卒業論文 1999年度 (平成11年度)

情報基盤としての
インターネット自動車システムの検証

慶應義塾大学 環境情報学部

佐藤雅明

saikawa@sfc.wide.ad.jp

指導教員

村井 純
徳田 英幸
楠本 博之
中村 修

概 要

本研究では、インターネット自動車システムによる情報通信基盤の形成と、それを用いた情報システム構築の可能性を検証した。本研究で検証したシステムによって、自動車の情報化及び社会全体の情報化を支援する,新しい情報通信基盤実現の可能性が検証できた。

現在、自動車交通のシステム化を図り、交通問題の解消を目指した研究が進められている。道路交通に関する総合的な情報通信システムであるITS(Intelligent Transport System)の構築が世界規模で盛んに行なわれている。しかしITSにおいて自動車の情報は、閉鎖されたシステムの中で交通情報として利用されるに留まっている。

そこで本研究では、まず自動車の情報化について考察し、現状のITSの問題点を明確にした。そしてインターネット自動車システムによる自動車の情報化を考察した。インターネット自動車システム上に、問題点解決の支援が可能な情報システムの構築が行なえるか、実証実験およびシステムモデルにより検証を行なった。

インターネット自動車システムは、自動車とインターネットを接続する事により、新たな情報通信基盤を形成し、この基盤上に情報システムを構築して情報の共有及び相互利用を行なうシステムである。この基盤上では、自動車や道路周辺の持つ情報は、あらゆる分野で利用可能であり、収集・加工によって多様な価値ある情報を生成できる。

その結果、システムに必要な機能が各要素について整理できた。インターネット自動車システムで、自動車の持つ情報から比較的安価に価値ある情報を生成できることが検証できた。また、ITSとの比較により、それぞれが相互に補完し合うことで、自動車の情報化が支援できる事が検証できた。

本研究によって、インターネット自動車システムを情報基盤の一部として社会全体が利用していく環境が構築できることが検証された。

Abstract

This research verifies the posibilities of modeling information infrastructre using Internet-Car-System and constructing information system using it. The fesibility of new informaion infrastructure, which supports information to orient to the cars and the society was verified by the system in this research.

Today researches on solving the traffic problem by systemizing the motor traffic is in progress. Synthetic information systems about traffic, called Intelligent Transport System (ITS), are established on a large scale worldwide. However, information of cars are used only as an application for a traffic information and remained in the closed system.

Therefore, this research focused on the intellignet-car sytem at first, then made clear of the problems of ongoing ITS sytems. As the next step, demonstrating experiment and verification using the system model was done, whether the construction of the information system which supports problem-solving is feasible on the Internet-Car-System or not.

Internet-Car-System is a system, which shares and enables mutural use on the new information infrastructre developed on the Internet through connecting cars and the Internet. On this infrastructure, the information ¿from cars and motor roads can be utilized in every kinds of fields, and it is also possible to create deversified valued information by collecting and processing it.

As a result, this paper sorted out the function which was needed to the system, and verified that it is possible to create valuable information with the information from cars, which is comparatively reasonable using Internet-Car-System. Moreover, this paper pointed out with verifying comparison with ITS, the new information infrastructre system and ITS could be muturally supported.

This research proved the feasibility of Internet-Car-System as the information infrastructure in the society.

目次

第 1 章　序論 1

1.1　背景 1

1.2　本研究の目的 1

1.3　本論文の構成 2

第 2 章　自動車の情報化 3

2.1　情報化 3

2.1.1　情報化の意図 3

2.1.2　社会システムの情報化 3

2.1.3　自動車交通システムの情報化 3

2.1.4　自動車の情報化 4

2.2　ITS による自動車の情報化の動き 4

2.2.1　ITS の概念 4

2.2.2　ITS プロジェクト 5

2.2.3　ITS の開発分野および利用者サービス 5

2.2.4　ITS と道路交通の高度情報化の段階的普及 5

2.2.5　ITS プロジェクトの目的および構想 7

道路交通情報通信システム VICS 7

ATIS 7

新交通管理システム UTMS(Universal Traffic Management System) 7

自動料金収受システム (ETC) 9

走行支援道路システム (AHS) 9

近未来型地域交通システム (ICVS) 11

Crayon 11

2.3　自動車の情報化に関するサービス及び技術 12

2.3.1　総合情報サービス 12

2.3.2　欧米の総合情報サービス 12

2.4　現状に対する考察 14

2.4.1　ITS による自動車の情報化に対する考察 14

2.4.2　情報化に関するサービス及び技術に対する考察 15

2.4.3　自動車の情報化の現状に対する考察および問題点 15

第 3 章　インターネット自動車システム 17

3.1　インターネット自動車システムの概要 17

3.2　情報システム 17

3.3　インターネット自動車システムの目的 18

3.4 インターネット自動車システムが提供する環境 . . . 18
3.5 インターネット自動車システムによる自動車の情報化 . . . 19
3.5.1 ITS による自動車の情報化 . . . 19
3.5.2 インターネット自動車システムによる自動車の情報化 . . . 20
3.5.3 インターネット自動車システムの位置付け . . . 21
3.6 社会システムとの連携 . . . 21
3.6.1 次世代情報システム . . . 22

第 4 章 インターネット自動車のシステム構成 23
4.1 インターネット自動車 . . . 23
4.2 インターネット自動車システムの構成 . . . 23
4.2.1 情報収集系 . . . 23
4.2.2 情報生成系 . . . 24
4.2.3 情報提供系 . . . 25
4.3 検証項目 . . . 25

第 5 章 実証実験による検証 28
5.1 インターネット自動車に関する研究 . . . 28
5.2 実証実験概要 . . . 29
5.2.1 専用車載計算機 (SIC2000) と車載オペレーティングシステムの開発 . . . 29
5.2.2 D/K-GNSS 基地局の設置と補正情報配送システム . . . 31
5.2.3 ネットワーク環境 . . . 33
5.2.4 通信機器切替え . . . 35
5.2.5 MobileIP . . . 35
5.2.6 地理的位置情報 (GLI) システム . . . 36
5.2.7 アプリケーション . . . 37
5.3 実証実験結果 . . . 39
5.3.1 自動車の地理的位置情報による走行軌跡図の作成 . . . 39
5.3.2 GNSS 補正情報の取得状況 . . . 42
5.3.3 自動車の地理的位置情報による検索 . . . 44
5.3.4 インターネット自動車のリアルタイムモニタリング . . . 44
5.3.5 通信基盤 . . . 46
5.4 検証結果 . . . 47
5.4.1 技術的要素 . . . 47
情報収集系 . . . 47
情報生成系 . . . 48
情報提供系 . . . 48
5.4.2 社会的要素 . . . 48
インターネット自動車による効果 . . . 48

第 6 章 システムモデルによる検証 50
6.1 通信技術の検証 . . . 50
6.1.1 情報通信基盤に対する要求事項の整理 . . . 50
6.1.2 現在・将来の通信技術の整理 . . . 51

6.1.3 通信技術の検証結果 51
通信技術 51
6.2 システム構築によりもたらされる効果 54
6.2.1 交通環境の改善 54
6.3 システムの段階構築 56
6.3.1 必要台数の試算 56
6.3.2 システム対応車両の増加モデル 56
6.3.3 社会的要素の検証 58
インターネット自動車システムによる効果 58
インターネット自動車システム構築コスト 59
社会ニーズ 59

第 7 章　結論 61
7.1 結論 61
7.2 今後の課題 61

謝辞 62

参考文献 62

図目次

2.1 ITS の概念 (HIDO ITS homepage より) 4

2.2 ITS の開発分野および利用者サービス (高度道路交通システムに係わるシステムアーキテクチャより) 6

2.3 VICS システム構成 (『ITS インテリジェント交通システム」より) 8

2.4 UTMS システム 10

2.5 Crayon イメージ (Crayon homepage より 11

3.1 情報システム概念 18

3.2 ITS 概念図 19

3.3 インターネット自動車システム概念図 20

3.4 次世代情報システムの概念図 22

4.1 ブロック化した概念図 24

5.1 インターネット自動車システム概要 29

5.2 SIC2000 外観 30

5.3 設置されたコントローラ部 (中央) 31

5.4 GNSS システム構成 31

5.5 基地局用に設置したアンテナ 32

5.6 自動車の GNSS アンテナ 32

5.7 キャンパス内の無線 LAN 予備調査結果 33

5.8 実証実験時の無線 LAN 通信可能領域 34

5.9 実証実験ネットワーク 35

5.10 GLI システム構成 36

5.11 GLI のデータフォーマット (識別子) 38

5.12 GLI のデータフォーマット (地理的位置情報) 38

5.13 GLI のデータフォーマット (センサ情報) 39

5.14 湘南台-大学間周辺走行軌跡図 (Differential 補正有) 40

5.15 湘南台-大学間周辺地図 41

5.16 拡大エリア指定図 41

5.17 車線軌跡拡大図 42

5.18 SFC 外周計測図 (RTK 補正) 43

5.19 補正成功状況グラフ 44

5.20 識別子による検索結果画面 45

5.21 地理的位置範囲による検索結果画面 45

5.22 モニタリング実行画面 46

6.1 通信機器の特性(マルチメディア移動アクセス推進協議会作成) 54
6.2 高速道路における渋滞箇所の割合(『ITS HAND BOOK』より) 55
6.3 情報利用率による平均所要時間の変化(『ITS インテリジェント交通システム』より) 56
6.4 カーナビゲーションシステム台数の推移 57
6.5 VICS ユニット台数の推移 57
6.6 カーナビゲーション普及率(電通総研作成) 58
6.7 インターネット自動車システム 60

表 目 次

2.1 国内総合情報サービスの事例 (三菱総合研究所作成) 13
2.2 欧米における総合情報サービスの事例 (三菱総合研究所作成) 14

3.1 自動車の情報化における特徴 21

4.1 検証項目 26

5.1 SIC2000 本体ハードウェア構成 30
5.2 Differential 補正の成功数 42
5.3 衛星の捕捉数による補正成功状況 43
5.4 通信基盤実験の結果 46

6.1 車載機-センタ間 通信性能 51
6.2 センタ-センタ間 通信性能 51
6.3 自動車-情報サービスシステム間 通信性能 52
6.4 通信機器の整理 (1) 52
6.5 通信機器の整理 (2) 53

第1章　序論

本章では、まず本研究の背景を述べ、さらに、本研究の目的を述べる。また、本論文の構成について述べる。

1.1　背景

自動車は単体で様々なセンサを備え、地理的な位置情報や、速度やライト、ワイパや温度等の多彩な情報を有している。これらの情報を活用する事で自動車は安全で快適な走行を実現している。しかし、それらの情報は、自動車内という閉じた空間内で利用されるに留まってきた。

自動車交通に情報・通信技術を導入し、交通のシステム化を図り、交通渋滞や公害の軽減、交通安全の向上等に役立てようという発想は1960年代からあった。その実現形態として、自動車の情報化自体の研究が進められ、道路交通に関する総合的な情報通信システムであるIntelligent Transport System(ITS)[1][2][3][4]の構築が世界規模で盛んに行なわれている。

しかし、こうした自動車の情報化は、ITSという枠組の中で行なわれ、そこで扱われる情報は閉鎖されたシステムの中でのみ利用されるに留まっている。現在のシステムでは、他の車両や事業者等が相互に自動車の持つ情報を活用する事は不可能である。

分散している情報の共有や相互利用の基盤として、現在最も成功しているのはインターネットである。インターネットは人々の生活に深く浸透し、様々な利便性をユーザに提供している。また、インターネット上には様々な情報処理のシステムが存在し、それぞれに情報を共有し、相互に協調動作している。

このインターネットを利用して、自動車を情報化する研究がインターネット自動車コンソーシアムで研究されている。これは自動車をインターネットに接続し、自由に情報共有・利用が可能なシステムの構築を目指している[5]。

1.2　本研究の目的

自動車の情報化、道路交通に関する総合的な情報通信システムの構築は、交通渋滞の低減、交通事故の抑止、輸送の効率化、環境公害への対応などの道路交通問題の根本的な解決手段となる。

現在、その実現の手段としてITSが提唱され、情報によって人と車と道路の一体的なシステムの構築を目指している。ITSを構成する要素技術はかなり早くから研究開発され、その一部は既に実用化・商品化がなされている。

ITSでは、情報の提供はトップダウン形式で行なわれ、収集される情報は、ITSという閉鎖システムの中で道路交通に利用されるに留まる。自動車や道路周辺の持つ情報は、交通以外の分野にもあらゆる方向へ応用が可能であり、収集・加工によって多様な価値ある情報を生成できる。しかし、ITSはその可能性をすべて破棄してしまう。ITSでは、他の車両や事業者等が相互に自動車の持つ情報を自由に共有・加工し、ニーズに合わせて利用していく事は難しい。

そこで、本研究では、自動車の情報化をインターネットを用いて実現する「インターネット自動車システム」によるモデルを提案し、実現に必要な要素を検討する。また、実際に実証実験を行ない、その結果を踏まえた上で、インターネット自動車システムの構築検証をする。

インターネットという情報通信基盤によって、自動車の情報化を支援するこのシステムは、自動車をインターネット上の一つのノードと捉える事で、既存のインターネットとのシームレスな通信を可能とする。これにより、個々の自動車が持つ分散された情報を収集・共有し、価値ある情報を生成する情報生成システムを構築し、利用者に提供する。また、インターネット上に存在する多種多様な情報処理・提供システムとの協調動作が可能となる。

これらの情報提供は、インターネットを介して自動車内でも利用可能であり、同一情報基盤を用いて、自動車という「情報と乖離していた空間」への情報提供が可能となる。

また、インターネットという情報基盤上でシステムを構築する事で、新たな情報システムの作成も比較的容易に行なう事ができる。デジタル情報の利点である情報の劣化のなさ、加工の容易さを活かし、ある情報システムで利用価値がない情報でも、他のシステムや利用者にニーズが存在すれば、それに合わせてシステムを拡張し、利用できる。

さらに、自動車に限らず、ITS機器や様々な場所に存在する情報システムをインターネットに繋ぐ事で、インターネット自動車システムとの情報の共有が実現でき、このプラットフォーム上に、新たな価値ある情報を生み出す情報生成システムを構築する事が可能となる。

1.3 本論文の構成

本論文では、第2章で自動車の情報化について述べ、その現状について述べる。第3章では、インターネット自動車システムを次世代情報システムの一部として捉え、その目的と位置づけを説明し、システムが提供すべき情報について述べる。

第4章では、インターネット自動車システムの構成について述べ、各要素の整理とシステムとして有するべき機能について述べる。

実際に実験用車両およびシステムを構築し、この実験システムによる実証実験を行なった。その実験結果及び問題点と、システムへの要素事項についての検証は、第5章で述べる。

第6章では、要素技術の検討を行ない、インターネット自動車システムによる情報通信基盤の実現可能性を検証する。また、段階的なシステムの構築・普及の為システムの切り分けを行なう。

最後に第7章では結論と課題を述べ、今後の展望を示す。

第2章　自動車の情報化

本章では、まず社会システムの情報化について述べ、これまでの自動車の情報化について述べる。そして自動車および道路交通システムの情報化の現状について、考察する。

2.1　情報化

2.1.1　情報化の意図

情報化とは、情報通信技術によって存在する個々の要素を結びつけ、その基盤上に情報処理システムを構築することで全体の情報の共有による利便性の向上や、新たな情報価値の創造、協調動作による効率化などを行なう事である。

2.1.2　社会システムの情報化

これまで社会システムの情報化は、ニーズに応じてそれぞれの処理系が, 情報の取得、加工・生成から提供までを独立したシステムとして別個に実現されていた。それぞれに異なる情報収集系と提供系を用意し、利用者は情報毎に、それぞれのシステムにより複数のアクセス方法を使い分け、異なるインターフェイスを用いて情報化の恩恵を受けていた。

この既存の環境を大きく改善したのがインターネットである。現在、インターネットの出現によって、社会システムの構造自体がデジタル情報通信技術を基盤とした社会システムへと大きく変わりつつある。情報通信基盤上に構築された情報システムでは、情報の共有及び相互協調動作により、個々のシステムの効率が上がる。利用者はインターネットに接続するだけで、自分の使い慣れたインターフェイスを用いて様々な情報にアクセスする事ができる。

情報通信基盤により、将来は社会システム全体が情報化されると想定される。社会システムの完全な情報化の為には、あらゆる空間・状態での情報へのアクセスを可能にする必要がある。同時に、さまざまな環境の状態をデジタル情報としてセンシングして利用できる事が求められる。

2.1.3　自動車交通システムの情報化

自動車が誕生してからおよそ一世紀が経った。現在ではこの自動車を用いた道路交通網は、現在の社会運営や人間の日々の生活に欠かす事のできない要素となり、あらゆる利便性を人間に提供している。

一方、その普及に伴い、数々の問題も発生してきた。交通事故や渋滞のもたらす時間と資源の浪費、環境汚染等である。自動車の利便性をこれから将来も享受し続ける為には、これら諸問題の根本的解決を図り、持続可能な自動車の大量利用環境を整える必要がある。

これまで、自動車は道路交通の最も重要な位置を占めている。しかし自動車交通に関するシステムは、自動車の登場からほとんど進歩していないのが現状である。

自動車交通の情報化は、通信技術と情報処理技術とを道路交通に採り入れる事で、道路交通自体をシステムとして知能化する事である。それは自動車の搭乗者が自分の目で見える範囲の情報を基に、自分の頭だけでそれを処理して判断していた既存のシステムに比べ、遥かに効率的である。

2.1.4 自動車の情報化

搭乗者に情報を伝達し、最適な経路選択を支援したり、交通問題を解決するためには、自動車自体を情報化する事が必要である。

自動車という移動する空間へ、刻一刻と変わっていく状況を伝達することで、自立分散的な交通流の効率的な管制が実現される。

このために必要な情報を収集するシステム、移動中の空間へその情報を伝える情報伝達システム、そしてその情報を最適な形で利用できるインターフェイスを整備する事が、自動車の情報化には不可欠である。

また、自動車は単体で非常に多くの情報を有している。現状では、これらは自動車内で車両の快適性の向上と走行支援にのみ利用されている。しかし、これらの情報を収集・分析するシステムが構築されれば、交通管制に必要な情報として非常に価値のあるシステムとなる。

また、自動車は、走行に必要な情報以外にも、多数の情報を備えている。現在これらの情報は破棄されているが、自動車を情報化することで、ニーズに応じてそれらを収集し、利用する情報処理システムが構築できる。車両から収集した情報を共有/加工する事で、利用者に貴重な情報を提供する事が可能となる。

2.2 ITSによる自動車の情報化の動き

2.2.1 ITSの概念

Intelligent Transport Systems(ITS)とは情報通信技術を用いて、人・道路・車両間を相互接続することで道路交通問題の解決を目的とする交通システムである。ITSの概念を図2.1に示す。

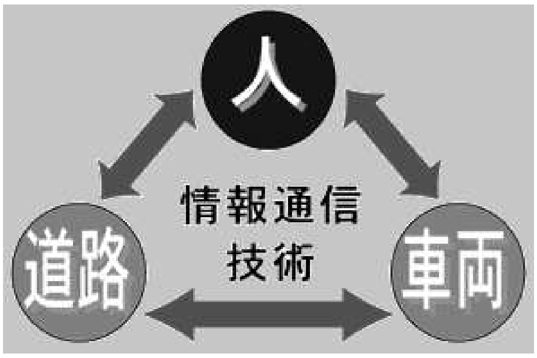

図 2.1: ITSの概念(HIDO ITS homepageより)

2.2.2　ITS プロジェクト

現在日本では、ITS は「ITS プロジェクト」という政策として進められており、その基本構造は、道路分野は建設省、自動車に関する分野は運輸省、交通安全は警察庁、電子機器分野と産業政策は通産省、電波とシステムの監督は郵政省となっている。

2.2.3　ITS の開発分野および利用者サービス

ITS はナビゲーションの高度化、自動料金収受システム、安全運転支援などの 9 つの開発分野から構成され、この分野毎に利用者を設定し、各利用者のニーズ及びそのニーズが発生する状態を考慮して 20 項目の利用者サービスを設定している。

開発分野及び利用者サービスをまとめたものを、図 2.2 に示す (VERTIS[6] によるシステムアーキテクチャより引用)。

2.2.4　ITS と道路交通の高度情報化の段階的普及

ITS の展開は、その普及段階に応じて 4 つのフェーズを想定している。

第一フェーズ (**2000** 年頃)
「ナビゲーションシステムなどの一部先行サービス開始」

- 道路交通情報通信システム VICS による交通関連情報の提供
- 自動料金収受システムによる料金所での渋滞の解消及び利便性向上

第二フェーズ (**2005** 年頃)
「各種利用者サービスの開始」

- ITS 利用サービスの順次導入
  - 目的地に関するサービス情報、公共交通情報等の情報充実
  - 一連の移動において目的地、最適経路、交通機関の選択等を総合的にサポート
- ドライバーの安全運転支援・歩行の安全性向上による交通事故の減少
- 交通事故への迅速な対応
- 公共交通機関の定時制確保とサービスの拡大による利便性の向上
- 輸送事業の業務等の効率化

第三フェーズ (**2010** 年頃)
「ITS の高度化と社会制度の整備」

- インフラストラクチャ・車載機器等の普及
- 法的・社会的制度の整備
- 自動運転の実現

第四フェーズ (**2010** 年以降)
「ITS の熟成」

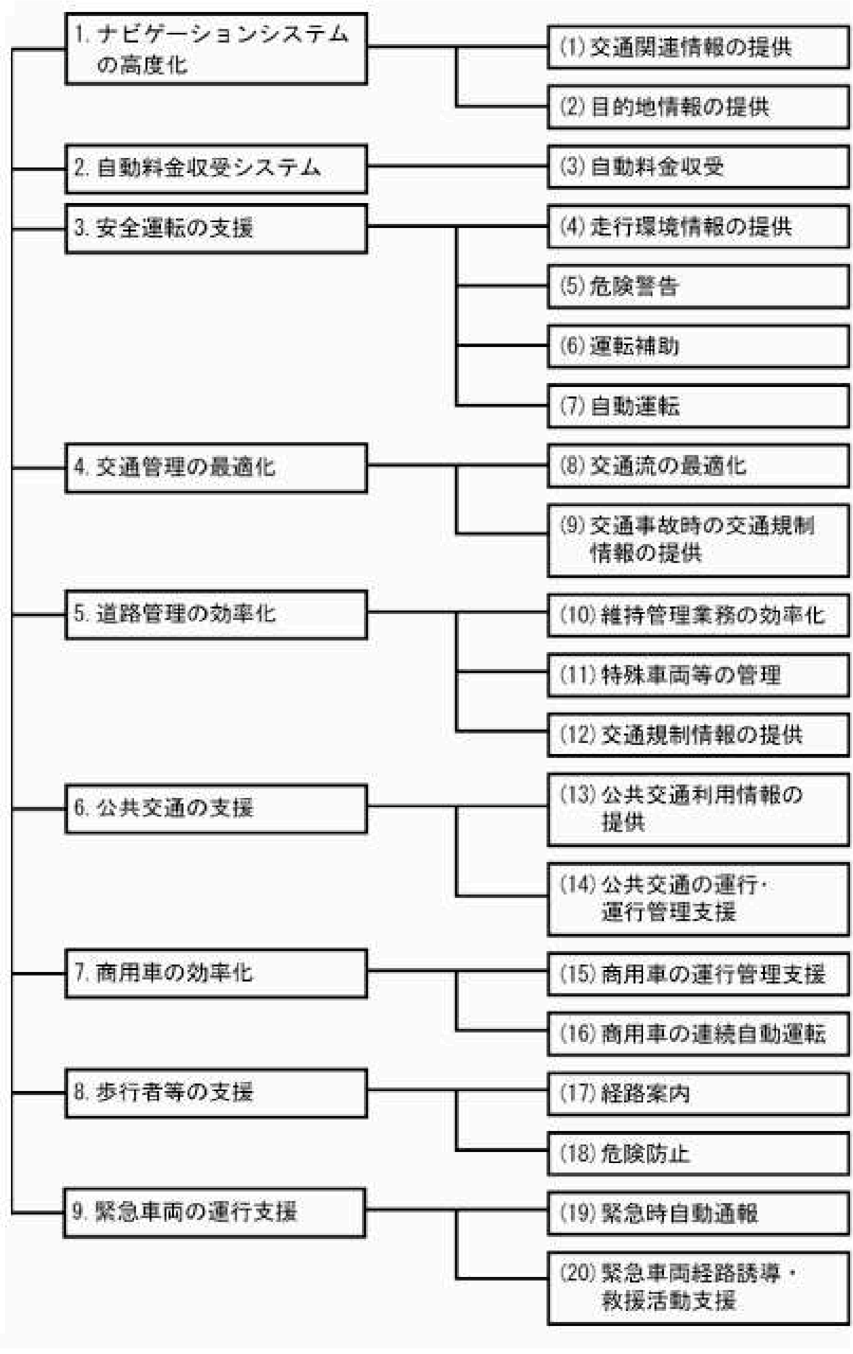

図 2.2: ITS の開発分野および利用者サービス (高度道路交通システムに係わるシステムアーキテクチャより)

- ITSシステムの概成
- 光ファイバ網の全国整備による高度情報通信社会の本格的到来
- 自動運転の普及
- 交通問題の解決・緩和による円滑および安全な移動と、環境との調和の達成

2.2.5 ITSプロジェクトの目的および構想

ITSプロジェクトの内、自動車交通の情報化による交通流の効率化が目的のものを以下に述べる。

道路交通情報通信システムVICS

Vehicle Information and Communication System(VICS)は旅行時間を主体とする交通情報を車載装置によりリアルタイムにドライバへ提供するシステムである。最適な経路選択の支援により交通流を分散し、全体としても効率の良い交通をもたらす事を目的としている。世界でも初めての本格的なITSの実現例である。

図2.3に、VICSのシステム構成の概念を示す。VICSの機能は「情報収集」「情報処理・編集」「情報提供」「情報活用」の4つに分類される。

「情報収集」は、都道府県警察、高速道路公団(JH)等の道路交通管理者が収集する情報を、日本道路交通情報センターを経由して提供を受け、これを利用する。

「情報提供」には3種類の通信機器を用いる。電波ビーコンは道路管理者により高速道に、光ビーコンは公安委員会により設置される。FM多重放送は放送事業者が設置したものを用いる。

「情報活用」は、車載機器で用いられる。文字による情報表示(レベル1)、簡易図形表示(レベル2)、ナビゲーション装置との連携による地図表示(レベル3)などがあり、各メーカにより独自のデザインが用いられる。

ATIS

Advanced Traffic Infomation Service(ATIS)は、VICSと同じ情報ソースを用いた情報サービスを行なうシステムである。VICSとの最大の違いは、サービス主体のATISが民間企業であり、情報提供の対価として利用者からサービス料を徴収する点である。情報提供メディアは、VICSが官整備による無料の配信網と違い、課金システムが整備されたものを利用している。有線系ではパソコン通信やダイヤルQ2、無線系では携帯電話などがそれである。

また、ATISでは企業ユーザに対してもサービスを提供している。テレビによる道路交通情報もその一つである。ITGS等の情報サービスは、ATISの業務代行サービスと位置付けられている。このようにATISの情報を加工・再販するコンテンツも展開されている。

新交通管理システムUTMS(Universal Traffic Management System)

UTMSは、交通管理システムの高度化を図り、ITSの核として構築しようとする構想である。UTMSは図2.4に示すような6つのサブシステムにより構成される。

それぞれのサブシステムについての説明を以下に示す。

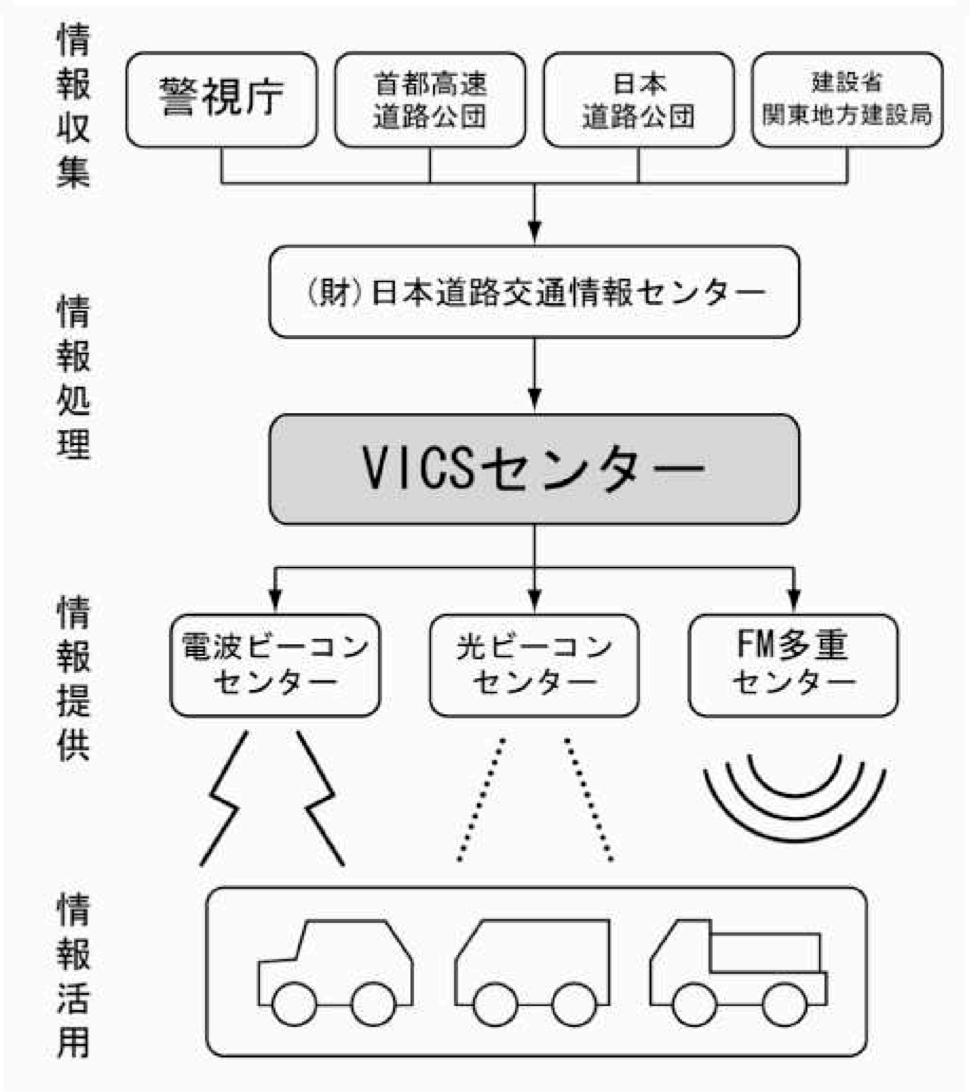

図 2.3: VICS システム構成 (『ITS インテリジェント交通システム」より)

高度交通管理システム ITCS

ITCS[1] は、光センサ (ビーコン) による双方向通信、画像感知機等の情報収集のためのセンサの高度化、収集された情報の効率的な活用によって、交通管制システムの高度化を実現する。信号制御の自動最適化、交通情報提供等を目指し、UTMS の核となるシステムである。

高度交通提供システム AMIS

AMIS[2] ドライバに対して渋滞、事故、工事、所要時間などを提供する事で、交通流の自立的な分散、渋滞の解消、心理状態の改善等を図る事を目的としたシステムである。

動的経路誘導システム DRGS

DRGS[3] は、ドライバに対して最適な経路誘導を行ない、交通流の分散を図って渋滞の解消に役立てるシステム。

公共車両優先システム PTPS

PTPS[4] は、バスなどの公共交通機関に対し、レーン確保、優先信号制御を行ない利用率・利便性の向上を図り、交通需要の抑制を目指すシステム。また、公共車両の優先通行の確保する事も行なう。

車両運行管理システム MOCS

MOCS[5] は、車両、インフラストラクチャとの情報交換により、車両動態の把握等、業務用車両の効率運用を支援するシステムである。

交通公害低減システム EPMS

EPMS[6] は、大気汚染状況、交通量の現状等を把握し、車種・目的地等に応じた経路誘導を行ない、公害低減を図るシステムである。

自動料金収受システム (ETC)

Electronic Toll Collection(ETC) は、車両のダッシュボード上などに設置する無線車載機と、IC カードリーダ、料金所に設置される路側アンテナにより、車載機と ETC 装置が無線通信を行なう。高速道路などの料金所での一時停止をする事なく料金の徴収を可能にする。現在、2000 年度の実験運用を目指し、整備が進められている。

ETC の汎用化のための短距離・双方向移動通信システムが狭域通信である。

走行支援道路システム (AHS)

Advanced Cruise-Assist Highway System(AHS) は、スマートウェイの一貫として運転中に人間が行なう状況判断や自動車の機能を、道路インフラと情報通信システムが協調して支援するシステムである。例えば、道路に沿って設置されたセンサによって障害物が検知された場合に、無線通信によって車両へ警告を出したり、運動制御を行なうなどがそれである。

---

[1] Intgrated Traffic Control System

[2] Advanced Mobile Information System

[3] Dynamic Route Guidance System

[4] Public Transportation Priority System

[5] Mobile Operation Control System

[6] Ebvironment Protection Management Sysem

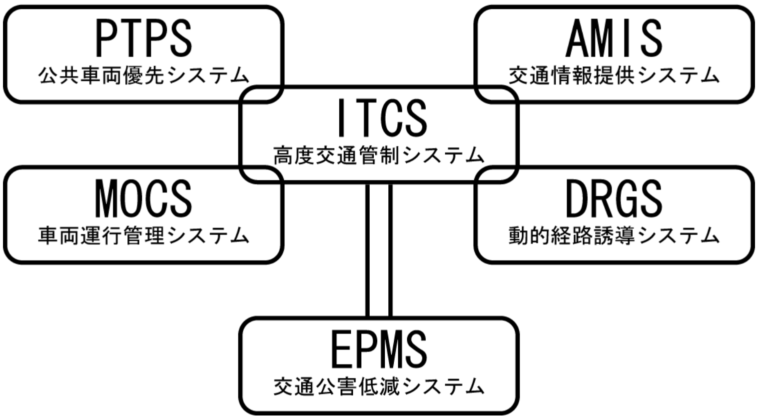

図 2.4: UTMS システム

AHS はITS の技術的に最も高度なシステムである。構想としては三段階のシステム (情報提供、制御支援、自動運転) を設定している。

近未来型地域交通システム (ICVS)

Inteligent Community Vehicle System(ICVS)[9] は、本田技研工業 (株) が提唱する近未来型地域交通システムである。ICVS の概念は、生活圏や限定された地域内で低公害車両を相互利用するシステムである。ICVS と自家用車や公共交通機関の組み合わせにより利便性を損なう事なく交通問題を解消する事を目的としている。

用いられている技術としては会員の認証に用いるIC カード、ポート (専用駐車場) および無線通信によるリアルタイム車両管理、超広角レーザーレーダーによる無人隊列走行などがある。

また、磁気ネイル、誘導ケーブル、超音波センサによる入出庫の自動化も行なわれている。

現在、「ツインリンクもてぎ」[7] 内にて実験運用がなされている。

Crayon

Crayon は、トヨタ自動車 (株) によるEV コミューターシステムであり、前述のICVS 同様、低公害車の共同利用による環境及び交通問題の解消を目的としている。

Crayon はイントラネットを活用し、オフィスのコンピュータや、専用駐車場 (デポ) に設置された端末から車両予約を行ない利用する。

システムの概略を図2.5 に示す。

認証にはIC カードを用い、Crayon センターおよび総合情報サービスであるMONET による「ロケーション管理システム」、VICS とMONET による「リアルタイム情報提供システム」、課金システムである「料金請求システム」などで構築されている。

現在は愛知県豊田市本社周辺地区において実用実験を行なっている。

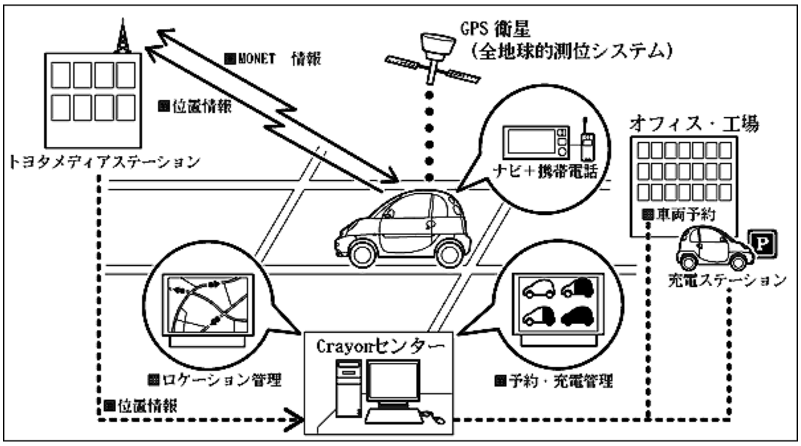

図 2.5: Crayon イメージ (Crayon homepage より

---

[7] http://www.twinring.co.jp/data/index.htm

2.3 自動車の情報化に関するサービス及び技術

現在、ITS 構想に関するものも含め、自動車を情報化する為の様々な研究がなされている。本研究ではそれらを総合情報サービス、要素技術、通信インフラストラクチャとして整理し、その概要を述べる。

2.3.1 総合情報サービス

現在カーナビゲーションシステムを基にして行なわれている情報サービスには、VICS、ATIS の道路交通情報サービスに加えて、民間企業による総合情報サービスが挙げられる。基本的なシステム構成はカーナビゲーションと携帯電話などの双方向の通信機器である。これらの特徴を以下に示す。

1. システムからの車両位置情報を基にした地域情報の検索
2. ニュース、天気予報等の最新情報の能動的な取得
3. 電子メール等の付加価値の高いサービス

これらは付加価値サービスの提供方法により二つのタイプに分類できる。

独自のサービスセンターによるコンテンツサービス

各社が差別化による販売促進を等を目的として独自のシステムを形成してサービスを提供する形態である。基本的には車載システムの操作によりサービスセンターに要求を出し、サービスセンターでは位置情報により検索を行ない、結果を回答する。

インターネットによるコンテンツサービス

コンテンツ自体をインターネットの WWW サービスに依存する形態である。独自にシステム全体を構築する場合に比べ、コストを低く押える事ができる。通信機器によって WWW サーバへ ppp 接続し、ホームページを介した情報の取得を行なう。POP や SMTP といった既存のインターネットサービスの利用も可能である。

国内の主な総合情報サービスの事例を、表 2.1 に示す。

2.3.2 欧米の総合情報サービス

欧米における自動車の情報化および総合情報サービスの特徴を以下に示す。

ナビゲーションサービスの遅れ

欧米ではナビゲーションシステムとの連携サービスは日本ほど重要視されていない。これは技術的な側面ではなく、利用者ニーズが伴わない事が原因である。日本のような特定都市に人口が集中し、入り組んだ道路網に過剰な交通流がある環境においてはナビゲーションシステムは有効である。しかし特定の路線で特定の時間帯にしか渋滞が発生せず、道路網が複雑でない環境では、ナビゲーションそのものの必要性が薄い。

表 2.1: 国内総合情報サービスの事例 (三菱総合研究所作成)

	独自のサービスセンターによるコンテンツサービス			インターネットによるコンテンツサービス	
	MONET	COMPASSLINK	ITGS	Moblie Link	Internavi
サービス提供主体	(株)トヨタ・メディアステーション	コンパスリンク(株)	(株)ダイムラーベンツ·インターサービス·テレマティック日本	ソニーコミュニケーションネットワーク (株)	(株)ホンダアクセス
関連企業	トヨタ自動車	日産自動車	ダイムラーベンツ	ソニー、パイオニア、日本IBM等11社	本田技研工業
サービス特徴	ドライバーの走行位置に応じた自動の情報検索サービスとしては日本初 また、電子メールサービスも日本初	·オペレータによるサービス提供	·ATISとの提供による日本初のサービス開始	·1/4VGAサイズの画面仕様のホームページとカーナビの地図をリンク ·ホームページ自体は誰でも見ることができるが、フルサービスを受けるにはソニー、パイオニアが提供するナビゲーションシステムが必要	家庭のパソコンでドライブのプランを立て、そのプランを車載ナビに送ることでナビゲーションを受けることができる ただし、会員限定のサービスで、パスワードによるアクセス管理を実施
サービス料金	·入会手続料 2500円 ·年会費 6000円	·入会手続料 3500円 ·基本利用料 2500円/月 (月10回までの利用)	·ITGS 入会金 5000円 ·ITGS 月額料金 3000円	·入会金 ·年会費ともに無料	·入会金 2500円 ·年会費 6000円

付加価値サービスの充実

日本に比べ、各自動車メーカの差別化戦略として携帯電話を利用したサービスの高度化が図られ、コンテンツが充実している。また、安全性に対するサービス提供が行なわれている。例としては、エア·バックの作動をトリガーとして事故の発生をシステムが検知し、自動でサービスセンターに通報するサービスがある。

欧米における総合情報サービスの事例を表 2.2 に示す。

表 2.2: 欧米における総合情報サービスの事例 (三菱総合研究所作成)

	米国		欧州
	On-Star	RESCUE	PASSO(GATS)
サービス提供主体	GM	Ford	Mannesman Autocom
サービスメニュー	·エアバック作動の自動通報 ·エマージェンシーサービス ·車両故障支援サービス ·盗難車両探索サービス ·ドアロック解除サービス ·ルートガイダンス ·コンビニエンスサービス (ホテル、レストランガイド)	·エマージェンシーサービス (エアバック作業の自動通報、緊急時支援サービス) ·車両故障支援サービス ·ルートガイダンス	·エマージェンシーサービス ·車両故障支援サービス ·盗難車両探索サービス ·ルートガイダンス (フローティング·カー·データ·コレクションによる予測も服務) ·一般情報提供サービス (ホテル、レストランガイド)

2.4 現状に対する考察

2.4.1 ITS による自動車の情報化に対する考察

ITS による自動車情報化の最大の特徴は、情報収集·伝達のインフラストラクチャの整備を実現している事である。自動車交通をセンシングする機器と、自動車という移動空間への情報提供機器を整備している。これにより自動車という情報と乖離していた空間に情報を比較的安価に提供するシステムとしては有益である。

VICS では、各センサによって収集された個々の情報を、センタによって加工·分析する事で「交通情報」を生成するシステムを確立している。この情報は地域限定ではあるが、比較的信頼性が高く、経路選択の支援を行なう際に有益な段階で実用されている点は評価できる。

また、構想自体は非常にスケールが大きく、実現されればあらゆる交通問題の解決に適応可能なプラットフォームとなる可能性を秘めている。

一方で、自動車単体が持つ情報の利用はほとんど行なわれていない。VICS 等では自動車を交通流として捉えているため、個々の自動車の情報は単体としては反映されていない。個々の情報はセンタによって「交通情報」に加工された状態で定期的に提供されるため、利用者が情報の粒度や精度、即時性を選択する事はできない。利用できる地域が限定されているのも、個々の自動車ではなく道路の交通情報を収集している事が原因である。機器の設置コストを考えると、幹線道路、高速道路のみの収集しか実現されない。

情報が交通に関する事のみに絞られている点も問題の一つである。自動車の持つ情報は多岐に渡り、自動車内の空間ではあらゆる情報が処理されている。情報通信基盤としてシステムを構築するならば、自動車の持つ情報は交通以外の用途にも広く収集し、提供する必要がある。

将来的な構想も、システム自体の方向性が多岐に渡っているため規格の標準化が問題となる。共通基盤上にシステムが構築されなければ、情報の共有が不可能となる。交通情報提供システムが複数存在するだけでは自動車の情報化は達成されたとはいえない。

2.4.2 情報化に関するサービス及び技術に対する考察

総合情報サービスは各社毎に様々な情報サービスを行なっている。サービスセンターによるものは、MONETは位置情報に応じた情報検索サービスを実現し、また通信プロトコルも独自規格のMNCPとTCP/IPを用い、汎用性を高めている。COMPASSLINKは音声によるインターフェイスが特徴である。また、インターネットによるコンテンツサービスは、自動車の情報化からは外部の情報処理システムを用いている点と、汎用性の高さ、自動車内の空間以外での情報利用等が特徴である。

これらは位置情報については自動車単体のものを取得し利用している。自動車毎に対してニーズに応じた情報を生成して提供している。扱っている情報も幅が広い。

しかし、情報通信手段に携帯電話を用いているため、帯域、通信コストの面で大容量通信には不向きである。また、肝心の交通情報は、ITGS[10]を始め、すべてITSによる提供のみである。この分野での差別化、個々のニーズへの対応はなされていない。

また、それぞれにおいて、インターネットプロトコル以外にデータの互換性が無く、一つの端末で複数のサービスを選択する事ができない。これは海外の情報サービスも同様である。現状では、情報サービスが商品の差別化の為の付加価値として行なわれている。自動車の情報化において情報の共有は必須であり、重要なのは情報のプラットフォームメディアの確立が重要である。情報の互換性を早急に確立する必要がある。

これは個々のITS要素技術、通信技術についても同様で、自動車との間に独自の方法で情報交換を行なうシステムを構築してしまうと、そのシステムは閉鎖系となってしまい、内部の情報を利用する事が不可能となる。また、同一の機能を持つものを複数種設置するのは、コスト的に非効率である。

通信技術は情報化のライフラインとなる重要なインフラストラクチャである。様々な情報を扱う為には、それぞれの特性を踏まえた情報の取得及び提供が必要となる。また、全ての自動車を情報で接続する事が自動車の情報化の目的とするならば、その規模性とコストには十分な配慮が必要である。

2.4.3 自動車の情報化の現状に対する考察および問題点

現時点での自動車の情報化は、ITSという一つの情報システムの枠組の中で行なわれている。そこで扱われる情報は閉鎖されたシステム系の中で利用されるに留まっている。ITSでは交通情報について、情報の収集・加工・提供を一つの閉鎖系として扱っている為、自動車単体が持つ情報の一つ一つを、完全な意味で利用する事が不可能である。交通管制の面でも、個々の自動車に対する情報の取得ニーズは高い。しかし将来的に個々の自動車の持つ情報を取得できるようになっても、それが閉鎖系の中でのみ利用されるのでは、情報の価値は半減してしまう。システムの拡張性が無くなり、将来のメディアの発展が期待できない。

自動車の情報化の為には、自動車単体の情報を自由に収集し、自由に配信できる情報通信基盤を構築する事が第一である。ITS では基盤構築と情報処理システム、提供サービスを一つのシステムとして個々に開発しているため、肝心の情報通信基盤、言い替えれば情報を発信する場を提供する部分の構築が実現されていない。

サービスとしては順調な VICS だが、この情報はインターネットでは公開されていない。カーナビゲーションのようなリアルタイム交通情報提供は、欧米では広く公開されているが、日本では ATIS が有料サービスを行なっている事がネックになっている。同様に、個々の企業やサービス主体が独自に交通情報を流す事はなされていない。交通情報を閉鎖したシステムで独占的に扱っている状態では、自動車の情報化は実現しない。

自動車の持つ様々な情報を活かす為、自動車内の情報は外部の情報システムからシームレスに扱える事が望ましい。このためには標準化も重要である。現在の ITS、総合情報サービス及び要素技術は、独自のシステムを構築し、互換性が無い。情報ソースは基盤全体で共有し、情報システム毎に必要な情報を利用して価値のある情報を生成し、提供していくのが効率的である。交通情報に関係ない情報を破棄している現在の ITS では、情報化によるメリットの大部分を放棄している。全ての情報システムに対して開かれた情報通信基盤を構築する事が、自動車の情報化の上で最も重要である。

自動車の持つ情報をもっと誰もが自由に扱える環境を構築しなければ、自動車の情報化は実現されない。

第3章　インターネット自動車システム

本章では、自動車の情報化を実現する手段としてのインターネット自動車システムを解説する。また、自動車の情報化を実現する上でどのような位置付けとなるかを述べる。また、インターネット自動車システムを次世代情報システムの一部として捉え、社会全体の情報化との連携について述べる。

3.1　インターネット自動車システムの概要

インターネット自動車システムとは、個々の自動車をインターネットと接続することで新たな情報通信基盤を形成し、この基盤上に情報システムを構築し、自動車の情報化及び社会全体の情報化を支援するシステムである。

インターネット自動車システム上には、様々な情報システムが複数構築され、それぞれが協調動作を行なう。

3.2　情報システム

現実世界に存在するあらゆる要素は、様々な情報を所有している。個々の要素が所有している情報を収集し、それらに対して蓄積・加工などの処理を施すことで新たな情報を生成する。この情報を必要とする利用者へ提供する一連の動作を行なう処理系を、本論文では情報システムと定義する。その構成要素を処理の段階に応じて三種類に分類する。

情報収集系

情報を取得・収集する処理系である。センサから情報を取得する機能を持つ。また、情報ソース自体を内包し所有している場合もある。

情報生成系

情報収集系で取得された情報を利用し、新たな情報を生成する処理系である。情報生成系は情報を加工せずにそのまま流通させる事もある。

情報提供系

情報生成系で生成された情報を利用者に提供する処理系である。情報を利用者のニーズに沿った粒度・精度・形状で提供する。

情報システムの概念を図3.1に示す。

情報システムは複数が階層構造で構築されることもある。一つの情報システムが上位の情報システムにとって情報収集系であったり、複数の情報システムを収集系に持ち、生成系では加工をせずに提供を行なう場合もある。

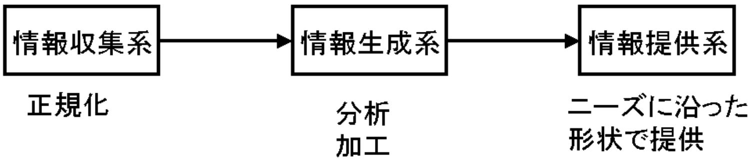

図 3.1: 情報システム概念

3.3 インターネット自動車システムの目的

インターネット自動車システムの目的は、自動車とインターネットを接続する事で、それぞれの持つ多様で膨大な情報を共有・利用できる新たな情報通信基盤を構築する事である。

この情報通信基盤上には様々な情報システムが構築され、既存の情報システムと協調動作する事となる。あらゆる情報システムが必要に応じて自動車が収集した情報を利用する環境が整い、同時に、自動車内にもあらゆるシステムから、様々な情報が提供される。

自動車の情報化という観点からこれを整理すると、インターネット自動車システムの果たす目的は、以下の二種類となる。

情報提供システムの構築

インターネット自動車システムは、多数の情報を持つ自動車を、動くセンサとして捉え、自動車から収集される情報をインターネットを用いて共有し、安価で価値のある情報を生成・提供する。

具体的には、自動車の持つ位置情報や車内情報、道路とその周辺情報を車載センサやITS設備によりセンシングを行なう。これらの情報をインフラシステムの支援を受けて収集し、インターネット上で蓄積・加工を行ない有益な情報を生成する。この情報をインターネットを用いて利用者に提供する。

自動車内の情報化支援

インターネット自動車システムは、システム自身が生成する情報及びインターネット上に存在する情報をニーズに応じて自動車へ提供する事で、自動車内の情報化を支援する。言い換えれば、自動車とインターネットを接続する事で、人間の移動時における情報との乖離を、計算機の携帯性を意識することなく解消し、また、適切な情報を車内に提供する事で、自動車による移動の利便性と安全性の向上を図る。

3.4 インターネット自動車システムが提供する環境

インターネット自動車システムが提供する情報通信基盤の項目は以下の通りである。

- 情報の発信源の不特定化
- 保有する情報の共有
- ニーズに応じた自由な情報の加工・生成

- 自由な情報交換
- 自動車への情報提供サービスの確立

インターネット自動車システムでは、情報システムはどこに存在していても構わない。したがって、インターネットを用いて自動車から情報を収集し、価値ある情報を生成してグローバルに発信する情報システムも、自動車の車内において車両の情報を収集し、可視化して車内にのみ提供する情報システムも、同一情報基盤上に混在することになる。

3.5　インターネット自動車システムによる自動車の情報化

ITS による自動車の情報化と、インターネット自動車システムによる自動車の情報化に対し、それぞれの特徴と差異を述べ、インターネット自動車システムによる自動車の情報化の意義を述べる。

3.5.1　ITS による自動車の情報化

ITS による自動車の情報化の概念を図 3.2 に示す。

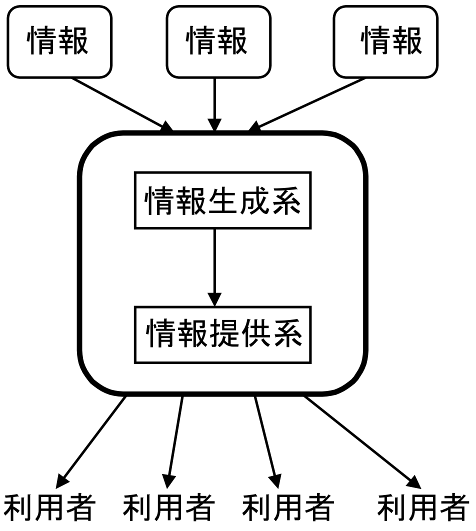

図 3.2: ITS 概念図

ITS では、専用の情報収集系を用いて分散されている情報の収集を行なう。取得される情報は、全て一種類の情報生成システムに集約される。これに基づいて情報を生成し、その加工後の生成された情報を、専用の提供系を用いて提供する。

この時、ITS では、入力される情報から一台一台の情報を全て隠蔽し、交通情報としてのみ出力する。

現状ではITS は情報取得を路上に設置されたセンサからのみ行ない、個々の自動車が持つ情報を収集する事はない。また、将来的には狭域通信(Dedicated Short Range Communications,DSRC) などから車両情報を取得する事が考えられるが、この情報もITS 処理系によりまとめられた情報として提供され、車両の情報を直接ITS 以外の情報システムが取得する事はできない。車両に対する不特定性は高く、自動車の搭乗者のプライバシーは保護されている。

提供される情報は、ある程度の正確性と信用度が約束されているが、ニーズに応じた情報取得は不可能である。ITS の一部として総合情報サービスが得られるが、動的に取得可能なインフォメーションという位置付けである。基本的にこれらは交通情報サービスに関しては何の処理も施さず、ITS との連携は行なわない。

また、新たな情報システムの機能をITS に追加する場合には、収集系、生成系、提供系の全ての要素を検討し、既存の情報システムの改良、または新規機器の投入を行なわなければならない。

基本的には情報はトップダウン形式で提供され、利用者はそれを享受する形で成立するシステムである。

3.5.2 インターネット自動車システムによる自動車の情報化

インターネット自動車システムによる自動車の情報化の概念を図 3.3 に示す。

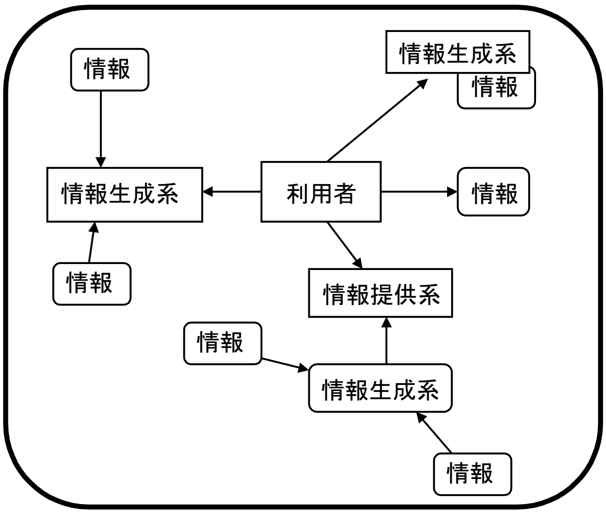

図 3.3: インターネット自動車システム概念図

インターネット自動車システムでは、自動車の保有する情報をあらゆる通信機器を用いて収集する。これらの情報はインターネット上で自動車以外の情報と同列に扱われ、様々な場所に存在する情報システムが利用可能である。情報システムはそのニーズに応じて必要な情報を選択して収集し、価値のある情報を生成する。こうして生成された情報はインターネットを介して提供される。インターネットからみれば自動車は一つのエンドノードとして捉えられ、リアルタイムに変化する情報を持つ計算機である。

自動車の持つ情報はシステム全体の資産であるから、自由に利用される事が原則である。しかし、自動車の所有者または搭乗者のプライバシーに関わる情報については、それらを保護する機能がシステム全体として必要である。

情報システムは、自動車の情報を基に情報を生成したり、その情報システムから情報の提供を受けて二次加工を施し、価値ある情報を生成する。インターネット上の情報を収集して自動車内へ最適化して提供する情報システムや、それら全てを総合した情報提供を行なう情報システムも存在する。

提供される情報は、粒度や精度は千差万別であり、その信用度は情報システムの信頼性に依存している。利用者は自分の周囲に存在する様々な情報システムから、自分が必要とするサービスを選択し、情報提供を受ける。

それぞれの特徴をまとめたものを、表 3.1 に示す。

表 3.1: 自動車の情報化における特徴

	ITS	インターネット自動車
情報収集	専用センサ	車載機器、インターネット
情報生成	ITS 用センターとして複数	情報通信基盤上に複数
情報提供	ITS 情報配信網	インターネット
自動車情報	交通情報へ加工	自由に利用可能

3.5.3　インターネット自動車システムの位置付け

ITS とインターネット自動車システムは、根本的な目的が異なるシステムである。ITS は自動車の情報化による道路交通のインテリジェント化と交通問題の解決が目的であり、インターネット自動車システムは自動車とインターネットによる新しい情報通信基盤の構築がその目的である。

しかし両者の機能としては重複する部分も多く、また補間し合う事ができる部分も多く存在する。

ITS から見るとインターネット自動車システムは、多数の実走行を行なっているプローブカーとしての一面を持ち、実際の交通流を正確に知る事ができるセンサの一つである。また、特別な機器を設置する必要が無い為、センサの整備されていない道路の状況を取得する事ができ、これは VICS 等の情報提供の地域と幅を広げる事に繋がる。

インターネット自動車システムから見ると、ITS は情報システムの一つである。VICS であれば、ITS 用センサによって収集された情報を基に、高精度の交通情報を生成する情報システムであり、この情報を収集し、インターネットを用いて提供する情報システムを構築すれば、情報通信基盤上の一つの要素として捉える事ができる。

3.6　社会システムとの連携

インターネット自動車システムは、自動車を情報化すると共に、自動車という空間を含めた社会全体の情報化を支援するシステムである。自動車内を情報化する事で、移動中でも情報との乖離を押える事が出来きる。また、移動時に取得できるあらゆる情報を社会にフィードバックできるシステムが、情報通信基盤上に構築される。情報通信基盤に支えられ、自立分散された情報シ

ステムが協調動作を行なう形態を次世代情報システムと位置付ける。将来的には、この次世代情報システムが、社会全体の情報化を実現する。

3.6.1　次世代情報システム

次世代情報システムとは、各々に構築された情報システム間で自由に情報が交換されるシステムである。概念を、図 3.4 に示す。

このシステムではあらゆる情報が共有され、安価な情報を収集することで、高価な情報を生成し、提供する事が出来る。加工された情報、ソース自体の情報の両方がシステム上に存在し、情報は性質のみをシステムに明らかにしてあれば良い。

このシステムを用いて社会全体の要素が持つ情報が共有される事が、社会全体の情報化の実現に繋がる。インターネット自動車システムはこの次世代情報システムの一部と捉える事が可能である。

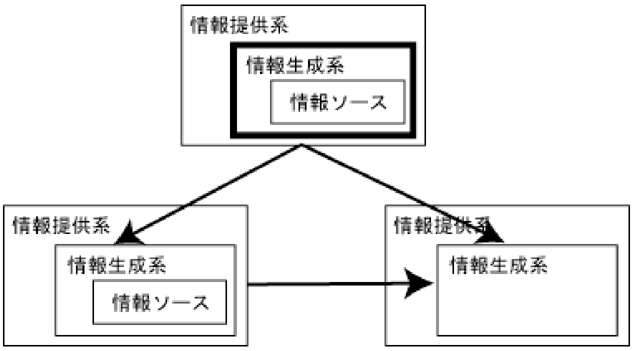

図 3.4: 次世代情報システムの概念図

第4章　インターネット自動車のシステム構成

本章では、インターネット自動車システムを構成する要素について説明する。また、それぞれの要素に対して必要な機能と、解決すべき問題点について整理し、システムの構築可能性を考える上で検証すべき項目を述べる。

4.1　インターネット自動車

本研究ではインターネット自動車を、インターネットとの接続性を有する計算機と、何らかの情報を収集する事ができる機器を有した自動車とする。

インターネット自動車システムとは、インターネット自動車と、情報を生成・提供するインターネット内外の情報システム、及びサービスを享受する利用者が、インターネットに接続されることで形成される情報通信基盤全体を指す。

4.2　インターネット自動車システムの構成

インターネット自動車システムは、情報収集系、情報生成系、情報提供系の3要素から構成される。インターネットに接続され、情報に関する性質をシステムに対して明らかにしている必要がある。

ここでは、システム自体を細分割してブロック化し、それぞれの役割を定義する。これにより各ブロックの独立性を高める事ができる。

システムの構成を検討する為に、最も基本的な情報システムとなる自動車による情報取得・収集の場合を基にブロック化を行なう。

それぞれの系において機能をブロックにした概念を、図4.1に示す。

4.2.1　情報収集系

センサからの情報取得ブロック

センサ機器や他の情報システムから提供された情報を取得するブロックである。

センサ情報の精度向上・補完ブロック

センサから取得した情報の価値を高めるシステムがある場合にはその処理を行ない、情報の精度を高める。また、状況により取得出来なかった部分の情報を補完するなどして連続情報の収集を支援するブロックである。

例を挙げると、地理的位置情報の補正情報取得やマップマッチング等の技術や、速度と時間による単位時間の移動量等である。

情報の正規化ブロック

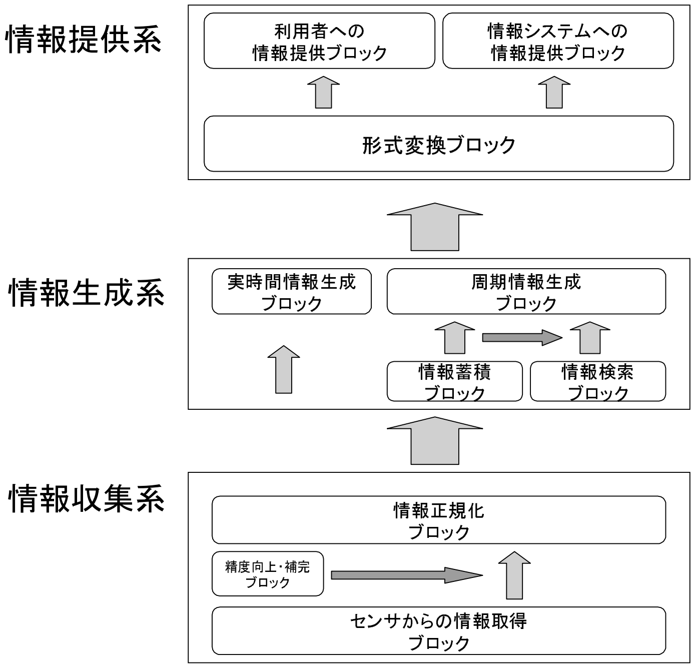

図 4.1: ブロック化した概念図

自動車には、用途に応じて様々な車種が存在する。それぞれに扱う情報は異なり、観測に使われる機器や方法にも違いがある。取得した情報に対し、これら機器の差異やセンサの性能によるばらつきを無くす事で、スムーズな情報の共有を可能にするブロックである。

4.2.2 情報生成系

実時間情報生成ブロック

収集された情報を元にして、実時間に基づく情報を生成するブロックである。最も生の情報に近く、現在位置の取得など、刻一刻と変化する情報に対する要求に応える情報を生成する。

自動車内におけるインフォメーションパネルに表示される速度・エンジン回転数や、カーナビゲーションの自車位置表示のための情報などがこれに該当する。

情報の蓄積ブロック

情報を蓄積する事で意味のある情報を生成する為のブロックである。自動車の保有する情報を、連続した情報群として利用したいという要求に応える情報を生成する。

過去の走行履歴や、区間における旅行時間、走行距離などの情報などがこれに当たる。

情報の検索ブロック

情報群にあるキーを与えて検索を行なう事で意味のある情報を生成する為のブロックである。自動車の持つ情報をあらゆる次元で検索を行ない、必要な情報種別の情報を取得した

り、特定の条件を満たした情報を取得したいという要求に応える情報を生成する。

基本的な検索のキーとなるものを以下に示す。これらは組み合わせてさらに複雑な検索も行なえる。

- 識別子
- 時刻
- 時間範囲
- 地点
- 地理的範囲
- センサ値

検索対象には、現時点での情報と、前述の蓄積情報がある。この処理により、「自分に最も近い友人の車の位置の情報」や、「ここ数時間にこの道路を通過した自動車の台数情報」といった情報を生成できる。

周期情報生成ブロック

前述の情報の蓄積・検索などから、周期的な情報を生成する為のブロックである。長期的に取得されたセンサの情報を平均化したり、偏差を調べるなどで価値のある情報の生成を行なう。

具体的には、ワイパやライトの動作量の平均化を行なう事で降雨情報や日の出/日の入り情報を生成したり、速度と移動距離から渋滞情報を生成する事が可能となる。

4.2.3 情報提供系

形式変換ブロック

情報収集系によって取得された加工前の情報や、情報生成系によって加工された情報を、ニーズに沿った形式に変換するブロックである。具体的には数値データを可視化するなどの処理を行なう。

利用者への情報提供ブロック

自動車の車内や、インターネット上の利用者に対し、利用機器に応じた提供を実現する。

情報システムへの情報提供ブロック

生成された情報を、他の情報システムへ提供するシステムである。こうして提供された情報は、他の情報システムの収集系により取得され、さらに加工が施される。こうした階層構造により、あらゆる要求に対応できる。

4.3 検証項目

インターネット自動車システムによる情報通信基盤の構築、及び自動車の情報化の可能性を検証するために必要な項目を整理する。

検討項目は、大別して社会的要素と技術的要素に分割した。整理した検討項目を表 4.1 に示す。

表 4.1: 検証項目

			実証実験 (5 章)	システムモデル (6 章)	今後の課題
技術	情報収集	情報取得	○	○	
		精度向上	○		
		正規化	○		
	情報生成	実時間情報	○		
		情報蓄積	○		
		情報検索	○		
		周期情報			○
	情報提供	形式変換	○		
		利用者提供	○		
		システム提供			○
	通信	信頼性		○	
		速度		○	
		コスト		○	
社会	効果	車両情報	○	○	
		交通情報		○	
		周辺情報			○
	コスト	導入コスト			○
		運用コスト		○	
	ニーズ	プライバシーの保護		○	
		サービス品質の予約			○

実証実験による検証

5章では、実際に常時接続や移動の隠蔽技術、通信機器の切替え技術などによって、インターネット上で自動車の情報を利用、及びインターネット上の情報を自動車内で利用が実現可能かどうかを検証する。

具体的には、既存の技術によってインターネット自動車の実験システムを構築し、システムが実際に稼働し、情報の収集、生成、提供が実現可能であることを検証する。

システムモデルによる検証

6章では、インターネット自動車システムによる情報通信基盤の実現が可能かを検証する。

具体的には、既存の通信技術及び将来の通信技術の動向の整理による、情報通信の展望を整理する。また、社会ニーズに応えるための技術の導入コスト、ITSや他のシステムとの連携やコスト比較を行ない、インターネット自動車システムによる情報通信基盤の構築実現できることを検証する。

第5章　実証実験による検証

本章では、インターネット自動車システムの実証実験について述べる。実験を行なったシステムの構成と、各技術の内容及び結果について説明し、各技術の同時運用による成果を整理する。そして実証実験による検証結果を述べる。

5.1　インターネット自動車に関する研究

現在、慶應義塾大学インターネット自動車研究コンソーシアム、WIDEプロジェクトインターネット自動車分科会では、インターネットに接続された自動車を基盤とした移動体通信環境に関する研究を行なっている。その過程において、物理層からアプリケーション層までの各層で移動に関する技術を包括し、それらを組み合わせた実験環境の構築・運用が行なわれている。

主な実験・分野は以下のようなものである。

車載計算機
自動車が収集できる情報を集めて正規化し、自動車とインターネットを接続することで情報の共有を図るために必要な計算機について検討する。

基盤ソフトウエア
インターネット自動車システムに必要な要求事項を整理し、車載計算機に要求されるオペレーティングシステムのアーキテクチャを検討する。

通信アーキテクチャ
自動車とインターネットを接続するデバイスに必要な要求事項を整理し、状況に応じた機器の切替えや不安定な通信路での利便性向上のためのアーキテクチャを検討する。

GNSSインフラストラクチャ
GNSSの精度向上の為の情報を、インターネットを介して配送するシステムおよびアーキテクチャを検討する。

地理的位置情報システム(Geographical Location Information(GLI)[11]-system)
インターネット上において実世界のオブジェクトを取り扱う為の地理的位置情報を管理するシステムについて検討する。

アプリケーション
インターネット自動車システムにより実現されるネットワーク環境及び車内環境において必要となるアプリケーションやサービスを検討する。

インターネット自動車ではこれらの技術によってインターネットにおける移動体通信の実験環境を構築している。現状での実験システムの概要を図5.1に示す。

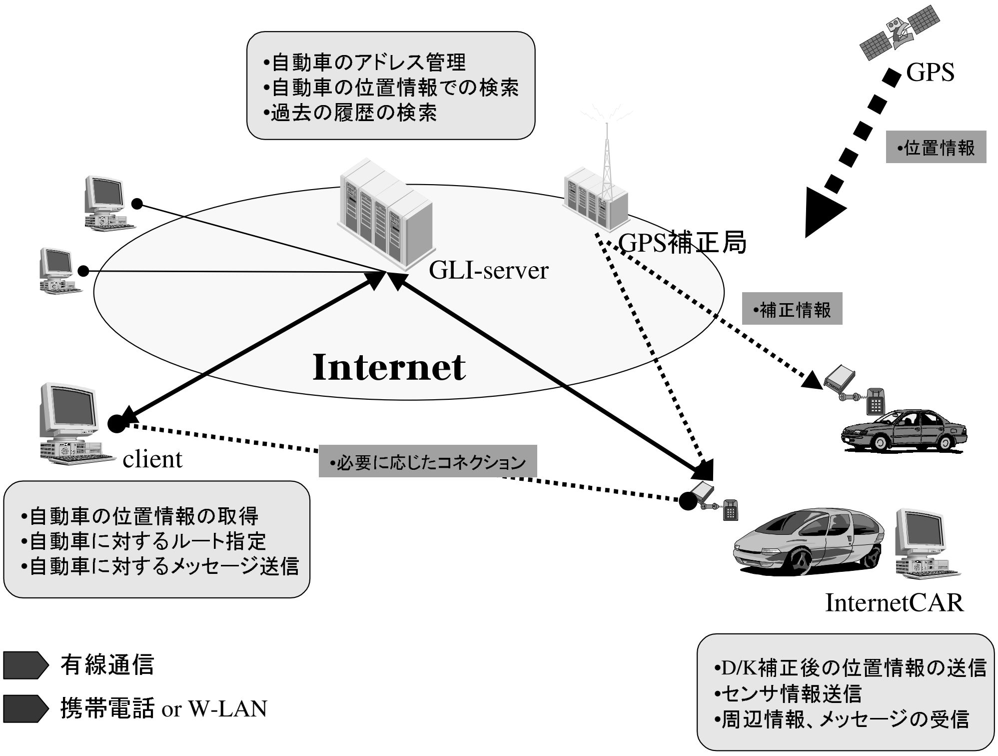

図 5.1: インターネット自動車システム概要

5.2　実証実験概要

実証実験では、実際に三台のインターネット自動車を用意し、いくつかの条件で実験システムを構築し、実験を行なった。以下にその概要を述べる。

5.2.1　専用車載計算機 (SIC2000) と車載オペレーティングシステムの開発

実証実験では、自動車による情報の生成に、インターネット自動車用に設計されたハードウエアである SIC2000[12] と、SIC2000 上で動作するオペレーティングシステムを用いた。

SIC2000 は、インターネット自動車に搭載される事を前提として開発された専用車載計算機である。本体とコントローラ部から構成されている (図 5.2)。本体は、MIPS VR4300 ベースの計算機となっており、耐振動性から記憶装置にハードディスクはなくフラッシュメモリを用いるなど、自動車内という特殊な環境での使用に耐えるように設計されている。また、様々な実験ができるように複数のインターフェイスを持っている。主な仕様を表 5.1 に示す。

コントローラ部は、LED と 6 つのスイッチが備え付けられ、文字の表示や搭乗者からの入力を受け付ける事が可能である。自動車のダッシュボード内に設置できるように設計されている。実際に自動車のダッシュボードに設置した様子を図 5.3 に示す。

この SIC2000 に NetBSD を移植し、インターネット自動車システム用の各種アプリケーションを実行させる事で実証実験を行なった。

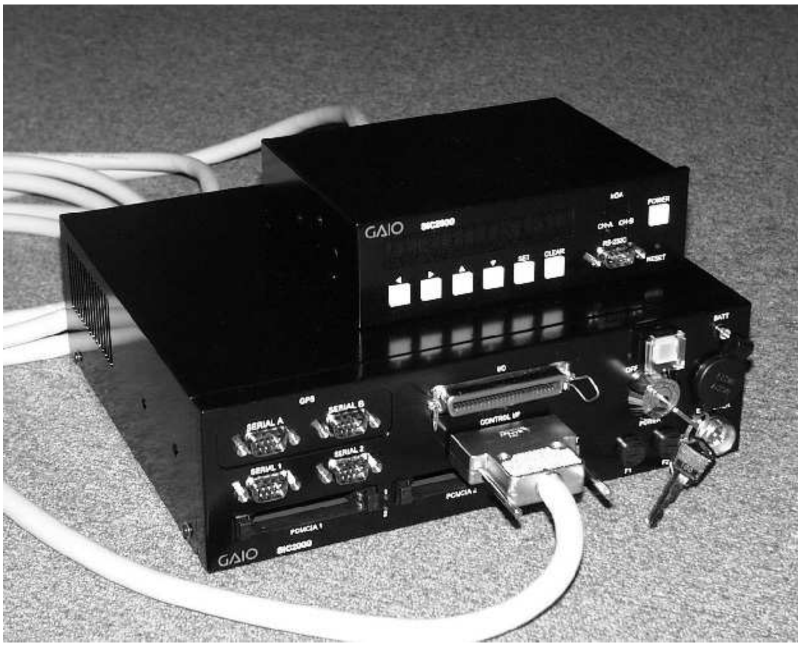

図 5.2: SIC2000 外観

表 5.1: SIC2000 本体ハードウェア構成

CPU	VR4300
メインメモリ	DIMM (64MB)
起動プログラム格納装置	EPROM (512KB)
オペレーティングシステム格納装置	FROM (8MB)
システムバス	ISA バス
シリアルインタフェース	RS-232C(4 個), RS-422
ネットワークインタフェース	10BASE-T
拡張スロット	PCMCIA 4 スロット

図 5.3: 設置されたコントローラ部 (中央)

5.2.2 D/K-GNSS 基地局の設置と補正情報配送システム

既存の GNSS では、車両に搭載されている GNSS 受信機は単独で測位を行なう。この時に用いる衛星からの情報には予め誤差が含まれている為、数 100m の誤差を含んだ位置情報しか取得する事ができない。

地理的位置情報の正確な取得は、インターネット自動車には重要な要素である。高い精度で自動車の地理的な位置を取得することで、交通状態を把握することが可能となる。

精度を高めるためには、予め正確な位置が分かっている場所で測位し、位置のずれを補正情報として GNSS 受信機に知らせる必要がある。これを実現しているのが D/K-GNSS 技術である。

実証実験では慶應大学湘南藤沢キャンパス内に D/K-GNSS 基地局を設置した。そこで補正情報を生成し、インターネットを用いて配送する GNSS システム [13] のプロトタイプを設計・実装し、自動車の位置精度の向上を行なった。

GNSS プロトタイプの基本構成を図 5.4 に示す。

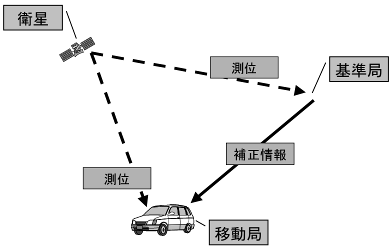

図 5.4: GNSS システム構成

図 5.5 は、基地局の GNSS 受信アンテナである。自動車で用いた GNSS アンテナは図 5.6 である。

図 5.5: 基地局用に設置したアンテナ

図 5.6: 自動車の GNSS アンテナ

5.2.3　ネットワーク環境

ネットワーク移動時の継続した通信環境や、将来的な通信機器の性能を想定したサービスやアプリケーション実験の為に、キャンパス内に複数設置した無線LAN(IEEE802.11準拠)基地局と、ブリッジ接続が可能なアクセスポイントを敷設した。これによりインターネット自動車はキャンパス内周回道路を走行中に、広帯域(約2Mbps)かつ低遅延な通信路を利用することが可能となる。

実際の敷設には、まず無線LAN基地局を基幹LANに接続し、アクセスポイントをキャンパス内の研究棟の屋上に2つ設置した。アクセスポイントと基地局の間は無線ブリッジによって通信が行なわれる。その上で、周回道路を走行するインターネット自動車からの通信状況を調査し、効率的なアクセスポイントの設置場所を検討した

その結果、図5.7のような設置位置で、周回道路の半分以上を通信可能領域にする事が可能となった。ここでAP-10Dはアクセスポイントを示し、WB-10Dは無線LANのブリッジを示す。

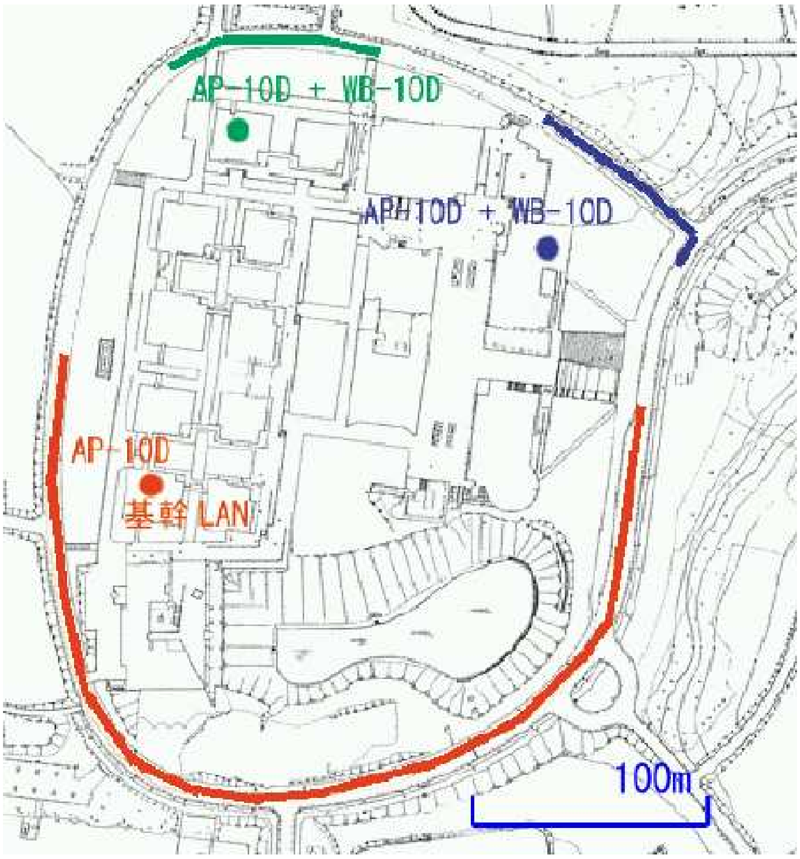

図5.7: キャンパス内の無線LAN予備調査結果

また無線LANの他に、複数通信機器の切替え実験を行なう為、9600bpsの携帯電話を利用した。これは学内に設置されたPPP[14]のアクセスポイントにダイアルアップ接続して利用した。

実証実験では、通信機器の切替えが発生する環境を形成するため、周回道路の西側部分が、無線LAN通信可能領域となるように敷設を行なった。図5.8に、実証実験時の無線LAN通信可能領域を示す。

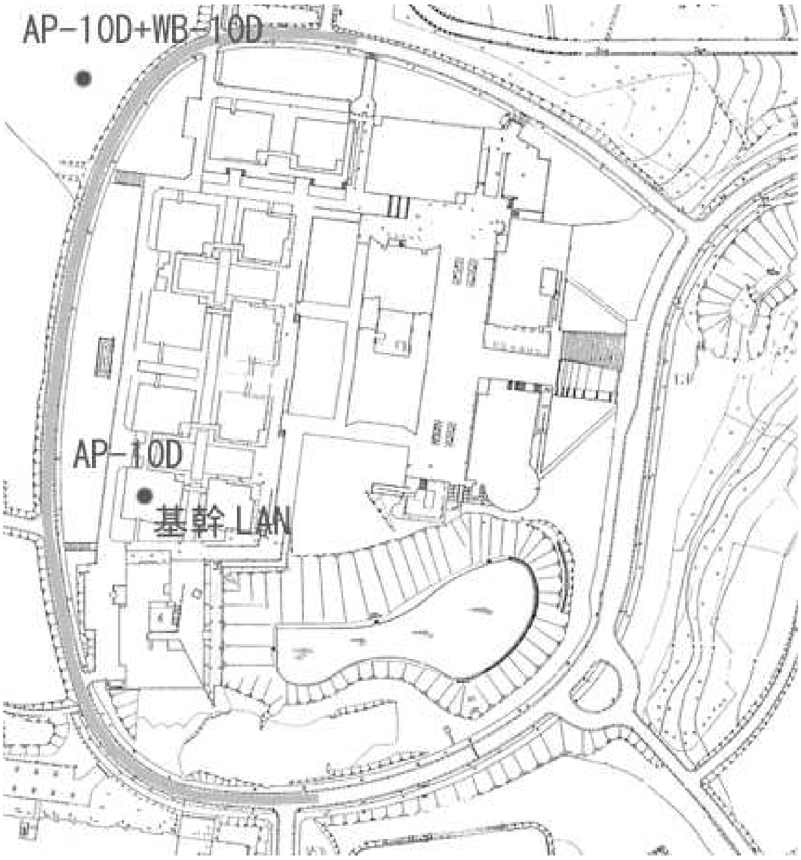

図 5.8: 実証実験時の無線 LAN 通信可能領域

5.2.4　通信機器切替え

将来的にインターネット自動車システムは、コストやニーズに応じて複数の通信機器を切替えて [15] 利用すると想定する。この場合、普段は携帯電話を用いて通信を行ない、無線 LAN が利用可能な状況の場合には、無線 LAN を利用するというように、通信機器を状況に応じて自動的に切替える機構が必要となる。

実証実験では、無線 LAN を広帯域低遅延な通信機器、携帯電話を狭帯域高遅延通信機器とした。無線 LAN 通信可能領域では無線 LAN を利用し、それ以外の状況では携帯電話を利用するように、動的に通信機器を切替えて常時通信を実現した。

実際の切替えには、MIBsocket[16][17] という、機器内の情報を取得する機構を用いた。この機構により、状態変化を取得し、機器の切替を行なうソフトウエアを開発し使用した。

実証実験ネットワークの環境を、図 5.9 に示す。網掛けの部分が無線 LAN 利用可能領域、それ以外の部分は携帯電話の利用領域である。インターネット自動車はキャンパス内周回道路を走行し、通信機器切替えを行ないながら通信を継続する。

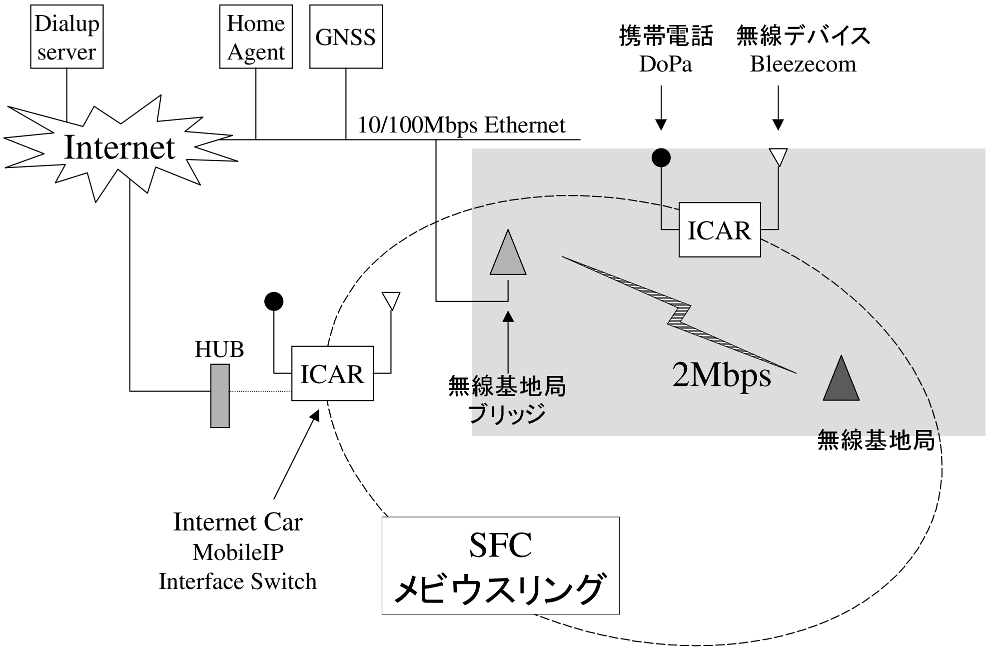

図 5.9: 実証実験ネットワーク

5.2.5　MobileIP

インターネット自動車をインターネット上の一つのエンドノードとして認識し、唯一不変に識別する事は、システムの重要な要素である。

また、移動中の通信機器切替えによりIPアドレスの変化等が生じた場合でも、通信相手を識別し、通信可能な環境が必要となる。

実証実験ではこの問題を解決する為に、NECM[18]で実装されたMobileIPを利用した。

5.2.6 地理的位置情報(GLI)システム

自動車の地理的な位置情報を、取得するセンサ情報と併せて登録し、地理的位置情報を用いた情報の検索を可能とするのが、地理的位置情報システム[11](以下GLIシステム)である。

インターネット自動車では、自動車の持つ位置とセンサ取得情報を、識別子(FQDN:完全識別子)と共に登録し、自動車の識別子や地理的な位置、地理的な範囲をキーとした検索が可能となっている。

GLIシステムの構成を図5.10に示す。GLIシステムは、エージェント、サーバ、クライアントから構成されている。まず、自動車の車載機上で動作するエージェントが、GNSS等の地理的位置取得機器で取得した緯度・経度・高度と、各種車両センサによる車両状態情報を、識別子と共にGLIデータとしてサーバへ送信する。これを受けたサーバは、GLIデータをデータベースに登録し、クライアントからの要求に応じて識別子や地理的位置による検索を行ない、その結果を返す。

実証実験ではこのGLIシステムのプロトタイプを用いて自動車の情報の登録・検索を実現した。

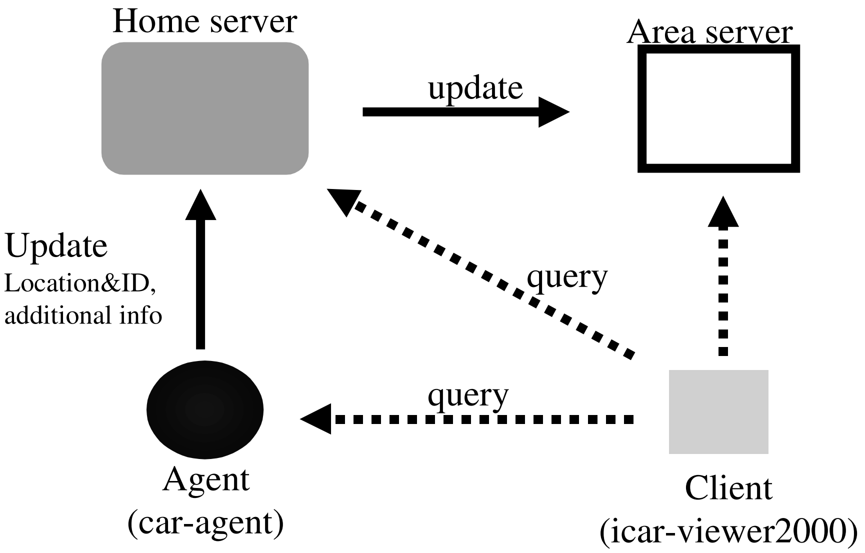

図5.10: GLIシステム構成

5.2.7 アプリケーション

実証実験では、前述のGLIシステムを基にアプリケーションを開発し、インターネット自動車システムによるサービスとアプリケーションの稼働実験を行なった。アプリケーションは、そのリアルタイム性や複数台からの情報生成という評価項目を検討し、GLIサーバに検索要求を出すものと、直接車載機のGLIエージェントに情報取得を要求するものを用意した。

検索要求型

検索要求型アプリケーションは，以下のような手順で実行される。

1. ユーザが検索の種類を選択する
2. ユーザが検索の種類に応じて入力インタフェースを表示する
3. 検索に必要なパラメタをキーボードまたはマウスを使用して入力
4. 検索要求をパケット化する
5. サーバに送信し、結果の応答を待つ
6. 応答を受信し、あれば画面にプロットして表示する

リアルタイム型(直接取得型)アプリケーション

リアルタイム型アプリケーションでは，以下のような手順で実行される。

1. エージェントを指定する
2. 検索要求をパケット化する
3. エージェントに接続する
4. 応答を連続受信し、画面にプロットして表示する
5. 停止制御パケットを送信して終了する

実証実験で扱ったデータの形式を、図5.11、図5.12、および図5.13に示す。

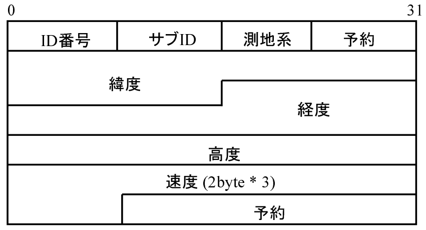

図 5.11: GLI のデータフォーマット (識別子)

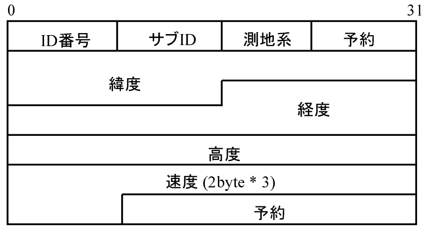

図 5.12: GLI のデータフォーマット (地理的位置情報)

図 5.13: GLI のデータフォーマット (センサ情報)

5.3 実証実験結果

前述の車載機を搭載した 3 台のインターネット自動車を用意し、実験システムを用いた具体的な目的を持つクライアントアプリケーションを作成し、実証実験を行なった。

エージェントからのサーバに対するデータの送信、クライアントからの検索要求処理、検索と応答が正しく動作する事が確認できた。以下にそれぞれの実験項目及びアプリケーションの結果について述べる。

5.3.1 自動車の地理的位置情報による走行軌跡図の作成

インターネット自動車によって、サーバに登録された地理的位置情報から、補正情報によって精度向上されたものを選択し、走行軌跡図を作成するアプリケーションを作成し、自動車の地理的位置がどの程度正確に取得できるかを測定した。

湘南台周辺から慶應大学の間を、Differential 補正を携帯電話を用いて取得して 3 時間程度走行した記録を走行軌跡にしたものを図 5.14 に示す。

比較の為に湘南台-大学近辺の地図を図 5.15 に示す。比較的短時間の走行記録から、道路の識別が可能な程度の走行軌跡が得られる事が実証された。

また、地図の一部を拡大する事で、どの程度まで走行軌跡の識別が可能かを検証した。拡大エリア指定は図 5.16、実際の拡大図は図 5.17 である。結果、車線の識別は十分に可能である事が実証された。

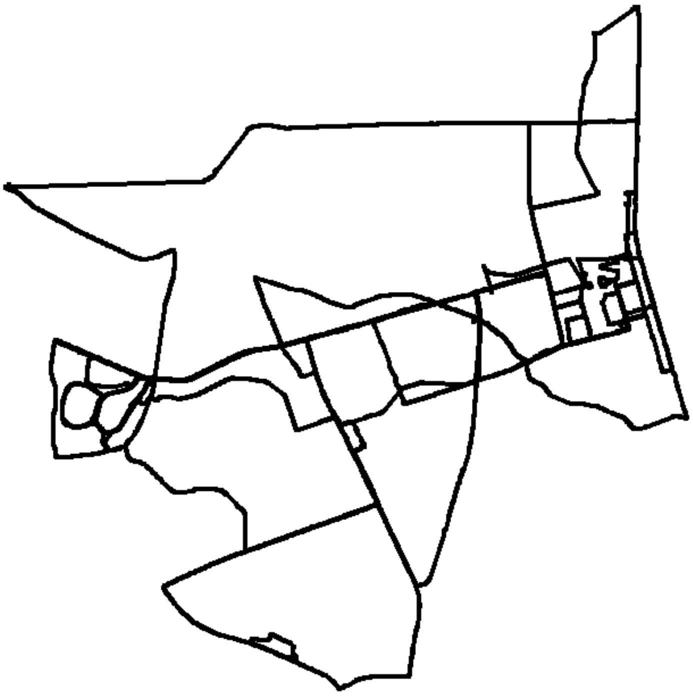

図 5.14: 湘南台-大学間周辺走行軌跡図 (Differential 補正有)

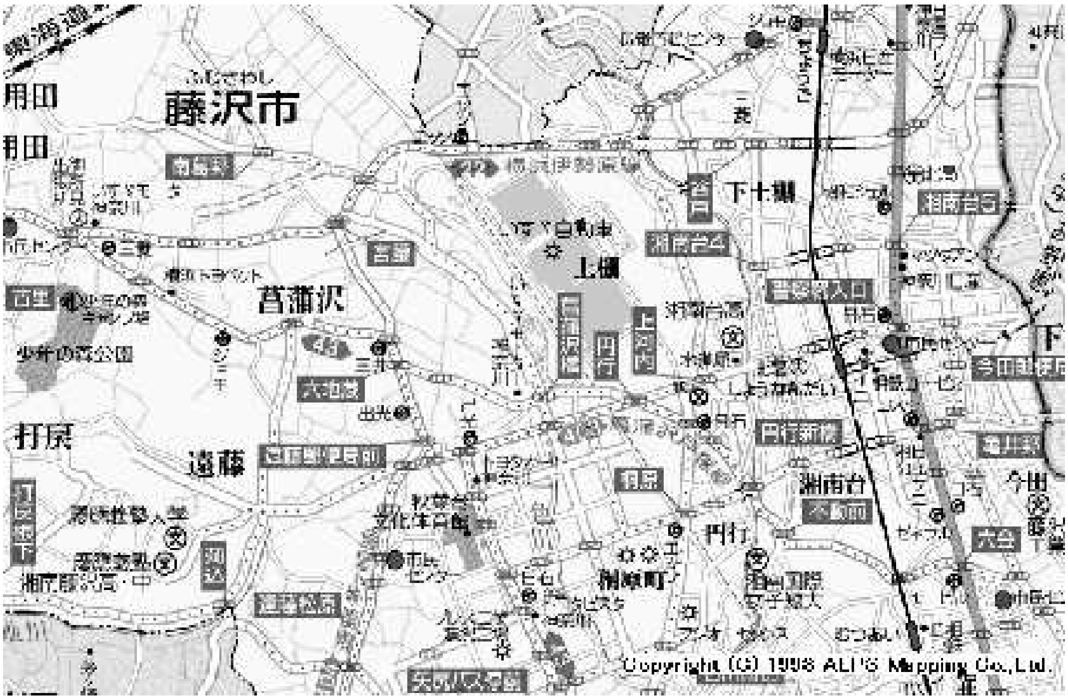

図 5.15: 湘南台-大学間周辺地図

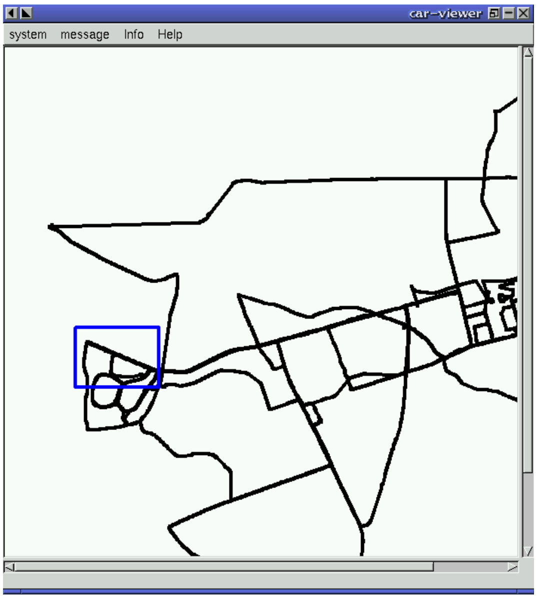

図 5.16: 拡大エリア指定図

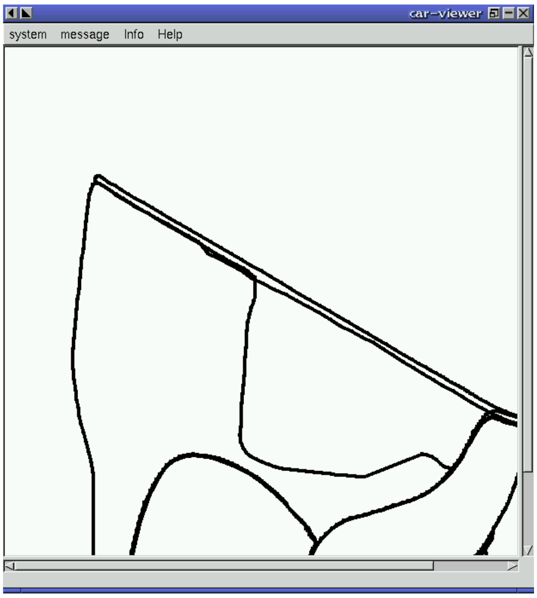

図 5.17: 車線軌跡拡大図

また、同様にして大学内の周回道路では RTK により補正された位置情報を選択してプロットした。道路の内側と外側が正しくポイントされた図を作成する事ができた。

5.3.2 GNSS 補正情報の取得状況

実証実験において、インターネット自動車は 1 秒間隔で、GNSS 補正情報を基地局から取得した。図 5.14 の湘南台周辺から大学間の走行記録における Differential 補正情報の取得状況を、表 5.2 に示す。

表 5.2: Differential 補正の成功数

補正情報要求回数	12442 回
補正情報取得回数	8617 回
単独測位回数	1189 回
衛星捕捉失敗回数	1850 回
補正成功率	69.3%
衛星捕捉成功率	85.1%

また、インターネット自動車の GNSS 受信機が捕捉している衛星数と Differential 補正の成功の相関を求めた。図 5.14 の湘南台周辺から大学間の走行記録における、GNSS 衛星の捕捉数による補正成功状況を表 5.3 に示す。また、グラフにしたものを図 5.19 に示す。

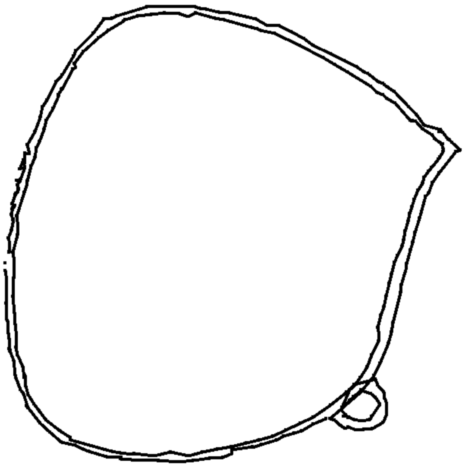

図 5.18: SFC 外周計測図 (RTK 補正)

表 5.3: 衛星の捕捉数による補正成功状況

衛星捕捉数	成功回数	失敗回数	成功率
3	743	156	82.6%
4	1923	300	86.5%
5	1480	363	80.3%
6	1528	226	87.1%
7	1718	107	94.1%
8	1226	29	97.7%
9	597	8	98.5%
10	140	0	100%
11	39	0	100%
12	6	0	100%

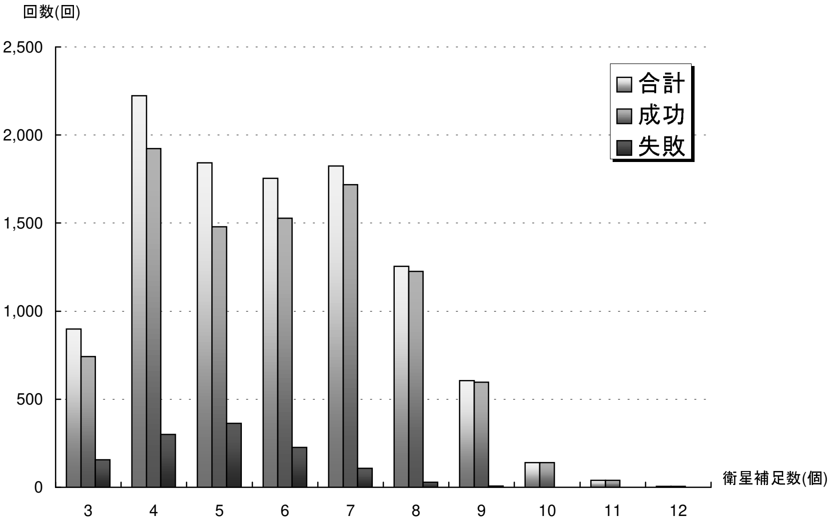

図 5.19: 補正成功状況グラフ

5.3.3 自動車の地理的位置情報による検索

検索要求型のアプリケーションとして、GLI システムに識別子、地理的位置、地理的範囲等をキーとして検索要求を行ない、検索結果をグラフィカルに表示するアプリケーションを作成した。GLI システムが処理可能な検索パターンは以下の通りである。また、これらの組み合わせによる検索も可能である。

- 識別子からの検索
- 識別子指定による履歴検索
- 最近接エンティティ検索
- 地理的範囲検索
- 時間範囲検索

位置の指定は画面上で視覚的に行なえる (図 5.20、図 5.21)。

5.3.4 インターネット自動車のリアルタイムモニタリング

リアルタイム型のアプリケーションとしては、インターネット自動車のリアルタイム位置表示アプリケーションを作成した。このプログラムはインターネット自動車内の GLI エージェントと

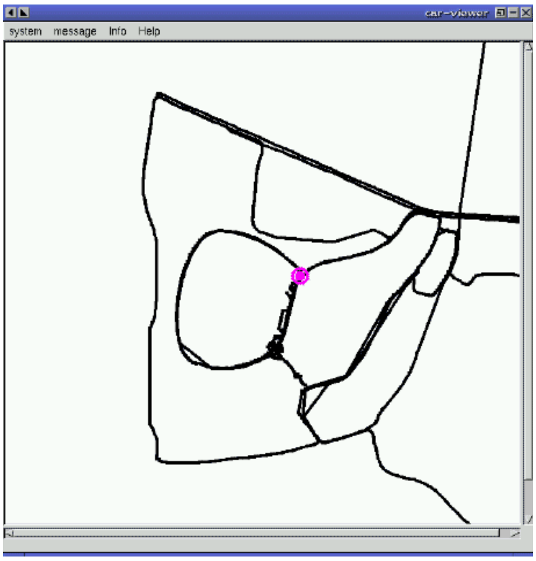

図 5.20: 識別子による検索結果画面

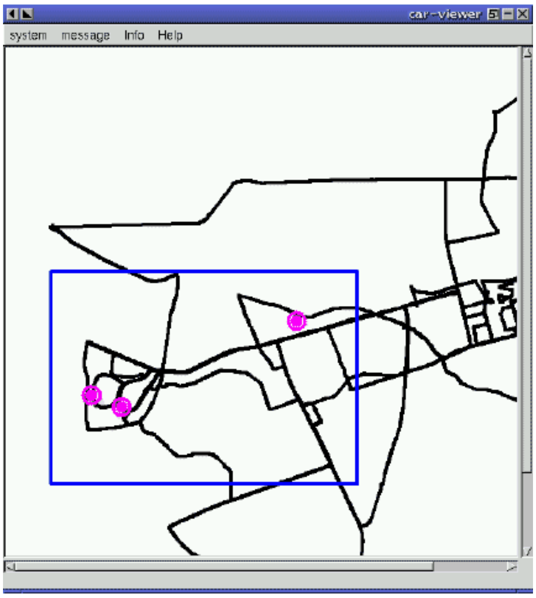

図 5.21: 地理的位置範囲による検索結果画面

直接通信を行ない、GLI データを取得する。実験の結果、携帯電話利用時でも毎秒の情報更新が可能であることが分かった (図 5.22)。

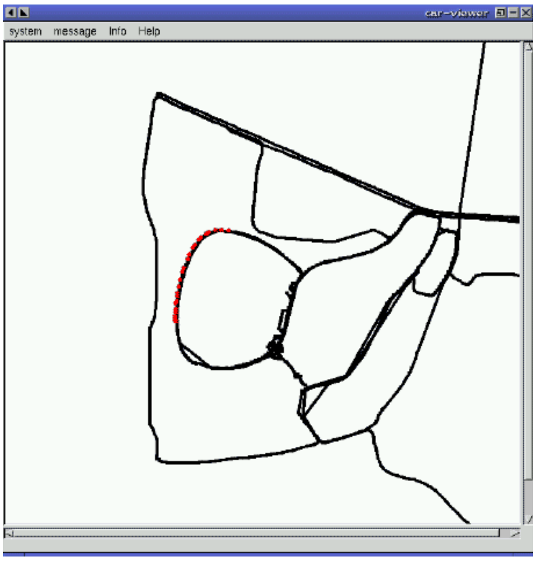

図 5.22: モニタリング実行画面

5.3.5　通信基盤

キャンパス内での、無線 LAN と携帯電話を動的に切替えてネットワークへの接続性を確保する実証実験を行なった。MobileIP は NetBSD での実装が無かった為、FreeBSD 版からの移植を行なった。通信機器の切替えに用いる MIBsocket も同様に、FreeBSD からの移植である。また、iijppp,dhcpc も併せて NetBSD への移植を行なった。

通信基盤の実証実験の結果は表 5.4 に示す。

表 5.4: 通信基盤実験の結果

MobileIP	○
通信機器切替え	△
DHCP	○
PPP	○
MobileIP と通信機器切替え連係	×

MobileIP、PPP、DHCP による通信実験は成功した。通信機器切替え時の挙動と、通信機器切替え時の MobileIP との連係動作に関する問題点は以下の通りである。

通信機器切替え時の問題

通信機器の切替では、リンクの状態によって機器の切替を行なう。実証実験では無線 LAN 機器を SIC2000 のイーサネットインターフェイスに接続して利用した。この無線 LAN のリンク状態を取得する為に、定期的に SNMP で問い合わせを行なった。

この時、どれくらいの頻度で問い合わせを行なうかにより切替が可能となる自動車の速度が変動する。問い合わせ間隔が短い場合は電波の境界で頻繁に切替が起こり、通信不能に陥る。一方、問い合わせ間隔が長い場合は切替えに時間が掛かり、通信不可能な時間が生じる。

解決には、通信機器の特性に応じた設定の最適化と、車速に応じた動的な問い合わせ頻度の変更が必要となる。

移動体通信技術統合時の問題

SNMP でリンク状態の問い合わせを行なう為に、無線 LAN 側のプライベートアドレスを ifalias した。このアドレスを MobileIP が CoA と認識してしまい、MobileIP と通信機器切替の連係では不具合が生じた。これは MobileIP の実装が 1 つのインターフェイスに複数アドレスが割り当てられる事を想定していなかった事が原因であった。

今回の実証実験で、既存のインターネット移動体通信技術の統合時には、様々な問題点があることが明らかになった。それぞれの技術は特定の環境を前提としている為であり、インターネット自動車システムで用いる場合には、それらを見直す事が必要となる。

5.4 検証結果

実証実験によって検証された結果を、以下に示す。

5.4.1 技術的要素

情報収集系

センサからの情報取得ブロック

SIC2000 により自動車に設置されているセンサから情報を取得し、位置情報のマッピング及び速度、ライト、ワイパの状態表示アプリケーションを作成した。その結果、車両の位置、速度などの情報取得が可能であることが確認できた。このことから、より一般的なセンサからの情報取得も実現可能である。

センサ情報の精度向上・補完ブロック

実証実験では、インターネットによる D/K-GNSS 補正情報の取得を行ない、自動車の地理的位置情報の精度を向上させることが実現できた。具体的には、補正後の車両の軌跡を描画するアプリケーションを作成し、実際の地図と照らし合わせ、位置情報の精度を検証した。この結果から、情報システムからの支援を受け、センサ情報の精度を向上することは、技術的に可能であることが確認できた。

また、カーナビゲーションなどが用いているシステムの応用も可能であり、今後はこういった精度向上インフラストラクチャの整備が進むと想定される。

情報の正規化ブロック

実証実験では、自動車の速度を得る際に、車両の車軸回転パルス信号から速度への正規化を行なった。実験では、利用した3台の車両の違いを吸収し、ライトやワイパなどのセンサは、その動作状態により段階を設けて情報を蓄積した。

このことから、実際の利用の際には機器の測定誤差を正規化し、利用することが可能であることが検証された。

情報生成系

実時間情報生成ブロック

実証実験では、自動車内で一秒間隔で車両情報を生成し、リアルタイムの車両情報モニタリングを実現した。このことから、実時間情報生成ブロックによって実時間情報が生成でき、それが利用可能であることが検証された。

情報の蓄積ブロック

実証実験では、GLIシステムによって、自動車の持つ情報を一秒間隔で蓄積することが実現できた。1回の情報登録時のデータ量はおよそ100バイトであった。実際の運用では、これほど高頻度で情報を蓄積する需要は少ないと想定され、蓄積されるデータ量は、常識的な範囲に収まると考えられる。

このことから、自動車の情報を蓄積して情報を生成することは可能であることが検証された。

情報の検索ブロック

GLIシステムを用いて、識別子、時間、位置による検索が実現できた。このことから、さらに複雑な検索機構を用いた高度な情報生成も技術的には可能であり、情報検索による情報生成が可能であることが検証された。

情報提供系

形式変換ブロック及び利用者提供ブロック

実証実験では、自動車情報を全て計算機の画面上に可視化して表示した。毎秒更新による可視化も技術的には問題が無かった。このことから、自動車内での情報利用など、環境に応じた形で情報の提供が可能であることが実証された。

このことから、利用機器に応じて形式を変換することは可能であることが検証された。

5.4.2 社会的要素

インターネット自動車による効果

車両情報による効果

実際に自動車の情報を、外部から利用できることが確認できた。

実証実験の環境では、自動車の地理的位置は、1m程度の精度で取得することが可能であった。アプリケーションを介してこれらの情報を利用した結果から、自動車の詳細な挙動や道路の車線などを取得するには十分であることが分かった。地図でない部分を走行していても

正確な位置を取得できるため、駐車場や細街路においても、情報を取得し続けることができた。これを利用して自動車の状態管理を実現することが可能であると確認できた。

また、車両単位の走行履歴から、識別子や地理的位置等での条件検索ができ、インターネットを介しての利用が出来ることが実証された。

このことから、インターネット自動車システムによる車両情報利用の効果は、十分にあることが検証された。

第6章　システムモデルによる検証

本章では、インターネット自動車システムによる情報通信基盤の実現可能性を検証する。まず、システムの通信技術への要求を整理し、現在から将来までの通信機器の性能によってシステムの要求を満たす事が出来るかを検証した。また、インターネット技術によってシステムが必要な機能を提供できるかを検証した。さらに、システムの構築による効果をITSやその他の技術と比較した。

6.1　通信技術の検証

6.1.1　情報通信基盤に対する要求事項の整理

自動車とインターネットを接続する通信路への要求を整理する。ここでは自動車の情報を収集・蓄積し、それを基に情報を生成する情報システムを「センタ」、自動車に情報を提供するサービスを行なう情報システムを「情報サービスシステム」とする。

要求は、(a) 自動車 - センタ間、(b) センタ - センタ間、(c) 情報サービスシステム - 自動車間の各通信路毎に分け、それぞれについて通信容量、遅延、実時間性、ジッタを含む通信パラメータについて整理した。

要求事項には、各々に対して数種類の具体的なアプリケーション・サービスを想定した。

車載機-センタ間

自動車が取得したセンサ情報を、蓄積・検索処理によって情報生成を行なう情報システムに登録する際の通信に対する要求を整理した。

自動車からの情報の送信は、自動車の地理的位置情報及び各種センサ情報を定期的 (リアルタイム) に送信する場合や、センタからの要求に応じて情報を登録したり、センサの値によって状態を検知した場合に通信が行なわれる不定期通信が想定される。また、音声による情報の扱いが行なわれる場合も想定される。

詳細を表6.1に示す。車両情報登録は、自動車の実時間情報をセンタへ定期的に送信するアプリケーションである。気象情報登録は、自動車の収集した周期情報をセンタへ登録するアプリケーションである。道路異常通知は、センサにより道路内の異常 (渋滞や事故等) が検知された場合に、その位置と状態をセンタへ送信するアプリケーションである。音声とは、自動車-センタ間で携帯電話程度の品質で音声通信が行なわれる場合を想定している。

センタ - センタ間

自動車の収集する情報を蓄積しているセンタ間の通信、およびインターネット上のデータベースとの相互情報利用を行なう際の通信に対する要求を整理した。

センタ間の通信にはインターネット自動車システムにより収集された情報を直接交換する場合と、加工された生成情報を交換する場合がある。それぞれにおいて、定期的な交換と必

表 6.1: 車載機-センタ間 通信性能

	車両情報登録	気象情報登録	道路異常通知	音声
通信容量	1kbps	1kbps	1kbps	64kbps
遅延	30 秒程度	1 分程度	1 分程度	5 秒程度
通信間隔	30 秒程度	5 分程度	不定期	常時
ジッタ	要求なし	要求なし	要求なし	2 秒程度

要時の不定期交換の場合がある。インターネット上のデータベースとの交換も同様である。

詳細を表 6.2 に示す。自動車情報の交換は、自動車の情報を車両単位で交換する場合である。この表では 1 台分の情報量交換を想定した。加工情報の交換は、収集された情報から生成された情報を交換する場合である。この表では、日本国内の道路状態を交換する場合を想定した (道路の総延長を、交換する 1km 毎に解像度を 256 として情報量を算出)。データベースからの情報取得は、日本国土の気象情報を 5km メッシュ・解像度 256 で表したデータの交換を想定している。

表 6.2: センタ-センタ間 通信性能

	自動車情報の交換	加工情報の交換	データベースからの取得
通信容量	1kbps	8Mbps	3Mbps
遅延	30 秒程度	10 秒程度	1 分程度
通信間隔	不定期	定期	不定期
ジッタ	要求なし	要求なし	要求なし

自動車-情報サービスシステム

自動車がインターネット上の情報サービスを受ける際の通信に対する要求を整理した。

詳細を表 6.3 に示す。車両情報の補正は、前章で行なった位置精度を高める為の、D/K 補正をインターネットを介して取得する場合である。このサービスは、必要とする精度により扱う情報量が変化する為、3 段階に分けて要求を整理している。音楽ストリームは、自動車内にてインターネット上から CD 程度の品質で音楽ストリームを受信する場合である。

6.1.2 現在・将来の通信技術の整理

インターネット自動車システムで利用が可能と考えられる通信機器を表 6.4 及び表 6.5 に示す。

6.1.3 通信技術の検証結果

通信技術

信頼性

通信の信頼性には、通信機器自体の信頼性と、インターネットにおける信頼性がある。通信

表 6.3: 自動車-情報サービスシステム間 通信性能

	車両情報の補正			音楽ストリーム
	補正無し	精度 5m	精度 1m	
通信容量（上/下）	1kbps/ -	1kbps/ 840bps	864bps/ 4200bps	-/ 128kbps
遅延	30 秒	5 秒	1 秒	5 秒
通信間隔	5 秒	5 秒	1 秒	常時
ジッタ	要求なし	要求なし	要求なし	2 秒

表 6.4: 通信機器の整理 (1)

	PDC	PDC-P	PHS	エッジ	CDMA-one	Packet-one	IMT-2000
データ転送速度 (kbps)	9.6	9.6 ~ 28.8	32 ~ 64	64	14.4	14.4 ~ 64k144 ~ 382	
コスト (円/秒またはパケット)	0.25	0.15	0.26	0.22	0.17	0.1	不明
移動耐性	○	○	×	◎	◎	◎	-
通信エリア	全国	全国	主要都市	主要都市	主要都市	主要都市	-
利用可能時期	利用可能	利用可能	利用可能	利用可能	利用可能	利用可能	2001 年実用化

表 6.5: 通信機器の整理 (2)

	デジタル FM(DARC)	ASC(MISTY)	DSRC(ETC)	無線 LAN	MMAC
データ転送速度 (kbps)	6.83(16kbps の内)	100	1M	11M	25-30M
コスト (円/秒またはパケット)	-	-	-	-	-
移動耐性	△	○	-	△	-
通信エリア	都市部	都心部	狭域	狭域	狭域
利用可能時期	利用可能	利用可能	2000 年 3 月	利用可能	2002 年

機器の信頼性は、現在実用化されているものに関しては問題なく利用できるといえる。インターネットにおける信頼性は、使用するプロトコルによって変化し、完全な信頼性を確保するのは難しいが、実用的なレベルでは問題が無いといえる。このことから、通信路における信頼性は、実用的な面では確保されていることが検証された。

速度

現状の移動体通信環境における、データ転送速度は充分であるとはいい難く、サービスの幅を狭めてしまう要素となっている。しかし、将来的には IMT-2000 や MMAC 等の次世代移動体通信システムが利用可能となるため、システムの構築は可能であると推定される。

図 6.1 に、将来の展望も含めた通信機器の特性を示す。電気通信技術審議会によると、2010 年末の移動体通信サービス全体の需要 8100 万人に対し、IMT-2000 の占める割合は 65%とされている。また、MMAC を利用すれば、画像などの大容量のデータをリアルタイムで伝送することができる。これら将来的な通信機器の利用や、従来までの機器との組み合わせにより、より多様なニーズに応じることが可能となる。

このことから、通信技術の進歩に合わせたシステムの構築は可能であることが実証された。

コスト

現状での通信コストは有線に比べ効果である。しかしデータ量に応じた課金システムであるパケット課金方式や、低コスト利用可能な片方向広域通信であるデジタル FM、ASC などを利用したり、情報の種類による通信機器の切替えによって、低減を図ることは可能である。

また、将来的には通信インフラストラクチャの整備が進み、コストが低下すると推定される。

このことから、インターネット自動車システムの無線通信機器による構築は可能であることが検証された。

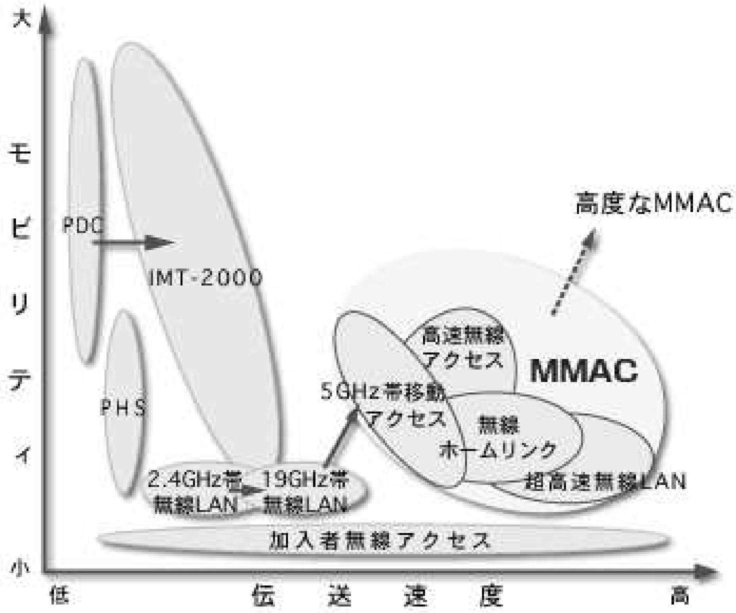

図 6.1: 通信機器の特性 (マルチメディア移動アクセス推進協議会作成)

6.2 システム構築によりもたらされる効果

6.2.1 交通環境の改善

自動車を情報化する事で得られる効果には様々なものがあるが、ここではITS との比較を含め、交通環境の改善への効果を示す。

渋滞解消効果

現在、統計によると、渋滞によって日本全国で年間 53 億時間もの時間が失われている。これによる経済的損失は日本全体で年間約 12 兆円となる。

図 6.2 に、高速道路の渋滞箇所の割合を示す。

この内料金所での渋滞は、料金所の処理能力不足が問題であり、ITS の ETC に代表される自動料金収受システムが有効である。

サグ (道路構造上の下り坂から上り坂への変化点) における渋滞や、合流部は、自動車への速やかな情報伝達によりドライバの運転を支援する事で、解消を図る事が可能である。

ITS による高速道路の渋滞解消効果はおよそ約 7 割とされている。また、VICS の利用率が全国で 30%に達すると全渋滞損失の 6%を削減する事が可能とされている。インターネット自動車システムを用いた場合、VICS に対応していない道路の情報化が可能になり、さらなる渋滞の解消が期待できる。また、リアルタイムに高精度の交通情報を収集可能となるため、ITS 単体よりも効率の良い交通流の分散、管制を行なう事ができる。

経路誘導による交通流の分散 経路誘導効果を示すものとして、情報利用率による各利用層の平均所要時間の変化を図 6.3 に示す。ここでは、縦軸が各利用層における移動にかかる平均所要

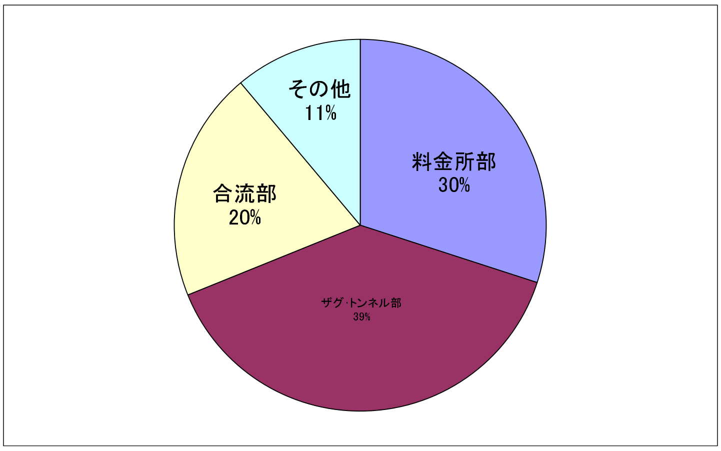

図 6.2: 高速道路における渋滞箇所の割合(「ITS HAND BOOK」より)

時間、横軸が情報の利用率である。ここでは、情報利用層は提供された所要時間情報を全面的に信頼し、それに従うとしている。情報利用層は、経路誘導の情報を基に経路選択を行なう層であり、経験利用層は、あらかじめ混雑すると予想される静的情報を基に経路を選択する層である。経路固定層は、常に同じ経路を選択する利用者である。全体的な交通流の中で、情報利用層の占める割合による所要時間の変化が示されている。

図 6.3 から、情報の利用率が少ない時には情報利用層が絶対的に有利となっており、情報利用率が上がるにつれて各層間の差が次第に小さくなっていくのが分かる。

また、全体としての所要時間が情報利用率が高まるにつれて減少していく。これは経路誘導による交通流の分散により、経路固定層が選択する経路の負荷が分散するからであり、一部の自動車の情報化が進むことで、社会全体に利益があることを示している。

交通事故抑止効果

年間に起こる交通事故の原因のおよそ 50%が、発見の遅れである。インターネット自動車システムによる情報化によって危険箇所、道路の異常などの情報をドライバに伝える事は、交通事故の原因のおよそ半分に効果があるといえる。

交通機関・集配事業の利便性の向上

インターネット自動車システムによって、バス、タクシー等の交通機関を情報化した場合、乗車率や現在位置、待ち時間などの情報をリアルタイムに取得する事が可能となり利便性が向上する。また、集配事業においては車両の管理や、集配状況に応じた管制が実現され、効率的な業務を行なう事が可能となる。また、インターネットを用いて、積荷の現在位置を確認する事が出来る等といった付加価値サービスを行なう事ができる。

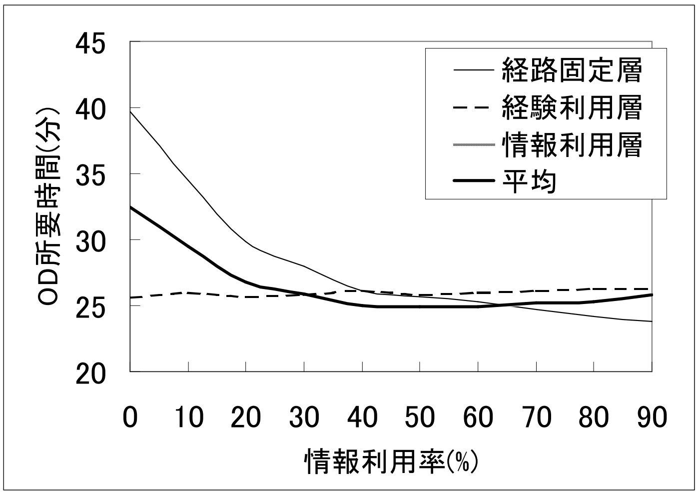

図 6.3: 情報利用率による平均所要時間の変化（『ITS インテリジェント交通システム』より）

6.3 システムの段階構築

6.3.1 必要台数の試算

インターネット自動車システムが情報を取得する為に必要な規模を考える。前提条件として、1km をリンクの間隔とし、リンク内にインターネット自動車が 2 台存在する事でそのリンクの情報を取得する事が可能とする。

東京都 23 区内を想定すると、道路の総延長は 2,631.6km であるから、今現在のリンクを知る為に必要な最低限の台数は、5,263 台となる。

例として、都内のタクシーに車載機器を設置してシステム稼働時の情報収集を行なう事を考えると、都内のタクシーの台数は約 5 万台で、1 台の車両が 1 日 8 時間情報を収集すると考えると、およそ 3 台に 1 台の自動車が車載機器を積めば良い事になる。

6.3.2 システム対応車両の増加モデル

現在までのカーナビゲーションシステム及び VICS ユニットの販売量の推移を、それぞれ図 6.4、図 6.5 に示す。

実際に一般の利用者がインターネット自動車システムを利用しようとした場合、車載機器はカーナビゲーションシステムに追加される形での搭載が現実的である。

現在のカーナビゲーションシステム機器は、インターネット自動車システムの車載機としての十分な能力を持ち、必要な各種センサも共有できる事から、数万円程度の改造で十分にインターネット自動車システムに対応したユニットの搭載が可能となる。VICS ユニットの台数がカーナビゲーションシステムの推移を追従するように増加している事を考慮すると、インターネット自

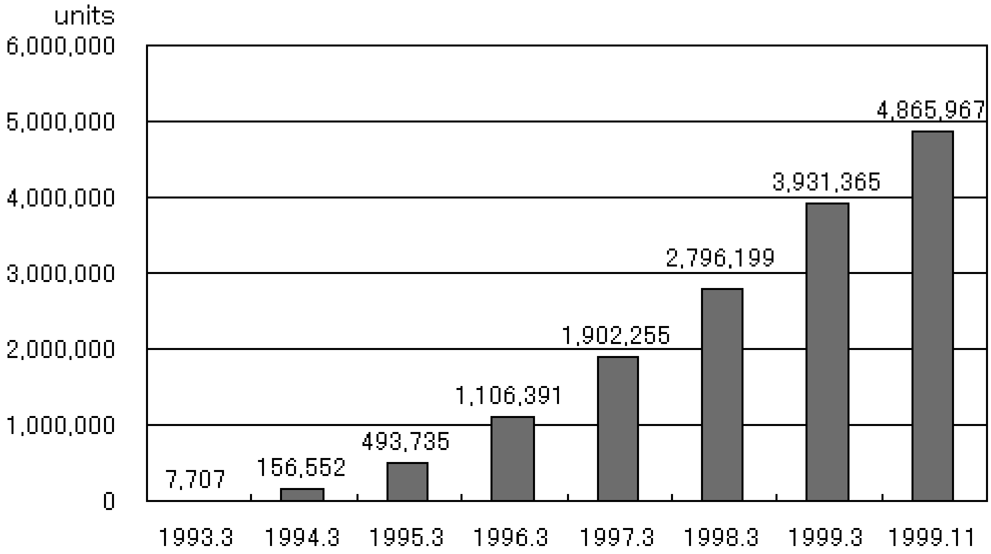

図 6.4: カーナビゲーションシステム台数の推移

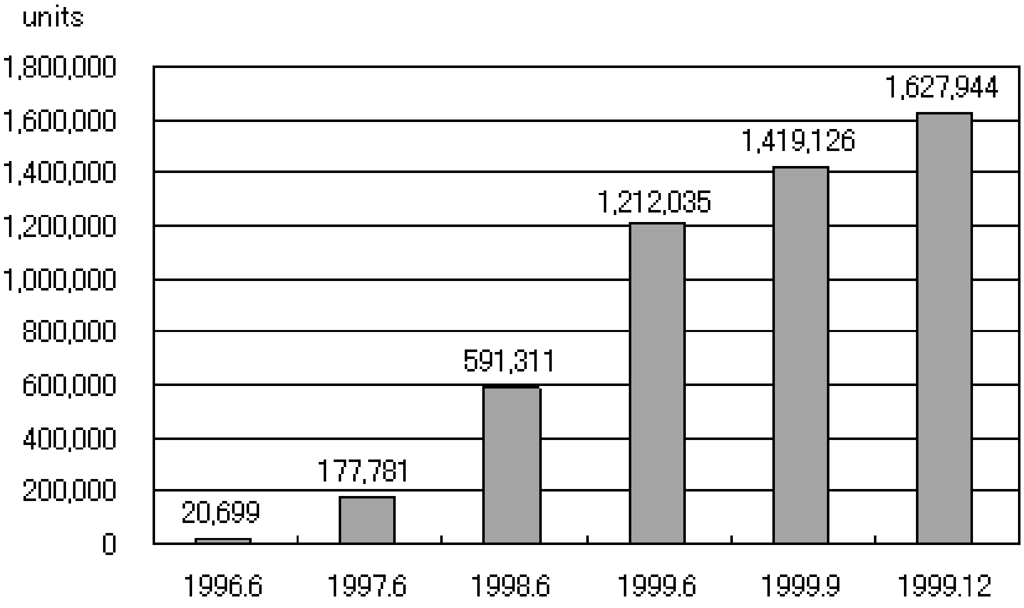

図 6.5: VICS ユニット台数の推移

動車システムが価値ある情報を生成し、提供する事が実証されれば、ユニットの台数がVICSを追従する形で増加していくと想定できる。

また、カーナビゲーションシステムの普及率を将来に渡り展望したグラフを図6.6に示す。

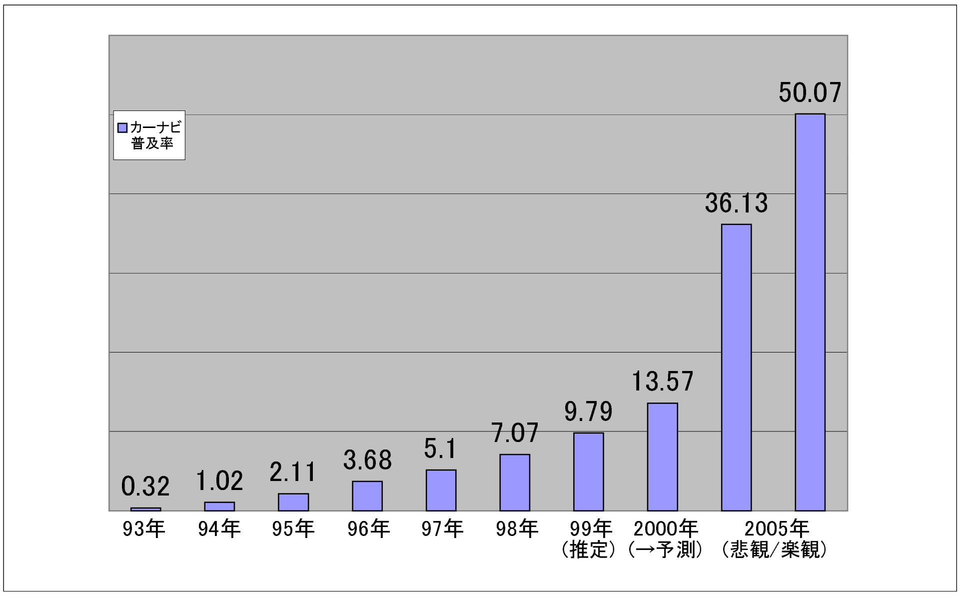

図6.6: カーナビゲーション普及率(電通総研作成)

新しい情報技術の普及は、携帯電話やコンピュータ等のように、ある一定の普及率に達した時点で爆発的な増加を迎える。一般的にこの突破点「クリティカルマス」は、普及率10%と言われている。カーナビゲーションシステムが現在10%の普及率を迎えているため、これからは急激な普及を迎えると想定される。

インターネット自動車システムも、この普及率10%を目標とし、事業者による戦略的な情報の収集を行なうなどしてシステムの効果を実証し、情報通信基盤としての価値を増大させていく事が必要とされる。

6.3.3 社会的要素の検証

インターネット自動車システムによる効果

交通情報による効果

インターネット自動車システムにより、交通渋滞、交通事故などの交通問題の改善に、システムが生成する情報が役立つことが検証された。これはITS等の他の情報システムとの連携によって、さらなる相乗効果が想定される。

インターネット自動車システム構築コスト

運用コスト

現時点でシステムの運用に必要なコストは、通信コストと情報システムの管理コストである。情報システムの管理コストは、システム自体が課金サービスを備え、料金に見合うだけのサービスを提供することが出来れば良く、システムによる効果から、これは実現が可能であるといえる。また、通信コストは通信技術の検証で述べた通り、システム及び通信インフラストラクチャの整備 ・普及が進むことで解決されると想定される。

社会ニーズ

プライバシー保護

自動車の持つ情報には、搭乗者のプライバシーに係わるものも多い。情報の匿名性に関する技術や、通信相手の認証が必要となる。また、情報を課金して提供するサービスを行なう場合にも、利権を損なわない安全な通信路の確保が必要となる。

これらの問題を解決する、インターネット技術としては、エンドノード間の暗号化技術であるIPsecや、Certification Authorityサーバによる電子認証などが考えられる。IPsecは鍵交換プロトコルやスループットの低下などの問題があるが、情報のカプセル化によってデータの盗聴を防ぐ。また、CAによる認証と照明を用いることで、電子決済や署名への様々な価値の付加等が実現できる。

将来的にはこれらの技術を用いることで、インターネット自動車システムが社会ニーズに応えることが可能である。

図6.7に、将来的なシステム全体の概要を示す。自動車の持つ情報は、目的に応じたセンタが収集し、情報生成を行なった上で、提供される。これをサービス提供者と定義する。このサービス提供者はインターネット上に複数存在し、利用者に情報提供を行なう。利用者はこれらのサービスを受けたり、あるいは自分でシステムを構築してニーズを満たす。

事業者の車両などが収集する情報は、現在のように業務に利用される他に、各種センサにより集められた気象や道路状況などの情報を、サービス提供者に提供することが考えられる。

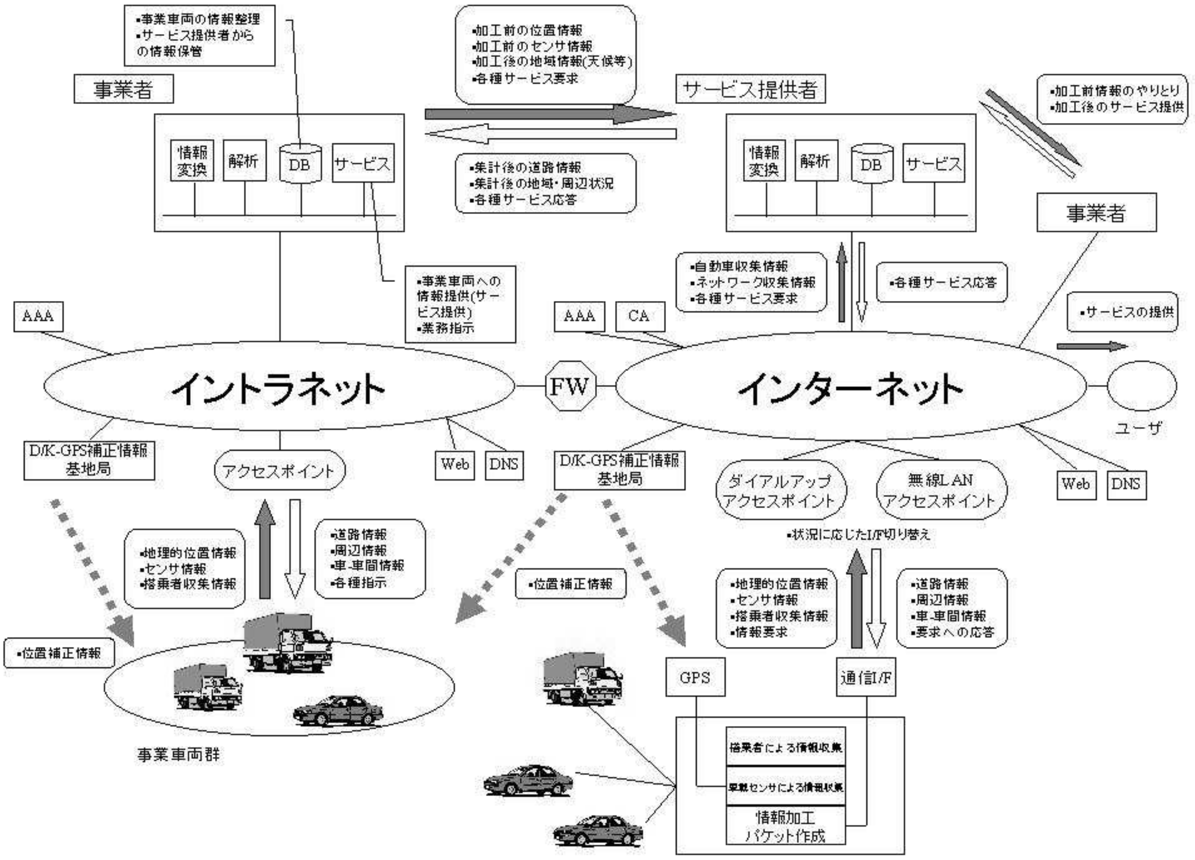

図 6.7: インターネット自動車システム

第7章　結論

本章では、本研究の結論を述べ、その後に今後の課題を挙げる。

7.1　結論

本研究では、インターネット自動車システムによる情報通信基盤の形成と、それを用いた情報システム構築の可能性を検証した。

道路交通の情報化は、交通問題の解決を目指して近代的な通信技術と情報処理技術によって、自動車交通のシステム化を図るものである。しかし、現在のITSや他のシステムによる方法では、完全な自動車の情報化は難しい。また、新たに多大なコストを払って構築される情報通信システムが、交通情報に限定された世界でのみ利用されるのは非効率的である。

そこで、本研究では、まず自動車の情報化について考察し、現状の問題点を確認した。次に、この問題を解決する為に、自動車の情報化をインターネット技術を用いて行なうインターネット自動車システムによる自動車の情報化を考察した。これは、自動車とインターネットを接続する事で、新たな情報通信基盤を形成し、この基盤上に情報システムを構築して情報の共有及び相互利用を行なうシステムである。このインターネット自動車システムが実現できる事を実証する為に、実証実験及びシステムモデルによる検証を行なった。

その結果、インターネット自動車システムが形成する基盤上で、自動車や道路周辺の持つ情報は、あらゆる分野で利用可能であり、収集・加工によって多様な価値ある情報を生成できる事が検証された。また、インターネット自動車システムを次世代情報通信基盤の一部として社会全体が利用していく環境が構築できる事が検証された。

7.2　今後の課題

本研究における今後の課題には、以下のようなものが挙げられる。

普及規模に応じた価値の検証

インターネット自動車システムは、その普及規模に応じ、生成できる情報の価値が増大する。普及規模によってどの程度の価値の増加が認められるかを検証する。

生成情報の精度検証

実際にインターネット自動車システムが生成する情報が、実際の真値に対しどの程度の誤差を含むかを検証する。実際に有効となる情報精度の値を調査し、そのために必要な要素を検討する。

インターネット自動車システムの普及のための条件の整理

インターネット自動車システムが普及するために必要な技術的要素と、社会的要素を整理し、構築実現のためのモデルを設計し、検証する。

謝辞

本研究を進めるにあたり、御指導をいただきました、慶應義塾大学環境情報学部教授 村井純氏、同学部教授理事・教授の徳田英幸氏に感謝いたします。また、御助言と御指導をいただいた、同学部の中村修氏と楠本博之氏に深い感謝の意を表します。

日頃より研究活動のご指導を頂きました、植原啓介氏、渡辺恭人氏に深いく感謝します。公私にわたり指導頂いた関谷勇司氏、論文についてご指導頂いた湧川隆次氏、杉本信太氏、大西孝義氏に感謝の意を表します。また、悩む著者に快くアドバイスを送って下さった増田康人氏に感謝の意を表します。

論文を執筆する際に多大な迷惑をおかけしたにも係わらず、快く協力して下さった、服部亜紀子氏、三屋光史朗氏に、深い感謝を表します。

また、忙しい時間を割いて、論文執筆を御指導下さったマイクロソフト株式会社コンシューマ＆コマース事業部、営業グループアカウントマネージャー石井徹氏に、深い感謝と敬愛の念をここに表します。

慶應義塾大学環境情報学部・総合政策学部の徳田村井楠本中村研究室の諸氏に、深い感謝の念を表します。特に、DRS、GLI、DistOS、I-CARグループの皆さんに、深い感謝の意を表します。

学外では、WIDEプロジェクトのみなさま、特に、roverグループ、InternetCARグループのみなさまに暖かいご指導を頂きました。ここに感謝の意を表します。

論文執筆時に様々なご声援を頂いた、友人達に感謝の意を表します。特に、語学方面をはじめ様々なご面倒をおかけした多田実央氏に深い感謝を表します。

また、励ましの声援を送って下さった佐々木康平氏、松岡剛史氏、板橋紀代子氏にも感謝の意を表します。

最後に、これまで著者の人生に係わってきた全ての人間と、事象と、ミステリィに敬意を表します。

以上を持って、謝辞とします。

参考文献

[1] 『1998 年度版 ITS HANDBOOK』道路新産業開発機構, 1998

[2] 『ITS ビジネスの未来地図』電通総研, 1999

[3] 『ITS～動き出す高度道路交通システム』三菱総合研究所 ITS プロジェクト推進室, 1998

[4] 『ITS テレコミュニケーションビジネス』ITS 情報通信システム研究会, 1999

[5] Keisuke UEHARA, Yasuhito WATANABE, Hideki SUNAHARA, Osamu NAKAMURA, Jun MURAI, ”InternetCAR -Internet Connected Automobiles-”, Proc. of INET’98, Jul. 1998

[6] 道路・交通・車両インテリジェント化推進協議会 VERTIS (http://www.iijnet.or.jp/vertis/ 2000/01/30)

[7] 道路交通情報通信システム VICS (http://www.vics.or.jp 2000/01/30)

[8] MONET (http://www.tms.ne.jp/ 2000/01/30)

[9] ICVS (http://www.honda.co,jp/ICVS 2000/01/30)

[10] ITGS (http://www.mercedes-benz.co.jp/showroom/itgsecal/itgs.html 2000/01/30)

[11] Yasuhito Watanabe, Atsushi Shionozaki, Fumio Teraoka, and Jun Murai, “The design and implementation of the geographical location information system.”, Proc. of INET’96. Internet Society, June 1996.

[12] 杉本信太，植原啓介，三屋光史朗，村井純: “車載コンピュータにおける BSD の利用,” 2000 第 3 回プログラミングおよび応用のシステムに関するワークショップ SPA2000, 日本ソフトウエア科学会.

[13] Hisakazu HADA, Keisuke UEHARA, Hideki SUNAHARA, Jun MURAI, Ivan PETROVSKI, Hideyuki TORIMOTO, Seiya KAWAGUCHI, ”New Differential and RTK Corrections Services Based on the Internet ”, Proc. of GNSS’99, ... 1999

[14] McGregor, G.: “PPP Internet Protocol Control Protocol(IPCP),” Request for Comments: 1332 May 1992

[15] 砂原秀樹, 比良木貴志, 植原啓介, 尾家祐二: “移動体端末装置における通信インターフェースの自動選択機能の実現,” DiCoMo, 1997.

[16] McCloghrie,k., and Rose, M. T.: “Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based Internets: MIB-II,” Request for Comments: 1213 Mar 1991.

[17] Ryuji Wakikawa, Keisuke Uehara, Yosuke Tamura, Hideyuki Tokuda, “MIBsocket: Integrated Control Mechanism for Network Entity in Mobile Network”, IPSJ/SIGOS at Okinawa, Spring 1999.

[18] Keisuke UEHARA, Takamichi TATEOKA, Yasuhito WATANABE, Hideki SUNAHARA, Osamu NAKAMURA, Jun MURAI, ”A Network Architecture for Continuous Mobility”, Proc. of WWCA’98, Springer-Verlag LNCS1368, pp. 224-269, Feb. 1998

[19] Jeffrey D. Case, Mark S. Fedor, Martin L. Schoffstall, and James R. Davin.: “A Simple Network Management Protocol,” Request for Comments: 1157 May 1990

[20] R.Droms.: “Dynamic Host Configuratin Protocol,” Request for Comments: 2131 March 1997.