



第5章 ITS

長谷川孝明 (埼玉大学大学院理工学研究科 教授)

5.1 ITS概論

5.1.1 ITSとは

ITSという呼称が生まれて、2014年現在で約20年になる。ITSとはIntelligent Transport SystemsあるいはIntelligent Transportation Systemsの略で、広義にはIT（情報技術）により高度化されるモビリティに関するシステム一般を意味するが、国によりまた立場により異なる名称や概念が存在する。

日本の政府やITS Japanではその日本語の名称を「高度道路交通システム」としているが、電子情報通信学会、情報処理学会、電気学会等では「高度交通システム」と呼んでいる。

その定義も国土交通省によれば「ITSとは、最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞等といった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システム」としており、図1のように説明している¹⁾。

また、ITS Japanでは、「ITSとは、人と道路と自動車の中で情報の受発信を行い、道路交通が抱える事故や渋滞、環境対策等、さまざまな課題を解決するためのシステムとして考えられました。常に最先端の情報通信や制御技術を活用して、道路交通の最適化を図ると同時に、事故や渋滞の解消、省エネや環境との共存を図っていきます。関連技術は多岐にわたり、社会システムを大きく変えるプロジェクトとして、新しい産業や市場を作り出す可能性を秘めています」と説明している²⁾。



図1 国土交通省のITS¹⁾

前述の各学会では、車に限らず、鉄道や航空機、船舶も含めて、モビリティ一般のITによる高度化を対象領域としている。このようなモビリティ・オリエンテッドな考え方は、諸外国でも特にヨーロッパでその傾向が強い。

5.1.2 ITSを推進する組織

ITSを推進する組織は、各国とも政府、地方自治体、産業界、学界等広がりがあるが、例えば日本では、1996年当時は関係5省庁（警察庁、通商産業省、運輸省、郵政省、建設省）と呼ばれ、省庁再編を経て現在は、内閣官房、内閣府、警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省が関係することが多い。また、特定非営利活動法人ITS Japanは、日本におけるITS分野を進める要であり、ITS世界会議やITSシンポジウムの事務局を担当し、またInternational Journal of ITS Research等の学術誌の発行も行い、産官学連携して積極的な国際連携の中でITSの推進活動を行っている。

後述するITS世界会議は、欧州ITS推進のための官民連帯組織ERTICO (European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization)、米国のUS DOT (米連邦運輸省) の公式諮問委員会で、ITS推進を目的とする非営利の科学・教育団体ITS America (Intelligent Transportation Society of America) とITS Japanが中心となって、毎年欧州、アジア、アメリカの世界三極持ち回りで開催されている。また、このほかにも各国にITSを推進する官民連携の組織が多数存在する。また、これに各大学や研究所が加わり、全体としてITS分野が進められている。

一方、学会としては、米国のIEEE、TRB、日本の前述の3学会のほか自動車技術会、土木学会、交通工学研究会、国際交通安全学会等広く扱われている。また、標準化では、ISO/TC 204 - Intelligent transport systemsが中心的であるが特に情報通信分野ではITUとの連携が取られている。

5.1.3 ITSの目的

ITSの定義により分野の意味する範囲や考え方は変わるが、その目的は一般に「交通や輸送に関する、安全性、効率、環境、利便性に関し、ITを駆使して向上させること」にある。従って、ライフスタイル・価値観の変化や科学技術の進歩・普及による情報通信・位置特定・センシング基盤の変化は常にITSの世界に変化をもたらす。次節ではITSの歴史を概観する。

5.2 ITSの歴史

5.2.1 ITS世界会議の始まりと日本のITSの変遷

毎年行われるWorld Congress on Intelligent Transport Systems（以降世界会議と略す）の第1回は1994年パリ，翌年第2回が横浜での開催となる。正確には会議の名称にITS とつくのは第2回の横浜以降であり，第1回の世界会議と位置付けられている会議は“The first World Congress on Advanced Transport Telematics and Intelligent Vehicle-Highway Systems”という呼称であるが，その世界会議のテーマが“Towards an intelligent highway transport system”であった³⁾。日本では，1995年の横浜の世界会議以降大きく盛り上がり，1996年に当時の関係5省庁により「高度道路交通システム（ITS）推進に関する全体構想」が策定され，活発にこの分野が推進された。図2はこれ以降の流れを示している。

ここから2004年半ばまでをITSファーストステージと後に呼ぶようになる。今では広く利用されるVICS（Vehicle Information and Communication system）に代表されるナビゲーションの高度化やETC（Electronic Toll Collection）自動料金収受システム（当時の呼称）等，9分野21サービスが設定され進められた⁴⁾。

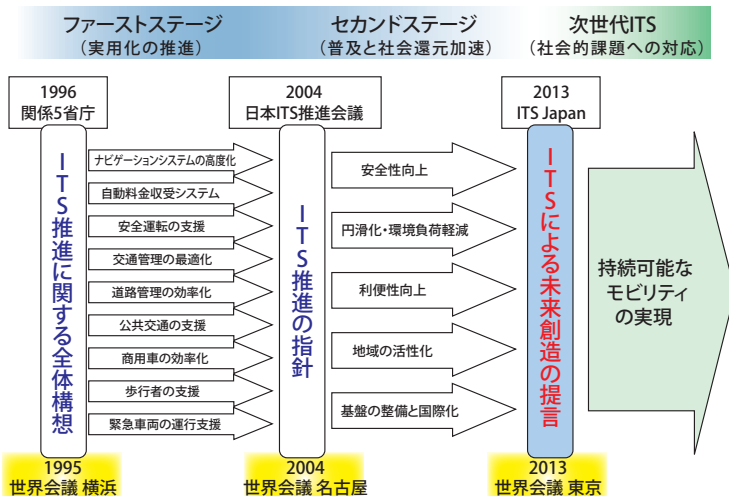


図2 日本のITSの流れ⁴⁾

ITSはシステムのシステムであり、システムに対する理解を深めることが重要である。一般に以前はシステムも小規模で、多くのシステムはそれぞれ専用システム（システム・バイ・システム）で作られていた。近年のシステムはプラットフォームの上のアプリケーションとして作られる傾向が強い。例えば、ワープロ専用機は姿を消して、PCのOSの上に乗ったアプリケーションの1つとして実現され、携帯電話機はフィーチャーフォンの比率が減り、AndroidやiOSのようなプラットフォームの上の携帯電話アプリとして実現されるスマートフォンのような携帯機器の比率が高まる傾向にある。近年ではカーナビが、専用機からスマートフォン上のカーナビナビアプリケーションによる実現にシフトしている。すなわち、専用システムからプラットフォーム指向への顕著な変化である（図3）。

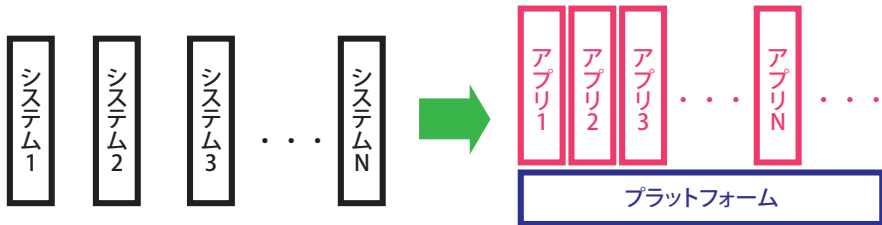


図3 プラットフォーム指向。プラットフォーム+アプリケーションによるシステムの実現

2004年、日本ITS推進会議で「ITS推進の指針」が示され、その柱は「安全・安心」、「環境・効率」、「快適・利便」⁴⁾等、上位の目的オリエンテッドな表現がなされ、個別のシステムの統合やプラットフォーム化が前面に出された。各種プロジェクト等は文献4)を参照されたい。

実用化の推進のファーストステージ、普及と社会還元加速のセカンドステージ、そして2010年以降は、社会的課題への対応の次世代ITSとして持続可能なモビリティ環境の実現が謳われている。特に今後のITSについて、社会背景の変化、技術的背景の変化を踏まえて、地域ITSの拡大、次世代モビリティ社会の実現に向けて努力が続けられている。その方向性は、(1)安全・安心な交通システムの構築、(2)次世代型自動車社会の構築、(3)環境への対応、(4)情報通信技術発展への対応、(5)次世代型の人や物の移動への対応、(6)地域と一体となったITS導入促進、(7)災害時への対応、(8)国際化への対応、の8点にまとめられている⁴⁾。

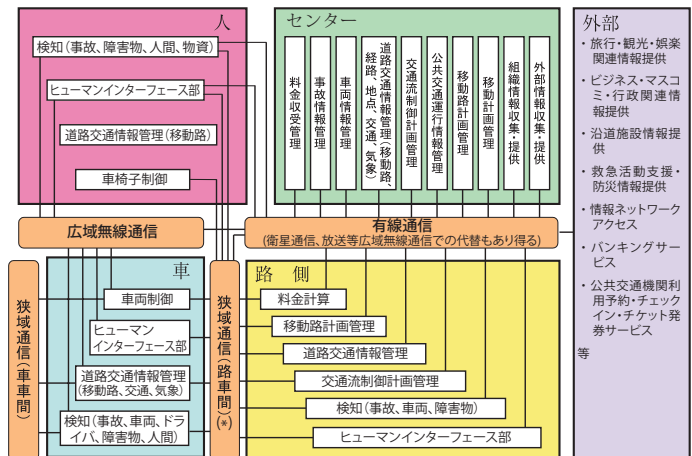
5.2.2 関係分野の歴史

ITSという名称が使われたのは前述の通り1994年からであるが、センシングや情報通信、信号処理、情報処理を用いて、特に道路交通の高度化を図るITS分野の源は、米国カリフォルニア州のPATH (Partners for Advanced Transportation Technology) プログラムや欧州のPROMETHEUS (PROgramme for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) 計画等、1980年代まで遡れる。さらに自動運転、経路誘導、交通情報提供等のプロジェクトを含めれば、欧米日（原文の表記順を尊重）で1950年代まで遡れる⁵⁾。1950年代から始まる自動運転の研究開発の変遷は、近年の日本のエネルギー ITSの隊列走行の研究開発プロジェクトまで、ニーズや法制面も含めて包括的に述べられた論説⁶⁾があるので、そちらを参照されたい。

5.2.3 システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャとは、システム全体の目標を達成するためのシステムの各要素の相互作用やシステム全体の動作を概念的に表現したものであり、大規模で実用化・普及まで時間を要するシステムの開発を効率的に進めるためのもので、いわば海図のようなものである。システムアーキテクチャ策定の目的は、統合的なシステムの効率的な構築、システムの拡張性の確保、国内・国際的な標準化の促進にある。

1990年代後半に策定された日本におけるシステムアーキテクチャ（図4参照）と、その策定の前提とした利用者サービス体系の全体像（図5参照）を挙げる⁷⁾。



(*) 狭域通信(路車間)は、路側と車及び人の間で行われる狭域通信を示す。

図4 システムアーキテクチャ(サブシステム相互接続図)⁷⁾

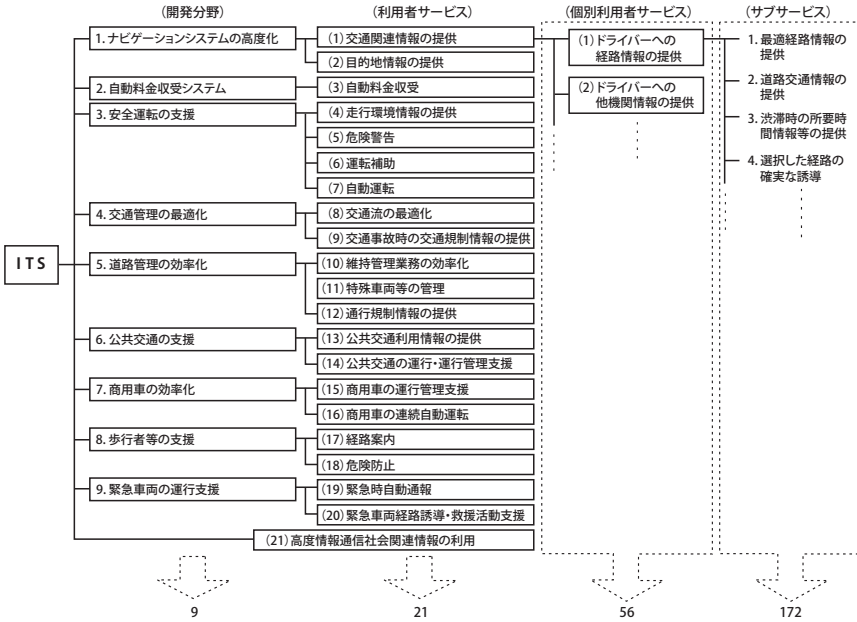


図5 システムアーキテクチャ策定の前提とした利用者サービス体系の全体像⁷⁾

5.3 ITS分野と研究開発テーマ

5.3.1 ITSの分野の俯瞰

ITSの分野はその要素技術からアプリケーションまでレイヤが深く、また、その広がりも多岐にわたる。

図6はITS分野の構成を説明したもので、情報通信，位置特定，センシング等それぞれの要素技術に支えられ、プラットフォーム等をミドルレイヤに要素技術の提供する諸機能に支えられて安全

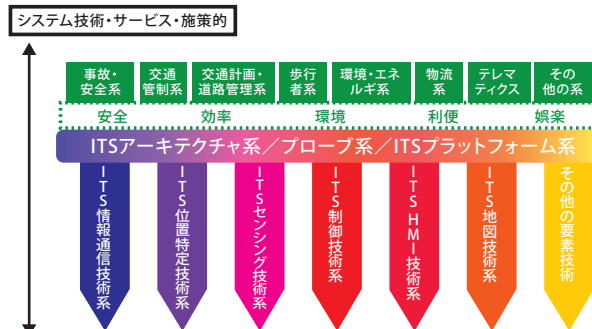


図6 ITS分野の構成

運転支援系、交通管制系、歩行者系等、数々のアプリケーションがある⁸⁾。

アプリケーションも要素技術もそれぞれ時代により変化する。例えば、専用の情報通信・位置特定・センシングシステムから汎用の携帯電話・Wi-Fi・Bluetooth・スマートフォン内蔵センサー等で実現可能なアプリケーションも出てくる。また、各要素技術やシステム技術の進化で、単なる危険警告から安全運転支援そして自動運転まで安全運転支援系は進化しつつある。

本図は要素技術からアプリケーションまでを、時代を超えて普遍的、抽象的に示しているものである。

5.3.2 世界のITSの潮流の変化と研究開発テーマ

ITSの初期、その本質はほとんどがAwareness Enhancement（気付きの範囲の拡大、図7）であった。ドライバーに自身の視界の範囲を超えて迫りくる危険を知らせる危険警告系安全運転支援システム、従来ドライバーが知ることで

・行動決定のための人間の知覚範囲の拡大 (ミクロの把握にマクロの把握の追加)

- 安全性の向上
- 経路選択による効率の向上、イライラ防止
- 電子看板と回避による経済効果(地価まで変える回避、
コンテキストマーケティング)

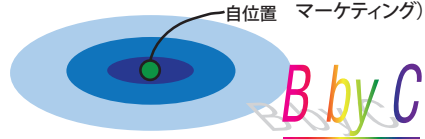


図7 ITS分野におけるアウェアネス・エンハンスメント

できなかった広域かつリアルタイムな渋滞情報、あるいはさらに先の予測渋滞情報を知らせ、それを回避する行動を支援する。また、先の路面状況を検知して知らせ、事故防止のための注意喚起をする。そこから、ドライバーの操作を支援するABS（Anti-lock Brake System）や衝突被害軽減ブレーキの普及へ進んだ。大まかに、事後の安全パッシブセーフティ（衝突安全）から事前の安全アクティブセーフティ（予防安全）への流れである。さらにその先はいろいろなレベルはあるが、自動運転へつながる。

VICSは当初、ループコイルや超音波感知器のようなインフラ設置型センサーにより比較的大きな道路を中心にセンシングしたデータを集め、交通情報を発信するシステムであった。しかながら、このデータは基本的にセンサーの設置してある場所の近くしか得られない。それに対し、この10年で急速に発達したプローブ情報システムは、位置情報を含む車両の情報をネット上のサーバにアップし、集計することで交通状況が把握でき、各車両に交通情報を配信する方式であ

る。車1台1台をプローブに見立てるわけである。この方法であれば、センサーを設置するというインフラへの投資は必要ないし、車が通りさえすれば、インフラセンサーの設置位置に限定されずに情報が得られる。しかしながら、全てにわたりプローブ型が有利なわけではない。インフラセンサーは、設置場所は限られるが、通過交通の情報は細



Google Crisis Response

2011.10.18

図8 プローブ情報システム(震災直後のホンダイインターナビの走行実績)の例⁹⁾

大漏らさず得られるのに対し、プローブ型は絶対交通量とシステム搭載率で情報の質が決まる。交通量の少ないところでは、情報は得られにくく、確度・精度が低下する。システム搭載車が通過しない場合は、全く情報は得られない。

この特質を顕著に利用した例が、2011年3月11日の東日本大震災の直後のプローブ情報システムのデータである。図8にその例を示す。24時間以内の通行実績があった部分が青く表示されている。しかしながらこれは、通行可能な道路を示しているわけではなく、四輪普通車が24時間以内に通過できた情報を示していることに注意する必要がある。二輪車でも大型車でもない。また、たまたま通らなかった場合は、何の痕跡も残らず、青以外の道路も通れないということを示しているわけでもない。しかしながら、災害時の支援活動において極めて重要な情報であったことは疑いの余地はない。

スマートフォンをプローブに用いるスマホ・プローブ・システムは、さらに細かな粒度で情報が得られる。カープローブが道路に沿って動く車の粒度であるのに対し、スマホ・プローブはバスや電車、車に乗るときのほかにも、歩道、地下、建物内の歩行でも同様のデータは得られ、人の歩行の粒度の情報となる。上がってきたさまざまな情報をサーバで処理することも条件によっては可能である。

ここまでの流れは明らかに、運営主体が国のレベルから一大企業のレベルに軽量化し、さらに一中小組織のレベルに軽量化してくる可能性を示す。

また、カーナビの実現方法も、機能的には劣る部分があっても、スマートフォンの

アプリで多くを代替できることが多く、この点での軽量化トレンドも明らかである。

ETCは通行した車の道路維持のための受益者負担の料金徴収自動化の目的で作られたシステムであるが、この目的であれば必ずしもゲート通過のチェックが必要なわけではない。位置情報から経路情報を割り出し、課金する方法もある。この場合、課金を逃れるような行為を防ぐ機能がシステムに必要なことになる。

さて、要素技術としての位置特定基盤の話に話題を移そう。第一の位置特定基盤はGPSであることは疑いないが、近年Wi-Fi（無線LAN）のアクセスポイントのMACアドレスとRSSIを用いた位置特定手法が、もはや第二の位置特定社会基盤となりつつある。これにBLEも加わって、位置特定基盤もヘテロジニアスシステム構造を持つに至った。ここでも同様な軽量化トレンドの中にある。GPSによる位置特定は、国レベルでの実現が必要であるが、Wi-FiやBLEによる位置特定は企業や小規模組織でも可能になってきた。もちろん、GPSとWi-FiやBLEでは適用環境の得手不得手がある。屋外、特に人の少ない山間地、海上等で威力を発揮するGPSに対し、都市部で、特に高層ビル街や地下街、屋内で威力を発揮するWi-Fi、屋内で威力を発揮するBLE。ここでも軽量化トレンドは存在する。

最後に災害で損傷を受けた路面の状況を検知する高価な専用車両がある。これに対し、ダッシュボードに取り付けたスマートフォンの加速度センサー情報を用いて、道路の損傷による一定の振動を検知するシステムが実用化されている。専用車両はセンサーの精度は高く、車両の速度は遅い。それに対し、スマートフォンにより実現されるシステムは、精度は低いですが、通常の走行中に検知してゆく。これも軽量化の一例である。

5.3.3 2014年時点でのトピックスと今後の展開⁴⁾

今後展開すべきITSの7つの重点領域をITS Japanがまとめている。

- ① 高度運転支援システムによる交通事故ゼロ・渋滞ゼロ
- ② 移動支援情報プラットフォームによる効率的交通課題の解決
- ③ 都市のモビリティを支えるマルチモード輸送の革新
- ④ 道路交通の総合的なマネジメント
- ⑤ 物流の効率化
- ⑥ エネルギー利用の最適化
- ⑦ 国際協力の推進

2013年のITS世界会議では、ITSグリーンセーフティとして、図9のようなショーケースが発表された。また、広義の自動運転への流れは図10のように考えられている。さらに、2014年度の警察庁のプロジェクトの例として、図11のようなグリーンウェアのプロジェクトを挙げておく。



図9 ITS Green Safety Showcases⁴⁾

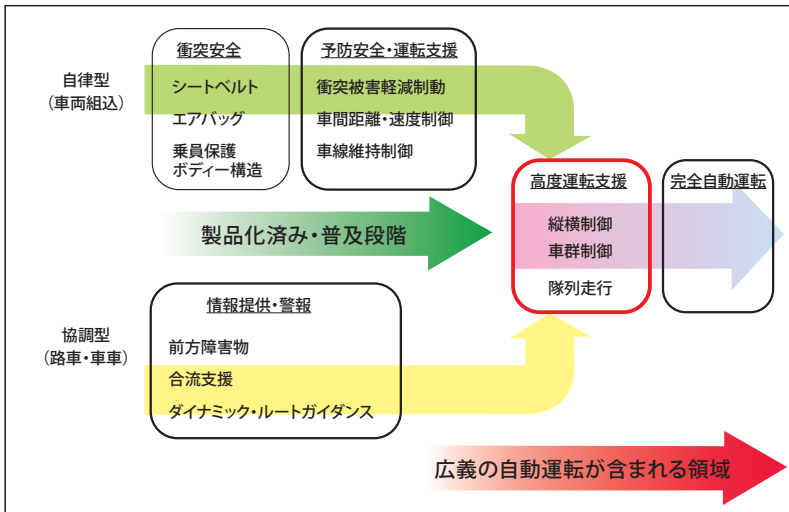


図10 広義の自動運転への流れ⁴⁾

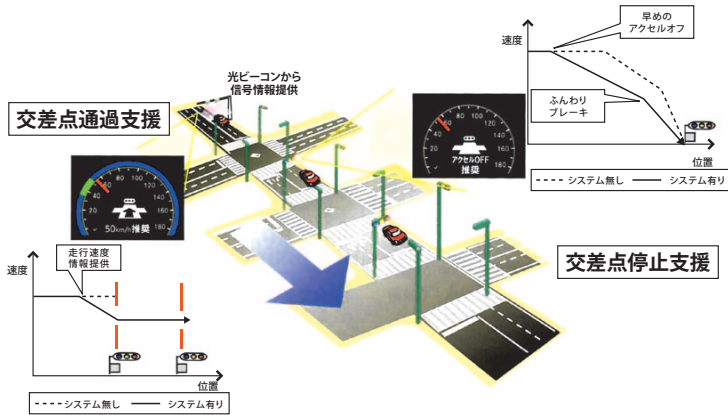


図11 政府の2014年度のITS関連プロジェクトの例⁴⁾
(出典:警察庁)

以上は紙面の制約から日本を中心としたITSの大まかな流れであるが、さらに深く興味がある方は以下の文献を参照されたい。全体の流れは文献4)を、次に要素技術に関して、V2VやV2I等、通信による情報の共有(Connected Vehicles)については文献10)を、位置特定に関しては、GPS¹¹⁾、ジャイロ、デッドレコニング、マップマッチング等が組み合わせられ、また、Wi-FiのAP¹²⁾、携帯電話基地局、さらにそれらを利用するプラットフォームを含めて、複数の誤差要因がある¹³⁾。それぞれのキーワードから必要に応じた文献を当たられたい。自動運転に関してはさまざまな角度からの文献6),14),15),16)を挙げておく。また、少し広がるが、Location-Based Services (LBS) を基礎から応用まで述べた文献17)、電気自動車普及のシナリオ¹⁸⁾や新しい交通システムのデザイン論¹⁹⁾も挙げておく。

ITSは前述のように「システムのシステム」とも言われるほど大きなスケールのシステムで、要素技術からシステム技術、提供されるサービスまでの全体を観れば、実社会に密着し、あまりに幅が広く、また階層が深い。自動車や歩行者、陸海空を動く移動体、位置特定と情報通信がその基本にあるが、当該モビリティに適した位置特定サブプラットフォームと情報通信サブプラットフォームの具体的手段は時代とともに変わる。近年はこれにスマートフォンのセンシングサブプラットフォームが加わり、劇的な変化を見せている。自動運転やビッグデータ処理によるさらなる安全性向上、効率向上、環境負荷低減、利便性向上、楽しさの向上等があるように、ITSに使われる諸技術を当該モビリティに適した要素技術・システム技術に

育てる必要がある。個々の技術分野を熟知した上で、人や物のモビリティを通して社会に貢献するシステムを創成する必要がある。この幅の広さとレイヤの深さへの対応のために、上記の各文献からさらにシステム技術と個別の要素技術を深めていただきたい。

今後のITSについて、社会背景の変化、技術的背景の変化を踏まえ、それぞれの地域に適したITSの普及、次世代モビリティ社会の実現を進める必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省「ITS用語集」
http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/topindex/topindex_g02_4.html (2014年11月6日閲覧)
- 2) ITS Japan「ITSとは」<http://www.its-jp.org/about/> (2014年11月6日閲覧)
- 3) European Commission. "Towards an intelligent transport system." Community Research and Development Information Service. Accessed November 6, 2014.
http://cordis.europa.eu/news/rcn/3704_en.html.
- 4) ITS Japan『日本のITS—ITS年次レポート 2014年版』ITS Japan, 2014年
- 5) 津川定之「高度道路交通システムにおける通信システム」『電子情報通信学会論文誌 (B)』Vol. J82-B, No. 11, pp. 1958-1965, 1999年
- 6) 津川定之「自動運転システムの展望」『IATSS Review』Vol. 37, No. 3, pp. 199-207, 2013年
- 7) 日本自動車工業会「ITS実現のための設計図—『システムアーキテクチャ』策定」『JAMAGAZINE』2000年2月, <http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/200002/07.html> (2014年12月6日閲覧)
- 8) 長谷川孝明「ITS分野の体系化について」『電子情報通信学会技術研究報告』Vol. 104, No. 762 (ITS2004 89-97), pp. 47-52, 2005年
- 9) 本田技研工業「東日本大震災でのインターナビによる取り組み『通行実績情報マップ』が『2011年度グッドデザイン大賞』を受賞」2011年11月, <http://www.hondanews.info/news/ja/auto/4111109> (2014年11月6日閲覧)
- 10) Ning, Lu, et al. 2014. "Connected Vehicles: Solutions and Challenges." *IEEE Internet of Things Journal* Vol. 1, no. 4: 289-99.
- 11) 久保信明「第5章GPSによる測定値と誤差要因」測位航法学会チュートリアルセッション, 2010年, <http://www.denshi.e.kaiyodai.ac.jp/jp/assets/files/pdf/content/201004.pdf> (2014年11月6日閲覧)
- 12) 伊藤誠悟, 河口信夫「アクセスポイントの選択を考慮したベイズ推定による無線LANハイブリッド位置推定手法とその応用」『IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems』Vol. 126, No. 10, 2006年
- 13) 長谷川孝明, 間邊哲也, 細江克治, 水野一男「位置特定社会基盤のシステム創成論的考察—GPS/Wi-Fi/携帯電話基地局によるスマートフォン位置特定とアプリケーション—」『電子情報通信学会技術研究報告』ITS2013-76, pp. 69-78, 2014年
- 14) National Highway Traffic Safety Administration. 2013. "Preliminary Statement of Policy

- Concerning Automated Vehicles.” Accessed November 11, 2014.
http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf.
- 15) 古川修他 『自動車オートパイロット開発最前線—要素技術開発から社会インフラ整備まで』 NTS, 2014年
 - 16) Petit, J., and S. E. Shladover. 2014. “Potential Cyberattacks on Automated Vehicles.” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
<http://dx.doi.org/10.1109/TITS.2014.2342271>.
 - 17) Küpper, Axel. 2005. *Location-based Services: Fundamentals and Operation*. Wiley.
 - 18) Hasegawa, Takaaki. 2010. “Diffusion of Electric Vehicles and Novel Social Infrastructure from the Viewpoint of Systems Innovation Theory.” *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences* E93-A, no. 4: 672–678.
 - 19) 長谷川孝明 「新しい交通システムのデザイン論」『IATSS Review』 Vol. 37, No. 3, pp. 224–232, 2013年 (<http://www.iatss.or.jp/common/pdf/publication/iatss-review/37-3-09.pdf>)

参照すべき実践編プロジェクト

市民参加型交通安全対策・評価システムの実用化 172ページ