

# 2 インターネット自動車と 地理位置情報サービス

渡辺 恭人 riho-m@sfc.wide.ad.jp / 慶應義塾大学 SFC 研究所

竹内 奏吾 sohgo@csl.sony.co.jp / (株) ソニーコンピュータサイエンス研究所

インターネット自動車<sup>1)</sup>のアプリケーション構築においては、インターネット自動車の地理位置情報の利用が重要である。すなわち、どのインターネット自動車がどこにいるのか、ある地理位置に存在するインターネット自動車はどれなのか、さらにどんな情報を持っているかということである。

インターネット自動車では、各車両の地理位置情報を管理し、このような検索を提供する機構として地理位置情報システム (Geographical Location Information System: GLI)<sup>2), 3)</sup>を利用している。

本稿では、インターネット自動車と地理位置情報の関係について述べ、インターネット自動車の情報管理の必要性について述べる。そして、現在インターネット自動車の地理位置情報管理の機構として利用している地理位置情報システムの概要について述べる。また、地理位置情報システムを利用して、自動車が有するさまざまな情報の管理手法を紹介する。最後に、地理位置情報システムの現状と課題、今後の展望について述べる。

## インターネット自動車と 地理位置情報

インターネット自動車システムでは、単に自動車にインターネットの接続性を提供するにとどまらず、自動車をインターネット上のノードとして捉えた情報化を行っている。自動車が持つさまざまな情報(センサ類、スイッチ類など)を取得してインターネット上に収集し、その情報をさまざまな手法により処理して再びユーザ

に提供する。1台の自動車の持つ多様な情報が多数の自動車から集められることによって、社会システムにとって有益な情報となる。インターネット自動車の持つさまざまな情報は、その自動車の地理的な位置情報と結び付くことでさらに意味を持つ。渋滞情報や降雨情報などがその例である。そこで、インターネット自動車が持つ固有の情報やその地理位置情報をインターネット上で管理するシステムが必要となる。このシステムには、以下のことが要求される。インターネット自動車のようなインターネットに接続される移動体は今後ますます多数になることが予想され、大規模性が要求される。また、自動車に限らず、移動体の地理位置情報というプライベートな情報をインターネットで扱うため、その安全性の確保が求められる。

インターネット自動システムでは、移動体の地理位置情報を管理するシステムに、上記の要求を満たすGLI (Geographical Location Information) システムを採用した。GLI システムは、現実世界を移動するインターネット上のホスト (以下、移動体) の地理的位置情報を管理するシステムで、位置情報の登録、最新位置情報の検索機能を提供する。このGLIシステムは、以下のような特徴を持つ。

- 汎用性：特定種類の移動体に依存しない

GLIシステムは、移動体を単に文字列の識別子として扱うため、管理対象の種類を限定しない。すなわち、管理対象は、自動車、電車、飛行機、携帯電話ユーザなど自由に選択でき、管理対象に識別子さえ割り当てられていればよい。さらにGLIシステムは、管理

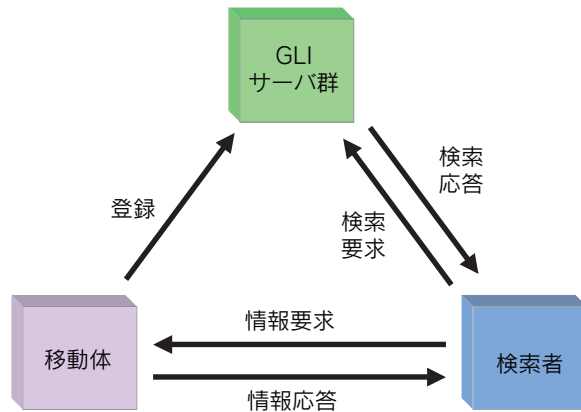
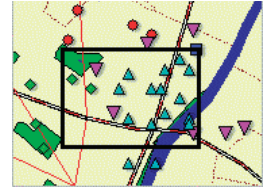


図-1 GLIシステムの基本モデル

矩形範囲検索



最近接検索

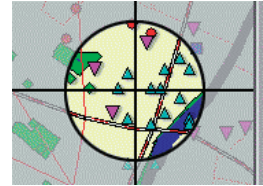


図-2 矩形検索と最近接検索

する情報を移動体の識別子と地理位置情報のみに限定している。また、管理される情報は履歴を持たず最新情報のみを蓄積する。

- 大規模性：多数の移動体の地理的位置情報管理に耐え得る分散管理機構

GLIシステムでは、多数の移動体の管理を想定して、移動体の識別子、地理位置情報に注目して、サーバの分散化を行っている。

- 安全性：移動体のプライバシーを保護する  
GLIシステムは、移動体の識別子に関して、誰からも識別可能なオープンモードと信頼関係のある人間同士だけが識別できるセキュリティモードを持っている。

インターネット自動車では、車両の地理位置情報や保持する多数の情報を特化されたシステムで管理せず、大規模性や安全性に優れたGLIシステムによって地理位置情報と識別子のみを管理する。それ以外の自動車情報の管理手法については、後述する。

## 地理位置情報システムの概要

地理位置情報システム (GLI: Geographical Location Information System) <sup>2), 3)</sup> では、現実世界を移動する移動体を対象とし、その識別子と位置情報の登録・検索機能を実現している。GLIシステムは、図-1に示すような3つの要素によって構成される。移動体はサーバに地理位置情報とその識別子を登録し、検索者は、識別子や位置を鍵とした検索要求をサーバに送信することにより、移動体を検索することができる。また、検索者から直接移動体に問い合わせ、位置情報を取得することもできる。

GLIシステムは、以下の2種類の検索機能を提供する。

- 正引き検索  
移動体の識別子を鍵とし、その移動体の位置情報を返す。たとえば、移動体の識別子を指定して検索し、その地理位置情報（北緯35度18分15秒、東経139度30分40秒）を得る。
- 逆引き検索  
地理的な領域を指定し、その領域に存在する移動体の識別子、位置情報の集合を返す。GLIシステムでは、矩形範囲検索／最近接検索の2種の逆引き検索をサポートする(図-2)。

## <GLIシステムにおける識別子とプライバシー保護>

インターネット自動車の地理位置情報をGLIシステムによって管理する場合、登録される識別子によって自動車は何であり、誰であるかが識別される可能性があり、その扱い方に注意する必要がある。たとえば、バスやタクシーといった公共の交通機関をインターネット自動車としたとき、その識別子や地理位置情報は、より多くの人に知られてほしいが、自家用車など私的に利用される自動車の識別子や地理位置情報は、信頼している人間同士でだけお互いの位置を共有したいという要求もある。したがって、公共的な利用とプライバシー保護が必要なセキュアな利用の考慮が重要である<sup>4), 5)</sup>。本節ではGLIシステムにおける識別子とプライバシー保護について述べる。

GLIシステムでは、登録される移動体の識別子としてオープンモードとセキュリティモードの2系統の識別子を導入している。前者では、FQDN (Fully Qualified Domain



Name) を使用し、後者では、Hashed ID (HID) を使用する。両方の識別子ともに公開される。後者の識別子は、ある移動体と信頼関係にある検索者だけが生成し理解でき、それ以外の第三者にとっては無意味な文字列であり、かつ、真の識別子に復元不可能とすることで移動体の特定を防ぎ、プライバシーを保護する。

また、GLIシステムにおけるプライバシー保護は、第三者からの移動体特定を防ぐだけでなく、追跡を防ぐ。また、地理位置情報システムの置かれる環境と脅威として、なりすましによる偽情報の登録、ネットワーク上での盗聴・改竄、データベース盗難を防ぐことを目的とする。

ある移動体と信頼関係にある検索者だけが生成し理解できるHIDは、その両者の間で共有される秘密の識別子を特定のハッシュ関数に通すことで生成される。ハッシュ関数の一方向性を利用し、HIDが公開されても真の識別子を得ることを不可能にしている。ただし、常に同じHIDを利用し続けると、追跡が可能となる。これを防ぐために、HIDを定期的に変更するようにする。新たな通信をせずにHIDを変化させるために、時刻情報をハッシュ関数の入力値に加える。実際には、基準時刻とHIDを変更する間隔を入力する。

HIDを使用した場合の正引き検索を図-3に示す。AはBと信頼関係があり、HIDを生成する情報を共有している。AはHIDa0を生成し、位置情報とともにGLIサーバ群へ登録する。BはAと同じHIDa0を生成し、HIDを鍵としてGLIサーバ群に対して正引き検索を行う。その結果、Aの地理位置情報を受信できる。CはAのHIDを生成できないため検索できない。

HIDを使用した場合の逆引き検索を図-4に示す。ある地理的な範囲を指定して検索を行う逆引き検索の場合、結果として図のように4つの移動体が検索され、それぞれの移動体のHIDと地理位置情報(GLI)が得られる。この結果に対して、検索者Xは、自らが生成できるHIDをすべて生成して、検索結果のHIDと比較する。その中に検索結果のHIDと一致するものがあれば、そのHIDが信頼関係にある移動体(この場合A)だと分かる。Yも同様

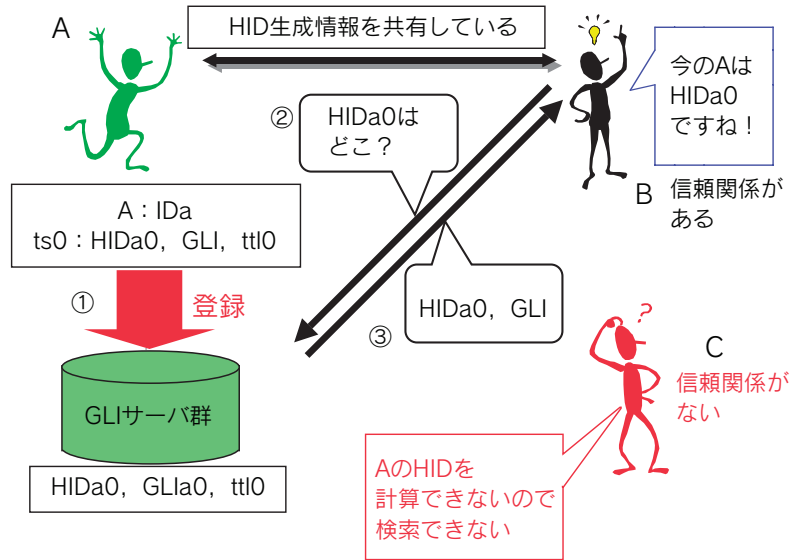


図-3 HID使用時の正引き検索

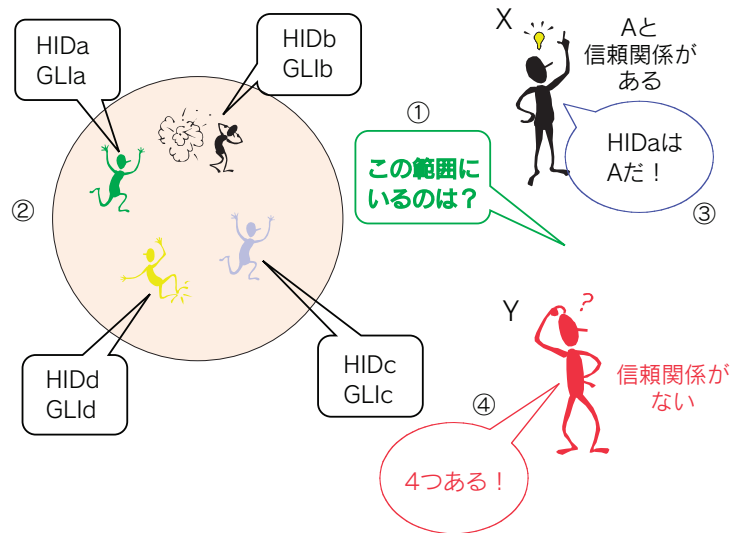


図-4 HID使用時の逆引き検索

に自らが生成できるHIDと検索結果のHIDを比較するが一致するものがなかった。ただ、指定した地理的な範囲に4つの移動体があったことが分かる。

## <GLIシステムの基本構成>

図-5に以上までに述べた機構を実現するGLIシステムの基本構成を示す。

GLIシステムでは、正引きおよび逆引き検索用のサーバを個別に持つ。正引き検索は、識別子の種類によって2つのサーバを持つ。識別子がFQDNの場合はホームサーバ、HIDの場合はHIDサーバを使用する。逆引き検索には、エリアサーバを使用する。以下に登録と検索の手順について述べる。

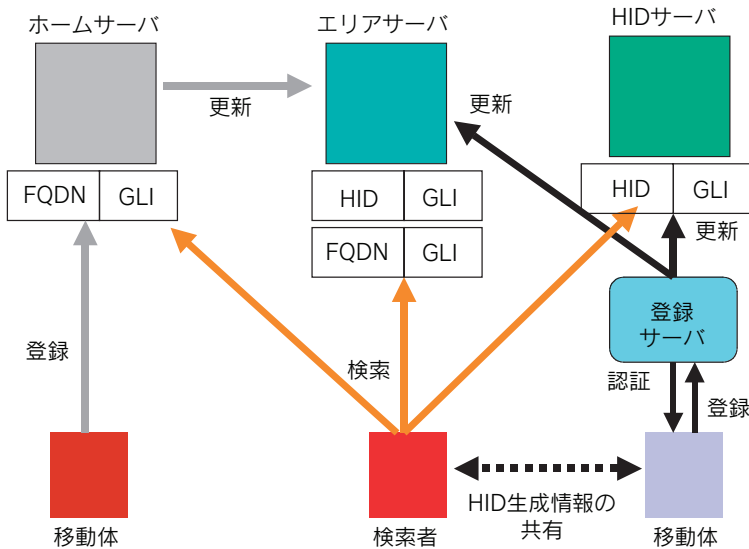


図-5 システム基本構成

(2) エリアサーバは、検索結果を返す。

## <GLIシステムにおける分散管理>

GLIシステムでは、大規模性に対応するために、分散管理を採用している。分散管理の要件は、識別子から位置情報を得る正引き検索と、検索範囲を指定した位置から識別子のリストを得る逆引き検索の両方を効率的に行えることである。分散管理の基本アプローチは、GLIサーバ群を階層化し、それぞれ異なったデータを管理させる。GLIサーバは、正引きを管理するホームサーバ群と、逆引きを管理するエリアサーバ群から構成される。ホームサーバは、正引き検索の検索キーとして用いられる、移動体のFQDNを利用して階層を構成する。た

例えば、sohgo.csl.sony.co.jpというFQDNは、ドットで区切られた階層構造であり、右から左に見ていくに従って階層が深くなるという構造を持つ。移動体であるsohgo.csl.sony.co.jpの位置情報を検索する際の動作は、以下ようになる。検索者が既知のルートホームサーバに問い合わせることにより、ルートホームサーバは"jp"を管理しているホームサーバを教えてくれる。次に、そのホームサーバに対して検索要求することにより、"co.jp"を管理しているホームサーバを教えてくれる。この動作を続けることで、最終的にsohgo.csl.sony.co.jpを管理しているホームサーバが答えを返す。一方エリアサーバは、逆引き検索の検索キーとして用いられる、緯度経度の特徴を活かした階層構造をとる。緯度経度は度分秒という単位で表現され、これを度・分・秒という3つの階層に割り当てる。各階層における最少管理単位は、それぞれ、1度四方、1分四方、1秒四方となる。図-6にエリアサーバの階層構造の例を示す。ルートエリアサーバは地球全体を管理する。ルートエリアサーバが管理する領域のうち、一部の領域の管理を他のエリアサーバへ委任する。1つのエリアサーバが複数の領域を管理することも可能である。各階層の各領域は、ドットで区切られた名前空間で表現できる。たとえば、北緯0度東経1度ー北緯1度東経2度という領域は"NOE1.loc."で表される。その領域のうちさらに狭い領域、北緯0度3分東経1度2分ー北緯0度4分東経1度3分という領域は"0302.NOE1.loc."で表される。この名前空間は、どのサーバがどの領域を管理しているかという情報を検索する際に用いられる。

## ■ FQDNでの登録

- (1) 移動体は既定のホームサーバに対してFQDNとGLIを登録する。
- (2) ホームサーバは登録されたGLIからエリアサーバを決定し、エリアサーバに対して移動体のFQDNとGLIを登録する。

## ■ HIDでの登録

- (1) 移動体はなりすまし防止のため登録サーバに認証される。
- (2) 登録サーバはHIDサーバを決定し、HIDサーバに対してHIDとGLIを登録する。
- (3) 登録サーバはGLIからエリアサーバを決定し、エリアサーバに対してHIDとGLIを登録する。

## ■ FQDNでの正引き検索

- (1) 検索者はFQDNにより決定されるホームサーバに対し、FQDNを検索の鍵として問合せを行う。
- (2) ホームサーバは、検索結果を返す。

## ■ HIDでの正引き検索

- (1) 検索者はHIDにより決定されるHIDサーバに対し、HIDを検索の鍵として問合せを行う。
- (2) HIDサーバは、検索結果を返す。

## ■ 逆引き検索

- (1) 検索者は検索するGLIからエリアサーバを決定し、GLIを検索の鍵として問合せを行う。



## インターネット自動車への適用

GLIシステムは、インターネット自動車へ適用され、各車両の地理位置情報を管理している。検索を行う検索者のアプリケーションを作成し、HIDでの正引き検索、逆引き検索の実際の動作を以下に示す。

### <HIDによる正引き検索>

図-7では、検索者はjun@wideと信頼関係にあり、jun@wideという文字列を識別子として共有している。検索者が、生成したHIDを検索の鍵としてHIDサーバに問い合わせ、検索結果を得た。図中の文字列はHIDを文字列化したものである。

### <逆引き検索>

図-8では、逆引き検索のうち矩形範囲検索を行った結果を示している。この検索者は、jun@wideとriho-m@sfcと信頼関係にある。結果としては、FQDNを識別子として使用している移動体とHIDを識別子として使用している移動体が表示される。検索者は自らと信頼関係にある移動体のHIDを算出し、検索して得られたHIDとを比較した。その結果、jun@wideとriho-m@wideのHIDと一致した。

図-9では、検索者がどの移動体とも信頼関係にない第三者という想定で逆引き検索を行った。その結果、オープンモードの移動体はFQDNで表示され、信頼関係のない移動体はHIDで表示される。

## GLIシステムを利用した自動車情報管理とサービス

GLIシステムでは、移動体の識別子と地理位置情報の管理のみを行うため、移動体を持つ固有のさまざまな情報(例、自動車が持つセンサ情報、ワイパーなどの固有装置情報等)の取扱いが問題となる。GLIシステムにおいて、そのような多種の情報を一元的に管理することは現実的ではない。本章では、GLIシステムを利用した自動車情報取得方法として、得られた移動体の識別子から直接移動体に問い合わせる固有情報取得モデルについて述べる。本モデルを図-10に示す。

このモデルでは、各移動体固有の情報は、各移動体

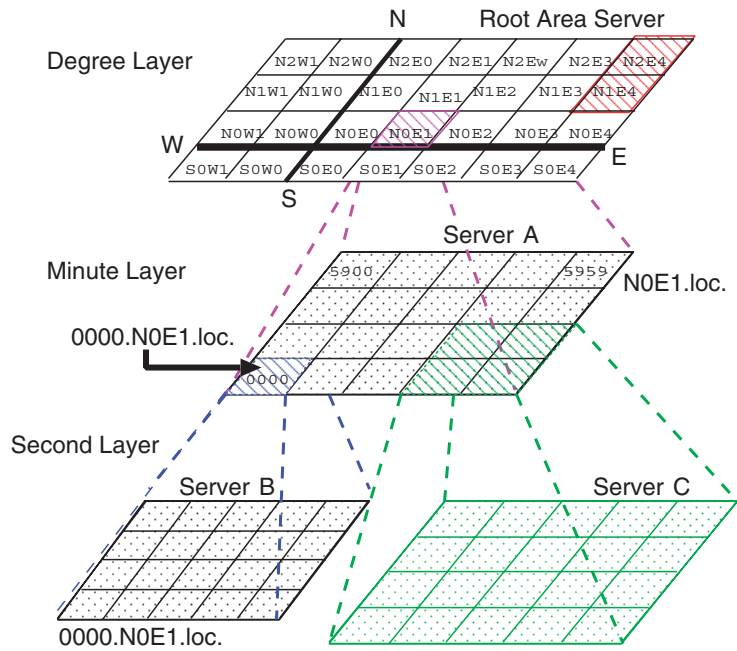


図-6 エリアサーバの階層構造

HIDによる  
正引き検索

検索者は、jun@wideと信頼関係にある



共有されている  
識別子

HID

図-7 HIDによる正引き検索

で管理されることを前提としている。この機構を固有情報管理機構とする。各移動体で固有情報を管理する手法としては、たとえばSNMP (Simple Network Management Protocol) のように、MIB (Management Information Base) のような形式で保持する情報のデータフォーマットが共通化され、SNMP エージェントにより情報が管理される方式がある。このような方式で各ホストの固有情報が管理されていれば、GLIシステムによって取得された識別子 (FQDN) を持つホストにSNMPのマネージャから問い合

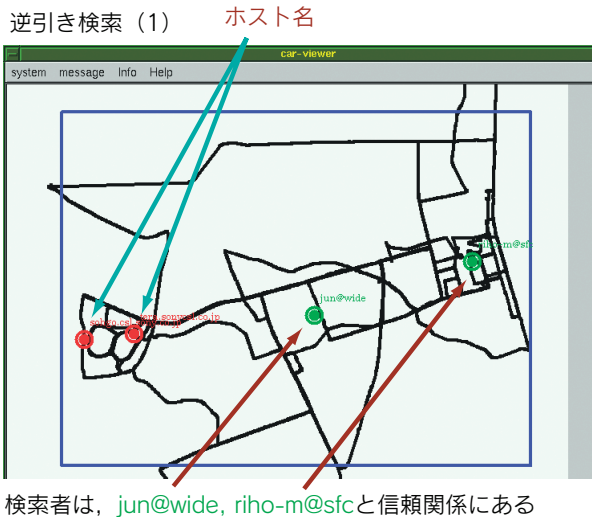


図-8 逆引き検索 (1)

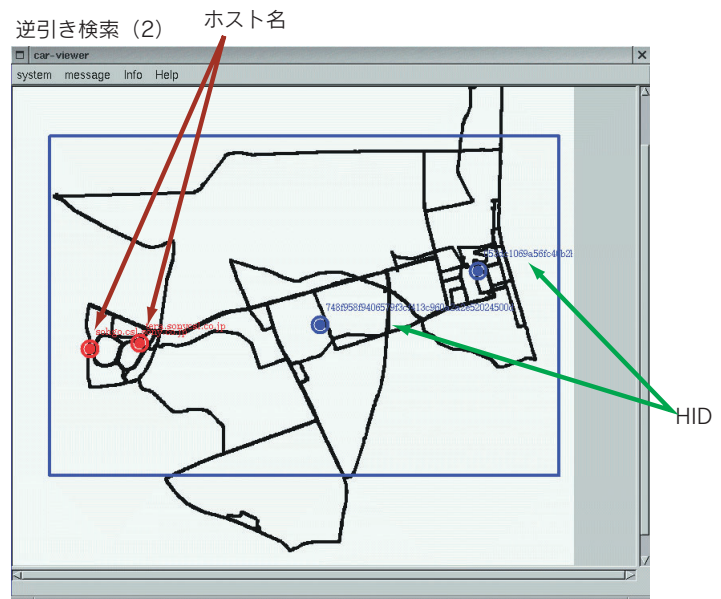


図-9 逆引き検索 (2)

わせることで、指定した情報を取得することができる。

このように、移動体に直接問い合わせることによって取得された情報をGLIシステムとは別のサービスが収集して管理する。収集したい情報は目的別に異なり、たとえば、自動車固有の情報は「個別車両情報センター」が個別の車両から収集して管理し、検索の問合せに回答する。

## まとめ

本稿では、インターネット自動車と地理位置情報の関係について述べ、インターネット自動車の情報管理の必要性について述べた。そして、現在インターネット自動車の地理位置情報管理の機構として利用しているGLIシステムの概要について述べた。また、地理位置情報システムを利用して、自動車が有するさまざまな情報の管理手法を紹介した。

現在GLIシステムはインターネット自動車の地理位置情報管理に利用され、運用実験を行っている。またインターネットITSプロジェクトでは、GLIシステムをベースにした地理位置情報サービスを行っており、名古屋および川崎において約2,000台の自動車の位置情報を管理している。本サービスを利用することにより、プローブ情報サービス、タクシーの運行業務管理などの応用も行われている。

今後はGLIシステムの大規模な運用実験を行い、安定性・実用性の向上を目指す。またGLIシステム自体の公開と、GLIシステムを利用したアプリケーション構築のためのAPI、ライブラリを提供していく。

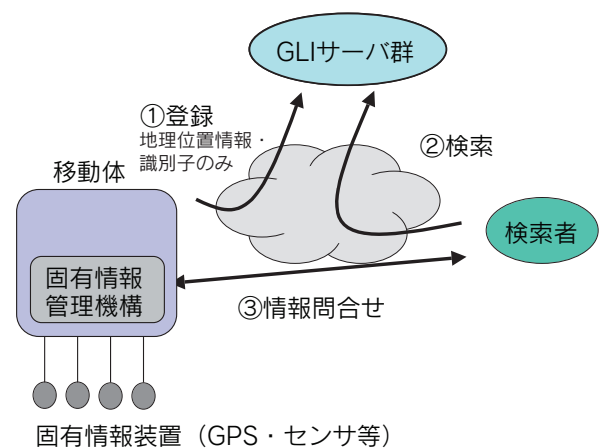


図-10 固有情報取得モデル

## 参考文献

- 1) Uehara, K., Watanabe, Y., Sunahara, H., Nakamura, O. and Murai, J.: InternetCAR: Internet-Connected Automobiles, INET'98.
- 2) Watanabe, Y., Shionozaki, A., Teraoka, F. and Murai, J.: The Design and Implementation of the Geographical Location Information System, Proc. of INET'96, Internet Society (June 1996).
- 3) Takeuchi, S., Watanabe, Y. and Teraoka, F.: The GLI System: A Global System Managing Geographical Location Information of Mobile Entities, Trans. IEICE, Vol.E84-B, No.8, pp.2066-2075 (Aug. 2001).
- 4) 渡辺恭人, 竹内奏吾, 植原啓介, 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, 情報処理学会論文誌「マルチメディアネットワークシステム」特集号, Vol.42, No.2 (Feb. 2001).
- 5) Izumi, M., Takeuchi, S., Watanabe, Y., Uehara, K., Sunahara, H. and Murai, J.: A Proposal on a Privacy Control Method for Geographical Location Information Systems, Proc. of INET'00, Internet Society (June 2000).

(平成14年3月4日受付)