

第 12 部

自動車を含むインターネット環境の構築

第 1 章

はじめに

1.1 インターネットと自動車

自動車はバッテリーを積載し、人間の意志にしたがって人間と共に移動し、グローバルに分散するオブジェクトである。自動車には外気温センサや GPS のように周囲の情報を直接収集する機構や、例えばワイパーの ON/OFF で降雨の有無を判断したり、ライトの ON/OFF で付近の明るさを判断したりといったように、ある程度の統計処理をすることで、間接的に周囲の情報を収集しているとみなせる機構が多数搭載されている。

自動車がインターネットに対して接続性を持つことは、人間にとっての普遍的なデジタルコミュニケーションの環境を実現し、同時に自動車の持つ情報の有効な利用を実現することにつながるだろう。

本研究は、情報化社会を担うため、自動車をインターネットに接続し、情報を交換するための要素技術を吟味して、トータルなシステムの構築を行うことを目的としている。また、ここで培われた技術を広く普及するよう務める。

なお本報告中では、本研究の対象となる自動車を “*InternetCAR*” と呼ぶ¹。

1.2 1998 年度の研究活動

1.2.1 活動体制について

本グループは、従来 *InternetCAR* の研究開発を行うグループとして、車載ハードウェアの設計・開発から移動体通信プロトコル、および地理的位置情報の利用およびセキュリティ問題に至るまでを研究開発の対象としてきた。

このうち地理的位置情報システムに関しては、*InternetCAR* 以外からの利用も見据え、これまでの研究成果を広い範囲での利用に耐えられるシステムとして構築を進めるために、本グループから独立して別のワーキンググループ (GLID-WG) として活動を進めることになった。

¹ 「*InternetCAR*」は文脈により、実験車を指したり、将来的なターゲットとなる開発目標を指したりする場合があるので、留意願いたい。

そのため 1998 年度の本グループの活動予定に含めていた研究テーマのうち一部については、GLID-WG の活動報告 (第 14 部) を参照されたい。

なお GLID-WG 発足以降も、本グループと GLID-WG の研究活動は適宜相互に情報交換等を行いながら密接な関連性をもって進めている。

1.2.2 Phase3

1997 年度の WG 活動報告中でも述べたように、本グループにおける 1998 年度の研究活動は全体スケジュール中の Phase3 に相当する。Phase1 ~ Phase3 の各フェーズにおける基本的な研究テーマを表 1.1 に再掲する。

表 1.1: InternetCAR-WG 活動のフェーズ構成

Phase1	Phase2	Phase3
1997 年 7 月 ~ 1997 年 9 月	1997 年 10 月 ~ 1998 年 3 月	1998 年 4 月 ~
1. 1 台の実験車による基礎データの収集	1. 複数台の実験車による評価実験	1. 専用ハードウェア + OS の研究開発
2. 既存の PC+OS (UNIX 等) を使用した場合の移動体通信の問題点の再確認	2. 既存の PC+OS (UNIX 等) のための移動体通信支援パッケージの開発	2. エミュレータによるアプリケーション開発環境の構築
3. 求められる機能と各種要素技術の洗い出し	3. センシング情報データベースの広域運用	3. D-GPS 基礎環境の整備
		4. セキュリティ関連

Phase2 での研究活動においては、プロトタイプの *InternetCAR* 実験車を複数台使用して評価実験を行ない、各種のデータや運用経験等を蓄積させることが主目的であった。

Phase3 の目標は、上記 Phase2 の活動結果に基づき、*InternetCAR* を広く一般に普及させるためにはどうすれば良いかについて、その方法論を議論することと、そのために必要なハードウェア、ソフトウェアおよびインフラストラクチャを構築することとした。

以下に、Phase3 の主要な研究テーマとしていた内容を挙げる。

1. 実用的な移動体通信環境を構築するための、専用ハードウェアや専用 OS を研究開発し、自動車のインターネットへの接続性を広く普及させるための準備を進めること。
2. センシング情報データベースを利用するための、インタフェースとプロトコルおよびエミュレータを公開し、アプリケーション開発環境を広く一般に提供すること。

3. インターネットに接続することで、より詳細な地理的位置情報を手軽に利用できるようにするために、WIDE バックボーン上に D-GPS 基盤環境の整備を進めること。
4. 情報の可用性と匿名性を両立させるための、セキュリティ技術の研究開発を進めること。

上記のうち、本グループの 1998 年度の研究活動は 1.、3. を中心に進めて来た。2. については GLID-WG との共同研究という形式で活動を行った。また 4. については GLID-WG の研究テーマとして扱うことにした。

1.2.3 活動報告構成

本報告は、前節で述べた 1998 年度における本グループの研究活動について、以下の構成で活動内容の報告を行う。

- ORF デモンストレーション報告

「第 2 章 ORF デモンストレーション報告」では、1998 年 11 月 20 日から 21 日にかけて行われた SFC Open Research Forum における、*InternetCAR* のデモンストレーションの報告を行う。このデモンストレーションでは、Phase2 で開発した *InternetCAR* の車内システムおよびソフトウェアが地理的位置情報システム (GLI システム) と組合せて稼働することを確認すると同時に、SFC 構内に構築した D/K-GPS 補正局が適切な補正情報を提供し得ることを確認することができた。また GLI システムのクライアント (表示アプリケーション) を複数用意し、実用性を確認することに成功した。

- 新車載ハードウェア

「第 3 章 新車載ハードウェア」では、Phase2 までの実験データや運用経験などから挙げた車載モジュールに対する各種の要求仕様と、それらの要求仕様に基づいて新たに設計開発を行った、新バージョンの車載モジュールである第 2 世代ハードウェア「SIC2000」の仕様を報告する。また、新車載ハードウェアへのオペレーティングシステム搭載作業の現状もあわせて報告する。

- D-GPS インフラストラクチャ

「第 4 章 D-GPS インフラストラクチャ」では、インターネットを用いた D-GPS インフラストラクチャ構成技術について述べ、基地局の展開計画と補正情報配布のためのプロトコルについて検討を行なった。

- 今後の課題

「第 5 章 今後の課題」では、上記各章の内容を踏まえ、1998 年度の研究活動中に明らかになった問題点と、次年度への課題を整理する。

1.2.4 課題

1997 年度の活動報告中で、明らかになった問題点について以下に再掲する。以下はそのまま 1998 年度の研究活動における課題となった。

OS の問題

現在の実験システムでは、オペレーティングシステムとして UNIX を使用している。このため、起動に時間がかかる、停車時に明示的にシャットダウンを行わなければならない、ファイルシステムが故障に弱い等の問題点を含んでいる。今後、操作をより簡単にして多くの人に利用してもらい、実験の規模を大きくするために UNIX ではない、より *InternetCAR* 環境に適したオペレーティングシステムの導入を検討している。

⇒ Lucent Technology 社の Inferno を利用する予定。「第 3 章 新車載ハードウェア」を参照。

センサ情報収集ボックスの問題

現在のセンサ情報収集ボックスは電源部分の設計が弱く、車のエンジンスタータが回った時のノイズに耐えることができない。このため、ハードウェアの再設計が必要である。

⇒ 「第 3 章 新車載ハードウェア」を参照。

新しいハードウェア

現在の車載ハードウェアは、ノート PC、センサ情報収集ボックス、GPS アンテナ、携帯電話端末などから成る。これらがバラバラになっているため、取り付け作業や操作等が非常に繁雑になる。この問題を解決するために、新しいハードウェアを設計する必要がある。

⇒ 「第 3 章 新車載ハードウェア」を参照。

地理的位置情報・センシング情報利用環境の構築

地理的位置情報や、各車載センサから提供されるセンシング情報を利用するための環境を広く公開し、アプリケーション開発環境、実験環境を整える必要がある。また D-GPS 基盤環境の整備を進め、より高精度の地理的位置情報が利用可能となるようにする。

地理的位置情報およびセンシング情報の利用については、「第 2 章 ORF デモンストレーション報告」および GLID-WG の活動報告 (第 14部) を参照。
⇒ D-GPS 基盤環境の整備については「第 4 章 D-GPS インフラストラクチャ」を参照。

セキュリティ技術

アプリケーションが発達するに伴って、広く利用されるようになり、プライバシーの侵害等につながることを予想される。このようなことが起きないように、認証機構、アクセスコントロール機構を導入する必要がある。

⇒ GLID-WG の活動報告 (第 14部) を参照。

第 2 章

ORF デモンストレーション報告

2.1 SFC Open Research Forum

1998 年 11 月 20 日から 21 日にかけて、SFC Open Research Forum (以下「ORF」) においてデモンストレーションを行なった。ORF は慶應義塾大学 SFC 研究所が主催する研究発表の場であり、主に慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス (以下「SFC」) で行なわれている研究内容を社会にアピールすることを目的としている。SFC に籍を置くおよそ 20 の研究プロジェクト/コンソーシアムが普段行なっている研究についてのプレゼンテーションやデモンストレーションをおこなった。

本研究グループでも、車をインターネットに接続し、車の様子をインターネットを介してモニタする等のデモンストレーションを行なった。デモンストレーション環境構築にあたっては、これまでにコンソーシアム内外で開発してきた技術を投入した。

本稿ではデモンストレーションの内容の紹介に加え、環境構築の際に問題になった事項、およびそれを踏まえた将来の研究の方向性について述べる。

2.2 デモンストレーション構成

本章ではデモンストレーションの内容と実現環境について述べる。

2.2.1 デモンストレーション概要

デモンストレーションでは、SFC 構内に車を走らせ、実際に走行中の車の状態を車内外において表示した。表示可能な情報は、車速、ワイパ動作の有無、ヘッドライトの点灯といったセンサ情報、車の位置情報である。表示には 5 種類のアプリケーションソフトウェアを用いた。これらのアプリケーションについては後述する。また、位置に関してはディファレンシャル GPS を用いることにより誤差約 50cm の精度を実現した。車のインターネットへの接続には、携帯電話 (DoPa システム)+iij-ppp を利用し、ほぼ常時接続環境を実現した。

2.2.2 車内システムの構成

車内のシステム概要を図 2.1に示す。

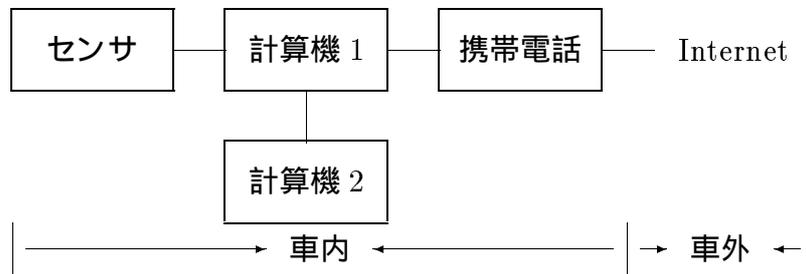


図 2.1: モニタリングシステムの構成

ここで計算機 1(FreeBSD 2.2.7+PAO) は主にルータおよびデータ収集計算機として機能する。計算機 2(Windows NT) は車内の表示用である。センサ情報(ワイパ、車速、ライトの状態)は計算機 1 により収集される。収集された情報は車内に設置されたネットワークを介して計算機 2 に送られ、自車の状態表示に利用される。車内のネットワークは 10 BaseT によって構成した。また、計算機 1 は携帯電話を介してインターネットに接続される。接続は iij-ppp のオンデマンドダイヤルアップ機能を用いて行なった。携帯電話は DoPa を使用し、28.8Kbps での接続となっている。また、計算機 1 は、他車の情報をインターネットを介して受けとり、他車情報表示の為に計算機 2 に配送する役目も果たしている。

2.2.3 GLI システムの構成

今回のデモンストレーションでは、車の状態の履歴を蓄積し、検索できるシステムを構築した。蓄積に際しては既存の GLI システムを利用した。利用した GLI システムは集中型のシステムで、バックエンドに PostgreSQL を利用している。サーバは Enterprise 450 上で動作させた。

各車は自車の情報を 1 秒おきに GLI 登録プロトコルによってサーバに登録する。サーバはこれらの情報を蓄積しておき、クライアントソフトウェアからの要求にしたがって検索、応答をおこなった。

2.2.4 D/K-GPS システムの構成

今回のデモンストレーションでは車の位置をより正確に取得する為に、ディファレンシャル GPS(D-GPS) を利用した。D-GPS 運用に必要な補正局を SFC 構内に設置し、計算機により補正情報を取得した。補正局に設置された計算機はクライアントからの要求によ

り TCP を利用して補正情報を提供する。提供される補正情報は RTCM メッセージそのものである。

2.2.5 表示アプリケーション

今回のデモンストレーションでは 5 つの表示アプリケーションを利用した。利用したアプリケーションの特徴を表 2.1 に示す。

表 2.1: アプリケーションの特徴

	動作環境	実時間	GLI	他車表示
X 版	UNIX with X11		×	
Navin'You 版	Windows 95/98		×	×
NEC 版	Windows NT		×	
java 版	JVM			×
GLI 版	UNIX with X11	×		×

X 版は独自に用意した地図上に自車および他車の位置をプロットし、現在の状態を表示するアプリケーションである。本アプリケーションは X11 上で動作し、直接、車内計算機に状態を問い合わせることにより車の情報を取得している。X 版のスクリーンダンプを図 2.2 に示す。

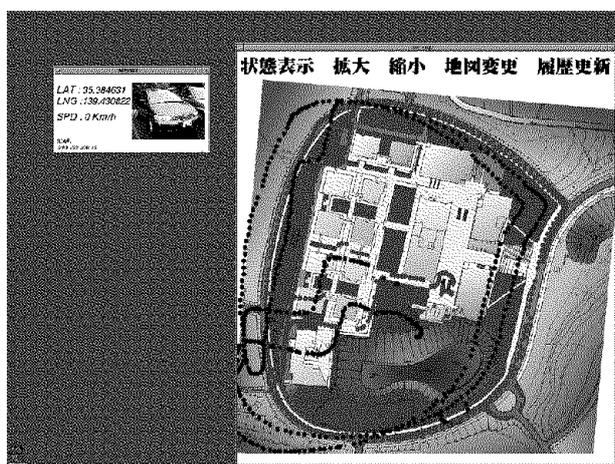


図 2.2: X 版 Viewer

Navin'You 版も X 版と同じプロトコルを用いることにより、車の位置を取得している。Navin'You 版は Windows のアプリケーションである Navin'You 上に位置をプロットするア

アプリケーションであり、Navin'You のプラグイン GPS モジュール DLL として実装されている。これは、計算機に取り付けられた GPS から直接位置情報を取得する代わりにインターネットを介して車に位置を問い合わせている。Navin'You 版のスクリーンダンプを図 2.3 に示す。

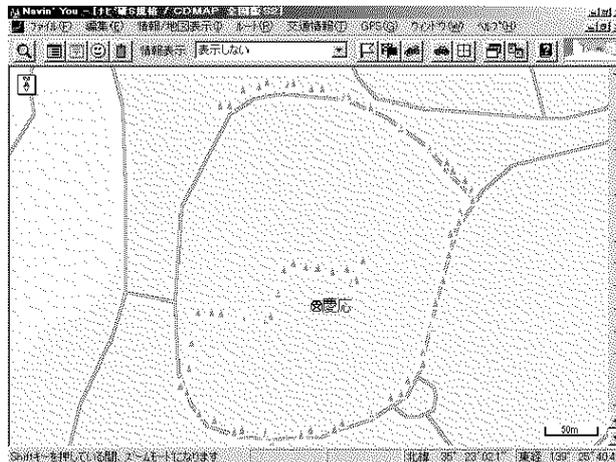


図 2.3: Navin'You 版 Viewer

NEC 版は NEC で開発したアプリケーションである。主に車内に設置することを前提として作成されたアプリケーションであり、図 2.1 の車内計算機 2 上で動作する。車内計算機 1 との間でファイルシステムを共有することにより、車の情報を取得している。取得した情報は、実際に表示されると共に計算機 2 上のデータベースに登録される。NEC 版のスクリーンダンプを図 2.4 に示す。

java 版は java で書かれたアプリケーションであり、車への直接問い合わせと GLI サーバへの問い合わせの両方を実現している。GLI サーバへの問い合わせは、何時のどの車の情報かを指定することができる。

GLI 版は GLI サーバに過去のデータを問い合わせることができるアプリケーションである。java 版と比べると、指定可能な検索条件が多くなっており、具体的には、場所を指定した検索などが可能である。GLI 版のスクリーンダンプを図 2.5 に示す。

2.3 環境構築時の問題点と解決方法

本デモンストレーション環境を構築するにあたり、幾つかの問題点が明らかになった。本章では、これらの問題点に言及し、その解決/回避方法について述べる。



図 2.4: NEC 版 Viewer

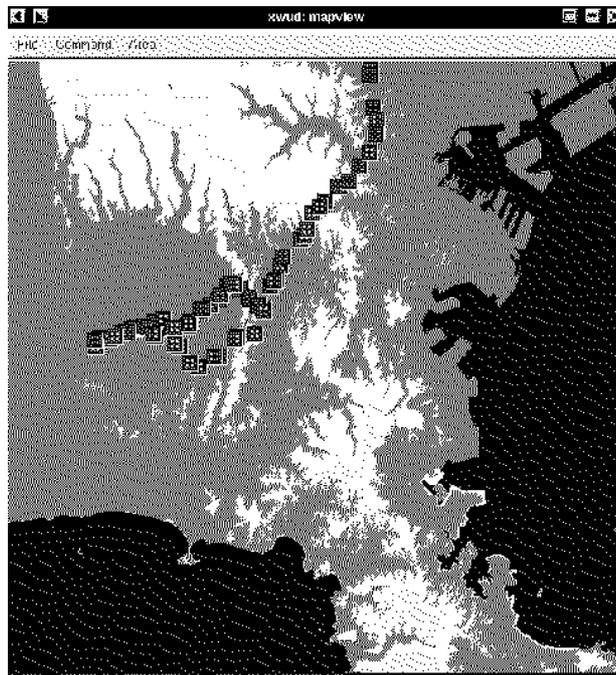


図 2.5: GLI 版 Viewer

2.3.1 通信メディアの選択

今回のシステムでは通信メディアとして DoPa の携帯電話を利用した。DoPa を利用するにあたり、いくつか他のメディアの検討も行なった。

第 1 に無線 LAN の利用を検討した。構内に無線 LAN のインフラストラクチャを用意し、ローミングしながら通信を行なう方式である。この方法の利点は、大きなバンド幅が取れることである。一方、欠点は高コストであることである。今回は、予算および準備期間の関係で無線 LAN の利用は断念せざるをえなかったが、継続して無線 LAN の導入を検討している。

2 番目に PHS の導入を検討した。PHS の基地局をキャンパス 4 箇所に設置し、PPP により接続する方法である。そこで、実際に基地局を設置し、実験を試みたところ意外にサービス範囲が狭いことが分かった。現在の PHS のシステムでは、外部アンテナを持つタイプの機器が存在しない等の理由により、外部アンテナを利用した無線 LAN とほぼ同じ範囲にしかサービスできないことが分かった。今回のデモンストレーションを行なうには 4 つの基地局では不足であり、網の構成上これ以上基地局を増やすことができない等の理由により PHS の利用は断念した。

3 番目に DoPa 携帯電話を利用することを検討した。DoPa 携帯は通常の *InternetCAR* 実験でも利用しているシステムであり実績がある。また、データリンクとしては安定しており、ほとんど回線断も見られなかった。ただし、外部のプロバイダを利用するため、2.3.2 節で述べるような問題がある。

最後に、通常のデジタル携帯電話の利用を検討した。通常の携帯電話は DoPa 携帯電話に比べ、通信速度が遅い、接続時間が長い、回線断が起こりやすい等の欠点を持つ。一方、通常のダイヤルアップ回線に接続できる柔軟性を持っている。今回は、2.3.2 節で述べるような問題が起きたときに通常のデジタル携帯電話を利用して接続を試みた。試みの結果、2.3.3 節で述べるような問題が明らかになり、結論として DoPa を Mobile-IP なしで利用することになった。

2.3.2 Mobile-IP の利用

今回のシステムでは、当初、Mobile-IP[104] を利用する予定であった。移動体通信では電波状況の悪化などにより不慮の切断が起きる可能性が高い。切断が起きた場合には再接続を試みるが、多くのプロバイダでは動的に IP アドレスを割り当てている為、再接続により IP アドレスが変化し、通信の継続が不可能になる。Mobile-IP を利用する事により、これらの問題を解決する事ができる。Mobile-IP を利用する事により、各車両は常に同じ IP アドレスで参照可能になり、インターネット側からの検索に対応できるようになる。

しかし、現在の状況では Mobile-IP(IP in IP) を未知のプロトコルとして認識し、破棄するプロバイダが存在する。今回のデモンストレーションでも利用したプロバイダが Mobile-IP のパケットをフィルタリングする為、Mobile-IP の利用をあきらめなければならなかった。

今回はこの問題を解決する為に、各車両に ID を振り、ID から現在の IP アドレスを返すよう GLI サーバを拡張した。今後、このシステムを DynDNS[125] 等で置き換えることが可能かどうかを検討する必要がある。

2.3.3 通信容量と位置補正

DoPa 携帯電話は 28.8 Kbps の通信路を提供することが可能である。しかし、これはいくつものアプリケーションが同時に利用するには十分ではない。今回のシステムでは車側から GLI サーバへの GLI 情報の登録、他の車やインターネット上の表示アプリケーションからの要求応答、および GPS の補正情報提供に回線を利用した。これらの合計として約 8 Kbps の通信路が必要である。DoPa 携帯電話は安定状態では 25 Kbps 程度の通信を行なうことができるが、一旦不安定になると十分な性能を発揮することができなくなる。今回のデモンストレーションでも PPP のバッファが大きくなる現象が何度か観測された。

iij-ppp では送出データが通信路の容量を超えると無限にバッファを拡大し、内部に貯めていくように設計されている。このため、アプリケーションがデータを送信してから実際に相手のノードに到達するまでに数十秒必要になることがある。このような状態では D-GPS の補正がうまくいかず、結果として単独測位となってしまう。

このような問題を解決するために、GPS の補正情報のような、ある程度実時間性が必要なものを扱う為のしくみが必要となる。現在、CBQ の利用等を検討している。

2.3.4 GLI システムの性能

現在の GLI システムのバックエンドは PostgreSQL で構成されている。しかし、これは規模性の面で 2 つの大きな問題を抱える結果となっている。ひとつはサーバの分散化の難しさ、もうひとつは検索速度の低下である。

PostgreSQL はひとつのサーバでのみ稼働するように設計されているため、分散化が難しい。特に GLI システムでは管理面、検索アルゴリズムを考慮すると地理的位置によるサーバの分散を行なうことが望ましい。しかし、SQL のシステムを利用する限りサーバの分散化は困難である。

また、SQL を利用したシステムは汎用性に重点をおいて設計されている為、検索速度の面でもハンディキャップを負うことになる。実際に、数万エントリのレコードを登録したデータベースを検索する為には十数秒の時間が必要であり、実時間での車の位置のプロットには向いていないことが分かった。

今回は、これらの問題を回避する為に直接車に情報要求するインターフェイスを設けた。今後は、サーバの分散化等に力をいれていく必要がある。

2.4 今後の展開

ORF におけるデモンストレーションは、実際にアプリケーションを動作させ、新たなサービスとしての可能性を探ることが目的のひとつであった。このため、個別に設計されたシステムや即興で構築したシステムの寄せ集めとなった感は否めない。今後、この経験を活かしてより洗練されたシステムの設計をしなければならない。

2.4.1 ハードウェア

最近、第 2 世代ハードウェアの第 1 号機が完成した。第 2 世代ハードウェアは、コントロール部およびメイン部の 2 部構成になっている。メイン部は CPU として MIPS を採用した多数のインターフェイスをもつ PC となっている。インターフェイスとしては DA/AD、DD/DD、パルスカウンタ、PC カードスロット、GPS スロット、RS-232C 等を持つ。また、電源のノイズ対策、ACC 電源による主電源タイマ等電源回りの機能も強化されている。

2.4.2 オペレーティングシステム

これまで UNIX を利用してきたが、ハードウェアとの協調面等で問題が多い為、ハードウェアを新しくする機会にともない、新たなオペレーティングシステムの導入を計画している。現在、Lucent Technology 社の Inferno 2.3 の第 2 世代ハードウェアへの移植を計画している。

これまでの段階で、FreeBSD における開発環境の整備を行なった。egcs の MIPS 用クロスコンパイラを利用し、テストプログラムの一部が第 2 世代ハードウェアで動作することを確認した。今後、boot loader 等の開発を進め、4 月から Inferno 2.3 の移植作業を始める予定である。

2.4.3 通信アーキテクチャ

車で利用可能な通信路はほとんどの場合不安定である。これは、電波の性質や移動による環境に起因する。このため、長時間接続しておかなければならないような通信を行なう場合は何らかの工夫が必要である。また、利用できる通信路のバンド幅も、近年一般的に利用されている通信路に比べると小さい。

このような問題を解決する為に 2 つの技術の導入を検討している。1 つはリモートエンティティの導入、もうひとつは新たなファイル転送プロトコルの導入である。リモートエンティティは、車外 (インターネット側) に通信エンティティの一部を出し、不慮の切断や不必要な情報のフィルタリングを行なう。また、新たなファイル転送プロトコルではファイルをあらかじめ細切れにし、署名、暗号化を行なった後転送し、車側で組み立て直すよ

うなプロトコルを設計している。この導入によりスニーカネット、デジタル放送、携帯電話などの分け隔てなく情報を車との間で共有できるようになる予定である。

2.4.4 GPS 環境

GPS を利用するにあたり、インターネットを介して補正情報を提供することにより、正確な位置情報を取得することが可能となる。現在、来年度の頭に向けて基準局を設置する準備を進めている。最終的には関東 4 箇所、関西 3 箇所の基準局が運用に入る予定である。

補正局からの情報は、マルチキャストにより提供し、この中から移動局が適当なものを選択し、利用することになる。補正情報は、GPS、GLONASS 2 周波 (現在利用できる衛星全て) に関する情報を RTCM メッセージで提供し、移動局側が自分の受信機に合わせて必要なものを利用する。これにより、最大 1.5cm の精度を得ることができる予定である。

第 3 章

新車載ハードウェア

3.1 ハードウェア: SIC2000

本グループでは、車に搭載する為のハードウェアの開発を行なった。本章では、新たな必要性を含めた背景、開発したハードウェアである SIC2000 の仕様などについて述べる。

3.1.1 背景

これまで、本グループではノート型計算機、データ収集 BOX、外付け GPS 受信機などを使用して実験を行ってきた。データ収集 BOX により収集したセンサ情報 (ワイパ情報、ライトのオン/オフ、速度など) および外付け GPS 受信機で収集した地理的位置情報をノート型計算機に取り込み処理をおこなう。これまでのシステムの写真を図 3.1 に示す。



図 3.1: 既存のシステム (データ収集 BOX、GPS 受信機)

このシステムは幾つかの問題を含んでいる。以下にこれまでにわかっている問題点を挙げる。

- データ収集 BOX — 計算機間の接続が弱い
- 設置/配線が難しい
- 取り扱いが難しい
- コストが高い

データ収集 BOX — 計算機間の接続が弱い問題はそのプロトコルに起因する。現在のハードウェアでは、データ収集 BOX 側でパケットを 1 秒おきに生成し、計算機に送信している。しかし、パケットは一方的に送られる為、事故によりバイト欠落が起きるとシステムを全てリセットする必要がある。

設置/配線の困難さは大きな問題の一つである。先に述べたように現在のシステムは計算機、データ収集 BOX、GPS 受信機、携帯電話の 4 つの部分に分かれている。それぞれの間は、RS-232C または専用ケーブルにより接続される。このため、機器の設置場所はケーブルが煩雑に入り込む。また、データ収集 BOX へのセンサ出力の接続も難しい。現状ではカーナビゲーションシステムの設置より多少難しい程度の作業が必要となる。

汎用システムの組合せでシステムを構成している為、操作順序などが細かく制限されており、操作そのものが難しいものとなっている。まず、エンジンをかけ、データ収集 BOX の電源を入れた後に計算機の電源を入れなければならない。また、降車時は、計算機のシャットダウン作業後、計算機の電源を切り、データ収集 BOX、エンジンの順にシステムを落す必要がある。これらの手順は、研究者のみによる小規模実験ではあまり問題とならないが、多くの実験者を募る上では大きな問題となる。

コストも大きな問題となる。現在のシステムは全体でおよそ、80 万円の費用を要する。計算機 30 万円、データ収集 BOX 20 万円、GPS システム 20 万円、諸費用 10 万円程度の計算である。

本グループでは、これから実験の規模を大きくしていくにあたり、上述の問題は大きな障害になると判断し、新たなハードウェアの開発を行なうことを決定した。

3.1.2 新しいハードウェアへの要求

新たなハードウェアの開発を進めるにあたり、次世代システムへの要求および現システムでの問題点の調査をおこなった。調査は、実際に既存のシステムを利用した経験のある被験者を主な対象としてメーリングリストによる議論形式でおこなった。その結果、以下のような意見が出された。

- 熱により暴走したことがあった。
- 運用時にシステムの動作状況が分からず不安である。
- 乗車の度にシステムを起動しなければならないのは苦痛である。

- システムの終了が面倒である。
- リモート側にきちんとデータが送られているかが分からない。
- システムの設定が難しい。
- ハードディスクのクラッシュがあった。
- 内部コネクタが外れたことがあった。
- 携帯電話、PHS、無線 LAN の同時利用ができない。

調査は、実際に運用を行なっているメンバを対象にしているため、設置の難しさなどの問題は議論されることは無かった。

上記のことを分析するとハードウェアへの要求としては以下のようにまとめることができる。

- 熱対策をする。
- アクセサリスイッチなどに連動して動作する機構を導入する。
- ユーザへのフィードバックが可能な表示装置を導入する必要がある。
- ユーザインターフェイスを簡略化する。
- 接続部を頑強にする。
- ハードディスクなどの可動部のある機器の使用は控える。
- 拡張性を高くする。
- できるかぎり装置は一体化し、配線を省略する。

3.1.3 新たなハードウェア (SIC2000) の設計

前節でまとめた要求をもとにハードウェアの要求仕様をまとめた。主な要求仕様は以下のようなものである。

- PC-Card スロット: 4 スロット以上
- シリアルポート: 2 ポート以上
- IrDA: 1 ポート
- Ethernet: 10Base-T or 100Base-T

- 外部表示装置: LED16 桁 1 行以上
- 電源 12V ~ 24V(備考: ソフトウェア的にオフ可)
- GPS 内蔵可
- UPS: 電源停止後も 1 分程度動作可能

これをもとに実際に決定した基本仕様を表 3.1 ~ 表 3.5 に示す。主な特徴は以下の通りである。

- メイン部とコントロール部に分割
- コントロール部は DIN サイズ (183(W)×142(D)×55(H))
- メイン部は計算機、データ収集部一体型 (290(W)×250(D)×85(H))
- コントロール部とメイン部は RS422 によって接続
- GPS 受信機内蔵可能 (Ashtech G-12)
- PCMCIA 4 スロット
- ACC による電源 OFF タイマ
- 温度監視ユニット
- PIO: 入力 ×8 ビット、出力 ×8 ビット
- A/D: 4 チャンネル
- 10Base-T 内蔵
- 8M Flash ROM 内蔵

3.1.4 新しいハードウェア

実際に前節の設計に基づいて、新たなハードウェア (SIC2000) が完成した。図 3.2 に SIC2000 の写真を示す。SIC2000 は 3 月半ばに完成し、現在テストおよびブート ROM の作成段階に入っている。

表 3.1: SIC2000 の基本仕様 (メイン CPU 部)

項目	仕様	備考
CPU	μ PD30200GD-133	または μ PD30210GD-167
DIMM	32MB	または 64MB 1 スロット仕様
PBSRAM	MT58LC128K18C5LG-15 相当 (1MB)	マイクロン製
Flash ROM	TE28F160S570 相当 (8MB)	インテル製
SIO	RS-232C \times 1 チャンネル	NS 製
PIO	LED 8 ビット/スイッチ 8 ビット: μ PD71055	NEC 製
スイッチ	ハードリセット/NMI/ソフトリセット	

表 3.2: SIC2000 の基本仕様 (メイン BASE 部)

項目	仕様	備考
Ethernet	IEEE802.3 準拠	
ISA PLD	EPF6024AQC208-2	アルテラ製
RTC	DS1687-5 (RAM 内蔵)	DALLAS 製
PTC	タイマ 3 チャンネル: μ PD71054	NEC 製
SIO	RS-232C \times 3 チャンネル: PC16550 RS-422 \times 1 チャンネル: PC16550	NS 製
PIO(PI)	入力 8 ビット 入力範囲: 5V ~ 電源電圧とする	リファレンス範囲: 0.5V ~ 9V 程度
PIO(PO)	出力: 8 ビット 出力: 負論理出力	
A/D	入力電圧: 5V ~ 電源電圧 アナログ入力: 4 チャンネル	入りに抵抗分圧調整により対応 アナログデバイズ製
パルスカウンタ	入力範囲: 5V ~ 電源電圧とする UP/DOWN 入力: 2 チャンネル	リファレンス範囲は 0.5V ~ 9V 程度
PCMCIA	Type2 コネクタ 2 スロット \times 2	
温度監視	監視範囲: -55 $^{\circ}$ C ~ +125 $^{\circ}$ C	

表 3.3: SIC2000 の基本仕様 (メイン電源部)

項目	仕様	備考
電源	入力電圧範囲: 8V ~ 32V	
ヒューズ	定格電圧: 125V、電流: 5A	サトーパーツ製
外部出力	コネクタ: シガーライタ	
バックアップ	電源供給: 外部バッテリー 通常時終了: ACC 電源が切れた後シャットダウン開始 異常時終了: 10 分後タイマリレーにより強制終了	
LED	電源 ON 表示	

表 3.4: SIC2000 の基本仕様 (メイン GPS 部)

項目	仕様	備考
GPS	G-12	Ashtech 製
外部コネクタ	RF コネクタ: TNC(メス)	

備考: GPS を外付けする場合、外部コネクタとして Dsub9 ピン (オス)×2 を使用

表 3.5: SIC2000 の基本仕様 (コントロール部)

項目	仕様	備考
CPU	シングルチップマイコン M37721S2BFP	三菱製
EPROM	HN27C1024HG(128KB)	日立製
SRAM	HM62832UHLJP-15×2(64KB)	日立製
IrDA	IrDA1.1 準拠	
LED	ASCII ドット LED16 桁	HP 製
スイッチ	プッシュスイッチ (設定用)×6 プッシュスイッチ (電源用)×1 プッシュスイッチ (リセット用)×1	
SIO	RS-232C×1 チャンネル RS-422×1 チャンネル	
圧電ブザー	EB20E-35C-12V	FDK 製

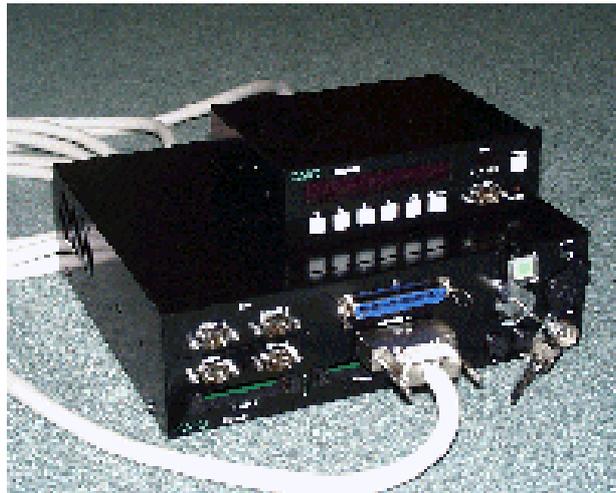


図 3.2: SIC2000(メイン部、コントロール部)

3.1.5 SIC2000 上のソフトウェアの開発環境

SIC2000 は MIPS アーキテクチャを採用している為、MIPS 用の開発環境が必要となる。今回、egcs+gnu binutils を利用してフリーな開発環境を整えた。開発環境は FreeBSD3.1 上での動作を確認しており、現在、この環境下でブート ROM の作成を行なっている。この開発環境は ports としてまとめられており、本グループのホームページ¹からダウンロード可能である。

実際の開発環境は、現在のところ、前述の egcs+gnu binutils と ZAX 社の MDX700 ROM ICE を利用して行なわれている。現在の開発環境の写真を図 3.3 に示す。MDX700 ROM ICE は MS Windows98 によってコントロールされている。また、MDX700 によってデバッグされた ROM イメージは ADVANTEST 社の R49451A ROM ライタによって実際に ROM 上に焼くことができる。R49451A はシリアルおよびパラレルで接続された FreeBSD3.1 上のアプリケーションによってコントロールする。

一方、コントロール部は三菱社の DOS 上の専用コンパイラを利用する。作成した ROM イメージはモトローラ S フォーマットで FreeBSD 上に転送し、ROM を焼くことによって利用可能になる。

3.1.6 今後の予定

現在、SIC2000 はブート ROM を作成している段階であり、運用までには OS の開発、アプリケーションの移植などをおこなわなければならない。このようなことも踏まえて今後

¹<http://www.sfc.wide.ad.jp/InternetCAR/>

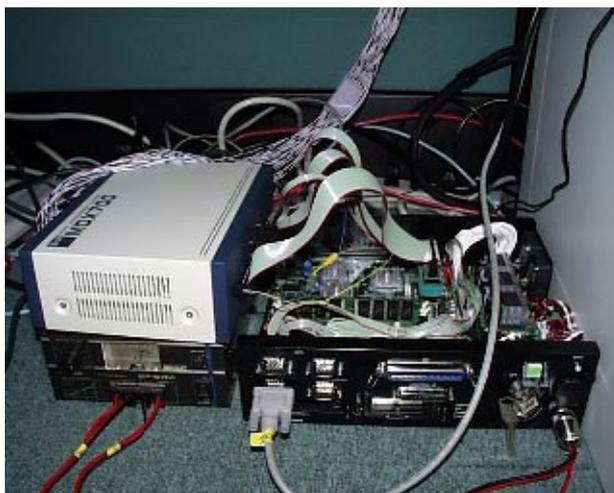


図 3.3: SIC2000 開発環境

の予定について述べる。

現在開発中のブート ROM はモニタ機能を備えており、リアルコンソールを接続しブート中に何かのキーを押すことによりモニタモードに移行する。モニタモードでは ATA の PC カードより、SIC2000 上の Flash ROM にイメージをコピーすることができる。これにより、OS の開発などを行なった後は、ATA PC カードを介して SIC2000 上にダウンロードすることが可能となる。

SIC2000 上では Lucent Technology 社の Inferno を利用する予定である。この件に関しては Lucent Technology 社との協力により進めていくことが決まっている。現在、Inferno 2.3 の移植を始めようとしている段階である。

このハードウェアの利用により、*InternetCAR* の運用実験は格段に安定し、簡単になる予定である。夏ころに予定されている運用に向けてソフトウェアの開発を急ぐ必要がある。

今回の開発では、まだ、プロトタイプであることを考慮して、コスト面より機能面を重視した。その結果、前システムと同等である 1 セットあたり 80 万円程度のコストとなった。将来的には、機能を必要最低限にしぼり、コストダウンをはかる必要がある。

第 4 章

D-GPS インフラストラクチャ

4.1 GPS と D-GPS

GPS(Global Positioning System) は人工衛星を用いた地球規模の測位システムであり、米国により開発、運営がなされている。同様の衛星を用いた測位システムとしてはロシアによる GLONASS と呼ばれるシステムがある。

現在の GPS はもともとアメリカの軍事衛星であり、意図的に精度が落されておりその精度は 100m 程度となっている。その他にも、電離層遅延、対流圏遅延と呼ばれる誤差やマルチパスなどの影響があるため、高精度の測定のためには補正を行う必要がある。

GPS の補正手段としてもっとも有効なものの一つとしてディファレンシャル GPS(D-GPS) が挙げられる。

D-GPS では正確に測量された基地局で受信した GPS データを元にそれぞれの衛星の位置の誤差を求める。そしてその誤差情報を移動局に送り移動局側では誤差情報を補正することにより、通常の GPS よりも高い精度を得る事ができる。現在の技術では D-GPS を用いることにより 1m 以下の精度で測位を行うことができる。

さらに高精度の測位を行うためには GPS 衛星からの電波に含まれる情報のみならず、搬送波の位相情報を用いさらに精度を向上させることができる。これをキネマティック測位といい一般には測量の分野で利用されることが多い。この場合には数 cm 以下の精度で測位を行うことができるが、搬送波の位相を利用するため、測位を行える範囲が狭く、連続して電波を受信し続ける必要があるなど、測量に必要な条件が厳しくなっている。このキネマティック測位は従来では静止状態で数十分から数時間以上の観測を必要とするスタティック測位が主流であったが、現在ではハードウェアや演算アルゴリズムの強化により数秒から数分といったほぼリアルタイムに処理することが出来るようになった。これをリアルタイムキネマティック測位と呼び、この方式によって補正を行う GPS を RTK-GPS(RTK-GPS) と呼ぶ。

InternetCAR WG では GPS に加えて補正情報を利用することにより、インターネットに接続された移動体である自動車の測位の精度を上げることがを試みる。そのために D-GPS あるいは RTK-GPS を行うために必要となる補正情報をインターネットを通じて配布するためのインフラストラクチャを構築している。

4.2 D-GPS インフラストラクチャ

4.2.1 既存の D-GPS システム

D-GPS の補正情報を一般に配布するシステムとして現在広く使われているものには、FM 放送の副搬送波を利用したもの、中波ビーコンを利用したものが存在する。どちらの場合にもビットレートが低く補正情報を十分な量流すには至っていないため、10m 程度の精度が限界となっている。

また、キネマティック測位のための補正情報は、データ量が多いため専用の無線、あるいは有線などの方法により測量を行う時のみ補正情報を伝達するケースが多く、誰もが簡単に利用できるわけではない。

4.2.2 インターネットを用いたインフラストラクチャの重要性

インターネットを想定したインフラストラクチャの場合には現在の技術でも携帯電話を利用した 9.6Kbps あるいは PHS を利用した 32Kbps/64Kbps といった通信速度を車上でも得ることができる。そのため、現在 FM やビーコンなどで提供されている D-GPS の情報のみならずキネマティック測位のために必要な多量の補正情報も通過させることができる。

さらに、インターネットを用いることで GPS 情報の管理にコンピュータが介在することとなり、受信機と無線機を直結する場合にくらべデータの収集、加工などにおいてメリットが生まれる。

そこで本 WG ではインターネット上で統合的に利用できるような誤差情報の配布を行い、GPS にインターネットを組み合わせることにより簡単に高精度な位置情報を得られるようなインフラストラクチャの構築を行い、実証実験によりその効果を広く検証する。

4.2.3 D-GPS 基地局の構成

D-GPS の基地局は アンテナ、受信機および DGPS 情報をインターネット上に配布するためのサーバとなる計算機から構成される。基地局を設置する場所は重要な問題であり、正確にかつ広範囲に補正を行うためには基地局の設置条件を選ぶ必要がある。

以下に、基地局の要素について述べる。

基地局の位置 D-GPS の基地局に求められる条件は衛星を安定して捕捉できることである。

そのためにはビルの屋上などのように付近に遮蔽物がなく、360 度視界が開けていることが重要である。GPS 衛星は通信衛星のように静止軌道にのっておらず絶えず位置が変化する。

移動体が D-GPS による補正を行うためには、移動体が測位に利用している衛星と同じ衛星を基地局でも把握している必要がある。そのため、できるかぎり多くの衛星を捕捉できる場所が D-GPS の基地局としては望ましい。

さらに GPS では微弱な電波を扱うため、強力な電波を発する機器のそばでは精度に悪影響が出る場合があるためこの点も留意が必要である。

基地局アンテナ 今回の基地局で利用しているアンテナはマルチパスの影響を除去できるチョークリングアンテナであり、一般には測量などに用いられるものと同じである。アンテナの固定精度はその基地局の精度に密接にかかわるため、アンカーボルトを用い、強力的に固定されている。

GPS 受信機 本システムにおける GPS 受信機は、GPS/GLONASS の 2 つの衛星に対応した 2 周波の受信機である Z-18(Ashtech) を利用した。

この GPS 受信機は現在考えられるほぼ全ての GPS/GLONASS を用いた測位に対応しており、移動端末にあわせた補正情報を提供できる。

計算機 GPS 受信機をコントロールし、補正情報をインターネットを用いて配布するために、インターネットに接続された計算機が必要となる。現在のところ、開発の利便性とコストを考慮にいたした上で、BSD 系 UNIX を搭載した PC アーキテクチャの計算機を利用する予定となっている。

4.2.4 D-GPS 基地局の配置

本プロジェクトでは 7 つの D-GPS 基地局を予定している。内訳は関東に 4 局、関西に 3 局であるが、現在のところ、関西関東それぞれ 1 局は設置場所の選定中となっている。

それぞれの場所は以下の通りである。

- 関東
 - 慶応大学湘南藤沢キャンパス (神奈川県藤沢市)
 - 東京大学大型計算機センター (東京都文教区)
 - 郵政省通信総合研究所 (東京都小金井市)
- 関西
 - 奈良先端科学技術大学院大学 (奈良県生駒市)
 - 大阪大学大型計算機センター (大阪府吹田市)

これらの場所から半径 20km 程度の範囲が RTK-GPS の補正が行える範囲となり、半径数百 km の範囲が D-GPS の有効範囲になる。そのため、関西および関東の一部の地域では RTK-GPS を利用した実験が可能になり、本州のほぼ全部および、九州、四国、北海道の一部の地域において D-GPS の実験を行うことが可能になる。



図 4.1: SFC 屋上に設置されたアンテナ



図 4.2: Z-18 型 GPS/GLONASS 受信機

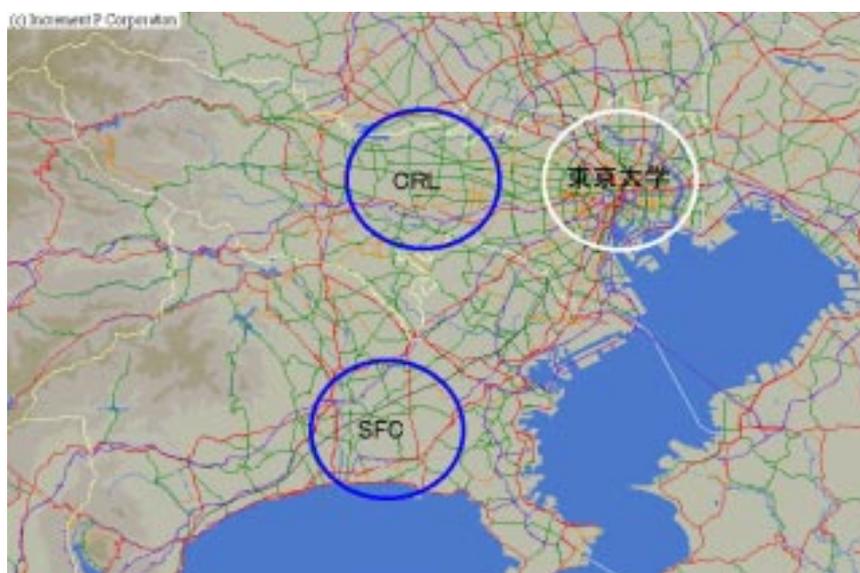


図 4.3: 基地局の配置 (関東)



図 4.4: 基地局の配置 (関西)

4.3 今後の予定

この1年の間 D-GPS インフラストラクチャの設置に関する作業を行ってきた。ハードウェアとしてのインフラストラクチャに関しては整備が進みつつあるため、今後はソフトウェアに関する研究を進める必要がある。特に、補正情報をどのように配布するかに関しては新しいプロトコルが必要であると考えられる。

4.3.1 通信プロトコル

補正情報をインターネットを通じて利用するためには、新しいプロトコルが必要になると考えられる。今後開発を予定しているプロトコルに求められる条件を以下のようにまとめる。

通信のフォーマット 現在、一般的に利用されている GPS 補正情報のためのデータフォーマットは RTCM-104 と呼ばれるものである。これをカプセル化しインターネット上で利用するための通信フォーマットが必要となる。

複数基地局の選択 RTCM-104 フォーマットは無線ビーコンなどで利用することを想定しているため、複数の基地局が存在する場合を考えていない。そのため、複数の基地局の選択を行える必要がある。

近傍サーバの発見 D-GPS や RTK-GPS では、大気の影響、捕捉できる衛星の差などの理由から複数の基地局を選べる場合にはなるべく近傍の基地局を選ぶことが望ましい。この場合の近傍とは従来、インターネットで研究されてきたような、ネットワーク的な距離ではなく、現実世界に即した実際の距離になる。このようなサーバをどのように選択するのか、あるいは選択せずに済ませる手法などの、基地局発見手法についての研究を行う予定である。

多数クライアントのサポート InternetCAR が世界的なプラットフォームとして確立するためには、世界中の自動車をすべてインターネットにつながった場合のことを想定しておく必要がある。市街地のように非常に多数の自動車が存在し、これらがみな補正情報を求めた場合にも対応できるようなスケーラブルなプロトコルが求められる。この場合、もっとも有力な技術は IP-Multicast であるが、その他の方法も検討されるべきである。

D-GPS 基地局がインフラストラクチャとして成立するためには、このような要求に適応したプロトコルを開発し、実装する必要がある。さらに本 D-GPS インフラストラクチャが確立されたものとなった場合には、認証やセキュリティといった新たな問題が浮上してくるであろうことが指摘されている。

第 5 章

今後の課題

5.1 明らかになった問題点

これまでの報告より、1998 年度の研究活動の結果として次のような問題点が明らかになった。

- 新車載ハードウェアに対し、オペレーティングシステムがまだ搭載されていない。
- 新車載ハードウェア用のアプリケーション開発環境が未整備である。
- 車載ハードウェアのコストが高い。
- 地理的位置情報システムのサーバにおいてスケーラビリティが低い。
- インターネット接続用の適切な通信機器がない。
- 移動体通信用のプロトコルが洗練されていない。
- D-GPS インフラストラクチャの整備が遅れている。
- D-GPS 補正情報配送プロトコルの研究開発が遅れている。
- 情報の可用性と匿名性を両立したセキュリティ機構が求められている。
- *InternetCAR* を利用した有用なアプリケーションが未開発である。

5.2 次年度への課題

前述の問題点を踏まえた上で、次年度への課題を次のように定める。

新車載ハードウェアへの OS 搭載

1998 年度において開発された新車載ハードウェア SIC2000 に対し、Lucent Technology 社の Inferno を OS として搭載する。

同時に Inferno 上の車載アプリケーションを開発する環境を整備し、公開していく。

より優れた通信系の研究開発

現時点において利用可能な 64Kbps 対応の PHS や DoPa、PDC の他に、IMT2000 や IEEE 802.11 対応の無線 LAN など、新しい通信媒体の利用を検討していく。また Internet 環境からの視点に基づいたより適切な通信媒体への要求仕様をまとめていく活動を推進する。

動的に再構成が行われるネットワーク環境に適した移動体通信プロトコルの研究開発も同時に進めていく。

地理的位置情報・センシング情報データベースの利用

地理的位置情報・センシング情報データベースを広く一般から利用することを前提とし、インフラストラクチャの整備とスケーラビリティの改善を進めていく。

D-GPS インフラストラクチャの整備

より精度の高い地理的位置情報への補正情報に対して Internet 経由でより簡易にアクセスできるように、D-GPS インフラストラクチャの整備と補正情報配送プロトコルの研究開発を進めていく。

情報の可用性と匿名性を両立したセキュリティ機構の実装

広く一般の人に安心して *InternetCAR* を利用してもらうために、地理的位置情報等の有効な利用と、情報提供者のプライバシーを保護するための匿名性を両立することが可能なセキュリティ機構の実装を進める。

実験環境の普及

広く一般から *InternetCAR* 実験に参加することが可能となるような枠組のあり方について、議論を深めていく。同時に多くの人が *InternetCAR* に対して求める要求事項を吸い上げ、より有用なアプリケーションの開発を推進していく。

全体アーキテクチャの再定義

InternetCAR の研究開発を始めてから 2 年近くを経過し、*InternetCAR* を取り巻く社会の状況や Internet の環境なども変化してきている。我々が *InternetCAR* に対して何を求めるか、*InternetCAR* の将来像をどう作り上げて行くかについて更に議論を深め、*InternetCAR* の全体アーキテクチャを再定義してみる。

