ITSの課題

Issues on Intelligent Transport Systems

津川定之 Sadayuki TSUGAWA

アブストラクト 自動車交通を対象としたITSの現状の課題と将来への期待について考察する。ITS関連システムのうち、信号制御システムやカーナビゲーションシステムは十分に普及しているが、安全運転支援システムは実用化されてはいるものの十分な普及には至っておらず、自動運転システムは研究開発段階にとどまっている。現在のITSの課題の一つは安全運転支援システムの普及であり、我が国のITSが解決すべき自動車交通問題は歩行者の保護と高齢者ドライバの支援である。中長期的には我が国の道路事情と交通事情を考慮したインテリジェントな超小型車や、燃費改善のためのトラックの自動運転隊列走行など、安全に加えて地球温暖化防止を目的とした自動車交通システムの導入が必要である。自動運転システムはITSの究極の形であり、導入に関する議論が必要な時期がきている。

1. まえがき

ITS (Intelligent Transport Systems) とは、「20世紀の負の遺産」と称される事故と渋滞という自動車交通問題を解決し、自動車交通をより快適にするために、エレクトロニクス技術や情報通信技術といったハイテクを用いた道路交通の知能化・情報化システムである^{(1),(2)}。ITSに関する大規模な国家プロジェクトは、期せずして1980年代半ばに開始されたヨーロッパのPROMETHEUS (PROgramme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) と米国カリフォルニア州のPATH (Partners for Advanced Transit and Highways) をこう矢とするが、ハイテクを用いるというITS的発想で自動車交通問題を解決する試みは、既に1950年代から存在し、以来地道な努力が続けられており、決して新しい話題ではない。例えば自動車の自動運転の研究は1950年代後半に開始され⁽³⁾、信号機のコンピュータ制御は1960年代初めに実用化され⁽⁴⁾、動的経路誘導の市街路における大規模な実験は1970年代に行われている⁽⁵⁾。1980年代半ば以降、我が国を含む先進国で大規模な国家プロジェクトが始まり、当時は米国ではIVHS (Intelligent Vehicle-Highway System)、ヨーロッパではATT (Advanced Transport Telematics) またはRTI (Road Transport Informatics) と呼ばれていたITSは次第に認知され、各国において多くのプロジェクトが少しずつ性格を変えながら開始されては終了し、現在に至っている。ITSという術語が初めて使われたのは、1994年にパリで第1回ITS世界会議が開催されたときであるが、このときは、ITSはIntelligent Transport System (systemが単数となっていた) の略語であった。

1995年に横浜で第2回ITS世界会議が開催され、これを契

機に我が国においてもITSが認知されるようになった。1999年にはITS関係五省庁によってITSシステムアーキテクチャが作成され、同じく1999年に出された電気通信技術審議会答申では、ITSによって新たな産業が創出され、2015年には累計60兆円の市場が形成されるとしている。現在の我が国においてはカーナビゲーションシステムの累積出荷台数3,000万台以上(2008年3月)、VICS (Vehicle Information and Communication Systems) ユニット車載器累積出荷台数2,100万台以上(2008年3月)、ETC (Electronic Toll Collection) セットアップ件数2,400万件以上(2008年7月)、ETC利用率75%以上(2008年6月)であることを考えると、我が国は、世界有数の、恐らく世界一のITS先進国と言うことができる。

しかしながら、1990年代には順風満帆に思われたITSも、2004年に名古屋で開催された第11回ITS世界会議の前後から、カーナビゲーションシステムやETCに続く次のITS関連システムの導入・普及が見えてこないことからITSに閉そく感があることが広く指摘されている^{(6),(7)}。本稿では、次期ITSと目されている安全運転支援システムの導入に関する課題、当初は余り考慮されていなかった地球温暖化防止や高齢社会におけるITSの役割など、ITSが解決すべき課題、ITS関連システムの導入・展開にあたっての課題、ITS技術による新しい自動車交通などについて筆者の私見を述べたい。

2. ITSとは何か

まず、本題に入る前に、ITSの定義を明確にしておきたい。現在においては、特にヨーロッパにおいては、ITSは広く陸海空における人と物の安全、快適で効率的な輸送システムと考えられているが、本稿では、自動車交通による安全、効率、快適な移動を目的として情報通信技術を用いて自動車交通問題を解決するシステムをITSと呼ぶことにする。したがって

津川定之 正員 名城大学理工学部情報工学科
Sadayuki TSUGAWA, Member (Department of Information Engineering, Faculty of Science and Engineering, Meijo University, Nagoya-shi, 468-8502 Japan)
Fundamentals Review Vol.2 No.3 pp.59-pp.65 2009年1月

表1 ITSアメリカによるITS関連システムの分類

システム	システムの例、説明
ATMS (先進交通管理システム)	交通信号制御, ETC
ATIS (先進旅行者情報システム)	カーナビゲーションシステム
AVCSS (先進車両制御安全システム)	安全運転支援, 自動運転
CVO (商業車運行管理)	トラック物流の管理, 効率化
APTS (先進公共交通システム)	公共交通機関対象のITS, バスロケーションシステム
ARTS (先進地方交通システム)	都市間, 僻地のITS

ITSが実現する安全は、衝突安全ではなく予防安全であり、ITSによる効率向上は、道路の新たな建設ではなく車両や自動車交通流の制御による渋滞発生防止を意味する。これらは狭義のITSと呼ばれているものである。

米国連邦運輸省の諮問機関であるITSアメリカ(当時はIVHSアメリカ)は、1990年代始めにITS(当時はIVHS)に含まれるシステムを、表1に示す、メインストリームのATMS(Advanced Traffic Management Systems)、ATIS(Advanced Travelers Information Systems)、AVCSS(Advanced Vehicle Control and Safety Systems)の3システムとサブストリームのCVO(Commercial Vehicle Operations)、APTS(Advanced Public Transportation Systems)、ARTS(Advanced Rural Transportation Systems)の3システムに分類しており、ここで扱うのは、主としてメインストリームの3システムである。メインストリームの3システムの位置付けは、横軸に情報の空間的距離、縦軸に情報の時間的距離をとると図1のように表すことができる。この図は、例えば、運転支援や自動運転に代表されるAVCSSでは、車両直近の状態に関する情報を実時間または極めて短い周期で処理する必要があることを示している。

ITSのメインストリームに含まれるシステムの我が国の自動車交通や社会への導入、普及段階を見ると、信号制御に代

図1 ITSの主要システムの特徴

表されるATMSは完成されたシステムであり、カーナビゲーションシステムやVICSに代表されるATISは普及が進んでいるシステムである。一方AVCSSに含まれる運転支援システムについては、幾つかのシステムの商品化が行われてはいるものの、販売台数が少なく導入がなかなか進まない状況にあると言わざるを得ない。また自動運転システムは、専用道での限定的運用は行われてはいたが、導入が進んでいるとは到底言えない段階にある。しかしながら事故と渋滞という負の遺産を本質的に解決するのは、自動車交通へのオートメーションの導入を目指すAVCSSである。本稿で扱うITS関連システムはこのAVCSSが中心となる。

3. ITSが解決すべき自動車交通問題

まず、我が国の交通事故相対死者数の推移を図2に示す。筆者は、自動車が走行しなければ交通事故は発生せず、より多くの自動車がより長く走行すればより多くの交通事故が発

人口10万人・自動車1万台・自動車1億走行km当りの交通事故死者数の推移

- 注： 1 死者数は警察庁資料による。
 2 人口は総務省資料により、各年10月1日現在の値である。
 3 自動車保有台数は国土交通省資料により、各年12月末現在の値である。保有数には、第1種及び第2種原動機付自転車並びに小型特殊自動車を含まない。
 4 自動車走行kmは国土交通省資料により、軽自動車によるものは昭和62年度から計上された。

図2 交通事故死者数の推移

表2 状態別・年齢別の交通事故死者(2006年)

年齢	自動車 乗車中	二輪車 乗車中	自転車 運転中	歩行中	その他	計	割合	年齢層 人口の 割合
～15	35	13	45	64	1	158	2.5%	14.7%
16～24	375	291	60	46		772	12.2%	9.7%
25～29	176	87	11	32		306	4.8%	6.2%
30～39	300	157	31	59		547	8.6%	14.7%
40～49	225	111	36	100		472	7.4%	12.2%
50～59	387	108	90	229	2	816	12.8%	15.1%
60～64	187	56	64	164	1	472	7.4%	6.4%
65～	674	296	475	1357	7	2809	44.2%	21.0%
計	2,359	1,119	812	2,051	11	6,352		126,154 千人
割合	37.1%	17.6%	12.8%	32.3%	0.2%			

生するとの観点から、交通事故死者数は自動車の走行km当りの死者数で評価するのが妥当と考えているが、図2にあるように1970年以降数年間で急速に自動車1億走行km当りの死者数が減少したのは、以下のような施策があったからである⁽⁸⁾。1965年に総理府に陸上交通安全調査室が設置され、1966年には交通安全施設等整備3か年計画が実施され、1967年には通学路・踏切道整備に関する緊急措置法が施行され、1968年にはシートベルトの取り付けが義務化され、1969年には点数制度・運転者管理センターの業務が発足し、1970年には交通安全基本法が制定され、その後も交通安全施設等整備5か年計画が順次実施された結果、急速な死者数の減少となった。1978年ごろ以降減少率がほぼ飽和したのは、これらの施策の効果が限界に達したからである。その後の漸減は、自動車の衝突安全性の向上や救急医療の整備によるものである。自動車交通を抜本的に安全なものとし、これ以上に大幅に交通事故死者数を減少させるためには、従来にはなかった新しい技術が必要とされるゆえんで、この新しい技術が情報通信技術であり、それを自動車交通に活用したシステムがITSというわけである。

次に2006年の状態別・年齢別の交通事故死者数を表2に示す。この表から幾つかの興味深いことが指摘できるが、ここでは歩行者の安全と高齢者ドライバについて考えたい。

3.1 歩行者の保護

我が国の交通事故死者の特徴の一つは欧米と比較して歩行者の死亡者数が多い点である⁽⁹⁾。歩行者の死亡事故を防ぐためには、歩行者と自動車を完全に分離することが理想で、事実、1970年以降の交通事故死者数の急速な減少は、ガードレールや横断歩道橋の設置が大きく貢献したのであるが、現在ではほぼ設置し尽くされ、上述したようにこの対策では防止できない状況となっている。

信号交差点において歩行者の事故が発生するのは、右左折する自動車が、歩行者が横断中の横断歩道を通過するときで、このような事故をなくするために交差点内に自動車が全く入らないようにする信号制御が一部で行われている。このような信号方式は交差点の容量を小さくし、渋滞が発生しやすくなるために、歩行者保護の効果が大きいものの、導入が限定

的となっている。

特に夜間の歩行者の事故を防ぐ手段として、自動車ドライバから歩行者の早期発見を支援するシステムが幾つか提案され、あるいは商品化されている。ヨーロッパのプロジェクト PROMETHEUS では、ドライバの視覚補強(vision enhancement)として紫外線ヘッドランプが試作されている。紫外線が歩行者の衣服に含まれている蛍光剤に反応すれば、可視光では視認しにくい歩行者がより鮮明に視認でき、レーンマーカに蛍光剤を混入しておけば車線逸脱防止効果が期待できる。図3は従来のヘッドランプと紫外線ヘッドランプの比較を示す。しかしながら、紫外線には人間の目に悪い成分が含まれており、この紫外線ヘッドランプは商品化されなかった。

最近では赤外線を利用した夜間の視覚補強システムが商品化されている。このシステムは大別すると2種あり、一つは近赤外線を投光して撮像し道路シーンをドライバに表示するシステムであり、もう一つは対象からの遠赤外線(人体からは体温に対応した波長約10 μ mの遠赤外線が放射されている)を検出し同じく道路シーンをドライバに表示し、あまたはさらに歩行者を自動的に検出、表示するシステムである⁽¹⁰⁾、⁽¹¹⁾。後述するが、夜間歩行者検出システムは商品化されてはいるものの普及しているとはいえない状況にある。

このほかにも2007年に終了したヨーロッパのITSプロジェクトであるPREVENTでは、レーザレンジファインダで歩行者を検出する試みが行われている。またUWB(Ultra Wide Band)のレーダで車両周辺の歩行者を含む障害物を検出するシステムが欧米では商品化されている。

ISA(Intelligent Speed Adaptation)⁽¹²⁾は、スウェーデンを中心にヨーロッパの幾つかの国で実験が行われているシステムである。このシステムは、自動車が制限速度以上で走行することを防ぐシステムで、自動車の持つ運動エネルギーを小さくすることによって、高速道路上でのドライバの、市街路や住宅街での歩行者の死亡事故や重傷事故を防ぐことが可能となる。

一般にリスクの低減方法には次の三つのステップがある⁽¹³⁾。

ステップ1:危険源をなくするか危険の度合いを低減させる。これは本質的安全設計といわれる。

図3 従来のヘッドランプによる照明と紫外線ヘッドランプによる照明(出典:Prometheus広報資料)

ステップ2: リスクの大きさに応じた安全装置を用意する。
ステップ3: リスクの存在を警告ラベルや使用上の注意で表示する。

これを自動車に当てはめると、ISAは自動車の持つ運動エネルギーを小さくしてリスクを低減することから、ステップ1の本質的安全設計に基づいたシステムであり、歩行者検出システムなど一般の安全運転支援システムは、直接自動車の持つリスクを減らすわけではないため、ステップ2のリスクの大きさに応じた安全装置ということができる。

ISAにおいて制限速度を自動車に伝える方法には、路上ビーコンから路車間通信で制限速度を伝達する方法と、カーナビゲーションシステムの地図に制限速度情報を持たせる方法がある。スウェーデンでは1997年に“Vision Zero”という交通事故死者数をゼロとする政策を国会で決議し、ISAを推進している。最近のスウェーデンのISAでは、緊急時のためにアクセルを強く踏むとISAが解除されるようになっている。我が国では高速道路上でのトラックに制限速度を遵守させるために、リミッタの装着が義務付けられており、導入が進行しているが、乗用車についてはこのようなISA的システムの導入は考えられていない。

我が国の旧運輸省が推進しているITSプロジェクトであるASV (Advanced Safety Vehicle) では、自動車が歩行者に衝突したとき、歩行者を保護するために柔らかい構造のボンネットやボンネットに展開するエアバッグが提案されているが、商品化には至っていない。また2002年～2005年のASVIIIでは、歩行者や自転車運転者に発信機を持たせ、人と自動車の間の通信で安全を確保するシステムが提案されている。このような通信を利用した安全運転支援システムの導入・展開については後述する。

歩行者の保護は、人車の完全な分離が困難なこと、例えば歩行者を検出できたとしても、自動車とは異なってその移動方向を予測することがほとんど不可能なため、現状では困難と言わざるを得ない。むしろ、人と自動車が共存するような状況では、自動車の速度を制限するISAが、現状では歩行者保護の有力な手段であると筆者は考えている。

3.2 高齢ドライバーのための安全運転支援システム

しばしば指摘されていることであるが、高齢ドライバーの増加は、近い将来の自動車交通に関する深刻な問題である⁽¹⁴⁾。高齢者人口の増加だけでなく高齢者の免許保有率の増加と相まって、高齢ドライバーは急速に増加しており、2002年には65歳以上の高齢ドライバーは700万人であったが、2010年には1,400万人に増加すると予想されている。これに伴って1989年から2002年までに全年齢層及び若年層の死亡事故発生件数は減少しているが、高齢層の死亡事故発生件数は約3倍に増えている。この内訳は、表2に示すように、高齢者の交通事故死者数のうち高齢歩行者の死亡数が最多であるが、著しい傾向として自動車乗車中の死亡者数が増えていることがあげられる。

自動車交通の発達とは、郊外型の店舗の増加を促し、高齢者が住む旧来の街が住み難い街となっている（このことは「20世紀の負の遺産」とは異なる、もう一つの自動車の罪であり、その解決としてコンパクトシティ⁽¹⁵⁾という考え方が提唱されているが、ここではこれ以上は言及しない）。自動車は、ドアからドアまでの移動を可能にする移動手段であるから、高齢者に最適な移動手段である。高齢者の運転支援をはじめとして高齢者に安全・安心で快適な移動手段を提供することは必須であり、これはITSが寄与できる課題である。

鎌田ら⁽¹⁶⁾と蓮花⁽¹⁷⁾は、高齢ドライバーの特徴を以下のようにまとめている。

- ・流れに乗れずに遅い。
- ・一時停止を怠る。
- ・交差点でショートカットの右折、大回りの左折。
- ・急な修正操舵を行う。
- ・運転時の負荷が増えると速度制御が不安定になる。
- ・周りの状況を気にしない、見ようとしない。
- ・案内などを見落とす。
- ・運転時の安全確認行動水準が低下する。とりわけ交差点での右左折安全確認が不十分である。
- ・予測可能な危険の知覚や潜在的危険の知覚能力が低下する。
- ・高齢ドライバーの運転技量の自己評価は高いが、外部からの客観的評価は低く、したがって高齢ドライバーには過信が見られる。

通常の運転支援システムは1台の車両で閉じたシステムであるが、上記のような特性を持つ高齢ドライバーの支援には限界が生じる場合がある。例えば2車線道路で車線変更を行いたい、隣接レーンの交通が激しいために車線変更が困難な場合、運転技量の劣る高齢ドライバーに対する支援の方法は、車間距離が十分に大きくなるまで待つという方法以外には見当たらない。筆者らは、このような1台の車両で閉じた運転支援システムでは困難な場合に有効な支援を行う、車両間の協調による運転支援システムを提案している⁽¹⁸⁾。高齢ドライバーを対象とした実験結果は高い受容性を示したが、後述するように、費用対効果や混在交通での使用可能性に課題が残る。

4. 安全運転支援に関する課題

4.1 自律型安全運転支援システム

我が国では既に予防安全システムが商品化されている。やや古いデータであるが、表3に2000年から2004年の間のシステムの普及状況を示す。この時期にカーナビゲーションシステムは毎年200万～300万台が国内に出荷されていることと比較すると、安全運転支援システムの出荷台数は多いものでカーナビゲーションシステムの数%程度であり、少ないものでは1%以下であり、導入が図られたものの普及は遅々として進んでいない。

安全運転支援システムが普及しないのは、以下のような、

表3 商品化された安全運転支援システムの普及
(出典:国土交通省ホームページ)

システム \ 年	2000	2001	2002	2003	2004
調査台数(万台)	457.6	445.7	447.3	443.5	457.4
カーブ警報	8,108	10,720	10,335	81,295	133,487
ACC	3,389	9,619	24,102	8,008	17,611
LKS		947	422	2,582	1,671
ナビ協調シフト	193	203	192	31,869	47,884
居眠り警報	8,032	10,737	48,334	81,382	124,748
ナイトビジョン			407	673	1,923
被害軽減ブレーキ				5,244	10,921

多少重複しているが、三つの理由があるからである。

1) 交通事故は極めてまれな事象であり、ドライバーが支援システムの費用対効果を実感しにくい。年間死亡者数約6,000人と年間死傷者数約100万人を日本の人口1億2,600万人(2006年)と比較すると、一人の国民から見れば約2万年に1回交通事故で死亡し、約130年に1回交通事故で負傷することになる。これらのデータは交通事故が極めてまれな事象であることを示しており、国民やドライバーが「自分は事故を起こさない、事故に遭わない」と直感的に感じていてもやむを得ないことである。

2) ヒューマンドライバーは十分に優れた運転技量を持つ。2006年の交通事故死亡者数は1億走行km当り0.8人(24時間死者数)、死傷者数は1億走行km当り139人であり、自動車の平均速度を30km/hとしてこのデータから自動車1台当りのMTBFを計算すると、死亡者については約 4.1×10^6 時間(約468年)、死傷者については約 3×10^4 時間(約3.4年)となる。

3) 国も国民も自動車交通事故死者数の現状を「やむを得ない」と受け容れている⁽¹⁹⁾。回転ドアの事故で小学生が1名死亡した直後、回転ドアは、一時的ではあるが、使用禁止になったが、自動車事故で年間数千人の死者があっても自動車は使用禁止にならない。

鷺野⁽⁶⁾は、予防安全システムの普及が進まない原因としてコンセプトの構築が困難であることを指摘している。一つは、予防安全システムを前提としてドライバーがむしろ危険な運転行動をとる可能性がある点である。このような行動はリスクホメオスタシス理論⁽²⁰⁾によって説明されている。事実、ドイツではかつてABSを装備した乗用車の保険料を事故率が低くなることを予想して下げたことがあったが、ABSを装備した車を運転するドライバーの運転がかえって粗暴になり事故率が下がらなかったために保険料を元に戻した経緯がある。

もう一つは、現在の予防安全システムは自車が引き起こす事故の未然の防止を目的としており、他車が引き起こす事故による被害の防止は考えられていない点である。もし他車が引き起こす事故による被害の防止が可能となれば、ドライバーは予防安全システムの便益を感じるのではないか、と鷺野は提案している。

現在の乗用車には、シートベルトというまでもなく、ABS(Anti Block System)とエアバッグもほぼ全車に装備されている。筆者は、予防安全システムの普及には、これらシステム

の導入・普及の過程が参考になるのではないかと考えている。当初のABSは高価で、1960年代はレーシングカーに使用された程度であったが、量産化と低価格化が進んでほぼ全車に装備されるに至った。普及には時間がかかるものであると考えるべきであろう。

次に予防安全システムを「シングルユニット、マルチサービス(ファンクション)」のコンセプトで設計することが必要ではないかと筆者は考えている。すなわち、通常時には快適装置として機能し、緊急時には予防安全装置として機能するようなコンセプトで設計するのである。例えば、車線逸脱警告装置を常時車線維持支援装置として機能させるのである⁽²¹⁾。しかしながらすべての予防安全システムに対してこのようなコンセプトが適用できるわけではない。

ここでは自律型、すなわち他車や道路側の装置を前提としない予防安全システムについて述べた。他車や道路側の装置を前提とした予防安全システムについては次項で考える。

4. 2 協調型安全運転支援システム

上述した自律型安全運転支援システムを含めて車両単独で機能するシステムでは全く問題にならないが、車々協調や路車協調を前提としたシステムには、「鶏と卵」問題がある。1970年代に実験が行われた動的経路誘導システムであるCACS(Comprehensive Automobile Traffic Control System、自動車総合管制システム)では、路上装置がなければ車載装置を装備する意味がない、車載装置がなければ路上装置を設置する意味がないという「鶏と卵」問題が解決できなかったため、実験には成功しても実用化には至らなかった。しかし、VICSが普及したのは、カーナビゲーションシステムの普及によって車側に鶏(または卵)が用意されたからであり、ETCが普及したのは料金所のゲートの建設によって道路側に鶏(または卵)が用意されたからである。安全運転支援システムに限らず、路車協調または車々協調のITS関連システムの導入には、「鶏と卵」問題の解決が必須である。

次に、路車協調または車々協調のITS関連システムでは、装置の普及率が大きな課題となる。望ましいシステムは、低普及率の状態においてもシステムが機能し、装備車には便益があり、非装備車は不利益を被らないというシステムである。車載装置の普及率が低いために生じた不都合の例としてETC導入時の不都合を挙げる。この不都合とは、高速道路の料金所に従来のゲートをETC専用ゲートに転換したため、非ETC車のゲート数が少なくなり、高速道路の交通量が多いとき、料金所での渋滞が激しくなったというものである。この例は、ETCの普及率が低いときに非ETC車が不利益を被り、場合によってはETC車も不利益を被る結果になったことを示しており、ITSの社会受容性やドライバー受容性を損なう可能性があった。現在は、ETCが十分に普及し、このような渋滞は皆無になっている。

装置の普及率の問題は、車々間通信応用システムにおいてより深刻となる。例えば見通しの悪い交差点で車々間通信を

利用してお互いの位置を確認し出会い頭事故を防ぐシステム⁽²²⁾は、全車が通信装置を搭載することが前提となるが、このような前提は現実的ではない。車々間通信を応用した出会い頭事故防止システムでは、通信装置を持たない車が存在する可能性を考慮したドライバへの表示が必要である。

車々間通信装置を持つ2台の車の間で通信が行われる確率は、普及率の二乗で表される。例えば普及率が10%のとき、通信が行われる確率は $(0.1)^2=0.01$ となる。言い換えれば、車々間通信応用システムでは、車々間で「鶏と卵」問題が発生し、導入・普及が非常に困難となる。この問題は、車々間通信装置の普及率が低いときは、路車間通信を併用することで解決することができる。この観点から筆者は、路車間通信は車々間通信のサブセットと位置付けている。

4.3 安全運転支援システムの導入シナリオ

自律型運転支援システムと協調型運転支援システムの課題について述べたが、これらの導入シナリオに関する筆者の考えを述べよう。普及が困難といいつつも、基本は自律型安全運転支援システムである。その理由は、車は道路があるところならばどこにでも移動するからである。次に路車間通信に基づく運転支援システムによって自律型システムの機能を増強する。最後の段階は、車々間通信装置に基づく運転支援システムによって自律型システムの機能を更に増強する。車々間通信装置の普及率が上がれば、多くの応用システムが導入可能となる。

5. ITSの新しいパラダイム

ITSの主要システムは、ATMS、ATIS、AVCSSであることを紹介し、現在、ATMSが普及・完成の段階、ATISが普及の段階にあり、AVCSSに含まれるシステムのうち運転支援システムが導入の段階にあるが、自動運転システムは、限定された場所での運用はあるが、公道での導入はまだ行われていないことを指摘した。ここでは、この自動運転を含めた将来への展望を述べたい。

5.1 自動運転システムに関する課題

先に述べたように自動運転システムに関する研究は、ITSに関する研究のうちでも最も早期に開始されている。現在のところ、自動車は人が運転しなければならないと規定しているウィーンコンベンションに基づいて法律や制度の制約があり、公道での自動運転走行は許可されていない。しかし、既に商品化されているレーンキープ支援システムとACC (Adaptive Cruise Control) の組合せは、自動運転システムの一步手前にあるといっている。自動車の自動運転は、自動車交通へのオートメーションの導入であり、「究極の自動車」、「究極のITS」である。新幹線や旅客機に見られるように、自動運転によって、より安全で、より効率的な移動が自動車交通に

図4 超小型車両とその隊列走行

表4 自家用乗用車による旅客輸送事情

一人当たり平均輸送距離	15.73 (km)
実働輸送人員／日／台	3.64 人
実働輸送距離／日／台	39.23 (km)
実働輸送回数／日／台	2.68 回
平均乗車人数	1.35 人
平均走行時間(平均速度を 30 km/h として)	1.31 (h)

表5 我が国の道路事情

区分	実延長 (km)	延長割合 (%)	道路平均幅員 (m)	車道部平均 幅員 (m)
一般国道	54,347	4.57	12.8	7.8
都道府県道	129,293	10.87	9.4	6.0
市町村道	1,005,975	84.56	5.1	3.7
計	1,189,616	100.00	5.9	4.2

おいても実現される可能性がある。そろそろ自動運転の導入に関する議論を行うべき時期にあるのではないかと思う。

5.2 超小型車両の薦め

今までは安全の観点からITSの課題を考えてきたが、ここでは、環境、すなわち地球温暖化の観点からITSの課題を考え、超小型車とその隊列走行を提案したい。

まず、自家用乗用車による旅客輸送事情⁽²³⁾を表3に、我が国の道路事情^{(24), (25)}を表4に示す。これらの表から、我が国の乗用車による移動に関して、1回の移動で平均乗車人数1.35人、平均移動距離15.73kmであり、その乗用車が走行する道路に関して、総延長の85%近くが道路平均幅員5.1m、車道平均幅員3.7mであることが分かる。したがって、車幅が約1.6mの五人乗りの普通乗用車は必ずしも最適ではなく、むしろ一人乗りで、航続距離が数十kmの乗用車で多くの場合は用が足りるはずである。このような車両は車両重量が軽く、普通乗用車に比べて燃料消費量を大幅に少なくすることが可能である⁽²⁶⁾。

このような超小型車両の提案は古くからあり、1990年代初頭に行われたSSVS (Super Smart Vehicle Systems) に関する調査研究⁽²⁷⁾では図4に示すような超小型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。超小型車両は、小型であるゆえに、燃費が良く、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台の一人乗り電気自動車を2×2や1列の隊列を構成して走行させる実験が行われている⁽²⁸⁾。

6. あとがき

現在ITSは踊り場にあるとされ、新たな進展が見えない状態にあるが、まず近未来のITSへの期待として歩行者の保護と高齢ドライバーの運転支援を紹介し、次にその課題として安全運転支援の導入・展開の課題を自律型システムと協調型システムに分けて考察し、最後に遠未来のITSへの提案として自動運転に関する議論の必要性和超小型車両の隊列走行を述べた。カーナビゲーションシステムやETCに続くITSの導入・展開には、ここで指摘したように困難な点が多々存在する。しかしながらITSの目的である自動車交通の安全と地球温暖化防止は、人類共通の地球規模の課題であり、国が国民に提供すべき最大のサービスである。あらゆる壁をなくして新しいITS関連システムの導入・展開を考えることが必要であろう。

文 献

- (1) 21世紀の自動車交通システム, 高羽禎雄(編), 工業調査会, 東京, 1998.
- (2) 津川定之, “ITS (高度道路交通システム),” 自動車プロジェクト開発工学, 藤岡健彦, 鎌田実(編), pp. 63-116, 技報堂出版, 東京, 2001.
- (3) 津川定之, “自動車の自動運転技術の変遷,” 自動車技術, vol. 60, no.10, pp.4-9, 2006.
- (4) J.T.Hewton, “The Metropolitan Toronto traffic signal system,” Proc. IEEE, vol. 56, no.4, pp. 577-599, 1968.
- (5) 松本俊哲, 三上 徹, 湯本暢勇, 田部 力, “自動車総合管制システム,” 信学誌, vol.62, no.8, pp. 870-887, Aug. 1979.
- (6) 鷺野翔一, “ITS技術者と社会科学者の連携,” Fundamentals Review, vol. 1, no.2, pp.13-20, Oct. 2007.
- (7) “岐路に差し掛かるITS,” 日経エレクトロニクス, 2008年6月2日号, no. 979, pp. 77-86, 2008.
- (8) 中島源雄, 交通安全の研究, pp. 19-20, 九州大学出版会, 福岡, 1987.
- (9) 津川定之, “ここまで来た日本のITS技術,” 自動車技術, vol.58, no.1, pp. 75-80, 2004.
- (10) T. Graf, K.Seifert, M.Meinecke, and R.Schmidt, “Advanced night vision systems concept,” Proc. 13th ITS World Congress, CD-ROM, 2006.
- (11) 辻 孝之, 服部 弘, 渡辺正人, 長岡伸治, “ナイトビジョンシステムの開発,” 自動車技術会論文集, vol. 33, no. 3, pp. 173-178, 2002.
- (12) 谷口俊治, “日本におけるISA導入-研究状況, 受容の可能性および実現過程-,” ITS Japan主催第1回ITSシンポジウムプロシーディングス, no.S2, pp. 17-21, 2002.
- (13) 向殿政男, “本質的安全設計について,” 自動車技術会シンポジウムno. 08-05「ITSの周辺-安全工学・法工学とITS技術-」, pp. 1-5, Oct. 2005.
- (14) 高齢者運転適性ハンドブック, 自動車技術会中部支部(編), 自動車技術会, 東京, 2005.
- (15) 海道清信, コンパクトシティ, 学芸出版社, 京都, 2001.
- (16) 鎌田 実, 小竹元基, “高齢者の移動,” ITS Japan主催第2回ITSシンポジウムプロシーディングス, no.S2-2, pp. 11-16, 2003.
- (17) 蓮花一己, “高齢ドライバーの特性,” ITS Japan主催第2回ITSシンポジウムプロシーディングス, no.S2-3, pp. 17-23, 2003.
- (18) S. Tsugawa, S.Kato, N.Hashimoto, N.Minobe and M.Kawai, “Elderly driver assistance systems with cooperation between vehicles: the concept and experiments,” Proc. IEEE Intelligent Vehicle Symposium 2007, CD-ROM, 2007.
- (19) 中島源雄, 交通安全の研究, pp. 16-20, 九州大学出版会, 福岡, 1987.
- (20) G.J.S. ワイルド, 交通事故はなぜなくなるのか, 芳賀 繁(訳), 新曜社, 東京, 2007.
- (21) T.P. Alkim, G.Bootsma and S.P.Hoogendoorn, “Dutch field operational test experience with “the Assisted Driver,” Proc. 14th ITS World Congress, CD-ROM, 2007.
- (22) S.Kato, N.Minobe and S.Tsugawa, “Applications of the inter-vehicle communications to driver assistance and automated platooning” FISITA 2002 World Automotive Congress Helsinki Proceedings, 2002.
- (23) 国土交通省自動車輸送統計年表平成17年, 2005.
- (24) 国土交通省道路統計年報, 2007.
- (25) 景山 久, “気になることば,” 自動車技術, vol.50, no.7, pp. 3-5, 1996.
- (26) 津川定之, 三木修昭, “省エネルギー化のための超小型車とその群走行に関する提案,” (社)自動車技術会2008年春季大会学術講演会前刷集No.66-08, pp.15-18, 2008.
- (27) S.Tsugawa, N.Watanabe and H.Fujii, “Super smart vehicle system - its concept and preliminary works,” Proceeding of Vehicle Navigation and Information Systems Conference, vol.2, pp. 269-277, 1991.
- (28) 大前 学, 小木津武樹, 清水 浩, “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,” 自動車技術会論文集, vol. 39, no. 1, pp. 7-13, 2008. (平成20年10月28日受付)

津川定之(正員)

1968 東大・工・計数卒. 1973 同大学院博士課程了. 工博. 同年通産省工業技術院機械技術研究所入所. 2001 (独)産業技術総合研究所. 2003 名城大・理工・情報科学・教授. 機械技術研究所入所以来, 自動車総合管制システム, コンピュータビジョンによる自動運転システム, 車々間通信に基づく自動隊列走行システム, 高齢ドライバー運転支援システムなどITS, とりわけAVCSSとその要素技術の研究に従事. 1999 科学技術庁長官賞研究功績者表彰. 2008 IEEE ITS ソサエティ BOG メンバ. 自動車技術会フェローエンジニア.