

平成10年度産業科学技術研究開発制度
新エネルギー・産業技術総合開発機構委託事業

ヒューマンメディアの研究開発
成果報告書

平成12年3月

NEDOBIS

T96003



図書・資料室

財団法人イメージ情報科学研究所



010015406-1

「ヒューマンメディアの研究開発」

財団法人イメージ情報科学研究所

平成12年3月 全289頁

研究開発目的

本研究開発は、前年度に実施した試設計、試作を踏まえて、デザイナーの複合的感性設計を支援するシステムの本設計・製作とキーワードを付加せずとも必要な画像を瞬時に検索するシステムの試作および仮想現実技術によって都市再開発完成後の都市環境の共同設計、多人数が体感可能なシステムの本設計・製作と都市計画設計モデルから防災性状評価を可能とするシステムの製作を行う。さらに研究開発を円滑に推進するために技術情報交換、内外技術動向調査を行う。

商標

本報告書に掲載されている製品名、システム名、会社名は、一般に各開発メーカーの商標や登録商標であり、特に本文中には、TM、コピーライト表示は明記しておりません。

まえがき

今日のインターネットに代表される情報通信サービスは、IT革命と連動して経済活動の変革を促している。また我が国の人口動態は今後急速に高齢化し、社会生活のあらゆる面で高齢化対策が求められている。そのような情報化、高齢化の波の中で、「ヒューマンメディア（技術）」が目指す人間を中心とした情報環境構築の必要性はますます高まっている。

ヒューマンメディアの研究開発は、平成6年度・平成7年度の先導研究以来、メディアの高度化・統合化技術により人間を取り巻く情報システムを新たに構築する方向で進めている。平成8年度からは研究開発がスタートした。ヒューマンメディアの全体のコンセプトは人間を取り巻くメディアを「体感・心感・知識 調和型メディア」と設定し、技術的には、3つの要素技術、即ち、仮想メディア技術・感性メディア技術・知識メディア技術の各々の高度化とそれらを融合化したメディア調和技術を目標にしている。

3つのメディア技術とは、以下に示すものである。

- 知識メディア（人間の知識を能動的にサポートし増幅するメディア）

多様な文脈や背景のもとで人間に判りやすい意味を持った情報として解釈し共有するための、マルチメディア情報の生成・加工技術、データベース化技術、内容検索技術。

- 感性メディア（感受性、嗜好性等の人間の感性を扱うメディア）

利用者の嗜好や主観的感性に適応させ利用、共有するための、マルチメディア情報のデータベース化技術、内容検索技術、提示技術。

- 仮想メディア（五感を中心とした感覚等を扱うメディア）

仮想空間を用いて利用者のより良い理解と活用を可能とするための、マルチメディア情報の統合技術、仮想空間の構成・提示・共有・利用技術。

研究を進めるに当たり、産業界の実問題を取り上げることで、ヒューマンメディアの姿を早期に社会に示すこととした。本報告書では、個人の感性を支援するシステムの一つとして感性エージェントとヒューマンメディアデータベース、自然および人工環境との共生を目指すシステムの一つとして都市環境ヒューマンメディア、および総合調査研究について述べる。

平成10年度の研究開発では、前年度の要素研究の設計を基に試作に着手した。詳細は第2章に記載している。本年度は、補正予算のテーマも存在するため該当する章に加えている。また第2.3.4章に総合調査の一環として行ったヒューマンメディアの一般モデルについての研究成果を報告した。次年度以降は、

これら要素研究の成果を統合してプロトタイプシステムの研究開発を実施する。

実問題に根ざした要素技術の研究開発からは、既に等身大のVR体験装置や感性検索といったヒューマンメディアの萌芽となる成果が出ている。来るべき21世紀の情報社会に本プロジェクトの成果が広く応用されることを期待している。

目次

まえがき

1.	研究開発の概要	1
1.1.	研究開発の目的	1
1.2.	研究開発の内容	1
1.3.	研究開発の成果	2
1.3.1.	感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発	2
1.3.2.	都市環境ヒューマンメディアの研究開発	2
1.3.3.	総合調査研究	2
1.4.	体制	3
1.5.	Overview of FY1998 Human Media R&D	7
1.5.1.	Purpose of the R&D	7
1.5.2.	Contents of the FY1998 R&D	7
1.5.3.	Results of the R&D	8
2.	成果の詳細	11
2.1.	感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発	11
2.1.1.	はじめに	11
2.1.2.	感性エージェントの基礎技術	12
2.1.3.	感性モデル化の基礎技術	18
2.1.4.	画像の感性検索技術	23
2.1.5.	拡張可能なマルチメディアデータベースの構築	52
2.1.6.	マルチメディアデータベースの多次元インタフェース技術	57
2.1.7.	視覚感性のモデル化技術	65
2.1.8.	フルカラー画像の高精度提示技術	77
2.2.	都市環境ヒューマンメディアの研究開発	83
2.2.1.	はじめに	83
2.2.2.	仮想都市構築支援マルチモーダル・プレゼンテーション・システム	84
2.2.3.	仮想都市のアメニティ評価技術	124
2.2.4.	実写画像からの三次元データの自動生成技術	155
2.2.5.	VR 体験インタフェース技術	178
2.2.6.	少人数向け仮想実感簡易表示システム	184
2.3.	総合調査研究	188
2.3.1.	総合調査研究の概要	188
2.3.2.	研究推進に係わる技術検討・調整	190
2.3.3.	成果公開のための検討	204

2.3.4.	各プロジェクトの開発システムのコンポーネント化	212
2.3.5.	シンポジウムの開催	230
2.3.6.	画像の感性検索技術開発のために必要なデータ調査・収集.....	232
3.	目標に照らした達成状況	233
3.1.	感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発	233
3.1.1.	はじめに	233
3.1.2.	感性エージェントの基礎技術の研究	234
3.1.3.	感性モデル化の基礎技術の研究	235
3.1.4.	画像の感性検索技術	236
3.1.5.	拡張可能なマルチメディアデータベースの構築	240
3.1.6.	マルチメディアデータベースの多次元インタフェース技術.....	242
3.1.7.	視覚感性のモデル化技術	244
3.1.8.	フルカラー画像の高精度提示技術	245
3.2.	都市環境ヒューマンメディアの研究開発	246
3.2.1.	はじめに	246
3.2.2.	仮想都市構築支援マルチモーダル・プレゼンテーション・システム...	247
3.2.3.	仮想都市のアメニティ評価技術	248
3.2.4.	実写画像からの三次元データの自動生成技術	249
3.2.5.	VR 体験インタフェース技術	251
3.2.6.	少人数向け仮想実感簡易表示システム	252
3.3.	総合調査研究	253
3.3.1.	研究推進に係わる技術検討・調整	253
3.3.2.	成果公開のための検討	253
3.3.3.	各プロジェクトの開発システムのコンポーネント化	253
3.3.4.	シンポジウムの開催	253
3.3.5.	画像の感性検索技術開発のために必要なデータ調査・収集.....	253
4.	海外の技術動向調査	255
4.1.	オムロン	255
4.1.1.	調査の概要	255
4.1.2.	調査の詳細	255
4.2.	松下電工	280
5.	研究発表・講演、文献、特許等の状況	285
5.1.	研究発表・講演	285
5.2.	文献	287
5.3.	特許等	289
5.4.	その他の公表（プレス発表等）	289

1. 研究開発の概要

ヒューマンメディアの研究開発は、平成8年度からスタートした。この研究開発は、平成6年度と平成7年度に実施されたヒューマンメディア先導調査研究に従っている。この章では、平成10年度のヒューマンメディアの研究開発の概要を記述する。

1.1. 研究開発の目的

利用者の特性に適応する人間中心の情報技術を実現するために、感性メディア技術、知識メディア技術、仮想メディア技術の要素技術を発展融合させた基盤ソフトウェアを確立することを目的とする。

1.2. 研究開発の内容

平成10年度は、平成9年度に実施した試設計、試作を踏まえて、デザイナーの複合的感性設計を支援する「感性エージェントとヒューマンメディアデータベース」システムの本設計・製作とキーワードを付加せずとも必要な画像を瞬時に検索するシステムの試作および仮想現実技術によって都市再開発完成後の都市環境の共同設計、多人数が体感可能な「都市環境ヒューマンメディア」システムの本設計・製作と都市計画設計モデルから防災性状評価を可能とするシステムの製作を行う。さらに研究開発を円滑に推進するために技術情報交換、内外技術動向調査を行う。

R&D 各テーマの研究課題を以下に示す

1) 感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発（感性工房）

- ①感性エージェントの基礎技術
- ②感性モデル化の基礎技術
- ③画像の感性検索技術
- ④拡張可能なマルチメディアデータベースの構築
- ⑤マルチメディアデータベースの多次元インタフェース技術
- ⑥視覚感性のモデル化技術
- ⑦フルカラー画像の高精度提示技術

2) 都市環境ヒューマンメディアの研究開発

- ①仮想都市構築支援マルチモーダル・プレゼンテーション・システムの研究開発
- ②都市のアメニティ評価の研究
- ③実写画像からの三次元データの自動生成技術の研究開発
- ④VR体験インタフェース技術の研究開発
- ⑤災害仮想体験を多くの地域で可能にする少人数向け仮想実感簡易表示システムの開発

3) 総合調査研究

①技術情報交換、内外技術動向調査

1.3. 研究開発の成果

1.3.1. 感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発

現時点で開発途中の要素技術・システム化技術の一部を統合して、統合システムのプレプロトタイピングを行った。これにより、感性的な情報とマルチメディアコンテンツを含むデータベースを利用した工業デザイン支援システムの実現イメージを具体化し、また、本研究開発で実現すべき各要素技術の要件を分析・具体化した。

工業デザイナーによる予備的な試用評価を受けながら、個々の要素技術や検索機能の統合の仕方、また、利用者へのインタフェースの提供の仕方を検討した。また、工業デザイン支援システム「感性工房」の産業的なニーズを明らかにした。

多様なマルチメディアコンテンツに対する感性のモデル化技術を中心に、これをシステム化するための知識メディア技術、高機能なユーザインタフェースを提供するための仮想メディア技術を融合し、次世代のマルチメディアデータベースシステムにつながる基盤技術の開発が順調に進んでいる。

1.3.2. 都市環境ヒューマンメディアの研究開発

都市環境ヒューマンメディアは、都市街区の設計および評価を、複数人の異なる分野の専門家が協調して実施できる技術および、このシステムで構築される仮想都市環境を、多数の一般市民が同時に体験可能な技術の構築に必要な技術開発をめざすものであり、都市を構成する個々の建築物から都市全体の設計までを対象とする設計・評価支援および、設計された都市での景観、風環境、災害時の避難行動などを多数の人間が同時に仮想体験可能とするために必要な個別技術の第1次開発が実施された。

今後、前述の機能を実証するために個々の要素技術を融合させたプロトタイプシステムを構築し、都市環境設計、都市環境アメニティ評価技術、多人数・分散マルチモーダルプレゼンテーション技術の統合が行われる予定であり、これにより本研究開発の成果の総合的な評価が可能となる予定である。

1.3.3. 総合調査研究

ヒューマンメディアの感性工房、都市環境、次世代プラントの各プロジェクトの開発状況について調査を行い、開発内容や進捗状況について内部評価を行い、今後の進め方に反映させた。また、各プロジェクトで開発を進めているシステムの構造と特性を整理体系化し、ヒューマンメディアシステム参照モデルおよびコンポーネント・ブラウザとしてまとめた。海外の関連技術動向調査を2件実施した。一般に広くヒューマンメディアの目的や技術を伝えるために「ヒューマンメディアシンポジウム」を開催した。

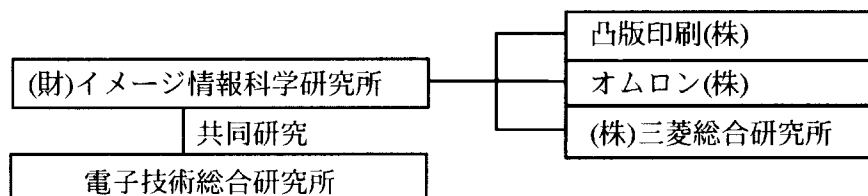
1.4. 体制

以下に平成10年度の研究開発体制を示す。

1. 全体研究体制

1) 感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発

<研究開発体制>

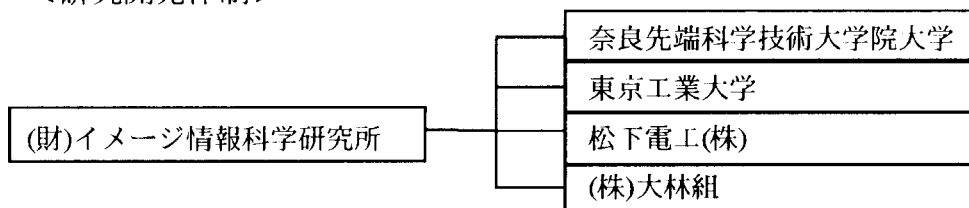


<運用体制>

上記メンバー等を中心に、感性工房ヒューマンメディアWG（リーダー：加藤俊一（電子技術総合研究所ヒューマンメディアラボリーダー））を編成し、研究開発の効率的運用を行う。

2) 都市環境ヒューマンメディアの研究開発

<研究開発体制>



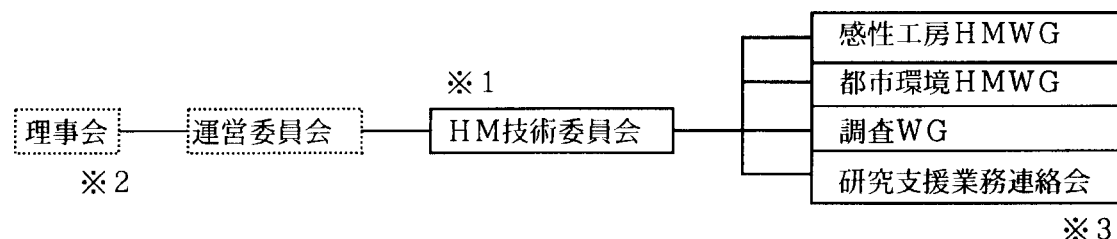
<運用体制>

上記メンバー等を中心に、都市環境ヒューマンメディアWG（リーダー：竹村 治雄（奈良先端科学技術大学院大学助教授））を編成し、研究開発の効率的運用を行う。

3) 総合調査研究

(財)イメージ情報科学研究所内に、大学・企業の有識者からなる調査WGを編成し、効率的運用を行う。

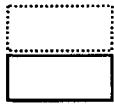
2. 全体管理体制



※1 HM：ヒューマンメディアの略

※2 （財）イメージ情報科学研究所内に設置されている財団全体の運営事業を管理統括

する委員会



(財)イメージ情報科学研究所の既存の体制・組織

ヒューマンメディアの体制

※3 ヒューマンメディアの研究に関する種々の事務手続き等の連絡調整を行う会((財)イメージ情報科学研究所研究員と再委託企業内担当者により構成)

3. 研究開発の実施場所

1) 感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発

①工業技術院 電子技術総合研究所 知能システム部 ヒューマンメディアラボ

〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-4

②オムロン(株) 技術本部 IT研究所 ファジー・ヒューマンメディア研究室

〒617-8510 京都府長岡京市下海印寺伊賀寺20

③(株)三菱総合研究所

〒100-8141 東京都千代田区大手町2-3-6

2) 都市のアメニティ評価の研究

①松下電工(株) ウェル・ラボ

〒571-8686 大阪府門真市大字門真1048

②(株)大林組 技術研究所 空間アメニティ研究室

〒204-0011 東京都清瀬市下清戸4-604

③奈良先端科学技術大学院大学

〒630-0101 奈良県生駒市高山町8916-5

④東京工業大学 精密工学研究所

〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田4259

⑤(財)イメージ情報科学研究所 ヒューマンメディア業務部

〒113-0033 東京都文京区本郷5-26-4

3) 総合調査研究

①(財)イメージ情報科学研究所 ヒューマンメディア業務部

〒113-0033 東京都文京区本郷5-26-4

4. 研究者氏名

1) 感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発

<凸版印刷(株)> (3名)

氏名	所属・役職	研究項目
小林 裕一	総合研究所 情報技術研究所 副主任研究員	1) ①
酒井 勝正	総合研究所 情報技術研究所 所長	
小田慎一郎	総合研究所 情報技術研究所 課長	

<オムロン(株)> (9名)

氏名	所属・役職	研究項目
小泉 治幸	I T 研究所 ファジー・ヒューマンメディア研究室 室長	1) ②
太田 俊二	I T 研究所 ファジー・ヒューマンメディア研究室 担当係長	
岩岡 俊行	I T 研究所 ファジー・ヒューマンメディア研究室 担当係長	
小林 秀行	I T 研究所 ファジー・ヒューマンメディア研究室 担当係長	
奥村 成吾	I T 研究所 ファジー・ヒューマンメディア研究室	
長岡 宏	I T 研究所 ファジー・ヒューマンメディア研究室 担当係長	
金岡 秀信	I T 研究所 ファジー・ヒューマンメディア研究室 担当係長	
栗林 博	I T 研究所 オフ・ソフ・プラットフォーム研究室 担当課長	
福留 五郎	I T 研究所 専門職	

<(株)三菱総合研究所> (8名)

氏名	所属・役職	研究項目
山内 正	応用システム部 部長	1) ③
阿部 明宏	応用システム部 主任研究員	
田辺 文彦	医療システムデザイン部 主任研究員	
後藤 卓史	医療システムデザイン部 主任研究員	
堀江 晴彦	医療システムデザイン部 研究員	
村山 英樹	応用システム部 研究員	
田倉 智之	医療システムデザイン部 研究員	
佐藤 慎一	応用システム部 研究員	

※研究項目の番号は、「1.2.研究開発の内容」の項目番号に対応している。

2) 都市環境ヒューマンメディアの研究開発

<松下電工(株)> (9名)

氏名	所属・役職	研究項目
澤田 一哉	ウエル・ラボ ヒューマンメディア技術グループ 主幹技師	2) ①
長濱龍一郎	ウエル・ラボ ヒューマンメディア技術グループ 主査技師	
畑中 智行	ウエル・ラボ ヒューマンメディア技術グループ	
柴野 伸之	ウエル・ラボ ヒューマンメディア技術グループ	
今村 佳世	ウエル・ラボ ヒューマンメディア技術グループ	
関根 修	ウエル・ラボ ヒューマンメディア技術グループ	
中西 弘泰	ウエル・ラボ ヒューマンメディア技術グループ	
福田 知弘	ウエル・ラボ ヒューマンメディア技術グループ	
野村 淳二	システム開発センター 所長	

< (株) 大林組 > (11名)

氏 名	所属・役職	研究項目
宮川 保之	技術研究所 空間アメニティ研究室 室長	2) ②
小宮 英孝	技術研究所 空間アメニティ研究室 主任研究員	
渡辺真知子	技術研究所 空間アメニティ研究室 副主任研究員	
久保田孝幸	技術研究所 空間アメニティ研究室 研究員	
吉野摂津子	技術研究所 空間アメニティ研究室 研究員	
本間 正彦	技術研究所 空間アメニティ研究室 研究員	
土井 暁	技術研究所 空間アメニティ研究室 研究員	
塩田 泰之	東京本社 営業本部開発企画部 副部長	
村上 友美	東京本社 営業本部開発企画部	
長舟 利雄	東京本社 情報システムセンター システム第二部	
浜嶋鉦一郎	大阪本店 けいはんなセンター情報空間デザイン室 室長	

< 奈良先端科学技術大学院大学 > (2名)

氏 名	所属・役職	研究項目
竹村 治雄	情報科学研究科 助教授	2) ③
横矢 直和	情報科学研究科 教授	

< 東京工業大学 > (2名)

氏 名	所属・役職	研究項目
佐藤 誠	精密工学研究所 教授	2) ④
石井 雅博	精密工学研究所 助手	

< (財) イメージ情報科学研究所 > (2名)

氏 名	所属・役職	研究項目
吉田 博文	常務理事・ヒューマンメディア業務部 技術調査役	2) ⑤
安原 宏	ヒューマンメディア業務部 技術調査役	

※研究項目の番号は、「1.2.研究開発の内容」の項目番号に対応している。

3) 総合調査研究体制

< (財) イメージ情報科学研究所 > (7名)

氏 名	所属・役職	研究項目
船木 謹也	ヒューマンメディア業務部 技術調査役	3)
安原 宏	ヒューマンメディア業務部 技術調査役	
松本 美浩	ヒューマンメディア業務部 部長	
中村 大一	ヒューマンメディア業務部	
深山みゆき	ヒューマンメディア業務部	
中川 久史	ヒューマンメディア業務部 主席研究員	
梅野 ルミ	ヒューマンメディア業務部	

※研究項目の番号は、「1.2.研究開発の内容」の項目番号に対応している。

1.5. Overview of FY1998 Human Media R&D

Human media R&D has been started since FY1996. The research was followed on the leading R&D activities in FY1994 and FY1995. In this chapter, we describe the outline of FY1997 human media technology

1.5.1. Purpose of the R&D

To realize highly information society with respect to technology and industry in the 21st century, it is necessary to enlarge the user groups by making the systems compromise with human. Accordingly the systems have to be equipped with human centered information technology to adopt people who have a variety of sensibilities and thoughts. The purpose of the project is to establish a human centered media technology which is human oriented rather than machine oriented.

Recently the movement of information is dramatically changed. In particular by spreading of multimedia systems and internet, a large volume of information concerning multimedia contents is circulated internationally. The rapid progress of information technology requires human directed systems which support general user to access and understand the information and promote people to participate in the advanced information society.

“Human media” is a coined term. The concept is to study human centered media harmonizing sensitive, heartfelt, knowledgeable information. The goal is to build software infrastructure for human centered information environment in the next generation by integrating natural and artificial things with information technology.

1.5.2. Contents of the FY1998 R&D

FY1998 R&D in the Human media technology is followed from the FY1997 R&D which approached from the solution of real confronted problems.

1) Kansei agent and human media database (Kansei Craft Factory)

- ① Basic Technology of Kansei Agents
- ② Basic Technology of Kansei Modeling Technology
- ③ Image Retrieval Technology by Kansei approach
- ④ Expandable Multimedia Database
- ⑤ Multi-Dimensional Interface Technology of Multimedia Database
- ⑥ Kansei Modeling Technology by Human Vision
- ⑦ High Precision Display Technology of Full Color Image

2) Urban Environment Human Media

- ① Multi Modal Presentation System to Support Building Virtual Urban
- ② Assessment Technology of the Amenity of Virtual Urban
- ③ Building Method of Virtual Space from Real Image Data
- ④ Haptic Interface System
- ⑤ Personal VR Station to Be Enable to Virtual Hazards Experience in Many Sites

3) General Survey

- ① Technical Information Exchanges and Technical Trend Survey of Domestic and Oversea Area

1.5.3. Results of the R&D

1.5.3.1. Kansei agent and human media database (Kansei Craft Factory)

Pre-prototyping was done by using element technology and systemizing technology based on the current Kansei Craft Factory R&D. An industrial design support system was depicted concretely from the pre-prototype system and requirements of element technology to develop in Kansei Craft Factory R&D were analyzed .

With trial evaluation from industrial designers, both integration method of each element technology and retrieval function and user interface functions were discussed. Also industrial needs of industrial design support system "Kansei Craft Factory" were explained.

Mainly focusing on Kansei modeling technology for variety of multimedia contents, integration of knowledge media technology for systemizing technology and virtual media technology for advanced user interface is proceeding on schedule. These technologies will be base of the next generation multi-media database system.

1.5.3.2. Urban Environment Human Media

Urban Environment Human Media is aiming at R&D of two main technologies of urban environment design. One is for many designers from different branches to design collaboratively. The other is for many citizens to experience the virtual urban environment concurrently. In FY1998, design & assessment support tool targeting from the design of architectural building blocks to the design of whole urban environment were performed as the first phase. At the same time, element technologies for many people to be possible to experience viewpoint of urban,

wind environment in the tall buildings, evacuation behavior in the hazards of underground fire etc. were developed as the first phase.

Next steps will be the following:

To build prototype system integrating above mentioned element technologies and the technologies for design of urban environment, assessment of the amenity of virtual urban and distributed multi modal presentation system with many people participation.

Lastly to evaluate the whole system from total view points.

1.5.3.3. General Survey

Each sub-project of human media, that is, Kansei Craft Factory, Urban Environment and Next Generation Plant Operator Interface was surveyed, evaluated by neutral members. The results were used to direct the R&D. Further, human media system reference model and human media component browser were designed by systematic analysis of human media sub-projects. Two oversee surveys were performed. "Human Media Symposium II" were opened.

2. 成果の詳細

2.1. 感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発

2.1.1. はじめに

本研究グループは、一人ひとりの利用者の主観的・直感的な情報の判断・解釈の仕方や情報の表現・伝達の仕方にマッチした情報機器・情報サービスを提供する基盤技術の確立を目的とする。そのために、デザイナーと消費者によるデザイン及びコーディネート支援システムを例題に、感性メディア技術の高度化を核に、知識メディア技術・仮想メディア技術の研究開発を進める。

具体的には、設計図面、イラスト、写真、物体の3次元データなどのマルチメディアコンテンツで構成されたマルチメディアデータベースを素材に、

- (1) 人間（デザイナーや消費者）の代りに、情報の内容を吟味して、インターネットやデータベースから情報を取り出す技術
 - (2) 日常の情報機器の利用を観察して、その利用者の知識や興味、感性を（情報機器が）理解する技術
 - (3) マルチメディアで、主観的な表現で、データベースを操作する技術
 - (4) 一人ひとりの感性を理解し、また、感性の違いを理解するために、感性の共通点や相違点を比較するための提示技術
 - (5) 「利用者・消費者の欲しいもの」を理解して、これにマッチするマルチメディアコンテンツを高品質に作成し、提示する技術
- を開発する。

このような技術開発を通じて、一人ひとりの利用者の主観的な特性に適応して利用者の知的活動を支援する技術を確立すると共に、高度情報化時代に重要な役割を果たすコンテンツ産業（コンテンツの収集・管理・検索・作成・発信）に必要な技術的基盤を整備する。

2.1.2. 感性エージェントの基礎技術

平成10年度は平成9年度に引き続き、感性データベースとそのユーザインタフェースのためのエージェントソフトの構築、運用技術の研究を進めた。

利用者は、インターネット上の個々のデータベースの構造や、検索法の違い、データの所在を気にすることなく、単一のインタフェースを操作するだけで、複数のデータベースサーバーを統合的に利用できるようにする、統合検索サービスの技術を開発しプロトタイピングした。

また、ユーザインタフェース上でのグラフィックな操作を自動的にモニタし、風景写真などの自然画像に対する利用者の主観的な知覚過程をモデル化する、マルチエージェントメカニズムを開発しプロトタイピングした。

2.1.2.1. 統合検索サービスのためのエージェントメカニズム

インターネットに代表される情報ネットワーク上での情報提供サービスの要件として、

- (i) 個々のサーバーの透明化
- (ii) データベース構造の透明化
- (iii) 内容レベルでの情報の整理

が重要である。

平成10年度は、この要件を満たすデータベースエージェントのプロトタイプシステムとして、複合型の情報提供サービスを実現するデータベースエージェント Maxwell のプロトタイピングを進めた。

データベースエージェント Maxwell は、

- (a) 利用者が個々のサーバーのデータベースの構造を知る必要なく、
 - (b) 単一のインタフェースから（事前に発見され登録された）複数のサーバーに（それぞれのサーバーが受け付ける形式に変換して）検索質問を送り、また、
 - (c) それぞれからの回答を内容レベルで整理・統合して利用者に提示すること
- を目標とする。

平成10年度は、Maxwell の移植性を考慮しつつ、英国エジンバラ大学で開発を進めている CAPE 環境の上に実現することを試みた（このソフトウェアシステムを DIME と呼ぶ）。CAPE は、事象間の関係を記述すると共に演繹を可能とするルールベースシステム CLIPS と、利用者からの質問やテキストで記述されたコンテンツの内容をパーズするための perl から構成されるソフトウェアシステムである。

2.1.2.2. 感性のモデル化のためのマルチエージェントシステム

利用者とシステムとの対話をモニタし、利用者に心理的な負担を少なくしつつ感性をモデル化するための、マルチエージェントシステムの基本構成を図 2.2.2-1 に示す。システムは学習エージェント、画像解析、ユーザインタフェース管理、画像データベースの4つから構成される。各部の機能・役割を次に示す。

- (a) 学習エージェント： 画像解析によって計測された物理的特徴（あるいは生理的特徴）と認知的な表現（イメージ語）の関係を、階層的に対応付けて学習する。学習のアルゴリズムとして、ニューラルネットを利用した。
- (b) 画像解析： 対象の明暗・色彩・形状などを計測し、人間の初期視覚で抽出

される特徴の推定も行う。

- (c) ユーザインタフェース管理： 種々の物理的な特徴量やイメージ語を階層的に、かつ、相互の関係の強さを表示し、主観特性のモデルを可視化する。また、各画像に対する判断・解釈を利用者から受けて、これを学習エージェントに渡す。より詳細・正確なモデルを構築しやすくする(図 2.1.2-1)。
- (d) 画像データベース： 大量の画像データ、各画像から抽出された物理特徴量などを格納する。

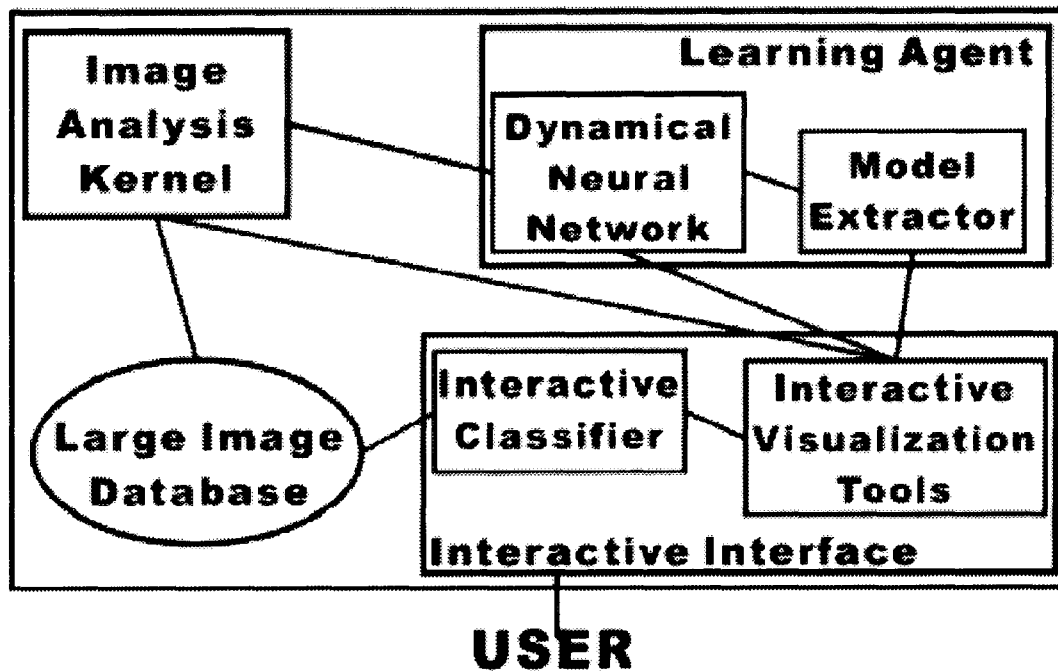


図 2.1.2-1 感性モデル化のためのマルチエージェントシステムの構成

感性エージェントシステムのスナップショットを図 2.1.2-2に示す。図 2.1.2-2の右上のウィンドウは学習中の画像で、右下には、抽出された画像特徴量が可視化されて表示されている。左ウィンドウには学習中のニューラルネットが表示される。イメージ語の上位概念と下位概念、大局的また局所的な物理特徴がノードとして階層的に、また、相関関係をリンクで表されている。利用者は、ネットや学習結果に基づいて計算機シミュレーションで判断された画像の主観的な解釈を見ながら、新しいノード（イメージ語や物理的・生理的特徴量）を追加・分割したり、ノード間の関係を修正・再定義できる。

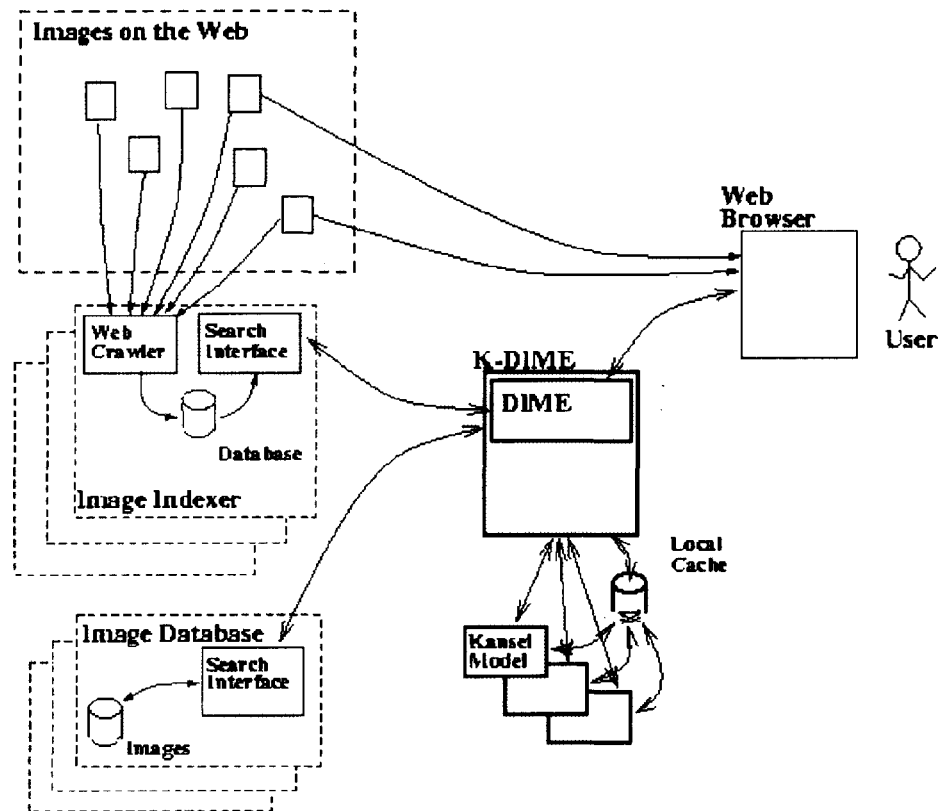


図 2.1.2-3 K-DIME による統合的な感性検索サービスの構成

データベースエージェント Maxwell による統合サービスだけでは、複数のサーチエンジンからの検索結果を統合して利用者に提示するだけであった。K-DIME では、複数のサーチエンジンを統合的に利用すると同時に、対話の過程を通じて構築された感性モデルを用いて、各サーチエンジンからの回答にフィルタリングを行える。複数のサーチエンジンから、かつ、感性にもマッチした画像のみを、最終的な結果として利用者に提示できるところが技術的なポイントである。

具体例として、Alta Vista の AV Photo Finder のみを利用した場合、K-DIME から AV Photo Finder を利用した場合を、次に示す（図 2.1.2-4、図 2.1.2-5、図 2.1.2-6、図 2.1.2-7）。検索例では、「Hawaii、Romantic」をキーワードとして与えた。

図 2.1.2-4に見るように、キャプションなどに「Hawaii」の文字列が見られる「ハワイ」関係の画像とは言えるが、「Romantic」とは判断できないフリップのような画像も検索されている。

一方、図 2.1.2-5の K-DIME のインタフェースを通じて検索を起動すると、図 2.1.2-6、図 2.1.2-7のような画像が最終的に検索された。AV Photo Finder と比較しても、極めて妥当な画像が検索されていることがわかる。

2.1.3. 感性モデル化の基礎技術

平成 10 年度は、2 次元の画像よりも自由度の高い、立体物や 3 次元空間を対象とする感性のモデルを高度化すると共に、このモデルに基づく立体物の類似検索アルゴリズムを開発し、数千件の実際の家具データを対象に実証的に評価した。

2.1.3.1. 感性情報処理による物体の識別

コンピュータグラフィックスやバーチャルリアリティ技術の進歩により、3 次元物体をデジタル化したり、またデジタル化されたデータを処理することが容易になってきた。その結果、3 次元物体を対象とするデータベースシステム技術の研究開発も活発になり、その応用範囲も広がってきている。

画像認識技術では、対象となる物体に特有なモデル化(検索対象のカテゴリーを飛行機などに限定しモデル化)をすることで正確な認識、分類、検索などができる。その結果、複雑な背景の中から人間が識別しにくいような物体を正確に認識することが可能となった。そして、これらの画像認識技術を用いて、データベースから物体を検索することができるようになった。

しかしその一方で、対象外の物体に対してそのモデルは適用することができないので、未知の物体を類別することは、難しい。また、デザイン、意匠など人間の主観的な判断が必要な分野では、従来の画像認識技術で物体を物理的に正確に計測するアプローチを使うことは難しい。

そこで我々は、(i) 対象となる物体を限定することなくデータベース中の物体を自動的に分類し、未知の任意の物体を類似検索する技術を開発した。また、(ii) 個々の利用者の主観的な判断基準をモデル化しこれに基づいて物体を検索する技術を開発した。さらに、(iii) 個々の利用者の主観的な物体の類似性の判断を多次元空間で可視化し、利用者間で相互理解を支援する技術の開発を行った。

2.1.3.2. データベースを利用した物体類別

本研究では、コンピュータグラフィックスやバーチャルリアリティ分野で広く採用されている物体のポリゴン(多面体)データを対象に、物体のカテゴリーに依存しない検索技術を開発した。検索ではポリゴンを構成している頂点の分布などの形状特徴に着目し、これを数量化することで、物体の分類、類別を可能にした。

図 2.1.3-1に示すような多様な物体を含むデータベースから、類似している物体の形状特徴を用いるだけで検索することができる。図 2.1.3-2に形状特徴として頂点分布を利用した検索の結果を示す。図中左上のイスやソファをキーとして例示検索すると、多様な物体を含むデータベースの中から同系統のデザインのイスやソファだけを網羅的に検索することができた。

2.1.3.4. 応用技術と今後の展開

我々が開発した技術により、近年、急速にニーズが高まっている物体データベースの分類や検索が可能となった。また、工業デザインの感性的な創造的活動の支援をすることも可能となった。この我々の技術に、追加的学習メカニズムの導入したり、物体の特徴記述をより高度化することで、さらにその実用性は高まり、その応用範囲が広がると考えている。以下に応用例を示す。

- (i) デザイナーの感性にマッチしたコンテンツを、膨大なデータベース中から簡単に検索できるので、インターネット上のショッピングモールや放送番組の仮想スタジオなどの仮想空間を、より魅力的にデザインできるようになる。
- (ii) 今後増加すると思われるインターネット上での3次元の意匠、商標の管理に、本研究で開発した検索技術や感性モデルを応用することで、インターネット上の類似した（あるいは、不正にコピー利用されている）意匠、商標を容易に検索できる。
- (iii) プロのデザイナーが持つ着眼点を可視化することで、工業デザインの初心者や消費者が、プロのデザインを学んだり、参考にして効果的にデザインのプロセスを効果的に学習、あるいは、理解することができる。

今後、3次元物体を対象にしたデータベースの需要はさらに高まり、利用者の主観的基準(感性)をモデル化した検索技術や、感性の違いを可視化する技術は、人にやさしい情報技術を実現する上で基盤となる技術であり重要性をましていくと考えられる。

に応じてグレイスケールで表現している。分割数が小さくても白黒の2色で大まかな画像の内容が確認できる。

今年度開発したシステムでは、構図テンプレートを拡張すると共に領域分割数の最適化を行ない、効率よく特徴を捉えるシステムを実現した。まず、従来の色彩特徴量は、構図テンプレートの一部として拡張を行った。

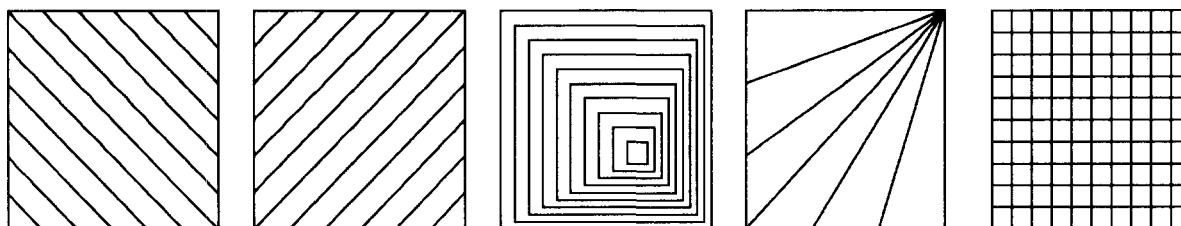


図2.1.4-2 新規導入した構図テンプレート

新たな構図テンプレートとして図 2.1.4-2に示すように数種類のテンプレートを追加した。

図の左から1番目、2番目は斜め平行分割で、右上がりと左上がりの2つの種類を用意した。分割数は指定によって変更できるようにし、テンプレートの最適化を行った。

図の左から3番目は等差的な大きさの正方形領域分割である。中心となる正方形の位置を指定できるようにし、多種のテンプレートを設定できるようにした。最適化では中心の正方形の位置を外郭の正方形の中心及び中心から各頂点にずらした4点を加えて評価を行った。最終的には、汎用的画像を対象にするため、中心を一致させた構図テンプレートを使用した。

図の左から4番目は各頂点の1つを原点とした放射状分割である。本システムは上下左右の移動回転は考慮しないので種別的には4頂点による分割が考えられる。今回の評価の際には各頂点による差は判断できなかった。

図の1番右側は格子状分割である。従来の形状特徴量と異なる点は構図テンプレートでは色による特徴量を抽出する点である。これらの構図テンプレートも分割数を任意に変更でき、円や正方形領域による分割は中心となる点を変化可能なシステムを準備した。

分割数の最適化は、あらかじめ準備した画像と結果のデータにしたがって調整を行う必要がある。現時点では、後で説明する風景写真を中心とした評価実験結果によって分割数を調整し、人とシステムの結果の一致度があがるような分割数及び構図の組み合わせを調整した。この調整は使用する画像によって変化すると思われるので、絶対的なパラメータ設定を決定する事は出来ない。今後は画像コンテンツによって、パラメータを自動調整する機構を準備することも検討すべきである。本報告では、分割

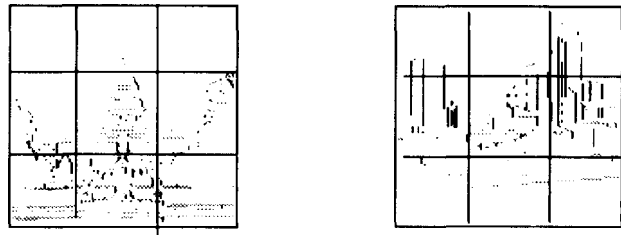


図2.1.4-5 3×3分割領域上の線要素の分布

最後に図 2.1.4-5に示すように原画像を 3×3 の領域に分割し、各分割領域の線要素の種類別個数を特徴量とする。図 2.1.4-5では、色による分類が出来ないため、線要素として抽出できた点を全て表示している。この 3×3 の分割は、ある程度試行錯誤の上で決定したが、他の分割でも同様の比較を行うことは可能である。

2.1.4.1.3. 色ヒストグラムによる特徴量

今回のシステムでは色ヒストグラムによる物理特徴量も組み込んだ。ただし、単純な色ヒストグラムでは人の感性に応じた検索を実行することが難しい。なぜなら、色ヒストグラムは使用する色の段階によって解像度が異なるため、非常に近い色でも属性値が違えば異なる色と判断される。したがって、今回は人が同様と感じる色を統合していく手法を導入し、画像の最も主要な色を抽出することが出来る手法を採用した。

本システムでは、図 2.1.4-6に示すように、まず 256 色の画像データを先に一度 8 色に減色してから、その 8 色を R、G、B 系に分けて割り振る。減色方法は RGB 色空間を均等に $2 \times 2 \times 2 = 8$ 分割して、分割空間毎の色平均をとる。

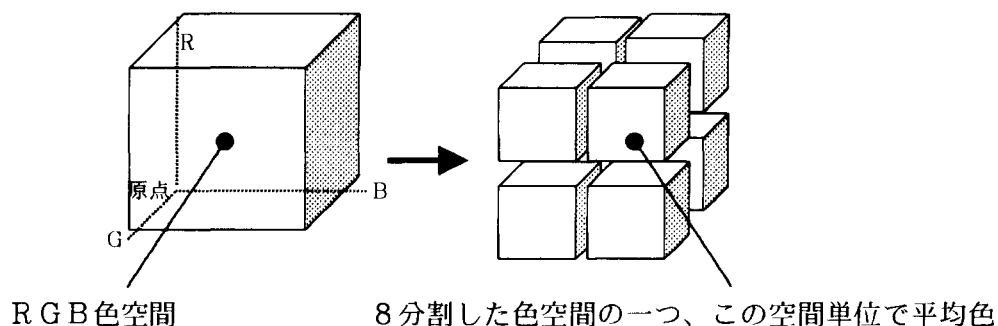


図2.1.4-6 領域内の色の統合手法

本手法は、大まかな色の分解を行うため同系色を統合することが出来る。ただし、RGB 表色系は処理の単純さで採用した。厳密に人の感性を反映させるなら RGB 表

色系では不十分な部分も存在するが、今回のように大まかな色を抽出する目的では大きな支障はないと判断している。その結果、同系色で最も大きな領域を持つ色の抽出を可能とした。

2.1.4.1.4. 特徴量指標の導入

複数の物理特徴量の統合は、画像の特徴を捉えているか否かの判断基準となる特徴量指標を用いた。この特徴量指標は、従来システムでは、色彩特徴量の分散がこの指標に相当する。本システムでも従来の特徴量と同じ特徴量（構図テンプレートと形状特徴量）は分散を使用している。

基本的に領域に分割して抽出を行う特徴量に対しては、各領域の物理特徴量の差が大きなものは、小さいものと比較して特徴が捉えられているとの定義に従っている。物理特徴量の要素毎の分散値総和を特徴量指標として、この値が大きな特徴量を検索時に採用する。これは、人が最も大きな特徴に応じて判断するとの仮説に準じた手法で、人の感性に応じた画像検索を可能とした。

又、複数の物理特徴量を統合する際にもこの数値を参考にしている。

2.1.4.2. 画像の感性特徴部の抽出および特徴部によるマッチング技術開発

2.1.4.2.1. 感性比較手法

前節で詳細を説明した物理特徴量及び特徴量指標により、カラー図面・図案等の複雑な対象に対する、主観的・感性的な類似度を算出する事で画像の感性比較を行った。

類似度は、各物理特徴量を持つ多次元ベクトル空間での対象となる2つの画像との距離を算出し、その比較を行う場合の特徴量指標を重み係数として用いた重み付き総和で決定している。

距離は、各物理特徴量によって算出の仕方が異なるが、基本的には特徴量の各要素がユークリッド空間を張ると仮定し、ユークリッド距離を算出している。この方法が最適と判断できない物理特徴量も存在するので、今後距離の算出手法については検討を進める。

特徴量指標を重み係数として利用する際の問題点は、次元や単位・尺度の異なる物理特徴量から算出した特徴量指標は絶対的な値では無いと言う点である。単位は無次元であるので比較は可能であるが、他の特徴量指標と尺度の点が問題となる。現状では、評価結果を考慮して特徴量指標の尺度を調整する事で対処している。この調整方法に関しても今後、統計的アプローチなどから対処を予定している。

2.1.4.2.2. 評価手法

感性比較技術を向上させるには基準となる評価手法が必要である。しかし、個人の感性を考慮した類似画像の評価は、回答が多岐にわたり非常に困難である。確実な回答を得る事が難しいため、一般化した客観的評価方法も確立されていない。その点が、感性システムの評価を行う場合の最も難しい点である。

そこで、今回の評価には、例示画像検索のシステム評価用に選定された風景画像 32 枚の全組合わせの類似度を人へのアンケートから測定したデータを用いた。本データは参考文献[児玉他「形状・色特徴量に基づく画像検索技術の客観評価手法の検討」信学技報 IE97-97,pp43-48,'97]を参考にした。

評価には本データを使用して類似度が高い上位 3 位までの結果を使用した。システムの結果中 1 つでも、評価用結果と同じであれば正しい検索が行なわれたと判断した。したがって、結果が正しくない場合は、システムの出した結果と指標としている結果が全く一致しない場合のみである。これは、人の対象物認識の影響による類似判断のばらつきを考慮するためである。データ総数が 32 枚であるため、類似度の比較で上位 10%程度の比較を行う指針の上、上記手法を採用した。

上記の評価を基に、構図テンプレートや線要素抽出領域の分割数の最適化や統合時の重みの調整を行なった結果、前年度開発したシステムで 62.5%であった一致率は 90.6%まで向上した。検索結果の一部を表 2.1.4-1 に示す。左からキー画像、人による検索結果（上位 3 位）、システムによる検索結果（上位 3 位）を示す。画像の左下にある番号は、画像を判別する番号である。システムによる検索結果画像の右下にある記号○×は、その画像が人による結果の上位 3 位以内に入っている（○）か、いないか（×）を示す。

今回の評価方法では、表中の上 2 段目までが検索が成功しなかった例である。いずれも、人による結果は紅葉や背景の湖及び道路など画像の内容に影響されており、感性画像検索では考慮する事が難しい事が分かる。

同様の評価を 4 人の被験者で行なった結果は 92.2%であったから、本システムの結果は非常に人に近いレベルを達成した。

◎生理的

暖涼感：暖かい⇔涼しい
重量感：重厚な⇔軽快な
立体感：立体的⇔平面的
彩り：派手な⇔地味な
手触り：粗い ⇔滑らか
飾付け：豪華な⇔質素な
光沢感：金属光沢⇔素焼き質

◎心理的

堅牢さ：頑丈な⇔精細な
硬質感：硬い ⇔軟らかい
伸縮性：伸縮自在⇔固着した
開放感：自由奔放⇔慣習的な
躍動感：躍動的⇔落ち着き
緊張感：緊張した⇔和やか

◎文化的

親近感：親しみ⇔他人行儀
協調性：主役型⇔脇役型（例えば目立つ、控えめ）
力強さ：豪快な⇔繊細な
用向き：装飾的な⇔機能的な
拡張：荘厳な⇔清楚な
様式：華麗な⇔素朴な
時代性：現代風⇔伝統的な

◎物理的

色彩：赤系 ⇔青系
明暗：明るい⇔暗い
文様：複雑 ⇔簡素
細工：精巧 ⇔粗雑
規模：大型 ⇔小型
材質：硬質 ⇔軟質
形状：角 ⇔丸

今後は使用するイメージ語を各属性毎に分類して、基本的なイメージ語による辞書を作成する。すなわち、使用するイメージ語全てに対して、各属性毎の属性値を設定する。これによって、全てのイメージ語は、属性及び属性値の2つのパラメータで表

2.1.4.5.1. 既存システム・アプリケーションの調査

現在評価可能な代表的システムとして IBM 社の QBIC および JustSystem 社の Photo Do! が挙げられる。前者は WWW サーバとしての運用を考えられているものであり、後者は個人向け画像管理ソフトである。

画像検索システムとして最適なシステム仕様を定義することを年頭において、上記のソフトウェアを評価した。

◆IBM 社 QBIC V3.0 評価版

ホームページ上で公開されているデモバージョンを評価した。

本システムは、動作速度・精度との高いレベルにあり、開発用の API も提供しており WWW サーバとして構築するためには、必要な機能を提供している。また Java で構築されたユーザインタフェースもありユーザにも使いやすさを提供している。

WWW サーバのみならず、様々なシステムへのより柔軟な組み込み性が課題になる。

画像検索自体を部品化し利用できるようにするフレームワークが必要になろう。

表 2.1.4-2 に、評価結果を示す

表 2.1.4-2 QBIC V3.0 評価結果

検索速度	秒間 50,000 画像
検索精度	50 点 ¹
消費資源	消費メモリが非常に少ない。画像データベースをディスクから読み込んでいるためと考えられる。
データベースの保存方式	ファイルに一括保存
特筆機能	・ テクスチャをベースとした特徴量による検索を備える ・ 作図による画像検索が可能
開発環境	開発 API の提供

◆JustSystem 社 PhotoDo!

パッケージソフトとして販売されている。

市場に個人向け画像管理アプリケーションとして初めてコンテンツベースの画像検索を実際に投入した製品である。

検索精度と検索速度に問題がある。特に検索速度については、容認できるレベルには無い。その理由は個人向けアプリケーションとしての特質上、特徴量をファイルとして保存できなかったためであると考えられる。

¹ 120 枚画像データベース中 40 枚に類似している画像を 5 枚選び出し、人間が選び出した結果とどれだけ一致しているか調べた。点数は高いほうが人間に近い。0 点がまったく一致せず 100 点がすべて一致する。人間の主観判断との比較になるため、100 点という結果には意味が無く 70～80 点が最高値と考えられる。開発したシステムは約 60 点である。

個人向けアプリケーションには省資源で動作する必要がある。PhotoDo!では特徴量を都度生成するという方式を採用したが、特徴量・保存方式の標準化を行う、または、汎用に使用できるよう画像検索をコンポーネント化する必要がある。

表 2.1.4-3に、評価結果を示す

表 2.1.4-3 PhotoDo!評価結果

検索速度	秒間 10 画像程度
検索精度	40 点
消費資源	少ない。画像データベースをディスクに保存していないためディスク資源も消費しない。
データベースの保存方式	都度計算するため保存されない
特筆機能	・風景用・人物用といった検索オプションがあり検索用途に応じた検索を提供できる。
開発環境	なし

上記2種類のソフトウェアを評価した結果、コンテンツベース画像検索の共通フレームワーク、つまり、汎用的な画像検索システム構成が必要だと考えるに至った。つまり、各検索アルゴリズム開発者の検索方式を自由に利用できるための基本システム構成である。

◆最適なシステム構成の考察

画像検索を利用する形態として QBIC のような「サーバ向け」アプリケーションと PhotoDo!のような「個人向け」アプリケーションが存在すると考えられる。

表 2.1.4-4に各アプリケーションに求められる要件をまとめた。

表 2.1.4-4 アプリケーションに求められる要件

項目	サーバ向け	個人向け
速度	高速性が求められる	さほど求められない
消費メモリ	高速性のために犠牲になっても良い	省資源が要求される
精度	求められる	求められる
ソフトウェア形態	サーバクライアント方式	アプリケーション組み込み
データベース規模	巨大（数万～数百万点）	多くても 1 万点程度

上記の分析により、以下の構成が要件を満たしうると考えた。

本構成の目指す点は、個人向けアプリケーションからサーバ向けの大規模システムを包含することである。なぜなら、近年のデジタルスチルカメラの普及などで、個人ユーザは大量に画像を扱っており、また、インターネット上では実に多くの画像を扱うサイトが存在する。サーバ向けとしてはより気軽に導入でき、個人向けとしては十分なデータベース管理能力が求められている。つまり、ユーザニーズとして「サーバ向け」と「個人向け」は近接しているといえたためである。以下に各部の解説を行う。

◆検索エンジン・DB

多くの画像検索システムは、画像からいくつかの特徴量を取りだし、比較元となる画像の特徴量と距離計算を行い、得られた複数の距離を特定のアルゴリズムで統合し、最終的な類似度を決定している。

汎用的な画像検索エンジンを目指す場合、特徴量・距離計算方法・距離統合方法を抽象化する必要がある。また、プログラム構成上メンテナンス製の良い設計で無ければならない。

そのデータ構造自体抽象化されており、利用者はデータ構造を意識せずに利用することが必要である。

◆検索エンジンAPI

検索エンジンの使用方法を提供する。ここでは、検索のみならず、DBの管理を行うことが出来る。

検索エンジン部の資源、つまり、データベース・特徴量・検索アルゴリズムなどが利用者の側からは抽象化されており、その内部を把握せずに利用できなければならない。

◆通信API

インターネット上で分散型のデータベースを実現しようとするには、通信を行いDB上のあらゆる操作を行う必要がある。そのために、通信用のAPIを定義した。

検索エンジンがアプリ上に存在する場合であっても、同じAPIにより検索が行えることが望ましい。

また、現在普及している分散オブジェクト技術に対応させることが望ましい。

画像検索を利用しやすくするために、より高度なユーザインタフェースを実装する必要があるが、高度なユーザインタフェースは高速な検索により実現される。たとえば、つまみをひねると同時に検索結果が変化するようなユーザインタフェースでは、0.1秒程度の応答速度が要求される。

2.1.4.5.2. リアルタイム画像検索システム機能仕様

したがって、以下のようにリアルタイム検索システムの機能仕様を定義した。
数万～10万点程度（最大100万点）程度の中小規模に特化し、高速かつ省メモリで動作する検索エンジンであること。
画像検索における特徴量を抽象化し、拡張可能な検索エンジンでありオブジェクト指向技術に対応していること。
アプリケーションからは利用しやすいAPIであること。
スタンドアロンアプリケーションでもクライアントサーバ型アプリケーションでも同じAPIで利用できること。
より高度なユーザインタフェースを具現化するため、十分高速な検索アルゴリズムを採用すること。

2.1.4.6. 感性画像検索インタフェースの仕様の検討

様々な画像管理システムを調査し、それらに広く適合できる汎用的なインタフェースの仕様を決定した。

汎用性・高速性・利便性といった要件を全て満たすためには、画像検索の心臓部の構造全体を見直す必要がある。つまり、エンジン部がうまく設計されていないものに、インタフェースを構築しようとしても、最適なインタフェースが構築できるわけではない。そのためオブジェクト指向により適切にエンジン部分を設計し、そのエンジンの性能を活かせるインタフェースの開発を行った。

2.1.4.7 に示すように、開発した検索アルゴリズムの高速性を保ちつつ、簡単に利用でき、保守性がよく、高品質なクラスライブラリを構築することが必要である。

2.1.4.6.1. 設計指針

高速で使いやすく保守性の良いライブラリを設計するにあたり、以下のクラス構成単位で設計した。図2.1.4-10にクラス図²を示す。

² UMLの表記に従った

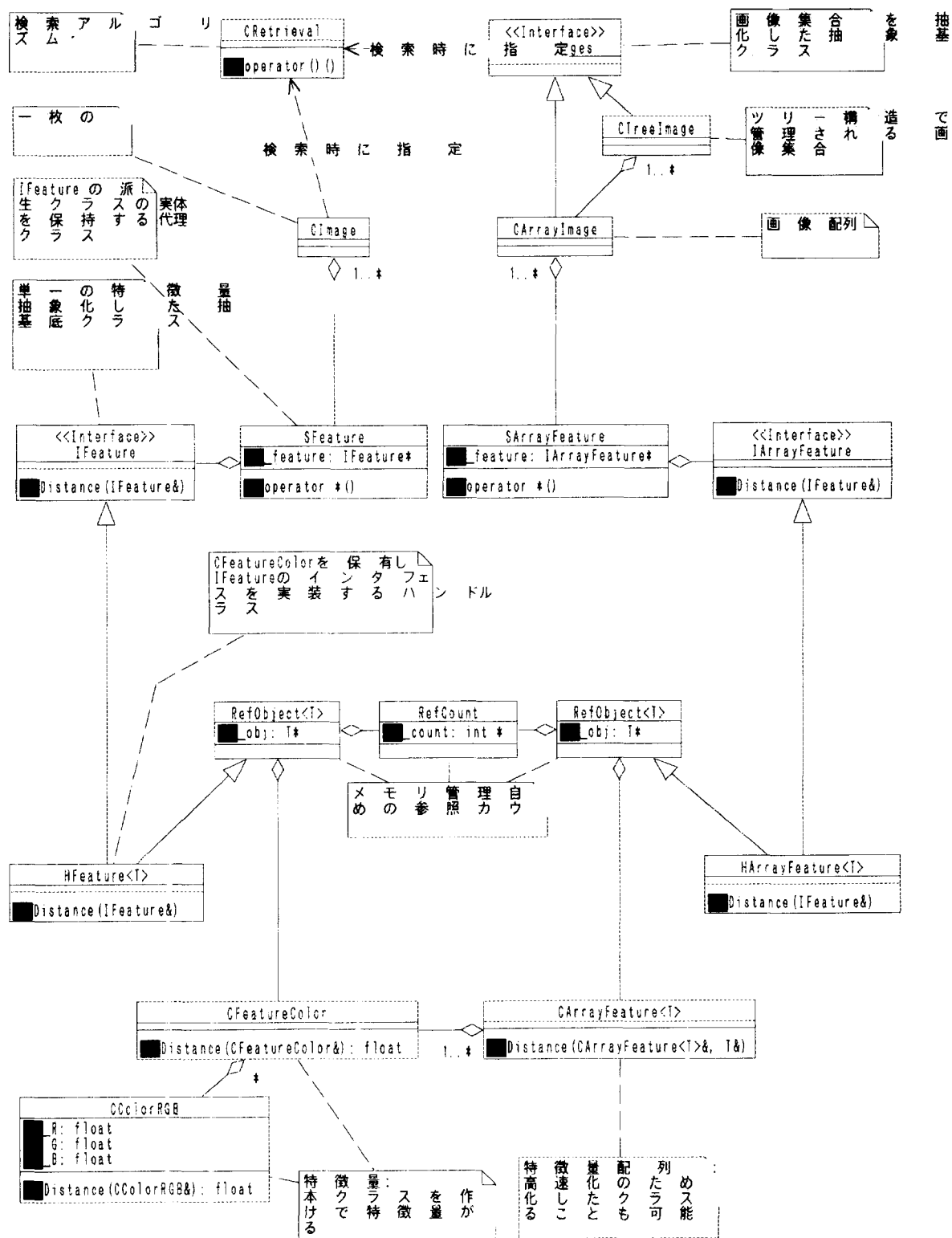


図2.1.4-10 画像検索クラス図

2.1.4.6.2. 使いやすさを実現するためのクラス構成

本クラスライブラリは画像データベースとしての機能を提供する。したがって、単一の画像(CImage)と画像の集合(ISetImage)で構成され、検索を行うアルゴリズム(CRetrieval)により検索が実行され则认为するのが妥当である。

本構成と「高速性を実現するためのクラス構成」と融合させることが重要である。

最終的な類似度は、各特徴量の類似度を複合して得られる。複合方法は検索結果に大きく影響し、検索目的によって様々である。したがって、検索アルゴリズムは独立であることが望ましい。つまり検索メソッドが ISetImage に属してはいけない。

STL³ではデータの入れ物(配列・リストなど)であるコンテナとアルゴリズムは独立して記述されている。この設計思想に倣い、検索元画像(CImage)と検索対象画像(ISetImage)を受け取り、検索結果を返す関数オブジェクト(CRetrieval)を定義した。用途に合った複数種の CRetrieval 関数オブジェクトを用意しておけば、容易に統合アルゴリズムを切り替えられる。

2.1.4.6.3. 高速性を実現するためのクラス構成

高速性を実現するためには、まず、開発言語であるC++でクラスを用いた際に、どの程度の速度で動作するか調査し、この調査に基づき特徴量クラスを設計した。

クラスを利用した場合の計算速度を調査した結果、仮想関数⁴を持たないクラスを利用すれば、高速に動作することが判明した。

特徴量は平均色の配列である。つまり色クラスの実体の配列ということになる。高速で動作することが判っている方法は、色の各要素を一行に並べた配列、つまりRGBが各要素とすれば RGBRGBRGB...と並べた配列上で計算を行うことである。実験を行った結果、色クラスの実体の配列を定義した場合と、どちらも変わらない速度で動作することが判明した。しかし該当クラスに仮想関数が含まれている場合、データ量が増加しなかつ速度も低下した。高速な検索にはクラスの配列を用いることができるが、仮想関数を持つクラス(以下では抽象クラスと呼ぶことにする)は不適である。また、距離計算のメソッドが仮想関数である場合、その呼び出しオーバーヘッド分低速になる。

つまり、色クラスの配列として特徴量クラスを定義し、特徴量の配列として管理すれば高速な演算が可能である。

高速で動作させるには、具象特徴量クラスの実体を配列として定義すればよいことが判ったためこの構成を、画像クラス(CImage)や画像集合クラス(ISetImage)に反映するために、抽象特徴量クラス(ISetFeature)と抽象特徴量配列クラス

³ C++の標準ライブラリ

⁴ C++言語で、多態化を実現するために用いる。多態化とは外見が同じで違った振る舞いをさせる仕組みである

(IArrayFeature)を定義した。具象的な特徴量クラスとその配列、抽象的な特徴量クラスとその配列を定義することで、CImage や ISetFeature を記述しつつ、高速な検索を可能とした。以下に詳細を述べる。

具象特徴量クラス(CFeatureColor⁵)と具象特徴量配列クラス(CArrayFeature<T>)と、抽象特徴量クラス(IFeature)と抽象特徴量配列クラス(IArrayFeature)を定義した。画像(CImage)は IFeature⁶の集合⁷として定義し、画像配列(CArrayImage)は IArrayFeature ⁸の集合として定義した。

検索時 CImage(画像)を検索元キー画像として指定し、また CArrayImage(画像配列)を検索対象として指定する。各画像との距離を計算するときには、各特徴量毎に計算が行われる。具体的には CImage 内に格納された IFeature を具象化し CFeatureColor を取り出す。同様に CFeatureColor に対応する CArrayFeature<T> を CArrayImage より取り出す。この作業は最初に一回実行すれば良いので、そのコストを無視することができる。取り出した CFeatureColor と CArrayImage 同士は、高速に距離計算できるように設計されているので、検索の速度を犠牲にすることはない。

⁵ ここでは例として CFeatureColor としている。実際には複数種類存在する

⁶ 実際には SFeature である。SFeature は IFeature の派生クラスのインスタンスを所有する代理クラスである

⁷ 集合はデータの集まりと定義し、配列は連続したデータの並びであることが要求される集合であると定義する

⁸ SFeature と同様

以下に、距離計算時のシーケンス図を記述する。抽象化された画像集合と画像の距離計算は最終的に具象クラス同士の距離計算で実現される。具象クラス上での距離計算には無駄が無く、この処理を一度の行うことでオーバーヘッドの発生を抑えている。

図 2.1.4-11 に検索時の動作を示す。

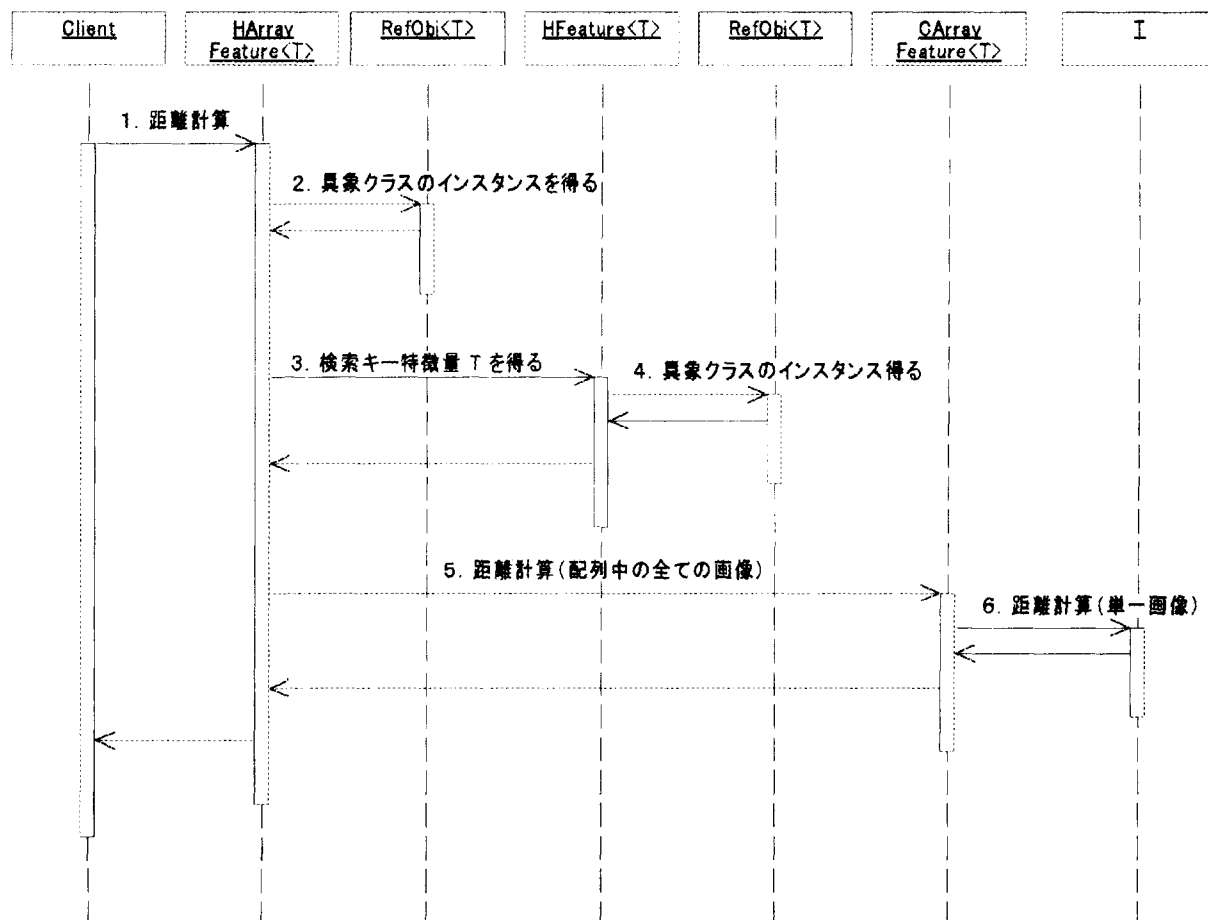


図2.1.4-11 画像検索時の動作を示すシーケンス図

1. 検索を行いたいアプリケーション (Client) が画像配列(HarrayFeature<T>)に検索要求を出す
2. 具象クラス(CarrayFeature<T>)のインスタンスを得る
3. 検索キー画像特徴量(T)を得る
4. 2. と同様に具象クラスを得る
5. 具象クラス(CarrayFeature<T>)の距離計算
6. 各画像の距離計算は具象クラス(T)の距離計算

2.1.4.6.4. 保守性

本ライブラリの主たる保守作業は特微量を追加したり修正したりすることである。本ライブラリでは、最小限のソースコードの記述で特微量の追加を行えるようにした。また、特別に高速化したアルゴリズムを実装できるようにした。

品質を向上させるための補助クラス群も定義した。

C++の `template` 構文を用いて、最小の記述量を実現した。つまり、新たに特微量を追加する場合、`CFeatureColor` に相当するクラスを一つ定義すればよい。

`template` 構文は型に依存しないアルゴリズムを記述できるため、新たな型(特微量)を記述したときにも、同様のコードを記述する必要がない。図 2.1.4-10でクラス名のあとに `<T>` と書いてあるクラスは `template` クラスである。これらのクラスは、特微量に依存しないアルゴリズムを提供している。たとえば配列(`CArrayFeature<T>`)である。

`template` を使わずに型に依存しない記述を行った場合、どの型か調べる必要が必ず出てくるため、速度面で問題が大きい。また構造が非常に複雑になるため、品質面で不利になる。

また、`CArrayFeature<T>` は、特に専用化したクラスに置き換えられる設計になっている。たとえばアセンブリ言語などで特に高速化した版を実装すれば、さらに高速な検索を実現可能である。この高速化のための特殊な実装は `CArrayFeature<T>` というクラス内に遮蔽されているため、ライブラリ全体の保守性を悪くするようなことはない。

上記の実装を円滑にし、かつ、コードの品質を高めるために様々なクラスを定義した。

表 2.1.4-5 に示した補助クラスにより、以下を実現した。

- ・具象クラス(`CFeatureColor`)と抽象クラス(`HFeature<T>`)の分離
- ・参照カウント⁹によるメモリ管理の自動化

表2.1.4-5 補助クラス名と内容

クラス名	解説
<code>RefObject<T></code>	参照カウントとクラスの実体を管理する
<code>RefCount</code>	参照カウント
<code>Hfeature<T></code>	<code>CFeature</code> (例では <code>CFeatureColor</code>)型の実体を保持し、かつ、 <code>IFeature</code> のインタフェースを実装する
<code>HarrayFeature<T></code>	<code>CarrayFeature<T></code> 型の実体を保持し、かつ、

⁹ 生成されたクラスの実体が参照される回数をカウントし参照されなくなった時点でメモリを解放する

	IArrayFeature のインタフェースを実装する
Sfeature	IFeature の派生クラスの実体を保持し、ポインタのように振る舞う
SarrayFeature	IArrayFeature の派生クラスの実体を保持し、ポインタのように振る舞う

2.1.4.6.5. クラス設計まとめ

具象特徴量クラス(CFeatureColor)と具象特徴量配列クラス(CArrayFeature<T>)、抽象特徴量クラス(IFeature)と抽象特徴量配列クラス(IArrayFeature)の4つのクラス構成により、高速で使いやすく保守性の良いクラスライブラリを構成することが出来た。

更に以下の特徴をもつ。

- ・距離統合アルゴリズム(CRetrieval)を独立させ様々な検索要求に答えられる
- ・特徴量配列 CArrayFeature<T> の更に高速化した版を提供できる
- ・template 構文を活用することでソースコードの記述量が最小限ですむ
- ・メモリ管理の自動化により高品質である

2.1.4.7. 画像のリアルタイム感性検索システムの試作

感性画像検索インタフェース仕様に基づき、使用者の要求に応じて即座に検索結果を表示できるだけの高速性を持つと同時に汎用の画像内容を対象とする感性検索を可能とするシステムを試作した。

ここでの目的は「実用的な、つまり、高速で使いやすい画像検索ライブラリを元にした検索システム」を構築することである。実用的なシステム構築するために Digital Archive Japan¹⁰様と共同で、画像検索サービスの実証実験を行った。Digital Archive Japan 様のシステム要求を元に目標を定量化した。また、将来的に個人向けアプリケーションにも適用できるように留意した。

このうち、ライブラリとしての使いやすさは 2.1.4.6 の開発で解決した。ここでは、最も重要な高速性の実現について述べる。

実証のため、以下の2種類のアプリケーションを開発した。

インターネット上で画像検索を行うサーバ

個人向け画像管理ソフト

2.1.4.7.1. 目標

開発開始時点の検索速度は、アルゴリズム検討のためのプロトタイプシステムであっ

¹⁰ <http://www.daj.ne.jp/> 印刷業界向けに高品質画像を提供している。また、高品質画像提供サービスを日本で初めてインターネット上に展開した。

たため、目標の 1/30 程度であった。また消費メモリも非常に大きかったため、開発目標として以下を挙げた。

◆ 省資源で高速であること

- ・ 検索速度 10 万画像を 3 秒以内に検索すること
- ・ 10 万点画像を 100 MB 未満の消費メモリで扱えること
- ・ 最大 100 万画像管理できること

◆ オブジェクト指向の技術を完全に取り入れて設計すること

- ・ アプリケーション製作者が簡単に利用できること
- ・ 特徴量の追加などの拡張が容易であり保守しやすい設計になっていること

2.1.4.7.2. 解決

我々は、まず、検索速度を解決することにした。高速化のための複雑な実装は、クラス設計を工夫することでうまく遮蔽できる事が多いが、一度クラス設計してしまったものを高速化するのは困難を伴うと考えたためである。

したがって、高速化の検討を行い、そこで得られたノウハウを、クラス設計(2.1.4.6 参照)に反映させた。

2.1.4.7.3. 線形探索の採用

似た画像かどうかの計算は、比較元画像と比較先画像の特徴量間の距離を計算することである。線形探索とは対象となる全ての画像との距離を計算することで、画像数が増加すればその分だけ検索時間が線形に増加する。

この検索方法の利点は、極めて簡単なデータ構造で実現でき、計算の省略が無いため計算精度が保たれることである。簡易なデータ構造を採用すればそれだけ高速に演算が可能で、データベースもより柔軟な形で構成できるため、我々は線形探索を採用することにした。

線形探索を用いない方法として「比較しなければならない画像数を減らす、つまり、明らかに距離が遠い画像は計算しない」手法が良く知られている。具体的には特徴量によりクラスタリングを行い、比較元画像の近傍画像を抽出しその距離を計算する。画像数に比べ計算時間がさほど増えない利点があるが、複雑なデータ構造を管理しなければならないという欠点を持つ。

2.1.4.7.4. ボトルネック分析

線形探索でのボトルネックは距離計算であると予測される。しかし開発当初のシステムにはそれ以外の要因が多く含まれていると考えられたため、システムの性能を分析し検索を遅くしている要因を抽出した。表 2.1.4-6 に示すように、高速化前の距離

計算は全体の検索時間の 1/30 程度であったが、基本的な最適化¹¹を行った結果、距離計算以外の処理時間は無視してよいほど小さくなった。この時点での検索速度は 2 万画像／s であり、距離計算を高速化しないかぎり目標を達成できないことが明確になった。

表2.1.4-6 実施した高速化手法およびその効果

手法	高速化前	高速化後	解説
特徴量読込み	約 30sec	0sec	特徴量を予め読み込む
ソート方式	300ms	2ms	必要個数分ソート
距離計算	900ms	450ms	計算を最適化
距離正規化	200ms	5ms	計算を最適化
			不要な処理を省略
			冗長なループを省略
			距離計算に統合

2.1.4.7.5. 距離計算のボトルネックの分析

距離計算のほとんどを占めるのがユークリッド距離の計算である。この距離を計算するには、多くの積、和、そして平方根の計算が必要である。この計算から 2 つの問題点が考えられる。

- ・積・和の演算回数の多さ
- ・平方根の計算

これを解決するために、よく知られた方法を試してみたが、有効ではなかった。表 2.1.4-7 に示しておく。原因はユークリッド距離ではない方法では精度が保てないという点と、近年のプロセッサの高速化により、浮動小数点演算が非常に高速化した点である。

表2.1.4-7 良く知られた距離計算高速化手法

手法	解説
平方根演算をテーブル化	浮動小数点の指数部と仮数部を取り出す処理が大きく高速化にはならない。
マンハッタン距離を採用	2／3 程度に高速化するが、精度が非常に悪い。
平方根を省略	マンハッタン距離同様、精度に問題がある。
数演算化	整数演算は各特徴量を量子化(整数化)して演算を行う。その分計算に余分な処理が入るため、速度的に相殺されてし

¹¹ 表 2.1.4-6 の距離計算の高速化は、ポインタの利用といったプログラムテクニックで最適化を行った結果である

	もう。平方根の計算をテーブル化したが、平方根をとる前の計算回数が多く、効果は得られない。
--	--

2.1.4.7.6. 距離計算高速化

計算回数の多さ、平方根の計算時間の長さという問題を解決するために、我々はテーブルを最大限に用いて距離計算を行うことにした。テーブルとは、計算前のデータと計算結果を対応付けた表であり、この表を引くことで実際に計算するよりも高速に結果が得られる。

前述のように、平方根の計算をテーブル化するだけでは十分な速度が得られないため、計算を省略できる部分を出来るだけテーブルで計算するようにした。最終的に、和・差の整数演算・メモリの参照を行うだけでよいようにアルゴリズムを調整し、計算の回数を大幅に減らすことに成功した。また、テーブル化を実装する過程で、浮動小数点で表現されていた特徴量を整数で表現したため、高速化のみならず省メモリ化を実現した。

さらに、より高速に動作させるため、テーブルの参照速度、つまりメモリの参照速度が高速になるようにテーブルの大きさを調整した。テーブルがキャッシュメモリ¹²より小さくなっていれば、その分高速に参照される可能性があるためである。ただし、テーブルの大きさが小さくなれば、その分計算精度が落ちるため、精度を保ちつつ高速であるテーブルの大きさを実験的に求めた。

2.1.4.7.7. 高速化まとめ

ユークリッド距離演算を上記のようなテーブルを用いることで、計算速度を5倍程度まで高めることが出来た。総合的な検索速度は15万画像／秒以上である。また消費メモリは、約1KB／画像を実現した。

さらに、検索アルゴリズムの調整により100万画像／秒・2～300Byte／画像を実現する見通しを得ている。

これらの成果の実証のため2種類のアプリケーションを試作した。一つは「サーバ向けアプリケーション」KiRiE（切絵）、一つは「個人向けアプリケーション」OmCRマネージャである。

¹² プロセッサの動作速度に対してメモリの読み書きは非常に低速であるため、小容量であるが非常に高速なメモリを用意し、頻繁に利用される領域をこれで代用する

2.1.4.7.8. 開発成果

本画像検索システムでは、ユークリッド距離計算テーブルの採用により、大規模な画像データベースにおいても実用的な速度（15万画像／s～50万画像／s）で検索が可能である。さらに、アルゴリズムの調整により100万画像／sでの速度を得る見通しを得ている。

高速なエンジンを用い個人向け・サーバ向け2種類のアプリケーションを作成し、その有用性が確かめた。

2.1.5. 拡張可能なマルチメディアデータベースの構築

2.1.5.1. 主観的評価尺度のデータベースへの反映

従来型の検索ではオブジェクトに付与されたキーワードにより対象となるオブジェクトが直接検索されるのに対して、感性検索では、個々のユーザの主観的評価尺度を考慮する。これらユーザの主観的評価尺度・特性をモデル化した「感性モデル」を用いることより、個々のユーザの主観にマッチした検索を行うことが可能となる。従来型検索と感性検索を比較した概念を図 2.1.5-1に示す。

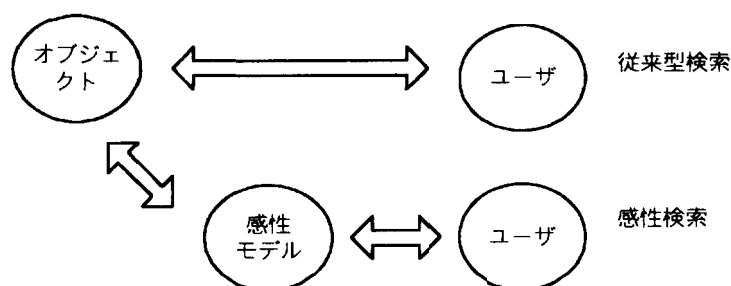


図 2.1.5-1 従来型検索と感性検索の概念

感性モデルを介した検索を実現することにより、検索対象となるオブジェクトに対して個別にキーワードを付与することは必ずしも必要なくなり、より適切な検索結果の取得に加え、データ管理作業負荷が軽減されることも期待できる。

主観的評価尺度は、検索対象となるコンテンツ（マルチメディアデータ）及び、それに対してユーザが抱く印象との関係を分析することにより、感性モデルとして反映させることとした。その手法は2.1.5.2に記述する。

2.1.5.2. マルチメディア対応データ型・メソッドの実装

2.1.5.2.1. 感性データベースの構築モデル

感性工房グループを中心として、現在、感性検索システムとして実現されているいくつかのシステムを分析した上で、それらシステムの共通の開発基盤として感性データベース管理システム（感性 DBMS）の構成モデルを提案した（図 2.1.5-2）。感性 DBMS では、感性検索の際に用いる共通のデータ型を定義し、それらデータを用いた処理メソッドの再利用性を容易に実現できる必要があり、その実現を目指したものである。処理メソッドの再利用性が向上することにより、感性検索を構成するすべての処理を個々人で開発する必要はなくなる。研究者はある特定部分に特化して集中的に研究開発を進め、その他の部分は他者の研究成果を適用するなどの試行錯誤的な試みも可能となる。従って、システム構築の工数削減とともに、感性検索システムの精度向上も期待できる。

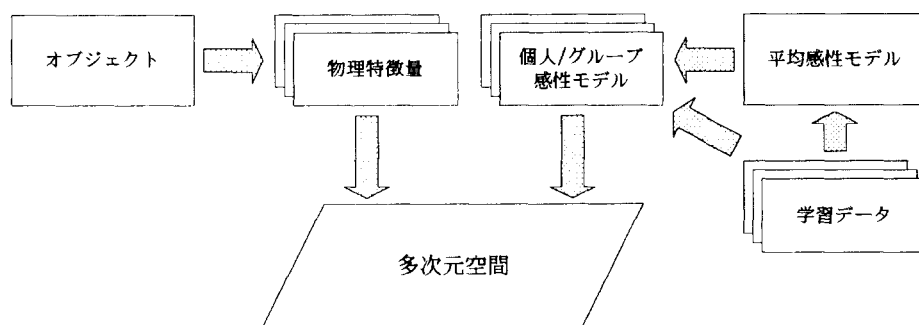


図 2.1.5-2 感性 DBMS の構造

図 2.1.5-2において、四角枠部は、感性検索のための拡張データ型として DBMS にマッピングされるべきものである。矢印部分がアルゴリズムとして実装されるべきメソッドであり、本研究では拡張データ型を要素とする共通インタフェースを定義している。

検索対象となるコンテンツとしては、絵画・写真などの2次元画像、家具などの3次元データ他、マルチメディアデータ一般を対象とする。コンテンツからは、様々な物理特徴量が抽出され、新たな物理特徴量の発見に伴い容易に DBMS 上で定義・利用可能である必要がある。

平均感性モデルは、初期には、何人かのユーザに対して行われる実験データと物理特徴量との関係进行分析することにより作成される。システムをはじめて利用するユーザに対しては、初期学習により自分用の感性モデルを生成するか、あるいは平均感性モデルを適用することになる。いずれの場合にも、検索結果に対する主観的評価をシステムへフィードバックするなどして、感性モデルをユーザに適合させる必要がある。ユーザの感性は一定とは限らず、外部からの刺激によりユーザ自身の感性も変化することが一般的であり、これに追従するためにも感性モデルは管理される必要がある。

多次元空間は、物理特徴量や、ユーザからの入力（検索条件）を感性モデルにより変換されたデータを、多次元ベクトルデータとしてマッピングするための統合的な空間である。

本年度は、上記モデルに従って、既存の感性検索アルゴリズムを再編して組込むことにより、モデルの妥当性を検証し、次年度以降の本格的統合に備えることとした。

2.1.5.2.2. 感性データベース管理システムの構成

感性 DBMS を構成する管理モジュール群としては、各種データ構造にアクセスするための DB アクセス管理モジュール、処理メソッド記述のための共通インタフェース、及び時間変化する感性モデル等のデータ管理を行う内部データ管理モジュールに大別できる。さらに、図 2.1.5-2に示したデータ構造に従って各種基礎データを管理するためのデータベース操作環境も必要となる。図 2.1.5-3のこれらの構成イメージを示す。

実際にアルゴリズムを統合して感性検索システムを実現するためには、現在研究を進めている感性 DBMS の利用支援環境として、データベース操作環境が必要となる。ここでは、データベース中のデータ管理、共通インタフェースの管理・再利用を支援する機能等が必要である。本年度は、統合する検索システムを検証するために、データの準備等、必要最小限の機能を試作し、感性検索に必要なデータ整備機能の検討を

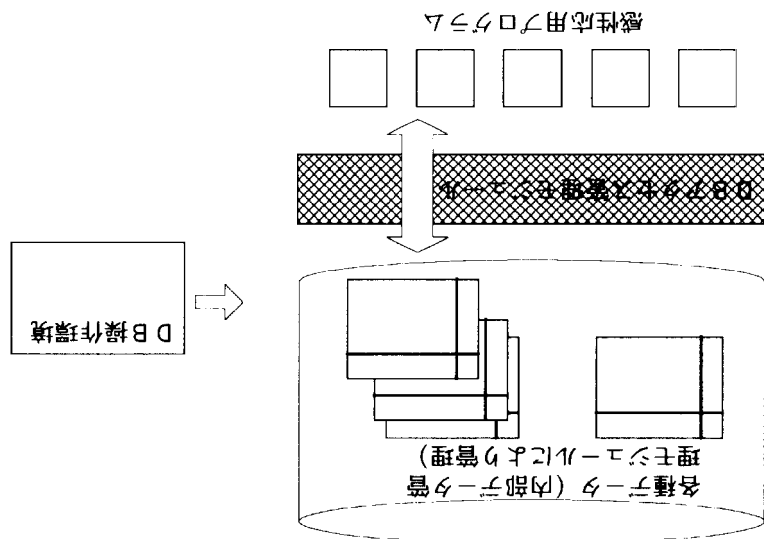
2.1.5.2.3. データベース操作環境

なお、ここで統合した各アルゴリズムは動作確認を行うとともに、多次元インタフェースから呼出し可能として統合システムとして実現した。

処理メソッドの共通インタフェースを開発する予定である。
つき、最終的には、これら検索アルゴリズムに左右されない、汎用的な拡張データ型、図 2.1.5-2 に示した枠組みのみ踏襲して、アルゴリズムの統合を行った。本結果に基理メソッドのパラメータ等、細部に関しては、各検索アルゴリズムに委ねることとし、感性検索システムを実現できることの検証に主眼を置いているため、各データ型、処一般、3D 形状データを検索する各システムである。本年度は提案モデルにより各種検証のために用いた感性検索アルゴリズムは、絵画、景観画像、テクスチャ、写真変化は蓄積・取り出しも可能となる。

特に意識することなく、DB 内部で管理され、データ管理モジュール経由でデータの管理のための属性等を設定しておくことにより、感性応用プログラム組込みの際には用可能となる。感性モデルの時間管理に関しては、DB 操作環境からテーブルに時間して作成された処理メソッドはデータベースに登録され、DB 操作環境を通じて再利することになり、必要なデータの取得には DB アクセスマネージャを用いる。こう感性応用プログラムは、定義されたインタフェースに基づき、研究者自身が開発す

図 2.1.5-3 感性データベース管理システムの構成



を入力とし、それに類似する画像を出力とする共通インタフェースを作成した。

また、コンテンツは2次元のものに関わらず、共通化されたデータ型を用いることにより、3次元類似形状検索に関しても同様のインタフェースで検索可能とした。

2.1.5.3.2. システム構成

検索インタフェースを実現し多次元インタフェースと接続した際のシステム構成を図 2.1.5-5に示す。

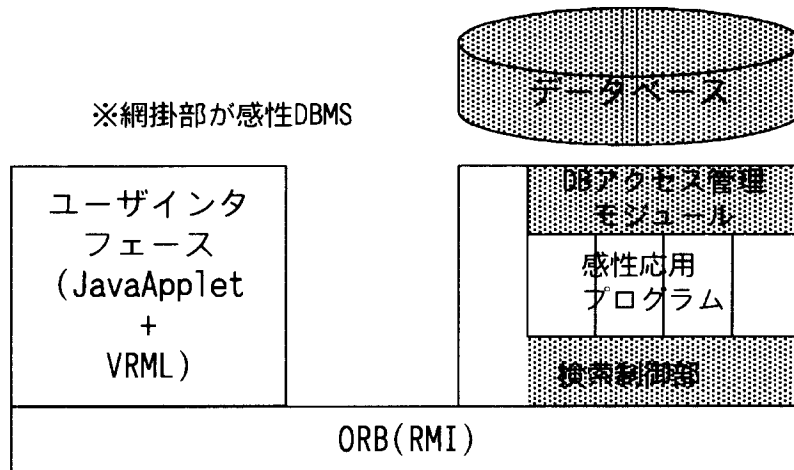


図 2.1.5-5 システム構成

感性 DBMS の構造に従ってデータベースのテーブルが定義され、DB アクセス管理モジュール経由でそれらのデータを用いる感性応用プログラムを組み込んだのは 2.1.5.2.2 に示した通りである。また、感性応用プログラム起動の際に必要な入力データを洗い出し、ユーザインタフェース部との接合を実現するためのモジュール(検索制御部)もあわせて整備した。

多次元インタフェースは Java で実装されているため、JNI(Java Native Interface)を用いて C で実装された感性応用プログラムとの接続を実現している。さらに、アプレットから C で実装されたネイティブメソッドを直接呼ぶことは仕様上できないため、データベースサーバ上では、接続を受付ける RMI(Remote Method Invocation)サーバ関数を実現している。

っている。

2.1.6.1.3. 評価・検討

検索結果を仮想空間に表示し、オブジェクトが奥から手前に移動してくるのはオブジェクトの選択しやすさの点では効果があった。工業デザイナーとクライアントが打ち合わせをしながらオブジェクトを選択するというシチュエーションでも、違和感無く使用できた。

試用した工業デザイナーからは、視点を微妙に移動させたり、空間内をフライスルーしようとする、慣れない人間にとって操作が難しいとの指摘を受けた。また、3次元立体の表示では、個々のオブジェクトを様々な角度から簡単に見たいという要望がでた。

総体的にインタフェースとしての仮想空間を考えると、見やすさの点では優れているが操作性に関しては難解な面もあり、より簡便な操作性が求められているといえる。

2.1.6.2. 検索条件指定機能（インタフェース）の実装

2.1.6.2.1. 機能の要件

感性検索条件の入力では、ユーザが直感的に自分が検索したい内容を入力できることが求められる。イメージ語検索におけるイメージ語の選択と重み付けの入力、類似検索における検索キーとなる画像等の選択は、容易に行えなければならない。これらを要件としてまとめると次のようになる。

- 複数のイメージ語の選択と重み付けを簡便かつ直感的な操作で入力でき、また視覚的にもすぐに理解・把握できること
- 2次元画像、3D データなどを特に意識して区別することなく検索キーとして指定できること
- ユーザ個人単位での感性検索操作に関する学習機能を有し、ユーザに適合した操作性を実現できること

2.1.6.2.2. 機能の実装

検索条件指定のインタフェースは、イメージ語検索と画像の類似検索、3D データの類似検索を実装した。

工業デザインを支援する感性 DBMS 支援システムのユーザーインターフェースとして

表示方法に分けられる。これらについては、2.2.6.4.1、2.2.6.5.1 で述べた。

ユーザーインターフェースの要件は主に、感性検索条件の入力方法と、感性検索結果の
ユーザを前提に検討を行った。

本研究では、感性 DBMS のユーザーインターフェースに求められる要件について、オ
フラインクユーザインターフェースを題材とするデザイン支援のためのプロトタイプシナ

2.1.6.3.3. 感性データベースのユーザーインターフェース要件

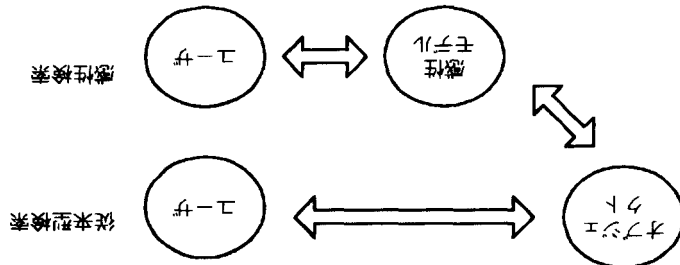
介してユーザに提示される (2.2.6.5.2 参照)。

点2 (評価点5) 立体形状3 (評価点4) という形になる。検索結果は仮想空間を
点の組み合わせのリストで検索結果を返す。例えば「立体形状1 (評価点7) 立体形
DBMS に対して画像ファイルまたは3次元形状データを指定すると、データと評価
点6) 画像3 (評価点5)」という形になる。これらは、類似検索の場合は、感性
点の組み合わせのリストで検索結果を返す。例えば「画像1 (評価点9) 画像2 (評
(重さ5)」という形でクエリを与える。それに対して感性 DBMS は、データと評
イメージ検索では、感性 DBMS に対して例えば「広々した (重さ8) 古めかしい
似度を仮想空間を通して検索する「類似検索」を実装した (2.2.6.4.2 参照)。

を介して検索する「イメージ検索」、とデータ同士の属性軸と属性値を感性的な類
性的な特徴 (イメージ) を言葉の組み合わせと重み付けで仮想空間のインタフェース
本プロトタイプシステムでは、画像や3Dデータなどのマルチメディアデータの感
そこで、

関する多様な属性軸と属性値をもとに検索する。
を行う。このような検索を感性検索と呼ぶ。感性検索では、個々のデータを、感性に
をあらわす特徴量データと共に格納されており、検索の際に感性モデルを用いて検索
がある (図 2.1.6-5)。感性 DBMS のデータは、個々のデータに関する感性的な特徴
感性 DBMS は感性モデルを用いて、マルチメディアデータを検索できる点に特徴

図 2.1.6-5 従来型検索と感性検索



体である。検索結果の個数が多い場合は、一覧表示画面のページ切り替えや、リスト
表示をスクロールさせて表示する。

は、さらに次のことも求められる。

- 美術画、景観写真、テクスチャ、3次元立体画像等各種のマルチメディアデータを区別することなく同様に操作できること
- 検索履歴・操作履歴を視覚的に提示でき、思考過程を再現しやすくすること
- すべての入出力が統合されたインタフェースの中に構築されていること

2.1.6.3.4. プロトタイプシステムの概要

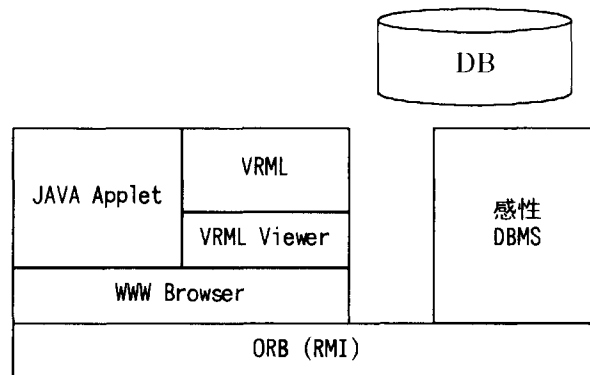


図 2.1.6-6 ユーザインタフェースの構造

工業デザイナーのデザインプロセスを支援するプロトタイプシステムにおいてオフィスインテリアコーディネーションを題材としたユーザインタフェースの試作を行い、ユーザインタフェースに関する定性的な評価を行った。

ユーザインタフェースは、JAVA アプレットと VRML で構成されており、WWW Browser 上で動作する。感性 DBMS のアクセスには RMI を用いている(図 2.1.6-6)。ユーザは Netscape Navigator から JAVA Applet による GUI と VRML ビューアである Cosmo Player を用いて、感性検索と検索結果の確認等の操作を行う。

検索結果の表示と検索条件の提示については、2.2.6.4.2、2.2.6.5.2 で述べたので、ここでは、これら以外のインタフェースについて述べる。

2.1.7. 視覚感性のモデル化技術

2.1.7.1. 目的

本技術課題では、一人ひとりの人間が視覚的な対象を見て、これを判断し、解釈し、また、表現し、伝達する際の主観的特徴(これを視覚感性と呼ぶことにする)のモデル化の方法論と利用技術を開発する。これはすなわち、視覚的对象が持つ様々な物理的特徴と、人間の視覚系の様々な特徴抽出のチャネルでの情報処理、そして、視覚心理的な解釈・表現上の特徴の間にどのような相関関係・対応関係があるのかを工学的に解明して、シミュレーション可能な形でモデル化することである。

2.1.7.2. 昨年度までの内容

昨年度は、過去に提案されてきた様々なテクスチャ物理特徴量を調査し、実際のテクスチャ画像に適用してその特徴抽出能力について調べた。

2.1.7.3. 本年度の計画

本年度は、昨年度の調査結果をふまえて、より感性情報に適したテクスチャ物理特徴量を設計・提案する。また、いくつかの自然テクスチャ画像を対象として選び、心理実験を設計・実施してテクスチャに対する心理物理量を測定する。さらに、これらの物理特徴量と心理物理量との相関を求め、その対応関係からテクスチャ画像のイメージ語による感性検索デモシステムを開発する。

2.1.7.4. 達成状況

(1) テクスチャ物理特徴量の考案

本研究開発では視覚感性の視点から新たな物理的特徴量を検討し、その結果、

- ① 画素値、方向性の連続・不連続性およびクラスタリングによる画素分布の塊性
- ② 各位置に依存した直線性、曲線性の度合い

を考案し、その有効性の実証に取り組んだ。

①に関しては、「方向性コントラスト」なる物理特徴量を独自に定義して使用した。また、塊性に関しては、問題を色空間上でのクラスタリング問題に置き換えて考え、減色時のクラスタ性の強さとして定義した。

②に関しては、「方向性マップ」なる物理特徴量を独自に定義して、大体の位置の方向性を求め、位置的なシフトに対応した方向性の変化量を定義して解析を行った。具体的には、画像を所定の Window Size で格子状に分割し、各格子セル毎に階調値の Gabor 関数近似を行う。この結果を基に、各セル毎に方向性、周期性を数値化する。また、これらの特徴量を算出する上で、どのような大きさの範囲内で算出するか（ここではスケールと呼ぶことにする）が重要であり、画像毎に適したスケールで計算を行いたいと考えたが、スケールの自動抽出手法を提案するまでには及ばず、結局、いくつかのスケールに固定して、複数スケールで計算を行う方法を採用した。

尚、②の方法は計算量が膨大で、多くの画像データを処理することには不向きであっ

たため、今回は不採用とした。

以上から、物理特徴量としては、大きく「方向性」と「色彩特徴」の2点に絞り、予め定めた複数のスケールに対して、それぞれ上述の物理特徴量を算出した。こうして得られた物理特徴量を比較するために、栗田らが提案する局所自己相関特徴手法を適用し、これらの多次元ベクトルの比較（類似度の比較）を行った。

(2) テクスチャ心理量の測定

本研究開発では、テクスチャ画像に対する「視覚感性」を探るため、テクスチャ画像を被験者に提示して、その画像に対して被験者がどのように感じるのかを、アンケート調査する実験を行った。具体的には、この種の心理実験の常套手段に習って、感じ方を予め選んだ複数のイメージ語（「さわやかな」、「あたたかい」等）に対しどの程度（「とてもそう感じる」、「あまりそうは感じない」等）に感じるのか評定して貰うことで表現する方法（評定尺度法）を採用した。

実験は、使用するイメージ語を決めるための実験、および使用する画像を決めるための実験からなる予備実験と、それらの実験によって決めたイメージ語セットと画像セットを使用した本実験とを計画して実施した。

(2.1) 予備実験1：イメージ語の絞り込み

イメージ語としては、感じ方を表現するための形容詞を対象とし、まず日本国語研究所が編集した「分類語彙集」から形容詞リスト(約 7500 語)、また日本カラーデザイン研究所の言語イメージスケール(180 語)、さらに当社建装材事業部の意見等を参考に抜粋し → 電総研で実験を行い、約 80 語に絞り込んだ。以下に使用したイメージ語を示す。

さわやか、軽快な、カジュアル、清潔な、すっきりした、可愛らしい、清楚な、洒落た、ロマンチック、エレガント、女性的、すずしい、安全な、あたたかい、明るい、開放的、新鮮な、整然とした、落ち着いた、ゴージャス、贅沢な、都会的、穏やかな、くつろいだ、素朴な、質素な、自然な、滑らかな、知的な、モダン、堅実な、やわらかい、不気味な、危険な、不潔な、閉鎖的な、暗い、鄙びた、古臭い、野暮な、地味な、渋い、ワイルド、大胆な、派手な、にぎやかな、ダイナミック、活動的な、気取った、寒々とした、冷たい、革新的な、鈍い、レトロ、人工的、はっきりした、緻密な、細かい、張り詰めた、かりかりした、伝統的な、重厚な、男性的、シャープ、ぼんやりした、こってりした、あらい、ざらざらした、乾いた、ぱりぱりした、俗な、湿った、かたい

これらのイメージ語に対し、木目、石材、壁紙パターンの3種類各 20 枚のテクスチャ画像（サイズ 15cm×15cm）を用意して、男女学生 5 人ずつを被験者としてアンケート調査を行った。各軸の評価尺度は 5 段階評定とした。

実験結果を主成分分析により主軸分解し、主要な形容詞軸の抽出を試みた。その結果を表 2.1.7-1 に示す。この結果は、固有値 1 以上での因子分析結果である。

この結果からは、かなりのイメージ語に共通性が見られ、イメージ語による評価がかなりラフなもので、言葉というよりは概念的なものに近いことが予測される。尚ここには示さないが、男女比較では、女性では男性と異なり「ロマンチック」、「エレガント」が「贅沢な」、「ゴージャス」と同じ軸に沿って分布するという結果が顕著であった。

第一主軸	20.8%	さわやか、軽快な、カジュアル、可愛らしい、清潔な、明るい、新鮮な、女性的、すっきりした、清楚な	暗い、閉鎖的、男性的、地味な、重厚な
第二	11.6%	安全な、落ち着いた、清楚な、あたたかい	不気味な、危険な、冷たい、ワイルド
第三	5.3%	贅沢な、ゴージャス、エレガント、気取った、モダン、洒落た、ロマンチック	
第四	4.5%	占臭い、鄙びた、野暮な、渋い、質素な、鈍い	都会的、革新的
第五	3.6%	大胆な、にぎやかな、ダイナミック、派手な、はっきりした、活動的	ぼんやりとした
第六	2.8%	シャープ、整然とした	
第七	2.5%	ざらざらした、粗い、ぱりぱりした	滑らかな
第八	2.3%	伝統的、レトロ、堅実な	
第九	2.2%	細かい、緻密な、かりかりした	
第十	1.9%	自然な、開放的	寒々とした
第十一	1.7%	やわらかい	かたい
第十二	1.6%	湿った	乾いた
第十三	1.5%	俗な	

表 2.1.7-1 イメージ語絞り込み実験結果の主軸分解結果

また素材間の比較では、石材の特性として「あたたかい」、「細かい」の消失、「安全」－「危険」軸の独立が見られ、木目では、「自然な」感じが、布・壁紙パターンでは「贅沢」、「ゴージャス」が軸として独立しているのが特徴的である。

この実験の結果をふまえて、次のイメージ語に絞り込んだ。

活動的、おだやかな、ロマンチック、現実的、シャープ、マイルド、こったり、あっさり、あたたかい、冷たい、かたい、やわらかい、はっきりした、ぼんやりした、

	の紙、布地
1 3	織物地（模様の繰返し）（ダーク系カラー）
1 4	細かい縞模様、
1 5	茶系（暖色系）格子縞、
1 6	暖色系、パターンが不明確

表 2.1.7-2 画像絞り込み実験結果のクラスタリング分類結果

次に、これらの各グループ毎に因子分析を行い、それぞれの主因子を調べた。各グループの主因子を表 2.1.7-3に示す。

Group1	シャープ、緊張感のある、かたい；滑らかな；地味な；緻密な
2	陰鬱な、シャープ；滑らかな、湿った；フォーマル；都会的
3	陰鬱な、重厚な；ざらざらした、あたたかい；厚い；乾いた
4	シャープ、男性的、緊張感のある；おおざっぱな、派手な；滑らかな、こってりした
5	新鮮な、洒落た、都会的な；緊張感のある、こってり；カジュアル；湿った、冷たい；かたい
6	陰鬱な、重厚な、野暮な；はっきりした、カジュアル；冷たい；おおざっぱな
7	シャープ、緊張感のある、かたい；湿った、こってりした；滑らかな、薄い；カジュアル、派手な
8	ワイルド、こってりした、重厚な；シャープ、冷たい；カジュアル；新鮮な
9	かたい、シャープ；都会的、洒落た；こってりした、重厚な；カジュアル
1 0	重厚な、ワイルド；冷たい、新鮮な；かたい；派手な；カジュアル
1 1	シャープ、都会的な；陰鬱な、男性的、重厚な；ありきたりの；野暮な、ざらざらした
1 2	ワイルド、緊張感のある、ダイナミック；洒落た、新鮮な；フォーマル；湿った；ざらざらした
1 3	重厚な；冷たい、シャープ；ざらざらした；洒落た；はっきりした
1 4	緊張感のある、シャープ；ワイルド、厚い；洒落た；陰鬱な；湿った
1 5	新鮮な、洒落た、都会的；緊張感のある、こってり；カジュアル；湿った、冷たい；かたい
1 6	緊張感のある、ワイルド、シャープ、ダイナミック；洒落た、滑らか、新鮮な；重厚な；カジュアル

表 2.1.7-3 画像絞り込み実験結果のクラスタリング分類の主因子

これらの結果の対応関係を検討した結果、イメージ語表現による心理量は、大きく分けて画像の「色」と「形」に起因するところが大きく、他に連想性に起因するところがあると考ええる。ここで連想性とは例えば、「金属 → 男性的 → シャープ、野暮、冷たい、かたい」といった或る属性に対し一般的に有する感覚を指す。

具体的には、「色」に関しては、派手・カジュアル感、こってり感、シャープ感、寒暖感、爽快感等が相関が高いものとして挙げられ、「形」に関しては、シャープ感、新鮮さ、洒落感、こってり感等で相関がある。特に色に関しては、カラーデザイン研究所が推奨するように、「色調（トーン）」が今回のようなイメージ語による表現との相関が高いと考える。他には、画像の素材の知識に誘導されるイメージも認められる。例えば、陰鬱感に関しては、明らかに金属、スチール、タイル等の一般的性質（かたい、冷たい、男性的、滑らか等）から判断していると考えられるケースと、色を中心に判断していると考えられるケースとに分かれる。

以上の考察をふまえて、本実験に使用するためのテクスチャ画像 72 枚を各グループを網羅するように選択した。

(2.3) 本実験 1：一般ユーザのモデル化のための実験

予備実験の結果をふまえて決定したイメージ語セットと画像セットとを用いて、ユーザーの平均心理量を測定する実験を行った。

被験者は一般 20 代社会人を設定し、男女 50 人ずつの計 100 人、職種も事務系、技術系の比率を等しく選んで行った。尚、実験は視環境実験室の広さ、および実験期間の制約から、当社当部署内の視環境実験室にて最大 3 人同時進行形式にて行った。この際、実験設置条件として、互いが互いの視野角内に入らない様に設備を配置して行った。

視環境は、予備実験と同様の視環境条件を設定した。

表 2.1.7-4 に本実験 1 の結果の因子分析結果を示す。

第一主軸	31%	シャープ、冷たい、かたい
第二主軸	22%	派手な、躍動的、新鮮な、モダン
第三主軸	17%	こってりした、陰鬱な、重厚、ワイルド
第四主軸	8%	なめらかな、つやつやした
第五主軸	6%	はっきりした
第六主軸	5%	緻密な

表 2.1.7-4 本実験 1 の結果の因子分析結果（固有値 1 以上を採用）

(2.4) 本実験 2：デザイン系ユーザのモデル化のための実験

次に、一般ユーザーとデザイン系ユーザーとの差違を調べるために、デザイン系ユ

一ザ一男女 50 人ずつ、計 100 人を被験者として実験を行った。ここでも社会人を予定したが、予算的・時間的困難のためデザイン系学生を中心に選択した。但し、その専門種別を適切に分散するように配慮して集めた（例えば、プロダクト系、アーキテクト系、インテリア系等）。表 2.1.7-5 に本実験 2 の結果の因子分析結果を示す。

第一主軸	33%	こってりした、重厚な、ワイルド
第二主軸	16%	シャープ、かたい、はっきりした、冷たい
第三主軸	14%	新鮮な、湿った、モダン
第四主軸	11%	派手な、躍動的
第五主軸	7%	平坦な、なめらかな
第六主軸	6%	広々した

表 2.1.7-5 本実験 2 の結果の因子分析結果（固有値 1 以上を採用）

また、今回は本実験 1 を受けて、画像の例示を中心としたグルーピング実験を合せて計画、実施した。これは初めに言葉を意識しないで画像を似た者同志に分類して貰い、その後で、それぞれのグループをイメージ語を用いて説明して貰うという実験である。

その結果、多くに共通して見られる表現として、まずその画像が何でできているのかといった素材の材質で分類する傾向が顕著に現われた。それは「木目調」、「石の様」、「壁紙の様」、「タイルの様」等といった素材に関わる固有名詞を使用した形容表現で表される。

他には、「あたたかい」、「冷たい」の寒暖感、「かたい」、「やわらかい」等の硬軟感、「あかるい」、「暗い」の明暗感、「ざらざら」、「つるつる」等の蝕感、「重い」、「軽い」等の重量感、「あらい」、「細かい」等のスケール感、「有機質」、「無機質」等の生理的感覚、「平らな」、「立体的」等の立体感、「洋風」、「和風」等の和洋感等の感覚、「落ち着く」、「落ち着かない」等の感覚が共通的に現れる。

興味深いのは共通性の低い各人の個性に関わると考える表現である。構造的記述表現を取るもの：「横線を引いた様」、「曲線的」や、全体的雰囲気ポジティブに捉えた表現、ネガティブに捉えた表現、さらには「突き放された様」等の心象表現にまで至り、或いは「水の底から見上げた様」等の個人的経験に密着した表現、「マッドサイエンティストっぽい」、「ハルマゲドン」等の独特の固有名詞を用いた表現等、枚挙に暇が無いほど、様々な表現が見られる。

これらの結果が示唆するものは、イメージの言語による表現は非常に不確実性が高いということである。即ち、言語表現は確率的振幅を持つということである。平均的に落ち着く解釈を中心に、人に応じて、状況に応じて様々に解釈はゆらぐのである。イメージそのものが、非常に境界のぼやけた確率的振幅を持つものであるから、それを表現するには、やはり確率的振幅を持ったものである必要がある。イメージに対応するものはやはりイメージに他ならず、イメージ同志でコミュニケーションできるのが本来的であろうが、それができないために、言語というものが長い歴史の中で発展

してきた。言語はイメージを想起させるための媒体であり、決してイメージではない。

工学が実現する世界というものは、曖昧性の少ない方向に働くから、今回我々がシステム化しようとする方向も、やはり曖昧性の少ない方向であり、イメージ語も、必然的にできるだけ曖昧性（多義性）の少ない言葉に限定されることになる。我々の実験結果でも示された様に、寒暖感、硬軟感、明暗感、蝕感、重量感、スケール感、立体感等といった物理特徴量に直に対応し易い言葉に限定されることになる。これらの感覚量で「感性」が表現できるか否かについては、私自身も非常に疑問を感じるが、現在の技術レベルでは、それ以上を表現することが困難であることから、「これらの感覚の相互作用としての感性」という次元の「感性処理」を扱うより他に無いと考える。

(3) 感性検索デモシステムの開発

当方考案の物理特徴量と、実験によって得られた、限定したイメージ語によるイメージの心理量との相関関係を探ることにより両者を対応付けることを検討した。

これらの相関分析には、複数の量同志の相関を取る意味で、多変量解析手法の一つである「正準相関手法」を採用した。本手法では、既に電子技術総合研究所の栗田氏らが開発したものが存在するため、本研究開発ではそのソフトを使用することにし、データをそのソフトに与えるための加工に関わる開発を行うに止めた。

この方法では、まず前処理として心理量の空間と物理特徴量の空間を独立な空間に変換する。即ち、イメージ語によって張られる心理量空間および物理特徴量空間を主軸分解して、各軸が独立な空間に変換する。こうして得られた独立な心理量空間と、独立な物理特徴量空間との間に正準相関分析を実施して、両者を相関に基づいて対応付け、一つの同じ空間（検索空間と呼ぶ）上に射影する。実験で得た心理量と物理特徴量を用いることにより、イメージ語の重みリストを検索空間に射影する変換行列、および画像の物理特徴量を検索空間に射影する変換行列が求まる。

この変換行列を用いて、新たな物理特徴量を与える、或いは新たな心理量（イメージ語の重みリスト）を与えることにより、検索空間に射影され、その空間における距離の近接度に応じて画像の類似性を算出し、類似性の高い順に画像を抽出することにより、検索を実現する。ここでは、画像特徴量を与える（画像を与える）ことにより類似した画像を検索する例示画検索、およびイメージ語の重みリストを与えることにより、そのイメージに類似した画像を検索する感性検索が可能である。

本研究開発では、これらを「Texture 画像の感性検索デモシステム」として以下の様に実現した。方式は、Web を介したサーバ＝クライアント方式とし、ユーザは Web-Browser を利用してサーバにアクセスし、そこで当方のサーバに格納した画像の中から、キー画像を選択して検索する「例示画検索」、およびイメージ語の重み入力画面から入力したイメージ語の重みリストをキーとして検索する「イメージ語による感性検索」とを利用することができる。図 2.1.7-2 に本デモシステムの画面の一部を示す。

2.1.7.5. 開発成果

(1) テクスチャ物理特徴量の設計

「方向性コントラスト」特徴量を独自に設計し、それを多重解像度で算出したものと、画像全体の平均色属性とからなる、「テクスチャ物理特徴量」を設計した。

(2) テクスチャ心理物理量の測定

20 代一般社会人 100 人、およびデザイナー系学生 100 人を被験者として、当社視環境実験室にてテクスチャ画像に対するイメージ語の重み調査実験を実施した。これにより、限定した複数のイメージ語に対する評点として、視覚感性量を測定した。

(3) テクスチャ画像の感性検索デモシステムの開発

上記 (1)、(2) の成果を用いて、感性を適用した「テクスチャ画像の例示画検索機能」と、「テクスチャ画像のイメージ語重みによる感性検索機能」とを開発した。尚、本デモシステムは、ネットワークを介した画像の複製利用等を行わない限りにおいて、Internet の下記アドレスから Web Browser で一般に利用可能である。

<http://www.etl.go.jp/etl/taiwa/toppanTexture/html/txrevjp.html>

2.1.7.6. 考 察

今回研究開発した「Texture 画像の感性検索デモシステム」では、従来技術では出来なかった「イメージ語」によるイメージ表現によってユーザーの検索要求を把握し、そのイメージ語表現を受けて Texture 画像を検索するという検索機能を一応は実現できた。しかし、その精度に関しては当初想定していたレベルとは少し距離があるようである。

その原因として、対象とする Texture 画像が十分に絞り込めなかったことがまず挙げられる。今回は、「木目」、「石材」、「布・紙」に絞り込んだが、その中でも例えば、「木目」の何が感性と相関が高いのかといった素材に即した感性量の分析を行うことができなかった。これは、被験者数を 100 人揃えることを重視したために、対象毎に細分化した実験を計画・実施できなかったことによる。

さらに技術的には、物理特徴量とイメージ語表現による心理量との相関を取るために、正準相関手法を採用したが、これは完全な独立した軸同志の相関を取るものである。しかし、今回選出したイメージ語の軸はおよそ独立なものとはなり得ず、結局複数のイメージ語の合成ベクトル軸との相関が算出され、その結果、感性量が一つの言葉ではなく複数の言葉によって表されるイメージの量に変換された後に相関が算出されることとなった。イメージを一つの言葉で表現することは本質的に困難なので、これは至極当然の結果である。問題は言葉の空間が如何に縮退せずに独立な空間に変換できるかということである。しかし、言葉や解釈の確率的振幅ゆえに、対象（人、もの、状況）毎に空間は変化し、縮退は免れない。結局、正準相関のような相互の独

立性に基づいた線形システムに適用すること自体に無理があると考え。言葉の空間が縮退しないように言葉を選ぶのではなく、アルゴリズム自体が状況に応じて適応的に変化するダイナミックなものでなければならない。本研究開発では、テクスチャに特定した場合の感性量との相性の良い物理特徴量を設計することが目的であったため、感性検索に関わるアルゴリズムの検討は範疇外であった。しかし、今回の取り組みの結果、感性処理に関しては、特徴量単独の設計というのは難しく、アルゴリズムとセットで設計する必要があると考える。

今回の取り組みでは、物質の属性に関わるような言葉（縮退を免れ易い）を使用する方が現在のアルゴリズムでは良い結果が得られると考えるが、その種の言葉で果たして「感性」を扱うことができるのかは疑問である。今後、個人的感性の差違までも扱おうとする場合、確率的振幅を吸収できる（本質的には）非線型の対応付けアルゴリズムの考案が不可欠と考える。

2.1.7.7. 平成 11 年度の予定

本研究開発は本年度を以って完了した。今後は、本開発成果を学会等へ報告して行きたい。

2.1.7.8. 謝 辞

本年度は、短期間に職種専門の注文を付けて 220 人にも渡る多数の被験者を集める必要があったが、本件に関しては株式会社ヒューマンコミュニケーションズ（阿比留みどり社長）に大変御尽力頂いた。また、東京大学の吉岡久美女史には被験、データ入力、意見等多大の御協力を頂いた。心理実験計画に際しては、NEDO フェローの柴田滝也博士に有意義なコメントを頂いた。この場を借りて御礼申し上げます。

2.1.8. フルカラー画像の高精度提示技術

2.1.8.1. 目的

デジタル・フルカラー画像を対象として、人間の視覚生理学的な色彩処理過程に基づいて画像の色属性を変換し、人間の感覚的に視認性の良い画像を効率的に得る技術を開発することを目的とする。

2.1.8.2. 昨年度までの開発内容

昨年度までは、電子技術総合研究所で開発された視覚生理モデルをベースとして、モノクロ画像の高精度提示技術の研究開発を行った。

2.1.8.3. 本年度の開発計画

本年度は昨年度までの開発した手法を、さらにカラー画像に対して適用し、機能拡張する研究開発を行う。

2.1.8.4. 達成状況

(1) 輝度コントラストへの適用

人間の視覚感度は光情報の内、輝度成分に対し色度成分の4倍ほど敏感であることが知られるように、画像を見て感じる感覚には、輝度情報が重要であることは容易に予測できる。そこで、本研究ではまず、カラー画像の色情報を輝度成分と色度成分とに分離し、輝度成分に対してのみ我々のモデルを適用することを行った。

まず、輝度成分と色度成分の分離には、当方の過去の色彩変換技術に携わった知見から、CIELAB 色空間を採用した。本空間は、人の色差知覚をできるだけ等歩度に保つ様に設計された空間であるため、他の色空間に比べて比較的各直交軸方向での独立な操作が行い易い利点があると考ええる。

具体的には、デジタル入力画像データ(RGB)を CIELAB に変換し、その輝度成分 L^* に対して、我々の逆 S 字変換を適用する。その結果を逆変換して RGB フォーマット画像に変換する。

図 2.1.8-1 にこの適用結果の例を示す。

えられている。それらが脳皮質の視覚野において、さらに複雑な受容野の階層構造に渡され、より高次の情報処理が行われる。

また、色空間においては色相環の原点対象の色成分が互いに生理補色になるように設計されているが、人の色知覚の世界でも、色の順応に関して「赤—緑」および「青—黄」の2軸の反対色軸が知られている。

これらの知見から、我々は色知覚に関する拮抗関係軸として、「赤—緑」および「青—黄」の2軸の反対色軸に着目し、この2軸に対して我々の逆S字型変換を適用できないかと考えた。

図 2.1.8-2に我々が注目した外側膝状体での色情報処理のモデルとして、De Valois'sのモデルを示す。

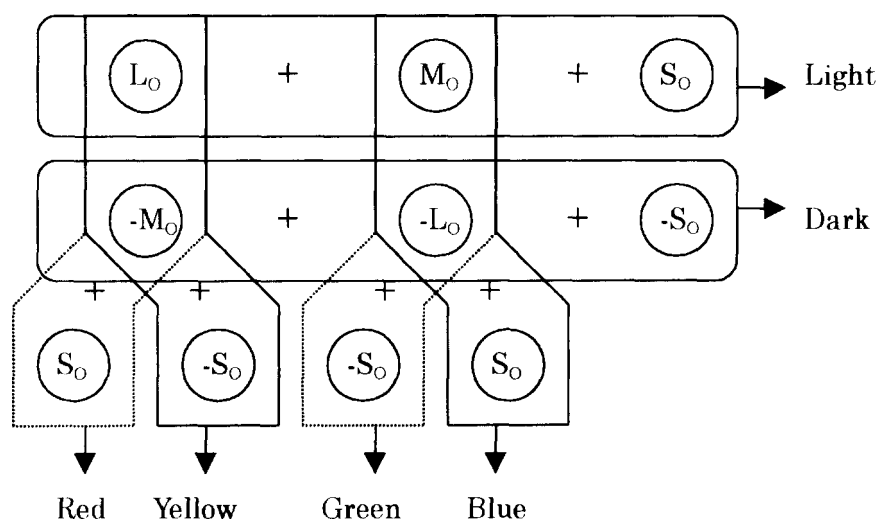


図 2.1.8-2 De Valois's のモデル

我々は、できるだけこのモデルに沿うように、次の様な色変換を考えた。

$$rg = \frac{r - g - (r_L - g_U)}{2}, \quad yb = \frac{\frac{r+g}{2} - b - (\frac{r_L+g_L}{2} - b_U)}{2}, \quad l = \frac{r+g+b}{3}$$

ここで、添え字の L は下限値を、U は上限値を表す。

この色変換によって、赤緑軸 rg 、黄青軸 yb 、および輝度軸 l の 3 軸を求め、この各軸に対して、逆 S 字型変換を適用する。

変換式は以下のようなになる：

2.1.8.6. 考察

カラー画像の輝度コントラスト変換機能に関しては、色味を損なうことなしに、輝度が高精度に再現でき、十分実用に耐え得る水準に達した。一方、色度コントラスト変換機能に関しては、画像の色の鮮やかさを増す方向には、一定水準に達しているが、単純な R-G、Y-B 軸上での抑制強調に過ぎず、より積極的な色調整には適していないと考える。これは、我々のモデルがあくまでも人間の初期視覚レベルのモデルに過ぎないことに根本的要因がある。最新の神経生理学の知見によれば、色処理（特に色認識）は、大脳レベルでの複雑な情報処理を介するらしいことがわかってきている（各具体的な仕組みに関してはわかっていない）。したがって現段階では、我々の神経生理学的アプローチによる色調整機能の開発のこれ以上の拡張は困難と考える。

2.1.8.7. 平成 11 年度の開発予定

平成 11 年度は、色属性に対する人間の心理的応答に観点を移し、色彩心理特徴に関する知見を調査検討するとともに、いくつかのテクスチャ画像等を使用した心理実験を計画・実施し、その心理量を測定する。これらの調査内容と実験結果とから、画像の色属性を、限定したイメージ語の重みを与えることによって調整する技術の開発を試みる。

2.2. 都市環境ヒューマンメディアの研究開発

2.2.1. はじめに

都市環境ヒューマンメディアは、都市街区の設計および評価を、複数人の異なる分野の専門家が協調して実施できる技術および、このシステムで構築される仮想都市環境を、多数の一般市民が同時に体験可能な技術の構築に必要な技術開発をめざすものである。本研究開発では、これらの構築に必要な基盤技術の確立を目指し、必要な研究開発を実施した。詳細は、各個別開発の項目で述べるが、本年度までの研究開発で、都市環境ヒューマンメディアにより、都市を構成する個々の建築物から都市全体の設計までを対象とする設計・評価支援および、設計された都市での景観、風環境、災害時の避難行動などを多数の人間が同時に仮想体験可能とするために必要な個別技術の第1次開発が実施された。

今後、前述の機能を実証するために個々の要素技術を融合させたプロトタイプシステムを構築し、都市環境設計、都市環境アメニティ評価技術、多人数・分散マルチモーダルプレゼンテーション技術の統合が行われる予定であり、これにより本研究開発の成果の総合的な評価が可能となる予定である。

2.2.2. 仮想都市構築支援マルチモーダル・プレゼンテーション・システム

2.2.2.1. 多人数・分散マルチモーダル・プレゼンテーション技術の開発

2.2.2.1.1. 目的

複数人数で実世界と同等の視野角とスケール感を有した高解像度の立体映像に取り囲まれた体験を可能にする。

2.2.2.1.2. 昨年度までの開発内容

平成9年度までにドーム型仮想空間体験装置の設計及びその実装を行った。

2.2.2.1.3. 本年度の開発計画

大ドーム投影のため逆補正と高曲率スクリーンでの立体投影技術を確立し、立体音響環境の提示技術を実現するとともにPVMによる低コスト並列計算エンジンの試作を行う。

2.2.2.1.4. 達成状況

(1) 球面型没入ディスプレイの実現

近年、バーチャルリアリティのディスプレイ装置として没入型ディスプレイ (Immersive Projection Display: IPD) が注目されている。IPDは大画面で体験者の周囲を取り囲むことにより広視野角と没入感の高い仮想空間を提示するものである。本プロジェクトで開発中のドーム型仮想空間体験装置もIPDの有力な候補になりうると考えられる。球面型スクリーンに画像を投影する場合、球面形状に応じた何らかの補正機能を必要とする。つまり、図2.2.2-1に示すように平面画像をそのまま球面に表示した場合歪みが生じる。図2.2.2-2に示すように、これを補正するためにあらかじめ逆補正をかけて歪みを与えた画像を作成することで、それを球面に表示した際に歪みのない映像が表示されるようになる。以下、この逆補正を歪み補正機能と呼ぶ。歪み補正機能をソフトウェアで実現する場合、その機構が複雑になり実時間処理に支障をきたすようになるとIPDとしては使用できなくなる。

球面の曲率や大きさに柔軟性を持たせるため、我々は高価な特殊なレンズ系を用いない歪み補正機能による球面型没入ディスプレイの機能開発を行った。

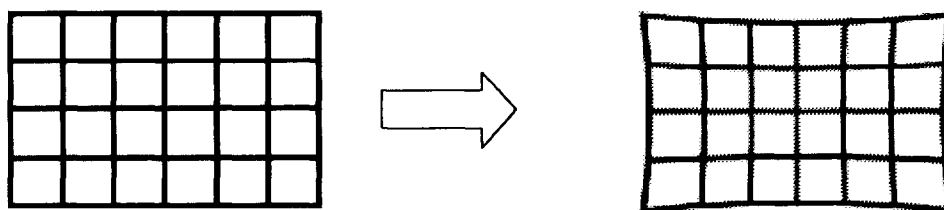


図 2.2.2-1 平面画像を球面に表示した場合

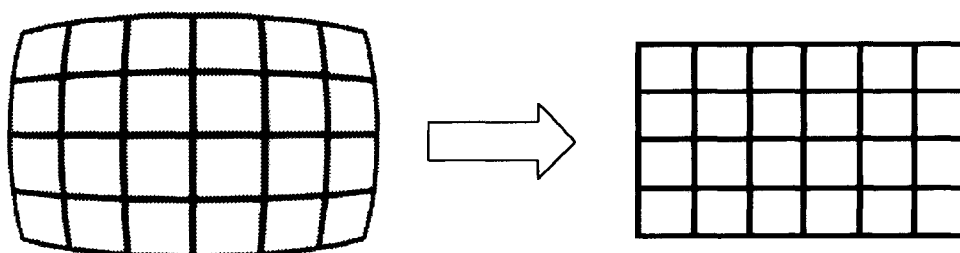


図 2.2.2-2 予め歪みを与えた画像を球面に表示した場合

投影方式として、リア投影方式では多数のプロジェクタが必要になり、さらにプロジェクタ間のつなぎ目の調整が難しくなることから、フロント投影方式としている。フロント投影は球面スクリーンの場合投影距離が一定になるため、スクリーン中央と周辺における輝度差が小さくなり、焦点も合わせやすくなる。一方体験者の影がスクリーンに映り込まないようにするため、スクリーンから一定の距離以内に近づくことはできない。

1台のプロジェクタで球面スクリーン全体に表示をしようとする、球面の大きさが大きくなるにつれて画像が拡大され解像度と輝度が低下してしまう。そこで描画範囲を6つに分割して、6台のプロジェクタによって投影することにした。この場合、歪み補正機能を実現しながら、プロジェクタ間の画像のつなぎ目が連続する機能が必要である。

さらに、6台のプロジェクタを用いる場合、そのつなぎ目をプロジェクタの位置調整だけでぴたりと合わせることは不可能である。そこで、ある程度つなぎ目を重ねあわせ、そのつなぎ目の輝度を調整することでつなぎ目が目立たなくするブレンディング機能を導入した。

球面型没入ディスプレイは、上記のシステム構成を用い、以下に述べるようなプロジェクタによる描画領域の整形機能、ソフトウェアによる歪み補正機能によって仮想空間を正確な形状及びスケールで立体視表示することで高い没入感や臨場感を実現する。

(3) ソフトウェアによる歪み補正機能

本システムでは、仮想空間を6つの領域（ここではウィンドウに当たる）に分割して描画を行うため、各ウィンドウ間の境界部分の整合性と歪み補正機能の両方を実現するのは非常に難解である。ところが、プロジェクタの描画領域整形機能により、各ウィンドウ間の重なり部分について考慮する必要がなくなる。

我々は、歪み補正機能を実現するために数学的な関数を用いるのではなく、以下の手法を用いた。すなわち図 2.2.2-6に示すように一旦矩形にラスタライズした描画をすぐに出力せずに、もう1度球面形状にテクスチャとしてマッピングする。そしてこれを矩形に平行投影して画像として出力することで歪み補正機能を実現する。

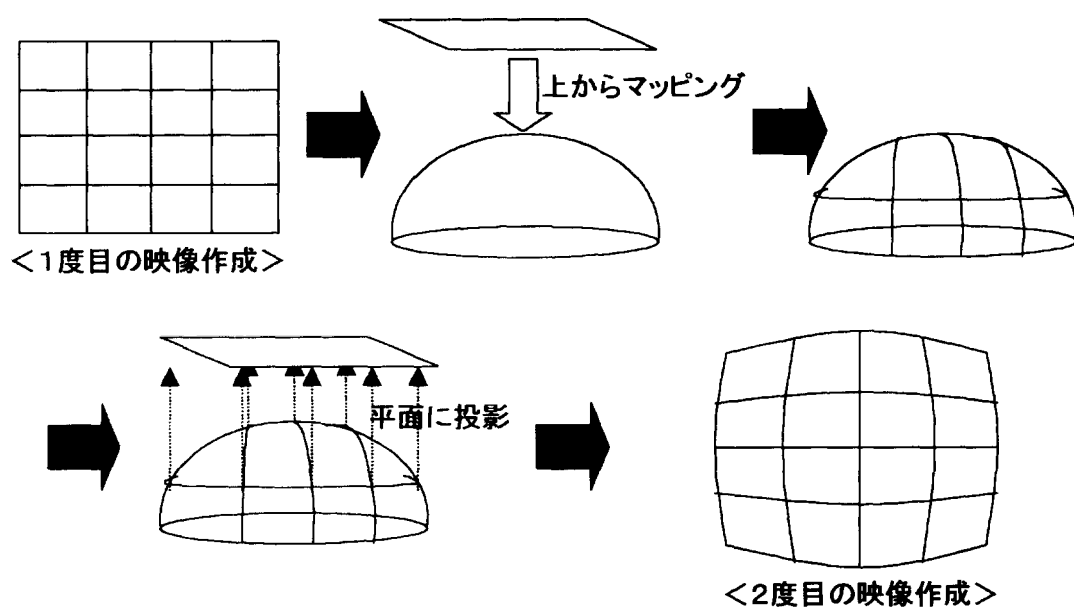


図 2.2.2-6 歪み補正機能の手法

本システムで使用するグラフィックスコンピュータは、矩形にラスタライズされた描画情報を高速にジオメトリエンジンにコピーするという機能をもつため、歪み補正機能を実現するのに必要なコストは、ラスタライズを2回行うということである。これは歪み補正機能を使用しない場合と比較して、描画時間が2倍弱かかるということになる。

さらに一度目の描画をマッピングする形状は、視距離・スクリーン配置情報・描画領域分割数などをパラメータにより任意に指定することが可能であり、これを変更することで様々なスクリーン形状に対応して歪み補正することが可能になる。

各ウィンドウごとの描画領域は、個別の視体積（ビューイングボリューム）を定義することで実現する。図 2.2.2-7に透視法視体積のイメージを示し、図 2.2.2-8に3つのウィンドウから作成される仮想スクリーン面のイメージを示す。これを上下方向

にも拡張することで6面が作成される。この仮想スクリーン面を前述のように球面形状にマップする。

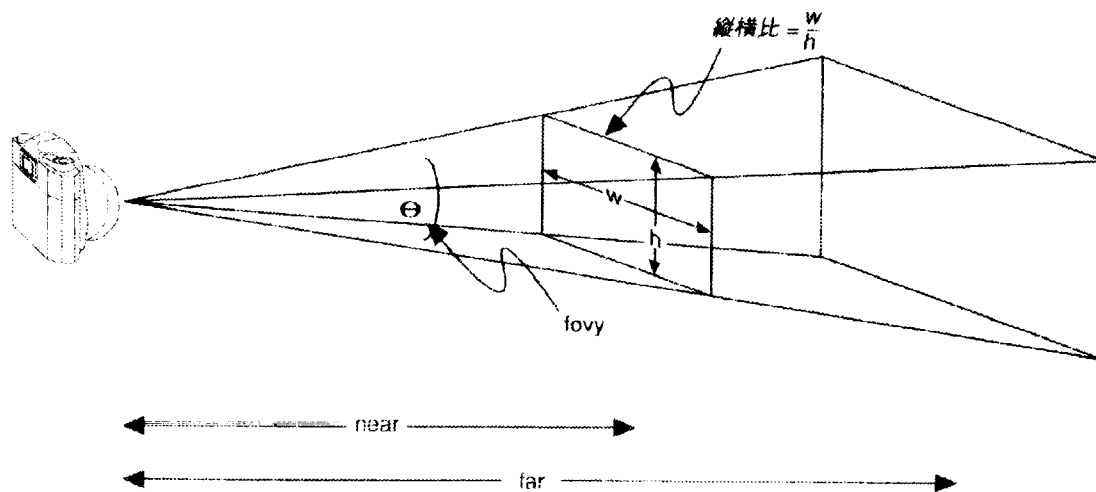


図 2.2.2-7 透視法視体積のイメージ

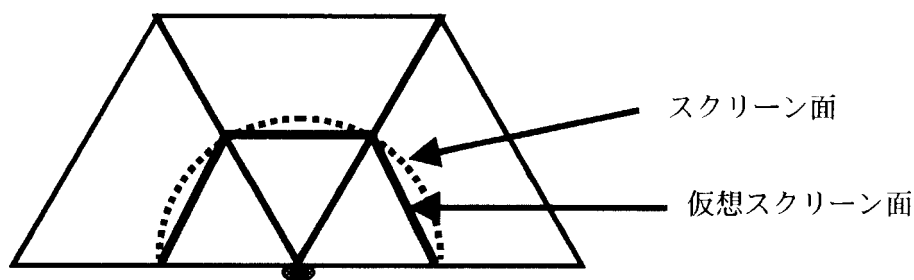


図 2.2.2-8 透視法視体積における3つの仮想スクリーン面

図 2.2.2-9に補正前後の格子パターン画像を示す。右の補正後では左右の格子画像が違和感なく連続している状況がわかる。補正前、補正後の比較について、格子パターンだけではなく実際の都市形状を描画したものを図 2.2.2-10に示す。図 2.2.2-10の左の補正前では境界部分が重ならないだけではなく、本来真っ直ぐであるはずの建物（画面中央から斜め下に向かう建物）が歪んでいることがわかる。図 2.2.2-10の右の補正後ではこの直線の歪みがかなり補正されていることが表されている。

像データ上の分割について並列度が極めて大きいので、並列処理に適した課題である。本開発では、既存のレイトラッシングアルゴリズムの並列化を利用して、PVM を用いての実装を行う。

形状類似度の認識は、立体形状データの自動分類や、形状簡略化のための複雑な形状の基本形状への分解などの課題に必要とされるものである。本開発では、比較的複雑な形状を考え、その頂点群の配置をもちいて形状を識別する方法を検討する。ここで識別とは、2つの形状を与えられたときに、この2つを比較し、一方が他方に相同か、スケーリングされたものか、あるいは異なるものかを判定するものである。これの繰返しで形状データベース内の形状群に同じ物、もしくはスケールのみ異なるものがあるのか否かを判定することが可能になる。また頂点数が少数で、複雑なテキストチャを用いた表現をしている形状データには別の識別手法が必要とされる。次に本開発で用いた形状の認識手順について示す：

形状データの重心を計算し、重心を原点へ平行移動する。頂点データをサンプル点だと考え、主成分分析を行う。主成分から順に3つの成分をとり、それぞれの方向にx, y, z 軸を設定し、各頂点の座標を振り直す。この座標データを比較し、2個の形状データの表す形状の一致を判定する。一致しない場合には、一方の形状に対する、選択する軸の順序、成分を変更し、同じ手順を繰り返す（ただし、全ての組み合わせについて行うわけではなく、ある上限値を設定しておく）。頂点データ群の一致の度合いにより、類似度を算出する。ただし、実際にはポリゴンのRGB 値、あるいはテキストチャ情報から算出したRGB 値を補助的に用いる。このRGB 値は頂点データへ配り、これを頂点の補助的な次元として扱う。即ち、各頂点は実世界の3次元と、RGB の3次元を併せ持つ6次元データとして扱っている。

1つの形状に対して、データベース中の形状に対して相同検査を行う場合、データ群に対してと、ある対についての軸の取り方の変更操作の2点について並列性があるので、これらに関して並列に計算できるようにPVMで実装する。

PVMは制御用のコンソール側にLinux PCを用い、クライアント側には、Windows PC, Alpha CPUのLinux機を用いた。

2.2.2.1.5. 開発成果

(1) 大ドーム型VR体験システムの実現

視野角(180度x90度)及び高解像度(3000x1500ピクセル)の大ドーム型VR体験システムを構築した。

(2) 歪み補正表示機能の開発

ドーム投影のために必要となる逆補正を実現した。

(3) プロジェクタによるブレンディング機能

6台のプロジェクタによる表示境界がほとんど認識できなくなり、つなぎ目のない巨大な表示領域を実現した

(4) 実際にシステムを稼働させると、ネットワーク遅延等のオーバーヘッド

があるものの、並列度が大きい粒度の大きい問題では、一般的な PC をまとめた計算機群の処理能力を有効に生かすことが可能であった。例えば、深夜に遊休状態にあるオフィスの PC 群に形状マッチ、レンダリング等の作業をオフライン的なイメージで仕事を割り付けるといったこと応用も可能である。各クライアントプロセスの起動自体は CORBA オブジェクトでラップすることにより、本開発の主システムとシームレスに統合できる。即ち、本開発での主システムに対して、ネットワーク上で透過な形で、大きな処理能力を必要な時に、低コストで提供できるサブシステム機能が開発できた。

2.2.2.1.6. 考察

歪み補正機能を伴った球面型没入ディスプレイは高い臨場感表示を実現した。しかし同時に以下の課題が新たに生じた。

ユーザの視点位置が球面型ディスプレイの中心にある場合には、正確な補正機能が働く。この場合の視点高さは床から 2.4m である。視点の高さを下げていくとこれに応じて補正パラメータを変更する必要があるが、パラメータの変更を行なうと、6つの画面の接合部分がずれてしまうという現象が生じた。今後この問題点を解明し解決する。

従来の表示系と比較して高速化した表示系を実現するという狙いがあり、3 倍程度の高速化が実現されたが、本プロジェクトの目的の 1 つである煙拡散やビル風・避難性状などの様々なシミュレーション結果を表示したため、高速化機能が相殺されてしまった。今後より一層の高速化チューニングが必要であると考ええる。

2.2.2.1.7. 平成 11 年度の開発予定

大ドーム型 VR 体験システムに歪みのない立体映像を投影するために開発した歪み補正機能を汎用化し、PC など他のプラットフォームでも応用可能にする。同じく、大ドーム型 VR 体験システム向けに開発した高速な映像表示機能（従来比 2 ～ 10 倍程度）を、PC など他のプラットフォームでも応用可能にする。

2.2.2.2. 都市環境設計支援技術の開発

本節では、仮想都市環境構築支援マルチモーダル・プレゼンテーション・システムの根幹となる、分散協調設計、及び空間共有機能について述べる。

2.2.2.2.1. 目的

都市環境設計支援として、大きく次の2項目を目的とした。

- ・ 関係者(施主、専門家、住民)間の意思疎通を図りながら協調して設計・評価を実施する手段(共同設計支援ヒューマンメディア)の確立
- ・ 多人数の人間が同時に相互コミュニケーションを行いながら、感性的な情報も含めて評価することを可能にする手段(多人数参加感性評価ヒューマンメディア)の確立

1つ目で挙げている意思疎通とは、即時的な相互コミュニケーションと、任意の期間を通じて(通常はプロジェクトの存続期間)の情報伝達の両方を含んでいる。これらの実現により、情報を共有するオープンな設計環境を提供する。また、2つ目で挙げている感性的な情報とは、プレゼンテーション・レビューツールが提供する、例えば“開放的な”、“閉塞的な”というような空間要素であり、建物の外壁材、照明効果などによる色彩要素である。

2.2.2.2.2. 昨年度までの開発内容

我々は昨年度までに、システムへの応用を考えて、分散オブジェクト技術に関する調査を行っている。具体的な技術として、OMG(Object Management Group)の提唱するCORBA(Common Object Request Broker Architecture)と、マイクロソフト社の提唱するDCOM(Distributed Component Object Model)の調査を行った。

さらに、協調設計を支援するためのプロトタイプシステムとして、行指向ASCII文字列形式プロトコルを用いたアプリケーション開発を行った。このアプリケーションは本年度に継続開発した、CORBAを基盤としたシステムのベースとなっている。

2.2.2.2.3. 本年度の開発計画

本年度は、設計内容・プロセスの管理機構と自律的最適化形状データ提供機能の開発を行うとともに、空間共有機能(空間情報、視点情報、共有プラン情報等)と協調編集機能のプロトタイプ試作を行う。

2.2.2.2.4. 達成状況

(1) 分散協調設計、空間共有機能

分散協調設計、空間共有機能を提供するための基本アーキテクチャとして、CORBAを基盤として設計した(図 2.2.2-13)。

システムの用途が、“設計の絞込み作業”であることから、“プロジェクト”、“フェーズ”というグループを設けている。プランはその構成要素である三次元物体の集合であり、プランの集合がフェーズ(設計の各段階を表す)、フェーズの集合がプロジェクトである(図 2.2.2-16)。すなわち、1 つの構成要素は、簡単な構成要素の組み合わせからなるより大きな構成要素であるというように、再帰構造で表される。

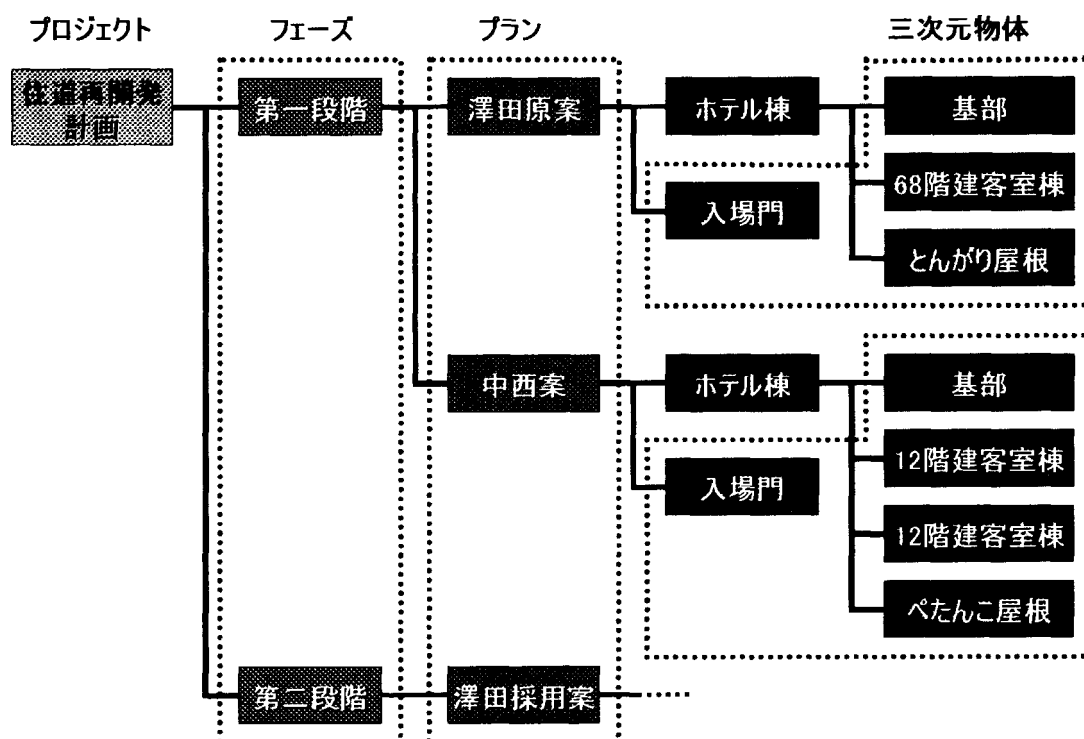


図 2.2.2-16 プラン構造

このように階層構造をもったプランは、オブジェクト指向データベース(ODB ; Object Oriented Database)に格納し、プランマネージャが一元管理している。インターフェースを通してアクセスされる際にトランザクション処理をすることで、常にデータの整合を取ることになる。プランマネージャへのアクセス時間にネットワークによる遅延が大きく影響を与える場合には、プランマネージャを多段化することで対処できる(多段化されたプランマネージャ間でデータの整合をとる必要はある)。

プランマネージャは、プランが編集された結果(=現在状態)だけではなく、編集履歴をあわせて蓄積している。この履歴は、取り消し・再実行可能な状態で構成要素毎に管理している。

各構成要素はこの他に、作成日時、所有者、保護レベル、テキスト情報等の諸情報を属性として備えている。所有者とは、後述するユーザマネージャで認証されたユーザであり、作成操作を行ったユーザが所有者となる。また、保護レベルとは、プラン

の編集・閲覧操作を規制するために設けられた項目である。保護レベルには次の4つの状態がある。

1. 公開 (Public)
2. 保護 (Protected)
3. 私有 (Private)
4. 保存 (Preserved)

公開レベルにある要素は、参加する全てのユーザに対して編集・閲覧操作が自由である。保護レベルにある要素は編集操作を所有者のみに限定する。さらに、私有レベルでは、編集・閲覧の両操作を所有者のみに限定する。最後の保存レベルにある要素は、閲覧操作のみを全てのユーザに許可するようになっており、上記3つのレベルが所有者の権限で設定可能なのに対して、このレベルは特権を持つユーザ(例えばプロジェクトを推進する立場のユーザ)のみが設定可能である。このような種々の属性は、協調設計を支援する目的で設けている。

オブジェクトマネージャ(Object Manager) : 3次元物体データ管理

立体表示インターフェースで必要とする形状データ、写真データ、そして、ユーザインターフェースが提供可能な編集の種類等、三次元物体に属するデータを一元的に管理しているのがオブジェクトマネージャである。

データを一元的に管理することで、ユーザインターフェースを通したインタラクションを効率よく管理することが可能である。例えば、後述するUIマネージャが提供可能な編集操作は、編集対象となる三次元物体を元にオブジェクトマネージャに対して検索を行うことでその種類が決定される。すなわち、新たな編集操作が可能となった場合には、クライアントにあたるUIマネージャの変更は必要なく、オブジェクトマネージャの管理するデータを更新することで、容易に編集操作を追加できる。また、プランマネージャが管理するプランには、立体表示に必要な具体的な形状が含まれていない。よって、後述するビューマネージャがプランの表示を行う際には、プランマネージャから得られたプランの構成要素名(3次元物体の名前)を元に、オブジェクトマネージャに対して具体的な形状を要求することになる。このことは、具体的な形状を変更する際にも、オブジェクトマネージャが管理するデータを変更するだけでよいことを意味する。

オブジェクトマネージャの機能に、クライアントの要求に合わせた形状データの提供がある。これは、前述したように、ビューマネージャが表示を行うタイミングで具体的な形状データを解決するため、例えば、テクスチャ重視のモデルであったり、ポリゴンベースの詳細モデルのように、自分自身の描画パフォーマンスに応じたデータをその都度獲得させる仕組みである(もちろん既にローカルキャッシュされたデータを使用してもよい)。

オブジェクトマネージャについても ODB を用いてデータを格納している。

ユーザマネージャ(User Manager)：ユーザ情報管理

ユーザマネージャは協調設計に必要な個人情報を管理する。システムの使用には、ユーザマネージャを通して認証を得ることが必要となる。ここで得た認証結果を以後の操作に用いることで利用者を識別する。実装レベルにおいても、ユーザマネージャの発行する認証キーがないと、他のマネージャの利用が制限されるようになっている。

ユーザマネージャの管理する個人情報には、“識別色”というものを設けている。これを GUI の表示、3 次元表示インターフェースでのアバター表示等に利用することで、視覚的に理解しやすいインターフェース構築の手助けとなる。また、ユーザはあらかじめ定義したグループに分けて管理されている。これは、特定の操作(例えば、プロジェクトに新たなフェーズを追加する操作)を行うユーザに対して特権を設ける場合等で利用できる。

ユーザマネージャの管理データも ODB を用いて一元管理している。

センサーマネージャ(Sensor Manager)：入力デバイス管理

仮想空間における視点の移動、編集操作等に用いる入力デバイスを管理・提供するのがセンサーマネージャである。

現在市場で手に入れることができるデバイスの多くは Windows(95, 98)対応である。その種類もさることながら、安価に手に入れられ、しかも、1 台の計算機で複数のデバイスを制御可能であるという魅力もある。これに対して、今回のシステムにも統合される SGI に代表されるような UNIX 系計算機では、扱えるデバイスの種類、価格の面において決して充実しているとはいえない。これに対する 1 つの解決策として、センサーマネージャを設計した。つまり、デバイスはそれに対応している計算機(多くは Windows 系)に制御させ、クライアントからそれらをセンサーマネージャのインターフェースを介して、ネットワーク透過で統一的に利用するのである。センサーマネージャの数は、クライアントが必要とするデバイスが確保できるよう調整すればよい(ネットワークによる遅延時間と、デバイスを制御する計算機のパフォーマンスには考慮する必要がある)。

UI マネージャ(UI Manager)：ユーザインターフェース管理

UI(User Interface)マネージャは、ユーザインターフェースを一括管理する。主なユーザインターフェースには、プランマネージャの管理しているプランを一覧表示し、3 次元表示を行うためのランチャーとなる“プランブラウザ”や、各種編集操作のためのパレットがある。マネージャが存在する単位は、計算機単位で 1 つとなる。インターフェースのそれぞれを CORBA クライアントとして実装することも考えられるが、インターフェースを一括管理するマネージャを置くことで、好ましくないインターフェースの重複、プランマネージャからの変更通知先の増加等を避けている。

今回の実装では、Windows+MFC(Microsoft Foundation Class Library)を用いているが、JAVA にて実装し、Web ブラウザ等をインターフェースとすることも考えられる。

ビューマネージャ(View Manager)：立体表示インターフェース管理

ビューマネージャは、任意プランの 3 次元表示要求を受けて自分自身が備える表示デバイスにプランを表示する。

表示要求は通常 UI マネージャから与えられるが、UI マネージャから見えるインターフェースは、ビューマネージャが具体的にどのような表示デバイスを備えていても共通である。複数の要求が発生した時の振る舞いは、ビューマネージャによって異なる。例えば、CRT を備えたビューマネージャは、基本的には 1 つ 1 つのプランを異なるウィンドウとして表示する。そして、ドーム型表示デバイスを備えたビューマネージャは、後からきた要求を優先して表示することもあるだろうし、表示領域を分割して複数のプランを表示するかもしれない。ビューマネージャの存在する単位も UI マネージャ同様、計算機単位で 1 つである。

ビューマネージャは表示を行う際に必要な形状データを、オブジェクトマネージャに要求することで獲得する。ビューマネージャは、オブジェクトマネージャに要求する形状データの質を変更することで、自分自身の描画パフォーマンスを安定させることも可能である。

サウンドマネージャ(Sound Manager)：立体音源管理

仮想空間に立体音源を与えるのがサウンドマネージャである。ビューマネージャがプランを可視化するのに対して、サウンドマネージャはプランに含まれている音源を再現する。立体音源は、音源の位置と聞き手の位置が必要であり、サウンドマネージャが提供する音は、任意の視点(=位置)を指定することで得られる。通常は特定の表示デバイスとリンクした形で利用する。

立体音源を実現するデバイスも、センサーデバイス同様、現状では Windows 系計算機に対応したものが多い。そうした理由からも、立体音源をネットワーク透過な形で提供することのメリットは大きい。

ワールドマネージャ(World Manager)：共有空間管理

ワールドマネージャは、視点位置のように単位時間当たりの更新頻度が高く一時的な共有情報を管理・提供する。

仮想空間内の視点位置は全てワールドマネージャに管理され、世界時間に対してセンサーマネージャからのセンサー情報を用いてその位置を更新する。クライアントは、ワールドマネージャに対して能動的に視点情報を獲得することになる。これは、クライアントの更新(例えば、3 次元表示の描き換え)速度に視点位置の更新速度を依存させないことが目的である。従って、例えば毎秒 10 フレーム描画しているクライアントと、毎秒 20 フレーム描画しているクライアントが共通の視点を利用している場合、視点位置は世界時間に従って更新される。

ワールドマネージャはその性質上、利用するクライアントに対して遅延が問題にな

らない程度高速な通信環境に置かれている必要がある。

（２）知的形状管理 DB

一般に立体形状データは、頂点の位置、RGB 値、あるいは、ポリゴンの位置、テキスト情報あるいはプリミティブと呼ばれる基本的な形状の羅列で記述される。実際にレンダリングされる際にはシーングラフと呼ばれる木構造のデータ形式で記述を行うが、これは多くの場合、レンダリングの際に適した構造であり、記述されるデータの本質的な構造は反映されていないことが多い。ここで本質的と述べたのは、記述されるデータの意味内容のことで、例えばビルの場合、全体は、A 棟と B 棟のある配置で構成されており、A 棟は 1 階、2 階... から構成されるといったデータの構造を意味している。

単純な幾何情報のみの記述の場合には、例えば、ビルの高さを 2 倍にする場合、1 階分の高さが 2 倍になる。しかしながらこの場合には、ビルの階数を 2 倍にする操作の方が適した変形であるといえよう（実際には再設計が必要であるが、ここでは簡易な編集とオンザフライでの景観シミュレーションを行うコンテキストを考えている）。

また形状の簡易化を行い、いわゆる軽いデータを作成する場合にも、構造を無視してデータを作成するよりも、各コンポーネントを処理してデータを作成してその組み合わせを持って、原形の簡易化とする方が、人間にとって制御しやすい場合が多い。

そこで本開発では、形状の意味構造を反映したデータの記述方式を検討し、上記の利点を生かしたデータの蓄積方式を研究している。

以下に現行の実装形態についての記述を行う。

基本的なデータの蓄積には、Object Design Inc.社の Object Store というオブジェクト指向データベースを用いている。オブジェクト指向のデータベースは近年注目を集めている方式で、従来のリレーショナル・データベースに比べてオブジェクト指向のプログラム様式に親和性の高いものである。対象データがテーブル上に整理可能な場合で、種々の検索を主体に使用する際にはリレーショナル・データベースの方が適しているが、複雑な、あるいは不定形なデータ構造を格納しておくことが主であれば、オブジェクト指向データベースの利用により多くのプログラムアーキテクチャ上の利点が得られる。

次に、このオブジェクトデータベースに各立体形状データの情報を格納する方式について述べる。まず、形状を、前述した意味構造を考えた上で、木構造に分解する。この分類に基づいて各部品を蓄積していく。木構造はコンポーネント、コンポジットパターンで実装している。このパターンは、オブジェクト指向プログラミングにおいて近年注目されているデザインパターンの 1 例であり、木構造データを柔軟に用いる際に優れたデザインである。各コンポーネントは、その位置に関する記述と形状に関する記述からなるデータ集合である。それぞれの記述は、専用のスクリプト言語のようなものを設定し、これを用いて記述している。即ち、データベースにはこのスクリプトを格納しておき、当該データが必要なときに、必要な文脈を与えて、その中でス

クリプトを遅延評価していくことで位置、形状を確定していくという方式でデータを記述する。具体的には位置に関する記述は、絶対座標指定のほか、他の物体に対する相対位置（例えば、「1m 左」あるいは、「物体 A に上外接左詰」など）などの「制約」の形で記述し、形状に関しても同じく、絶対座標指定のほか、ある変数パラメータを参照しての式で記述するなどが可能である。また、形状に関しては、この他にも、このコンポーネントをさらに分割した場合の、他コンポーネントへのポイントも格納する（これは先に示した木構造そのものである）。このような形式で格納した形状データを読み出す際には、データ内で使用されている変数パラメータの値や、最大ポリゴン数、或いは木構造のトレースレベル最大値などの制約パラメータを与えたあと、その文脈で、先の木構造をトレースして、スクリプトを評価していき、最終的に形状を得る。このフロントエンドには、クライアントから要求されたファイル形式に形状データを変換するプラグابلなモジュールが用意されており、これによってクライアントからは、要求したファイル形式で必要な複雑度のデータが得られることになる。

また、このデータベースには形状のみならず、それぞれのコンポーネントの交換可能な他コンポーネントのリストも格納しており、各編集クライアントからの問い合わせに応じて、交換可能なもののリストを送出することが可能である。

2.2.2.2.5. 開発成果

目的に応じてネットワーク負荷分散を図れる単機能サーバ群から構成されるシステムを実現した

多人数による即時性を有する協調設計を可能とする分散協調ネットワーク機能を実現した

プラットホームの特徴を発揮するヘテロジニアスな環境下で動作するシステムを実現した

形状データを、その形状の意味論的な解釈を包含した形式で格納するデータベースを構築する技術。1つのモデルデータを多くのシチュエーションに合わせて自動調節して提供する知的なデータベースが構築できる

2.2.2.2.6. 考察

現状では、データ格納時には、上記の仕様に合わせて形状をスクリプトで表現して書き込みを行っている。この作業は、多くの人的工数が必要であるため、入力支援ツールの開発が必須である。また、既存のデータをこの形式に変換して格納する必要も大きいので、そのためには、形状を自動的に分解して解釈する支援プログラムも必要である（もちろん、自動的に意味論的な解釈を行うプログラムの開発は極めて困難であるので、この場合には形状の簡易化を支援する意味での擬似的な分析解釈である）。つまり、与えられた形状を、特徴的な部品に分解して、個々の部品を既存の部品群と比較して、適合したものを検索したり、あるいは新規なものは部品リストに追加するツール群である。この中で中心的な機能である、立体形状のパターンマッチングに関

しては、先の PVM の項で述べたような実現方式を検討している。

2.2.2.2.7. 平成 11 年度の開発予定

開発を完了した。

2.2.2.3. 人間の行動モデルに基づく複数仮想人間の災害空間体験評価機能の開発

2.2.2.3.1. 目的

仮想都市空間における災害時の避難行動を、より高い臨場感を持って体験できる機能を開発する。

2.2.2.3.2. 昨年度までの開発内容

今年度から新たに開発を開始した。

2.2.2.3.3. 本年度の開発計画

火災時の煙が拡散する環境や災害時の環境について、仮想空間内においてシミュレーションデータに基づいた複数の仮想人間の行動を含めて表示し、その中でより体験的・直感的に避難性状を評価できる環境を開発する。

2.2.2.3.4. 達成状況

(1) 緊急時避難シミュレーション

緊急時非難シミュレーションは(株)大林組(以下、大林組)によって進められている。シミュレーションを行っているのは、仮想地下街において火災が発生した際の、煙の広がり方とその中を避難する人々の動作である。

(2) シミュレーション結果の可視化

大林組によって行われたシミュレーションの結果を可視化する際の表現方法にはいくつか考えられる。一つの方法は、例えば球のような単純な形状によって仮想人間を表現することである。単純な形状に人間の写真をテクスチャとして貼っておいても良いだろう。ここで、今回表示デバイスとして用いたドーム型仮想空間体験装置は、体験者に大きな没入効果を与えられることが特徴である。しかしながら、仮想人間が単純な形状によって表現されている時には、感じられる臨場感が乏しいことは否めない。我々は、高い没入感・臨場感を提供するためには、リアルタイム性を考慮したうえで、可能な限り人間に近い姿で仮想人間を表現することが重要であると考えた。シミュレーション結果をこのような仮想環境で提示することにより、体験的な安全レベルの評価も行えるであろう。また、閉空間での火災時のようなパニック状況を疑似体験することで、防災訓練の1方法としても有効であると考えている。

産業界における利用可能な仮想人間モデルに関し詳細に調べた結果、仮想人間シミュレーション・ソフトウェアの1つである、Boston Dynamic 社のDI-Guy を用いることを決定した。

(3) 仮想人間の実現

本開発では、仮想環境内における人間の表現に、DI-Guy と呼ばれるライブラリを用いた。DI-Guy は Boston Dynamic 社が開発・販売しており、これを用いることで比

較的容易に仮想人間をリアルタイムで生成することが可能となる。

DI-Guy を特徴を以下に示す。

- 人間の動作を表現する上で高レベル関数群
 - ジョイント角度の制御、モーションの生成、形状の階層管理等の低レベル情報の隠蔽
 - 移動場所、速度、動作等の情報を与えることで、容易に人間の姿が可視化可能
 - 性別、年齢層、服装、装飾品等の諸属性はパラメータによって容易に変更が可能
- リアルタイム性を重視
 - モーション・キャッシング、形状の詳細レベル切り替え(Lebel of Detail)、タスクレベルのコントロールなどにより、複数の仮想人間を配置することを前提にリアルタイム性を確保
 - リアルタイム性が確保されることで、よりインタラクティブな処理が可能
- 動作補完処理により、人間の自然な動作表現が可能
- 複数の異なるプラットフォームで利用が可能
 - 本開発では IRIX 用と、Windows 用を使用

DI-Guy は、C 及び C++ から利用可能なライブラリである。その構成は、大きく、テクスチャ付人間形状、様々なモーションデータ、描画制御ルーチン、リアルタイム・モーションエンジンからなる。通常のライブラリ同様、DI-Guy ライブラリをリンクしたアプリケーションから API を呼び出すことで利用する。

仮想環境内での仮想人間の振舞いとして、ノンインタラクティブ・モードとインタラクティブ・モードとがある。前者では、可視化されたシミュレーション結果に対して受動的な体験が可能である。今回、大林組が行ったシミュレーションでは、約 300 人の動作をシミュレートしており、その軌跡を忠実に仮想人間にて可視化している。図 2.2.2-17 と図 2.2.2-18 にそれぞれ、SGI と PC 上で実現した結果を示す。

また後者では、仮想環境内に体験者自身が仮想人間の一人として参加し、他の仮想人間との相互干渉が得られ、インタラクティブな擬似災害体験が可能である。なお、インタラクティブ・モードは平成 10 年度の繰り越し開発分である。

2.2.2.4. 防災シミュレーション用データ等を分散環境下で統合管理するデータベース機能の開発

2.2.2.4.1. 目的

防災シミュレーションに用いる形状データベースと表示用データをネットワーク分散環境下で統合管理するデータベース機能を開発する

2.2.2.4.2. 昨年度までの開発内容

今年度から新たに開発を開始した。

2.2.2.4.3. 本年度の開発計画

防災シミュレーションに用いる形状データベースと表示用イメージデータをネットワーク分散環境下で統合管理するデータベース機能を開発する。

2.2.2.4.4. 達成状況

(1) 形状データ

今年度は、防災シミュレーションの対象として地下街を選定した。地下街で火災が発生した時を想定し、避難シミュレーションの疑似体験が行えるためのデータベースの構築を行った。形状データに関しては、大林組で作成済みのデータ（AutoDesSys社 Form・Z のデータ形式）からコンバータによりVR表示用形状データを作成した。

(2) イメージデータ

また表示用イメージデータとして、避難誘導サイン、防火栓、防火扉、シャッターの各テクスチャデータ、及び地下街らしさを表現するための店舗やショーウィンドウの各テクスチャデータを作成した。（図 2.2.2-19から図 2.2.2-22参照）

(3) ビデオ画像データ

火災発生時の臨場感を表現するために、炎のビデオ画像データを作成した。

(4) 仮想人間データ

最後に、人が避難する様子をより具体的に表現するために、3次元人間モデルを用いた。（図 2.2.2-23参照）

避難シミュレーション用データベースとして作成したデータを整理すると以下のようになる。

- ・形状データ：地下街データ（13,118 ポリゴン）
- ・イメージデータ：シャッター（8種類）、避難誘導サイン（4種類）、消火栓（1種類）、防火扉（1種類）、店舗、ショーウィンドウ（26種類）

ように感じられないのが課題である。

2.2.2.4.7. 平成11年度の開発予定
開発は完了した。

・アクションの例 (DI-GUY Character Type 6,7)

タイプ7 (男)

1～13	立っている
14 15	伏せる
16	倒れる
17 18 19	ふらふらしてる
20 25 34	普通に歩く
45	歩く おそい
40 41 42 43	歩く 腰に手を当てている
46 47 48 49	歩く 少し変
21 23 44	足踏み (左)
22	足踏み (前) 少しはやい
24	足踏み (右)
26	足踏み (前) はやい
27	足踏み (左) はやい
52	走る

50 51	走る 変
30	足踏み 変
28 29 31 32	
33 35 36 37	
38 39 53 54	

タイプ6 (女)

1～12	立っている
13 32 35	普通に歩く
33 34	歩く 少し変
36	歩く すねている
14 22 38	足踏み (前)
15	足踏み (左) はやい
16	足踏み (前) はやい
17 18	足踏み (前) はやい 下向き
19 20	足踏み (前) はやい 手をあげる
21 37	足踏み (左)
27 28	足踏み おそい
29 30	足踏み おそい 手をあげる
31	足踏み 探し物をしてる
45	ジョギング
46	ジョギング 足踏み (前)
47 48 49	ジョギング 足踏み (左)

23 24 25 26	足踏み 手をあげる
39	足踏み
40 41 42	ジョギング
43 44	ジョギング 手をあげる
50 51	変

2.2.2.5. 各種画像・映像データと三次元データを統合表示する技術の開発

2.2.2.5.1. 目的

火災など災害発生仮想空間の表現として高い臨場感を実現するために、イメージやビデオ画像などのマルチメディア素材を利用可能にすることを旨とする。

2.2.2.5.2. 昨年度までの開発内容

今年度から新たに開発を開始した。

2.2.2.5.3. 本年度の開発計画

災害性状のビデオ画像等、既存のマルチメディア素材を災害発生仮想空間内で活用可能にする技術の開発を行う。

2.2.2.5.4. 達成状況

(1) 煙の表現機能

対象としては、地下街で火災が発生した場合を想定する。その際の煙の流れによる拡散状況については、大林組によりシミュレーションが行われた。その結果を従来手法である粒子による流れ表示や濃度分布図と比較してより現実近く表現するための機能である。図 2.2.2-24に大林組のシミュレーションサーバから煙データがネットワークを経由して表示機能（Viewer）上で表示されるための構成図を示す。

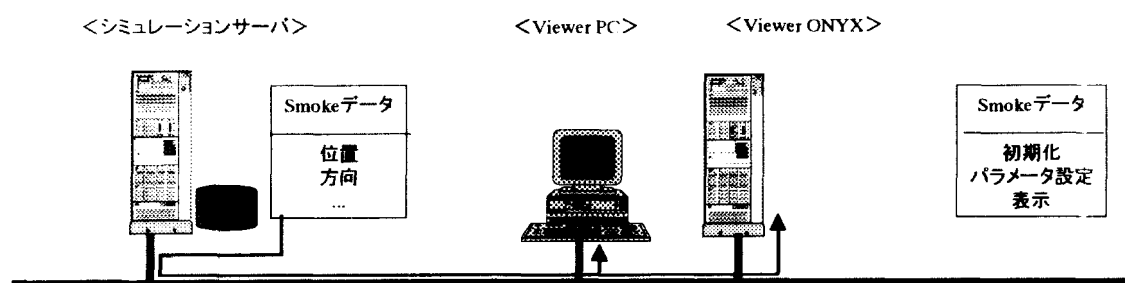


図 2.2.2-24 煙データ表示のための構成図

図 2.2.2-25、図 2.2.2-26にドーム型仮想空間表示装置及びP C上に表示した煙データの様子を示す。

煙データは以下の項目から構成される。括弧の中は変数である。

- ・位置 (x, y, z)
- ・方向 (u, v, w)
- ・色 (red, green, blue)
- ・存在時間 (duration)
- ・速度 (velocity)
- ・拡散係数 (turbulence)
- ・濃度 (density)
- ・消失時間 (dissipation)
- ・膨張係数 (expansion)

煙データの一部を示す。

- ・ファイル名 sample.wld の内容、煙の数だけ設定される。例は 2 つ分の煙データを示す。

```

Node {
    On          0
    Type        3
    Origin       0.0 0.0 0.0 1.0      # x,y,z,radius
    Direction    -1 0      0          # Direction x,y,z
    Color        0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5# strat r,g,b,end r,g,b
    Texture      smoke_tex.rgba
    Duration     -1.0              # duration
    Velocity     0.0 2.5            # turbulence,speed
    Density      1.0 4.00 0.0       # density,dissipation,expansion
    Objname      box0
}
Node {
    On          0
    Type        3
    Origin       0.0 0.0 0.0 1.0      # x,y,z,radius
    Direction    -1 0      0          # Direction x,y,z
    Color        0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5# strat r,g,b,end r,g,b
    Texture      smoke_tex.rgba
    Duration     -1.0              # duration
    Velocity     0.0 2.5            # turbulence,speed
    Density      1.0 4.00 0.0       # density,dissipation,expansion
    Objname      box1
}

```

- ・ファイル名 sample.scn の内容、煙の数分定義される。

```
objpos box0 -17.00      2.90  -7.50 0 0 0
objsc1 box0 1.0 1.0 1.0
objpos box1 -27.00      2.90  -7.50 0 0 0
objsc1 box1 1.0 1.0 1.0
```

上記の 2 種類のファイルからフィルタプログラム (`get_smoke_data1`) により以下の `smoke.dat` を作成する。

- ・ファイル名 `smoke.dat` の内容

```
-17.00  2.90 -7.50 -1.00  0.00  0.00  0.50  0.50  0.50 -1.00  0.00  2.50  1.00
4.00   0.00
-27.00  2.90 -7.50 -1.00  0.00  0.00  0.50  0.50  0.50 -1.00  0.00  2.50  1.00
4.00   0.00
```

Viewer では、煙データを表示するために、**Viewer** を構築したグラフィックスライブラリ **Performer2.2** に含まれている `pfuSmoke` クラスを使用し、以下の機能を実装する。

- ・煙データの初期化
- ・表示パラメータの設定
- ・表示メソッドコール

なお、表示メソッドコールは仮想都市空間のシーン全体を描画するためのコールバック関数に定義する。

(2) 炎の表示機能

火災が発生した場合の炎形状についても、大林組でシミュレーションが行われた。すなわち時間とともに炎の形が拡大し、燃え広がる状態を表現する。図 2.2.2-27に大林組のシミュレーションサーバから炎データがネットワークを經由して表示機能（Viewer）上で表示されるための構成図を示す。

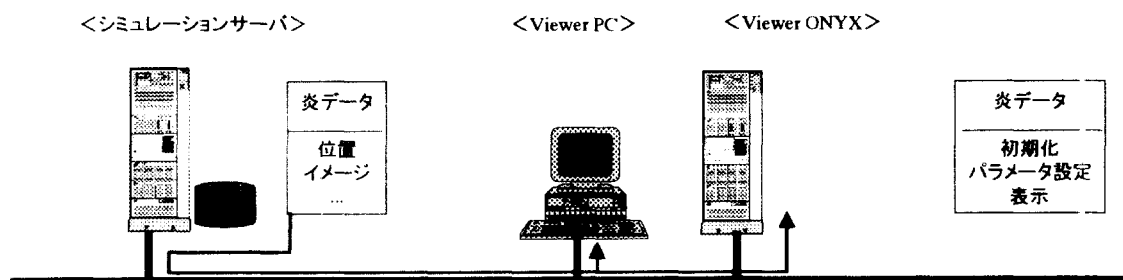


図 2.2.2-27 炎データ表示のための構成図

炎データは位置と複数のイメージファイルから構成される。現状では 30 枚の炎イメージを指定し、これを無限に繰り返す機能とした。

- ・ 炎データの一部を示す。炎形状を表現するイメージファイルが指定される

-17.00 1.0 -7.50

./data/f00.rgb

./data/f01.rgb

Viewer では、炎データを表示するために、複数のイメージファイルを順次表示する機能を構築した。

- ・ 炎データの初期化
- ・ 表示パラメータの設定
- ・ 表示メソッドコール

図 2.2.2-28に炎データの一部を、図 2.2.2-29に PC 上に表示した炎データを示す。

に改善を加える予定である。

2.2.2.5.7. 平成11年度の開発予定

以下の平成10年度の繰り越し分の開発により、完了する予定である。

イメージファイルによる表示は、そのすべてのデータをテクスチャメモリー内にロードする必要があるため、実装テクスチャメモリー量に制限される。本システムでは、64MB である。例えば、解像度 640x480 のイメージでは約 1MB 必要とするため、1 秒間に 30 枚を表示することを考えると 2 秒あまりでオーバーフローすることになる。他にも都市形状を表示するためにテクスチャメモリーを使用することを考えると、この方法では、限界がある。

そこでビデオ画像をストリームデータとして Viewer に直接表示する方法を検討する。この場合、ビデオ画像ファイルが数 100MB などのように膨大になっても、直接ハードでディスクから読み出すため、必要なテクスチャメモリーは 1 枚分（上記の例では 1MB）になる。これを実現するために ONYX 上の Viewer では、デジタルメディアライブラリに含まれている movieTexture クラスを使用し、ビデオ画像データを使用できる機能を実装する予定である。この場合ビデオ画像データとしては、以下のフォーマットに対応する予定である。

- ・ mpeg1
- ・ mpeg2
- ・ avi (MicroSoft 社ビデオストリーム)
- ・ mov (Quicktime3.0 以上)

2.2.3. 仮想都市のアメニティ評価技術

都市環境においては、昨年度に引き続き風環境シミュレーションデータの蓄積を計るとともに風の表示は、体験者が瞬時に風の強弱を視覚的に捉えることができるよう新たな提案を行った。補正予算で実施した都市防災では、その用途・機能から都市の一部と考えられる地下街を対象に開発を進めており、地下街体験シミュレータシステムの開発に着手した。ここでは、代表的な地下街を想定した CAD データを作成するとともに、火災による火炎形状及び煙流動性状シミュレーションプログラムを作成した。また、地下街体験シミュレータシステムの活用法の一例として、上記の環境要素を VR 上で評価するための体験シナリオを作成した。

2.2.3.1. 風環境要素技術の開発

ここでは、実施計画で挙げた項目の「仮想空間の中での環境要素の再現方法の試作」「都市計画や都市設計を行うための評価手法の確立」については 3) シミュレーション結果の表示・評価方法で記述した。

2.2.3.1.1. 風環境シミュレーション

1) 概要

平成 9 年度のテーマにおいては CAD データの取り込みによってスーパーコンピュータを用いた都市・街区の流体シミュレーションを実現させたが、今年度については具体的な再開発対象地域の実風向風速データ（資料 1）を予測の条件として解析を行った。またシミュレーションによる結果から街区の適性を評価することで設計段階へのフィードバックを可能にするシステムを検討した（図 2.2.3-1）。

2) シミュレーション方法及び結果

シミュレーション条件等を表 2.2.3-1 に、結果を図 2.2.3-2、

図 2.2.3-3 に示した。

一般に住棟間隔が狭まるような場所では風が加速され、他に比べて風速値が大きくなることが知られている。今回のシミュレーションにおいても、これらが充分反映されている結果となった。

風の強弱の評価に関しては、屋外での歩行者に与える風環境の影響をテーマとしているため、地上 1～2m の高さを対象とし検討した。これより、周辺住宅域に風の影響は見られなかったが、図中の通路部分で最大風速 5.34m/s が確認された。この数値は、日最大瞬間風速変換すると約 10m/s にも達し^[1]、歩行者にとって非常に不快な影響を及ぼす。そこで、これらの防風対策として通路部分への植栽の設置についても検討した。これらのシミュレーション結果については、景観との兼ね合いもあることから、VR での可視化を平成 11 年度の一般公開で発表する予定としている。

¹¹⁾日最大平均風速の算出方法は、平均風速（＝シミュレーション結果）にガストファクター（以下 G.F.）2 を乗じて求める（G.F.は風の強い場所の既往資料2を参考にして、現場では 2.0～2.5 程度の値を用いることが多い）。

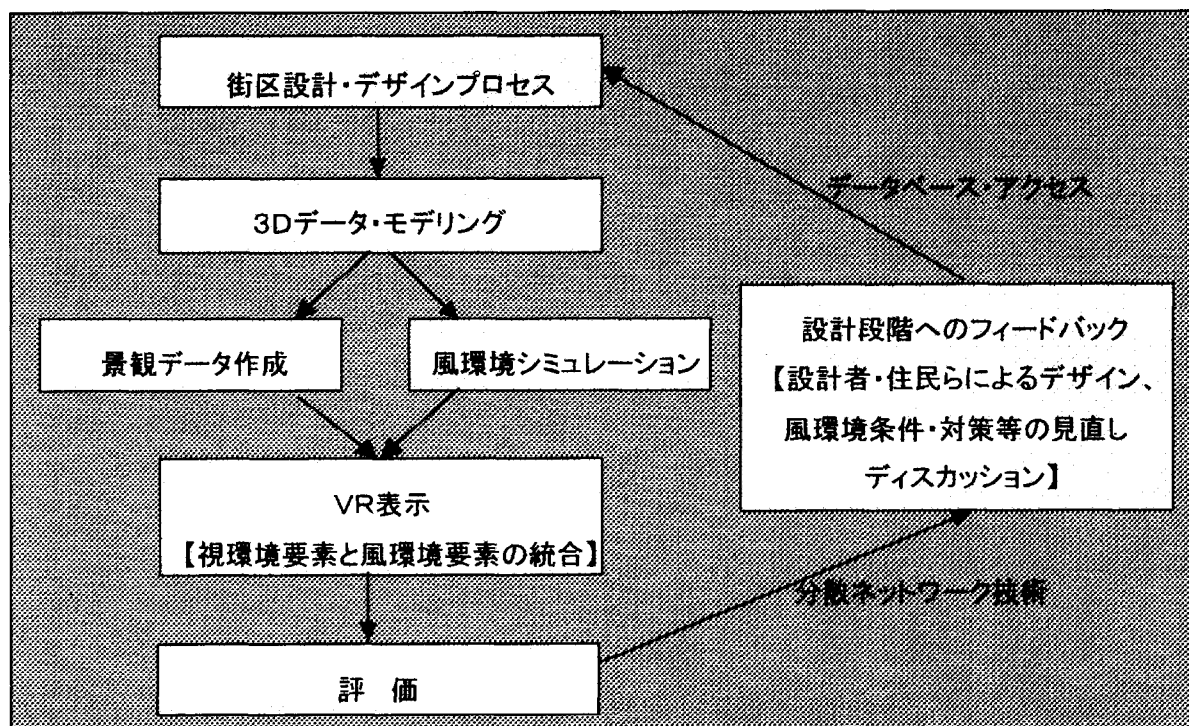


図 2.2.3-1 システム概念図

表 2.2.3-1 シミュレーションの条件

風速(流入)条件	4 m/s NNE (最多風向風速値)
境界条件	直交座標系 *周辺住宅を考慮 計算領域 500 立方メートル、42 万要素
計算条件	非定常乱流解析 自然流入流出
所要計算時間	約 26 時間
最大風速値	5.3m/s

3) シミュレーション結果の表示・評価方法

シミュレーション結果の提示方法として下記を検討し、VR を手法とした表現の可能性を探った（表 2.2.3-2）。

表 2.2.3-2 シミュレーション結果の提示方法

提示項目	連携システム		内容
	松下電工 VR 表示システム	東京工業大学 SPIDAR	
風速値	○	—	任意の位置で数値の表示を行う。
風向	○	—	任意の位置でベクトル（矢印）の表示を行う。
	—	○	任意の位置で傘の張力に反映する向きと大きさを伝達する。
風の流れ （表現）	○	○	所定の位置で画像の表示を行う。

風の流れの表現としては当初、VR 表示システムの機器（ドーム、プロジェクタ、コンピュータ、SPIDAR 等）に扇風機を併設して風の強さを実現させる手法も検討したが、扇風機の風力の限界を招くことから、映像の中に表現を含める仕様とした。また、シミュレーションの地表面 1～2m のデータを評価するため、3次元データの切り出しを行うプログラム（pread）を作成した。

a) 視覚的な評価方法

従来の風環境の可視化ではベクトルやパーティクル等を用いて風の流れや強さを確認している。しかし、数値で示された情報では実際にどの程度の強さなのか分かりにくい。ここでは、人間や植栽が受ける風の影響(強風域の対策前・後)を VR 上に表示し、強弱を視覚的に体験可能とさせた。体験者がジョイスティック等のインターフェースにより VR 上の街区をウォークスルーする際に、人物については、アバターとして静止画像あるいは動画像で表示し、植栽については、動画像として VR 上に表示することを提案した。これらの静止画像や動画像データ収集は、大林組の風洞実験室にて行った。詳細を以下に示す。

①人物

シミュレーション結果を風洞内で再現した風環境下で、実際に女性の髪や服装がどのようにたなびくかをデジタルカメラおよびデジタルビデオを用いて撮影した。撮影環境を表 2.2.3-3に、撮影方法及び結果を図 2.2.3-4、図 2.2.3-5に示す。図 2.2.3-5についてはシミュレーション結果を反映した平均風速(1～ 6.0 m/s)の画像と、それらに対応する日最大瞬間風速の画像、また、各風環境に対する被験者の評価を示した。

表 2.2.3-3 撮影環境

設定風速	0 ～ 12.0 m/s
風上に対する被験者（アバター）の向き	正面、右 45 度、右 90 度

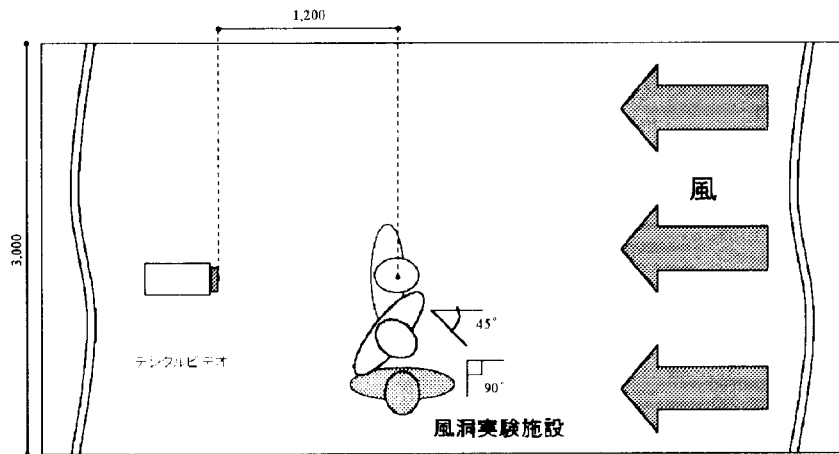


図 2.2.3-4 撮影方法

2.2.3.2. 防災要素技術の開発

2.2.3.2.1. 地下街体験シミュレータ

1) 概要

都市環境ヒューマンメディア研究開発の目的である共同設計支援ヒューマンメディアおよび多人数参加感性評価ヒューマンメディアの構築を実現するツールの一つとして、都市防災では地下街体験シミュレータの開発を行っている。地下街を対象とした理由は以下の通りである。

- ・ 多種多様の用途が共存し、複合体として構成されることから地下街は都市機能の一つと位置付けられる。
- ・ 防災上、不特定多数の人が利用する、また、外部に開放され天井を有する空間であるという特性から、地上に形成される都市より防災的に考慮すべき事象が多い。

地下街火災体験シミュレータの最終的な目的は、設計支援、感性評価のため、地下街避難を体験することを可能とすることのみではなく、その空間に潜在する危険要素を把握し、それに対応する各防災技術の開発に役立てることにある。そのため被験者が、リアルに構築された地下街の火災による避難の体験を可能とするシミュレータの構築を目指している。開発にあたりこのシステムの定義、用途を以下のように設定し作業を進めている。

〔定義〕

実空間では体験できない地下街火災の状況を VR 空間として提供し、その状況を立体視が可能なドーム状空間、ネットワーク上に繋がれた多数のモニター等を用い、設計者、防災の専門家、一般市民が体験できるシステム。複数同時参加、遠隔地からのアクセスを可能とするもの。シミュレータには物理モデルを用いた火災性状シミュレーション（火炎形状、煙拡散）、また、人間特性モデルを用いた避難性状シミュレーションが取り込まれる。

〔用途〕

実空間では体験不可能な火災現象（煙の拡散スピードや煙の危険度）の体験

体験の際の行動パスデータと、アンケート等により収集する体験者の視覚・判断等の情報分析とによる、防災上有効な設計ノウハウの確立（例えばノウハウとして、①建築的要因の影響、②設備的要因の影響、③火災規模の影響等が挙げられる。）

地下街火災体験シミュレータに取り込む要素技術と、その構成を図 2.2.3-7 に示す。

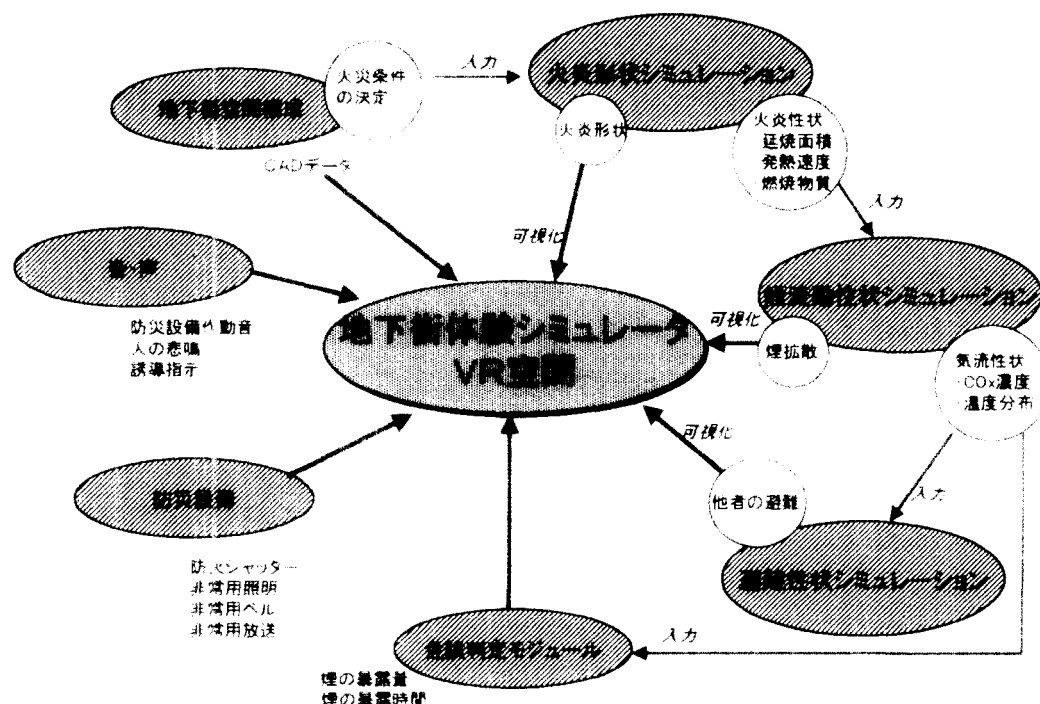


図 223-7 避難体験シミュレータ概念図

2) 地下街 CAD データの作成

ここでは一般的な地下街を対象とした建築・設備の設計を行った。地下街設計においては、過去の火災事例から空間認知がしにくい変則的な通路を設計に取り込み空間の分かりにくさ等の実験にも適用できるようにした。建物、設備概要を表2.2.3-4に、地下街形状データ概要を図2.2.3-8、図2.2.3-9に示す。

建物概要	延べ床面積	13800 m ²
	天井高さ	3m
	通路幅	5m, 6m, 8m
	建物用途	店舗等
	広場	7箇所
	階段	26箇所
設備概要	照明器具	
	避難誘導設備	誘導灯設備、非常照明設備
	警報設備	手動火災報知器
	防火扉、防火シャッター	

表 2.2.3-4 建物、設備概要

3) 火災拡大にともなう煙拡散シミュレーションプログラムの開発

3)-1 火炎形状シミュレーション

火災現象を再現する場合、火災の発生する空間の用途、可燃物密度等に基づく火源の設定が重要である。この火源に関する情報のうち、火源面積、火源の発熱速度は後述する煙拡散シミュレーションの入力値となり、また、炎の高さの算定は火炎の形状を決定し可視化するために必要な情報となる。

a) 火源面積算定

平面的火源とみなせる燃焼の拡大において、①可燃物の分布する領域は等価の円形領域に置き換えられる、②出火点は円形領域の中心とし、燃焼範囲が同心円上に一定速度で拡大する、③単位面積当たりの発熱速度は一定である、と仮定する。このとき可燃物の分布領域を $A_0(\text{m}^2)$ とすると、等価半径 $r_0(\text{m})$ は

$$r_0 = \sqrt{A_0 / \pi} \quad \cdots \cdots (1)$$

である。

火源は着火点を中心に次々に外側の部分を着火させながら拡大していくが、一方、早く着火した中心部分はある時間がたてば可燃物が燃え尽きて燃焼がやむ。したがって、可燃物の分布する面積が広い場合には燃焼部分はドーナツ状になると考えられる。

ある部分の燃え尽きる時間 $t_b(\text{s})$ は、 w を単位面積当たりの可燃物量 (kg/m^2)、 q_0 を可燃物の単位重量当たりの発熱量 (kJ/kg)、 q'' を単位面積当たりの発熱速度 (kW/m^2) とすると、

$$t_b = q_0 w / q'' \quad \cdots \cdots (2)$$

である。ここで、拡大していく円形火源の先端部分の着火点からの距離（燃焼部分の半径）を $r(\text{m})$ 、燃焼部分先端の拡大速度を $v(\text{m}/\text{s})$ とし、上記の r_0, t_b を用いれば、火源面積および発熱速度は次の三つのケースに分けて考えられる。

- ①ケース 1：拡大の先端が燃料端に達しておらず、中心に燃え尽きた部分がない場合
($r < r_0, t < t_b$)

このとき、燃焼部分の面積 $A(\text{m}^2)$ は

$$A = \pi r^2 = \pi (vt)^2 \quad \cdots \cdots (3)$$

また、発熱速度 $Q(\text{kW})$ は

$$Q = q'' A = \pi q'' v^2 t^2 \quad \cdots \cdots (4)$$

- ②ケース 2：拡大の先端が燃料端に達しておらず、中心に燃え尽きた部分が生じてい

る場合 ($r < r_0, t > t_b$)

このとき、燃焼部分の面積 A は

$$A = \pi \left[(vt)^2 - \{v(t - t_b)\}^2 \right] = 2\pi v^2 t_b \left(t - \frac{t_b}{2} \right) = 2\pi v^2 \left(\frac{q_0 w}{q''} \right) \left(t - \frac{1}{2} \frac{q_0 w}{q''} \right) \quad \dots\dots(5)$$

また、発熱速度 Q は

$$Q = 2\pi q'' v^2 t_b \left(t - \frac{t_b}{2} \right) = 2\pi v^2 q_0 w \left(t - \frac{1}{2} \frac{q_0 w}{q''} \right) \quad \dots\dots(6)$$

③ ケース 3 : 拡大の先端が燃料端に達し、中心に燃え尽きた部分が生じている場合 ($r = r_0, t > t_b$)

このとき、燃焼部分の面積 A は

$$A = \pi \left[r_0^2 - \{v(t - t_b)\}^2 \right] = \pi \left\{ r_0^2 - v^2 \left(t - \frac{q_0 w}{q''} \right)^2 \right\} \quad \dots\dots(7)$$

また、発熱速度 Q は

$$Q = q'' \pi \left\{ r_0^2 - v^2 \left(t - \frac{q_0 w}{q''} \right)^2 \right\} \quad \dots\dots(8)$$

b) 火炎高さ算定

火災による火炎は、熱分解により空気中に放出された可燃性ガスに対して周囲から拡散で混合してできる拡散火炎である。火炎の規模は通常大きいので、その拡散は分子拡散ではなく、乱流の渦による拡散が支配的な役割を果たす。実際火災時に問題となる火炎は乱流拡散火炎と考えてよい。乱流拡散火炎は火源面からの高さにより、次のような三つの領域を有することが一般に観察されている。

- ① 連続火炎領域：火源面に近く、常に火炎の存在する領域
- ② 間けつ火炎領域：連続火炎領域の上部にあり、火炎の存在と消滅が繰り返される領域
- ③ 浮力プルーム領域：間欠火炎領域の上部にあり、もはやいつの時点でも火炎が存在することがない上昇熱気流の領域

上記のように火炎は時間的に伸縮するので、火炎の高さは一意には定められない。このため、常時火炎の存在する領域に対応する連続火炎高さ、間けつ火炎領域の先端である最高火炎高さ、およびこれらの平均火炎高さの 3 種類の高さが考えられる。

単に火炎高さというときには、普通平均火炎高さを意味する。火炎高さ $L_f(\text{m})$ については多くの研究があるが、Heskestad は既往の多くの実験データとの相関から次式を得ている。

$$L_f/D = 15.6N^{-1/5} - 1.02 \quad \dots\dots(9)$$

ただし、 D は火源の直径(m)、 N は ΔH_c を燃料の燃焼熱(kJ/kg)、 γ を科学量論的空気-燃料比として、

$$N = \left(\frac{c_p T_\infty}{g \rho_\infty^2 (\Delta H_c / \gamma)^3} \right) \frac{Q^2}{D^5} \quad \dots\dots(10)$$

で与えられる無次元数である。ほとんど全ての燃料に対し $\Delta H_c / \gamma = 3000 \text{kJ/kg}$ があるので、これを用いれば、

$$L_f = 0.23Q^{2/5} - 1.02D \quad \dots\dots(11)$$

となる。この火炎高さは自由空間における火炎高さである。この高さが火災室の天井高さより大きくなる場合には、火炎は天井に添って横方向に放射状に広がる。このような天井に添う火炎の水平長さ $L_R(\text{m})$ については Faeth らにより次のような実験式が与えられている。

$$L_R/D = 0.5 \left\{ (L_f - H)/D \right\}^{0.96} \quad \dots\dots(12)$$

上式において H は天井高さ(m)である。

上述の式から、煙拡散シミュレーションの入力値および可視化に反映させる値を誘導する。

3)-2 煙拡散シミュレーション

火災現象は制御されない状態で燃焼、化学反応が進行し、火源から発生した熱が対流熱伝達、放射熱伝達、熱伝導によって輸送される非常に複雑な現象である。現在、経験的なゾーンモデルが広く使用されているが、個々の火災事例にあたってみるとしばしば予期されていなかった事象が観察され、モデルが有効でないことが多々ある。このような状況を背景として、新たにフィールドモデルの1種として火災によって誘起される煙拡散の数値解析手法の開発を行った。

本シミュレーション手法は、気流、煙流動、化学反応を同時に解析でき、また複雑な形状への適用性も優れている。

a) 解析手法

基礎方程式は、圧縮性流体解析手法を用いている。すなわち、連続の式、Navier-Stokes 方程式、エネルギー方程式、状態方程式である。浮力で駆動される流れのマッハ数 $Ma = u_0/c_0$ は小さく、これを基準として定式化していく。すなわち、小さいパラメータ $\varepsilon = \gamma Ma^2$ について $p = p^{(0)} + \varepsilon p^{(1)} + \dots$ などのように変数を展開し、以下の近似

方程式系を導き出す^[5]。

①支配方程式

$$\frac{\partial \rho^{(0)}}{\partial t} + \text{div}(\rho^{(0)} v^{(0)}) = 0 \quad \dots\dots(1)$$

$$0 = -\text{grad} p^{(0)} \quad \dots\dots(2)$$

$$\rho^{(0)} \left(\frac{\partial v^{(0)}}{\partial t} + v^{(0)} \cdot \text{grad} v^{(0)} \right) = -\text{grad} p^{(1)} + Fr^{-2} \rho^{(0)} k + Ra^{-1/2} Pr^{-1/2} \text{grad} \sigma'^{(0)} \dots\dots(3)$$

$$\rho^{(0)} \left(\frac{\partial T^{(0)}}{\partial t} + v^{(0)} \cdot \text{grad} T^{(0)} \right) = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{dp^{(0)}}{dt} - (RaPr)^{-1/2}$$

$$\text{div} q^{(0)} + \frac{\gamma - 1}{\gamma} Re^{-1} Ma^2 [\tilde{\mu} \Phi^{(0)} + \tilde{\xi} (\text{div} v^{(0)})^2] \quad \dots\dots(4)$$

$$p^{(0)}(t) = \rho^{(0)} T^{(0)}$$

$$\sigma'_{ij}{}^{(0)} = \tilde{\mu} \left(\frac{\partial v_i^{(0)}}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j^{(0)}}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial v_l^{(0)}}{\partial x_l} \right) + \tilde{\xi} \frac{\partial v_l^{(0)}}{\partial x_l}$$

$$q^{(0)} = -k \text{grad} T^{(0)} \quad \dots\dots(5)$$

ただし、密度 ρ 、速度 v 、圧力 p 、温度 T 、時間 t はそれぞれ ρ_0 、 l 、 $(gl\Delta\rho/\rho_0)^{1/2}$ 、 T_0 、 $N^{-1} = (g\Delta\rho/\rho_0/l)^{-1/2}$ に関して無次元化してある。ここで N は浮力振動数、 Φ は散逸関数、 $\tilde{\mu}$ 、 $\tilde{\xi}$ 、 $\tilde{k}$ は $O(1)$ の温度の関数で、 $\mu = \mu_0 \tilde{\mu}$ 、 $k = k_0 \tilde{k}$ 、 $\xi = \mu_0 \tilde{\xi}$ 、 $\nu_0 = \frac{\mu_0}{\rho_0}$ 、 $\kappa_0 = \frac{k_0}{\rho_0 C_p}$ 、 $C_p = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R$ である。ここでは $\tilde{\mu} = \tilde{k} = 1$ 、 $\tilde{\xi} = 0$ とした。粘性散逸は $O(\varepsilon)$ であるから以下ではこれを無視する。

適当な初期値、境界条件の下で系を支配する物理的パラメータは、

$$Ra = \frac{g(\Delta\rho/\rho)l^3}{\nu_0 k_0}, Pr = \frac{\nu_0}{\kappa_0}, Fr = \sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho}} \text{ の 3 個である。}$$

②数値計算方法

式(1)、(4)、(5)から連続の式を以下の形に書く。

$$\frac{\partial \rho^{(0)}}{\partial t} + v^{(0)} \cdot \text{grad} \rho^{(0)} = -\frac{\rho^{(0)}}{p^{(0)}} \left[\frac{1}{\gamma} \frac{dp^{(0)}}{dt} + (RaPr)^{-1/2} \text{div} q^{(0)} \right] \quad \dots\dots(6)$$

計算のアルゴリズムは、始めに連続の式(6)と圧力項を除いた Navier-Stokes 方程式を時間積分して仮の運動量 $(\rho^{(0)} v^{(0)})^*$ を求める。次に圧力の式(8)を解いて $p^{(1)n+1/2}$ を求める。この圧力を式(7)に代入して $(\rho^{(0)} v^{(0)})^{n+1}$ を得る。

$$\frac{(\rho^{(0)}v^{(0)})^{n+1} - (\rho^{(0)}v^{(0)})^n}{\Delta t} = -gradp^{(1)n+1/2} \quad \dots\dots(7)$$

$$\Delta p^{(1)n+1/2} = [div(\rho^{(0)}v^{(0)}) - \frac{\partial \rho^{(0)n+1}}{\partial t}] / \Delta t \quad \dots\dots(8)$$

時間積分には、2次精度、陽解法の Adams-Bushforth 法を用いている。

なお、領域が外部に対して開いているときには $p^{(0)} = p^\infty$ であり、完全に外部から切り離されている場合には、熱的な収支を考慮して以下の式を解く。

$$\frac{dp^{(0)}}{dt} + \frac{\gamma p^{(0)}}{V} \int_{\partial\Omega} v n dS = \frac{\gamma}{(RaPr)^{1/2} V} \int_{\partial\Omega} \tilde{k} grad T^{(0)} n dS \quad \dots\dots(9)$$

上式は、3次精度の Adams-Bushforth 法を使って時間積分している。

非線形項の離散化には、一般的に third-order upwind biased scheme 等の4階の数値粘性を持つスキームが広く使われている。これは安定性に利点があるためであるが、弱点として、物理量の急激な変化に対して over/under-shoot が避けられない。化学反応等の現象を組み込み、フラッシュオーバーの様な火災現象まで解析することを考えると、本解析コードには TVD に代表される正值性を保証するスキームを適用すべきである。

そこで、本解析コードには TVD スキームからの派生である positive scheme^[6]を用いることにした。

・Positive scheme

1次元移流方程式

$$w_i + f_x = 0, \quad f = uw, \quad u > 0 \quad \dots\dots(1)$$

$$\frac{d}{dt} w_i + \frac{F_{i+1/2} - F_{i-1/2}}{h} = 0 \quad \dots\dots(2)$$

を以下のように離散化する。

ここで、正值性の定義とは、式(2)の解 $w_i(t)$ に対して以下が成立することである。

$$w_i(t_0) \quad (w_i(t_0) \geq 0, \forall i) \rightarrow w_i(t) \quad (w_i(t) \geq 0 \forall t \geq t_0)$$

この条件が満たされるように、流束を制限すればよい。すなわち、

$$F_{i+1/2} = f_i + \frac{1}{2} \phi_{i+1/2} (f_i - f_{i-1})$$

$$w_i(t) = 0, w_j(t) \geq 0, \forall j \neq i \rightarrow \frac{d}{dt} w_i(t) \geq 0$$

$$\frac{\phi_{i-1/2}}{r_{i-1/2}} - \phi_{i+1/2} \leq 0$$

$$\phi_{i-1/2} = 0, \text{ if } r_{i-1/2} = 0$$

$$\phi_{i-1/2} = 0, \quad \text{ if } r_{i-1/2} \leq 0, 0 \leq \phi_{i-1/2}, \phi_{i+1/2} \leq \delta$$

$$r_{i+1/2} = \frac{f_i - f_{i-1}}{f_{i-1} - f_{i-2}}, f_i - f_{i-1} \neq 0, i.e., r \neq 0$$

$$\phi \leq 2r_{i+1/2}, \text{ for any } \delta > 0 \quad \dots\dots(3)$$

これを slope-ratio で定式化する。

scheme A

$$F_{i+1/2} = f_i + \frac{1}{2}K(r_{i+1/2})(f_i - f_{i-1})$$

$$K(r) = \frac{1-\kappa}{2} + \frac{1+\kappa}{2}r$$

・ scheme B

$$F_{i+1/2} = f_i + \frac{1}{2}K(r_{i+1/2}, r_{i+3/2})(f_i - f_{i-1})$$

$$K(r, s) = \frac{1}{6} + r - \frac{1}{6}rs$$

$$\phi(r, s) = \max(0, \min(2r, \min(\delta, \min(\frac{1}{6} + r, \max(K(r, s), K(r, s_0)))))\)), \delta = s_0 = 2$$

本開発では、より流束の制限が厳しく正值性を保つ scheme B を導入した。

b) 乱流モデル

我々の身のまわりの流れ場は全て乱流である。この乱流現象を数値解析において考慮する手法として、乱流モデルが一般的に用いられている。乱流モデルを用いることにより解析に必要なメモリーおよび時間を小さくすることが出来る。

本解析には標準 $k-\varepsilon$ 乱流モデル^[7]を導入した。 $k-\varepsilon$ 乱流モデルとは、渦粘性係数を定めるために必要な流れの乱れを代表する量として、 k (乱流エネルギー) と ε (乱流消失率) を用いるものであり、

$$k = \frac{1}{2} \overline{u'_i u'_i} \quad \dots\dots(1)$$

$$\varepsilon = \nu \frac{\partial \overline{u'_i}}{\partial x_j} \frac{\partial \overline{u'_i}}{\partial x_j} \quad \dots\dots(2)$$

と表現される。これらの移流、拡散、生成、散逸の式が $k-\varepsilon$ 方程式と呼ばれ、以下のように表される。

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial u_i \rho k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + G_s - G_{s1} - G_{s2} - G_{s3} - \rho \varepsilon \quad \dots\dots(3a)$$

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial u_i \rho \varepsilon}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} (G_s - G_{s1} - G_{s2} - G_{s3}) - C_2 \frac{\rho \varepsilon^2}{k} \quad \dots\dots(3b)$$

$$G_s = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$$

$$G_{s1} = \frac{2}{3} \rho k D$$

$$G_{s2} = \frac{2}{3} \mu_t D^2$$

$$G_{s3} = \frac{\mu_t}{\rho^2} \frac{\partial \rho}{\partial x_i} \frac{\partial P}{\partial x_i}$$

$$D = \frac{\partial u_i}{\partial x_i}$$

ただし、 u_i, T, ρ, P は時間平均を意味する。

k, ε と渦粘性係数 μ_t の次元解析から

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \quad \dots\dots(4)$$

が導かれる。なお、各経験定数を表 2.2.3-5 に示す。

表 2.2.3-5 経験定数

σ_k	σ_ε	C_1	C_2	C_3	C_4
1.0	1.3	1.44	1.92	0.0	0.09

c) 化学反応

本開発での化学物質及び煙の拡散については、拡散物質の保存式^[8]を用いて解析する。拡散物質の保存式は、検査面 S を通して単位時間に流入する流体が持ち込む拡散物質 $-\int_S \rho C u_j n_j dS$ 及び検査面前後の濃度勾配により生じる物質輸送 $-\int_S \rho F_j n_j dS$

(F_j ; diffusion flux) の和を、検査面内の拡散物質量の増加 $\frac{d}{dt} \int_V \rho C dV$ と等しくおけば導かれる。

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho C dV = - \int_S \rho C u_j n_j dS \quad (S \text{面を} \text{通って流入する拡散物質})$$

$$(S \text{内の拡散物質}) - \int_S \rho F_j n_j dS \quad (S \text{面直後の濃度勾配により輸送される拡散物質})$$

$$+ \int_V \rho \dot{C} dV \quad (S \text{内の拡散物質の発生}) \quad \dots\dots(1)$$

式(1)に Gauss の積分定理と V が任意にとれることを適用し、

$$\frac{\partial \rho C}{\partial t} + \frac{\partial u_j \rho C}{\partial x_j} = - \frac{\partial \rho F_j}{\partial x_j} + \rho d \quad \dots\dots(2)$$

を得る。

F_j は、その位置での拡散物質の濃度勾配に比例する (Fick の法則) から、

$$F_j = -D_m \frac{\partial C}{\partial x_j} \quad \dots\dots(3)$$

を式(2)に代入でき、拡散物質に対する基礎式(4)が導かれる。ここで比例係数 D_m を拡散係数といい、一般にはテンソルとなるが、ここでは等方性を仮定している。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial u_j C}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} D_m \frac{\partial C}{\partial x_j} + d \quad \dots\dots(4)$$

なお、煙、化学反応物質の拡散に関しては火炎形状算定シミュレーションより得られた火源設定からの拡散を解き、化学反応方程式は解析ごとに必要な反応方程式を導入する。表 2.2.3-6に、反応方程式の一例を示す。

表 2.2.3-6 化学反応方程式の一例

炭素	$C + O_2 = CO_2$
炭素 (不完全燃焼)	$C + O_2 / 2 = CO$
一酸化炭素	$CO + O_2 / 2 = CO_2$
水素	$H_2 + O_2 / 2 = H_2O$
いおう	$S + O_2 = SO_2$

d) マルチブロック法^[9]

マルチブロック法とはスーパーコンピュータでのベクトル計算に適した構造格子を1つのブロックとし、幾つものブロックの組み合わせで計算領域を表現する方法で、直交座標系等を用いた解析法に比べ、形状表現精度、複雑形状の取り扱い、形状変更の容易さなどの点でメリットがある。

ここでは簡単にするために2つのブロックの組み合わせとして説明する。

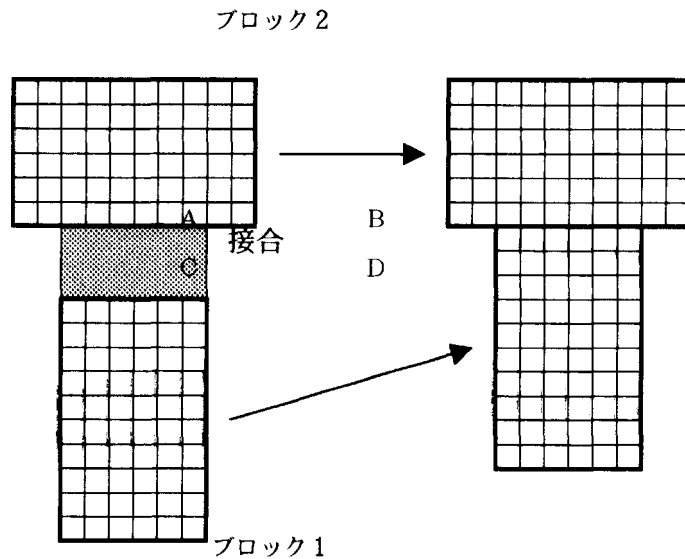


図 2.2.3-10 2次元 T 字路のブロック分割

このように解析領域をブロックに分割し、接合面において解析に必要なデータを転送しあいながら解析を進めていく手法がマルチブロック法である。なお、注意すべき点は接合面での格子点は完全に一致しなければならず、物理座標系の（右手、左手系）向きと計算座標系の（右手、左手系）向きは同一でなければならない。接合面での情報転送に関しては、解析手法が風上差分スキームであるため、上流側 2 点下流側に 1 点のデータが必要である。これにより、下流側のブロックを計算する場合にのみ、上流側のフラックスを必要とし、接合面での移流項離散スキームに留意する必要なく高次精度の解析が行える。

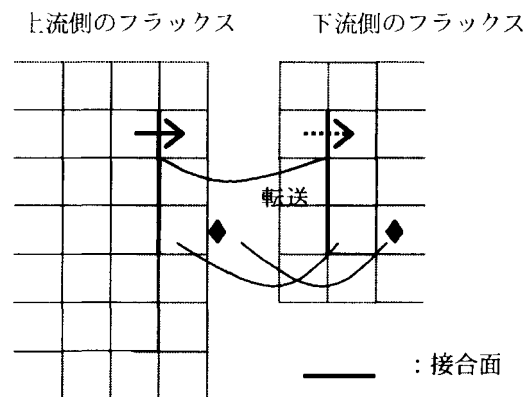


図 2.2.3-11 移流項高次精度スキームの取り扱い

また最大の利点は、このマルチブロック法の導入により、計算に必要なメモリーを大幅に削減することが出来る点にある。

表 2.2.3-9 避難シミュレーションに取り込む要素

分類	要素
1.地下街空間特性	通路形状、配置、数 階段・出口幅、配置、数
2.人間行動特性	歩行速度 出口前での滞留現象
3.火災性状	火災室の位置 煙の流動性状

上記の要素を考慮し、以下に示す前提条件で開発を進めた。

* 群衆の動きについては基本的なものだけを扱う。特殊な動き等については扱わない。
理由は下記による。

- ・ 非常時の人の心理状態とその行動への影響度についてはこれまで詳細に分析されていない。つまり、どのような状況下で群衆の混乱がおきるのか、あるいは更に発展した形でのパニック（軽度のものから激しいものまで）が引き起こされ、それがどのような形で避難行動に現れるのか明確な理論がないため、これを扱うことは大変難しい問題となる。また仮に扱うとしてもあらゆるパターンがあるためプログラム構成が膨大なものになる。そこで現実的な方法としてこの心理的なあせり（パニックに至る前の）については体験者だけに限定するものとする。例えば、体験者のやや異常と思える行動に群衆が追従する等の再現は扱わないものとする。
- ・ 避難行動に影響を与える要因としては、群衆の動き以上に、建築的な空間構成、炎と煙の拡散が支配的である。このことはこれまでの多くのビル火災での犠牲者の特性から明らかである。それ故、今回は建築的な空間構成、炎と煙の拡散、体験者だけに限定した群衆の動きに対するあせり行動（判断）を扱うこととする。

* 群衆の避難については提供する場ととらえ、常に基準となる同じ行動を提供する。

* 群衆は一定のルール、モデルの基で理論的な挙動解析をする（汎用性）。

* 歩行速度については群衆の個々に任意の歩行速度を与える。

* 出口前の滞留現象を表現できるものとする。

* 群衆内の人と人の重なりはない。

* 群衆内の人と体験者の重なりは滞留領域以外ではあり得る。

* 基本的に避難開始時間は煙の拡散性状を反映させる。

* 現在広く活用されている避難計算の前提条件を可能な限り取り入れる。

a) シミュレーション手法

避難性状をVR上でよりリアルに表現することを考慮した場合、現在、防災計画で広く利用されている群集を対象とした計算手法では、時々刻々変化する避難者個々の経路を把握することは不可能である。そこで、本シミュレーションでは人間、空間、火災による煙の要素をオブジェクトとして捉え、これらのオブジェクト相互に働く力により避難者個々の動きを算出する手法を用いた。

人間：基本的に後述する空間、煙の影響（力）を受ける受動的なオブジェクトとして設定した。ただし、煙の影響により避難を開始させるのではなく、例えば火災報知器の作動により避難する場合にはその初期速度を設定することも可能である。

- ・形状・寸法：半径 0.2m の球状
- ・歩行速度：基本的に平均で 1.0m/s（一般的な避難計算に用いられている歩行速度に合わせた。画一的な性状を避けるため若干増減あり、任意に設定することも可能。）
- ・避難対象人数：約 2000 人（この地下街の場合、通路部分の人口密度を 0.25 人/m²とすると、約 2000 人となる。）

空間：地下街を避難性状が異なると思われる場ごと（広場、通路、交差点、出口）に分割し、それぞれの場の境界に均一あるいは放射状に引力が働くオブジェクトを配置した。出口部の流動係数(1.5 人/m・s)については、これに近い値を取るよう設定値の調整を行った。

煙：煙拡散シミュレーションの結果から、煙の先端部の移動を読み取り、この先端部を斥力が働くオブジェクトとした。

b) シミュレーション結果の表示

避難シミュレーションの結果として、全避難者の毎秒ごとの座標を出力する。この結果を読み取り表示させた一例を図 2.2.3-16、図 2.2.3-17に示す（ここでは人間を直方体で表示した。統合システムでは仮装人間により表示されている（松下電工担当分））。図 2.2.3-16は地下街の一つの広場の状況を上部から見下ろしたものである。また、図 2.2.3-17は避難経路のパスデータの一部を表示させた例である。避難者が出火室からの煙の拡散の影響を受け、火災室から遠ざかるように移動している様子が分かる。また、出口前では歩行の制限による、滞留現象も表現できた。

2.2.4. 実写画像からの三次元データの自動生成技術

2.2.4.1. 街区ビデオ画像とCG画像の合成

2.2.4.1.1. 目的

都市設計において、新設建築物と既存建築物との外観の調和を確認するなどの景観評価を実施する場合、従来は合成写真等を用いて静的に景観を合成し評価することが主流であった。また、場合によっては既存建築物も新築建築物も全てをコンピュータグラフィックスで表現し、完全にCGとしてこれらを取り扱い動きのあるアニメーションとして動画像にし、これによる評価も最近では可能になってきた。しかしながら、現実環境を全てCG化することはコストの点で現状では難しい。一方合成写真のような静的には手法では、限られた視点からの景観しか評価し得ない。そこで、本研究開発では街区ビデオ画像に実時間で新規建築物のCG画像を合成することで景観を評価することで、複数視点からの景観評価を可能にする手法の開発を目的として、実写画像からCG画像の実時間合成のために必要な投影パラメタの実時間推定を行う手法を開発する。本研究開発では、パラメタ推定を実時間で実施することでビデオシースルーがたの頭部搭載型映像表示装置を用いた建築現場での景観評価を可能にすることが可能になる。

2.2.4.1.2. 昨年度までの開発内容

昨年までに、基本的なアルゴリズムとして、平面上に存在する位置が既存のマーカ4点を持ちいて、これらのマーカを画像中から抽出し、その画像中の位置からCG画像の合成に必要な投影パラメタを推定し、実際にCG画像を実時間で合成するアルゴリズムを開発し、これをグラフィックスワークステーション上に実装し、開発したアルゴリズムが実際に動作することを検証した。マーカの抽出にはカメラの撮影画像から特定の色領域を抽出する手法を採用し、マーカの画像上の位置としては、抽出された色領域の画像中での重心を用い、追跡のためには追跡用の窓を設定し、その領域内での特定の色成分を抽出することでマーカの追跡を行っている。本アルゴリズムを用いて毎秒15～30フレームでの実時間でのCGと実写画像からの合成が可能であることが確認された。

2.2.4.1.3. 本年度の開発計画

本年度は、昨年度までに開発されたアルゴリズムを改良することを計画した。主に、安定した合成と、広範な環境での映像合成を実現するための基礎的アルゴリズムの開発を行うこととした。具体的には、マーカの抽出やトラッキングに失敗しても安定した合成が可能とするため、マーカが3点しか抽出されてないあるいは、トラッキング中にマーカを見失った場合への対処として、位置が既存のマーカが3個しか抽出されない場合における継続した投影パラメタの推定アルゴリズムの開発を計画した。また、広範な見回しと画像合成を可能にするために多数配置されたマーカを用いて、これらのマーカを必要に応じて、6点、4点、3点のいずれかの組合せを用いて投影パラメ

タを推定するアルゴリズムについて検討する。

2.2.4.1.4. 達成情況

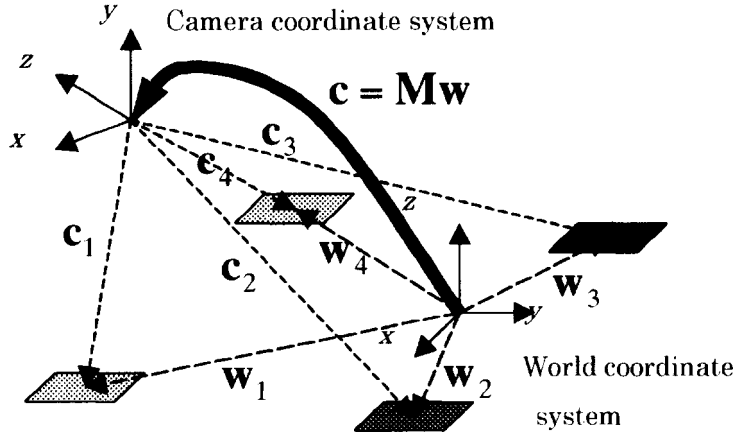


図 2.2.4-1 投影マトリックス

計画に従ったアルゴリズムを開発し、グラフィックスワークステーション上に実装し、アルゴリズムが目的どおり動作することを確認した。大まかな手法を述べる。まず、カメラ座標系と世界座標系の関係を図 2.2.4-1に示す。ここで、世界座標系で w である物体は投影マトリックス M を用いてカメラ座標系では c となる場合、この間の関係は $c = Mw$ で表される。

今 i 番目のマーカの世界座標が $w_i = (w_{ix}, w_{iy}, w_{iz}, 1)^T$ であり、そのスクリーン座標が $s_i = (s_{ix}, s_{iy})^T$ である場合、次の式が成立する。

$$s_i = \begin{pmatrix} c_{ix}/c_{iz} \\ c_{iy}/c_{iz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{m_{11}w_{ix} + m_{12}w_{iy} + m_{13}w_{iz} + m_{14}}{m_{31}w_{ix} + m_{32}w_{iy} + m_{33}w_{iz} + m_{34}} \\ \frac{m_{21}w_{ix} + m_{22}w_{iy} + m_{23}w_{iz} + m_{24}}{m_{31}w_{ix} + m_{32}w_{iy} + m_{33}w_{iz} + m_{34}} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

ただし、

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

従って M は次の連立方程式を解くことにより得られる。

$$\begin{pmatrix} \mathbf{w}_1 & \mathbf{0} & -s_{1x}\mathbf{w}_1 \\ \mathbf{w}_2 & \mathbf{0} & -s_{2x}\mathbf{w}_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{w}_n & \mathbf{0} & -s_{nx}\mathbf{w}_n \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_1 & -s_{1y}\mathbf{w}_1 \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_2 & -s_{2y}\mathbf{w}_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_n & -s_{ny}\mathbf{w}_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_{11} \\ m_{12} \\ m_{13} \\ m_{14} \\ m_{21} \\ m_{22} \\ m_{23} \\ m_{24} \\ m_{31} \\ m_{32} \\ m_{33} \\ m_{34} \end{pmatrix} = \mathbf{0}.$$

さて、平面上に存在する4点のマーカを用いる場合は、これら4点が $z=0$ なる平面にあると仮定しても一般性は失われず、それぞれの世界座標をここでは、 $p_i = (p_{ix}, p_{iy}, 0, 1)^T$ ($i=1,2,3,4$)とすると、前述の式は以下ようになる。

$$\begin{pmatrix} \mathbf{p}'_1 & \mathbf{0} & -s_{1x}\mathbf{p}'_1 \\ \mathbf{p}'_2 & \mathbf{0} & -s_{2x}\mathbf{p}'_2 \\ \mathbf{p}'_3 & \mathbf{0} & -s_{3x}\mathbf{p}'_3 \\ \mathbf{p}'_4 & \mathbf{0} & -s_{4x}\mathbf{p}'_4 \\ \mathbf{0} & \mathbf{p}'_1 & -s_{1y}\mathbf{p}'_1 \\ \mathbf{0} & \mathbf{p}'_2 & -s_{2y}\mathbf{p}'_2 \\ \mathbf{0} & \mathbf{p}'_3 & -s_{3y}\mathbf{p}'_3 \\ \mathbf{0} & \mathbf{p}'_4 & -s_{4y}\mathbf{p}'_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_{11} \\ m_{12} \\ m_{14} \\ m_{21} \\ m_{22} \\ m_{24} \\ m_{31} \\ m_{32} \\ m_{34} \end{pmatrix} = \mathbf{0}.$$

また、 $\mathbf{m}$ の間には以下の関係が成立する。

$$\mathbf{m}_x = (m_{34}m'_{11}, m_{34}m'_{21}, m_{34}m'_{31})^T$$

$$\mathbf{m}_y = (m_{34}m'_{12}, m_{34}m'_{22}, m_{34}m'_{32})^T, \quad \mathbf{m}_z = (m_{34}m'_{13}, m_{34}m'_{23}, m_{34}m'_{33})^T, \quad \mathbf{m}_t = (m_{34}m'_{14}, m_{34}m'_{24}, m_{34}m'_{34})^T$$

$$|\mathbf{m}_x| = |\mathbf{m}_y| = |\mathbf{m}_z| = 1, \quad \mathbf{m}_x \times \mathbf{m}_y = \mathbf{m}_z$$

これらにより、既知の平面上の4点から投影パラメタである $\mathbf{M}$ を求めることができる。

2.2.4.2. ステレオ静止画像からの3次元構造データの抽出

2.2.4.2.1. 目的

近年、計算機の処理能力や、グラフィックスハードウェアの飛躍的向上を背景にして、計算機により構築された仮想環境を利用するシステムの研究が盛んに行なわれるようになってきた。特に、現実世界の環境を計算機内に仮想環境として再構成する手法は、現実では不可能な視点からの観察や、環境アセスメントに関するさまざまなシミュレーションなどを可能にし、新しい応用技術を実現できる手法として期待されている。

しかし、現実環境をコンピュータグラフィックスのみで再構成する場合、再構成された仮想空間の写実性や臨場感には限界がある。また、正確に現実環境を再構成しようとする場合、人間の手による多大な作業を必要とする場合が多い。再構成される仮想空間の写実性や臨場感を高めると同時に、人手による作業を減らすために、従来よりさまざまな研究が行なわれている。特に再構成する対象物体が屋外環境下に存在する場合、その撮影環境や照明条件の複雑さから、ほとんどの再構成手法が仮想空間構築の処理過程において手作業を必要とする。そこで本セクションでは、屋外環境下に存在する対象物体を自動で、かつ正確に仮想空間内に再構成するために、複数の視点から撮影された屋外の実写画像をもとに、その3次元構造を再構成する手法の研究開発を目的とする。

2.2.4.2.2. 昨年度までの開発内容

昨年度は、本研究開発の目的に関連した研究開発の技術動向調査を実施し、本研究開発に用いることのできる既存のアルゴリズムの同定等を行った。

2.2.4.2.3. 本年度の開発計画

本年度は、実際のアルゴリズムを開発し実際の画像から3次元構造の復元実験を行う。

2.2.4.2.4. 達成状況

導入

現実世界の環境を仮想空間内に再構成する手法は以下の2つに分類することができる。

1つ目は、現実世界の情景をさまざまな視点からの実写画像としてあらかじめ蓄積しておき、観察時には視点の移動に応じた画像を検索して提示する、イメージベーストレンダリングである。この手法は撮影された2次元画像をそのまま提示しているため写実性は高い。しかし、この手法では撮影された範囲でしか視点を動かすことができず、視点移動の自由度を高めるためには膨大な量の画像が必要となる。このため蓄積するデータ量が大きい、提示画像の検索に時間がかかるなどの問題が生じる。

2つ目は、現実世界の環境の3次元モデルを獲得して仮想空間内に再構築するポリ

ゴンベーストレンダリングである。対象物体の3次元モデルを完全に獲得できれば、任意の視点位置からの観察が可能な仮想物体として扱うことができ、蓄積するデータ量も小さいという特徴がある。しかし、十分な信頼性を得るためには手作業による補助を必要とする手法が多い。

本研究では、一旦3次元モデルを構築すれば、その後の応用範囲が広いポリゴンベーストレンダリングの手法に注目する。特に、屋外の広範囲な撮影環境に対応するために、複数地点から撮影された屋外の実写画像からステレオ視を用いるための画像対を複数設定し、この複数のステレオ画像対から仮想空間内に実環境を自動で再構成する手法を提案する。提案手法では、複数視点からの撮影時に汎地球測位システム(Global Positioning System; 以下 GPS)と3軸角度センサを用いて、各撮影位置間の位置、姿勢の関係をj得る。この関係から、各々のステレオ画像対に対してエピポーラ線の平行化を行ない、ステレオ法を用いて各々の視点における奥行き情報を獲得する。得られた各々の視点での奥行き情報を統合して、屋外環境構造の再構成を行なう。

屋外環境構造の再構成

ここでは、屋外環境構造を再構成するための提案手法について述べる。提案手法の処理は以下の3段階の手順で行なわれる(処理の流れを図 2.2.4-6に示す)。

(1) ステレオ視による奥行き情報の獲得 (図 2.2.4-6(a))

標準ステレオ撮像系での撮影が困難な屋外環境下において、ステレオ視を構成する2つの撮影地点間の位置、姿勢の関係から、ステレオ画像対のエピポーラ線を平行化し対応点探索を行なう。この処理により得られた視差マップから奥行き情報を獲得する。

(2) 奥行き情報からの平面の推定 (図 2.2.4-6(b))

まず入力画像に領域分割を施す。分割された領域がそれぞれ一つの平面を構成すると仮定し、ステレオ視で得られた奥行き情報から領域毎の平面方程式をロバスト推定を用いて決定する。

(3) 多視点データの統合 (図 2.2.4-6(c))

各視点から得られた3次元モデルを、GPS 3軸角度センサにより得られる各視点間の位置、姿勢の関係を基に統合する。

以降では、各段階での処理について順に詳細を述べる。

(1) ステレオ視による奥行き情報の獲得

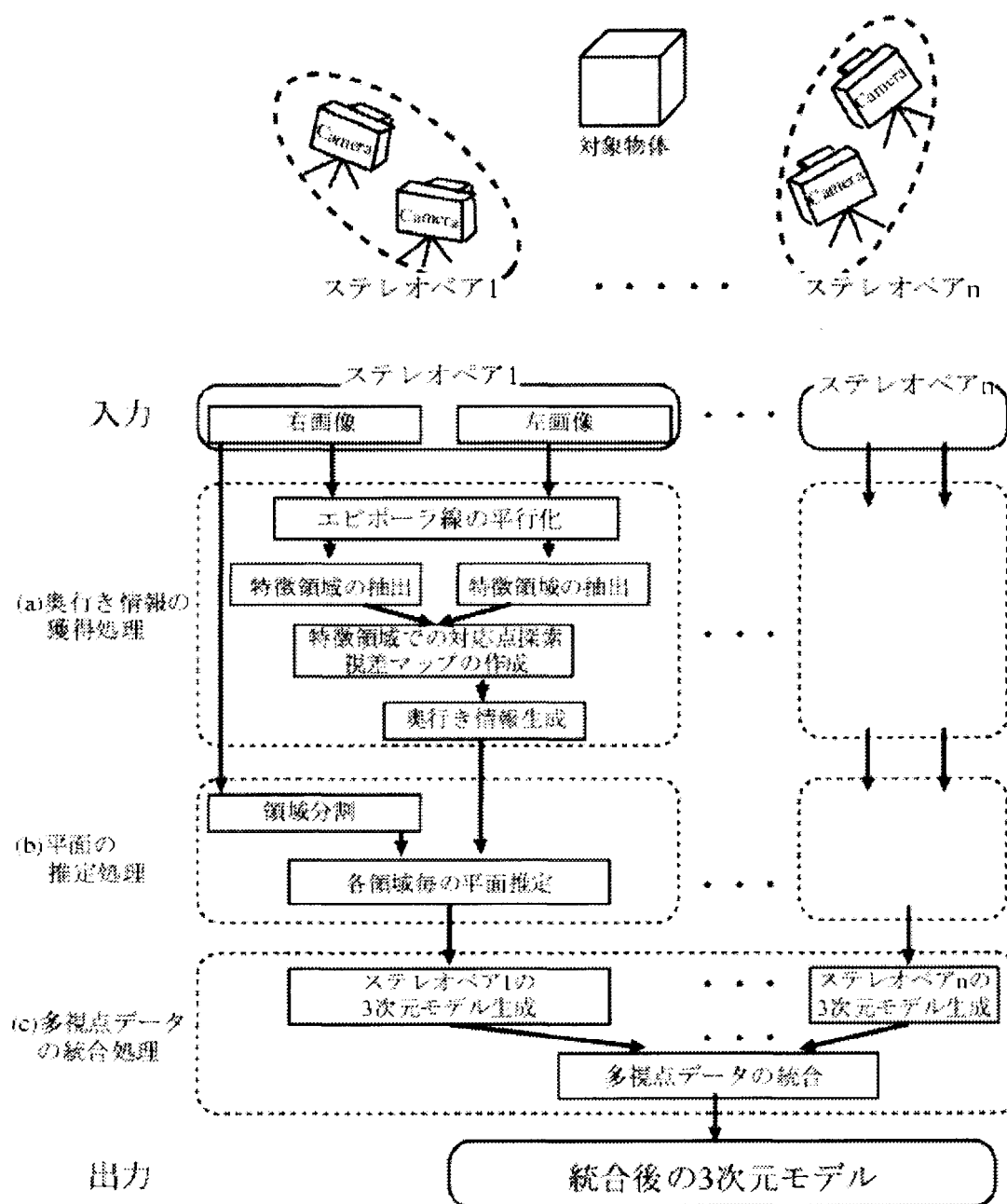


図 2.2.4-6 屋外環境構造再構成のための処理の流れ

ステレオ視を用いて屋外環境構造の再構成を行なう場合、標準ステレオ撮像系を仮定すると幾つかの問題が生じる。なぜなら屋外環境構造のような室内の対象物に比べ非常に大きな対象物を計測する場合、基線長を十分長く取る必要があるが、基線長を長くとり、かつ厳密にキャリブレーションが行なわれた標準ステレオ撮像系を屋外で構成するという仮定は、現実的ではないからである。

標準ステレオ撮像系の場合、ある点のステレオ画像上の投影点の水平座標は必ず等しくなる。つまり、両画像中のエピポーラ線は同一水平線上に存在する。しかし、一

一般的な撮像系の場合、光軸の向きや焦点距離の違いなどから、必ずしもエピポーラ線が同一水平線上になるとは限らない。そこで本研究では、一般的な撮像系で撮影された画像間に成り立つ幾何学的関係から、画像上のエピポーラ線を同一水平線上に合わせ、エピポーラ線の平行化を行う。そして平行化を行なった各ステレオ画像を基に、画像間の対応付けを行なう。

対応点探索問題に関して本研究では、計算コストの削減、及び信頼性の高い対応点探索を行なうため、エッジ部分を特徴領域とし、その特徴領域のみでの探索を行なう。この時の対応点探索にはテンプレートマッチングを用い、その評価関数としては、画像の線形な輝度変化に対して安定した結果を得ることができる正規化相互相関を用いる。また、画像の輝度情報だけでなく、色情報も重要な情報源と考え、本手法では入力画像を HSV 色空間へ投影し、輝度(V)と色相(H)の双方を用いたマッチングを行なう。HSV 色空間の特徴として色相は彩度(S)が小さい場合には情報量は少なく、逆に彩度が大きい場合、色相は多くの情報量を持つので、以下のような評価関数 d をマッチング尺度として用いる。

$$d = \{S \cdot H + (1 - S) \cdot V\}$$

$$\text{ただし} \begin{cases} H: \text{色相情報での正規化相互相関値} \\ V: \text{輝度情報での正規化相互相関値} \\ S: \text{彩度情報} \quad (0 \sim 1) \end{cases} \quad (1)$$

この評価関数 d は -1 から 1 の値を取り、値が大きいほど画像が類似していることを示している。

以上の処理により、各撮影位置における特徴領域の奥行き情報を得ることができる。また、画像中における輝度変化の大きい特徴領域間での対応付けを行なうため、対応点候補を削減した探索が行なえ、信頼性の高い奥行き情報を低い計算コストで得ることができる。

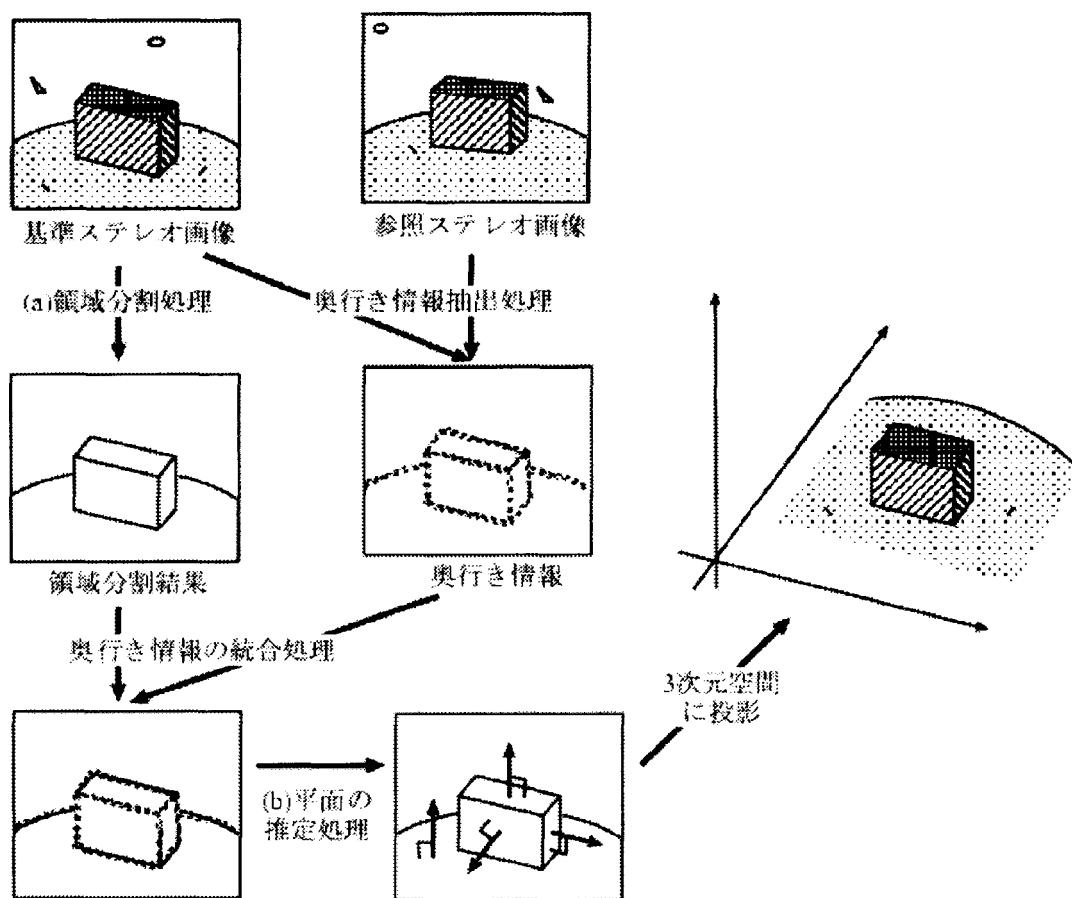


図 2.2.4-7 平面推定における処理の流れ図

(2) 奥行き情報からの平面の推定

前節のように、特徴領域の視差推定から奥行き情報を獲得しても、その奥行き情報はあくまで、特徴領域のみの疎な奥行き情報にすぎない。そこで、特徴領域のみの奥行き情報から、奥行き情報が求まっていない部分を求める処理が必要となる。

本研究開発では自動で、かつ密な奥行き情報を獲得するために、入力画像に対して領域分割処理を施し、抽出された各領域の中に含まれる奥行き情報から、対象領域の平面方程式を決定する。本提案手法の処理の流れを図 2.2.4-7に示す。前処理として、図 2.2.4-7(a)のように入力画像に対して領域分割処理を施す。この処理により抽出された領域をそれぞれ一つの3次元平面を構成すると仮定し、その抽出された領域に存在する奥行き情報から、図 2.2.4-7(b)のように各領域毎の平面方程式を推定する。以下、各処理について詳細に説明する。

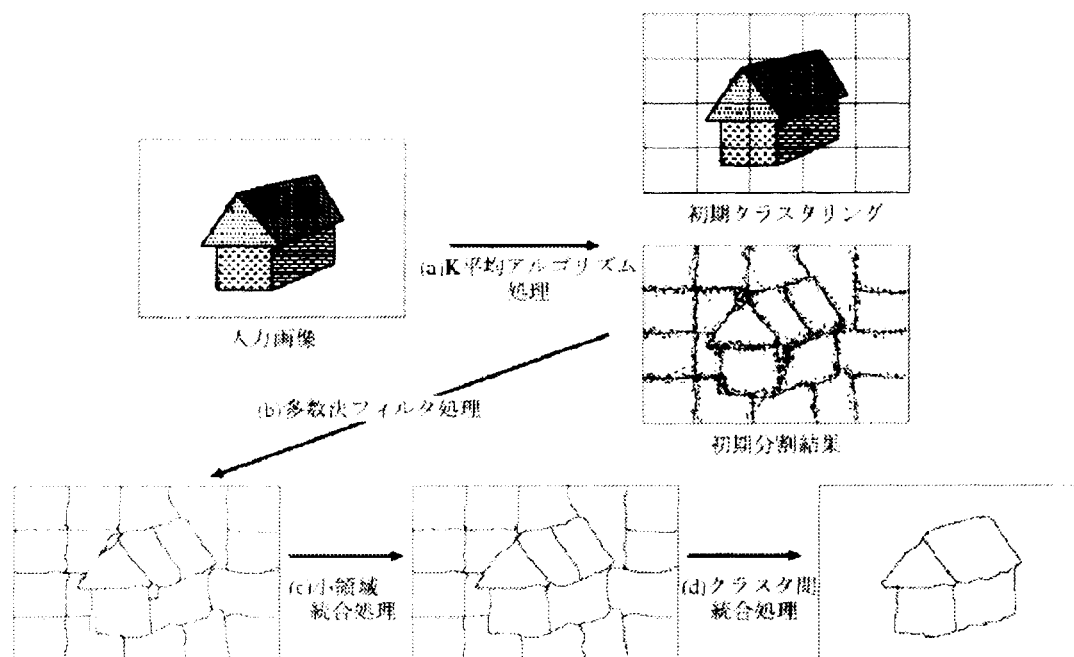


図 2.2.4-8 領域分割処理手順

(2-1) 画像の領域分割

入力画像上で同一の平面を構成する対象領域の情報を自動で抽出するため、本節では入力画像の領域分割手法について説明する。領域分割の処理の流れを図 2.2.4-8 に示す。

最初に、大まかな領域分割を行なうため、画素の輝度値などの特徴量を用いた K 平均アルゴリズム処理を行なう。しかし、この K 平均アルゴリズムにより得られる領域分割結果には過分割による小領域が大量に発生してしまうという問題がある。提案手法ではこの小領域の問題を回避するために、まず多数決フィルタ処理を行なう。次に、ある一定画素数以下の領域は、その領域に隣接する画素数の最も多い領域に併合する処理を行なう。以上の処理により小領域を統合する。このようにして得られた大まかな領域分割結果に、各領域間同士の統合処理を行ない、最終的な領域分割結果とする。以下に各処理について詳細に説明する。

K 平均アルゴリズムによるクラスタリング

初期状態として、画像平面上を矩形に分割したクラスタを与え、画像上の各画素を特徴量によってあらかじめ与えた数のクラスタに分類する。本研究では分類に用いる特徴量として、画像の色情報だけでなく、画像の特徴的な性質ともいえる連続性も考慮するため、画像上の位置情報を加えた多次元特徴空間内でクラスタリングを行う。これは、通常用いられる、輝度情報や色情報の特徴量のみでクラスタリングを行なうと、領域境界が不連続になる、境界領域と実際の画像のエッジの位置が一致しない部分が生成されるという問題が生じるため、この問題を回避するために位置情報を用いる。

小領域の除去

K 平均アルゴリズムによる領域分割結果には過分割によるごましお状の領域が大量に生成されてしまうという問題がある。そのため、この小領域を取り除くために、まず多数決フィルタ処理を行なう。多数決フィルタ処理により、数画素程度の小領域の統合が行なわれるが、このフィルタにより統合されなかった小領域に関しても、ノイズの影響や、シーン中において主となる平面以外の領域の可能性が高い。そこで、ある一定画素数以下の領域は隣接領域に統合する処理を行なう。統合する隣接領域は、統合される小領域の最外郭の画素を統合領域判定の対象画素とし、その対象画素が隣接する別領域に最も多く属している領域を統合領域とする。

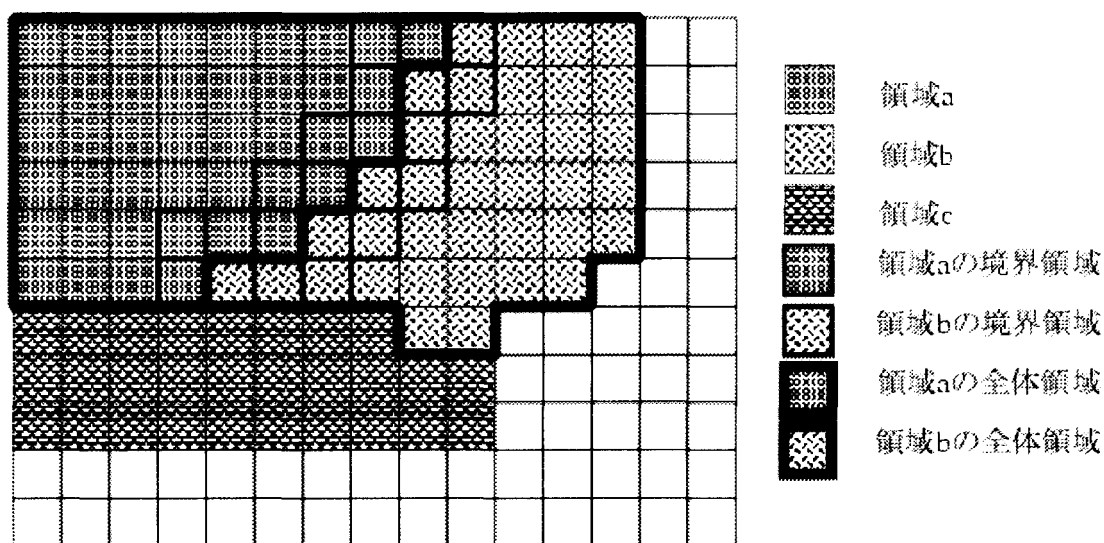


図 2.2.4-9 クラス間統合説明図

クラス間境界情報と色情報に基づくクラスタの統合

これまでの処理で、クラスタ間の境界において細かいクラスタリングが行なわれる反面、大きな領域は複数の領域に分割されてしまうという問題が生じる。そこでもとひとつの領域であるにも関わらず、複数の分割されたクラスタ間の統合処理を行なう必要がある。以下では、この統合処理について説明する。

もともと、一つの独立した領域の境界は、色情報の変化が大きい傾向にある。一方、一つの大きな領域が複数の領域に分割された場合の境界上での色変化は小さい。この性質を考慮した統合手法として、画面上で隣接するクラスタ間の境界での色情報の変化が小さい所を統合する処理を行なう。具体的なクラス間の距離の評価基準は、

$$\sqrt{k_0 \sum_{i=0}^4 (a_i - b_i)^2 + k_1 \sum_{i=0}^4 (a_{ri} - b_{ri})^2} \quad (\text{式 2.2.4-1})$$

とする。各特徴量については、図 2.2.4-9に示すように、領域 a,b の全体領域の RGB の平均値をそれぞれ $a_i (i=1,2,3)$, $b_i (i=1,2,3)$, 領域 a,b の境界領域の RGB の平均

値をそれぞれ $a_i (i=1,2,3)$, $b_i (i=1,2,3)$ とし、4 つ目の特徴量 a_4 , b_4 , a_{r4} , b_{r4} はそれ

$$d = \{S \cdot H + (1-S) \cdot V\}$$

ただし H :色相情報での正規化相互相関値

V :輝度情報での正規化相互相関値

S :彩度情報 (0~1)

それ式

(1) で表される評価関数値とする。

また k_0, k_1 は各特徴量への重み付け係数である。この評価基準の各値は正規化されており、この距離が一定閾値以下なら、2 つの領域は同じ領域であるとみなし統合処理を行なう。この処理を隣接する全ての領域間同士で行ない、統合できる領域がなくなったとき終了する。

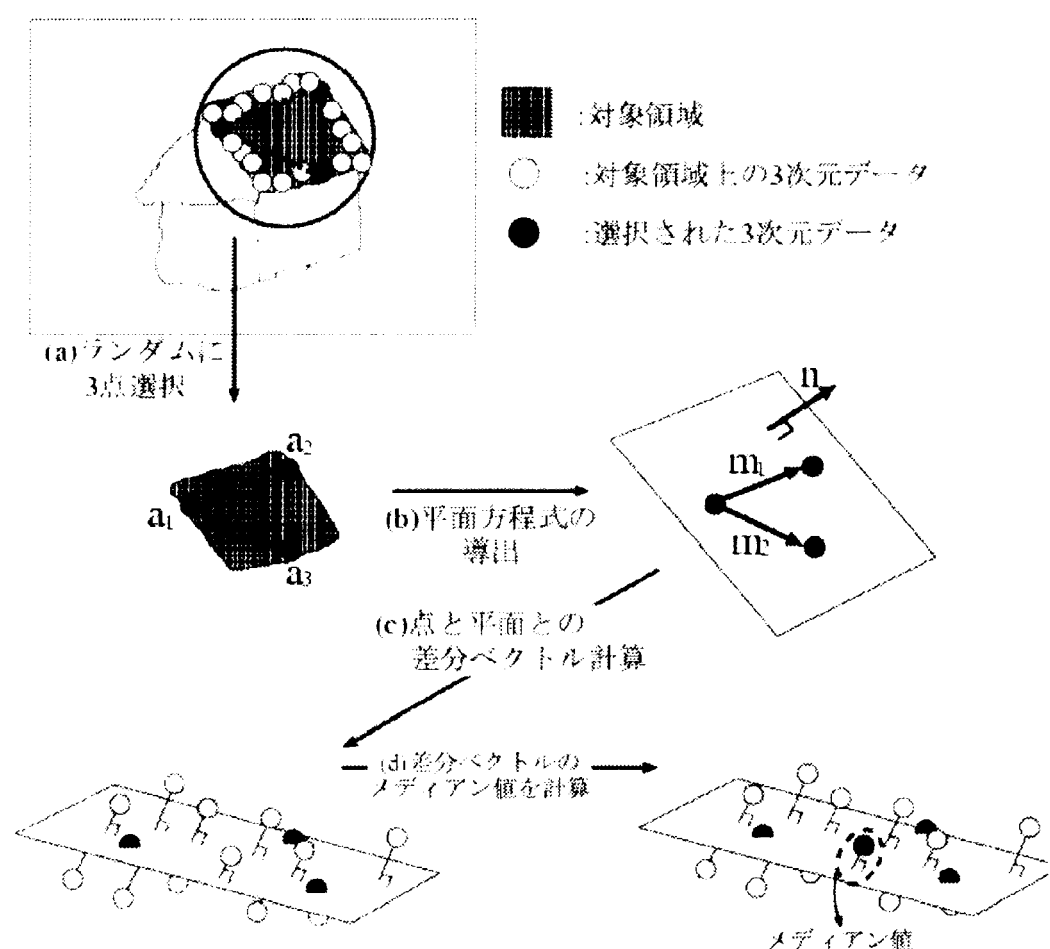


図 2.2.4-10 平面推定アルゴリズムの説明図

(2-2) 平面の推定

前節で述べた領域分割結果から得られた各領域がそれぞれ一つの 3 次元平面を構成すると仮定し、その抽出された領域に存在する奥行き情報から、各領域毎の 3 次元平面方程式を推定する。

本研究のように、屋外環境下において撮影されたステレオ画像から、視差を求め、

奥行き情報を獲得する処理の過程において、計測された全てのデータが正確な値である可能性は低く、不正確な値も含まれている。最小 2 乗法で平面方程式のパラメータを推定する場合、このような誤った値も含めて平面方程式のパラメータを推定してしまう。そこで、ステレオ視により得られる奥行き情報のうち、誤対応による不正確な奥行き情報を外れ値とみなし除去する手法としてロバスト推定手法の一種である LMeds 推定を用いた平面方程式の推定手法を提案する。以下、LMeds 推定を用いた平面方程式推定のアルゴリズムを図 2.2.4-10 に沿って説明する。

対象領域内に存在する奥行き情報からランダムに 3 点を選択する。

選択した 3 点から、1 つの平面方程式を生成する。

算出した平面方程式を用いて、領域内に存在する奥行き情報全てを算出した平面に投影し、投影後の点と実際に算出された奥行き情報との差分ベクトルを計算する。

差分ベクトルの大きさのメディアン値を計算する。

1. 対象領域内に存在する奥行き情報からランダムに 3 点を選択する。

2. 選択した 3 点から、1 つの平面方程式を生成する。

3. 算出した平面方程式を用いて、領域内に存在する奥行き情報全てを算出した平面に投影し、投影後の点と実際に算出された奥行き情報との差分ベクトルを計算する。

4. 差分ベクトルの大きさのメディアン値を計算する。

1. ～ 4. を k 回繰り返し差分ベクトルの大きさのメディアン値が最小となる時に導出した平面方程式を、その領域の平面方程式とする。

ここで、平面の推定にロバスト推定を用いる場合、推定する平面上に存在する奥行き情報が極端に少ない場合、ロバスト推定を行なっても信頼性の高いパラメータを得ることはできない。例えば、推定する平面上に存在する奥行き情報が 3 点しかない場合、求められる平面はその 3 点で構成される平面になってしまい、このままでは正しく推定されているかどうか判断できない。このような理由から、平面を推定する場合、その平面上にのっている奥行き情報が、ある一定個数以内の場合は、平面の推定を行なわないようにする。平面推定が行なわれなかった領域については、3 次元モデルを再構成する過程において、その領域の描画は行なわない。

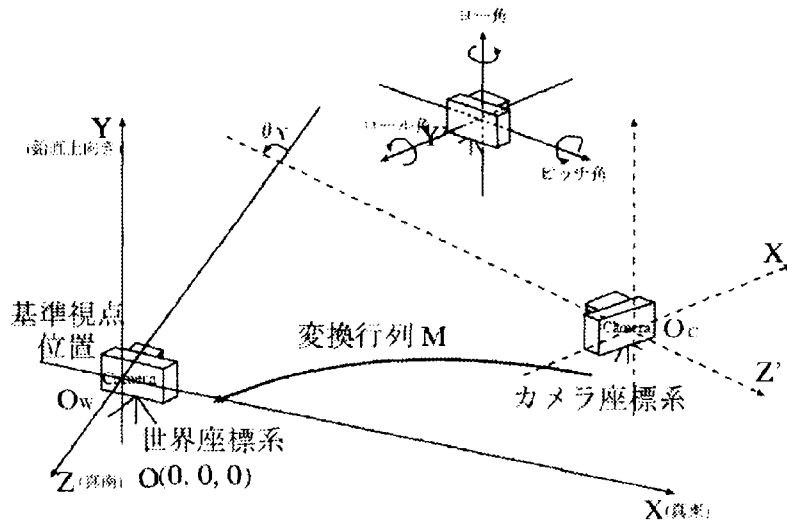


図 2.2.4-11 カメラ座標系と世界座標系間の関係

(3) 多視点データの統合

これまでの節において、各撮影位置からの3次元モデルを生成する処理手順について述べてきた。本節では各撮影位置での3次元モデル、つまり各カメラ座標系で構成される3次元モデルを、ある一つの基準座標系(世界座標系)へと変換し、各々の3次元モデルを統合する手法について述べる。

各カメラ座標系から世界座標系への変換は、各撮影地点でのGPSと3軸角度センサにより得られる計測データを基に行なわれる。図2.2.4-11のように、基準となる撮影位置におけるカメラ座標系の原点を世界座標系の原点 O_w に一致させ、世界座標系の X 、 Z 軸は絶対水平面に一致させる。また X 軸正の方向を真東、 Z 軸正の方向を真南とし、 Y 軸は鉛直上向きを正とする。この時、各視点から得られた奥行き情報は各視点でのカメラ座標系で表現されており、各カメラ座標系から世界座標系への変換行列が必要になる。以下、3次元座標を同次座標系で表現すると、ある点の世界座標系の座標値 $\mathbf{x}$ は、カメラ座標系での座標値 $\mathbf{x}'$ と変換行列 $\mathbf{M}$ を用いて、 $\mathbf{x} = \mathbf{M}\mathbf{x}'$ と表現できる。この時、カメラ座標系から世界座標系への平行移動行列を $\mathbf{T}$ とし、絶対水平面を基準としたカメラ座標系の傾斜角(ピッチ角、ロール角)を θ_p 、 θ_r 、及び子午線の方角を基準とした方位角(ヨー角)を θ_y とすると、カメラ座標系から世界座標系への回転行列 $\mathbf{R}$ は、各軸の回転行列の積として次式のように表される。

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_p(X' : -\theta_p) \mathbf{R}_y(Y' : -\theta_y) \mathbf{R}_r(Z' : -\theta_r)$$

ここで、 $\mathbf{R}_p$ 、 $\mathbf{R}_y$ 、 $\mathbf{R}_r$ はそれぞれカメラ座標系の各軸を世界座標系の各軸

に合わせるための回転行列である。変換行列 $\mathbf{M}$ は、平行移動行列 $\mathbf{T}$ と式(2.2.4-12)により導出された回転行列 $\mathbf{R}$ を用いて、 $\mathbf{M} = \mathbf{RT}$ と表される。この変換行列を用いることにより、各視点から得られた複数のカメラ座標系を、世界

座標系に統一して表現することができる。

2.2.4.2.5. 開発成果

ここでは、各センサにより撮影地点間の位置、姿勢の関係が既知な多視点からの入力画像を取得し、提案手法を用いて屋外環境構造を再構成する処理過程を示すとともに、最終的な 3 次元モデルを示す。

(1)実験環境

実験を遂行するに当たり、各撮影位置間の位置、姿勢データの計測装置として GPS とジャイロセンサを用いた。GPS には NovAtel 社の RT-20 を使用した。この GPS は 5Hz のサンプリングレートで 100mm の精度の位置測定が可能である。ジャイロセンサには データ・テック社のジャイロミニ dt No.4-1 を使用した。このセンサの精度はロール角、ピッチ角、ヨー角(方位角)全て 0.5 度であり、サンプリングレートは 30Hz である。

これらの各センサを用いて、実際に屋外環境構造の撮影を行なった。各撮影カメラ間の関係を図 2.2.4-12に、各センサにより得られた実測データを表 1 に示す。ここで、GPS により得られるデータは図 2.2.4-12の撮影地点 1 を原点とする世界座標系に対する 3 次元位置データを出力する(単位:mm)。次に、3 軸角度センサにより得られる 3 次元姿勢データは絶対水平面を基準としたカメラの傾斜角、及び真北の方向を基準とした方位角データを出力する(単位:度)。

また、実験に用いた各パラメータを表 2 に示し、そのパラメータについて幾つか説明する。まず、領域分割時に関して、多数決フィルタ処理後において一定画素数以下の小領域は隣接領域に統合する処理を行なうが、本実験では、この一定画素数の閾値を 300 画素とした。閾値である 300 画素の領域は 1 フレームの総画素数 $640 \times 500 = 320,000$ に対して約 0.1%の面積である。

また、式 2.2.4-1 の重み付け係数 k_0, k_1 は各々 1/8 に設定している。

これにより、クラス間全体の色情報と境界上の色情報の重みが同等の評価基準となり、距離の値としては 0 から 1 の値を取る。この値が一定閾値以下なら統合処理を行なう。この処理を隣接する全てのクラス間同士で行ない、統合できる領域がなくなったとき終了する。統合時の閾値は 0.6 とする。この値は経験的に求めた。

また、平面推定時のロバスト推定の試行回数は 100 とした。これは以下の理由による。領域内において、推定される奥行き情報が誤る確率を ϵ とすると、平面推定の操作を k 回繰り返した場合に、全て誤った平面が導出される確率は $(1 - (1 - \epsilon)^3)^k$ となり、正しく領域の平面方程式が導出される確率は

$p(\epsilon, k) = 1 - (1 - (1 - \epsilon)^3)^k$ と表される。この式から $\epsilon=0.4$ の場合、 $k=100$ とすることで $p \doteq 0.999$ となる。もし、 $p \doteq 0.999$ であれば、平面推定の誤りは 1000 回の推定の内、1 回となり十分な精度であると思われることから本実験では k を 100 と設定した。

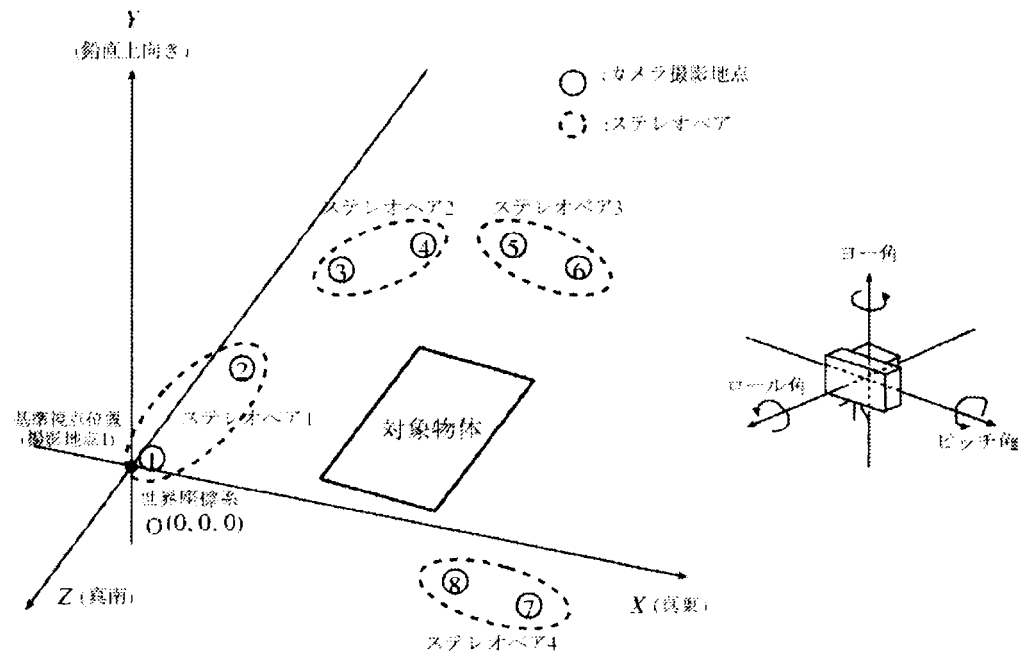


図 2.2.4-12 実験におけるカメラ配置

表 2.2.4-1 各センサの実測データ

地点	X	Y	Z	ロール	ピッチ	ヨー
1	0	0	0	0.3	10.1	83.4
2	375	35	4,284	0.0	10.1	106.2
3	2,222	58	9,145	-1.0	11.5	129.1
4	5,035	108	- 11,919	-0.1	10.3	148.7
5	11,482	85	- 13,743	0.2	10.6	177.2
6	16,218	132	- 12,959	-0.4	12.0	162.3
7	20,007	-32	8,768	1.2	11.8	45.6
8	16,791	-65	8,299	1.5	19.0	32.2

表 2.2.4-2 実験において利用したパラメータ

画像サイズ	640×500 画素
テンプレートサイズ	9×9 画素
K 平均アルゴリズム の初期クラスタ数	10×10
領域分割の小領域統合要素数	300
式 2.2.4-1 の重み付け係数	$k_0 = 1/8, k_1 = 1/8$
クラスタ間の統合処理閾値	0.6
平面推定時の最低奥行き情報数	20
ロバスト推定の試行回数	100

実験結果と考察

本手法の一連の処理結果を、図 2.2.4-12のステレオ画像対 2 番で撮影された画像(図 2.2.4-13(a))を例にとり、その画像対におけるエピポーラ線の平行化、領域分割処理、そして視差推定結果、平面方程式の推定結果をそれぞれ図 2.2.4-13(b)、図 2.2.4-14、図 2.2.4-15に示す。

図 2.2.4-13(b)の結果では、厳密なエピポーラ線の平行化までには至らず、上下数画素のずれが生じている。この理由として、GPS と 3 軸角度センサで計測した各カメラ間の位置、姿勢データにノイズが含まれており、このノイズのためにエピポーラ線がずれたものと考えられる。また、図 2.2.4-15に示すように、領域毎に奥行き情報が密に求まっていることが確認できる。図 2.2.4-15(a)で奥行き情報が求まっているにも関わらず、図 2.2.4-15(b)において、密な奥行き情報が求まっていない領域は平面推定処理において、奥行き情報の数が閾値以下であったり、平面推定処理結果に矛盾が生じて、密な奥行き情報を求めなかった領域である。

得られた奥行き情報と領域分割結果により、領域毎に推定された平面を用いて、実際の 3 次元モデルを作成した様子を図 2.2.4-16(a)に示す。この図は撮影位置 3 の 3 次元モデルとなっている。また、図 2.2.4-16(b)に、ワイヤーフレーム表示を示す。出力結果より、正確に再構成されている領域もあるが、奥行き情報のノイズや、平面推定の失敗などの原因により正確に再構成されていない領域も存在する。例えば図 2.2.4-16の結果には、雲領域が描画されているが、実際の位置とは明らかに異なる。この理由としては、対応点探索時に正確な対応付けができていないことや、平面推定時に建物の境の奥行き情報を基に推定したため、建物に隣接する領域として描画されたことが原因であると考えられる。また、ステレオ対を構成する画像に関して、撮影時の時間経過のため雲が移動するという問題が生じ、この影響も原因の一つと考えられる。

最後に、ステレオペア 1,3,4 番により得られた 3 次元モデルを統合した結果を図 2.2.4-17に示す。得られた統合結果は明らかに位置ずれが生じている。この原因としては、GPS と 3 軸角度センサで計測した各カメラ間の位置、姿勢データにノイズが含まれており、このノイズのために統合結果にずれが生じたものと考えられる。

2.2.4.2.6. 平成 11 年度の開発予定

本研究では屋外環境構造を仮想化して計算機内に再構成するために、多視点のステレオ画像から自動で仮想空間を構築する手法を提案した。屋外における複雑な環境下においてステレオ撮像系を構成するために、各撮影カメラ間の幾何学的関係を GPS と 3 軸角度センサから求め、得られる幾何学的関係を基にステレオ撮像系の構成を行なった。また、GPS と 3 軸角度センサを用いることで、屋外環境下における撮影場所や、照明条件に影響されない撮影が可能となる。次に、不正確な奥行き情報の影響を抑えるために、得られた奥行き情報と、撮影画像に領域分割を施した分割結果から、領域

毎の3次元平面をロバスト推定により求めた。この処理により、ステレオ視の対応点探索の誤対応に起因する奥行き情報の誤値の影響も回避でき、また特徴領域のみの疎な奥行き情報から、領域毎の密な奥行き情報を求めることができる。これらの処理手順を計算機上で実験し、提案手法による屋外環境構造の再構成を行なった結果を示した。

現状での問題点を幾つか挙げる。まず、各カメラ間の位置、姿勢の関係を計測する各センサの計測値の誤差が再構成結果に著しく影響を及ぼす。そこで、この計測誤差を補正するための処理が必要となってくる。この補正方法としては、対象物体を多数の視点から撮影し、各画像上に重複して写っている部分の対応関係から、各カメラ間の位置、姿勢の関係を獲得して、各センサの計測情報を補正することが考えられる。また、ステレオ視により得られる奥行き情報の信頼性を上げることも重要である。ステレオ視を現在の両眼視から多眼視にするなど、現実世界からより豊富な情報を利用することで、信頼性の高い奥行き情報を獲得することなどが考えられる。

2.2.5.VR 体験インタフェース技術

2.2.5.1. 視覚情報と力覚情報の融合提示手法の研究開発

2.2.5.1.1. 目的

視覚情報と力覚情報とを融合提示した場合に生じる違和感を減少させ、複雑な仮想環境でも安定した力覚提示システムを構築する。

2.2.5.1.2. 昨年度までの開発内容

今年度から新たに開発を開始した。

2.2.5.1.3. 本年度の開発計画

動的な仮想世界を安定に更新するために必要な情報を明らかにし、高度な情報を送り返す力覚提示プロセスを提案することで動的仮想世界を安定に更新可能な力覚提示システムを構築する。

2.2.5.1.4. 達成状況

プロセスを世界管理と力覚提示の2つに分け、仮想世界の管理を低速で行い、力覚提示装置の制御を高速に行う方法が提案され、プロセス間の通信が提案されている。しかし、従来の分割手法は静的な仮想世界を上手く表現できるが、動的な世界が上手く表現できないという問題を持っている。

例として仮想世界に物体を置き、それを指で突くことを考える。指で突付かれた後の物体の速度は指の位置計測のサンプリング時刻によって変化する。

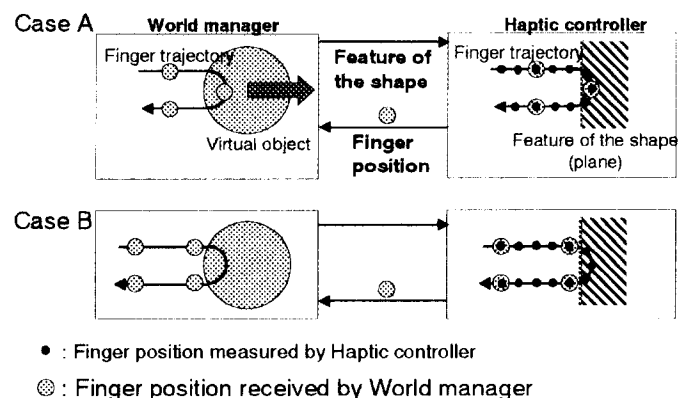


図 2.2.5-1 粗いサンプリング周期の影響

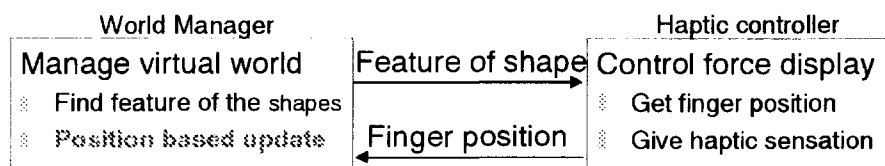
図 2.2.5-1の A と B の違いは世界管理プロセスが指の位置を受け取るサンプリング

時刻だけである A、B どちらの場合にも指は同じように動き、ユーザには同じだけの力が提示される。

しかし A の場合には指が物体に衝突したことが世界管理プロセスに検出され物体は動くが、B の場合には検出されず物体は動かない。このように従来方式では世界管理プロセスのサンプリング時刻の影響で安定に仮想世界を更新できない。

この問題を改善するために、物体にかかったある時刻での力は重要ではなく、ある期間にかかった力積が物体の運動を決めることに着目し、力覚提示プロセスと世界管理プロセスの通信に力積を用いることを提案した。図 2.2.5-2 は、従来の通信方式と提案する通信方式を対比している。

Previous method



Proposed method

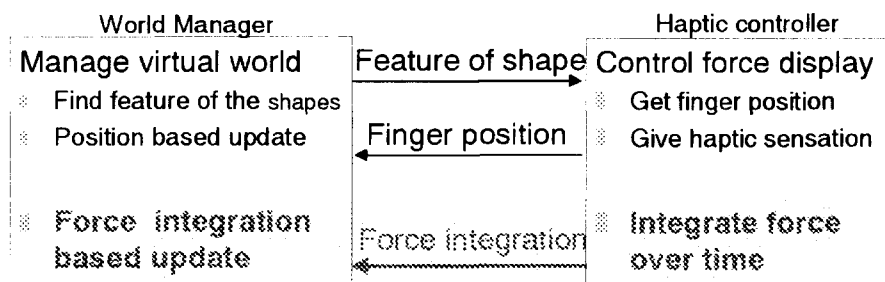


図 2.2.5-2 力積を用いたシステムと用いないシステム

従来手法では、力覚提示プロセスは指の位置情報のみを世界管理プロセスに送っていた。提案手法では、力覚提示プロセスは、世界管理プロセスの 1 周期の期間、ユーザが仮想世界に加えた力を積分し力積を求める。そして力積の情報を世界管理プロセスに送る。世界管理プロセスは仮想世界を力積に基づいて更新する。更新の手続きは以下の通りである。

1. 世界管理プロセス：仮想世界の形状特徴を求める。
2. 世界管理プロセス：形状特徴を力覚提示プロセスに送る。
3. 力覚提示プロセス高速更新部分：
 - (a) 指位置の計測する。
 - (b) 形状特徴を補間し、提示する形状を求める。
 - (c) 力覚レンダリングを行ない、形状を表すために提示する力を求める。

- (d) 力を提示する。
- (e) 提示した力の積分する。
- 4. 力覚提示プロセス：力積、位置を世界管理プロセスに送る。
- 5. 世界管理プロセス：力積に基づいて仮想世界を更新。

2.2.5.1.5. 開発成果

図 2.2.5-3は突付かれた後の物体の動きへの提案手法の効果を表している。従来方式では、世界管理プロセスが受け取った指位置に基づいて、指の仮想物体への侵入量(= 図 2.2.5-3 上の長さ)に基づいて物体の速度を更新するため、サンプリング時刻によって押された後の物体の速度が異なる。提案方式では、力覚提示プロセスが力積(= 図 2.2.5-3 下の面積)を計算するため、サンプリング時刻の影響がほとんどない。このため、動的な仮想世界を安定に更新することができる。

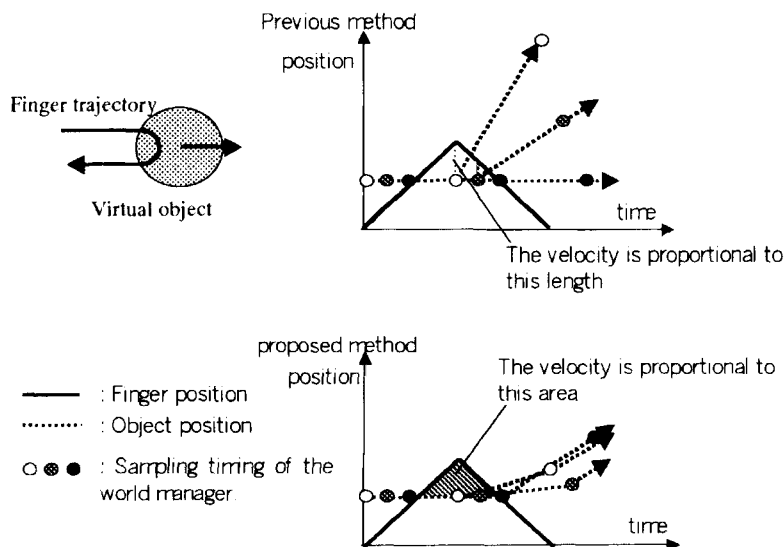


図 2.2.5-3 提案手法と従来手法による押された物体の動き

2.2.5.1.6. 考察

従来の複雑な世界のためのシステムでは、力覚提示装置と仮想世界の間で力覚提示プロセスが入り作業を分担すると、仮想世界が送り出す情報はより高度な情報へと変化する。しかしユーザから仮想世界への情報は変化しないため、ユーザの意図を仮想世界に伝えることができなかった。

提案手法では仮想世界が受け取る情報が力積という高度な情報になるため、ユーザの意図を正確に伝えることができたと考えられる。

2.2.5.1.7. 平成11年度の開発予定

このシステムを実装した、仮想都市環境の構築を行う。

2.2.5.2. 仮想空間における操作性向上手法の研究開発

2.2.5.2.1. 目的

実空間に対する仮想空間内の位置計測や力覚提示における誤差を補正することを目的とする。

2.2.5.2.2. 昨年度までの開発内容

今年度から新たに開発を開始した。

2.2.5.2.3. 本年度の開発計画

位置計測や力覚提示において、その計算方法を変えてみる。その上で、より誤差を小さくできる方法があるかどうかを検討した。

2.2.5.2.4. 達成状況

東京工業大学佐藤研で開発された力覚提示システム、SPIDARにおける位置計測と力覚提示は、モーターとポインタの間に張られている4本の糸によってなされている。その為、糸がきちんと張られている状態でユーザは使用することが望まれる。

だが、ユーザが仮想空間内を動き回る際には、ポインタを速く動かしたときの場合を考慮する必要がある、それはモーターの回転速度よりも速くポインタを動かすと、糸がたるんでしまうからである。

このため、位置計測や力覚提示に問題が生じる可能性があり、糸にたるみがあった時はそれにあった座標算出の方法を考えた。(図 2.2.5-4)

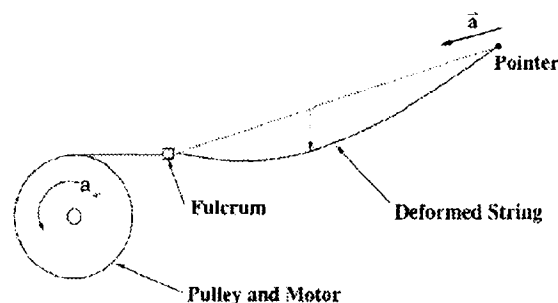


図 2.2.5-4 糸のたるみ

その方法として、実際に各エンコーダが読み取った糸の長さをそれぞれ l_i ($i = 0, 1, 2, 3$) とし、また、ポインタからモーターまでの長さを l_i^* としたとき、次式を考えた。

$$l_i^* = l_i + \gamma \delta_i$$

ここで、誤差の値は $\gamma \delta_i$ であり、 γ は変数であり、 δ_i は改良したモデルに基づくものである。上式を用いることによって、糸の長さの値を変え、ポイントの座標を計算し直すことができた。

実際に、モーターを使ってポイントを回転させる実験を行ってみた。これは、ポイントを速く回転させることによって、改善前と後ではどの程度ずれが修正されるかを見るものである。この結果、モーターの回転数が 242.8 (rpm) の場合において、誤差を 1/3 程度に抑えることができた。(図 2.2.5-5)

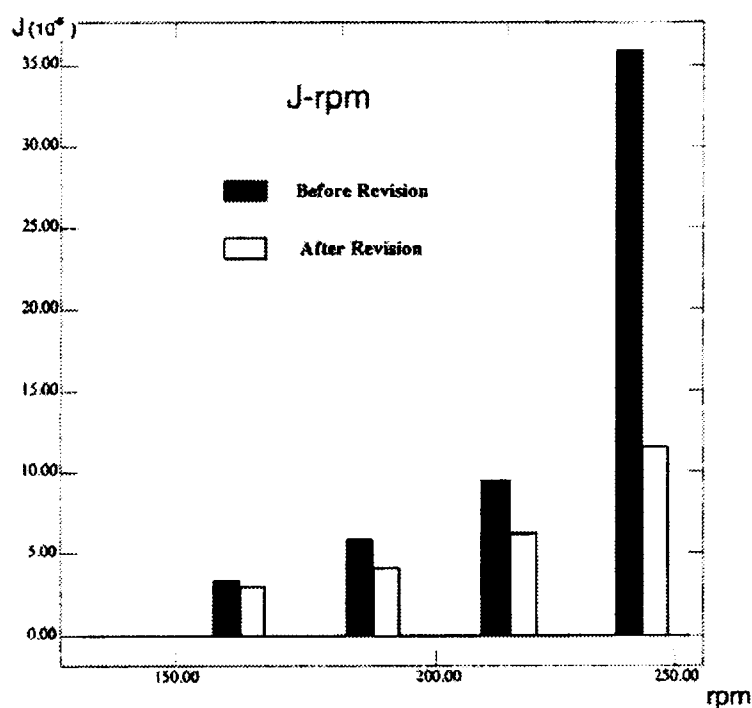


図 2.2.5-5 位置計測誤差

2.2.5.2.5. 開発成果

前述したとおり、計算方法を変えたところ誤差の補正が可能であることが確認できた。

2.2.5.2.6. 考察

仮想空間内において、ユーザがポイントを速く動かした場合における誤差補正を実現したが、この計算方法によって実際に位置計測や力覚提示がより正確さを伴うかどうかを検証する必要があると考える。

2.2.5.2.7. 平成１１年度の開発予定

平成１０年度の繰り越し分の開発により、完了する予定である。

2.2.6. 少人数向け仮想実感簡易表示システム

2.2.6.1. 景背

前述の「仮想都市構築支援マルチモーダル・プレゼンテーションシステム」において、多人数が参加して仮想の都市を体験しシミュレーションするために、大型のドーム上の体験システムを構築したが、大型のドームシステムは、設置スペース、調整やコスト面を考えると、手軽に使用できることは難しい。

そこで都市環境ヒューマンメディア開発グループでは、以下のスペックを満足する、新しいシステムの構築を行った。

- ①少人数でかつ省スペースでの体験が可能であること
- ②立体表示とインタラクティブ性を損なわないこと
- ③計算機（P CやW S）環境に依存しないこと
- ④広視野角な映像を体験できること
- ⑤システム構築費用を極力低くすること

以上のスペックを極力満足するシステムとして、「少人数向け仮想現実感簡易表示システム：パーソナルV Rステーション（PVR S:Personal VR Station）」の開発を行った。（以下 少人数向け仮想現実感簡易表示システムをパーソナルV Rステーションと言う）

パーソナルV Rステーションは、都市環境ヒューマンメディアの研究開発において、都市設計の専門家・クライアント・住民が、多人数体験システムの設置場所にまで行かなくても、ネットワークを介して、同じ仮想の都市空間を離れた場所で体験しシミュレーションを可能とすることを目的に開発した。

2.2.6.2. システム内容

2.2.6.2.1. 目標（スペック）に対する達成内容

前述のスペック別にパーソナルV Rステーションの構成を以下に示す。

- ①少人数でかつ省スペースでの体験が可能であること
 - ・1～2人程度が体験できるように設計した。
 - ・研究室、実験室やオフィス等で天井高約2300mm、横幅2.5m、奥行き2.5mのスペースがあれば設置可能な設計にした。
 - ・映像投射部を、上部にあげることにより体験者の自由な行動スペースを確保した。
- ②立体表示とインタラクティブ性を損なわないこと
 - ・液晶プロジェクタを2台により、右目、左目の映像を投射することにより、立体表示を可能にした。
 - ・インタラクティブ性については、計算機の部分で言及する。
- ③計算機（P CやW S）環境に依存しないこと

- ・液晶プロジェクタの性能を、S-XGA 対応にすることにより、従来のビデオ信号（NTSC 信号）から、P C、W Sまで投影を可能にした。

- ・多人数体験システムと同じコンテンツをインタラクティブに体験するために、描画用のP Cを右目用（P C 1とする）、左目用（P C 2とする）の2台とこの2台の描画情報の同期をとるためのP C（P C 3とする）を1台さらに、ジョイスティック等による操作制御情報をことが可能なP C（P C 4とする）を1台の計4台構成にした。

④広視野角な映像を体験できること

- ・球面スクリーンを用いることにより、水平視野角120度の広視野を可能にした。

⑤システム構築費用を極力低くすること

- ・従来この種のシステムにおいては、数千万オーダーの費用がかかるが、今回構築したシステムは1000万前後で構築できるようになった。

- ・但し、体験するコンテンツにより、計算機環境やコンテンツ制作等が大幅に変化するので、その部分の費用は上記の費用には含めていない。

2.2.6.2.2. システム構成

システム構成を表 2.2.6-1と図 2.2.6-1に示す。

表 2.2.6-1 システムを構成する各部の仕様

各 部	仕 様
スクリーン部	素材：ガラス繊維強化プラスチック（FRP） 形状：直径1.8m半球型 表面部：シルバー塗装（偏光をそろえるために特殊塗装）
映像投射部	プロジェクター：液晶プロジェクター（D-ILA方式、S-XGA対応）2台。プリズム、凸レンズと表面鏡の組み合わせにより、スクリーン面に投射
立体めがね	円偏光めがね
計算機環境	P C 4台
その他	スクリーン、映像投射部を支えるための鉄鋼フレーム

2.2.6.2.3. 成果展示・PRによる反応

本システムの成果展示・PR活動を表 2.2.6-2に示す。

表 2.2.6-2 成果展示・PR状況

展示イベント	開催期間	見学者数
産業VR展 (東京ビックサイト)	平成11年6月16日～18日	約1000人
日本VR学会全国大会 (奈良県公会堂)	平成11年9月28日～30日	約100人
プライベートショー (（財）イメージ情報科学 研究所 関東事務所)	平成11年11月下旬 平成11年12月14日～16日	約300人

2.2.6.2.4. 今後の展開等

①都市環境ヒューマンメディアの研究開発において、ネットワークを介しての分散協調設計の実験を、多人数体験システム（松下電工：大阪門真市）と本システム（（財）イメージ情報科学研究所：東京都）を結んで行い、システムの有用性・課題を明らかにする。

②都市環境ヒューマンメディアに限らず、様々なVRコンテンツを表示し、各種展示会等でPRし本システムのみでも成果の実用化・事業化を図っていく。

2.3. 総合調査研究

2.3.1. 総合調査研究の概要

2.3.1.1. 総合調査研究の目的

ヒューマンメディアは次世代の情報技術として、マルチメディア情報だけでなく感性や体感をも取り扱える人間中心のメディア技術として開発が進められている。ヒューマンメディアの開発は、感性工房、次世代プラント、都市環境の3つの実問題プロジェクトを通じて進められており、各プロジェクトにおいて感性メディア技術、仮想メディア技術、知識メディア技術の3つの要素技術開発が行われている。

各実問題プロジェクトにおいては、これらの要素技術開発を元に、目的とするシステムの開発が行われるわけであるが、ヒューマンメディア・プロジェクト全体として考えた場合、各実問題プロジェクトで開発された要素技術を整理・統合し、汎用的に活用できるようにすることが必要とされる。本検討は、このための整理の枠組みを検討するとともに、開発された要素技術の利用を促進するためのシステムを構築するための基本仕様を検討した。

2.3.1.2. 総合調査研究の対象と内容

総合調査研究においては、次の5つを主たる対象とし作業を行った。

①研究推進に係わる技術検討・調整

ソフトウェア技術の構造化の考え方については、グループウェア研究などで幾つかのモデルが提案されている。これらのモデルの考え方をレビューし、ヒューマンメディア参照モデルへの応用可能性を検討した。

また、ヒューマンメディアの各プロジェクトの開発状況について調査を行い、各プロジェクトで開発を進めているシステムの構造と特性を整理した。このプロジェクトの実態に合わせて、②以降でシステムの階層化、コンポーネント化の考え方を検討した。

②成果公開のための検討

成果を公開するために、ホームページ上で稼働するヒューマンメディアシステムコンポーネントブラウザの開発を前提とし、①を踏まえて、ヒューマンメディア参照モデルの考え方を検討した。

具体的にはヒューマンメディアの階層構造と各階層の特性を表現するための属性項目を設定した。

③各プロジェクトの開発システムのコンポーネント化

各プロジェクトWGの協力を得て、プロジェクトで開発中のシステムのコンポーネント化を試みた。

また、①で分割・整理されたコンポーネントを参照モデルの考え方に沿って整理し、

各コンポーネント間の整合性等の検討等を踏まえて、参照モデルの考え方の妥当性の検討を行った。

④シンポジウムの開催

平成11年3月22日にシンポジウムを開催した。

⑤画像の感性検索技術開発のために必要なデータ調査・収集

画像の感性検索技術の研究開発において、イメージ語（感性語）と類似画像の検索精度を向上させるために、画像データの追加収集とアンケート形式による画像データからイメージ語（感性語）と類似画像の関連性を解析した。

以下においてそれぞれについて説明する。

2.3.2.研究推進に係わる技術検討・調整

(1) ヒューマンメディア参照モデルの検討

1) 既存の参照モデルの考え方の整理

ヒューマンメディアは、知識や感性および体感に関わる人間の情報処理場면을支援することを目的としているため、人間の情報処理を念頭に置き、モデルを検討することが重要である。

人間の情報処理モデルは、図 2.3.2-1のように一般化される。

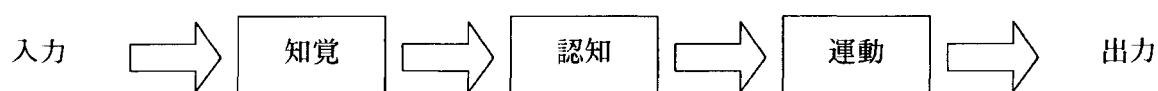


図 2.3.2-1 人間の情報処理モデル

人間を情報処理機械として想定した場合、知覚とは入力を受け取る機能、認知とは受け取った入力情報を出力情報に変換する機能、運動とは出力情報を外部に向けて出力する機能であるといえる。

Rasmussen の提案に従い、上記を詳細化する。Rasmussen のモデルの説明は図 2.3.2-2および表 2.3.2-1に示すとおりである。

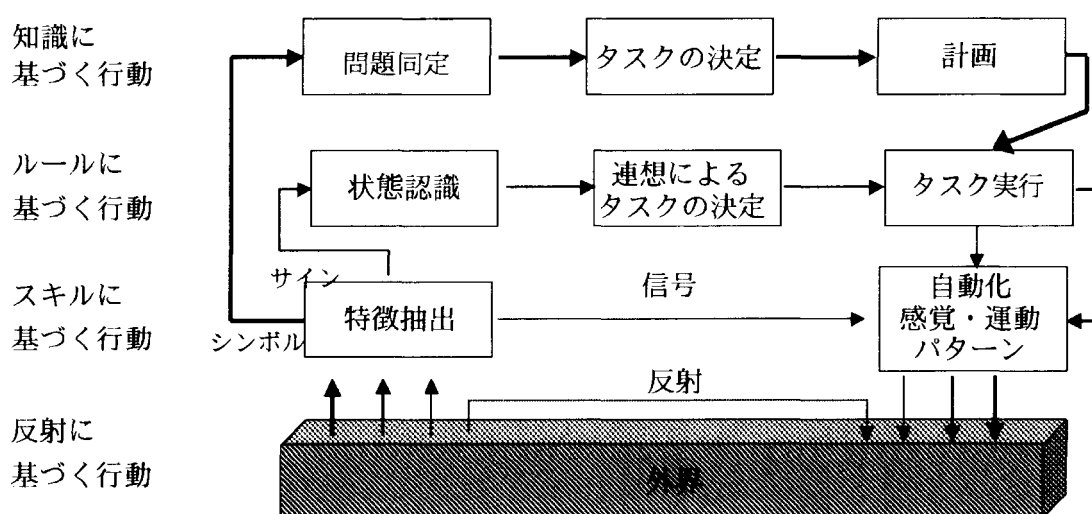


図 2.3.2-2 Rasmussen の認知モデル

表 2.3.2-1 Rasmussen のモデルの説明

認知レベル	意味	例
知識レベル	初めて直面した状況における高次な情報処理	試行錯誤的な行動
ルールレベル	記憶されているルールから具体的に採るべき行動が決定される情報処理	赤信号における停車、アイコンで表されたファイルのオープン
スキルレベル	脳に形成されている技能によって運動と結びつく情報処理	自転車の運転、楽器の演奏
反射レベル	脳を経由しない情報処理	膝蓋拳反射、伸張反射等

Rasmussen のモデルにおいては、人間の行動を認知レベルにより 4 段階の階層化を図っている。反射レベルにおける行動は、脳を経由しない行動と定義され、膝蓋拳反射等が挙げられる。外界とのインタフェースは、反射レベルを介して行われる。スキルレベルにおける行動は、脳に形成されている技能によって運動と結びつく行動と定義され、自動車の運転や楽器の演奏が該当する。反射レベルにより、入力された情報はスキルレベルを経て、特徴抽出が行われ、ルールレベルまたは知識レベルに受け渡される。また、ルールレベルからの情報を、感覚や運動のパターンに変換し、反射レベルに受け渡す。ルールレベルにおける行動は、記憶されているルールから具体的に採るべき行動が決定される情報処理と定義され、赤信号における停車等が該当する。ルールレベルにおいては、スキルレベルにより特徴抽出された情報から状態を認識し、連想により採るべきタスクを決定し、タスクの実行を図る。タスクの実行は、ルールレベルで行われる場合とスキルレベル以下に処理を委託する場合がある。知識に基づく行動とは、初めて直面した状況における高次な情報処理を伴う行動であり、試行錯誤的な行動と定義される。スキルレベルからの情報に基づき、問題を同定した後、タスクの決定を行い、それらの実行順序を計画し、ルールレベルにタスク実行を委託する。

2) ヒューマンメディアと認知モデル

ヒューマンメディアシステムに、Rasmussen の認知モデルを適用する場合、以下の問題が存在する。

- 人間とシステムの両方を包含するモデルを記述することが困難である
- データや OS などのインフラストラクチャ等の、システムの構成要素を記述することが困難である
- 感性・知識・仮想の観点からモデル化されたシステムの機能を表現することが困難である

(2) ヒューマンメディア基本参照モデルへの展開

上記で示した問題点を解決するために、以下の点を勘案したモデルを構築する。

- 人間とシステムの両方を包含するモデル
- 感性・知識・仮想の観点が明確化されており、かつシステムの構成要素を記述できるモデル

(3) 開発システムの中間評価の実施

1) 目的

3つの実問題プロジェクトの研究開発の進捗状況を客観的な視点で把握すると共に、開発技術の産業への応用や社会への波及効果を評価するための基礎情報の収集を行う。具体的な調査項目は以下の通りである。

■調査項目

①現在の進捗状況と達成可能性

開発目標／開発項目に関する現在の進捗状況と今後の予定、および最終的な達成可能性について調査した。

②要素技術とその応用

3つの要素技術（仮想メディア、感性メディア、知識メディア）類型の視点での開発要素技術を整理し、さらに各開発要素技術の新規性、応用可能性等について整理した。

③ヒューマンメディア・コンセプトの観点から見た波及効果の可能性

ヒューマンメディア・コンセプト（個の自立支援／共感と協調の支援／複雑系理解支援 等）の観点から見た開発成果の具体的貢献可能性（[例]開発成果が「個の自立支援」にどのように貢献しうるのか）と、その具体的貢献を支える最終製品イメージとそこに応用されているヒューマンメディアで開発される要素技術について調査した。

④他に対するアピール・ポイント

各プロジェクト毎の最も評価してもらいたい点、プロジェクトを通じて新しくできるようになったことについて整理した。

⑤総合評価

以上の調査結果の要旨を総合評価としてまとめた。

2) 調査結果

3 プロジェクトの調査結果のうち、進捗状況/達成可能性と総合評価について次ページ以降に示す。

1. 次世代プラント

(1) 開発目標に対しての現在の進捗状況と達成可能性について

開発項目	開発目標	現在の進捗状況	今後の予定	目標の達成可能性（評価）
プラントオートロジ [大阪大・溝口研究室]	・プラントに関する概念を体系化するためのオートロジの開発	・オートロジ記述言語、開発環境、オートロジプログラウザの試作 ・プラントオートロジ、運転タスクオートロジの開発	・オートロジサーバーの開発、語彙ベースの開発 ・ミドルウェアの基盤技術の整備	・目標達成は可能と考えられる
意味表示インタフェース [岡山大・五福研究室]	・プラント状態の本質的な意味表示を、機能と目標の面からおこなう機能の開発 ※プラントが今どんな状態か、放っておいたらどうなるか、正常に戻すか安全に停止するための手段、の3つを提示する	・プラントモデルの構築手法の提案 ・石油プラントのプラントモデルの構築 ・プラントモデル構築用ツールの開発 ・定性的対応操作導出手法の開発	・意味表示生成機能の開発 ・定性的意味（プラント状況）導出手法の実装 ・対応操作候補の絞り込み手法の開発（現在進行中） ・対応操作の効果評価手法の開発と実装	・目標達成は可能と考えられる
運転用インタフェース ジェント [IH]	・運転員と協調して問題解決をおこなう、自律性をもったエージェントの開発	・事例ベース推論エンジンの開発およびデスト ・プラントデータ監視手法の開発 ・推論機能の高速化 ・音声によるユーザ対話機能の開発 ・大規模データベース機能の開発	・データラベリング機能の開発 ・類似事例検出機能の開発 ・事例に基づくガイダンス機能の開発 今年度：基本機能開発 次年度：融合	・機能面での目標達成は可能と考えられる

開発項目	開発目標	現在の進捗状況	今後の予定	目標の達成可能性（評価）
仮想プラント表示 [IH]	・プラントの配置形状を3次元仮想空間にモデル化し、仮想空間内でのプラントの状態表示をおこなう技術の開発	・石油プラントを対象とした3次元仮想プラントモデルの試作 ・仮想プラント表示用ソフトウェアの開発	・石油プラントを対象とした映像データベースの構築 ・プラント状態の仮想表示方法の検討 ・仮想表示制御用ソフトウェアの開発 ・プロトタイプシステムの開発と評価	・機能面での目標達成は可能と考えられる ・異常事例対応での表現方法については、ユーザ評価が必要
分散協調処理 [三菱電機]	・複数のエージェント間の分散協調をおこなうためのインフラストラクチャの開発	・分散協調処理の基本制御方式の検討 ・個人適応エージェントの試作	・今年度；機能検証用プロトタイプ作成 ・次年度；分散協調処理環境と各サブシステムの統合	・他の開発項目との依存性によって進捗が左右されるが、目標達成は可能

(2) 総合評価

	評価	コメント
ヒューマンメディアプロジェクトとしての適性	☐ 適合度が非常に高い ☐ 適している ☒ ヒューマンメディアとの適合度が低い ☐ ヒューマンメディアとは無関係 ☐ 不明	・現時点では、知識メディアの比重が大きく、ヒューマンメディアプロジェクトとしての適合度は低いと思われる。しかしながら、今後、個性適応型データベースや学習エージェントなどの要素技術に力点を置き、個人適応型のヒューマンインタフェースを開発してゆけば、ヒューマンメディアとの適合度は向上すると考えられる。 ・また、本プロジェクトで構築するソフトウェアや、そのアーキテクチャを、ヒューマンメディアシステムアーキテクチャや、コンポーネントブラウザに應用できる可能性が高く、それによっても、ヒューマンメディアとの適合度が向上すると期待できる。
産業・社会への波及効果の観点から見たプロジェクトの意義	☒ 非常に意義がある ☐ 意義が認められる ☐ 意義は小さい ☐ 意義が認められない ☐ 不明	・石油プラント産業については、メリットや波及効果があるのは確実で、算出根拠なども裏付けがあると考えられる。 ・他の産業についても、時間的に変化する大規模複雑システムをオペレータが常時監視する必要がある分野であれば、共通点が多く、間接的な波及効果は非常に大きい。ただし、本プロジェクトで作成するミドルウェアは石油プラントに特化したものであり、汎用というわけではない。プラントに特有な部分と、オペレータ（さまざまな分野の）に共通する部分に分類して、オペレータの一般性を明らかにしてゆくことができれば、将来の応用可能性が非常に高められると考える。
総合所見	・それぞれの開発項目については、順調に進行しているものが多く、評価できる。コンポーネント間の分散協調の意義があまり明白でないのが、やや残念である。 ・要素を切り出した時には特に問題が見当たらずとも、全体として統合してみても依然として解決されない問題が存在するということがあるため、注意が必要だと思ふ（特に、大規模なシステムの開発）。 ・全体的に、従来の知識情報処理の研究開発という印象を受ける。ヒューマンインタフェースの比重を増やして、ヒューマンメディアとしての適性を高めることを期待する。	

2. 感性工房

(1) 開発目標に対しての現在の進捗状況と達成可能性について

開発項目	開発目標	現在の進捗状況	今後の予定	目標の達成可能性 (評価)
視覚感性のモデル化技術	・フルカラーテクスチャ画像の感性的検索手法の開発	・テクスチャ解析のための種々の物理量を決め、それらの重み付け線形和による類似度を実験中。 ・テクスチャ画像を題材に、心理物理実験（予備実験）を実施。	・年内：各物理量の組み合わせ手法の開発、心理物理実験（本実験）の実施 ・年度内：物理量と心理物理量とのマッチングを試みる	・物理量による類似度検索は、対象を絞り込むことで目標の達成は可能と考えるが、イメージ語による検索機能は、心理量と物理量とのマッチングの精度に依存し、予測は難しい。
フルカラー画像の高精度提示技術	・カラー画像の見える質感を高めるための手法の開発	・カラー画像の見える向上させる技術を開発中。輝度変換手法は開発済み、色度変換手法は試作、検討中。	・年度内：色度変換手法の開発、カラー画像（カラーテクスチャを予定）の心理物理量の測定（予備実験）の実施。 ・次年度：イメージ語による色情報変換手法の検討、開発	・カラー画像の見える向上する手法の開発は、一般的な目視評価で「向上した」といえるレベルまでは可能と考える。
画像の感性検索技術	・物理的画像特徴の記述法、例示検索アルゴリズム、主観的特徴、主観的基準に基づく類似検索アルゴリズムを、モノクロ単純画像からカラー画像へと一般化する。	・画像の特徴抽出アルゴリズムの調査・検討を終了。 ・例示検索及び主観的類似検索アルゴリズムの試作を行った。	・主観的類似検索アルゴリズムを展開させて、検索サブシステムへの機能拡張を行う。 ・感性語と画像特徴量の関係を分析すると共に異なるドメインへの相互変換方式を検討する。	・進捗は予定通りで、目標達成は可能
感性検索用データベース構築の管理技術の研究開発	・感性工房の管理基盤としてのデータベースマネージメントシステム、及び、アプリケーションインタフェースの開発	・多次元インタフェース試作システム用データベースの試作 ・データベースの拡張機能の調査／確認	・多次元インタフェース用データベース管理基盤試作の完了 ・データベース拡張機能の調査／確認完了 ・感性工房統合プロトタイプシステムのデータベース設計	・オブジェクトデータベースの日本でのリリースの遅れにより、実装面の概要設計が若干遅れているが、目標達成は可能

開発項目	開発目標	現在の進捗状況	今後の予定	目標の達成可能性（評価）
感性検索用データベースの多次元インタフェース技術の研究開発	・3次元仮想空間を用いたデータベース検索システムの構築	・3次元仮想空間構成法とユーザインタフェースへの利用法の調査終了 ・2次元イメージマッピングツールの試作完了 ・デザイナーの利用を想定したプロトタイプシステム用検索結果表示インタフェース(3次元型)の設計開始。	・年度内にプロトタイプシステム用検索結果表示インタフェースの第1次試作完了 ・次年度 プロトタイプシステムへの統合	・プロトタイプシステムのコンテンツの書式および表示ツールのベースを何にするか（VRMLかJAVA 3Dか）という問題があり、若干遅れているが、目標達成は可能。世の中の標準化動向を見極めながら進みたい。
3次元多面体の主観検索技術	・3次元多面体特徴量の記述法 ・主観的類似度に基づく検索手法の開発	・サンブル多面体による予備実験の終了。 ・検索の基本アルゴリズムの検討を終了。	・物理的3次元多面体特徴量をさらに検討。	・予定通りで、目標達成は可能
3次元空間の感性的な情報処理のモデル化	・3次元空間における物理的特性(画像特徴量)と感性語との対応関係を分析・モデル化し、感性語による3次元空間の画像検索システム、および、3次元空間の評価システムを構築する。	・街路の景観画像を3次元空間のケーススタディとして、物理的特性と感性語との対応関係を分析モデル化した。 ・感性語による街路の景観画像の検索システム、および、自動評価システムを構築した。	・建物などの内部空間に対する物理的特性と感性語との対応関係の分析を行い、モデルを一般化していく。 ・人間は、3次元空間をウォークスルーしながら経験する考え、動画に対する物理的特性と感性語との対応関係の分析、モデル化を行う。特に、動画面情報の全体か、あるいは、部分を評価しているのかを明らかにし、モデルに反映させる。	・静止画に対するモデル化を可能だと考えられる。 ・動画については、人間がどの部分を注目しているかを明らかにできれば、達成は可能と考える。

開発項目	開発目標	現在の進捗状況	今後の予定	目標の達成可能性（評価）
感性コーデーション	・感性検索・類似検索の結果がイメージマップ上に表示されているとき、このイメージマップ上の多数の対象物（例：イス、デクスチャ等、）の中から、感性的に対象物を選択し組み合わせる。また、感性に基づいて、対象物に合うように着色したり、色を変更する。	・調査と並行しながら、アイディアを練っている最中。	・イス、デクスチャ等、単品の検索対象をイメージマップ上に分布させて、選択組み合わせの心理評価実験を行い、データを取得する。その後、このデータを基に、事例研究を行う。	・単品の検索対象をイメージマップ上に分布させるプロトタイプシステムができあがれば、心理実験を開始できる。 ・対象物を組み合わせるアルゴリズムは、基礎的な検討の段階。

(2) 総合評価

	評価	コメント
ヒューマンメディアプロジェクトとしての適性	☐ 適合度が非常に高い ☒ 適している ☐ ヒューマンメディアとの適合度が低い ☐ ヒューマンメディアとは無関係 ☐ 不明	・感性メディアが中心のプロジェクトではあるが、仮想メディア、知識メディアとの関連性が明瞭であり、ヒューマンメディアプロジェクト全体に対する整合性が認められる。また、3つのヒューマンメディアコンセプトに対して十分な貢献が期待できる。
産業・社会への波及効果の観点から見たプロジェクトの意義	☐ 非常に意義がある ☒ 意義が認められる ☐ 意義は小さい ☐ 意義が認められない ☐ 不明	・このプロジェクトの持つ産業・社会への波及効果は、ユーザー参加の設計による工業製品の高度化、という点に代表される。モノが売れない時代の閉塞状態を打破するポテンシャルがあると思われるが、実際に産業化するまでには多くの実証実験が不可欠であり、今後の課題は多い。
総合所見	・本プロジェクトは、ヒューマンメディア全体に対する整合性を有している点がまず評価できる。一方、ウィークポイントとしては最終的な成果物が一般の人にとってわかりにくいという問題がある。これは感性工房の目指すものがデザインという人間の行為であり、それを実現するシステムが形をもっていないことに起因する。5年目の成果として必要なものは、一見して価値のわかるイメーজリーダ的なシステムを作ることと、ユーザーが真剣に必要としている本格的な応用事例を用意することであろう。	

3. 都市環境

(1) 開発目標に対しての現在の進捗状況と達成可能性について

開発項目	開発目標	現在の進捗状況	今後の予定	目標の達成可能性（評価）
VR 体験インタフェース	①力覚提示装置の開発 ・VR 都市環境内のオブジェクトを直接、手で操作する(押したり、引いたりしたときの力覚を提示する) 技術	・既存の研究成果を基に、力覚提示の基本的な方法については確定 ・机上～等身大レベルでの力覚提示装置については製作実績あり ・スケールアップ時の精度向上	・今年度中にドーム型表示装置への組み込み方法を確定	・既に技術的実績があり、ブレイクスルーすべき課題は無い ・ドーム型表示装置への統合(特に、透明性の確保)と、本技術を全体システムの中でどのように活用するのかという利用技術の開発が課題
	②力覚・視覚融合技術の開発 ・手先での操作感覚と VR 空間の映像の動きを同期させる技術(誤差補正)	・静止した仮想世界の中でのオブジェクト操作は実現 ・仮想世界が動的に変化する場合の同期のコントロール方法を検討中	・来年度以降、力覚操作によって仮想世界の操作実現	
実写に基づく 3 次元構造データの生成	①実写画像からの 3 次元構造データの生成技術の開発 ・特徴点、面、テクスチャなどのデータの自動抽出のためのヒューリスティックな最適化の探索	・研究室内の単純な形状からのデータ生成は確認 ・屋外で 1280×1024 の精度の画像と GPS による位置データを使って実験中	・今年度中により高解像度の画像を使って実験 ・今年度中にルール確定のめどをつける	・対象の都市空間が非常に複雑であるために、完全自動化を実現できるルールの開発には、難度が高い
	②実写画像と CG 画像の合成 ・センサーを用いずに画像中の特徴点をマーカーとして、リアルタイムに実写と CG を合成	・机上のマーカーが明確な画像を使ったリアルタイムの合成は実現	・屋外画像を使って合成の実現	・基本技術は確立しており、実現可能
	③ 3 次元構造データの多重スケール化技術の確立	・リアルタイムの検出中	・①の 3 次元構造データの生成の実現に続けて、技術確立の予定	・類似先行事例等が存在し、実現は可能

開発項目	開発目標	現在の進捗状況	今後の予定	目標の達成可能性（評価）
仮想都市環境 を利用したア メニティ評価 技術	①環境シミュレーション・提示 技術の開発 ・風環境シミュレーション・提示 ・煙拡散シミュレーション・提示 ・避難シミュレーション・提示	・風環境の予測手法については 確立（既存技術） ・風環境の予測結果の提示方法 を提案 ・煙拡散の物理モデルの開発お よび煙のCG表現の開発 ・災害時の人（複数）の避難行動 モデルの検討中	・煙拡散については物理モデル とCG表現の結合 ・ドーム型ディスプレイによるVR空間 上に統合	・風環境、煙拡散について は、基本技術は実現してお り、実現可能 ・避難シミュレーションについては、 人の避難行動モデルの開発難 度が高い
仮想都市構築 支援ソフトウェア の開発	②都市環境アメニティの体験評価技 術の確立 ・仮想体験している評価者か らアメニティ評価データを抽出・DB化	・シナリオ案に基づき評価項目の選 定・追加	・VR空間中で仮想体験してい る評価者と対話形式で評価デー タを得るツールの開発	・現状、項目選定のフェイズに 有り、データ取得の実現方法が 明確でなく、開発進度を速め る必要あり
仮想都市構築 支援ソフトウェア の開発	①仮想空間情報の階層型DB管 理技術の確立 ・等身大の仮想空間をリアルタイム シミュレーション可能とする仮想空間情 報のDB管理技術	・設計に着手しつつある（3次元 データの多重スケール化技術の確立を 受けて進める必要あり）	・	・類似事例があるために実 現は可能と考えられるが、計 画からは若干の遅れが見ら れる ・類似事例では人的工数が 大きい問題点あり
	②仮想空間表示大型ドーム ・ドーム型ディスプレイ ・3次元音響 ・力覚提示装置 ・揺動装置	・ドーム型ディスプレイは実現（要調 製）	・今年度、音響系等の組み込み ・来年度以降、他3研究室で開 発している成果を統合	・計画どおりの進捗
	③都市環境設計支援技術 ・センサーフュージョン ・知的DSエージェントの開発 ・インターネット接続による空間共有 の通信プロトコル	・業界標準のCORBAを用いた分散 型VRのオープンなアーキテクチャ を設計	・開始した実装を続行、平成1 1年度秋には実モデル稼動予定	・可能

(2) 総合評価

	評価	コメント
ヒューマンメディアプロジェクトとしての適性	☐ 適合度が非常に高い ☒ 適している ☐ ヒューマンメディアとの適合度が低い ☐ ヒューマンメディアとは無関係 ☐ 不明	・本プロジェクトの目指しているところは、「VR 世界と現実世界のシームレス化」という言葉に集約される。これは別の言葉で言えば Extended VR であり、仮想メディアに軸足を置いたプロジェクトといえる。 ・しかしながら没入型の仮想空間で現実世界とシームレスな仮想世界を多人数で体験できるシステムは、単なる VR システムの枠を越えて、体感的・感覚的な「納得」に人々を導く力を有したものであり、従来にない新しいメディアとなりうるものといえる。
産業・社会への波及効果の観点から見たプロジェクトの意義	☐ 非常に意義がある ☒ 意義が認められる ☐ 意義は小さい ☐ 意義が認められない ☐ 不明	・個々の要素技術の中には、汎用性を有し、多様な製品・システムに応用可能なものが幾つか見られる。特に、力覚提示技術は医療・福祉、教育・訓練・生産現場等への幅広い応用の可能性が考えられる。また実写画像からの 3 次元構造データの自動生成、センサーを使わない実写と CG の合成技術等は、今後、需要が急拡大すると予想される CG コンテンツ制作の効率化や新しいコンテンツ表現等に応用が考えられる。 ・本プロジェクトの最終目標である没入型の仮想空間は、それ自身は大きな意義を有すると考えられるが、マクロな影響・波及効果は、その施設などの程度作られるかに依存することから、大きな期待はできない。本プロジェクトの成果を踏まえて、普及型のシステム・製品の開発が必要と考えられる。
総合所見	・システム開発プロジェクトとしてみれば、SI の松下電工を中核として組織的にプロジェクトが進行していると評価される。 ・基盤研究プロジェクトという観点からみると、没入型仮想空間というシステム開発を通じて、ヒューマンメディアとしての基盤的・汎用的な要素技術の開発が期待されるが、その対象が何であるかが今ひとつ明確でない。 ・Extended VR=ヒューマンメディアというものの捉え方であるが、ヒューマンメディアプロジェクト全体としての成果の共有という観点からすると、他の 2 つのプロジェクトとの要素技術レベルで成果を共有できるような方向性についても検討の要があると考えられる。 ・本プロジェクトで検討している火災時の避難シミュレーションや実画像からの 3 次元 CG 画像の生成といった技術については、他の機関で成果を発表し始めており、開発完了までの期間を考慮すると、他の競合機関との差別化を十分検討する必要がある。	・本プロジェクトの目指しているところは、「VR 世界と現実世界のシームレス化」という言葉に集約される。これは別の言葉で言えば Extended VR であり、仮想メディアに軸足を置いたプロジェクトといえる。 ・しかしながら没入型の仮想空間で現実世界とシームレスな仮想世界を多人数で体験できるシステムは、単なる VR システムの枠を越えて、体感的・感覚的な「納得」に人々を導く力を有したものであり、従来にない新しいメディアとなりうるものといえる。 ・個々の要素技術の中には、汎用性を有し、多様な製品・システムに応用可能なものが幾つか見られる。特に、力覚提示技術は医療・福祉、教育・訓練・生産現場等への幅広い応用の可能性が考えられる。また実写画像からの 3 次元構造データの自動生成、センサーを使わない実写と CG の合成技術等は、今後、需要が急拡大すると予想される CG コンテンツ制作の効率化や新しいコンテンツ表現等に応用が考えられる。 ・本プロジェクトの最終目標である没入型の仮想空間は、それ自身は大きな意義を有すると考えられるが、マクロな影響・波及効果は、その施設などの程度作られるかに依存することから、大きな期待はできない。本プロジェクトの成果を踏まえて、普及型のシステム・製品の開発が必要と考えられる。

2.3.3.成果公開のための検討

成果公開のために、インターネット上で稼働するヒューマンメディアシステムコンポーネントブラウザを製作することを前提とし、そのためにヒューマンメディアシステム参照モデルを検討する。

(1) モデルの要件

ヒューマンメディアシステム参照モデルは、以下のような要件を有することが求められる。

- ・ ヒューマンメディア自体の目的をわかりやすくアピールすること
- ・ 知識メディア、感性メディア、仮想メディアが有機的に結合していることをアピールするものであること
- ・ 知識メディア、感性メディア、体感メディアそれぞれのヒューマンメディアにおける役割を明確にするものであること

(2) 参照モデルの提案

上記の要件を満たす参照モデルとして、図 2.3.3-1および図 2.3.3-2に示すようなモデルを提案する。

このモデルは、次のような考え方に基づいている。

①レイヤー構造

ヒューマンメディアシステム参照モデルはレイヤー構造をしており、大きくは次の4つのレイヤーから構成される。

- ・ インタフェースレイヤー
- ・ ヒューマンメディア・コンポーネント・レイヤー
- ・ データレイヤー
- ・ OS等インフラストラクチャー

すなわち、Windows 等のOSおよび情報処理に関わる既存の技術（これらをここではインフラストラクチャーとよぶ）の上に、ヒューマンメディア独自の参照モデル構造がある。

インタフェースレイヤーは人およびプラント等の外界との情報の入出力を行うレイヤーであり、モデルへはセンサーを介してインプットされた情報が認識部で変換されヒューマンメディア・コンポーネント・レイヤーに伝達される。またヒューマンメディア・コンポーネント・レイヤーで処理・生成された情報はレンダラで人が受け取りやすい形態に実体化され、ディスプレイを通じて人に伝達される。

ヒューマンメディアシステム参照モデルの中核をなすものがヒューマンメディア・コンポーネント・レイヤーで、図 2.3.3-1に示すように、3つの要素技術、すなわち「仮想メディア」、「感性メディア」、「知識メディア」に対応したモデルから構成される。

これらの要素メディア技術に対応したモデルもレイヤー構造をとり、例えば感性メディア技術に対しては、生理レベルでの感性処理、心理レベルでの感性処理、認知レベルでの感性処理といった3層構造を形成している。同様に知識モデル、世界モデルについてもそれぞれ階層構造をなしている。

モデルで参照されるデータはデータレイヤーにもたれる。ここでは例えば感性モデルで扱う感性データ、知識モデルで扱うオントロジーデータ、世界モデルで扱う都市構造部品等がDB化されている。

②協調処理

ヒューマンメディアの特徴は、感性、仮想、知識が協調的に一種、融合したような形で自然な処理をするところにある。

これはヒューマンメディア・コンポーネント・レイヤーにおいて、3つのモデルが協調して情報処理を行うことで実現される。

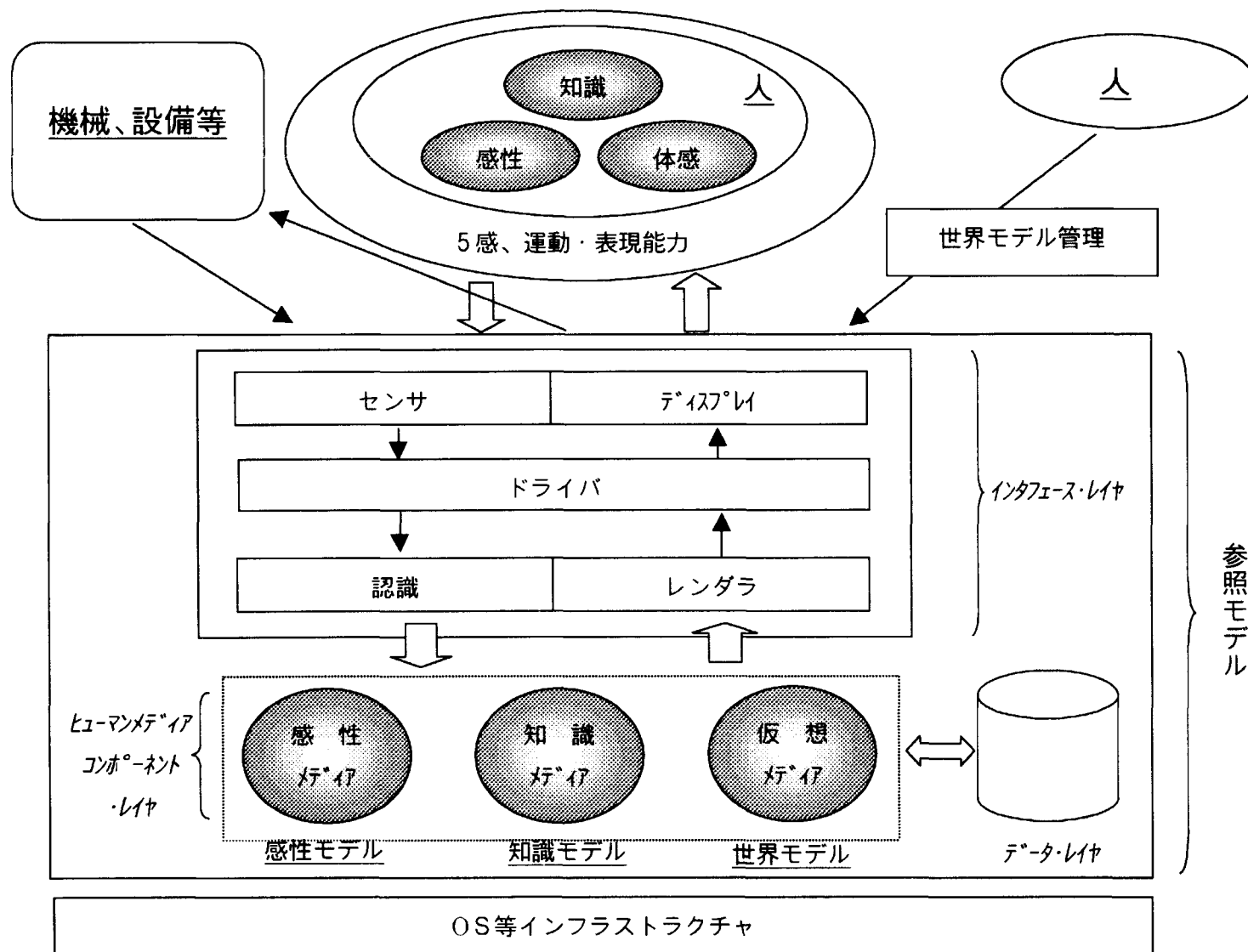


図 2.3.3-1 ヒューマンメディアシステム参照モデル全体像

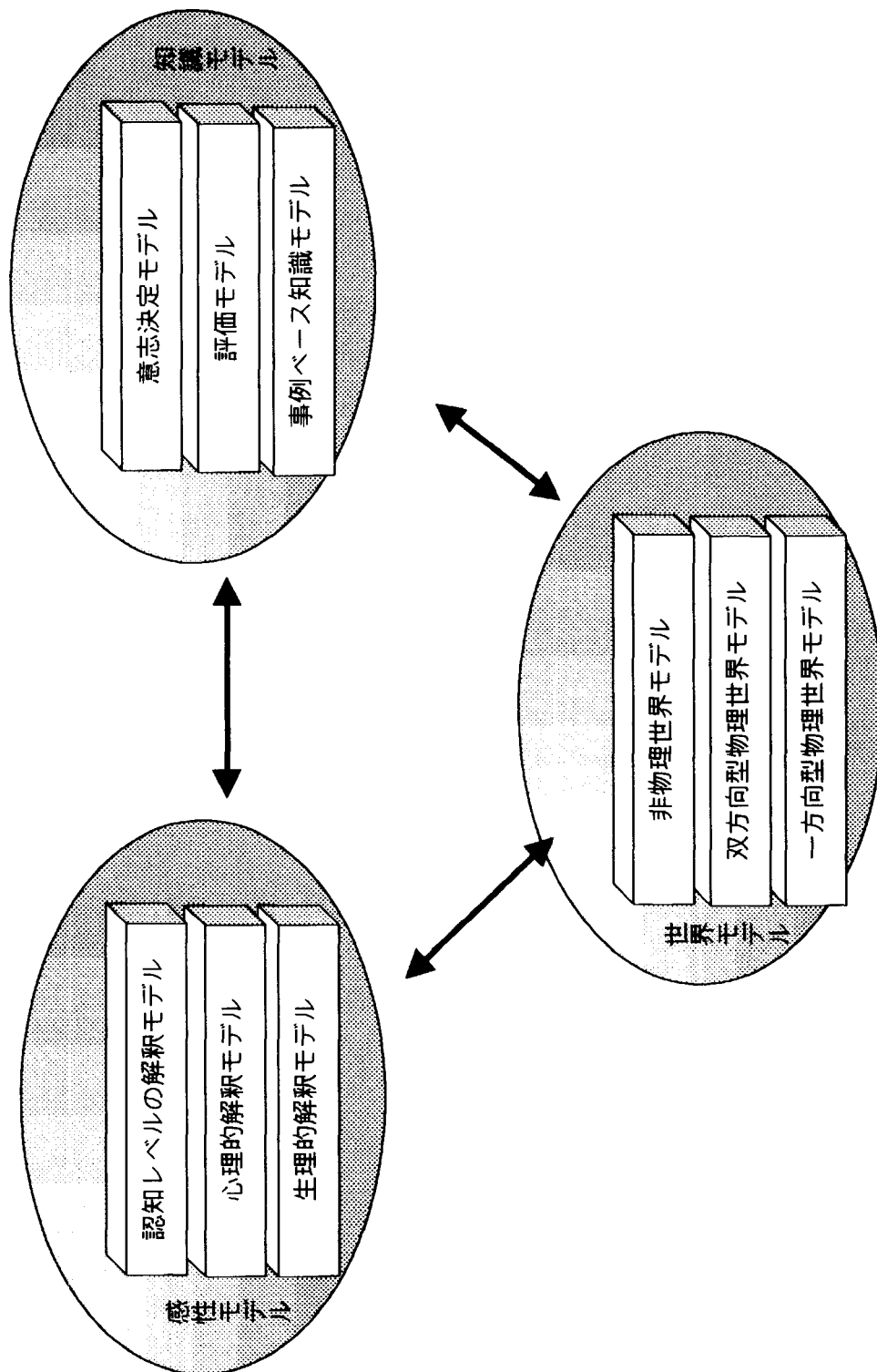


図 2.3.3-2 ヒューマンメディアコンポーネントレイアウト詳細

(3) コンポーネントブラウザの基本仕様検討

1) コンポーネントブラウザの対象と用途

コンポーネントブラウザの利用者としては幅広い層を想定することが重要である。利用者層を分類すると、大きく技術者・研究者と一般の人に分けられる。前者に対してはヒューマンメディア技術の技術として新規性、革新性がわかりやすく提示されるときともに、本プロジェクトにおける開発成果へのアクセスが可能なような機能が提供されることが必要である。

一方、後者については、技術的な細かい内容よりも、応用分野やその波及効果がわかりやすく提示されることが重要である。

2) 必要機能

コンポーネント・ブラウザは次のような機能が必要とされる。

- ヒューマンメディアシステム参照モデルをわかりやすく表示すること
- ヒューマンメディアプロジェクトにおいて製作されたコンポーネントを説明するものであること
- ハイパーテキストを用いることによりヒューマンメディアシステム参照モデルとコンポーネントの関係を視覚的に表示するものであること

これらの要求機能を踏まえて設定される基本仕様は図 2.3.3-3に示すとおりである。

コンポーネントブラウザは、各プロジェクトにおいて開発されたコンポーネントに関して、以下の検索手段を提供する。

1) ヒューマンメディアシステム参照モデルからの検索

ヒューマンメディアシステム参照モデルの全体像、およびヒューマンメディアシステム参照モデルが示すレイヤにおける各コンポーネントの位置づけを示すことにより検索可能とする。

2) プロジェクトとサブシステムからの検索

次世代プラント・感性工房・都市環境の各プロジェクトの概要、それぞれにおけるサブシステムの構成、およびサブシステム毎のコンポーネントを構成を示すことにより検索可能とする。

3) キーワードによる検索

各コンポーネントを、キーワードにより検索可能とする。入力可能なキーワードは、稼働環境・機能等にカテゴライズし、検索できることを想定している。

以下で、各画面の説明を行う。

(1) 初期画面

初期画面においては、上記1)～3)に示した検索方法に対応した画面を提供する。具体的には、ヒューマンメディアシステム参照モデルへのリンク、プロジェクト一覧へのリンク、キーワード入力欄を提示する。

(2) ヒューマンメディアシステム参照モデル説明画面

ヒューマンメディアシステム参照モデル説明画面においては、図およびテキスト説明文により、ヒューマンメディアシステム参照モデルの全体像を説明する。図はクリックابلマップにより各レイヤの説明画面へのリンクを実現する。

(3) レイヤ説明画面

レイヤ説明画面は、モデルレイヤ、データレイヤ、インタフェースレイヤ、OS等インフラストラクチャの4つの画面より構成される。各レイヤの説明画面においては、各レイヤの説明を、図およびテキスト説明文で行う。

(4) コンポーネント一覧画面

コンポーネント説明画面は、モデルレイヤ、データレイヤ、インタフェースレイヤ、OS等インフラストラクチャの4つの画面より構成される。各レイヤに属するコンポーネント一覧を表示し、それらコンポーネント説明画面へのリンクを実現する。

(5) ヒューマンメディアプロジェクト一覧画面

ヒューマンメディアプロジェクト一覧画面においては、次世代プラント・感性工房・都市環境の概要を説明するとともに、各プロジェクトのサブシステム構成説明画面へのリンクを実現する。

(6) サブシステム構成表示画面

サブシステム構成表示画面は、次世代プラント・感性工房・都市環境の各プロジェクト毎に表示される。図およびテキスト説明文により、各プロジェクトを説明する。図においては、クリックابلマップにより、各サブシステム毎のコンポーネント構成表示画面へのリンクを実現する。

(7) コンポーネント構成表示画面

コンポーネント構成表示画面は、ヒューマンメディアにおける18のサブシステムに対応している。各画面においては、図およびテキスト説明文により、各サブシステムを説明する。図においては、クリックابلマップにより、コンポーネント説明画面へのリンクを実現する。

(8) キーワード検索結果表示画面

キーワード検索結果表示画面は、初期画面において入力された検索キーワードに対する結果を表示する画面であり、該当するコンポーネントおよび説明文の最初の部分が表示される。

(9) コンポーネント説明画面

コンポーネント説明画面は、ヒューマンメディアにおける全てのコンポーネント(約53個)に対応している。図およびテキスト説明文等により、コンポーネントの稼働環境、機能、インタフェース、特徴等を説明する。

2.3.4.各プロジェクトの開発システムのコンポーネント化

(1) 作業ステップ

前節で提案した参照モデルに開発システムを対応させ、各開発コンポーネントが参照モデルのどこに位置するかを検討するために、開発システムをそのソフトウェアに着目してコンポーネントへ細分化を行った。

細分化の作業ステップは図 2.3.4-1に示すとおりである。

まず、各開発システムを主要なサブシステム単位に分割する。次にサブシステム単位で、それを構成するモジュール単位に細分化する。場合によっては、このモジュールがコンポーネントとして取り出せる場合もある。

モジュールをさらに機能に着目してコンポーネントに展開する。このコンポーネントのレベルで、参照モデルのいずれかのレイヤーに対応が可能である。

(2) コンポーネント化の結果

表 2.3.4-1 以降にコンポーネント化した結果を示す。

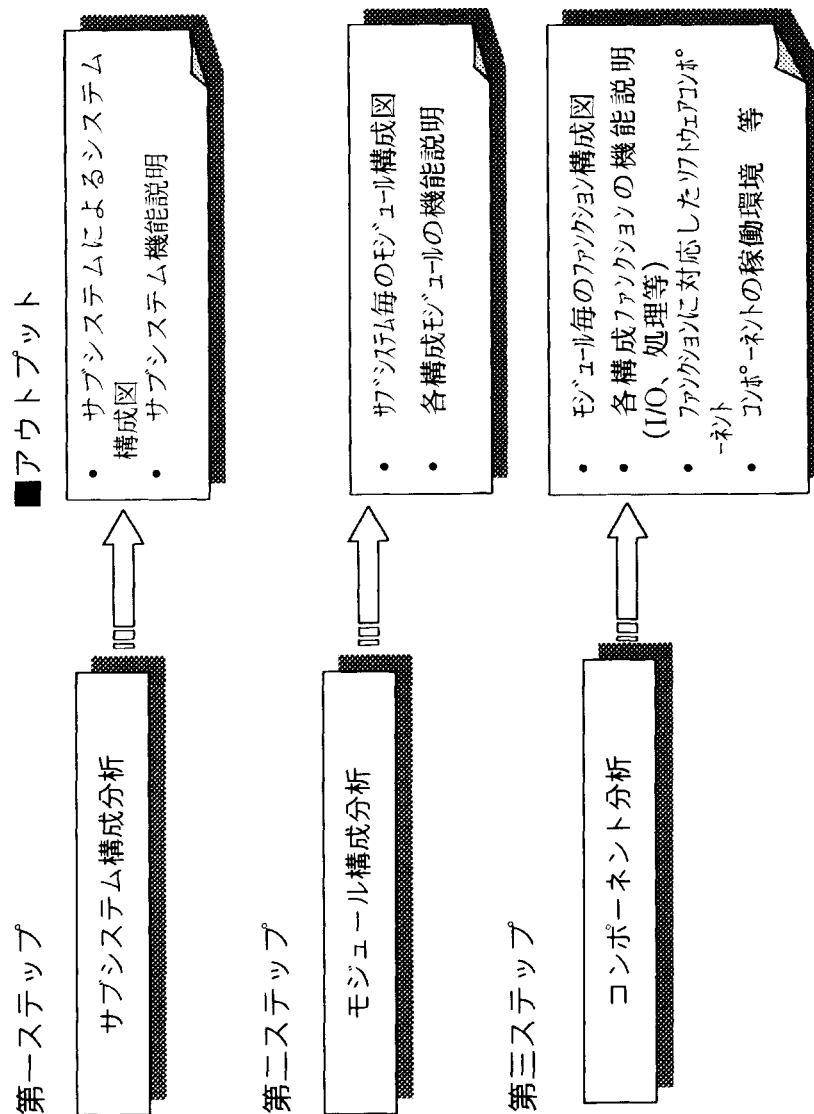
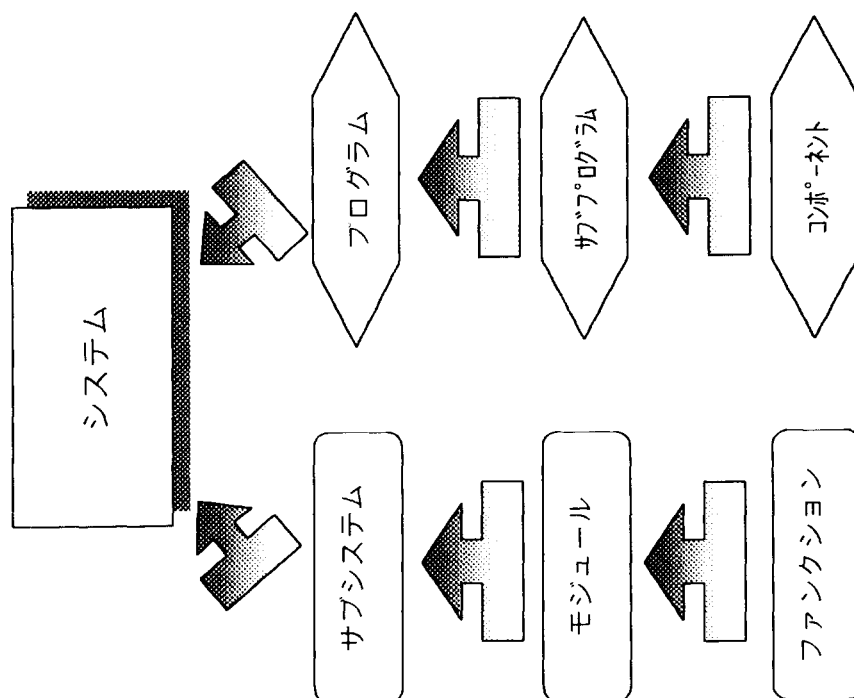


図 2.3.4-1 コンポーネント化作業ステップ

表 2.3.4-1 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「次世代プラント」サブシステム構成

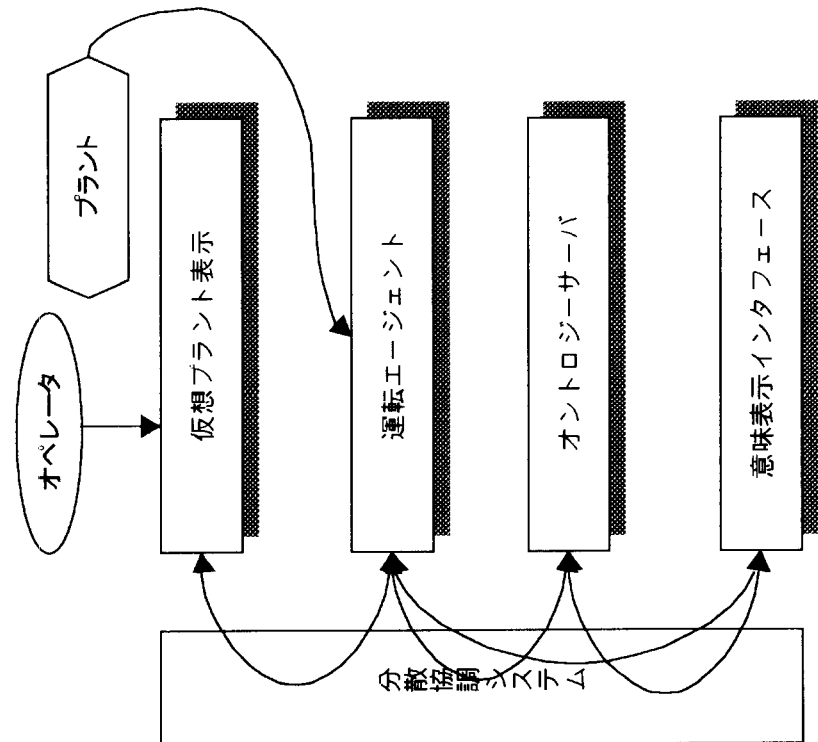
全体システム構成図	サブシステム名	機能説明
 <pre> graph TD Operator([オペレータ]) --> VPD[仮想プラント表示] Plant{{プラント}} --> VPD VPD --> OA[運転エージェント] OA --> OS[オントロジーサーバ] OS --> MUI[意味表示インタフェース] DCSystem[分散協調システム] --> VPD DCSystem --> OA DCSystem --> OS DCSystem --> MUI </pre>	仮想プラント表示	VRによる3次元空間中での計測データやプラント動作の表示機能
	運転エージェント	- 運転員との間で日本語音声による対話 - プラントの計測データを監視し、異常の発見および発見した異常事象の原因候補を推論する
	オントロジーサーバ	- プラントで用いられる概念と用語をオントロジーとして体系化し、提供するサーバ - 複数のエージェント間の協調メディア（エージェント同士が各自の方言でコミュニケーションすることを可能にする）
	意味表示インタフェース	- プラントの状態を挙動と機能の両面から表示する - 運転エージェント挙げた異常原因候補の絞り込みを行う - 対応操作候補の導出 - 対応操作効果の評価 - 処理結果を運転員の注目点に応じて最適な形で表示
	分散協調システム	各サブシステムからの要求を受けて、最適なサブシステムにタスクを割り振る

表 2.3.4-2 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「次世代プラント」：運転エージェンツのコンポーネント構成

運転エージェンツ構成図	コンポーネント名	機能説明	参照テーブルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
	事例ベース音声対話システム	- ホレタの音声による指示を自然言語処理により認識 - システムからホレタへの音声による提示の場合、音声合成を行う	インタフェース		- 音声入出力モジュール - 推論エンジン (黒板モデル) - 認識ルール
	事例ベース監視システム	- プラントデータを監視し、過去に経験のない動作を事例として蓄積 - 監視ルールに従い、異常を感知し、事例より原因候補を推定	インタフェース		- データ収集モジュール - 推論エンジン - 監視ルール
	事例サーバ	計測データのデータベースのD	データレイヤ		

表 2.3.4-3 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「次世代プラント」：意味表示システムのコンポーネント構成

意味表示システム構成図		コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
		プラント状態 分類	プラントの状態をプラント計装信号値に基づいて、挙動と機能の両面から検討する	事例ベース知識 モデル	状態認識 APP	動作環境： VisualWorks2.5J
		異常原因絞り 込み	運転エンジニアから通知される異常原因候補を、プラント計装信号値に基づいて主に機能面から検討し、異常原因を絞り込む	事例ベース知識 モデル		動作環境： VisualWorks2.5J
		対応操作候補 導出	異常原因の影響波及と回復すべきプラント目標、機能、挙動を評価し、対応操作を導出する	評価モデル		動作環境： VisualWorks2.5J
		プラント状態 将来予測	プラントの高速簡易シミュラタを利用して、対応操作を行った場合のプラント状態の将来を予測する	評価モデル	HTTP プラント高速簡 易シミュラタ	動作環境：UNIX C
		対応操作妥当 性評価	プラント状態の将来予測部の結果から対応操作の効果や副作用を評価する	評価モデル	対応操作妥 当性評価 APP	動作環境： VisualWorks2.5J
		意味表示生成	状態認識、異常原因絞込み、対応操作候補導出や対応操作効果の評価結果を、運転員の注目点に応じて表示する	インタフェース	意味表示制 御 APP	動作環境： VisualWorks2.5J

表 2.3.4-4 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「次世代プラント」：オントロロジーサーバのコンポーネント構成

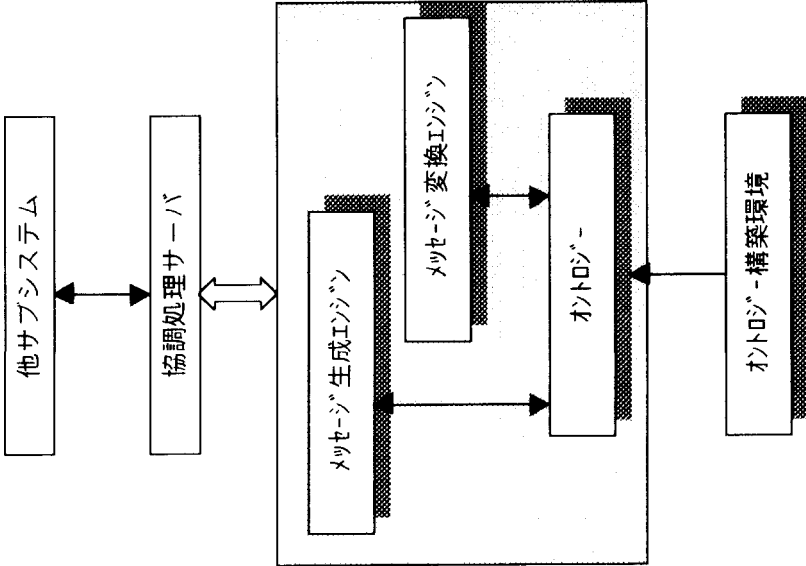
オントロジ-サーバ構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポ-ネント	備考
	オントロジー	プラントで用いられる概念と用語の体系	データレイヤ		
	メッセージ変換エンジン	各サブシステムがローカルに持っている語彙の相互変換	インタフェースレイヤ		
	メッセージ生成エンジン	コンテンツリストに応じて語彙、テンプレートを選択して文章を生成	インタフェースレイヤ		
	オントロジー構築環境	オントロジ-構築のための環境	インフラ		

表 2.3.4-5 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「次世代プラント」：仮想プラント表示システムのコンポーネント構成

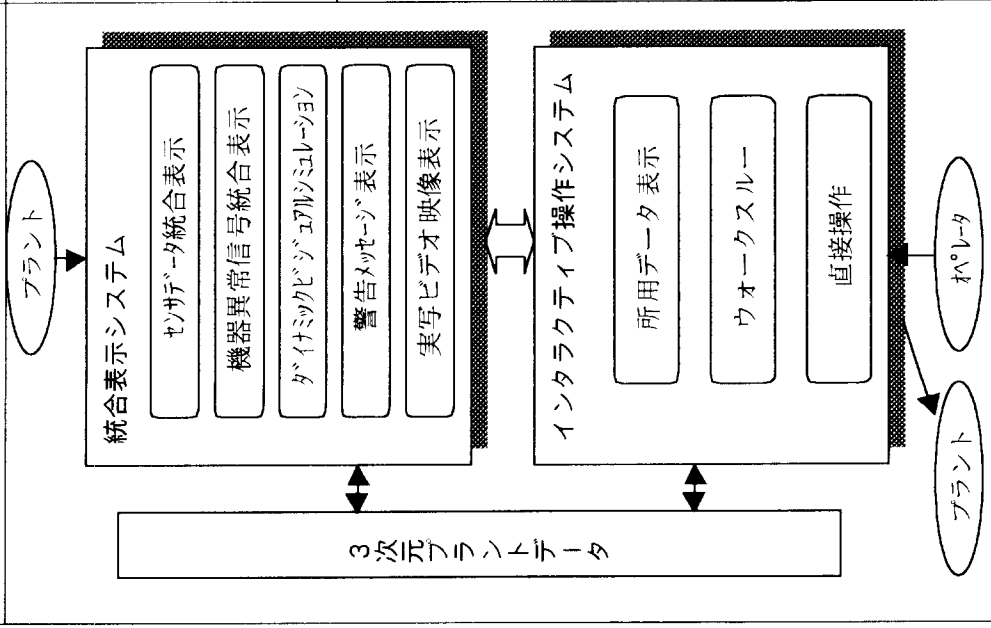
仮想プラント表示システム構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
	統合表示	- VR 空間内のプラントの3次元表示を中心としたプラントと運転に関する情報の効果的表示 - VR 空間内にデータ、信号、CG の統合表示 - 警告メッセージの表示 - 実写ビデオ映像の表示	非物理世界モデル		
	インタラクティブ操作	- 仮想空間を利用したインタラクティブなユーザーインターフェース - オペレータの要求に応じた所用データ表示 - 自動/ホロプラント操作によるウォークスルー - ホロプラント操作による直接操作	双方向型物理世界モデル		

表 2.3.4-6 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「次世代プラットフォーム」：分散協調エンジンのコンポーネント構成

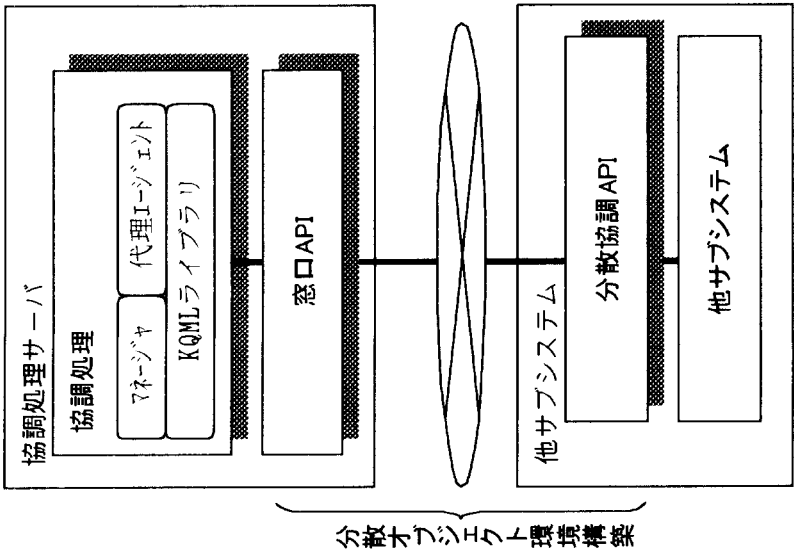
分散協調エンジン構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポ-ネット	備考
	協調処理	他サブシステムの代理エージェントによるタスクの割り当て、競合解消機構	インフラ		
	分散オブジェクト環境構築 (窓口 API/分散協調 API)	協調処理サーバと他サブシステム間の通信窓口	インフラ		

表 2.3.4-7 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「感性工房」サブシステム構成

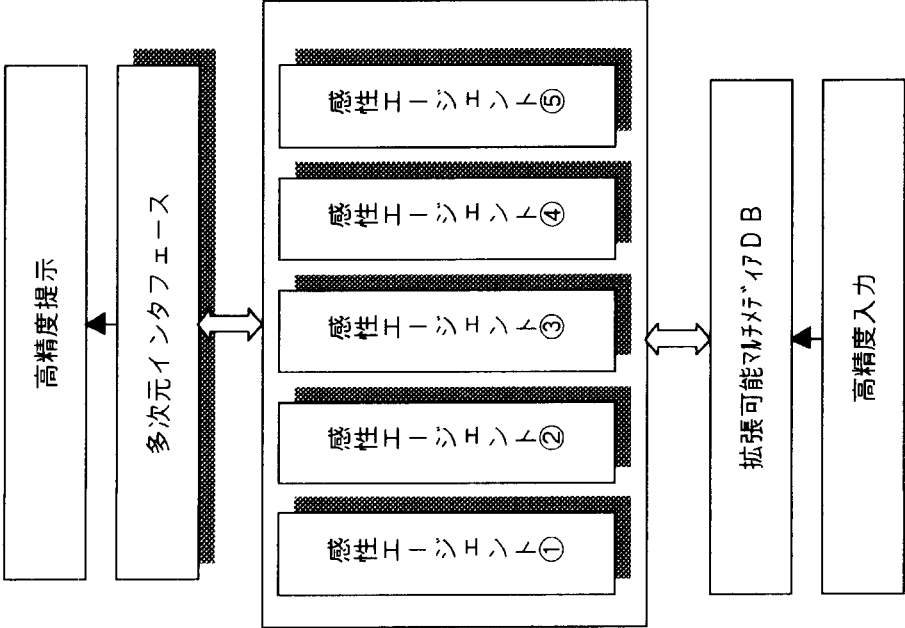
全体システム構成図	サブシステム名	機能説明
 <pre> graph TD A[高精度提示] --> B[多次元インタフェース] B <--> C[感性エージェント①] B <--> D[感性エージェント②] B <--> E[感性エージェント③] B <--> F[感性エージェント④] B <--> G[感性エージェント⑤] C <--> H[拡張可能なマルチメディアDB] H --> I[高精度入力] </pre>	感性エージェントシステム①～⑤	- 感性工房の中核を成すサブシステムで、コンテンツに対応して5つ (①図形、②イラスト、③写真、④デクスチャー、⑤立体物) のサブシステムがある - 感性モデル化技術を用いて、感性語による検索要求を処理してコンテンツの検索を行い、検索結果を多次元データ(心理的、感性的適合度データ) で返す
	多次元インタフェースシステム	- コンテンツ検索結果の表示 - 感性エージェントが返す多次元データを3次元空間中に可視化して示し、心理的、感性的適合度を直感的に分かりやすく表示する
	拡張可能なマルチメディアDB 管理システム	感性工房で扱うあらゆるデータを柔軟に扱えるデータベース管理システム
	高精度入力/提示システム	入力/提示画像を信号レベルおよび生理レベルで最も鮮やかに記録/表示できるように色調整を行う

表 2.3.4-8 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「感性工房」－感性エージェントシステムのコンポーネント構成

感性エージェントシステム構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
	コーディネーター	複数のコンテンツ間の調和を行う	意志決定モデル		
	感性検索	個々人の言語表現の特性を心理特性に変換	認知レベルの解釈モデル		
	類似検索	個々人の心理特性を生理的解釈に変換	心理的解釈モデル		
	例示検索 2	目の知覚プロセスを模擬した生理的解釈でコンテンツを処理して類似のコンテンツを検索	生理的解釈モデル		
	例示検索 1	コンテンツの信号を比較して類似のコンテンツを検索処理	データレイヤ		

表 2.3.4-9 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「感性工房」－多次元インタフェースのコンポーネント構成

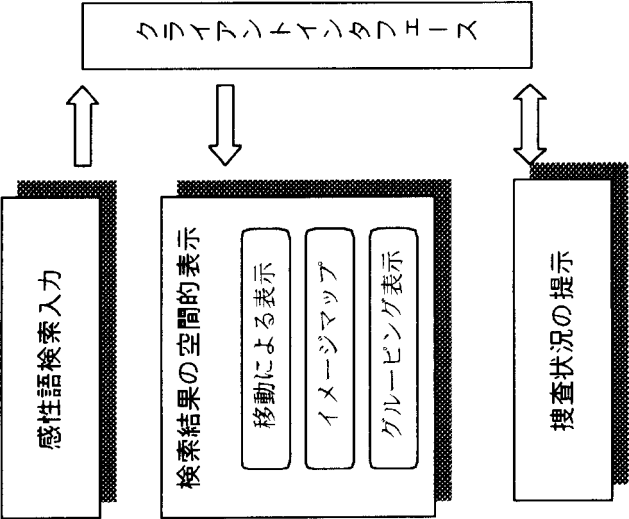
多次元インタフェース構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポ-ネント	備考
	感性検索入力	イメージ語の大きさに感覚的に検索	インタフェースレイ		
	検索結果の空間的表示	- オブジェクトを③次的に移動させて大量データを表示 - 多次元属性データを2次元、3次元空間のイメージマップとして提示 - オブジェクトをグループ化して関係を提示	非物理世界モデル		
	操作状況の提示	作業履歴の提示	インタフェースレイ		

表 2.3.4-10 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「感性工房」－拡張可能なマルチメディア DB システムのコンポーネント構成

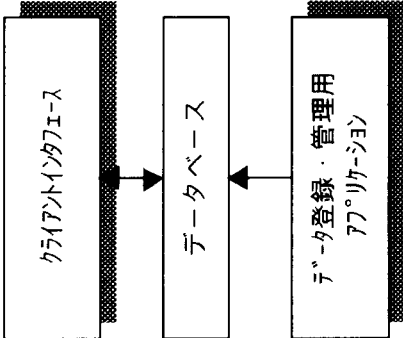
マルチメディア DB システム構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
 <pre> graph LR A[クライアントインタフェース] --> B[データベース] C[データ登録・管理用アプリケーション] --> B </pre>	クライアントインタフェース	様々なアルゴリズムを組み込むこととの出来る柔軟なユーザーインタフェース構築環境	インフラ		
	データ登録・管理用アプリケーション	感性検索に必要な各種情報の自動作成	インフラ		

表 2.3.4-11 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「都市環境HIM」サブシステム構成

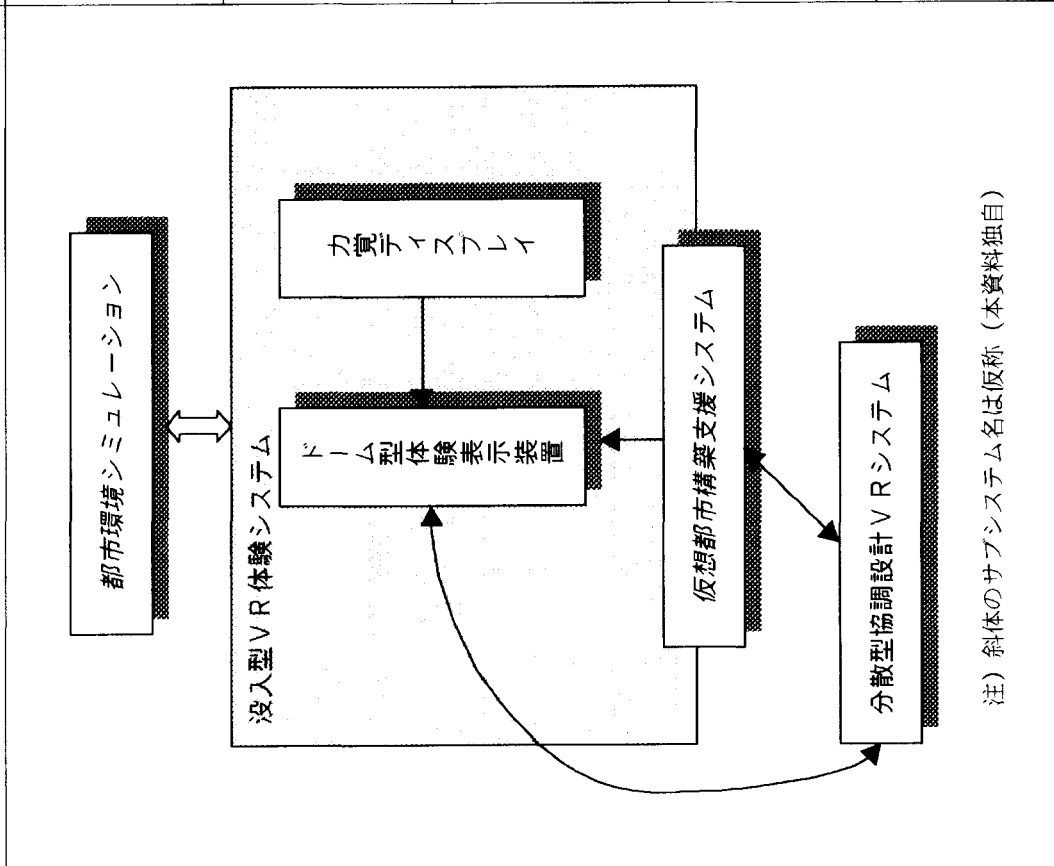
全体システム構成図	サブシステム名	機能説明
 注) 斜体のサブシステム名は仮称（本資料独自）	ドーム型体験表示装置	- 没入型VR空間の表示システム - 没入感を高め、かつ立体映像の歪みを無くすために半球状のドーム型スクリーンを使用 - ドーム型スクリーンに表示する映像の歪み補正と映像と同期したマイク・イヤホンの制御機能が中心機能
	力覚ディスプレイ	- 仮想世界にある物体の形、硬さ、重さ、摩擦などを手指と腕にかかると感じさせる - ドーム型体験表示装置の中で、視覚空間を損なわないで力覚を表示
	仮想都市構築支援システム	3次元VR空間構築に関連するデータの生成、処理、合成等の機能を果たすシステム ①都市構造物のモデルデータの自動生成、②VRコンテンツDB構築・管理、③実写画像とCG画像の実時間合成、等の機能から構成される
	分散型協調設計VRシステム	- ネットワークを介して仮想空間を共有しながら、共同して都市設計を行うことが出来る - 共有データとローカルな編集結果の整合機能
	都市環境シミュレーション	- 没入型VR体験システムを利用して、都市環境評価のための体験シミュレーションを行う機能 - シミュレーションデータの生成と都市環境中での人間行動のリアルタイム算出機能から構成される

表 2.3.4-12 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「都市環境HM」ドーム型体験表示装置のコンポーネント構成

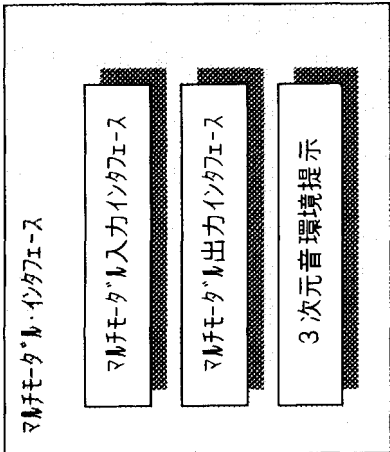
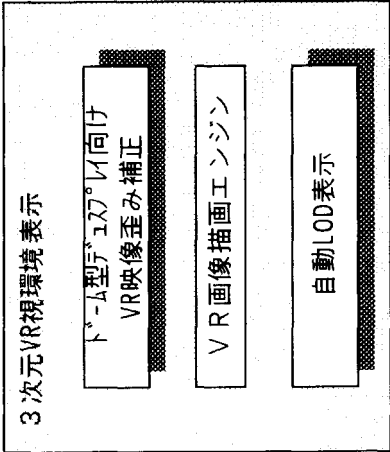
ドーム型体験表示装置構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
	自動LOD表示	表示する都市映像の精細度に応じて、自動的に最適なデータ量の映像データを表示する	インタフェースレイヤ		
	ドーム型ディスプレイ向け歪み補正	球面状のディスプレイに投射する際の映像の歪みを補正する	インタフェースレイヤ		
	3次元音環境提示	3次元音場の生成 3次元音響デバイスドライバ	一方向型物理世界モデル		
	マルチメディア出力インタフェース	- 力覚ディスプレイとの同期 (ドライバ) - 揺動装置との同期 (ドライバ)	双方型物理世界モデル		
	マルチメディア入力インタフェース	- 音声認識機構 - レイアウト 3次元入力デバイスとの同期 (ドライバ)	双方型物理世界モデル		

表 2.3.4-13 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「都市環境HM」－力覚ディスプレイのコンポーネント構成

力覚ディスプレイ構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
<pre> graph LR subgraph T [トーム型体験表示装置] M[マルチタッチ・インタフェース] end subgraph F [力覚ディスプレイ] P[位置計測] FFB[力覚提示] end M --> P M --> FFB </pre>	位置計測	ロータリーエンコーダーで糸の長さを測定し、3次元空間中での手指の位置を測定	インタフェースレイヤ		
	力覚提示	行動から決まる力を、糸に張力を与えて力覚を表示	双方向型物理世界モデル		

表 2.3.4-14 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「都市環境HM」－仮想都市構築支援システムのコンポーネント構成

仮想都市構築支援システム構成図	コンポーネント名	機能説明	参照ファイルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
<pre> graph TD A[実写画像からの3次元モデル再構築] --> B[VRコンテンツデータベース構築] B --> C[VRコンテンツデータベースアクセス] C --> D[実写画像の実時間合成] D --> E[ドーム型体験表示装置] </pre>	実写画像からの3次元モデル再構築	既存街区の実写画像からのCGモデル構築の自動化	インフラ		- 画像補正 - 特徴領域抽出 - ワイヤフレーム復元 3次元モデル化
	実写画像へのCG映像の実時間合成	実写画像の特徴点からカメラパラメータを復元し、これを基に実時間でCG画像を生成し、矛盾なく実写画像と合成	インタフェースレイ		- マーカー位置獲得 - CG合成
	VRコンテンツデータベース構築	都市空間データの効率的構築	インフラ		- 異種DB間フォーマット変換 3次元構造データ多重スケール化 3次元構造データリンク - オブジェクト属性データ管理 - マルチメディアデータ管理
	VRコンテンツデータベース	表示する都市空間の精細度に応じた都市空間データの出力	データレイヤ		- 異種DB間フォーマット変換 - 自動LOD展開

表 2.3.4-15 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「都市環境HM」－分散型協調設計 VR システムのコンポーネント構成

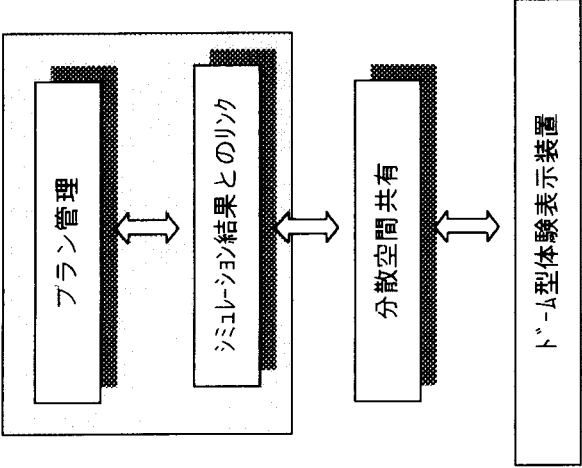
分散型協調設計 VR システム構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
	分散協調空間 共有	• CORBA ベースリアルタイム通信によりネットワークを介して整合的に作業空間を共有	世界モデル管理		
	プラン管理	• 作業空間での編集データの整合	世界モデル管理		
	シミュレーション結果とのリンク	• シミュレーションシステムとの I/O	インタフェース		

表 2.3.4.16 開発ソフトウェアのコンポーネント化例：「都市環境HM」－都市環境シミュレーションシステムのコンポーネント構成

都市環境シミュレーションシステム構成図	コンポーネント名	機能説明	参照モデルとの対応	対応ソフトウェア コンポーネント	備考
	リアルタイム人間行動算出	・ ジュレーションデータを基にした多人数の人間の行動の算出	双方向型物理世界モデル		

2.3.5. シンポジウムの開催

「ヒューマンメディアの研究開発」の平成10年度までの対外的成果報告と、今後の研究開発に向けて、産学官の方々との情報交換・交流を行うことを目的にヒューマンメディアシンポジウムを開催した。実施内容は、以下の通りである。

1. テーマ

「見て、聞いて、触って、感じてください。」

2. 開催機関

(主催)

財団法人イメージ情報科学研究所

財団法人日本産業技術振興協会

(後援予定)

通商産業省工業技術院

新エネルギー・産業技術総合開発機構

3. 開催内容

1) 開催日

平成11年3月12日(金) 13:00～19:00

2) 開催場所

東京ファッションタウン 9階906会議室・2階500ホール
〒135-8071 東京都江東区有明3丁目1番

3) 参加人数 338人

4) プログラム

13:30～15:15

(第1部) ヒューマンメディアの研究開発成果発表

溝口理一郎(大阪大学 産業科学研究所 教授)

・「次世代プラント用ヒューマンインタフェースの研究開発」

加藤俊一(電子技術総合研究所 ヒューマンメディアラボリーダ・中央大学教授)

・「感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発」

竹村治雄(奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 助教授)

・「都市環境ヒューマンメディアの研究開発」

15:15～17:30

(第2部) ヒューマンメディア研究開発成果展示デモンストレーション

・「次世代プラント用ヒューマンインタフェースの研究開発」

—石油プラント高度情報化システム技術研究開発—

＜展示デモ概要＞

- ・石油精製プラント運転支援用インタフェースエージェント。
 - ・3次元VRによる石油精製プラント状態表示。
 - ・石油精製プラント運転に必要な機能、物理的モデル等を記述したオントロジーと運転員にとって違和感のない、フレンドリーなメッセージ生成。
 - ・石油精製プラントの異常状態表示、異常原因の絞り込み、対応操作候補の導出と結果の表示。
 - ・分散協調機構による石油精製プラント運転情報の処理、提示。
- ・「感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発」

＜展示デモ概要＞

総合デモ：

- ・ヒューマンメディアルームのプロトタイプを利用して、工業デザイナーが、家具の感性的なデザインとオフィスのコーディネートを効率的に進める様子を実演。

個別技術デモ：

- ・カラーイラストなどをキーとした例示画検索の可能な画像データベース。
- ・イメージ語をキーに、利用者の主観的な感性にマッチした絵画や写真などの画像を検索する画像データベース。
- ・利用者の主観的な感性にマッチした家具などの3次元物体を検索する物体データベース。
- ・人間の視覚特性を感性的に強化する高精度画像提示技術。
- ・ヒューマンメディアシステム向きのマルチメディアデータベースとそのユーザインタフェース。

・「都市環境ヒューマンメディアの研究開発」

＜展示デモ概要＞

- ・ドーム型仮想空間体験装置（大阪）への通信回線接続によるバーチャルビジット。
- ・スーパーコンピュータを用いたCADモデルデータに基づく建物周辺の風環境予測。
- ・都市環境の景観評価のための実写画像と3次元モデルの実時間合成および画像からの3次元モデル自動復元。
- ・仮想都市におけるドアの開閉操作等のテンションベースによる力覚提示

2.3.6. 画像の感性検索技術開発のために必要なデータ調査・収集

(1) 実験概要

被験者として予備実験：約45名、本実験：約230名を対象に、画像の印象に関する感性語SD法アンケートと、類似画像選択アンケート調査を実施し、因子分析および分散分析を行った。

(2) 分析結果

予備実験の感性語アンケートでは社会人と学生では有為差はないことが分かった。

本実験では、社会人と学生で有意差は認められなかった。男女差も特に認められなかった。また、アンケートの回答場所が影響していないことも分かった。

本実験では、アンケート回答者の人数が多かったことから、因子分析の結果として予備実験よりも、単純構造が明確となったといえる。

平面的／立体的に対しては平面的にとらえる人が多い。写真に対して平面図だと答えている感じがあるので、因子自体の見直しということも考えられる。

アンケートの感性語には古風なことばが多いので年令差が出にくいのかもしれない。今風のことばがあると学生と社会人で差が出るのかもしれない。

今風のことばは、この感性語の組み合わせに集約できると思われる。

3. 目標に照らした達成状況

3.1. 感性エージェントとヒューマンメディアデータベースの研究開発

3.1.1. はじめに

平成10年度の特記すべき事項として、現時点で開発途中の要素技術・システム化技術の一部を統合して、統合システムのプレプロトタイピングを行ったことが挙げられる。これにより、感性的な情報とマルチメディアコンテンツを含むデータベースを利用した工業デザイン支援システムの実現イメージを具体化し、また、本研究開発で実現すべき各要素技術の要件を分析・具体化した。(H10 年度補正予算分)

工業デザイナーによる予備的な試用評価を受けながら、個々の要素技術や検索機能の統合の仕方、また、利用者へのインタフェースの提供の仕方を検討した。また、工業デザイン支援システム「感性工房」の産業的なニーズを明らかにした。

多様なマルチメディアコンテンツに対する感性のモデル化技術を中心に、これをシステム化するための知識メディア技術、高機能なユーザインタフェースを提供するための仮想メディア技術を融合し、次世代のマルチメディアデータベースシステムにつながる基盤技術の開発が順調に進んでいる。

3.1.2. 感性エージェントの基礎技術の研究

データベースシステムのための知的かつ感性的なインタフェースを実現するメカニズムとして、複数のエージェントを利用した複合コンテンツ検索技術、及び、感性モデル構築・利用技術の研究を進めた。

平成9年度および10年度までで、利用者が単一のインタフェースを操作するだけで、複数のデータベースサーバーを統合的に利用できるような統合検索サービスの技術を開発した。インタフェースエージェントが、インターネット上の複数のデータベースシステムや検索エンジンの所在とその論理構造の違いを踏まえて、利用者からの検索質問を適切な形式に変換し、各データベースシステムや検索エンジンに発信する。これらからの表記形式の異なる回答を、内容レベルで統合整理して、利用者に回答する。これにより、利用者は、単一のインタフェースを操作するだけで、インターネット上の複数のサーチエンジンから、各サーバーのコンテンツ・内部仕様の違いを意識することなく統合的にコンテンツを検索できるようになった。このような技術の実証システムとして、インターネット上の図書購入システム Maxwell のプロトタイピングをした。これらの成果は、国際的にも注目され数十のサイトにダウンロードされて試用されている。

また、感性モデル構築・利用システム(K-DIME)として、ユーザインタフェース上でのグラフィックな操作を通して、風景写真などの自然画像に対する利用者の主観的な知覚過程の特徴(例:色彩特徴とイメージ語の対応関係)を半自動的にモデル化するマルチエージェントメカニズムを開発し、プロトタイピングした。

3.1.3. 感性モデル化の基礎技術の研究

プロジェクト開始以来、画像・3次元物体を対象に、「画像や物体の物理的客観的な特徴と、これを見た人間の主観的な評価との間の統計的な相関関係」に注目し、人間の初期視覚を模擬した特徴抽出法、部分的・断片的な教示からその人の主観的な評価の特性を推定する技術、相関関係を利用した感性検索法などの基本的な枠組みを考案した。

これにより、新たなコンテンツを対象に内容検索（例示検索・類似検索・感性検索）が可能なマルチメディアデータベースを構築するための、一般的枠組みが明らかになった。これらの成果は、国際的にも感性データベースの先駆的な研究として認識されている。

平成9年度の成果を受け、平成10年度は、対象を3次元物体に拡張して、例示検索・類似検索のアルゴリズム開発を進めた。物体を対象にした例示検索の要件を分析し、多面体近似した物体の頂点密度に注目した特徴量と、特徴空間上でのユークリッド距離を利用した例示検索法を考案した。これにより、種々雑多に集められた物体データからなるデータベースに対しても、自動的に例示検索機能を実現できるようになった。またこのメカニズムは、物体の外見的な特徴から自動的に分類（例：イス、ソファ、机、テーブルなど）するので、データベースを分割し、検索時間を高速化するうえでも有効である。同時に、類似度学習のために代表的なサンプルを自動的に抽出する手法としても利用できる。

個々の利用者が持つ主観的な類似度の基準を学習し類似検索に利用するために、代表的なサンプルの対に類似度を教示するためのインタフェースを試作すると共に、主成分分析・多次元尺度法を応用した主観的な類似度の学習法を考案した。これは、個々の利用者が、3次元物体のどの部分に注目して類似性を判断しているかをモデル化するものである。種々雑多に集められた物体データからなるデータベースに対しても、（教示の部分を除いて）自動的に類似検索機能を実現できるようになった。

3.1.4. 画像の感性検索技術

平成 10 年度は、例示画像検索の精度及び速度の向上を主に行い、特に検索精度の面で飛躍的な成果を得た。これにより大規模な画像データベースに対しても十分な性能を保てる事を立証した。また、例示画像検索の対象を静止画だけでなく動画に拡張しても問題無い事を確かめた。

イメージ語による画像検索を行うためのイメージ語の定量化に着手した。

さらに、画像をリアルタイムに検索する技術に関して基礎的な調査を経て汎用性のある感性画像検索インターフェースを定義し、それに基づきリアルタイム感性検索システムの試作を行った。これにより感性検索技術の有用性を実証し実用化を加速した。

3.1.4.1. 感性画像特徴量のモデル化

「形状」「色彩」がそれぞれ個別に視覚刺激となる場合の感性的知覚と、その主要な要因となった物理特徴量（従来、画像特徴量または感性特徴量と呼んでいた値）の対応関係の分析をさらに進め、「形状」「色彩」が同時に視覚刺激となる場合の感性的知覚における複合要因を分析し、より多様で複雑な対象に対する物理特徴量の抽出法、感性のモデル化技術を研究した。

本研究は、画像の感性検索技術のコアの部分に相当する。この技術が画像を感性的に捉えて特徴量として定量化する事により、他の画像や言葉と結び付ける事が可能となる。

3.1.4.2. 画像の感性特徴部の抽出および特徴部によるマッチング技術開発

上記の物理特徴量により、カラー図面・図案等の複雑な対象に対する、主観的・感性的な類似尺度等を数量的・客観的に評価することを検討した。この評価尺度を利用した感性マッチング技術により、例示検索の精度向上を達成した。

本技術は、データベース内から似た画像を検索する為の技術である。本技術が最終的な画像検索の精度を決定する。また、特徴量を最適化する事により、従来と比較して大量のコンテンツ内から高速に検索する技術の基礎を確立した。

3.1.4.3. イメージ語（感性語）と画像特徴量の相互変換検討

イメージ語（テキストで記述）とカラー図面・図案等の画像（物理特徴量で記述）の相関関係を分析する検討準備を行った。この技術の完成により、イメージ語から、その感性表現にマッチする画像の性質を推定したり、画像からその画像を主観的に解釈した記述を推定するなどを可能となる。これは、主観的な自然言語表現から、それにマッチした画像を検索する基礎となる技術である。

本技術は、自然語レベルに近い言葉数を用いたイメージ語による画像検索を実現する中で、言葉と画像を結び付ける重要な部分に相当する。平成 10 年度では、使用する言葉を属性に分類し、属性上に言葉を設定する手法の検討を開始した。本試行は、言葉を属性上で定量化して扱う事が出来る技術であり、静止画像だけでなく動画や音

楽等の他のメディアと言葉を結び付ける事を容易に実現するための手法である。今回は 20 以上の属性を設定し、最終的には 200 語程度の言葉を定量化する計画である。この規模でのイメージ語辞書は従来例が無く、非常に画期的な試みと思われる。

3.1.4.4. 動画像への拡張と例示検索システムの試作

静止画を対象とした感性モデルの検討を踏まえ、動画像に対する感性モデルの妥当性を検証した。試作した静止画を対象とした例示検索システムに、動画像に対する感性モデル、および、動画像データベース技術を統合し、動画像の例示検索システムの試作を行った。

動画像に関しては、当初より静止画の連続として扱う事で対処可能と予測してきた。今回はその実証を行った。動画像から静止画を取り出す作業については従来から多数の研究が行われており、効率的な方法は現状においても研究・開発が続けられている。放送業界では映像のデジタル化に伴い、情報をリンクした画像のフォーマット（新 MPEG 規格）についても活発な議論されており、今後は製作者の意図した通りの画面切り出しが可能になると思われる。

今回開発した技術は、これらのコンテンツを効率的に利用する事が可能になる。画像間を結び付ける事により、新たなリンク関係を構築し映像コンテンツの有効利用を促進できる。また、映像に対する情報付加作業の自動化を促進するため映像のフィルタ代わりに使用することで、容易に従来のタグ情報を参照し、人手による作業を軽減する事が可能になる。

3.1.4.5. 画像のリアルタイム感性検索技術の基礎調査

目標は、現在世の中で使用されている画像管理システムや画像検索技術に関して広く調査を行い使用者のニーズを把握しリアルタイム感性検索システムの機能仕様を決定することである。

これに対し、画像検索アプリケーションを分類し「サーバ向きアプリケーション」「個人向きアプリケーション」の2種類を考慮し、どちらにも対応可能なリアルタイム画像検索システム仕様を定義することが出来た。また、本システム機能仕様を元に 2.1.4.6 および 2.1.4.7 を実行することができた。

本成果の意義は、非常に広範なアプリケーションに利用できる画像検索システム仕様を定義できたことである。本システム仕様は数百万画像といった超弩級のデータベースや小規模アプリケーションに的を絞ったものではなく、両者の中間を実現しようとするものである。

具体化には、最大 10 万～100 万画像程度までを現実的な資源で扱え、かつ、1 万点程度の小規模データベース時に非常に効率が良いシステムである。また、実行形態はアプリケーション上の一モジュールとして、また、ネットワーク上のサーバとして両者を透過的に利用できる仕様を提言した。

この提言の元、画像検索ライブラリ仕様の決定、ライブラリの実装、サンプルアプリ

ケーションの作成を行い、実用性を確かめる事が出来た。

3.1.4.6. 感性画像検索インタフェースの仕様の検討

目標は、様々な画像管理システムを調査し、それらに広く適合できる汎用的なインタフェースの仕様を決定する事である。

これに対し、画像管理システムで最も重要である高速性を保ちつつ、オプジェクト指向のよさを取り入れたクライアントを構築することができた。画像検索をアプリケーションに組み込みやすくするのはもちろんのこと、画像検索アルゴリズムを構築する際に有効な枠組みを提供するものである。

本成果の意義は、以下の理想的なインタフェースを実装できたことである。

非常に高速である。

特徴量を抽象化し多種の特徴量を実装できる枠組みを提供できた。

複数種の特徴量の組み合わせ方法を柔軟に指定できる。

オプジェクト指向導入によりメンテナンス性が良い。

これは既存の画像検索システムの内部構成を分析した成果である。画像というものを複数の特徴量の集合としてとらえ、その複数ある特徴量、各々の距離を組み合わせ画像の類似度とする。この画像検索での一般的な概念をオブジェクト指向という道具により具体化した。

ここで一番重要であるのが、検索の計算速度の確保である。いかに使いやすく美しく設計されていたとしても、速度が遅くは実用性があるとは言えない。この点、クライアントは速度と両立している。

上記のような、高速で利用しやすい画像検索クライアントのインタフェース仕様とその実装を行えたことにより、画像管理アプリケーションに簡易に画像検索機能を追加できるようになる。また、画像特徴量の研究者は低いコストで最新の研究成果を実用システムに実装することができる。

本クライアント利用により、より多くの画像検索アルゴリズムが実装され、より多くの画像検索アプリケーションが実装されることが期待される。その結果、画像検索方法に様々なバリエーションが実現されることが期待される。

3.1.4.7. 画像のリアルタイム感性検索システムの試作

目標は、感性画像検索インタフェース仕様に基づき、使用者の要求に応じて即座に検索結果を表示できるだけの高速性を持つと同時に汎用の画像内容を対象とする感性検索を可能とするシステムを試作する事である。

これに対し、大規模な画像データベースにおいても実用的な速度（15万画像/s～50万画像/s）で検索が可能である画像検索クライアントを作成することができた。さらに、アルゴリズムの調整により100万画像/sでの速度を得る見通しを得ている。また、本画像検索クライアントを用い、個人向け・サーバ向け2種類のアプリケーションを作成し、その有用性が確かめることができた。

本成果の意義を以下に挙げる。

- ・ 検索精度が高いレベルにありながら世界的に非常に高速な検索エンジンを実装することができた。
- ・ 10 万画像から 100 万画像というデータベース規模を実現できる。
- ・ 個人用途向けアプリケーションに利用できるよう省資源で動作できる。
- ・ WWW サーバ上での実証、個人向けアプリケーションのプロトタイプ作成を行い、実用性が確認されている。

最も重要な点は、例示画像検索が十分実用的に動作するようになったことである。近年デジタルスチルカメラなどの普及により大量の画像を個人でも扱うようになってきている。この現状に対して画像を検索する方法は現状では、キーワードをつけるような分類方法しか存在しない。本成果により、全く新しい画像検索方法を提供するものとして有望である。

今回の成果ではある画像に対して類似する画像を検索する方法しか提供しないが、類似画像検索技術を基本にし、もっと複雑な画像検索手段を提供できる。さらに言えば複雑な検索はより高速な検索エンジンを必要とする。この観点から今回の成果、つまり、高速で汎用的な画像検索システムの実証、は極めて重要であるといえる。

3.1.5. 拡張可能なマルチメディアデータベースの構築

3.1.5.1. 主観的評価尺度のデータベースへの反映

考案したモデルに従って、感性 DBMS へ主観的評価尺度を反映可能であることは確認できた。ただし、今回利用した感性モデルは、外部で作成されたデータを登録・利用したのみである。次年度以降は、アルゴリズムの統合度を高め、感性モデル生成の元データとなる学習データを含めて管理し、アプリケーションの利用結果等を踏まえて、モデルを動的に、より適切に精緻化する仕組みを構築していく必要がある。これを実現するためには、感性モデルを生成するプログラムの統合に関する検証も必要である。また、感性モデルは時間とともに変化するわけだが、ユーザに意識させることなく管理・蓄積し、任意の時点における感性モデルを抽出可能とする必要がある。DBMS 内部で管理されるこれらのデータは、そのままでは単なるデータの羅列に過ぎないため、有効なデータの抽出手法を検討しなければならない。

上記のように感性モデルを取扱うためのアルゴリズムが統合されると、ユーザの利用結果などのフィードバックの適用制御や、変化するモデルの時間管理など、データベース内部における管理プログラムに関する検討も必要となり、次年度以降の課題である。

昨今、消費者の感性の動向をとらえる努力を行い、的確に現在の感性をおさえ、さらに一歩先の感性を読んだ戦略を立てる企業の成功事例が注目されている。例えばアパレル業界などにおいては、売れ筋商品の分析に加えて、店頭で顧客が手に取る品の分析等、消費者感性の把握のためにあらゆる手段を検討しているという。このような背景の中、感性に関わる研究の重要性が増すことは必須であり、感性をモデル化して蓄積する仕組みを構築しておくこと、そのための基盤を提供することは重要である。感性検索の標準モデルを定めて基盤を提供することは、感性検索を構成する各種の技術・研究成果の融合を図りながら感性に関わる研究を促進することが一つには期待される。

体系的に整理されたデータベースとして一人ひとりの感性モデルを管理しておくことは、年代や趣向、場合によっては地域による「グループ感性」として全体的な傾向を探ることが可能となる。

また、時間的に変化する感性モデルを管理しておくことは、過去から現在への感性の変化の傾向を見ること、さらには未来の感性を推測することを可能とする。ある分野における感性モデルを他分野へ適用することにより、最適とは言えないまでも、当該分野におけるユーザニーズの傾向をあるレベルで推測することも可能となるであろう。

3.1.5.2. マルチメディア対応データ型・メソッドの実装

本プロトタイプシステムでは、提案したモデルの検証を主眼とし、統合する感性応用プログラムの仕組みを念頭に置いて、データ構造、メソッドの共通インタフェースを、各検索アルゴリズムごとに作成した。これによりモデルの妥当性は検証でき、そ

れに従ったデータ型・メソッドも実装した。

しかし、汎用的かつ実用的な感性応用システム構築基盤とするためには、コンテンツやアルゴリズムの種別によらず、同種のデータ型、処理は共通化していく必要があり、次年度以降の課題である。

これらが実現されると、感性検索システムの実現が容易となるのはもちろんのこと、他の感性検索システムのアルゴリズムの一部分を自分用に適用するなど、試行錯誤的な試みも可能となる。各々の研究成果をデータベースに統合して行くことにより、個々人で感性検索のすべてを研究開発しなくとも、特定部分に注力し、その他の部分は他者の成果を適用することが可能となり、感性に関わる研究が促進されることが期待される。個人のプロフィールや感性に基づくマーケティングは注目を集めており、本研究成果の適用することにより、より有効なマーケティングが可能になるものと考えられる。

3.1.5.3. マルチメディア内容検索インタフェースの作成

各種感性応用プログラムを統合し、通常のキーワード検索などに加え、イメージ語検索、類似検索を可能とする、共通のマルチメディア内容検索インタフェースを定義・動作確認した。ユーザインタフェースからの要求を検索制御部で受けつけ、適切なアルゴリズムを起動し、アルゴリズムは DB アクセス管理モジュール経由でデータベースから必要なデータを取得して感性検索を実現する、という一連の流れを実現することができた。統合したすべての検索アルゴリズムの動作が確認でき、我々の提案する感性 DBMS が感性応用システムの構築基盤へとなりうることを確認した。

各種の感性検索アルゴリズムをエンジンとして統合した DBMS に、この共通インタフェース（API）を付加して提供することにより、本年度は工業デザインにおけるデザイナー支援システムを実現した。近年、コンピュータの普及により個人レベルでも大量のマルチメディアコンテンツを取扱うようになっており、これら膨大なマルチメディアコンテンツを管理する場面等にも適用可能と考えられる。

3.1.6. マルチメディアデータベースの多次元インタフェース技術

3.1.6.1. 検索結果表示・提示機能（インタフェース）の実装

従来型の検索結果の羅列ではなく、検索結果に含まれる感性条件とユーザデータを仮想空間を用いて多次元的に提示する検索結果提示技法を実現した。仮想空間を用いて、検索結果を動的に表示、提示することで、感性検索で生じ得る多数の検索結果の認識、把握することについての有効性を確認することが出来た。この点については、協力者の工業デザイナーからも好評であった。一方検索結果をマウスクリックで取捨選択する操作については、操作が難しいという指摘を受けた。これは動作マシン（PC）の描画等の負荷が大きく、マウスクリック等への反応が時間遅れが発生してしまう点が一番の要因であった。PC の性能については年々向上しているため、現段階では負荷が大きく操作性が悪いものでも、PC の性能向上に従って、レスポンスが向上することが期待できる。

また仮想空間内の移動については、使い慣れない者にとっては、難しくストレスのたまるものである。視点を移動させるよりも、見られる物の方を自動的に動かすという点は、これらを解決することが可能となった。

今後は検索結果の、移動方向、行列数、大きさ、同時に表示する個数、最適な視点の位置、方向等を実験的に検証し、比較・評価していくことが必要である。ただ、全ての組み合わせを試すわけにもいかないため、ある程度ユーザに選択肢を与えカスタマイズできるスタイルが一般的であると考えられる。

デジタルカメラ等の急速な普及につれて、個人用・家庭用の画像データベースのニーズは非常に大きくなりつつある。本研究の成果は、このような画像データベースの表示方法に対しても新しい方向性を示すものであり、よりユーザフレンドリーな操作環境を実現する基礎となるものといえる。

3.1.6.2. 検索条件指定機能（インタフェース）の実装

感性 DB の感性データを対象とした VR 型インタフェース（GUI に感性的な特徴を入れた）初めての例である。感性検索条件を視覚的に理解できる検索技法として、従来のキーワード型検索とは異なる、イメージ語をシンボライズした全く新しい感性条件検索を実現した。

検索条件の指定機能については、イメージ語を直接アイコンにし、重み付けを大きさと色とで表現することにより、誰にでも直感的に思った通りの操作性を提供することを実現できた。これについては目的通りのものを達成することが出来た。今後は、イメージ語の個人毎の利用頻度に応じた並べ替え等の学習機能等についてさらに研究を進めていく必要がある。

インターネットにおいて、検索エンジンは非常に多く利用されるものであるが、現状では単純なキーワード検索にとどまっており、必ずしもユーザにとって使いやすいものとはなっていない。キーワードの検索条件の指定に関して本研究の成果であるワードごとの重み付けのユーザインタフェースを適用していくことにより、感性モデル

を使わない既存のインターネット検索エンジンのインタフェースとしても活用していくことが考えられる。

3.1.6.3. 感性工房におけるインタフェース管理

感性的なデータを感性的なメカニズムを用いて入力、検索、提示、操作するための基本的なインタフェース要件を明らかにすることが出来た。

今回は、工業デザインのプロセスを念頭におきオフィスインテリアのコーディネーションを題材として、プロトタイプシステムを実装した。そのため、想定した手順以外での利用に関しては大きな制約が出ている点については今後検討の必要がある。

工業デザインの過程においては、試行錯誤や、コンセプト決定までの思考過程の記録なども重要である。そのため、検索履歴やユーザによる取捨選択の過程も容易に振り返れる機能の必要性が指摘された。単に検索、表示するだけでなく、デザインの思考のプロセスを総合的に支援する感性応用アプリケーションが期待されている。

これらの評価をもとに、感性データベースのユーザインタフェースのあり方についてさらに研究を進めるために、以下を今後の研究課題として検討している。

- ①より簡便な操作性の実現
- ②表示対象コンテンツの種類拡大
- ③デザインプロセスを支援するための機能の拡張
- ④感性 DBMS に格納されている感性モデルの可視化
- ⑤ユーザに徐々に適合していく学習機能
- ⑥ユーザ操作履歴の可視化と履歴分析支援機能

今後、感性応用アプリケーションを実際に産業に適用していく際には、上記の課題に取り組んでいくことが必要となる。これらが実現できれば、実用的な感性応用アプリケーションのデザイン業務等への適用が実現できると考えられる。

3.1.7.視覚感性のモデル化技術

「視覚感性のモデル化技術」の具体的な目標は以下の通りである。

(a)テクスチャ画像を対象として、人間の主観的印象と画像特徴の関係を明確化する。

(b)イメージ語をキーとして、テクスチャ画像を検索する技術を開発する。

(a)に関しては、テクスチャ画像から取り出した特徴量と心理の対応付けを行い、主観的印象と画像特徴の対応付けを行った。また、その対応付けをベースとしてテクスチャ画像の感性検索システムを開発した。

(b)に関しては、イメージ語と画像特徴との関係を統計的にモデル化して感性検索を実現した。

したがって、本年度の目標は達成できた。

テクスチャ画像は、住宅の内装、ゲームソフトの画像、プレゼン資料の背景画像等広い用途が想定され、実用的応用が考えられる。

3.1.8. フルカラー画像の高精度提示技術

「フルカラー画像の高精度提示技術」の具体的な目標は以下の通りである。

- (a)コンテンツを高精度にデジタル化してデータベースに取り込むための技術を開発する。
- (b)微細な変化や微妙な違いを正確に知覚できるためのコンテンツ提示技術を開発する。

平成9年度までに開発した初期視覚（側抑制と順応）の数理モデルをベースに利用し、さらに色彩情報処理の生理学的知見を基に、明度だけでなく色調のコントラストをも改善するアルゴリズムを開発した。これにより、1フレーム分の遅れのみで、入力画像に対して自動的・適応的に、ほぼ最適に、画像中の至るところのコントラストを改善する技術を開発した。従来の画像処理技術に比して、全体の色調を維持したまま、画像中の明部・暗部での視認性が大幅に向上した画像を生成できるようになった。したがって、本年度の目標は達成できた。

本年度の成果は、想定したマルチメディアコンテンツの提示以外にも、産業モニタリングや、ロボットビジョン、或いは携帯端末・携帯電話機等のローコスト提示デバイスなどへの応用が考えられる。

3.2. 都市環境ヒューマンメディアの研究開発

3.2.1. はじめに

都市環境ヒューマンメディアの研究開発としては、開発は順調であり以下個別の要素技術の項で述べられているように初期の開発目標は達成されていると考えられる。個別の成果の産業への波及効果は、それぞれへの項目で述べられているとおりである。

本プロジェクトを通して、都市環境の分散協調設計評価の実現に必要なおおよその要素技術は開発できたと考えられるが、実用化に向けてさらに要素技術の改良と精緻化が若干必用である。しかし、計算機の高性能化が現状のペースで推移すれば、数年の内に高性能パーソナルコンピュータを用いても本研究の成果に基づく都市環境の分散協調設計と疑似体験が可能になると考えられる。

また、ネットワーク結合による協調設計や市民参加型の都市環境評価システムとしても、本研究の成果は実用化が可能である。しかし、このような用途に向けてのシステムの構築には通信インフラの整備促進は欠かせない。現状では、本研究が想定するような数百 kbps 超の常時インターネット接続は、我が国では北米の 10 倍以上のコストを要する。このため、通信コストの低価格化の後に、本システムを市民参加型都市設計システムや市民参加型の意志決定システムへと応用を広げることが可能となる。

以上の点を視野に入れた、実用化へ向けての更なる諸要素技術の精緻化については次年度以降積極的に取り組む予定である。

3.2.2. 仮想都市構築支援マルチモーダル・プレゼンテーション・システム

3.2.2.1. 多人数・分散マルチモーダル・プレゼンテーション技術の開発

複数人数で実世界と同等の視野角とスケール感を有した高解像度の立体映像に取り囲まれた体験を可能にするという目的をほぼ実現した。

目標が達成されなかった項目として、サーバのクラスタリング機能の組み込みがあげられるが、この要因としてはサーバ能力に対して負荷が過大であるときに実効があるため、本開発では技術確立にとどめている。

3.2.2.2. 都市環境設計支援技術の開発

多人数がプラン共有による同時設計及び、センサー情報や視点情報等の共有を可能にするという目的に対して、ネットワーク結合された仮想メディア環境や同時に多人数が参加できる協調設計環境を実現した。

設計プランの管理を行い、多人数のプラン共有による同時設計を可能にするという目的に対して、複数人による協調設計を支援する複合的かつ即時的な設計データの永続的管理機構を実現し、さらに多重スケールの形状データ、音、画像等のマルチメディアデータを統一的に管理し提供するデータベースシステムを実現した。

3.2.2.3. 人間の行動モデルに基づく複数仮想人間の災害空間体験評価機能の開発

仮想都市空間における災害時の避難行動をより高い臨場感を持って体験できるようにするという目的に対して、火災時の煙が拡散する環境や災害時の環境について、仮想空間内においてシミュレーションデータに基づいた複数の仮想人間の行動を含めて表示し、その中でより体験的・直感的に避難性状を評価できる環境を開発し、目標をほぼ実現した。

3.2.2.4. 防災シミュレーション用データ等を分散環境下で統合管理するデータベース機能の開発

防災シミュレーションに用いる形状データベースと表示用データをネットワーク分散環境下で統合管理するデータベース機能を開発するという目的に対して、形状データ・イメージデータ・画像データ・仮想人間データを作成し、統合管理するデータベース機能を実現した。

3.2.2.5. 各種画像・映像データと三次元データを統合表示する技術の開発

火災など災害発生仮想空間の表現として高い臨場感を実現するために、イメージやビデオ画像などのマルチメディア素材を利用可能にするという目的に対して、画像・映像データを使用して、火災時における煙の拡散シミュレーション結果に基づき、煙の移動方向・濃度・色などの情報から、より臨場感の高い煙及び炎の表現を実現できる機能を開発した。

3.2.3. 仮想都市のアメニティ評価技術

当初の計画通り、対象地域の風環境や地下街火災の状況をコンピュータによりシミュレーションを行い、これらの結果及び建物形状データ等を VR 上に効果的に表示した。これらの表示と体験用シナリオを通して、都市環境の快適性や安全性が総合的に評価できるようになり、十分目標に到達できた。

3.2.3.1. 風環境要素技術の開発

各項目の達成度を以下に示す。

1) 風環境シミュレーション

プレゼンテーションを目的とした CAD データから、CFD（計算流体力学）用解析格子を半自動的に生成し効率的にシミュレーションを行った。

- 風環境シミュレーションデータの蓄積やシミュレーションで得られた風向風速値の表示手法等の開発により、素人でも風の強弱や風向きを視覚的に分かり易く体験し評価ができるようにした。

3.2.3.2. 防災要素技術の開発

1) 地下街 CAD データの作成

- 一般的な地下街を対象とした建築・設備を考慮し、実寸大規模の設計を行った。

2) 火災拡大にともなう煙拡散シミュレーションプログラムの開発

- 地下街の迷路のような形状に対応可能とした煙拡散シミュレーションプログラムを開発するとともに、シミュレーションから得られた結果を反映した煙濃度、速度を VR 空間上で表現する手法を開発した。
- 出火店舗の条件（可燃物量・質、空間形状）に応じた火炎形状を算定するシミュレーションを開発した。

3) 広域避難シミュレーションプログラムの開発

- 避難シミュレーションでは、2000 人を対象としたシミュレーションプログラムの開発を行った。地下街建物データや煙拡散・避難シミュレーション結果を VR 空間上に統合することにより、日常時の体験だけでなく実際の空間では体験不可能な火災現象を体験し評価できるようにした。

4) 体験シナリオの開発

- 地下街体験シミュレータの活用法の一例として日常時の地下街と、店舗のシャッターが閉じて周辺の状況が一変した火災時の地下街の状況が比較体験できるようなシナリオを作成した。

3.2.4. 実写画像からの三次元データの自動生成技術

3.2.4.1. 街区ビデオ画像とCG画像の合成

成果概要

- リアルタイム撮影パラメータ推定を利用して、CCD カメラで撮影される実写画像と同じ透視投影によるCG画像を生成するプログラムを開発した。
- 前項により生成されるCG画像と、実写画像をコンピュータ上で合成し、表示するプログラムを開発した。
- 合成表示されたものをHMD装置に表示することで、既存建物とCGによる計画建築物との景観を評価できるシステムを模型によりシミュレーションした。

目標達成の状況

- あらかじめ特徴点としてマーカーを配置した状態でCCDカメラの撮影パラメータを実時間で推定するという目的を達成した。
- CG画像と実写画像を合成してHMDに表示することで実環境の画像中に計画建築物を合成表示して景観評価を行う基本アルゴリズムを開発した。

今後の展開

特徴点をあらかじめ与えた状態でのカメラパラメータ推定は可能である。また、実環境から自動的に特徴点を見つけてトラッキングしパラメータ推定に利用する方法を今後実現する必要があるが、これは比較的容易に実現可能であると考えられる。しかし、屋外環境での自然特徴点の利用は日照条件などすべてを考慮することは難しく、画像による処理を基本とする限りは限界が存在することも予想される。

CG画像と実写画像を用いた景観評価はデスクトップ上での動作確認を実施したが、屋外環境での動作確認は使用機材が大きく屋外に持ち出せないために実現されていない、今後これらを小型計算機上に実装し屋外での実験を実施するよていであるが計算機の実力の制約により、画像合成が影響を受ける可能性もある。

3.2.4.2. ステレオ静止画像からの3次元構造データの抽出

成果概要

- 複数の静止画像を屋外でGPSとジャイロセンサを用いて位置、方位データを取りながら撮影し、この画像から屋外構造物の3次元構造を生成するアルゴリズムを開発した。
- 構造データ復元のために、画像のK平均アルゴリズムを用いた領域分割プログラムを開発した。
- 構造データ復元のために、エッジステレオによる奥行き推定プログラムを開発した。

- 領域分割と奥行き推定を組み合わせるロバスト統計による面推定を行い、3次元構造データを生成するプログラムを開発した。

目標達成の状況

GPS およびジャイロセンサを用いて、正しい撮影位置と方向が計測でき、かつ撮影された対象が用いた領域分割手法で正しく分割できる場合、人手を介せずに3次元構造データを生成するための、基礎部分を構築した。このステレオペアからの最適な統合については、次年度以降の課題として残されている。

今後の展開

屋外環境の3次元構造データの生成は、従来レーザレンジファインダを用いた能動計測か、人手を介する実写画像からの構造復元によるものが多い。本開発アルゴリズムは、K平均法による領域分割に対しての面推定にロバスト統計を用い、その他の手法と組み合わせることで安定した面の推定を狙ったものであり、実写画像からの3次元構造が低コストで復元できれば数々の応用が考えられる。今後は、汎用的な3次元モデルとして、VRML形式の3次元モデルを出力するようにアルゴリズムを改良する予定である。また、より複雑な構造の建築物に対して実験を行い、開発したアルゴリズムの問題点を明らかにし改良を図る予定である。

3.2.5. VR 体験インタフェース技術

等身大の仮想環境において使用するために、力覚提示インタフェース装置の性能を上げるための研究を行い、動的な仮想世界における力覚提示を映像と連動させる際の違和感を減少し、また装置の特性による位置測定の誤差を減少させるアルゴリズムを開発した。これらの研究により、等身大仮想環境での力覚提示インタフェースの開発を行い、十分に目標に到達できた。

3.2.5.1. 視覚情報と力覚情報の融合提示手法の研究開発

仮想世界での視覚情報と力覚情報との更新周期の違いから生じる問題を解決するために、視覚提示プロセスと力覚提示プロセスとの間の通信に、位置情報だけでなく力積の情報も含めることによって、違和感の少ない力覚提示のできるシステムを構築することができた。

3.2.5.2. 仮想空間における操作性向上手法の研究開発

糸の張力を利用した力覚提示インタフェースにおいて、モータで糸を巻き取って張力を発生させるため、モータによる巻き取り速度が手の位置の移動速度よりも遅い場合に生じる、糸の弛みによる位置計測の誤差の影響を減少させ、操作性を向上するための、位置計測アルゴリズムの研究を行い、手の加速度の情報を利用して誤差を減らし、操作のしやすい仮想環境を構築することができた。

3.2.6. 少人数向け仮想実感簡易表示システム

仮想体験を多くの地域で可能にする少人数向け仮想現実感簡易表示システムを開発するという目標は、広視野で立体感のある映像を体験できる小型で安価なシステムを開発することで達成された。

3.3. 総合調査研究

3.3.1. 研究推進に係わる技術検討・調整

各研究プロジェクトへのヒアリングを基に、ヒューマンメディア参照モデルの作成および各プロジェクトの問題点等の検討を行い、ほぼ目標を達成できた。

3.3.2. 成果公開のための検討

ヒューマンメディア参照モデルを基に、インターネット上で稼働するヒューマンメディアシステムコンポーネントブラウザの検討を行い、基本設計までを完了し、目標を達成した。

3.3.3. 各プロジェクトの開発システムのコンポーネント化

各研究プロジェクトへのヒアリングを基に、開発システムの開発物をコンポーネント化した。また、ヒューマンメディア参照モデルの考え方に沿って、整理した。ほぼ目標を達成できた。

3.3.4. シンポジウムの開催

平成11年3月12日にシンポジウムを開催し、目標を達成した。

3.3.5. 画像の感性検索技術開発のために必要なデータ調査・収集

アンケートの調査結果は、オムロンで開発中のイメージ語による感性画像検索の開発用データとして、イメージ語と画像を結び付ける感性モデル開発に活用する。本開発は平成10年度報告書の「2.2.5.3. イメージ語（感性語）と画像特徴量の相互変換検討」を継承して平成11及び12年度に行われる感性モデルの開発・精度向上及び客観評価のためのデータとして活用する。

4. 海外の技術動向調査

4.1. オムロン

テーマ：画像検索を中心としたヒューマンメディア関連技術の取り組みに関する
視察

調査員：太田俊二、岩岡俊行、小林秀行、奥村成吾

4.1.1. 調査の概要

ヒューマンメディアプロジェクトの平成 10 年度及び平成 10 年度補正予算の調査費を使用して、以下に示す国際会議、ワークショップ、大学、研究機関に感性情報処理、特に画像検索関連の技術動向調査を行った。

期日	会議名／大学名	参加者
1998/6/21-7/1	イギリス大学訪問	小林
1998/6/22/-6/23	ICMCS98	太田
1998/7/21-7/22	Stanford Univ., CSLI	太田、小林
1998/7/28-7/30	AAAI98	太田、小林
1998/7/31	MIT, Media Labo.	太田、小林
1999/6/1	Delft Univ.	小林
1999/6/2-6/4	VISUAL99	小林
1999/6/2-6/4	SOC099	岩岡
1999/6/2-6/4	GI99	太田
1999/6/7-11	ICMCS99	太田、岩岡、小林
1999/6/14-16	ISD99	岩岡
1999/6/28-7/1	CICST99	岩岡
1999/7/4-7/8	CSCC99	岩岡
1999/9/13-9/15	IEEE MSP99	岩岡
1999/9/22-9/25	ICCV99	小林、奥村

4.1.2. 調査の詳細

各調査の詳細を示す。

4.1.2.1. イギリス大学訪問

日時：98 年 6 月 20 日-7 月 1 日

6/22 ニューキャッスル大・Dr. A.C.Hurlbert 訪問(色彩と形状分類の認知学習)

6/23 エジンバラ大・Prof. David Lee 訪問(ロボット視覚)
6/24 ダービー大・Prof. S.A.R. Scrivener 訪問(画像DB)
6/25 ロンドン大・Prof. John Long 訪問(システムの評価)
6/26 インペリアル大・Dr. E. Pollitzer 訪問(認知学習プロジェクト)
6/29 王立美術大・Mr. Boris Mueller(画像収集エージェント)
聖マーチン美術学校・Mr. Richard Doust(美術デザイン)

◆目的：

英国大学での感性画像検索に関する技術の調査

◆結果：

インペリアル大では、類似画像検索システムについて非常に興味を持ってもらえた。システムを使える形で提供して欲しいとの申し入れもあった。今後どのような学術的共同研究が行えるのかを検討し、ヒューマンメディアプロジェクト自体と調整を行い、可能であれば交流を進める。

ニューキャッスル大学の Dr. A.C. Hurlbert は、持参してデモを行った画像検索システムに興味を持って頂けた。博士の対象はあくまで人間の視覚であるが、コンピュータに関しても詳しい。今後、我々の疑問に対して、適切な助言を与えて頂けると思われる。ダービー大学のイメージング&カラー研究所は、色の分野では突出した技術力を有している。又、使用機材も豊富である。ただし、非常に限られた分野での技術で感性と直接結び付けるのは難しい。今回、アポが取れなかったが、マルチメディア・イメージを研究されている Prof. Lindsay MacDonald の研究などについて今後、調査する。

心理系のエジンバラ大学と美術系の王立美術大及び聖マーチン美術大学からは、工学とは異なる視点の助言を得ることができたが、現状の技術では目標が高すぎると思われる。彼らの視点は人間に置かれているので当然かもしれないが、即技術導入には無理がある。ただし、異なる視点からの助言として、研究の節目で意見を求めることは有効と思われる。

○ニューキャッスル大・Anya Hurlbert 博士訪問

日時：98年6月23日

場所：ニューキャッスル大・メディカルスクール

メディカルスクールでは、工学者と自然科学者が中心となり、医学関連の研究が行われている。今回訪問した Hurlbert 博士の研究室も混成チームが組まれている。Hurlbert 博士は、MIT で PhD を取得され、現在は自然科学者よりの立場から人の視覚特に色の知覚について積極的な研究活動をされている。英国では色に関しての研究

が活発で、研究所や委員会活動も盛んに行われている。

感性情報処理の取り組みに関する説明と現状の画像検索システムのデモを行った。博士からは非常に興味深いとの感想を頂いた。また、色の研究者の立場から様々な助言を頂いた。

表色系としては MacLead-Boyton の表色系が人の知覚に近いとの情報を得た。この表色系は、客観的な実験結果からも評価されており、システムに採用する際の裏付けがある点で検討に値する。

人の色知覚の一致に関する研究成果の一部を見せて頂いた。実験では、人の知覚は色のスペクトラムが最も大きな要因となり、自然光やタングステン灯下では、色としては別であるが、人には同じものとして知覚される結果を示されている。

人は色に関して学習を繰り返すことにより、区別に関する精度が向上する。また、色だけでなく、その色が持つ形状を考慮している。これは、非常に興味深い結果で、図形アルファベット仮説などと密接な関係があるように思える。人の印象に大きな影響を与える形状が分かれば、構図テンプレートの精度を向上させることが可能になる。

○エジンバラ大学 David Lee 教授訪問

日時：98 年 6 月 23 日

場所：エジンバラ大学 心理学部

エジンバラ大学はスコットランドの首都であるエジンバラの旧市街を中心にキャンパスが点在する。今回は心理学部を訪ねたが、他に感性及びヒューマンメディアに関係すると思われる学部が存在する。電総研などを通じて今後アクセスが可能である。

David Lee 教授は、絵画について人の視覚の働きを研究されている。開発中の感性画像検索システムについても心理学の立場から、かなり厳しい意見を頂いた。

まず、絵画の持つ動きについて意見を頂いた。人は絵画から流れに相当する動きを読み取っている。これは、対象を把握した後関知されることもある。我々の使用している構図テンプレートのうち、同心円と放射状パターンは動きの検知に関連している。(水平及び垂直パターンは重力と関係する)これ以外に生物の持つ曲線も一種の動きの表現であり、人はこの流れに敏感であるとの指摘を受けた。

この問題を解決するには、現在のパターンだけでなく、曲線を関知するような特徴量が必要である。

次にテクスチャの問題を指摘された。この世のすべてのものはテクスチャの要素を持っている。したがって、テクスチャは画像にとって非常に重要な要因である。動きや流れの知覚にも一部関連していると思われる。この問題は、凸版印刷が研究中の技術を導入する予定であるが、非常に難しい問題であるので、予備として独自の方法も

検討する必要がある。

最後に、テクスチャや絵画要素の繰り返しや結合など複数存在する場合の問題である。絵画などは特に作者の意図により、異なる要素を含んでいることが多い。たとえばこれにより対象と背景を分割することができる。画像を把握するにはこの混合要素を理解する必要があるとの指摘を受けた。

上記の問題は、非常に難しい課題であり、現状のシステムでは対応できない。ただし、教授の観点は非常に高度な人の判断を基準にしており、目標としては高すぎるとも考えられる。心理学の分野で上記の問題に明確な回答が得られればシステムへのインプリメントも可能であるが、現在まだその段階ではない。

○ダービー大学 Stephen A.R. Scrivener 教授訪問

日時：98年6月24日

場所：ダービー大学 イメージ&カラー研究所

ロンドンから列車で2時間弱の距離にあるダービー大学のイメージ&カラー研究所のディレクター・Stephen A.R. Scrivener 教授を訪問した。本研究所はデザイン研究所を前身に持つ研究所で、デザイン特に色について、心理学的なアプローチを中心に研究を行っている。このような研究所は、ヨーロッパでもかなり珍しく、研究所の目的にはこの分野での世界一を目指すと記述されている。

画像検索については非常に興味を示され、特に感性特徴量について様々な質問を受けた。画像中の感性とは何かについて説明を求められた。

こちらの画像検索データベースに対する情報として、彼らの開発した画像DBのインターフェースに関するデモを見せて頂いた。目的としては、人が思い浮かべる曖昧なイメージで画像の検索を可能にするインターフェースの開発である。

カップの白黒写真画像を題材として、約20のパラメータ(形状、模様、ハンドルの位置など)により最も近いイメージを検索する。形状の類似計算等は不明であったため論文を入手して確認するが、おそらく、特別な方法は使用されていないと思われる。

本インターフェースは画像検索システムにも応用可能と思われる。

キーイメージではなくスケッチからの検索に特に有効と思われる。

色のコミュニケーションの研究として、光をコントロールした色の表示法に関する説明を受けた。離れた場所で同じ色を見ることは非常に大変で、見本の送付するような場合でも記事などでは色褪せの問題が発生する。そこで、離れた場所でも同時に同じ色を確認するシステムが必要とされている。本システムは企業の要請で開発されたらしく、完成度も高い。

彼らの研究対象は色を中心としているが、我々の感性特徴量が参考にできる情報が多い。色に関する助言等をお願いして快い承諾を得た。

色を感知するセンサー等はDTP等の分野で今後重要となる可能性が高い。日本企業(富士フイルムやソニー)等と共同の研究もおこなわれているらしい。

○ロンドン大学 John Long 教授訪問

日時：98年6月25日

場所：ロンドン大学(UCL) HCI

昨年の12月に訪問した際に、提案のあった学生の課題として画像検索システムの評価が可能かどうかの確認を中心議題として、臨時セミナーの形で7人のスタッフに集まって頂いて感性情報処理の取り組みとシステムのデモを行った。

感性に関する質問が多く、我々の感性に関する考えを聞かれた。現状の感性特徴量という用語が混乱を与えたようにも思うシステムに関しては大変興味深いとのコメントを得た。

もう一点、エレクトリック・コマースの関係で、言葉の感性特徴量についても同様の課題を抱えているとの説明を受けた。本件に関しては、担当者にメールベースで確認をとるが、現状でもUCLでは有効な方法が得られていないと思われる。

○インペリアル大学 Elizabeth Pollitzer 博士訪問

日時：98年6月26日

場所：インペリアル大学コンピュータ学科

今回のイギリスの大学訪問は、昨年の12月訪問時に情報を得たJCIプロジェクト(イギリスでの認知に関する共同プロジェクト)参加の研究者を中心として計画し、多種に渡る有用な情報を得ることができた。今回の訪問では我々の調査・研究の進捗を報告すると共に前回見せることができなかった画像検索のデモを行った。

デモは、Elizabeth Pollitzer 博士を含め同じ部門の3名に対して行った。画像検索の結果に関しては、シンプルな手法を使用しているが、非常に良い検索結果を得ているとの評価を頂いた。

論文やシステムについてインペリアル大に残せるものは無いかとの相談を受けた。アプローチやシステムについて大学側で協力可能かを検討したいとの意向があった。我々のシステムはヒューマンメディアプロジェクトに帰属しているため独断で提供することはできないが、学術的な共同研究は可能と考えている。グループリーダーの電総研・加藤先生を通じて交渉して頂くようお願いした。

画像検索に関しては、ウエストミンスター大学との共同で大英博物館の所蔵品に関するコンテンツや出版に使用する写真などを用いて画像データベースを構築中のSYSTEM SIMULATION LTD という企業の情報を得た。どのようなシステムを構築

しているのか Web 等を通じて調査を行う。

デザイン分野のアプリケーションとしては、毎年行われるショーで 2-3 年先のトレンドを予測するデザインが発表されている。そのコンセプトはイメージや言葉等を組み合わせたものである。感性画像検索システムはこの分野の支援に非常に有効であるとの助言を得た。既存のデザインから適切なものを検索できれば、デザインの発想や今後のデザイン支援に非常に有効と思われる。

○王立美術大学訪問

日時：98 年 6 月 29 日

場所：王立美術大学

ロイヤルアルバートホールとインペリアル大学の隣に位置する王立美術大学は様々な分野からデザインや美術の取り組みを行っている。訪問時、学生作品展示会が行われており、見る機会を得た。インダストリーデザインなどは、特に完成度が高く感じられた。コンピュータ部門もあり、Web で常時撮影画像を送信する装置を応用した作品や音楽を好みに合わせて合成するような作品が展示されていた。ただし、これらはアート指向が強く、商業ベースとは少々違いが感じられた。

今回訪問したのは、Boris Mueller 氏で現在大学院生である。彼は、Web 上のイメージを検索するエージェントを研究課題として選んでおり、我々のシステムにも非常に興味を持ってくれた。彼のシステムは、キーワードに関連する Web サイトをサーチエンジンで検索し、そのページのイメージのみを取り出して、コラージュ風に表示するシステムで、こちらが注視しない限り可能な限りイメージを表示し続ける。重なったグラフィックは透けて表示されるなど、コラージュ風に表示するインターフェースが非常に新鮮である。彼は、使いやすさと美しさを両立するためと説明した。現在の検索結果は全く手を加えていないため、結果はキーワードによって大きく変化する。現状のシステムをフィルターとして使用することによりアイコンなどのイメージを省いたり、ある程度イメージを収集した後、グルーピングにより、同じ傾向のものが多く結果を表示したりすることが出来ると思われる。

もう一人、ここで教鞭をとる Richard Doust 氏も訪問した。彼は聖マーチン美術校でも教師として所属している。かれは、美術デザインが専門なので、特に我々の構図テンプレート(画像の感性特徴量のひとつ)について、質問してみた。我々の手法は非常に面白く、類似画像の検索結果も良いとの評価を受けた。しかし、テンプレートの数を増やすことによって全ての画像に対応させることは、非常に難しく、もし行うのなら画像によって分割数等を変化させるモデルが必要となるだろうとの見解を得た。人や車などの型にまで発展させる方が人に近いのではと言われたが、この手法は画像認知が関係し、現状の技術では解決が難しい。また、絵画は時代によって構図に

決まったルールがあり、このルールをインプリメント出来れば美術作品の年代を特定することができるとも言われた。もちろん近代美術などこのルールに当てはまらないものも多い。

4.1.2.2. ICMCS98

98/6/22/-98/6/23 IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, Austin, Texas, USA

- Interactive Image Retrieval by Color Distributions

(C.Colombo, Univ of Brescia, Italy)

色と形状による画像検索。画像からクラスタリングにより矩形状の小領域を抽出し、小領域内の色ヒストグラム同志を比較する。同時に小領域の形状も比較し、2つの比較結果を重み付き平均して総合類似度を決定する。我々の方式に近いやりかただが、小領域の抽出方法の詳細は不明。約200枚の自然画像を対象とした結果が示されたが、画像全体の色ヒストグラムによる方式と比較してかなりの精度向上が得られたとしている。

- Multiple Inverted Array Structure for Similar Image Retrieval

(N.Taniguchi and M.Yamamuro, NTT Japan)

大量の画像データのn次元の特徴量空間上で近接しているデータを高速に検索するために、空間をある範囲毎に区切ったアレイ毎に近似量計算をあらかじめテーブルとして保持しておき、検索候補をテーブル参照で大幅に絞り込んでから実際の計算を行う。特徴量そのものが何かはこの発表ではなく「例えば色ヒストグラム」という説明のみであった。NTTでは実際に類似判定も含めた「ExSight」という類似検索システムを試作開発中とのこと。

- Multi-Mode Indices for Effective Image Retrieval in Multimedia

Systems (C.H.Cha and C.W.Chung, Tongmyong Univ, Korea)

画像の視覚特徴量や意味特徴量やキーワードを検索する際、検索空間をリニアに探索するのではなく、空間を網羅する多次元ヒルベルト曲線上の1次元インデックスにより検索する。空間上で隣接しているデータはヒルベルト曲線上でも隣接している確率が高いので高速に検索できる。特徴量そのものが何かの説明はなかった。

- Computer Analysis of TV Spots: The Semiotics Perspective

(M.Caliani, et al, Univ of Firenze, Italy)

TV CM の分類。Semiotics (記号論) 的なアプローチが特徴。比較的感性に近いアプローチ。時間軸方向の分析から Cuts, Dissolve, Rhythm などの特徴量を抽出し空間軸方向の分析から Color, Lines を抽出する。それらを総合してシーンを

Practical, Playful, Utopic, Critical の4種に分類する。結果のビデオを示されたが、今ひとつうまくいっていない印象。

・ Automatic Image Structure Analysis

(A.W Wardhani and R.Gonzales, Griffith Univ, Australia)

画像からの物体領域抽出方式。意味よりも知覚面に重点を置いたアプローチ。発表者は、「画像理解方式と統計的方式の中間アプローチ」と言っていたが、結果を見る限り他の同種の研究と比べて際立ったものは無かった。知覚特徴の計算に Sarnoff 研究所の JND の方式を援用していた。

・ MIDI Encoder Prototype for Windows95

(T.Modegi, Dai Nippon printing Co., Japan)

論文発表ではなくデモ展示。音楽から MIDI データを自動生成するシステム。他の同種製品と違って、音楽に限らずあらゆる音響からノイズを除去したメロディ部分を抽出して多声の MIDI データ/楽譜を抽出できる。波の音や鳥の鳴き声から抽出した MIDI データを再生していたが、結構きれいな音楽になっていた。また人の声を MIDI 化して再生すると聞き取り可能なレベルまで再生できる。音声圧縮や音声認識への応用も検討中とのこと。

Stanford Univ., CSLI

98/7/21-98/7/22 Stanford University Computer Science Prof. Wiederhold

Center for Study of Language and Information (CSLI)

・ CS Prof. Wiederhold

-wavelet 変換を用いた画像検索。我々と同様に画像認識によらない検索アプローチで、wavelet を用いているため高周波から低周波までの広い周波数成分を対象とする。超低周波部分だけに着目している我々のアプローチに比べて細かい模様（高周波成分）に強いアプローチと言える。逆にアルゴリズムの働きを直感的に理解しにくいため、試行錯誤的改善が困難という弱点もある。

-X軸とY軸方向の低周波成分(粗いイメージ)から高周波成分(細かい繰り返しイメージ)を取り出して比較を行っている。画像の詳細を把握する(認識)が目的ではない。将来的には、医療用の画像の検索に用いる事を想定しているようだが、現状ではそのレベルに達していないと判断される。デモは IBM の QBIC システムの画像を用いたデータベース。結果は良い物をピックアップされていると思われるが、人の感覚に近い良い検索結果であった。

-ウェーブレット変換を主に用いた、画像検索技術。数万件のデータに対してもかなり高速に動作していること、テキスト検索に強いこと、色や形の特徴量を逐次処理するアルゴリズムが有効。

・ CSLI Dr.BJ Fogg - Persuasive Technology - <http://www.captology.org>

-コンセプト的には、「人にわかりやすいインターフェース」とでも呼ぶべき技術。ただし、数ヶ月前に始まったばかりということもあり、内容的に完成しているものではなく、概念のプレゼンが中心の説明であった。「人にわかりやすい(Persuasive)」という絞り込みはユニークで面白いが実際の応用が分散してしまい個々の応用が小粒になってしまうところに課題がある。

-Persuasion と Computer の接点が Captology であるとのコンセプトでアプリケーションを中心とした技術開発を行っている。Computer 以外の言葉になじみは無いが、人の教育・学習に使用する次世代コンピュータ機器の開発と思われる。のアプリケーションは、教育、健康など非常に幅広い範囲をカバーする。一例を挙げると、

・ Baby Think It Over:赤ちゃんと同様の大きさの人形で、内部にコンピュータを内蔵し、人の赤ちゃんが泣くのと同様の感覚で音を発生し、人はその音を所定の手順で止める事により、育児の大変さを体験することができる。

・ 5A Day Adventure:いろいろな野菜に合わせた歌や踊りをマルチメディアで再現し、野菜に対する親近感を深めるソフトらしい。詳細は不明。

・ Tetrix VR Bike:室内での運動用自転車の前方に設置したスクリーンに風景を投影することで、エクササイズの効果を上昇させる。

・ Smell like Bedtime:目覚まし時計の逆転の発想で、理想の就寝時間に音楽や香りなどの環境をコントロールして、眠気を誘発する機器。個人的には非常に面白いと思った。

・ Net Smart Copy Machine:例えば両面コピーを行うことで、1週間、1ヶ月でどれほどの紙を節約することができるか等の情報をユーザーに提供し、資源の節約や環境保護への意識を高める。アプリケーションは Tool(例えば常時心拍を測定する機器)と Medium(例えば飲酒体験を行うゲームソフト)と Social Actor(例えば上記の 5A Day Adventure)などの3つのカテゴリーに分類することができる。技術的な革新度は低かったが、実際のアプリケーションを想定した開発には非常に面白味を感じた。それぞれのアプリの完成度も高いものである。ただし、カバーする内容があまりにも広すぎて、技術の焦点が合わせにくい。

・ CSLI Dr.Doug Danforth - Project Sage

-音声認識は対話(dialogue)の中で定義される、というスタンスでのアプローチ。ただし、対話を実現するうえでの要素技術の完成度にバラツキがあり、CGによるリアルな表情を持つ顔面表示の素晴らしさに比べて音声認識部分の完成度が低く、実際に対話をデモすることができなかった。

-マン・マシン・コミュニケーションの実現として、人の顔を持つアバター技術(Sage)の開発を行っている。PC上で動作するが、その顔(変更可能で、作者の顔が最も表情豊からしい)の動きは非常にスムーズで、RWCや東大での同様の研究成果

より数段上の技術力を感じた。ただし、本プロジェクトの目的は、人の声を認識してその中から必要な情報を取り出し(Word Spotting 技術)、的確な回答を行うロジックにある。その部分については、音声認識部の開発に手間取っている印象を受けた。

・ CSLI Prof. Stanley Peters - Computational Semantics Laboratory

-我々のデモに関しては非常に好意的。我々が今後開発する言葉と画像特徴量のリンクに関して、言葉のリストをどのように設定するかが鍵との助言。言葉のリストがすなわち「感性」の内容となるからである。また、個人の主観の違いをどのように扱うかが重要である。これらに関して我々も仮説を基にシステム開発を行っているが、段階的に裏付けを取り理論を構築する。

4.1.2.3. AAI98

1998/7/28~1998/7/30 15th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI98) Monona Terrace, Madison, Wisconsin, USA

・3日間のデモ発表を通じて約150名のブース来訪者があり、80部の Brief Paper と20部の Full Paper の配布を行った。AI 関連分野の幅広い研究者と意見交換を行うことができ多に触発された。

・来訪者から多く聞かれた意見・アドバイス：

- ・アルゴリズムのシンプルさに比して検索精度が高い
- ・構図テンプレートに使用するパターンを心理学にもっと研究すべき
- ・個人差をどう表現し吸収するのか。

感性とは何か、感情も含むのか。

・類似の研究に関する情報

Northwestern Univ. SME <http://www.qrg.nwu.edu>

Univ. of Buffalo

Columbia Univ.

RWC(Real World Computing PJ)の動画検索システムでも、類似画像の検索を行っているが、評価方法については確立していないとのこと。検索結果の評価値を判断基準として使用している点が興味深い。

・NASA Ames Research Center が Human Centerd Computer として展示を行っていた。将来的には人の感情を把握したいらしいが、現状では人が睡眠中であるかを脳波によって判断する程度で、まだまだ先の技術との位置づけだった。

4.1.2.4. MIT, Media Labo.

1998/7/31 The Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology

・Electronic Ink and Electronic Paper - Prof. Joseph Jacobson

-将来の紙メディアの代替を目指す研究。リプリント可能な紙状の表示デバイスを作成する技術。コストは通常の紙の3-4枚分を目標。将来的には服などの模様や重ね合わせて3次元状の表示も視野にある。カラー化が現状の課題。エコロジーの面からも非常に興味深い。また、紙状のメディアは今後もかなりの分野で使用されると思われるので、その時に非常に有効である。本という概念を大きく変えることができる技術かもしれない。

-発電素子からの電気信号によって、表示を変えることができるインク。以下のような用途に使える。1K程度のメモリ/IDタグ/靴や時計のデザイン/複数回印刷できるプリント用紙、プリント用紙としては-20度から85度の範囲で1000万回程度の使用にも耐え、通常の紙の3-4倍のコストに押さえられる。2年後の実用化を目指している。

・Affective Color - Dr. Walter Bender

-マンセルやパントーンなど既成の表色方式の欠点を克服して新しい表色方式を作る研究。カラーデザイン研究所と同様に人間の感覚との関連を重視し心理実験により色空間を構成している。単に色と感覚とを関連付けるだけでなく新しい色システムを目指している点でカラーデザイン研究所より進んでいる。

-彼らは心理実験を通して、人が感じる色の影響を研究している。色の心理的順序の解明や色の組み合わせによる心理的な相違の研究がある。この研究は感性情報と非常に密接な関係がある。特に色間の距離を測るに当たり、色の順序把握は基本的な技術である。彼らの論文等を入手し、現状の我々の研究に関わる部分について情報交換を行う予定である。

-学生を対象に心理テストを行うことにより、新しいカラーオーダーモデルを構築している。パントーン等のモデルでは人間の知覚にそわなかったり抜けがあったりした点を、経験的な情報を加えることでより自然なモデルをつくっている。色の組み合わせを見せるデモでは、4つの個性分類別に、色の組み合わせの感性を表現していた。

・Object-Based Media - Dr. Stefan Agamanolis

-多人数同時参加のTV会議で発言者へ注目する人間の特性を自動的に反映する技術。実写の画像の人物を切出して使用する点でアバタによるアプローチと異なる。発言者が持つ赤いボールの動きでシステムへのコマンドを実現するアイデアは面白い。また別の技術として、ハイパーテキストの動画版の技術もある。ドラマの中の物体をポイントするとその物体の属性や値段などが表示される。

-テレビ会議等の人物を一つの画面に同時に表示し、発言しているときはより前面に、発言していないときは徐々に透明化していくような表示を実現したデモや、テレビドラマ内で映るインテリアやアクセサリーなどをポイントすることでそのものの名前と値段を表示するデモを見せて頂いた。技術的には現状レベルのものを組み合わ

せてデモ化しているスタイルで、すぐにでも実用化できそうである。後者はTVショッピングなどで良く聞くアイデアの具現化と言える。

・Video Characterization - Dr.Giri Iyengar

-動画の分類・検索技術。shape,motion,color,texture のヒストグラムで動画を検索する。motion の検出は圧縮に使われる motion vector を流用する。それぞれの特徴量の結合は単純な幾何平均。我々の研究に近いがレベルはそれほど高くなく我々と同様の課題で悩んでいる模様。

-映像・画像の分類の研究。現状の我々の画像検索システム技術と近い。色・テクスチャ等によって画像を自動的に6種類ぐらいに分類する。類似画像検索に非常に近い。論文を入手し使用されている技術について把握する。我々の成果と組み合わせることにより成果を挙げることが可能と思われる。

・Bayesian Modeling of Video Editing and Structuring - Dr.Nuno Vasconcelos

-動画の分類技術。動画から close up, action,cloud,natural の4つの activity を抽出し、scene length と合わせて Romance/Commedy, Action の判別を行う。

-映画の宣伝フィルムをカットの長さで映像移動量によってアクション映画とコメディ映画等の区別を行うシステム。将来動画の検索が必要になった場合の技術として今後の研究動向を見る。

-コンテンツ、セマンティックベースの画像検索。あらかじめテクスチャ情報から空や岩を定義しておき、それぞれが含まれる絵を探すことができる。デモではうまくいく例を見せていたのか、ちょっと操作を間違えるととんでもない絵がでてくることもあった。また、ビデオの自動ジャンル選別技術もデモされた。各種特徴量から、アクションやロマンスなどのジャンル分けをする。現在は25種類程度のムービーをベースにしており、ある程度の成果がでていた。さらにムービー内のアクション、クローズアップ、群衆、自然風景などのシーンを検出するデモもしていた。詳細は以下のページから情報を入手し、特徴量などを検討する。

・Bodychat - Dr.Hannes Vilhjalmsson

-人間の無意識なボディランゲージをアバタに自動的に実行させる技術。仮想空間でアバタ同士がすれ違うとき、チラッと見たり、会話をしているとき会話の内容を簡単に意味理解して表情や身振り手振りを自動的に変える。(疑問文のときは尋ねるような表情とか、感嘆文のときは驚いた身振りとか)「人に優しい」インターフェースを実現する技術のひとつとも言える。

-仮想空間内の自分の分身が他の人に接触したとき、アバター自身が非常に人間に近い動き(目や手の動き)を自動的に行い相手への違和感を和らげる研究。また、こちらの送信するチャットの特定の言葉に対して表情を変化させる。感情と生理的動き(まばたきや呼吸)の中間に位置する会話に必要な動きを自動的に行うもの。非常に興

味深い。感性情報処理を考える上で考慮すべき技術である。将来の必要技術として情報収集を行う。

-アバター同士の会話において、簡単な指示で、人間に近い動作を行わせるための研究。対象を指示すると視線をその方向に向ける、距離に応じた挨拶の動作を行う、言葉を入力すると協調したい単語が頭上に表示されるなどの工夫がされている。

・Tangible Media - Dr.Paul Yarrin

-直接見学したデモは、あらゆる物体に小さな電子アクティブタグをつけることにより物体の状態や所在位置を電子的に常時把握することにより現実世界と仮想世界を連動させる技術。研究室全体としては仮想世界と現実世界の双方向の連動・連携を追求している。人間が直接接しているのは（当然ながら）現実世界であるので、現実世界を通じての操作や情報提供が人間にとって最も自然であるという考え方。

-触ることの出来るメディア開発が目標。現在仮想空間内で実現されているアイコンや他のものをもう一度触ることの出来るメディアで実現しようというコンセプト。感性情報処理との関連では、In Touch のような情報として電送しにくいものをものの動きとして伝達する部分に接点があると思われる。我々は、そこで伝達されているものの意味を解釈したいと思っている。

・Texture Image DB Retrieval - Prof.Rosalind W. Picard

-他の人の薦めで訪問したが、画像データベースの研究は現在行われていないらしく、今回は情報を得ることができなかった。論文等入手し、情報の入手をはかる。今は主に感情モデルの研究をされており、テクスチャ検索はやっていないとのこと。過去5年間に作成した成果を提供してもよいとのことなので、まずは論文などから調査し、必要な情報を得て、我々の弱点であるテクスチャ検索部分に活かしたい。

-新しい表現方法の研究。仮想空間のアイコンを組み合わせることにより音楽を演奏したり、動画表現可能な文字の表現指定に関する GUI の研究、ロゴマークのサンプルなど、内容的には作品に近く、コアの技術は何かは把握できなかった。

・Graphical Annotation - Dr.Henry Lieberman

-エージェントの研究。見学したデモは、動画の操作方法からマニュアル的な操作方法を把握するというもので、機械の構造把握と動作を比較的容易に抽出して、他の使用者に教えることができる映像エディタ。AI を用いたユーザーインターフェースとして興味深い。

-学習を中心にして、AI 技術をエージェントに応用している。ユーザの選択のプロファイルなどから、さまざまな指示などの提案を自動的に行う。デモでは、動画から操作マニュアルを半自動で作成する技術を見学した。動作が切り替わるシーンを2つ用意し、各オブジェクトをグルーピングしたりタグをつけたりすることで、自動的に操作ドキュメントを作成する。用途に応じてボキャブラリデータを変更することで他

の用途にも使える。

Butterfly: 会話から関連のある情報を見つける。

ExpertFinder: エージェントベースの知識検索。

Let's Browse: 身に付けたバッチの情報から使用者情報を読み取り、プロフィールデータを変更できるブラウザ。

Tele a Tele: Web ショッピングにおいて、交渉などが行えるシステム。

・ Visual Recognition of Human Movements - Dr.Yuri Ivanov

- 動画から画像の動きのエネルギーを推定し残像のように積算することにより動きを静的な 2 次元データとして抽出する。動きによる検索や動きの認識に使える。ただし、静画像として表された動きデータを一般的に解釈するところまでは行っておらず、同一シーンであらかじめ記録された特定の動きと比較して一致度を出すレベル。動きデータを一般化できれば応用が一気に広がると思われる。

・ 比較的簡単な動画マッチングを使用しており、低コストで実現できると思われる。ジェスチャーより大きな動きに適用可能と思われる。動画のマッチング技術に使用する特徴量として利用可能と思われる。

- デモでは人の動きをいくつかにテンプレート化し、使用者の動きとマッチした場合にアバターを動かしていた。ある程度限定された動きのなかでは有効で、子供用のアミューズメント用途などに向いている。

4.1.2.5. Delft Univ.

デルフト大訪問－工業デザイン工学科でのデモ発表

日時：99 年 6 月 1 日

場所：オランダ・デルフト大学

参加：J.M.Hennessey 教授以下約 10 名のスタッフ及び学生

◆目的：

感性情報処理に対する取り組みを説明し理解を深めて頂くと共に、技術開発の共通点を探る。

◆結果：

感性とは何に起因するのか、工学的に測れるものなのかが最大の関心事だった。デモを行った類似画像検索に対しても特徴量など技術的な質問が多かった。

今後の取り組みとして発表した感性語の取り組みも大きな関心があったが発表できる資料が少なく今回は簡単な説明に留めた。

商品の類似性を多方面から見る事の出来るインターフェースは非常に完成度が高

く、見方によれば店頭でモノを選ぶより楽しさがある程の完成度の高いものだった。オンラインショッピングや類似画像検索結果の表示方法など共通分野は多い。本デモは近日中に Web で公開との事。

◆詳細：

昨年度の HM プロジェクトのプロトタイプ開発でデザイナーの立場として中心的役割をしていただいた李さんが5月から約8ヶ月の予定で研究に参加されており、前日も感性に関する発表をされたばかりで研究室内で非常に関心が高かった。

デモ終了後の討論中に個人のテンプレートを用意して個人の意思を反映した類似画像検索システムが欲しいとのコメントが出た。

VRに関しても関心が高く、現在小型の CAVE を準備中との事。デザイナーの観点からどのような利用をされるのか興味深い。

4.1.2.6. VISUAL99

VISUAL99 第3回 画像情報機器国際会議 (Third Int. Conf. on Visual Info. Systems)

日時：99年6月2-4日

場所：オランダ・アムステルダム大学

◆目的：

感性情報処理技術開発に必要な画像技術に関する技術を調査・収集する。

◆結果：

約30の発表と2回のポスターセッションは、画像技術に関連した発表が多いが、発表内容は必ずしも最新情報とは限らずレベルも様々である。

その分他では見られない変わった取り組み内容も多く、情報収集の場としては非常に有効であった。

◆詳細：

特に興味深かったものを挙げる

- ・ Query processing and optimization for pictorial query trees
by Aya Soffer at Technion City, Israel

類似度を4つのカテゴリーに分類し、コンテンツの数により類似度の優先度を変更し、数の多い条件を最初に処理する。検索の際の特徴量の統合方法及び高速化の手段

として有効。

- **Error tolerant database for structured images**

by A.Ferro at Universita de Catania, Italy

画像を配置、色、対象、背景の4つのカテゴリーで分解し、ツリー構造的なモデル化を行う。これによりツリー構造を比較する事で類似画像の検索が可能となる。また、木構造であるので全探索を行う必要が無い。

- **Assessment of effectiveness of content based image retrieval systems**

by Alexander Dimai at Swiss Federal Institute of Technology, Zurich

類似画像検索の精度評価は、再現率・適合率を使用する事が多いが、この方法でも2つのシステムの優劣をつけることは非常に難しい。そこで、両者を参考にし容易に優劣を決定できる評価方法を提案する。

4.1.2.7. SOCO99

日時：99年6月2日-4日

場所：Starhotel President, Genova, Italy

目的：

感性情報処理におけるファジイ応用技術の調査

結果：

1) SOCO99はソフトコンピューティングに関する ICSC の学会。

参加人数は200人程度で、日本のファジイ学会のような雰囲気。

2) 例示画像検索の分野では日新しい発表はなかった（注目していた発表のうち4つがキャンセル）が、討論は活発により雰囲気で行われており、ファジイ・ニューロの応用技術発表の場として今後活用していけると感じた。

3) 画像検索での議論の中心は検索結果の評価手法。データベースが大規模になるほど問題が大きくなるがよい解決方法は提案されなかった。

詳細：

特に注目した発表は以下の通り。

A Video-based Surveillance System with Content-based Retrieval Capabilities for Railway Transport Application

E. Stringa, University of Genoa

例示画像検索を応用した列車交通監視システム。路線上に捨てられたオブジェクトを発見したり、シーンに応じてビデオデータをインデックス化することが目的。動体

検出によって危険状態を発見し、似たようなシーンをグループ化して事故原因を特定するのに利用する。例示画像検索の応用例として参考にしたい。

Vehicle Detection under Day and Night Illumination

R.Cucchiara, University of Modena

昼と夜で検出手法を切り替える交通監視システム。昼は動くオブジェクトをすべてとらえるが、夜はヘッドライト以外の反射などをすべて無視して動体検出している。

4.1.2.8. GI99

Graphic Interface '99, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada

- Composeable controllers for physically-based character animation

(Petros Faloutsos and Michael van de Panne, Univ. of Toronto)

CG 上で人間など物理世界の動きをアニメーション化する場合、現実世界の制約に応じて個々の動作を記述する必要がある。例えば人間の動作を記述するとき、走る動作と歩く動作でそれぞれ異なる記述が必要となる。それらの記述を共同で並列に進めるための汎用動作記述環境の提案。

- An illustration technique using intersections and skeletons

(Oliver Deussen et al, Otto-von-Guericke Univ. of Magdeburg)

手書きイラスト風の CG を自動生成する技術。単に輪郭をマンガ化するのではなく、明暗も含めた立体画を斜線の書き込みなどでリアルに生成する。書き込む斜線を物体の断面から自動決定することにより、人が書いたものに近い画が生成できる。

- An Evaluation of Display Lag Effects in Real-World Task Using

Video see-Through HMD (Haruo Takemura et al, Univ. of Toronto)

都市環境リーダの竹村先生の発表。ただし HMPJ とは別のテーマでの発表。透過型 HMD を装着して現実の物理世界に仮想物体を重ね合わせて何かの作業をする場合、仮想物体の表示の時間的遅れが作業能率にどれくらい影響を与えるかの研究。板の上でボールを転がすようなフィードバック型の作業では表示の遅れ時間にほぼ比例して作業能率が低下し、積み木を組むような静的な作業では表示遅れはほとんど能率に影響しないという結論。まだデータ収集の途中であるため、方法論の紹介的発表。

4.1.2.9. ICMCS99

ICMCS99 International Conference on Multimedia Computing and Systems

日時：99 年 6 月 7-11 日

場所：イタリア・フィレンツェ Centro Affari

◆目的：

マルチメディア機器全般に関する有用な情報収集を行う。

◆結果：

論文発表では画像を中心とした発表を聴取した。先に行われた Visual99 と重なる部分も多かったが、音やその他の五感を用いた発表にまで及んだ。

◆詳細：

発表においてとくに印象に残ったものを以下に挙げる。

- ・ PISARO: Perceptual Colour and Texture Queries using Stackble Mosaics
by M. Seaborn at Brunel Univ. , UK

画面を 3×3 のグリッドに分け、その部分部分に色やテクスチャを指定する事によってユーザーの目的とする画像を検索するシステム。色に関しても 11 色に減色した 2 次元のマップを用いて類似度を算出する。

- ・ Matching and Retrieval based on the Vocabulary and Grammar of color Patterns
by A. Mojislovic at Bell Laboratories, USA

本システムはいくつかの「単語」とそれらを統合する「文法」をもちいて画像を分類し比較を行う。「単語」は特徴量を意味し、「分布」はそれらの統合規則と考える事が出来る。

根本のアプローチは現行のものと非常に近い。ただし、文法はもう少し比較する際の手法について言及しており、その分階層構造などの概念が組み込まれている。こちら今後のシステムを考える上で非常に興味深い。

- ・ Integrating Image Matching and Classification Multimedia Retrieval on the Web
by K. Hirata at C&C Research Laboratory, USA

Web 上のサーチと銘打っているが、実際は類似画像検索システム。色彩の差による形状抽出を重視し、対象の大まかな形を複数のテンプレートによって検索する。テンプレートは複数組み合わせる事が出来、ユーザーの要求に近い検索を可能とする。

形状抽出が発表通り可能かどうかは疑問だが、テンプレートを組み合わせる検索手法は現在検討中の手法と近く参考になる。

• Multimodal Integration in the MUESLI Project

by G. E. Churcher at BT Laboratories, UK

会話形式＋タッチスクリーンの組み合わせでウォークスルー可能な仮想室内のカーテンやソファァーを選んで選択する事が出来る。昨年の感性工房のシステムをより洗練した形のシステムだった。最後の問い合わせが価格だった事は、オンラインショッピングの利用を考えての事だが、このようなシステムではそれぐらいしか応用が無いということかも知れない。

感性工房のデモには、さらに創造的な部分を強調する必要があると感じた。

4.1.2.10.ISD99

日時：99 年 6 月 14 日-16 日

場所：Radisson Eastland Hotel, Portland, Maine, USA

目的：

感性情報処理技術調査

結果：

1) ISD99 は画像検索やデータベースに関するワークショップ。

参加人数は 80 人程度で発表論文数は約 30 であった。

内容が絞られているだけあって論議はかなり活発に行われた。

2) 発表の中心は GIS（地域情報システム）関連。

我々に近い分野としては、GIS への意味ネットワークの導入等も発表されており、感性応用アプリケーションとしての可能性を検討していきたい。

詳細：

特に注目した発表は以下の通り。

Integrating GIS and Imagery through XML-Based Information Mediation

Amarnath Gupta, UC SanDiego and SanDiego State University, USA

XML を介して画像や文章といった異なるレベルのクエリーに対応した画像検索技術。

クエリーを要素単位で処理プログラムへ送る際の仲介プログラム(Mediator)が技術の中核。SanDiego 大学から URBANCHANGE というシステムが見れるとのことなので内容を確認する。

Computational Models for Assessing Geometric and Semantic Similarity

Max Egenhofer, University of Maine, USA

オブジェクト間の類似度を測る指標はいくつかあるが、そのうち空間上の位置関

係と意味の近さに関する研究。前者は画像をタイル状に区切り、オブジェクトの位置関係によって配置を記述する研究。後者は特徴量に意味を持たせて wordnet を用いて意味ネットワークを構築すれば検索がより簡単になるというもの。現状では形や色の意味まで踏み込んでおらず2つのオブジェクトの位置関係のみ。まだ入り口レベルであるが、我々のアプローチに近い部分もあるので成果のウォッチを続けたい。

On Ontology in Image Analysis

Thomas Bittner, TU Vienna, Austria

Fiat 境界という考えに基づいて、画像補完などの処理や物体の存在と位置関係の記述にオントロジーおよび認識論の考えを導入するというもの。私のオントロジーに対する知識が浅いため内容把握したといいがたいが、画像を違った観点からとらえた研究として興味深いと思う。今後他文献を参考にしながら理解を深めたい。

Digital Map Comparison using Spatial Reasoning

Anusha Malwate, UNSW, Australia

類似画像検索を応用した地図の自動アップデートシステム。計算量を減らすことを目的としている。画像に含まれるオブジェクトの中心からの距離と角度を特徴として画像の一致度を計算している。

4.1.2.11.CICST99

日時：99 年 6 月 28 日-7 月 1 日

場所：MonteCarlo Hotel, Lasvegas, NV, USA

目的：

感性情報処理技術調査

結果：

1) CISST99 は画像処理に関する学会。発表論文数は約 80。

その半数がアルゴリズムおよび応用アプリの発表で、残りは圧縮や補正、その他の発表。

2) 感性情報処理の応用アプリでは参考になるものがいくつか見つかった。

気象観測、侵入者発見などはいままでに目にしたことがあるが、認識のための前処理としての考え方は目新しい。

詳細：

関連する発表は以下の通り。

Integration of Multiple Features Using Back Propagation Neural Networks for Segmentation of Image Sequences

Jinsang Kim, Electrical Engineering Department, Colorado State University

特徴的な領域を抽出して、意味付けなどを行うための基礎技術。動き・輝度・テクスチャといった複数の特徴量を抽出し、ニューラルネットワークを用いて単一の空間に変換することで比較を容易にしており、我々の感性技術（パндеモニウム）と目的が非常に近い。

認識の準備段階の技術であり我々の技術とは一見関係ないが、感性の応用分野として注目できる。

An Image Matching Approach to Tropical Cyclone Pattern Recognition

J.You, School of Computing and Information Technology, Griffith University, Australia

ウェーブレットによるパターンマッチングであるが、エッジの立ち具合など5つの特徴から注目点の自動抽出を行っている点が興味深い。

その他アプリへの応用として、形状や色を特徴とした気象観測、侵入者発見などの発表4件があった。

4.1.2.12.CSCC99

日時：99年7月4日-7月8日

場所：OTE Telecommunications Organization, Athens, Greece

目的：

感性情報処理技術調査

結果：

1) CSCC99 はコンピュータ、通信、制御など各学会の総合大会。今回は主にコンピューティングのカンファレンスに参加した。この部門だけで発表数は70。

2) ZADEH 教授の講演も含め、ファジイ技術を中心とした内容。

マルチメディア関連は顔や感情を題材とした研究が多く発表されていた。目的のインターフェースや応用アプリに関する発表はなかったが、意味ネットワークの妥当性を検証できる考察などがあったので利用する。

詳細：

特に注目した発表は以下の通り。

What a neural net needs to know about emotion words.

R Cowie, Department of Mathematics, King's College, London, UK

感情を言語で表現するための3階層からなる表現形式に関する考察。既存の表現形式による問題点を7つあげている。我々の意味ネットワークは感情を対象とはしていないが、みたところ感情に特化しなくともあてはまりそうなので、我々の技術がこれら

問題点を解決できているか考察してみる。

関連論文

Review of existing techniques for human emotion understanding.

Report for TMR Physta project Research contract FMRX-CT97-0098 (DG12-BDCN)

Plutchik, R. The psychology and biology of emotion.

Harper Collins, New York P.58, 1994

Lazarus, R.S. Emotion and adaptation.

Oxford University Press. New York, 1991

Oatley, K & Jenkins, J. Understanding Emotions

Blackwell, Oxford: 1996

4.1.2.13.IEEE MSP99

Multimedia Signal Processing 99

日時：99年9月13日-15日

場所：Marienlyst Hotel ,Denmark

目的：

ファジィ・ヒューマンメディアラボに関する技術調査と画像検索技術の導入検討

結果：

1) MMSP99 は参加人数 150 人、論文数 100 のマルチメディア関連技術ワークショップ。

ワークショップといっても発表件数は多く、来年以降はカンファレンスとしての開催となる。画像・音声を中心にした内容で、感情や感性にからんだ発表もあり、われわれの研究開発と関連は深い。

発表の場としても適当であるので、今後の選択肢の一つとして活用していく。

2) 5つのジャンルにわけて、興味深い研究を挙げた。

- ・画像検索・画像意味理解関連
- ・音声画像統合
- ・音声関連
- ・感情関連
- ・モバイルマルチメディア関連

詳細：

・画像検索・画像意味理解関連

「色や形状による画像検索技術」

Content Based Image Retrieval of Coats of Arms

Christian Breiteneder (1), Horst Eidenberger (2)

(1) Institute for Applied Computer Science and Information Systems,

University of Vienna, (2) Ministry of Science and Transport, Austrian

Libraries Network, Vienna, Austria

ヨーロッパの紋章検索システム。紋章をエリア分割し、形状・色彩・部品配置位置を用いて検索する。IBM QBIC の上に CGI を使って実装している。総特徴量は 2 5 個。

A Multi-Feature Description Scheme for Image and Video Database Retrieval

Jens-Rainer Ohm, F. Bunjamin, W. Liebsch, B. Makai, K.

Heinrich Hertz Institute for Communications Technology, Image Processing

Department, Berlin, Germany

MPEG7 における、複数特徴量をつかった類似度比較構造の一提案。色、テクスチャ、形状、動きそれぞれを階層構造として類似度を定義している。

Pattern Colour Separable Image Coding for Content based Indexing

Guoping Qiu

School of Computing & Maths, University of Derby, United Kingdom

周波数成分のパターン、色彩、刺激の強さといった特徴をつかって、ニューラルにより学習を行った検索・インデックス付けシステム。3 つめの刺激の強さというパラメータがわれわれのシステムに応用できるかもしれない。

A Visual Interactive Environment for Image Retrieval by Subjective Parameters

Nadia Bianchi Berthouze (1), Luc Berthouze (1), Toshikazu Kato (1,2)

(1) Intelligent Systems Division, Electrotechnical Laboratories, Tsukuba;

(2) Dept. Indus. and Syst. Engin., Chuo University, Tokyo, Japan

ことばによる画像検索。われわれに似た意味ネットワークをニューラルを使って学習させ、画像の色、形状、テクスチャなどといった特徴とリンクさせることで検索を行う。ことばおよび特徴量のリンクは正準相関分析を使っていると思われる。

4.1.2.14.ICCV99

日時：99 年 9 月 22 日-25 日(ICCV99)

場所：ICCV99 会場 CORFU HOLIDAY PALACE HOTEL, CORFU, GREECE

1. 目的

画像検索分野での技術調査、特に、現状の検索エンジンをより商品レベルに近づける技術を探索する。

2. 結果

画像領域分割とテクスチャの基本技術についていくつかの興味深い発表を聴講できた。我々の検索システムで弱いテクスチャが絡む検索を強化でき、類似画像検索を完成の域に近づけると考える。

3. 詳細

▽ ICCV99

発表内容 ...

写真ビデオ画像からの3次元空間の再現・人物のトラッキング・テクスチャである。アルゴリズム的な発表が多く、基礎的な研究発表の印象を受ける。

認知心理的な発表は見受けられない。

Microsoft が協賛しており、同時に、3次元空間の再現等で多くの発表を行っていた。

分野 ...

3次元空間の再現・人物、物体のトラッキング・テクスチャ・学習によるイメージの補完

■ Bayesian Fusion of Color and Texture Segmentations

Roberto Manduchi (California Institute of Technology)

色とテクスチャの領域分割結果をマージするアルゴリズム。

色とテクスチャの分割結果をまとめる。結果、より多くの分割クラスが発生する。

次に、そのクラスを減らす処理を行い、Bayesian classifier(学習を用いた分割)を用いて2つの異なる特徴をマージしている。

良く似ている色(dirt road と dry glass)を分離した例を挙げていた。

→ 雪と砂といったものを区別する手法の参考になる

■ Texture Based Image Retrieval Without Segmentation

Yossi Rubner, Carlo Tomasi (Stanford University)

時間のかかる Segmentation をせずにテクスチャにより画像検索を行おうとする。

チータのテクスチャとシマウマのテクスチャを指定することで、両方の動物が同時に出現する絵が検索できることを例として挙げていた。

(あるテクスチャの占める面積が 10%以上、別が 10% 以上という検索指定)

テクスチャの特徴としてはガボールフィルタを用いる。各画像には複数のテクスチャが取り出される。その距離計差に Earth Movers Distance (EMD 複数の次元の異なる特徴量を比較できる計算方法。部分マッチが可能) を適用し、複数テクスチャ検索を可能としている。

→ テクスチャの特徴量の取り出し方、EMD の計算方法は参考になる

■ Backpack: Detection of People Carrying Objects Using Silhouettes

Ismail Horitaoglu, Ross Cutler, David Horwood, Larry Davis

(Computer Vision Laboratory, University of Maryland)

荷物を持ったり背負ったりしている人を、荷物を認識しつつ、トラッキングする。歩行者のシルエットの x 方向 y 方向の幅(y 方向なら身長分のヒストグラムになる)・シルエット部分の凹凸より人物と荷物を認識する。

2 - 3 人の荷物の受け渡しを把握したデモ。

→ 監視カメラなどに利用できる。雑踏で使用に耐えるかは疑問。

4.2. 松下電工

(1) 調査派遣者

松下電工株式会社、技師、柴野伸之

(2) 出張目的

通産省ヒューマンメディアプロジェクトにおける研究開発促進のために、以下の3社を訪問し技術開発担当者とのディスカッションを通じて本来は入手が難しい詳細情報の取得を行う。また VR 国際学会である IEEE VR99 に参加し、最新情報の入手と研究開発の方向性への提言を行う。

- ・ BDI 社 : 災害時避難シミュレーションにおける人間の動作モデル機能開発のため、最新の技術状況調査及び開発環境構築についてのディスカッションを行う
- ・ EAI 社 : ドーム型仮想環境体験表示システムにおけるデータ変換表示機能開発のため、最新の技術状況調査及び開発環境構築についてのディスカッションを行う
- ・ SGI 社 : ドーム型仮想環境体験表示システムにおける表示手段の飛躍的な高速化を目指した改善方法について、使用するハードウェア(ONYX 2 IR)を最も高率よく使用するためのノウハウ・テクニックの調査及びディスカッションを行う
- ・ IEEE VR99 : VR 国際学会における最新の技術情報の取得、及び機器の調査を行う。

(3) 出張先国名

米国 (ボストン・ヒューストン・サンフランシスコ (ミルバレー・マウンテンビュー))

(4) 日程及び訪問先都市名・訪問機関名・出席会議名

- 3月10日: 出発、同日夕方ボストン着
- 3月11日: 終日ボストン、BDI 社訪問
- 3月12日: 移動ボストンからヒューストンへ
- 3月13日~17日: 終日ヒューストン、IEEE VR99 出席
- 3月18日: 移動ヒューストンからサンフランシスコへ、EAI 社訪問
- 3月19日: 終日マウンテンビュー、SGI 社訪問
- 3月20日: 出発、翌21日帰国

(5) 会議又は調査等の内容

・ IEEE VR99

日時: 3月13日-17日、

このうち13日・14日はTutorialsとWorkshops、

15日-17日は General Sessions (Exhibits を併設)

開催場所：ヒューストン、マリオットホテル

内容：IEEE VR99 はVRに関する世界最大の国際学会であり、年に一度開催される。今回の論文発表者は 39 件であり、キーノートによるスピーチ、パネルセッションも同時に行われた。

主要な発表者及び講演題目は以下の通りである。

Keynote Speaker: Frederick Brooks, University of North Carolina

「What's real about virtual reality ?」

Invited Speaker: Linda Jacobson, Silicon Graphics, Inc.

「I have seen the future」

Felicio Vanderli, Universidade Federal de Sao Carlos.

「CORBA Platform as Support for Distributed Virtual Environment」

Sankar Jayaram, Washington State University

「A Virtual Assembly Design Environment」

Won Sook Lee, University of Geneva

「Cloning and Aging in a VR Family」

Ronald Asuma, HRL Laboratory

「A Motion-Stabilized Outdoor Augmented Reality System」

・BDI 社

日時：3月11日

場所：ボストン、BDI本社

会社概要：元MIT教授が起こしたベンチャー会社であり、人間モデルの動的な表現において、驚異的なパフォーマンスを実現する機能を開発し、パッケージ・ライブラリ（名称：DI-Guy）として販売している。特に軍関係を中心に導入・開発実績を上げている。

対応者：Jeff Koechling (Chief Engineer)

・EAI 社

日時：3月18日

場所：サンフランシスコ（ミルバレー）、EAI社（旧 Sense8社）

会社概要：VR草創期（1990年）からツールキット開発販売を行い、ツールキット供給としては大手7つの会社の1つである。松下電工においてPC版システムキッチンシステム（Kips）の基本ソフトとして使用している。

対応者：Tom Coull (Executive Director), David Hinkle (Consulting Engineer)

・SGI 社

日時：3月19日

場所：サンフランシスコ（マウンテンビュー）、SGI本社

会社概要：コンピュータグラフィックス分野における世界トップの企業であり、最近のデファクトスタンダードであるOpenGL・VRMLなどを開発している。特に一昨年に発表したMicrosoft社とのFarhenheitプロジェクト共同開発は世界中に大きな反

響を巻き起こしている。

対応者: Simon Hayhurst (ONYX2 Applied Engineer), Tad Kojimna (Briefing Manager)

(5) 今回の出張で得られた成果及び今後期待できる効果

- ・ IEEE VR99

VR表示デバイスとして、多くの研究機関がFakespace社のWalkBnechを用いた研究開発を行っていることが確認されたが、このデバイスではVR最大の特徴である実物大表現が難しく、大型ドームや小型ドームなど現在ヒューマンメディアプロジェクトにおいて開発検討中の機器に対する需要が高いという感触を得た。

多くの研究発表が人間に関連する要素の取り込みについて、とりわけ操作性 (Manipulation) に関するものが多かった。機器展示にもあったが、触覚フィードバックをよりの確に表現できるCyberGrasp・CybetTouchを導入した例が多く見られた。松下電工でも当初グローブ型デバイスを使用していたが最近では使用していない。高価なわりに非常に壊れやすかったことが理由であったが、機器の進歩を考えると再びこの応用を検討すべきであると感じた。

- ・ BDI 社

ヒューマンメディアプロジェクトにおける開発機能の1つとして火災等災害時の避難性状表現を掲げている。この開発に同社のライブラリソフトDI-Guyを導入し、ネットワーク機能と連動する機能開発を計画・推進中である。

DI-Guy開発主担当者であるJeff Koechling氏とディスカッション・デモンストレーションを行い、開発におけるボトルネックの詳細な検討及び回避方法の検討を行った。

- ・ EAI 社

ヒューマンメディアプロジェクトにおける開発機能の1つとしてネットワークを応用した分散環境構築を掲げている。この開発に同社のライブラリソフトWTKを用いた開発を進めている。しかしながら都市開発における高品質なデータ表示機能、ドーム型スクリーン表示への歪み補正機能を実現する必要がある。

WTK開発プロジェクトリーダーであるDavid Hinkle氏及び元社長であるTom Coull氏と6時間に及ぶディスカッション・デモンストレーションを行い、開発におけるボトルネックの詳細な検討及び回避方法の検討を行った。

- ・ SGI 社

ヒューマンメディアプロジェクトにおけるVR技術開発において、Farhenheitプロジェクト技術を取り込むことは必須と考えられ、松下電工において根幹技術であるOpenGLOptimiserによる描画機能の開発を計画・推進中である。

Farhenheit 開発プロジェクトリーダーである Simon Hayhurst 氏と 5 時間に及ぶデ

ィスカッション・デモンストレーションを行い、日本では入手困難な開発情報の入手を行った。

5. 研究発表・講演、文献、特許等の状況

5.1. 研究発表・講演

- [1] N. Bianchi Berthouze, L. Berthouze & T. Kato; "Towards a Comprehensive Integration of Subjective Parameters in Database Browsing", Proc. of Int. Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA98), Aug. 1998, 1998.8.
- [2] Robert Inder, Toshikazu Kato: "Towards Shoppers' Assistants: Agents to Combine Information", Advanced Database Systems for Integration of Media and User Environments 98, 1998.
- [3] Nadia Bianchi, Luc Berthouze, Toshikazu Kato, "Towards a Comprehensive Integration of Subjective Parameters in Database Browsing", Advanced Database Systems for Integration of Media and User Environments 98, pp.227-232, 1998.
- [4] Takashi Sakamoto, Kato Toshikazu; "Image Enhancement and Improvement of Both Color and Brightness Contrast Based on Lateral Inhibition Method", Multimedia Information Analysis and Retrieval (Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag), Vol.1464, pp.124-131, 1998.
- [5] 坂本隆, 加藤俊一; 「受容野の双対性に着目した側抑制モデルとその機能について」, 第13回生体生理学シンポジウム (計測自動制御学会), Vol.13, 2D1-4, pp.401-404, 1998.9.
- [6] Takashi Sakamoto, Kato Toshikazu: "Lateral Inhibition Model Taken Account of the Duality of Receptive Fields and Its Behaviour for RGB Inputs", Proc. of the Fifth International Conference in Neural Information Processing (IOS Press), Vol.2, 2e-C-5, pp.831-834, 1998.10.
- [7] Kaori Yoshida, Toshikazu Kato, Torao Yanaru; "Image Retrieval System Based on Subjective Interpretation", Biomedical Soft Computing and Human Sciences, Vol.4, pp.65-74, 1998.9.
- [8] Kaori Yoshida, Toshikazu Kato, Torao Yanaru; "Image Retrieval System Based on Subjective Interpretation", Methodologies for the Conception Design and Application of Soft Computing (Proc. of IIZUKA'98), Vol.1, pp.247-250, 1998.10.
- [9] Kaori Yoshida, Toshikazu Kato, Torao Yanaru; "A Model for Emotional Aspects on Visual Art Works", Proc. of the 5th Int'l Conf. on Neural Information Processing, Vol.2, pp.923-926, 1998.10.
- [10] Kaori Yoshida, Toshikazu Kato, Torao Yanaru; "Image Retrieval System Using Impression Words", Proc. of 1998 IEEE Int'l Conf. on System Man and Cybernetics, 98CH36216, pp.2780-2784, 1998.10.

- [11] T. Shibata & T. Kato; "Image Retrieval System for Street-landscape Images using Adjectives", Proc. of 9th Int. Conf. Database and Expert Systems Applications, pp.501-510, 1998.8.
- [12] 柴田滝也、加藤俊一; "街路の景観画像データベースのイメージ語による検索", 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol.J82D-I, No.1, 1999 年 1 月.
- [13] M. Suzuki, T. Kato & H. Tsukune; "3D Object Retrieval based on Subjective Measures", Proc. of Int. Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA98), pp.850-856, 1998.8.
- [14] 鈴木一史、加藤俊一、築根秀男; 「主観的類似度に適応した 3 次元多面体の検索」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-D-1, No.1, pp185-193, 1999.1.
- [15] 小林秀行, 大河内頼行, 太田俊二: AAAI98 Intelligent Systems Demonstrations: "KANSEI Image Retrieval simulating the Human Preference", AAAI (アメリカ人工知能学会) U S A, 9 8 年 7 月 2 8 - 3 0 日.
- [16] 小林秀行 (発表), 大河内頼行, 太田俊二: Image Retrieval System using KANSEI Features, PRICAI98 (環太平洋人工知能国際会議) シンガポール, 9 8 年 1 1 月 2 7 日.
- [17] 小林秀行 (発表), 岩岡俊行, 太田俊二: 多角的構図判断を取り入れた感性画像検索システム, 電子情報通信学会 年次大会, 9 9 年 3 月 2 5 日.
- [18] 岩岡俊行 (発表), 小林秀行, 太田俊二: ファジィ推論による感性例示画像検索と精度評価, 1999 年電気学会 電子・情報・通信システム部門大会, 99 年 8 月 30 日.
- [19] 岩岡俊行 (発表), 小林秀行, 奥村成吾, 太田俊二: 感性語の多次元尺度を用いた画像検索, 1999 年日本感性工学会第 1 回大会, 1999 年 11 月 20 日.
- [20] 小林秀行 (発表), 岩岡俊行, 奥村成吾, 太田俊二: 概念構造を記述する感性語意味ネットワークの構築, 第 1 回日本感性工学会大会, 1999 年 11 月 20 日.
- [21] 畑中, 中西, 星野, 長濱, 澤田, 野村: 都市環境ヒューマンメディアにおける球面型没入ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, No.3(1999).
- [22] J.Nomura, K.Sawada: Virtual Reality Technology and Its Industrial Applications, Control Engineering and Practice(soon,1999).
- [23] J.Nomura, K.Sawada: Virtual Reality Technology and Its Industrial Applications, IFAC Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems(1998).
- [24] T.Hatanaka, H.Nakanishi, N.Shibano, R.Nagahama, K.Sawada: Development of Semi-Spherical Screen VR System for Exploring Urban Environment, ICAT' 98(1998).
- [25] P.V. Hareesh, T.Hatanaka, K.Sawada: Simulation of Crowd Behavior During Emergency Evacuation Based on Artificial Life, ICAT' 98(1998).

- [26]澤田, 野村: 都市環境ヒューマンメディアにおける VR 体験システム, (社) 日本機械学会「最前線のバーチャルリアリティとハードウェア」講習会予稿集 (1998).
- [27]柴野, 畑中, 中西, 星野, 長濱, 澤田, 野村: 都市環境ヒューマンメディアにおける大ドーム型 VR 体験システムの開発, 日本バーチャルリアリティ学会第 3 回大会(1998).
- [28]J.Nomura, K.Sawada: Virtual Reality Technology and Its Industrial Applications, IFAC Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems(1998).
- [29]T.Hatanaka, H.Nakanishi, N.Shibano, R.Nagahama, K.Sawada: Development of Semi-Spherical Screen VR System for Exploring Urban Environment, ICAT' 98(1998).
- [30]P.V. Hareesh, T.Hatanaka, K.Sawada: Simulation of Crowd Behavior During Emergency Evacuation Based on Artificial Life, ICAT' 98(1998).
- [31]中西, 畑中, 柴野, 長濱, 澤田: 都市環境協調設計システムの構築 —CORBA 分散オブジェクト型 VR フレームワークの応用—, 平成 11 年電気学会電子・情報・システム部門大会(1999).
- [32]渡辺眞知子、小宮英孝、吉野攝津子、本間正彦、土井暁、大木淳: 風環境のバーチャルリアリティープレゼンテーション技法の開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集、1999 年 9 月 18 日
- [33]T. Okuma, K. Kiyokawa, H. Takemura, and N. Yokoya: "An augmented reality system using real-time vision based registration", Proc. 14th IAPR Int. Conf. on Pattern Recognition (14ICPR), Vol.I, pp.1226-1229, Brisbane, Queensland, Australia, August 1998.
- [34]横光 澄男, 大隈 隆史, 竹村 治雄, 横矢 直和: "多視点ステレオ実画像を用いた仮想空間の構築に関する一検討", 日本 VR 学会第 3 回大会大会論文集, PP.223-224, 1998
- [35]横光 澄男, 大隈 隆史, 竹村 治雄, 横矢 直和:"多視点ステレオ画像を用いた屋外環境構造の再構成", 信学技法 PRMU99, March 1999
- [36]長谷川晶一、石井雅博、小池康晴、佐藤誠:Haptic Interface Protocol for Complex Dynamic Virtual World, ICAT' 98(the Eighth International Conference on Artificial Reality and Tele-existance) , 平成 10 年 12 月

5.2. 文献

- [1] 画像検索のための感性語意味ネットワーク辞書: 小林秀行、岩岡俊行、太田俊二, OMRON TECHNICS Vol.39 No.3 Serial No.131 1999.
- [2] 官能検査ハンドブック: 日科技連官能検査委員会編、日科技連出版社(1995)
- [3] カラーリストー色彩心理ハンドブッカー: 小林重順著、日本カラーデザイン研究

- 所編、講談社 (1997)
- [4] 「柔らかな情報処理のための統計的手法の応用に関する研究」：栗田多喜夫著、電子技術総合研究所研究報告 (1993)
 - [5] Y.Kobayashi,T.Kato:”A High Fidelity Contrast Improving Model Based on Human Vision
 - [6] Mechanisms”,The Proceedings of IEEE ICMCS’99 Vol.2,pp.578-584,1999
 - [7] 小林、加藤:「視覚特性に基づいた高精度コントラスト改善モデル」日本印刷学会
第 102 回春季研究発表会講演予稿集、p.104-107、1999
 - [8] De Valois,R.L. and De Valois,K.K.:”A multi-stage color model,” Vision Research, Vol.33, No.8, pp.1053-1065,1993.
 - [9] Patrick Niemeyer,Joshua Peck 共著、日本サン・マイクロシステムズ株式会社 監訳、安藤 進 訳、“JAVA 実践プログラミング”、(株)オライリー・ジャパン、1996.
 - [10]野村、澤田編著：バーチャルリアリティ (第 3 章 ヒューマンメディア技術)，朝倉書店 (1997).
 - [11]澤田、野村：都市環境ヒューマンメディアにおける VR 体験システム，(社)日本機械学会「最前線のバーチャルリアリティとハードウェア」講習会予稿集 (1998).
 - [12]J.Nomura, K.Sawada: Development of Spherical Screen VR System for Human Media Design and Exploration of Urban Environment, Science & Technology In Japan(1998).
 - [13]澤田：多様化する高臨場感没入形視覚ディスプレイ，映像メディア情報学会誌，Vol.53., No.7, (1999).
 - [14]野村、澤田：人間工学ハンドブック (第 6-7 章 バーチャルリアリティ)，朝倉書店 (近日発刊，2000 年？).
 - [15]野村、澤田：ソフトコンピューティングハンドブック (第 9 章バーチャルリアリティ)，共立出版 (近日発刊，2000 年？).
 - [16]ビル風ハンドブック 付属資料編 (II) (財)建築業協会 周辺気流研究委員会
 - [17]都市の風環境評価と計画ービル風から適風環境まで 日本建築学会
 - [18]新版建築防火，朝倉書店
 - [19]建築火災安全工学入門，日本建築センター
 - [20]McGrattan,K.B.,Rehm,R.G.and Baum,H.R., J.Comput.Phys.
 - [21]Hundsdofer,W.,Koren,B.,Van Loon.M.and Verwer,J.G., J Comput.Phys.
 - [22]荒川忠一，数値流体力学，東京大学出版会
 - [23]富士総合研究所，汎用流体解析システム，丸善
 - [24]保原充他，数値流体力学-基礎と応用，東京大学出版会
 - [25]新・建築防災計画指針，日本建築センター
 - [26]ビル風ハンドブック 付属資料編 (II) (財)建築業協会 周辺気流研究委員会

- [27]都市の風環境評価と計画ービル風から適風環境まで 日本建築学会
- [28]新版建築防火, 朝倉書店
- [29]建築火災安全工学入門, 日本建築センター
- [30]McGrattan,K.B.,Rehm,R.G.and Baum,H.R., J.Comput.Phys.
- [31]Hundsdofer,W.,Koren,B.,Van Loon.M.and Verwer,J.G., J Comput.Phys.
- [32]荒川忠一, 数値流体力学, 東京大学出版会
- [33]富士総合研究所, 汎用流体解析システム, 丸善
- [34]保原充他, 数値流体力学-基礎と応用, 東京大学出版会
- [35]新・建築防災計画指針, 日本建築センター

5.3.特許等

- [1] 特願平 11-064728, 風環境表示システム, 大林組, 渡辺眞知子
- [2] 特願平 11-044226, 仮想環境体験表示装置, 松下電工

5.4.その他の公表（プレス発表等）

- [1] 似た画像、一秒で検索人間の感性まね システム, 日本経済新聞, 1998 年 5 月 18 日
- [2] 「感性」で類似画像検索 インターネットに応用, 日経産業新聞, 1998 年 9 月 11 日
- [3] 人間の感性を応用 "似ている画像"の検索システムを開発, 週刊アスキー , 1998 年 10 月 8 日号
- [4] 新世代コンピューティングの潮流 (2), 日経産業新聞, 1998 年 10 月 2 日

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
応用技術開発室の許可を受けてください。

電話：０３－３９８７－９３８８

ヒューマンメディアの研究開発

平成１２年３月発行

発 行 財団法人イメージ情報科学研究所

〒559-0034

大阪市住之江区南港北１－１４－１６

ＷＴＣビル２１階

ＴＥＬ ０６－６６１５－６３５５

ＦＡＸ ０６－６６１５－６３５３

禁無断転載