

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 16 年 3 月

三菱電機株式会社、株式会社 NTT ドコモ、株式会社 パスコ

目 次

第一章 序論	1
1 研究開発の目的	1
2 モバイル3次元GISの動向	3
2.1 国の施策	3
2.2 標準化の動向	4
2.3 技術動向	6
第二章 研究開発計画	9
第三章 研究開発内容	13
1 3次元GISデータの圧縮技術	13
(1) 従来技術	13
1.1 航空機レーザ測量システム取得空間データの圧縮	16
(1) 研究開発内容	16
(2) まとめ	63
1.2 航空機画像センサ取得空間データの圧縮	65
(1) 研究開発内容	65
(2) まとめ	78
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	79
2.1 空間データ管理技術	79
2.1.1 空間データ最適化抽出技術	80
(1) 従来技術	80
(2) 研究開発内容	85
(3) まとめ	104
2.1.2 空間データ構造化抽出技術	105
(1) 従来技術	105
(2) 研究開発内容	105
(3) まとめ	115
2.2 メディア複合技術	116
(1) 従来技術	116
(2) 研究開発内容	117
(3) まとめ	152

3	モバイル端末向けの空間データの配信技術	153
3.1	空間データ伝送技術	153
3.1.1	空間データスケラブル伝送技術	153
	(1)パノラマ画像を用いたモバイル端末への空間データ伝送	153
	ア 従来技術	153
	イ 研究開発内容	153
	ウ まとめ	173
	(2)空間データ最適化抽出技術を用いたモバイル端末への空間データ 伝送	174
	ア 従来技術	174
	イ 研究開発内容	175
	ウ まとめ	188
3.1.2	空間データマルチキャスト伝送技術	189
	(1) 従来技術	189
	(2) 研究開発内容	189
	(3) まとめ	219
3.2	配信データ圧縮技術	220
	(1) 従来技術	220
	(2) 研究開発内容	221
	(3) まとめ	263
第四章 まとめ		265
参考文献		267
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		
付録2 用語の説明		

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

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

等が考えられる。このうち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も多くある。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、2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、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。

本研究開発の範囲を、モバイル環境の通信回線をもちいる、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、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とする。

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アクションプラン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-2003]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。

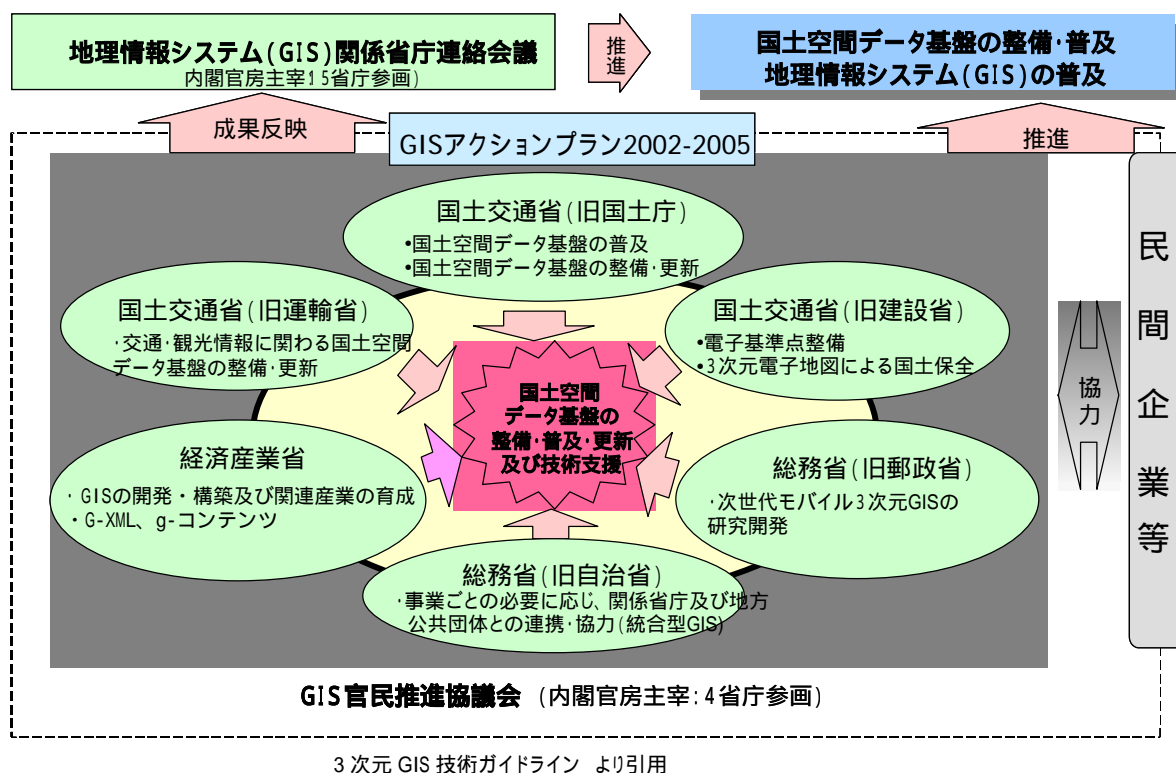


図 2.1-1 わが国の GIS への取り組み

2.2 標準化の動向

(1) 地理情報・データの標準化

ISO/TC211(地理情報/ジオマティックス)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、国際的な標準化作業を進めている。これに対応し、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。さらに、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」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関連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。

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。

(2) 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との間では仕様整合化の合意がされている。

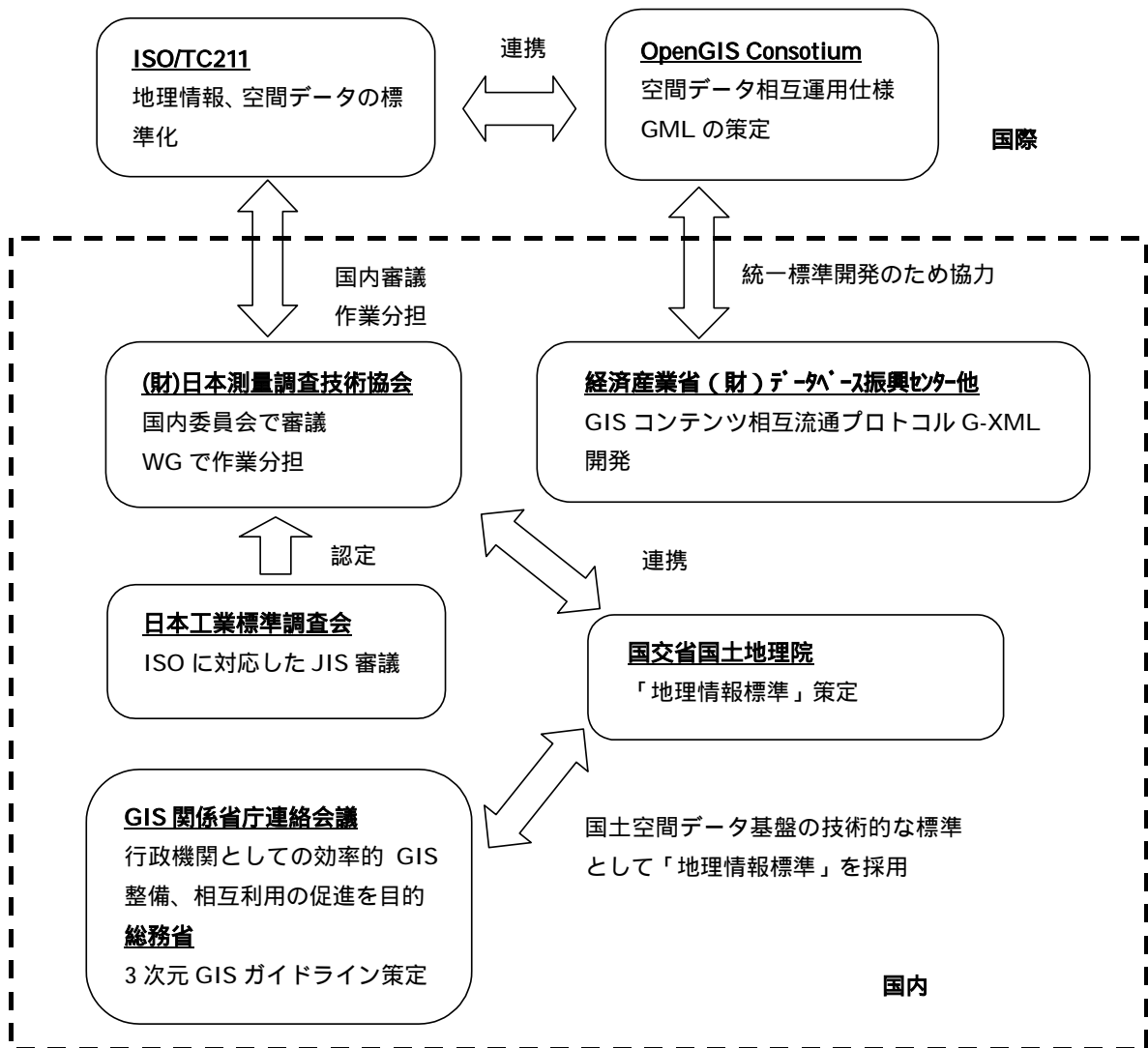


図 2.2-1 GIS 標準化相関図

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 への取り組みについて示す。

ア 中国

1995年に、国土資源部測繪局(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。

デジタルアモイなどの3次元地図構築も行われている。

図 2.3-1 に、デジタルアモイの3次元モデルの例を示す。

(<http://www.xminfoport.com/gis/>から引用)



図 2.3-1 デジタルアモイの3次元モデル例

イ フィンランド

民間通信会社を中心としたプロジェクトにより、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

ウ イギリス

ロンドン大学先端空間分析センター (CASA: The Centre for Advanced Spatial Analysis) において、GIS の研究がなされている。

図 2.3-3 に、ロンドンの 3 次元モデルの例を示す。

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



図 2.3-3 ロンドンの 3 次元モデル例

エ カナダ

空間データ基盤 (Canadian Geospatial Data Infrastructure: CGDI) の構築を推進している。

図 2.3-4 に、資源分布の 3 次元 GIS における表示の例を示す。

(http://www.nrcan.gc.ca/gsc/calgary/lithoprobe/gis/le_gis.htm から引用)

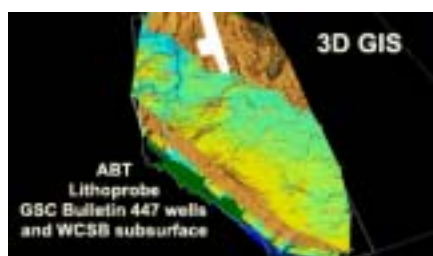


図 2.3-4 資源分布の 3 次元 GIS における表示例

オ アメリカ

(ア) 国の取り組み

1988 年に国立地理情報解析センター (NCGIA: National Center for Geographic Information and Analysis) が、1990 年には連邦空間データ委員会 (FGDC: Federal Geographic Data Committee) が設立され、1994 年に国土空間データ基盤 (NSDI: National Spatial Data Infrastructure) の整備が開始された。そして、1998 年にデジタルアース構想 (Digital Earth) が提唱された。2002 年には空間データワンストッププロジェクト (Geospatial One-Stop) 行政機関による空間データの流通促進が図られ、業務の効率化および市民サービスの向上を目指し、オルソ画像、標高、鉄道、道路、水系、行政界、地名、土地被覆などのデータを、公共基盤として整備、更新している。

(イ) 民間の取り組み

1994年に、220団体以上からなる非営利団体 OGC (Open GIS Consortium) により、地理情報処理技術の標準化が推進されている。

図 2.3-5 に、標高データの 3 次元表示の例を示す。

(<http://mac.usgs.gov/mac/isb/pubs/factsheets/fs10602.html> から引用)



図 2.3-4 標高データの 3 次元表示の例

(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。

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。

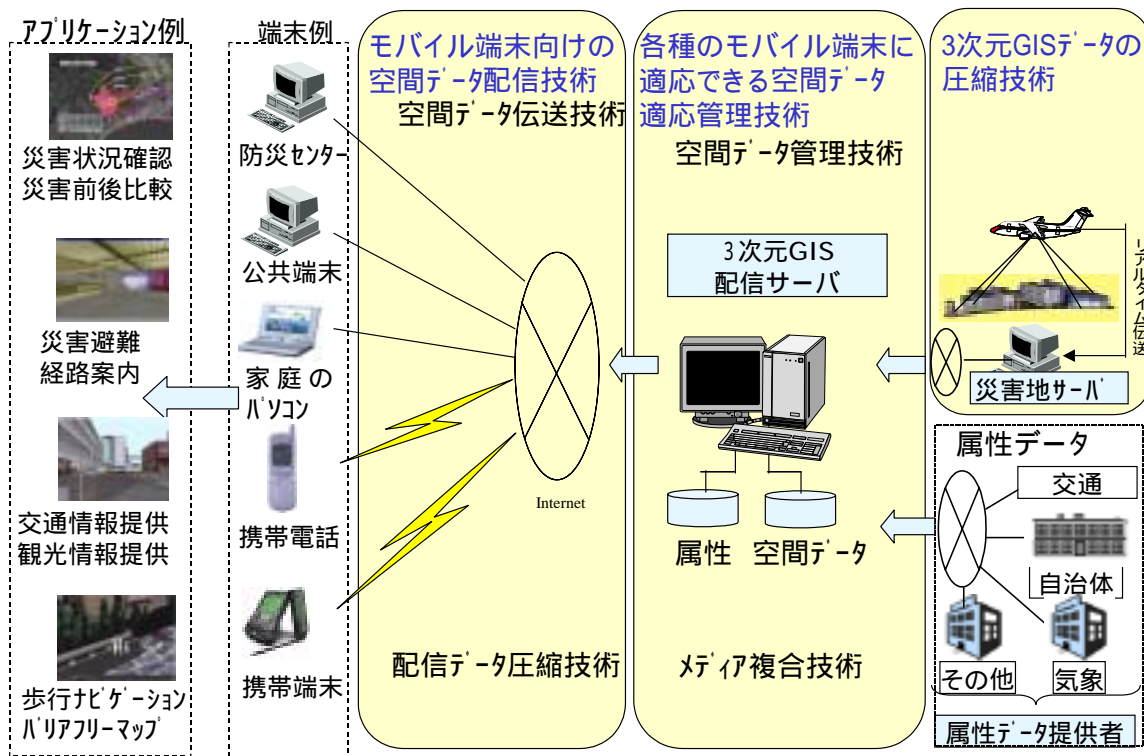


図1 研究開発の概要

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用できる空間データ適応管理技術は、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。一つは、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。もう一つは、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。一つは、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。もう一つは、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 (パスコ)		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 端末に適應できる 空間データ 適應管理技術	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)	クリックブル 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、パスコ)		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應できる空間データ適應管理技術のうち、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ブル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キストを対象とし、3次元表示における視認性を維持したまま、テキストのデータ容量を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15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。^[1]

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。^{[2][3]}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」を得るシステムである。

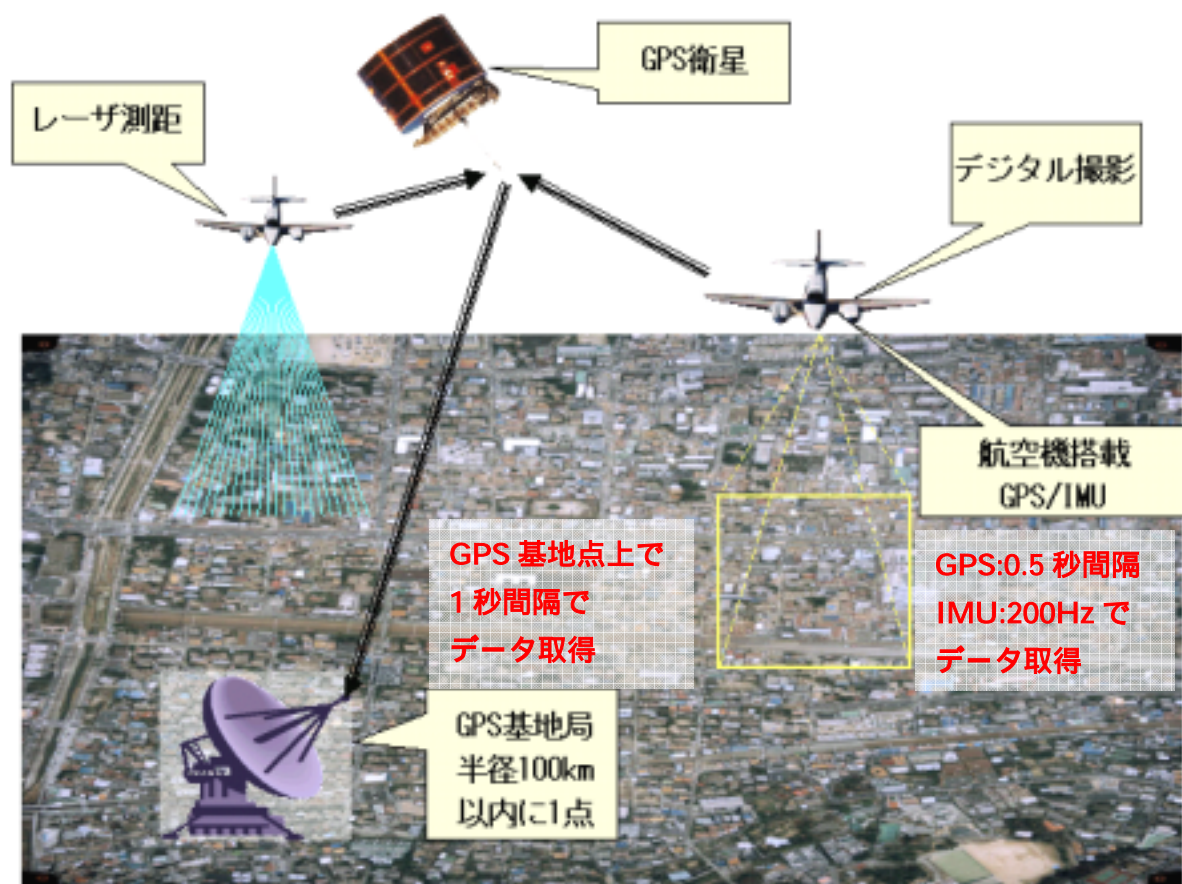


図 1-1 航空機レーザ測量システム

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。^[4]

作業終了後、航空機側が取得したレーザ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。こま

でが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(、、)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。

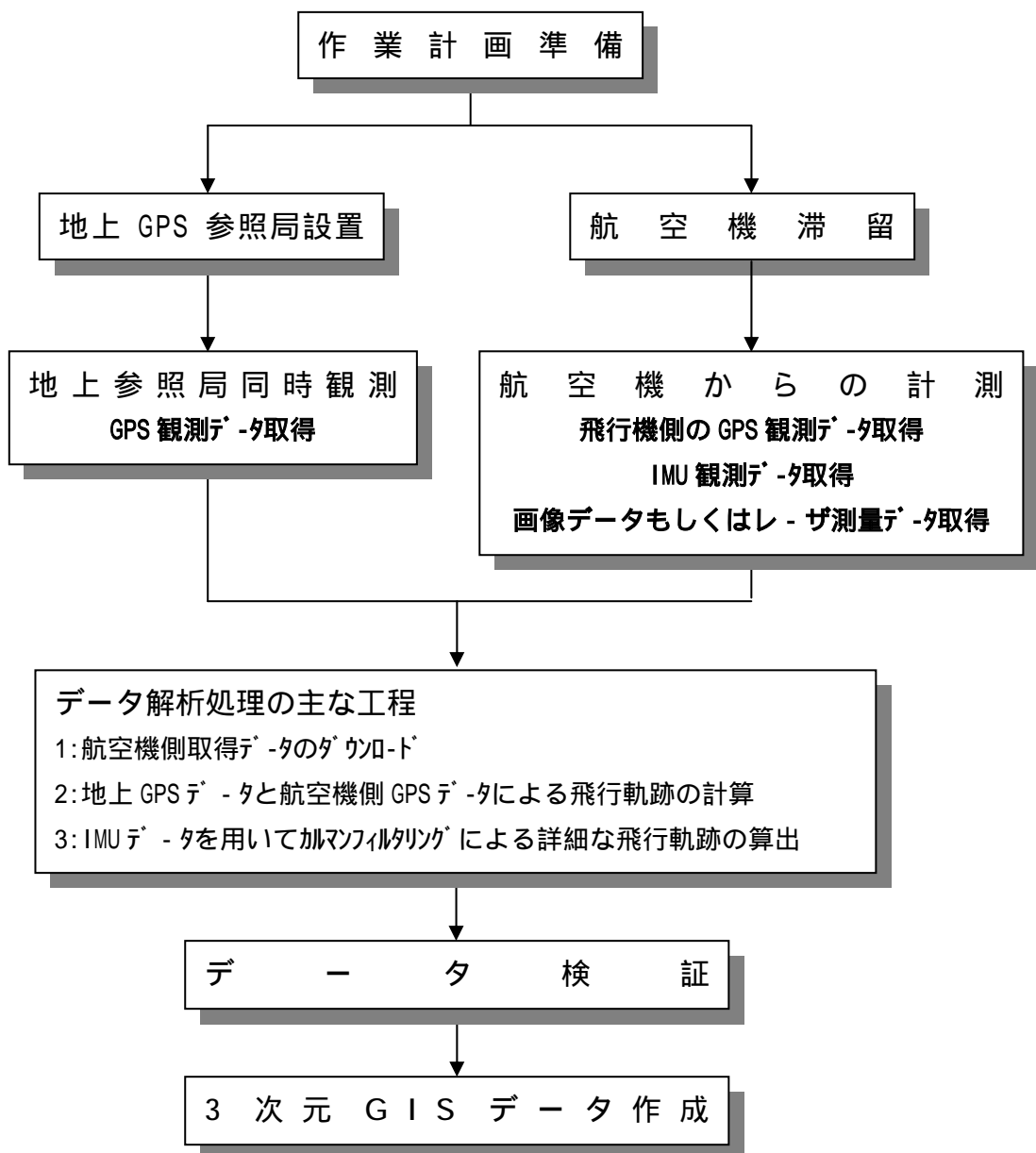


図1-2 レーザ測量作業フロー

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) 研究開発内容

本研究では、航空機のセンサから 3 次元データを取得し、航空機上で規定の容量にまで圧縮後、地上伝送を想定するが、まず「規定の容量」まで圧縮するための目標圧縮率を設定する必要がある。この「規定の容量」は伝送速度および伝送効率に依存しており、通信手段によって大きく変動する。

一般的に無線通信でアンテナを利用する場合、この指向性が伝送効率に影響を与える。

航空機から直接地上へ伝送を行う場合、高速で移動する航空機と地上受信局との間で指向性を確保しながら伝送することは難しい。

一方で、N-STAR 衛星等を利用することにより、航空機から地上に向けて、機上で撮影したデータのリアルタイムでの伝送実験を成功したという、旧総務省通信総合研究所（現独立行政法人通信総合研究所）からの報告がある。また、超高速インターネット衛星 WINDS の利用を想定したパイロット実験も行われている。^[5]

以上のように、リアルタイム伝送に関する実証実験の結果報告が挙げられており、航空機から地上への通信手段として衛星通信を選定した。

上述の「規定の容量」を設定するにあたり、伝送実験および、パイロット実験で報告されている最大伝送速度 6.0Mbps をベースとして、伝送効率を 50%と仮定する。すなわち、実質的な伝送速度を 3.0Mbps と選定した。この数値を利用して、後述の目標圧縮率を設定した。

ア 到達目標

航空機に搭載した計測器により計測し、地形、建物等の 3 次元データを取得する手法には、「1 3 次元データの圧縮技術」で記述したように、航空機レーザ測量システムによる取得と、航空機画像センサによる取得の 2 つの手法を提案する。航空機レーザ測量システムは、地上の高さ情報を直接取得し、3 次元 GIS データを構築する。航空機画像センサは、取得したパナクロマチック画像データから特徴点画像を求め、写真測量手法を用いて 3 次元 GIS を構築すると同時に、カラー画像データからテクスチャも取得する事で視認性の向上も行う。この 3 次元データを圧縮して地上伝送を可能とするためには、これらのデータ形式に対応した空間データの効率的な圧縮技術の開発が必要となる。

以下、この 2 つの手法について、圧縮率と処理時間の目標設定を行う。

(ア) 3ヵ年の最終目標

最終的な目標圧縮率と圧縮時間は以下ようになる。

A 航空機レーザ測量システム取得空間データの圧縮(パルスレート45kHzの場合)
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20%以下に圧縮する。

B 航空機画像センサ取得空間データの圧縮

航空機画像センサによって取得した3次元データ(以下、航空機画像センサ取得空間データ)を対象に、圧縮時間はリアルタイムとし、データ量については3次元GIS構築の為にパンクロマチック画像を4%以下に圧縮し、テクスチャデータ量を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、後述のケーススタディを行った結果、パンク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が80cmで定義した。

リアルタイム伝送では、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。

(イ)平成15年度の目標

A 航空機レーザ測量システム取得空間データの圧縮

サンプルデータを用いて、高層ビル街・住宅地域・緑地を含む100km²のデータで、
圧縮率:50%以下、圧縮時間:30分以内

B 航空機画像センサ取得空間データの圧縮

サンプルデータを用いて、特徴抽出及びマッチング手法において、特徴抽出手法を検討しサンプル画像に対する特徴抽出テストを行う。

選択した特徴抽出アルゴリズムの検証ソフトから抽出結果を分析し、従来の圧縮手法に比べ高い圧縮率を得る。

特徴抽出により圧縮したデータを伸張して3次元GISデータとして利用する為に必要となるマッチング手法の検討を行い、有効なマッチング手法の絞込みを実施する。

イ レーザ測量データ

平成 15 年度の目標に従い、レーザ測量データのファイルフォーマットの解析、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、まず初めにファイルフォーマットの解析を行った。データを圧縮するため、データの特徴に適応した圧縮方法を検討するが、まず、機上取得した、ファイルフォーマットを解明する必要がある。

次に、圧縮フォーマット変換について報告する。圧縮方法は 2 段階で構成されており、データ変換によるデータ量の削減と、更に符号化の技術を用いたデータ圧縮を行う。圧縮フォーマットが確定した後、圧縮フロー・復元フローを作成し実際にプログラムの作成を行った。

最後に、作成したプログラムを用いて幾つかのサンプルデータを対象とし、負荷テスト兼圧縮実験を行った。

(ア) レーザ測量データの特徴

レーザ測量データは、「レーザ発射時間」、「ミラー回転角度」と「レーザ往復時間」の 3 種類から構成される。「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。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。

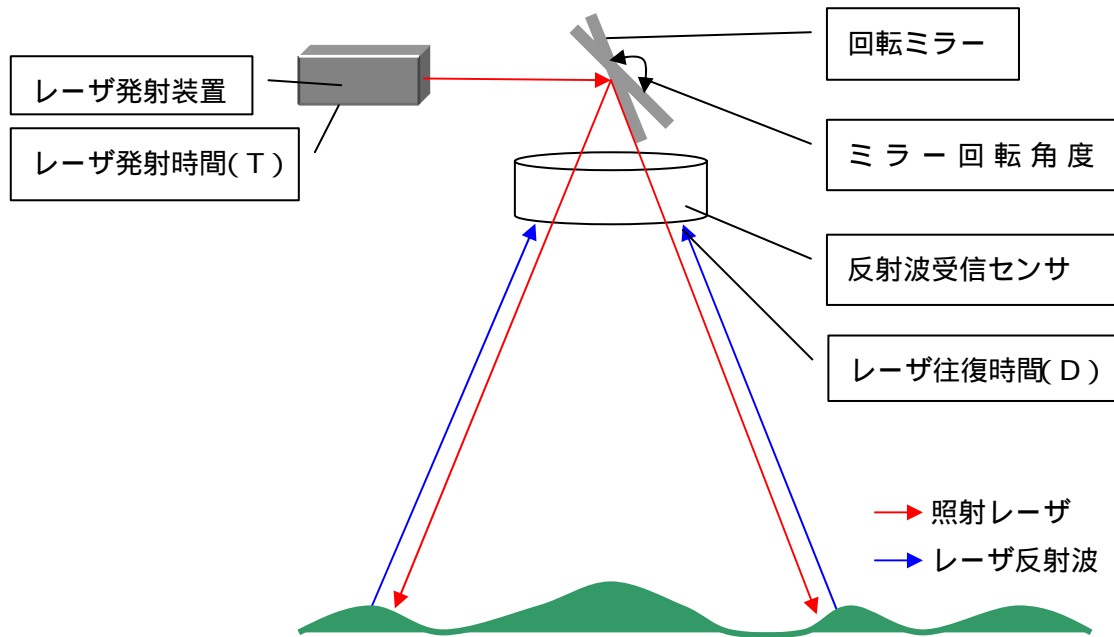


図 1.1-1 レーザ測量データの概念図

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距離データを取得することがある。^[6]

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、今回の都市部のような対象地域ではほとんどが 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。

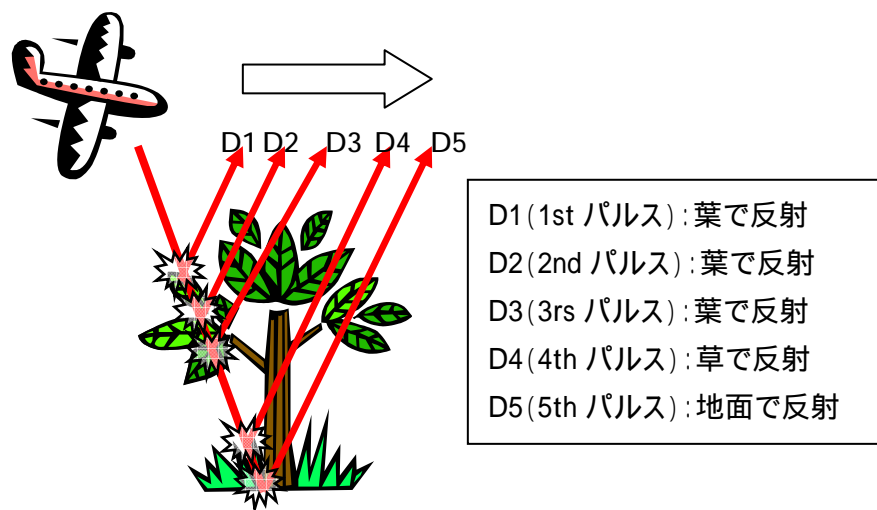


図 1.1-2 レーザパルスの反射特性

(イ) 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。圧縮フォーマットは、後述の各々のデータ特性に合わせて決定し、符号化については、一般的に利用されている符号化手法の中より共通方式をひとつ選定し活用した。

A 符号化手法の決定

一般的に、データ圧縮を行う場合、符号化という処理が用いられる。^[7] 符号化を利用した代表的な ZIP、LZH 等は、汎用的であるが、高い圧縮率を望むことができない。圧縮対象が限定され、高い圧縮が必要な場合、データ分析し、その特徴に合わせた符号化手法を利用することが望ましい。そこで、幾つかの符号化手法を比較して、今回の開発に最も適しているものを検討した。

現在符号化手法で主流なものとして LZ 法、BWT 法、PPM 法があり、これら 3 つの符号化手法の処理速度と圧縮率に関して比較したものを、表 1.1-1 に示す。^[8]

表 1.1-1. 符号化手法の比較結果

	処理速度	圧縮率
LZ 法	速い	低い
BWT 法	やや速い	やや高い
PPM 法	遅い	高い

本研究ではリアルタイム伝送を前提としている為、データ量を小さくすること、つまり処理速度よりも圧縮率を重視し PPM 法を採用した。

(ウ) 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分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。このバイナリデータを読み込み、「レーザ発射時間」、「ミラー回転角度」、「レーザ往復時間」の各データに変換し出力する専用ビューアを利用してデータフォーマット解析を行った。

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 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	4Byte(T1~T4)の時間データ
7、8	A1、2	角度データ	3Byte(A1~A3)の角度データ
9	00	VALID	-
10	A3	角度データ	3Byte(A1~A3)の角度データ
11	XX	区切り文字	パルスデータと時間・角度データの区切りコード
12	00	VALID	-
13~15	D1	1st パルスデータ	1~5 次パルスデータ(各 3Byte)
16	00	VALID	
17	D3	3rd パルスデータの 第 1Byte	
18~20	D2	2nd パルスデータ	
21、22	D4	4th パルスデータ	
23、24	D3	3rd パルスデータ	
25~27	D5	5th パルスデータ	
28	D4	4th パルスデータ	

(エ) 圧縮方式検討

ここでは、ファイルフォーマットの解析結果より、3 種類のデータ「レーザ発射時間」、「ミラー回転角度」、「レーザ往復時間」を別々に並び替え、各々のデータに対して特徴解析を行い、最適なデータフォーマットへの変換方法について検討する。解析手順としてはレーザ測量データから各種データを個別に抽出し、データの連続性とその特徴を解析し、圧縮方法を検討した。

A 時間(レーザ発射時間)データの解析とデータ変換方法の検討

時間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時間データだけを抽出し、データの解析を行った。解析結果を示す。

- ・ 図 1.1-3 から時間データの分布は、0 から 1 の間を周期的に繰り返すほぼ直線のデータ列であること、周期にはバラツキがあることが判明。
- ・ 直線データ部から大きく外れたデータ(エラーデータ)は、確認されなかった。

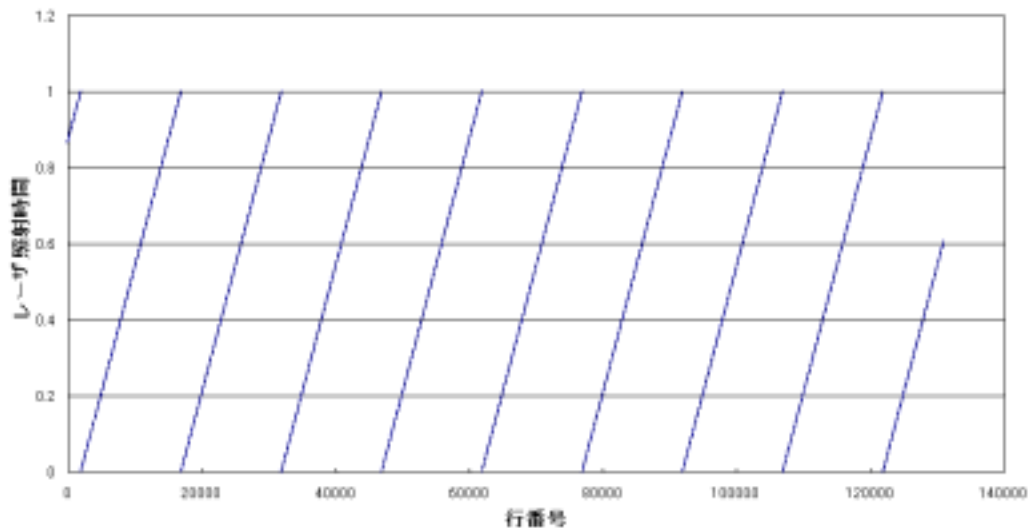


図 1.1-3 レーザ照射時間データの分布図

(A) 圧縮フォーマット案 1(近似差分方式)

方針

直線分布部分について、始点と終点を結んだ 1 次式を求め近似直線とする。近似直線上の時間データと基準点との差分データを算出し圧縮データとして保存する。

近似式

直線計算はそれぞれの直線毎に再計算することにより求める。

始点・終点をそれぞれ (as, bs) 、 (ae, be) とすると、近似直線は式 1.1-1 のように表される。

$$y = \frac{be - bs}{ae - as} x + \frac{ae \times bs - as \times be}{ae - as} \quad (1.1-1)$$

ある時刻 N の時間データの値 (x_N, y_N) の基準点 y の値は、式 1.1-2 によって算出される。

$$y = \frac{be - bs}{ae - as} x_i + \frac{ae \times bs - as \times be}{ae - as} \quad (1.1-2)$$

差分データ D_i は、式 1.1-2 から式 1.1-3 によって求められる。

$$D_i = y_i - y \quad (1.1-3)$$

(B) 圧縮フォーマット案 2(最小二乗近似差分方式)

方針

直線分布部分について、始点と終点との間のデータから最小二乗法を用いて近似式を求め、これを近似直線とする。近似直線上の基準点との差分データを算出し保存する。

近似式

直線計算はそれぞれの直線毎に再計算することにより求める。

最小二乗法によって求められた1次式は式 1.1-4 のように表される。

$$y = Ax + B \quad (1.1-4)$$

ある時刻 N 時間データの値 (x_N, y_N) の基準点 y の値は、式 1.1-5 によって算出される。

$$y = Ax_i + B \quad (1.1-5)$$

差分データ D_i は、式 1.1-5 から式 1.1-6 によって求められる。

$$D_i = y_i - y \quad (1.1-6)$$

(C) 圧縮フォーマット案 3(隣接差分方式)

方針

直線分布部分について、時間データの N 行目と N-1 行目の差分データを求め、圧縮データには、この差分データを保存する。

直線計算はそれぞれの直線毎に再計算することにより求める。

時刻 N のデータ値を (x_N, y_N) 、時刻 N-1 のデータ値を (x_{N-1}, y_{N-1}) とすると差分データ D_i は式 1.1-7 によって求められる。

$$D_i = y_i - y_{i-1} \quad (1.1-7)$$

(D) 圧縮フォーマット案 4(2次差分方式)

方針

直線分布部分について、時間データの N 行目と N-1 行目の差分データを d とすると、 d_i と d_{i-1} の差分(2次差分)データを求め、圧縮データには、この2次差分データを保存する。(i: 時間データ番号)

直線計算はそれぞれの直線毎に再度2次差分値を計算により求める。

時刻 N のデータ値を (x_N, y_N) 、時刻 N-1 のデータ値を (x_{N-1}, y_{N-1}) とすると差分データ D_i は式 1.1-8 のように表される。

$$D_i = y_i - y_{i-1} \quad (1.1-8)$$

2次差分データ DD_i は式 1.1-8 から、式 1.1-9 によって求めることができる。

$$DD_i = D_i - D_{i-1} \quad (1.1-9)$$

(E) 総合評価

表 1.1-3 に検討および評価結果を示す。

最終的にはフォーマット案 4 を採用した。

表 1.1-3 時間データのフォーマット案検討結果

検討案	検討結果と評価
圧縮フォーマット案 1 (近似差分方式)	手法としては単純であるが、途中でデータが大きく変化する場合あり、トータル的には差分データのバラツキが大きくなり圧縮率が向上しない。
圧縮フォーマット案 2 (最小 2 乗近似差分方式)	【案 1】よりはバラツキが改善されるが圧縮効率が悪い。近似式のパラメータを算出で、一度、近似線の終点まで走査しなくてはならないので複雑になる。
圧縮フォーマット案 3 (隣接差分方式)	差分データは、固定値付近に集中して出現する。手法としては、近似式計算の方法【案 1、2】よりも処理の簡素化が可能である。データ量は【案 1、2】に比べバラツキは少なく、符号化しやすいと想定した。
圧縮フォーマット案 4 (2 次差分方式)	データは、0 近傍に集中して出現する。手法としては、近似式方式【案 1、2】よりも簡素化ができ、【案 3】と比較すると、処理時間が若干増えるが大差はないと考えら、データ量も低減可能である。

案 3 と案 4 が候補となる。案 4 の方式は案 3 に比べると、圧縮アルゴリズムにおいて、圧縮フォーマットが複雑になるが、処理時間にはほとんど差異がなく、案 3 より圧縮率が高いことから、案 4 を採用した。

B 角度(ミラー回転角度)データの解析とデータ変換方法の検討

角度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角度データだけを抽出しデータの解析を行った。解析結果を示す。

- ・ 図 1.1-4 から角度データの分布は、正弦波の曲線であることを確認。
- ・ 曲線から大きく外れたデータ(エラーデータ)は、確認されなかった。

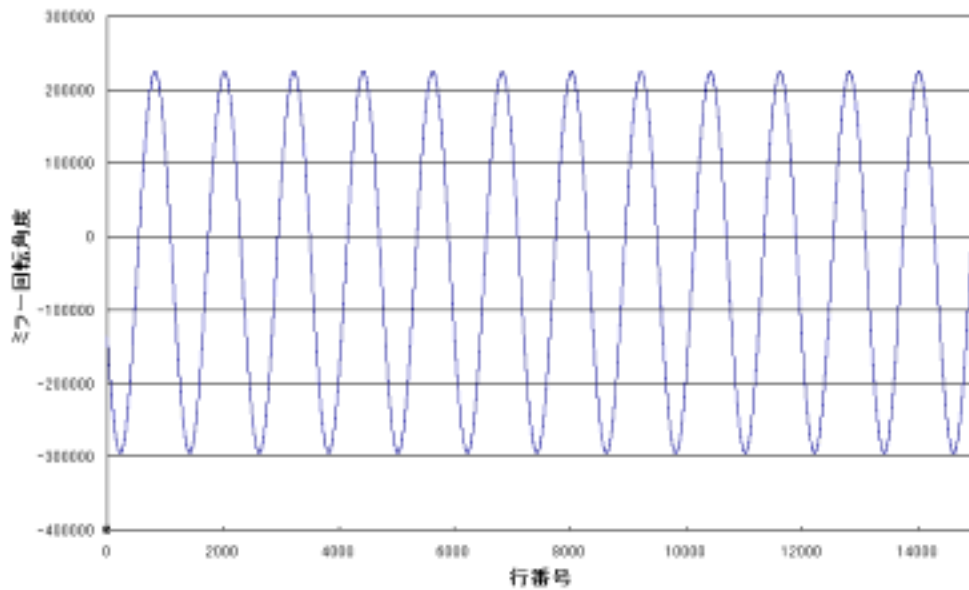


図 1.1-4 ミラー回転角度データの分布図

(A) 圧縮フォーマット案 1(スタティックサイン近似方式)

方針

正弦波で角度データを近似し、これを近似曲線とする。正弦波のパラメータは、パルスレートに応じた固定値を用いる。近似曲線を元に、一連の角度データに対する基準点を求め、角度データと基準点との差分データを算出する。この差分データを保存する。

近似式

近似式は、基準点の値 y を行番号 x の正弦波とし、式 1.1-10 のように定義した。パラメータとして必要な値は、 A 、 B 、 C の 3 つである。最初の波が、極小値から極大値へ向かう場合は $-1/2$ 、極大値から極小値へ向かう場合は $+1/2$ の値を選択する。

$$y = A \sin\left(\frac{\pi}{C}x \pm \frac{\pi}{2}\right) + B \quad (1.1-10)$$

ある角度データの値 (x_i, y_i) の基準点 y の値は、式 1.1-11 によって算出される。

$$y = A \sin\left(\frac{\pi}{C}x_i \pm \frac{\pi}{2}\right) + B \quad (1.1-11)$$

差分データ D_i は、式 1.1-11 から式 1.1-12 によって求められる。

$$D_i = y_i - y \quad (1.1-12)$$

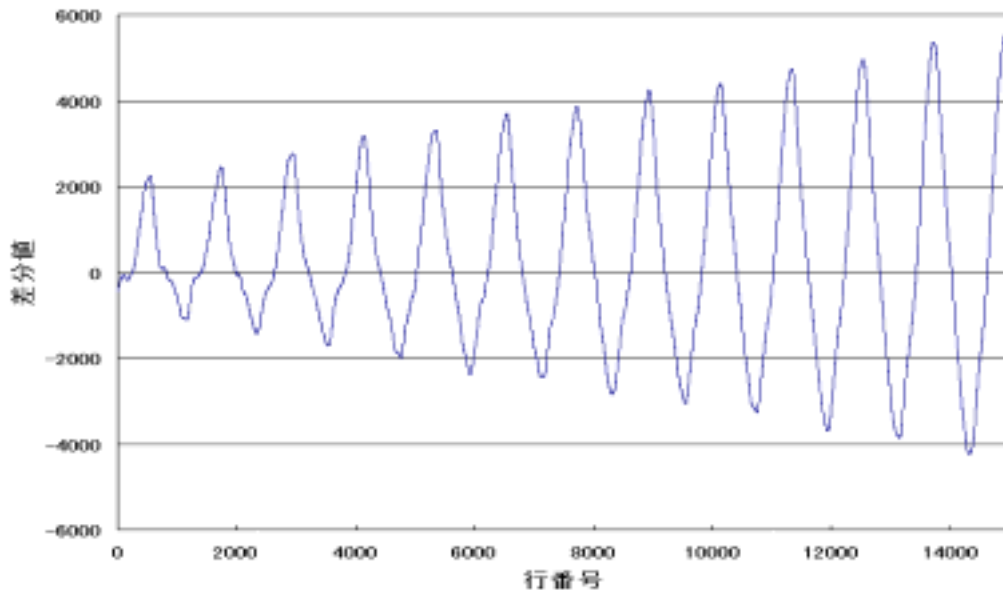


図 1.1-5 差分データの分布図

(B) 圧縮フォーマット案 2(ダイナミックサイン近似方式)

方針

正弦波で角度データを近似し、これを近似曲線とする。パラメータは、角度データから動的に算出する。近似曲線を元に、一連の角度データに対する基準点を求め、角度データと基準点との差分データを算出する。圧縮データには、この差分データを保存する。また、近似曲線を生成する度(1 周期毎)にパラメータの値も保存しておく。

近似式

近似式は、基準点の値 y を行番号 x の正弦波とし、式 1.1-13 のように定義した。パラメータとして必要な値は、 A 、 B 、 C の 3 つである。角度はラジアンで表す。この式が適応可能な範囲は、1 つの極値から次の極値までの間である。極小値から極大値へ向かう場合は $- \pi/2$ 、極大値から極小値へ向かう場合は $+ \pi/2$ の値を選択する。

$$y = A \sin\left(\frac{\pi}{C}x \pm \frac{\pi}{2}\right) + B \quad (1.1-13)$$

ある角度データの値 (x_i, y_i) の基準点 y の値は、式 1.1-14 によって算出される。

$$y = A \sin\left(\frac{\pi}{C}x_i \pm \frac{\pi}{2}\right) + B \quad (1.1-14)$$

差分データ D_i は、式 1.1-14 から式 1.1-15 によって求められる。

$$D_i = y_i - y_{i-1} \quad (1.1-15)$$

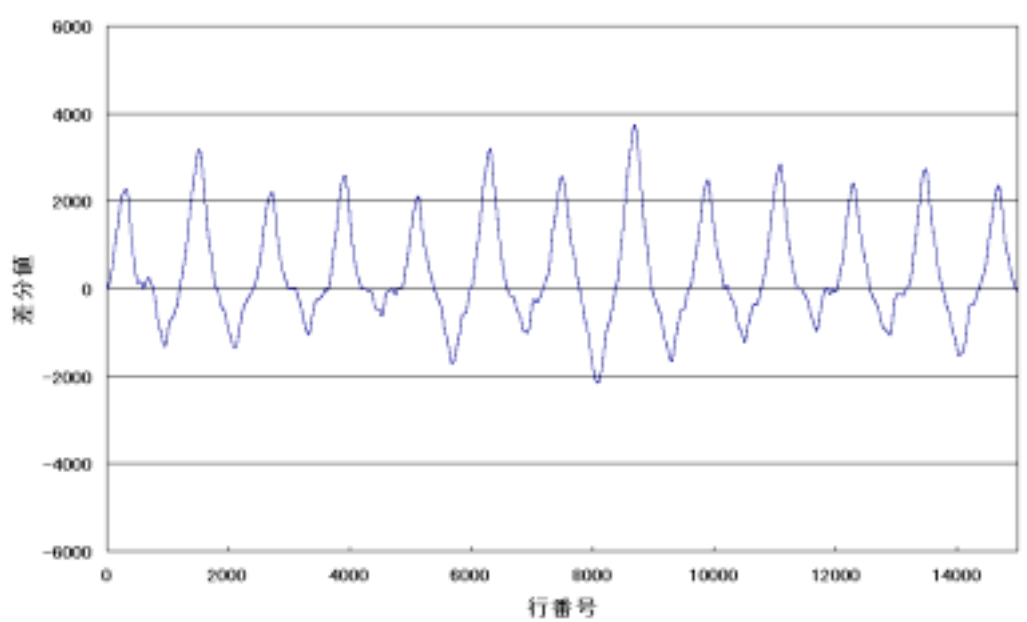


図 1.1-6 差分データの分布図

(C) 圧縮フォーマット案 3(差分方式)

方針

角度データの N 行目と $N-1$ 行目の差分データを求め、圧縮データには、この差分データを保存する。

ある時刻 N の角度データを (x_i, y_i) とすると差分データ D_i は式 1.1-16 によって求められる。

$$D_i = y_i - y_{i-1} \quad (1.1-16)$$

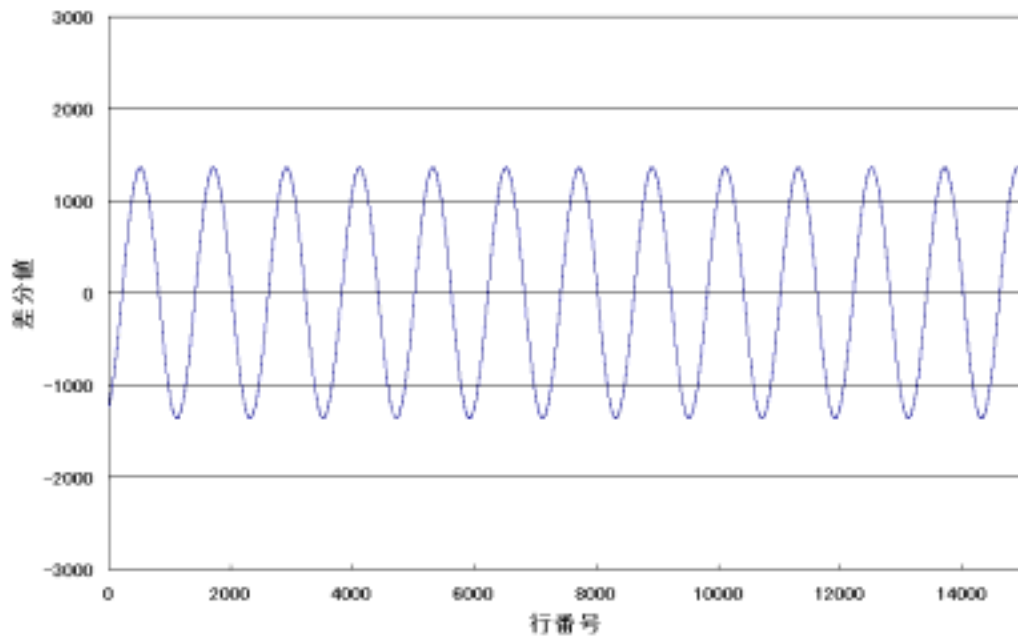


図 1.1-7 差分データの分布図

(D) 圧縮フォーマット案 4(2 次差分方式)

方針

角度データの N 行目と N-1 行目の差分データを d とすると、 d_i と d_{i-1} の差分(2 次差分)データを求め、この 2 次差分データを保存する。(i: 角度データ番号)

i 番目のデータを (x_i, y_i) とすると差分データ D_i は式 1.1-17 によって求められる。

$$D_i = y_i - y_{i-1} \quad (1.1-17)$$

2 次差分データ DD_i は式 1.1-17 から、式 1.1-18 によって求めることができる。

$$DD_i = D_i - D_{i-1} \quad (1.1-18)$$

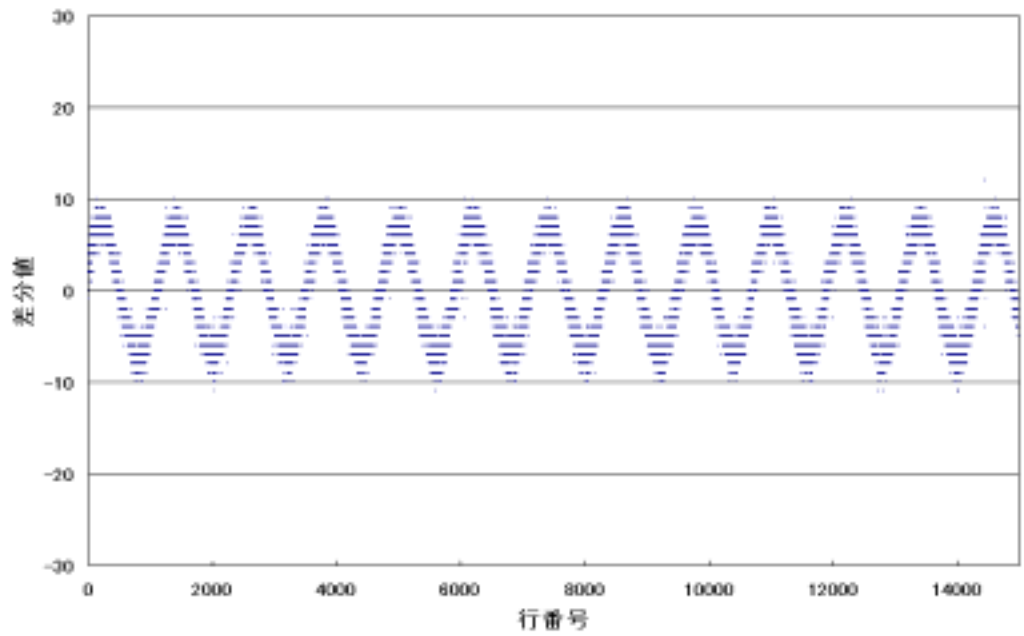


図 1.1-8 2次差分データの分布図

(E) 総合評価

表 1.1-4 に検討および評価結果を示す。
最終的にはフォーマット案 4 を採用した。

表 1.1-4 角度データのフォーマット案検討結果

検討案	検討結果と評価
圧縮フォーマット案 1 (スタティックサイン 近似方式)	データの分布は、正弦波に近い。また、処理するデータ量が増えるにつれて振幅が増大していく傾向があり、データの周期が動的に変換するためと考えられる。手法としては、比較的単純である。データ量は、差分データの値が、終端に向かうに従い増大するため、圧縮効率が悪いと考えられる
圧縮フォーマット案 2 (ダイナミックサイン 近似方式)	データは、一定の範囲に分布する。これは、周期が変動分をキャンセルできたと考えられる。手法としては、【案 1】と比べて、動的パラメータ算出の点が複雑となる。データ量は、軽減できるが動的にパラメータを生成するため、そのパラメータ分のデータ量が追加される。
圧縮フォーマット案 3 (差分方式)	データは、一定範囲に分布する。これは、データの連続性に起因すると考えられる。手法としては、【案 1、2】に比べて単純である。データ量は、【案 2】と同程度かそれ以下になると考えられる。動的パラメータが無い分、小さくできる。
圧縮フォーマット案 4 (2次差分方式)	データは、一定の範囲に分布する。手法としては、【案 1、2】に比べて単純である。しかし、【案 3】よりは差分回数で若干複雑となる。データ量は【案 3】より圧縮可能である。

案 3 と案 4 が候補となる。案 4 の方式は案 3 に比べると、圧縮アルゴリズムにおいて、圧縮フォーマットが複雑になるが、処理時間にはほとんど差異がなく、案 3 より圧縮率が高いことから、案 4 を採用した。

C 距離(レーザ反射時間)データの解析とデータ変換方法の検討

距離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距離データだけを抽出し、データの解析を行った。解析結果を示す。

(A) 1次反射データ

- ・ 図 1.1-9 から 1 次距離データの分布は、正弦波に近い形状が判明。
この波形部分が地上に到達した反射波に相当する。
- ・ 正弦波部分を拡大すると、波形に別の情報が重畳している。
この重畳したデータが地上物に相当する。

- ・ 値が 0 のデータが、少なからず存在する。
- ・ 0 と曲線との間にデータが散在している。

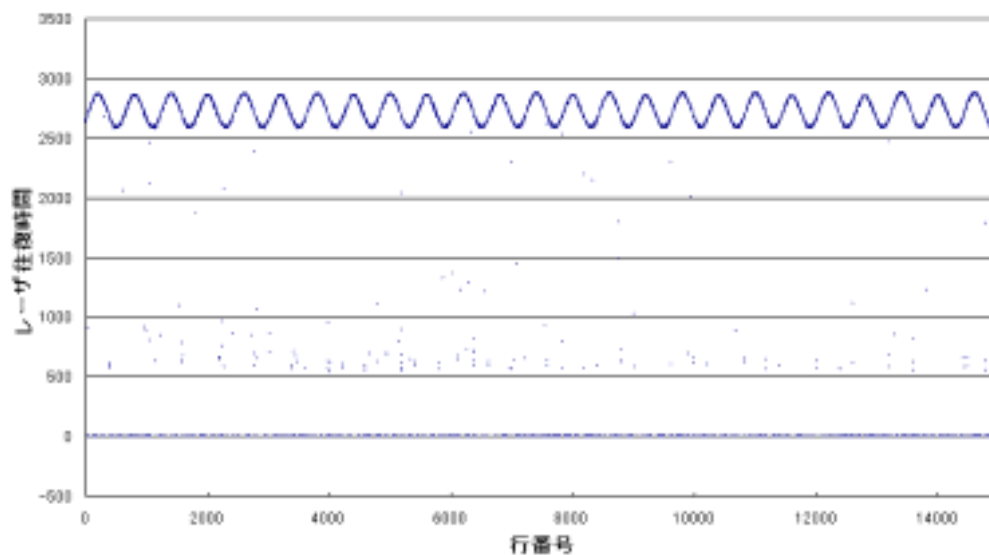


図 1.1-9 レーザ往復時間(1次反射)データの分布図

(B) 2次反射データ

- ・ 図 1.1-10 から 2 次距離データの分布は、形状は 1 次反射データに近い。
- ・ 1 次反射データと同様に波形に別の情報が重畳している。
- ・ 値が 0 のデータが、1 次反射データより増加している。(2 次反射データが無い部分)
- ・ 0 と曲線との間にデータが散在している。

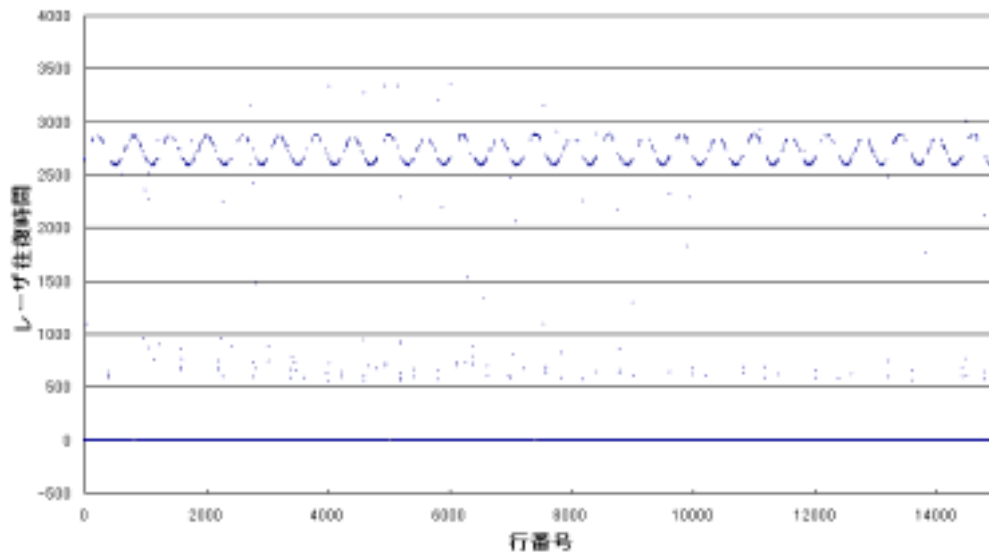


図 1.1-10 レーザ往復時間(2次反射)データの分布図

(C) 3次反射データ

- ・ 図 1.1-11 から3次距離データの分布は、不規則である。
- ・ 値が0のデータが、多くを占める。(3次反射データが無い部分)

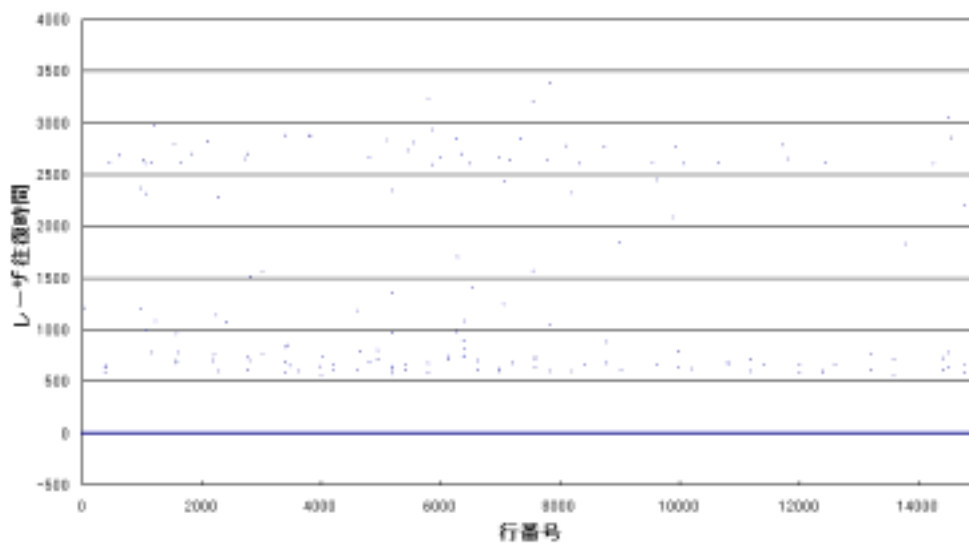


図 1.1-11 レーザ往復時間(3次反射)データの分布図

(D) 4次反射データ

- ・ 検証サンプルではほとんどが0であった。(4次反射データが無い部分)

(E) 5 次反射データ

・ 検証サンプルではほとんどが 0 であった。(5 次反射データが無い部分)

圧縮フォーマット案を示す。

(A) 圧縮フォーマット案 1(スタティックサイン近似方式)

方針

波形データ部分を正弦波で近似し、これを近似曲線とする。近似曲線を元に、一連の距離データに対する基準点を求め、距離データと基準点との差分データを算出する。この差分データを保存する。

近似式

ある時刻 N のデータ値 (x_i, y_i) の基準点 y の値は、式 1.1-19 によって算出される。

$$y = A \sin\left(\frac{\pi}{C} x_i \pm \frac{\pi}{2}\right) + B \quad (1.1-19)$$

差分データ D_i は、式 1.1-19 から式 1.1-20 によって求められる。

$$D_i = y_i - y \quad (1.1-20)$$

(B) 圧縮フォーマット案 2(最小 2 乗サイン近似方式)

方針

角度データの波形の周期と距離データの波形の周期には、1 対 2 となる関係がある。この関係を利用して、角度データから距離データを近似する正弦波の周期を導き、1 周期中のデータを用いて、最小二乗法により曲線の近似式を作成し、これを近似曲線とする。近似曲線を元に、一連の距離データに対する基準点を求め、距離データと基準点との差分データを算出する。圧縮データには、この差分データを保存する。

近似式

ある時刻 N のデータ値 (x_i, y_i) の基準点 y の値は、式 1.1-21 によって算出される。

$$y = A \sin\left(\frac{\pi}{C} x_i \pm \frac{\pi}{2}\right) + B \quad (1.1-21)$$

差分データ D_i は、式 1.1-21 から式 1.1-22 によって求められる。

$$D_i = y_i - y \quad (1.1-22)$$

(C) 圧縮フォーマット案 3(差分方式)

方針

距離データのN行目とN-1行目の差分データを求め、圧縮データには、この差分データを保存する。

ある時刻Nのデータ値を $(x_i, P1_i, P2_i, P3_i, P4_i, P5_i)$ とすると差分データ $D1_i, D2_i, D3_i, D4_i, D5_i$ は式 1.1-23 によって求められる。

$$\begin{aligned} D1_i &= P1_i - P1_{i-1} \\ D2_i &= P2_i - P2_{i-1} \\ D3_i &= P3_i - P3_{i-1} \\ D4_i &= P4_i - P4_{i-1} \\ D5_i &= P5_i - P5_{i-1} \end{aligned} \quad (1.1-23)$$

(D) 圧縮フォーマット案4 (N次列・同一列間差分方式)

方針

5つの距離データのうち、値が0のデータは保存しない。その代わりに0でないデータの位置を示す何らかの値を1行毎に付加する。1次距離(1stパルス)データは、n行目とn-1行目の差分データを求め、圧縮データには、この差分値を保存する。2次距離(2ndパルス)データは、1次距離データとの差分値を求め、圧縮データには、この差分データを保存する。3次距離(3rdパルス)データ以降は、2次距離データと同様に差分値を求め、圧縮データには、その差分データを保存する。

1次距離(1stパルス)データ $(x_i, P1_i)$ の差分データ $D1_i$ は、式 1.1-24 によって求められる。

$$D1_i = P1_i - P1_{i-1} \quad (1.1-24)$$

2次距離(2ndパルス)データ $(x_i, P2_i)$ の差分データ $D2_i$ は、式 1.1-25 によって求められる。

$$D2_i = P2_i - P1_i \quad (1.1-25)$$

3次距離(3rdパルス)データ $(x_i, P3_i)$ の差分データ $D3_i$ は、式 1.1-26 によって求められる。

$$D3_i = P3_i - P2_i \quad (1.1-26)$$

4次距離(4thパルス)データ $(x_i, P4_i)$ の差分データ $D4_i$ は、式 1.1-27 によって求められる。

$$D4_i = P4_i - P3_i \quad (1.1-27)$$

5次距離(5thパルス)データ $(x_i, P5_i)$ の差分データ $D5_i$ は、式 1.1-28 によって求められる。

$$D5_i = P5_i - P4_i \quad (1.1-28)$$

(E) 総合評価

表 1.1-5 に検討および評価結果を示す。

最終的にはフォーマット案 4 を採用した。

表 1.1-5 距離データのフォーマット案検討結果

検討案	検討結果と評価
圧縮フォーマット案 1(スタティックサイン近似方式)	ミラー角度検証の結果から想定すると正弦波のパラメータの取得方法が複雑で且つ圧縮効率が見込めない。1 次、2 次データには適応可能だが、3 次データ以降には非効率。
圧縮フォーマット案 2(最小 2 乗サイン近似方式)	【案 1】と同様で取得方法が複雑で且つ圧縮効率が見込めない。3 次データ以降には非効率
圧縮フォーマット案 3(差分方式)	本方式を踏まえて考案した【案 4】の方が、高いデータ圧縮が期待される。
圧縮フォーマット案 4(N 次列・同一列間差分方式)	0 データが占める割合が多い事からデータ量を 1/3 ~ 1/4 程度への圧縮が考えられる。1 次データは、前後の連続性から前後データ間の差分で圧縮率が上がると想定。2 次データ以降は出現頻度が下がることより同じポイントの隣接次数データとの差分が効率的と考えられる。手法については縦横との差分計算であり、比較的簡易である。

【案 4】の手法の場合、およそ 1/3 ~ 1/4 にデータ量を削減できる可能性がある。そこで、距離データの圧縮フォーマットには、【案 4】を採用する。

(オ) 圧縮データフォーマット

本項では、最適なフォーマット構造を定義する。

A 時間(レーザ発射時間)データの圧縮データフォーマット

時間データの圧縮データフォーマットを次のように定義した。

- ・ 時間データが連続的に変換している部分を 1 つのデータブロックとして変換する。
- ・ データブロックは次の要素を含む。
 - SOB(StartOfBlock) : データブロックの始点を表す(データブロックの先頭)

- 初期値: データブロック内の最初の時間データ(データブロックの 1 行目)
- 1 次差分値: データブロック内の最初の 1 次差分値(データブロックの 2 行目)
- 2 次差分値: データブロック内の n 行目と n-1 行目の差分値を d としたとき、 d_n と d_{n-1} の差分値(データブロックの 3 行目以降)

時間データの圧縮フォーマット概念図を、図 1.1-12 に示す。

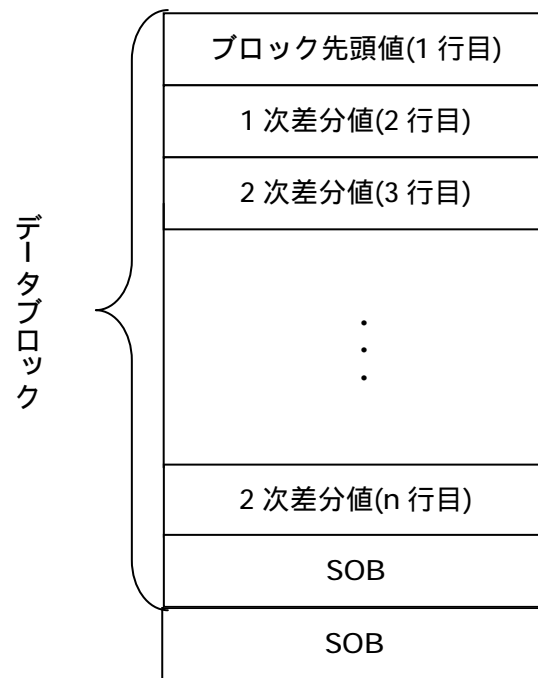


図 1.1-12 時間データの圧縮データフォーマットの概念図

B 角度(ミラー回転角度)データの圧縮データフォーマット

角度データの圧縮データフォーマットを次のように定義した。

- ・ 2 次差分値データの分布範囲から、試験的に 4bit 以下の頻度分布を算出した。
- ・ 符号 bit を付加しても 1Byte 表現が可能となる。
- ・ 2 次差分データは、そのほとんどが 1Byte 以内で表現可能。
- ・ 例外値のパターンは 2 種類ある。
 - 角度データの値が著しく増加するが、その後は以前と同じような増加量をとるパターン(パターン 1)。
 - 角度データの値が著しく増加するが、その後は以前のレベルに戻るパターン(パターン 2)。

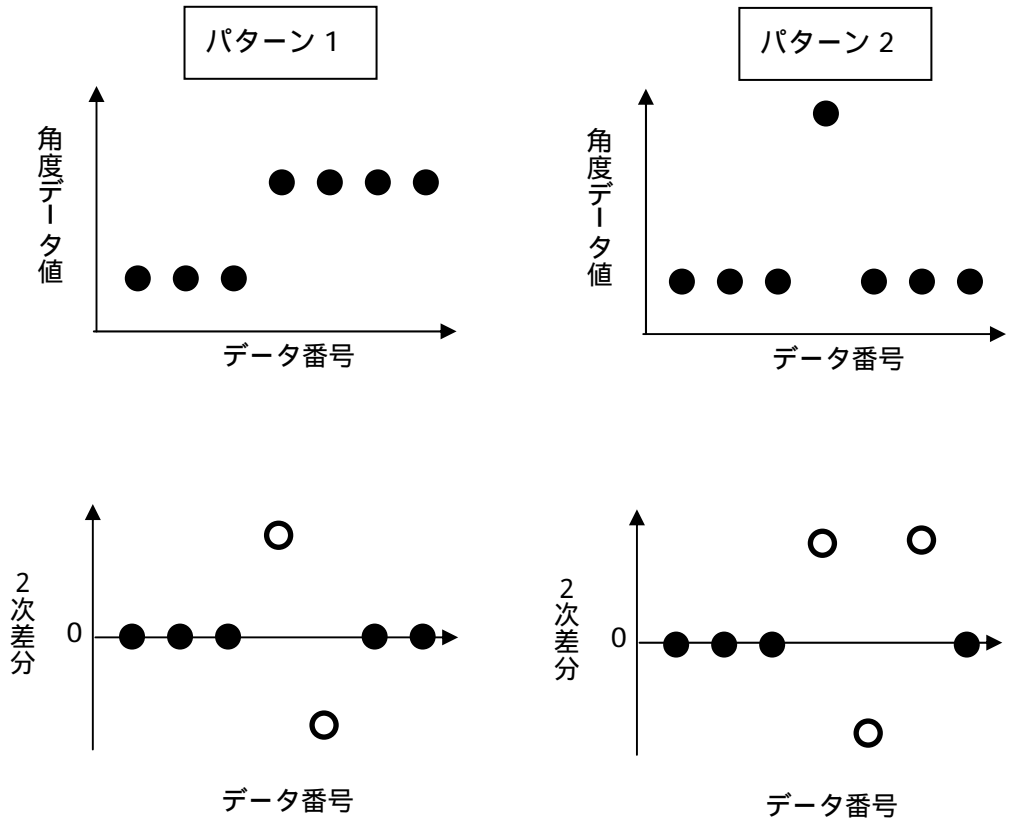


図 1.1-13 角度データの例外パターン

- ・ パターン1の場合、2次差分値が1Byte以上となる数は、連続2個である。
- ・ パターン2の場合、2次差分値が1Byte以上となる数は、連続3個である。

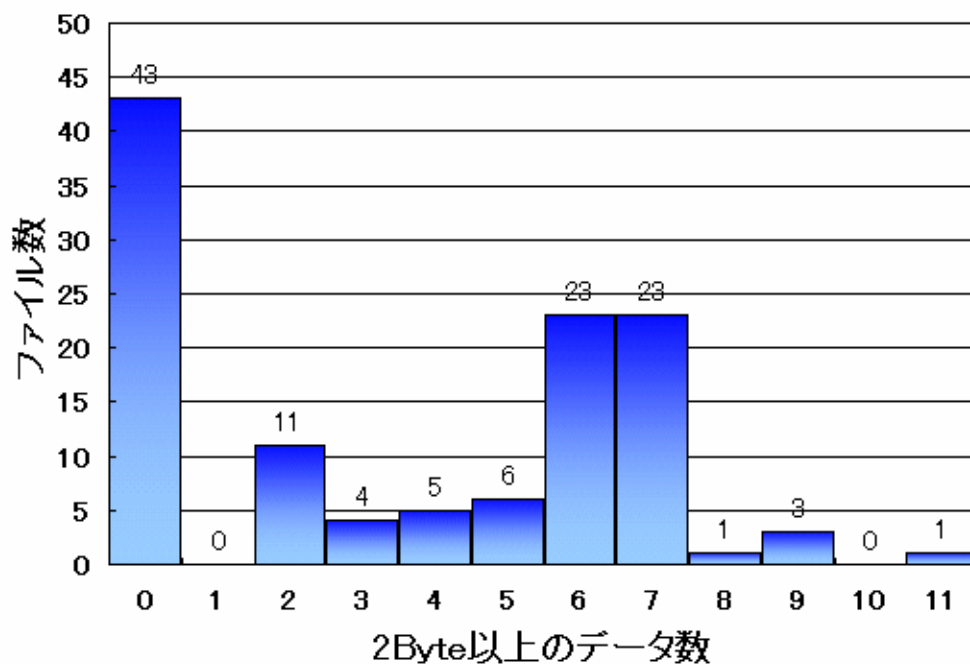


図 1.1-14 例外値の出現個数

(A) 2次差分データの分布

図 1.1-14 に示すように、調査した 120 ファイル中で 2Byte 以上の領域を必要とする 2次差分値の個数は、1つのデータファイル内に最大で 11個(約 0.01%)存在した。従って、1Byte フォーマットを基本とし 2Byte 以上必要な場合は、領域を拡張して対応する。

(B) 圧縮ファイルフォーマット

角度データ圧縮フォーマットを、図 1.1-15 に示す。

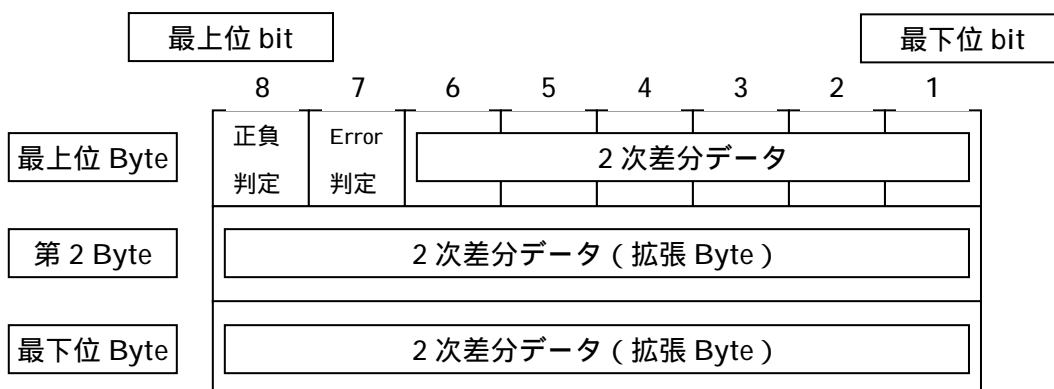


図 1.1-15 角度データの圧縮データフォーマットの概念図

C 距離(レーザ往復時間)データの圧縮データフォーマット

データフォーマット構成を規定するために、データ分布を調査し、データ範囲を定義する。

レーザ測定のサンプルデータ 120 ファイルを解析対象とし、データフォーマットについては以下の2種で検討した。

方法 1: 1Byte を基本とし、1Byte ずつの 2 段階拡張をする。

方法 2: 2Byte を基本とし、1Byte の 1 段階拡張をする。(フラグ 1 個)

(A) データ分布について

- ・ 20bit を必要とする数値データは出現しなかった。
- ・ 13bit で 80%以上の距離データを表現することができる。
(これは、方法 1 の場合の 2Byte で表現できる数値の割合である。)
- ・ 14bit で 80%以上の距離データを表現することができる。
(これは、方法 2 の場合の 2Byte で表現できる数値の割合である。)
- ・ 13bit と 14bit での累積頻度分布には、ほとんど差が無い。
- ・ 5bit で約 9% ~ 44%の距離データを表現することができる。
(これは、方法 1 の場合の 1Byte で表現できる数値の割合である。)

図 1.1-16 は、各 bit で表現可能な数値の累積度数分布図である。この図を元にデータの解析結果を導いた。

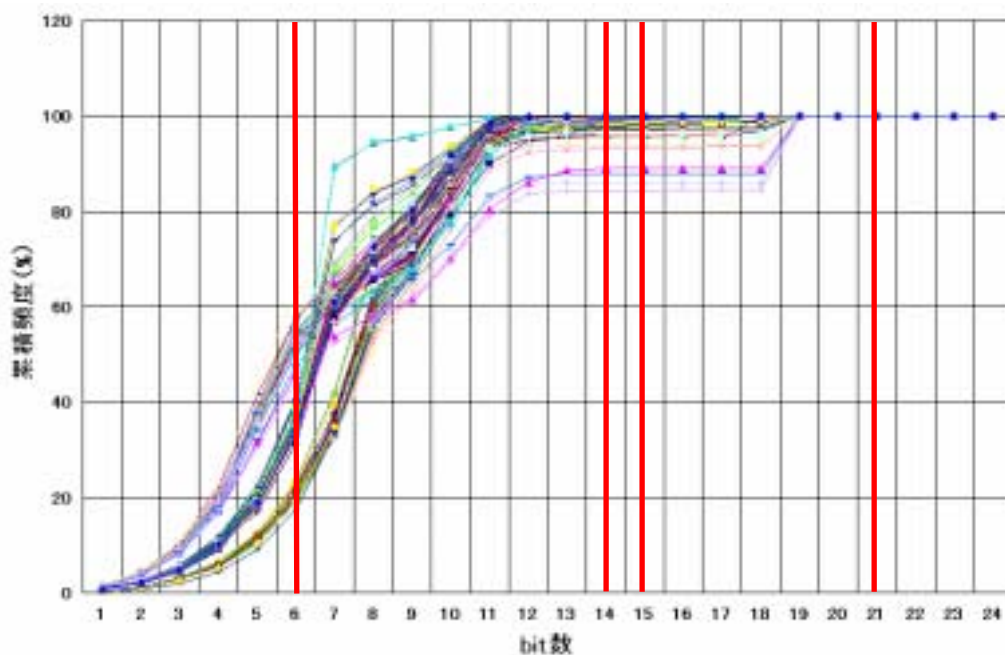


図 1.1-16 各 bit で表現可能な数値の累積頻度分布図

可変長データとした場合、元は 3Byte だった距離データをおよそ 2Byte で表現できる可能性があることが解析結果より確認できる。従って、保存データの基本 Byte 数は、1Byte とし 3Byte までの可変長データ(方法1)とした。

(B) 圧縮ファイルフォーマット

データ変換方法の結果とファイルフォーマットの結果を元に、距離データの圧縮データフォーマットを次のように定義した。

- ・ 保存するデータは、基本的に 1Byte の整数とする。
- ・ 5 つの距離データの内、0 でないデータが何処に存在するかを表す 1Byte のデータを保存する。
- ・ 距離 1 の値は、その直前の距離 1 との差分データを保存する。
- ・ 距離 1 の値が 0 の場合、差分値を計算しないで、次に 0 以外の値が出現するまで直前の距離 1 のデータは保存される。
- ・ 距離 2 の値は、同じ行の距離 1 との差分データを保存する。
- ・ 距離 3 の値は、同じ行の距離 2 との差分データを保存する。
- ・ 距離 4 の値は、同じ行の距離 3 との差分データを保存する。
- ・ 距離 5 の値は、同じ行の距離 4 との差分データを保存する。

(カ) 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 1.1-17 および 1.1-18 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。

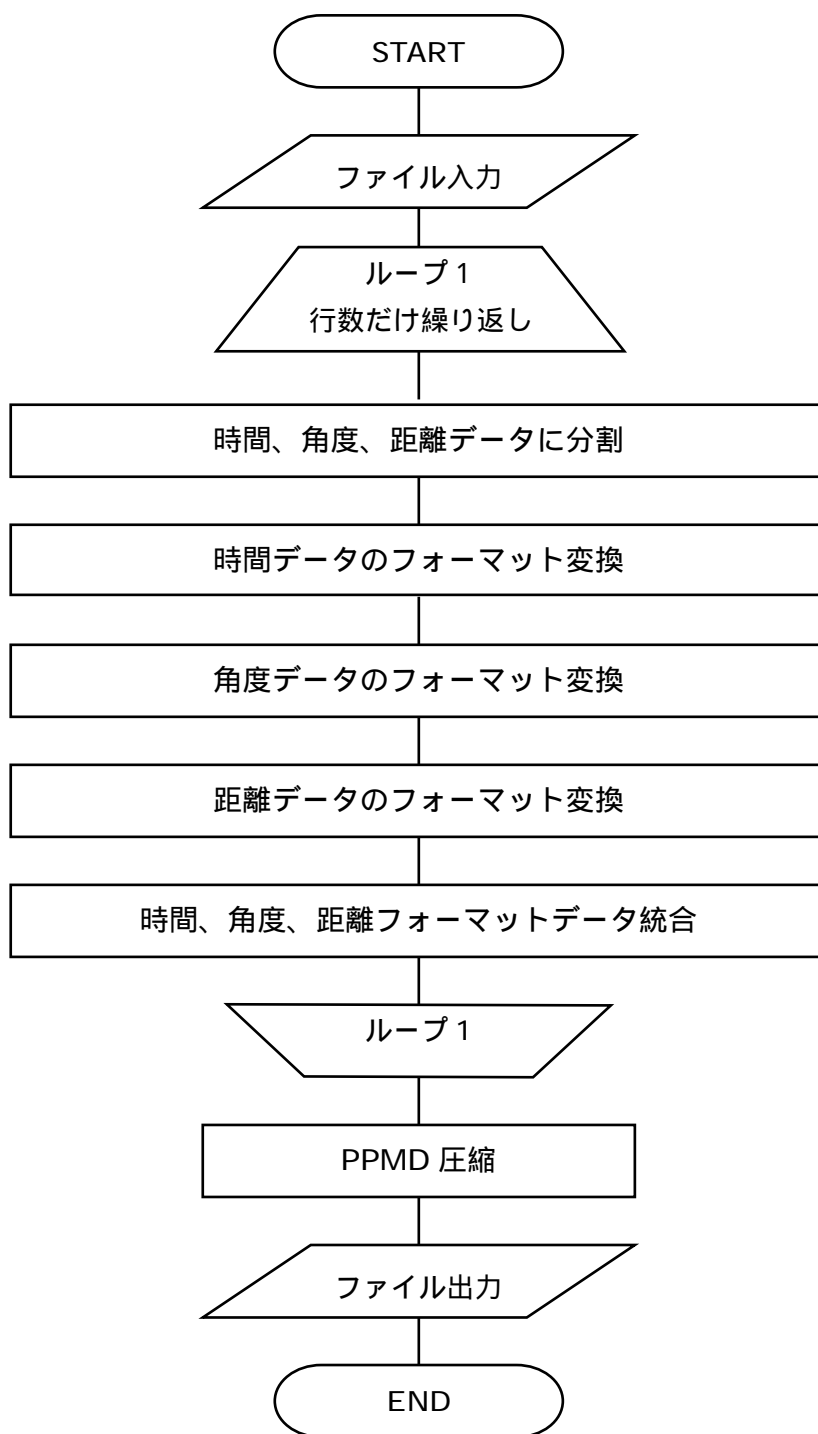


図 1.1-17 圧縮フロー

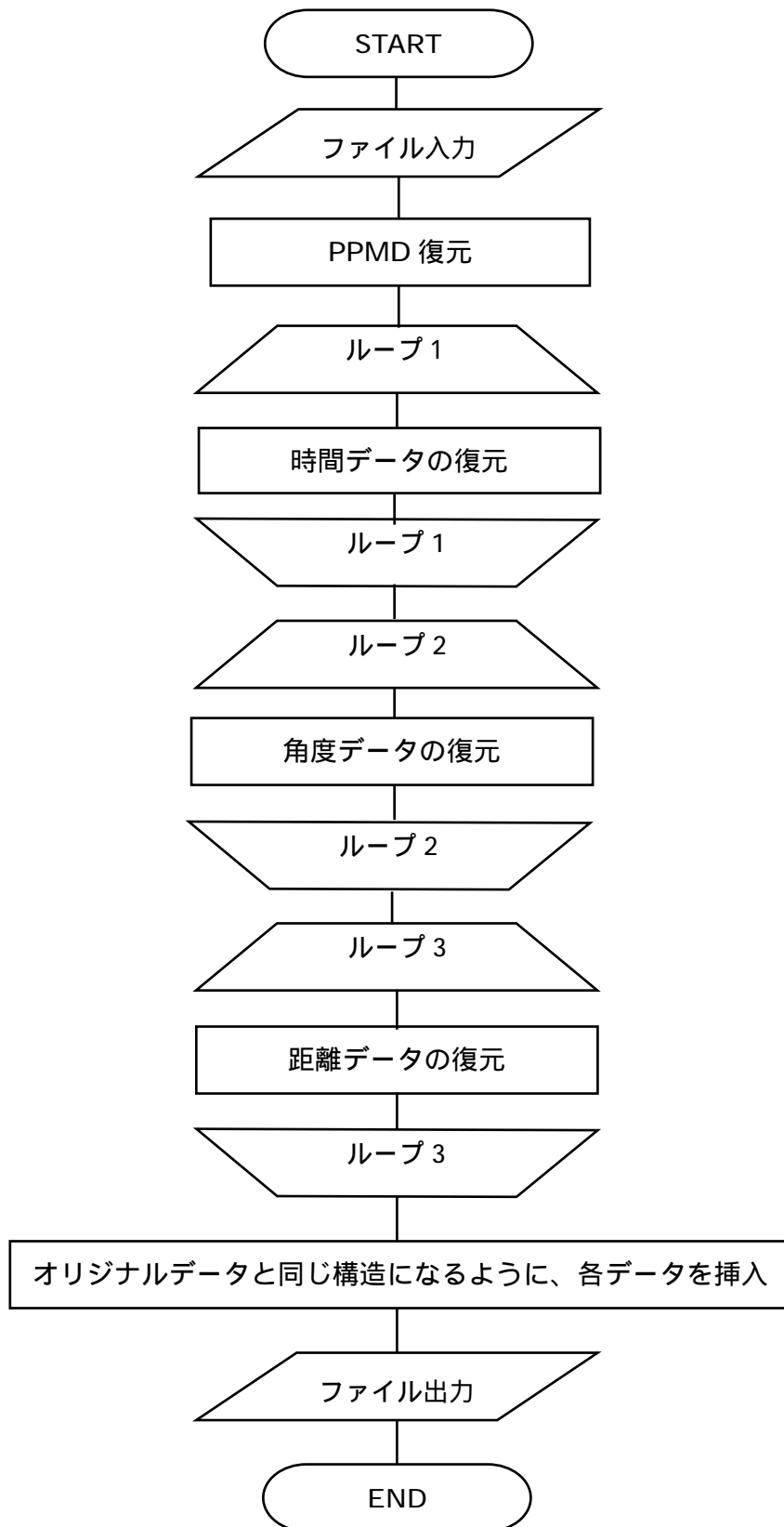


図 1.1-18 復元フロー

(キ) 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。

実際に森林部、都市部の撮影したレーザ測量データは、1～2 次パルスがほとんどであり、3rd パルス以降のデータは存在しないケースが多い。ここでは負荷テストとして、データの足りない部分に擬似的なデータを付加し、テストを行った。また、提案圧縮方式と一般的圧縮方式との比較も行った。結果を表 1.1-6 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。

一般的な圧縮方式として、ZIP LZH CAB TAR-GZ を比較の対象とした。ZIP は、世界的な標準圧縮方式である。LZH は、日本国内で最も一般的に利用されている圧縮方式である。CAB は Microsoft Windows OS 環境で標準として使われている圧縮方式である。TAR-GZ は、UNIX OS 環境で標準として使われている圧縮方式である。平均圧縮率で比較すると、一般的な圧縮方式では、CAB が他の 3 方式に比べて若干効果的であるものの、いずれも、本研究のアルゴリズムの方が優れているという結果が得られた。また、5 次パルスが存在しても本年度目標の 50% 以下の圧縮は、達成できたと考えられる。

表 1.1-6 擬似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	2nd パルス	3rd パルス	4th パルス	5th パルス	目標値
提案圧縮方式 (%)	6.89	11.79	16.63	20.91	21.19	50.00 以下
ZIP 方式 (%)	35.54	46.27	49.96	50.94	59.68	
LZH 方式 (%)	36.83	48.01	53.75	56.93	66.94	
CAB 方式 (%)	27.20	36.06	43.36	44.22	51.04	
TAR-GZ 方式 (%)	35.48	46.20	49.41	50.85	59.58	

イ 航空機の GPS/IMU 観測データ

ここでは、GPS/IMU 観測データのファイルフォーマットの解析、圧縮方法、圧縮実験について報告する。

(ア) データフォーマット解析

GPS/IMU 観測データは、バイナリ形式のデータで、1 つのファイルの中に航空機 GPS 観測データと IMU 観測データが混在している。このバイナリデータを、後処理用ソフトウェアを用い、また、データ抽出過程のログファイルを参照することでデータフォーマットを解析した。

A データの比較

後処理ソフトウェアには、抽出された GPS/IMU 観測データの内、IMU データを閲覧する Viewer 機能が内蔵されている。図 1.1-19 に IMU 観測データの Viewer の概要を示す。

まず始めに Viewer によって出力される値と読み込まれたファイルの中身とを比較する。ここから 1 行分のデータは、32 バイトである事がわかった。さらに x 軸角度増加、y 軸角度増加、z 軸角度増加、x 軸速度増加、y 軸速度増加、z 軸速度増加の値とバイナリデータの値を比較することにより、6 個のデータそれぞれは、符号付 4 バイト整数のデータであることがわかった。表 1.1-7 に抽出された IMU データ 1 行分 32 バイトのフォーマットをまとめた。

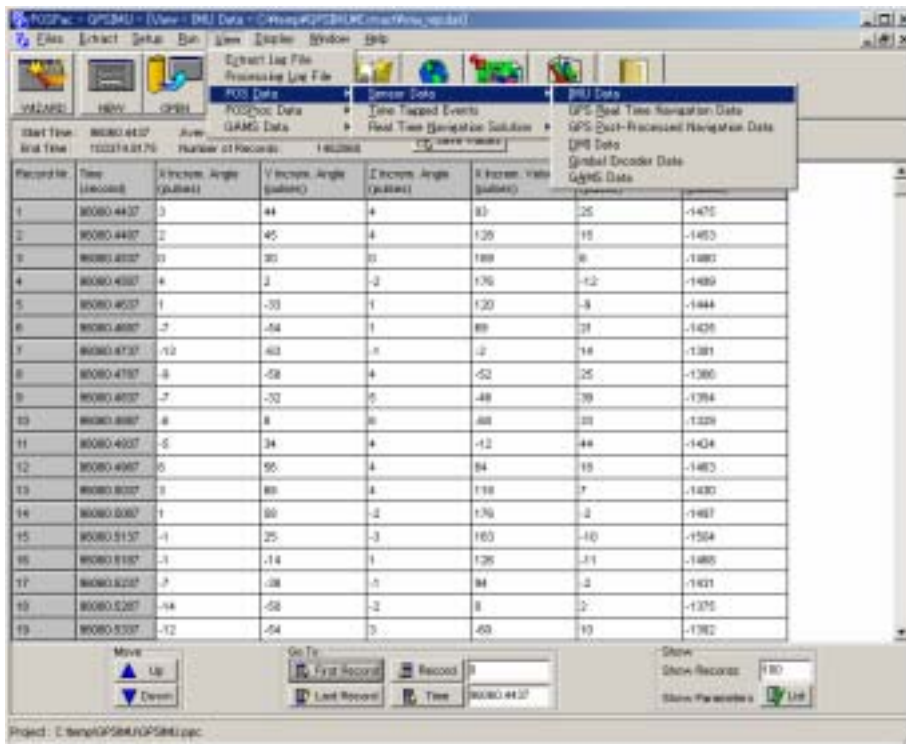


図 1.1-19 IMU 観測データの Viewer

表 1.1-7 抽出された IMU データフォーマット

開始位置	バイト長	バイトナンバー	フィールド
Byte 0	8	(0、1、2、3、4、5、6、7)	時間
Byte 8	4	(8、9、10、11)	x 軸角度増分
Byte 12	4	(12、13、14、15)	y 軸角度増分
Byte 16	4	(16、17、18、19)	z 軸角度増分
Byte 20	4	(20、21、22、23)	x 軸速度増分
Byte 24	4	(24、25、26、27)	y 軸速度増分
Byte 28	4	(28、29、30、31)	z 軸速度増分

次に、抽出された IMU データと元の GPS/IMU 観測データとを比較する。この結果、抽出された IMU データは、元の GPS/IMU 観測データ内に全て含まれていることがわかる。

B ログファイルの参照

ログファイルによるとGPS/IMU 観測データには、表 1.1-8 に示すグループがあることが示されている。表 1.1-8 の値フィールドは、レコード・ヘッダの 5、6 バイト目の値と一致している。

表 1.1-8 ログファイル内容

値	16 進数表示	データタイプ	値	16 進数表示	データタイプ
1	0x01	VNAV	512	0x0200	POSFIX
2	0x02	VRMS	514	0x0202	TLOC
3	0x03	PriGPS	518	0x0206	Base GPS
4	0x04	IMU	10001	0x2711	PriGPS
5	0x05	EVENT1	10002	0x2712	RawIMU
6	0x06	EVENT2	10101	0x2775	SecGPS
9	0x09	GAMS	10009	0x2719	SecGPS
10	0x0A	RTSTAT	10102	0x2776	AuxGPS 1
11	0x0B	SecGPS	10102	0x2776	AuxGPS 2
12	0x0C	AuxGPS 1	10006	0x2716	DMI
14	0x0E	CIP	10007	0x2717	AuxGPS 1
20	0x14	GPSSGA	10008	0x2718	AuxGPS 2
99	0x63	VS	20003	0x4E23	GAMS KF A
101	0x65	RTSTAT	20004	0x4E24	GAMS KF B
102	0x66	S1NAV	20031	0x4E3F	IIN KF A
103	0x67	S2NAV	20032	0x4E40	IIN KF B
104	0x68	S1RMS	20033	0x4E41	IIN KF A
105	0x69	S2RMS	20035	0x4E43	GPSSGA1
106	0x6A	SecGPS	20036	0x4E44	GAMS1
107	0x6B	AuxGPS 1	20101	0x4E85	IIN KF A
109	0x6D	GAMS	20102	0x4E86	IIN KF B
200	0xC8	GIM	20103	0x4E87	GAMS KF A
511	0x01FF	ZUPT	20104	0x4E88	GAMS KF B

C ファイルフォーマット

GPS/IMU 観測データと抽出された IMU データを比較した結果、及びログファイルを参照した結果から明らかとなった GPS/IMU 観測データのファイルフォーマットを以下にまとめた。図 1.1-20 は GPS/IMU 観測データのファイル構造のイメージである。

ファイルは、可変長のレコードで構成される。個々のレコードは、固定長のレコード・ヘッダと、これに続く可変長のレコード・コンテンツ、これに続く固定長のレコード・エンドから作られている。

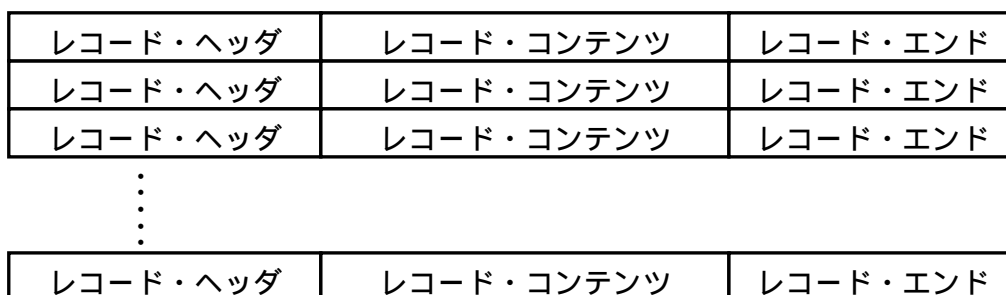


図 1.1-20 ファイルフォーマットの概念図

GPS/IMU 観測データには、大きく 2 種類の情報がある。1 つは、GPS/IMU の観測データ、もう 1 つは、メッセージデータである。GPS/IMU 観測データとメッセージデータとは、データヘッダ部の値によって区別することができる。

(A) GPS/IMU 観測データの細分類

GPS/IMU 観測データは、さらに表 1.1-8 に示した 46 種類のデータに分類されている。

(B) IMU データフォーマット

IMU データのフォーマットを表 1.1-9 に示す。

表 1.1-9 IMU データフォーマット

ByteNo	記号	フィールド	説明
1～8	H	ヘッダ	データ先頭位置、グループ定義
9～24	T	時間	GPS 時間、IMU 時間
25～34	00	VALID	
35～46	VI	速度増分	x、y、z 軸の速度増分
47～58	AI	角度増分	x、y、z 軸の角度増分
59～64	00	VALID	
65～66	XX	可変文字	可変文字
67～68	F	終了文字	終了文字

(イ) 圧縮方式検討

ここでは、ファイルフォーマットの解析結果を利用して、GPS/IMU 観測データのフォーマット変換方法について検討する。

A 固定部分の圧縮

IMU データは、68 バイト単位のデータである。その中には、16 バイト分固定データが存在する。固定データは、IMU レコード内で同一でありデータの冗長部分と考えられるので、この部分を圧縮することとする。

B 角度増分・速度増分の差分

x、y、z それぞれの角度増分・速度増分データのデータ範囲を調べてみると、およそ -2000 から +300 の範囲に収まることがわかった。これに対して、IMU データフォーマットでは 1 つのデータに 4 バイトの領域が割り当てられているが、前記のデータ範囲ならば 2 バイトで表現可能である。そこで、4 バイト固定長であるデータを可変長データに変換する。

上述のように、一般に連続的な変化をするデータは、直前のデータとの差分を算出することによりデータ量を小さくすることができる。IMU データの 3 軸の角度増分・速度増分データは連続データではないが、完全にランダムな不連続データでもない。そこで、データ変換として差分方式によるデータ量の削減効果を期待して、差分値を算出し、差分を取る前後でデータ分布の違いについて比較検討した。

表 1.1-10 は、差分演算する前と後のデータ分布範囲である。但し、z 軸速度増分については 1 レコード目の値(-1475)は、例外データとして除外してある。これをみると、差分演算をすることによってデータの分布範囲が狭くなっていることがわかる。

表 1.1-10 差分演算前後のデータ分布範囲

差分処理前の各項目別の分布範囲						
	x 軸角度 増分	y 軸角度 増分	z 軸角度 増分	x 軸速度 増分	y 軸速度 増分	z 軸速度 増分
最大値	30	105	19	229	84	-1283
最小値	-27	-105	-19	-93	-64	-1608
範囲	57	210	38	322	148	325
差分処理後の各項目別の分布範囲						
	x 軸角度 増分	y 軸角度 増分	z 軸角度 増分	x 軸速度 増分	y 軸速度 増分	z 軸速度 増分
最大値	16	49	9	120	57	126
最小値	-18	-50	-9	-129	-64	-145
範囲	34	99	18	249	121	271

図 1.1-21、図 1.1-22 は、x 軸の角度増分・速度増分について、差分演算する前と後のヒストグラムを作成し、比較したものである。図を見ると、差分演算後のデータの分布範囲が 0 付近に集中していることがわかる。また、y 軸、z 軸の角度増分・速度増分においても同様であり、z 軸速度増分を除く 5 つの差分演算後のデータでピークが高くなっており、こちらも 0 付近への集中化傾向を表している。

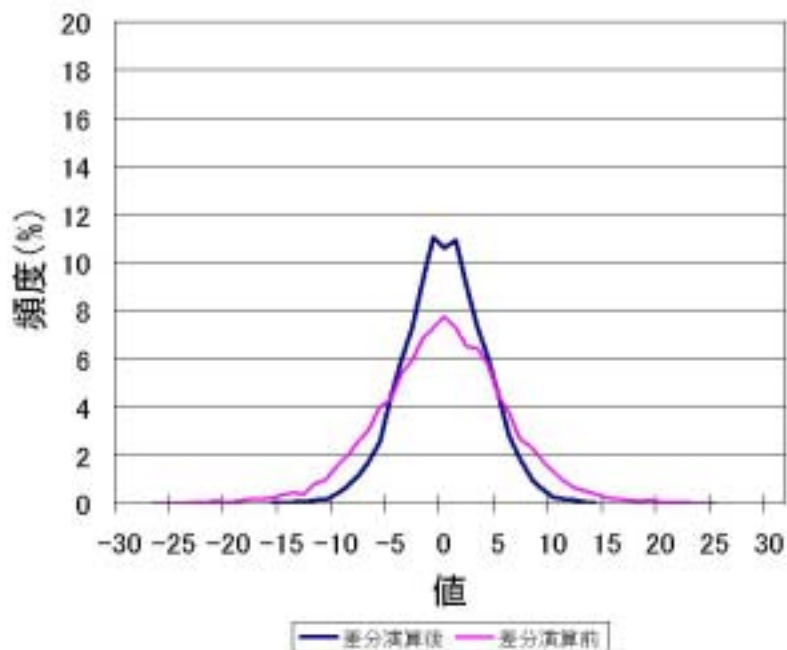


図 1.1-21 x 軸角度増分

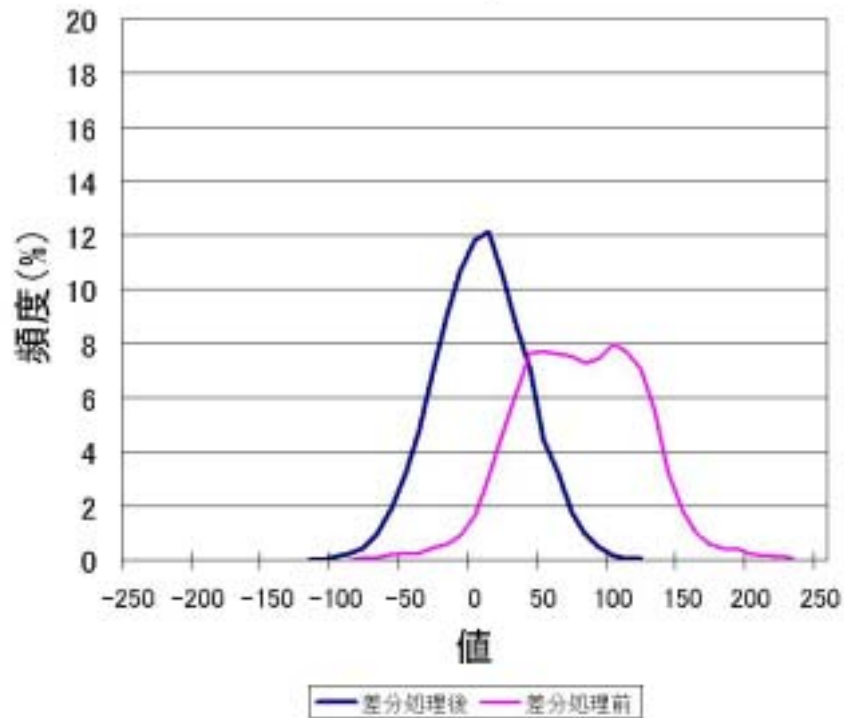


図 1.1-22 x 軸速度増分

以上のことから、差分演算を行うことで、データの分布範囲が狭くなり、データ全体が 0 付近に集中することが確認できた。統計的な偏りが増加していることから、差分演算を行わない場合と比べて符号化処理の効果が大きくなることが予想される。従って、差分演算を適用することとした。

(ウ) 圧縮データフォーマット

上記で検討した圧縮方式から、圧縮データフォーマットを以下のように定義した。

A GPS/IMU 観測データのデータフォーマット

- ・ 保存するデータは、基本的に 1 バイトの符号付整数とする。
- ・ 保存データ 1 バイト中の最上位 1 ビットは、正負判定に使用する。
- ・ 保存データ 1 バイト中の第 6、7 ビットは、データ拡張判定に使用する。

(エ) プログラムフロー

図 1.1-23、1.1-24 は、それぞれ圧縮プログラムと復元プログラムのフローである。

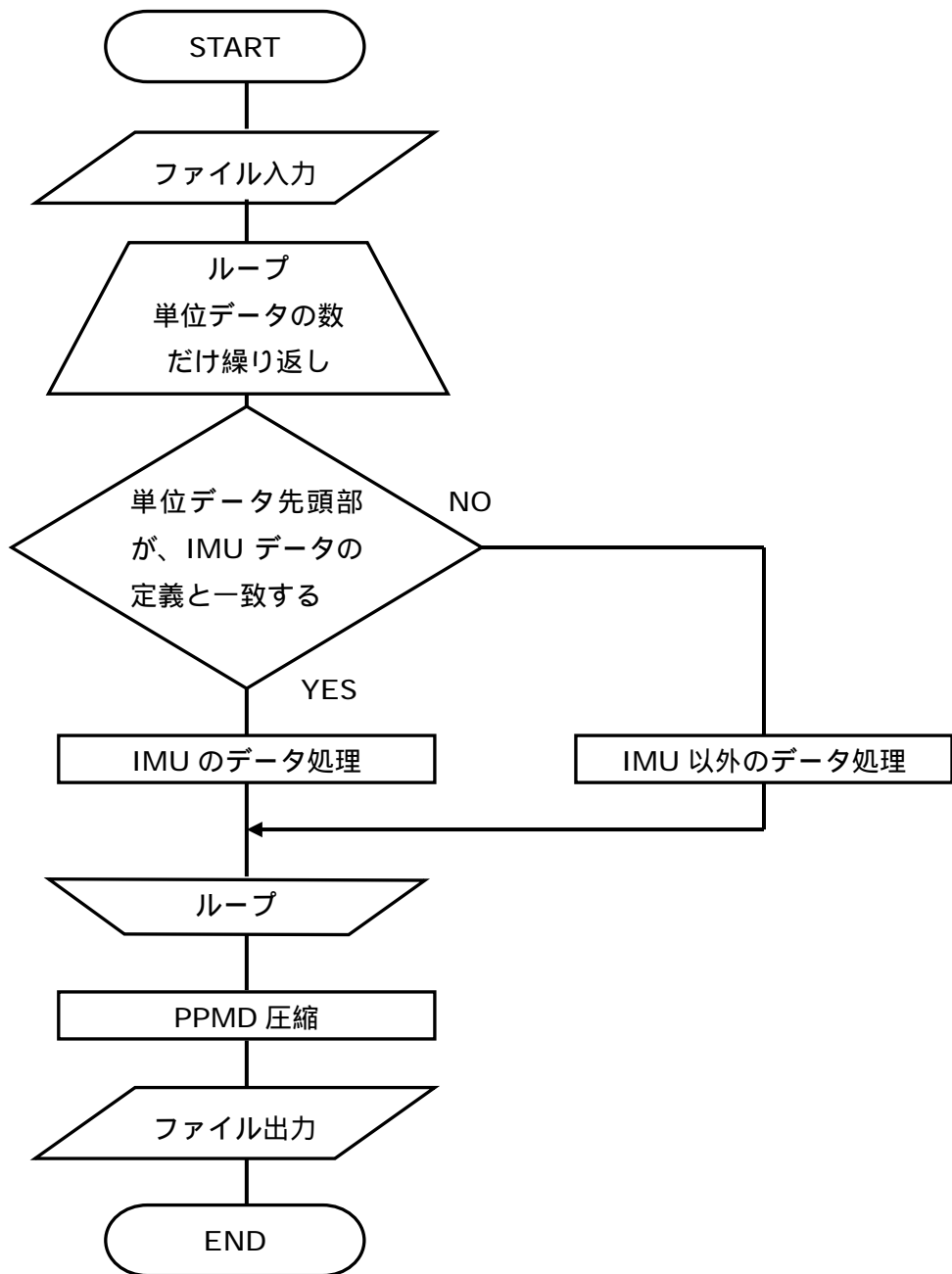


図 1.1-23 圧縮プログラムのフロー

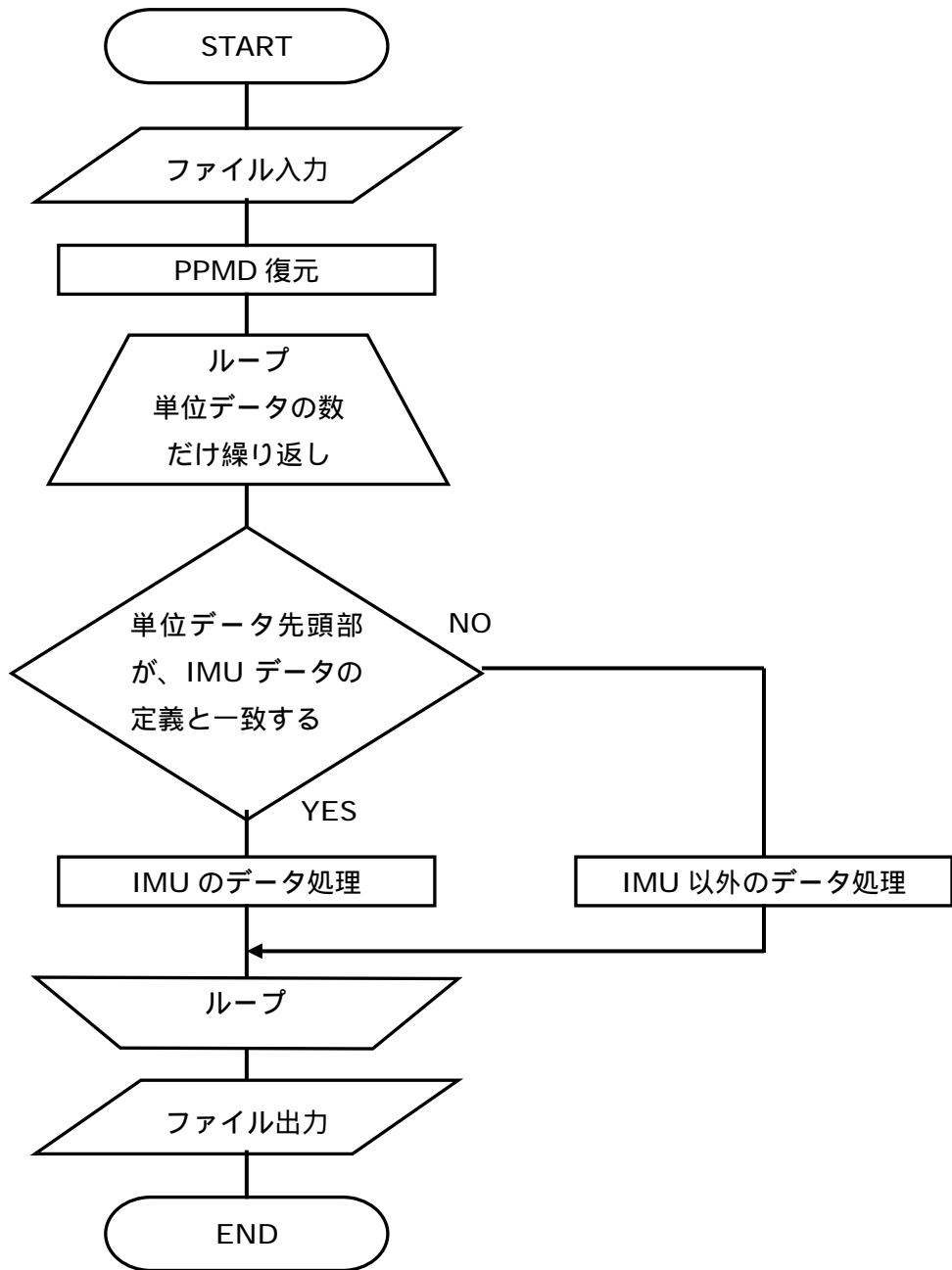


図 1.1-24 復元プログラムのフロー

(オ) 圧縮結果

レーザ測量データと同様に、圧縮及び復元ソフトの 2 つを作成し、圧縮率と圧縮処理時間について調べた。圧縮・復元実験サンプルファイル数は 26 である。その結果を表 1.1-11 に示す。

圧縮率は、全てのサンプルで 50%以下となり、平均圧縮率では 48.22%という結果になった。これは、元のファイルサイズが半分以下に圧縮されたことを示す。

1MB 当りの処理時間を算出した結果、全てのサンプルで 2 秒/MB 以下であることがわかった。1MB 当りの平均処理時間は、1.85 秒/MB であり、目標時間を達成した。

また、一般的な圧縮方式との比較結果を表 1.1-12 に示す。平均圧縮率で比較すると一般的な圧縮方式が 54%前後の値であるのに対して、提案圧縮方式の場合、約 48%と数%の圧縮率向上が確認できた。

表 1.1-11 サンプルデータの圧縮率と圧縮時間

サンプル ID	ファイル サイズ	圧縮後 ファイル サイズ	圧縮率	1MB 当りの 目標 圧縮率	処理時間	1MB 当りの 処理時間	1MB 当りの 目標 処理時間
	MB	Byte	%	%	秒	秒/MB	秒/MB
1	12.484	5.872	47.037	50.000 以下	22.219	1.780	1.93 以下
2	12.481	6.023	48.258		22.875	1.833	
3	12.484	6.106	48.915		23.625	1.892	
4	12.484	6.085	48.744		23.454	1.879	
5	12.487	6.124	49.045		23.735	1.901	
6	12.487	6.057	48.505		23.343	1.869	
7	12.487	6.046	48.420		23.250	1.862	
8	12.485	6.057	48.512		23.375	1.872	
9	12.487	6.001	48.057		23.234	1.861	
10	12.486	5.873	47.040		22.391	1.793	
11	8.542	3.957	46.323		15.328	1.794	
12	12.484	5.975	47.861		22.578	1.809	
13	12.482	6.119	49.019		23.359	1.871	
14	12.485	6.178	49.484		23.671	1.896	
15	12.484	6.094	48.817		23.328	1.869	
16	12.486	6.077	48.668		23.281	1.865	
17	12.487	6.067	48.583		23.297	1.866	
18	12.484	6.054	48.494		23.281	1.865	
19	12.485	6.088	48.765		23.344	1.870	
20	12.486	6.065	48.576		23.328	1.868	
21	12.485	6.070	48.621		23.485	1.881	
22	12.485	6.083	48.721		23.422	1.876	
23	12.486	6.029	48.284		23.203	1.858	
24	12.486	5.945	47.610		22.937	1.837	
25	10.619	4.881	45.960		18.719	1.763	
26	159.905	75.699	47.340		292.484	1.829	
平均値	-	-	48.22	-	1.85		

表 1.1-12 提案圧縮方式と一般圧縮方式との比較

形式	平均圧縮率
提案圧縮方式	48.22
ZIP 方式	54.22
LZH 方式	55.81
CAB 方式	53.87
TAR-GZ 方式	54.22

ウ 想定圧縮伝送実験

ここでは、実際に取得されたサンプルデータに対して、これまでに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・圧縮時間を測定する実験を行う。

(ア) 実験方法

サンプルデータに対して、レーザ測量データ圧縮・GPS/IMU 観測データ圧縮をおこなひ、圧縮率・圧縮時間を計測する。圧縮時間は処理マシンのスペックと、動作状態により差が生じるため 5 回計測し、その平均値を以って対象ファイルの圧縮時間とした。

圧縮率・圧縮時間は、圧縮をかけるファイルの大きさ・内容が異なるため、実測値にバラツキが生じる。実測値ではプログラムの性能を十分に評価することができないため、以下のように代表値を求めることとする。

圧縮率の代表値は、全ファイル平均値とする。

圧縮時間の代表値は、ファイル毎の 1MB 当りの圧縮時間を算出し、その値の全ファイル平均値とする。

圧縮率・圧縮時間の代表値を元に想定されるデータの演算を行う。

(イ) 試験マシン概要

表 1.1-13 に計測に用いたマシンの概要を示す。

表 1.1-13 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

(ウ) サンプルデータ概要

表 1.1-14 にサンプルデータの概要を示す。

図 1.1-25、1.1-26 は、3次元化した際の測量対象地の段彩図である。

表 1.1-14 サンプルデータ概要

項目	内容
取得地域	東京都調布市周辺
対象面積	約 14.75km ²
飛行速度	110kt
飛行高度	8500ft、4500ft
スキャン角度	45、12
パルスレート	15、000Hz
総レーザ測量データ総量	390、070、272 バイト
GPS/IMU 観測データ総量	144、002、796 バイト

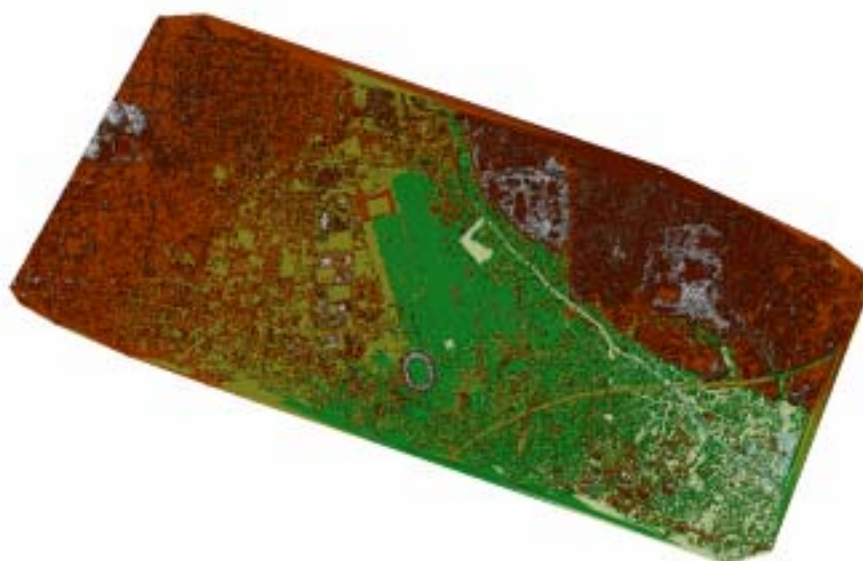


図 1.1-25 測量対象地域



図 1.1-26 住宅地

(工) 実験結果

はじめに、レーザ測量データ・GPS/IMU 観測データの圧縮率・圧縮時間の代表値を表 1.1-15 に示す。

表 1.1-15 圧縮率・圧縮時間の代表値

圧縮率・圧縮時間の代表値	
レーザ測量データ	
圧縮率	7.21 %
圧縮時間	0.23 秒/MB
GPS/IMU 観測データ	
圧縮率	48.22 %
圧縮時間	1.85 秒/MB

サンプルデータ実測データより、対象領域を 100km²、パルスレートを 45000Hz に換算しレーザ測量データ・GPS/IMU 観測データを算出した。表 1.1-16 は、両者のデータ量を示している。

表 1.1-16 サンプルデータ量・100km²換算データ量

サンプルデータ：調布市付近	
対象面積：	14.75 km ²
レーザ測量データ：	372 MB
GPS/IMU 観測データ：	137 MB
100km ² 換算データ量	
対象面積（仮想）：	100.00 km ²
レーザ測量データ：	7566 MB
GPS/IMU 観測データ：	931 MB

小数点以下四捨五入

次に、圧縮率・圧縮時間を算出した。表 1.1-17 は、レーザ測量データ・GPS/IMU 観測データの圧縮後データ量とその時の圧縮時間である。また表 1.1-18 は、両者の合計である。

表 1.1-17 レーザ測量データ・GPS/IMU 観測データの圧縮結果

圧縮後データ量と圧縮時間	
レーザ測量データ	
圧縮後データ量	546 MB
圧縮時間	1717.51 秒
GPS/IMU 観測データ	
圧縮後データ量	449 MB
圧縮時間	1722.47 秒

表 1.1-18 レーザ測量システム取得空間データの圧縮結果

圧縮後データ量と圧縮時間の合計	
圧縮後データ量	995 MB
圧縮率	11.70 %
レーザデータ圧縮時間	28.63 分
GPS/IMU 圧縮時間	28.71 分

表 1.1-18 から、2つのデータを合計した時の圧縮率は、11.70%となり、また圧縮時間は、30分以下となることが確認できた。

よって、平成 15 年度の到達目標は達成できた。

エ 実測データの評価

ここでは、実際に100km²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。

(ア) 必要な点密度

災害時に建物の高さを航空機からレーザ測量によって計測し、倒壊状況を短時間で握するためには、少なくとも建物に1発のレーザが当たることを想定した飛行計画を立てなくてはならない。レーザ測量の場合、飛行速度・パルスレート・視野角・スキャンレート等の設定値から地上に照射されるレーザの密度を点密度として算出することができる。しかしながら、建物を対象とした時に点密度をどの程度にすればよいかという情報は示されていないので、試験的に実際の建物データから災害時の測量に必要な点密度を推定した。

推定の方法は、次の通りである。

- ・ ある地域の建物面積を計測する。
- ・ 面積の頻度分布図から、測量対象建物の閾値を決定する。
- ・ 閾値で点密度を算出し、この値を以って必要な点密度の推定値とする。

建物データの計測結果を次に示す。図1.1-27は、建物面積の頻度分布図である。

- ・ データ数:10048件
- ・ 最大値:4215m²
- ・ 最小値:2m²
- ・ 平均値:78.70 m²

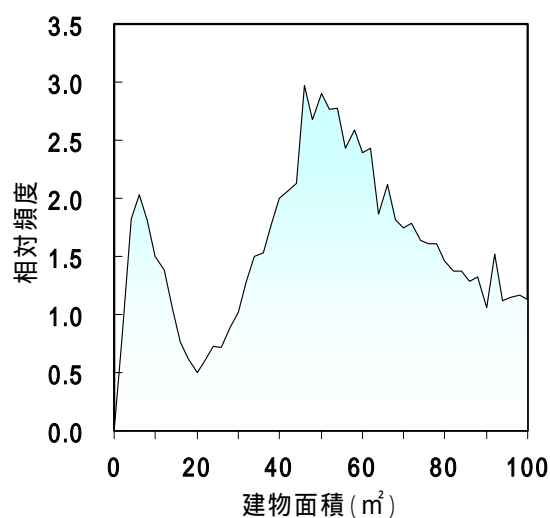


図 1.1-27 建物面積の頻度分布図

図 1.1-27 を見ると、頻度分布に大きく 2 つの山が有り、その間に 1 つの谷があることが解る。この谷を境界とすると、谷となる建物面積はおよそ 20m²であることから、抽出する建物の閾値を 20m²とし、それ以上を抽出対象の建物と設定する。

抽出対象の建物には最低 1 発のレーザが当ればよいが、確実性を増すために 3～5 点のレーザが当ることを条件とする。必要点密度の算出には閾値である 20m²の建物が独立していることを想定して算出すればよい。このときの点密度は、0.15～0.25 点/m²となる。

従って、災害時を想定した場合、上記の点密度を満たすような飛行計画を行う必要がある。

(イ) 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 1.1-19 に、実際に取得されたデータの飛行諸元を示す。

表 1.1-19 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	125 ノット
パルスレート	54000Hz
スキャンレート	40Hz
レーザサイドラップ	30%
コース間隔	250m
最大クロストラック	1.41m
最大アロングトラック	1.61m
最小点密度	0.444 点/m ²

表 1.1-20 にレーザ測量データの圧縮結果を、表 1.1-21 に GPS/IMU 観測データの圧縮結果を示す。

表 1.1-20 レーザ測量データ圧縮結果

データ量 (バイト)	13、086、228、 480 (12、480MB)
平均圧縮率 (%)	9.07
平均処理時間 (秒/MB)	0.278
圧縮後データ量 (バイト)	1、185、122、 377 (1、131MB)
総圧縮時間 (秒)	3463.46 (58 分)

表 1.1-21 GPS/IMU 観測データ圧縮結果

データ量 (バイト)	419、281、419 (400MB)
平均圧縮率 (%)	48.15
平均処理時間 (秒/MB)	2.017
圧縮後データ量 (バイト)	201、884、003 (193MB)
総圧縮時間 (秒)	806.80 (14 分)

(ウ) 換算データを利用した圧縮シミュレーション

前節で記述した飛行緒元では、点密度が高すぎることから、0.15～0.25 点/m²に収まるように設定すると、表 1.1-22 のように換算される。

表 1.1-22 換算データ対応飛行諸元

撮影時間	1 時間 5 分
視野角 (FOV)	40.0 度
対地高度	6500 フィート
飛行速度	110 ノット
パルスレート	45000Hz
スキャンレート	24.44Hz
レーザサイドラップ	30%
最大クロストラック	2.10m
最大アロングトラック	2.32m
最小点密度	0.205 点/m ²

(エ) 圧縮シミュレーション結果

表 1.1-23 にレーザ測量データの圧縮シミュレーション結果を、表 1.1-24 に GPS/IMU 観測データの圧縮シミュレーション結果を示す。また、表 1.1-25 にレーザ測量データ・GPS/IMU 観測データの合計を示す。

表 1.1-23 レーザ測量データ圧縮シミュレーション結果

データ量 (バイト)	4, 069, 319, 370 (3881MB)
平均圧縮率 (%)	9.07
平均処理時間 (秒/MB)	0.278
圧縮後データ量 (バイト)	369, 087, 266 (352MB)
総圧縮時間 (秒)	1078.64 (18 分)

表 1.1-24 GPS/IMU 観測データ圧縮シミュレーション結果

データ量 (バイト)	224、154、296 (214MB)
平均圧縮率 (%)	48.15
平均処理時間 (秒/MB)	2.017
圧縮後データ量(バイト)	107、930、294 (103MB)
総圧縮時間 (秒)	431.64 (8分)

表 1.1-25 レーザ測量システム取得空間データの圧縮シミュレーション結果

圧縮後データ量と圧縮時間の合計	
圧縮後データ量	455MB
圧縮率	11.12%
レーザデータ圧縮時間	17分59秒
GPS/IMU 圧縮時間	7分10秒

点密度を考慮した結果、圧縮率はサンプルデータでの想定実験結果とほぼ同じであるが、飛行時間が圧縮され、結果的にデータ量が小さくなることがシミュレーション結果から得られた。

(2) まとめ

サンプルデータを対象とした時の総合結果を表 1.1-26 に、実データを対象とした時の総合結果を示す表 1.1-27 に示す。

表 1.1-26 サンプルデータ圧縮総合結果

	平成 15 年度目標	圧縮率	圧縮時間
レーザ測量データ	50%	7.21%	0.23 秒/MB
GPS/IMU 観測データ	50%	48.22%	1.85 秒/MB
レーザ測量取得空間データ	100km ² のデータを 30 分以内に 50%	11.70%	レーザ 28分37秒 GPS/IMU 28分42秒

表 1.1-27 実測データ圧縮総合結果

	平成 15 年度目標	圧縮率	圧縮時間
レーザ測量データ	50%	9.07%	0.28 秒/MB
GPS/IMU 観測データ	50%	48.15%	2.02 秒/MB
レーザ測量取得空間データ	100km ² のデータを 30 分以内に 50%	11.12%	レーザ 17 分 59 秒 GPS/IMU 7 分 10 秒

レーザ測量データの圧縮は、サンプルデータ、実測データのどちらも圧縮率が 10% 以下となった。GPS/IMU 観測データの圧縮は、データ特性把握が難しく、効率的な圧縮フォーマットの作成には至らなかったが、既存の汎用圧縮よりは高い圧縮率が得られた。

これら 2 つの結果より航空機レーザ測量システム取得空間データの圧縮率は、最終的に平成 15 年度の目標である 50%以下という圧縮率を、大きく上回る結果を得ることができた。

また、それぞれの処理時間に関しては想定実験を行うことで、目標である 30 分以内という処理時間を実現した。サンプルデータと実測データの処理時間が大きく異なる理由は、航空機の実質撮影時間を考慮した差である。

以上のことから平成 15 年度の研究開発結果より得た平成 16 年度の課題を以下に示す。

今年度使用したデータは、パルスレート 15KHz で取得したサンプルデータおよび、初期設定値であるパルスレート 45KHz の条件で取得した実測データから換算したデータを利用することで検証を行った。

航空機レーザ計測で得られる 3 次元データは、現状は、測定機種により異なるフォーマットで取得される。平成 16 年度以降は、他の航空機レーザ測量システムで取得したデータについても本圧縮方式を適応し、汎用性の確認を行う事も課題として挙げられる。

なお、現状では最大 83KHz までのパルスレートでデータ取得が可能な装置が開発されている。今後、取得レートは増加する方向にあるため、さらに高圧縮が可能な圧縮方式が必要になると予想される。

GPS/IMU 観測データに関しては、レーザ測量データと比較すると、圧縮率および圧縮時間の面で改良の余地があると思われるため、平成 16 年度の課題のひとつとする。

1.2 航空機画像センサ取得空間データの圧縮

(1) 研究開発内容

航空機画像センサで取得した3次元データを圧縮する為にまず、特徴点(エッジ)を抽出した処理を行う。特徴点抽出手法は、数多く存在する既存手法から選択するものとした。一般的な手法を調査し、本研究内容の目的に沿った、最も効果的な手法の検討を行う。

また、圧縮の為に別アプローチとして、パンシャープンという技術の使用が挙げられる。これは、地上解像度が高いパングロマチック画像と、比較的地上解像度が低いカラー画像とを合成することで、地上解像度が高いカラー画像を仮想的に作成するという技術である。この技術を利用することで、撮影時にカラー画像の地上解像度を低く設定できるため、圧縮対象データのデータ容量削減につながる。

また、ステレオペア画像から3次元画像を作成する際に、ペア画像の対応点を取得するフィーチャマッチング技術が必要となる。そこで、このマッチング手法についても調査を行う。

本項では、パングロマチック画像を圧縮するための特徴抽出手法の調査、および、3次元画像作成の為にフィーチャマッチング手法の調査結果を報告する。

まず、災害判読時の抽出対象の定義を行い、判読に必要なテクスチャ解像度の選定を実際の航空写真データから行う。また、前述の航空機からの伝送レートで伝送する上で必要となる圧縮率の目標値を策定する。

ア 視認性評価から見た目標圧縮率の設定

航空機画像センサ取得空間データに関しては、必要な地上解像度によりデータ容量が変動する。本研究では、表 1.2-1 に示す判読項目より、カラー画像の地上解像度を定義した。これは、実際の災害前後の画像から範囲を設定して、災害部の状態がどの程度まで把握可能かを地上解像度別に表したものである。

表 1.2-1 画像データの視認性評価

地上解像度		20cm	40cm	80cm	160cm
必要圧縮率		1/770	1/200	1/50	1/11
分類	項目	評価			
災害関係	建物（半倒壊軒数 / 総軒数）	26/97	24/97	23/97	3/97
	建物（全倒壊軒数 / 総軒数）	21/97	21/97	21/97	3/97
	道路幅（メートル） < 障害物有無の確認可否 >	2.2	3.0	3.4	15.0
その他抽出物	車の有無				×
	線路被害（路盤陥没）				

○：判読可 △：判読難 ×：判読不可

(ア) 使用画像および対象範囲

使用した画像は、災害前、災害後を 1 組とし、それぞれの組に対して地上解像度が 20、40、80、160cm の画像 4 枚を用いた。画像は、平成 7 年 1 月 18 日に撮影された阪神・淡路大震災直後の兵庫県芦屋市周辺画像と、平成 6 年 7 月 18 日に撮影された、同地区である。

判読した画像範囲は、被災地が集中した地区を 3 箇所(2048 × 2048 画素：地上解像度約 20CM)選定し目視判読を行った。

(イ) 判読項目

表 1.2-1 の項目「全倒壊」、「半倒壊」とは、航空機上で取得したデータを利用した災害判読を行うことを目的として、東京都総務局が作成した「被害程度の認定基準」を基に考案した独自の基準である。^[1]

「全倒壊」とは原型を留めていない建物を、「半倒壊」とは原型は留めているが、傾いている、もしくは屋根瓦の 20%以上が被害を受けている建物を示す。

なお、本判読調査では、災害抽出の項目を、上記の建物及び道路交通法による緊急車両通行に必要な道路幅に絞った。

A 建物(全倒壊、半倒壊軒数 / 総軒数)

これは被害を受けている建物の判読性を確認するための項目である。地上解像度 20 センチメートルの震災前の画像を利用して、対象範囲内から建物数(25 平方メートル以上かつ他と重なっていない屋根数)および、震災後の画像を利用して、全倒壊もしくは半倒壊している建物の数を目視判読した。

また、家屋と物置等の分離が可能な大きさとして家屋の最小の大きさを 25 平方メートルとして定義した。25 平方メートル未満の屋根に関しては対象外とし、条件を満たした

屋根数のみをカウントした。

(A) 建物(半倒壊軒数 / 総軒数)

これは建物の被害項目の一つである「半倒壊」の判読性を確認するための項目である。対象範囲内から識別できた倒壊数は、160cm 以外は、ほぼ同じ検出率であり、解像度 80cm で判読可能と決めた。

(B) 建物(全倒壊軒数 / 総軒数)

これは「半倒壊」よりも重要度が高い「全倒壊」の判読性を確認するための項目である。識別できた全倒壊数は、地上解像度 160cm の画像のみが少なく、他は全て同じ数字であった。このことから地上解像度 80cm の画像で対応可能であると言える。

B 道路幅(障害物有無の確認可否)

これは緊急車両の通行を考慮して、通行の可否を確認するための項目である。崩壊した家屋等の障害物が存在する道路を対象として、障害物の有無を判読可能かつ、その上で最も狭い道路幅(単位メートル)を算出した。

緊急車両が通る場合、最低限必要な道路幅は 3.5m である。これは道路交通法によって定められている規格である。このため、3.4m 幅の道路で障害物の有無が把握可能な、地上解像度 80cm の画像で対応可能であると言える。

C 線路被害(路盤陥没)

これは線路における、路盤陥没等の応急復旧を要する被害の有無を確認し、交通の復旧に貢献するための項目である。応急復旧を要する被害とは、陥没以外では線路蛇行や、障害物の存在、線路の流失、浸水等がある。これらは災害による被害とも考えられるが、都総務局が定めた「被害程度の認定基準」によれば、線路に関する被害の内容は「鉄道不通」という項目のみである。その内容は「汽車、電車等の運行が不能になった程度の被害」という具体性に欠ける内容であり、画像からは運行不能になる程度の被害なのか確認がとれないことから、災害関係の項目からは外し、「その他抽出物」という分類として扱っている。

本項目の内容は、唯一確認することができた、路盤陥没を対象として、各地上解像度での、幅約 1.5m の路面陥没に対する判読性について、目視による確認を行ったものである。

D 車の有無

これは直接災害に関わるわけではないが、出口を塞がれた車の中で、救助を待っている状態や、駐車している車が原因で、緊急車両が入れない等のケースもあると想定

し、抽出項目に加えた。車種、色等の詳細情報は判読の対象外として、各地上解像度での判読性について、目視による確認を行った。

なお、この評価表は目視判読を利用して作成したものであり、自動判読は一切行っていないため、経験則による多少の変動が有ると考えられる。

この評価表が、最適な地上解像度の選定を行う際の指標となる。データを選定する際、その品質が良い事にこしたことはないが、視認性向上に必要な最低限の情報から地上解像度 80cm の画像が選定条件に適していると考えた。

(ウ) 高さデータの利用

航空機から直下方向に撮影した平面画像のみを、建物被害の判読基準とすると、一階が被害を受けているにもかかわらず、二階に損害が見られない建物が存在した場合に、対象の建物を「被害無し」と判断してしまう可能性がある。このケースに関しては、目視判読だけではなく、高さデータを利用して判読することが必要となる。なお、この高さデータは、災害が起きていない通常の状態であれば、傾きが異なる同場所が撮影された 2 枚の画像からステレオマッチングを行うことにより取得することが可能であるが、実際に倒壊した建物等の立体視が可能か否かは確認されていない。そこでレーザデータによる 3 次元データを併用することが望ましいと考えられる。

また、このように被害を受けた個所の判読をあらかじめ行うことで、地域別に被害の大小を確認することができる。被害の大小が確認できれば、国勢調査や、商業統計等の統計情報と併用することで重要度を決定することができ、地上解像度の調整、伝送の優先順位などを決定する際の指標となる。

例えば、被害が大きい地区は「重要度高」として、地上解像度を高くすることで情報量を増加させ、優先的に伝送する。逆に被害が比較的小さい地区は「重要度低」として、地上解像度を低く設定する、伝送する順番を「重要度高」のデータ伝送後に変更する等の選択を可能にすると考えられる。

イ 特異点抽出の研究開発

(ア) はじめに

画像中のエッジ部分はコントラストが強い画像領域、すなわち隣接ピクセル間の光強度が大きく変化する部分である。エッジは境界部を示し、画像の特徴を知る上でエッジ抽出処理は基本的で且つ重要な役割を担っている。エッジ抽出は、不要な情報を削除することでデータ量を大幅に減少させる一方、画像内の構造的な特性を保存するという利便性に優れた手法である。このことから、今までに多くのアルゴリズムが開発されており、例として Sobel、SUSAN、Prewitt and Canny 等が挙げられる。中でも、最も一般的に利用されているエッジ抽出手法が、Canny エッジ抽出アルゴリズムであり、最適なエッジ抽出手法として良く知られている。^[2]

Canny エッジ抽出は様々な処理技術を導入することで開発されたアルゴリズムであり、今日では、最も実用的で且つ普及した抽出技術の一つであると言える。

特徴としては、まず第1に、エッジ抽出のエラー発生率が低いことが挙げられる。エッジ抽出では、抽出結果がエッジ部以外で起こらない事が重要である。第2の特徴はエッジ部の位置精度が高く生成されることである。言い換えるとエッジ抽出で抽出されたエッジ画素と本来のエッジ間の距離が最短である事が望ましい。第3の特徴は、1つのエッジ領域に対して1つのエッジ抽出がなされることである。

(イ)Canny アルゴリズム

Canny エッジ抽出は、複数の処理段階で構成されている。図 1.2-1 は、一般的な Canny エッジ抽出アルゴリズムのフローである。まず初めに、ノイズを削除するためガウシアンフィルタを用いて画像の平滑化(スムージング)を行う。次に、各画素の“勾配”(“大きさ”と“方向”)を計算する。続いて、“non-maximum suppression”で知られる細線化アルゴリズムによって、勾配と方向情報を用いてエッジを追跡し、細線化を行う。最後に、“hysteresis threshold”(ヒステリシス閾値)を設定する事でエッジを確定する。ヒステリシス閾値は、エッジを確定するための上限と下限の閾値を設定することで、エッジ抽出の精度を高めるとともに、詳細度をコントロールすることを可能にする。下側の閾値より値が小さい場合は、非エッジ部とする。上側の閾値よりも大きい場合は、エッジとして認識する。もし、2つの閾値の間に値がある場合は、この画素から近隣の画素を探索しエッジ画素と繋がる場合は、エッジとする。繋がらない場合は、非エッジとする。図 1.2-1 に処理フローを示す。

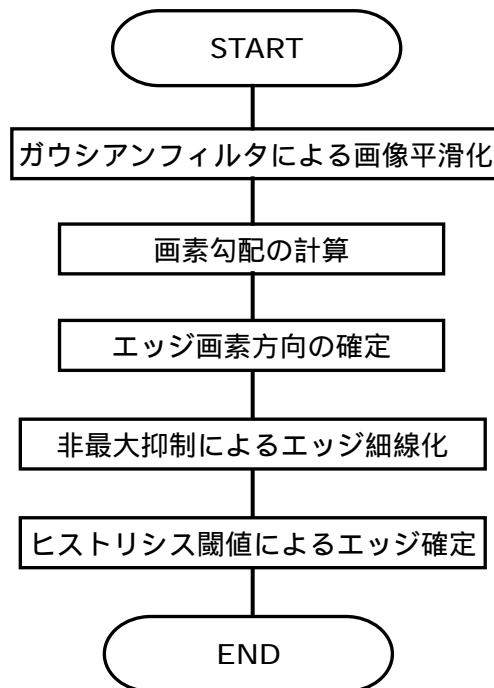


図 1.2-1 Canny エッジ抽出のフロー

(ウ) 他のアルゴリズムとの比較

Canny エッジ抽出と他のエッジ抽出のアルゴリズムを比較するにあたり、過去に行われた研究を参考にした。その内の 1 つが、Edinburgh 大学の人工知能学科で行われた研究である。^[3] 研究内容は、ノイズの多い画像で Canny 法、Sobel 法と Roberts 法の比較を行うというものであり、その結果、Sobel 法と Roberts 法のどちらも、画像中のノイズの除去および、高精度なエッジ抽出ができないことが確認されている。それに対し、Canny 法は全てのエッジ抽出が可能かつほぼ全てのノイズを除去可能であることが確認されている。

2 つ目は Richard らによる報告である。^[4]この研究では、Canny、SUSAN、Rothwell、Nevatia-Babu^[5]といういくつかのエッジ検出アルゴリズムの比較結果が報告されている。

この研究は、経験則によるアプローチで、出力画像の品質の評価を行う。航空写真、テクスチャの細かい自然画像、テクスチャの無い写真、人工的な画像、カラー画像、合成画像を含む多種多様な画像についてテストがなされ、その結果が示された。結果としては、テクスチャ画像においては Canny 法が SUSAN 法より優れ、Rothwell 法、Nevatia-Babu 法は Canny 法とほぼ同じ結果となった。

もう 1 つの実証的な心理学と統計方法に基づく研究は、4 つの有名なエッジ抽出アルゴリズムを比較した実験結果を示している。^[6]この研究において、比較対象として選定された 4 つの抽出方法は、以下の通りである。

- .Canny 法
- .Sobel 法^[7]
- .Nalwa-Binford 法^[8]
- .Sarkar-Boyer 法^[9]

Sobel 法は、過去の標準アルゴリズムであり、現在もその研究について出版物が引用している。Canny 法は、現在の標準アルゴリズムであり、論文等で新しいエッジ抽出アルゴリズムを比較する際に、しばしば比較対象となっている。Nalwa-Binford エッジ抽出法は、“surface fitting”アルゴリズムの代表として選んだ。最後に、Sarkar-Boyer エッジ抽出法は、“zero crossing”アルゴリズムにおいて最新の手法であることから代表として選んだ。この実験では 8 つの画像を使用した。

エッジ抽出における全体の順位は、固定したパラメータ選択で、Canny 法と Nalwa-Binford 法とが同程度で以下の 2 つより優れており、Sarkar-Boyer 法と Sobel 法とが同程度であった。

パラメータを各々の抽出方法で最適化した場合では、Canny 法、Nalwa-Binford 法と Sarkar-Boyer 法とが同程度、次いで Sobel 法という順位になった。結論としては、パラメータの最適化が可能であるという条件であれば、実用的な観点から最良のエッジ抽出手法として、Canny 法を利用することになると考えられる。

(エ) 開発対象アルゴリズム

上述の研究と幾つかのアプリケーションから、Canny エッジ抽出法と他のエッジ抽出法を抽出効率と正確性の面から比較した結果、現時点では最良のエッジ検出アルゴリズムであるという結論に達した。

図 1.2-2 は、Canny エッジ抽出手法に従いソフトウェアを開発し、実際に航空写真を用いて Canny エッジ抽出を使用した結果を示している。

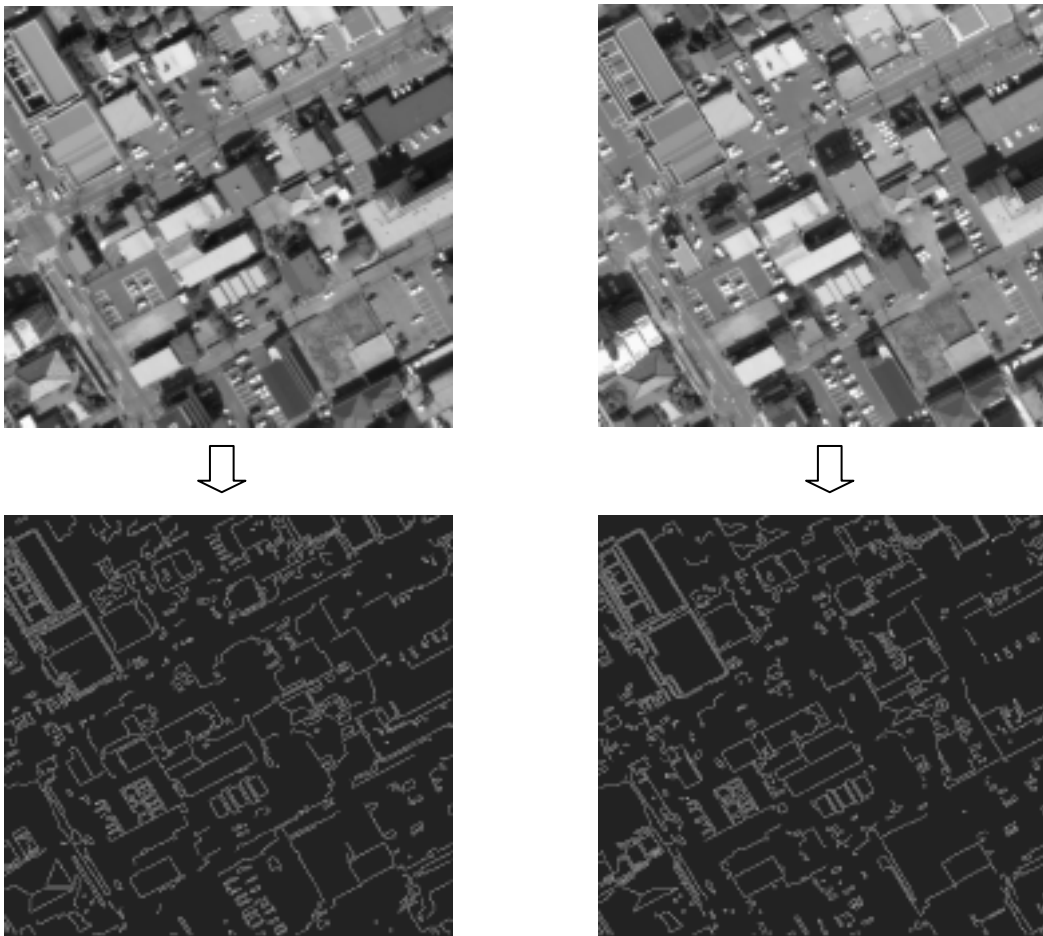


図 1.2-2 Canny アルゴリズムによるエッジ抽出

ウ マッチング手法の研究開発

(ア) はじめに

3D都市モデルは、都市マッピング、都市計画、モバイル通信、環境モニタリング、リスクアセスメント、バーチャル観光等、様々なアプリケーションに使われている。最新3D情報の需要は継続的に成長しており、短い処理時間、且つ低コスト化の為に、3D都市モデルの自動抽出が重要となる。この3D都市モデルの信頼性向上は、イメージマッチング技術に依存し、自動抽出の性能に依るところが大きい。

写真測量法およびリモートセンシングは、マッチングにより様々なデータセット間の関連性が定義される。データセットは地図だけでなく GIS データなどの画像としても表現される。

イメージマッチングは長年にわたり、写真測量分野において、最も難しい研究開発対象のひとつであり、現在も変わっていない。デジタルデータのイメージマッチングは、2つ

以上の画像から要素間の対応を自動的に確立することを目的としている。要素とは、画像から抽出された特徴的なものを示す。イメージマッチングを利用する事で二次元の投影から三次元オブジェクト表面を再構築することができる。

(イ) イメージマッチングの各種アルゴリズム

マッチング要素の違いにより、マッチングアルゴリズムの特徴に様々な違いが生じる。一般的に、要素は2つのカテゴリーに分類され、それぞれに対応したアルゴリズムは次のように呼ばれている。

1. エリアマッチング (ABM)
2. フィーチャマッチング (FBM)

エリアマッチングは、以前からよく研究されているマッチング手法である。エリアマッチングの代表的な手法として、相互相関法と最小二乗法が挙げられる。フィーチャマッチングは、画像の特徴間の対応を決定する方法である。両者とも、ローカルまたはグローバルと呼ばれる手法が存在する。

ローカル手法は画像内の小領域を対象とし、グローバル手法はより大領域または画像全体を対象とする。ローカルマッチングは非常に精密であるが、必ずしも画素間の対応づけができるとはいえない。グローバルマッチングはローカルマッチングより安定性が高いが、必ずしも局所部分で正確にマッチングするわけではない。またローカルマッチングは、隣接画素間のマッチング結果の関係が考慮されていない。これらのことから、マッチングの信頼性はマッチング領域内の情報と密接に関連していると言える。

現在のアルゴリズムは、一般的に最適なマッチングを行うために、しばしば要素の拘束条件を利用する。最も一般的なものを以下に示す。

エピソード拘束: 画像相互の対応する2ポイントは、各々の対象ポイントのエピソード線上に位置しなければならない。

単一拘束: 画像間で対になる要素は、1対1の関係にある。

順序拘束: 片方の画像においてポイント2の右側にポイント1があった場合、もう一方の画像でも順序は同じである。

A エリアマッチング (ABM)

画像マッチングのアルゴリズムの大部分は、このエリアマッチングに含まれる。^{[10][11]}これは通常ローカルな領域に基づいており、画像の小領域に対応している個々の画素は、領域の中心に存在する。この領域は、他の画像における同一サイズの領域と統計的に比較される。領域間の対応した相関のパラメータは、例えば RMS 差のような相違量、あるいは平均値や相互相関のような標準的な指標を用いる。

(A) 相互相関法

2つのウィンドウの相互相関を計算するために、テンプレートウィンドウは、ピクセル毎にシフトされる。個々の位置において、テンプレートウィンドウと探索ウィンドウの対応した部分の間の相関係数が計算される。テンプレートと探索ウィンドウ間の対応点は、相互相関係数の最大値が示される点である。相互相関係数は、異なる画像領域の類似性測定に広く使われている簡単な指標である。^[12]

(B) 最小二乗法

Ackermann は最小二乗相関法(least squares correlation)を提案し、それ以来写真測量法において広く注目されている。^[13] Gruen は最小二乗法を発展させ研究を行った。^[14] これらの方法は、2つの画像間で輝度値の2乗平方差を最小化するようにマッチングを行うためのアルゴリズムである。そのため、1画素以下の精度でマッチングする際に広く用いられる技術である。^{[15] [16] [17] [18]}

B フィーチャマッチング(FBM)

フィーチャマッチングは、エッジまたはエリアの特徴を抽出することが必要となる。^{[19] [20]} ^{[21] [22]} このマッチング方法は、比較的計算時間が早く、画像の内容をより抽象的な表現にすることができるという特徴を持つ。

フィーチャマッチングは2つの段階で構成されており、第1段階は、抽出したい特徴と属性を全画像内で検出する。第2段階は、特徴を対応させて実際にマッチングを行うというものであり、これらの2つの段階は、互いに関連している。

第1段階で抽出された特徴情報は、第2段階の、高い精度のマッチングを容易にしなければならない。特徴マッチングアルゴリズムは、それらの最適化アルゴリズムによって分類される。一部のものはグローバルな収束アルゴリズム(ダイナミックプログラミング、弛緩法など)を、それ以外はローカルなアルゴリズム(Greedy アルゴリズムなど)が使用される。

(A) フィーチャ抽出法

フィーチャマッチング法では、マッチングが行われる前に特徴が抽出される。ローカルな特徴は、ポイント、エッジとライン、および領域である。グローバルな特徴は“構造”(structure)と呼ばれ、ローカルな特徴の属性と特徴間の関係を利用して、グローバルな特徴の構造を形成する。例えば、2つの隣接ポリゴンの角度、或いはエッジ間の最小距離のような幾何学的なもの、もしくは隣接領域間の輝度値の差や輝度値の変化で与えられるものである。抽出される特徴は、他の要素の影響を受けないという安定性がなければならない。

(B) ポイント抽出

ポイント抽出の特徴は通常ローカルなアルゴリズムにより抽出される。^[23] 閾値を用いて矩形または丸いウィンドウ内の特徴点を求める。

(C) エッジ抽出

エッジ抽出は、エッジ画素を検出する演算処理によって抽出される。最も有名な2つの演算を以下に示す。

1 次微分に基づく演算。

ラプラシアンオペレータ。ラプラシアンは2次微分であるため、ノイズに非常に敏感である。従って、ガウシアンフィルタによる補間のようにスムージング処理と結合されて利用される。

(D) 領域抽出

領域抽出は、光強度の変化がある閾値以下である領域のような、画像中の“均質な領域”を検出することから始まる。そして領域抽出が十分に均質性を保つ範囲だけが最大限に抽出される。Dezfouli と Freeman が形状に基づく領域マッチングの方法を提案した。^[24]

C 他のイメージマッチング技術

(A) ダイナミックプログラミング

ダイナミックプログラミング^{[25][26]}は、有名な技術の1つである。ステレオ画像の各エッジポララインに対し、評価関数を定義し、コストグラフを作成する。コストの2次元配列から最もコストの小さいパスを求めることによって、画素間の対応付けを確定する。図 1.2-3 にコストグラフのイメージ図を示す。

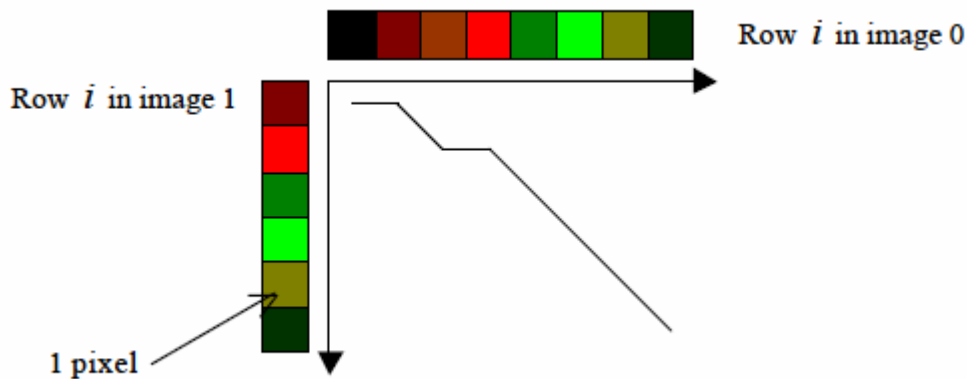


図 1.2-3 コストグラフのイメージ図

(B) 階層化されたマッチング手法

マッチングの精度を高めるため階層的な方法を使用する。例えば、ピラミッド或いは多重解像度(低解像度の画像で全体状況をつかみ、高解像度の画像で詳細判読)のアプローチが挙げられる。これは安定的なステレオマッチングの結果を、不安定になりやすいステレオマッチングの教師データとして利用することを意味している^{[27][28][29][30]}。階層構造は、画像の特徴の重要度に応じて定義付けられる。重要な特徴は、階層構造の一番上のレベルに出現しなければならない。

(C) エピポーラ平行化

多くの場合、エピポーラ画像をマッチングに利用する。エピポーラ平行化手法を用いて、オリジナル画像ペアを平行変換することで、補正されたデジタル画像を生成することができる。対応ポイントの決定付けはエピポーラライン上を探索すればよいので、計算時間は少なくてすむ。

(D) 領域成長手法

対応ポイントを見つけようとして、全画像の探索を行えば処理時間は膨大になる。領域成長法は、前のステップでマッチングしたポイントの情報を利用し、検索エリアを限定することでマッチング性能を改善した効率的な方法である^[31]。

(ウ) 考察

高解像度の航空写真画像から建造物の 3Dモデルを自動抽出する場合、建物が密集しており、複雑な環境である都市部は特に難しい。デジタル写真測量法における画像マッチングには、多くの幾何学的、ラジオメトリック的さらにテクスチャに関する問題がある。

現時点ですべてのマッチングにおける課題を解決する性能を持っているアルゴリズムは存在しない。また、各マッチング手法の結果を見ると、単一のマッチングアルゴリズムだけでは精度の高い結果は得られないことがわかる。したがって、良好なマッチング結果を得るためには、複数の処理段階でマッチングを行う必要があると考えられる。

(エ) 開発対象アルゴリズム

最適な画像マッチング技術の開発は、いくつかの方法を結合する精巧な技術に焦点を絞るべきである。エッジは、画像における最も根本的で重要な要素であり、マッチング処理の複雑性や計算量を大きく減少するために使用される。フィーチャマッチングは、エリアマッチングよりも特徴全体の関係を考慮し、マッチングの曖昧さを減らすことが可能である。従って、この研究は、特徴抽出、線分抽出とフィッティング、フィーチャマッチングのアルゴリズム研究に重点を置いている。図 1.2-4 は、航空写真から 3D モデリングを行うモデル図である。

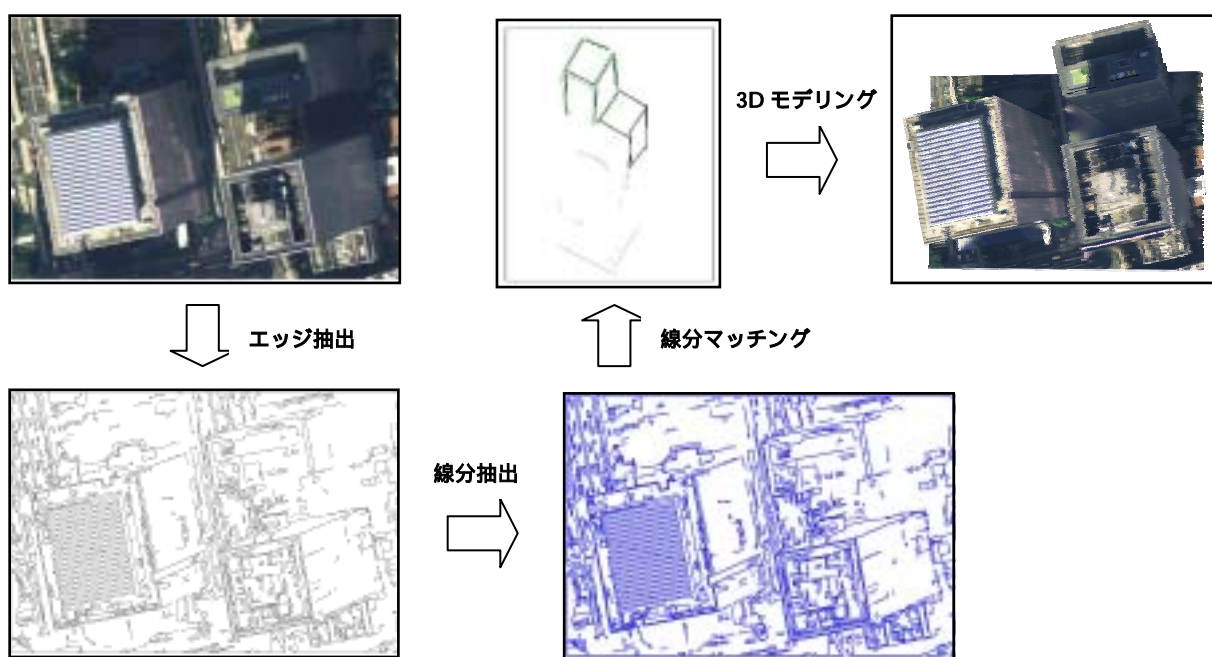


図 1.2-4 3D モデリング処理過程モデル図

(オ) 特徴抽出検証ソフトからの抽出画像の圧縮比較

比較方法

パナクロマチック画像から検証ソフトにより特徴抽出画像を作成する。元画像と抽出画像に対して既存の可逆圧縮方式(Jpeg2000)で圧縮を行い、圧縮率を比較する。

注) Jpeg2000 は、Adobe 社製 Photoshop を利用。

圧縮結果

既存技術による圧縮結果を表 1.2-2 に示す。

表 1.2-2 既存技術圧縮結果

	ファイル概要	サイズ[B]	圧縮後[B]	圧縮率
SSFW8.tif	パנקロマチック画像 R	658,636	318,245	-
SSFW8z.tif	特徴抽出画像 R	659,176	235,153	74%
SSBW8.tif	パנקロマチック画像 F	658,912	315,157	-
SSBW8z.tif	特徴抽出画像 F	658,472	227,058	72%

パנקロマチック画像に対し、特徴抽出を行う事で、既存の圧縮技術で可逆圧縮を行う方法よりも圧縮率が向上するという結果を得た。

(2) まとめ

航空機画像センサ取得空間データを圧縮するにあたり、既存の特徴抽出手法の調査を行った結果、Canny 法の使用が望ましいという結論に至った。

Canny 法に関しては、実際に検証用ソフトの作成およびサンプル画像からの特徴抽出を行い、調査結果に示された結果を得ることができた。(図 1.2-4 参照)

また、圧縮結果に関しては、表 1.2-2 に示すように、Canny 法による特徴抽出方式が、既存圧縮技術より優れているという結果が得られた。

マッチング方法に関しても同様に、既存手法を調査することで、フィーチャマッチングを利用することが望ましいという結論に至った。

航空機画像センサ取得空間データの圧縮における平成 16 年度の課題としては、効率的な圧縮手法が必須となる事である。視認性評価より得た画像解像度の値より、必要となる圧縮率が約 1/50 と、非常に高いことが確認できた。この圧縮率は、可逆圧縮では非常に困難な数値であることから、非可逆圧縮を用いて圧縮率の向上を図る。それに加え、取得画像の取舍選択や、画像内から必要なエリアの情報のみを抽出し、対象とするような工夫が必要であると考えられる。

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

2.1 空間データ管理技術

モバイル端末へ空間データを伝送して利用する用途は、モバイル端末を持った人のいる現場の景観を表示することによる案内、説明等が考えられる。このような用途では、空間データを用いて景観をリアルに再現する必要がある。例えば歩道や、道路の形状、信号機の設置位置や建物の壁面の図柄（テクスチャ）といった多種の情報が必要となる。空間データを表示するモバイル端末は、ノートパソコンやタブレット型パソコン、PDA、携帯電話といった性能の異なる幅広い種類を想定している。また、モバイル端末への伝送路も、携帯電話、PHS、無線LANといったさまざまな種類を想定している。このようなモバイル環境へ適応した空間データの伝送を可能にすることを目標として、空間データの管理方式を研究する。

モバイル端末は、固定端末に比べて、CPU の処理能力が低く、メモリ容量も少ないので、大容量の3次元データを表示するのは困難である。モバイル端末で空間データを表示できるようにするために、空間データを部分的に抽出して、伝送する空間データ最適化抽出技術を研究開発した。また、3次元グラフィックスの表示性能の低いモバイル端末において、3次元データを表示できるように、空間データをサーバ側でレンダリングして伝送する空間データ構造化蓄積技術を検討した。

2.1.1 空間データ最適化抽出技術

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15年度は、表示品質を維持しつつ、データを削減するための最適化抽出技術について研究開発を行った。最適化抽出技術は、3次元空間内でウォークスルーを行う際の描画候補として、広範囲の都市に対する空間データの中から表示上重要な空間データを選択的に抽出するための重要度設定と、視点の移動に伴って表示上重要な空間データを抽出するためのインデックス生成とから成る。

以下では、(1)に3次元モデル管理技術の従来技術と課題について述べ、(2)に平成15年度の研究開発内容について述べ、(3)にまとめる。

(1) 従来技術

都市のように多数のオブジェクトから成る3次元空間は、3次元モデルのデータ量が膨大である。そのため、ネットワークを介して3次元モデルのデータを伝送する際に、多大な時間を要するという課題がある。また、端末側では、3次元モデルの描画に多くの時間を要するという課題があり、特に、描画性能の低い端末では、リアルタイムに操作を行うことが困難になる。

そこで、データ量を削減し、データ伝送時間の短縮化と描画の高速化を図る手法が提案されている。以下に、主な従来技術と課題を述べる。

ア 描画候補を選択する手法

コンピュータグラフィックスでは、一般的にポリゴンと呼ばれる多角形を用いて立体的な形状を表現する。例えば、直方体の3次元モデルは、簡易的には、6枚の四角ポリゴンで表現することができる(図2.1.1-1参照)。多数のポリゴンから成る3次元モデルは伝送時間の増加と描画速度の低下を招くため、描画に必要なポリゴンのみを選択することにより、データ量を削減する手法が提案されている。

ここで、描画に必要なポリゴンを如何にして選択するのかが問題となる。3次元モデルの表示では、オブジェクトを見る視点の位置や方向によってオブジェクトの見え方が変化するため、視点の位置に応じてポリゴンを選択する必要がある。ポリゴンの選択手法には、オブジェクト単位で選択する手法と、ポリゴン単位で選択する手法がある。

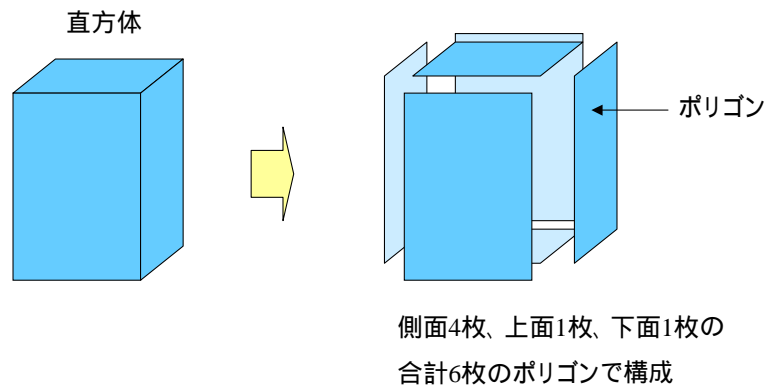


図 2.1.1-1 . ポリゴン

(ア) オブジェクト単位で選択する手法

広範囲の中から視野内のオブジェクトを限定することにより、オブジェクト単位でポリゴンを選択する手法である。例えば、図 2.1.1-2 に示すように広範囲の領域の中から視点の付近を限定した場合、オブジェクトを構成するポリゴンをすべて取得する。

オブジェクトを限定する、一般的な手法には、2次元領域をメッシュに分割し、視点の付近のメッシュからオブジェクトを限定する手法(ブロック法)がある。3次元空間内で視点が移動する際に、視点の位置に基づいてオブジェクトを簡易的に取得できるが、メッシュ単位でオブジェクトを選択するため、メッシュの大きさが固定の場合、端末の性能等に応じて取得するデータを適応的に変えることが困難である。また、メッシュの大きさを可変にする場合には、リアルタイム性が損なわれるという課題がある。

一方、「重要度」という指標を利用してオブジェクトを選択する手法も提案されている。例えば、3次元モデルを表示した際の画面上の大きさ等に基づいて、3次元空間内で視点の位置や方向が定まるごとに各オブジェクトの重要度を算出する手法が提案されている。しかし、この手法では、視点が定まった後にその都度、重要度の算出を行うため、ウォークスルーのように視点が連続して高速に動く場合には、リアルタイムに描画候補を選択することが困難になる。

このようにしてオブジェクト単位でデータを選択した場合、視点から見て裏側にあるポリゴンや、他のオブジェクトに隠れて見えないポリゴンも選択することになるため、描画の高速化には、描画に不要なポリゴンの除去も必要である。

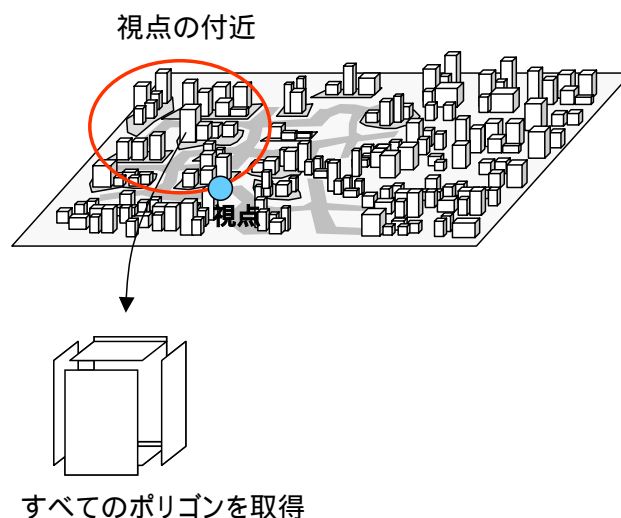


図 2.1.1-2 オブジェクトの限定によるポリゴンの選択

(イ) ポリゴン単位で選択する手法

視線方向等を考慮することにより、描画に必要なデータをポリゴン単位で選択する手法である。3次元空間内における可視性の判定を事前に粗く行っておくことで、必要なポリゴンを描画時に高速に取得する手法が提案されている。しかし、3次元モデルの可視状況は、2次元の場合と異なり、視点の位置や方向に応じて変わるため、どの方向からの可視性を判定しておくのかが課題となる。ウォークスルーでは、視点の位置が時々刻々と変化するが、その経路に対して多数の地点からの可視性を事前に判定した場合には、蓄積する可視情報のデータが膨大になり、実用的ではない。

イ 形状を簡略化する手法

3次元空間内における視点からの距離に応じて、使用するモデルの詳細度を変える手法に LOD (Level of Detail) がある。視点から遠方のオブジェクトを簡略化して表示することにより、都市のように多数のオブジェクトを含む3次元空間を対象として、データを簡易的に削減することができる。しかし、詳細度の異なるモデルを予め用意しておかなければならないという課題がある。この課題に対し、簡略化の度合いの異なるモデルを視点からの距離に応じて自動的に作成する手法も提案されている。しかしこの手法では、視点から遠方のオブジェクトは一様に簡略化されるため、目立つオブジェクトであっても簡略化表示になるという課題がある(図 2.1.1-3 参照)。また、視点の付近において、他のオブジェクトに遮られているために可視部分が少ないオブジェクトであっても詳細に表示される。この結果、表示性能が低い端末では、限られた性能では視点からごく近い範囲のオブジェクトしか表示でき

ず、表示品質が著しく低下する。視点の付近の建物を数件のみ表示した例を図 2.1.1-4 に示す。



図 2.1.1-3 遠方のオブジェクトを簡略化して表示した例
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 2.1.1-4 視点の付近の数件のみを表示した例
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

このように、従来手法では、視点の移動に伴って必要なポリゴンをリアルタイムに描画することが困難である。さらに、端末の違いを考慮していないため、高性能

のパーソナルコンピュータでは高速に描画できたとしても、低性能のパーソナルコンピュータやモバイル機器では描画に多大な時間を費やす可能性がある。また、高性能のパーソナルコンピュータを想定したデータ簡略化手法では、低性能端末を利用する場合に表示品質が著しく低下する。さらに、3次元モデルを伝送して活用する場合には、利用する伝送路の容量の違いも考慮する必要がある。

端末や伝送路の違いを考慮し、多様な利用環境において都市の3次元モデルを利用可能にするためには、以下の課題を解決する必要がある。

ウ 環境に適応したデータ量での空間データの抽出

端末の表示性能や伝送路の容量、視点の移動速度、利用用途等、多様な利用環境に対して、環境に適したデータ量で、必要な空間データを取捨選択できることが必要である。

エ 3次元モデルの可視状況を考慮した空間データの抽出

3次元モデルの可視状況は、2次元の場合と異なり、モデルを見る視点の位置や方向に応じて変化するため、視点の位置や方向に応じた空間データを抽出できることが必要である。そこで、属性情報やユーザの嗜好といった選択基準の他に、3次元モデルの見え方を考慮した選択基準を用い、3次元モデルの表示に必要な空間データを選択できることが必要である。

オ 視点の移動に伴う抽出

ウォークスルーのように3次元空間内で視点が連続的に移動する場合に、視点の移動に追従して抽出できることが必要である。

カ 表示品質の維持

低性能の端末等を利用する場合にも、表示品質の著しい低下を防ぐ必要がある。

平成15年度の研究開発では、上記の課題の解決を目的とした。提案する方式における3次元モデルの利用を図2.1.1-5に示す。多値化した重要度を用いて3次元モデルを管理し、環境に応じた抽出を行うことにより、環境毎の空間データを蓄積することなく、多様な環境において所用の3次元モデルが利用可能になる。

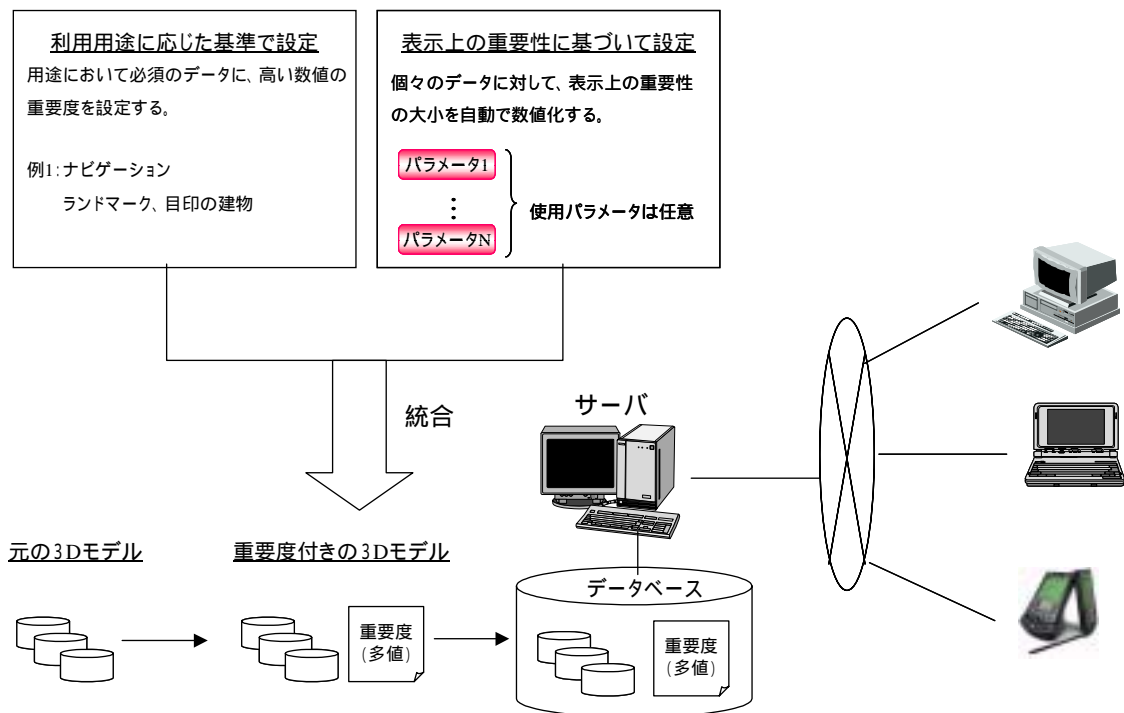


図 2.1.1-5 提案方式における多様な利用環境下での 3 次元モデルの利用

(2)研究開発内容

平成 15 年度の研究開発内容を示す。

3 次元都市モデルの主な利用方法では、道路上で視点を移動させるウォークスルーがある。ウォークスルーでは、視点の位置が時間の経過とともに変化するため、視点の位置に応じた空間データを随時抽出することが必要である。このとき、端末の表示性能や伝送路の伝送容量は限られているため、限られたデータ量で有効に伝送表示を行うべくデータを取捨選択する必要がある。

本方式では、データを取捨選択する際の基準として、多値化した重要度を用いる。重要度には、ランドマーク等の利用用途に応じた重要性のほか、3 次元モデルの表示上の重要性を反映し、3 次元空間内で建物の 3 次元モデルを見た際の見え方に基づいて、表示上の重要性の程度を事前に自動で数値化しておく。視点移動時には、数値化された重要度に対して抽出基準を変え、環境に応じたデータ量での抽出を図る。重要度の高い空間データを優先的に抽出することにより、表示性能が低い端末を利用する場合であっても軽量化したデータでありながら表示品質の著しい低下を防ぐ。

さらに、重要度を用いた抽出を視点の移動に追従して行うために、建物を道路に沿った複数のグループに分類して管理する。各グループが、道路及び歩行方向に関連した重要度を管理することにより、道路付近の建物を限定するとともに、遠方までの景

観において視線方向に応じた重要な建物を選び出すことができる。

重要度の算出に関するパラメータと、抽出に関するパラメータを変えることにより、多様な利用環境に適応した空間データを簡易的に抽出する。

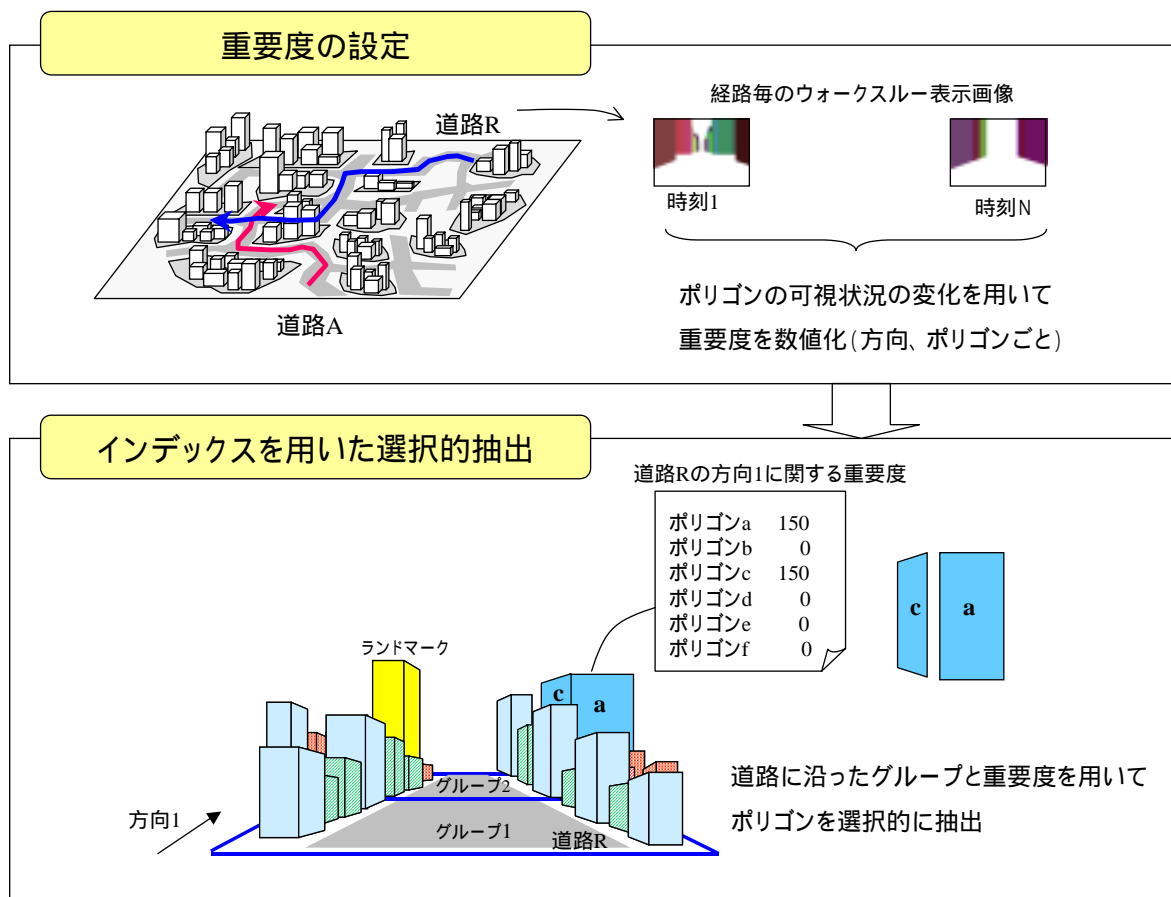


図 2.1.1-6 概要

ア 重要度の設定

(ア) 概要

表示に必要な建物を選びだすために、多値化した重要度を建物に設定する。
重要度は二種類の基準で設定する。

一つ目の基準は、3次元モデルの利用用途に応じた必須の空間データを、最優先して抽出するための基準である。例えば、ナビゲーションでは、交差点に存在する目印となる建物等に高い重要度を設定することにより、必須の空間データとして抽出する。

二つ目の基準は、3次元都市モデルの一般的な表示において、表示上重要な

建物を優先的に抽出するための基準である。例えばナビゲーションでは、目印となる建物に到達するまでの景観を表示する必要があり、低性能の端末を用いた場合でも高速に表示するためには、表示に必要な建物を選択する必要がある。本方式では、重要度を建物のポリゴン毎に設定し、表示に必要なデータをポリゴン単位で選択する。これにより、建物単位で選択する場合に比べて、視線方向に対して後ろ側にあるポリゴンなど、描画に不要なポリゴンを多く除去することができる。

3次元モデルの見え方はモデルを見る視点の位置や方向によって変わるため、ポリゴンに設定する重要度は、3次元空間内における方向に応じて決定する。本方式ではウォークスルーを目的とし、3次元空間内における方向として、道路上の歩行方向を用いる。例を図2.1.1-7に示す。図2.1.1-7において、道路R上のウォークスルーでは、地点Aから地点Bに向かう方向に歩行する「方向1」と、地点Bから地点Aに向かう方向に歩行する「方向2」の視点移動が想定される。そこで、「方向1」と「方向2」の各々の方向に対してポリゴンの重要度を設定する。

各ポリゴンに対して重要度を算出するために、主要な道路に対して予めウォークスルーを行い、視点の移動に伴う時間変化の中でポリゴンの可視状況がどのように変化するかを事前に調査する。調査結果に基づいて重要度を算出し、道路及び歩行方向に関連付けて蓄積することにより、視点移動時に、視点位置と方向に応じた表示上重要なポリゴンを高速に抽出することができる。

重要度の設定例を図2.1.1-8、図2.1.1-9に示す。図2.1.1-8と図2.1.1-9とは、重要度を算出するために使用した道路は同一であるが、ウォークスルーの歩行方向が異なる。歩行方向によって3次元モデルの見え方が異なるため、歩行方向が異なると重要度の値も異なる値として算出されることが分る。

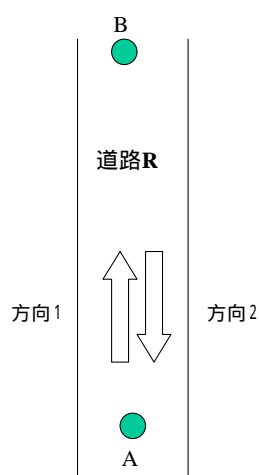


図 2.1.1-7 重要度を設定する道路の歩行方向

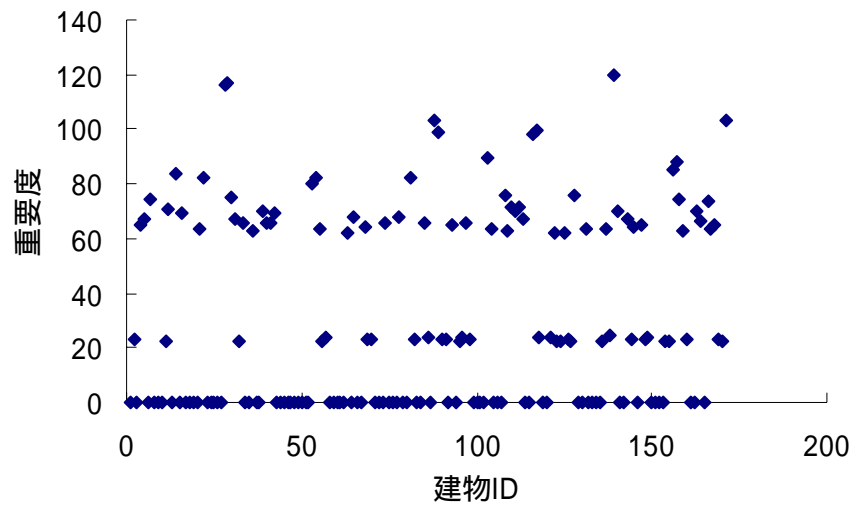


図 2.1.1-8 或る道路上を方向 1 にウォークスルーした際の可視状況に基づいて算出した重要度

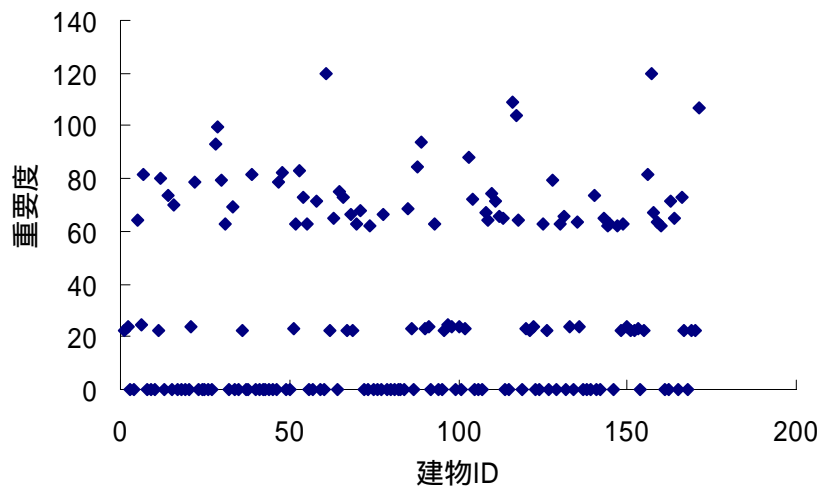


図 2.1.1-9 或る道路上を方向 2 にウォークスルーした際の可視状況に基づいて算出した重要度

(イ) 重要度算出の基準

「(ア) 概要」で述べた二種類の基準について、以下に述べる。

A 利用用途に応じた空間データを優先的に抽出するための基準

利用用途において必須の建物に重要度の最高値を設定する。例えば、ナビゲーションでは、ランドマークや交差点に存在する目印となる建物等に重要度の最高値を設定する。また、店舗検索等では、検索結果の建物に重要度の最高値を設定する。その他、公共建物等の管理等では、美術館や教育施設、警察署等に重要度の最高値を設定する。

このようにして、利用用途に応じて必須の建物に重要度の最高値を設定しておくことで、オブジェクトを選択的に抽出する際に、目的とするオブジェクトを必ず取得できるようにした。

B 3次元モデルの一般的な表示において、表示上重要な建物を優先的に抽出するための基準

ポリゴンの可視状況に基づき、建物のポリゴンに設定する重要度を自動で算出する。ポリゴンの可視状況としては、見え方の時間的な変化を考慮し、「最も大きく表示されたときの表示面積の割合」、「大きく表示されている時間」の2種類の特徴量を用いて重要度を算出することにした。2種類の特徴量は、主要な道路上を予めウォークスルーした際の表示画像を用いて道路及び歩行方向ごとに抽出する。可視状況の時間的な変化を表す特徴量とすることで、ウォークスルーにおいて視点位置が定まるごとに可視状況を判定せずに、視点の移動に伴って表示上必要な空間データを事前に判定できる。

以下に各特徴量について述べる。

(A) 最も大きく表示されたときの表示画素数の割合

ウォークスルーにおける表示において、各建物が最も大きく表示された際に、他のすべての建物に対して表示画素数が占める割合が大きい建物ほど、表示上、重要であると考えられる。そこで、この指標に基づく重要度 Y1 を算出する。占める割合の大小は、重要度 Y1 の数値に反映される。

(B) 大きく表示されている時間

ウォークスルーの中で、最も大きく表示されている時間が長い建物ほど、表示上重要であると考えられる。そこで、この指標に基づく重要度 Y2 を算出する。大きく表示されている時間の長さの大小は、重要度 Y2 の数値に反映される。

二種類の特徴量により、建物の粗密や建物の配置状況を反映した重要度が数値化できる。例えば、図 2.1.1-10 の建物は比較的高いが、道路から奥まっているために、道路上を視点移動する際に表示される時間が少なく、また表示される大きさが少ない。そのため、同程度の高さを有する道路に面した建物に比べると、重要度の値は小さい値となる。

このようにして、建物の高さや大きさといった外形情報のみではなく、建物の配置や周囲の建物による遮蔽状況を含めて表示上の重要性を数値化できる。



図 2.1.1-10 道路から奥まった、比較的高い建物
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

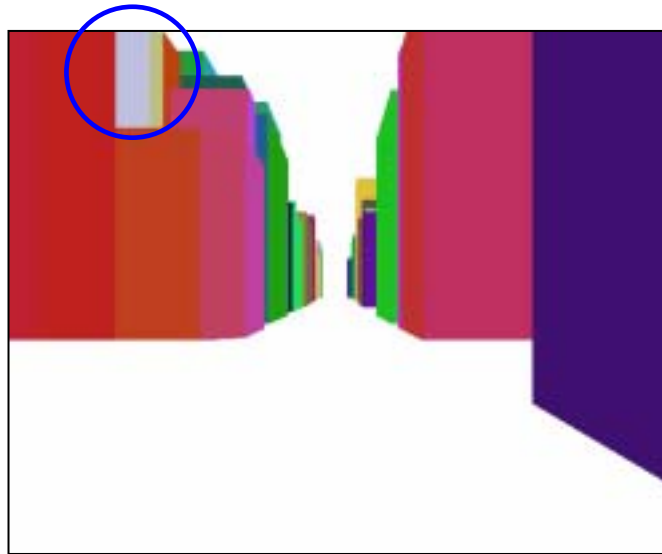


図 2.1.1-11 ウォークスルー表示画像における図 2.1.1-10 の建物
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

イ インデックス生成

重要度の算出に際して予めウォークスルーした際の各道路に対して、建物を道路に沿った複数のグループに分類する(図 2.1.1-12 を参照)。このとき、領域の大きさを一定にして建物を分類した場合には、建物が密集する領域で検索効率が低下する。そこで、建物件数が一定となるようにグループを作成し、建物の粗密によらずに高速に抽出できるようにする。また、グループどうしの接続関係を道路毎に作成し、ウォークスルーの際に接続関係に基づいて視点の付近に存在する領域を高速に特定できるようにする。

各グループは、グループに分類された建物のポリゴンに関し、道路及び歩行方向に対する重要度を管理している。これにより、ウォークスルーの際には、各グループの管理情報から歩行方向に応じた重要度を直ちに取得できる。

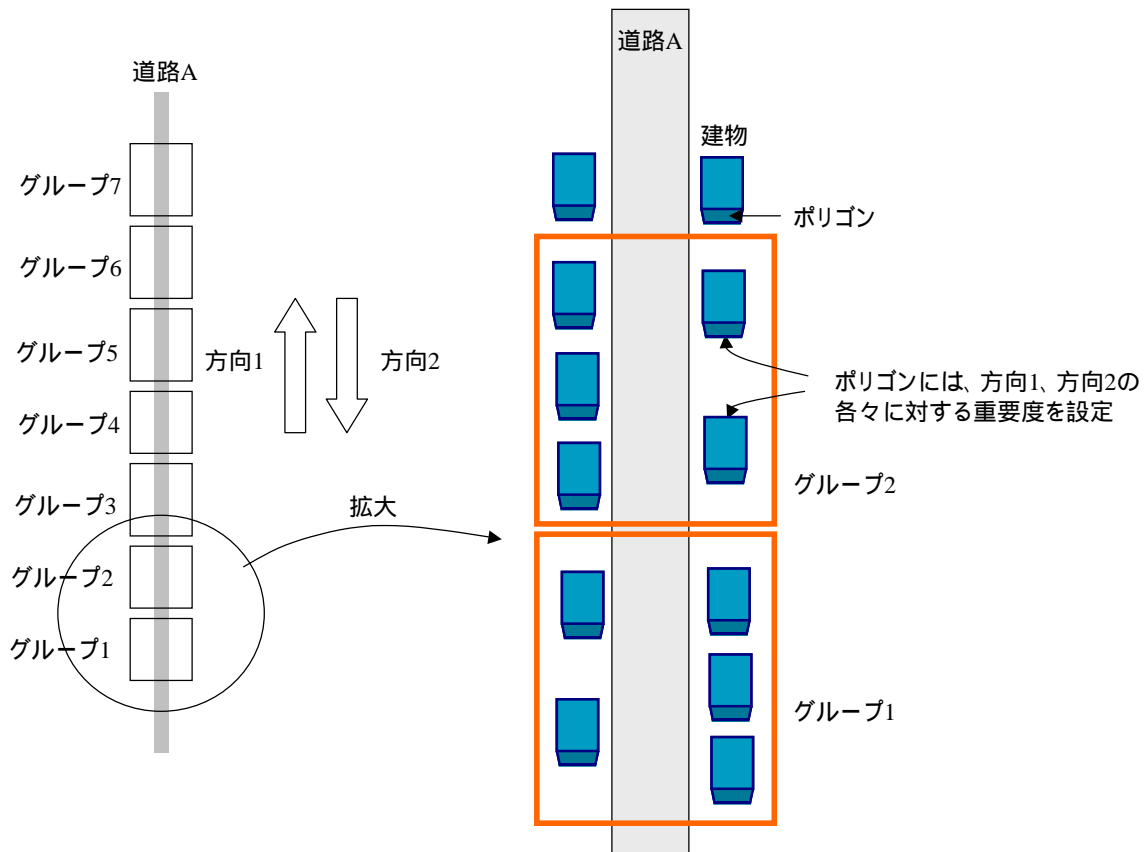


図 2.1.1-12 建物のグループ化

ウ 抽出

ウォークスルーの際には、ウォークスルー開始時の視点位置と視線方向に基づいて、重要度を算出した際の道路及び歩行方向の中から道路と歩行方向を特定し、特定した道路に関する建物のグループ化の結果を用いて建物を抽出する。抽出では、建物のグループ化を利用した先読み抽出と、重要度を用いた選択的抽出の2種類を同時に行う。前者では、視点の移動に追従して視点の付近に存在するグループを取得する際に、視点の先方に位置するグループを視点の到達に先駆けて取得する。後者では、取得したグループに属する建物の中から、指定した件数分だけ建物を選択する。選択は、抽出する重要度の基準を変えて複数回行うことができる。図 2.1.1-13 は、視点の移動に伴い、3回の抽出を行う例を示している。重要度の値に基づき、各グループ内から水色、赤、黄色の順で3回の抽出を行う。各グループ内から重要性の高い建物を相対的に選び出すことにより、建物の選択状況が領域に依存して偏ることを防ぎ、表示上重要な建物を視点からの距離に対して均等に選択できる。また、抽出に用いるグループの個数や各グループから抽出する建物の件数を任意に変えることにより、端

末の性能や回線の伝送速度に応じたデータ量の調整を簡易的に行うことができる。

視点静止時は、視点の付近の領域を次第に拡大し、表示範囲を広げる。これにより、視点の方向を変えた際にも視点の周囲を表示できるようになる。また、ウォークスルーの方向が変化した際には、変更後の視点位置及び変更後の視線方向に最も近い歩行方向を検出し、検出した歩行方向に対する重要度を用いて抽出を行う。

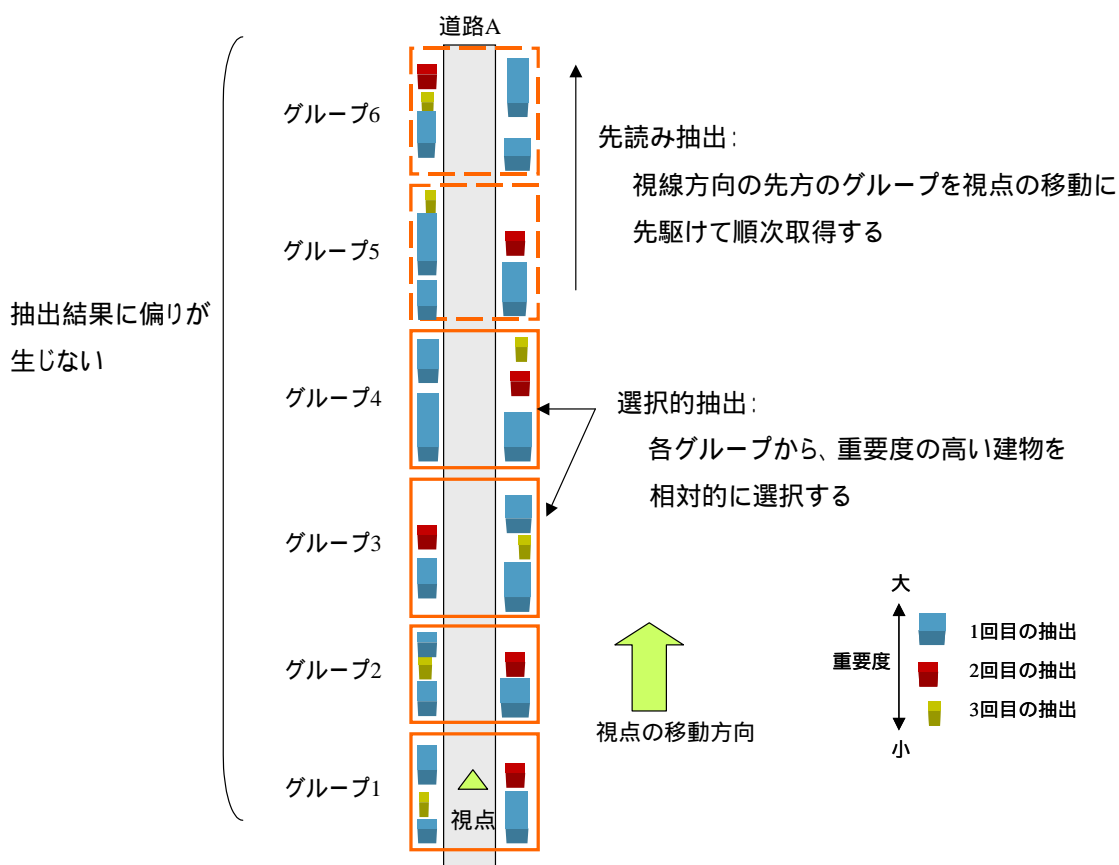


図 2.1.1-13 抽出

エ 検証

最適化抽出技術の検証を行った。

(ア) 実行環境とデータ

表 2.1.1-1 に示す 2 台のコンピュータを使用した。サーバは、最適化抽出技術に基づいて構築したインデックスを有する。サーバとクライアントを 100Mbps の LAN で接続し、クライアントにて実験データを測定した。

使用したデータは、VRML 形式の 3 次元モデルであり、東京都中央区の約 2.5km × 1.5km のエリアである。

表 2.1.1-1. 実行環境

使用機器	OS	CPU	メモリ
サーバ	Windows2000 Server	Xeon 2.8GHz/512KB L2 キャッシュ×2	4GB
クライアント	Windows2000	Xeon 2.8GHz/512KB×2	2GB

(イ) 実験内容

抽出率、表示データ量と表示時間、表示品質に関する実験を行った。データ取得地点は、図 2.1.1-14 に示す 3 地点(地点 1～地点 3)とした。図 2.1.1-14 において、実線矢印は視線の方向を示している。

虎ノ門

銀座

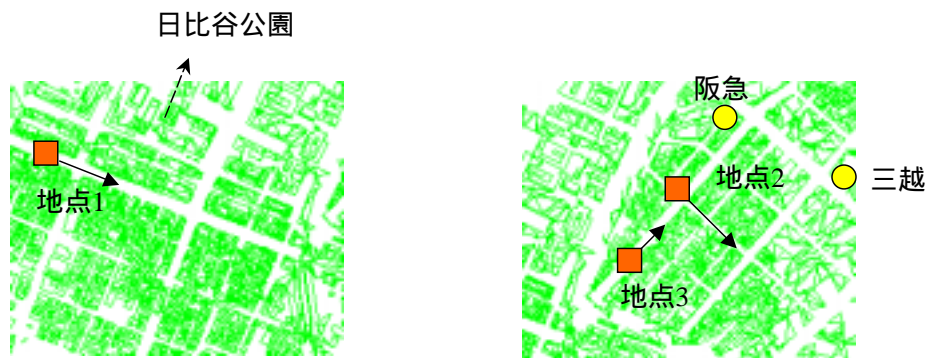


図 2.1.1-14 データ取得地点
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

A 抽出率

表示品質を維持可能な抽出率について検証した。重要度による抽出基準を変え、そのときの抽出率(建物件数抽出率、建物ポリゴン数抽出率、建物データ量抽出率)を算出した。

建物件数抽出率、建物ポリゴン数抽出率、建物データ量抽出率の算出式を、各々式 2.1.1-1、式 2.1.1-2、式 2.1.1-3 に示す。式 2.1.1-1～式 2.1.1-3 における「視点付近の円」は、地点 1 では視点前方約 470m、地点 2 では視点前方 250m、地点 3 では視点前方 440m の範囲を含む円とし、各々、交差点等の見通しを考慮した範囲とした。

$$\text{建物件数抽出率} = (\text{抽出した建物件数}) / (\text{視点付近の円内に存在する建物の総件数})$$

(2.1.1-1)

$$\text{建物ポリゴン抽出率} = (\text{抽出した建物ポリゴン数}) / (\text{視点付近の円内に存在するすべての建物の総ポリゴン数})$$

(2.1.1-2)

$$\text{建物データ量抽出率} = (\text{抽出した建物の総データ量}) / (\text{視点付近の円内に存在するすべての建物の総データ量})$$

(2.1.1-3)

B 表示データ量と表示時間

データの削減による、表示データ量の削減と表示時間の短縮の効果を検証した。

C 表示品質

重要度を用いて建物を選択的に抽出した場合の表示結果と、視点の付近の建物をすべて抽出した場合の表示結果とを比べ、表示品質を被験者により評価した。被験者は6名(男性3名、女性3名)である。削減した表示結果と削減なしの表示結果を画面に同時に提示し、削減した表示を削減なしの表示と比べた際の違和感の度合いを「違和感がある」、「違和感が少しある」、「どちらでもない」、「違和感があまりない」、「違和感はない」の5段階で回答してもらう形式とした。また、各提示内容に対し、自由に意見を述べてもらうことを行った。

(ウ) 実験結果

A 抽出率

地点1～地点3の各地点に関する実験パターンを表2.1.1-2～表2.1.1-4に、実験結果を表2.1.1-5～表2.1.1-7に示す。抽出率と抽出結果の図とから、視点の付近に存在する多数の建物に対して約15%程度の建物を抽出した場合であっても、視点の付近に存在するすべての建物を抽出して表示した場合とほぼ同程度の品質で表示できることが分った。一方、抽出率が10%以下の場合には、地点によっては違和感の少ない表示も可能だが、一般的には、表示品質が低下すると考えられる。

この結果より、小容量の伝送路を用いる場合には、最低でも、約15%程度の建物を抽出することで、表示品質を維持しつつ、伝送時間の短縮を図ることが可能になると考えられる。データ量の具体的な数値に関しては、Bの項目で述べる。

表 2.1.1-2 地点1に関する実験パターン

実験パターン	抽出内容
1-A	建物を10件ずつグルーピングした場合において、各グループから、重要度の高い建物から順に5件ずつを抽出
1-B	建物を10件ずつグルーピングした場合において、各グループから、重要度の高い建物から順に2件ずつを抽出

表 2.1.1-3 地点2に関する実験パターン

実験パターン	抽出内容
2-A	建物を10件ずつグルーピングした場合において、各グループから、重重要度の高い建物から順に3件ずつを抽出
2-B	重要度80以上の建物を抽出

表 2.1.1-4 地点3に関する実験パターン

実験パターン	抽出内容
3-A	建物を10件ずつグルーピングした場合において、各グループから、重要度の高い建物から順に4件ずつを抽出
3-B	建物を10件ずつグルーピングした場合において、各グループから、重要度の高い建物から順に2件ずつを抽出

表 2.1.1-5 地点 1 に関する抽出率

実験番号	建物件数 抽出率	建物ポリゴン数 抽出率	建物データ量 抽出率	抽出結果の図
1-A	0.15	0.06	0.36	図 2.1.1-15
1-B	0.06	0.02	0.21	図 2.1.1-16

表 2.1.1-6 地点 2 に関する抽出率

実験番号	建物件数 抽出率	建物ポリゴン数 抽出率	建物データ量 抽出率	抽出結果の図
2-A	0.16	0.08	0.28	図 2.1.1-18
2-B	0.09	0.04	0.22	図 2.1.1-19

表 2.1.1-7 地点 3 に関する抽出率

実験番号	建物件数 抽出率	建物ポリゴン数 抽出率	建物データ量 抽出率	抽出結果の図
3-A	0.10	0.03	0.12	図 2.1.1-21
3-B	0.05	0.01	0.06	図 2.1.1-22



図 2.1.1-15. 地点 1 における表示(実験パターン 1-A)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

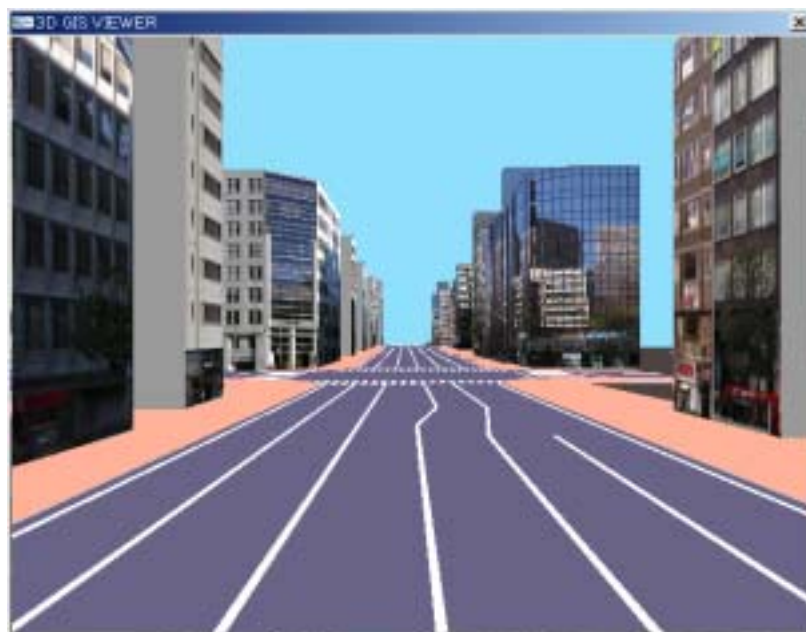


図 2.1.1-16 地点 1 における表示(実験パターン 1-B)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

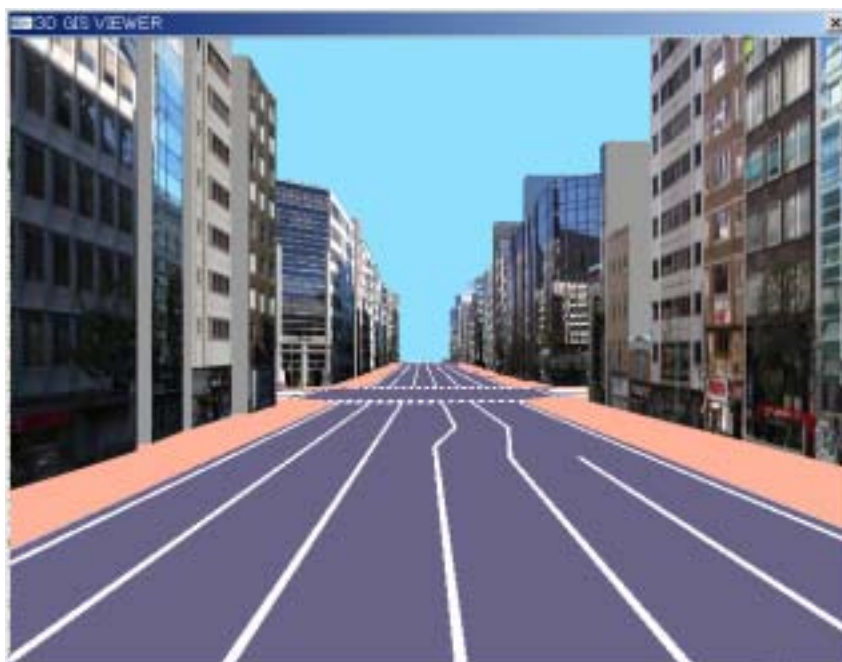


図 2.1.1-17 地点 1 における表示(削減なし)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 2.1.1-18 地点 2 における表示(実験パターン 2-A)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 2.1.1-19 地点 2 における表示(実験パターン 2-B)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 2.1.1-20 地点 2 における表示(削減なし)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 2.1.1-21 地点 3 における表示(実験パターン 3-A)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 2.1.1-22 地点 3 における表示(実験パターン 3-B)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

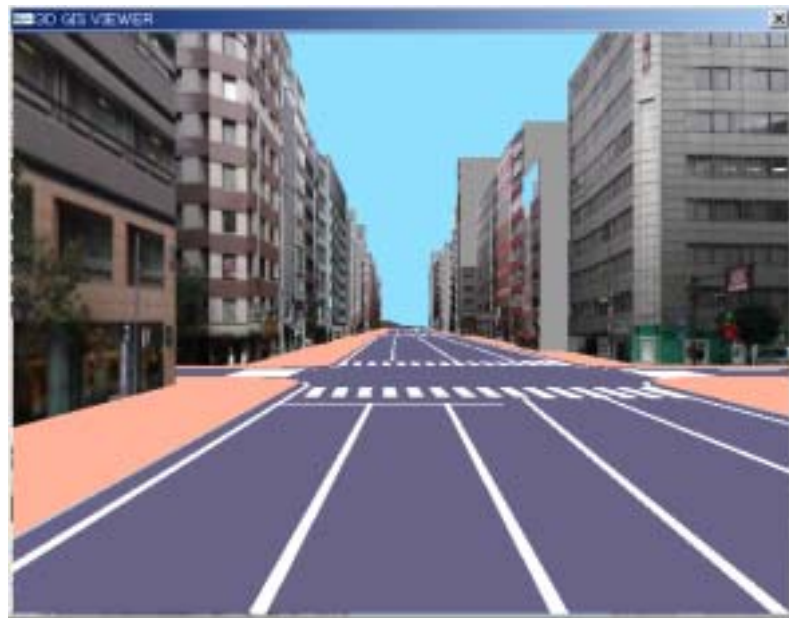


図 2.1.1-23 地点 3 における表示(削減なし)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

B 表示データ量と表示時間

各地点に関する結果を各々表 2.1.1-8～表 2.1.1-10 に示す。表中の「実験パターン i-C」(i=1, 2, 3)は、抽出率 1.0 の場合(円内に存在するすべての建物を抽出した場合)の結果である。

円やメッシュ等を用いて建物を抽出する場合、視点から或る程度遠方までを表示するためには円の半径やメッシュの領域を大きく取得する必要があるため、視野外の建物や、他の建物に遮蔽されて見えにくい建物までもすべて抽出してしまう。そのため、表示データ量が多くなり、表示に多くの時間を費やす。

本手法では、道路上の歩行方向に応じた重要度を用いてポリゴンを抽出するため、遠方までの景観を再現する場合に、表示上、重要性が少ないポリゴンを非抽出とし、表示に関わるポリゴンを多く抽出することができる。この結果、視点の付近に存在する建物をすべて抽出した場合とほぼ同程度の表示品質を維持しつつ、表示データ量を大幅に削減し、短時間で表示することができた。

各地点の各実験パターンに関して、3次元モデルを伝送した場合の推定伝送時間を表 2.1.1-11～表 2.1.1-13 に示す。本手法は、視点の付近のオブジェクトをすべて伝送する場合に比べて、約 1/4～1/2 程度に伝送時間を短縮できると推定される。今後は、テクスチャ圧縮等を利用して、個々のデータ量を削減することが必要である。

なお、表 2.1.1-8～表 2.1.1-10 は、視点が静止した状態での結果であり、ウォークスルーにおける初期表示に対応する。ウォークスルーの視点移動中におけるデータ量削減による効果は、「3.1.1 空間データスケラブル伝送技術 (2)空間データ最適化抽出技術を用いたモバイル端末への空間データ伝送」に述べる。

表 2.1.1-8 地点 1 に関する表示データ量と表示時間

実験パターン	表示データ量(バイト)	表示時間(ミリ秒)
1-A	6275835	2407
1-B	3923928	1312
1-C	14813695	4528

表 2.1.1-9 地点 2 に関する表示データ量と表示時間

実験パターン	表示データ量(バイト)	表示時間(ミリ秒)
2-A	3795107	1640
2-B	2972079	985
2-C	8923421	2918

表 2.1.1-10 地点 3 に関する表示データ量と表示時間

実験パターン	表示データ量(バイト)	表示時間(ミリ秒)
3-A	3378300	1308
3-B	2030707	805
3-C	15195595	3925

表 2.1.1-11 地点 1 の再現に必要なデータ伝送時間(推定)

実験パターン	2Mbps の場合の 伝送時間(秒)	11Mbps の場合の 伝送時間(秒)
1-A	23.9	4.4
1-B	15.0	2.7
1-C	56.5	10.3

表 2.1.1-12 地点 2 の再現に必要なデータ伝送時間(推定)

実験パターン	2Mbps の場合の 伝送時間(秒)	11Mbps の場合の 伝送時間(秒)
2-A	14.5	2.6
2-B	11.3	2.1
2-C	34.0	6.2

表 2.1.1-13 地点 3 の再現に必要なデータ伝送時間(推定)

実験パターン	2Mbps の場合の 伝送時間(秒)	11Mbps の場合の 伝送時間(秒)
3-A	12.9	2.3
3-B	7.7	1.4
3-C	58.0	10.5

C 表示品質

削減した表示と削減なしの表示を比較して、表示品質を評価した。各実験パターンの A に関しては、被験者全員、「違和感がない」との回答であった。実験パターン 1-A は、表示地点に近い、右下の建物が非抽出であることにほぼ全員気づいたが、その他の非抽出建物は視点から遠方であり、また、表示上目立たない建物であったため、視点位置から見た景観としては、「違和感はない」という回答であった。また、実験パターン 3-A は、実験パターン 1-A や 2-A と比べると抽出率が低い、密集している部分の目立たない建物を非抽出としているため、

「違和感がない」という回答を得ることができた。

一方、実験パターン 1-B のように、交差点付近の建物が除外されている場合では、実際の景観との差異が大きくなるために全員、「違和感が少しある」という回答であった。なお、評価に使用した実験パターンは、視点静止時における一般的な景観表示を目的としたため、交差点の建物に関して、特に重要度を高めるということを行っていない。そのため、「歩行者ナビゲーションの場合には、交差点の建物が見えていたほうがよい」との意見があった。この点に関して、後述の「3.1.1 空間データスケラブル伝送技術 (2)空間データ最適化抽出技術を用いたモバイル端末への空間データ伝送」に示したナビゲーションの実験では、目印となる建物に重要度の最高値を設定し、目印となる建物を必ず表示可能となるようにした。

以上の表示品質の実験結果から、視点の付近に存在する建物の約 15% 程度を抽出した場合には、表示品質の維持が可能であることが分った。

(3)まとめ

伝送速度が遅い伝送路を利用する場合のように、大容量のデータを扱うことが困難な利用環境であっても所用の空間データを利用可能とするために、表示品質を維持しつつデータを削減する最適化抽出技術の研究開発を行った。最適化抽出を行うために、都市の中から表示上重要な空間データを選択するための重要度設定と、視点の移動に伴って表示上重要な空間データを抽出するためのインデックス生成を行った。検証を行い、遠方までの景観を再現する際に、視点の付近に存在する建物に対して約 15% 程度の建物を抽出した場合でも、表示品質の著しい低下を防ぎ、遠方までを表示できることが分った。また、データ量の削減により、描画時間を短縮できることが分った。表示上の重要性の低いデータを削減することにより、広い範囲でウォークスルーする場合や、遠方までを表示する場合にも、表示に必要な空間データを高速に伝送し、表示できる。この点に関しては、「3.1.1 空間データスケラブル伝送技術 (2)空間データ最適化抽出技術を用いたモバイル端末への空間データ伝送」に示す。

なお、今年度は、道路上のウォークスルーを対象として重要度の設定を行ったが、上空で視点を移動させる場合なども含め、自由な視点移動を実現することも必要である。また、テキスト圧縮等を利用して個々のデータ量を削減し、表示の高速化を図ることも必要である。

2.1.2 空間データ構造化抽出技術の検討

(1) 従来技術

空間データをサーバ側でレンダリングして伝送する技術としては、サーバサイドレンダリング[1]が考えられている。端末の要求に応じて、サーバにおいて、空間データをレンダリングして端末へ伝送する手法である。この手法では、サーバのレンダリング処理能力の限界から、複数のモバイル端末へ同時に空間データを伝送することはできない。また、空間データをいったん動画像に変換して蓄えておき、端末の要求に応じて動画像を配信する処理[2]も研究されている。この手法は、再現する視点移動経路を想定して動画像を事前に作成する必要があり、再現できる視点移動経路は限定される。

(2) 研究開発内容

ア レンダリング画像の利用

端末の表示性能や回線の容量に制限のあるモバイル環境において、空間データを配信、表示できるようにするために、空間データを画像に変換して伝送する手法を考えた。

空間データ構造化抽出技術では、3次元グラフィックスの表示性能に制約のある端末において、空間データを表示するために、空間データを画像に変換して、表示する方式を検討した。さらに、画像形式に変換した空間データを用いて、リアルに空間データを表現する手法を検討した。表 2.1.2-1 にモバイル端末における空間データの表示方式の比較を示す。モバイル端末で空間データを表示することができれば、自由な視点から、自由な方向の景観を再現することができる。ところが、モバイル端末の3次元グラフィックスの表示性能の制限から、現状の携帯電話やPDAでは十分な範囲の空間データを表示できない。

モバイル端末において、仮想空間内の特定の視点位置からレンダリングした画像を表示すると、あたかも空間データを表示したような景観を再現することができる。ところが、画像をレンダリングした視点位置から見た景観しか再現できない。特定の経路を通る視点でレンダリングした動画についても同じである。レンダリングした経路からみた景観しか再現できない。パノラマ画像に変換した空間データを用いると、パノラマ画像1枚で、全周囲方向の景観が再現できる。パノラマ画像の拡大縮小を用いると、パノラマ画像を作成した視点位置だけではなく、視点位置周辺の位置からみた景観まで再現することができる。

表 2.1.2-1 モバイル端末における空間データの表示方式の比較

種別	立体表現の 自由度	一般的な端末の表示性能		
		ノートPC	携帯電話	PDA
空間データ	任意視点位置から 任意視点方向の表示。	端末の性能によ っては高範囲の 表示も可能。	建物数件 程度の範囲を 表示可。	表示困難。
レンダリング画像	レンダリング位置視点。 レンダリング方向視点。	表示可。	表示可。	表示可。
ウォークスルー 動画	動画経路視点。 動画経路方向表示。	表示可。	表示可。	表示可。
パノラマ画像	パノラマ作成視点位置 付近の視点。 任意視点方向の表示。	表示可。	表示可。	表示可。

空間データ構造化抽出技術では、パノラマ画像の生成と蓄積手法について、検討を行う。蓄積したパノラマ画像の伝送については、スケーラブル空間データ伝送技術において、研究開発を行う。

モバイル端末の表示性能、モバイル回線の伝送容量を考慮して、パノラマ画像の品質や、データ容量の要件を仮定した。モバイル環境における空間データの配信は、品質要件と、データ容量要件のトレードオフになると考えられる。

品質要件:パノラマ画像だけを用いるか、またはパノラマ画像と空間データを組み合わせることにより、リアルな景観を再現できること。

データ容量要件:携帯電話、PHS、無線 LAN といったモバイル環境にて、伝送可能。但し、最終的な空間データの使用方法

品質、データ容量を考慮したパノラマ画像の生成、管理方式として、まず、パノラマ画像の特長を検討する。次に、モバイル環境において、パノラマ画像を伝送、表示するために最適なパノラマ画像の生成方式を検討する。

イ パノラマ画像の特長

パノラマ画像を用いた景観の再現の特徴として、1枚の画像で全方位の景観を再現できることに着目した。1枚のパノラマ画像でどの程度の範囲の景観が再現できるかを検討した。

第一にパノラマ画像生成時の視点位置に着目した。道路が集まっている交差点のような場所で作成したパノラマ画像は、全方位の景観がきれいに再現できる。道路のある方向や、交差点のコーナーの建物の方向の画像を拡大して表示すると、あたかもその方向へ進んでいるような景観の表示が可能である。パノラマ画像1枚で、交差点付

近の視点位置からの景観の再現が可能になる。両脇に建物が並ぶ道路の途中の視点位置から作成したパノラマ画像の場合、道路方向の景観は、拡大や縮小をすることで再現できる。一方で、道路両側の建物の方向については、視点位置が移動すると、視差が大きくなってしまふ。例えば、南北に伸びている道路沿いのある建物をパノラマ画像に写す場合、パノラマ画像の視点位置が、建物の正面、建物より南側、建物の北側によって、建物の写り方が明確に違う。ある建物よりやや南側の視点位置で作成したパノラマ画像を用いて、建物より、北側から見た景観を再現するのは困難である。建物がならぶ道路上の景観の再現には、狭い間隔の視点位置からパノラマ画像を作成する必要がある。(図 2.1.2-1 および図 2.1.2-2 参照)



図 2.1.2-1 交差点付近のパノラマ画像の例



道路方向の画像拡大



コーナーの建物方向の画像拡大

図 2.1.2-2 交差点パノラマ画像拡大例

第二に、パノラマ画像の視点位置と、パノラマ画像に写る被写体との距離について、検討した。図 2.1.2-3 は、パノラマ画像の取得位置を O とし、建物モデルをパノラマ画像に写す例を真上からみた図である。パノラマ画像は O を中心とする円筒 $S1$ または円筒 $S2$ に、 O からみた建物モデルの像を射影した像として生成する。 $S1$ の半径を $R1$ 、 $S2$ の半径を $R2$ として、 O から建物モデルまでの距離は $S2$ よりも $S1$ に近かったとする。このとき、建物モデルの点 P および点 Q が、それぞれ $S1$ 上の点 $P1$ 、点 $Q1$ に、射影され、 $S2$ 上の点 $P2$ 、点 $Q2$ に、射影されたとする。次に、 $S1$ 、または $S2$ に写った像を用いて建物データを再現する場合を考える。 $S1$ 、 $S2$ と同じ円筒形のスクリーンをおき、この円筒形の内側に $S1$ に写った像や $S2$ に写った像を貼り付けて表示することを想定す

る。円筒形のスクリーンの内側の任意視点位置から、自由な方向の景観を再現することを想定する。図の例では、点Aから建物モデルを見ると仮定する。点Aから建物モデルまたは建物モデルの辺P、辺Qの像が見える方向は以下ようになる。

建物モデルの空間データ	AP	AQ
S1に写る像	AP1	AQ1
S2に写る像	AP2	AQ2

このとき、例えば点Pに注目した場合、P1、P2は、APOの辺PO上に位置する。Oからの距離は、 $OP1 > OP2$ となる。このとき、点AからPが見える方向APと、点Aからパノラマ画像を見た方向との差異は、

$$PAP1 < PAP2$$

となる。

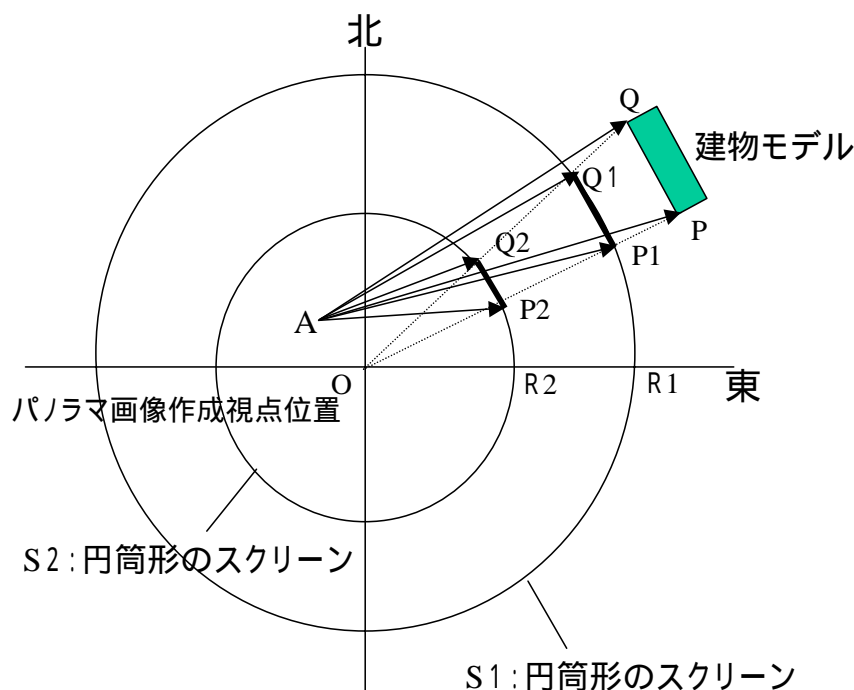


図 2.1.2-3 パノラマ画像と被写体の距離の関係

このことから、パノラマ画像の作成視点位置と異なる視点位置から見た景観をパノラマ画像を用いて表示するには、被写体の近くに設置したスクリーンに写ったパノラマ画像を景観として表示した方が、被写体から離れた位置に設置したスクリーンに写ったパノラマ画像と比べて、被写体の見える方向の誤差が小さくなることがわかる。また、パノラマ画像作成視点位置からパノラマスクリーンの位置と比べて十分長い距離に位置する被写体は、パノラマ作成視点位置と異なる視点位置から見ても、視点方向があまりかわらない。

ウ パノラマ画像の生成方式

パノラマ画像の特長を考慮して、景観をきれいに再現するためのパノラマ画像の生成方式を検討した。

第一にパノラマ画像の作成点について検討した。パノラマ画像の特長から、交差点付近をパノラマ画像生成点とする。図 2.1.2-4 はパノラマ画像の生成位置を説明するために、ビルや道路を真上から見た図である。パノラマ画像を作成したときに、景観に大きな影響をあたえるものは、道路や地面よりも、建物である。交差点 A におけるパノラマ生成点は、交差点の真中にあることを想定している。交差点の真中の定義として、道路の先が見渡せる位置とした。交差点付近のビルの頂点からほぼ等距離にある点を生成点として、パノラマ画像を生成すると、建物の間から道路の先までみわたせる。道路上の景観においては、幅の広い建物等は建物の正面でパノラマ画像を生成すると、その建物の全体を写したパノラマ映像を取得することができる。ビルとビルの間が見える位置でパノラマ画像を生成すると、景観も、ビルとビルの間に見える位置から見た視点として再現されてしまい、パノラマ画像作成点からずれた位置の景観を再現できなくなる。大きなビルの正面または、複数のビルの正面から等間隔にある点を候補点として選び、パノラマ画像の作成点の間隔が均一になるように作成点を設定する。

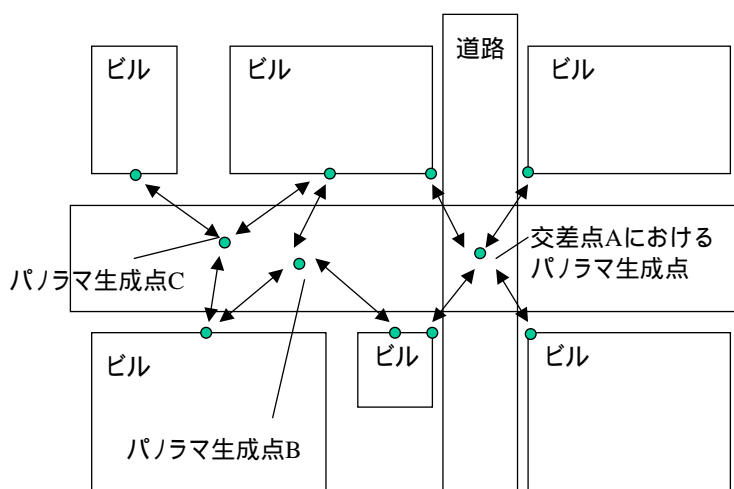


図 2.1.2-4 パノラマ画像の生成位置

第二の検討項目として、パノラマ画像における遠近感の表現の課題を検討した。手法の一つとして、パノラマ画像の作成視点位置から遠方にある空間データと、パノラマ画像の作成視点位置に近い空間データを、別々のパノラマ画像として記録することを検討した。説明上、パノラマの被写体を建物の空間データとする。図 2.1.2-5 のように、パノラマ画像作成視点位置から、一定の距離の辺りに例えば低層ビルが建っているような場合、パノラマ画像作成視点位置から低層ビル群の距離とほぼ同じ距離の半径のパノラマスクリーンに低層ビル群を射影して、パノラマ画像を生成する。低層ビルから離

れた距離に、高層ビルが固まってたっているような場合、同様に、パノラマ画像作成視点位置から高層ビルのビル群までの半径のパノラマスクリーンに高層ビル群の像を射影する。景観の表現時には、近景のパノラマ画像と遠景のパノラマ画像を重ね合わせて表示する。パノラマ画像は、近景、遠景の距離に応じて拡大または縮小して重ね合わせるにより、遠近感の再現が可能である。例えば、両脇に低層の商店の建ち並ぶ道の上からの景観をパノラマ画像を用いて再現することを考える。数百メートル先に高層ビルが立ち並んでいるとする。道路脇の低層の商店を近景のパノラマ画像、で再現し、高層ビルを遠景のパノラマ画像として記録する。景観の視点位置を道路上で移動させても、近景の商店街の絵は素早くながれるが、遠景の高層ビルはゆっくりと流れるといった遠近感の再現が可能である。図 2.1.2-6 にPDA上で複数のパノラマ画像を多重に表示した例を示す。視点が移動すると、目の前のビルと、遠方に立っている建物の流れ方が異なるように景観を再現できる。

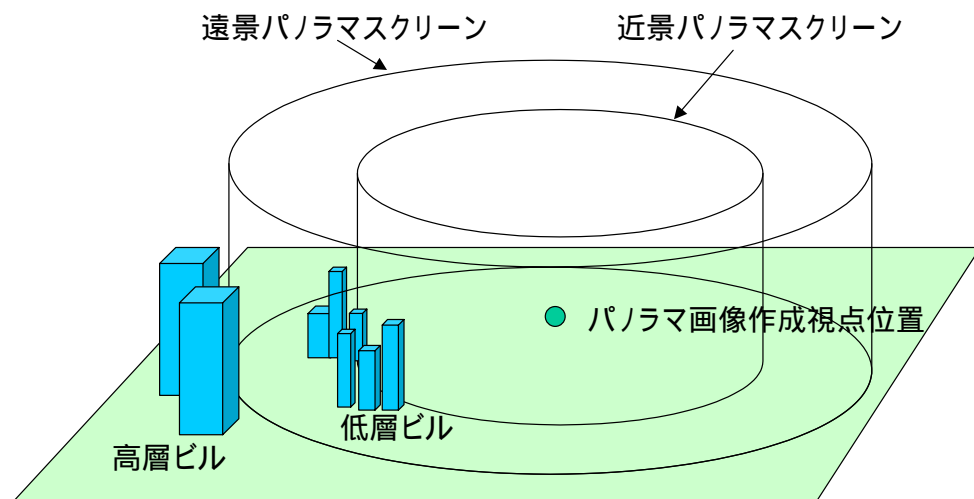


図 2.1.2-5 多重のパノラマ画像の生成

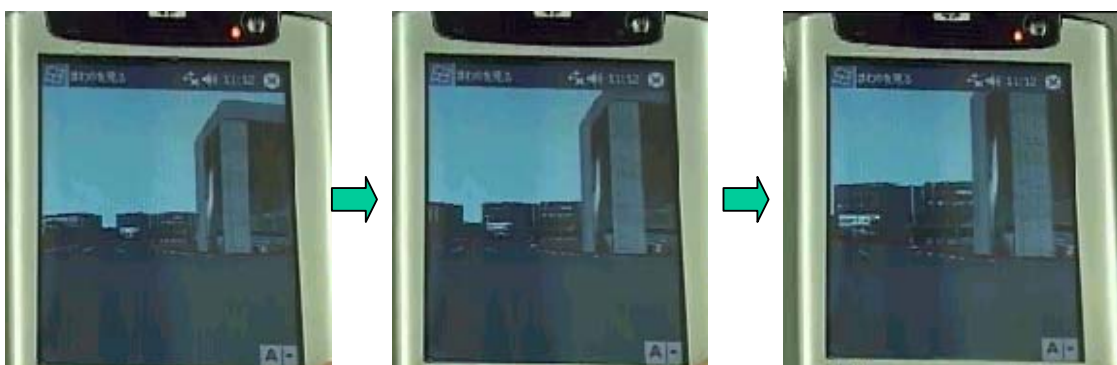


図 2.1.2-6 多重パノラマ画像の表示例
(建物形状は Mapcube を使用)

多重のパノラマ画像による表現の一種として、パノラマ画像を分割して生成する手法を検討した。図 2.1-30 は空間データを上から見た図である。建物モデルをパノラマ画像作成視点位置からの距離に応じてグルーピングし、その範囲の建物のみを射影したパノラマを作成する。このとき、建物の像が写っている範囲のみをパノラマ画像とし、何も写っていない部分は、パノラマ画像として利用しない。図 2.1.2-7 の例では、建物 A、B、C は分割パノラマ(イ)で記す弧の部分の画像を分割パノラマ画像として生成する。分割パノラマ(ロ)、(ハ)も同様に近くの建物モデルのみを射影して生成する。図に分割したパノラマ画像の生成例を示す。分割パノラマは、多重のパノラマ画像を組み合わせるよりも、自由度の高い景観の再現が可能になる。図 2.1.2-8 に分割パノラマ画像の位置補正手法について記す。建物Aの空間モデルがある位置を P_a 、景観を再現する視点位置が P_v とする。分割パノラマ画像Aを生成した視点位置を P_g とし、 P_g から建物Aまでの距離を D_a 、パノラマ画像Aを射影したスクリーンまでの距離を D_p とする。 P_g から P_a 方向へ向かうベクトルと、基準となる方向とのなす角度が θ であったとする。 P_v から P_a へのベクトルと基準方向となす角度 ϕ を求める。次に、 $D_{pv} = D_p \times (D_{av} / D_a)$ を求める。仮想空間上で、 P_s から基準方向と θ の角度であり、距離 D_{pv} の位置に分割パノラマ画像Aを表示する。このように、分割パノラマ画像の作成時に、視点位置からパノラマ画像に写っている被写体の位置を記録して利用すると景観表示時のパノラマ画像の配置位置の補正が可能になる。図 2.1.2-9 に生成例を示す。

このように、パノラマ画像の生成視点位置を考慮し、建物その他の空間データのオブジェクトの分布に合わせて、多重のパノラマ画像、分割パノラマ画像を生成することにより、質の高い空間データの景観を再現できる。

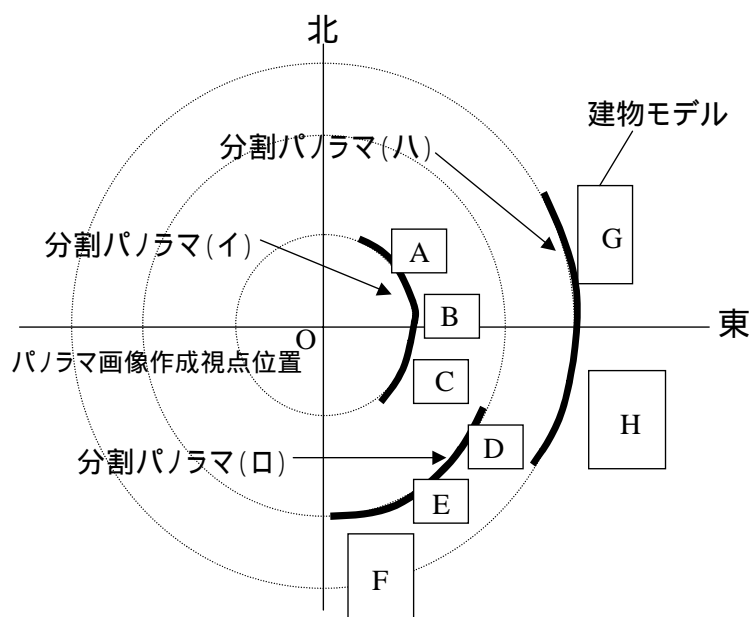


図 2.1.2-7 分割パノラマの生成

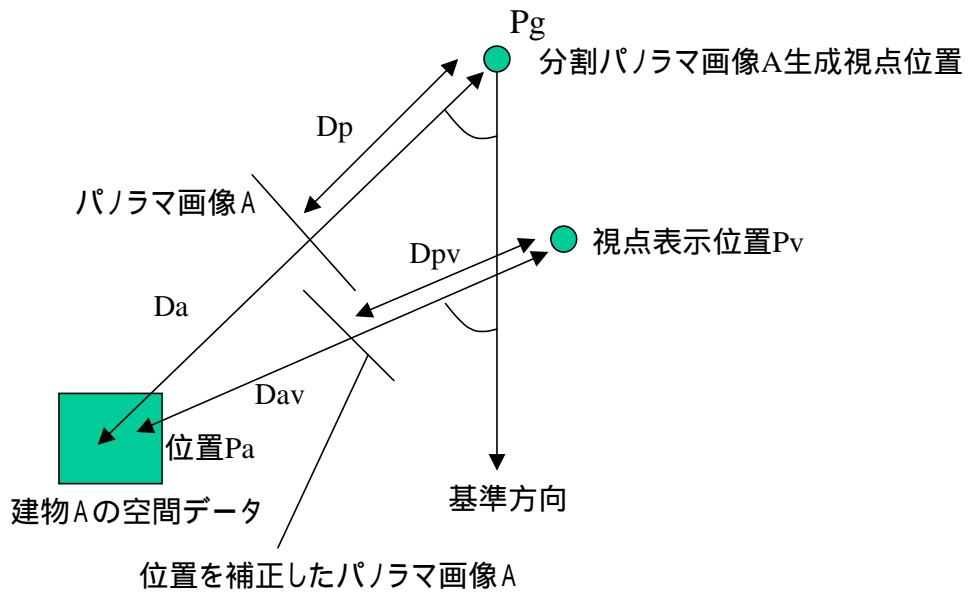


図 2.1.2-8 分割パノラマの位置補正

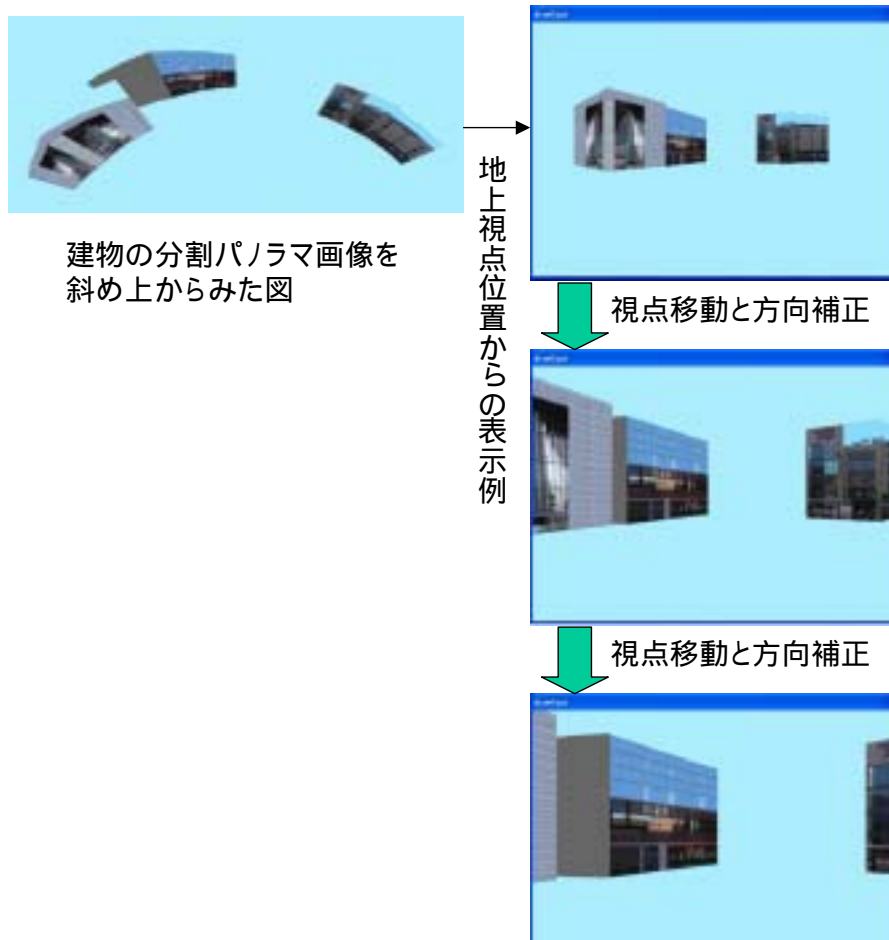


図 2.1.2-9 分割パノラマ画像の生成例

エ パノラマ画像と空間データの合成

パノラマ画像を使用して、質の高い景観を再現する方式について検討した。パノラマ画像だけを用いて景観を再現した場合、自由な視点位置からの景観再現には限界がある。そこで、パノラマ画像を主に背景や遠景といった表現のために使用し、近景は空間データを用いて表現することで、目の前の空間データの3次元的な表示効果を高め、かつ、遠方の空間データまで見渡すことができる。これは、広範囲の空間データをパノラマ画像という形式に集約することで、擬似的に圧縮と同じようなデータ削減効果を期待できる。表 2.1.2-2 に、パノラマ画像と空間データを混在させた場合のデータ量について比較を記した。今回検証に用いたのは、平成13年度総務省「3次元GIS構築のための情報通信技術の研究開発」にて構築された堺市の約2km 四方の空間データである。道路、歩道、信号機といった街のディテールが再現され、多くの建物にテクスチャデータが貼ってある。検証において、パノラマ画像化したデータは、半径 1000m 以内の空間データである。範囲内に含まれるオブジェクト数 3037、テクスチャ容量約 4.7MB である。オブジェクト数とは、形状のポリゴン単位を示す。これをパノラマ画像約 380KB に集約した。パノラマ画像と、空間データを合成するデータについては、視点位置から 100m 以遠の空間データをパノラマ画像化し、視点位置から 100m 以内の空間データと合成した。近景と遠景を分割する範囲は、実際に表示の試行錯誤を行うことにより、仮に 100m 相当の距離とした。結果として、パノラマ画像は 380KB (JPEG 形式) であったのに対し、半径 100m 以内の空間データは、形状およびテクスチャを含め 1.8MB であった。ただし、オブジェクトのデータ形式は、表示、配信に都合のよい形式になっているので、一般的な VRML 形式で同じ範囲の空間データを表現するのに比べてデータ量は多い。図 2.1.2-10 および図 2.1.2-11 にパノラマ画像のみの空間データの表示例、パノラマ画像と空間データの合成例を記す。パノラマ画像だけで景観を再現すると、パノラマ画像を作成した視点位置近くの視点位置からの景観の再現しかできない。但し、少ないデータ容量で景観を再現できる。一方、遠景のパノラマ画像と近景の空間データを組み合わせると、空間データを用いて表示している範囲内であれば、自由な位置、自由な方向にウォークスルーしても、景観の再現が可能である。その分空間データを読み込んで表示する必要がある。

表 2.1.2-2 パノラマ画像と空間データの合成の比較

	3次元データ	データ容量	景観再現範囲
パノラマ画像のみ	無し	パノラマ画像約 380KB	パノラマ作成視点位置付近の景観
パノラマ画像近景空間データ	視点位置から 100m の範囲	パノラマ画像約 380KB 形状 59 オブジェクト 1.8MB	空間データ読み込み範囲内で自由な位置の景観



パノラマ画像の表示例（左）とこのパノラマ画像を拡大した表示（右側）

図 2.1.2-10 パノラマ画像だけによる空間データの表示例

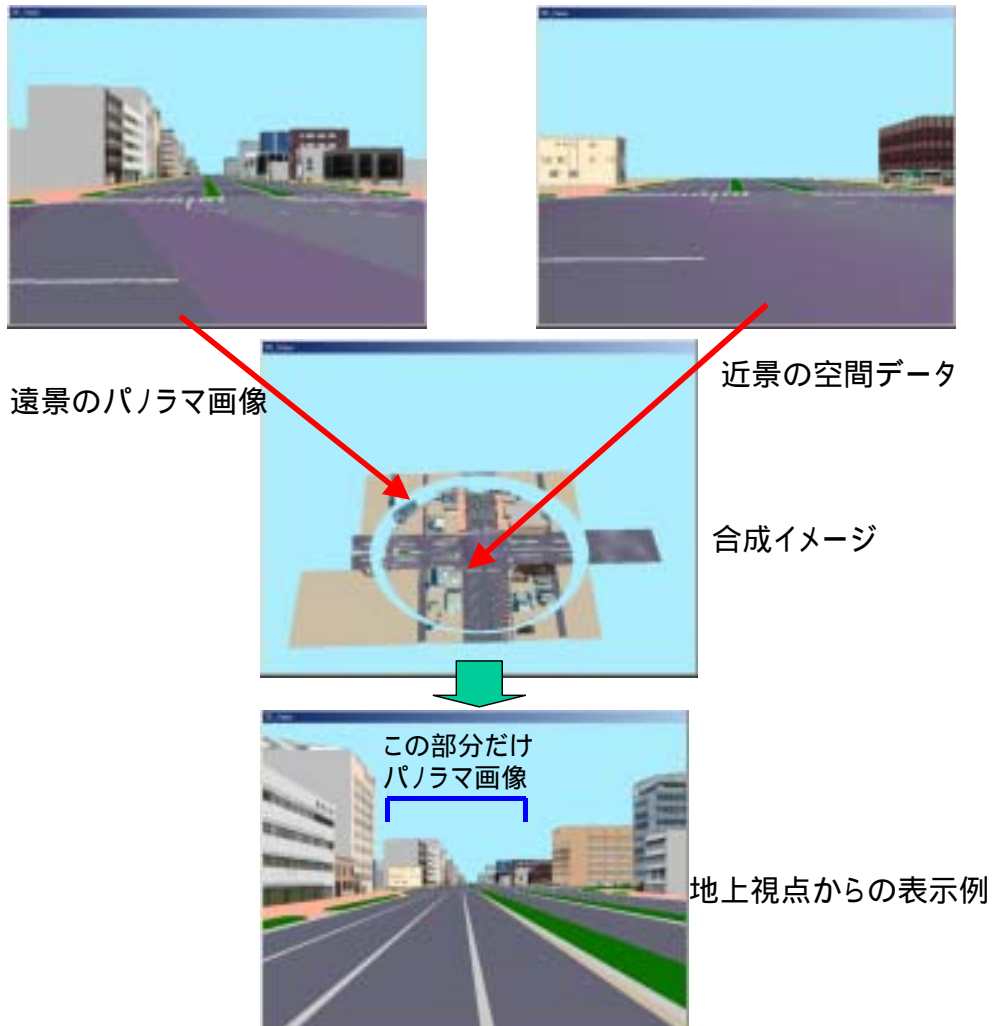


図 2.1.2-11 パノラマ画像と空間データの合成例

(3) まとめ

空間データ構造化抽出技術として、空間データをレンダリングしたパノラマ画像として蓄積し、これを配信する手法について検討した。本年度は、モバイル環境における端末と回線の制約を考慮して、空間データをパノラマ画像として配信することを検討した。その中で、パノラマ画像の取得位置、生成方法について、検討した。

結果として、モバイル環境における伝送を考慮すると、データ容量と、景観再現の範囲をトレードオフする必要があることがわかった。空間データをそのままでは表示することが困難なPDAや、携帯電話へは、パノラマ画像のみを配信して表示することとする。また、ノートPCのように、ある程度空間データを表示することができる端末へは、パノラマ画像と空間データを合わせて伝送することにより、リアルな景観を再現できることがわかった。空間データ最適化抽出技術により、選択的に空間データを抽出し、これと合わせて、位置と関連つけたパノラマ画像を抽出して伝送するデータ管理手法が考えられる。さらに、パノラマ画像を伝送して利用する場合においても、パノラマ画像を多重に表示したり、パノラマ画像を被写体の位置に応じて分割すると、3次元データを表示しなくとも、遠近感のある景観を再現することができるようになった。

2.2 メディア複合技術

(1) 従来技術

現状モバイル端末上で実用化されている GIS(地理情報システム)は、「2次元地図で表現したもの」がほとんどで、「3次元グラフィックスで空間を表現したもの」はまだ実用化されていない。

その理由としては、3次元グラフィックスによる空間表現が元来膨大な量のデータを必要とし、その映像表現のために複雑なデータ処理を要求するのに対し、モバイル端末の CPU 能力や記憶容量など総合的な機能に制約が多いことがあげられる。

3次元グラフィックスには制約の多い現状のモバイル端末でも、2次元グラフィックスにおいては、FLASH、動画、アニメーション GIF、Java アプリといった多くの動画像表現技術が既に存在している。

そこで、あらかじめ 3次元データから映像化で、2次元グラフィックス動画像へ変換することによって空間表現する手法を今回新たに検討する。

また GIS に必要とされる要素として、地図の要所に付加する文字や画像、音声などの「キャプション情報」がある。この情報によって、地図の認識性を向上させたり、用途に応じた地図が構築可能になる。

ここで問題となるのは情報の表示位置や出力タイミングである。

従来より、2次元地図においては「キャプション情報」を適正位置に 2次元座標指定で埋め込む方法が確立している。

それに対し 3次元空間の場合は、適正な表示位置を求めるために 3次元座標を 2次元座標に変換するだけでなく、視界に入る場所の情報のみを適正なタイミングで出力できるようにする制御が必要である。しかしモバイル端末において、この技術はまだ確立していない。

そこで、GIS 情報サーバ側で 3次元空間映像を生成時に、映像上の適正な表示位置、タイミングでキャプション情報を合成した上で、モバイル端末に配信するための技術を「メディア複合技術」として研究開発する。

(2) 研究開発内容

各種モバイル端末に対応できる空間データ適応管理技術のうちのメディア複合技術として、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であっても、映像表示を可能であれば空間データや属性データ、音声・画像などの関連データをすばやく取り出して利用可能とする事を目的とする。

平成 15 年度は以下の項目を検討した。

携帯端末向けアニメーション方式の調査及び評価

空間データをアニメーションデータへ変換・編集・加工する方式の検討

3D ウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムの試作

モバイル環境での空間データ利用に適したアニメーション方式の検討

3D 映像生成時にルート形状から定型オブジェクトを自動挿入するメディア複合方式の検討

映像品質、解像度、オブジェクト数を低く設定したメディア複合プロトタイプシステムの試作

表 2.2-1 に、上記の項目を本章の構成に対応付けを表示する。

表 2.2-1 検討事項と節、項の対応付け

項目番号	節、項番号
	ア (イ) 携帯端末向けアニメーション方式の調査及び評価
	イ (イ) 空間データをアニメーションデータへ変換・編集・加工する方式 検討
	イ (ウ) 3D ウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステム試作
	ア (ウ) モバイル環境での空間データ利用に適したアニメーション方式の検討
	ウ (イ) 3D 映像生成時にルート形状から定型オブジェクトを自動挿入するメディア複合方式の検討
	エ 映像品質、解像度、オブジェクト数を低く設定したメディア複合プロトタイプシステムの試作

ア 映像再生時におけるインタラクティブな操作性の実現

(ア)概要

現状の携帯電話端末上では CPU 能力や記憶容量を含め、総合的な機能制約があるため、膨大な空間データを用いての 3 次元グラフィックス表現には適していない。また、携帯電話端末ごとで 3 次元グラフィックスエンジンや表示領域、発色数の性能差がある為、端末によって著しく動作速度が異なってしまう等の端末依存が発生する。

故に、従来の 3 次元 GIS のように複雑な多くの建物を広範囲にわたりレンダリングし、再現するという 3 次元アニメーション方式を実現することは極めて困難である^{[1][2]}。

そこで、現状の携帯電話端末で最も高品質な表現が可能である静止画、動画等を用いて、3 次元 GIS アニメーションを実現する方式を検討する。いまや、携帯電話端末上で基本機能となっている静止画、動画等のアニメーションで 3 次元 GIS を表現することにより、膨大な空間データの使用やレンダリング処理を行うことがなくなり、また、最も一般的な表現方法であるため PC や他モバイル端末上での表現も可能、機器による依存が少ないと思われる。

平成 15 年度は上記の方式に関して、以下の検討を行った。

- ・ 携帯端末向けアニメーション方式の調査及び評価
- ・ モバイル環境での空間データ利用に適したアニメーション方式の検討

(イ)携帯端末向けアニメーション方式の調査及び評価

携帯電話端末のアニメーション方式として以下のものを対象とし、調査を行った。

- ・ Java アプリ(i アプリ)
インタラクティブなユーザインタフェースなどを実現可能な Java 言語を用いたアプリケーション。
 - ・ Flash アニメーション
Macromedia 社が開発した、音声や画像を組み合わせるアニメーションなどの Web コンテンツを表現するマルチメディアテクノロジー。
 - ・ アニメーション GIF
一つのファイルの中に複数の GIF 画像を保存し、それらを順に表示していくことで動画を表現する画像形式。
 - ・ 動画(i モーション)
携帯電話端末上で再生できる動画形式のコンテンツ。
- 各アニメーション方式の仕様について、表 2.2-2 に示す。

携帯電話端末では、幾つかの方式でアニメーション表示が可能であると評価できる。

		Java アプリ	Flash	アニメーション GIF	動画
スペック による 制約	ファイル容 量	JAR ファイル:30KB HTTP 受信時:20KB	20KB	20KB	プログレッシブダウンロ ード形式:300KB ストリーミング形式: 2MB
	動作時メモ リ	JAVA ヒープ:1、474KB ネイティブヒープ:1、 472KB *注 検証端末の場合	200KB	無し	無し
実現可能 な機能 及び動作	イベント受 け取り可能 なキー	上下左右キー 決定キー ダイヤルキー(0~9、#、 *) 左右ソフトキー	上下左右キー 決定キー ダイヤルキー(0~9、#、 *) 注 一部制限あり	無し	決定キー 左右ソフトキー *注 固定動作のみ
	表示可能な 画像又は動 画形式	GIF、JPEG、アニメーシ ョン GIF (制限あり)	GIF、JPEG、PNG BMP、 EMF、WMF	GIF	Mobile Mpeg4
	音声による アナウンス	MFi (拡張子 mld)	MFi (拡張子 mld) 注 一部制限あり	不可	AMR
	画像の 重ね合わせ	Java アプリ実装方法に より可能	Flash 実装方法により可 能	不可	不可
	通信データ 圧縮	JAR ファイル圧縮済み	swf ファイル圧縮済み	可能	3gp ファイル圧縮済み
	保存領域	200KB	無し	無し	無し

空間データ利用に適したアニメーション方式の検討では簡単なサンプルコンテン
ツ作成を通しての検討が必要である。

表 2.2-2 各アニメーション方式における仕様一覧表

(ウ) モバイル環境での空間データ利用に適したアニメーション方式の検討

各種サンプルコンテンツの開発結果や、端末機能における制約等を考慮した上で各アニメーション方式の比較を行い携帯電話端末で最適なアニメーション方式を検討した。

A 各種アニメーション表示によるシンプルナビゲーション表示

携帯電話端末上で動作する各アニメーション方式に基づき、シンプルナビゲーションを行うサンプルコンテンツを作成し、比較、検証を行った。

(A) サンプルコンテンツ内容

各サンプルコンテンツは比較、検証がし易いよう、極力同じ内容とした。内容としては、開始地点から終着地点までの連続した3次元地図画像を順に表示される内容(例: 図 2.2-1)とし、それぞれのアニメーション方式に基づき作成した。また、Java アプリ、Flash に関しては矢印画像、テキストを同時に組み合わせ表示するよう作成した。



図 2.2-1 各種サンプルコンテンツ内容

【比較及び検証結果一覧】

・ Java アプリサンプルコンテンツ

今回、Java アプリで作成したサンプルコンテンツでは、制御ファイルを変更することにより、コンテンツの差し替えを行うことが可能な実装にしたため、コンテンツの差し替え等で発生する時間は微々たるものだった。Java アプリの特徴より、コンテンツの構成等を軽減する処理をJava アプリ自体に持たせることができるため、Java アプリの実装状態によっては、コンテンツ作成や構成の自動化に関しては十分可能であると考えられる。

・ Flash サンプルコンテンツ

Flash では1ファイルに3次元静止画像を2枚しか組み込むことができなかった。Flash はダウンロードした直後は必ず1フレーム目から始まるので、「戻る」ボタンを押

下した際は3次元静止画像が逆再生するような戻り専用の別のファイルにアクセスする必要がある。また、コンテンツそのものがデータになっているため、コンテンツ差し替えの度に作り直す必要があり、大幅な作業時間が必要になった。コンテンツを制限容量内で作成するための微調整が必要であるため、自動化が困難という課題がある。

- ・ **アニメーション GIF サンプルコンテンツ**

アニメーション GIF では作成ソフトの作成手順に従って生成するため、作業時間は少ないが、使用する画像の品質が高いものだとファイル容量の制限を超えてしまい、かなり品質を落としたもので4枚しか組み込むことができなかった。また、Flash サンプルコンテンツと同じく、「戻る」ボタンを押下した際に逆再生するような戻り専用ファイルが必要になる。また、コンテンツを制限容量内で作成するための微調整が必要であるため、自動化が困難という課題がある。

- ・ **動画サンプルコンテンツ**

動画の元になる素材(動画や静止画ファイル)を組み合わせて、動画を作成するため、編集に大幅な作業時間が必要になった。動画再生の専用プレーヤーに機能依存するため、ナビゲーションに求められるコマ送り、コマ戻しなどの細かい再生制御が出来ない点、音声、テロップ以外の機能が追加できない点など、制約が多い。また、コンテンツ作成には、多くの景観画像データが必要である点、動画フォーマットへのエンコードではサーバの負荷が高くなる点などの課題がある。

(B) スペックによる制約

表 2.2-3 スペックによる制約の検証結果一覧

	Java アプリ	Flash	アニメーション GIF	動画
ファイル容量			×	
動作時メモリ			測定不能	測定不能

(C) 実現可能な機能及び動作

表 2.2-4 実現可能な機能及び動作の検証結果一覧

	Java アプリ	Flash	アニメーション GIF	動画
イベント受け取り 可能なキー			×	
表示可能な 画像又は動画形式			×	
音声による アナウンス			×	
画像の重ね合わせ				
バッファリング		×	×	×

(D) 通信コスト

表 2.2-5 通信コストの検証結果一覧

	Java アプリ	Flash	アニメーション GIF	動画
通信コスト		×	×	

(E) 連携の可否

表 2.2-6 各アニメーション方式の連携の可否

呼び出し先 呼び出し元	Java アプリ	Flash	アニメーション GIF	動画
Java アプリ				
Flash	×			×
アニメーション GIF	×	×		×
動画	×		×	

B まとめ

調査、検討において全体的に優れた結果が出た要素技術は Java アプリであった。プログラムという利点から、動的なコンテンツの表示などの表現面に関する長所や、スクラッチパッドへのデータ保存によりデータの再利用が可能である。また、データ保

存することにより即座に前後の景観を表示できるなど実装内容によっては非常に優れたものが作成できると考えられる。

Flash、アニメーション GIF に関しては基本的にブラウザを介してのコンテンツ表示をすることから、データダウンロードを行うことになり通信コストの削減が困難である。また、携帯電話端末の HTTP 受信容量の制約から、1 ファイル 20KB までのコンテンツに収める必要があり、様々な品質の画像を扱うコンテンツ作成を自動で行うことは困難である。

また、動画に関しても同様に、動画という特性から逆再生できない、データ作成に手間が掛かる。また、テロップ以外の加工をする場合はコンテンツ作成時の負荷が高くなるということにより、コンテンツ作成を自動で行うことは困難である。

また、各アニメーション方式の連携でも Java アプリが最も優れているが、実際の連携にはブラウザを介さなければならないことによるコンテンツの構成の複雑さ、また、呼び出し先と呼び出し元でのインターフェースの違いによる操作性の悪さなどによる使い勝手の悪さが目立つことにより、単一の方式で行うことが最も効率的である。

以上のことから、パケット数、操作性、3次元画像の見栄えなどを考慮すると、ユーザーの観点からも Java アプリで複数の静止画を組み合わせて表示するコンテンツの作成が最も効率的である。

(エ) 成果

現状の携帯電話端末上でアニメーションが実現可能な方式を整理して、Java アプリ(i アプリ)、Flash、アニメーション GIF、動画(i モーション)の4つの方式を検討対象とした。

各方式を用いたサンプルコンテンツを作成し、インタラクティブな操作性の観点から比較検討した結果、Java アプリが最も適していることを判断できた。

(オ) 課題

実際、モバイル端末はその機種ごとに機能、性能がかなりの範囲で異なる。また、新しい機能については一部の機種のみ持っているものや、機種ごとの互換性がないものも多いため、検討した内容に加えて多くの機種でモバイル GIS を実現可能にする方式を検討する必要がある。

さらに、携帯電話端末の動向に注目し、新しい機能や技術が策定された場合には、その技術に対して調査及び検討が必要である。

イ メディア複合処理の高速化

(ア) 概要

空間データを携帯電話端末において利用可能となると、GIS データは空間データに対し建物情報等の属性情報を付加して伝送可能であるため、ナビゲーション時に表現できる幅が広がりよりよいシステムが可能となる。

しかし GIS データは大変膨大な量でデータ処理も複雑であり、また現在の携帯電話端末ではデータの伝送容量やデータの保持できる容量や機能の制限がある為、GIS データを携帯電話端末に格納することは、現実的には難しい。

そこで携帯電話端末において景観映像及び、景観映像に映っているオブジェクトと関連づいた文字、音声、画像などの属性データを速やかに呼び出して利用可能とする技術確立の事を検討する。

平成 15 年度は上記の方式に関して、以下の検討を行った。

- ・ 空間データをアニメーションデータへ変換・編集・加工する方式の検討
- ・ 3D ウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムの試作

(イ) 空間データをアニメーションデータへ変換・編集・加工する方式検討

A アニメーションデータへ変換・編集・加工する方式検討のコンセプト

『ア 映像再生時におけるインタラクティブな操作性の実現』において、Java アプリでの複数の静止画を組み合わせて表示するコンテンツの作成が最も効率的であると結果が出された。

そこで『ア』での結果を踏まえて、本項では 3 次元空間データから携帯電話端末で表示可能なアニメーション素材を作成し、ルート形状や地物の状況から判定してアニメーション素材を組み合わせてナビゲーションを行う、アニメーションデータへの変換・編集・加工する方式について、処理時間の軽減など高速化も考慮し検討した。

具体的に以下の内容とした。

- ・ 必要な情報の種類
- ・ 必要な情報の形式
- ・ ルート情報の種類
- ・ ルートの形式
- ・ アニメーションデータ変換・編集・加工する方式検討
- ・ 高速化向けデータ圧縮

B 必要な情報の種類

『A』で挙げたJavaアプリでの複数の静止画を組み合わせて表示するコンテンツの作成を実現する為、道路形状に沿った連続する静止画を空間データから抽出する為に必要な情報を検討した。

必要な情報として、以下の情報が考えられる。(図 2.2-2 参照)

- ・ 静止画を抽出したい地点
- ・ 方向性(どちら向きの静止画が必要であるか)
- ・ 抽出する地点からの視野角
- ・ 静止画の画像フォーマット
- ・ 静止画の画素数
- ・ 道路ネットワーク(抽出した静止画がどの道路部分であるかを関連付ける為)

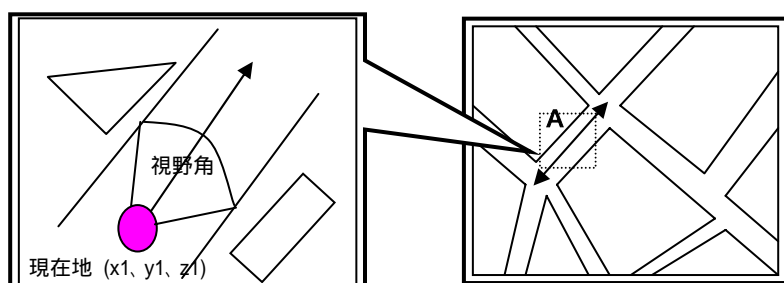


図 2.2-2 3次元空間データから静止画抽出時に必要な情報

C 必要な情報の形式

『B 必要な情報の種類』で挙げた情報の形式を検討した。

- ・ 静止画を抽出したい地点を緯度・経度・高さによる座標値(x , y , z)や直交座標系などで測量した座標値が考えられる。
- ・ 方向性は絶対的方位の方角による情報(東西南北)が考えられる。
- ・ 視野角の座標値は、角度による情報が考えられる。
- ・ 静止画のフォーマットについては、jpg ファイル、gif ファイルなどが考えられる。
- ・ 静止画画素数は、横 × 縦のピクセル数の情報が考えられる。

D ルート情報の種類

利用者の指定ルートナビゲーションを実現する為に必要な情報を検討した。

ルート情報の種類としては以下のものが考えられる。

- ・ 開始地点の位置
- ・ 開始地点から終着地点までのルートに沿った道路、交差点の組み合わせ
- ・ 終着地点の位置

E ルート情報の形式

図 2.2-3 左図に示すルートナビゲーションを実現するために必要な情報の形式を検討した。

- ・ 全ての道路に ID(リンク ID)を設定
- ・ 全ての交差点に ID(ノード ID)を設定
- ・ 開始地点は緯度、経度、高さによる座標値(x, y, z)や直交座標系などで測量した座標値 が考えられる。
- ・ 指定ルートに沿ったリンク ID、ノード ID の組み合わせが考えられる。
- ・ 終着地点は緯度、経度、高さによる座標値(x, y, z)や直交座標系などで測量した座標値 が考えられる。

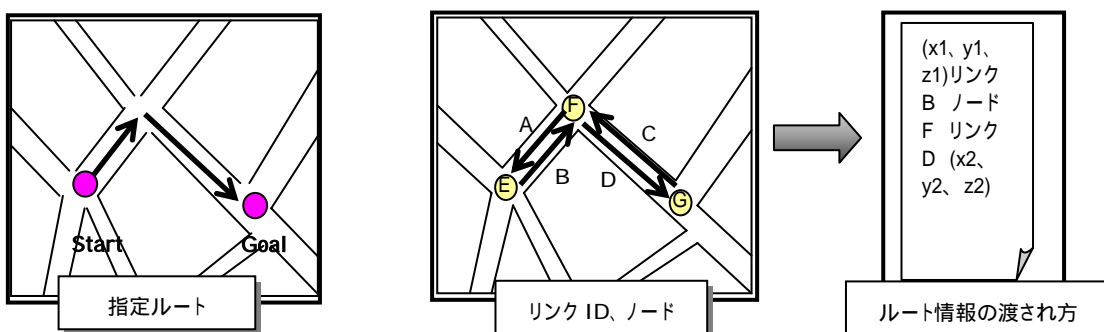


図 2.2-3 指定ルート情報の形式

F アニメーションデータ変換・編集・加工する方式検討

(A) 静止画の抽出

ナビゲーションを行う際の静止画を、各リンクの 3 次元空間データから一定の距離で、ノード部分は一定の角度間隔で抽出する。すべての静止画に、座標の値と、その静止画の方向性を設定する。

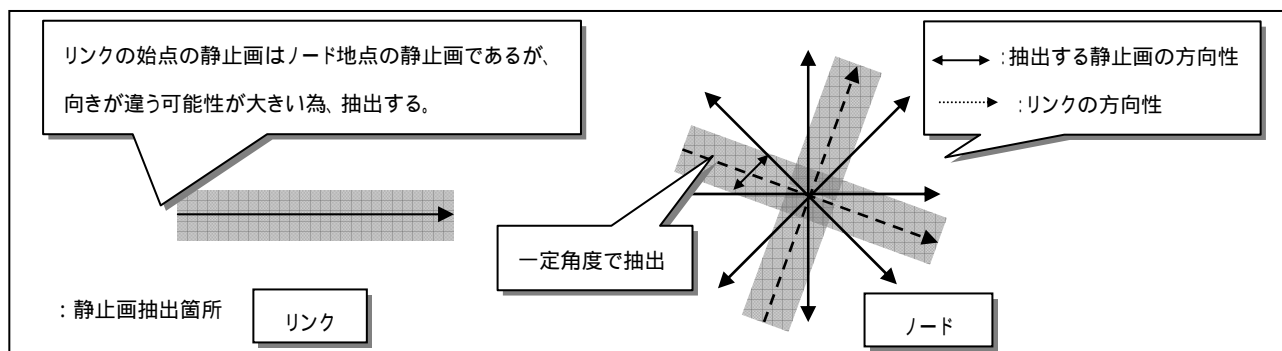


図 2.2-4 静止画の抽出イメージ

【抽出した静止画の方向性について】

抽出した静止画からルート形状に沿った進行方向を導く為に、静止画ごとに方向性を持つ必要がある。

今回は各静止画が角度による情報を持つようにする。この角度を利用して、今後の指定されたルートの右左折等の動的に変化する情報を導く。

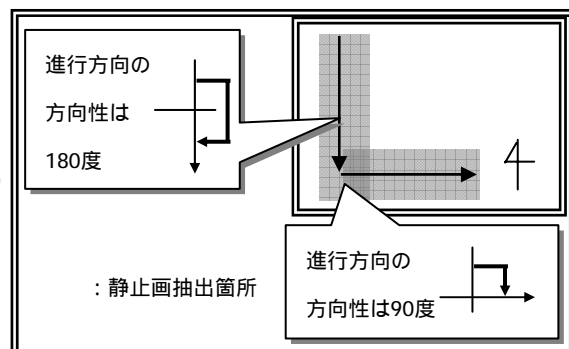


図 2.2-5 静止画の方向性の持ち方

(B) 指定ルートの静止画選定

抽出した静止画からルート情報によって、ナビゲーションで使用する静止画を選定する方式を検討した。

図 2.2-6 において、開始地点 A、終着地点 D とする。最短ルートの情報は、『E ルート情報の形式』で挙げた形式に沿って設定する。以降の説明に下記の図 2.2-6 を使用する。

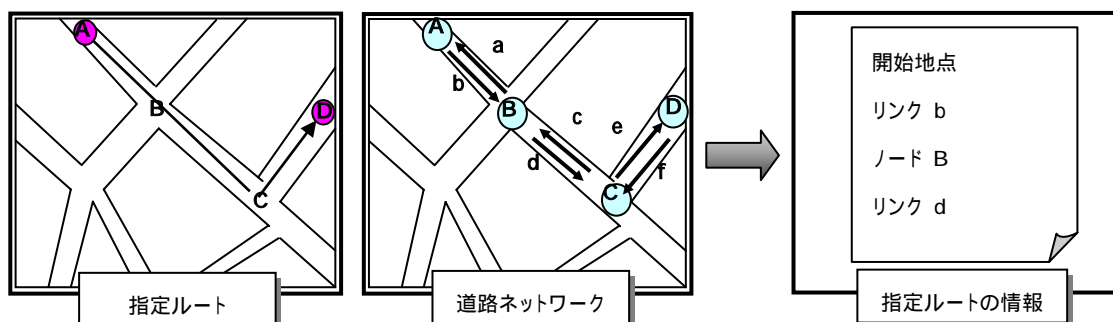


図 2.2-6 指定ルートの情報の形式

a 直進部分(リンクb~リンク d)の静止画の選定

リンク部分は一定間隔で抽出した静止画を全て選定すると、図 2.2-7 の静止画 1 と静止画 2 のように、大変近距離になる場合がある。そうするとスムーズなナビゲーションが行えない為、静止画 1 と静止画 2 が一定間隔で抽出した距離より狭い場合は、静止画 1 を選定しない。またノードの静止画は、リンク部分の静止画と方向性が異なる可能性が大きい為、選定しない。

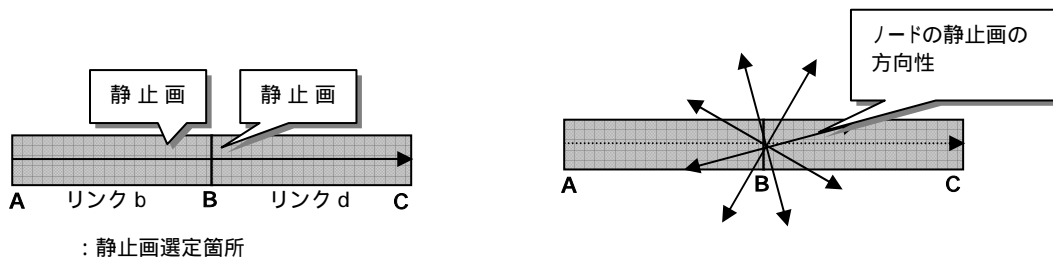


図 2.2-7 直進部分の静止画選定

b 右左折部分(リンクd~リンクe)の静止画の選定

リンク d、リンク e のそれぞれの静止画および、左折のナビゲーションをスムーズに行う為、図 2.2-8 に示すノード部分の静止画を選定する。(ルートの方角性の導き方は、『(C) ルート形状の方角性の導き方』参照。)

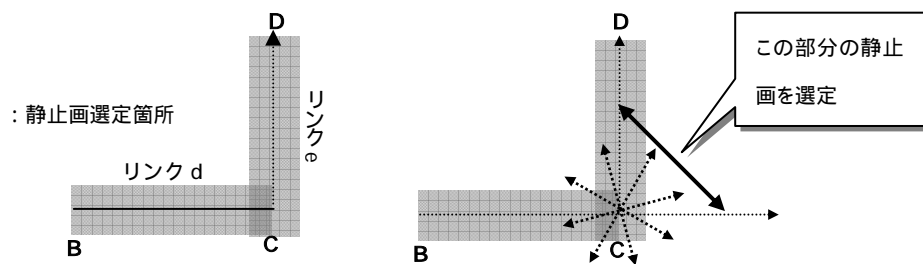


図 2.2-8 左折時の静止画の選定

(C) ルート形状の方角性の導き方

選定した静止画の方角性を比較する事で、ルートの方角性を導く。図 2.2-9 において、ノード前後の静止画 1 と静止画 2 の方角性が同じ値である為、交差点を直進とみなす。静止画 3 と静止画 4 のように方角性が違う場合、静止画 4 から静止画 3 の値を引き、差が 180 度以内であれば右折、180 度以上であれば左折と判断する。方角性を引いた値がマイナスになった場合は、その値に 360 度足した値で判断する。よって $180 - 90 = 90$ 度になるので、図に示すのは右折となる。

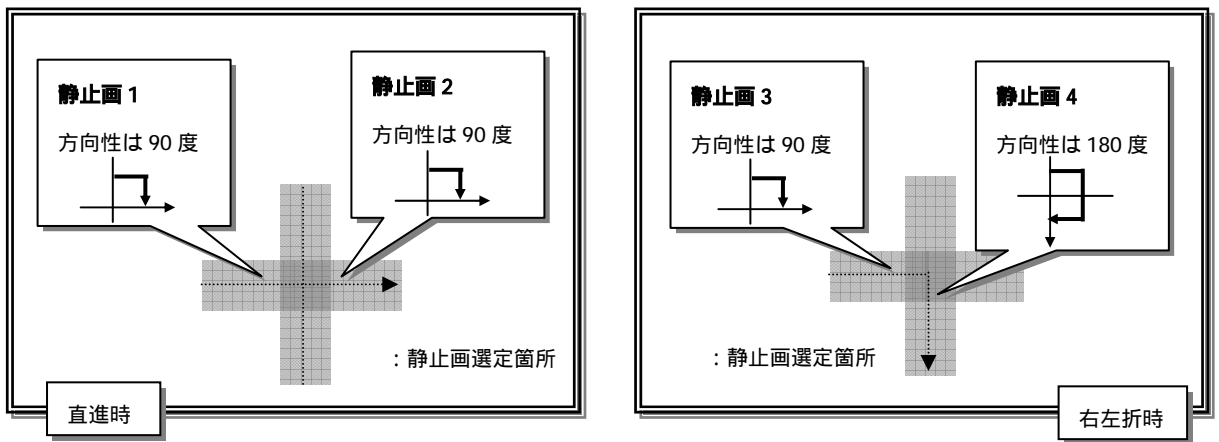


図 2.2-9 ルートの方向性の導き方

静止画の角度の差から導き出す進行方向の角度の解析について、図 2.2-10 に示す。進行方向の変化の度合いを区別するために今回検討した例に基づいて、縦・横・斜めの 8 方向に分けることとした。

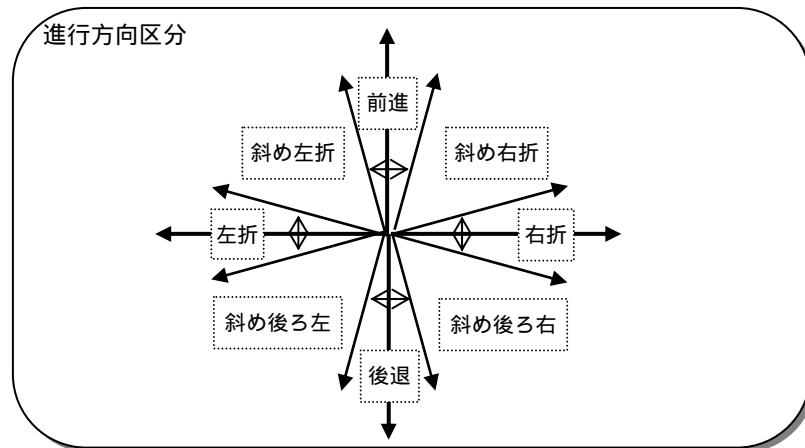


図 2.2-10 進行方向を判断する角度

直進、右折、左折、後退についてはある程度の許容範囲を持たせる。これにより、景観に変化が見られない程度の方角の変化の場合などの補正をすることが出来る。

図 2.2-11 に示す道なりに曲る交差点を直進する場合、リンク D からリンク C に進む場合、静止画の方向性を比較すると差がある為、左折と判断される可能性がある。しかし上記の図 2.2-10 より、進行方向を判断する角度にある程度の幅を持たせている為、直進と判断される。

同方向のリンクが存在する場合、静止画1と静止画3では、上記の図 2.2-11 より、どちらの道に進むかをナビゲーションする事が可能である。しかし静止画1と静止画2を比較すると進行方向を判断する角度内に存在してしまう。このような場合の進行方向を明確に示すナビゲーションを検討する必要がある。

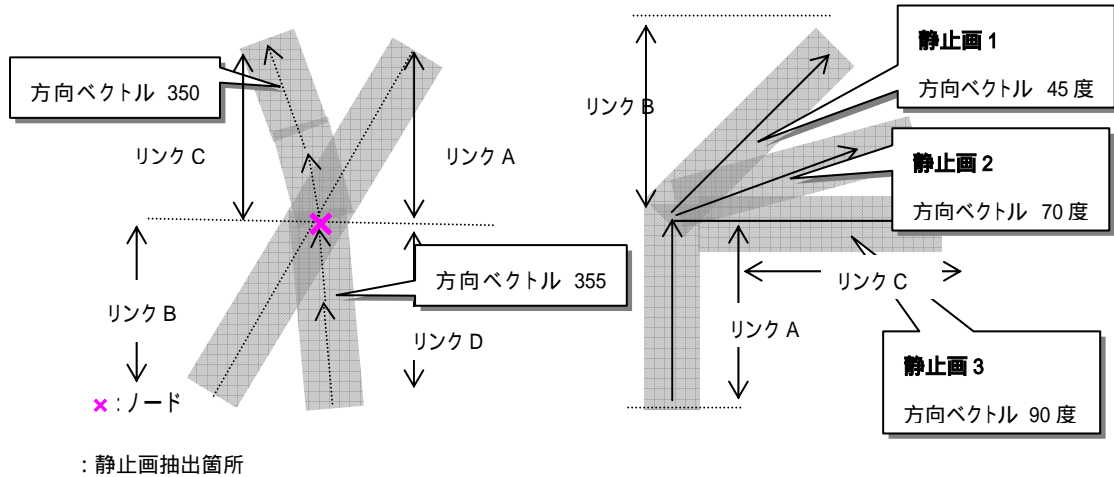


図 2.2-11 特殊な道路の形状

G 高速化向けデータ圧縮検討

『(イ) 空間データをアニメーションデータへ変換・編集・加工する方式検討』内での検討事項『(B) 指定ルートの静止画選定』で選定された静止画に対し、利用者にとって支障のない範囲で画像を間引く(省く)、また重要度に応じて画像の画質を変更する(画質選定)など高速化を意識したデータ量の削減方式について検討した。

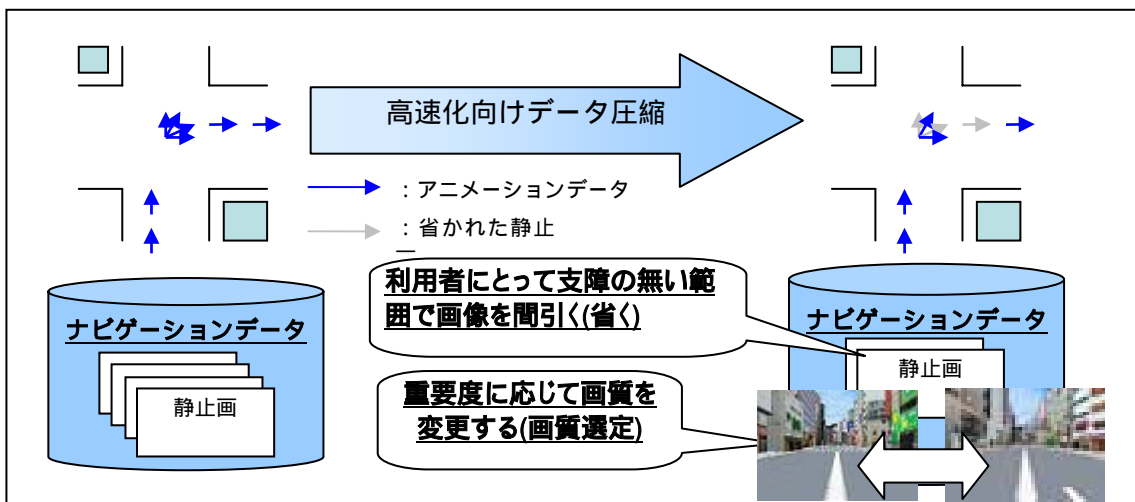


図 2.2-12 高速化向けデータ圧縮

(A) 支障のない範囲での間引き方式

間引き方式は狭い間隔で抽出した場合に、全ての静止画を使用すると膨大なデータ量が発生し、高速に処理を行うのが困難となる為、間引く必要があると考えられる。そこで、アニメーションデータがどれくらいの間隔で抽出された時に、どの程度間引くことができるかを検討した。10メートルで抽出した静止画と、20メートル間隔で抽出した静止画を用意し比較してみたところ、静止画の抽出間隔により、1つの静止画を進めることによる景観の進み具合がかなり違うことがわかった。それぞれの間隔で間引き方式を検討したところ、10m 間隔では2枚おきに静止画を省くとかなりの距離が開いてしまい、景観の繋がりが見えにくいので1枚おきに間引くのが妥当と考えられる。20m 間隔ではすでに十分な距離が空いており、間引くとナビゲーションが理解できなくなる事がわかった。

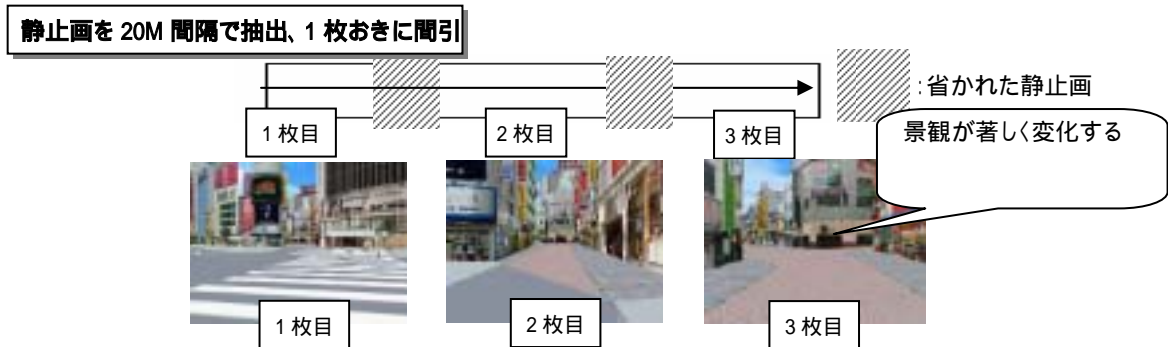


図 2.2-13 間引きを行った時のナビゲーションの景観

上記の内容を踏まえると、抽出間隔を広くすれば間引きを行う必要がないように考えられるが、抽出間隔が広い場合、出発地点や到着地点を表す静止画が本来の出発地点・到着地点と大きな誤差が生じることが考えられる。景観の進み具合や出発地点・到着地点を表す静止画の誤差を考えると抽出間隔はあまり広くせず、狭い間隔から利用者に支障をきたさない範囲で間引きを行うほうがナビゲーションとして有効的であると考えられる。

また間引く個所として進行方向の変化のない直線が間引きの対象となり、直線開始直後や進路方向の変化する直前、また進行方向の最初の変化の個所に関しては間引くことにより利用者に支障をきたすと考えられるので、間引きは行わない。

また進行方向が変化する場面においては、一定角度ずつ全て使用しなくても利用者に進行方向の変化を理解してもらうことは十分可能と考えられるので、データ量削減の為、間引きを行う。

間引く方式として、最初の進行方向の変化については利用者に認識してもらうため間引きを行わず、一定角度(小さい角度)で表示する。2回目以降の変化については利用者が進行方向の変化を認識していると考えられるので大きな角度で表示する。

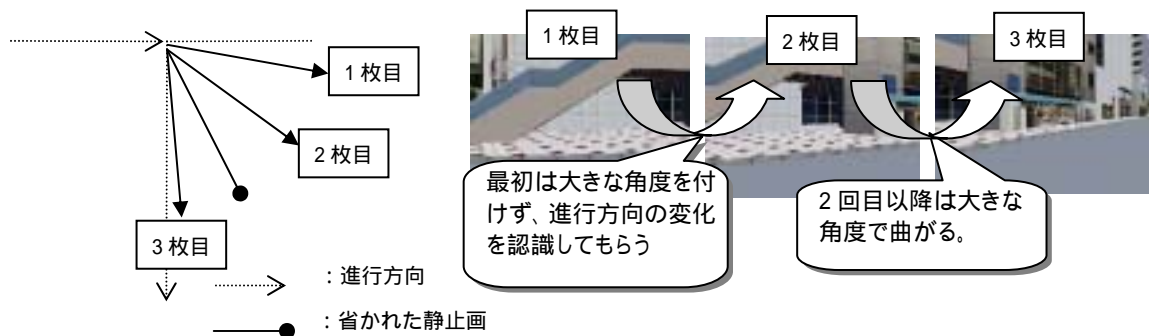


図 2.2-14 進行方向が変化する場面での間引き

(B) 重要度に応じた画質の変更方式

a 画像データ量削減の方向性検討

ナビゲーションデータの大半を占める静止画の画質変更することはデータ量削減に大きな効果が得られていると考えられる。そこで、利用者に支障のない範囲でどれくらい画質を変更することができるのかを検討した。

画質の変更を考えた時に方式として品質の変更による方式と画素数の変更による方式の2通りが考えられる。そこで品質・画素数の変更による静止画1枚当たりのファイル容量の変化を調査した。(図 2.2-15 参照。)

・ 画像の品質

ベースファイル: 320×240(pixel)の bmp ファイル(225KB)

ライブラリ: IJG JPEG LIBRARY 6b 使用

・ 画像の画素数

ベースファイル: 320×240(pixel)の bmp ファイルを品質 75%で変換した jpg ファイル

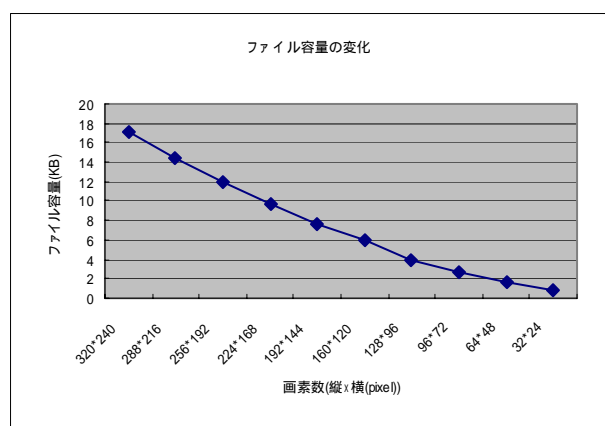
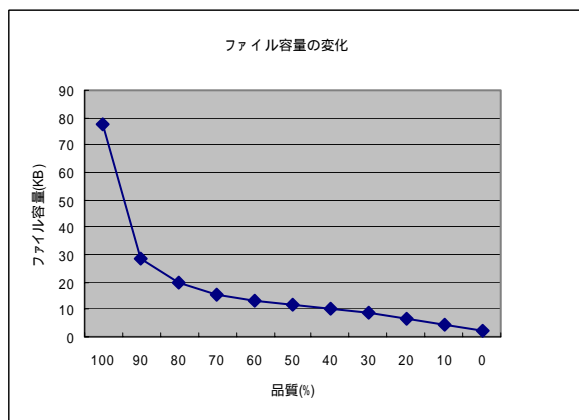


図 2.2-15 品質・画素数によるファイル容量の変化

b アンケートによる認識度の評価方法

利用者に支障をきたさない範囲での画質変更を行う上で、利用者が理解できる最低限の画質を調査する目的で、16名の被験者を対象に下記の方式によるアンケートを行った。

- (a) 利用者に、あるエリア範囲の景観静止画の中から1枚見てもらい、その景観が2次元地図の中のどの位置から見た景観のものか判断してもらい、認識の可否を調査。
- (b) 3次元の景観を内容とした静止画は低画質から高画質へ順に切り替えて表示し、利用者が2次元地図内の位置を認識できる最低限の画質を調査。

アンケートで使用した静止画は画素数変更、品質変更の方式比較評価のために、両方式ともに同じファイル容量となるように画素数変更したファイルの容量に合わせて品質の度数を決定した。

表 2.2-7 画素数、品質、容量での対象表

番号	画素数(横×縦)	品質(%)	容量(KB)
1	80×60	3.2	1.8
2	100×75	17.4	2.6
3	120×90	25.8	3.3
4	140×105	44.6	4.8
5	160×120	50.0	5.7
6	180×135	62.8	6.9
7	200×150	66.4	8.0
8	220×165	75.2	9.8

c 評価結果

アンケート結果としては以下の図 2.2-16, 図 2.2-17 のようになった。

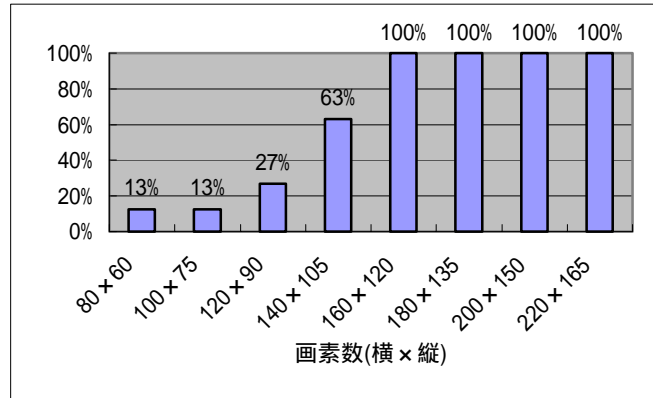


図 2.2-16 画素数(横×縦)による認識度

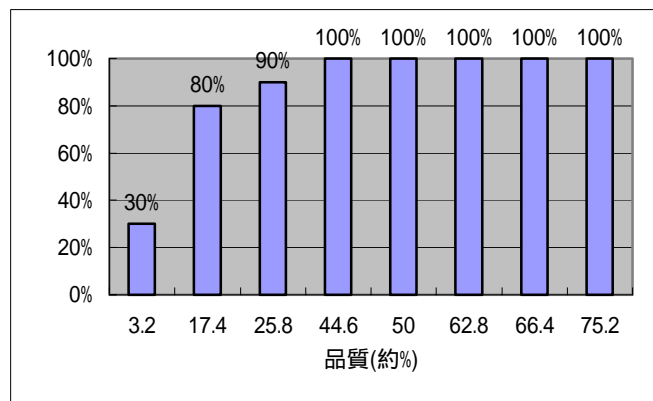


図 2.2-17 品質(%)による認識度

上図 2.2-17 にある通り, 画素数変更では 160×120 まで向上させることで、利用者全員が現在位置を判断できることがわかった。また品質変更では低品質でも比較的認識率が高く, 画像品質 44.6%で利用者全員が現在位置を判断できる結果となった。

「画素数変更」による圧縮と「品質変更」による圧縮で、同じファイル容量の画像の認識度比較を行ったところ, 以下の図 2.2-18 のようになった。

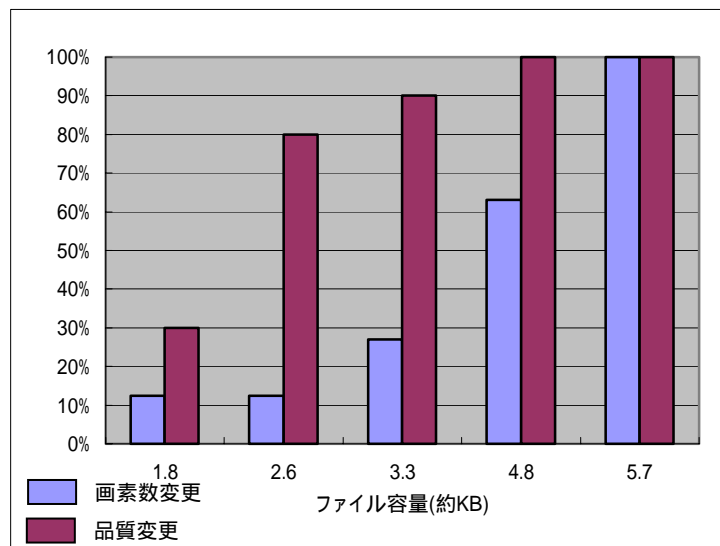


図 2.2-18 容量から見た両画質変更方式の認識度比較

上の図にあるとおり、異なる圧縮方式で同じファイル容量を実現した各画像の認識度は品質変更した静止画の方が高く、画素数変更よりも認識度、容量ともに有効的であることが分かった。

上記の結果から、重要度に応じた画質変更では品質による変更方法を採用する。



図 2.2-19 品質の変更、画素数の変更による比較

(C) 間引き、画質変更による総ファイル容量の変化

間引き方式、画質変更方式の検討を踏まえて、総ファイル容量の変化をまとめた。
指定ルートアニメーションデータから間引き、画質変更を行う。

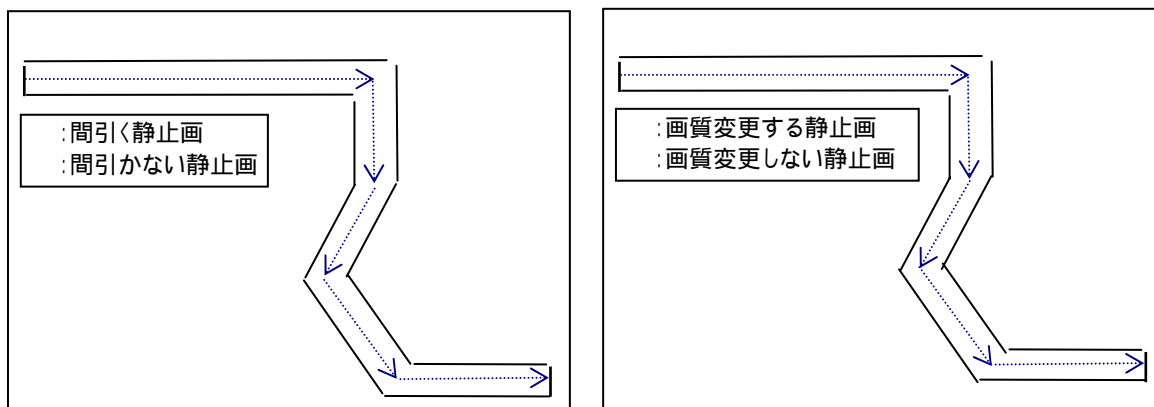


図 2.2-20 間引き、画質変更による静止画抽出状況

間引き方式、画質変更方式を行った総ファイル容量を以下に示す。

静止画一枚あたりのファイル容量は携帯電話端末で扱う静止画ということ考慮して約 5KB と想定する。また画質変更を行った静止画一枚あたりのファイル容量は元の静止画から 20%画質を下げたものとして、約 4KB と想定する。

表 2.2-8 間引き、画質変更による総ファイル容量の変化

間引き、画質変更を行わない場合	5KB*17枚 = 85KB	
間引き、画質変更を行う場合	(5KB*11) + (4KB*3)=67KB	約 21%削減

表 2.2-7 で示すように間引き、画質変更を行うことにより、元の約 21%のデータ量が削減できると考えられる。間引き方式に関しては実際のナビゲーション時の静止画数は例に挙げた数より格段に多い為、間引く事によりデータ量の削減の効果は大きいと考えられる。画質変更方式に関しては想定による画質変更のファイル容量で行った結果であるので、実際にどれくらい画質を落とせるのか、そしてどの程度のファイル容量になるのかを評価する必要がある。

(ウ) 3D ウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムの試作

A 本システムの目的

本プロトタイプシステムは、『(イ) 空間データをアニメーションデータへ変換・編集・加工する方式の検討』の検討結果に基づいた、3D ウォークスルーの映像からアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムを試作する。

最短ルート検索等のルート決定方式は本研究対象外であるので、アニメーションを行う為の静止画を自動的に抽出できるまでを確認する。

B システム概要

本プロトタイプシステムのシステム構成を、図 2.2-18 に示す。

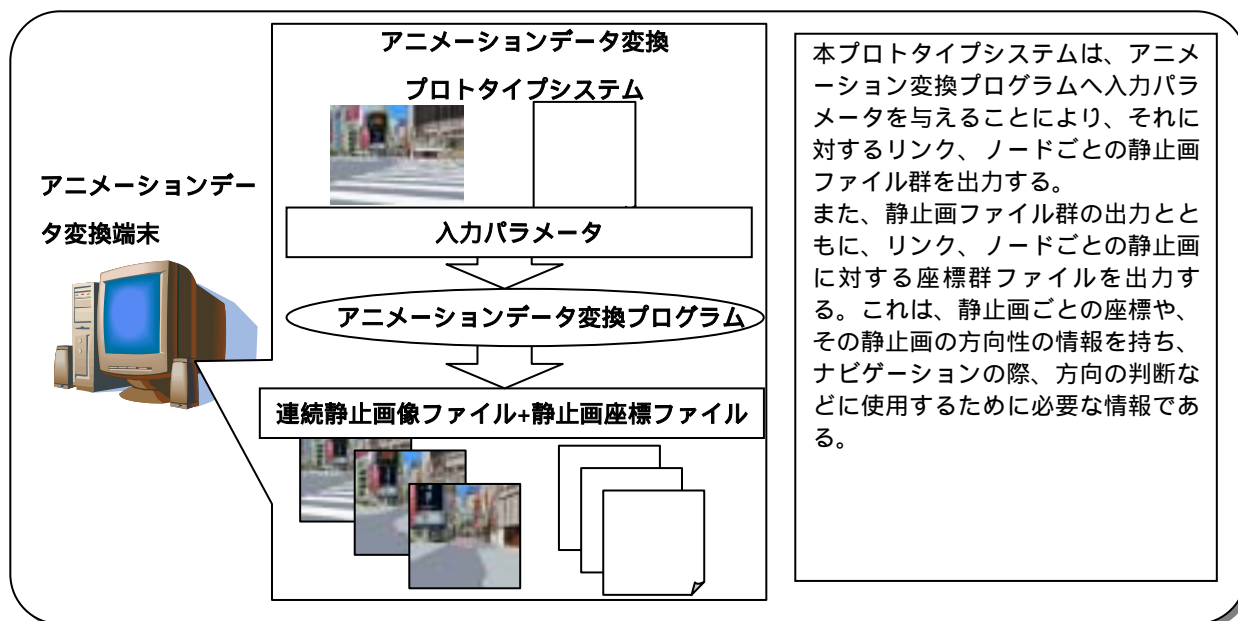


図 2.2-21 システム構成図

C プログラム構成

(A) アニメーション変換プログラム

本プログラムは図 2.2-18 にあるように、入力パラメータで指定されたリンク、ノードの各動画ファイルと、リンク、ノードごとの情報が記述されたリンク、ノードベクトルファイルを使用し、任意の等間隔(m、角度)で連続静止画を作成する。また、静止画ごとの座標、方向性が記述された座標ファイルを作成する。

表 2.2-9 入力パラメータ及び説明

パラメータ名	説明
動画ファイルディレクトリパス	リンク、ノード動画が格納されたディレクトリまでのパス。 リンク、ノード動画に関しては『D データ作成』を参照。
リンク、ノードベクトルファイルパス	リンク、ノードに対する情報が記述されたファイルのパス。リンクに対しては開始点、終着点、ベクトルの方向が変更する点の座標等が、ノードに対してはノードの座標等が記述されている。この情報により、抽出する静止画に対する座標を計算することが出来る。
静止画出力ディレクトリ	各動画から抽出される静止画ファイルを保存するディレクトリのパス。抽出された静止画ファイルはリンク、ノードごとのフォルダに分けられ、出力される。
静止画ファイルフォーマット。	出力静止画フォーマット(横、縦(ピクセル)、Jpeg 品質(%))を指定する。
リンク静止画抽出間隔(m)	リンク動画から抽出する距離。
ノード静止画抽出間隔(度)	ノード動画より抽出する角度。

D データ作成

平成 15 年度は GIS エンジンの実装を行わないため、空間データの仕様に
 関しての研究は行わない。また、道路ネットワーク上の静止画抽出のみ
 を行うということ考慮すると、膨大な空間データ全てを用意する
 必要はなく、道路ネットワーク近辺の空間データのみがあれば
 よい。また、連続静止画の構成を柔軟にするため、任意の間隔
 で静止画を抽出できる空間データの形式であればよい。

上記のような理由より、平成 15 年度では空間データからの連続
 静止画の抽出を模すため、道路ネットワーク上の景観映像を動画
 ファイルとして作成した。また、連続静止画抽出に必要な道路
 ネットワーク情報(座標情報等)を用意し、それらのデータを使
 用して各動画ファイルから等間隔に連続静止画ファイルを抽出す
 るというプロトタイプシステムの試作を行った。

動画ファイルとしては以下の二通りの形式とし、テストデータと
 して平成 15 年度は渋谷周辺のリンク、ノードの動画(12 本 + 10)
 を作成した。

(A) リンク動画

リンク動画は、リンクを進行していく 3 次元の景観映像を
 内容とする。一つのリンクには進行方向が二通り存在する
 ため、同じリンク内の座標でも景観映像の内容が全

く異なるものが二つ存在する。よって、リンク一つに対して進行方向の異なる二つのリンク動画を作成した。

(B) ノード動画

道路ネットワーク上を移動する3次元の景観映像を作成する場合、リンクの景観映像だけではリンクとリンクをつなぐノード部分で急な方向転換がおり不自然であり、リンクからリンクに移る際の景観映像が必要となる。そこで、方向転換を行う景観映像を内容とするノード動画を作成した。

ノード動画は連続静止画へ変換後でも方向転換を可能に出来る内容にする必要がある。そのため、ノード動画はリンクとの方向の関連性をもたせ、リンクとリンクをつなぐノード地点でのあらゆる方向の景観を表現できる360度回転の景観を内容とした。

これにより、ノードでの方向転換を右回り、左回り両方を表現することができる。

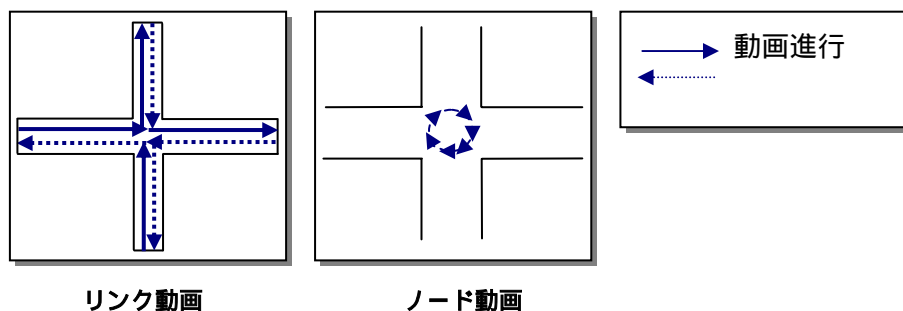
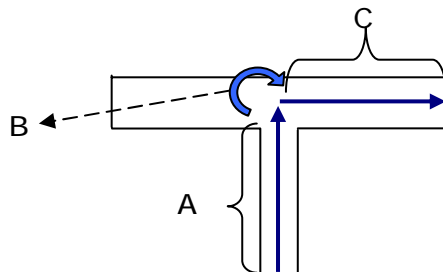


図 2.2-22 リンク動画及びノード動画の種類

E 開発結果

本プロトタイプシステム開発において、等間隔で出力された静止画の組み合わせで図 2.2-20 のような一連の景観映像を表現することが可能となった。



出力された静止画 (A、B、C は上図の部分に対応)

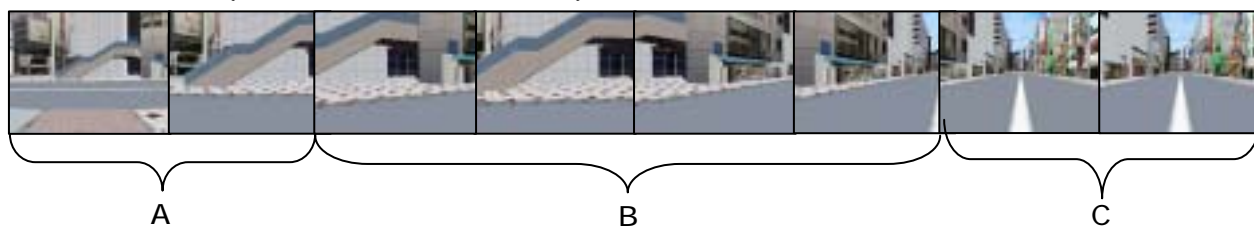


図 2.2-23 開発結果

(エ) 成果

空間データをアニメーションデータへ変換・編集・加工する方式検討を行い、座標と関連付く静止画の抽出方法を導き出せた。3Dウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムの試作を行い、アニメーションを行う為の静止画を自動的に抽出できることを確認した。

(オ) 課題

本プロトタイプシステムでは動画から静止画を抽出する方式で試作し、動作確認をした。その結果、静止画の抽出処理の部分で、想定した時間より多くの時間を要した。この為、オンデマンドでのリアルタイム更新に影響を及ぼす懸念がある為、動画を用いずに空間データから直接的に静止画を生成する方式が課題となる。しかし、メディア複合技術のみでは解決できない為、本研究開発の他の要素技術と連携し、インタフェースの策定が必要と考える。

ウ データ合成の最適化

(ア) 概要

携帯電話端末において3Dウォークスルーナビゲーションを行う場合、アニメーションの景観からの情報のみでは、携帯電話端末の画面も小さく利用者にとってわかりづらい。

その為、付加情報として利用者が指定したルートに対して、ルート形状の右左折情報や地物の情報がテロップ等のテキスト、音声などから情報が伝わると大変わかりやすいナビゲーションシステムとなる。

そこで、携帯電話端末で利用可能な3次元景観映像に対し、指定したルートに沿って、キャプション、ランドマーク表示などのデータをルート形状や地物の形状から判定して適切な位置に自動挿入する手法を検討する。

平成15年度は上記の方式に関して、以下の検討を行った。

- ・ 3D映像生成時にルート形状から定型オブジェクトを自動挿入するメディア複合方式の検討

(イ) 3D映像生成時にルート形状から定型オブジェクトを自動挿入するメディア複合方式の検討

A 3D映像生成時にルート形状から定型オブジェクトを自動挿入するメディア複合方式の検討のコンセプト

3次元景観映像に対し、進行方向の変化の情報や、3次元景観映像に表示されている建物名等を音声やテロップで挿入を行うとナビゲーションがわかりやすくなる。その為、経路情報に沿ったキャプションを自動で挿入する方式の検討を行った。

具体的に以下の内容とした。

- ・ 必要な情報の種類
- ・ 必要な情報の形式
- ・ 定型オブジェクト挿入内容及びタイミング
- ・ 定型オブジェクト挿入方式

B 必要な情報の種類

利用者が指定したルート形状に対し、静止画に付加する必要な情報の種類を検討した。情報の種類は以下のようなものが考えられる。

- ・ 開始地点、終着地点
- ・ ナビゲーション内での現在の場所（開始から何メートル、終着地点まであと何メートルといった情報）
- ・ 進行方向の変化（進路の直進、右左折等）
- ・ 道路名、交差点名（道路ネットワークからの情報）
- ・ ランドマーク（GIS からの情報）

C 必要な情報の形式

ナビゲーションを行う映像データに対し、情報を表現する形式を検討した。

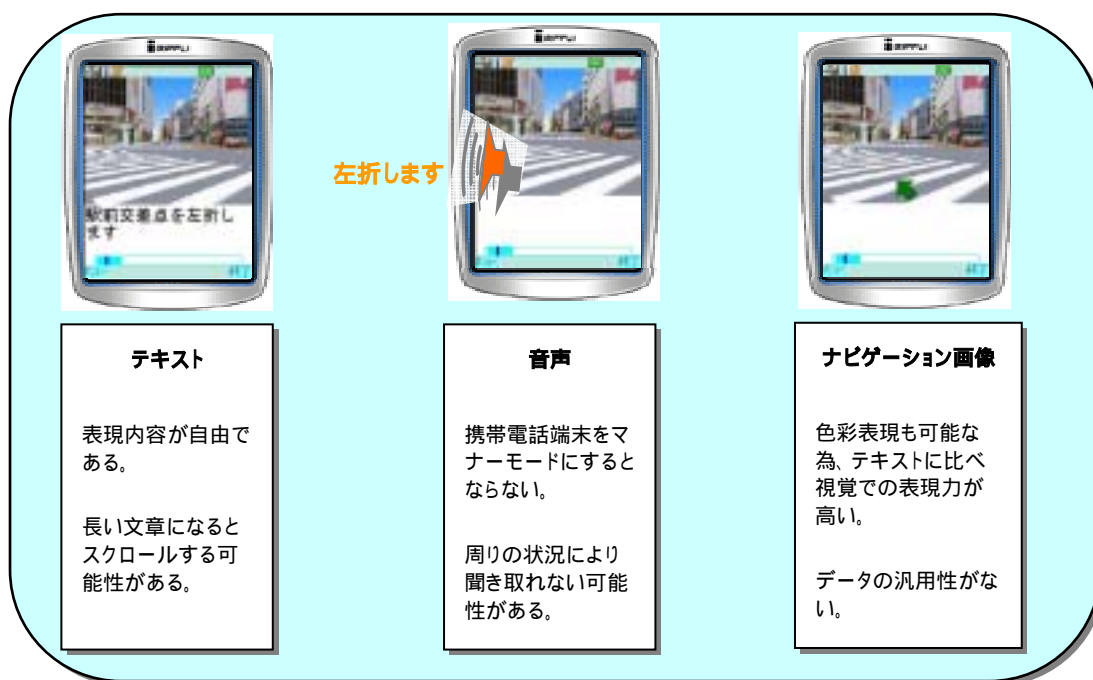


図 2.2-24 キャプション挿入の形式

表 2.2-10 キャプションの挿入形式ごとの特性

	テキスト	音声	ナビゲーション画像
データ容量		×	×
認識度	×		
データ作成の 難易度		×	×

D 定型オブジェクト挿入内容及びタイミング

(A) 開始地点、終着地点

ナビゲーション開始時、終着時はナビゲーションが開始、又は終了した事を伝えると利用者が認識しやすく、ナビゲーションがわかりやすくなると考えられる。

【挿入内容】

- ・ 『ナビゲーションを開始します。』
- ・ 『到着しました。』

(B) ナビゲーション内での現在の場所

ナビゲーションの開始後、開始地点からの移動距離や、終着地点までの時間等をナビゲーションに挿入すると、利用者があとどれぐらいで目的地に到着するかを認識でき、また、ナビゲーション中常に表示をしておくと、わかりやすいナビゲーションとなる。

【挿入内容】

- ・ 出発からの距離 『出発から**メートルです。』
- ・ 到着までの時間 『到着予定時刻**時**分です。』

(C) 進行方向の変化

交差点右左折等の進行方向の変化があった場合のベクトル情報を、交差点に入る手前で利用者に伝えると、事前に進行方向の変化を認識する事ができ、ナビゲーションがわかりやすくなる。

【挿入内容】

- ・ 『右折します。』

(D) 道路名、交差点名

現在通っている道路名、また進行方向の先にある交差点名をキャプションに挿入

することで、ナビゲーションがわかりやすくなる。

【挿入内容】

『 道路を直進します。』

(E) ランドマーク

進行方向の変化だけでなく、3次元景観映像に表示されている建物名をキャプションに挿入する事で、ナビゲーションがわかりやすくなる。

【挿入内容】

を出発します。

E 定型オブジェクト挿入方式

本章の A から D をふまえ、定型オブジェクトの挿入方式の検討を行う。

(A) ナビゲーション開始時のキャプション

ナビゲーションを開始する最初の静止画に対し、キャプションを挿入する。

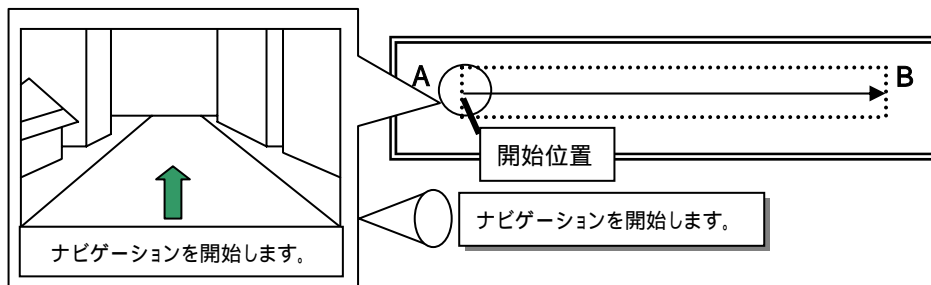


図 2.2-25 ナビゲーション開始時のキャプション挿入タイミングと3次元静止画例

(B) 直進時でのキャプション

進行方向の変化もないので静止画の背景を見ることで進むルートが情報に分かると考えられる。直進の静止画全てにキャプションを挿入すると利用者にとって煩わしいと感じる場合もある為、キャプションは直進の最初の静止画のみ挿入する。

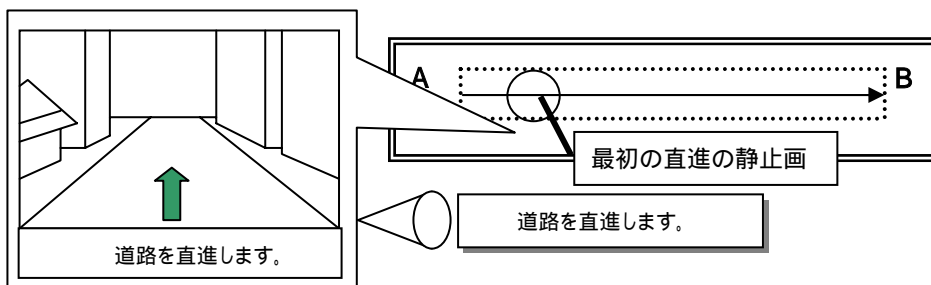


図 2.2-26 直線時のキャプション挿入タイミングと3次元静止画例

(C) 道なり右左折でのキャプション

方向性が変わる直前の静止画にキャプション挿入するのが最適と考えられる。しかし、あまり角度のない道路でのキャプション挿入は不必要と考えられるので、ある一定の角度以上の場合、キャプションを挿入する。

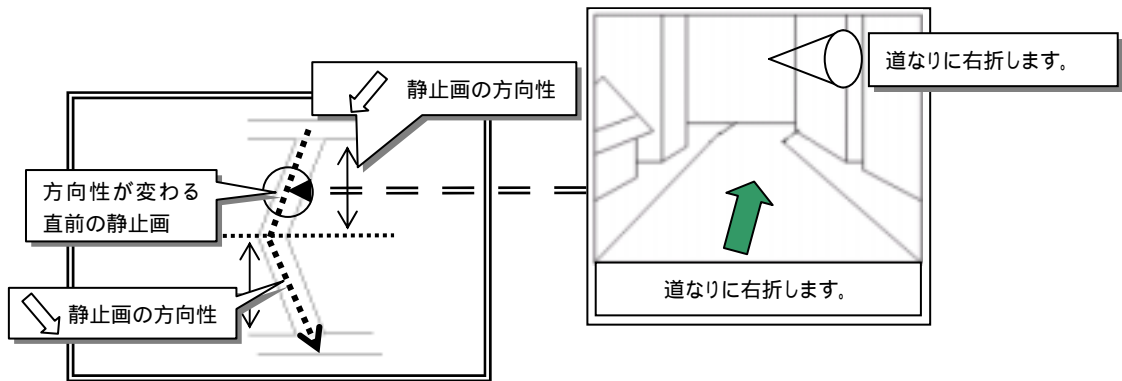


図 2.2-27 道なり右左折時のキャプション挿入タイミングと3次元静止画例

(D) 交差点直進時でのキャプション

交差点に入る直前の静止画にキャプション挿入するのが最適と考えられる。しかし、静止画の景観によっては交差点が表示されない可能性があり、矢印のキャプションを挿入しても、交差点を直進という事が判断できない。そこで、交差点の直前の静止画と交差点内の静止画の間隔がある距離範囲内である場合は、静止画が交差点手前の景観を表示しているとみなし、キャプションを挿入する。交差点手前と判断する距離に関してはナビゲーション認識度を考慮した評価を行う必要がある。

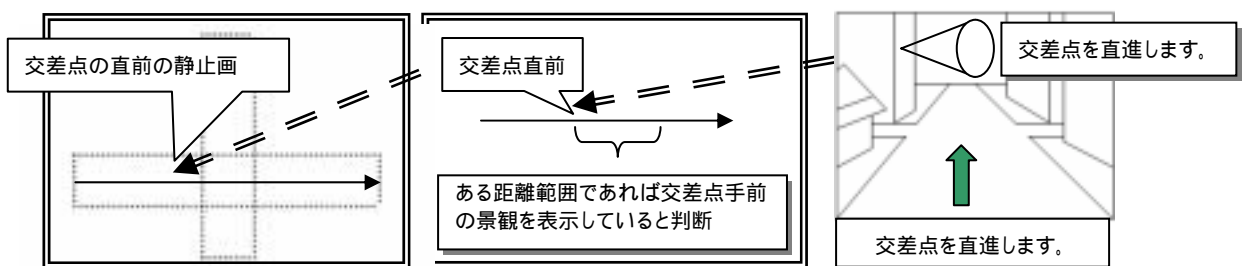


図 2.2-28 交差点直進時のキャプション挿入タイミングと3次元静止画例

(E) 交差点右左折時でのキャプション

進行方向の変化は、交差点に入る前にナビゲーションするのがわかりやすいと考えられるので、交差点に入る直前の静止画にキャプション挿入するのが最適と考えられる。また右左折途中の静止画に、キャプションを挿入すると、よりナビゲーションがわかりやすくなると考えられるので、右左折途中の静止画にもキャプションを挿入する。

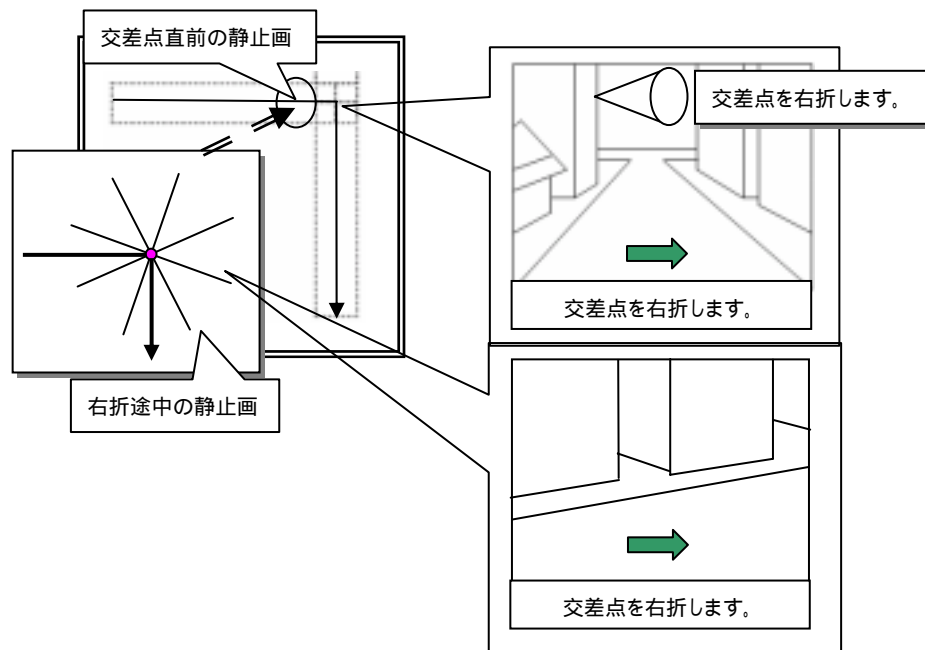


図 2.2-29 交差点右左折時のキャプション挿入タイミングと3次元静止画例

(F) 同方向向きの道路が複数存在する右左折時でのキャプション

『(E) 交差点右左折時でのキャプション』と同様に、交差点に入る前にナビゲーションするのがわかりやすい。その為キャプションの挿入は、静止画 A とする。

このような道路の形状の場合、『右折する』というナビゲーションだけではどちらの道路に進んでいくか明確でない。その為、方向性の判断をする角度の方式より、右折方向の道路の中で違いを持たせる必要がある。

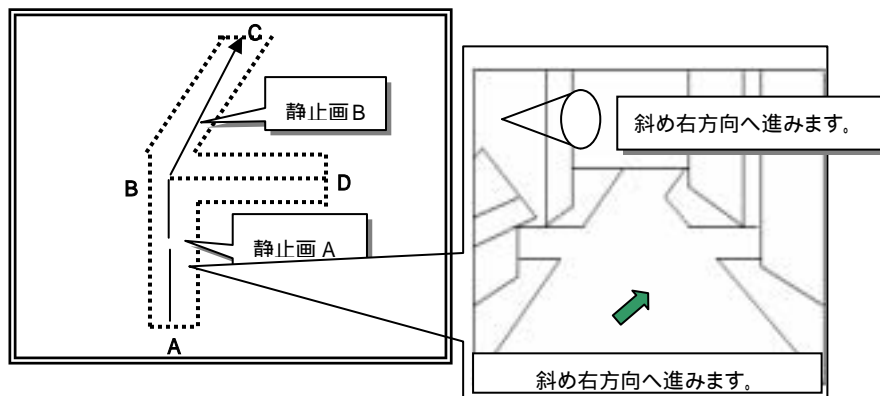


図 2.2-30 同方向向きの道路が複数存在する右左折時のキャプション挿入タイミングと3次元静止画例

(G) ナビゲーション終了時でのキャプション

ナビゲーションが終了し、目的地に到着した場合の最後の静止画にキャプションの挿入をする。

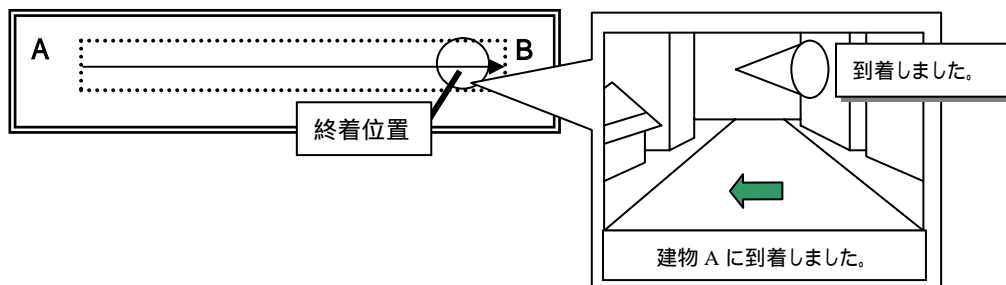


図 2.2-31 ナビゲーション終了時のキャプション挿入タイミングと3次元静止画例

(ウ) 成果

ルート形状から定型オブジェクトを自動挿入するメディア複合方式の検討を行い、様々なルート形状ごとのキャプション挿入方式について、整理する事ができた。

キャプション効果により、利用者にはより分かり易いナビゲーションが可能であり、サービス提供者にとっては、その効果により景観映像を間引きしてもナビゲーションの認識度を保つことができる。したがってキャプションの挿入により、景観映像数を削減できる可能性が期待できる。

(エ) 課題

利用シーンや状況に応じた、効果的なキャプションの形式(テキスト、音声、ナビゲーション画像)についての評価を行う。

また、目的に応じたキャプションを挿入することで、ナビゲーションの認識度を保ったまま景観映像を間引く事が可能になると考えられるので、景観映像の間引き方をどのようにするかが課題である。

エ 映像品質、解像度、オブジェクト数を低く設定したメディア複合プロトタイプシステムの試作

(ア) 本システムの目的

平成 15 年度では 3 次元グラフィックスの高速表示機能に乏しいモバイル端末上での GIS の利用に適したアニメーション方式や、使用するデータの作成方法、ルート形状から適切な内容の文字、音声などの定型オブジェクトの関連付け方法等の実現検討を行った。

これらの検討結果を踏まえ、映像品質、解像度、オブジェクト数を低く設定したメディア複合プロトタイプシステムの試作を行う。

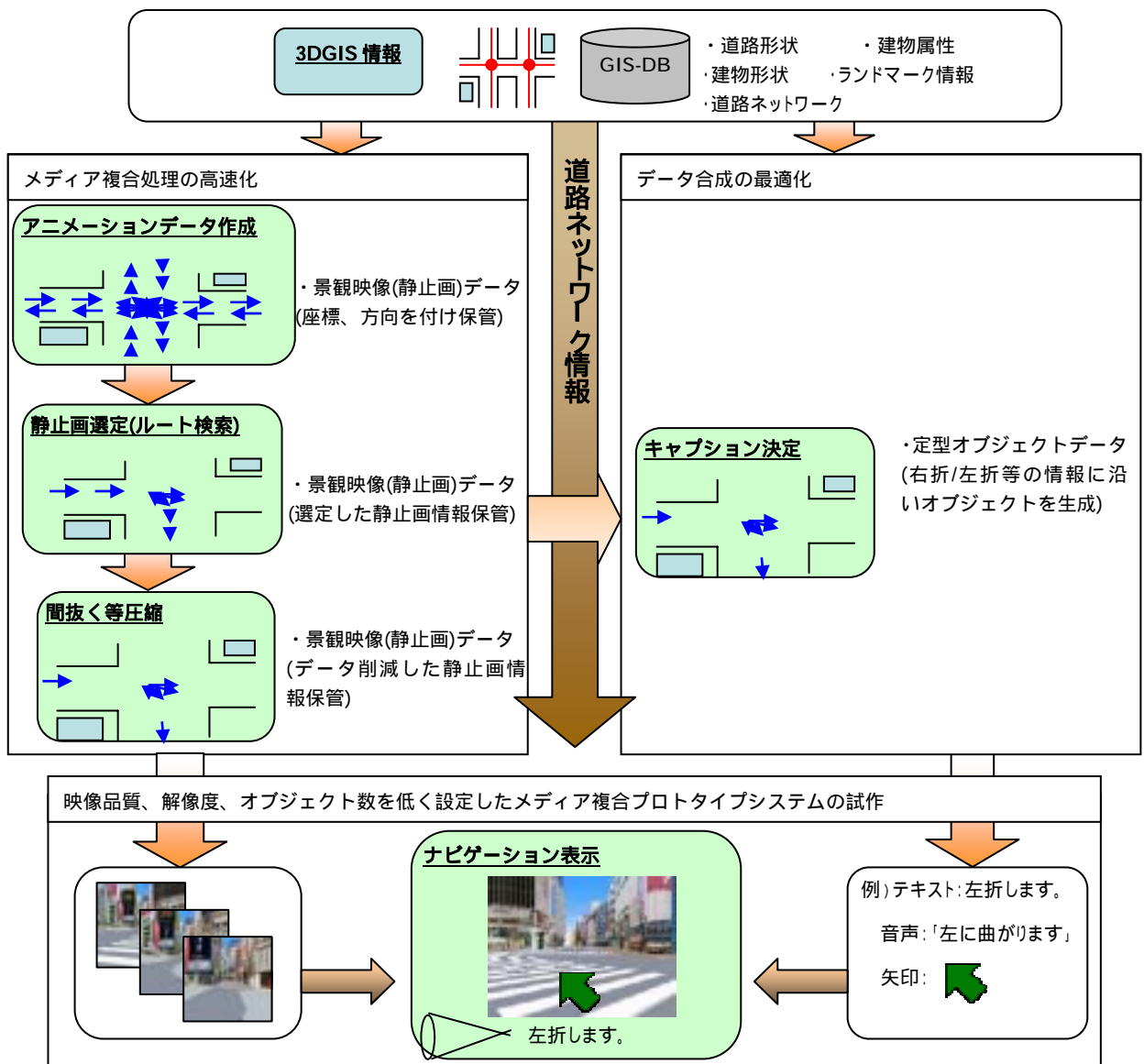


図 2.2-32 本プロトタイプシステムと本研究との関連性

(イ) 概要説明

本プロトタイプシステムは、図 2.2-29 にあるように、本章までに検討してきた内容を踏まえた上で、モバイル端末で利用する事が出来るナビゲーションシステムである。本章までに検討してきた内容からの本プロトタイプシステムへの反映点、影響点を以下に示す。

A 『ア 映像再生時におけるインタラクティブな操作性の実現』

- ・ 本プロトタイプシステムでは携帯電話端末でのナビゲーション表示を行うナビゲーションプログラムを作成した。
- ・ アニメーション方式は Java アプリを用いて、連続静止画を表現する方式とした。

B 『イ メディア複合処理の高速化』

- ・ 表示するアニメーションデータは『(ウ) 3D ウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムの試作』で作成されたものを使用した。
- ・ アニメーションデータはメモリ上の画面サイズや、メモリ容量を考慮した上で、それぞれに適したアニメーションデータを作成した。

C 『ウ データ合成の最適化』

- ・ ナビゲーションの理解度を高めるため、ナビゲーションプログラム上ではアニメーションデータの表示と共にテキスト、音声、矢印画像の 3 つのキャプションを表示することとした。また、表示するキャプションはそれぞれの有効性を検証するため、表示の有効、無効を切り替えられる機能をナビゲーションプログラムに実装した。
- ・ 表示するキャプションについては、ルート形状からキャプションを決定するキャプション決定プログラムを作成し、その決定した結果はナビゲーションプログラムが表示できる形式のものとした。また、空間データ管理技術との連動を行わないため、詳細な座標等の情報が必要となるキャプションの決定は不可能であるため、今回表示するキャプションの内容はシンプルなものとした。
- ・ 音声、矢印画像によるキャプションは動的な作成が困難なため、ナビゲーションプログラム内に汎用的に使用できる内容のデータを静的に持ち、それを使用するものとした。

D その他制約等による影響点

- ・ GIS エンジンとの連動を行わないため、ナビゲーションプログラムでは、いくつかのランドマークとなる建物を開始点、終着点としてあらかじめ指定し、各間のルートの検索においては手動によるものとした。また、ルートを形成する静止画の選定、それに対する間抜き等の編集も手動で行うこととした。

(ウ) システム構成

図 2.2-30 に示す通り、本システムはアニメーションデータ配信サーバ機、モバイル端末(携帯電話端末)から構成される。

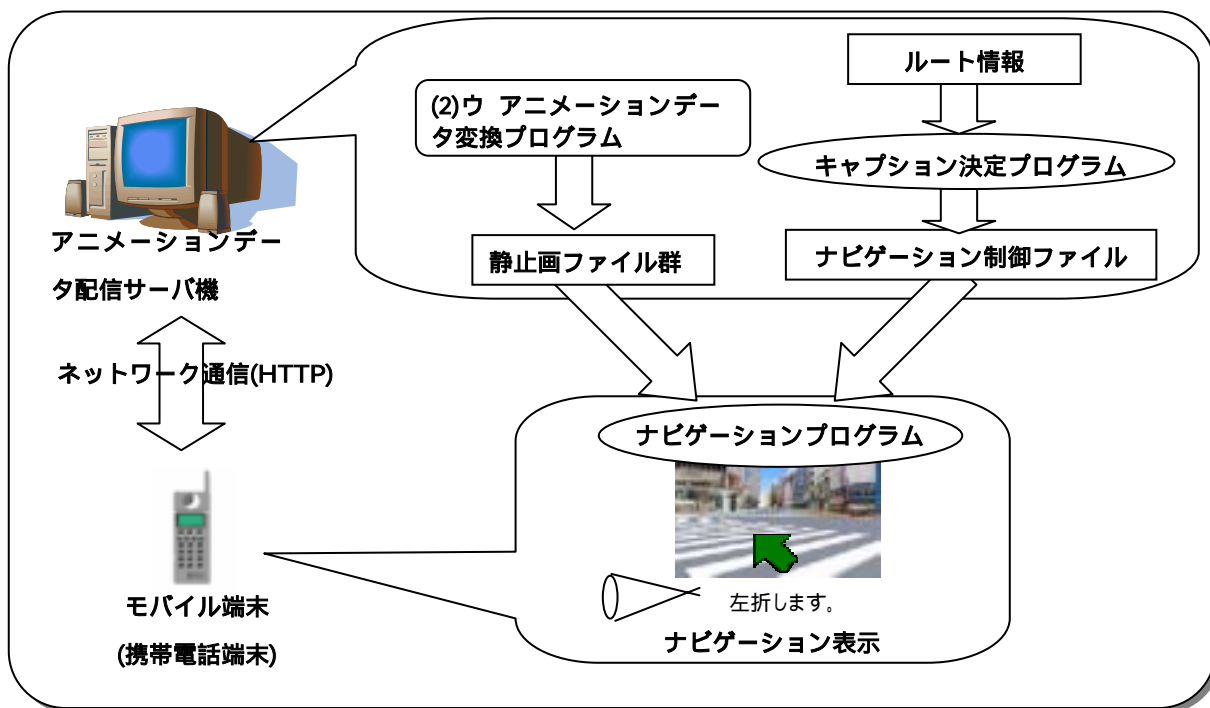


図 2.2-33 システム構成図

(エ) プログラム構成

A キャプション決定プログラム

本プログラムは図 2.2-30 にあるように、あるルート形成する静止画の情報が記述されたルート静止画リストファイルと、リンク、ノードの情報が記述されたリンク、ノードベクトルファイルを利用し、ナビゲーション制御ファイルを作成する。ナビゲーション制御ファイルは、ナビゲーション表示の際に必要な情報が記述されている。

表 2.2-11 入力パラメータ及び説明

パラメータ名	説明
ルート静止画リストファイルパス	ルートを形成する開始点から終着地点までの静止画の情報が記述されたリスト。静止画の情報は『イ（ウ）3D ウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムの試作』で出力された座標ファイルに記述された情報を使用する。
リンク、ノードベクトルファイルパス	リンク、ノードごとの情報が記述された座標群ファイル。（『イ（ウ）3D ウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムの試作』で使用したものと同様の形式のもの。）
ナビゲーション制御ファイルパス	出力されるナビゲーション制御ファイルのパス

B 携帯電話端末用ナビゲーションプログラム

本プログラムは、携帯電話端末で動作するナビゲーションプログラムである。開始、終着地点選択後、それに対する制御ファイルを読み込み、その内容にそったアニメーションデータや、キャプションを表示しナビゲーションを行う。

(オ) データ作成

今回、本プロトタイプシステムで使用するアニメーションデータは『イ（ウ）3D ウォークスルーの映像をアニメーションデータに変換するプロトタイプシステムの試作』で作成した渋谷駅周辺のデータを利用した。なお、作成時のパラメータとしてリンクは10m、ノードは10度の等間隔で連続静止画ファイルを作成した。

また、本プロトタイプシステムではGISエンジンが存在しないため、ナビゲーション開始地点から終着地点までのルートの決定は手動で行い、そのルートを形成する静止画の選定も手動で行った。その方式は、『ア 映像再生時におけるインタラクティブな操作性の実現』～『ウ データ合成の最適化』の検討によるモバイルGIS実現の方式に基づく。上記の手動による静止画の選定により作成したファイルを「ルート静止画リストファイル」とする。

(カ) 成果

本プロトタイプシステムは、『ア 映像再生時におけるインタラクティブな操作性の実現』～『ウ データ合成の最適化』までで検討してきた方式を踏まえ、プロトタイプシステムの試作を行った。

試作したプロトタイプシステムでは、道路の進行方向だけ景観表示するナビゲーションである為、到着地点に辿り着いた時に目的の建物が道路のどちら側に面しているかわかりづらかった。このことから試作したプロトタイプシステムの改善、検討内容への反映を行った。

(キ) 課題

試作したプロトタイプシステムの動作確認した結果、以下の考慮すべき点が確認できた。

- ・ 静止画の景観や抽出間隔、キャプションの内容や表示タイミングは人によって認識の差異があった。
- ・ 今回のナビゲーションで使用した静止画の間隔ではデータ量が多く、利用者への応答時間がかかった。

今後、上記の考慮すべき点をポイントとして、評価を進めて行くことが課題である。

(3)まとめ

平成 15 年度の研究開発成果として、空間データを映像化した「景観静止画」を利用し、携帯電話端末での複雑なレンダリング作業をなくすことで、3次元GISナビゲーションが可能になることが確認できた

また、ナビゲーションの進行変化に対する指示や、到着地点における目的物(建物等)の指示など、定型オブジェクトと景観静止画を組み合わせるメディア複合の基本技術を確立した。

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。立体的に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、伝送容量が小さいので、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) パノラマ画像を用いたモバイル端末への空間データ伝送

ア 従来技術

近年、オンラインで空間データである立体地図を表示するソフトウェアが広まりつつある。おおまかな広範囲の地形を立体的に表示し、衛星写真または航空写真をその上に貼ることにより、立体的な地理案内を行う表示がニュース番組等で行われている。同様のデータをネットワークを介して、表示することも可能になっている。しかしながら、ネットワーク経由で地図データを読み込む時間は必要であり、3次元グラフィックス表示性能がある程度高いコンピュータで表示することを前提としている。このようなデータは、例えばPDAや携帯電話といったモバイル端末では、表示することができなかった。ましてや、観光ナビゲーションや災害時の避難誘導に使用することができるような建物一つ一つが表現された空間データを表示したり、伝送することはできなかった。

我々は、どこにいても、目の前の風景と同じ3次元地図を手元のモバイル端末へ高精細に表示することができるようにするために、伝送技術の研究開発を行う。本年度は、端末のスケラビリティに着目し、ノートパソコンであっても、PDAであっても、一様に同じような高精彩な空間データを表示できるような空間データのスケラブル伝送技術を開発した。

イ 研究開発内容

(ア) 研究開発の範囲

空間データをモバイル端末で利用する一般的な利用方法において、空間データを活用するための伝送技術の研究開発をおこなった。研究開発を行うこととした。

モバイル端末を利用した空間データの一般的な利用方法として、店舗案内と、避難経路誘導を仮定した。店舗の案内や、避難経路の誘導は、見知らぬ土地において、周囲の景観をみながら方向を知る必要があるため、3次元の空間データを用いてモバイル端末に景観を表示すると自分の位置が分かり易い。例えば、歩いている人の目の前の景観と全く同じ景観をモバイル端末に表示するようなことを可能にすることを目的としている。3次元地図(空間データ)をモバイル端末で表示する活用例としては、繁華街や観光地といった、特に人の集まる場所の店舗等の案内が考えられる。3次元地図の表示をとりいれることにより、地下鉄の出口や、ビルの谷間といった場所でも景観と比較することで、自位置や目的地の方向が把握できる。また、災害発生時や、災害発生が予測されたときは、直ちに、避難経路の3次元地図をモバイル端末へプッシュ配信することにより、知らない土地でも、避難を行うことが可能になる。

次に、このような空間データの利用形態を考えたとき、モバイル回線やモバイル端末はどのような範囲のものを想定すればよいかを検討した。図 3.1.1-1 に想定する構成を示す。無線 LAN やその他の無線通信設備と接続可能なエリアは増えつつあり、ノートパソコンや PDA を屋外で接続することができる機会は増えている。また、携帯電話も伝送容量が増えてきている。さらに、携帯電話自体もアプリケーションが動作できるような仕組みになってきている。表 3.1.1-1 に本年度の空間データスケラブル伝送技術の研究開発で考慮する構成範囲を示す。比較的3次元グラフィックスの表示性能の高いモバイル端末であるノートパソコンと、現状では3次元グラフィックスを表示することが困難な PDA において、スケラブルな空間データの伝送方式を研究開発した。モバイル回線は、比較的大容量の無線 LAN と、一部サービスが始まっている IMT2000 の 2Mbps 相当の容量を想定した。携帯電話への空間データの配信については、メディア複合技術の研究開発の中で、画像に変換した空間データの配信の研究を行っている。

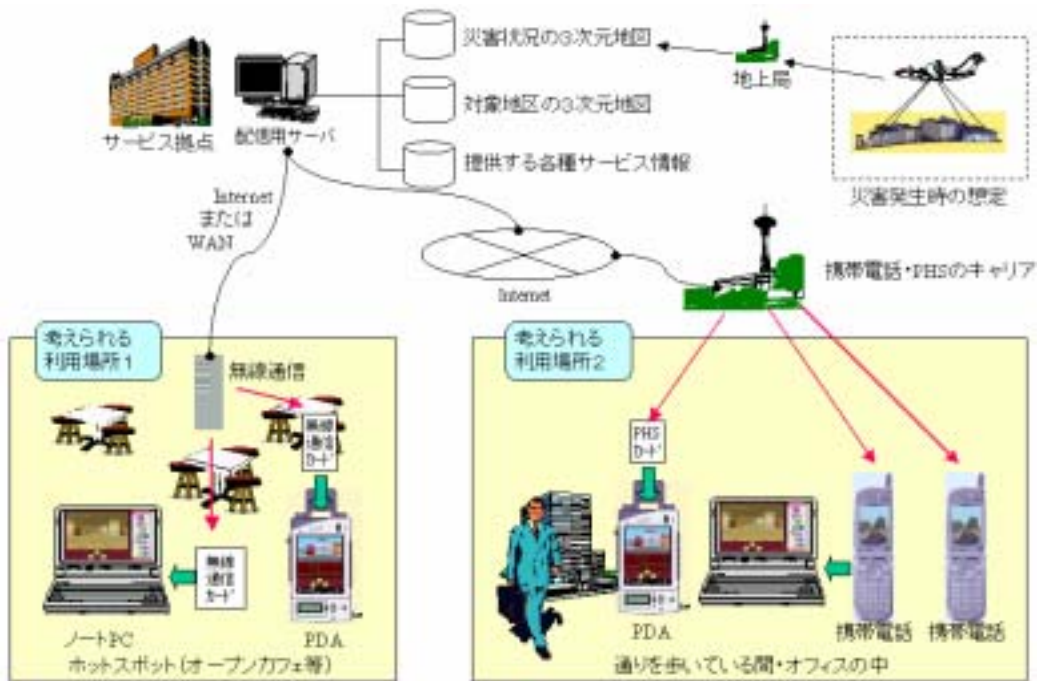


図 3.1.1-1 想定する構成

表 3.1.1-1 構成範囲

想定範囲	種別	性能
モバイル端末想定1	ノートパソコン	3次元表示性能が低い
モバイル端末想定2	PDA	3次元表示不可
モバイル回線想定1	無線 LAN	11Mbps
モバイル回線想定2	IMT2000	2Mbps(想定)

モバイル端末の性能に応じた空間データを伝送することを目的とする。また、モバイル回線の伝送容量に応じたデータ量の空間データを伝送することとする。この制約の中で、例えば店舗情報提供や、避難経路の案内といった用途で使用できるような高品質な表示による空間データの伝送を行うことを目的としている。経路の案内を目的としているので、都市を地上から見た視線で歩く速度で移動するウォクスルー表示を可能にすることを目的とする。

モバイル端末の表示性能において課題になるのは、3次元グラフィックス表示の性能である。図 3.1.1-2 に空間データスケラブル伝送方式の考え方を示す。端末性能に応じて、伝送する空間データの種別を切り替えることを考えた。例えば、3次元グラフィックスの表示性能の低いPDAには、パノラマ画像を伝送し、ノートパソコンへは、パノラマ画像に加え、一部を空間データの形式で伝送する。また、空間データを伝送する範囲を調節することで、さまざまな性能のモバイル端末に適

応できると考えた。本年度は、端末に応じた空間データの種別について、研究開発を行った。平成16年度以降、端末や回線の違いによる自動的な空間データの種別の切り替えや、量の調節、回線状況の変化への対応といった課題に取り組む予定である。

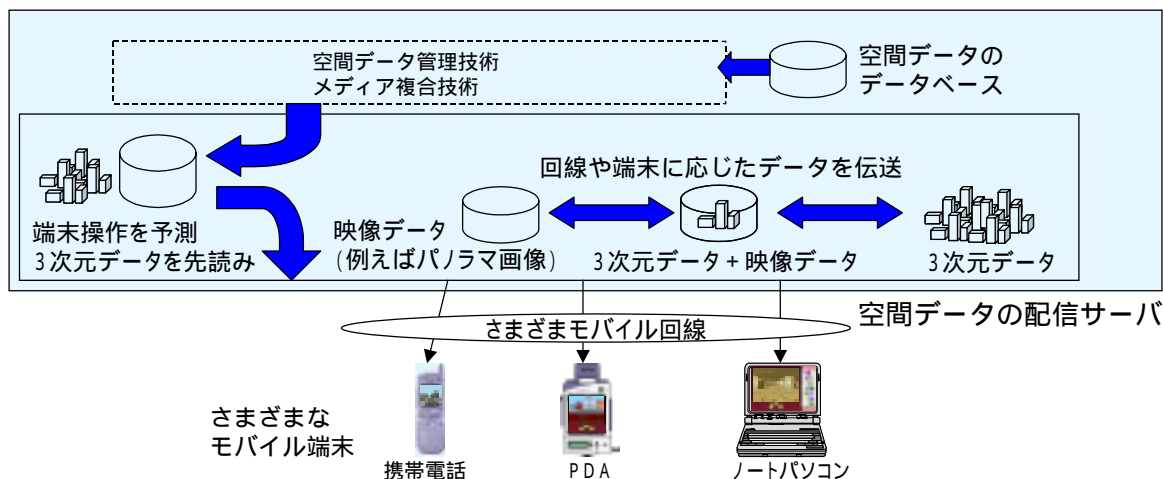


図 3.1.1-2 空間データスケラブル伝送方式の基本的な考え方

モバイル端末の表示性能において課題になるのは、3次元グラフィックス表示の性能である。図 3.1.1-2 に空間データスケラブル伝送方式の考え方を示す。端末性能に応じて、伝送する空間データの種別を切り替えることを考えた。本年度は、端末に応じた空間データの種別について、研究開発を行った。表 3.1.1-2 に空間データと、これをパノラマ画像に変換したデータのデータ容量について記す。空間データのサンプルは、平成13年度総務省「3次元GIS構築のための情報通信技術の研究開発」にて構築された堺市の約2km四方の空間データである。道路、歩道、信号機といった街のディテールが再現され、多くの建物にテキストチャータが貼ってある。パノラマ画像の例として、視点位置から100メートル相当の位置にスクリーンを表示して、そのスクリーンより遠方にある建物等のオブジェクトをスクリーン上に射影したパノラマ画像を作成した。空間データは、ある1点から半径100メートル以内の範囲の建物や地面、道路といった空間データを対象とした。空間データのデータ量については、範囲を変えることで変えることができる。パノラマ画像については、画像の解像度を変えることで可能である。パノラマ画像を伝送する時間を記した。パノラマ画像を伝送する時間は、無線LANでは、1秒以内であり、携帯電話を想定した場合2秒以内である。ところが、空間データは、100メートル相当範囲であっても、建物のテキストチャータ等を含んでいてデータ容量が大きいので、1.8MBのデータ容量になる。このデータ容量では、2Mbpsを想定した場合7.2秒程度の伝送時間がかかると見込まれる。

表 3.1.1-2 パノラマ画像と空間データのデータ容量の例

データ種別	データ範囲	データ容量	伝送にかかる時間の見込み	
			無線LAN 11Mbps	携帯電話 2Mbps
パノラマ画像	半径 100m 相当に パノラマを配置	380KB	0.27 秒	1.52 秒
空間データ	半径 100m 相当範 囲	59 オブジェクト 1.8MB	1.31 秒	7.2 秒

(イ)パノラマ画像を用いた空間データの伝送表示

モバイル端末でパノラマ画像に変換した空間データを表示し、例えば通りを歩いているような表示を行うことを考える。本報告書の 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の中の、2.1 空間データ管理技術の(2) 空間データ構造化抽出技術の検討において記したように、パノラマ画像は、視点作成位置から多少離れた場所からの視点も再現できる。そこで、パノラマ画像を道路に沿ってほぼ均等間隔で作成し、パノラマ画像を切り替えることにより、任意の地点からみた景観を再現する伝送方式を考えた。

図 3.1.1-3 にパノラマ画像の切り替え手法について記す。交差点の中心の視点位置からパノラマ画像を作成し、道路に沿って、等間隔の視点位置でパノラマ画像を作成して蓄積しておく。パノラマ画像の作成視点位置の間隔は、パノラマ画像を投影するスクリーンの円が、重なるように事前に作成しておく。モバイル端末で空間データを表示する視点を、操作して、動かすと、常に作成視点位置の最も近いパノラマ画像を伝送して表示する。この手法を用いてパノラマ画像を表示した例を図 3.1.1-4 に示す。

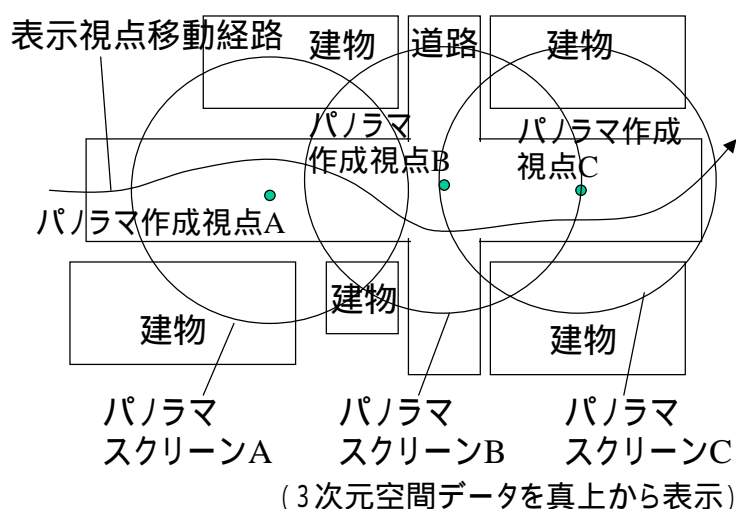


図 3.1.1-3 パノラマ画像の切り替え手法

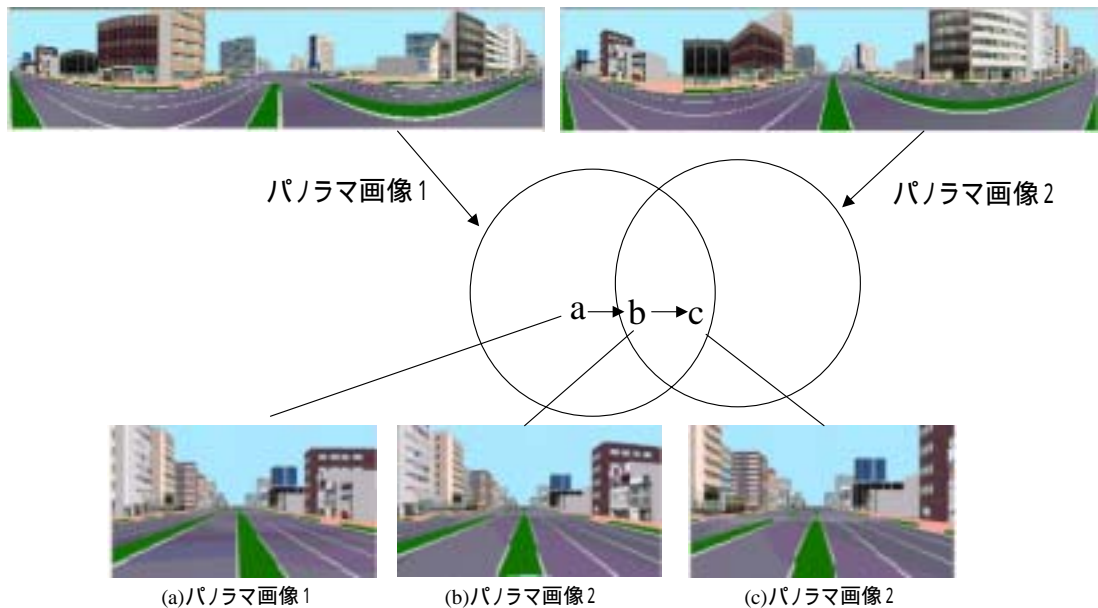


図 3.1.1-4 パノラマ画像の伝送表示結果

図 3.1.1-4 の例では、交差点付近の異なる視点位置から作成した2枚のパノラマ画像を用いた伝送表示結果を示している。パノラマの仮想スクリーンを真上から見ると円が重なるような位置関係になっている。視点位置を a、b、c とずらすと、b の地点でパノラマ画像が入れ替わって表示される。パノラマ画像の切り替わる部分については、画像の解像度を変えることで可能である。パノラマ画像を伝送する時間を記した。パノラマ画像を伝送する時間は、無線 LAN では、1 秒以内であり、携帯電話を想定した場合 2 秒以内である。ところが、空間データは、100メートル相当範囲であっても、建物のテクスチャデータ等を含んでいてデータ容量が大きいので、1.8MB のデータ容量になる。このデータ容量では、2Mbps を想定した場合 7.2 秒程度の伝送時間がかかると見込まれる。(表 3.1.1-3 参照)

表 3.1.1-3 パノラマ画像と空間データのデータ容量の例

データ種別	データ範囲	データ容量	伝送にかかる時間の見込み	
			無線LAN 11Mbps	携帯電話 2Mbps
パノラマ画像	半径 100m 相当に パノラマを配置	380KB	0.27 秒	1.52 秒
空間データ	半径 100m 相当範囲	59 オブジェクト 1.8MB	1.31 秒	7.2 秒

(ウ)パノラマ画像を用いた空間データの伝送表示方式

モバイル端末でパノラマ画像に変換した空間データを表示し、例えば通りを歩いているような表示を行うことを考える。本報告書の 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の中の、2.1 空間データ管理技術の(2) 空間データ構造化抽出技術の検討において記したように、パノラマ画像は、視点作成位置から多少離れた場所からの視点も再現できる。そこで、パノラマ画像を道路に沿ってほぼ均等間隔で作成し、パノラマ画像を切り替えることにより、任意の地点からみた景観を再現する伝送方式を考えた。

図 3.1.1-5 にパノラマ画像の切り替え手法について記す。交差点の中心の視点位置からパノラマ画像を作成し、道路に沿って、等間隔の視点位置でパノラマ画像を作成して蓄積しておく。パノラマ画像の作成視点位置の間隔は、パノラマ画像を投影するスクリーンの円が、重なるように事前に作成しておく。モバイル端末で空間データを表示する視点を、操作して、動かすと、常に作成視点位置の最も近いパノラマ画像を伝送して表示する。この手法を用いてパノラマ画像を表示した例を図 3.3.3-6 に示す。

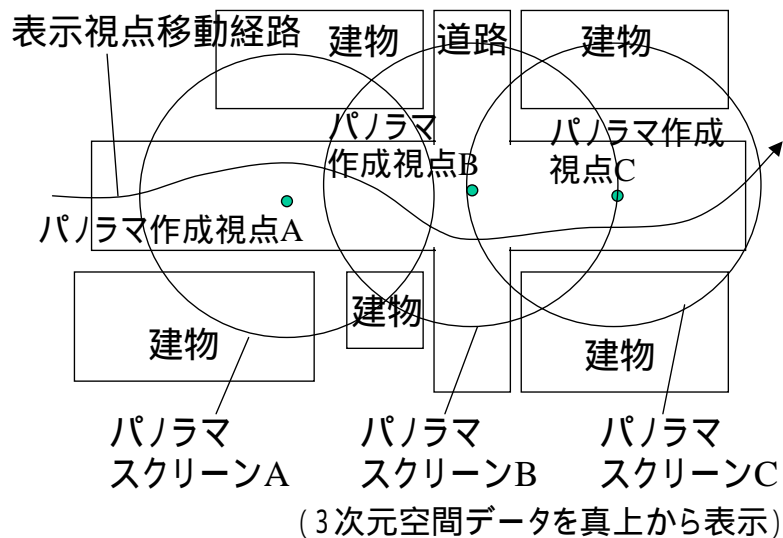


図 3.1.1-5 パノラマ画像の切り替え手法

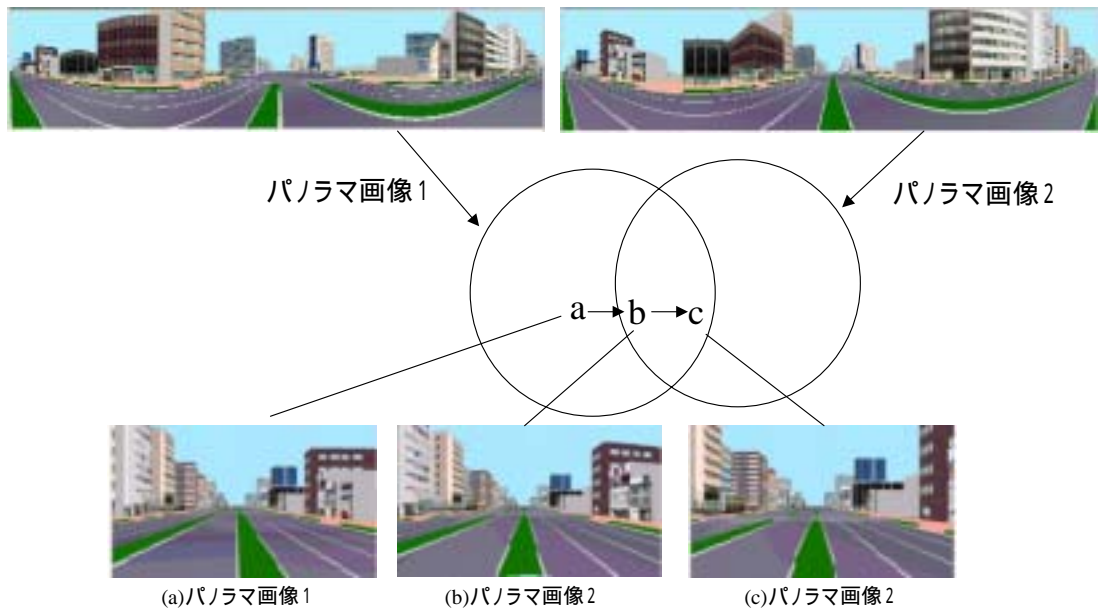


図 3.1.1-6 パノラマ画像の伝送表示結果

図 3.1.1-6 の例では、交差点付近の異なる視点位置から作成した2枚のパノラマ画像を用いた伝送表示結果を示している。パノラマの仮想スクリーンを真上から見ると円が重なるような位置関係になっている。視点位置をa、b、cとずらすと、bの地点でパノラマ画像が入れ替わって表示される。パノラマ画像の切り替わる部分については、建物等を見る限りは、画像が入れ替わっていることはわかりにくい。しかしながら、道路面を見る限り、真直ぐ進んでいるにもかかわらず、視点の方向がずれているように見えてしまう。パノラマ画像を用いた景観の再現では、建物や遠方の風景を再現するにはパノラマ画像を作成した視点位置と、パノラマ画像を表示する視点位置の違いはわかりにくい。しかしながら、足元の道路や目の前の建物といった近景については、特に視点方向のずれがはっきりとわかってしまうということを示している。

パノラマ画像を伝送する場合、パノラマ画像のデータ容量に依存するが、今回試したパノラマ画像では、約40メートル間隔の視点間隔で、データ容量370KB程度のパノラマ画像を蓄積した。(図 3.1.1-7 参照)パノラマ画像の半径は、30メートル前後に設定した。モバイル端末における表示において、おおかた半径30メートル以内の行動範囲で視点を移動するのであれば、あらたにパノラマ画像をサーバから伝送しなくとも景観の表示が可能である。また、一つのパノラマ画像で景観を表示しているエリアから、他のパノラマ画像を用いて景観を表示するエリアへ移動しても、380KBのデータ伝送ですむので、待ち時間は極めて少ない。マンナビゲ

ーション等には適していると考えられる。

このように、パノラマ画像だけを用いて伝送する方式は、3次元グラフィックス性能の高くない端末でも景観の表示が可能であることから、PDA による景観の表示を実験してみた。

使用したモバイル端末 PDA iPAQ H5550

構成 PDAに蓄積したパノラマファイルの読み込みによる。

実験範囲 地方都市の3次元モデルにおける駅前付近

(図 3.1.1-7 参照)



図 3.1.1-7 PDA用実験に用いたパノラマ画像の範囲例
(建物形状は Mapcube を使用)

以下の図3.1.1-8のような表示ができた。1枚のパノラマ画像を用いるだけで、拡大、縮小表示による視点の前進、後退移動が可能であった。また、表示するパノラマ画像の方向をかえることで、視点方向の変更も可能であった。更に、道路の方向に歩く景観表示も可能であった。これらの操作は、1枚のパノラマ画像だけで再現できることであり、操作入力に対して、画面の切り替わるレスポンスは0.5秒以内であった。単純な拡大縮小では、1秒に5コマ程度きりかわる表示が可能であった。

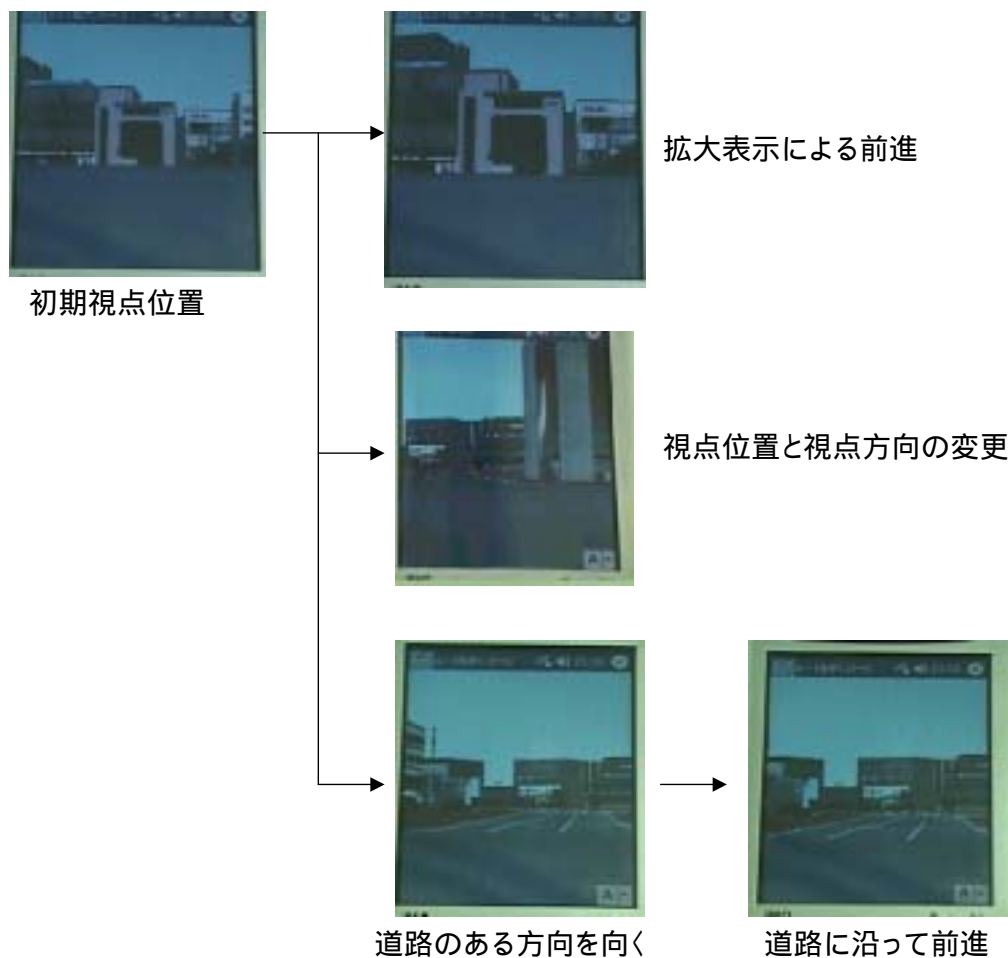


図 3.1.1-8 1枚のパノラマ画像による視点位置の変更表示
(建物形状は Mapcube を使用)

パノラマ画像を複数順番に読み込む処理によるウォークスルー表示を試してみた。図 3.1.1-9 のように、モバイル端末の操作によって、1枚のパノラマ画像では、再現できない位置に視点が移動すると、視点位置に対応したパノラマ画像が読み込まれる。読み込み前後で、表示した景観の違和感はほとんどなかった。読み込み時間は約 4 秒であった。その間、表示がとまってしまうので、表示するデータの削減は必要である。パノラマ画像は全周囲分を一度に読み込んでいるので、これを視点方向の画像だけ読み込むといった案や、操作中に少しずつ次に表示するパノラマ画像を予測して読み込むといった方式の検討が必要である。

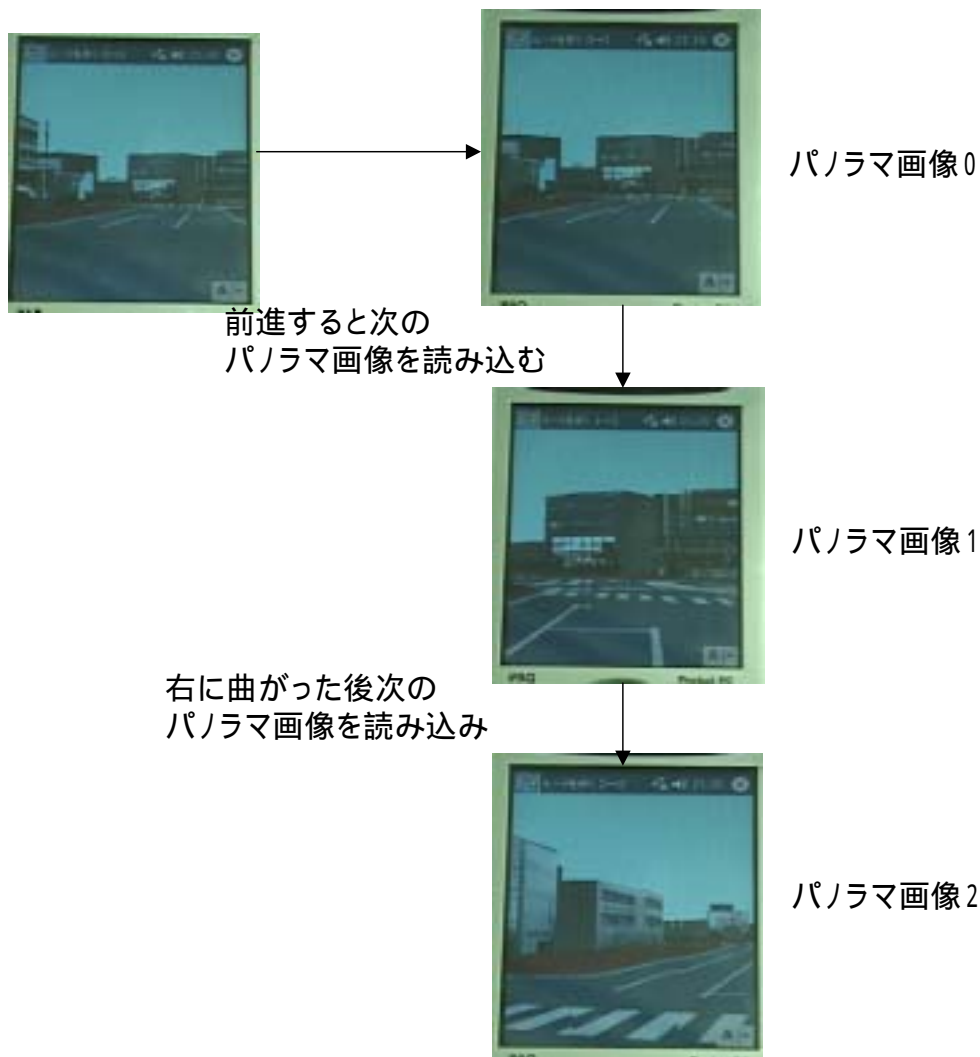


図 3.1.1-9 複数のパノラマ画像の切り替え表示
(建物形状は Mapcube を使用)

(エ) パノラマ画像と空間データを合成した伝送表示方式

パノラマ画像を用いると、3次元グラフィックス表示性能の低い端末でも景観を表示できることがわかった。近年、高性能で、3次元グラフィックス表示用チップを搭載したノートパソコンや携帯電話が普及しはじめている。データ容量が少なければ、モバイル端末において、3次元空間データそのものを表示できる環境が整いつつある。

パノラマ画像だけを用いて景観を再現すると、地面といった足元や、目の前の建物を表示する場合、パノラマ画像を作成した視点の位置や方向と違いがあると、違和感のある景観になってしまうことがある。

そこで、パノラマ画像を例えば半径100メートルより遠い空間を表示する屏風の

ように活用し、屏風の内側に立っている建物や、足元の道路といった地物を3次元空間データで表示する合成表示を検討した。つまりは、パノラマ画像だけでは、なかなか再現できなかった地物を空間データで表示し、パノラマ画像でも十分表示できる地物はパノラマ画像で表示することにより、伝送するデータの量を抑えてかつリアルな景観を再現することを目的としている。

図 3.1.1-10 に建物データの読み込み範囲を記す。ある範囲でパノラマ画像を作成し、赤い円の位置に仮想のスクリーンを設置し、赤い円より外側の景観がスクリーンに写るとする。赤い円の中で、赤い点で示した建物だけを空間データで読み込むことにより、リアルな景観を再現できるとともに、少ないデータ量で景観を再現できる。はじめに、右側の赤い円の中に視点があり、左の赤い円の中へ視点が移動した場合、赤い点で示した建物に重複がある場合は、差分だけを読み込むこととする。また、パノラマのスクリーンを配置する円の内側に限っては、地面、道路、信号機といった空間データを読み込むこととする。

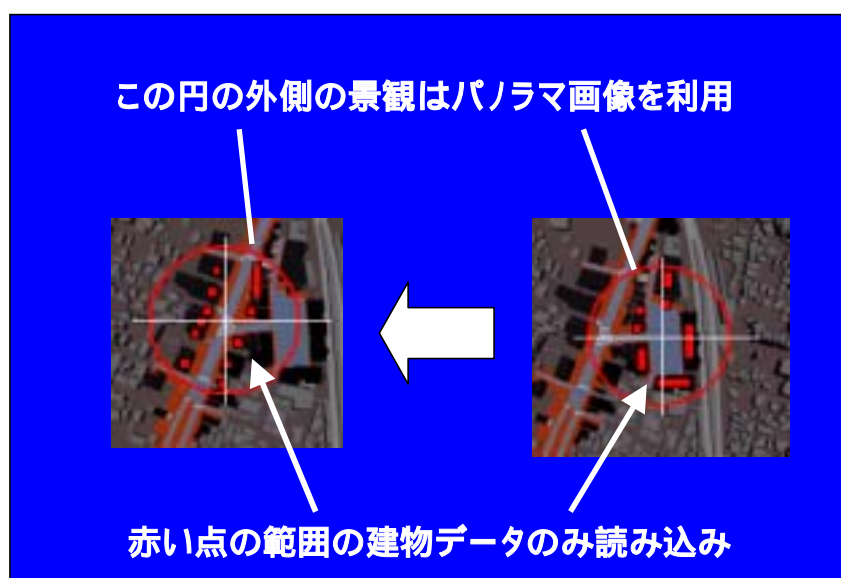


図 3.1.1-10 建物データの読み込み範囲表示
(建物形状は Mapcube を使用)

パノラマ画像だけではなく、3次元空間データも表示することから、ノートパソコンを用いて実際に景観の表示ができるかを実験してみた。

使用したモバイル端末 構成	ノートパソコン hp xW8000/CT パノラマ画像や空間データを蓄積したサーバとモバイル 端末を 11Mbps の無線 LAN で接続
実験範囲	地方都市の3次元モデル VRML データ(77MB) テクスチャデータ48MB
生成したパノラマ画像	13枚(約 10MB)

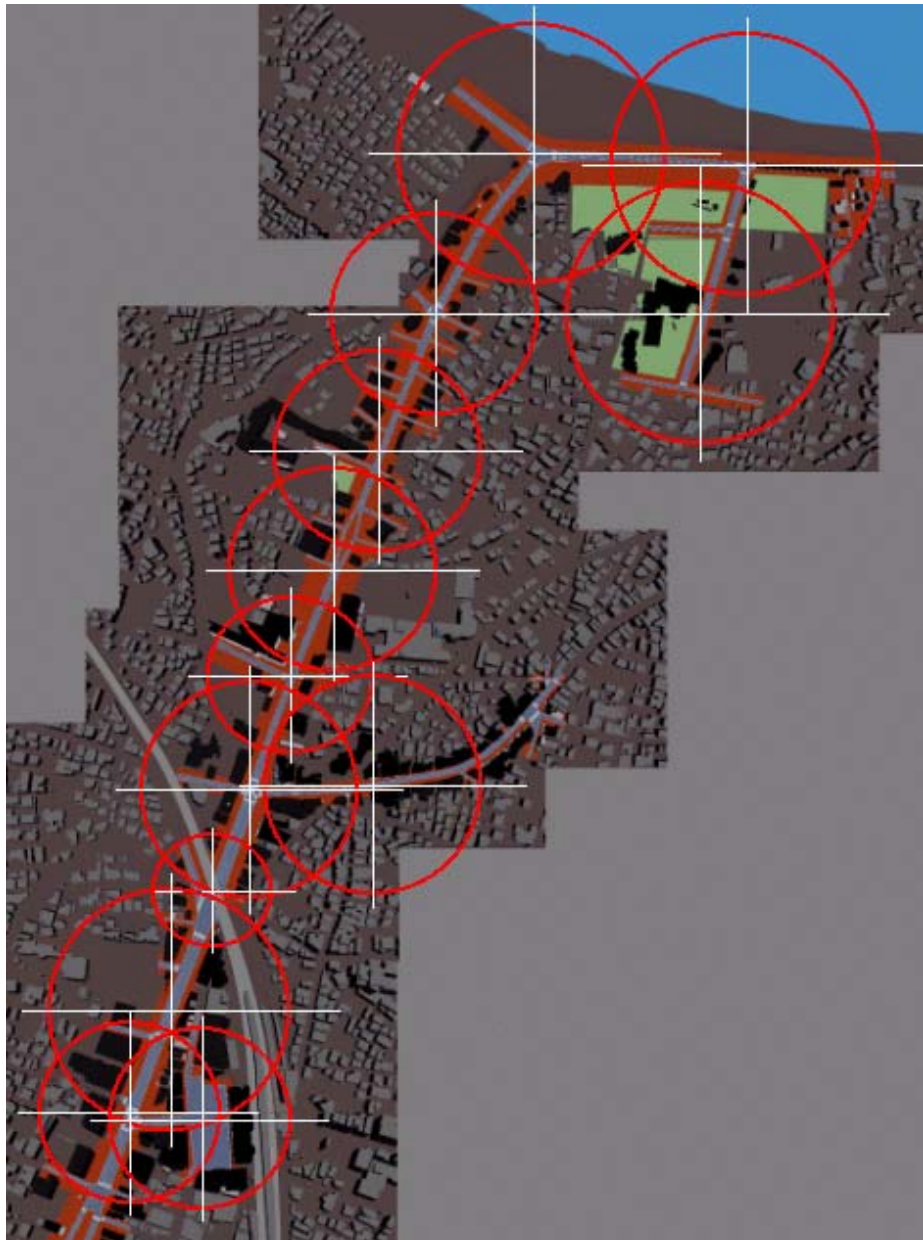


図 3.1.1-11 パノラマ画像生成範囲
(建物形状は Mapcube を使用)

パノラマ画像の生成範囲を自由に歩き回り、フレームレートの変化を記録した。

パノラマ画像を読み込み途中ではない時のフレームレートは平均36FPSであり、かくかくとした動きにはならずスムーズな視点移動が可能であった。

しかしながら、パノラマ画像や空間データを読み込んでいる間のフレームレートの平均値は、1.15FPSとなり、読み込み途中だけぱったりと一瞬とまってしまうような表示となった。これは、読み込む時間を分散させることである程度解消できると考えている。

次にデータ容量と時間評価値を示す。駅前で比較的建物が多い地点のパノラマ画像と、パノラマ画像のスクリーンの内側に入る建物データを読み込んだ。初期視点位置から、図3.1.1-12の中の点1～点7までを歩いて移動したところ、初期読み込みを含み6回のデータの読み込みが発生した。表3.1.1-4に読み込んだデータの内容を記す。読み込みを開始してから読み込みが終了するまでに時間がかかることがわかる。2Mbpsで通信できるモバイル環境を想定した場合、初期表示に18秒、読み込み時に11秒前後の待ち時間が発生することになる。配信データにおけるテクスチャデータの圧縮や、時分割によるデータ伝送、視点移動の予測による読み込みによって、スムーズな伝送を実現することが課題である。

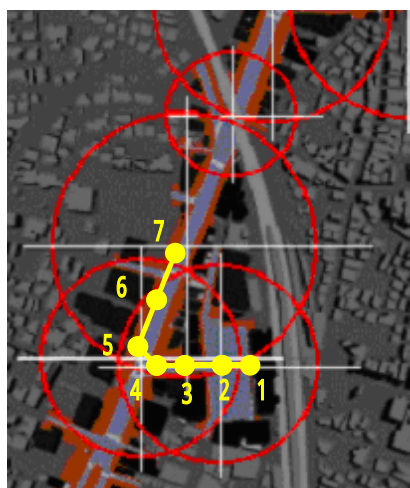


図 3.1.1-12 ウォークスルー表示記録範囲
(建物形状は Mapcube を使用)

表 3.1.1-4 ウォークスルーにおけるデータ読み込み量

順番	ポリゴン(枚数)	テクスチャ(枚数)	データ検索時間(秒)	データ容量(バイト)	2Mbps 時の 伝送時間 見込み(秒)
1	6720	42	3.1	2362176	18.0
2	649	49	2.4	1577148	12.0
3	412	52	2.6	1510101	11.5
4	430	48	2.5	1463808	11.2
5	646	48	2.5	1484986	11.3
6	564	47	2.3	1346084	10.3

図 3.1.1-12 の点1～点7の地点における表示画面を図3.1.1-13、図3.1.1-15～図 3.1.1-20 に示す。点1は駅前のロータリーである。中心に見える数件の建物がパノラマ画像で表現されているが、ロータリー周囲にある建物は3次元モデルで表示されている。故に、ロータリーを見回しても、立体的な景観を表示することができる。図 3.1.1-14 に点1付近から周囲を見た表示画面を表示する。

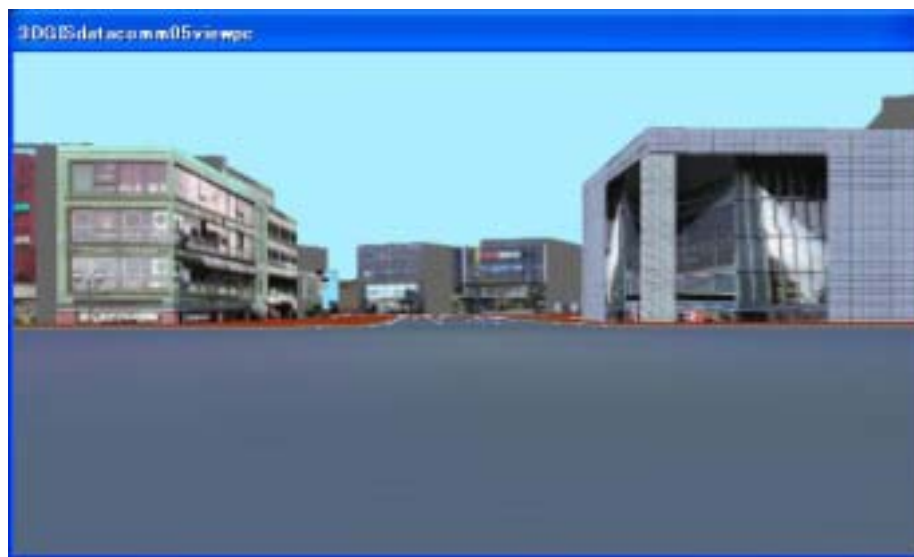


図 3.1.1-13 点1における表示画面
(建物形状は Mapcube を使用)



図 3.1.1-14 点1付近から周囲を見渡した表示画面
(建物形状は Mapcube を使用)



図 3.1.1-15 点2における表示画面
(建物形状は Mapcube を使用)



図 3.1.1-16 点3における表示画面
(建物形状は Mapcube を使用)

点2、点3と道路上を移動すると、点1から見た表示画面の中心に見えている建物が近づいてくる。これらの建物はパノラマ画像で表示してあるので、実際には、画像が拡大されて表示されている。



図 3.1.1-17 点4における表示画面
(建物形状は Mapcube を使用)



図 3.1.1-18 点5における表示画面
(建物形状は Mapcube を使用)

点4からみた視点位置では、点1から見た表示画面の中心に表示されていた建物が3次元モデルで表示されている。そのかわり、点4から見た表示画面においては、背景の山がパノラマ画像に写っている。点5から見た表示画面においては、中央付近に見える建物群がパノラマ画像である。



図 3.1.1-19 点6における表示画面
(建物形状は Mapcube を使用)



図 3.1.1-20 点7における表示画面
(建物形状は Mapcube を使用)

点6においては、点5から見た表示画面の中心に写っていた建物群のパノラマ画像が拡大されて写っているが、点7の地点において、3次元モデルに切り替わっている。同時に、パノラマ画像はさらに遠方の景観を表示するようになり、遠方の道路と、建物がパノラマ画像で表示される。

建物の多い地点だけでなく、建物が少ない閑散とした地点においても、ウォークスルー表示におけるデータ伝送の検証を行った。図3.1.1-21に記す点1～点2の間をウォークスルー表示した。ウォークスルーを行っている間に、初期表示を含めて6回のデータ読み込みが発生した。伝送したデータの内容を表3.1.1-5に記す。建物が少ない地域に比べ、テクスチャ画像の量が少ないので、結果として伝送するデータ量が少ないことがわかる。2Mbpsで伝送できるモバイル環境であれば、初期表示で7.4秒、視点移動に伴う差分データの読み込みでも3秒～6秒の読み込みを行えば、街中を歩くウォークスルーの表示が可能であることがわかった。

表 3.1.1-5 ウォークスルーにおけるデータ読み込み量

順番	ポリゴン(枚数)	テクスチャ(枚数)	データ検索時間(秒)	データ容量(バイト)	2Mbps 時の 伝送時間 見込み(秒)
1	4322	14	1.7	974377	7.4
2	253	16	1.4	362166	2.8
3	403	17	1.7	411918	3.1
4	563	21	2.0	496126	3.8
5	671	24	1.9	595669	4.5
6	2263	19	2.0	741665	5.6



図 3.1.1-21 ウォークスルー表示記録範囲2
(建物形状は Mapcube を使用)



図 3.1.1-22 閑散とした場所の景観
(建物形状は Mapcube を使用)

パノラマ画像と、空間データを合成することにより、広範囲の空間データを表示できているような景観の再現ができた。

ウ まとめ

端末の種別によらずスケーラブルに空間データを伝送する方式として、パノラマ画像を用いて空間データの量を減らす方式について検討した。

PDA のように、3次元グラフィックを表示することが困難なモバイル端末では、空間データをパノラマ画像に変換して伝送することで、あたかも空間データを表示しているようにモバイル端末で表示できることがわかった。

ノートパソコンのように、ある程度3次元表示も可能である端末の場合は、伝送する空間データの容量を減らすために、パノラマ画像を用いるとよいことがわかった。

今後は、モバイル回線の伝送容量の小ささや、モバイル回線の状態変化に応じた配信といった課題に対応する。伝送タイミングや、キャッシング等を、配信データの圧縮技術や、データ管理技術の成果を取り入れながら検討していく。

(2) 空間データ最適化抽出技術を用いたモバイル端末への空間データ伝送

「2.1.1 空間データ最適化抽出技術」を用いた3次元モデルの伝送技術について述べる。

以下では、アに従来手法と課題について述べ、イに平成15年度の研究開発内容について述べ、ウに検証結果を示す。エにまとめる。

ア 従来技術

都市の3次元モデルは、建物や道路等、多数のオブジェクトから構成されるため、データ量が膨大である。そのため、ネットワークを介して3次元モデルを利用する際に、多大な待ち時間を要するという課題がある。

そこで、重要なデータから順に伝送することでデータ到着までの待ち時間を軽減する手法が提案されている。例えば、視点からの距離や外形等に基づいて「優先度」を決め、優先度の高い空間データから順に伝送する手法があり、優先度に応じて、伝送する3次元モデルの詳細度を変えることもできる。しかし、この手法では、3次元空間内で視点の位置が変化することに優先度や詳細度の設定を行うため、ウォークスルーのように、3次元空間内で視点が高速に連続して変化する場合にリアルタイムに処理を行うことが困難である。また、伝送速度が異なる伝送路を利用する場合に、視点の位置が定まるごとに処理時間等を考慮してデータ量を制御する等、処理が複雑であるという課題がある。

3次元モデルの利用に際しては、伝送速度のみならず、表示性能が異なる端末を利用することも想定される。そこで、伝送速度や端末の表示性能等、利用環境が異なる場合であっても、環境に適したデータ量で高速に伝送できることが必要である。

平成15年度の研究開発では、上記の課題の解決を目的とする。「2.1.1 空間データ最適化抽出技術」で述べた最適化抽出技術を用い、環境に応じた内容で伝送できるようにする。

イ 研究開発内容

平成 15 年度は、「2.1.1 空間データ最適化抽出技術」で述べた最適化抽出技術を用い、伝送する3次元モデルのデータ量を簡易的に変更可能な適応的抽出方式を検討した。

(ア) 概要

概要を図 3.1.1-23 に示す。最適化抽出技術で構築したインデックスでは、建物のポリゴンは、道路及び歩行方向に応じた複数種類の重要度を有している。建物は、主要な道路に沿って一定件数分ずつまとめて管理され、道路及び歩行方向に応じた重要度と関連付けて管理される。道路に沿う建物のグループでは、グループどうしの接続関係も管理される。

ウォークスルーにおいて視点位置と方向が定まると、視点位置と方向により、該当する道路と歩行方向を確定し、確定した道路及び歩行方向に対する重要度を用いて空間データを選択的に抽出しつつウォークスルーする。重要度が多値であることを利用し、表示する範囲やモデルの詳細度等と合わせて抽出内容を利用環境に応じて変えることができる。

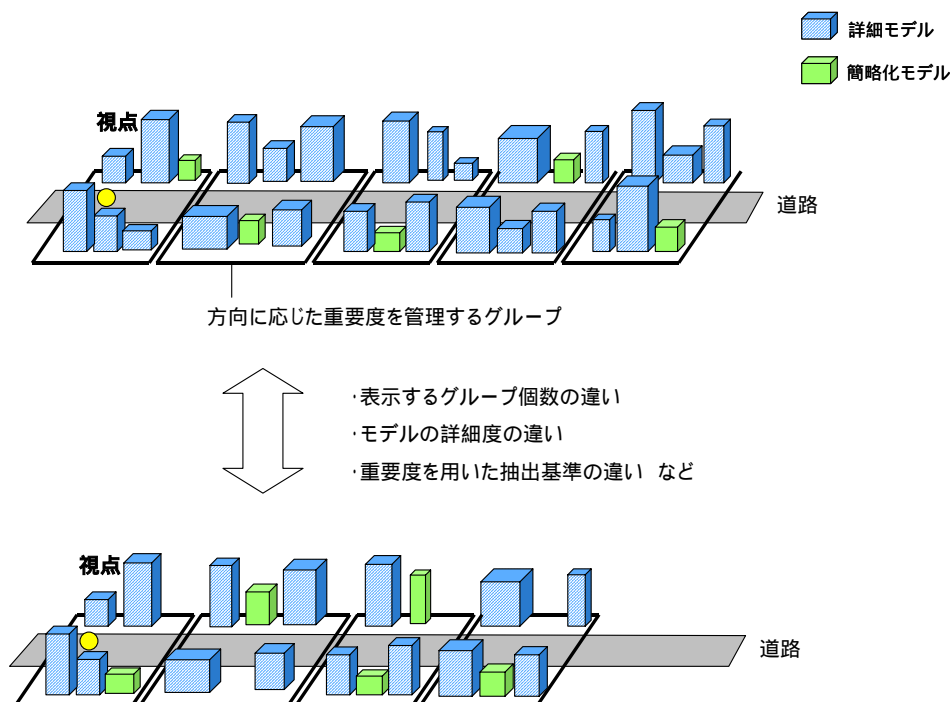


図 3.1.1-23 概要

(イ) 最適化抽出技術を用いた適応的抽出

以下の4種類のパラメータを用い、伝送路の容量や視点移動速度等の利用環境の違いに対応して、伝送する3次元モデルのデータ量を変更する。

- ・ 表示する建物のグループ数
- ・ 重要度を用いた抽出基準
- ・ 3次元モデルの詳細度
- ・ 重要度を用いた選択的抽出の回数

以下に、各パラメータの詳細を述べる。

A 表示する建物のグループ数

表示する建物のグループ数は、表示候補を広範囲の空間データの中から簡易的に限定する際の指標となる。グループ数の大小は、表示距離の大小を簡易的に表す。建物の件数が一定になるようにグループ化を行う本方式では、表示する建物のグループ数を同数とした際の表示距離は常に等しくはないが、一般的に、多数のグループを表示する場合に遠方まで表示することができる。図3.1.1-24に、表示する建物グループ数を変えたときの表示例を示す。



図 3.1.1-24 表示する建物グループが2個の場合(左)と4個の場合(右)の表示例
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

B 重要度を用いた抽出基準

指定した範囲の重要度数値を有するポリゴンを抽出する方法と、重要度の高いポリゴンを有する建物を指定した件数分だけ抽出する方法の2種類の抽出基準が考えられる。前者は、絶対的な抽出基準であり、表示に重要な建物を抽出する、という利用の他に、表示上の重要性が低い建物のみを敢えて抽出する、という利用も可能である。後者は、相対的な抽出基準であり、重要度が低い建物が集まっている場合でも、周囲の建物の中から表示に重要な建物を相対的に選択できるという利点がある。建物をグループ化した際の各グループから件数を変えて抽出した場合の表示例を図 3.1.1-25 に示す。

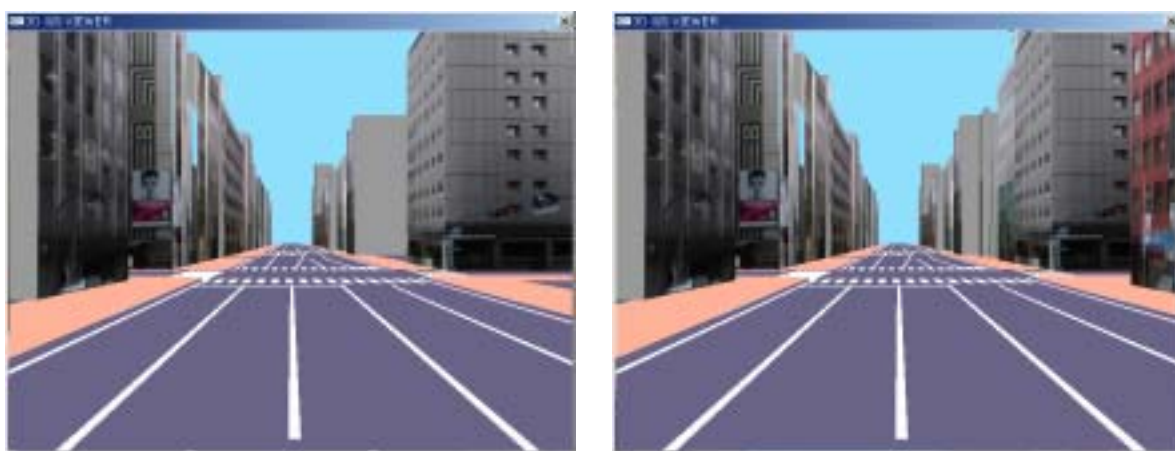


図 3.1.1-25 各建物グループから 8 件抽出した場合(左)と 10 件抽出した場合(右)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

C 3次元モデルの詳細度

3次元モデルの詳細度は、テクスチャの詳細度のみを考慮することとした。これは、建物は、直方体のような箱型の形状でモデル化されることが多く、直方体の建物3次元モデルは、自由曲面を有する3次元モデルと比べると、既に簡略化されているとみなすことができるためである。テクスチャの詳細度は、簡易的にテクスチャの有無で変えることとし、テクスチャ有りの3次元モデルを詳細なモデル、テクスチャなしの3次元モデルを簡略化モデルとした。詳細なモデルと簡略化したモデルは、重要度の値を利用して使い分ける。テクスチャの割合を変えて表示を行った例を図 3.1.1-26～図 3.1.1-28 に示す。



図 3.1.1-26 すべての建物にテクスチャを貼った例
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 3.1.1-27 約 6 割の建物にテクスチャを貼った例
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 3.1.1-28 約 4 割の建物にテクスチャを貼った例
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

D 重要度を用いた選択的抽出の回数

重要度を用いた選択的抽出の回数は、視点の付近に存在する建物の中から重要度を用いて建物を段階的に選び出す回数である。視点移動開始直後は、多くの建物を間引いた粗い表示とすることでデータ表示までの待ち時間を短縮する。その後、視点の移動に伴って次第に詳細な表示を行うことで、小容量の伝送路を利用する場合であってもストレスの少ない描画速度で 3 次元モデルを利用できるようにする(図 3.1.1-29 参照)。表示の遷移例を図 3.1.1-30 と図 3.1.1-31 に示す。図 3.1.1-30 は視点位置を指定した直後の表示であり、図 3.1.1-31 は、その後の建物の追加読み込みにより、詳細な表示を完了した後の表示である。図 3.1.1-31 を図 3.1.1-30 と比較すると、丸で囲んだ部分等に建物が追加表示されていることが分る。

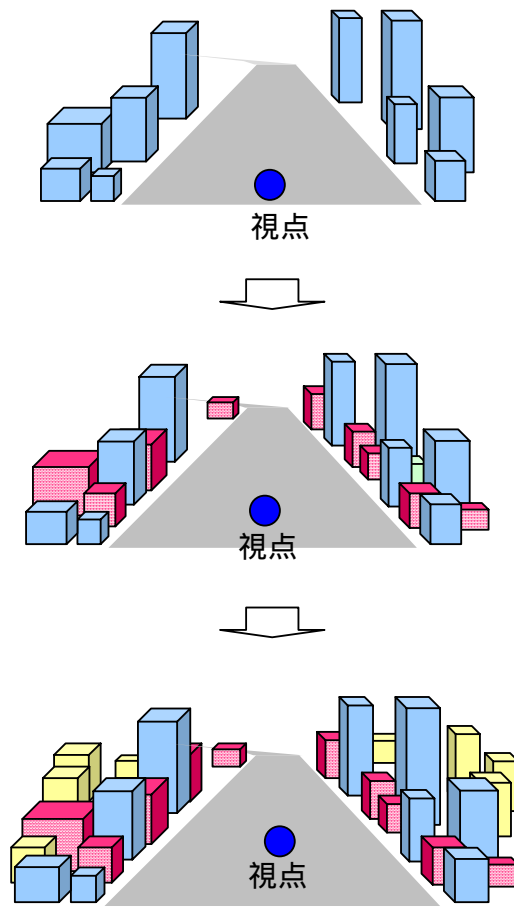


図 3.1.1-29 複数回の抽出による表示の遷移

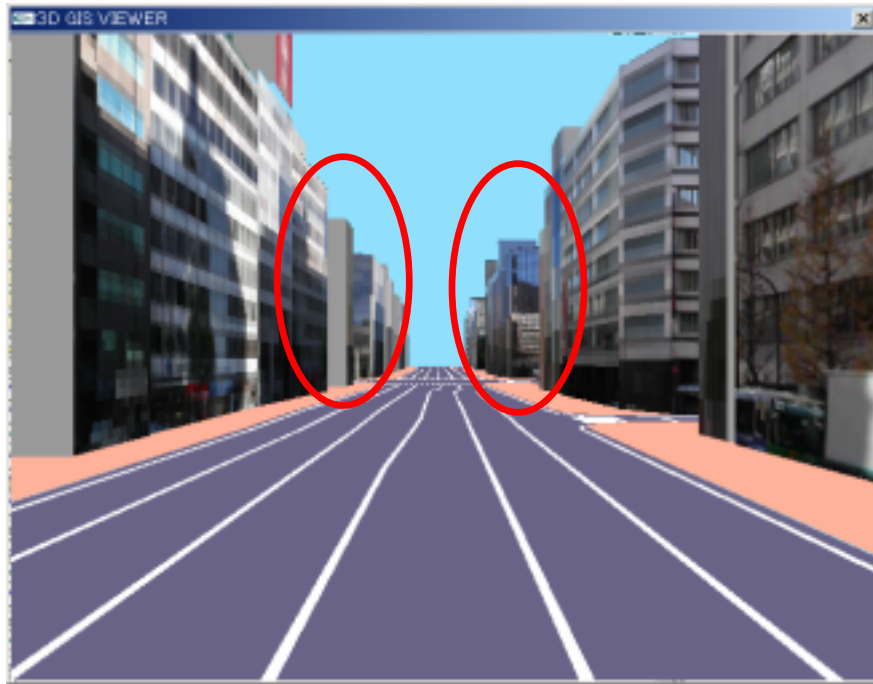


図 3.1.1-30 初期表示(抽出件数 32 件)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

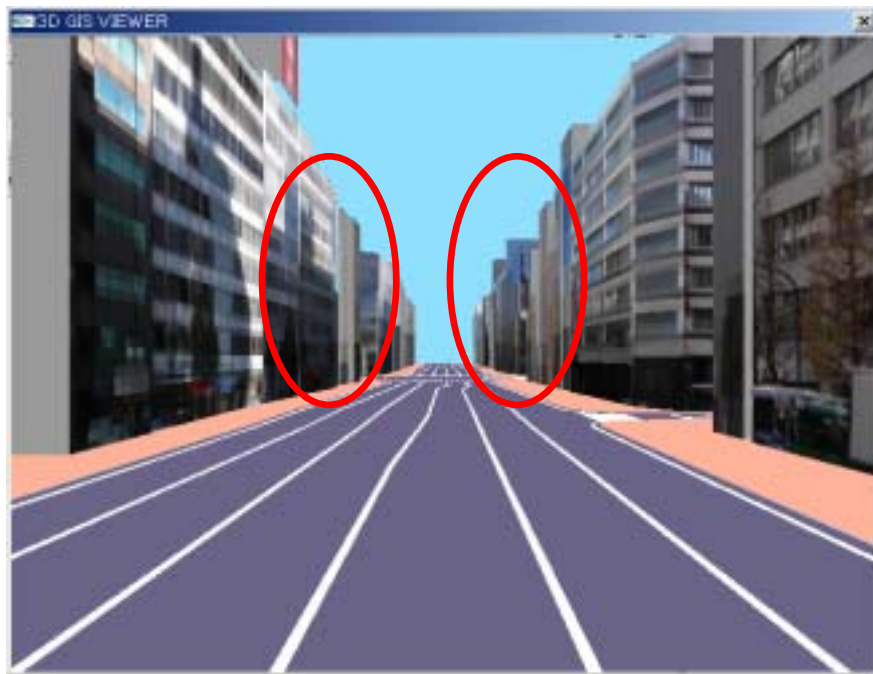


図 3.1.1-31 初期表示後、建物を追加して表示した状態
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

以上の 4 種類のパラメータを任意の組み合わせで使用し、値を設定することにより、抽出データ量を調整する。

(ウ) 実験

最適化抽出技術を用いた伝送技術の検証を行った。

A 実行環境とデータ

表 3.1.1-6 に示す 2 台のコンピュータを使用した。サーバは、最適化抽出技術に基づいて構築したインデックスを有する。サーバとクライアントは、11Mbps の無線 LAN で通信を行う。実験データは、クライアントにて測定した。

使用したデータは、VRML 形式の 3 次元モデルであり、東京都中央区の約 2.5km × 1.5km のエリアである。

表 3.1.1-6 実行環境

使用機器	OS	CPU	メモリ
サーバ	Windows2000 Server	Xeon 2.8GHz/512KB L2 キャッシュ × 2	4GB
クライアント	WindowsXP	Pentium4 2.4GHz	2GB

B 実験内容

図 3.1.1-32 に示す、全長約 800m のルートを作成し、ウォークスルーを行った際のフレームレートを測定した。

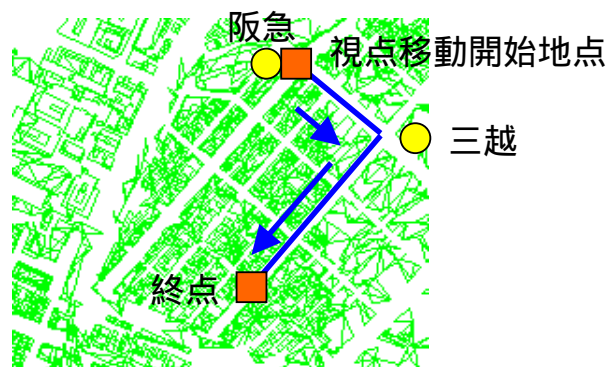


図 3.1.1-32 ウォークスルールート
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

C 実験結果

本手法、ウォークスルールートを含むエリアを複数のメッシュで一度に伝送し、すべてをウォークスルー開始前に読み込む手法(以下、比較手法 1 と表記)、視点付近の、道路に面した建物を視点の移動に伴って逐次 16 件ずつ伝送表示する手法(以下、比較手法 2 と表記)の 3 種類の方法でウォークスルーを行い、フレームレートと表示品質を評価した。比較手法 2 において、逐次伝送表示する建物の件数の値(16 件)は、視点から前方の景観の再現に必要な建物件数として主観的に決めた。本手法、比較手法 1、比較手法 2 の各フレームレートは、各々 57.1fps、5.1fps、46.9fps であった。各手法のウォークスルー開始地点における表示を図 3.1.1-33 ~ 図 3.1.1-35 に示す。ウォークスルー開始地点において、視点前方の交差点までの範囲には、約 150 件の建物が存在する。本手法では、交差点までの景観を再現する際に、表示上重要な建物を選び出すことができるため、150 件の建物をすべて表示する場合と同様の景観を 15 件の建物で実現できた。この結果、比較手法 1 では 3 次元モデルの表示が完了するまでに約 1 分を要したのに対し、本手法では約 20 秒で表示が完了し、伝送時間を短縮できた。このように、本手法では、多数の建物を直ちに表示する必要がある、ウォークスルー開始地点の表示を高速化できるという利点があり、小容量の伝送路のように一度に大量のデータを伝送することが困難な場合に有効であると考えられる。

また、図 3.1.1-33(本手法)と図 3.1.1-35(比較手法 2)とでは、ほぼ同数の建物を表示しているが、比較手法 2 の場合、視点からの距離に基づいて抽出しているため、少ない件数で遠方までを再現できていない。このことより、本手法は、表示品質の著しい低下を防ぎつつ、データを削減できていることが分る。

ウォークスルー開始後の状態では、比較手法 2 の場合、少ないデータ量で伝送表示するためには、建物を抽出する範囲(視点からの距離)を小さくせざるを得ないため、車両のように高速に視点を移動させる場合には、視点の移動に伴って周囲の建物を高速に表示することができなかった。本手法では、道路から見えにくい建物や、他の建物に遮蔽されている建物等、表示上の重要性が低い建物には低い重要度が自動的に設定されるため、重要度の高い建物のみを抽出することで、表示上不要な空間データの大部分を除くことができ、車両のように高速に視点を移動させる場合でも、視点に追従して高速にウォークスルーできることが確かめられた。また、視点移動時は、道路に沿って建物を同一件数ずつグループ化した結果を用いて、各グループから数件ずつ抽出することにより、遠方までの景観を再現する際にエリアによる抽出結果の偏りを回避することができた。このことより、等間隔のメッシュなどと比べて、伝送データ量がエリアに存在する建物の粗密によって著しく変化することを回避し、安定した伝送が可能にな

と思われる。

本手法による、観光案内ナビゲーションの画面遷移を図 3.1.1-36 ~ 図 3.1.1-39 に示す。なお、図 3.1.1-33 ~ 図 3.1.1-39 では、道路上に視点がある場合の表示例であるが、視点の移動経路は自由に設定可能であり、歩道を歩くように視点を移動させることも可能である。



図 3.1.1-33 本手法によるウォークスルー初期表示
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 3.1.1-34 比較手法 1 によるウォークスルー初期表示
(建物形状は Mapcube を使用しています。)



図 3.1.1-35 比較手法 2 によるウォークスルー初期表示
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

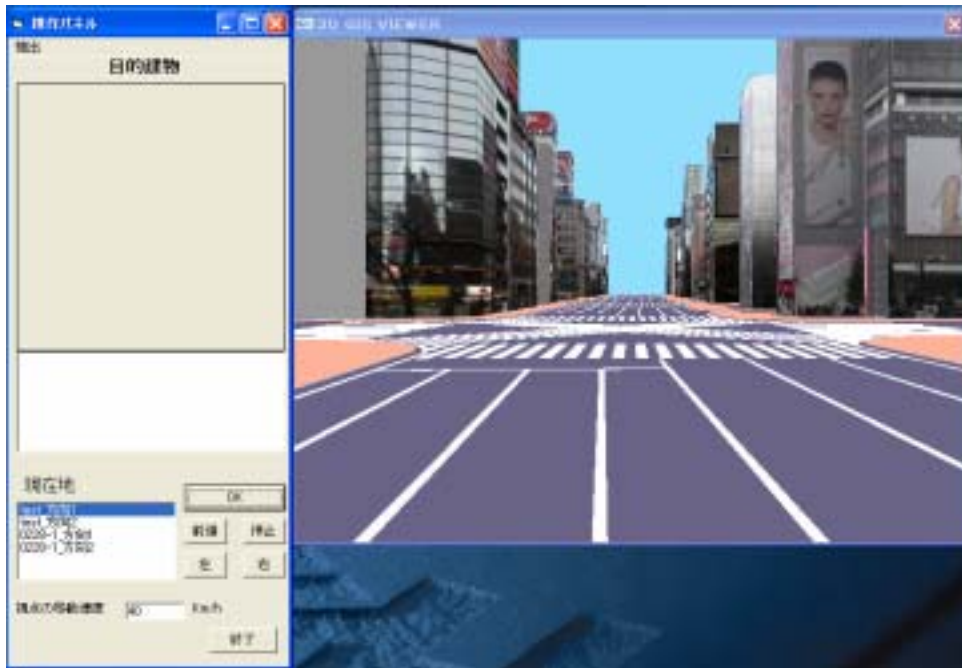


図 3.1.1-36 本手法によるナビゲーション画面例(初期表示)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

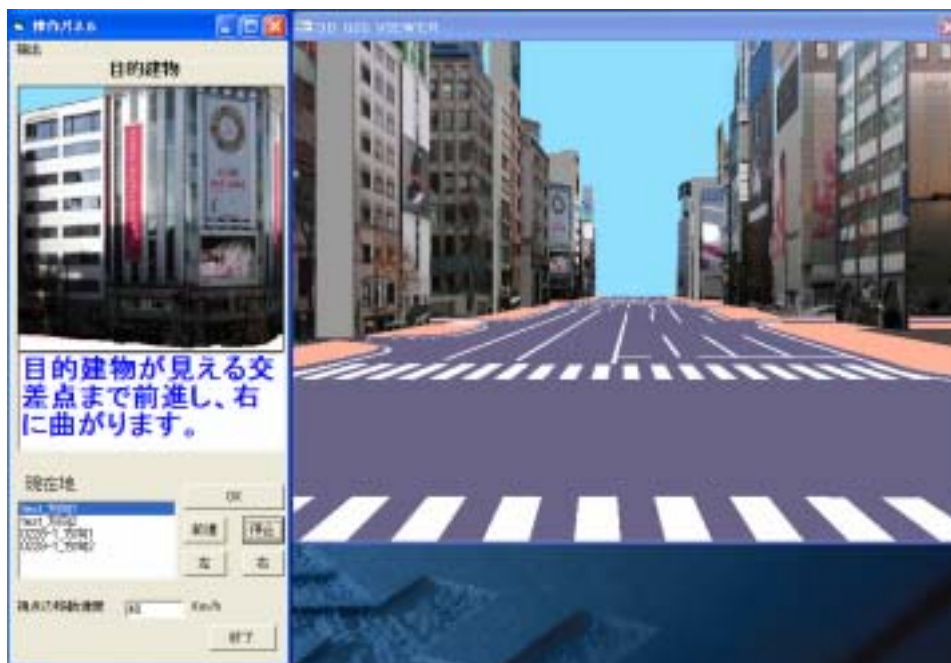


図 3.1.1-37 本手法によるナビゲーション画面例(視点移動開始直後)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

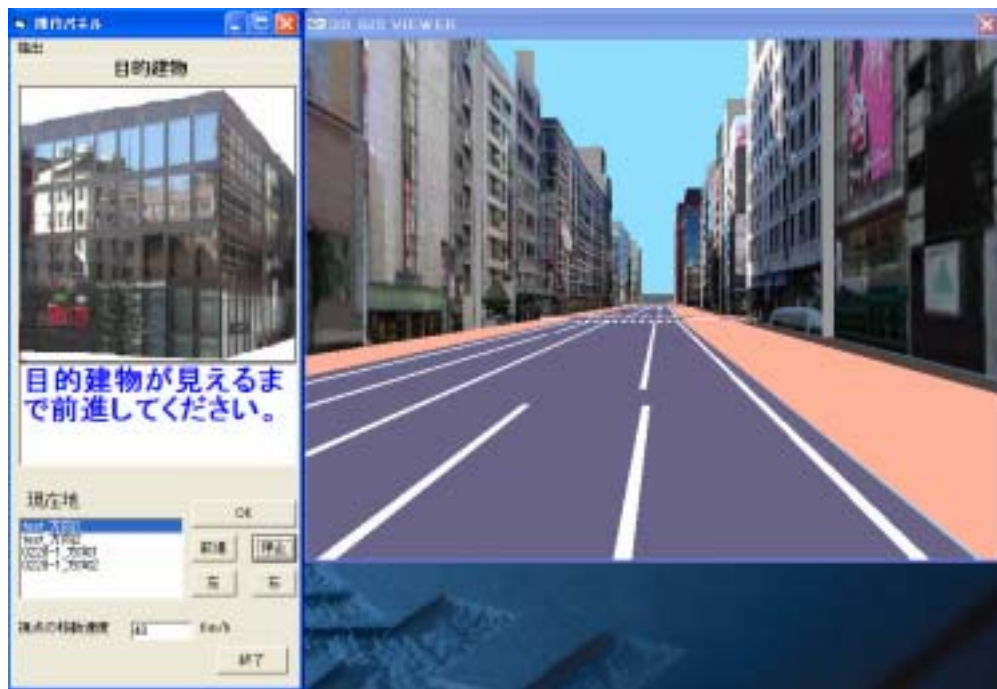


図 3.1.1-38 本手法によるナビゲーション画面例(視線方向変換後)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

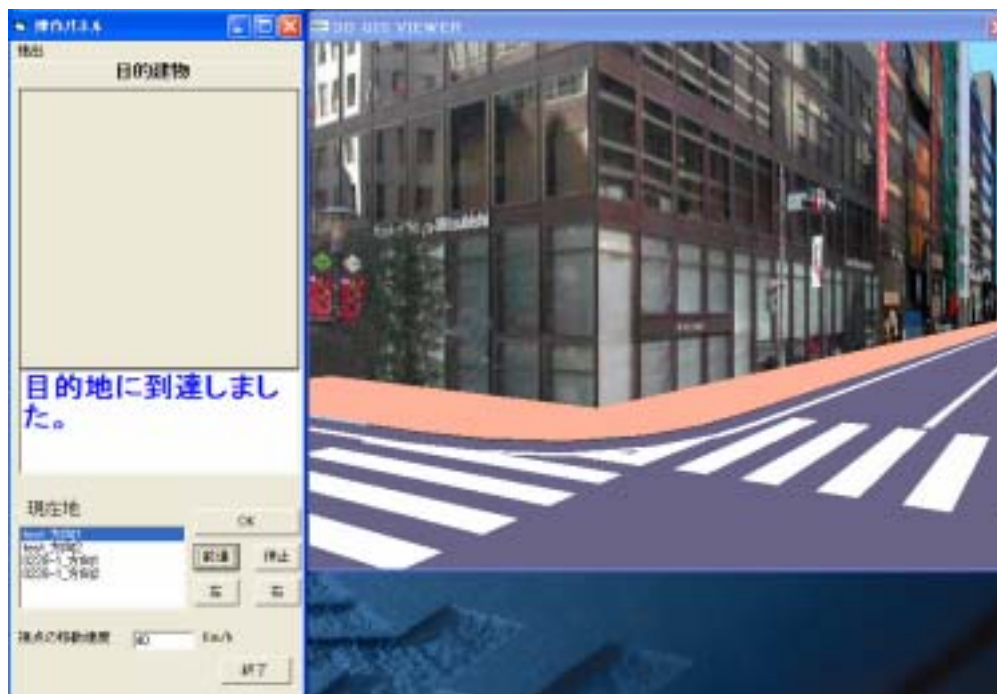


図 3.1.1-39 本手法によるナビゲーション画面例(目的地到達)
(建物形状は Mapcube を使用しています。)

ウ まとめ

「2.1.1 空間データ最適化抽出技術」で示した最適化抽出技術を用い、伝送する3次元モデルのデータ量を、利用環境に適応して簡易的に変更する適応的抽出方式を検討した。予め設定した重要度を用い、抽出する重要度基準や抽出する回数等を適応的に変えることにより、削減したデータでありながら表示品質を維持しつつ、高いフレームレートを実現できた。

今回は、データ量を制御するパラメータとして、「表示する建物のグループ数」、「重要度を用いた抽出基準」、「3次元モデルの詳細度」、「重要度を用いた選択的抽出の回数」の4つのパラメータを用いたが、必要に応じて他のパラメータの導入も必要であると考えられる。また、圧縮したテクスチャの利用や、簡略化したデータの利用等、使用する個々のデータ量を削減することにより、伝送時間を短縮し、描画の高速化を図ることが必要である。

3.1.2 空間データマルチキャスト伝送技術

(1) 従来技術

空間データの伝送技術における既存技術としては、3次元GISにおける「3次元空間データ表現伝送技術^{[1][2]}」が挙げられる。これは、GISアプリケーション、描画性能、伝送速度に応じて「GISデータ自体の容量を最適化する」ことで、データ配信の高速化を実現するアプローチの技術である。

一方、本研究における「空間データマルチキャスト伝送技術」では、モバイル3次元GISにおける空間データの伝送技術として「GISデータの効率的な配信方法」に着目しており、既存技術とは異なるアプローチを行っている。

(2) 研究開発内容

ア 3次元GISデータ配信におけるサービス要求条件の明確化

(ア) 概要

GISを適用するアプリケーションにおける、マルチキャスト配信の優位性を見出せるサービス内容を検討し、サービス要件仕様を策定する。検討にあたっては、次世代GISでの大きな特徴と考えられる「モバイルGIS」(利用場所を選ばないGIS)、「3次元GIS」を前提とし、「リアルタイム性」、「インタラクティブ性」についても考慮した。

以下の流れに沿って検討を行った。

次世代GISサービス要件の検討

次世代GISサービスとして考えられるサービス内容について、サービス要件をまとめる。

想定されるサービス適用シーンの検討

でまとめたサービス要件に基づいて、想定されるサービス適用シーンについてまとめる。

サービス要件仕様の策定

、でまとめた内容をもとに、次世代GISシステム全体でマルチキャスト伝送が適用できる範囲を整理し、マルチキャスト配信の優位性を見出せるサービス内容をサービス要件仕様として策定する。

については、GISを適用する以下のアプリケーションにおけるサービスについて、サービスの内容、提供目的、提供タイミング、提供場所、利用者・提供者、提供方法を検討した。

< マンナビゲーションサービス >

- ・ 交通情報提供、観光情報提供
- ・ 歩行ナビゲーション、バリアフリーマップ

< 災害救援サービス >

- ・ 災害状況確認、災害前後比較

- ・ 災害避難経路案内
については、 を元に以下の視点を考慮してサービス適用シーンを検討した。
- ・ モバイル端末による利用が必要、あるいは有効なサービス
- ・ 一斉同報による利用が必要、あるいは有効なサービス
- ・ グループ化を行う情報提供が必要、あるいは有効なサービス

(イ) サービス要件仕様の策定

A マルチキャスト伝送の適用範囲について

次世代 GIS サービス要件および想定されるサービス適用シーンの検討内容をもとにして、次世代 GIS システム全体でマルチキャスト伝送が適用できる範囲を整理する。想定されるサービス適用シーンの検討内容から、特定のグループに対して同じ情報を提供する利用シーンを抜粋してみた(表 3.1.2-1、3.1.2-2)。ここでの「配信を行う情報の種類」とあるものが、すなわちマルチキャスト配信を適用できる(行う)情報の種類を指す。

表 3.1.2-1 特定グループ向け情報提供を行う利用シーン(マンナビゲーション)

アプリケーション	適用シーン	配信を行う情報の種類	配信対象
交通情報提供 / 観光情報提供	交通規制発生時に発生場所付近の利用者に対して交通規制情報を提供する。	発生場所付近の交通規制情報	交通規制発生場所付近にいる利用者全員
	自治体等で想定していたエリアに入った利用者に対して名所案内や開催行事についての情報を提供する。	該当エリアの名所案内情報 該当エリアの開催行事情報	自治体等で想定しているエリアにいる利用者全員
歩行ナビゲーション / バリアフリーマップ	交通規制発生時に発生場所付近の利用者に対して交通規制情報を提供する。	発生場所付近の交通規制情報	交通規制発生場所付近にいる利用者全員

表 3.1.2-2 特定グループ向け情報提供を行う利用シーン(災害救援)

アプリケーション	適用シーン	配信を行う情報の種類	配信対象
災害状況確認 / 災害前後比較	災害救援隊に対して、救援隊に対する災害状況の連絡と作業指示を送信する。	特定エリアの災害状況 特定エリアにいる救援隊に対する作業指示	特定エリアにいる災害救援隊全員 (例：広域避難場所が同じエリア)
	被災者に対する被害状況通知要求を送信する。	被災者に対する被災地域の被害状況通知要求	被災地域にいる被災者全員
	被災地域での災害状況をその地域の被災者(被災地域住民)に対して送信する。	被災地域の災害状況	被災地域にいる被災者全員
災害避難経路案内	被災者に対して災害非難経路案内を送信する。	広域避難場所までの災害避難経路案内	被災地域内の特定エリアにいる被災者全員 (例：広域避難場所が同じエリア、避難経路途中の交差点付近のエリア)
	救援隊の受け持ちエリアにいる被災者の位置を送信する。	受け持ちエリアにいる被災者全員の位置	受け持ちエリアにいる災害救援隊全員

B サービス要件仕様

ここでは、マルチキャスト配信の有効な点を生かしたサービス内容についてまとめ、サービス要件仕様を策定する。そのためには、表 3.1.2-1、3.1.2-2 から考えられるサービスの特徴だけでなく、次世代 GIS サービスとしての特徴を踏まえる必要がある。

表 3.1.2-3、3.1.2-4 に、おのこの特徴と、それから導出されるサービス要件仕様をまとめた。

表 3.1.2-3 サービス要件仕様(その1)

表 3.1.2-1、3.1.2-2 から考えられる特徴		サービス要件仕様	No.
カテゴリ	詳細		
情報の種類	交通規制情報や災害状況などは、情報として重要度が高い	配信対象端末に出来るだけ確実に配信できる信頼性があること	
	交通規制情報や災害状況などは、情報として緊急性が高い	情報に応じてマルチキャスト配信とユニキャスト配信を的確に使い分け、帯域内の伝送効率を高めることで、緊急性の高い情報を遅延の少ない状態で配信可能にすること	
	グループ向けに配信される情報には、利用者共通の情報(例:エリアマップ)と利用者個別の情報(例:ナビゲーションマップ)が含まれる	利用者共通の情報と利用者個別の情報を並行して配信できること	
利用者グループ	特定のエリアに存在する	利用者の位置情報を把握してグループを構成できること	
	利用者プロフィール(例:観光者、被災者)が共通している	利用者のプロフィールを把握してグループを構成できること	

表 3.1.2-4 サービス要件仕様(その2)

次世代 GIS サービスとして考えられる特徴		サービス要件仕様	No.
カテゴリ	詳細		
モバイル	現場でリアルタイムに見比べながらの利用が主体であり、見る場所とタイミングに依存する利用が多い	利用者の移動に追隨して、あるエリア単位でリアルタイムに情報の更新を行うことができること	
		あるエリア単位の同一情報に対する多重アクセスに対応できること	
3次元	ナビゲーションでは、比較的狭いエリアで目標方向の視野範囲のみをとらえ、それを多数組み合わせた構成を順次切り替えて表示する必要がある	大きい情報量の表示を頻繁に更新できること	
	比較的狭いエリアの表示でも、大きな情報量が必要である		

このサービス要件に沿ったサービスを実現するために、システムに要求される仕様として次の検討を行う必要があるものと考えられる。これを、プロトタイプシステムの要求仕様として検討するものとする。

まず からは、プッシュ型配信であるマルチキャストにおいて、“配信時のエラーを軽減して信頼性をできるだけ確保するための対策”を検討することが必要とされる。これは、“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”として検討を行う。

、 からは、“マルチキャスト配信とユニキャスト配信を混在させて的確に使い分け、伝送効率の良い配信を実現するための方式”が必要とされる。この方式を、“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”と呼ぶ。

、 から必要とされるのは、“利用者の位置やプロフィール等を把握して特定の利用者グループを構成する方式”である。利用者グループを決定する要素の値はのように静的なものもあれば、 のように動的に変化するものもある。動的に値が変化する要素に基づいて利用者グループを構成していれば、利用者グループは静的に決定されるだけでなく、動的に“再構成”される。この方式を、“空間データマル

チキャスト伝送グループの再構成技術”と呼ぶ。なお、要素がこの他にも考えられるかどうか(利用者が持つ端末のプロファイルなど)も検討すべきである。

、 、 については、多数の端末に一斉同報ができる“マルチキャスト配信技術”自体と、既出の“空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術”の適用により可能となる内容であると考えられる。

以上から、サービス要件仕様から導き出されるプロトタイプシステム要求仕様としての検討項目の対応をまとめたものが表 3.1.2-5 である。

表 3.1.2-5 サービス要件仕様とプロトタイプシステム要求仕様との対応

サービス要件仕様	プロトタイプシステム要求仕様
配信対象端末に出来るだけ確実に配信できる信頼性があること	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
情報に応じてマルチキャスト配信とユニキャスト配信を的確に使い分け、帯域内の伝送効率を高めることで、緊急性の高い情報を遅延の少ない状態で配信可能にすること	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
利用者共通の情報と利用者個別の情報を並行して配信できること	
利用者の位置情報を把握してグループを構成できること 利用者のプロフィールを把握してグループを構成できること	空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術
利用者の移動に追従して、あるエリア単位でリアルタイムに情報の更新を行うことができること あるエリア単位の同一情報に対する多重アクセスに対応できること 大きい情報量をの表示を頻繁に更新できること	空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術 マルチキャスト配信技術(*)

(*)本研究開発の基礎技術であるが、研究開発の対象ではない。

その他、プロトタイプシステム要求仕様としては、機能分担、装置・端末間のプロトコルI/F、全体処理シーケンスを“システムアーキテクチャの設計”として、配信対象となるクライアント端末に要求される仕様を“クライアント端末要求仕様”として検討する

ものとする。

最後に、利用者からの情報提供を元にするなど、インタラクティブ性を活かして有用なサービスを提供し、普及を進めるためには、IT 技術に疎い利用者でも簡単に使えるしぐみを考慮しなければならないことを付け加えておく。

イ 空間データ伝送に関する機能仕様及びAPI仕様の作成

(ア) 概要

サービス要件仕様としてまとめられたサービスを実現するにあたり、プロトタイプシステムに向けたマルチキャスト伝送システムの技術レベルでの機能仕様及び API 仕様を検討し、策定を行う。

機能仕様には下記の項目を盛り込むものとした。

空間データ伝送のためのシステムアーキテクチャの設計

空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術

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

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

クライアント端末要求仕様

また API 仕様には他要素技術アプリケーションとのインタフェース仕様を盛り込むものとした。

上記を踏まえて、3.1.2 における以降の構成を下記の通りとした。

イ(イ)では、「(イ) 他要素技術との関連」とし、空間データマルチキャスト伝送技術と本研究開発の他要素技術との関連を検討し、提案する。

イ(ウ)では、「(ウ) 機能仕様の作成」とし、「A 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」「B 空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術」「C 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」各技術ごとにソフトウェア要求仕様を検討する。

また、「D システムアーキテクチャの設計」として、上記をもとに機能分担、装置・端末間のプロトコル I/F、全体処理シーケンス、システム構成とハードウェア要求仕様についてまとめる。

イ(エ)では、「(エ) API 仕様の作成」として、サーバ/クライアントにおける他要素技術アプリケーションとのインタフェース仕様を検討する。

最後にウでは、「ウ クライアント端末仕様の作成」として、クライアント端末のシステム構成、ハードウェア/ソフトウェア要求仕様、他要素技術との関連についてまとめる。

項目番号 ~ と、3.1.2 における以降の構成(節・項番号)の対応を表 3.1.2-6 に示した。

表 3.1.2-6 項目番号と 3.1.2 の節・項番号の対応

項目番号	節・項番号
-	(イ) 他要素技術との関連
	D システムアーキテクチャの設計
	B 空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術
	A 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
	C 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
	ウ クライアント端末仕様の作成

なお、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、空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術、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、の各技術について評価を行うための仕様(評価仕様)も合わせて検討を行った。

(イ) 他要素技術との関連

図 3.1.2-1 は、空間データマルチキャスト伝送技術と他要素技術との関連について、サーバおよびクライアント双方を含めた形での検討を行ったものである。

基本的な流れとして、空間データマルチキャスト伝送技術は、外部システム(本研究開発の技術に該当しないシステム)または空間データ適応管理技術からのコンテンツ配信指示により、マルチキャスト/ユニキャスト配信を行う。“空間データ(3D*)”とあるものは 3 次元空間データであるが、配信データ圧縮技術によりテキストチャデータが構造化データに変換されたものを想定している。“空間データ(映像)”とあるものは映像化された 3 次元空間データを指す。なお、“映像データ”は、メディア複合技術により、映像化された 3 次元空間データと各種マルチメディアデータが組み合わされたものである。

以後における検討は図 3.1.2-1 に示した提案にのっとり進めるものとする。なお、下記の項目については今後の課題として確定していくものとする。

- ・ 空間データ適応管理技術以外とのインタフェースを考慮する必要性の有無
- ・ 空間データ適応管理技術を含めた他要素技術との間で想定すべきインタフェース

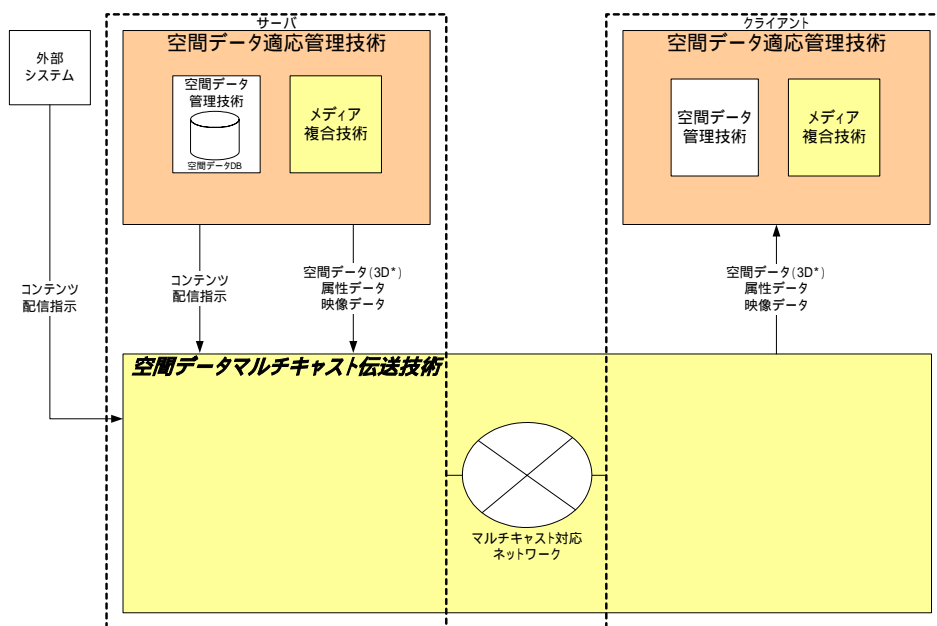


図 3.1.2-1 空間データマルチキャスト伝送技術と他要素技術との関連

(ウ) 機能仕様の作成

A 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

(A) 混在伝送技術のコンセプト

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(以下、混在伝送技術)は、マルチキャストとユニキャストの混在環境において、マルチキャストとユニキャストを適切に役割分担して利用することにより、GIS データの効率的な配信の実現を目的とした技術である。

これまでの3次元GISにおける空間データの伝送技術においては、GISデータ自体の容量をGISアプリケーション、描画性能、伝送速度に応じて最適化することで、データ配信の高速化を実現している(3次元空間データ表現伝送技術)^{[1][2]}。一方で、混在伝送技術は、GISデータの容量の最適化によるアプローチではなく、GISデータの配信方法に着目したものである。

従来は少数の端末を対象にした検討が成されており、多数の端末に対して配信することが考慮されていなかった。次世代GISサービスにおいては、携帯端末を持った利用者が多数存在する状況が考えられるが、そのような状況では、配信するGISデータにも各端末個別のもの他に、配信対象端末全体に対して共通したものが存在するものと思われる。その場合、共通なデータがあるにもかかわらず、ユニキャスト配信のみでは各端末1つずつに対してデータ配信を行うことになるため、データ配信

を行うサーバの負荷、回線リソースの消費が大きいものと考えられる。また、モバイル環境での利用という面を考えれば、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大きいというデメリットもある。

それに対して、マルチキャスト配信を取り入れれば、共通なデータを配信対象端末全体に対して一斉同報することができ、ユニキャスト配信のみによる場合よりもデータ配信を行うサーバの負荷軽減、回線リソース使用の軽減を図ることができるものと考えられる。

したがって、共通の利用データをマルチキャスト配信し、利用者個別のデータをユニキャスト配信するという、配信方法の混在利用を行うことで、多数の端末に対しても GIS データの効率的な配信が実現できるものと考えられる。そのためには、配信する GIS データを(データの性質等から)どのような方法で分割するのか、分割された後のデータをどうやってマルチキャスト/ユニキャストに振り分けて配信するか、また分割されたデータをクライアントでどのように統合するか、が混在伝送技術の主なポイントになる。

以上を踏まえて、混在伝送技術の検討を主に下記の内容について行うものとする。

混在伝送の方式

混在伝送のための情報分割および統合の方式を検討する。具体的には、混在伝送のための情報の処理ポリシーおよび処理手順、処理のタイミングについて検討する。

混在伝送に必要な情報の種類

混在伝送を行うために必要な情報について検討する。具体的には、GIS データ配信において、マルチキャスト配信あるいはユニキャスト配信のどちらを用いるかを判断するために必要な情報、およびクライアント側で GIS データの統合を行うために必要な情報について検討する。

混在伝送に必要な情報の取得方式

の情報を取得する方式について検討する。

混在伝送のためのサーバ - クライアント間ネゴシエーションプロトコルおよびヘッダ形式

混在伝送のためのサーバ - クライアント間のネゴシエーションプロトコルおよびそのヘッダ形式について検討する。

(B) 混在伝送の方式

図 3.1.2-2 は、混在伝送の全体イメージを概略的に示したものである。

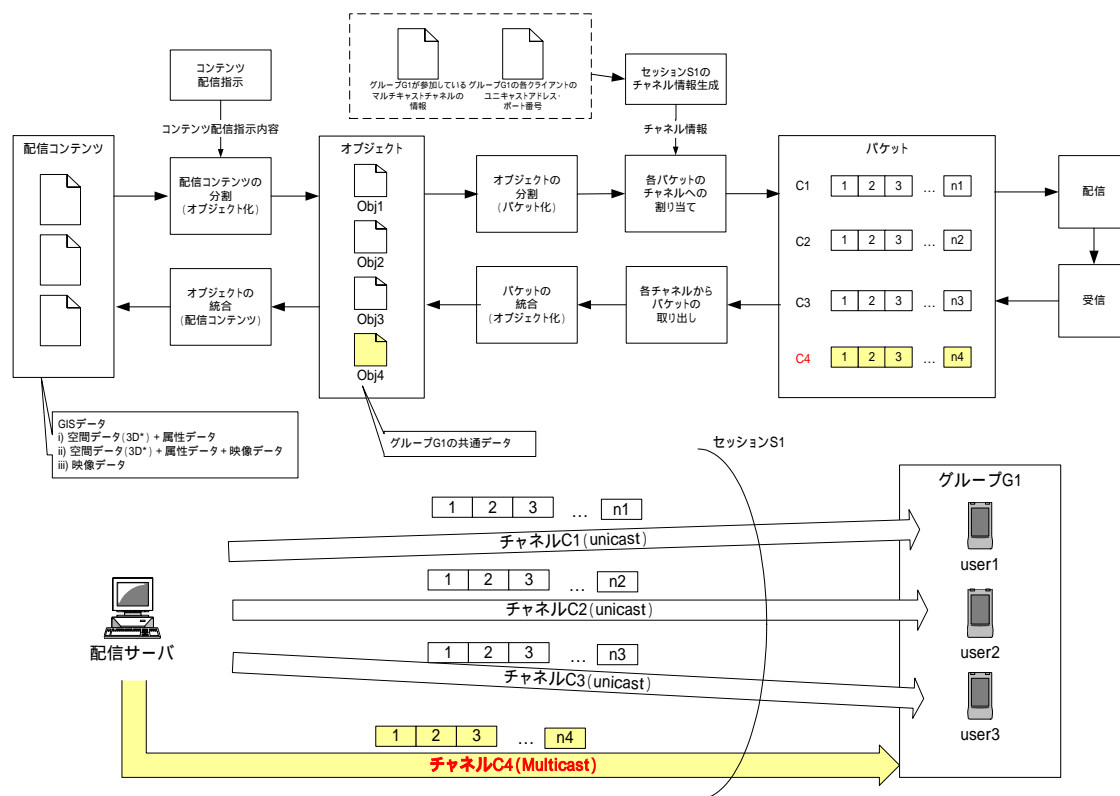


図 3.1.2-2 混在伝送全体イメージ

以下、図 3.1.2-2 で示している内容について説明する。なお、概略の中で出ている“オブジェクト”、“セッション”、“チャンネル”という用語については、後に説明する Asynchronous Layered Coding プロトコル^[3]にて使われているものを引用している。このプロトコルにおいては、配信 / 受信対象となるファイルやデータ(パケットへ分割でき、かつパケットを統合して生成される)のことを“オブジェクト”、送信先アドレスとポート番号のセットを“チャンネル”と呼び、1 つのグループに対して張られる全てのチャンネルの集合を“セッション”と呼んでいる。そのため、本章においてはこの呼称に従うものとする。

配信コンテンツ

配信コンテンツは GIS データに相当し、i) 空間データ(3D*)+属性データ、ii) 空間データ(3D*)+属性データ+映像データ、iii) 映像データ、の場合がある。空間データ(3D*)、属性データ、映像データはそれぞれファイルであると想定する。

コンテンツ配信指示 / コンテンツ配信指示内容

コンテンツ配信を指示する。指示は外部システムまたは空間データ適応管理技術から与えられ、コンテンツ配信指示内容としては、基本的に“配信コンテンツ”と“配信先”の組み合わせにより与えられるものとする。この際、配信指示を与える側は、あらかじめ配信先として指定する各クライアント (user1、user2、user3) によりグループ G1 が生成されていることを把握しているものとする。

配信コンテンツの分割 (オブジェクト化) / オブジェクトの結合 (配信コンテンツ) / オブジェクト

まず、配信コンテンツの分割 (オブジェクト化) では、コンテンツ配信指示内容を参照して、配信コンテンツを“オブジェクト”という単位に分割する。分割時には、各クライアント個別に対して配信するオブジェクトと、各クライアントに共通した (グループに共通した) オブジェクトとなる。ここで言う“オブジェクト”としては、ファイルを想定する。図中の例としては、各クライアント (user1、user2、user3) それぞれに対するオブジェクトが Obj1、Obj2、Obj3 となり、各クライアントに共通した (グループに共通した) オブジェクトが Obj4 となっている。

オブジェクトの結合 (配信コンテンツ化) は、分割の逆である。例として、Obj1+Obj4 が user1 向け、Obj2+Obj4 が user2 向け、Obj3+Obj4 が user3 向け、という形で統合され、それぞれ各クライアント向けの配信コンテンツとなる。

オブジェクトの分割 (パケット化) / パケットの統合 (オブジェクト化)

オブジェクトの分割 (パケット化) では、各オブジェクトをパケットに分割する。パケットの統合 (オブジェクト化) はこの逆である。

セッション S1 のチャンネル情報生成 / チャンネル情報

セッション S1 のチャンネル情報とは、“セッション S1 に含まれるチャンネル (C1、C2、C3、C4) の情報”である。図の例で言えば、C1 ~ C3 とグループ G1 の各クライアント (user1、user2、user3) のユニキャストアドレス・ポート番号の対応、C4 とマルチキャストアドレス・ポート番号の対応、からなる。このチャンネル情報を生成する。

各パケットのチャンネルへの割り当て / 各チャンネルからパケットの取り出し

チャンネル情報を参照して、各パケットをチャンネルへ割り当てる。例では、Obj1 から生成されたパケット (1 ~ n1)、Obj2 から生成されたパケット (1 ~ n2)、Obj3 から生成されたパケット (1 ~ n3) をそれぞれ C1、C2、C3 (unicast) に割り当て、Obj4 から生成されたパケット (1 ~ n4) を C4 (multicast) に割り当てている。

各チャンネルからパケットの取り出しは、この逆である。図の例ではマルチキャストのチャンネルが C4 の 1 つのみとしているが、これが同じグループに対して複数存在することも考えられる。

以下では、混在伝送における情報分割および統合の方式について検討する。具

体的には、 が関連する。

a 各クライアントに対して配信するコンテンツ同士で共通するデータを抽出し、グループ宛のオブジェクトを生成

方式aについて、概念を示したのが図 3.1.2-3 である。

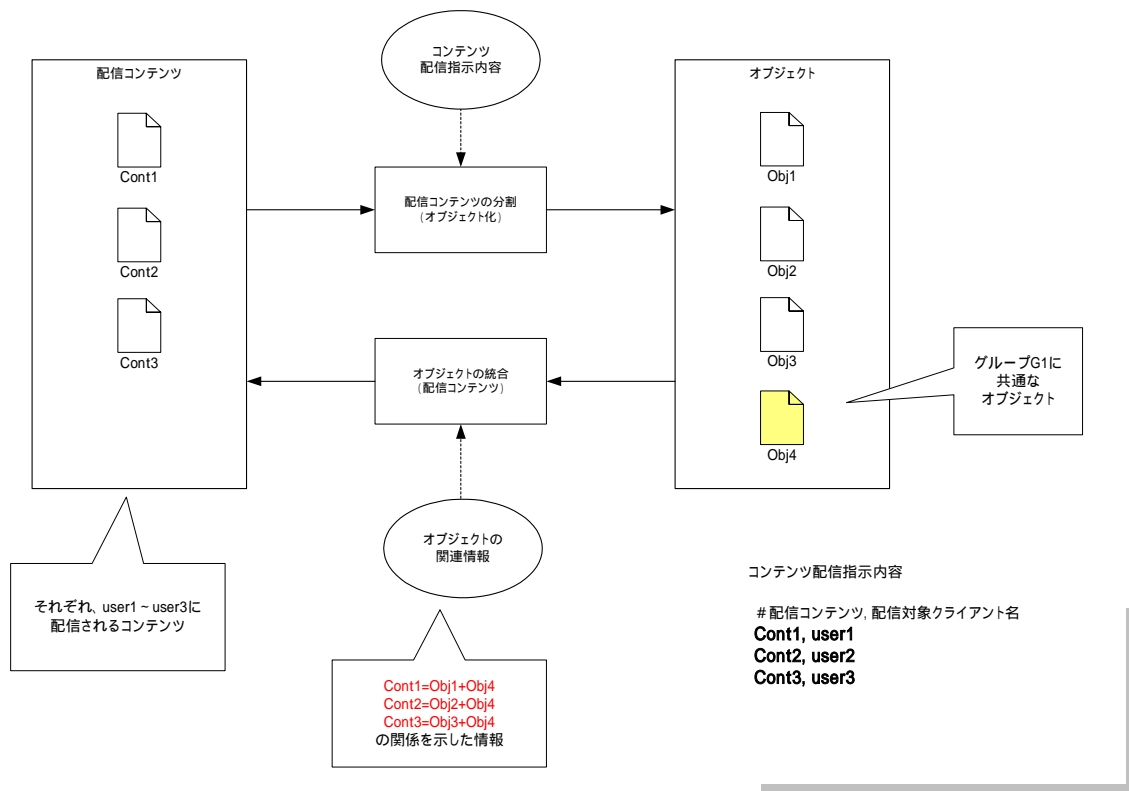


図 3.1.2-3 情報分割・統合の方式a

この方式において分割は、コンテンツ配信指示内容が“配信コンテンツ”と“配信先のクライアント”となり、コンテンツ配信指示が与えられた時点で行われる。分割時には、各配信コンテンツで共通するデータを抽出することが処理ポリシーとなる。図では、3つの配信コンテンツ(Cont1、Cont2、Cont3)から、共通データを抽出することにより、各クライアント宛のオブジェクト(Obj1、Obj2、Obj3)とグループ共通オブジェクト(Obj4)が生成されている。

また、統合は、ネゴシエーションプロトコルによりオブジェクトの関連情報(どのオブジェクトを統合して最終的に配信コンテンツ化するかを示した情報)が各クライアントに伝達され、各配信コンテンツを生成するために必要なオブジェクトが配信完了となり次第行われる。

方式としては、可能な限りマルチキャスト対象となるオブジェクトを生成するもので

あるため、回線リソースを最も有効に使うことができる反面、配信前に各クライアント宛の配信コンテンツからの共通部分抽出処理が必要となる。また、クライアント側での統合においては、各クライアント宛の配信コンテンツを生成するために、グループ共通のオブジェクトが配信されるのを待たなければならず、配信コンテンツを受信完了する毎にビューア等で表示する、というような場合には必ずしも向いていない。

この方式aを、より簡易に実現する方式が、次に示す方式bである。

b 最初から各クライアント宛オブジェクトとグループ宛オブジェクトを生成しておき、統合時に配信コンテンツを生成

方式bについて、概念を示したのが図3.1.2-4である。

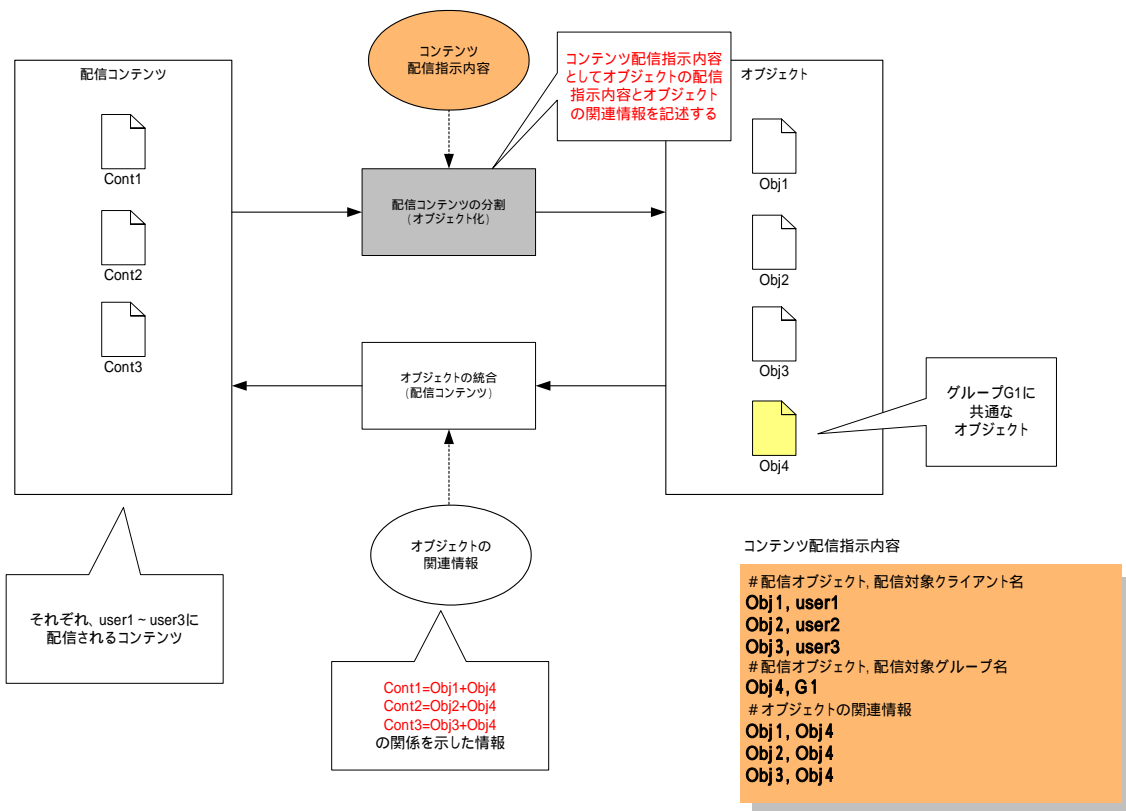


図 3.1.2-4 情報分割・統合の方式b

この方式においては、分割処理されたオブジェクトが用意されていることが前提となる。すなわち、分割時の処理ポリシーはコンテンツ配信指示を与える側にゆだねる形となる。そのため、コンテンツ配信指示内容としては、“配信オブジェクト”と“配信対象クライアント”、“配信オブジェクト”と“配信対象グループ”、“オブジェクトの関連

情報”を与えることが必要となる。図では、各クライアント宛のオブジェクト(Obj1、Obj2、Obj3)とグループ共通オブジェクト(Obj4)をあらかじめ与えておくが、各オブジェクトから配信コンテンツが生成される際のオブジェクト間の関連は方式aと同様である。

また、統合は方式aと同様に、ネゴシエーションプロトコルによりオブジェクトの関連情報が各クライアントに伝達され、各配信コンテンツを生成するために必要なオブジェクトが受信完了となり次第行われる。

この方式は、配信コンテンツの分割ポリシーをコンテンツ配信指示を与える側にゆだねてしまうため、回線リソースの有効利用という面では方式aに劣るものと考えられるが、各クライアント宛の配信コンテンツからの共通部分抽出処理をしなくてよいというメリットがある。また、各クライアント宛でのみ、あるいはグループ宛でのみという配信も可能であり、その組み合わせも可能であるため、ある配信コンテンツは受信完了する毎にビューア等で表示する、というような場合にも適用できる。

(C) 混在伝送に必要な情報の種類

ここでは、混在伝送を行うために必要な情報について検討する。(B)の内容から、情報として必要なものは以下の通りと考えられる。

コンテンツ配信指示内容

(外部システム / 空間データ適応管理技術から与える情報)

オブジェクトの関連情報

(混在伝送技術内部で生成するか、外部システム / 空間データ適応管理技術から与える情報)

まず については、“どの配信コンテンツをどこに配信するか”を指示する内容である。この指示は外部システムまたは空間データ適応管理技術が行うことを想定しているため、外部システムまたは空間データ適応管理技術は、存在する配信コンテンツ、クライアント、各クライアントにより生成されているグループを知っており、またその指定の方法も知っている必要がある。

次に、 については既述のように、分割した後の各オブジェクト間の関連として“どのオブジェクトを統合して最終的にコンテンツ化するか”、を示すものであり、クライアント側でオブジェクトを統合する際に必要となる情報である。具体的には、(B)で述べたように、Obj1とObj4、Obj2とObj4、Obj3とObj4をそれぞれ統合してコンテンツ化するため、それぞれがセットであることを示す情報である。

なお、以上の情報を取得する方式についても合わせて検討を行った。具体的には、FTP^[4]等によるファイルの受け渡し、ネゴシエーションプロトコルによる伝達等である。

(D) 混在伝送のためのネゴシエーションプロトコル/ヘッダ形式の検討

ここでは、マルチキャスト配信とユニキャスト配信を混在させてコンテンツを配信するためのネゴシエーションプロトコルとして、Asynchronous Layered Coding プロトコル^{[3][5][6][7]}(以下、ALC)をベースに検討を行う。ここで、混在伝送におけるネゴシエーションプロトコルとしては、“オブジェクト間の関連情報”をクライアントに伝達する必要がある。そのため、ALC パケットフォーマットにおける LCT ヘッダ部分^{[3][5]}を図 3.1.2-5 のように拡張し、用いるものとする(ヘッダは拡張部分の前後のみ含めて抜粋した)。

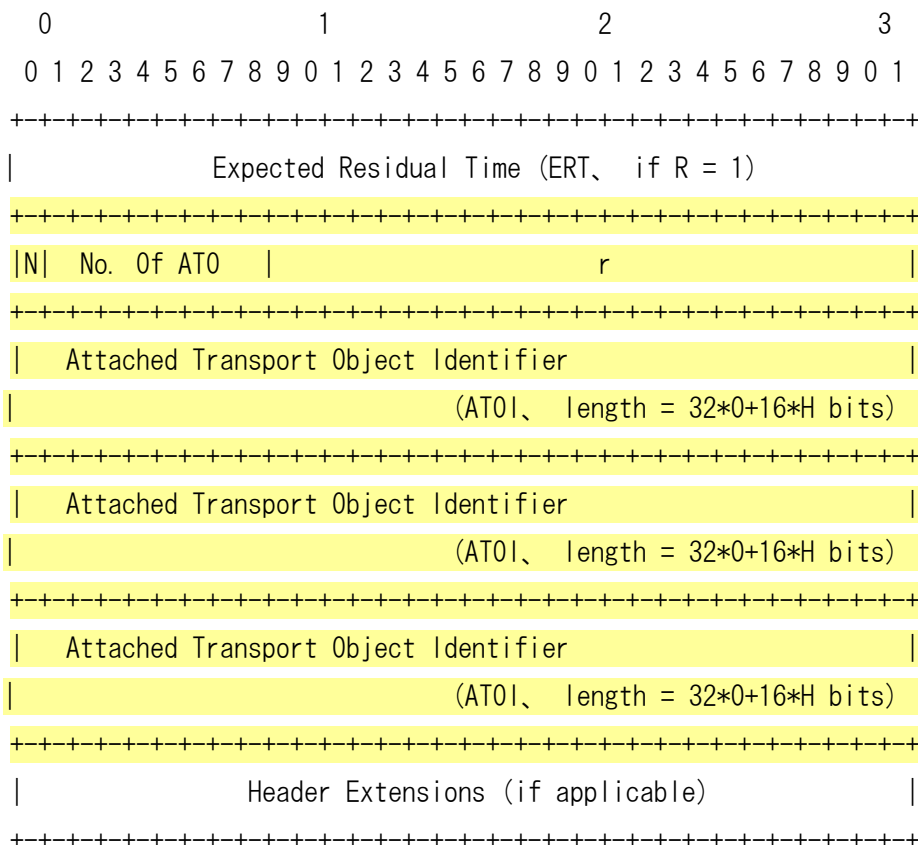


図 3.1.2-5 ネゴシエーションプロトコルのヘッダ形式

図のマーカーで示した部分は、TOI^[3](Transport Object Identifier、オブジェクトの ID)で示される当該オブジェクトに対して、統合されるオブジェクトを識別することができるように追加したものである。これにより、クライアント側でどのオブジェクト同士を統合すべきかを判断することができる。

ここで、追加した部分に関する説明は以下のとおりである。

- ・ N: Attached Transport Object Flag 当該オブジェクトに統合されるオブジェクトがある場合にセットするフラグ

- ・ r:reserved オブジェクトの統合方式(例:オブジェクトを統合する順番)の指定など、拡張的な情報を格納するためのもの。
 - ・ No. Of ATO: Number Of Attached Transport Objects 統合されるオブジェクトの個数(図のマーカー部の繰り返し個数に該当)
 - ・ Attached Transport Object Identifier: 統合されるオブジェクトを識別するための ID。統合されるオブジェクトの TOI を格納する。
- 以上、混在伝送の方式について検討を行った。

B 空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術

(A) 伝送グループ再構成のコンセプト

空間データマルチキャスト伝送グループの再構成技術(以下、伝送グループ再構成技術)は、コンテキスト情報(後述)に応じたマルチキャスト配信グループの再構成による、3次元 GIS データの適切な配信の実現を目的とした技術である。

Aで検討した混在伝送技術においては、マルチキャスト配信の対象となる利用者、すなわちマルチキャスト配信グループをどのように決定するか、という点には言及していない。

このマルチキャスト配信グループを生成するための技術が、伝送グループ再構成技術である。

マルチキャスト配信グループは、共通的なデータを配信する目的で生成される。この“共通的なデータ”とは、そのマルチキャスト配信グループに属している各利用者が必要とされる(適した)同じデータであり、逆に言えば同じグループに属している各利用者は何らかの同じ特徴(その同じデータが必要とされる、ないしは適した)を持っている。すなわち、マルチキャスト配信グループを生成するためには、

- ・ どのような特徴(条件)に基づいて利用者を同じグループとするか
- ・ その特徴をどのような方法で収集するか
- ・ どのような方式(アルゴリズム)でグループを決定するか

を決定する必要があり、これらが伝送グループ再構成技術の主なポイントとなる。

さらに細かく言えば、利用者の“特徴”は、最初から決まっているもの(静的)の他に、状況に応じて変化するもの(動的)も考えられる。すなわち、動的な“特徴”によって、生成されるグループが状況に応じて変化する(再構成される)ことになる。これがつまり、“再構成技術”としている所以である。

このマルチキャスト配信グループの生成を適切に行うことによって、利用者の状況や要求内容、環境(端末、ネットワーク)に適したコンテンツの選択的配信を行うことができ、混在伝送技術のコンセプト(A(A))でも述べているサーバの負荷軽減、回線リソース使用の軽減、伝送効率の向上を図ることができるものと考えられる。

以上を踏まえて、伝送グループ再構成技術の検討を主に下記の内容について行うものとする。

伝送グループの種類とグループ生成の条件

伝送グループ再構成技術のコンセプト(本項)に基づいて、必要な伝送グループの種類を検討する。また、伝送グループを生成するためにどのような条件づけが必要かを検討する。

伝送グループを生成するための情報の種類

この項では、伝送グループを決定するにあたり、どのような情報が必要とされるかを検討する。具体的には、グループを決定する条件を記述するために必要な情報について検討を行う。

伝送グループを決定するための情報の取得方式

伝送グループを決定するにあたり、 の情報を取得するための方式について検討する。

伝送グループ再構成アルゴリズム

～ を踏まえて、伝送グループ再構成のためのアルゴリズムを検討する。

(B) 伝送グループの種類とグループ生成の条件

ここでは、(A)に基づき、必要な伝送グループの種類を検討する。また、伝送グループを生成するためにどのような条件づけが必要かを検討する。

a 配信コンテンツについて

まず、伝送グループの種類とグループ生成の条件を検討するにあたり、サービス要件仕様に基づいて想定される配信コンテンツについてまとめる。

配信コンテンツとしてはファイルを想定しているが、空間データ適応管理技術側から与えられる際の形態としては i)空間データ(3D*)+属性データ、ii) 空間データ(3D*)+属性データ+映像データ、iii)映像データ、の 3 形態が考えられる(A(B)参照)。この提供形態(以下、配信コンテンツ形態)の違いは、配信コンテンツを受信する端末(クライアント)や伝送路の違いによるものである。また、配信コンテンツの内容としては、既出の表(表 3.1.2-1、3.1.2-2)の「配信を行う情報の種類」に記載した情報を含むものが考えられる。

以上から、配信コンテンツについては、上記の適用形態と、内容として含まれる情報により特徴づけることができる。問題は、これらの特徴を持つ配信コンテンツを必要とする、ないしはそのような配信コンテンツが適する伝送グループがどのような特徴を持つか、である。

b 伝送グループの種類

aから、配信コンテンツを必要とする、あるいは適する伝送グループが持つ特徴についてまとめたのが表 3.1.2-7 である。備考として、配信コンテンツとの関連についても示した。

表 3.1.2-7 伝送グループが持つ特徴

伝送グループが持つ特徴	備考
GIS データの表現能力に関わる端末の性能、端末が利用している回線の速度・混雑度合い	配信コンテンツ形態に関連
利用者が必要としている GIS データの位置(エリア)	配信コンテンツの配信対象に関連
利用者の種別・特徴	
利用者が必要としている(要求している)情報の種別	配信コンテンツに含まれる情報に関連

すなわち、これらの特徴から伝送グループを生成すれば、適切な配信コンテンツを当てはめることができるものと考えられる。したがって、必要な伝送グループの種類は、表 3.1.2-7 で挙げた特徴が少なくとも一つ以上定義されているものであるといえる。

c グループ生成の条件

次にbから、グループ生成のために表 3.1.2-7 の特徴を用いて具体的にどのように条件付けをすればよいか検討した(表 3.1.2-8)。なお、備考として、伝送グループが持つ特徴が静的なものか、動的なものかを示した。

表 3.1.2-8 グループ生成の条件

伝送グループが持つ特徴	グループ生成条件	備考
GIS データの表現能力に関わる端末の性能、端末が利用している回線の速度・混在度合い	種別の指定 範囲指定	端末の性能・回線の速度は静的 回線の混雑度合いは動的
利用者が必要としている GIS データの位置(エリア)	範囲指定	動的 (利用者の移動に伴って変化)
利用者の種別・特徴	種別の指定	静的
利用者が必要としている(要求している)情報の種別	種別の指定	動的 (利用者の選択に伴って変化)

以上の検討内容に基づき、次に伝送グループを決定するにあたってどのような情報が必要とされるかを検討する。

(C) 伝送グループを生成するための情報の種類

ここでは、伝送グループを決定するにあたり、どのような情報が必要とされるか、具体的にはグループを決定する条件を記述するために必要な情報について検討を行う。

(B)で、伝送グループが持つ特徴について述べているが、それらを詳細化することにより、伝送グループを生成するための情報の種類を得ることができる。表 3.1.2-7、表 3.1.2-8 より、伝送グループが持つ特徴を詳細化したものが表 3.1.2-9 である。

表 3.1.2-9 伝送グループを生成するための情報の種類

伝送グループを生成するための情報の種類			グループ生成条件	備考
端末プロファイル	端末種別	ノート PC PDA 携帯電話端末 など	種別の指定	静的
	端末スペック	CPU グラフィック・ アクセラレータ の種類 など	種別の指定	静的
		メモリ容量 HDD 容量 など	範囲指定	静的
	回線速度 (伝送速度)	-	範囲指定	静的
回線性能	輻輳状態	-	範囲指定	動的
利用者の位置	利用者の存在する エリア	緯度経度 センサデバイス 検知箇所 など	範囲指定	動的
利用者プロフィール	利用者種別	旅行者 被災者 災害救援隊 など	種別の指定	静的
利用者による要求内容	情報種別	交通情報 名所案内 災害状況 など	種別の指定	動的

なお、これらの情報のことを、以下では“コンテキスト情報”と呼ぶものとする^[9]。コンテキスト情報は、それが静的なものか動的なものかを明確にする必要がある場合は、それぞれ“静的コンテキスト情報”、“動的コンテキスト情報”と呼ぶ。

なお、以上の情報を取得する方式についても合わせて検討を行った。具体的には、コンテキスト情報の収集方法(GPS レシーバによる位置情報取得等)、コンテキスト情報の通知方法(HTTP メッセージ等)、である。

(D) 伝送グループ再構成アルゴリズム

ここまでの内容を踏まえて、伝送グループ再構成のためのアルゴリズムを検討する。
伝送グループ再構成アルゴリズムについて、図 3.1.2-6 に全体の流れを図解した。

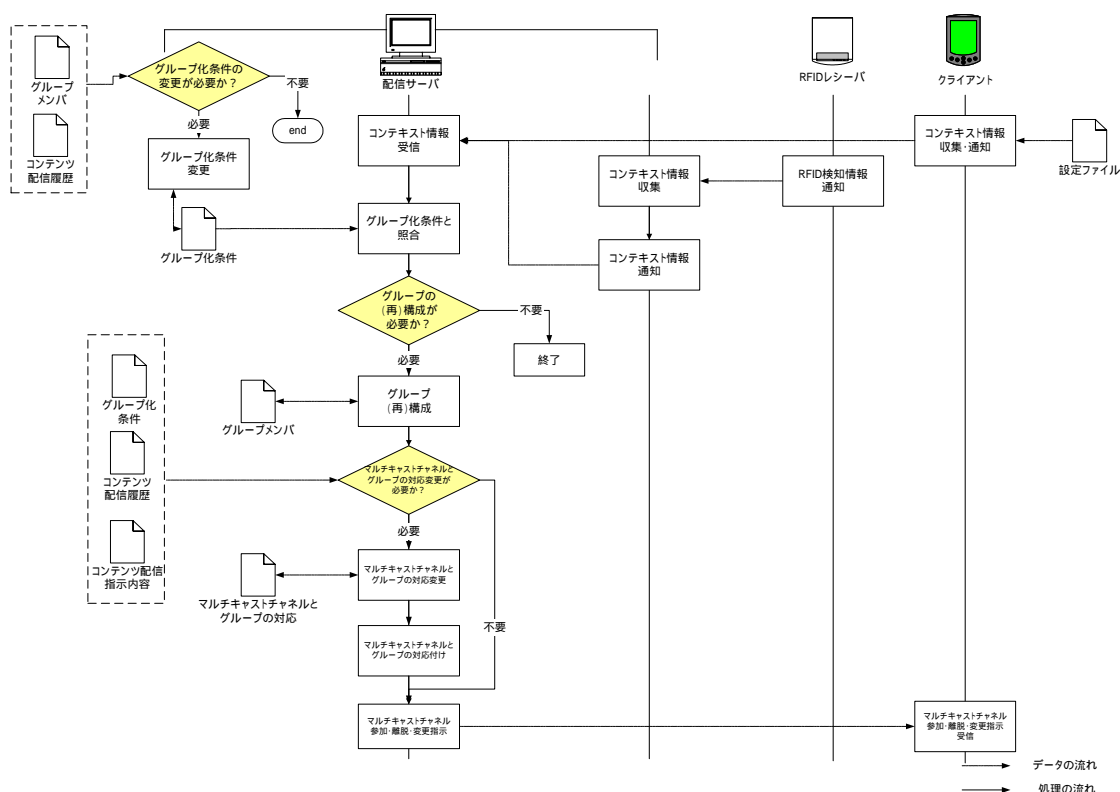


図 3.1.2-6 伝送グループ再構成アルゴリズムの流れ

図 3.1.2-6 中の色分けをして示した以下の処理について方式の検討を行った。

グループ化条件変更

グループ化条件(コンテキスト情報により各グループを生成する条件を定めたもの)の中に含まれるある 1 つのグループを生成するための条件を“単一グループ化条件”とし、その追加・削除・変更の方式について検討した。

グループ(再)構成の必要性判断

コンテキスト情報をグループ化条件と照合したのち、実際にグループを(再)構成するかどうかを判断する方式について検討した。

マルチキャストチャンネルとグループの対応変更

マルチキャストチャンネルとグループの対応を変更する方式について検討した。

C 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

(A) エラー軽減のコンセプト

次世代 GIS サービスの大きな特徴と考えられる点として、「モバイル GIS」(利用場所を選ばない GIS)、「3次元 GIS」、また「リアルタイム性」、「インタラクティブ性」を挙げることができる。これらの特徴に対して、空間データマルチキャスト伝送技術においてこれまでに検討してきた技術を適用すれば、混在伝送技術を利用して「3次元 GIS」における大容量の配信データを効率的に配信することが可能となり、伝送グループ再構成技術を利用してクライアントなどのコンテキスト情報を随時収集することによって「リアルタイム性」、「インタラクティブ性」を実現できるものと期待できる。

ここで、もっとも重要な特徴であると考えられる「モバイル GIS」に関しては、無線ネットワークを使用することが前提となるが、無線ネットワークは一般的に有線ネットワークよりも誤り率が高く、伝送遅延のバラつきが大きいという特性がある。一方で、次世代 GIS サービスとして検討されている災害救援サービスなどには、緊急性だけでなく重要度の高い情報を提供するために、配信対象となるモバイル端末にできるだけ確実に配信される信頼性が必要とされる。

ゆえに、モバイル端末に対するマルチキャスト配信においては、誤り耐性の向上が重要な課題の 1 つであり、誤りが発生した場合に対処するための誤り回復方式の検討が必要であると言える。また、モバイル端末が対象であるがゆえの端末性能の低さや回線速度の低さ、回線の混在度合いの大きさに対応して、データ配信時のレートを抑えてパケットの取りこぼしを減少させることも必要となる。

そこで、マルチキャストにおけるエラー軽減策としては、以下の点について検討を行うものとする。

- ・伝送時の誤り回復方式
- ・端末の性能、回線の速度・混雑度合いに合わせたデータ配信レートの制御方式

なお、“伝送データ種別”についてであるが、まず空間データ(3D*)、属性データ、映像データという区分けが考えられる。しかし、この種別によってデータの優先度、すなわち重要度や緊急度を一概には判断できないものと考えられる。それは、提供されるサービスやアプリケーションに依存して、属性データの緊急度が高かったり、映像データを確実に配信することが求められたりするかもしれないからである。したがって、この種別に沿ってエラー軽減策を検討することは難しい。

そこで、“伝送データ種別”の定義としては、上記の区分けではなく、“データとしての優先度”によるものとする。優先度については、それぞれのデータが空間データ適応管理技術側の管理であるため、空間データ適応管理技術側から与えられるものと想定する。

以上を踏まえて、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(以下、エラー軽減)策の検討を主に下記の内容にしたがって行うものとする。

エラー軽減を図るために必要な情報

エラー軽減策のコンセプト(本項)に基づいて、エラー軽減を図るために必要な情報について検討する。

エラー軽減を図るために必要な情報の取得方式

エラー軽減を図るために必要な情報の取得方式について検討する。

エラー軽減アルゴリズム

、 を踏まえて、エラー軽減を図るアルゴリズムについて検討する。具体的には、エラー軽減のための処理ポリシーおよび処理手順、処理のタイミングについて検討する。

まず、 、 について検討を行った。具体的には、 としてデータの優先度(データの緊急度や重要度についての情報)、端末プロファイル・回線性能とし、 としては の各情報をコンテンツ配信指示内容やコンテキスト情報として取得する方式とした。

(B) エラー軽減アルゴリズム

ここでは、エラー軽減を図るためのアルゴリズムとして下記項目の検討を行った。

a 伝送時の誤り回復方式

パケットロスの回復^[10]

ARQ(Automatic Repeat reQuest:誤り部分を再送して訂正する自動再送要求方式)、FEC(Forward Error Correction:送信側から符号化による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)の組み合わせを選択する方式。

受信失敗オブジェクトの取得

受信に失敗したオブジェクトを必要に応じてクライアントから個別にユニキャストにより取得する方式。

b データ配信レートの制御方式

端末の性能、回線の速度・混雑度合いに合わせたデータ配信レートの制御方式。

グループごとの配信レート設定

配信対象となるグループについての単一グループ化条件を参照して、配信レートを変化させる方式。

マルチキャストチャンネルごとの配信レート設定

LCTヘッダに含まれるCCI(Congestion Control Information、輻輳制御情報)フィールドを用いた方式(図 3.1.2-7 参照)。

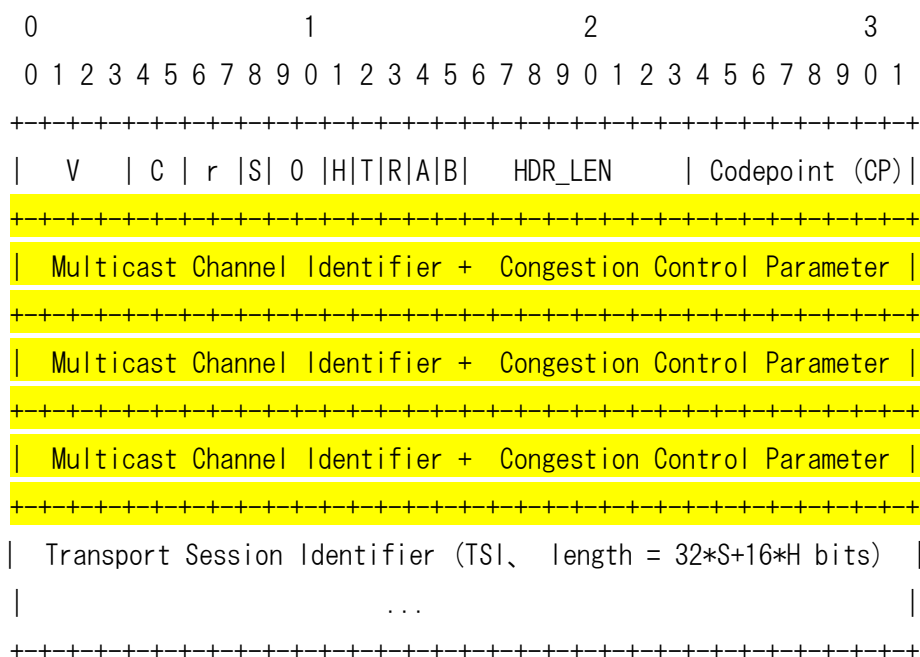


図 3.1.2-7 ネゴシエーションプロトコルのヘッダ形式 (輻輳制御情報の追加)

説明は以下のとおりである。

- ・ Multicast Channel Identifier マルチキャストチャンネルを識別するための ID。
- ・ Congestion Control Parameter 輻輳制御パラメータ。該当するマルチキャストチャンネルの配信レートに関する情報を格納する。

なお、繰り返される個数については、図の最上列の“C”で示されるフィールド (Congestion Control Flag) で指定され、CCI フィールドの総ビット数は $32+32*C$ (bits) で与えられる。^[3]

D システムアーキテクチャの設計

ここではまず機能分担、装置・端末間のプロトコル I/F、全体処理シーケンス、について検討を行った。機能分担としては、空間データマルチキャスト伝送技術全体での機能を各技術に分担したものをまとめた。装置・端末間のプロトコル I/Fとしては、主にサーバ、クライアント間でやり取りされるデータとそこで使用するプロトコルについてまとめた。全体処理シーケンスとしては、空間データマルチキャスト伝送技術全体を通した処理の流れについてまとめた。以下では、プロトタイプシステムのシステム構成とハードウェア要求仕様について述べる。

(A) プロトタイプシステム システム構成

図 3.1.2-8 は、プロトタイプシステムのシステム構成について示したものである。

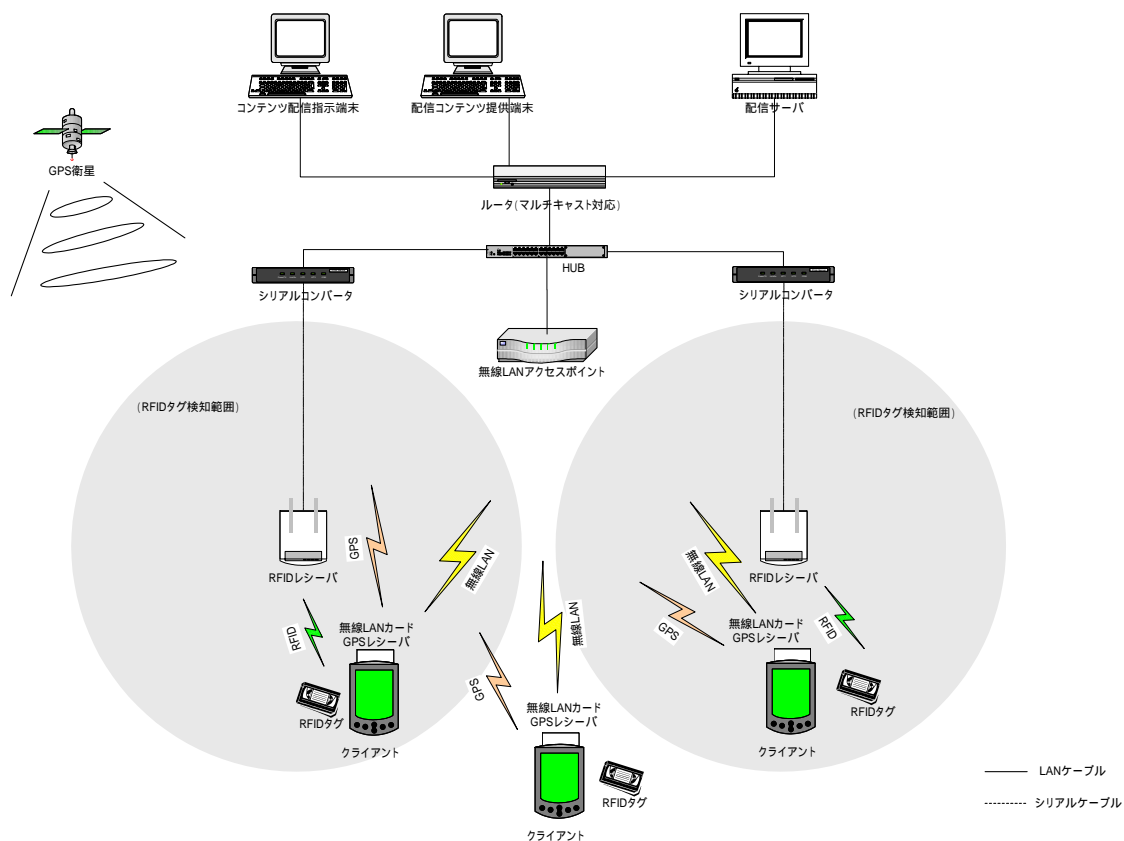


図 3.1.2-8 プロトタイプシステム構成

“コンテンツ配信指示端末”は外部システムに、“配信コンテンツ提供端末”は空間データ適応管理技術によるシステムに相当する。配信サーバとこれらの端末は通常別セグメントであると考えられるため、ルータによって接続されている。ルータはマルチキャスト対応とする。ただし、配信コンテンツ提供端末(空間データ適応管理技術によるシステムに相当)は、配信サーバと同一ワークステーションとなる場合も考慮に入れるものとする。なお、プロトタイプシステムとしては構成上これらの端末が同一セグメント内であっても問題はないため、ルータは必ずしも必要ではない。

なお、RFID レシーバについては、直接 LAN に接続せず、シリアルコンバータを介して接続するタイプのものとしている。ちなみに、シリアルコンバータとは、RFID レシーバからの情報をシリアルケーブル経由で取得し、IP パケットに変換して LAN 上に流すためのものである。

無線 LAN でのアクセスを可能とするため、IEEE802.11b 対応無線 LAN アクセスポ

イントを用意する。クライアントは PDA 端末で、無線 LAN カード (IEEE802.11b 対応)、GPS レシーバを装着できるものとする。RFID タグは利用者ごとに 1 個ずつ用意するものとする。(図では利用者を 3 人と想定し、PDA 端末 3 台に対応して RFID タグを 3 個用意している。)

なお、ルータ、RFID レシーバ/シリアルコンバータ、無線 LAN アクセスポイントについては、図では最低限の台数構成として示しているが、それ以上台数が追加される場合も考慮に入れるものとする (RFID レシーバ・シリアルコンバータの台数については、RFID タグ検知エリア間の利用者移動を検知できるようにするためには最低各 2 台あればよい。また、無線 LAN アクセスポイントについても最低 1 台あればよい)。

(B) プロトタイプシステム ハードウェア要求仕様

表 3.1.2-10 に、プロトタイプシステムに使用される各ハードウェアの要求仕様をまとめたものを示す。クライアントを含めたモバイル環境は、無線 LAN や PDA 端末、携帯電話端末など、その性能が日進月歩である。そのため、クライアント端末仕様に関して変更を検討すべき条件についても備考欄に 印で併記した。なお、携帯電話端末については、マルチキャスト配信対応化が実現し、回線の高速化、GPS レシーバ付属端末の普及などが進むことによって、今後対応を検討する必要があるものと考えられる。

表 3.1.2-10 ハードウェア要求仕様

機器名	条件 (スペック等)	備考
配信サーバ	CPU : UltraSPARC III 650MHz 以上	
	メモリ : 256MB 以上	
	HDD : 40GB 以上	
	OS : Solaris8 2/02 版以降	
ルータ	マルチキャスト対応 100BASE-TX 対応	
HUB	100BASE-TX 対応	
RFID レシーバ	通信距離 : 標準 10 ~ 15m 程度 RFID タグ検知情報を TCP/IP ネットワークにより配信サーバに通知できること	シリアルコンバータにより TCP/IP ネットワーク上で使用可能 通信距離の増大
シリアルコンバータ	RFID レシーバからの RFID タグ検知情報をパケット変換し、TCP/IP ネットワークにより配信サーバに通知できること	RFID レシーバとはシリアルケーブルで接続
無線 LAN アクセスポイント	IEEE802.11b 対応 100BASE-TX 対応	対応通信速度増大 (無線 LAN カードの通信速度に対応している必要あり)
PDA 端末	CPU : Intel ^(R) XScale™ マイクロアーキテクチャに基づく、Intel ^(R) PXA255 アプリケーション・プロセッサ 400MHz 以上	上位 OS への対応
	メモリ : 64MB 以上	
	OS : WindowsCE3.0	
無線 LAN カード	WindowsCE3.0 対応 IEEE802.11b 対応	CF カードバス接続 対応通信速度増大 (CF タイプ)
RFID タグ	RFID レシーバの RFID タグ検知エリアに入った時に、RFID 情報を定期的に発信できること	アクティブタグ
GPS レシーバ	WindowsCE 対応 精度 : 10m 以下	CF カードバス接続 精度向上

(エ) API 仕様の作成

ここでは、プロトタイプシステムにおける API 仕様について検討した内容を示す。
 図 3.1.2-9 は、これまで検討してきたプロトタイプシステム機能仕様をもとに、プロトタイプシステムと、空間データ適応管理技術(および外部システム)アプリケーションの間でやり取りする情報、およびその交換方法についての提案である。

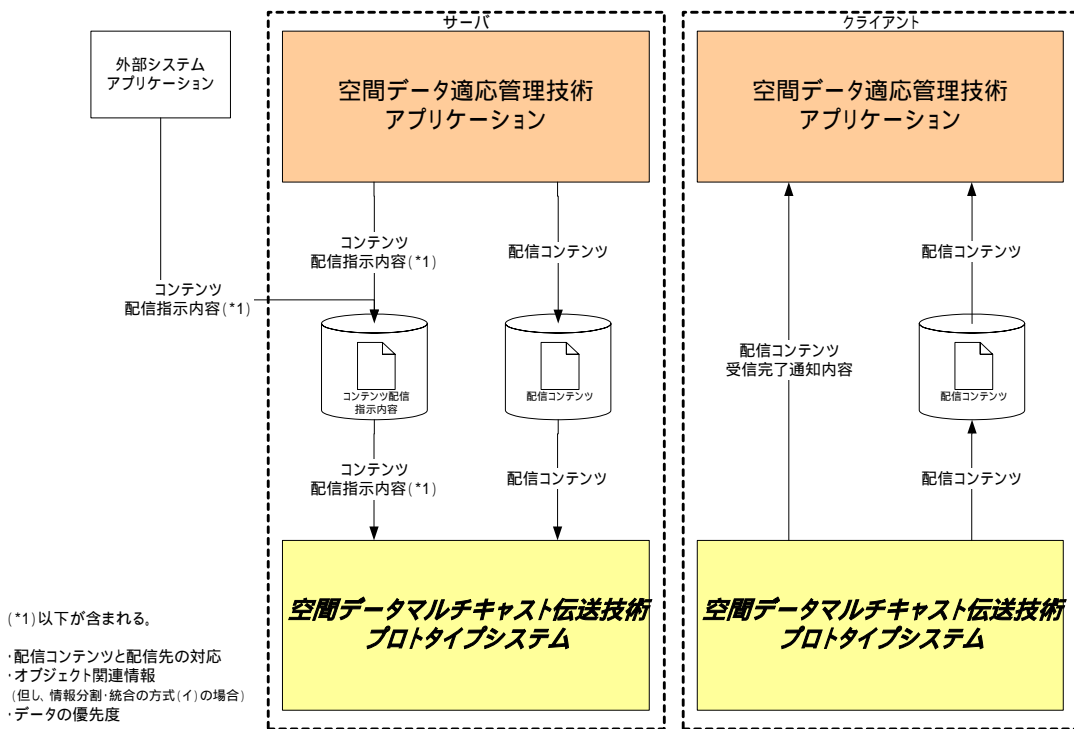


図 3.1.2-9 他要素技術アプリケーションとのインタフェース仕様

サーバでは、空間データ適応管理技術(および外部システム)アプリケーションから、コンテンツ配信指示内容と配信コンテンツのファイルを特定ディレクトリに保存し、それをプロトタイプシステムが参照する。クライアントでは、プロトタイプシステムから配信コンテンツのファイルを特定ディレクトリに保存し、それを空間データ適応管理技術(および外部システム)アプリケーションが参照する。加えて、配信コンテンツ受信完了通知内容(配信コンテンツを受信完了したことを示す内容)を、クライアント端末の画面上でポップアップウィンドウを表示して伝達(通知)する。

API 仕様としては、上記提案に加えて、空間データ適応管理技術以外の他要素技術アプリケーションとのインタフェースの必要性についても検討し、他要素技術アプリケーションとの間でやり取りすべき情報とそのデータ形式、交換方法を確定することが今後の課題である。

ウ クライアント端末仕様の作成

(ア) システム構成

イ(ウ)D(A)にサーバとともに示しているため、ここでは割愛する。

(イ) ハードウェア要求仕様

イ(ウ)D(B)にサーバ/クライアントのハードウェア要求仕様としてまとめて示しているため、ここでは割愛する。

(ウ) ソフトウェア要求仕様

イ(ウ)A、B、Cにサーバ/クライアントにおけるソフトウェア要求仕様としてまとめて示しているため、ここでは割愛する。

(エ) 他要素技術との関連

イ(イ)にサーバ/クライアントにおける他要素技術との関連としてまとめて示しているため、ここでは割愛する。

エ 成果

ここでは、平成15年度における空間データマルチキャスト伝送技術の研究成果についてまとめる。

3次元GISデータ配信におけるサービス要求条件の明確化

GISを提供するアプリケーションにおけるマルチキャスト配信の優位性を見出せるサービス内容を検討し、サービス要件仕様を策定した。

空間データ伝送に関する機能仕様及びAPI仕様の作成

に基づいたプロトタイプシステム要求仕様として、他要素技術との関連について提案を行い、それを元に機能仕様を策定した。API仕様については、他要素技術アプリケーションとのインタフェース仕様として、プロトタイプシステムと空間データ適応管理技術アプリケーションの間でやり取りする情報とその交換方法について提案を行った。

クライアント端末仕様の作成

クライアント端末に要求される仕様として、他要素技術との関連についての提案を行い、それを元に機能仕様を策定し、API仕様についての提案を行った。

(3) まとめ

ア 3次元 GIS データ配信におけるサービス要求条件の明確化

3次元 GIS を適用するアプリケーションにおける、マルチキャスト配信の優位性を見出せるサービス内容を検討し、サービス要求条件を明確化した。

災害状況確認や災害避難経路案内など、利用者共通の情報と利用者個別の情報を並行して配信し、緊急性の高い伝送を伝送効率を高めて遅延の少ない状態で配信することが必要である。

利用者に共通な情報を配信するため、利用者の位置情報やプロフィール等で利用者をグループ化することが必要である。

災害状況確認や災害避難経路案内など、確実に伝送を行うことが重要である。

イ プロトタイプシステム要求仕様の策定

次世代 GIS サービスを実現するにあたり、プロトタイプシステムに向けた、マルチキャスト伝送システムの技術レベルでの要求仕様（機能仕様およびAPI仕様、クライアント端末仕様）を検討し、策定を行った。

伝送効率を高めるため、利用者共通の情報と利用者個別の情報をマルチキャストとユニキャストを混在させて配信する

位置情報や利用者プロフィール等をコンテキスト情報として収集し、利用者グループを動的に再構成する

確実に伝送を行う為、複数のエラー訂正方式を組み合わせる

3.2 配信データ圧縮技術

(1) 従来技術

3次元GISに必要なデータは、大きく、ジオメトリ・テクスチャ・属性情報・管理情報の4種類に分類できる。これらのうち、ジオメトリについては、3次元形状をなるべく保持したまま頂点数を減らすポリゴンリダクション[1]と呼ばれる技術が実用化されている。しかしながら、3次元GISのデータ容量の90%以上をテクスチャが占めているため、ポリゴンリダクションだけでは十分なデータ圧縮の効果を得ることができない。一方、既存の圧縮技術としてLZHやZIPなどの形式が広く利用されているが、テクスチャの一般的なフォーマットであるJPEGやGIFは既に圧縮されたデータとなっているため、LZHなどを用いても数%程度しか圧縮することはできない。これを踏まえ、3次元GISで用いられるテクスチャが建物の側面を表し、かつ窓やパネルの繰り返しパターンが多く現れている点に着目して、窓枠などの基本的なテクスチャパターンの組み合わせによってテクスチャのデータ削減を行う試み[2]が報告されている。しかし、この試みでは、建物毎のテクスチャパターンを人間が識別して組み合わせを特定する運用を前提としており、また、配信型のシステム構成を想定していないため、モバイル環境下で利用することができないという問題がある。そこで、この方法を拡張し、テクスチャを複数の部分テクスチャへ自動的に構造化すること、および、モバイル端末側でテクスチャデータベースを用いてテクスチャの再構成を実現することを課題とする。

(2) 研究開発内容

ア アプローチ

3次元GISに必要なデータは、大きく、ジオメトリ・テクスチャ・属性情報・管理情報の4種類に分類できる。これらのうち、ジオメトリについては、3次元形状をなるべく保持したまま頂点数を減らすポリゴンリダクション[1]と呼ばれる技術が実用化されている。しかしながら、3次元GISのデータ容量の90%以上をテクスチャが占めているため、ポリゴンリダクションだけでは十分なデータ圧縮の効果を得ることができない(図 3.2-1)。一方、既存の圧縮技術としてLZHやZIPなどの形式が広く利用されているが、テクスチャの一般的なフォーマットであるJPEGやGIFは既に圧縮されたデータとなっているため、LZHなどを用いても数%程度しか圧縮することはできない。これを踏まえ、3次元GISで用いられるテクスチャが建物の側面を表し、かつ窓やパネルの繰り返しパターンが多く現れている点に着目して、窓枠などの基本的なテクスチャパターンの組み合わせによってテクスチャのデータ削減を行う試み[2]が報告されている(図 3.2-2)。しかし、この試みでは、建物毎のテクスチャパターンを人間が識別して組み合わせを特定する運用を前提としており、また、配信型のシステム構成を想定していないため、モバイル環境下で利用することができないという問題がある。そこで、この方法を拡張し、テクスチャを複数の部分テクスチャへ自動的に構造化すること、および、モバイル端末側でテクスチャデータベースを用いてテクスチャの再構成を実現することを特徴とする。

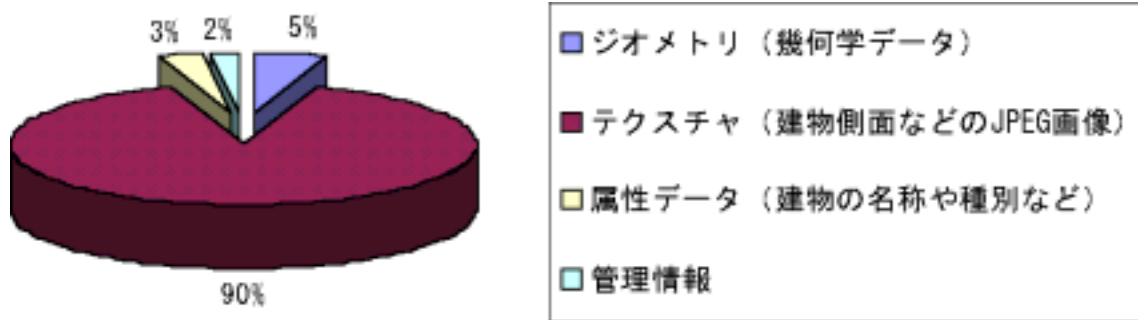


図 3.2-1 3次元 GIS データの容量構成の例
 (2001年総務省「GIS構築のための情報通信技術の研究開発」の成果に基づく)



図 3.2-2 テクスチャ構造化・再構成に基づく 3次元 GIS 表示のイメージ
 (文献「T. Ishima, T. Yoshida and Y. Karasuyama: “Building Wall Surface Patterns Database for 3D Urban Map: A Categorization Method” The 3rd International Workshop on Urban Multi-Media/3D Mapping (UM3 2000), 2000」より引用)

イ 関連先行技術調査

(ア) 調査方法および範囲

A 概要

画像セグメンテーションにおいて近年着目される取り組みの1つとして、衛星等空撮画像からの道路領域の抽出がある。そこで、画像セグメンテーションに関する初期的な調査として、空撮画像からの道路領域の抽出を中心に関連文献の収集を行う。

B 調査範囲

(A) 学会誌・論文誌

- 電気系3学会(電気、信学、情処)の大会論文集および論文誌
- 2000～2002年

(B) インターネット

- 検索サイト Yahoo Japan
- キーワード 画像、道路、抽出

(C) その他

- 抽出された論文・研究報告の文献

C 画像セグメンテーション手法

(A) 概要

収集された文献に記されている画像セグメンテーション手法の概要を列挙する。

(B) 手法

a HSV 空間グルーピングと領域統合[3]

RGB 表示系画像を HSV 表示系に変換し、HSV 空間におけるユークリッド距離に基づくグルーピング(これについては過去の事例が複数ある)を行うとともに、領域の統合を行う。

b HSV 空間グルーピングとNBS 単位に基づく領域統合[4]

HSV 表示系に基づいてグルーピングを行う点は と同じで、領域の統合に感覚的な色差の程度の評価として定義されているNBS 単位を利用する点の特徴。

c エッジと色情報の融合による道路の抽出[5]

エッジ抽出処理結果に対して直進性に着目して複数のエッジを連結した「道路シード」と呼ぶエッジグループと、色情報から識別した道路候補領域の2つのデータを用い、連結した道路領域を追跡しながら拡大する。

d 特殊なスムージング前処理と濃淡情報による領域分割・識別[6]

「エッジを保ったスムージング」と呼ぶ前処理を行った後、色情報(濃淡値)に対する動的な閾値設定によって領域分割を行う。また、領域の形状・スペクトル分布などを特徴量として領域の識別(道路・家屋・森林・農地等)を行う。

e ダイナミックプログラミングを応用した道路抽出[7]

画像を 32x32 ピクセルの小領域に一様に分割し、各小領域に対しダイナミック・プログラミングによって道路の始点と終点があるかどうかを判定する。このようにして得られた道路シード(道路が含まれると判定された小領域)を繋ぐことができるかどうかを、再びダイナミック・プログラミングによって判定しながら、一繋ぎの道路を抽出する。

f Hough 変換に基づく道路抽出[8]

Hough 変換(画像中の各特徴点を通るすべての直線を、直線式のパラメータを軸とする直交座標中に表現することにより、画像中に存在する直線らしい点の集まりを抽出する手法)に基づき、対象画像中の道路領域を抽出する(従って、曲線形状の道路は抽出できない)。

g ラインフィルタに基づく道路抽出[9]

画像を 5x5 ピクセル程度の小領域に分割し、各小領域毎にテンプレート(ラインフィルタ)を使って道路を構成する濃淡分布が存在するかどうかを判定する。道路の一部と判定された小領域を、道路としての可能性の高さと方向に着目して 1 つ 1 つ繋ぎ合わせていくジョブを繰り返す。

(C) 考察 -アプローチについて-

大きく、色や濃淡に着目する方法と、エッジに着目する方法の2つに分類される。いずれの方法でも、まず、小さな領域や線分を道路を構成する部分として抽出し、次に、それらを形状や向きなどの属性情報に基づいて繰り返し合成し成長させていくことにより、最終的に道路領域を形成するという、ボトムアップ手法である。

(D) 結論 -「テクスチャ図形化」という課題に対する適用-

色や濃淡に着目する方法と、エッジに着目する方法には、抽出に適した対象の画像や道路の種類などによって得手不得手があると考えられる。従って、より確実に特定領域のセグメンテーションを行うには、2種類以上の方法を組み合わせて用いることが有用であると考えられる。文献3は両者を融合する例である。

また、対象とする建物側面画像のテクスチャでは、窓枠・入り口・看板等、

長方形に準ずる形状の図形から構成されるという特徴がある。これらの課題に特有の性質を利用することも検討する必要がある。

ウ 手法と構成

(ア) 手法

テクスチャデータの容量削減を実現する手法として、個々のテクスチャを複数の基本構造に分解し、これらの基本構造だけを配信して端末側でテクスチャの再構成を行う、「テクスチャ構造化・再構成手法」を想定する。テクスチャの基本構造への分解は、ヒストグラム分析・クラスタリング・図形化・表示属性設定などの手続きからなる自動化処理によって行い、サーバ側に予め蓄積しておく。また、テクスチャの再構成を行うために、モバイル端末側にテクスチャの基本構造を蓄積するテクスチャデータベースを備える。再構成したテクスチャを用いた 3 次元 GIS の表示イメージを図 3.2-2 に示す。

上述の「テクスチャ構造化・再構成手法」を実現するため、以下に示す 3 項目の研究開発を実施する。

A テクスチャの構造化記述の設計 3 次元 GIS で用いられるテクスチャは、建物側面を撮影した写真を加工したものに限定されている。この特性を利用し、テクスチャを入り口・窓・看板などの基本構造に自動的に分割する処理(後述)を実現するために、十分な量のテクスチャサンプルを収集し、分類と特性の抽出を行う。この結果に基づき、視認性を維持し、かつ配信データ量を少なくするための、最適なテクスチャ構造化の記述方法を設計する。

B テクスチャ自動構造化処理の開発 3 次元 GIS においては、膨大な数のテクスチャがサーバ側に蓄積され、また、適当な頻度で最新のデータへの書き換えが発生する。このため、手作業によってテクスチャを構造化記述へ変換することを前提とした運用形態は現実的ではない。そこで、テクスチャを入力すると自動的に設計した構造化記述に変換するソフトウェアシステムを設計する。

C テクスチャデータベースの作成 本研究開発の手法では、サーバ側からはテクスチャの構造情報だけを配信し、その構造情報に基づいてモバイル端末側でテクスチャを再構成するために、モバイル端末はテクスチャの基本パターンを保持する必要がある。この基本パターンの保持をメモリ効率的に実現するとともに、時間効率的に使用可能なテクスチャデータベースを作成する。なお、テクスチャデータベースは、端末の記憶容量に適合する複数のタイプを作成する。

(イ) 構成

前述の手法に基づく処理を実現するため、4 つの処理モジュールと 1 つのデー

データベースから構成されるソフトウェアシステムを設計した。これらの構成を図 3.2-3 に示す。

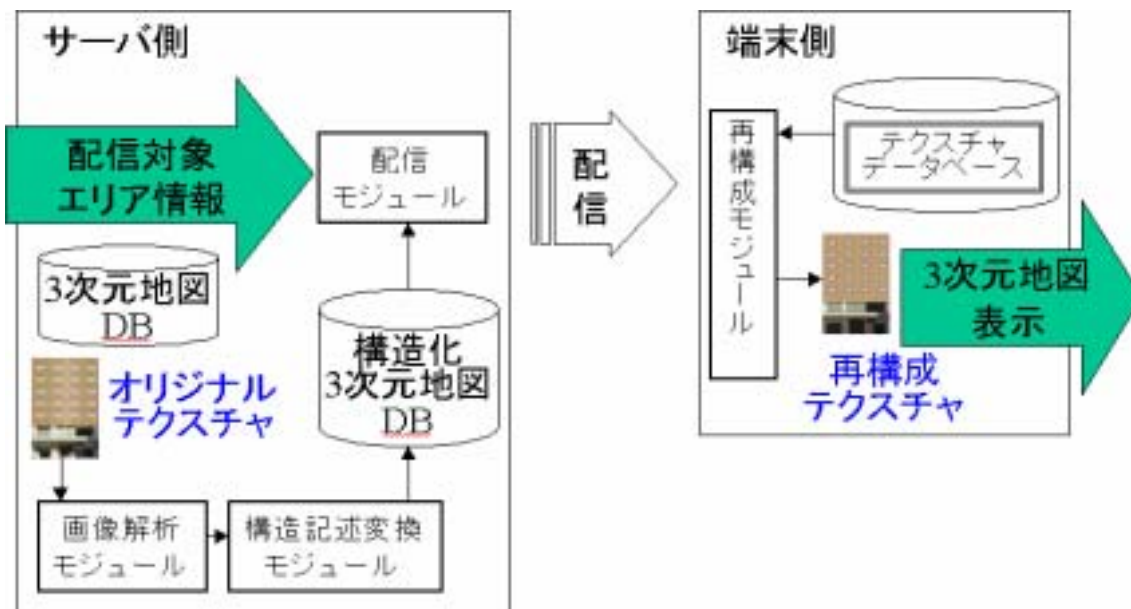


図 3.2-3 ソフトウェアシステムの構成

エ プロトタイピング

(ア) 建物側面テクスチャを対象とした類似画像検索

A 基本設計

(A) 概要

テクスチャの構造化処理において用いる画像解析手法を決定するために、3次元都市地図で用いられる建物側面画像(テクスチャ)を対象とした類似検索ソフトウェアモジュールのシステム設計を行う。

(B) 解析対象技術資料およびデータ

a テクスチャデータサンプル(約 1000 ファイル)

(C) 解析内容

技術資料とデータサンプルについて検討し、類似検索を実現するソフトウ

エアのシステム仕様を設計する。なお、技術資料に述べられている全ての手法を網羅する必要は無く、また、技術資料に述べられている以外の方法を採用してもよい。

類似検索の例を図 3.2-4 に示す。

テクスチャには、後処理として建物の外壁の平均色を与えるため、色情報には着目せず、入り口・看板・窓などの構造や配置や数量等を類似の基準とする。

検索対象は 1 万ファイル程度を想定する。ただし、今回は類似性の性能を優先するものとし、処理時間は考慮しなくてもよい。

検索結果出力は 3 種類とし、適当に定義する指標に基づいて高得点順に提示する。

提示画像 (検索キー) の例:



検索結果の例:

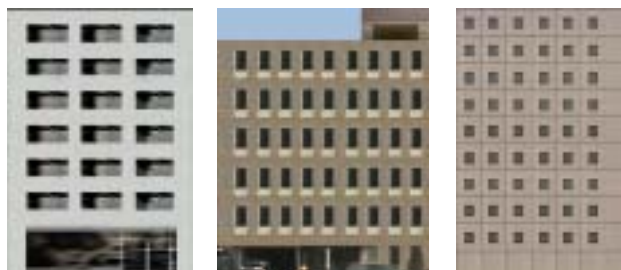


図 3.2-4 類似検索の例

B 機能仕様

(A) 入力画像フォーマット変換

a 要求機能

任意サイズの JPEG 形式画像 (24 ビットカラー画像) を読み込み、指定されたサイズへ変更した後、8 ビットグレースケール変換を実施する。

変更するサイズは、 32×32 、 64×64 、 128×128 の 3 種のうちユーザーが指定するものとする。

b 仕様

入力画像のリサイズを行う。

変更するサイズは、 32×32 、 64×64 、 128×128 の 3 サイズよりユーザーが指定するものとする。

リサイズした画像を 8 ビットグレースケールへ以下の計算式を用い変換する。

$$\text{明度値} = 0.3 \times R + 0.59 \times G + 0.11 \times B$$

(B) 外壁部抽出

a 要求機能

8 ビットグレースケール画像よりビルの外壁部分を抽出し、表 3.2-1 に示す特徴量を抽出する。

b 仕様

8 ビットグレースケール画像のヒストグラムを作成した後、移動平均をとる。

移動平均化したヒストグラムの最大度数を示す明度値を基準(A_p)にし、その基準より上方、下方それぞれ最近傍となる最大度数が $1/2$ となる明度値(A_1, A_2)を求める。

求めた明度値(A_1, A_2)間の明度値を示すピクセルを外壁部とする。(図 3.2-5 参照)

求めた外壁部のピクセルの数、明度値の平均、分散を算出する。

(C) 窓部抽出

a 要求機能

8 ビットグレースケール画像よりビル窓部分を抽出し、表 3.2-2 に示す特徴量を抽出する。

b 仕様

下記要領にて窓部分の抽出を行う。(図 3.2-6 参照)

8 ビットグレースケール画像より、横方向、縦方向それぞれの一次元明度分布を作成する。

一次元明度分布の移動平均を算出する。

横方向、縦方向それぞれの一次元明度分布の平均値を算出し、平均値以下のエリアをそれぞれ「横方向窓部」、「縦方向窓部」とする。

求めた「横方向窓部」、「縦方向窓部」より、横方向窓数、縦方向窓数、横方向窓サイズ、縦方向窓サイズを算出する。

「横方向窓部」と「縦方向窓部」の重なり合った部分を「窓部」とする。
求めた「窓部」の明度平均値、明度分散を算出する。

(D) 窓枠部抽出

a 要求機能

8ビットグレースケール画像よりビルの窓枠部分を抽出し、表 3.2-3 に示す特徴量を抽出する。

b 仕様

下記要領にて窓枠部分の抽出を行う。

c 項で求めた「窓部」の左右間を「横方向窓枠部」、上下間を「縦方向窓枠部」とする(図 3.2-7 参照)。

求めた「横方向窓部」、「縦方向窓部」について、それぞれ明度平均値、明度分散を算出する。

求めた「横方向窓部」、「縦方向窓部」について、それぞれ対象性(図 3.2-8 参照)を算出する。

(E) 特徴量正規化

a 要求機能

検索キー画像および全ての検索対象画像の特徴量を正規化する。

b 仕様

検索対象画像すべての特徴量を算出し、それぞれの特徴量について平均値、標準偏差を求める。

算出した平均値、標準偏差を用い正規化を行う。

検索キー画像についても、検索対象画像から求めた平均値、標準偏差を用いて正規化を行う。

(F) 評価値算出

a 要求機能

正規化された特徴量および、それぞれの特徴量に対応した重み係数を用いて評価値を算出する。

b 仕様

ユーザー指定の重み係数ファイルを読み込む。

重み係数ファイルが存在しない場合は、重み係数を全て同じ値とする。

評価値算出式を以下に示す。

特徴量数(次元数) n

キー画像特徴量 $X_i = \{ 1x_i, 2x_i, \dots, nx_i \}$
 検索対象画像特徴量 $X_j = \{ 1x_j, 2x_j, \dots, nx_j \}$
 重み係数 $W = \{ 1k, 2k, \dots, nk \}$
 評価値 $E = \sum \{ k(|x_i - x_j|) \}^2$

(G) 検索結果出力

a 要求機能

ユーザーが選択したキー画に対応する類似画像を表示する。

b 仕様

キー画に対応する類似画像を評価値に基づいて昇順で提示する。

類似画像ファイル名、特徴量を CSV 形式ファイルで出力する。

(H) 重み係数最適解探索

a 要求機能

ユーザーが選択したキー画像とベストマッチ画像(類似画像)の組み合わせによる評価値が最小となる重み係数を算出する。

b 仕様

Excel シート上でキー画像に対応するベストマッチ画像を選択できる。

キー画像、ベストマッチ画像の組み合わせは 20 通り以上とする。

評価値の総和を算出する。評価値の算出方法は f 項参照。

Excel のソルバー機能を使用し、評価値の総和が最小となる重み係数の組み合わせを算出する。

表 3.2-1 外壁部特徴量

No.	特徴量
1	外壁明度平均
2	外壁明度分散
3	外壁ピクセル数

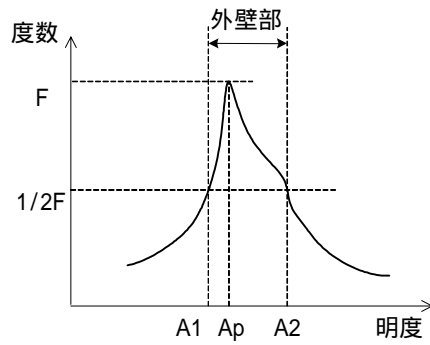


図 3.2-5 外壁部明度範囲決定

表 3.2-2 窓部特徴量

No.	特徴量
1	横方向窓数
2	縦方向窓数
3	横方向窓サイズ
4	縦方向窓サイズ
5	横方向窓 × 横方向窓サイズ
6	縦方向窓 × 縦方向窓サイズ
7	窓明度平均値
8	窓明度分散

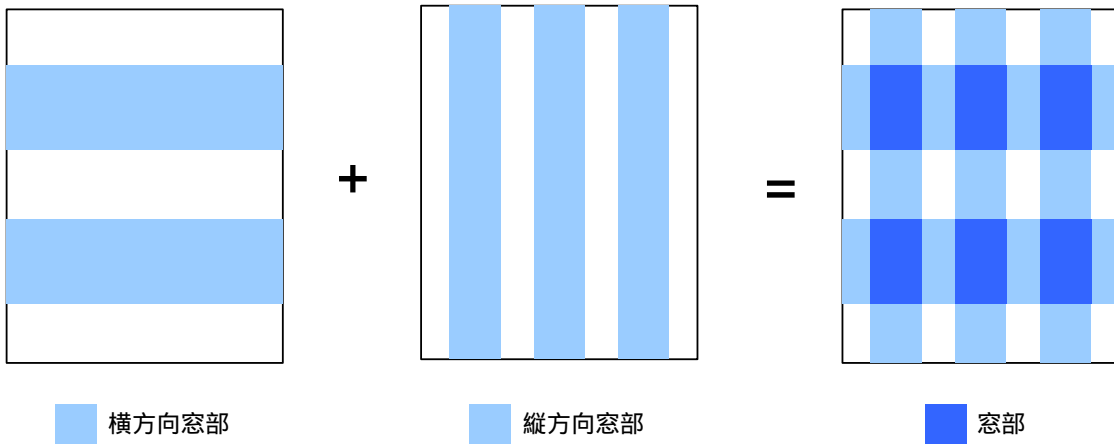
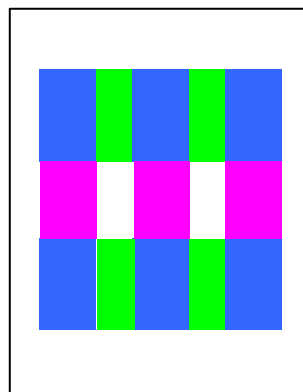


図 3.2-6 窓抽出

表 3.2-3 窓枠部特徴量

No.	特徴量
1	横窓枠明度平均値
2	横窓枠明度分散
3	横窓枠横方向対称性(明度平均)
4	横窓枠縦方向対称性(明度平均)
5	横窓枠横方向対称性(明度分散)
6	横窓枠縦方向対称性(明度分散)
7	縦窓枠明度平均値
8	縦窓枠明度分散
9	縦窓枠横方向対称性(明度平均)
10	縦窓枠縦方向対称性(明度平均)
11	縦窓枠横方向対称性(明度分散)
12	縦窓枠縦方向対称性(明度分散)



- 窓部
- 横方向窓枠部
- 縦方向窓枠部

図 3.2-7 窓枠抽出

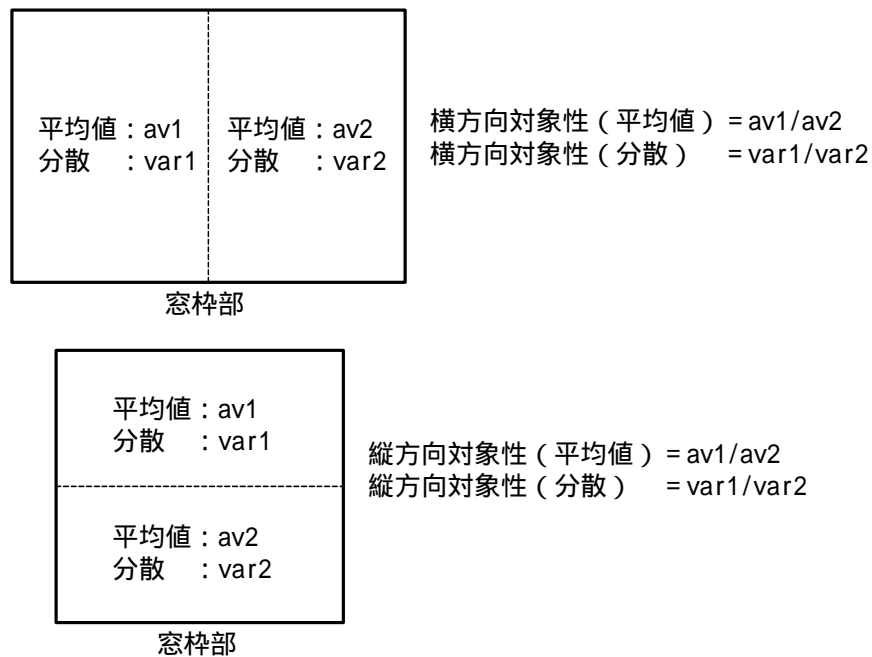


図 3.2-8 対象性評価値算出

(イ) テクスチャデータベース

A 基本設計

(A) 概要

3次元都市地図の情報端末における表示において、サーバ側からは建物外壁のテクスチャを構成する外壁・窓・出入口等の部品情報(形状、色、模様、大きさなど)だけを受け取り、端末側でテクスチャを再構成することにより、3次元都市地図の配信を高速に行うことを検討している。ここで、このサーバ側から送られてくる部品情報に基づいて端末側でテクスチャを再構成するために、部品情報に対応する外壁・窓・出入口等の部品テクスチャを作成する。各部品テクスチャは、通常の建物において使用されている一般的なものとし、50種程度を作成する。

(B) 参考資料およびデータ

a テクスチャデータサンプル(約 1000 ファイル)

B データ仕様

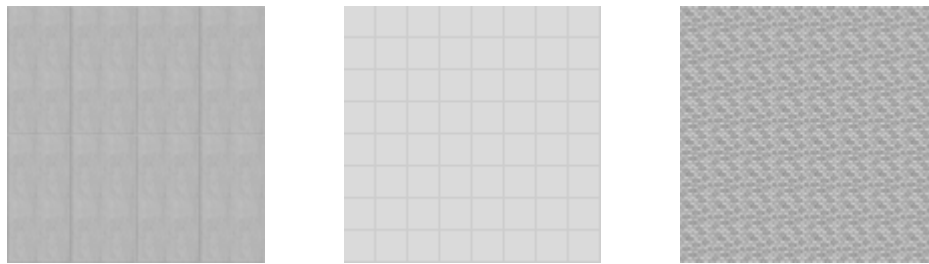
(A) フォーマット

画像形式	PNG, 8bit モノクロ
サイズ	自由

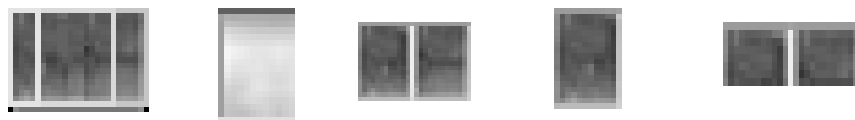
(B) 内容

基本設計に基づき、次のテクスチャデータを作成した。図 3.2-9 に部品テクスチャの例を示す。

壁	20 種
窓	76 種
窓枠	46 種
出入り口	50 種
上部構造物	69 種
その他	66 種



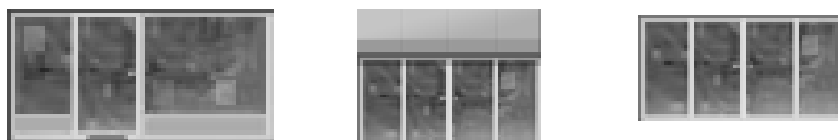
(a) 外壁



(b) 窓



(e) 窓枠



(c) 出入り口



(d) 上部構造物

図 3.2-9 部品テクスチャの例

(ウ)構造記述変換

A 基本設計

(A) 概要

指定されたテクスチャを複数の図形に分解し、図形の配置情報および各図形の表示属性からなる構造記述に変換するソフトウェアモジュールのシステム設計を行う。

ネットワーク型の 3 次元都市地図アプリケーションを検討しているが、3 次元都市地図は 2 次元地図に比較してデータ量が非常に大きいという課題がある。これを解決するために、送信しようとしている建物側面画像(テクスチャ)の代わりに、そのテクスチャを単純な図形の集まりと見なして、それらの図形の種類と配置の情報だけを送ることにより、送信に必要なデータ容量を削減すること考えている。

本ソフトウェアモジュールは、このようなテクスチャの図形化情報(構造化記述)を生成する。

(B) 参考資料およびデータ

- a テクスチャデータサンプル(約 1000 ファイル)

(C) 分析内容

a 構造記述

どのような構造記述が適しているかを検討する。構造記述の内容の例を図 3.2-10 に示す。

b 構造記述への変換方法

規程した構造記述に変換(自動変換)する方法について検討する。以下に、変換方法の例を示す。

[変換方法の例]

既に作成した類似検索における画像解析手続きを流用する。外壁・窓・窓枠の分離や、特徴量として算出した形状や表示属性など。

予め、検索側のテクスチャに構造記述を与えておき、類似検索でヒットしたテクスチャの構造記述を解とする。

(いずれの方法でも、色相・明度・彩度の取得手続きは新規に作成する必要がある。)

上記 と を組み合わせる。

[構造記述の例]

外壁:模様、色相、明度、彩度、縦サイズ、横サイズ

窓:模様、色相、明度、彩度、縦サイズ、横サイズ、縦数、横数

窓枠:形状、色相、明度、彩度、縦サイズ、横サイズ

入り口(下部構造物):形状、色相、明度、彩度、縦サイズ

上部構造物:形状、色相、明度、彩度、縦サイズ、横サイズ

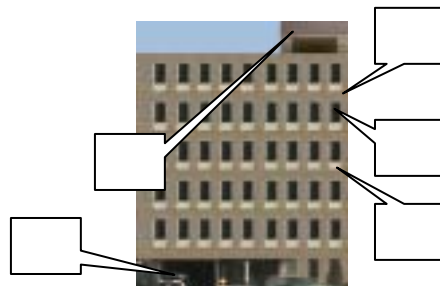


図 3.2-10 構造記述の例

B 機能仕様

(A) 全体処理フロー

図 3.2-11 に構造記述変換処理全体の処理フローを示す。

(B) 入力画像フォーマット変換

a 要求機能

任意サイズの JPEG 形式画像ファイル(24 ビットカラー画像)を読み込み、メモリへ展開する。

b 仕様

入力:JPEG 形式画像ファイル(24 ビットカラー画像)

出力:unsigned char pix_rgb[x_size × y_size × 3]

pix_rgb: 明度値

x_size: 画像横サイズ(ピクセル数)

y_size: 画像縦サイズ(ピクセル数)

画像左下を原点とし、R G B の順にビットデータを展開する。

(C) 画像入力

a 要求機能

PNG 形式画像ファイル(8 グレースケール画像)を読み込み、メモリへ展開する。

画像サイズは、256 × 256、64 × 32、64 × 64、128 × 3 の何れかとする。

b 仕様

入力: PNG 形式画像ファイル(8 グレースケール画像)

出力: unsigned char pix[x_size × y_size]

pix: 明度値

x_size: 画像横サイズ(ピクセル数)

y_size: 画像縦サイズ(ピクセル数)

画像左下を原点とし、ビットデータを展開する。

(D) 領域分割

a 要求機能

(B)項での出力データを基に、画像を外壁、窓それぞれの領域に分割する。

b 仕様

入力: unsigned char pix_rgb[x_size × y_size × 3]

出力: unsigned char texture[x_size × y_size]

texture: 外壁=1、窓=2、その他=0 と領域ごとにラベリングされたデータ

(B)項での出力データを8ビットグレースケールデータへ変換する。下記の計算式を用い変換する。

明度値 = $0.3 \times R + 0.59 \times G + 0.11 \times B$

外壁部抽出

8ビットグレースケールデータのヒストグラムを作成した後、移動平均をとる。

移動平均化したヒストグラムの最大度数を示す明度値を基準(A_p)にし、その基準より上方、下方それぞれ最近傍となる最大度数が1/2となる明度値(A_1, A_2)を求める。

求めた明度値(A_1, A_2)間の明度値を示すピクセルを外壁部とし、texture配列の該当箇所を「1」とする。(図 3.2-12 参照)

窓部抽出(図 3.2-13 参照)

8ビットグレースケールデータより、横方向、縦方向それぞれの一次元明度分布を作成する。

一次元明度分布の移動平均を算出する。

横方向、縦方向それぞれの一次元明度分布の平均値を算出し、平均

値以下のエリアをそれぞれ「横方向窓部」、「縦方向窓部」とする。

求めた「横方向窓部」、「縦方向窓部」より、横方向窓数、縦方向窓数、横方向窓サイズ、縦方向窓サイズを算出する。

「横方向窓部」と「縦方向窓部」の重なり合った部分を窓部とし、texture配列の該当箇所を「1」とする。

(E) 外壁特徴量算出 1

a 要求機能

(D)項で領域分割した、外壁部のテクスチャデータより特徴量を算出する。特徴量は、明度平均、明度分散、サイズ、位置、色情報とする。

b 仕様

入力: unsigned char pix_rgb[x_size × y_size × 3]

unsigned char texture[x_size × y_size]

出力: サイズ、位置、色情報、明度平均値、明度分散値

texture 配列より外壁部 (=1) の存在範囲を探索し、外壁部矩形情報を取得する (図 3.2-14 参照)。

外壁部矩形情報より、サイズ、位置を算出する。

外壁部ピクセルの RGB の平均値を HSV (Hue:色相, Saturation:彩度, Value:明度) に

変換する。変換式は以下の通り。

色相:Hue の求め方

まず, RGB のそれぞれのの中の最大の値のものと, 最小の値のものを導き出す。

G の値が最大ならば, Hue は $(B - R) / (\text{最大値} - \text{最小値}) * 60 + 120$

B の値が最大ならば, Hue は $(R - G) / (\text{最大値} - \text{最小値}) * 60 + 120$

R の値が最大の場合で,

B の値が G の値よりも大きければ, Hue は $(G - B) / (\text{最大値} - \text{最小値}) * 60 + 360$

G の値が B の値よりも大きければ, Hue は $(G - B) / (\text{最大値} - \text{最小値}) * 60$

となる。

彩度:Saturation の求め方

RGB のそれぞれの値の中での最大値と最小値の差を最大値で割ったものが Saturation の値となる。

$(\text{最大値} - \text{最小値}) / \text{最大値}$

明度:Value の求め方

RGB のそれぞれの値の中で最大のものが、そのまま Value の値となる。

(F) 窓特徴量算出 1

a 要求機能

(D)項で入力した窓のテクスチャデータより特徴量を算出する。
特徴量は窓列単位で平均化された値を出力すること。

b 仕様

入力: unsigned char pix_rgb[x_size × y_size × 3]

unsigned char texture[x_size × y_size]

出力: 縦方向窓数、上下方向間隔、位置、サイズ、色情報、明度平均値、
明度分散値、

対称性

縦方向窓数、上下方向間隔を除く各特徴量は、各窓列ごとの平均値
とし、抽出された縦方向窓数分のデータを算出するものとする。(縦方向
窓数、上下方向間隔は共通項目)

(D)項で求めた、横方向窓サイズ、縦方向窓サイズを基に、窓列ごとの
平均を求める。

各窓について、明度平均値、明度分散値、色情報、対称性を算出し、
窓列ごとの平均値を算出する。

各窓の上下方向の間隔の平均値を算出する。(図 3.2-15 参照)

各窓列の始点位置座標を求める。(図 3.2-15 参照)

対称性算出方法

横方向、あるいは縦方向を 2 分割し、明度の平均値、分散値それぞ
れの比を求め、対称性評価値とする(図 3.2-16 参照)。

(G) 外壁特徴量算出 2

a 要求機能

(C)項で入力した外壁部のテクスチャデータより特徴量を算出する。
特徴量は、明度平均、明度分散とする。

(b) 仕様

入力: unsigned char pix[x_size × y_size]

出力: 明度平均値、明度分散値

(H) 窓特徴量算出 2

a 要求機能

(C)項で入力した窓のテクスチャデータより特徴量を算出する。

特徴量は、明度平均、明度分散、対称性とする。

b 仕様

入力: unsigned char pix[x_size × y_size]

出力: 明度平均値、明度分散値、対称性

(I) テクスチャ部品データ出力

a 要求機能

(G)項、(H)項で算出した特徴量データを XML 形式ファイルにて出力する。

b 仕様

各部品ごとに、指定されたディレクトリ内の全画像に対して特徴量を算出し、XML 形式で出力する。

各部品の特徴量は、表 3.2-4 ~ 3.2-5 による。

(J) 特徴量正規化

a 要求機能

検索キー画像より領域分割にて抽出した各部品、および全てのテクスチャ部品の特徴量を正規化する。

b 仕様

テクスチャ部品すべての特徴量を算出し、それぞれの特徴量について平均値、標準偏差を求める。

算出した平均値、標準偏差を用い正規化を行う。

検索キー画像より領域分割にて抽出した各部品についても、検索対象画像から求めた平均値、標準偏差を用いて正規化を行う。

(K) 評価値算出

a 要求機能

正規化された特徴量および、それぞれの特徴量に対応した重み係数を用いて評価値を算出し、評価値が最小となるテクスチャ部品のファイル名を取得する。

b 仕様

ユーザー指定の重み係数ファイルを読み込む。

重み係数ファイルが存在しない場合は、重み係数を全て同じ値とする。

評価値算出式を以下に示す。

特徴量数(次元数) n

キー画像特徴量 $X_i = \{ 1x_i, 2x_i, \dots, nx_i \}$

検索対象画像特徴量 $X_j = \{ 1x_j, 2x_j, \dots, nx_j \}$

重み係数 $W = \{ 1k, 2k, \dots, nk \}$

評価値 $E = \{ |k(|x_i - |x_j|)| \}^2$

(L) 構造記述データ出力

a 要求機能

ユーザーが選択したキー画に対し、各部品の類似画像ファイル名、特徴量を XML 形式でファイル出力する((G)項、(H)項で算出した特徴量を入力する)。

b 仕様

類似画像ファイル名、特徴量を XML 形式ファイルで出力する。

出力ファイル名は、キー画像名の拡張子を“xml”へ変更したものとす
る。

(M) 重み係数最適解探索

a 要求機能

ユーザーが選択したキー画像とベストマッチ画像(類似画像)の組み合わせによる評価値が最小となる重み係数を算出する。

b 仕様

Excel シート上でキー画像に対応するベストマッチ画像を選択できる。

キー画像、ベストマッチ画像の組み合わせは 20 通り以上とする。

評価値の総和を算出する。評価値の算出方法は k 項参照。

Excel のソルバー機能を使用し、評価値の総和が最小となる重み係数の組み合わせを算出する。

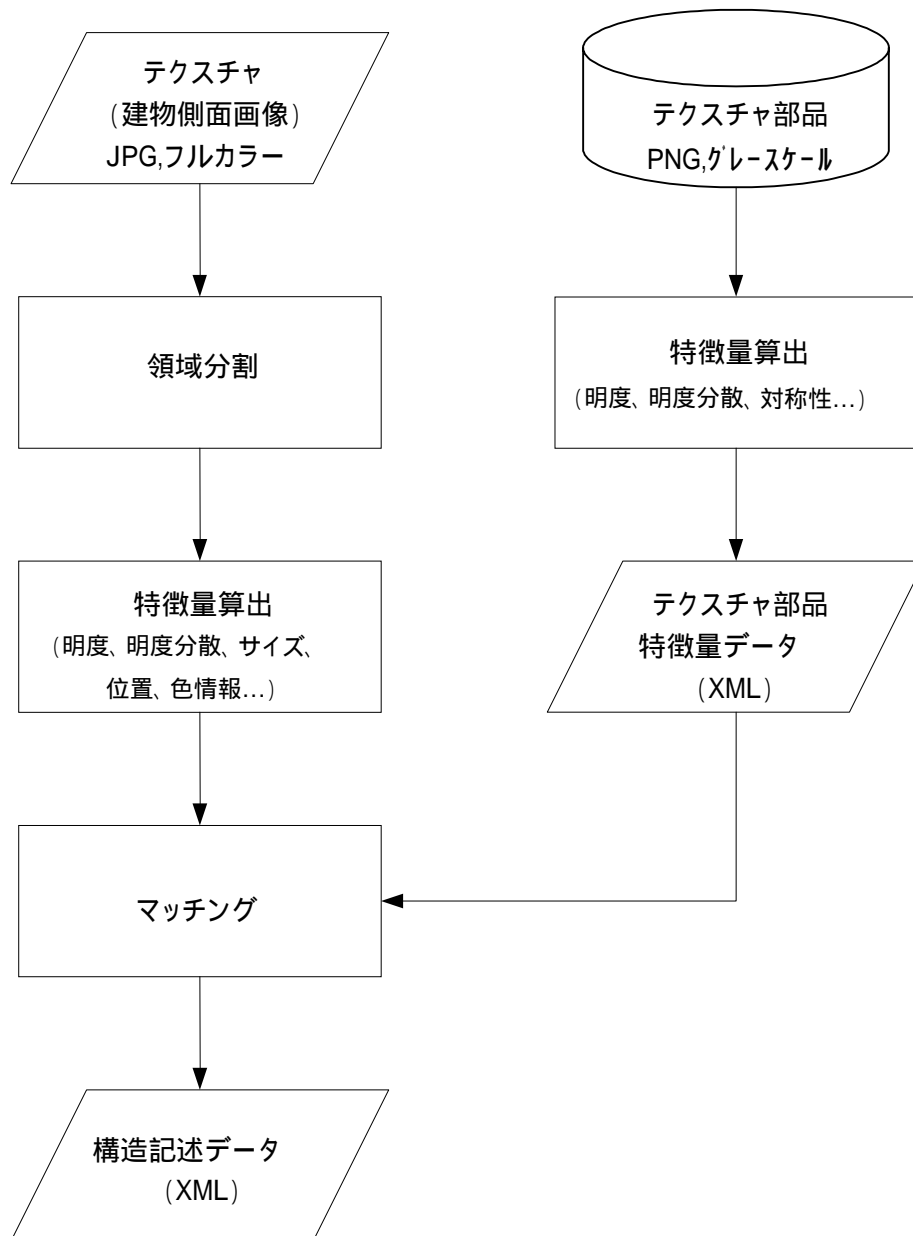


図 3.2-11 構造記述変換処理フロー

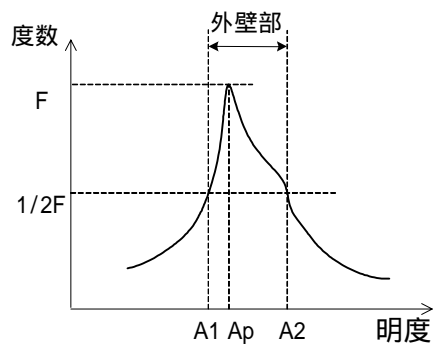


图 3.2-12 外壁部明度範圍決定

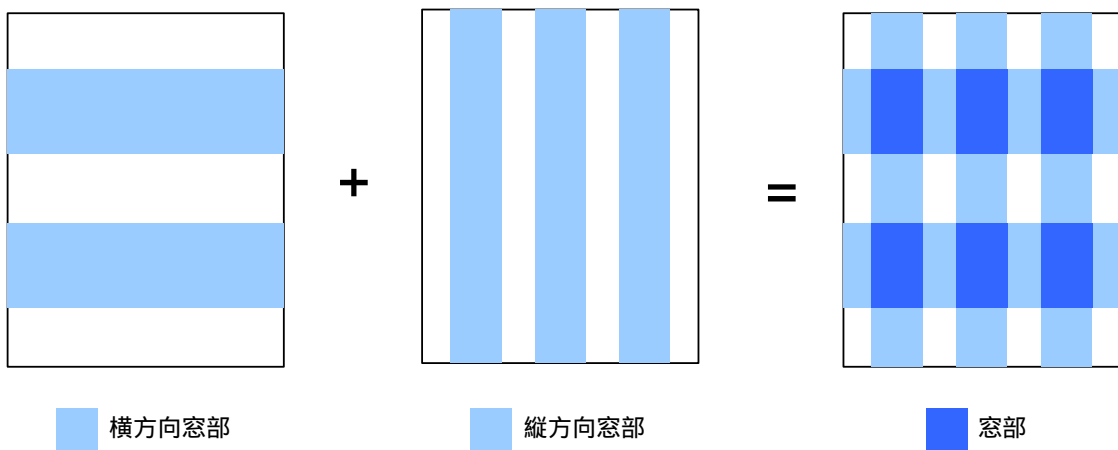


图 3.2-13 窓抽出

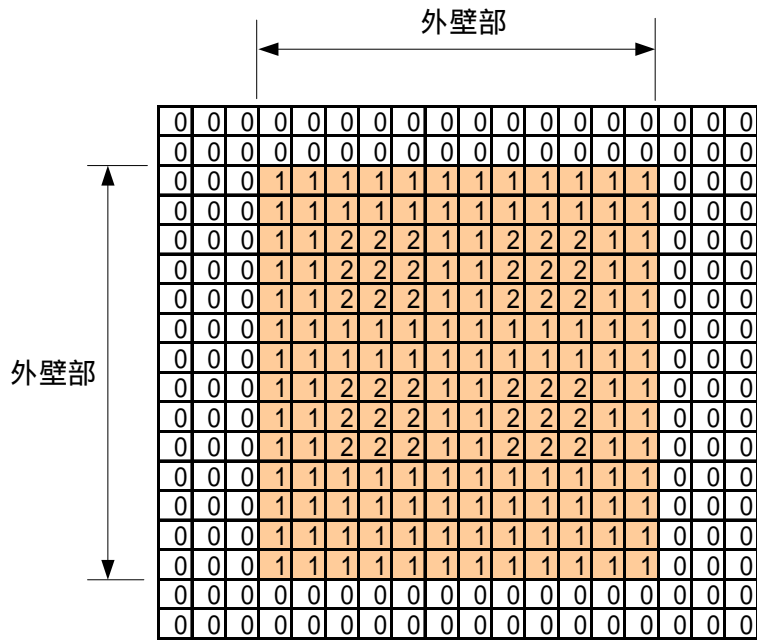


图 3.2-14 外壁部

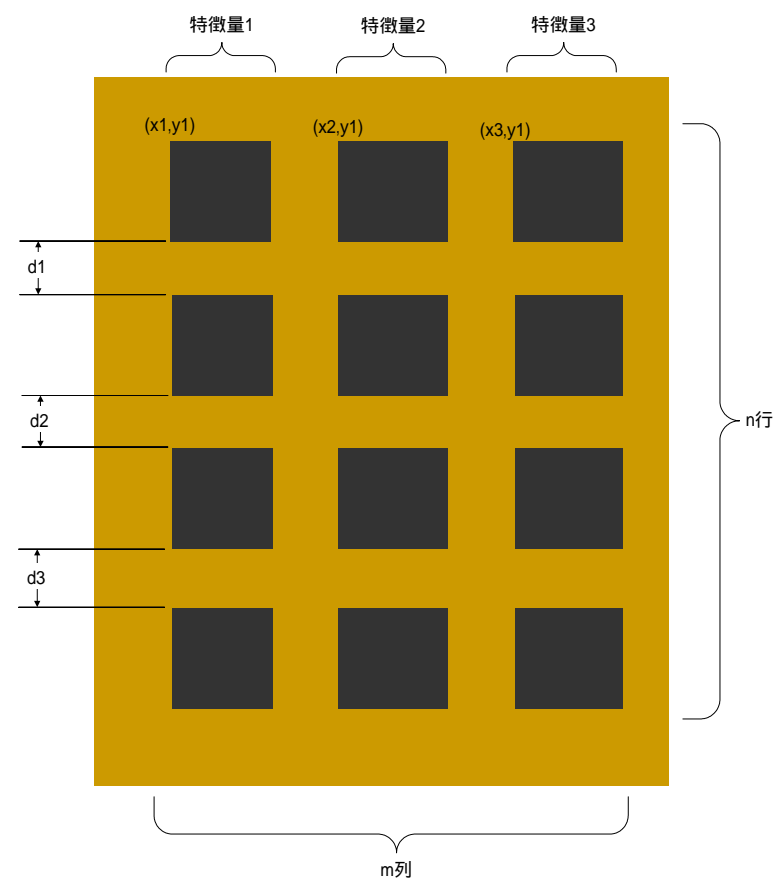


图 3.2-15 对称性评价值算出

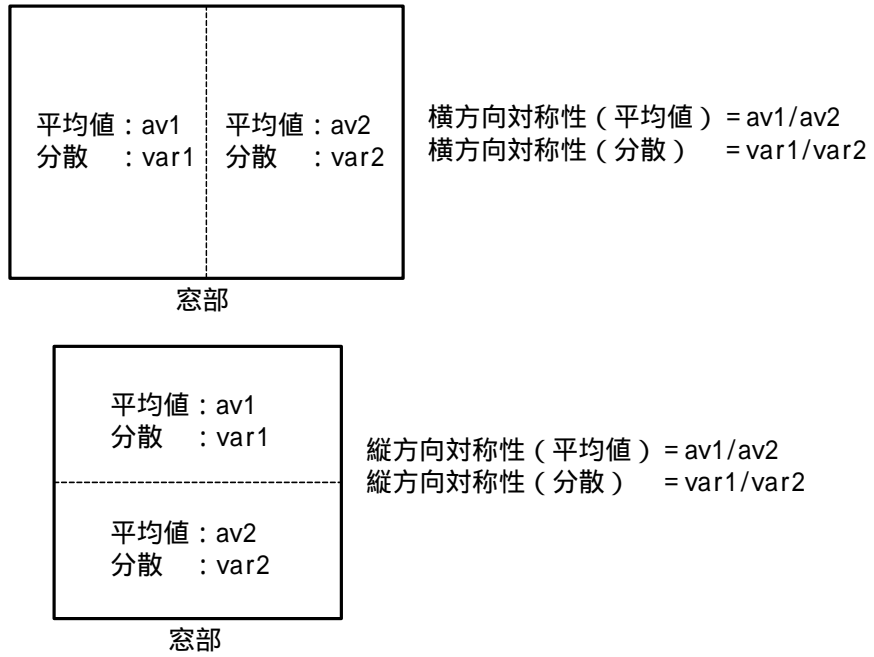


図 3.2-16 对称性評価値算出

表 3.2-4 外壁特徴量

No.	特徴量
1	明度平均值
2	明度分散値

表 3.2-5 窓特徴量

No.	特徴量
1	明度平均值
2	明度分散値
3	横方向对称性(明度平均)
4	横方向对称性(明度分散)
5	縦方向对称性(明度平均)
6	縦方向对称性(明度分散)

(エ) ユーザインタフェースおよび送受信モジュール

A 基本設計

(A) 概要

サーバに蓄積されている3次元都市地図に対し、クライアント側で領域指定を行うことにより、サーバにて3次元都市地図の切り出しを行い、クライアントへ当該範囲の3次元都市地図のジオメトリと構造記述を配信するとともに、クライアントにおいてそれを受信して3次元都市地図を表示するソフトウェアモジュール(デモシステム)を作製する。

(B) 基本機能

ユーザインタフェースの機能を図 3.2-17、システム構成を図 3.2-18 に示す。

・ データ配信および表示の比較(シミュレーション)

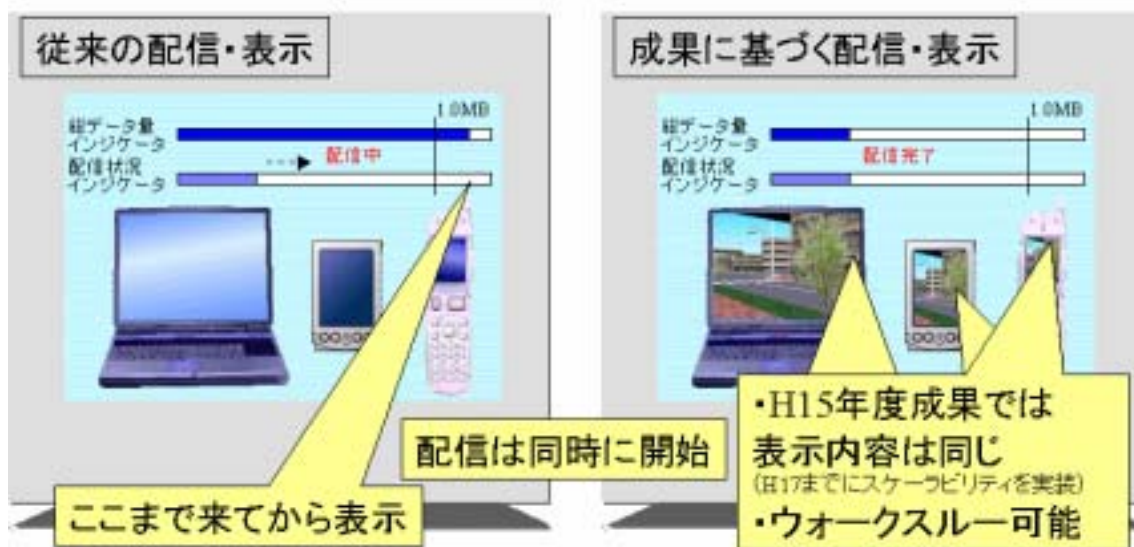


図 3.2-17 ユーザインタフェースの機能

• デスクトップ型PC 1台

• ノート型PC 2台



- 1CPU, 2.5GHz
- Main Memory 2GB
- Hard Disk 60GB
- 15inch液晶ディスプレイ

- 2CPU, 3GHz
- Main Memory 2GB
- WildCat
3D Graphics Board
- 21inch液晶ディスプレイ

図 3.2-18 システム構成

(オ) テクスチャ再構成

A 基本設計

(A) 概要

テクスチャの構造記述データに基づき、テクスチャデータベース中の部品テクスチャを組み合わせてテクスチャを作成する、テクスチャ再構成ソフトウェアモジュールのシステム設計を行う。

(B) 解析対象技術資料およびデータ

- a テクスチャ構造記述データ仕様
- b テクスチャデータサンプル(約 1000 ファイル)

(C) 解析内容

技術資料とデータサンプルについて検討し、テクスチャ再構成を実現するソフトウェアのシステム仕様を設計する。

B 機能仕様

(A) 全体処理フロー

図 3.2-19 にテクスチャ再構成の全体処理フローを示す。

(B) 入力画像フォーマット変換

a 要求機能

構造記述データに従い、建物側面テクスチャの合成を行い、PNG 形式にてファイル出力する。

b 仕様

構造記述データ(XML 形式)を読み込む。

テクスチャ部品データベースより、構造記述データに記載されている各部品の画像データを読み込む。(PNG 形式、8bit グレースケール)

構造記述データおよび各テクスチャ部品の明度値より、色付けを行う。

構造記述データより HSV 平均値を読み込む。

HSV 平均値を RGB 平均値へ変換する。

RGB 平均値、テクスチャ部品の明度値より色付け(フルカラー化)を行う。

変換式を以下に示す。

$$R = k1 \times \text{明度値} \times \text{Rav} / (\text{Rav} + \text{Gav} + \text{Bav})$$

$$G = k2 \times \text{明度値} \times \text{Gav} / (\text{Rav} + \text{Gav} + \text{Bav})$$

$$B = k3 \times \text{明度値} \times \text{Bav} / (\text{Rav} + \text{Gav} + \text{Bav})$$

$k1, k2, k3$: 係数 (ini ファイルにて設定)

構造記述データに従い、色付けした部品をクロップあるいはリサイズし、合成した後にファイル出力する。(PNG 形式、24bit フルカラー)

外壁を構造記述データに従いクロップする。

外壁以外の部品を構造記述データに従いリサイズする。

「外壁」「窓枠」「窓」「入り口」「上部構造物」の順に上書き合成する。

このとき明度値「0」となっている部分は透過部とする。

24bit フルカラーPNG 形式にてファイル出力する。

RGB 変換

1) $S = 0$ のとき

$$R = G = B = V$$

2) $S \neq 0$ のとき

$$h = \text{floor}(H / 60) \quad \text{floor}(x) \text{ は } x \text{ 以下の最大の整数を与える関数}$$

$$P = V \times (1 - S)$$

$$Q = V \times \{1 - S(H - h)\}$$

$$T = V \times \{1 - S(1 - H + h)\}$$

h の値より R, G, B を以下のように定める

$$h = 0 \text{ のとき } R = V, G = T, B = P$$

$$h = 1 \text{ のとき } R = Q, G = V, B = P$$

$$h = 2 \text{ のとき } R = P, G = V, B = T$$

$$h = 3 \text{ のとき } R = P, G = Q, B = V$$

$$h = 4 \text{ のとき } R = T, G = P, B = V$$

$$h = 5 \text{ のとき } R = V, G = P, B = Q$$

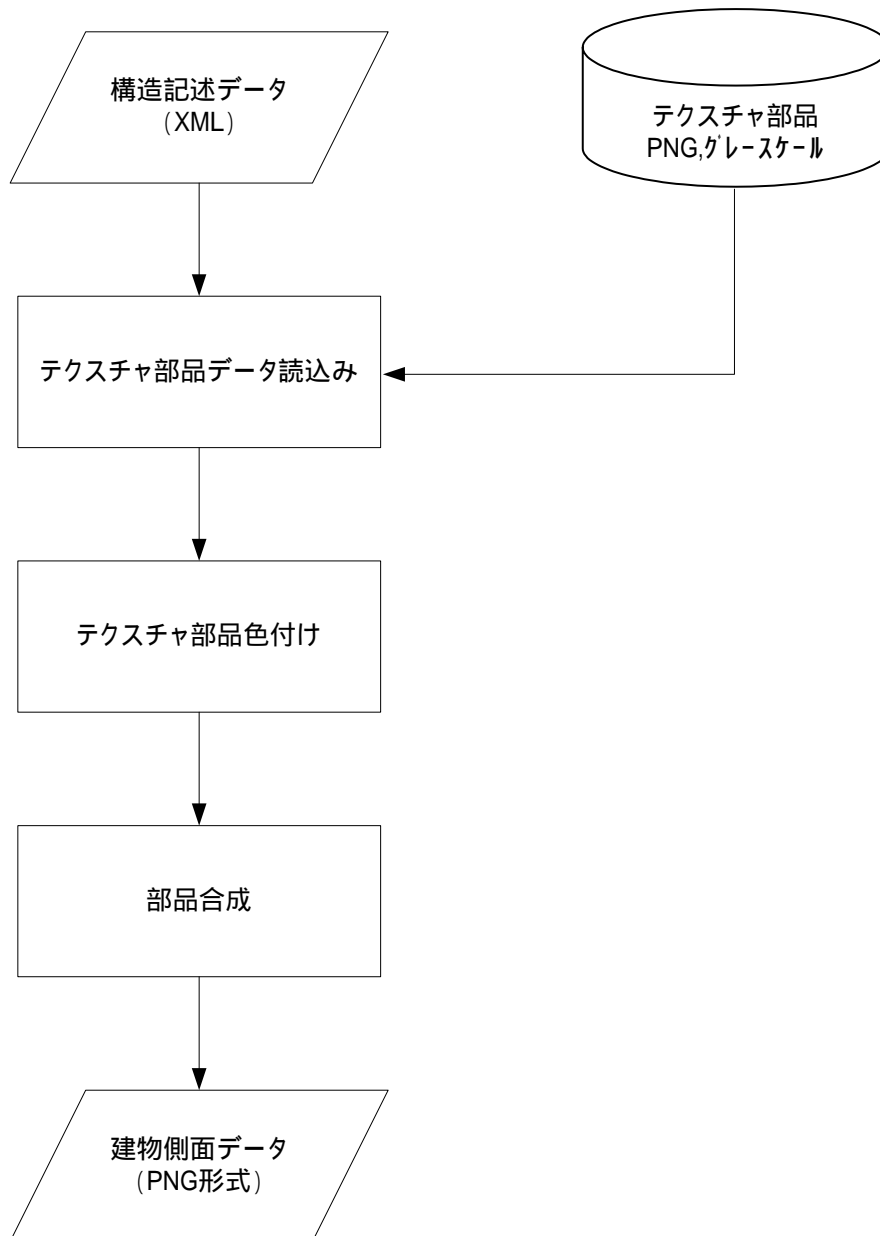


図 3.2-19 再構成モジュール処理フロー

オ 実験結果

以下、プロトタイプ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 Epson Endeavor
CPU Pentium 3
クロック 850MHz
メインメモリ 256MB

(ア) 建物側面テクスチャを対象とした類似画像検索

処理結果の例を図 3.2-20 に示す。50 ファイルの特徴量算出に要した時間は 1.7 秒、キー画像の指定から検索結果の出力までに要した時間平均は 0.5 秒であった。

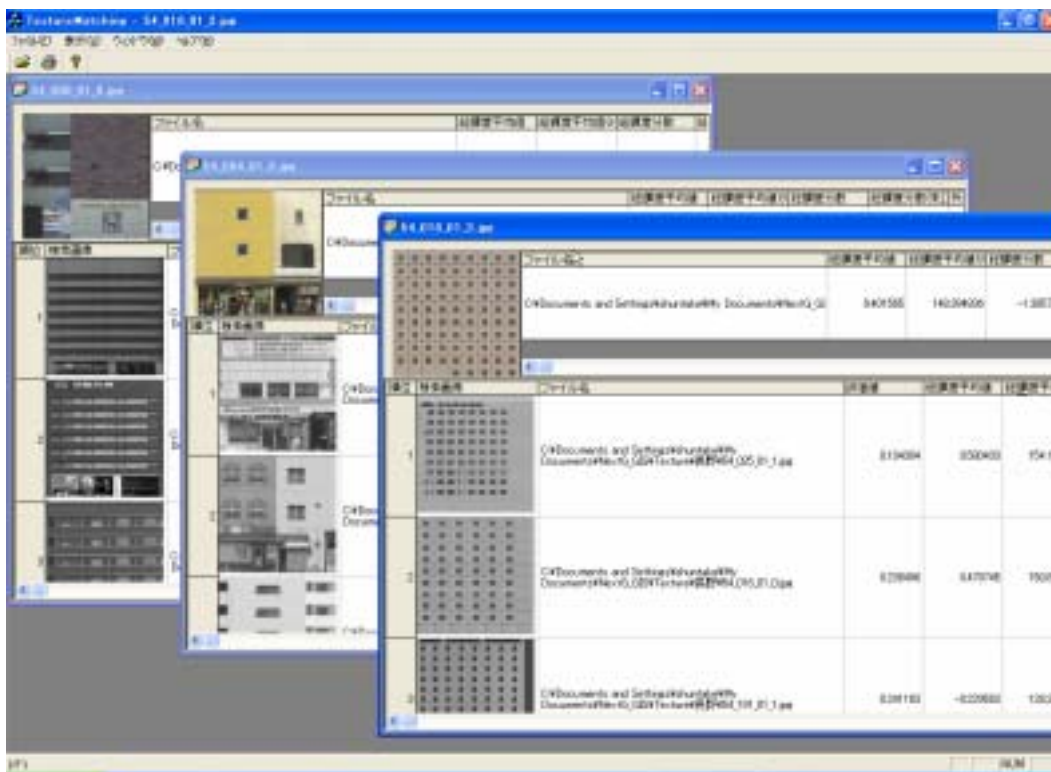


図 3.2-20 類似検索の結果例

(イ) 建物側面テクスチャの構造記述変換

実験に用いたテクスチャの一覧を図 3.2-21 に示す。また、構造記述変換結果の例を図 3.2-22 に示す。50 ファイルの構造記述変換に要した時間は 2.5 秒であった。



図 3.2-21 入力テクスチャ



図 3.2-22 構造記述変換結果の例

(ウ) ユーザインタフェースおよび送受信モジュール

クライアントのユーザインタフェースを図 3.2-23 に示す。PDA を模した表示としており、ユーザが提示されている 2 次元画像中の 1 地点を指定すると、サーバ側でデフォルト半径 100m の 3 次元地図が切り出され、クライアントはそれを受信して 3 次元地図ビューアに表示している。この例を図 3.2-24 に示す。

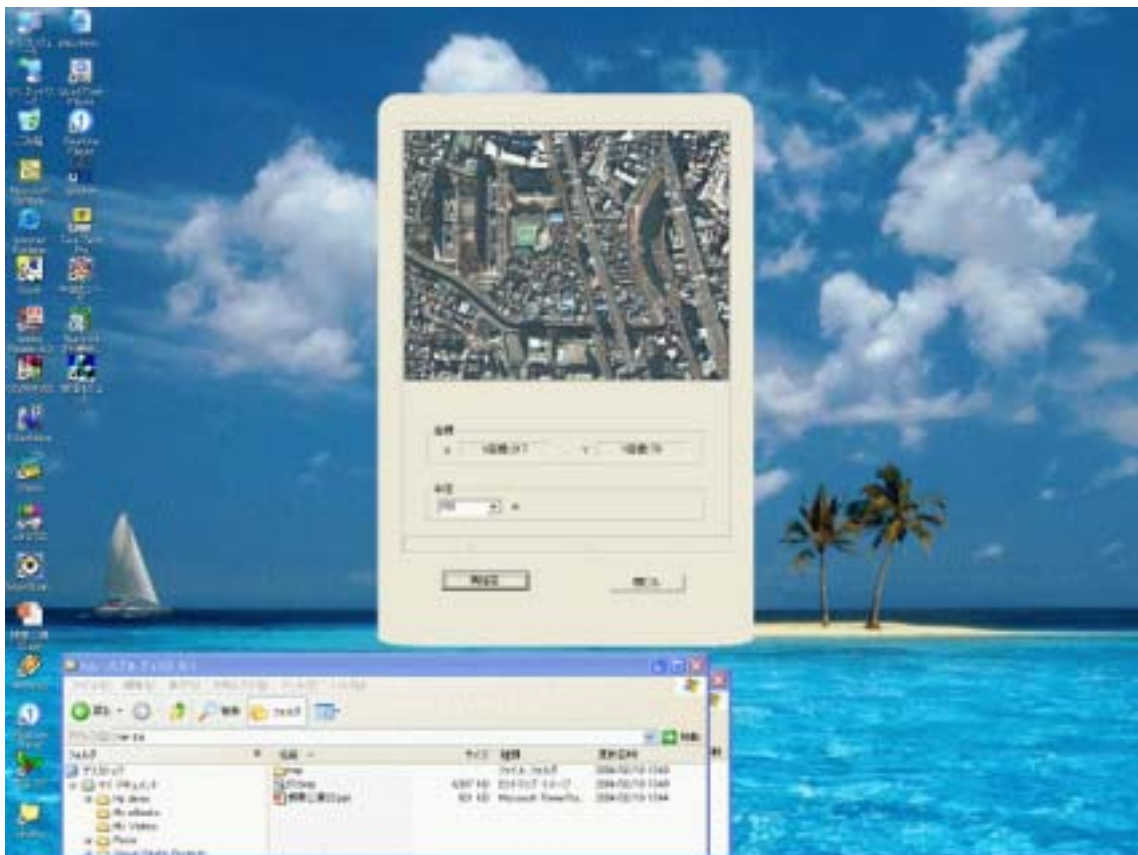


図 3.2-23 ユーザインタフェース

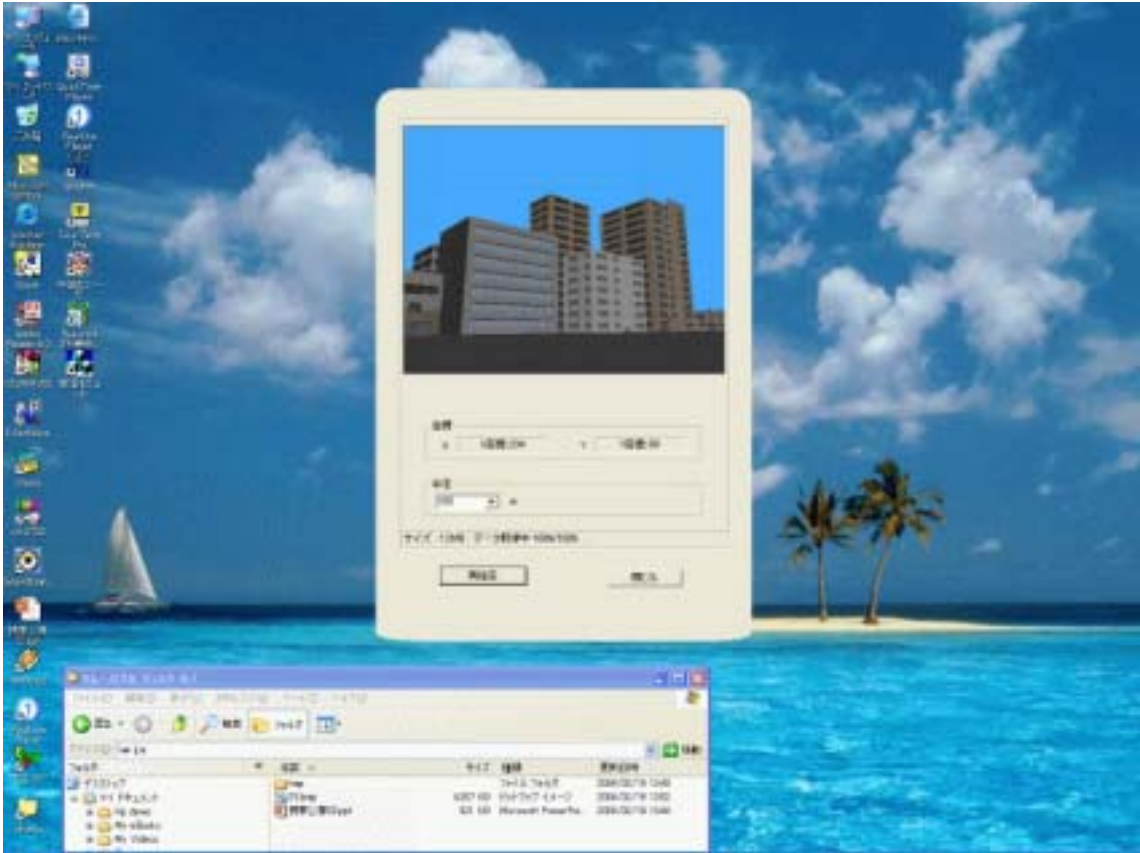


図 3.2-24 3次元地図配信の表示例

(エ) テクスチャ再構成

50 ファイルのテクスチャに対して構造記述変換を行った結果に基づき、テクスチャの再構成を行った。この結果の例を図 3.2-25 に示す。所要時間は 25.2 秒であった。

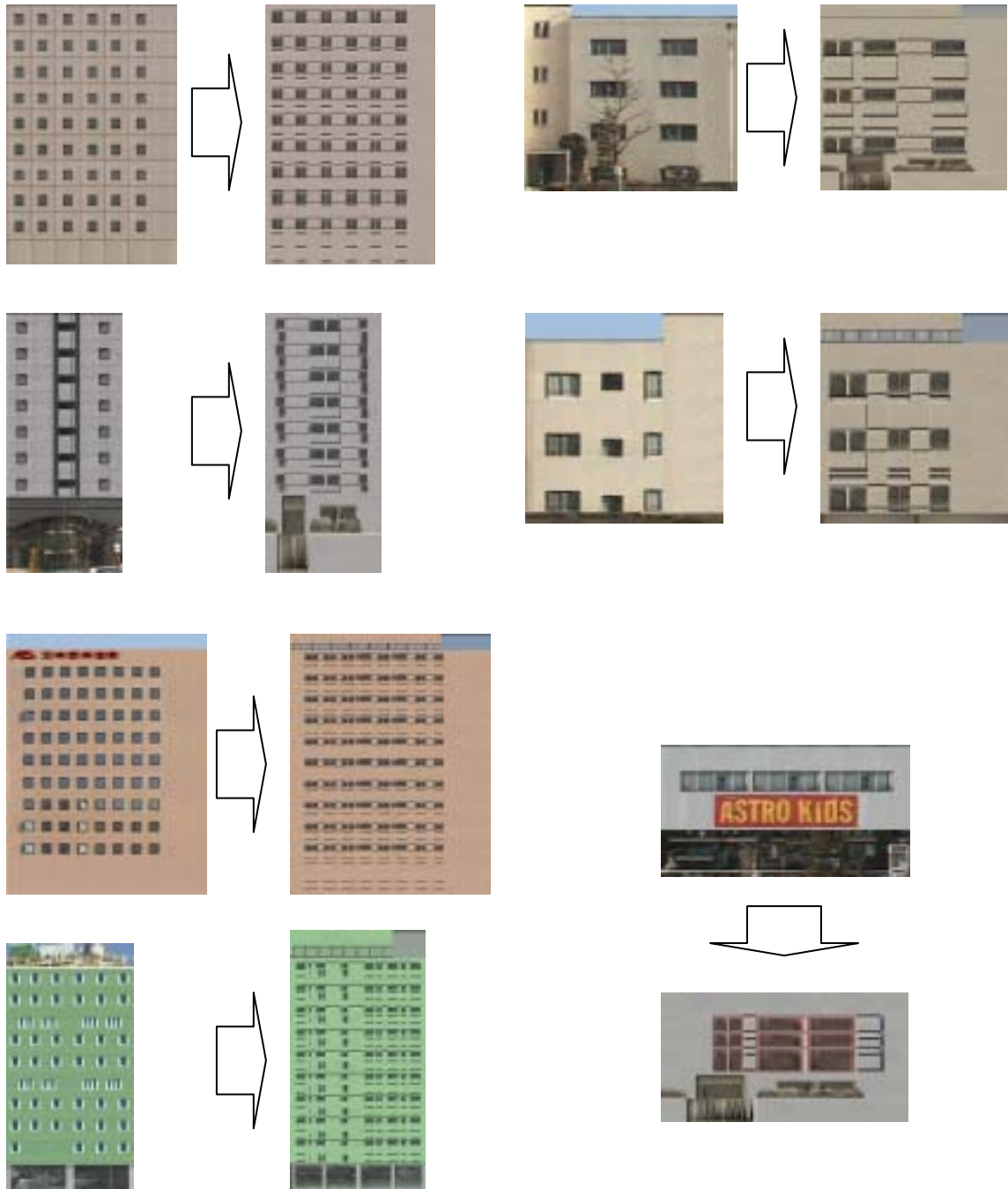


図 3.2-25 再構成テクスチャの例

(オ) 組み合わせ実験

クライアント側における地図範囲の指定から、3次元都市地図の表示までに要する時間について、テクスチャデータをそのまま送信する場合(従来方法)とテクスチャ構造化・再構成に基づく場合の比較計測を行った。

送信データ

3次元都市地図

対象エリア	墨田区立花周辺 200m 四方
テクスチャファイル数	162
テクスチャデータ容量	5910KB
ジオメトリファイル数	1
ジオメトリデータ容量	90KB
構造記述データ容量	221KB

通信仕様

データ送受信速度	384Kbps 相当
(FOMA 回線の使用を想定したシミュレーション)	

クライアント仕様

CPU クロック	1.0GHz
メインメモリ	256MB

従来方法:

送信総データ量	6000KB
受信所要時間	125.0 秒
表示所要時間(受信後)	2.6 秒

テクスチャ構造化・再構成適用方法:

送信総データ量	311KB
受信所要時間	6.5 秒
表示所要時間(受信後)	40.8 秒

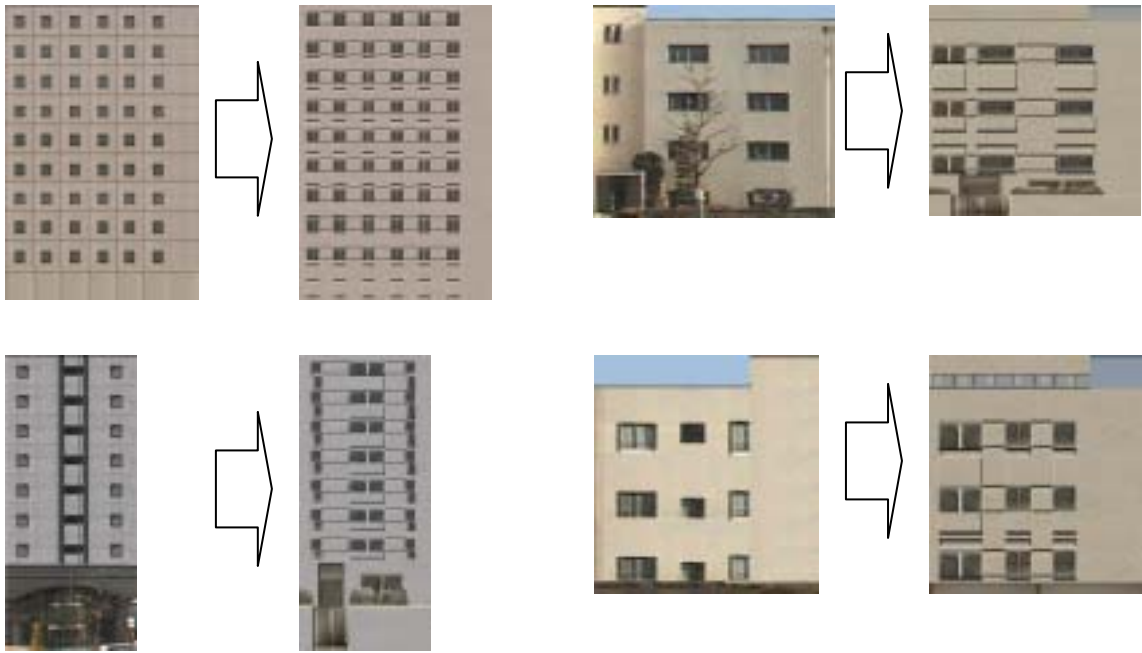
カ 考察

(ア) 提案手法の応答性について

テキストチャ構造化・再構成適用方法では、テキストチャデータの代わりに構造記述データを送信しているため、受信所要時間は 1/20 程度に短縮されている。一方、クライアント側にてテキストチャ再構成処理を行っているため、データの送受信完了から表示までの所要時間は、従来方法に比べて 30 秒以上も長くなっている。しかし、データ受信の所要時間と表示の所要時間の合計を比較すると、テキストチャ構造化・再構成適用方法は従来方法の 40%以下となっている。従って、応答時間としては提案手法の効果は明らかである。ところで、テキストチャ再構成処理における各フェーズの処理時間の内訳は、XML ファイルの読み込みが約 60%、テキストチャデータの合成が約 30%、PNG ファイルの書き込みが約 10%となっており、XML ファイルの読み込みに大部分の時間を要していることがわかる。従って、構造記述データを XML 形式とせず、適当なフォーマットを規定したバイナリファイルなどとする事により、応答性の改善が図れるものと考えられる。

(イ) テキスチャの構造化・再構成に基づく 3 次元都市地図について

図 3.2-26 に、オリジナルテキストチャと再構成テキストチャを比較した例を示す。図 3.2-26(a)は、適当に変換された例、図 3.2-26(b)は不適当な変換が行われた例である。前者は建物の特徴を適切に表現しているため、これを用いた 3 次元都市地図は地理的な情報をユーザに正しく伝達可能であると考えられる。後者は誤った情報をユーザに伝達する可能性があるが、後者の比率は 25%以下であるため、歩行者向けのナビゲーション等の用途では問題が生じないと思われる。また、不適当な変換が行われた原因は、テキストチャの構造記述変換処理中の画像解析処理において適切な特徴を抽出できなかったことにあり、画像解析処理を改良することにより不適切な変換を減少できると考えられる。



(a) 適当な変換が行われた例



(b) 不適当な変換が行われた例

図 3.2-26 テクスチャ構造化・再構成の例

(3) まとめ

本節では、3次元都市地図配信におけるデータ容量の削減方法として、テキスト構造化・再構成手法を提案し、プロトタイピングに基づく実験により、提案手法の有効性を検証した。この結果、通信に必要なデータ容量については従来の約1/20、現行の携帯電話サービスを想定した応答時間については従来の40%を得た。一方、歩行者向けのナビゲーション等の用途においては問題は無いと考えられるが、提案手法に基づいて端末側で再構成するテキストの一部は、オリジナルのテキストの特徴を適度に表現できておらず、ユーザに誤った地理的情報を伝達する可能性があることもわかった。この問題は、テキストを構造記述に変換するプロセスにおける画像解析処理の改良によって解消できると考えられる。また、データ容量について1/20程度の削減に成功したが、目標の1/100には到達していない。さらに、データの削減比率1/20に比較すると、従来比40%の応答時間は十分とは言えない。これらの問題は、XML形式として実装したテキストの構造記述データを、バイナリ形式の独自フォーマットに置き換えることで解消できると考えられる。

以上の結論として、提案手法の有効性について基本的な確認を行うことができたが、技術としての確立のために、今後次の課題に取り組む必要があると考える。

- 課題1: 構造記述変換における画像解析処理の改良
- 課題2: データ容量削減効率の改善
- 課題3: 応答時間の改善

第四章 まとめ

図1に平成15年度の成果を示す。

		H15年度目標	研究開発内容	平成15年度目標達成
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 1/2に圧縮、圧縮時間30分	差分方式を用いた圧縮方式 の検討 有効データを抽出による 圧縮方式の検討	空間データを1/2に圧縮、 圧縮時間30分
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	空間データ管理技術 (三菱電機)	空間データの最適化抽出 (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。)	空間データを最適に抽出 する手法を検討 空間データを高速に抽出 する手法の検討	20%以上削減して 3次元空間データを抽出 予めレンダリングした 画像を3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)	データ生成方式の検討 複合メディアのナビゲーション の試作 データ量削減方式の検討 ナビゲーション方式の評価	携帯電話上で、映像に 変換した空間データを表示 文字や音声のキャプション とリンク付ける
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)	端末性能の違いに対応した パノラマ画像利用の空間 データ伝送手法の試作 マルチキャスト伝送プロトコル に対するサービス要求条件を 明確化	ノートパソコンへ3次元空間 データを配信しスムーズに 表示 PDAへ3次元空間データを 配信し連続した画像で表示 マルチキャスト空間データ 伝送の機能仕様の作成
	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)	テキストデータの 画像解析試作 テキストデータの構造化 方式の検討	圧縮方式の決定 テキストデータの50%圧縮

図1平成15年度の成果

平成15年度は、それぞれの技術項目について、基本となる部分の研究開発を行った。

3次元GISデータ圧縮技術は、レーザ測量システム取得空間データを可逆のまま30分以内で1/2以下に圧縮する目標が達成できた。

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のうち、空間データ管理技術は、モバイル端末へ伝送するために抽出する空間データを選択的に抽出する。従来手法による景観の再現表示に比べ、抽出する空間データの量を20%以上削減しても、見劣りのしない景観を再現できることを確認した。

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のうち、メディア複合技術では、映像形式に変換した空間データにキャプション形式で属性情報を関連つけることを可能にした。

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、空間データスケラブル伝送技術と空間データマルチキャスト伝送技術の研究開発を行った。空間データスケラブル伝送技術として、ノートパソコンへは、380KB程度のパノラマ画像に変換した空間

データと、1MB 程度の空間データを伝送し、PDA へは、380KB 程度のパノラマ画像だけを伝送する伝送方式を研究開発した。これにより、ノートパソコンや PDA といった端末性能の違いによらず、どちらも空間データを表示してウォークスルーができることを確認した。ノートパソコンでは、20 フレーム / 秒以上の表示が可能であり、スムーズにウォークスルーが可能である。PDA においては、約2フレーム / 秒の表示が実現でき、パラパラ画像をめくるような表示でウォークスルー表示が可能である。空間データマルチキャスト伝送技術では、空間データをマルチキャスト伝送する機能仕様を作成した。

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、空間データのデータ容量の多くを占めるテクスチャデータを圧縮する手法の検討を行った。個々のデータによって、異なるが、サンプルデータを用い PNG 形式の 20KB ~ 40KB のテクスチャ画像を XML 形式で記述することにより、0.5KB ~ 4KB のデータに圧縮できる見込みを得た。

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い、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う必要がある。

参考文献

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] 橘 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、橘 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 トッパン、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/, 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-Dezfouli, 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 2.1.2 空間データ構造化抽出技術の検討

- [1] 3次元 GIS 技術ガイドライン 平成 15 年 3 月 NTT コミュニケーションズ
- [2] 古川, 宮崎, 神谷, 國枝 “3次元空間基盤「地球ナビゲータ TM」の構成技術と応用”, サイバースペースと仮想都市研究会 CSVC2002-21

第三章 2.2 メディア複合技術

- [1] 総務省情報通信政策局宇宙通信調査室、“GIS 構築のための情報通信技術の研究開発 報告書、” Mar.、 2002.
- [2] 総務省情報通信政策局宇宙通信調査室、“GIS 構築のための情報通信技術の研究開発 報告書、” Mar.、 2003.

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、“GIS 構築のための情報通信技術の研究開発 報告書、” Mar.、 2002.
- [2] 総務省情報通信政策局宇宙通信調査室、“GIS 構築のための情報通信技術の研究開発 報告書、” Mar.、 2003.
- [3] M. Luby、 et al.、“Asynchronous Layered Coding (ALC) Protocol Instantiation、” RFC3450、 Dec.、 2002.
- [4] J. Postel、 et al.、“File Transfer Protocol (FTP)、” RFC959、 Oct.、 1985.
- [5] M. Luby、 et al.、“Layered Coding Transport (LCT) Building Block、” RFC3451、 Dec.、 2002.
- [6] M. Luby、 et al.、“Forward Error Correction (FEC) Building Block、” RFC3452、 Dec.、 2002.
- [7] M. Luby、 et al.、“The Use of Forward Error Correction (FEC) in Reliable Multicast、” RFC3453、 Dec.、 2002.
- [8] K. Sollins、“The TFTP Protocol (Revision 2)、” RFC1350、 July、 1992.
- [9] 田中希世子 他、“コンテキスト情報を用いたマルチキャスト配信アーキテクチャの提案、” 情報処理学会シンポジウム(DICOMO2003)、 No. 030、 2003.
- [10] 鈴木偉元 他、“無線 LAN でのマルチキャスト誤り回復方式の比較検討、” 情報処理学会シンポジウム(DICOMO2003)、 No. 058、 2003.
- [11] “Reliable Multicast Transport Protocol 、 ” INTERNET-DRAFT 、 draft-shiroshita-rmtp-spec-01、 1997.

第三章 3.2 配信データ圧縮技術

- [1] S. Melax: "A Simple, Fast, and Effective Polygon Reduction Algorithm", Game Developer, 1998

- [2] T. Ishima, T. Yoshida and Y. Karasuyama: “Building Wall Surface Patterns Database for 3D Urban Map: A Categorization Method”, The 3rd International Workshop on Urban Multi-Media/3D Mapping (UM3 2000), 2000
- [3] 八木大亮, 阿部圭一, 中谷広正: 「HSV カラーモデルによるカラー航空写真の領域分割」, 情報処理学会研究報告「コンピュータビジョン」, 77-8, pp. 52-64, 1992
- [4] 堀田裕弘, 宮原誠, 小谷一孔: 「均等色空間に基づくカラー画像の領域分割」, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J74-D-II, No. 10, pp. 1370-1378, 1991
- [5] 熊谷潤, 趙卉菁, 中川雅史, 柴崎亮介: 「高解像度衛星画像からの道路抽出」, 東京大学柴崎研究室資料, 2002
- [6] 長尾真, 松山隆司, 池田義雄: 「航空写真の領域・形状解析」, 電子通信学会研究会資料, PRL78-34, pp. 109-118, 1978
- [7] M. Barzohar and D. Cooper: “Automatic Finding of Main Roads in Aerial Images by Using Geometric-Stochastic Models and Estimation”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18, No. 7, pp. 707-721, 1996
- [8] 高橋健一: 「Hough 変換を用いた航空写真からの道路抽出処理と経路選択の一方法」, 画像電子学会誌, Vol. 22, No. 5, pp. 550-555, 1993
- [9] Fatih Porikli: “Road Extraction by Point-wise Gaussian Models”, Mitsubishi Electric Research Laboratory Technical Report, TR2003-59, 2003

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15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16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15年10月28日
第2回 平成16年1月16日
第3回 平成16年3月12日

2. 研究開発委員会名簿

(五十音順、敬称略)

座長

伊理 止夫 東京大学 名誉教授

委員

今井 修 国土空間データ基盤推進協議会 事務局長代行
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

岡野 直樹 総務省情報通信政策局宇宙通信調査室 室長
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 用語の説明

- ・ アニメーション
個々の物体を表現するものを組み合わせるのではなく、いくつもの静止映像に連続感を持たせることにより作成された一連の情報をアニメーションと呼ぶ。
- ・ 委員会
総務省の次世代 GIS の実用に向けた情報通信技術の研究開発委員会を言う。
- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 空間データ
3次元の空間を表すデータ（GISデータ）を指す。
- ・ 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のこと。
- ・ 3次元モデル
オブジェクトの立体的な表現のこと。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。
- ・ 詳細度
コンピュータグラフィックスで3次元モデルを表現する際に、オブジェクトの形状をどの程度詳しく表現するのかという度合いのこと。例えば、曲面の表現では、曲面を滑らかに表現している3次元モデルは詳細度が高い3次元モデルであり、曲面を平面で大まかに近似している3次元モデルは詳細度が低い3次元モデルである。詳細度が低い3次元モデルは、「簡略化した3次元モデル」と言うこともできる。

- ・ 定型オブジェクト
ナビゲーション内に表示する，時系列で変化しない情報を表すもの。視覚的，聴覚的などの表現方法にとらわれず，音声，図形，文字などのあらゆる情報(キャプション)を指す。
- ・ テクスチャ
3次元モデルを立体的に表現する際に、立体の表面に貼る図柄のこと。例えば、建物の3次元モデルを「箱」で表現する場合、箱の表面に、建物を撮影した写真を貼り付けることでリアルな建物を表現できる。
- ・ 伝送グループ
マルチキャストを受信する端末は，利用者の属性やその他外部要因によりグループ化される。これを伝送グループと呼び，ひとつのシステムにはn個（ $n=0\sim$ ）の伝送グループが存在する。ひとつの伝送グループにはn台（ $n=0\sim$ ）のPDA端末が属し，伝送グループに配信される情報を関連づけることで，同じ条件のPDAが情報を適切に受信することが出来る。
- ・ 伝送グループの再構成
端末が属するべき伝送グループは，利用者の属性や外部要因による条件が変わることにより変化する。（たとえば端末の場所が移動したときなど。）これを伝送グループの再構成と呼ぶ。
- ・ 伝送速度
1秒間に伝送可能なデータ量のこと、伝送速度を表現できる。例えば、「2Mbpsの伝送路」では、理想的には1秒間に2Mビットのデータを伝送することができる。実際の伝送速度は、ネットワークの状況等により、変化する。
- ・ 伝送路
データの伝送に用いる回線のこと。「小容量の伝送路」とは、一度に少量のデータしか伝送できない伝送路のこと。
- ・ ナビゲーション
3次元空間内で、目的地まで誘導すること。
- ・ ノード
空間データの道路ネットワーク情報で道路の端点を指す。

- ・ パノラマ画像
ある1点から全周囲を見渡した視界を写した画像のこと。
- ・ 表示上重要な空間データ
ある空間データを表示した場合と表示しない場合とを比べたときに、表示しない場合に、表示品質が低下する場合の空間データのこと。
- ・ フレームレート
コンピュータグラフィックスを用いて3次元モデルを表示する際に、1秒間に表示したフレームの数のこと。
- ・ マルチキャストプラットフォーム
NTTドコモマルチメディア研究所が開発したマルチキャスト配信を行うサーバシステムであり、ワイヤレス環境のパケット誤り特性を想定した誤り回復機能やマルチキャスト配信セッションの切替機能を有する。移動通信網では、ブロードキャスト/マルチキャストの配信サービスが実現されていないことから受信端末には無線LAN環境(802.11b)におけるPDA端末を使用している。
- ・ 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。
- ・ モバイル端末
端末機器の種類の変現において特に明記しない限り、モバイル端末とは携帯電話端末及びPDA端末を指す。
- ・ リンク
空間データの道路ネットワーク情報でノードとノードをつないでいる線(道路)を指す。
- ・ HSV表示系
「色相(Hue)」、「彩度(Saturation)」、「明度(ValueまたはBrightness)」の3つの要素で色を定義する方法。RGB系へ写像することができる。
- ・ RGB表示系
「赤(Red)」、「緑(Green)」、「青(Blue)」の光の三原色の混合比によって色を定義する方法。HSV表示系へ写像することができる。