2r	2m	2g	4y
20	4m	6g	6yg	6c	6g	4g	6yg	6y	4m	6y	4yg	2yg
21	6m	4m	4r	2g	4o	6g	6y	6g	4o	2b	2yg	2y
22	4r	4r	4o	4yg	6o	4yg	6g	4m	6o	4b	4g	4yg
23	4o	6o	6o	4g	6yg	6yg	4r	4r	6m	2g	6c	4g
24	6o	6m	6m	6yg	6m	6m	6m	6r	4r	4yg	6g	6yg
25	6r	6r	6r	6g	6r	6r	6r	6o	6r	6g	6yg	6g

	S.T			M.A			M.H			E.Y			平均
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	
1	4yg	2g	2g	2g	2y	4g	6c	6c	6c	4c	2c	2c	2c
2	4g	4g	2c	2yg	2yg	2yg	4c	4c	4c	2c	S	2b	2b
3	4y	2yg	4c	2c	2g	2g	4g	2c	2c	S	2yg	4c	4c
4	6y	4c	2yg	4c	2c	4yg	2g	4b	2g	2g	2g	S	2g
5	2y	4y	4yg	4g	S	2y	2c	2b	4b	2b	4c	2g	S
6	2yg	6y	2y	4yg	4y	S	2yg	6b	6b	6b	6c	2yg	4b
7	2g	2y	4y	2y	2b	2c	S	S	2b	4b	2y	2y	2yg
8	2c	4yg	6y	S	2o	4c	4b	2g	S	2m	4y	4g	2y
9	S	2m	4g	2b	4c	6g	6b	4g	2yg	6c	6y	4b	6b
10	2o	2c	S	6c	4yg	4y	2b	2yg	2y	2r	2o	2r	2m
11	2r	4o	2b	2m	6y	2o	4yg	2y	4g	4m	2m	4y	6c
12	6yg	6c	2r	2o	4g	2b	4y	4yg	6g	6m	2r	2o	2r
13	6g	6g	2m	4y	6g	6c	2y	6g	4y	2yg	6b	6y	4y
14	2b	6yg	2o	2r	6yg	4b	2m	2m	2m	2y	2b	4yg	2o
15	4b	2b	4o	4b	2r	2m	2o	2r	2o	2o	4b	6b	4g
16	4c	6b	6c	6b	2m	2r	2r	4y	2r	4y	4o	6c	4yg
17	6c	4b	6g	6yg	4b	6y	6g	6yg	6y	6y	6o	4m	6y
18	6b	2o	6yg	6y	6c	6yg	6yg	2o	4yg	4o	4m	2m	4o
19	6o	6o	4b	4o	6b	4o	6y	6y	4m	6o	6m	4o	4m
20	4o	S	6b	6g	4o	6o	4o	4m	4o	4r	4r	6yg	4r
21	2m	2r	4m	6o	4r	4m	4m	4o	6m	6r	6r	6o	6o
22	4m	4r	6o	4m	4m	6b	4r	6m	6yg	4g	4g	4r	6g
23	4r	4m	4r	4r	6o	4r	6m	4r	4r	4yg	4yg	6g	6m
24	6r	6r	6r	6m	6r	6r	6o	6o	6r	6g	6yg	6m	6yg
25	6m	6m	6m	6r	6m	6m	6r	6r	6o	6yg	6g	6r	6r

表 6.3.6 予備実験2（各被験者のシェッフェの対評価）の結果

	K.H		N.T		H.N		S.T		平均	
	順位	尺度値	順位	尺度値	順位	尺度値	順位	尺度値	順位	尺度値
1	2yg	0.96	4b	0.86	2c	1.14	2g	1.04	2c	0.815
2	2g	0.88	6b	0.84	4c	1.08	2c	0.82	S	0.71
3	S	0.82	6c	0.58	4b	1.08	2y	0.76	4c	0.69
4	2c	0.78	4c	0.56	2b	1.06	S	0.76	2g	0.68
5	2b	0.72	2c	0.52	S	0.82	2yg	0.76	2b	0.595
6	2y	0.64	2b	0.46	6c	0.72	4yg	0.76	2yg	0.59
7	4c	0.6	2r	0.44	2m	0.66	4y	0.66	6c	0.575
8	6c	0.54	S	0.44	2g	0.64	4c	0.54	4b	0.555
9	4yg	0.38	2m	0.38	2yg	0.5	6c	0.5	2y	0.48
10	4g	0.38	4m	0.28	6b	0.42	4g	0.48	2o	0.35
11	2o	0.36	2g	0.24	2o	0.36	2o	0.48	2m	0.285
12	4y	0.26	2y	0.2	2y	0.32	6yg	0.36	4g	0.23
13	4b	0.22	2o	0.2	4g	0.3	6g	0.22	6b	0.23
14	2m	0.22	2yg	0.14	2r	0.28	2b	0.14	4yg	0.155
15	6b	0.06	4o	0.1	4yg	-0.16	4b	0.1	4y	0.065
16	2r	-0.06	4g	-0.24	4y	-0.46	6y	-0.12	2r	0.04
17	6yg	-0.34	4r	-0.28	4m	-0.5	2m	-0.16	6yg	-0.355
18	6g	-0.42	4y	-0.3	6g	-0.64	4o	-0.4	6g	-0.36
19	6y	-0.48	4yg	-0.38	6yg	-0.66	6b	-0.4	4o	-0.39
20	4o	-0.58	6o	-0.48	4o	-0.68	2r	-0.5	4m	-0.53
21	4m	-0.66	6y	-0.52	4r	-0.96	6o	-1.16	6y	-0.53
22	4r	-0.98	6g	-0.62	6y	-1	4m	-1.18	4r	-0.86
23	6m	-1.24	6yg	-0.78	6o	-1.32	4r	-1.28	6o	-1.09
24	6o	-1.36	6m	-1.3	6m	-1.4	6m	-1.4	6m	-1.335
25	6r	-1.7	6r	-1.34	6r	-1.6	6r	-1.78	6r	-1.595

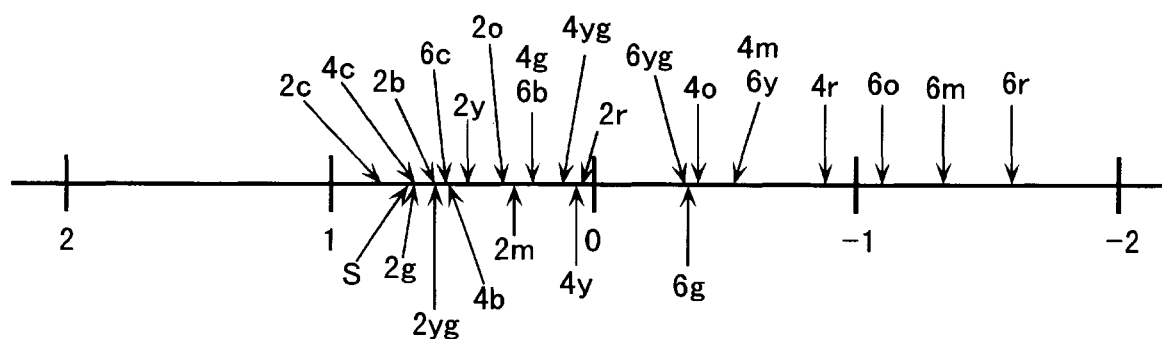


図 6.3.11 シェッフェの方法による尺度値

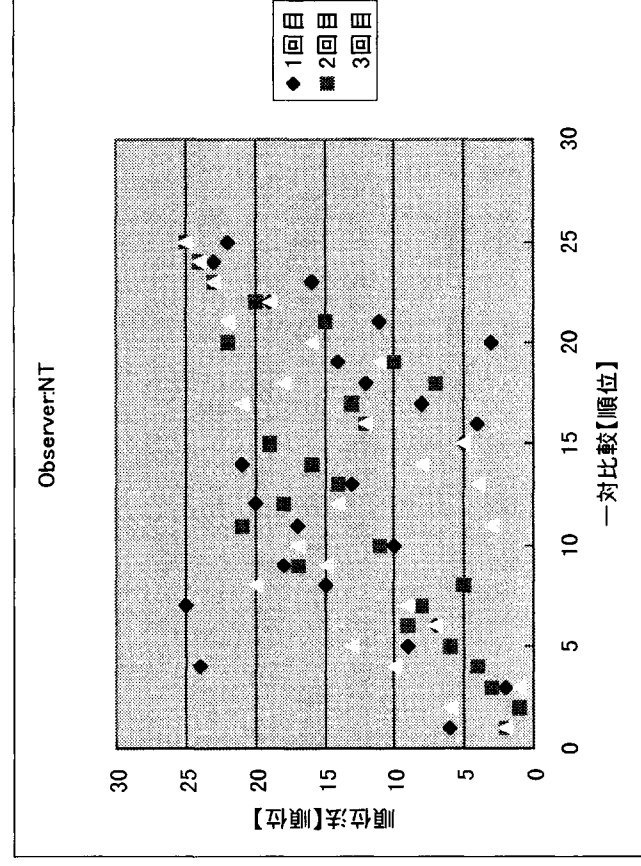
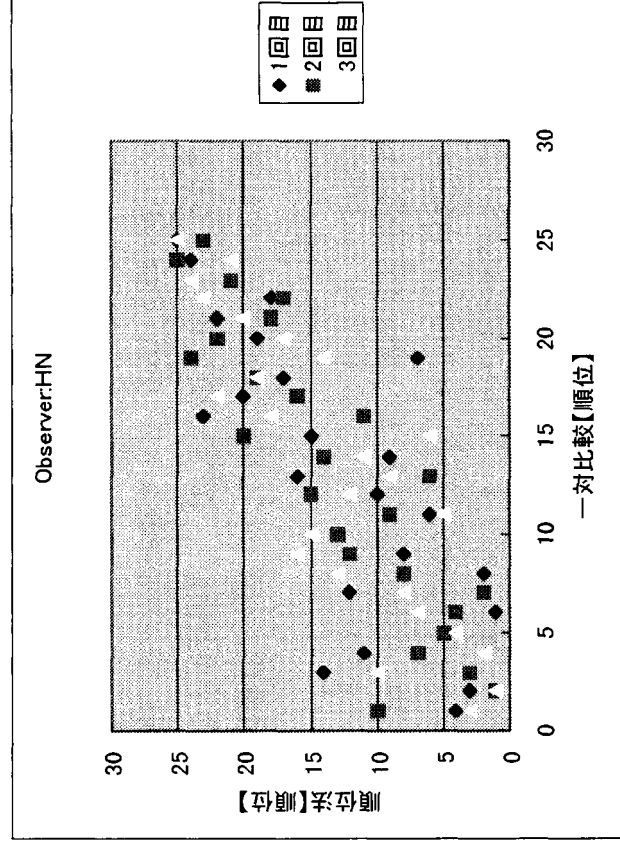


図 6.3.12 一对比較法と順位法の比較結果例

6. 3. 3 本実験

(1) 2段階評価法の提案

予備実験では、25 枚のサンプルを使用し実験を行った。一対比較法では結果の精度は良いかも知れないが、600 通りもの評価による被験者負担が大きいこと、順位法では繰り返し安定性が必ずしも良くないことが問題である。これを解決するため、「被験者に対する負担が小さく、かつ繰り返し安定性が良い」評価方法として、2段階評価法を提案する。

2段階評価法は図 6. 3. 13 に示すように、次の 2 つの STEP で官能評価を実施する方法である。

STEP1：順位法

順位法は、サンプルに対する序列をつけ、その序列に従い、例えば「好ましい」「許容内」「許容外」のような三つの大まかなカテゴリーに分類するものである。これはその後、より微細な差異を比較する比較評価法において、あらかじめ明らかに「許容外」と判定されるサンプルを取り除き、評価を効率的に、かつ正確に行うための準備である。

この方法により評価結果の概略の傾向をつかみ、より安定した評価ができるサンプルを選択できるとともに、場合によっては、総合的評価の安定性・精度向上の為に必要な基準（例えば中央にランクづけされたサンプル等のように）サンプルを設定する際にも有益となろう。この段階で大まかな傾向を窺い知ることができるので、結果や場合によっては次行程を省略することも可能である。

STEP2：同時 3 枚比較法

このステップにおいては、STEP1 で目的に応じて選択したサンプルに対して、より詳細な比較、尺度化を行うものである。しかしながら、前述したように、一対比較法においては、組み合わせの数が膨大になりやすく、被験者に対する負荷がかかりやすい点、又一人あたりの実験に時間がかかるため多数の被験者による実験を行いにくい等の問題があった。そこで、ここでは、一対比較法と同様の精度をもち、評価負荷の少ない方法として、「同時 3 枚比較法」を提案する。

同時 3 枚比較法とは、通常の一対比較法では「2 枚を 1 組とした全ての組合せ評価」を実施するのに対し、3 枚比較法は「少なくとも 1 回は全 2 枚ペアの組合せ評価が実施できるように、3 枚を 1 組とした組合せを選択し用いることで、より少ない回数で精度高い評価を得る」ことを目指した方法である。組み合わせの一例として、表 6. 3. 7 に、評価サンプル数が 6 枚の場合を示した。

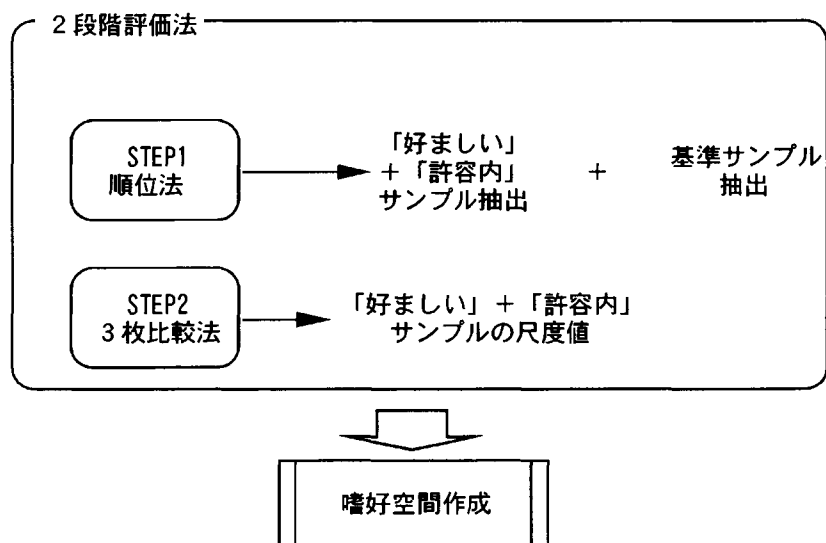


図 6. 3. 13 2段階評価法 概略図

表 6. 3. 7 3枚比較法例（サンプル数＝6枚の場合）

サンプルNO.	一対比較法	3枚比較法	3組総当たり
1	AB	ABC	ABC
2	AC		ABD
3	AD		ABE
4	AE		ABF
5	AF		ACD
6	BC		ACE
7	BD		ACF
8	BE	ADE	ADE
9	BF		ADF
10	CD	AEF	AEF
11	CE		BCD
12	CF		BCE
13	DE		BCF
14	DF		BDE
15	EF	BDF	BDF
16		BEF	BEF
17		CDE	CDE
18			CDF
19		CEF	CEF
20			DEF
試行回数	15	7	20
対1対比較	100%	47%	133%

試行回数が約 50% ↓（対 1 対比較法）する

(2) 妥当性の検証

2段階評価法の妥当性を検証するため、表 6.3.8 に示す実験を実施した。被験者は予備実験と同様、色覚が正常とみなされた男性、女性計 5 名である。

表 6.3.8 検証実験内容

	提示法		比較法	
	同時提示	順次提示	一対比較	同時 3 枚比較
観察サンプル	各枚数に応じた選定 (図 6. 3. 15)			
被験者	男性 3 名、女性 2 名			
評価方法	グループ分け、評価尺度		評価尺度方法	
施行回数	3 回		1 回	3 回
実験環境	実験ブース (図 6. 3. 16)		実験 BOX (図 6. 3. 10)	
観察光源	色評価用蛍光灯 D 5 0			
照度	950±100 lx		1500lx	

1) 順位法に関して

一度にすべてのサンプルを提示し、序列をつける同時提示方法が通常よく知られているが、一方、サンプル数が多く、一度にサンプルが並びきれない等の問題に直面するときもある。このような場合、一度にすべてのサンプルを提示するのではなく、一枚毎にサンプルを提示し、提示したサンプルに序列をつける順次提示法が考えられる。ここでは、これらの 2 つの提示方法の違いにより結果に差異が生じるのか、再現性の観点でどちらが好ましいかを検討する。さらに序列をつけたサンプルに対し、三つのカテゴリー、本実験では肌色の好ましさを聞いているので、「好ましい」、「許容内」、「許容外」の三つのカテゴリーに区分してもらう。繰り返し安定性は、この三つのカテゴリーに含まれるサンプルが、回数によって異なるか否かで判断することが可能である。

2) 同時三枚比較法に関して

同時 3 枚比較評価法で得られる結果の妥当性は、前述した順位法に基づき得られた結果 (同時提示、順次提示)、並びに一対比較法から得られた結果と比較することから検討した。同時 3 枚比較法は、図 6.3.14 に示すように、被験者に提示されたサンプルを、5～1 の数字が書かれたスケールに置いてもらい、得られるサンプル間の相対関係をもとに、各サンプル間の間隔尺度値をシェッフェの方法を用いて求めた。

実験には予備実験の結果から、改めて図 6.3.15 に示した 21 枚のサンプルを選択して実験した。同時 3 枚比較法は表 6.3.9 の組合せにて実施した。評価は図 6.3.16、図 6.3.17 の実験ブースで行った。

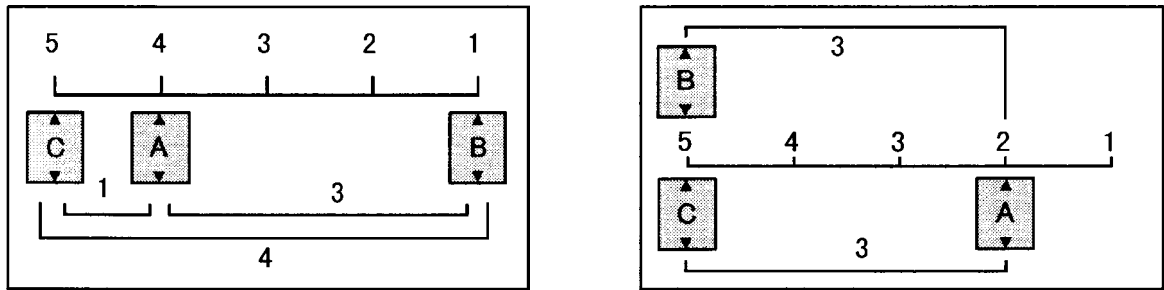


図 6. 3. 14 サンプルの配列方法例

サンプルを数直線上に並べてもらう時に、同スケールのもが存在する場合は、
上図のように並べてもらう

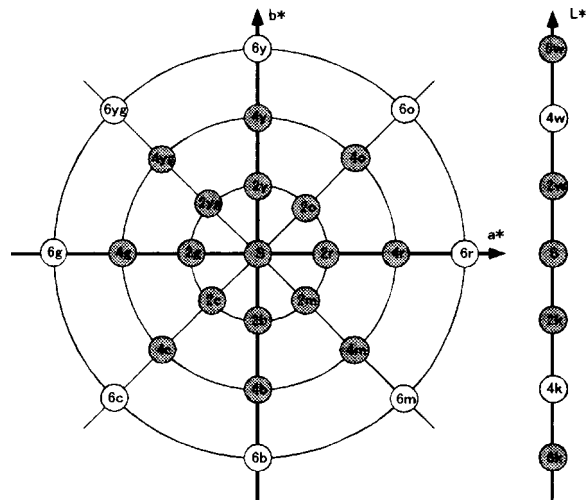
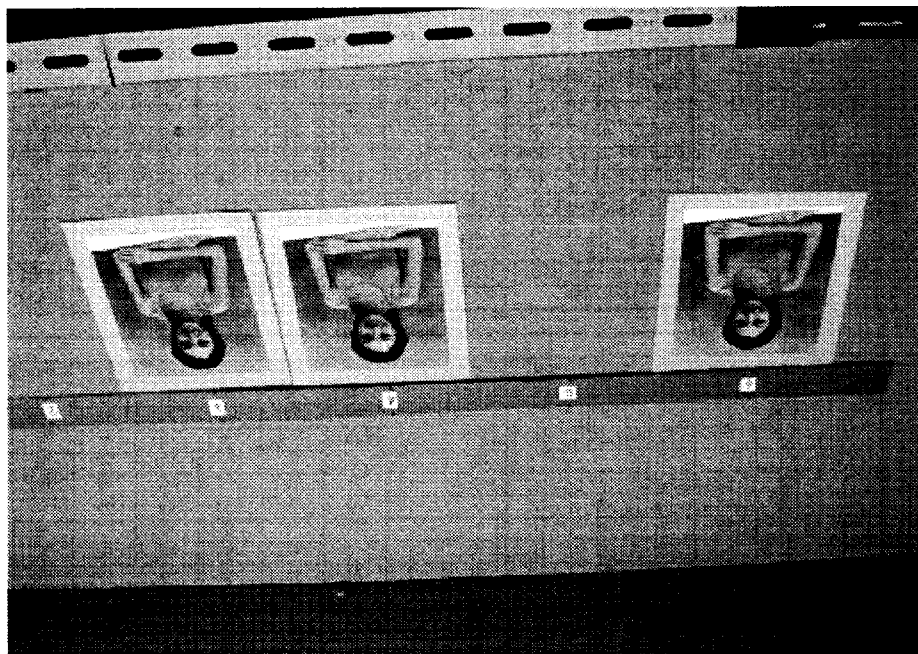


図 6. 3. 15 サンプルの選定条件 (21 枚の場合)

表 6.3.9 3枚比較法のサンプル組合せ（21枚の場合）

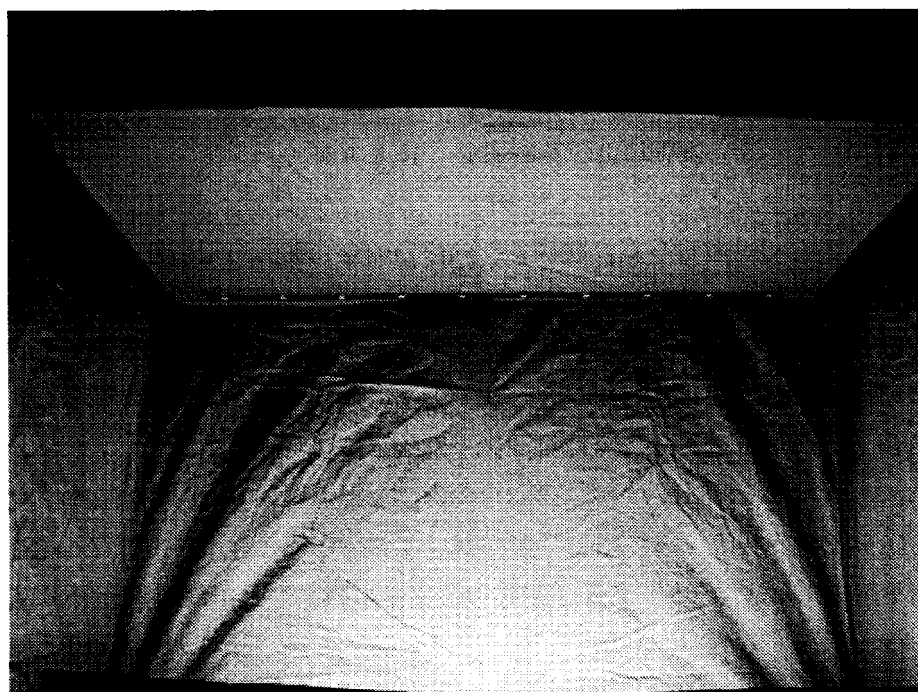
試行No.	提示サンプル名	試行No.	提示サンプル名	試行No.	提示サンプル名
1	6c-6r-2b	28	6m-2b-6o	55	2m-4g-2m
2	4y-4g-6o	29	2r-4o-4yg	56	4c-6yg-4y
3	4c-4yg-4m	30	2c-4m-6c	57	4yg-2b-2g
4	6c-2m-2g	31	2y-2b-2m	58	2yg-6r-6o
5	4b-6r-2b	32	2m-2g-6o	59	2r-2y-2c
6	6yg-4g-6o	33	2c-4y-4b	60	4r-2b-2m
7	2yg-4yg-6c	34	2r-6r-2b	61	6m-6r-2g
8	4m-6r-2m	35	2yg-4g-2m	62	4o-4g-6o
9	4c-2b-2g	36	4r-2g-6o	63	2r-6m-2m
10	2m-4o-4y	37	2m-6yg-6c	64	6yg-2b-2g
11	4yg-4g-6o	38	2y-4m-4b	65	2c-4o-4r
12	2c-6r-2m	39	4c-4g-6o	66	4b-2m-6o
13	2r-4b-6c	40	4y-2b-2g	67	2yg-6yg-4m
14	2yg-2b-2g	41	2c-2m-2yg	68	6m-4r-6c
15	6m-4g-2m	42	4yg-6r-2m	69	2c-2g-6o
16	2c-4yg-6yg	43	2r-4m-4y	70	2y-2m-4c
17	2y-2g-6o	44	6c-4g-6o	71	6m-4o-4m
18	4o-6r-2m	45	4o-2b-2g	72	2r-6yg-4r
19	6m-4yg-4y	46	2m-4r-6r	73	2y-6r-4g
20	4r-4m-4g	47	2r-4g-2m	74	2c-6m-4c
21	2r-2g-6o	48	6m-6yg-4b	75	2m-4yg-4b
22	6yg-6r-2m	49	4m-2g-6o	76	2y-4o-6yg
23	2m-4m-2b	50	2c-2b-4g	77	4c-4r-4b
24	2y-4y-6c	51	2r-2yg-4c	78	2y-6m-2yg
25	4b-4g-2g	52	4y-6r-2m	79	4c-4o-6c
26	4c-6r-2m	53	2y-4yg-4r		
27	2yg-4r-4y	54	2yg-4o-4b		

図 6. 3. 17 評価結果例 (比較評価法)



実験ゾースの評価用ターゲットは、1600×1000mmの大きさで周囲はN5相当の灰色である。

図 6. 3. 16 本実験ゾース



(3) 実験結果

1) 順位法に関して

順位法の結果を同時提示法、順次提示法に分けて表 6. 3. 10 に示す。予備実験同様、結果は大きく3つのグループに分けられるが、繰り返しにおいて、これらの三つのグループに属するサンプルにはほとんど変動が見られなかった。

また、サンプル1枚にかかった判定時間を測定したところ (図 6. 3. 18) 、サンプルを一度に提示した場合と順次に提示した場合とで、費やした時間は同等か僅かに順次に提示した場合が少ない程度であった。一方、被験者から得られた内省報告 (付録参照) の結果では、15枚ぐらいまでならば、全体同時提示の方が評価はしやすいと言う意見もあり今回の結果からどちらの方が提示方法として優れるかについては結論づけられない。

表 6. 3. 10 各被験者の順位結果

	N.T						H.N						T.K					
	同時提示			順次提示			同時提示			順次提示			同時提示			順次提示		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
1	4c	4b	4b	4b	4b	2b	6w	6w	6w	6w	6w	6w	2r	S	2b	S	2m	S
2	2c	2c	2b	2b	2b	4b	2w	2b	2w	2w	2w	2w	4b	2w	4b	2w	2w	S
3	4b	4c	2w	2w	2c	4c	2r	2w	2b	2r	2b	2c	6w	2m	2c	2w	S	2o
4	2c	S	S	2c	4c	2c	2m	4c	2c	2c	S	2b	S	4o	S	6k	4o	4b
5	2w	2w	2r	S	S	2w	2c	S	2m	4b	2b	2y	S	4o	2r	2b	6w	2m
6	2m	2b	4m	4c	2r	S	2b	2b	2y	S	2m	S	2o	2m	2b	2r	2k	2b
7	S	2m	2m	2m	4m	4m	2r	S	2c	2y	S	2c	4y	2k	S	2m	2r	2k
8	2o	2r	4c	4m	4m	2m	2o	2c	2g	2y	4c	2b	4b	2k	4m	4o	2w	2r
9	2g	2o	2c	2r	4r	4m	4c	4y	2k	2y	4o	2k	2y	4m	6k	2y	4b	2c
10	4g	4m	2g	2g	2w	2r	4r	4b	2o	4c	4m	2g	2y	2g	6k	2r	2k	4m
11	2y	4r	2y	2y	4y	2y	2k	2k	2g	2r	2k	2y	4r	6w	2o	4m	6w	2c
12	2r	2k	4y	4y	2y	2o	2g	2m	2r	2k	2y	2g	4r	4m	4c	4r	4r	4o
13	2y	4o	2y	2o	2o	4o	2y	4b	2g	6k	2y	2y	4y	2k	2o	2k	4r	4o
14	4y	4y	2o	4o	2y	2y	2y	2r	2k	4o	4o	2o	4y	4c	6k	2c	4y	4c
15	4y	2y	4o	4g	2y	2g	4g	4o	4m	2y	4m	4b	2c	4y	4r	2y	4y	4r
16	4o	2y	4g	2y	2g	2g	6k	4y	4y	4y	4r	2r	2y	4g	4c	2g	4y	2y
17	4m	2g	4y	4y	4g	2y	6k	4y	4y	4y	4b	4y	4y	4g	4y	4y	4y	2y
18	4r	4g	4r	4r	4y	4y	4m	4g	6k	4y	4y	2y	2g	4y	2y	4y	4y	4y
19	2k	4y	2k	2k	2k	4g	4m	4g	6k	4y	4y	4g	2g	4y	2g	4y	4y	4y
20	6k	6k	6k	6k	6k	6k	4r	4m	4y	4r	4o	4y	4y	4y	4y	4y	4y	4y
21	6w	6w	6w	6w	6w	6w	4o	4r	4r	4o	4y	4y	4y	4y	4y	4y	4y	4y

	M.H						E.Y					
	同時提示			順次提示			同時提示			順次提示		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
1	6w	4c	4c	6w	4c	4c	2w	2c	S	2w	2w	2w
2	4c	2c	2c	2w	2c	4b	2c	2c	2b	4b	S	S
3	2c	2b	2w	2b	2w	4b	6w	2b	4b	S	4b	2b
4	4b	4b	6w	4b	6w	2b	4b	4b	S	2b	6w	2c
5	2w	6w	S	4c	S	S	S	2b	2c	2m	2b	2m
6	2g	S	2g	2c	2b	2w	6w	4c	4c	2r	2m	6w
7	S	2w	2y	2g	2w	2c	4c	2r	2k	6w	2c	2o
8	2y	2g	2y	2y	2y	2m	2r	4c	6w	2k	4c	4b
9	2y	2y	2k	S	2g	2y	2m	2y	2m	4m	2g	4c
10	4y	2y	2b	2k	2y	2y	2y	2m	2r	4c	2o	2k
11	2b	2r	2o	2y	2m	2o	2o	2o	2o	2y	2y	4o
12	4g	2k	4y	2m	2k	2k	4y	2k	2y	2y	2k	6k
13	2o	2m	2m	2o	6k	4o	2y	2g	2c	4o	2c	2r
14	2k	2o	4y	4y	4y	2k	4o	4o	2g	4y	4y	2y
15	2m	4g	6k	6k	4y	2g	2g	6k	4y	6k	4y	2y
16	2r	6k	4m	4m	6k	4m	2o	4y	6k	6k	2y	2g
17	4y	4y	4o	4o	4o	6k	4m	4y	2y	4o	2r	2y
18	6k	4y	4r	4r	4o	4r	4y	4y	4g	4r	4m	4y
19	4o	4m	2r	2r	4r	4r	4r	4y	4g	4r	4r	4y
20	4r	4o	4b	4b	2r	4g	4g	4r	2y	4r	4r	4y
21	4m	4r	4g	4y	4g	2g	4m	2g	4m	4g	4y	4g

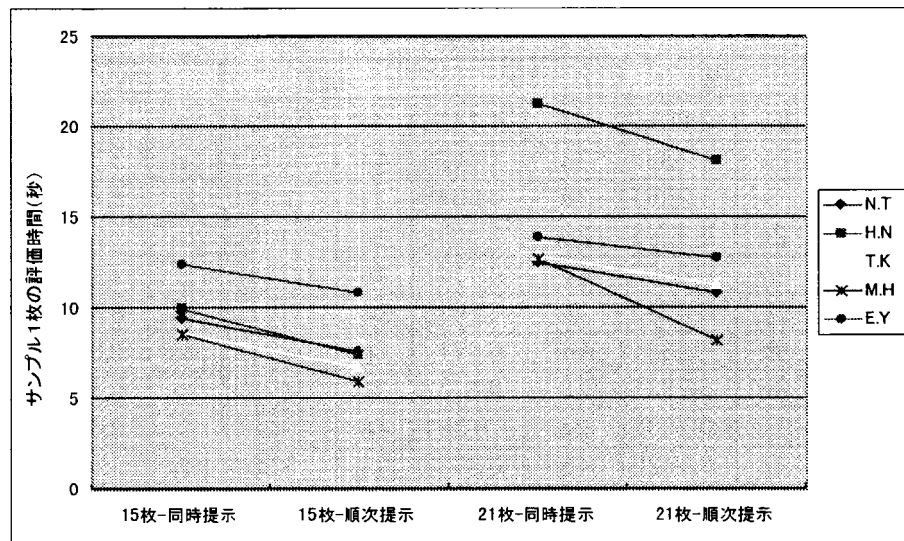


図 6. 3. 18 提示方法別の 1 サンプル当たりの判定時間

2) 比較評価法に関して

a. 一対比較法の結果

一対比較法の結果を表 6. 3. 11 並びに図 6. 3. 19 に示す。予備実験と本実験では使用しているサンプルの種類と枚数が異なっており、従って、サンプルの間隔尺度が多少異なる点に注意する必要がある。

b. 同時 3 枚比較法の結果

同時 3 枚比較法の結果を表 6. 3. 12 並びに図 6. 3. 20 に示す。同時 3 枚比較法においては、各被験者が 3 回実験を繰り返しているが、各被験者ごとの結果は、高い尺度値を得ているサンプルと、低い尺度値を得ているサンプルでばらつきが少なく、中間の評価を得ているサンプルに対しては幾分ばらつきが大きい。このことは、被験者がこれらのサンプルに対し、「好ましい」とも「許容外」とも判定されないサンプルと考えられ、従って判断にやや曖昧さが生じたものと思われる。

表 6. 3. 11 シェッフエの方法による一対評価の結果と尺度値

N.T		H.N		T.K		M.H		E.Y		Average	
4b	2.0476	6w	2.8095	2r	1.1429	4c	2.2381	2w	2.2381	2w	1.2381
2b	1.8095	2w	1.3333	2w	1.0476	4g	1.5714	6w	1.7143	2b	1.0667
4c	1.1905	S	1.2857	2b	0.9048	2c	1.381	2c	1.4286	2c	0.9429
2m	1.1429	2c	0.7143	2m	0.9048	2g	1.1905	2b	1.381	S	0.8952
2w	1.1429	2b	0.6667	4b	0.7143	4b	0.7619	S	1.2381	4b	0.8667
S	0.8571	2y	0.4286	S	0.619	6w	0.7619	4b	0.4286	6w	0.7333
2c	0.8095	4b	0.381	4m	0.5714	2b	0.5714	4c	0.3333	4c	0.6857
2r	0.7619	2r	0.2381	2o	0.4762	S	0.4762	2y	0.1429	2m	0.3619
4m	0.4762	2m	0.2381	2c	0.381	2w	0.4286	2r	0.0476	2r	0.2476
2o	-0.1429	4c	0.1429	4o	0.3333	2yg	0.381	2yg	0	2g	-0.0952
2yg	-0.2857	2yg	-0.0476	6w	0.2857	4yg	-0.1905	2m	-0.1429	2y	-0.1333
4o	-0.3333	2o	-0.0952	2k	0.0952	2y	-0.2857	2g	-0.1905	2yg	-0.1429
2g	-0.381	2g	-0.2381	4r	-0.0476	2m	-0.3333	2k	-0.2857	2o	-0.2095
2y	-0.5714	4g	-0.4286	2y	-0.381	2k	-0.381	2o	-0.381	4g	-0.4571
4g	-0.7619	2k	-0.6667	4c	-0.4762	4y	-0.7619	4y	-0.5714	4m	-0.5143
4r	-0.8095	4y	-0.8095	6k	-0.7143	2o	-0.9048	6k	-0.8095	2k	-0.5238
4y	-1	4yg	-0.9524	2yg	-0.7619	2r	-0.9524	4o	-1.0952	4y	-0.7905
4yg	-1.1905	4m	-1.0952	4y	-0.8095	6k	-1.0952	4g	-1.0952	4o	-0.8476
2k	-1.381	4r	-1.1905	2g	-0.8571	4m	-1.2381	4m	-1.2857	4yg	-1.1048
6k	-1.4762	4o	-1.2857	4g	-1.5714	4r	-1.7619	4yg	-1.3333	6k	-1.1048
6w	-1.9048	6k	-1.4286	4yg	-1.8571	4o	-1.8571	4r	-1.7619	4r	-1.1143

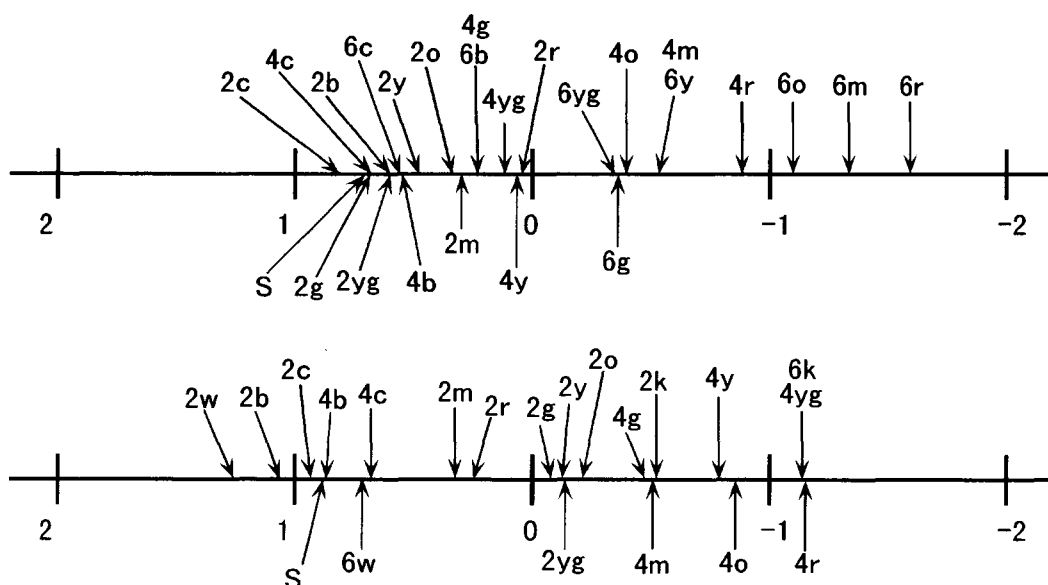


図 6. 3. 19 予備実験と本実験一対比較尺度値の関係

上：予備実験

下：本実験

表 6. 3. 12-1 被験者 N. T の 3 枚比較法の結果と尺度値

N.T								
	1回目	尺度値	2回目	尺度値	3回目	尺度値	平均	尺度値
1	4b	2.095	4b	2.571	4b	2.4286	4b	2.3651
2	2b	1.810	2b	2.095	2b	1.8095	2b	1.9048
3	2m	1.714	2c	1.714	4c	1.5238	2c	1.5397
4	2r	1.524	4c	1.667	2r	1.4286	2m	1.5238
5	2c	1.524	2m	1.429	2m	1.4286	4c	1.4921
6	4c	1.286	S	1.048	2c	1.3810	2r	1.1587
7	2w	1.238	2r	0.524	S	0.9048	S	0.9683
8	S	0.952	2w	0.476	2w	0.5238	2w	0.7460
9	4m	0.667	2g	0.048	2o	0.1429	2o	0.0000
10	2o	-0.143	2o	0.000	2g	-0.0476	2g	-0.2698
11	2k	-0.524	2y	-0.095	2y	-0.4286	4m	-0.3016
12	2y	-0.667	4g	-0.333	4g	-0.5238	2y	-0.3968
13	2g	-0.810	2yg	-0.381	2yg	-0.5714	2yg	-0.6508
14	4o	-0.952	4y	-0.762	4m	-0.6190	4g	-0.7619
15	2yg	-1.000	4o	-0.810	4o	-0.8095	4o	-0.8571
16	4r	-1.048	4m	-0.952	4y	-0.9048	4y	-0.9524
17	4y	-1.190	4yg	-1.048	2k	-1.0000	2k	-1.0317
18	6w	-1.238	4r	-1.571	4r	-1.1905	4r	-1.2698
19	4g	-1.429	2k	-1.571	4yg	-1.4286	4yg	-1.4127
20	4yg	-1.762	6w	-2.000	6k	-2.0000	6w	-1.7619
21	6k	-2.048	6k	-2.048	6w	-2.0476	6k	-2.0317

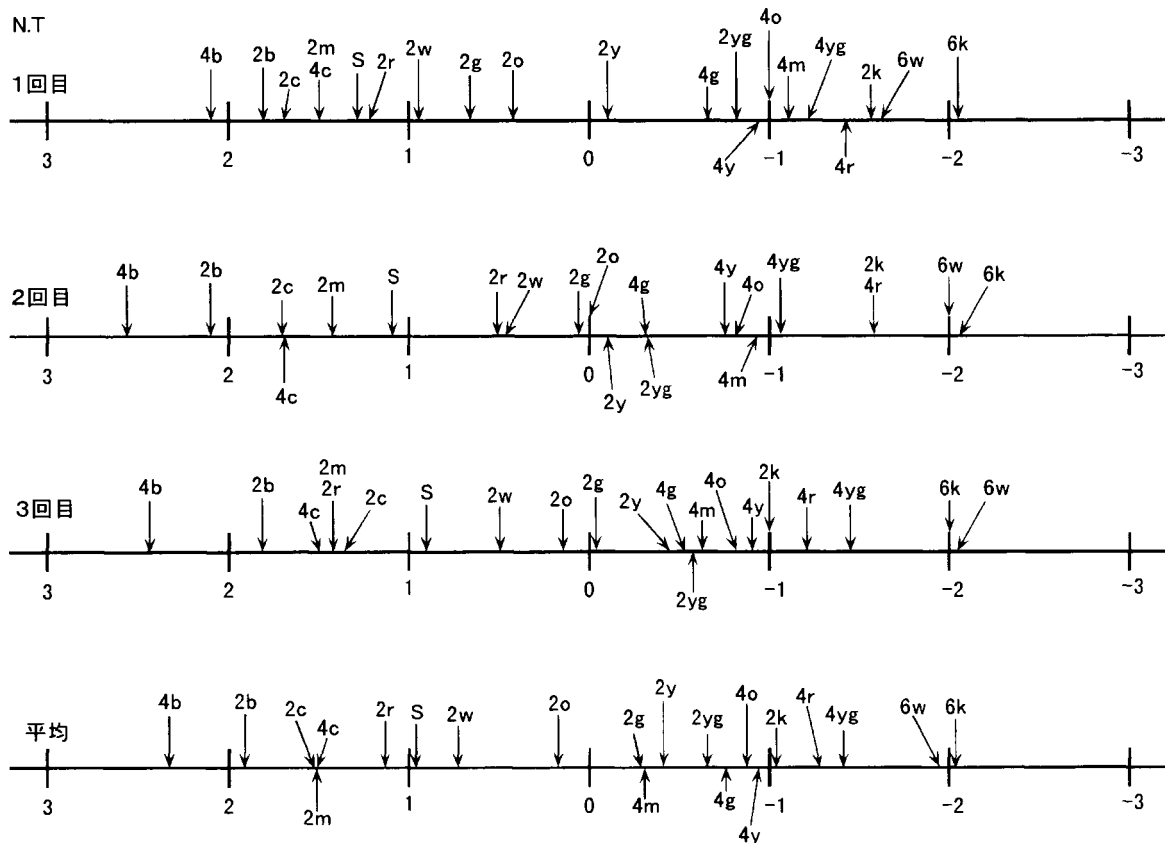


図 6. 3. 20-1 被験者 N. T の 尺度値の安定度の度合い

表 6. 3. 12-2 被験者 H. N の 3 枚比較法の結果と尺度値

H. N								
	1回目	尺度値	2回目	尺度値	3回目	尺度値	平均	尺度値
1	6w	2.286	6w	2.952	6w	2.5714	6w	2.6032
2	S	1.381	2w	2.714	2w	2.0476	2w	2.0476
3	2w	1.381	S	1.238	S	1.0476	S	1.2222
4	2b	1.095	2m	1.000	2b	0.7143	2b	0.8889
5	2g	0.810	2b	0.857	2c	0.6190	2c	0.6984
6	2c	0.762	2c	0.714	2y	0.5714	2m	0.4127
7	2y	0.619	2r	0.286	2o	0.3810	2y	0.3968
8	4c	0.619	4b	0.048	2yg	0.0476	2o	0.2222
9	2yg	0.333	2y	0.000	2m	0.0476	2g	0.1905
10	2o	0.286	2o	0.000	2k	0.0000	2yg	-0.0159
11	2m	0.190	2k	-0.095	4c	-0.0476	2r	-0.0476
12	2r	-0.238	2g	-0.143	2g	-0.0952	4c	-0.0635
13	4b	-0.286	2yg	-0.429	2r	-0.1905	4b	-0.1587
14	4g	-0.333	4c	-0.762	4b	-0.2381	2k	-0.3810
15	4y	-0.714	4o	-0.810	4y	-0.5238	4y	-0.7143
16	4yg	-1.000	4y	-0.905	4g	-0.7619	4g	-0.7143
17	2k	-1.048	4g	-1.048	4yg	-0.8095	4yg	-1.0000
18	4o	-1.286	4m	-1.143	4o	-0.9524	4o	-1.0159
19	4r	-1.333	4yg	-1.190	4m	-1.3810	4m	-1.3016
20	4m	-1.381	4r	-1.619	4r	-1.4286	4r	-1.4603
21	6k	-2.143	6k	-1.667	6k	-1.6190	6k	-1.8095

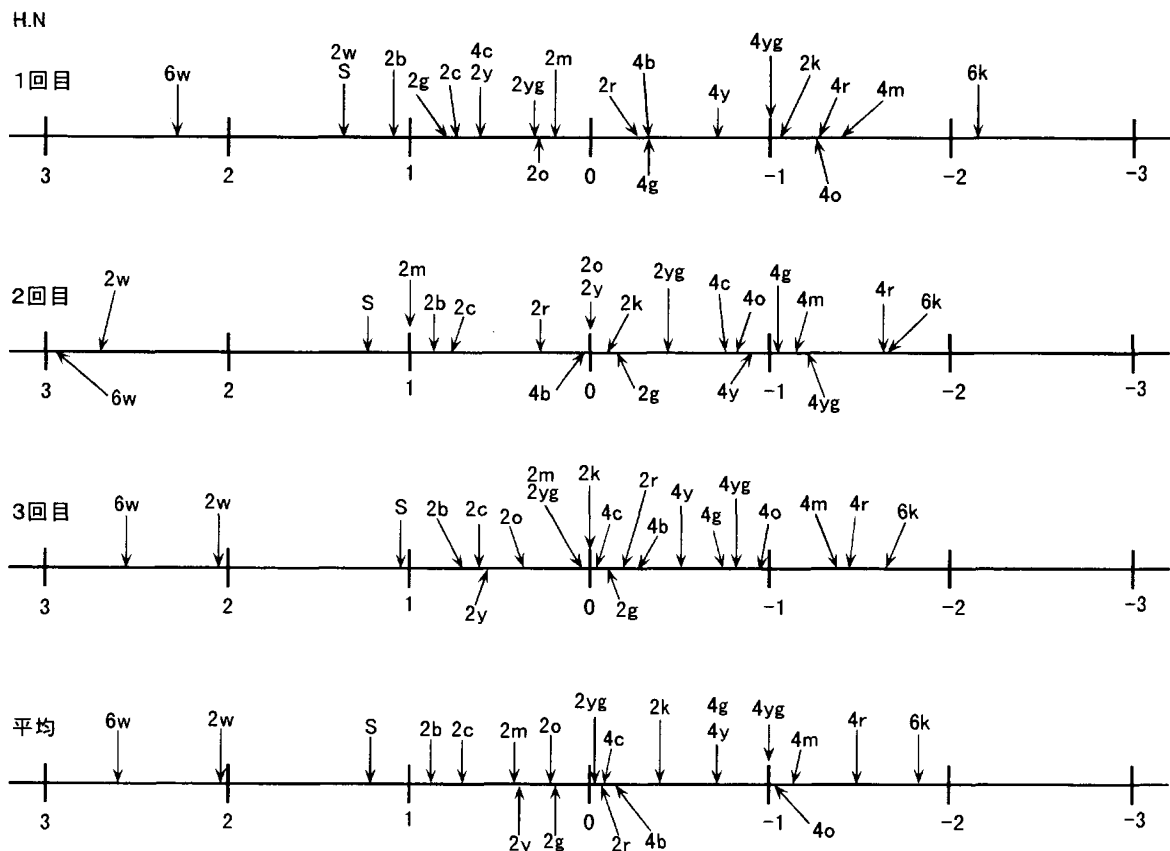


図 6. 3. 20-2 被験者 H. N の 尺度値の安定度の度合い

表 6. 3. 12-3 被験者 T.K の 3 枚比較法の結果と尺度値

T.K								
	1回目	尺度値	2回目	尺度値	3回目	尺度値	平均	尺度値
1	2w	1.381	4b	1.238	4b	1.1429	2m	1.1111
2	2m	1.238	2m	1.048	2m	1.0476	2w	1.0635
3	2r	1.048	S	1.000	2r	0.9524	4b	1.0159
4	S	1.000	2r	0.952	S	0.9524	2r	0.9841
5	2b	0.952	2b	0.905	2b	0.9048	S	0.9841
6	4m	0.857	2w	0.905	2w	0.9048	2b	0.9206
7	2c	0.810	4m	0.714	4m	0.8571	4m	0.8095
8	2o	0.810	4o	0.667	4o	0.5238	2o	0.6349
9	4b	0.667	4r	0.667	2o	0.4762	4o	0.4762
10	6w	0.286	2o	0.619	6w	0.3333	2c	0.3810
11	4o	0.238	2c	0.381	4r	0.2857	4r	0.3175
12	4c	0.095	6w	0.190	4c	0.1905	6w	0.2698
13	2k	0.095	2k	0.000	2c	-0.0476	2k	-0.0794
14	4r	0.000	2y	-0.571	2k	-0.3333	4c	-0.1746
15	6k	-0.714	4y	-0.714	2y	-0.5238	2y	-0.6825
16	2y	-0.952	4c	-0.810	6k	-0.5238	6k	-0.7619
17	2g	-1.048	2g	-0.905	2g	-1.0476	2g	-1.0000
18	4y	-1.143	6k	-1.048	2yg	-1.1905	4y	-1.0159
19	2yg	-1.286	2yg	-1.095	4y	-1.1905	2yg	-1.1905
20	4yg	-2.143	4g	-2.048	4g	-1.8095	4g	-2.0159
21	4g	-2.190	4yg	-2.095	4yg	-1.9048	4yg	-2.0476

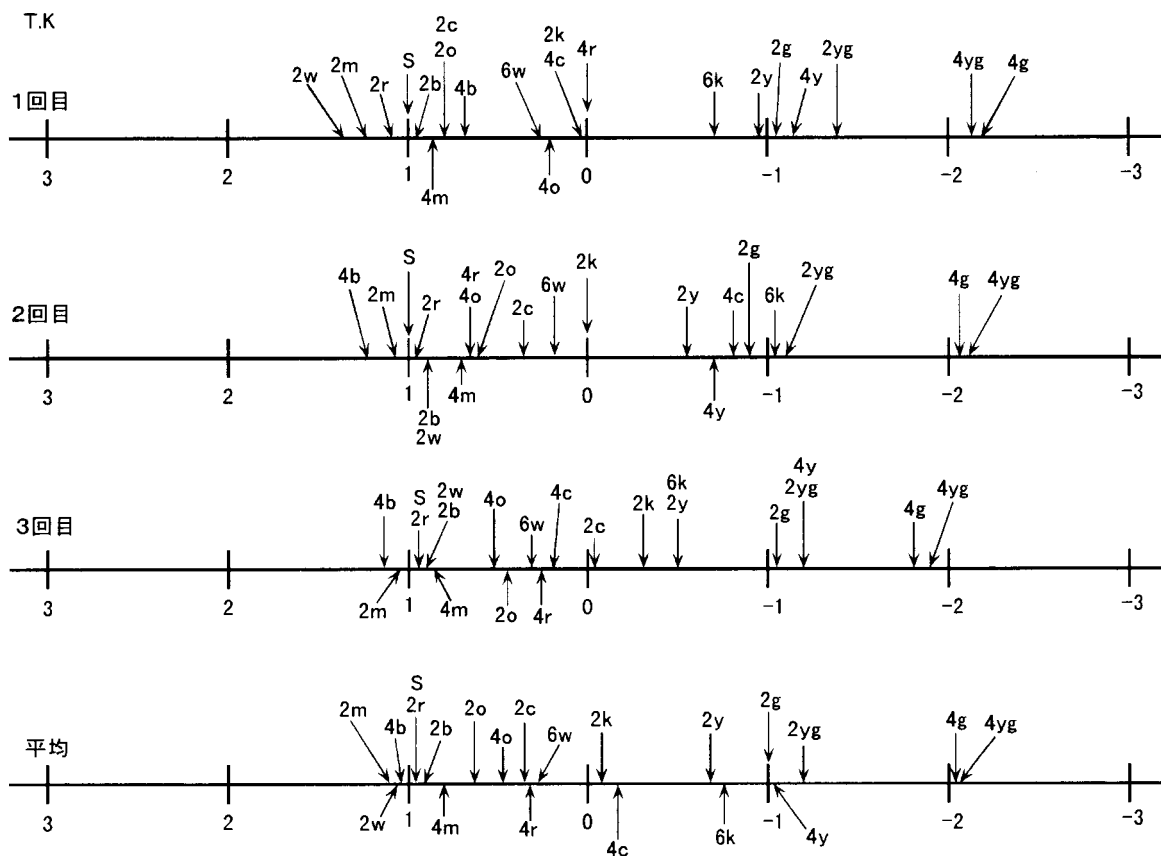


図 6. 3. 20-3 被験者 T.K の尺度値の安定度の度合い

表 6. 3. 12-4 被験者 M. H の 3 枚比較法の結果と尺度値

M.H							
	1回目	尺度値	2回目	尺度値	3回目	尺度値	平均 尺度値
1	4c	2.476	6w	2.429	4c	2.5714	4c 2.4444
2	6w	2.476	4c	2.286	6w	1.9524	6w 2.2857
3	2c	1.238	2c	1.286	2c	1.6667	2c 1.3968
4	2w	0.905	2b	1.048	4g	0.7619	2b 0.7619
5	2b	0.762	2g	0.762	2w	0.7619	2g 0.6508
6	4b	0.619	S	0.476	4b	0.6667	2w 0.6349
7	2g	0.619	2yg	0.381	2g	0.5714	4b 0.4921
8	S	0.429	4g	0.333	2b	0.4762	4g 0.4603
9	4g	0.286	2w	0.238	S	0.4286	S 0.4444
10	2yg	0.238	4b	0.190	2yg	0.4286	2yg 0.3492
11	2y	-0.143	2k	-0.190	2y	-0.2857	2y -0.2222
12	2k	-0.238	2y	-0.238	2k	-0.3810	2k -0.2698
13	2m	-0.476	4yg	-0.333	4y	-0.5714	4yg -0.5556
14	4yg	-0.667	4y	-0.619	4yg	-0.6667	2m -0.5873
15	2o	-0.905	2m	-0.619	2m	-0.6667	4y -0.7143
16	4y	-0.952	2o	-0.619	2o	-0.8571	2o -0.7937
17	6k	-1.000	6k	-0.952	2r	-1.0952	6k -1.0476
18	2r	-1.048	2r	-1.238	6k	-1.1905	2r -1.1270
19	4r	-1.429	4r	-1.429	4m	-1.3333	4r -1.4444
20	4m	-1.476	4m	-1.571	4r	-1.4762	4m -1.4603
21	4o	-1.714	4o	-1.619	4o	-1.7619	4o -1.6984

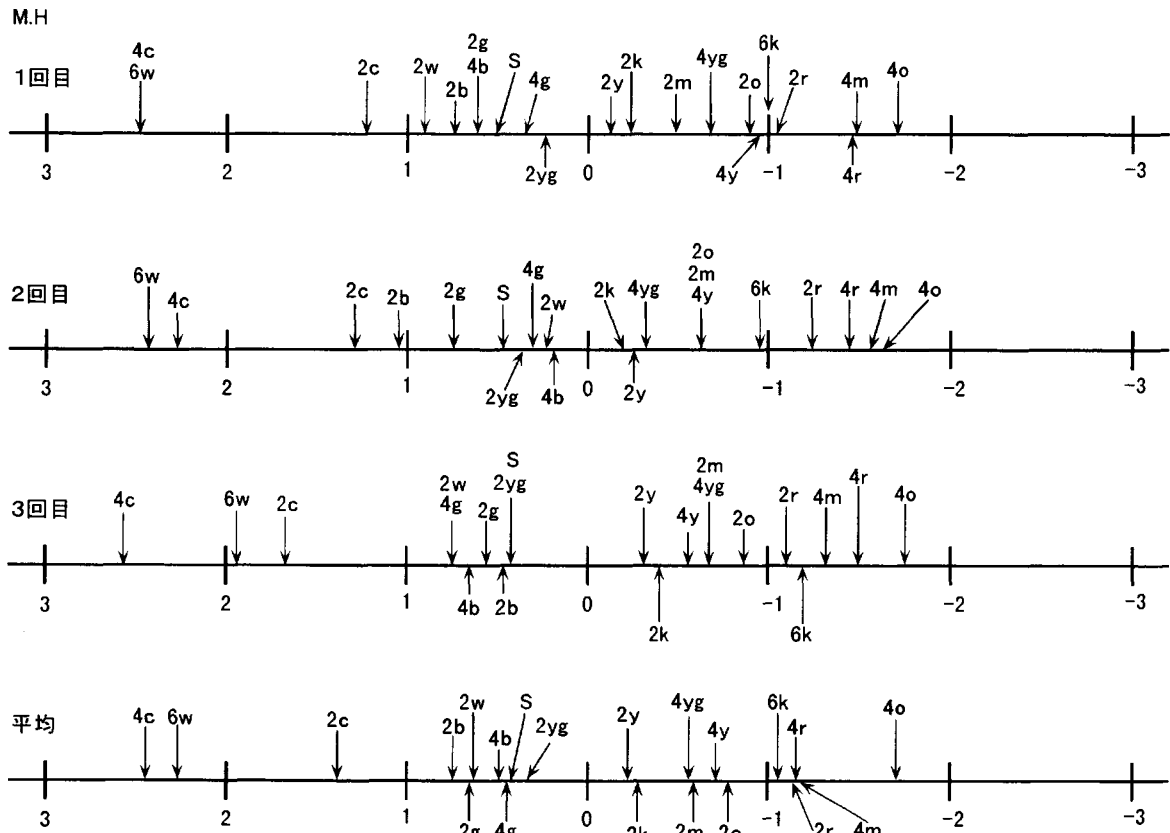


図 6. 3. 20-4 被験者 M. H の尺度値の安定度の度合い

表 6. 3. 12-5 被験者 E. Y の 3 枚比較法の結果と尺度値

EY								
	1回目	尺度値	2回目	尺度値	3回目	尺度値	平均	尺度値
1	2w	2.333	2w	2.238	S	1.8571	2w	2.1429
2	2b	2.000	2b	1.905	2w	1.8571	2b	1.7619
3	S	1.524	2c	1.857	2c	1.4762	S	1.6667
4	6w	1.238	S	1.619	2b	1.3810	2c	1.4603
5	2c	1.048	6w	1.286	6w	0.9524	6w	1.1587
6	4c	1.048	4b	0.714	4c	0.3810	4c	0.5873
7	4b	0.762	2m	0.381	2y	0.1905	4b	0.4286
8	2m	0.714	4c	0.333	2o	0.0476	2m	0.2063
9	2k	-0.095	2r	0.048	2k	0.0476	2k	-0.0952
10	2yg	-0.381	2o	-0.095	4y	-0.1905	2o	-0.1429
11	2o	-0.381	2k	-0.238	4b	-0.1905	2r	-0.2381
12	2y	-0.429	2y	-0.476	2r	-0.2857	2y	-0.2381
13	2r	-0.476	2g	-0.762	2yg	-0.2857	2yg	-0.4921
14	2g	-0.476	2yg	-0.810	2g	-0.3333	2g	-0.5238
15	4y	-0.667	4o	-0.810	2m	-0.4762	4y	-0.6825
16	6k	-0.857	6k	-0.810	4o	-0.5714	4o	-0.7937
17	4o	-1.000	4m	-1.190	6k	-0.9524	6k	-0.8730
18	4yg	-1.381	4y	-1.190	4g	-1.0476	4r	-1.2857
19	4r	-1.381	4g	-1.238	4r	-1.1429	4g	-1.2857
20	4m	-1.571	4r	-1.333	4yg	-1.3333	4yg	-1.3810
21	4g	-1.571	4yg	-1.429	4m	-1.3810	4m	-1.3810

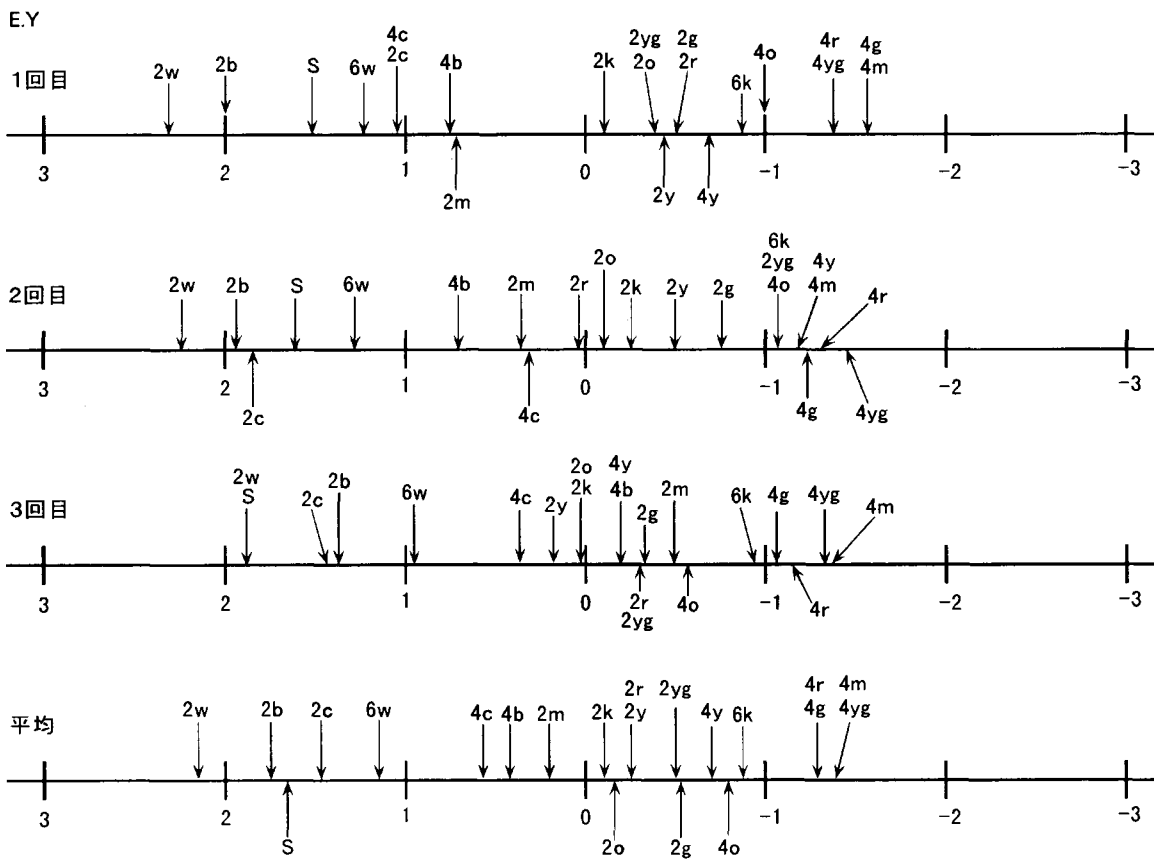


図 6.3.20-5 被験者 E. Y の尺度値の安定度の度合い

(4) 考察

一対比較法、順位法、並びに同時3枚比較法の結果について繰り返し安定性の観点と被験者に対する負荷の観点から考察する。

1) 繰り返し安定性

被験者5名に対して行った一対比較法で得られた順位の結果に対し、同時提示で得られた順位の結果を図6.3.21-1に、又同時3枚比較法で得られた順位の結果を図6.3.21-2に比較した。これらの図より明らかなように、一対比較法に対して、同時3枚比較法の方が順位法に対し、繰り返しと被験者間から生じるばらつき少なく、安定していると言える。一方、各被験者に対する同時3枚比較法と一対比較法の尺度結果(図6.3.22)、並びに相関図(図6.3.23)を見ると、同時3枚比較法に対して得られる尺度値と一対比較法から得られる尺度値の間には、非常に良い相関関係が認められる。このことより同時3枚比較法の結果は一対比較法の結果とほぼ同等の結果を与え信頼性の高い方法であると言える。

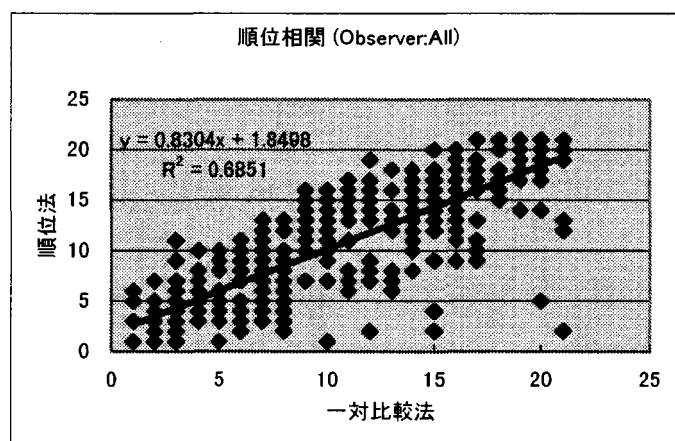


図 6.3.21-1 一対比較法と順位法の比較 (同時提示)

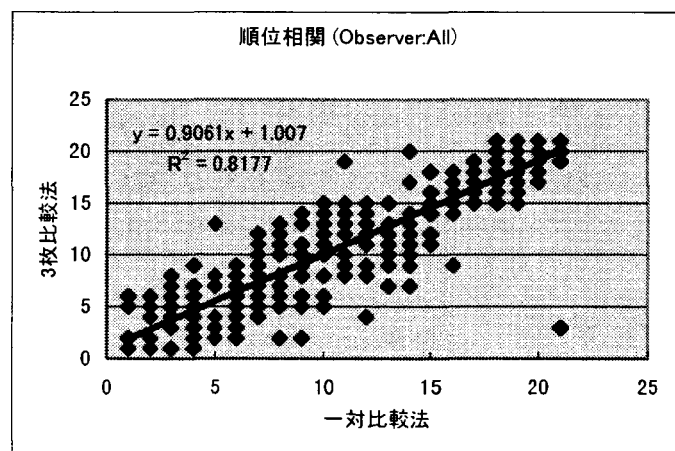


図 6.3.21-2 一対比較法と3枚比較法の比較

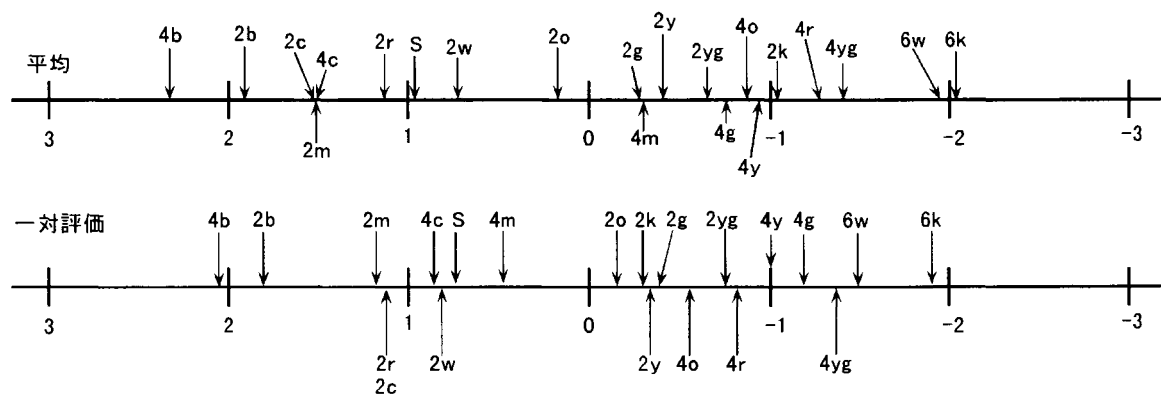


図 6.3.22-1 被験者 N.T の一対比較法と 3 枚比較法の順位と尺度の関係

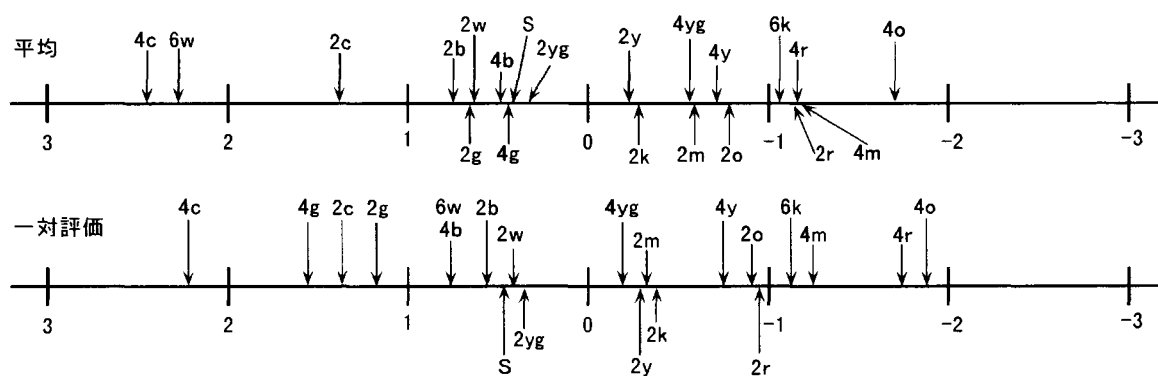


図 6.3.22-2 被験者 H.N の一対比較法と 3 枚比較法の順位と尺度の関係

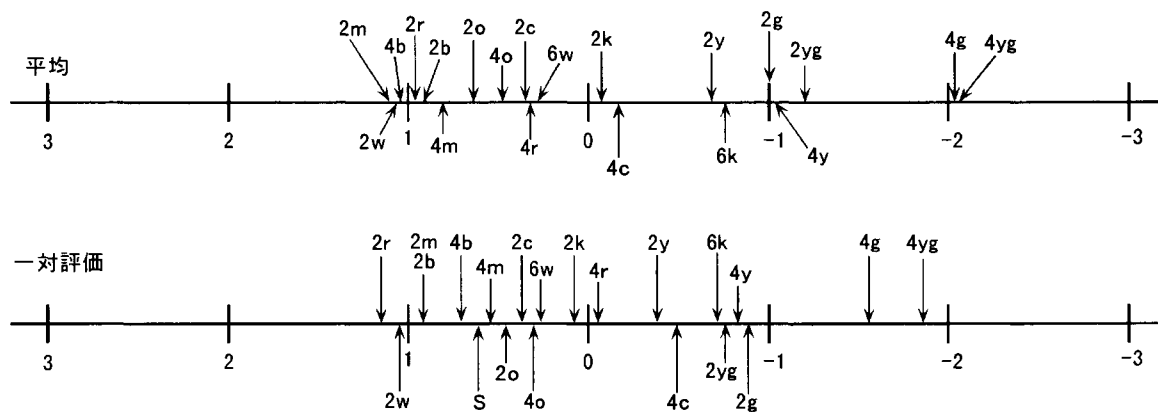


図 6.3.22-3 被験者 T.K の一対比較法と 3 枚比較法の順位と尺度の関係

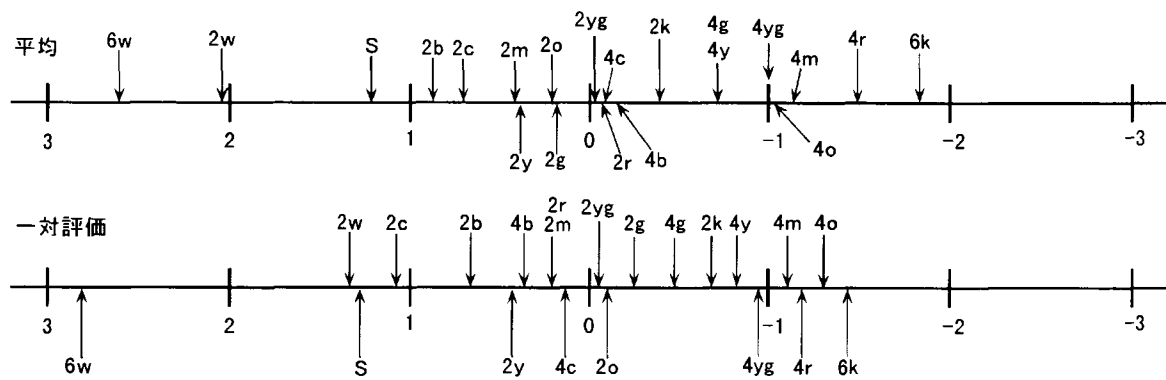


図 6.3.22-4 被験者 M.H の一対比較法と 3 枚比較法の順位と尺度の関係

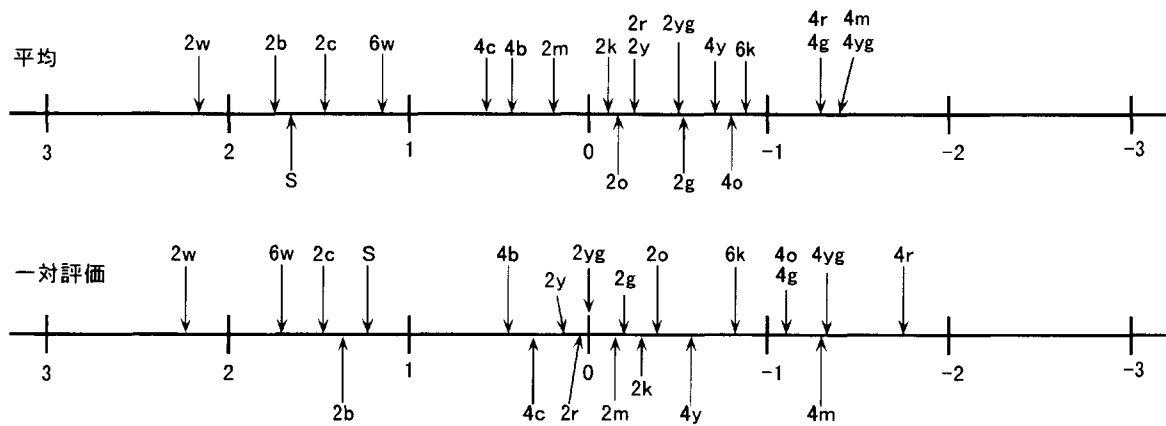


図 6.3.22-5 被験者 E.Y の一対比較法と 3 枚比較法の順位と尺度の関係

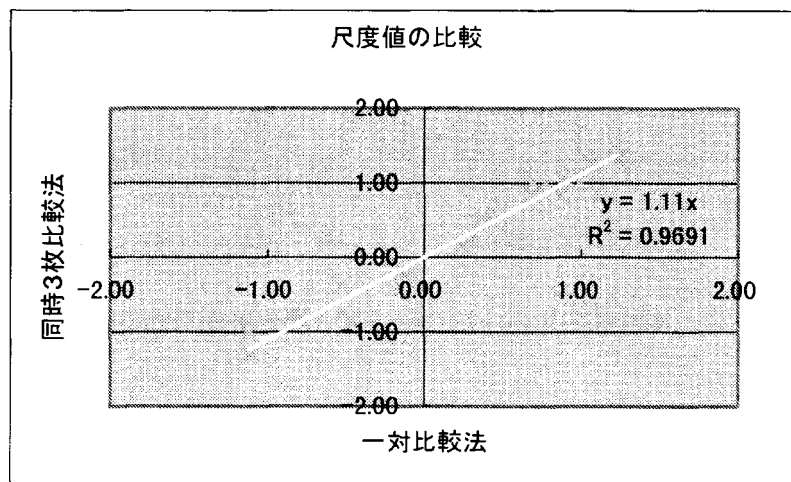


図 6.3.23 一対比較方法と同時 3 枚比較方法による尺度値の比較

2) 被験者に対する負荷

一対比較法と3枚比較法において、一回に提示されるサンプルに対し判定するのに要する時間を比較したところ図 6. 3. 24-1 を得た。グラフの縦軸は1サンプル当たりの判定時間、横軸は比較法の違いを表している。この結果から、一対比較法の方が1サンプル当たりの判定時間は短いことがわかる。しかしながら同時3枚比較法では同時に3組の比較が可能となるため、1対のサンプルの判定に要する時間をプロットすると図 6. 3. 24-2 のようになり、同時3枚比較法の方が判定時間が短いことが確認される。

内省報告からも、「実験時間が早い」等の報告が見られ、被験者は、トータル評価時間にかかる時間の短い方を好むことより、負荷の面では同時3枚比較の方が優れると思われる。

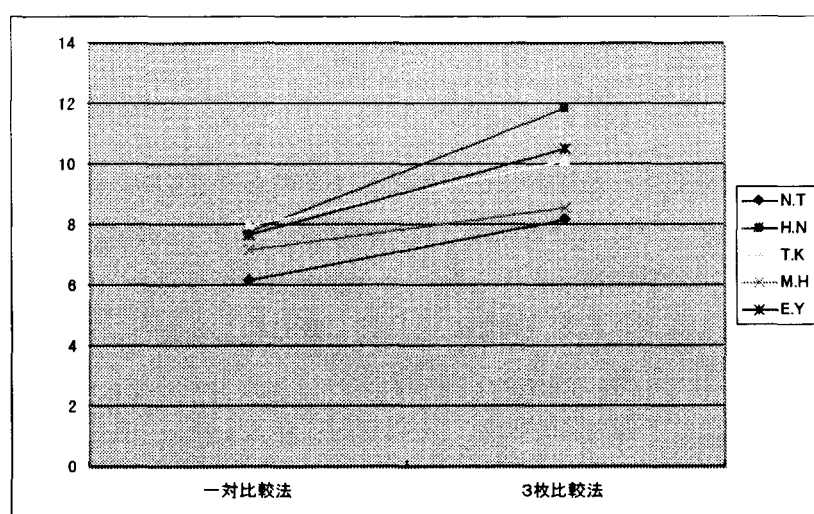


図 6. 3. 24-1 一対比較法（2 枚）と 3 枚比較法（3 枚）の 1 サンプル当たりの判定時間

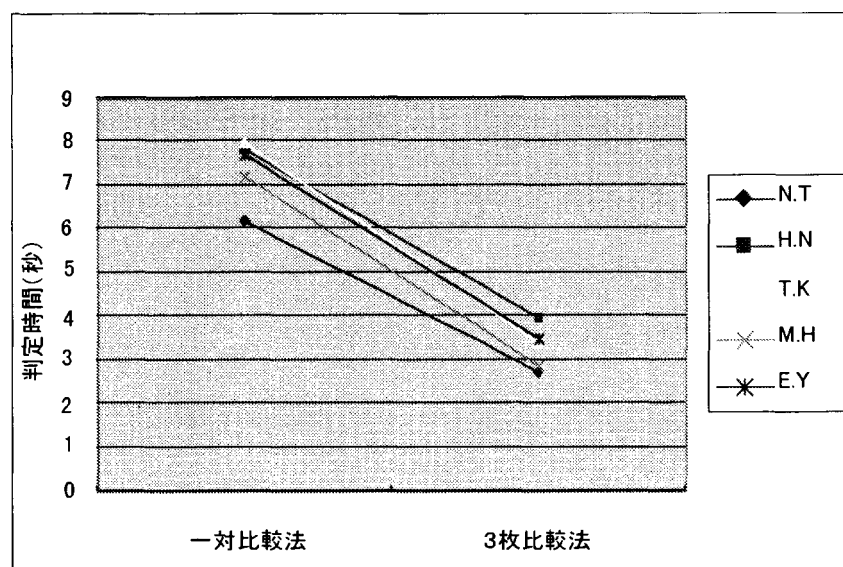


図 6. 3. 24-2 一対比較法と 3 枚比較法の一対（2 枚）の判定時間

3) 好ましい肌色

各被験者の順位結果（表 6.3.11）及び同時 3 枚比較法の結果（図 6.3.25）から、今回の被験者 5 名から得られた好ましい肌色の領域を CIELAB の a^* , b^* 値でプロットすると図 6.3.26 のような結果を得る。被験者が 5 名と少なく、算出する過程で用いた尺度値も異なるが、大略、好ましい肌色として許容される領域は昨年度の結果に一致することが確認された。しかしながら同時に、昨年度報告の場合においては、被験者として画像評価を専門とする人に対して求めた結果であるのに対して、今年度は特に評価を専門としていない人を対象にしており、このことに起因すると思われる違いも考えられる。例えば最も好ましいと判断され肌色は、昨年の結果に比べてやや彩度が低いものとなっている。このような被験者の経験に依存する差異の有無に関しては今後の課題となろう。

(4) 結論

今回、新たに開発した 2 段階評価法（順位法→同時 3 枚比較法）を提案した。この評価法において、後のステップにおける同時 3 枚比較法は、サンプル間のより詳細な比較を、なるべく被験者に対して実験負荷がかからないような手法で行うために開発された方法であり、この同時 3 枚比較法から得られる尺度値の妥当性、繰り返し安定性、被験者への負荷について、今回評価した。その結果、同時 3 枚比較法は

①一対比較法に比べ判定時間が短い（時間で約 50% ↓）。

②順位法より繰り返し安定性がある。

③世の中で広く使われている一対比較法と尺度値並びに順位の相関は高く、信頼性がある。

ことが確認された。従って同時 3 枚比較法は、心理実験における一手法として有用な方法であると考えられ、今後の 2 段階法の後段における手法として有用と考えられる。

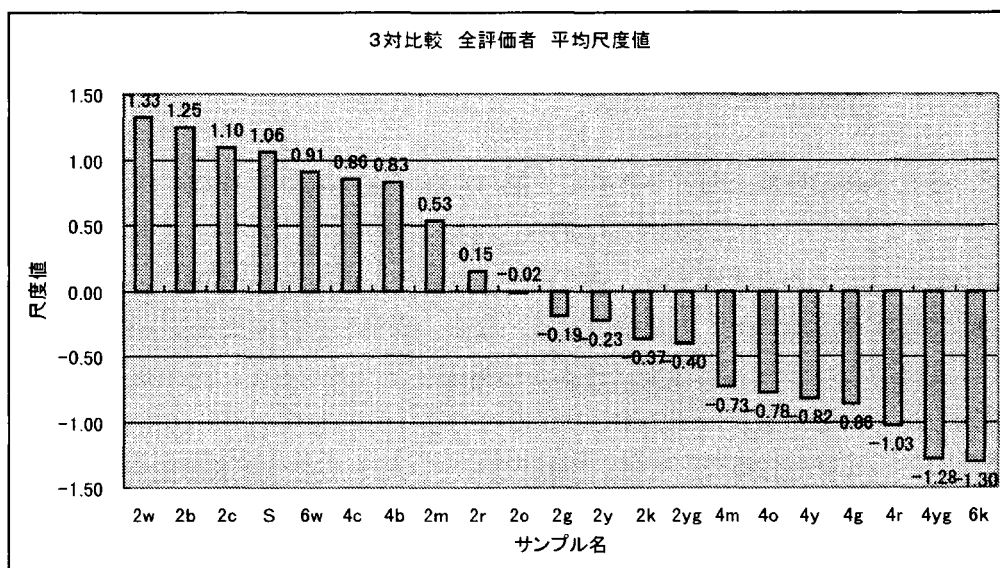


図 6. 3. 25 全被験者の 3 枚比較結果 (平均値)

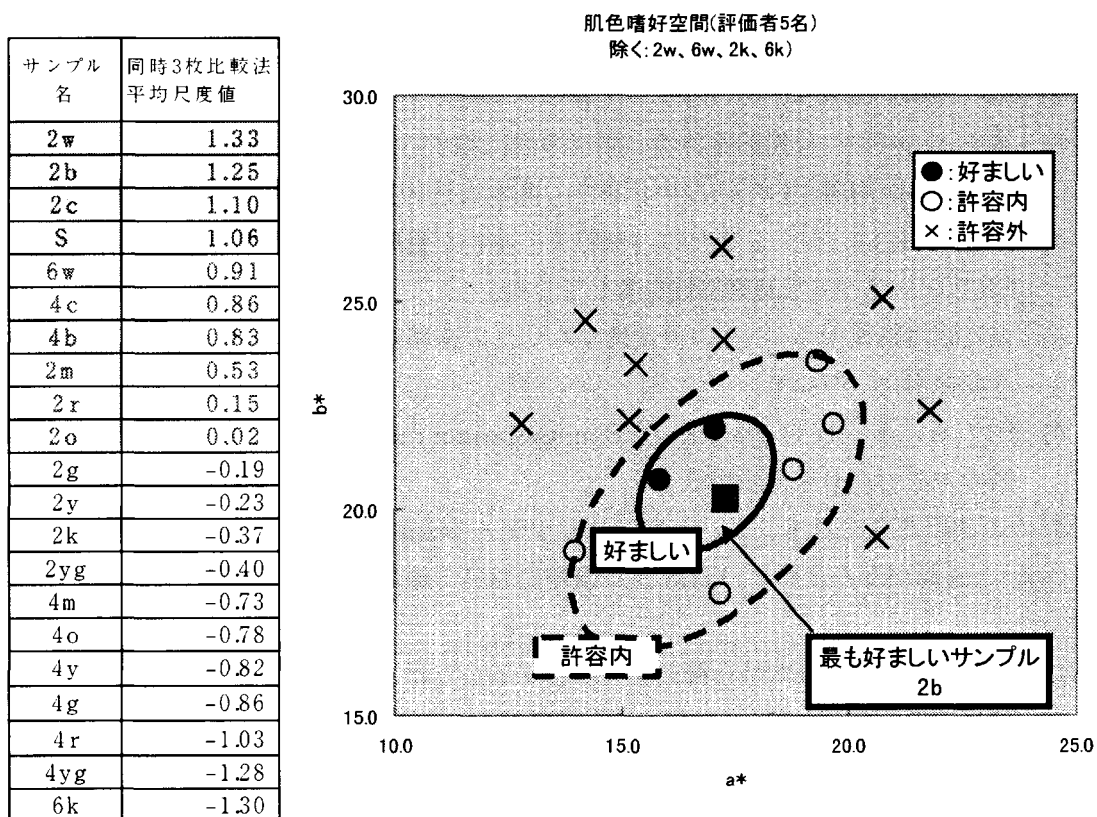


図 6. 3. 26 肌色嗜好空間

6. 4 国際規格案審議

6. 4. 1 審議の進め方

まず、各社委員の理解を助けるために上記 WD4 の日本語訳を作成する。その後、1999 年 11 月に予定されている TC42&ISO/JWG20(42/130)スコッツデール会議に先立ち、日本としての公式コメントを作成する。添付資料 1 として、WD4 の日本語訳、添付資料 2 として WD4 に対する日本コメントを添付する。なお、添付した日本コメントの中で、JP-8 まだが、上記スコッツデール会議前に日本から提出したコメントで、それ以降のものは、その後追加したものである。

スコッツデール会議以降は、WD5 作成に際して、日本からの意見が反映されるように、裏付けとなる実験、シミュレーションを各社委員の協力を得つつ進める。

6. 4. 2 審議・検討内容

WD4 の内容について以下のような重大な問題があることがわかった。

- 1) どのようなカメラが対象なのか不明確である。
- 2) Raw data, unrendered data の定義が不明確である。
- 3) 方法 A の中に、分光感度特性の測定方法に関する記述があるが、先行している IEC 61966-9 が引用されていない。また、測定方法の詳細についての記述もない。
- 4) ISO RGB は、シーンまたは、被写体の解析が目的の色空間であるにもかかわらず CRT レンダードな階調特性を有している。
- 5) 分光感度特性から 3×3 の色変換マトリクスを算出する際、ISO RGB OECF により非線形化している。
- 6) P17 6 に示されている ISO DSC metamerism index は、最良の方法とはいえない。他の方法もあり考えられる。

上記の各項目を含む日本コメントをスコッツデール会議で審議したが、提案者(ジャックホルム氏)と議論がかみ合わず、WD5 作成過程において編集委員会で継続して検討することになった。

WD5 作成に向けて、日本から特に強く要望することは、次の 3 項目である。

- 1) 分光感度測定法については、一部 IEC 61966-9 を引用する。
- 2) ISO RGB の定義を線形なもののみにする。
- 3) metamerism index については、日本から新たな方法を提案する。
- 4) スコープにおいて、ISO RGB は、記録、表示のための色空間でないと明示すること。

4)項については、スコッツデール会議の議事録により、日本提案が受け入れられる予定であるが、その他の項目については、科学的、技術的な論拠を示す必要がある。

1)については、論拠を示すというより、スコッツデール会議において、具体的にどの部分を引用するか明らかにすべきであると結論された。なお、IEC 61966-9 は、既に FDIS として回付中で、以下の測定項目について規定している。

- 階調特性
- 分光応答度特性
- 撮影光源の分光分布特性
- 空間的不均一性

上記の測定項目の中で、ISO 17321 の方法 A と関連が深い測定項目は、分光応答度特性の測定方法である。また、階調特性の測定方法も若干関連している。以下、IEC 61966-9 の概要について説明した後、それを ISO 17321 に適用する場合に変更すべき箇所を明らかにする。

本規格より前のカラービデオカメラ等の画像入力機器に関する色彩特性の測定あるいは、評価としては、色票などを配置したテストチャートを用いる方法が主流であった。しかしながら、この方法では、色票のばらつき、変退色あるいは、照明の不均一性などのため、精度の高い測定あるいは、評価が難しいといった問題があった。

また、多くの民生用 DSC は、自動露出制御機能、自動白バランス調整機能を備えているが、特に安価な機種に関しては、非破壊という条件でこれらの自動機能を停止させることが不可能なものも数多く発売されている。IEC 61966-9 においては、上述の自動機能の影響を排除し精度の高い測定が可能となる測定法が示されており、DSC および、デジタルビデオカメラに関して、上述した 4 項目の色彩特性の測定方法が規定されている。

図 6. 4. 1 に測定環境を示す。この図に示された、暗箱 (dark box)、テストチャート 1 (test chart 1) を図 6. 4. 2、X3 に示す。階調特性および、分光応答度特性の何れも、テストチャート 1 の中心部分の「0」で示されている部分に設けられた穴 (hole) にはめ込むグレーチップ (図 6. 4. 4) あるいは、その穴の奥に設けられた拡散板から発せされる単色光の波長を変化させることにより測定できる。ここで、テストチャート 1 中のグレースケールおよび、グレーチップの反射率を表 6. 4. 1 に示す。分光応答度特性の測定法においては、補助ランプ (auxiliary lamp) に起因する信号レベルを各単色光毎の信号レベルから減ずることにより分光応答度特性の負成分を算出することが可能となる。また、分光応答度特性の測定については、先ず、階調特性を測定し、その結果により測定データを補正することが必要である。

いずれの測定も、カメラの画角中心部について実施するよう規定されているが、その理由としては、被測定カメラから出力される画像が有する不均一性を考慮した場合、中心部の特性が、被測定カメラの特性を代表しているとの考え方によるものである。CRT ディスプレイ等他の画像入出力機器に関しても中心部について測定される場合が多い。DSC において不

均一性が発生する原因としては、コサイン 4 乗則、口径蝕のごときレンズ光学系の特性、色分解プリズムによるカラーシェーディングなどが挙げられる。

また、暗箱付きのテストチャート 1 中の穴にはめ込むグレーチップあるいは、穴の奥に設けられた拡散板から発せされる単色光を変化させることに測定するようにしている理由について、以下に述べる。

通常の印刷物による反射型テストチャートで、1%以下の反射率を実現することは、困難である。しかし、DSC の階調特性の測定に関して、黒側の特性は、いわゆるガンマ補正特性のためのべき関数からずれている場合が多いので、正確な階調特性を測定するためには、限りなく 0%に近い被写体が必要である。暗箱の内側を十分に低い反射率(2%以下)にすることにより、外部から穴を通して暗箱の入射した照明光は、暗箱の内壁に吸収されて、穴から射出されることはなくなる。その結果、穴の部分を外から観測すれば、光学的に完全な黒に近い状態を観測することができる。

前述の自動機能の影響による測定誤差を軽減するため、図 6.4.3 に示すように穴の大きさをテストチャート 1 の大きさと比較して十分小さい大きさとしている。このようにすることにより、微少な領域である穴の部分が変化した場合であっても、DSC の有する自動機能を固定することができる。すなわち、自動機能の影響による測定誤差を軽減することが可能となる。

それでもなお、自動機能のアルゴリズムの影響あるいは、機械式シャッターによる露出時間の変動の影響で、露出条件等が、若干変動する場合があるが、それらによる測定結果への影響を補正するために、テストチャート 1 の上下の部分に設けたグレースケールを利用する。測定に際して、露出条件等が同じであるならば、得られる画像のグレースケール各段について、その出力の R、G、B デジタル画像データは、等しくなるはずである。換言すれば、グレースケール各段について、その出力の R、G、B デジタル画像データが、各画像間で異なっている場合は、何らかの撮影条件が変動したことになる。IEC 61966-9 においては、上記グレースケール各段の画像データを用いた線形補間により変動の影響を補正している。測定手順、補正方法等の詳細については、規格書を参照することをお勧めする。

代表的な色彩特性である階調特性および分光応答度特性の測定結果例について紹介する。図 6.4.5、図 6.4.6 に階調特性、分光応答度特性の測定結果例をそれぞれ示す。

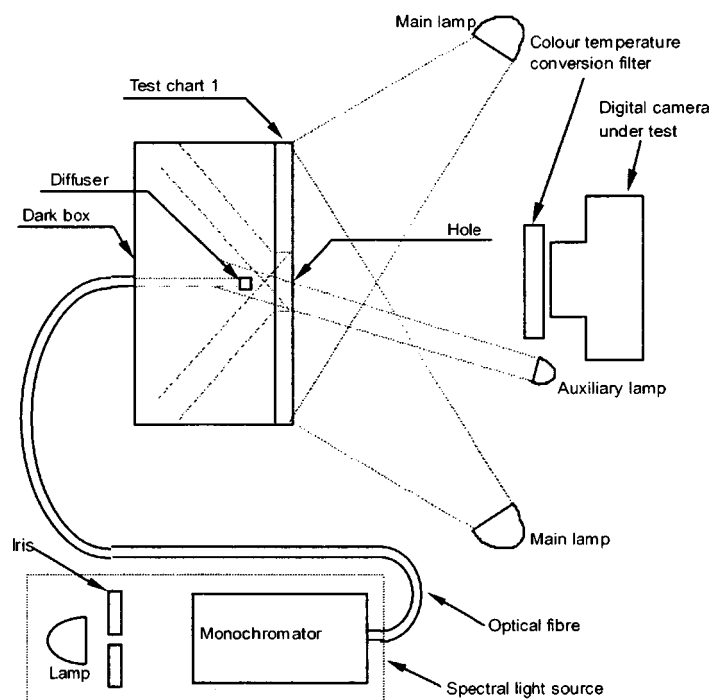


图 6. 4. 1 測定環境

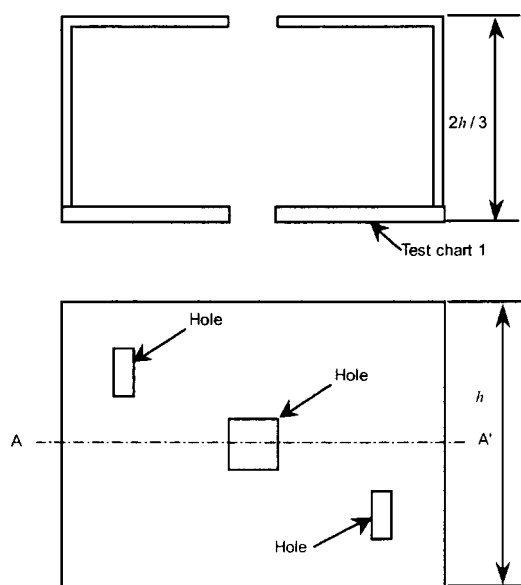


图 6. 4. 2 暗箱

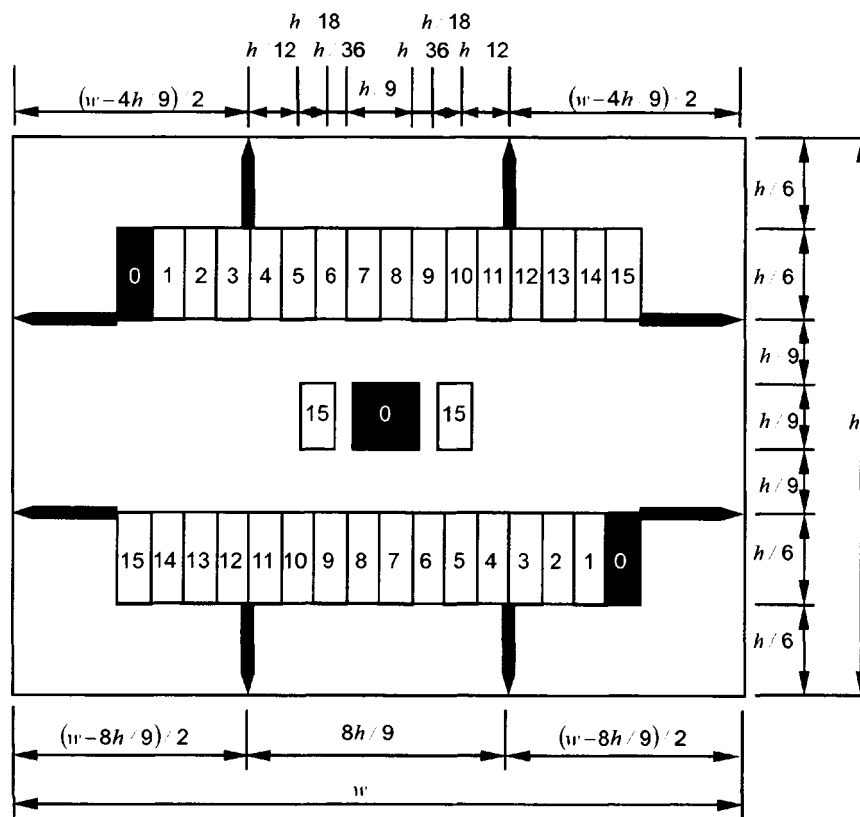


図 6.4.3 テストチャート 1

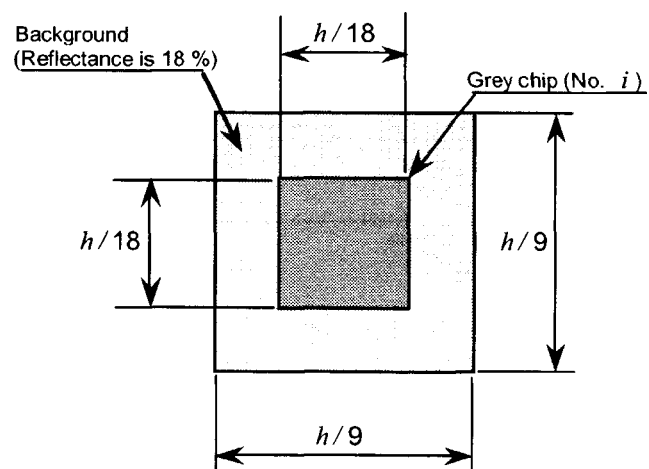


図 6.4.4 グレーチップ

表 6. 4. 1 グレースケールおよびグレーチップの反射率

<i>i</i>	Reflectance(%)
0	0.0(hole)
1	2.0
2	4.0
3	6.0
4	8.0
5	10.3
6	14.7
7	19.8
8	25.8
9	32.5
10	39.9
11	48.1
12	57.0
13	66.6
14	77.0
15	88.1
Background	18.0

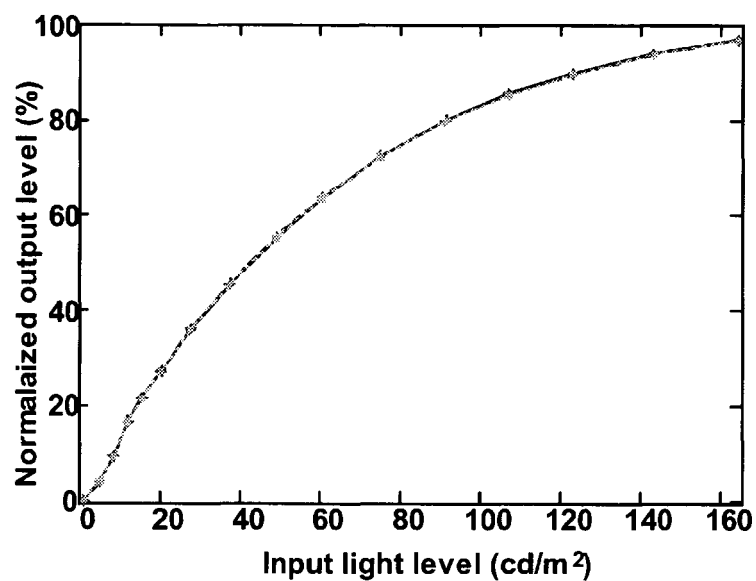


図 6.4.5 階調特性の測定結果例

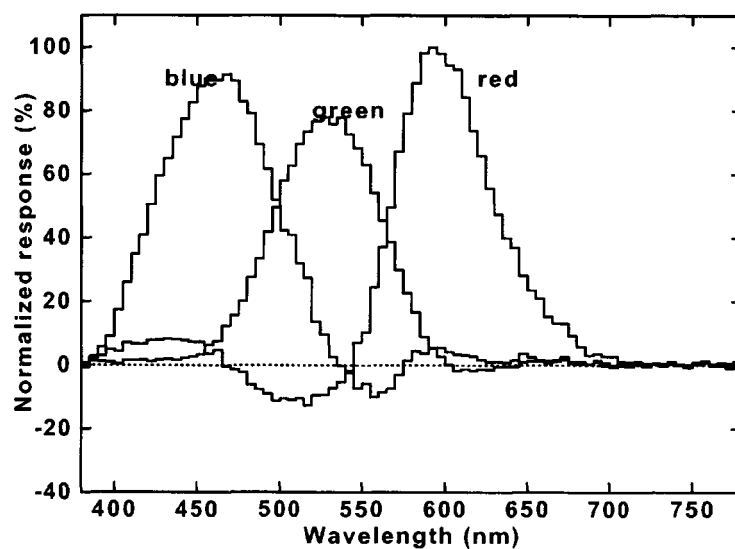


図 6.4.6 分光応答度特性の測定結果例

以上が、IEC 61966-9 の概要である。上述した分光応答度特性(Spectral responsivity characteristics)は、ISO 17321 における分光感度 (Spectral sensitivity)とほぼ同義語で用いられている。両者の主な違いは、測定波長範囲と波長間隔である。

ISO 17321 においては、

波長範囲：360nm から少なくとも 830nm まで

波長間隔：10nm

と規定されている。一方、IEC 61966-9 においては、

波長範囲：380nm から 780nm まで

波長間隔：5nm

と規定されている。現状の赤外カットフィルタ付のデジタルスチルカメラに関して、830nm まで測定することの必要性には、大きな疑問があるが、提案者の意見を尊重するならば、IEC 61966-9 を引用し、測定波長範囲を 360nm から少なくとも 830nm、測定波長間隔を 10nm に規定するべきである。

また、ISO 17321 の方法 A においては、10nm 間隔で個々の単色光出力についてカメラのレスポンスを測定する際の種々の変動に対する補正方法が全く記載されていない。IEC 61966-9 は、その対象として、民生用のデジタルスチルカメラを含むため、それらに搭載されている各種自動機能に起因する変動の補正方法について詳細に記述しているが、この考え方は、フォトグラフィ用のプロフェッショナルカメラにも適用可能である。プロフェッショナル用のデジタルスチルカメラに多く採用されているフルフレームトランスファ型の CCD は、露出時間の制御のために機械式シャッタを必要とする。一般的に機械式シャッタの繰り返し精度は、±10%未満であれば良いほうである。つまり、上述の個々の単色光出力毎にカメラのレスポンスが、±10%で変動するということである。このような変動に対しても IEC 61966-9 で規定された補正方法は有効である。

次に、ISO RGB の定義を線形なものとするに關する対案について述べる。これらについては、洪委員(コニカ)によるカメラキャラクタライゼーションに關する検討結果(添付資料 3)に基づき、審議を進めることとする。検討結果の概要は次のとおりである。

- Method A は Method B に比べ、はるかに悪い結果が得られることが多く、実用上問題がある。
- ISO17321 WD4 に示されている非線形手法は最適な手法ではない。

以上の解析から、以下の項目を提案する予定である。

- Method A については最適な計算方法ではなく、大きな誤差の発生可能性があることを文書中に明確に示す。理由は今回のシミュレーションで明らかになったように、ISO17321 WD4 で例示された分光感度は偶然良い結果を示しているだけで、代表例とはならないためである。
- キャラクタライゼーションとして、Method A では線形の最適化を、また、Method B では均等色空間での色差を最小化するように変更する。Method A では、その方が PEAK、CMY1 を除き良い結果が得られたこと、ガンマ 2.2 の値には最適化を行うための正当性がないこと(今回の実験結果ではガンマ 1.5 前後が良い)が挙げられる。
- Method B では、収束演算を必要とする非線形最適化を行うのであれば、物理的な意味を持たない ISO17321 WD4 のガンマ 2.2 と ITU-BT 709 の組み合わせによる最適化

ではなく、より直接的な最適化の方が合理的である。

- ISO-RGB 色空間の定義を削除する。これにより規格書の使用者に誤解を与えにくくなる。

最後に、metamerism index についても洪委員の提案(添付資料 3)をもとに対案を審議することとする。

7. 結論

7. 1 入出力機器における色彩制御の標準化

2年目である本年度は、昨年度の成果を踏まえ、1) カラープリンタをケース・スタディにして、ICC プロファイルへの変動量のフィードバックによる具体的な補正方式を評価すること、2) より高忠実な色再現範囲拡大効果が期待できるマルチバンド・カラー・システムの課題・効果を調査・分析し、今後、標準化すべき項目を整理すること、などを実施し、以下のような成果が得られた。

7. 1. 1 得られた成果

入出力機器特性に依存した色再現変動要因を随時補正できるようにするためのICCプロファイルを利用した補正機能の拡張方式に関しては、プリンタをケーススタディにして、その具体的な実現手法を試行・評価した。即ち、入出力機器が持つ色再現に関する変動要因と、現れる色の変動との対応をプロファイル補正表として用意することで、変動要因に基づいて色信号を補正するフィードバック系を構成する手法を用いて、カラープリンタの環境条件（温度、湿度など）に対応する印刷物の色の変動を評価し、その補正に有効なことを確認できた。同時に、このような機能を、既存のICCプロファイルをベースにして、その上位階層として実装可能にするデータ構造を明確にした。さらに、提案方式を製品に適用する場合の課題を考察し、プロファイルデータのデータ量が、色再現の精度を高めるにつれて増大すること、提案した拡張方式によりさらにそのデータ量が増大することなどの課題を明確にすると共に、ネットワーク接続する入出力機器のように、伝送データ容量が操作のレスポンスにつながるようなケースの場合は、プロファイルデータの効率的な削減手法の開発が望まれることなど、今後、さらに検討すべき課題を明確にできた。

一方、より高忠実な色再現範囲拡大効果が期待できるマルチバンド・カラー・システムに関しては、郵政省「ナチュラルビジョンプロジェクト」などで研究開発中のマルチバンドのカラースペクトルを用いた高忠実度色再現のための画像入出力システムを調査・検討し、今後さらに標準化を前提に詳細を検討すべきシステムであることを確認した。また、本提案システムの標準化推進のために必要な検討課題の抽出を試み、システム構築の前提となる基本的な構成要素、データフォーマット、ファイルフォーマットなどを明確にすべきことを明らかにした。

7. 1. 2 国際標準化へのアプローチ

本年度は、現状における入出力機器の色再現モデルの課題抽出を行った。引き続き、H12

年度は、上記課題の解決策を検討すると同時に、以下のような手順で関係する国際機関の動向調査を実施し、適切な提案先を選定し標準化提案活動に結びつけることを目標とする。

色再現の変動量を補正するためのICCプロファイルの上位階層として位置付ける補正フィードバックの仕組みについては、以下の項目に注力して、国際標準化への足がかりを明確にする予定である。

- 1) H11年度成果の妥当性および実用性を広く議論すべく、H12年度開催の国際学会での発表をターゲットに検討を深め、その完成度を高める。
- 2) 上記発表の反応を盛り込み、提案すべき標準化機関と提案内容を明確にする。

また、マルチバンド色再現システムに関しては、国際的な共同プロジェクトとの意見交換などを通じて、以下のような標準化のための課題を検討しつつ提案すべき標準化機関及び提案内容を明確にする計画である。

- 1) 標準化が必要な具体的な項目（基本構成、データフォーマット、ファイルフォーマットなど）及びそれらの詳細内容を明確にする。
- 2) 別途推進中の欧州関連機関との共同プロジェクトとの意見交換などを通じ、標準化すべき項目、提案先、スケジュールなどを明確にする。

7. 2 マルチスペクトラムカラー画像の記述形式の標準化

7. 2. 1 得られた成果

本年度は分光蛍光光度計の励起波長と受光波長の不一致を補正し、重複波長域の励起光成分と蛍光成分の分離を湊氏の報告書にした従い蛍光スペクトルの形を補間により求めた。そして、新たに導き出した式(22)に、その測定結果を入れ、蛍光インキの全分光放射輝度率を求めた。この時の問題として、分光蛍光光度計の測定データから算出した全分光反射率と蛍光ランプ下で分光放射輝度計で測定した全分光反射率が異なることが起こった。この要因は、蛍光ランプに存在する輝線スペクトルことが考えられる。特に、500nmより長波長の輝線スペクトルの強度により、全分光反射率に違いが現れる。したがって、この報告書に示した式(22)による蛍光インキの分光蛍光分布が、A光源では記述可能であるが、蛍光ランプ等では、長波長域で実測値と計算値で合わないことが生じている。この解決法は、輝線スペクトルによる発光特性を正確に記述する必要があることがわかった。そのため、励起光強度と受光強度の関係を求め、正確な全分光放射輝度率又は分光反射率を求め直す予定である。現状では、プロセスインキと蛍光インキの色域を比較するために、分光放射輝度計で測定した蛍光インキのCIE LAB測色値を求めた。そして、変角一分光分布の測定することにより、それらインキの色再現域の違いを概観することが出来た。

7. 2. 2 国際標準化へのアプローチ

本年度は蛍光色の効果についての実験を行った。引き続き、印刷における色域拡大効果の実験を行い、ISO/TC 130/WG 2に対して標準化提案することを目標とする。

7. 3 心理的色再現の標準化

7. 3. 1 結果

本報告で、順位法に引き続き同時3枚比較法を適用することで、有用なサンプルを用いて、微細なサンプル間の差についても比較できると思われる2段階評価方法を提案した。後段階の同時3枚比較方法においては、新たに開発した手法であり、特にその妥当性を検討した。提案した方法を、広く世の中で使えるようにするためには、今後次のような観点での検討が必要である。

(1) 2段階評価方法に関して

- ①今回は、順位法、一対比較法、同時3枚比較法それぞれを適用して得られる結果について検討を行ったが、2段階評価法を適用することでさらに被験者への負荷や得られる結果の安定性が優れるということに対する検討まで行えなかった。この点を明確にすることが、今後の重要な課題である。

(2) 同時3枚比較法に関して

同時3枚比較法に関しても、次のような点から検討することが望まれる。

- ①3枚の組み合わせサンプル選定方法に対するガイドラインの作成
- ②3枚の比較の改良。例えば3枚のうち、一枚を常に固定しておき、そのサンプルをリファレンスとすることでより実験の精度が高まることが期待できないか？
- ③3枚比較においては、観察されるサンプルの回数が異なる。この問題に対し今回はシェッフエの方法を用いて間隔尺度を用いたが、尺度値に対する信頼度をどのように算出するかに関しては今後の課題である。

7. 3. 2 今後の課題

今後、上記のような課題を解決することで提案した評価方法の有効性を高め、「写真印画紙上の好ましい肌色」やデジタルイメージングにおける画質設計や評価の解析に役立てて行く。

7. 3. 3 国際標準化へのアプローチ

第1ステップとして平成11年4月下旬に開催された ISO/TC42/WG18 及び ISO/TC130/WG2 に、肌色標準画像作成を提案した。続いて、平成12年3月下旬に開催された PICS 2000 に成果を発表し、各国から良い反応があった。

平成12年度は更に、国際会議の席上で広く支援者をつのり、国際標準化へ向けて活動を進める。

7. 4 国際規格案審議

国際規格案審議分科会平成11年度結論

ISO 17321 WD4 の内容を審議しその問題点を明らかにし、の本として以下の事項を次の WD に反映させることを要望することとした。

- 1) 分光感度測定法については、一部 IEC 61966-9 を引用する。
- 2) ISO RGB の定義を線形なもののみにする。
- 3) metamerism index については、日本から新たな方法を提案する。
- 4) スコープにおいて、ISO RGB は、記録、表示のための色空間でないと明示すること。

上記要望事項に関して、対案審議のもととなる技術的および、科学的な検討を実施した。

8. おわりに

8. 1 入出力機器における色彩制御の標準化

2年目である本年度は、昨年度の成果を踏まえ、1) ICC プロファイルをベースにした色再現管理に必要な検討課題をより明確にするため、前年度実施した評価実験をさらに拡充すべく、カラープリンタをケース・スタディに、フィードバックによる具体的な補正方式を策定、評価すること、2) より高忠実な色再現範囲拡大効果が期待できるマルチバンド・カラー・システムの現状及び課題を調査・分析し、その効果を定量的に評価すると同時に、今後、標準化すべき項目を整理すること、などを目的に活動を進めた。

その結果、1) に関しては、入出力機器が持つ色再現に関する変動要因と、現れる色の変動との対応をプロファイル補正表として用意することで、変動要因に基づいて色信号を補正するフィードバック系を実現するための方式を検討し、具体的な手法を構築・評価することを試み、カラープリンタをケーススタディにして、そのような考え方が、環境条件（温度、湿度など）に対応する印刷物の色の変動補正に有効なことを確認した。このような機能を、既存のICCプロファイルをベースにして、その上位階層として実装可能なデータ構造を明確にした。さらに、提案方式を製品に適用する場合の課題を考察し、プロファイルデータのデータ量が、色再現の精度を高めるにつれて増大することや提案した拡張方式によりさらにそのデータ量が増大することなどを示した。また、ネットワーク接続する入出力機器のように、伝送データ容量が操作のレスポンスにつながるケースも多く、プロファイルデータの効率的な削減手法が望まれることを指摘した。2) に関しては、郵政省「ナチュラビジョンプロジェクト」などで研究開発中のマルチバンドのカラースペクトルを用いた高忠実度色再現のための画像入出力システムを検討・評価し、標準化推進のために必要な課題の抽出を試み、今後、その前提となる基本的な構成要素、データフォーマット、ファイルフォーマットなどを明確にすべきことを示した。

H12年度は、ICC プロファイルの上位階層として位置付ける補正フィードバックの仕組みについては、1) H11年度成果の妥当性および実用性を広く議論すべく、H12年度開催の国際学会での発表をターゲットに検討を深め、その完成度を高める、2) 上記発表の反応を盛り込み、提案すべき標準化機関と提案内容を明確にする、という手順で国際標準化への足がかりを明確にする予定である。また、マルチバンド色再現システムに関しては、1) 基本構成、データフォーマット、ファイルフォーマットなど標準化すべき項目の検討を深め具体的な内容を明確にする、2) 別途推進中の欧州関連機関との共同プロジェクトの場などで標準化に関する議論を深め、標準化すべき項目、提案先などを明確にする、ことを予定している。

8. 2 マルチスペクトラムカラー画像の記述形式の標準化

平成 12 年度の主なまとめとして、分光放射輝度計で測定した値を参考にしながら「蛍光インキの標準色票」を作成することを進める。標準色は、本年度に測定した蛍光インキに他の蛍光インキ色を付加する形で検討する。付加する色は、他インキメーカーの印刷用蛍光インキを測定する。この時、現在商用印刷に使用されている蛍光インキの色数の調査、材料的な側面から、それらのインキの色相がどのように設計されたものかを調査する。また、その標準色票の利用法を考慮しながら、蛍光色の選定を行う予定である。

この他に、蛍光分光分布は、蛍光増白剤の影響により変化することから、JIS 規格に対して、蛍光ランプ下での蛍光インキを測色する場合に必要な測定法に関する補足資料を作成する。また、初年度に測定した蛍光増白剤に関する特性をまとめ、用紙の白色度の関係をまとめる予定である。

8. 3 心理的色再現の標準化

平成 12 年度

国際標準機関へ肌色標準画像作成提案の準備を行いつつ、被験者の拡大をはかることにより、提案の裏付け強化が必要である。

8. 4 国際規格案審議

平成 11 年度

ISO 17321 WD4 は当初、デジタルスチルカメラをはじめとする、入出力機器を包含する規格案であったが、スコープ修正に編集委員として参加することで、対象を入力機器に絞込み、その評価についてのみ規格化する方向へ転換することが出来た。

平成 12 年度には WD5 の審議を行い、日本側の意向を盛り込む。

9. 参考文献

9. 1 入出力機器における色彩制御の標準化

(3. 1. 1 及び 6. 1 項関連)

- 1) 池田 他：「機器に依存しない色再現システムについて」、第10回色彩工学
コンファレンス講演集、4-2、49-56、1993-10
- 2) 照明学会：「マルチメディア色再現の基礎検討」、学会特別研究報告、JIER-044、
1995
- 3) IEC/TC100：“International Standards about Color Management and Color Printers”、
100/PT61966(Nakaya)57、1998-10 など
- 4) ICC：“Specification ICC.1:1998-09 File Format for Color Profiles”、1998-9
- 5) (財)日本規格協会、(財)新映像産業推進センター：新規産業支援型国際標準開発事業「色
再現管理（カラーマネージメント）の標準化」、平成10年度 新エネルギー
- 6) 田島譲二:カラー画像複製論,丸善株式会社、1996
- 7) 村上百合、他：正確な色再現が可能なカラー画像システムの開発ーマルチバンド撮像
系の色再現性評価ー、カラーフォーラムJAPAN'99論文集、pp5-8、1999
- 8) M. J. Vrhel et al. : Measurement and Analysis of Object Reflectance Spectra、
Color Res. And Appl.、Vol.19、No.1、pp4-9、1994
- 9) Y. Ohya, et al. : Natural color reproduction of human skin for telemedicine、
Proc. of Medical Imaging '98: Image Display、Vol.3335、pp 263-270、 1998.

9. 2 マルチバンドカラー画像の記述形式の標準化 (6. 2 項関連)

- 1) 太田登：色彩光学、東京電機大学出版局、1993.
 - 2) 湊秀幸：蛍光材料の分光測色技術の確立に関する研究、電総研研究報告、第 829 号、1982.
 - 3) 木下 一彦、御橋 廣眞：蛍光測定、日本分光学会、1997.
 - 4) 新編色彩科学ハンドブック第2版、日本色彩学会編、1998.
 - 5) JIS Z 8717-1989
- Po-Chieh Hung: Color Reproduction Using Spectral Characterization Advantages and Limitations,
pp.98-pp.105,1999.

9. 3 心理的色再現の標準化 (6. 3 項関連)

- 1) P.J.Alessi, CIE Guidelines for coordinated research on evaluation of color appearance models for reflection print and self-luminous display image comparisons, Color Res. Appl. 19,48-58(1994)
- 2) K.M.Braun, J.D.Fairchild and P.J.Alessi, Viewing techniques for cross-media image comparisons, Color Res. Appl., 21, 6-17(1996)
- 3) 高薄一弘：「カラー画像と画質評価」、技術情報協会 (1992)
- 4) NHKES 講習会試料：「画像の主観評価技術」(1990)
- 5) 渕田隆義：「視覚特性に基づいた色再現評価に関する研究」(1996)
- 6) 産業推進センター：「色再現管理 (カラーマネジメント) の標準化心理的色再現－写真印画紙上の好ましい肌色報告書」、日本規格協会 (1999)
- 7) ITU-R BT.709, Basic parameter values for the HDTV standard for the studio and for international programme exchange, 1990
- 8) K.Sakamoto and H.Urabe, Standard high precision pictures:SHIPP, The proceedings of IS&T/SID the 5th color imaging conference, pp 240-244, 1997
- 9) IEC/TC100/CD61966 2.1 Default RGB color space -sRGB, 1998
- 10) R.Suzuki, K.Asanuma, Proc. IS&T 7th Intl. Symp. Photofinishing & Minilab Tech., Cologne (1996)
- 11) ISO 3664-1975(E), Photography- Illumination conditions for viewing color transparencies and their reproductions
- 12) W.Y.Fowlkes, C.M.Crevier, Engineering Methods for Robust Product Design, Addison Wesley, pp65-68, Massachusetts, 1995
- 13) 熊田純二：「画質評価の最近の動向」、映像情報メディア学会誌 Vol.53, No9, pp.1184-1189 (1999)
- 14) 熊田純二：「画質評価の最近の動向」、NHK技研だより (1999)

9. 4 国際規格案審議

- 1) JIS Z 8726-1990, Method of evaluating color rendering properties of a light source.
- 2) C. S. McCamy, H. Marcus, and J. G. Davidson, A color-rendition chart, Journal of Applied Photographic Engineering, 2, 3, pp.95-99 (1976).
- 3) JIS-TR X 0012, Standard object color spectroscopic database for color reproduction evaluation (SOCS) (1998).
- 4) Po-Chieh Hung, A proposal of camera color rendering assessment number, Color Forum Japan '98, pp.69-72 (1998).
- 5) Masafumi Inuiya, Image Photographing Technique in DSC (CCD and Signal Processing), the proceedings for 1998 Digital Camera Workshop (in Japanese), pp. 7-12 (1998).
- 6) H. E. J. Neugebauer, Quality factor for filters whose spectral transmittances are different from color mixture curves, and its application to color photography, J. Opt. Soc. Am. 46, pp. 821-824 (1956).
- 7) P. L. Vora and H. J. Trussell, Measure of goodness of a set of color-scanning filters, J. Opt. Soc. Am.A. 10, 7, pp. 1499-1508 (1993).

10. 付録

10. 1 海外調査

10. 1. 1 ISO/TC130

国際標準機関海外調査報告

HVC ト部 仁

1. 会議名 : ISO/TC130 (印刷) /WG2 (製版データ交換)
2. 開催地 : カナダ バンクーバー
3. 開催期間 : 1999年4月29日～30日
4. 出席者 :
 - 三品 博達 (室蘭工業大学 教授)
 - 青木 正喜 (成蹊大学 教授)
 - 中島 正之 (東京工業大学 教授)
 - 田島 譲二 (日本電気株式会社 C&Cメディア研究所 部長)
 - ト部 仁 (富士写真フイルム株式会社 電子映像事業部 開発部 部長代理)
 - アメリカ 11、イギリス 3、ドイツ 3、スイス 3、スウェーデン 2、
ブラジル 1、イスラエル 1、日本 5。計29名。
5. 議長 :
 - Convener の Mr. B. Strum (アメリカ) の司会で、議事進行。
 - 記録は、WG2 セクレタリーの Ms. M. Abbott。
6. 主要議題、議決事項、今後の対応についての所見 :
 - 報告者の担当範囲 (標準画像) に絞って記す。
 - 標準画像に関しては、日本 (ト部) より第4版 Working draft を提案し、draft 完成に向けての懸案事項を審議した。
 - 日本提案に関連する、主要な承認事項と今後の進め方は、下記の通り。
 - (1) タイトル名は、XYZ/sRGB とする。
 - (2) 画像中に入れる識別記号としては、ISO-XYZ、ISO-sRGB を使用。
 - (3) CD は2枚構成とし、business graph 画像サイズを縮小する。

- (4) WG2 回覧用 draft を 5 月末までに用意する。
- (5) XYZ/SCID、Lab/SCID をまとめて new work item として提案する (担当 McDowell)。
- (6) Editor は XYZ/SCID をト部、Lab/SCID を Heuberger (スイス) とする。

また新規産業支援型国際標準開発事業による、新映像産業推進センターの色再現管理 (カラーマネージメント) 標準化プロジェクトの 3 テーマ進捗についても、National body activity として報告した。

別紙に、配布資料を添付する。乏しい時間で十分な説明が出来なかった。しかし、写真印画紙上の好ましい肌色の報告は、会議終了後、英・スイスよりプリントサンプルを要望されるなど反響はあったと推定される。また、印刷における蛍光問題は、時期を得た内容を持ち、関心は高いと思われる。

7. 次回予定 : 1999 年 9 月末 日本 東京

10. 1. 2 ISO/TC42

海外出張（米国）報告

富士写真フイルム株式会社
電子映像事業部 開発部
主任技師 次田 誠

1. 会議名 : ISO/TC42 (写真) /WG42 (Electric Still Picture Imaging)
2. 開催地 : カナダ バンクーバー
3. 開催期間 : 1999年4月22日～24日
4. 出席者 :
大野 信 (ソニー(株) 厚木第2テクノロジーセンター 主幹技師 本WGのConvener)
大川 元一 (新映像産業推進センター 企画調査部 部長)
明官 功 (コニカ(株) 中央研究所 課長)
杉浦 博明 (三菱電機(株) 映像情報開発センター チームリーダー)
次田 誠 (富士写真フイルム(株) 電子映像事業部 開発部 主任技師)
アメリカ 14、イギリス 1、ドイツ 1、スイス 1、スウェーデン 1、
日本 5。
計23名。
5. 議長 :
Convenerの大野氏(日本)およびCo-convenerのMr. E. Edwards (アメリカ)の司
会で、議事進行。記録は、TC42 セクレタリーのMr. J. Payton。
6. 主要議題、議決事項、今後の対応についての所見 :
報告者の担当範囲(標準画像)に絞って記す。新規産業支援型国際標準開発事業に
よる、新映像産業推進センターの色再現管理(カラーマネジメント)標準化プロ
ジェクトの3テーマ進捗を、National body activityとして報告し、これら研究の
成果を標準提案するための根回しを行なった。これらのうち、「写真印画紙上の好
ましい肌色」(当社担当)はWG18 メンバーに関心が高いと思われたのでやや詳しく
報告した。予想通り彼らは高い関心を示したが、WG18は主にカメラ関係の標準化を
担当しているので、TC130(印刷)に提案するのが良いとのコメントがあった。
7. 次回予定 : 1999年11月14-16日 アリゾナ州 スコッツデール

1999 年 5 月 12 日

海外調査報告

報告者：三菱電機（株）映像情報開発センター 杉浦 博明

期 日：99 年 4 月 23 日 (出国) - 4 月 26 日 (帰国)

行き先：ISO TC42 バンクーバ会議 (Westin Bayshore Hotel / カナダ)

1. 目的

色彩に関する国際標準化組織調査の一環として、ISO 17321 joint meeting (ISO TC42/WG18&TC130 Joint Working Group) に出席する。

2. 内容

(1) 開催日時・場所等

- a) 開催場所：The Chairmans Room, Westin Bayshore Hotel
- b) 開催日時：1999 年 4 月 24 日 9:00 - 16:30
- c) 出席者（敬称略）：Jack Holm (Project leader/USA), Ken Parulski (Secretary/USA), Jim Payton (TC42 Secretariat/USA), Motokazu Ohkawa (JP), Makoto Tsugita (JP), Isao Myokan (JP), Hans Lindahl (Sweden), Richard Sharman (UK), Tony Johnson (UK), David McDowell (USA), Mark Drew (Canada), Eric Edwards (USA), William Donovan (USA), Richard Fisch (USA), Bo Tao (USA), Ingeberg Tastl (USA), Sabine Susstrunk (Switzerland), Dietmar Wueller (Germany), Hiroaki Sugiura (JP)

(2) 配布資料

- a) Meeting agenda
- b) Digital Still Camera Color Processing
- c) Differences between scopes of ISO 17321 and IEC 61966-9
- d) IEC Document 100/94/CC
- e) Comments on ISO 17321, WD3.1

(3) 内容

a) 開会

Mr. Eric Edwards が、開会を宣言するとともに、TAGA およびマイクロソフトに謝意を表明した。

b) リエゾン関連

・ JTAG2 報告

JTAG2 議長の Mr. McDowell より、この週の初めに開催された会議の報告があった。

・ IEC61966-9 の状況と TC42 からのコメントの審議

配布資料 (100/94/CC) に記載されている TC42 5-1 から 5-7 までが、TC42 からのコメントであるとの説明があった。他の TC42 X-X は、解説他であるとのこと。

用語“photography”の定義を明確にする必要があると意見が大川委員よりあった。

ISO/FDIS 14524 および、ISO WD 17321 を Bibliography に加えるよう強い要請があった。

c) IEC61966-9 の技術説明

杉浦より、IEC61966-9 で標準化を進めている階調特性・分光応答度特性の測定法に関するプレゼンテーションを実施した。その主な内容は、次のとおりである。

①暗箱付きテストチャート

②分光応答度特性の負成分測定を可能にするための補助光源

③測定精度の評価方法

d) ISO 17321 の主な課題

カラーテストチャートによる簡易測定方法の必要性に関する提案が、Mr. David McDowell よりあり、Mr. Jack Holm は、それに合意した（この件については、IEC61966 アーヘン会議においても同様の決定がなされており、今後の互い作業において、コンフリクトが発生する可能性がある）。

なお、カラーテストチャート検討メンバーは、次のとおりである（敬称略）。

・ William Donovan

・ David McDowell

・ Richard Fisch

・ Tony Johnson

e) 閉会

次回 (99/11/14 @Scottsdale)、次々会 (00/5/17 @Lausanne) の開催予定を審議した後、閉会した。

以上

10. 1. 4 Siggraph

海外調査報告

1999.8.24

0. 出張者

HVC「色再現管理の標準化」入出力分科会 浜田 長晴

1. 出張期間

'99. 8. 7 (土) ~ 8. 16 (月)

2. 訪問先

- ・ Siggraph'99 (8/8~11 @Los Angeles)
- ・ DL (Digital Libraries)'99 (8/12~14 @San Francisco)

3. 目的

入出力機器に対する色再現管理 (カラーマネージメント) のニーズ&技術動向調査
(NEDO からの受託事業「色再現管理の標準化」の一環)

4. 全体としての印象・特記事項

- 1) Siggraph'99 では、CG と Image (実写) との融合の進展が際立っており、PC での高画質 Color Image 制作や 3D モデリング、動画のノンリニア編集など制作支援環境のデモや技術発表が人気を呼んでいた。
- 2) 特に、3D モデルとの組み合わせによる Image-base Rendering に関する技術発表、関連製品展示、作品上映は人気が高く、映画/CF 以外の文化財、教育、医療など応用の広がりが感じられた。
- 3) DL'99 は、今回初めて参加したが、若い学会ながら DL 推進の熱意にあふれており、マルチメディア対応のユーザニーズ把握の場として好適であり、成果発表や情報交換の場として活用すべきである。
- 4) 両学会とも色再現性の話題が中心ではないが、質問やコメントでは取上げられ始めており、ユーザの関心を引きつつあることが実感できた。このような学会でのユーザとの直接対話が効果的と感じた。

5. Siggraph'99 概要

- 1) 今年は本拠地 Los Angeles での開催でもあり、Computer Graphics & Imaging に関する研究者、制作者、アーティスト、学生など幅広い層の出席者があり数万人を越える大盛況。
- 2) Course (トピックス紹介) 43 件, Paper (技術論文発表) 52 件, Panel (パネル討論) 16 件, Sketches & Applications (デモによる技術及び応用紹介) 93 件, Electronic School-house (教育応用の発表とデモ) 70 件, Art Gallery (作品展示) 82 件, Animation Theater (作

品上映) 169 件, Millennium Motel (先端的成果のデモ) 26 件, Exhibition (企業による展示) 310 件など盛り沢山の内容を 6 日間で実施。

- 3) Course の中では、IBM が 2 年掛かりで取組んだミケランジェロの「嘆きのピエタ像」のデジタイズ&修復作業の報告が秀逸。3 次元測定用の特殊なカメラ系を用いて 20cm 角の部分画像 9600 枚を撮影、これをベースに新しく開発したソフトウェアツールによって形状や色調の再現を試みたとのこと。形状は 0.5mm の精度でモデル化できたが、色調に関しては光源と表面状態との関係など検討課題が多い。
- 4) Paper の分野別内訳は、Lighting & Rendering 20 件, Modeling & Morphing 15 件が双璧で、Animation/VR/Interactive/Hardware が各 4 件など。機関別内訳では米 Georgia 工大と Princeton 大が各 4 件でトップ。企業では Microsoft, Wavefront, 三菱の各 2 件が目立った。
- 5) 展示では Animation 関連 117 社, 3D-Modeling 関連 86 社, Rendering 関連 48 社とこの方面の人気の高さを反映していた。SGI, SUN, IBM など 3D-CG の常連に加え Intel の Xeon による 3D 能力の PR が目立った。
3D Systems, Cam Sys, Wicks & Wilson などベンチャー企業からのカメラを用いた 3D 計測/モデリングシステムが操作性の良さで興味を引いた。プレゼン用ディスプレイはマルチスクリーンと PDP が主流で、特に、PDP の進出が目立った。現場での色再現には問題無いようだったが、web 経由での色彩管理に対してはユーザからの質問や不満の声も多く、課題の重要性を再認識した。

6. Digital Libraries'99 概要

- 1) 論文発表 52 件 (内ポスターセッション 29 件), パネル討論 2 件, Work-Shop 5 件を 4 日間で消化。今年度が 4 回目の比較的若い学会。大学や公共図書館の情報処理研究者や運用管理者が多く、応用面の議論が活発で、Digital 化推進の熱気が感じられた。出席者は約 300 人/30 ヶ国 (日本からは 10 人程度)。
- 2) 論文の分野別内訳はライブラリシステム試行/評価 11, マルチメディア処理方式 13, ユーザインタフェース 14, コンテンツ収集/整理手法 14 など。機関別では米 Illinois 大 4, California 大/Varginia 大/ニュージーランド Waikato 大各 3 など大学中心。NEC 現地法人 3 件が目立った。日本からは筑波大 1 件のみ。
- 3) ユーザインタフェースの発表の中で、FX Palo Alto 研の Xlibris (液晶とペンタプレットによる電子的な紙) や、Maryland 大の Zoomable U/I (ズームイン/アウトを活用した Browsing 方法) が面白かった。
- 4) 今回は、Image Quality や Color Management を直接話題にした発表はなかったが、Multi-media の中心が Image であることは認識されており、関連の質問やコメントから色再現や標準化に関しても、今後、更に議論が活発化することが期待される。分科会の成果発表の場として活用できる。

以上

10. 1. 5 IFA

(独国内へルリツシヨ一IFA編) 出張報告書

報告者 企画調査部 小澤 昌彦
行き先 独国内へルリツシヨ会場
期日 8月28日から29日まで2日間
用件 IFA調査(欧州の新映像産業、色再現管理、HDTV放送等)同行者
無し面接者内容

1 結果

テレビ放送

ドイツ国内では地上波デジタル放送の試験が始まった(DVB-T)

多チャンネル化・インタラクティブ化が優先されており、高精細化

(DVB-H)には見通しがたっていない模様新映像産業

バーチャルリアリティー関連デモがあったが公知の技術が主体

総合地域ビデオ+データ+サービスシステムの展示があった

(JETROへ詳細調査要請した)。カラーマネージメント

カラーマネージメントについては今後の課題の模様

カラーマネージメント関連で、PTBのDr. Egbert Buhrt 及

び、Dietmar Mullerとの面会情報交換は次の機会とする。

2 詳細

2. 1 テレビ、テレビ放送関連

(1) ARDがデジタル地上波放送をキャンペン

アナログの1チャンネルがデジタル放送では6チャンネル送

れるテレビ放送、音楽放送、データ放送のマルチプレックス化

実験放送のデータ

垂直偏波 37CH 602MHz 送信

7. 6MHz 帯域 1KW 出力

2KFFT 16QAM

マルチプレックス(B1ベルリン、アインズアルチ、ア

インスブエスライバル、GESMUT)

4. 2Mbit/s GL=1/8 FEC=2/3

14. 715Mbit/s

(2) BMWが地上波デジタル放送の活用車載システムを実機で紹介

DVB-Tから天気情報を取得

インターネットにて地域情報取得

位置はGPSとのこと、

同一コンセプトがSABINA、ドイツテレコムからも紹介

- (3) 各社の CTV 展示ではワイドフラット TV のラインアップが目立った
日系、韓国系、欧州系各社がワイドフラット TV を展示
これらのワイドソースについては明言されていない
- (4) シュナイダーがレーザーTV の実用化に尽力
ここ 10 年大事に研究を積み重ねている
円形スクリーンに映し出される映像はレーザの特性で
位置は不問であり映し出しに自由度がある
水滴スクリーンに映し出される映像は嫌みのない輝き
で今後エンターテイメントに活用されるであろう
- (5) EPG インターネットで EPG を送るシステムが紹介されていた (TV-on Line)
- (6) TeleWEB インターネットウェブと同様のフォーマットのテレ
テキスト画像
ハードは SIEMENS, HILIPS, THOMSON
コンセプトはタラで
SONY, PHILIPS, METZ, GRUNDIG, LOEWE が採用
当初はインタラクティブ様の TEXT 放送、
将来はモデム経由でインタラクティブ化

2.2 新映像産業関連

- (1) バーチャルリアリティー
バーチャルコンファレンスを FOYER が展示
MPEG4 にて各ターミナルでエンコードし一つ
のスクリーン上に合成
かなり自然な感じの映像 (従来のテレビ電話
に比較して自然)
HEINRICH HERTZ INSTITUTE が TV 方式の 3D を展示
デジタル放送マルチプレックス中の 2 チャンネルを使用
デモは DVD ソースの TV 二重像方式
HEINRICH HERTZ INSTITUTE が Face to Face
3D ディスプレイを展示
三洋型の 3D 液晶ディスプレイをレールに乗せディス
プレイ上のカメラからとらえた使用者の目の間隔を
規定値にするよう制御
- (2) Gutenberg 社がクロースドシステムの地域ビデオ情報サービスシステムを紹介
この社は、PTB 社と同じプラウツェンバークにあり、今後コンタ
クトすることとした

10. 1. 6 COMDEX

国際標準機関海外調査、及び COMDEX 出張報告

出張者 (株) 日立製作所 日立研究所 情報制御第一研究部 犬塚
目的 カラー画像入出力機器の動向調査：COMDEX
日時 H11 年 11 月 14-16 日
場所 米国 LasVegas(Nevada)、LVCC、SECC

1.COMDEX の概要

COMDEX は、コンシューマ向けの大規模な展示会。今回、カラー画像の入出力機器であるカラープリンタ、スキャナ、デジカメなどの動向調査を目的に見学を行った。また合わせて、MS (マイクロソフト)、ソニーの CEO によるキーノートを聴講した。

2.キーノート

MS のビルゲイツ氏、ソニーの出井氏のキーノートを聴講した。米国の PC 普及率 54%、インターネット接続率 50%で、個人ユーザの多くは「PC=インターネット」と捉えている。こうした傾向から両者とも、インターネット接続を行うための、従来型の PC よりも使いやすい機器の発展を予想している。具体的には、MS は Personalize を実現する Windows2000、ソニーは PS2 などによるネットワーク端末が主役になるとしている。

いずれも、カラー画像表示を当然の前提としており、ネットワーク接続された機器間の色再現は、極めて基本的な課題と考えられる。

3.主な展示内容

(1) プリンタ

6 社以上がカラーレーザプリンタを展示し、メインテーマの一つと言える。色再現性に関して他社との相違を問えば「何に使うのか?使い方次第」という答えであり、つまり当たり前前に色が合う状況ではないと言える。また色再現に関して、ユーザが分かりやすく比較できる評価値が欲しいところである。

またスキャナ接続することでコピー機展開できる機種が、白黒のみならずカラーでも出てきた。QMS 社はカラープリンタ単体で 999 ドル、スキャナ込みで 1398 ドルの値付け。このような低価格のカラー機器の普及が期待できる。

(2) スキャナ

カラスキャナ自体は大きなテーマではないが、Agfa 社、Acer 社から専用ボタン (プリント、OCR、Email など) 付きのスキャナの展示があった。PC の操作を見えなくして使いや

すくすることがポイントである。出力装置に合わせて色調整を行う機能（ソフト）を備えている。

Fuji からは、デジカメ、スーパーCCD などの展示があった。スーパーCCD は、センサ素子の配列を互い違い（ハニカム構造）にすることでサンプリング周波数をあげるもので、換算 1.6 倍の解像度が得られる。また SN 比向上などにより、色再現が 50%向上しているとのことである。

（3）bluetooth

bluetooth は、10m程度の短距離間を無線接続するインターフェースのこと。今回の展示会では、関連会社(10 社ぐらい)が集結してデジカメから PC へのデータ転送などをデモしていた。これによって、カラー画像の入出力機器間の接続などが、より簡易に行えるようになる。

4.感想

様々な機器とネットワークの普及によって、カラー画像の伝送が益々容易に頻繁に利用できる状況になってきている。しかし、プリンタの上記説明にあったように、まだ当たり前で色合う状況には至っていない。また一般ユーザにとっては、色再現に関して比較するための指標が十分でない。

メーカー、および一般ユーザの両者の側面から、色再現に関する課題は多い。

以上

10. 1. 7 C I C

国際標準機関海外調査：CIC (Color Imaging Conference) 出張報告

出張者 (株) 日立製作所 日立研究所 情報制御第一研究部 犬塚
目的 色再現の動向調査：CIC (Color Imaging Conference)
日時 H11 年 11 月 17-20 日
場所 米国 Scottsdale(Arizona)、SunBurst Hotel

1. 概要

本会議は画像処理のなかの「色」に関する技術報告会である。主な項目は、(1)標準化技術関連、(2)色再現域(Gamut)の変換方式、(3)画像入出力技術など。発表者の分類は(全 59 件)、大学などから 36 件、メーカーから 23 件 (HP 6、Xerox 6、その他 11) である。

2. 主な発表内容

2-1 標準化技術関連

Standard RGB Color Spaces, Sabine Susstrunk, Swiss Federal Institute of Technology (EPFL) (Switzerland); Robert Buckley, Xerox Corporation (USA); and Steve Swen, Apple Computer (USA)

RGB 信号の定義としては、ISO RGB, sRGB, NTSC RGB などがある。本報告は、色信号の入力から出力までの手順と合わせて、各種の RGB 信号の特性についてまとめている。結局のところ万能の RGB 信号はなくて、アーカイブ、通信、圧縮などの用途に応じて選択が必要になる。

2-2 色再現域(Gamut)の変換

Applying Non-linear Compression to the Three-dimensional Gamut Mapping,
Naoya Katoh and Masahiko Ito, EP Laboratories, Sony Corporation (Japan)

CIELAB の色差を最小にする 3 次元ガマット圧縮の方式についての報告。従来提案は、ガマット外の色信号を、表面領域に貼り付ける方法であったものを改良している。

具体的には、ガマットを玉葱状の分割をして、領域ごとに異なる圧縮を行う。中心部にはガマット圧縮の影響を受けない領域を設け、周辺部には何らかの関数に基づく圧縮を行うことで再現性を高める。

2-3 画像入出力技術

Noise Cleaning Digital Camera Images to Improve Color Fidelity Capabilities,
James E. Adams, Jr. and Kevin E. Spaulding, Eastman Kodak Company (USA)

以上

発表者の3分の2近くが大学関係者であり、内容的にも基礎的な検討課題（色信号の表示方、ガッツト圧縮、ノイズの影響など）が多く残されていることが伺える。中でもガッツト圧縮に関して10件が多い。

全体的には、現在の標準とされている色再現の仕組み（ICC）には不足があること、装置を作る側（メーカー）からの検討がまだ十分為されていないという印象である。

3.感想

デジタルカメラのセンサに依存するノイズは、出力画像のノイズとして現れる。このノイズ削減の手法として、①センサ出力、②補間処理、③補間処理後、という3個所で行う方式について検討した。例えば①については、カラーCCDの画素配列に対応したフイルタ係数を設定することでノイズ削減する。

10. 1. 8 ISO TC42/JWG20

海外出張報告

報告者：HVC 研究員 杉浦博明

期日：平成 11 年 11 月 14 日（出国） - 11 月 23 日（帰国）

行先：米国 アリゾナ州 スコッツデール

用件：

- (1) TC42/JWG20 with TC130 出席
- (2) TC42/WG18 meeting 出席
- (3) ISO 17321 editing committee meeting 出席
- (4) ISO 17321 関係者との個別打ち合わせ
- (5) 7th Color Imaging Conference に参加し、関連する最新情報を入手する。

内容：

1. TC42/JWG20 with TC130 meeting (11/14)

- (1) 事前に準備した Comments of the Japanese National Body of ISO/TC42（添付資料 1）において最も重要なスコープの変更に関するコメント（JP-1）については、受け入れられなかった。
- (2) 洪委員（コニカ）より camera rendering index の提案があった。
- (3) 大川研究員の発案により、杉浦が、編集委員会に加わることになった。
- (4) その他議事の詳細については、議事録（暫定版、添付資料 2）を参照のこと。

2. TC42/WG18 meeting 対策会議 (11/15)

前日（11/14）の会議ににおいて、スコープの変更により対象となるデジタルカメラを限定することが困難となる可能性が明らかになったため、日本から出席の関係者により、ISO 17321 WD4.0 の内容に関する技術的な問題点を明らかにするべく、TC42/WG18 meeting の対策会議を開催した。

主な技術的な問題点は、次の通りである。

- (1) ISO RGB の定義の方法に問題がある。
unrendered color space において、データが非線形変換（1/2.4 乗）されているが、その理由が不明確である。
- (2) ISO RGB を定義する必要性、目的が不明確である。
- (3) 文書全体にタイトル、スコープに関係の無い部分が散見され、結果的に何を定義し、何を実施すべきかが良く分からない標準案となっている。
- (4) 以上の審議を経て、Revised Comments of the Japanese National Body of

ISO/TC42(添付資料 3)を作成した。

3. TC42/WG18 meeting (11/16)

ISO 17321 関連の話題のみ報告する。

- (1) Revised Comments of the Japanese National Body of ISO/TC42 について、杉浦より説明した。
- (2) プロジェクトリーダーの Mr. Jack Holm に対し、杉浦より、分光感度特性を非線形変換している理由を質問した。Mr. Holm の回答は、彼の実験によると良い結果が得られたからということであった。
- (3) 杉浦より、ISO 17321 は、カメラの特性を測定することに関してのみ取り扱うべきで、出力の色再現性に言及するべきではないと指摘した。
- (4) スコープにて ISO RGB は、unrendered で、蓄積あるいは表示のための色空間で無いことを明らかにすることに決定した。
- (5) その他議事の詳細については、議事録（暫定版、添付資料 4）を参照のこと。

4. ISO 17321 editing committee meeting (11/19)

- (1) 本年 12 月末までコメントを受け付けてもらえるようになった。
- (2) 日本が入最も疑念をいっている ISO RGB の定義については、裏づけとなる検討を実施し報告するとのこと（担当 Mr. Holm）。

5. ISO 17321 に関する非公式打ち合わせ (11/20)

Mr. Holm より、彼の実施した実験結果などをもとに、ISO 17321 の考え方について説明したいとの申し出があった。

彼の検討過程を示す資料（添付資料 5）に関して説明があったが、検討の基本となる被測定カメラの分光感度特性の測定精度がはなはだ不十分（例えば短波長側）であり、もっと精度の高い測定の必要性を訴えた。測定精度が十分で無いことは、Mr. Holm 自身も認識していた。このようなデータをもとに作成された ISO 17321 の内容については、再審議の必要がある。

6. 7th Color Imaging Conference (11/16-19)

色彩関係のカンファレンスとして、最新かつ多数の講演が、第一線で活躍する研究者から発表される Color Imaging Conference も今回で 7 回目を迎えた。

約 60 件の発表があり、その中でも Gamut Mapping 関連の発表が、11 件（ポスターセッションを含める）と多かった。また、Rochester Institute of Technology および、Hewlett-Packard 社からの発表件数が多く、この分野における両者のアクティビティの高さがうかがえる。

本分科会に関係の深い発表として、“Integrating New color Image Processing Techniques with Color Management”が、Mr. Jack Holm より発表された。その他、詳細については、予稿集参照。

以上

10. 1. 9 ISO/TC42

海外出張（米国）報告

HVC ト部 仁

1. 会議名 : ISO/TC42 (写真) /WG42 (Electric Still Picture Imaging)
2. 開催地 : 米国 アリゾナ州 スコッツデール
3. 開催期間 : 1999年11月14日～16日
4. 出席者 :

大野 信 (ソニー株) 本 WG の前 Convener)

大川 元一 (新映像産業推進センター)

岡野 幸夫 (シャープ株) 洪 博哲 (コニカ株)

杉浦 博明 (三菱電機株) ト部 仁 (新映像産業推進センター)

5. 議長 :

Convener の Eric Edwards (米国ソニー) の司会で、議事進行。

記録は、TC42 セクレタリーの Mr. J. Payton。

6. 主要議題、議決事項、今後の対応についての所見 :

報告者の主要関心事項3点に絞って記す。

ISO 17321 : DSC の分光感度測定・評価方法を規定。

日本側は、適用範囲の曖昧さに懸念を表明し、強く SCOPE の限定化と用語の明確化を要求。

討論の結果、本規格は写真と印刷のハイエンドユースかつテストユースに限定との回答を得て、日本側も納得し、17321 editing 委員会 (Donovan を委員長とし、Holm、Johnson、杉浦、Tastl が委員) を構成し、案文を再検討することとなった。今後は、杉浦委員 (三菱電機) を通して、日本の意向を反映させてゆくこととなる。

ISO 15740 : USB インターフェイスによる peer to peer 接続 (例えば、DSC と PC、DSC とプリンター) のコマンドセットを規定。

JEIDA の DSC 委員会では反対の意向。結論は、(日本等の反対により) ISO としては凍結する。

PIMA (Photographic & Imaging Manufacturers Association) の標準として進める。USB 標準と PIMA 標準の相互乗り入れを図る。また、USB から IEEE1394 への拡張も図る。

ISO 12234-3 : DCF (Design rule for Camera File system)

JEIDA の DSC 委員会で作成した DCF の ISO 標準化。

大川より、位置付け、目的を説明。Purulski が技術内容を詳細に説明。

Technical には DCF をそのまま参照し、ISOformat に再構成することで CD 化を行う。

7. 次回予定 : 2000年5月15-16日 スイス ローザンヌ

8. その他

上記 ISO 会議に引き続き開催された IS&T 主催の Seventh Color Imaging Conference (11月17日~19日) にて、ISO/TC130/WG2 に提案中の XYZ/SCID の開発と色再現域圧縮に関する報告を Development of XYZ/sRGB-SCID and Color Gamut Compression として行った。

XYZ/SCID の ISO12640-2 として CD 化の方向を受け、関心高く、聴講者多数。

特に、printer 評価用の標準画像としての使用方法および、color appearance 用の評価画像としての関心が高い。また、色空間の提案報告の中でも、早速引用された (ローザンヌ連邦工科大学 Susstrunk)。

10. 1. 10 Electronic Imaging 2000

海外調査報告

報告者：日本工業大学 システム工学科

教授 星野坦之

期 間：平成 12 年 1 月 24 日（出国）－ 1 月 28 日（帰国）

出張先：米国 カリフォルニア州 サンノゼ

用 件：「色再現管理（カラーマネジメント）の標準化」事業

IS&T/SPIE's 12th International Symposium

Electronic Imaging 2000 調査

出張概要

「色再現管理（カラーマネジメント）の標準化」事業の遂行に必要な情報収集を目的として、デジタルスチルカメラの現状と課題、マルチスペクトル技術の動向を調査した。

会議の概要

本会議は、IS&T(The Society for Imaging Science and Technology) と SPIE(The International Society for Optical Engineering) の協賛で開催された。Electronic Imaging 2000 は、大きく以下の項目に分けられている。

- 1) 2D Displays
- 2) 3D Capture and Display
- 3) Electronic Imaging Systems and Image Processing Methods
- 4) Document Imaging, Sensors, and Camera Systems
- 5) Image Sequence and Data Analysis
- 6) Multimedia Processing and Applications
- 7) Optical Security and Anti-Counterfeiting
- 8) Image and Video Communications and Processing

特に、4) Document Imaging, Sensors, and Camera Systems が、「色再現管理（カラーマネジメント）の標準化」事業に関係が深い。さらに、このなかは、5つのサブシンポジウムに分けられており、

Conference 3963 Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hardcopy, and Graphic Arts V

Conference 3965B Sensors, Cameras, and Applications for Digital Photography II
が、現業務に最も関係があるサブシンポジウムである。

主要調査講演題目

1) C. A. Mead: "Evolution of Digital Photography"

デジタルスチルカメラ技術が、非常な速度で進んでおり、品質の点でも従来の銀塩のレベルに近づいている。現在、デジタルスチルカメラの品質は、digital aliasing artifacts によって制限されている。プリズムによるカラーセパレーション、画像処理により、digital aliasing artifacts を低減し、銀塩写真レベルの特性を実現した。

2) B. Hill: "Color capture, color management and the problem of metamerism: does multispectral imaging offer the solution?"

この論文は、マルチスペクトルカラー技術をまとめ、これからのイメージング技術、カラーマネージメントシステムにどのように導入されていくかを紹介した。マルチスペクトル入力においては、12-16個のフィルターでかなり良い精度で画像を入力できることなどわかってきた。投影型ディスプレイでは、6色かプラス少々が現実的である。プリンタにおいては、機構的には可能であるが、処理技術の確立が必要である。これから、従来の3色をベースとした体系との両立性も考慮して、体系を作っていくことが必要である。

3) F. Koenig, P. G. Herzog, : "Spectral scanner characterization using linear programming"

スキャナーの特性を把握する方法についての発表がなされた。スキャナーをポジティブなレスポンスをするカラーセンサー、3 x 3のリニアなマトリクス、各チャンネル毎の非線型変換にモデル化し、反射率にピークまたはシャープなエッジがあるテストターゲットを用いて、スキャナーの特性を把握できることを示した。

4) H. Sugiura, T. Kuno, N. Matoba, J. Hayashi, Y. Miyake, : "Development of a multispectral camera system"

マルチスペクトルカメラの開発についての発表がなされた。これは、実際に使用できるレベルにまとめられており、カラーフィルターは10種以上をロータリー方式で自動的に交換可能で、入力のデータ精度は14ビット（かそれ以上）としている。入力対象画像に対応した最適色合わせソフトウェアも作成し、高い入力精度を実現した。

5) P. C. Hung, : "Colorimetric characterization beyond three colorants"

3種の色材以上を用いたプリンタの色再現について、色彩学的な特徴について報告された。難しい点は、色材の混合の比率が一意的に決まらないことである。
Black printer と hi-fi printer に分類し、それぞれに最適なカラー処理法を提案した。

6) J. Y. Hardeberg, : "Desktop scanning to sRGB"

スキャナーで高品質な入出力システムを実現する要因の検討を報告している。解像度、階調数、スペクトル感度、ノイズなどであるが、カラースペースの選択も大切である。ここでは、ICC、L*a*b*, sRGB を比較し、sRGB が利点が多いことを報告している。

10. 1. 11 Imagina 2000

海外調査報告

2000.2.10

0. 出張者

HVC 日立分室 浜田 長晴

1. 出張期間

2000. 1. 30 (日) ~ 2. 7 (月)

2. 訪問先及び面会者

1) Imagina'2000 ; 1/30~2/2 @Monaco

M. A. Fontenier (Supinfocom 大学長), Dr. Poche (Supinfocom 教授) 他

2) Pole Image Proj. ; 2/3 @Angouleme

A. Magnan (Charente 郡開発公社理事長), A. D. Fourcaud (国立数値映像研究所長) 他

3) CanalWeb 社 ; 2/4 @Paris

J. Rosselin (CEO), D. Fortier (副社長) 他

3. 目的

CG映像作品における色再現性の現状調査

(NEDO からの受託事業「色再現管理の標準化」の一環)

但し、映像新聞社主催 Imagina 視察ツアーに同行

(ツアー参加者：服部金沢工大教授, 中谷 NHK 解説委員他 12 名)

4. 全体としての印象・特記事項

- 1) Imagina は、世界中のアニメ、C/F 制作者が CG による高画質&高品質な最新映像作品を競う場であり、特に若手による斬新な作品が多いことで知られている。本年は、3D モデルとの組合せによる Image-baseRendering に関する技術発表や上映作品の人气が高く、コンピュータによるイメージ制作の新しい時代の到来が感じられた。
- 2) Imagina には今回初めて参加したが、若いクリエイターの熱意と意欲のあふれた作品が多く、マルチメディア対応のユーザニーズ把握の場としても好適であり、情報交換の場として有効。また、今回の訪問先での議論は、色再現性の話題が中心ではなかったが、ユーザの関心を引き初めていることは実感できた。ユーザに対する色再現管理の有効性の PR・啓蒙活動も今後の課題である。
- 3) 視察ツアーに参加したため、関連の企業、教育期間、支援公共団体などを訪問でき、CG 制作現場の生の声としてフランスにおける CG 産業が立ち上りつつあることを認識させられた。特に CG アニメが映画/CF 以外の文化財、教育、医療など幅広く展開されており、

新規産業として人材育成や雇用確保の推進役を努めていることに驚かされた。パソコンの性能向上と3次元CG制作支援ソフトの高機能化によってアニメ制作の現場は様変わりしつつあり、いまだに人海戦術が中心の日本のアニメ業界の層の薄さが懸念された。

5. Imagina'2000

- 1) Imagina は、フランス国立オーディオビジュアル研究所 (略称 INA) とモナコ国の共催によるモンテカルロ TV フェスティバルが母体となり、19 年前から毎冬モンテカルロで開催されている欧州最大の Computer Graphics & Imaging に関する研究及び作品発表の場であり、制作者、アーティスト、研究者、学生など 1 万人を越える参加者があり、最新映像作品のコンテストで有名。
- 2) Conference (技術論文&トピックス発表) 60 件/11 テーマ, Round Table (パネル討論) 2 件, Innovation Village (技術及び応用のデモ) 30 件, Prix Pixel-INA (作品上映) 70 件などを 3 日間で実施。
- 3) Conference の中では、Philips 社の Multimedia Home Platform 構想、SGI 社の Digital Revolution & Interactive と題した教育/科学/芸術へ Digital 技術応用の可能性、アメリカ自然史博物館の Digital Galaxy Project (3 次元 CG モデルによる Virtual Planetarium) の紹介が面白かった。
- 4) Prix Pixel-INA は、Advertising, Art, Fiction, Science など 13 部門の 600 件の応募作品の中から一次審査をパスした 70 件を 3 晩 (21.30 開演 0.30 終了) かけて参加者全員で鑑賞/審査する仕組み。Fiction 部門 1 位の "Paf Le Moustique" (仏 J.F. Bourrel)、Science 部門 2 位の "Fiat LUX" (米 UC Berkeley) などシナリオ (アイデア) の良さと 3 次元 CG 技術の先端を駆使した映像表現の組合せが人気を博していた。
- 5) 展示場や上映会などの出席者数人々に聞いた範囲では、制作や教育現場での色再現には問題無いが、web 経由での色彩管理に対しては、あきらめているがなんとかならないかとの声が多く、課題の重要性を再認識した。

6. Pole Image プロジェクト

- 1) 本プロジェクトは、フランス南西部のアングレーム市を中心にしたシャラント地区開発事務所が 1997 年から推進している産官学一体のアニメ産業振興事業である。
- 2) 本プロジェクトの前身は、過疎対策として約 10 年前にスタートした国立コミックス博物館であり、これを中心に、アニメプロダクション、人材教育センタなどを誘致、整備拡充してきた。0 からスタートし、現在 500 人の職場を提供中 (40 社、8 スタジオ、4 教育機関)。今後 5 年間で 1500 人までに増やす計画。
- 3) TV の C/F やアニメ映画の需要増加に支えられ順調に発展中。インターネットも追い風になっている。今年中にテーマパーク (タンタンロケット) を開設し、60~80 万人の来場者を期待。(前記コミックス博物館主催の国際コミックフェスティバルだけでも毎年 15

～20万人を集客)

- 4) タンタンロケットプロジェクトで制作中の景観シュミレーション用の3次元モデル(アングレーム市街のほぼ全域を再現)は非常にリアルな出来映え(背景や建造物のモデリングに5人年)。
- 5) 教育機関にはバカロレアを取得した約400人の学生がおり、映像クリエイターや監督を育成するための大学相当の教育を実施。プロダクションもシナリオやキーフレーム作成などクリエイティブな仕事を中心に、アニメ制作の細かな手作業部分は人件費の安い韓国、マレーシアなどに外注。インターネットでデータを受け渡ししているが色の確認にはサンプル原画が不可欠(この郵送が不要になると効率 up につながる)。

7. CanalWeb 社

- 1) CanalWeb 社は、欧州で最初のインターネット専門の放送番組制作配信会社であり、昨秋開局以来、急成長しつつあり、現在の視聴者は約30万人で毎月+20%の割合で増加中。
- 2) 毎週、60種類の hyperthematic program(関連事項へのリンクやチャットが可能な双方向番組)、40時間の live webcasts(双方向性の生スタジオ番組)、3000時間の video on demand を提供。
- 3) 経済、音楽、スポーツなど特定のコンテンツを欲しがっているユーザをターゲットにテーマを限定した番組を提供する事で顧客を増やしている。安価により番組を作るためのスタジオの設営や運用技術、効率的なインターネット活用ノウハウが会社の財産であり、海外の優良コンテンツ所有会社との連携を推進中。
- 4) インターネットの特性を活用した新しいメディア産業を立ち上げつつあるという熱意と気概がプレゼンテーションの端々に強く感じられ、見学したスタジオや番組制作用設備の自動化とシンプルさが目立った。
- 5) インターネット番組での色再現性に関しては、モニタやプロジェクタによって色が違うことは認識しているが、今のところその違いを問題にするような番組は作っていない(従来のTVと同じ程度?)とのこと。

以上

10. 1. 12 SPIE

SPIE 出張報告

報告者 工藤 芳明
行き先 米国 サンノゼ
期 日 1月23日(出国)～29日(帰国)
用 件 SPIE 調査

1. 目的

色再現管理(カラーマネジメント)に関する技術動向を調査する。主に、多色表現するための技術及び表現法に関する技術調査。他、蛍光色に関する色の見え方、色処理、色変換、測色等を取り入れた色管理法の実験、研究、開発をした発表の調査。

2. 概要

1. ネットワーク関連したセキュリティーの論文、ウォーターマークの論文が増加。
2. デジタルカメラ、CCD センサーを中心とした色再現に関する報告が比重が高い。
3. ポスターセッション、展示の出展が昨年に比べやや減少。

3. 内容

- ・ カラーマネジメント関連の発表では、デジタルカメラの RGB 値をデバイスインデペンデント CIEXYZ 又は CIELAB 値に変換する発表は、以下の内容に集約される。
 1. 光源の分光分布特性と被写体の分光反射率特性、さらにカメラの分光感度特性の積で得られるために、被写体固有の色彩特性の分光反射率が得られない。マルチスペクトルによる入力手段から、物体色を求める方法。(日本、ドイツ)
 2. 物体色を推定する方法に、照明のスペクトルパワー分布と表面反射をスペクトルで表す方法。(フランス)
 3. 3D-LUT 補間、フィジカルモデル、ニューラルネット、regression 法を利用した変換精度の検証報告。(米国ソニー等)
- ・ sRGB をベースにした色処理法、カラーモニタ色とプリンター色との間の色再現の差を補正する方法。特に、特定の青色系に注目した色の合わせ方。
- ・ 印刷物のインキ浸透とその影響を定量化する試みとしては、印刷画像の色再現範囲がインキ浸透により減少することをいろいろなモデル式で表すシュミレーション実験報告。(スイス)
- ・ 印刷の墨に関する論文としては、GCR により XYZ→CMYK に変換する。コニカの洪氏の招待論文が主なものであった。

4. 感想

色処理は、入力側に関するものが多く、入力された信号に対して多色で表現する技術はあまり見られない。まず、デバイス固有の RGB をいかにデバイスインデペンデントの値に変換して、その RGB をカラーモニタやプリンタに出力するために必要な色変換、ガンマット法の研究報告となっている。一方、出力側になるとディザ、網点発生アルゴリズムによる画質や、それらの画像の圧縮法、少し趣の異なる発表では網点画像を連続階調に変換した色修正処理法となっている。

ただ、入力側の色処理が、技術的にある程度解決されなければ、多色表現を進めることは難しいので、これらの技術動向を継続して、調査する必要がある。

10. 1. 13 ECMA

ECMA 2000 ロンドン会議参加報告

千葉大学 池田宏明

2000 年 3 月 17 日

会議名： ECMA 2000, 情報及び通信システムの標準化

日 時： 2000 年 3 月 16 日, 10:00 – 14:30

場 所： Hotel NOVOTEL London Heathrow

参加者：

氏 名	所 属	備 考
Malcolm. S. Bermange	Xerox	ECMA President
Jan van Den Beld	ECMA	ECMA Secretary General
Brian Spencer	Oki Europe Limited	General Manager, Customer Support
Peter McGregor	Oki Europe Limited	General manager, Systems Engineering
Stephen Munden	Eastman Kodak	
Peter Stone	Oki Europe Limited	
Sandy Davis	Tally	
Juergen Wild	Xerox	
Paul Bengett	Ahid Hardcopy Advisory Service	Chairman Oapmag Gloop UK
Colin Casey	Kyocera Electronics	
Peter Deichmann	IBM, Deuchland	Program Manager, Technical Resolutions EMEA
Mike Home	Brother International	Asst. manager, European Technical Services
Takashi Ito	JBMA	JTC 1/SC 28 Japan
Hiroaki Ikeda	Chiba University	IEC TC 100/TA 2
Gino Lauri	ECMA	Semor, T.O.

配布文書：

- (1) ECMA 2000: Exploratory ECMA meeting on standardization of several aspects of printing, fax and copying devices; Invitation, venue, and agenda
- (2) ECMA 2000, Standardizing Information and Communication Systems: Working documents and formal documents: rules for editing, recording and exchanging
- (3) ECMA: Standard ECMA-132: Method for measuring printer throughput
- (4) Cost per page and page coverage standards for monochrome laser printers, An IDC white paper by Keith Waryas
- (5) Presentation, The need establish a Working Group to provide standards of measurement for office based print and copier based products, Oki Europe
- (6) IEC TC 100: International standardization in the field of "Audio, video and multimedia systems and equipment," by Hiroaki Ikeda
- (7) Draft DIN 33872, Determination of the yield of consumables (toner/ink, black) for copiers, printers, fax equipment and their combinations, Feb., 2000
- (8) Introduction to ISO/IEC JTC 1/SC 28 including SC 28 N 257: Information about SC 28's home-page, FTP site and E-mail address
- (9) List of attendance

背景

カラーマネジメントを目的としたカラープリンタの入出力特性の測定法の国際標準化を IEC TC 100/TA 2 で実施している関係から、特に出席を要請され、TC 100/TA 2 の Technical Area Manager (TAM)として出席した。

1. 主要審議事項

ECMA (European Computer Manufacturers Association)の President から挨拶があり、続いて ECMA 事務総長(General Secretary)から、ECMA 活動の概要について説明があった。今回の会合の主要目的は、事務機器としての(カラーを含む)プリンタ、FAX 及び複写機の機能に関する標準化活動の促進とそのための具体的なアクションの合意である。

2. 問題提起・関連活動

- (1) Oki Europe の Brian Spencer から、資料(5)を用いて、事務室(Office)で使われるプリンタや複写機の測定法標準化の必要性があることが述べられ、ECMA/TC34 の活性化、それが不可能なら新 WG の設置が提案された。カラープリンタも対象になろう。
- (2) IEC TC 100/TA 2 の TAM である Hiroaki Ikeda から、資料(6)を用いて、IEC/TC 100 の新機構及び TC 100/TA 2 の持つプロジェクトのうち、IEC 61966-7: Multimedia systems and equipment – Colour printers の目的と国際標準化作業の現状について報告があった。
- (3) DIN の活動として、資料(7)に基づいて、現在作成中である DIN 33872 の内容について説明があった。DIN としては、標準化の活動の舞台を ECMA ではなく直接 ISO/IEC JTC1/SC28 に求めたいということ。
- (4) ECMA は ISO/IEC JTC1/SC28 とカテゴリ A リエゾン関係にあるが、JBMA を代表して Takeshi Ito から、SC28 の概要について説明があった。

3. アクションプラン

この他、口頭で様々な関連国際標準・国際標準化活動への言及があったが、議長の主導でブレインストーミングが行われ、以下の結論を得た。

- (1) 資料(3)の ECMA-132 の問題点を認識する
- (2) 資料(5)で提案された内容に基づき、プリンタのスループットに重点をおいた測定法の開発を行う
- (3) このために、2000 年 5 月 31 日から 6 月 2 日にジュネーブで WG 会合を開催する
- (4) WG エキスパートの選任および作業文書の作成をこの WG 会合に間に合わせて行う

4. あとがき

ECMA 事務局はジュネーブにあり、5 名の専任職員で運営している。報告者は ECMA の会議に出席するのは初めてであったが、国際標準化活動が活発化している中で、地域ベースの標準化活動が曲がり角にきているとの感じをうけた。現に、ドイツなどはドイツ独自で DIN を策定し、これを直接国際標準化団体に持ちこむというアプローチを明確にしている。

PICS2000 会合参加報告

ソニー(株) PNC 開発センター

加藤直哉

本年(2000)の3月の27日から、29日までIS&T(米国画像学会)主催のPICS(Image Processing, Image Quality, Image Capture Systems Conference)が米国オレゴン州ポートランドにて開催され、出席をしたのでここに報告する。本学会は、IS&T(米国画像学会)が開催している学会のなかでも主に静止画の画質評価を中心とした学会である。また、画質を向上させるような画像処理方法や、画像入力システム(特にDSC:Digital Still Camera)の発表がなされた。

初日(3/27)の午前中は、Plenary Sessionとなっており4件の招待講演があった。うち2件はDigital Photographyの将来図について、2件は映画のデジタル化についてであった。

1件目は、Kodak社のFaulkner氏が"Revolution in Photography: Past and Current"というタイトルで過去を振り返ることで未来を予想しようとしている内容であった。話の中で面白かったのは、カラー写真が出てきたときにも、やはり様々な専門家が様々な予想を立てたが、その多くは当たらなかった、だからDSCも将来どのように使われていくかはユーザー次第であるといった趣旨の部分である。ただし、家族、友人等のスナップ写真は永遠に使われて行くであろうとも言っていた。2件目の発表は、HP社Katen氏の"Digital Photography's Coming of Age"という発表であったが、こちらは純粋に現在のDSCユーザーのアンケート等から現状を分析することで、DSCの使用方法を解析した発表となっていた。これまでの銀塩写真と大きく異なる点で、今後重要となるのは、Create/Present/Transform/Storeできることである、との解析となっていた。3件目は、Texas Instrument社のNelson氏による"Digital Cinema Projection Systems"というタイトルで、TI社のDLPシステムの紹介があった。既に米国ではDLPシステムを導入した映画館が10数件あり、評判も大変良いとのことである。4件目は、Kodak社のKennel氏による"Digital Cinema - What's Really Happening in Hollywood"というタイトルで実際の映画業界におけるデジタル化の進捗についての話であった。ここでいうデジタル化は、単に編集時のデジタル化のみでなく、配給や上記に挙げた放映方法も含めたシステムとしてのフルデジタル化である。その中でも特に、配給システムがデジタル化されると現在、オリジナルのネガから、InterPositiveと呼ばれるものを作成し、次に205本のInterNegativeを作った上で、映画館に配給する数百

本の Release Print を作成している部分が省けて、経済効果が大きいとのことであった。この Digital Cinema については、ある意味において HVC が取り組むに値するテーマではないかという印象をもった。

その後は、1) Systems, 2) Image Quality, 3) Image Processing の3セッションに分かれ、発表がなされた。その中でいくつか HVC の活動に関連しそうな物をここに報告する。

3/28 の午前のトラックでは、ロチェスタ工科大学から、S. Quan, N. Ohta による "Evaluating Quality Factors of Hypothetical Spectral Sensitivities" の発表があったが、これは HVC/第4部会の ISO17321 にも関連する内容であった。現在分光感度を評価するのに、Q-factor, u-factor 等が用いられているが、それらには限界があり最終的には色差という概念を導入すべきであると言う提案であった。論文集には載っていないが、u-factor と色差の間には大変弱い相関しかなく、現在新たな評価手法を検討中であるとのことである。

3/29 の午前にはコダック社から、RIMM/ROMM RGB という色空間の提案があった。負値を用いずに広色域を表せる等のメリットがあるものの、RGB プライマリに虚色を用いていること、階調カーブの傾きが不連続であること、等いくつか課題が残されており今後の動向を見守っていく必要がある。

HVC/第3部会による発表は、3/28 午後 3:45 よりのポスタセッションにてなされた。手法や、実験結果等は大変注目を浴びていたが、標準化自体にはまだなかなかイメージが湧いていないようであった。今後も、地道に PR をしていく必要があるであろう。興味深いところでは、肌色以外の記憶色（草や空）は、検討しないのか？との質問があったようである。

海外出張報告

新映像産業推進センター

研究員 杉浦 博明

期日：2000年3月6日(出国)から2000年3月30日(帰国)まで

目的：PICS 2000 出席、カラーマネジメント専門家との国際標準化に関する打ち合わせ

行先：米国オレゴン州ポートランド マリオットホテル

1. PICS 2000 関連

PICS (image Processing Image quality image Capture System conference) は、IS&T (The Society for Imaging Science and Technology) が主催する学会である。本年度の参加者約 300 名であった。この学会の副題の中には、Silver Halide Technology も含まれているが、近年のデジタルスチルカメラの活況を繁栄してか、銀塩写真に関する発表と比べ、デジタル写真に関する発表の件数が多かった。銀塩写真に関する発表においてもデジタルフォトフィニッシングの話題が多く、デジタル化の波は避けて通れないようである。

(1) プレナリーセッション

一般講演に先立ち、プレナリーセッションが開催され、4 件の招待講演があった。プレナリーセッションにおいて特筆すべきは、IS&T's 2000 Honors and Awards において、3 名の日本人専門家が賞を授けられたことが挙げられ、この分野における日本の活躍の一端がうかがえる。

(2) 一般講演、ポスターセッション

各講演の詳細については、講演予稿集を参照していただくこととし、本報告においては、国際標準化という観点からの所感を述べることとする。

注目される動向としては、イーストマンコダック社などから、次世代 image metadata 蓄積ファイルフォーマットに関連する話題が、多数発表されたことである。主なもののタイトルは、次の通りであるが、イーストマンコダック社の場合には、特許戦略と国際標準化戦略をリンクさせている場合が多いので、日本の産業界としても十分その動向に対して注意をはらう必要がある。

- a) Quality and Architecture Issues Related to the Development of Internet-Based Image Fulfillment Servers
- b) Architectural Design of Metadata for Images

- c) Reference Input/Output Medium Metric RGB Color Encoding
- d) Survey of Present Standards for Image Metadata

2. カラーマネジメント専門家との国際標準化に関する打ち合わせ

PICS 2000 の会場にカラーマネジメントの専門家が集まった機会を利用して、個々の標準化に関して打ち合わせた。

(1) マイケルストークス氏との打ち合わせ

IEC 61966-2-2 sRGB64 のプロジェクトリーダーであるマイケルストークス氏に、同標準案(CD)に対して、日本の産業界から次のような技術的意見が上がっていることを説明した。正式には、EIAJ に新設される予定の sRGB64 等対応 PG にて CD 文書の内容を審議した後、NP 投票とともに日本からのコメントとして提出されることも伝えた。

- a) sRGB64 について、アルファチャンネルを含め 64 ビットとしている点について、日本の産業界から反対意見が多い。
- b) 画像圧縮用のノンリニアなエンコードについても併記したほうが良い。
- c) イントロダクションおよびスコープに TC100 のスコープから外れている部分がある。

(2) ジャックホルム氏との打ち合わせ

ISO 17321 のプロジェクトリーダーであるジャックホルム氏に対して、WD5 作成に向けて HVC 第 4 分科会にて審議した過程および、結果について説明した。日本から関係者に送付したシミュレーション結果などの資料については、その内容を十分に検討して、WD5 に反映させるとのことであった。ただし、彼自身の実験結果と食い違う部分もあるので、次回のローザンヌ会議においては、十分議論する必要がある。

なお、現在の WD5 作成状況は、ホルム氏自身が多忙のため進み具合が思わしくないとのことであった。

また、デジタルスチルカメラキャラクタライゼーションのためのカラーチャートの一例についての紹介があった。

以上

10. 1. 16 ISO

ISO/TC42/WG18 Scottsdale 会議

—ISO17321 他—

HVC 大川元一

ISO/TC42(Photography)/WG18(Electronic Still Picture Imaging)は 1991 年に設立されて以来、ほぼ年に 2 回のペースで開催されており、1999 年後期の会合は 11 月 15 日から米国 Arizona 州の Scottsdale で行われた。WG18 ではデジタル・イメージングに関する以下の議題が審議されている。

ISO 12231 (WD) Photography-Electronic still picture cameras -Terminology

ISO 12232 (PUB)-Determination of ISO speed

ISO 12233 (FDIS)-Resolution measurements

ISO 12234 -Removable memory

(DIS) Part1: Basic removable memory reference model

(DIS) Part2: Image data format – TIFF/EP

(NP) Part3: Design rule for camera file system (DCF)

ISO 14524 (PUB)-Method for measuring opto-electronic conversion functions (OECFs)

ISO 15739 (CD)-Image noise measurements

ISO 15740 (WD)-Picture Transfer Protocol (PTP) for Digital Still Photography Devices

ISO 16067 (WD)-Spatial resolution measurements-Part1:Scanners for reflective media

ISO 17321 (WD) Graphic Technology and Photography -Colour characterisation of

digital still cameras (DSCs) using colour targets and spectral illumination

(NP: New Proposal, WD: Working Draft, CD: Committee Draft, DIS: Draft International Standard, PUB: Published)

これらの中で現在最もホットな話題になっているのが、HVC で対応している ISO17321 である。本課題は 3 年前の London 会議の折、ISO/TC130 との合同審議とすることが提起され、その後正式に JWG20 が結成されて、その場で審議されることになった。

この議題の議長は、初期からのメンバーの一人、提案当時 Eastman Kodak のコンサルタントで、現在は Hewlett Packard 社に勤務する Jack Holm 氏である。本提案の趣旨は、デジカメの測定のための方法の提案と、ISORGB と名づけた新しい評価用色空間の提案である。この提案に対しては下記の問題があった。

- (1) 本課題に対する日本としての「きちんとした」対応体制が不備である。
- (2) 同じような目的を持つ IEC/TC42/PT61966 との関連が不明である。
- (3) 新しい色空間を定義する必要性が理解しにくい。

更に、審議を重ねるにつれて、以下のような問題点も生じてきた。

- (1) 本提案の規定する範囲が、撮影対象の色表現空間、絶対的な色空間、画像処理に関わる色表現空間のいずれに適用されるのかが不明である。
- (2) ISORGb 規定の根拠となる実験数が限られており、また、その結果の論文は査読を経て公開されたものではない。

即ち、本提案は、デジカメの開発設計者、あるいはカラーサイエンティストが真に必要に駆られて提案したものではなく、概念的に考え出した手法と言われても反論しにくい。

以上のような背景を考慮し、真に有意義かつ IEC との齟齬もない規格の必要性から、本課題は HVC が日本を代表して審議に当たることになった。

提案書の中に、本提案による測定をする場合には「処理前の生データ」が取り出せる構造のデジカメであることが必要であり、「コンシューマ向けではなく、デジカメの製造者が設計評価のために使用する」規格であると記述されている。このため前回の審議では日本からは「高級カメラに限定すべき」との意見も出されたが、「高級機と低級機という区分はその境界が不明確である」という理由から、小生は反対したという経緯がある。今回は、本課題が審議対象の新課題として取り上げるべきか否かを問う投票に日本が賛成したこと、その結果として新課題として認定されたことを踏まえ、「スコープの限定」をするにより、本提案が採用されたとしても、その影響範囲を限定しようと目論んだ。

Scottsdale 会議では、ISO/TC42/WG18 の審議が始まる前の日曜日に JWG20 を開催し、その後さらに WG18 において本課題の審議を行った。

JWG20 では、北京会議から“Touch and Go”で駆けつけた杉浦氏を待って日本からのコメントを提出した。

TC130 への英国からの代表と WG18 の米国勢を相手に回すのは、学問的な内容以外にも、語学的な障壁を克服しなければならない。この点で、今回の会議には杉浦氏の他に、本プロジェクトのト部氏、加藤氏などが参加していたため、休憩時間に日本勢だけがホテルの一室に集まり、急遽対策会議を行うなどの体制を取ることができた。

結局、日本から用意してきたコメントだけでは不備であり、新たに、

In order to make this ISO Standards be more useful and clear, it's scope and contents shall be limit to characterisation of DSCs which analyse scene and object.

So description about rendering or hardcopy shall be removed.

If this comment is not accepted in the next draft, JNC will not be agreeable.

なるコメントを日本からの提案として提出した。本コメントは、素案の段階ではかなりインパクトのある表現をしていたが、それでも、表現を和らげたものである。

日本の代表である杉浦氏は IEC/TC100/PT61966 でデジカメの測定法をまとめた経験者であり、その人が ISO の審議に参画するということに、当初 ISO 側からの警戒心が無かったとは言えないが、結果として、ISO/IEC 協力の基で統一した規定を作るという、非常に望ましい形態になったことで、ISO の各委員からも歓迎と感謝のコメントを貰うことができた。

た。議長は当初、本課題を **Scottsdale** 会議において **WD** から **CD** へと進めたい意向であったが、日本としては審議不十分として **CD** 化には反対の態度を取った。結局、日本の主張が認められた形で **CD** 化は見送られ、更に審議を進めるために **Editing Committee** を設置することとなり、日本からは本プロジェクトの担当研究員である杉浦氏に担当して貰うこととなった。

10. 1. 17 PICS2000 動向調査

出張者 (株) 日立製作所 日立研究所 情報制御第一研究部 犬塚達基
目的 PICS2000 動向調査
期間 H12 年 3 月 25 日-29 日
場所 ポートランド、オレゴン

1.概要

PICS は、画像処理の一般に関する技術発表会。スポンサであるコダックと HP、および大学からの発表が多く、内容は基礎から製品紹介まで幅広い。国内の同分野の発表会に比べて、標準化をリードする意気込みがあり動向調査の対象として欠かせないコンファランスである。具体的には、(1)システム(2)画像品質(3)画像処理の3セッションで活発な報告と議論が行われた。全体の技術動向を3点にまとめれば、

(1)デジカメなど入力機器に関する発表が10件以上と多い。

(2)標準化(色信号、JPEG2000)に関する発表が5件

(3)画像品質に関する発表が5件程度

2.主な報告

(1)入出力機器

デジカメの解像度に関する考察が、幾つかの発表で行われた。文献 1)、2)は、高画素数化に伴うピクセルサイズの微小化について、光量、ノイズなどの特性考察することで、2～3 μm が限界になることを示している。例えば APS サイズのフィルムに匹敵するには約 600 万画素が必要であるが、これを 2/3 インチサイズの CCD センサで作る場合には、画素サイズを 3 μm 程度となり十分な特性が得にくくなると考察している。

文献 3)は、デジカメの解像度を決める要素として、アンチエイリアスフィルタの影響を MTF、および Sharpness Index という二つの指標を用いて測定している。

また飛び入りのポスタセッションで、Scitex 社が 600 万画素の CMOS センサの展示。チップサイズを 35mm フィルムと同じにすることで、銀塩カメラとのメカ親和性を特長の 1 つとしている。またリーフと呼びパッケージを薄くし、5V 単一動作。他社の同等製品に比べて、CMOS 構造でリアル 6M 画素が差別項目。

(2)色信号処理

文献 4)は、再現範囲が広く、ICC の仕組みを使い、蓄積などに適した色信号として RIMM/ROMM RGB 信号を提案している。具体的には、色信号の定義式、表現できる色域の比較、sRGB との変換式などを解説している。文献 5)は、CIECAM97s の紹介と、具体的に利用する場合の注意点をまとめている。文献 6)はガンマ圧縮に関する報告。従来は画素単位で色信号の判定を行っているが視覚的には領域として捕らえるほうが良いという考え方。具体的には、隣接する領域との色差を保存するように、再現域を圧縮することで

画面全体として再現性の良いガマット圧縮結果が得られる、という。

(3)画像品質

スラントエッジを用いた入出力機器の MTF 測定方法が文献 8)、9)で紹介されている。スラントエッジ自体は従来から知られている測定方法の一つだが、文献 8)はデジカメの MTF 測定を行う場合の、ノイズ影響などを考察している。一方、文献 9)はディスプレイの MTF 測定をするため、サイン波形、スラントエッジを表示、デジカメ撮影する方法を述べている。また印刷物の MTF 測定方法についても報告があった。

文献

- 1) Richard L. Bear(HP), "CCD Requirements for Digital Photography", PICS2000, pg.26-30(2000)
- 2) Russ Palum(Kodak), "The Advantages and Disadvantages of Small Pixels", PICS2000, pg.31-35(2000)
- 3) Bruce H. Pillman,"Impact of CCD Size, Pixel Pitch, and Anti-Aliasing Filter Design on Sharpness of Digital Camera Prints", PICS2000, pg.216-220(2000)
- 4) Kevin E. Spaulding, Geoffrey J. Woolfe and Edward J. Giorgianni(Kodak), "Reference Input/Output Medium Metric RGB Color Encodings", PICS2000, pg.155-163(2000)
- 5) Nathan Moroney, "Usage Guidelines for CIECAM97s", PICS2000, pg.164-168(2000)
- 6) Henry D'Souza, Alp Bayramoglu and William Nott(Compaq),"sRGB Color Calibration of Standard Color Displays", PICS2000, pg.103-107(2000)
- 7) John McCann, "Using Color Constancy to Advantage in Color Gamut Calculations", PICS2000, pg.169-176(2000)
- 8) Peter D. Burns(Kodak), "Slanted-Edge MTF for Digital Camera and Scanner Analysis", PICS2000, pg.135-138(2000)
- 9) S. Triantaphillidou and R. E. Jacobson, "A Simple Method for the Measurement of Modulation Transfer Functions of Displays", PICS2000, pg.139-144(2000)

10.2 議事録

10.2.1 色再現管理（カラーマネージメント）標準開発委員会

—0—3—

第三回「色再現管理標準開発委員会」議事録

日時 平成11年8月24日（火） 10:00～12:00

場所 HVC大会議室

出席者：豊島課長補佐（新映像産業室）、曾根班長（工業技術院）、新谷主査（NEDO）

福田主任研究員（日本規格協会 山村部長 代理）

池田（委員長：千葉大）、三品（室蘭工大）、中嶋（東工大）、星野（日本工業大）

大川（HVC）、浜田（HVC）、ト部（HVC）、工藤（HVC）、小澤（HVC、
記）

杉浦（HVC）

配付資料

技委-A01-03-1 平成11年度「再委託業務実施計画書」

技委-A01-03-2 平成11年度「入出力機器分科会」活動計画

技委-A01-03-3 平成11年度「多色表示分科会」での課題の進め方（案）

技委-A01-02-4 平成11年度「心理的色再現分科会」活動計画

技委-A01-02-5 WD 3. 1 of ISO 17321

1. 挨拶

新映像産業室 豊島課長補佐

工業技術院 曾根班長

NEDO 新谷主査

日本規格協会 福田主任研究員（山村部長 代理）

2. 第二回 「色再現管理の標準化委員会」会議 議事録 確認

平成10年度成果報告書に記載し発行完了

3. 平成11年度カラーマネージメント標準開発の指針発表

池田委員長

4. 平成11年度「再委託業務実施計画書」趣旨説明

大川主任研究員

5. 分科会実行計画説明

(1) 入出力機器分科会

大山主査

浜田研究員

(2) 多色表示分科会

三品主査

工藤研究員

(3) 心理的色再現分科会

中嶋主査

卜部研究員

(4) 国際規格案審議分科会 (ISO17321 資料にて計画説明)

星野主査

大川主任研究員

杉浦研究員

6. 審議

(1) 再委託業務実施計画書について、要修正点(複数箇所)の指摘があり規格協会へ

修正のうえ提出する

(2) 各分科会の実施計画は当委員会にて承認された

7. 平成11年度、第一回目分科会スケジュール

(1) 出力機器分科会(通算 第4回目) 平成11年 9月17日 15時～17時

(2) 多色表示分科会(通算 第4回目) 平成11年10月21日 14時～16時

(3) 心理的色再現分科会(通算第5回目) 平成11年10月18日 10時～12時

(4) 国際規格案審議分科会 第1回目 平成11年11月 1日 14時～17時

8. 第四回「色再現管理標準開発委員会」

平成12年3月

開催日は標準開発事業の進捗にあわせ、平成11年2月に決定する(当項目は事務局

が追記)

第四回「色再現管理標準開発委員会」議事録

日時 平成12年4月4日(火) 13:00～17:00

場所 HVC大会議室

出席者: 福田主任研究員(日本規格協会 山村部長 代理)

池田(委員長:千葉大)、三品(室蘭工大)、中嶋(東工大)、星野(日本工業大)

浜田(HVC)、卜部(HVC)、工藤(HVC)、杉浦(HVC)、小澤(HVC、記)

配付資料

技委-A01-04-1 平成11年度「成果報告書(案)」

技委-A01-04-2 平成11年度「心理的色再現分科会 部分報告書(案)」

技委-A01-03-3 平成11年度「国際規格案審議分科会 資料」

技委-A01-02-4 ISO17321WD5 原稿作成に際しての要望書

1 挨拶 日本規格協会 福田主任研究員(山村部長 代理)

2 第三回 「色再現管理の標準化委員会」会議 議事録 確認

平成11年度は当議事にて事業を開始

3 平成11年度カラーマネジメント標準開発のまとめ

池田委員長

4 分科会の研究成果発表と今後の国際規格開発と提案先

(1) 入出力機器分科会

大山主査

浜田研究員

(2) 多色表示分科会

三品主査

工藤研究員

(3) 心理的色再現分科会

中嶋主査

卜部研究員

(4) 国際規格案審議分科会 (ISO17321 資料にて計画説明)

星野主査

杉浦研究員

5 方向付け

平成11年度の研究結果をふまえて、平成12年度には国際標準化作りを目標とする。

国際標準案は、分科会の枠を越え、全体でいくつか提案することを目標とする。

6 平成12年度、第五回標準開発委員会スケジュール

平成12年6月9日 午後2時～4時 於 HVC

10. 2. 2 入出力機器における色彩制御の標準化／入出力機器分科会

—————1—4—————

<第4回入出力機器分科会議事録>

1. 日時

1999年9月17日（金曜日） 15:00～17:00

2. 場所

HVC 大会議室（プラースカナダ 3F）

3. 出席者

東工大) 大山先生 (主査), NEDO) 春日主査, JSA) 福田主任研究員, HVC) 浜田研究員, エプソン) 鎌田委員, マルチグラフィックス) 西子委員, HVC) 開発) 小澤担当部長, HVC) 開発) 大川主任研究員, 富士通研) 鈴木 (記)

4. 配布資料

- ・ 第3回入出力機器分科会議事録 (分 1-A01-04-1) (小澤担当部長)
- ・ 再委託業務実施計画書 (分 1-A01-04-2) (大川主任研究員)
- ・ 平成11年度「入出力機器分科会」活動計画(案) (分 1-A01-04-3) (浜田研究員)
- ・ 色再現評価実験の見直し, 再評価結果 (分 1-A01-04-4) (浜田研究員)
- ・ 「入出力機器における色再現性」に関する技術文献および特許調査報告書 (抜粋)
(分 1-A01-04-5) (浜田研究員)
- ・ 海外出張報告 (分 1-A01-04-6) (浜田研究員)
- ・ 通信・放送機構 赤坂ナチュラルビジョン・リサーチセンター (参考資料) (大山先生)

5. 議事

(1) ご挨拶

NEDO) 春日主査, JSA) 福田主任研究員および, 分科会主査の大山先生から, 今年度最初の分科会開催にあつたてのご挨拶があつた。

(2) 前回議事録確認

小澤担当部長により, 前回議事録 (分 1-A01-04-1) の確認が行われた。問題なく了承された。

(3) 今年度事業計画

大川主任研究員から、資料(分 1-A01-04-2)により「カラーマネージメント標準開発委員会」の今年度計画が説明された。

(4) 入出力機器分科会活動計画

浜田研究員から、資料(分 1-A01-04-3)により「入出力機器分科会」の今年度計画が説明された。検討予定のマルチバンドシステムとして、大山先生が推進する「ナチュラルビジョンプロジェクト」(参考資料)を対象とすることにした。

(5) 研究活動報告

浜田研究員から、資料(分 1-A01-04-4), (分 1-A01-04-5), (分 1-A01-04-6)により今年度のこれまでの研究活動状況が報告された。なお(分 1-A01-04-5)の全文書(電子データ)を、分科会メンバに後日配布する。

(6) その他

10/14 開催予定の「赤坂ナチュラルビジョン・リサーチセンター」見学会への参加希望は、本分科会の事務局(小澤担当部長)で取りまとめる。

6. 次回開催予定

11月25日(木) 日立研究所(日立市)にて

— 以上 —

＜第5回入出力機器分科会議事録＞

1. 日時

1999 年 11 月 25 日（木） 15:20～16:45

2. 場所

日立研究所（日立市）

3. 出席者

東工大）大山先生、NEDO）春日主査、HVC）浜田研究員、日立）犬塚氏（オプザバー）、環境メディアコミュニケーター）西子委員、松下電器）北村委員、リコー）白沢（代理）、富士通）鈴木委員、HVC）太川主任研究員(前半)、小澤担当部長、オリンパス）大澤（記）

4. 配布資料

- ・ 第4回入出力機器分科会議事録（案）（分 1-A01-05-1）（小澤担当部長）
- ・ 機器特性の経時変化を補正するための ICC プロファイル拡張方式の検討（分 1-A01-05-2）（浜田研究員）
- ・ 大山教授講演会の質問に関する回答資料（分 1-A01-05-3）（大山先生）
- ・ 国際標準機関海外調査：COMDEX 出張報告（分 1-A01-05-4）（犬塚氏）

5. 議事

（1）小澤担当部長からの連絡事項

HVC 竹内さん退職のため、連絡は小澤さんもしくはアルバイトのアライさんが担当される。

来年3月のまとめに向けての準備、予算について説明された。

（2）大山教授講演会の質問に関する回答

大山教授講演会内容について太川主任研究員から出された質問に対して大山先生が説明された。（分 1-A01-05-3）

（3）研究活動報告

浜田研究員から資料（分 1-A01-05-2）によりプリンタの特性の経時変化を補正するための ICC プロファイル拡張方式について報告された。温度、湿度等によるプリンタの色変動についての議論が行われた。入力機器に関してはマルチバンドの情報をどのように利用するか次回会議にて議論する。たたき第台としてオリンパスがMEDISのプロジェクトにおいて用いた画像フォーマットを提出する予定となった。

(4) 報告事項

- a) 色再現関連特許・技術文献の電子データ (MO) の配布
- b) COMDEX/Fall'99, CIC'99 出張報告

6. 次回開催予定

1月24日(月) 15:00～ HVC (プラスカナダ3F) にて

7. 日立研究所の紹介及び関連施設及び研究状況見学 (12:50～14:55)

日立研究所のご好意により研究所の概況説明及び色再現評価実験設備、非接触文書スキャナ、カラーレーザープリンタ、液晶ディスプレイの見学をさせていただいた。

8. 東工大大山教授講演会 (14:20～15:20)

東工大で開発した遠隔医療用の高忠実色再現システムと、教授がリーダーで推進中のナチュラルビジョンプロジェクトの内容について下記のタイトルで講演された。

- 1) ナチュラルビジョンの原理と遠隔医療
- 2) マルチバンドカラーを用いたスーパーリアル色再現システム

第6回入出力機器分科会議議事録

1. 日時

2000年1月24日（月）15:30-17:30

2. 場所

HVC 大会議室（プラースカナダ 3F）

3. 出席者

（東工大）大山教授、（HVC）浜田研究員、（HVC）小澤担当部長、（富士通）鈴木委員、（TAO）大澤委員、（エプソン）楯田委員、（リコー）大根田委員、（三菱）久野（記）

4. 配付資料

- ・第5回入出力機器分科会議事録（案）（分 1-A01-06-1）
- ・ICC プロファイル拡張方式の検討（分 1-A01-06-2）
- ・平成 11 年度 NEDO 受託成果報告書（分 1-A01-06-3）
- ・遠隔医療を目的とした色再現システムに関する資料（分 1-A01-06-4）

5. 議事

（1）ICC プロファイル拡張方式進捗状況

浜田研究員から資料（分 1-A01-06-2）記載のシミュレーションプログラムおよび温度変化・湿度変化による発色変化の結果について報告された。以後、成果報告書として纏めていく予定。

（2）大澤委員から、マルチバンドカラーによる色再現方式の一例としてオリンパス開発の MEDIS について紹介された（分 1-A01-06-4）。また、マルチバンドカラーの技術内容が分かり易いように報告書を作成するよう要望があった。

（3）H11 年度報告書（分 1-A01-06-3）については 00/3/E 締め切り予定ではあるが詳細 SCDL は未定

6. 次回開催予定

3月10日 AM10:00- HVC（プラースカナダ 3F）にて

以上

＜第7回入出力機器分科会議事録＞

1. 日時

2000年3月10日（金）10:00～12:00

2. 場所

HVC 大会議室（プラスカナダ3F）

3. 出席者

東工大）大山先生（主査）、JSA）福田主任研究員、日立）浜田研究員、エプソン）畝田委員、マルチグラフィクス）西子委員、松下電器産業）北村委員、富士通研）北見委員（鈴木委員代理）、オリンパス）大澤委員、三菱電機）久野委員、HVC）小澤担当部長、リコー）大根田（記）

4. 配布資料

- ・平成11年度活動報告書全体案（分1-A01-07-2）
- ・平成11年度報告書案6. 3章（分1-A01-07-3）
- ・新映像産業支援型国際標準（継続）「色再現管理（カラーマネージメント）の標準化」要約表（分1-A01-07-4）

5. 議事

1) ご挨拶

JSA)福田主任研究員から本年度最後の分科会開催にあたってのご挨拶があった。

2) 前回議事録確認

前回議事録の準備が間に合わなかったため、後日平成11年度報告書案にて確認することになった。

3) 活動報告書案検討

浜田研究員、大澤委員から、資料（分1-A01-07-2）、（分1-A01-07-3）により本年度の活動報告書案が説明され、検討を行った。実験結果の表現方法、ICCの位置付けなどに関して、各委員からコメントがあった。暫定版としては本日配布の資料のとおりとするが、3月末の最終版までに内容の修正をすることになった。

4) 出張報告

浜田研究員から、資料（分1-A01-07-2、P39-41）により、海外出張報告(Imagina'2000, Pole Image Proj., CanalWeb 社)がされた。

5) その他

HVC)小澤担当部長？から、資料（分1-A01-07-4）により来年度の取り組みに関して説明がされた。

6. 次回予定 未定。

以上

10. 2. 3 マルチペタラムカラー画像の記述形式の標準化／多色表示分科会

—2-4—

第4回多色表示分科会議事録

開催日時：平成11年10月21日14:00～16:00

場所：HVC会議室

出席者：主査：三品（室蘭工大）

（敬称略） オブザーバ：春日（NEDO）、福田（JSA）

委員：犬塚（日立）、金重（IDM・記録） 研究員：工藤、大川

事務局：小澤

配付資料、

分2-A01-04-1 第3回多色表示分科会議事録、

分2-A01-04-2 再委託業務実施計画書

分2-A01-04-3 本年度の多色表示分科会での課題の進め方（案）

議事内容

1. 前回議事録の確認。

（配布資料分2-A01041）

特に異議なく承認された。

2. 平成11年度「色再現管理（カラーマネジメント）の標準化」事業の全体概要説明。

（大川研究員、配布資料分2-A01-04-2）

①目的及び目標に関して大きな変更はない

②実施計画の細目については、昨年より具体的になった。sRGB および ISO17321 の受け皿として第4分科会を作る。

③平成11年度の計画としては入力側も考慮したプロファイルの改良も行う。

3. 分科会委員会の変更紹介。

（小澤事務局員、配布資料分2-A01-04-2）

①第4分科会新設に伴い、日本工犬の星野教授に主査を、三菱電機の杉浦氏に研究員を委託した。

②杉浦氏の研究員就任に伴い、三菱電機の久野徹也氏が第1、第2分科会委員に就任した。

③今後、大川事務局員が研究員となる。

4. 第2分科会における本年度の課題の進め方の説明。

(工藤研究員、配布資料分2-A01-04-3)

5. 本年度の課題の進め方についての議論

①昨年度の事業に基づいて測定に関する問題が検討され、

(1) 測定法の規定

(2) 波長銘度の規定

(3) 波長相互の誤差

以上に関する「標準」提案をする必要があるとの認識が示された。

②本年度のテーマとして、「印刷物の色域の拡大」を大きなテーマとして、サブテーマに「蛍光印刷物の蛍光インキの測定法の標準化」が決められた。

6. その他工藤研究員から提示されたデータにおいて、測定器の不備と思われる誤差が見られる。

この点に関して、工藤研究員が測定機器メーカーに問い合わせを行うこととした。

7. 次回平成11年12月16日10:00~12:00HVC会議室

以上

第5回多色表示分科会

開催日時：平成11年12月16日 10:00～13:00

場所：HVC 会議室

出席者：JSA 福田オブザーバ

三品主査、工藤研究員

ソニー 加藤委員（記）

事務局 大川研究員、小澤

1) 三品主査挨拶

2年目なので、そろそろ規格標準化を具体的に検討したい。

来年度はTC42/TC130を中心に新提案がききめるかどうか調査を開始する。

2) 前回議事録の確認（分2-A01-05-1）HVC 小澤

制度－精度に変更

その他は承認された。

3) 工藤研究員より、研究進捗報告

測定器の精度、測定誤差の確認をしている。

蛍光色の標準カラーパッチ作成を検討したい。

使用上耐久性（光等）が重要であるが、今後更なる調査が必要である。

インクが重なった場合の蛍光の影響がどうなるか予測するのが難しい。

300～780nmを測定できる測定器を準備する必要がある。

現在2分光器を使用しているが、2次光を取り除く工夫をした。

光源の分光分布の正確な値が測定できないので、予測値がずれてしまっている。

計算誤差のうち、照明光源の誤差が、支配的な要因である。

蛍光材だけ分離して測定することができないか？直接メーカーに問い合わせしてみる。

カラーパッチを作成する際には使われ方、作成条件を十分に検討する必要がある。

機器の設計の際、基礎データとなるカラーパッチを供給するのは意義がある。

世の中にある色材のデータを調査してみる必要がある。

照明光源用に、測定器を借りること等を検討してはどうか。

2分光測定器の方の測定はある程度出来ている。

蛍光材の見えるの評価をする際の光源の分光データが必要であり、その測定手順が必要。

原色（6－10色程度）&増白材入りの用紙のパッチの作成を目指すことにしたらどうか。

4）本年度報告書案について

工藤研究員の提案が大筋で承認された。

来年度のパッチ作成を誰が担当するか検討する必要あり（大日本印刷が担当？）

前書きとして“標準化へのアプローチ”の説明が必要。

5）次回会合日程について

2月24日（木）午前を予定。

第6回「多色表示分科会」議事録（案）

1. 開催日時 平成12年2月24日

2. 場所 HVC 会議室

3. 出席者

三品（室蘭大）、福田（JSA）

田島（日本電気）、高橋（三菱）、犬塚（日立）記

工藤（HVC）、大川（HVC）、小澤（HVC）

4. 配布資料

- ・分 2-A01-06-1 多色表示分科会資料
- ・分 2-A01-06-2 測定データ式
- ・分 2-A01-06-3 HVC 多色表示分科会議事録(1999/12/16)

5. 議事

（1）挨拶、及び連絡

福田氏から、

今回が分科会としては最後。フォーマットに基づいて
プロポーザルを記述して、不足分を判断したい。

小澤氏から、

事務局がまとめているものは次の三つ

- ・プロポーザルのフォーマット（2/29）
- ・事業の進捗と H12 の予定についてのヒアリング（3/6）
- ・成果報告書（40 ページ/分科会）

三品先生から、

前回までに、測定手段、蛍光色の色素、を検討してきたが、
今回は、標準化のターゲットを検討したい。
また今年の秋を目途に適当な場所を選んで技術報告したい。

（2）研究報告

工藤研究員から、資料に基づいて

- ・蛍光インキ、プロセスインキの Lab 測定結果

- ・ 蛍光インキ、プロセスインキの偏向特性
- ・ 分光反射率の予測値と実測値

について報告があった。

また、測定器（蛍光分光光度計、蛍光ランプ）の特性など
蛍光色の測定方法に関する課題が報告された。

（３） 審議

蛍光色を含む色票を出すことには意義がある。

しかし、標準化の対象を「色票」自体とした場合、同一性の根拠を示すデータの添付が必要となるが実験結果が示す通り再現性のある測定は難しい。

「色票作成プロセス」を標準化の対象として、実例として色表を添付する方が実用的である。

（４） 結論

以下の内容で標準化を進める。

- ・ タイトルは「蛍光プロセスインキの標準色票」とする。
- ・ 本文には、基本色票の種類、色票媒体（光沢・非光沢）
転写条件などを記述する。
- ・ annex で、実例を添付する。

来年度は、試版の作成、評価を進める。

6. 今後の日程

本分科会は終了。

以上

10. 2. 4 心理的色再現の標準化／心理的色再現分科会

3-5

第五回心理的色再現分科会 議事録

会議名称：色再現管理（カラーマネジメント）の標準化
心理的色再現分科会

開催日時：1999.10.18(月) 10:00～12:00

開催場所：HVC大会議室

出席者：中嶋（東工大）、ト部（HVC）、田中（松下技研(株)）、
野村（大日本スクリーン製造(株)）、諸原（凸版印刷(株)）、
高橋（三菱電機(株)）、小澤（HVC）、大川（HVC）、
和田（オリシバ光学工業(株)：記録）、大澤（通信・放送機構）
福田（財）日本規格協会）

配布資料

分3-A01-05-1 第四回心理的色再現分科会 議事録
分3-A01-05-2 再委託業務実施計画書
分3-A01-05-3 カラーマネジメント標準化条件の開発に関わる
色再現評価実験方法の検討
分3-A01-05-4 H11年度「心理的色再現分科会」活動計画について
分3-A01-05-5 平成11年度「心理的色再現分科会」活動計画

議事内容

- (1) 挨拶 福田主任研究員、中嶋教授
- (2) 第四回心理的色再現分科会の議事録確認 記録者を明記する
- (3) 平成11年度カラーマネジメント事業全体計画

大川研究員による資料分3-A01-05-2の説明

- ・本年度は国際標準企画案審議分科会を新設し、4分科会体制で行う。
- ・資料作成時には未記入であるが国際標準企画案審議分科会には杉浦氏（三菱電機(株)）に6月から参加してもらっている。
- ・9頁(5)の知的所有権については、分科会もしくは委員会として所有することを希望するものである。HVCとしては持たない。

(4) 分科会委員変更紹介(資料分3-A01-05-2の9頁)

- ・西子氏(株)マルチグラフィクスからさらに所属が変更になる
- ・諸原氏(凸版印刷(株)) 飯野氏から交代
- ・大澤氏(通信・放送機構) 所属がオリンパス光学工業(株)から変更
- ・田中氏(松下技研) 吉田氏から交代

(5) 平成11年度活動計画(案)について(資料分3-A01-05-3~5)

ト部研究員により資料分3-A01-05-3~5の説明

討議内容

(中嶋) 分3-A01-05-5の2本年度の目標において、国際標準としてはBCとAの2本立てということか。

(ト部) Cはnormativeにはできない。Bもinformativeにとどまる可能性がある。現状ではBまでnormativeとしたいが、だめならばAまでとする。提案書はAB含めて書くつもりである。

(中嶋) 心理実験を標準化するのは難しいのではないか

(ト部) 肌色に絞り込んだのでできる

(中嶋) 適用範囲を肌色に限定するとして、肌色に関してはBの実験をつきつめて行いAnnexを充実させて標準画像を送り出すということか

(ト部) Bの結果次第で標準画像を見直すこともある

(野村) 印刷では肌色をある範囲内に収めるが、顧客からさらに注文がつくことがある

(大川) どういうポイントでこの標準を使うのか

(ト部) 印刷の色材を使ってどこを中心にするかとか、モニタではどうかとかセンターの条件を決められるが、デバイス依存なので一つに決まらない。非依存の部分を切り出して標準化すべきである。「B」はデバイス非依存な部分としている。

(小澤) 印刷所に色見本を持ち込まない場合に使うのか

(中嶋) 25枚並べて使うのか

(ト部) パラメータを振る範囲は出せる。

(大川) リミットの内側の複数枚を標準化するのはどうか

(ト部) 難しいのでスコープを絞らないといけない

(野村) 肌色という言葉が問題視される場合もあるので、肌色が一部であるというのなら良いが、肌色だけというのはどうか

(ト部) 因子が少ないので白の標準化をやるのがいいと思う。白色度の式の改訂とか。評価実験のバックグラウンドになると思っている。

(小澤) 周波数特性とマルチバンドとつながると、次のステップが見えてくるので

はないか

(ト部) 平均値よりやや明るい肌色を好ましいとする話もあるが個人差も加味される。眼の特性だけでは決まらない。

(中嶋) 標準画像はどういう形の配布がよいのか

(ト部) 写真と印刷で色材が違うのでデバイス依存か非依存かを決めないといけない。最後はデバイスに依存しないと使えない。

(野村) プリンタと写真で同じ結果が出るのか。印刷では、安定して出力されないもので、出てきたものから選別しなければならない。

(ト部) 実験を行うならば来年になるだろうが、サンプルを作るのが難しいのでは。

(福田) 分3-A01-05-2の3頁bに「より広く国際的な～」の記載があるが、これについてはどうか。

(ト部) 本年度は行えない。

(福田) 内容の変更に該当するかもしれないので確認する。

(大川) 本年度目標としては、Aはnormative必須、Bはnormativeを目指す、Cはinformativeということで取組む。

課題

- ・評価実験に関する文献を各自まとめる

第6回心理的色再現分科会 議事録

会議名称：色再現管理(カラーマネジメント)の標準化
心理的色再現分科会

開催日時：1999年12月10日(金) 15:00～17:00

開催場所：東京工芸大学(厚木キャンパス)

出席者：NEDO 新谷 オブザーバ、規格協会 福田 オブザーバ
東工大 中嶋主査、HVC ト部研究員、大日本スクリーン 野村委員、
SOLVE 西子委員、松下技研 田中委員、凸版半印刷 諸原委員、
オリンパス光学 大澤委員
事務局 大川研究員、小澤
文責：野村

配布資料：分 3-A06-01 前回会議議事録(案)：後日配布

分 3-A06-02 肌色主観評価実験結果

分 3-A06-03 「Standard portrait images and image quality assessment」

分 3-A06-04 標準ポートレート画像と好ましい肌色再現に関する研究

議事内容：

(1) 配布資料確認

資料「分 3-A06-03」は、3/26-29 に開催される PICS ヘエントリーした原稿で、採用が決定した。資料「分 3-A06-04」は、発表用原稿の和文(英訳前)。

前回議事録(資料「分 3-A06-01」)については、後日配布する。

(2) 実験方法と結果報告

東京工芸大学／畑田教授より、今回畑田研究室で実施されている主観評価実験の方法と結果の説明が資料「分 3-A06-02」に基づいて行われた。

実験に対するの討議

- ・ 誰(一般の人)でも、簡単に出来る評価方法ということで実験を進めている。
- ・ 今回の実験はより良い評価方法を探す為の予備実験である。
- ・ 一対比較法と全体比較法とでは、それほど大きな違いはなかった。
- ・ 全体評価のやり方は規定していない。個人の判断に任せた。
- ・ 一対比較法では、サンプルが 20 枚を超えると回数が多くなり、被験者にとって負担となる。被験者の負担を軽減した評価法としたい。

- 幾つかのブロックに分割した後、一対比較を行う等。
- ・ 好ましい、許容出来る、良くないと言うグループに分ける事も考えられる。
- ・ セレクトしたものから、一対比較を行うと言う方法もある。
- ・ 何枚ぐらいでやると評価の効率が良いのかを調べる必要がある。
- ・ 最終的に使用するサンプルは、前回サンプル(25 枚)に明るさを変えたサンプルでの実験を予定している。
- ・ 好ましいと言う概念を明確にした上で、評価実験をした方がいいのでは。人によって、好ましいと言う概念は異なる。
- ・ 顔が入ると、他の要素はかえりみられなくなる。
 - 顔を見て決めたかは、眼球運動を調べれば解る。
- ・ 肌色を、顔を見ないで判断しているケースもある。顔は化粧の影響が有るので、二の腕を見て判断。
- ・ 一対比較を改良したもの(時間の短縮)を提案したいと考えている。
- ・ 出来れば、尺度も求めたい。(場合によっては、ダミーの画像が必要。)

実験の進め方については色々な考え方があるので、ト部研究員と畑田教授に一任する。
その実験結果が出るのが、2月中旬ごろ(報告書は3月中旬ごろ?)。

→ この頃に次回(本年度最終)の分科会を開催する。

次回(予定)は、2/15(火)15:00～17:00 HVC で。

(3) 畑田研究室見学

東京工芸大学／畑田教授のご好意で、現在畑田研究室で行われている研究(研究の概要と使用されている設備)を、ご紹介頂いた。

ー以上ー

第7回心理的色再現分科会 議事録

会議名称：色再現管理（カラーマネジメント）の標準化 心理的色再現分科会

開催日時：2000年2月15日（火）15：00～17：00

開催場所：HVC大会議室

出席者：規格協会 福田オブザーバ

東工大 中嶋主査、HVC ト部研究員、ソニー 加藤委員、大日本スクリーン野村委員、

SOLVE 西子委員、三菱電機 齋藤委員 記

事務局 小澤

配布資料：分3-A01-01 前回会議議事録（案）

分3-A01-02 A Standard Portrait Images and Image Quality Assessment

議事内容：

（1）ご挨拶

①JSA 福田主任研究員

今回が本年度最後の集まりになる。3月下旬までに成果報告書にまとめる。

来年度は国際規格に提案できるようにしたい。

②主査 東工大 中嶋教授

本年は2年目にあたるが、非常に難しいテーマである。来年度には国際規格に提案したい。

（2）前回議事録確認

- ・了承された。（資料「分3-A01-01」）

（3）研究進捗状況報告、審議

①進捗状況

- ・進捗なし、メンバは、東京工芸大学 2名、富士フィルム 5名で構成、進捗は1ヶ月遅れ、実験を切り上げ、報告書着手予定。

- ・学会発表

PICS（3/26～29）ポスタセッションで発表予定（資料「分3-A01-02」）

②研究委員の変更

99年度は撮影が主体であったが、00年度はその結果を使ったデータ処理中心の研究になる。そのため00年度は研究委員を変更予定。

(4) 出張報告

- ・大川研究委員欠席のため、省略。

(5) 平成11年度報告書について

- ・本年度の成果は、従来はパッチ程度でしか行われていなかった心理的評価実験を、パラメータの数が非常に多くなる画像について行った点にある。
心理的実験の方法論（評価結果と母集団との関係、評価の効率化等）について議論/提案する予定である。
- ・ボリュームとしては昨年と同じ、内容に標準化へのアプローチを加える。
- ・スケジュールは、3/21 までにドラフト 3 部、4 月～5 月に製本版を 3 部ずつ工技院と NEDO へ納入。
- ・4/10 13:00～ 合同委員会で原稿の最終確認を行う予定。
- ・昨年度の反省点として図表がばらばらであった。編集作業を外部に委託する予定。

(3/10)

- ・報告書の、章立て、ページ数を事務局に至急連絡すること。

(6) その他

①3/6 工技院/NEDO の成果報告会および次年度計画の審議会が開催される。

00 年度の本委員会の成果として、Lab SCID の提案の可能性について議論した。

- ・現状では米国、スイスが担当することになっており、状況をみて判断する。
- ・すでに XYZ SCID が完了している。XYZ SCID は色域を sRGB に制限しているが、Lab SCID では色域について制限無（no Limit）になる。画像の確認のために色域圧縮手法を定義する必要があるなど、no Limit
画像の確認/評価が難しくなる。

②次年度予算は、計画どおりの内容であれば本年度の 7 割程度になる。

③新映像フォーラム 2000「新・デジタル マーケット創造にむけて」(3/2、3) の紹介

以上

10. 2. 5 国際規格案の審議／国際規格案審議分科会

—————4—1—————

第1回 国際規格案審議分科会 議事録

■日 時：1999年11月1日（金） 14：00～17：00

■場 所：HVC大会議室

■出席者（順不同、敬称略）：星野（日本工大、主査）、杉浦（HVC）、田島（NEC）、
洪（コニカ）、

金森（松下技研）、小澤（HVC、事務局）、岡野（シャープ）、

■議事：

（1）ご挨拶（日本工大 星野教授）

（2）委員の自己紹介

（3）本分科会の概要説明（事務局、小澤）

業務実施計画、本分科会の位置付け等について事務局より説明があった

（4）ISO17321 審議

本分科会では皆が納得できる規格にすべく指摘をし、日本のメーカーの不利益にならぬよう配慮する。

ISO17321の内容について、以下の項目を確認した。

- ・ Introduction の内容を Scope に反映させる。
- ・ どのようなカメラが対象なのか明確にする。
- ・ Raw data, unrendered data の定義を明確にさせる。
- ・ P17 6 ISO DSC metamerism index は informative にする。（他の方法もある。名称が confuse している）
- ・ 分光感度測定法 IEC61966-9 を refer する。

日本案（Scope 案）については、杉浦委員が素案を作成する。

日本案を ISO に上げるルートについて、事務局で調査する。

（7）次回のスケジュール

- ・ 第2回分科会： 12／13（月） 14：00～17：00 HVCにて開催
以上

国際規格案審議分科会 議事録

日時：1999 年 12 月 13 日 14:00-16:30

場所：HVC 大会議室

出席者：(順不動,敬称略) 星野(主査：日本工業大学) 杉浦(HVC) 次田(富士フィルム) 洪(コニカ) 岡野(シャープ) 金森(松下技研) 小澤(HVC) 大川(HVC)

●配布資料

- 分4-A01-02-1 前回議事録
- 分4-A01-02-2 海外出張報告
- 分4-A01-02-3 Comments of Japanese National Body of ISO/TC42
- 分4-A01-02-4 TC42/JWG20 with TC130 joint meeting
- 分4-A01-02-5 Revised Comments of Japanese National Body of ISO/TC42
- 分4-A01-02-6 TC42/WG18 meeting
- 分4-A01-02-7 J.Holm 氏よりの計算データ資料

●出張・進捗報告

杉浦委員より海外出張報告があった。(分4-A01-02-2 参照)

概要：

- ・当初の scope 案とコメント(分4-A01-02-3)をJWG20に提出した。
- ・11/14 JWG20 開催。当初の scope 変更では対処できず 11/15 現地で洪委員、卜部委員と対策会議を行い(分4-A01-02-5)の6追加コメントを作った。
- ・11/16 TC42/WG18 会議で議論したが細かい議論に入っても平行線であった。
- ・ISO-RGB は蓄積・表示のための色空間ではないことを提案し(分4-A01-02-6)の最後の Resolution99-02 が記載されたことは大きな前進。
- ・杉浦委員が編集委員会に入ることとなった。
- ・11/19 編集委員会会議で12月 END までに日本コメントを出すことになった。

●日本の National Body と HVC の位置付け

- ・国際会議のエキスパートは個人でよい。杉浦委員がエキスパートになることで海外は問題なし。
- ・国内的に HVC の位置付けが問題である。日本のナショナルボディは TC42 国内協議会(通産が認めて委託)、感材工が事務局。

- ・HVC は TC42 国内委員会から正式に認められた団体ではあるが加盟はしてない。HVC の当分科会が ISO-17321 をやることとなっただけである。

大川) EIAJ から 2 年期限で HVC が委託された形を取る案もある。早急に明確にする。

●ISO-RGB の技術的問題

- ・カメラを議論しているのに出力ハードコピーの OECF など Scope 外の話が多い。
- ・分光感度特性を理想に合わせるため 3×3 マトリクスを使う際、非線形変換している点。
- ・Holm 氏の実験結果だけでは無理がある。シーン依存の結果になりそうである。
- ・(分 4-A0 1-0 2-7) 10 ページのデータは変だ。

洪) 日本のカメラメーカーである程度データで検証するべきである。有意差がないのにわざわざ規格を作ることない。

●その他

大川) 96 年ロンドン会議で最初にこの ISO-RGB の話がでた。IEC がマルチメディアを進めている関係で技術より感情で決まった部分がある。もう一度技術論争に戻すことが必要。

洪) データがあれば技術論争になる。カメラ特性や赤外カット特性とシリコン特性を出していくなど今回のコメントでデータを出してはどうか。

杉浦) 編集委員会で、IEC61966-9 レファラーのコメントを出していく予定。

杉浦) CIC はサイエンス偏重の感もある。もっと実用的な側面の考慮も必要。Holm 氏自身の発表もあった。

大川) IEC 関係。国内 CMJP に参加しスコツィル会議の紹介をした。杉浦さんの PT61966-9 は投票が今月に終わり FDIS 投票後に IS となる。有効期限は 3 年。

小澤) M.Stokes 氏は来年 3 月 2, 3 日の新映像フォーラムで講演する予定。

杉浦) 国際会議では数の力が大きい。来年 5 月 15, 16 に計画されている次回のスイス (ローザンヌ) 会合は日本参加者が少ないと困る。予算を出して委員陣容を整えていけるようにしていただけるとありがたい。

●海外調査 (国際規格)

当分科会に関係する所が望ましい。候補は 1/22-28 EI2000 サンノゼ, 3/26-29 ポートランドオレゴンなど。

●今後のスケジュール

委員メンバーは 12 / 17 までに杉浦委員に追加コメントを出すこと。12 / 22 までに確定し、合意文書を TC42 に出す。

●報告書ならびに次回予定
報告書は 3/10 (金) に杉浦さんから原案を出す。
次回会議は 3 / 1 3 (月) 1 4 : 0 0 -

以上

第3回 国際規格審議分科会 議事録

[日時] 2000年3月13日 14:00-17:00

[場所] HVC会議室

[出席者] (順不同、敬称略): 星野 (主査: 日本工業大学)、杉浦 (HVC)、洪 (コニカ)、
金森 (松下技研)、加藤 (ソニー)、次田 (富士フイルム)、
田島 (NEC 記)、大川 (HVC)、小澤 (HVC 事務局)

[配付資料]

- ①分4-A01-03-1 前回議事録 (事務局)
- ②分4-A01-03-2 今年度報告書ドラフト (杉浦まとめ)
- ③採番なし ISO 17321 の検討と変更提案 (洪氏のOHP)
- ④採番なし Comments on ISO/TC42 WD4 of ISO 17321
(イギリスからのコメント)

[議事]

1. 星野主査のあいさつ
2. 議事録修正
 - (1) 2 ページ目中央あたりの杉浦氏のコメント、
「C I C は、サイエンスに偏り過ぎて実用的でない。」は真意と異なるので、
「C I C は、もう少し実用的な発表があってもいいのではないか。」に訂正する。
 - (2) いくつかタイプミスがあるので、もう1度原ファイルから作り直し、事務局から配付する。
3. ISO 17321 の進行状況と当委員会の対応
杉浦氏より、まず前回のスコッツデールに提出された Working Draft (WD)-4 の問題点につき、配付資料②を参照して説明。本委員会で審議し日本から要望することは、以下の4項目になりつつある。
 - 1) 分光感度測定法については、一部 IEC 61966-9 を引用する。
 - 2) ISO RGB の定義を線形なもののみにする。
 - 3) Metamerism index については、日本から新たな方法を提案する。
 - 4) スコープにおいて、ISO RGB は記録、表示のための色空間でないと明示する。1) と 4) については、既に進展が見られた。WD-5 が現在、4月上旬を目標に編集委員会で編集中であるので、日本案もこの中にはいるように作業を進めたい。

4. 日本からの提案内容

洪氏より、配付資料②の添付資料3、および、配付資料③により、日本から提案する内容につき説明があり、審議が行なわれた。ポイントは、大きくまとめて2件である。

(i) カメラのキャラクタライゼーション手法

原案では、Method A と Method B の2つの手法が規定されており、その双方での評価に ITU-R 709 にほぼ同じ特性の RGB 原色と白色点を用いるが、 $\gamma=2.2$ を含めた ISO RGB なる新しい色空間での最小化を含んでいる。洪氏の SOCS 等を利用した評価実験によれば、Method A は、実際的でないマトリクスが得られる場合がある。Method B でも、 $L^*a^*b^*$ を使わないで、ISO RGB というものを作る理由がない。

(ii) カメラ色再現評価手法

やはりスペクトル光に対する ISO RGB 空間でのユークリッド距離により評価している。しかし、この評価値は、入力対象（色票）の特性を考慮していない。洪氏の提案するカメラ演色性評価指数 (Camera Rendering Index -- CRI) がはるかに良い評価結果を示す。

審議では、上記の‘ISO RGB 空間’は、非常に新しい提案であり、線形の RGB に比較して、均等色空間に近いことは認められるけれども、学会あるいは業界で一般的に有効であると認められていないことを確認した。誤差評価の色空間としては、

- (1) 線形空間
- (2) 均等色空間での評価 ΔE_{ab}
- (3) ISO RGB 空間
- (4) 演色性評価で用いられる空間（基本的に $U^*V^*W^*$ ）

の4種を考えると、原案では、

	キャラクタライゼーション	評価手法
Method A	(3)	(3)
Method B	(3)	(3)
条件等色指数	(3)	

のように提案されているが、日本側としてはどのように提案するかに多くの議論があった。

「すべての色空間を一貫させ、均等色空間とすべきだ（加藤）」というような意見もあったが、最終的にこれまでの国際会議での経過を踏まえ、基本的には、

	キャラクタライゼーション	評価手法
Method A	(1)	(1)
Method B	(1)	(1)
条件等色指数	(4)	

のように提案することとなった。(英国からのコメントでも、RGB を非線形にする意味が尋ねられている。)「場合によっては、(1) や (4) のところは (2) になっても構わないが、(3) は避けるべきである。」との方針が確認された。

5. 特許問題

ISO の場で、ここでの特許に関する問題がどのようになっているかを確認し、判断の基準に加えることとなった。

6. アクション・アイテム

5/7-9 のローザンヌ会議に向けて、日本からの提案を行なうため、

- ・ 3/20 までに配付資料②の添付資料 3 を英訳する。……杉浦
- ・ 同じく 3/20 までに本日の OHP (配付資料③) を英訳する。……洪
- ・ 3/25 までに ISO の編集委員会メンバと本委員会メンバに配付する……杉浦

7. その他

ISO/TC42 のエキスパートを勤めている大川氏が、この 2 月に HVC を退職したが、4 月以降も新しい所属でこのエキスパートは続ける。また、HVC からのエキスパートとして、杉浦氏が登録される。

8. 星野主査のあいさつ

以上

10.3 講演会

10.3.1 米国マイケルストークス氏（マイクロソフト社）講演会

開催日：2000年3月10日

場所：HVC 大会議室

An Overview of Microsoft's Color Management and File Format Strategy

Michael Stokes

This presentation is divided into six sections:

1. Overview of ICM2.0 and Philosophical Background

Microsoft's vision for color management on Windows operating systems is to provide "the right solutions for the right markets." Industries must be able to seamlessly and easily communicate color information digitally in a way that is appropriate for each market. To this end, Windows 98, Windows 2000, and Windows Millennium Edition support the sRGB standard for consumers and ICM 2.0 for high-end graphics professionals.

2. The sRGB64 Color Standard

However, feedback from customers has shown that there is a third market-- professional consumers, or "prosumers"-- who want the high-end features of ICM 2.0 but prefer the simplicity of sRGB color. This section describes the proposed sRGB64 standard, which offers the prosumer market an extended color gamut, tonal range and bit precision while maintaining the ease of use and simplicity of sRGB, making color management in Windows operating systems a complete, scalable solution.

3. New WHQL Tests for Color Devices

As color-capable devices become more affordable, more consumers will be viewing and printing color images. Unlike color professionals who have the technical background to understand and cope with variations in color between devices, consumers are more likely to generate support calls when the images they print don't match the colors on the screen, or return a garment purchased over the Internet because it's a different shade than the picture in the online catalog. This section describes a new WHQL test kit that helps OEMs meet new Windows Hardware Logo Program requirements for providing a

consistent color experience to users. The kit provides reference files, tools and instructions for quantitatively measuring the ability of color-capable printers and monitors to render color within certain tolerances of the CIE 1994 DeltaE* standard.

4. Future Windows Support for Native Graphic File Formats

Future Microsoft products will support a number of native still image file formats, including BMP, Exif, JPEG, TIFF, PNG and GIF by using a core set of services. These core services for managing these file formats will support key Microsoft platforms, including Windows, Office and Visual Studio.

Because supporting any file format involves significant amounts of legal, development, and testing resources, Microsoft is striving to optimize the number of supported file formats to best meet end-user needs. This section suggests features that would foster widespread adoption of revised and new graphics file formats, such as royalty-free implementation, Internet-friendly compression, well-defined metadata, Alpha channel support, and standard color spaces. It will also review what native support is provided for Exif.

5. Exposing MetaData in Graphics Files Windows

Content management is a growing opportunity as digital imaging takes off. A key supporting technology for content management is metadata--non-picture information that is bundled with picture information in a file. Metadata can include information such as the date and time the picture was taken, whether a flash was used, which camera model was used, and even audio annotations.

Microsoft is encouraging developers of file formats to specify and support a baseline set of required metadata in order to help promote widespread use of specific metadata by the industry and consumers. This section discusses how Microsoft is supporting metadata and where we would like metadata support to grow in the future.

6. Current Concerns and Future Directions of Color Management and File Format Standards

The author has been instrumental in creating some of the most broadly adopted color standards today, including the ICC profile specification and sRGB and more recently with the initial proposal for sRGB64. He has also been active helping establish a number of color standards bodies including the ICC, CIE Division 8 and he has helped drive IEC TC100 TA2 as well as being active in a much wider range of standards bodies and consortia. It is clear from this experience that the field of color standards is both far

reaching and not very effectively collaborating to address real industry concerns. This section will review the author's difficulties involved in developing ICC, sRGB and sRGB64 as well as more positive experiences working directly with Japanese companies and organizations.

1. 質疑応答

Q: ICM(ICC)と sRGB64 の関係は? A: どちらも使えるようにしたい。

Q: 例えば現在開かれている IPPF では、カメラ、ディスプレイ、プリント間で色を合わせるデモをしているが、合っていない。結局何をすれば良いのか? A: 産業界の協力が必要だ。sRGB(64)は、デフォルト色空間で、ローエンド向け、ICC はハイエンド向けの違いがあり、使い分ける。

Q: ICM は sRGB64 を含めるようにしないのか? A: ICC は明度方向に限界があり、例えば、0~100%の範囲でしか明るさのレンジがない。このため、sRGB64の方が広い。ただし、ICCの方が柔軟性がある。

Q: ICM v1.0 の時に、CMM を作ったが、ICM v2.0 になり動作しなくなった。また、オリジナルの ICM v2.0 は Windows 2000 では動かないと聞いている。このようにバックコンパチビリティを取らないのは、不親切ではないか? A: 対応が悪かったことは認める。自分が Microsoft に入社して 6 ヶ月しか経っていないが、クレームの E メールは 2 件だけだった。自分自身はカラー関係の問題点を解決する立場にあり、対応を取るように務めている。もし何かあれば、自分でも自分の上司、さらにその上司、またはウェブサイトなど、どこでも良いから連絡が欲しい。そのとき、顧客がどのような問題を抱えていて、それを解決することで売上が伸びるということだと、より説得力がある。ドキュメントが悪いのは確かなので、直す方向でいる。その他は約束できないが、できるだけことはする。また、来年春発売の新製品に対応させるためには、この 2 ヶ月以内に連絡が欲しい。

Q: カメラやスキャナの場合、メーカーが色作りすることが多いが、その場合、どのようなカラー品質のテストをするか、考えを知りたい。A: 基本的に、それぞれのメーカーに負荷にならない場合を考えている。現在解決しようとしている問題はかなり劣悪な場合を想定していて、例えばガンマが 1 のまま出力するカメラやスキャナを対象に考えている。このような問題に対しては、これらのメーカーと共同で進めたい。

Q: そのためのプロセスとして、マイクロソフトが主導権を握った決め方になるのは望ましくない。A: 提案があればほしい。基本的には、提案を受けて良い部分を取って進めたい。

- Q : sRGB64 はディスプレイベースの規格と考えるが、LCD は CRT に合わせるように進めなくてはならないのか? A: LCD はリニアに近いので、sRGB64 に近いと考えている。
- Q : Windows のカラーマネージメントは EDID 規格と連動していないのではないかと? A: 提案はしているが、強制はしていないためだ。

2. その他のコメント

- ・ ICC 規格は今夏に大きく変更(major version up)され、2 年程度は混乱するのではないかと考えている。
- ・ マイクロソフトとしてはこれからもさまざまな CMS を取り入れていき、ユーザーは良いものを選択できるようにする。
- ・ 現在の ICM カラーマネージメントでは、capture、display、embedded の 3 点が弱点と考えている。マイクロソフトは来年新しい技術が 2 つ投入され、解決されよう。ICM は改良され、embedded profile は自動的にサポートされるようになる。
- ・ 以下の 4 点について対処したい。
- Post quality test intentions and schedules on color web site,
- Announce requests for input from vendors,
- Investigate third party CMM support v2.0,
- Provide quantitative estimate of ICC market.

10. 4 研究開発実施項目関連

10. 4. 1 入出力機器における色彩制御の標準化／入出力機器分科会

ICC プロファイルデータ操作支援プログラム

ICC プロファイルデータの取り扱いを容易とするため、

- (1) ICC プロファイルデータ読出し&加工支援プログラム
- (2) ICC プロファイルデータテーブル修正支援プログラム
- (3) ICC プロファイルデータテーブル表示支援プログラム

などのプログラムを開発、利用しているので、その概要と使い方を紹介する。これらのプログラムはフリーソフトとして公開予定である。(www.hvc.or.jp)

(1) ICC プロファイルデータ読出し&加工支援プログラム

1) 概要

本プログラムは、ICC プロファイルからそのデータを読み出し、修正加工後、再格納をするためのものである。即ち、ICC プログラム内の指定したタグデータを抽出し、CSV ファイル（注）として出力する。ユーザは、CSV ファイルに必要な変換・修正をかけた後、本プログラムを利用して変換・修正後の CSV ファイルを再び ICC プロファイル内に格納し、ユーザ独自の ICC プロファイルを作成することができる。

参考資料

NEC R&D Group, ICPLIB1.0 (www.labs.nec.co.jp/freesoft/icplib)

注：CSV ファイル

本プログラムから出力する CSV ファイルフォーマットは次のようになっている。まず、プロファイルデータの入力段、出力段の 1 次元テーブルに関しては各テーブルの ENTRY 数とバイト数を元に区切りを入れている。また中央段の 3 次元テーブルに関してはグリッド数とバイト数を元に XYZ 単位で区切りを入れている。CSV ファイル内 4 行目に記入されている data type に関しては“mft1”“mft2”の 2 種類があり、それぞれ“mft1”は 8 ビット精度、“mft2”は 16 ビット精度を意味する。

2) 操作内容

(a) メイン画面の操作

初期のメイン画面、および操作ボタンの説明を図 10.4.1.1 に示す。

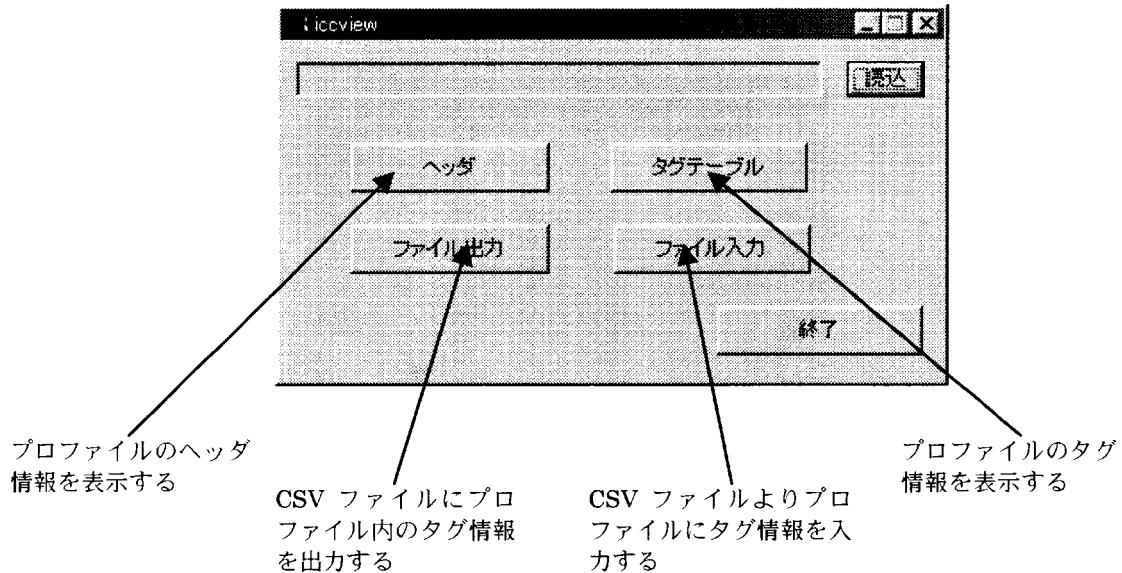


図 10.4.1.1 メイン画面①

(b) プロファイルヘッダ情報の表示

メイン画面①より [ヘッダ] ボタンを押すとプロファイルヘッダ画面②を表示する

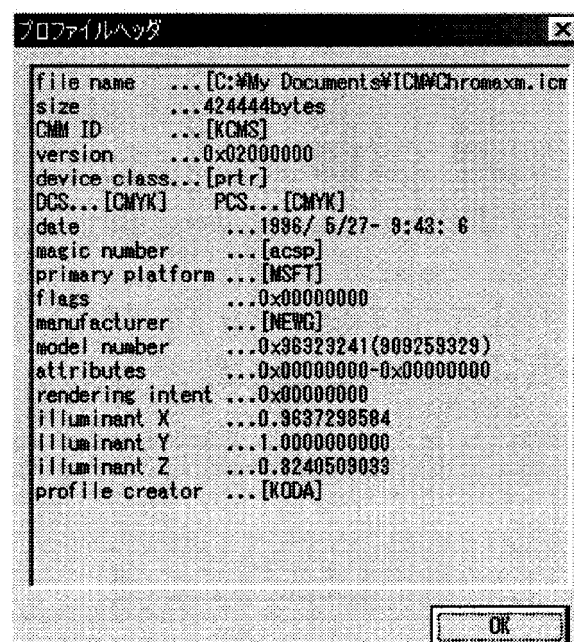
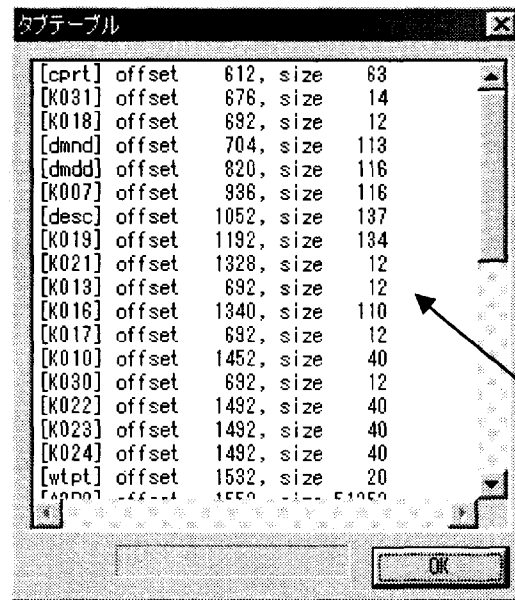


図 10.4.1.2 プロファイルヘッダ画面②

(c) プロファイルタグデータの表示

メイン画面①より [タグテーブル] ボタンを押してタグテーブル画面③を表示させた後、タグテーブル画面③内のタグデータを表示させたいタグをダブルクリックすることでタグデータ画面④を表示する。



表示したいタグをダブルクリック

図 10.4.1.3 タグテーブル表示画面③

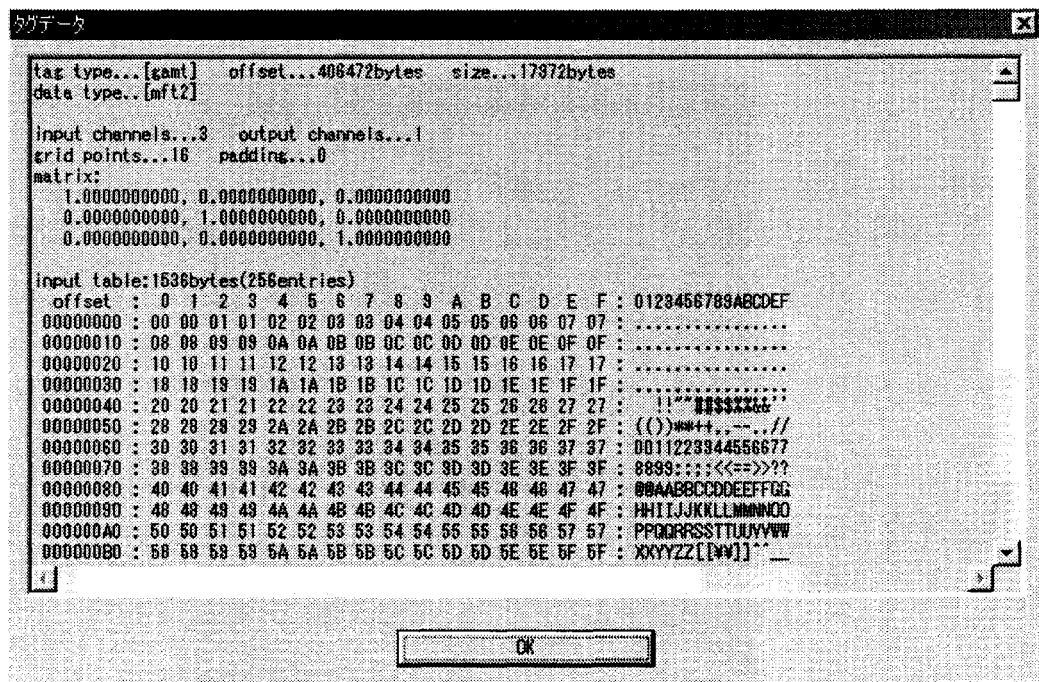
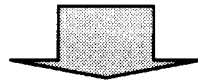
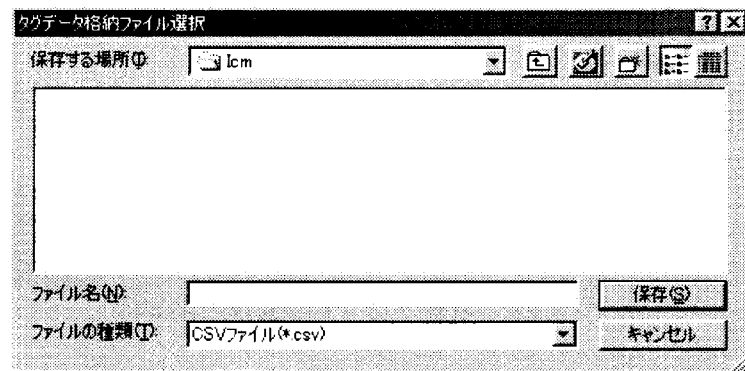


図 10.4.1.4 タグデータ表示画面④

(d) タグデータの修正・変更

i) タグデータの CSV ファイル出力

メイン画面より「ファイル出力」ボタンを押しタグテーブル画面③を表示させた後、タグテーブル画面③でファイル出力したいタグをダブルクリックすることでタグデータ格納ファイル選択画面⑤を表示する。ここで、保存先を選択し、「保存」ボタンを押すことにより指定したタグデータがファイルに保存される。出力ファイルの内容は、適当なアプリケーションソフト（エクセルなど）を利用して、編集することが出来る。



出力ファイル

Microsoft Excel - test.csv

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	HITACHI.co							
2		tag type	[garnt]	offset	406472 bytes	size		179
3								
4		data type	mft2					
5								
6								
7		grid points	16 padding	0				
8								
9								
10								
11		input table	1536 bytes					
12		offset	0	1	2	3	4	
13			0	257	514	771	1028	12
14			4112	4369	4626	4883	5140	53
15			8224	8481	8738	8995	9252	95
16			12336	12593	12850	13107	13364	136
17			16448	16705	16962	17219	17476	177
18			20560	20817	21074	21331	21588	218
19			24672	24929	25186	25443	25700	259
20			28784	29041	29298	29555	29812	300
21			32897	33154	33411	33668	33925	341
22			37009	37266	37523	37780	38037	382
23			41121	41378	41635	41892	42149	424

図 10.4.1.5 タグデータ格納ファイル選択画面⑤

ii) CSV ファイルによるプロファイルの更新

メイン画面より「ファイル入力」ボタンを押しタグテーブル画面③を表示させた後、タグテーブル画面③でファイル出力したいタグをダブルクリックすることで更新プロファイル選択画面が⑤表示する。

ここで、更新するプロファイルを選択し、「開く」ボタンを押すことで、更新情報格納ファイル選択画面⑦を表示するので更新情報が格納されている CSV ファイルを選択する。

この作業により CSV ファイルによって指定したプロファイルが更新される。

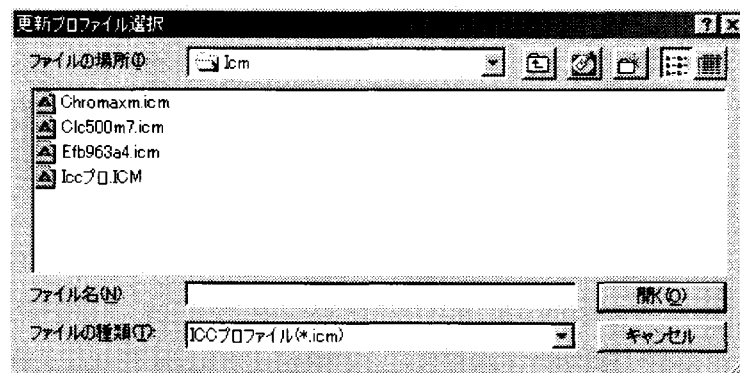


図 10.4.1.6 更新プロファイル選択画面⑥

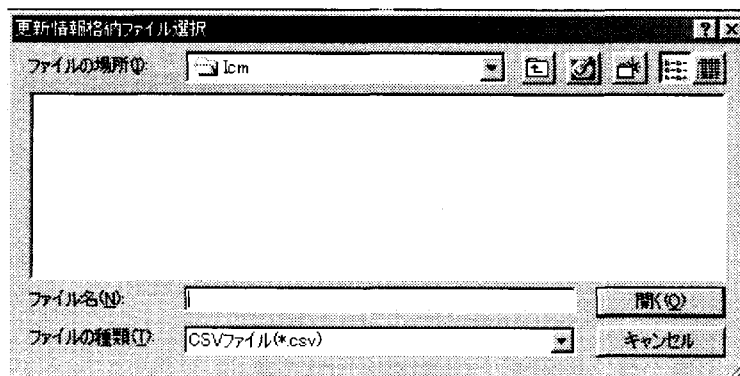


図 10.4.1.7 更新情報格納ファイル選択⑦

(3) ICC プロファイルデータテーブル表示支援プログラム

1)概要

本プログラムは、ICC プロファイルデータを、入力段と出力段の変換表は2次元的に、中央段の3次元変換表は3次元的に表示し、データ内容を確認するためのツールである。前記した ICC プロファイルデータ読出し&加工支援プログラムで作成したタグデータを含む CSV ファイルを対象として、1次元および3次元の色変換テーブルの内容を表示する。

開発環境

OS : Windows98

言語 : Visual C++6.0

OpenGL ライブラリ

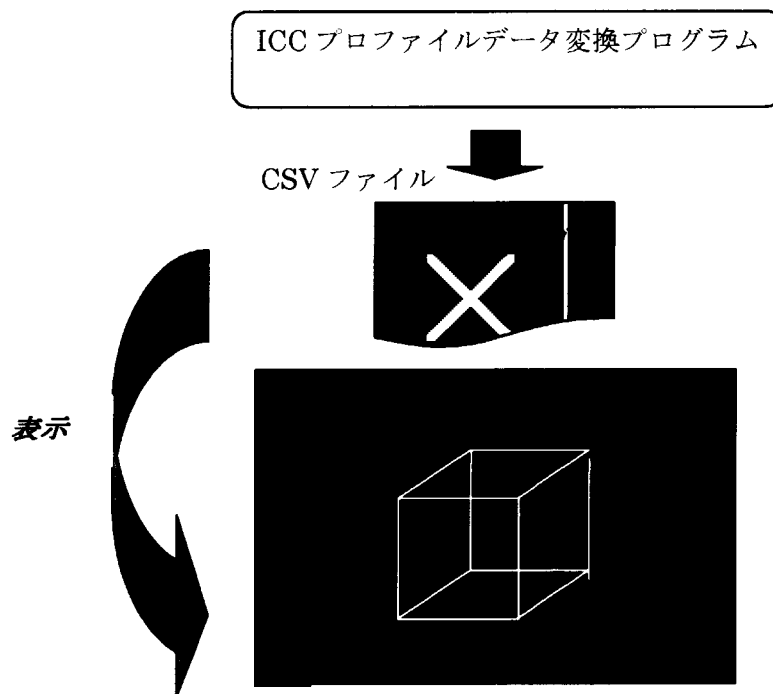


図 10.4.1.11 プログラム概要

③ 1次元色変換テーブル画面

1次元色変換テーブルは2次元座標に表示する。2次元座標上で表示される為、物体をドラックにより回転させることはできない。メニューの自動回転も使用不可となる。以下に図3にサンプル画面を示す。

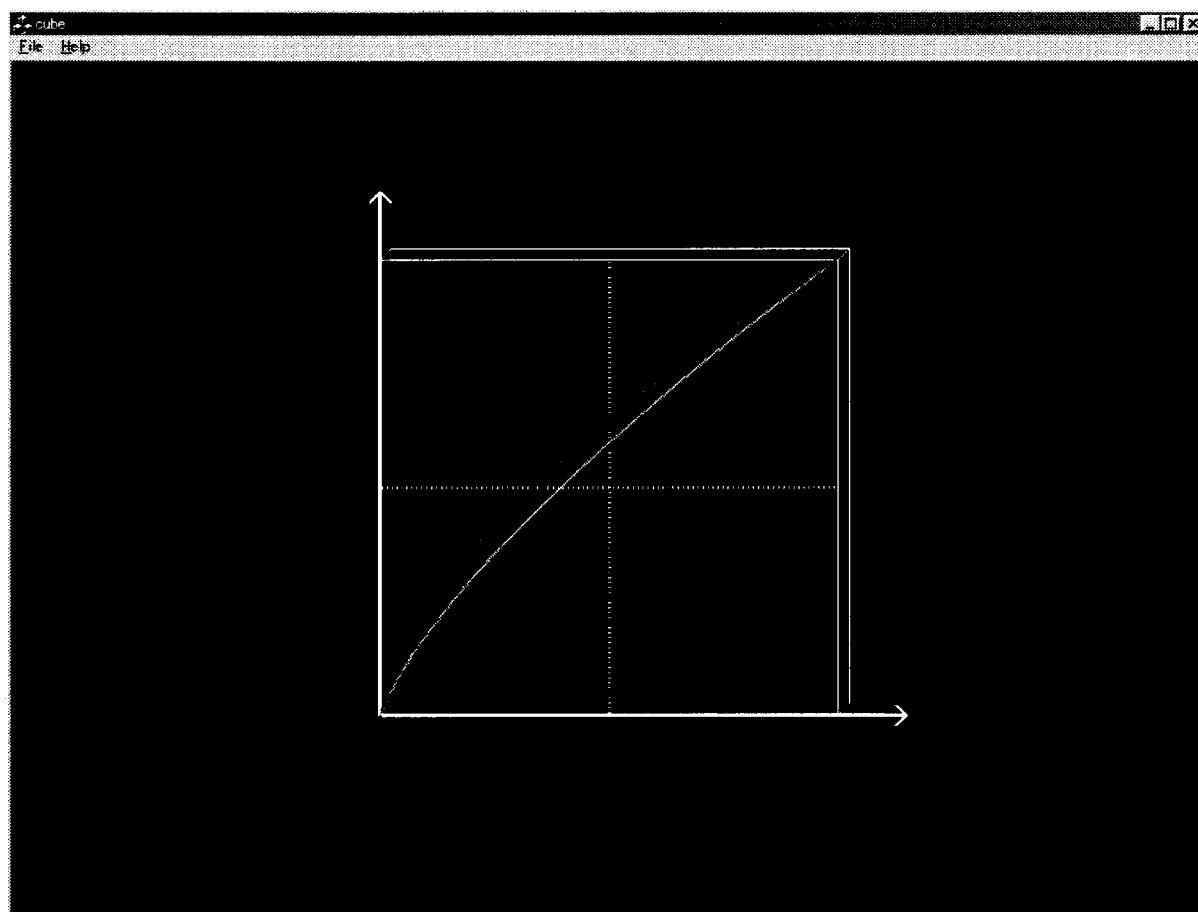


図 10.4.1.14 1次元色変換テーブル表示画面

10.4.2 マルチスペクトルカラー画像の記述形式の標準化／多色表示分科会

本文に包含

A Standard Portrait Image and Image Quality Assessment

*Kunihiko Kanafusa, Keiichi Miyazaki, Hiroshi Umemoto,
Kazuhiko Takemura and Hitoshi Urabe
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Kanagawa, Japan*

Introduction

With the advance of computer technology, opportunities to observe images in various forms such as hardcopies and softcopies have been tremendously increased. Eventually, requirements to obtain color-appearance match between images displayed by various media under a variety of viewing conditions have become one of the important issues. To fulfill such requirements, CIE, ICC, and other organizations are developing methods to compensate the effect of different viewing conditions or those to map colors optimally for images across disparate media having different color gamut.

In such studies, new models or algorithms are usually evaluated by visual assessment based on psychophysical experiments. In such psychophysical experiments, stress upon each observer should be minimized in addition to accurate and stable results. In order to derive statistically reliable results, a scrupulous experimental setup involving a sufficient number of observers is required [1][2]. This usually results in time- and labor-consuming experiments. Therefore, even in the case of designing digital imaging systems, it is of great importance to investigate methodology for psychophysical experiments so that reliable and stable results can be obtained with minimum stress upon observers.

This paper is submitted as the first report of a project "Preparation of Standard Portrait Images and Study on Image Quality Assessment", which is aimed to derive and establish an experimental guideline for image quality evaluation. Especially, there is a strong demand to standardize an image with which psychophysical experiments are conducted between cross-media under a variety of conditions. The consideration on such standard image and its preparation procedures will be described. Then, the

results of the psychophysical experiments based on the standard image will be discussed also.

A Standard image

Preparation of a standard image

First of all, it is important to decide standard image for a visual assessment based on psychophysical experiment. For example, factors such as an image composition, a subject and a color cast are the examples that may affect the results of visual assessment significantly. So, to minimize an unwanted bias toward psychophysical experiments, possible important requirements for establishing a standard image are as follows;

1. Choose a model whose skin tone is close to that of a typical Japanese based on spectral reflectance.
2. Choose neutral gray for both clothes and background to avoid unwanted cast on skin tone and to remove an unwanted bias for visual assessment.
3. Shoot a bust size portrait from the right front of a model so that the facial part of the image is reproduced in an appropriate image size for visual assessment.
4. Camera apparatuses are those most widely used in professional portrait studios.
5. Adjust the lighting conditions for those of typical studio portrait, where a relatively soft lighting with illumination ratio of 1:2 is used to avoid dark shadows.
6. Select professional use 4 × 5" photographic films, which can be applicable to provide excellent image quality in sharpness and graininess.

After taking pictures to fulfill the conditions above, then a 2L size photographic print was made by using a typical optical printer. Skillful operators optimized density and color balance during print works. The apparatuses and materials used in the experiment are listed in Table 1. The printed image is illustrated in Fig. 1.

Table 1 Apparatuses and photographic materials used for the preparation of a standard portrait image.

Camera and lens	Sinar P 4×5, Fujinon 250mm F:6.3
Strobe	Photona PH 2501× 3 with umbrellas
Shooting film	Fujicolor NS 160 (a color negative film)
Photographic color paper	Fujicolor Paper FA-P



Fig. 1 A standard image employed in this study.

Preparation of a digital file

It is useful if a standard digital file, from which the standard image can be reproduced, is reproducible for the future experiments. To reply such demand, the workflow of preparing a standard digital file is shown in Fig. 2. To minimize image degradation, a drum scanner capable of 12bits depth per color was used to read the reflection print image. For each of pixels, the integral spectral densities were calculated through a prepared spectral conversion table. Since the standard illuminant for the color space defined by ITR-R

BT.709-2 [3] is D65, CIELAB values under D65 were derived from the integral densities. Finally those values were converted to sRGB [4] [5] and a digital file conformed to TIFF6.0 format was created.

Psychophysical experiment

Preparation of prints for psychophysical experiments

Photographic prints for visual assessment were prepared with a digital laser photo-printer 'Frontier' [6]. This is because the present digital file is produced based on the original reflection print of a professional portrait, and this gives us a reliable anchor point for further psychophysical experiments.

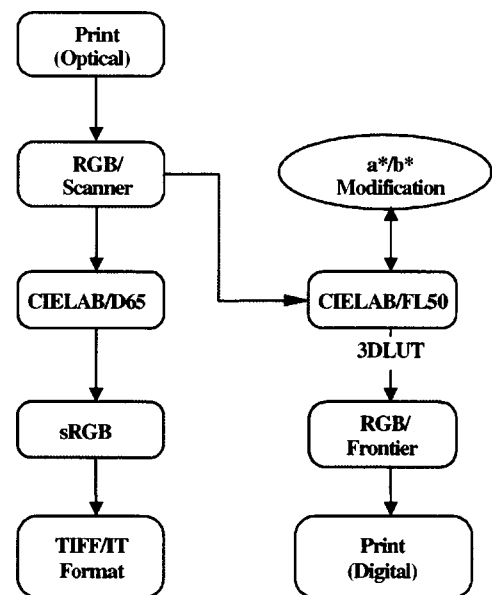


Fig2 Workflow of preparing a standard digital file.

Modification of skin tone of the portrait image was carried out by changing hue of skin area included in the image by a constant amount of a^* and b^* in CIELAB color space. By setting a unit color change equals to $\Delta E_{ab}^* = 2$, a total of 25 prints were prepared as shown in Fig. 3. The accuracy of the prints are confirmed by measuring a mean color difference less than $\Delta E_{ab}^* = 0.2$.

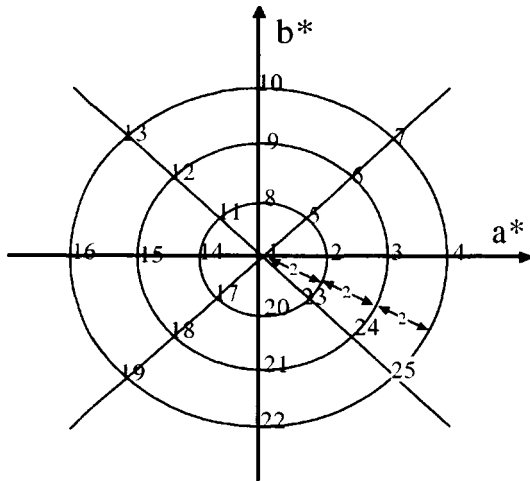


Fig.3 Skin tone is modified as shown in this CIELAB diagram.

Experimental design

The distribution of preferable skin tone is investigated in CIELAB color space by performing psychophysical experiments followed by the data analysis as follows.

Setup

Observers: Twenty observers participated in the experiment. They were all male, ranged in age from 25 to 50, and had skillful at evaluating image quality. All the observers had normal color vision as evaluated by Ishihara plates.

Viewing conditions: Viewing conditions are those specified in ISO3664 [7] wherever possible, however, in this experiment, fluorescent lamps for color evaluation by Toshiba were used. Illuminance on the print surface was adjusted to 1500lx and ambient brightness was set to that of an average indoor lighting. The prints were mounted on spectrally nonselective 18% gray cards.

Psychophysical task: After observation of each of prints for 5 seconds, each observer was asked to classify it into one of 4 categories (good, fair, acceptable, and unacceptable). Each observer was encouraged to do this task twice on different days.

Data analysis

In this experiment, to analyze data, we adapted a method known as 'the smaller the better signal to noise ratio' (Hereinafter, abbreviated as S-B S/N)[8] of quality engineering. It is known that there exist several methods well-known to derive a quantitative scale from the categorized data [9]. Taking an average for each of categorized data is the simplest way. A method by calculating Z score and derive each of distances between categories is typical one. The reasons for adopting S-B S/N analysis are as follows;

- Average values can not reflect on how the data are distributed among each of categories.

- The analysis based on Z scores assumes that a frequency distribution of judgement is to be Gaussian, which is not always meet the case especially when a number of observers participated in the experiments is limited.

S-B S/N is defined as an overall scale value, which is thought to be ideal especially when the variance of the data is small.

In this study, the S-B S/N is defined as follows,

$$S-B S/N = -10 \log\{(Point^2)/(\text{the number of subjects})\} \text{ in dB unit}$$

where, Point = 0 for 'good', 1 for 'fair', 2 for 'acceptable', and 3 for 'unacceptable'.

Further, each category is assumed in terms of S-B S/N as follows.

- The categorical boundary between 'fair' and 'acceptable' = the S-B S/N value for all the judgements being 'fair', i.e.,

$$-10 \log\{(1^2 \times n)/n\} = -10 \log(1) = 0 \text{ (dB)}.$$

- The categorical boundary between 'acceptable' and 'unacceptable' = the S-B S/N value for all the judgements being 'acceptable', i.e.,

$$-10 \log\{(2^2 \times n)/n\} = -10 \log(4) = -6 \text{ (dB)}.$$

Results

Psychophysical data

The S-B S/N values are shown in Fig. 4 and tabulated in Table 2. It is found from Fig.5 that the sample #23 is evaluated as the most preferable one and considered as about 1.3 times (equivalent to 2dB) higher compared with the standard print (#1).

Table 2 Psychophysical data

Category	Number of Samples included	Sample #
Fair - Good	3	1, 20, 23
acceptable	6	2, 5, 8, 17, 21
unacceptable	16	The remainder

Discussions

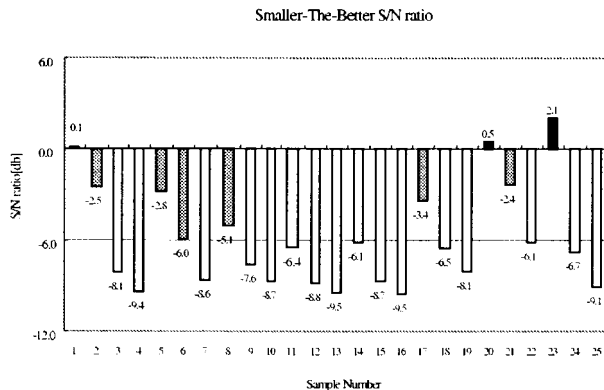


Fig. 4 The results of psychophysical experiments.

The figures show obtained S-B S/N values.

Preferable skin tone

The preferable skin tones are determined by investigating the relationships between psychophysical scale values and the average CIELAB values of skin tone for each of samples. The skin tone in the sample image includes forehead, cheek, chest and neck and we took an average of them for each of samples. Fig.5 depicts the results, in which two contour lines are corresponding to $S/N = 0$ and -6 db respectively.

In the figure, the region judged as good is demonstrated by a circle with a diameter of about $2.5\Delta E_{ab}^*$ centered at $a^*=18$, $b^*=22$. This center is slightly shifted from the point representing the standard print (#1) towards magenta direction. The acceptable region is shown as an ellipse with a diameter of about $5\Delta E_{ab}^*$ elongated along orange-hue direction. These results agree quite well with our experiences over many years.

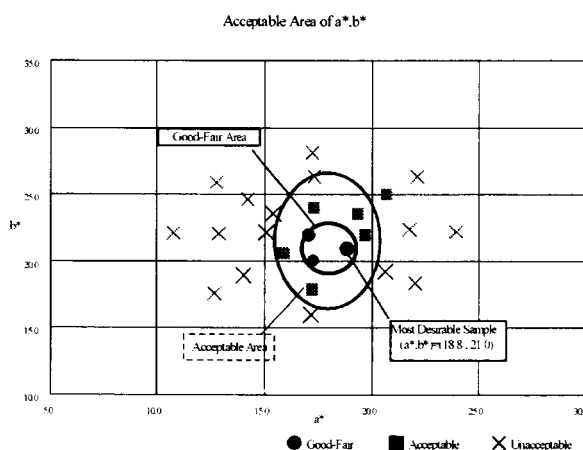


Fig. 5 The preferable skin tone represented in CIELAB diagram.

Standard image

In the present study, the standard image is established temporarily, supported by this psychophysical experiment and interviews of the observers. The requirements for standard image was considered and based on those considerations a standard image was designed. First, it is desirable to verify skin tone of the model. To achieve this we measure spectral reflectance of the model and compare it with those of the Standard Object Color Spectra Database for Color Reproduction Evaluation known as SOCS database [10]. The result is shown in Fig.6. In Fig.6, the measured data is compared with the average spectral reflectance of cheeks for Japanese females. It is found that the measured data is very close to the average, although a noticeable discrepancy is found in wavelength over 650nm.

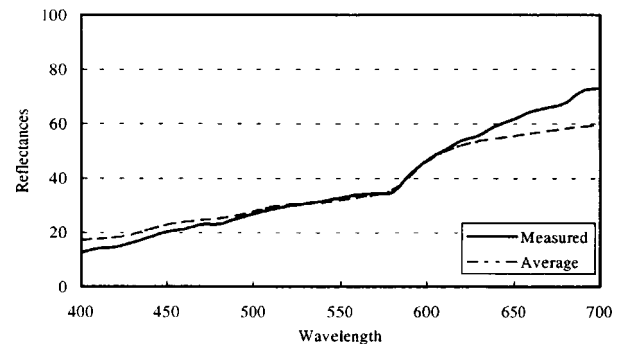


Fig. 6 The measured skin color compared with the average of cheeks for Japanese females.

After the each session of the psychophysical experiments, we conducted interviews to each of observers to ask whether the image was appropriate for image quality assessment. The observers confirmed that the image was appropriate for the assessment in terms of skin tone, the face size and background and so on. This suggests that the standard image designed in the experiment seems to meet the requirements previously discussed successfully. From the interviews, many observers addressed an opinion that judgement would be more reliable if they are permitted to gaze the standard image for comparison.. Further investigation might be required between the standard image and psychophysical experiments.

We convince that the present standard image associated with a digital file will be extensively applicable to various experiments between cross-media under a variety of conditions. However, at the same time, it should be noted that the reliability of the standard image will be further examined through psychophysical experiments between cross-media under a variety of viewing conditions.

Future works

The following works will be required to establish the more reliable standard image and to provide recommendation for the psychophysical experimental method.

1. Improve visual assessment which is reliable and stable with minimum stress on observers by comparative study of various procedures.
2. Refine the standard image for visual assessment on the process of establishment of the standardization.
3. Examine the validity of the results from the viewpoint of statistical data analysis.
4. Propose the standard image and the standard psychophysical experimental method after the achievement of above works.

Acknowledgements

This research was supported by High-tech Visual Promotion Center, Japanese Standards Association, New Energy and Industrial Development Organization, and Japanese Industrial Standards Committee. The authors would like to thank those who were kindly to participate in psychophysical experiments.

References

- [1] P.J.Alessi, CIE Guidelines for coordinated research on evaluation of color appearance models for reflection print and self-luminous display image comparisons, Color Res. Appl. 19,48-58(1994)
- [2] K.M.Braun, J.D.Fairchild and P.J.Alessi, Viewing techniques for cross-media image comparisons, Color Res. Appl., 21, 6-17(1996)
- [3] ITU-R BT.709, Basic parameter values for the HDTV standard for the studio and for international programme exchange, 1990
- [4] K.Sakamoto and H.Urabe, Standard high precision pictures:SHIPP, The proceedings of IS&T/SID the 5th color imaging conference, pp 240-244, 1997
- [5] IEC/TC100/CD61966 2.1 Default RGB color space - sRGB, 1998
- [6] R.Suzuki, K.Asanuma, Proc. IS&T 7th Intl. Symp. Photofinishing & Minilab Tech., Cologne (1996)
- [7] ISO 3664-1975(E), Photography- Illumination conditions for viewing color transparencies and their reproductions
- [8] W.Y.Fowlkes, C.M.Creveling, Engineering Methods for Robust Product Design, Addison Wesley, p65-68, Massachusetts, 1995
- [9] C.J.Bartleson and F.Grumb, Optical radiation measurements, Vol.5, Visual measurements, Academic Press, Orlando, 1984
- [10] JIS TR X0012, Standard Object Colour Spectra Database for Colour Reproduction Evaluation (SOCS), 1998

10. 4. 4 国際規格案審議

(1) WD 4 of ISO 17321 和訳

(注) この文書は、(財)新映像産業推進センター内に設置されたカラーマネジメント標準開発委員会の下部組織である国際規格案審議分科会において、ISO17321WD4 を審議するため、その理解の補助を目的として作成されたものである。テクニカルタームの日本語訳などには不適當な個所があるので、必要に応じて原文の参照を推奨する。

***** WD 4 of ISO 17321 の日本語訳 *****

p- i

TC42/WG18 99-

TC130/WG3 99-

ISO/TC42

WG18

写真 電子スチールイメージング

ISO/TC130

WG3

グラフィックテクノロジー

プレプレスデジタルデータ交換

ISO17321 の WD4

グラフィックテクノロジーおよび写真・

カラーターゲットおよびスペクトル照明を用いたデジタルスチールカメラ (DSC) のカラー特徴づけ。

1999 年 10 月 1 日

p-ii

目次

1 適用範囲

2 規範的参考文献

3 定義

4 ISO RGB カラースペース仕様

- 4.1 ISO RGB カラーマッチング関数
- 4.2 ISO RGB OECF
- 4.3 拡張ビット深度および/または拡張領域符号化の仕様
- 4.4 ISO RGB 値の CIE XYZ 値への変換
- 5 DSC カラー特徴づけ方法
- 5.1 方法 A : スペクトル感度ベースの特徴づけ
- 5.2 方法 B : カラーターゲットベースの特徴づけ
- 6 ISO DSC 条件等色指標

図

- 1 ISO RGB カラーマッチング関数
- 2a ISO RGB OECF (シーンの場合、 $k = 255$)
- 2b ISO RGB OECF (ハードコピーの場合、 $k = 255$)
- 3a シーン ENLF ISO RGB OECF プロット
- 3b ハードコピー ENLF ISO RGB OECF プロット
- 4a 10 ビット拡張領域シーン ENLF OECF プロット
- 4b 10 ビット拡張領域ハードコピー ENLF OECF プロット
- C1 DSC スペクトル感度例
- C2 CIE (補助) 標準光 D55 への DSC スペクトル応答
- C3 CIE (補助) 標準光 D55 への目標スペクトル応答
- C4 CIE (補助) 標準光 D55 への変換スペクトル応答例
- D1 DSC カラープロセッシング例

表

- 1 ISO RGB カラーマッチング関数
- 2 さまざまな有効ビット深度に対する k 値
- B1 いくつかのホワイトポイントプライマリセット測色
- C1 DSC スペクトル感度および CIE (補助) 標準光 D55 反応例
- C2 D_{35} 目標および変換 DSC 10 ビット拡張 ISO RGB デジタルコード値
- D1 この国際標準および IEC 61966-2-1 に記述された RGB カラー空間の属性

付属書類

- A 標準の ISO DSC カラーターゲット仕様 (規範的)
- B ISO RGB カラー空間および DSC 条件等色指標に関する見解
- C ホワイトポイント保持最大取り消しマトリックスおよび DSC 条件等色指標計算例
- D 画像処理/カラーレンダリングパイプラインの ISO RGB データの場所
- E 引用文献

p-iii

ISO 17321 WD 4 - DSC カラー特性

緒言

ISO（国際標準化機関）は国内規格団体（ISO 加盟団体）の世界レベルの連合体である。一般的に、国際的な規格を作成する作業は ISO 技術委員会を通じて実行される。技術委員会がそのために設立されるような問題に関係する各加盟団体は、その委員会の代表となる権利を有する。国際的組織、政府および民間の団体も、ISO との連携によりこの作業に従事する。ISO は電子技術標準のあらゆる事柄において、国際電気標準会議（IEC）と緊密に協力している。

技術委員会によって採用される国際標準の草案は、投票のため加盟団体に回覧される。国際標準として出版するためには、投票を行なった加盟団体の最低 75% の承認が必要である。

国際標準 ISO 17321 は、技術委員会 ISO/TC42、写真、および ISO/TC130 グラフィックテクノロジーの代表者によって構成されるジョイントワーキンググループによって作成されたものである。

この国際標準の付属書類 B から E までは参考用である。

WD4 の緒言

この WD は ISO TC42/TC130 JWG における専門家の意見、および 8 月の PIMA/ANSI IT10 (ISO TC42 WG18 US TAG) 会議の席上論議された意見をもとに、プロジェクトリーダーであるジャック・ホルム（Jack Holm）によって作成されている。関心のある団体はこの作業への参加を勧める。参加希望の場合は、下記のホルム氏まで連絡する：

ジャック・ホルム

ヒューレットパッカードラボラトリーズ

1501 Page Mill Road, MS 2U-19

Palo Alto, カリフォルニア 94304

アメリカ

電話：(650) 236-2436

ファックス：(650) 857-4320

e-メール：Jack_Holm@hp.com

WD4、受理した意見およびそれに対する対処の要約、および現在本標準の開発に従事している専門家のリストは、PIMA/ANSI IT10 および ISO TC42 ウェブサイトで入手することができる：

www.pima.net/it10a.htm

www.pima.net/standards/iso/tc42/WG18.htm

p-iv

はじめに

デジタルスチールカメラ (DSC) のカラーアナリシスチャネルのスペクトル応答は、一般的に、CIE 標準測色オブザーバによって定義されるように、通常のオブザーバのスペクトル応答とは一致しない。またさまざまな DSC の応答も、必ずしも互いに一致するとは限らない。したがって DSC を特徴づける場合には、DSC スペクトル感度、照度、および参照カラースペースを考慮に入れなければならない。この国際標準は、多様な状況でのシーンアナリシスカラースペース、カラーターゲット、計測学、および手順などを定義づけることにより、前述の問題に取り組もうとしている。国際標準に取り組むのは、最も一般的な写真撮影状況におけるこのようなカメラの問題点であり、その場合には条件等色カラーおよび光源の範囲などに遭遇する場合がある。しかしここでは、光源および画像に作成されている色材がよりわかりやすくなるような、詳細に定義された状況に対する手順が推奨される。

この国際標準を使用して求められる DSC の特性は、変換として表される。これらの変換が未処理の DSC データに適用されると、シーン (またはオリジナル) の測色の予測値が得られる。最も一般的な変換形式は各 DSC アナリシスチャネルの階調再現曲線 (TRC) 組であり、その後にマトリックスが続き、さらにそのマトリックスによって生成された 3 つのチャネルのそれぞれに適用される TRC が 1 つずつ続く。最初の TRC 組の目的は、シーンの放射に関する DSC データを線形にし、採用されたホワイトポイントに関するデータを正規化することである。これらの TRC は、たとえ採用されたホワイトポイントが一定であっても、DSC のフレアのためにシーンによって異なる場合がある。マトリックスはこのデータを線形 DSC スペクトルスペースから、この国際標準にも定義されている、線形 ISO RGB カラースペースで表されるシーン測色の推定に変換する。別々のシーンスペクトル相関関係仮定にもとづき、記述された 2 つの方法のいずれかを用いて得られるさまざまなマトリックスが、同じ DSC で使用される場合がある。最終 TRC は線形 ISO RGB データを、符号化する場合に知覚的により均一な表示になる ISO RGB データに変換する。この TRC はベ어링ググレアのない IEC 標準 sRGB ディスプレイの EOCF にもとづいており、どのようなシーンの輝度比率および色域も表示することができるようになっている。知覚的に比較的均一であるというほかに、この方法で符号化されたデータには、理想的な sRGB ディスプレイに表示した場合に、暗い部屋 (ベ어링ググレアなし) のなかで見るディスプレイの測色が、マッチングホワイトポイントをこの国際標準に明記された方法でディスプレイ (D_{65}) のホワイトポイントに変換し、捕捉発光体のもとで見たシーンまたはオリジナルの推定測色と一致するという利点がある。

この国際規格で定義されるシーンアナリシスカラースペースは、等エネルギーホワイトポイントに対して付属書類 B に記述された方法で調節された、ITU-R BT.709 プライマリにもとづいている。最近の研究の結果、このカラースペースがあるために、対角行列を用いて有効なホワイトポイント変換を行なうことができるということが分かっている。これは提案された CIE 色順応変換

である Bradford 変換の場合にもあてはまる。ただし Bradford 変換では、実現可能なプライマリにもとづくカラースペースは使用されない。実際のプライマリをもとにシーンアナリシススペースを指定する方法には、カラー変換なしにビュー用の画像を同期化できる能力、および既存の ITU-R BT.709 デジタルテレビや IEC 61966-2-1 (sRGB) マルチメディア規格との互換性がある。

1 P.M.Hubel, J.Holm, &G.D.Finlayson マルチメディアにおけるカラーイメージング「発光体評価および色補正」。Wiley、1999。

p-v

この規格は sRGB の姉妹編として考案されており、ISO RGB はシーン分解カラースペース、sRGB は再現統合カラースペースである。

この国際標準は、DSC があるシーンのカラーをどの程度正確に分解することができるかを判定するための DSC 条件等色指標の定義も行なう。

この国際標準は写真またはグラフィックアート用途を目的とした DSC で使用されるために作成されている。しかし実際には、ユーザーがこの国際標準をいずれかの DSC に適用しにくい場合もある。未処理または未解釈の DSC データへのアクセスと同じように、デジタルカラー再現分野における高度な専門知識が要求される。未処理またはアンレンダーデータを出力しない DSC も多い。このようなカメラでこの国際標準を適用することができるのは、未処理またはアンレンダーデータの抽出能力を活用する製造業者および試験研究者等に限定される。またこの国際標準に記述される測定方法には、洗練された高価な測定装置が必要になるものもある。したがってこの国際標準は、DSC が未処理またはアンレンダーデータを出力しない場合には、主として製造者や試験研究者およびプロの写真家などによって使用されるものとする。

この国際標準を開発した技術専門家は、DSC 出力全般に適用可能な標準が望ましいということは十分認識している。しかしそのような標準は、DSC データと捕捉されたデータまたはオリジナルの測色の差が分析誤差によるものか、または独自のカラーレンダリングアルゴリズムによるものかを判断することが不可能な場合が多いため、多くの DSC のシーンまたはオリジナルアナリシス能力を特徴づけるうえで意味がないからである。これを区別する唯一の可能性は、使用されるカラーレンダリングが完全に文書化されて利用可能であり、カラーレンダリングを反転させることによって、解釈されたデータを未解釈データに変換することができる場合である。しかし DSC 性能に差異を与える主な原因はカラーレンダリングであるため、このような状況は起こりにくい。洗練されたカラーレンダリングアルゴリズムが画像依存性になり、画像内で局部的に変動する可能性がある。この場合は、捕捉された試験シーンを分析することによって、使用されている正しいカラーレンダリングを確実に判断することは極めて難しくなる。

この国際標準を十分に理解していない場合は、DSC 特性を説明するまえに本規格（特に規範的付属書類）を読み通し、それぞれの用途に対する妥当性を検証するよう推奨する。場合によっては、該当するマルチメディア規格、IEC 61966-9 に記述された手順の方が適していることも考えられる。

p-1

グラフィックテクノロジーおよび写真 - カラーターゲットおよびスペクトル照明を用いたデジタルスチールカメラ（DSC）のカラー特性。

1 適用範囲

この国際標準は、写真およびグラフィックテクノロジーに使用されるデジタルスチールカメラの色彩特徴づけに対するカラーターゲット、計測および手順を明記している。この特徴づけは、カラー用に処理されていないか、または（再現の測色に対して）シーンやオリジナルの測色を評価するために処理されている DSC データに限定される。

この国際標準は、DSC のカラーアナリシス能力を数量で表すための条件等色指標の定義づけも行なう。

2 規範的参考文献

下記の規格には、本書での引用を通じて、この国際標準の各条項を構成する条項が含まれている。出版の段階では以下の版が有効であった。すべての規格が改訂され、この国際標準にもとづく合意書の関係者は、以下に挙げた規格の最新版を適用できるかを調査するよう勧められる。IEC および ISO のメンバーは現在有効な国際標準の製本を保管している。

2.1 – 2.14 訳省略

3 定義

この国際標準の目的に対して、下記のような定義が適用される。

3.1 アダプテドホワイト：オブザーバによって見られるシーンの特定エリアに対して、オブザーバが完璧な反射拡散ホワイトとみなすスペクトル放射分布の絶対測色座標。（アダプテドホワイト参照）。

注意

ここでは絶対測色座標は真の絶対を意味している。たとえば使用される測色座標が CIE2 度オブザーバ XYZ 三刺激値であるような場合、Y の値は輝度ファクタ（またはその等級値）ではなく、絶対輝度に相当するものとする。

3.2 アドプテドホワイト：画像キャプチャまたは測定デバイスによって見られるシーンの特定エリアの場合、見えや再現、またはプリファード再現モデルによって完璧な反射拡散ホワイトであるとされる絶対スペクトル放射分布（およびその測色座標）。（アダプテドホワイト参照）

注意

あるシーンのアダプテドまたはアドプテドホワイトと、ほぼ完璧に近い反射拡散ディフューザー（ハロンなど）との関係については仮定しないようにするが、これはこのようなディフューザーの測定値が、知覚に影響する可能性のある照明とビュージオメトリ、およびそのシーンの他のエレメントなどに依存するためである。ハロンリファレンスがグレーまたは着色されるように見えるような状況に調整することは簡単である。

3.3 アピアランスモデル：そのパッチの測色による着色パッチの主観的見えを評価するために、ビュー条件に関する情報を利用する数学的モデル。アピアランスモデルはそのシーンまたはオリジナルしか描写しないため、可能な再現媒体の特徴を考慮するものではない。（プリファード再現モデル、カラーレンダリング、再現モデル参照）

3.4 色域：カラースペースに表示されるカラーボリューム。次のいずれかになる：1 特定のシーンやアートワーク、写真、写真製版またはその他の再現に存在する；2 特定のハードコピー出力デバイスおよび媒体を用いて作成することができる。（輝度比率参照）

p-3

3.5 カラーマッチング関数：等しい放射能力の単色刺激の三刺激値 [CIE 出版物 17.4、定義 845-03-23 より]。（スペクトル基本機能、三刺激値参照）

3.6 カラーレンダリング：シーンまたはオリジナルの測色を表す画像データを再現の測色を示す画像データに変換する。（アピアランスモデル、再現モデル、プリファード再現モデル参照）

3.7 カラースペース：スペースでのカラーの幾何学的表示で、通常は三次元 [CIE 出版物 17.4、定義 845-03-25 より]。（カラーマッチング機能、スペクトルスペース参照）。

3.8 デジタルスチールカメラ（DSC）；スチール画像を表現するデジタル信号を出力したり、メモ리카ードや磁気ディスクなどの移動媒体上にスチール画像を記録するような、撮像素子を組み込んだカメラ。

3.9 有効視覚密度：シーンまたはオリジナルの測定エリアの輝度に対する、そのシーンまたはオリジナルの採用ホワイト輝度比率の対数を基盤とする。

3.10 エレクトロオプティカル変換関数（EOCF）；出力デバイスに与えられるデジタルコード

値と、そのデバイスによって生成される等価中性濃度との関係。

3.11 等価中性濃度 (END) : ある参照ホワイト輝度に関する画像作成システムにおける、アナリシスプライマリまたはレンダリング色素量の測定基準。この END は分析されたプライマリまたは色素の視覚密度または優先視覚密度に等しく、その場合は視覚中間を生成するために必要な他のシステムプライマリまたは色素量と結合される。

3.12 等価中性輝度ファクタ (ENLF) : ある参照ホワイト輝度に関する画像作成システムにおけるアナリシスプライマリまたはレンダリング色素量の測定基準。この ENLF は分析されたプライマリまたは色素の輝度ファクタに等しく、その場合は視覚中間を生成するために必要な他のシステムプライマリまたは色素量と結合される (輝度ファクタ参照)。

3.13 ISO RGB カラースペース : その座標が、ISO RGB カラーマッチング関数を用いて求められる三刺激値であるようなカラースペース。

3.14 輝度ファクタ : 同じように照明された完璧な反射または透過ディフューザーの輝度に対する、所定の方向にある表面エレメントの輝度の比率 [CIE 出版物 17.4、定義 845-04-69 より]。(等価中間輝度ファクタ参照)

3.15 輝度比率 : 最小輝度に対する最大輝度の比率で、次のどちらかである : 1 特定のシーンやアートワーク、写真、写真製版またはその他の再現に存在する ; または 2 特定のハードコピー出力デバイスおよび媒体を用いて作成することができる (色域参照)。

p-4

3.16 プリファード再現モデル : あるシーンまたはオリジナルを描写する画像データに適用されて、好ましい再現を描写する画像データを生み出す変換を生じるような数学的モデル。プリファード再現モデルは、優れた再現がオリジナルの見えを再現しようとする試みでなくてもよいという点で、再現モデルとは異なっている。事実、優れているとされるものは、ビューワの優先事項によって異なる場合がある。プリファード再現モデルによって生成された変換は、一般的にそのシーンまたはオリジナルおよび出力媒体の特徴に依存している。(アピアランスモデル、カラーレンダリング、再現モデル参照)

3.17 再現モデル : あるシーンまたはオリジナルを描写する画像データに適用されて、できるだけオリジナルの見えに近い再現を描写する画像データを生み出す変換を生じるような数学的モデル。再現モデルによって生成された変換は、一般的にそのシーンまたはオリジナルおよび出力媒体の輝度比率および色域に依存している。(アピアランスモデル、プリファード再現モデル、カラーレンダリング参照)

3.18 スペクトル基底関数：波長の関数としてのスペクトル放射または応答。(カラーマッチング関数参照)

3.19 スペクトルスペース：一組のスペクトル基底関数によってスパンされるスペース。このカラースペース組は、スペクトルスペース組のサブセットである。(カラースペース参照)

3.20 スペクトルの非選択：スペクトルで中性反射特性または透過特性のある物質。

3.21 三刺激値：該当する刺激のカラーを適合させるために必要な、所定の三色システムでの、3つの参照カラー刺激の量 [CIE 出版物 17.4、定義 845-03-22 より]。(カラーマッチング関数参照)

3.22 視覚中性：アドプテドホワイトと同じ色度の画像エリア。画像エリアが視覚的に中性であると明記する場合は、アドプテドホワイトを指定しなければならない。反射ハードコピー画像では、採用ホワイトは一般的に媒体ホワイトまたは光源によって照明された完全な拡散反射表面のどちらかであると考えられる。

4 ISO RGB カラースペース仕様

4.1 ISO RGB カラーマッチング関数

ISO RGB カラーマッチング関数は表 1 に挙げるようになる (図 1 および付属書類 B も参照する)。ISO RGB データはシーンまたはオリジナルの測色の推定を表している。このデータは、それだけでは、そのシーンまたはオリジナルの相対的な輝度比率と色域を保持している。DSC によって生成されたデータは、そのスペクトル感度によって定義されるスペクトルスペースにあるため、通常は DSC データを ISO RGB カラースペースへと正確に変換することは不可能である。変換を求める目的は、ISO RGB カラースペースに関して表示される、そのシーンまたはオリジナルの測色の最適推定を表すデータを生成することである。シーンまたはオリジナルのスペクトル放射相関統計量が違っていると、センサーデータの ISO RGB への最適な変換にも差異が生じる。ISO RGB カラーマッチング関数が正規化され、表の数値の各組合計が一つのまとまりになるようにする。

p-6

4.2 ISO RGB OECF

ISO RGB OECF は、そのシーンまたはオリジナルの RGB デジタルコード値と END または ENLF 間の関係を指定している。いずれの R、G および B プライマリの場合も、ISO RGB OECF は次のようになるものとする：

式 (1)

(2a)

(2b)

(3)

このとき R、G および B プライマリのそれぞれに対して、 C_{DL} はプライマリデジタルレベル、 C_{norm} はプライマリ正規化（非線形）デジタルレベル、 C_{Lin} はプライマリ ENLF、 C_{END} はプライマリ END、さらに k は領域内入力レベルの符号化に用いられるデジタルレベル数から 1 を引いた結果に等しい定数である。 C_{norm} の正規化は 0 から 1 とする。ISO RGB の場合、 k 値は 255、1023、4095 または 16383 とする。

$\{k, k, k\}$ のデジタルコード値トリプレットに相当する、各シーンに対するアダプテドホワイトポイント輝度は、シーンに配置されたスペクトルで非選択的な拡散 100% 反射面の輝度の、1.41 倍の輝度と仮定されるものとする。² この輝度値は、統計的に平均のシーンに対する算術的平均輝度の 7、8 倍と仮定することもできる。これらの数値は ISO12232 と一致するように選択される。

2 END および ENLF が基盤とするシーンまたはオリジナルのアダプテドホワイトポイント輝度の選択は、ある程度任意である。特に、各シーンのアダプテドホワイトポイント輝度を選択することは難しい場合があり、仮に 1 つを選択しても、それに等しいかそれ以上の輝度を持つオブジェクトがそのシーンに存在する可能性があり、中間になることもあればならないこともある。これらのオブジェクトは領域外であるように見えるが、それ以上のアダプテドホワイトポイント輝度が選択されていれば、領域内に入る。

p-7

ハードコピーのアダプテドホワイトポイントは、そのハードコピーを捕捉するために用いられる光源で照明された、スペクトルで非選択的な拡散 100% 反射または透過表面のアダプテドホワイトポイントに等しくなければならない。両方のシーンおよびハードコピーに対するアダプテドホワイトポイントは、アダプテドホワイトポイントとして、同一の相対的スペクトル放射特徴を示しているものとする。

図 2 および 3 は ISO RGB OECF のプロットであり、デジタルレベルと画面またはオリジナルの END および ENLF の関係を示している。これらの数値は絶対的な意味では極めて不正確である可能性がある。例えば、DSC はアダプテドホワイトポイント輝度を算術的シーン輝度の 7.8 倍に設定し、低照明条件での画像を捕捉したり、反映ハイライトに対する頭上スペースを多くしたりする方法を選択することができる。また別の DSC はアダプテドホワイトポイントを推奨値に設定することができるが、その場合算術的平均輝度は、シーンの曇り（dim）エリアに配置されたハロンパッチの半分になる場合がある。この結果参照ホワイト輝度は、ハロンの参照ホワイト輝度の 3.9 倍になる。次に同じハロンパッチを照明が 5 倍のシーンの一部に移動させたとすると、参照ホワイト輝度よりも高い輝度になる。あるシーンにおけるスペクトルで非選択的な拡散

100%反射面の輝度の、参照ホワイト輝度に対する関係はある程度任意である。指定された数値はISO12232と一致する目標を確立するものとする。これらの目標が実現するかどうかは重大な意味を持つのは、ある色の三刺激値のどれか、または複数が、参照ホワイトの相当する値より大きい場合だけである。この場合、この色は、拡張ビット領域符号化が使用されていないかぎり領域外になる。

p-9

4.2.1 線形 ISO RGB

ISO RGB カラーマッチング関数にもとづいているが、ISO RGB OECF は包含していない線形 RGB 値を参照の方がよい場合もある。非線形 OECF を包含する数値との混同を避けるため、線形値は線形 ISO RGB として明示しなければならない。それらは絶対値の場合もあれば何らかの方法で正規化されていることもあるが、非線形である ISO RGB とは混同しないようにする。

4.3 拡張ビット深度および/または拡張領域符号化の仕様

拡張ビット深度および領域 ISO RGB は、保存に用いられるビット深度を増やし、次のように等式 1 の k の値を増大させることによって得られるものとする：符号に対する最終ビット、まとまりの上にある正規化された線形値の領域拡張用の最後から 2 番目のビット、さらに拡張ビット深度³用の追加ビットを用いる。表 2 は、拡張領域符号化に用いられるビット深度および関連 k 値を挙げている。図 4 は拡張領域 ISO RGB OECF を示している。

3

拡張領域符号化は、図 1 に示すように ISO RGB カラーマッチング関数から求めることができる。アダプテッドホワイトポイントに関する領域リミットは、指定された輝度におけるスペクトルカラーの ISO RGB 値を計算することによって求められる。たとえば最も極端な例として、波長 500nm において、最大絶対値のカラーマッチング関数が負のレッド (red?) 関数になるような場合を挙げる。この波長においてグリーンチャネルの 255 というデジタルカウントを生じるだけの十分な単色エネルギーが存在すれば、レッドチャネルの対応するカウントは -258 になり、ブルーチャネルのカウントは 170 になる。この ENLF でのこのカラーの発生は通常のものではなく、デジタルカウントが輝度ではなく ENLF にもとづいているということを念頭におかなければならない。輝度は、次のような輝度変換等式を用いて、線形 ISO RGB 値から算出することができる：

式 (4)

したがって {258, 255, 170} トリプレットの輝度は、アダプテッドホワイトポイント輝度の約 53% になる。このような考え方は、輝度がホワイトポイント輝度に近くなっていき、その結果 ENLF が 1 つのまとまりよりも大きくなるような、すべての飽和カラーに当てはまる。

p-11

4.4 ISO RGB 値の CIE XYZ 値への変換

ISO RGB 値は、いずれのアダプテドホワイトポイントに対しても、以下のようにして CIE XYZ 値に変換されなければならない：

1. ISO RGB デジタルコード値は、等式 1 および 2 の逆を適用することにより、線形 ISO RGB 値に変換される。

2. 線形 ISO RGB から XYZ への変換マトリックスは、そのアダプテドホワイトポイントに対する CIE XYZ 値にもとづいて求められる。この場合は、等エネルギーの RGB から XYZ へのマトリックスに、等式 5 および 6 に示すように、それぞれ D_{65} および D_{50} のものであるアダプテドホワイトポイントの XYZ 値を含む対角行列をあらかじめ掛け合わせておく。

2. (3.の誤り?) 次に以下の等式において、上で求めたマトリックスを用いて、指定されたアダプテドホワイトポイントに対する ISO RGB 値に関連する CIE XYZ 値を求めることができる：

p-12

式(7)

このとき R_{LIN} 、 G_{LIN} および B_{LIN} はステップ 1 で算出された数値である。等式 7 で用いられる変換マトリックスは、非線形 ISO RGB 値に直接適用することはできない。

注意

計算で求めた CIE XYZ 値がそのシーンまたはオリジナルの測色の適切な推定になるのは、そのシーンまたはオリジナルのアダプテドホワイトポイントの測色が、変換マトリックスを求めるアダプテドホワイトポイントの測色と同じであった場合だけである。また等式 5、6 および 7 によって定義された変換は、各シーンからの ISO RGB 値の分析用として用いられるものではなく、見積もられた XYZ 値の合成を行なうためだけのものである。各シーンからの RGB 値の分析を行なう方法については 5 節に記述されている。

5 DSC カラー特徴づけ方法

DSC スペクトルスペースの ISO RGB カラースペースへの変換マトリックスを求めるには、次の 2 つの方法が指定されている。

5.1 方法 A：スペクトル感度ベースの特徴づけ

5.1.1 適用性

方法 A は、そのシーンのスペクトル相関統計の情報が無いと仮定される場合に、DSC 特徴づけ変換を求めるために用いられるものとする。この方法により、あらゆる状況においてある程度正しいシーン測色推定が得られるが、そのシーンの相関統計が使用されるターゲットによってより

正確に表示されるような状況では、方法 B ほど有効な結果をもたらさない。方法 A を用いて求められた変換で得られるのは、最小の DSC 条件等色指標である。

5.1.2 方法の解説

方法 A では、DSC 相対スペクトル感度が測定され、それを用いて線形化された DSC スペクトルスペースから線形 ISO RGB カラースペースの近似値へのマトリックス変換が求められる。次に ISO RGB OECF が適用される。

5.1.3 変換測定手順

方法 A を用いて変換を求める手順は次のようになる：

1 単色光分光器を使って拡散透過または反射表面を照らし、照明されたエリアが DSC の視界を焦点の合ったレンズで満たすことができるような広さにする。放射の減少は、単色光分光器のピーク波長が変化しても均一で一定であるものとし、中心では放射の 70% 程度のエッジにおける放射と環状に対称になるものとする。単色光分光器が設定されているピーク波長から 10nm. 以上のあらゆる波長における統合放射は、ピーク放射の 10nm. 以内の統合放射の 1/10000 より小さくなければならない。この条件を満たすために干渉フィルタまたは二重単色光分光器を用いることができる。

2 放射計を用いて、照明された表面の相対的放射を、波長の関数として測定する。

p-13

3. 360nm. から最低 830nm.、できれば 1100nm. までの範囲内の波長において、10nm. 増分で、照明された表面の画像を捉える。DSC は、選択的焦点面 OECF 測定に対し、ISO 14524 で述べるように設定されるものとする。画像は、所定の場所にある一般的な写真撮影用の DSC レンズおよび何らかのフィルタ（赤外線ブロックフィルタなど）を用いて捕捉される。DSC の各カラーアナリシスチャネルによるデータ出力は、独立したまま、すなわちマトリックスに入らないままになるものとする。それぞれの画像に対して、その表面の相対的放射も記録される。

4. ISO 14524 にしたがって DSC の選択的焦点面 OECF を求めるが、測定がそれぞれのカラーアナリシスチャネルに対するピーク感度波長において実行される場合は除く。

5. 逆の選択的焦点面 OECF を用いて、各波長での未処理の DSC 反応を線形化する。

6. 線形化された DSC 反応の対数を求める。各画像の中央における対数値の 64x64 ピクセルブロックの平均を出して、各波長における未処理の DSC 対数反応を求める。求められた平均化対数反応の真数を使って、各波長において線形化された DSC 反応を求める。

7. 線形化された DSC 反応を相対的な表面放射で割り、各カラーアナリシスチャンネルに対するそれぞれの波長における相対的スペクトル感度を計算する。

8. 各チャンネルの相対的スペクトル感度に、発光体または光源相対的スペクトルパワー分布を掛け、各波長における各チャンネルに対する DSC スペクトル応答値を算出する。使用される照明は ISO7589 および ISO14524 のカメラ OECF 測定用に定義されたものとするが、DSC が特定の発光体または光源に対して特徴づけられ、および/またはそれ自体の照明を提供するという場合は除く。使用される照明は求められたそれぞれの変換に対して識別されなければならない。

9. 各チャンネルに対するスペクトル応答の合計をまとまりに等しくするために必要な定数で割ることにより、各チャンネルに対するスペクトル応答を正規化する。

10. 正規化されたスペクトル応答に次のような形式のマトリックスを掛け合わせる：

式(8)

11. 変換されたスペクトル応答に 10 ビット拡張 ISO RGB OECF を適用し、スペクトルカラーに対する DSC 10 ビット拡張 ISO RGB デジタルコード値を求める。

12. 各チャンネルに対する ISO RGB カラーマッチング関数値に発光体または光源の相対的スペクトルパワー分布を掛けあわせ、360nm.から 830nm.の各 10nm.波長サンプルにおいて、各チャンネルに対する目標スペクトル応答値を求める。

p-14

13. この目標スペクトル応答値に 10 ビット拡張 ISO RGB OECF を適用し、スペクトルカラーに対する目標 10 ビット拡張 ISO RGB デジタルコード値を求める。

14. 目標および変換された 10 ビット ISO RGB デジタルコード値間の二乗した差の合計が最小値になるように、係数 a、b、c、d、e および f を選ぶ。

5.2 方法 B：カラーターゲットベースの特徴づけ

5.2.1 適用性

方法 B は、シーンまたはオリジナルスペクトル相関統計が、標準の ISO DSC カラーターゲットまたは ISO12641 にしたがって構成されたターゲットによって表示されると仮定される場合に、DSC 特徴づけ変換を求めるために使用されるものとする。

注意

標準の ISO DSC カラーターゲットについては付属書類 A に記述されている。

5.2.2 方法の解説

方法 B はカラーターゲットの画像を捕捉し、DSC によって生成されたデジタルコード値の比較にもとづいて、そのターゲットおよび使用される照明に対する目標値への変換を行なう方法である。

標準の ISO DSC カラーターゲットは、そのシーンまたはオリジナルの色素が不明とされる場合、またはそれらをスパンするために必要なスペクトル基底関数が DSC スペクトルチャネル数より多いような場合に、この方法で用いられるものとする。このような状況では、常に測色的に正確な出力値を算出する変換を求めることは不可能である（ただし DSC スペクトル感度が、CIE 出版物 15.2 に記述された $CIE\ x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ 三刺激値関数の線形組み合わせになる場合は別である）。目標は、画像的に優れた結果を生成することのできる変換を求めることである。⁴ LUT のマトリックスは、DSC カラー特徴づけに対して標準 ISO DSC カラーターゲットが用いられる場合には推奨されない。⁵

ISO 12641 にしたがって構成されたターゲットは、そのシーンまたはオリジナルの色素が分かっている場合に使用されるものとし、その寸法が独立した DSC スペクトルチャネルの数より大きくならないようなスペクトル基底関数組によってスパンされる。DSC カラー特徴づけに対して ISO 12641 ターゲットが使用されるような場合は、LUT のマトリックスが適切とされる。⁶

4 求められる変換はそれ自体で優先される再現を生成することはないが、DSC データを標準カラー空間のシーンまたはオリジナル測色推定に変換し、優先再現アルゴリズムを適用することができるようにする。出力スペクトル空間は、メモリカラーの再現が最も正確で、他のカラーは許容範囲内で再現されるように選択されることが多い。

5 色素が不明でスパンされている場合は正確な変換ではなく可能性のある変換が多数あり、ISO RGB への最適な変換を求めるうえでの自由度よりも大きいパッチを持つことが重要である。任意のスペクトル放射のあるパッチにすることは難しいため、この場合に LUT のマトリックスを求めるのは実際には難しい。

6 いくつかの例では、カラー再現プロセスにおける非線形度（密度によって変化する表面反射および染料スペクトルなど）の結果、捕捉されたデータを ISO RGB カラー空間に変換するために LUT のマトリックスが（一定係数のマトリックスの代わりに）使用されている場合には、ハードコピーオリジナルの捕捉に際してよりよい結果が得られる可能性がある。ただし自由度の導入があまりにも多すぎると、実際の効果からノイズを分離するのが難しくなる。この標準によって中間スケールが確保されており、LUT のマトリックスを用いて生成された MSE が一定係数変換マトリックスを用いて得られた MSE よりも小さいかぎり、ISO 12641 ターゲットの画像にもとづいて求められた変換に対して、LUT のマトリックスを使用することができる。

p-15

例 既知の CMY または CMYK 色素、染料またはインクの 3 チャンネル捕捉。

編集者注：最終会議の席上、JWG によって表明された一般合意の内容は、この標準から LUT のマトリックスに対する参照をすべて除去するというものであった。LUT のマトリックスを用いる変換は一般的に画面捕捉には適しておらず、DSC 条件等色指標の測定にも適していない。しかしこれらはこのような用途にはすでに使用されていないため、ISO 12641 ターゲット捕捉にもとづいて DSC ICC プロファイルを求める方法の追加を要求する見解が提示されている。このような状況では、LUT のマトリックスは適切であり、しばしば使用されている。このため、編集者は LUT のマトリックスへの参照をまだ除去してはいない。

5.2.3 照明

使用される照明は、ISO 7589 および ISO 14524 のカメラ OECF 測定に対して定義されるようなものとするが、DSC が特定の光源に対して特徴づけられる場合、および/またはそれ自体の照明を提供するような場合は除く。使用される光源は、求められるそれぞれの変換に対して識別されなければならない。

光源を選ぶ場合は、レッド反応におけるロールオフに特に注意を払わなければならない。ISO 7589 で述べるスペクトル分布指標 (SDI) は、銀のハロゲン化物フィルムでは一般的であるが、通常の DSC センサーでは自然に発生することのないレッド反応におけるロールオフを仮定する。DSC に、ISO 7589 で仮定されたものとは大幅に異なる長い波長のレッド反応がある場合、光源を承認するのに SDI 基準だけでは不十分である。ISO 14524 の付属書類 B にも、DSC の光源承認に対する SDI 計算の関連性に関する情報が記載されている。SDI の関連性について何らかの疑問がある場合は、スペクトルパワー分布が、SDI 基準を満たすだけでなく、可能なかぎり目的の光源のスペクトルパワー分布に適合するように、光源を選ばなければならない。

5.2.4 試験条件

試験条件は、ISO 14524 および ISO 554 に書かれたように、カメラ OECF 測定用として定義されたものとするが、下記の場合は例外である：

5.2.4.1 ホワイトバランス

この方法を用いて求められる変換には中性バランスが含まれるため、DSC が実行している可能性のある何らかのデジタルホワイトバランスを使用不能にすることは一般的に望ましいとされる。またアナログホワイトバランスを固定して、アナログホワイトバランスにおける変動が、変換に組み込まれるデジタルホワイトバランスと混同されないようにすることも必要である。

注意

求められる変換には2つの成分がある：DSC データを線形化し、指定された光源に対するホワイトバランスを実行する逆 OECF と、中性を確保しながら、DSC スペクトルスペースデータを ISO RGB カラースペースに変換するマトリックスである。

5.2.4.2 赤外線 (IR) ブロッキングフィルタ

ISO 14524 にしたがって、OECF 測定に IR ブロッキングフィルタが必要であると決定されたら、DSC の長波長のレッドおよび赤外線反応をチェックして、その反応が DSC フィルターによって適切に処理されているかどうかを判断しなければならない。DSC が異常に高い長波長レッド反応 (ISO 7589 の標準レッドロールオフ参照) を示したり、重大な赤外線反応を示すような場合は、DSC では必ず、他にもフィルタを使用しなければならない。また光源が過剰な赤外線量を放出する場合もあるが、そのような場合には IR ブロッキングフィルタを光源に配置し、光源の修正をやり直す。

p-16

840 から 1100nm.までの波長に対する DSC スペクトル応答の測定値が求められたら、これらのスペクトル応答値を使って、DSC の赤外線拒否をさらに承認することができる。360 から 730nm.までのスペクトル応答合計の、740 から 1100nm.までのスペクトル応答合計に対する比率は、ISO 15739 にしたがって測定されるように、ISO DSC 輝度ダイナミックレンジより大きくなければならない。

5.2.5 変換測定手順

方法 B を用いて変換を求める手順は次のようになる：

1 適当なカラーターゲットが、DSC レンズを通した露出に対して ISO 14524 によって拡張されるように、ISO 7589 にしたがって承認された写真デイルイトまたはタングステン光源を用いて照明されるものとする。その他の標準光源、または特定の DSC を特徴づけるために考案された特定の光源を使用することもできる。使用される光源については明記され、スペクトルパワー分布が測定されるものとする。

2 カラーターゲットの各パッチに対するスペクトル放射は、DSC 位置から測定される。この測定を実行する場合、測定されているパッチを除くすべてのパッチ、およびカラーターゲット付近にあるその他の表面は、2.5%以下の反射率のマスクで覆い、測定器具の開き口から迷光が入らないようにする。または、光源スペクトルパワー分布を測定し、チャート製造者によって与えられるスペクトル反射率または透過率をもとに、スペクトル放射を計算することもできる。この測定方法をとる場合は、オリジナルが捕捉されるときに幾何学的条件をスペクトル濃度計によって再現することが不可欠である。ISO 5/1 は濃度測定に対する用語、記号および表記などを指定し、ISO 5/2、ISO 5/3 および ISO 5/4 は、透過性および反射濃度測定に対する標準の幾何学的およびスペクトル条件を指定する。捕捉セットアップとパッチ測定の両方にこの標準幾何学的条件が使用さ

れた場合に、従来の写真媒体の特性と同じような表面および拡散反射幾何学的特性を備えた最善の結果をオリジナルから得ることができる。ターゲットスペクトル放射の測定が行なわれる場合でも、製造者が提供した測定に比較することが推奨される。万一重大な不一致が発見されたら、その原因を識別し、修正しなければならない。一般的な原因には、グレアや反射およびその他の照明の不均一さ、測定器具の不正確さおよびターゲットの汚れなどがある。

3. 未処理の線形 ISO RGB 値は、それぞれの波長におけるスペクトル放射と ISO RGB カラーマッチング関数の積の合計を求めることにより、カラーターゲットの各パッチに対して算出されなければならない。

4. 未処理の線形 ISO RGB 値を正規化し、各パッチに対するそれぞれのチャンネルの未処理値を、ハロンまたはその他のスペクトルで非選択的な参照ホワイトパッチで割ることによって線形 ISO RGB 目標値を求める。

5. 次に 10 ビット拡張 ISO RGB OECF を線形 ISO RGB 目標値に適用し、10 ビット拡張 ISO RGB 目標値を出す。

p-17

6. DSC を使ってカラーターゲットの画像を捕捉する。

7. 画像データは、ターゲット上の参照ホワイトパッチおよびグレースケールを用いて求められるように、逆カメラ OECF を使用して線形化され、正規化されるものとする。カメラ OECF が正しく算出されていれば、各チャンネルに逆数を適用することにより、DSC デジタルコード値がターゲットの中間パッチの目標値に変換される。

注意

ほとんどの DSC システムでは、カメラ OECF を求める際にフレア光を考慮しなければならない。ターゲット上の中間スケールを使ってカメラ OECF が求められる場合は、ターゲットが画像作成されているときに存在するフレアが考慮されるが、これは変換マトリックスの測定に適している。しかしこのような方法で求められたカメラ OECF がすべてのシーンに対して一定であると仮定される場合は、さまざまなフレア特徴を生成するシーンからのデータが正しく線形化されず、たとえ正しいマトリックスを使用していても、全体的な変換によって得られる結果は正しくないものになる。

8. (11)に示すような形式のマトリックスは、マトリックスが線形化された DSC データに適用される場合に、10 ビット拡張 ISO RGB 目標値と線形化された DSC データから生成される 10 ビット拡張 ISO RGB 値との間の平均二乗誤差を生じるような係数を選択して、求めなければならない。最小平均二乗誤差を求めるには、パッチの重みが報告される場合は、選択されたパッチを他のパ

ッチより重く計量することができる。

6 ISO DSC 条件等色指標

ISO DSC 条件等色指標は、10 ビット拡張 ISO RGB デジタルコード値と、波長が 360nm から 830nm までのスペクトルカラーに対する DSC によって生成される 10 ビット拡張 ISO RGB デジタルコード値の間の二乗平均平方根に等しくなければならない。線形化された DSC 値を線形 ISO RGB 値に変換するとき実際に使用されるマトリックスを用いて、それから条件等色指標が求められるスペクトル値を求めなければならない。条件等色指標は DSC の各チャンネルに対して報告される場合があるが、この場合全体的な数値も報告される。ISO DSC 条件等色指標が基盤とする照明が報告され、報告された数値が最も近い整数に丸められるものとする。

p-18

付属書類 A (規範的)

標準の ISO DSC カラーターゲット仕様

方法 B で採用される方法は、選択された試験パッチグループで最善の結果が得られるような変換を求める方法である。したがってこれらの試験パッチは広範囲のシーン色素を代表するものであり、皮膚の色調や葉の色、青い空、原色およびその他の中間オブジェクトカラーなど、特定の重要性をもったスペクトル放射分布を含んでいなければならない。またテストパッチは、スペクトル放射も再現しなければならない。三刺激値の再現は、そのスペクトル感度が、CIE 出版物 15.2 に述べられた $CIE\ x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ 三刺激値関数の線形組み合わせではないような DSC によって画像作成されるパッチにとっては意味のないものである。最後に、実現されるべき規定の正規化に対しては、ハロン試験パッチが包含されていなければならない。

わずか 24 パッチのこの汎用タイプのカラーターゲットについては、McCamy 等によって解説されている。このターゲットと、それより大きい着色パッチ組を含んだ他のターゲットとの比較は、Finlayson および Drew によって提示されている。最終的に、McCamy によって解説されたターゲットが、より大きなパッチ組を表示するという妥当なジョブを実行するという結論に達した。このターゲットは、マクベス (Macbeth) カラーチェッカーとして市販されている。しかし残念ながらこのエリアにおけるほとんどすべての研究は有効な色素を用いて生成される表面カラーを対象としているため、これらのパッチによってスパンされるスペクトル放射分布の領域は、あらゆる可能性の領域よりもはるかに小さくなる。ただし、多くの自然の色がこのパッチによって表示されると仮定するのは妥当である。

このため、方法 B に対して求められる最小カラーターゲットは、マクベスカラーチェッカープラスハロンパッチである。この方法を早期に実施するものは、他の補助パッチを追加し、彼らが許容範囲内で再現されていないと感じているパッチに割り当てられる重みを変更することも検討しなければならない。しかし求められる変換は線形化された DSC データ上で作動し、中間スケールを維持するよう制約されなければならない。

編集者注：カラーターゲットの仕様は TBD である。ISO 12641 ターゲットは、使用される色素数が限定されるため、ほとんどの場合適切ではない。マクベスカラーチェッカーは正しい方向での 1 ステップではあるが、スペクトル反射が葉の色や皮膚の色などの重要な自然のオブジェクトの反射と（特に赤外線において）それほど似ておらず、表面特性が十分でないため、DSC 特徴づけに使用されると問題を生じる。他のターゲットは利用できるが、まだ完全に調査されたわけではない。トロントにある DSC 研究所のデビッド・コーリー（David Corley）は、透過ターゲットが最適であると考えている。ドイツ出身の Klaus Witt はウィーンで開催された 1996 年 3 月の CIE カラー専門家会議の席で「市販されているテレビの、適切とされる反射ターゲット」に関する情報を提案した。

p-19

付属書類 B（参考）

ISO RGB カラースペースおよび DSC 条件等色指標に関する見解

この国際標準において定義される ISO RGB カラースペースは、最近の研究の結果、RGB カラーマッチング関数にもとづいた場合、測色適合変換の性能が最も優れていると判明したことから選択されたものである。Finlayson、Drew、Funt および Hubel による論文、および ITU-R BT.709 に記述されるように、シャープな測色適合変換には、CIECAM97 に明記されるような何種類もの RGB カラーマッチング関数を使用されている。後者の場合、RGB ディスプレイプライマリ測色はカラーマッチング関数に相対するものとして指定されるが、実際には、測色適合変換はこれらのプライマリを用いて実行される。ホワイトバランシングは RGB チャネルゲインを調節することによって実現し、RGB デジタルデータは調節なしで、各ホワイトポイントに設定されたディスプレイに送られる。唯一の条件は、ディスプレイ上でビューした場合に、等しい RGB トリプレットが中間に見えるということである。

カラーマッチング関数組は 709 のプライマリから導き出すことができる。この作業を実行し、得られた関数をシャープ変換および CIECAM97 からの関数と比較すると、いくつかの顕著な類似点が明白になる。3 つのすべての例において、ブルーとグリーンカラーマッチング関数はほぼ同一である。また 709 とシャープレッドカラーマッチング関数もほぼ同一である。同じように、709、シャープまたは CIECAM97 カラーマッチング関数を、比率決め円錐反応によって生成された関数組と比較した場合、ブルーおよびグリーンの関数のピーク値において極めて良好な整合が得られる。ただしレッドピークについては、 $V(\lambda)$ windowed ρ/β 関数のピーク値とそれほど十分に整合させることができない。CIECAM97 レッドのように短すぎる波長においてピーク値になるか、あるいはシャープおよび 709 レッドの場合のように、ピーク値の短波長側の傾斜が急すぎて、負になりすぎるかのどちらかになる。また、CIE2° オブザーバ三刺激値関数から生成される円錐反応が、特にレッドにおいて、Smith および Pokorny または Stiles および Esteves のように、他の円錐反応測定によって得られた関数と正確に一致しないということも確認される。したがって、CIE 三刺激値関数から理想的なレッド測色適合カラーマッチング関数を求める場合

には何らかの問題点があるという仮説をたてることができる。この国際標準では、709 レッドの等エネルギー導関数が用いられるのは、1 つにはシャープレッドと似ていることもあるが、主として認知しやすく、sRGB のような標準再現記述カラースペースとの間に、より互換性があることが理由である。

ISO RGB カラーマッチング関数の導関数は次のようになる：

以下は CIE XYZ を ITU-R BT.709 RGB に変換するマトリックスである：

式(B1)

ただしこのマトリックスの列合計は、すべて 1 つのまとまりに等しいわけではない。つまりマトリックスがホワイトポイント保持ではないということである。これが $\text{CIE } x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ カラーマッチング関数に直接適用されると、正しく正規化された RGB カラーマッチング関数が求められない。(カラーマッチング関数は定義等エネルギーによるものである) CIE XYZ を目的の RGB カラーマッチング関数に変換するための、ホワイトポイント保持変換を作成しなければならない。

p-20

これには 2 つの方法がある。1 つはマトリックス B1 の各係数を列合計で割る方法である。もう 1 つはマトリックス B1 を反転させ、反転させたマトリックスの各係数をその列合計で割ってから、もう一度反転させてホワイトポイント XYZ から RGB マトリックスを求める方法である。この国際標準では 2 番目の方法が選択されている。RGB スペースでは測色適合の方が有効であるため、RGB を XYZ に変換するマトリックス上で列の正規化を実行する方が適切である。これはホワイトポイント独立 RGB 値の概念とも一致する。またこの方法を用いることにより、副節 4.4 で述べるように、いずれのホワイトポイントに対しても、RGB から XYZ への変換マトリックスを簡単に求めることができるようになる。表 B1 は各種ホワイトポイントに関連するいくつかのプライマリセットの測色についてまとめたものである。

この国際標準において定義される ISO DSC 条件等色指標の意味は、CIE 15.2 カラーマッチング関数から変換された円錐反応と、その他の測定によって得られたものとの違いによっても、ある程度まで影響を受ける。過去においては、CIE 関数の誤差よりオブザーバの多様性の方が優位であると仮定されていた。Von Kries 変換がプライマリ測色適合変換であった間は、この仮定が十分に裏付けられていた。しかし RGB ベースの測色適合変換が、オブザーバ間で一定になる誤差を強調し始めている。ISO DSC 条件等色指標は、その基底関数が CIE 出版物 15.2 で述べた $\text{CIE } x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ 三刺激値関数の線形組み合わせになるようなカラースペースに基づいているため、最低の条件等色指標が常に最適なカラー再現を生成するかどうかは疑問である。

この標準の開発に従事してきた人々にとっての願いは、この作業が CIE およびその他の場所で継
続され、理想的な測色適合変換（非線形の場合もある）および関連するカラーマッチング関数が
求め続けられることである。現時点では、ISO RGB カラーマッチング関数の基盤を CIE2° オブ
ザーバにおくことが必要であると感じているが、それはさまざまな用途における長年の経験から、
優れたカラー再現を容易にすると実証されてきたものである。

p-21

付属書類 C（参考）

ホワイトポイント保存最大取り消しマトリクスおよび DSC 条件等色指標計算例

以下は、ホワイトポイント保持最大取り消しマトリクス計算の一例である。

1 DSC の各チャネル（センサー、レンズおよび何らかのフィルターの組み合わせ）に対するスベ
クトル感度は、単色分光器によって測定される。次に測定された数値に CIE（補助）標準光
D55 に相当する相対的なスペクトル放射パワー値をかけて、相対的なスペクトル応答値を作成する。
これらの数値は、各チャネルに対する感度の合計が 1 つのまとまりになるように正規化される。
（正規化フラクタは、スペクトルをカラースペース変換マトリクスに適用する前に、各チャネ
ルの DSC データを線形化し、ホワイトバランスするために用いられる逆 OECF と関係があるも
のとする）。表 C1 はこの例で用いられる数値を挙げていますが、それについては図 C1 および C2
でもプロットされている。

p-23

2. 等式 C1 のマトリクスは、表 C1 の 3 つの右側カラムに列挙される D_{55} スペクトル応答に適
用された場合に、目標の D_{55} スペクトル応答に対して最適なホワイトポイント保持適合を生成す
る。このマトリクスを求める際に、最適な適合というのは、目標 D_{55} スペクトル応答に対する
10 ビット拡張 ISO RGB デジタルコード値と変換された D_{55} スペクトル応答に対する 10 ビッ
ト拡張 ISO RGB デジタルコード値の間に生じる平均二乗差が最小になるような適合と定義づ
けられる。このマトリクスは線形値に適用されるが、平均二乗誤差は、10 ビット拡張 ISO RGB
OECF を適用した後の、目標および変換スペクトル応答間で最小になる。図 C3 および C4 は目
標および変換された D_{55} スペクトル応答のプロットが示されている。表 C2 にはこの目標および
変換された D_{55} 10 ビット拡張 ISO RGB デジタルコード値が列挙されている。

p-26

3. 表 C2 の一番下に記載された RMS 差は、3 つのチャネルに対する ISO DSC 条件等色指標であ
る。この例での全体的な条件等色指標（RMS 差）は 13 である。これらの数値は一番近い整数に
丸められるため、数値の精度は有意以上にはならないと仮定される。付属書類 B で述べたカラー
マッチング関数の精度における不確かさと各種オブザーバによる変動に加え、DSC スペクトル感
度の測定には常に不確かさが生じる。変換マトリクスにある程度の変更を行なうために、スベ

クトル感度をわずかに変更することは可能である。幸いなことに、このような変更は条件等色指標でのわずかな変化につながるだけである。

4. 等式 C1 のマトリックスを求めるための基準により、このマトリックスが、指定されたスペクトル感度に対するホワイトポイント保持と一致する最小の条件等色指標を生成することになる。このマトリックスでは通常良好な結果が得られるが、別の変換マトリックスを使う方が良い場合もある。方法 B を使って、マトリックスまたは最小化のためのその他の基準で方法 A のアナログを求めることができる。たとえば使用される基準が、ISO RGB カラーマッチング関数と測定されたスペクトル感度との間で、最小のホワイトポイント保持平均二乗差を生じるようなものであれば、等式 C2 のマトリックスが得られる。

式 (C2)

このマトリックスは、最小化が線形の、等エネルギースペースで実行されているため、等式 C1 のマトリックスとはやや異なっている。これが使用される場合は、条件等色指標は、レッド= 12、グリーン = 7、ブルー = 21 でわずかに増え、全体的な条件等色指標 = 15 になる。

p-27

付属書類 D (参考)

画像処理/カラーレンダリングパイプラインの ISO RGB データの場所

ISO RGB データは、捕捉したシーンまたはオリジナルを測色的に分析しようとする DSC の最善の試みを表している。何らかの方法で再現を説明しようとしているのではない。多くの場合、特に写真画像作成または写真の場合には、優先再現の測色はシーンまたはオリジナルの測色とはまったく異なるものになる。これは再現に対して仮定されるビュー条件の違いや、再現媒体の輝度比率および色域の限界、およびまたは特定のアプリケーションに対して最も優れているとされる再現の色が、そのシーンまたはオリジナルの色と異なっている場合があるためである。またある目的に合わせて生成された再現の色が、たとえ同じ媒体上であっても、別の目的用に生成された再現の色とは異なる場合もある。アピアランスモデルはビュー条件での差異は補足しようとするが、前述のようなそれ以外の要因には対応していない。さらに現行のアピアランスモデルについて、Retinex タイプの手法によって考えられるように局所的なコントラスト効果などに対応していないため、複雑な画像では不十分であると考えられる人も多い。加えて再現およびプリファード再現モデルでの経験から、最適な輝度比率および色域マッピング、および優先再現プロセッシングなどが画像依存であるということが明らかにされている。

このような観点からすれば、あるシーンまたはオリジナルの測色またはアピアランス記述を行ない、どのような媒体でどのような目的にも適した再現記述を生成するようなプロセッシングを正規化することは実用的ではない。したがってカラー情報をデジタルで伝達するためには、シーン

またはオリジナルと再現の両方を記述するデータ形式を正規化し、この2種類の記述を明白に区別することが必要である。この国際標準では、あるシーンまたはオリジナルの測色を説明するデータの標準形式を指定している。これはカラー一定であるという付加利益のある方法で実施される。IEC 61966-2-1、sRGB は、再現の測色を説明するデータの標準形式を指定する。これまで、この国際標準と sRGB が互いに補足関係にあるように特別な注意が払われてきた。たとえば ISO RGB に対するホワイトポイント測色が CIE 標準光 D₆₅ であるように選択されている場合、ISO RGB カラーマッチング関数が基盤とするプライマリは、sRGB に用いられるプライマリと等しくなる。この2つの標準は sRGB と同じプライマリを使用し、捕捉されたデータ値が sRGB 標準ディスプレイ上に表示される場合にビデオタイプのカラーレンダリングになるような OECF を指定する、ITU-R BT.709 とも整合している。709 OECF および sRGB EOCF の積は、標準のビデオカラーレンダリングプロセッシングである。しかし前のパラグラフで述べた理由の場合は、ほとんどのスチール画像に対して標準ビデオカラーレンダリングは最適とはいえず、結果的にカラーレンダリングプロセッシングに対して、オリジナルおよび再現記述の正規化が必要になる。

現在、ほとんどの民生用 DSC は、画像データを再現記述に処理している。これにより、損失の多い圧縮を用いた場合でも、その後の処理で artifacts が見られる可能性が少なくなっている。またディスプレイおよびその他の出力デバイスが、再現生成においてそれほど高い知能を持っている必要がなくなる。

p-28

これらの DSC によって作成される画像が、輝度比率および色域において実際の再現のものに近くなければならない再現の描写であるため、再現描写から実際の再現を生成するための変換は、緩やかですべての画像に対して有効な結果を生じやすくなる。デフォルトの再現描写は sRGB であるが、これは画像をビューするために適した特定の条件において見られる表示を描写するものである。ある sRGB の輝度比率および色域も、ほとんどすべての反射ハードコピーの場合と類似している。

この国際標準では、sRGB への変換を測定する方法は明記されていない。シーンの測色を見積もる変換の測定方法は明記しているが、これはさらに sRGB のような再現記述へと処理しなければならない。たとえ sRGB 上にそのシーンの測色を生成することが目標であっても、sRGB のベータリンググレアのため、重要な作業には変換を用いなければならない。しかし両方の標準に対して選択された共通の D65 プライマリにより、ときにはそれぞれの RGB チャネルに適用される単純な一次元のルックアップテーブルと同じくらい簡単な方法で、カラーレンダリングを実現することができる。また ISO RGB として符号化される画像データでも、sRGB 標準ディスプレイおよびビュー条件を利用して直接表示される場合には、許容範囲内の外観を生成することができることもある。表 D1 は ISO RGB および sRGB の属性をまとめたものである。

ほとんどすべての民生用 DSC が再現記述を生成するため、これらの DSC に適用されるこの国際

標準のユーティリティは、その大半が、製造者がシーンの測色ベースの外観や再現およびプリファード再現モデルなどを活用して、画像データを標準の再現記述に処理し、通常はその後にもさらにプロセッシングが必要になるということを把握したうえで、DSC シーンアナリシス性能の評価に対する前後関係を提供することができるようにするためのものである。このようなプロセッシングは固有なものである。結果的にこの国際標準では、DSC の生成モデルが、適用されるこの標準に対する ISO RGB データを出力する能力があるということは求められない。図 D1 は完全な DSC カラープロセッシング方法の一例を示している。

(2) ISO/TC42 日本国際委員会の修正コメント

Revised Comments of the Japanese National Body of ISO/TC42

Date 2000-1-14	Document WD 4 of ISO 17321
-------------------	-------------------------------

National Committee	Clause/Sub-clause	Paragraph/Figure/Table	Type of comment (General/Technical/Editorial)	COMMENTS	Proposed change	OBSERVATION OF THE PROJECT LEADER
JP-1	1		Technical	The scope of this standard should be more precise and limited in line with what is stated in Introduction	Revised scope: This International Standard specifies colour targets, metrology, and procedures for the colour characterisation of digital still cameras to be used for photography and graphic technology. Such characterisation is limited to DSC data that either has not been processed for colour, or has been processed to estimate scene or original colorimetry (as opposed to the colorimetry of a reproduction). In other words, this International Standards can only be applied to DSCs which output raw and/or unrendered colour data..	
JP-2	3		Technical	The terms "raw data" and "unrendered data" should be also defined.		
JP-3	5.1		Technical	IEC CDV 61966-9 should be referred and only different points from IEC 61966-9 should be defined for this standard.		
JP-4	5		Editorial	Figures of equipment arrangement should be included for method A and B		
JP-5	5		Editorial	Subclauses of "presentation of results" should be specified for methods A and B.		
JP-6	5		Editorial	Examples of calculation using actually measured data should be inserted for methods A and B.		
JP-7	6		Technical	There are many ideas of evaluation of metamerism index of DSCs and they are now under discussion, so it is too early to standardize. This part should be moved to informative annex.		
JP-8			General, Technical	In order to make this ISO Standards be more useful and clear, it's scope and contents shall be limit to characterisation of DSCs which analyse scene and object. So description about rendering or hardcopy shall be removed.		
JP-9	5.1.3	Paragraph 11-14	Technical	Coefficients should be chosen by using the linear ISO RGB values.		
JP-10	6		Editorial	"ISO DSC metamerism index" should be changed more suitable title. This index should be calculated by using the linear ISO RGB values.		
JP-11	5.2	Paragraph 8	Editorial	(11) is not appeared in this document.		
JP-12	5.2		Technical	A matrix should be calculated by using the linear ISO RGB values.		
JP-13	4.2		Technical	The specification of the ISO RGB OECF shall be removed except the linear ISO RGB.		
JP-14			General	For the purpose of scene or original analysis, it is enough to define the linear ISO RGB.	All descriptions concerning the ISO RGB OECF shall be deleted.	
JP-15			General	Many experts point out that this document is not clear about purposes and procedure steps, so it shall be rewrite to be simpler.	Such as technical backgrounds are should be described in the annex.	
JP-16	Annex D		Technical	This annex is out of the scope.	Annex D shall be removed.	
JP-17	5.1.3	Paragraph 10-14	Technical	To know how to choose the coefficients, more detailed descriptions should be necessary by using some formulae or calculation samples.		
JP-18	3		Technical	The terms "scene analysis colour space" and "Scene synthesis colour space" should be also defined		

Discussion on Referring from IEC 61966-9

Hiroaki Sugiura
High-tech Visual Promotion Center

The Scottsdale meeting concluded that which parts of IEC-61966-9 are to be referred in our document should be clarified in detail. This paper first describes the outline of IEC 61966-9 and then reports the result of our discussion over which parts of the measurement procedures stipulated in the IEC document are applicable to ISO 17321.

IEC 61966-9, now under circulation as FDIS, stipulates the following measurement items:

- Tone characteristics
- Spectral responsivity characteristics
- Spectral distribution of built-in flash
- Spatial non-uniformity

Among the above measurement items, those measurement items that are much related to Method A of ISO 17321 are the measurement procedure of spectral responsivity characteristics. The measurement procedure of tone characteristics also has some relation with it. In the following sections, IEC 61966-9 will be outlined and then the parts that should be modified when they are to be applied in ISO 17321.

As the measurement or evaluation of colour properties in relation to colour video camera and other image acquisition devices before these standards were established, the technique mainly used was the method of test chart on which colour chips or other items were placed. This method, however, contained difficulty in high-accuracy measurement or evaluation due to variations in colour chips, decolorization/discoloration, uneven illumination and other factors.

A number of consumer-oriented DSCs are now marketed, most of them being equipped with functions of automatic exposure controlling and automatic white balancing adjustment. Some of these products, however, do not allow the user to suspend these automatic functions without destroying them physically, especially for those products in low price range. IEC 61966-9 introduces a measuring method that allows high-accuracy measurement and that is free from the effects of aforementioned automatic functions, and it stipulates a procedure to measure the aforesaid four items of colour properties for DSCs and digital video cameras.

Fig. 1 shows the environment for measurement. The details of dark box and Test Chart 1 illustrated in this figure are shown in Figs. 2 and 3, respectively. Both of tone characteristics and spectral responsivity characteristics can be measured by changing the wavelength of the monochromatic light emitted from the grey chip (Fig. 4) fitted in the hole located at the portion where "0" is marked at the center of Test Chart 1 or from the diffusion plate located at the depth of the hole. Now, the grey scale and the reflectance of the grey chip in Test Chart 1 are shown in Table 1. The measuring method of spectral responsivity characteristics allows to calculate the negative lobe of the spectral responsivity characteristics by deducting the signal level due to the auxiliary lamp from the signal level corresponding to each monochromatic light. In addition, to measure the spectral responsivity characteristics, it is essential to measure the tone characteristics first and then to correct the measurement data based on the result.

Both measuring methods are stipulated to be performed at the central area of the angular field of view of the camera. This is based on the point of view that the characteristics at the central area represents the characteristics of the camera under measurement taking into account the unevenness in the image output from the camera under measurement. Also for CRT displays and other image input/output devices, measurement is often performed at the central area. The non-uniformity observed in DSCs are caused by the characteristics of the lens and optical system such as the cosine fourth power law and vignetting as well as the colour shading by the colour separation prism.

The following section elucidates the reason why the measurement is carried out by varying the monochromatic light emitted from the grey chip fitted in the hole of Test Chart 1, which are supplied together with the dark box, or from the diffusion plate located at the depth of the hole

Using an ordinary merchandized printed test chart of reflection type, it is difficult to achieve a reflectance of 1% or less. In measurement of DSC tone characteristics, however, the characteristics on the black side are often deviated from the exponential function for the so-called gamma correction characteristics. Therefore, to ensure accurate measurement of tone characteristics, we need a subject that is illimitably near to the 0% reflectance. If the inside of the dark box is kept at a level of sufficiently low reflectance (2% or less), the illumination rays coming into the dark box through the hole from outside are absorbed in the internal wall of the dark box so that they will not escape through the hole. Therefore, if we peep in the hole from outside, we can find an almost perfectly black space in terms of optics.

As shown in Fig. 3, the size of the hole is set to sufficiently small in comparison with that of Test Chart 1 to reduce the measurement errors caused by the said automatic functions. This assures that automatic functions provided in the DSC are kept fixed even if any change is made to the hole

section of this pinpoint area. Thus, it is possible to lessen the measurement errors caused by the effects of automatic functions.

Even after the above provisions, the system may be subject to some fluctuation of exposure and other conditions influenced by the algorithm of the automatic functions or the variation of exposure time by the mechanical shutter. To correct their effects on the results of measurement, we can use the grey scales provided at the top and bottom of Test Chart 1. If the exposure conditions are maintained unchanged during measurement, the output R, G, and B digital image data for each level of the grey scale of the captured image must be equal. In other words, if the output R, G and B digital image data are different between images for each level of grey scale, this means that some shooting conditions must have been changed. IEC 61966-9 specifies that the effects of variation shall be compensated by means of linear interpolation using the image data of each level of the above grey scale. For the details of the measurement procedure, method of correction and others, specification documents should be referred to.

The following section presents measurement results of tone characteristics and spectral responsivity characteristics, which are major items of the representative colour properties. Results of measurement are shown in Figs. 5 and 6 for tone characteristics and spectral responsivity characteristics, respectively.

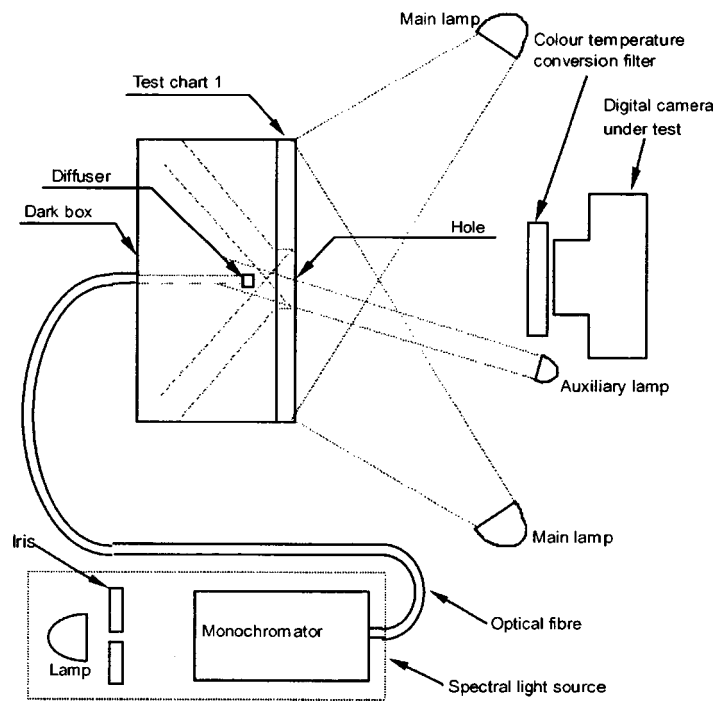


Fig. 1 Environment for Measurement

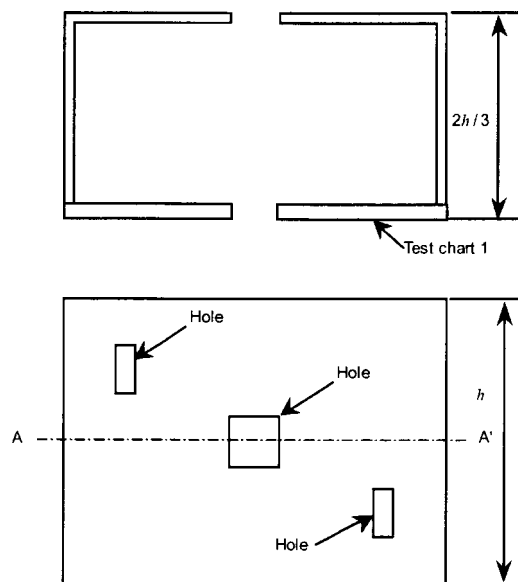


Fig. 2 Dark Box

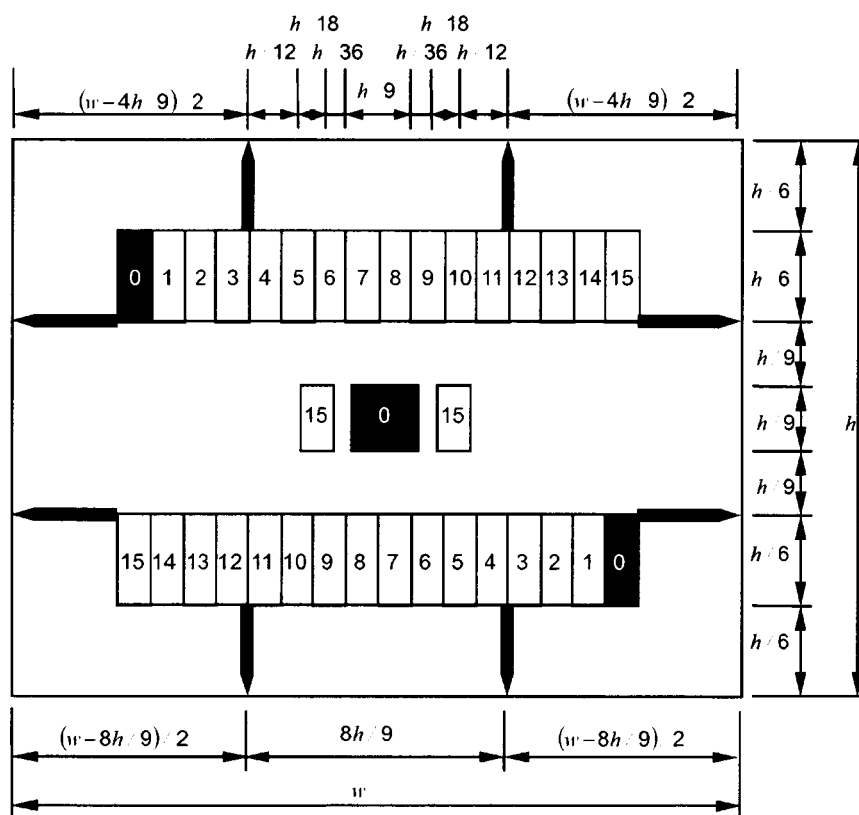


Fig. 3 Test Chart 1

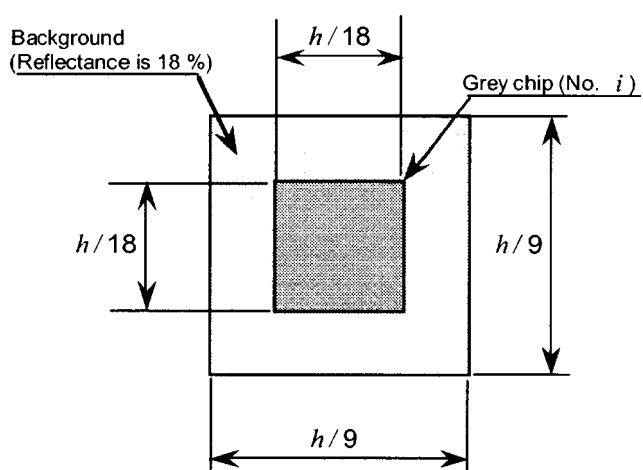


Fig. 4 Grey Chip

Table 1 Grey Scale and Reflectance of Grey Chips

<i>i</i>	Reflectance(%)
0	0.0(hole)
1	2.0
2	4.0
3	6.0
4	8.0
5	10.3
6	14.7
7	19.8
8	25.8
9	32.5
10	39.9
11	48.1
12	57.0
13	66.6
14	77.0
15	88.1
Background	18.0

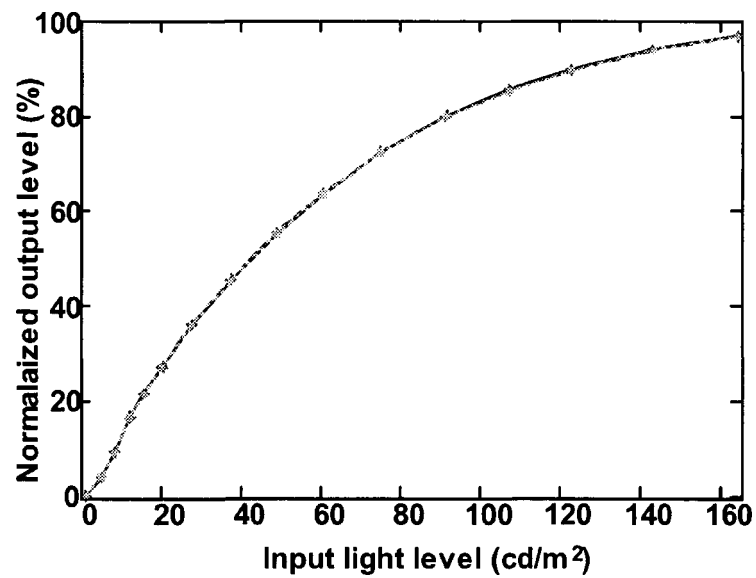


Fig. 5 Results of Tone Characteristics Measurement (Example)

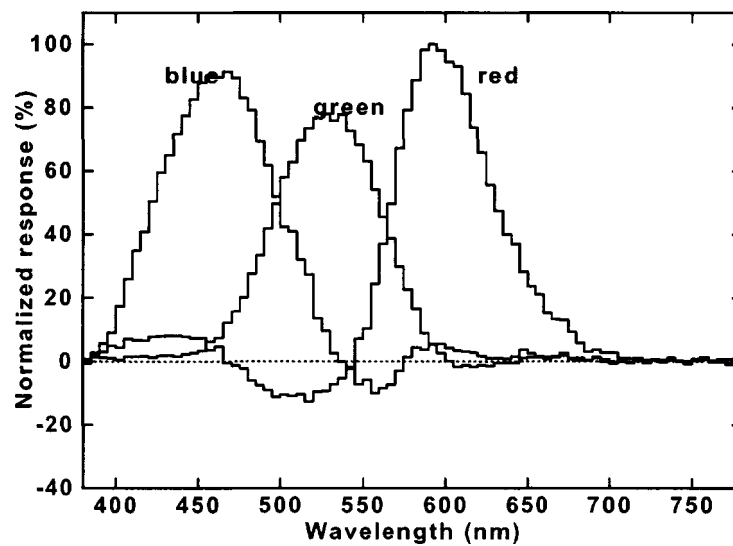


Fig. 6 Results of Spectral Responsivity Characteristics Measurement (Example)

This concludes the outline of IEC 61966-9. The above wording of “spectral responsivity characteristics” is used in almost the same meaning as “Spectral sensitivity” used in ISO 17321. The major differences between the two are found in the range of measurement wavelength and

the wavelength increments.

ISO 17321 specifies:

Range of wavelength: from 360nm to at least 830nm

Wavelength increments: 10nm

while IEC 61966-9 specifies:

Range of wavelength: from 380nm to at least 780nm

Wavelength increments: 5nm

Paying regard to the intent of the proposer(s), ISO should stipulate the range of measurement wavelength to be from 360nm to at least 830nm and the increments in measurement wavelength to be 10nm citing from IEC 61966-9 although it is rather questionable whether measurement up to 830nm is really necessary for current digital still cameras equipped with an infrared cutting filter.

Further, Method A of ISO 17321 totally lacks description of the method of correcting different variations when measuring the response of camera in 10nm increments for each monochromatic light output. IEC 61966-9, which aims partly at consumer-oriented digital still cameras, contains detailed description of correcting method for variations caused by various automatic functions provided in those cameras. This concept is also applicable to those technical cameras intended for professional photography. CCDs of full-frame transfer type, mostly adopted in professional digital still cameras, require a mechanical shutter to control exposure time. The repeatability of a mechanical shutter would be, in general, $\pm 10\%$ at the best. That is, a camera may respond in $\pm 10\%$ fluctuation to every output of the aforementioned individual monochromatic light. The correcting method provided in IEC 61966-9 is still effective for such variances.

(4) 国際規格案対案調査

「色再現管理（カラーマネジメント）の標準化」事業に関わる国際規格案対案調査

ーカメラキャラクタライゼーションに関する検討ー

洪 博哲

ユニカ株式会社中央研究所

1. 概要

ISO 17321 WD4 "Graphic Technology and Photography- Colour characterization of digital still camera (DSCs) using colour targets and spectral illumination"(以後、ISO17321 WD4)の検証および対案検討のため、コンピュータシミュレーションを行った。実際に発生すると思われる誤差を照明演色評価に用いる色票、マクベスカラーチェッカー、および、JIS-TR X 0012 の標準分光データを用いて評価した。この結果、キャラクタライゼーションの方法の違いから、ISO17321 WD4 で提案されている Method A は Method B に比べ大きな誤差を示し、実用的に問題が高いことが分かった。また、OECF に加えた非線形の変換については、効果がある場合もあるが、カメラ分光感度の種類に依存して最適にならないことが多いことが判明した。そこで、対案として、Method A では線形の最適化により簡略化し、また、Method B では、直接色票の $L^*a^*b^*$ 色差を最小化するようにキャラクタライゼーションすることを提案する。

2. 背景と目的

ISO17321 ではカメラのキャラクタライゼーション手法を定義しようとしている。ところが、WD4 までのドキュメントでは執筆者の個人的な考えと科学的な根拠が明確に区別されておらず、規格文書としては完成されていない状況である。さらに、キャラクタライゼーション手法としては、分光感度から計算する Method A と、色票の特性を含めて計算する Method B が提案されていたが、非線形の最適化を用いており、これが実際のカメラ(分光感度)に対してどの程度の精度で実現されるか不明であった。

そこで、Method A と Method B について、実際のカメラの分光感度などを用いてコンピュータシミュレーションを行い、これらの手法による発生する誤差を明らかにする。これから現在のドラフトの方法における問題点を抽出し、その解決のための対案を示す。

3. シミュレーションの手法

3.1 シミュレーションの概要

シミュレーションでは、6 種類のデジタルカメラ用の分光感度を用いて、ISO17321 に準拠して Method A ならびに Method B による計算を行った。これによる色再現誤差を(1) 照明の演色評価に用いる 15 色票¹(以後、演色色票)、(2) マクベスカラーチェッカーの 24 色票²(以後、Macbeth 色票)、(3) 色再現評価用標準物体色分光データベース³(以後、SOCS 色票)を用いて、 ΔE^*ab により評価した。

シミュレーションは次の二通りを行った。

- (1) ISO17321 WD4 の手法に従い、問題となっている非線形変換のガンマ値を変化させたときの演色色票および Macbeth 色票に対するキャラクタライゼーションの色差を調査、
- (2) SOCS 色票に対して、Method A、Method B を用いたキャラクタライゼーション色差(ただし、線形最適化を用いた)を調査、

3.2 シミュレーションに用いたパラメータ

シミュレーションに用いたパラメータは次の通り。

(1) 分光感度データ

以下の 6 種類の分光感度を用いた。

・RGB1: デジタルカメラ Konica Q-M100V⁴

¹ JIS Z 8726-1990、光源の演色性評価方法。

² C. S. McCamy, H. Marcus, and J. G. Davidson, A color-rendition chart, Journal of Applied Photographic Engineering, 2, 3, pp.95-99 (1976).

³ JIS-TR X 0012、色再現評価用標準物体色分光データベース(SOCS) (1998).

⁴ 洪 博哲、カメラ演色評価数の提案、カラーフォーラム Japan '98, pp.69-72 (1998).

- RGB2: 解説記事で使用された RGB 感度⁵
- RGB3: ISO17321 WD4 で例示されたカメラ分光感度例
- CMY1: デジタルカメラ Konica Q-M100⁴
- CMY2: 解説記事で使用された CMY 感度⁵
- PEAK: 仮想のピークを持つ感度⁴

これらの分光感度を Fig. 1 に示した。

(2) 2 種類のキャラクタライゼーション手法

- Method A (分光データから線形マトリクスを直接求める)
- Method B (色票を用いて線形マトリクスを求める)

(3) 2 種類のマトリクス計算方法(シミュレーション(1)では、WD4 の記載通り「白拘束あり」のみ)

- 白拘束なし: 与えられたデータ点に対して、誤差を最小化するもの。
- 白拘束なし: 同上だが、無彩色の色票は無彩色に再現される拘束条件を与えたもの。

(4) 2 種類の色票

シミュレーション(1)

- 演色色票: Z 8726-1990 の 15 色票。
- Macbeth 色票: Macbeth Color Checker の 24 色票。

シミュレーション(2)

- 8p: Z 8726-1990 の平均演色数計算用 8 色票(演色色票のサブセット)。
- Socs: SOCS の 47302 色票。ここで、Krinov の色票は、説明内容と分光特性とが異なる部分が見つかったため除外した。

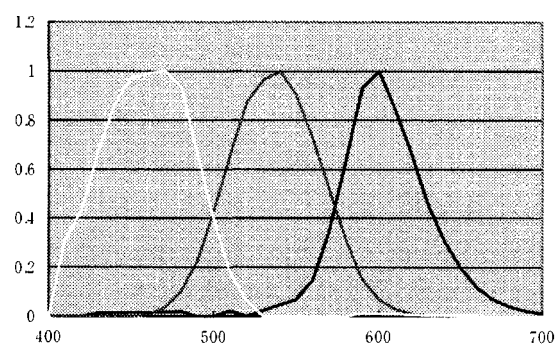
(5) 光源

- D65 を用いた。

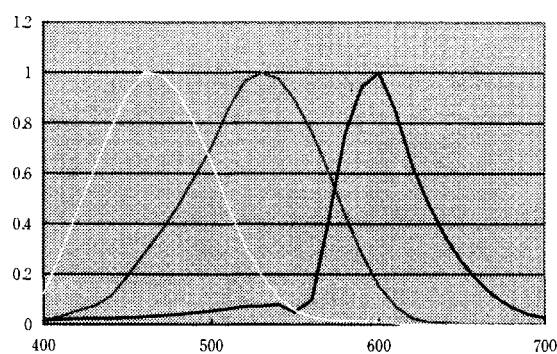
(6) 計算に用いた分光データの範囲とステップ

⁵ 乾谷正史、DSC における撮像技術(CCD と信号処理)、1998 年度デジタルカメラ研究会予稿集、pp. 7-12 (1998).

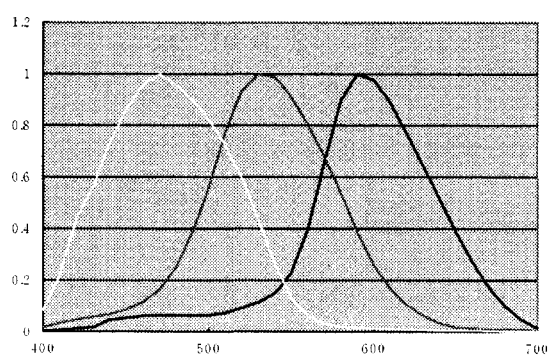
・波長範囲は、400～700nm で、10nm 間隔のデータを用いた。



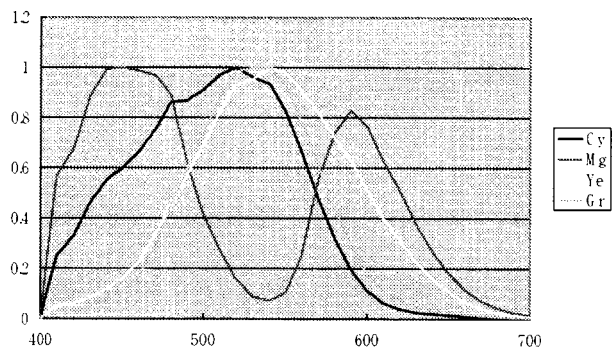
(1) RGB1



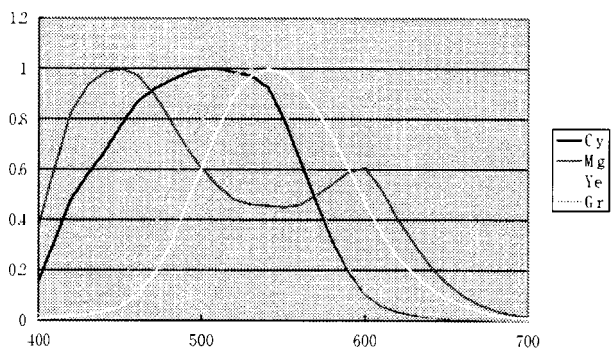
(2) RGB2



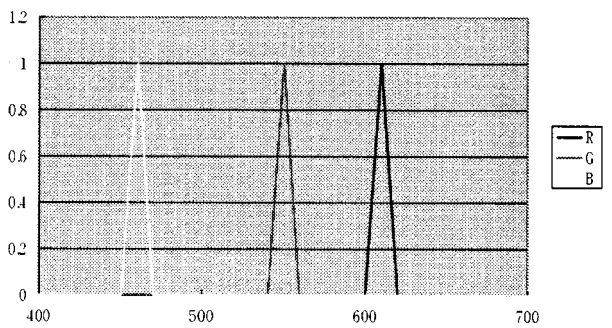
(3) RGB3



(4) CMY1



(5) CMY2



(6) PEAK

Fig. 1 シミュレーションに用いた分光感度 (X 軸: 波長、Y 軸: 相対感度)

3.3 シミュレーション結果

3.3.1 非線形変換と色票に対する色差 ΔE^*_{ab} の関係

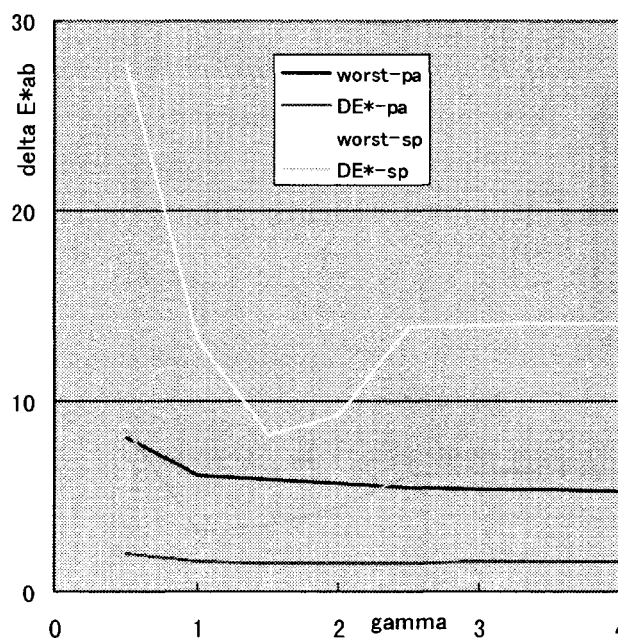
ISO17321 WD4 に示されている Method A と Method B について、非線形変換に相当する階調特性(ガンマ)を変化させて、演色色票及び Macbeth の計 39 色票に対する平均色差と最悪色差を評価した。ここ

で、階調変換には単純なべき乗のカーブを用いた。ISO17321 WD4 の変換はオフセット付のガンマ変換のため、ほぼガンマ 2.2 がそれに相当する。非線形変換の最適化には Microsoft 社 Excel のソルバーを用いた。

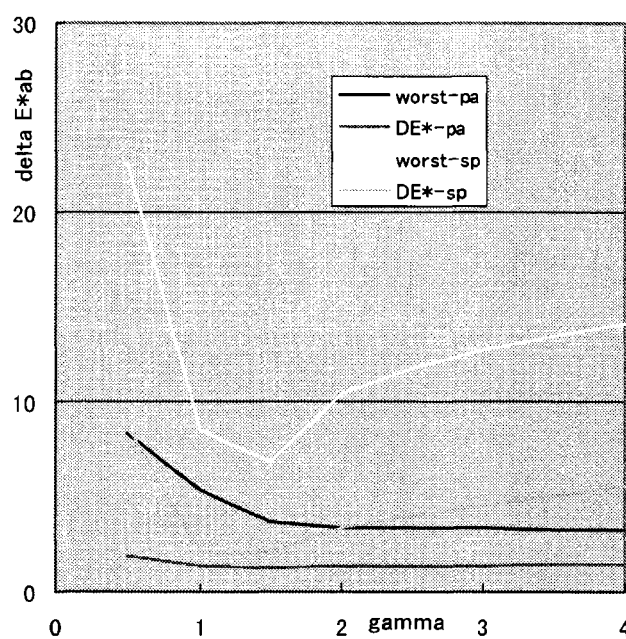
各図の説明において、最悪色差および平均色差とは、それぞれを最小化するようにマトリクスを最適化した場合の色差で、限界値となる。また、worst-pa、DE*-pa はそれぞれ Method B における最悪色差と平均色差、worst-sp、DE*-sp はそれぞれ Method A における最悪色差と平均色差である。計算はガンマ 0.5～4.0 の範囲で 0.5 刻みで行った。

これらの結果から、次の 2 点が分かる。

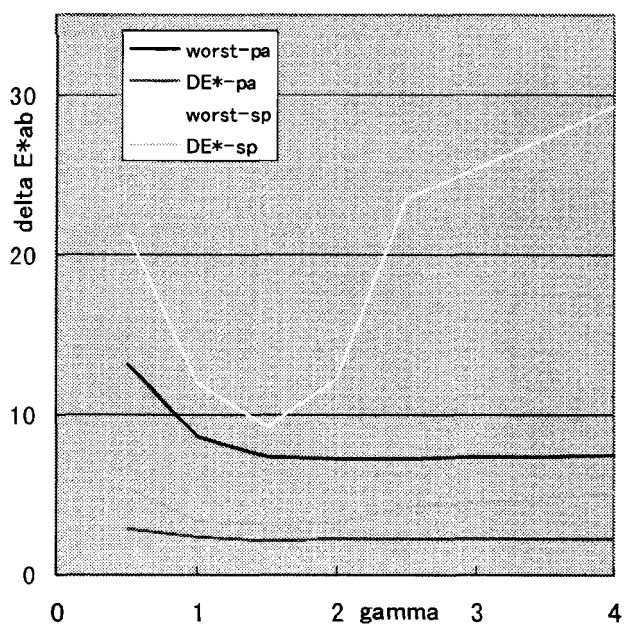
- (a) Method A は Method B の 3 倍程度の誤差になる。
- (b) ガンマ値を変更することで色差も変わり、Method A では必ずしも ISO17321 WD4 に示されたガンマ 2.2 が最小値を示していないことが分かる。



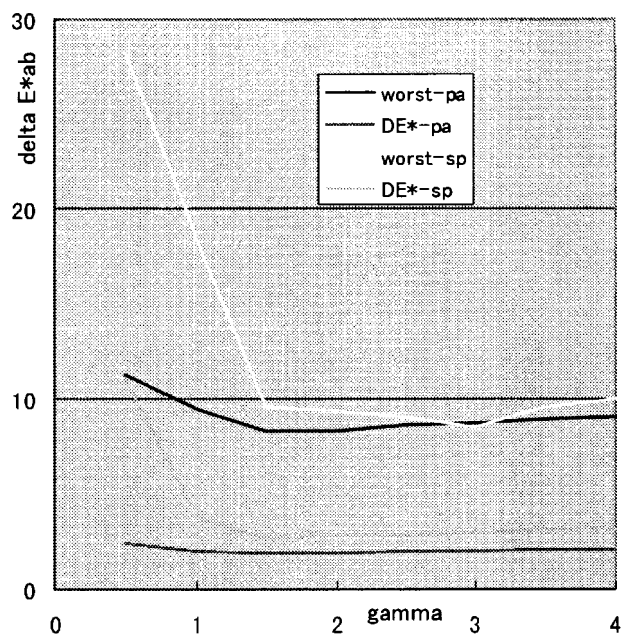
(1) RGB1(最悪色差 3.80、平均色差 1.44)



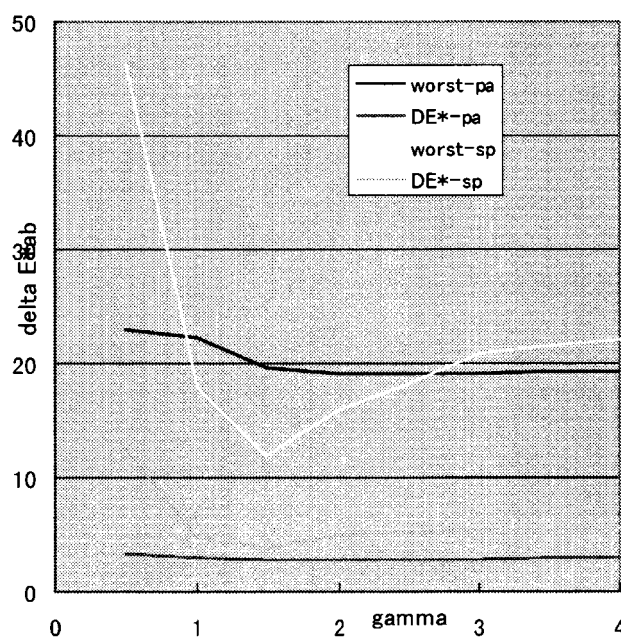
(2) RGB2 (最悪色差 2.96、平均色差 1.15)



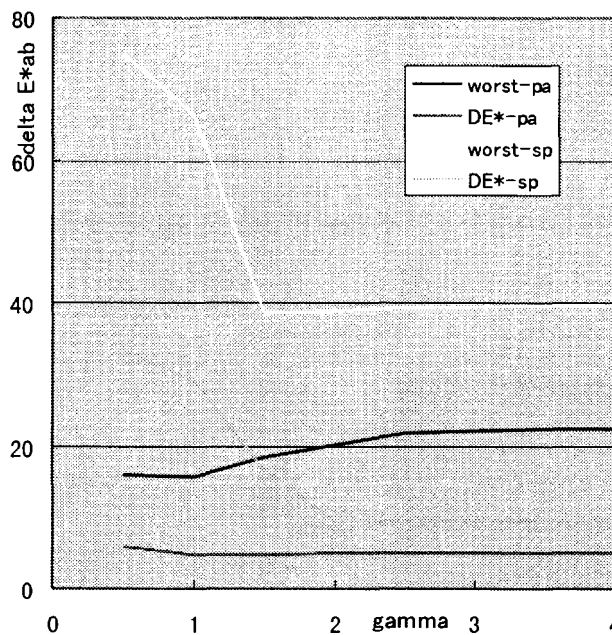
(3) RGB3 (最悪色差 7.23、平均色差 2.11)



(4) CMY1 (最悪色差 5.15、平均色差 1.73)



(5) CMY2 (最悪色差 9.53、平均色差 2.69)



(6) PEAK (最悪色差 12.4、平均色差 4.57)

Fig. 2 ガンマ値を変えた時の色票に対する色差の変化

3.3.2 線形変換を行った場合の SOCS に発生する色差

限られた色票では、最悪条件が検出できない可能性が高くなることから、SOCS 色票を用いて、次の手順で評価した。ただし、このシミュレーションでは、計算の都合で線形最適化を用いた。

ステップ 1:

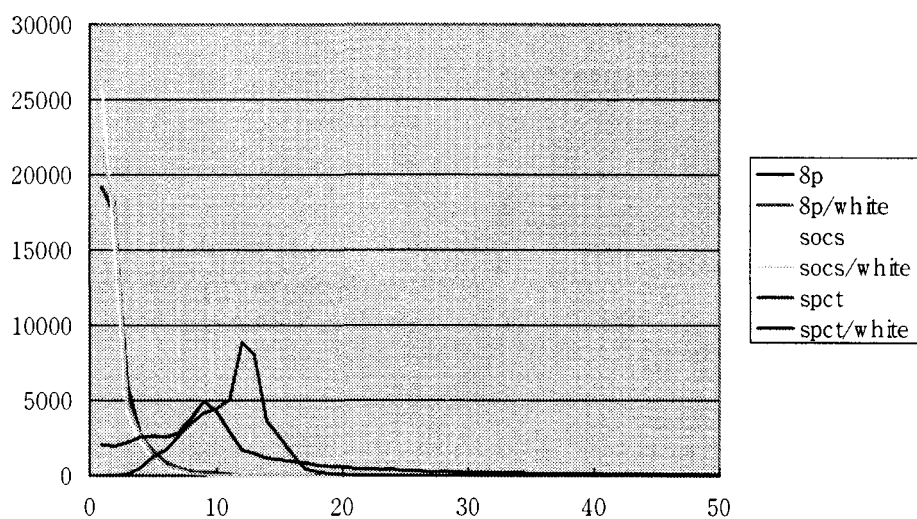
キャラクタライゼーションを実施する。以下の計 6 通りのキャラクタライゼーション方法を比較した。

- (1) 8p: 照明の演色評価で用いられる 8 色票を用いて Method B により最適化したもの。
- (2) 8p/white: 同上で、白拘束を用いて最適化したもの。
- (3) Socs: (1)と同じ手法で、SOCS 色票(49302 個)に対して最適化したもの。
- (4) Socs/white: 同上で、白拘束を用いて最適化したもの。
- (5) Spct: Method A により分光感度に対して最適化したもの。
- (6) Spct/white: 同上で、白拘束を用いて最適化したもの。

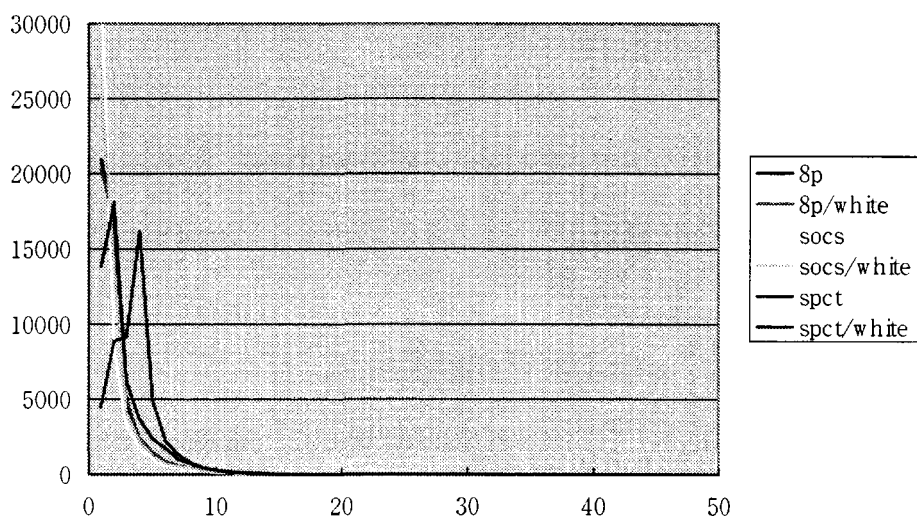
ステップ 2:

SOCS 色票の分光反射率に基づき、色差 ΔE^*ab を評価した。この表示には色差ヒストグラムを用いた。これにより得られた誤差ヒストグラムを以下に示す。

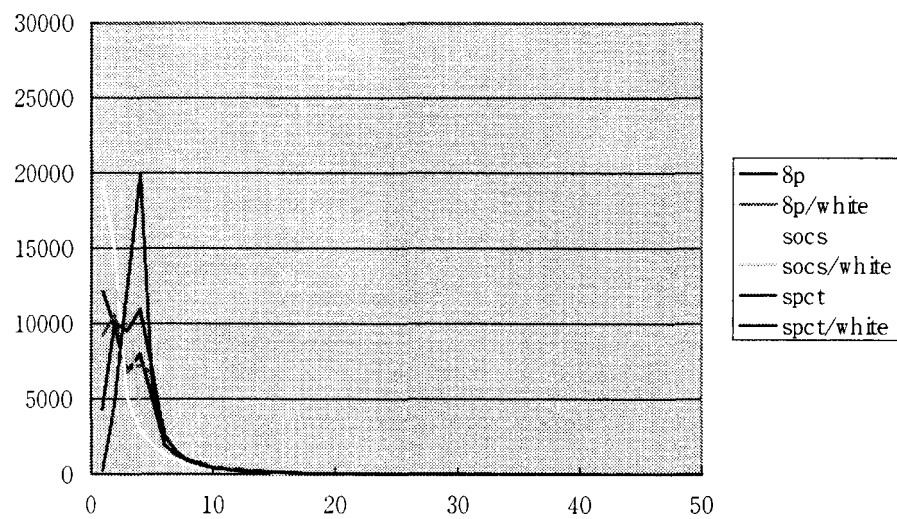
RGB1, CMY1, CMY2, PEAK では、Method A による再現色差が Method B に比べ、著しく大きくなっていることが分かる。



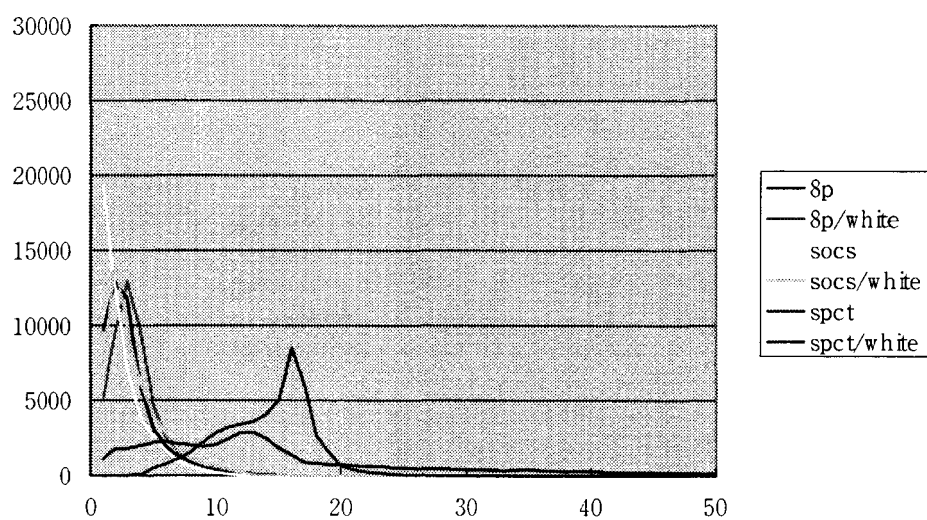
(1) RGB1



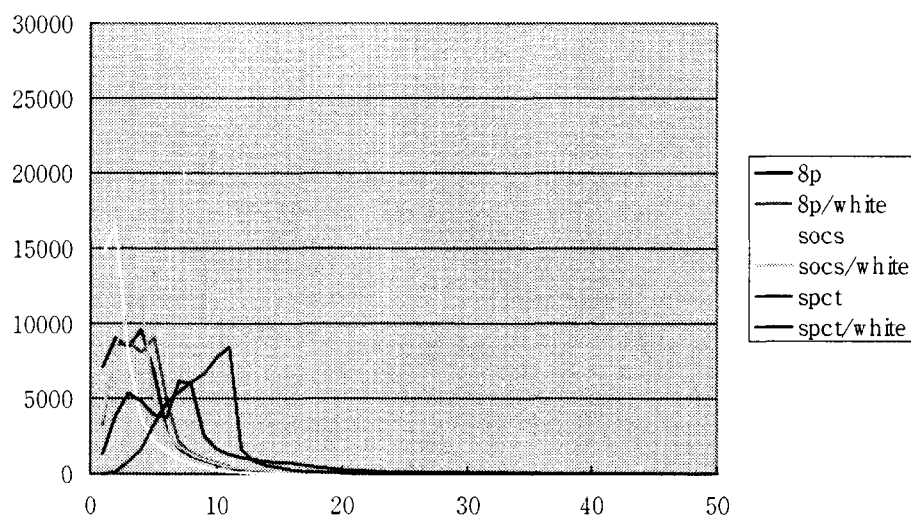
(2) RGB2



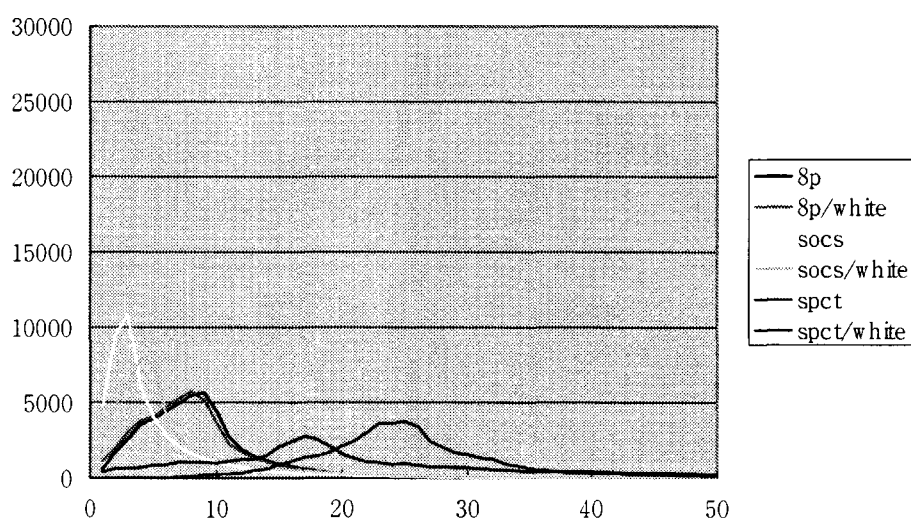
(3) RGB3



(4) CMY1



(5) CMY2



(6) PEAK

Fig. 3 誤差ヒストグラム (X 軸: 色差 ΔE^*_{ab} , Y 軸: 頻度)

4. 考察

(1) なぜ Method A は Method B よりも悪いのか?

被写体の分光特性を無視しているためと考えられる。自然物体の分光反射率は一般に滑らかであり、主成分分析で明らかのように、分布に特徴がある。Method A においては、今回のシミュレーションの計算例(400~700nm の範囲で 10nm 間隔のデータ)では、31 種類の単色光を用いて最適化を行うことになる。このような単色光の特性は自然反射物体の特性から大きく外れていることは明白である。

なお、Method A は三刺激値を推定したときに、誤差が大きいため、XYZ を計算したときに負の値になる可能性が高くなる。このような場合、負の値をクリッピングして正の値にするため、 ΔE^*_{ab} を計算したときに、より大きな誤差として計算されることがあることに注意する。

(2) ISO17321 WD4 の非線形の最適化は精度向上に意味あることだろうか？

色差の計算が $1/2.5 \sim 1/3$ 乗の変換を基本にしているため、ガンマ変換することでこれに近づき、精度向上させると考えられる。しかし、Method A については意味が見出せない。今回のシミュレーションで示されたように、Method A では、非線形の階調変換のパラメータ(ガンマ)に対して敏感で明確なピークがあったが、分光感度に依存して最適値は、 $1/1 \sim 1/2$ に分散し、少なくとも ISO17321 WD4 で示されたような実質 $1/2.2$ のパラメータで最適値が得られることはなかった。また、Method B では、ピーク位置は $1/2.2$ 乗近辺にあるが、べき乗指数に対する誤差の変化がなだらかで、他のガンマカーブ(例えば $1/1.5$)でも大差ない結果が得られる。さらに、最悪色差や平均色差を最小になるように直接的に最適化して求める場合と比べたとき、これらの手法が一致するには至らなかった。

このような結果から、Method A には非線形な特性を用いず線形特性を用い、また、Method B については直接 ΔE^*_{ab} が最小になるように最適化するのが良いと考える。

これによる計算負荷は同程度または下がる。すなわち線形最適化では繰り返し収束法を用いずに計算可能で、また、 ΔE^*_{ab} の最小化は、ISO17321 WD4 に記載されている計算負荷と大差なく実現できる。

(3) Method B ではどのようなカラーターゲットを用いるべきか？

もし、カメラがルータ条件に近ければ、どのようなカラーターゲットでも問題がない。しかし、カメラの分光感度がルータ条件から大きく外れている場合(または、CQF が低い場合)、色再現の対象となる最適化したい特定の被写体に対して合わせるべきであろう。

Method B 用のカラーターゲットとしては被写体の分光分布に近似したターゲットを選ぶことが望ましい。また、均等色空間での均等分布も望まれる。その意味では、点数を限定したときには、CIE13.3(照明の演色性評価)で用いる 8 つの色票は、低彩度で、かつ、各色相にあるため、妥当な選択と考える。

(4) どのような色が最悪値を示したか？

昇華型感熱転写プリンタがおおむね最悪値を示した。次に悪い結果は water-oil ペイントだった。これらは比較的シャープな分光吸収を持っていた。

5. 結論

以上のことから以下のことが結論づけられる。

- (1) Method A は Method B に比べ、はるかに悪い結果が得られることが多く、実用上問題がある。
- (2) ISO17321 WD4 に示されている非線形手法は最適な手法ではない。

6. 対案

以上の解析から、次の項目を提案したい。

- (1) Method A については最適な計算方法ではなく、大きな誤差の発生可能性があることを文書中に明確に示す。

理由は今回のシミュレーションで明らかになったように、ISO17321 WD4 で例示された分光感度は偶然良い結果を示しているだけで、代表例とはならないためである。

- (2) キャラクターライゼーションとして、Method A では線形の最適化を、また、Method B では均等色空間での色差を最小化するように変更する。

Method A では、その方が PEAK、CMY1 を除き良い結果が得られたこと、ガンマ 2.2 の値には最適化を行うための正当性がないこと(今回の実験結果ではガンマ 1.5 前後が良い)が挙げられる。また、Method B では、収束演算を必要とする非線形最適化を行うのであれば、物理的な意味を持たない ISO17321 WD4 のガンマ 2.2 と ITU-BT 709 の組み合わせによる最適化ではなく、より直接的な最適化の方が合理的である。

また、これにより、ISO-RGB 色空間の必要性がなくなり、使用者に誤解を与えにくくなるメリットもある。

付録 1: 使用カメラ分光感度に対する評価指数

使用したカメラ分光感度に対する各種評価指数は以下の通り。

Index	RGB1	RGB2	RGB3	CMY1	CMY2	PEAK
Ra	94.4	96.3	94.1	94.3	90.8	79.7
R9	48	49	58	5	5	70
R10	95	95	94	96	94	75
R11	95	92	84	79	88	42
R12	80	94	82	84	43	52
R13	90	95	92	98	84	67
R14	90	92	90	96	92	66
R15	95	93	83	74	63	50
R9-15	85	87	83	76	67	60
CQF1	0.943	0.929	0.967	0.919	0.915	0.180
CQF2	0.967	0.953	0.975	0.914	0.914	0.156
CQF3	0.906	0.867	0.829	0.957	0.974	0.196
AveCQF	0.939	0.916	0.924	0.930	0.934	0.177
Goodness	0.945	0.934	0.922	0.944	0.927	0.179
SqDif	0.031	0.036	0.039	0.031	0.046	0.445
RMS-WD4	16.5	16.8	16.4	12.2	18.8	63.2

Ra: 平均カメラ演色数(付録 2 参照)

R9～R15: 特殊カメラ演色数(付録 2 参照)

R9-15: 上記特殊演色数の平均

CQF1～3: Neugebauer の color quality factor⁶。

AveCQF: 上記の平均。

Goodness: Vora と Trusell の提案した評価指数⁷

SqDif: ISO17321 WD1.1 に示された Squared difference

RMS-WD4: ISO17321 WD4 に示された ISO Metamerism Index

⁶ H. E. J. Neugebauer, Quality factor for filters whose spectral transmittances are different from color mixture curves, and its application to color photography, J. Opt. Soc. Am. 46, pp. 821-824 (1956).

⁷ P. L. Vora and H. J. Trussell, Measure of goodness of a set of color-scanning filters, J. Opt. Soc. Am.A. 10, 7, pp. 1499-1508 (1993).

付録 2: カメラ演色数の計算方法

カメラ演色数は、照明用の演色数評価方法を流用し、次の考えに基づいて計算する。洪が示した 98 年の原提案では、JIS Z 8726-1975(CIE 13.1 に日本人の肌色パッチを追加したもの)に依存していたが、今回は、田島氏の指摘もあり、計算方法を JIS Z 8726-1990(CIE 13.3 に日本人の肌色パッチを追加したもの)と整合性を取った。

- (a) 照明の演色評価数と同じ 8 つの色票を色再現の基準に用いる。
- (b) 同色票で検定し、平均カメラ演色数とする。
- (c) 同様に、R9～R15 まで用いて、特殊カメラ演色数とする。
- (d) 照明同様、拡張の枠組みを用いて、任意の被写体の選定も可能。
- (e) 照明の演色評価数と同一の色差計算式を用いる。すなわち測色的に完全に合っているときに 100 になり、WWF(warm white fluorescent)で照明されたときの色が 50 に相当する。
- (f) 色票はマンセル色票で近似されるため、カメラから線形な出力が得られれば、直接求めることも可能。

この考えに基づき、具体的には次のように計算を行う。

計算手順

(1) カメラ分光感度の測定

IEC 100/PT61966 またはその他の方法により、 j チャンネルのデジタルカメラの分光感度を測定し、感度を $chj(\lambda)$ とする。ここで、 j は 8 以下とする。

(2) 照明光の規定

任意の照明 $L(\lambda)$ を規定する。照明光としては D65, D50 などの任意の照明光を指定する。

(3) センサー出力値および三刺激値の計算

上記の条件で、照明で用いる平均演色評価数計算用試験色のスペクトル反射率 $R_i(\lambda)$ を用いて、三刺激値 X_i, Y_i, Z_i およびカメラの出力値 $Ch1_i, Ch2_i, \dots, Chj_i$ を計算する。三刺激値は、

$$X_i = \int L(\lambda) R_i(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y_i = \int L(\lambda) R_i(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z_i = \int L(\lambda) R_i(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

により求め、センサー出力は

$$Chj_i = \int L(\lambda) R_i(\lambda) chj(\lambda) d\lambda$$

により求める。

注) (1)～(3)のステップは色票を用いて直接求めることも可能である。

(4) 色変換マトリクスの計算

最小二乗法により、センサー出力から 8 色票の三刺激値を近似する最適なマトリクスを次の最小二乗法で計算する。

$$A = TS^T(SS^T)^{-1}S$$

ここで、

$$T = \begin{bmatrix} X_1 & \Lambda & X_i & \Lambda & X_8 \\ Y_1 & \Lambda & Y_i & \Lambda & Y_8 \\ Z_1 & \Lambda & Z_i & \Lambda & Z_8 \end{bmatrix},$$

$$S = \begin{bmatrix} Chl_1 & \Lambda & Chl_i & \Lambda & Chl_8 \\ M & & M & & M \\ Chj_1 & \Lambda & Chj_i & \Lambda & Chj_8 \end{bmatrix}$$

とする。

このようにして求めたマトリクス A を用いて、

$$T_k = AS_k$$

により、任意の信号値に対する三刺激値を求めることができる。ここで、

$$S_k = \begin{bmatrix} Chl_k \\ M \\ Chj_k \end{bmatrix}, \quad T_k = \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix}$$

は、それぞれ任意の信号値とそれに対する三刺激値である。

(5) 平均演色評価数、特殊演色評価数の計算

JIS Z 8726-1990(または、CIE13.3)の計算式に従い計算する。ここで、試験光源下での色票の色彩値は、上の推定値に置き換える。

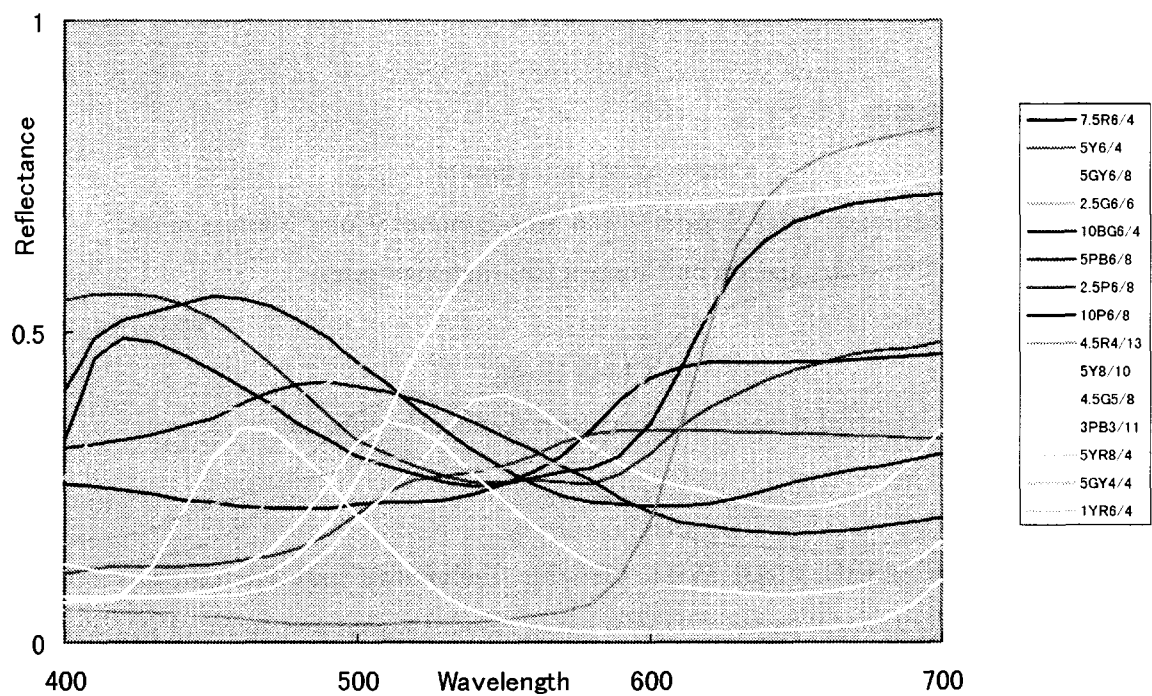
ただし、規格の色票のデータは 5nm 間隔で与えられているため、以下の式によりスムージングを行い、サブサンプリングして、400～700nm で 10nm 間隔のデータとする。

$$S_{10}(\lambda) = (S_5(\lambda - 5) + 2S_5(\lambda) + S_5(\lambda + 5)) / 4$$

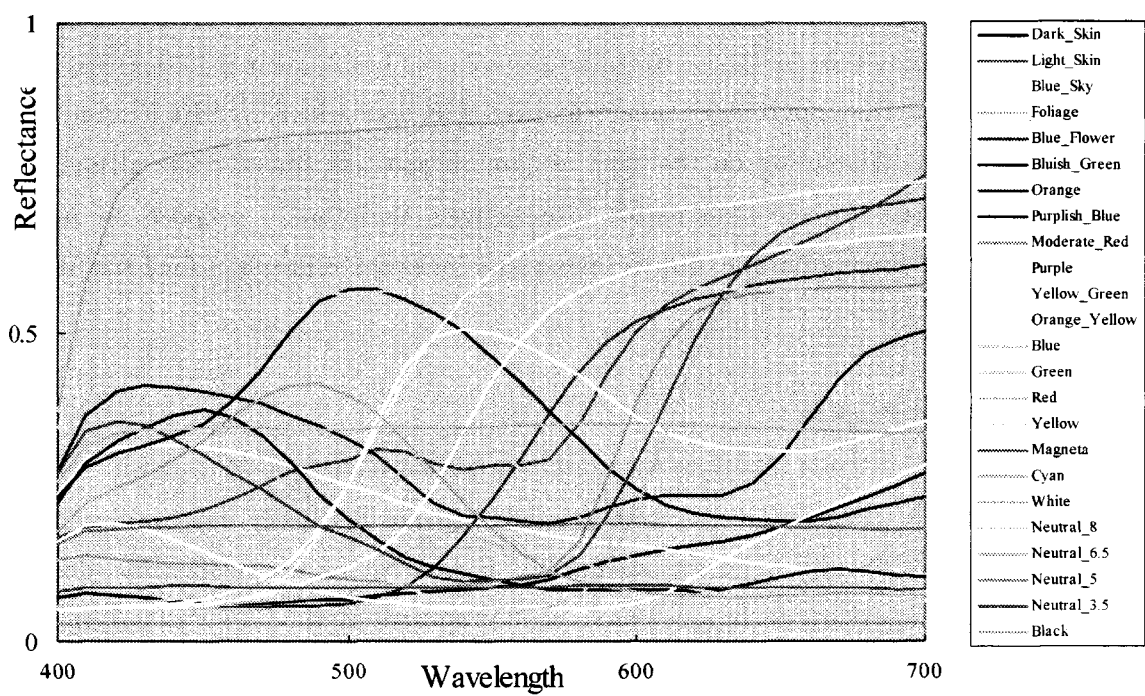
付録 3 シミュレーションに用いた分光感度(表)

表 A1 シミュレーションに用いた分光感度

Wavelength	RGB1			RGB2			RGB3			CMY1			CMY2			PEAK		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	Cy	Mg	Ye	Cy	Mg	Ye	R	G	B
400	0.000	0.000	0.000	0.015	0.020	0.122	0.003	0.017	0.083	0.000	0.000	0.000	0.152	0.371	0.008	0.000	0.000	0.000
410	0.000	0.000	0.306	0.019	0.029	0.271	0.006	0.033	0.211	0.248	0.568	0.048	0.311	0.602	0.012	0.000	0.000	0.000
420	0.000	0.000	0.439	0.024	0.054	0.450	0.012	0.046	0.442	0.330	0.676	0.062	0.483	0.832	0.018	0.000	0.000	0.000
430	0.013	0.000	0.680	0.024	0.074	0.617	0.016	0.057	0.562	0.464	0.890	0.085	0.584	0.938	0.023	0.000	0.000	0.000
440	0.014	0.000	0.863	0.024	0.111	0.772	0.046	0.068	0.726	0.553	0.994	0.118	0.669	0.984	0.035	0.000	0.000	0.000
450	0.015	0.000	0.973	0.027	0.189	0.911	0.053	0.085	0.856	0.603	1.000	0.164	0.775	1.000	0.056	0.000	0.000	0.000
460	0.016	0.007	0.992	0.031	0.284	1.000	0.061	0.113	0.959	0.666	0.988	0.231	0.868	0.975	0.099	0.000	0.000	1.000
470	0.017	0.037	1.000	0.035	0.375	0.993	0.065	0.166	1.000	0.754	0.969	0.333	0.918	0.900	0.177	0.000	0.000	0.000
480	0.019	0.100	0.938	0.040	0.474	0.922	0.065	0.251	0.955	0.864	0.892	0.462	0.950	0.802	0.287	0.000	0.000	0.000
490	0.000	0.225	0.667	0.047	0.585	0.800	0.064	0.387	0.903	0.868	0.633	0.567	0.981	0.700	0.439	0.000	0.000	0.000
500	0.000	0.429	0.397	0.054	0.706	0.647	0.065	0.563	0.822	0.910	0.417	0.689	1.000	0.605	0.603	0.000	0.000	0.000
510	0.022	0.654	0.182	0.063	0.849	0.477	0.074	0.766	0.730	0.971	0.274	0.827	1.000	0.533	0.762	0.000	0.000	0.000
520	0.000	0.876	0.064	0.071	0.965	0.315	0.092	0.931	0.599	1.000	0.162	0.931	0.987	0.482	0.894	0.000	0.000	0.000
530	0.023	0.965	0.000	0.075	1.000	0.196	0.114	1.000	0.434	0.962	0.089	0.954	0.973	0.461	0.970	0.000	0.000	0.000
540	0.046	1.000	0.000	0.079	0.977	0.108	0.149	0.988	0.265	0.933	0.073	1.000	0.925	0.456	1.000	0.000	0.000	0.000
550	0.067	0.906	0.000	0.049	0.893	0.056	0.225	0.915	0.136	0.824	0.106	0.980	0.801	0.451	0.980	0.000	1.000	0.000
560	0.144	0.729	0.000	0.099	0.766	0.029	0.394	0.808	0.064	0.668	0.245	0.909	0.643	0.459	0.924	0.000	0.000	0.000
570	0.353	0.512	0.000	0.416	0.605	0.018	0.657	0.682	0.032	0.482	0.550	0.822	0.474	0.497	0.838	0.000	0.000	0.000
580	0.635	0.316	0.000	0.760	0.435	0.016	0.899	0.536	0.020	0.321	0.739	0.721	0.314	0.543	0.729	0.000	0.000	0.000
590	0.932	0.152	0.013	0.944	0.280	0.013	1.000	0.387	0.016	0.198	0.830	0.629	0.194	0.592	0.598	0.000	0.000	0.000
600	1.000	0.069	0.011	1.000	0.152	0.010	0.976	0.258	0.013	0.113	0.766	0.514	0.106	0.605	0.465	0.000	0.000	0.000
610	0.842	0.031	0.008	0.848	0.072	0.004	0.890	0.168	0.011	0.064	0.629	0.401	0.060	0.520	0.349	1.000	0.000	0.000
620	0.664	0.012	0.007	0.632	0.026	0.000	0.772	0.107	0.009	0.040	0.512	0.317	0.037	0.404	0.251	0.000	0.000	0.000
630	0.457	0.004	0.005	0.479	0.009	0.000	0.645	0.064	0.008	0.026	0.376	0.227	0.022	0.305	0.181	0.000	0.000	0.000
640	0.306	0.002	0.003	0.350	0.008	0.000	0.515	0.034	0.007	0.020	0.270	0.162	0.015	0.216	0.130	0.000	0.000	0.000
650	0.195	0.000	0.002	0.249	0.005	0.000	0.388	0.018	0.006	0.015	0.183	0.109	0.010	0.150	0.090	0.000	0.000	0.000
660	0.118	0.000	0.001	0.171	0.005	0.000	0.270	0.012	0.005	0.011	0.116	0.069	0.008	0.100	0.060	0.000	0.000	0.000
670	0.069	0.001	0.001	0.112	0.004	0.000	0.176	0.011	0.004	0.007	0.073	0.043	0.005	0.065	0.039	0.000	0.000	0.000
680	0.040	0.002	0.001	0.069	0.003	0.000	0.101	0.011	0.003	0.004	0.044	0.026	0.004	0.040	0.024	0.000	0.000	0.000
690	0.022	0.002	0.001	0.042	0.003	0.000	0.047	0.009	0.002	0.003	0.025	0.015	0.003	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000
700	0.012	0.002	0.001	0.027	0.002	0.000	0.014	0.004	0.001	0.003	0.015	0.009	0.002	0.016	0.010	0.000	0.000	0.000



付録4 シミュレーションに用いた色票の分光感度(グラフ)



(5) 國際規格案對案調查 (英文)

Concerning Operation of
“Standardization of Color Reproduction Management (Color Management)”
-- Discussion on Camera Characterization --

attached No.3a

Po-Chieh Hung
Central Research Laboratory, Konica Corporation

1. Summary

To verify the effects of ISO 17321 WD4 “Graphic Technology and Photography - Colour characterization of digital still camera (DSCs) using colour targets and spectral illumination” (hereafter referred to as ISO 17321 WD4) and to prepare a draft counterproposal or corrections, computer simulation has been performed. Possible errors likely to take place in practical situations were evaluated by means of the color chips that are used in assessment of illumination color rendering properties, Macbeth Color Checker, and JIS-TR X0012 normal spectroscopic data. As a result, Method A, which is proposed in ISO 17321 WD4, presented remarkable errors in comparison with Method B due to difference in characterization methods, and revealing that Method A contains a number of problems in practical application. It was also revealed that nonlinear transformation that was added to OECF often fails to bring optimal result depending on the type of camera spectral sensitivities although it is occasionally effective. As recommendable alternatives, therefore, I propose an improved characterization in which simplification is introduced by linear regression for both Method A and Method B.

2. Background and Purpose

ISO 17321 evidently intends to define the characterization technique of camera. However, personal idea of the writers and scientific grounds are not distinctly discriminated in the documents up to WD4, and they are so far not completed as a specification document. Moreover, two characterizing techniques have been proposed: Method A for calculation based on the spectral sensitivities and Method B for calculation that takes into account the characteristics of color chips, and both techniques use nonlinear regression. However, it is not known how high accuracy can be achieved by the proposed nonlinear regression for practical cameras (or spectral sensitivities).

This is why I performed computer simulation for Methods A and B using data including practical sensitivities of cameras and other factors in order to clarify errors produced by these techniques. Based on the result, problems existent in the current draft method have been

extracted and a counter proposal has been prepared to solve those problems.

3. Simulation Technique

3.1 Outline of simulation

In the simulation, spectral sensitivities for six types of digital cameras were used and calculation was carried out according to Methods A and B specified in ISO 17321. Consequent color reproduction errors were evaluated with ΔE^*ab through use of (1) 15 color chips for color rendering assessment of illuminationⁱ (hereafter, color rendering color chips), (2) 24 color chips of Macbeth Color Checkerⁱⁱ (hereafter, Macbeth color chips), and (3) standard object color spectroscopic database for color reproduction evaluationⁱⁱⁱ (hereafter, SOCS color chips).

Two types of simulation were performed as follows:

- (1) To examine color difference of characterization for color rendering color chips and Macbeth color chips while varying the gamma value of the nonlinear transformation in question according to the ISO 17321 WD4 technique.
- (2) To examine the characterization color difference (linear regression was used) using Methods A and B for SOCS color chips.

3.2 Parameters used in simulation

The following parameters were used in the simulation:

(1) Spectral sensitivity data

Six types of spectral sensitivities were used as follows:

- RGB1: Digital camera, Konica Q-M100V^{iv}
- RGB2: RGB sensitivities that were used in the commentary^v
- RGB3: Typical camera spectral sensitivities exemplified in ISO 17321 WD4
- CMY1: Digital camera, Konica Q-M100⁴
- CMY2: CMY sensitivities used in the commentary⁵
- PEAK: Sensitivities having a virtual peak⁴

Fig. 1 shows the above spectral sensitivities.

(2) Two types of characterization techniques

- Method A (to determine a linear matrix directly from spectroscopic data)
- Method B (to determine a linear matrix by using color chips)

(3) Two types of matrix calculation methods (only “with white constraint” for simulation (1) as specified in WD4)

- Without white constraint: minimizes errors for given data points.
- Without white constraint: the same as the above except that it gives a constraining condition that a color chip of an achromatic color will be reproduced into an achromatic color.

(4) Two types of color chips

For simulation (1):

- Color rendering color chips: 15 color chips as per Z 8726-1990
- Macbeth color chips: 24 color chips of Macbeth Color Checker

For simulation (2):

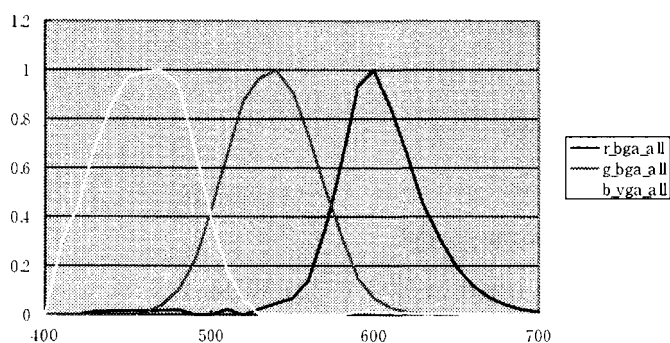
- 8p: Eight color chips (a subset of color rendering color chips) for calculation of the mean color rendering number as per Z 8726-1990
- Socs: 47302 color chips of SOCS, where Krinov's color chips were excluded because a difference was found between the description and their spectral characteristics.

(5) Light source

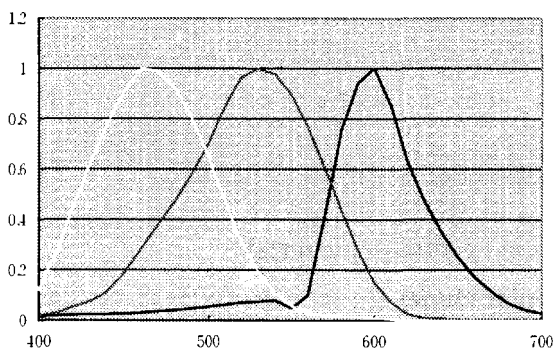
- D65 was used.

(6) The range of spectroscopic data and the increments used in calculation

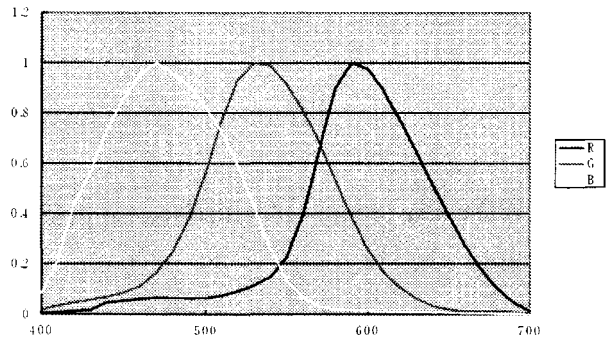
- Wavelength data ranged from 400 to 700nm with 10nm increments.



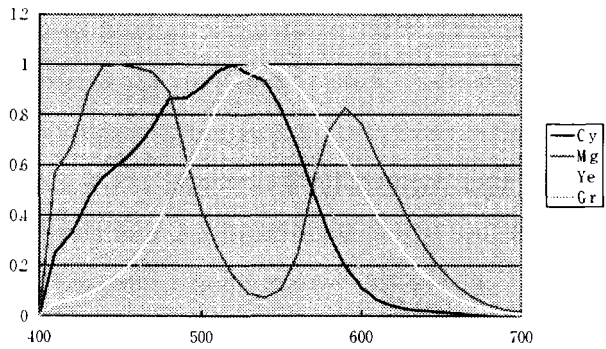
(1) RGB1



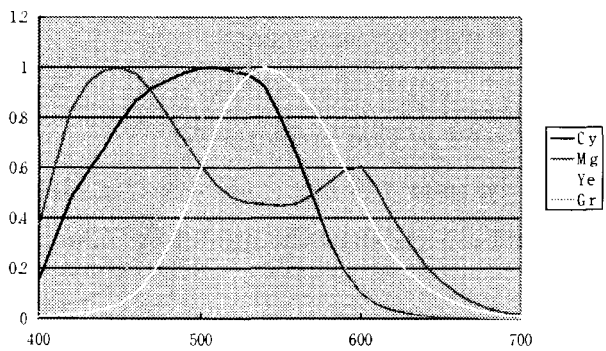
(2) RGB2



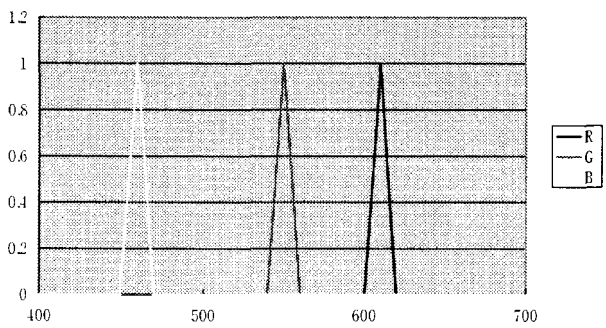
(3) RGB3



(4) CMY1



(5) CMY2



(6) PEAK

Fig. 1 Spectral Sensitivities Used in Simulation
(X-axis: wavelength; Y-axis: relative sensitivity)

3.3 Result of simulation

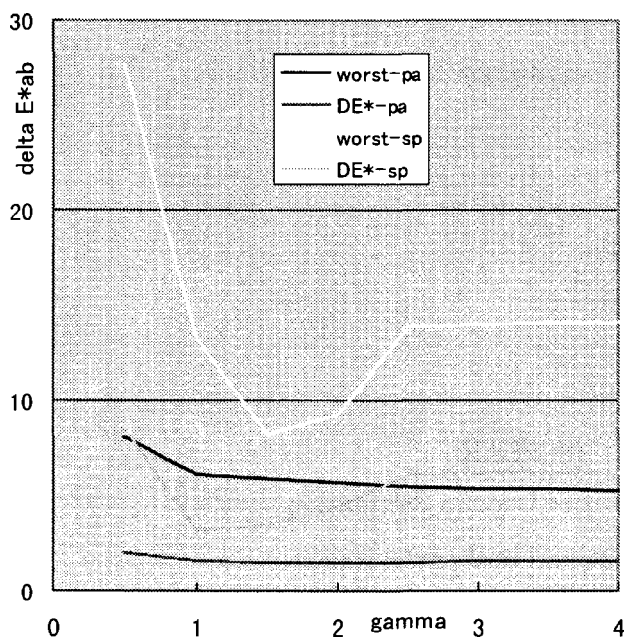
3.3.1 Relationship between nonlinear transformation and color difference ΔE^*_{ab} for color chips

Both for Methods A and B specified in ISO 17321 WD4, the mean color difference and the worst color difference for color rendering color chips and Macbeth's, 39 in total, were evaluated by changing the gradation characteristics (gamma) that correspond to nonlinear transformation. In the evaluation, a simple exponential curve was used for gradation transformation. Since the transformation of ISO 17321 WD4 is an offset-added gamma transformation, gamma 2.2 broadly corresponds to it. For regression of nonlinear transformation, a solver of Microsoft Excel was used.

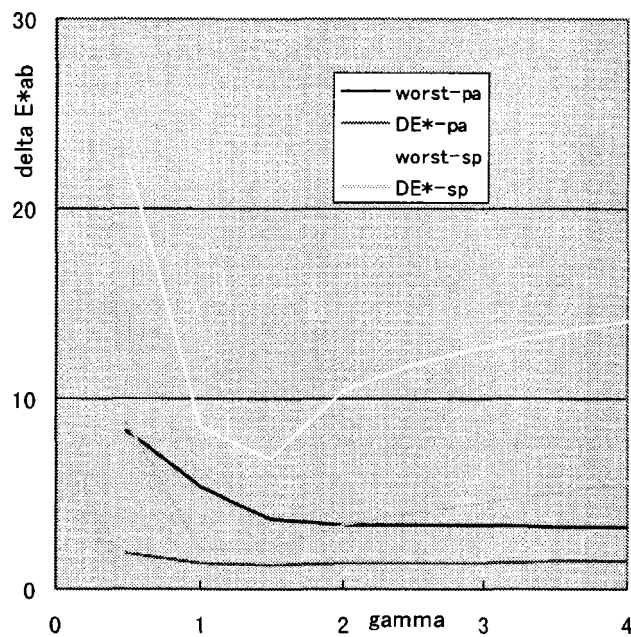
In the note to each diagram, "Worst color difference" and "Mean color difference" are the color difference for the matrix optimized so that each difference would be minimized, and they will be the limit value. In addition, "worst-pa" and "DE*-pa" are the "worst color difference" and the "mean color difference" in Method B, respectively, and "worst-sp" and "DE*-sp" are the "worst color difference" and the "mean color difference" in Method A, respectively. Calculation was made in the range of gamma 0.5 to 4.0 with 0.5 increments.

The result revealed the following two findings:

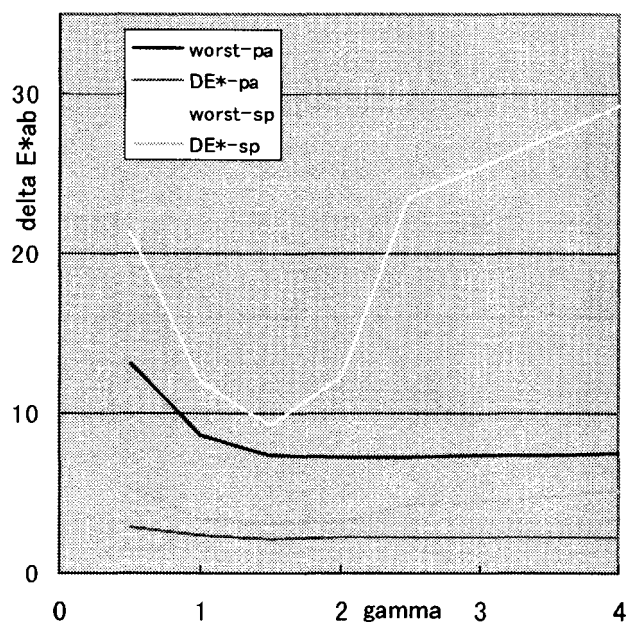
- (a) Method A produces about three times as great error as that by Method B.
- (b) The change of the gamma value also changes the color difference, and thus, in Method A, gamma 2.2 specified in ISO 17321 WD4 does not always show the minimum value.



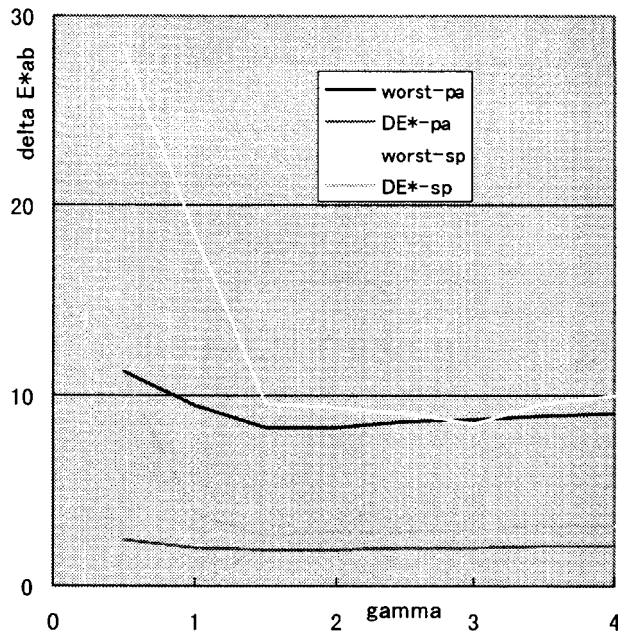
(1) RGB1 (worst color difference of 3.80, mean color difference of 1.44)



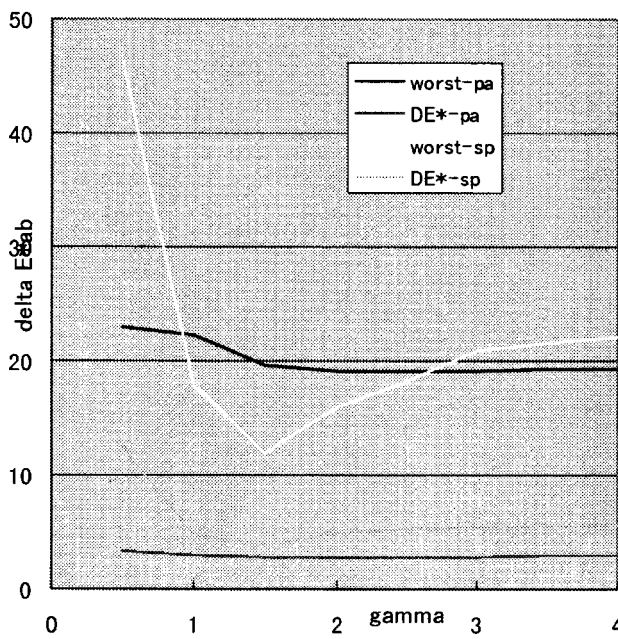
(2) RGB2 (worst color difference of 2.96, mean color difference of 1.15)



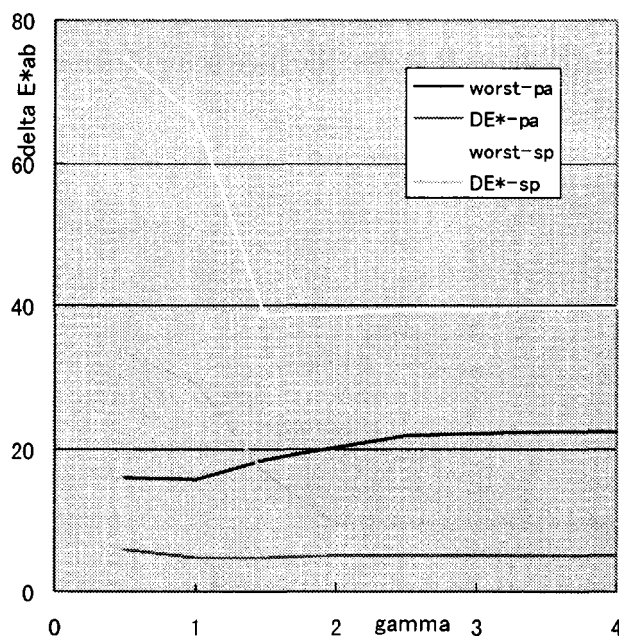
(3) RGB3 (worst color difference of 7.23, mean color difference of 2.11)



(4) CMY1 (worst color difference of 5.15, mean color difference of 1.73)



(5) CMY2 (worst color difference of 9.53, mean color difference of 2.69)



(6) PEAK (worst color difference of 12.4, mean color difference of 4.57)

Fig. 2 Change of color difference for color chips when the gamma value was changed

3.3.2 Color difference produced in SOCS when linear transformation was conducted

Since the possibility for worst conditions to be left undetected becomes higher with the limited number of color chips, SOCS color chips were used to carry out evaluation with the following steps. This simulation, however, used linear regression for the reason of calculation.

Step 1:

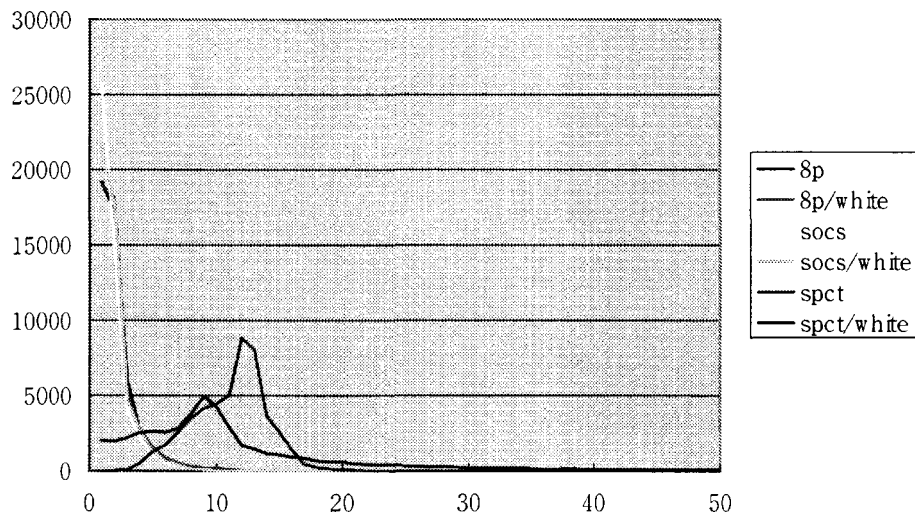
Perform characterization. Six different characterization methods were compared as follows:

- (1) 8p: Eight color chips that are used in color rendering assessment of illumination were used for optimization by Method B.
- (2) 8p/white: In the above method, white constraint was added for optimization.
- (3) Socs: The same technique as in the above (1), optimization was made for SOCS color chips (49,302 pieces).
- (4) Socs/white: In the above method, white constraint was added for optimization.
- (5) Spct: Optimization was made by Method A for spectral sensitivities.
- (6) Spct/white: In the above method, white constraint was added for optimization.

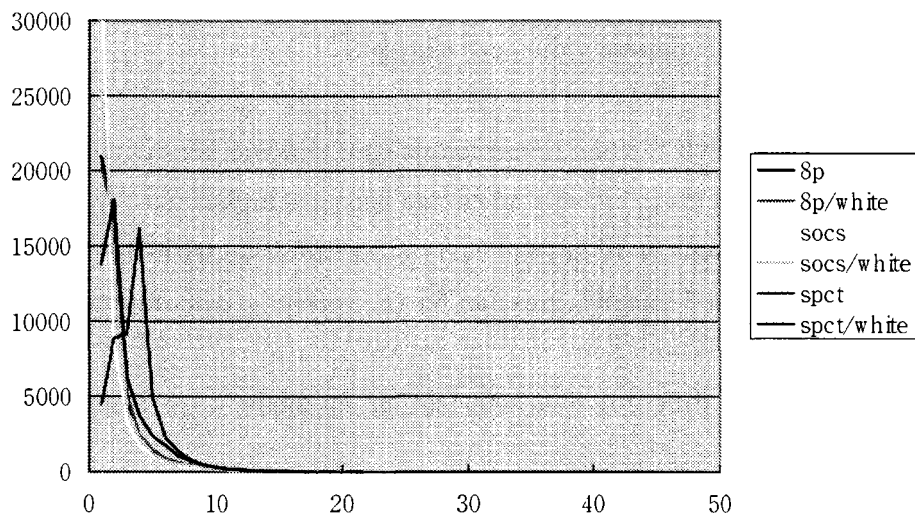
Step 2:

Based on the spectral reflectance of SOCS color chips, color differences ΔE^*_{ab} were evaluated. To show the result, a color difference histogram was used. The following section shows various error histograms obtained.

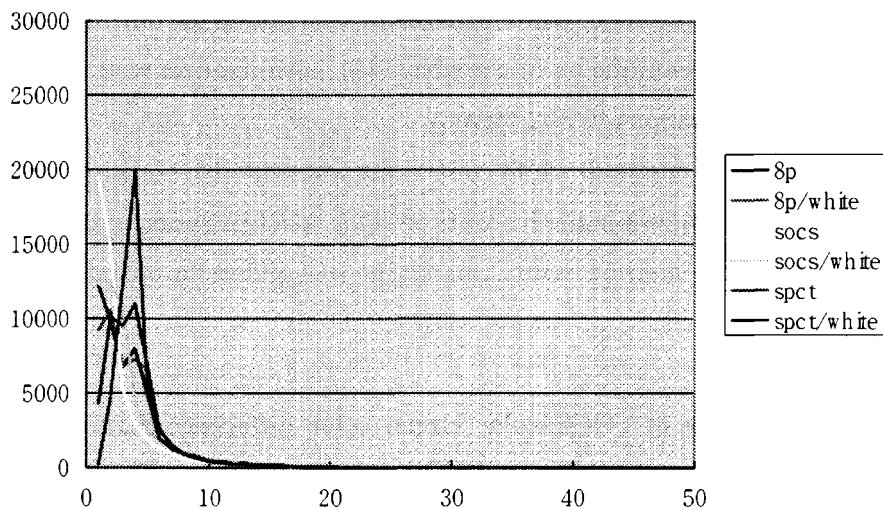
The diagrams for RGB1, CMY1, CMY2 and PEAK shows that reproduction color difference by Method A is remarkably higher than that by Method B.



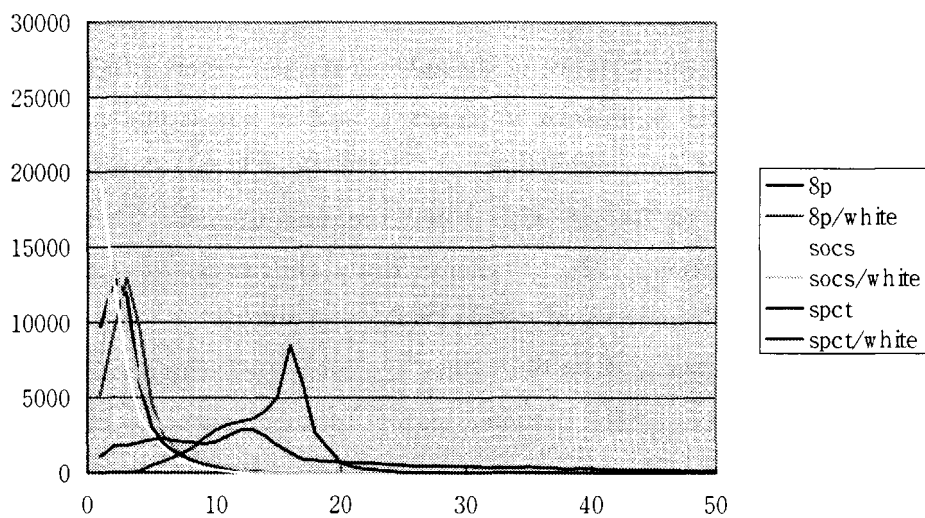
(1) RGB1



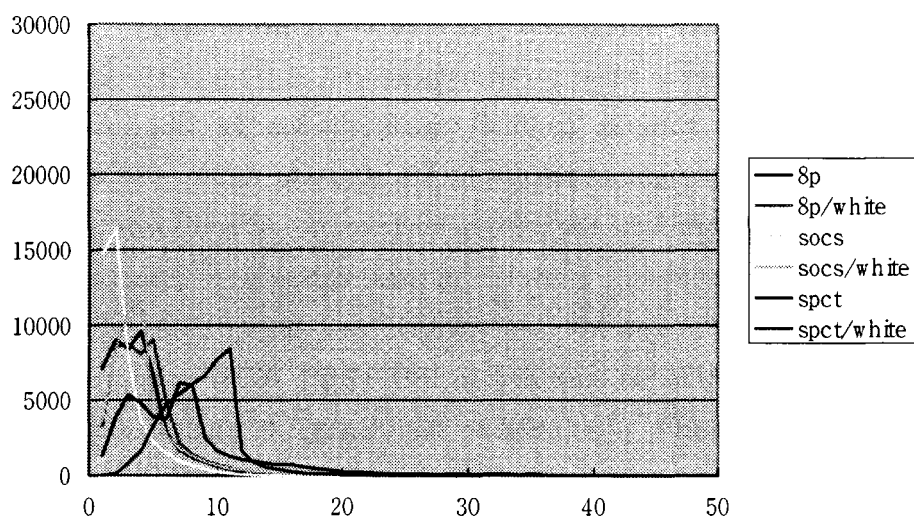
(2) RGB2



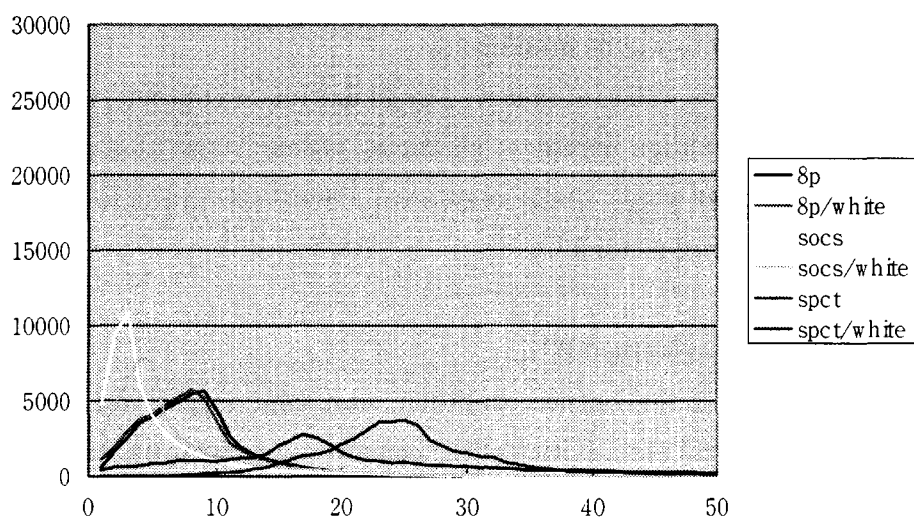
(3) RGB3



(4) CMY1



(5) CMY2



(6) PEAK

Fig. 3 Error Histogram (X-axis: color differences ΔE^*_{ab} , Y-axis: frequency)

4. Discussions

(1) Why is Method A worse than Method B?

The reason can be that the spectral characteristics of the subject are not taken into account. Spectral reflectance of natural objects is smooth in general, and it has a characteristic distribution as evident by the principal component analysis. In Method A, calculation in this simulation (data in the range of 400 to 700nm with 10nm increments) uses 31 types of monochromatic lights for optimization. It is clear that characteristics of such monochromatic lights greatly deviate from those of natural reflection objects.

Since Method A yields great errors when tristimulus values are estimated, the possibility of calculation of XYZ resulting in negative values becomes high. In such cases, we must pay attention to the fact that calculation of ΔE_{ab}^* may produce greater errors because the negative values are clipped to leave positive values.

(2) Is nonlinear regression of ISO 17321 WD4 effective in accuracy improvement?

Since the calculation of color difference is based on transformation of 1/2.5 to 1/3 power, it is considered that it approaches this through gamma transformation for improvement of accuracy. For Method A, however, no significance can be found to warrant it. In Method A, a sensitive and manifest peak was found for the parameter (gamma) of nonlinear gradation transformation as shown by this simulation. However, optimal values were dispersed in the range of 1/1 to 1/2 depending on the spectral sensitivities, and no optimal values were obtained with a parameter of just 1/2.2 as specified in ISO 17321 WD4, to say the least. Further, in Method B, the peak is surely positioned in the vicinity of 1/2.2 power, but the errors change rather gently with the exponent, and similar result could be obtained with other gamma curves (e.g., 1/1.5). Moreover, these techniques did not come into concurrence when compared to those cases of determination through direct optimization so that the worst color difference or mean color difference will be minimized.

From the above consequences, it can be well said that we should use linear characterization in both Method A and Method B rather than nonlinear characterization. With this proposal, calculation load will be less. In other words, linear regression allows calculation to be made without using the repeated convergence method.

(3) What color target should be used in Method B?

If the camera is in the adjacency of the Luther condition, any color target can be used satisfactorily. However, if the spectral sensitivities of the camera are substantially far from the Luther condition (or the CQF is low), the target should be set to the specific desirable subject for optimization, which can be the object of the color reproduction.

For the color target in Method B, we should select a target that is similar to the spectral distribution of the subject. In addition, uniform distribution in a uniform color space would be desirable. In that sense, if the number of pieces is limited, the eight color chips used in

CIE13.3 (evaluation of color rendering properties of illumination) can be a reasonable choice because they are of low chroma and fall in relevant hues.

(4) What color caused the worst value?

A thermal transfer printer of sublimation-type produced, in general, the worst values. Second worst result was brought by water-oil paint. These items had relatively sharp spectral absorption.

5. Conclusion

The above findings bring us to the following conclusions:

- (1) Method A often produces much worse result than Method B, and it contains problems in practical application.
- (2) The nonlinear technique specified in ISO 17321 WD4 is not the optimal technique.

6. Recommendation

The above analysis leads to the following proposals:

- (1) The document should contain a manifest statement that Method A is not an optimal calculation method, which may produce great errors.

The reason is: as proven by this simulation, the spectral sensitivities exemplified in ISO 17321 WD4 showed a desirable result by chance; it can not be a representative case.

- (2) As the characterization, alteration should be made so that linear regression will be made in both Method A and Method B.

In Method A, a satisfactory result was brought by this alteration except PEAK and CMY1, and the value of gamma 2.2 does not have any warrant for optimization (the result of this experiment tells us that gamma 1.5 or so is the best). In Method B, to perform nonlinear regression that needs convergence computation, do not select the optimization through combination of gamma 2.2 of ISO 17321 WD4, which has no physical meaning, and ITU-BT 709, but selection of more direct optimization would be reasonable.

In addition, there is another merits that this counterproposal would eliminate the need for ISO-RGB color space, and that it would not lead users to misunderstanding.

Appendix 1 Evaluation Index for Camera Spectral Sensitivities Used

Various evaluation indices for the spectral sensitivities of the camera used are shown in the table below.

Index	RGB1	RGB2	RGB3	CMY1	CMY2	PEAK
Ra	94.4	96.3	94.1	94.3	90.8	79.7
R9	48	49	58	5	5	70
R10	95	95	94	96	94	75
R11	95	92	84	79	88	42
R12	80	94	82	84	43	52
R13	90	95	92	98	84	67
R14	90	92	90	96	92	66
R15	95	93	83	74	63	50
R9-15	85	87	83	76	67	60
CQF1	0.943	0.929	0.967	0.919	0.915	0.180
CQF2	0.967	0.953	0.975	0.914	0.914	0.156
CQF3	0.906	0.867	0.829	0.957	0.974	0.196
AveCQF	0.939	0.916	0.924	0.930	0.934	0.177
Goodness	0.945	0.934	0.922	0.944	0.927	0.179
SqDif	0.031	0.036	0.039	0.031	0.046	0.445
RMS-WD4	16.5	16.8	16.4	12.2	18.8	63.2

Ra: Average camera color rendering number (See Appendix 2.)

R9-R15: Special camera color rendering number (See Appendix 2.)

R9-15: The average of the above special color rendering numbers

CQF1-3: Neugebauer's color quality factor^{vi}.

AveCQF: The average of the above values.

Goodness: Evaluation index proposed by Vora and Trusell^{vii}

SqDif: Squared difference specified in ISO 17321 WD1.1

RMS-WD4: ISO Metamerism Index specified in ISO 17321 WD4

Appendix 2 How to calculate camera color rendering numbers

The camera color rendering number is calculated based on the following concept by using the color rendering number evaluation method for illumination. The original recommendation proposed by Hung in 1998 was dependent on JIS Z 8726-1975 (CIE 13.1 with addition of a Japanese flesh color patch). The calculation method for this time was coordinated to be in harmony with JIS Z 8726-1990 (CIE 13.3 with addition of a Japanese flesh color patch) taking into account Mr. Tajima's indication.

- (a) Eight color chips that have the same color rendering assessment number as the illumination are used for the reference for color reproduction.
- (b) The above color chips are used for testing to determine the mean camera color rendering number.
- (c) Similarly, R9 to R15 are used to determine the special camera color rendering number.
- (d) Similarly to illumination, it is possible to use extension framework to select an arbitrary subject.
- (e) Color difference calculation equations for the identical color rendering assessment number as that for the illumination are used. In other words, the value will be 100 if colorimetrically perfect conformance is achieved and the color viewed when illuminated by warm white fluorescent (WWF) light will correspond to 50.
- (f) Since color chips are approximated by Munsell color chips, it is possible to directly determine the value if linear output is obtained from the camera.

Based on the above ideas, practical calculation will be performed in the following procedure.

Calculation procedure

(1) Measurement of camera spectral sensitivities

Using the IEC 100/PT61966 or other method, measure the spectral sensitivities of a j -channel

digital camera, and let the sensitivities as $ch_j(\lambda)$, where “j” is eight or less.

(2) Specification of illumination light

Specify an arbitrary illumination $L(\lambda)$. Specify arbitrary illumination light such as D65 and D50 for the illumination light.

(3) Calculation of sensor output values and tristimulus values

Under the above conditions, use the spectral reflectance $R_i(\lambda)$ of test color for calculation of mean color rendering assessment number that is used in illumination to calculate the tristimulus values X_i , Y_i , Z_i and camera output values $Ch1_i$, $Ch2_i$, ..., Chj_i . The tristimulus value will be determined by:

$$X_i = \int L(\lambda) R_i(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y_i = \int L(\lambda) R_i(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z_i = \int L(\lambda) R_i(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

and the sensor output will be determined by:

$$Chj_i = \int L(\lambda) R_i(\lambda) chj(\lambda) d\lambda$$

Note: Color chips can be also used to directly determine the values in the above Steps (1) to (3).

(4) Calculation of color transformation matrix

Use the least-square method: calculate the optimal matrix that approximates the tristimulus values of the eight color chips from sensor output using the following least-square procedure:

$$A = TS^T (SS^T)^{-1} S$$

where T and S are:

$$T = \begin{bmatrix} X_1 & \Lambda & X_i & \Lambda & X_8 \\ Y_1 & \Lambda & Y_i & \Lambda & Y_8 \\ Z_1 & \Lambda & Z_i & \Lambda & Z_8 \end{bmatrix},$$

$$S = \begin{bmatrix} Chl_1 & \Lambda & Chl_i & \Lambda & Chl_8 \\ M & & M & & M \\ Chj_1 & \Lambda & Chj_i & \Lambda & Chj_8 \end{bmatrix}$$

Using the resulting matrix A ,

$$T_k = AS_k$$

and thus, we can determine the tristimulus values for arbitrary signal values. Here,

$$S_k = \begin{bmatrix} Chl_k \\ M \\ Chj_k \end{bmatrix} \text{ and } T_k = \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix}$$

are arbitrary signal values and corresponding tristimulus values, respectively.

(5) Calculation of mean color rendering assessment number and special color rendering assessment number

Calculation will be conducted according to the calculation equations of JIS Z 8726-1990 (or CIE13.3). Now, chromatic values of the color chips under the test light source are replaced with the above estimated values.

However, the data for the specified color chips are given in 5nm increments. Therefore, smoothing will be made using the following equation to convert the data into values in 10nm increments for the range of 400 to 700nm through subsampling:

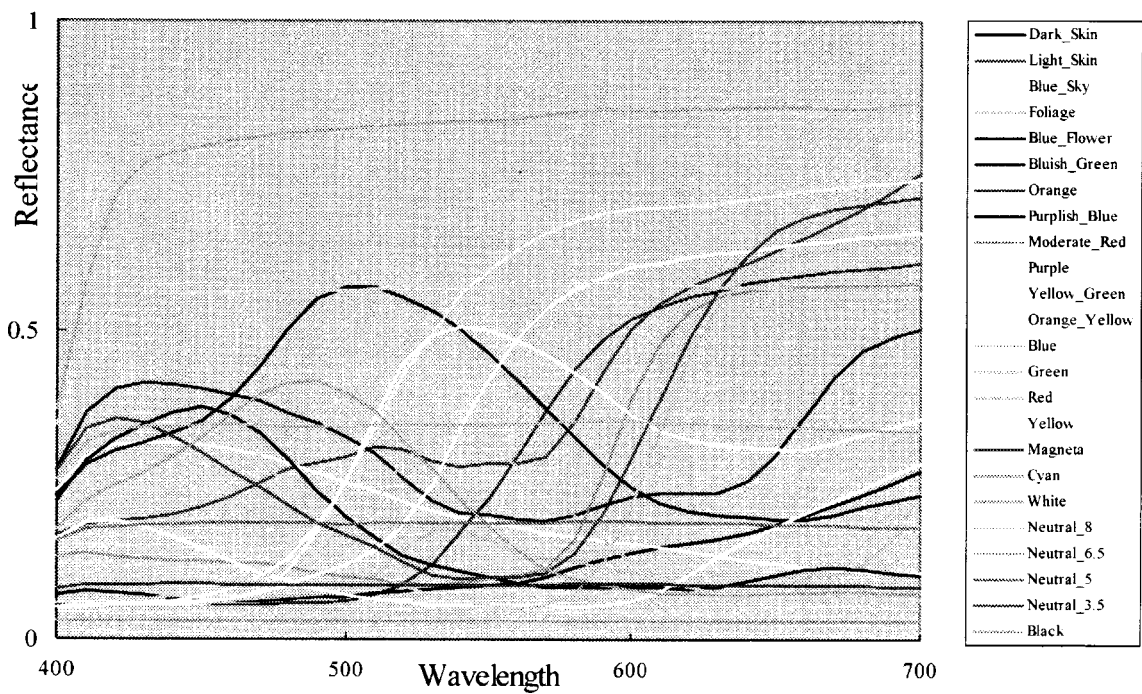
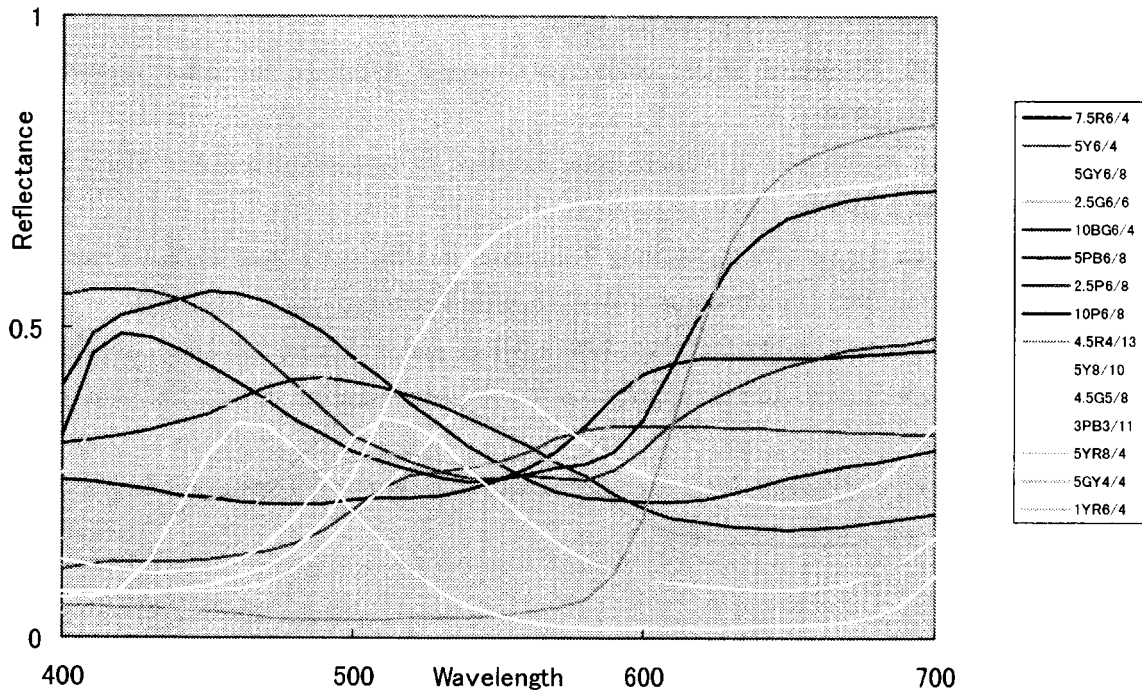
$$S_{10}(\lambda) = (S_5(\lambda - 5) + 2S_5(\lambda) + S_5(\lambda + 5))/4$$

Appendix 3 Table of Spectral Sensitivities Used in Simulation

Table Spectral Sensitivities Used in A1 Simulation

Wavelength	RGB1			RGB2			RGB3			CMY1			CMY2			PEAK		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	Cy	Mg	Ye	Cy	Mg	Ye	R	G	B
400	0.000	0.000	0.000	0.015	0.020	0.122	0.003	0.017	0.083	0.000	0.000	0.000	0.152	0.371	0.008	0.000	0.000	0.000
410	0.000	0.000	0.306	0.019	0.029	0.271	0.006	0.033	0.211	0.248	0.568	0.048	0.311	0.602	0.012	0.000	0.000	0.000
420	0.000	0.000	0.439	0.024	0.054	0.450	0.012	0.046	0.442	0.330	0.676	0.062	0.483	0.832	0.018	0.000	0.000	0.000
430	0.013	0.000	0.680	0.024	0.074	0.617	0.016	0.057	0.562	0.464	0.890	0.085	0.584	0.938	0.023	0.000	0.000	0.000
440	0.014	0.000	0.863	0.024	0.111	0.772	0.046	0.068	0.726	0.553	0.994	0.118	0.669	0.984	0.035	0.000	0.000	0.000
450	0.015	0.000	0.973	0.027	0.189	0.911	0.053	0.085	0.856	0.603	1.000	0.164	0.775	1.000	0.056	0.000	0.000	0.000
460	0.016	0.007	0.992	0.031	0.284	1.000	0.061	0.113	0.959	0.666	0.988	0.231	0.868	0.975	0.099	0.000	0.000	1.000
470	0.017	0.037	1.000	0.035	0.375	0.993	0.065	0.166	1.000	0.754	0.969	0.333	0.918	0.900	0.177	0.000	0.000	0.000
480	0.019	0.100	0.938	0.040	0.474	0.922	0.065	0.251	0.955	0.864	0.892	0.462	0.950	0.802	0.287	0.000	0.000	0.000
490	0.000	0.225	0.667	0.047	0.585	0.800	0.064	0.387	0.903	0.868	0.633	0.567	0.981	0.700	0.439	0.000	0.000	0.000
500	0.000	0.429	0.397	0.054	0.706	0.647	0.065	0.563	0.822	0.910	0.417	0.689	1.000	0.605	0.603	0.000	0.000	0.000
510	0.022	0.654	0.182	0.063	0.849	0.477	0.074	0.766	0.730	0.971	0.274	0.827	1.000	0.533	0.762	0.000	0.000	0.000
520	0.000	0.876	0.064	0.071	0.965	0.315	0.092	0.931	0.599	1.000	0.162	0.931	0.987	0.482	0.894	0.000	0.000	0.000
530	0.023	0.965	0.000	0.075	1.000	0.196	0.114	1.000	0.434	0.962	0.089	0.954	0.973	0.461	0.970	0.000	0.000	0.000
540	0.046	1.000	0.000	0.079	0.977	0.108	0.149	0.988	0.265	0.933	0.073	1.000	0.925	0.456	1.000	0.000	0.000	0.000
550	0.067	0.906	0.000	0.049	0.893	0.056	0.225	0.915	0.136	0.824	0.106	0.980	0.801	0.451	0.980	0.000	1.000	0.000
560	0.144	0.729	0.000	0.099	0.766	0.029	0.394	0.808	0.064	0.668	0.245	0.909	0.643	0.459	0.924	0.000	0.000	0.000
570	0.353	0.512	0.000	0.416	0.605	0.018	0.657	0.682	0.032	0.482	0.550	0.822	0.474	0.497	0.838	0.000	0.000	0.000
580	0.635	0.316	0.000	0.760	0.435	0.016	0.899	0.536	0.020	0.321	0.739	0.721	0.314	0.543	0.729	0.000	0.000	0.000
590	0.932	0.152	0.013	0.944	0.280	0.013	1.000	0.387	0.016	0.198	0.830	0.629	0.194	0.592	0.598	0.000	0.000	0.000
600	1.000	0.069	0.011	1.000	0.152	0.010	0.976	0.258	0.013	0.113	0.766	0.514	0.106	0.605	0.465	0.000	0.000	0.000
610	0.842	0.031	0.008	0.848	0.072	0.004	0.890	0.168	0.011	0.064	0.629	0.401	0.060	0.520	0.349	1.000	0.000	0.000
620	0.664	0.012	0.007	0.632	0.026	0.000	0.772	0.107	0.009	0.040	0.512	0.317	0.037	0.404	0.251	0.000	0.000	0.000
630	0.457	0.004	0.005	0.479	0.009	0.000	0.645	0.064	0.008	0.026	0.376	0.227	0.022	0.305	0.181	0.000	0.000	0.000
640	0.306	0.002	0.003	0.350	0.008	0.000	0.515	0.034	0.007	0.020	0.270	0.162	0.015	0.216	0.130	0.000	0.000	0.000
650	0.195	0.000	0.002	0.249	0.005	0.000	0.388	0.018	0.006	0.015	0.183	0.109	0.010	0.150	0.090	0.000	0.000	0.000
660	0.118	0.000	0.001	0.171	0.005	0.000	0.270	0.012	0.005	0.011	0.116	0.069	0.008	0.100	0.060	0.000	0.000	0.000
670	0.069	0.001	0.001	0.112	0.004	0.000	0.176	0.011	0.004	0.007	0.073	0.043	0.005	0.065	0.039	0.000	0.000	0.000
680	0.040	0.002	0.001	0.069	0.003	0.000	0.101	0.011	0.003	0.004	0.044	0.026	0.004	0.040	0.024	0.000	0.000	0.000
690	0.022	0.002	0.001	0.042	0.003	0.000	0.047	0.009	0.002	0.003	0.025	0.015	0.003	0.025	0.015	0.000	0.000	0.000
700	0.012	0.002	0.001	0.027	0.002	0.000	0.014	0.004	0.001	0.003	0.015	0.009	0.002	0.016	0.010	0.000	0.000	0.000

Appendix 4 Graph of Spectral Sensitivity of Color Chips Used in Simulation



- ⁱ JIS Z 8726-1990, Method of evaluating color rendering properties of a light source.
- ⁱⁱ C. S. McCamy, H. Marcus, and J. G. Davidson, A color-rendition chart, *Journal of Applied Photographic Engineering*, 2, 3, pp.95-99 (1976).
- ⁱⁱⁱ JIS-TR X 0012, Standard object color spectroscopic database for color reproduction evaluation (SOCS) (1998).
- ^{iv} Po-Chieh Hung, A proposal of camera color rendering assessment number, *Color Forum Japan '98*, pp.69-72 (1998).
- ^v Masafumi Inuiya, Image Photographing Technique in DSC (CCD and Signal Processing), the proceedings for 1998 Digital Camera Workshop (in Japanese), pp. 7-12 (1998).
- ^{vi} H. E. J. Neugebauer, Quality factor for filters whose spectral transmittances are different from color mixture curves, and its application to color photography, *J. Opt. Soc. Am.* 46, pp. 821-824 (1956).
- ^{vii} P. L. Vora and H. J. Trussell, Measure of goodness of a set of color-scanning filters, *J. Opt. Soc. Am.A*, 10, 7, pp. 1499-1508 (1993).

(6) WD 5 へ向けて

日本における ISO 17321 審議グループ（いわば日本国際ワーキンググループ）として、WD 5 で考慮すべき内容を国際委員会主要メンバーへ連絡した。

発信日、宛先等

Date: Tue, 28 Mar 2000 11:32:57 +0900

To: Eric Edwards <eric.edwards@am.sony.com>, Shin Ohno
<ohnos@xa2.so-net.ne.jp>, Ken Parulski <kenneth.parulski@kodak.com>, "Jack
Holm" <jack_holm@hp.com>, "Jack Holm" <jholm@mindspring.com>, Ron Antos
<rantos@lifetouch.com>, William Donovan <donovaw@polaroid.com>, Tony
Johnson <tony@colouruk.demon.co.uk>, Richard Lyon <dick.lyon@foveon.net>,
Ingeborg Tastl <ingeborg.tastl@am.sony.com>

From: sugiura@osk.3web.ne.jp

Subject: Requests for preparation of WD5

Cc: Hiroaki Sugiura <sugiura@img.kyo.melco.co.jp>

内容

Dear all,

This mail is to report the extracted requests for preparation of WD5 in the ISO 17321-supporting group in Japan (namely, Japanese National Working Group for ISO 17321).

It is desired, in practice, that the description contained in the "Revised Comments of Japanese National Body of ISO/TC42" dated of 15 January should be observed.

In the following section, the position of the supporting group in Japan (Japanese National Working Group established in HVC) is disclosed regarding the major items in the above comment.

1. IEC 61966-9, at least the practicable part of the spectral sensitivity measuring method specified in its Method A, should be referred to. For the reason for this, please see Attached Document 1, "Discussion on Referring from IEC 61966-9".
2. The definition of ISO RGB should be taken to be linear, and for the optimization of matrix in Methods A and B, alternation should be made so that linear regression will be achieved.

For the reason for this, please see Attached Document 2 "A Study of Draft Recommendation for International Standard Concerning Operation of 'Standardization of colour Reproduction Management (Colour Management)' – Discussion on Camera Characterization -".

3. For "Metamerism Index", we propose an "Evaluation Index for Camera Spectral Sensitivities Used" contained in Appendix 1 to Attached Document 2, which was presented as a counter proposal to that index.

The above items 1 to 3 were concluded after deliberate review carried out in the Japanese National Working Group, and in addition, scientific and technological supporting experiments have been conducted. Therefore, we believe that they should be taken into consideration at your best priority in preparation of WD5.

Further, the above Working Group is a group provided in High-tech Visual Promotion Center (HVC) under authorization of TC42 Japanese National Body. The members of the group are listed below:

Leader:

Prof. Yasushi Hoshino (Nippon Institute of Technology)

Secretariat:

Mr. Masahiko Ozawa (HVC)

Member:

Dr. Johji Tajima (NEC Corporation)

Dr. Yukio Okano (Sharp Corporation)

Dr. Po-Chieh Hung (Konica Corporation)

Dr. Naoya Katoh (Sony Corporation)

Mr. Katsuhiro Kanamori (Matsushita Research Institute Tokyo, Inc)

Mr. Makoto Tsugita (Fuji Photo Film CO., LTD.)

Researcher:

Mr. Motokazu Ohkawa (HVC)

Hiroaki Sugiura (HVC)

Best Regards,

Hiroaki Sugiura

High-tech VISUAL PROMOTION CENTER

10.5 各分科会に於ける国際規格案

10.5.1 入出力機器における色彩制御の標準化／入出力機器分科会

規格の表題 (Subject) 未定[色再現管理 (カラーマネージメント) の標準化に関し、下記の課題の提案を準備中]
規格の適用範囲 (Scope) 未定。下記の2案を検討中。 1. ICC プロファイルの階層的機能拡張 2. マルチバンドを用いた色再現範囲の拡張
目的と理由 (Purpose & Justification) 1. 現行の ICC プロファイルの規定では、機器の経時変化や個体差に対応した色再現範囲の違いを必要に応じてリアルタイムに変更したいという要望に応えることが困難であり、プロファイル規定をこのような要求に応えられるように拡張する必要がある。 2. 現行の入出力機器は RGB 又は CMY の3原色を前提にしており、色再現範囲もこの3色で規定した色空間内に限定されている。入出力機器における色再現範囲を拡大するためには、原色の数を増やすマルチバンド表色方式を規定する必要がある。
引用規格・関連文書 (Normative Reference) 1. ICC カラープロファイルフォーマット 2. IEC/TC100/PT61966 など

予定TC/SC/WG

未定(具体的な提案先、対応団体は検討中)。

国内審議団体名

(未定)

他の国際的な団体の活動との関係、連携機関、ISO/IEC内の調整の必要性
必要あり。具体的な対応団体及び調整内容は未定(検討中)。

規格の技術的内容

1. ICC プロファイルを用いた入出力機器の色再現変動要因の補正方式

現行のICC プロファイルの拡張機能を利用し、入出力機器の経時変化や個体差を反映できるように、プロファイルデータの種類とその内容を規定すると共に、対象機器にカラー情報をフィードバックしてリアルタイムで色の再現範囲を制御する方法を規定する。

2. マルチバンドスペクトラムを用いた入出力機器の色再現範囲拡張方式

入出力機器の色再現範囲を拡大するため、3原色の他に、スペクトルの異なる複数の色の使用を認めることを提案し、これに必要なデータの種類及び表現フォーマットを規定する。

10. 5. 2 マルチスペクトラムカラー画像の記述形式の標準化／多色表示分科会

規格の表題(Subject) 蛍光インキに関する標準色票の作成
規格の適用範囲(Scope) 1.入出力機器の色分解・色表現に関する設計・性能・色再現評価 2.紙をベースにした蛍光色票の作成法 3.
目的と理由(Purpose & Justification) 現在、カラー画像表現は、CMYKの4色インキによるカラープリンタや印刷物があるが、自動車、繊維、印刷産業分野では、実体色に近い色表現ができる色材として蛍光色を利用した色表現手段が試みられている。蛍光色に関する規格は、JIS Z 9108-1990（蛍光安全標識板）があるが、蛍光インキを利用したカラー画像表現の手法の一つとしてOA用カラープリンター及び商用印刷に適用した表現色の規定、色再現に関する評価する基準がない。 特に、蛍光インキを利用した色表現には、蛍光色が表現可能な色域範囲を示す標準色をはじめに規定する必要がある。
引用規格・関連文書(Normative Reference) 1. JIS Z 8717-1989（蛍光物体色の測定法）に沿った測定法で色票の測色値を作成する。 2.電子技術総合研究報告第829号「蛍光材料の分光色技術の確立に関する技術」

予定TC／SC／WG ISO/TC130 WG2 又は WG3
国内審議団体名 日本印刷産業機械工業会
他の国際的な団体の活動との関係、連携機関、ISO／IEC内の調整の必要性 TC130 と TC42 の共同作業による観察条件に関する規格の改定との進捗状況を見る。(ISO 3664:1975,ANSI PH2.30-1989 等)
規格の技術的内容 ・ 蛍光インキが表現可能な色域を鳥瞰する色票を提示する。 ・ 蛍光色票とその色の測色データを作成し、参考として蛍光インキを測色するための測定法を提示する。 ・ 蛍光インキの耐光性等の評価テストを参考資料として提示する。

10.5.3 心理的色再現の標準化／心理的色再現分科会

規格の表題(Subject) 写真印画紙上の肌色評価方法
規格の適用範囲(Scope) 写真印画紙上の肌色評価方法を規定する。 提案内容としては、 ①デジタルデータ (sRGB) として、3 種 (日本人、白人、黒人) の ポートレート画像 ②主観評価方法 (サンプル提示方法および統計処理方法) (注) 現時点で、類似の規格は存在しない。
目的と理由(Purpose & Justification) 種々のソフトコピー (モニタ)・ハードコピー手段が発展し、その中での画像評価、 とくに肌色評価は重要である。 主観評価は、負荷が大きく・母集団依存性がある。 そこで、「安定性・再現性」のある主観評価方法論を提案する。 方法論としては、 ・好みの、ほぼ中心点を見つけ出す 1st Step、 3 点評価による尺度づけの 2nd Step を採用予定
引用規格・関連文書(Normative Reference) ・ sRGB : IEC 61966-2 (色空間) ・ ISO 3664 (観察条件)
予定 TC/SC/WG 現時点では、ISO/TC 42/WG 18 が適当と考えられる。

国内審議団体名

上記のTC 42 / WG 18は写真感光材料工業会

他の国際的な団体の活動との関係、連携機関、ISO / IEC内の調整の必要性

ISO / TC 42 / WG 18 以外に下記団体も関連

- ・ ISO / TC 130
- ・ CIE Div 8

規格の技術的内容

- ・ sRGB色空間におけるデジタル標準画像（女性のポートレート）
- ・ 主観評価方法論（観察環境・サンプル提示・データ処理）

10.5.4 国際規格案審議分科会

規格の表題(Subject) 新色空間表示法
規格の適用範囲(Scope) デジタル機器に採用するための、現在の sRGB 色空間を改良した新色空間の提案
目的と理由(Purpose & Justification) ISO/JWG20 及び IEC/TC100/TA2 において、新しい色空間の提案がなされている。 これらの提案をベースとして審議に参加し、新しい提案を纏める。
引用規格・関連文書(Normative Reference) IEC/TC100/TA2 sRGB64 ISO17321
予定TC/SC/WG ISO/TC42/WG18 及び IEC/TC100/TA2

国内審議団体名

ISO/TC42/WG18：写真感光材料工業会

IEC/TC100：日本電子機械工業会

他の国際的な団体の活動との関係、連携機関、ISO/IEC内の調整の必要性
CIE,ITU などとの連携必要。また、ISO/IEC の調整必要。

規格の技術的内容

ビット数を増加することによる現状の色空間の拡張と色再現性の正確さの向上。

本報告書の内容を公表する際は、あらかじめ
新エネルギー・産業技術総合開発機構
基盤技術研究開発室 の許可を受けて下さい。
Tel: 03-3987-9389
Fax: 03-3987-9394