

持続可能な自動車交通システム^{*1}

- ITSからのアプローチ -

Sustainable Road Transportation Systems
- An Approach from Intelligent Transport Systems -

名城大学 理工学部 情報工学科 津 川 定 之
教授 工学博士 Sadayuki TSUGAWA



1. まえがき

2007年2月に気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）は地球温暖化が生じていることを断定し、その原因が人為起源の温室効果ガスである可能性は90%以上であると発表した。温室効果ガスのほとんどは二酸化炭素（CO₂）であり、自動車から排出されるCO₂の量は我が国全体が排出する量の約2割を占めること、しかも運輸部門からのCO₂排出量は1990年度から2004年度までに約20%増加している¹⁾ことを考えると、現状のままでは自動車交通は持続できなくなる可能性が大きいと考えざるをえない。地球温暖化防止は、自動車交通システムにとっても、事故防止とならんで早急に対策を講じなければならない重大かつ緊急の課題である。

自動車交通で使用されるエネルギーのほとんどは燃焼によってCO₂を発生する石油であり、したがって自動車交通における地球温暖化対策は、その省エネルギー化対策に置き換えることができる。自動車交通の省エネルギー化対策には多くのアプローチがあるが、本稿では高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport Systems）による自動車交通の省エネルギー効果について紹介する。現在のITSは、陸海空における人と物の安全で効率的な移動を提供するシステムと定義されており、したがってITSは、インタモダリティを含めて大小多くのシステムから構成されるが、道路交

通を対象としたITSにおいて主流となるシステムは、交通信号制御やETCに代表される交通管理システム、カーナビゲーションシステムやVICSなどの交通情報システム、安全運転支援、自動運転を含む車両制御安全システムの3システムである。本稿では、公共交通を含めてこれらのシステムにおける省エネルギー効果に焦点をあてる。

2. 自動車交通におけるエネルギー消費とCO₂排出の動向

2.1 自動車交通におけるエネルギー消費動向

エネルギー消費動向を産業、民生、運輸の部門別でみると²⁾、1990年度から2004年度までの15年間に、1990年度の指数を100とすると、産業部門では102.8、民生部門では134.9、運輸部門では120.0となっており、運輸部門は20%増加している。さらに、運輸部門のエネルギー消費推移については、1990年度には旅客部門が運輸部門のエネルギー消費の51.8%、貨物部門が48.2%であったが、2004年度には旅客部門が61.1%、貨物部門が38.9%となり、1990年度から2004年度までに、1990年度の指数を100とすると、全体では上記のように120.0ではあるが、旅客部門では141.8に増加し、貨物部門では96.7に減少している。運輸部門全体では1999年からほぼ一定であるが、1996年から貨物部門が減少している一方、旅客部門は増加し続けている³⁾。

運輸部門における輸送機関別のエネルギー消費のうち自動車によるエネルギー消費⁴⁾は、2004年度には運輸部門全体の約87%を占めている。さら

* 1 原稿受理 2007年9月12日

に図1に示すように、旅客輸送においては乗用車などによるエネルギー消費が約83%を占め、これは運輸部門全体のエネルギー消費の約51%を占めることになる。いっぽう貨物輸送においては自動車によるエネルギー消費が約89%を占めている。

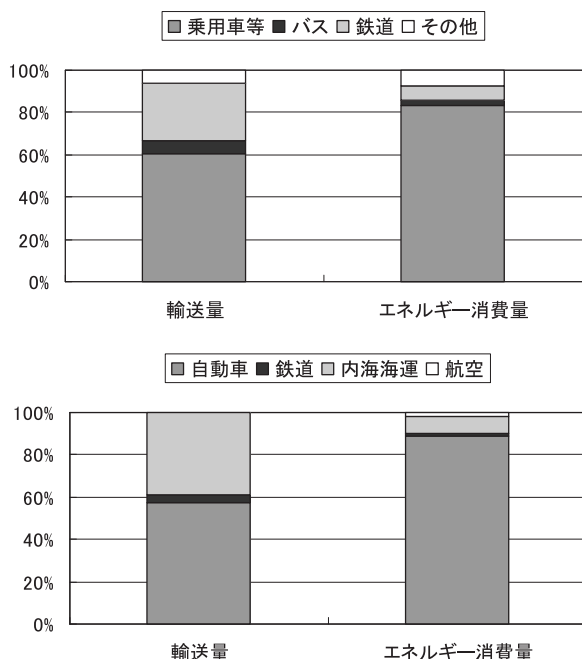


図1 旅客輸送(上)と貨物輸送(下)における交通機関別輸送量とエネルギー消費量⁴⁾

2.2 運輸部門におけるCO₂排出動向と排出削減目標

2004年度の我が国のCO₂排出量は12億8,600万トンで、そのうち燃料の燃焼によるものが93.0%である。さらに運輸部門における燃料の燃焼によるCO₂排出量は全体の19.8%の2億5,462万トンで、そのうち自動車によるものが2億2,879万トンを占めている。我が国のCO₂排出量が1990年度から2004年度までに12.4%増加したのに対して図2に示すように運輸部門では20.6%増加している¹⁾。

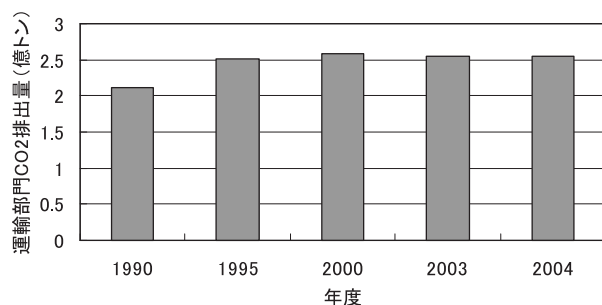


図2 運輸部門のCO₂排出量の推移¹⁾

2005年4月に京都議定書目標達成計画⁵⁾が閣議決定され、そこには京都議定書にあるCO₂排出量6%削減という約束の達成に向けて、運輸部門については2002年度実績の2億6,400万トンから2010年度の目標値2億5,000万トンまでに削減を図ることが記されている。運輸部門で考えられている対策には以下の項目がある。

- 1) 単体対策：トップランナー基準による自動車の燃費改善、クリーンエネルギー自動車の普及促進、サルファーフリー燃料の導入及び対応自動車の導入。
- 2) 走行形態の環境配慮化：エコドライブの普及促進等による自動車運送事業者等のグリーン化、アイドリングストップ車導入支援、高速道路での大型トラックの最高速度の抑制。
- 3) 交通流対策：自動車交通需要の調整(自転車道の整備)、ITSの推進、路上工事の縮減、交通安全施設の整備。
- 4) 旅客のシフト：公共交通機関の利用促進、テレワーク等情報通信を活用した交通代替の推進。
- 5) 物流の効率化：海運グリーン化総合対策、鉄道貨物へのモーダルシフト、トラック輸送の効率化、国際貨物の陸上輸送距離の削減。
- 6) 効率の向上(自動車以外)：鉄道のエネルギー消費効率向上、航空のエネルギー消費効率の向上。

ここで言及されているITSはやや狭義で、信号制御、ETC、VICSなどを指しており、それによる削減量は約360万トン/年と期待されている。

3. 自動車交通の省エネルギー化

自動車交通の省エネルギー化には、表1に示すように多方面からのアプローチがある⁶⁾。省エネルギー化は、まず、個々の自動車の低燃費走行と、自動車交通から見たときの省エネルギー化である走行量低減とに分けられる。さらに、低燃費走行は走行に要する燃費低減と走行方法改善による燃費低減に分けられ、走行量低減は人と物の移動量を維持した上での走行量低減と、移動量を適正化したうえでの走行量低減に分けられる。

表1 自動車交の省エネルギー化

		課題	施策の方向	技術
低 燃 費 走 行	走行に要する燃料消費低減	自動車本体の改善	自動車本体の燃費向上	エンジン本体の改良、エンジン使用域最適化、補機類の改良、動力伝達効率の向上、走行抵抗の低減、軽量化、車両の小型化、走行エネルギー回収、動力源方式の変更、制御の高度化と超小型化
		道路の改善	道路の特性、構造などの改良	路面抵抗の低減、勾配抵抗の低減
	走行方法改善による燃料消費低減	効率的な走行の実施	省エネルギー運転の促進	自動エコノミー走行、信号同期速度制御、経路誘導による迷走・誤走の防止、追従走行による空気抵抗低減、動的経路誘導
		交通流の円滑化	道路整備・拡充	道路整備・拡張、道路高規格化、道路のネットワーク化
			車線有効利用	車線配分の最適化
			交通制御	交通管制の高度化
			事故低減	危険回避（市街地運転支援、高速道路運転支援、道路環境情報提供）、交通情報提供の充実、動的道路交通情報システム
			交通流密度増大	追従車群走行、車両誘導、動的経路誘導
			需要の分散	経路配分誘導、道路予約
		ボトルネックの改善		料金自動収受、交差点の改良、駐車場の改良、サグでの減速防止、クルーズコントロール、アダプティブクルーズコントロール
	走行量の低減	人と物の移動量を維持しての走行量低減	輸送効率の向上	搭乗率、積載率の向上
			他の交通手段の活用	マルチモーダル化促進
		人と物の移動量を適正化による走行量低減	交通需要の適正化	需要管理 パーキング政策
			輸送・移動の不要化	通信技術の発達 土地利用、都市計画
				TV 会議 コンパクトシティ

自動車本体の燃費は、1970年代のオイルショック以来、低減化の努力が続けられており、ガソリン自動車の平均燃費（10・15モード）は、1995年の12.3km/lから2004年の15.4km/lに改善されている。しかしながら、自家用乗用車の総走行距離は単調増加を続け、1990年から2001年までに1.47倍に増加し、さらに自家用乗用車のエネルギー消費量は総走行距離以上に単調増加を続け、1990年から2001年までに1.64倍に増加している³⁾。自動車交通システムが、現状のままでは持続できなくなる可能性が大であると冒頭述べた所以である。

ITS技術による省エネルギー化は、表1において、走行方法改善による燃費低減が主として関連し、走行量低減が一部関連する。走行方法の改善による省エネルギー化の背景となっているのは、最も燃料消費効率が高い走行速度は、ガソリン車では50～60km/h付近、ディーゼル車では70km/h付

近であるというエンジンの特性である。すなわち、渋滞を解消して自動車がこの速度で走行できるようにすれば、最も燃料消費効率をよくすることができる。現在、自動車が使用する全燃料の約11%が渋滞で浪費されている。また、我が国の大都市圏において平均走行速度は約20km/hであるが、この平均速度を1km/h向上させると、燃費を約3%改善することができる。

4. ITS技術による省エネルギー化

ITS技術による省エネルギー化を、交通管理システム、交通情報システム、車両制御安全システムの3システムに関連づけて示したものが表2である。走行方法の改善技術は、無駄な走行を防ぐ技術や渋滞の発生を抑制する技術であり、走行量の低減技術は、交通需要管理や公共交通機関利用の促進に関する技術である。

表2 ITS技術による省エネルギー化

	ITS 技術	省エネルギーとの関連性（該当箇所：塗りつぶし箇所）			
		走行方法の改善			走行量の低減
		交通流の円滑化	効率的な走行 情報支援	車両制御	
交通管理システム	信号制御				
	ETC				
情報提供システム	交通情報				
	経路誘導				
車両制御安全システム	運転支援				
	自動運転				
その他	公共交通利用情報				
	公共交通運行管理				
	交通需要管理				
	インターモーダル情報提供				

4.1 交通信号制御

交通信号制御は都市内道路においても都市間道路においても自動車交通の安全と円滑に大きな役割を果たしていることはいうまでもない。たとえば、現在の東京の交通管制センターは世界最大規模のシステムで、信号制御機7,000、車両感知器16,000、光ビーコン1,700、路側ラジオ160、交通監視用テレビ300から構成されており、渋滞の抑制と事故の減少を図った信号制御アルゴリズムが運用されている。その効果は顕著で、現行システムの導入前と導入後と比較すると、渋滞長時間（km・時）から見れば28%の減少、交差点通過交通量（台・km）から見れば10%の増加となっている。

警察庁のITSプロジェクトであるUTMS（Universal Traffic Management Systems）は、高度交通管制システム（ITCS：Integrated Traffic Control Systems）を中心に、公共車両優先システム（PTPS：Public Transportation Priority Systems）、動的経路誘導システム（DRGS：Dynamic Route Guidance Systems）、安全運転支援システム（DSSS：Driving Safety Support Systems）など、計11のサブシステムから構成されている。UTMSでは市街路を対象として設置された光ビーコンによって路車間通信を行い、いろいろなサービスをドライバに提供する。このうち高度交通管制システム（ITCS）による効果は、1999年度から2003年度までの5年間に、交通渋滞の軽減による経済便益が約1兆5,000億円、CO₂排出量削減効果約124万トンと試算されている⁷⁾。

4.2 料金自動収受

我が国で高速道路における渋滞は、図3に示すように料金所において30%発生していた。料金自動収受（ETC：Electronic Toll Collection）は、この料金所が原因となる渋滞を解消し、キャッシュレス化によってドライバの利便性を向上させ、管理コストを低減させることを目的としている。我が国では諸外国に比べて導入が遅れたが、2001年から全国展開がはかられ、2007年9月現在、ETCのセットアップ累計台数は1,900万件を超え、2007年8月の利用率は約68%で、高速道路料金所における渋滞はほとんど見られなくなった。図4に首都高速道路全料金所における渋滞量（km・h/日）とETC利用率の関係を示す⁸⁾。

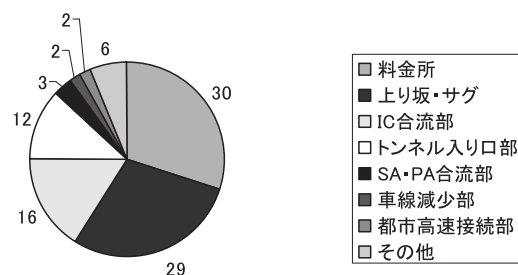


図3 高速道路における渋滞発生箇所⁸⁾

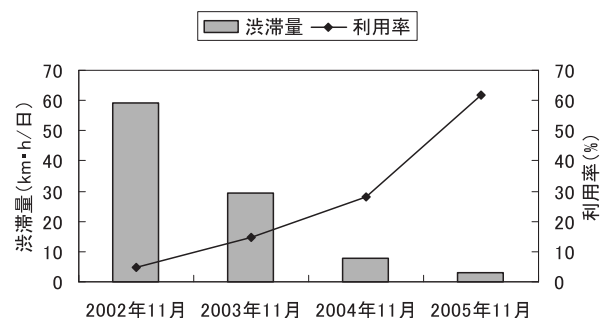


図4 首都高速道路の料金所における渋滞量とETC利用率⁸⁾

料金所における渋滞の減少によってCO₂排出量も削減されることになる⁸⁾。たとえば東名高速道路横浜町田IC料金所においてETCの利用率が50%となった2005年9月には、ETC導入以前と比べてCO₂年間排出量が2,657トン（52%）減少している。また首都高速道路においてはCO₂年間削減量が、ETC利用率が50%で2,681トン、80%で3,632トン、100%で4,054トンという試算がある。さらに都市高速道路において対距離料金制を導入し交通流の分散を図ると、高速道路上での平均走行速度が4 km/h向上し、CO₂年間削減量が17万トンと試算されている。

4.3 経路誘導

ナビゲーションシステムまたは経路誘導システムは、地図上で自車の位置と方位をドライバに示し、さらに道案内を行うシステムである。経路誘導は、道路状況の時間変化を考えないで求めた静的な経路誘導と、道路の混雑状況に基づいて最適な道案内を行う動的な経路誘導に分けられる。静的経路誘導だけでも誤走や迷走を防ぐことができるため自動車交通の省エネルギー化に有効であるが、動的経路誘導によって渋滞を回避した経路誘導を行えば、旅行時間の短縮によってさらに省エネルギー化をはかることができる。カーナビゲー

ションシステムは通常は外部からの情報を全く用いないために、静的な経路誘導システムである。動的な経路誘導のためには、路車間通信によって路側から動的経路誘導情報または道路の混雑情報を受信する必要がある。1970年代に我が国で実験が行われた自動車総合管制システム（CACS：Comprehensive Automobile traffic Control System）や、1996年にサービスが開始されたVICS（Vehicle Information and Communication System）は動的経路誘導システムである。2007年3月現在、我が国でカーナビゲーションシステムは2,600万台以上（累計）、VICSユニットは1,800万台以上（累計）出荷されている。ETC車載器と併せて普及が進んでいるこれらの車載機器は、自動車交通の省エネルギー化にも大きく寄与する可能性がある。

CACSは、双方向個別デジタル路車間通信を応用した世界初の動的経路誘導システムで、1973年から開発が始まり、1978年から1年間東京都心で実験が行われた。CACSにおける動的経路誘導の効果を調べるために旅行時間が12分ないし30分かかるいくつかの出発地と目的地の組み合わせで、誘導車と非誘導車（道路網に明るいタクシードライバが運転した）の旅行時間の比較実験が行われ、CACSによって旅行時間が平均11%短縮することが実験によって示された⁹⁾。さらに東京都区部1,500交差点にCACSを導入した場合のシミュレーションが行われており、その結果は、すべての自動車が車載装置をもつと仮定すると、旅行時間短縮率は、朝の時間帯で約3～4%、昼の時間帯で約9%であることを示している。これによって燃料消費は、約3～7%の節減が期待できると試算されている。

上述したUTMSに含まれる動的経路誘導システム（DRGS）の実証実験が東京都内で行われている⁷⁾。動的誘導車両、タクシー車両、静的誘導車両を用いてのべ108回の走行実験を行い、平均旅行時間は、動的誘導車両が56分38秒、タクシー車両が57分55秒（動的誘導車両の+2.3%）、静的誘導車両が63分40秒（動的誘導車両の+12.4%）となった。この結果は、CACSの比較実験同様、動的経路誘導の旅行時間短縮効果、したがって省エネルギー効果を示している。

道路上を走行する自動車の速度などの走行データを携帯電話などでセンターに送信し、センター

で各自動車からのデータを集約するブローブ情報収集による経路誘導の実験も行われている。CACSやVICSの路車間通信に基づくシステムとの違いは、路車間通信用ビーコンが設置されていない場所でも走行データがセンターに集約され、道路ネットワークについて稠密に情報が得られることである。三大都市圏中心部におけるアクセスデータ3万件を解析した結果、平均車速が約16km/hから約19km/hに向上し、その結果燃費が11.8%改善されたという報告がある¹⁰⁾。

4.4 車両制御システム

事故と渋滞という自動車交通問題を本質的に解決するためには自動車交通へのオートメーションの導入が不可欠であるとの考えから、1950年代から自動運転に関する研究が行われている。事故の防止については、事故の原因の90%以上は人間ドライバに起因するものであるから、自動車交通にオートメーションを導入することによって人間ドライバに起因する事故をなくすることができる。自動運転が渋滞の解消に効果があるのは、精密な操舵制御によってより狭い幅の車線上を、精密な相対速度・車間距離制御によってより小さな車間距離で自動車を走行させる結果、車線の数を増し、車線当たりの道路容量を増すことが可能となるからである。

4.4.1 クルーズコントロール

クルーズコントロールは、特に高速走行しているときに、アクセルペダルを操作しなくても一定速度で走ることができるシステムで、1960年代はじめに米国で実用化され、我が国でも1960年代半ばに商品化されて、広く普及するに至っている。当初の目的はドライバの負担を軽減することにあったが、エンジンのスロットルバルブの開閉が少ないため、燃料消費量が少なくなるという利点がある。しかし、クルーズコントロールは、交通量が少ない米国で単独で高速走行する場合には有効であるが、我が国の混雑の激しい高速道路では一定速度で走るとは困難で、あまり使われなかった。

4.4.2 アダプティブクルーズコントロール

アダプティブクルーズコントロール（ACC：

Adaptive Cruise Control) は、クルーズコントロールの欠点を改良し、先行車との車間距離や相対速度に合わせて自車の速度を制御するシステムで、運転負荷の軽減を目的としている。我が国で1995年に世界で初めて商品化されている。先行車までの車間距離や相対速度の測定には、主としてレーザレーダが用いられているが、最近ではミリ波レーダを用いたシステムもある。

ACCは、クルーズコントロールとは異なって、交通流の円滑化によって道路容量を増加させ渋滞の発生を抑制することができ、したがって省エネルギー効果があるシステムである。ACCによって人間が運転するときよりも短い車間距離で運転することが可能であり、道路容量を増加させることができる。一方、高速道路の渋滞発生場所に、図3に示したように、上り坂やサグ（勾配が変化する箇所）、トンネル入り口がある。これらの場所で渋滞が発生するのは、ドライバが勾配の変化に気が付かず自動車の速度が低下したり、心理的に速度を下げたりした結果、その影響が後方に衝撃波として伝搬して後方の車両が停止せざるを得なくなるからである。この渋滞は大渋滞になることが多く、それは渋滞が始まった後の交通容量が極端に低いからである。渋滞後の容量の低下は、一部の車両が過度に長い車間距離をとることに起因する。ACCによって車間距離が適切に保たれれば渋滞を軽減することができる。

ACCによる省エネルギー効果を試算した例がある¹¹⁾。渋滞後の容量を1,500台/h/車線とする。ACCの設定車頭時間（自動車の先頭間の時間差）を2秒（道路容量で表すと1,800台/h/車線）とし、自動車のエネルギー消費モデル、渋滞継続時間、渋滞長などから、ACC車混入率、交通容量、省エネルギー効果の関係を求めた結果、道路容量が1,500台/h/車線から1,800台/h/車線へと20%大きくなることによって大きな省エネルギー効果が得られることが明らかにされている。

4.4.3 プラトーン走行

複数台の自動運転車両を小さな車間距離で走行させることをプラトーン走行とよぶ。プラトーン走行は、二つの面から自動車交通の省エネルギー化に効果がある。一つは、ACCで述べたように、車間距離を小さくすることによる道路容量の

増加である。米国カリフォルニアのITSプロジェクトであるPATH（Partners for Advanced Transit and Highway）では、1997年に8台の乗用車からなるプラトーンの自動運転のデモを行ったが、彼らはプラトーン走行によって道路容量を現行の約1,800～2,000台/h/車線の2ないし3倍に増加できるとしている。

もう一つは、小さな車間距離で自動車群を走行させると、空気抵抗が減少し、したがって燃料消費量が減少することである。後続車は、先行車の陰になって空気抵抗が減少するが、先頭車も空気抵抗が減ることが知られている¹²⁾。2台の車両が小さな車間距離で走行しているとき、後続車のCD値は、車間距離が車長の半分のとき約30%、車長に等しいとき約20%、車長の2倍のとき約20%弱減少し、先行車のCD値も車間距離が車長の半分のとき20%弱減少することが風洞実験で明らかにされている。ヨーロッパのITSプロジェクトで開発されたChauffeurは、トラックのプラトーンで、先頭トラックはヒューマンドライバが運転するが、後続トラックは無人で先行車に追従するシステムである。その目的は、プラトーン走行によって車両の空気抵抗を減少させ、省エネルギー化を図ることにある。Chauffeurプロジェクトでは、プラトーン走行をlee driving（風下走行）と呼び、その省エネルギー効果は、最大20%に達するとしている。さらに道路容量を増加させる効果もあり、普及率20%で、2レーン道路では4%、3レーン道路では2%、また普及率80%では、2レーン道路で7%、3レーン道路で9%の道路容量増加があるとしている。

1990年代初頭に行われたSSVS（Super Smart Vehicle Systems）に関する調査研究¹³⁾で超小形車両による隊列走行システムが提案されている。この隊列走行システムは、一人乗りの超小型車両を基本とし、一人で移動するときは超小型車両をそのまま運転し、複数人で移動するときは車両を横方向あるいは縦方向にソフトリンク（通信やセンシングを用いた非接触連結）して隊列を構成するものである。超小形車両は、小形である故に、燃費がよく、かつ道路を占有する面積が横方向にも縦方向にも小さいため、道路の有効利用を図ることが可能である。このようなシステムの実現可能性を示すために、4台の1人乗り電気自動車を

2×2や1×4の隊列を構成して走行させる実験が行われている¹⁴⁾。

4.5 公共交通機関の利用

バスや鉄道は、図1に示したように自家用自動車に比べてエネルギー効率が低い。公共交通機関を利用しやすくすることによってモーダルシフトを促進し、自動車交通の省エネルギー化をはかることができる。乗用車から公共交通機関へのシフトを促進するためには、乗用車がもつドア・ツー・ドアの利便性をできるだけ損なわないようなシームレスな交通機関を提供することが必要である。一例として我が国の各地で路線バスの到着時刻を利用者にインターネットや携帯電話で知らせるシステムが既に稼働している。

UTMSに含まれる公共車両優先システム(PTPS)では路線バスの優先信号システムを扱っているが、2004年4月からその運用を開始した埼玉県では、PTPS区間3.5km(20交差点)において、路線バスの運行時間が平均2分(13%)減少し、交差点停止回数が平均3回(32%)減少している⁷⁾。

4.6 カーシェアリング

カーシェアリング¹⁵⁾とは、1台の車を複数の利用者が利用するシステムで、車を「所有」しないで「借りる」点に特徴がある。したがってレンタカーに近い性格をもつが、レンタカーとの違いは、カーシェアリングがクラブ制で運営され、カーシェアリング利用者はクラブに加入して会員になる必要がある点である。カーシェアリングは1980年代後半にスイスで開始され、現在ヨーロッパを中心に展開され、米国や我が国でもいくつかのクラブが運営されている。ヨーロッパではカーシェアリングを公共交通機関と位置づけている。カーシェアリングはCO₂排出削減の観点から以下のような利点がある。

- 1) 自動車の無駄な利用が抑制される。車の利用が1/4に減少した例が報告されている。
- 2) 車のダウンサイジングを図ることが可能となる。利用者は目的に合わせた大きさの車を選択し、利用することができる。
- 3) モーダルシフトを推進することができる。たとえば自宅から最終目的地まで移動するとき、自家用自動車を使うのではなく、鉄道を利用

し、目的地近くに到着してカーシェアリングで車を利用することによって車から公共交通機関へのモーダルシフトを推進することができる。

- 4) 低公害車の普及を促進することができる。自家用自動車とは異なってカーシェアリングでの車は稼働率が高く、最新の低公害車を導入することが容易である。

ドイツで行われているカーシェアリングの例では、2005年2月現在、76,000人の会員が2,500台の車でカーシェアリングを行っており、その結果、代替された自家用自動車は15,000台ないし20,000台、削減された走行距離は年間2億1,500万km、削減されたCO₂は年間5万5,000トンと推定されている。

5. あとがき

自動車交通におけるエネルギー利用の現状とITS技術による自動車交通の省エネルギー化を紹介した。自動車交通の省エネルギー化には、機械技術やエネルギー技術に加えてITS技術が必須であるが、その課題を二つ挙げる。一つは、ITS技術や情報技術の省エネルギー効果の評価である。本文中にITSのいろいろなシステムによるCO₂削減量を定量的に紹介したが、京都議定書の目標に対しては自動車交通全体における削減量を評価する必要がある。たとえばカーナビゲーションシステムで誤走・迷走が減少したときの省エネルギー効果を定量的に評価する必要がある。もう一つは、京都議定書目標達成計画書にも記述されているように、ITS技術が効果を発揮するための交通需要管理である。渋滞の発生が抑制されると新たな需要が発生し、省エネルギー効果が発揮されない結果になる可能性がある。交通需要管理は、新たな需要の発生を抑制し、自動車交通の省エネルギー化を維持するために必要である。

参考文献

- 1) 温室効果ガスインベントリオフィス編：日本国温室効果ガスインベントリ報告書、(独)国立環境研究所、p.2-1～2-5(2006)
- 2) 矢野恒太記念会編：日本国勢図会2007/08、(財)矢野恒太記念会、p.103(2007)
- 3) (財)省エネルギーセンターのホームページ、運輸部門のエネルギー消費動向について

- <http://www.eccj.or.jp/transportation/index.html> .
- 4) 矢野恒太記念会編：日本国勢図会2007/08，(財) 矢野恒太記念会，p.408 (2007)
 - 5) 京都議定書目標達成計画平成17年4月28日 (2005)
 - 6) (財) 省エネルギーセンター：燃料消費効率化改善に関する調査報告書，(財) 自動車走行電子技術協会 (1996)
 - 7) 警察庁監修：UTMS，(社) 新交通管理システム協会 (2005)
 - 8) 岩田武夫：ETCの環境負荷低減，2007年電子情報通信学会総合大会企画講演「ITSとその評価 - ITSの導入・展開・普及のために -」，(2007)
 - 9) 通商産業省工業技術院編：自動車総合管制技術の研究開発，(財) 日本産業技術振興協会，(1979)
 - 10) 二見 徹：日産SKYプロジェクトにおけるプローブ情報収集システム，(社) 自動車技術会2007年夏季大会GIAダイアログ講演資料集 - クルマ同士の助け合いが創る新しい交通コミュニティ - プローブ情報の現状と展望 - ，p.1-12 (2007)
 - 11) (財) 省エネルギーセンター：燃料消費効率化改善に関する調査報告書，(財) 自動車走行電子技術協会 (1997)
 - 12) F. Browand, et al.: Aerodynamic Benefits from Close-Following, in (ed.) P. Ioannou, Automated Highway Systems , p.247-264, Plenum Press
 - 13) S. Tsugawa, et al.: Super Smart Vehicle System - Its Concept and Preliminary Works, Proceeding of Vehicle Navigation and Information Systems Conference, Vol. 2, p.269-277 (1991)
 - 14) 大前 学ほか：車車間通信を利用した車両内情報の共有による小型電気自動車の高密度隊列走行に関する研究，(社) 自動車技術会2007年春季大会学術講演会前刷集No. 58-07，p.1-6 (2007)
 - 15) 高山：カーシェアリングの最新動向，自動車研究，Vol. 28, No. 4, p.123-126 (2006)