

安全・持続可能な交通社会の実現に向けた協調ITSの提言

Proposal of Cooperative ITS for the Realization of Safe and Sustainable Transportation Society

坂井康一*・吉田秀範**・大口敬*・須田義大*・池内克史***
 中野公彦*・大石岳史*・小野晋太郎*・鈴木高宏****・平沢隆之*
 和田健太郎*・杉町敏之*・鄭仁成*・霜野慧亮*****

Koichi SAKAI, Hidenori YOSHIDA, Takashi OGUCHI, Yoshihiro SUDA, Katsushi IKEUCHI
 Kimihiko NAKANO, Takeshi OISHI, Shintaro ONO, Takahiro SUZUKI, Takayuki HIRASAWA
 Kentaro WADA, Toshiyuki SUGIMACHI, Rencheng ZHENG and Keisuke SHIMONO

要 旨

本稿は、自動車から歩行者までの多様な交通モードにおいて、移動体の性能・機能が将来大きく変換する将来像を考慮し、道路等の移動空間等のインフラ側が備えるべき機能、性能について、その計画・設計論、さらに、その運用技術やこれらを支える社会規範・制度等技術以外の関連条件について、中長期的な観点で「学」の立場より提言したものの概要版である。今後の高度道路交通システム（ITS）の推進にあたり、行政、民間、研究機関等の様々な立場の人が、共通の視点に立って研究開発、実用化、導入を進めるよう、ITSの方向性や今後のITS全体を検討していく上で考慮すべき事項や課題を共有できる指針としての使用を想定している。

Abstract

This paper describes an overview of proposal, from a mid- and long-term “academia” perspective, for the planning, design methodology, operational technologies and supporting social norms, systems and other non-technology related conditions for the functions and performance that should be provided by infrastructure such as road and other mobility space, taking into consideration a future in which there will be dramatic changes in the performance and functions of diverse transport modes ranging from automobiles to pedestrians. The authors hope that this paper will serve as guidelines for the promotion of intelligent transport systems (ITS) that enable important matters and issues to be shared and considered when studying the approach to ITS and the future vision of ITS, in order to enable people from various perspectives including government, the private sector and research institutions to promote research and development, practical application and introduction based on a common frame of reference.

1. はじめに

高度道路交通システム（Intelligent Transport Systems: ITS）は、最先端の情報通信技術を用いて、人と道路（インフラ）と車両とを一体のシステムとして構築することにより、交通の安全、円滑、環境、快適等に関する諸問題を解決する取組みである¹⁾。約20年前に産声を上げたITSは、当時、近い将来には、多様なセンサーデバイス開発、無線

通信の発達、データや通信のデジタル化等に関わるイノベーションが期待される状況下で、これらを自動車社会の中で利活用し、交通の安全、円滑に有効に利用していかうとする取組みとして定義されることとなった。

一方で、現在の実像を考えると、センサー、通信、デジタル化、情報化、膨大なデータの取得と蓄積が進むクラウド社会、貨幣の電子化、物理的な実空間と無線通信によるインターネットやCG（コンピュータグラフィックス）、合成音声等仮想化技術によるサイバー空間とが有機的に融合された社会が一般市民の日常生活の中に浸透してきている。さらに、自動車のみならずあらゆる移動手段によるヒト・モノの移動全般を対象とする必要があることから、ITSは「相互に通信で密に情報が共有された環境下における移動の安全・安心・円滑を確保・向上させるために、技

*東京大学生産技術研究所 次世代モビリティ研究センター

**国土交通省（研究当時 次世代モビリティ研究センター）

***マイクロソフト・リサーチ・アジア（研究当時 次世代モビリティ研究センター）

****東北大学未来科学技術共同研究センター

*****東京農工大学（研究当時 次世代モビリティ研究センター）

術、社会・経済制度全般を対象としたイノベーション（本来の意味）」として再定義できるであろう。また、近年の「ビッグデータ」の時代は、既存の工学・技術の知識体系をデータサイエンスに投影して、新たな「知識・智慧（Intelligence）」を生み出すことが求められており、移動に関わるこうした Intelligence の獲得とその実用、実装こそが ITS であるとも言える。さらに、常に一定の制約のもと、あらゆる状況下で様々なヒト・モノ・移動体・インフラ等に関する情報が通信によりクラウドに集められ、共有化され、活用されることは、すなわち、これらが相互に「協調」したシステムを考えることにほかならない。したがって、こうした概念を特に強調して、「協調 ITS」と称することができる。とも考えられる。

本稿では、こうした再定義された ITS を「協調 ITS」と呼び、できる限り体系的な全体像を描くとともに、発展形、将来像を具体的に描くことを目指すものとする。

2. 協調 ITS 研究の背景

協調 ITS の検討においては、社会背景や技術的背景の変化をとらえ、今まで ITS が進展してきた経緯や、今後特に着目していくべき視点を整理することが重要である（図 1）。

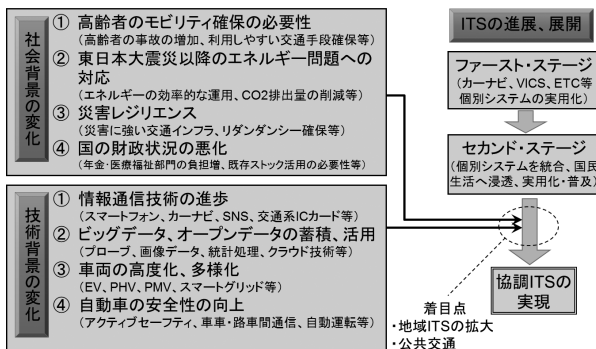


図1 協調 ITS 検討の背景

社会背景の変化として、自動車を運転しない高齢者の移動手段や、健康維持のための外出機会の確保等を踏まえた「①高齢者のモビリティ確保の必要性」、東日本大震災以降のエネルギー問題への関心の高まりを踏まえたエネルギーの効率的な運用の必要性、エコ意識の高まりと燃費改善のニーズを踏まえた自動車の動力源の多様化等「②エネルギー問題への対応」、災害に強い交通インフラやリダンダンシーを確保できる交通体系の構築やこれらの効率的な運用を踏まえた「③災害レジリエンス」、交通部門のさらなる予算の効率化のために既存ストックを有効活用していくソフト施策の必要性等「④国の財政状況の悪化」がある。

技術背景の変化としては、スマートフォン、カーナビの普及に代表される「①情報通信技術の進歩」、交通にかかる情報通信技術の進歩によるプローブデータ等のビッグデ

ータの蓄積、オープン化やクラウド技術の進展によるビッグデータの取扱いの容易化等の「②ビッグデータ、オープンデータの蓄積・活用」、電気自動車（EV）等環境に優しいエネルギーを動力源とした車両や一人乗の車両（Personal Mobility Vehicle: PMV）、多様な利用者・利用シーンを想定した車両の開発等「③車両の高度化、多様化」、近年のパッシブセーフティからアクティブセーフティ、更には自動運転に向けた研究開発の進展等「④自動車の安全性の向上」がある。一方で、日本の ITS は、1996 年の関係 5 省庁による全体構想の策定後、ファースト・ステージ（実用化の推進）、セカンド・ステージ（普及と社会還元加速）を経て、現在に至っている。

そういった背景を踏まえ、協調 ITS の実現を検討する上で2つの重要な着眼点があると考えられる。「地域 ITS の拡大」及び「公共交通」である。

ITS は国主導の全国的な取組みから地域固有の交通問題の解決に向けた取り組みまで、幅広い交通課題に有効なツールとして期待されている。特に、地域における交通情報を集約し、移動を支援する有効な情報に加工し、地域内外の利用者に適切に提供することで、交通課題の解決が期待できる。また、情報を活用した取り組みは低価格で実現できるため、導入しやすい。

公共交通は交通弱者への移動手段の提供、自動車交通からの転換の受け皿、健全な地域の発展等の観点から、誰もがどこでも利用できるような一定水準の整備が求められており、様々な移動ニーズへの適切な対応が必要である。パーソナルモビリティ、自動運転車両の共同利用、自家用車の相乗り等は、新たな公共交通として位置づけられる可能性もある。また、公共交通への車載機器の優先的搭載等、公共交通は ITS の導入を牽引できる存在にもなり得るため、公共交通をターゲットに戦略的にサービスを導入していくことが有効と考えられる。

3. 協調 ITS の将来の方向性

3.1 協調 ITS の評価軸

ITS にかかる評価軸については、従来の「安全性の向上」、 「円滑性の向上」、 「環境負荷の低減」、 「快適性の向上」に加えて、「移動ニーズへの適切な対応」があると考えられる。現状は地域間での移動のしやすさに偏りがあり、人々の移動ニーズが適切に反映されるように地域の特性に留意する必要がある。今後の協調 ITS を検討する上で欠かせない新たな評価軸の1つと考えられる。

また、上記の評価軸は、相互に関連し、シナジー効果を発揮させるとともに、取組みの内容によってはトレードオフになる可能性があることも留意が必要である。

さらに、新しい取組みの導入に対して、サービス対象者以外も含めたサービスの受容性の評価も必要である。現状の移動の状況、施策の導入により変化する状況、周辺車両

への影響を正確に把握し数値化する必要があり、プローブ車両等によるデータ把握の技術、トラフィックシミュレーションやドライビングシミュレータによる再現化技術、CO₂の発生状況等を見える化する可視化技術等が、評価を行う上で重要になってくる。

3.2 協調 ITS のターゲット

協調 ITS のターゲットは、従来のドライバー、歩行者、公共交通利用者、輸送事業者、管理者に留まらず、今後、幅広いターゲットが想定される。今後の社会動向の変化を念頭に置き、特筆すべきターゲットとしては、移動そのものに不便を感じる場面が多い高齢者・身体障がい者・外国人等の交通弱者を対象とした「交通弱者の移動支援」、適切な交通の配分や誘導・新たな交通需要の掘り起こし等の実現が期待される「地域活性化」、来訪者の快適な移動を実現するための広域移動の支援・適切な周遊ルート の提案・観光情報の提供等を対象とした「来訪者支援」、災害発生時における適切なタイミングや箇所でのわかりやすい避難誘導の支援やハザードマップ等の情報の認知の支援を対象とした「防災・減災」が挙げられる。

3.3 協調 ITS の発展軸、将来イメージ

今後の協調 ITS の様々な取り組みを漏れなくマッピングすることを目的に、その進化の方向性を協調 ITS 発展軸として以下の6つを定めた(図2)。なお、定義した6つの発展軸の名称(人、車等)は、その発展軸に該当するサービスの第一義的な対象者(物)に対応している。

(1) 発展軸1「人」：移動支援の高度化

人が移動する際に、移動に関連する様々な情報(現状および予測、予約状況等)をリアルタイムかつシームレスに入手することができ、その時の最適な移動手段、経路、時間、料金や、駐車場所、移動途中の休憩場所やトイレ、食事場所等を簡易な方法で判断でき、また、駐車場等の予約もできる、移動者の嗜好を考慮した快適な移動を実現する。移動経路や移動先が混雑している場合には、適切な迂回経路や移動時刻の変更、移動者のニーズにあった別のプラン等、最適な移動を示す提案型のサービスを実現する。

(2) 発展軸2「車」：車両、運転操作の高度化

自動車運転時の周辺物(車両、人、施設等)との間では、相互にその位置関係や移動の方向等が把握され、更には自

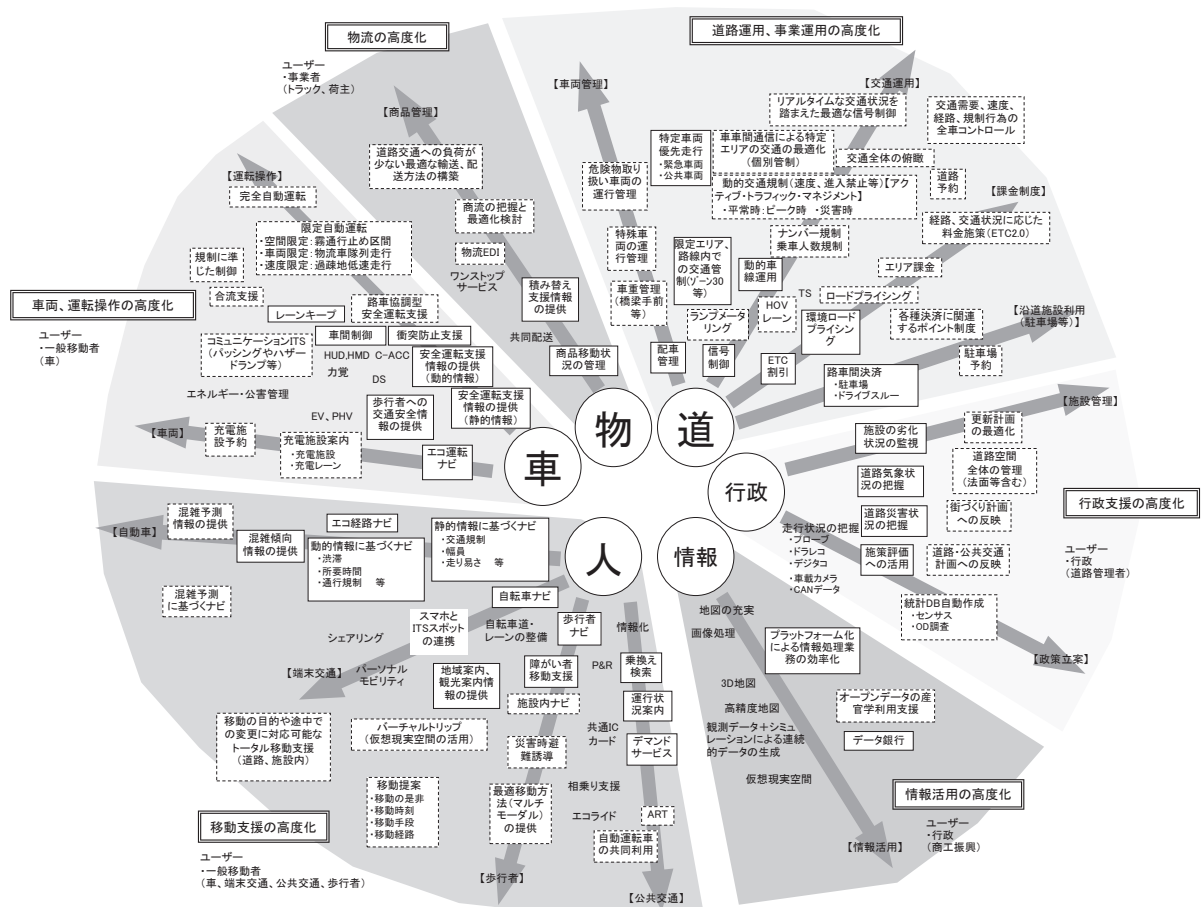


図2 協調 ITS サービスの体系図

自動車の高度な制御機能が働き、事故は激減する。進行方向や周囲の状況のセンシング技術や車両制御技術が高度に実現され、安全性と円滑性および低環境負荷の全てを備えた自動運転が、特定の路線や地域から実現し、将来的には全ての車両、路線で実現する。

(3) 発展軸 3 「物」：物流の高度化

物流で扱う物品の量、状態、配送先等の情報が全て把握できるようになり、発生物流量に応じた無駄がない最適な物流計画（車両台数、車両規模、経路、時間等）が立案できるようになる。

これにより、事業者の輸送コストの負荷を減らすだけでなく、自動車交通の安全、円滑、環境、施設管理等に優しい物流を実現する。

(4) 発展軸 4 「道」：道路運用、事業運用の高度化

各自動車の移動状況や道路交通の混雑状況を把握し、動的な通行料金の設定や道路の予約制度等、交通需要を分散、抑制させる施策を実施することで、渋滞や混雑の発生が最小限になる、自動車交通全体が最適に移動できる交通環境を実現する。

危険物積載車両や特殊車両においては、道路交通の安全性の確保、橋梁等の道路施設への負荷低減の観点から、適切な経路を走行するように管理する。

(5) 発展軸 5 「行政」：行政支援の高度化

道路パトロール車両等に搭載した各種センサー（車載カメラ等）により、道路施設の経年的な劣化状況や、突発的に発生する道路災害の状況が早期に把握でき、通行の障害を最小限にするとともに、今後の施設の最適な管理、更新計画を立案する。

走行している車両自体、および路側のセンサー等の情報をビッグデータとして一元管理し、道路施策やまちづくりの実施判断時の評価に活用したり、統計データを自動生成したりすることで、道路交通や街づくりの行政支援に寄与する。

(6) 発展軸 6 「情報」：情報活用の高度化

発展軸 1～5 を支えるベースとして、人や物の移動に関する情報や、移動を支える道路空間や交通規制等の情報、道路上の交通状況、障害状況といった各種情報がデータ化され、プラットフォーム等により蓄積、管理され、これがオープン化されて産官学の多方面で活用されるようになる。

3.4 協調 ITS 具体化にあたってのケーススタディ

発展軸 1～6 は、相互に関連する。例えば、「人」の分野で最適なナビゲーションを行うが、その情報は「車」の分野での自動運転に活かされ、また、このような移動の状況

を「道」の分野で交通流として全体が最適になるように監視する。また、「情報」は各分野に横断的に関わる内容である。このように、各発展軸に示したサービスの要素を組み合わせて、移動を支える環境が構成される。

(1) ケーススタディ①：公共交通

各発展軸が相互に関連し、移動のシーンを支えていく状況を、公共交通を例に検証してみた。

公共交通の課題は、都市計画やまちづくり等を総合的に考えてはじめて解決できるものであるが、協調 ITS が支援する側面、あるいは、協調 ITS が新たな公共交通のオプションを提供できる可能性は大いにあると考えられる。

マストランジットが成立するが、自動車依存の交通体系のため、路線バスの速達性、定時性、快適性の向上や公共交通ネットワーク強化が必要となる大都市圏の郊外部や地方都市部の問題に対しては、図 3 のような、バスサービスの改善策が考えられる。

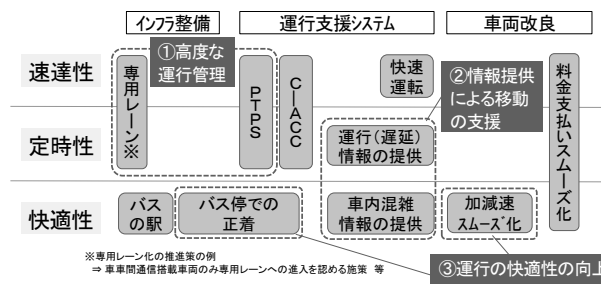


図 3 「速達性」「定時性」「快適性」を向上させるバスサービスの改善イメージ

専用レーンや PTPS（公共交通優先システム）に加えて、協調 ITS 技術を用いて、バスだけでなく一般車両にも車車間通信搭載器を搭載し、バスが走行していない時は空いている専用レーンを利用できる等、バス専用レーンを時空間的に有効活用するなどの高度な運行管理が有効である。

また、「運行状況」、「乗り換え支援情報」、「車内混雑情報」等の提供による移動の支援も効果的である。

さらに、自動運転技術（関連技術を含む）を用いることで、「加減速のスムーズ化」、「バス停での正着」、「隊列走行バスによる輸送力の増加」等の運行の快適性の向上の実現が可能となる。

マストランジットが成立する地域では、高度な運行管理、情報提供による移動支援、運行の快適性の向上等の機能を満たす次世代の都市交通システムである ART（Advanced Rapid Transit）²⁾ を積極的に整備していくことが求められる。

マストランジットの成立が難しい地域では、新たな公共交通の確保が必要である。このために、コミュニティバス、デマンドバス等に加えて、自動運転技術を含めた協調 ITS

を利用することにより、今後以下のオプションを提供することができるであろう。これらは、「時空間的に極めて疎に生じる移動需要を、乗り合いサービスで実現する」という現在の交通手段が抱える非効率性を解消する可能性を持っている。

交通量も交差点も少ない道路が多い地域では、自動運転システムとしての負荷も小さく、速度域や空間範囲を限定すれば、比較的容易に自動運転システムが導入できる可能性がある。その形態としては、センターコントロールによる自動運転（レベル 3¹⁾）や完全自動運転車（レベル 4¹⁾）等が考えられる。

「自家用車の相乗り」も地域の移動を支える交通体系の 1 つとして寄与できる可能性がある。ドライバーの特性や運転状況を利用者が確認でき、需要（利用者）と供給（運転者）をマッチングできる情報システムが構築され、地域の移動を支える手段の一つとしての必要性を認識し、法的な対応を図っていくことが求められる。

以上のように、公共交通を支援する協調 ITS では、人に対してわかりやすく公共交通の運行情報等を提供し（発展軸 1「人」）、自動運転の技術により過疎地での移動手段を確保し（発展軸 2「車」）、都市部では一般車も含めた中で公共交通を優先的に運行するような管理を行い（発展軸 4「道」）、これらを実現するために公共交通の時刻表や経路、需要と供給等の利用状況のデータが DB として整備されている（発展軸 6「情報」）といったような各発展軸が相互に関連していく状況が必要になる。

(2) ケーススタディ②：自動運転

協調 ITS のサービスを具体的に検討していく際には、以下の項目に基づいて、サービスおよびサービスの進化の方向を確認する必要がある。自動運転を例に示してみた。

① 利用者視点、管理者視点からのサービスの設定

一般ドライバー向けの自動運転サービスは、運転負荷の軽減に繋がりドライバーが直接メリットを感じるものであることから、自動車メーカー等が主体で開発・展開されていくと想定される。

事業者（物流ドライバー、バスドライバー等）向けの自動運転サービスは、ドライバー不足や安全輸送の実現に対応し社会的意義が高いが、事業者のコスト負担が大きく展開先が限定される、専用入口などの新たなインフラ整備が必要等の多数の課題があり、産官学が導入を後押しする働きかけが必要である。

管理者視点の自動運転サービスは、「安全運転支援機能を有した車両の普及に合わせて現状の規制速度以上での走行を認める施策」等ドライバーがメリットを感じるものと、「ゾーン 30 での自動速度制御」等ドライバーの走行方法を制限するものが考えられる。後者

は、事故のリスクを低下させ、住民とドライバー双方の安全性向上に寄与することをドライバーが認識すれば、サービスが許容され定着すると考えられ、利用者側と管理者側の意識のギャップを埋めていくことが重要である。

② サービス展開の考え方

自動運転等の新しいサービスの導入・展開では、「導入のしやすさに着目した展開」と「利用者および社会のメリットに着目した展開」の 2 つの考え方がある。

実現しやすいシーンからサービスを導入し、そこから順次拡げていく方法では、以下のような進化の方向性が考えられる。

- ◆技術的な容易性（低速⇒高速、自専道⇒一般道等）
- ◆法制度的な容易性（有人⇒無人等）
- ◆運用や普及の容易性（事業者向け⇒個人向け等）

一方で、利用者や社会的なメリットがあるシーンに着目し、開発を進めるアプローチがある。目標設定により、関連する技術開発を促進させ、先行的にサービスを実現させ、最終的には技術の海外展開につながるメリットがある。

③ 開発、導入、展開段階での課題の明確化

各段階でサービス毎に想定される課題を整理した上で、その課題への取り組み内容を把握し、産官学での役割分担を明確にし、連携していく必要がある。

必要な対策として、例えば「官」は関連する法制度の改正、特区制度等を利用した社会実験の実施、社会的に必要となるインフラやデータの整備等、「産」は技術開発の推進、市場開拓、普及しやすいコストの適正化等、「学」は社会効果の把握、サービスの性能評価等がある。

④ 協調 ITS 実用化に向けたポイント

・技術開発①：民間サービスの評価

今後、様々な方式の自動運転車両が導入されると想定され、これにより、安全性や快適性の考え方や、それに伴う車両制御のタイミング等が異なる自動運転車両が交通流に混在することになり、結果として交通流の円滑性を低下させる懸念がある。そのため、官や学が安全性や円滑性等の評価を実施するとともに、制御アルゴリズムに対して一定の基準を設けることも想定すべきである。

・技術開発②：わかりやすい HMI の開発

自動運転は、緊急時等には自動運転からドライバー運転に移行するサービスから導入されることが想定される。この場合、切り替わるタイミングでの通知が重

要になるため、「力覚」、振動や衝撃等の触覚を通じて情報を伝達する新しいHMI (Human Machine Interface) 技術 (ハプティック技術) を活用したわかりやすいHMIの開発が重要である。

- ・技術開発③：実道と仮想空間を組み合わせた評価

安全を確保した上での実道や実車両による評価には限界があり、シミュレータのような仮想空間での評価にも実環境との相違等の影響が懸念される。これらは、相互のメリットを生かすことで効果的なサービスの評価が可能である。具体的には、通信やシステム動作に関する信頼性は実道で行うとともに、テストコース等でバリデーション用のデータ計測を行い、仮想空間でサービスの効果評価を行う等がある。
- ・法制度：現行の法制度下で解釈や運用の工夫

自動運転を導入していくためには、既存の法制度の解釈上で運用する工夫や、法改正等の対応が必要になる。法改正は短時間での対応が難しい面があり、現行の法制度面の課題をクリアできる方法を探ることが重要である。例えば、追従走行は、現状の道路交通法の牽引の発展形 (電子的牽引) と解釈できる可能性があり、無人走行の自動運転車両は、車両の運行状況をセンター管理しセンターから遠隔運転 (= 無人運転ではない) していると解釈できる可能性がある。
- ・運用・普及①：サービス事業者による自動運転車両の管理・運用

複雑な仕組みを有した自動運転車両には、適切な管理が必要となると考えられる。そのため、まずはレンタカー事業者やシェアリング事業者といった運営事業者が、複数の自動運転車両を効率的に管理し、レンタル等でサービス提供する方式が有効と考えられる。この方式は一般利用者が気軽に自動運転に触れることができ、運営事業者側も他事業者との差別化や、運営コストの削減等に期待でき、双方にメリットがある運営方式である。
- ・運用・普及②：公共交通を補完する新たなサービスの可能性

自動運転技術の活用により、公共交通の維持が難しい地方部や過疎地、都市部でのラストワンマイルで、自動運転車両をシェアリング運用する等により、新たな移動手段を提供できる可能性がある。そのため、地域の公共交通を補完する公共性の高い新たな移動手段として地域の交通体系に組み込み、資金面、制度面等での支援を容易にすることが重要である。

- ・運用・普及③：将来的な義務化も含めた事業者への自動運転導入

自動運転技術の活用は、物流事業者や高速バス事業者等の運転負荷の軽減や効率的な運行の実現に有効であり、社会的に非常に有効な取り組みである。しかし、事業者にとって、自動運転車両の導入の負担が大きいため、導入しやすくなるような支援策 (購入補助等) や、社会的必要性が高まった段階での自動運転車導入の義務化も想定される。

- ・運用・普及④：自動運転車両へのインセンティブ付与 (普及促進)

自動運転やそれに準ずる安全走行機能を有した車両が普及すれば、現状の規制速度よりも速い設計速度での走行を許可することも考えられる。保険業界と連携し自動運転車両の自動車保険料を下げるのも有効である。ドライバーに受け入れ易いインセンティブを明らかにし、産官が連携して有効な手法を探っていく必要がある。

- ・運用・普及⑤：インフラ整備の目標の設定

自動運転車両が走行する道路空間・走行車線を把握するための白線、路車間通信を行うための路側通信装置、詳細な位置を把握するための高精度地図の整備等、一定の管理水準の維持や新たなインフラ整備が必要になると考えられる。協調 ITS サービスの導入目標を産官学で合意し、その整備計画を明確にした上で、必要となるインフラの優先度をつけて効率的に整備・維持していくことが重要である。

3.5 各分野横断的に考慮すべき事項

将来における協調 ITS の全体像と進化の方向性を、前述の体系図として整理して見据えると、以下のように各分野で横断的に考慮すべき事項が存在する。

(1) データのあり方

基盤情報としての地図情報は、サービスにより求められる情報の細かさや精度は異なる。様々なサービスに共通的に利用できる部分とサービスに特化して詳細化を図る部分を明確にし、階層管理する仕組みが必要である。

また、人や車の移動履歴の情報は、渋滞予測等のナビゲーションの高度化の分野や道路行政支援等に共通的に利用できるデータであり、複数の利用目的を想定した上でデータを蓄積する範囲や詳細度を定める必要があるとともに、官民の役割分担の検討も必要になる。一方で、セキュリティの観点から保護すべきデータの領域にも留意すべきである。

(2) 画像処理技術の活用可能性

画像処理技術は、固定カメラ・移動型カメラによるインフラ管理や移動体の把握による安全性・円滑性の向上に活用され、取得したデータや既存データの分析・見える化や、複合現実感技術等の表示との組み合わせにより、環境負荷低減、快適性の向上にも活用できる。

多岐に活用するため、ソフトウェアの効率良い開発が必要となり、機械学習の学習データの効率の収集が重要である。また、時刻情報、位置情報の同期、インターフェースの共通化、機械駆動部の軽減、耐久性確保、省電力化等が課題であるとともに、搭載するデバイスの価格低下のために1つのセンサーを多目的に活用することも重要である。

画像情報の活用事象の例として、交通事故発生、危険運転・逆走・居眠り運転、駐車違反・速度違反、日常的な運転行動・走行状態、車載器の故障・ガス欠・オーバーヒート、日常的な車両状態、日常的な交通状態、日常的な運転状態、法面崩壊・トンネル崩壊（予兆を含む）、路面段差・クラック・穴ぼこ・照明故障（予兆を含む）、日常的な沿道状態一般（地図DB構築、人流・賑わい）、犯罪捜査が挙げられる。

(3) デバイスのあり方

車運転時・歩行移動時・公共交通利用時・駐車場利用時等様々な場面で利用できるデバイスについて共通化が図られている方が良い。具体的には、自動車から歩行モードに転換する際のカーナビ情報とスマートフォン情報との連携（図4）、ETCのカード決済と公共交通利用時の交通系ICカードとの連携が有効と考えられる。普及進展を考慮した共通化の範囲の見極めが必要で、どこまで共通化することが効率的であるか、利便性と併せて検討し、適切なデバイスを決定する必要がある。

(4) インフラのあり方

自動運転を実現するための白線等が一定の基準で管理された道路、PMVが走行可能な道路空間、交通量による車

線運用が可能な道路、ロードプライシング実現のための都市内エリアへの車両の進入を把握するための装置、最適な経路案内を実現するためのITSスポットの情報提供装置等、今後の協調ITSを実現させるために従来のインフラの改良や新たなインフラの整備が必要である。

車載器の充実や情報通信技術の進化に伴い、従来はインフラ設備として整備してきた道路標識等が、今後は車内での情報提供にシフトすることで、インフラ設備の整備・管理費用の節減や、情報更新時のメンテナンスの省力化等を実現できる可能性がある。技術の進展状況を踏まえ、今後、車外で提供すべき情報、車内で提供すべき情報を再整理する必要がある（表1）。

表1 中期における「車外」「車内」の役割分担案

分類	考え方	主な情報の例	媒体例
車外 (車外で必須)	・法規制の遵守を促すために提示すべき情報 【カバー率100%が必要】	・交通規制情報 ・案内標識（標識令） ・信号	・標識 ・路面標示 ・信号機 等
	・道路の安全な通行を確保するために、公的機関（道路管理者等）が万人に伝えるべき必要最小限の情報【B/Cを考慮しカバー率100%を目指す】	・事故情報 ・災害情報 ・規制情報（工事による車線規制等）	・標識 ・路面標示 ・情報板 等
車内 (車内が有利)	・個人の進行方向に限定した提供が有効な情報	・渋滞情報 ・所要時間	・ラジオ ・発話型車載器
	・個人や個車のニーズや特性に応じて加工して提供することが有効な情報	・安全運転支援情報（初心者/高齢者/上級者、普通車/大型車、晴天/雨天等）	・カーナビ（通信型/非通信型含む） ・スマートフォン
	・緊急情報等、直感的に伝えることが有効な情報	・直近の危険事象（災害、事故、落下物等）	・HUD, HMD ・力覚 等

これらについても、複数の目的や利用者、システムに対応可能なインフラのあり方、場所や区間、時間帯に応じたインフラのあり方、路車の役割分担にも配慮した情報収集・提供装置の配置等を考慮の上、今後の効率的なインフラ整備の方針を打ち出していく必要がある。

(5) 通信のあり方

日本のITSに活用されている無線通信規格として、5.8GHz帯を使用した路車間の狭域通信（ARIB STD-T75³⁾）と、700MHz帯を使用した路車間・車車間通信（ARIB STD-T109⁴⁾）の2種類がある。協調ITSアプリケーション（以下「アプリ」という。）の通信要件について既存規格への適用性を信頼性、接続形態、通信速度（伝送速度）の観点から整理した（表2）。

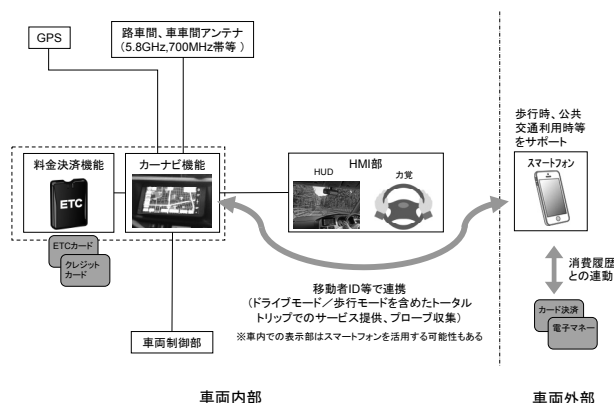


表2 接続形態からみた無線通信規格の協調 ITS アプリの適用性の整理の例

接続形態	通信要件	該当する代表的なアプリケーション	5.8GHz (T-75)	700MHz (T-109)
1対1: 路車間通信	通信エリア内での確実な通信(高い信頼性) インターネット経由の通信	・料金収受(ETC等) ・プローブ情報収集 (※通過情報・車載器稼働状況の把握含む) ・施設予約等	○	△ 信頼性
1対1(複数対複数): 車車間通信	特定車両との確実な通信(高い信頼性)	・隊列走行(追従車) ・C-ACC	×	△ 信頼性
1対多: 路車間通信	通信エリア内の相手への情報配信	・道路交通情報(渋滞情報等) ・安全運転支援(対向車・歩行者情報提供、カーブ進入危険防止等) ・規制情報提供、動的車線運用等	△ 通信距離	○
1対多: 車車間通信	通信エリア内の相手への情報配信	・緊急車両等特定車両の情報提供 ・対向車・後続車等への情報提供	×	○
多対多: 車車間通信	通信エリア内の不特定多数の車両相互の通信	・安全運転支援(他車両の位置・運転情報把握による出会い頭衝突防止等)	×	△ 信頼性

○: 対応可, △: 課題あり, ×: 現状では対応不可

料金決済やプローブ情報収集等、通信相手が限定されるアプリがあり、今後も5.8GHz帯を使用したARIB STD-T75でのスポット通信は必要である。

将来的には700MHz帯を使用したARIB STD-T109が有効なアプリが多くなると想定されるが、現状の規格では1チャンネル(幅9MHz)に限定されており、通信する情報量が増加すると処理能力(スループット)が低下し、エラー率が増加することによる信頼性の低下が懸念される。

将来に向け更なる協調ITSの高度化に伴い、求められるアプリのセキュリティや情報内容の要件に対し、5.8GHz帯と700MHz帯の特性を踏まえた使い分け、多対多通信のアプリが複数かつ同時に通信する場合のチャンネル数増設・周波数帯域割当ての見直し、アプリの要件に応じたWiFiや携帯通信網との連携、新たな通信システム(5G等)の協調ITSへの適用性の検討、アプリ高度化に伴う大容量データ通信への対応等、通信のあり方を見直す必要性が生じると想定される。

(6) 普及のあり方

協調ITSの施策を効果的に発展させていくためには、車載器や路側機の適切な普及促進策を図ることが求められる。市場原理に任せるだけでなく、車載器購入のインセンティブ付与や、特定の車両に対する車載器搭載の義務化施策が有効である(図5)。

路側機の普及促進に当たっては、公費導入に向けた必要性の提示が重要であるとともに、機器の価格低下につながる機器仕様の簡素化も有効な手段である。

4. おわりに

従来は官(道路管理者、交通警察等)が道路交通の交通状況の把握、情報提供等、道路運用の大部分に関わっており、インフラや人員の整備・維持の負担が大きかった。今後は走行している車両や移動する歩行者が持つスマートフォンから把握できる情報を官民で活用していく等、官民相

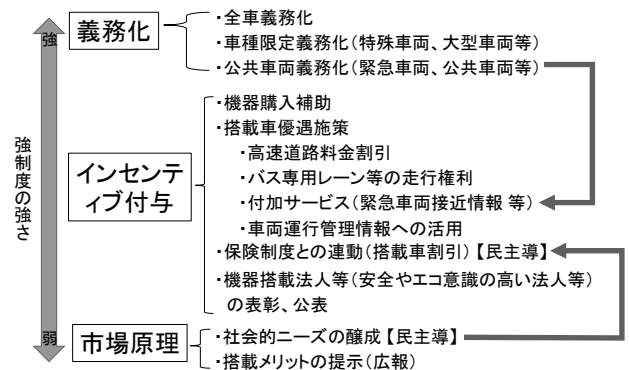


図5 車載器の普及促進策

互での協力体制を構築し、官側の道路運用に関わる負担が軽減されていくことが期待される。

一方で、センシング、制御、通信等の技術は進化し、人々の移動のニーズの多様化はさらに進み、快適な移動を実現するためのアプリケーションが民間(産)主体で実現していくことが想定される。これからの官は、「民間サービスの組合せが全体として上手く機能するための全体管理」等新しい役割も担っていくことが考えられる。

学は官と産の適切な役割分担について提言をしたり、今後実現してくる様々な協調ITSサービスについて、民間の利益とは別の社会全体を見通した視点での評価を行ったりする等の役割を担う必要がある。将来の社会の姿を想定し、技術開発が必要な内容を見極め、社会に根付かせていくための研究を進めていくことが大事である。

今後は、産官学の各位が変化を適切に捉え、これをアドオンしていく視点が必要である。

謝 辞

本研究の実施に当たり、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究「協調ITSの中長期的なサービスの実現に向けた要素技術の評価に関する研究」により支援を受けた。また、国土交通省道路局、国土技術政策総合研究所、ITS分野に関連する各種の有識者から貴重なご意見を頂いた。ここに感謝の意を表する。

(2016年9月5日受理)

参 考 文 献

- 1) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部, 官民ITS構想・ロードマップ2015～世界一安全で円滑な道路交通社会構築に向けた自動走行システムと交通データ利活用に係る戦略～, 平成27年6月30日決定, <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryou7.pdf> (2016.9.1閲覧)
- 2) 東京都都市整備局, 都心と臨海副を結ぶBRTについて - 基本計画に向けた中間整理 -, 2015.3, <http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2015/03/DATA/70p33100.pdf>, (2016.9.1閲覧)

- 3) 社団法人電波産業会, 狭域通信(DSRC)システム標準規格 ARIB-T75 1.5 版, 2008.12.12, http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/1-STD-T75v1_5.pdf, (2016.9.1 閲覧)
- 4) 社団法人電波産業会, 700MHz 帯高度道路交通システム標準規格 ARIB-T109 1.2 版, 2013.12.10, http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/1-STD-T109v1_2.pdf (2016.9.1 閲覧)