

Title: 位置表現を考慮したシームレスな位置情報 取得のためのプラットフォームの提案と実装

Author(s):

齋藤充治[†] 戸邊論[†] 植原啓介^{††} 砂原秀樹^{†††}

E-mail: {mitsu-sa, osamu-to}@is.naist.jp, kei@wide.ad.jp, suna@wide.ad.jp

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

^{††} 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

^{†††} 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学センター

Date: 17 1 28

研究概要

近年、移動体の位置を取得し、その位置情報を利用したサービスが増加している。そのサービスの多くは、測位システムとして GPS (Global Positioning System) のみを使い、緯度経度による表現で移動体の位置を取り扱っている。しかし、GPS のみを使う場合、その測位可能範囲や精度に限界が生じる。また、直接測位システムと通信しているため、その測位システムのインターフェースや出力するメッセージ構造など、測位システムの詳細を知らなければ利用することができないという問題が生じる。さらに、今後は屋内で測位することに対する需要が増加すると考えられるが、屋内での GPS の利用は非常に困難であるばかりでなく、緯度経度による表現では屋内位置を的確に表現することは難しい。今後も位置情報を利用したサービスの増加が予測されるが、個々に独立した測位システムを用いてサービスが構築されており、新たなサービスを提供する場合には、高い構築コストが必要となってしまう。そこで本研究では、複数の測位システムをシームレスに取り扱い、移動体の位置を様々な表現によって取り扱うことができる、位置情報取得のための統合プラットフォームを提案する。提案プラットフォームでは、測位システムから得られる位置情報をそのまま用いるのではなく、新たに位置の表現構造を定義することで、様々な位置の表現を取り扱い、測位システムの取り扱いをシームレスに行い、複数の測位システムを取り扱うことが可能となる。

1 はじめに

近年、無線通信技術が著しい発展をとげている。これによって多くの人々がラップトップ型コンピュータや携帯電話、PDA (Personal Digital Assistance) などを用いてインターネットへ接続し情報を取得する、モバイルコンピューティング環境が普及している。モバイルコンピューティング環境において、端末は移動を伴いながら通信する。したがって、移動体の位置に応じたサービスへの要求が高まっており、様々なアプリケーションが実用化されている。

本論文では、位置情報の定義を、対象とする移動体を識別するための識別子、検知時刻、物体の位置を表したラベル、という3つの要素を合わせて持った情報と定義する。位置情報を用いたサービスの有用な例として、モノの位置情報を利用した物流管理や、子供や高齢者のための生活活動支援などが挙げられる。そして今後も位置情報を利用したサービスは増加すると考えられる。本論文では、移動体の位置を取得する主体を、位置情報取得者と定義する。また位置情報取得者が、移動体の位置情

報を用いて位置に基づいたサービスを提供する場合、そのサービスを位置情報サービスと定義する。

現在提供されている位置情報サービスの多くは、測位システムとして GPS のみを利用しており、緯度経度による表現で移動体の位置を取り扱っている。しかし、GPS のみを利用する場合、その測位可能範囲は屋外に限られ、屋外であっても上空の見通しが悪い地域では、測位精度が低下するなどの問題が生じてしまう。また、今後は屋内で測位することに対する需要が高まると考えられるが、屋内での GPS の利用は非常に困難であるばかりでなく、緯度経度による表現では屋内位置を的確に表現することは難しい。つまり、単一の測位システムを用いる場合、その測位システムが持つ性質の影響を位置情報サービス全体が直接受けるという問題がある。

また、各位置情報サービス内では、専用の測位システムを用意し、移動体の位置情報管理、位置に基づいた情報提供など、全てのシステムを1つの位置情報サービス内で構築し提供している。よって、各サービス内で、提供するサービスの内容や、測位システムから得られる位置情報の表現方法に依存した、専用の処理方法を用いて

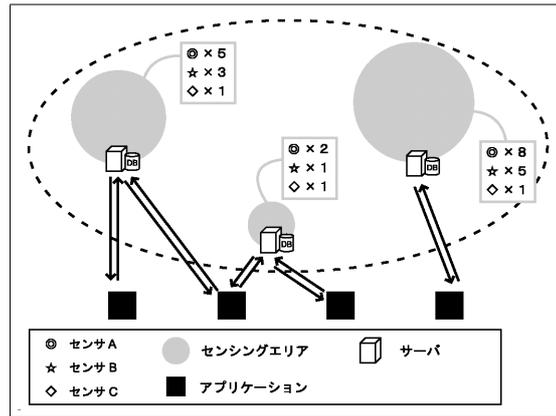
位置情報サービスが構築されている。つまり、移動体が複数の位置情報サービスを受ける場合、それぞれのサービスに対応した測位システムを複数装備しなければならないという問題や、ある位置情報サービスが整備した測位システムを、他の位置情報サービスから利用することができないといった問題が生じる。特に後者の問題は、新たな位置情報サービスを構築するためには、さらに新たな測位システムや移動体の位置情報管理機構を構築しなければならないという悪循環が生じてしまう。

そこで本研究では、複数の測位システムをシームレスに取り扱い、移動体の位置情報を様々な表現によって取り扱うことができる、位置情報取得のための統合プラットフォームを提案することで上記の問題を解決する。

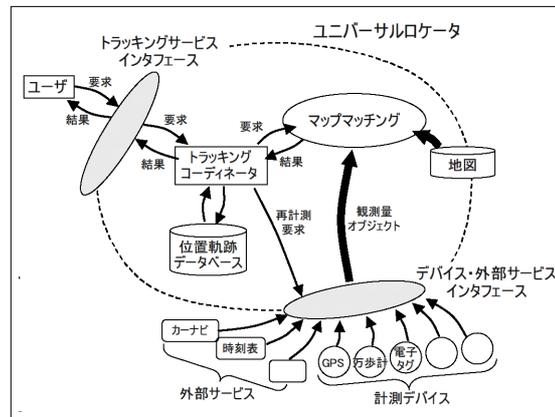
提案プラットフォームでは、測位システムから得られる位置情報をそのまま用いるのではない。まず、移動体の位置情報の利用場面を想定し、そこで必要となる位置要素を決定する。その位置要素を用いて、目的に合致する新たな位置の表現構造を定義する。例えば、屋外に存在する移動体の位置情報は、緯度経度によって位置を表すのが有効であるが、屋内に存在する移動体の位置情報を取り扱うのであれば、例えば建物の部屋番号で表現する方が、より目的に合った表現であると言える。

次に、測位システムから得られた位置情報を、定義した位置表現へ変換する。提案プラットフォームでは、この変換された位置情報を取り扱うことで、測位システムの詳細に依存することなく、様々な測位システムをシームレスに利用することを可能とした。また、複数の測位システムが利用可能となったことで、単一の測位デバイスの持つ欠点を補い、プラットフォーム全体として測位可能範囲を広げることが可能となった。さらに、プラットフォームに対して移動体の位置情報を要求するための、汎用的なインタフェースを位置情報取得者に提供する。これによって、位置情報サービスは測位システムや、移動体の管理を行うことなく、本プラットフォームに問い合わせを行うことで移動体の位置を容易に取得することが可能となる。移動体は、専用の測位システムを複数装備せずとも、プラットフォームに接続された汎用の測位システムを用いることで、複数の位置情報サービスを受けることが可能となる。

本論文では、2節で既存技術が抱える問題点についてまとめ、3節で本論文が提案するモデルを考案し、それを継承したプラットフォームを提案し設計を行う。4節では提案したプラットフォームのプロトタイプを実装する。5節では実装したプラットフォームの評価を行い、提案したプラットフォームの検証を行う。6節では本論文のまとめと今後の研究課題について述べる。



1: オープンセンサアーキテクチャの概念



2: Universal Locator

2 既存技術

2.1 オープンセンサアーキテクチャ

オープンセンサアーキテクチャとは、多数のセンササーバが、多数のクライアントからの要求を受けてセンサ情報を提供するモデルを実現したアーキテクチャのことである。オープンセンサアーキテクチャの概念を図1に示す。現在進められているプロジェクトとしては、Intel Research社のIrisNet[2]やOpen GIS ConsortiumによるSensor Webが挙げられる。これらは位置をセンサから得られる情報の一つとして捉えており、位置情報の取得そのものに関しての統合化はなされていない。

2.2 Universal Locator

Universal Locatorとは、移動体の位置情報取得および軌跡情報を推定するためのプラットフォームである[1]。Universal Locatorの概要を図2に示す。Univer-

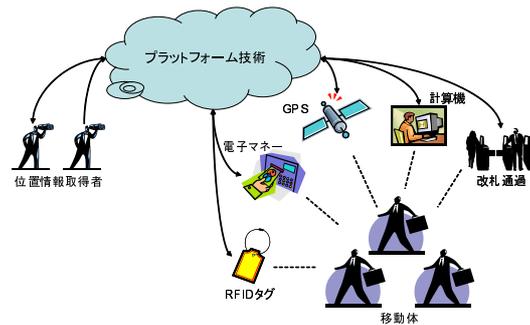
sal Locator は、測位システムが移動体の位置を取得する際に用いられる「観測量」を抽象化して取り扱い、さらにマップマッチングを行って移動体の位置および軌跡を推定する。

観測量とは、センサデバイスが測定している値を直接取得することによって得られる値のことである。GPS を例に挙げると、GPS とは衛星から送信される時刻情報と衛星の軌道情報を GPS 受信機で受信し、この信号の伝達時間を計測することによって衛星から GPS 受信機までの距離を求め、GPS 受信機の位置を算出するシステムである。よって GPS から得られる観測量は、衛星から GPS 受信機までの距離となる。また超音波を利用した測位技術として ActiveBat[3] がある。ActiveBat は部屋の内部に複数設置した超音波受信機と、移動体が携帯している超音波発信機との超音波伝達時間を計測することで、発信機と受信機の距離を求める。この場合の観測量も発信機と受信機の距離となる。つまり、GPS や ActiveBats であっても観測量は距離で表すことができる。よって、測位システムが違っている場合であっても、同様の処理方法によって取り扱うことができる。Universal Locator で取り扱われているその他の観測量として、存在領域などが挙げられている。存在領域とは、無線 LAN や電子タグなどから取得できる観測量である。

Universal Locator では、移動体の測位システムからの情報をそのまま利用するのではなく、観測量として抽象化して取り扱うことによって、複数の種類の測位システムからの情報を統合して取り扱うことを可能とした。しかし、観測量を処理することによって得られた位置情報は、最終的に緯度経度を使った単一な位置情報表現に変換されている。つまり、センサデバイスからの情報を観測量に変換し抽象化を行うことによって、そのセンサデバイスが本来持っていた特性や利点が反映された、位置情報に関するコンテキストが失われてしまうという問題点がある。例えば、RFID システムを用いることで建物内部のある部屋にいることを表現することや、無線 LAN を用いることである特定の領域に存在することを表現することが可能であったが、緯度経度に変換されてしまうことで漠然とした表現になってしまい、部屋やある特定の領域といった位置情報の意味が失われてしまうという問題が生じる。また、複数の移動体の位置情報を取り扱う、プラットフォームとしての機能は持っていない。

2.3 まとめ

現在、様々なプラットフォーム技術が存在し実用化されているが、個々の技術内では利用可能範囲やその精度に多くの制約が存在しており、決定的な技術は存在しない。



3: 提案プラットフォームの想定環境

しかし、複数の位置情報取得技術やプラットフォーム技術を組み合わせることで、個々の位置情報取得技術の問題点を補いことができると考えられる。つまり、それらの複数の位置情報取得技術をプラットフォームに接続してシームレスに取り扱うことができる、統合プラットフォームを構築することで、前述した移動体と位置情報サービスが抱えている課題を解決することが求められている。

3 提案プラットフォーム

3.1 目的

本研究では、位置の表現構造の定義を行うことで、複数の測位システムをシームレスに取り扱い、様々な表現によって表された位置情報をネットワーク上で取り扱うことで、位置情報取得のための統合されたプラットフォームを提案する。そして、提案プラットフォームの試作システムの実装を行い、提案プラットフォームの有効性を検証する。以上によって、移動体の位置情報を、目的に応じた表現によって、容易に取得できることを目的とする。

3.2 想定環境

本項では移動体と測位システム、位置情報サービスに関する想定環境について定義する。

- 移動体
複数存在しており、それぞれ1つ以上の測位システムによって測位されている。
- 測位システム
種類の異なる測位システムが遍在し、それらはネットワークを通じて情報の交換を行う。
- 位置情報サービス
様々な位置情報サービスが提供されており、それらはネットワークを通じてサービス提供を行う。

またサービスは互い独立に構築されており、連携して動作することは考慮されていない。

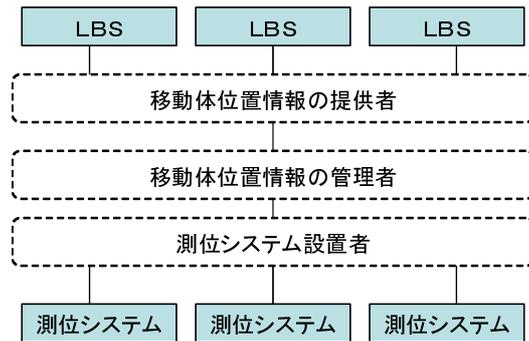
3.3 要求事項

本項では、位置情報取得のための社会的インフラストラクチャに対する要求事項を挙げる。

- 広範囲に移動体の位置を提供できること
移動体の位置情報を常に取得する必要がある位置情報サービスを考えた場合、その測位は広範囲に行われている必要がある。
- 様々な表現によって位置情報を表せること
移動体の位置を目的に合った表現によって表すことで、その位置情報を利用する上で必要十分な精度かつ、より少ない情報量で位置を表現することが可能となる。
- スケーラビリティを兼ね備えること
広範囲に渡る位置情報サービスを提供する場合、そのサービスを受けるクライアントの数とプラットフォームに対する位置情報要求は膨大な数となる。従って、プラットフォームにかかる負荷に応じて柔軟に拡張し、位置情報に求められる要求に対して対応できなければならない。
- プライバシの保護が行えること
移動体の位置情報を公開する相手や、移動体が存在する場所、公開してもよい時間帯などを、移動体自身によって設定し、そのプライバシーを守ることができる機構が必要である。
- インテグリティを考慮していること
プラットフォームから取得できる位置情報の信頼性を保障する機構が必要である。
- セキュリティを考慮していること
位置情報を流通する際の、途中経路上に悪意を持った者が存在する場合においても、位置情報の盗聴や改竄、測位システムへの成りすましなどの攻撃に対して、対応できることが必要である。

3.4 モデル

本項では、移動体の位置を取得するために必要なモデルを考案する。3.3節では、位置情報取得のための社会的インフラストラクチャに対する要求事項を挙げたが、本論文は其中で、最も需要が高い、移動体の広範囲な測位と、様々な表現によって位置情報を表せること、を考慮したモデルの考案を行う。その他の要求事項は、本



LBS : Location-Based Service(位置情報サービス)

4: 提案モデル

モデルを継承することでその要求事項を満たすこととする。

本モデルでは、位置情報取得のために必要な機能や目的によって、内部が3階層に分離されている(図4参照)。モデル内部を分離した理由として、これまでのプラットフォームが持つモデルでは測位システムや移動体管理、それらを取り扱うインターフェースを単一のシステムで独自に設計していたものを、社会的インフラストラクチャとして位置情報をオープンに取り扱うためである。本モデルでは、以下のように分離を行った。

- 測位システム設置者
移動体の位置を取得するための測位システムを設置し物理的に移動体の測位可能な環境を提供する。
- 移動体位置情報の管理者
移動体と測位システムを関連付け、移動体の位置情報がどの測位システムによって測位されているか管理する。
- 移動体位置情報の提供者
モデルの構造を意識せずとも移動体の位置情報が取得できるよう位置情報取得者に対し位置情報取得のためのインターフェースを提供する。

このように分離したことで、各層での役割が明確になった。その上で、各層間が通信するためのインターフェースを定義し、情報の交換を行う。このようなモデルを取ることで、移動体の管理や新たな測位システムが出現した場合にも、対応することができる。

しかし、測位システムの管理と移動体の管理を分離したことで、どの測位システムによって目的とする移動体の位置情報を取得可能かが不明になり、移動体の位置情報を得ることができなくなってしまうという問題が生じる。

本モデルでは、測位システムと移動体の関連付けを行

うことで、移動体の位置情報を取得可能とした。つまり、移動体の位置情報はその関連付けられている測位システムの数だけ存在することとなる。このように、移動体と測位システムの関連付けをすることで、移動体は複数の測位システムが利用可能となり、またそれぞれの測位システムが出力する位置情報の位置参照系によってその位置表現が可能となった。

これによって、移動体の位置を移動体に関連付けられている測位システムから得られる、1つ以上の位置表現で取り扱われるようになり、移動体の測位を複数の測位システムによって行うことが可能となった。

しかし、移動体と測位システムの関連付けを行うのみでは、移動体の位置表現が、複数の測位システムから直接得られる表現で表されてしまう。つまり、移動体の位置情報を取得した側で、その表現を理解せねばならず、結局測位システムに依存したプラットフォームとなってしまう。

そこで本モデルでは、測位システムから得られる位置情報をそのまま取り扱うのではなく、モデル内で新たに位置の表現を定義し、これに変換してから取り扱う。そして移動体の位置を表す場合の表現方法に名前空間を与え、その表現名を用いることで移動体の位置を表す。つまり、表現を定義することで、測位システムへの依存を無くし、汎用性のある表現で移動体の位置を表現することが可能となる。

考案モデルは、位置情報を取得することを目的としている。プライバシー保護やセキュリティ、インテグリティなどの要求事項を考えた場合、本モデルが持つ位置情報取得機能を継承し、機能を加えることができる。よって、考案モデルではプライバシー保護やセキュリティ、インテグリティなどの要求事項に対する機能提案は別のレイヤで考慮がなされているものとし、本論文では取り扱わないものとする。

3.5 従来との比較

提案モデルを採用することで、従来のプラットフォームが採用するモデルと比較して、以下のような利点を得る。

- 複数の測位システムを利用可能となる
- 新たな測位システムに対応可能となる
- 移動体の位置情報取得が容易になる

これまで利用されてきたプラットフォームでは、移動体の位置はある特定の測位システムが出力する位置と同様であり、またその測位システムが出力する位置情報表現のみを取り扱うという前提で設計されている。位置情報取得者がプラットフォームから位置情報を取得する場合は、プラットフォームが提供する専用のインタフェー

スを通じてのみ、位置情報の取得を行うことが可能であった。

これらの要因により、プラットフォーム全体が特定かつ単一の測位システムに依存し、単一の位置表現しか扱うことができず、またその測位システムの特性によって測位可能範囲も決定されてしまうという問題が生じる。またプラットフォームからの位置情報取得の際、位置情報取得者側も専用のインタフェースを用いなければならないなどの問題も生じる。

提案モデルでは、移動体と測位システムを分離して管理し、移動体の位置は、その移動体に関連付けられている測位システムが出力する位置である、という概念を導入することで上記の問題を解決した。

一方、提案モデルを用いることで以下の問題が生じる。

- 1回の位置情報要求に対し、各層間で複数の通信が発生しオーバーヘッドが生じる。

提案モデルは、各層は独立して構築されることを前提とし、情報の交換は通信によって行う。つまり、位置情報取得者からの単一の位置情報取得要求に対し、モデル内部では複数回の通信が行われる。よってこれまでのプラットフォームで行われていた、直接測位システムに対して通信を行い、位置情報を取得する場合と比べてオーバーヘッドが大きくなるという問題が生じる。

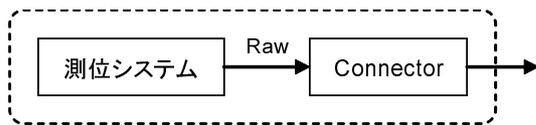
しかし、昨今の通信技術の著しい発展や、各ホストの処理能力の向上により、プラットフォーム全体の処理時間におけるオーバーヘッドの割合は低下していくと考えられる。つまり、提案モデルを利用したことによる利点が明確化すると考えられる。

3.6 提案事項

3.6.1 位置参照系

移動体の位置を表現する場合、絶対的な位置表現方法は存在しない。移動体の位置を表現するための基準点の置き方や、その表現方法が無数に存在しているからである。しかし、位置情報取得者が移動体の位置情報を利用してサービス提供を行う場合、そのサービス内容によって必要な位置表現方法は異なる。よって、移動体の位置情報を、必要な表現によって取得できることが必要である。

一般に、移動体の測位を行う場合、測位システムを用いて移動体の位置情報を取得する。しかし、その位置表現方法は測位システムによって異なり、必ずしも位置情報取得者の利用目的に合った表現で表されているとは限らない。また、同類の位置情報を出力する測位システムであっても、出力されるメッセージフォーマットが異なる場合がある。これによって、位置情報取得者がそれらの位置情報に統一的な処理を行うことはできないなどの



5: 位置情報センサ

問題が引き起こされる。

そこで本プラットフォームでは、位置参照系と呼ばれる位置表現構造を定義する。位置参照系とは、位置表現の目的に応じて、その位置を決定するための要素を決定したものである。例として地球上の位置を表現する場合に多用される、WGS84(世界測地系)を挙げると、地球上のある位置を決定するための要素として、緯度、経度、高度を定めている。この3つの要素を用いることで、地球上の全ての位置を表現することが可能である(3.6.3節参照)。

位置参照系を利用して移動体の位置を表現することによって、測位システムから出力されるメッセージの差異を吸収し、位置情報利用者が利用目的に適する表現を持つ位置情報を取り扱うことが可能となる。

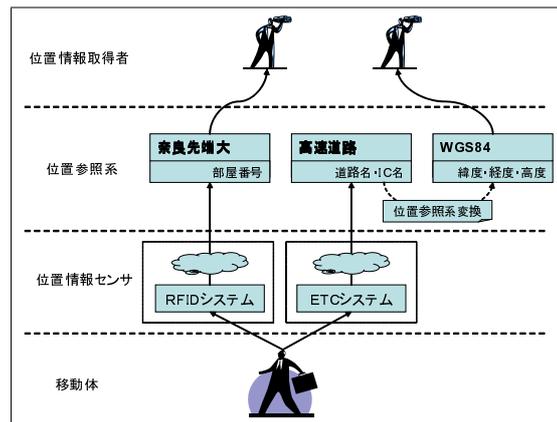
3.6.2 位置情報センサ

移動体の測位を行う場合、多くの場合 GPS や RFID システムなどの測位システムを用いる。これらは、衛星からの電波や、RFID タグからの電波を受信することにより現在位置を算出する。また、物理的な測位システムを用いずとも、例えば現在住所のあるシステムに入力することで現在位置を取り扱うシステムがあった場合、これを測位システムとして取り扱うことも可能である。よって現在位置を得る手段は複数存在し、これらをシームレスに取り扱うことが必要不可欠である。また、多数の測位システムを取り扱う場合、それらの全てを直接計算機に接続して取り扱うことは現実的ではない。よって、ネットワークなどを用いて遠隔から通信を行える必要がある。

本プラットフォームでは、位置情報センサと呼ばれる機構を定義し、これと通信を行うことによって現在位置を取得する(図5参照)。位置情報センサは、測位システム名、検知時刻、測位システムのタイプ名、測位システムからの出力メッセージの4つを出力する機構である。

位置情報センサとは、測位システムと Connector から成る。Connector とは、測位システムから直接出力されたメッセージを読み取り、そこに不足した情報を補完する。これによって、位置情報センサとして必要な上記4つのメッセージを出力することができる。

本プラットフォームでは、位置情報センサからの位置情報を使用して、定義された位置参照系に準拠する表現へ変換を行う(3.6.3節参照)。



6: 位置参照系の変換

3.6.3 位置参照系の変換

位置参照系の変換の概略について図6に示す。本プラットフォームでは、移動体と位置情報センサの関連付けを管理している。また、その位置情報センサからの位置情報は、位置情報センサと関連付けられている位置参照系に準拠する表現に変換されて管理される。

つまり、移動体の位置情報の位置参照系は、関連付けられている位置情報センサに依存する。よって、位置情報取得者が、移動体が属する位置参照系とは異なる位置参照系を要求した場合、要求された位置参照系による位置情報を返すことができないという問題が生じる。

本プラットフォームでは上記の問題を、位置参照系の変換機構を提供することによって解決する。位置参照系の変換機構は、位置情報取得者が要求する位置参照系が、移動体の属する位置参照系と異なる場合、移動体の属する位置参照系を要求された位置参照系に変換する。つまり、変換を行うことで目的の位置参照系による表現を用いて、位置情報を返すことが可能となる。

位置参照系の変換は、変換を行う位置参照系間の相対関係を記述し、それを変換元の位置参照系に適用することによって行う。

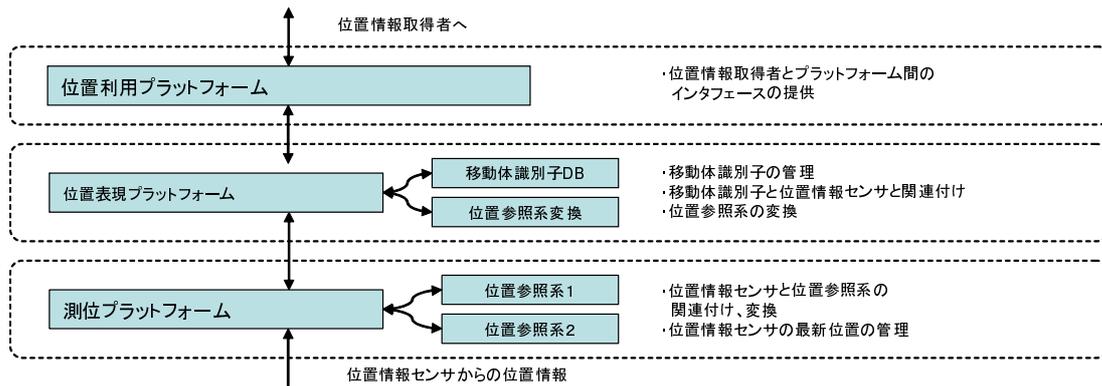
3.7 構成

本項では、プラットフォームが持つ構成要素の説明を行う。プラットフォーム構成を図7に示す。

測位プラットフォームとは、図4に表される、測位システムを提供する者に相当し、位置表現プラットフォームとは、同図中の、移動体の位置情報を管理するものに相当し、位置利用プラットフォームとは、位置情報を提供するものに相当する。

3.7.1 測位プラットフォーム

測位プラットフォームでは以下の機能を有する。



7: プラットフォーム構成

- 位置情報センサと位置参照系の関連付け
- 位置情報センサからの位置情報を、位置参照系を用いた表現へ変換
- 位置情報センサの最新位置の管理

測位プラットフォームでは、位置情報センサから得られる位置情報を、その位置情報センサが関連付けられている位置参照系に変換する。そして変換した位置情報を、位置情報センサの最新位置として保存する。また、測位プラットフォームでは、後述の位置表現プラットフォームとのインタフェースをもつ。

これによって、上位層から位置情報センサに対して位置情報要求があった場合、一般化されたアクセスメソッドを使って位置情報を即座に返すことが可能となる。

位置情報センサが移動体の位置情報を取得する場合、RFIDシステムを用いる場合のように、RFID受信機が受信したRFIDタグの情報を保持している場合と、GPSシステムのように位置情報を出力した瞬間のみ位置情報を持つものがある。

後者の場合、その現在位置を知る際にGPS受信機から位置情報を取得可能となるまで待たなければならない。つまり上位層からの位置情報要求に対して即座に対応することができない。測位プラットフォームでは、位置情報センサからの受け取った最新の位置情報を保持し上位層からの位置情報要求に対して即座に対応する機能を有する。

3.7.2 位置表現プラットフォーム

位置表現プラットフォームでは以下の機能を有する。

- 移動体識別子の管理
- 移動体識別子と位置情報センサ識別子との対応付け
- 位置参照系の変換

移動体識別子とは、人やモノなど移動体に対して割り当てる識別子である。また位置情報センサ識別子とは、位置情報センサに対して割り当てる識別子である。本プラットフォームにて、移動体がどの位置情報センサによって測位が行われているか、という対応付けを、移動体識別子と位置情報センサ識別子の対応付けをすることによって行う。

位置利用プラットフォームからの位置情報要求に含まれる移動体識別子を鍵として、位置情報センサ識別子解決要求を行い、移動体に関連付けられている位置情報センサを検索する。さらにその位置情報センサ識別子を鍵として、測位プラットフォームに位置情報センサの位置情報要求を行う。移動体に対して複数の位置情報センサ識別子が関連付けられている場合はこの処理を複数回行う。

また本プラットフォームでは位置参照系の変換を行い、そのための変換プロファイルを保持している。位置参照系の変換には、位置を表すラベルの変換や、簡単な数値計算で完了する場合もあるが、緯度経度という位置表現から住所という位置表現へ変換する場合、外部データベースに接続して問い合わせることが必要になるなど、外部との通信機能が必要となる場合がある。

3.7.3 位置利用プラットフォーム

位置利用プラットフォームでは以下の機能を有する。

- 位置情報取得者とプラットフォーム間のインタフェース

位置利用プラットフォームでは、位置情報取得者と提案プラットフォームとのインタフェースを提供する。提案プラットフォームに対する位置情報取得者からの位置情報要求は、位置利用プラットフォームを通じて前述の位置表現プラットフォームへ送信される。位置利用プラットフォームは、移動体識別子を解析することにより、移動体がどのホストで動作している位置表現プラ

トフォームで管理されているかを検索する。つまり、どこに設置されている位置利用プラットフォームに対して位置情報要求を出した場合でも、対象とする移動体の位置情報を取得することが可能である。

また、位置利用プラットフォームは、様々な位置情報サービスからの位置情報取得要求に対応できるよう、SOAP や TCP/IP などによる複数のインタフェースを持つ。これによって位置情報サービスは様々なアクセス方法によって移動体の位置を取得することが可能となる。また提案プラットフォーム内で使用されているプロトコルに変更や、機能追加が合った場合でも位置情報サービスへの影響を最小限にする役割も併せ持つ。

4 実装

4.1 実装環境

各プラットフォームは、FreeBSD5.2.1RELEASE において、Java(Java2 Platform, Standard Edition v 1.4.2) 言語を用いて実装した。実装概要を図 8 に示す。各プラットフォーム間は TCP/IP を使用して通信を行う。本フレームワークで取り扱う位置情報の表現構造には XML(eXtensible Markup Language) 文書を用いた。位置情報要求者が取得する位置情報の例を表に示す。位置利用プラットフォームと位置情報サービスとのインタフェースプロトコルとして、TCP/IP を使ったブレインテキストベースプロトコルと XML を使った SOAP の 2 種類を実装した。位置表現プラットフォームでの位置表現変換機構は、XML 文書に様々な加工を行うことができる XSLT(eXtensible Stylesheet Language Transformation) を用いた。測位プラットフォームと位置情報センサとの通信には TCP/IP を用いた。位置情報要求を行うクライアントプログラムは Perl を用いて実装した。

本論文では、位置情報センサによって移動体の位置情報を取得し、移動体の位置情報取得の流れについての実装を行い、評価を行うこととする。よって移動体のプライバシーやセキュリティに関する機構の実装は行わない。

4.2 実装項目

本項ではプラットフォームの実装に必要なモジュールについて説明を行う。文中の LBS (Location-Based Service) は位置情報サービスを指し、LRS (Location Reference System) は位置参照系を指す。

4.2.1 位置利用プラットフォーム

- LBS Manager
LBS Manager とは、LBS からの位置情報要求

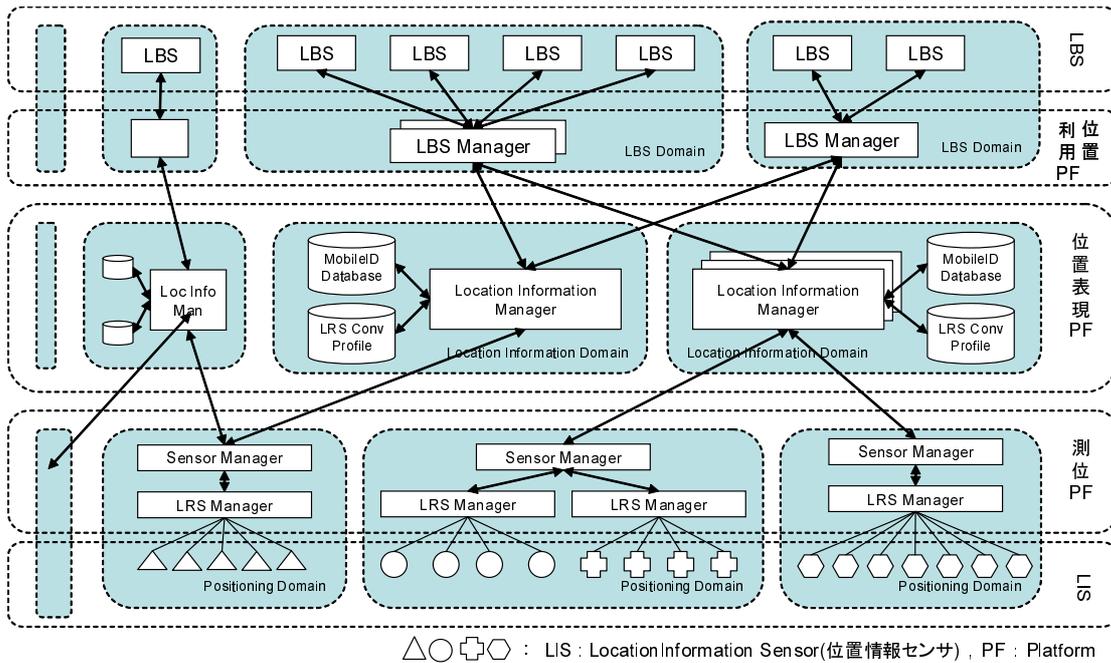
を受け取り、要求に含まれる移動体識別子を解析することによって、移動体がどのホストで動作している Location Information Manager で管理されているかを判断する。その判断に基づいて、LBS からの位置情報要求を目的の Location Information Manager へ送信する。

4.2.2 位置表現プラットフォーム

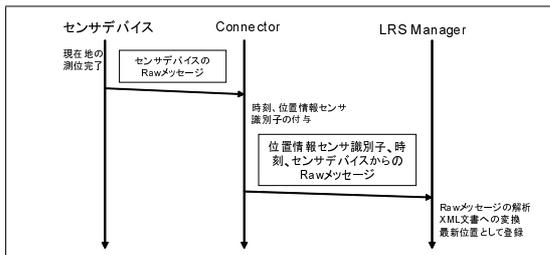
- Location Information Manager
Location Information Manager とは、LBS Manager からの位置情報要求を解析し、要求に含まれる移動体識別子をキーとして MobileID Database に問い合わせることによって、移動体識別子に関連付けられている位置情報センサ識別子を取得する。また必要な際には、LRS Converter を利用して位置情報の位置参照系の変換を行う。
- MobileID-DB
移動体識別子と位置情報センサ識別子の対応付けを管理している。Location Information Manager からの要求に基づいて、位置情報センサ識別子を返す。
- LRS Converter Profile
位置参照系同士の相対関係が記述してあるプロファイルを格納している。位置参照系を変換する際、このプロファイルを参照して変換する。

4.2.3 測位プラットフォーム

- LRS Manager
LRS Manager とは、位置情報センサからの位置情報を解析し XML 文書に変換した上で、XML 文書とその位置情報センサの最新位置として保存する。
- Sensor Manager
Sensor Manager は、Location Information Manager からの位置情報センサ識別子を受け取り、識別子を解析することによって位置情報センサがどの LRS Manager に登録されているかを判断する。その判断に基づいて、LRS Manager へ位置情報センサの最新位置を要求する。
- Connector
本プラットフォームでは、位置情報センサを用いて移動体の位置を取得する。しかし、測位システムから得られる位置情報が、位置情報センサが出力すべき位置情報の要素を満たしていない場合、Connector によって補完する必要がある。



8: 実装概要



9: 位置情報登録

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Position CoordinateSystem="NAIST">
  <Date>20041206120148</Date>
  <Room>IS-B206</Room>
</Position>
```

11: 変換後の XML 文書

LRS Manager は、位置情報センサ識別子を元に XML 文書を構築し、位置情報センサの最新位置として保存する。このとき構築される XML 文書の例を図 11 に示す。



10: 位置情報センサからのメッセージ

4.3 動作

4.3.1 位置情報登録

位置情報登録処理とは、取得した位置情報センサの位置情報を XML 文書へ変換し、LRS Manager へ登録することである（図 9 参照）。位置情報センサから出力される位置情報は、測位システム名と検出時刻、測位システムのタイプ名、測位システムから出力される Raw メッセージである。ここで、RFID システムを利用した位置情報センサから出力される位置情報の例を図 10 に示す。

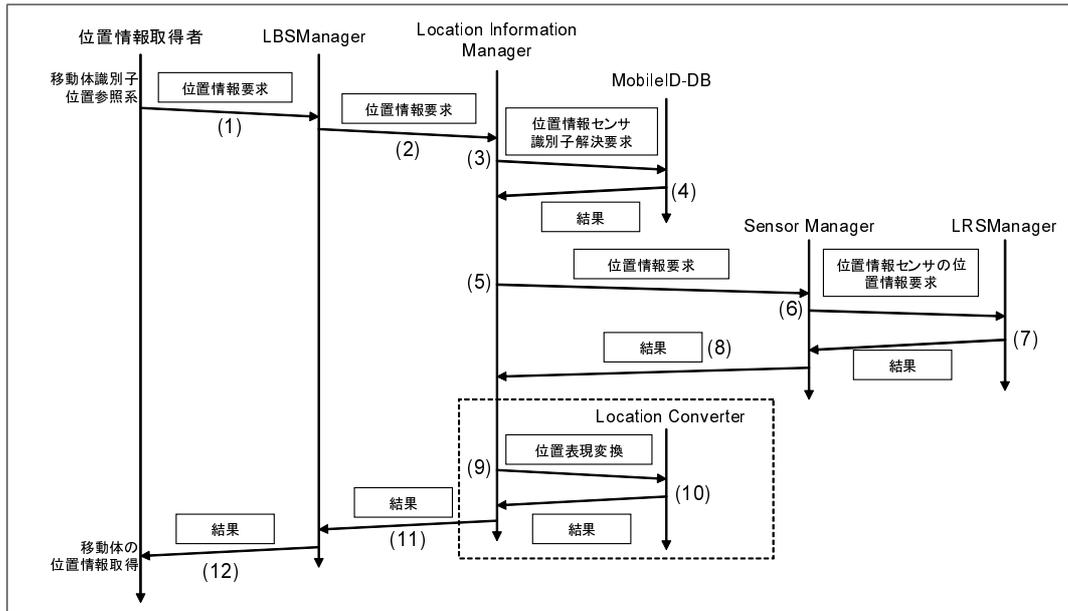
4.3.2 位置情報解決

位置情報解決とは、位置情報取得者からの位置情報要求に対し、移動体の位置情報を返すことである。

位置情報取得者からの位置情報要求には、移動体識別子、要求する位置参照系が含まれている。移動体識別子とは、移動体が管理されているホスト名とそのホスト内におけるユニークなアカウント名が組み合わされて表されている。例えば移動体識別子が、"mitsu-sa@ls.naist.jp" であれば、その移動体はホスト "ls.naist.jp" に管理されており、そのホスト内におけるアカウント名は "mitsu-sa" であることが分かる。

ここでは、移動体識別子が "mitsu-sa@ls.naist.jp"、要求する位置参照系を "WGS84" とする。

1. 位置情報取得者は位置情報要求を LBS Manager へ送信する。要求を受け取った LBS Manager



12: 位置情報解決

1. 位置情報要求に含まれる移動体識別子を解析し、目的の移動体が管理されているホストを取得する。
2. 移動体が管理されているホストで動作している Location Information Manager へ位置情報要求を送信する。
3. Location Information Manager は、移動体ごとの位置情報センサによって位置を取得可能かを調べるために、移動体識別子を鍵として位置情報センサ識別子要求を MobileID-DB へ送信。
4. Location Information Manager が移動体に関連付けられている位置情報センサ識別子を得る。位置情報センサ識別子は、位置情報センサが接続されているホスト名と位置情報センサを表す位置情報センサ名、その位置参照系名で構成される。例えば位置情報センサ識別子が”AEGOWBU@NAIST:ls.naist.jp”であった場合、位置情報センサは、ホスト名”ls.naist.jp”の測位プラットフォームに接続されており、その位置情報センサ名は”AEGOWBU”、またその位置参照系は”NAIST”であることが分かる。
5. Location Information Manager は、得られた位置情報センサ識別子を解析し、目的の測位プラットフォームの SensorManager に対して位置情報要求を送信する。
6. Sensor Manager は、位置情報要求に含まれる位置参照系名によって LRS Manager を選択して要求を送信。
7. 位置情報センサ名を用いて対象の位置情報を取得

する。

8. 取得した位置情報を Location Information Manager へ返す。
9. 位置情報センサ識別子に含まれる位置参照系と、位置情報取得者が要求した位置参照系が異なる場合、位置表現の変換が行われる。これまで得られた位置情報と目的の位置参照系名を Location Converter に送信する。
10. Location Converter は、位置情報を要求された位置参照系へ変換して結果を返す。
11. Location Information Manager は LBS Manager へ結果を返す。
12. LBS Manager は、位置情報取得者に対して位置情報を返す。

位置表現の変換は XSLT を用いて行われ、その際使用される XSL ファイルは Location Converter 内に予め用意する必要がある。例として、NAIST 位置参照系から WGS84 位置参照系へ変換する際に使用する XSL ファイルを図 13 に示す。またその変換された結果も図 14 に合わせて示す。XSLT の特徴として、Java のクラスファイルが利用可能できる点が挙げられる。つまり、変換に複雑な処理や、膨大なデータベースが必要な場合などは、その変換処理を外部のホストに対して通信を行うことで委託することができる。

これまでの処理によって、位置情報取得者の指定した位置参照系を用いた位置情報を、位置情報取得者に返し、位置情報取得者からの位置情報要求を解決することができた。

```

<xsl:choose>
  <xsl:when test="@CoordinateSystem='NAIST'">
    <Position CoordinateSystem="WGS84">
      <Date><xsl:value-of select="Date" /></Date>
      <Convert>NAIST to WGS84</Convert>
      <xsl:choose>
        <xsl:when test="Room='IS-B206'">
          <Lon>488643903</Lon>
          <Lat>125034192</Lat>
          <Alt>789</Alt>
        </xsl:when>
      </xsl:choose>
    </Position>
  </xsl:when>
</xsl:choose>

```

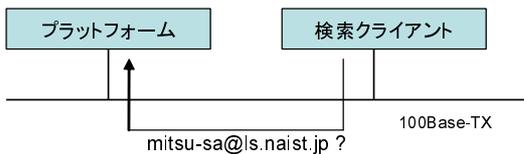
13: XSL ファイル

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Location MobileID="mitsu-sa@ls.naist.wide.ad.jp">
  <Position CoordinateSystem="WGS84">
    <Date>20041119221049</Date>
    <Convert>NAIST_SPIDER to WGS84</Convert>
    <Lon>488643903</Lon>
    <Lat>125034192</Lat>
    <Alt>789</Alt>
  </Position>
</Location>

```

14: NAIST WGS84 へ変換された位置情報の例



15: 実験環境

5 評価

本実装におけるプラットフォームの処理時間を測定し、評価を行った。各ホストは、PentiumIII/1GHz、メモリ 512MBytes のマシンを使用した。

評価を行った環境について図 15 に示す。移動体識別子”mitsu-sa@ls.naist.jp”で表される移動体の位置情報を取得した。”mitsu-sa@ls.naist.jp”は、位置情報センサ識別子として、”LREOYWG@NAIST:ls.naist.jp”、”mitsu-sa_MobilePhoneGPS@WGS84:ls.naist.jp” が関連付けられている。前者は NAIST 位置参照系、後者は WGS84 位置参照系に関連付けられている位置情報センサである。

NAIST 位置参照系は、奈良先端大学院大学で用いられる位置参照系であり、位置を表す要素として“部屋番号”が定義されている。WGS84 位置参照系は、緯度経度を用いた位置参照系であり、位置を表す要素として、“緯度、経度、高度”が定義されている。ADDRESS 位置参照系は、住所を用いた位置参照系であり、位置を表す要素とし“住所”が定義されている。

NAIST WGS84、WGS84 NAIST、NAIST ADDRESS の位置参照系変換は、XSL ファイルに定義された位置参照系変換を行うが、WGS84 ADDRESS の位置参照系変換は、XSL ファイルから、緯度経度から住所に変換するためのデータベースを持っている外部のホストに対して通信を行い、そのホストで変換して結果を戻し、位置参照系の変換を行う。

5.1 位置情報取得

位置参照系を指定せずに移動体の位置情報要求を行った（図 16 参照）。この場合、位置情報センサが関連付けられている位置参照系を用いた位置情報を取得することができる。

位置参照系を指定しなかった場合、プラットフォーム内の動作は、MobileID-DB へ移動体識別子を基に位置情報センサ識別子を取得することと、Sensor Manager へ位置情報センサ識別子を送信して位置情報センサの最新位置を取得することである。この場合、処理時間の殆どが、測位プラットフォームから位置情報センサの最新位置を取得するための通信時間である。つまり、位置参照系を指定せずに位置情報取得を行う場合、その処理時間はネットワークの速度や、ホストの処理速度に依存する。

5.2 位置参照系変換を伴う位置情報取得

位置参照系を WGS84、NAIST、ADDRESS に指定し、移動体の位置情報要求を行った（図 16 参照）。

まず、位置参照系に WGS84 を指定した場合、移動体に関連付けられている 2 つの位置情報センサから得られる位置情報のうち、“NAIST 位置参照系”に属する位置情報のみ、位置参照系の変換が行われる。もともと”WGS84 位置参照系”に属する位置情報は変換の対象とはならない。位置参照系を NAIST から WGS84 に変換する場合、図 13 に示される XSL ファイルを用いて XML 文書で表現された位置情報の変換を行う。処理時間の大半は位置参照系の変換に用いられており、その処理時間はホストの処理速度に依存する。

次に、位置参照系に NAIST を指定し位置情報の要求を行った。この処理は、位置参照系に”WGS84”を指定した場合と同様に、“WGS84”から”NAIST”への位置参照系変換が行われる。処理時間の大半は位置参照系の変換に用いられており、その処理時間はホストの処理速度に依存する。

最後に、位置参照系に ADDRESS を指定し位置情報の要求を行った。位置参照系に ADDRESS を指定した場合、NAIST ADDRESS、WGS84 ADDRESS の 2 つの変換が行われる。WGS84 ADDRESS の変換

指定した位置参照系	全体処理時間[ms]	全体処理時間の内訳				
		位置情報センサ識別子取得[ms]	位置情報センサの位置を取得[ms]	位置参照系の変換		
				変換前	変換後	変換時間[ms]
(指定なし)	10	<0	10	-	-	-
WGS84	41	<0	10	WGS84	WGS84	-
				NAIST	WGS84	31
NAIST	48	<0	10	WGS84	NAIST	38
				NAIST	NAIST	-
ADDRESS	721	<0	10	WGS84	ADDRESS	668
				NAIST	ADDRESS	68

16: 位置情報要求にかかる時間

を行う場合、外部のホストに対し通信することで位置参照系を変換している。よって、外部ホストまでのネットワーク遅延時間や、外部ホストの処理速度の影響を受ける。

5.3 考察

本プラットフォームでは、ネットワークを使用して通信することで、位置情報の取得、位置参照系の変換を行った。現在、移動体の位置情報を取得する際に用いる通信メディアは、携帯電話や PHS、無線 LAN などを用いた無線通信技術である。その無線通信区間の通信速度は 8kbps ~ 54Mbps と非常に差があるが、位置情報のように少量の情報を送受信するには充分であると考えられる。しかし、無線通信にはその遅延が大きな問題となる。一般的に使われている PHS の通信網を用いて通信する場合、100ms 程度から、場合によっては数千 ms かかる場合がある。よって、評価で得られた、ADDRESS 位置参照系への変換以外の処理時間はそれと比べて、小さな値であることが示され、十分な処理速度が確保されていることが確認された。もし、多数のクライアントへの対応が必要な場合には、より高速に処理可能なホストへ移行することでその処理速度を維持することが可能である。しかし、ADDRESS 位置参照系へ変換する場合は、全てのプラットフォーム内部に緯度経度から住所に変換するデータベースを持つことは現実的ではないため、その変換は外部ホストに依頼する必要がある。外部ホストに変換を依頼する場合、外部ホストとの通信時間と位置参照系変換に伴う処理時間の両方が必要となる。

今後、位置情報サービスの利用場面の増加に伴い、取り扱う位置参照系が増加すると考えられる。様々な位置情報サービスへ位置を提供する場合、プラットフォームは様々な位置参照系を取り扱える必要がある。しかし、全ての位置参照系を単体のホストで取り扱うことはできないため、今後はネットワークを利用して位置参照系を

変換するなどが必要である。

6 おわりに

本論文では、移動体の位置情報を目的に合った表現によって取得するためのプラットフォームを提案した。提案プラットフォームを利用して移動体の位置情報を取得することで、位置情報取得者の目的に応じた位置表現によって移動体の位置情報を取得することが可能となった。また目的ごとにプラットフォームを分割したことによってその役割を明確に分担し、位置情報取得のためのインフラストラクチャ構築を効率的に進めることが可能となった。

本論文では提案プラットフォームの実装を行い、処理時間を計測した。これによって、提案方式は位置情報取得のためのインフラストラクチャとして、十分な処理速度を確保していることが示された。

今後は提案方式が持つ位置情報流通のアーキテクチャを元に、位置参照系の変換を、プラットフォームが個別にもつ相対関係を利用するのではなく、ネットワークを利用し、位置参照系を管理するホストが分散して変換を行う機構を考案、提供したいと考えている。

- [1] 小西勇介, 柴崎亮介, "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", 東京大学大学院 工学系研究科 博士論文, March 2004.
- [2] P.B. Gibbons, B. Karp, Y. Ke, S. Nath, and S.Seshan. IrisNet: An Architecture for a Worldwide SensorWeb. IEEE parvasive COMPUTING, 2(4):22-33, Oct-Dec. 2003
- [3] Andy Harter et al.:The Anatomy of a Context-Aware Application, Proc. 5th Ann. Int'l Conf. Mobile Computing and Networking (MOBI-

COM'99), New York, 1999, pp. 59-68.

- [4] 渡辺恭人, 竹内奏吾, 栗栖俊治, 寺岡文男, 村井純, ”
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, Vol.J86-B,
No.8, pp.1434-1444, August 2003.
- [5] 岩谷晶子, ”センサ偏在環境におけるユーザの周辺情報
の収集に関する研究”, 慶応義塾大学大学院 政策・
メディア研究科, 修士論文, March 2004.
- [6] ISO/TC 211, ISO/FDIS 19111 : Geographic In-
formation - Spatioal referencing by coorfinates,
ISO, 2002
- [7] ISO/TC 211, ISO/FDIS 19101 : Geographic In-
formation - Reference model, ISO, 2002

Copyright Notice

Copyright : (C) 2005 by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This paper was originally submitted to the 46th Programing Symposium.