

# ITで高度化するモビリティのシステム創成論的観点からの研究開発

Research and development on mobility sophisticated by IT from the viewpoint of the systems innovation theory

長谷川孝明 Takaaki HASEGAWA

**アブストラクト** 本稿では、IT(Information Technology)で高度化するモビリティのシステム創成論的観点からの研究開発を、ITS(Intelligent Transport Systems)の定義、モビリティの意義から始め、ITSの20年の概観、進化の三段階とシステム創成論の概要、その視点からのモビリティに関する研究開発論、QoSC(Quality of Spatial Comfort, 空間的心地良さの質)の観点から考える超高齢化社会を見据えたマイクロモビリティの可能性を論じている。

**キーワード** 高度交通システム、システム創成論、空間的心地良さの質、モビリティ、進化の三段階、スマホプローブシステム

**Abstract** This article presents research and development issues associated with sophisticated mobility using information technology (IT) from the viewpoint of systems innovation theory. First, a definition of intelligent transport systems (ITS), an explanation of the significance of mobility, an overview of ITS over the past two decades, the three stages of evolution, and a summary of systems innovation theory are given. Second, on the basis of the above matters, research and development in mobility-related fields are discussed. Lastly, the possibility of micromobility is discussed in anticipation of a super-aging society from the viewpoint of the quality of spatial comfort (QoSC).

**Key words** ITS, systems innovation theory, QoSC, mobility, three stages of evolution, smartphone probe systems

## 1. はじめに

ITS (Intelligent Transport Systems) とは何だろうか。いろいろな定義がある。国土交通省によれば、高度道路交通システムのことで、道路交通の安全性、輸送効率、快適性の向上等を目的に、最先端の情報通信技術等を用いて、人と道路と車両とを一体のシステムとして構築する新しい道路交通システムの総称<sup>(1)</sup>、ITS JapanでもITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)とは、人と道路と自動車の間で情報の受発信を行い、道路交通が抱える事故や渋滞、環境対策など、様々な課題を解決するためのシステムとしている<sup>(2)</sup>。学会では事情は多少異なり、電子情報通信学会の研究専門委員会の呼称は、ITS (高度交通システム)としている。これは、自動車交通に限らず、列車はもちろん陸海空全て人と物の移動のためのシステムを、IT (情報技術)を使って高度化することを研究分野に含めているためである。情報処理学会、電気学会も高度交通システムという呼称を使っている。

筆者は従来ITSをITで高度化される人と物の移動システムとして研究を展開してきた<sup>(3)</sup>。これは2004年のIEEE ITS

ConferenceのKeynote Speechなど国際的な場でも一貫して、その立場から議論の展開をしている。欧州でも比較的広義の定義が用いられることが多い。

ところで、そもそもモビリティの意義とは何であろうか。筆者は「モビリティとは人がいきいき生きることを精神的にも経済的にも支える根源的、本質的な事柄であり、物が移動することは経済の活性化にとって不可欠の要素である。人も物もリアルワールドの存在であり、それらが動くことはアクティビティを根底から支えることになる。」と考えている。

本稿では、ITSの20年を概観し、次に進化の三段階を含むシステム創成論の概要を述べ、ITで高度化するモビリティに関する研究開発の議論、QoSCの観点から考えるマイクロモビリティ環境の可能性の議論を行う。

## 2. ITSの20年

ITSという言葉は、1994年頃から使われている。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、第2回が横浜での開催である。正確には会議の名称にITSと付くのは第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、その世界会議のテーマが“Towards an intelligent highway transport

長谷川孝明 埼玉大学 正員 埼玉大学大学院理工学研究科  
E-mail takaaki@hslab.ees.saitama-u.ac.jp  
Takaaki HASEGAWA, Member, (Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Saitama-shi, 338-8570 Japan).  
電子情報通信学会 基礎・境界サイエティ  
Fundamentals Review Vol.7 No.2 pp.133-139 2013年10月  
©電子情報通信学会 2013

system”であった<sup>(4)</sup>。

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。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。今ではすっかりおなじみの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)など、9分野21サービスが設定され進められてきた<sup>(5)</sup>。

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」<sup>(5)</sup>など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。表現の詳細は変わることもあり、これらについて本稿で述べることは趣旨から外れるので言及しない。各種プロジェクトなどは文献<sup>(5)</sup>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うたわれている。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<sup>(5)</sup>。

ところで、ITSという名称が使われたのは前述のとおり1990年代に入ってからであるが、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、欧州のPROMETHEUS (PROgramme for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) 計画など、1980年代まで遡れる。更に自動運転、経路誘導、交通情報提供など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<sup>(6)</sup>。1950年代から始まる自動運転の研究開発の変遷は、昨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<sup>(7)</sup>があるので、そちらを参照されたい。また、歩行者保護と高齢ドライバーの運転支援を中心に、支援システムの導入・展開の課題、自動運転・超小形車両の隊列走行についての解説論文は本誌でも取り上げられており<sup>(8)</sup>、そちらを参照されたい。ITSはシステムのシステムであり、プロジェクトも国家レベルのものが多く、一般的に大きい。これらの中の個別の研究の詳細をここで述べることは、本稿の趣旨から逸脱し、議論の流れを乱すので、これ以上は言及しない。

さて、ETCの系統では日本型のようなゲートの通過ですべからく料金徴収する方法に対し、GPS等で走行軌跡を取りながらとところどころで検査をするような方式も考えられる。欧

州や米国でもガソリン税から走行距離に対し税を徴収するような方向に転換する流れにある。

2000年頃行われた名古屋のタクシードロブの実験<sup>(9)</sup>など、車/道路の粒度のドロブ、すなわちカードロブシステムが今世紀に入り多く実用化されてきた。東日本大震災の発生の翌日には、車をドロブとして打ち上げられたホンダのインターナビのデータから、通行実績などがグーグル地図上にプロット、公開され、また、数日後にはITS Japanに集まる企業の協力の下に、各社のデータが集約されて、通行実績が示され、復興の活動に利用されたことは記憶に新しい。

GPSは2000年以降急速に携帯電話機にも普及し、人間の粒度のドロブ、すなわち、ヒューマンドロブシステムが急速に現実味を帯びてきたが、2010年頃からフィーチャーフォンに代わりスマートフォン(以下、スマホ)が台頭してきたことにより、状況は一変する。

スマホは加速度・照度・地磁気をはじめとし各種のセンサを備えている。位置特定機能と情報通信機能の二つを基本機能とするフィーチャーフォンに対し、スマホは第3の基本機能であるセンシング機能が加わったことにより、行動検知が可能になったため、これを前提としたドロブシステムは従来と本質的に変わることになる。

スマホドロブシステム<sup>(10)</sup>は、情報通信機能でも世界各国で使えるWi-Fiを装備した共通のプラットフォーム上でできているために、室内・地下街や高層ビル街での位置特定も比較的容易である上、アプリケーションの流通もしやすく、システムを社会に普及する点でも圧倒的に有利である。Wi-Fiは情報通信機能を支える重要な要素であると同時に、GPSと並ぶ位置特定機能を支える重要な要素となっている。

話をカードロブシステムに戻そう。例えば交通渋滞情報を得るためには、都市にもよるが数%の搭載率で十分推定可能であることも示されている<sup>(11)</sup>。カードロブシステムでは車が動き回るため、交通量の多い道路に固定的に設置されるセンサよりも安価に広範囲な情報の収集が可能になり、場合によっては道路設置型の固定センサ不要論に発展することがあるが、ことはそれほど単純ではない。カードロブは常にあらゆる場所を網羅しているわけではない。カードロブ機能を搭載している車の率が高くない上に、通常多数のカードロブシステムが共存しているため、一つのサーバに全てのデータが集まってくるわけではない。例えば、道路上の特定の位置に設置されたセンサで車1台1台を感知し交通信号制御に用いる感応型制御を、カードロブで実現しようとすれば、全ての車がドロブ機能を搭載している必要がある。非搭載の車や通信機能の故障した車があれば、それらは存在しなかったことと一緒にいる。すなわち、道路設置型センサは、場所は限定され、コストはかかるが、車1台1台に関して細大漏らさず情報を取得することが可能であることを本質的な特長とし、システムによっては必須となることを意味する。このようにカードロブ型センシングも道路設置型センシングも長短はあるが、どのようなサービスを考えるかにより合理性は変わってくる。

### 3. 進化の三段階とシステム創成論の概容<sup>(12)~(15)</sup>

人にも組織にも国にも進化の三段階がある。まず始めは先人の創ったソリューションを見てそれを改善する。次の段階では、先人の創った問題を学んで、ソリューションを創る。三段階目まで来ると、混沌とした自然現象や社会現象を見て、問題を、本質を射抜いて定式化する<sup>(12)~(15)</sup>。図1にこれを示す。

システム創成 (Systems Innovation) の基本は、人間社会のライフスタイル・価値観と、科学技術・数理物理の基本の両面からシステムを創成することにある(図2)<sup>(12)~(15)</sup>。図中の縦横の両矢印はシステム創成の際の業務遂行のための人の構成を示している。すなわち、数理物理・科学技術の基本の細部からライフスタイル・価値観までを一貫通貫で見ながら進めるディレクターやプロジェクトリーダー(縦矢印)とそれぞれの階層で専門的な人(横矢印)の、いわば縦糸と横糸を紡ぐような協力体制が重要となる。

経済学者シュンペータは、技術的にも経済的にも生産とは我々の利用し得るいろいろな物及び力を結合する(kombinieren)ことと考え、旧来にない新しい結合をイノベーションとしている<sup>(16)</sup>。技術的生産、経済的生産のいずれにも、新しい結合(イノベーション)という概念を持ち込んでいる。イノベーションの重要性は改めて言うまでもないが、文献(16)の中の「経済と技術」の小節の中で、技術的生産、経済的生産のそれぞれにとって合理であっても選択する判断が異なる場合が当然存在することを述べている。しかしながら筆者は、工学もシステムも人間のための存在である以上、技術者・研究者にも問題設定・研究遂行において、局所最適に

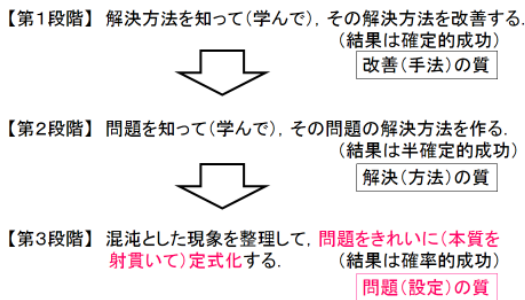


図1 進化の三段階

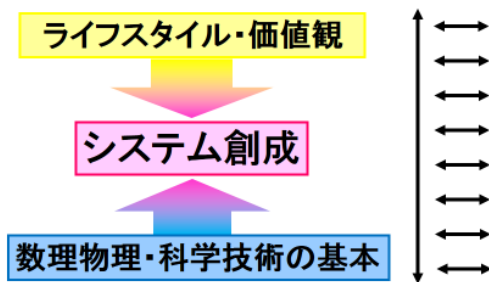


図2 システム創成の基本 システム創成は「数理物理・科学技術の基本」と「ライフスタイル・価値観」を考慮してシステム創成。

陥らないグローバルな視点が相当程度要求されると考えており、問題設定及びソリューションの境界条件の正当性の常なる意識は重要であり、研究発表等で、事実に基づくその明確な根拠の説明は、技術者・研究者自らが他者をよりどころにせず明示する必要があると考えている。

さて、インフラに通じる比較的大きなシステムの創成をする際の五原則<sup>(13)~(15)</sup>を以下に示す。

1. システムは人間・社会のために存在する。この最上位概念をもってシステム創成(企画・設計・普及)に当たる。
2. 既にあるものはすべからく使う。修正する場合も修正は最小限に。従来のシステム、サブシステムの利用では不合理な場合に新たなシステム、サブシステムの創成を行う。
3. プラットホームは人類の共有財産。プラットフォーム鉄の掟(後述)に従う基本構造を持ち、排他的にならず、皆で協力してプラットフォームを創り、プラットフォームの上のアプリケーションやサービス、プラットフォームの下でのベンディングで競争をする。また、マイグレーション(エボリューション)を前提とした基本設計になっていること。
4. ユーザの持ち物はOne Device/M Cardsを境界条件とする。
5. 官はプロモータ。プロモーションの期間が終わった後、システムはそれ自体で自立できること。

さて、システム創成論の中でも重要な要素がプラットフォーム論である。プラットフォームは上下分離が本質であり、筆者は、特定のアプリケーションにも、特定のサブプラットフォームにも依存しないプラットフォームの基本設計を重要と考え、これを「プラットフォーム鉄の掟」と称している。

スマホや携帯電話など人の持ち物は社会基盤の一つである。例えばスマホから位置情報を継続的に集めればこれを利用して交通情報が精製される。緊急地震情報がスマホに配信されることは、地域の設置型スピーカに流すことと伝達機能として同じことが目的となっている。すなわち、地域に設置された公的スピーカも人の所有物のスマホも基地局を通して社会基盤を形成している。

さて、システム創成の方法論を図3に示す。抽象化の上り階段と具体化の下り階段がその特徴である。詳細な説明は文

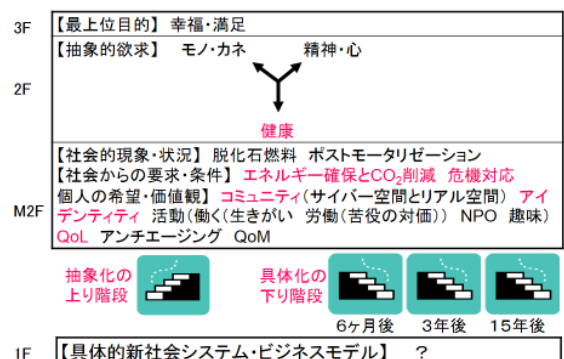


図3 抽象化の上り階段と具体化の下り階段による階層的システム創成



献(12)～(15)に譲るが、本稿では「コミュニティバス」の例と「携帯メールとLINE」(LINEとはLINE社の提供するコミュニケーションツール)の例を簡単に述べる。

コミュニティバスは何のための存在であろうか、一般の乗合バス路線では採算が取りにくい地域の交通弱者のために公的なお金を投入し、モビリティを確保している。しかしながら、必ずしも利用者は多くはない。これにはいろいろな理由はあるだろうが、短い時間間隔の定時運行がコスト的に困難であり、使い勝手が悪いことは利用率を低下させる大きな要因である場合が多い。例えばここから出発して、それは何のため、何のため...と抽象化して考えれば、交通弱者がコミュニティに所属してアイデンティティを発揮するためであったり、病院へ行くことによる健康維持のためであったり、また、買い物による満足感のためであったりする。では、それらの抽象化された目的を実現するため、科学技術や人の持ち物、ライフスタイル・価値観などの境界条件を満たすように、3か月後のソリューションを創るとすれば何があるか、3年後なら？15年後なら？といった具合に具体化の階段を下りてソリューションを創っていくのである。現在のコミュニティバスをどう改善するか(手法の改善)という考え方とは根本的に異なるのである。

携帯電話のメールはPCメールの使われ方とは異なることが多い。PCメールは仕事や用事が中心であり、携帯のメールは個人的な使われ方が今日では比較的多く、ツイッターなどSNS(Social Networking Service)に近い。人やコミュニティと「つながっていたい！」という気持ちに基づくことの比較的多いコミュニケーション手段といえよう。SMS(Short Message Service、携帯電話間の短いテキストメール)にしるMMS(Multimedia Messaging Service、携帯電話用の写真なども送れるメッセージングサービス)にしる通信キャリアが頭をかすめる。携帯電話のメールから出発し、何のため、何のため...「人とつながっていたい！」と考えていくと、通信キャリアを超えて、またandroidやiOS等のプラットフォームを超えて、アプリLINEでコミュニケーションを取る際に、特殊な使い方をしない限り通信キャリアやプラットフォームを意識する人は少ない。「携帯メールはほとんど使わない。携帯番号すら知らせる必要はない。自分の使い方ならLINEで十分。」という人も少なくない。「人とつながっていたい」を目的とするLINEは皆の持つスマートフォンという社会基盤上に創成された「人とつながりシステム」といえよう。

筆者はIT分野に関し、普及して皆が使うようになったための社会的インパクトという観点から、1980年のPCインパクト、1995年のネットインパクト、2010年のスマホクラウドインパクトと15年ごとの変革を見ている。携帯電話は、2000年以前は情報通信機能がほとんどであった(1D)が、今世紀に入ると、情報通信機能に位置特定機能が加わり(2D)、LBS(Location Based Services)など20世紀にはほとんどなかったリアルワールド性が2000年を越して急速に拡大した。2010年を越えると、前述のようにスマホの普及によるセンシング機能がモバイル機器に加わり、情報通信機能、位置特定機能、セ

ンシング機能は面的広がりから立体的広がりへの変化を実感させる(3D)。これらはモビリティの世界にも大きな影響を与える。スマホによる道路の損傷検出の例<sup>(17)</sup>をはじめとし、各種のスマホセンサを使ったシステムは枚挙にいとまがなく、スマホプローブシステムの可能性の大きさは明らかである。

#### 4. モビリティに関する研究開発

どれくらいの研究者が上位概念を鑑みて当該分野の真にドミナントな問題を研究対象としていることを説明してきているだろうか。3. で述べたように問題(課題)の定式化、問題設定の質は研究開発にとって重要な要素である。誤解を恐れずに問題点を直線的にパーセント表現すれば、例えば、10%を占めるマイナーな問題を半減させても全体では5%の改善しか得られないが、80%を占めるドミナントな問題をたとえ20%改善しただけでも、全体として16%の改善すなわち前者に対し3倍以上の改善が見られる。当然ではあるが、研究課題の設定は、細部のみに着目するだけで全体を俯瞰することを忘れてはならない。木を見て森を見ずといったような問題設定がしばしば見られることは研究者本人ばかりでなく社会的損失と言えよう。部分的な改善を積み上げて大きな改善を得ることはもちろん重要であるが、それはあくまで改善の方法の一つであり、全体を見ずに部分の改善を行うことの正当化にはならないし、研究発表時も全体から見た問題点とその解決の意義の説明が十分になされることが必要である。「当該解決法を、上位概念に照らして他分野まで含めて考えたときに、真に当該解決法が最も合理的な解決法か。」常に自己に問い、研究発表の際にはその問題設定と解決法の合理性の説明を明確にすることは重要である。

ITで高度化するモビリティに関する研究開発については種々の問題設定があるが、その一例としては、文献(13)で述べられているように、「電気自動車ラスト10m問題の解決」と「ジャストワンビル決済」、更にその結果生じる可能性のある「電力の時空間平準化」がEV普及のシナリオの中で考えられる。このために必要な要素技術においては、普及まで考慮したコストが意識される必要がある。更に興味のある方は文献(13)を御覧頂きたい。

ところで、パワースーツの適用先として、体力を使う介護士が例に挙げられることがある。高齢者のモビリティを確保するという上位概念で研究課題を考えれば、介護される側の高齢者に直接適用し、図4右上のように若者を尻目に自らサ



図4 経済的に自立、生き生き生きる

クサク歩くことのできる高齢者が増えれば、精神面を含めて高齢者のライフスタイルも大きく変わってこよう。

位置特定は人や物のモビリティを実現するシステムにとって、情報通信と並び重要な要素である。しかしながらしばしばその測位精度が、測位条件抜きに提示され、またそれに基づき、それを利用したアプリケーションまで言及されることが多い。例えば、GPS（全世界測位システム）の基本測位原理は、ある時刻に位置と速度が既知の四つの衛星からのPN信号を位置が未知の受信者が受信し、伝搬時間だけ遅延した四つの衛星からのPN信号の位相から、受信者の位置 $(x,y,z)$ 及び各衛星の原子時計レベルで同期したシステム時計と通常精度が数桁以上悪い受信者の時計の時間差 $\Delta t$ を未知数とする四元連立二次方程式を立てて、 $(x,y,z, \Delta t)$ の解の組を求めるわけであるが、各衛星からのPN信号の伝搬遅延時間をいかに正確に推定するかが位置特定精度にとって重要な事項となる。反射波がないような条件下で長時間にわたり一点を静的に測位する場合と、直接波が見え隠れし、しばしば反射波が第一波となるような高層ビル街を移動体で走り抜けながら測位する場合は全く測位性能は異なる。港湾や空港の建設ではGPS測量なしに造ることはあり得ないし、地殻の1cmの変動も長時間測位をすれば知ることができる。この場合は、衛星の軌道の問題のほかに、電離層による電波伝搬のじょう乱やGDOP（幾何学的測位精度劣化度）が主たる誤差原因になるわけだが、高層ビル街を走り抜ける移動体での測位になれば、多数の反射波や見え隠れする衛星により、衛星からのPN信号は常にその遅延時間（PN信号の位相）が不連続に変化することがしばしばあり、これが高層ビルの谷間を走り抜ける移動体における大きな誤差原因になる。PN信号の復調の際は、一般的にはまず、同期捕捉を行い、その後同期追従を行う。同期捕捉は一般的に周波数帯域幅を広めに取る必要があり、SN比は低下する。ひとたび同期捕捉が完了し、追従モードに入れば、帯域幅を絞って、SN比を上げて安定した追従が達成されるが、PN信号の位相の大きな不連続によりひとたび追従が困難になると、再び同期捕捉が必要となる。一般的に普及するGPS受信機を前提とした都市部での測位精度の報告例は文献(18)、(19)などにも示されているので興味のある読者は文献を参照されたい。大事なことは、測位条件抜きでは精度の議論もそれに基づくアプリケーションの議論も展開することは困難であるということである。

我々は日常GPSカーナビ等で比較的安定的に自位置の推定ができていることを体験している。この理由は、GPS以外の情報、ジャイロや車速パルスの情報の利用、カルマンフィルタリング、マップマッチング等の技術を複合的に用いて、時間的空間的に処理を行い、位置特定精度を上げているわけであり、位置特定の前条件抜きに精度に基づく議論では、位置情報を利用するアプリケーションの性能の判断はもちろん、位置特定サブシステムの基本的な性能判断すら困難である。

さて、GPSが筆頭の位置特定社会基盤とすると、近年スマホの普及とともに急速に第2の位置特定社会基盤となった手

法がWi-FiアクセスポイントのMACアドレスの乗った電波を利用した手法である。これらの電波情報とGPSの位置情報のひも付けをしたデータベースを作ってゆけば、やがてWi-Fi情報のみでかなりの程度の位置特定も可能となる。屋内や地下街などGPSの利用困難な場所でも、GPSの位置情報の代わりに正解となる位置情報を与えてデータベースを用意すれば、Wi-Fiによる位置特定は可能である。更に、高層ビル街など大きくGPS測位の精度が劣化するところも、Wi-Fiのアクセスポイントの電波の到達範囲の狭さゆえの位置特定の精度の保持が可能であることは有利な点である。

モビリティ環境を考え、人や物のモビリティに関するシステムをプラットフォーム上のアプリケーションとして創成するとき、位置特定社会基盤の特徴・性能は大きな考慮条件となり、これを十分に理解しておくことが、きちんと機能し、社会に定着するシステムを創成するために必要である。

細かい部分まで述べたが、ITSは範囲が広く、レイヤは深い。人間社会のライフスタイル・価値観と、科学技術・数理物理の基本の両面を十分に考慮して、社会に受け入れられるシステムの創成をする必要がある。レイヤの上から下まで全体を統一的に考えるディレクタと各レイヤでの専門家の縦糸横糸を紡ぐような体制での研究・開発・普及が産官学で行われることが不可欠となり、各レイヤの専門家もやはり全体に目を配りながら研究・開発・普及の仕事を進める必要がある(図2の矢印参照)。

ところで、15年後には団塊の世代が大量に80歳代に入り、これに伴いモビリティ確保が問題になろう。現在の車をそのままの使い続けることは、視野も判断力も対応力も低下して高速道路の逆走などもしばしば問題になる中では難しく、技術的社会的対応が迫られる。一つは、従来の車の大きさを保ったまま事故を起こしにくい車、逆走や接触を起こしにくい車を作ってゆくことでも言うまでもない。もう一つは、ダウンサイジングし、接触や大事故を起こしにくいPMV (Personal Mobility Vehicle) やシニアカーのようなもの、あるいは前述のようなパワーレグスでもよい、これらと公共交通機関を組み合わせたソリューションもあろう。文献(7)には、後者の中のソリューション例が示されている。この文献の中では移動手段のマルチモーダル化が、結果として移動手段のインタモーダル化となることが述べられている。5. ではもう少しこの点を述べる。

## 5. QoSC (Quality of Spatial Comfort) の 観点から考える超高齢化社会を 見据えたマイクロモビリティ環境の可能性

例えば「さいたま市のあらゆる場所から思い立って30分以内に自家用車以外の手段で鉄道の駅、主な病院や商業施設に到達する環境を創るにはどのようなソリューションがあるだろうか?」という問いがあったとして、読者はどのようなビジョンを描くだろうか。

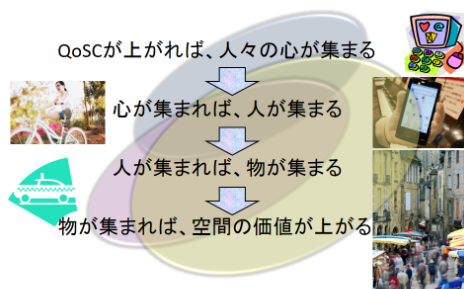


図5 QoSの意義

文献(18)の中では、このような問いかけの一つのソリューション例を挙げている。QoSの観点(図5)から、中心市街地へのモビリティ確保、中心市街地内のモビリティ確保、中心市街地での購買環境の向上の3点に分けて議論をしている。**3.**で述べたようなコミュニティバスから始めよう。地域の足の確保のため、採算性の取りにくい路線も1時間に1本のようなダイヤで展開されるが必ずしも利用者が多いわけではない。大雑把な議論ではあるが、1時間に1本の網の目のような路線も、12本を集約、コリドー化し、交通結節点を要所要所に配置し、この中を5分に1本のマストランスポート環境を実現すれば、後は交通結節点までの足の確保の問題となる。そこで、超小形EV、PMVや自転車、三輪自転車などの走行環境及び交通結節点における駐車駐機駐輪環境すなわちマイクロモビリティ環境の充実が、このインタモダルなモビリティ環境を実現するキーとなる(図6)。

なお、中心市街地までのコリドーは、高度交通信号制御方式やランドアバウトの導入でスムーズなモビリティ環境とすることが期待される。これらはビジョン、施策、技術、生産、合意形成など、産官学連携が重要であることが明らかであり、またあくまで社会の選択肢としてのソリューションの一つである。

## 6. むすび

本稿では、ITで高度化するモビリティのシステム創成論的

観点からの研究開発を論じた。まず、ITSの定義とモビリティの意義、ITSの20年を概観し、社会基盤としてのモバイル機器の変遷、中でもスマホにより「情報通信機能」「位置特定機能」に「センシング機能」が加わったこととプローブに関する議論を行った。次に、進化の三段階からプラットフォーム論を含むシステム創成論、システム創成の方法論の中での「抽象化の上り階段」と「具体化の下り階段」、更にそれらの説明の具体例として「コミュニティバス」と「LINE」を述べた。続いて、モビリティに関する研究開発では、問題設定の質に関して述べ、最後にQoSの観点からの超高齢化社会を見据えたソリューションを社会の選択肢の一つとして述べた。

これらを通し、ITで高度化するモビリティに関する研究開発で問題設定の質に関し議論の一助になることを期待して本稿のむすびとしたい。

**謝辞** 本稿は、電子情報通信学会ITS研究専門委員会諸氏、電気学会及び情報処理学会のITS関連研究者諸氏、国際交通安全学会会員諸氏、WYSIWYASナビゲーションコンソーシアムメンバー諸氏、元さいたま市モビリティと経済活性化研究会メンバー諸氏、ITS Japan会員諸氏、インターネットITSコンソーシアム会員諸氏、ITS関係府省・関係機関の諸氏等広く議論させて頂いた中からヒントを得た事柄も多く、ここに深謝する。

### 文 献

- (1) [http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/topindex/topindex\\_g02\\_4.html](http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/topindex/topindex_g02_4.html)
- (2) <http://www.its-jp.org/about/>
- (3) 例えば、長谷川孝明，“ITSプラットフォームEUPITS～実現へのアプローチ～”，信学技報，ITS2003-8，pp.41-47，May 2003.
- (4) [http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=NEWSLINK\\_EN\\_C&RCN=3704&ACTION=D](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=NEWSLINK_EN_C&RCN=3704&ACTION=D)
- (5) 例えば、ITS年次レポート2013年版：日本のITS ITS Japan，など
- (6) 津川定之，“高度道路交通システムにおける通信システム”，信学論(B)，vol.J82-B，no.11，pp.1958-1965，Nov. 1999.
- (7) 津川定之，“自動運転システムの展望”，IATSS Review，vol.37，no.3，pp.199-207，Jan. 2013.
- (8) 津川定之，“ITSの課題”，IEICE Fundamentals Review，vol.2

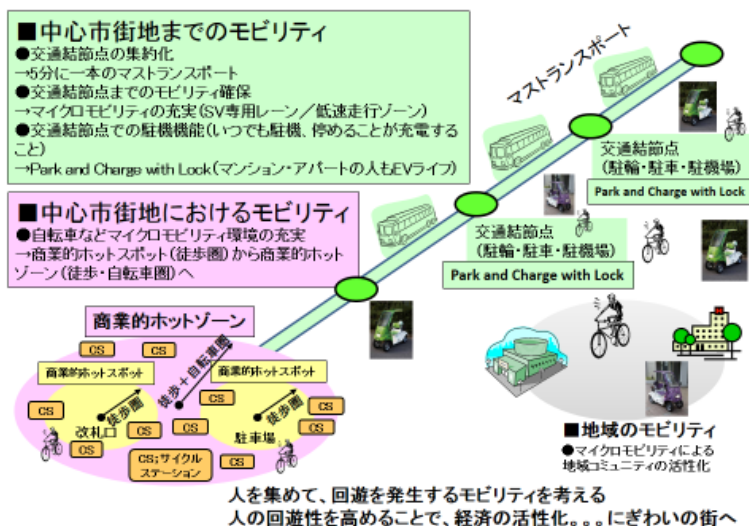


図6 ソリューションの抽象表現：一つの選択肢



no.3, pp.59-65, Jan. 2009.

- (9) <http://www.internetits.org/ja/projects/pdf/nagoya-press020124.pdf>
- (10) 長谷川孝明, “スマホ・プローブ・システム,” 2012 信学ソ大 (基礎・境界), no.AP-2-1, Sept. 2012.
- (11) 例えば, 伏木 匠, 山根憲一郎, 横田孝義, 権守直彦, 岸野清孝, 石田 康, 伊藤彰朗, “プローブカーを利用した交通情報予測方式の検討,” 信学技報ITS2001-94, pp. 9-14, March 2002.
- (12) 長谷川孝明, “ITSとシステム創成に関する一考察,” 信学技報, ITS2002-120, pp.13-17, March 2003.
- (13) T. HASEGAWA, “Diffusion of electric vehicles and novel social infrastructure from the viewpoint of systems innovation theory,” IEICE Trans. Fundamentals, vol.E93-A no.4 pp.672-678, April 2010.
- (14) 長谷川孝明, “システム創成論とその応用としての超小型電気自動車「イヴ」,” IATSS Review, vol.36, no.3, pp.16-26, March 2012
- (15) 長谷川孝明, “モビリティと経済活性化システム創成,” 2012 信学総大, no.BI-6-6, March 2012.
- (16) Joseph Alois Schumpeter, 塩野谷祐一, 中山伊知郎, 東畑精一 (訳), 経済発展の理論 (1926年), 岩波文庫, 東京, 1977.
- (17) 八木浩一, “スマートフォンの加速度センサを活用した道路の地震被害観測, 平常時の道路維持管理への適用,” 2012 信学ソ大, AP-2-3, Sept. 2012.
- (18) 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, Jan. 2013.

(ITS研究会提案, 平成25年7月15日 受付  
平成25年9月9日 最終受付)



#### 長谷川孝明 (正員)

1981慶大・工・電気卒, 1983同大学院工学研究科修士課程了, 1986同博士課程了, 工博. 同年埼玉大・工・電気・助手. 同助教授を経て, 現在, 同大学院理工学研究科教授. 1995~1996 カナダ・ビクトリア大客員研究員. 現在の興味はIT (Information Technology) によるQoS (Quality of Spatial Comfort, 空間的心地良さの質) の向上のシステム創成論的アプローチにあり, これらを通じてモビリティと経済活性化に寄与したいと考えている. 1980に情報通信分野で研究の道に入り, 第3世代携帯電話の多元接続方式CDMAの基礎となるスペクトル拡散通信システム, ニューラルネットとその情報システムや通信システムへの応用, 画像入力マイクロホンや脳波や頭皮表面電位による機械への意思伝達 (現在BMIと呼ばれている分野), PDMA (位置分割多元接続, 現在MIMOと呼ばれている複数の送受信アンテナを用いた送受信による同一周波数帯の利用) など, 人間機械間通信を含む情報通信の方式・情報と信号の処理の研究を経て, 1996以降はIT (情報技術) によるモビリティの高度化 (ITS分野) の研究に入り, 2000以降はこれにプラットフォーム論を含むシステム創成論を加えて研究を進めてきた. 2010からは, QoSに着目し, システム創成論的アプローチにより, 人間社会におけるモビリティの高度化と経済の活性化に寄与すべく研究を進めている. 本会スペクトル拡散研究専門委員会委員長, ITS研究専門委員会委員長, IEEE ITSソサイエティ BoG (Board of Governors)などを歴任. 情報処理学会, 国際交通安全学会, IEEE各会員.