

# 次世代 GIS の実用化に向けた情報通信技術の研究開発

## 成果報告書

平成 17 年 3 月

三菱電機株式会社 株式会社 N T T ドコモ 株式会社 パスコ

# 目 次

第一章 序論 .....	4
1 研究開発の目的 .....	4
2 モバイル3次元GISの動向 .....	6
2.1 国の施策 .....	6
2.2 標準化の動向 .....	7
2.3 技術動向 .....	11
第二章 研究開発計画 .....	15
第三章 研究開発内容 .....	18
1 3次元GISデータの圧縮技術 .....	18
(1) 従来技術 .....	18
(2) 航空機レーザ測量システム取得空間データの圧縮 .....	20
(3) 航空機画像センサ取得空間データの圧縮 .....	56
(4) まとめ .....	68
2 各種モバイル端末に適応できる空間データ適応管理技術 .....	69
2.1 空間データ管理技術 .....	69
(1) 従来技術 .....	69
(2) 研究開発内容 .....	73
(3) まとめ .....	90
2.2 メディア複合技術 .....	91
(1) 従来技術 .....	91
(2) 研究開発内容 .....	91
(3) まとめ .....	114
3 モバイル端末向けの空間データの配信技術 .....	115
3.1 空間データ伝送技術 .....	115
3.1.1 空間データスケラブル伝送技術 .....	115
(1) 従来技術 .....	115
(2) 研究開発内容 .....	116
(3) まとめ .....	127
3.1.2 空間データマルチキャスト伝送技術 .....	128
(1) 従来技術 .....	128
(2) 研究開発内容 .....	128
(3) まとめ .....	150

3.2 配信データ圧縮技術	152
(1) 従来技術	152
(2) 研究開発内容	153
(3) まとめ	179
第四章 実証実験	180
4.1 目的	180
4.2 実証実験内容	182
4.2.1 実施要綱	182
4.2.2 メディア複合実証実験	184
4.2.3 空間データスケラブル伝送技術実証実験	186
4.3 実験結果	189
4.3.1 メディア複合実証実験	189
4.3.2 空間データスケラブル伝送技術実証実験	209
4.4 結論	220
第五章 結論	221
参考文献	223
付録 1 次世代GISの実用化に向けた情報通信技術の研究開発委員会	228
付録 2 学会発表および特許出願	230
付録 3 用語の説明	232

# 第一章 序論

## 1. 研究開発の目的

地理情報システム(GIS)は、位置とその属性データからなる地理的空間データを統合的に管理・運用し、可視化することにより、行政、企業活動や市民生活の多様な局面において、高度な解析・判断やナビゲーション等、業務上、個人生活上の意思決定を支援するシステムであり、高度情報社会における基本情報基盤として必須のものとなりつつある。

現在、2次元GISについては既に実用段階に入ったといえるが、3次元GISでは、シミュレーション等の分野で、3次元表示の活用も始まっており、3次元空間データを利用する研究開発も進んでいる。3次元GISは景観の再現や、高架、地下といった立体的な表現が可能であり、より高度な解析・シミュレーションや直感的に分かり易い表現が可能である。

その期待される利用分野は、以下の例が考えられる。

### 空間の解析

災害(地すべり、河川氾濫、延焼、高波被害)、避難経路、交通、公害汚染範囲、電波伝播、日照等のシミュレーション

### 景観の解析

用途地区変更、風致地区建設等のシミュレーション、景観デザインのためのシミュレーション

### ナビゲーション

カーナビゲーション、バリアフリーナビゲーション、都市・観光地の案内誘導、災害時避難路誘導等

### 位置情報管理

山林、海岸等の設備や状況、地下資源・海底資源、地下埋設物、建造物配管管理等の3次元情報管理

このなかには移動体上あるいは移動中の個人への情報供給が可能になることで、その特長や利点を最大限に発揮できるものが多くある。たとえば、災害発生時、個人の所持する端末をとおして避難路を誘導することができれば、二次災害の防止に大いに役立つであろう。

しかるに当然3次元GISでは2次元よりも取り扱うデータ量が格段に増大し、一般に固定された端末と比較して計算処理能力および表示能力が低く、通信路のデータ転送能力が少ない移動体端末を対象としようとする多くの課題が残されている。また普及や利便性のためには、あらゆる場所で確実に情報を配信可能とする必要がある。

総務省は3次元GISの構築に向けての研究開発を平成11年度から平成14年度までの4年間にわたって行い、データ獲得・更新、表現伝送、空間検索等の技術課題について研究開発をすすめて、データガイドラインおよび技術ガイドラインを策定した。

本研究開発は、この研究開発成果を踏まえ、とくにモバイル環境において3次元の空間データを容易に利用可能とする「次世代GIS」を構築するために必要となる空間データ等の圧縮、管理、配信等のための技術を研究開発し、基盤技術を確立することを目的とする。

本研究開発の範囲は、モバイル環境での通信回線を用いる、携帯電話・車載パソコン・PDA等の携帯情報端末、ノートパソコン等の端末への配信を対象とした、空間データの構築管理、配信に関わる以下の技術とする。

3次元GISデータの圧縮技術

各種のモバイル端末に適応できる空間データ適応管理技術

モバイル端末向けの空間データの配信技術

平成15年度は、それぞれの基盤技術となる基礎部分を研究開発した。平成16年度はこれらを組み合わせて実際にモバイル端末へ、モバイル回線を介して空間データを伝送、表示するための研究開発を行った。あわせて、モバイル端末へ空間データを伝送する実証実験を行った。

## 2 モバイル3次元GISの動向

### 2.1 国の施策

政府は平成7年「GIS関係省庁連絡会議」を設置して、GISの整備とその相互利用の推進への取り組みを開始し、国土空間データ基盤の整備・普及を推進してきた。平成14年度には、e-Japan重点計画に対応して4ヵ年計画のGISアクションプログラム2002-2005がスタートし、平成18年度までにGISに関する社会基盤の整備と標準化、普及支援、GISを利用した質の高い行政サービスの提供等の実現を目指している。このように、国はGIS基盤確立・普及に強力な施策を行っている。その中で総務省はとくに3次元GISの構築に向けての研究開発を平成11年度から平成14年度までの4年間にわたって進め、技術ガイドライン、データガイドラインを策定した。本研究はこれらの成果を踏まえて行われるものである。また、本研究は、[e-Japan重点計画-2004]にあるように「2005年度までに、モバイル端末でも3次元GISの利用が可能な次世代GISの基盤技術の研究開発を行う。」という施策に対応するものである。

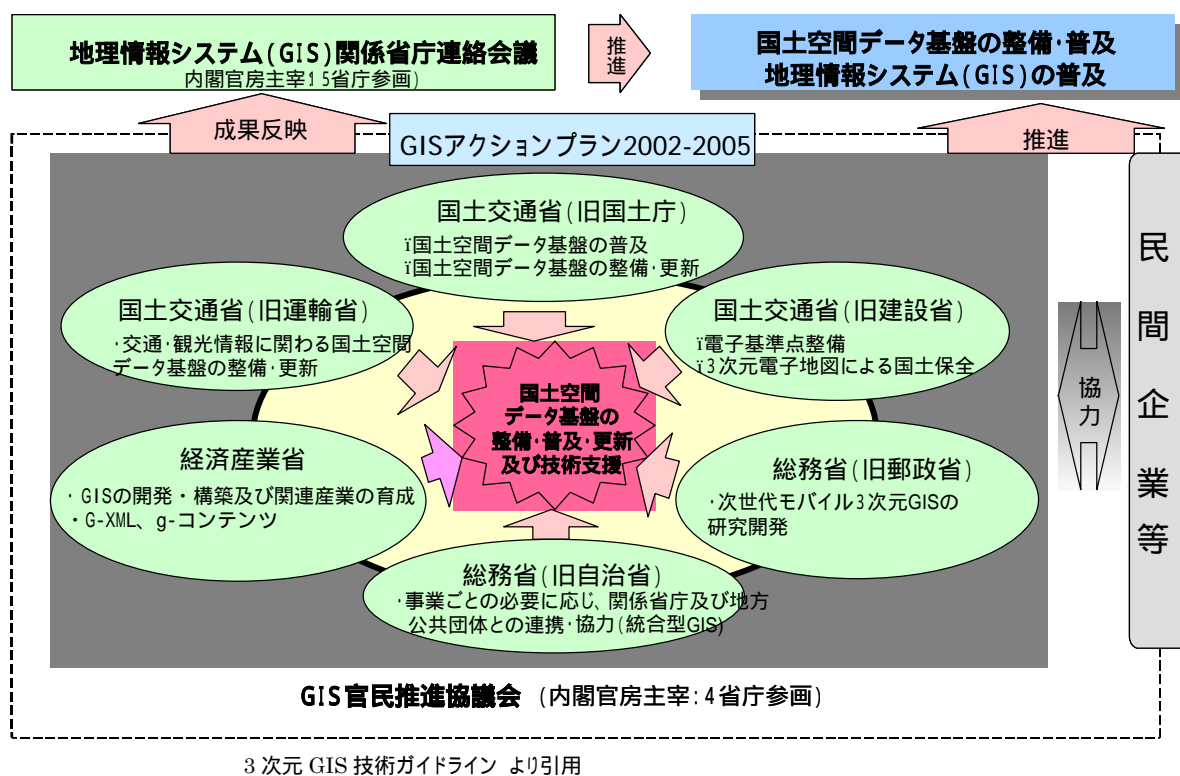


図 2.1-1 わが国のGISへの取り組み

## 2.2 標準化の動向

### (1)地理情報データの標準化活動

地理情報の標準化活動は、ISO/TC211(地理情報/ジオマティックス)のTCが中心となって進められている。ISO/TC211のTC(専門家委員会)は、1994年ISO(国際標準化機関)に地理情報の標準化に関する専門委員会として設立された。当初20本の作業項目で出発したTCも、多くはIS(International Standards:国際規格)となり、現在は、その後提案された新しい作業項目の審議と各作業項目が同時並行的に審議を行ったために生じた、作業項目間の微妙な違いの修正作業へ移行しつつある。

最近提案され、審議が進んでいる作業項目には、画像に関する5項目、位置に関する3項目が代表的である。

#### 画像データに関する作業項目

- 19115-2 メタデータ第2部:画像及びグリッドデータ
- 19121 画像及びグリッドデータ
- 19124 画像及びグリッドデータの構成要素
- 19129 画像、グリッド及び被覆データの枠組み
- 19130 画像及びグリッドデータのためのセンサー及びデータモデル

これらの作業項目は、新しい規格を作成するというのではなく、従来使用されてきた画像データの交換仕様をまとめたユーザのサービスのための規格書である。

#### 位置に関する作業項目

- 19132 位置に基づくサービスの可能な標準
- 19133 位置に基づくサービス・追跡及び経路誘導
- 19134 経路探査のための位置に基づく複数モードサービス

位置に関する作業項目は、ITS(Intelligent Transport Systems:高度道路交通システム)の国際規格を検討しているISO/TC204と緊密な連絡のもとに審議が行われている。

### (2)JIS化を中心とした日本国内の標準化活動

国内における地理情報の標準化活動は、国土交通省を中心としたISO/TC211のISとなった作業項目(地理情報標準と呼ぶ)、及びISO/TC204にて検討が進んだ作業項目からJIS(Japanese Industrial Standards:日本工業規格)化する動きと、経済産業省を中心としたデータベース振興センターが検討を行い、JIS化する動きがある。

ISO/TC211に対応し、わが国では「適合性および試験」と「品質評価手順」の2項目の標準化作業のプロジェクトリーダーを担当した。国内では1995年(財)日本測量調査技術協会が、日本工業標準調査会(JISC)から国内審議団体として認定を受け、ISO/TC211に対応する国内委員会および幹事会を設けている。国土交通省国土地理院ではISOにおける標準化と連携を取りつつ、空間データ交換のための標準化および空間データ作成のための標準化に取り組み、2000年(第1.1版)～2001年(第2版)にかけて「地理情報標準」を策定した。この標準は国土空間データ基盤の技術的な標準として、GIS関係省庁連絡会議に参加する各省庁の活動等に活用されている。

ISO/TC211 からの流れで、JIS 化したものには次の作業項目がある。

- ・ 適合性と検証
- ・ 品質原理
- ・ 空間スキーマ
- ・ 時間スキーマ
- ・ メタデータ
- ・ 地物カタログ化法
- ・ 座標による空間参照
- ・ 地理識別子による空間参照

ISO/TC204 の検討により JIS 化したのは、次の作業項目である。

- ・ 自動車 - カーナビゲーションシステム用地図データ格納フォーマット(KIWI)

ただし、この作業項目は国内委員会における審議により JIS 化したものであり、国際的な TC の検討を経たものではない、あくまで、国内仕様である。

データベース振興センターの審議を経て JIS 化したものには、次の作業項目がある。

- ・ 地理空間データ交換用 XML 符号化法(略して G-XML と呼ぶ)

この作業項目は、後にアメリカを中心とする地理情報の国際審議機関である OGC (Open Geospatial Consortium)の提案する GML という作業項目に吸収され、現在 ISO/TC211 で審議が進んでいる。

なお、3次元 GIS に関しては総務省が平成 11 年度から 14 年度にかけて策定した「3次元 GIS データガイドライン」、「3次元 GIS 技術ガイドライン」がある。

### (3)空間データ相互運用の標準化

OpenGIS(Open Geodata Interoperability Specification)は、1994 年米国で設置された非営利団体 OGC(Open GIS Consortium)がまとめている空間データの相互運用仕様である。OpenGIS は、データ交換仕様 GML(Geography Markup Language)を公表している。国内においては、旧通産省、(財)データベース振興センター他が、1999 年の G-XML 仕様 1.0 の発行をはじめとして、同様に GIS コンテンツの相互流通のためのプロトコル開発を進めており、現在 3.0 版まで拡張されている。また、G-XML プロトコルと GML 間で統一的国際標準を作るため OGC と(財)データベース振興センターの間では仕様整合化の合意がされている。

### (4)新しい標準化の動向

以上の検討の他に、次のような新しい動きが見られる。

- ・ JPGIS(地理情報標準プロファイル)の作成

国土交通省の主導する地理情報標準(ISO/TC211 の IS となった作業項目群)には膨大なものがあり、その使用に際しての利便性や読みやすさ等を考慮したものではなかった。そのために JIS 化したものの利用者が少なく、普及の速度は芳しいものではなかった。そのため国土交通省



は、1昨年まで行ってきた官民共同研究という形式を改め、地理情報標準に特化した技術者による地理情報標準のより簡易版を作成する作業を進め、平成 16 年度末には完成の運びとなっている。内容は、ISO/TC211 にて検討を終えた時間スキーマ、空間スキーマ、応用スキーマのための規則、地物カタログ化法、メタデータ、座標による空間参照、地理識別子による空間参照、品質原理までをカバーしている。

- ・ LBCS の作成

G-XML の国際規格化にて、OGC に先を越されたデータベース振興センターは、その後 LBCS(Location Based Contents and Services)という作業をまとめ、新たな JIS 化、あるいは国際規格化を目指す動きとなっている。これは、POI(Point Of Interest:対象とする地点)から、目的地までのコンテンツ(データ)と位置情報サービスに関する作業項目の検討であり、16 年度末には LBCS データ仕様書が発表された。その機能、カバーする領域、将来性等に関して、世界の注目を浴びている。

また、ISO/TC211 にて検討してきた地理情報におけるモデル(空間スキーマ、時間スキーマ等)は、当初から三次元構造データの記述を前提に作成されたモデルであるが、最近の総会にて新たに承認されたものに、次の作業項目がある。

- 19141 Schema for moving features

この作業項目の当初案には、Spatio-Temporal(時空間)を管理するモデルの記述が盛り込まれていたが、現在の技術では実現が難しいということでこの Spatio-Temporal の内容は削除され、Time Stamp に基づく時間、空間データのモデル作成になった。このように、多次元地理情報は、国際標準化活動の中でも魅力ある技術であるが、未だ確固とした技術力を背景とするモデルの構築までには時間を要する内容であると言える。

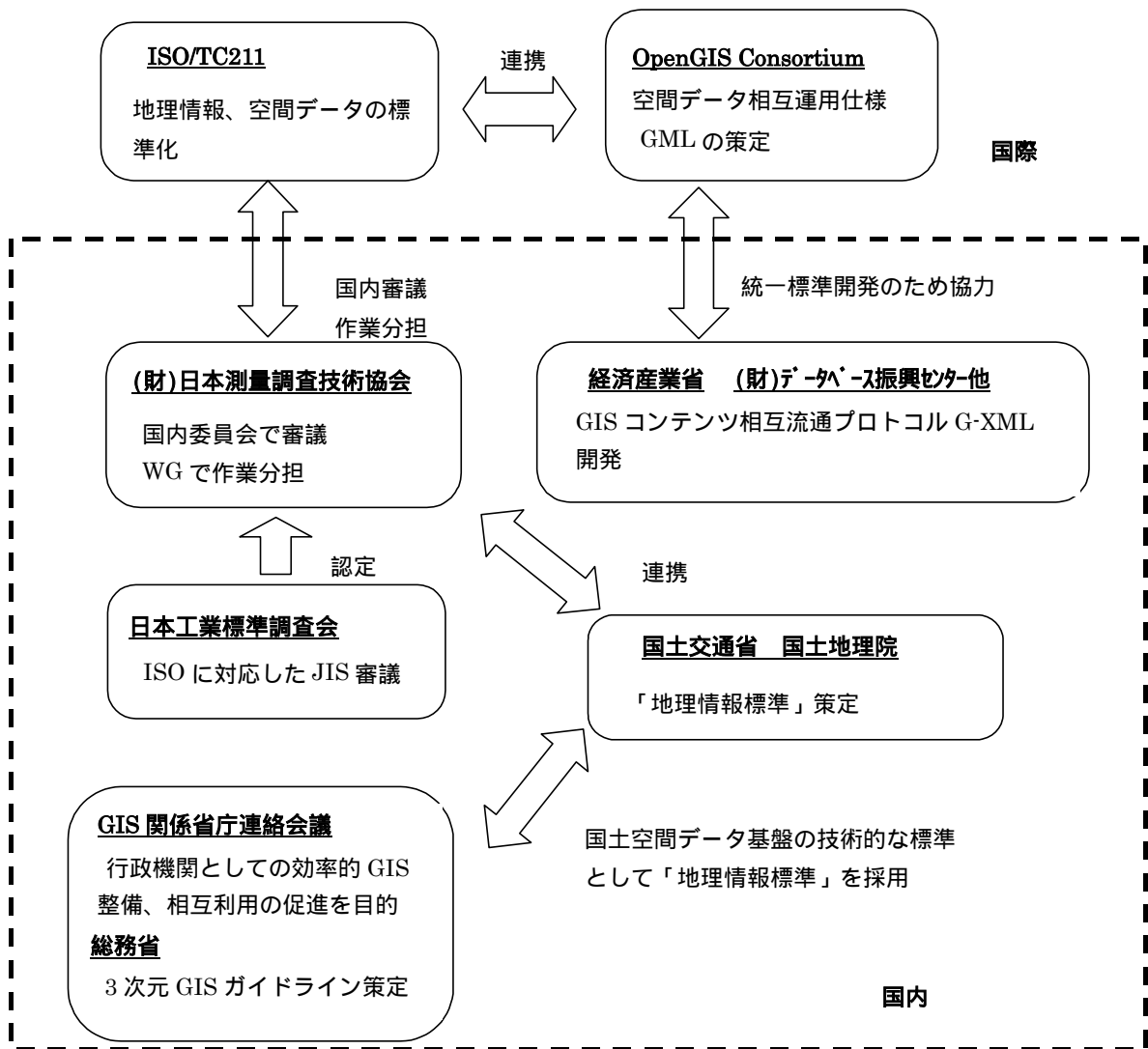


図 2.2-1 GIS 標準化相関図

## 2.3 技術動向

### (1) 各国の 3 次元 GIS への取り組み

各国における 3 次元 GIS への主な取り組みについて示す。

#### ア 中国

1995 年に、国土資源部測絵局(SBSM:State Bureau of Surveying and Mapping)の下で、国家地球情報センター(NGCC:National Geomatics Center of China)が設置され、空間データベースの開発と保守を行うようになった。

1999 年には、中国国務院に国家地理情報調整委員会(NGSICC:National Geo-Spatial Information Coordination Committee)を設置し、国家地理情報戦略や計画、法規の策定を行うようになった。

#### イ フィンランド

国土測量局(NLS)が中心となり、1980 年代から全土レベルの空間データの整備が進められている。国がデータ収集を行い、民間がデータ更新を行うケースと、国と民間が共同企業体としてデータの販売を行うケースがある。

#### ウ イギリス

イギリス政府が掲げている電子化政策のもと、NLPG(National Land and Property Gazette:イギリス全土の土地及び不動産の電子目録)や、NLUD(National Land Use Database:イギリス全土の土地利用データ)等、各種の空間データの整備が進められている。地方公共団体でも GIS の導入が進んでいる。

ロンドン大学先端空間分析センター(CASA:The Centre for Advanced Spatial Analysis)における研究において、ロンドンの 3 次元モデルの例を図 2.3-1 に示す。

(<http://www.casa.ucl.ac.uk/3dcities/london3d.htm> から引用)



図 2.3-1 ロンドンの 3 次元モデル例

#### エ カナダ

1999 年に設置された「ジオ・コネクション」を中心に GIS に関する施策が推進されている。ジオ・コネクションは、空間データをインターネット上で利用可能とするための各プロジェクトを調整する組織である。連邦政府や州、民間企業等で構成される諮問委員会のサポートを受け、アクセス、

フレームワーク、ジオ・パートナーズ、ジオ・イノベーション、地域発展、全国地図、技術ネットワークの7つのプログラムを実施している。

#### オ アメリカ

連邦政府等のすべての地理情報とサービスを登録するウェブサイトとして、GOS(Geospatial One-Step)のポータルサイト geodata.gov が開設されている。GOS は、連邦政府、州政府、地方公共団体の代表によって構成される執行委員会において、連邦地理情報委員会(FGDC)との協力のもとに推進している。

米国地質調査所(USGS)は、地理情報作成者(連邦や州、地方公共団体、民間)と連携して地形図データをインターネットで無料公開する活動を始めている。

#### カ オランダ

オランダ国土空間基盤情報(NSDI)は、1993 年にオランダ不動産情報委員会(RAVD)によって開始され、2002 年に政府機関によって全国統一の大規模主要データベースとして完成された。1/10000 のベクトル地図をベースマップとしている。

#### キ フランス

空間データ基盤の整備と普及に関わる公共機関の取り組みでは、地理情報国家評議会(CNIG)が、大縮尺空間地理情報プロジェクト(RGE)において地形データベースや行政界データベース、オルソフォト等の整備を推進している。新規に整備するデータと既存の海図、社会経済データ等の編集も行われている。

#### ク マレーシア

空間データ基盤(MyGDI)は、土地に関する省庁の地理情報整備促進を目的として定められている。マレーシア空間データ基盤センター(MaCDGI)の調整のもとに、地理データの標準化や基本データセットの整備等が行われている。

#### (2)インターネット、LAN を用いた 3 次元配信の動向

現在利用可能なサービスや、製品について示す。

#### ア データ配信サービス(財)日本地図センター

(財)日本地図センターによる、25000 段彩陰影画像・JMC マップ・衛星画像・空中写真をデジタルデータとして配信するサービスであり、オンラインでのダウンロードまたはメディアでのオフライン配送がある。

詳細は、<http://net.jmc.or.jp/selectionContentsGuide.asp> を参照。

#### イ piXterra 日立ソフト

日立ソフトによる、61cm 分解能を誇る QuickBird の衛星画像と、付加価値情報をインターネットで配信するサービスである。付加価値情報としては、国土地理院数値地図 2500、都市計

画図、ポイント情報（コンビニエンスストア、学校、銀行等の所在を示す情報）等がある。

詳細は、<http://pixterra.net/whats/>を参照。

#### ウ 空中写真閲覧サービス(試験公開)国土地理院

国土地理院が保有する空中写真のオンライン閲覧サービスである。約 100 万枚に及ぶ空中写真に関し、デジタル化の完了したものを順に公開している。

詳細は、[http://mapbrowse.gsi.go.jp/airphoto/indexmap\\_japan.html](http://mapbrowse.gsi.go.jp/airphoto/indexmap_japan.html) を参照。

### (3) デジタルシティ

国内外において、デジタルシティに関する研究が行われている。デジタルシティとは、福祉、行政、防災、店舗等の日常生活に役立つ都市情報を集積し、地域コミュニティのネットワークに市民の交流の場を創り出し、情報提供の基盤となるものである。3次元モデルを用いて物理的な都市とのリンクを強め、都市の社会情報基盤の構築を目標とする試みも行われている。

以下では、3次元モデルを利用したデジタルシティについて示す。

#### ア バーチャルヘルシンキ

1996年に、電話会社であるHPYを中心とした「ヘルシンキアリーナ2000プロジェクト」が発足した。このプロジェクトは、ヘルシンキ市民に広帯域の次世代メトロポリタンネットワークを提供しようとする試みであり、ヘルシンキ市全体の3次元モデルを構築している。

図 2.3-2 に、ヘルシンキの3次元モデルの例を示す。

(<http://www.virtualhelsinki.net/english/>から引用)



図 2.3-2 ヘルシンキの3次元モデル例

#### イ デジタルシティ京都

NTT オープンラボと京都大学との共同研究プロジェクトとして 1998 年から実験が開始された。

街の最新情報を常に反映した、生きた都市をインターネット上に再現し、都市のデジタル情報をネットワーク内に集積して提供することを目標とした。四条通り 2km を実装している。

#### (4)モバイル環境の動向

いわゆる3Gとよばれる第3世代携帯電話、第3世代移動通信システム（IMT-2000：International Mobile Telecommunications-2000）は我が国では平成13年度からサービスがはじまった。このシステムの現在の携帯電話の加入者系ネットワークの伝送速度は、144Kbps、384Kbps、および最大2.4Mbpsである。

国内の携帯電話契約数は平成15年度末には8152万件となり、そのうちインターネットサービスの契約は6973万件に達している。また、第3世代携帯電話の契約数はそのうち1669万件となっている。<sup>[2]</sup>

携帯電話へ3次元グラフィックス表示機能を搭載した端末も普及している。2004年度中には、4000万台に達した。<sup>[3]</sup>

## 第二章 研究開発計画

伝送容量や性能に制約がある移動体端末などを含む多様な利用環境で 3 次元 GIS を利用可能にすることを目的とした基盤技術の確立をめざす。図 1 に研究開発の概要を示す。

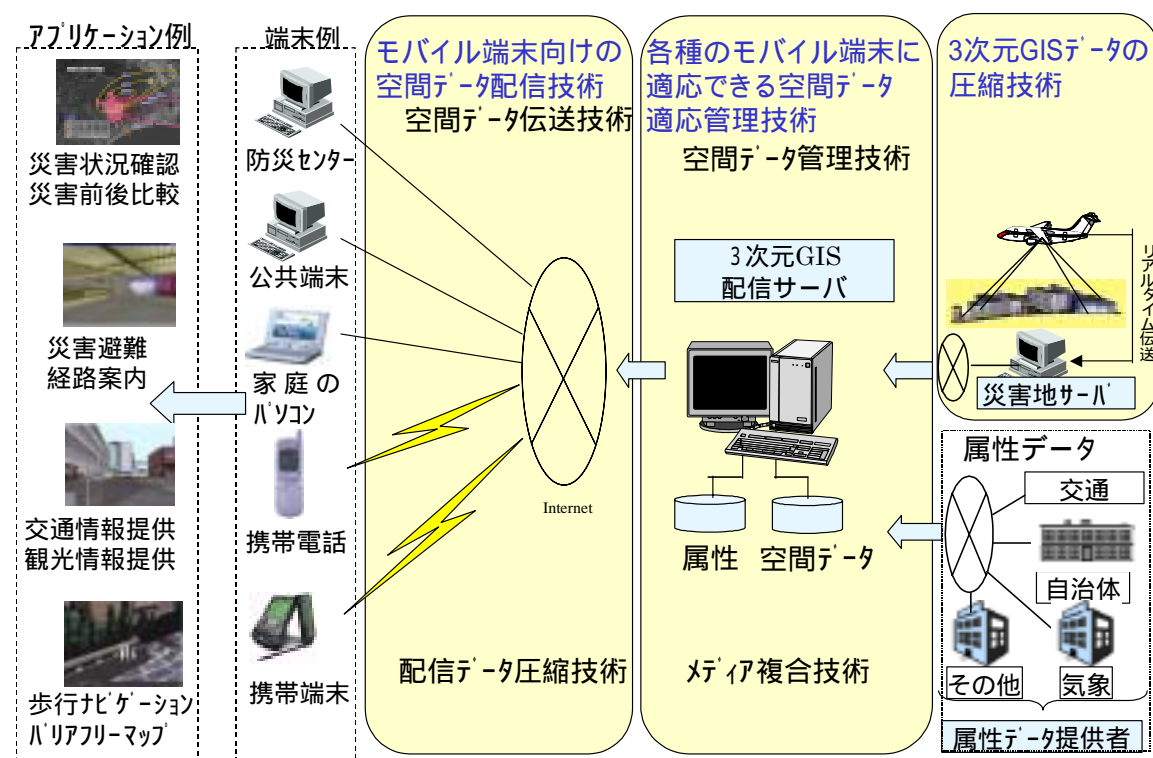


図 1 研究開発の概要

本件は、携帯電話や PDA といった携帯端末において、3 次元空間データの利用を可能にするための基盤技術の研究開発である。

3 次元 GIS データ圧縮技術は、災害時等に災害状況をいち早く知ることができるようにするために、航空機から取得した地形、建物の 3 次元形状を伝送しやすいように圧縮する技術である。

各種のモバイル端末に適應できる空間データ適應管理技術は、3 次元空間データをモバイル端末へ配信できるようにするために、蓄積管理する技術として、2 つの技術項目からなる。ひとつは、3 次元空間データを蓄積し、必要な空間データを高速で抽出するための空間データ管理技術である。もうひとつは、モバイル端末で表示が可能ないように、空間データを映像形式に変換して蓄積してあるような場合であっても、空間データの中のたとえば特定の建物といった地物の属性データに関連つけて取り出せるように組み合わせる技術である。

モバイル端末向けの空間データの配信技術は、モバイル端末にむけて、空間データを効率的に配信するための技術である。この技術は、2 つの技術項目からなる。ひとつは、機能・性能の異なる端末や、伝送容量の異なる伝送路を利用する場合であっても、最適な配信方式を選択することにより、効率的な空間データの伝送を可能にする空間データ伝送技術である。もうひとつは、小容量の

伝送路に対応して、配信するデータを圧縮するための配信データ圧縮技術である。

次に、次世代 GIS の実用化に向けた情報通信技術の研究開発の各技術開発項目における平成 15 年度から平成 17 年度までの目標を図 2 に記す。

		H15年	H16年	H17年
各年次の目標		目標達成のための基本的に研究すべき項目について、研究開発する。	研究開発の拡充と性能向上	到達目標達成 各々の技術の融合
3次元GISデータの圧縮技術 (パソコ)		レーザ測量システム取得空間データ 1/2に圧縮、圧縮時間30分	レーザ測量システム 取得空間データ 1/5圧縮 圧縮時間30分	画像センサ 取得空間データ 1/5圧縮 圧縮時間30分
各種のモバイル 端末に適応できる 空間データ 適応管理技術	空間データ管理技術 (三菱電機)	空間データの最適化抽出 20%のデータ量を削減して抽出 (最適に抽出する手法を確立 した後、高速に抽出するための 手法を研究開発する。)	40%のデータ量を 削減して抽出	フリスルー視点表 示のための 空間データの蓄積 (1秒以内に抽出)
	メディア複合技術 (NTTドコモ)	キャプションの自動挿入 (メディア複合の基本部分)	クリックプル オブジェクトの 自動挿入	属性データ表示 高速化(1秒以内)
モバイル端末向け の空間データの 配信技術	空間データ伝送技術 (三菱電機、NTTドコモ)	端末の性能や視認性の違いに 対応(空間データ伝送の基本部分)	伝送路の違い に対応	伝送路の状態の 変化に対応
	配信データ圧縮技術 (三菱電機)	テキストデータを1/2程度に圧縮 (圧縮可能なテキストの範囲を限定し て基本的な圧縮技術を確立)	テキストデータを 1/100程度に圧縮	伝送路特性の違い に対応した圧縮
実証実験 (三菱電機、NTTドコモ、パソコ)		個別の研究項目毎の検証	観光案内を想定とした マンナビゲーション の実証実験	防災救援を想定とした 総合的な実証実験

図 2 次世代 GIS の実用化に向けた情報通信技術の研究開発の計画

3次元 GIS データの圧縮技術は、航空機で取得した 3次元 GIS データをリアルタイムで伝送できるようにするために、30分以内に 1/5 のデータ容量に圧縮することを目標としている。航空機における 3次元 GIS データの取得は、航空機に搭載した計測器により計測し、地形、建物等の 3次元 GIS データを取得する手法である航空機レーザ測量システムを用いた手法と、航空機画像センサによる取得方法の 2つの手法を想定している。これらの手法の違いにより、取得する 3次元 GIS データの形式は異なる。3次元 GIS データを圧縮して地上の施設へ伝送可能とするためには、これらのデータ形式に対応した効率的な圧縮技術の開発が必要である。平成 16年度にレーザ測量システム取得データの圧縮の目標を達成し、平成 17年度に画像センサ取得データの圧縮の目標を達成する計画である。

各種のモバイル端末に適応できる空間データ適応管理技術のうち、空間データ管理技術は、3次元グラフィックス表示性能が高くないモバイル端末であっても、表示性能に適した空間データを選択して抽出することにより、迅速に配信を可能とする技術を確立するため、平成 17年度までに、1秒以内で景観の表示に必要な空間データを抽出できるようにすることを目標としている。

各種のモバイル端末に適応できる空間データ適応管理技術のうち、メディア複合技術では、3次元グラフィックスの高速表示機能を備えていない端末に対して、映像データに変換した空間データ



を伝送するための研究として、映像データと各種メディア形式の属性データを複合して扱う技術の研究開発を行う。映像化した空間データに、キャプションの挿入やクリックオブジェクトの挿入を可能にし、さらに映像化した空間データを高速で取り出すことができるようにすることを目標としている。

モバイル端末向けの空間データの配信技術のうち、空間データ伝送技術は、伝送路の特性や端末の機能・性能に応じて最適な配信の方式を選択し、端末に対して効率的にデータを伝送する技術の確立を目的とする。さまざまなモバイル端末で同じように空間データを表示できるような伝送方式、伝送路の違いや伝送路の状態変化があっても、安定して空間データを表示することのできる伝送方式の研究開発を行う。

モバイル端末向けの空間データの配信技術のうち、配信データ圧縮技術は、小容量の伝送路に対応して配信するデータを圧縮する技術を確立することを目的としている。3次元GISデータに多量に含まれるテクスチャを対象とし、3次元表示における視認性を維持したまま、テクスチャのデータ容量を1/100以下に削減することを目標とする。

平成16年度、平成17年度は、実際に一般的に使用されるモバイル環境において、研究開発した技術の有効性を検証するための実証実験を行う。

以上のように目標を定めて研究開発を行い、移動体を含む多様な利用環境において3次元の空間データを容易に利用可能とする次世代GISを構築するために必要な基盤技術を確立する。

## 第三章 研究開発内容

### 1 3次元 GIS データの圧縮技術

本研究開発では、3次元データを航空機から地上に向けて、リアルタイム伝送を行うことを前提としている。しかし、伝送の対象となる3次元データの容量は膨大であるため、後述の既存通信手段では、リアルタイム伝送を行うにあたり、データ圧縮が必須となる。よって、航空機上で取得した3次元データを、既存の通信手段で、リアルタイム伝送を行うことができる容量にまで圧縮する技術が必要となる。本項では、航空機レーザ測量システムおよび航空機画像センサにより取得された3次元データの圧縮技術に関し、平成16年度の研究報告を行う。

なお、本文で述べている3次元データとは、航空機に搭載した計測器により取得したデータを表現したものであり、後述の「航空機レーザ測量システム」、もしくは「航空機画像センサ」により取得されたデータを指し示す。

#### (1) 従来技術

従来、航空機から地上の状況を調べる際、アナログカメラや各波長帯の情報を取得するセンサ、レーザ測距装置等が利用されてきた。本研究開発では、レーザの照射-反射の情報をを用いて地上までの距離を測定する「航空機レーザ測量システム」と、「航空機画像センサ」による画像データの取得の2つを研究対象としている。以下にこれらの説明を記述する。

航空機レーザ測量システムとは、航空機に搭載された発振器からレーザを照射し、後方散乱光が戻ってくる時間を利用して、対象物との距離を計測することで、地表面の形状を計測するシステムである。<sup>[1]</sup>

航空機画像センサとは、地上のパンクロマチック画像およびRGBカラー画像を取得するために航空機に搭載されたセンサを指す。このセンサから撮影を行い、同時に取得したGPS/IMUデータを利用することで、位置情報を付加した地上の平面画像を取得する。

航空機画像センサで取得した平面画像から3次元データを作成するには、ステレオ処理を利用する。ステレオ処理は、カメラの撮影方向が異なる同地点のペア画像を2枚使用し、立体画像、つまり3次元画像を作成する技術である。

3次元画像作成に必要なデータは、ステレオペアのパンクロマチック画像であるが、視認性向上の為にテクスチャとしてRGBカラー画像も同時取得する。

実際にデータを取得する際には、作業対象地域の上空を飛行する。航空機レーザ測量システムは、レーザ測距装置で計測したレーザ発射基準点と地表までの距離を、航空機画像センサは、画像センサにより設定された解像度のパンクロマチック、カラー画像データを取得することが可能である。

これらのデータに加え、航空機の空間位置を計測するGPSと、姿勢角を計測するIMUとを組み合わせることで、レーザ発射基準点もしくは画像センサの位置データ、姿勢データも同時に取得する。これらを演算することで3次元地理座標を求め、航空機が移動しながら面的な撮影もしく

は計測を行っている。<sup>[2][3]</sup>このように、取得空間データには「レーザ測量データ」もしくは「デジタル画像」と、「航空機の GPS/IMU 観測データ」の 2 種類のデータがある。

「GPS/IMU」(Global Positioning System / Inertial Measurement Unit)

GPS/IMU は、航空機に搭載した GPS(全地球測位システム)と IMU(慣性計測装置)を用いて、航空機に搭載した計測器の正確な「位置( $x, y, z$ )と傾き( $\omega, \varphi, \kappa$ )」を得るシステムである。

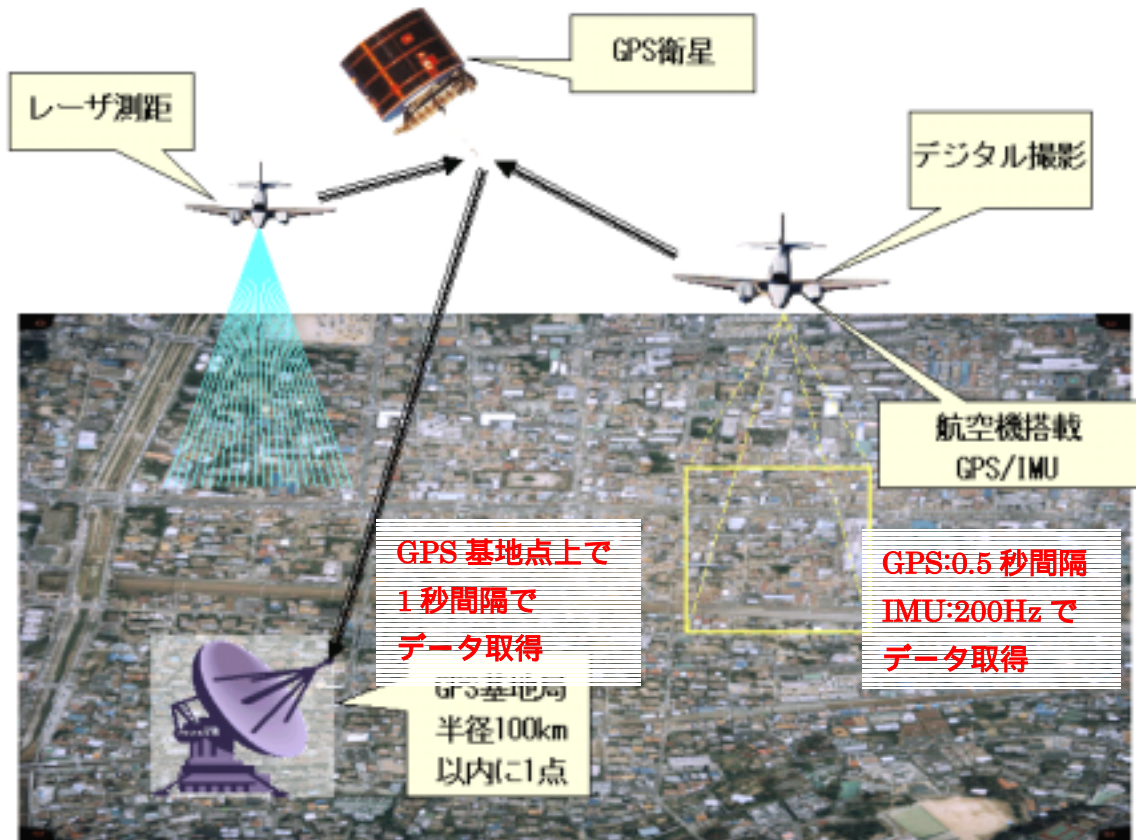


図 1-1 航空機レーザ測量システム

3次元 GIS データを作成するには、まず、作業計画準備完了後に、対象地域の半径 100 キロメートル以内に、地上 GPS 参照局を設置する。実際の空間データ取得時には、航空機だけでなく、設置した地上 GPS 参照局の観測データも取得する必要がある。これは後ほど、基準局と利用者局双方で、移動しながら順次搬送波位相積算値データを取得し、後処理で測位計算を行っていくためである。<sup>[4]</sup>

作業終了後、航空機側が取得したレーザ測量データもしくは画像データおよび、GPS/IMU 観測データを地上でダウンロードし、参照局で取得された地上 GPS 観測データを準備する。ここまですべて 3次元形状データを作成する前準備となる。

データの準備完了後、航空機側の GPS 観測データ( $x, y, z$ )を、地上側の GPS 観測データと比較することで、およその飛行軌跡を導出する。そのデータに IMU 観測データ( $\omega, \varphi, \kappa$ )を加えることで、航空機の傾き等も考慮した詳細な飛行軌跡を得ることができる。

これによって航空機の位置情報が取得できたため、レーザ測量データもしくは画像データを用

いて、3次元形状データを作成することが可能となる。

航空機上で取得した上記2つのデータは、どちらも地上でソフトウェアを介した後処理を行うことで、3次元形状データを作成することが可能となる。

実際の作業の流れは図1-2のようになる。

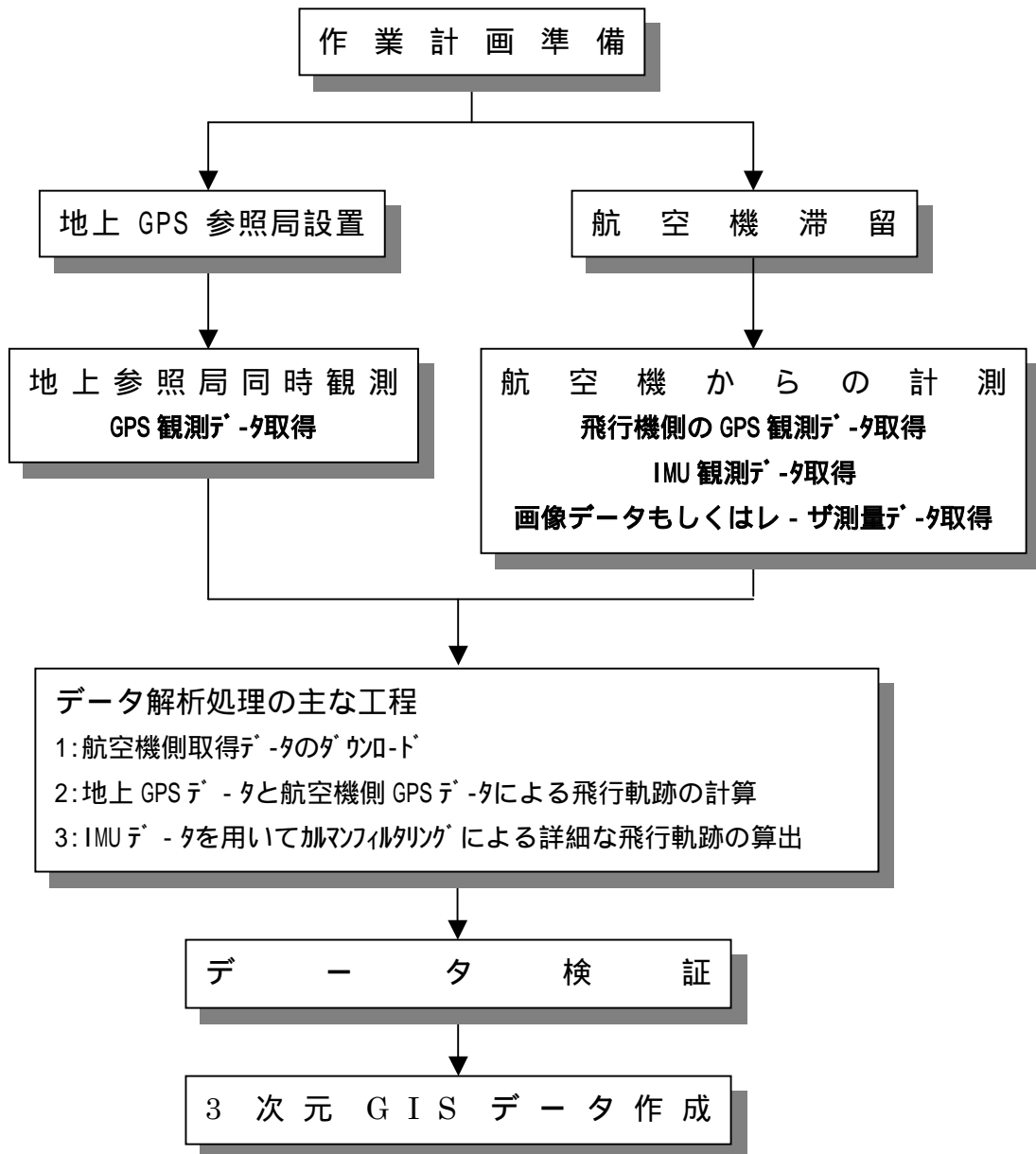


図1-2 レーザ測量作業フロー

## (2) 航空機レーザ測量システム取得空間データの圧縮

### ア 研究開発内容

航空機レーザ測量システム取得空間データとは、レーザ測量データとGPS/IMUデータを一つにまとめた呼称である。

平成15年度は、実際に測量を行い取得したレーザ測量システム取得空間データを対象として、

最終目標である圧縮率 10%に近い圧縮率を実現した。平成 16 年度は、実用されているレーザ測量システム取得空間データを対象に、最終目標を達成することを目標としている。

平成 16 年度の研究開発で利用するレーザ測量データは、平成 15 年度に利用したレーザ測量データと比べ、より情報量が多い。このデータを対象にリアルタイム伝送可能な容量まで圧縮を行うことを目標として、可逆圧縮手法および非可逆圧縮手法の双方を利用して検討を行う。

以下、この 2 種類の手法に関する研究開発内容を報告する。

#### (ア) 到達目標

以下、レーザ測量システム取得空間データについて、圧縮率と処理時間の目標設定を行う。

##### A 3 年間の最終目標

航空機レーザ測量システムによって取得した 3 次元データ(以下、航空機レーザ測量システム取得空間データ)を対象に、圧縮時間はリアルタイムとし、データ量を 10%以下に圧縮する。

なお、リアルタイム伝送は撮影と並列でデータ伝送を行うが、撮影完了後 1 分以内に伝送完了することを目標とする。

##### B 平成 16 年度の目標

実用されているデータを用いて、高層ビル街・住宅地域・緑地を含む 100km<sup>2</sup> のデータで、圧縮時間はリアルタイムとし、データ量を 10%以下に圧縮する。

#### (イ) レーザ測量データ可逆圧縮

可逆圧縮とはデータ復元後、3次元化した際にオリジナルデータと全く変わらないデータを維持することが可能な圧縮手法である。平成 15 年度におけるレーザ測量データの可逆圧縮については、45kHzの実測データにおいて、9.07%の圧縮率を実現した。平成 16 年度は、より高密度なレーザデータを利用し、平成 15 年度の圧縮アルゴリズムを向上させることで、10%以下の圧縮率を実現することを目標とする。この目標に従い、圧縮方法、圧縮実験の結果について報告する。

全体の流れとしては、データフォーマットが異なる高密度なレーザ測量データを利用するため、再度フォーマット解析を行った。

最後に、作成したプログラムを用いて 100km<sup>2</sup> の実測データを対象に圧縮実験を行った。

##### A レーザ測量データの特性

平成 16 年度に利用したレーザ測量データは、平成 15 年度と比較して情報量が多いデータであるため、データ量が増加している。このことから、平成 15 年度の技術のさらなる向上が求められる。平成 15 年度利用データと平成 16 年度利用データの比較表を、表 1.1-1 に示す。

表 1.1-1 データ比較表

利用年度	データ量/パルス	パルスレート	1 ファイル 最大サイズ	取得データ
平成 15 年度	28Bytes	45kHz	4MB	レーザ発射時間、ミラー回転角度、 レーザ往復時間
平成 16 年度	32Bytes	50kHz、 52kHz	16MB	レーザ発射時間、ミラー回転角度、 レーザ往復時間、タイムスタンプ、 反射強度、Auto Gain Control

パルスレートとは、1 秒間に発射するレーザパルスの数を表す。

データ種としては、「レーザ発射時間」、「ミラー回転角度」、「レーザ往復時間」に加え、新たに「タイムスタンプ」が加わる。これらは全て 3 次元データ作成時に必須なデータである。

さらにその他のデータとして、「反射強度」、「Auto Gain Control」という 3 次元データ作成時に必須ではないデータも含まれる。

「レーザ発射時間」は、1 発のレーザパルスが照射された時間を相対時間として記録したデータである。「ミラー回転角度」は、レーザ照射時の反射ミラーの回転角度を記録したデータである。レーザはミラーの反射により軌道を変化させるため、ミラーの回転角度は、レーザ照射角度を意味する。「レーザ往復時間」は、照射されたレーザパルスが地表や地物に反射し、機体に搭載されたセンサに戻って来るまでの時間を記録したデータである。レーザ往復時間から、機体と地表面との距離を算出することができる。

また、その他のデータに関しては、「反射強度」は、レーザを反射した物体の反射率(反射の強さ)を表す値である。「Auto Gain Control」は、反射したレーザが戻ってきた際、反射レーザの強弱に対応する調整用の値である。「タイムスタンプ」は、機上に設置された POS(Position Orientation System)から得られる、データ取得時の時刻情報である。図 1.1-1 は、レーザ測量装置と計測データとの関係を表す概念図である。

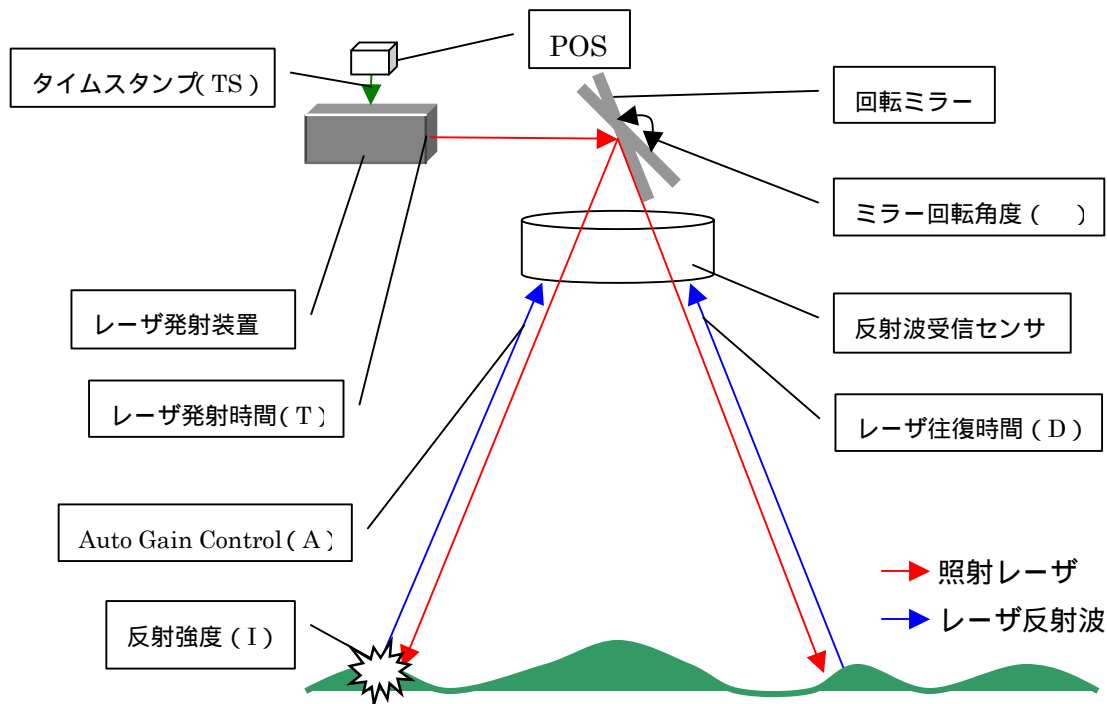


図 1.1-1 レーザ測量データの概念図

(A) レーザパルスの反射特性

航空機から照射されたレーザーパルスは、地表面に近づくにつれて発散し大きくなる性質がある。そのため、図 1.1-2 のようにレーザーパルスが当たる場所によっては、レーザー光が隙間を抜けて再度反射し、一回のレーザー照射で複数個のパルスデータを取得することがある。<sup>[6]</sup>

ただし、図 1.1-2 に示すように 1 発のパルスに対し、複数のパルスが反射するケースは森林部等に多く見られ、対象地域が都市部の場合では、ほとんどが D1(ファーストパルス、以下 1st パルス)のみか、D2(セカンドパルス、以下 2nd パルス)である。

なお、本年度の研究で利用したレーザー測量データは、4th パルスが最大である。

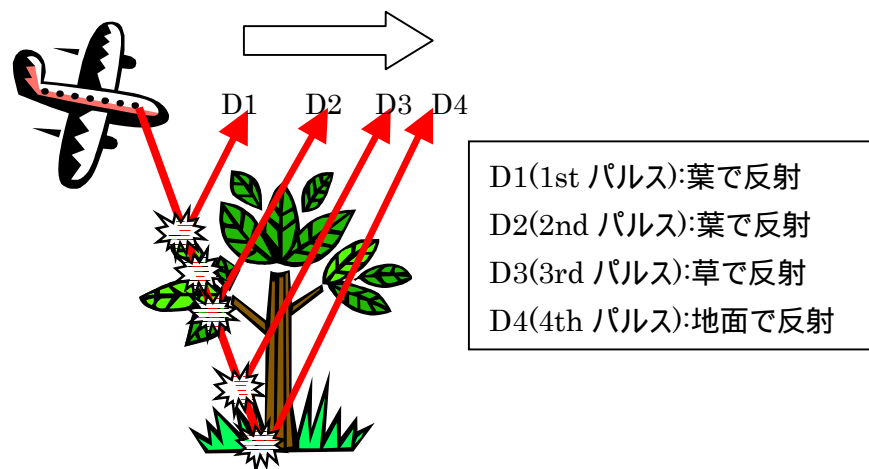


図 1.1-2 レーザパルスの反射特性

## B 改良版圧縮アルゴリズム検討の手順

本圧縮アルゴリズムは、圧縮フォーマット変換と変換データの符号化の 2 段階で実現する。対象データを高密度なデータに変更したことから、再度データフォーマット解析を行った。圧縮フォーマットは、各々のデータ特性を確認し、平成 15 年度の利用データとの傾向比較を行い、同時に改良版アルゴリズムの検討も行った。符号化については、平成 15 年度の研究成果から、圧縮率に優れた PPM 法を選定した。

## C データフォーマット解析

専用の圧縮方法を検討するためには、レーザ測量データに保存されている内容の解析が必須条件である。

航空機レーザ測量システムで取得されたデータはバイナリ形式のデータであり、1 回のレーザ照射毎のデータを 1 つの単位として保存している。

解析したレーザ測量データのファイルフォーマットを表 1.1-2 に示す。

表 1.1-2 レーザ測量データフォーマット

ByteNo	記号	意味	説明
1, 2	ZZ	区切り文字	データの区切りコード、データブロック開始
3~6	T1~T4	時間データ	4Bytes(T1~T4)のレーザ発射時間データ
7, 8, 9	D1	1st パルスデータ	3Bytes(D1)の往復時間データ(1st パルス)
10	00	VALID	-
11, 12, 13	D2	2nd パルスデータ	3Bytes(D2)の往復時間データ(2nd パルス)
14	00	VALID	-
15, 16, 17	D3	3rd パルスデータ	3Bytes(D3)の往復時間データ(3rd パルス)
18	00	VALID	-
19, 20, 21	D4	4th パルスデータ	3Bytes(D4)の往復時間データ(4th パルス)
22	00	VALID	-
23, 24, 25	I1~I3	反射強度	各 1Bytes(I 1~I 3)の反射強度データ
26	AG	Auto Gain Control	Auto Gain Control データ
27, 28, 29	A1~A3	角度データ	3Bytes(A1~A3)のミラー角度データ
30	00	VALID	-
31, 32	TS1, TS2	タイムスタンプ	2Bytes(TS1, TS2)のタイムスタンプデータ

平成 15 年度は時間・角度・パルスの 3 種類を保存対象としたが、平成 16 年度はこれらに地上での後処理に必要なタイムスタンプが加わる。



#### D データ傾向分析

C フォーマット解析とデータ分布の解析から、平成 15 年度に利用したデータの傾向と酷似していることが確認出来た。このことから、レーザー発射時間データ、ミラー反射角度データ、レーザー往復時間データの 3 種類に関しては、平成 15 年度と同様のアルゴリズムを選定し、さらに改良版アルゴリズムの検討を行った。また、新たに加わったタイムスタンプデータの解析、最適な圧縮アルゴリズムの検討を行った。

##### (A) 改良版アルゴリズムの検討

平成 15 年度の研究成果から、さらに圧縮効率を向上させることを目的として、改良版アルゴリズムの検討を行った。

###### a 優先順位の検討

圧縮フォーマット変換後のデータ量の差、および符号化効率の差は、それぞれ式 1.1-1、式 1.1-2 に示す通りである。

(大) レーザ往復時間 >> ミラー回転角度 > レーザ発射時間 (小) (1.1-1)

(高) レーザ発射時間 > レーザ往復時間 > ミラー回転角度 (低) (1.1-2)

データが大きい、或いは符号化効率が低いデータほど、改良できれば圧縮率を効果的に向上させることが可能であるため、レーザー往復時間、ミラー回転角度、レーザー発射時間の順に改良の検討を行った

b レーザ往復時間改良アルゴリズムの検討

データ分布

平成 15 年度は、時系列およびパルス回数での 1 次差分方式を採用した。サンプルデータの 1 次パルスデータから取得した 1 次差分データ分布図を図 1.1-3 に示す。

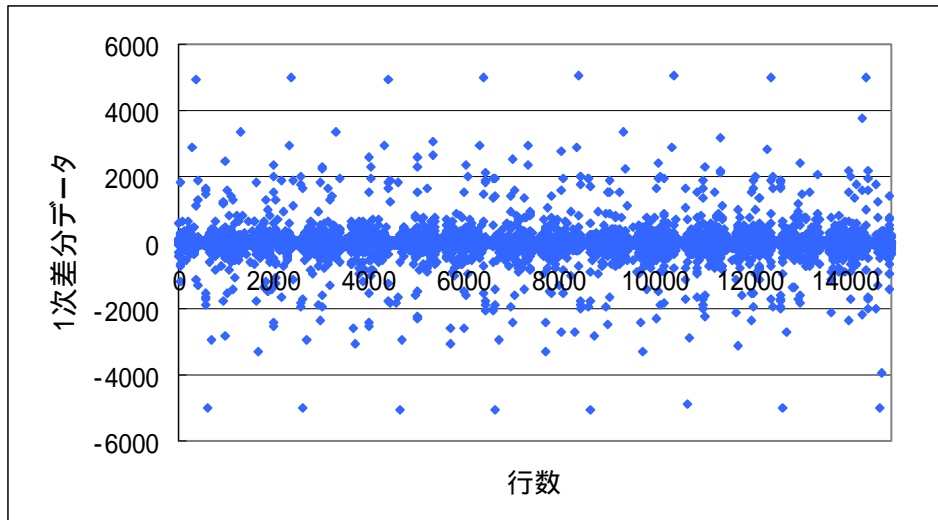


図 1.1-3 レーザ往復時間 1 次差分分布図

1 次差分データの特徴

図 1.1-3 からわかるように、データのばらつきが大きく、出現位置がランダムであることから傾向が捉え難い。また、4th パルスまでデータが存在する場合、この圧縮方式の有効性が非常に高いことが、後述する(H)圧縮結果より確認できたため、改良は行わず現状維持とした。

c ミラー回転角度改良アルゴリズムの検討

データ分布

平成 15 年度は、時系列での 2 次差分方式を採用した。サンプルデータから取得した 2 次差分データ分布図を図 1.1-4 に示す。

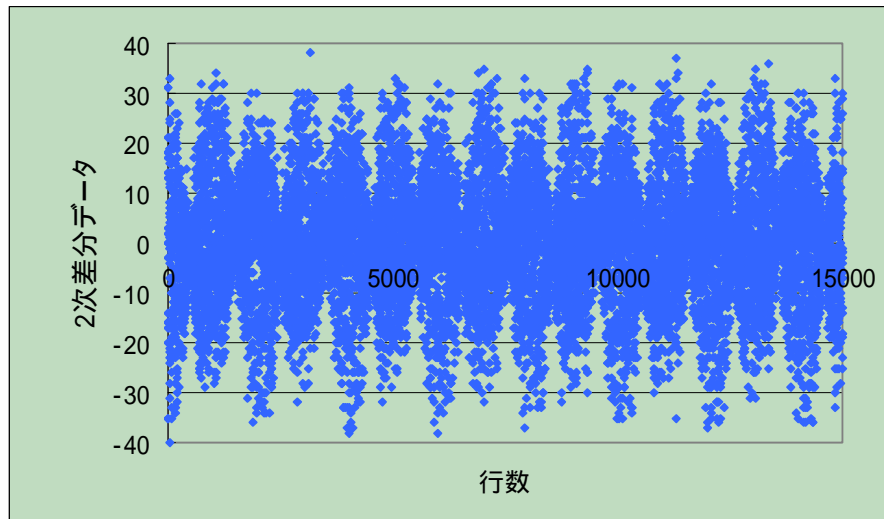


図 1.1-4 反射ミラー角度 2 次差分分布図

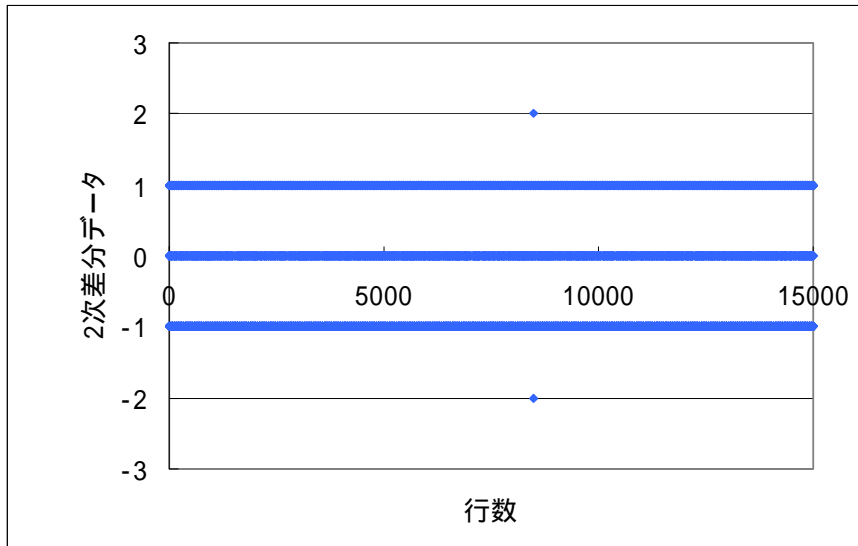
2 次差分データの特徴

図 1.1-4 からわかるように、データのばらつきが大きく、サインカーブのような傾向があるものの、イレギュラーデータが多く存在することから、傾向が捉え難い。パルスデータと同様、改良は行わずに現状維持とした。

#### d レーザ発射時間改良アルゴリズムの検討

##### データ分布図

平成 15 年度は、時系列での 2 次差分方式を採用した。サンプルデータから取得した 2 次差分データ分布図を図 1.1-5 に示す。



##### 2 次差分データの性質

図 1.1-5 より、2 次差分値のほとんどが(-1、0、1)であることから、サンプルデータから時間データの 2 次差分を取得し、65533 個のデータを対象に各数値の出現数を算出した。結果を表 1.1-3 に示す。表を見ると、数値データ(-1、0、1)の 3 つの値だけで全データの 99.99% 以上を占めていることがわかった。

表 1.1-3 時間 2 次差分データ出現率

数値	出現数	出現確率
	個	%
1	27610	42.1314
-1	27611	42.1329
0	10308	15.7294
2	1	0.0015
-2	1	0.0015
-23414438	1	0.0015
23414439	1	0.0015

##### インデックス方式

時間データの 2 次差分値は、出現確率からそのほとんどが(-1、0、1)であり、これら 3 つの数値が連続することがわかる。したがって、データを出現順序毎にみると、ほとんどの場合(-

1、0、1)の次に(-1、0、1)のいずれかの値が出現する。つまり、2つの数値で1セットとしてデータを見た場合、そのパターンは9通りとなり、このパターンに番号(インデックス)をつけて、そのインデックス値を保存することで、2つの数値を1つの数値で表現できる。現状、1つの2次差分データに1バイトのデータ量を割り当てているが、新たに2つのデータにインデックス値1バイトのデータを割り当てることとすれば、データ量は1/2となり、圧縮率の向上が考えられる。

実際のデータには、(-1、0、1)以外の数値も含まれるため、2つのデータのうち(-1、0、1)が先に出現し、その後(-1、0、1)以外の値が出現することを考慮して、2つ目にデータが存在しない時の3パターンを追加する。したがって、12パターンのインデックス値を準備する。

#### インデックス値の割り当て

インデックス値の割り当ては、実際のデータ並びを検討した結果とデータ出現確率を元に表 1.1-4 の様に決定した。

表 1.1-4 インデックス割り当て表

インデックス値	1つ目 2次差分値	2つ目 2次差分値	保存データ
0	1	-1	0x00
1	-1	1	0x01
2	1	0	0x02
3	-1	0	0x03
4	0	1	0x04
5	0	-1	0x05
6	0	NULL	0x06
7	1	NULL	0x07
8	-1	NULL	0x08
9	0	0	0x0A
10	1	1	0x0B
11	-1	-1	0x0C

#### 保存データの効率化

保存データとして12パターンを定義したが、これを整数型バイトデータとして保存するために必要なbit数は4bitsである。標準的なコンピュータでは、1Byte当り8bitsが割り当てられているため、1Byteの中に2つのインデックス値を保存することができる。ここで、1Byteの2次差分値2つを1つのインデックス値に置き換え、2つのインデックス値を1Byte中に保存した場合、1Byteのデータ量で最大4つの2次差分値を保存することができ、データ量は約1/4となる。このため、圧縮効率を高めるために2つのインデックス値をまとめて1Byteで保存することとする。

データフォーマット

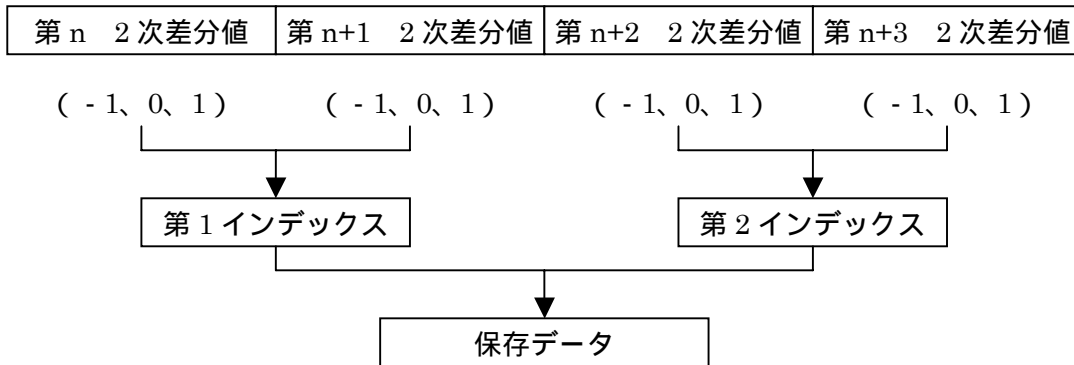
改良時間データ圧縮方式のデータフォーマットは次のようになる。また、表 1.1-5 および図 1.1-6~9 は、保存データ生成のパターンである。

- ・次差分データを 2 つずつ評価する。
- ・1 つ目の 2 次差分値が(-1, 0, 1)で、2 つ目の 2 次差分値が(-1, 0, 1)の組み合わせの場合インデックス番号を保存する。
- ・保存データは、2 つのインデックス値を上位 4bits と下位 4bits に保存する。
  - 先に算出されるインデックス値(第 1 インデックス)を上位 bit に出力する。
  - 後に算出されるインデックス値(第 2 インデックス)を下位 bit に出力する。
  - 第 1 インデックスに NULL が存在するか又は第 2 インデックスが存在しない場合下位 bit には、次の値を保存する。

表 1.1-5 保存データ生成パターン 01

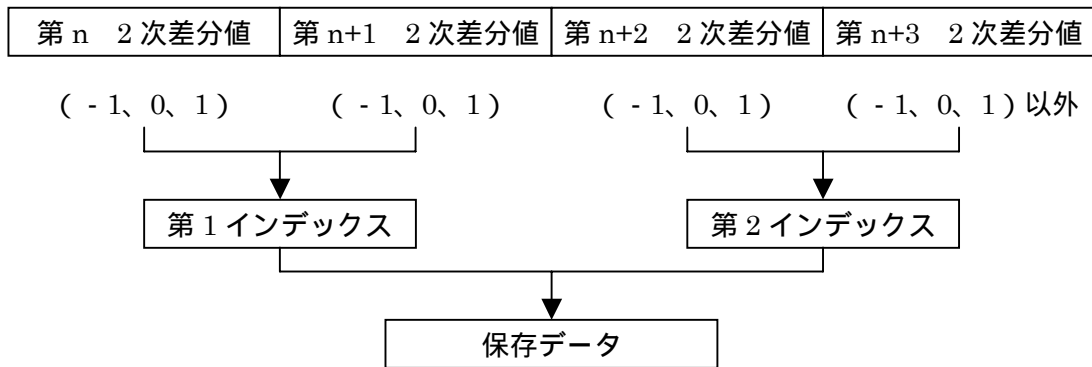
インデックス値	1 つ目 2 次差分値	2 つ目 2 次差分値	保存データ
9	NULL	NULL	0x09

- ・(-1, 0, 1)以外のデータフォーマットは、次のフォーマットとする。
  - 1 バイトのデータヘッダを追加する。
  - データヘッダの値は、0xFF とする。
  - データヘッダの後ろに 1 ~ 4Bytes の可変長データを追加する。



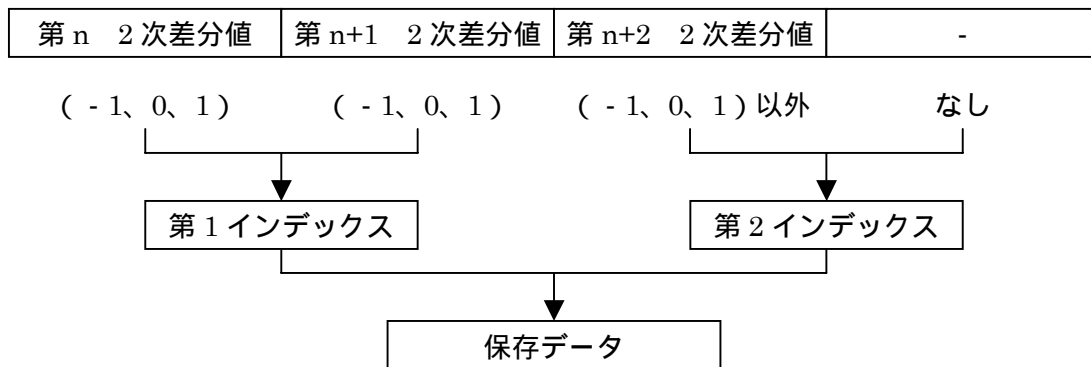
(インデックス化対象データが 4 つ続く場合)

図 1.1-6 保存データ生成パターン 02



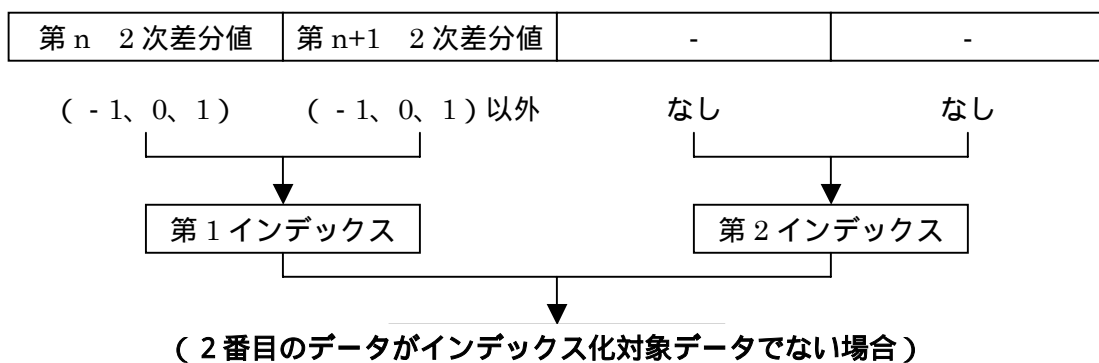
(4番目のデータがインデックス化対象データでない場合)

図 1.1-7 保存データ生成パターン 03



(3番目のデータがインデックス化対象データでない場合)

図 1.1-8 保存データ生成パターン 04



(2番目のデータがインデックス化対象データでない場合)

図 1.1-9 保存データ生成パターン 05

(B) 新規追加データの圧縮フォーマット検討

平成 16 年度の圧縮フォーマットには、新たにタイムスタンプデータが加わる。このデータの解析を行い、最適な圧縮フォーマットの検討を行った。

a データ解析

タイムスタンプデータの圧縮フォーマットを検討するために、レーザ測量データからタイムスタンプデータだけを抽出し、データの解析を行った。図 1.1-10 にタイムスタンプデータの分布を示す。

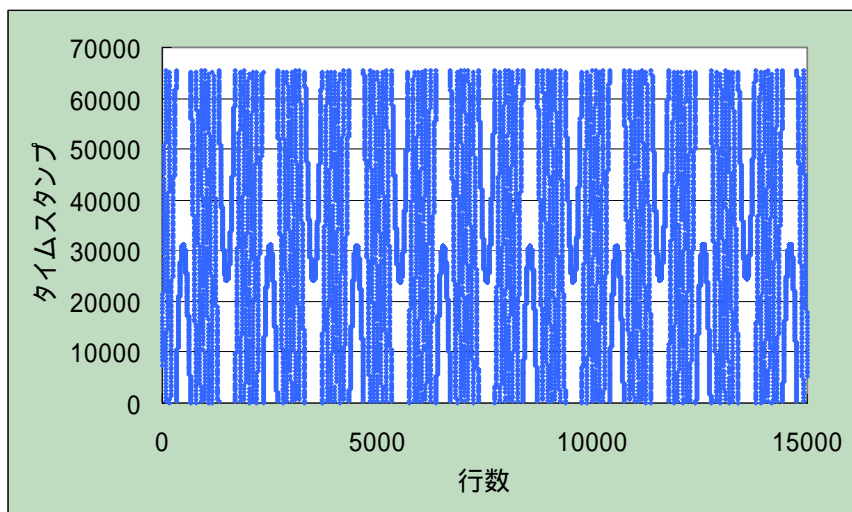


図 1.1-10 タイムスタンプデータ分布

図 1.1-10 を見ただけでは傾向が捉え難いが、反射ミラー角度データと比較したところ、下位 2Bytes のデータがタイムスタンプデータと等しい傾向があることがわかった。サンプルデータから角度データの下位 2Bytes を取得し、タイムスタンプデータと比較した結果を表 1.1-6 に示す。

表 1.1-6 角度データ下位 2Bytes とタイムスタンプデータの比較結果

全体数	不一致数	データ数	
		1Byte	2Bytes
524, 288	428	98	330

2つの値は完全には一致しないものの、不一致の値は全体数の約 0.1% であることから、角度データを参照することで、タイムスタンプデータの復元を行うことが可能であることがわかった。



そこで、以下のように圧縮フォーマットを選定した。

- ・ 同行の角度データの下位 2 桁と比較した際、等しければ 0 を保存する
- ・ 異なる場合は合図として 0xFF を入力し、1Byte、2Bytes に関係なく、2Bytes 分の領域に保存する

よって、角度データと値が等しければ、2Bytes 分のデータを 1Byte で表現可能であり、その割合は 99%以上であることから、約 1/2 にデータ量を削減可能であると考えられる。また、圧縮フォーマットの 99%以上が 0 となるため、符号化効率も高いと考えられる。

#### E 圧縮データフォーマット

以上の結果から、表 1.1-7 に示すような圧縮手法を利用している。改良部として、時間データに関しては、2 次差分データをさらにインデックス化する方式を利用した。新規データであるタイムスタンプデータに関しては、角度データとの比較方式を利用した。

表 1.1-7 圧縮フォーマット

データ	圧縮フォーマット
レーザー発射時間データ	2 次差分方式・インデックス方式
ミラー反射角度データ	2 次差分方式
レーザー往復時間データ	時系列的に見た時の一つ前の点と現在の点、およびパルス間での 1 次差分方式
タイムスタンプデータ	角度データ比較方式

#### F 圧縮フォーマット結合順序

前述した各圧縮フォーマットに対し符号化を行うことで、最終的な圧縮処理が行われる。通常、符号化処理は同じデータが連続して続くほど圧縮率が高くなる等、データの並び方により圧縮率の変動する。このことから、符号化効率が最適な結合順序を、サンプルデータを利用して模索した。

ヘッダー情報を除く圧縮フォーマット種は「レーザー発射時間」、「ミラー回転角度」、「レーザー往復時間」、「タイムスタンプ」の 4 種類が存在し、結合順序の組み合わせは全部で 24 通り存在する。

撮影日時、場所、パルスレート等条件が異なるデータをランダムに 10 ファイル選択し、それぞれの結合順序で圧縮を行った。最も効率が良かったデータと悪かったデータの圧縮率を表 1.1-8 に示す。

表 1.1-8 フォーマット別圧縮結果

圧縮率	データフォーマット
6.94%	タイムスタンプ圧縮フォーマット
	パルス圧縮フォーマット
	角度圧縮フォーマット
	時間圧縮フォーマット
9.77%	タイムスタンプ圧縮フォーマット
	時間圧縮フォーマット
	角度圧縮フォーマット
	パルス圧縮フォーマット

この結果に従い、最適な圧縮フォーマット結合順序を選定した。

また、この結合順序を行うことにより、最大で 3%弱の圧縮効率の向上が期待できると考えられる。図 1.1-11 に結合後の最終的な圧縮フォーマットのイメージ図を示す。

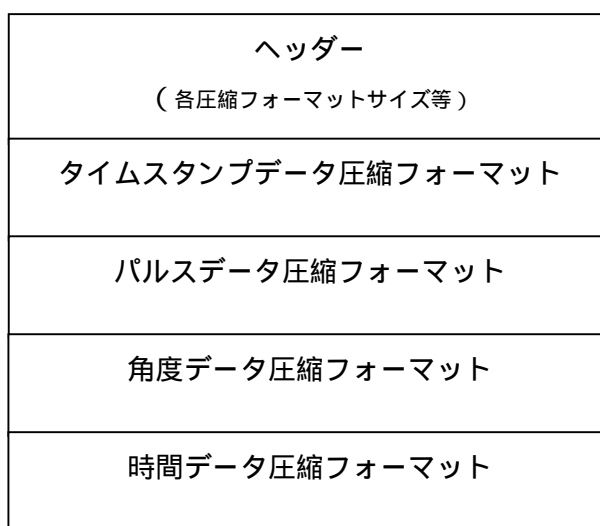


図 1.1-11 結合後圧縮フォーマットイメージ図

#### G プログラムフロー

レーザ測量データのフォーマット解析の結果と圧縮データフォーマットを元に、圧縮・復元プログラム作成のためのフローを示す。図 1.1-12 および 1.1-13 は、それぞれ圧縮プログラムのフローと復元プログラムのフローである。

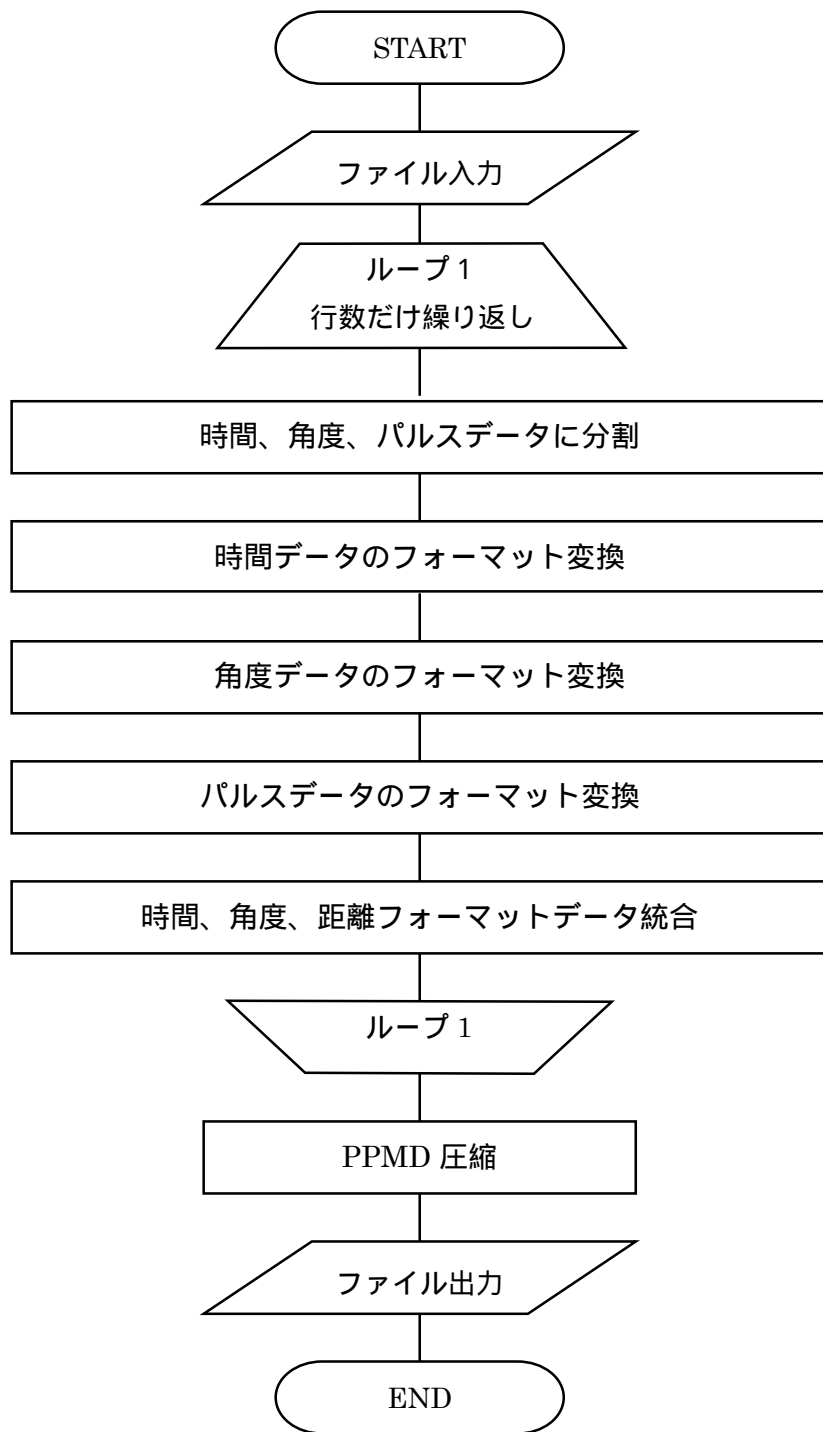


図 1.1-12 圧縮フロー

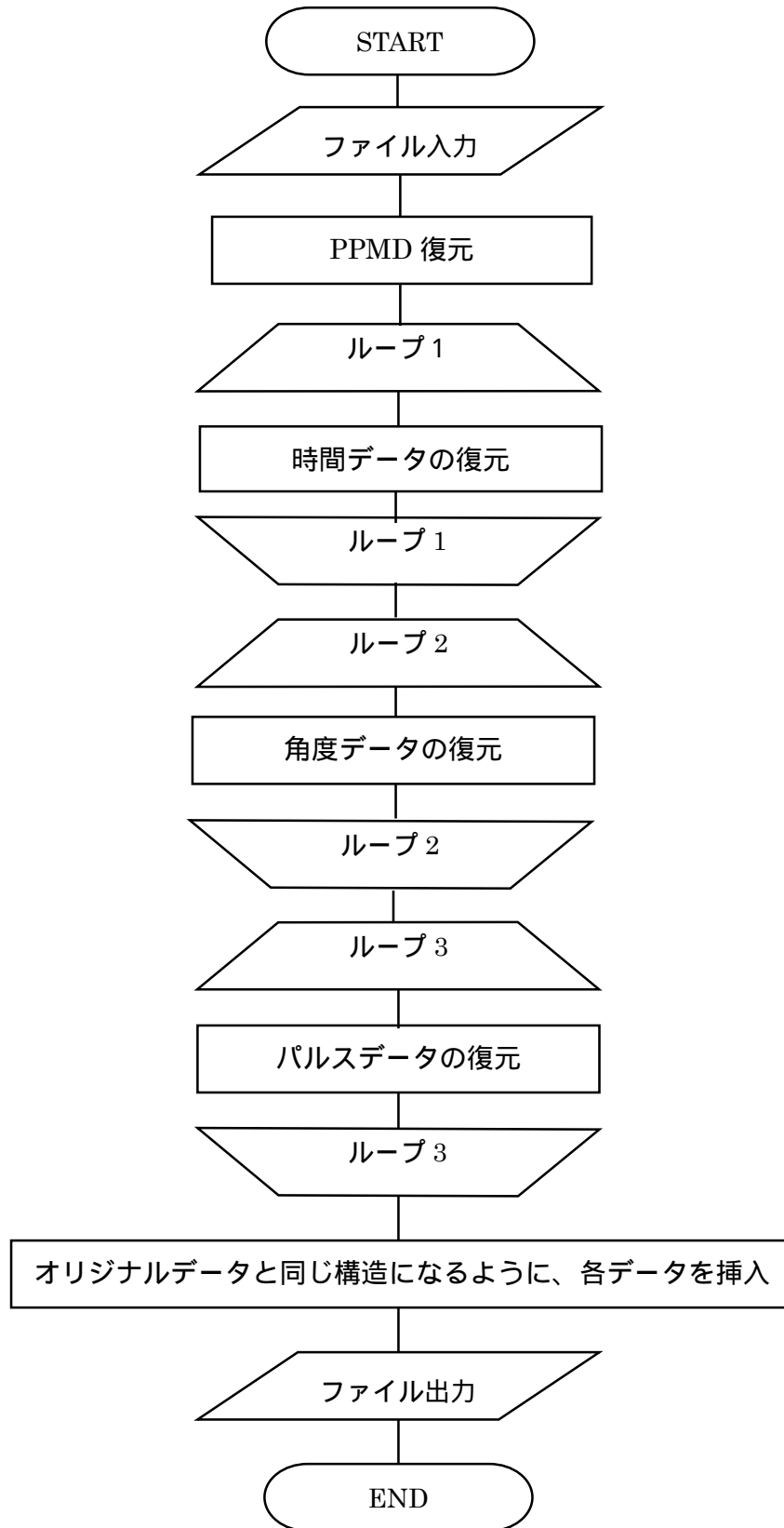


図 1.1-13 復元フロー

## H 圧縮結果

プログラムフローを元に圧縮及び復元ソフトの 2 つを作成した。これらのソフトを用いて圧縮・復元の実験を行い圧縮率について示す。

今回使用するデータには 4th パルスまで全て入力されたデータが存在するため、通常の 1st パルスだけのデータと、4th パルスまで存在するデータの 2 種類を利用して、平成 15 年度と同様にテストを行った。また、提案圧縮方式と汎用的圧縮方式との比較も行った。結果を表 1.1-9 に示す。本結果は 5 つのサンプルファイルの平均値を使用した。

汎用的な圧縮方式として、ZIP LZH CAB TAR-GZ を比較の対象とした。結果、提案圧縮方式は 1st パルスだけのデータ、4th パルスまで全て入力されたデータのどちらも圧縮率が 10%以下であり、平成 15 年度と同様に他の一般圧縮方式と比較した時、最も優れている。

また、平成 15 年度とは逆に、4 次パルスまで存在している方が高圧縮率である。解析を行った結果、圧縮フォーマットサイズは 4th パルスの方が大きいのが、1st パルスだけのデータと比較すると、符号化効率が 3 倍程度向上しているためである。これは、パルス回数での差分値は、符号化時の圧縮効率が非常に良いという結果でもある。

表 1.1-9 サンプルデータを使用した提案圧縮方式と一般圧縮方式との比較

方式	1st パルス	4th パルス	目標値
提案圧縮方式(%)	7.164	5.479	10.00 以下
ZIP 方式(%)	54.743	39.917	
LZH 方式(%)	56.551	43.813	
CAB 方式(%)	36.812	28.808	
TAR-GZ 方式(%)	54.709	38.762	

### (ウ) レーザ測量データ非可逆圧縮

非可逆圧縮とは、データ復元後、3 次元化した際に完全に復元できないが、可逆圧縮手法と比較して圧縮率が高い圧縮手法である。圧縮効率の向上を試みる過程で、非可逆圧縮手法の検討を行った。非可逆圧縮はデータを完全に復元出来ないという短所があることから、復元データの品質評価を行う必要がある。

レーザ測量データの品質としては高さ精度が挙げられるが、災害時に必要な精度として、誤差がおよそ家屋 1 階分の高さである  $\pm 2m$  以内に収まることを最低限の条件とした。よって、本項目では以下の 2 点を目標として検討を行った。

- 平成 15 年度の可逆圧縮手法を超える圧縮率
- 高さ精度  $\pm 2m$  以内の品質

## A 高さ情報の画像化

圧縮率はどのデータに最も影響されるかを調査した。圧縮前、フォーマット変換後、符号化後のデータ量を確認すると、パルスデータが圧倒的に多かったことから、パルスデータを圧縮対象

とした非可逆圧縮手法の検討を行った。

航空機レーザ測量は、図 1.1-14 のように航空機の左側から右側、右側から左側というように主走査方向に地上へレーザを発射し、往復時間から距離を算出する。この航空機から地上までの往復時間、つまり高さ情報を明るさに置き換え、画像化を図った。この画像に対し、JPEG 等の汎用的な画像圧縮手法を利用することで、非可逆圧縮時に品質と圧縮率のバランスを調節することが可能である。

ただし、1 主走査方向に発射するレーザパルス数は一定ではなく、取得順序も左右交互であることから、図 1.1-15 のような配列化、中心位置合わせ、不足データの充填、データ順序逆転等の作業が必要となる。

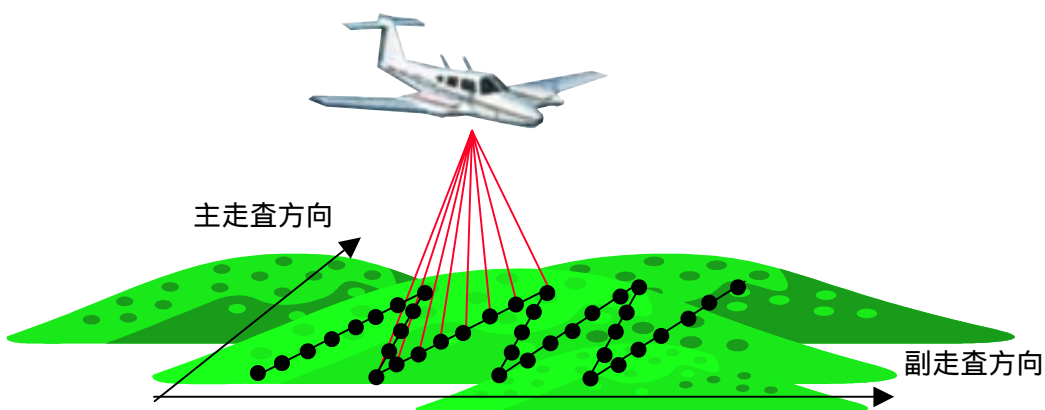


図 1.1-14 航空機レーザ測量イメージ図

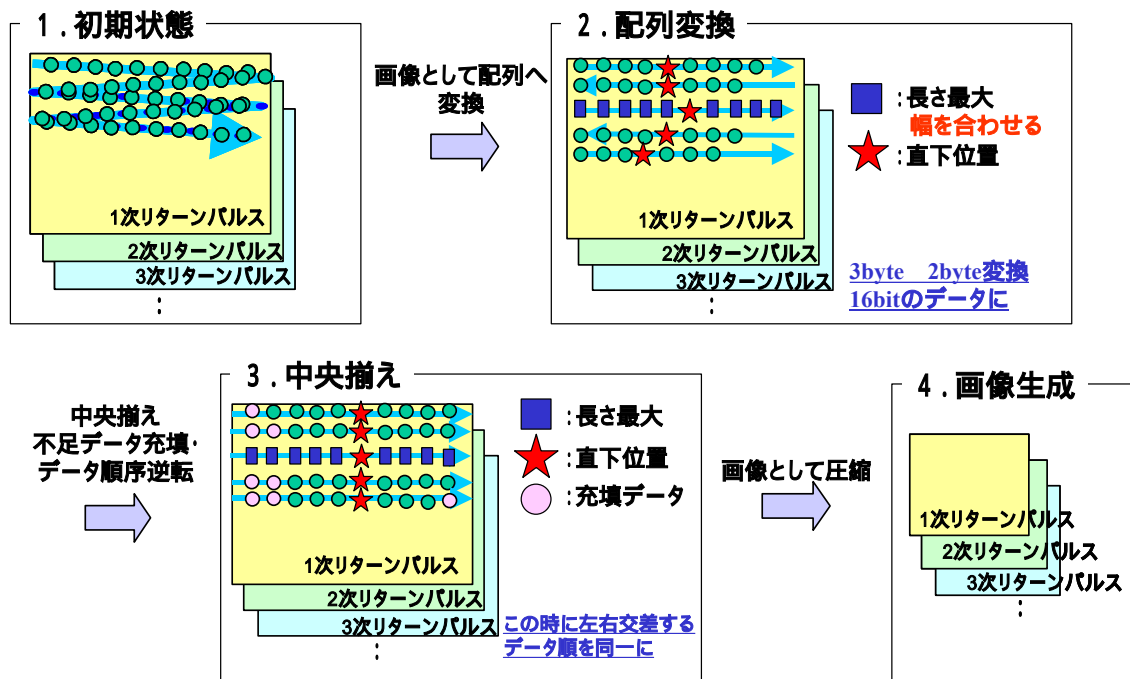


図 1.1-15 画像変換イメージ図

#### (A) 配列変換

パルスデータは 3Bytes であるが、最上位 1Byte を保存し、中位、下位の 2Bytes のみを利用して 16bits 画像を作成する。図 1.1-15 の初期状態から、配列へ変換を行う。最上位の 1byte は、通常は変化することが無いため、下位 2Bytes だけで高さ情報を表現することが可能である。

ここでは変換処理中に主走査方向の最大パルス数(幅)と、直下位置を算出しておく。これらの要素は、ミラー回転角度から判断することが可能である。

#### (B) 中央揃え

左右交互に取得されたデータ順を同一方向に変換し、配列変換時に取得した直下位置を中心として、左揃えから中央揃えに並び替える。

また、同様に取得した主走査方向の最大パルス数を基準として、不足しているデータ列に対して充填を行う。これにより、一定でなかった主走査方向のパルス数が統一され、画像の形となる配列を作成することが出来る。

#### (C) 画像生成

このように作成した画像配列は raw データ(生データ)として表示することが可能であるが、幅・高さ情報が必要となるので処理時に算出しておく。また、GPS/IMU 未補正の状態であるため、歪みが生じている。このデータを汎用的な画像圧縮手法(JPEG 等)による圧縮を行う。1 次パルスの画像変換データおよび、GPS/IMU 補正後のデータをそれぞれ図 1.1-16 および 1.1-17 に示す。(画像変換データ左右両端の白部分が充填データである)

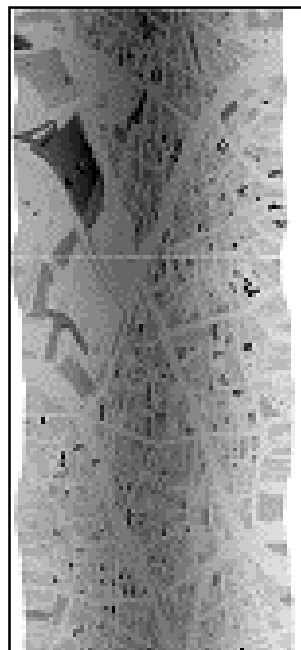


図 1.1-16 画像変換データ

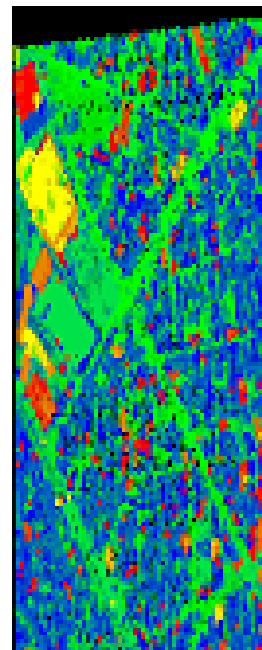


図 1.1-17 GPS/IMU 補正データ

## B プログラムフロー

図 1.1-15 を元に、圧縮・復元プログラム作成のためのフローを示す。図 1.1-18 および 1.1-19 は、それぞれ圧縮プログラムのフローと復元プログラムのフローである。

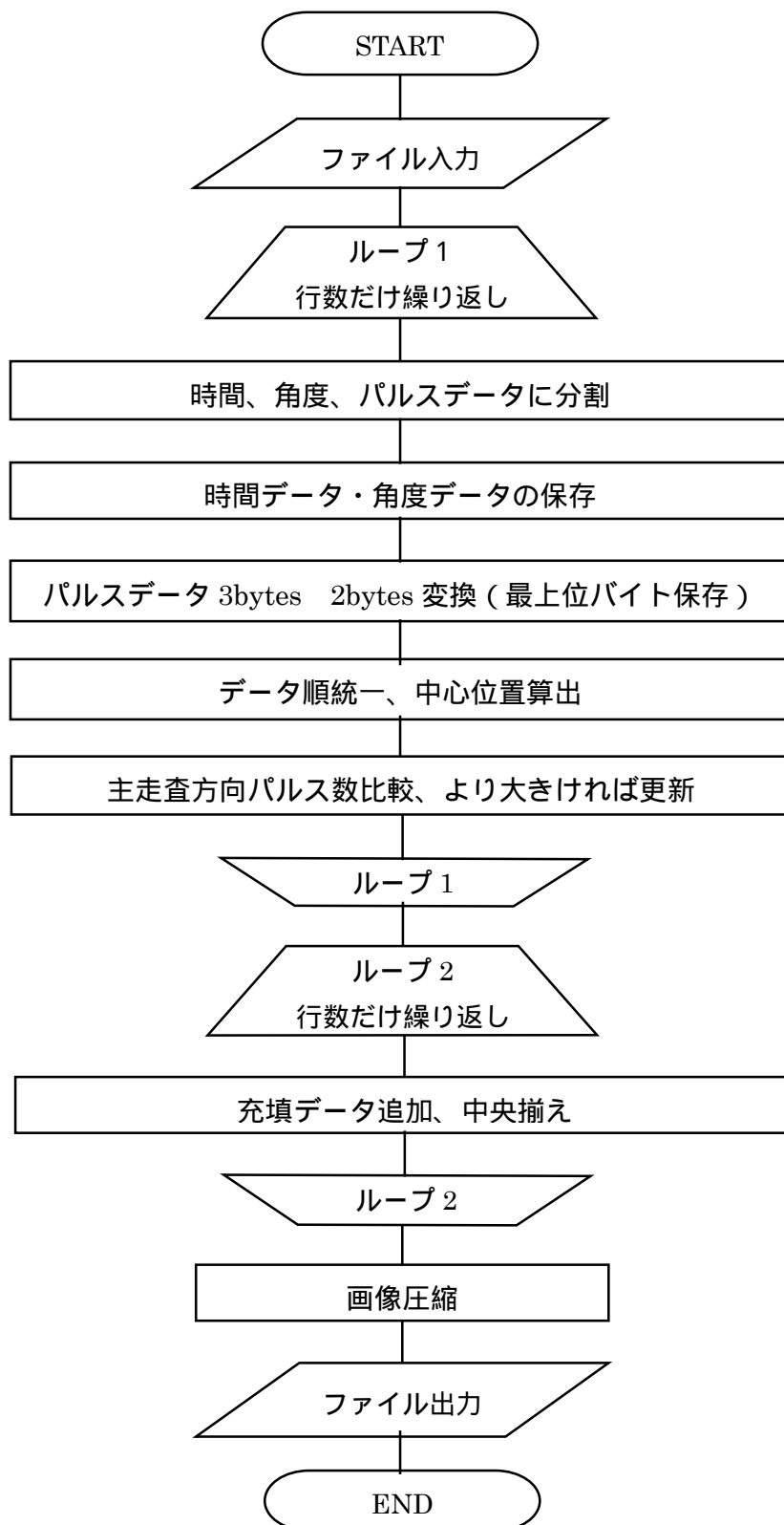


図 1.1-18 圧縮フロー



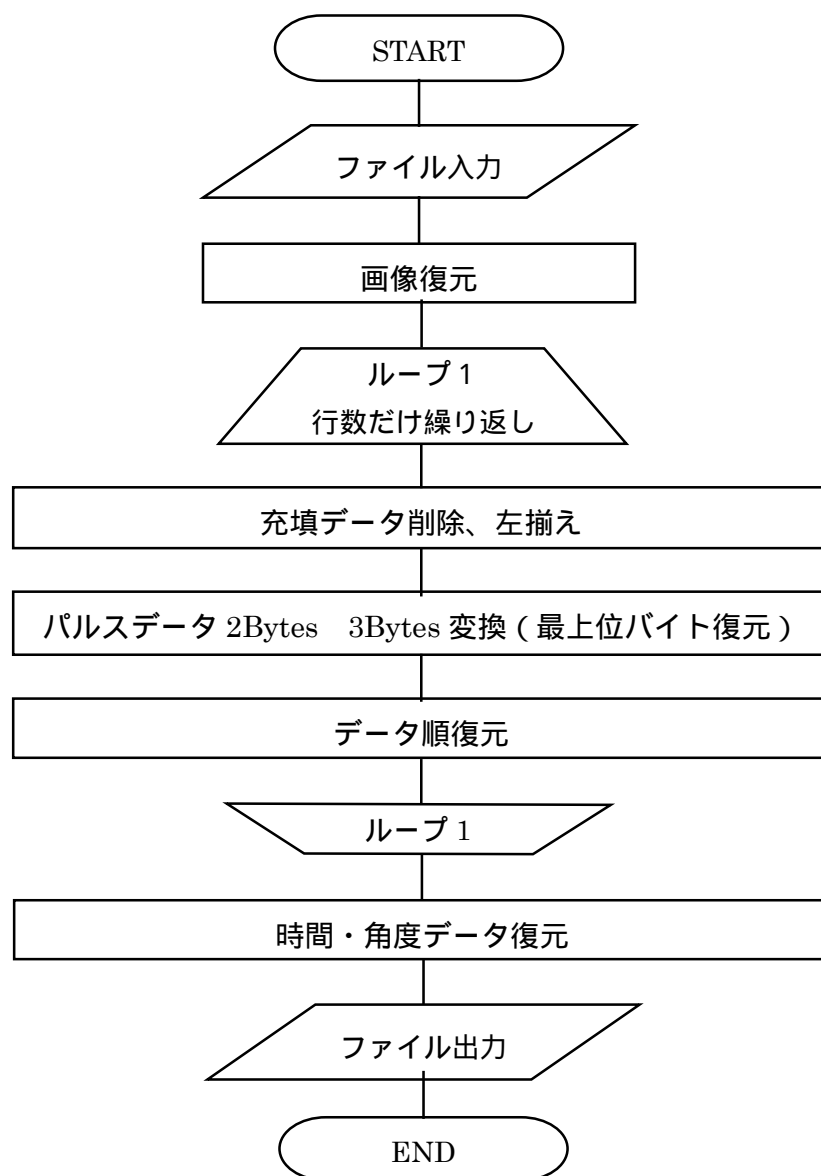


図 1.1-19 復元フロー

### C 圧縮結果

プログラムフローを元に圧縮及び復元ソフトの 2 つを作成した。これらのソフトを用いて圧縮・復元の実験を行い圧縮率について示す。

同レーザ測量データを対象として、可逆圧縮との比較を行った。結果として、図 1.1-20 のように復元データの品質を下げることで可逆圧縮手法の圧縮率を上回ることが出来たが、表 1.1-10 のように、ほとんどのデータが最低条件である高さ精度  $\pm 2\text{m}$  以内に収まらないことから、災害時に利用するデータとしては、条件を満たさないことがわかった。

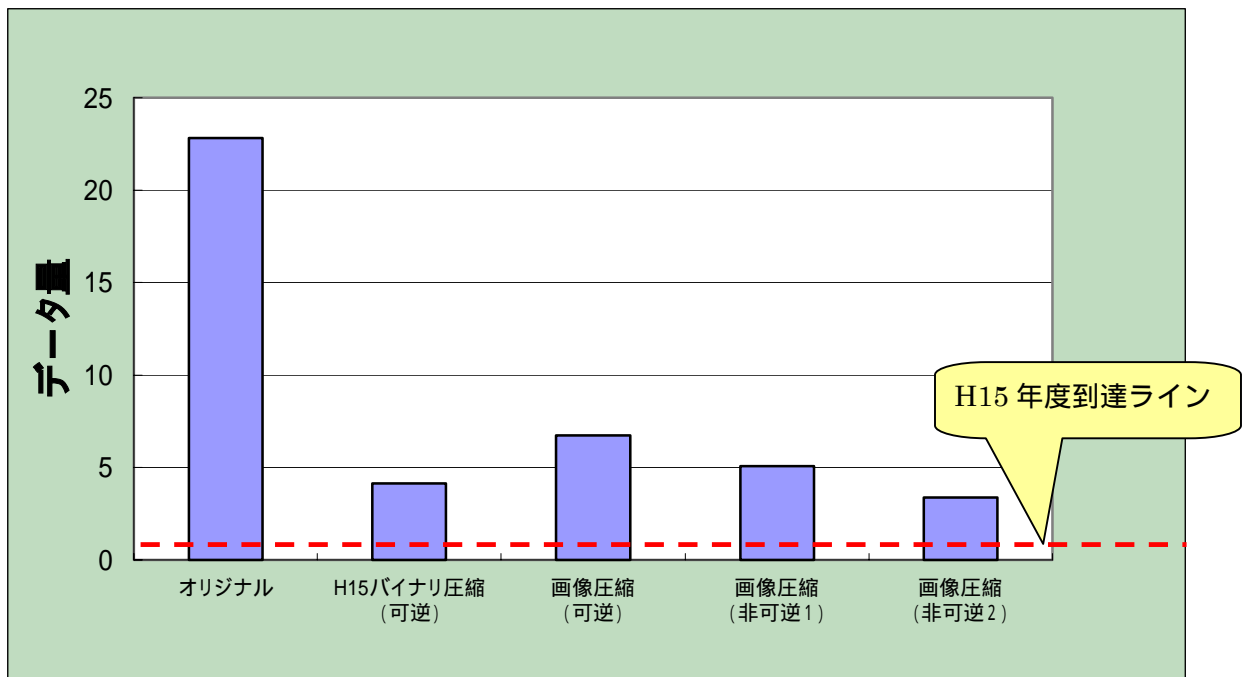


図 1.1-20 画像圧縮結果

表 1.1-10 高さ精度検証結果

高さ誤差検証の閾値	閾値の割合
$\pm 2\text{m}$ 以上	約 86 [%]

### (エ) 高さ差分の抽出方法

災害時に建物の倒壊状況を把握することを目的とし、レーザ測量によって得られた 3 次元位置データを利用して、既存の建物高さデータとの変化を計測・解析する。ここでは、レーザ測量から求めた 3 次元位置データと既存 GIS 建物データとを利用して、建物の変化を抽出する方法について述べる。尚、建物の変化を抽出するためには、予め高さ情報を持つ建物位置データが必要である。

## A 処理フロー図

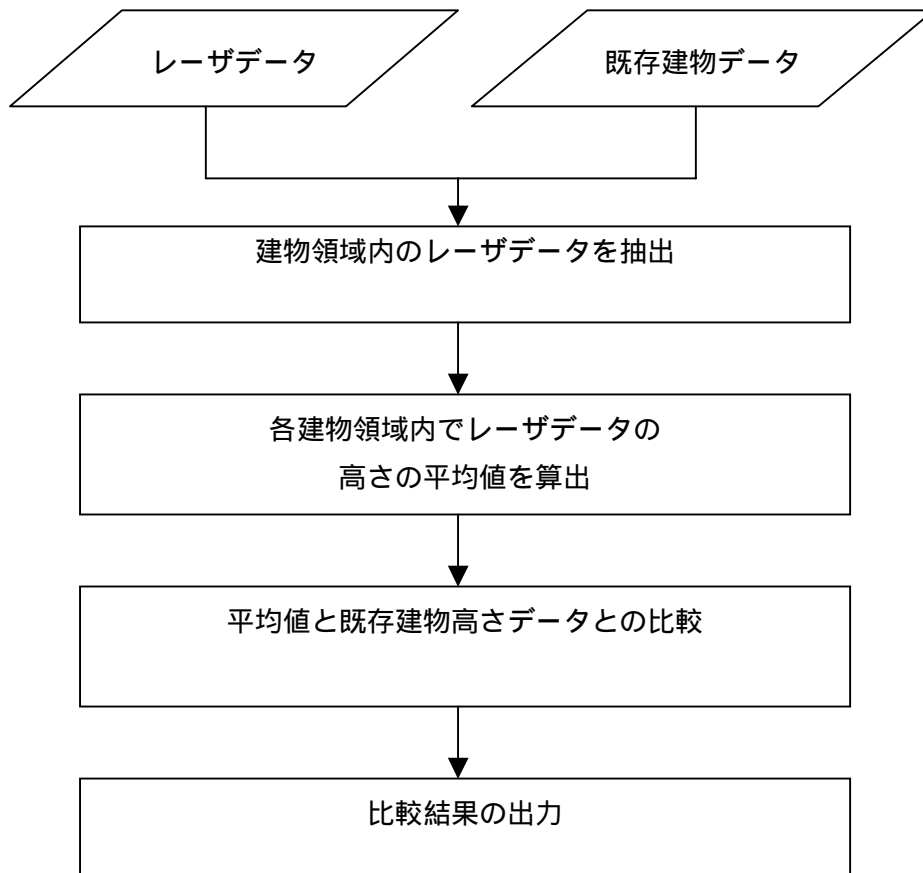


図 1.1-21 処理フロー図

## B 詳細説明

### (A) レーザデータ

災害発生後に取得されたレーザ測定の成果であり、最新の高さ情報を有する。

### (B) 既存建物データ

災害発生前に作成された建物データであり、2次元的な建物の位置とその高さ情報を有する。

### (C) 建物領域内のレーザーデータを抽出

災害後の建物高さデータを取得するために、各建物の2次元的な範囲内に含まれるレーザ3次元データを抽出する。

### (D) 建物領域内でレーザーデータの高さの平均値を算出

レーザデータの高さ成分誤差を少なくするために、抽出した各レーザデータの高さデータから平均値を算出する。

### (E) 平均値と既存建物高さデータとの比較

算出された建物領域内での平均値と既存建物高さデータとを比較することにより、建物の状況を把握する。平均値は、実際の建物の高さとは異なることが予想されるため、ある程

度の誤差を考慮した上で比較結果を判定する必要がある。

(F) 比較結果の出力

平均値と既存建物高さデータとの比較結果により GIS 上に建物を色分けして表示することで災害時の被害箇所の特定及びその範囲を迅速に把握することが可能となる。

(G) 建物変化の判定方法

建物の変化を高さ情報によって判定する場合、基本的な分類は次の様になる。

a レーザデータ平均値と既存高さデータとを比較して、レーザデータ平均値の方が著しく大きい場合は、建物の再建築と判定できる。しかしながら、再建築された建物の状況変化は把握できないため、高さとは別の情報により再度評価を行う必要がある。

b レーザデータ平均値と既存高さデータとを比較して、両者の差が極めて小さい場合は、建物に変化なしと判定できる。しかしながら、以前より高い建物が再建築され倒壊し偶然以前の建物と同じ高さになった場合は、状況変化を把握できないため、高さとは別の情報と組み合わせて評価する必要がある。

c レーザデータ平均値と既存高さデータとを比較して、レーザデータ平均値の方が著しく小さい場合は、建物倒壊又は消失と判定できる。しかしながら、倒壊と消失の判定には、高さとは別の情報を必要とする。

以上の内容を表にまとめて表 1.1-11 に示す。

表 1.1-11 建物変化の判定方法

建物変化の判定方法			
	判定基準	評価内容	備考
1	レーザデータ平均値 > 既存高さデータ	再建築	再建築された建物状況は判定できない
2	レーザデータ平均値 既存高さデータ	変化なし	再建築された建物で倒壊し偶然以前の建物と同じ高さになった場合判定できない
3	レーザデータ平均値 < 既存高さデータ	建物倒壊・消失	建物倒壊と消失の区別がつきにくい

C 適用結果

以上の方法により建物状況を判定した結果の例を図 1.1-22 に示す。尚、図 1.1-23 ~ 1.1-26 は、GIS 上で建物とレーザ 3 次元データとの関係を建物変化の判定基準別に示したイメージ図である。



図 1.1-22 建物状況判定結果

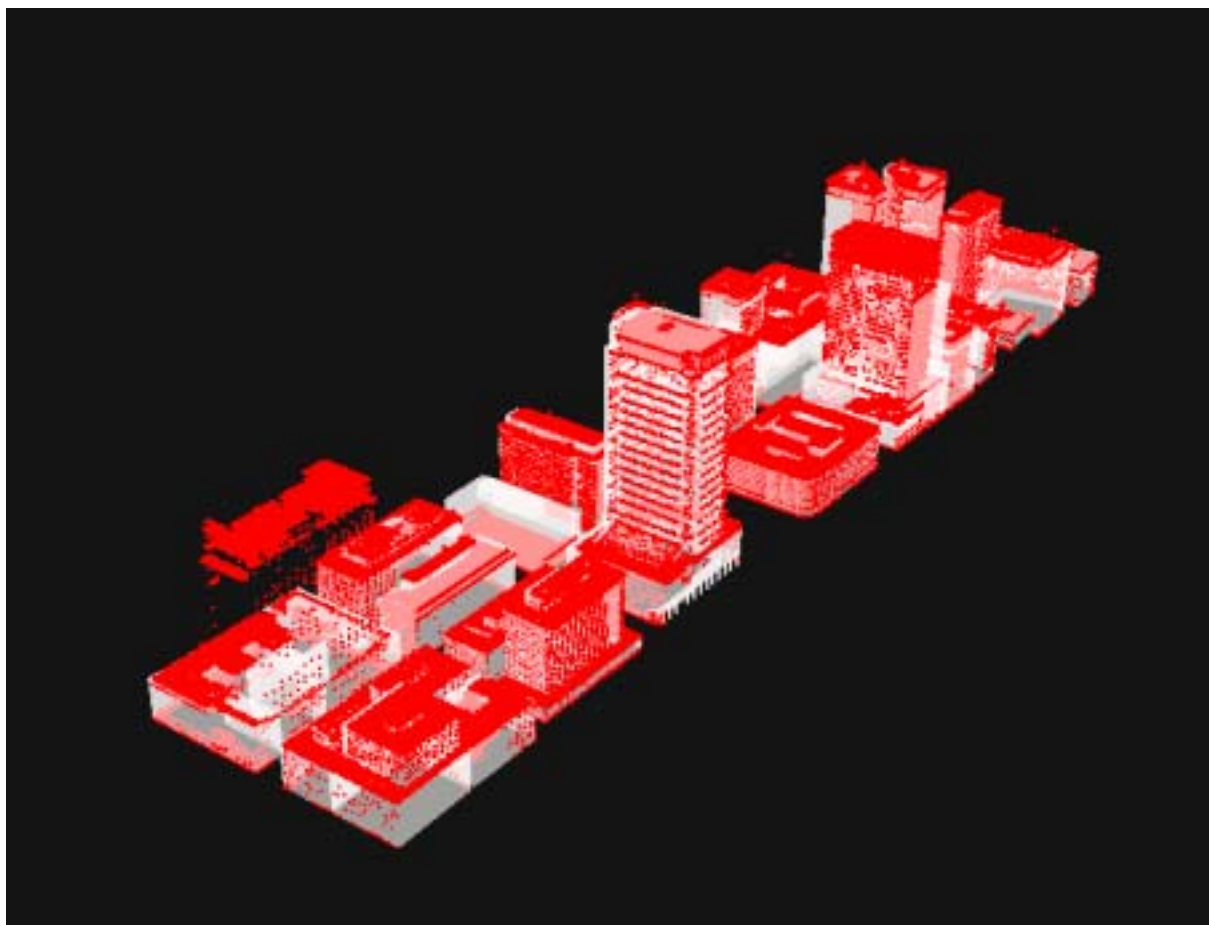


图 1.1-23 建物变化 - 全体像

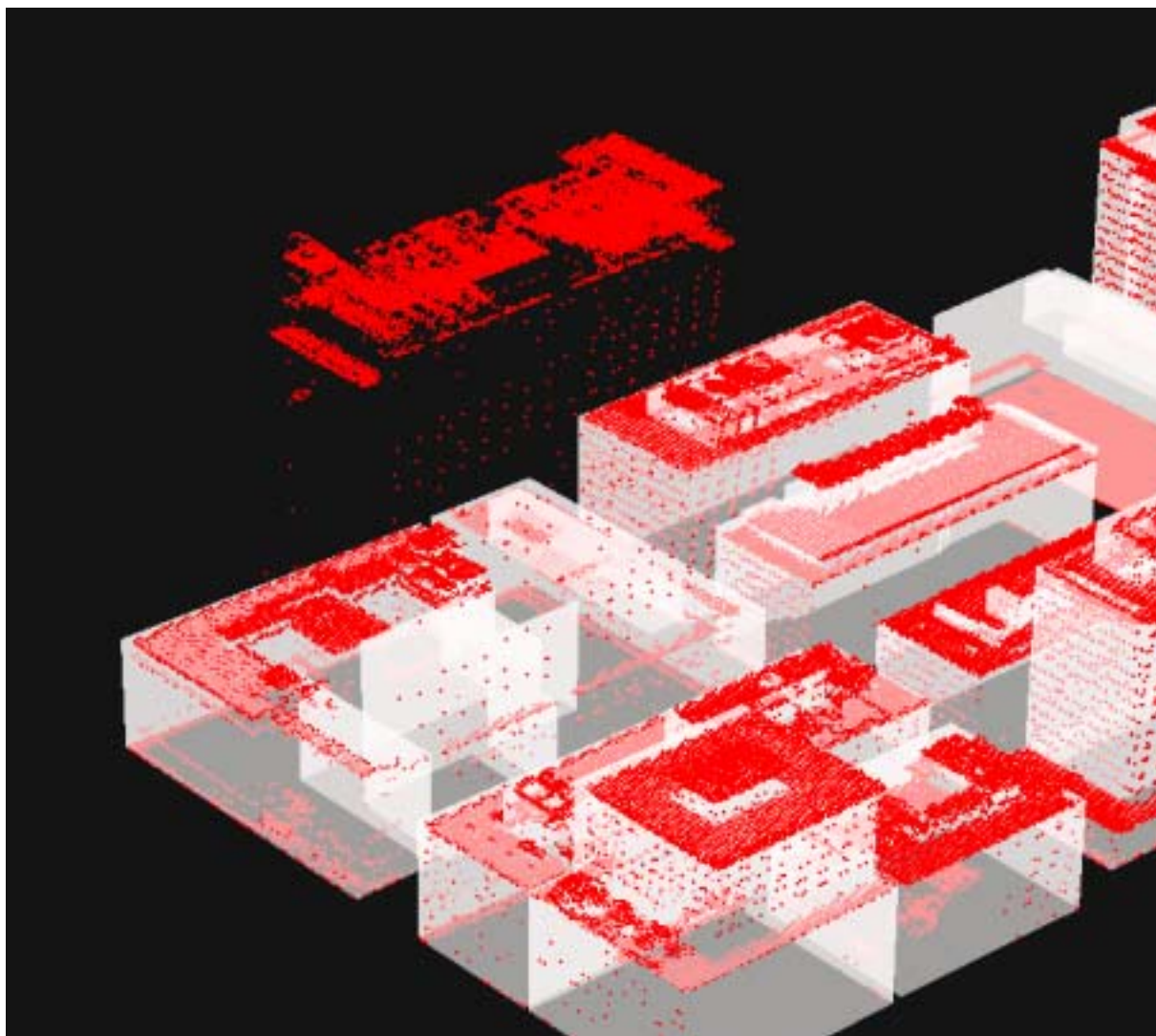


图 1.1-24 建物变化 - 再構築



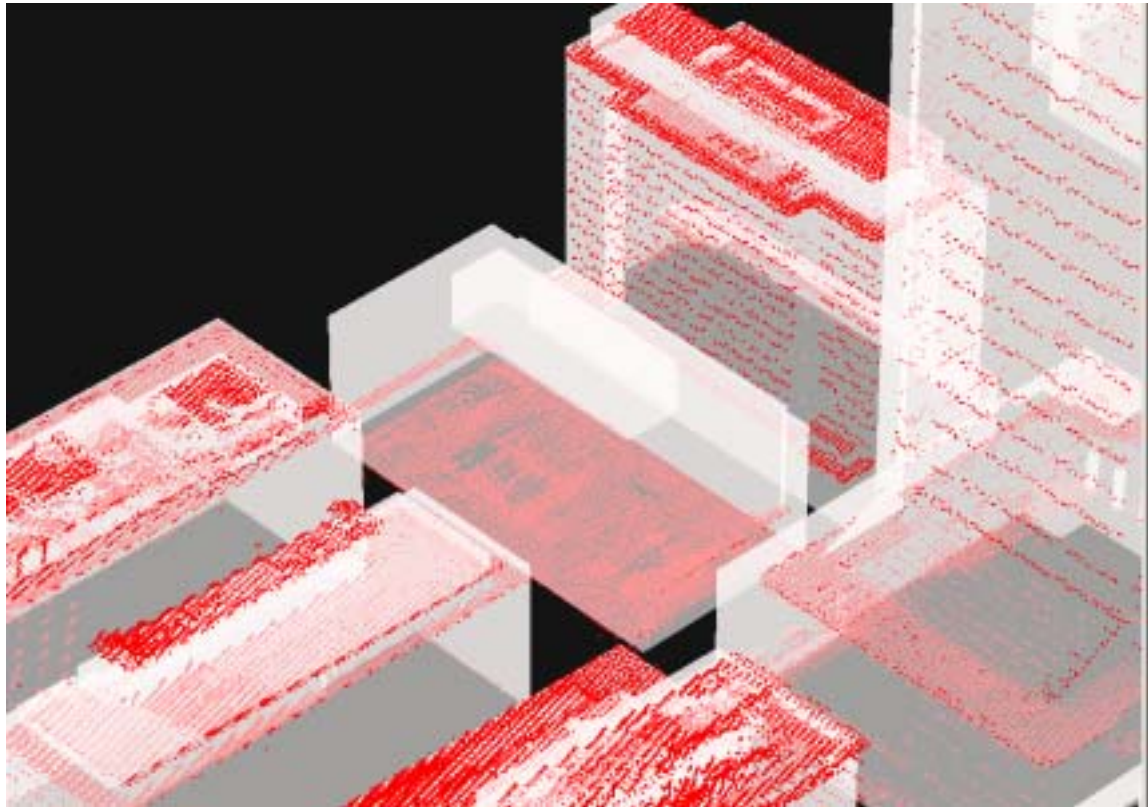


図 1.1-25 建物変化 - 倒壊例

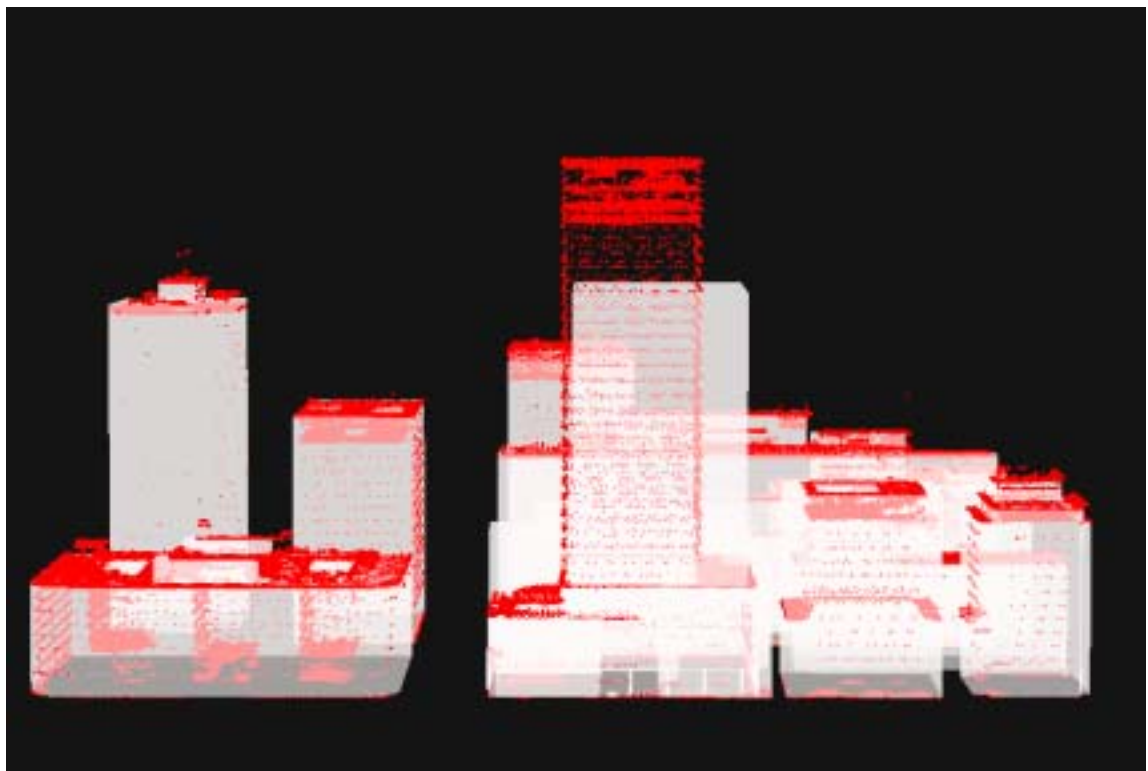


図 1.1-26 建物変化 - 再構築・変更無し

D まとめ

以上の結果から、建物変化は高さ成分の変化を求めることによりどの建物に変化があったか



を判定することができる。しかしながら完全な判定は、高さ分析だけでは難しい場合もあるので、空中写真等の別の情報を判定に併用することにより、その判定精度を高める必要がある。

#### (オ) 圧縮想定実験

ここでは、実際に 100km<sup>2</sup> を測量した時のレーザ測量データ・GPS/IMU 観測データを用いて圧縮ソフトの性能について検証する。

#### A 試験マシン概要

表 1.1-12 に計測に用いたマシンの概要を示す。

表 1.1-12 計測マシン概要

計測マシン概要	
製品名	Dell PRECISION 650
CPU	Intel Xeon 2.80GHz
RAM	4GB
OS	Windows 2000 Professional

#### B リアルタイム伝送

平成 16 年度の目標であるリアルタイム伝送達成のため、具体的にリアルタイムの時間を算出する。平成 16 年度に利用するレーザデータは、1 ポイントデータが 32Bytes で構成されており、1 秒間にパルスレート分のポイントデータを取得する。データは 16MB を上限としており、16MB に達するとファイルとして出力される。

まず、16MB に達するまでの時間を算出する。パルスレートは利用データである 52kHz とする。

・1 秒間に取得するデータ量

$$52000(\text{Hz}) \times 32(\text{Bytes}) = 1664000 (\text{Bytes})$$

・16MB に達するまでの時間

$$16(\text{MB}) \times 1024 \times 1024 / 1664000 (\text{Bytes}) = 10.1(\text{sec})$$

以上の式から約 10.1 秒となるため、16MB のデータ圧縮が 10 秒以内、つまり 1MB に対し 0.625 秒以内に圧縮処理が完了できればリアルタイム伝送が可能と言える。ただし、これはあくまでレーザ測量データのみでの計算結果であるため、GPS/IMU データを含めた時にリアルタイム可能であるような数値でなければならない。

#### C 想定実験用ソフトウェアの開発

レーザ測量データは撮影開始から終了までの間、取得情報が一定の容量に達すると、自動で出力される。実際に機上でデータを圧縮する場合、出力されたデータを確認後、圧縮する必

要があるが、その際、データが出力されたか否かを自動的に判断し、出力されていた場合、圧縮処理を行うような自動処理ソフトウェアが必要である。

そこで、仮想的に他のフォルダからデータをコピーし、選択したフォルダにレーザ測量データがあることを確認後、圧縮を行い、指定したフォルダに出力するソフトウェアを作成した。以下にその流れを示す。

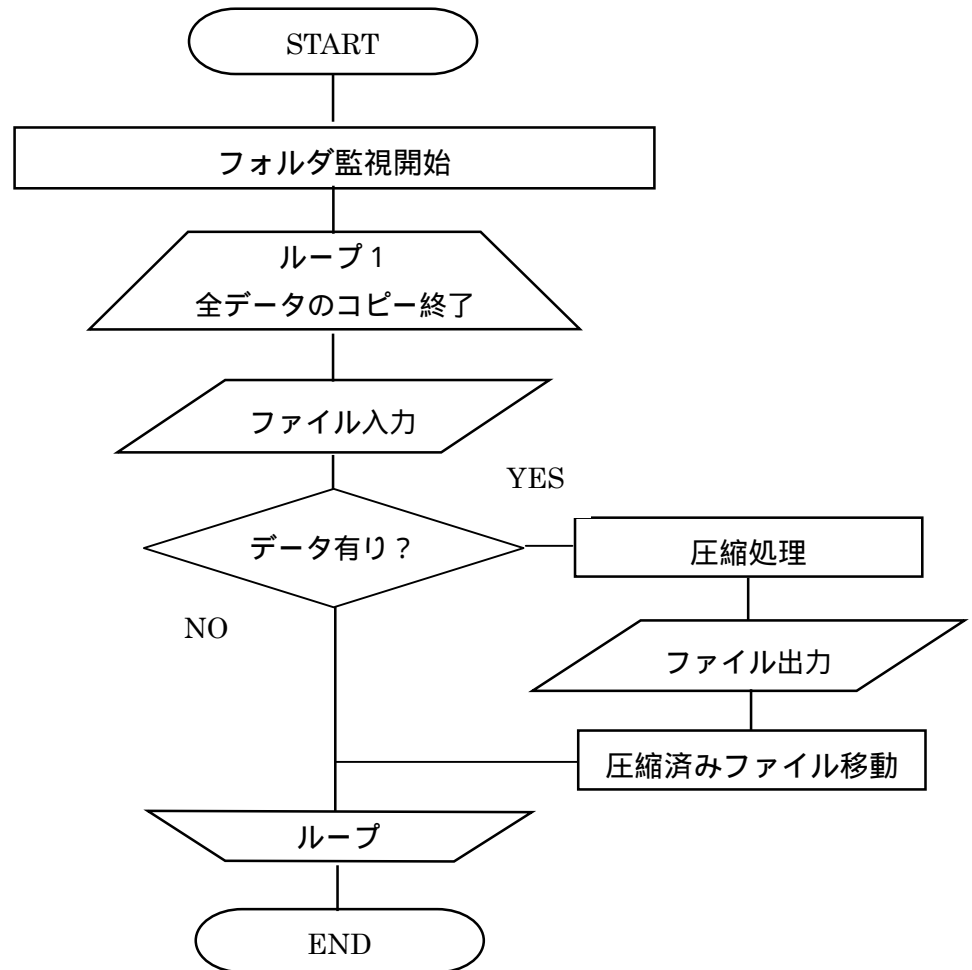


図 1.1-27 自動処理ソフトウェアフロー図

#### D 実測データ概要

ここでは、実際に航空機撮影を依頼し取得されたデータを利用して開発されたレーザ測量データ圧縮プログラム・GPS/IMU 観測データ圧縮プログラムを用いて、圧縮率・圧縮時間を測定した結果を記述する。表 1.1-13 に、実際に取得されたデータの飛行諸元を示す。

表 1.1-13 飛行諸元

撮影時間	4 時間 20 分
視野角(FOV)	20.0 度
対地高度	5900 フィート
飛行速度	110 ノット
パルスレート	50000Hz、 52000Hz
スキャンレート	40Hz
レーザサイドラップ	30%

表 1.1-14 にレーザ測量データの圧縮結果を、表 1.1-15 に GPS/IMU 観測データの圧縮結果を示す。

表 1.1-14 レーザ測量データ圧縮結果

データ量(バイト)	13,180,600,320 (12,570MB)
平均圧縮率(%)	7.13
平均処理時間(秒/MB)	0.197
圧縮後データ量(バイト)	939,632,893 (896MB)
総圧縮時間(秒)	2475.712 (41 分)

表 1.1-15 GPS/IMU 観測データ圧縮結果

データ量(バイト)	501,311,942 (478MB)
平均圧縮率(%)	47.940
平均処理時間(秒/MB)	1.922
圧縮後データ量(バイト)	240,748,770 (229MB)
総圧縮時間(秒)	914.2 (15 分)

図 1.1-28 ~ 1.1-30 は、3次元化した際の測量対象地の段彩図である。

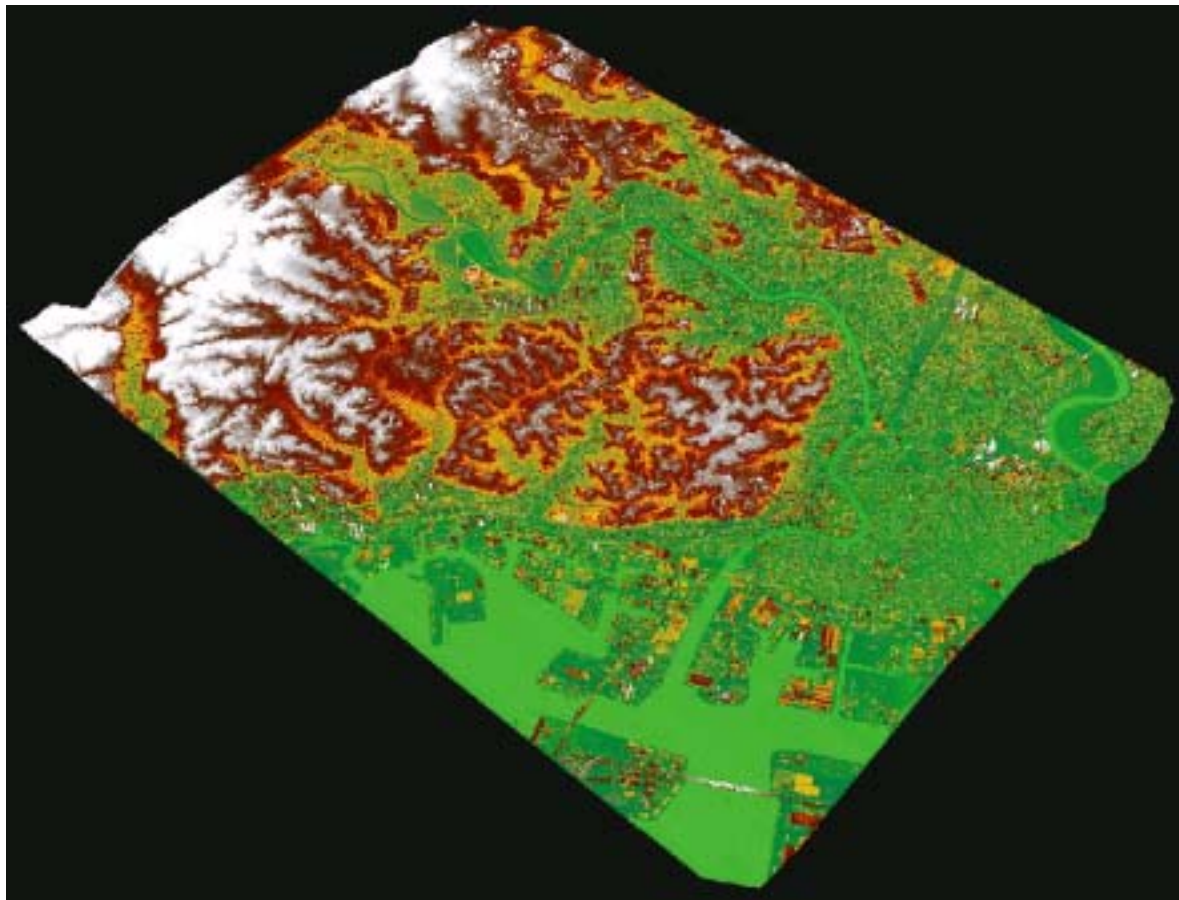


图 1.1-28 測量对象地域



图 1.1-29 扩大图(住宅地)

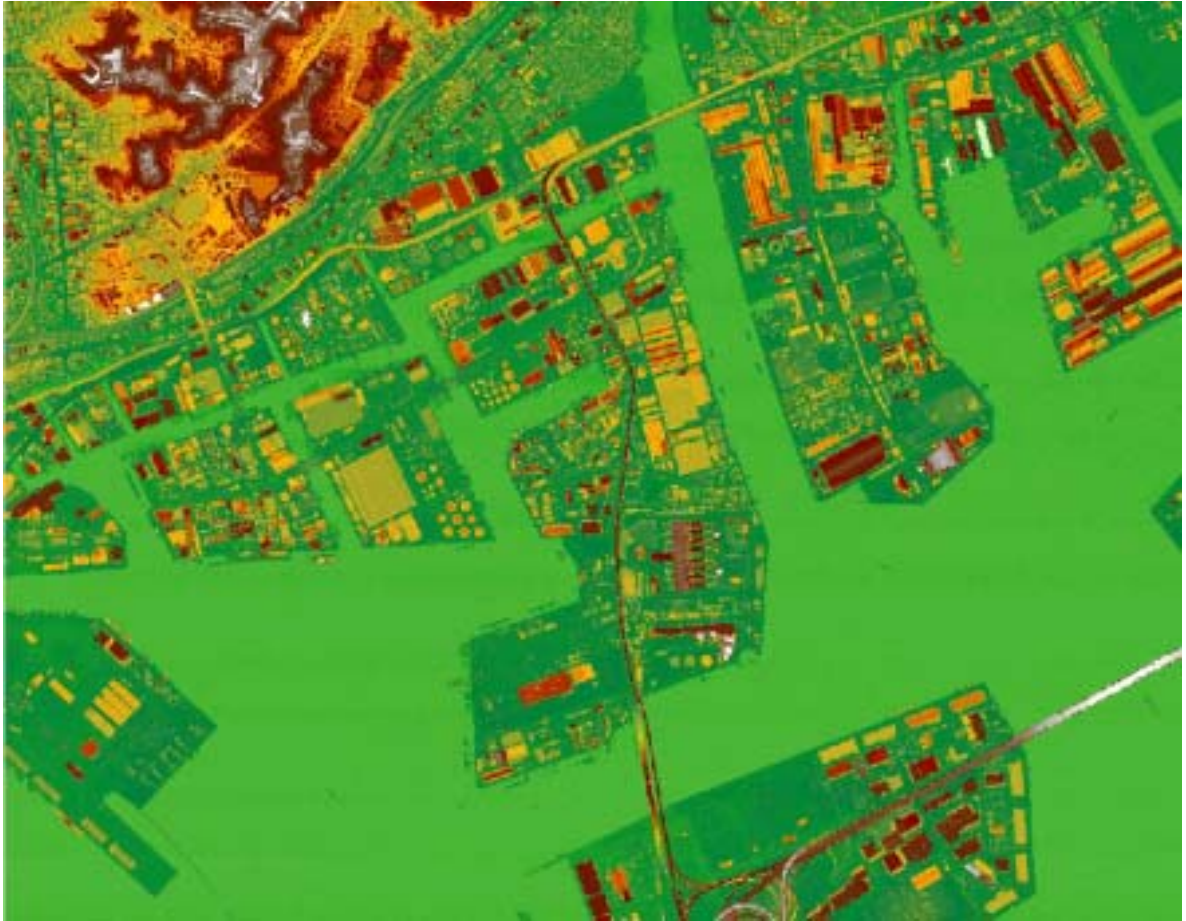


图 1.1-30 扩大图(港)

## イ まとめ

実測データを対象とした圧縮の総合結果を表 1.1-16 に示す。

表 1.1-16 実測データ圧縮総合結果

	圧縮率		圧縮時間	
	目標	結果	目標	結果
レーザ測量データ	10%以下	7.13%	0.625 秒/MB 以下	0.190 秒/MB
レーザ測量システム 取得空間データ	10%以下	8.63%	リアルタイム	リアルタイム

上記の通り、最終目標であるレーザ測量取得空間データを 10%以下に圧縮するという目標を達成することが出来た。圧縮時間においては、実際の状況を想定し、本年度開発した自動処理ソフトウェアを利用して 100km<sup>2</sup> のデータを自動圧縮した結果、正常に終了した。これらの結果から、実用上リアルタイム伝送が可能であることを証明出来た。



### (3) 航空機画像センサ取得空間データの圧縮

航空機画像センサで取得するデータは、パングロマチック画像とカラー画像の2種類がある。パングロマチック画像は同条件で取得したカラー画像と比較すると地上解像度が高いため、高精度な地物情報が取得でき、一方カラー画像は色情報が有るという点で視認性に優れている。

これらの長所と短所から、パングロマチック画像は3次元データの形状作成用として利用し、カラー画像は作成した3次元データのテクスチャとして利用することが考えられる。

#### ア 研究開発内容

航空機上で取得されるデータは、撮影高度とセンサのFOV(Field of View)によって地上解像度が変化するため、予め利用する地上解像度を決定しておく必要がある。パングロマチック画像は、縮尺 1/25000 の規格である 20cm に、カラー画像は平成 15 年度の視認性評価を行った結果、80cm に定義した。これらのデータをリアルタイム伝送が実現可能なデータ量に圧縮することを目的とする。

平成 15 年度に調査した結果を元に、パングロマチック画像とカラー画像について、それぞれ圧縮実験を行った。

##### (ア) 到達目標

###### A 3 年の最終目標

航空機画像センサによって取得されるパングロマチック画像とカラー画像を対象に、圧縮時間はリアルタイムとし、データ量についてはリアルタイム伝送が可能となる様に、パングロマチック画像を 4%以下に、カラー画像を 2%以下に圧縮する。

圧縮する対象の画像データは撮影時の地上解像度により異なるが、平成 15 年度のケーススタディより、パングロマチック画像は地上解像度 20cm、カラー画像は地上解像度 80cm で定義した。

###### B 平成 16 年度の目標

高層ビル街・住宅地域・緑地を含む 100km<sup>2</sup> のデータで、

- ・ パングロマチック画像は、圧縮率:10%以下、圧縮時間:30 分以内
- ・ カラー画像は、圧縮率:5%以下、圧縮時間 30 分以内

表 1.2-1 研究目標

航空機画像センサ データ	平成 16 年度の目標		最終目標	
	圧縮率	圧縮時間	圧縮率	圧縮時間
パングロマチック画像	10%以下	30 分以内	4%以下	リアルタイム
カラー画像	5%以下	30 分以内	2%以下	リアルタイム



## (イ) パンクロマチック画像データの圧縮

平成 15 年度の研究成果より、特徴抽出を行う。平成 16 年度は特徴抽出後の画像の圧縮処理について検討を行った。以下にその内容を示す。

### A パンクロマチック画像データの特徴

航空機で撮影されたパンクロマチック画像は 16bits グレースケールの画像である。平成 15 年度の研究成果から、地物の特徴を抽出した特徴抽出画像を利用する。この画像は最終的に、白黒の 2 値画像となる。また、カラー画像と比較すると、同じ撮影高度でも高い解像度の画像を取得することが可能である。

### B 特徴抽出画像の圧縮

特徴抽出されたデータは、そのほとんどが建物の輪郭を表しているという特徴がある。

したがって、画像中の特徴情報だけを取り出した場合、画像データと比較してデータ量を削減することができ且つ必要な情報を過不足無く保存することができると考えた。ここで、輪郭情報が直線の組み合わせであることに注目すると方向と長さを持つベクトル型のデータで表現することができることから、ベクトル情報を圧縮データとして保存する。

以下に、画像内から輪郭情報を抽出し、ベクトル型の情報を生成した後、圧縮データを作成する方法と圧縮されたデータからもとの画像データを復元する方法について述べる。

(A) 処理フロー

a 圧縮データ作成フロー

特徴データの圧縮方法のフローチャートを図 1.2-1 に示す。

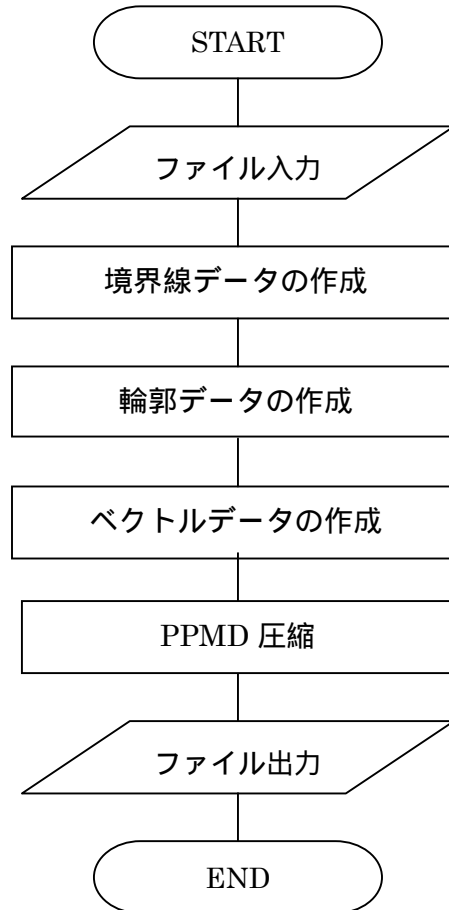


図 1.2-1 圧縮フロー

b 画像データ復元フロー

特徴データの復元方法のフローチャートを図 1.2-2 に示す。

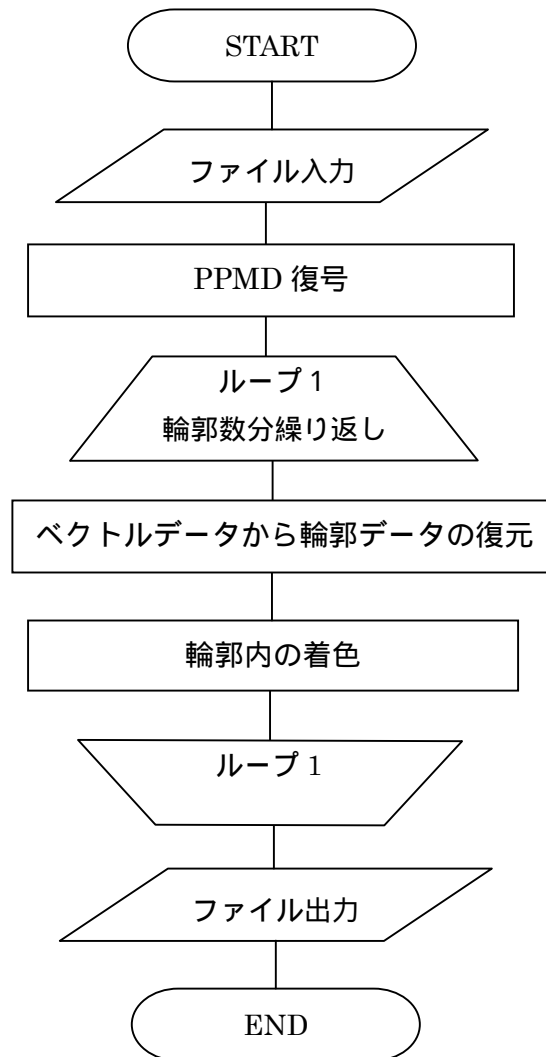


図 1.2-2 復元フロー

(B) 詳細説明

a 圧縮

境界線データの取得

輪郭データを作成する前準備として、境界線データを作成する。境界線データとは、画像データのライン毎に色と画素値の変化座標を記録したものである。座標は、画素値の変化開始座標と次に画素値が変化する直前の座標の 2 つを記録する。画像の終端に達した場合は、その終端座標を保存することとする。図 1.2-3 に境界線データフォーマットを示す。

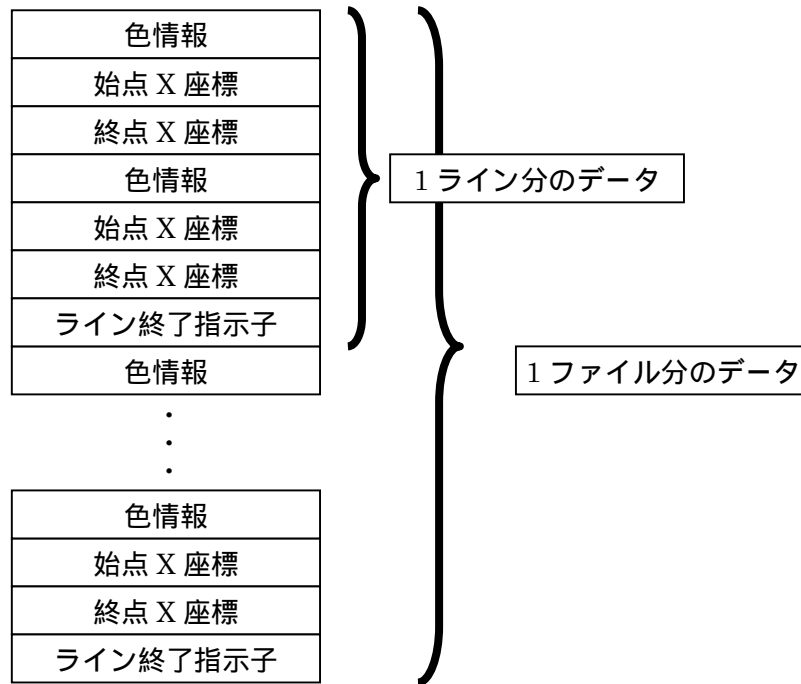


図 1.2-3 境界線データフォーマット

#### 輪郭データの取得

作成された境界線データから輪郭データを作成する。輪郭データとは、画像中の色領域を 1 つの図形領域と考え、その図形の輪郭座標(x, y)のデータを 1 図形分記録したデータのことである。輪郭データの作成には、まず境界線データから輪郭トレースの開始座標を選定し、次に選定した境界線データと重なる隣接ラインの境界線データを検索する。重なる境界線が存在した場合、その境界線を基準として再度隣接ラインの境界線データを検索する。重なる境界線が存在しない場合、前回とは反対方向の隣接ラインから重なる境界線データを検索する。これを輪郭トレースの開始座標に戻って来るまで繰り返す。

1 輪郭トレースが終了したら、新たに輪郭トレース開始座標を検索し、未処理の輪郭があれば輪郭データを作成する。未処理の輪郭が無くなった時点で終了となる。

図 1.2-4 に輪郭データトレースのイメージ図を、図 1.2-5 に輪郭データのデータフォーマットを示す。

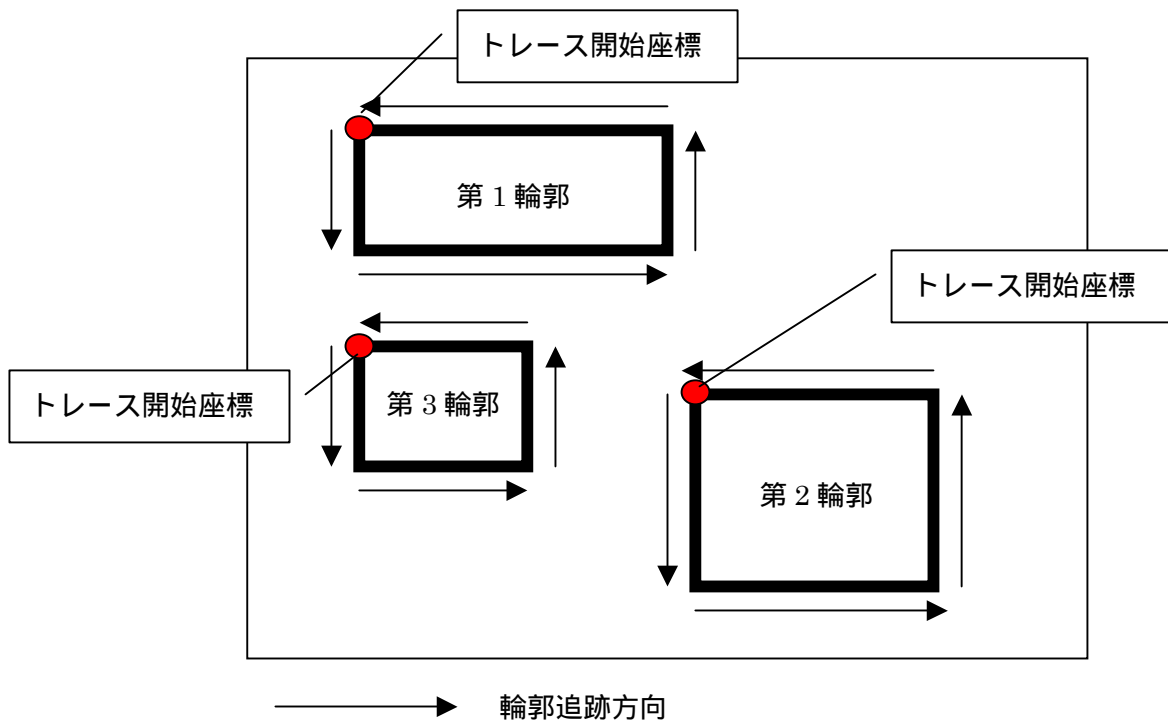


図 1.2-4 輪郭データトレースイメージ図

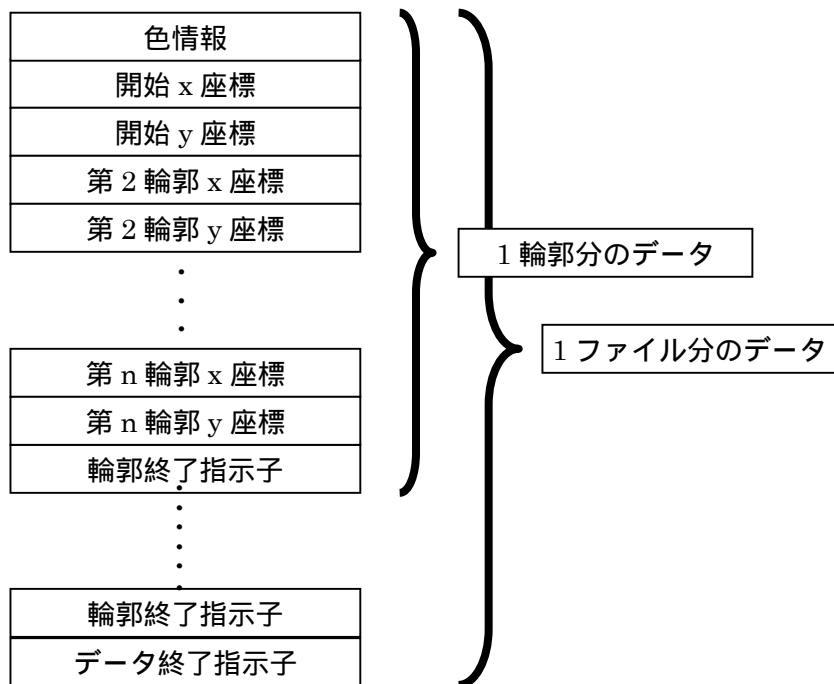


図 1.2-5 輪郭データデータフォーマット図

### ベクトルデータの取得

作成された輪郭データからベクトルデータを作成する。ベクトルデータとは、各輪郭データ内の座標間で(x, y)の差分を計算したものである。差分処理を行うことにより、各輪郭内の輪

郭座標が相対座標データとなり(x, y)座標値を小さな値にすることができる。図 1.2-6 にベクトルデータのデータフォーマットを示す。

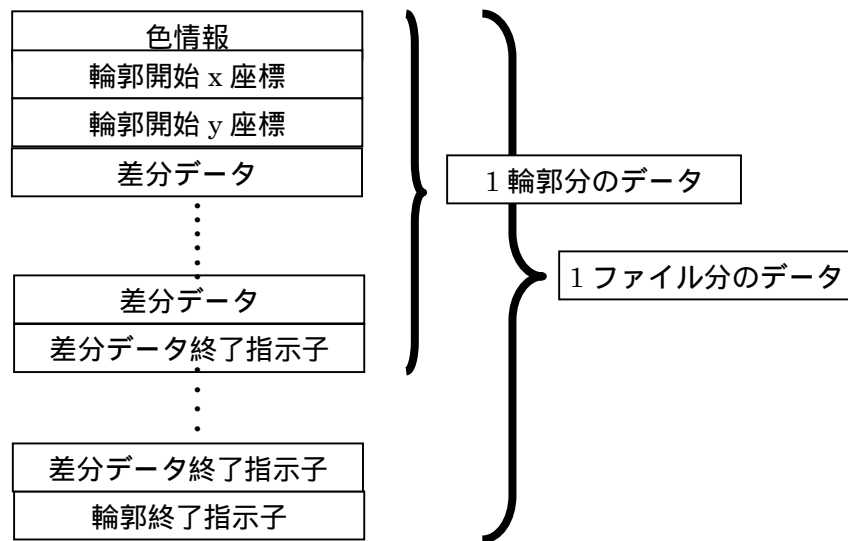


図 1.2-6 ベクトルデータフォーマット図

b 復元

ベクトルデータから輪郭データの復元

復号化によって展開されたベクトルデータを元の輪郭座標データに変換する。第 n 番目の輪郭座標を求めるには、第 n-1 番目の輪郭座標に第 n 番目のベクトルデータを加算して求める。この演算を各ベクトルデータに適用して 1 輪郭分の座標データを算出する。

色領域データの描画

算出された輪郭の座標データから復元画像領域内に色領域を復元する。色領域は 3 つの構造、すなわち点データ、線データ、面データに分けられる。点データは、色領域の面積が 1 のものである。線データは縦方向又は横方向への直線構造を持ち輪郭数が 2 のものである。面データは、点データ・線データ以外の全ての輪郭データである。

・ 点データの描画

点データは、輪郭座標値(x, y)に指定された色を書き込む。

・ 線データの描画

線データは、輪郭座標(x1, y1)から(x2, y2)までの間を指定された色で塗りつぶす。

・ 面データの描画

面データは、輪郭座標(x1, y1)から(xn, yn)の座標で囲まれた領域を指定された色で塗りつぶす。

(C) 圧縮結果

航空機上で取得されたサンプル画像を上記手法を用いて圧縮した結果を表 1.2-2 に示す。図 1.2-7 にパングロマチック画像、図 1.2-8 に特徴抽出データを示す。

パンクロマチック画像から特徴抽出データを作成する段階で、16bits 階調画像を 8bits 階調に変換するため、特徴抽出データの圧縮率は 50.00%となる。

特徴抽出データから輪郭情報を抽出しベクトル型のデータ構造を適用させて圧縮した結果、データサイズは約 8MB となり、パンクロマチック画像から 4.89%に圧縮することができた。

表 1.2-2 圧縮結果

	データサイズ	パンクロマチック画像からの圧縮率
	Bytes	%
パンクロマチック画像 (16bits)	172, 500, 000	100.00
特徴抽出データ(8bits)	86, 250, 000	50.00
圧縮データ	8, 435, 398	4.89



図 1.2-7 パンクロマチック画像データ



図 1.2-8 特徴抽出画像データ



(ウ) カラー画像データの圧縮

平成 15 年度は、視認性評価を行うことで、カラー画像の地上解像度を 80cm と定義した。平成 16 年度では、定義された解像度のデータをリアルタイム伝送可能なデータ量に圧縮するために、標準圧縮形式の利用を検討した。以下に、研究開発内容および評価結果を述べる。

A カラー画像データの特性

航空機で撮影されたカラー画像は、RGB カラーおよび近赤外線画像を含む計 4 チャンネルを持ち、各チャンネルの画素値は 16bits のデータ量を持つ。パンクロマチック画像に対し解像度は低くなるが、色情報を含むため、視認性という点でパンクロマチック画像よりも汎用性が高い。

B 圧縮処理

(A) 処理フロー

a 圧縮データ作成フロー

画像データの圧縮方法のフローチャートを図 1.2-9 に示す。

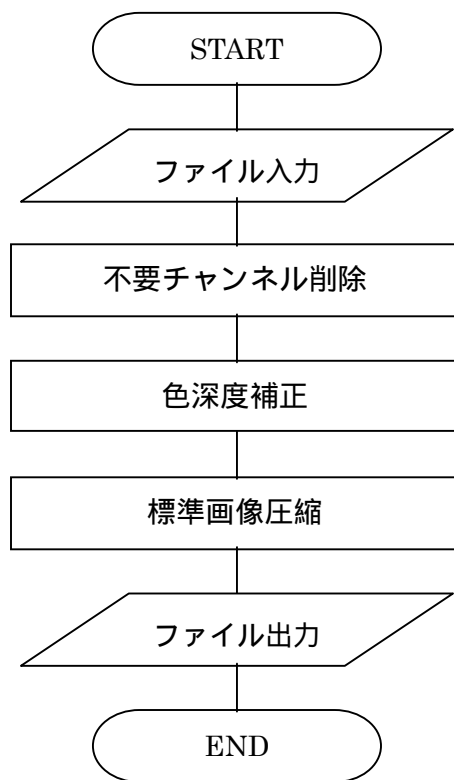


図 1.2-9 圧縮処理フロー

なお、復元側は同様の標準画像圧縮の復元機能を利用する。

## (B) 詳細説明

### a 不要チャンネル削除

前述のA カラー画像データの特性で述べたように、カラー画像は RGB カラー以外に近赤外画像の取得も行う。本研究でのカラー画像の利用用途は、目視による地物の状況確認であることから、必要なデータは自然の色がそのまま表現できる RGB カラーのみとなる。そこで、不要な近赤外データを省くことにより、カラー画像のデータ量を 3/4 に削減することが可能である。

### b 色深度補正

カラー画像は 16bits の色深度を持つが、倒壊・半倒壊の判断を行うにあたり、詳細な色情報は不要であり、最低限の色深度と地上解像度が確保されていれば支障はない。

よってRGBカラーそれぞれに対し、16bits 8bits の階調補正を行う。これにより不要チャンネル削除後の画像を、さらに 1/2 にデータ量を削減することが可能である。

### c 標準画像圧縮

上記のデータ削減画像に対し、標準画像圧縮を行う。平成 16 年度では汎用的な画像圧縮手法としてカラー画像を高圧縮可能な JPEG 方式を選択した。尚、JPEG は非可逆圧縮である。

## (C) 圧縮結果

上記のカラー画像圧縮方法を用いて、サンプル画像の圧縮を行った。この時、標準画像圧縮の段階では、JPEG の画像品質パラメータを変更することで圧縮率がどのように変化するかを調べた。表 1.2-3 にカラー画像情報を、表 1.2-4 にカラー画像の撮影条件を示す。また、JPEG の画像品質パラメータを変化させた場合の圧縮結果を表 1.2-5 に示す。

JPEG の画像品質パラメータ 90 以下に設定することにより、本年度目標の 5% 以下の圧縮は可能であることがわかった。しかし、データ容量は許容範囲に収まったものの、画像品質が劣化してしまう結果となった。

表 1.2-3 画像情報

項目	値
ファイルサイズ	70、736、871Bytes
面積	3.75km <sup>2</sup>
縦幅	3680 ピクセル
横幅	2400 ピクセル
色深度	16bits
チャンネル数	4 チャンネル

表 1.2-4 撮影条件

項目	値
伝送速度	3Mbps
飛行速度	200km/h
オーバーラップ	80%
撮影間隔	5sec

表 1.2-5 JPEG 画質オプションの違いによる圧縮率の変化

画質オプション	ファイルサイズ	圧縮率
	Bytes	%
100	8, 488, 473	12.0
90	3, 299, 771	4.7
80	2, 314, 510	3.3
70	1, 872, 317	2.6
60	1, 588, 214	2.2
50	1, 402, 393	2.0
40	1, 222, 713	1.7
30	1, 024, 714	1.4
20	775, 861	1.1
10	461, 671	0.7
5	255, 975	0.4
1	127, 539	0.2

## イ まとめ

100km<sup>2</sup>に換算したパングロマチック画像およびカラー画像の圧縮結果を表 1.2-6 に示す。

表 1.2-6 圧縮結果

項目	平成 16 年度目標	結果
パングロマチック画像	圧縮率 10%以下	圧縮率:4.79%
	圧縮時間 30 分以内	圧縮時間:28 分 37 秒
カラー画像	圧縮率 5%以下	圧縮率:4.83%
	圧縮時間 30 分以内	圧縮時間:27 分 12 秒

パングロマチック画像に関しては、平成 16 年度の目標である圧縮率 10%以下、圧縮時間 30 分以内を達成した。

また、カラー画像に関しては、JPEG の画質オプション 90 以下に設定することにより、圧縮率 5%以下、圧縮時間 30 分以内を達成した。

#### (4) まとめ

平成 16 年度の研究により、レーザデータの圧縮技術は、実用上リアルタイム伝送が可能な結果を得ることが出来た。

画像データ圧縮においては、本年度の圧縮技術を発展させることで、リアルタイム伝送に必要な圧縮率を実現可能であると考ええる。

本年度の結果を踏まえ、平成 17 年度は画像データの圧縮アルゴリズムを完成させた後、レーザ測量データとともに、取得したデータから災害時にリアルタイムに必要な情報を明確にし、実証実験を行う予定である。

## 2 各種モバイル端末に適應できる空間データ適應管理技術

### 2.1 空間データ管理技術

空間データとして、3次元モデルを管理する技術について述べる。

平成16年度は、GISアプリケーションの要求に対応した空間データの抽出表示を目的として研究開発を行った。GISアプリケーションとしては歩行者ナビゲーションを想定した。各種のモバイル端末に適應できる空間データ適應管理技術は、歩行者ナビゲーションに必要なオブジェクトを選択的に抽出するための重要度設定、重要度や空間データを管理するインデックス生成、重要度を用いた空間データの抽出とから成る。

以下では、(1)に歩行者ナビゲーションに関する従来技術について述べ、(2)に平成16年度の研究開発内容について述べ、(3)でまとめる。

#### (1) 従来技術

##### ア 歩行者ナビゲーションに関する従来技術

従来、2次元案内地図や、風景画像と経路案内文等を用いた歩行者ナビゲーションシステムの研究が行われている。これらの手法の課題を下記に示す。

##### (ア) 2次元案内地図を用いる手法

携帯電話の小さな画面では詳細な地図情報は分かりにくいとして、案内地図として必要な情報のみを詳細な地図から選択し、2次元の案内地図を生成する手法が提案されている。<sup>[1]</sup>交差点をノード、道路をリンクとするグラフ構造を持つ道路ネットワークデータを用い、交差点や建物等を再配置したデフォルメマップを作成する。デフォルメマップを用いた案内では、経路案内文を使用する案内に比べて移動の失敗が少ないという実験結果が得られているが、被験者からは、「外観や形状といった視覚的に利用しやすい情報を提示してくれるのがよい」という声が寄せられていることが報告されており、実風景から得られる視覚的な情報の利用も求められている。

##### (イ) 風景画像と経路案内文を用いる手法

視覚的な情報を簡易的に与える手法として、風景画像を使用する手法が提案されている。<sup>[2]</sup>経路中の目印となる地点に関して予め風景画像を撮影し、目的地点に行くまでの経路案内文と併用してナビゲーションする手法である。文献[2]では、目印地点における風景画像を目的地となる店舗等が作成することで、データ作成者が画像を自由に更新できるため、ナビゲーションが利用可能な範囲が雪だるま式に増えるという利点を挙げている。しかし、目的地毎に目印となる地点の風景画像を予め用意しておく必要があるため、経路から外れてしまい、風景画像が作成されていない場所に迷い込んでしまった場合には、目的地に到達することが困難となる。また、路地のような細い道路では、目印となる対象物が少ないため、目印地点を適切に設定できないという問題がある。

### イ 3次元モデルを用いた歩行者ナビゲーションにおける課題

3次元モデルを用いた歩行者ナビゲーションでは、歩行者ナビゲーションに関する従来技術で示した、2次元案内地図や風景画像を用いる手法に比べ、次の二つの利点がある。まず一点目は、2次元案内地図を用いる手法では視覚的な情報を利用することが困難であるのに対し、3次元モデルを用いる場合は、建物の形状や色彩(3次元モデルの表面に貼り付けられた実物と同様の絵柄等による)等の視覚的な情報が利用可能となる点である。二点目は、風景画像を用いる手法では風景画像を用意していない場所に迷い込んだ際に経路案内が困難となるのに対し、3次元モデルを用いる場合は、歩行者が迷い込んだ場所に応じて柔軟に3次元モデルによる景観を提示することが出来るという点である。

一方、3次元モデルを用いる場合には、データ量の問題を解決する必要がある。広範囲の都市地図には多数の地物が含まれるため、データ量が多い。このため、表示データ量が多い場合には、データの伝送と表示に多くの時間を費やすという問題があり、特に、パーソナルコンピュータに比べて表示性能が低いモバイル端末を利用する場合にはデータ量の削減が必要である。

広範囲の中から表示に必要な地物を選択する従来手法としては、メッシュ等のブロック化された領域を用いる手法や視野に基づく手法が知られているが、各々下記に示す問題点がある。

#### (ア) メッシュを用いる手法

空間を格子状に分割し、視点が存在するメッシュ内の地物を表示対象とすることにより、広範囲の中から表示データを簡易的に取得する手法である。表示対象とするメッシュの個数を変えることで表示範囲を変えることが出来るが、表示データ量がメッシュ単位で増減するため、端末の表示性能や回線の伝送速度等に応じて表示データ量を詳細に制御することが困難である。

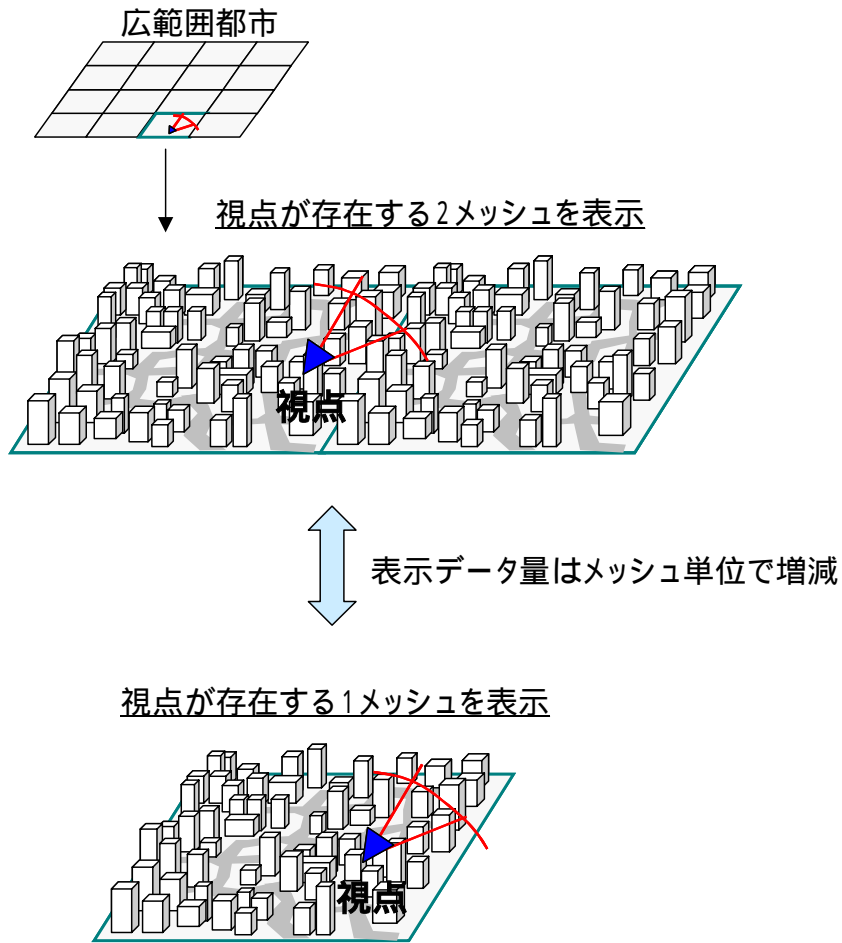


図 2.1-1 メッシュによる表示データ量の増減

(イ) 視野に基づく手法

視野内に存在する地物を表示地物とする手法である。広範囲の空間の中から視点の付近に存在する地物を限定することが出来るが、視点の付近に多数の地物が存在する場合には表示データ量が多くなる。このため、表示性能が低い端末の場合には、遠方までの景観表示に多くの時間を要する。また、表示時間を優先して視野を狭めた場合、視点付近のごく数件のみの表示となり、画質が劣化する。

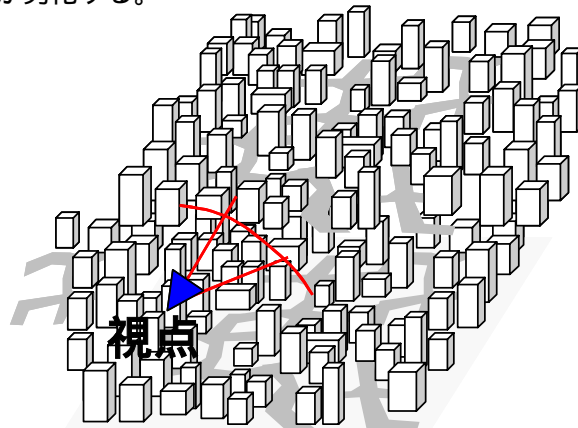


図 2.1-2 視野内に多数のオブジェクトが存在する場合



図 2.1-3 視点付近の物件しか表示できない場合

このように、メッシュや視野に基づいて表示地物を選択する手法では、広範囲の中から視点の位置に基づいて地物を選び出すことができるが、表示性能の低い端末を使用する場合でも高速表示できるようにデータ量を削減することが困難である。また、これらの手法は表示対象とする地物を選択する手法であるが、建物等の3次元モデルは図 2.1-4 に示すように複数のポリゴンから構成されており、一般的に表示ポリゴン数が多いほど表示時間を要するため、選択した地物に関しては表示に不要なポリゴンを除き、表示ポリゴン数を削減することが必要である。

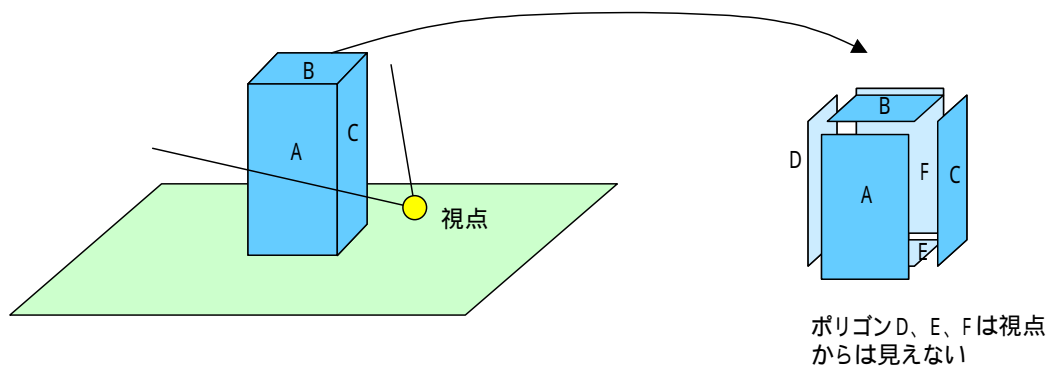


図 2.1-4 ポリゴンと3次元モデル



## (2) 研究開発内容

上記のア、イで示した課題に対し、平成 16 年度は、3 次元モデルを用いた歩行者ナビゲーションを想定し、モバイル端末での表示を想定して経路案内に必要なデータを選択的に抽出するデータ削減技術の研究開発を行った。空間データ管理技術の概要を図 2.1-5 に示す。歩行者ナビゲーションの要求としては、「現在地の周辺を確認したい」、「現在地から正しい方向へ移動するための位置関係を把握したい」という要求がある。歩行者は、歩行開始前あるいは歩行中の任意の場所で、現在居る場所を確認し、目的地への正しい移動方向を把握する必要がある。本手法では、3 次元モデルを用いた景観表示において、データ削減後の場合でも景観のシルエットが欠落しないように建物を抽出することで、歩行者が目の中の風景と画面上の 3 次元表示とを見比べる際に、個々の建物を見比べる他に、景観のシルエットを利用して現在地の周辺を把握出来るようにした。また、端末の表示サイズに応じて抽出内容を最適化することで、モバイル端末の小さな画面の場合には画面上で見えにくい建物を不要に抽出することを回避し、データを軽減できるようにした。3 次元都市地図から、表示に必要なポリゴンを選択するための重要度情報(ポリゴン重要度)と、景観シルエットを維持可能な重要度情報(建物群重要度)を事前に算出する。GIS データベースには、これらの 2 種類の重要度情報を用いて景観表示に必要なデータを選択するための管理インデックスを構築する。

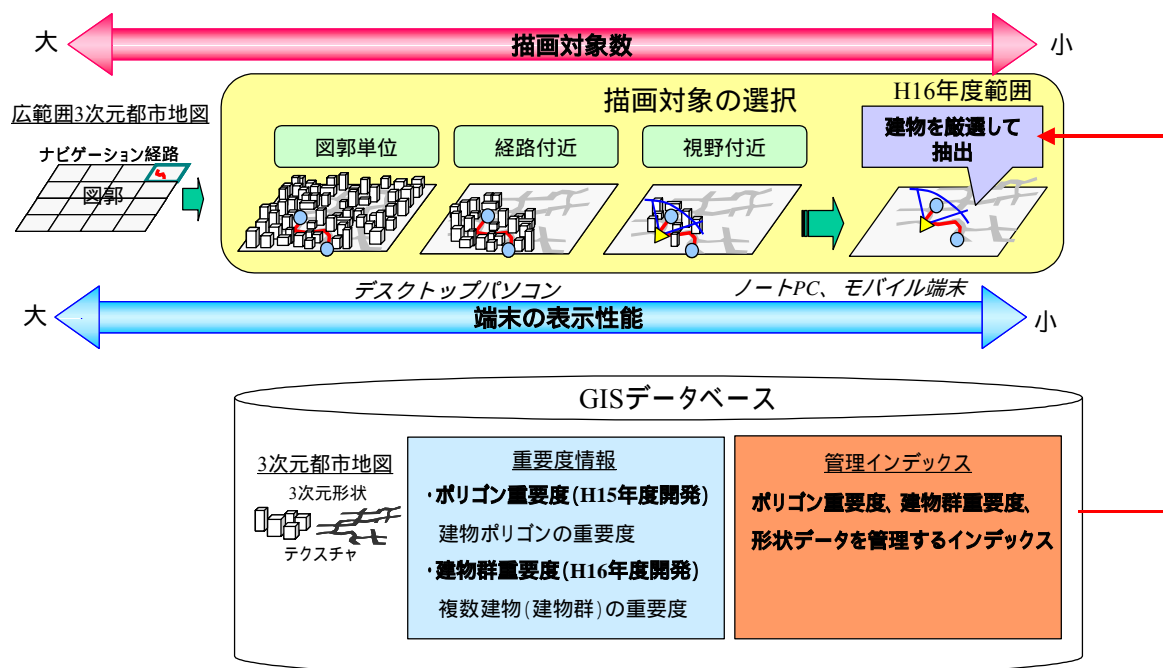


図 2.1-5 空間データ管理技術の概要

### ア シルエットと表示サイズを考慮したデータ削減

#### (ア) 概要

モバイル環境で 3 次元都市地図を利用するためには、描画データを効率的に選択してデータ量を軽減する必要がある。本節では、ウォークスルー表示において、現在地の把握に有効な

オブジェクトを抽出するための重要度設定について述べる。

現在地の把握に有効なオブジェクトとしては、一般的に、ランドマークや、銀行・コンビニエンスストアといったシンボリックな建物、形状や色彩が視覚的に目立つ建物等が考えられる。これらの建物が、歩行者から見えている場合には、周囲の位置関係の把握に役立つと思われる。しかし、これらの建物は、必ずしも歩行者が現在居る位置から見えているとは限らない。例えば、歩行者の前方数メートル先にランドマークがあったとしても、その手前の大きなビルが歩行者の視界を遮っている場合には、ランドマークは歩行者にとって位置関係の把握に有効な建物となることが難しい(図 2.1-6)。

本方式では、歩行者が、実空間における目の前の風景とモバイル端末に示された景観とを見比べることにより、現在地を把握できることを考えた。そこで、位置関係の把握に有効な情報として、景観のシルエットを用いる。本報告書で使用する「景観のシルエット」とは、景観再現時の、オブジェクトと空との境界を指す(図 2.1-7)。シルエットが実風景と異なる場合の例を図 2.1-8 に示す。実風景との差異が大きいシルエットの場合、目の前の建物が実風景と同じであったとしても、周囲の位置関係や目的地への移動方向を正確に捉えることが困難となる。一方、景観のシルエットが再現されている場合には、歩行者は、目の前の風景と端末に表示された景観のシルエットを見比べることで、画面に表示された場所と実空間内の場所が同じ付近であるかどうかを、感覚的に得ることが可能になる。この場合、ランドマークや銀行等の個々の建物を頼りにして位置関係を確認しなくとも、周囲の様子を感覚的に取得できると思われる。

そこで、建物を複数ずつまとめた建物群を作成し、建物群を用いてシルエットとなる建物を抽出することで、データ削減後も景観のシルエットを維持できるようにした。事前に、端末の表示サイズに応じて建物群に対する重要度を算出しておき、景観再現時には表示サイズに応じた重要度を用いて重要な建物群及びシルエットとなる建物を優先的に抽出する。このようにして、景観のシルエットを維持して位置関係の把握に有効な建物を抽出しつつ小さな画面上では見えにくい建物を不要に抽出することを回避し、データを効率的に削減できるようにした。

以下、(イ)では、景観のシルエットに基づく建物群の作成、(ウ)では、建物群に基づく重要度の生成、(エ)では、重要度に基づくインデックスの構築について述べる。(オ)では、構築したインデックスを用いた重要度に基づく抽出について述べる。

### 現在地から見た様子



### ランドマーク



図 2.1-6 現在地においてランドマークが目印とならない例  
(建物形状は MAPCUBE を使用)

景観のシルエット



図 2.1-7 景観のシルエット



図 2.1-8 景観のシルエットの欠落

#### (イ) 景観のシルエットとなる建物に基づく建物群の作成

建物等の3次元モデルの見え方は、3次元空間内における視点の位置及び視線方向によって変化する。このため、景観のシルエットも、視点の位置や視線方向の変化に伴って変化する。本研究開発では、歩行者ナビゲーションを想定し、視点の移動は、現在地から目的地にいたる移動経路に沿った歩道上での視点移動として簡易化した。

この簡易化の下、歩道上での視点前進に伴い景観のシルエットが変化する様子を図 2.1-9 ~ 図 2.1-11 に示す。図 2.1-9 ~ 図 2.1-11 から、次の2点が分かる。第一に、歩道から見た景観表示では、歩道側の建物と車道を挟んだ向かい側の建物とが、非対称的な表示となり、歩道側の建物に比べて車道を挟む向かい側の建物の視認性が高まる点が挙げられる。この点は、車道からの景観表示(図 2.1-12)と比較することで、歩道から見た表示の特徴的な点であることが分かる。第二に、車道を挟む向かい側の景観では、視点前方の比較的遠方までの建物がシルエットとなっており、さらに、シルエットを形成する建物が視点の移動に伴って変化する点が挙げられる。例えば、図 2.1-9 に示す景観では、“建物 A”、“建物 B”、“建物 C”、“建物 D”がシルエットを形成する建物となっている。図 2.1-9 の視点位置から視点を前進させ、図 2.1-10 の状態になると、図 2.1-9 の状態ではシルエットでなかった“建物あ”が、新たにシルエットを形成する建物となる。さらに図 2.1-10 の視点位置から視点を前進させ、図 2.1-11 の状態になると、図 2.1-9 や図 2.1-10 の状態ではシルエットでなかった“建物い”や“建物う”が、新たにシルエットを形成する建物となる。

上記の2点を考慮して、本研究開発では、歩道から見た景観表示に重要である、車道を挟む向かい側の景観に関して、視点が移動した際にも視点の移動に対応して景観のシルエットを維持するために、遠方からの見え方に基づいて建物群を作成することとした。建物群は、遠方から見た際にシルエットとなる建物を検出し、検出した建物に基づいて付近の建物をまとめることで作成する。図 2.1-9 ~ 図 2.1-11 に示されるように、遠方から見た際にシルエットとなっている建物は視点が近づいた際にもシルエットであり、一方、遠方からはシルエットとならない建物は、視点が前進し各建物に近づく過程で、順次シルエットとなるためである。建物群として、例えば、“建物あ”は、遠方から見た際にシルエットとして検出された“建物 B”に分類され、この結果、“建物あ”と“建物 B”で構成される建物群が作成される。



図 2.1-9 視点の移動に伴う景観のシルエットの変化(初期視点)

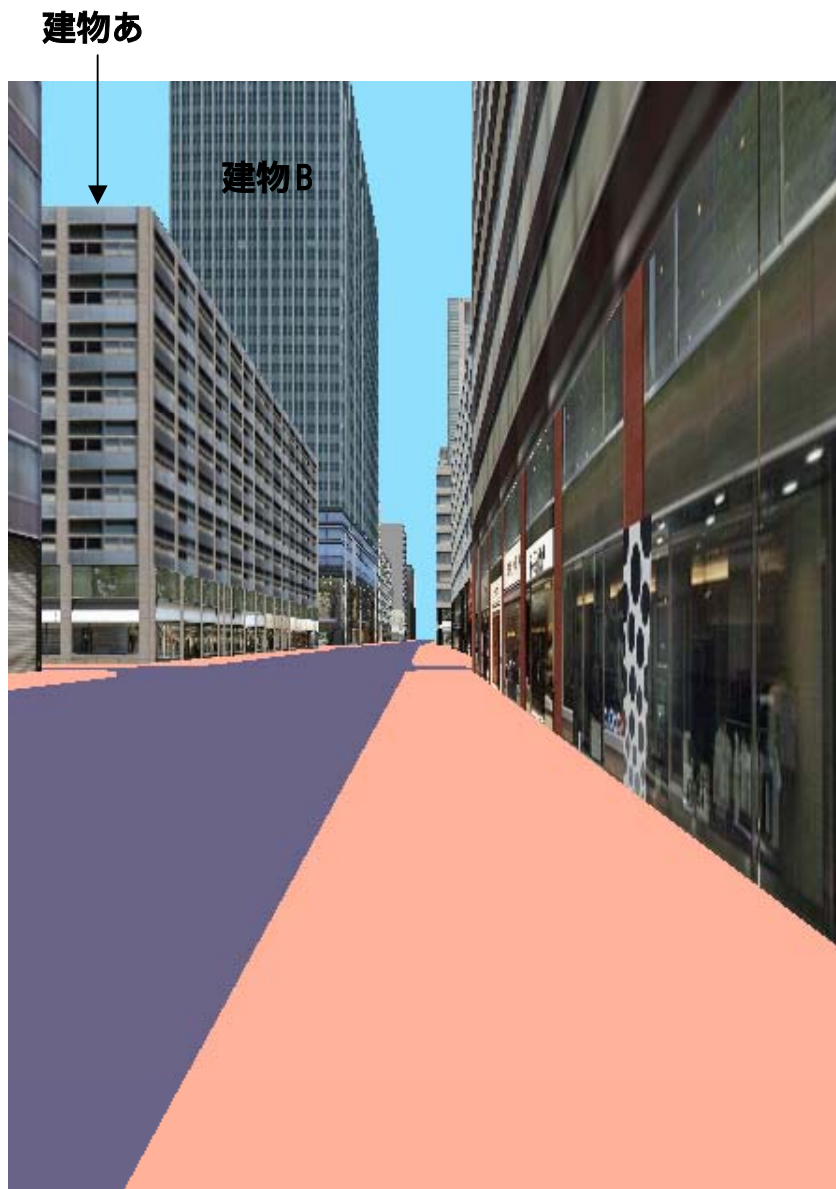


図 2.1-10 視点の移動に伴う景観のシルエットの変化(図 2.1-9 の状態から視点を前進)





図 2.1-11 視点の移動に伴う景観のシルエットの変化(図 2.1-10 の状態から視点を前進)

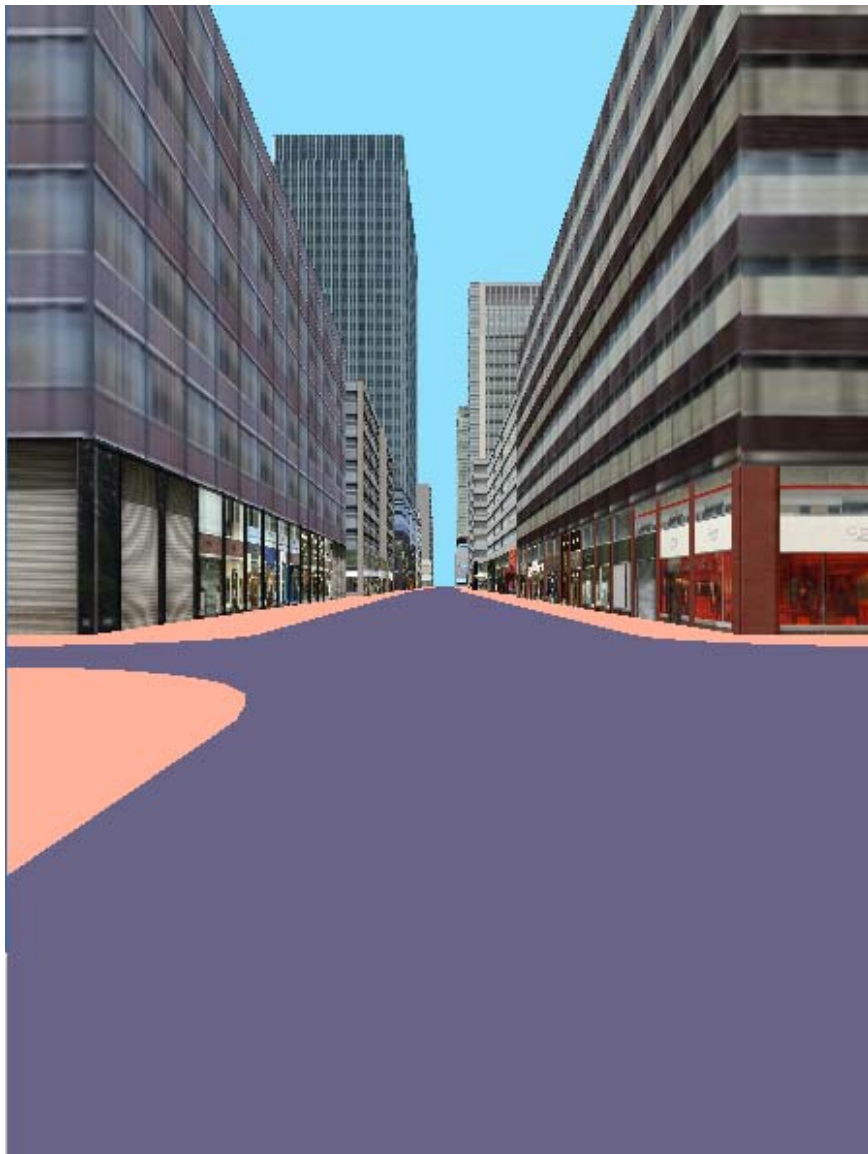


図 2.1-12 車道から見た景観表示



## (ウ) 重要度の生成

複数の建物をまとめた建物群と、建物のポリゴンに対する重要度を算出する。

### A 建物群に対する重要度

各建物群を遠方から表示した際の見え方に基づいて各建物群に対する重要度を数値化する。遠方からでも大きく表示される建物群には重要度の数値が大きい値となるようにし、建物群に関する重要度を利用することにより、表示距離のみを用いて抽出する従来手法に比べて、画面上では見えにくい遠方の建物を不要に抽出することを回避できるようにした。

### B 建物ポリゴンに対する重要度

建物のポリゴンに対しては、表示上の重要性に基づく重要度を算出する(平成 15 年度研究開発内容)。表示上の重要性は、ポリゴンの重要性評価(画素数や表示時間等)により数値化する。以下では、平成 15 年度研究開発内容である、表示上の重要性に基づく重要度を「表示上重要度」と表記する。

## (エ) インデックスの構築

歩行者ナビゲーションにおける景観表示に必要な空間データを高速に抽出可能とするインデックスを生成し、GIS データベースに格納する。図 2.1-5 に示すように、建物のポリゴンに関する重要度である表示上重要度と、建物群に対する重要度の 2 種類の重要度情報を事前に算出し、格納する。これらの重要度は、3 次元空間内の方向に応じて数値化しているため、方向に基づく管理を行い、3 次元空間内で視点が定まった際に視点位置及び視線方向に応じて重要性の高い空間データを高速に抽出できるようにした。また、歩道上を視点移動することから、建物等の地物を道路に基づいて管理した。道路に基づく管理の概要を図 2.1-13 に示す。建物を一定件数ずつグループ化し、道路に沿う複数のグループを作成する。また、各道路に対してグループどうしの接続関係を作成し、景観表示の際に、表示対象となる領域を接続関係に基づいて特定できるようにする。

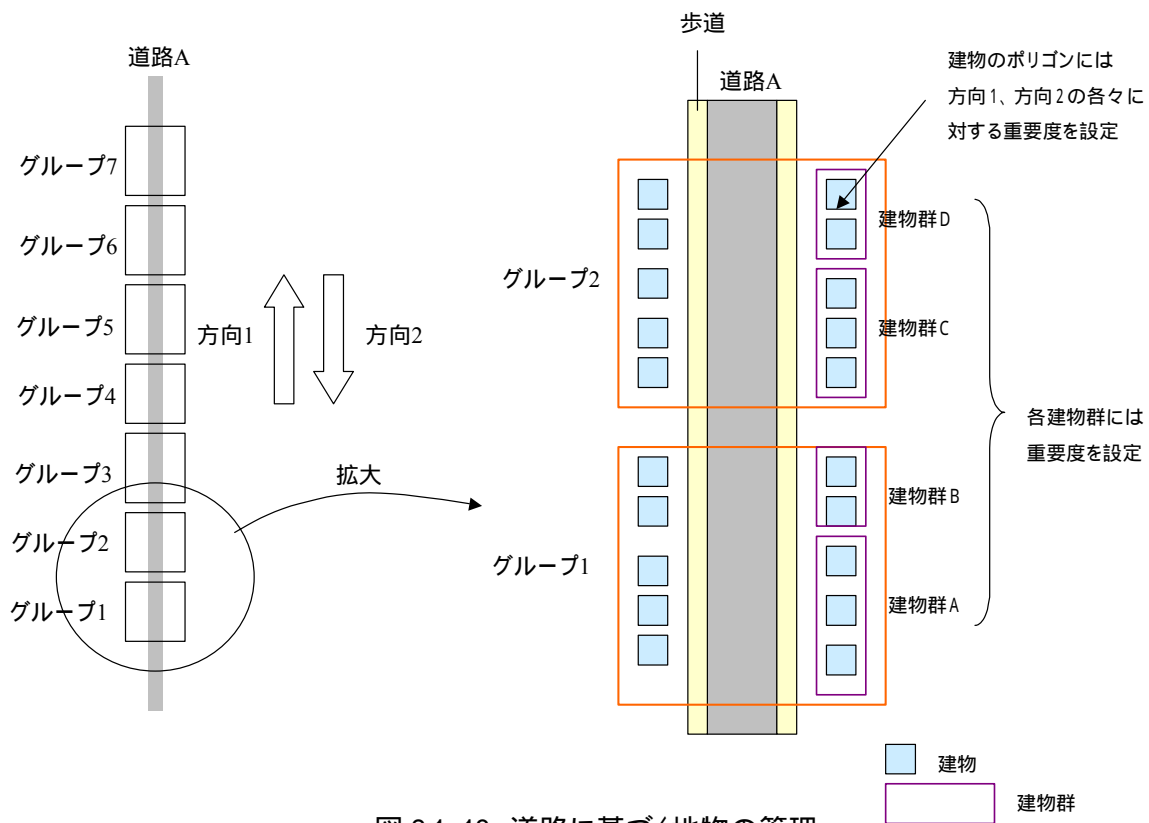


図 2.1-13 道路に基づく地物の管理

(オ) 重要度を用いた抽出

歩行者ナビゲーションにおける景観再現においては、表示上重要度と建物群に関する重要度の2種類の重要度を用いて抽出を行う。3次元空間内で視点と視線方向が定まった後、建物群に関する重要度を用いて視点の位置からでも大きく表示される可能性が高い建物群を選択し、建物群の中から景観のシルエットとなる建物を優先的に選択する。また、各建物群からは端末の表示性能等に応じて表示上重要なポリゴンを抽出する。

このようにして、景観のシルエットとなる建物を非抽出とすることなく確実に抽出し、その他の重要性の低いデータを非抽出とすることで、歩行者ナビゲーションにおいて位置関係の把握に有効な建物を少ない件数で抽出できるようにした。

## イ 実験と結果

歩行者ナビゲーションを想定し、歩道上から見た景観再現において、景観のシルエットの維持と端末の表示サイズに応じたデータ抽出について検証を行った。表示端末としては、表 2.1-1 に示す 2 種類の表示サイズの端末を用いることを想定し、景観表示を行う際の表示サイズ(ピクセル数)を変えて検証した。端末 1 はモバイル端末を、端末 2 はパーソナルコンピュータを想定している。各々の表示サイズで表示した際のポリゴンの重要性評価・視認性評価に基づき、建物のポリゴンおよび建物群に関する重要度を算出し、各表示サイズに応じた重要度を用いて重要なデータを選択的に抽出することで景観を再現した。結果を図 2.1-14～図 2.1-17 に示す。また、このときの表示内容を表 2.1-2 に示す。表 2.1-2 において、表示距離は、端末表示サイズに応じた重要度を用いて景観を再現した際の抽出結果から求まる値である。図 2.1-14 と図 2.1-15、及び、図 2.1-16 と図 2.1-17 を各々比較すると、端末の表示サイズに応じて景観が再現されていることが分かる。比較のために、端末 1 の表示サイズ用に最適化した表示内容を端末 2 の表示サイズで、端末 2 の表示サイズ用に最適化した表示内容を端末 1 の表示サイズで表示した場合の景観再現結果を図 2.1-18～図 2.1-21 に示す。

図 2.1-14 と図 2.1-18、及び、図 2.1-16 と図 2.1-20 を各々見比べると、小さな表示サイズ用にデータを削減して再現した景観(図 2.1-14 や図 2.1-16)は、パーソナルコンピュータの表示サイズ用に最適化した、より多くの建物から成る景観を小さな画面上に表示した結果(図 2.1-18 や図 2.1-20)と比べて視覚的な差異が少ないことが分かる。反対に、図 2.1-15 と図 2.1-19、及び、図 2.1-17 と図 2.1-21 を各々比較すると、モバイル端末の表示サイズ用にデータ削減した結果をパーソナルコンピュータ用の大きな表示サイズで表示した場合(図 2.1-19 や図 2.1-21)は、パーソナルコンピュータの表示サイズ用に最適化した景観(図 2.1-15 や図 2.1-17)に比べて、画質が劣化していることが分かる。

以上の結果より、本手法では、端末の表示サイズに応じた抽出が可能であることが分かった。また、データ削減後の景観(図 2.1-14～図 2.1-17)は、視点前方の見通しを考慮した範囲の建物をすべて抽出した場合の景観(図 2.1-23、図 2.1-24)と同様に景観のシルエットが維持されていることが分かり、景観のシルエットを維持しつつデータを削減できることが分かった。

図 2.1-24 の景観再現において、視点前方の約 425m の範囲に存在する建物をすべて抽出した場合の建物抽出件数は 298 件であるが、図 2.1-16 では 8 件の建物で図 2.1-24 と同様の景観を再現できており、約 3%の抽出率であってもシルエットを維持しつつデータを削減できることが分かった。

なお、本手法は、平成 15 年度の表示上重要度も併用しており、端末の表示性能等に応じて、詳細な表示を行うことが可能である。例えば、端末 2 の表示サイズで地点 2 の景観を再現する場合(図 2.1-17 と同様の景観再現)に関して、端末の表示性能が高い場合には、抽出時の重要度範囲を変えることにより、図 2.1-22 に示す景観を再現することも出来る。

表 2.1-1 端末と表示サイズ

	端末 1	端末 2
表示サイズ	120(ピクセル) × 160(ピクセル)	600(ピクセル) × 800(ピクセル)

表 2.1-2 景観再現と表示内容

図番号	表示地点	端末	表示距離 (m)	建物抽出件数 (件)
図 2.1-14	地点 1(丸の内)	端末 1	297	6
図 2.1-15	地点 1(丸の内)	端末 2	1058	12
図 2.1-16	地点 2(銀座)	端末 1	206	8
図 2.1-17	地点 2(銀座)	端末 2	424	12



図 2.1-14 端末 1 の表示サイズで景観を再現した結果(地点 1)



図 2.1-15 端末 2 の表示サイズで景観を再現した結果(地点 1)



図 2.1-16 端末 1 の表示サイズで景観を再現した結果(地点 2)  
(建物形状は MAPCUBE を使用)



図 2.1-17 端末 2 の表示サイズで景観を再現した結果(地点 2)  
(建物形状は MAPCUBE を使用)



図 2.1-18 端末 2 の表示サイズで地点 1 を再現した結果(図 2.1-15 の表示内容)を端末 1  
の表示サイズで表示した場合



図 2.1-19 端末 1 の表示サイズで地点 1 を再現した結果(図 2.1-14 の表示内容)を端末 2 の表示サイズで表示した場合



図 2.1-20 端末 2 の表示サイズで地点 2 を再現した結果(図 2.1-17 の表示内容)を端末 1 の表示サイズで表示した場合  
(建物形状は MAPCUBE を使用)



図 2.1-21 端末 1 の表示サイズで地点 2 を再現した結果(図 2.1-16 の表示内容)を端末 2 の表示サイズで表示した場合  
(建物形状は MAPCUBE を使用)





図 2.1-22 端末 2 の表示サイズで 16 件の建物により地点 2 の景観を再現した結果  
(建物形状は MAPCUBE を使用)

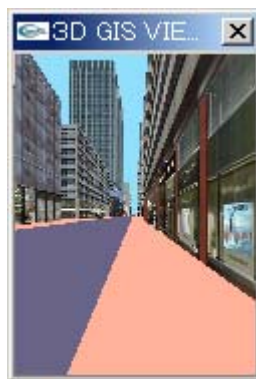


図 2.1-23 視点前方の約 1060mの建物をすべて表示した場合



図 2.1-24 視点前方の約 425mの建物をすべて表示した場合  
(建物形状は MAPCUBE を使用)

### (3) まとめ

GIS アプリケーションの要求に対応した空間データ抽出表示の研究開発を行った。

GIS アプリケーションとしては歩行者ナビゲーションを想定し、歩行者ナビゲーションに必要なオブジェクトを選択的に抽出するための重要度設定と、重要度や空間データを管理するインデックス生成を行った。歩道上から見た景観を再現する実験を行い、検証した結果、データ削減後の景観においても、位置関係の把握に有効と思われる景観シルエットが維持できること、端末の表示サイズに応じた抽出が可能であること、表示サイズが小さい場合には、視点前方の見通しを考慮した範囲の約 3%の建物を抽出することにより再現した景観であっても、全建物により再現した景観と同様の景観を再現できることを確かめた。

なお、本手法により描画対象を削減するとともに、異なる詳細度の 3次元モデルを用意しておき、視点からの距離に応じて簡易的な 3次元モデルを利用する等、個々の地物についてもデータ量の軽量化を図ることが必要である。

## 2.2 メディア複合技術

### (1) 従来技術

本年度研究では、モバイル端末の画面上にクリックブルオブジェクト(属性を表示するためのボタン)を定義することにより、映像内の地物を指定して属性情報の参照を可能とする方式を確立する。

従来のパーソナルコンピュータ上の 3 次元コンテンツでクリックブルオブジェクトを実現する場合、カーソルのスクリーン座標(2次元)から3次元空間上の座標へと変換し、選択されたランドマークがどれであるかを判定する必要がある。これを効率的に行うためには、レンダリングプログラムやデータ構成の工夫が必要であり、パーソナルコンピュータ上の 3 次元コンテンツであっても実現されているものは少ない。

そこで、平成 15 年度研究成果である連続した 3 次元景観静止画を用いた 3 次元ウォークスルーを基に、クリックブルオブジェクトをモバイル端末で利用可能にするための効率的な手法を研究する。

平成 16 年度では以下の研究開発を行う。

- ・ 景観映像とクリックブルオブジェクトの合成方式検討  
景観映像とクリックブルオブジェクトの効率的な合成のタイミングを検討する。
- ・ クリックブルオブジェクト表現方式の検討  
クリックブルオブジェクトの適切な表示位置を検討し、定量評価によってどれほど表示位置精度が向上するか検証を行う。

### (2)研究開発内容

#### ア 景観映像とクリックブルオブジェクトの合成方式検討

##### (ア) 概要

平成 15 年度研究の処理過程へ 3 次元景観映像と属性情報(クリックブルオブジェクト)を関連付ける処理を追加する場合、追加するタイミングによって必要以上に多くのデータを発生させることがあり、それが全体の処理時間に影響することも考えられる。また、属性情報と、キャプションなど他の情報とを組み合わせるタイミングによっても情報配置の手法や精度の向上策が変わってくる。

そのため、本項では景観映像と属性情報の効率的な合成タイミングの検討を行った。

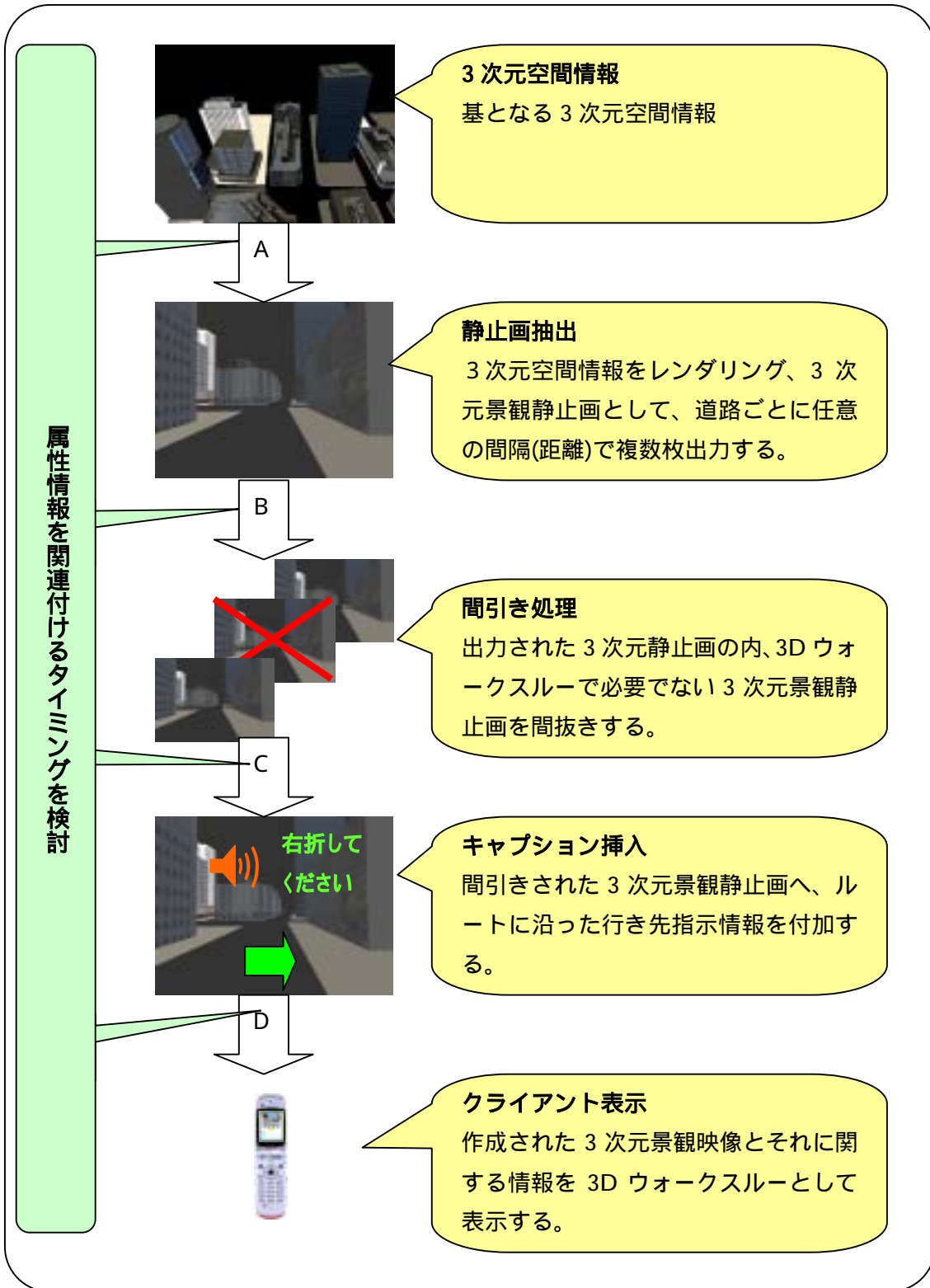


図 2.2-1 平成 15 年度研究過程

(イ) 検討した処理過程

- ・ 3次元空間情報 静止画抽出
- ・ 静止画抽出 間引き処理
- ・ 間引き処理 キャプション挿入
- ・ キャプション挿入 クライアント表示

A 3次元空間情報 静止画抽出

3次元景観では視点の変化があるため、クリックブルオブジェクトの位置、形状といった表現方法も動的に変更することが望ましい。そのため、視点の決定していない3次元空間情報のままクリックブルオブジェクトを関連付けるには適していない。また、膨大な3次元空間情報に属性情報を全て関連付けることは実現性に乏しい。

B 静止画抽出 間引き処理

視点が決定しているためクリックブルオブジェクトの表現方法が決定し易い。また、3次元景観静止画の数が決まっているためにクリックブルオブジェクトの対応がAよりわかり易く、実現性が高い。しかし、間引き処理によって実際に使用されない3次元景観静止画があるため、その分の関連付け処理が無駄になってしまう。

C 間引き処理 キャプション挿入

Bのメリットに加えて、関連付けの処理が実際に使用する3次元景観静止画に対して行うことができるため、Bの場合よりも効率的である。また、キャプション挿入の前であるため、クリックブルオブジェクトの建物情報を組み合わせた文字キャプションなどが作成できると考えられる。

D キャプション挿入 クライアント表示

処理量に関してはCと同様のメリットがあるが、携帯端末の処理能力を考慮すると、クライアント側で関連付けをさせることは適していない。そのため、クライアントへのデータ送信までに関連付けをし、クライアントでは表示のみとすることが望ましい。

(ウ) 成果

各処理、データ状況より、属性情報を関連付けるタイミングは間引き後からキャプション挿入までに行うことが望ましいことが判断できた。

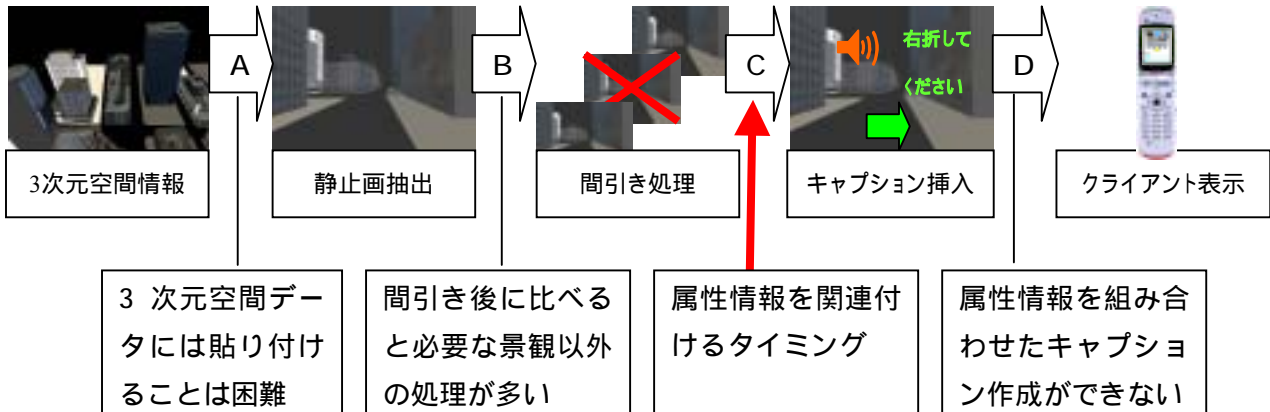


図 2.2-2 属性情報を関連付けるタイミング

イ クリックブルオブジェクト表現方式の検討

(ア) 概要

クリックブルオブジェクトの表現方式において、表示内容、表示位置、操作、表示目的など様々な項目があるが、3次元空間情報の中では特に表示位置の決定が大きな課題となる。3次元空間では視点の移動に伴って対象物の位置や形状も変動するため、視点ごとの位置決定が必要となる。しかし、表示位置を人の主観で決定するのは膨大な労力を要する。そこでクリックブルオブジェクトの配置の問題を解決することが次世代 GIS メディア複合の技術研究として進めていく項目だと考えられ、適切な位置への表示という課題に取り組むこととした。

本項では上記の事由と平成 15 年度研究内容を踏まえた上で、3次元景観静止画へクリックブルオブジェクトを論理的かつ自動的に適切な位置へ配置し、関連付ける技術を確立することを検討した。

また、検討した内容によって表示位置精度がどれほど向上することができるか定量評価を行った。

(イ) クリックブルオブジェクト表現方式検討の前提条件

本項ではクリックブルオブジェクトの基盤方式の前提条件として、平成 15 年度研究とデータ合成のタイミングの結果を基に、処理時間、データ量の軽減を考慮したクリックブルオブジェクトを実現する基礎情報の定義を行った。

前提条件として以下の内容を考慮する。

- ・ 3次元景観静止画は平成 15 年度研究に基づき、視点座標、視線方向、視野範囲といった情報を持つ。
- ・ データ合成タイミング検討の結果より、必要な静止画のみを使用する間引き処理後

を想定する。

- ・ クライアントであるモバイル端末が少ない処理量、データ量で実現可能であることを考慮する。

#### A 必要な基礎情報

クリックブルオブジェクトを実現するための基礎情報として以下のことを検討、策定した。

- ・ クリックブルオブジェクトの形状
- ・ クリックブルオブジェクトの表現方法
- ・ クリックブルオブジェクトを関連付けるランドマーク

##### (A) クリックブルオブジェクトの形状

従来の3次元グラフィックスでクリックブルオブジェクトを実現する場合、3次元地物形状そのものをクリックブルオブジェクトとすれば、視認性が高く、3次元景観における動的な視点変更に対しても対応が可能なクリックブルオブジェクトの実現が可能である。

しかし、実際には多数の頂点座標を用いた複雑な計算が必要となり、現状のモバイル端末の標準的な性能スペックに対し処理量や、データ量の負荷が過大になってしまう。

本年度研究は前提条件より、視点の固定された3次元景観静止画で実現するため、上記のような複雑な処理をする必要はない。そこで、本年度は従来の2次元地図で使用されているマーカーをクリックブルオブジェクトとし、3次元景観静止画上に効率的に関連付けることによって、モバイル端末での実現が可能なクリックブルオブジェクトを表現する。

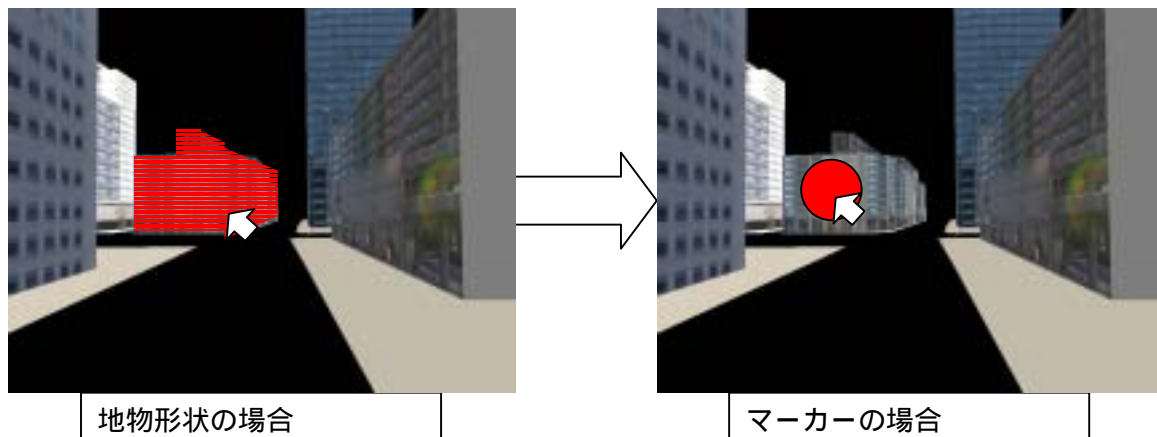


図 2.2-3 マーカー形状

##### (B) クリックブルオブジェクトの表現方法

対象の地物を指し示すマーカーを関連付ける場合、3次元景観は視点の変化によって地物形状が変化するため、マーカーを地物形状へ静的に関連付けてしまうと、視点の変化によっては視認性が悪くなってしまう。

そのため、地物の一点を決定し、視点の変化をするごとに動的にマーカーを再配置する方式をとる。

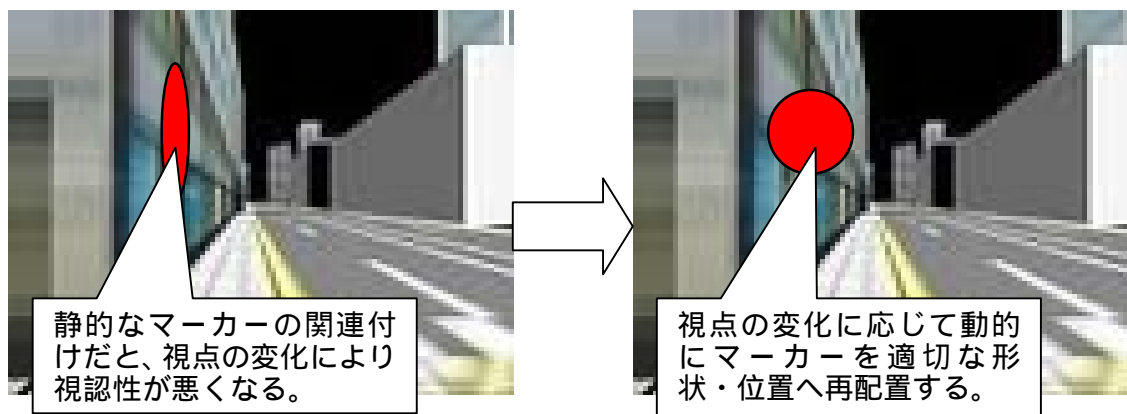


図 2.2-4 マーカー表現方法

(C) クリックableObjectを関連付けるランドマーク

クリックableObjectを関連付けるランドマークは 3 次元空間データから静止画の視点情報(視点座標、視線方向、視野範囲)を用いて、景観映像内に表示されているものを算出する。

この時、景観上では他の地物によって隠れてしまっている地物もランドマーク対象とした。

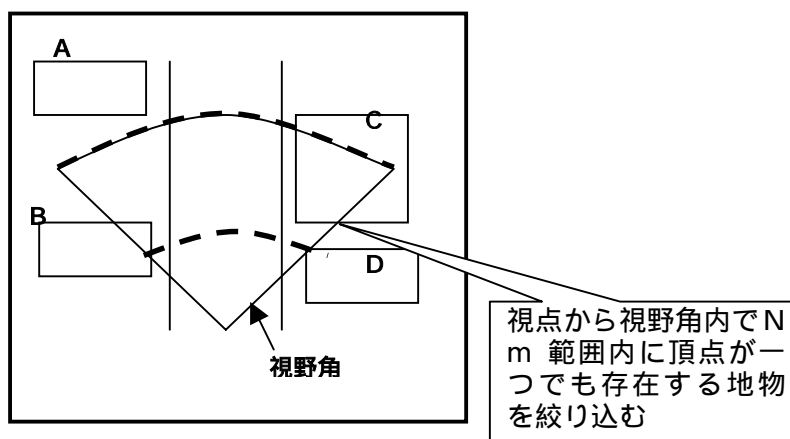


図 2.2-5 対象とするランドマーク

(ウ) クリックableObjectの配置に関する基盤方式の検討

A 基準となる表示位置

クリックableObjectであるマーカーを景観映像上の建物に関連付ける場合、A 基礎情報の定義により、オブジェクトの任意の一点を決定し、視点の変更ごとに動的にマーカーを再配置する必要がある。

また、マーカーと建物の関連を視認するためには、マーカーが建物と重なり合って表現されていることが最も望ましい。

そこで、視点の変化にかかわらず一貫した論理で算出可能であり、なおかつマーカーが建物に確実に重なる、地物の重心をマーカー表示位置の基準とし、この方式を基盤方式とする。



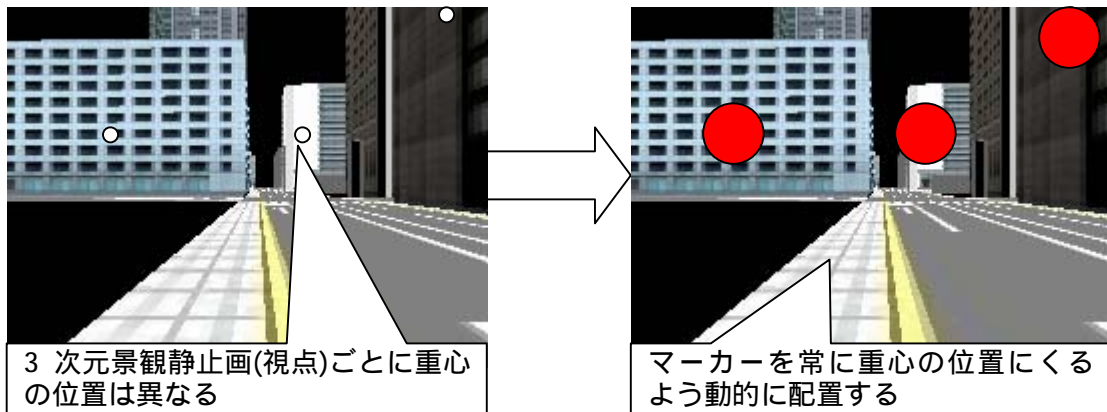


図 2.2-6 基盤となる表示位置

## B 問題点

以上の基盤方式をもとにクリックブルオブジェクトを配置した場合、以下のような問題がある。

### (A) マーカー表示位置についての問題

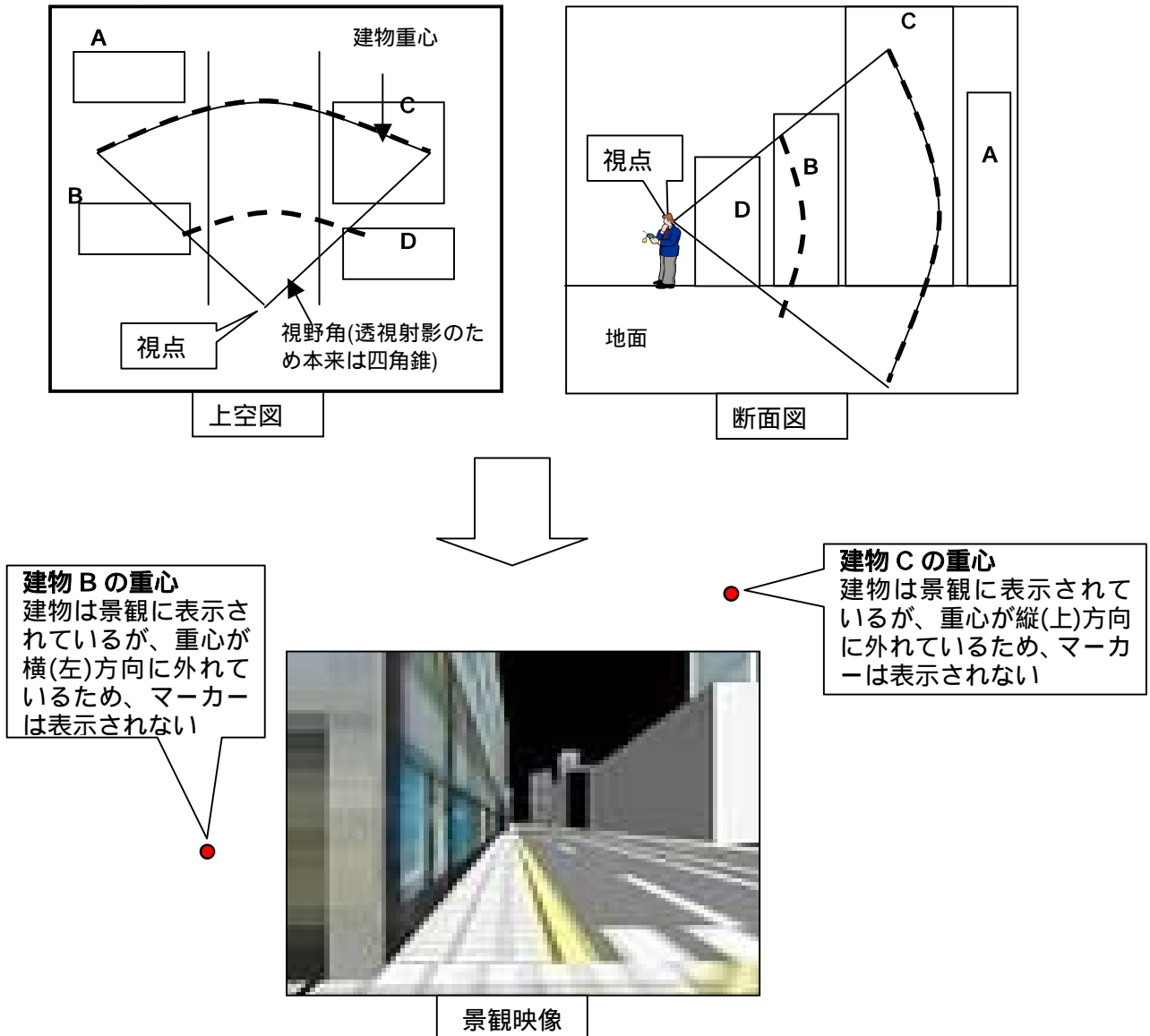


図 2.2-7 マーカー表示位置の問題

重心が視野角から縦方向、もしくは横方向に外れている場合、建物が景観に表示されているのにもかかわらず、マーカーが表示されない場合がある。

(B) マーカー表現方法についての問題

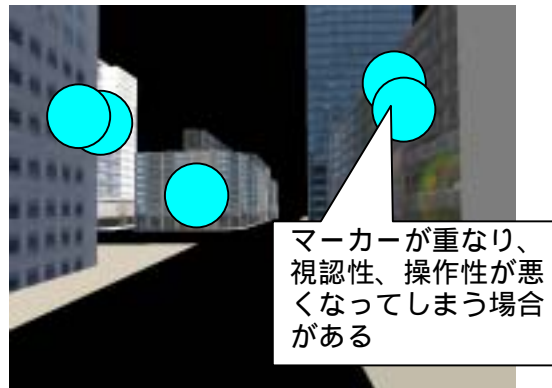


図 2.2-8 マーカー表現方法の問題

複数のマーカー表示位置(重心)が近距離にあると、マーカー同士が重なり、見た目操作性が悪くなってしまう場合がある。

以上の問題点を解決することによりマーカー表示位置精度の向上が見込まれる。

(エ) クリックブルオブジェクトの自動補正方式の検討

前項では、マーカー表示位置を決定する基盤方式を検討した。しかしこの方式では、マーカー表示位置や表現方式に問題が出た。そこで基本となる“地物の重心を表示位置とした方式”から、さらに理想的な表示位置に近づける補正方式を検討した。

補正方式は以下の二つを検討した。

- ・ 位置補正(マーカー表示位置についての問題の改善方法)
- ・ 表現補正(マーカー表現方法についての問題の改善方法)

## A 位置補正

基盤方式では、下図の B のランドマークの場合など、3次元景観映像にはランドマークが表示されているが、重心が視野角内にないためマーカが表示されない場合がある。そこで、重心が視野角内にない場合でも、ランドマークの一部が表示されている範囲にマーカを適切に関連付ける方式を検討した。



図 2.2-9 位置補正

(A) 重心が視野角から縦方向に外れている場合

重心が視野角の四角錐から縦(上)方向に外れている場合、3次元景観静止画には下層部分(重心より下の部分)が表示されているはずである。そのため、マーカー表示位置を重心の位置から下方向へ移動してもマーカーと建物の関連が薄れることはない。

移動させる位置は、3次元景観の最上端に移動させることで、ランドマークの高さの視認性を維持することができると考えられる。これにより、重心が視野角の縦(上)方向に外れている場合(高層ビル等)にもマーカーを表示させることが可能である。

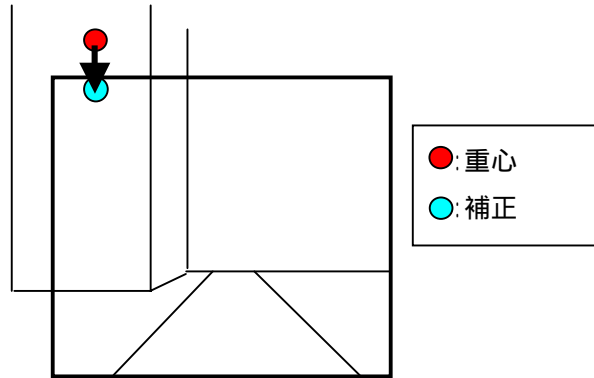


図 2.2-10 マーカー表示位置の縦移動

(B) 重心が視野角から横方向に外れている場合

重心が視野角の四角錐から横方向に外れている場合、縦方向に外れている場合と同じく最右(左)端にマーカー表示位置を移動させる方法があるが、その場合、マーカーが本来関連付けられている建物でない他の建物と重なって表示されてしまう可能性が高い。(図 2.2-11 参照)

その為、マーカー表示位置を重心から視野角内にある最も近い頂点の位置に来ようマーカー表示位置を移動する。この方式により、他の建物に重なってしまう可能性を低くすることができると考えられる。(図 2.2-12 参照)

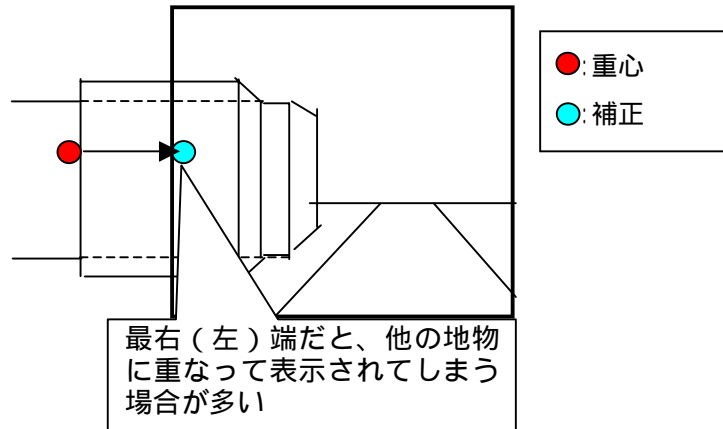


図 2.2-11 最端への移動

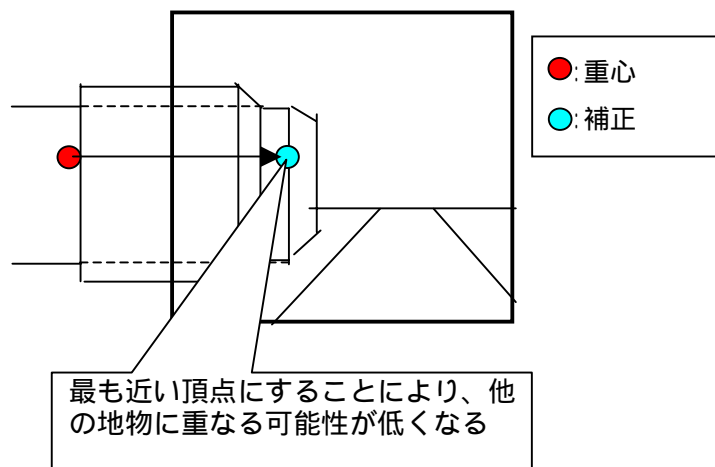


図 2.2-12 マーカー表示位置の横移動

(C) 重心が視野角から縦・横どちらにも外れている場合  
重心が視野角の四角錐から縦にも横にも外れている場合、(A)、(B)の方法を組み合わせ、マーカー表示位置を決定する。

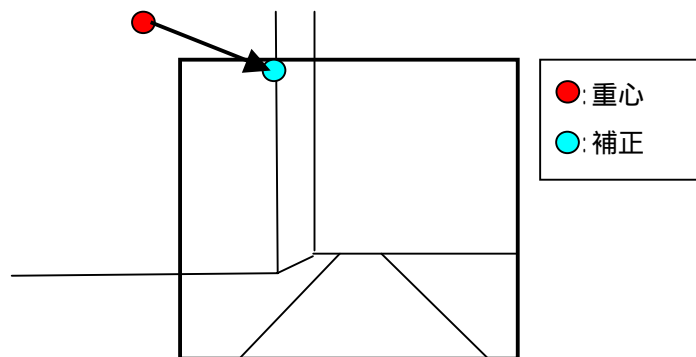


図 2.2-13 マーカー表示位置の縦・横移動

## B 表現補正

本項では基盤方式で問題となった表現の問題を解決する方式を含め、クリックブルオブジェ

クト表現に関して視認性の向上や効率化について以下のことを検討した。

- ・ マーカー表示位置が集中した場合の対処
- ・ 景観の範囲分けによる処理効率の向上
- ・ マーカーの拡縮による遠近感の視認性の向上
- ・ 属性情報の簡易表示による視認性の向上

(A) マーカー表示位置が集中した場合

複数のマーカー表示位置が近距離にあるとマーカーが重なって表示されてしまい、視認性、操作性が著しく低下すると思われる。

そのため、マーカー表示位置が近距離にある場合は、マーカー表示位置をまとめた集中マーカーを表示し視認性や操作性の低下を抑える。また、集中マーカーが選択された場合、複数のマーカーを持つ吹き出しを表示し、マーカーが重なる問題を回避する。

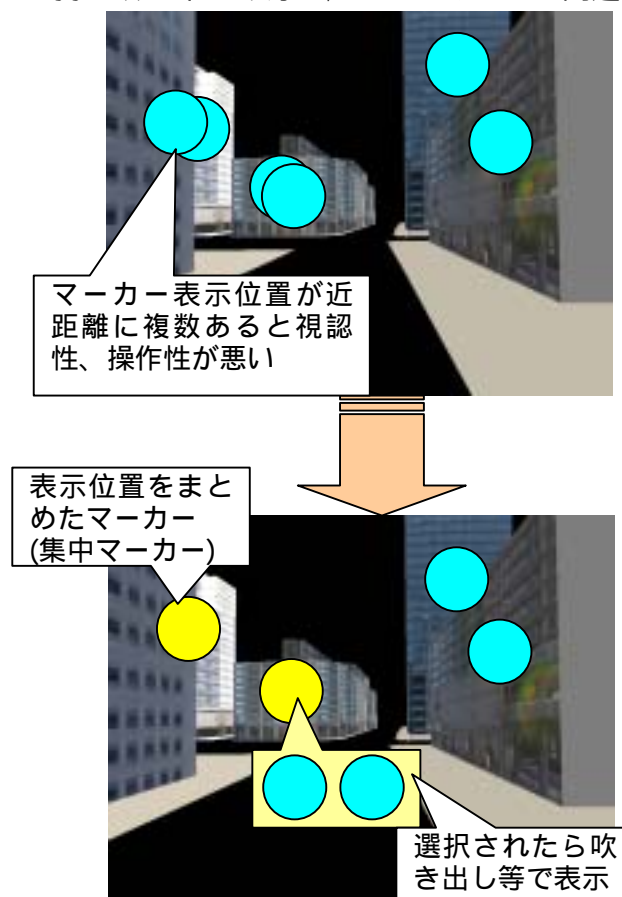


図 2.2-14 マーカー集中時の対処方法

(B) 景観の範囲分けによる処理効率の向上

(A)の方式では、複数のマーカー表示位置ごとに他のマーカー表示位置が近距離にあるかを算出し、さらに集中マーカー(複数のマーカーをまとめたマーカー)の表示位置を決定する必要がある。これは景観上のマーカーの数が増えるほど処理量が大幅に増えてしまい、効率が悪い。(下図参照)

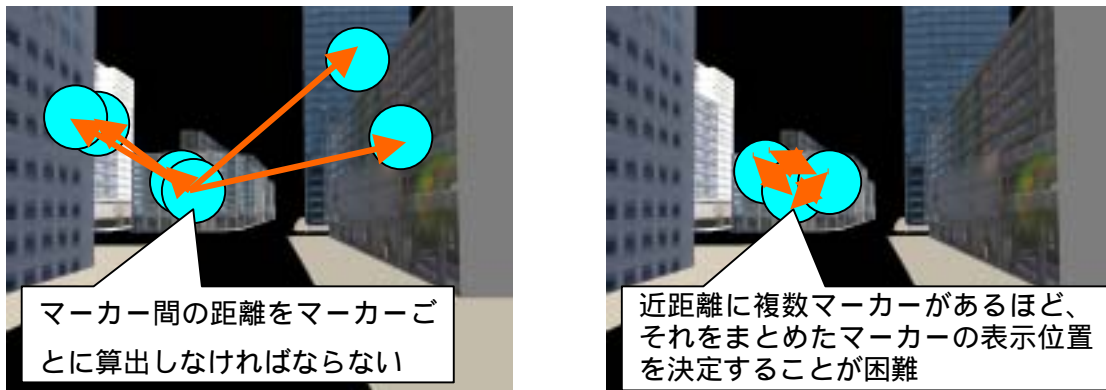


図 2.2-15 マーカーをまとめる際の問題

そこで、景観をマーカーの大きさで区切ったグリッドを使用することにより、マーカー表示位置ごとの計算をせずに、集中マーカーの表示を行う。

下記の例図のようにグリッドのそれぞれの区画をマーカーの配置単位とし、区画内にマーカー表示位置があれば、区画に対するマーカーを表示する(複数存在すれば集中マーカーを表示する)。これにより、マーカーが重なることなく一定量の計算で済み、また、集中マーカーの表示位置を計算する必要がなくなる。

このグリッド方式により、処理効率を向上することが可能である。

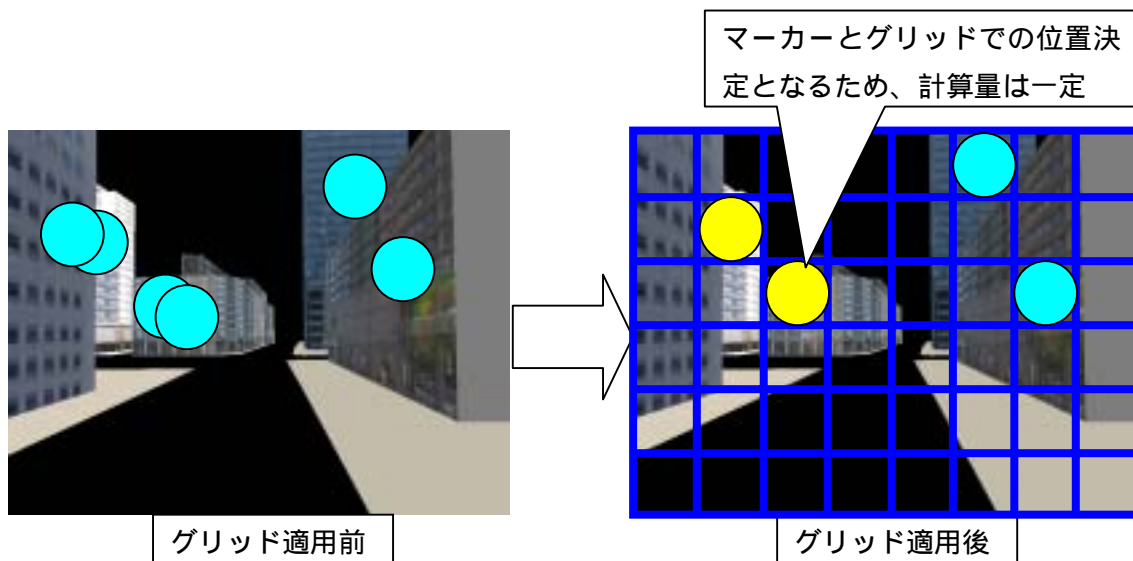


図 2.2-16 景観の範囲分け(グリッド)方式

また、グリッドを用いる方式により、吹き出しを表示するサイズや場所を決定する処理を簡略化することが可能である。



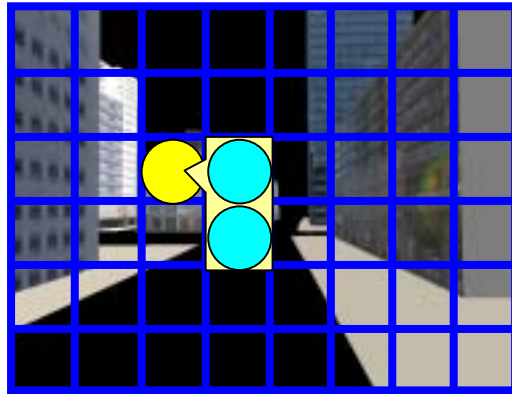


図 2.2-17 グリッドを使用した吹き出し表示

(C) マーカーの拡縮による遠近感の視認性の向上

マーカーの大きさが一定であると、そのランドマークまでの遠近感が視認しづらいと考えられる。そこで、マーカーの大きさを視点座標からの距離によって変動させることにより、視認性を向上させる。

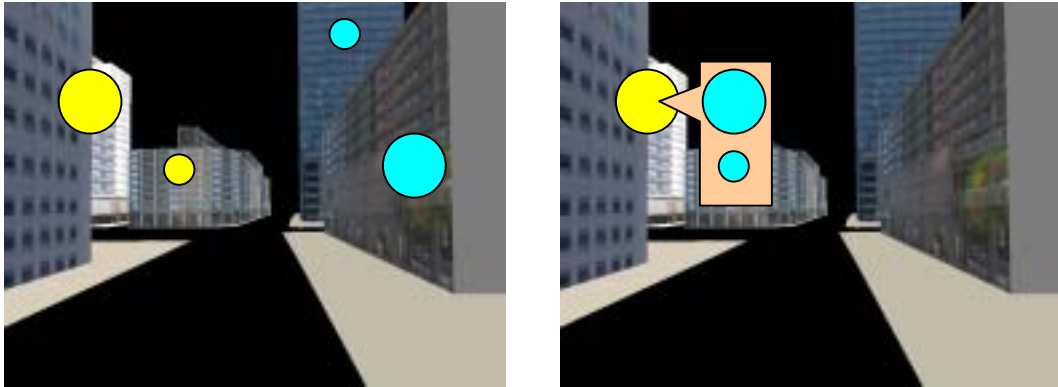


図 2.2-18 マーカーの拡縮

(D) 属性情報の簡易表示による視認性の向上

マーカーをクリックし詳細な属性情報を表示する前に、建物名、店舗名といった簡易的な属性情報を表示することで、認識度、操作性が向上する。

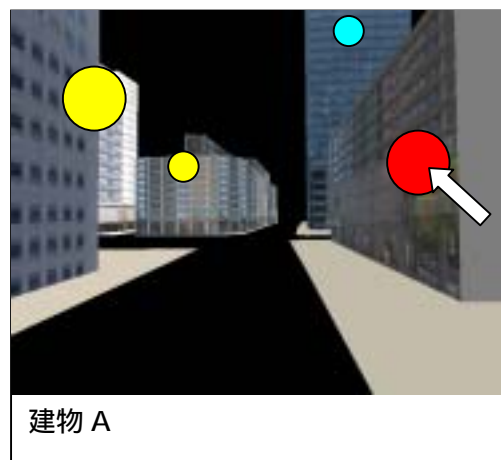


図 2.2-19 簡易的な属性情報表示

(オ) 定量評価

基盤方式から自動補正方式を適用したことで、マーカー表示位置がどれほど向上することができるか比較、評価を行った。

A 目標値設定

表示位置の精度に関して、以下の条件を適切なクリックブルオブジェクト表示と判断した。

- ・ マーカーが(半分以上)、関連付けられた地物に重なって表示されている。
- ・ マーカーが、手前の地物の奥にあることが認識できる。

手動(人間の手)であっても、100%の表示精度にはならないと考えられるため(下図参照)、自動補正方式によって、上記の条件を満たすクリックブルオブジェクトの表示精度が約 70%あれば十分な効果があると判断し、それを目標値とした。

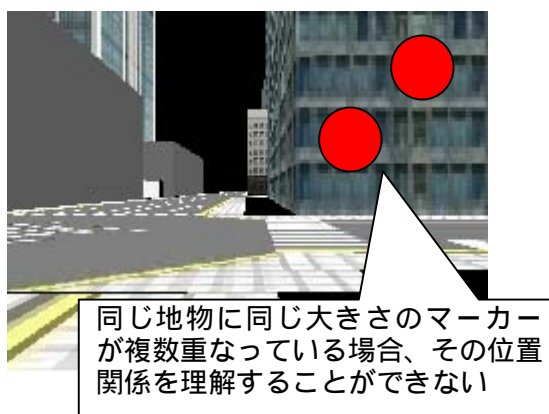


図 2.2-20 位置関係が理解できない場合

B 判定方式

基盤方式との比較において、マーカー表示位置を以下の判定方式で評価する。

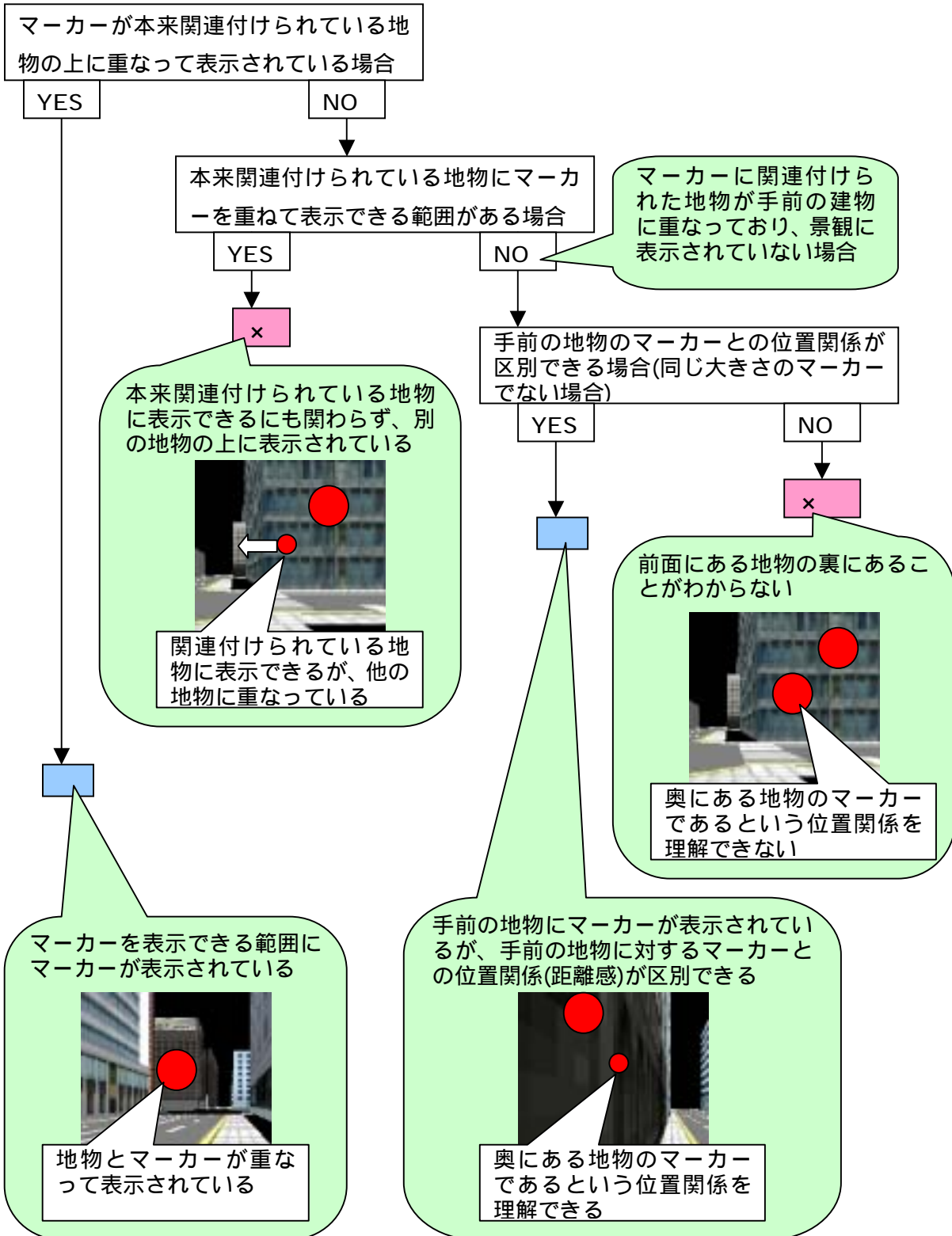


図 2.2-21 判定方式

(A) 3次元景観静止画について

評価で使用する 3 次元景観静止画は現状の携帯端末の液晶画面の一般的な画素数が 240×320(横×縦)であることから、人間が視野の中で注意を置く角度である注視野に合わせ、横 60 度、縦 45 度の景観を内容とした 4:3 の大きさの 3 次元景観静止画(240×180 ピクセル)を使用する。

(B) マーカーを関連付ける対象について

マーカーを関連付ける対象は視点から 300m 以内の範囲内にあるビルなどの地物を対象とする。

(C) 基盤方式について

マーカー表示位置は 3 次元データ内の地物の重心座標を視点からの 2 次元景観の座標に変換し、その座標をマーカーの中心とする。

マーカーの大きさは 30×30 ピクセルとする。

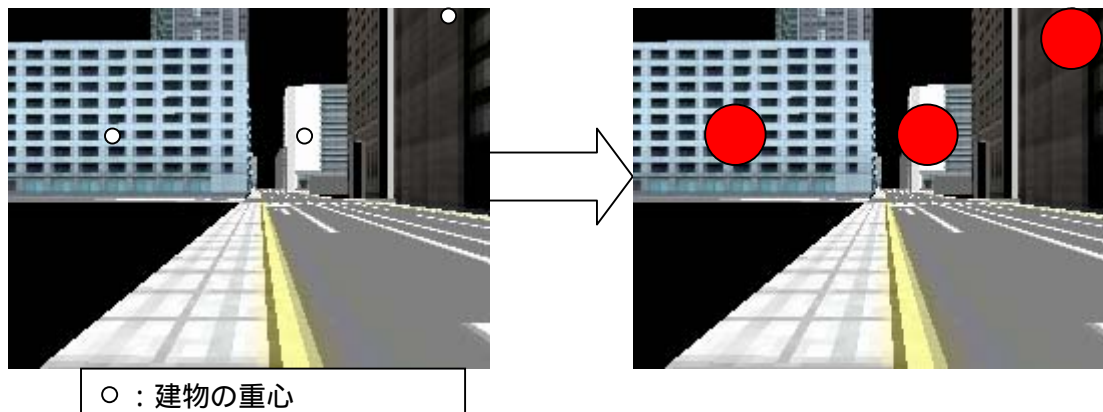


図 2.2-22 基盤方式

(D) 自動補正方式について

マーカー表示位置は基盤方式を基に位置補正と表現補正を行う。

マーカーの大きさはマーカー拡張方式により、大(30×30)、中(20×20)、小(15×15)の 3 種類を使用し、それぞれ、視点からの距離が 0～100m、101m～200m、200m 以上で使い分ける。また、一定範囲によるグリッドは 30×30 の正方形を 1 区画とする。

(E) 手動方式について

評価の基準とするため手動による補正を行う。手動補正は自動補正方式を行った結果から、さらにマーカーが適切な(地物とそれに関連付けられたマーカーが重なって表示される)位置になるよう表示位置を移動させる。

## B 評価アプリケーションの試作

評価を行う上で以下のような評価アプリケーションを作成した。

- ・ モバイル端末は平成 15 年度研究でのプロトタイプシステムを基に、3 次元景観静止画とクリックブルオブジェクト定義ファイルを HTTP 通信で取得する。
- ・ モバイル端末は取得したデータで 3 次元景観静止画の上にクリックブルオブジェクトを表示する。

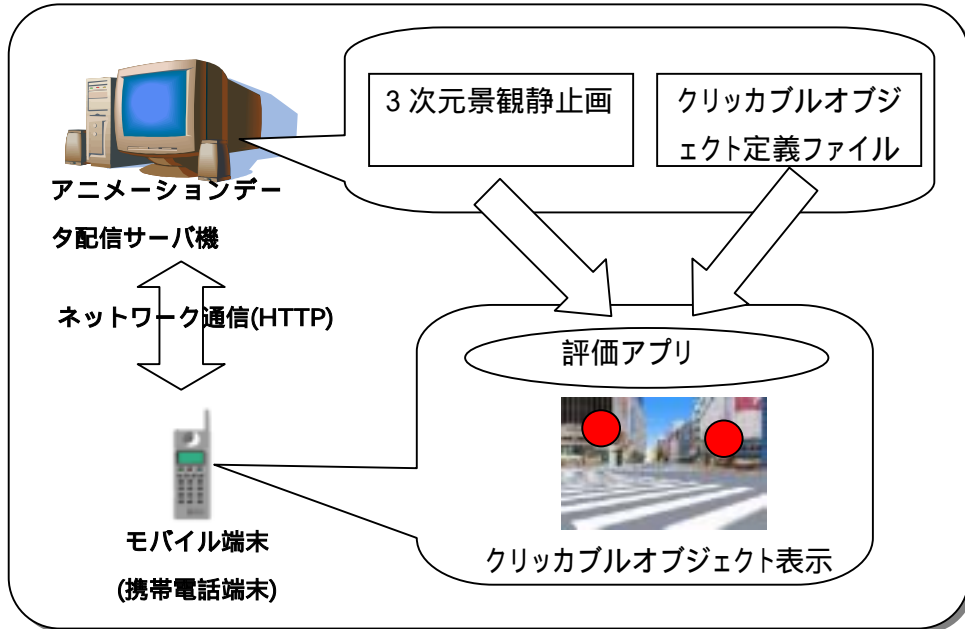


図 2.2-23 評価アプリケーション内容

また、3 次元景観静止画とクリックブルオブジェクトを関連付けるクリックブルオブジェクト定義ファイルのフォーマットとしては以下のようなものとした。

- ・ ランドマーク ID(ランドマークの詳細情報取得に使用)
- ・ クリックブルオブジェクト座標(3 次元景観静止画上の 2 次元座標)

この情報を 1 レコードとし、景観静止画ごとに複数レコードを関連付けることにより、景観静止画上へのクリックブルオブジェクト表現を実現し、評価を行った。

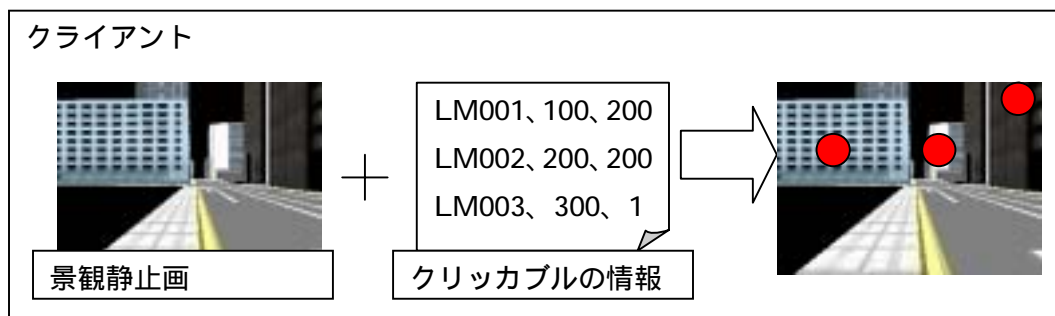


図 2.2-24 使用する情報

### C 結果

A の判定方式に基づき、基盤方式、自動補正、手動補正の評価を行う。

評価対象となる地点はモデル地区を選定し、無数にある地点からランダムに9つ選択した。

以下にその内の3つの詳細な評価結果を記述する。

評価番号 1

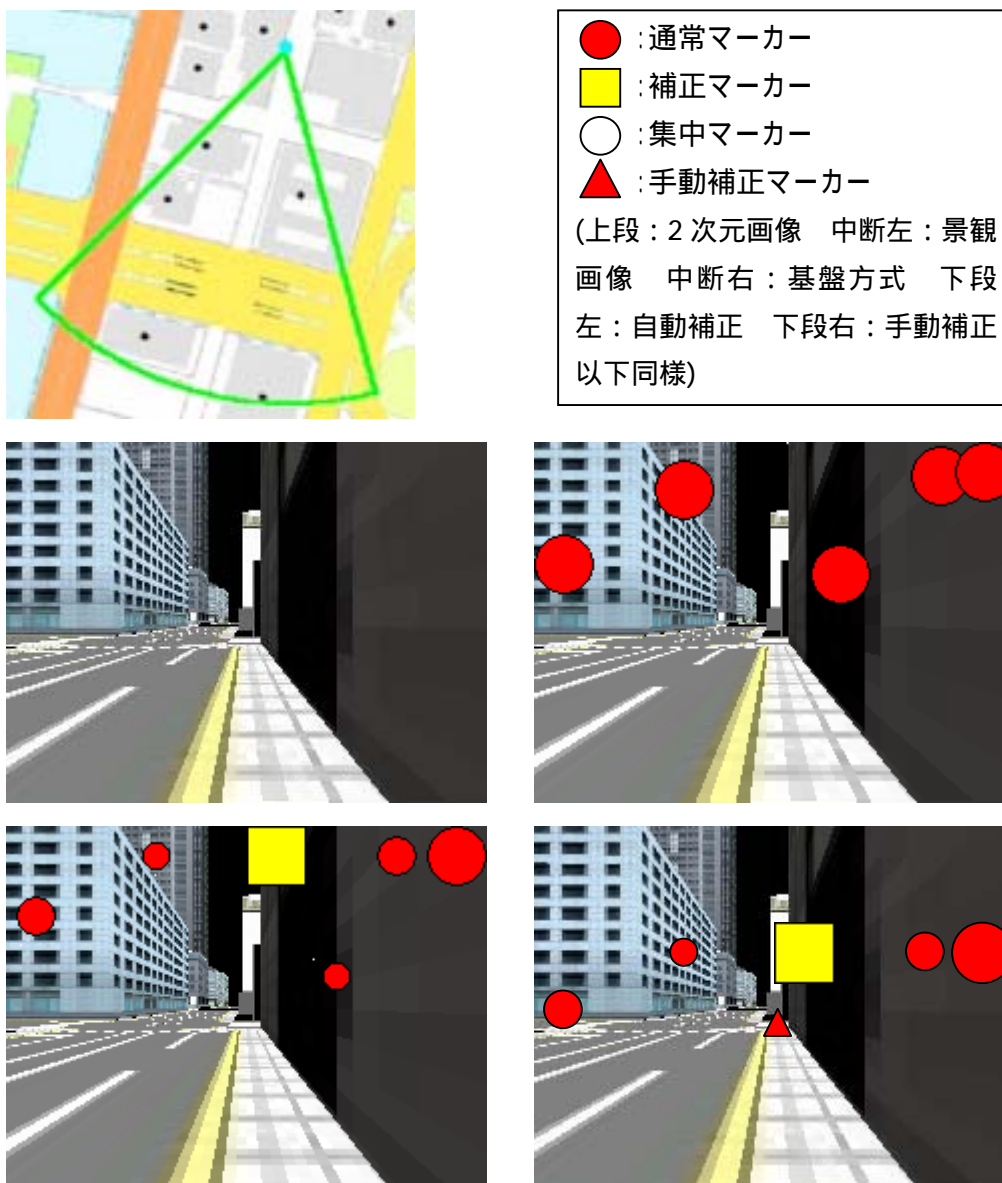


図 2.2-25 定量評価 1

視野角内に存在するランドマーク数	6
基盤方式で適正位置のマーカー数	1( ) $1/6 = 0.166\dots$
自動補正方式で適正位置のマーカー数	3( 、 、 、 ) $(4/6 = 0.666\dots)$
手動補正で適正位置のマーカー数	4( 、 、 、 、 ) $(5/6 = 0.833\dots)$

評価番号 2



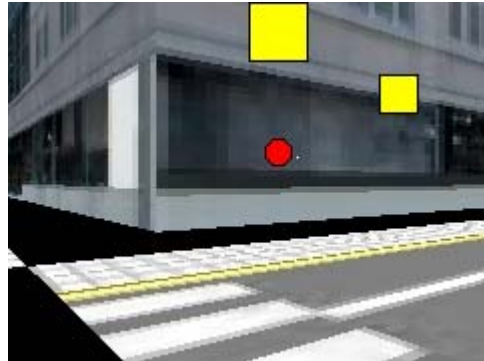
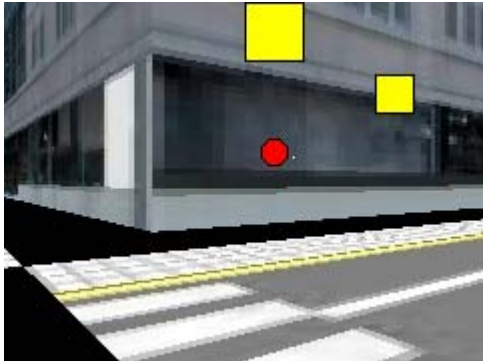
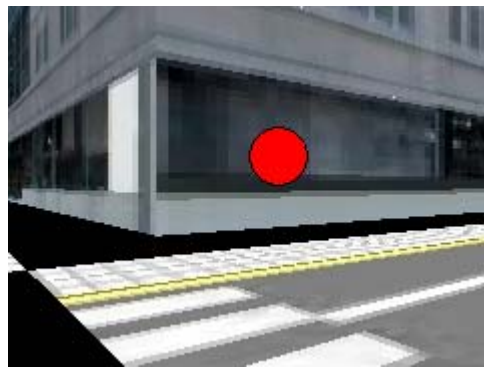
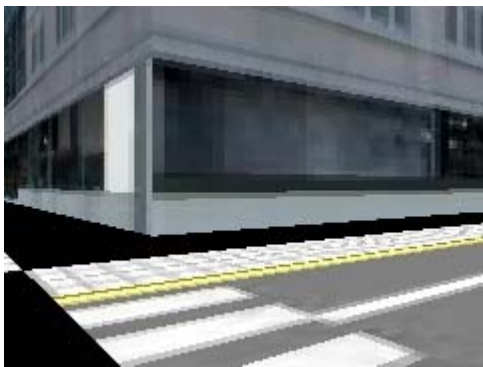
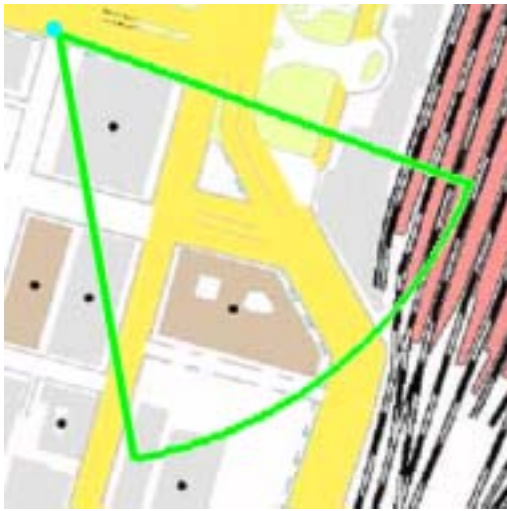


図 2.2-26 定量評価 2

視野角内に存在するランドマーク数	3
基盤方式で適正位置のマーカー数	0
自動補正方式で適正位置のマーカー数	3(、、)(3/3 = 1)
手動補正で適正位置のマーカー数	3(、、)(3/3 = 1)



評価番号 3

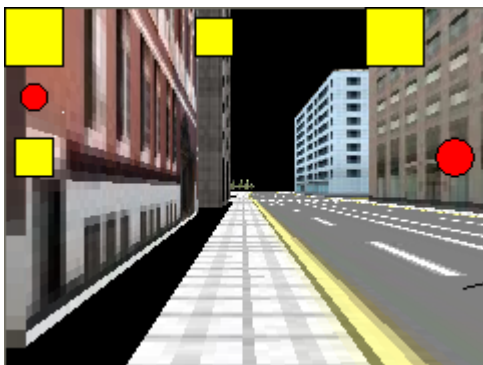


図 2.2-27 定量評価 3

視野角内に存在するランドマーク数	6
基盤方式で適正位置のマーカー数	0
自動補正方式で適正位置のマーカー数	5( 、 、 、 、 )( $5/6 = 0.833\dots$ )
手動補正で適正位置のマーカー数	6( 、 、 、 、 、 )( $6/6=1$ )

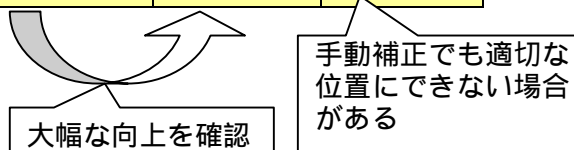
上記までの評価番号 1~3 のように、評価を行っていったところ、以下の表のような結果がでた。自動補正方式を行うことにより、基盤方式と比べて大幅なマーカー表示位置が適正できると

考えられる。

しかし、遠くの地物のマーカーが手前の地物に重なることが多いことから、マーカーと地物の関連の認識度を向上させる為に、2次元地図の併用による地物の位置関係を判断させることが望ましい。

表 2.2-28 定量評価結果

評価番号	建物数	基盤方式	自動補正	手動補正
1	6	17%	67%	83%
2	3	0%	100%	100%
3	6	0%	83%	100%
4	6	33%	83%	100%
5	8	13%	100%	100%
6	4	25%	100%	100%
7	7	29%	57%	83%
8	6	17%	67%	100%
9	4	0%	75%	100%
平均	6	15%	81%	96%



### (カ) 成果

クリックブルオブジェクトの表現方式では、検討した様々な自動補正方式(位置補正と表現補正)により、目標値である70%に対し、15%の基盤方式から81%への表示精度が実現できたことが確認できた。

また、マーカーが手前の地物に重なることが多いことから、2次元地図の併用による地物の位置判断が必要であることが確認できた。

今後運用に取り組む場合は、サービスの用途や、利用者の種別によってクリックブルオブジェクトの対象となる地物を絞り込む必要がある。

### (3) まとめ

平成16年度の研究開発成果として、平成15年度研究成果を基に3次元空間データと属性情報の効率的な関連付け方法を確立した。

また、モバイル端末で映像データに関連付けられたクリックブルオブジェクトを、適切な位置へ70%の精度で表示するという目標を実現できた。

### 3 モバイル端末向けの空間データの配信技術

#### 3.1 空間データ伝送技術

##### 3.1.1 空間データスケラブル伝送技術

近年モバイル端末はその性能が向上している。しかしながら、携帯電話、PDA、ノートパソコンといったモバイル端末において、3次元グラフィックスの表示性能は高くない。立体的な地図である空間データを表示するには、技術的に困難である。また、携帯電話やPHSといったモバイル回線は、帯域が狭いので、大容量の空間データの伝送は困難である。

空間データスケラブル伝送技術として、モバイル端末へモバイル回線を介して空間データを伝送するための研究開発を行う。さまざまなモバイル端末、モバイル回線において、快適に空間データを伝送できるようにスケラブルな伝送方式を研究開発する。

##### (1) 従来技術

近年、各社携帯電話にGPS機能付き端末が販売されている。GPS付き携帯電話の保有者の約6割は、GPSの機能を使っている。<sup>[1]</sup>このように携帯電話がナビゲーション用途に用いられるようになってきた。これにともないモバイル端末への2次元地図を配信する技術も開発されてきた。<sup>[2]</sup>ところが、2次元地図よりも視認性に優れた3次元空間データは、そのデータ量が膨大なことから、モバイル端末へ配信することはできなかった。

モバイル端末において3次元空間データを表示できない理由として、3次元グラフィックスの表示性能が低いことがあげられる。これに対して、平成15年度には、限られたデータ量の3次元空間データを表示するとともに、パノラマ画像と合成して表示することにより、大量の3次元空間データを表示しているように表現できる方式について研究した。

モバイル端末における3次元空間データの表示についての課題は、表示性能だけではなく、モバイル回線の伝送速度の課題もある。現在の加入者系ネットワークの伝送速度は、平成13年度からサービスがはじまったIMT2000において、144Kbps、384Kbps、最大2.4Mbpsである。<sup>[3]</sup>これに対して、例えば鎌倉駅近郊の道路沿い約1.5キロメートル相当の3次元空間データのデータ量は、テキストデータとVRML形式データを合わせて77MBであった。例えば100メートルの道路沿いのデータはおおよそ5.1MBとなり、これを伝送するためには、384Kbpsの通信回線では100秒以上の時間がかかってしまう。そこで、空間データ管理技術による伝送データの選別や、配信データ圧縮技術による伝送データ量の削減が必要となる。さらに、空間データスケラブル伝送技術では、一定量の3次元空間データをモバイル端末へ伝送する場合に、モバイル回線の伝送速度に合わせた量のデータに分割して伝送することにより、さまざまなモバイル回線においても、順次3次元空間データを表示できることを目指している。

## (2) 研究開発内容

モバイル端末で表示可能な 3 次元空間データを分割して伝送する方式を研究開発した。研究開発の目的は以下の 3 項目である。

モバイル端末の表示性能に合わせたデータ量の 3 次元空間データを伝送する。

モバイル回線の伝送速度が遅い場合であっても、優先度の高い地物から順番に伝送する。

モバイル回線の伝送速度が遅い場合であっても、少量のデータに分割して伝送することにより、モバイル端末における表示の待ち時間を短くする。

### ア 伝送単位の作成

この目的を達成するために、3 次元空間データを分割して伝送する仕組みを研究開発した。モバイル端末の種類によって、表示できる 3 次元データの量に制約がある。3 次元表示性能は、スムーズに表示できるポリゴン(3 次元形状の単位)数やテクスチャ(形状に貼り付ける画像)の枚数で表現できる。さまざまなモバイル端末で 3 次元空間データを表示できるようにするためには、ポリゴン数やテクスチャ数を制限したデータを伝送する必要がある。そこで、伝送する空間データの量を指定して伝送する手法を検討した。

3 次元空間データの伝送範囲を決定する従来の手法では、地物の 2 次元的位置に応じて一定間隔のメッシュ(格子)領域を設定し、一定領域数のデータを伝送して表示する手法がある。この手法では、1 メッシュに含まれる 3 次元空間データのポリゴン数やテクスチャ数が一定ではないので、一定ポリゴン数のデータを取り出して伝送することはできなかった(図 3.1.1-1 格子領域のイメージ参照)。そこで、複数の地物をグループ化して、それぞれのグループに属する地物の 3 次元空間データのポリゴン数が一定となるようにした(図 3.1.1-2 データ量を一定とした領域のイメージ参照)。例えば、グループ領域に含まれる地物のポリゴン数が 100 としてグループ化してある場合、500 ポリゴンまで表示可能なモバイル端末へは、5 つの領域に含まれる 3 次元空間データを伝送すればよい。

伝送する 3 次元空間データのデータ量が均一となるような伝送グループの作成手法について述べる。建物の 3 次元空間データを例にとると、図 3.1.1-3 のような複数の三角形のポリゴン(形状の単位)で構成されている。見えている面だけで 7 ポリゴンのデータ量がある。このように建物データを例にしても 1 つ 1 つのデータでポリゴン数は違ってくる。図 3.1.1-4 と図 3.1.1-5 を用いて建物データを例としたグループ作成手法を示す。まずはじめに、図 3.1.1-4 のように 1 建物を 1 グループとする。このとき、各グループに属する建物データのポリゴン数を記録しておく。次に、図 3.1.1-5 のように、建物データの頂点座標同士の距離を調べ、最も距離の近い建物データが同じグループになるようにグループ同士を統合していく。グループ 1 とグループ 2 は新しいグループ 4 となる。このとき、グループ 4 として、グループ 1 とグループ 2 に含まれていた建物データのポリゴン数を記録する。

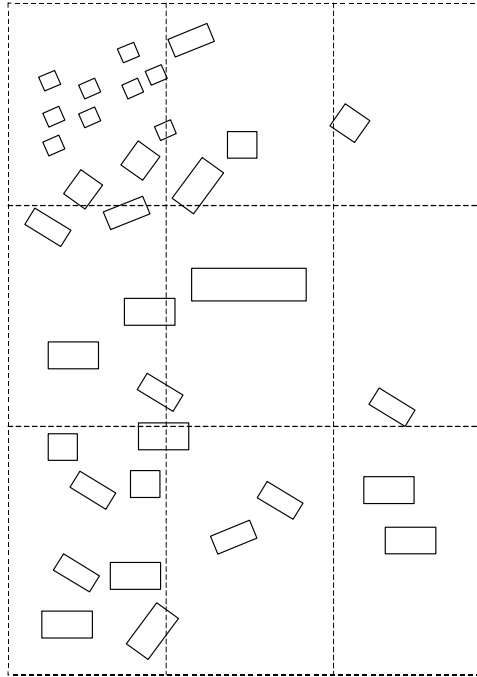


図 3.1.1-1 格子領域のイメージ

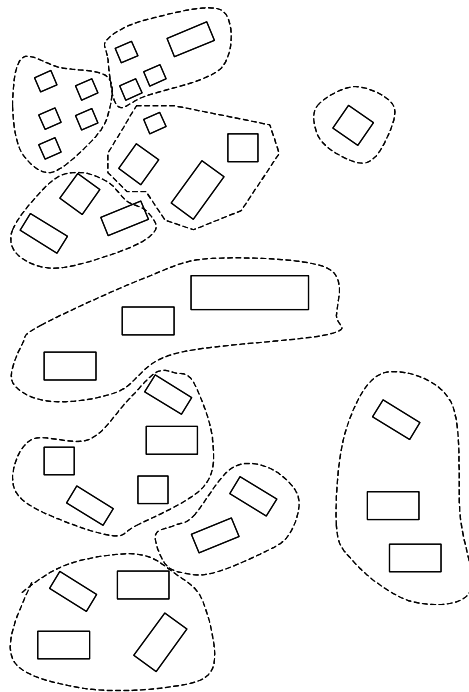


図 3.1.1-2 データ量を一定とした領域のイメージ

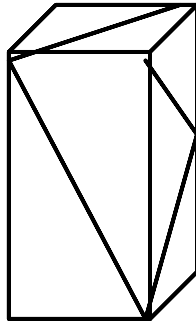


図 3.1.1-3 建物の 3 次元モデルの構成

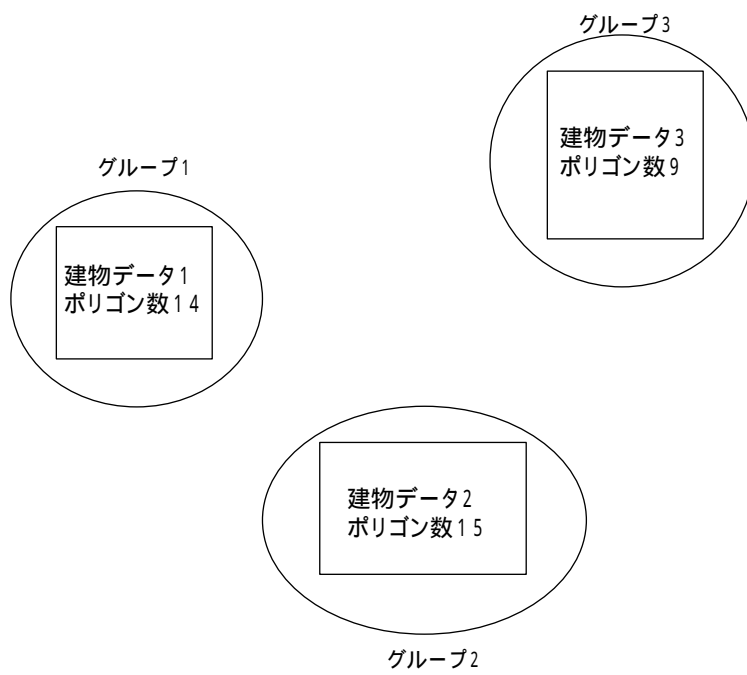


図 3.1.1-4 グループ化前のデータイメージ

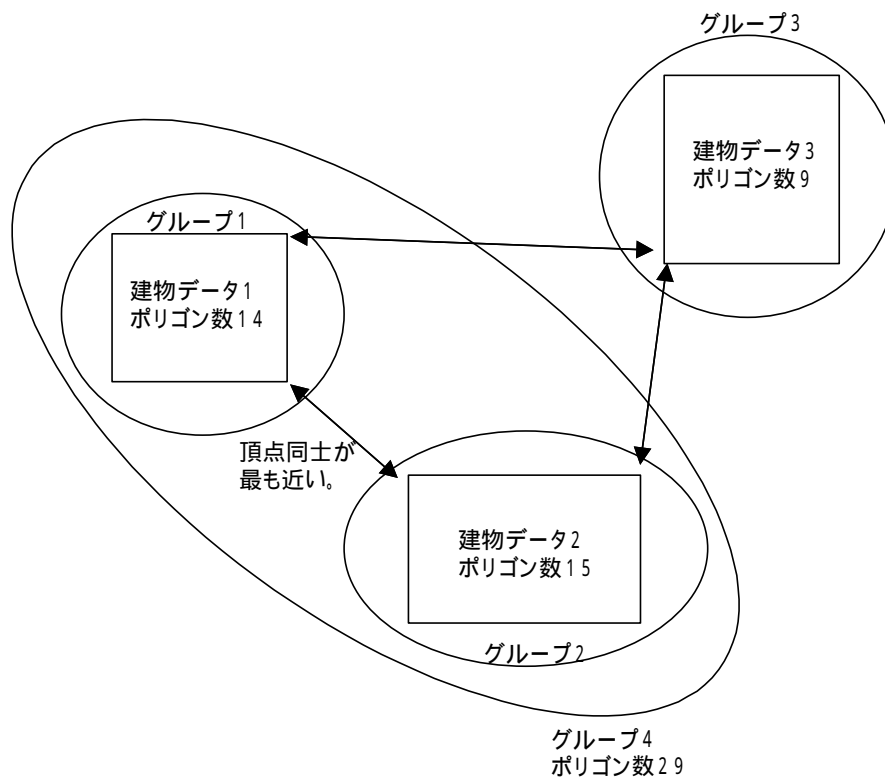


図 3.1.1-5 グループ化後のデータイメージ

予め、1 グループに属する 3 次元空間データのポリゴン数の上限を決めておき、その上限値に達したグループについては、新たなグループ化の対象としないこととする。グループ化を繰り返す行うことにより、距離の近い 3 次元空間データを同じデータ量でひとくくりにしたグループデータを作成することができる。

このグループデータを用いると、モバイル端末の表示性能に合わせたデータ伝送が可能になる。例えば、1 グループ 100 ポリゴン以下となるようにグループ化しておけば、1000 ポリゴンまで表示可能なモバイル端末へ、10 グループの 3 次元空間データを伝送すればよいことになる。表示したい位置周辺の 10 グループを近い順に伝送することで、モバイル端末で表示可能な範囲で 3 次元空間データを順次表示可能である。

しかしながら、モバイル回線の種別によって、伝送にかかる時間はかわってくる。このような制約のもとに、GIS の用途を考慮しモバイル端末への伝送順序の制御方式を検討した。

## イ レイヤ別伝送

GIS においては、ナビゲーション、都市計画、防災管理といったさまざまな用途があり、用途に応じて優先的に表示すべきデータ内容は異なる。階層別にグループ化を行うことによって、階層別にデータ量の増減を指定して 3 次元空間データを伝送できるようにした(図 3.1.1-6 レイヤ別伝送 参照)。

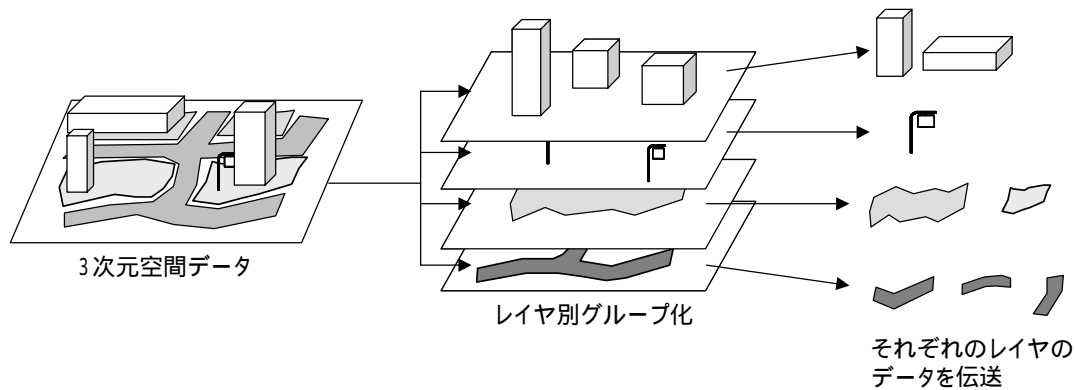


図 3.1.1-6 レイヤ別伝送

レイヤ別に分けることにより、道路を優先して伝送したり、建物を優先して伝送するといったレイヤ別に優先順位をつけた伝送が可能になる。ネットワークを介したパソコンへ実際に 3 次元空間データを伝送する試作システムを開発した。レイヤ毎にグループ化を行い、伝送するデータのポリゴン数と、テキスト数を制限して、伝送できるようにした。更に、レイヤを選択して、特定レイヤのデータを優先的に表示できるようにした。優先するレイヤと、優先しないレイヤの取得範囲の距離を比率で指定できるようにした。この仕組みを元に、モバイル回線の伝送速度を考慮して、さまざまな範囲の 3 次元空間データを表示した。

まず、モバイル端末の表示性能に合わせたデータ量制限について表示例を記す。表示例 A (図 3.1.1-7)、表示例 B (図 3.1.1-8)、表示例 C (図 3.1.1-9) は同じポリゴン数であるが、テキストの量を変えている。





図 3.1.1-7 表示例 A(建物形状は MAPCUBE のデータを使用)



図 3.1.1-8 表示例 B(建物形状は MAPCUBE のデータを使用)



図 3.1.1-9 表示例 C (建物形状は MAPCUBE のデータを使用)

表 3.1.1-1 384Kbps における伝送時間(予測)

例	表示ポリゴン数 (データ量)	テクスチャ 枚数	テクスチャ データ量	ポリゴン伝送時間	テクスチャ 伝送時間
A	1971 (315024B)	40	1200KB	6.563 秒	25.0 秒
B	1971 (315024B)	20	600KB	6.563 秒	12.5 秒
C	1971 (315024B)	0	0KB	6.563 秒	0.0 秒

但し、テクスチャデータは平均的なデータの大きさから 1 枚 30KB とみなした。

表 3.1.1-1 に表示例 A、B、C のデータ量と 384Kbps のモバイル回線で伝送した場合の伝送時間(予測)を記す。表示例 C の状態のデータを伝送するのに約 6.5 秒かかる。さらに、表示例 B のデータを表示するためにはテクスチャデータの伝送に 12.5 秒かかる。更に表示例 A のデータを表示するには更に 12.5 秒かかる。結果として、表示例 A のデータを伝送するためには、合計で約 32 秒かかる。テクスチャデータは JPEG 形式のデータを伝送した。但し、今回の実験ではデータ圧縮を行っていない伝送時間である。

このように、3 次元空間データのデータ量は膨大なことから、用途に応じて優先するレイヤのデータを広範囲に表示、優先度の低いレイヤのデータを比較的狭い範囲で表示することを試みた。今回の実験では、道路レイヤと建物レイヤに分割し、同じ表示データ量でかつ、レイヤ毎に表示範囲を変えた表示を試した。道路レイヤと建物レイヤを同じ範囲で表示した表示例 D (図 3.1.1-10)、建物レイヤのデータに対して道路レイヤのデータを 2 倍の距離まで表示した表示例 E (図 3.1.1-11)、道路レイヤを最小限の範囲だけ表示して建物レイヤを表示した表示例 F (図 3.1.1-12)を示す。いずれも約 3000 ポリゴンの形状と、40 枚のテクスチャを表示している。いずれの形状データもデータ容量は 464KB ~ 476KB で、384Kbps の伝送速度で伝送すると 9.6 秒 ~ 9.9 秒で伝送できる。但し、テクスチャデータは、1 枚 30KB とみなすと、伝送するのに 25 秒かか

る。



図 3.1.1-10 表示例 D(建物形状は MAPCUBE のデータを使用)



図 3.1.1-11 表示例 E(建物形状は MAPCUBE のデータを使用)



図 3.1.1-12 表示例 F (建物形状は MAPCUBE のデータを使用)

このように、レイヤ別に優先順位を設定することにより、道路を表示してから、建物を表示することができ、利用する GIS アプリケーションの用途に応じて優先的に表示するレイヤを加減することができる。図 3.1.1-13 にモバイル端末への適用イメージを記す。モバイル端末で表示できるデータ量を一度に表示するのではなく、地形、道路、建物、テクスチャといったレイヤ毎に伝送することにより、順次データを表示することができる。

しかしながら、伝送するデータに優先順位をつけても、の課題であるモバイル回線の伝送速度が遅い場合の待ち時間の解決にはならない。1 レイヤのデータを伝送するのに、時間がかかることもありえる。

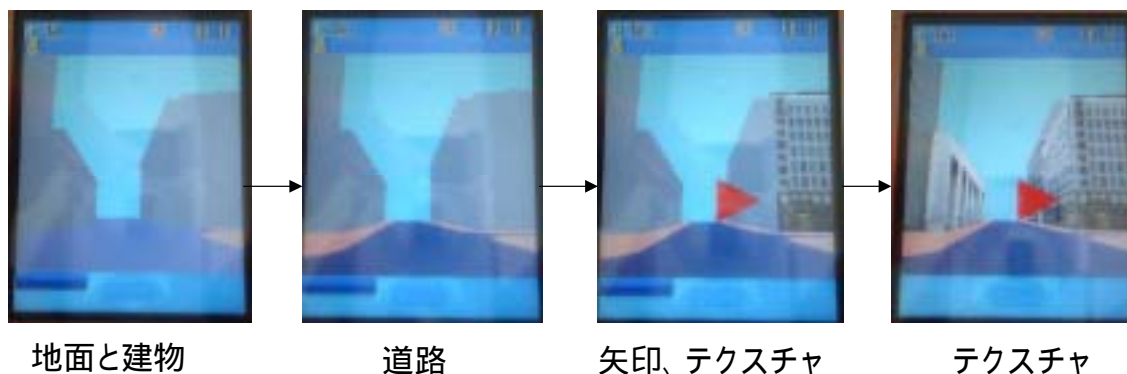


図 3.1.1-13 モバイル端末への適用イメージ

### ウ 伝送量の上限制御

伝送速度に合わせて、少量のデータに分割して伝送する制御方式を考えた。少量にデータを分割することにより、分割されたデータの 1 塊が伝送されたところで、モバイル端末側でデータを表示して、操作が可能になることにより、何も表示されないで待つ時間を減らすことができると考えた。

上記レイヤ別伝送の試作システムのうち、1 グループずつのデータの塊に分けて伝送することとした(図 3.1.1-14)。モバイル端末から空間データを伝送するサーバーへデータを要求すると同時に、伝送速度(CKbps)を情報として与える。予め最大待ち時間 N を設定しておく、サーバーからモバイル端末へは、N 秒以内に伝送できる範囲のデータに分割して伝送するようにした。実際に図 3.1.1-7 表示例 A の形状データを伝送する場合のグループデータを示す(図 3.1.1-15)。144Kbps の回線で、1 グループが 3 秒以内に伝送できることを想定した場合、15 のグループデータであった。ところが、1 グループを 1 秒以内に伝送することを想定すると、24 のファイルに分割された。また、1 グループを 1 秒以内に伝送する場合であっても、384Kbps の回線を通すことを想定すると、16 のグループに分割された。元々の 1 グループのデータ量が小さいので、伝送速度に対してリニアに変化はしないが、伝送速度に応じたデータ分割の例を示すことができた。

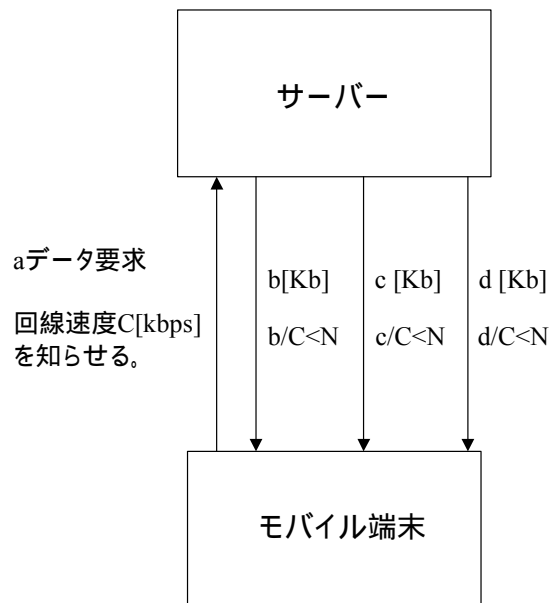


図 3.1.1-14 伝送データ量制御

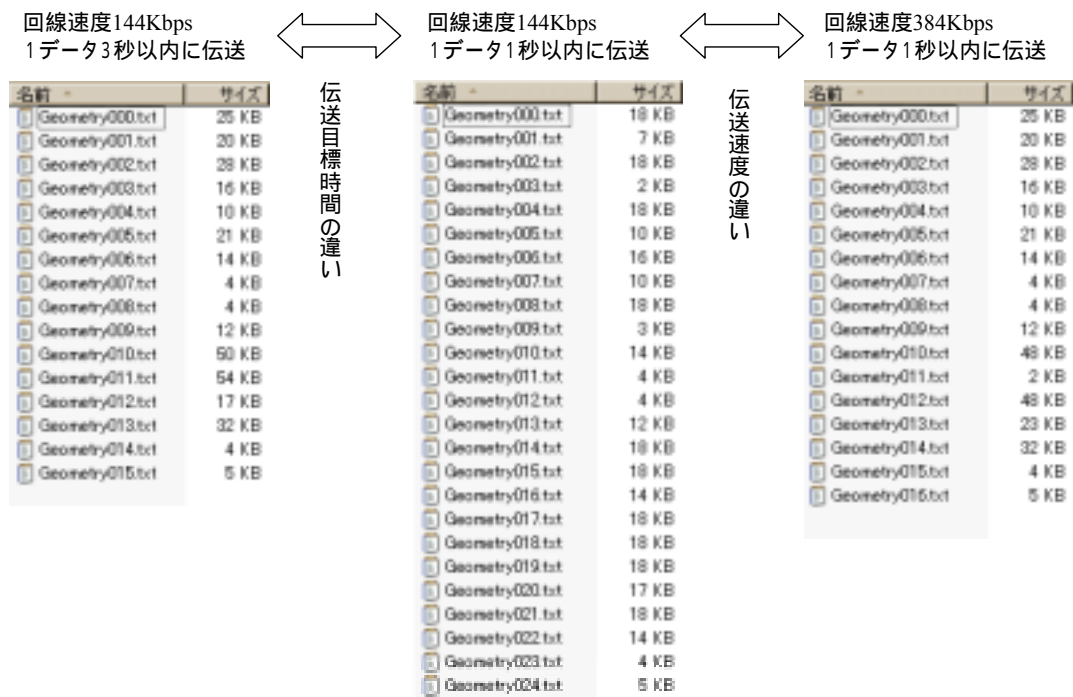


図 3.1.1-15 伝送データ量制御結果例

HTTP サーバーから携帯電話へ 3 次元空間データを伝送する試作ソフトウェアを開発した。図 3.1.1-13 のように、実際にサーバからデータを取り出すことにより、3 次元空間データを表示できる。1218 ポリゴン、53 テクスチャ、224583 バイトの 3 次元空間データを伝送して表示するのに、153 秒の時間がかかる。試作システムでは、80 ファイルに分割して伝送したところ、一例として、1011 バイトのジオメトリファイルを送って表示する時間は、1.53 秒かかった。80 ファイルの読み込みに、全て HTTP サーバーとの通信のオーバーヘッドや端末側処理がかかる。平成 17 年度の研究開発において、モバイル端末への実装における高速化の開発を予定している。図 3.1.1-16 に 1218 ポリゴン、53 テクスチャの表示例を示す。



図 3.1.1-16 携帯電話における表示例



### (3) まとめ

さまざまなモバイル端末やモバイル回線に対応して、3次元空間データをデータ量を制限しながら伝送する方式を研究開発した。

パソコンへネットワークを介して、実際に3次元空間データを伝送する試作システムを開発した。試作システムを用いて、ポリゴン数、テクスチャ数といったデータ量の制限ができることを確認した。

さらに、3次元空間データをレイヤに分けて別々に伝送することにより、伝送するデータ量に制限があるなかで、GISの用途として優先して表示すべきレイヤをより広範囲に表示することができることを確認した。

例えば、384Kbpsといったモバイル回線の伝送速度は3次元空間データを伝送するには帯域が狭いので、伝送するデータを分割して、少しずつ伝送することが必要である。実際に、モバイル回線の伝送速度に適応して、順次データを伝送するために、伝送する3次元空間データを分割するソフトウェアを開発した。

今後の予定として、空間データ管理技術、配信データ圧縮技術との技術的連携を行うとともに、実際のモバイル端末への伝送における実装課題に対応していく。

### 3.1.2 空間データマルチキャスト伝送技術

#### (1) 従来技術

3次元GISの今後の発展において重要な技術分野である“モバイルGIS”の実現には、有線ネットワーク環境と比較して回線リソースの制約が多い移動体通信網で効率的なデータ伝送を行う技術が必要である。

平成15年度では、次世代GISにおけるデータ伝送技術について要求条件を分析し、マルチキャストを組み合わせた伝送技術に有効性を見出し、3つの基盤技術(混在伝送技術、伝送グループ再構成技術、エラー軽減策)を定義した。

平成16年度では、前提条件としてマルチキャストを組み合わせた伝送技術が適しているユースケースを検討し、ユースケースにおけるサービス条件を定義し、サービス条件に基づいて各基盤技術の研究開発を行う。

各基盤技術で行う研究開発内容は以下のとおり。

- ・ 混在伝送技術では、サービス条件に基づいて実証検証を行い、混在伝送配信時の効果を検証する。
- ・ グループ再構成技術では、グループ種別、再構成条件などを検討し、運用モデル条件を設定する。
- ・ エラー軽減策では、次世代GISの利用特性と、誤り回復方式の特性から、効果的な誤り回復方式の検討を行う。

#### (2) 研究開発内容

##### ア 空間データのマルチキャストとユニキャストの混在伝送技術

###### (ア) ユースケースの網羅的検討によるサービス要件の明確化

具体的なサービス要件を想定する為に、“モバイルGIS”を前提としたユースケースを利用分野別に調査・検討を実施し、その中からマルチキャスト配信に適しているサービス要件の明確化を行った。

###### A 利用分野の選定

モバイルGISのユースケース調査・検討の実施に際し、平成11年度から平成14年度に行われた前プロジェクト、「GIS構築のための情報通信技術の研究開発」で調査・検討された“3次元データ利用状況調査”で選定された利用分野を基に、ユースケース調査・検討を行うことにした。<sup>[1]</sup>

(利用分野は、行政、建設、ライフライン、交通、サービス、教育・福祉・医療、エンターテインメントの7分野)

この7分野は分野内にとどめた活用だけではなく、将来的に共通基盤の整備により



他分野とのデータ相互流通が可能であると想定できることによるものである。

## B ユースケース調査・検討結果

以下に利用分野別のユースケース調査・検討結果を示す。

表 3.1.2-1 ユースケース調査、検討結果

分野	種別	利用シーン	配信対象者	配信情報( )	配信タイミング		
行政	都市計画	現地調査	個人	個別	要求により配信		
		情報公開	個人	個別	共通	要求により配信	
	環境保護・汚染	現地調査	個人	個別		要求により配信	
		情報公開	個人	個別	共通	要求により配信	
	防犯	現地調査	個人	個別		要求により配信	
		情報公開	個人	個別	共通	要求により配信	
		被害者からの緊急通報	個人	個別		対象者から情報発信	
	防災 (災害前)	現地調査	個人	個別		要求により配信	
		情報公開	個人	個別	共通	要求により配信	
	防災 (災害時)	救援隊の活動支援	個人	複数	個別	共通	自動的に配信
		被災者の状況確認	複数		共通		自動的に配信
		被災者からの緊急通報	個人		個別		対象者から情報発信
		被災者への情報提供	複数		共通		自動的に配信
		避難経路案内	複数		個別	共通	自動的に配信
	建設	建築	現地調査	個人	個別		要求により配信
情報公開			個人	個別	共通	要求により配信	
土木		現地調査	個人	個別		要求により配信	
		情報公開	個人	個別	共通	要求により配信	
ライフライン	地下埋設	現地調査	個人	個別		要求により配信	
交通	交通管理	現地調査	個人	個別		要求により配信	
	ナビゲーション	経路案内	個人	個別		要求により配信	
		属性情報配信	個人	個別	共通	自動的に配信	
		移動中の危険警告	個人	個別		自動的に配信	
		事故監視	個人	個別		対象者から情報配信	
サービス	移動体管理	移動体の位置監視	個人	個別		対象者から情報配信	
	営業戦略	現地での営業支援	個人	個別		要求により配信	

					自動的に配信
		販売促進	複数	個別 共通	自動的に配信
		顧客対応	個人	個別	自動的に配信
教育・ 福祉・ 医療	教育	地域学習	個人	個別	要求により配信 自動的に配信
	福祉・医療	幼児・高齢者からの 緊急通知	個人	個別	対象者から情報配信
		遠隔による医療・福 祉活動	個人	個別	自動的に配信
エンタ ーテイ メント	ゲーム	ゲーム情報配信	個人	個別	自動的に配信

( )個別:個人向けの情報を配信する

共通:多くの利用者が利用する共通の情報を配信する。

様々な利用分野でのモバイル GIS のユースケースを調査・検討したが、大きく分けると 2 つのサービスが考えられる。

1 つはモバイル端末を持つ利用者の稼動状況や位置情報を監視し、その位置情報そのものを提供する位置監視サービスで、行政分野の災害時に被災者から救援依頼発信や、サービス分野の運搬車両や営業員の移動体管理、教育・福祉・医療分野の緊急通知などのケースが当てはまる。

もう 1 つはモバイル端末を持つ利用者のいる現在地、エリアなどの位置情報を利用して、様々な情報提供を行う情報サービスで、各種利用分野の現地調査・情報公開や、災害時の災害状況提供や作業指示、ナビゲーションの経路案内などのケースが当てはまる。

2 つのサービスは、どちらもモバイル GIS では様々なシーンで利用され将来性を秘めているが、前提条件として 3 次元空間情報を利用した GIS、“3 次元 GIS”の発展した必要技術として次世代 GIS、モバイル GIS を考えていく必要がある。

位置情報そのものを利用した位置監視サービスの場合は、モバイル端末から数値や文字による位置情報の送信を行うのがメインであり、3 次元空間データによる映像などの表現を利用するケースはほとんどない。位置情報を利用した情報提供サービスでは 3 次元空間データを利用した現在地の景観表示であったり、周辺地図の 3 次元表現であったりなど 3 次元による表現を利用するシーンが多いと考えられる。

表 3.1.2-2 モバイル GIS におけるサービスの違い

サービス種別	主なサービス（分野）
位置情報そのものを提供する 位置監視サービス	移動体管理（サービス分野） 緊急通報（行政、教育・福祉・医療分野） モバイル監視（交通分野）など
位置情報を利用した 情報提供サービス	現地調査（行政、建設、ライフライン分野など） 情報公開（行政、サービス分野など） 避難誘導（行政分野） ナビゲーション（交通分野）など

### C マルチキャスト配信に適したサービス要件の明確化

“位置情報を利用した情報提供サービス”の中から、マルチキャスト配信を利用した混在伝送配信が有効と判断するのに、以下の2つのポイントが挙げられる。

- 送り手主体(プッシュ型配信)で配信する情報が求められている
- 多くの利用者が共通の情報を同時に参照・閲覧する

上記の2つのポイントを考慮して検討した結果、緊急時に災害・避難情報を配信し、被災者を避難所まで誘導する、または地域住民へリアルタイムな店舗情報(タイムサービスによるイベント情報など)を提供し、店舗まで案内するなど、データ量の多い3次元景観を利用した経路案内がマルチキャストを組み合わせた伝送技術が適していると考えられる。

#### (イ) 経路案内におけるサービス条件の定義

ユースケースの網羅的検討で、マルチキャストの利用が適すると判断した経路案内に対して、サービス条件(利用者数、配信情報)を検討し、策定を行った。

今回、いくつか想定される経路案内の中から典型的なパターンとして避難誘導を対象とし、サービス条件の検討・策定を行った。

#### A 利用者数

災害発生時、被災者である住民が避難する場所は広域避難場所として指定されている広大な公園や、一時避難場所として指定されている近隣の公園、空き地などがあるが、雨、風を凌げる建物やトイレなどの設備が整っており、収容力もある学校、公共施設は最も住民が避難する場所として考えられる。小・中学校、公共施設の収容人数は短期間の避難であれば約2000人～3000人、長期による避難であれば短期の半分、約1000人～2000人である。<sup>[2]</sup>

[3] [4] [5]

被災地域の被害状況によって避難所へ避難する被災者数は異なることから、避難所がカバーする地域内で携帯電話による共通の避難誘導情報を受ける被災者は、避難する被災者数が

多い地域を見越しても約 40～60 人程度と考えられ、避難誘導における利用者数の条件を約 50 人と定義した。

## B 配信情報

被災者に対して、避難誘導を行う上で大きく分けて 2 つの誘導が考えられる。

- 現在地から避難路までの誘導
- 避難路による避難所までの誘導

避難路は各県・各市などでいくつか規定された避難ルートで、災害状況に応じて避難路を決定するもので、避難路までの誘導は被災者毎に情報を配信し、避難路による避難所までの誘導は共通情報として配信する形を想定した。

避難路が被災者を誘致する範囲は、直線で概ね 500m と定義があり、避難路までの誘導距離は平均で 250m と想定した。

避難路による避難所までの誘導距離は広域避難所で 2km 以内、一時避難所で 500m 以内と定義されているが、長距離である広域避難所まで直接誘導するより、途中にある一時避難所まで誘導するケースの方が多いと考えられる。そこで避難路による避難所誘導距離は一時避難所、または近隣の広域避難所とし、平均 500m と想定した。<sup>[6]</sup>

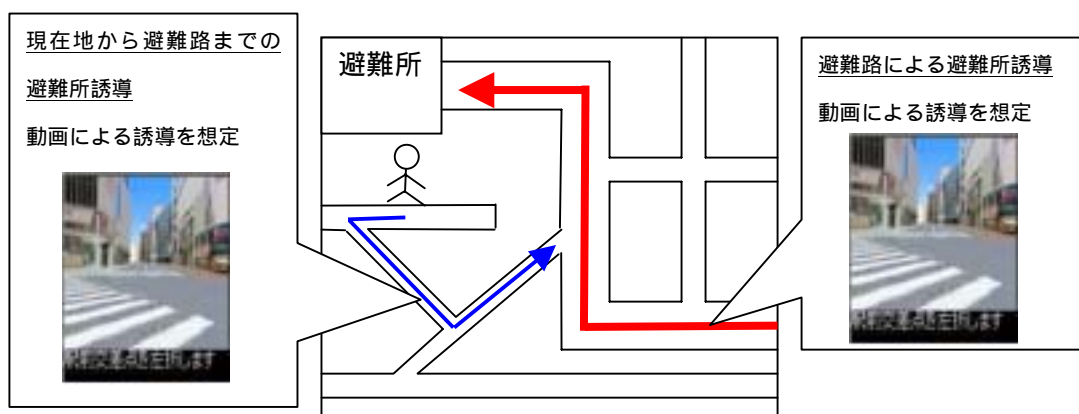


図 3.1.2-1 避難誘導イメージ

上記の被災者の避難誘導における配信情報は以下のものが挙げられる。<sup>[7][8]</sup>

- 経路情報(現在地から避難路、避難路による避難所までの経路案内など)
- 避難所情報(住所、収容人数、設備情報など)
- 安否情報(家族、親戚、友人などの安否情報)
- 被災情報(危険場所情報、被害予想エリアなど)

各情報におけるマルチキャスト/ユニキャスト分類、メディア形式、データ量を以下のように定

義した。

表 3.1.2-3 情報種別毎の配信情報

情報種別	内容	マルチ/ユニ分類	形式	データ量
経路情報	現在地から避難路までの誘導	ユニキャスト	動画 (約 250m)	約 200K
	避難路による避難所までの誘導	マルチキャスト	動画 (約 500m)	約 400K
避難所情報	住所、収容人数、設備情報 (属性情報)	マルチキャスト	テキスト 画像(建物の景観1枚)	約 10K
安否情報	家族、親戚、友人などの安否情報	ユニキャスト	テキスト	約 1K
被災情報	危険場所情報、被害予想エリア	マルチキャスト	テキスト 画像(2次元の分布図 を1枚)	約 20K
				合計 約 631K マルチ 約 430K ユニ 約 201K

以上の避難誘導を対象としたサービス条件の検討から、経路案内においては以下の流れが適していると考えられる。

ある地域に散らばっている利用者を集中させる為、個別に経路案内(ユニキャスト配信)  
集中した場所から、目的地まで経路案内(マルチキャスト配信)

リアルタイム情報による店舗案内など様々な経路案内は、避難誘導と同様のシステム(配信方式・配信対象の地域など)で実現できると考えられる。

#### (ウ) 実証検証

定義した避難誘導サービス条件で、ユニキャスト配信より混在伝送配信した際にどれくらい軽減効果があるのかを検証する為に、軽減される理論値の算出方法を導き出し、実験室レベルで目標の実現と算出方法の妥当性の検証を実施した。

#### A 理論値の算出

サービス条件で定義した配信情報、利用ユーザ数による経路案内ケースで理論値の算出をした。

各配信方式における理論値の算出方法は以下のとおり。

表 3.1.2-4 理論値の算出方法

配信方式	理論値の算出方法
ユニキャスト配信	約 639KB/人( 1) × 50人 = 約 31,950KB ( 1)誤り率 0.0125 における紛失パケット数を想定した配信データ量
混在伝送配信	約 437KB(マルチキャスト分)( 1) + 約 204KB/人(ユニキャスト分) ( 2) × 50人 = 約 10,637KB ( 1)誤り回復方式(Hybrid 方式)における理論式で算出した配信データ量 ( 2)誤り率 0.0125 における紛失パケット数を想定した配信データ量

上記の理論値の算出方法から、ユニキャスト配信よりも混在伝送配信の方が約 67%の総配信データ量削減が可能であるという数値が得られた。

この総配信データ量軽減率約 67%を目標値として設定した。

### B 実証検証内容

サービス条件で定義した経路案内の配信情報に対して、ユニキャスト配信と混在伝送配信を行い、その時の総配信データ量と配信時間を測定した

### C 実証実験環境

実証検証の環境を以下に示す。

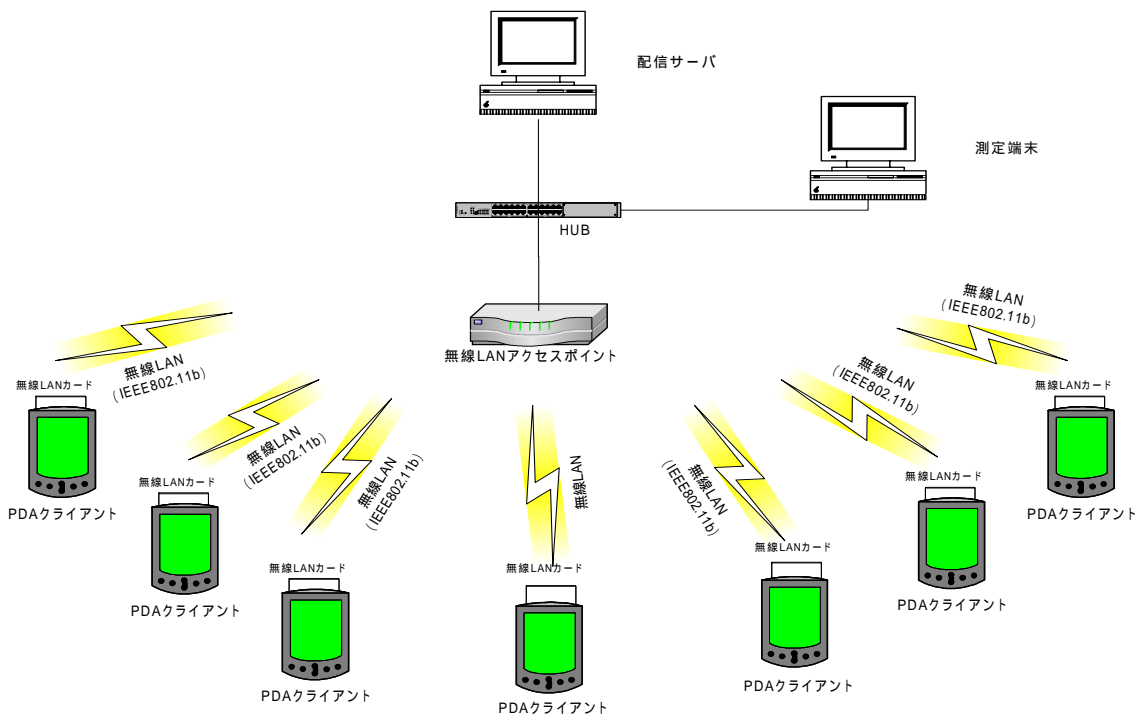


図 3.1.2-2 システム構成図

表 3.1.2-5 ハードウェア一覧

使用機器	OS	CPU	メモリ
配信サーバ	Solaris9	UltraSPARC IIIi 650MHz	512MB
PDA クライアント (3台)	PocketPC2002	Intel <sup>(R)</sup> PXA255 アプリケーション・プロセッサ 400MHz	128MB
PDA クライアント (4台)	PocketPC2002	Intel <sup>(R)</sup> PXA255 アプリケーション・プロセッサ 400MHz	64MB

表 3.1.2-6 ソフトウェア一覧

使用機器	ソフトウェア	用途
配信サーバ	MMCAST サーバ	マルチキャスト配信
	Apache1.3.27	ユニキャスト配信
PDA クライアント	MMCAST クライアント	マルチキャスト受信
	ユニキャスト受信プログラム	ユニキャスト受信

表 3.1.2-7 配信ファイル構成一覧

種別	ファイル名	分類	内容	サイズ (Bytes)
表示指示	disp_direction.html (固定)	マルチ	コンテンツ全体のフレーム定義	0.2K
経路情報	uni.wmv	ユニ	現在地から避難路までの動画	202K
	uni_movie_frame.html	ユニ	動画再生ページ	0.9K
	multi.wmv	マルチ	避難路による避難所までの動画	414K
	multi_movie_frame.html	マルチ	動画再生ページ	0.9K
避難所情報	hinan.html	マルチ	避難情報ページ	0.8K
	hinan.jpg	マルチ	避難所の画像	15.5K
安否情報	anpi.html	ユニ	家族、親戚、友人などの安否情報	0.7K
被災情報	info_frame.html	マルチ	被災情報ページ	0.6K
	hisai.jpg	マルチ	被災情報の画像	19.2K
				合計サイズ : 654.8KBytes
				マルチキャスト : 624.2KBytes
				ユニキャスト : 30.6KBytes

#### D 実証検証方式

##### (A) マルチキャスト配信レートのチューニング

混在伝送のマルチキャスト配信で、効率的な配信を実現する為に、配信レート毎にマルチキャスト配信を行い、配信時間を測定する。

配信レート毎に5回測定し、その平均配信時間が最短となる値を抽出する。

##### (B) ユニキャスト配信

1～6台のPDAクライアントに対して同時にユニキャスト配信を行い、全PDAクライアントが受信完了した時の総配信データ量と総配信時間を測定した。

「1台、2台同時、3台同時…」と1台ずつPDAクライアントを増やして測定を行った。

PDAクライアント数毎に5回測定し、総配信データ量と総配信時間を測定した。

表 3.1.2-8 ユニキャスト配信の検証方式

No	条件	内容
1	端末数	1～6台
2	ファイル数 ファイルサイズ	総ファイル数：10 総ファイルサイズ：654.8KBytes 内訳（配信順序） (1) disp_direction.html(0.2KBytes) (2) multi.wmv(414KBytes) (3) multi_movie_frame.html(0.9KBytes) (4) hinan.html(0.8KBytes) (5) hinan.jpg(15.5KBytes) (6) info_frame.html(0.6KBytes) (7) hisai.jpg(19.2KBytes) (8) uni_movie_frame.html(0.9KBytes) (9) uni.wmv(202KBytes) (10) anpi.html(0.7KBytes)

##### (C) 混在伝送配信

1～6台のPDAクライアントに対して同時に混在伝送配信を行い、全PDAクライアントが受信完了した時の総配信データ量と総配信時間を測定した。

「1台、2台同時、3台同時…」と1台ずつPDAクライアントを増やして測定を行った。

PDAクライアント数毎に5回測定し、総配信データ量と総配信時間を測定した。

混在伝送のマルチキャスト配信ではMMCASTチューニングで最短値を出した600Kbpsを使用した。



表 3.1.2-9 混在伝送配信の検証方式

No	条件	内容
1	端末数	1~6 台
2	ファイル数 ファイルサイズ	総ファイル数：10 総ファイルサイズ：654.8KBytes 【マルチキャスト配信】 総ファイル数：7 総ファイルサイズ：624.2KBytes 内訳（配信順序） (1) disp_direction.html(0.2KBytes) (2) multi.wmv(414KBytes) (3) multi_movie_frame.html(0.9KBytes) (4) hinan.html(0.8KBytes) (5) hinan.jpg(15.5KBytes) (6) info_frame.html(0.6KBytes) (7) hisai.jpg(19.2KBytes)  【ユニキャスト配信】 総ファイル数：3 総ファイルサイズ：30.6KBytes (1) uni_movie_frame.html(0.9KBytes) (2) uni.wmv(202KBytes) (3) anpi.html(0.7KBytes)
3	マルチキャスト送信レ ート	600Kbps

#### E 実証検証結果

マルチキャスト配信レートのチューニング、ユニキャスト配信、混在伝送配信の測定結果による総配信データ量、総配信時間のグラフを、下記に示す。

まずはマルチキャスト配信のみによる配信レート別の配信時間を測定した。その結果、配信レートが 1000Kbps の時が最短の配信時間で配信できることが確認できた。

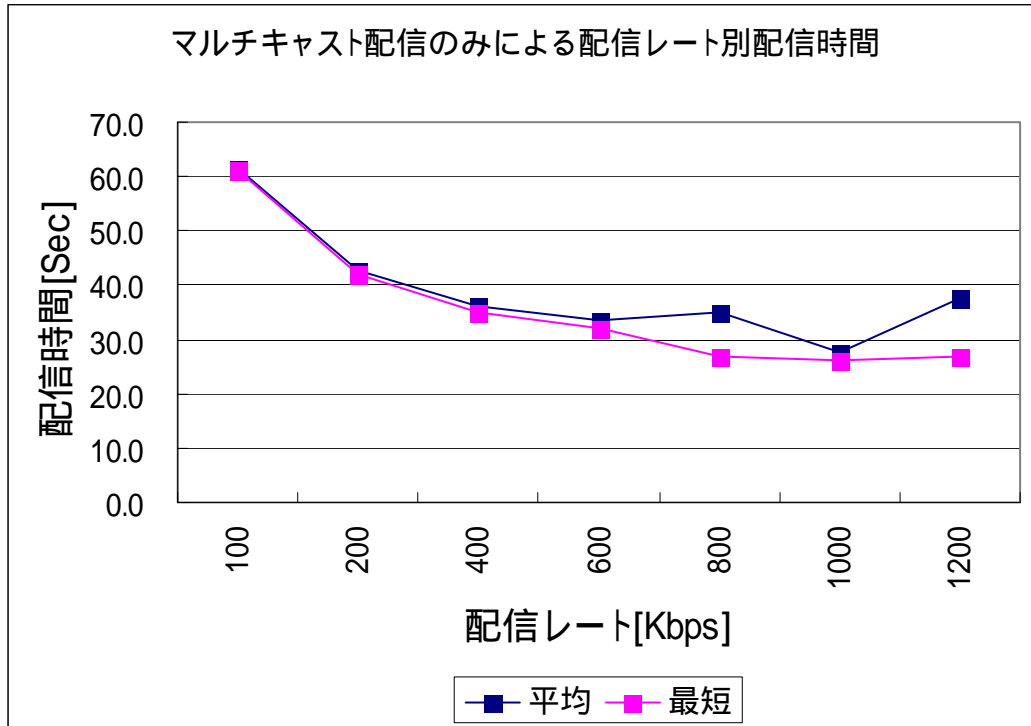


図 3.1.2-3 マルチキャスト配信のみによる配信レート別配信時間

次に、ユニキャスト配信、マルチキャスト配信を同時に行う混在伝送配信による配信レート別の配信時間を測定した。

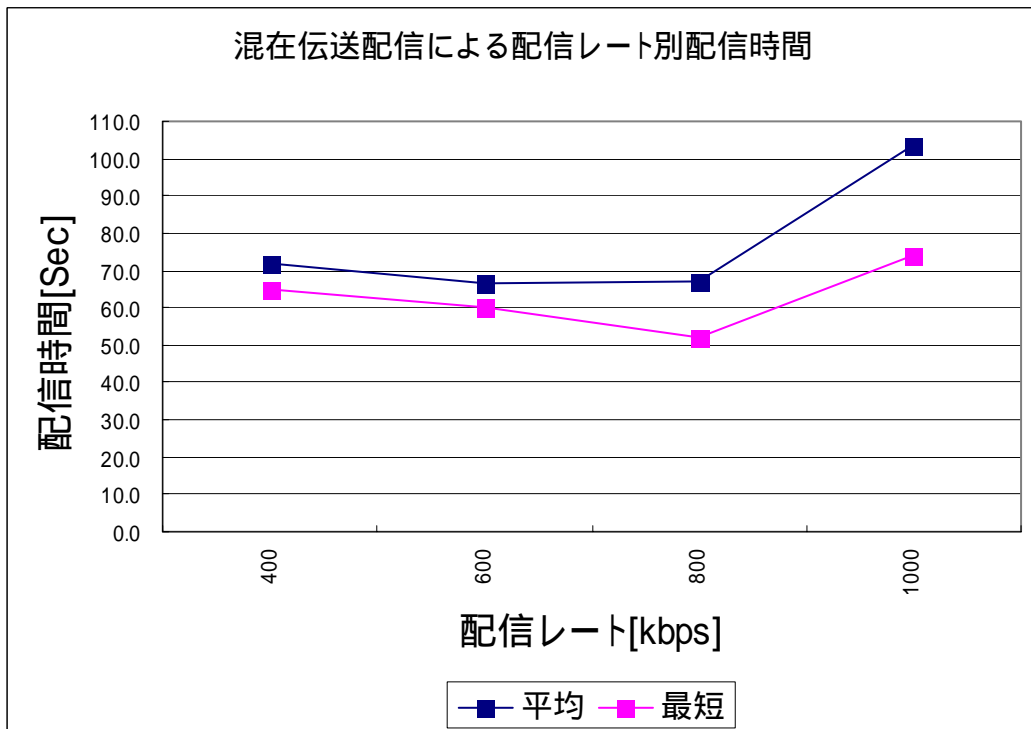


図 3.1.2-4 混在伝送配信による配信レート別配信時間

マルチキャスト配信のみでは配信レート1000Kbpsが最短な配信時間であったが、混在伝送配信時では800Kbps、平均では600Kbpsが最短の配信時間であることが確認できた。

このことから、混在伝送配信時はユニキャスト配信による影響を受けており、マルチキャスト配信のみでチューニングした効率的な配信レートをそのまま適用することは望ましくない。

今後、混在伝送配信時はマルチキャスト配信のみの配信レートを適用せず、最も効率的な配信レートにチューニングする必要がある。

ユニキャスト配信と混在伝送配信の総配信データ量、総配信時間の測定では、一番安定した配信が行えていたことから、マルチキャスト配信レートを600Kbpsとした。

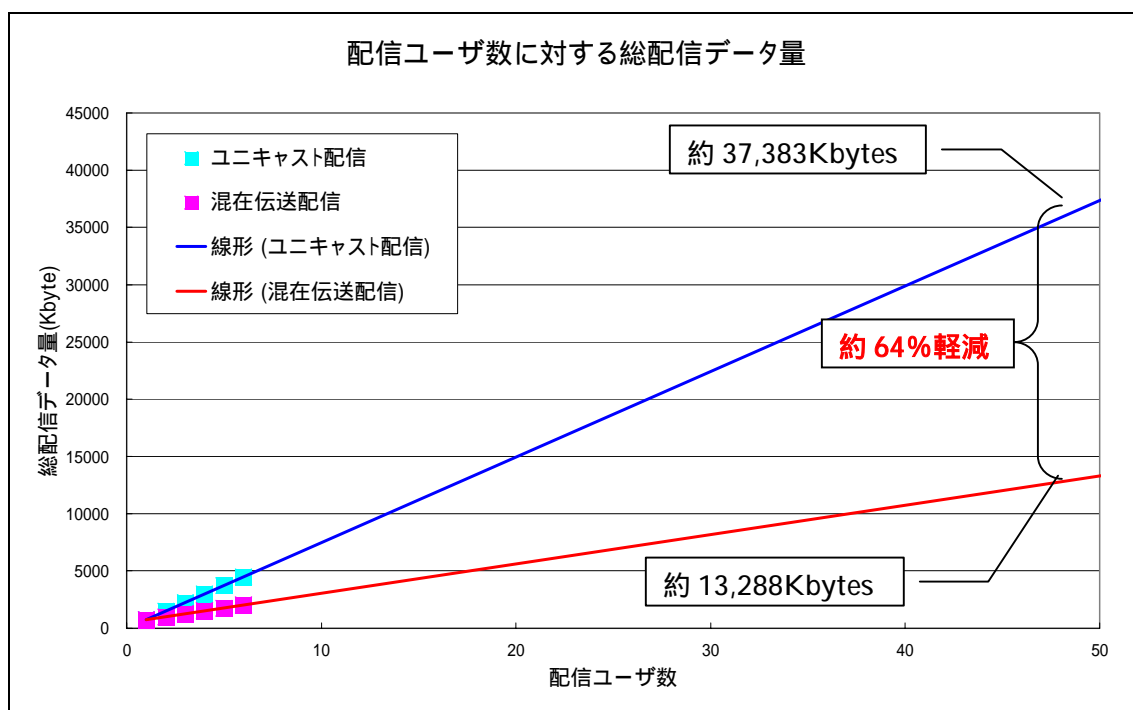


図 3.1.2-5 配信ユーザ数に対する総配信データ量

測定結果に基づいてユニキャスト配信、混在伝送配信の線形近似曲線を算出し、同時配信ユーザが50人の時の総配信データ量を求めた。

ユニキャスト配信は約37,383KBytesで、混在伝送配信は約13,288KBytesとなり、混在伝送配信によるデータ量削減は約64%という結果になった。

目標値であった67%軽減には若干届かなかったが、理論値を算出した際の誤り率0.0125は比較的良好な環境での値で、一般的な無線LAN環境ではパケット誤り率0.05~0.15で変動することが考えられる。誤り率を0.1とした場合、理論値の算出では配信データ量削減約64%となり、今回の軽減率は十分目標を実現したと言える範囲であると考えられ、理論値の算出方法が妥当であったという事が確認できた。

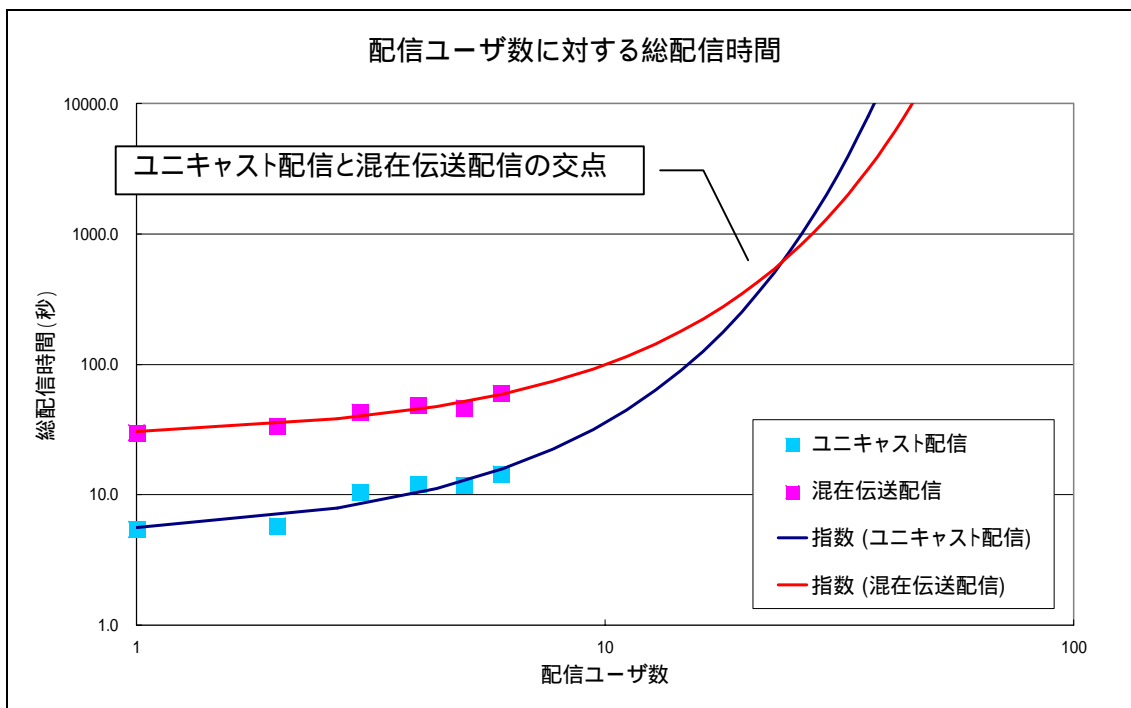


図 3.1.2-6 配信ユーザ数に対する総配信時間

測定結果に基づいてユニキャスト配信、混在伝送配信の指数近似曲線を算出し、ユニキャスト配信と混在伝送配信が交わる点を求めた。

その結果、ユニキャスト配信と混在伝送配信が交わるのは配信ユーザ数が約 20～25 人の間で、それ以上のユーザ数に配信した場合はユニキャスト配信よりも混在伝送配信が有効であるということが確認できた。

更に今後、混在伝送配信の有効性を高める為に、工夫すべき点があるかどうかの調査を行った。

混在伝送配信の総配信時間の内訳調査を行った結果、マルチキャスト配信による配信ファイル数が多い為、実際にはコネクション確立・開放・ACK / NACK (FEC-NACK) 待ち等の配信開始までの待ち時間にかなりの時間がかかっているという結果が確認できた。

表 3.1.2-10 配信開始までの待ち時間の算出

総配信時間に対して、ファイル配信していない時間の合計	21.725 秒
混在伝送配信の中でマルチキャスト配信したファイル数	7 ファイル
1 ファイル当りで、ファイル配信していない時間	約 3.1 秒

配信するファイル数が多いことで、ファイル配信していない時間が多くなることから、マルチキャストで配信するファイルを結合し、コネクション確立回数を軽減することによって混在伝送配信がより有効になると考えられる。

配信ファイルを結合し、コネクション確立回数を軽減することによる効果を検証する為に、ファイル構成を1つに結合した時のユニキャスト配信、マルチキャスト配信の配信時間をファイルサイズ別に測定した。

ファイルサイズ別総配信時間の測定結果を以下に示す。

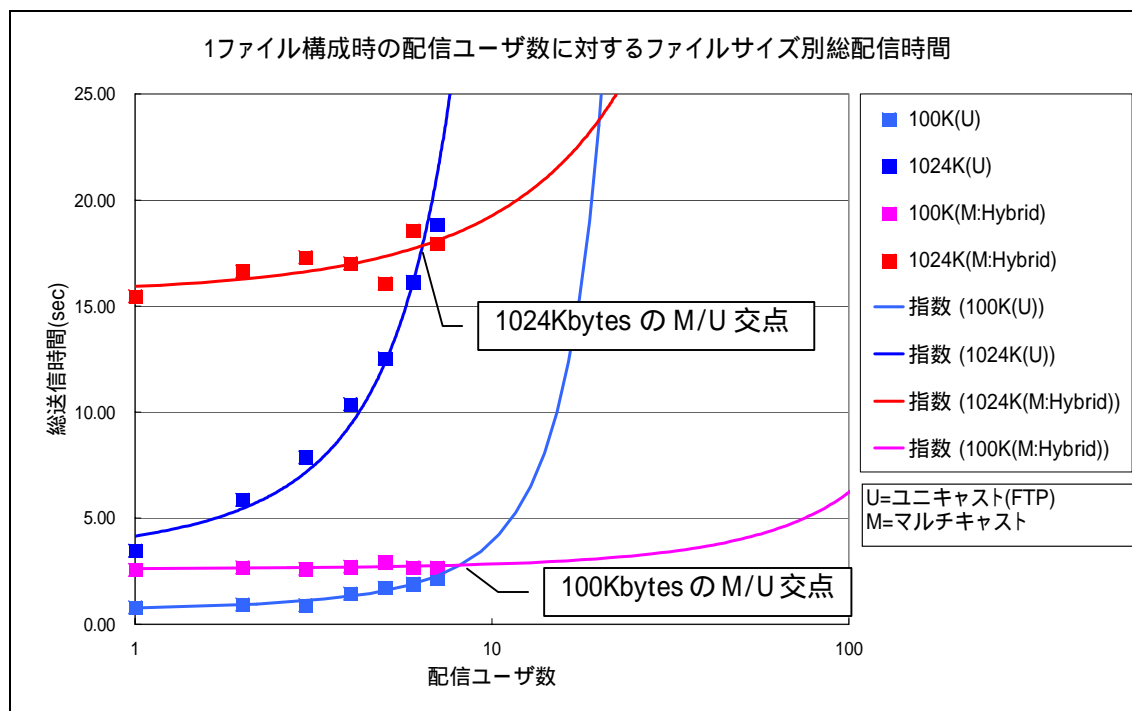


図 3.1.2-7 1ファイル構成時の配信ユーザ数に対するファイルサイズ別総配信時間

測定結果に基づいてユニキャスト配信、マルチキャスト配信の指数近似曲線を算出し、ユニキャスト配信とマルチキャスト配信が交わる点を求めた。

その結果、ファイルサイズ 1024KBytes、100KBytes とともに配信ユーザ数 10 人未満でユニキャスト配信とマルチキャスト配信が交わり、10 人以上ではマルチキャスト配信がユニキャスト配信よりも有効であることが確認できた。

以上の結果から、混在伝送配信の配信時間の考察を行った。

一般には、配信ユーザ数とファイルサイズが大きいくほどマルチキャスト配信が有効とされており、図 3.1.2-7 のグラフからも、マルチキャスト配信の有効性を確認することができた。

今回想定した避難誘導では、共通の情報をマルチキャスト配信で、個人に対する情報をユニキャスト配信という情報種別による分類を行った。更に配信ユーザ数や配信ファイルサイズを考慮したユニキャスト配信、マルチキャスト配信の分類をすることが必要だと考えられるが、図 3.1.2-7 の測定結果から、マルチキャスト配信するファイルを結合(ファイル圧縮などによる一括配信など)することによって、1ファイル当りの配信ファイルサイズを増やし、コネクション確立回数(配信ファイル数)を減らすといった工夫をすることで、混在伝送配信の配信時間の有効性を高めることが期待できる。

また、配信ユーザ数や配信ファイル数などの条件に応じて、ファイル配信していない時間を

短縮するチューニング(不要な待ち時間を減らす)ことも有効性を高めるのに必要であると考えられる。

#### (エ) 成果

混在伝送技術ではユースケースの網羅的検討を実施し、マルチキャスト配信を利用したデータ伝送が最も適しているサービスを明確にし、さらにサービス条件を定義することができた。

定義したサービス条件下での混在伝送配信による総配信データ量削減率の理論値算出方法を導き出し、実験室レベルの検証を行うことで、理論値とほぼ同等の結果(約 64%の総配信データ量軽減)が得られ、配信ユーザ数に対する混在伝送配信の効果について確認できた。

配信時間に関しては、マルチキャスト配信のコネクション確立回数の軽減、ファイル配信していない時間を短縮するチューニングを行うことで、混在伝送配信の更なる効果が期待できるという見解を導き出した。

また混在伝送配信時にはマルチキャスト配信のみの時とは別に、効率の良い配信レートをチューニングする必要性があることが確認できた。

## イ 空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術

ユースケースの網羅的検討から、マルチキャスト配信が適していると考えられる経路案内に関して、運用時にどんなグループ分けが再構成されるべきかを検討し、整理を行った。

今回、いくつか想定される経路案内の中から典型的なパターンとして避難誘導を含む防災を対象とし、グループ種別・グループ再構成条件の検討・整理を行った。

### (ア) 防災におけるグループ種別の検討

防災は、災害状況や住民の立場、目的行動などによって様々な情報が存在する。

そこで、住民の立場や目的行動の観点から多くの住民が共通の情報を利用するケースを調査し、その共通情報をマルチキャスト配信するグループ種別について検討した。

まず、災害時における住民の立場は以下の3パターンに分類できると考えられる。<sup>[9]</sup>

表 3.1.2-11 災害時における住民の立場

住民の立場	説明
重度被災者	住居家屋の倒壊など重大な被害を受け、避難をしいられる者
軽度被災者	被災地域内に居住し、生活の影響を受けるものの、避難の必要がない者
被災地域外者	直接、被害を受けない地域の者

住民の立場によって、情報収集する目的行動は異なってくる。住民の立場ごとに予想される目的行動について検討した。<sup>[9]</sup>

表 3.1.2-12 住民の立場毎の目的行動

目的行動	説明
重度被災者、軽度被災者、被災地域外者全て	
安否確認	自分以外の誰かの安否確認
重度被災者、軽度被災者	
安全の確保	自分及び家族等の安全確保
生活	食料・水・住居等の確保、健康の維持
生活再建	恒久的生活基盤の構築
重度被災者	
救援	防災機関や知人等の救援要請（待つ）
避難	安全な場所へ移動
避難生活	避難所における当面の生活維持
被災地域外者	
予定変更	出張・旅行等の行動予定を変更
社会経済活動への波及	企業、銀行等の営業状況等を把握

次に住民の目的行動別に必要となる情報が個別情報であるのか共通情報であるのかを検討し、マルチキャスト配信の利用が必要である目的行動を整理した。

表 3.1.2-13 目的行動別の配信情報種別

目的行動	情報種別
安否確認	個別
安全の確保	個別 共通
生活	共通
生活再建	共通
救援	個別
避難	共通
避難生活	共通
予定変更	個別
社会経済活動への波及	個別

安全の確保、安否確認、救援、予定変更、社会経済活動の波及は個人に対する情報収集の利用であり、マルチキャスト配信は効率的ではない。(ただし、安全の確保に関しては平常時にハザードマップ等の共通情報による危険な場所の情報収集は考えられる)

避難、生活、避難生活、生活再建は災害状況把握、対処方法など、多くの住民が共通情報を利用すると考えられ、マルチキャスト配信が効率的であると考えられる。

そこで、共通情報の利用が考えられる目的行動に対してどのようなグループ種別が考えられるかを検討した。

目的行動別のグループ条件を以下に示す。



表 3.1.2-14 目的行動別のグループ条件

目的行動	グループ条件（利用シーン）
安全の確保	地域別 （市、町などの地域毎に危険場所の情報、避難場所の情報などを配信）
避難	避難区域別 （避難所が受け持つエリア毎に、避難誘導情報等を配信）
	避難要援護者別 （高齢者、年少者、身体障害者、外国人など災害時において避難行動をとることが困難な人々に対して、特別な指示方式による避難誘導情報を配信）
生活	被災地域別 （重度被災地、軽度被災地ごとに生活に密着した復興関連情報を配信）
避難生活	避難所別 （避難した避難所ごとに、救援物資等の供給情報を配信）
生活再建	被災地域別 （重度被災地、軽度被災地ごとに行政の対応、生活に密着した復興関連情報を配信）

（イ）グループ再構成条件の検討

目的行動別のグループ種別で、住民が所属グループから他のグループへ移動する、つまりグループ再構成が行われるケースがあるのか、目的行動毎に検討した。

表 3.1.2-15 目的行動別のグループ再構成条件

目的行動	グループ種別	グループ変更	行われるケース、もしくは行われない理由
安全の確保	地域別	×	情報を収集するだけで、住民が地域を移動しない。
避難	避難区域別		広域避難所など距離のある避難所へ移動する場合、一時避難所を経由して避難誘導を行う。
	避難要援護者別	×	高齢者、障害者、外国人など住民の普遍的な情報である為、変更は無い。
生活	被災地域別	×	情報を収集するだけで、住民が被災地域を移動しない。
避難生活	避難所別	×	情報を収集するだけで、住民が避難所を移動しない。
生活再建	被災地域別	×	情報を収集するだけで、住民が被災地域を移動しない。

避難要援護者別によるグループ種別の場合、高齢者、障害者、外国人など住民の普般的な情報である為、住民が所属するグループの変更は無いと考えられる。

次に避難区域別、被災地域別、避難所別など地域・エリアによるグループ種別の場合、多くの目的行動では住民が自分のいる地域の災害情報を把握する為の情報を収集するので、災害状況によって配信される情報は変化することはあるが、自分のいる地域を移動するというグループの変更が行われることは無いと考えられる。

しかし、避難に関しては情報収集をしながら、住民が現在地から安全な場所(避難所)へ移動する。現在地から避難所までの範囲がグループ範囲内の時は、グループ変更は行われませんが、距離のある避難所へ移動する場合は、避難地域毎に区別されたグループの変更が行われるケースが考えられる。モバイル利用を想定した際も、携帯電話端末の機能制限から避難所までの情報をひとつのグループで配信するには容量が多すぎるため、いくつかのエリアに分割してグループ変更を行いながら、避難所までの誘導をするケースが考えられる。

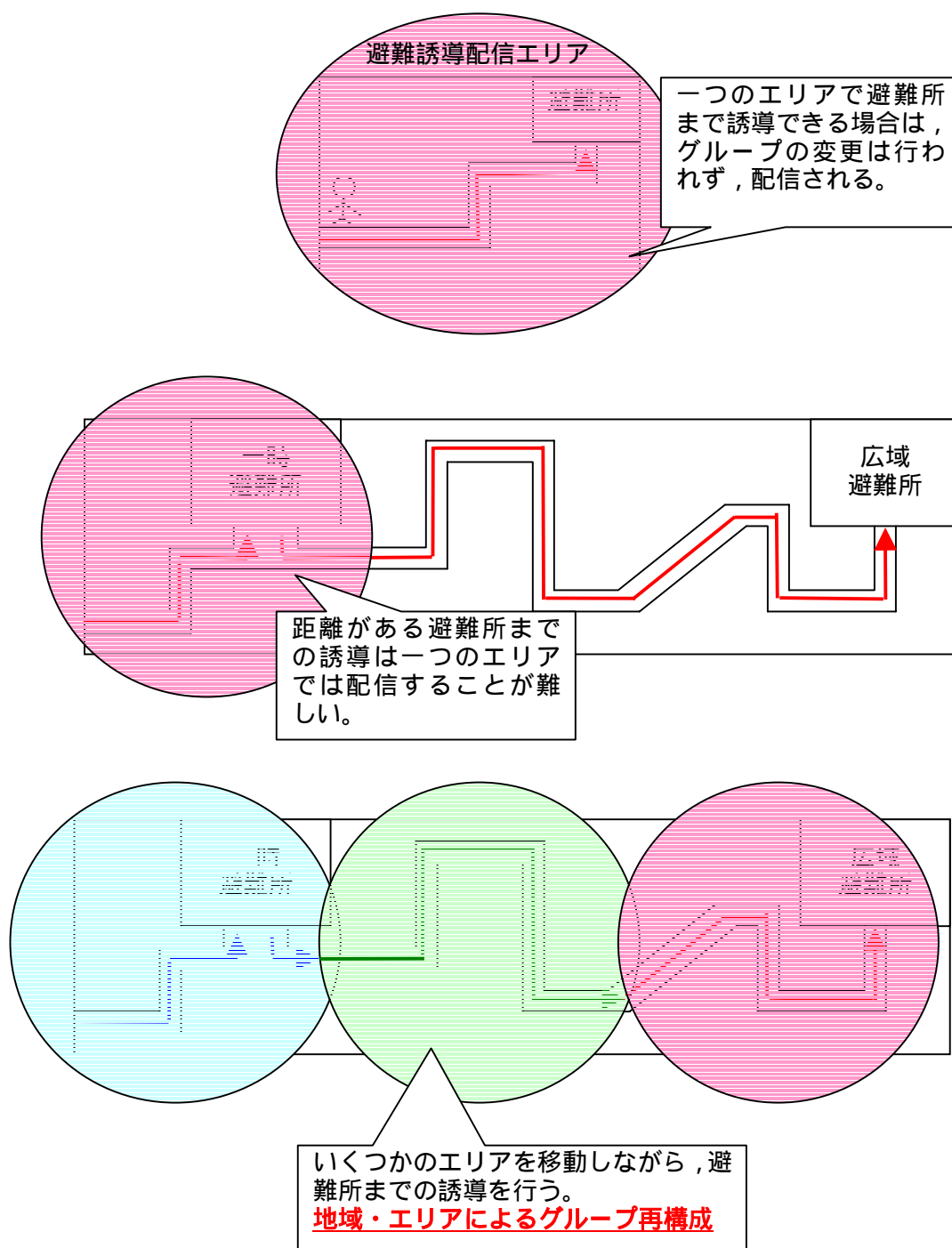


図 3.1.2-8 地域・エリアによるグループ再構成

以上の防災における検討から、経路案内におけるグループ種別、グループ再構成条件は、地域・エリアの移動に対して行うことが望ましい。

(ウ) 成果

グループ再構成技術では、経路案内におけるグループ種別、グループ再構成条件などを机上検討し、経路案内における地域、エリアをまたがる移動時に配信グループを再構成する事が適切であると確認できた。

## ウ マルチキャストにおける伝送データ種別ごとのエラー軽減策

エラー軽減策では、誤り回復方式の特徴を調査し、どのような方式が次世代 GIS において効果的なエラー軽減となるのかの検討・整理を行った。

### (ア) 各種誤り回復方式の特徴<sup>[10]</sup>

代表的な誤り回復方式には、誤り部分を再送して訂正する自動再送要求方式 (ARQ:Automatic Repeat reQuest)と送信側から符号化により冗長データを付加し、受信側で誤りを訂正する前方誤り訂正方式 (FEC:Forward Error Correction)がある。それぞれの特徴について調査を実施した。

#### A ARQ 方式

ARQ 方式は誤った部分のみを再送する為、誤り回復するデータ量を少なく抑えられるが、再送による遅延の為スループットを劣化させる。誤りの生じやすい低品質のネットワークでは、再送が多発する為に向かない。高品質のネットワーク向きの誤り回復方式である。

#### B FEC 方式

一般に FEC 方式には Proactive 型 FEC と Reactive 型 FEC の 2 通りがある。

Proactive 型 FEC は第 1 回目のオリジナルパケットの送信時に FEC の冗長パケットを追加するものであり、特定範囲のランダムな誤り率変動に対して有効であると考えられるが、バースト的に生じた大きな誤り率変動には対処できない。Proactive 型 FEC だけで 100% の送信完了を実現するには大量の FEC 冗長パケットを送信する必要があり現実的ではない。

Reactive 型 FEC はクライアント端末からの再送要求に基づいて FEC 冗長パケットを再送するものであり、ランダムな誤り率変動と特にバースト的な誤り率変動に対して優れた誤り回復を期待できる。

FEC の冗長パケットは各クライアント端末の誤り回復に共通的に使用できるため、マルチキャスト配信では ARQ による個別の再送と比べてトラフィック 増加を抑える効果が期待できる。

### (イ) 経路案内に効果的な誤り回復方式の検討

ユースケースの網羅的検討で適していると判断した経路案内の利用特性と、上記で調査した誤り回復の特性から、効果的な誤り回復方式の検討を行った。

#### A 経路案内の利用特性における誤り回復方式の適性調査

まず、経路案内における利用特性としてエラー回復方式に求める条件に以下の内容が挙げられる。

- 移動体通信網を利用する為、誤り率が大きく、また大きい誤り率変動に対処できる必要がある。
- 利用者共通の情報と利用者個別の情報がある為、誤りが発生した場合、個別情報を再送する必要がある。

経路案内の利用特性に対する、誤り回復方式の適性について検討した。

誤り率が高い低品質のネットワークに対しては再送が多発する ARQ 方式より FEC 方式が適している。

誤り率の変動に対しては FEC 方式の場合、冗長データが無駄になって逆にスループットを劣化させる恐れがある。更に、バースト的に生じた大きな誤りに対しては FEC 方式では対処しきれないため ARQ 方式で対処する必要がある。

個別再送に対しては、FEC 方式よりも要求された分だけ再送を行う ARQ 方式の方が効率的である。

表 3.1.2-16 経路案内の利用特性における誤り回復方式の適性

誤り回復方式	誤り率が大きい(低品質)	誤り変動量(バースト)	個別情報の再送
ARQ 方式	×		
FEC 方式 (Proactive 型)		×	×
FEC 方式 (Reactive 型)			×

以上のことから、ARQ 方式、FEC 方式それぞれ適切・不適切な部分が存在し、単独でどちらかの方式を次世代 GIS で利用するには効果的ではないと考えられる。

#### C Hybrid 方式による誤り回復方式<sup>[10]</sup>

上記で ARQ 方式、FEC 方式どちらかを単独で使用するのでは効果的ではないとの判断から、ARQ 方式と FEC 方式(Proactive 型 + Reactive 型)を組み合わせた方式(Hybrid 方式)による適性を検証した。

ARQ 方式と FEC 方式はそれぞれ独立な技術である為、それらを組み合わせることが可能であり、それぞれの特徴を組み合わせた効果が期待できる。

まず誤り率に関しては、Proactive 型 FEC 方式で設定した冗長パケットにより、予測範囲のパケット損失を回復する。誤り率の変動により予測範囲を超えた損失はクライアントの再送要求を元に、Reactive 型 FEC 方式 による冗長パケットで回復し、さらに一部の回復限界を超えた損失を ARQ 方式 によって回復する。これによって、ARQ 方式単独に比べ再送要求のための応答爆発が軽減される。つまり、FEC 方式では対応できない程の大きな誤り率変動が生じた場合には、ARQ 方式によって補うことができる。

個別情報の再送に関しては要求された分だけ再送を行う ARQ 方式を利用することで効果的な回復が行える。

実際に Hybrid 方式を適用した効果を検証した際の測定グラフを以下に示す。

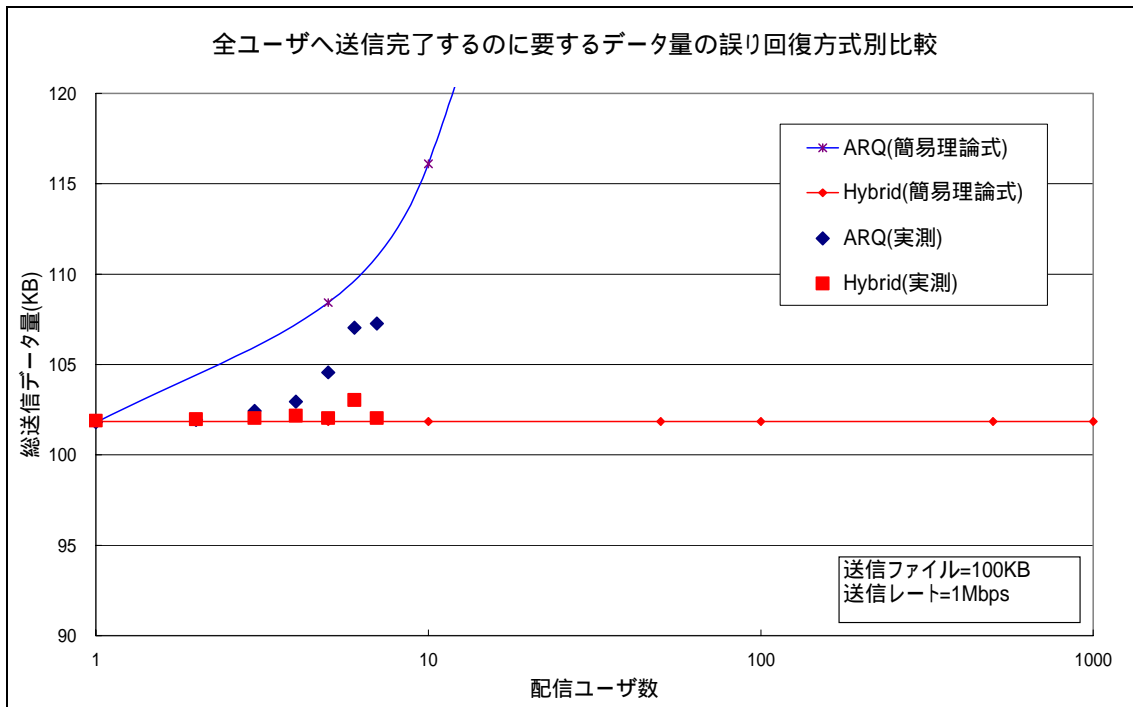


図 3.1.2-9 全ユーザへ送信完了するのに要するデータ量の誤り回復方式別比較

以上のことから、ARQ 方式と FEC 方式を組み合わせた Hybrid 方式が、経路案内の利用特性に適した誤り回復方式だと考えられる。

#### (ウ) 成果

エラー軽減策では、経路案内における GIS の利用特性と、誤り回復方式の特性から、ARQ 方式と FEC 方式を組み合わせた Hybrid 方式が有効であることを確認できた。

#### (3) まとめ

平成 16 年度では前提条件として次世代 GIS におけるユースケースの網羅的検討から、マルチキャストを組み合わせた伝送技術が最も適しているケースは経路案内だと判断し、経路案内におけるサービス条件を定義した。

- 混在伝送技術ではサービス条件に基づいて実証検証を行い、想定した情報を配信した際、総配信データ量において計算式で算出した理論値とほぼ同等の結果(約64%軽減)が得られ、配信ユーザ数に対する混在伝送配信の効果について確認できた。配信時間に関しては、マルチキャスト配信のコネクション確立回数の軽減、配信開始までの待ち時間を短縮するチューニングを行うことで、混在伝送配信の更なる効果が期待できるという見解を導き出した。また混在伝送配信時にはマルチキャスト配信のみの時とは別に、効率の良い配信レートをチューニングする必要性があることが確認できた。
- グループ再構成技術では、経路案内におけるグループ種別、グループ再構成条件などを机上検討し、経路案内における地域、エリアをまたがる移動時に配信グループを再構成する事が適切であると確認できた。
- エラー軽減策では、経路案内におけるGISの利用特性と、誤り回復方式の特性から、ARQ方式とFEC方式を組み合わせたHybrid方式が有効であることを確認できた。

## 3.2 配信データ圧縮技術

### (1) 従来技術

近年、建物や道路などの3次元モデルに基づいて都市景観を生成する3次元都市地図が会社によって整備されつつあり、これまでのアミューズメント用途に限定されず、報道・都市計画・カーナビゲーションなどでの利用が活発化している。筆者らは、3次元都市地図が従来の平面地図と比較して地理情報を効率良く伝達することを実験により確認して報告している。<sup>[1]</sup>一方、3次元都市地図の表示には相応の計算能力が必要であるが、情報機器の能力も確実に増大しつつある。このことから、今後3次元都市地図の普及が加速すると考えられる。

3次元都市地図の利用における障壁の1つは、データ量の大きさである。一般に、平面地図が単純なピクセルの2次元配列であるのに対し、3次元都市地図は、個々の建物を最小単位として3次元モデル化したジオメトリデータに加えて建物の表面にマッピングする画像(テクスチャ)データからなるため、平面地図の数10から数100倍のデータ量を持つ。このため、携帯型情報端末の使用やネットワーク配信機能を前提とする実用的なアプリケーションの開発はこれまで困難と考えられていた。筆者らも、携帯電話へのGPSと3次元コンピュータグラフィクス表示機能の実装に着目し、歩行者ナビゲーションに3次元都市地図を利用するコンセプト<sup>[2]</sup>についても提案しているが、実用化には至っていない。データ量の問題を解決する方法としては、動画配信機能を持つ携帯電話を利用して、3次元都市地図をサーバ側でレンダリングして配信する方法<sup>[3]</sup>も提案されているが、視点移動が制限されるなどの問題がある。また、3次元都市地図のテクスチャが窓などの構造物の組み合わせであることの特長性を利用して、データを削減する方法<sup>[4]</sup>についても報告があるが、その結果が与える地図としての了解性の低下やデータの作製コストなどの問題が未検討となっている。



## (2) 研究開発内容

### ア 基本検討

#### (ア) 3次元都市地図データの特徴

一般に3次元都市地図はジオメトリとテクスチャの2種類のデータから構成される。前者は都市の3次元形状をモデル化した図形データであり、後者はジオメトリの表面にマッピングする画像データである。まず、重要と考えるべきことは、両データのデータ量比率である。ジオメトリの精密さやテクスチャの品質によって変化するが、筆者らの経験的な知見から両者の比は1:10~1:100であり、テクスチャのデータ量が圧倒的に大きい。例えばここで、都市部の平均的なエリアとして、30の建物と10の道路がある100m四方の地域の地図について考える。各建物を1直方体、各道路を1矩形で近似した場合、必要な3次元頂点の総数は280であり、1頂点の表現に必要なバイト数を6とすれば、ジオメトリのデータ量はおよそ2KBとなる。一方、1建物について底面を除く5面に縦横64ピクセルの画像データをマッピングする場合、1ピクセルのバイト数を1として、ハフマン符号化に基づく可逆変換による50%程度の圧縮を想定すれば、テクスチャのデータ量はおよそ300KBとなる。このような単純な試算によっても、ジオメトリとテクスチャのデータ量の差が大きいことがわかる。

#### (イ) アプローチ

前節で述べたように、3次元都市地図を構成する2種類のデータにおいて、テクスチャのデータ量はジオメトリの10倍以上である。このことから、3次元都市地図のデータ削減については、テクスチャだけに着目することとした。

一般に、画像のデータ量を削減するには3つの方法が考えられている。

- 低解像度化
- 減色
- 非可逆変換

低解像度化は、画素数を減らす方向の画素数変換である。減色は、デジタルカメラ等で標準的に用いられている1ピクセルあたり24bits(16, 777, 216色)に対し、8bits(256色)や4bits(16色)で表現する画像変換である。非可逆変換は、局所的な色調変化などを破棄する(劣化させる)ことによって画像の情報量を削減する符号化変換である。画素数変換については最近傍補間法・バイリニア法など、減色についてはヒストグラム中央値分割法・立法最密配置法などによる色選択および各種ディザリング法など、非可逆変換については離散コサイン変換法・ウェーブレット変換法など、それぞれ複数の、変換性能の異なる手法が知られている。一方、デジタル画像の画質評価についても、客観的画質評価尺度や線形回帰評価モデルなどの客観的評価手法や、二重刺激連続品質尺度法・単一刺激連続評価法などの主観的評価手法など、多くの手法が提案されている。

しかしながら、携帯情報端末での利用を前提とした場合、3次元都市地図の利用目的は地理情報の獲得であることから、画質が優れていることと地理情報を適切に提示できることの相

関は高くないと考えるべきである。例えば、道案内においてランドマークとなる建物を表現する場合、その建物の特徴を適切に伝達することが重要であり、建物全体のディテールを高精細に表現する必要は無い。従って、3次元都市地図におけるテクスチャの評価においては従来の画質評価手法とは異なる視点で評価を行い、この結果に基づいてデータ削減の方法を検討することが必要となる。この視点に立脚し、次章ではテクスチャのデータ削減を検討するための基礎的データを収集する実験とその結果について述べる。

(ウ) テクスチャ画質が3次元都市地図による地理情報提示に及ぼす影響の評価

#### A 実験仕様

前章で述べた通り、3次元都市地図におけるテクスチャのデータ削減方法を検討するにあたっては、地理情報の伝達という目的に沿って、テクスチャにおける重要性の高い情報と低い情報を明らかにする必要がある。そこで、情報量の異なる複数のテクスチャのグループを用いて3次元都市地図表示を行い、地理情報の伝達を比較するための主観評価実験を行うこととした。

筆者らの目的である3次元都市地図の携帯情報端末への配信では、歩行者ナビゲーションが主たる用途であると想定される。歩行者ナビゲーションでは、目印となる建物等(ランドマーク)を歩行者の移動に合わせて順次提示しながら、目的地までの誘導を行うのが一般的と考えられる。従って、ランドマークを見つけ易いように地図を提示できるかどうかは地理情報の伝達効率を示す1つの指標となる。この考えに基づき、筆者らは、地図中に提示したランドマークを周囲の景観から見つけるための所要時間を計測することにより、異なる地図による地理情報の伝達効率の差異を評価可能であることを確認している<sup>1)</sup>。また、この実験では、実世界における探索の代わりに実世界の360度パノラマ画像を用いた実験も行い、両方の実験結果の相関が十分に高いことから、パノラマ画像を用いた模擬実験によっても地図の地理情報の伝達効率を定量的に比較評価可能であることを確認している。今回は、このパノラマ画像を用いた実験環境を改良し、メール添付可能なソフトウェアアプリケーション Geo-Scaler Version 1.1を開発して実験に使用することとした。このアプリケーションは、配布可能であるため、広く実験データを収集可能であるという特長を持つ。アプリケーション画面には中央から右端にわたって6枚に分割したパノラマ画像を配置し、パノラマ画像の下部には、被験者がランドマークを見つけたパノラマ画像を指定するためにマウス操作(押下)可能なソフトウェアボタンを配置した(図3.2-1)。左端には地図を提示する領域があり、ランドマークとして建物の1つに赤色のマーキングを行った地図を提示し、ソフトウェアボタンが操作されるまでの時間が記録される。

3次元都市地図の仕様として、縦横64ピクセル・256色を標準テクスチャとし、1/2解像度・1/4解像度および16色・8色の計5種類のテクスチャを用いることとした。なお、標準テクスチャの仕様は、2004年時点で標準的な携帯電話のディスプレイサイズである2.3インチ・QVGA(縦320ピクセル・横240ピクセル)を想定し、縦横64ピクセル・256色以上のデータ量を持つテクスチャを用いた3次元都市地図表示を比較する予備実験により、主観的差異が認められないことを確認した上で定めた。画素変換にはバイリニア法、減色にはヒストグラム中央値分割法および誤差拡散ディザリングを用いた。

また、3次元都市地図のフォーマットはVRML(Virtual Reality Modeling Language)とし、

VRML ビューアの標準値である視点の高さ 1.6m 相当・視野角 45 度を透視投影条件とした。さらに、提示する地図の内容や目標物の状態(わかりやすい・見つけにくいなど)による計測値への影響を抑えるため、対象エリアを市街地に限定するとともに、市街地を住宅街・商店街・オフィス街の 3 種類に分類し、各種類から 2 つ、合計 6 エリアを選定した。さらに、以下の条件を設定し、各エリアにおいて 1 つの建物を目標物として選定した。

- 建築面積が 16m<sup>2</sup> 以上
- パノラマ画像の撮影地点からの距離が 15m 以上 35m 以下
- 3 次元地図において、目標物の表示画素数が全体の 10%以上

アプリケーションの実行環境は、21 インチディスプレイにおいて UXGA(縦 1200 ピクセル・横 1600 ピクセル)を標準とし、地図がディスプレイ上で 2.3 インチで表示されることとした。また、被験者は 20 ~ 30 代の 30 名(男性 22 名、女性 8 名)とし、地図の提示パターン数 30(6 エリア × 5 テクスチャ種別)において、1 パターンに対し均一に 6 名が評価することとした。

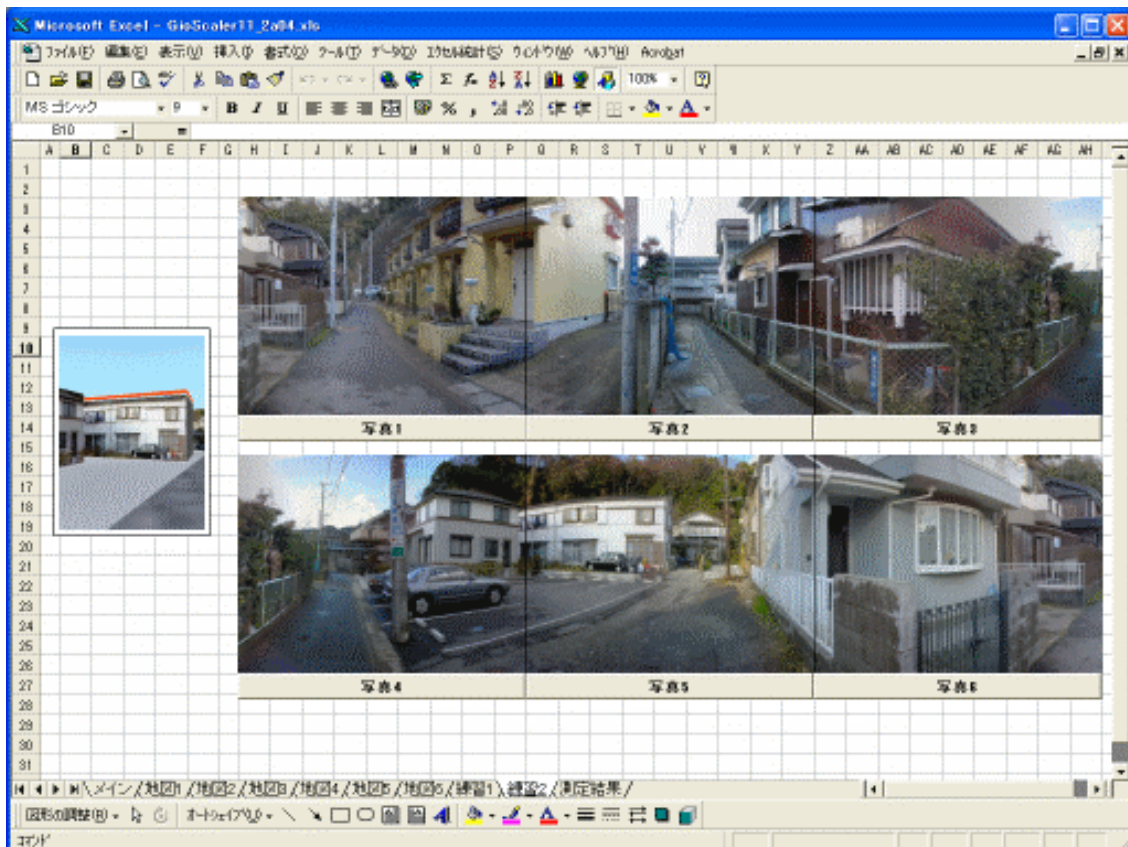


図 3.2-1 地理情報の伝達効率計測ソフトウェアツール Geo-Scaler Version 1.1 の表示例

## B 実験結果

建物探索の平均所要時間は、8色テクスチャ、16色テクスチャ、1/4解像度テクスチャ、1/2解像度テクスチャ、標準テクスチャの順に大きいという結果が得られた(図 3.2-2)。有意差が認められたのは、標準テクスチャと16色テクスチャ、標準テクスチャと8色テクスチャ、および標準テクスチャと1/4解像度テクスチャの3組であった。なお、所要時間の統計的処理に際してはBox-Cox変換後の外れ値除去を行った。また、全計測180回のうち、約4%に探索誤りが発生しており、度数は減色の2種についてそれぞれ3件、低解像度化の2種についてそれぞれ1件であった。所要時間で最も標準誤差の大きいのは8色テクスチャであった。

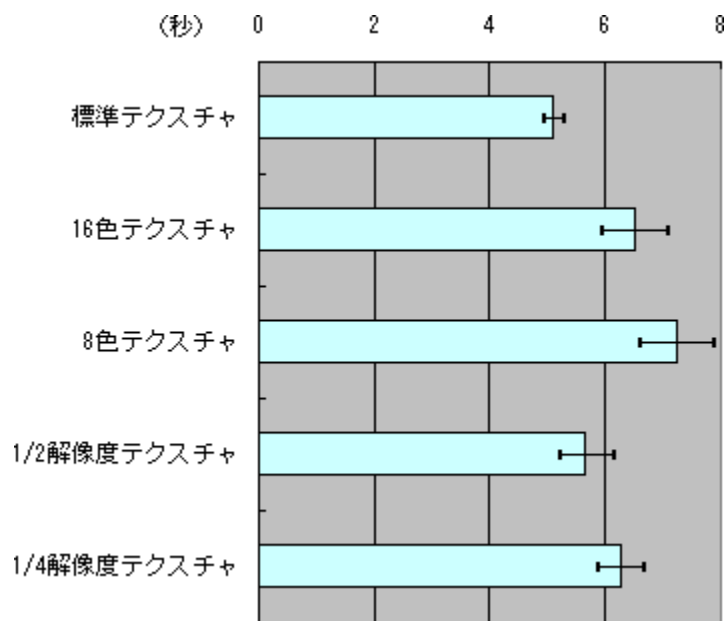


図 3.2-2 実験結果(建物探索の平均所要時間および標準誤差)

## C 考察

本実験では、縦横 64 ピクセル・256 色の標準テクスチャを基準として、1/2 解像度テクスチャ・1/4 解像度テクスチャ・16 色テクスチャ・8 色テクスチャの 5 種類のテクスチャを用いた 3 次元都市地図による地理情報伝達効率の主観評価を行った。これらのテクスチャは、標準テクスチャを基準として、それぞれ 25%・6.25%・50%・37.5%の情報量を持つ。情報量の少ないテクスチャを用いた 3 次元都市地図による探索では、所要時間の増加、すなわち地理情報の伝達効率の低下が認められるが、情報量と伝達効率の間にはほとんど相関が見られない。すなわち、伝達効率の低下を抑制しつつ情報量を減らすことができる可能性を示している。これが本実験により確認された第 1 の知見である。

一方、解像度の変更を行ったテクスチャについて観察すると、解像度が低くなるほど細部の特徴が失われていることがわかる。最も伝達効率の低下した地図と最も影響の少なかった地図では、視点から建物までの距離の違いが大きかった。距離の大きい方の地図では解像度の影響が少ないので、妥当な実験結果が得られていると言える。また、色数の変更を行ったテクスチャについて観察すると、当然のことながら、色数が少なくなるほど色情報が失われており、8 色テクスチャの場合はほとんどモノクロ画像に等しくなっていることがわかる。減色によって伝達効率が最も低下した地図は、色彩的特徴を有する看板などを持つ建物が探索目標となっているものである(図 3.2-3)。さらに、実験では意図した建物の探索失敗が発生しており、この割合は減色テクスチャの方が有意に大きい。このことから、解像度より減色の方が伝達効率に与える影響が大きいと考えられる。これが本実験により確認された第 2 の知見である。



(a) 16 色テクスチャ

(b) 8 色テクスチャ

図 3.2-3 減色したテクスチャの例

(16 色では看板の文字に色がついているが、8 色では色は消えている)

## イ 基本設計

### (ア) 基本方式 - 構造化圧縮伝送 -

前節の基礎実験より、解像度より減色によって情報量を削減したテクスチャを用いた 3 次元都市地図の方が地理情報の伝達効率に大きな影響を与えるという知見が得られている。言い換えれば、色情報が適切に保存されていれば、細部の形状情報を削減しても地理情報の伝達効率への影響は少ない。そこで、テクスチャを外壁・窓・出入り口などの構成要素に分解するとともに、データ量の少ない構成要素の種類と表示属性および構成情報のみを伝送し、端末側でテクスチャを再構成する方法(構造化圧縮伝送と呼ぶ)を検討した。以下にシステム構成(図 3.2-4)を示す。

### A サーバ側構成

#### 構造化モジュール

テクスチャを構成要素に分解する。

#### 部品画像データセット

外壁・窓・出入り口など建造物テクスチャの構成要素の画像(部品画像)を予め蓄積しておく。

#### 構造記述変換モジュール

テクスチャの構成要素と部品画像を照合し、種類と表示属性および構成情報からなる構造記述に変換する。

#### データ送信モジュール

3 次元都市地図のジオメトリデータと構造記述を端末に送信する。

### B 端末側構成

#### データ受信モジュール

サーバから送られてくるジオメトリデータと構造記述を受信する。

#### 部品画像データセット

サーバ側と同様の部品画像を備える。

#### テクスチャ再構成モジュール

構造記述に基づき、部品画像を用いてテクスチャを再構成する。

以上の構成により、テクスチャを構造記述に変換して送ることにより、少ない通信コストで端末側の 3 次元都市地図表示が可能となる。

この方法における課題の 1 つは、テクスチャデータを構成要素に分解する手続きである。この手続きを構造化と定義する。

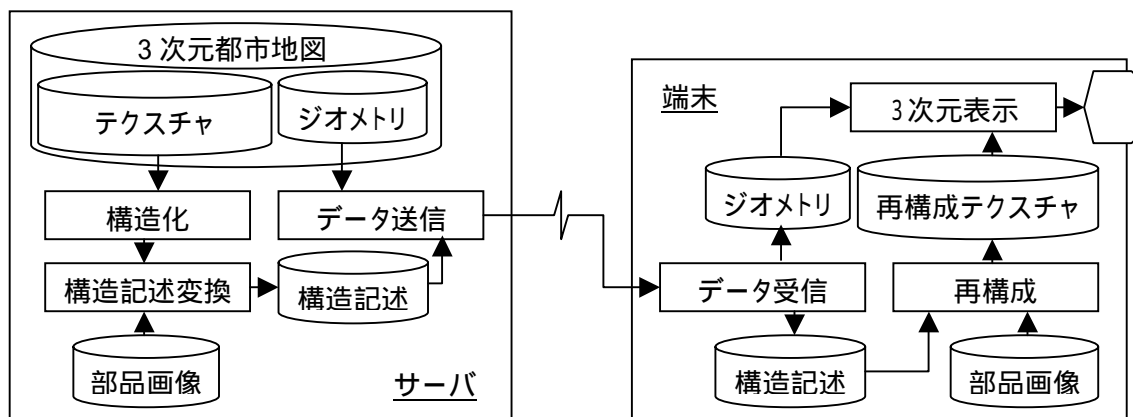


図 3.2-4 構造化圧縮伝送方式のシステム構成

### (イ) テクスチャデータの構造化手法

#### A アプローチ

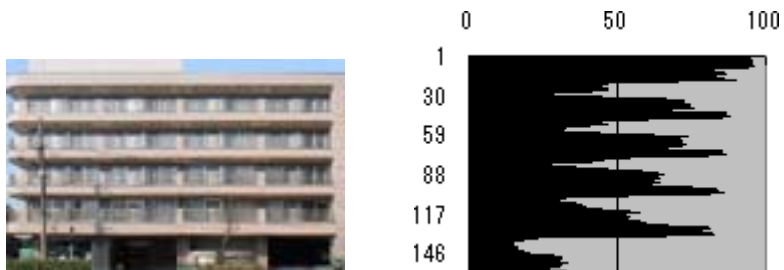
画像中から特定の領域を抽出する画像セグメンテーションと呼ばれる分野において、これまで数多くの方法が提案されている。建築物画像を構成要素に分解するには、まず、これらの方法を適用することが考えられるが、3次元都市地図に含まれるテクスチャは、縦・横方向に同一形状の窓などが繰り返し現れるという特徴を持つため、より適した方法が存在する可能性がある。我々は、2次元配列の画素情報を垂直または水平方向に加算することによって得られる1次元分布と呼ぶデータに着目した。建築物テクスチャ・人物写真・風景写真について1次元分布(明度)を作成して比較すると、多くの場合に建築物テクスチャにおいて明確な幾何学的パターンが現れることがわかる。この例を図3.2-5に示す。1次元分布のデータ量は元のテクスチャのデータ量の1/2乗程度となるので、処理の高速が図れるというメリットもある。そこで、ここでは、構造化のための基本データとして1次元分布を用いることとした。

次に、この1次元分布において、複数の領域への分割を行ったり、繰り返し領域を抽出したりすることを考える必要がある。まず、1次元分布において、同種の構成要素に対応する2つの部分、例えば窓のある部分同士などは近い値をとると考えてよいので、ヒストグラムに基づいて領域分割を行うこととした。繰り返し領域の抽出は領域分割の結果を利用することができる。しかしながら、一般に、建築物テクスチャは対象の建築物を撮影した写真を加工することによって得るので、図3.2-5(a)の例のように、1次元分布はノイズや色調の連続的変化を伴い、繰り返し領域は正確に一致する形状とはならない。建築物テクスチャの1次元分布の特徴は次のように整理できる。

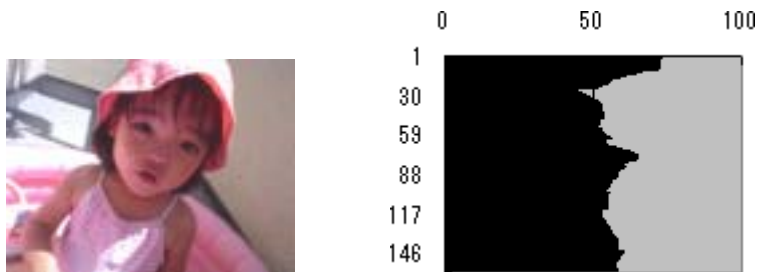
- 設計や意匠などの理由により、完全に規則的構造を持つとは限らない。
- 看板などの不規則な構成要素を持つ場合がある。
- 透視投影のため、階数毎に幅や凹構造部分の可視範囲が異なる。また、中央から周囲にかけて色調変化がある。
- 電柱や樹木などが写りこんでいる場合がある。



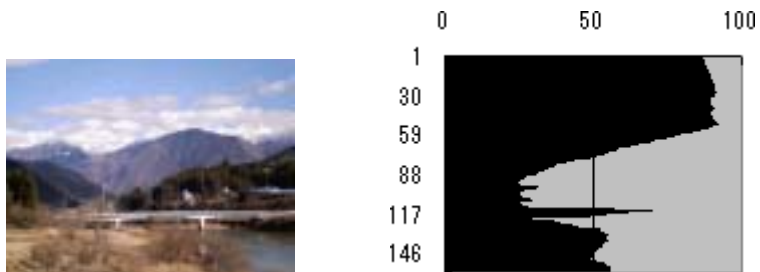
従って、繰り返し領域の抽出では、不規則性・ノイズ・色調変化などを許容しながら類似部分を探索する手続きをとる必要がある。そこで、ヒストグラムに基づく分割結果を文字列に置き換え、DP マッチングによって類似部分を抽出することとした。



(a) 建造物テクスチャ



(b) 人物写真



(c) 風景写真

図 3.2-5 1次元分布の例



## B アルゴリズム

前節の基本方式に基づき、1次元分布に基づくテクスチャの構造化手法を設計した(図 3.2-6)。以下、アルゴリズムについて述べる。

### 1次元分布の作成

テクスチャの画素の、例えば明度について、行毎および列毎の平均値を記録した1次元分布を作成する。

### 分割方向の決定

1次元分布に基づき、分割すべき方向を決定する。より明確な幾何学的パターンのある方が分割に適していると考えられるので、ここでは、それぞれの1次元分布の標準偏差を計算し、さらにそれらにそれぞれ行数と列数を乗じた数値を比較し、数値の大きい方の1次元分布を選定する。

### ヒストグラムの作成と分割

1次元分布からヒストグラムを作成する。ヒストグラムにおいて、度数の突出した区間は、外壁や窓などの特徴的な構成要素の存在を示している。従って、構成要素を抽出するためには、基本的にこのような区間に入っている画素だけに着目すればよいが、ノイズや色調変化などの影響を考慮する必要がある。そこで、区間幅を適当に調整しながらヒストグラムをいくつかのグループに分割する。

### 文字列への置換

DP マッチングを行うため、1次元分布の各要素について、前述のヒストグラムのグループのどれに当てはまるかを調べ、各グループにユニークな文字を割り当て、1次元分布から文字列を生成する。このとき、隣接する文字同士が同種の場合は、1文字に統合し、その統合数を記憶する。さらに、この統合結果において、統合数の少ない文字はノイズと見なして削除する。

### 繰り返しパターンの抽出

文字列の自己相関を調べることにより、繰り返しパターンを抽出する。具体的には、文字列から部分文字列を抜き出し、残りの部分との類似性を評価する処理を繰り返し行い、最も類似性の高い部分文字列を繰り返しパターンとする。ここで、類似性の評価に DP マッチングを用いる。

### 繰り返し領域の抽出

元の文字列に対し、繰り返しパターン分シフトした文字列を作成して DP マッチングを行い、類似性の高い部分文字列を抽出し、これを繰り返し領域とする。

### 画像の分割

繰り返し領域の抽出結果に基づき、入力画像を繰り返し領域より前の部分・繰り返し領域部分・繰り返し領域より後ろの部分の3画像に分割する。ただし、繰り返し部分より前の部分や後ろの部分が無いケースでは2画像に分割する。また、繰り返しパターンが抽出されないケースでは、最も画像の中央部分に相当する文字を基準に2分割する。

以上の手続きを、図 3.2-5(a)の画像に適用した結果を図 3.2-7 に示す。さらに、分割され

た画像に対し、上記の手続きを所定の条件まで繰り返して適用することにより、構成要素への細分化を行うとともに、分割の履歴を記録する。

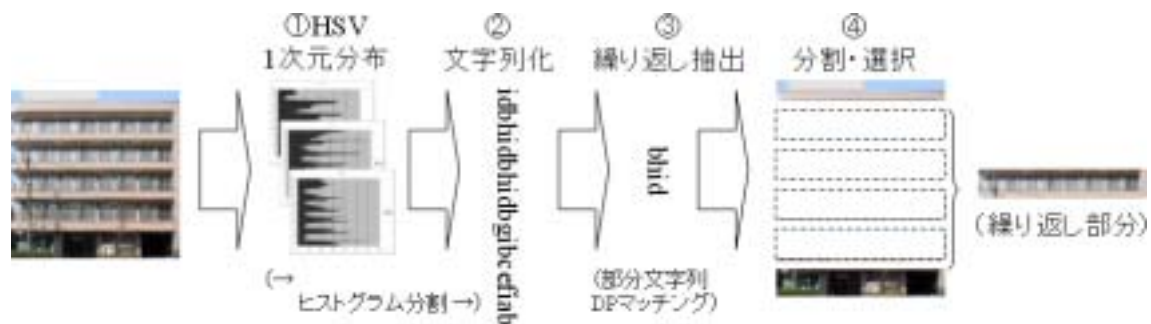


図 3.2-6 テクスチャ構造化フロー

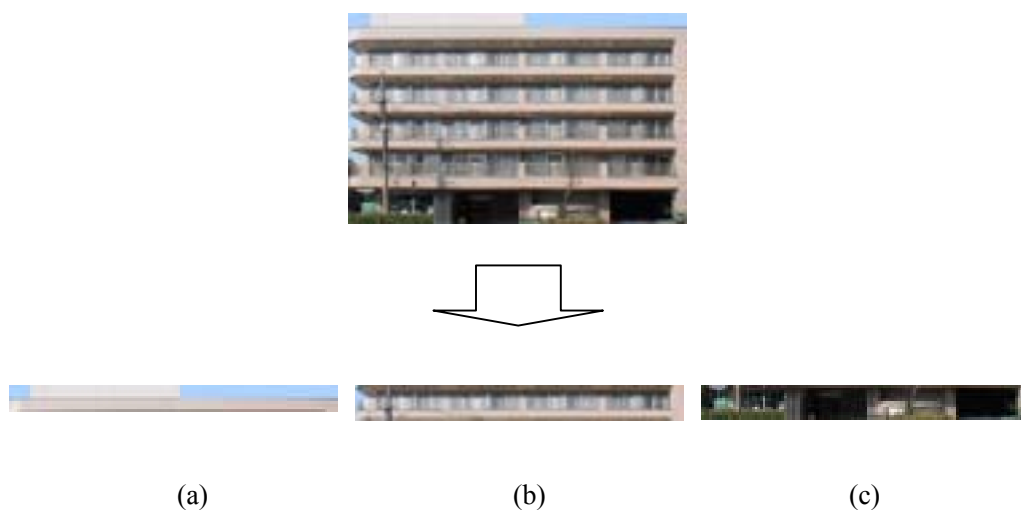


図 3.2-7 構造化結果の例

## ウ システム開発(平成 15 年度プロトタイプの改良およびミドルウェア化)

### (ア) 構造記述変換モジュール

#### A 基本設計

##### (A) 概要

平成 15 年度プロトタイプでは、建物テクスチャの画像データの縦および横方向についてそれぞれの画素の明度を合計した「1 次元明度分布」と呼ぶデータを作成し、外壁部分と窓部分の明度差を利用して、外壁・窓・窓枠・出入り口・上部構造物からなる 5 種類の構成要素への分解を行った。これに基づく平成 15 年度実験の結果から次の知見が得られている。

民家を除く建物テクスチャでは、縦・横方向に同一形状の窓などが繰り返し現れるという特徴を持つ。しかしながら、個々の窓情報を抽出して送信する仕様であったため、窓が多いほど送信すべきデータ容量が大きく、また、テクスチャ再構成のために長い処理時間を要するという課題を生じていた。そこで、窓の繰り返しパターンを抽出し、1 つの窓情報を繰り返し用いるようにすることで全体における窓情報を削減し、送信データ容量の削減と端末における表示所要時間の短縮が可能と考えられる。

この知見に基づき本年度は、まず、建物テクスチャから繰り返しパターンの抽出を行い、次に、抽出した繰り返しパターンに基づいて領域の大分割を行い、その後、窓や出入り口などの構成要素への分解を行うという 3 段階処理への改修を行う。また、色相や彩度などの分布にも着目し、分割領域をさらに複数の小領域へ分割する処理を行うことにより、平成 15 年度プロトタイプで対象外としていた看板やその他の付属構造物についても構造記述・再構成を可能とすることにより、テクスチャ画質の向上を図る。

## B 機能仕様

### (A) 入出力データ

#### a 入力データ 1: 画像データ

- PNG 形式
- カラー24bits
- フリーサイズ。ただし 256x256 以下

#### b 入力データ 2: パラメータデータ

- テキスト形式
- ファイル名: st\_param.txt
- 1 行 1 レコードとし、1 レコードに整数または実数値を 1 つ定義する。
- 第 n レコードの値をパラメータ  $cn$  ( $n$  は 1 以上の整数) とする。
- クォーテーション(')で始まる行はコメントとする。

#### c 出力データ 1: 構造記述データ

- バイナリ形式
  - 独自フォーマット。構造記述変換結果に基づき、適当に定義する。
- 可能な限りデータ量が少なくなるように配慮要。

#### d 出力データ 2: 画像データ

- PNG 形式
- カラー24bits

### (B) サブモジュール構成

- a 正規化
- b 1次元マンセル分布計算
- c 最大分散化 1次元分布算定
- d 文字列化
- e 繰り返しパターン抽出
- f 領域分割
- g 分割画像表示・出力
- h 領域別支配色決定
- i 領域別パターン決定
- j 構造記述生成

### (C) 全体フロー

- a 領域分割によって得られたすべての画像(分割画像)を以下 ~ の処理対象とする。ここで、初期状態では領域分割された画像は存在しないので、入力データとして指定された画像ファイルを処理対象とする。

正規化

1次元マンセル分布計算

最大分散化 1次元分布算定

文字列化

繰り返しパターン抽出

領域分割

b (停止条件)分割画像の個数がc10(標準値 20)以上であれば、処理を停止する。また、分割画像のピクセル数が横 c13(標準値 4)以下または縦 c14(標準値 4)以下の場合、その分割画像に対する処理はスキップする。分割対象が無ければ処理を停止する。

c 分割画像は、分割された順に選択する。分割が同時に行われた分割画像については、最もピクセル数が多いものを優先とする。

d 得られた各分割画像に対し、次の処理を適用する。

分割画像表示・出力

領域別支配色決定

領域別パターン決定

構造記述生成

#### (D) サブモジュール別処理内容

a 正規化

-分割画像に対し、ヒストグラム平滑化を行う。(画素数変換は行わない。)

-結果の画像をシート上に表示する。

b 1次元マンセル分布計算

-各ピクセルの HSV 値を計算し垂直および水平の 1次元マンセル分布を作成する。

c 最大分散化 1次元分布算定

-(概要)領域分割の際に参照すべき情報として HSV のどれが最も適しているかは、画像の内容によって異なる。そこで、HSV の各値に対する重み付け加算値を利用することとする。ここで、1次元分布の分散が最大となるように重み付けした加算値が最適であると仮定し、分散が最大となるように重みを計算する。また、ここで、垂直・水平のどちら方向での分割を行うべきかを判定する。

-垂直・水平の 1次元マンセル分布に対し、それぞれの HSV 各値の重み付け加算値の分散が最大となるように、重みを算定する。

-分散の大きさにより分割の方向として垂直または水平を選択する。どちら方向での分割を選択したかを記憶する。

-c12(標準値 1)が 0 の場合は、強制的に重みを明度 1.0 として 1次元分布を計算するとともに、垂直・水平の選択を行う。

d 文字列化

-(概要)繰り返しパターン抽出を行うための前処理として、1次元分布の文字列化を行う。

-まず、最大分散化垂直 1 次元分布について、最小値と最大値の間を c2(標準値 16) 分割したヒストグラムを計算する。

-次に、閾値 h を超える度数を持つ区間グループが最大となるような h を求める。なお、区間グループとは、閾値 h を超える度数区間が互いに隣接している場合、これらを 1 つにまとめたものとする(図 3.2-8 参照)。

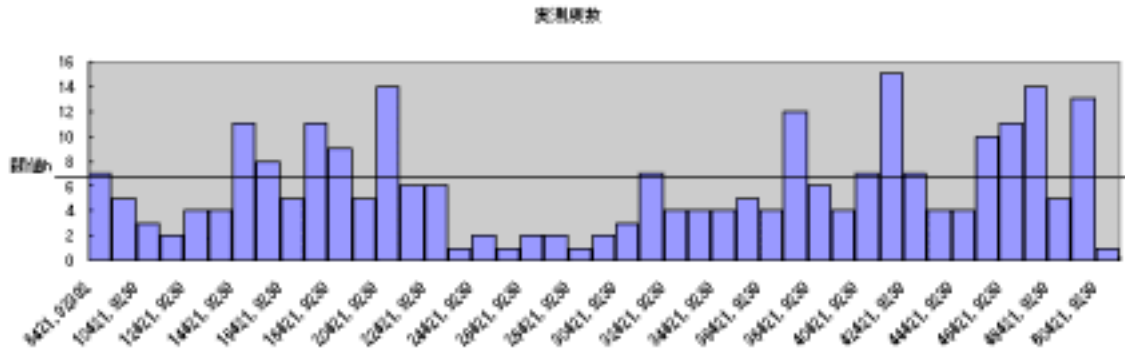


図 3.2-8 ヒストグラムと区間グループの例(最大区間グループ数は 9)

-すべてのデータが何れかの区間グループに属するように、次のルールに従って区間グループ毎に区間の再定義を行う。

- ・ 最小の区間グループは、全データの最小値まで区間グループの最小値を拡張する。
- ・ 最大の区間グループは、全データの最大値まで区間グループの最大値を拡張する。
- ・ 隣り合う区間グループは、区間が重複しないように、間に挟まれた区間の中央値までそれぞれの最大値または最小値を拡張する。

-区間グループの区間の小さい順に a、b、c、...の文字列を対応させることとし、最大分散化垂直 1 次元分布を文字列に置換する。このとき、次のルールに従う。

- ・ 隣り合う同じ文字は統合して 1 つの文字に変換する。このとき、統合した文字数を別途記憶しておく。
- ・ 統合した文字数(統合していないものは 1)が  $L(1 \text{次元分布長})/c3(標準値 25)$  以下(小数点以下切捨て)の文字は、隣接する文字へ統合する。隣接する文字が 2 つある場合は、区間グループとして再定義した区間値の近い方の文字へ統合する。

e 繰り返しパターン抽出

-文字列を中央で分割(文字列が奇数の場合、中央の文字は後ろ半分も含める)し、2 つの文字列を分割箇所から 1 文字ずつ段階的にオーバーラップさせながら、各段階におけるオーバーラップ部分の DP マッチングのコストを計算する。段階数は前半分の文字列数と同じとする。

-コスト計算に用いる値は、各文字に相当する画素群の平均 HSV の 3 値の差分の 2

乗加算値を 1/2 乗したものとする。ここで、H は円座標系とし、狭角を差分値とする。また、HSV の各値は、0~100 を値域とするように正規化する。

-各段階における DP マッチングコストについて、最小のコスト時の段階数を繰り返しパターン文字数として記憶する。ただし、最小コストが平均値-c15(標準値 2.0)\*標準偏差以上であれば、繰り返しパターン文字数は 0 とする。

#### f 領域分割

-「文字列化」で生成した文字列を 2 つ想定し、それぞれ繰り返しパターン文字数分前方または後方をカットした文字列に変換後、DP マッチングを行う。

-c11(標準値 2)以下の挿入・脱落を許容した範囲で、マッチング結果から最長部分文字列を抽出し、これを中間文字グループとする。このとき、マッチングコストが c16(標準値 100)以上の文字は脱落として扱う。このグループの文字数を繰り返しパターン文字数で割った値(四捨五入)を繰り返しパターンの繰り返し数として記憶する。

-上記の最長部分文字列をオリジナルの文字列から除いて得られる前方文字グループと後方文字グループ、および中間文字グループの先頭から繰り返しパターン文字数分を取り出したものに基づき、画像から 3 つの分割画像を抽出する(前方文字グループまたは後方文字グループが存在しない場合があり、このとき分割画像数は 2 以下となる)。

-繰り返しパターン文字数が 0 の場合は、文字列を中央で分割(文字列が奇数の場合、中央の文字は後ろ半分に含める)したものに基づき、2 つの分割画像を生成する。

#### g 分割画像表示・出力

-シート上に表示した画像上に、抽出した分割画像を示す図形(矩形)を配置して表示する。

-分割画像をファイル出力する。

#### h 領域別支配色決定

-(概要)ここまでの領域分割の結果、各領域は主として 1 つまたは 2 つの色を持つ画像となっている。これらの色を支配色と呼ぶ。ここでは、色相のヒストグラム分析に基づき、各領域の支配色を決定する。なお、最終的に定める支配色(HSV)は、ヒストグラム平滑化前のオリジナル画像を参照して決定する。

-まず、画像データの対象領域について、c7 分割の色相ヒストグラムを作成する。

-ヒストグラムから最大度数の区間を選択し、この区間  $\pm$  c8(標準値 80)の度数が全体の c9%以上の場合には支配色数を 1 とし、そうでない場合は支配色数を 2 とする。

-ヒストグラムにおける最大度数の区間  $\pm$  c8 に相当する画素グループを抽出し、これら画素に対応するオリジナル画像の画素の平均 HSV を支配色と定める。支配色数が 2 の場合は、前述のグループに属さない画素グループを抽出し、それらの画素に対応するオリジナル画像の画素の平均 HSV を第 2 支配色と定める。

#### i 領域別パターン決定(変更無し)

##### (1) 支配色数 1 の場合

-画像データの対象領域について、次の特徴量を計算する。なお、各特徴量は 0~

100 を値域とするように正規化する。

- ・ 水平・垂直各 2 等分割時の各象限における明度ヒストグラム平均
  - ・ 水平・垂直各 2 等分割時の各象限における明度ヒストグラム標準偏差
  - ・ 水平・垂直各 2 等分割時の各象限における明度ヒストグラム歪度
  - ・ 水平・垂直各 2 等分割時の各象限における明度ヒストグラム尖度
- 後述する領域パターン検索用データベースに記録されているパターンと特徴量の照合を行い、ユークリッド距離の最も近いパターンを選択する。

## (2) 支配色数 2 の場合

-まず、色相ヒストグラムを、2 つの支配色を基準に 2 分割し、これに基づいて、画素を 2 つのグループに分ける。

-次に、それぞれの画素グループについて、次の特徴量を計算する。なお、各特徴量は 0 ~ 100 を値域とするように正規化する。

- ・ 垂直 4 等分割時第 1 領域の画素充填密度
- ・ 垂直 4 等分割時第 2 領域の画素充填密度
- ・ 垂直 4 等分割時第 3 領域の画素充填密度
- ・ 垂直 4 等分割時第 4 領域の画素充填密度
- ・ 垂直 4 等分割時最大密度象限における明度ヒストグラム平均
- ・ 垂直 4 等分割時最大密度象限における明度ヒストグラム標準偏差
- ・ 垂直 4 等分割時最大密度象限における明度ヒストグラム歪度
- ・ 垂直 4 等分割時最大密度象限における明度ヒストグラム尖度

-後述する領域パターン検索用データベースに記録されているパターンと特徴量の照合を行い、ユークリッド距離の最も近いパターンを選択する。

## j 構造記述生成

-次の内容について構造記述データを出力する。このとき、各領域が垂直・水平のどちら方向に分割したかを参照し、テクスチャ再構成において再現可能な情報を含めることとする。

- ・ 全分割領域の位置および繰り返し数・方向
- ・ 各分割領域毎の水平・垂直画素数および支配色およびパターン
- ・ 各分割領域内の画素グループ毎の平均 HSV

## (E) その他の仕様

入力画像の指定時に、フォルダを指定可能とし、この場合はフォルダ以下(直下)の個々の画像に対して、上述の処理を順次適用する。



## (イ) テクスチャ再構成モジュール

### A 基本設計

#### (A) 概要

平成 15 年度に製作したテクスチャ再構成モジュールに対し、構造記述変換モジュールの改修に伴うインタフェースの変更、処理の高速化およびフリープラットフォーム化を目的とした整数型画像処理 API の作製と置き換えを行う。

#### (B) 入出力データ

(注:入力データのフォーマットを除き、平成 15 年度製作のテクスチャ再構成モジュールと同じ。)

- a 入力:       構造記述変換データ
  - バイナリ形式(独自フォーマット)
  
- b 出力:       画像データ(テクスチャ)
  - PNG 形式
  - ピクセルサイズは構造記述変換データの内容に従う。

### B 機能仕様

#### (A) 改修内容

- a 平成 15 年度製作では、市販の画像処理ライブラリを使用して画像の加工・編集・ファイル出力を行っていたが、フリープラットフォーム化のため、画像処理サブモジュールを製作して置き換えを行う。
- b また、フリープラットフォーム化に加え処理の高速化を行うため、すべてのデータを整数型とし、さらに実数演算の整数演算への置き換えを行う。
- c 画像処理において必要な機能は次のものとする。なお、処理対象の画像データは 3 次元配列(縦・横・色)に格納されていることを前提とする。
  - クロープ
  - 拡大・縮小
  - 合成
- d ファイル出力については Windows XP および CE の環境で利用可能な API を用いることを可とする。

#### (B) 補足

- a 基本的な考え(図 3.2-9 参照)

-中央付近を優先的に間引きすることとする。

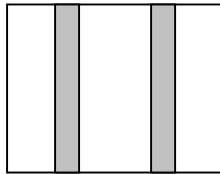
-アルゴリズム例:水平間引き数が  $2n$  の場合、画像を中央から  $2$  分割し、さらに  $2$  領域を  $n$  分割し、各分割領域の最右端を間引きする。 $2n + 1$  の場合は、間引きを中央に  $1$  本加える。また、垂直方向についても同様に行う。

b 拡大については、同様の基準で選択した画素列を横に複写挿入することによって実現する。

水平間引き数 1 の場合



水平間引き数 2 の場合



水平間引き数 3 の場合

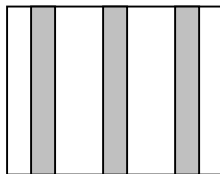


図 3.2-9 間引き処理の例

## (ウ) 仮想アプリケーション

### A 基本設計

#### (A) 概要

テクスチャ構造記述変換・再構成に基づく高速・高圧縮 3 次元都市地図配信技術のミドルウェア化に際し、動作および性能を評価するための仮想アプリケーションを作製する。HTTP プロトコルによるファイル伝送および通信速度・端末処理能力に関するスケーラビリティ機能を有する。

#### (B) システム構成

##### a Web サーバ

ジオメトリファイルをジオメトリフォルダ、テクスチャファイル(PNG 形式または構造記述形式)をテクスチャフォルダにそれぞれ保持し、クライアントからの要求に基づき、フォルダ中のファイルの転送を行う。

##### b 端末装置

次のモジュールを備える(テクスチャロードモジュールおよびテクスチャデータベースがミドルウェアに相当し、その他はアプリケーション側モジュールとなる)。

###### 1) モデム

HTTP プロトコルにより Web サーバとの通信を行う(イーサネットおよびダイヤルアップを想定)。

###### 2) ファイル受信モジュール

後述する表示モジュールからの起動によって Web サーバからファイルをダウンロードし、端末装置側のジオメトリフォルダおよびテクスチャフォルダに格納する。また、通信速度についてのシミュレーション機能を有する。

###### 3) テクスチャロードモジュール

後述する表示モジュールからの起動によって、テクスチャフォルダ中のテクスチャファイルを読み込んでメインメモリ上に展開する。このとき、テクスチャファイルが構造記述形式である場合は、テクスチャ再構成処理を行った後にメインメモリに展開する。

###### 4) テクスチャデータベース

テクスチャロードモジュールのテクスチャ再構成処理に部品画像を提供する。

###### 5) 表示モジュール

ジオメトリフォルダからジオメトリファイルを読み込むとともに、メインメモリ上に展開されたテクスチャをマッピングして 3 次元都市地図を画面表示する。非表示用のグラフィックライブラリとして OpenGL を用いる。

## B 機能仕様

### (A) ソフトウェアモジュール

ソフトウェアモジュールであるファイル受信モジュール・テキストチャロードモジュール・表示モジュールは1つの実行形式オブジェクト中で呼び出されるものとして作製する。

#### a ファイル受信モジュール

入力データ

-通信速度指定値

表示モジュールからの入力による。2G 携帯電話パケット、PHS パケット、3G 携帯電話パケットの3種類。

-端末処理能力指定値

表示モジュールからの入力による。携帯電話、PDA、ノートパソコンの3種類。

-シミュレーションモード指定値

表示モジュールからの入力による。

-Web サーバフォルダ管理データ

通信速度指定値と端末処理能力指定値から Web サーバ上のフォルダを決定するためのテーブル。

-ジオメトリファイルフォルダ名

端末装置側でジオメトリファイルを格納するフォルダ名。

-テキストチャファイルフォルダ名

端末装置側でテキストチャファイルを格納するフォルダ名。

-ジオメトリフォルダ情報およびファイル

Web サーバからの伝送による。

-テキストチャフォルダ情報およびファイル

Web サーバからの伝送による。

出力データ

-ジオメトリデータ情報

Web サーバ上の所定フォルダ内のファイル数および合計データ量を表示モジュールに出力する。

-テキストチャデータ情報

Web サーバ上の所定フォルダ内のファイル数および合計データ量を表示モジュールに出力する。

-ジオメトリファイル

端末装置側の所定のフォルダに格納する。

-テキストチャファイル

端末装置側の所定のフォルダに格納する。

-通信所要時間推定値

表示モジュールに出力する。

-受信済みデータ量

表示モジュールに出力する。

機能

-表示モジュールからのトリガーによって処理を開始する。

-表示モジュールから通信速度指定値と端末能力指定値を受け取り、それに基づいて Web サーバ上のフォルダ(ダウンロード対象ファイルの格納先)を決定する。なお、Web サーバ上には、予め内容の異なるファイルが格納された複数のフォルダが用意されていることとする。

-サーバ上の指定フォルダ内のファイル数および総受信データ量をジオメトリデータとテクスチャデータのそれぞれについて取得し、表示モジュールに出力する。また、通信速度指定値と総受信データ量から通信所要時間推定値を算定して表示モジュールに出力する。

-表示モジュールからシミュレーションモード指定値を受け取る。シミュレーションモードがオンの場合は、通信所要時間推定値に基づいて適当なウェイトをかけた後、ファイルのダウンロードを開始する。

-Web サーバ上の所定フォルダから、ジオメトリファイルとテクスチャファイルをダウンロードする。ダウンロード中は、受信済みデータ量を逐次表示モジュールに出力する。

-ダウンロード完了後、終了する。

b テクスチャロードモジュール

入力データ

-端末処理性能指定値

表示モジュールから受け取る。携帯電話、PDA、ノートパソコンの 3 種類。

-テクスチャファイルフォルダ名

テクスチャファイルがダウンロードされるフォルダ。

-テクスチャファイル

端末装置側の所定フォルダから読み込む。PNG 形式と構造記述形式の 2 種類がある。一般に複数ファイル。

-部品画像

端末処理性能指定値によって決められる端末装置側の所定フォルダ(テクスチャデータベース)から取得する。

出力データ

-テクスチャデータ

OpenGL が処理できる形式でメインメモリ上に展開する。

-テクスチャ管理データ

展開したテクスチャの名前(ファイル名)と展開先のメモリアドレスのテーブルを作成し、表示モジュールに出力する。

- テキストチャロード数  
表示モジュールに出力する。
- 再構成所要時間  
表示モジュールに出力する。

#### 機能

- メインメモリへのテキストチャデータの展開を行うモード(テキストチャ展開モード)と、メモリの開放を行うモード(メモリ開放モード)の 2 種類がある。
- テキストチャ展開モードで起動されている場合、所定のフォルダにテキストチャファイルがダウンロードされてきたら、順次処理を開始する。処理を行ったファイル数を逐次表示モジュールに出力する。また、処理を完了したテキストチャファイルは、所定の別フォルダに移動する。
- 表示モジュールから端末能力指定値を受け取り、それに基づいて端末装置側のフォルダ(テキストチャデータベースの格納場所)を決定する。なお、端末装置側には、予め内容の異なるテキストチャデータベースが格納された複数のフォルダが用意されていることとする。
- Web サーバからダウンロードしたテキストチャファイルを 1 つずつ読み込み、OpenGL が処理可能な形式でメインメモリ上に展開する。このとき、構造記述形式の場合はテキストチャ再構成処理を行う。この際、再構成したテキストチャからファイルを作成することはせず、直接メインメモリ上にテキストチャを作成する。なお、同一のテキストチャについて PNG 形式と構造記述形式のテキストチャファイルのファイル名は拡張子を含めて同じなので(1 つのジオメトリファイルを共通に用いるため)、ファイルのヘッダ部分から種類を判断する。
- テキストチャファイル読み込みの開始からすべてのテキストチャファイルについての再構成処理完了までの時間を実測し、表示モジュールに出力する。
- すべてのファイル処理完了後、終了する。
- メモリ開放モードでの起動がかけられた場合は、使用したメモリを開放する。また、テキストチャ管理データを空にし、テキストチャロード数を 0 にして表示モジュールに出力する。処理完了後、終了する。

#### c 表示モジュール

##### 入力データ

- ジオメトリデータ情報  
ファイル受信モジュールから受け取る。
- テキストチャデータ情報  
ファイル受信モジュールから受け取る。
- ジオメトリファイル  
端末装置側の所定のフォルダから読み込む。一般に複数ファイル。独自フォーマットを定義する。
- テキストチャデータ

メインメモリ上に展開されたデータ。

-通信所要時間推定値

ファイル受信モジュールから受け取る。

-受信済みデータ量

ファイル受信モジュールから受け取る。

-再構成所要時間

テクスチャロードモジュールから受け取る。

出力データ

-通信速度指定値

表示モジュールの GUI 操作による。2G 携帯電話パケット、PHS パケット、3G 携帯電話パケットの 3 種類。

-端末処理能力指定値

表示モジュールの GUI 操作による。携帯電話、PDA、ノート PC の 3 種類。

-シミュレーションモード指定値

表示モジュールの GUI 操作による。

-レンダリング画像

機能

-ユーザの GUI(チェックボックス)操作により、通信速度指定値・端末処理能力指定値・シミュレーションモード指定値を入力できるようにし、値をファイル受信モジュールとテクスチャロードモジュールに出力する。チェックボックスのキャプションには次を用いる。

通信速度指定値

2G 携帯電話パケット(28.8Kbps)

PHS パケット(144Kbps)

3G 携帯電話パケット(384Kbps)

端末処理能力指定値

携帯電話(0.15GHz 相当)

PDA(0.3GHz)

ノート PC(1.2GHz)

シミュレーションモード(ウェイトあり)

シミュレーションモード(ウェイトなし)

-端末処理能力指定値に基づき、レンダリング画像の表示サイズ(ピクセル数)を再設定する。

-ユーザの GUI 操作により、まず、テクスチャロードモジュールをメモリ開放モードで起動する。テクスチャロードモジュール終了後、ファイル受信モジュールに起動をかける。次に、テクスチャロードモジュールをテクスチャ展開モードで起動する。

-ファイル受信モジュールから、ジオメトリデータ情報とテクスチャデータ情報を受け取って表示する。また、通信所要時間推定値を受け取って表示する。

- ファイル受信モジュールのダウンロード開始後は、受信済みデータ量を受け取って表示する。
- ファイル受信モジュールの起動から受信完了までの時間を実測して表示する。
- テクスチャロードモジュールからテクスチャロード数を受け取って表示する。
- テクスチャロードモジュールから再構成所要時間を受け取って表示する。また、1ファイルあたりの平均処理時間を表示する。
- テクスチャロードモジュールの処理完了後、所定フォルダ内のすべてのジオメトリファイルを読み込み、メインメモリ上に展開されたテクスチャデータを用いてレンダリング画像を生成して表示する。グラフィックライブラリとして OpenGL を使用する。ジオメトリデータのフォーマットは次の通りとする。

#### CSV 形式

1 行で長方形 1 ポリゴンとそれにマッピングする 1 テクスチャを表現する。

x1, y1, z1, x2, y2, z2, x3, y3, z3, r, g, b, filename

x1 ~ b は単精度実数

x1 ~ z3 は 3 頂点の 3 次元座標値

r ~ b は、ポリゴンの色を示す。

filename は、パスと拡張子を除いたテクスチャファイル名

- ユーザの GUI 操作により、ファイル受信モジュールおよびテクスチャロードモジュールの処理を強制終了できる機能を備える。



## エ 実験

以下、プロトタイピングとして作製したソフトウェアによる実験結果を示す。  
実験に用いた計算機の仕様は次の通りである。

計算機名称	Dell OPTIPLEX GX270
CPU	Pentium (R) 4
クロック	2.59GHz
メインメモリ	512MB
OS	Windows XP

### (ア) テクスチャの構造化

開発した構造記述変換モジュールを使用し、テクスチャの構造化を行った。入力したテクスチャとその画像分割(構造化)結果を図 3.2-10 に示す。(a)～(e)において、左側に入力したテクスチャ、右側に構造化結果を配置している。構造化結果において、実線の囲いは構成要素、点線の囲いは繰り返し部分として抽出された領域である。(a)～(d)において、繰り返しパターンが抽出されており、これらのうち(a)～(c)では垂直方向に加えて水平方向の繰り返しも抽出されている。また、抽出した個々の構成要素(図 3.2-11)に着目すると、窓・看板・出入り口などが正しく得られていることがわかる。

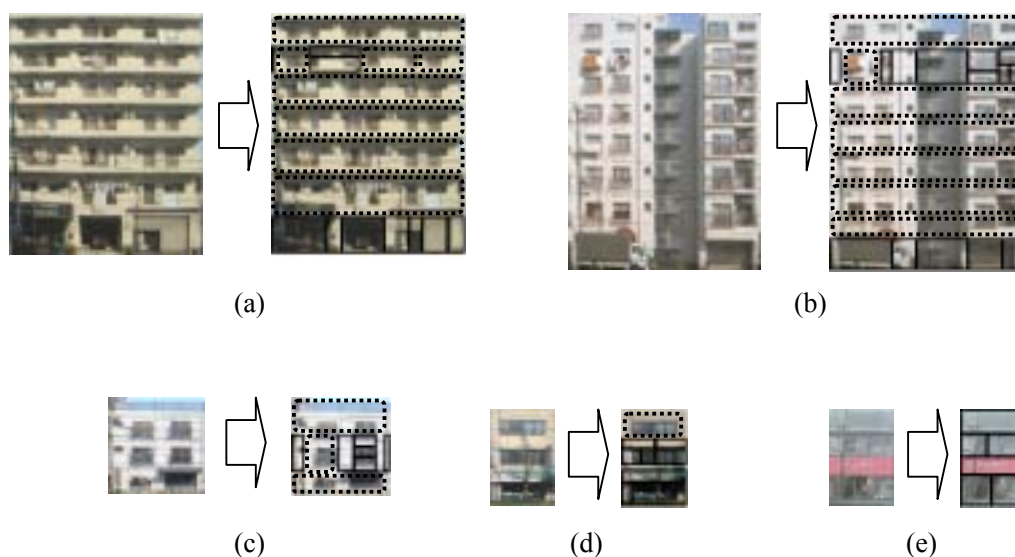


図 3.2-10 テクスチャの構造化例

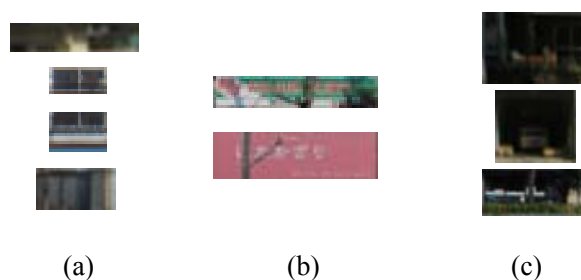


図 3.2-11 抽出された構成要素の例

(イ) 構造記述変換およびテクスチャ再構成

テクスチャの構造記述変換およびテクスチャ再構成の結果の例を図 3.2-11 に示す。表 3.2-1 にテクスチャのデータサイズおよび圧縮率を示す。テクスチャ1枚の再構成所要時間は150msであった。



図 3.2-11 構造記述変換およびテクスチャ再構成の例

表 3.2-1 構造化圧縮による圧縮率の例

	オリジナルサイズ(KB)	可逆圧縮時サイズ(KB)	構造化圧縮時サイズ(B)	構造化圧縮時圧縮率(%)
(a)	136	72	259	0.19
(b)	145	83	489	0.34
(c)	121	72	629	0.52
(d)	19	15	144	0.76
(e)	28	20	194	0.69
(f)	61	40	824	1.35
(g)	13	11	94	0.72
(h)	19	15	89	0.47

注: 圧縮率は圧縮時サイズをオリジナルサイズで除算した値と定義した。

## オ 考察

図 3.2-11(a)～(h)において、左側に入力したテクスチャ、右側に再構成結果を配置している。(a)～(e)において、繰り返しパターンが抽出されており、これらのうち(a)および(c)では垂直方向に加えて水平方向の繰り返しも抽出されている。抽出された繰り返しパターンに着目すると、(b)～(d)については、建造物の 1 階部分を除いた同一構造の階数と繰り返しパターン数が一致していることがわかる。

しかし、(e)では、1 階の出入り口部分が繰り返し領域として誤って抽出されている。また、(d)および(f)～(h)においては、電柱や樹木などの写り込みがあるが、繰り返しパターンや構成要素の抽出は正しく行われている。従って、(c)のような誤った結果が生成される場合もあるが、1 次元分布に基づくテクスチャの構造化手法はノイズや変形に対して頑強性を持ち、再構成されたテクスチャはオリジナルの特徴を望ましい状態で再現している。

圧縮率については、(f)のケースを除いてすべて 1%以下となっており、目標とした圧縮性能を達成している。

### (3) まとめ

3 次元都市地図を用いた携帯情報端末アプリケーションの開発を目標として、テクスチャを外壁・窓・出入り口などの構成要素に分解するとともに、構成要素の種類と表示属性および構成情報を伝送し、端末側でテクスチャを再構成するデータ削減方法について述べた。また、この方法において、2 次元配列の画素情報を垂直または水平方向に加算することによって得られる 1 次元分布を用いたテクスチャの構造化手法について述べた。

これらの成果に基づき実験システムを製作して実験を行った結果、オリジナルテクスチャの特徴を望ましい状態で再現する再構成テクスチャが得られ、圧縮性能についても目標の 1/100 を達成した。歩行者ナビゲーションに最低限必要となる 100m 四方の 3 次元都市地図に含まれる 100 枚程度のテクスチャの端末における再構成の所要時間はおよそ 10 秒であり、応答性能についても実用的なレベルを実現できたと考える。

## 第四章 実証実験

### 1 目的

次世代GISの実用化に向けた情報通信技術の研究開発の研究成果を実フィールドで評価する。研究開発した技術をモバイル端末を用いた歩行者ナビゲーションに適用することにより、経路の案内や、地理表現といったGISの基本機能をどれだけ達成できたかを確認することを目的とする。GISの基本機能が実現できれば、災害避難、観光案内、店舗案内、設備管理、都市計画といったさまざまなGISの応用にモバイル端末を用いることができるようになると考えている。

#### (1)歩行者ナビゲーションとしての役割

歩行者ナビゲーションとして利用できるようにするため、モバイル端末に3次元GISデータを表示することにより、現在位置や、ルート、曲がり角等をわかり易く示すことができることを目標としている。(図1-1 歩行者ナビゲーションの役割参照)

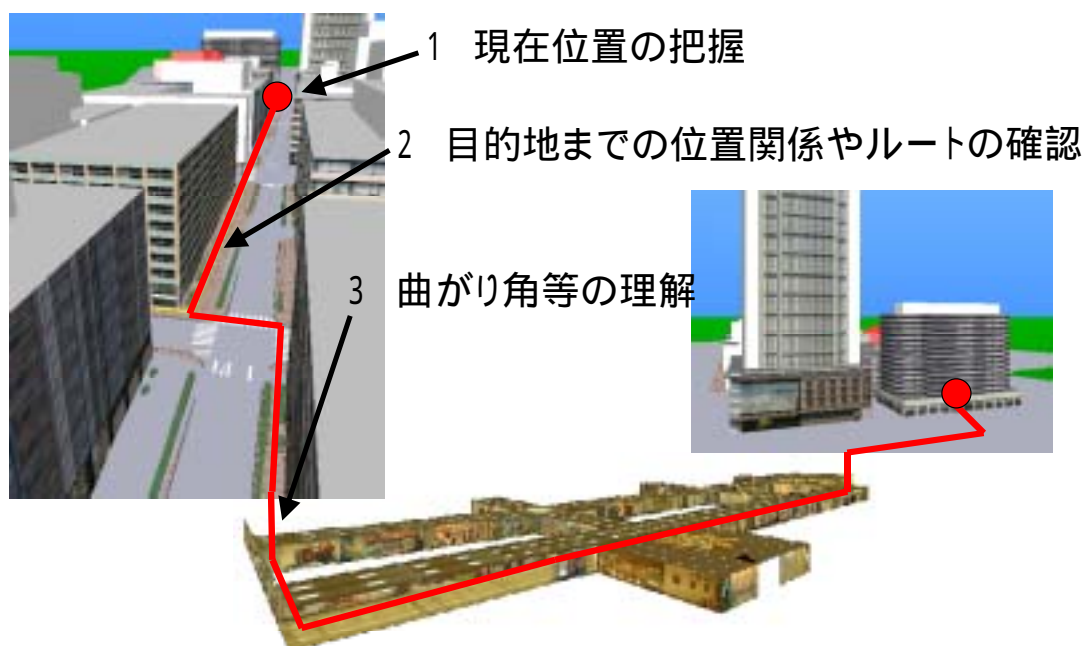


図1-1 歩行者ナビゲーションの役割

#### (2) 研究開発成果の確認

研究開発の成果の評価として、それぞれの研究成果が歩行者ナビゲーションをモチーフとした実証実験でどの程度有効であるかを評価する実験を行う。

実証実験においては、本年度研究開発を行った「メディア複合技術」と、「空間データスケラブル伝送技術」について、評価する。

メディア複合技術について、以下の内容を評価した。

- キャプション・クリックブルオブジェクトの有無によるナビゲーション認識度評価  
3次元景観映像を利用したナビゲーションで、景観映像に交差点、進行方向等を指示したキャプション、または周辺にあるランドマークの詳細情報を参照するためのクリックブルオブジェクトが表示される場合と、表示されない場合でどれくらい利用者のナビゲーションに対する分かり易さが向上するかを検証。
- クリックブルオブジェクトの表現方法比較による認識度・操作性評価  
3次元景観映像上の属性情報を持つオブジェクト(ランドマーク)に対して、様々なクリックブルオブジェクトの表現方式を比較することで、表現方式毎のクリックブルオブジェクトの使いやすさを検証。

空間データスケラブル伝送技術について、以下の内容を評価した。

- 3次元空間データの表現についての評価  
3次元空間データをモバイル端末に表示した場合の、ナビゲーションとしての有効性を確認した。表示方法を変えたり、表示内容を変えることにより、ナビゲーションに適した3次元空間データの表現手法について検証した。同時に、3次元空間データとしてどのようなデータが求められるかを検証した。
- 3次元空間データの表示時間についての評価  
実際にモバイル端末において3次元空間データを表示するアプリケーションを想定し、表示時間についての要求を調査した。

## 2 実証実験内容

実証実験で行った具体的な内容について、以下に示す。

### 2.1 実施要綱

#### (1) 実験期間と被験者数

平成 17 年 2 月 7 日、9 日、10 日

アンケートを回収した被験者数はメディア複合実証実験が 103 名であった。

#### (2) 対象地区

実験フィールドとして、歩道や地下通路といった歩行者の利用するさまざまな経路を表現できる地域を選ぶ。また、実証実験の評価の観点から、実験フィールドに集まる被験者の多様性が高い地域を選ぶ。総務省「3次元 GIS 構築のための情報通信技術の研究開発」における平成 13 年度モデル実験の成果である丸の内地区の 3 次元 GIS データを利用する。



図2.1-1 丸の内地区で利用するデータの範囲(地図は三菱地所より提供)

図 2.1-1 丸の内地区で利用するデータの範囲で示す赤い枠の範囲の中で、以下の地物を表現する。

車道

歩道

建物

平成 16 年 9 月現在の建物景観を再現したデータを用いた。原則、総務省「3 次元 GIS 構築のための情報通信技術の研究開発」における平成 13 年度モデル実験で構築されている地下街、地下通路の範囲のデータを用いた。

### (3)被験者数

被験者数は 103 人。被験者の男女比ならびに年齢別比率は以下のとおり。

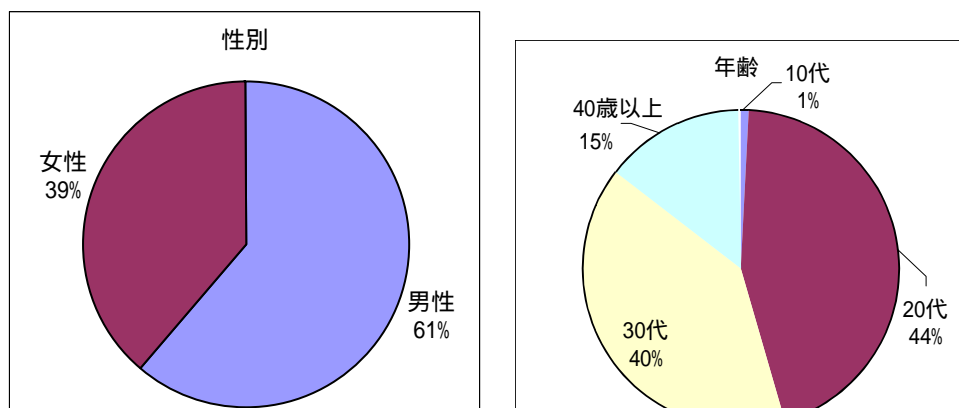


図2.1-2 被験者の属性比率



## 2.2 メディア複合実証実験

### ア キャプション・クリッカブルオブジェクトの有無によるナビゲーション認識度評価

“文部科学省ビル前 丸の内ビル”をルート1、“三菱ビル前 三菱電機ビル”をルート2とし、来場した被験者の半分が を、残りの半分が の流れで実際に目的地まで歩行してもらい、評価を実施した。

評価ルート：

ルート1(キャプション・クリッカブル無し)      ルート2(キャプション・クリッカブル有り)

評価ルート：

ルート2(キャプション・クリッカブル無し)      ルート1(キャプション・クリッカブル有り)



図2.2-1 評価ルート(地図は三菱地所殿提供)



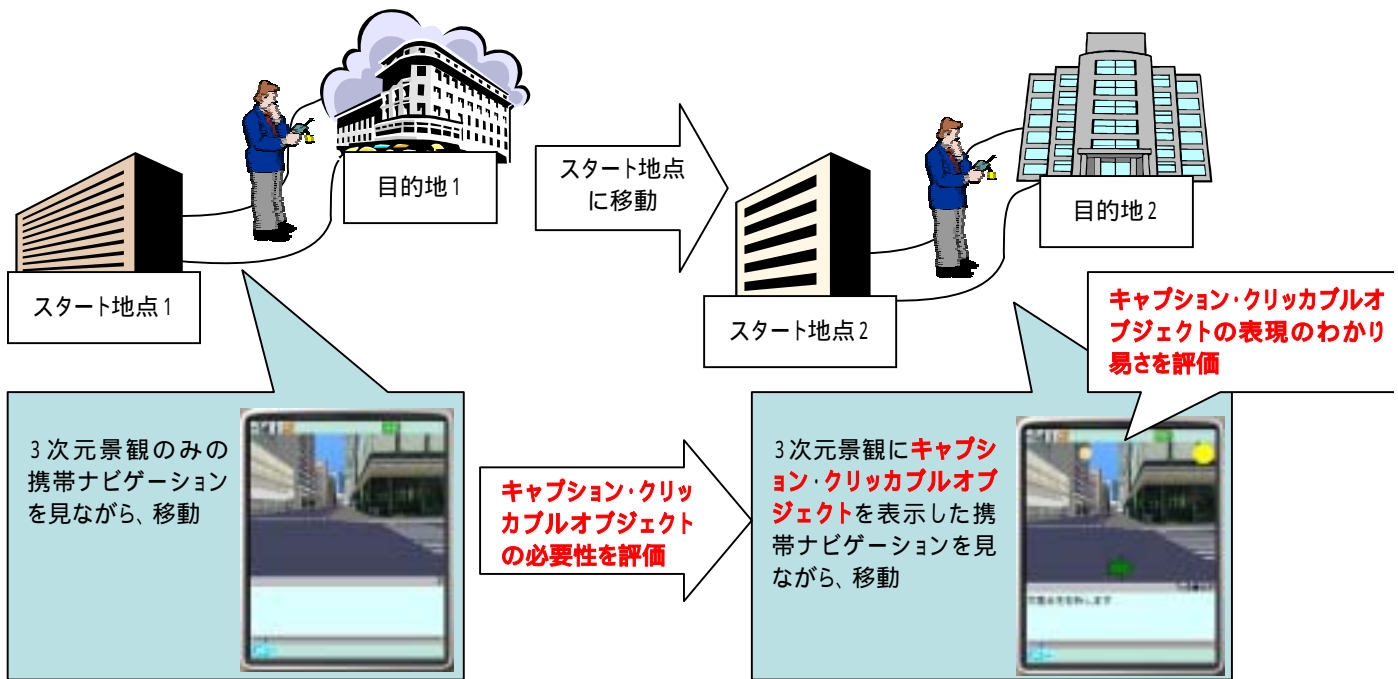


図2.2-2 3次元景観ナビゲーション評価実験の概要

## イ クリックableObjectの表現方法比較による認識度・操作性評価

建物に枠を表示する“オブジェクト形状方式”と、建物にマークを表示する“マーカー方式”を表現した3次元景観静止画を3パターン用意し、被験者に操作してもらい、評価を実施した。

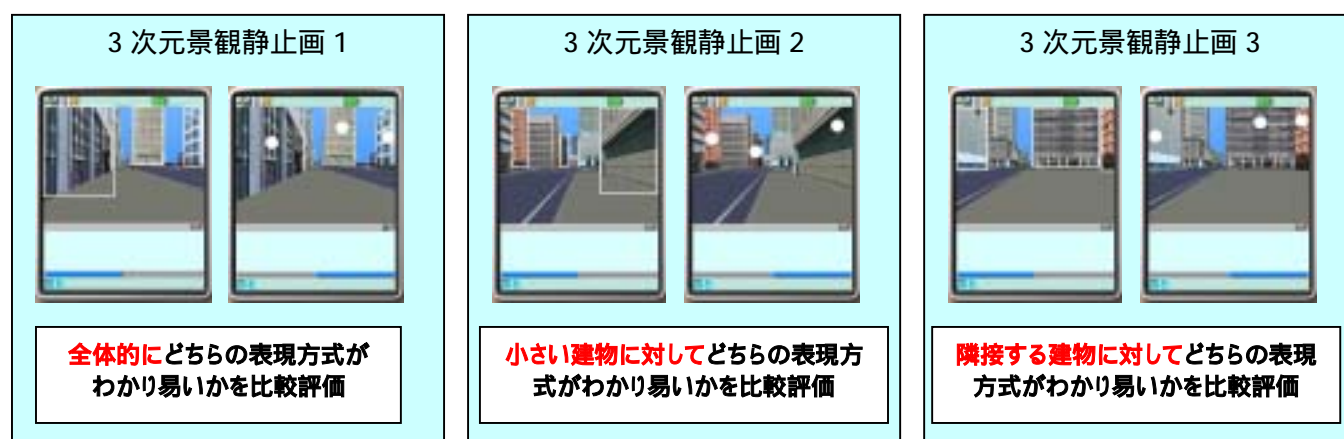
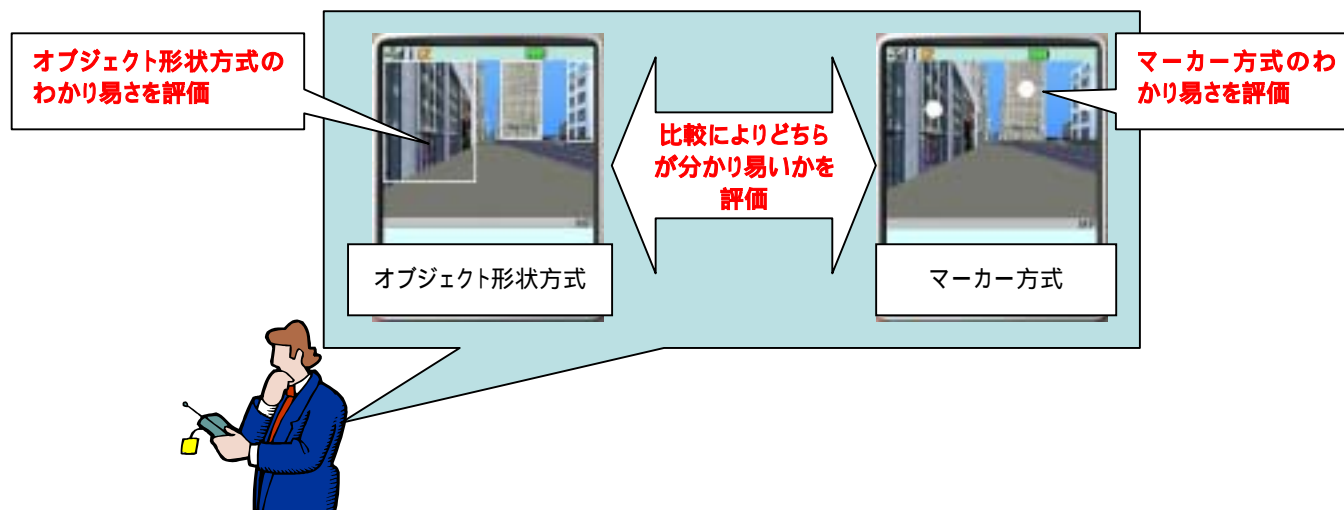


図2.2-3 クリックableObjectの表現方式に関する実験の概要

## 2.3 空間データスケラブル伝送技術実証実験

歩行者ナビゲーションに研究成果を適用した実験として図 2.3-1 に示すような実験を行った。出発地点で、ルートを設定すると、周辺の位置に相当する3次元空間データを読み込んで表示する。位置を自動的に取得することは、本実験では行っていない。予め設定してある出発地点からはじまるルートを表示する。被験者は、出発地点から携帯電話の表示画面の指示に従って歩行する。被験者が携帯電話のボタンを押すことにより、画面に表示する3次元空間データの位置を少しずつ進めることができる(図 2.3-1、図 2.3-2、図 2.3-3 参照)。画面表示の中には、進む方向へ向かって矢印を表示でき、これによって、進む方向を知ることができる。実験ルートを示す(図 2.3-4 実験ルート)。

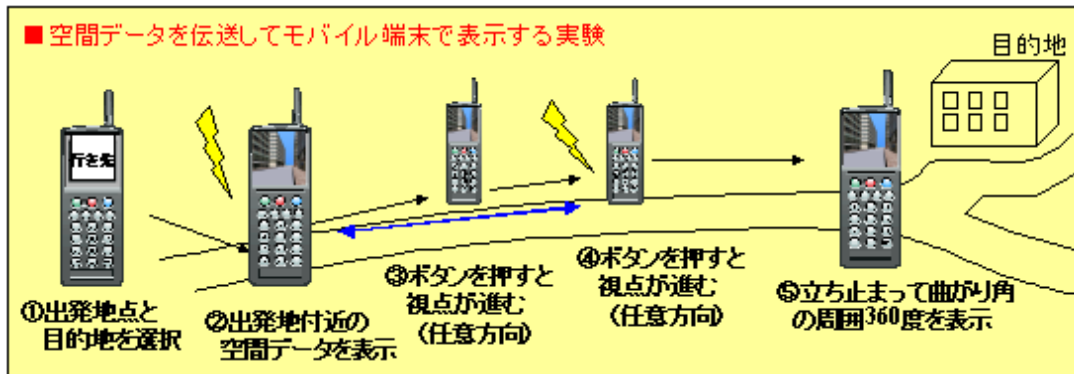


図2.3-1 実験イメージ

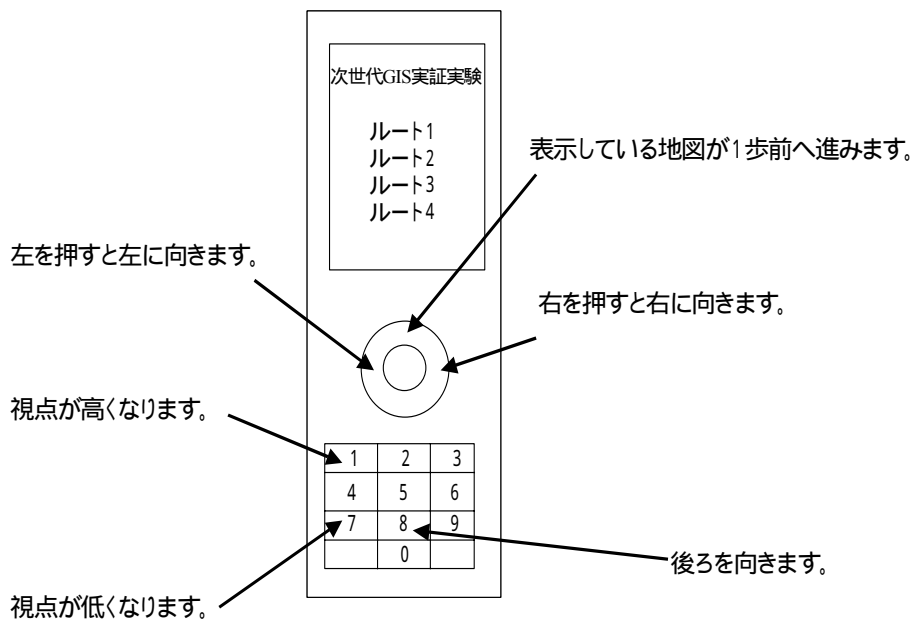


図2.3-2 操作の説明

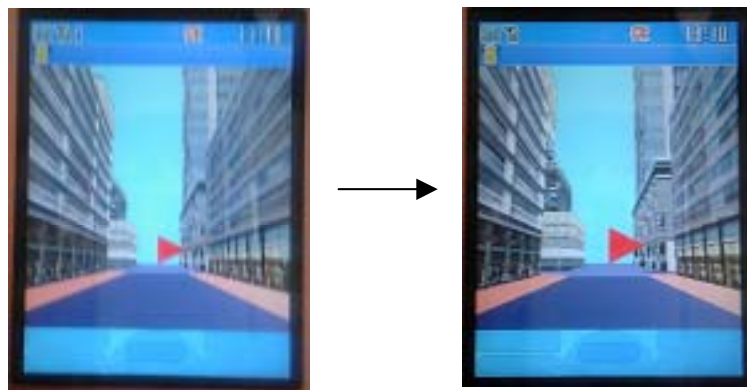


図2.3-3 視点を進めた表示例



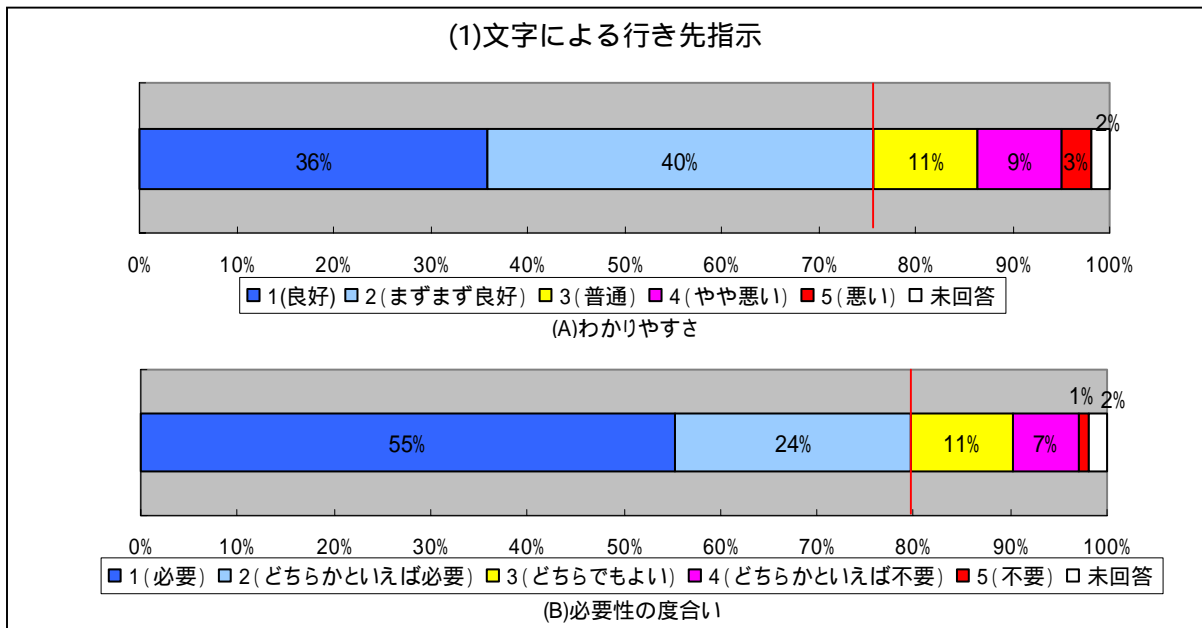
図2.3-4 視点の高さと向きを変更した表示例



図2.3-5 実験ルート(地図は三菱地所より提供)



(ウ)結果



青系色の多いグラフは高い評価を得られていることを示す。

(エ)考察

(A)の設問に関しては「わかりやすかった」という回答に類する「1」と「2」の合計で 76%に至り、文字キャプションはナビゲーションにおいて認識しやすかったと考えられる。

また、(B)の設問に関しては、「必要」という回答に類する「1」と「2」の合計で 79%に至り、ナビゲーションにおいての文字キャプションの必要性は高いと考えられる。

上記の結果より、今回の文字による行き先指示は、利用者にとって満足のいく情報であったものだと考えられる。

しかし、アンケートのわかりにくかった理由として、曲がり角での行き先指示に関しては、もっと事前に表示すべきとの意見が挙げられ、文字表示のタイミングの改善を考慮する必要があると認識した。

また、文字フォントの大きさや色、または表示位置など画面への表現方法に対する意見があり、文字に気づかないケースもあると考えられる。

イ 音声による行き先指示について

(ア)目的

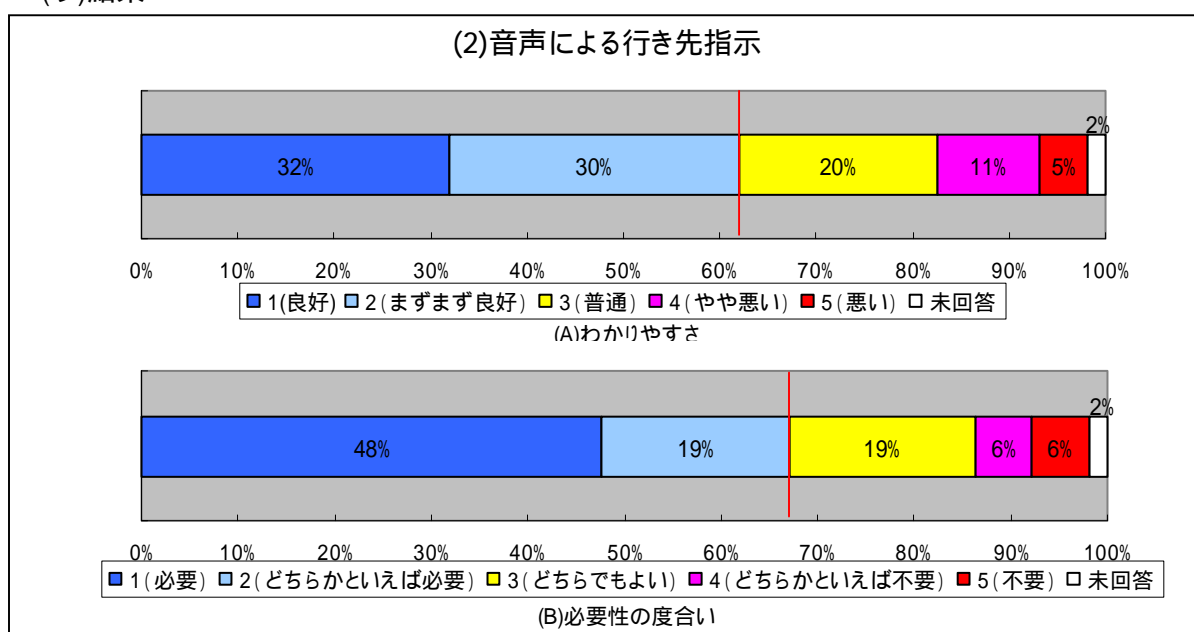
ナビゲーションにおいて音声による行き先指示の表現について被験者に問い、音声キャプション表現の妥当性、必要性を調査する。また、わかりにくかった理由を問うことで、音声キャプション表現の改善点を調査する。

## (イ)方法

アンケート内で次の問いかけを行った。

- (A) 音声による行き先指示は、わかり易かったですか？  
わかり易い (1 2 3 4 5) わかりにくい
- (B) 3次元景観ナビゲーションに必要なと感じましたか？  
必要 (1 2 3 4 5) 不必要
- (C) (A)の設問で4または5と答えた方に伺います。どのような点がわかりにくかったですか？わかりにくかった項目と理由をお答えください。  
項目： 再生タイミング 音量 行き先指示の発音 その他  
理由：  
( )

## (ウ)結果



## (エ)考察

(A)の設問に関しては「わかりやすかった」という回答に類する「1」と「2」の合計で 62%に至り、音声キャプションはナビゲーションにおいて認識しやすかったと考えられる。

また、(B)の設問に関しては、「必要」という回答に類する「1」と「2」の合計で 67%に至り、ナビゲーションにおいての音声キャプションの必要性は高いと考えられる。

今回の音声での行き先指示は「どちらともいえない」、「わかりにくい」、「必要ない」という回答が3分の1に至っているが、分かりにくいと答えた被験者は、地図アプリケーションをほとんど利用しない(もしくは利用したことがない)人に集中しており、わかりにくかった理由として行き先指示の発音、音質、音量への意見が多くあった。そのため、音声データの品質、または再生時の設定によっては更なる妥当性、必要性の向上に繋がると考えられる。

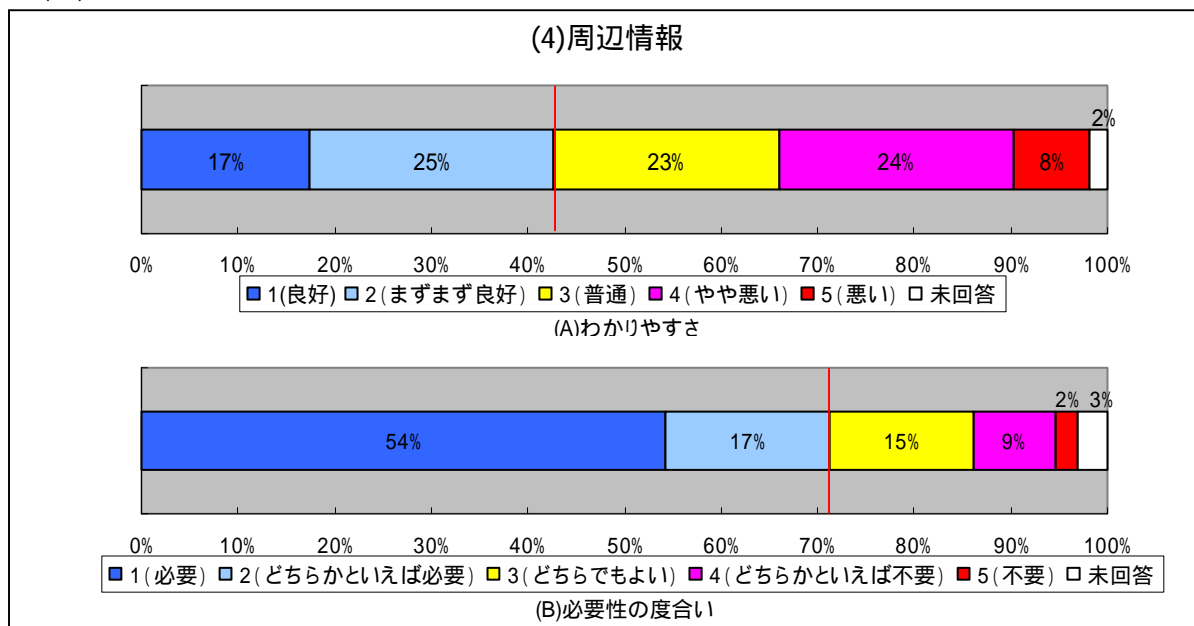
また、音声の種類について、建物名などを含めた詳細な内容を求める意見があったが、データ量、発音などのデータ作成方法において困難な問題があると考えられる。







## (ウ)結果



## (エ)考察

(A)の設問に関しては「わかりやすかった」という回答に類する「1」と「2」の合計で42%と半数に満たなかった。

また、(B)の設問に関しては「必要」という回答に類する「1」と「2」の合計で66%に至った。

二つの結果から、今回のクリッカブルオブジェクトの表現方式においては利用者にとって不満の残る内容であったということが推測できる。

被験者の属性情報(性別・年代別等)から詳細分析を行った結果、年代別ではあまり傾向の変化が見られなかったが、性別では女性よりも男性の方がわかりにくいと答えた割合が多かった。また、丸の内の利用頻度においても月に数回ほど丸の内に来る被験者よりも、年に数回または初めてという被験者の方がわかりにくいと答えた割合が多かった。

わかりにくかった理由としては、操作性に関する意見と、クリッカブルオブジェクトの表示位置や属性情報に関する意見が多くあった。

操作性に関しては歩行中でのポインティングデバイスでの操作のしづらさや、操作に集中してしまうことによる危険度の増加に対する意見が挙げられた。また、建物に対するクリッカブルオブジェクトの位置が適切でないという意見が多々あり、景観との関連付け方式に課題があることを認識した。また、地図記号などのアイコンや、または文字列で建物名などを直接表示したクリッカブルオブジェクトが欲しいという要望があった。

上記の問題、要望から、歩行中のナビゲーション時は簡易な操作で、且つ、一目で理解可能なクリッカブルオブジェクトを求められていることが認識でき、これを解決することで妥当性の向上に繋がると考えられる。

属性情報の内容に関しては、建物名だけではなく、道路名や交差点名が欲しいという要望もあり、属性情報の詳細化、充実化も考慮すべきであると認識した。

また、3次元景観画像と実際の景観との違いからクリックブルオブジェクトが意味をなしていないという意見もあり、3次元空間データの正確さもクリックブルオブジェクトの妥当性、必要性に起因してくるものと考えられる。

#### オ 3次元景観ナビゲーション機能の実現要望について

##### (ア)目的

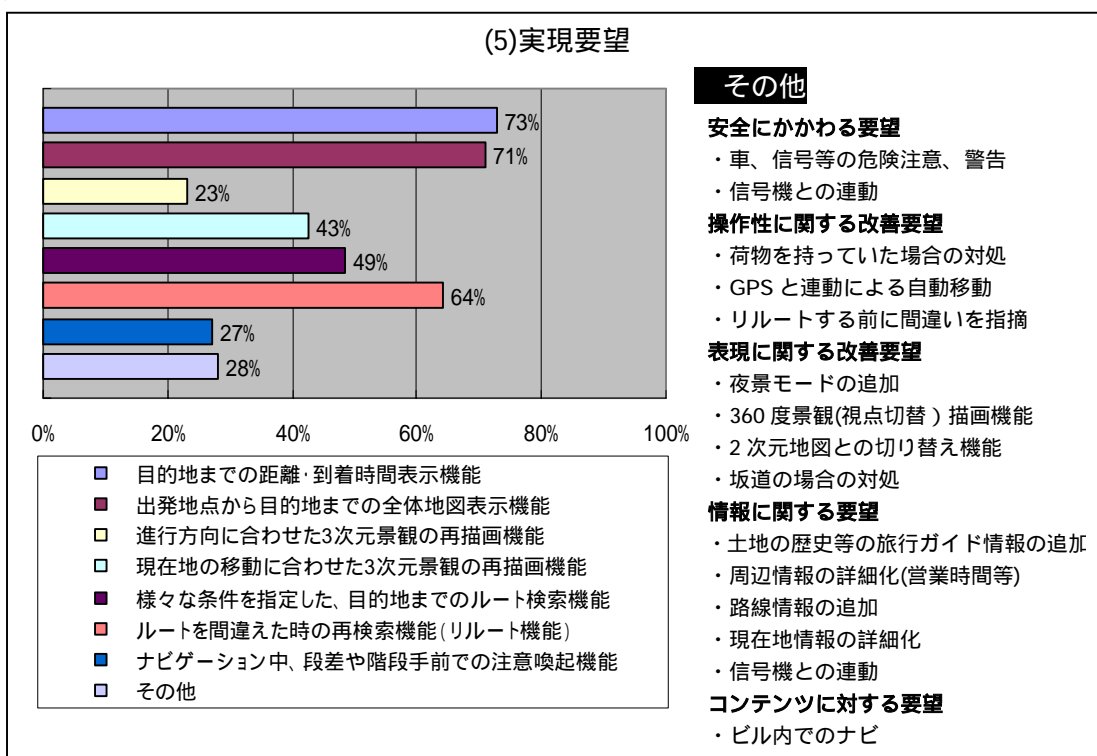
今回、評価アプリに無い機能の中で、必要だと感じる機能があるかを被験者に問い、ナビゲーションにおける機能のニーズを調査する。

##### (イ)方法

アンケート内で次の問いかけを行った。

<p>今後、3次元景観ナビゲーションで、実現すると嬉しい機能はありますか？(複数可)</p> <p>目的地までの距離・到着時間表示機能</p> <p>出発地点から目的地までの全体地図表示機能</p> <p>進行方向に合わせた3次元景観の再描画機能</p> <p>現在地の移動に合わせた3次元景観の再描画機能</p> <p>様々な条件を指定した、目的地までのルート検索機能</p> <p>ルートを間違えた時の再検索機能(リルート機能)</p> <p>ナビゲーション中、段差や階段手前での注意喚起機能</p> <p>上記の選択項目以外で実現すると嬉しい機能がありましたら、ご記入ください。</p> <p>その他</p> <p>(具体的に: )</p>
---

(ウ)結果



全体的にどの機能に関しても必要とされていると思われる。その内、 、 、 に関しては全体の過半数を超えていることから、3次元景観ナビゲーションにおいて必須となる機能になると推測される。

まず、アンケート結果から、GPS 機能を含めて、常に自分の位置を確認できる機能や、2次元地図との組み合わせが重視されていることが認識できる。これは利用者が従来のGPSを用いた2次元地図サービスを意識していることが要因と考えられ、また今回の3次元景観を用いる方式からカーナビゲーションシステムを想像した結果であると推測できる。

また選択項目以外の要望情報として、時間等によって夜景の3次元景観への変更などの表現に関する要望、信号や道路の危険状況による安全にかかわる要望、路線情報など情報に関する要望を重視される傾向が見られ、リアルタイムな情報が要求されていることが認識できた。

カ 感想・要望

(ア)目的

被験者にナビゲーションの感想・要望を問い、上記の設問で得られなかった問題点・課題等を導き出す。

(イ)方法

アンケート内で次の問いかけを行った。

最後に何か感想・要望がありましたらご記入ください。

(

## (ウ) 結果

### (6)感想・要望

#### 安全性に関して

- ・横断歩道前で注意、もしくは警告してほしい(画面に集中してしまうので)

#### 景観に関して

- ・各箇所にビルの名前や店の名前を入れてほしい
- ・周辺情報(ビルテナント)に写真は不要ではないか。
- ・2次元地図とのマルチ又は切替えビューア機能が欲しい。
- ・ルート途中の信号などのオブジェ等も3次元景観として表現されていれば、より親切な案内となったと思う。
- ・近い景観に詳細情報とテキストチャーで出す事はわかりやすい。
- ・夜だったので少し雰囲気違った。夜のバージョンもあったら良いと思う
- ・景観が精彩で分かり易かったが、画面遷移が早すぎるように感じました。
- ・画像がアニメーションにすると良い
- ・建物の外観が精密でわかりやすかった。視点も歩道からのものだったので、実物と比較が分かり易かった
- ・建物の区別がわかりにくかった
- ・正面だけの画面だけではなく、右や左に向くことができたらもっとわかりやすくなったと思う
- ・スタート時の進行方向が少しわかりづらかったので、目印となるような看板や建物の特徴を表示してほしい
- ・背景(通りの奥、真正面)の絵があったのが良かった
- ・景観がわかりづらかったです。せめて1Fに入っているテナントは正確に表示した方がよいと思います
- ・景観がリアルで分かりやすかった。全体的に画面が暗く感じた(丸の内ビル到着時など)

#### 行き先指示に関して

- ・行先指示有りの方がとても分かり易かったです。これなら目的地まで簡単に行けそうです。
- ・文字による行き先表示はあった方がすごい便利。
- ・音声についてもう少し詳しいとさらに良いかと思えます。例:丸の内ビル交差点を左折します
- ・音声が良かった方が特に分かりやすかった
- ・矢印がなければわかりにくかった。音声は必要ないと思う
- ・音声の案内は非常に分かり易く、初めて来た場所でもすぐわかりそうな気がする
- ・矢印、音が入っただけで、目的地まで難なくいけるような気がした(音の効果は大きい)
- ・行先指示は音声だけでよいような気もするので音声をもっと充実させてほしい(カーナビのように)
- ・矢印だけではなく、道順がラインで示されていると良い

#### 周辺情報に関して

- ・建物が見えていない遠距離の周辺情報は不要。見えている建物の情報と間違えてしまう。
- ・ビルの情報のレストランのメニューや価格とリンクできたらいいなと思いました。
- ・ビル名ではなく、テナント名や広告等、目にとまる物を中心に再現した方がわかり易いと思う。
- ・喫煙所表示が欲しいです
- ・現在地が分かるようにしてほしい

#### 操作性に関して

- ・自分の位置を毎回手動更新するのがめんどくさい、他のGPSサービスの方がはるかに使いやすい
- ・GPSと連動して自動的に動いてくれると楽
- ・周辺情報はわざわざクリックしないと見えないのは歩きながらなので使いづらいと思う
- ・ボタン操作なしにナビゲートしてほしい
- ・クリックする” ”はある程度大きさがあってほうが操作しやすいと思う。
- ・ニューロポイントボタンで矢印を動かす時に反応がにぶく、あわせづらい

#### コンテンツに関して

- ・低価格、パケットで実現してほしい
- ・都市部はこの3次元ナビがあれば便利
- ・テキストチャーの精度・鮮度に依存する部分が多いと感じた
- ・地図が分かり易かった。便利だけ道を覚えなくなりました。
- ・ナビでは2次元地図がまずありきで、要所が3次元景観で確認できればよい
- ・慣れないと、画面の確認、ボタン操作、周りの景色の確認、または注意などで忙しい。
- ・非常に分かりやすい。利用してみたい

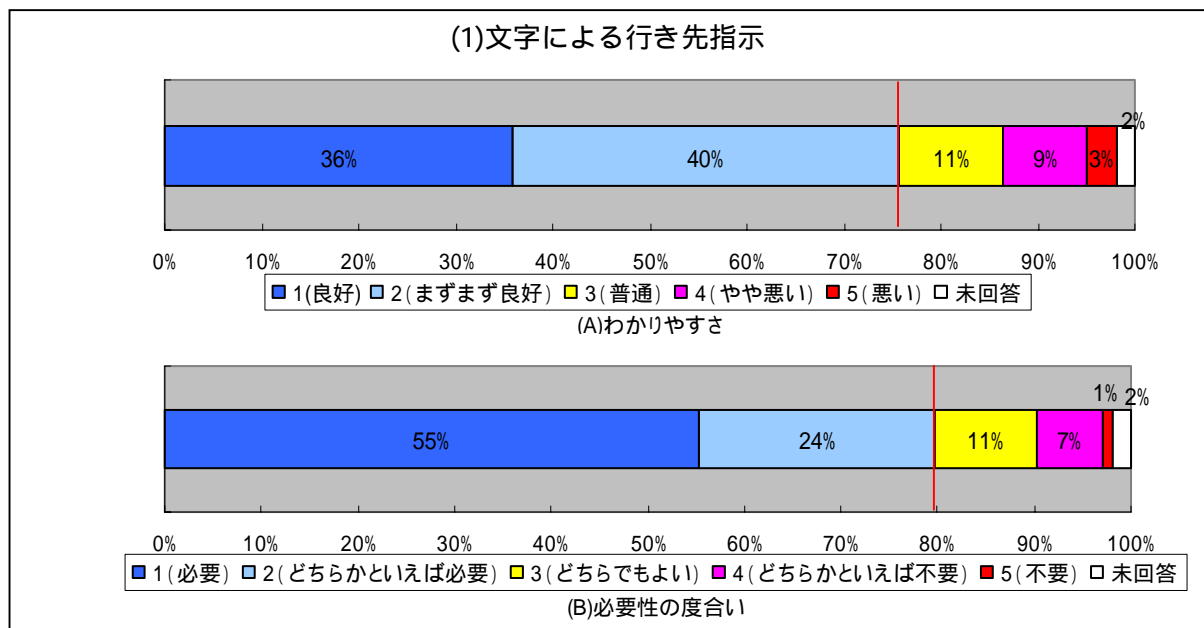
## (エ)考察

今回のナビゲーションに対する好意的な意見が多数あり、特にキャプションと画質に関して満足度は高いことが推測できる。

しかし、情報の詳細化、操作の簡易化を求める意見が多々あり、改善すべき点であると認識した。また、今回使用しなかったGPS機能に関する要望も多くあり、今後発展していく上で考慮しなければならない機能であることを確認した。

#### キ 総合考察

本項では、キャプション・クリックオブジェクトの有無がナビゲーションの認識度に与える効果の度合いを評価した。評価方法としては、被験者に対するアンケートで、与える情報の「わかりやすさ」「必要性」について5段階評価で回答を収集し、その結果は下記のようなグラフで集計した。



青色系の多いグラフは高い評価を得られていることを示す。

集計においては、プラス評価の水準を評価値1, 2 までと設定し、被験者数全体におけるプラス評価者数の比率で評価を行った。評価結果を以下に示す。

表3.1-2 3次元景観ナビゲーションに関する評価結果

	プラス評価率	
	わかりやすさ	必要性の度合い
キャプション(文字)		
キャプション(音声)		
キャプション(矢印)		
周辺情報(クリックブルオブジェクト)		

この結果より、3次元景観に付加した各情報は、ほとんどがその必要性を認められていることがわかる。しかし、その必要性に比較して今回の実験における表現手法は、キャプション(文字)以外で多少わかりやすさに課題を残しているといえる。特に周辺情報をさし示す「クリックブルオブジェクト」は多くの課題を抱えていることがわかる。

(2) クリックブルオブジェクトの表現方式評価に関する設問

ア 3次元景観静止画1について

(ア)目的

以下の景観静止画において枠とマークによるクリックブルオブジェクト表現の妥当性を比較、調査する。



図3.1-1 実験データ(3次元景観静止画1)

(イ)方法

アンケート内で次の問いかけを行った。

(A) 全体的に、“建物に枠を表示する方法”と“建物にマークを表示する方法”では、どちらの表現がわかり易かったですか？

枠を表示する方法 (1 2 3 4 5) マークを表示する方法

(B) わかりにくかった方式に関して、どのような点がわかりにくかったですか？わかりにくかった理由を選択してください。

建物と枠・マークの色の見分けがつきにくかった 枠・マークが大きすぎた

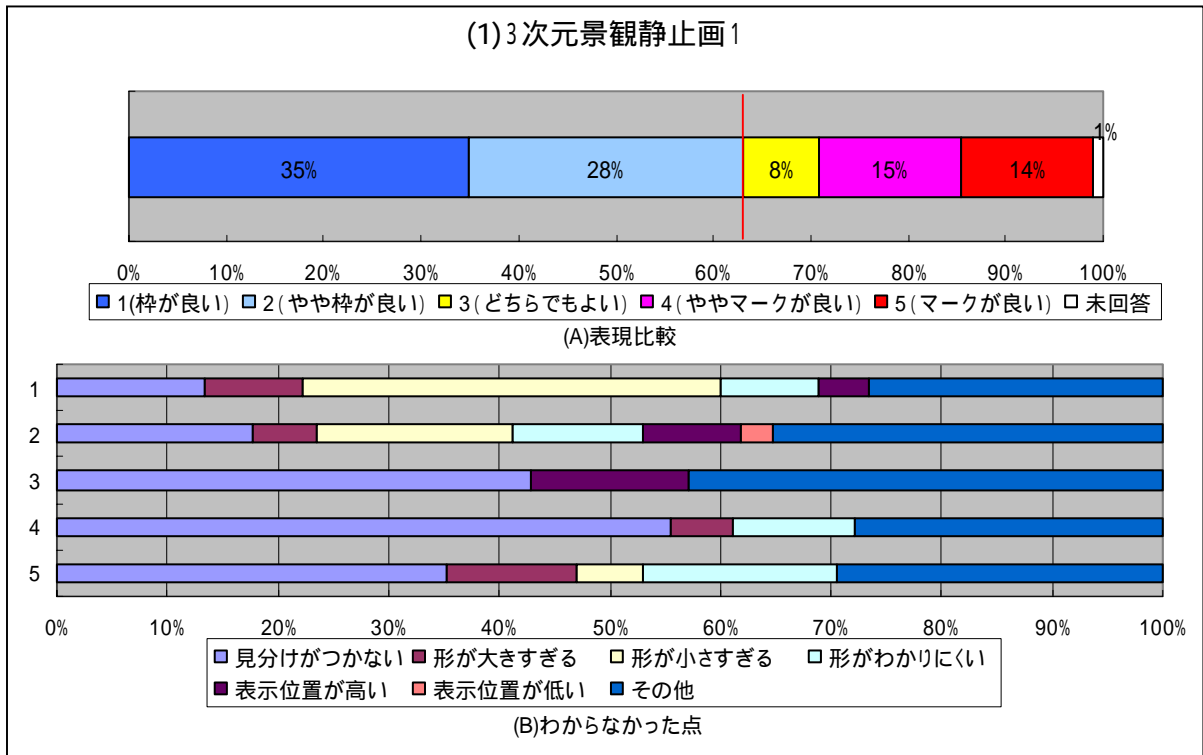
枠・マークが小さすぎた 枠・マークの形がわかりにくかった

枠・マークの表示位置が高すぎた 枠・マークの表示位置が低すぎた

その他

( )

(ウ)結果



評価値1は「枠表現がわかりやすかったことを示す値」のため、(B)のグラフにおける評価値1の内容は「マーク表現のわかりにくかった理由」を示すことになる。

集計においては、「枠表現のプラス評価水準」を評価値1,2 までと設定し、被験者数全体で表現の趣向評価を行った。評価結果を以下に示す。



## (エ)考察

(A)の設問に関しては「枠の方がわかりやすかった」という回答に類する「1」と「2」の合計で63%に至り、枠の方が理解しやすかったと考えられる。

だが、マークがわかりにくい理由として、ポイントでの操作性に関する意見が多く挙げられ、また、枠がわかりにくい理由としては、景観が見づらくなるといった表現方法に関する意見が多く挙げられた。このことよりアンケート結果は、枠、マークどちらもクリックオブジェクトとして認識はできるが、操作性が大きな要因となって上記の結果となったと考えられる。

## イ 3次元景観静止画2について

### (ア)目的

以下の景観静止画において枠とマークによる小さい建物に対するクリックオブジェクト表現の妥当性を比較、調査する。



図3.1-2 実験データ(3次元景観静止画2)

### (イ)方法

アンケート内で次の問いかけを行った。

(A) 真中の小さい建物に対して、“建物に枠を表示する方法”と“建物にマークを表示する方法”では、どちらの表現がわかり易かったですか？

枠を表示する方法 (1 2 3 4 5) マークを表示する方法

(B) わかりにくかった方式に関して、どのような点がわかりにくかったですか？わかりにくかった理由を選択してください。

建物と枠・マークの色の見分けがつきにくかった 枠・マークが大きすぎた

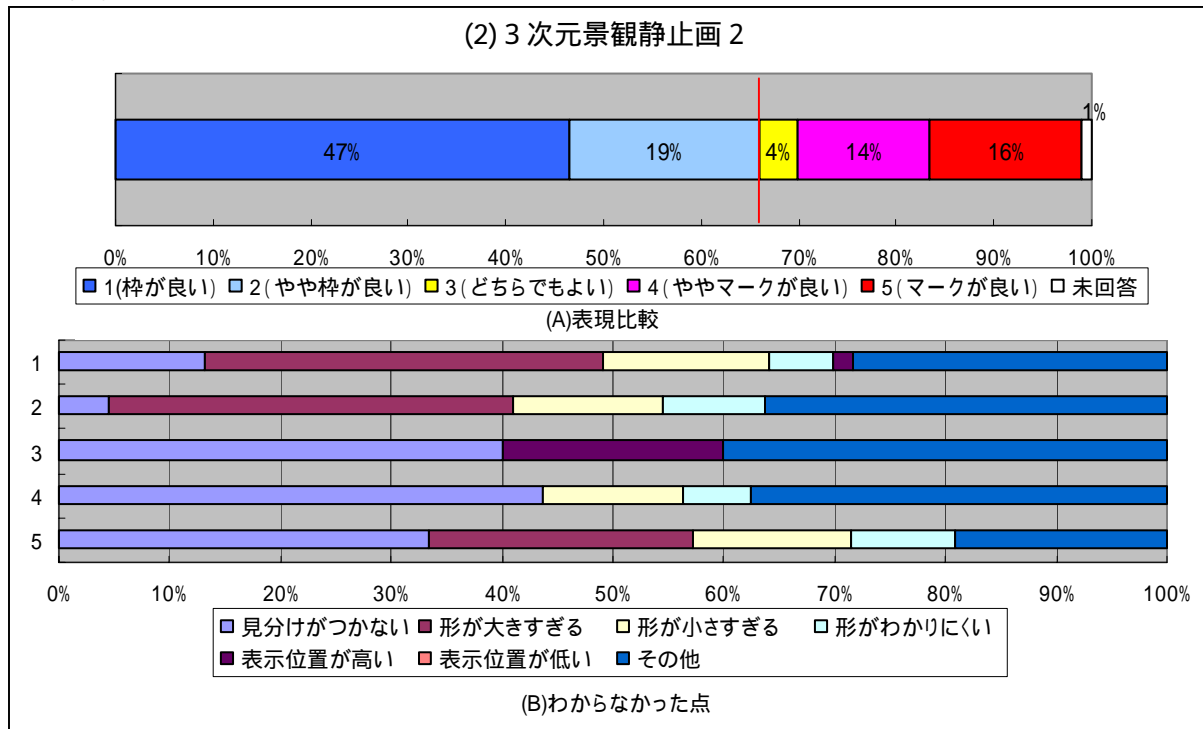
枠・マークが小さすぎた 枠・マークの形がわかりにくかった

枠・マークの表示位置が高すぎた 枠・マークの表示位置が低すぎた

その他

( )

(ウ)結果



(エ)考察

(A)の設問に関しては「枠の方がわかりやすかった」という回答に類する「1」と「2」の合計で66%に至り、小さい建物に対するクリックブルオブジェクト表現においては枠の方が理解しやすかったと考えられる。

結果として(1)の設問と同様に、操作性が重視されていると推測できる結果となったが、(1)の設問よりも「1」を選択する被験者が多かった。これはマークがわかりにくかった理由に関して、(1)の場合よりも、マークが建物よりも大きいと建物が見えなくなってしまう、または、遠近感がつかみにくいといった理由が追加されたことが要因となり、上記のような結果となった。

ウ 3次元景観静止画3について

(ア)目的

以下の景観静止画において枠とマークによる隣接する建物に対するクリックブルオブジェクト表現の妥当性を比較、調査する。



図3.1-3 実験データ(3次元景観静止画3)

(イ)方法

アンケート内で次の問いかけを行った。

(A) 右側にある赤い建物に対して、“建物に枠を表示する方法”と“建物にマークを表示する方法”では、どちらの表現がわかり易かったですか？

枠を表示する方法 (1 2 3 4 5) マークを表示する方法

(B) わかりにくかった方式に関して、どのような点がわかりにくかったですか？わかりにくかった理由を選択してください。

建物と枠・マークの色の見分けが付きにくかった 枠・マークが大きすぎた

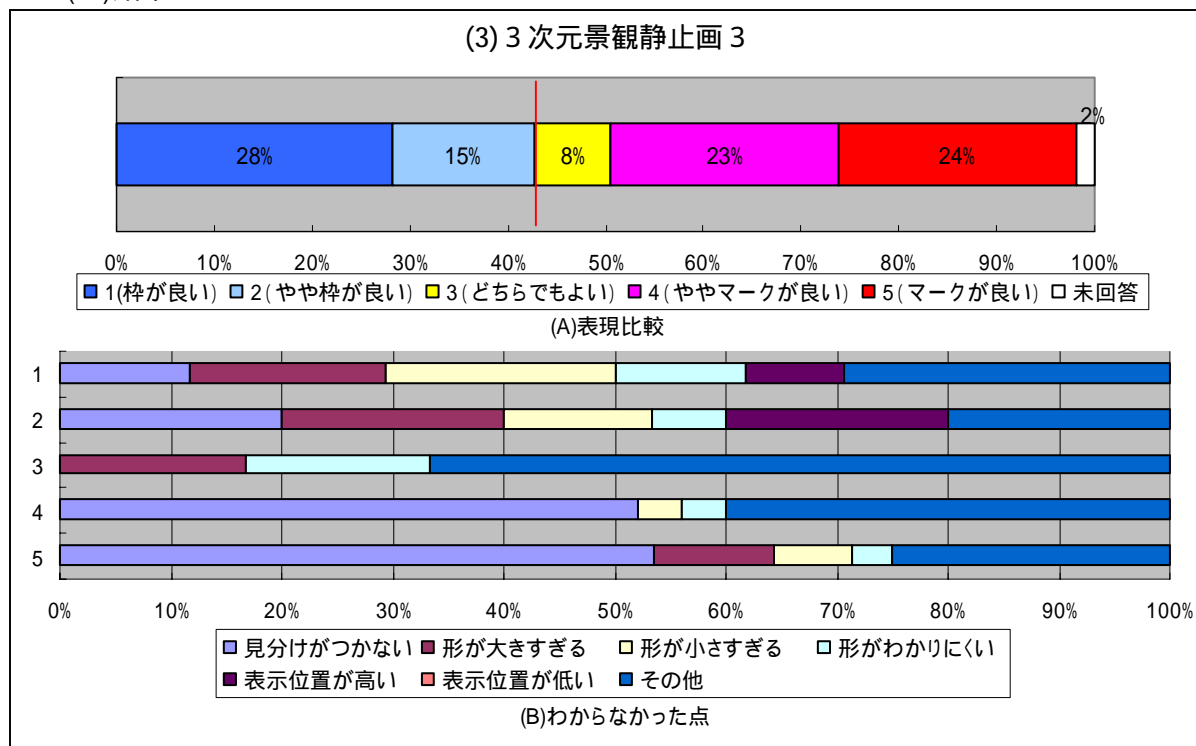
枠・マークが小さすぎた 枠・マークの形がわかりにくかった

枠・マークの表示位置が高すぎた 枠・マークの表示位置が低すぎた

その他

( )

## (ウ)結果



## (エ)考察

(A)の設問に関しては「枠の方がわかりやすかった」という回答に類する「1」と「2」の合計で43%に至り、それに対して「マークの方がわかりやすかった」という回答に類する「4」と「5」の合計が47%に至った。これにより、属性情報を持つ建物が隣接する場合のクリックブルオブジェクト表現においてはマークの方が理解しやすかったと考えられる。

(1)、(2)の設問に比べ、マークの方がわかりやすいという結果となったが、これは、枠が隣接すると著しく3次元景観の見た目が悪くなってしまうことが要因と思われる。

(1)の設問で挙げられた両方式のわかりにくかった理由と比べてみても、マークに対しての理由はさほど変わっていないが、枠に対しての理由として、建物の全体像がわかりづらい、並列になると見づらい、といった理由が増えており、枠で表現する場合の欠点が抽出された。

## ウ 周辺情報の表現方式

### (ア)目的

今回の表現方式以外でよいと思われるクリックブルオブジェクト表現方式のニーズを調査する。

## (イ)方法

アンケート内で次の問いかけを行った。

周辺情報の表現方式として枠・マーク以外で良いと思われる表現はありますか？  
もしありましたら、ご記入ください。  
(具体的に： )

## (ウ)結果

### (4) 周辺情報の表現方式

#### 形を工夫した方式

- ・星マークで表示
- ・建物にカーソルを合わせたときにだけバレーン表示させる
- ・表現方式はマーク、クリック可能エリアを枠のエリアにする
- ・見えている部分のみの枠ではなく本来の建物の大きさを表すのがいい(隠れている部分は点線で表示)
- ・一回り小さい枠があればなお良い

#### 色を工夫した方式

- ・指しているものの色が反転
- ・枠の点滅
- ・マークを点滅させる
- ・建物に網掛けをして、建物自体に色をつけてわかりやすくする
- ・カーソルを移動すると建物の色がかわる
- ・枠なら点滅すると良いのでは。枠とマーク両方切替可能。

#### 建物名等を使った方式

- ・矢印 + 建物名で表示
- ・建物の名前を直接表示
- ・画面の左右別にビル名をテキスト表示
- ・ビル・ショップなどの名前で表現
- ・枠内に数字を表示する。

#### その他意見

- ・枠もマークもあると建物が見にくくなるので、何も表示せず、カーソルを合わせて情報がある場合のみ点滅などする。
- ・マークなどを出さずに、その建物をクリックしたら表示される。クリックして表示されないことがあっても許せる
- ・3次元の建物自体が浮き出るように見えたら、見やすいと思う
- ・枠がいいと思う
- ・マーク、アイコンが最も良いと思える。
- ・カーソルに変化をもたせる
- ・矢印など
- ・周辺情報自体を無くしてしまう。

## (エ)考察

アンケートの結果より、クリックオブジェクトの表現方法としては、マークや枠の点滅や、色の変化をつける方式、建物名等を直接景観画像上に表現させる方式など、一目で識別できるような表現方法が望まれていることを確認した。

また、中にはクリックオブジェクトをボタンなどで表現する必要はなく、建物等を選択した時に初めて属性情報の有無が分かるような仕組みでよいという意見もあり、総合的に見てもクリックオブジェクトの表現方法を任意に切り替えられるような機能の必要性が感じられた。

## エ 感想・要望

### (ア)目的

被験者に表現比較の感想・要望を問い、上記の設問で得られなかった問題点・課題等を導き出す。

### (イ)方法

アンケート内で次の問いかけを行った。

最後に何か感想・要望がありましたらご記入ください。

( )

### (ウ)結果

#### (4) 感想・要望

##### 枠に関して

- ・枠表示が建物の形状に沿っているとわかりやすい
- ・枠の色をもっとはっきりすればそれが一番わかりやすいと思う
- ・枠のほうが分かりやすいです。選択についてもカーソルより枠で選択の方がよいと思います。
- ・白い建物の場合、枠はとて分かりにくいと思う
- ・基本的に枠が良いと思いました。選択した場合のグルメ、オフィスビル等の色分けがあっても良いかも知れません。
- ・周辺情報の付加は非常に便利です。枠の方が選択は簡単
- ・枠の意味がよくわからない。なくてもいいと思った
- ・枠は建物と一体化する事が多いので何かのマークの方がよいと思う

##### マークに関して

- ・マーク表示はわかりやすく、地図全体がよくわかるが、ポインタ操作に慣れないと使いづらい
- ・全体的にマークの方が分かり易いが、マークの大きさに違いをつけた方がより分かり易いと思う
- ・マークだとどのような大きさにしても建物が見づらくなるので、枠のような周囲をマークする様な方法が良い
- ・マークの色は4種類もあるわかりにくい
- ・マークの形を だけでなく とかハートなど選択できると楽しいと思いました
- ・目的の建物の中にカーソルが入ったら、マークが反転して情報表示できる様になれば良いと思う。

##### 表現に関して

- ・枠やマークはカーソルで指した時に表示された方がよいと思う
- ・マークや枠をスケルトンにしてほしい。真っ白だと逆に見にくい
- ・周辺情報はいらぬと思う。シンプルの方が好き。画面がみづらくなる
- ・表現のデータ(目標物等)の工夫がほしい。
- ・結局、解像度次第かも
- ・小さな店でもカーソルでクリックすれば店名がわかるといい
- ・画面下に文字で情報がある建物リスト(リンクあり)を表示するのも良いかと思います

##### 操作性に関して

- ・移動中のニューロポインタの操作は難しいと思う
- ・枠表示にして、左右カーソルで枠を切り替える方が良い。
- ・周辺情報を選択する際、カーソルの移動は大変なのでボタンで選択できると嬉しいです
- ・枠の方が選択しやすいと思った。歩きながらの選択は思ったよりも難しい。
- ・使い慣れるまでやりにくいものだとは思う

##### その他

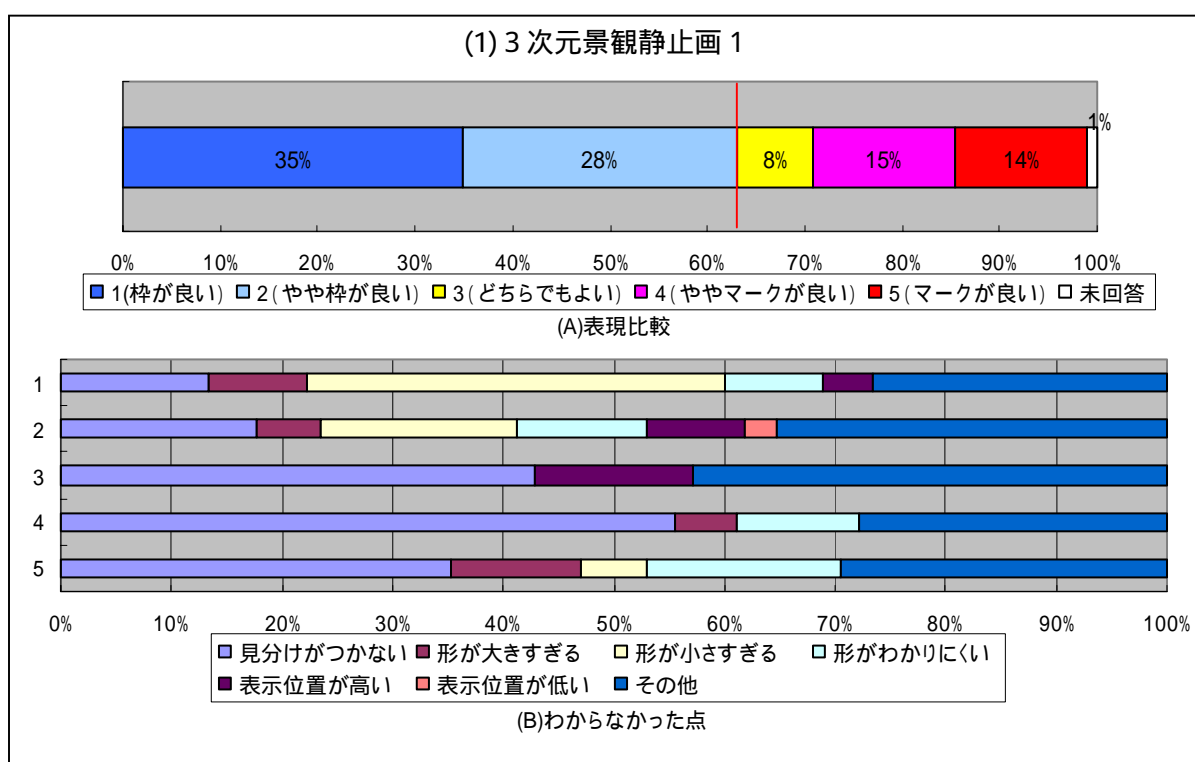
- ・画面を注視しすぎて、人にぶつからないか心配
- ・急いでいるときにはちょっとイライラするかもしれない
- ・分かりやすく良いと思います(機能的)
- ・美しい画面でみやすかったです。自分の位置、向きがわかりやすいです。平面の地図で迷ってしまうのですが、これなら大丈夫そうです。
- ・ショッピングリスト等はもう少し、カラフルにしてほしい。

## (エ)考察

枠、マークともに改善の要望が挙げられているが、(4)の設問の回答のように、クリックブルオブジェクト識別の簡易化への要望の意見が多く挙げられた。また、操作性に関する意見も多く挙げられているため、表現方法を考慮すると同時に操作性も考慮する必要があると考えられる。

## オ 総合考察

本項では、クリックブルオブジェクトの表現方法がナビゲーションの認識度・操作性に与える効果の度合いを評価した。評価方法としては、被験者に対するアンケートで、クリックブルオブジェクトの表現方法に「対象物を枠で囲む表現」と「マークで示す表現」を設けて比較し、対象物指示の「わかりやすさ」について5段階評価した。また「わかりやすさを妨げる要因」についての意見を収集し、その結果を下記のようなグラフで集計した。



評価値1は「枠表現がわかりやすかったことを示す値」のため、(B)のグラフにおける評価値1の内容は「マーク表現のわかりにくかった理由」を示すことになる。

集計においては、「枠表現のプラス評価水準」を評価値1, 2 までと設定し、被験者数全体で表現の趣向評価を行った。評価結果を以下に示す。

表3.1-3 クリックableObjectの表現方式の違いに関する評価結果

	わかりやすさ		表現のマイナス要因	
	枠	マーク	枠	マーク
3次元景観静止画 1				ポインタの操作性
3次元景観静止画 2				マークが建物を隠す
3次元景観静止画 3			枠が隣接すると 3次元景観を崩す	

以上の結果より、前項評価で「マーク表現」を採用していたクリックableObjectの表現上の課題がピックアップされた。

本調査で得られた意見では、クリックableObjectの表現方法として、マークや枠の点滅や、色の変化をつける方式、建物名等を直接景観画像上に表現させる方式など、一目で識別できるような表現方法が望まれていることを確認した。

また、別の意見としてクリックableObjectをボタンなどで表現する必要はなく、建物等を選択した時に初めて属性情報の有無が分かるような仕組みでよいという意見もあり、総合的に見てもクリックableObjectの表現方法を任意に切り替えられるような機能の必要性が感じられた。



### 3.2 空間データスケラブル伝送技術実証実験

アンケートの内容と結果を記す。

(1) 事前に3次元空間データを端末へダウンロードしてある表示の実証実験

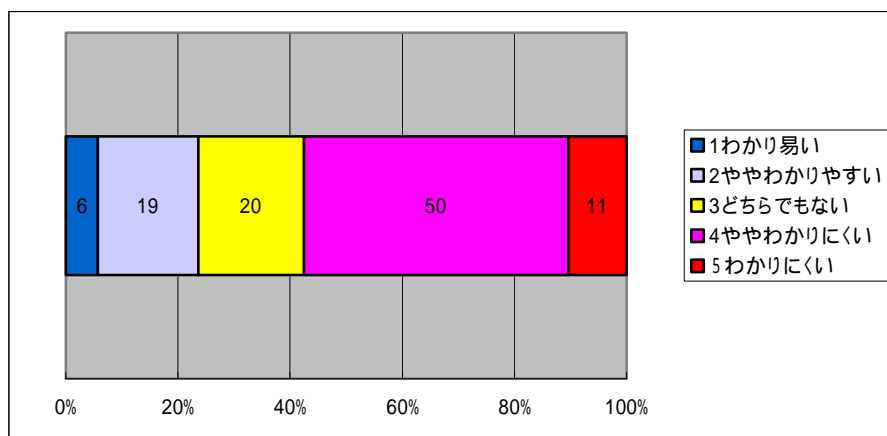


図 4.2-8 実験画面例

ア 地図のわかり易さについて

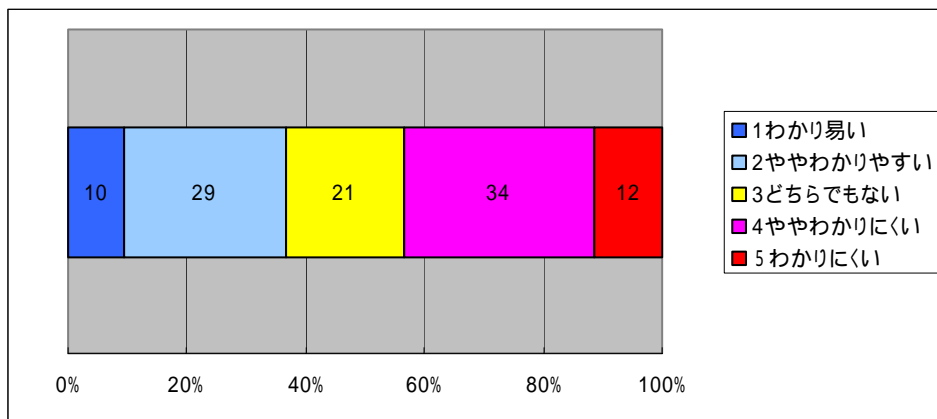
(ア) 交差点における表示の質問です。

a. 周囲の風景と画面の表示内容の対応はわかりましたか？



わかり易い(1 6名、2 19名、3 20名、4 50名、5 11名)わかりにくい

b. 進む方向がわかりましたか？



わかり易い(1 10名、2 29名、3 21名、4 34名、5 12名)わかりにくい

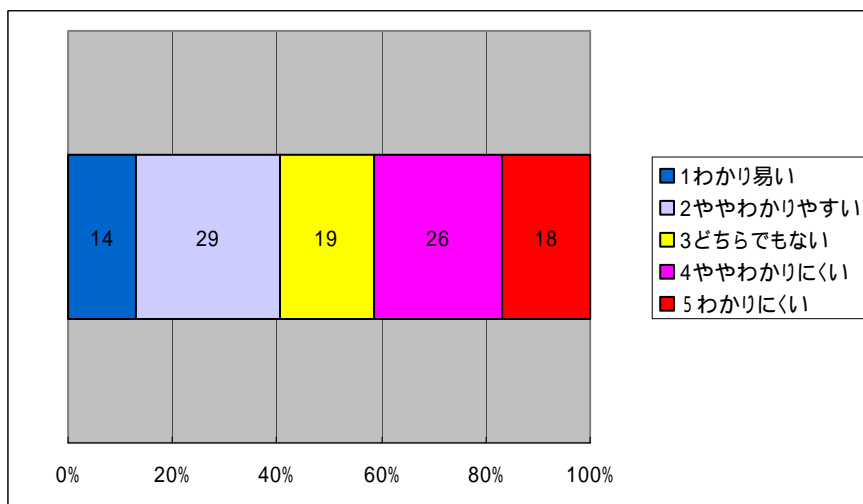
c. 進む方向は何によってわかりましたか？ (番号に をしてください。複数回答可)

進む方向の矢印( 形)を見て 86名  
 まわりの建物と画面を見比べて 49名  
 周辺を見回して 16名  
 視線の高さを上下して 2名

<考察>

3次元地図そのものが、ややわかりにくいとの回答が多かったが、ナビゲーションに必要となる交差点における進行方向の把握については、殆どの被験者が理解できることがわかった。

(イ) 形の矢印はわかり易かったですか？



わかり易い(1 14名、2 29名、3 19名、4 26名、5 18名)わかりにくい

< 考察 >

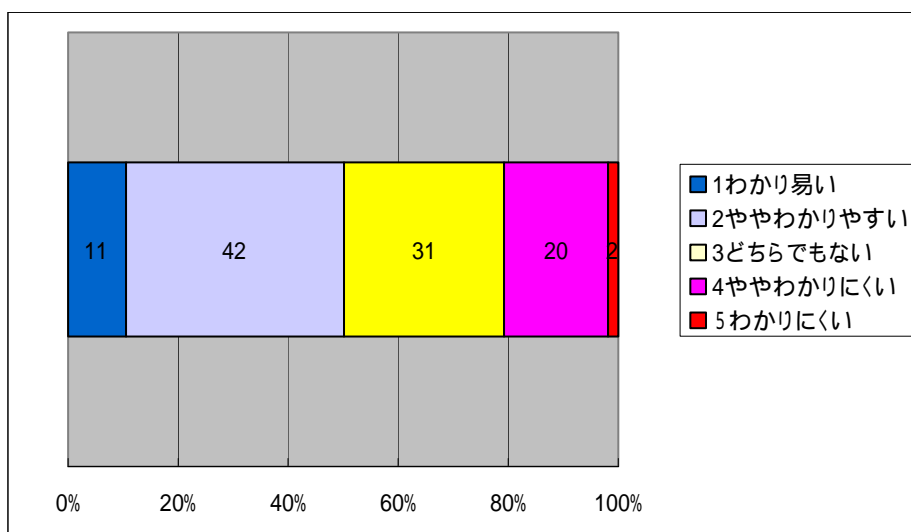
方向を指示する矢印の表示方式については、わかり易いと答えた人とわかりにくいと答えた人の割合は殆ど同じであった。

イ 操作についての質問です。

(ア) 視線位置の高さの変更について

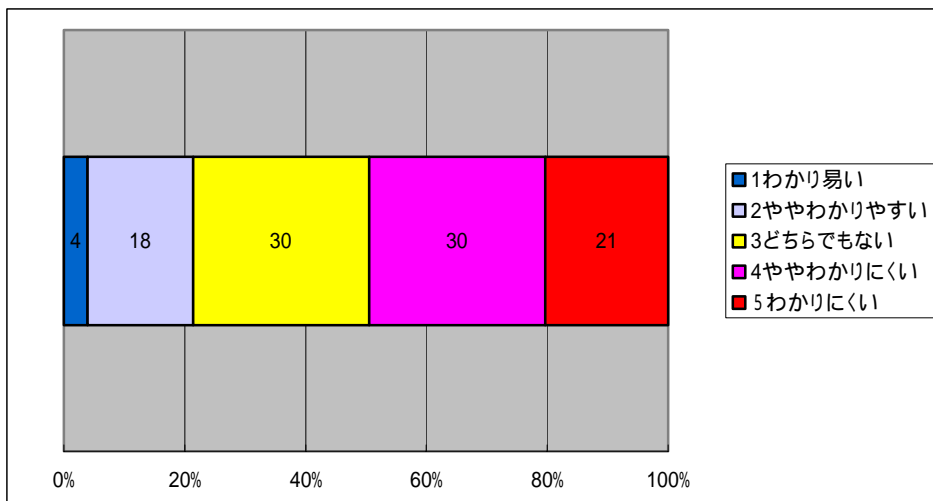
a. 視線位置は行き先の案内としてわかり易かったですか？

a - 1. 地上から見た視線



わかり易い(1 11名、2 42名、3 31名、4 20名、5 2名)わかりにくい

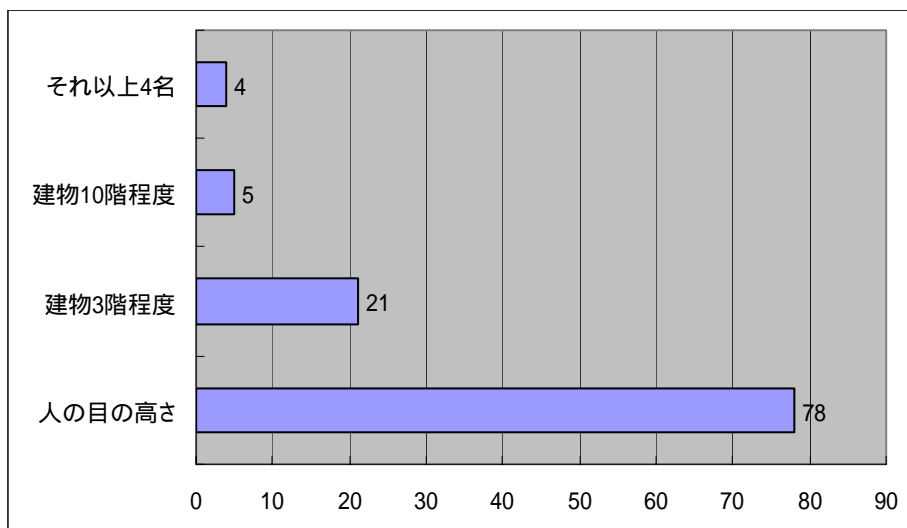
a - 2. 上空から見た視線



わかり易い(1 4名、2 18名、3 30名、4 30名、5 21名)わかりにくい

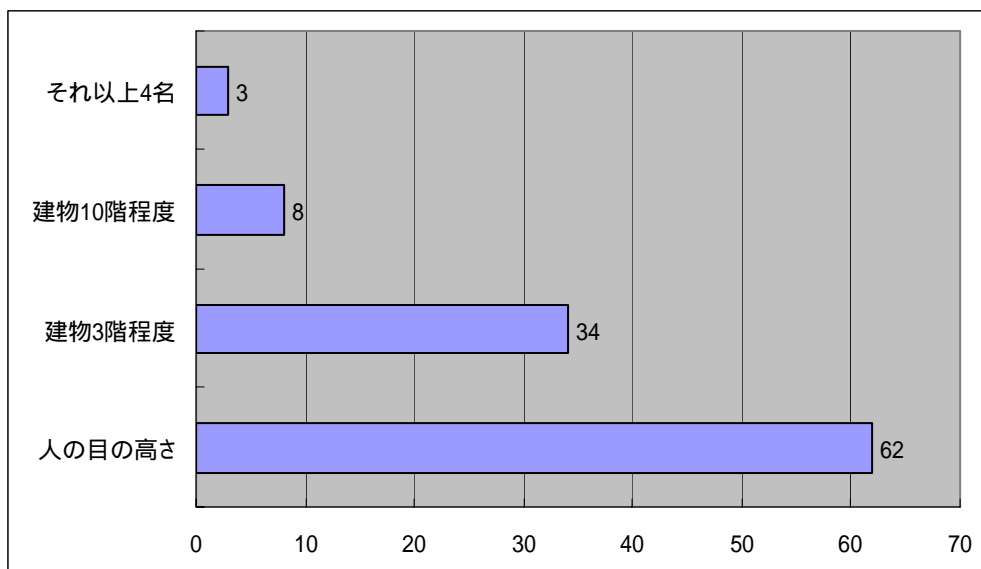
b. 視線の高さはどのくらいがよいですか？

b - 1. 自分の位置を知るとき



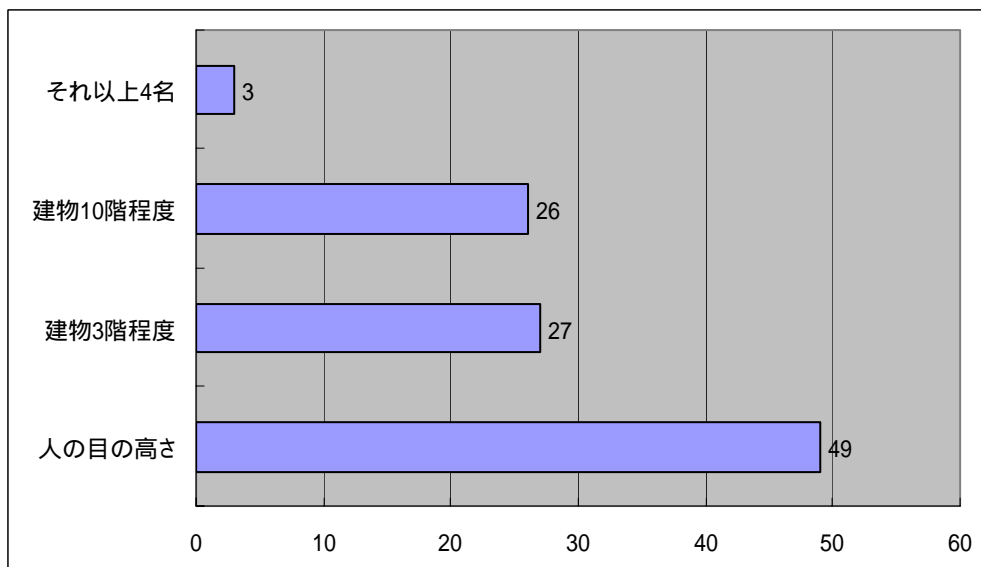
(人の目の高さ 78名、建物 3 階程度 21名、建物 10 階程度 5名、それ以上 4名)

b - 2. 行き先の方向を探るとき



(人の目の高さ 62 名、建物 3 階程度 34 名、建物 10 階程度 8 名、それ以上 3 名)

b - 3. 周辺の建物や道路をみたいとき



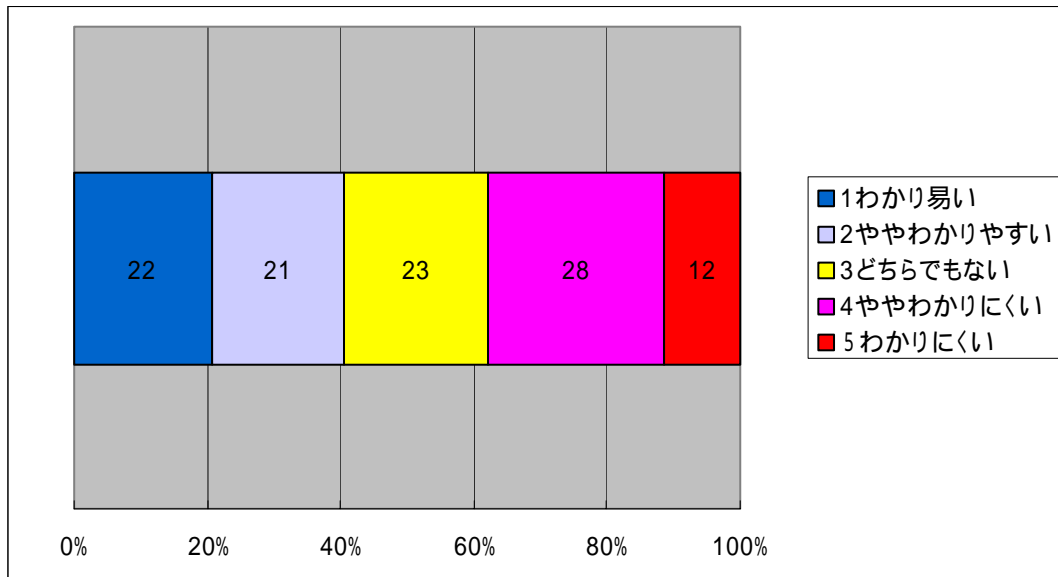
(人の目の高さ 49 名、建物 3 階程度 27 名、建物 10 階程度 26 名、それ以上 3 名)

< 考察 >

3次元地図の表示視点位置については、上空からみた視線にくらべ、地上から見た視線の方がわかりやすいという結果を得た。

(イ) 周辺を見回す操作について

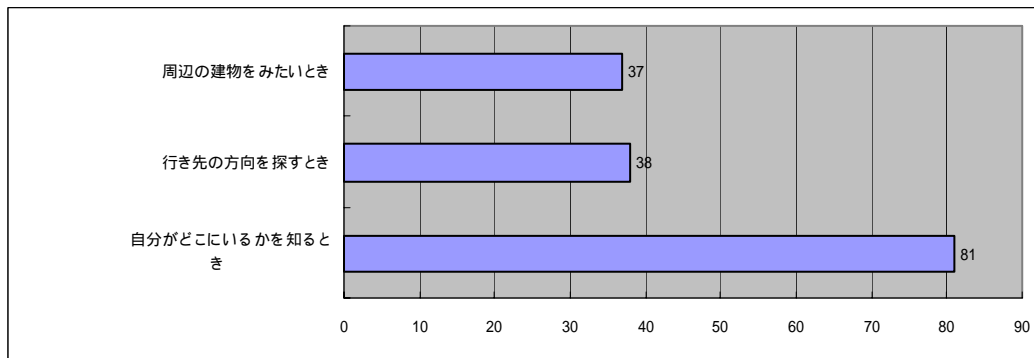
a. 左右を見る操作はわかり易かったですか？



わかり易い(1 22名、2 21名、3 23名、4 28名、5 12名)わかりにくい

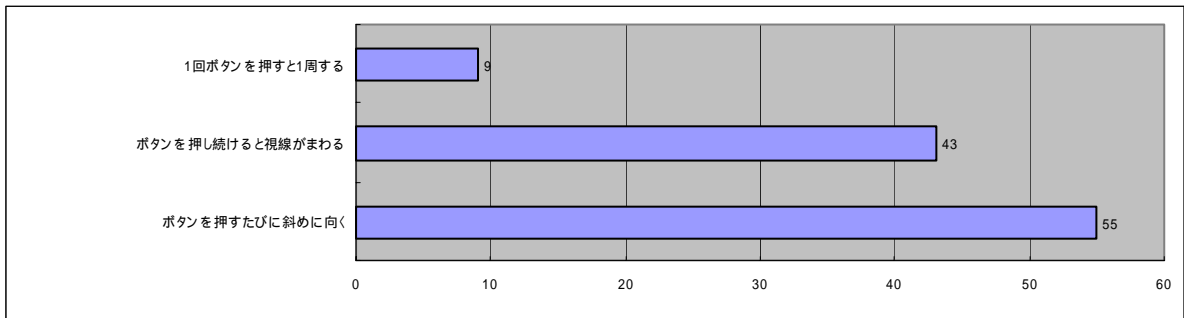
b. どのようなときに周辺を見ることができるとよいですか？

(番号に をしてください。複数回答可)



自分がどこにいるかを知るとき 81名  
 行き先の方向を探るとき 38名  
 周辺の建物をみたいとき 37名

c. 周辺を見回す場合、どのような操作で見るとよいですか？  
 ( 番号に をしてください。複数回答可 )



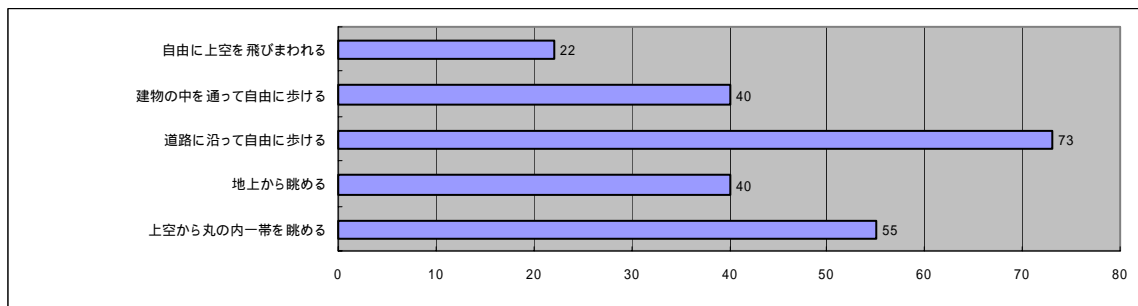
ボタンを押すたびに斜めに向く	55 名
ボタンを押し続けると視線がまわる	43 名
1 回ボタンを押すと 1 周する	9 名

< 考察 >

3 次元地図特有の周辺を見回すことができる機能については、自分の位置を確認するために必要であるという意見が約 8 割の被験者からあった。

(ウ) 3 次元都市地図の表示方法について

a. 3 次元都市地図は、どのように表示したいですか？  
 ( 番号に をしてください。複数回答可 )



上空から丸の内一帯を眺める	55 名
地上から眺める	40 名
道路に沿って自由に歩ける	73 名
建物の中を歩いて自由に歩ける	40 名
自由に上空を飛びまわれる	22 名

< 考察 >

3次元地図の表示要求として、道路に沿ったウォークスルーの要求が被験者の約7割からあった。パードビューや周辺を見回すといった表示や、屋内表示についても5割～4割の被験者が表示したいと回答した。

(2) 移動しながら、随時3次元空間データを端末へダウンロードして表示する実証実験

ダウンロードに時間がかかるので、道路とルート上の曲がる交差点にある建物だけを表示した。



図 4.2-9 表示画面例

ア 地図のわかり易さについてうかがいます。

a. 画面の中の風景から現在位置がわかりましたか？

わかり易い(1 0、2 5名、3 8名、4 29名、5 65名)わかりにくい

b. 進む方向がわかりましたか？

わかり易い(1 0名、2 16名、3 19名、4 35名、5 30名)わかりにくい

c. 進む方向は何によってわかりましたか？ (番号に をしてください。複数回答可)

進む方向の矢印( 形)を見て	87 名
まわりの建物と画面を見比べて	28 名
周辺を見回して	13 名
視線の高さを上下して	3 名
道路のデータを見て	15 名
曲がり角にある建物を見て	33 名



< 考察 >

道路と、曲がり角の建物といった極端にデータを削減した表示では、現在位置の把握や進行ルートの把握が難しいことがわかった。また、矢印の表示はナビゲーションに有効であることが確認できた。

d. わかり易い3次元地図の表示にはどのような内容が必要ですか？

( 番号に をしてください。複数回答可 )

d - 1. 建物

有名な目立つ建物	67名
曲がりたい交差点にある建物	77名
目の前の建物	48名
次の交差点辺りまでにある建物	40名
道の向かい側の建物	29名
建物のテクスチャ(建物面の写真)	29名

d - 2. 道路

周辺一帯の道路	25名
行き先までの道順の道路	64名
次の交差点までの道路	32名

d - 3. その他にどのようなものが表示されているとわかり易いですか？

建物やテナントの名称	26名
交差点名	14名
看板	13名
文字による説明	7名
目印	6名
2次元地図	6名

その他(回答3名以下)

ルート全体像、標識、建物写真、ポスト、地下街出口、ルートを線や地面へペイントで表示、遠方の目標、公共施設、駅の方向、広範囲の景観、バス停

< 考察 >

ナビゲーションに必要な要素として、ランドマークとなるような建物と、交差点付近の建物が必須であることがわかった。また、道路については、目的地までのルートに沿った道路を表示してあればよいことがわかった。マンナビにおいては、建物やテナントの名称、看板、交差点名を目印にすると回答した被験者が多かった。

イ 地図表示速度についてうかがいます。

a. 最初に 3 次元都市地図が表示されるまでの時間はどの程度まで許容できますか？

0 ~ 5 秒以内	55 名
5 ~ 10 秒以内	30 名
10 ~ 15 秒以内	3 名
15 ~ 20 秒以内	5 名
20 秒以上	5 名

b. 操作の途中で 3 次元都市地図を追加して表示する時間はどの程度まで許容できますか？

0 ~ 5 秒以内	75 名
5 ~ 10 秒以内	26 名
10 ~ 15 秒以内	2 名
15 ~ 20 秒以内	2 名
20 秒以上	5 名

c. 地図を最初に時間をかけて読み込んだ後、本日歩いた範囲の 3 次元都市地図を途中で読み込みをせずに表示できるとしたら、最初に何秒まで待つことができますか？

0 ~ 5 秒以内	38 名
5 ~ 10 秒以内	26 名
10 ~ 15 秒以内	8 名
15 ~ 20 秒以内	12 名
20 秒以上	18 名

< 考察 >

利用者の立場で考えると、広範囲のデータのダウンロードであっても、ウォークスルーに伴う狭い範囲のデータのダウンロードであっても、半数以上の被験者が 10 秒以内の表示を要求している。

( 3 ) 3次元都市地図一般について。

ア 3次元都市地図を使ってみてよかった点を教えてください。

( 番号に をしてください。複数回答可 )

周囲の景観と同じ表示ができる	49名
見る方向を自由に变化できる	42名
曲がり先の3次元表示	21名
その他(ビルの外観がわかりやすかった)	

< 考察 >

3次元地図を利用して、約半数の被験者が、周囲の景観と比較できる点を評価した。

イ 自由意見

自分の位置は自動取得(GPS利用との回答も含む)	19名
リアルな3次元地図が必要	18名
レスポンスの向上が必要	7名
知らない土地で使えそう	7名
属性情報	5名
ダウンロード時間の短縮が必要	4名
その他3名以下回答	

向きの検知が必要、狭い範囲の地図で使えそう、ショッピング案内によい、オフィス街は似たビルが多くて不向き、コンビニやトイレの情報必要、駅や地下のナビに使えそう、防災パトロールに使えそう、音声案内がほしい、女性にはわかりやすい、MY地図登録したい、遠隔地の状況を事前に見るのに使える、メール添付で送りたい、2次元地図と併用がよい。

(単純で便利、わかり易い、わからなかったといった感想は除外した。)

< 考察 >

地図のリアルさが大事であることと、自己位置の自動取得が必要であるという意見が多かった。

空間データ伝送技術実証実験において、3次元地図(3次元空間データ)がナビゲーション用途において必要とされていることがわかった。3次元地図のわかり易さが有効であることがわかった。また、交差点付近の3次元地図がナビゲーションに必要であることがわかった。一方で、3次元地図の品質や表示レスポンスへの要求が厳しいことがわかった。次世代GISの実用化に向けた情報通信技術の研究開発においても、高精度の3次元地図を高レスポンスで表示できるように、研究を続ける。

## 4 結論

メディア複合技術に関する今回の実証実験では、携帯電話を積極的に使う年代の対象者を中心に被験者募集し、アンケート収集を行った。15年度の研究テーマであった「キャプション自動挿入」は概ね好評であり、景観の進行に合わせた挿入タイミングなどの微調整事項の意見はあったものの、総じて十分実用レベルにあるという感触を得ることができた。また16年度の研究開発項目である「クリックابلオブジェクト自動挿入」は、クリックابلオブジェクトの必要性が確認できた。表現方法のあり方に関しては課題と検討要素がわかった。これらの課題については、被験者から数多くの解決案を収集することができたため、これらの意見が今後、クリックابلオブジェクトの望ましい表現方法を探る上でよい参考になるものと思われる。

空間データ伝送技術実証実験においては、実際に3次元空間データをモバイル端末でレンダリングしてさまざまな視点方向から表示することにより、ナビゲーションにおける3次元空間データの有効性について評価した。ナビゲーションにおいては、3次元空間データを地上から見た視野の表現と、上空からみた視野の表現がわかり易いことがわかった。さらに、被験者の意見から、交差点付近の3次元空間データが重要であることがわかった。利用者の3次元空間データの表示に関する要求に対応しつつ、モバイル端末やモバイル回線といった制約のもとでも、3次元空間データの表示ができるように、研究開発を進める。

## 第五章 結論

		H16年度目標	研究開発内容	平成16年度成果
3次元GISデータの圧縮技術 (パスコ)		レーザ測量システム 取得空間データ 1/5圧縮 圧縮時間30分	レーザ測量データの 圧縮フォーマットの最適化。 画像取得データの特徴圧縮 処理。	レーザ測量データを7%に 圧縮。 画像取得データ(バンクロー)を 1/20に圧縮。 圧縮時間30分以内。
各種のモバイル 端末に適応できる 空間データ 適応管理技術	空間データ管理技術 (三菱電機)	40%のデータ量を削 減して抽出	携帯端末の画面サイズ に対応した地物の選択 的抽出によるデータ削 減手法の開発。	40%削減を達成。
	メディア複合技術 (NTTドコモ)	クリックブル オブジェクトの 自動挿入	クリックブルオブジェク トの自動レイアウト方式を 研究。	クリックブルオブジェク トの自動レイアウト方式を 研究。
モバイル端末向け の空間データの 配信技術	空間データ伝送技術 (三菱電機、 NTTドコモ)	伝送路の違いに対応	伝送路に応じて、 段階的にデータを伝送。	伝送路に応じたデータ量 で伝送が可能。
	配信データ圧縮技術 (三菱電機)	テクスチャデータを 1/100程度に圧縮	テクスチャデータの特徴 を抽出して、コード変換 するための画像処理技 術を研究。	テクスチャデータを1/100 に圧縮。
		観光案内を想定とした マンナビゲーション の実証実験	歩行者ナビゲーションの 実証実験を実施	研究開発した技術の 有用性を確認。

図1 平成16年度成果

図1に平成16年度成果を示す。平成16年度は、平成15年度の基本的な研究開発を進展させて、研究開発の拡充と性能向上を目指した。3次元GISデータの圧縮技術では、レーザ測量データをリアルタイムに伝送するために、圧縮フォーマットを見直して7%に圧縮した。また、画像取得データも1/20に圧縮した。データ管理技術は、携帯端末の画面サイズに対応したデータ選択を行うことにより、40%のデータ削減をおこなった。メディア複合技術では、地物へクリックブルオブジェクトを用いて関連情報を付加した。クリックブルオブジェクトは3次元的な位置関係を考慮して、自動的にレイアウトされる。空間データ伝送技術では、レイヤ毎にデータを分割して伝送することで、伝送路に応じて伝送単位や量を変更する伝送を可能にした。配信データ圧縮技術においては、テクスチャの解析手法を向上させることにより、1/100にテクスチャデータを圧縮することを可能にした。また、実証実験を実施し、メディア複合技術における音声キャプションやクリックブルオブジェクトの機能と、空間データ伝送技術による3次元空間データの携帯電話表示について被験者評価を行った。

平成16年度は、各項目について、研究開発を推進し、それぞれの技術における課題を明確化できた。平成17年度は、研究開発内容を統合して、モバイル端末へのスムーズな3次元空間データ

の伝送を実現するために、それぞれの技術を組み合わせる。課題を解決し、3次元空間データをモバイル端末で利用できるようにするための基本技術を完成させる予定である。

# 参考文献

## 第一章 2.3 技術動向

- [1] 石田 亨:デジタルシティの現状情報処理学会誌, Vol.41, No.2, pp.163-168, 2000
- [2] 総務省:情報通信白書平成 16 年度版, 2004
- [3] インプレス:ケータイ白書 2005, 2005

## 第三章 1.1 航空機レーザ測量システム取得空間データの圧縮

- [1] 社団法人日本測量協会:空間情報技術の実際、2002
- [2] 橋 菊生、洲浜 智幸、上杉 晃平、久保 孝嘉、加藤 三卓:GPS/IMU 直接座標参照システムの精度検証、写真測量学会 平成 13 年度春季学術講演会発表論文集、東京、pp211-216、2001
- [3] 藤岡 展价:空中レーザー・マッピングとデジタル・カメラ技術の現状とその応用、深田研ライブラリーNo.59、pp.5～7、2002.
- [4] 笹川 正、橋 菊生:空中直接定位システム(GPS/IMU)の現状と課題、日本測量調査技術協会論文、No.82-14、pp.92-97、2002.
- [5] 宇宙開発事業団 衛星ミッション推進センター:WINS(超高速インターネット衛星)の概要 参考資料 2 第 3 版、2003.
- [6] 航空レーザ測量 WG:図解 航空レーザ測量ハンドブック、財団法人日本測量調査技術協会、2004
- [7] M.ネルソン:データ圧縮ハンドブック トップラン、1994
- [8] 岡野原 大輔:単語抽出法による次世代データ圧縮法の開発、平成 14 年度、未踏 Youth プロジェクト

## 第三章 1.2 航空機画像センサ取得空間データの圧縮

- [1] 総務局 総合防災部:東京都地域防災計画 震災編[別冊資料], 資料第 48 pp.138～139, 2003 修正
- [2] Canny, J. F., A computational approach to edge detection, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, pp. 679-698, 1986.
- [3] Fisher, B., Perkins, S., Walker, A., and Wolfart, E., Hypermedia Image Processing Reference, <http://www.cee.hw.ac.uk/hipr/>, Department of Artificial Intelligence, University of Edinburgh, UK, 1994.
- [4] Richard, D., Hansen, H. H., and Wozniowski, M., Linear Feature Extraction and Description, [http://www.cs.mcgill.ca/mwozni/graphics\\_proj/](http://www.cs.mcgill.ca/mwozni/graphics_proj/), School of Computer Science, McGill University, Canada, 2000.
- [5] Nevatia, R., and Babu, K., Linear Feature Extraction and Description, Computer Graphics and Image Processing, Vol. 13, pp. 257-269, 1980.

- [6] Heath, M., Sarkar, S., Sanocki, T., and Bowyer, K., Comparison of edge detectors: a methodology and initial study, *Computer Vision and Pattern Recognition '96*, San Francisco, June 1996.
- [7] Sobel, I. E., *Camera Models and Machine Perception*, PhD thesis, Stanford, Memo AIM-121, May 1970.
- [8] Nalwa, V. S., and Binford, T. O., On detecting edges, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-8, pp. 699-714, Nov. 1986.
- [9] Sarkar, S., and Boyer, K. L., Optimal infinite impulse response zero crossing based edge detectors, *Computer Visions, Graphics, and Image Processing: Image Understanding*, Vol. 54, pp. 224-243, Sept. 1991.
- [10] Dhond, U. R., and Aggarwal, J. K., Stereo matching in the presence of narrow occluding objects using dynamic disparity search, *IEEE Trans. On PAMI*, 17(7): 719-724, 1995.
- [11] O'Neill, M. A., and Denos, M. I., Practical approach to the stereo matching of urban imagery, *Image and Vision Computing*, 10(2): 89-98, 1992.
- [12] Hannah, M.J., A system for digital stereo image matching, *PE&RS*, 55(12), 1765-1770, 1989.
- [13] Ackermann, F., Digital image correlation- performance and potential application in photogrammetry, *Photogrammetric Record*, 11(64), 429-439, 1984.
- [14] Gruen, A., Adaptive least squares correlation: A powerful image matching technique, *South African J. Photogr., Remote Sens. & Cartogr.*, Vol. 14, pp. 175-187, 1985.
- [15] Rosenholm, D., Multipoint Matching along vertical lines in SPOT images, *International Journal of Remote Sensing*, 9: (10-11), 1687-1703, 1988.
- [16] Helava, U.V., Object-Space Least-Squares Correlation. *PE&RS*, 6(1), June 1988.
- [17] Wrobel, BP., Least-squares methods for surface reconstruction from images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 46(2), 67-84, 1991.
- [18] Gruen, A., Agouris, P., Linear extraction by Least Squares template Matching Constrained By Internal Forces, *Proceedings of ISPRS Commission III Symposium on Spatial Information from Digital Photogrammetry and Computer Vision*, Vol. 30: 316-323, 1994.
- [19] Schenk, T., Greenfeld, JS., Experiments with edge-based stereo matching. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55: (12) 1771-1777, Dec 1989.
- [20] Roux, M. and McKeown, D. M., Feature matching for building extraction from multiple views, *Proc. CVPR*, 1994.
- [21] Schmid, C. and Zisserman, A., Automatic line matching across views. *Proc. CVPR*, pp. 666 671, 1997.
- [22] Baillard, C., Schmid, C., Zisserman, A. and Fitzgibbon, A., Automatic line matching and 3D reconstruction of buildings from multiple views. *ISPRS Conference on*



Automatic Extraction of GIS Objects from Digital Imagery, IAPRS Vol.32, Part 3-2W5, pp. 69-80, 1999.

- [23] Abbasi-Dezfooli, M., Freeman, T. G., Patch matching in stereo images based on shape, Proceedings of ISPRS Commission III Symposium on Spatial Information from Digital Photogrammetry and Computer Vision, Vol. 30, 1-7, September 1994.
- [24] Ohta, Y., and Kanade, T., Stereo by intra and inter-scanline search using dynamic programming, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 7(2): 139-154, 1985.
- [25] Bobick, A. F., Large occlusion stereo, International Journal of Computer Vision, 33 (3), 181-200, Sep. 1999.
- [26] Hung, Y.P., et al., Multipass hierarchical stereo matching for generation of digital terrain models from aerial images. Machine Vision and Applications 10: (5-6) 280-291 April 1998.
- [27] Norvelle, F.R., Alternatives to hierarchical techniques in stereo correlation. Proceedings of SPIE, Orlando, Florida, Vol. 44, 176-184, 1993.
- [28] Maas, H. G., Automatic DEM generation by multi-image feature based matching, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B3, Vienna, 1996.
- [29] Baillard, C., Dissard, O., A Stereo Matching Algorithm for Urban Digital Elevation Models, PE&RS, Vol. 66, No. 9, pp. 1119-1128, 2000.
- [30] Otto, G. P., and Chau, T. K. W., Region-growing algorithm for matching of terrain images, Image and Vision Computing, 7(2): 83-94, 1989. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B3, Vienna, 1996.
- [31] Otto, G. P., and Chau, T. K. W., Region-growing algorithm for matching of terrain images, Image and Vision Computing, 7(2): 83-94, 1989.

### **第三章 2.1 空間データ管理技術**

- [1] 藤井 杉山 “携帯端末向け案内地図生成システムの開発” 情報処理学会論文誌 Vol.41 ,No.9 , pp.2394-2403 , 2000 .
- [2] 茂呂 , 田中 , 歌川 , 重野 , 松下 , “ 携帯電話向け歩行者ナビゲーションシステムとそのデータ定義 ” , モバイルコンピューティングとワイヤレス通信 18-9 , pp.61-pp.67 , 2001 .

### **第三章 2.2 メディア複合技術**

- [1] 総務省, “次世代 GIS の実用化に向けた情報通信技術の研究開発” Mar.2004
- [2] 石村俊幸、吉田隆一、”3 次元市街地地図データベースにおけるユーザ・ビューとしての表現法”、情報処理学会九州支部火の国情報シンポジウム 2001
- [3] 小林剛・中山大輔・吉田隆一、”個人に応じた身障者用三次元案内図の提供”、情報処理学

会九州支部火の国情報シンポジウム 2004

- [4] 田中浩也、有川正俊、柴崎亮介、"ハイパーフォト空間視覚化による時空間的閲覧"、電子情報通信学会データ工学研究会 第 12 回データ工学ワークショップ(DEWS2002)

### 第三章 3.1.1 空間データスケラブル伝送技術

- [1]"ケータイ白書",インプレス,2005
- [2]斎藤 謙一,伊藤 由樹,大野 次彦:"モバイル端末向けベクター地図配信システムの検討" モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会 第 18 回 研究報告会,2001
- [3]総務省"平成 16 年度版情報通信白書"

### 第三章 3.1.2 空間データマルチキャスト伝送技術

- [1]. 総務省情報通信政策局宇宙通信調査室, iGIS 構築のための情報通信技術の研究開発報告書, i Mar, 2001.
- [2]. 文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」" 耐震研究の地震防災対策への反映" 平成 15 年度成果報告書(案)「3.3.12 震災時における避難行動の把握と大都市大震災時における避難行動モデルの構築」
- [3]. 中野区地域防災計画(平成 15 年修正) 別冊資料
- [4]. 豊橋技術科学大学地域防災リサーチコア 受託研究テーマ「災害規模に応じた公共避難拠点の収容力の検討」 著者:渡辺明彦, 細田智久
- [5]. 新宿区都市整備部 新宿区防災生活圏促進基礎調査報告書(1997 年 8 月)「1.調査目的等 1 - 2 防災都市づくりの基本的考え方」
- [6]. 中央防災会議 今後の地震対策のあり方に関する専門調査会(報告)(平成 14 年 7 月 1 日)「資料 2 - 2 避難活動関連施設」
- [7]. 中央防災会議 防災情報の共有化に関する専門調査会(平成 15 年 5 月 30 日)「資料 3 災害時の防災情報の受け手・目的・種類の体系的整理」
- [8]. 岐阜県 ITS センター「携帯電話を利用した災害時避難経路検索案内サービス」に有効な動態情報の収集及び分析等業務報告書(2004 年 3 月)
- [9]. 中央防災会議 防災情報の共有化に関する専門調査会(平成 15 年 4 月 25 日)「説明資料 行政と住民等における防災情報共有の課題等について」
- [10]. 鈴木偉元 他,"無線網における高信頼マルチキャストのハイブリッド誤り回復方式の性能解析,"情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 11, Nov.2004.

### 第三章 3.2 配信データ圧縮技術

- [ 1 ] 前原 秀明、臼井 澄夫、鎌田 一雄 : " 歩行者ナビゲーションを目的とした 3 次元地図表示の視認性改善 "、映像情報メディア学会論文誌、Vol. 56、No. 11、pp. 58-63、2002
- [ 2 ] 前原 秀明、脇本 浩司 : " 三次元地図を用いた歩行者ナビゲーション Mobile 3D Map の提案と考察 "、映像情報メディア学会画像情報システム研究会、Vol. 25、No. 85、pp. 53-58、2001
- [ 3 ] 古川久雄、宮崎陽司、神谷俊之、國枝和雄 : " 三次元都市空間基盤「地球ナビゲータ」の構成技術と応用 "、日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会、

CSVC2002-18、 2002

- [ 4] T. Yoshida, Y. Karasuya and Y. Okazaki: "Three-Dimensional Object Modeling in a Three-Dimensional Urban Map", The International Workshop on Urban Multi-Media/3D Mapping (UM3 '98), Tokyo, Japan, pp. 55-62, 1998

## 付録1 次世代GISの実用化に向けた情報通信技術の研究開発委員会

### 設置要項

(目的)

第1条 総務省の平成16年度「次世代GISの実用化に向けた情報通信技術の研究開発」において、次世代GISを構築するために必要となる基盤技術の研究を行うことを目的とする。

(名称)

第2条 本委員会は「次世代GISの実用化に向けた情報通信技術の研究開発委員会」(以下、「委員会」という。)と称する。

(研究事項)

第3条 委員会は、第1条の目的を達成するため、三菱電機株式会社、株式会社NTTドコモ及び株式会社パスコから構成される研究開発グループが実施する次の技術の研究開発について検討し、その結果を取りまとめる。

- (1) 3次元GISデータ圧縮技術
- (2) 各種のモバイル端末に適応できる空間データ適応管理技術
- (3) モバイル端末向けの空間データの配信技術

(設置期間)

第4条 委員会の設置期間は、平成17年3月31日までとする。

(構成及び運営)

第5条 委員会の構成及び運営は、次のとおりとする。

- (1) 委員会の構成は別紙のとおりとする。
- (2) 委員会には座長を置くこととし、構成員の互選により定める。
- (3) 座長は、委員会を招集し、主宰する。
- (4) 座長は、構成員以外の者を招聘することができる。
- (5) その他、委員会の運営方法は、座長が定めるところによる。

(事務局)

第6条 事務局は、三菱電機株式会社が行う。

## 開催日および委員会名簿

### 1. 研究開発委員会開催日

- 第1回 平成16年6月9日  
第2回 平成16年12月13日  
第3回 平成17年3月17日

### 2. 研究開発委員会名簿（敬称略）

#### 座長

伊理 正夫 東京大学 名誉教授

#### 委員

碓井 照子 奈良大学文学部地理学科 教授

大澤 裕 埼玉大学工学部情報システム工学科 教授

柴崎 亮介 東京大学空間情報科学研究センター 教授

福井 弘道 慶応大学総合政策学部 教授

森川 博之 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 助教授

#### オブザーバ

森下 浩行 総務省情報通信政策局宇宙通信政策課 課長

熊谷 誠 総務省情報通信政策局宇宙通信調査室 課長補佐

森下 博之 国土交通省大臣官房技術調査課 技術開発官

## 付録 2 学会発表および特許出願

### 特許出願

- [1] 3次元モデル情報生成装置、インデックス生成装置、検索装置、配信装置、並びに情報配信システム,2004年2月24日出願
- [2] 景観表示装置,2004年3月1日出願
- [3] レーザ計測方法,2004年3月18日出願
- [4] 航空レーザ測量における閲覧用レーザデータ生成方法,2004年12月17日出願
- [5] 3次元地図配信用データベース構築装置および3次元地図配信サーバ,2005年1月28日出願
- [6] 画像送受信システム、画像送受信方法、並びに画像送信手順と画像受信表示手順を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体、2005年2月4日出願
- [7] 情報生成装置、検索装置、配信装置、ならびに情報配信システム、2005年2月24日出願
- [8] 略地図生成装置、2005年2月24日出願

### 学会発表

- [1] 前原秀明、菅沼優子、久永聡、脇本浩司、田中聡：“3次元都市地図の携帯情報端末向け配信を目的としたデータ削減のための基礎的評価”、日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会、CSV2004-33、2004
- [2] 久永聡、菅沼優子、前原秀明、脇本浩司、田中聡：“表示性能の低い端末向けの3次元空間データ伝送表示方式”、情報処理学会第66回全国大会、2E-2、2004
- [3] 中村孝久、市瀬耕志郎、鈴木偉元、早川暁：“携帯電話における3次元GISナビゲーション方式の検討”、電子情報通信学会、A-17-22、2004.
- [4] 笹川正、浅沼俊一：“航空機レーザスキャナ取得データの圧縮方式の研究”、日本写真測量学会、2004
- [5] 笹川正、浅沼俊一：“Research on compression system for airborne laser scanner data”,Map Asia,2004
- [6] 菅沼優子、久永聡、前原秀明、脇本浩司、田中聡：“表示上の重要度に基づくウォークスルーのための都市景観再現手法”、電子情報通信学会総合大会、D-11-129、2004.
- [7] 前原秀明、菅沼優子、久永聡、脇本浩司、田中聡：“3次元都市地図の携帯情報端末向け配信を目的としたデータ削減のための建造物画像の構造化手法”、日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会、CSV2005-6、2005
- [8] 久永聡、菅沼優子、前原秀明、脇本浩司、田中聡：“Evacuation Route Guidance via Mobile Phones based on Three-dimensional Geographical Information Delivery”,HCII2005
- [9] 中村孝久、加瀬邦雄、鈴木偉元、早川暁：“3次元景観ナビゲーションへのマーク挿入方式の検討”、電子情報通信学会、A-17-2、2005.
- [10] 笹川正、浅沼俊一：“航空機レーザスキャナ取得データの圧縮・伝送方法の研究”、第27回測技協技術発表会、2005

### その他の発表

- [1] 田中聡：“次世代GISの実用化に向けた情報通信技術の研究開発”GISフォーラム、2005
- [2] 久永聡、“3次元GISへの取り組み”埼玉県GIS普及推進研究会、2004

### 付録3 用語の説明

- **3次元モデル**  
オブジェクトの立体的な表現。コンピュータグラフィックスを用いると、3次元モデルを視覚的に表現できる。
- **3次元空間**  
コンピュータグラフィックスを用いて、3次元モデルを表現する空間。
- **ウォークスルー**  
コンピュータグラフィックスで都市の3次元モデルを表示し、道路上を歩くように視点を移動させること。
- **インデックス**  
索引のこと。インデックスを利用すると、膨大なデータの中から目的とするデータを高速に検索することができる。
- **メッシュ**  
2次元の領域を格子状に分割したときの各領域のこと。
- **IMT2000**  
International Mobile Telecommunication 2000。国際電気通信連合が標準化を進めている携帯電話の通信方式。
- **ジオメトリファイル**  
空間データの形状を表現するための、例えば頂点座標といったジオメトリ(幾何)情報を蓄積した電子ファイル。
- **モバイルGIS**  
オフィスや家庭などデスクトップPCでの利用を前提としていた従来のGISから利用環境を拡大して、移動環境において活用できることを目指した、利用場所を選ばないGISのこと。
- **無線LAN(IEEE802.11b)**  
無線通信でデータの送受信をするLANのこと。「IEEE802.11b」規格は、2.4GHz帯の無線で約11Mbpsの通信を行う。
- **近似曲線**  
データの傾向を視覚的に表し、データの予測の問題を分析する場合に使用する曲線のこと。グラフの近似曲線を実測値よりも延長してパラメータ値を変えた場合の値を予測することができる
- **誤り回復**  
配信された情報の誤りを回復すること。無線網は有線網に比べて一般的に誤り率が高く、遅延のバラツキが大きいといった特性があり、モバイル端末に対するマルチキャストでは誤り耐性の向上は重要な課題の一つである。
- **BoxCox変換**  
分布が正規分布でないデータを正規分布に近いデータに変換する手法。この変換を行うことにより、正規分布を前提とした検定などが適用可能となる。

- **DPマッチング**

DP は Dynamic Programming (動的計画法) の略で最適解を求める手法の 1 つ。DP マッチングは、DP に基づいて 2 つのパターンの要素間の対応付けを行う手法。

- **HSV値**

H (Hue ; 色相) 、 S (Saturation ; 彩度) 、 V (Value ; 明度) によって任意の色を表現する体系を HSV 表示系と呼び、HSV 値はある色を  $H \cdot S \cdot V$  の 3 値で表現したもの。