

プローブ情報収集のための統合型車載システムの
開発に関するフェージビリティスタディ
報 告 書

－ 要 旨 －

平成 16 年 3 月

財団法人 機械システム振興協会
委 託 先 (財)日本自動車研究所



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したもので

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、都市、防災、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには技術開発力の強化に加えて、多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢の変化に対応するため、財団法人機械システム振興協会では、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、経済産業省のご指導のもとにシステム技術開発調査研究事業、システム開発事業、新機械システム普及促進事業等を実施しております。

このうち、システム技術開発調査研究事業及びシステム開発事業については、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長：放送大学教授 中島 尚正氏）を設置し、同委員会のご指導のもとに推進しております。

本「プローブ情報収集のための統合型車載システムの開発に関するフェージビリティスタディ」の実施に際しましては、上記委員会のもとに専門知識を有する学識経験者等によって構成されるネットワーク対応車載システム分科会（委員長：防衛大学校教授 吉本堅一氏）を設置し、実施計画の審議、実施過程で生じる諸問題の検討、実証実験結果に基づく成果の確認等に係る同分科会への諮問を経て本スタディを進めてまいりました。

この報告書は、システム開発事業の一環として、当協会が本スタディを財団法人日本自動車研究所（旧：財団法人自動車走行電子技術協会）に委託し、実施した成果をまとめたもので、関係諸分野の皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成16年3月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

近年の IT (Information Technology : 情報技術) の発展がもたらした情報のネットワーク化は、情報の価値に対する新たなパラダイムを生み出し、社会・文化に革命的なインパクトを与えようとしている。

交通輸送分野においては高度道路交通システム (ITS : Intelligent Transport Systems) の開発・導入に向けた活動が活発に進められてきた。道路交通に関する公共的サービスの高度化、自動車を始めとする交通機関利用者の利便性の向上や貨物輸送の効率化やサービスの高度化等に向けた官民が連携した努力である。

前述のネットワーク社会の急速な進展は、ITS に新たな展望を示しつつある。すなわちインターネットが与えてくれるオープンな情報基盤の上の新たな情報提供ビジネスや公共サービスを展開して、交通輸送システムと社会の広範な接点を拓いていく方向である。これを実現するには、交通や道路、その周辺の状況、物の流れ、交通需要の実態、施設の状況等、交通輸送システムに関する情報を豊富なものにし、必要に応じて社会的に共有することが求められる。

一方、自動車の情報化・知能化も急速に進んでいる。自動車はエンジン、操舵・走行、補機等のほぼ全てをデジタル情報としてセンシングし、これらを活用して安全で快適な走行を実現している。しかし、これらの情報は車両制御用として等、自動車自体の活用に限られている。

プローブ情報システムはこれらの情報を外部で利用できるようにし、自動車を交通輸送システムの状況を捉える「動くセンサー」と位置付け、ネットワーク社会の価値ある情報資源にしていこうというものである。

こうしたプローブ情報システムの実現を促進するには、自動車の情報を外部に取り出すためのプローブ用車載機を様々な情報要求にも柔軟に 대응できるものにして、プローブ情報システムの開発や、運用が低コストで行えるようにすることが必要である。

本開発でこれに対応するため、Mobile IPv6 に対応したプローブ情報収集のための統合型車載システム(以下統合型車載システム)を共通基盤として開発し、プローブ情報システムの普及発展に資するものである。

本研究開発は、平成 14 年度から開始し、同年度に統合型車載システムのプロトタイプを開発した。平成 15 年度は、昨年度開発したプロトタイプをベースに、車両へ搭載可能な統合型車載システムに改良すると共に新規機能を開発し、公共交通優先システム導入効果の測定などフィールドにて機能の検証を行った。

本研究開発にあたっては、プローブ統合型車載システム研究委員会(委員長 村井 純 慶應義塾大学教授)を設置し、学識経験者、電機通信機器メーカー、車両メーカー、車両部品メーカー、関係事業者、シンクタンクなどの協力を得て検討を行った。この場を借りて、多数の関係者のご指導とご協力に心より感謝申し上げます。この場を借りて、多数の関係者のご指導とご協力に心より感謝申し上げます。この場を借りて、多数の関係者のご指導とご協力に心より感謝申し上げます。

平成 16 年 3 月

目次

序

はじめに

1. スタディの目的	-----	1
2. スタディの実施体制	-----	2
3. スタディの内容	-----	10
第1章 フィールド用統合型車載システムの開発	-----	13
1.1 概要	-----	13
1.2 開発機能仕様	-----	19
1.3 機能・性能評価試験結果	-----	23
1.4 まとめと今後の課題	-----	24
第2章 フィールド用プローブ情報システムの開発	-----	27
2.1 概要	-----	27
2.2 開発機能仕様	-----	28
2.3 機能評価試験結果	-----	32
2.4 まとめと今後の課題	-----	32
第3章 フィールド評価試験の実施	-----	35
3.1 概要	-----	35
3.2 フィールド評価試験Ⅰ	-----	37
3.3 フィールド評価試験Ⅱ	-----	40
3.4 まとめと今後の課題	-----	40
第4章 スタディの今後の課題及び展開	-----	43
4.1 本年度の成果	-----	43
4.2 今後の課題及び展開	-----	51

1. スタディの目的

(1) 背景

プローブ情報システムは、車を自動車交通の触角、探針(Probe)とみなし、車固有の様々なセンサーデータを車外に発信させ、リアルタイム・オンサイトの情報として収集、加工し、車や社会全体に提供するものである。プローブ情報システムの活用により、道路交通情報提供の高度化はもとより、運行管理・安全性向上・環境保全などが図られることから、高度情報化社会の新しい情報源として、又 ITS 発展の原動力のひとつとして大きな期待を集めている。

プローブ情報システムに関する研究開発は各方面で行われているが、多くは事前にプローブ情報収集機能を車載機に設定し、情報センターに送り処理するものである。こうした固定的な方法では、タイムリーな情報収集、渋滞原因の特定などオンサイトの事象把握能力の向上、多様化するニーズへの対応など、高度化する要望に対して、都度プローブ情報システムの設計、プローブ車載機の設定を見直す必要があり、プローブ情報サービス普及の妨げとなっているのが現状である。

(2) 目的

道路交通情報提供の高度化、安全運転・環境保全の推進等に有益なプローブ情報システムを、着実に社会システムとして普及させていくために、

①必要とする車のセンサーデータの追加、変更柔軟に対応し、ひとつのプローブ情報収集車載機で多様なプローブ情報を収集できること

②情報センターにおける処理の円滑化を図るため、必要なセンサーデータだけを車載機から送信するような指示が随時可能とすること

がプローブ情報収集のための車載機に求められる。

特に、②においては、プローブ情報を車載機から情報センターへ送信するのに使用していた通信機能を、目的に合せ情報センターが適宜必要なプローブ情報を指示し、車載機から送信する機能とに活用する。これにより、不要となるデータの送信を止め、反対に定間隔では収集できなかったプローブ情報を、必要なだけ詳細に入手できるようにし、本当に社会的に価値あるプローブ情報を、経済的に収集する機能を構築することができる。

本開発ではこうした要望に応えるため、インターネット ITS のコア技術である Mobile IPv6 に対応した、プローブ情報収集のための統合型車載システム(以下統合型車載システム)を開発し、プローブ情報サービスの普及発展に資するものである。

2. スタディの実施体制

本フィージビリティスタディを進めるにあたって、図1に示す実施体制で推進した。(財)機械システム振興協会内に委員会及び分科会を、(財)日本自動車研究所においては、昨年度設置した委員会組織としての「プローブ情報システム研究委員会」、作業班としての「統合型車載システム開発ワーキンググループ」を継続し、学識経験者の指導の下、産学連携の研究開発を実施した。なお、作業の一部（下記業務分担参照）をメーカーに再委託した。

Mobile IPv6の開発推進にあたっては、当該分野で先端的な研究開発を実施している慶応大学インターネットプロジェクトチームと緊密な連携を取って進めた。

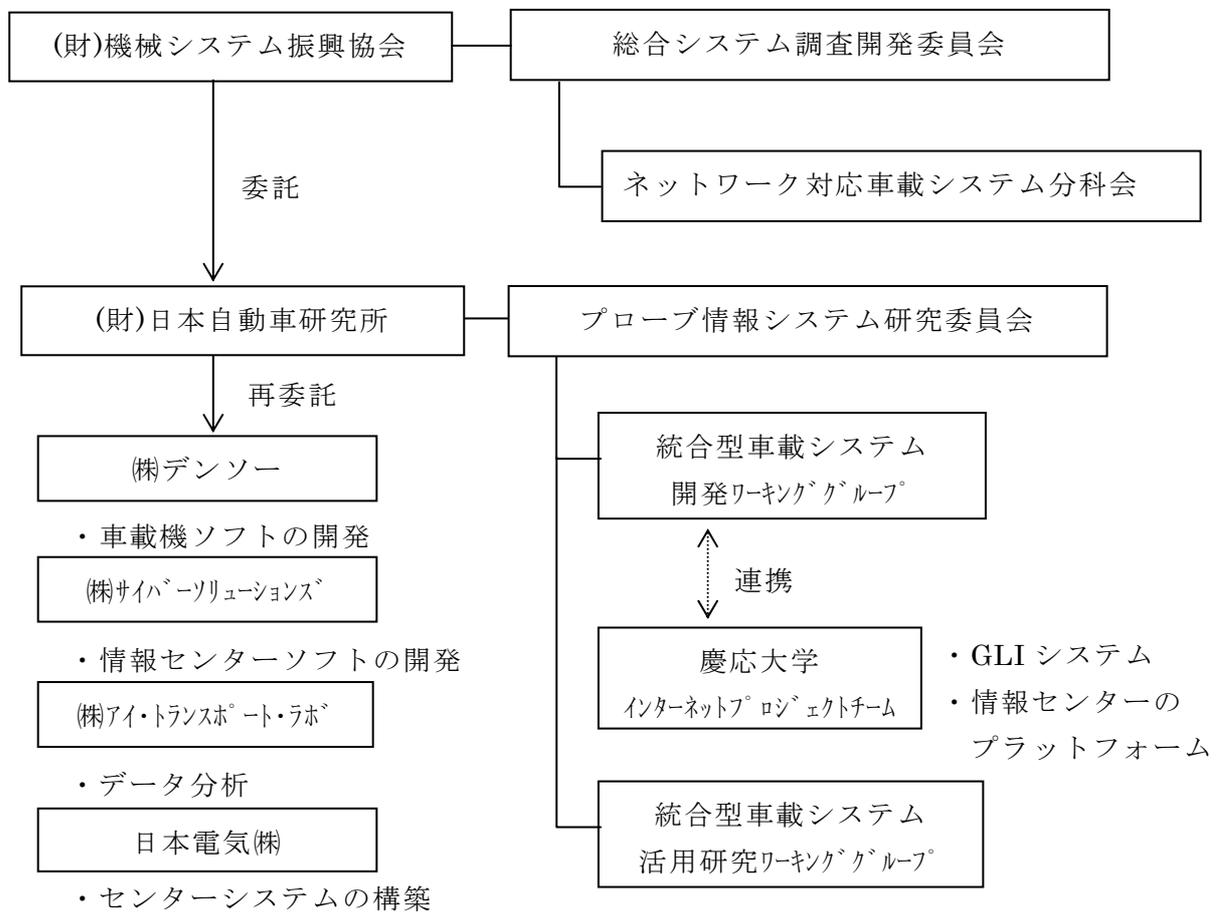


図1 フィージビリティスタディの実施体制

総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長 放送大学
教授
東京多摩学習センター所長 中 島 尚 正

委 員 政策研究大学院大学
政策研究科
教授 藤 正 巖

委 員 東京工業大学
大学院総合理工学研究科
知能システム科学専攻
教授 廣 田 薫

委 員 東京大学大学院
工学系研究科
助教授 藤 岡 健 彦

委 員 独立行政法人産業技術総合研究所
つくば中央第2事業所
管理監 太 田 公 廣

委 員 独立行政法人産業技術総合研究所
産学官連携部門
シニアリサーチャ 志 村 洋 文

ネットワーク対応車載システム分科会

委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	吉本堅一	防衛大学校 システム工学群 機械工学科 教授
委員	相田仁	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
委員	赤松幹之	独立行政法人産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 行動モデリンググループ 研究グループ長
委員	板橋秀一	筑波大学 電子情報工学系 教授
委員	佐藤春樹	慶應義塾大学 理工学部 システム工学科 教授
委員	津川定之	名城大学 理工学部 情報科学科 教授
委員	寺田一薫	東京海洋大学 海洋工学部 流通情報工学科 教授

「プローブ統合型車載システム研究委員会」

委員名簿

(敬称略)

委員長	村井 純	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
副委員長	赤羽 弘和	千葉工業大学 建築都市環境学科 教授
委員	砂原 秀樹	奈良先端科学技術大学院大学 情報科学センター 教授
委員	大口 敬	東京都立大学大学院 工学研究科 助教授
委員	植原 啓介	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特別研究専任講師
委員	渡辺 恭人	慶應義塾大学 SFC 研究所 研究員
委員	佐藤 雅明	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特別研究助手
委員	豊田 榮次	(社) 全日本トラック協会 専務理事
委員	秋山 由和	トヨタ自動車(株) ITS 企画部 企画渉外室長
委員	二見 徹	日産自動車(株) 電子技術本部 IT 開発部 テレマテックスシステム開発グループ 主管
委員	高橋 弘行	マツダ(株) 技術研究所 シニアスペシャリスト
委員	時津 直樹	(株) デンソー ITS 開発部 主幹
委員	廣田 幸嗣	カルソニックカンセイ(株) 先行開発技術部 エグゼクティブエンジニア 理事
委員	尾田 至	(株) 日立製作所 トータルソリューション事業部 公共・社会システム本部 ITS 推進センター長
委員	熊沢 宏之	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 産業ソリューション技術部 グループマネージャ
委員	佐藤 彰典	日本電気(株) ITS ソリューション推進本部 エキスパート

委員	越野 長明	富士通（株）	ITS 事業推進本部	プロジェクト部長
委員	村上 陽志	NEC ソフト（株）	第一 SI 事業部	ITS 部 部長
委員	三木 宏	松下電器産業（株）	パナソニックシステムソリューションズ社	ITS 事業推進センター 担当部長
委員	清水 修	住友電気工業（株）	自動車技術研究所	主幹
委員	伊藤 修朗	（株）豊田中央研究所	第 21 研究領域	主任研究員
委員	目黒 浩一郎	（株）三菱総合研究所	社会システム研究本部	ITS 事業部 研究員
委員	中谷 光夫	（株）長大	ITS 事業部	ITS 技術Ⅲ部門統括
委員	三宅 貴雄	KDDI（株）	ITS 開発部	課長補佐
委員	服部 憲明	アイシン精機（株）	ITS 技術部	主担当
委員	森山 浩幹	（株）NTT ドコモ	ユビキタスビジネス部	ITS 事業推進室 ITS 事業推進担当部長
委員	堀口 良太	（株）アイ・トランスポート・ラボ		代表取締役
オブザーバ	宇野 秀保	日本道路公団	施設部	施設企画課
オブザーバ	菊地 紀幸	（財）道路新産業開発機構	ITS 統括研究部	調査役
オブザーバ	高山 光正	CEV シェアリング（株）		執行役員
オブザーバ			経済産業省	
オブザーバ			国土交通省	
オブザーバ			警察庁	

事務局 藤井 治樹 (財) 日本自動車研究所

事務局 和田 光示 (財) 日本自動車研究所

事務局 西脇 光男 (財) 日本自動車研究所

「プローブ統合型車載システム開発ワーキンググループ」

メンバー名簿

(敬称略)

リーダー	植原 啓介	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特別研究専任講師
メンバー	渡辺 恭人	慶應義塾大学 SFC 研究所 研究員
メンバー	佐藤 雅明	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特別研究助手
メンバー	塚本 晃	(株)デンソー ITS 開発部開発企画室 主任部員
メンバー	中根 徹裕	(株)デンソーアイセム 情報サービス部
メンバー	清水 克正	アイシン精機(株) ITS 技術部 第二開発グループ 担当員
メンバー	勝呂 純一	(株)長大 ITS 事業部 プロジェクトマネージャ
メンバー	上田 憲道	NEC ソフト(株) 第一 SI 事業部 ITS 部
メンバー	外山 利和	松下電器産業(株) パナソニックシステムソリューションカンパニー 社会システムビジネスユニット 通信技術グループ チームリーダー
メンバー	伊藤 健二	(株)豊田中央研究所 システム・エレクトロニクス分野 第 21 研究領域
メンバー	佐藤 彰典	日本電気(株) ITS ソリューション推進本部 エキスパート
メンバー	横田 孝義	(株)日立製作所 日立研究所 IT 応用研究センター 情報制御第二研究部 ユニットリーダー 主任研究員

「プローブ統合型車載システム活用研究ワーキンググループ」

メンバー名簿

(敬称略)

リーダー	大口 敬	東京都立大学大学院 工学研究科 助教授
メンバー	渡辺 恭人	慶應義塾大学 SFC 研究所 研究員
メンバー	塚本 晃	(株) デンソー ITS 開発部開発企画室 主任部員
メンバー	中根 徹裕	(株) デンソーアイセム 情報サービス部
メンバー	清水 克正	アイシン精機 (株) ITS 技術部 第二開発グループ 担当員
メンバー	勝呂 純一	(株) 長大 ITS 事業部 プロジェクトマネージャ
メンバー	上田 憲道	NEC ソフト (株) 第一 SI 事業部 ITS 部
メンバー	外山 利和	松下電器産業 (株) ハナソニックシステムソリューションカンパニー 社会システムビジネスユニット 通信技術グループ チームリーダー
メンバー	伊藤 健二	(株) 豊田中央研究所 システム・エレクトロニクス分野 第 21 研究領域
メンバー	佐藤 彰典	日本電気 (株) ITS ソリューション推進本部 エキスパート
メンバー	横田 孝義	(株) 日立製作所 日立研究所 IT 応用研究センター 情報制御第二研究部 ユニットリーダー 主任研究員

3. スタディの内容

本開発は平成 14 年度から開始した。平成 14 年度は、統合型車載システムのプロトタイプを開発した。本年度はこのプロトタイプをベースに、車両へ搭載可能な統合型車載システム(フィールド用プロトタイプ)に改良し、フィールド運用により、実用に供するプローブ情報を的確に収集するために必要な機能を抽出し、追加開発した。これによりプローブ情報の有用性の向上と、収集に係るコスト低減の双方のあるべき姿としての統合型車載システムの実現を目指した。

本年度の評価試験は、プローブ情報の有効活用を研究している他のグループと共同で行った。そのため、平成 14 年度のプロトタイプをフィールド用統合型車載システムとして完成させる開発と、共同で行う評価試験のためのフィールド用プローブ情報システム開発の 2 段階に分けて開発を行った。

(1) フィールド用統合型車載システムの開発

平成 14 年度に開発した統合型車載システムのプロトタイプを、車両に搭載しフィールドでのプローブ情報が収集できるように改良した。

主な開発項目としては以下のものがある。

- ・携帯電話等の通信ユニットとの接続
- ・通信ユニットに接続し、βテスト(走行による電波の遮断など車両搭載時の特有な現象に対する評価)、γテスト(実際の通信サービスプロトコルに対する評価)による機能の確認と改良
- ・認証、暗号化等の処理に係る統合型車載システムの負荷の確認と改良
- ・統合型車載システムとして必要な機能で、昨年度実現されていない機能の追加

(2) フィールド用プローブ情報システムの開発

共同評価試験でプローブ情報を効果的、効率的に収集するために必要とする統合型車載システムの機能追加と、平成 14 年度に統合型車載システムの評価用に作成した情報センター機能の見直しをした。

情報センター機能の見直しは、以下の項目を行った。

- ・携帯電話サービス等との接続機能
- ・プローブ情報収集指示の入力操作の簡易化
- ・収集したプローブ情報の出力、蓄積機能の追加
- ・認証、暗号用パスワード、車両別アクセスコントロール設定などの運用上の課題抽出と対策

統合型車載システムの機能追加は、今後共同で評価試験を行うグループと検討して、決定した。

(3) フィールド評価試験の実施

評価試験の狙いは、統合型車載システム実用に際しての課題をクリアにし、その対策を講じることにある。そのため、評価試験はプローブ情報の有効活用を研究している他のグループと共同で行い、統合型車載システムの当初想定した機能、性能面の評価と、統合型車載システムにより実用的なプローブ情報の収集が達成されていることの確認を行った。

統合型車載システムの当初想定した機能、性能面の評価としては以下の項目を考えた。

- ・開発機能の動作確認
- ・セキュリティの確認
- ・データ通信量と応答時間による性能評価(従来タイプの車載機との比較)
- ・プローブ情報収集に係るコストの低減(従来タイプの車載機との比較)
- ・実運用上の課題の確認

また、後者に関しては、アプリケーションにより発生するプローブ情報収集要望を、的確に実現する上での統合型車載システムの機能の評価を行った。

第 1 章 フィールド評価用プローブ情報システムの概要

1.1. 概要

本開発は平成 14 年度から開始した。平成 14 年度は、統合型車載システムのプロトタイプを開発した。本年度はこのプロトタイプをベースに、車両へ搭載可能な統合型車載システム(フィールド用プロトタイプ)に改良し、フィールド運用により、実用に供するプローブ情報を的確に収集するために必要な機能を抽出し、追加開発する。これによりプローブ情報の有用性の向上と、収集に係るコスト低減の双方のあるべき姿としての統合型車載システムの実現を目指す。

1.1.1 開発方針

平成 14 年度はプローブ情報サービスとして有望なアプリケーションとして旅行時間、運行管理、エコドライブ、気象(雨)を選定し、プローブ情報収集のための統合型車載システムのあり方を検討した。平成 14 年度統合型車載システムの構成を図 1.1.1 に示す。更に統合型車載システムが、できるだけ多様な利用条件に適用しうるように、車のセンサーデータ収集方法に適合した統合型車載システムの各機能の要件、IP アドレスによる複数の車載センサーとの接続、切り替えを可能とするアルゴリズム、プロトコルスタック、情報レベルのアクセスコントロール要件を明らかにした。これらを踏まえ Mobile IPv6 対応の統合型車載システムプロトタイプを開発した。

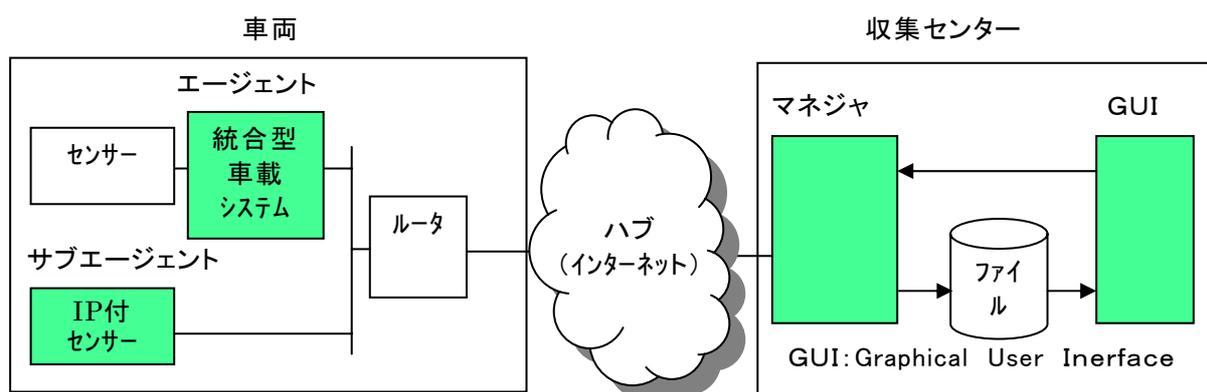


図 1.1.1 H14 年度統合型車載システムの構成

本年度は 3 年計画の 2 年目として、前年度に開発した統合型車載システムをフィールドで運用できるように改良を加える。特に下記三つのテーマに対して、フィールドで実運用を行い、必要とするプローブ情報が的確に収集でき、様々な目的で、統合型車載システム

が有効であることを確認する。

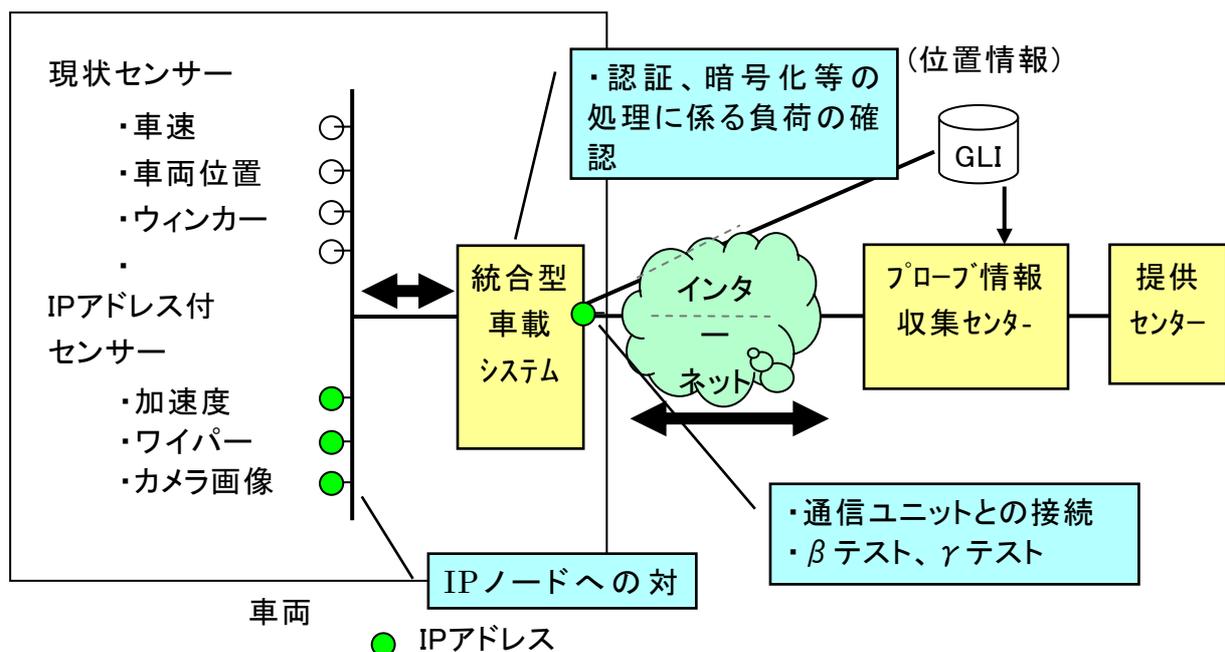
- ・公共交通優先システム(PTPS)導入効果の測定
(確認用の画像システム、分散データベース、ファイル転送)
- ・道路管理業務の高度化対応
(IP ノードを活用した多種多様な車載センサーとの接続)
- ・道路交通情報の高度化
(データ分析用の表示機能)

1.1.2 開発機能体系

平成 14 年度に開発した統合型車載システムのプロトタイプを、車両に搭載しフィールドでのプローブ情報が収集できるように改良する。平成 15 年度統合型車載システムの構成を図 1.1.2-1 に示す。

主な開発項目としては以下のものがある。

- ・携帯電話等の通信ユニットとの接続
- ・通信ユニットに接続し、βテスト(走行による電波の遮断など車両搭載時の特有な現象に対する評価)、
γテスト(実際の通信サービスプロトコルに対する評価)による機能の確認と改良
- ・認証、暗号化等の処理に係る統合型車載システムの負荷の確認と改良
- ・統合型車載システムとして必要な機能で、昨年度実現されていない機能の追加



実フィールドのためには以下の機能が必要とされる。

- 無線通信
車載機とプローブ情報収集センターをリアルタイムに接続するための機能
プローブ情報のリアルタイム情報収集及び車載機メンテナンスのために必要
- 分散データ蓄積
車載機の中に詳細なプローブ情報を蓄積する機能
車両の位置、速度などをオフラインでもよいので詳細に得たい場合、車載機内部にデータを蓄積し
適度なタイミングでまとめてデータを送信する。
- IP ノード
IPv6 アドレスを持ち、SNMP エージェントを内蔵した、センサーノード
汎用の AD 入力を備えることによる様々なセンサー情報を収集できる。
また IP ノード自身も温度計、加速度計、方位計などのセンサーを内蔵している。
- カメラ画像
インターネットプロトコルで静止画像が取得できる WEB カメラ
QVGA サイズの静止画像が収集できる。
- リモート設定
車載機のデフォルト設定情報、ユーザ情報をプローブ情報収集センターから指示できる機能
車載機設置台数が増加するに従い車載機の管理が重要になってくる。
- データ分析
詳細なプローブ情報や画像データなど大量なデータから必要な情報を容易に取り出す機能
- GUI の ASP 化
プローブ情報を車載機から読出すためのプローブ情報センターの機能で、インターネットにつながる端末ならば車載機に対する読出し情報の設定ができる機能

テーマ毎に必要な機能をまとめると表 1.1.2 のようになる。また開発部分を図 1.1.2-2 に示す。また、車載機におけるレイヤに分けた場合の開発分を図 1.1.2-3 に示す。

表 1.1.2 実験テーマ毎に必要な機能

	PTPS	道路管理	道路交通
無線通信	○	○	◎
分散データ蓄積	◎	○	○
IPノード	—	◎	—
カメラ画像	◎	◎	◎
リモート設定	○	◎	○
データ分析	○	—	◎
GUIのASP	△	○	○

◎：特に必要、○：必要、△：あれば望ましい、—：不要

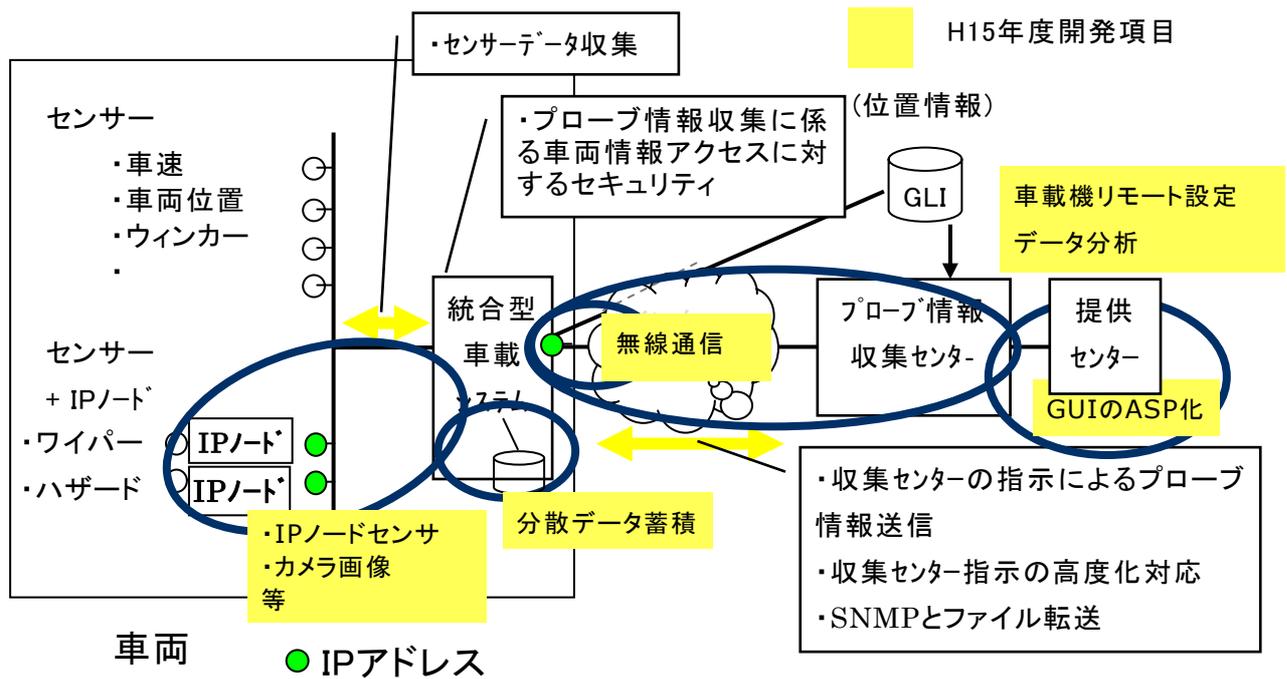


図 1.1.2-2 H15 年度統合型車載システム開発部分

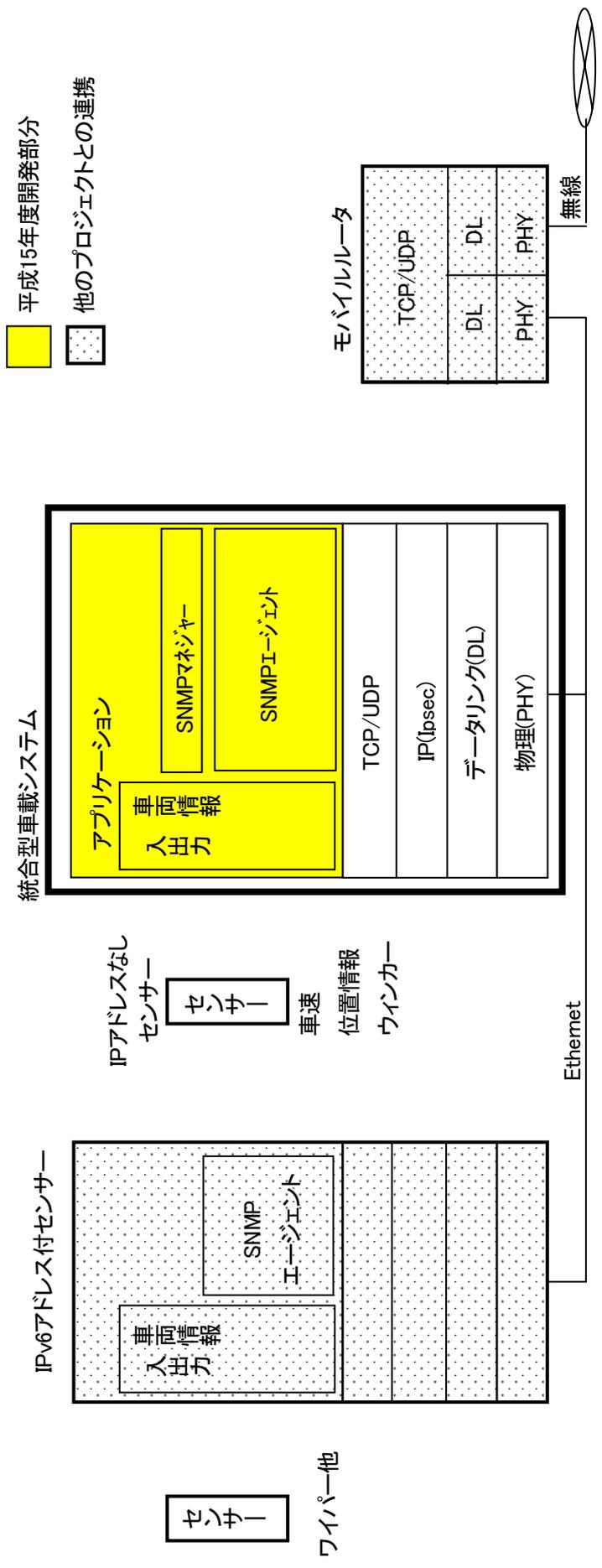


図 1.1.2-3 統合型車載システム構成図 (車両側レイヤ別)

1.1.3 スケジュール

テーマ毎に必要な機能が異なり、個々のテーマに依存した開発項目もあるため、実験テーマのスケジュールに合わせ機能を開発していくこととし、表 1.1.3 に示すスケジュールにて開発をすすめることとした。

- 1次システム：公共交通優先システム(PTPS)導入効果の測定
(確認用の画像システム、分散データベース、ファイル転送)
- 2次システム：道路管理業務の高度化対応
(IP ノードを活用した多種多様な車載センサーとの接続)
- 3次システム：道路交通情報の高度化
(データ分析用の表示機能)

表 1.1.3 開発スケジュール

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1次システム 画像データ、分散型車両DB 開発、評価・実験		◆7 開発引渡し ◆8-18 評価、改良 ◆16	◆8 ◆22 取付 ◆12	PTPS導入評価 I			PTPS導入評価 II ◆18 上旬 取付	スループット、応答時間評価		
2次システム 複数の車両センサーとの接続 開発、評価・実験		取付事前説明	取付打合せ				ルータ追加 ◆下旬 ◆下旬～ ◆上旬 取付	高速道路管理への導入実験 スループット、応答時間評価		
3次システム データ分析用表示機能 開発、評価・実験								◆上旬 道路管理への導入実験		

1.2. 開発機能仕様

1次システム、2次システム、3次システムそれぞれにおける開発機能を以下に示す。

1.2.1 1次システム

公共交通優先システム(PTPS)導入効果の測定には以下の三つの要件が求められる。

- ・バス路線に従ってバスの走行状態を正確に把握する必要がある。即ち位置、速度、ウィンカー状態は1秒ごとの詳細なデータが必要である。
- ・バスは路線上を走行中にバス停による停車、渋滞による停車、右左折による停車等があり、これらを区別できなければならない。
- ・3ヶ月以上の長い期間に渡って、10台以上の車両に対して車載機を実装し、データを取り続ける必要がある。

これらの要件を満たすために以下の機能を開発することとした。

- ・プローブ情報として位置、速度、ウィンカーは1秒後との詳細なデータとして車載機に蓄積する。
- ・車載機に蓄積した詳細なデータは1日ごとにまとめてセンターに送信する
- ・バスの発進、停止、ウィンカーのON/OFFあるいは走行中の定期間隔においてカメラ静止画像を撮影する。
- ・カメラ静止画像も可能な限りセンターに送信する。

(1) 無線通信機能

PHSを使ったモバイルルータを車載機と一緒にハブに接続する。このことにより、プローブ情報センターとのインターネット接続が可能となる。

(2) 分散データベース

プローブ情報としてはリアルタイムな情報として必要な場合はSNMPで取得し、オフラインでもよい詳細なデータはCSVファイルをSCPで転送することとした。

また画像ファイルについては必要な部分を取得できる仕組みとすることにした。分散データベースの概念を図1.2.1-1に示す。

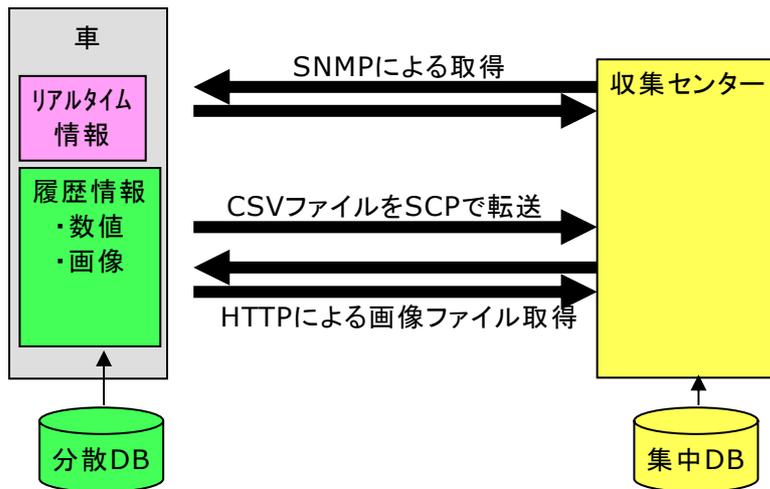


図 1.2.1-1 分散データベースの概念

(3) 画像取込みタイミング

SNMP のトラップ機能を使って、ショートトリップ／ショートストップ、ウィンカーON／OFF、走行中の定期間隔でカメラ画像を撮影し保存することとした。

これらの静止画像ファイルは1時間単位にまとめられてセンターに送信される。

(4) システム構成

システム構成図を図 1.2.1-2 に示す。

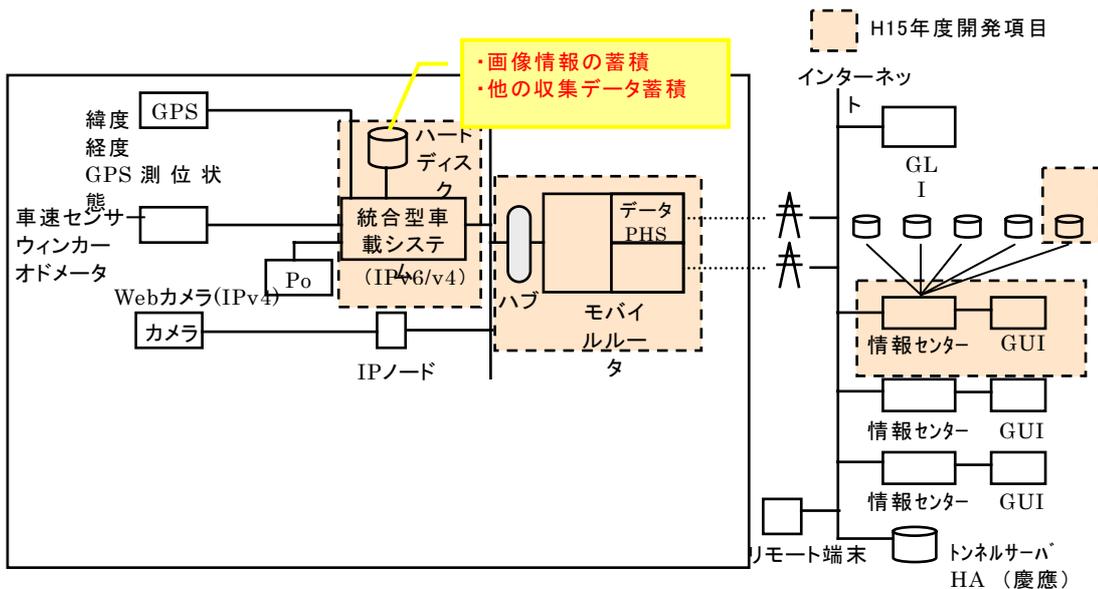


図 1.2.1-2 1次システム構成図

1.2.2 2次システム

道路管理業務の高度化対応のためには以下の機能が求められる。

- ・路面センサー、ハザード、ランプなど多種多様な車載センサーとの接続

この要件を満たすために以下の機能を開発することとした。

(1) IP ノードの活用

IP ノードには 3 種類のタイプがある

SENSOR-A : 温度計、湿度計、汎用 AD コンバータ入力 2 CH を備える

SENSOR-B : 加速度計、汎用 AD コンバータ入力 2 CH を備える

SENSOR-C : 方位計、汎用 AD コンバータ入力 2 CH を備える

更に、IP ノードはそれ自身 IPv6 のアドレスを付与することができる。また SNMP のプロトコルを実装している。車載機側にこれらの MIB を定義し IP ノードのプロブ情報を取得することとする。

(2) SNMP のプロキシ

IP ノードに接続されたセンサーの情報を取得しようとした場合でも、情報センターは統合型車載機に対して”温度”を読むための GET コマンドを発行する。この時統合型車載機は自らの車載機の中に指定されたセンサー情報がない場合は SNMP プロキシを介してさらに IP ノードに対して再度”温度”を読むための GET コマンドを発行する。このように統合車載機のなかで SNMP プロキシ機能を持たせることにより様々な IP ノードに対しても MIB を定義することで柔軟に対応することができる (図 1.2.2-1 を参照)。

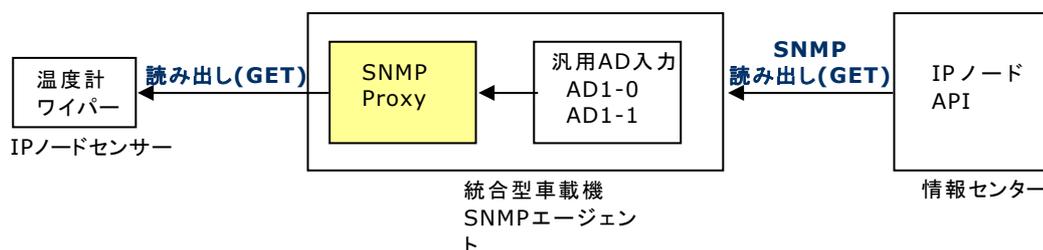


図 1.2.2-1 SNMP プロキシ

1.2.3 3次システム

道路交通情報の高度化のためのデータ分析用の表示機能は主としてプローブ情報センターにて実現される。車載機ではそれをサポートする機能として、静止画像情報の任意タイミング取得とその要因を対応づける。

(1) 開発仕様

- ・ RS-232C シリアルで入出力が可能な外部入力 SW（キーボード SW のようなもの）に対応すること。
- ・ 外部入力 SW をトリガー（TRAP）としてカメラ静止画像を収集する。
静止画像ファイル名：10 個の SW それぞれについて LED の ON/OFF の要因をつける。
例えば IPcamera-200300902064859_125885610N_493339101E_S90.jpg は、
S90 は外部入力スイッチ 9（0-9,*=' A' ,#=' B'）が OFF（0:OFF、1:ON）の状態になったことを示す。

(2) システム構成

システム構成を図 1.2.3-1 に示す。

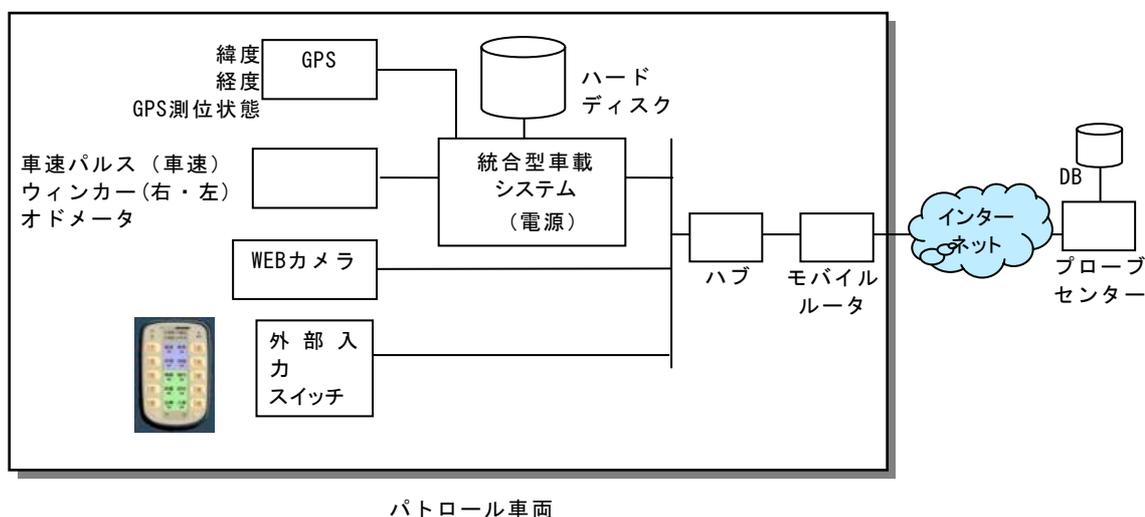


図 1.2.3-1 3次システム構成図

1.3. 機能・性能評価試験結果

1次システム、2次システム、3次システムそれぞれにおける機能性能評価試験を実施し、機能・性能を確認した。

1.4. まとめと今後の課題

a. 実施内容(目標)

フィールドでプローブ情報が収集でき、かつフィールド評価試験に必要な統合型車載システムの機能開発、評価を行った。

- ◆統合型車載システムと、携帯電話、無線 LAN などの通信ユニットとの接続
- ◆実走行における、 β テスト(走行による影響評価)、 γ テスト(通信サービスによる影響評価)の実施
- ◆実走行における、認証、暗号化等の処理に係る負荷の確認
- ◆フィールド評価試験に有効な統合型車載システムの機能で、昨年度未実施の機能の開発

b. 成果

◆通信ユニットとの接続

データ通信用の PHS、無線 LAN の通信ユニットと接続した。各通信ユニットは、モバイルルータに搭載されている。統合型車載システムが Mobile IPv6 仕様で作られており、モバイルルータと統合型車載システムをケーブルでつなぎ完了した。なお、Mobile IPv6 仕様のモバイルルータは慶応大学から供給を受けた。フィールド評価試験 I、II では、通信ユニットとして PHS を使用した。

◆ β テスト(走行による影響評価)、 γ テスト(通信サービスによる影響評価)による通信品質の確認

通信ユニット+統合型車載システムを搭載した車両を走行させ、フィールド走行における、RTT (Round Trip Time)、応答率を評価。評価は PING (Packet INternet Groper) を活用し、5 分間隔で 20 ケのパケットを送り、RTT と応答率(20 ケのパケットの内何個が戻ってきたか)の測定と、プローブ情報の収集に使われた SNMP(Simple Network Management Protocol)の RTT の測定を実施した。

横浜市と名古屋市のフィールド評価試験で走行している車両を用いて、データ収集を実施した。地域特性、走行速度による通信品質を確認し、SNMP によるプローブ情報収集時のタイムアウト時間設定に反映した。

◆認証、暗号化等の処理に係る統合型車載システムの負荷の確認

SNMP による通信について RTT を測定した。昨年度の評価で、認証、暗号化を行うプロトコル SNMPv3 と、行うプロトコル SNMPv1 では、車載機の処理時間に差がないこと

を確認している。今回の測定では、差があり、SNMPv3 による送信パケット量の増加が、PHS の伝送能力に対して有意差が出る結果となった。

◆統合型車載システムとして必要な機能で、昨年度実現されていない機能の追加

統合型車載システムの開発は、評価試験のタイミングにより、3段階に分けて行った。1次システムは公共交通優先システム導入効果の測定する車両に搭載するために、2次システムは道路管理業務の高度化のための車両に搭載するために、3次システムは道路交通情報の高度化のための情報収集用車両に搭載するために、必要となる機能を開発した。各システム向けに開発した主要な機能は以下である。

<1次システム>

- ・プローブ情報としての画像データ収集、蓄積機能、転送機能を開発

公共交通優先システムの導入効果を測定する際、バス停での停止、赤信号、渋滞による停止を正確に分離する必要がある。そのため、停止、ウィンカー(バス停で停止するときは左ウィンカーを出す)などの要因に対して、前方画像を残すことで、後からその停止が、バス停かどうかを確認できるようにした。

- ・毎秒の走行データが必要なときに取り出せるよう、車載機に分散データベースとしてファイルし、転送機能を開発

公共交通優先システムの導入効果を測定するために、SS+STによる位置情報、時刻、走行距離をプローブ情報として収集した。一方で、一秒毎の位置情報、時刻を収集し。車載機の中に残し(分散データベース)、必要な都度、情報センターへファイル転送で送れるようにした。

<2次システム>

- ・IPノードを活用した複数の車載センサーと接続

道路管理業務は、走行中に助手席に座っている人が道路の状況を目視で確認し、異常を見つけたときに、その状態をカメラに収め、戻ってから作業日報などで報告するものである。または、路面センサーなどのデータを走行中収集し、戻ってきてからデータを取り出し分析する業務である。こうした走行中に収集する情報をプローブ情報として、走行中に車両から送信し、作業日報の正確性、詳細化を図ろうとする試みが、道路管理業務の高度化のテーマである。統合型車載システムの拡張性、多種の車両センサーとの接続が可能な機能を活用し、画像カメラ、パーキングブレーキ、ワイパー、外気温、ヘッドライト、フォグライト、路面センサーとの接続を実現するために、Mobile IPv6対応のIPノードを開発した(汎用IPノードは慶応大学から借用、路面センサー接続用のIPノードのみを開発)。また、統合型車載システムにおいては、収集するセンサーデータの定義を追加した。センサーデータの定義の追加は、情報センターからリモート操作で実施できる。

<3 次システム>

- ・ 車載機への収集指示や、認証パスワードの設定、変更をパッケージ化

昨年度は、車載機へのプローブ情報の収集、送信指示の設定、変更や、認証、暗号化のパスワードの設定、変更は、一台一台直接統合型車載システムにインストールしていた。プローブ車両の増加に伴い、こうした煩わしい手間を省き、設定の正確性を期すために、設定、変更をパッケージ化した。設定、変更情報を情報センターに入力しておけば、自動で車載機への設定、更新が可能となった。

c. 今後の課題

本年度はフィールド評価を行うべく、三つのアプリケーションに対して必要な機能を追加しつつ評価を行ってきたがいくつか課題が残った。

ひとつは無線手段の違いによる通信性能、アクセス性能の評価である。今年度は PHS のみでの評価でとどまったため、今後無線 LAN 等を追加して評価していく必要がある。

ふたつ目は車載機機能の高度化対応である。パケット通信量を低く抑えたりまた道路交通情報として精度よく必要なデータだけを送信する仕組みについては、SS/ST をベースとする検討が始まったばかりであり、来年度は車載機を高度化し道路交通情報提供を前提としてのパケット通信料の低減がどのくらい図られるか実験を通じて確認する必要がある。

三つ目はさらなるアプリケーションへの展開検討である。本年度は三つのアプリケーションに対して統合型車載システムが柔軟に機能を拡張しつつ対応していけることが確認できた。さらに様々なアプリケーションに対応していくとともに、プローブ情報システムの有効性を確認していく必要がある。

第2章 フィールド用プローブ情報システムの開発

本章では、本年度実施するフィールド用プローブ情報システムの開発について述べる。

2.1 概要

本年度のプローブ情報システムの開発では、共同評価試験でプローブ情報を効果的、効率的に収集するために必要とする統合型車載システムの機能追加と、平成 14 年度に統合型車載システムの評価用に作成した情報センター機能の見直しを行った。

2.1.1 開発方針

フィールド用プローブ情報システムの開発方針は、情報センター機能の見直しとそれに伴う統合型車載システムへの追加機能の検討である。

(1) 情報センター機能の見直し

- ① 携帯電話サービス等との接続機能
- ② プローブ情報収集指示の入力操作の簡易化
- ③ 収集したプローブ情報の出力及び蓄積機能の追加
- ④ 認証、暗号用パスワード、車両別アクセスコントロール設定などの運用上の課題抽出と対策

(2) 統合型車載システムの追加機能

- ① 統合型車載システムの設定変更
- ② プローブ情報の取得状況確認
- ③ プローブ情報の送出停止

2.1.2 開発機能体系

フィールド評価用プローブ情報システムは、前節 2.1.1 で述べたような開発方針に従い、以下のような開発機能体系により構成される。

(1) 情報センター機能の ASP 化

プローブ情報システムにおいて常時運用型のデータセンターとして運用するために、平成 14 年度に開発された実験評価用アプリケーションソフトウェアを見直し、情報センタ

一機能の ASP (Application Service Provider) 化を行う。

(2) 統合型車載システムへの設定機能

実車両を用いるフィールド実験環境での運用形態を考慮した統合型車載システムへの設定機能を開発する。また設定する情報としては、昨年度までの収集指示に関する設定に加えて、認証・暗号用パスワード、車両別アクセス制御の設定を想定する。

(3) 収集したプローブ情報の出力及び蓄積機能の追加

本年度は、収集したプローブ情報のデータ解析補助機能として、Web による情報提供機能を導入する。提供は、raw data の表示、車載カメラ画像の表示、車載機への ping による RTT (Round Trip Time) 計測、SNMP によるデータ取得、時空間図及びカメラ画像とのリンクを検討する。

2.1.3 スケジュール

開発スケジュールを表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 フィールド用プローブ情報システム開発スケジュール

	5・6月	7・8月	9・10月	11・12月
情報センター機能	・平成 14 年度情報センター機能の見直し	・通信機能との接続 ・車載機コンフィギュレーション機能 ・収集指示をリモート化	・車載機コンフィギュレーション機能 ・車両別アクセスコントロール ・認証・暗号化パスワード	・情報センターの ASP 化 ・収集・提供機能分離
統合型車載システムの追加機能		・車載機コンフィギュレーション機能	・車載機コンフィギュレーション機能	

2.2 開発機能仕様

本項では、フィールド用プローブ情報システムの開発機能の仕様について述べる。2.1.2 節の開発機能体系から情報センターの ASP 化を図 2.2-1 に示す。情報センターの機能を収集機能と提供機能に分離し、インターネットにより Web 端末を使用した収集情報の設定、指示及び参照を可能とする。Web 端末によるアクセスでは、ユーザ別のセキュリティレベルを設定して、レベルにより設定、指示及び参照の可否が区別される。

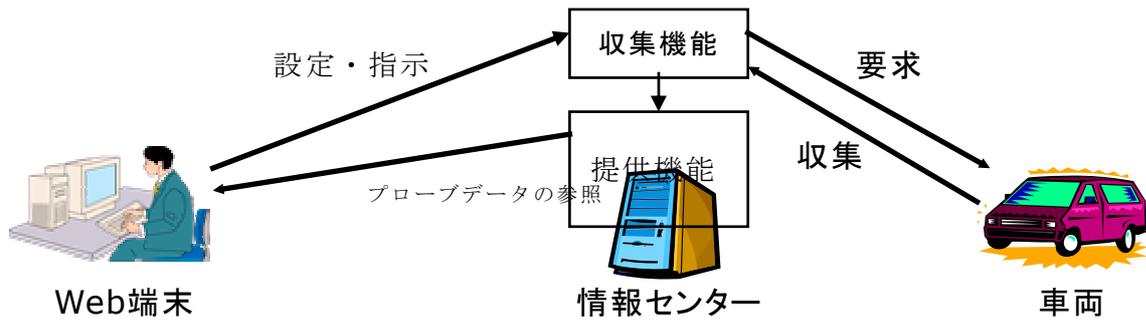


図 2.2-1 情報センターの ASP 化

2.2.1 通信機能との接続

本年度実験環境は、実車両を利用したフィールド環境である。また車両はモバイルルータを使用し、PHS のデータ通信でインターネットに接続されている。

2.2.2 車両コンフィギュレーションの設定

(1) 車両コンフィギュレーション設定の手順

車載機のコンフィギュレーションの設定を遠隔操作にて行う。車載機が起動していない場合も考慮し以下の方法により設定可能とする。

- ① 情報センター側に更新した設定ファイルを持つ。
- ② 車載機起動時にダウンロード（非同期設定）

(2) 情報センターと車載機のデータのやりとり

車載機は起動時に、情報センター側の設定ファイルを参照し、設定内容に変更があれば設定ファイルをダウンロードする。

(3) 設定ファイルと設定内容

- ① `iits.conf` : プローブ情報収集の設定情報を記述
- ② `usm.conf` : 認証情報・アクセス制御情報を記述

2.2.3 プローブ情報収集の設定

車両へのプローブ情報収集の設定は、2.2.2 節で述べたように、車載コンフィギュレーション設定の機能を使用しても設定可能である。また、平成 14 年度に開発した機能と同様に、情報センターから SNMP の SET 機能により設定することも可能であるが、設定上書

きによる混乱を避けるために、車載コンフィギュレーション設定機能を優先する。

2.2.4 認証用パスワード、車両別アクセスコントロールの設定

認証用パスワード、車両別アクセスコントロールの設定は、2.2.2 節で述べた車載コンフィギュレーション設定の機能のみを使用して行う。

(1) 認証用パスワードの設定

本プローブ情報システムでは、プローブ情報の収集に **SNMPv3** を使用しており、収集時には、認証と暗号化を必要とする。パスワードは、情報センターが車載機にプローブ情報を要求・取得する場合の認証・暗号化用に必要な情報である。車載機導入時には、共通のデフォルトパスワードを設定するものとする。

(2) 車両別アクセスコントロールの設定

本プローブ情報システムでは、プローブ情報の収集時にアクセスコントロールを行う。本機能は **SNMPv3** の機能を利用する。アクセスコントロールとは、情報センターが車載機にプローブ情報を要求・取得する場合の、個別のプローブ情報に関して、どの情報センターが、どの種類の情報を、取得 (**GET**)・設定 (**SET**) 可能であるかを記述する。設定に関しては、ある車載機は契約関係にある一つの情報センターのみからの設定を許可するものとする。また、種類に関しては、パブリックとプライベートという層別を設ける。パブリックに設定されたプローブ情報は、認証を受けたどの情報センターも取得できる。プライベートに設定されたプローブ情報は、認証を受けた予め決められた情報センター (**SA** 情報センター) のみが取得できる。

(3) 設定ファイル : **usm.conf**

(1)(2)の設定は、**usm.conf** ファイルに情報を設定する。

(4) アクセスコントロール設定例

GET/SET のみに関するアクセスコントロールの設定例を図 2.2-5 に示す。図では 2 台の車両とふたつの情報センターを想定する。SET に関しては、(2)で述べたとおり、契約した情報センターのうちひとつのみが行える。情報センター1 は車両 A に対し、情報センター2 は車両 B に対し、それぞれ SET 可能である。

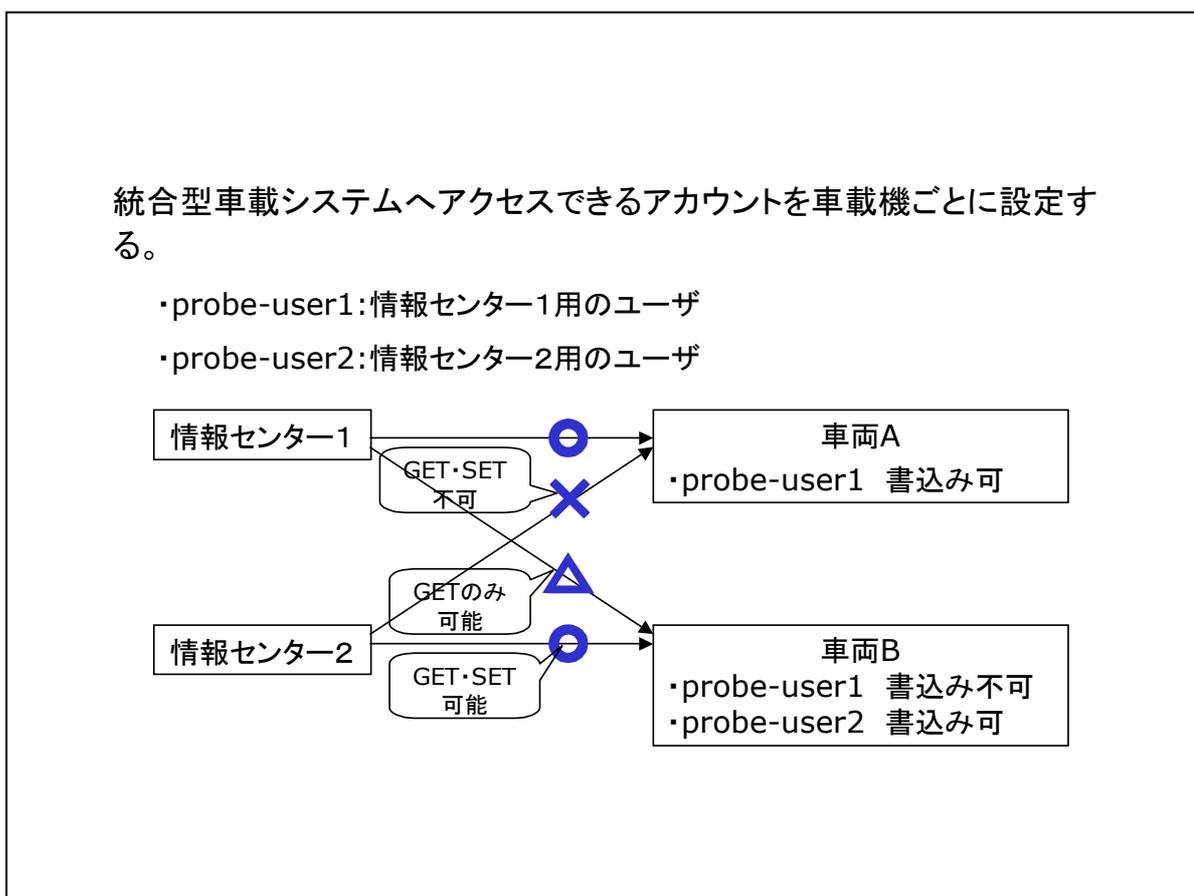


図 2.2-5 アクセスコントロールの設定例

2.2.5 収集したプローブ情報の蓄積、表示機能

2.1.2 節(3)で述べたように、本年度の同機能は収集したプローブ情報のデータ解析補助機能として、Web による提供機能を導入する。Web ブラウザから指定された URL を開くと、認証を受け、メニューから情報を閲覧できる。

- (1) 蓄積機能
- (2) プローブ情報 raw data 提供
- (3) 車載カメラの画像表示
- (4) 車載機への ping による RTT (Round Trip Time) 計測
- (5) SNMP によるデータ取得

(6) 時空間図作成

2.3 機能評価試験結果

今年度開発項目として、PHS を利用した車両からのプローブデータの収集（通信機能との接続）、車載機のコンフィギュレーションの設定を情報センターとの通信で非同期にて行う車両コンフィギュレーションの設定、車載機の収集条件である SS/ST の判定閾値の設定などを情報センターにて行うプローブ情報収集の設定、車両から情報を収集する上で情報センターを識別する認証用パスワード、車両別アクセスコントロールの設定機能及び収集したプローブ情報をセンター側にて蓄積・表示する機能の評価を行い機能が実現されていることを確認した。

2.4 まとめと今後の課題

本項では、本年度開発、評価したフィールド用プローブ情報システムについてのまとめと今後の課題について述べる。

2.4.1 まとめ

本年度におけるフィールド用プローブ情報システムは、共同評価試験でプローブ情報を効果的、効率的に収集することを目的とした。このため必要とする統合型車載システムの機能追加と、平成 14 年度に統合型車載システムの評価用に作成した情報センター機能の見直しを行った。

(1) 情報センター機能の見直し

情報センター機能は昨年度開発機能とフィールド環境での利用を考慮して以下の項目に関して見直し、問題点・改善点の検討を行った。

- ① 携帯電話サービス等との接続機能
- ② プローブ情報収集指示の入力操作の簡易化
- ③ 収集したプローブ情報の出力、蓄積機能の追加
- ④ 認証、暗号用パスワード、車両別アクセスコントロール設定などの運用上の課題抽出と対策

(2) 統合型車載システムの追加機能

統合型車載システムの機能も同様に、昨年度開発機能とフィールド環境での利用を考慮して以下の項目について、追加機能の検討を行った。

- ① 統合型車載システムの設定変更

② プローブ情報の取得状況確認

③ プローブ情報の送出停止

このうち、②③について、本年度は見送り、①の追加機能についてのみ開発項目とした。

(3) 開発と成果

(1)(2)の検討の結果、以下の項目に関しての開発を行った。

① 情報センター機能の ASP 化

② 統合型車載システムへの設定機能

③ 収集したプローブ情報の出力、蓄積機能の追加

(4) 評価

開発された以下の各機能について、フィールド実験環境において実際の車両を利用して評価を行った。

① 通信機能との接続

通信機能との接続では、PHS データ通信において SNMPv3 を使用したプローブ情報の収集が正しく行われることが確認できた。

② 車両コンフィギュレーションの設定

プローブ情報収集の設定、認証パスワード及びアクセスコントロールの設定と共に、車両コンフィギュレーションの設定機能により、情報センターに置かれた懇親情報を取得し設定することができた。

③ 収集したプローブ情報の蓄積表示機能

開発された機能により、車両位置やプローブ情報のリアルタイムな観測、事前解析結果の参照が可能となり、より効率的で迅速なプローブ情報の利用と分析が可能となり、実用性の向上が図られた。

2.4.2 今後の課題

ここでは本年度の成果と未達成事項を踏まえて、今後の課題について述べる。

(1) 情報センターASP化

本年度の情報センターは、フィールド実験環境及び今後の定常運用を可能とするため、収集機能と提供機能の分離を軸とした検討と開発が行われ、それぞれプローブ情報システムとしての実用性の向上に寄与したが、現状はプローブ情報収集、指示に関しては情報センターを直接操作する形態のままである。Webを利用してインターネット上から情報センターを経由したより簡易なプローブ情報収集及び参照のオペレーションが可能になったわけではない。情報センターのサーバホストに直接ログインすることなく、管理者と参照するユーザが Web という共通のインタフェースで安全に操作することができる環境を目指すべきである。その際、管理者、参照するユーザを正しく認証し、セキュリティレベルの区別を行うなどのセキュリティを実現するべきである。

(2) 車両コンフィギュレーション設定機能

本年度のフィールド実験で使用したバスに限らず、車両は常時走行しているわけではないため、情報センターから定期的にポーリングするタイプの情報設定機能では非効率である。従って本機能のように車両が稼働している際に、車両から設定情報を取得する非同期設定機構は有効である。但し、本年度の本機能ではアクセスコントロールの設定情報の一部が設定できない問題があった。今後は設定情報をひとつのファイルに集約し、そのファイルから必要な設定情報を切り出すなどの手法により、設定情報が増加した場合に対応できる必要がある。

また、多数の車両を設定する場合と1台ずつ個別の設定を行う場合など、設定の手法に柔軟さが必要である。

(3) 収集したプローブ情報の蓄積・表示機能

本年度は、情報センターの蓄積と表示に関する機能を一体化して、特定目的のためのプローブ情報の簡易的な蓄積手法、表示手法を導入した。それらの手法の有効性は確認できたが今後の実用性向上のためには、より汎用的な手法を導入すべきである。また提供機能は表示機能として具現化されたが本来提供機能は、データベースから時刻、プローブ情報の種類、位置等を鍵とした検索の結果を提供するようになるべきである。また、収集したデータの蓄積方法では提供の前に、個人情報保護の観点から匿名化や統計処理が必要となると考えられる。本機能に関しては、機能の整理と検討が必要となる。

第3章 フィールド評価試験の実施

本章では、プローブの有効性を実フィールドで検証するために実施した実験について報告する。

3.1 概要

3.1.1 評価のねらい

プローブ情報の定義にはいろいろなものが考えられるが、必要最小限なものとして、走行車両の GPS による測位情報と時刻を記録した情報と定義されうる。現在、各所においてプローブの実実験が実施されているが、そこでは上述の最小限の情報に加えて、実験の目的に応じた各種の運行状況を示す情報が収集されている。

本研究におけるフィールド評価試験では、次節に示すプローブ情報の活用が期待されるふたつの交通情報アプリケーションにおいて、必要とされるデータ項目を洗い出し、実際にそれらのデータを収集し、処理することで、有効なサービスが展開できることを実証することがねらいである。

3.1.2 評価試験の体系

道路管理者や交通管理者が設置している感知器などの、既存の交通情報インフラに対するプローブ情報システムの利点は、次の2点に要約される。

- プローブ車両が走行するすべての道路区間で情報が収集でき、面的な広がり期待できる。
- 既設センサーが設置されている地点の点情報ではなく、走行経路に沿った線情報であり、空間的に連続しているため、情報量が多い。

しかしながら、常時稼働している既設の交通情報インフラに対して、プローブ情報システムでは、相当数の車両が情報端末を搭載しない限りリアルタイムで情報更新することが期待できないことから、

- データを効率的に蓄積し、多目的に活用すること

が、その大命題といえる。

同時に、多数のプローブ情報を効率的に収集するためには、車載情報端末からデータセンターへの通信手段が必須の機能となる。そのコストは、現在の通信キャリア料金体系の下では、非常に高いものとなり、プローブによる交通情報サービスの収益を圧迫するもの

と考えられている。このため、

- 想定する交通情報サービスにとって、必要十分な情報を抽出し、効率的な伝送手段を考案すること

が求められる。

本年度は次のふたつの実験を通して、これらのプローブ情報システムに求められる要件を実証的に検分する。

(1) フィールド評価試験 I： A市バス PTPS 導入効果の評価

プローブによる交通情報サービスの一例として、道路交通システムの効率性を長期間、定常的に計測するモニターサービスが考えられる。従来は、例えば1年のうちのある1日を選び、人手により渋滞状況や旅行時間を計測し、それを道路性能の指標としていた。しかしながら、交通状況は曜日や天候、突発事象など諸処の要因で日々変動するものであり、また、季節変動などの中期的な変化も含まれているため、調査実施日の代表性が常に問題とされていた。又、人手による調査では、収集されるデータ量に限りがあり、少ないサンプルから求めた平均値などの統計的指標の信頼性が疑問視されている。

これに対し、プローブにより道路交通状況を観測することの利点は、長期にわたる定常的な計測が可能なることで、多数のデータを蓄積できることである。評価において、多数の計測サンプルを利用することで、短中期の交通状況の変動を包含する指標の分布を得ることができ、その統計指標の信頼性を高めることができる。また、単なる平均値だけでなく、その分布形状まで考慮した精緻な評価ができる。

フィールド評価試験 I は、A市バスの運行路線で稼働している PTPS(公共交通優先信号制御システム)の導入にともなう、バス運行状況の改善効果をプローブにより評価するものである。A市では、昨年度に独自の調査により、PTPS 導入効果の評価しようとした経緯があるが、数名の市職員による同乗調査であったため、2日間の運行データを収集するのが限界であった。このデータから、PTPS 車両と非 PTPS 車両の運行状況の違いを導出しようとしたが、その差違がわずかしか認められなかった経緯がある。

A市の独自調査では、データのサンプル数が少ないため、計測された旅行時間の差違がどのくらい信頼できる結果なのかを十分に示すことが難しかった。フィールド評価試験 I では、これに対比させる形で、プローブにより蓄積されたデータを活用することで、道路利用効率を精度よく評価できることの有効性を実証すると共に、対外的にアピールすることを目指す。

(2) フィールド評価試験 II： 統合型車載機による道路交通情報の高度化

昨年度までに、車載機側に各種のプログラムを実装して、データ収集や加工、あるいはデータの保存、送信といった場面で求められる処理の一部を、車載機側で実行できる機能を実現した。すなわち「統合型車載機」の開発である。

本年度は、統合型車載機を前提としたプローブ情報システムのあり方として、分散データベース構造を提案している。これは、車載機で詳細かつ高密度な情報、すなわち1秒ごとの走行状態や数秒ごとの画像などを常に計測し、車載機のハードディスク上に蓄積し、センターが提供するサービス(アプリケーション)からの求めに応じて、必要な情報を抽出し、送信するものである。

そこで、フィールド実験Ⅱでは、リアルタイム性が求められる、

- ① リンク旅行時間情報提供
- ② 異常事象検出

のふたつのアプリケーションを想定し、これに必要な情報を車載機からセンターへ効率よく伝送し、かつ必要に応じて車載機側に蓄積された、より詳細な情報へアクセスできることを検証する。

3.2 フィールド評価試験Ⅰ

3.2.1 評価試験の概要

(1) PTPS 稼働状況

フィールド評価試験Ⅰは、図3.2-1に示すA市営バス路線に導入されているPTPSを計測対象として実施した。この区間は延長約3.6kmで、次の4種類のPTPS制御方式が導入されている。

- ① 地点感応制御 (マイクロ制御) … 対象交差点直近のビーコン通過時刻から到着タイミングを予測して、青時間を延長する。
- ② 連続地点感応制御 … ミクロ制御を近接する複数の交差点に適用するもの。
- ③ 連動感応制御 … 下流側の離れた交差点の青時間比を増やして、先詰まりの原因となる渋滞を解消するもの。
- ④ 通過支援制御 (Bus-FAST) … 交差点の流入部と流出部のビーコン間をバスが走行している間、青表示を継続するか、赤表示を早切りする。

このうち、③の連動感応制御(図3.2-1の赤矢印)については、時間帯で制御ポリシーを変えており、朝ピーク時は上り方向を、夕ピーク時は下り方向をそれぞれ優先させる設定となっている。また、休日は混雑しないため、PTPSを稼働させていない。いずれも、県警担当者へのヒアリングによる情報である。

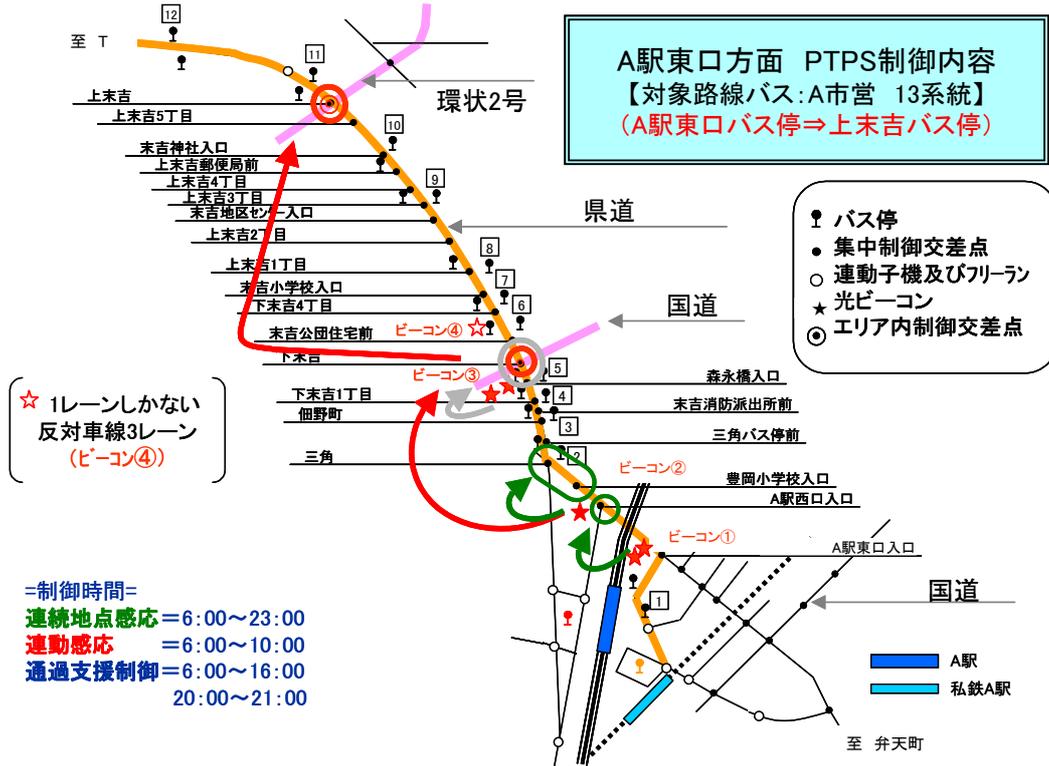
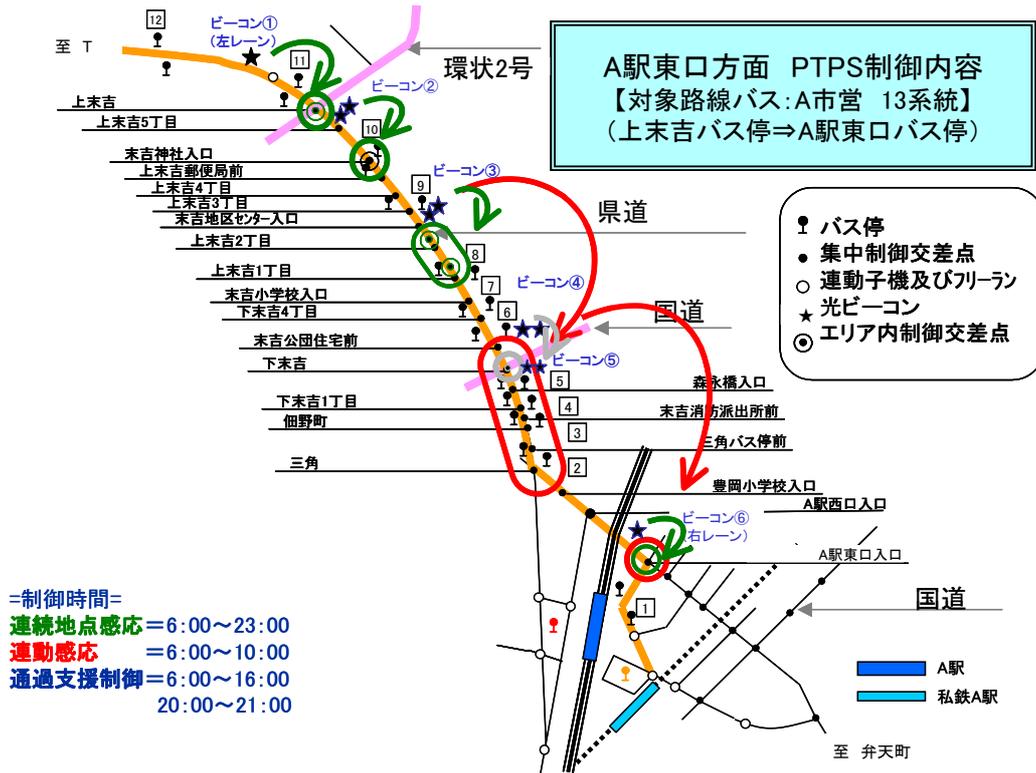


図 3.2-1 フィールド評価試験 I 評価対象路線での PTPS 稼働状況 (上…上り、下…下り)

3.2.2 フィールド評価試験 I のまとめ

以上、A市バス路線において、平成15年9月～平成16年1月にかけて収集した、約4000回の走行データを用いて、同区間に導入されているPTPSによるバス運行状況の改善効果を分析した。評価は、①区間旅行時間の短縮効果、②定時性の向上、③環境インパクトの軽減効果の3項目で行い、以下の結果を得た。

- ① 両方向ともピーク時における旅行時間の短縮効果が認められ、上りは朝ピークで平均18秒(1.74%)、下りは夕ピークで平均32秒(3.09%)旅行時間が短縮された。
- ② 下り方向には定時性の向上が認められ、2分未満の遅れとなる車両が非PTPSの59%に比べて、PTPSでは68%に増えている。又、上り方向では定時性の向上は見られないが、現状ではピーク時のダイヤが余裕を持って組まれており、運行間隔を短くできる可能性がある。
- ③ 両方向とも時間帯を問わず環境インパクト指標の改善効果が認められる。とくに混雑が顕著な上り方向での改善効果が大きい。

今回の実験に伴い、県警担当者にPTPSの運用状況について、ヒアリングを実施している。担当者のコメントでは、

- ・ 対象路線は上り、下りともバスが頻繁に運行するため、一方の優先度合いを大きくすると、他方がいじめられてしまうため、バランスを取るのが難しい。
- ・ 対象路線には国道と地方幹線道路が交差する交差点があり、原則は国道と幹線道路に対して、より長い青時間を割り当てる必要があるため、PTPSによってあまり長い青時間をバスに割り当てると、交差側への影響が大きくなるため、バランスを取る必要がある。

などの理由で、技術的に難易度の高い制御を強いられるため、多大な効果を期待することが難しい区間であるとのことであった。

また、PTPSの効果を評価するのであれば、本来は導入の前後で同様の調査を実施し、その差をもって議論されなければならない。今回のフィールド評価試験では実施時期の問題で、導入後にPTPS車両と非PTPS車両を混在させて走行させており、非PTPS車両の運行も、実は前後するPTPS車両の存在により、PTPS制御の恩恵を受けていると考えられ、ますます両者の差が見つかりにくい状況であることは、想像に難くない。

このような難しい状況にもかかわらず、前述のとおりPTPSによる各種の改善効果を定量的、かつ高い信頼性で示せたことで、プローブによって交通インフラのパフォーマンスを評価し、定常的にモニタすることの優位性を大きくアピールすることができた。実際、ヒアリングに対応した先の県警担当者からも、これほど精緻に評価結果が出たことには驚嘆するというコメントをもらっている。

以上により、

- ・ プローブにより蓄積されたデータを活用することで、道路利用効率を精度よく評価できることの有効性を実証すると共に、対外的にアピールすること

というフィールド評価試験Ⅰの目的は十分に達成されたといえよう。

3.3 フィールド評価試験Ⅱ

本項では、フィールド評価試験Ⅰと同様に、実フィールドで得られたプローブ情報を用いて、リアルタイム性が求められる、リンク旅行時間情報提供と異常事象検出のふたつのアプリケーションを想定し、これに必要な情報を車載機からセンターへ効率よく伝送し、かつ必要に応じて車載機側に蓄積された、より詳細な情報へアクセスできることを検証する。また、異常事象検出については、応用可能性を評価するための基礎的な検討結果を報告する。

3.4 まとめと今後の課題

本章では、本年度に実施したフィールド評価試験で得られたデータを分析した結果を報告し、次のような知見を得た。

- **SS+ST** の情報を蓄積することで、交通インフラの性能を精緻に評価することが可能であることを示した。
- **ST+SS** を交通状態と関連づけて特性分けすることで、渋滞区間を判定するアプリケーションに応用できることを示した。
- 渋滞区間を判定し、その部分だけの情報を車載機で圧縮してセンターに転送する方式のデータ削減効果を評価し、1秒ごとのデータを記録する場合に比べて、等価な情報を1/1000程度のデータ量で近似できることを示した。
- また、**ST+SS** 情報を区間ごとに蓄積し、日常的な交通状態の分布を把握することで、異常事象検出サービスにプローブ情報が応用できる可能性を示した。

以下に、プローブ情報の収集機能に求められる要件と今後の展開を整理した。

3.4.1 プローブ情報の収集機能の要件

本年度は、統合型車載機にハードディスクを装備し、膨大なプローブ情報を車載機側に蓄積し、そこからアプリケーションが求めるレベルの情報を抽出して、データセンターに送信する仕組みを構築している。この仕様は、次のような要件から妥当であると考えられる。

- 1) 上で述べたように、**ST+SS** の情報は、汎用性が高く、さまざまなアプリケー

ションで利用できると考えられる。従って、この情報は、交通情報提供サービスのためのプローブ情報収集システムでリアルタイム、もしくはそれに近い頻度で車載機からセンターサーバに送信され、情報が更新されることが必要である。これは統合型車載機に、ST+SS 情報を用いて渋滞判定し、情報量を圧縮して送信する機能を実装することで、現実的なものとなる。

- 2) それ以上の詳細なデータ、たとえば1秒ごとのプロフィールと画像は、それを必要とするアプリケーションが1)よりも限定されることが考えられる。たとえば、危険な特異挙動の検出や、あるいは画像による車両周辺の交通状況確認などである。従って、これらの詳細なデータは、アプリケーションが必要とする時点で、車載機側の HDD からネットワーク経由で取り出せる仕組みがあれば、データ転送コストが節約できる。

その際、車載機稼働状況やスループットをどう確保するかは、「統合型車載システム」の設計時に留意すべき重要な問題である。アプリ側から見て必要な機能は、車載機には「コンシステントな情報をコンスタントにセンターに送出する」ことである。プローブ情報システムの本質は、最初に述べたとおり蓄積データの活用であり、一番低レベルの情報が信頼できないと、その上にアプリケーションを構築することができなくなる。従って、車載機とセンターの個別のデータ転送だけでなく、分散 DB 系全体での、「プローブデータモデル」メタ情報の自動的・効率的な整備体系を構築することが必須である。

3.4.2 今後の展開

本年度は、統合型車載機には基礎的な情報を取得する API を実装しているが、各種の制約により、情報を圧縮して送信する機能などの、より高度な API は実装されていない。従って、今後の展開としては、次のような機能を持った API を実装し、フィールド実験に適用することが考えられる。

- ST+SS による渋滞区間情報やトリップ情報を車載機側で生成し、処理の分散化を図る。
- バス停での停止判別基準の実装(路線バスプローブを対象とする場合)とバス停停車情報の送信
- 統合型車載機に ST/SS 判別機能を実装して、いくつかの方式でデータをセンターに転送し、データ転送効率と収集情報のリアルタイム性を実ネットワーク環境の下で評価する。

また、異常事象検出サービスについては、今年度はその可能性を示唆するにとどまっているが、このサービスは利用者のニーズも高いと考えられるので、次の視点でさらなる実証実験を進めることが期待される。

- 階層化されたプローブ情報データベースを構築し、渋滞を含む日常的な交通状

況の空間、時間特性を蓄積データから得る。

- リアルタイムで収集されるデータと蓄積パターンを比較し、日常的な分布からはずれているかどうかを判別する。

第4章 スタディの今後の課題及び展開

最後に、本年度の研究開発成果のまとめと、今後の課題及び展開について述べる。

JARI(旧 JSK) ITS センターは、プローブ情報システムの研究開発を 1999 年から実施してきた。プローブ情報収集の可能性検討に始まり、現在提供されている道路交通情報との比較において、プローブ情報としての旅行時間の信頼性、精度の検証、既存の道路交通情報との融合について、検証してきた。しかしながら、残された大きな課題としてプローブ情報収集に係るコストの問題がある。即ち、社会的に価値ある有効な情報を、経済的に収集することを実現する環境の設定、方法の開発である。この課題に対応することなしに、プローブ情報サービスの普及は見込めないと考える。

実証実験で使用されたプローブ車載機は、利用目的が異なるとソフトを書き換えたり、別のシステムに寄せ換える必要性が発生する。車載機に触れることなく、収集センターの指示によりプローブ情報を収集できるようになれば、乗換えに伴う費用が発生しない。更に今までは用途別に設定してプローブ車両を相互に利用できるようになり、プローブ車両配備コストが大幅に削減できる。

プローブ情報システムにおいては、蓄積されたプローブ情報の活用が重要なテーマである。固定的に設定されている車載機の情報収集機能では、蓄積データの活用により不要となるプローブ情報を送信する確率が高く、一方で、オンサイトの情報をリアルタイムで収集しようとした時に、的確なプローブ情報の入手が難しい。このため、細かくプローブ情報を収集しようとする、データ通信量がふくれ上がり、非効率な収集となる。収集センターの適宜の指示により、プローブ情報を収集できるようになれば、必要な情報が効率的に集めることが可能となる。

本研究開発ではこうした要望に応えるため、インターネット ITS のコア技術である Mobile IPv6 に対応した、プローブ情報収集のための統合型車載システムを開発し、情報センターと車載機が随時コミュニケーションしながら、プローブ情報を収集する統合型車載システムを開発するため、昨年度から開始し、3年計画で進めている。

4.1 本年度の成果

平成 14 年度に開発した統合型車載システムのプロトタイプをベースに、車両へ搭載可能な統合型車載システム(フィールド用プロトタイプ)に改良し、新規機能を開発した。公共交通優先システム導入効果の測定(フィールド評価試験 I)、道路交通情報の高度化(フィー

ルド評価試験Ⅱ)に活用し、必要とするプローブ情報が的確に収集でき、様々な目的で、統合型車載システムが有効であることを確認した。

テーマは3項目に分け、実施した。

- ・フィールド用統合型車載システムの開発
- ・フィールド用プローブ情報システムの開発
- ・フィールド評価試験の実施

4.1.1 フィールド用統合型車載システムの開発

a. 実施内容(目標)

フィールドでプローブ情報が収集でき、更にフィールド評価試験に必要な統合型車載システムの機能開発、評価を行った。

- ◆統合型車載システムと、携帯電話、無線 LAN などの通信ユニットとの接続
- ◆実走行における、βテスト(走行による影響評価)、γテスト(通信サービスによる影響評価)の実施
- ◆実走行における、認証、暗号化等の処理に係る負荷の確認
- ◆フィールド評価試験に有効な統合型車載システムの機能で、昨年度未実施の機能の開発

b. 成果

◆通信ユニットとの接続

データ通信用の PHS、無線 LAN の通信ユニットと接続した。各通信ユニットは、モバイルルータに搭載されている。統合型車載システムが Mobile IPv6 仕様で作られており、モバイルルータと統合型車載システムをケーブルでつなぎ完了した。なお、Mobile IPv6 仕様のモバイルルータは慶応大学から供給を受けた。フィールド評価試験Ⅰ、Ⅱでは、通信ユニットとして PHS を使用した。

◆βテスト(走行による影響評価)、γテスト(通信サービスによる影響評価)による通信品質の確認

通信ユニットと統合型車載システムを搭載した車両を走行させ、フィールド走行における RTT (Round Trip Time)及び応答率を評価した。評価は PING (Packet INternet Groper)を活用し、5 分間隔で 20 ケの packets を送り、RTT と応答率(20 ケの packets の内何個が戻ってきたか)の測定と、プローブ情報の収集に使われた SNMP(Simple Network Management Protocol)の RTT の測定を実施した。

横浜市と名古屋市のフィールド評価試験で走行している車両を用いて、データ収集を実施した。地域特性、走行速度による通信品質を確認し、SNMP によるプローブ情報収集時のタイムアウト時間設定に反映した。

◆認証、暗号化等の処理に係る統合型車載システムの負荷の確認

SNMP による通信について RTT を測定した。昨年度の評価で、認証、暗号化を行うプロトコル SNMPv3 と、行わないプロトコル SNMPv1 では、車載機の処理時間に差がないことを確認している。今回の測定では、差があり、SNMPv3 による送信パケット量の増加が、PHS の伝送能力に対して有意差が出る結果となった。

◆統合型車載システムとして必要な機能で、昨年度実現されていない機能の追加

統合型車載システムの開発は、評価試験のタイミングにより、3段階に分けて行った。1次システムは公共交通優先システム導入効果を測定する車両に搭載するために、2次システムは道路管理業務の高度化のための車両に搭載するために、3次システムは道路交通情報の高度化のための情報収集用車両に搭載するために、必要となる機能を開発した。各システム向けに開発した主要な機能は以下である。

<1次システム>

- ・プローブ情報としての画像データ収集、蓄積機能、転送機能を開発

公共交通優先システムの導入効果を測定する際、バス停での停止、赤信号、渋滞による停止を正確に分離する必要がある。そのため、停止、ウィンカー(バス停で停止するときは左ウィンカーを出す)などの要因に対して、前方画像を残すことで、後からその停止が、バス停かどうかを確認できるようにした。

- ・毎秒の走行データが必要なときに取り出せるよう、車載機に分散データベースとしてファイルし、転送機能を開発

公共交通優先システムの導入効果を測定するために、SS+ST による位置情報、時刻、走行距離をプローブ情報として収集した。一方で、一秒毎の位置情報、時刻を収集し、車載機の中に残し(分散データベース)、必要な都度、情報センターへファイル転送で送れるようにした。

<2次システム>

- ・IP ノードを活用した複数の車載センサーと接続

道路管理業務は、走行中に助手席に座っている人が道路の状況を目視で確認し、異常を見つけたときに、その状態をカメラに収め、戻ってから作業日報などで報告するものである。または、路面センサーなどのデータを走行中収集し、戻ってきてからデータを取り出し分析する業務である。こうした走行中に収集する情報をプローブ情報として、

走行中に車両から送信し、作業日報の正確性、詳細化を図ろうとする試みが、道路管理業務の高度化のテーマである。統合型車載システムの拡張性、多種の車両センサーとの接続が可能な機能を活用し、画像カメラ、パーキングブレーキ、ワイパー、外気温、ヘッドライト、フォグライト、路面センサーとの接続を実現するために、Mobile IPv6 対応の IP ノードを開発した(汎用 IP ノードは慶応大学から借用、路面センサー接続用の IP ノードのみを開発)。また、統合型車載システムにおいては、収集するセンサーデータの定義を追加した。センサーデータの定義の追加は、情報センターからリモート操作で実施できる。

<3 次システム>

- ・車載機への収集指示や、認証パスワードの設定、変更をパッケージ化

昨年度は、車載機へのプローブ情報の収集、送信指示の設定、変更や、認証、暗号化のパスワードの設定、変更は、一台一台直接統合型車載システムにインストールしていた。プローブ車両の増加に伴い、こうした煩わしい手間を省き、設定の正確性を期すために、設定、変更をパッケージ化した。設定、変更情報を情報センターに入力しておけば、自動で車載機への設定、更新が可能となった。

評価用システムの全体構成を、図 4-1 に示す。

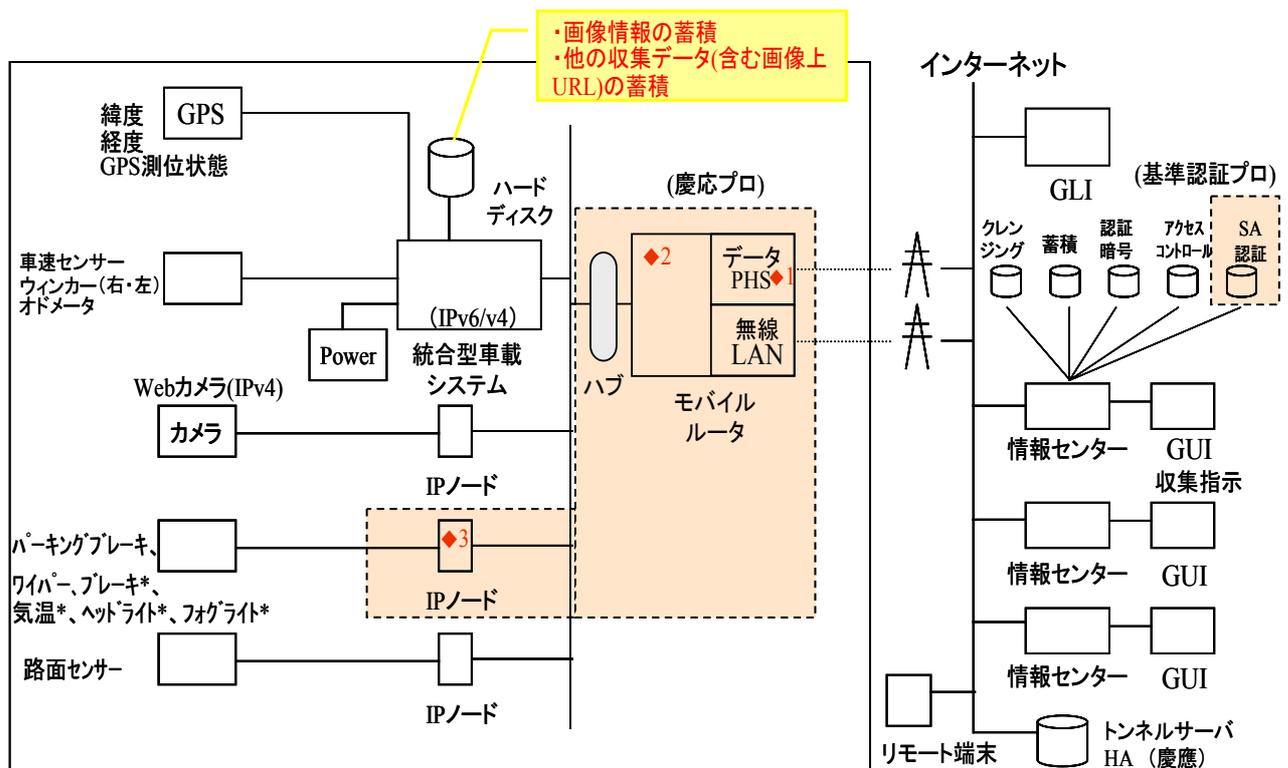


図 4-1 評価用システムの構成

4.1.2 フィールド用プローブ情報システムの開発

a. 実施内容(目標)

フィールド評価試験でプローブ情報を効果的、効率的に収集するために必要とする情報センター機能の見直し、開発した。

- ◆情報センターと PHS、無線 LAN 基地局との接続
- ◆プローブ情報収集指示の入力操作の簡易化
- ◆情報センターが収集したプローブ情報の蓄積、出力機能の開発
- ◆認証、暗号用パスワード、車両別アクセスコントロール設定などのセキュリティ機能の運用上の課題抽出と対策

b. 成果

- ◆情報センターと PHS、無線 LAN 基地局との接続

PHS センター設備とは、インターネットを經由して接続した。

- ◆プローブ情報収集指示の入力操作の簡易化

- ・情報センター機能の ASP 化による外部から情報収集機能(「設定及び変更」「送信指示」、情報提供機能(「参照」)の活用

プローブ情報収集、参照に伴う指示としては、以下のものがある。

*プローブ情報収集条件の設定、変更・・・収集する車両センサーデータ、収集方法(GET/TRAP)、収集間隔(定期、SS/STなどトリガー)などの設定、変更

*プローブ情報送信タイミングの設定、変更・・・送信時のプローブ情報の集約、送信トリガーや、ファイル転送の設定、変更

*プローブ情報の参照・・・収集したプローブ情報の閲覧の設定

こうした設定、変更の指示は、情報センターに行わなければならないが、情報センターは一箇所にしかない。そのため、実用上不便である。これを解消するために、インターネットを活用し、外部からリモートで設定、変更を可能にするため、情報センター機能の ASP 化を実施した。

- ・統合型車載システムの自動更新機能

情報センターの指示内容を統合型車載システムに反映するため、統合型車載システムが起動時に、情報センターへ指示内容が書き込まれた自分のファイルを読みに行き、自らの統合型車載システムに反映する機能の自動化として、非同期自動更新ローディング

システムを開発した。更新のタイミングは、統合型車載システムが立ち上がったときであり、情報センターが指示したときではない。しかしながら、指示内容の変更を行う上で、タイミングを考える必要がなく、統合型車載システムの立ち上がりまで待たなければならないが、安全、確実な方法を採用した。この機能で指示内容が変更されるのは、プローブ情報収集条件やプローブ情報送信タイミングの設定、変更の他に、認証、暗号化のパスワードの設定がある。

◆情報センターが収集したプローブ情報の蓄積、表示機能の開発

収集したプローブ情報の解析用ツールとして、走行軌跡図(走行軌跡を緯度経度上に表示)の作成や、時空間図(縦軸に移動距離、横軸に時刻をとり、走行状態の推移を示す図)の作成、時空間図に表れている走行において撮影した画像情報を抜き出しリンクする作業の自動化を実施した。これらのツールは、直接に統合型車載システムの機能の開発ではないが、これらの分析結果に基づき道路の交通状況が分析されており、次年度はこれらの結果から、プローブ車両に対して収集を指示することにより、目的を特定したプローブ情報の収集につなげていく前段階として開発した。

◆認証、暗号用パスワード、車両別アクセスコントロール設定など、セキュリティ機能の運用上の課題抽出と対策

セキュリティ機能の運用上で、最も喫緊の課題は、その取扱いの煩雑さである。セキュリティを高めるほど、認証、暗号用パスワードは複雑になり、変更の頻度も増える。今回、情報センター機能のASP化と、非同期自動更新ローディングシステムの導入で、設定に関しては対応した。残るは、ASP化に対するセキュリティと、パスワードなどの管理情報を一括して保管することによるセキュリティ上のリスクである。

ASP化に対するセキュリティとして、アクセス可能な人の階層(レベル1管理者、レベル2管理者、ユーザ)別にセキュリティレベルを設定。また階層により、アクセスできるメニューが違うように設定した。また、パスワードなどの管理情報の保管に対しては、暗号化して、見ても分からないようにする対策をとった。

4.1.3 フィールド評価試験の実施

a. 実施内容(目標)

新規に開発した統合型車載システムの機能について、実用上の課題を抽出し、改良を施すため、フィールドでの評価試験を実施した。評価試験としては、公共交通優先システム(PTPS)導入効果の測定(フィールド評価試験Ⅰ)、道路交通情報の高度化(フィールド評価試験Ⅱ)を実施した。

◆フィールド評価試験Ⅰ(横浜市バスPTPS導入効果測定をテーマに実施)

◆フィールド評価試験Ⅱ(道路交通情報の高度化をテーマに実施)

b. 成果

◆測定データを用いた分析結果

i) 公共交通優先システム(PTPS)導入効果の測定(フィールド評価試験Ⅰ)

統合型車載システムをバスに搭載し、横浜市の鶴見駅東口から上末吉3.6Kmの区間に導入されているPTPSシステムの効果の評価を行った。PTPS導入効果の測定としては、鶴見駅東口と上末吉間の走行時間の短縮や、混んでいる中でもバス走行の定時制を守る効果など、サービス水準の向上について、またCO₂排出量の低減など環境保全面の効果の測定を実施した。

プローブ情報による評価のメリットとして、

*バス走行に影響を与える錯綜する要因を排除するために、均一な質の、長期間に亘るデータ収集が可能なこと

*データサンプル数が大きいと、分布の形が見え、データの説得性が向上すること

*分析結果の確認に必要な画像情報など、補助情報もプローブ情報として収集可能なこと

などが確認できた。

なお、PTPS導入効果測定のために、下記のプローブ情報を収集した。

*導入効果に必要なプローブ情報としては、時刻、SS(Short Stop)位置、ST (Short Trip) 継続時間、SS継続時間、走行距離

*分析結果の確認用として、ウィンカー情報、画像情報

ウィンカー情報、画像情報のデータベースを統合型車載システムの中に構築し、必要に応じて情報センターに転送し、活用した。なお、情報センターに集められたプローブ情報のデータベースを集中データベースとし、車両内のデータベースをプローブ情報の分散データベースと定義した。分散データベースに蓄積されているプローブ情報は、逐一情報センターに送る必要はないが、後で細かく分析する際に、有用なものであることが確認できた。

ii) 道路交通情報の高度化(フィールド評価試験Ⅱ)

バス(20台)と、道路管理用車両(5台)の走行から収集したプローブ情報、具体的にはSS(Short Stop)、ST(Short Trip)情報を活用し、異常事象検出のアルゴリズムの開発を行った。ここで言う異常事象とは、日常的な渋滞パターンとは異なる、突発的な事故や工事などにより引き起こされた渋滞とした。リアルタイムの旅行時間を用いてダイナミックルートガイドを実施するにあたり、非日常的な旅行時間に影響を与える要因をいかに早く把握する

かが、予測の精度を向上させるために欠かせない。

今回は、異常時間の検出アルゴリズムの抽出、検証を行った。検証には、バス走行データ(20台)、道路管理用車両の走行データ(5台)を活用した。異常時間の検出アルゴリズムとしては、

- * 1秒毎の走行データによる渋滞検出アルゴリズム

- * 走行をST+SSによって把握する「ST+SSシーケンス」による渋滞検出アルゴリズム

- * ST+SSシーケンスを渋滞、非渋滞に層別し、連続的な渋滞ST+SSシーケンスをひとつの「渋滞トランザクション」とするアルゴリズム(渋滞トランザクションの抽出は、渋滞の先頭、末尾の検出にもなる)

を取上げ、「渋滞トランザクション」によるアルゴリズムで、効率的に異常事象が把握できることを、バス(20台)と、道路管理用車両(5台)の走行から収集したプローブ情報により検証した。

◆プローブ情報収集に係るコストの低減

異常時間の検出を行うにあたり、必要とするプローブ情報は下記のようになる。

- * 1秒毎のデータ・・・時刻、位置 16 byte/回

- * ST+SSシーケンスのデータ・・・時刻、SS位置、ST継続時間、SS継続時間、走行距離 28 byte/回

- * 渋滞トランザクションのデータ・・・時刻、開始位置、終了位置、継続時間、うちSSの継続時間、SS回数、走行距離 40 byte/回

PTPS導入効果測定に使用した路線で、異常時間の検出を行うために必要なデータ量を比較した結果は、下記のようになった。

- * 1秒毎のデータ量・・・4,051,143回、61.6Mbyte

- * ST+SSシーケンスのデータ量・・・77,534回、2.07Mbyte

- * 渋滞トランザクションのデータ量・・・1,596回、62.3Kbyte

即ち、1秒毎のデータ量を100%とすると、ST+SSシーケンスの場合は3%(=2.07Mbyte/61.8Mbyte)、渋滞トランザクションの場合は3%×3%(=2.07Mbyte/61.8Mbyte×62.3Kbyte/61.6Mbyte)となり、大幅な削減が図れることがわかった。

なお、渋滞トランザクションの平均の長さは86秒(標準偏差 95秒)であり、それに相当した検出の遅れが発生する。しかしながら、渋滞と非渋滞の切り分け、渋滞の末尾と先頭の検出については、ST+SSシーケンスで可能であり、ST+SSシーケンスを併用することにより、検出遅れは十数秒程度に短くすることができる。

◆上記以外に、フィールド評価試験のデータを用いて、下記の評価を実施した。

開発機能の動作確認、実運用上の課題の確認と対策、セキュリティの評価、データ通信

量と応答時間の確認など。

4.2 今後の課題及び展開

今後の課題及び展開として、開発活動を通じて感じたシステムの改良点、道路交通情報の高度化としてプローブ情報による異常事象の検出を中心とした来年度の実験構想、今後の本成果の社会的展開に分けて述べる。

4.2.1 今後のシステムの改良点

本年度の開発は良い成果を残すことができた。成功の要因は、プローブ情報システムを実務に活用し、必要となった機能を優先的に開発してきたこと。実務に活用することから、有用なプローブ情報が収集、蓄積でき、プローブ情報システムの機能開発、評価に有益なデータが揃ったことが考えられる。すなわち、実用的なプローブ情報システムのあり方に、関係者の知恵をお借りすることができた結果と考える。そうした活動から、プローブ情報システムの車載機のプラットフォーム、又情報センターとして具備すべき機能について、明確になったものに以下のものがある。これらの開発事項は、平成 16 年度以降の実施計画に優先的に取り入れる。

◆統合型車載システムのプラットフォームの仕様検討

i) センサーデータの正規化と IP ノードの機能拡張

統合型車載システムの特徴として、多種多様な車載センサーとの接続が挙げられる。本年度は、道路管理業務の高度化をテーマに、走行しながら道路走行状況を自動収集するため、異なる車種を対象に、いろいろな車載センサーを接続した。慶応大学 SFC 研究所が開発した IP センサーを活用し、車両データを収集することが実現された。

しかしながら、ひとつ課題が残っている。異なる車両センサーデータの正規化を、どの機能が担当するか、ということである。当初は、IP ノードか、統合型車載システムで正規化することを考えていた。しかしながら、車両センサーがあまりにも多彩で、基本的な車両速度パルスひとつ例に挙げても、車種、年式などで異なる。そのため、対応する IP ノードや、統合型車載システムの仕様があまりにも増えすぎてしまう。車両センサーデータ辞書の標準化が進展すれば、解決可能な問題ではあるので、つなぎの対応ということになるが、厄介な問題である。今後、異常事象検出などで、統合型車載システムが状況を判断しながらプローブ情報を収集することを考えると、少なくとも統合型車載システムでの対応が、当面必須となる。

現状の方向は、統合型車載システムか、IP ノードに車両センサーごとの定義の領域を設け、統合型車載システムを搭載するとき、正規化プログラムをダウンロードすることを

考えているが、実運用上、煩雑になり過ぎないかなどの検証が必要となる。

ii) 通信メディアの多様化

本年度は車両として特異な現象を考慮した評価(β テスト)、実際の通信サービスを考慮した評価(γ テスト)を実施した。こうした結果でわかることは、現状の通信サービスでは、RTTが数秒かかることがあり、今後プローブカーの台数が増加したとき、正常な応答がどこまで保たれるか不安がある。そのために、モバイルルータの機能を広げ、各種通信メディアへの接続、及び統合型車載システムとして、通信メディアの選択対応機能の付与が必要になる。

iii) 個人情報を含まない画像データの収集

本年度の評価試験では、画像データの有用性が証明された。又、道路管理業務における不具合箇所の通報など、アプリケーションとしても、画像データの活用は有益であった。しかしながら、画像データをそのまま活用すると、車両のナンバープレートなど、個人情報となりうる情報も無差別に収集することになる。本年度は、カメラの焦点をぼかしたり、画像データの画素数を間引いたりすることを試みたが、画像データの活用には、個人情報を特定し、取り除く方法の開発が望まれる。

◆運用管理

i) 車載コンフィギュレーションの変更など管理データの更新

セキュリティレベルをあげることで、その維持管理の煩雑さが比例する。運用管理面の最大の課題は、高度な個人情報の保護やセキュリティレベルを実現し、なおかつ維持管理の複雑さを解消することである。本年度は、管理用のパスワードを定期的に変更できるように、情報センター機能をASP化し、更に車載機におけるパスワード等の自動更新の機能を付加した。残された課題としては、車両毎に設定される、パスワードなどの管理情報のデータベースの構築である。データベースはもちろん平文のままではなく、暗号化が必要であるが、そういったデータベースのあり方について、研究する必要がある。

ii) 一基の情報センターで扱えるプローブカーの台数の明確化と効率化

本年度の評価試験では、認証、暗号化に伴う統合型車載システムの処理上の問題点は確認されていない。むしろ、通信メディアの問題、情報センターの処理方法、処理能力が問題であることが確認された。

又、情報センターが扱えるプローブカーの台数についての考察が必要と考える。これは、

社会システムとしての規模性の問題でもある。情報センターは、マルチプロセスで処理がなされ、アクセスする n 台のプロブカーに対して、同時並行的な対応ができることが望ましい。もしそれが不可能な場合は、その許容台数の考え方を明らかにし、情報センター機能向上が望まれる。例えば、稼動していない車載機を確認したら、ボーリングを間引くなどが考えられる。

◆情報システムとしての利便性向上

i) 汎用的な利用が可能なプロブ情報データベースの構築

プロブ情報の有効性を最大限に引き出すために、蓄積データの活用が課題である。プロブ情報システムでは、定まった品質の情報が、プロブ情報として数多く収集される。この情報をリアルタイムに活用することは重要であるが、プロブ情報のサンプリング数が期待できない以上、収集し、蓄積されたプロブ情報の活用は、もっと重要な課題と考える。本年度の評価実験では、各種のプロブ情報が積み上がった。プロブ情報利用の目的にあわせ、プロブ情報の分析手段を作り上げてきたが、プロブ情報の活用という点で十分とは言いがたい。最大の課題は、データ間のリンクが取れていないことである。例えば、交通渋滞で遅れたバスの前後のバスの走行はどうなっていたか調べるために、画像データを確認しようとしても、当該するデータを探す作業から始めなければならない。この作業がスムーズになれば、プロブ情報の有用性が高まり、活用も広がる。すなわち、収集したプロブ情報で、どのようなデータベースを構築すればよいのか、どうすれば汎用的、多種の用途に使用できるデータベースになるか、プロブ情報システムの有効活用のために、重要な課題である。

ii) ファイル転送機能の高度化

プロブ情報の効果的なデータベースのあり方として、情報センターの集中データベースだけでなく、車両にも特定のプロブ情報を保管する分散型データベースについて、本年度は検討した。

分散データベースの活用で問題は、車両に電源が入っていないと使えないことである。そのため、本年度は、通信の空き時間を利用して、分散データベースのファイル転送を試みた。しかしながら、画像データを含むとデータ量は大きくなり、日のベースでも送りきれないことが多く発生している。データ転送効率の良い転送方法の開発や、特にデータ量が大きい画像データなどでは、不要なデータを整理する方法の開発が必要と思われる。

◆ 細部仕様の見直し

i) 車両センサー用 API

昨年度、本年度実施してきた統合型車載システムの開発の位置付けは、フィージビリティスタディであり、可能性の追求を主眼としている。あるべき姿を目指し、統合型車載システムの機能の多様性、拡張性の検証が主体であり、開発の予算を有効に使用するため、既にある技術は、そのまま使ってきた。活用した既存技術で不具合が多発したものに、車両センサーデータを収集するための API がある。実用化に際しては、再度開発し直す必要があると思われる。

4.2.2 来年度の評価試験構想

3年計画の最終年度として、本年度開発した「異常検出」のアルゴリズムを統合型車載システムに組み込み、検出された異常情報をダイナミックルートガイダンスサービスに提供する。また、今迄の成果を集約し、必要とするプローブ情報が的確に収集でき、様々な目的に有効なプローブ情報収集用車載機として、統合型車載システムの標準化提案につなげていく。これらを実現するため、来年度の評価試験の主なテーマは以下のものと考えている。

◆ 収集機能の高度化の実現

統合型車載システムに、本年度に開発した「異常検出」のアルゴリズムを組み込み、処理の分散化を図り、質の良い渋滞情報やトリップ情報を車載機側で生成する。

本年度開発した「異常検出」アルゴリズムで必要とするプローブ情報は下記である。

* ST+SS シーケンス毎に、時刻、SS 位置、ST 継続時間、SS 継続時間、走行距離の送信

* 渋滞トランザクション毎に、時刻、開始位置、終了位置、継続時間、うちSSの継続時間、SS回数、走行距離の送信

そのために、情報センターではなく、統合型車載システムに、新たに ST/SS 判別機能を実装する必要がある。

「異常検出」の抽出には、情報センターが、リアルタイムで収集するデータと蓄積した走行パターンを比較し、日常的な分布からはずれているかどうかを判別する方法がある。一方、情報センターから車載機に蓄積した走行パターンを通知し、車載機側で異常事象が判定されたら情報センターに送信する方式がある。収集機能の高度化としては、後者を目指す。

すべての処理を情報センターで行えば、車載機の負荷が減り、機能も簡易化できる。一方で、情報センターの負荷が拡大し、かつ車両から情報センターへ送信するデータ量が増

える。送信されるデータの中に、個人情報が含まれる可能性も高まる。今後、プローブカーの台数が増えると、情報センターの処理が膨大に膨れ上がるが、得られる情報価値はあまり多くないという結果が想定される。

本年度の研究開発において、車両の分散データベース構築をしており、もし必要であれば、情報センターはこのデータベースを参照すればよい。以上のことを付度すると、車載機側での処理の拡大について、どこまでを合理的とするか、基本的な考え方を示して実施する必要がある。その中には、データ転送効率と収集情報のリアルタイム性を、収集面だけでなく、情報提供面を併せて評価する必要性がある。

◆プローブ情報の蓄積データベース構造の検討

収集したプローブ情報は、特定の利用目的のためにだけ使用した。しかしながら、位置、速度、時間という基本的な情報を含むデータベースを開放すれば、色々な人が多様な用途に活用、応用できる。もちろん、現段階では開放は考えられないが、社会システムとしてのあるべき姿としては、どこかで収集したデータは、共用、共有して、利用するのが理想と考える。そのために、汎用的な利用が可能なデータベースの構築が望まれる。

ひとつのアイディアはデータベースの階層化である。現状は、空間、時間、走行情報をひとつにまとめ、時間でソートしたデータベースを、空間データ、時間データ、走行データに分けてデータベースを構築する方法である。来年度は、プローブ情報を収集する地域が拡大し、プローブ情報の取扱いが煩雑になることは避けられない。しかしながら、情報提供系との結合は、リアルタイム性が要求される。必要なデータの抜き出しがスムーズに行えるよう、データベース構築について研究する。

◆評価試験の特定

限られた資源、限られた台数のプローブカーを活用して行う評価試験である以上、十分な情報提供は難しく、そのまま評価試験を実施すると、効用は薄れる。プローブ情報システムを活用して算出した情報の有効性と、前提とするプローブカーの配備が混在して、議論され、結論付けられるような評価試験は避けるべきである。収集したプローブ情報の有効性が最大限に発揮されるよう、プローブカーの調達、情報の更新頻度、地域の限定、想定される精度など、評価試験の企画を固め、「異常事象」の提供先と、事前の協議が必要となる。

評価実験を実施する名古屋市には、我々が調達する統合型車載システムを搭載した車両以外に、インターネット ITS 協議会が所有する 1,500 台のプローブカーが存在する。これらのデータの活用は、「異常事象」情報の提供に大変貴重なデータとなり、インターネット ITS 協議会との協業も図って行くべきと考える。

4.2.3 今後の本成果の社会的展開

◆社会実験による認知度の向上

プローブ情報を活用したダイナミックルート案内を、名古屋 ITS 世界会議のショーケースとして実施される。これは従来の道路交通情報には含まれなかった右左折コストや、細かい区間の渋滞情報、情報のリアルタイム性を改善するために、プローブ情報を活用するというものである。本年度検証してきた「異常検出」情報は、ルート選択を左右する最大の要因である。「異常検出」情報を提供し、活用することで、今までにない、実情に即したダイナミックルート案内を実現し、ショーケースとして大勢の人々に実感してもらい、プローブ情報の活用に弾みをつける。

◆実用化支援

道路管理業務の高度化として開発したシステムは、現在 2ヶ所で稼動中である。現段階は、業務の高度化に役立つデータ収集が自動的に出来るにすぎない。業務として定着を図るために、支援を継続し、プローブ情報を活用した実務として定着させ、関係部門への普及、拡大につなげる。

—禁無断転載—

システム開発 15-F-2

プローブ情報収集のための統合型車載システムの
開発に関するフィージビリティスタディ
報告書
(要旨)

平成 16 年 3 月

作 成 財団法人 機械システム振興協会
東京都港区三田一丁目 4 番 28 号
TEL 03-3454-1311

委託先名 財団法人日本自動車研究所
住 所 東京都港区芝大門一丁目 1 番 30 号
TEL 03-5733-7924