

道路事業調査費
(ITS調査)

ITSプラットフォームの標準化に関する調査

Standardization of ITS Platforms

(研究期間 平成 13～17 年度)

高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室 室長 川崎 茂信
Intelligent Transport Systems Division, Research Center for Advanced Information Technology
Head Shigenobu Kawasaki

The Japanese efforts to initiate and stimulate the study on the international standardization benefit other nations in terms of supranational activities and achievements. On this basis, the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport gives careful consideration to the state of domestic ITS development, and also analyzes selected agendas from other nations for international standardization. By analyzing these agendas, the current state of international standardization can be deduced. Furthermore, the proposed agendas by other countries are reviewed and coordinated into the domestic activities. In this manner, the Ministry is involved in supporting international standardization activities by domestic industries.

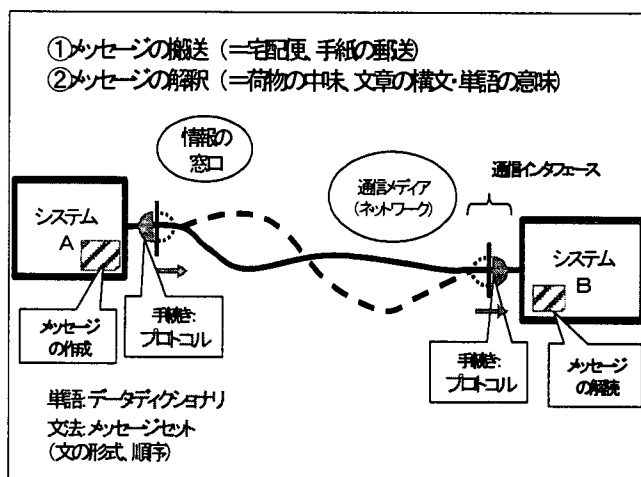
【研究目的及び経緯】

ITSの実用化に向け、国際的な取引が行われている車両や情報端末は、WTOの政府調達協定により国際標準への準拠が必須となるため、民間主導で行われている国際標準化活動への積極的な支援が重要となる。日本の技術が十分に反映されなかった場合、国際的な情報交換の阻害（海外システムとの互換性が確保されない）、調達コストの高騰（標準に適合させるための二重の開発コストが必要）、海外企業参入の阻害による不適正な競争、貿易障壁（国際標準と違う仕様による調達）、日本のシステムの海外普及に対する阻害（国際競争力の低下）、といった影響が考えられる。そこで、本調査の目的は、このような不利益を国民に与えないために、常に標準化動向を把握し、国土交通省が推進する施策を国際標準に反映させるための活動支援を行うことである。

13年度は、標準化動向の把握については、ISO（国際標準化機構）TC204（ITS分野の技術委員会）の国際会議、及び国内会議に関連するワーキンググループの審議内容を基に情報を収集した。また、欧州や国内における標準開発機関の動向についても、ワーキンググループでの審議内容を基に情報を収集した。これら収集した情報の分析による標準化動向の把握を基に、対応方針の検討や対応戦略を立案し、関係団体への日本案提案等を行った。

【研究内容】

成果の有効事例として、道路通信標準に関する対応について述べる。



図－1 道路通信標準の概念

道路通信標準とは、道路に関する情報を正確に伝えるための約束事を取り決めた、いわば共通言語として、国土交通省が構築し、現在試験導入して実証検討中である。この中で、データディクショナリ（データの定義）、メッセージセット（データの並び方）、プロトコル（データの交換方法）を標準化しており、これによりITS全体の相互接続性、相互運用性、互換性を確保できる。この道路通信標準の概念を図－1に示す。

一方、ISO/TC204のワーキンググループ1（システム機能構成分科会）においても、データ定義等の国際規格（ISO14817）を検討している。そこで、道路通信標準とISO14817の対応関係を整理した。ISO14817との対応関係の概念を図－2に示す。ISO14817はデータ定義や登録方法の枠組みまでの規定であり、実際

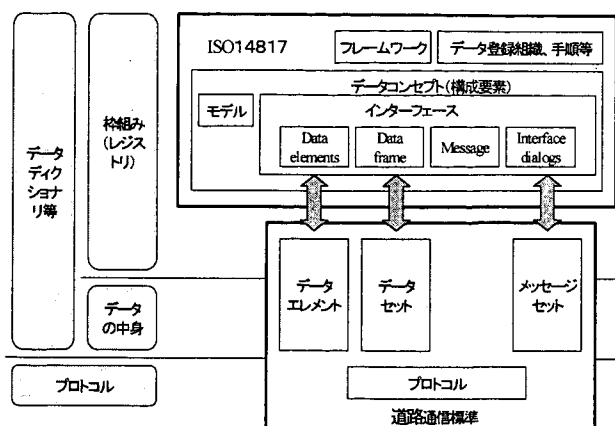


図-2 道路通信標準と ISO14817 の関係図

表-1 データディクショナリの対応関係

道路通信標準		ISO14817
DE名称	クラス名/DE名	○
	DE識別コード	○
データ定義	定義	○
	データ型	○
	データフォーマット	○
	データ表現形式	○
	データ単位	○
登録ステータス	登録ステータス	○
	版数	○
初期設定更新日	初期設定日	○
	最終更新日	○
最終設定者		-
データ初期設定記録	対象サービス、システム	-
	データ定義内容	-
	その他	-
データ品質、機能、作成方法など	時間性能	-
	数値的な精度	-
	データ生成方法	-
	信頼性	-
データ定義変更履歴		-
関連DS		-

表-2 データ品質に係わる対応案

対応案	得失
案1 道路通信標準のデータ品質属性を14817に提案	①道路通信標準のデータディクショナリとISOとの整合性が高まる。 ②高い精度と信頼性が必要な情報とそうでない情報を明確に記述することができる。 ③データ品質属性の必要性について、国際合意が得られる理由を明確化する必要がある。
案2 現状維持	①道路通信標準データディクショナリの特有項目が発生してしまう。 ②国際規格にはデータ品質概念がなくなり、高精度なデータ品質が必要なITSアプリケーションに対応できなくなる可能性がある。

のデータの中身は規定していない。これに対し、道路通信標準は定義方法等の枠組みと、それに基づいた道路管理分野の中身を定義している。次に、道路通信標準とISO14817が共に標準化を進めているデータディクショナリ定義に関する対応関係を表-1に示す。ここで重要なのは、ISO14817では、データ品質が定義されていないことである。なぜならば、ITSは広範囲なサービスを対象としており、例えば運転支援システムは情報提供システムより高い精度と信頼性が必要など、異なるサービスは異なるデータ品質を必要とするため、データ品質属性はITSを展開する上で必要不可欠だからである。そこで、ISO14817への対応案を表-2のように検討した。

結論として、ITSに対応するためにはデータ品質属性は外せないことから、道路通信標準で定義されているデータ品質をISO14817に追加する案1を採用することとした。

提案方法は、平成14年1月のワーキング1国内分科会にて具体的に提案を行い、5月期限の国際規格案投票時（標準化手続きにおいて、国際規格案が作成される照会段階）に提案内容が盛り込まれるよう行動する方針とした。

[研究成果]

ワーキング1国内分科会にて、データ品質をISO14817に追加する提案を行い、多くの賛同を得た。これにより、国際規格案にデータ品質が盛り込まれることがほぼ確実となった。この結果、ISO14817は道路通信標準と整合がとれ、広範囲なサービスを対象とする日本のITSに対応可能なものとなる。

[成果の発表]

Model Deployment of Road Communication Standards (2001.9: 8th ITS World Congress)

道路行政の IT 化を支援する共通基盤構築に関する調査

Research for Establishment of a Common Infrastructure Supporting the Introduction of Information Technologies to Road Administration

(研究期間 平成 13~17 年度)

高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室 室長 川崎茂信

Intelligent Transport Systems Division, Research Center for Advanced Information Technology

Head Shigenobu Kawasaki

A study was conducted to evaluate the effect of introducing a common infrastructure to aid in the introduction of information technologies to road administration. Studies of road transport safety, efficiency and reduction of the environmental burden were conducted, in addition to a study from a lateral perspective.

〔研究目的及び経緯〕

現在開発が進められている IT 技術は、道路行政施策と連携することにより、20 世紀の負の遺産ともいわれている交通渋滞や交通事故、環境問題などといった道路交通問題を解消するとともに、生活面での質的向上、新たな産業や雇用を創出し、国土や地域を活性化させるインフラストラクチャーとして期待されている。

今後は、行政に対する国民の信頼性の向上、政策評価の推進、コスト縮減、既存ストックの有効活用等、道路行政の進め方に対する社会的要請や、多種多様な利用者ニーズに対応すべく質の高い道路行政サービスを迅速・適切かつ効率的に提供していくことが必要である。また、そのためには IT 技術を積極的に活用し、これらの効率的な活用を支援するための共通基盤の構築が不可欠である。

そこで、本調査では、道路行政の IT 化を支援する共通基盤の導入効果を評価することを目的として、道路交通の安全性、効率性、環境負荷削減および横断的な視点から検討を行った。

〔研究内容および成果〕

(1) 道路利用の効率性向上および環境負荷の軽減に関する検討

道路利用の効率性を向上させることを目的とした渋滞対策、需要集中対策ならびに交通流シミュレータによる効果計測等の課題、さらには道路の効率的な利用によってもたらされることが期待される環境負荷の軽減に関する課題について以下の検討を行った。

a. ITS 技術の導入に伴うサービス水準向上効果を把握し、適切な事業評価や道路整備水準の計測の実現を目

的に、サービス水準の要因を整理・分析し、迅速性、安全性、快適性等の新たなサービス指標を提案するとともに、その適用可能性を確認した。

b. 事業の効果計測や事業評価を適切に行うための交通流シミュレータの汎用的な利用を目的に、ツールの整備、モデルの機能改良要件の抽出およびモデルの適用可能性について検討した結果、交差点における渋滞状況を高精度で再現出来ることが確認された。

c. 交通環境の変化による環境負荷軽減効果を定量的に把握し、適切な事業評価の実現を目的に、交差点における車群の車種別のアイドリングや発進遅れを考慮した排出量算出方法を提案し、モデルの精度および適用可能性を確認した。

(2) 道路交通の安全性の向上

ITS 施策導入にともなって期待される道路交通の安全性向上に関する検討を以下のとおり実施した。

a. IT 技術を活用することによる交通事故の減少や安全性の向上を適切に評価するための交通事故の直前回避に資するメカニズムの解明、および走行安全性評価モデルの構築を目的に、合流部や交通錯綜部等におけるドライバーの流入判断や車両挙動の分析から交通事故の直前回避に関する基礎的要因を把握し、課題を整理した。

〔SIPA の各種道路施策における評価ツールとしての有効性・妥当性の検証〕

ここでは、(1) b. に記載するシミュレーションモデルの汎用利用に関する具体的成果について述べる。

(1) 目的

道路線形改良など各種道路施策における事前評価ツ

ールとして、渋滞などの動的現象をビジュアルに表現できる交通流シミュレータに対するニーズは高い。そこで、これまで高速道路を中心に適用性が確認されている交通流シミュレータ SIPA (Smart Infrastructure Performance Analyzer) を用いて、一般道交差点の代表的フィールドでのケーススタディを通し、再現性等の検証を行った。

(2) SIPA の特徴と一般道での適用場面

交通流シミュレータは、交通量と密度の関係式から交通流を制御する「マクロモデル(流体モデル)」と個々の車両挙動を再現し、車両を1台毎に制御する「ミクロモデル(離散モデル)」に大別される。SIPA は個々の車両の反応遅れや加減速度など微視的な走行挙動の再現を必要とする ITS 施策の事前評価を目的に開発されたツールであり、「ミクロモデル」に該当するものである。そのため、SIPA はマクロモデルと比べ、個別箇所でのより詳細な交通現象を再現・評価する際に非常に有効なツールといえる。

(3) 一般道における SIPA の適用可能性の検討

図-1、2 に示すフィールドでのケーススタディを通し、一般道における SIPA の適用性について検証を行

った。ここで、図-1(検討フィールド1)は立体交差であり、しかも並行して側道が存在するため、分合流挙動や非常に複雑な交通現象を再現する必要がある。また、図-2(検討フィールド2)は、交差点が連続しその形状も変則的であり、そのため交差点挙動が非常に複雑なフィールドである。

a. 検討フィールド1

図-3 に検討フィールド1(①方向)の現況再現結果を示す。流入交通量、渋滞長とも、シミュレーション結果が現況の交通状況を精度良く再現しており、シミュレーションの有効性が確認された。

b. 検討フィールド2

検討フィールド2(②、③方向)の現況再現結果を図-4 に示す。シミュレーションによる各時間帯別の速度分布は、各方向ともに現地調査による渋滞の傾向と合致しており、シミュレーション結果が精度よく再現していることが確認された。

(4) まとめ

SIPA の一般道への各種道路施策評価ツールとしての有効性、妥当性に関する検証を行い、良好な成果が得られた。

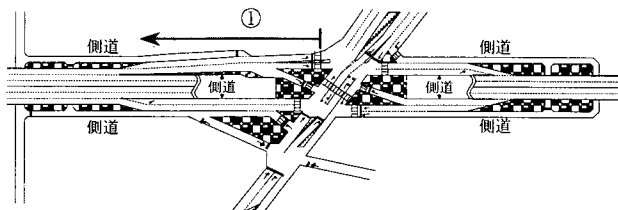


図-1 検討フィールド1

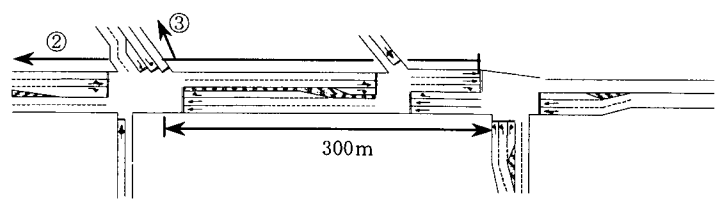


図-2 検討フィールド2

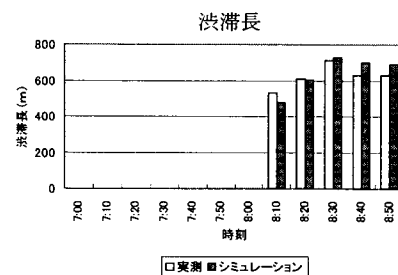
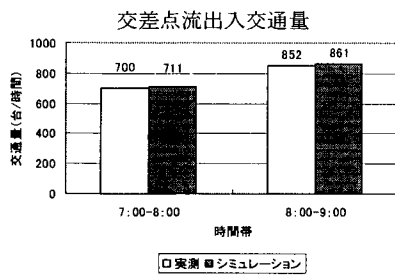


図-3 検討フィールド1における現況再現結果(①方向)

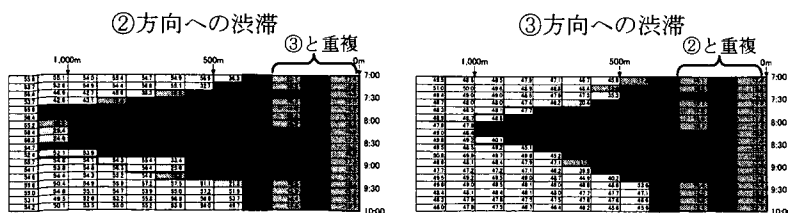


図-4 検討フィールド2における現況再現結果

歩行者等支援に関する調査

Research on Supporting System for Pedestrians

(研究期間：平成11～平成17年度)

道路研究部道路空間高度化研究室

Road Department, Advanced Road Design and Safety Division

室長 森 望

Head Nozomu Mori

主任研究官 池田 裕二

Senior Researcher Yuji Ikeda

This study investigates the development of equipment and systems of ITS for Pedestrian to ensure safe walking for disabled and elderly people. As a first step, we surveyed the needs of pedestrians, especially the disabled and elderly who are most likely to face difficulties when moving around. This paper presents the results of surveys on the information services required by disabled and elderly pedestrians, and the contents of ITS for pedestrian that will provide such services.

【研究目的及び経緯】

歩行者の安全で快適な道路利用を図るには、歩行者空間を整備することはもちろんのこと、危険な場所の明示、歩行経路の案内、経路上の現在地の明示など、適切な情報提供による案内誘導が必要である。

そのため、わかりやすく適切な情報提供により、高齢者や障害者が安全に、安心して通行できる快適な歩行空間を提供する歩行者ITSシステムの実用化に向けて、システムの仕様・性能等の標準仕様作成について必要な資料・データの収集・分析・検討を行った。

【研究の内容】

(1) 歩行者のニーズ調査

1) 視覚障害者及び下肢障害者の歩行追跡調査

身障者の移動中の情報ニーズを調査するため、視覚障害者及び下肢障害者を被験者とした歩行時の追跡調査を行った。

被験者は、自宅周辺および東京都内の商業地域を目的地として、手引きや後押しをしないで移動する。途中、経路や横断歩道の場所、障害物の有無など、情報を得たいときには、同行する調査員に質問する。この質問内容を分析することにより、視覚障害者・下肢障害者が、移動中にどのような情報を必要としているかを調査した。

また、歩行の様子をビデオで撮影し、分析することにより、歩行者自身が認識していない情報ニーズ(歩

行の支障となる地物：車止め等)を観測した。

被験者は、視覚障害者(先天性全盲、後天性全盲、弱視者(視力低下、視野狭窄))、下肢障害者(電動車椅子使用者及び手動車椅子使用者)及び健常者(アイマスク着用及び電動車椅子使用)とし、障害の内容・程度の違いによる情報ニーズの違いを検証した。

この調査の結果、先天性の視覚障害者は後天性の視覚障害者と比較して必要とする注意喚起情報が少ないことや、視覚障害者が、経路案内や注意喚起だけでなく、伝い歩きできるものや、音や臭いによるランドマーク施設に関する情報を必要としていることがわかった。

2) アンケート調査

歩行者ITSによる情報提供機能の妥当性、情報伝達手法、歩行者ITSの有効性・利用意向等を調査するため、アンケート調査を行った。



写真-1 歩行追跡調査実施状況

視覚障害者が危険を感じる場面	
・蓋のない溝や池・川があるとき	91%
・工事箇所があるとき	88%
・横断歩道に信号がないとき	79%
車いす使用者が危険を感じる場面	
・階段・段差があるとき	89%
・勾配や坂がきついとき	82%

表-1 視覚障害者が危険を感じる状況(アンケート調査より)

(2) 歩行者 ITS のシステムの検討・開発

1) 歩行者 ITS のシステム構成の再検討

歩行者 ITS の技術・システムに関する共同研究に参加している民間企業と共同で、各社が開発を進めている歩行者 ITS の機器・システムにおける位置特定機能・通信機能・ソフトウェアの処理能力等が、身障者の歩行時の情報ニーズに対応しているか否かの検討を行った。

検討の結果、歩行者 ITS ではカーナビと同様に、GIS に注意喚起が必要な歩行障害物、経路、公共交通機関機関等の情報を蓄積し、GPS 等により利用者の位置とマッチングさせながら、各種の情報提供を行うこととした。

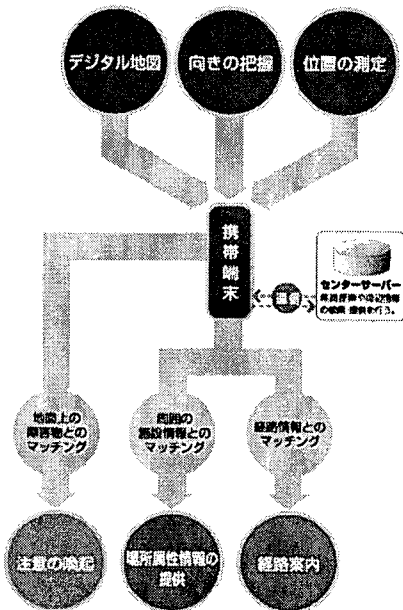


図-1 歩行者ITSのシステム構成

2) 位置特定システムの開発

歩行者 ITS は、身障者・高齢者をはじめとする歩行者をサービス対象として考えているため、歩行者の要求に応えうる精度とシームレスな位置特定が必要である。カーナビ等で使われている GPS により位置を特定する場合、位置特定精度が低いことと、ビル街や地下街等では位置特定ができないことから、シームレスでかつ高精度な位置特定手法が必要である。

歩行者 ITS では、位置特定手法として、D-GPS、Pseudolite、無線 LAN、RF-ID タグを用いることとした。

3) デジタル地図の仕様（案）の検討

歩行者の情報ニーズに関する調査結果をもとに、歩行者 ITS のデジタル地図に含まれるべき地物を抽出し、その特性に応じて分類するとともに、各地物について、必要な位置精度及び属性情報につき検討を行い、地物リスト（案）を抽出し、実験用の GIS を作成した。

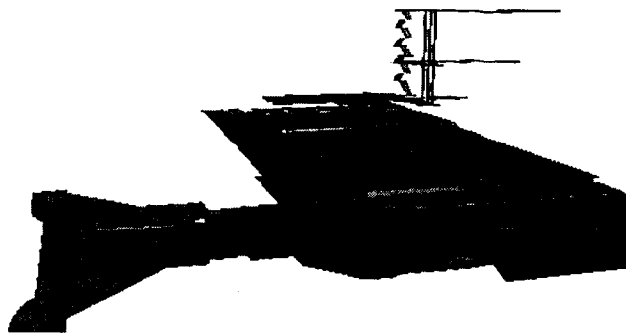


図-2 実験用に作成したデジタル地図

(3) 検証実験の実験及び評価

歩行者 ITS の基本サービスとなる位置特定、周辺の属性情報の提供、経路案内・誘導について、その機能を検証するための実験を行った。

実験では、視覚障害者述べ約 80 名、車いす使用者約 20 名を被験者として、国土技術政策総合研究所ゲート付近から入り口まで（RF-ID タグを用いたシステムでは、6F 研究室前まで）のナビゲーションを行い、システムを利用した歩行の状態を観察するとともに、情報提供サービスの有効性や問題点、改善方策に関するヒアリング調査を行った。



写真-2 検証実験の状況

実験実施後のヒアリング調査では、歩行者 ITS を「利用したい」との回答が多く、歩行者 ITS の実用化への期待が伺える結果となった。

	利用 したい	状況によっては 利用したい	利用 したくない
注意喚起（視覚障害者）	71	26	2
周辺情報の提供（視覚障害者） （下肢障害者）	76	22	2
	70	31	0
経路誘導（視覚障害者）	74	25	2
（下肢障害者）	63	31	6

表-1 歩行者ITSの各サービスに関する利用意向（%）

[まとめ]

モーター実験では、被験者の90%以上が、歩行者 ITS を「利用したい」と回答しており、歩行者 ITS の情報提供サービスの有効性が確認された。今後は、位置特定技術の改良や GIS 仕様案の作成を行うとともに、費用大綱化の検証や事業実施体制の検討などの実用化にあたってのフィージビリティ調査を行う必要がある。

ヒューマンインターフェイスに関する調査

Research on the Human Interface for Intelligent Transport Systems

(研究期間 平成 13~17 年度)

高度情報化研究センター高度道路交通システム研究室 室長 川崎茂信

Intelligent Transport Systems Division, Research Center for Advanced Information Technology

Head Shigenobu Kawasaki

A study of road infrastructure services by message boards was conducted to identify a suitable interface and confirmed the effectiveness of road infrastructure services. A study was also conducted to ensure the safety and reliability of AHS using an uninterrupted flow model, and target values for system safety and reliability were established.

[研究目的及び経緯]

ITS は、人・車・道路を高度かつ有益な情報を介して結びつけることにより、道路交通における諸課題を解決することを目的としたシステムである。これまで、道路と車とのインターフェイスに関しては、様々な研究が進められてきたのに対して、人間と道路、人間と車のインターフェイス(ヒューマンインターフェイス)、および安全性・信頼性における人・車・道路の役割分担に関しては、十分な研究がなされてこなかったのが現状である。

そこで、平成 13 年度では、人・車・道路の適切なインターフェイスのあり方を明確化し、安全でかつドライバのニーズを反映したシステムを確立することを目的として、道路インフラ(情報板)サービスに関する検討を行い、サービスの有効性について確認した。また、単路系モデルにおける AHS の安全性・信頼性確保に関する検討を行い、システムが具備すべき安全性・信頼性に関する目標値の設定を行った。今後は、道路インフラ(情報板)における表示内容・表示形式に関する標準仕様の作成、道路インフラと車(車載器)の情報提供に関する役割分担に関するガイドライン作成、ITS における人・車・道路インフラの安全性・信頼性に関するガイドラインの作成等を行う予定である。これにより ITS アプリケーションを実現する上で、ヒューマンファクタの見地から見た安全性確保ならびにユーザに受入れやすいサービスの実施が可能となる。

[道路インフラ(情報板)サービスに関する検討]

前方障害物衝突防止支援および出会い頭衝突防止支援サービスを対象とし、情報板による表示をサービス情報としてドライバに提供した場合の受容性について

検討を行った。具体的には、情報板の表示方法を「文字のみ」「文字+図形」「図形のみ」とし、さらに前方障害物衝突防止支援の場合には文字に「150m 先」「走行注意」といった補足情報を追加してアンケート調査(複数投票)を行い、情報板の表示として受容性の高いパターンについて検討を行った。その結果、図-1 に示すように両支援サービスとも「文字+図形」、補足情報では「150m 先」という情報が最も評価が高い結果が得られた。この結果に基づき、テストコースで最も評価の高かった情報板表示について実験を実施したところ、前方障害物防止支援では 8 割以上、出会い頭衝突防止支援では全ての被験者が安心感があつたと回答した。







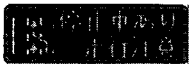
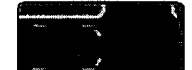
	前方障害物	出会い頭
1 位	 29 票/60 票	 30 票/60 票
2 位	 24 票/60 票	 22 票/60 票
3 位	 20 票/60 票	 21 票/60 票
4 位	 18 票/60 票	 19 票/60 票

図-1 受容性が高かった情報表示パターン

【システムの安全性・信頼性に関する検討】

AHSは、インフラ側センサ、路側処理設備、路車間通信装置から構成されており、これらが相互に適切に作動して初めてシステムとして成立つものである。これら走行支援システムは、実用化に際して、ニーズ側（利用者側）からは、できるだけ高い安全性を要求される。しかしながら、それを実現するインフラの技術的な視点（センサの未検知など）、または経済的な視点（安全度とコストのトレードオフの問題）を踏まえると100%の安全性・信頼性は現実的には達成し得ない。そこで、走行支援システムの実用化に向けて現実的な安全性・信頼性の達成目標の設定に関する検討を行い、そこから発生する課題への対応を行った。

まず、単路系のシステムについて安全性・信頼性の目標値について技術、コスト両面から検討を行った。

(1)技術面からの検討

(a)インフラ側センサの未検出例

足柄サービスエリアにおいてセンサ検出状況について実験を行った結果、表-1の結果が得られた。

表-1 足柄サービスエリア実験でのセンサ未検出事例

問題となる事象	未検出割合 (1800台に対して)
1 樹木などの縞模様の影で、車両が検出または追跡できない	1.00%
2 西日がカメラに直接入り検出できない	0.22%
3 薄暮、夜間での照度が不足し、コントラスト不足	1.39%
4 雨によるコントラスト不足、視程の不足	0.78%
5 車両と道路のコントラスト不足	0.02%
未検出合計	3.41%
検出率	96.59%

(b)構成機器やシステムの機械的故障

機械的故障が発生する確率が最も高いと考えられる右折衝突防止支援サービスを対象としシステムの故障確率の算出を行った。故障の発生する確率 $F(t)$ は平均故障間隔 (MTBF) と経過時間 (t) による関数で、 $F(t)=1-\exp(-t/MTBF)$ で表すことができる。この式より、算出すると $F(t)=5.2E-6$ といった極めて小さい値が得られた。

(c)電波の遮断 (シャドウイング)

シャドウイングの発生確率について、3車線、アンテナ高さ 8m、平均速度 100km/h の自由流、大型車混入率 80% と仮定した場合のシミュレーションを行った。その結果、第2車線のシャドウイング率は 0.12% と算出された。

(2)コスト面からの検討

センサのコストと検出率から試算を行うと検出率 99%では 95%の 1.4 倍、99.9%では 2.3 倍のコストがかかる結果が得られた。

上記検討を踏まえ、システムや構成機器の技術レベルの現状、システムコストなどを勘案して、単路系支援サービスの安全性・信頼性の目標値を表-2のように設定した。

表-2 安全性・信頼性の目標値

	安全度	システム稼働率	サービス稼働率
システム全体	95%以上	99%以上	95%以上
センサ設備	96%以上	99.8%以上	96%以上
路車間通信設備	99.1%以上	99.9%以上	99.1%以上
路側処理設備	99.9%以上	99.8%以上	99.8%以上

	サービス提供すべき時間 (一般車両通行可能)					サービス不要時間 (通行止)	
	サービス提供時間 (正常動作時間)	システムの判断によるサービス断念時間	故障中の時間	保守休止時間	運用停止時間		
システム	危険があるという情報を車両に伝える	危険がないという情報を車両に伝える	サービス断念した状態を車両に伝える	故障状態を車両に伝える	車両に故障状態が伝えない	動作停止	危険があるなしの情報が所定時間内に正確に車両に伝わらない
現実の動作	○	○	○	○	○	—	○
危険がない状態	①	③	⑤	⑦	⑨	—	⑪
危険がある状態	②	④	⑥	⑧	⑩	—	⑫
	インフラ						電波伝搬路

○ : 現実の事象が正確に車両に伝わるか、AHSシステムが正確な情報を伝送できないことを車両に伝えられる
 △ : 現実の事象に危険はないが、状況を正しく車両に伝えてない
 × : 現実の事象に危険があるとき、危険がないと車両に伝わるか、AHSシステムが故障であることが車両に伝えられない

ドライバーへの情報の伝え方 (車内表示) の例 :

- A (危険があるので、注意喚起の情報提供 (②))
- B (危険があるかもしれないこと、システムが動作していない可能性があるので、慎重運転奨励の情報提供 (④、⑥、⑧))
- C (通信部分の故障、保守停止中、シャドウイングなどで、無表示 (⑩、⑫、⑭))

図-2 走行支援道路システムの動作状態と3種類の表示

表-2において設定した目標値の残り 5%については、システムとしてリスクを背負うことになる。このリスクに対して、ドライバーに危険を招くような悪影響を及ぼすことがないように、安全性・信頼性補完対策が必要となる。そこで、図-2に走行支援システムが動作する状態についてまとめ、そのシステムの動作状態に応じて3種類の表示を行うことで、リスク軽減対策を提案した。このように本調査では、安全性・信頼性に関する基本的考え方を示すとともに、単路系システムの安全性・信頼性に関する目標値を設定した。さらに、その残るリスクに対する対策案について車両、ドライバーを含めた検討を行った。

AHSシステムの開発・評価に関する調査

Development and Evaluation of Advanced Cruise-Assist Highway Systems (AHS)

(研究期間 平成13～17年度)

高度情報化研究センター 高度道路交通システム研究室 室長 川崎 茂信

Intelligent Transport Systems Division, Research Center for Advanced Information Technology

Head Shigenobu Kawasaki

Research on AHS was started in 1998 in cooperation with the AHS Research Association, a private sector entity, for the purpose of improving traffic safety. Based on the joint tests with the ASV, during this fiscal year a system was constructed with the aim of achieving AHS as quickly as possible. In addition, plans for field operation tests were formulated, and some of the tests were implemented. In the future, the system will be evaluated and its feasibility will be determined.

〔研究目的及び経緯〕

IT (Information Technology) を活用することよりインフラ (道路) と車両が相互に連携して走行環境 (安全性、効率性など) を飛躍的に向上させる走行支援システムが可能になりつつある。

これまでは交通安全対策として、事故の事前・事後の対策に取り組んできた。走行支援システムのうち本研究の目的としては、喫緊の課題である交通事故について、委託研究先であるAHS研究組合と連携しつつ、直前の対策として事故原因の大半を占めるヒューマンエラーに対応し、安全性を飛躍的に向上すべくAHSについて、開発及び評価を行うものである。

AHSでは交通事故データの分析により、事故全体に占める割合の高い、7つの基本サービス域を抽出した。これら7つのサービスを具現化するため、センサに代表される要素技術や、それに対応するシステムの構築を行った。

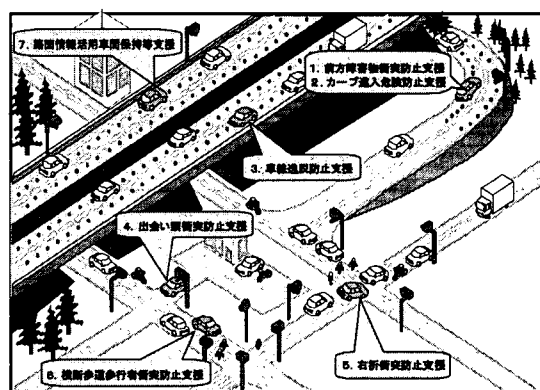


図-2 安全走行支援の基本7サービス

12年度にはこのシステムを使い、公開実験Dem o 2000を開催し、様々な意見交換が行われた。また、スマートクルーズ21 (2000年8月～2001年2月に実施) では、試験走路においてASVを構成する国内自動車メーカーや海外メーカーと連携し、大規模な共同実験を実施した。この実験によりシステムの機能が確認された。

〔研究内容〕

12年度に実施されたスマートクルーズ21の共同実験の結果や、現在の技術レベルを踏まえ、本年度の研究内容としては、インフラと車両の役割分担を明確にした。これは、ドライバーの目視や車両自律システムによりカバーできる範囲は車両が分担し、ドライバーや車両が見えない、あるいは見えにくい範囲はインフラが分担するとしたものである。

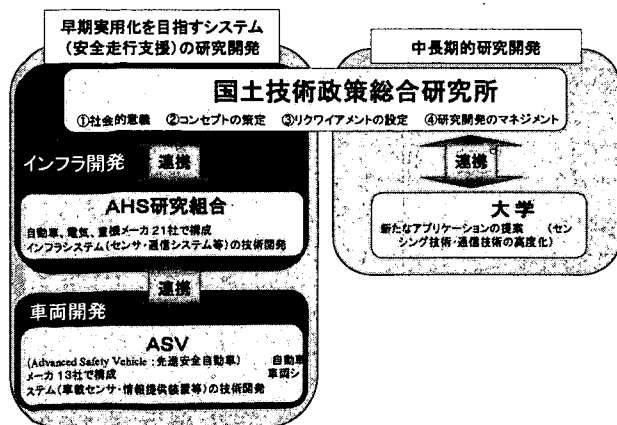


図-1 研究開発体制

ASVと共同でAHSの早期実用化を目指すため、DSRCによるスポット通信を用い、情報提供レベルのシステム構築を行った。また、3つの基本的なフィールド（試験走路、ドライビングシミュレータ、実道）における実証実験の計画を策定すると共に、その中で本年度は試験走路においての実証実験により、サービスの有効性や受容性などの検証を行った。

「サービスの有効性」については、カーブ進入危険防止支援に代表される各サービスが、情報提供により事故軽減等に対し有効であるかどうかを、高速道と一般道における利用を想定し、各走行速度において検証を行い、ネガティブチェックとして、サービスを提供することにより、ネガティブな面がないかについても検証を行った。「ドライバーの受容性」については、各サービスを提供し、情報サービスの理解度、提供タイミング、情報量が適切であるかについて、有効性と同様、各走行速度において検証を行った。「設計値の妥当性検証」については、設計値に基づいたスポット通信位置において、ドライバーへ情報提供した場合の妥当性などについて検証を行った。

これまでの研究においては、技術面を中心に検討を進めてきたが、システムの実用化の判断に当たっては、技術的な視点からの成立性だけでなく、社会的な視点からの検討が必要となるため、セキュリティ機能や、システム導入時の試算便益についても検討を行った。

要素技術については、道路センサを用い東名高速道路の足柄SAにおいて実道実験を実施し、機能の検証を行った。また、道路管理者を交えて、センサを用いた道路管理や道路調査の面から利活用するための手法検討について着手した。

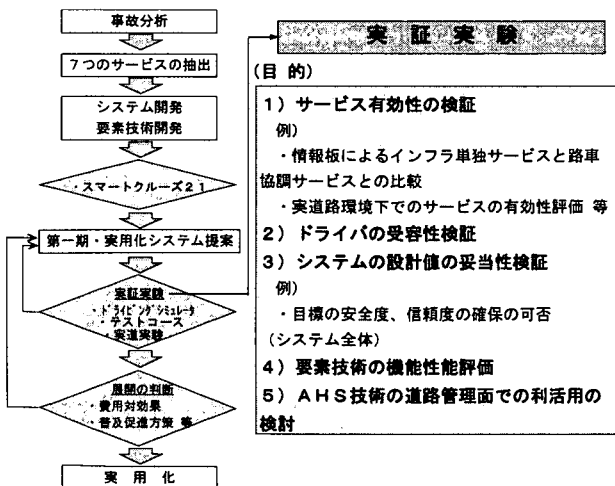


図-3 実用化までの流れと実証実験の目的

【研究成果】

試験走路における実証実験を行い、アンケートや走行データの検証を行った結果、「サービスの有効性」については、ドライバーへ情報提供することにより事故や危険な場面の回避、ドライバーの精神的、肉体的ストレスの軽減に対して有効であることを確認し、ネガティブチェックとして、AHS車が周辺交通に対して悪影響を及ぼさないこと等も確認した。「ドライバーの受容性」については、情報サービスの理解度、提供タイミング、情報量について受容性の高いことが確認された。「設計値の妥当性検証」については、各サービスにおける反応時間を確認した。

要素技術については、実道における実証実験結果を踏まえ、道路センサの精度向上に向けた対策についての提案を行った。

【成果の発表】

成果の発表としては、国内外の論文発表と特許出願を実施している。

論文発表のうち国際会議へは、ITS世界会議（第8回）へ7編の論文発表、また、AHSワークショップ（第5回）へ1編の論文発表を行った。日本国内での発表としては、土木技術資料（Vol. 43）へ4編の論文発表、また、道路（728号）へ1編の論文発表、日本道路会議（第24回）へ5編の論文発表、交通工学（Vol. 36）へ1編の論文発表、更に本研究所における技術政策課題への取り組みや動向及び成果報告である国総研アニュアルレポートへの寄稿を行った。

特許について、本年度の国内出願は42件であり、8年度からの累計は240件である。また、国外出願は3件であり、8年度からの累計は12件である。

【成果の活用】

本研究にて策定した実験計画に基づき、一部実施された試験走路やドライビングシミュレータでの実証実験を踏まえて、14年度についても継続して実施し、実道における実証実験について新たに実施していく予定である。

14年度はAHS研究の最終年度に当たるため、実験により得られた成果を技術資料として取りまとめる予定である。

また、早期の実用化や展開へ向けた取り組みとして、これまでの研究成果を活用し、新たに道路管理へ活用可能な多目的センサの性能検証を実施し、道路行政・道路管理業務のIT化への取り組みに反映する予定である。

橋梁監視システムに関する調査

Study on bridge monitoring system

(研究期間 平成13～15年度)

室長 中谷昌一 主任研究官 玉越隆史 研究官 川端淳
Head Shoichi Nakatani Senior Researcher Takashi Tamakoshi Researcher Sunao Kawabata
研究官 中洲啓太 研究員 石尾真理
Researcher Keita Nakasu Research Engineer Mari Ishio

The purpose of this study is to propose advanced strength evaluation method of existing bridge based on bridge monitoring data. In order to select a research target, analysis of present and future strength evaluation system such as evaluation indexes, analysis models, monitoring tools were carried out.

〔研究目的および経緯〕

我が国の道路橋ストックは約14万橋と膨大な数に及んでおり、これらの橋梁を適切に維持管理していくと同時に、大型車両の通行要請に応えるなどの積極的な活用が求められている。こうした状況を踏まえ、情報技術を活用して、橋梁および通行車両を高度で効率的に管理することは重要な課題である。本研究では、モニタリング等により得られた個々の橋梁の健全度に関する情報に基づき、既設橋梁の耐荷力の現状評価を行い、通行可能な特殊車両の重量を算定する手法について検討する。

13年度は、現状の特殊車両通行許可限度重量の算定に関する分析を行い、今後の取り組むべき課題を整理した。また、橋梁研究室が開発を手がけてきた車両重量計測システム(WIM)が橋梁モニタリングのツールとして利用できることから、WIMの適用範囲を拡大するための改良および検証試験を実施した。

〔研究内容および成果〕

1. 特車算定に関する現状分析

個々の橋梁の健全度(損傷の影響、補強の効果)

を特車算定に反映させる場合に使用する評価指標、や解析モデル、対象とする構造形式や損傷形態など、その算定のレベルは多岐にわたる。ここでは、今後の研究課題として目指していくべき算定レベルを明確にするため、現状レベル、当面目指すべきレベル、将来の理想的なレベルの3段階に分けて整理した(表-1参照)。

2. 計測システムに関する調査

橋梁研究室では、これまで、大型車両の通行実態の傾向を把握し、既設道路橋の活用と保全の両立を図るため、橋梁各部のひずみ応答から車両重量を推定するWIMの開発を手がけてきた。WIMを橋梁のモニタリングに使用すると、部材の実応力計測と通行車両の重量計測を同時に行うことができるメリットがある。

しかしながら、橋梁研究室が開発してきたWIMは、一車線上に存在する車両のみに着目して、主げたのひずみから車両重量を計算する手法をとっていたため、隣接する車線に車両が存在するとき、精度が著しく低下するという問題があった。今後、WIMの用途拡大に対応するためには、大型車交通量の

表-1 特車算定に関する検討課題の抽出

算定レベル	現行の算定レベル	当面目指すべき算定レベル	将来的な算定レベル
算定方法	・基本図 基本総重量×補正係数	・個別算定	・個別算定
評価項目	・断面力（曲げモーメント）	・断面力、損傷、補強	・断面力、損傷、補強、 疲労
計測方法 (実態把握)	・実施しない	・短期、定期的な橋梁点検、 実測（目視、実応力計測）	・常時モニタリング
評価方法	・一本棒モデルによる断面力 比較	・代表的な構造形式、損傷形態、 補強工法について作成した健全度～耐荷力関係	・力学的メカニズムに基づき、 耐荷力、耐久性を評価
構造形式	・考慮できない	・代表的な形式	・（評価可能な）任意の形式
検討課題		↓ ・計測システムの選定に関して、 知見が不十分。 ・統計処理、実橋計測、数値解析により、 健全度と耐荷力の関係整理が必要	↓ ・計測システムの常時利用に関して未検討。 ・力学的メカニズムに基づいた既設橋の 耐荷力、耐久性評価手法の確立が必要。

多い多車線道路での大型車の連行、並走状態においても精度よく計算できることが必要である。

そこで、従来の一車線上の車両だけに着目して計算する方法を改め、すべての車線に存在する車両を考慮して重量計算する方法に改良した。

改良されたWIMの検証試験は、国土技術政策総合研究所構内にある試験橋梁を用いて行った。試験車両の走行条件は、単独、完全並走（図-1）、連行（図-2）の3種類とした。

図-3は試験橋梁走行時の計算結果と計量結果を示したものである。完全並走条件の場合に、20%程度の誤差を生じているが、おおむね良い精度を得ている。

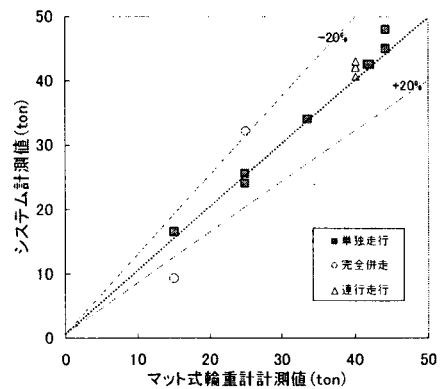


図-3 試験橋梁における車両重量計測結果

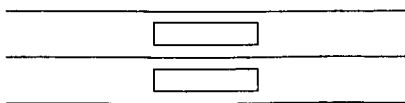


図-1 完全並走条件

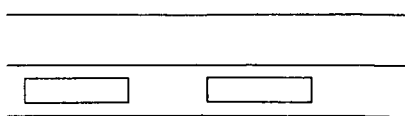


図-2 連行条件

[成果の活用]

特車算定の高度化に関して、今後は、健全度（損傷の影響、補強の効果）と耐荷力の関係を既存のデータに基づいた統計処理、代表的な橋梁形式、損傷形態に着目した実橋計測を行うことにより、既設橋の耐荷力の現状評価を行う手法について検討する。

一方、橋梁モニタリングのツールに関しては、WIMの実用化を図るとともに、WIM以外の計測システムの適用性に関する調査を行い、技術的課題の整理を行っていく予定である。

映像ネットワークの構築に関する研究

Research of IP-Multicast Network

(研究期間 平成13～平成15年度)

室長 奥谷 正、主任研究官 金藤 康昭、交流研究員：井上 隆義

Head Tadashi Okutani, Senior Researcher Yasuaki Kinto, Interchange Researcher Takayoshi Inoue

We acquired data by doing the examination which aimed at building of IP Multicast Network to realize a system sharing IP Multicast data in the Ministry of Land, Infrastructure and Transport by the experiment, and confirmed that the supposed issues have only slight influence, before IP Multicast Network building.

[研究目的及び経緯]

本研究は光ファイバネットワークを利用した全国規模の映像共有システムについて、構築手法及び問題点について検討を行うと共に、実験によりデータを取得するものである。平成13年度は、①画像データの伝送遅延、②ネットワーク障害時における補償動作、③画像エンコーダのマルチベンダー化への対策と画像切替に要する時間について検討を行うと共に、本省、地方整備局、事務所を模した実験システムを構築し、データを取得し、課題の検証を行った。

[研究内容]

(1) 実験システムの基本構成

実験システムは、図-1に示すようにL3-SWを本省、地方整備局、事務所に見立てた位置に配置したもので、

表-1 エンコーダの緒元

画像種別	符号化方式	伝送速度	音声	解像度	フレーム	通信方式
エンコーダ#1	MPEG2(VBR)	9M(平均6M)	256kbps	720×480	30fps	マルチキャスト
エンコーダ#2	MPEG2(CBR)	1.4M	32kbps	352×480	30fps	マルチキャスト
エンコーダ#3	MPEG4(VBR)	332kbps	32kbps	352×240	15fps	マルチキャスト
エンコーダ#4	MPEG4(VBR)	100kbps	—	352×240	5fps	マルチキャスト

表1に示す、符号化方式、伝送容量の異なる4種類の映像ストリーミングデータをマルチキャスト配信するものである。

なお、実験内容により、最小構成、迂回路の設定、プラグイン方式の異なるエンコーダの追加を適宜行い、遅延、障害、映像切替動作における各種のデータを取得した。

(2) 実験方法

① 画像データの伝送遅延

この実験はネットワーク上において画像伝送の遅延に大きく影響すると思われるL3スイッチの多段構成と画像符号化処理による遅延時間を計測するものである。

まず、図-1に示す最小構成(L3スイッチ1段構成、L2スイッチ2段構成)において、DV Playerからのソース画像と、ネットワーク上の映像データを受信するノートPCの画像を比較し、遅延時間を計測した。

次に、事務所A-B間の中継回線(B)がない状態で、スイッチの多段構成(L3スイッチ5段、L2スイッチ2段)で最小構成と同じように遅延時間を測定した。

遅延時間の差分がスイッチの多段構成による影響

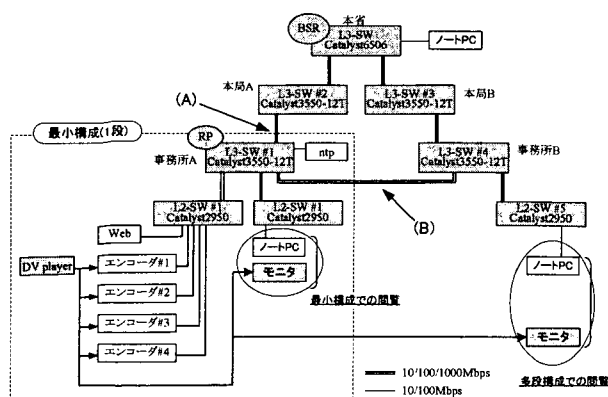


図-1 実証実験システムの構成

であり、その他の多くは画像符号化によるものと見なすことが出来る。

② ネットワーク障害時における補償動作

ネットワーク障害がマルチキャスト映像配信に対してどのように影響を与えるかを検証するものである。

図-1において本省への画像は(A)回線を、事務所Bへの映像は(B)回線を通して配信されている。実験では図1の(A)の回線を切断した際の本省、事務所Bでの影響及び迂回路切断切替までの動作を確認した。

これによってネットワーク中で発生する障害が映像配信にどの程度影響するかを把握することが出来る。

③ 画像エンコーダのマルチベンダー化対策

IP ネットワークで採用予定の MPEG4 ではマルチベンダ化が図られていないため、各社の機器でエンコードされた画像を受信した際にデコーダを自動的に切り替える仕組みが必要である。

このため OS 標準の Windows Media Player にプラグイン方式で各社のデコーダを追加する方式でその切り替えが自動的且つスムーズに行えるかを検証した。

[研究成果]

① 画像データの伝送遅延

最小構成および最大構成において符号化形式、伝送容量の違いにおける伝送遅延測定結果を図-2 に示す。多段ネットワークにおける伝送遅延は、映像のエンコードによるものがほとんどであり、L3 スイッチの段数による影響はそれに比べ非常に小さい。

このため、実際のネットワークを構築する上で L3 スイッチの段数に対して映像遅延への影響は無視できる範囲であるといえる。又エンコードによる遅延も全て的方式で1秒以内であり、大きな問題とはならない範囲である。

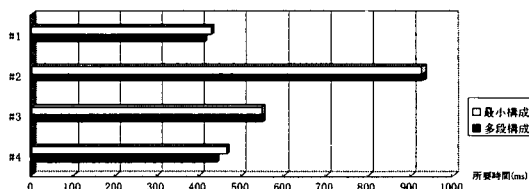


図-2 構成の違いによる伝送遅延時間の比較

② ネットワーク障害時における保証動作

回線の障害発生時/障害復旧時における各 PC の動作状況を表2に示す。

事務所 B における受信は回線(A)を通過しないため全く影響を受けない。なおこれに加えて、マルチキャ

ストを制御する BSR の電源を切断したが、これに対しても事務所 B での影響は無かった。

本省においては映像を受信していた経路(A)が切断されるためルートが再構築され、事務所 B を経由する迂回路で本省への映像配信が再開される。

障害の検出、ルート再構築、映像再生の復帰までの間、約7秒を要した。

結果、ネットワーク障害に関しては適切な迂回路を構築することによって、被害の程度を最小に抑えることが可能であることが判明した。

表-2 エンコーダの表示切替に要する時間

障害発生時	本省 PC	障害発生後、映像ストリームが途絶えた。
	事務所B PC	障害発生前後において通信経路は④と変化はみられず、映像も特に変化はみられなかった。
障害復旧時	本省 PC	復旧後、約3分半で、映像ストリームの受信が再開した。
	事務所B PC	障害発生前後において通信経路は④と変化はみられず、映像も特に変化はみられなかった。

③ 画像エンコーダのマルチベンダー化対策

プラグイン方式によるデコーダの自動切り替えは各社、それぞれ時間差があるものの10秒以内で切り替えを行うことができた。

各社のデコーダの表示切り替え時間は技術開発により短くなるものと思われるが、現段階においても大きな支障となるものではない。

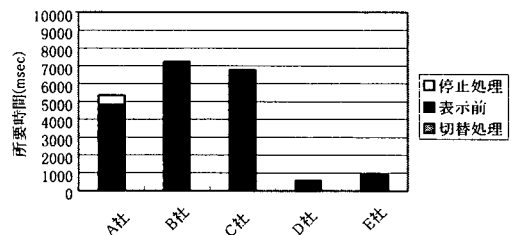


図-3 各社エンコーダの表示切替時間

[成果の活用]

今回の実験により、IP ネットワークへのマルチキャスト映像配信は実用可能であることが実証された。

ただし、本格的な映像共有システムの構築には迂回路の設定方法や映像ソース、プラグインデコーダの管理など、更に検討が必要な事項も残されている。

今後は、実際の光ネットワークを用いた実験を行い、システムの構築に向けた仕様等の検討を行う予定である。

ITS に対応した維持管理機械に関する調査 Study on ITS/GIS application system for winter road maintenance vehicle

(研究期間 平成 10~15 年度)

室長 奥谷 正、研究官 新田 恭士、研究官 下田 一郎
Head, Tadashi Okutani, Researcher Yasushi Nitta, Ichirou Shimoda

To improve the winter road user service level, we have researched the application of GIS and ITS to snow removal works and anti-icing project. In this fiscal year, we have established the specification requirements and basic designs for ITS/GIS application system for snow removal works and anti-icing project. And we developed automatic steering support system for rotary snow removers by using (magnetic and electric) lane markers, GIS alignment data and RTK-GPS.

【研究目的及び経緯】

道路利用者に対するサービスの向上を目指した研究開発の成果である ITS 技術は、道路管理者の維持管理業務においても効果的利用が可能である。特に、冬期の除雪作業においては、作業計画に際し刻々変化する路面状況に関する情報取得に対するニーズが高いこと、熟練オペレータの不足から除雪車操作を支援する技術に対するニーズが高いこと等の理由から、ITS の適用効果が比較的高い分野である。

表1 道路管理者から見た除雪作業支援サービスの必要度

サービス	サービスの必要度										優先度		
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%		100%	
ロータリ除雪車	構造物等との接触・衝突に対する情報提供などの運転支援	1.車道逸脱に対する情報提供	[Progress bar]										B
		2.車道逸脱に対する運転補助	[Progress bar]										C
		3.歩行者との接触に対する情報提供	[Progress bar]										B
		4.歩行者との接触に対する運転補助	[Progress bar]										B
		5.前方障害物との接触に対する情報提供	[Progress bar]										A
	除雪装置の操作支援	6.前方障害物との接触に対する運転補助	[Progress bar]										B
		7.前方構造物との接触に対する情報提供	[Progress bar]										B
		8.前方構造物との接触に対する運転補助	[Progress bar]										B
		9.設置操作に対する情報提供	[Progress bar]										B
		10.設置操作に対する運転補助	[Progress bar]										B
プラウ系除雪車	車道逸脱に対する情報提供などの運転支援	1.車道逸脱に対する情報提供	[Progress bar]										B
		2.車道逸脱に対する運転補助	[Progress bar]										B
		3.前方一般車両との接触に対する情報提供	[Progress bar]										C
		4.前方一般車両との接触に対する運転補助	[Progress bar]										C
		5.歩行者との接触に対する情報提供	[Progress bar]										B
	除雪装置の操作支援	6.歩行者との接触に対する運転補助	[Progress bar]										B
		7.前方障害物との接触に対する情報提供	[Progress bar]										B
		8.前方障害物との接触に対する運転補助	[Progress bar]										B
		9.前方構造物との接触に対する情報提供	[Progress bar]										B
		10.前方構造物との接触に対する運転補助	[Progress bar]										B
凍結抑制剤散布	11.凍結抑制剤に対する情報提供	[Progress bar]										B	
	12.凍結抑制剤に対する交通信号の制御	[Progress bar]										B	
	13.プラウ系除雪作業計画に係る路面状況情報収集	[Progress bar]										B	
	14.プラウ系除雪作業結果情報収集	[Progress bar]										B	
凍結抑制剤散布	車道逸脱に対する情報提供などの支援	1.車道逸脱に対する情報提供	[Progress bar]										C
		2.車道逸脱に対する運転補助	[Progress bar]										C
		3.前方一般車両との接触に対する情報提供	[Progress bar]										B
		4.前方一般車両との接触に対する運転補助	[Progress bar]										B
		5.歩行者との接触に対する情報提供	[Progress bar]										B
	散布操作の自動化	6.歩行者との接触に対する運転補助	[Progress bar]										B
		7.計画箇所への散布における散布装置の操作	[Progress bar]										A
		8.凍結抑制剤散布計画	[Progress bar]										A
		9.凍結抑制剤散布計画に係る路面状況情報収集	[Progress bar]										A
		10.凍結抑制剤散布結果情報収集	[Progress bar]										B

＜凡例＞
 1.必要性は高く、優先して取り組むべき 2.必要性はある 3.あれば良い程度 4.必要性は低い

本研究は、道路維持管理分野における ITS 技術の活用方策、適用効果、効果的利用のためのインフラに対する要求事項に関し調査検討を行うものである。

H10 年度の調査により維持管理分野のうち除雪分野への適用効果が高いことが明らかになり、H11 年度および H12 年度は、除雪作業の課題分析などに基つき、ITS の効果的な利用策として 19 のサービスを提案した (表 1)。H13 年度は、提案した除雪作業支援サービスを実道にて実現するため、必要十分な機能・性能・品質要件、実現手段、機器構成について調査検討を実施した。

【研究内容】

H13 年度に実施した研究の内容は、三課題で構成される。第一は、H12 年度提案した除雪作業支援サービスに関する要件定義書の作成。なお、「ロータリ除雪車の操作支援」、「凍結抑制剤散布車の運行支援」については基本設計書を追加作成した。第二は、「除雪作業支援用空間データ製品仕様書 (案)」の作成。これは、除雪作業の支援に必要な情報を GIS (地理情報システム) で取扱うためのデータ仕様を定めたものである。第三は、ITS の開発成果であるレーンマーカ (磁気式・電波式)、及び RTK-GPS、GIS を組合せた「ロータリ除雪車操作支援システム」の試作と実証実験の実施である。第三については、土木研究所への委託研究により実施した。以下に各研究方法について述べる。

(1) 要件定義書、基本設計書の検討

H12 に提案した除雪作業支援サービスについて、シ

システムの「目的」、「利用者」、「目標」、「機能」、「性能」、「品質」、「システム構成に対する要望」を記載した要件定義書を作成した。更にシステムの「適用範囲」、「ユースケースシナリオ」、「システム全体設計」、「機能設計」、「ユーザーインターフェース設計」、「ビュー設計」、「情報交換設計」を記載した基本設計書を作成した。

(2) 除雪作業支援用の GIS データ形式の検討

H12 に提案した除雪作業支援サービス毎に、除雪作業支援に必要な地物リストを整理し、GIS データの運用に必要なデータ定義、データ構造、及び取得基準等を定めた「除雪作業支援用空間データ製品仕様書(案)」を作成した。作成に際し、地物の空間的な特性や時間的な特性の表現方法は、地理情報標準 (ISO/TC211) の時空間スキーマとの整合を考慮した。なお、本仕様に基づき作成した空間データをロータリ除雪車の操作支援実験に提供し実用性を確認した。

(3) ロータリ除雪車支援システムの開発と実証実験

熟練技術が要求されるロータリ除雪車の操舵制御を支援するシステムとして、磁気式又は電波式レーンマーカの位置を基に操舵支援を行うレーンマーカ方式と、RTK-GPS により検知した位置から GIS の軌道データを参照する GPS/GIS 方式の2方式のシステムを開発した。開発したシステムを実機に組み込み、実際の除雪作業によるシステムの実用性検証を行った。

表2 サブサービスの分類と定義

分類	サブサービス	サブサービス定義
走行情報提供	1.車道逸脱に対する情報提供	・作業中に除雪装置と側方の構造物の接触による事故および除雪車の破損を防止 ・センターラインを越えて対向車線へ逸脱した除雪装置と対向車線を走行中の一般車両との接触事故を防止
	2.前方一般車両との接触に対する情報提供	・前方を走行または停止している一般車両への接触による事故を防止
	3.歩行者との接触に対する情報提供	・歩行者との接触による事故を防止
	4.前方障害物との接触に対する情報提供	・前方障害物への接触による事故および車両の破損を防止
	5.後回除雪車に対する情報提供	・後回除雪車において、除雪車の道路延長方向の車間距離が大きくなった場合の先行除雪車の路上待機による渋滞の発生を防止
走行補助	6.車道逸脱に対する運転補助	・作業中に除雪装置と側方の構造物の接触による事故および除雪車の破損を防止 ・センターラインを越えて対向車線へ逸脱した除雪装置と対向車線を走行中の一般車両との接触事故を防止
	7.前方一般車両との接触に対する運転補助	・前方を走行または停止している一般車両への接触による事故を防止
	8.歩行者との接触に対する運転補助	・歩行者との接触による事故を防止
	9.前方障害物との接触に対する運転補助	・前方障害物への接触による事故および除雪車の破損を防止
	10.後回除雪車に対する交通信号の優先制御	・後回除雪車において、除雪車が赤信号により分断し、先行除雪車の路上待機による渋滞発生を防止
作業情報提供	11.前方構造物との接触に対する情報提供	・除雪装置と前方構造物との接触による事故および除雪装置の破損や除雪車の速度低下を防止
	12.投雪操作に対する情報提供	・投雪禁止区間への投雪を防止
作業補助	13.前方構造物との接触に対する除雪装置の運転補助	・除雪装置と前方構造物との接触による事故および除雪装置の破損や除雪車の速度低下を防止
	14.計画箇所への散布における散布装置の操作補助	・予め設定した散布箇所に対して適正に凍結抑制剤を散布
	15.凍結箇所への散布における散布装置の操作補助	・凍結発生箇所および計画箇所外で凍結が予想される箇所に対して確実に凍結抑制剤を散布
計画支援	16.凍結抑制剤散布計画に係る路面状況情報収集	・凍結抑制剤散布計画の立案を支援
	17.凍結抑制剤散布結果情報収集	・凍結抑制剤散布計画の立案を支援
	18.ブラフ系除雪計画に係る路面状況情報収集	・ブラフ系除雪作業計画の立案を支援
	19.ブラフ系除雪作業結果情報収集	・ブラフ系除雪作業計画の立案を支援

[研究成果]

(1) 除雪作業支援システム要件定義書、基本設計書

H12 年度提案した除雪作業支援システムについて、サービス定義、求められる機能・性能の定義、入出力情報の内容・精度・有効範囲、ユースケースシナリオを記載した要件定義書を作成した。

基本設計は、この要件定義書に基づいて、当該システムに必要なかつ十分な機能・性能・品質要件を定性的あるいは定量的に定義し、入出力インターフェース、アルゴリズム、システム構成等に着目し作成した。更に基本設計に基づいて、システムの論理モデルについて、コンポーネント単位に機能を分割した。分割にあたっては、再利用性や保守性を考慮しながら論理構成を階層化し、コンポーネントを構成する標準の機器(ハードウェア、ソフトウェア等)を定めた。

(2) 除雪作業支援用の GIS データ製品仕様書 (案)

除雪作業を支援するために整備すべき空間データの製品仕様である「除雪作業支援用空間データ製品仕様書(案)」を作成した。

1) 製品仕様書(案)の概要

製品仕様書に規定した除雪作業支援用空間データは、道路基盤データの表現方法と同じ方法を用いている。製品仕様書には、以下の内容を記載した。

- ・引用規定 ・用語と略語定義
- ・取得する地物 (地物カタログ)
- ・地物の品質要求 ・空間スキーマプロファイル
- ・時間スキーマプロファイル
- ・座標による空間参照プロファイル
- ・UML クラス図 ・データ交換用 DTD タグ名

ここで、道路基盤データの上に整備される除雪作業支援用空間データは、以下の分類にて構成されている。レーンマーカや各種境界線など除雪車誘導の基本となる

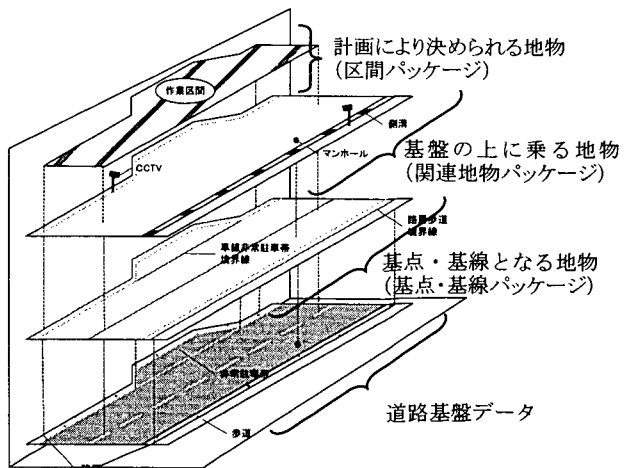


図1 データの構造

る地物は、基点・基線パッケージで定義した。道路基面の上に乗る地物（CCTV や側溝など）は、関連地物パッケージとして定義した。また、除雪計画によって決定される作業範囲等は区間パッケージとして地物定義した。

2) 製品仕様書で定義した地物の概要

製品仕様書では、各サービスが必要とする地物データの構造について UML クラス図により定義した。以下に取得する地物データについて概説する。

①サービス、地物の分類について

除雪作業支援に必要な地物項目を、サービスとの関連性に着目し整理した。除雪作業には「除雪車等の誘導」「危険警告」「投雪禁止(可能) 区間情報」「除雪区間情報」、凍結抑制剤散布作業には「除雪車等の誘導」「危険警告」「凍結抑制剤散布区間情報」「情報提供(気象など)」が主に関係している。これらのサービス区分をもとに地物項目を分類した。

②クラス図パッケージ構成

サービス区分を基に分類した地物をパッケージとして整理した。パッケージ間の関係は図2の通りである。除雪作業支援用空間データ(除雪 ITS パッケージ)は、「除雪 ITS 基点基線パッケージ」「除雪 ITS 関連地物パッケージ」「区間パッケージ」の3種類から構成され、道路基盤データに依存する。区間パッケージにまとめられた区間地物は、計画等によって不定期に設定されるため「function」が介在する。function が道路基盤データを参照する理由は、道路基盤データで定義された基本地面物を基に区間が設定されるためである。

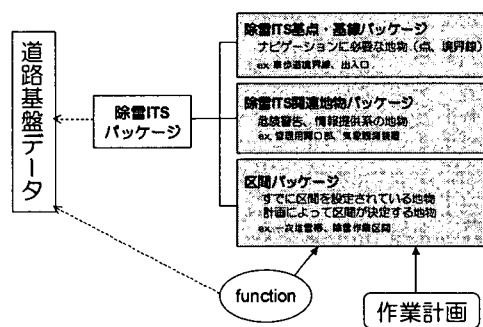


図2 クラス図のパッケージ

a. 除雪 ITS 基点基線パッケージ：

レーンマーカや境界線など、除雪 ITS サービスの中でも特に除雪車等の誘導に関係のある地物を定義した。除雪車、凍結抑制剤散布車を誘導するためには、道路基盤データにおける基本地面物の様な「面」として扱う方法と側方境界など「線」として扱う方法がある。ここでは、オペレータアンケート等の結果を踏まえ作業範囲よりも、障害物との位置関係を重視し設定した。

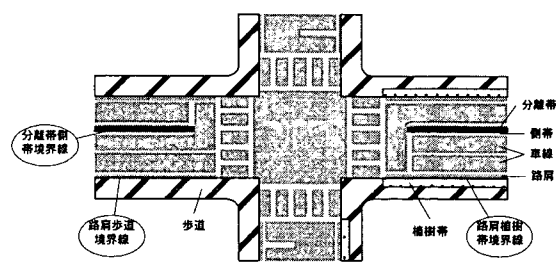


図3 除雪 ITS 基点基線地物の例

a-1 基点地物

基点地物として定義されている「基点マーカ」を作業開始位置とし、同じく基点地物に定義されている「レーンマーカ」が主に除雪車等の誘導を支援する。

a-2 基線地物

基線地物の「走行軌跡線」は、蓄積された除雪車の走行軌跡データを利用することで除雪車を誘導できる、という考えから定義した。現時点では、厳密な検討が終了していないため、データ格納のためのクラスを用意したのみに留まる。また、道路基盤データの「境界線」を特化する形で定義されている各種境界線は、レーンマーカと同様、除雪車を誘導する基本となる。例えば、走行車線左側に歩道がある場合は「路肩歩道境界線」を認識して走行し、分離帯のある中央側については「分離帯側境界線」を端線として走行する。また、非常駐車帯などを堆雪帯として用い作業エリアに含まない場合は、非常駐車帯の車線側の境界線である「車線非常駐車帯境界線」を端線として走行する。

各境界線の主題属性には必要に応じて「縁石の有無」を定義している。これは、除雪装置の側方を縁石に当てながら作業を行っている場合を考慮してのことであり、縁石と関連のある境界線(歩道、分離帯、植樹帯等)に定義した。

b. 除雪 ITS 関連地物パッケージ：

管理用開口部や道路情報関連施設など、除雪 ITS サービスの中でも特に危険警告、情報提供に関係のある地物を定義する。地物取得に際して、既に道路基盤データの「道路関連地物」「道路支持地物」に定義されているものを極力活用し、定義のないものについて新たに定義付した。また、道路基盤データで定義されている内容から一部を変更する場合は制約を設けている。

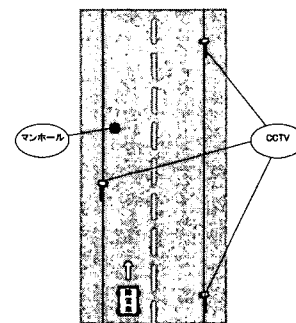
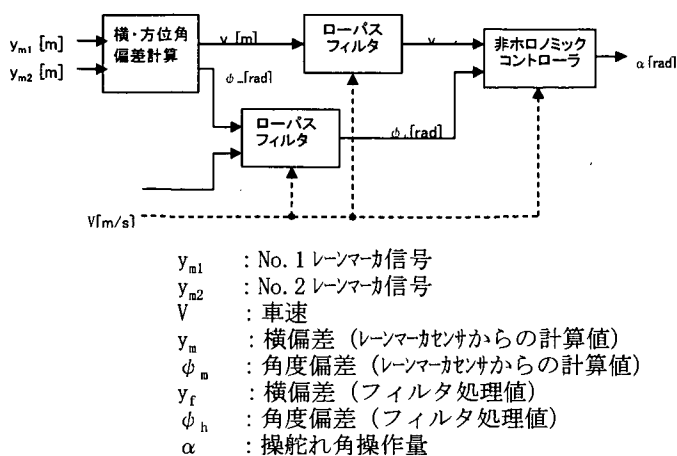


図4 除雪 ITS 関連地物の例



- y_{m1} : No. 1 レーンマカ信号
- y_{m2} : No. 2 レーンマカ信号
- V : 車速
- y_m : 横偏差 (レーンマカセンサからの計算値)
- ϕ_m : 角度偏差 (レーンマカセンサからの計算値)
- y_f : 横偏差 (フィルタ処理値)
- ϕ_h : 角度偏差 (フィルタ処理値)
- α : 操舵れ角操作量

図7 ソフトウェア全体構成

①横・方位角偏差の計算

分散マカ方式の制御においては、前車体車軸の前後に配置されたレーンマカセンサの信号から、除雪車の目標軌道からのずれ量および角度偏差を計算する。

図8に示すように前車軸中央位置を原点とする前車体固定座標系 $\Sigma f(x_f, y_f)$ で計測されるセンサ信号を y_{m1} 、 y_{m2} としたとき、制御目標位置 (オーガ位置) での横および方位角偏差 y_m 、 ψ_m は (式1) により求めることができる。

$$\begin{aligned} \psi_m &= -\tan^{-1}\left\{ (y_{m1} - y_{m2}) / L_m \right\} \\ y_m &= -\left\{ y_{m1} - L_o (y_{m1} - y_{m2}) / L_m \right\} \cos \psi_m \end{aligned} \quad \dots(式1)$$

L_m : マカセンサ間の距離[m]

L_o : 座標系中心からオーガ位置までの距離[m]

この方式では、敷設マカ間の距離情報を使用すること無く制御偏差を計算することができる。センサ信号 y_{m1} 、 y_{m2} はマカを通過した時に出力する分散信号であるが、マカを通過したあとは制御装置内で信号を

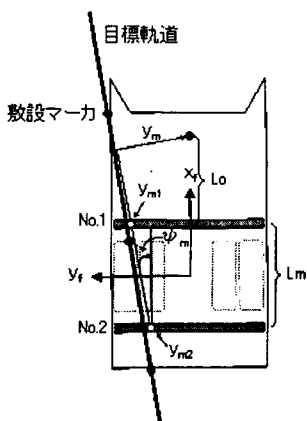


図8 除雪車方位角の計算

ホールドし、次のマカを検知するまでそのホールド信号を計算に使用する。

②非ホロノミックコントローラ

開発システムでは、横ずれ偏差 y_m 、角度偏差 ϕ_m をもとに操舵角指令値 α を計算する。フィードバック制御のブロック線図と制御式を (図9) と (式2) に示す。

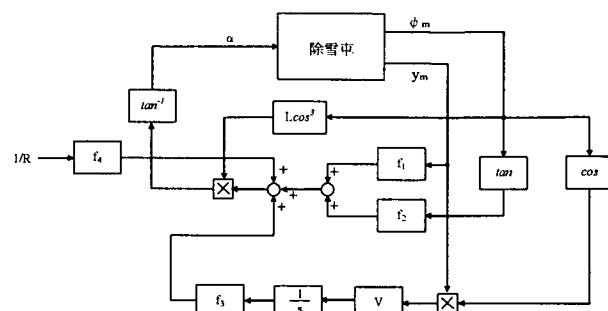


図9 フィードバック制御ブロック図

$$\alpha = \tan^{-1} \left[L \cos^3 \psi_m \left\{ f_3 \int y_m V \cos \psi_m dt + f_1 y_m + f_2 \tan \psi_m + f_4 \cdot 1/R \right\} \right] \quad \dots(式2)$$

α : ステアリング角指令値[rad]

y_m : 横ずれ偏差[m]

ϕ_m : 角度偏差[rad]

V : 走行速度[m/s]

L : ステアリングセンターピンー車軸間距離[m]

$1/R$: 軌道曲率。曲率情報未使用の場合はゼロ。

$f_1 \sim f_4$: 制御ゲイン

2)GPS/GIS 方式による操舵制御システムの開発

あらかじめGISに登録した仮想マカから生成した目標軌道を、車載RTK-GPS受信機により計測した自車位置座標と比較し、目標軌道とのずれ量を自動演算し操舵角の修正にフィードバックすることで自動操舵を行うシステムを開発した。

3)実証実験によるシステムの制御性能評価

ロータリ除雪車の自動操舵システムの実用化に向け、GISデータやレーンマカ等の位置特定技術に対するインフラ側への要求性能要件の確認、今後の課題検討を行った。実験での確認項目は以下のとおりである。

- ① 直線・カーブ・交差点での操舵性能の確認
- ② 負荷変動、路面変化、信号欠測時の挙動確認
- ③ 位置特定技術に対する要求性能の評価
- ④ その他、安全性、費用、所要時間等の確認

実験評価の結果 (表3に電波マカ方式、磁気マカ方式、GPS/GIS方式における縁石からのずれ量を示す)、除雪品質面については分散マカ及びGPS/GIS併用方式の実用性に目途を付けた。ただし

実道上作業への適用については、安全機能やメンテナンス体制の検討が必要である。

表3 各制御方式における除雪後の縁石からのずれ量

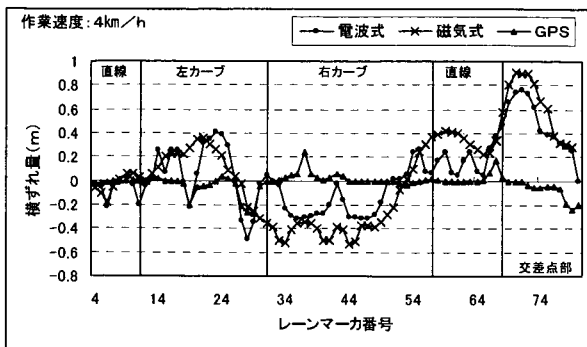


写真1 交差点部を想定した実験状況

[成果の発表]

- 1) ITS Application in the field of snow removal in Japan; 8th World Congress on Intelligent Transport systems, Sydney Australia 30Sept-4Oct 2001
- 2) ITSを利用した機械除雪作業の提案; 土木技術資料 第4 3巻第9号

[成果の活用]

本研究の成果は、H15年度より2カ年を目途に実施予定の直轄国道の現場における実道実験に反映される予定である。実道実験においては、システムの適用効果検証や受容性の確認を行うほか、実験インフラとなるITS要素システムやGISデータ、光ネットワークの除雪以外の分野への多目的利用に向けた基礎的な検証も検討されており、適用効果が確認された場合、その後の展開計画に反映させる予定である。

実験内容は、東北地整局においては、「凍結抑制剤散布車の運行支援サービス」、北陸地整局においては、「ロータリ除雪車の操作支援サービス」を現在予定している。