

移動体における位置情報の流通方式に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 静岡大学 公開日: 2012-05-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田中, 聡 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00006589

静岡大学 博士論文

移動体における
位置情報の流通方式に関する研究



2008年5月

大学院 理工学研究科

設計科学専攻

田中 聡

目 次

第1章 序論.....	1
1. 1 研究の背景・目的.....	1
1. 2 従来の研究の概要.....	12
1. 3 本研究の概要.....	15
1. 4 本論文の構成.....	17
第2章 車載カメラによる高精度測位データ取得方式.....	19
2. 1 はじめに.....	19
2. 2 システム構成.....	20
2. 3 測位精度評価実験システム.....	29
2. 4 評価結果.....	31
2. 5 考察.....	52
2. 6 まとめ.....	53
第3章 プレゼンス・システムにおける位置情報の流通方式.....	58
3. 1 はじめに.....	58
3. 2 位置情報流通の課題.....	59
3. 3 位置情報の流通形態.....	61
3. 4 提案方式.....	64
3. 5 試作システムの構築.....	74
3. 6 評価実験.....	75
3. 7 考察, まとめ.....	83

第4章 結論.....	85
4.1 本論文のまとめ.....	85
4.2 今後の展望.....	88
謝辞.....	90
参考文献.....	91
研究業績リスト.....	97

第1章 序論

1. 1 研究の背景・目的

地理情報（最近では、空間データ、または、空間情報と呼ばれることが多い）は、位置データと属性データを組合せた情報と定義される。我々の身近なデータは、80%以上が地理情報といわれ、特に、地方自治体においては、住民基本台帳をはじめとして、地理情報の管理が中心になっているといえる。

GIS (Geographic Information System) とは、地理情報を管理するシステムとして、歴史は古く、1970年代くらいからホスト・コンピュータによる地理情報の管理システムが出現している。GIS とは、地図上で各種データを可視化し、業務遂行上の意志決定を行うシステムと定義される。単に、地図を表示するだけでなく、我々の身近な業務の中で、コンピュータを用いた GIS は、不可欠なものとなっている。

GIS の歴史は、1970年代のコンピュータの普及に伴って、当時の大型コンピュータにより、地理情報を管理するシステムの構築が行われた。しかしながら、地図データは、データ量が大量であること、地図データ作成のコスト、当時のコンピュータの性能の問題などから、なかなか普及が進まなかった。

1980年代に入り、コンピュータの性能の向上、CAD ソフトウェアの普及やコンピュータのダウンサイジング（エンジニアリング・ワークステーションやパソコンの出現）により、設備管理業務などを中心に急速に普及し始めた。

1990年代に入り、ネットワークの普及、インターネットの出現により、各種データのコンピュータによる管理が進む中、地理情報の整備が国家的な課題として浮上してきた。当時、各自治体では、個別に地理情報の管理は進んでいても、地域間の整備状況の違いや、自治体の中でも、部門間での互換性・相互利用ができないという問題など、多くの課題があった。政府は、1995年1月17日に起こった阪神・淡路大震災をきっかけとして、従来バラバラに整備されていた地理情報を社会インフラとみなし、相互に利用しやすいような技術や制度を整備する政策を始めることになった。

1995年の阪神・淡路大震災を契機として、政府は国土空間データ基盤を整備するため、1996年12月に「国土空間データ基盤の整備及びGISの普及・促進に関する長期計画」[1]を発表した。ここでは、1996年から2010年までの15年間で国の国土空間データ基盤整備のための指針がまとめられている。

- 1996年～1999年 基盤形成期
- 2000年～2002年 普及期
- 2003年～2005年 発展期
- 2006年～2010年 完成期

図1.1に1996年にスタートした長期計画取り組み時の体制を示す。図1.2にGIS官民推進協議会における各省庁の役割分担を示す。

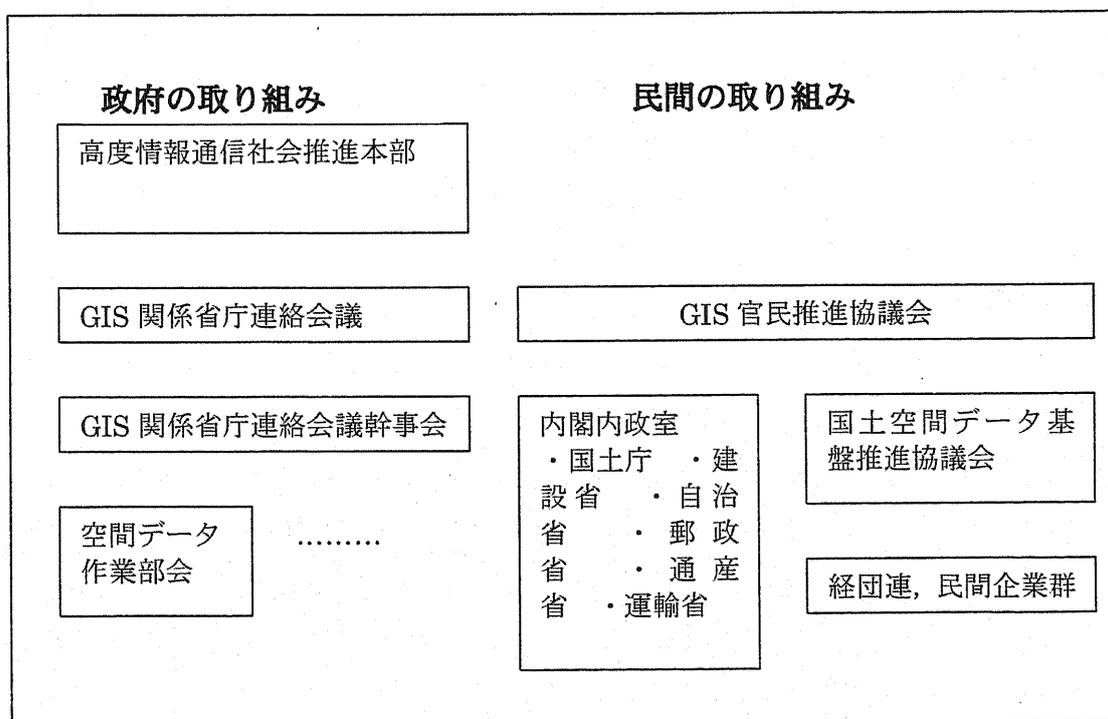


図 1.1 わが国の GIS 推進体制 (1996 年当時)

その後、2002年にGISアクションプラン2002-2005[2]が発表され、発展期の施策として、GISの国民生活分野・民間分野への普及と電子政府・電子自治体における活用指針が出された。(図1.3)

2007年5月には、国会で「地理空間情報活用推進基本法」[3]が成立し、この法律により、国が保有する基盤地図情報などを原則としてインターネット公開することや、基盤地図情報整備に必要な施策を国や地方公共団体が講ずることが記されている。

また、2006年以降のアクションプランとしては、GISアクションプラン2010[4]が策定され、国や地方機関が保有する様々な行政データを基盤地図情報として提供する施策が出された。

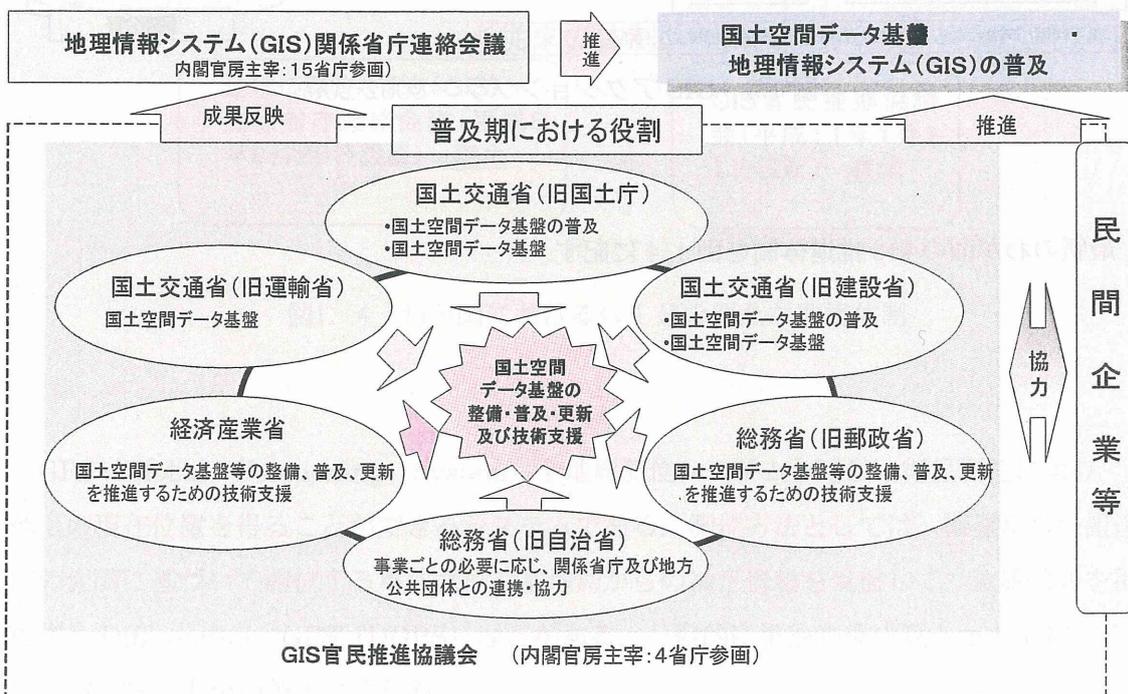


図 1.2 GIS 官民推進協議会（普及期）

GISアクションプログラム2002-2005のイメージ

<主な施策は赤枠>

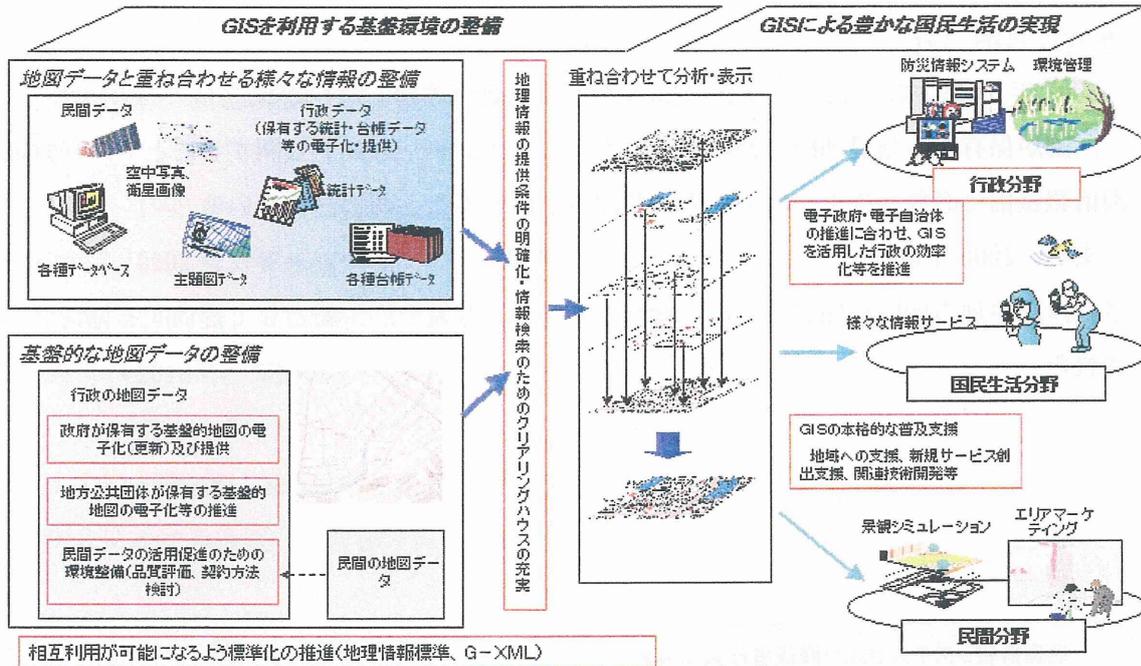


図 1.3 GIS アクションプラン 2002-2005

最新のわが国の GIS 推進体制を図 1.4 に記す。

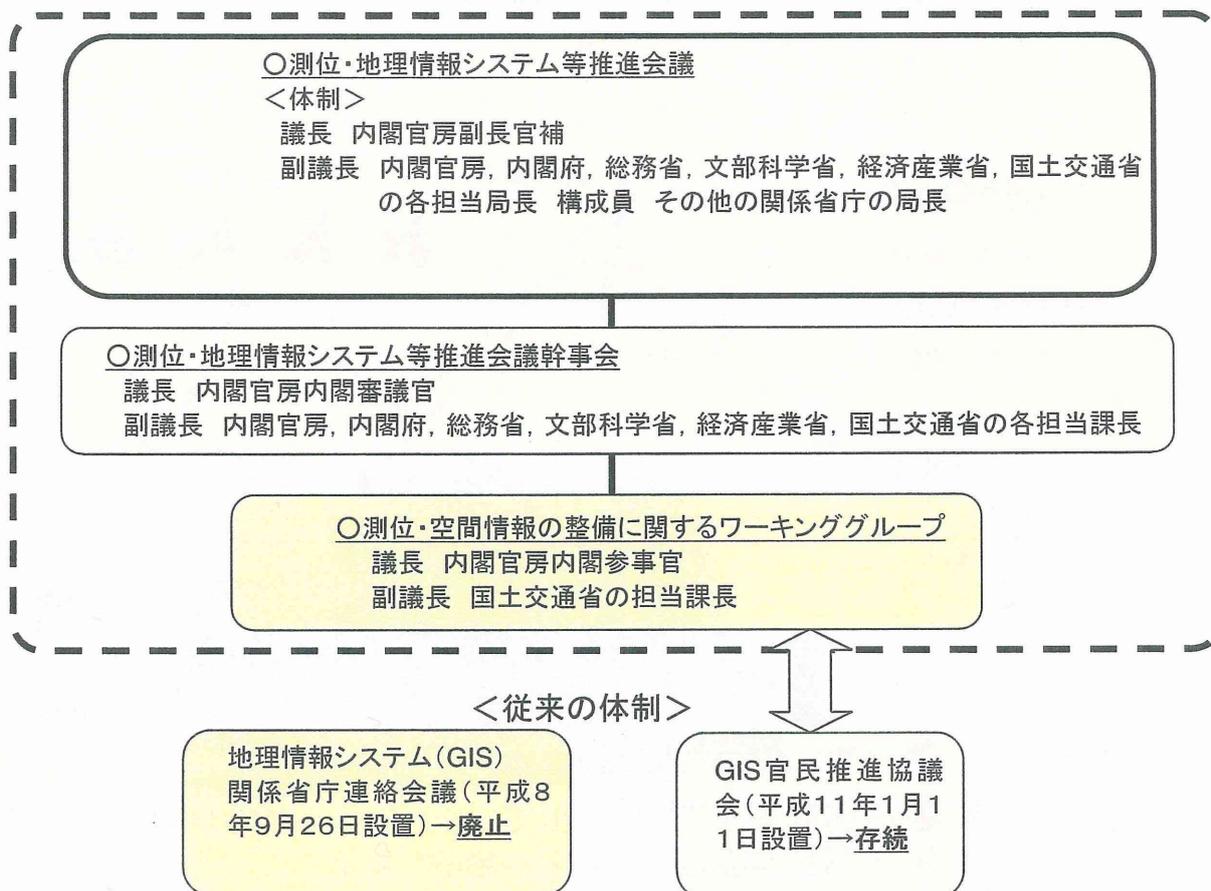


図1. 4 わが国におけるGISの新たな取組体制

GPS (Global Positioning System) 全地球測位システム[5]は、衛星測位により、地球上の現在位置を得ることができるシステムである。測位方法としては、衛星からの搬送波の変調に基づいて測位する単独測位や基地局からの補正情報を受信して、位置情報を補正する Differential GPS (DGPS) などがある。一般的に単独測位で数十m～十数mの誤差、DGPS で数mの誤差が生じる。

国土地理院では、全国に存在する 1200 点の基準点の位置を電子基準点としてインターネットで配信するサービスを始めた。[6-8]

Real Time Kinematic GPS (RTK-GPS) のように、電子基準点から受信する電波の位相差を計測し、測位する方式も利用されつつある。RTK-GPS では、測位時間 1 分以下、測位精度数 cm が可能になる。さらに高精度な測位方式として、仮想基準点方式の VRS (Virtual Reference Station) 方式や面補正方式の FKP (Flächen Korrektur

Parameter) 方式などもサービスが始まっている。図 1.5 に三菱電機がサービスを行っている FKP 方式のネットワーク GPS を示す。[9]

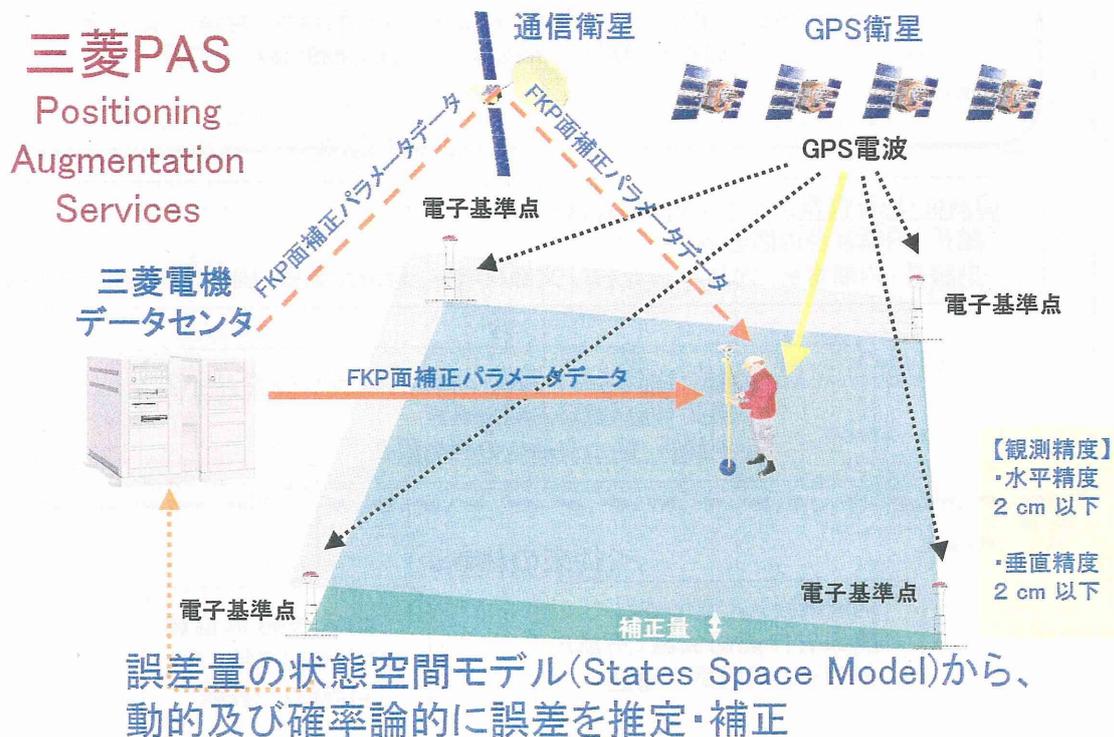


図 1.5 FKP 方式によるネットワーク GPS

一方、GPS は小型化し、民生機器に搭載され始めている[10]。GPS が搭載されたカーナビの出荷台数は、累計で 2830 万台を超え (図 1.5 参照)、今後は、車の自位置の情報を発信して情報のやりとりを行う通信カーナビの普及が見込まれる。また、プローブカーの実証実験も始まっている。[11—13]

携帯電話の累計出荷数も国内で約 1 億台に達し、そのうち 7000 万台が第 3 世代携帯電話である (図 1.6, 1.7 参照) 2007 年 4 月より、日本版 E911 がスタートし、2007 年 4 月以降に発売される携帯電話に GPS が搭載されることになった。2010 年には、普及している携帯電話の半分以上に GPS が搭載される見込みである。これに伴って、携帯電話を利用した位置情報サービスが盛んになってきた。位置に応じて、交通情報や店舗情報を提供するサービスが始まっている。[14, 15]

GPS は、衛星により位置情報を測位するため、屋内や屋根のある屋外に関しては、測位できなかつたり、測位誤差が大きくなる。最近では、屋内外の位置情報をシームレスに把

握して、情報提供サービスを行うため、屋内における測位技術の検討も進められている。
[16-19]

今後、カーナビや携帯電話が位置情報を受発信する端末として活用され始めると、カーナビ 3000 万台、携帯電話の 5000 万台以上から受発信される位置情報を円滑に流通させるしくみが重要になってくる。

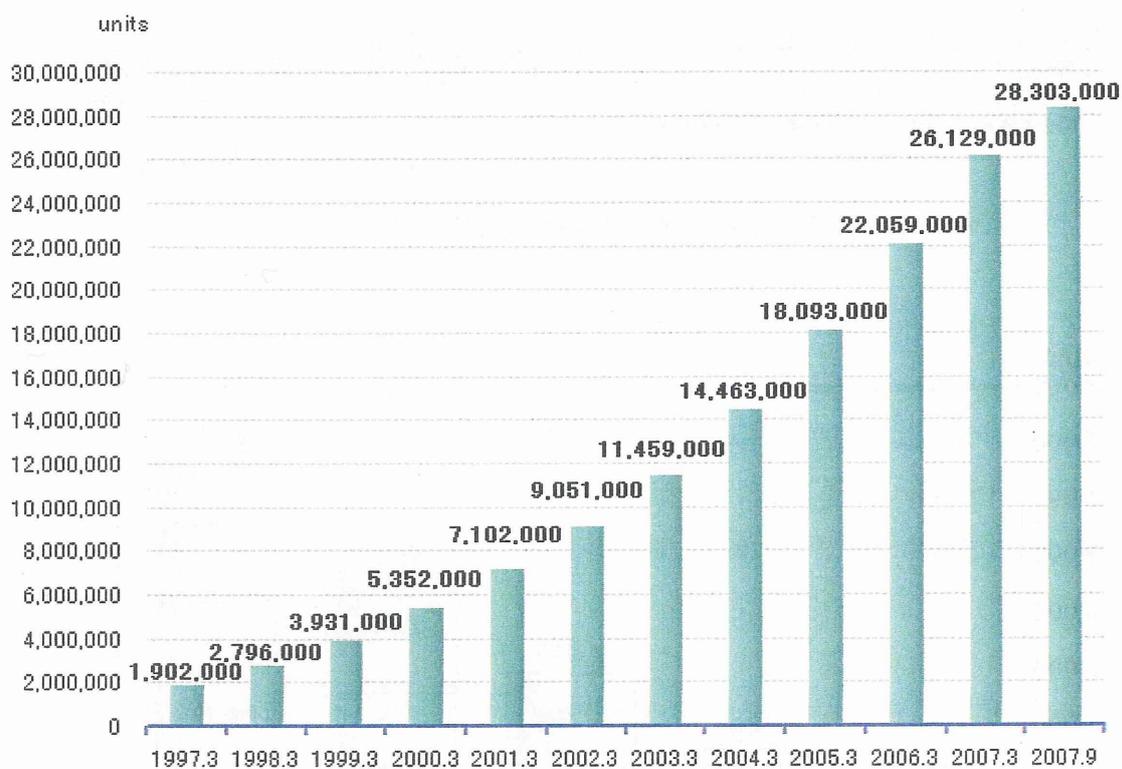
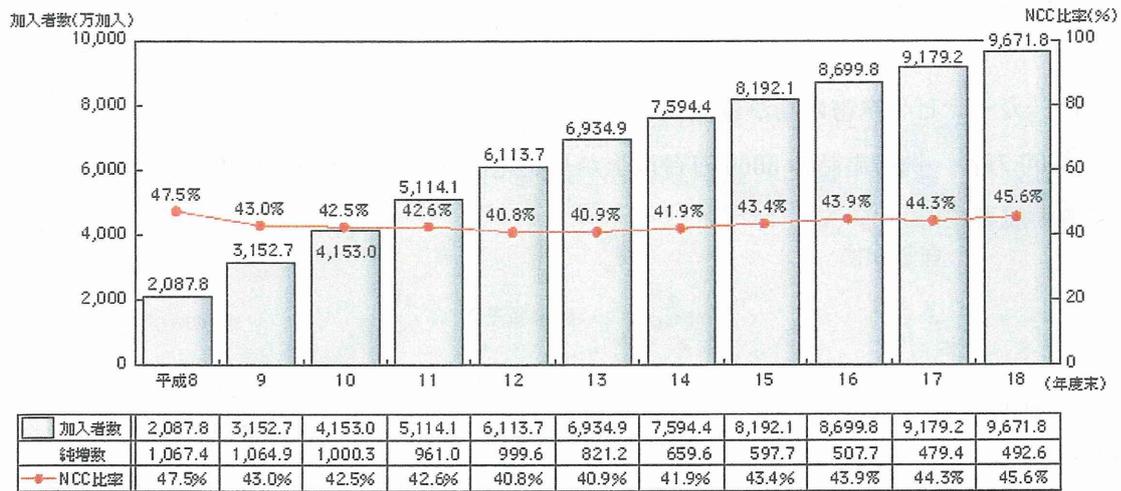


図 1.5 カーナビ出荷台数累計

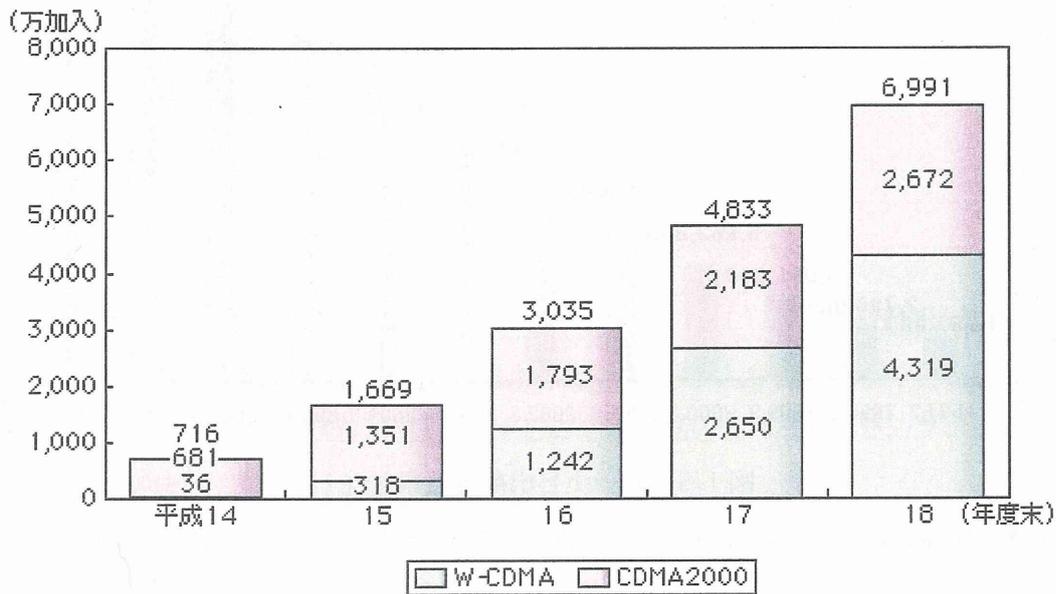
(財) 道路交通情報通信システムセンター (VICS センター) データより国土交通省作成



※ 過去の数値については、データを精査した結果を踏まえ修正している

社団法人電気通信事業者協会資料により作成

図 1.6 携帯電話加入者数の推移



社団法人電気通信事業者協会資料により作成

図 1.7 第 3 世代携帯電話加入者数の推移

GPSの精度向上と普及により、位置情報が容易に取得できる環境が整いつつある。しかし、位置情報が正確に取得できても、多くの場合は地図上に表示して位置を確認することになる。ただ、精度の高い地図の整備もインフラとして重要な問題である。

国土地理院や各地方公共団体などは、国土の管理（地すべり・地殻変動など）や森林・都市計画・設備管理などのため測量マニュアルに従って、地図を作成・更新・管理している。地図は、一般的に航空写真から作成されるが、利用目的に応じて、縮尺が異なり、地図中に記述される内容（主題図）も地図の種類によって異なっている。

例えば、森林図などは、1/50000や1/25000の地図になるが、都道府県の都市計画図の場合、1/2500が一般的である。市町村における道路設備管理図は、1/500で管理されており、一段と精度が求められてくる。

一方、民間で利用される地図は、必ずしも精度は高くないが、利用ニーズは広がっている。マピオン[20]やマップファン[21]、グーグルマップ[22]など、インターネットや携帯電話による地図情報の提供も盛んである。

近年では、レーザプロファイラを用いて、3次元地図が作成されるようになり[23]、小縮尺地図から、精度のよい大縮尺地図も既に販売されている。

最近の地図への要求としては、設備管理では、1/100の大縮尺地図による管理、交通情報では、道路地図上に車線や横断歩道の情報、交通標識やコンビニなどの情報を付加し、タイムリーに更新することなどがあるが、コストや手間がかかり、効率的な地図作成・地図更新が求められているのが現状である。

地理情報の標準化は、ISO/TC211にて、地理情報/ジオマティクス（測量）に関する標準化活動が進められており、標準化の結果は、国土交通省の地理情報標準に反映されている[24, 25]。

地理情報の相互運用性を検討するため、経済産業省はXMLベースの規格としてG-XMLを定めた。一方、地理情報の世界標準を推進する団体OGC（Open GIS Consortium）が定めたXMLによる地理情報の記述GMLがあり、G-XMLはGMLとの互換性を持たせ、統一を行った[26, 27]。

これらの状況を踏まえて、ここでは、高精度の位置情報を取得し、それらを効率的に流通するための技術に関して考察する。位置情報を受発信する端末が増加し、高精度の位置

情報が、いつでもどこでも取得できるようになると、例えば、以下のような様々なアプリケーションやサービスを提供することができるようになる。

- ・車線毎の渋滞情報の提供

位置情報を発信する車載装置から、各車両の位置が時々刻々発信されると、あらゆる道路の渋滞情報が把握できる。また、車線付きの道路地図が構築されると、車線毎の渋滞情報が把握でき、より細かな情報提供が可能になる。

- ・車線毎の交通流の解析と情報提供

時間毎の渋滞解析や、輸送に要する時間、一方通行に変更になった道路など、車線付きの道路地図が作成されると、よりきめ細かな情報提供が可能になる。

- ・テーマパークやイベント会場内外での人の流れの制御、混雑の回避、警備員の最適配備
各人が、位置情報を受発信する携帯端末（例えば、GPS 付き携帯電話）を持って、テーマパークやイベント会場に集まったとき、各人の位置情報を収集することにより、人流の制御や混雑回避手段の提供、警備員の配置位置の動的な変更などに活用できる。

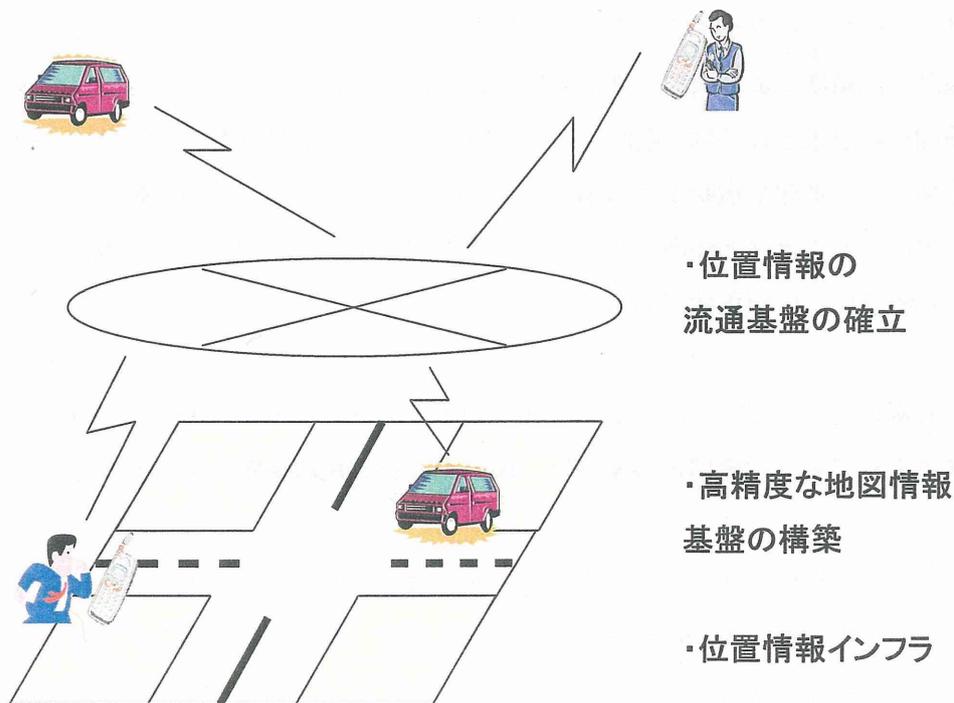


図 1.8 位置情報サービスに必要な基盤技術

上述したアプリケーションやサービスを実現するためには、図 1.8 の 3 つの基盤技術を確立する必要がある。

- ① 位置情報インフラ
- ② 高精度の地図情報基盤
- ③ 位置情報の流通基盤

精度のよい位置情報を取得できたとしても、地図情報が誤差をもっていれば、位置情報を地図上に表示しても、地図上の正確な位置に表示できない。このため、多くのアプリケーションが活用できなくなる。位置情報の高精度化とともに、高精度の地図情報を構築することが重要となる。また、大量の端末から位置情報を発信したり、受信したりするとき、必要なタイミングで最新の情報をリアルタイムにネットワーク経由で情報を獲得する必要がある。位置情報インフラに関しては、前述したように、屋内外の測位環境を構築する研究が盛んに行われているが、ここでは、これらの研究成果を活用することとした。

ここでは、最新の GPS 装置や無線装置を利用して高精度の位置情報を取得することを前提として、高精度の地図情報基盤と位置情報の流通基盤を確立することを目指す。そのために、まず第 1 に、1/500 精度の詳細地図の作成における道路上の付加情報の取得・更新を行う技術の開発を行う。道路上の設備としては、交通標識や道路白線など様々な対象があるが、ここでは道路白線の測位手法に関して検討する。次に、車や携帯電話などの移動体端末・携帯端末などへの位置に応じた情報提供や、情報提供に必要となる大量の端末の位置情報の流通に関して検討する。

1. 2 従来の研究の概要

ここでは、移動体に関する位置情報の流通方式について、従来の研究の概要を整理する。高精度の地図情報基盤を確立するために、大縮尺地図に道路上の様々な情報の位置を取得する技術をまとめる。位置情報の流通基盤に関しては、携帯電話やカーナビのように大量の移動体端末が時々刻々位置の変化に関する情報を流通させる場合の研究状況をまとめる。

高精度の地図を作成するためには、従来より、測量マニュアルに基づいた地図作りが行われている。近年、航空写真から高精度の地図作成技術が確立し、航空写真から地物を抽出する開発も行われている[28, 29]。

また、従来の衛星写真では、ランドサットやスポットのように1ドットが20m程度の解像度のため、小縮尺の地図しか作成できなかったが、最近では、イコノスなどのような1ドットで1m程度の解像度の衛星写真が商用にも提供されるようになり、衛星写真から高解像度の地図作成も試行されている。

また、2次元地図だけでなく、ステレオ写真や航空機からの撮影時にレーザープロファイラーなどを利用して、高さ情報を取得し、3次元地図を作成する研究[30, 31]が進み、一部では、商用に提供されている。

1/500レベルの大縮尺の地図を作成する場合、従来行われているような、航空写真から作成するのは難しい課題が多く存在する。例えば、航空写真は解像度の問題で、精度が十分でないこと、また、交通標識や道路白線などは上空から十分に認識することができないことなどである。

地図作成の精度を保つためには、測量を行う必要があるが、道路地図を作成するだけで、膨大な時間と労力を要する。精度を保ちながら、効率よく地図を作成する手段として、最近では、車両にカメラを搭載し、街中を走り回って撮影し、その画像から精度の高い地図を作成するということが取り組まれている[32]。このように、車両にビデオカメラやGPSを搭載して、地図を作成するシステムをモバイルマッピングシステム(MMS)と呼んでいる[33, 34]。

車載カメラを搭載する場合、①ステレオカメラ(カメラ2台を設置)[35-37]を搭載するアプローチ、②単眼カメラ(カメラ1台を設置)[38, 39]を搭載するアプローチ、③全方位カメラ(いわゆる魚眼カメラを搭載し、全方位の景色を撮影する)[40-43]を搭載するアプローチがある。

ステレオカメラは、一般に精度は高くなるが、機器構成が複雑になり、カメラの設定の手間がかかるなどの課題がある。全方位カメラは、あらゆる方向の景色が1度に撮影できるメリットがあるが、撮影したデータを後処理で平面に射影するとき、認識対象が、曲率の大きなところに写っていると、精度が悪くなるという課題がある。

道路上の地物を画像解析により、検出する研究例は多い。例えば、道路上の障害物[44]や交通標識[45-50]、道路白線[51-53]などである。

ITS (Intelligent Transport Systems : 高度交通システム) の観点から、走っている車両が道路の白線からはみ出さずに白線を認識して、運転を支援するシステムの研究が行われている[54, 55]。これは、道路上の白線をリアルタイムに認識し、車の位置にいかにか早くフィードバックをかけるかが課題となり、ここで述べようとしている、道路上の白線の位置を認識し、精度よく測位する技術とは研究目的、開発技術が異なるテーマとなる。

携帯電話の保有台数が1億台にせまり、GPS 携帯電話の普及率が上がると、従来の電話やメール機能に加えて、位置情報サービスが可能になる。位置情報サービスの種類は、位置に応じて、様々な情報を提供することにあるが、そのためには、各々の携帯端末の位置情報を常に把握しておかなければならない。

また、車においてもカーナビの普及や、インターネットに接続可能なネットワーク型のカーナビの普及にしたがって、大量の車の位置をリアルタイムに把握し、渋滞情報などを提供するサービスなども考えられている。

これらのサービスを実現するためには、大量の位置情報をインターネット上で流通させるための位置情報の流通基盤が必要になる。

インターネット上における End-to-End での情報流通に関しては、①マルチキャストによる配信、② P2P による流通、③Web ベースでの情報取得などがある。

マルチキャストは、ネットワーク内で、複数の相手を指定して、同じデータを送信するしくみである[56-58]。P2P は、不特定多数のコンピュータが相互に接続され、直接ファイルなどの情報を送受信するしくみである[59-60]。Web ベースの情報取得は、従来 Web で行われているようにサーバからの Pull 型の情報配信のしくみ[61]であるが、最近では、Push 型の情報配信のしくみも提案されている[62]

これらの関連研究を今回のアプリケーションのような位置情報の流通方式に適用した時の課題を整理する。

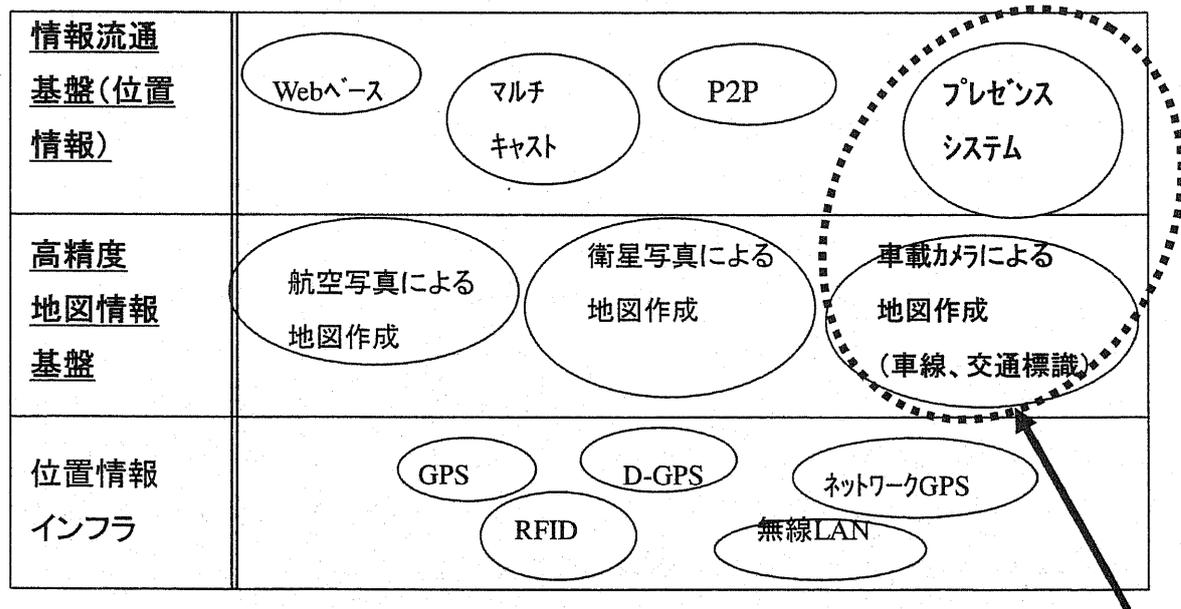
マルチキャストによる配信の場合、受信する端末が全て同じ情報を受信するような場合には効率的な配信が可能だが、今回適用するアプリケーションのように特定の受信側の端

末が特定の他の端末の位置を知りたい場合には、受信端末により異なる情報を配信する必要があり、マルチキャスト配信では、このような対応は現状では困難である。

P2P による流通の場合は、各端末がパケットをルーティングすることでサーバレスな配信を可能にしている。今回適用するアプリケーションのように、時々刻々端末の位置が変化し、それを流通する場合、P2P では端末を中継しながら配信するため、中継による遅延や複数個所への転送方法、各端末でのキャッシュ方式など、リアルタイム性も考慮すると多くの課題が残る。また、標準化としても未だこれからである。

最近では、Web ベースで実現されるようなポーリングで発信側の端末の位置を取得するシステム[6 1]も多い。このとき、端末の位置の変化がなくてもサーバへのポーリングが発生し、サーバに対し無駄な処理負荷を与えたり、ネットワーク上での無駄な通信量を増大させたりすることになる。また、ポーリング間隔での情報取得になるため、位置変化に対するタイムラグも大きくなる可能性が高い。(図 1.9 に本研究の技術的な位置づけを示す)

本研究は、以上の背景のもとで、いつでもどこでも誰もが簡単に位置情報を利活用できる環境が整ったとき、位置情報を高精度に取得し、それをネットワーク上に流通させるための技術の確立を目指した。



本研究の範囲

図 1.9 本研究の位置づけ

1. 3 本研究の概要

本研究では、誰もがいつでもどこでも位置情報を活用できるユビキタス環境の中で、高精度の地図情報基盤と、位置情報を効率的に流通させる基盤の確立に必要な技術開発を目指した。

本研究の主な成果は、以下の2点である。

(1) 道路上の白線を高精度に測位する道路白線測位技術の確立

1. 1で述べたように、高精度に位置情報を取得できるGPS装置が製品化され、サービスが提供され始めた。これに伴って、設備管理や詳細道路地図の作成、更新の要求が高まっている。たとえば、道路上の設備として、交通標識や道路の行先案内板の位置を取得して、管理することや、道路上の白線の位置を取得して、道路地図に反映することにより、レーン地図を作成することなどである。車線の入ったレーン地図が作成され、そこを走る車両が位置情報を逐次発信することで、車線毎の渋滞情報や、道路地図の更新などにも活用できる。

しかしながら、道路上の交通標識や白線の位置をGPSなどで正確に測量すると膨大な時間と労力を要するという課題がある。

ここでは、GPSとビデオカメラを搭載した車両（モバイルマッピングシステム）を街中走らせ、各時刻における車両（ビデオカメラ）の位置とビデオカメラによって撮影された道路上の画像を解析することによって、道路上の白線の位置を高精度に測位する技術を確立した。

画像解析手法は、1. 2でも述べたように、①ステレオ画像により測位する方法、②全方位カメラ（魚眼レンズ）により、測位する方法などがある。ステレオ画像による白線の測位は撮影装置の幾何学的な配置の調整などが必要で、安価で簡便な手法でシステムを構築することが困難である。一方、魚眼レンズによる白線の測位は、魚眼レンズの曲率の大きなところなどは、平面に展開したときに解析誤差が生じ、精度を上げることに限界がある。

今回、安価なH/W構成を実現し、ステレオ視の対応点探索問題を避け、高精度に白線検知を行う手法を提案した。また、白線検出時の線分情報を横断歩道検出時にも活用し、両者を効率よく検出できるようになっている。道路上の白線のかすれや障害物などによって白線が途切れても、隣接線分をグループ化することで対応した。

詳細の位置を計測したテストフィールドと一般道をモバイルマッピングシステムで走行することで、取得した道路白線の測位精度の評価を行い、1/500の縮尺地図において十分な精度のレーン地図が得られることを示した。

(2) 位置情報の流通方式の確立

移動体端末の増加（携帯電話1億台、カーナビ出荷累計で3000万台弱）に伴って、時々刻々位置が変化する人やモノの情報をとらえて、分析することにより、様々なサービスが可能になる。

一方、測位可能な移動端末が普及し、数千万から1億台の移動端末から膨大な位置情報がネットワークに発信されるようになってくると、インターネット上で位置情報を効率的に流通させる技術が重要になってくる。

ここでは、End-to-Endでリアルタイムに位置情報を流通させるためにプレゼンス・システムを用いた方式を提案する。

従来、自位置の情報を他の移動端末に伝えようとする時は、Webベースで構築されることが多い。この場合、位置を受信する端末から、サーバへ定期的に位置情報の取得要求（polling）を行う必要がある。これでは、位置の変化がなくても、位置の取得処理が行われ、無駄な処理負荷や通信量が発生することになる。

本研究では、位置座標のような小さいデータ量で変化の頻度の高いストリーミングなプレゼンス情報流通のためにRTP(Real-Time Transport Protocol)を併用した流通方式を提案した。変化頻度の低いプレゼンス情報は従来のPIDF(Presence Information Data Format)形式およびメソッドにより流通を行う。

SIMPLE(SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions)とRTPを併用した流通方式により、クライアント端末数の増加に対して、リアルタイム性を維持しつつ、スケーラビリティの向上を可能にすることを示した。

1. 4 本論文の構成

本論文は、4つの章で構成する。

第1章は、本研究の背景と目的として、空間情報を整備するための国の取り組み体制、GPS装置や位置情報サービスの動向、GPSを搭載したカーナビや携帯電話の動向などを整理する。また、世の中の地図作成の動向や地図の標準化についても言及する。

従来の研究例としては、移動体に関する位置情報の流通という観点で必要な技術を整理し、3つの基盤技術（位置情報インフラ、高精度の地図情報基盤、位置情報の流通基盤）の必要性和現状の研究例をまとめ、本研究の位置づけを明らかにする。

また、本研究の概要と構成をまとめる。

第2章は、高精度の地図情報基盤を確立するため、車載カメラから撮影した道路映像を解析し、道路白線の測位方式を提案する。航空写真などでは、道路白線は解像度から高精度の測位ができないという課題があり、また、必ずしも上空から白線が撮影できない（ビル陰などに隠れてしまうため）などの課題もある。本研究では、各時刻における車両（ビデオカメラ）の位置とビデオカメラによって撮影された道路上の画像を解析することによって、道路上の白線の位置を高精度で自動的に検出する技術を提案する。実験システムとして、3つのサブシステムを構築する。データ収集システムでは、モバイルマッピングシステムの構成や、単眼視（ビデオカメラ1台）で撮影した画像とGPSで取得した位置情報のデータ収集方式について述べる。映像解析システムにおいては、撮影した画像から道路上の白線・横断歩道の検出アルゴリズムや、カメラと道路上の白線・横断歩道との相対距離を抽出する方式について述べる。白線の検出アルゴリズムは、途切れなどにも対応できるように白線の候補となる線分をグルーピングして、白線か否かを判定する柔軟な検出アルゴリズムを提案する。また、道路上の白線と横断歩道を共通に検出する方式も提案する。地理座標抽出システムでは、カメラから道路上の対象物までの相対距離とカメラ位置の絶対座標をもとに、地理座標を算出し、既存の道路地図に検出された白線を重畳する。

測位精度の評価に関しては、構内に構築したテストフィールドと一般道の両方で評価をおこなう。テストフィールドとは、構内に道路を模擬して白線をひき、白線を精密に測位したものを構築し、その上をモバイルマッピングの実験システムが走行することにより測位精度を評価する。また、実験システムで一般道を走行して、白線検出・横断歩道検出方式の評価を行う。さらに、検出された白線の位置を取得し、本方式の測位誤差を評価した。評価結果に関し、測位誤差と道路上の白線・横断歩道の検出率の考察を行う。白線や横断歩道の検出率に関しては、未検出または誤検出例を解析し、改善手法を考察する。測位誤

差に関しては、測位誤差の要因として、路面条件の変化、車両振動・車両姿勢変化、白線検出誤差、GPS 測位誤差などに対する考察を行う。

第3章は、位置情報の流通基盤としてプレゼンス・システムを活用した方式を提案する。従来提案されている流通方式で、データ量が小さく変化が多い位置情報を配信した場合の課題を整理し、理想的な流通形態を定義する。課題としては、位置情報を発信する端末が非常に大量にあることや、大量の位置情報をリアルタイムに収集し、それを解析して、解析結果を必要とする利用者に提供することなどがある。これらの課題を解決するための方式として、Push 型のプレゼンス・システムによる位置情報流通方式を提案する。このとき、位置情報流通の課題となるプロトコル・オーバーヘッドの削減やメッセージデータサイズの削減を検討する。

プロトコル・オーバーヘッドに関しては、位置座標のような小さいデータ量で変化の頻度の高いストリーミングなプレゼンス情報流通のために SIMPLE と RTP を併用した流通フローを提案する。位置座標の流通のためのメッセージのデータサイズ削減に関しては、位置座標の差分によるデータ量の圧縮をおこなう機能と任意期間内に発信された位置座標を一括して流通させる機能により実現する。位置座標の差分によるデータ量の圧縮方法としては、1つの位置情報が移動により変化するたびに送信する単独通知型と複数の位置情報をまとめて送信する複数集積型の2方式を提案する。

プロトコル・オーバーヘッドの削減やメッセージデータサイズの削減に対して、提案方式の有効性を検証するために試作システムを構築する。

SIMPLE と RTP を併用した流通方式の評価実験として、プレゼンス・サーバと位置発信用端末、位置受信用端末を設置し、SIMPLE のみの場合と SIMPLE と RTP を併用した場合で、対応可能な位置発信用端末数（サーバで1秒間に受信可能なクライアント数）と CPU 使用率で比較する。

メッセージデータサイズの削減を検証するために、人の移動と車の移動を想定して、最初の位置を指定し、100～50000 回移動した10種類のデータを発生させて、差分値の計算・配信書式の符号化・復号化に要した処理時間、符号化時のデータサイズ、ヘッダの大きさも含めた差分値1個当たりのサイズの評価を行う。

上記の評価実験を行って、本提案による方式の有効性を実証する。

第4章では、本論文で述べた内容をまとめ、今後の課題を整理し、結論を述べる。

第2章 車載カメラによる高精度測位データ取得方式

2.1 はじめに

GPS を利用した高精度測位サービスが始まり、携帯電話にも GPS が搭載されて、測位による様々な位置情報サービスを得ることができる環境が整いつつある。また、測位精度の向上に伴って高精度の地図の作成や更新が求められている。例えば、車線を含めた高精度な地図が活用できるならば、車両の位置情報を発信し、リアルタイムに地図上にプロットすることにより、車線毎の渋滞情報や交通情報が分かり、様々なサービスの提供が可能になる。

一方、道路上の地物や交通標識などの情報を収集、更新するためには多大のコストと労力を要しているのが現状である。

ここでは、車両に高精度測位装置とビデオカメラを搭載し、道路上を走行して撮影した映像から画像解析により道路上の白線の位置を計測する方式を検討した。また、実際にシステムを車両に搭載して、道路走行を行い、白線計測の実証実験により、本方式の有効性を評価した [63-66]。

2. 2 システム構成

図2. 1に示すように、本実験システムは、データ収集システム・映像解析システム・地理座標算出システムの3つのサブシステムから構成される。

データ収集システムは、車両に高精度測位装置とビデオカメラを搭載し、モバイルマッピングシステムとして、道路を走行して、ある時刻における道路上の映像と車両の位置情報を同期しながら収集して蓄積していく。

映像解析システムは、撮影された画像をもとに白線を自動的に検出し、車両上のビデオカメラから、白線上のポイントまでの相対距離を算出する。

地理座標算出システムは、算出した白線の相対情報と車両の位置情報から、道路上の白線の位置座標を算出し、既存の道路地図に白線情報を重畳する。

以下、各サブシステムにおける手法について説明する。

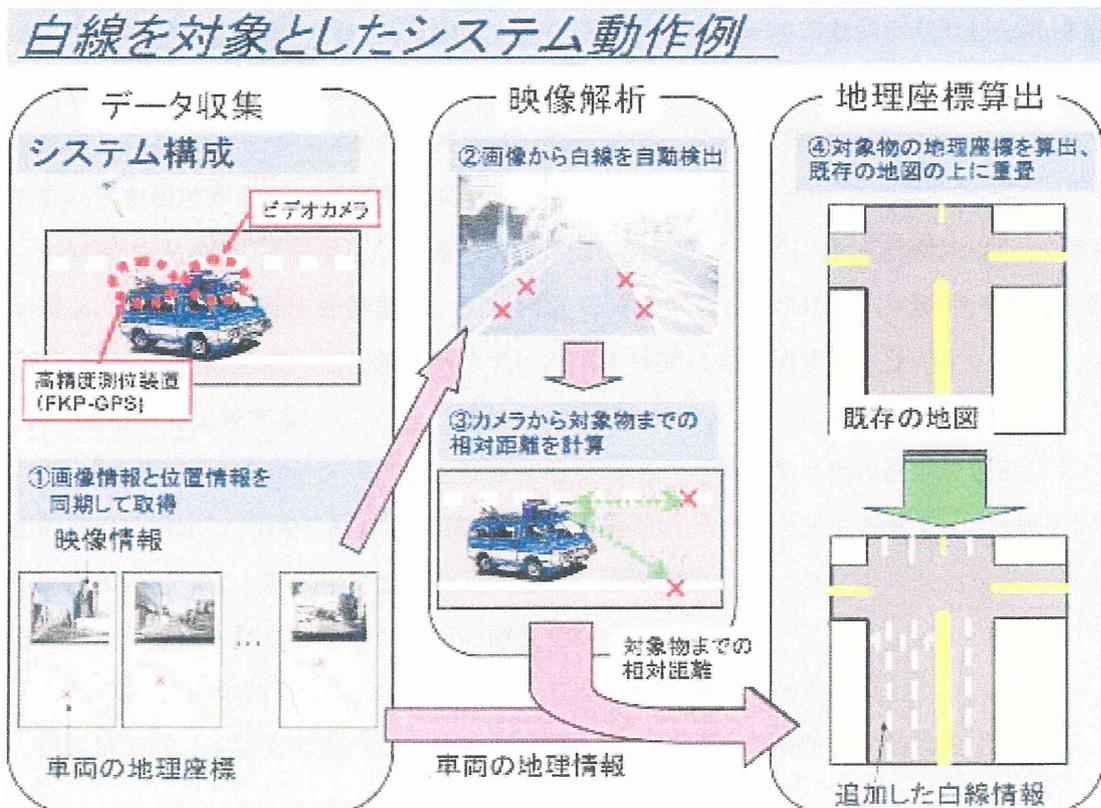


図 2.1 全体システム構成

(1) データ収集システム

図2. 2にデータ収集システムの概要を示す。ビデオカメラをGPSアンテナの中心点真下に設置し、道路上の白線が撮像されるように下向きに傾ける(今回は14度とした)。GPS受信機からの位置情報が記録用のPCに入力されたことをトリガとしてビデオカメラで撮像されている画像をGPSの位置情報を取得した時刻とともに記録する。ここで用いている二周波GPSアンテナ+GPS受信機からの情報を高精度測位サービス「PAS (Positioning Augmentation Services)」[9, 67]を利用してFKP(Flächen Korrektur Parameter)補正パラメータを受信することで誤差を補正し、高精度化している。

ここでは、補正パラメータにより補正した後の位置情報を高精度位置情報と呼ぶことにする。なお、今回は基本的な構成での精度検証を目的としたため、車両姿勢は考慮していない。図2. 3にモバイルマッピングシステムの車両の概観を示す。

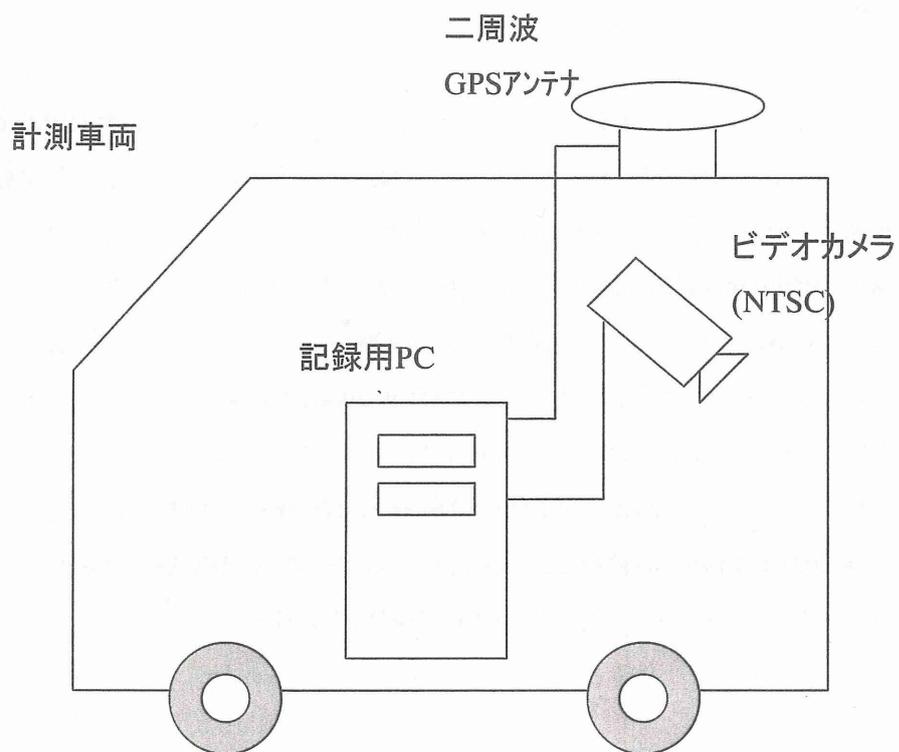


図 2.2 データ収集システムの概要



図 2.3 モービルマッピングシステム (MMS: Mobile Mapping System) 車両概観

(2) 映像解析システム

データ収集システムから得られた高精度位置情報+画像データを用いて、白線や横断歩道の検出とビデオカメラから白線までの相対位置の計測処理を行う。

(2) - 1 白線自動検出

道路の検出対象となる白線は、大部分の一般道路は、高速道路のようにクロソイド曲線を基本としたカーブではなく、モデル化が困難な曲線路から構成されていることが多い。また、白線の一部が隠蔽されたり、かすれなどによって白線が消えていることが多い。このため、白線を直線あるいは円弧に近似して検出を行う従来の手法は、本開発が重視する検出位置の精度の面において課題があった。

このため、本手法では、

- ①白線を複数の線分に分割して検出することで、モデル化が困難な曲線路においても直線路同様の方法で検出可能とする。
- ②線分の接続関係を階層的に調べることで、一般道路に多い一部がかすれた白線も検出を可能とする。

という方針で検討を行った。

白線検出処理の概略フローを図2. 4に示す。

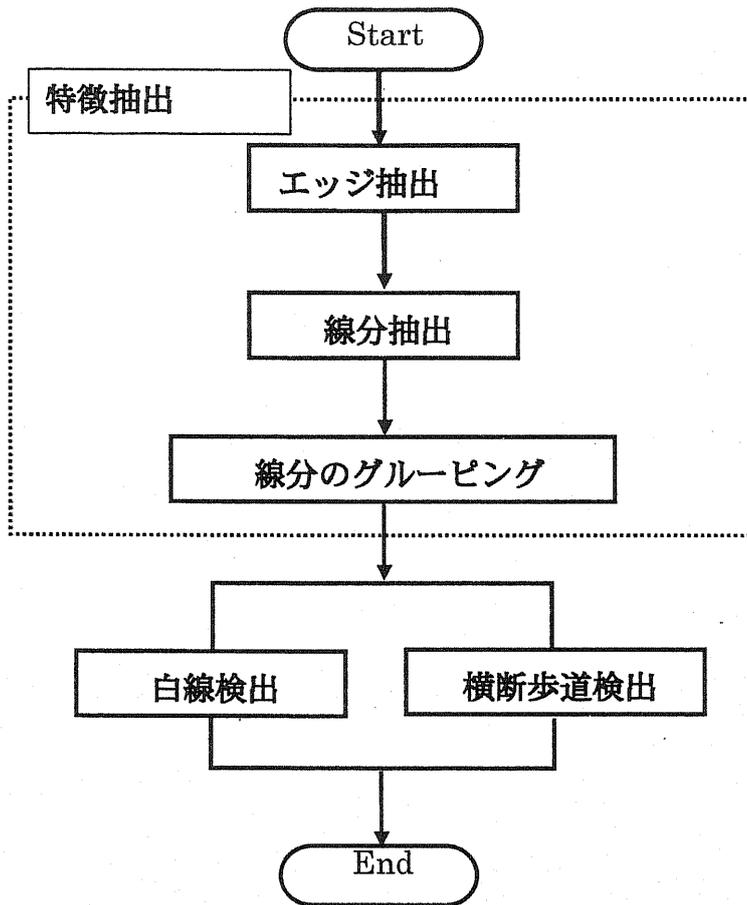


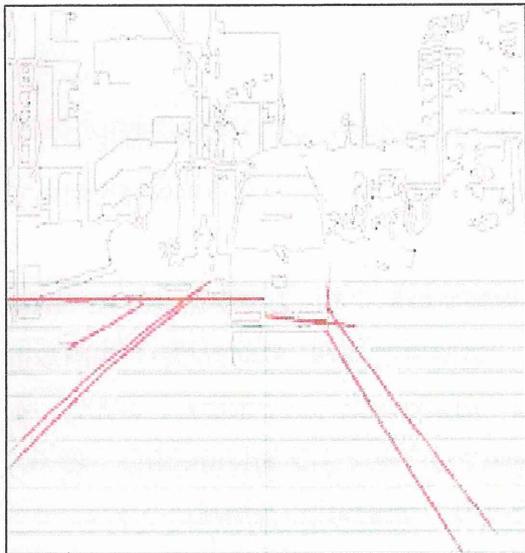
図 2.4 白線検出フロー

<特徴抽出処理>

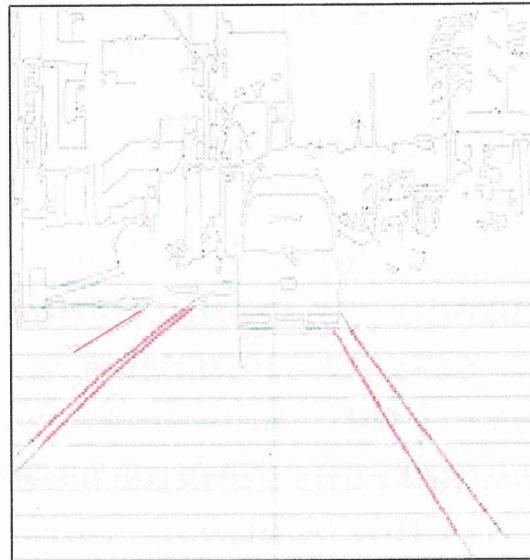
まず，Canny フィルタ[6 8]によるエッジ抽出後，水平方向に輝度の変化を検定して“暗→明”，“明→暗”のパターンにより，エッジ点を2組に分類する．次に，あらかじめ設定した処理対象領域を複数の水平ブロックに分割し，各ブロック内において，同一の組に分類されたエッジ点から線分の抽出を行う(図2. 5 (a))．最後に，各線分の傾き及び水平ブロック内における始点・終点位置を指標として，線分のグループ化を行う(図2. 5 (b))．このとき，隣接ブロック間だけでなく，離れたブロック間においてもグルーピング処理を行うことによって，白線の一部が隠蔽された場合においても安定した白線候補の検出を行う．

グルーピング処理は，各水平ブロック $(B_i(i=1,2,\Lambda,n))$ 内の線分 $(l_{ij}(j=1,2,3,\Lambda,m))$ に対し，線分の傾きと始点・終点位置を指標として，線分のグループ化を行う．ただし，

n 及び m は定数. 具体的には, 線分 l_{ij} の始点・終点位置を s_{ij}, e_{ij} , その傾きを θ_{ij} としたとき, s_{i+1j} と e_{ij} のユークリッド距離, 及び, θ_{i+1j} と θ_{ij} の差分絶対値に閾値を設け, それら閾値を満足する場合, 同一のグループとする. このとき, 隣接ブロック間だけでなく, 他のブロックとの間でも同様のグルーピング処理を行う.



(a)線分抽出結果



(b)グルーピング結果

図 2.5 特徴抽出処理

<白線検出処理>

白線検出処理では, 特徴抽出処理において検出した白線候補から, 以下の条件を満たす組合せを白線として検出する.

- (i) 白線幅に関する閾値を定め, 閾値を満足する白線候補の組合せを選択する.
- (ii) グルーピング処理において算出した始点・終点位置を用いて, 画像の中央に位置するものを優先的に白線とする.
- (iii) 前後数フレームの白線検出結果の位置が大きく異なるものを選択する.

<横断歩道検出処理>

横断歩道検出処理では, 有無判定と位置検出の処理からなり, 両処理において, 白線検出時の線分情報を用いる方式をとる. なお, ここでは, 横断歩道の位置として, 走行方向に垂直な歩行帯の両端を用いる. (以降, 車両に対し, 奥と手前の歩行帯の端を横断歩道の

上下端と呼ぶ)

横断歩道の有無判定では、消失点と射影変換に不変な量の1つである複比を[69]利用する。複比とは、一直線上の4点(A,B,C,D)から計算される値であり、次式で表される。

$$[ABCD] = \frac{\overline{AC}}{\overline{BC}} \cdot \frac{\overline{BD}}{\overline{AD}} \quad \dots (式 1)$$

[69]では、走査線上に位置する4つのエッジ点を用いて複比を求め、消失点推定を行っているが、ここでは、エッジ点ではなく、白線検出処理にて検出された白線候補を用いて複比を算出し、横断歩道の有無判定を行う。

具体的には、まず、予め設定した基準線へ白線候補を投影することで交点(図2.6(a)×印)を求め、これらから複比を算出する。次に、道路構造令により定められた横断歩道の規格から、同様に、複比[abcd]を求める。複比は、射影変換について不変なことから、車載カメラ画像から得られる複比[ABCD]と道路構造令により得られる複比[abcd]は一致する。そして、これら2つの複比の差が一定以内か否かにより、横断歩道の有無判定を行う。

さらに、横断歩道が平行な白線から構成されることを利用し、白線候補が同一の消失点(図2.6(a)太い×印)を形成するか否かにより、有無判定を行う。

最後に、上記条件を満たした画像に対し、以下の処理により、横断歩道の位置検出を行う(図2.6(b))。なお、横断歩道下端も同様の処理にて検出を行うものとする。

[処理1]白線検出処理で得られた白線候補の延長戦方向を走査線とし、左右両側に輝度値の分散値を求める。

[処理2]走査線上において、分散値が予め設定した範囲内にある点を横断歩道の端点候補とする。

[処理3]処理2において、求めた端点候補を基準として、予め設定した範囲を探索範囲として定める。

[処理4]探索範囲内において、エッジを最も多く通る直線を横断歩道の上端とする。

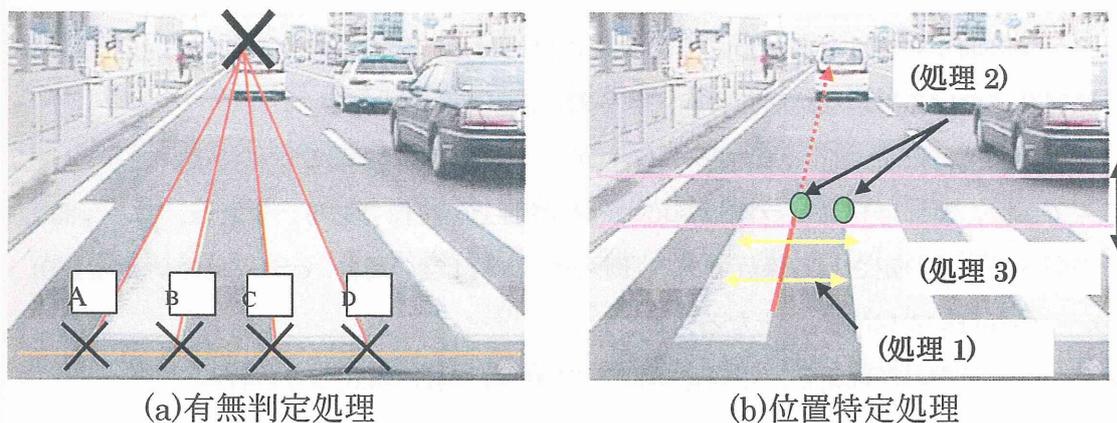


図 2.6 横断歩道検出

(2) - 2 相対位置計測処理

白線の自動検出結果により得られた画像上の白線のエッジ座標から、カメラレンズの中心を原点とした座標系における位置を計算する。

路面が平坦と仮定して、正規化座標系における白線の座標 (2 次元) から、カメラ座標系における白線の座標 (3 次元) を求める方法について述べる。

図 2. 7 にカメラ座標系と路面の位置関係を示す。

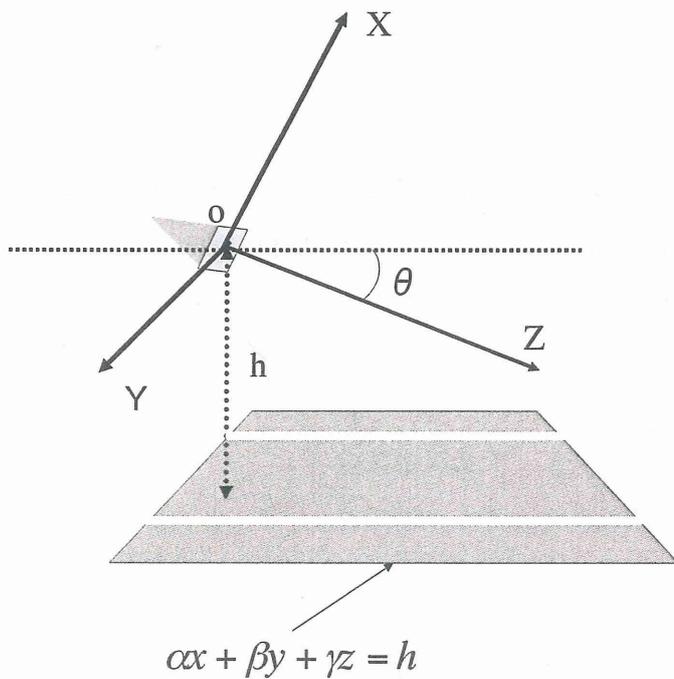


図 2.7 カメラ座標系

カメラは路面から高さ h の位置に下に θ 度だけ傾けた状態で設置されているとする。カメラ座標系における平坦な路面の方程式は一般に次式で表される。

$$\alpha x + \beta y + \gamma z = h \quad \dots (式 2)$$

ここで、 x , y , z はカメラ座標系における路面上の座標である。また α , β , γ はカメラの傾きにより決定される係数である。例えば、 $\theta = 14$ 度の場合、 $\alpha = -\cos(14 \cdot 3.14/180)$, $\beta = 0$, $\gamma = \sin(14 \cdot 3.14/180)$, となる。

また、カメラ中心座標系と、正規化座標系の関係は一般に次式で表される。

$$\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{x}{z} \\ \frac{y}{z} \end{pmatrix} \quad \dots (式 3)$$

ここで、 x_n と y_n は正規化座標系の座標である。式 2 を式 1 に代入して x , y および z について解くと次式を得る。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \frac{1}{\alpha x_n + \beta y_n + \gamma} \begin{pmatrix} h x_n \\ h y_n \\ h \end{pmatrix} \quad \dots (式 4)$$

上式を用いることで、正規化座標系における白線の座標から、カメラ座標系における白線の座標を求めることができる。

(2) - 3 地理座標算出システム

画像取得と同時に得られた位置情報と方位角に基づいてそれぞれのフレームで得られた相対位置を単位変換して合成することで白線のエッジの地理座標を得る。方位角は、2点間のベクトルをフィルタ処理によりスムージングしたものを活用する。

2. 3 測位精度評価実験システム

今回、図 2. 8 に示すような実験システムを構築した。

データ収集システム	車両に積載し、位置情報と画像情報を同期して記録するシステム。以下のもので構成される。
GPS	FKP（面補正パラメータ）用の生データを出力することが出来る GPS。
携帯電話	PAS センタに接続して、FKP 補正情報を取得する。
ビデオカメラ	走行ルート of 映像を撮影する。Sony 製 DXC-200A のカメラを使用した。38 万画素 CCD (768 画素*494 画素)
PAS 測位計算用 PC	GPS の生データと補正情報に基づき、補正された高精度位置情報を計算して出力するための PC。
データ収集用 PC	ビデオカメラからの画像情報と高精度位置情報を同期して記録する PC。測位情報の入力を同期トリガとして画像を収集する。収集周期は GPS 周期と同期。今回のシステムでは 10Hz と想定した。
白線検出システム	得られた画像データから路上の白線（レーン）を認識し、画像上の座標を出力するシステム。この部分に他のオブジェクト検出アルゴリズムを付加、もしくは入れ替えることで、白線以外のオブジェクトの情報を取得することも可能となる。
位置情報復元システム	白線検出システムから得られる位置に対応した画像データにおける対象物の画像座標情報と、データ収集システムで取得した該当画像に同期した位置データとを利用して、オブジェクトの位置情報を算出するシステム。
地図表示システム	位置情報復元システムで計算された位置情報を地図上にプロットするシステム。現在は単純にプロットしてレイヤ管理を行う。将来的には、プロットされた位置情報をベクトル化してレーン情報を復元したり、対象物の位置を地図上に追加していくなどの拡張性も考慮する。

動作概要は以下のとおり。

高精度測位可能な FKP-GPS とビデオカメラを車両に搭載し、画像情報と位置情報を同期して収集する。同期は位置情報のデータ入力をトリガとして行い、画像情報を取り出して保存する。収集した画像情報から白線検出を行う。白線検出システムでは、白線または黄色線と道路とのエッジ部分の代表的な座標値を出力する。検出する白線は、収集車両の走行レーンに関してのみ行う。白線のエッジを検出した左端から順に番号をつけ、座標を付与して出力することで、検出座標とエッジの対応がとれるようになっている。

次に、相対位置計測処理によって、車載カメラから白線までの相対距離を計算する。得られた相対距離と位置情報を加算して白線の緯度経度を求め、既存の地図に重畳する。

ここでは、工場構内で白線を引き、道路環境を模擬したテストフィールドと、実際に一般道を走行して、実測した結果を検証した。

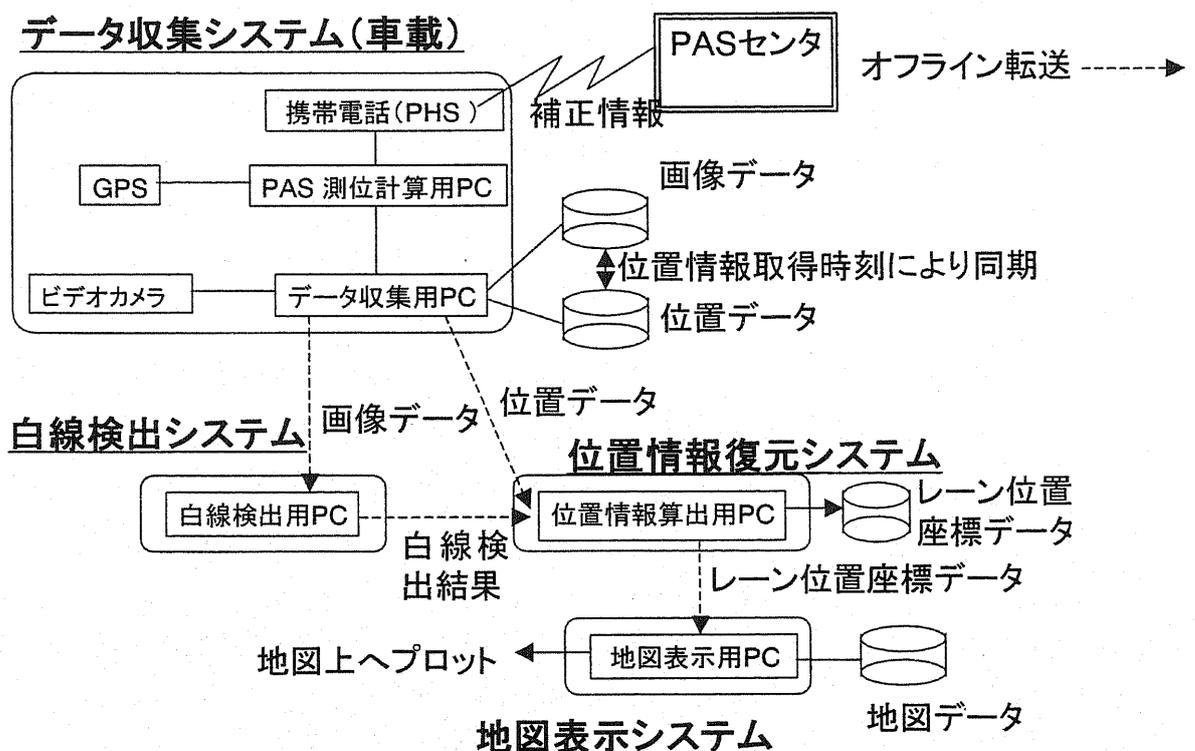


図 2.8 実験システムの構成

3. 4 評価結果

(1) テストフィールドによる実験評価

工場構内に直線コースのテストフィールドを構築し、白線の測位精度に関して評価をおこなった。

テストフィールド直線コースは平坦な路面であり、また周囲に大きな建物や街路樹もない。したがって、GPS の測位誤差や車両振動、車両姿勢の影響など、ノイズが比較的少ない環境で測位精度の評価を行うことが可能である。

図 2. 9 にテストフィールドの直線コースの見取り図を示す。図 2. 9 に示す直線コースのうち、特に中央線の上側の端を測位対象とした。また、図 2. 9 ①～⑧の点に対して、FKP-GPS を用いて静止した状態で測位し、誤差算出のための基準とした。以下では、①～⑧の点を正解点と呼び、これらの点を結ぶ直線を正解白線と呼ぶことにする。

GPS とビデオカメラの位置関係を図 2. 10 に示す。ビデオカメラは、地表から高さ 164cm の位置に設置し、下に 14 度傾けた状態で車両の後部に設定した。GPS 測位 FIX の状態から車両を 30Km/h で走行させた。

計測地点図

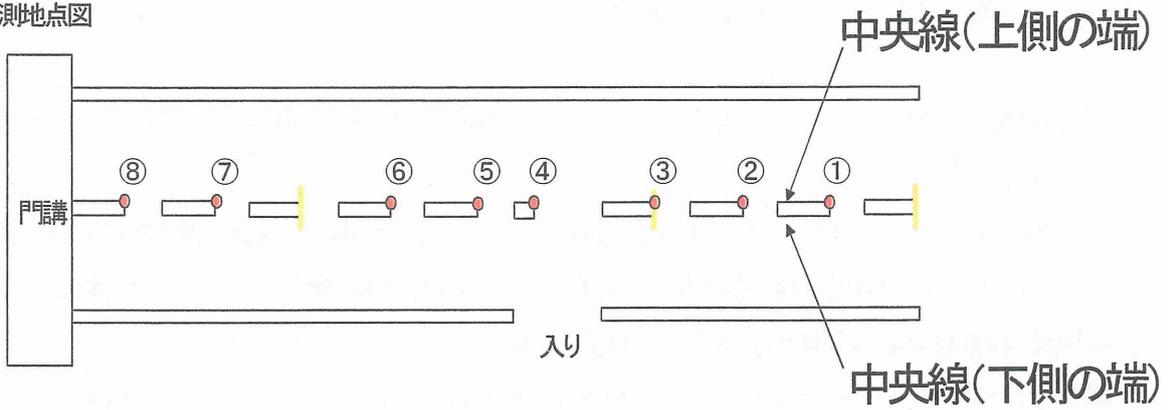


図 2.9 工場内テストフィールドの見取り図

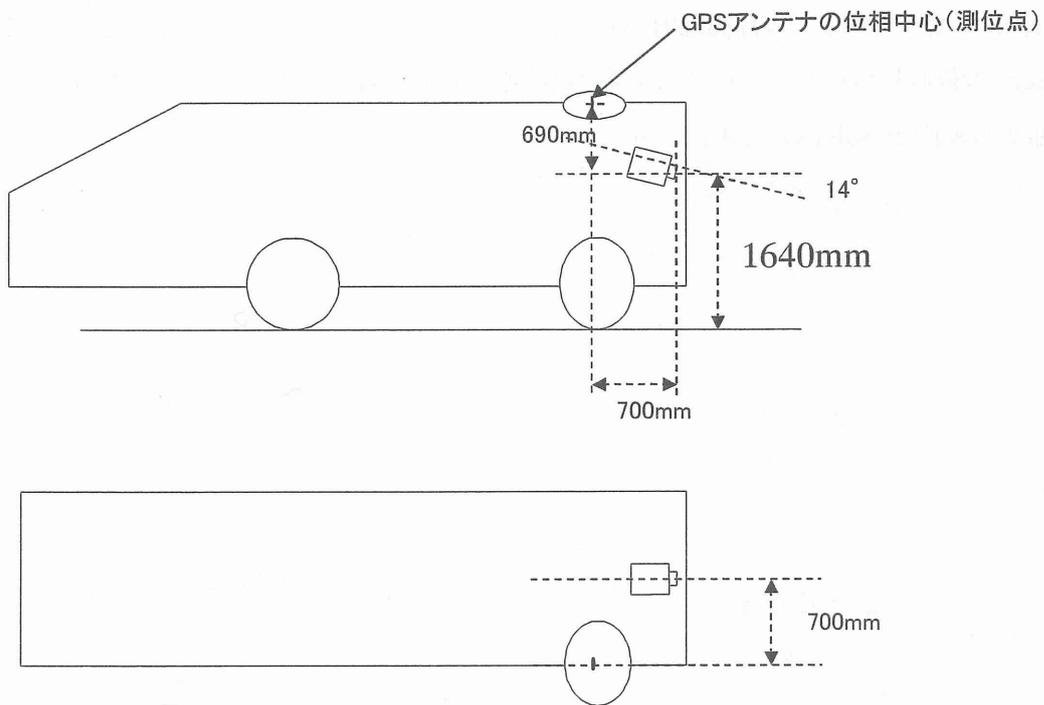


図 2.10 カメラと GPS の設置位置

次に、図2. 11と図2. 12を用いて、収集した映像データと位置データから白線の地理座標を求める方法について説明する。図2. 11は、白線の地理座標を求めるプログラムのフローチャートである。図2. 12はテストフィールドにおける白線検出例である。

- A) まず、車載カメラで収集した映像データを入力とする(図2. 11A)。
- B) 次に、収集した映像データから白線を検出する。すなわち、画像座標系における白線の座標(単位はピクセル)を求める(図2. 11B)。図2. 12に示すように、車両の両側にある白線の端を検出する。なお、本システムではカメラから3m以内に存在する白線のみを検出対象とした。
- C) 次に、画像座標系の白線座標を正規化カメラ座標系(単位はピクセル)に変換する(図2. 11C)。ここで正規化カメラ座標系とは、レンズの歪曲に伴う歪みや、光軸のズレを取り除いた画像の座標系である。
- D) 次に、路面が平坦であると仮定して、カメラ座標系における白線の座標(単位はメートル)を推定する(図2. 11D)。
- E) 続いて、カメラ座標系の白線座標と、世界座標系におけるGPSで測位した車両の座標(単位は緯度経度)とを加算して、世界座標系における白線の座標(単位は緯度経度)を求める(図2. 11E)。なお、GPSの信号にはRTK後に解析を施している。

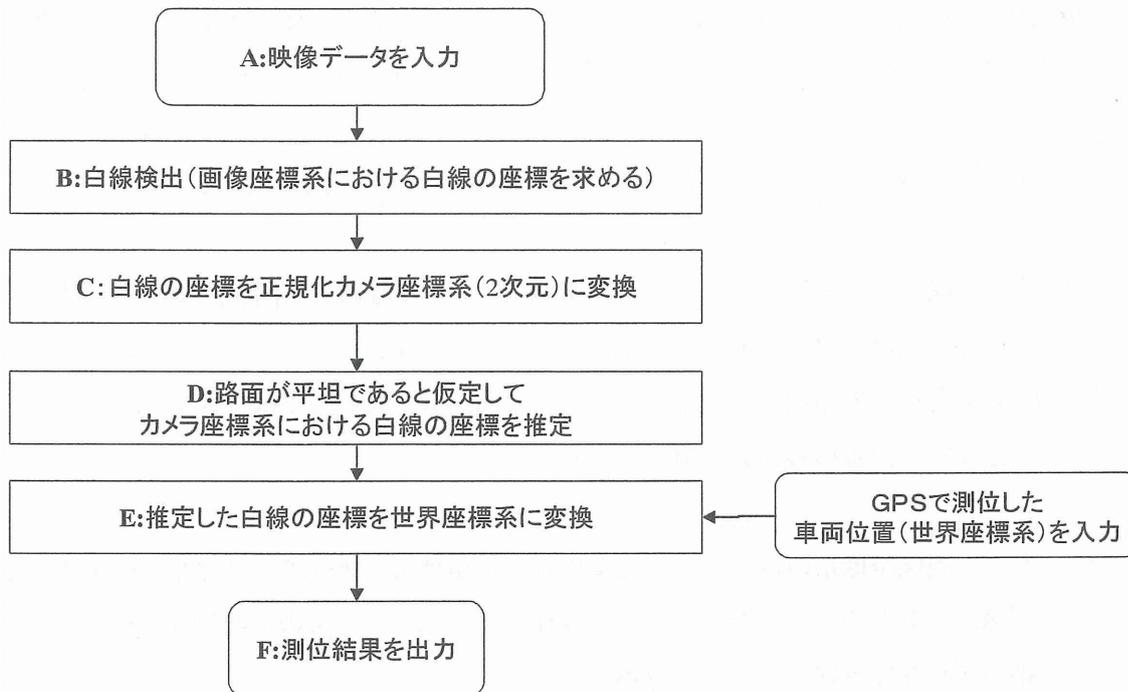


図 2.11 白線測位フローチャート

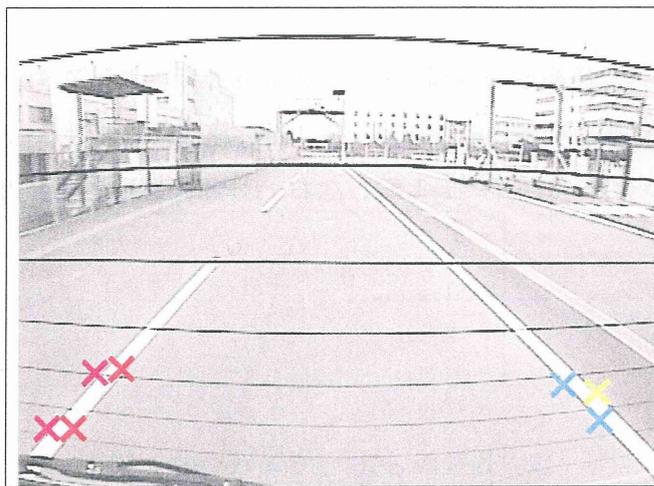


図 2.12 白線検出例

このような条件により、測位した結果を図2.13に示す。緑線は、静止したFKP-GPSで予め測位した正解点を結んだ正解線である。赤×は、図2.12に示す赤×に対応する点（中央線の右側の端）である。丸で囲んだ位置は、高架下（門構）を通過しており、PASのデータが乱れたため、測位結果が乱れている。

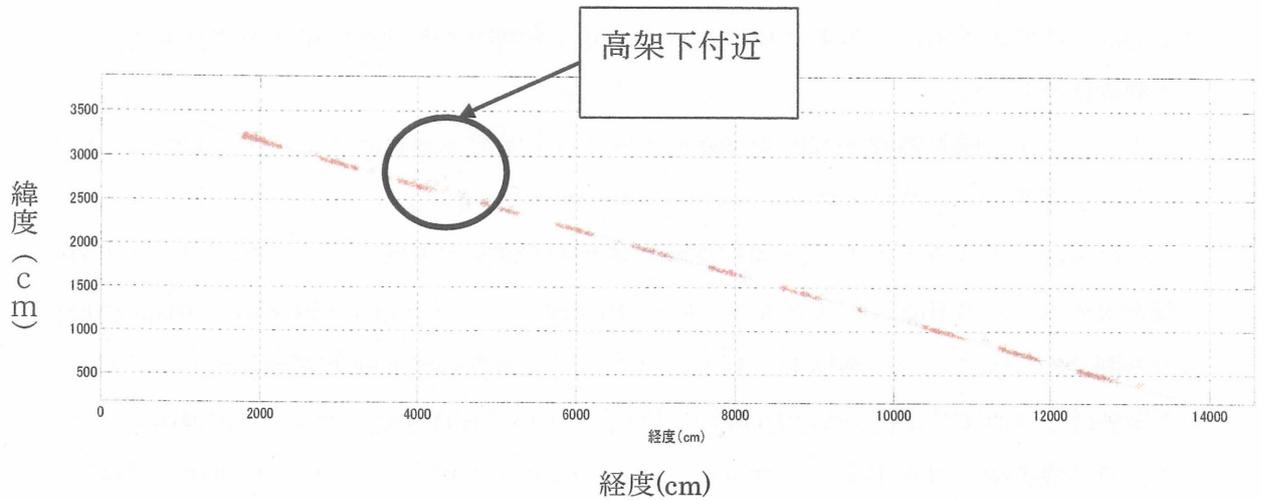


図 2.13 テストフィールドにおける測位結果

次に、図2.14を用いて測位精度の評価方法について述べる。正解線（緑）と測位した点の垂直距離を求め、これを測位誤差とする。次に、測位誤差の平均と標準偏差を求める。

図2.15と表2.1に精度評価結果を示す。図2.15Aはカメラから3m以内の白線を検出し、かつ衛星品質フラグが3以下、標準偏差（SD）10cm以下、の場合のみ測位を行った場合の誤差のヒストグラムである。参考までに、衛星品質フラグの意味を表2.2に示す。

また、図2. 15Bには比較のため、カメラから白線までの距離と衛星の信号の質に制限を設けなかった場合の誤差ヒストグラムを示した。ヒストグラムの横軸は誤差（単位はcm）であり、縦軸はカウント数である。ヒストグラムからわかるように、カメラから白線までの距離と衛星の信号の質に制限をかけた場合の方が、誤差の分散が小さい。

また表2. 1に、誤差の平均と標準偏差、および最大値（ただし絶対値）を示す。表2. 1では、比較のために、距離に制限をかけた場合と制限をかけない場合の測位方法について測位精度を比較した。

表2. 1から明らかなように、白線からカメラの距離や衛星品質フラグに制限をかけた場合に、標準偏差と最大誤差が小さくなり、誤差が約15cm以内に収まることが判明した。この理由は、カメラから近くにある白線ほど車両の振動の影響を受けずに精度よく相対距離を求めることが可能なためである。また、衛星品質フラグ3以下、標準偏差10cmの場合のみ測位を行うことで、高架下におけるマルチパスの影響等を回避可能となる。しかし、平均値は0に収束せず、負の方向にドリフトしていく傾向が見られる。この理由として、カメラの設置位置（水平位置、ロール、ヨー）が正確に計測できていない可能性が挙げられる。

結論としては、測位結果は、正解線（実際の白線ライン）上に乗っており、測位結果が、平均-2.04cm、標準偏差4.07cm、最大誤差14.80cm（絶対値）であることから、カメラの設置オフセット誤差が約2cmであったと考えられる。また、標準偏差が4.07cmなので、全体的な精度は3 σ 程度として12.21cmくらいの精度が実現できると考えられる。

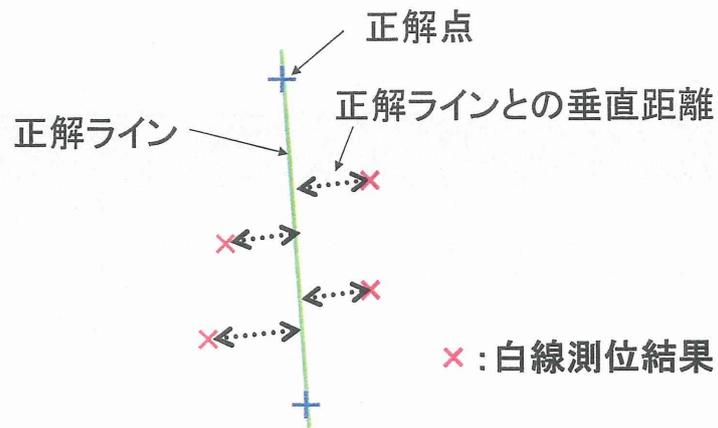


図 2.14 精度評価方法

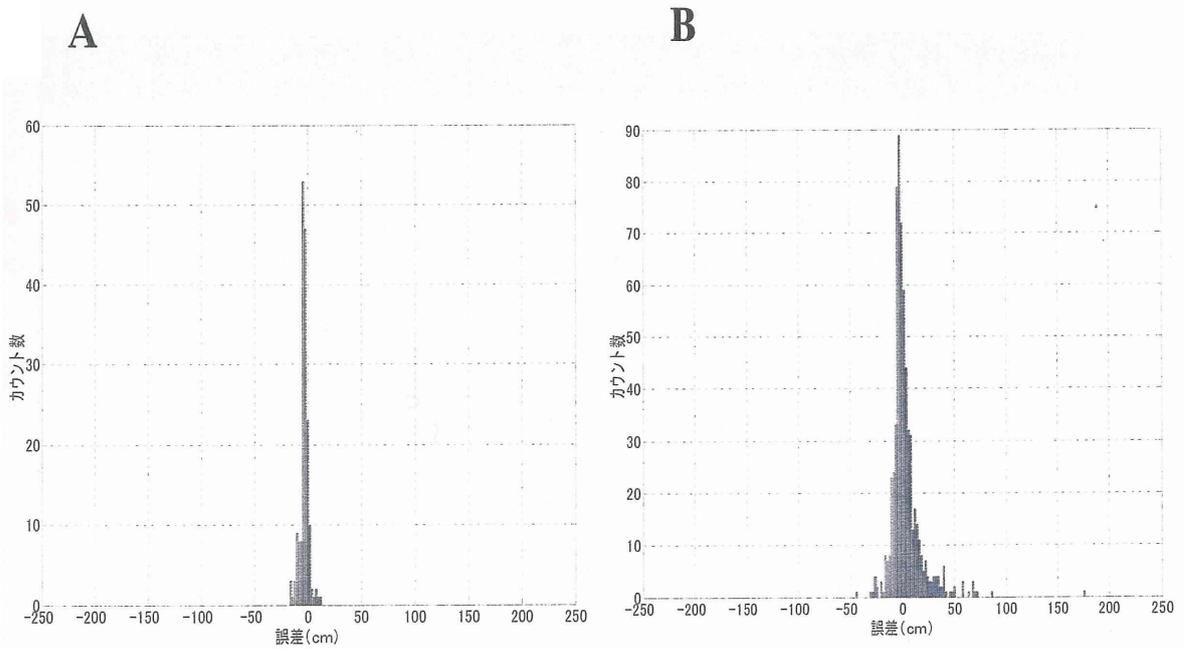


図 2.15 誤差ヒストグラム

表 2.1 精度評価結果

測位条件	平均	標準偏差	最大値 (絶対値)
制限なし	4.41 cm	15.51 cm	176.15 cm
<ul style="list-style-type: none"> ・カメラから白線までの距離 3 m以内 ・衛星品質フラグ 3以下 ・SD10cm 以下 	-2.04 cm	4.07 cm	14.80 cm(符号はマイナス)

表 2.2 衛星品質フラグの意味

品質フラグ	意味	精度 (m)
1	Fixed Integer	0.00 - 0.15
2	Converged Float or Noisy Fixed Integer	0.05 - 0.40
3	Converged Float	0.20 - 1.00
4	Converged Float	0.50 - 2.00

(2) 一般道走行による実験評価

(2) - 1 白線検出評価

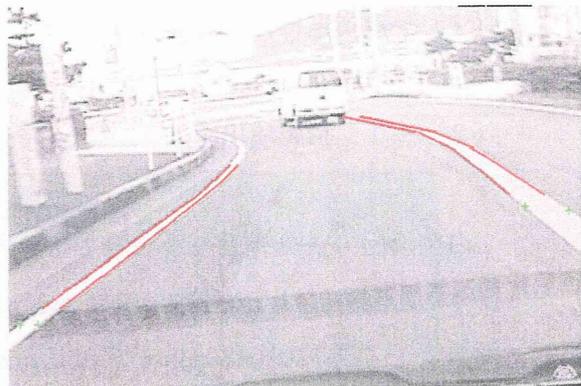
白線検出方式の有効性を検証するため、一般道を走行してビデオを撮影し、検出処理を行った。実験には、2種類の映像 video1(9750frame)及び video2 (3780frame) を用いた。画像サイズは 720×480pixel で 8bit/pixel の濃淡画像である。

(2) - 2 で行った一般道の測位評価区間は、約 150m の非常に短い区間だったため、ここでは、様々な白線パターンのある区間を走行して、白線検出手法の評価を行った。また、カメラは、車両前方に、高さ約 1.7m、角度（俯角）約 17 度で設置して撮影したが、本白線検出アルゴリズムは、カメラの設置した高さ・角度や、前向きに進むという条件を利用しておらず、これらによって、アルゴリズムの性能評価に影響を受けるものではない。

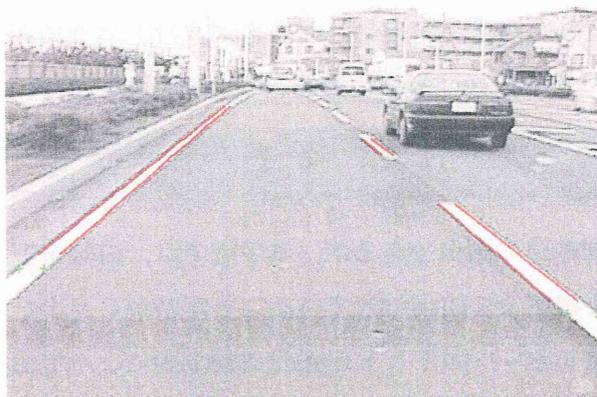
図 2. 16 (a)~(d)に白線を検出した結果を示す。図 2. 16 (a)は、白線が鮮明な直線路を撮影した画像であり、右側の白線は追い越し禁止の黄色線であるが、安定して検出できていることがわかる。図 2. 16 (b)は、曲線路の画像であるが、本手法では、白線を短い線分に分割して検出を行うことで、白線を精度良く検出できていることがわかる。また、図 2. 16 (c)は、右側の白線が破線の画像であり、図 2. 16 (d)は二輪車両によって白線の一部が隠蔽されている画像であるが、本手法では、白線を構成する線分の接続関係を考慮した処理を行っているため、白線が破線の場合や一部が隠蔽された画像においても正確に白線を検出できていることが確認できる。



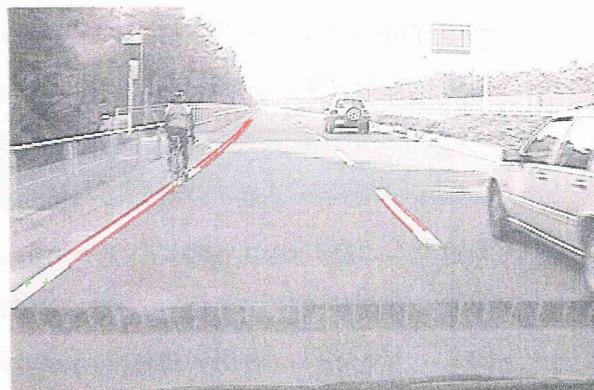
(a)直線路



(b)曲線路



(c)破線白線

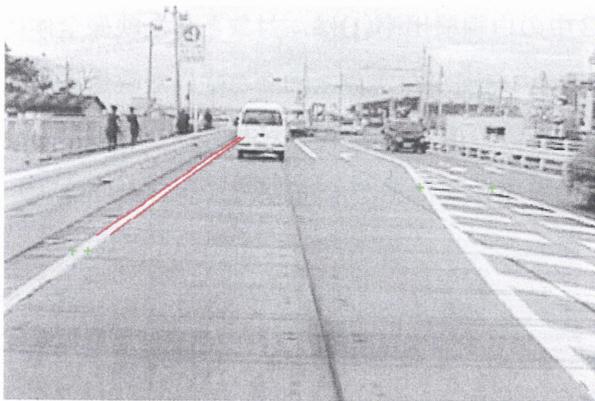


(d)二輪車によって一部が
隠蔽された白線

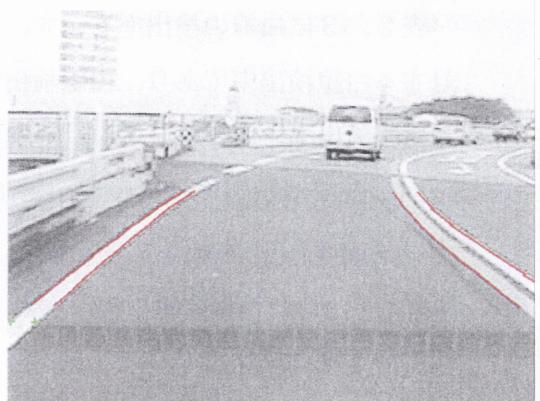
図 2.16 白線検出結果

表 2. 3 に白線の検出率を示す。表 2. 3 中の白線検出率(1)は、対象とした映像全体に対する白線検出率であり、白線検出率(2)は極端に白線がかすれた画像を除いた映像に対する白線検出率を表している。なお、本開発では、白線の検出位置精度を重視しているため、今回、白線が検出できたか否かについては、判別された点が、白線のエッジ上に位置しているかを判別の基準とした。

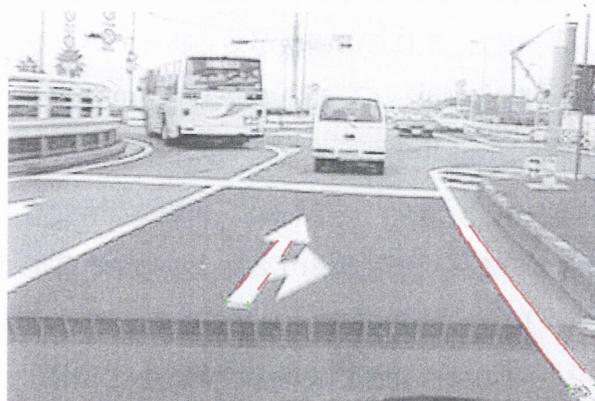
video1 では、白線検出率(1)、(2)の両者において、検出率 90%以上であったが、video2 において検出率が低くなっていることが確認できる。この要因を含め、白線が極端にかすれていない状態にも関わらず、検出できなかった誤検出及び未検出例を図 2. 17(a)~(g) に示す。図 2. 17(a)は、車両誘導帯を含んだ画像の検出結果であり、図 2. 17(b)は白線が二重構造になっている画像である。video2 では、これらの画像が多く映っていたために、白線の検出率が低くなったと考えられる。また、図 2. 17(c)では、画像中央部の路面標示を白線として誤検出し、図 2. 17(d)では、自車両の手前数メートルに位置している先行車の窓のフレームを白線として誤検出している。図 2. 17(e)は、車両の揺れによってカメラがブレたために、正確なエッジ抽出が行えず白線を検出することができなかった例であり、図 2. 17(f)は、自車線の白線がグルーピング処理において、線分数が 2 個に満たなかったために、他車線を検出している。その他、検出に失敗した例として図 2. 17(g)、(h)では、赤色で示されている白線は検出できているものの、今回の検出条件である検出された点が、白線のエッジ上に位置せず、白線のかすれによってブレたために、検出ミスとなった。



(a)車両誘導帯



(b)二重車線



(c)路面表示による誤検出例



(d)先行車両による誤検出例



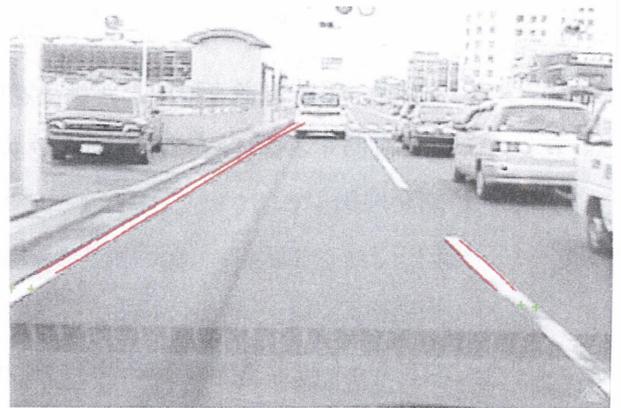
(e)カメラのぶれによる未検出例



(f)他車線の影響による誤検出例



(g)白線の傷, かすれによる誤検出例 1



(h)白線の傷, かすれによる誤検出例 2

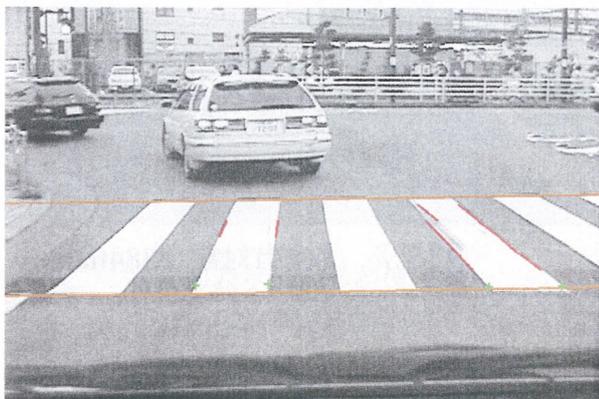
図 2.17 検出不可例

表 2.3 白線検出率

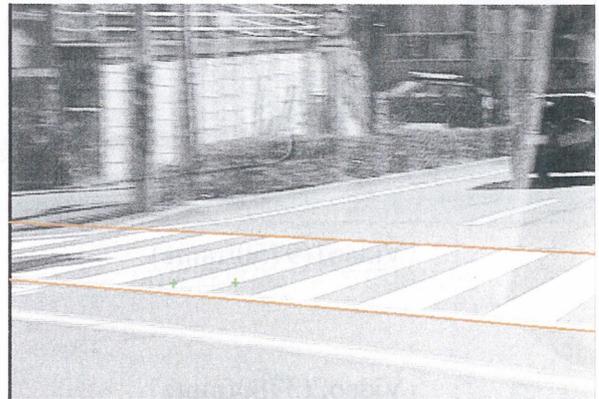
	白線 検出率(1)	白線検出率(2) (極端にかすれたものを除く)
Video1(9750frame)	90.1%	93.7% (検出対象 8384frame)
Video2(3780frame)	78.6%	86.7% (検出対象 3341frame)

次に、横断歩道を検出した結果を図2.18(a),(b)示す。図2.18(a)は、車両が横断歩道を直進する際に得られた画像であり、横断歩道の有無判定処理後、正確に横断歩道の上下端を検出できていることが確認できる。また、図2.18(b)は、右左折時に撮影された画像であり、横断歩道を構成する白線にやや歪みが生じているが、白線線分の傾きに沿って横断歩道の上下端を探索し、横断歩道を検出できていることがわかる。

表3.4に本手法の横断歩道の検出率を示す。横断歩道に関する検出率は85.8%であり、検出不可原因としては、図2.19(a)に示す横断歩道のかすれや右左折時による急峻なひずみの重畳(図2.19(b))がほとんどであった。これら未検出のうち、かすれによる検出不可例は、横断歩道を構成する白線の周期性を利用した推定を行う方法について検討する必要がある。



(a)直進時の横断歩道



(b)右左折時の横断歩道

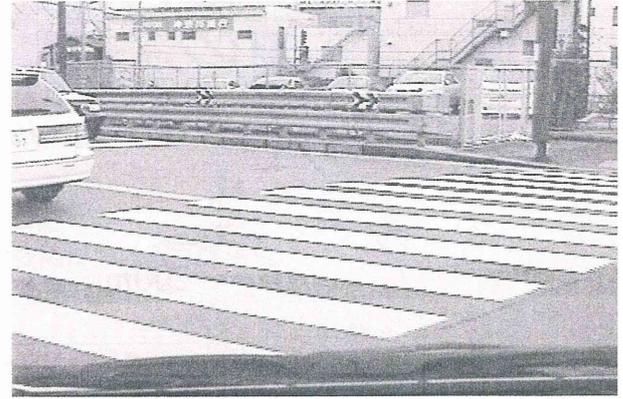
図2.18 横断歩道検出結果

表2.4 横断歩道検出率

	検出率
横断歩道(141シーン)	85.8%



(a)かすれによる検出不可例



(b)急峻な歪の重畳による検出不可例

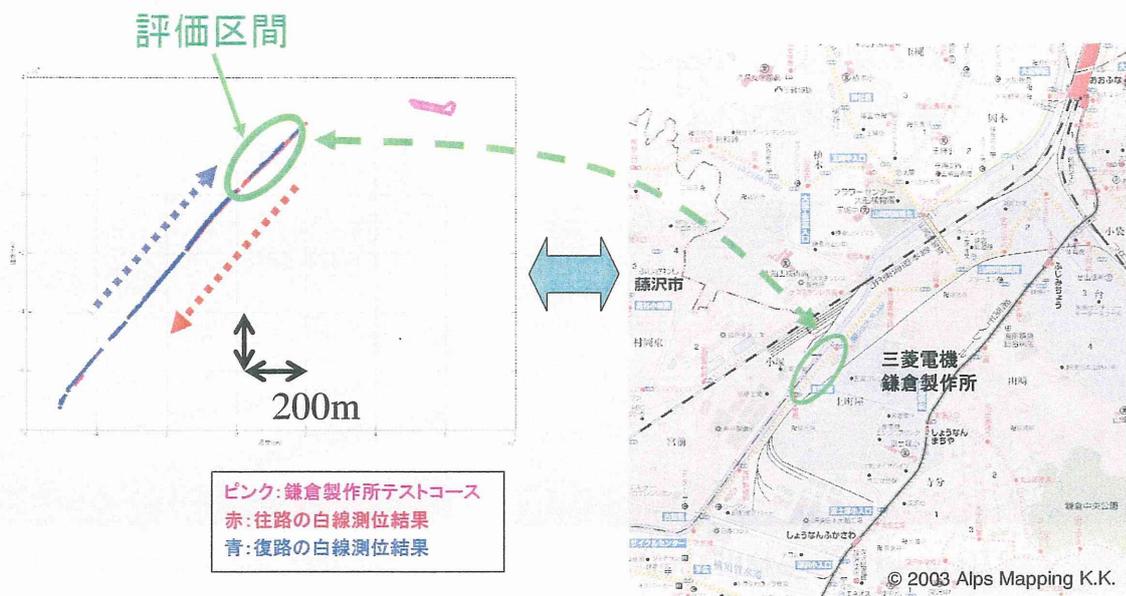
図 2.19 横断歩道検出不可例

(2) - 2 測位精度評価

テストフィールドでは、理想的な環境における精度評価について述べたが、ここでは、精度を悪化させる外的要因（路面傾斜や車両姿勢変動）の影響を調査するために、一般道における白線測位の精度評価について検討する。

一般道の中でも比較的直線で平坦な区間を測位精度評価の対象とした。評価区間の位置を図 2. 20 に示す。評価区間の情景を図 2. 21 に示す。図 2. 21 に示すように、評価区間は片側一車線で、中央線 1 本と道路両側 2 本の、計 3 本の白線がある。白線検出アルゴリズムは、車両の両側に見える白線の端を検出していく。

一般道では、テストフィールドのように予め白線の位置を測位できないので、評価区間を往復して、往路で中央線を測位し、復路で中央線を測位した結果と比較することで測位精度の評価を行った。



・約150mの直線区間で評価

図 2.20 白線測位評価区間

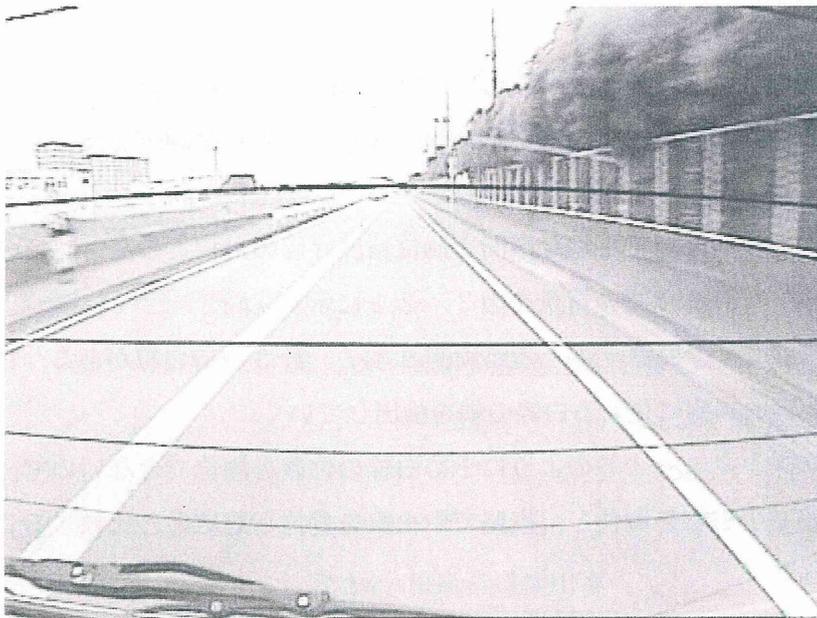


図 2.21 評価した一般道の情景

図2. 22に評価方法を示す。往路ではまず、横浜方面から江ノ島方面へ向かい、中央線を測位する（測位結果は赤×で示されている）。次に復路では、江ノ島方面から横浜方面に向かい、同一の中央線を測位する（測位結果は青×で示されている）。往路と復路の両方で測位することが可能な中央線の端（北側）と中央線の端（南側）の二本のラインを精度評価の対象とした。

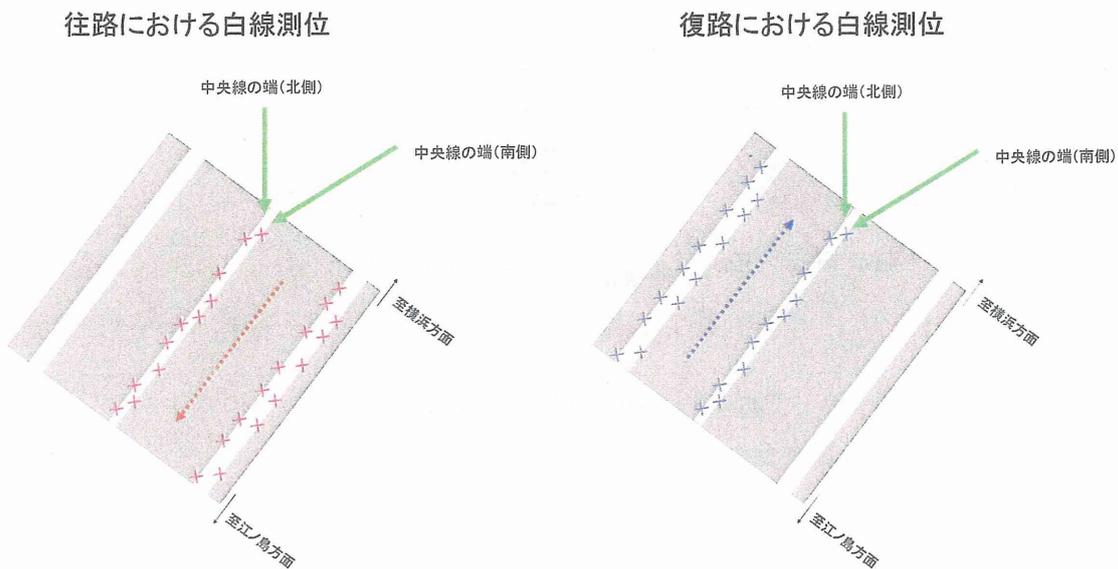


図 2.22 往路と復路における白線測位

以下に、評価区間における白線測位結果と精度評価について述べる。収集した映像データと位置データから白線の地理座標を求める方法については、テストフィールドで行った方法と同様である。また、カメラの設置位置はテストフィールドの直線コースとほぼ同じであるが、カメラの高さを 154cm に変更している。また、カメラから 3m 以内の白線のみを測位対象とし、衛星の信号の質が 3 以下の場合のみ白線の測位を行った。

評価区間のプロット結果を図2. 23と図2. 24に示す。図2. 20の丸枠を拡大したものが図2. 23である。図2. 23では道路の中央線と、道路の端の白線が測位されていることが見て取れる。図2. 23をさらに拡大したものが図2. 24である。図2. 24では中央線の端（北側）と中央線の端（南側）が区別できる。

赤: 往路の白線測位結果
青: 復路の白線測位結果

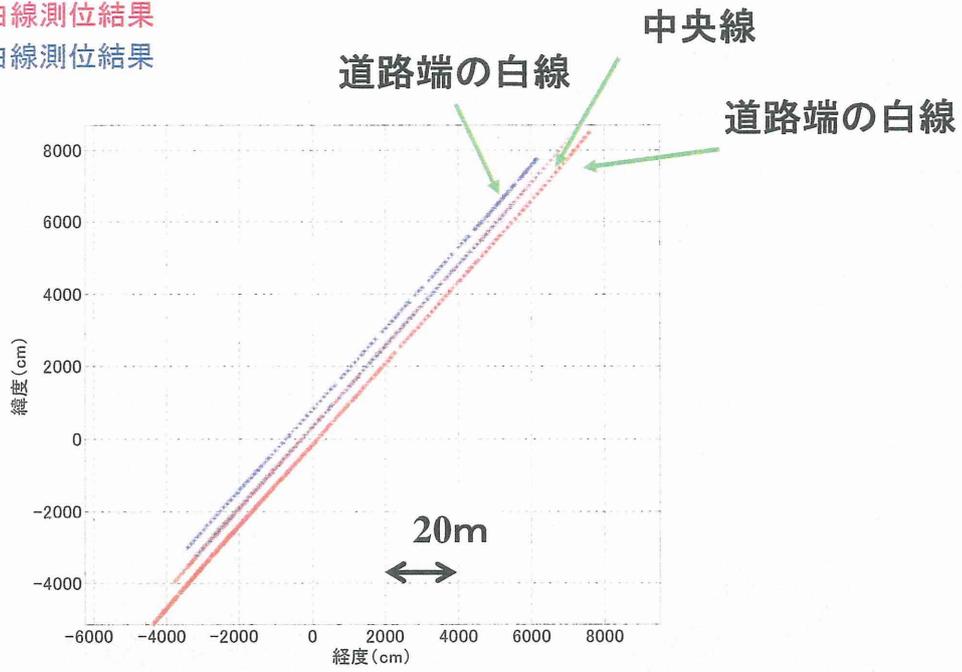


図 2.23 測位結果 (評価区間)

赤: 往路の白線測位結果
青: 復路の白線測位結果

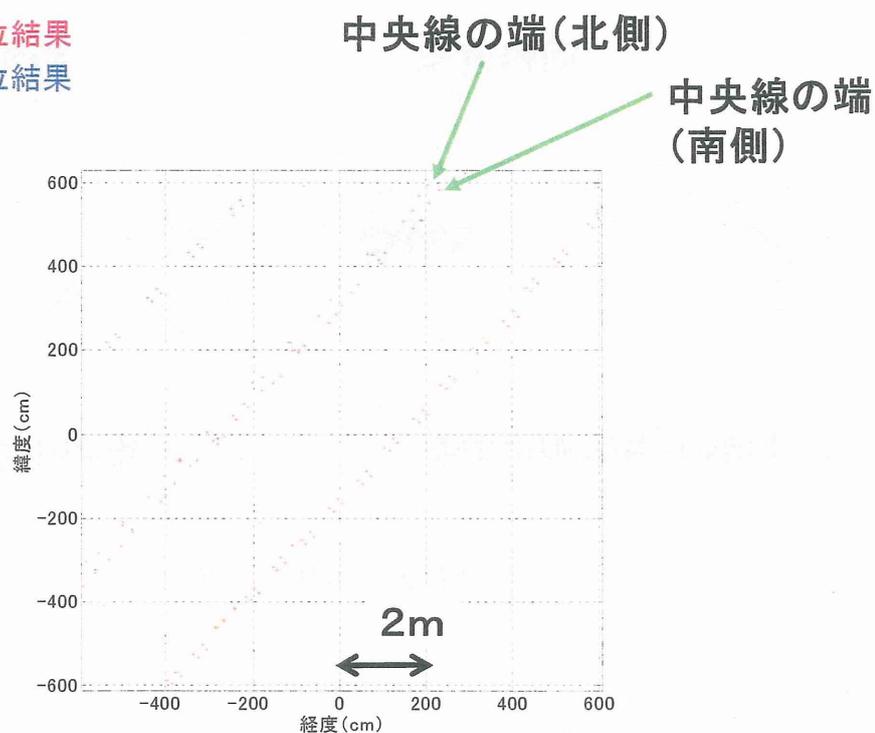


図 2.24 測位結果 (評価区間の一部拡大図)

次に、図 2. 2 5 を用いて測位精度の評価方法について述べる。一般道においては、テストフィールドのように正解点を測位することが困難である。そこで、図 2. 2 5 に示すように、まず往路の白線測位結果から回帰直線を求め、次に回帰直線と復路の白線測位結果の垂直距離を測位誤差とした。また、図 2. 2 3 に示した約 150m の直線区間を精度評価の対象とした。

図 2. 2 6 に誤差のヒストグラムを、表 2. 5 に精度評価結果を示す。図 2. 2 6 の横軸は誤差 (単位は cm) であり、縦軸はカウント数である。この結果、最大誤差は約 28 cm 以内に収まっていることが判明した。

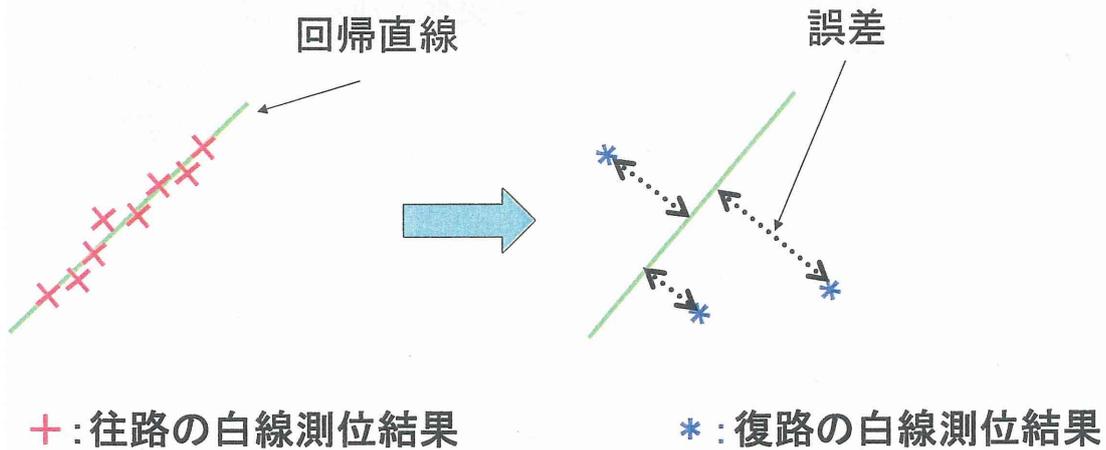


図 2.25 測位精度評価方法

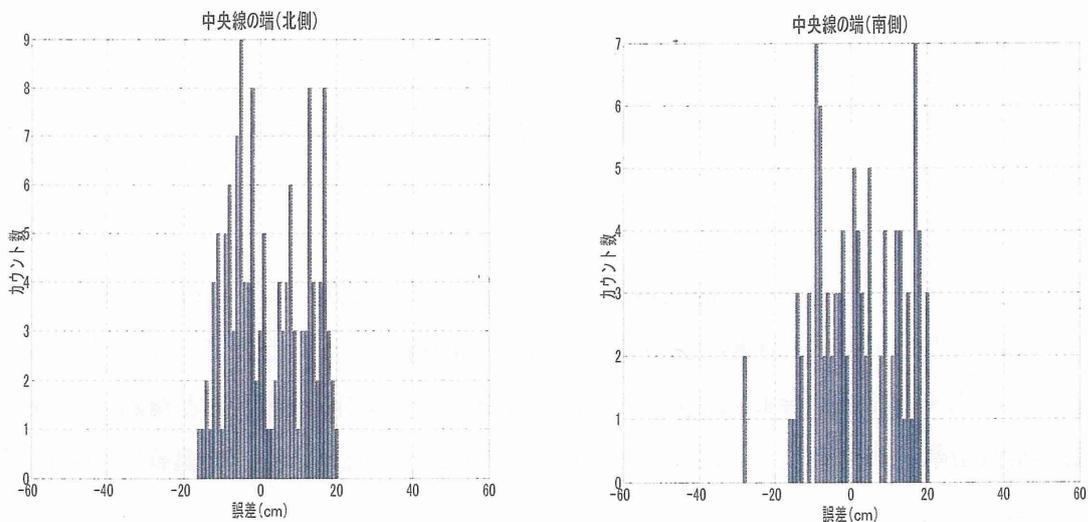


図 2.26 誤差ヒストグラム

表 2.5 一般道における精度評価

	平均誤差	標準偏差	最大誤差(絶対値)
中央線の端(北側)	2.81cm	9.96cm	20.35cm
中央線の(南側)	2.35cm	11.19cm	27.84cm

3. 6 考察

テストフィールドにおける評価実験結果では、1/500の縮尺地図に求められる精度（±25cm）の許容誤算内に収まることが検証できた。

一般道（ただし直線コースで平坦な路面）においては、誤差がほぼ28cm以内に収まることが判明した。しかし、標準偏差は9.97cm, 11.2cmとテストフィールドの実験と比較して大きな値となった。これはいくつかの複合的な要因が考えられる。第一に、往路と復路の測位結果を比較して誤差を算出していることが挙げられる。誤差を含むもの同士で比較しているため、標準偏差や最大誤差も必然的に大きくなる。第二に、車両振動や車両姿勢変化が大きかったため、誤差が増幅されたと考えられる。第三に、白線検出誤差の影響があった。評価区間では一部の中央線がかすれており、白線検出アルゴリズムが白線を誤検出してしまった。白線の幅は15cm～20cmであるため、約10cm程度の測位誤差が生じたと推測される。

白線検出に関しては、白線の途切れや曲線路に対しても検出可能な手法であることが確認できた。しかし、車両誘導帯を含む白線の検出や、途切れ・かすれの白線検出に対しては、改善していく必要がある。前後数フレームだけでなく、より広範な時系列情報を利用して検出率を向上していく必要がある。

3. 7 まとめ

高精度測位装置とビデオカメラを搭載した車両によって道路上の白線の高精度測位手法を検討し、その精度評価を行った。平坦な直線道路においては、精度が±30cmで白線を測位することができるという結果が得られた。

今後、さらに一般道での適用を広げていく際、白線の測位精度の課題となる要因は以下の4つがある。

- 1) 路面条件の変化
- 2) 車両振動, 車両姿勢変化
- 3) 白線検出誤差
- 4) GPS 測位誤差

ここで、1) 路面条件の変化とは、路面の凹凸や傾斜のことである。次に、2) 車両振動、車両姿勢変化とは、エンジン等による車両の振動や車両の傾きで、カメラの設置位置や角度がズレてしまうことである。次に、3) 白線検出誤差とは、映像データから白線を検出する際に伴う誤差である。最後に、4) GPS 測位誤差とは、GPS で車両の緯度経度を求める際に伴う誤差である。

ここでは、1)、2) に関して、検討を行う。

1) の路面条件の変化に関しては、本方式では、白線検出に単眼カメラを用い、路面が平坦であると仮定してカメラから白線までの相対距離を求めた。路面が平坦ならばカメラと白線の相対距離は常に一定であるため、カメラの高さと傾きを予め計測しておけば、カメラから白線までの相対距離を正確に計測できる。しかしながら、路面が傾いている場合にはカメラと白線間の距離が変化するため、カメラから白線までの相対距離に誤差が生じる。(図2. 27)

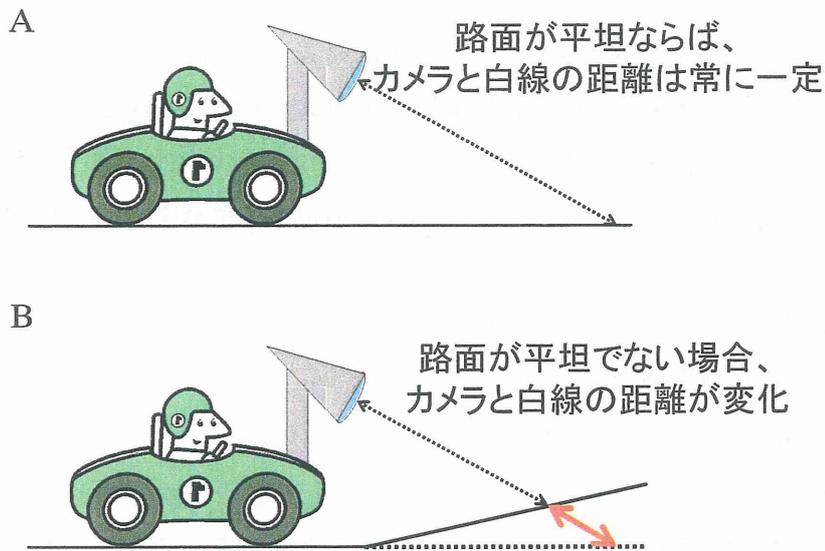


図 2.27 路面変化に伴う誤差

図 2. 28 にシミュレーションに用いた 5 つの路面条件を示す。路面が 5 度登り傾斜 (図 2. 28 A), 路面が 5 度下り傾斜 (図 2. 28 B), 路面が 5 度右側に回転 (図 2. 28 C), 路面が 5cm 凸 (図 2. 28 D), 路面が 5cm 凹 (図 2. 28 E) の五種類の路面を 100m に渡り走行した時の平均誤差と最大誤差および最小誤差を計算した。

シミュレーション結果を表 2. 6 に示す。シミュレーションの結果, 路面変化に伴う最大誤差累計は約 63cm, 平均誤差累計は約 53cm となった。また, 登り傾斜が白線の測位精度に最も影響を及ぼすことが判明した。

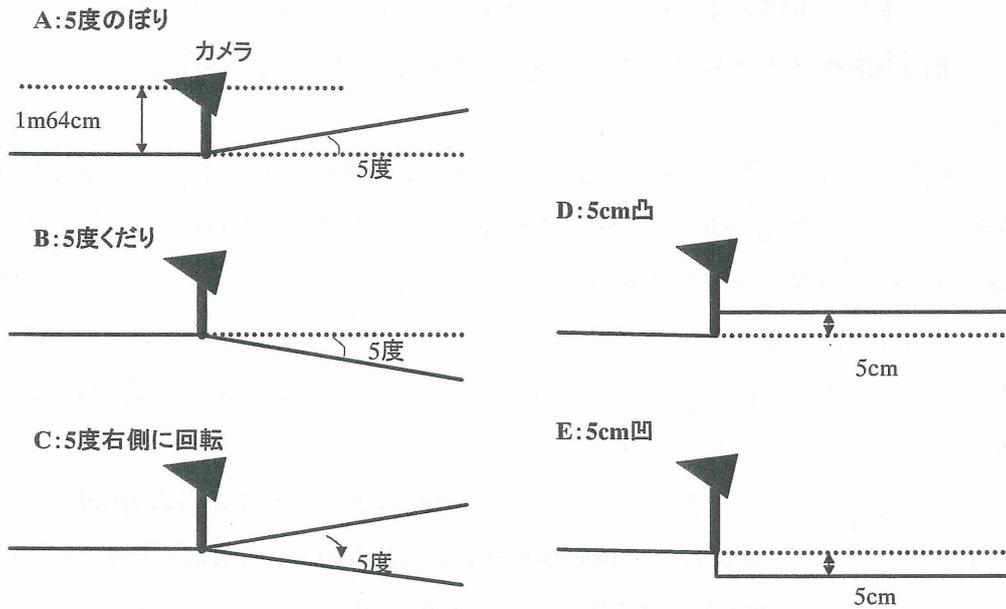


図 2.28 シミュレーションした路面条件

表 2.6 路面条件の変化に伴う誤差評価結果

条件	最小誤差 (cm)	最大誤差 (cm)	平均誤差 (cm)
A データ地点が5度のぼり傾斜	13.0	23.0	17.9
B データ地点が5度くだり傾斜	11.1	17.6	14.4
C データ地点が5度右側に回転	11.0	12.9	12.0
D データ地点が5cm凸	4.7	4.7	4.7
E データ地点が5cm凹	4.4	4.4	4.4
累積	44.3	62.7	53.4

2) の車両振動・車両姿勢変化に関しては、エンジンの振動や路面の凹凸が原因で車両が振動する。また、車が加速した時やカーブ区間を走行中には車両が前後左右に傾く。このような車両の振動と姿勢変化はカメラの高さや角度を変化させ、測位誤差を生み出す原因となる。

カメラの位置と角度変化が白線の測位精度に及ぼす影響を調査するため、3次元加速度計車両を後部トランク位置に設置し、角度と加速度の計測を行った。車両は三菱デリカを、3次元加速度計はデータテック社製の製品を用いた。表2.7に、テストフィールド内を走行時の車両振動計測結果を示す。また、図2.29にカメラ座標系とヨー、ピッチ、ロールの関係を示す。車体前後、左右、上下の振動は、計測した加速度を二重積分することにより求めている。

図2.29より、ヨー、ピッチ、ロールの角度の振れはそれぞれ±3度以内に収まっていることがわかる。また、左右および前後の車体振動の最大値が50~70cmと非常に大きな値となっているが、これは加速度計が車体の加速に敏感に反応したためであり、車両の振動を計測した値ではないと思われる。このため、左右および前後の振動は参考値とした。

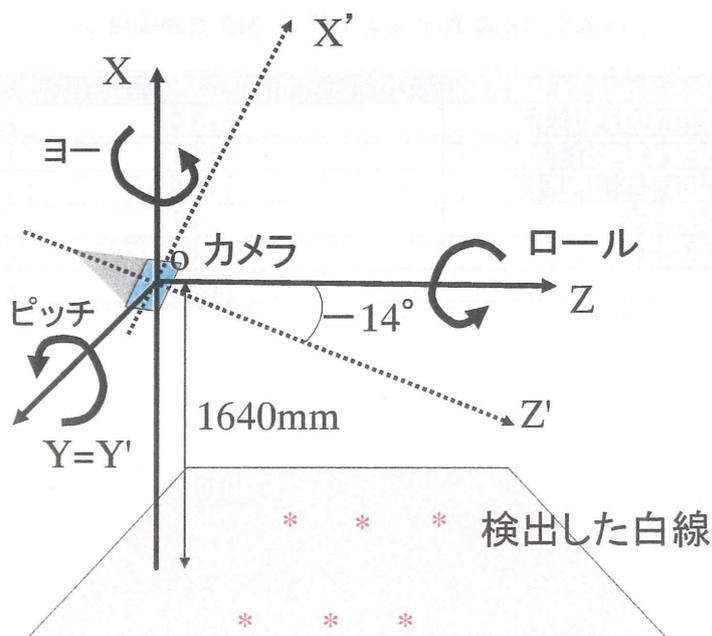


図 2.29 ヨー、ピッチ、ロール

表 2.7 テストフィールドにおける振動測定結果

変数	最小値	最大値	平均値
ヨー(度)	-2.86	0.65	0
ピッチ(度)	-2.09	2.7	0
ロール(度)	-1.86	2.19	0
車体上下(cm)	-7.76	6.32	-1.27
車体左右(cm)	-12.2	50.06	5.68
車体前後(cm)	-17.37	68.35	10.13

表 2. 8 にシミュレーション結果を示す。シミュレーションの結果，最大誤差の累計は約 42cm，平均誤差の累積は約 23cm であった。また，わずかな角度変化でも測位誤差に大きな影響を与えることが判明した。

表 2.8 カメラ設置位置の変化に伴う測位誤差のシミュレーション結果

条件	閾値	最大誤差(cm)	平均誤差(cm)
ヨー	±3度	10.7	6.0
ピッチ	±3度	10.5	5.5
ロール	±2度	10.9	6.3
車体上下	±8cm	7.7	3.9
車体左右	±2cm	2.0	1.2
車体前後	±2cm	0.0	0.0
累計		41.7	22.9

今後の課題は上記 1) と 2) の影響を考慮した上で同様の測位精度を確保することである。上記 1) の影響を抑える方法として，精度が良くなるカメラ位置を検討することが挙げられる。例えば，カメラを真下に向け，白線のみを撮影することで，車両振動や路面変化の影響を最小限に抑え，測位精度を向上できる。また，上記 2) の影響を抑える方法として，車両振動と車両姿勢を計測して世界座標系のカメラ位置を求め，カメラから白線までの相対距離を動的に求めることが挙げられる。今後は，車両に高精度なジャイロや加速度計等を搭載し，路面変化のある一般道路で精度検証を行う予定である。

第3章 プレゼンス・システムにおける位置情報の流通方式

3.1 はじめに

移動体通信の発展に伴って、誰もがいつでもどこでも、ネットワークを用いて簡単に情報にアクセスできる環境が整いつつある。また、携帯電話やカーナビの急速な普及により、移動する人や物に対して、適切な情報を提供する位置情報サービスが注目されている。例えば、携帯電話を用いたマンナビゲーションやカーナビを用いた ITS(Intelligent Transport Systems)、食品のトレーサビリティなどが上げられる。2007年度からは、日本版 E911 が施行され、携帯電話に GPS が付いて、今後は、数千万から数億の端末による測位や位置情報の発信が可能な環境になってくる。

位置情報をインターネット上で利用するためには、端末から発信される位置に応じた様々な情報を処理・判断し、位置情報を必要とするところへ効率的に流通(収集・配信)することが重要となる。また、利用者からはタイムリーなサービスが求められ、システムの応答性はサービスの視点からも重要な課題になる。

ここでは、End-to-End でのリアルタイムな位置の流通を実現するため、プレゼンス・システムの適用をはかり、位置情報のように時系列的に変化するデータを、多数の端末間で、効率的にやり取りするための方式を提案する。測位方式や位置の表現方法は様々なものがあるが、ここでは GPS などを用いた屋外測位における“位置座標”を扱う。

3. 2 位置情報流通の課題

位置情報を流通するための環境が整備されてくると、位置情報を利用する様々なアプリケーションやサービスをインターネット経由で提供することが可能になる。例えば、プロブカーのように時々刻々と位置が変化する大量の車の位置情報を取得することで、交通情報の把握に利用することができる。具体的な応用としては、各車両の現在位置などに基づく渋滞予測、タクシーやバスの配車管理や利用者への運行情報の提供などが考えられる。他にも、例えば、大勢の人の位置情報の把握により、テーマパークやイベントの会場内外での人の流れの制御や混雑の回避、人の混雑度合に応じた警備員の配置・配備計画などが考えられる。

これらの位置情報を利用したアプリケーションにおいて、単に位置が分かればよいのではなく、現在の位置、すなわち、リアルタイムに位置を把握することがアプリケーションの利便性に関係する。さらに、把握する位置情報の対象が多いほど、提供される情報やサービスの品質が向上する。

これらのサービスを実現するためには、以下の課題がある。1つ目は、位置情報を発信する端末が非常に大量になることである。一般に、車や人の流れを位置で把握するとき、数千から数万、多いときには、数千万から数億の端末により測位された位置情報が発信されることになる。これらの位置情報が数秒間隔でネットワークを流通することになると、ネットワークの負荷は急激に増加する。

1つの位置情報のデータ量は、動画のような大きなデータ量を持つ情報とは比較にならないほど小さい。しかし、位置情報が短い間隔で多数の端末から発信されることで、全体としては動画のストリームのような大きな情報量となる。そのため、そのような情報をネットワーク上で効率的に流通させることが課題となる。

他にも、大量の位置情報をリアルタイムに利用するサービスの利便性、および、品質向上に関する課題として、大量の位置情報の収集と、それらの情報をリアルタイムに解析すること、位置情報や解析結果を必要とする利用者へ提供するためのシステム構築などがある。例えば、ある車からある地域の道路の渋滞状況を知りたいとシステムに要求があった場合、多くの車両の位置情報をセンタのサーバなどへ収集し、その情報に基づき現状の道路の渋滞状況や車の流れなどの解析を行い、要求のある車へ解析結果をできるだけ早く提供するシステムが必要となる。このとき、位置情報を発信する車両が渋滞状況を要求する車両でもある場合には、多対多でのサービスシステムとして考えることもできる。

位置情報を利用したサービスにおいて、1つの位置情報を確実に捉える必要のあるものもある。しかし、短い時間間隔で発信される位置情報に追従したサービスにおいては、必ずしも全ての位置情報を確実に取得できなくてもよい場合もある。つまり、そのようなサービスにおいては、多少の位置情報の欠落があったとしても、連続的な位置情報の収集における位置の変化から、ある程度の補完は可能であり、サービス品質として致命的なものではない。該当するサービスとしては、前述の渋滞情報などが挙げられる。

ここでは、上記の課題に対して、非常に多くの端末から頻繁に位置情報を発信する場合に、ネットワーク上でのリアルタイムな流通方式の提案を行う。

3. 3 位置座標の流通形態

位置に応じた情報・サービスの提供を行うシステムはLBS(Location Based Services)システムと呼ばれている。ある地点での位置情報の取得(測位方法)には、RFID(Radio Frequency Identification)[70, 71]やセンサーネットワークを用いた端末位置の検出、GPSや無線基地局(例えば、携帯電話網や無線LAN)からの電波強度に基づく測位[72]などがある。測位間隔は、多くの場合数秒～数十秒である。

一方、インターネット上におけるEnd-to-Endでの情報通知に関しては、Push型配信を利用したシステム構成やリアルタイム性の評価[73, 74]などの研究例がある。

ここでは、時々刻々変化する位置情報をEnd-to-Endでリアルタイムに流通させる方式の検討を行った。

(1) 理想的な流通形態

位置情報の流通において、図3.1に示すように位置を発信する端末からは1度の発信のみで、その端末の位置を必要としているネットワーク上の全ての端末にEnd-to-EndでPush型の流通ができる形態が理想的である。

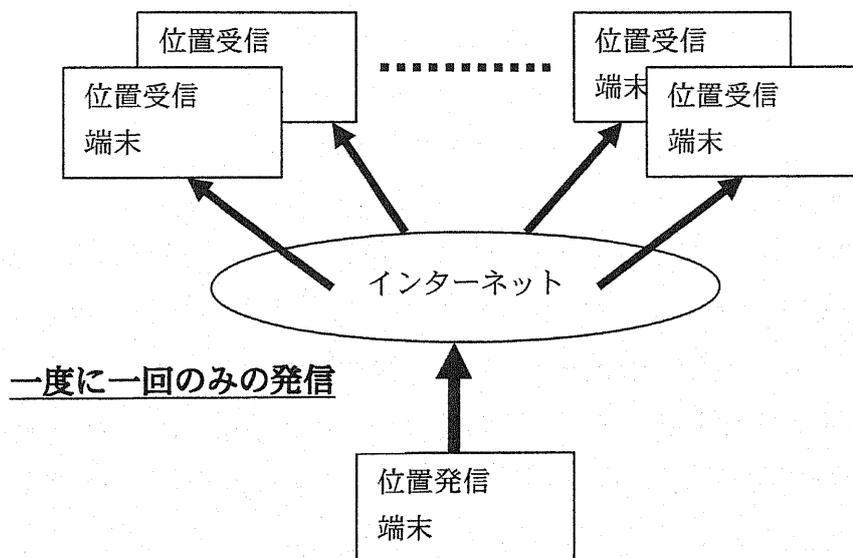


図 3.1 理想的な流通

(2) 既存システムによる流通形態

図3. 2の場合は、位置発信端末自身が、位置を必要とする全ての位置受信端末に発信する形態である。この場合、位置受信端末数が増加すると位置発信端末の発信回数も増加するため、位置発信端末のネットワークのトラフィックや処理負荷が増大する。また、多数の位置発信端末がネットワーク上に存在するとき、ネットワーク全体での通信量が爆発的に増加することになる。その結果、利用者に提供するサービスの応答性が低下する。

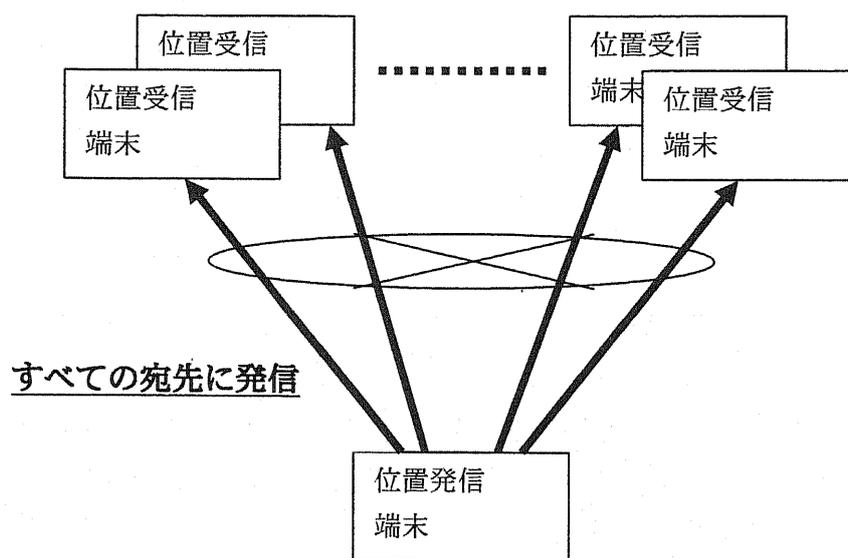


図 3.2 既存システムによる流通 1
(全ての提供先に発信)

図3. 3のような構成にすると、ネットワーク上に位置管理端末（例えば、サーバ）を設置し、位置発信端末から1度に1回のみの発信で済むようになる[75]。しかし、位置管理端末から位置受信端末に情報が即座に配信されるのではなく、位置受信端末が定期的に位置管理端末に対して位置発信端末の位置の取得要求を出す必要がある。これでは、位置受信端末の位置の変化がなくても、位置の取得処理が発生するため、位置管理端末において、無駄な処理負荷や通信量が発生することになる。（Web ベースでのシステムがこの形態に該当する。）

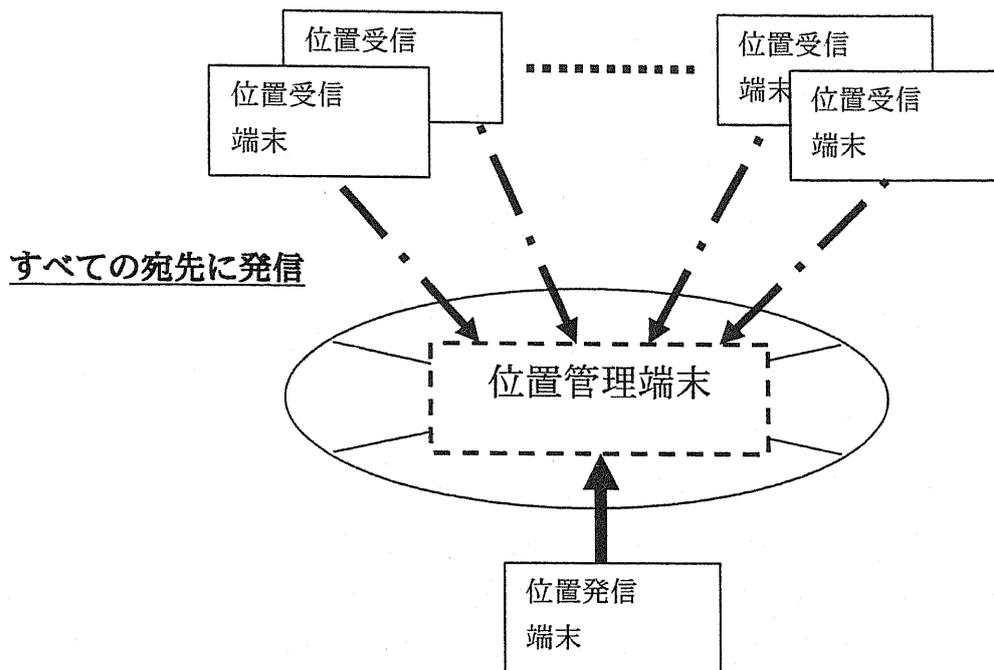


図 3.3 既存システムによる流通 2 (polling による取得)

また、End-to-End での情報の流通を考えると、取得間隔でのタイムラグ発生によるリアルタイム性の低下や、取得間隔内での複数回の位置情報の変化による情報発信では位置受信端末側で情報のとりこぼしが発生する。これらを解決するためには、位置情報を取得するための時間間隔を短くすることになるが、これによりさらに無駄な処理負荷や通信量の増加をもたらす。

今回は、理想的な図 3. 1 の流通形態を実現するために、また、世の中に広く利用されるようにするため、独自プロトコルではなく、可能な限り標準化されたプロトコルやシステムを活用した方式によって実現することを目指した。

3. 4 提案方式

(1) プレゼンス・システム

プレゼンス・システムは、インスタント・メッセージ(IM)におけるプレゼンス機能をもつ。他の機能として、端末間でショート・メッセージを交換するメッセージング機能をもつ。

IETF (The Internet Engineering Task Force) における標準化は、全体概要に関する IMPP(Instant Messaging and Presence Protocol)、実装に関する標準化の (SIP(Session Initiation Protocol)[76]ベースの) SIMPLE [77]がある。

最近では、SIP を活用した通信方式も提案されている[78, 79]

プレゼンス機能は、人や物などの現在の状態とその変化 (プレゼンス情報) を通知する機能である。SIMPLE の通信プロトコルとして利用される SIP は End-to-End の双方向で Push 型通信を実現する標準化として唯一のものである。提案方式は、標準化されている SIP (SIMPLE) を適用し、実際のシステムへの早期実現性を考慮した。なお、プレゼンス情報に含まれる位置情報は、今回は位置座標のみとする。

(2) リアルタイム Push 型通信の課題

図3. 1に示したように End-to-End で、理想的な Push 型で位置情報の流通をはかり、しかも標準プロトコルを活用して実現するために、図3. 3のネットワーク上の位置管理端末の代わりにプレゼンス・サーバを配置した構成を検討する。図3. 4にその流通形態を示す。

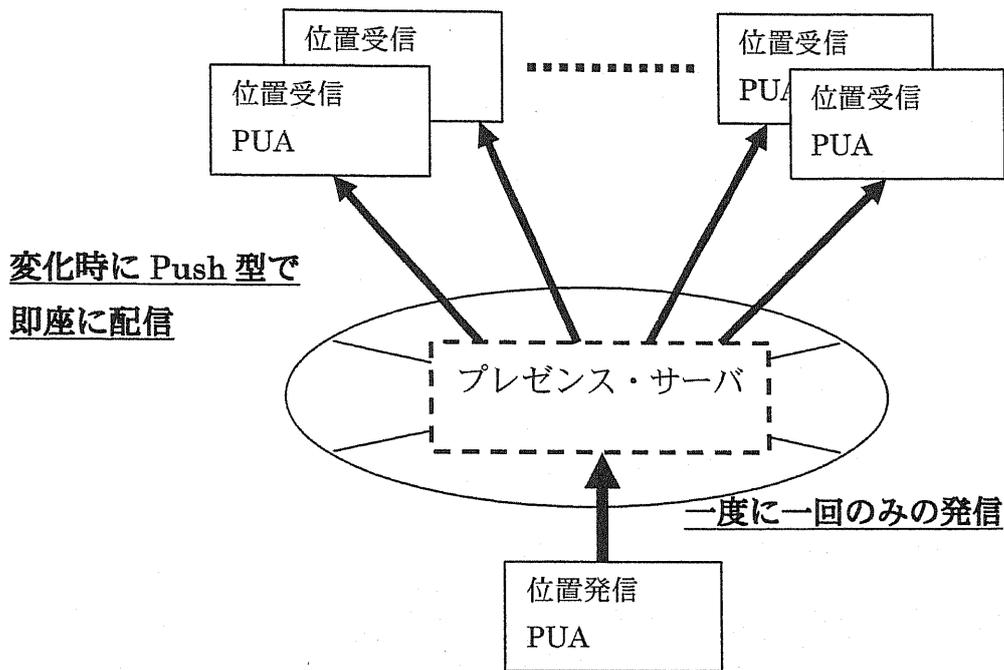


図 3.4 SIMPLE を適用した流通形態

SIP では、クライアント的な SUA (SIP User Agent) とサーバ的な SIP サーバに分類できる。SIMPLE の実装では、PUA(Presence User Agent)は SUA に該当するが、プレゼンス・サーバはいずれでもよい。本提案では、プレゼンス・サーバは、SUA とする。

提案する流通形態でリアルタイムに位置情報を配信するためには、次のような課題がある。

メッセージのデータサイズ削減

位置座標は経度・緯度・高度で構成されるが、テキスト表記で (精度にもよるが) 30～40 バイト程度、バイナリ表記で 10～15 バイト程度必要になる。また、数秒以内の間隔で位置座標が発信される場合には、小さなサイズのデータによるストリーミング的な流通として考えることができる。

SIMPLE においては、プレゼンス情報は全ての内容を毎回流通することになっている。その場合、毎回数百バイトの XML データを流通することになる。

受信確認の Protokol・オーバーヘッドの削減

SIMPLE は、SIP ベースの Protokolであり、そのメソッドやヘッダ情報は HTTP に似たテキストで表記される。そのため、1 回のメソッドで 100～数百バイト程度の Protokol・オーバーヘッドが付加されており、位置座標のデータサイズよりも大きなオーバーヘッドとなっている。

また、SIP は受信確認を肯定的応答 (ACK) で行う。つまり、流通時の全てのメソッド時にその処理が行われている。ストリーミング的な流通においては、この処理は負荷が大きいものとなる可能性がある。

(3) 提案方式

<RTP を併用した流通方式>

前述の課題を解決するために、IETF の SIMPLE WG で議論されている差別的な流通 [80-82] の考え方を踏襲し、位置座標のような小さいデータ量で変化の頻度の高いストリーミング的なプレゼンス情報流通のために RTP を併用した流通方式を検討した [83, 84]。

RTP は、音声や映像などのストリーミングデータを再生するための伝送 Protokolである。インターネットなどのネットワークを通じて、音声や映像などのマルチメディアデータを受信しながら再生する必要があるストリーミングデータに適した Protokolである。独自 Protokolでも可能であるが、前述したように世の中に広く利用されるようにも考慮し、可能な限り標準化された Protokolを適用することにした。また、端末の移動に伴う頻繁な位置座標の発信は、音声や動画と同様なストリーミングとして考えることもでき、発信時間や順序などについても対応可能なため RTP を選択した。ただし、RTP 上への位置座標の搭載について標準化は行われていないため、その部分は独自となる。

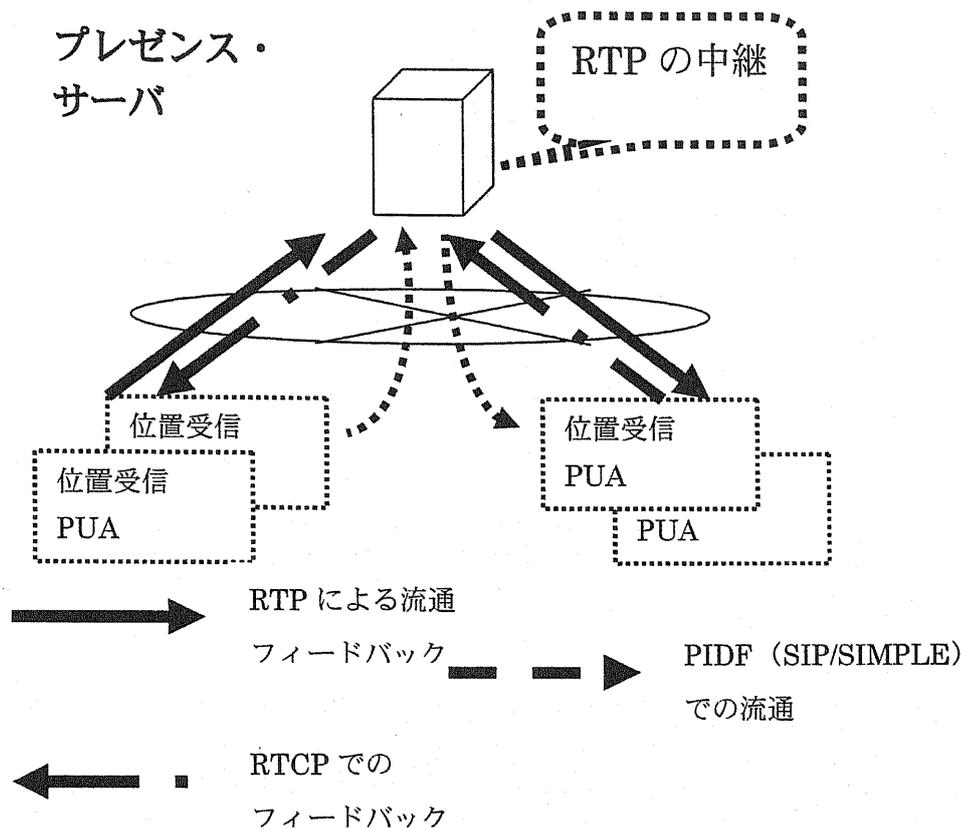


図 3.5 SIMPLE 及び RTP による提案方式

図 3. 5 に SIMPLE 及び RTP による提案方式を示す。変化頻度の低いプレゼンス情報は従来の PIDF(Presence Information Data Format)形式およびメソッドにより流通を行う。

なお、RTP を利用した流通においても、プレゼンス・サーバは位置発信 PUA と位置受信 PUA との間で中継する形になる。両 PUA を直接接続しないことで、位置発信 PUA からの発信を 1 回につき 1 度のみに行うことができる。このように更新の頻繁な情報に関しては、RTP を利用して流通させることでプロトコルのオーバーヘッドを削減する。

次に RTP を併用した流通フローの概略について述べる。(図 3. 6)

まず、発信側 PUA は、PUBLISH メソッドで全てのプレゼンス情報(位置情報など)を PIDF 形式で送付し(図 3. 6 (a))、受信側 PUA は SUBSCRIBE メソッドによる配信申し込み(図 3. 6 (b))を行い、少なくとも 1 回は NOTIFY メソッドによりプレゼンス・サーバから全てのプレゼンス情報を PIDF 形式で通知されている(図 3. 6 (c))ものとする。

その後に RTP での流通を行うため、その接続の確立は、以下の手順で行う。

PUA (発信側) プレゼンス・サーバ(PA) PUA (受信側)

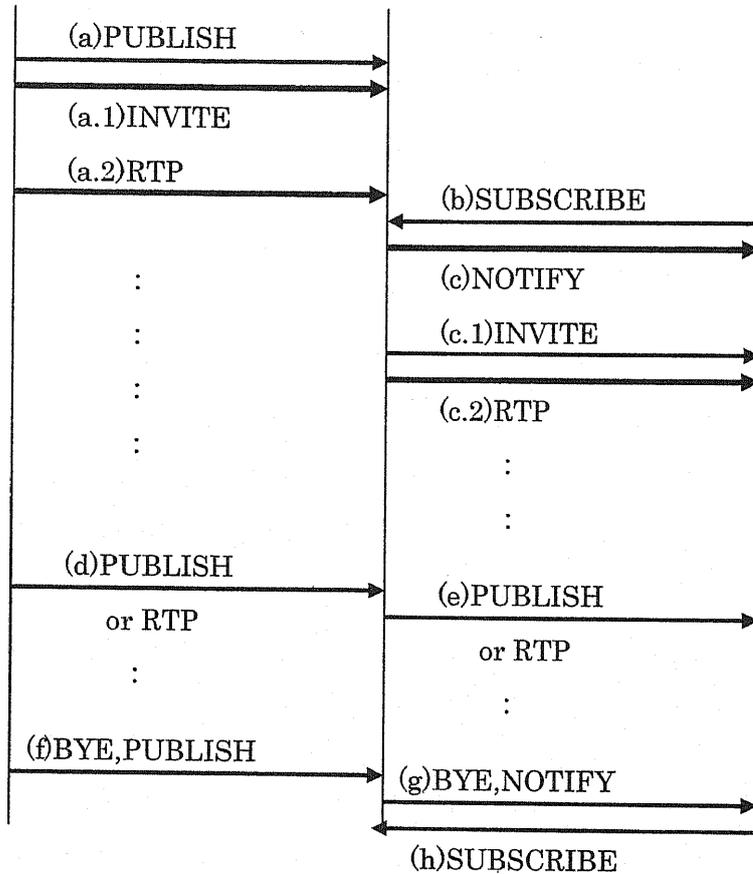


図 3.6 RTP を併用した流通フロー

プレゼンス・サーバと端末間で RTP 接続を行う時、発信側 PUA とプレゼンス・サーバ(図 3. 6 (a.1), (a.2)), プレゼンス・サーバと受信側 PUA (図 3. 6 (c.1), (c.2)) の組合せでそれぞれ接続を行う。

RTP で接続するため、端末とサーバのそれぞれにおいて受信のために使用するポート番号を接続相手に通知する必要がある。そのため、RTP での流通方式の利用確認と受信ポートの通知のために SIP の INVITE メソッドを利用する。また、必要な情報は SDP (Session Description Protocol) 情報として記載し、INVITE メソッドまたは応答時のペイロード部に添付して送付する。これらの手順は VoIP (Voice over IP) における呼出の処理を踏襲し

たものである。

なお、更新頻度の低いプレゼンス情報は SIMPLE での従来通りに PUBLISH / NOTIFY メソッドと PIDF 形式で流通させる。(図 3. 6 (d), (e))

流通の終了時には、RTP での流通を行っている場合は BYE メソッドにより RTP の接続を切断する。その後、プレゼンス情報の流通の発信 / 配信申し込みの終了を PUBLISH / SUBSCRIBE メソッドにより行う。(図 3. 6 (f), (g), (h))

<プレゼンス集約化技術>

位置情報の流通におけるデータ量を抑える技術(プレゼンス集約化技術と呼ぶ)を提案する。

プレゼンス集約化技術は、位置座標の差分によるデータ量の圧縮をおこなう機能と任意期間内に発信された位置座標を一括して流通させる機能を提供する。これらの機能は、システム全体のクライアント数のスケーラビリティを考慮して、リアルタイム処理の負荷を小さくすることも検討する。

位置情報の座標表記には、いくつかの方法がある。緯度・経度の絶対的な座標表記としては、度・分・秒・小数点下や、度・小数点下などがある。北緯・南緯、東経・西経を区別するためには、正負の符号で表すことが多い。

位置情報をバイナリ形式で表記する場合、位置情報の精度に応じた表記桁数にもよるが緯度または経度の一方のみで 4~5 バイト必要になる。また、緯度・経度を表記するためには、全体として 8~10 バイトとなる。ここでは、位置情報のバイナリ形式による完全表記として、図 3. 7 のような書式を考える。小数点以下は第 4 位まで対応したものである。なお、先頭の符号「+」は、緯度ならば北緯、経度ならば東経とする。また、ここでは高さについては、考慮していない。

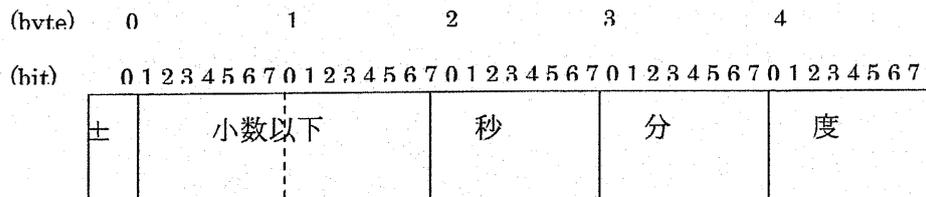


図 3.7 バイナリ形式での位置座標書式

位置座標の差分においては、連続した2つの位置座標において、経度・緯度それぞれの座標の直接的な差分を求める直交座標的差分と、数値的な差を角度と長さとして求める極座標的差分の2つが考えられる。ここでは、直交座標的差分について検討する。

図3.8のような経度・緯度における前の座標値と現在の座標値に関して、直交座標とみなした差分を考える。

人や車の移動を考えると、緯度・経度ともに1秒の移動距離としては、約30m以内であり、時速に換算すると111km/hであるため、移動距離の差分値として考えた場合、多くは1秒未満の値、または、せいぜい秒オーダーになると考えられる。

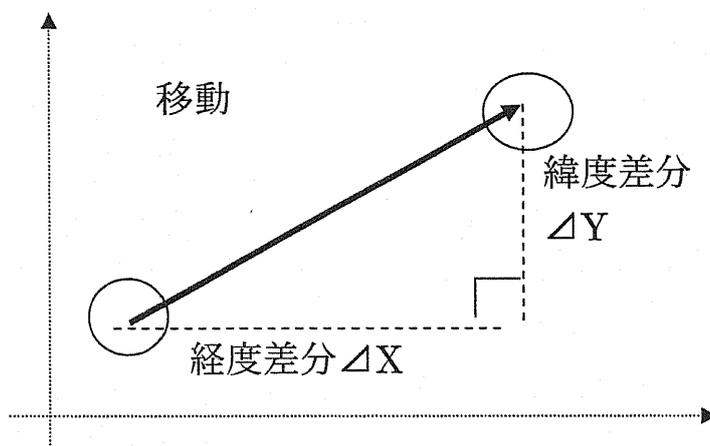


図 3.8 直交座標的差分

測位時間間隔が短い場合、人や車の移動距離を考慮すると、多くの場合、差分値は小さい値となる傾向がある。度・分・秒で“0”となる場合、“0”の部分の表記を省略することにより、差分圧縮が可能となる。例えば、図3.7の書式で、度・分・秒の部分省略することによって1~4バイトの圧縮可能な可変長表記を実現できる。なお、このとき先頭ビットは、差分の増減の符号であり、差分表記結果が元の完全表記と同じ場合は、完全表記をおこなう。

差分を考えると、少なくとも最初の情報は完全表記である必要がある。また、インターネット上で情報を流通させる場合、パケットロスの考慮も必要である。このため、インターネット上で差分情報を扱うときには、最初の情報以外を全て差分情報にするのではなく、ある程度の間隔（一定周期、または、任意周期）で完全表記の情報にすることが必要

である。これを“キー情報”と呼ぶ。

直交座標的差分において、インターネット上などで送受信される差分情報の中でキー情報と差分情報が区別できることが必要になる。配信方法としては、1つの位置情報が移動により変化するたびに送信する単独通知型と複数の位置情報をまとめて送信する複数集積型の2方式が考えられる。

単独通知型は、図3.9のように直前のキー情報からの差分値を求め、発信する。直前のキー情報さえ欠損していなければ、他の差分値は利用可能である。発信毎に差分値の先頭にはヘッダ情報を付加し、全体としては、図3.10のように格納する。ここで、キー情報からの距離が0の場合、差分値は完全表記になる。なお、キー情報の間隔は、一定ではなく任意の間隔にすることが可能である。

複数集約型は、図3.11のようにキー情報以外の各々の差分値は直前の位置情報からの差分とする。それぞれの差分値を区別するためにデータの先頭にヘッダ情報を付加し、全体として図3.12のように格納する。ここで“格納した個数”は格納する差分値の個数である。Sizeはそれぞれの差分値のサイズとし、各々4bitの大きさを格納した個数分用意され、全体で(格納した個数/2) byteとなる。完全表記の場合、サイズにはキー情報のサイズが格納される。そのため、差分値であるかキー情報であるかはサイズを見ることで区別できる。

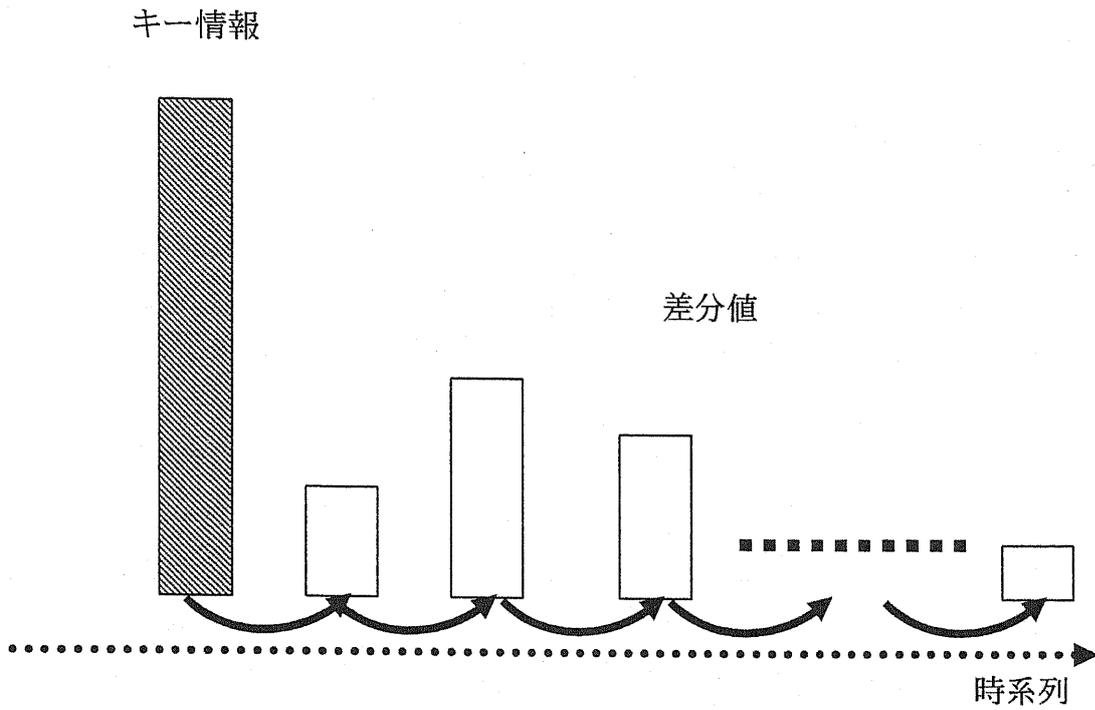


図 3.11 複数集積型での差分値の求め方

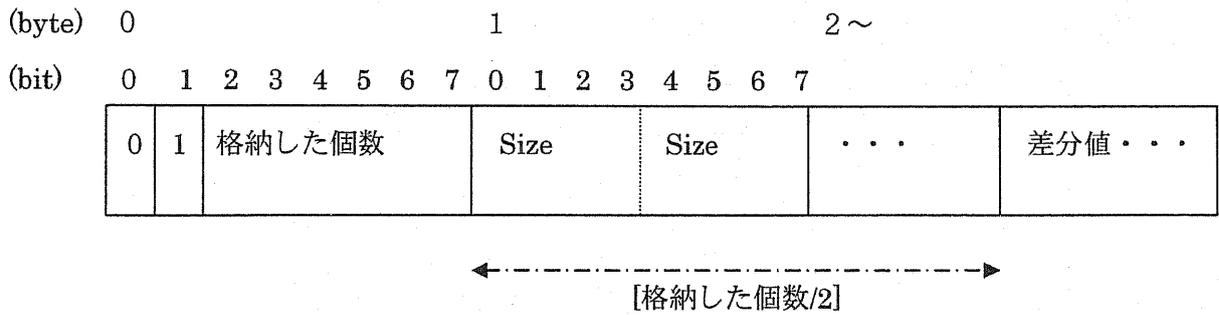


図 3.12 直交座標的差分値に複数集約型でのヘッダ情報を付加した格納フォーマット

3. 5 試作システムの構築

今回提案した方式の有効性を評価するために試作システムを構築した。試作システムの構成を図3. 13に示す。

位置受信 PUA は、時々刻々位置が変化する位置発信 PUA から発信される情報を受信して位置を確認する。位置座標の流通のために、位置発信 PUA は、複数用意する。しかし、現実は何千台もの PDA などのクライアントを用意することは困難なので、1 台のパソコン上で数百～数千台の位置発信 PUA をエミュレートする。なお、位置発信 PUA としての PDA は GPS ユニットの接続することで実際に測位を行い、その結果の位置座標を発信することも可能である。

プレゼンス・サーバは、位置発信 PUA より発信された位置座標を収集し、その位置座標を必要とする位置受信 PUA へ配信する。

さらに、PDA の位置に応じて情報提供を行う簡潔なアプリケーション・サーバも構築した。これは、SIMPLE におけるメッセージング機能を利用して情報提供を行っている。同様に PC から PDA へのテキストメッセージの送信も可能である。

プレゼンス集約化技術の評価としては、パソコン（CPU：Pentium4 2.8GHz, メモリ：512MB, OS：Linux, 言語：C）で差分圧縮の機能についてモジュール的な試験を行った。

3. 6 評価実験

試作システムにおける端末のスケーラビリティの評価として、プレゼンス・サーバが1秒間に対応（流通）可能なプレゼンス・クライアント数の測定を行った。

(1) RTP を併用した流通方式の評価実験

(1) - 1 測定環境

表 3. 1 に試作システムを用いて実験した際、実際に使用したハードウェアの性能・動作環境の一覧を示す。

位置発信 PUA は、位置情報を発信する PDA と位置発信 PUA をエミュレートするパソコンの仕様を示している。位置受信 PUA としては、アプリケーション・サーバとパソコン端末の仕様を示している。

(1) - 2 測定方法

1 台のクライアント PC から複数のダミー的な PUA を実行させる形で測定を行う。それぞれの PUA はバイナリ形式での位置情報を 1 秒に 1 回発信する。なお、位置情報は、緯度および経度であり、バイナリ形式として度・分・秒でそれぞれ 1 バイト程度、秒の小数点下 4 桁として 2 バイト程度、合計で 10 バイトのデータとしている。

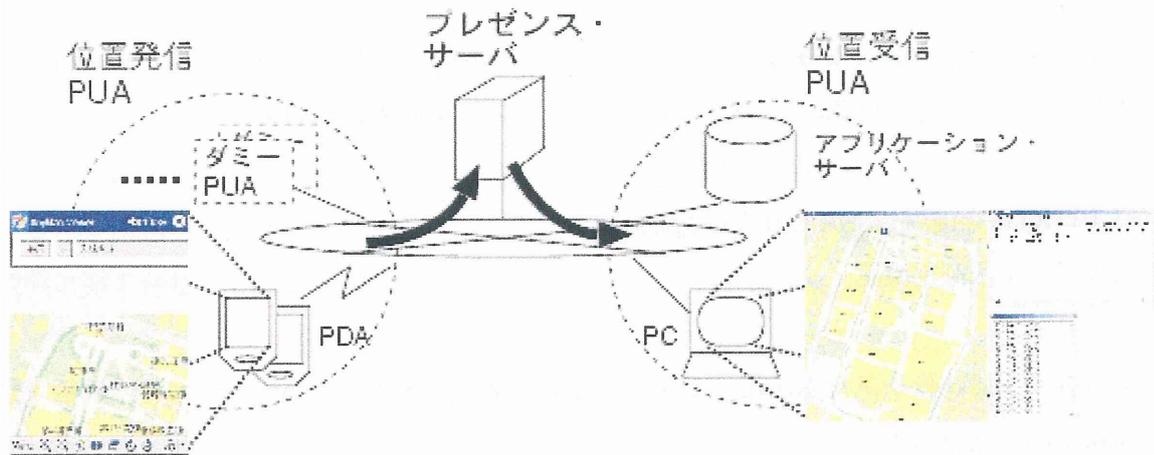


図 3.13 試作システム

表 3.1 試作システムの動作環境

	位置発信PUA		プレゼンス・サーバ	位置受信PUA	
	PDA	ダミーPUA		PC	アプリケーション・サーバ
CPU	PXA250 400MHz	Pentium4 3GHz	PentiumⅢ 500MHz	PentiumⅡ 450MHz	Pentium4 3GHz
メモリ	64MB	1GB	512MB	512MB	1GB
OS	PocketPC 2003SE	WindowsXP	Linux(2.4系)	Windows2000	WindowsXP
言語	C/C++	C/C++	C	C/C++	C/C++

また、SIMPLE のみの場合と、RTP を併用した流通の場合について、対応可能な発信側 PUA 数（サーバで 1 秒間に受信可能なクライアント数）と CPU 使用率で比較する。RTP を併用した流通に関しては、サーバでの処理において、1 スレッドで 200 クライアントの場合を測定する。

なお、サーバ側での受信可能なクライアント数で評価したのは、次の理由である。

サーバ側から受信クライアントへ情報を送信するとき、サーバは自身のタイミングで配信処理を行うことでサーバの負荷をコントロールできるが、クライアントからの発信情報をサーバが受信するとき、サーバ上では自身の内部的な処理タイミングに関係なく非同期に情報を受信する必要がある。

単一受信ポートでは、多数のクライアントから同時に受信するような場合、ソケットバッファが溢れる可能性が高くなり、サーバのソケットでパケットロスが生じやすくなる。ただし、受信処理は単純であり、クライアント数 n に対して計算量は $O(n)$ になる。複数受信ポートでは、受信ポートのソケットバッファが溢れない対応は比較的容易であるが、select システム関数を使用すると受信ポートの判定の計算量が $O(n^2)$ となる。

今回の試作では後者で実現したため、これらの理由から、サーバ上の処理において送信処理より受信処理の方が負荷は高いと考えることができる。そのため、流通時の処理負荷として発信側 PUA の対応数を扱うことで、受信および配信対応の総数における負荷の最大値とみなした。

また、今回は方式としての有効性を確認するため、全ての通信を LAN 上で行った。

(1) - 3 測定結果

今回の評価実験の測定結果を図 3. 1 4 に示す。横軸は発信側 PUA のクライアント数、縦軸はプレゼンス・サーバにおける CPU 使用率を表す。グラフは両対数目盛である。測定結果をもとにグラフにプロットし、クライアント数の増加に伴う CPU 使用率の増加傾向を示した。図の左上の方が SIMPLE のみの場合、右下の方が RTP を利用した場合である。

SIMPLE のみの場合では、350 クライアントで CPU 使用率が 100% に近くなるが、RTP を併用すると 12000 クライアント程度で CPU 使用率が 100% になることがわかる。

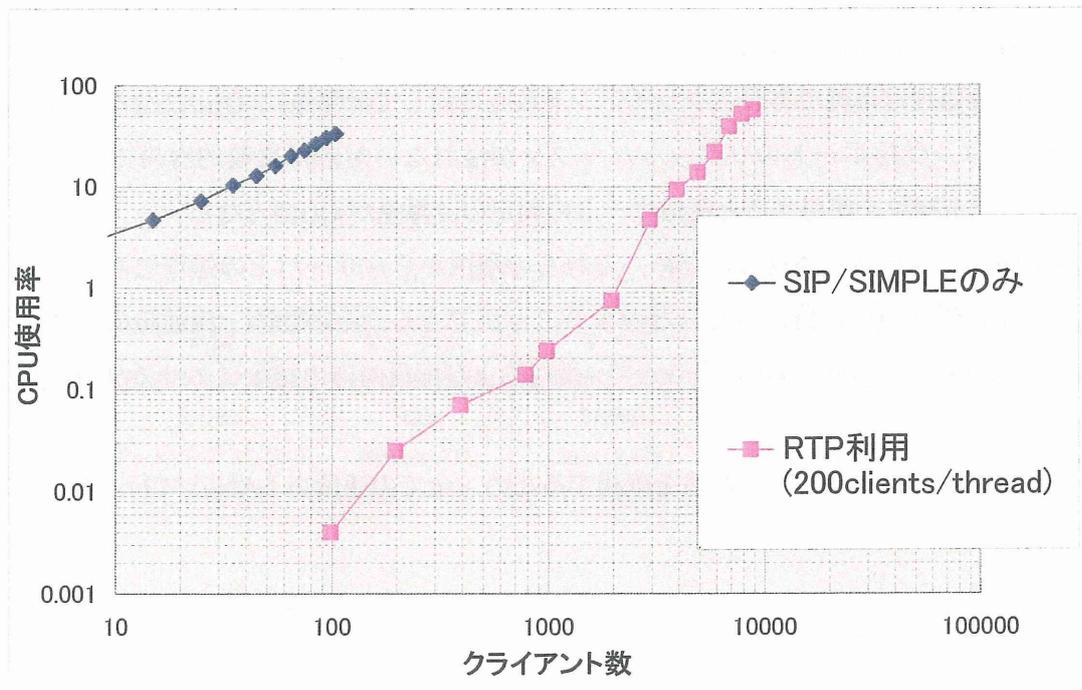


図 3.14 測定結果

(2) 差分圧縮方式の評価実験

差分圧縮方式の評価として、連続的な圧縮率、および、差分圧縮の計算時間を測定した。

(2) - 1 実験環境

CPU	Pentium4 2.8GHz
Memory	512MB
OS	Linux-2.4.22
言語	C

(2) - 2 測定方法

入力データに関しては、最初の位置を指定し、移動分は乱数で発生させた。乱数の上限を人の移動の場合(約 6.5km/h)と車での移動(約 50km/h)とした。100, 500, 1000, 5000, 10000, 50000, 100000, 500000 回の移動したデータをそれぞれ 10 種類用意した。キー情報の間隔は 10 回毎とした。また、10000 回の移動については、キー情報の間隔が 5, 10, 15, 20, 25, 30 回毎にするものを 10 種類用意した。

測定内容は、入力データにしたがって、位置情報を直交座標的差分値の計算・配信書式の符号化・復号化に要した処理時間、符号化時のデータサイズ、ヘッダの大きさも含めた差分値 1 個当たりのサイズを評価した。

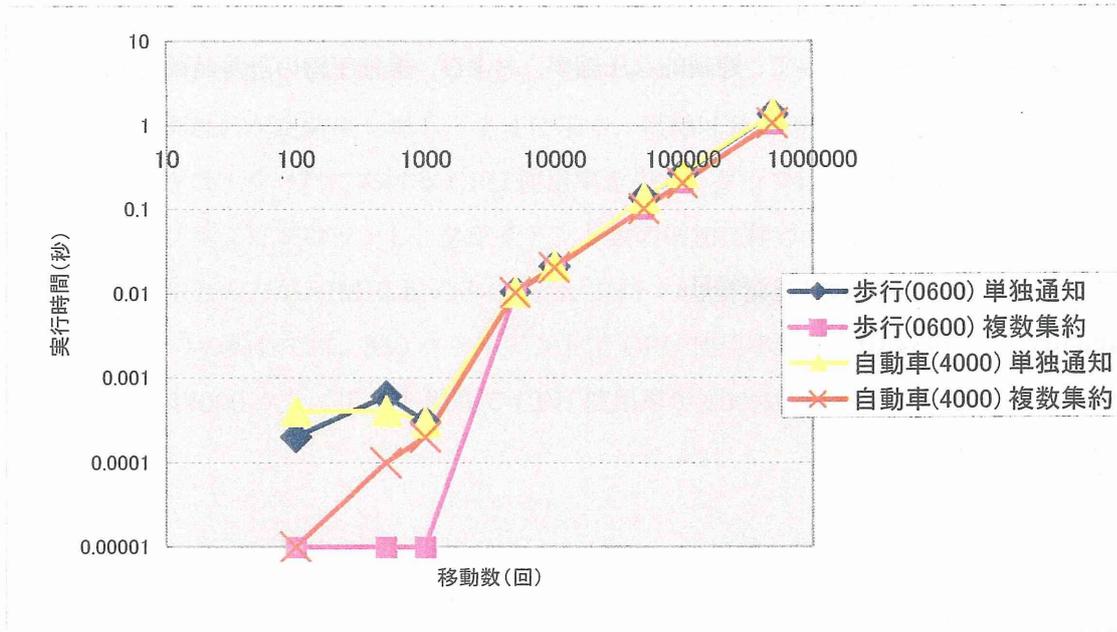


図 3.15 実行時間 (移動数)

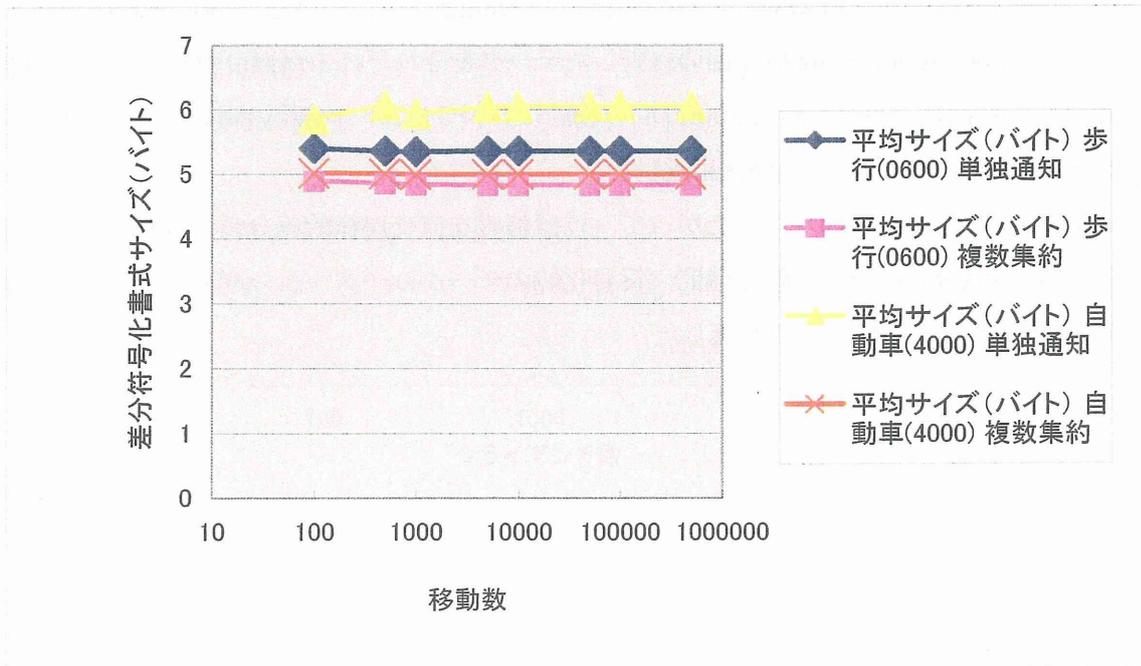


図 3.16 符号化した差分値の書式格納後のサイズ (移動数)

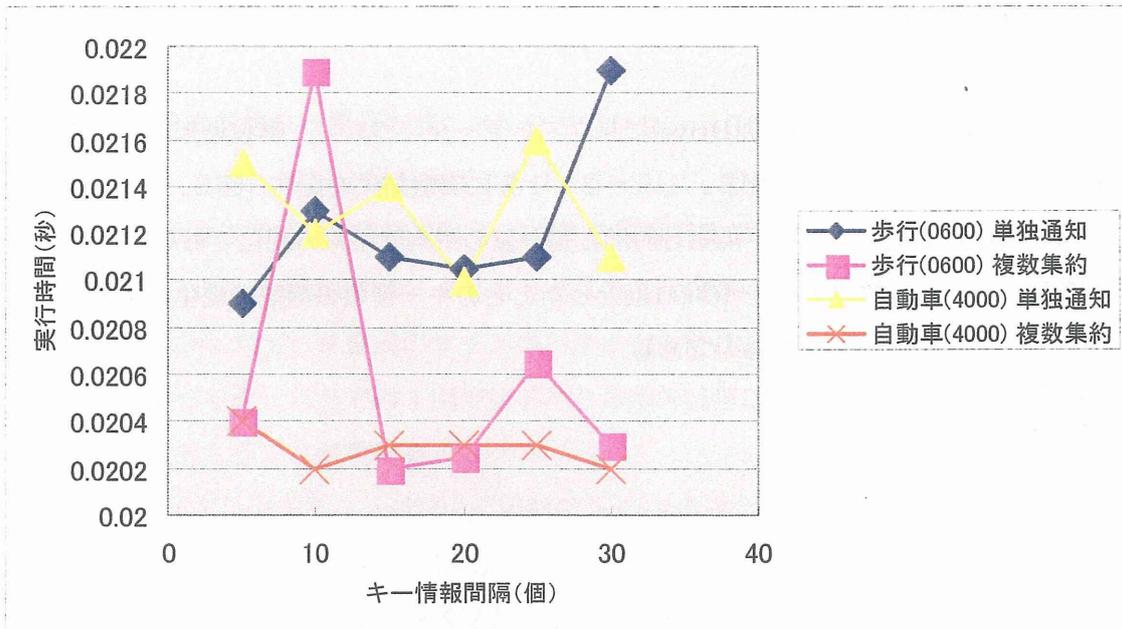


図 3.17 実行時間 (キー情報間隔)

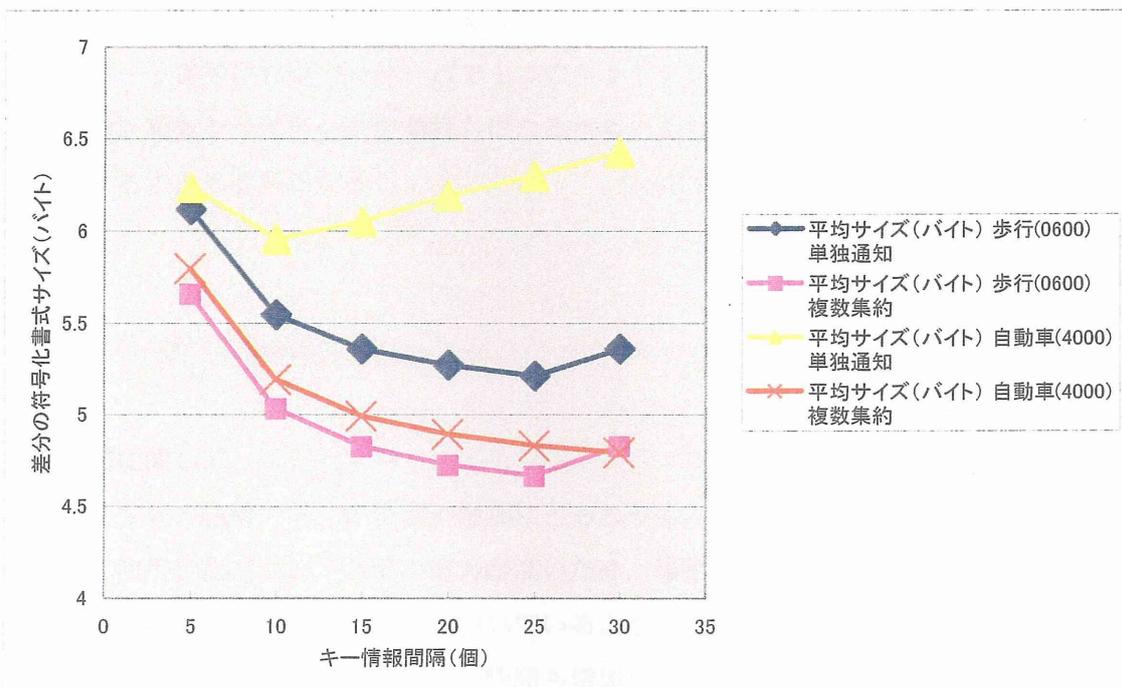


図 3.18 符号化した差分値の書式格納後のサイズ (キー情報間隔)

(2) - 3 測定結果

人の移動(Walk)と車での移動(Drive)に見立てたデータについて、単独通知型(s)と複数集積型(p)のそれぞれに関して、図3. 15～3. 18に実験結果を記す。図3. 15, 図3. 16は、移動数の変化による平均実行時間と差分値の平均サイズの変化である。図3. 17, 図3. 18は、移動回数を10000回としたときのキー情報の間隔の変化による差分値の平均サイズの変化を表したものである。

3. 7 考察, まとめ

(1) RTPを併用した流通方式

RTPを併用した方式の測定結果から、RTPを利用することでクライアント数のスケーラビリティが(1スレッド200クライアントと比べて)約30倍に向上するのが分かった。これは、プロトコルやデータ書式のサイズが小さくなったことでオーバーヘッドが少なくなり、それに伴ってサーバ上での1回受信あたりの解析処理における負荷が減ったことによる効果として考えることができる。

一方、クライアント数を n とすると、SIMPLEのみの場合は計算量が $O(n)$ であるが、RTP利用の場合は $O(n^2)$ である。これは、先に述べたように、サーバの受信ポートが前者は1ポートだけであるのに対し、後者はクライアント毎に1ポート用意しているためである。このため、同時に n 個のクライアントから受信する場合、受信したポート1つ分に対して $O(n)$ の計算量が必要となり、それが n 回発生するため、全体として $O(n^2)$ の計算量が発生することになる。したがって、多数のクライアントに対応するための受信ポート判定に対して計算量を要していることが分かる。

また、ポート番号は有限で、サーバで1つのクライアントに1つずつ受信ポートを用意する形では、数万クライアントで頭打ちになるため、1つの受信ポートで複数クライアントに対応することも必要になる。

(2) プレゼンス集約化技術

実行時間に関して

図3.15の結果から、移動数の増加にともなって、実行時間がかかるようになる。

実験で使用したパソコン環境の能力が高いため、移動数が5000回まではOSなどの処理の影響による誤差で大きく値がばらついているように見えるが、それより大きくなると、移動数の増加度合いにともない、実行時間も増加していく。そのため、移動数5000回までの数値は、誤差による影響が現れていると考えられる。

人の移動と車の移動においては、一回の平均的な移動距離による実行時間の差はほとんどなかった。なお、単独通知型と複数集約型での比較では、後者の方が少しはやい。これ

は、後述する差分値のサイズが複数集約型の方が小さくなっているため、処理時間としてもその差が現れたものと考えられる。

図3. 17の結果からは、キー間隔が変化したとしても実行時間には変化が少なく、ほとんど同じと考えられる。なお、一部に多少変動はがあるように見えるが、値としては微小であり、OSなどの処理の影響によるもので、グラフ上で大きく差が表示されている。

キー間隔の変化における単独通知型と複数集約型での違いでも、後者の方がはやくなっており、この理由も同様のことが考えられる。

差分値のサイズに関して

図3. 16の結果から、差分値の平均サイズは移動回数の変化によらず、ほぼ一定である。また、実験結果としては、全ての位置情報を絶対表記として考えた大きさ（ヘッダを含め、単独通知型で11byte、複数集約型で $10.5 + \alpha$ byte）の場合の半分程度になっている。

なお、単独通知型と複数集約型では、後者の方が、平均サイズが小さくなっている。これは、単独通知型の場合は、直前のキーの情報からの差分値になるため、キー情報から離れると差分も大きくなる可能性があるためである。複数集約型の場合は、前後の位置情報の差分であるため、その差分はキー情報からの距離に関係なく小さくなることが期待できると考えられる。

同じ地点の周辺を短時間で行き来するような場合であれば別であるが、一般に人や車の移動においては、前に進んで行くため、これらの傾向は実際の環境においても同様であると考えられる。

人の移動と車の移動においては、人の移動のように最大の移動量が小さい方が、平均サイズが小さくなっている。これは、移動量における符号化時の差分サイズにそのまま対応した結果と考えられる。

図3. 18の結果では、キー情報の間隔の変化による違いが多少現れている。

人・車の移動の単独通知型、複数集約型ともに、平均サイズが最小になるキー情報間隔があること考えられる。車の移動における単独通知型の場合、キー情報間隔が10で平均サイズが最小になるが、複数集約型では、キー情報間隔が30以上で平均サイズが最小となることが推測される。人の移動においても、キー情報間隔により、平均サイズが最小になる値が存在し、これらのことから、適切なキー情報間隔を設定する必要がある。

複数集積型の場合は、人の移動も、車の移動もキー情報間隔が大きくなるにつれ、平均サイズは小さくなっている。単独通知型に比べて、キー情報間隔が同じなら、平均サイズは、複数集積型の方が小さい。

第4章 結論

4.1 本論文のまとめ

本論文では、誰もがいつでもどこでも位置情報を活用できるユビキタス環境の中で、高精度の地図基盤を構築するため道路白線の測位方式と、位置情報を効率的に流通させる方式を提案し、その有効性を検証した。

高精度の地図基盤を構築するため道路白線の測位方式は、ビデオカメラと GPS を車両に搭載したモバイルマッピングシステムを用いて、街中を撮影した映像と位置情報から、測位する方式を提案した。ステレオ画像による測位や全方位カメラによって撮影した画像を解析した測位方式も考えられるが、ステレオ画像による白線の測位は撮影装置の幾何学的な配置の調整などが必要で、安価で簡便な手法でシステムを構築することが困難である。一方、全方位カメラによる白線の測位は、魚眼レンズの曲率の大きなところなどは、平面に展開したときに解析誤差が生じ、精度を上げることに限界がある。そのため、ここで提案した方式は、単眼カメラによる測位方式で、白線の検出は、道路上の他のオブジェクト（横断歩道）も共通に検出できること、障害物やかすれがあっても白線を検出することが可能な方式を示し、構内に設置されたテストフィールドと一般道を走行して、測位精度の検証を行い、有効性が検証できた。

位置情報の流通方式では、Push 型通信により、通信量を抑えながらリアルタイムな位置情報の流通を実現するため、プレゼンス・システムを適用した方式を提案した。なお、理想的な位置情報の流通形態は、位置を発信する端末からの1度の発信のみで、その端末の位置を必要としているネットワーク上の端末に End-to-End で Push 型流通できる形態である。マルチキャストや P2P、Web ベースの情報流通の方式が考えられるが、位置情報のようにデータ量が少なく、更新頻度の高い情報を流通させるためには、現状では課題も多い。そのため、ここで提案した方式は、SIMPLE によるプレゼンス・システム上で、大量の端末から発信される更新頻度の高い小さなサイズの位置情報を RTP 上で流通させるものとした。

提案方式に基づき試作システムを構築し、プレゼンス・サーバの性能評価を行った。その結果として、クライアント端末数の増加に対して、リアルタイム性を維持しつつ、スケーラビリティの向上を可能にすることが確認できた。

以下に、本論文の内容を章ごとにまとめる。

第1章では、本研究の背景と目的、及び、関連する研究についてまとめた。

第2章では、位置情報を取得する方式として、道路上の白線の測位を取り上げ、それを実現する技術課題を分析した。ビデオカメラとGPSを車両に搭載したモバイルマッピングシステムを試作し、街中を撮影して得た映像と位置情報を解析することにより、道路白線を測位する方式を提案した。搭載するビデオカメラは、安価で簡便に測位することを目指すため、単眼（カメラ1台）視による方式を検討した。白線の検出は、白線を複数の線分に分割して検出することで、モデル化が困難な曲線路においても直線路同様の方法で検出できるようにした。また、今後の拡張性も考慮して、横断歩道と道路白線を共通に検出できるようにあらかじめ設定した処理対象領域を複数の水平ブロックに分割し、各ブロック内において、同一の組に分類されたエッジ点から線分の抽出を行った。白線の途切れやかすれに対しては、隣接ブロックだけでなく、離れたブロック間でもグルーピング処理を行った。予め測位されたマーカーのある構内のテストフィールドと一般道をモバイルマッピングシステムで走行して検証を行った。テストフィールドでの検証結果は、15cm以内、一般道で30cm以内の誤差精度で測位できることが検証できた。また、白線検出に関しては、一般道を撮影した映像で、極端にかすれたものを除くと85%以上の検出率、横断歩道も85%以上検出率であることを確認した。さらに、白線の測位誤差を検討した。測位誤差の要因として、1) 路面条件の変化、2) 車両振動、車両姿勢変化、3) 白線検出誤差、4) GPS測位誤差が考えられるが、特に、誤差を生み出す原因と考えられる路面条件の変化と車両振動・車両姿勢変化がもたらす誤差を検討し、路面条件では上り傾斜、車両振動・車両姿勢では、角度変化が測位誤差に大きな影響を与えることが判明した。

第3章では、大量の移動体端末から位置情報をネットワーク経由で流通させるための方式を取り上げ、それらを実現するための技術課題について分析した。マルチキャストやP2P、WEBベースによる情報流通方式で、位置情報のようなデータ量が少なく、更新頻度の高い情報を流通させたときの課題をまとめた。ここでは、Push型のプレゼンス・システムによる位置情報流通方式を提案し、プロトコル・オーバーヘッドの削減やメッセージデータサイズの削減を検討した。SIMPLEとRTPを併用した流通方式により、対応可能なクライアント数はSIMPLEのみの場合と比べて30倍以上になることが検証できた。メッセージのデータサイズ削減に関しては、位置座標の差分によるデータ量の圧縮をおこなう機能と任意期間内に発信された位置座標を一括して流通させる機能により、位置情報のデータ量を約1/2に圧縮することができた。

以上をまとめると、本研究では、GPS 付きの移動体端末の普及に伴って、移動体における位置情報流通方式を考案し、これらの機能によって、レーン入りの道路地図の提供や、人や車両などの移動体の位置情報を効率的に流通させることができることを示した。

今後、ますます GPS を搭載した移動体は増加し、リアルタイムで位置情報を精度よく収集し、ネットワーク経由で情報提供することが重要になってくる。本研究で提案した機能をシステムに組み込むことで、位置情報に関わる様々なサービスが創出されることが期待できる。

4. 2 今後の展望

今後の課題としては、以下のことが挙げられる。

道路白線の測位方式に関しては、第1に白線検出率を向上させる必要がある。そのためには、撮影された映像の前後数フレームだけでなく、より広範囲な時系列情報を利用することで検出率を改善していく必要がある。次に、測位精度の改善に関して検討する必要がある。測位精度を向上させるためには、1) 路面条件の変化、2) 車両振動、車両姿勢変化の影響を考慮した上で同様の測位精度を確保することである。1) 路面条件の変化の影響を抑える方法として、精度が良くなるカメラ位置を検討することが挙げられる。例えば、カメラを真下に向け、白線のみを撮影することで、車両振動や路面変化の影響を最小限に抑え、測位精度を向上させることができる。また、2) 車両振動、車両姿勢変化の影響を抑える方法として、車両振動と車両姿勢を計測して世界座標系のカメラ位置を求め、カメラから白線までの相対距離を動的に求めることが挙げられる。車両に高精度なジャイロや加速度計等を搭載し、路面変化のある一般道路でどれくらい精度が改善されるか評価する必要がある。

位置情報の流通方式に関しては、第1に、サーバにおける受信ポートの判定に必要な計算量を $O(n)$ 化する必要がある。今回は、さまざまなOS環境への移植性も考慮し、受信ポートの管理にselect システム関数を利用している。そのため、受信ポートが多くなった場合の性能劣化の影響を受けている。ただし、最近のOSではその性能劣化を解消するためのシステム関数も提供され始めている。例えば、Linux (kernel 2.6.xシリーズ)におけるepoll, FreeBSD やNetBSD におけるkqueue などである。

さらなる性能向上のため、これらのシステム関数を利用した受信処理を実装することが考えられる。この対応は、プレゼンス・サーバだけでなく、アプリケーション・サーバ側でも必要であり、重要な方法である。

次に、実際のインターネット上における RTP 使用時の信頼性向上や通信状況への適用が挙げられる。RTP 自体に受信応答 (ACK) の仕組みはない。しかし、RTP パケットの欠損に対する再送や冗長符号化は標準化中で、未受信応答 (NACK) 的な対応は可能である。他にも、SIMPLE の標準化では、輻輳発生時などにおけるプレゼンス情報の流通に関する対応は特に行われていない。

SIP 自体に再送処理を行う機能があるため、単純な信頼性は考慮されているが、ネットワークの状況に応じたリアルタイム流通のための QoS(Quality of Service)制御技術について

も検討する必要があると考えている。

さらに、LBS システムとして、利用者からみた利便性向上にどれ程度寄与できるかを評価する必要もある。

本研究では、効率的に位置情報を取得・流通する方式を示した。

高精度の地図基盤を確立するために、道路上の対象として、道路白線の測位方式を示した。今後は、道路白線や横断歩道などの道路上の地物だけでなく、交通標識や行先掲示板の位置や道路わきの設備の位置情報の取得技術に発展させていく必要がある。

地図作成の要求としては、地図の詳細化と地図上の地物など付加情報などがある。これらを実現するためには、従来の測量による方法では、膨大な時間と労力を要する。地図の詳細化に関しては、設備管理においては、現状、主に 1/500 の地図が使われているが、1/100 の地図による管理の要求も強い。その中で道路上の設備を地図上に正確な位置で管理する必要があるが、全ての管理対象物が必ずしも地図上に表現されているわけではなく、今後、本方式による設備管理の効率化が期待される。地図上に付加情報の付与に関しては、道路標識や道路白線の入った地図の要求がある。レーン地図が提供され、位置情報の流通方式を合わせると、事故車両の位置がどのレーンまで影響を与えているかをネットワーク経由で把握したり、カーナビによりリアルタイムにレーン毎の渋滞情報が予測できるようになる。

今回研究した位置情報の流通基盤を用いると、人やモノ（例えば、車）などの位置の把握だけでなく、センサーが付けられた様々な設備の状態監視にも適用できる。センサーネットワークは、2010 年以降に普及が見込まれているが、センサーネットワークにつながる大量の機器の状態監視をネットワーク経由で行うことができる。その際は、位置情報の代わりにセンサー（温度など）情報になるが、センサーの情報も位置情報と同様にデータ量が映像などと比べて少なく、更新頻度が高い情報という意味で、今回の方式が適用できる。したがって、本研究で得られた成果をさらに発展していくことにより、位置情報以外の情報流通にも適用範囲を広げられる可能性がある。

本研究の成果をもとに、移動体における位置情報の流通方式を様々な応用に適用していくことを目指してさらに研究を進めていく。

謝辞

本論文作成にあたって、終始適切なご指導、ご助言およびご鞭撻をいただきました静岡大学創造科学技術大学院総合科学技術研究部教授水野忠則博士に心から感謝の意を表します。また、大学院生活と、研究生活でいろいろご助言、ご協力をいただいた静岡大学情報学部情報学科助教峰野博史博士と水野研究室の諸氏に感謝いたします。

本論文を執筆するにあたり、長年にわたり研究開発をご理解、ご支援いただいた、三菱電機株式会社情報技術総合研究所所長西井龍五氏、マルチメディア部門統括依田文夫氏、表示システム技術部部長田中敦氏、人事部人材開発センター長亀山正俊博士（前マルチメディア部門統括）、菱電化成株式会社事業戦略推進室長肥塚裕至博士（前情報技術総合研究所所長）、三菱電機株式会社長崎製作所所長岡村信行氏、施設環境システム部部長森田俊二氏（前映像情報システム部長）、映像情報システム部部長前嶋一也氏に厚く御礼申し上げます。

論文執筆にあたり、様々なアドバイスをいただいた東海大学教授辻秀一博士、岩手県立大学教授澤本潤博士、大阪工業大学元教授田中千代治博士に深く感謝申し上げます。

本研究の技術的な議論、実際のシステム開発、データ収集など多大なご協力、ご支援いただいた三菱電機株式会社情報技術総合研究所表示システム技術部脇本浩司博士、福田和真博士、柴山純一氏、斎藤謙一氏、神田準史郎氏、田口進也氏、音声言語システム技術部米山昇吾氏、川又武典氏に深謝致します。

参考文献

- [1] <http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gis/h8.cyouki.html>
- [2] http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/02/020220_.html
- [3] http://www.gr.go.jp/law/law/tiri_joh.htm
- [4] <http://www.gsi.go.jp/GIS/icma/ap2010.html>
- [5] 安田 :GPS の展望, 電子情報通信学会論文誌 (B) , Vol J84-B, No12, pp.2082-2091, 2001.
- [6] 戸辺, 和泉, 浅野, 石井, 植原, 砂原 :インターネットを基盤とした高度衛星測位環境, 情報処理学会研究報告, ITS2004-15 , pp.49-50 ,2004.
- [7] 石井 :衛星測位技術及び周辺市場の最新動向, 情報処理学会研究報告, ITS2004-11, pp.25-30, 2004.
- [8] 千野 :日本の測位システムの方向性に関する検討—NPO 法人高度測位社会基盤研究フォーラムの活動について—, 情報処理学会研究報告, ITS2005-7, pp.1-6, 2005.
- [9] 三菱電機(株)HP <http://www.mitsubishielectric.co.jp/pas/>
- [10] 北条 :端末の測位方式とモバイル市場, 情報処理学会誌, Vol.42, No.4, pp.354-357, 2001.
- [11] 伏木, 山根, 横田, 権守, 岸野, 石田, 伊藤 :プローブカーを利用した交通情報予測方式の検討, 情報処理学会研究報告, ITS2001-94 ,pp.9-14, 2002.
- [12] 熊谷, 伏木, 横田, 君田 :プローブカーデータのリアルタイム補完技術, 情報処理学会研究報告, ITS2005-20 ,pp.67-73, 2005.
- [13] 砂原, 佐藤, 植原, 青木, 村井 :Ipcar : インターネットを利用した自動車プローブ情報システムの構築, April2002, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J85-B, No.4, pp.431-437, 2002.
- [14] 太田, 北村, 鎌滝, 明関 :位置情報と携帯電話, 情報処理学会誌, Vol.42, No.4, pp.358-361, 2001.
- [15] 東明 :位置情報サービス (LBS : Location Based Service) 標準の展開, 電子情報通信学会誌, 2004-2, Vol.87, No.2, pp.101-107, 2004.
- [16] 河口 :Locky.jp : 無線 LAN を用いた位置推定とその応用, 情報処理学会研究報告 ITS2007-9 ,pp.1-4, 2007.
- [17] 伊藤, 佐藤, 河口 :無線 LAN を用いた広域な位置情報システムに関する検討, 情報処理学会論文誌, Vol47, No.12, pp3124-3136, 2006.

- [18] 石渡, 高梨, 斎藤, 久永, 田中 : デバイス非依存な屋内測位方式の検討, 情報処理学会研究報告, ITS2006-24, pp.79-85, 2006.
- [19] 高梨, 石渡, 斎藤, 久永, 田中: 山路, 秋間, : 屋内ナビゲーションシステムに関する一考察, 情報処理学会研究報告, ITS2006-24, pp.87-92, 2006.
- [20] <http://www.mapion.co.jp/>
- [21] <http://www.mapfan.com/>
- [22] <http://maps.google.co.jp/>
- [23] 奥住, 吉田, 辻, 山崎 : 車両搭載型センサを用いた3次元都市空間モデルの自動構築, 電子情報通信学会, 第12回機能図形シンポジウム, 2001.
- [24] 伊理 : 空間情報の標準化の意義と現状, 電子情報通信学会誌, 2004-2, Vol.87, No.2, pp.83-87, 2004.
- [25] 明野 : 地理情報標準 (JSGI) とその利用, 電子情報通信学会誌, 2004-2, Vol.87, No.2, pp.88-93, 2004.
- [26] 久保田, 有川 : 空間情報交換のための標準 G-XML, 電子情報通信学会誌, 2004-2, Vol.87, No.2, pp.94-100, 2004.
- [27] 有川, 久保田 : G-XML : 空間データ交換のための記述規格, 情報処理学会誌, Vol.42, No.4, pp.366-369, 2001.
- [28] 上瀧, 内村, 胡, : 影を含む航空画像から道路抽出, 情報処理学会研究報告, ITS2005-10, pp.17-22, 2007.
- [29] 上瀧, 内村, 胡 : 航空画像と動的形状モデルを用いた道路地図の位置補正, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2005-16, pp.1-6, 2005.
- [30] 亀井, 中川, 茂木, 浦部, 高橋, 白戸, 斎藤, 岩波, 秋山, 藤原 : 地形測量へのレーザープロファイラーの利用技術に関する研究, (財)日本測量調査技術協会, 第21回技術発表会論文集, pp.38-45, 1999.
- [31] 岡川 : LIDAR データからの地表面標高モデル作成手法について, 情報処理学会第65回全大, 2003.
- [32] 矢野, 八木, 谷内田 : 3次元道路形状復元のためのステレオ動的輪郭モデルの提案, 情報処理学会研究報告, 2001-CVIM-127(14), pp.95-102, 2001.
- [33] 山野 : モービルマッピングシステムによる道路空間データ収集手法の開発, (財)日本測量調査技術協会, APA No.77-1, pp.1-10, 2000.
- [34] 吉田, 川瀬, 角谷, 瀧口, 石原 : モービルマッピングシステム, 三菱電機技報, Vol.81, No.8, pp.15-18, 2007.

- [35] 関, 奥富:ステレオ動画像を用いた車両の前方環境認識, 情報処理学会研究報告, 2007-CVIM-159(1), pp.1-16, 2007.
- [36] 松浦, 松尾, 胡, 内村:実時間ステレオ視システムの開発および3次元走行環境認識への応用, 情報処理学会研究報告, ITS-2004-28, 2004.
- [37] 藤巻, 辻, 松田, 国松, 上山:道路標示の座標自動計測装置の開発, 写真測量学会秋季学術講演会, pp121-124, 2005.
- [38] 山口, 加藤, 二宮:車載単眼カメラによる車両前方の障害物検出, 情報処理学会研究報告, 2005-CVIM-151(10),pp.69-76, 2005.
- [39] 岩永, 山下, 内村, 胡:道路情報整備のための道路案内標識の位置特定及び認識, 情報処理学会研究報告, 2007-ITS-26(9),pp.47-52, 2007.
- [40] 小澤, 宮川, 石川, 長井, 有川:全方位型高精細カメラシステムを用いた建物の側面テクスチャ獲得の検討, 情報処理学会研究報告, 2001-CVIM-125-12, pp.87-93, 2001.
- [41] 川崎, 池内, 坂内:車載全方位カメラ映像からの建物画像の超高解像度化, 情報処理学会研究報告, 2001-CVIM-125-13, pp.95-110, 2001.
- [42] 朱, 笹川, 谷黒, 黒須, 澤田, 国松, 上山:道路白線位置計測システムの開発, 写真測量学会秋季学術講演会, pp127-130, 2005.
- [43] 佐藤, 高橋, 井手, 村瀬:車載全方位カメラ映像を用いた街並変化検出の高精度化, 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU2006-250,pp.91-96,2007.
- [44] 関, 奥富,:道路面の抽出・姿勢推定をもとにした一般道路環境下におけるロバストな障害物検出, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J89-D, No.8, pp1859-1868, 2006.
- [45] 莫, 青木,:カラー画像における道路標識の認識, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-D-II, No.12, pp.2124-2135, 2004.
- [46] 小橋, 石川, 中島,:道路標識の自動認識—夜間における道路標識認識—, 情報処理学会研究報告, ITS2003-98, IE2003-233,pp.57-62, 2004.
- [47] 松浦, 山内, 高橋,:特定色判別と領域限定を用いた円形道路標識の抽出, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J85-D-II, No.6, pp1075-1083, 2002.
- [48] 内村, 木村, 脇山,:道路情景カラー画像における円形道路標識の抽出及び認識, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J81-A, No.4, pp.546-553, 1998.
- [49] 中田, 子安, 前川,:車載カメラを用いた動画像からの交通信号認識, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2007-56, IE2007-239,pp.121-125, 2008.
- [50] 馬場, 平井:車載カメラ画像による道路交通標識のリアルタイム認識, 情報処理学会研究報告, ITS-2004-48, IE-2004-28, 2004.

- [5 1] 中山, 窪田, 谷口, 小野口, :逆投影画像上での候補追跡処理による白線検出, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.101, pp15-22, 2001.
- [5 2] 綱島, 佐藤, 中澤, 中村: 回転型フィルタを用いた車両前方画像からの白線認識, 電子情報通信学会論文誌(D-II), VolJ-81-DII, no.6, pp.1470-pp.1473, 1998..
- [5 3]]伊藤, 山田: 走行環境認識のための画像処理手法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU97-25, 1997.
- [5 4] 渋谷, 高橋, 井手, 村瀬, 小島, 高橋: 距離データ系列の照合による自動位置推定と走行車線認識, 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU-2007-51, 2007.
- [5 5] 渋谷, 高橋, 井手, 村瀬, 小島, 高橋: 車載レーザスキャナを用いた距離データマップの構築と高精度自動位置推定, 情報処理学会研究報告, ITS-2007-59, IE-2007-242, 2008.
- [5 6] 村上, 佐藤: リンク負荷と木の深さを考慮したアプリケーションレベルマルチキャストツリーの動的構築法, 情報処理学会研究報告, 2004-DPS-120(1), pp.1-6, 2004.
- [5 7] M. Castro, P. Druschel, A.-M. Kermarrec, and A. Rowstron. SCRIBE: A large-scale and decentralized application-level multicast infrastructure. IEEE Journal on Selected Areas in communications (JSAC), 2002.
- [5 8] 山口, 中村, 廣森, 安本, 東野, 谷口: 動画像を用いたコミュニケーションシステム向けアプリケーション層マルチキャスト, 日本ソフトウェア科学会, コンピュータソフトウェア, Vo:21, No2, pp83-93, 2004.
- [5 9] 石, 新井, 寺西, 春本, 下條, 武本, 須永, 田中, 西木: ユビキタス環境におけるP2P エージェントプラットフォームを用いた情報推薦機構の提案と実装, 情報処理学会研究報告, 2006-DPS-127(13), PP.69-74, 2006.
- [6 0] 山本, 村田, 安本, 伊藤: マルチユーザネットワークゲームにおける負荷分散および遅延時間を考慮したイベント配信機構の提案, 情報処理学会研究報告 DPS-122-3, pp99-104, 2005.
- [6 1] 遠山, 塚田, 植原, 砂原, 村井: インターネット自動車のテストベッド構築と評価, 情報処理学会研究報告, ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (UBI), 2004-UBI-6, pp. 37-43, 2004.
- [6 2] 黒宮, 笠井, 倉掛: プッシュ型情報通知システムにおけるモバイルユーザ向けコンテンツ選択制御, 情報処理学会研究報告, 2006-MBL-36(38), 2006-UBI-10(38), pp.221-226, 2006.
- [6 3] 神田, 田口, 米山: 車載カメラによる道路白線測位技術,” 写真測量学会秋季学術講演会, pp125-126, 2005.

- [6 4] 神田, 田口, 米山: 車載カメラ画像処理による道路白線測位方式の開発, 情報処理学会研究報告, ITS-2006-24(8), pp.55-61, 2006.
- [6 5] 米山, 岡野, 川又, 宮原, 岡田: 構造情報を用いた白線・横断歩道検出に関する検討 FIT2004,I-80,2004.
- [6 6] S.Tanaka, S.Yoneyama, J.Kanda, S.Taguchi, K.Wakimoto, J.Shibayama, T.Mizuno: Measuring White Road Lines with Car-mounted Camera, ASGIS (The 6th Asian Symposium on Geographic Information Systems from a Computer Science & Engineering Viewpoint) 2008, 2D-2, pp127-132, 2008.
- [6 7] 白井: 高精度衛星測位技術と空間情報システムへの応用, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告 Vol.8,No.4,[サイバースペースと仮想都市研究会],2003.
- [6 8] J.Canny, "A computational approach to edge detection," IEEE Trans. PAMI, vol.PAMI-8, no.6, pp.679-698, 1986.
- [6 9] 数井, 長谷山, 北島: 複比を用いた自動走行システムのための消失点推定法, 電子情報通信学会論文誌(D-II), Vol.J84-DII, No7, pp.1319-1327, Jul. 2001.
- [7 0] 江頭, 小林, 板生: 物流における位置追跡システム, 情報処理学会研究報告, MBL-17-3, p.17-21, 2001.
- [7 1] 五十嵐, 高瀬, 掛水, 若本: ユビキタスサービスの基盤となる位置情報管理アーキテクチャ, 電子情報通信学会技術研究報告, NS2003-59, pp67-21, 2003.
- [7 2] 小西, 柴崎: 位置情報取得のための統合プラットフォームに関する基礎的研究, 情報処理学会研究報告, UBI-3-12, pp.77-84, 2004.
- [7 3] 上岡, 山田: SIP ネットワークにおける EAPEC(Environment-Adaptive Personal Communication)の性能評価技術課に関する検討, 情報処理学会研究報告, MBL-18-16,pp.113-119, 2001.
- [7 4] 森保, 竹内: Push 型情報提供システムの構成法, 情報処理学会研究報告, DPS-88-1,pp1-6, 1998.
- [7 5] 渡辺, 竹内, 来栖, 寺岡, 村井: プライバシー保護を考慮した地理位置情報システムの実装と評価, 電子情報通信学会論文誌 B, J86-B,8,pp.1434-1444, 2003.
- [7 6] Session Initiation Protocol: <http://www.ietf.org/html.charters/sip-charter.html>
- [7 7] Sip for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions: <http://www.ietf.org/html.charters/simple-charter.html>
- [7 8] 大竹, 但馬, 寺田: SIP を利用した音声認識機能付きボイスメールシステム, 情報処理学会研究報告, 2004-DPS-117(39), 2004-CSEC-24(39), pp.223-229, 2004.

[79] 村井, 加藤, 伊藤: SIP との協調により経路最適化ピアツーピア通信を実現する MobileIPv6 通信方式の提案, 情報処理学会研究報告 2006-MBL-36(52), 2006-UBI-10(52), pp.305-310,2006.

[80] IETF SIMPLE WG, “Presence Information Data Format (PIDF) extension for Partial Presence”, draft-ietf-simple-partial-pidf-format-*.txt

[81] IETF SIMPLE WG, “Session Initiation Protocol (SIP) extension for Partial Notification of Presence Information”, draft-ietf-simple-partial-notify-*.txt

[82] IETF SIMPLE WG, “Publication of Partial Presence Information”, draft-ietf-simple-partial-publish-*.txt

[83] 福田, 斉藤, 田中: 位置座標の流通におけるプレゼンスシステムの適用検討, 情報処理学会研究報告, MBL-32/UBI-7-23, pp.163-170,2005.

[84] 田中, 福田, 斉藤, 脇本, 水野: プレゼンス・システムにおける位置情報の流通方式, 情報処理学会誌, Vol.49, No.7, pp.2373-2381,2008.

研究業績リスト

1. 本研究に関連する発表論文

1. 1 論文誌

[1]田中, 福田, 斉藤, 脇本, 水野: プレゼンス・システムによる位置情報の流通方式, 情報処理学会誌, Vol.47, No.7, pp.2373-2381, 2008.

1. 2 国際会議

[1]S.Tanaka, S.Yoneyama, J.Kanda, S.Taguchi, K.Wokimoto, J.Shibayama, T.Mizuno: Measuring White Road Lines with Car-mounted Camera, ASGIS(The 6th Asian Symposium on Geographic Information Systems from a Computer Science & Engineering Viewpoint) 2008.

1. 3 口頭発表

[1]久永, 中村, 脇本, 田中: 地図表示ユーザインターフェイスを用いた映像検索方式, 情報処理学会 第56回全国大会, 1998.

[2]中村, 脇本, 久永, 田中: GPS装置を利用した映像収集システム, 情報処理学会 第56回全国大会, 1998.

[3]久永, 田中: 地図ユーザインターフェイスを用いた商店街情報検索方式, 情報処理学会 第58回全国大会, 1999.

[4]久永, 菅沼, 田中: 三次元地図表示システムの検討 縮尺管理方式, 情報処理学会 第60回全国大会, 2000.

[5]菅沼, 久永, 田中: 三次元地図表示システムの検討 スクロール方式, 情報処理学会 第60回全国大会, 2000.

[6]久永, 菅沼, 柴山, 田中: 3次元都市構築におけるテクスチャマッピング, 情報処理学

会 第 61 回全国大会,2000.

[7]前原, 田中, 臼井: 三次元地図に基づき歩行者ナビゲーション Mobile 3D Map の提案と評価, 日本バーチャルリアリティ学会 仮想都市研究会第 5 回シンポジウム, 2002.

[8]菅沼, 久永, 田中, 臼井, 竹内, 山本, 庄司: 物体を配置した広範囲屋内空間の簡易構築, 情報処理学会 第136回 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会CVIM, Vol.2003, No.2, pp.139-146, 2003.

[9]久永, 菅沼, 田中, 臼井: 車載型都市モデル構築支援システム, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回 サイバースペースと仮想都市研究会, 2002.

[10]神田, 脇本, 田中: 街並み映像を利用した携帯電話向け道案内システム, 2004 電子情報通信学会全国大会, A-17-21, 2004.

[11]神田, 脇本, 田中, 臼井: GPS を利用した歩行者向け実写道案内システムの検討, 情報処理学会研究報告, ITS2005-20(2005-14), pp.97-103,2005.

[12]福田, 斎藤, 田中: 位置座標の流通におけるプレゼンスシステムの適用検討, 情報処理学会研究報告, MBL-32/UBI-7-23, pp.163-170,2005.

[13]高梨, 菅沼, 久永, 田中(敦), 田中(聡), :インタラクティブデジタルサイネージシステムと携帯電話による歩行者誘導, 情報処理学会研究報告, ITS2007-28 (2007-10), pp.71-78,2007.

[14]石渡, 高梨, 斎藤, 久永, 田中, :デバイス非依存な屋内測位方式の検討, 情報処理学会研究報告, ITS2006-24 (2006-11), pp.79-85,2006.

[15]高梨, 石渡, 斎藤, 久永, 田中, 山路, 秋間, :屋内ナビゲーションシステムに関する一考察, 情報処理学会研究報告, ITS2006-24 , pp.87-92,2006.

1. 4 その他発表

[1]田中, 柴山, 嶺岸: 地図連動型映像検索システム, 三菱電機技報 2 月号,2001

[2]久永, 菅沼, 柴山, 田中: 3 次元都市景観表示システム, 三菱電機技報 1 月号 2001.

2. 本研究に直接関係しない発表論文

2. 1 論文誌

- [1] 脇本, 島, 田中, 前田: グラフ表現を利用した図面の類似検索方式, 電子情報通信学会誌論文誌 D-II, J77-D-II, No.7, pp.1302-1310, 1994.
- [2] 脇本, 田中, 柴山, 前田: 図面の類似検索とそのプラント管理への応用, 電気学会論文誌 C, 114-C, No.9, pp.914-921, 1995.
- [3] 脇本, 田中, 柴山, 前田: 視点移動ルールを利用した図面データベース検索手法, 電気学会論文誌 C, 115-C, No.10, pp.1189-1198, 1995.
- [4] 前原, 中村, 田中: 実写静止画を利用した仮想 3 次元空間の簡易生成, 電気学会論文誌 C, Vol.120-C, No.7, pp.977-985, 1998.
- [5] 菅沼, 久永, 田中, 白井, 竹内, 山本, 庄司: 物体を配置した GIS のための広範囲屋内空間の簡易構築, 画像電子学会論文誌, Vol. 32, No. 5, pp. 691-699, 2003.
- [6] S.Usui, J.Tsuji, K.Wakimoto, S.Tanaka, J.Kanda, F.Sato, T.Mizuno, :Evaluation of Positioning Accuracy for the Pedestrian Navigation System, IEICE, Transaction on Communications, Vol.E88-B, No.7, pp.2848-2855, 2005.
- [7] 久永, 菅沼, 前原, 脇本, 田中: 歩行者 ITS のためのパノラマ画像を用いた 3 次元地図表示方式, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.12, pp.3090-3100, 2006.

2. 2 国際会議

- [1] A.Maeda, J.Shibayama, H.Kanechika, S.Tanaka, M.Shibata, K.Wakimoto: A Recognition Method for Network Diagrams, Proc.IEEE, Workshop on Machine Vision and Machine Intelligence, pp.208-213, 1987.
- [2] S.Tanaka : Retrieval Method for an Image Database based on Topological, SPIE'S 33rd Annual International Technical, 1989.
- [3] K.Wakimoto, M.Shima, S.Tanaka, A.Maeda, :An Intelligent User Interface to an Image Database Using a Figure Interpretation Method, Proc.10th International Conference on Pattern Recognition, pp.516-520, 1990.
- [4] K.Wakimoto, M.Shima, S.Tanaka, J.Shibayama, A.Maeda, :Knowledge-Based

- Multimedia Information Retrieval Applied to Plant Diagrams, Proc.1st International Workshop on Interoperability in Multidatabase Systems,pp54-61, 1991.
- [5] Y.Nagano, H.Kanechika, S.Tanaka, T.Hirata, 'Development of an Interactive Drawing Input System, Visual Communicaitons and Image Processing '91: Sixth in a Series,1991.
- [6] K.Wakimoto, M.Shima, S.Tanaka:Content-based Retrieval Applied to Drawing Image Databases, Proc. SPIE/IS&T Symposium on Electronic Imaging Conference on Storage and Retrieval Vol.1908, pp.74-84, 1993.
- [7] K.Wakimoto, M.Shima, S.Tanaka: Graph similarity measure for drawing image retrieval, Pattern Recognition Letters,1993.
- [8] H.Takano, T.Misyuku, S. Tanaka:Intelligentworklow -A Method for Efficient Trouble Shooting Services by Acquiring and Re-Using Procedural Knowledge -, Conference on Agile and Intelligent Manufacturing Systems,1996.
- [9]H.Takano, T.Misyuku, S.Tanaka:Intelligent WorkFlow-A method for acquiring re-using procedural knowledge the method and its application to trouble shooting, WITS '96 6th Workshop on Information Technologies and Systems,1996
- [1 0]T.Misyuku, T.Tsuchida, S.Tanaka:A Cooperative Scheduling System Coplanner by Interractive Knowledge Acqusition, Data and Knowledge Systems for Manufacturing and Engineering (DKSME '96),1996.
- [1 1]M.Sasaki, T.Misyuku, H.Takanno, S.Tanaka:Intelligent Work Flow -Development of Know-how Acquiring System and Application to Technical Support Services -, Annual International Conference on Industrial Engineering Applications and Practice,1997.
- [1 2]M.Sasaki, T.Misyuku, H.Takanno, S.Tanaka: Development of an "Intelligent Work Flow System" Using Knowhow Acquired Based on Work Order, IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligece, 1997.
- [1 3]J.Kanda, K.Wakimoto, H.Abe, S.Tanaka:Video hypermedia authoring using automatic object tracking, IS&T/SPIE's 10th Annual Symposium, 1998.
- [1 4]I.Takanashi, N.Minegishi, S.Tanaka:3D Visual interface for Digital Library, Third European Conferece on Reseaech and Advanced Technology for digital Libraries(ECDL'99),1999.
- [1 5] K.Wakimoto, J.Kanda, S.Tanaka:Panorama Seek: Interactive Streaming for Internet Video Retrieval, MIR2001-3rd International workshop on Multimedia

Information Retrieval,2001.

[16]K.Wakimoto, J.Kanda, S.Tanaka ,S.Utsui :PanoramaSeek: Intelligent for Internet Video Retrieval, IS&T/SPIE Symposium Electronic Imaging 2003.

2. 3 口頭発表

[1]田中, 柴田, 前田: 設備図面読取りにおける要素分離認識方式, 第35回情報処理学会全国大会, 1987.

[2]前田, 金近, 田中, 脇本: 設備図面の読取り技術の開発, 電子情報通信学会 機能図形情報システム研究会 FIG88-6, 1988.

[3]田中, 二俣, 柴山, 前田: 画像の内容に基づいた検索の一手法, 情報処理学会第37回全国大会, 1988.

[4]田中, 島, 柴山, 前田: ネットワーク構造に基づく類似検索手法, 情報処理学会 第38回全国大会, 1989.

[5]田中, 田代: 技術情報の統合管理 —ファミリーツリーによる統合管理—, 情報処理学会 第41回全国大会, 1990.

[6] 田中: 設備図面の読取り技術の開発, 電子情報通信学会 機能図形情報システム研究会, 1988.

[7]二俣, 田中, 柴山, 前田: 画像の内容に基づいた検索の一手法, 情報処理学会第37回全国大会, 1988.

[8]島, 田中, 柴山, 前田: ネットワーク構造に基づく類似検索手法, 情報処理学会 第38回全国大会, 1989.

[9]島, 脇本, 田中, 前田: 知識を用いた図形解釈に基づくマルチメディア情報の検索手法, 情報処理学会 第39回全国大会, 1989.

[10]石川, 脇本, 田中, 平田, 前田: 高速データ管理プロセッサを用いた類似図形の検索方式, 1990年春期電子情報通信学会全国大会, 1990.

[11]島, 脇本, 田中, 柴山, 前田: マルチメディア情報を利用した知的図面検索手法, 情報処理学会, マルチメディア通信と分散処理研究会, 91-DPS-48-7, 1991.

[12]永野, 金近, 田中, 前田: 対話型図面認識・編集システムの開発, 電子情報通信学会 第2種研究会 機能図形情報システムシンポジウム, 1991.

[13]柴山, 脇本, 島, 田中, 前田: 知識を用いた図形の類似検索法, 電子情報通信学会,

技術研究報告 IE90-8, 1990.

[14]前原, 田中, 平田: 複雑な既存図面における線分の半次と自動抽出の一手法, 電子情報通信学会 春季全国大会, 1992.

[15]長久, 田中, 柴山, 平田: 設備図における線の付属情報の分離・認識, 情報処理学会 第43回全国大会, 1991.

[16]石川, 田中, 柴山: 仕様に基づく保守部品検索方式, 情報処理学会 第46回全国大会, 1993.

[17]西川, 長久, 田中: 図面認識技術を用いた CAD データの変換方法, 情報処理学会 第46回全国大会, 1993.

[18]前原, 長久, 田中: 画素欠落の多い図面におけるシンボル抽出の一手法, 情報処理学会 第46回全国大会, 1993.

[19]久永, 丸山, 田中: マルチメディアデータファイリングシステムの提案, 情報処理学会 第48回全国大会, 1994.

[20]神田, 脇本, 田中, 阿倍: 動画ハイパーメディアシステムにおけるアンカー自動設定方法とその評価, 電子情報通信学会 パターン認識とメディア理解研究会(PRMU), 1997.

[21]石川, 谷田, 徳永, 田中: WWW 情報検索を支援するバーチャル図書館システム, 情報処理学会 マルチメディア通信と分散処理研究会, 1997.

[22]佐々木, 御宿, 高野, 田中: 作業の順序性に基づくノウハウを獲得し利用する"インテリジェントワークシステム"の開発, 情報処理学会 人工知能研究, 1997.

[23]前原, 中村, 田中: 実写静止面を利用した仮想3次元空間の簡易生成, 電子情報通信学会 マルチメディア・仮想環境基礎研究会, 1998.

[24]神田, 脇本, 田中: WWW を利用した動画ブラウジング方式, 1998年春期電子情報通信学会全国大会, 1998.

[25]脇本, 神田, 阿倍, 田中: 動画像解析を応用した対話型ビデオ制作システム, 画像センシングシンポジウム (第3回), 1997.

[26]久永, 田中: インターネットを用いた CAI システムにおける教材管理方式, 電子情報通信学会 総合大会, 1999.

[27]嶺岸, 田中, 高梨: 用途別統合検索におけるガイダンス機能, 情報処理学会 第57回全国大会, 1998.

[28]嶺岸, 田中, 高梨: 用途別統合検索におけるインデクス構築機能, 1999年春期電子情報通信学会全国大会, 1999.

[29]高梨, 嶺岸, 田中: 図書情報検索における三次元インターフェースの開発・自動構

築機能 - , 1999 年春期電子情報通信学会全国大会, 1999.

[3 0]前原, 中村, 田中:リアルタイム CG におけるリアルな人物の表示手法, 1999 年春期電子情報通信学会全国大会, 1999.

[3 1]前原, 中村, 田中: Mixed Reality によるビル設備のリフォーム支援システム, 1999 年春期電子情報通信学会全国大会, 1999.

[3 2]神田, 脇本, 田中: 話題転換点検出による境域ビデオの自動要約, 1999 年春期電子情報通信学会全国大会, 1999.

[3 3]神田, 脇本, 田中: WWW を利用した動画ブラウジングとその企業内教育への適用, 映像情報メディア学会, 1998.

[3 4]田中, 脇本, 神田: シーン検出による動画情報の自動要約と閲覧技術の開発, 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会, 1999.

[3 5]嶺岸, 田中: 用途別統合検索の WEB 情報への適用, 2000 年春期電子情報通信学会全国大会, 2000.

[3 6]前原, 田中: 分散型リアルタイム CG の提案と適用の検討, 2000 年春期電子情報通信学会全国大会, 2000.

[3 7]神田, 脇本, 田中: ものづくり作業行動支援システムにおける対比表示・検索方式, 電子情報通信学会 教育工学研究会, 2001.

[3 8]脇本, 神田, 田中: 色情報を用いた映像検索インタフェース, 映像情報メディア学会 ネットワーク映像メディア研究会, 2000.

[3 9]田中 (昭), 田中 (聡), 臼井: Octree Quantization を用いた高速な領域分割手法, 情報処理学会 第 65 回全国大会, 2003.

[4 0]久永, 田中, 臼井: 最新の道路情報を収集して配信する道路情報提供サーバの実験, 2003 年春期電子情報通信学会全国大会, 2003.

[4 1]福田, 鷹取, 田中: 動画配信システムにおける QoS 制御とオンラインアルゴリズムについて, 情報処理学会 数理モデル化と問題解決研究会, 2003.

[4 2]田口, 田中 (昭), 田中 (聡), 臼井: パノラマカメラを使用したテレビ電話の自動画面角調整システム, 情報処理学会 第 65 回全国大会, 2003.

2. 4 その他発表

[1]田中: マルチメディア処理技術における類似検索方式, 三菱電機技報 1989 年 1 月号技

術の進歩特集号, 1989.

[2]S.Tanaka:A Multimedia Database System Featuring Similarity, 第2回情報処理相互運用国際シンポジウム

[3]前田, 田中, 脇本: 図面の構造に基づいたマルチメディア検索手法, 通産省大型プロジェクト中間成果発表会, 1989.

[4]前田, 平田, 田中, 脇本, 島: マルチメディアデータベースにおける図面の内容検索技術, 電子計算機相互運用データベースシステム研究開発成果発表会, 1991.

[5]田中: 対話型図面認識システム, 三菱電機技報 1993年1月号技術の進歩特集号, 1993.

[6]田中: オブジェクト指向技術に基づく保守情報管理システム, 三菱電機技報 1994年1月号技術の進歩特集号, 1994.

[7]田中: 保守業務を支援する技術情報提供システムの開発と実用化, 日科技連機関誌「ENGINEERS」12月号, 1995.

[8]田中, 芝: マルチメディア教育支援システム, 三菱電機技報 1996年1月号技術の進歩特集号, 1996.

[9]田中, 須賀田, 徳永, 土田: インターネット情報検索技術, 三菱電機技報 1997年2月号, 1997.

[10]田中: VR(仮想現実)ビデオウォークスルー技術, 産業と電気, 1997.

[11]嶺岸, 田中, 高梨: 次世代電子図書館システム3次元情報可視化技術の開発, 1998.

[12]高梨, 田中: 次世代電子図書館システム3次元情報可視化技術の開発, 1998.

[13]前原, 中村, 田中, 蒲原, 佐藤: 仮想三次元空間表示技術を応用した昇降機のバーチャルモデニゼーション, 三菱電機技報, Vol.72, No.9, pp.42-46, 1998.

[14]嶺岸, 田中, 高梨: 用途別統合検索技術の研究開発, 日本情報処理開発協会 次世代電子情報通信学会図書館システム研究開発成果報告会, 2000.

[15]柴山, 田中, 嶺岸, 高梨: 三次元情報可視化技術の研究開発, 日本情報処理開発協会 次世代電子情報通信学会図書館システム研究開発成果報告会, 2000.