

ITSと道路交通環境改善

川嶋弘尚*

ITSを利用して道路交通環境改善が期待されているシステムやプロジェクトを、ITSのシステム・アーキテクチャで定義された21の利用者サービスと関連づけて紹介する。さらに電気自動車とITSの組み合わせや、商用車配車配送支援システムによる環境改善の可能性、物流における船舶輸送利用による環境改善の効果等について詳しい議論を展開する。これらの例を参考にしながらITSを用いて環境負荷の低減を達成するためには、概念整理と方法論構築の面で検討すべき課題があることを指摘する。

ITS and Improvements of Road Traffic Environment

Hironao KAWASHIMA*

One of the aims of developing and deploying ITS is to reduce environmental negative effects. In this paper possibilities of environmental friendly systems are introduced in conjunction with 21 user services defined by the Japanese System Architecture. Specific topics such as a field trial of urban transport system using electric vehicles equipped with ITS, decision support systems for dispatching operations and an intermodal physical distribution system using long distance marine transport are discussed in terms of reducing energy consumption. This paper also discusses about the necessity of constructing methodologies for evaluation and measurement of environmental aspects of ITS related systems. Moreover, this paper stresses that well designed transport policy for reducing environmental defects will induce the development and deployment of ITS.

1. はじめに

自動車・道路交通と環境問題の関係は、大気汚染や騒音等の沿道環境の問題から、地球温暖化、オゾン層の破壊といった広域的な問題、廃棄物の削減やリサイクル、有害化学物質処理の問題など拡大・多様化している。

ITS(Intelligent Transport Systems)の普及によって道路交通環境の改善が期待できるのは、自動車の走行段階での改善である。排気ガスに含まれる温室効果ガスであるCO₂、大気汚染物質であるNO_x、

粒子状物質(SPM)の軽減をその対象とし、特にCO₂の削減効果を中心に、議論をすすめることにする。

我が国のCO₂排出量3.32億トン(1995年環境庁統計)のうち20.4%が運輸部門からの排出である。1997年12月に開催された「気候変動枠組条約第3回締約国会議」、いわゆるCOP3において合意された数値目標は6%である。これを目標年次2008~2010に達成するためのCO₂排出削減目標は、産業部門、民生部門、運輸部門の3部門合計で約5,650万トンである(Table 1参照)。

運輸部門の削減目標は全体の22.5%に相当するが、この中の“交通対策”310万トンの内、ITS導入による交通対策によって達成できる削減量が110万トン積み上げられている。ITS技術は「走行状態の改善」と「走行量の低減」のために寄与することができる。

* 慶應義塾大学理工学部教授
Professor, Faculty of Science and Technology,
Keio University
原稿受理 2000年6月22日

Table 1 省エネ量・CO₂削減量（COP3時点の積み上げ）

		省エネ量 (万kℓ)	CO ₂ 削減量 (万t)
産業		2,100	1,650
	省エネ法に基づく措置の強化による省エネ対策の実施	1,810	1,430
	中堅工場等の省エネ対策	150	120
	高性能ボイラー等の技術開発	140	100
民生		1,740	2,730
	機器の効率改善の強化措置	450	970
	住宅の省エネ性能の向上	270	280
	建築物の省エネ性能の向上	600	750
	高効率照明、高効率ディスプレイ等の技術開発	110	240
	冷暖房温度の適温設定等のライフスタイルの抜本的変革	310	500
運輸		1,730	1,270
	自動車の燃費改善の強化措置	450	320
	クリーンエネルギー自動車の普及促進	80	60
	個別輸送機器の効率向上	80	50
	物流の効率化	340	250
	高性能電池搭載型電気自動車等の技術開発	40	30
	交通対策	400	310
	情報通信を活用した交通代替の推進	150	110
	自動車利用の自粛等ライフスタイルの抜本的変革	190	140
	総合計	5,570	5,650

資料）通商産業省自動車課。

「走行量の低減」については、直噴エンジンやハイブリッドエンジンをはじめ省燃費・低公害型のエンジンの実用化や燃料電池自動車等のCEV（Clean Energy Vehicle）の開発が進められている。CEVの使用にはまだまだ制約が多く、ITS技術によってこの欠点を補うことが可能である。以上のような理由からITSの導入によって広い範囲において削減効果が期待されていることになる。

そこで、第2章ではITSのユーザーサービスのうち、環境負荷低減が期待できるものを抽出し、リストアップしたものを紹介する。第3章以降は具体的な分野での議論を取り上げることにした。電気自動車の分野でのITSの活用を第3章で述べ、物流分野での活用のうち、特にインターモーダル輸送とITSの役割について、第4章で扱うことにした。ここでは「走行段階」での改善ばかりでなく、ITSを核として運輸システム全体のIT化を通じて、環境負荷の低減を図る必要性が議論されている。第5章では

その他のITS技術と環境負荷低減との関連について述べてある。第6章ではITSを利用して道路交通環境を改善していくためのフレームワークについての議論を中心に、今後の課題について述べてある。第7章は本論文のまとめである。

2 .ITSを用いた道路交通環境改善

平成11年11月に発行されたITSに係わるシステムアーキテクチャには利用者サービスの詳細定義が与えられている¹⁾（Fig.1参照）。ここでは、九つの開発分野を中心に21の利用者サービスを参考にしながら道路交通環境改善のための施策との関係について議論をすすめていく²⁾。

2 - 1 ナビゲーションシステムの高度化

交通関連情報の提供と目的地情報の提供がドライバーのニーズにあった形でリアルタイムに提供されれば、ナビゲーションシステムの機能が高度化され、迷走防止や、迂回ルートへの選択を通じて交通流の円滑化が図られる。

情報提供手段として代表的なシステムがVICS（Vehicle Information and Communication System）で、情報伝達方法は道路上のビーコンから車両に対して車両の進行方向の情報を送信する方法と、広域情報をFM多重放送によって伝達する方法の二種類の方法がある。

具体的には旅行時間情報などを用いて目的地への最適経路をナビゲーション・システムが算出し、ドライバーに提示するLDRG（Locally Determined Route Guidance）方式が現在のところ一般的である。

この機能と空きスペースのある駐車場の情報を組み合わせることによって、駐車場の利用効率を高め、空き駐車場探しのための誤走・迷走を減らすことができる。

ナビゲーションシステムの高度化による環境対策面での効果は以下ようになる。

システム搭載車の迂回等によって、非搭載車も含めて道路網全体での走行速度の維持・向上が期待できる。

目的地への経路案内等により、迷走・誤走防止による走行距離の減少と加減速回数の減少が期待できる。

2 - 2 自動料金収受システム

（ETC：Electronic Toll Collection）

都市内、都市間有料道路における料金収受を無停止・自動で行うもので、各車両には料金自動収受用

の車載機を搭載し、有料道路の出入り口や主要經由地点に路上器を設置する。料金所の出入り時に、車載器と料金ゲートのアンテナ間で電波信号をやりとりし、通行券の発券と料金支払いによる停止を不要にするシステムである。

自動料金収受システム導入の環境対策面での効果は以下ようになる。

料金支払い時の一時停止をなくすことによって、単位時間に通過可能な車両数が増加し、料金所付近における混雑時間帯において、走行速度の維持の向上、加減速回数の減少が期待できる。

ロードプライシングは交通需要管理施策(TDM : Traffic Demand Management)の一つであるが、交通需要の高い地域において、時間帯や曜日に応じて道路利用料を徴収することによって、交通需要の抑制・平準化を通じて交通流の円滑化を図る施策で、かなり以前から研究されている。ロードプライシングを実現するには、ETC技術や電子ナンバープレート等のITS技術の導入が不可欠と考えられる。ロードプライシングが実現した場合の環境対策面での効果は以下ようになる。

ロードプライシング用のシステム搭載車が対象地域で100%近い普及をすればプライシングの効果

があがるので、対象とする時間帯において車両数の減少が期待できる。

2-3 安全運転の支援

ここでは利用者サービスの一つである運転補助を取り上げることにする。

運転補助の中で、実用化に近いのはACCS (Adaptive Auto Cruise Control System) である。これは設定速度の維持機能に加えて、先行車との安全な車間距離を保って追従走行し、加減速制御や警報を発するシステムである。自動車単体で機能するが、先行車認識のためのセンサーを用いて、先行車の特定と車間距離、相対速度等の計算を行う。機能としては、先行車がない場合の定速走行に加え、相対速度が異なる先行車に接近した場合の減速と警告、先行車が加速・離脱した場合の加速等からなる。

ACCSの導入による環境対策面での効果は以下ようになる。

主に高速道路でのクルージング運転時に、燃費効率のよい速度帯での速度維持や、加減速回数の減少が期待できる。

トンネル入口や、サグ(隘路：下り坂から上り坂になる箇所をさす)での自然渋滞の発生防止の寄与し、システム搭載車の普及が高くなれば、速度

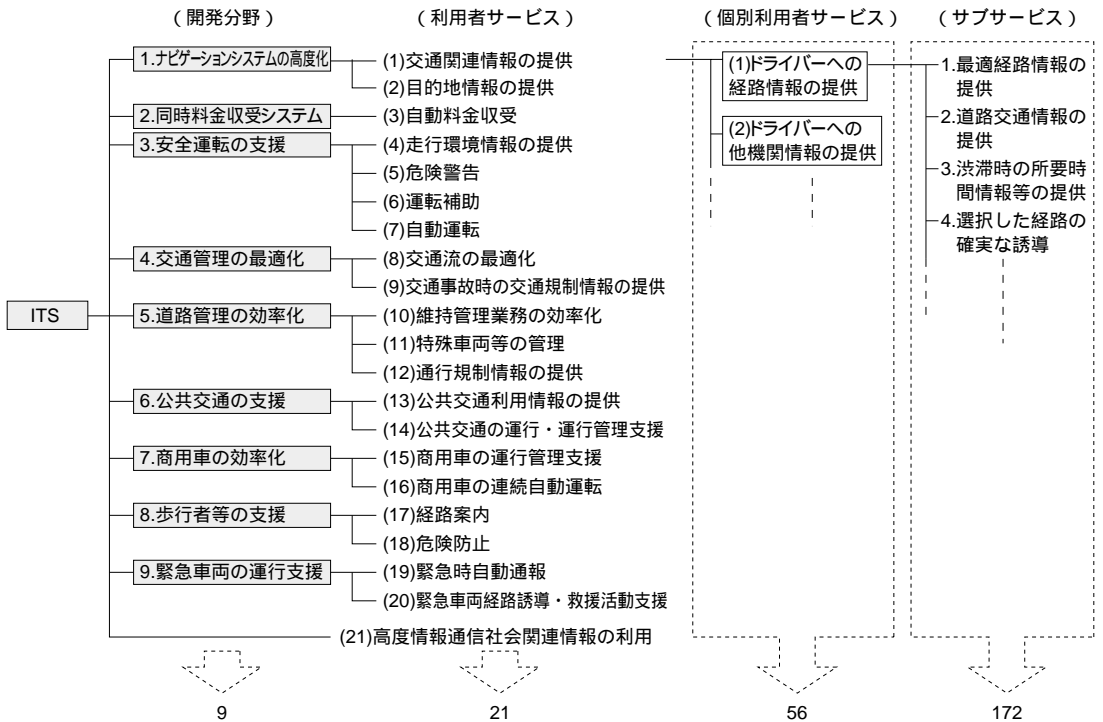


Fig.1 システムアーキテクチャ策定が前提とした利用者サービス体系の全体像

設定の協調を通じて、道路容量を増加させ、ボトルネックを緩和することが期待できる。

2 - 4 交通管理の最適化

利用者サービスの一つである交通流の最適化は渋滞の抑止と解消のための施策がもりこまれており、いずれも道路環境に大きな影響を持つものであるが、ここでは個別利用者サービスに挙げられている「信号制御の最適化」と環境対策面の効果について言及することにする。

「信号制御の最適化」の例としては、警視庁や各都道府県警において動的および広域的な信号制御が挙げられる。具体的にはサイクル長、スプリットなどの信号制御パラメータを車両感知器情報によって自動生成する方式や、渋滞が発生すると上流部の流入を抑制するように制御プランを変更するような制御方式がある。

これからの制御方式の環境対策面での効果は以下のようになる。

混雑時間帯における都市部の交差点ボトルネックを改善することにより、走行速度の向上、渋滞時の加減速回数の減少が期待できる。

2 - 5 公共交通の支援

ここでは利用者サービスに挙げられている公共交通利用情報の提供について言及する。

公共交通利用情報の提供は、公共交通利用者のニーズに適した移動手段、乗り換え、出発時間帯の選択を支援し、利用者の利便性の向上が期待できる。さらに交通機関への最適な利用配分を図るためには、公共交通機関の運行状況、混雑状況、運賃、料金、駐車場等の情報を出発前の家庭やオフィスの端末、あるいは移動中の車載器、携帯端末機、道路やターミナル、バス停、高速道のサービスエリア等に設置された情報提供装置などから提供することが必要である。

このようなシステムの整備により、道路交通の混雑時に利用者が最も適した移動モードを選択できるもので、公共交通機関へのシフトが期待できる。

公共交通利用情報の提供による環境対策面での効果は以下のようになる。

道路混雑の際あるいは道路混雑を予想した利用者が鉄道、バス等の公共交通機関へ利用をシフトすることによって、乗用車の車両数を減らすことが期待できる。

2 - 6 商用車の効率化

利用者サービスとして挙げられている、商用車の運

行管理支援のためには、共同輸配送や混載を進めるための物流需要情報の利用、配車・配送計画、車両運行管理等の機能を盛り込んだ統合的なシステムの導入等をサポートするITS技術の利用が考えられる。例えば、DSRC (Dedicated Short Range Communication) を使った車との通信によって、各車両位置や集配情報、積み荷状況に関する情報等をセンターで把握し、道路ネットワーク全体の道路交通情報を利用したルート指示等の運行管理が支援の具体案として考えられる。

なお、ロジスティクスの高度化のためにはITS技術による車両把握だけではなく、DSRCによる車両の出庫、入庫管理、電子タグとの組合せによる貨物の管理、物流EDI (Electronic Data Interchange) との組合せ等、非常に多岐にわたる話題、そして課題がある。課題の多くはモバイルマルチメディア全般に及ぶことであり、21番目の利用者サービス「高度情報通信社会関連情報の利用」でも検討が必要な項目である。

商用車の運行管理支援の導入による環境対策面での効果は以下のようになる。

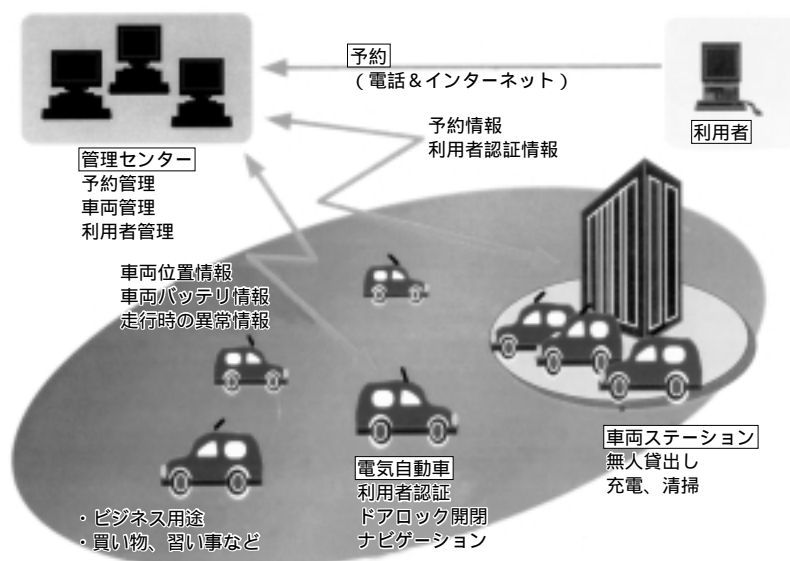
積載効率の向上や輸配送ルートの最適化により、車両数、走行距離の減少が期待できる。特に都市部における効果は大きいと考えられる。

2 - 7 その他の開発分野

開発分野の一つで、道路管理の効率化の中に維持管理業務の効率化や、通行規制情報の提供がある。これらの利用者サービスと環境改善との間に関連はあるが、1地点に限るとその影響を評価することは困難である。むしろ、都市全体において、環境改善と通行規制との関連や、道路における各種の工事との関連を把握する必要がある。8番目、9番目の開発分野である歩行者の支援と、緊急車両の運行支援については特に環境改善との関係は無いが、あったとしても限定された地点で非常に限定された時間での影響である。

3 .ITSを活用したCEV共同利用システム

クリーンエネルギー車 (CEV) と呼ばれているものは、圧縮天然ガス自動車 (CNG: Compressed Natural Gas)、ディーゼル代替LPG自動車、メタノール自動車、ハイブリッド自動車、電気自動車 (EV: Electric Vehicle) であるが、国の関係機関、メーカー各社が、研究開発および実用化に取り組んでいる。またCEV普及事業による補助や、購入の



出典) ④自動車走行電子技術協会。

Fig.2 ITS / EV共同利用システムの概要

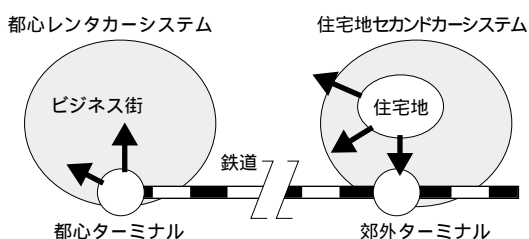
際の自動車取得税の軽減が国の施策として実施されている。将来は燃料電池自動車有望視されていて、この面での研究開発は、日本のみならず、世界的な規模で活発になっている。

CEVの内でもEV、CNGが環境面、代替エネルギーの面から当面の間は有利と考えられている。しかし、実用性、商品性はもとより、さまざまな優遇措置があるにもかかわらず、経済性から考えて急速な普及は考えにくい。つまり一般の自動車の環境対策も急速に進展しているので、現在の自動車の利用方法を前提としていたのでは、コスト・性能面でCEVは不利な立場にある。従って、全く新しいコンセプトの交通システムの移動手段としてCEVを位置づけ、潜在的な可能性を掘り起こさなければならない。

「都心レンタカーシステム」と「住宅地セカンドカーシステム」はEVを使った新しい型の車の共同利用システムを提案し、実証実験を通じて、その有効性を確認し、実用化に向けた技術的、管理・運営的な課題を抽出しようというものである³⁾。

この共同利用システムにおいては、ITS技術を活用することによって、EVの航続距離が短いという欠点を緩和し、利用者の利便性を拡大することを実証実験の柱としている。

Fig.2とFig.3にITS / EV共同利用システムのコンセプトと共同利用システムの概要を示してある。ITS技術を利用することによって実現できる主な機



出典) ④自動車走行電子技術協会。

Fig.3 ITS / EVを利用したインターモーダルな新都市交通システムのコンセプト

能は以下のとおりである。

a) 経路誘導機能

全車にナビゲーションシステムが装備されており、通常の経路案内・誘導も行うが、返却すべき車両ステーションへのルートボタン一つで検索し、ナビに表示して経路案内・誘導を行う機能が付加されている。

b) 緊急連絡機能

操作方法が分からない場合や、返却時間に遅れそうな場合、コールボタンを押せば、管理センターのサポートを受けることができる。

c) 航続距離警報機能

ドライバーが、返却先の車両ステーションまで帰ることが不可能なエリアへの走行を防止するための警報機能。ドライバーは目的地に出発する前に確認することができる。

d) その他の機能

車両走行中の車両に関する情報を管理センターで把握する機能や、実証実験に関するさまざまなデータ収集を行うための機能が付加されている。「都心レンタカーシステム」は横浜・みなとみらい21地区およびその周辺で、EV50台、車両ステーション10ヶ所の規模で2000年1月から2ヶ月間実証実験が行われた。一方「住宅地セカンドカーシステム」は東京・多摩ニュータウン（稲城市、向陽台・長峰・若葉台地区）で、EV50台、車両ステーション5ヶ所の規模で同じ期間にわたって実証実験が行われた。2000年度も継続して実証実験が行われる。

環境面での効果を議論する前に、とにかく普及させることが第一で、普及のキーとなるのは経済性である。実証実験ではシステムの運営費をカバーできる運営形態と課金システムについてさまざまな検討が行われている。

今後の課題としてはITS技術を含めた技術的な検討によるコストダウンと利便性の向上を図るとともに、管理システムの運営主体と運営方法の検討、自治体等対象地域における関係機関や団体との協力体制の構築が挙げられる。

4 .ITSと物流の環境負荷軽減

4 - 1 トラック輸送に鉄道や船舶を利用した物流システム

貨物輸送の一般的な形態はFig.4のように表現できる。鉄道や船舶の利用はB Cの輸送場面でトラック（大型、長距離用トラック）の代替手段として位置づけられる。

トラック 船舶 トラック、あるいはトラック 鉄道 トラックのような輸送形態を複合一貫輸送（Combined Transport）と呼ぶが、マルチモーダル輸送（Multimodal Transport）と言うこともある。モーダル・シフトという言葉は完全な和製英語でB

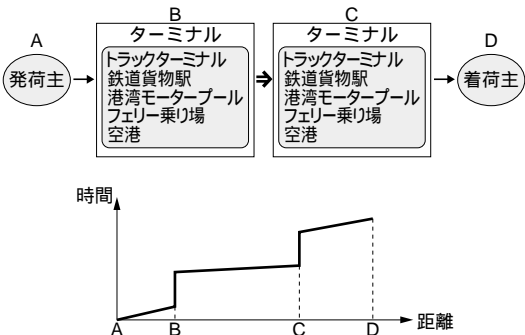


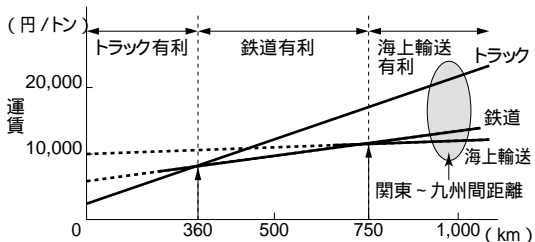
Fig.4 輸送モードの変化と輸送時間

Cの部分をトラックから鉄道や船舶に変換（シフト）することを意味している。発荷主からターミナルへのトラック輸送とターミナルから着荷主へのトラック輸送は、D C間のトラック輸送とは性質が異なっている。Fig.4に示すように積載率、エネルギー消費率の上から大きな差があり、同じトラックというモードであるが、異なる性質を持った輸送、すなわち積載率、エネルギー消費率から考えれば、異なるモードによる輸送と考えられる。デポでは貨物の荷姿や輸送単位が変更されることが多く、情報の面でも大きな変化が発生していることになる。この場面での情報処理やマテリアルハンドリングによっては誤配送が発生し、トータルな輸送効率を下げ、無駄なエネルギーの消費をすることになるが、この点についても考慮する必要がある。

インターモーダル輸送という言葉が最近使われるようになってきたが、これは「ドアツードアという荷主の視点で貨物の発地から着地までの輸送の最適化」が実現できるようなシステムである。具体的にはデポや荷積み港、荷降ろし港が荷主の希望で変えられるようなシステムで、これらが固定化されている複合一貫輸送とは発想が異なる^{4,5)}。ここでは具体的なケースについてトラック輸送から船舶に変更された場合の効果について紹介したい⁶⁾。

Fig.5は輸送モード別輸送費の比較である。この図から判るようにトラック、鉄道、海上輸送のモードごとに有利な距離帯が存在しているということである。コストの算定の方法によって具体的な距離は変化するものの、近距離はトラック、中距離は鉄道、遠距離は海上輸送が有利である。このような結論は欧州での検討結果とほぼ一致している。

さらに現実に鉄道、船舶で輸送されている品目を調べてみれば、石油、セメント、鉱石、材木等、重量物でしかもバラ積みできる一次産品が多い。その



注1) ドア・ツー・ドアベースで計算。
 2) 横持ち距離は20km。
 3) タリフ（運輸省届け出運賃）ベース。
 資料) 財自動車走行電子技術協会。

Fig.5 輸送手段別輸送費比較

上、例えば最も需要が高いと考えられる東京・大阪間では、鉄道がわずかにコスト面で有利ではあるが、旅客輸送のスケジュールが優先されるので、都心に貨物を取り入れる時間帯が現実には制限されている等の理由で、鉄道へのモーダルシフトは困難である。

このように考えていくと、モーダルシフトが環境面で良いとしても、モーダルシフトを可能にする場面は多くないことになる。一次産品についてはすでに多くの部分が、鉄道、海上輸送に頼っているの、これ以外の分野でのモーダルシフトが必要になる。

現在、コスト面でも環境面でも期待をもたれているのは、一般雑貨を対象とした長距離（1,000km以上）輸送である。雑貨輸送についてはコンテナ船かRoRo（Roll in Roll off）船が主流で、さらに一定のスケジュールに従って定められた航路を航行する定期船であることが、後で述べるITSとの関係で重要なポイントである。

神奈川から福岡までの自動車部品や住宅用断熱材の輸送に関してモーダルシフトを行った例が報告されている⁷⁾。いずれの場合もドライバー延べ人数、ドライバー労働時間、車両走行距離に関しては90%の減少、輸送コストは15～20%減、ドアツードアの所要時間については0～8%の減少が報告されている。

自動車部品の例については、環境への影響が試算されていて、海上輸送によるエネルギー消費量の削減が41%、CO₂の排出量については39%の削減効果があると推定している⁸⁾。

4-2 インターモーダル輸送とITSとの関係

上述した例のように企業サイドから見ればモーダルシフトはコスト面で期待が大きいことになる。一方、環境面から考えると、雑貨輸送が定期船であることから、船の積載率を100%近くに維持しなければ意味がないことになる。この事を達成するためには運輸サービス全体の利便性を確保する必要がある。

例えば、トラック輸送業者がRoRo船等を利用しない理由として、帰り荷の確保のために輸送途中で立ち寄り、混載を行えないためと言われている⁹⁾。従ってインターネット等を使った帰り荷情報システムの導入が今後必要と考えられる。

また一般雑貨の場合は、ある時刻までに荷主のところに到着することが重要なので、このことを考慮に入れた船の運航ダイヤが要求されることになる。しかしながらトラック輸送のような柔軟性は望みえ

ないので、取り扱い品目と目的地、気象・海洋・航路情報、発港・着港情報、それに道路交通情報が加味されたトラック/船舶統合配送計画システムと、これに関連した船舶利用に関する諸手続がスムーズに完了するような情報インフラの整備が必要となる。さらにDSRCと電子タグを組み合わせることで、貨物の位置把握や、ターミナルにおける入出庫管理、船舶への積み合わせ時、船舶からの荷降ろし時の自動貨物認識等によって、貨物のトラッキングをリアルタイムに出来るようなシステムの導入によって、マテリアルハンドリングや荷役等の作業の効率化を図ることが必要である。

以上からわかるように、ドアツードアのシームレスな貨物輸送、すなわちインターモーダル輸送を推進することによって、海上輸送も選択肢の一つになり、ここにおける運輸サービスを向上することによって海上輸送が定着し、結果としてモーダル・シフトが実現することになる。シームレスな運輸サービスの実現のためにはITS技術が活用できることは、上に述べたことにより明らかであるが、ITS技術は移動体通信を核としたものが中心なので、むしろ一般雑貨の輸送に関しては、ITS技術の活用をも含む、IT革命が浸透することが前提となる。このためにはさらなる規制緩和と新たな枠組みの構築が必要である。

以上のような前提条件がいつ実現できるかは不明であるが、消費財を中心とする工業製品の中からコンテナ輸送に適した品目を選び出し、九州・関東間と九州・関西間について海上輸送への転換による省エネルギー効果が試算されている⁶⁾。それによると九州・関西間で年間19,200kl（ドラム缶9.6万本）、九州・関東間で年間55,000kl（ドラム缶27.5万本）が節約可能であるとしている。

5. その他の分野で期待される効果

5-1 AHS導入による効果

現在のAHS（Advanced Cruise-Assist Highway Systems）の開発は安全支援を主としているので、環境負荷削減の議論とは現在のところ直接結びついていない。

しかしながら、いわゆるプラトーン走行が実現できればドライバーの負荷の軽減、ドライバーの人数の削減と共に、空気抵抗減少による燃費の向上、道路の効率の利用による渋滞の減少とこれに付随する環境負荷の削減等が考えられる。

日本においては第二東名での実現をめざして研究開発がすすめられているものの、システムが具体的にどのような形態になるかが現在のところ明確になっていないので推測の域を出ない。現在論文として出版されているものでは、一定の条件下での効果をシミュレーションで検討したものである^{10,11)}。例えば高速道路のサグ部やトンネルの入口で車速が低下し、自然渋滞の原因になっていることは知られているが、シミュレーションの結果ではAHSを導入することによってこれを解消することができるとしている。さらにAHSの普及率が30%程度であっても、AHS装着車にいわば誘導される形で車速の低下を防ぐことができるという結果を導出している¹¹⁾。

5 - 2 配車配送支援システム導入による効果

トラック輸送のうち、エネルギー効率が悪いのは都市内のトラック輸送である。SCM (Supply Chain Management) の導入等によって効率の良い物流システムが構築できれば、多くの場合、環境面でも良好な結果が期待できる。逆に環境面からSCMに対してどのような制約を設定すべきかの具体的な議論は、現在のところ企業活動を制約する危惧の方が強いので、あまり行われていない。しかし今後東京都のようにロード・プライシングやTDMを強く打ち出すことになれば、物流システムの再構築を検討する必要が出てくることになる。

一方、配車・配送支援システムはコンピュータの演算速度の向上と、ヒューリスティクスを使ったアルゴリズムの発達によって、配達の時間制約や、配達と集荷の組合せ等、現実の配車・配送形態に近い条件に対しても解を算出できるようになっている。報告されている結果は小規模なシミュレーションによる結果であるが、トラックの総稼働時間に関して10~30%程度の削減が報告されている¹²⁻¹⁴⁾。このことは直ちに環境負荷量の削減を意味するものではなく、走行状態の実態把握も必要であるが、かなりの効果が期待できる。

総稼働時間の削減は多くの場合、車両台数の削減によって達成できるので交通需要の削減にもつながるはずで、都市内の小型貨物の積載率が最近15%を切っていることから考えると、配車・配送の合理化によって自然な形でTDMが実現できることになる。しかしながら、支援システムのソフトは高価であり、中小の事業者が負担するにはリスクが高い上、コンピュータにある程度精通した人材の確保は事業規模

から考えてなおさら困難である。さらに、多くの支援システムはあくまで支援であって、担当者が事業所独自の条件を付加させようとする、さらに高価になる上、支援システムを駆使するためにはかなりの熟練が必要とされている。

個々の事業所に100%マッチした支援ソフトではないかもしれないが、各事業所において標準的なソフトを使って10%程度の総稼働率時間を短縮することができれば、社会的に大きな効果があることになる。従って配車・配送の最適化を単に企業の合理化と考えずに、TDMの一環としてとらえ、環境負荷の低減と結びつけた議論の構築が必要である¹⁵⁾。

5 - 3 ETC導入による効果

ETCの導入によってブース周辺の渋滞がどのように変化するかを定量的に調べるには、種々の条件が相互に関連しているため、簡単なモデルによる検討が行われている。待ち行列理論を用いたシミュレーションによると、対象時間を14時間として、横浜-横須賀道路、六ツ川料金所の5km区間をモデルにした結果では、所要時間節約量で36%、燃料消費節約量で18%の減少になることが報告されている¹⁶⁾。

この結果は理想状態を想定しているが、100%普及するまでは、何個のETCブースをどのように配置するか、あるいはまたブースの下流に一般道が接続し、信号機がある場合の相互干渉による渋滞の発生等、普及に当たって検討すべき課題を順次解決していく必要がある。このような課題を検討するためのシミュレーターが発表されている¹⁷⁾。

ETCの環境面での貢献は、ETC専用ブースの利用を前提とすれば、インターチェンジやランプが簡単な道路構造になるので、建設コストの低下と工事による環境破壊が最小限に抑えられる。現在設置が強く望まれ、工事可能な場所においてはこの効果は大きい。

5 - 4 信号制御による効果

環境負荷と信号機制御の関係を考える場合、従来の信号制御で評価指標としていた交差点間の旅行時間や、交差点における遅れ時間だけでは充分両者の関係を把握できない。自動車の速度によって、例えばNO_xの排出量が大きく異なることはよく知られており、場合によっては自動車の速度と加速度の関数として把握しないと、発進時におけるNO_xの発生の実態を反映できない^{18,19)}。

以上からわかるように、環境負荷との関係の議論は最近になって出てきたもので、ITSを応用したも

のとしては公共バスに対して信号優先制御を行うPTPS (Public Transportation Priority System) がある²⁰⁾。このシステムのねらいは公共バスの走行時間を短縮することと定時性を確保することによって、マイカーからの乗り換えを促すことにある。従って環境に対して間接的な影響が考えられるとしても、公共バス優先による他の車や、バスの経路と交差する道路の交通状況の変化を考慮した、さまざまな条件下での環境負荷の測定が必要であろう。

6. 今後の課題

ITSの多くの開発分野で環境負荷低減効果が期待できることを示した。しかしながら具体的な効果を評価するまでには至っていない。そこでこの章ではITS技術を環境負荷低減のための道具として利用する場合、どのような系統的なアプローチやフレームワークが必要かをまとめてみた。

(1)ITS機器のLCA(Life Cycle Analysis)

ITS導入のために必要としたエネルギー消費とCO₂排出を正確に推定することが第一歩と思われる。ただしさまざまな困難が予想される。車載機器がマルチユースになるので、特定のサービスを具体化するために必要としたエネルギー消費とCO₂排出を推定することは容易ではない。その上、例えばETCについては、渋滞に対して効果があるのは、ごく限られた時間帯だけなので、効果を推定する方法論については系統的な議論が必要である。

一方、ナビゲーションシステムに関しては年間100万台も出荷されている上、一般的には自動車よりは耐用年数が短いと考えられるので、無視することはできない。従って、自動車と同じようにLCAを行い、標準的なケースについてエネルギー消費とCO₂排出を推定しておく必要がある。

(2)効果推定モデルの開発

ITS導入による環境面での効果を事前に推定するにはシミュレーションモデルを活用するしか方法がない。

現在、10万台から100万台程度の車の動きを再現できるような交通シミュレーターが市販されているので、このような道具を活用し、担当者が対象としている問題に対して共通認識を持つために必要不可欠な道具であるという常識が根付く必要がある²¹⁾。この目的のために、日本の大部分の都市における問題解決に適した汎用性のあるシミュレーターを開発するなり、活用するなりして、ベンチマークを決め

ることが急務である。

(3)効果測定法の開発

現在の環境測定は、比較的広い地域の長時間にわたる平均的な環境負荷量を測定するために開発された手法である。

ITS技術の導入によって環境負荷低減が期待できる場面は、渋滞時等の限られた時間帯において、交差点やインターチェンジ等、限られた地域である。従来の測定網の粗密度と測定に関する時間遅れから考えてITSの効果が捕捉出来ないことが考えられる²²⁾。

ITSの効果を明確にするためには、特定地点でのCO₂やNO_xの排出量を測定するセンサーや測定システムと、局地的な気流の動きも考慮に入れたモデルの開発が必要である。車両の走行に伴う環境負荷に関するモデルがいくつか開発されているが、これらの成果に期待するところが大きい²²⁻²⁵⁾。さらに言えば、上で述べたシミュレーションとのマッチングも考慮すべきであろう。

(4)エコドライブのサポート

COP3に関連して作られたCO₂排出削減目標の中で、エコドライブへの期待が大きい。ITS技術はこの分野で大いに活用されるべきである。

例えば、地図データベースを持つ車載器と車載用のNO_x、CO₂センサーを組み合わせれば、各車両が走行することによって、どこで、どれだけの環境負荷を与えているかをドライバーに明示することができる。商用車についてはデジタルタコグラフを活用して環境負荷をモニターする道具として使うことができる。環境負荷の自己管理体制を構築することは持続的な社会を構築していく上で重要な要素と考えられるが、ITS技術はこのようなシステムを構築する上で不可欠である。

7. まとめ

ITSが達成すべき主な目標は、安全性の向上、道路利用効率の向上、環境負荷の軽減である。本論文では、ITSを何らかの形で利用して、道路交通環境改善が期待できるシステムやプロジェクトについて、現在筆者が把握できる範囲でまとめてみた。

本論文の内容からわかるように、さまざまな努力が行われているにもかかわらず、安全性の向上や道路利用効率の向上に関連したシステムやプロジェクトに比べると、環境負荷の軽減に関しては系統的なアプローチが、ITSの中でまだ確立されていない。

道路交通環境という概念は、時間的にも空間的にもミクロな問題設定である。これに対して、日常的に問題としている環境基準等は、時間的にも空間的にもマクロな問題設定の上で測定された数値である。ITSの効果を論ずるためには、前章で述べたようにミクロレベルの測定方法を確立するとともに、これをマクロレベルに集約していくことが必要である。しかしながら、ミクロとマクロの間の橋渡しとなる概念やモデルが確立していないことが、問題をより複雑にし、系統的なアプローチの出現を遅らせている。

一方、ITSは道路交通を中心に発達してきたが、第4章で紹介したように、船舶による輸送を組み合わせることによって大きな効果が期待できる場合がある。このことは、運輸・交通体系全体のITS、あるいはIT革命を推進する必要があることを示唆している。

経済のグローバル化を反映して消費財の輸入が急増していることを考えると、地方港の活用が可能な運輸・交通体系とこれに対応した情報インフラの構築によって、結果的に自然な形でTDMが実現され、東京等の大都会における通過交通量を削減することが可能になると思われる。しかしながら、21世紀のグローバル化に対応した経済活動や、アジアを中心とする国際物流に対応した運輸・交通体系、さらにはこれとリンクした情報インフラのあるべき姿に対して明確なビジョンが確立されていないために、運輸・交通体系のITSが進展していないと考えられる⁵⁾。

ITSによる道路交通環境改善のためには、遠回りかもしれないが、トップダウンとしては環境負荷軽減も考慮した21世紀に向けた運輸・交通体系のビジョンを明確にすること、ボトムアップとしてはITSの効果を実際に測定し、評価する方法論を構築すること、の二つが重要である。これらの点については今後内外で議論が活発になることを願っている。

参考文献

- 1) 警察庁、通商産業省、運輸省、郵政省、建設省、道路・交通・車両インテリジェント化推進協議会『高度道路交通システム (ITS) に係わるシステムアーキテクチャ』1999年
- 2) 道路・交通・車両インテリジェント化推進協議会、三井情報開発株式会社総合研究所「最新技術の応用による交通環境改善等の検討」『ITS環境影響調査分科会報告書』1999年
- 3) 新エネルギー、産業技術総合開発機構『クリーンエネルギー自動車を用いたITS技術の研究開発 (都市部及び住宅地共同利用システムならびに走行管理・情報提供の高度化の研究開発)』(財)自動車走行電子技術協会、2000年
- 4) 吉本隆一「未来型物流のカギを握るITS」『物流情報』Vol. 2, No. 1 pp. 18-22, (社)日本物流団体連合会、2000年
- 5) 川嶋弘尚「パーチャル化する「国土における運輸・交通体系」の概念とその課題」『道路建設』Vol. 12, No. 7, pp. 16-21, 2000年
- 6) 『自動車燃料消費効率化改善に関する調査報告書 (ITSによる物流の効率化と省エネルギー効果)』(財)省エネルギーセンター、(財)自動車走行電子技術協会、1999年
- 7) 運輸省運輸政策局『モーダルシフト推進のためのマニュアル』1994年
- 8) 日産自動車株式会社交通研究所「関東～九州間物流のモーダルシフト効果」『自動車交通』94-95, 24-2, 1995年
- 9) 宮前直幸他「円滑な複合一貫輸送システムの構築に向けた一考察」第21回土木計画学研究発表会、98-11
- 10) N. Tanaka, H. Kawashima: The Effect of AHS on the Traffic Flow and Environment, Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM, 1998
- 11) 横田敏幸、桑原雅夫、尾崎晴男「AHSのボトルネック解消効果に関する研究」交通工学研究発表会、1998年
- 12) 上田哲朗、佐藤康治、岡田和義「配送計画支援システムによる配送ルートの最適化とその効果」『自動車交通』98, pp. 20-21, 1998年
- 13) H. Kokubugata, H. Itoyama, H. Kawashima: Vehicle Routing Methods for City Logistics Operations, IFAC Transportation Systems, pp. 727-732, 1997
- 14) T. Hasama, H. Kokubugata, H. Kawashima: A Heuristics Approach Based on the String Model to Solve Vehicle Routing Problems with Various Conditions, Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM, 1999

- 15) H .Kawashima : City Logistics and the Use of Information and Communication Technologies ,IATSS Research , Vol .21 ,No 2 pp .58-68
- 16) 貴志泰久、谷口正明「ノンストップ自動料金収受の省エネルギー効果」『自動車交通』97、pp .12-15
- 17) 香月伸一、岩崎雅彦、羽藤英二「シミュレーションによる自動料金収受の運用評価」『自動車研究』1997、pp .16-19、1998年
- 18) R Ikeda , H .Kawashima , T Oda : The Coordinated Signal Control(TRANSYT) Considering Fuel Consumption ,Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Transport Systems CD- ROM , 1997
- 19) T .Bani , Y Shibuya , K .Takeuch : Summary and Significance of EPMS Project , Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Transport Systems CD- Rom , 1997
- 20) 道路・交通・車両インテリジェント化推進協議会『高度道路交通システム (ITS) モデル地区実験構想の調査研究報告書、2000年
- 21) K . Nokol , M Schmidt , T . vanVuren : An Integrated Dynamic Traffic Simulation and Air Pollution Decision Support System , World Conference on Transportation Research , Antwerp , Belgium 98 ,pp .12-17
- 22) 川嶋弘尚、坪田幸政「道路環境モデリングに基づくITS導入効果分析」建設省土木研究所、慶應義塾大学『ITS導入効果およびAHS技術に関する基礎的の先端的研究報告書』pp 281-381、2000年
- 23) 岡本智、谷口昌明「走行パターン特性による自動車燃料消費の構造化」『自動車交通』96、pp 32-36
- 24) MD . Masud Karim , Hiroshi Matsui : A mathematical model of wind flow , vehicle wake , and pollutant concentration in urban road micro environments . Part I : model description , Transportation Research , Part D : Transport and Environment , Vol .3D , No . 2 ,pp 81-92 , 1998
- 25) MD . Masud Karim , Hifoshi Matsui , Randall Guensler : A mathematical model of wind flow , vehicle wake , and pollutant concentration in urban road microenvironments . Part II : Model results "Transportation Research , Part D : Transport and Environment , Vol .3 D , No .3 ,pp .171-192 , 1998