

安全・持続可能な交通社会の実現  
に向けた協調 ITS の提言

平成28年10月

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

## 目 次

0. 本提言書の目的、位置づけ .....	1
1. はじめに.....	3
2. 協調 ITS 検討の背景.....	7
2.1. 社会背景の変化 .....	8
2.2. 技術的背景の変化.....	9
2.3. ITS の進展.....	11
2.4. 協調 ITS の展開に向けた着目点.....	12
3. 協調 ITS の将来の方向性 .....	14
3.1. 将来の課題と協調 ITS が寄与できる内容 .....	14
3.1.1. 協調 ITS の評価軸 .....	14
3.1.2. 協調 ITS のターゲット .....	18
3.2. 将来における協調 ITS 実現イメージ.....	20
3.2.1. 各発展軸のサービスイメージと進化の方向性 .....	22
3.2.2. 各発展軸を組み合わせた協調 ITS の実現 ～公共交通を例に～ .....	32
3.2.3. 協調 ITS サービスの具体化にあたっての視点 ～自動運転を例に～ .....	36
3.3. 各分野横断的に考慮すべき事項.....	43
3.3.1. データのあり方.....	43
3.3.2. 画像処理技術の活用可能性 .....	44
3.3.3. デバイスのあり方.....	45
3.3.4. インフラのあり方.....	46
3.3.5. 通信のあり方 .....	47
3.3.6. 普及のあり方 .....	50
4. まとめ .....	51

## 0. 本提言書の目的、位置づけ

本提言書では、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・機能が大きく変換する将来像を考慮した上で、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」の立場より提言する。

本提言書では、はじめに背景として、近年における社会背景や技術的背景の変化の状況、ITSの進展の状況について整理した。

次にこれらの背景を踏まえ、今後のITSの求められる評価軸とターゲットを整理した。

これらをもとに、将来におけるITSの実現イメージとして、今後のITSの発展軸を提案し、ITSの評価軸やターゲットとの関係を整理した。併せて、将来のITSの各分野横断的に考慮すべき事項についても検討、整理した。また、自動運転等の具体例について、技術的要素や実現イメージ等の検討を通して、今後のITSを推進していく上での課題を検討、整理した。

本提言書で取りまとめた成果は、今後、中長期フェーズでITSを推進していく上で、ITS推進に関する行政、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、導入が行われるように、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使用されることを想定している。

## ■提言書作成メンバー

### <提言書 作成メンバー>

#### ■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）

須田 義大 教授 : 車両制御動力学  
池内 克史 教授 : 視覚情報工学（平成 25 年度,26 年度）  
大口 敬 教授 : 交通制御工学  
大石 岳史 准教授 : 時空間メディア工学  
鈴木 高宏 准教授 : 次世代モビリティとロボティクス（平成 25 年度）※職階は当時  
中野 公彦 准教授 : 機械生体システム制御工学  
吉田 秀範 准教授 : 交通政策論  
小野 晋太郎 特任准教授 : 時空間モビリティ情報学  
平沢 隆之 助教  
和田 健太郎 助教  
杉町 敏之 特任助教  
霜野 慧亮 特任研究員

### <提言書 作成支援>

株式会社長大 社会システム事業部 社会システム 1 部 岸 浩二、松本 章宏、高橋 真人

## 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り組みである。その黎明期は 1970 年代にさかのぼるが、日米欧 3 極における共通の言葉として ITS が定義され使われ始めたのは、1995 年第 2 回 ITS 世界会議横浜大会からである。

## ITSとは

ITS (Intelligent Transport Systems): 高度道路交通システム

- ▶ 情報通信技術を活用して人と道路(インフラ)と車両とを結び付けることにより、交通事故、渋滞、環境悪化などの道路交通問題を解決するために構築する新しい交通システム

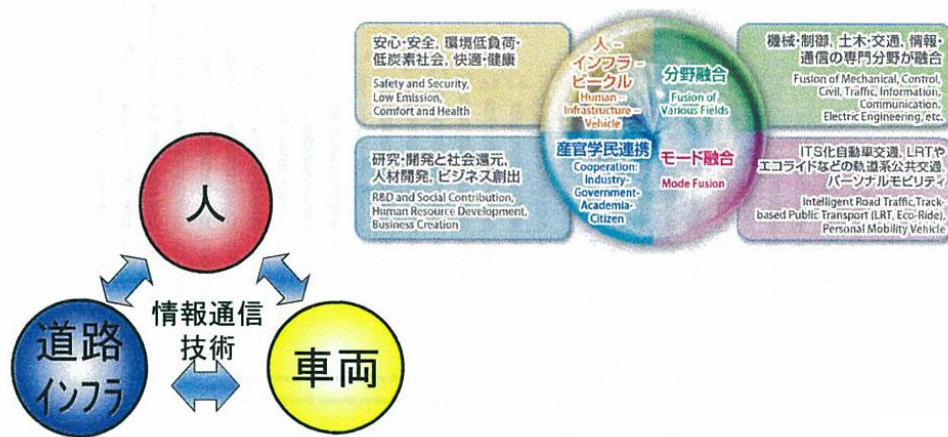


図 1 ITS の概念図

1995 年は、Microsoft Windows 95 が発売された年であり、それまでのコンピュータは、MS-DOS や UNIX のような文字入力ユーザインタフェース (CUI) が中心であったものから、本格的なグラフィックユーザ・インタフェース (GUI) へ移行した時代、また、商用利用のインターネットを介して、一般市民がパソコンで電子メール (Email) を使うようになりはじめた時代であるものの、まだ一般家庭ではアナログ電話回線を介したダイヤルアップ接続が一般的であった。当時は、常時接続によるインターネット利用は大規模事業者に限られ、それでも通信量は多くなく、その後の光ファイバ網による大容量常時接続によるいわゆるブロードバンド・ネットワーク化が始まる前の時代であった。電話もインターネットも有線接続であり、限定的な専用システムでしか無線通信は利用されておらず、一般大衆にとっては免許不要の小出力無線トランシーバを一部の新しいもの好きが使っていた程度だと言えよう。

翻って、2016年時点では、有線電話の地位は大きく低下してデジタル無線通信による「携帯電話」、さらに、その進化として、携帯電話機能を併せ持ちつつ「パソコン」機能も昇華させた携帯型通信・通話・情報処理端末としての「スマートフォン」や「タブレット」が世界中で同時的に爆発的な普及を果たしている。これらの端末、更にはデジタルカメラやビデオ等、多くの携帯して持ち歩いて利用される「携帯型の端末」には、GPSによる位置特定のみならず、ジャイロ、地磁気センサー、加速度センサー等、携帯端末の位置、移動、運動状態等を常時把握できる機能が標準的に付与されるようになってきた。紙幣・貨幣を直接用いずに電子的に決済するEコマースや、Suica等に代表される非接触型ICカードによる支払いも一般化し、高度な画像処理があらゆる場面で実用的に用いられる社会となった。

このように、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こうとする取組みとしてITSは定義されることとなった。

HMI（ヒューマン・マシン・インターフェイス）の進歩も著しい。電子地図表示車載端末に交通渋滞情報も表示するVICS（道路交通情報通信システム）を搭載したカーナビゲーションシステムは、自分の位置把握や判断の難しい経路選択行動をサポートしているし、自然なハンドル操作を楽にするパワーステアリングやタイヤロックを自動検知してブレーキ力を自動コントロールするABS（アンチロック・ブレーキ・システム）等、いわば自動車が運転者にとって「パワースーツ」化し、自由に楽に安全に安心して扱うことができる「モノ」に進化しつつある。

このように、センサー、通信、デジタル化、情報化、膨大データの取得と蓄積が進む「クラウド」社会、貨幣が電子化され、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、ごく普通に一般市民の日常生活の中に浸透してきたのが現在の日本、あるいは世界の実像だと言える。こうした時代においては、いわゆるITSの定義は時代遅れ、あるいは主客転倒、本末転倒な状況にあり、先進的な情報通信技術を使うのは「あたりまえ」であり、人・道路（インフラ）・車がつながるのも「あたりまえ」と考えられ、むしろこうした情報通信化が十分に機能を発揮しないのであれば、これは技術というよりも制度改革、規制改革等による社会制度、社会システムに不備があると考えるのが自然な状況に至っている。

さらに、自動車がひとつの「モノ」として魅力や価値が評価され商品として取引され、個人で所有することに殊更の価値を見出していた時代から、移動という「コト」に価値が置かれ、安く安全・安心で迅速に円滑に移動できるのであれば、「自動車」という移動手段にこだわらない、という価値観が急速に浸透し始めて、移動を実現させる物理的な移動体

である自動車は相対化され、保有・専有欲の対象物から、カーシェアリング、レンタカー等で移動を実現すればいい、あるいはパーク・アンド・ライド (P&R)、自転車利用、公共交通等多様なモビリティ手段を、自由に軽やかに選び取る、移動機能重視の考え方への移行が特に若い世代に急速に浸透した。

以上の時代背景、社会と人々が置かれている環境を鑑みると、今や当たり前になっている情報・通信機能が自由に存在し、これが使えらることは当然のことである状態を前提とすると、まずあらゆるヒト・モノ・移動体・インフラ等が、通信により相互に情報を交換し、有用な情報を取捨選択して協調していくことは、今後の方向性として当然の成り行きであろう。また、一つの移動手段に過ぎない自動車に特化せ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とも考えられる。したがって、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のではないだろうか。

なお、ごく最近になって、自動化技術の産業化、一般化、汎用化が急速に進展する兆しがあり、これを「自動車」、あるいは、あらゆる「機関によって推力を得る移動体」に対して適用することが、これらの自動車 (移動体) が多数動き回る体系 (システム) としての「交通システム」全体の安全性と円滑性の一段の向上に大きく寄与するものとして期待されている。また、ここで、情報化が急速に当たり前となり、通信によりクラウドで管理されることで、膨大なデータ量の情報が蓄積される「ビッグデータ」の時代が到来している点も重要な指摘事項である。一方でデータは、データであるだけでは記号列に過ぎず、そこで何らかの意味を持つことで本来の意味での「情報」となって初めて「価値」を生む。もちろん価値のある情報だからこそ、これらの情報源であるデータが収集され、クラウド化され、蓄積されている。したがって、民間が商業ベースで獲得したデータは、価値を持った「情報」として市場で流通される可能性がある。ただし、これらのデータの中には、特に、「ヒト」の移動のための「移動体」に関わるデータは、個人情報保護の観点からその扱いが厳密に管理され、逆に市場には出すことができないものも多く含まれている。あるいはその「価値」がまだ市場で成熟していないため、価格が定まらずに、うまく流通していない状況もあり得る。加えて、データからより高い価値のある情報を生み出すデータマイニングやデータフュージョン等のために、最先端の技術を持ったデータ・サイエンティストが必要であるが、こうした人材が十分に育っていないという課題も指摘される。いずれにせよ、「ビッグデータ」の時代は、既存の工学・技術体系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 であるとも言うことができよう。また、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、これらのヒト・モノ・移動体・インフラ等相互が「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。

以降、本研究では、こうした再定義された ITS を特に「協調 ITS」と呼び、そのできる限り体系的な全体像を描くとともに、その発展形、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 検討の背景

今後の協調 ITS の検討に向けては、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。

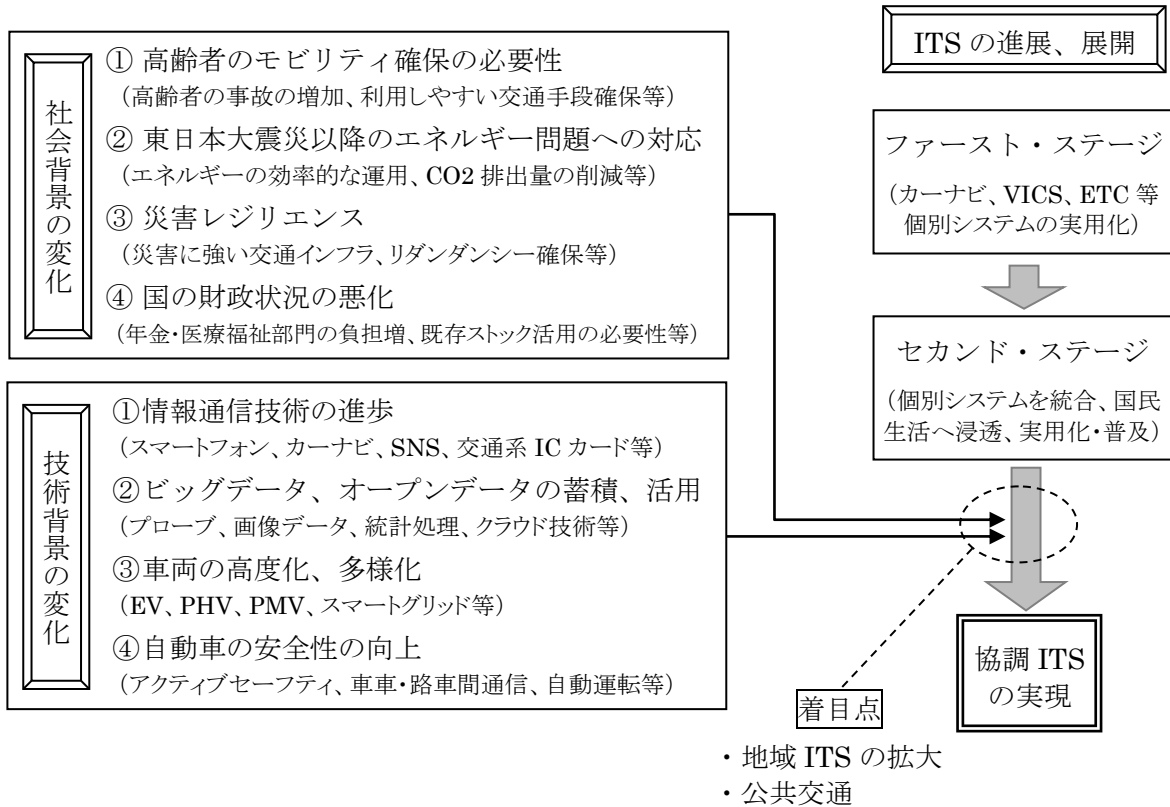


図 2 協調 ITS 検討の背景

## 2.1. 社会背景の変化

### (1) 高齢者のモビリティの確保

超高齢化社会の到来を控え、高齢者のモビリティの確保が課題となっている。ドライバーの高齢化に伴い高齢ドライバーによる事故の割合が近年増加している一方、自動車を運転しない高齢者の移動の確保が課題となっている。また、都市化進展の影響により、地方部での公共交通の脆弱性が課題となっている。高齢者の健康維持の観点から外出機会の確保も課題である。今後の超高齢化社会の到来を見据え、高齢者の安全で円滑な移動手段の確保が求められている。

### (2) 東日本大震災以降のエネルギー問題

東日本大震災以降、エネルギー問題への関心が高まっている。また、国際的な二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量の低減に向けた取り組みも進められており、今後はエネルギーを上手く効率的に運用することが更に求められる世の中になっていく。

なお、交通分野においても、自動車の動力源が多様化（ガソリンから電力等）しており、近年のエコ意識の高まりと燃費改善のニーズより、ハイブリッド車や電気自動車等の普及が進んでいる状況である。

### (3) 災害レジリエンス

近年、東日本大震災に代表されるような大規模災害が発生しており、災害発生直後の避難行動や復旧時における交通網の脆弱性が指摘されている。今後も避けることができない災害の発生に向けて、災害に強い交通インフラや災害時の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営が求められている。一方、都市部のゲリラ豪雨による浸水等の局地的災害も発生しており、災害発生箇所の迅速な把握や適切な避難・迂回行動の支援が必要である。

### (4) 国の財政状況の悪化

日本の財政赤字は約 837 兆円（2015 年度末：政府案、地方分の財政赤字を除く）となっており、真に必要な公共事業への集中と選択が求められている。今後、超高齢化社会を迎えるに当たり、年金・医療福祉部門の負担が更に増加する中、交通部門においては更なる予算の効率化が想定される。このため、従来のハード整備の比率が少なくなり、既存ストックを有効活用していくためのソフト施策の必要性がますます高まっていくと考えられる。協調 ITS はこのような今後の施策推進に有効なツールとなり得る。

## 2.2. 技術的背景の変化

### (1) 情報通信技術の進歩

携帯電話網の高速化、無線 LAN 環境の充実、スマートフォン等の高度な端末の普及等、近年の情報通信技術の進歩は目覚ましい。特にスマートフォンは広く国民に普及しており、近年は高齢者への普及も進んでいる。これらの情報通信技術を用いた各種アプリ（ナビゲーション、決済サービス等）の充実や、SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）による発信型の情報提供サービス（Twitter、Facebook 等）については、若者を中心に広く使われている。

自動車交通分野においては、カーナビや ETC を搭載した車両の高い普及に代表されるように、情報化が進んでいる。特にカーナビにおいては、近年のスマートフォンの急速な普及に伴い、スマートフォン型カーナビが従来型のカーナビを凌駕するように広く使われるようになってきている。

公共交通分野においては、交通系 IC カードが広く普及しており、スムーズな乗換えやコンビニ等での買い物もカード一枚で実現する等、利用者の利便性向上が進んでいる。また、公共交通や徒歩等も含めたトータルの移動に対するナビゲーションサービスも実現している。

### (2) ビッグデータ、オープンデータの蓄積、活用

交通に関する情報通信技術の進展により、プローブデータ、ETC データ、交通系 IC カードの通行履歴等、人々の移動に関わる様々で大量な情報が収集・蓄積されている。また、行政が有するデータをオープンデータとして公開し、これを様々な目的に活用する動きも進展している。

プローブデータは、自動車メーカーが主体となった会員向けの情報提供サービスが広く普及しており、プローブ情報を活用した所要時間情報の提供サービス等が行われている。各自動車メーカーが収集しているプローブ情報は、災害発生時の道路の通行可否を判断できる情報としても有効であり、各社のプローブ情報を統合し、災害時等の情報提供に役立つ取り組みを実施している。国土交通省では、ETC2.0 サービスの提供を開始し、対応する車載器からプローブ情報を収集している。道路行政の効率化への活用等、プローブ情報の多面的な活用を検討しており、多方面での活用を実現するために個人情報に留意した上でプローブデータをオープン化していくことが必要である。

また、ビッグデータを扱いやすい環境も実現してきている。情報ネットワーク技術の進化、クラウド技術の進展に伴い、従来よりもシステムの構築や運用が簡易に実現可能になってきた。これにより、システム運営者の負担を減らせることができるだけでなく、システムの一極集中から分散化が進み、災害に強いシステムを実現することもできる。

### (3) 車両の高度化、多様化

自動車本体の進化や多様化も進んでいる。環境モデル都市では公用車に電気自動車（EV）を導入する等、環境に優しいエネルギーを動力源とした EV やプラグインハイブリッド自動車（PHV）の普及が進んでいる。また、一人乗りの車両（Personal Mobility Vehicle: PMV）等、多様な利用者や利用シーンを想定した様々な車両の開発も進められている。

併せて、EV や PHV の移動の需要を踏まえた発電、給電体制の構築や、電力需要の管理（スマートグリッド）の議論も進められている。なお、EV は、移動できる蓄電池としても位置づけられ災害時の電力確保等への活用も検討されている。

### (4) 自動車の安全性の向上

自動車の安全性の向上は、近年、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が進められている。

アクティブセーフティについては、従来の自動車単独での技術から、車車間通信や路車間通信を活用した協調型システムの開発が進んでいる。これにより従来は対応できなかった自動車単独では検知できないカーブ部や交差点部等での安全運転支援が実現されるようになってきている。これらの安全運転支援システムは、高級車を中心に徐々に装備され始めており、今後対応車両の普及が進むにつれて、更なる安全性の向上が期待されている。

自動運転の実現に向けては、各自動車メーカーが研究を進めている。Google 等、従来自動車メーカーではない企業も自動運転の実現に向けて研究を進めており、GPS 等による自車位置特定技術、高精度な地図の技術、障害物等のセンシング技術等の組合せで、技術的には自動運転の実現が現実のものになりつつある。なお、日本では内閣府により自動運転が戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）に位置付けられ、自動運転の実現に向けたセンシングや HMI、セキュリティの技術開発等が省庁横断的に進められている状況である。

### 2.3. ITS の進展

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。

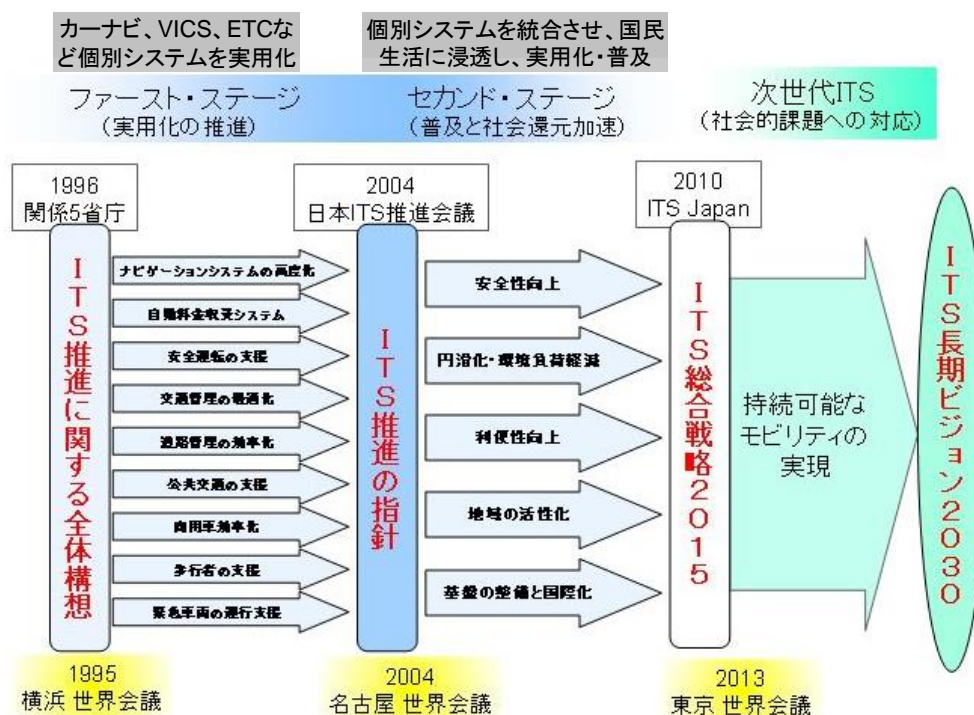


図 3 これまでの ITS の進展

出典: ITS Japan ホームページをもとに編集  
<http://www.its-jp.org/about/>

## 2.4. 協調 ITS の展開に向けた着目点

### (1) 地域 ITS の拡大

ITS は、VICS、ETC 等、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組みまで、幅広い範囲における交通課題に有効なツールとして期待されている。

地域の交通課題として、地方部での公共交通の衰退や観光推進、地域活性化等が挙げられる。地域における交通情報を集約し、地域の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、地域の交通課題の解決が期待できる。特に、情報を活用した取組みは低価格で実現できるという強みがあるため、地域において導入しやすいというだけでなく、いずれはそのような取組みを海外へ展開できる可能性を含んでいる。

なお、千葉県柏市では、産官学が一体となった柏 ITS 推進協議会が立ち上がり、産官で交通情報を集約し、交通情報や環境情報の見える化や、公共交通の利便性向上に向けた取組み等が行われている。また、地域での安全・円滑な移動を実現するため、地域の ITS 関連情報を集約管理するセンターや各種情報を集約管理するための仕組み(情報プラットフォーム)等、効率的な情報集約の必要性についての実証を進めているところである。

### (2) 一定の公的サービスとして整備すべき公共交通

公共交通は交通弱者の移動手段の提供、自動車交通からの転換のための受け皿、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。

都市部では集中する自動車交通から分散させるために、限られた道路空間を有効に活用し道路空間に対して一定の公共交通を提供すること、地方部や中山間部では人々の生活の足として、基本的な移動のインフラとして公共交通を確保することが必要である。このように、地域の特性、ニーズに応じた公共交通の充実が求められる。

現状においては、バス専用レーンや PTPS (公共車両優先システム) 等の公共交通支援策が個別の箇所に導入されているが、その効果は部分的と考える。今後は地域の特性に応じて街づくりをしていく際に、地域の交通体系を検討し、その中で地域の特性に応じた公共交通を位置付けていく必要がある。

将来的にはパーソナルモビリティやカーシェアリングが普及し、更には自動運転が導入されると、パーソナルモビリティや自動運転車両が共用利用され、新たな公共交通として位置付けられる可能性も考えられる。また、自家用車の相乗りを支援する仕組みも登場してきており、このようなものも今後、公共交通を補完する移動手段となる可能性がある。

また、公共交通は、協調 ITS 施策の導入、展開を牽引する存在にもなり得る。

例えば、一般車両の安全運転支援システム等を普及させていくためには、車載器を購入した人がすぐに一定の効果を得られるような環境づくりが必要である。全ての公共交通に同様の車載器が整備されていれば、公共交通との事故発生を防止できるだけでなく、車載器を装備している車両のみはバス専用レーンを走行する等のインセンティブを付与する施策への発展も考えられる。また、車載器を装備している公共交通同士も相互に通信を行うことにより、事故防止だけでなく円滑な運用を支援することにもつながる。このように、協調 ITS の施策を普及、展開させていくためには、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. 将来の課題と協調 ITS が寄与できる内容

##### 3.1.1. 協調 ITS の評価軸

###### (1) 評価軸の種類

###### a) 安全性の向上

自動車による交通事故の発生件数は平成16年をピークに近年は減少傾向にある。交通事故による死者数においては、平成8年に1万人を下回って以降継続的に減少しており、平成21年に5,000人を下回り、近年は4,000人に近づいている状況である。しかし、その一方で、歩行者による事故が占める割合が高いこと、更には交通事故による死者の内、半数以上が高齢者であること等から、今後は歩行者や高齢者をターゲットにした安全対策が重要になってくる。

交通事故の内訳を事故の種類別に見ると、追突事故、出会い頭事故が多くを占めている。また、事故の発生場所に注目すると、一般道では市街地での事故が全体の約4分の3を占めており、このうち、交差点と単路部で半数ずつ発生している。なお、高速道路の事故は、発生件数は少ないものの、一般道路に比べて死亡事故の割合が高い。また、一度高速道路上で事故が発生すると、事故処理に伴う渋滞や通行止め等により、物流システムに多大な影響を与える等、社会に与える損失が甚大になりやすい。

なお、交通事故の内、ヒューマンエラー（発見の遅れ、判断の誤り、操作の誤り）に関する事故は事故全体の9割以上を占めている。協調 ITS 技術を用いることで、従来の安全対策では対処しきれなかったドライバーの運転操作に直接介入するような対策も実現することができ、更なる事故の削減が期待される。

人が移動する際に、安全性に関わるリスクをゼロにすることは不可能である。人々の経済活動を維持しつつ、許容できる範囲でリスクを最大限に低下させるという考え方が必要である。

###### b) 円滑性の向上

全国での渋滞損失額は年間約12兆円と莫大である。

一般道路では依然として都市部の幹線道路を中心に渋滞が発生している。

高速道路では ETC の導入により料金所での渋滞は削減したものの、速度低下が発生するサグ部等のボトルネックでの渋滞は引き続き発生している状況である。

渋滞対策はハード/ソフト両面で様々な対策が行われている。首都圏では今後、三環状により道路ネットワークが構築され、道路ネットワークを上手く活用した道路を賢く使う取り組みが行われようとしている。

なお、現状では、車両感知器等により渋滞の発生状況を把握しているが、センサーのない箇所の交通状況は把握できない。センサーのある箇所では渋滞が発生した状況を把握しているが、渋滞の発生自体を予測し、動的に分散を図る施策までは実施できていない。今後は、道路ネットワーク上の交通状況をモニタリングし、蓄積してきた



過去の交通状況データを活用の上、より動的な渋滞発生抑制施策を実施していくような取組みが必要である。

#### c) 環境負荷の低減

自動車交通は、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）、浮遊粒子状物質（SPM）等を排出し、交通量の多い箇所では沿道環境に多大な影響を与えている。特に、大型車のディーゼルエンジンによる排ガスの影響は大きい。これらによる沿道への影響を最小限にするため、都市部では排ガス規制や環境ロードプライシング等の各種の施策が実施されている。また、温室効果ガスに着目すると、日本のCO<sub>2</sub>の全排出量の内、その約17%が運輸部門であり、更にその内の約86%が自動車交通によるものである。

環境負荷を低減させるために、クリーンな車両を普及させること、環境に優しい運転方法を定着させることと合わせて、円滑性の向上（渋滞の削減等）や環境に優しい移動方法への転換等に取り組んでいく必要がある。

#### d) 快適性の向上

自動車の利用シーンは多様化しており、通勤・通学、商用、買い物、レジャー等幅広い目的や場面が挙げられる。自動車の利用シーンや利用目的が多様化する中、自動車は単なる移動手段としてではなく、移動自体に快適さや楽しさが求められるべきものである。

快適性を考える上では、運転時の運転負荷の軽減や、公共交通への乗換えの際のストレスフリー等も重要な要素である。

移動時の快適性を向上させることは、移動そのものを楽しくすることにつながり、更には高齢者等の新たな移動需要の発掘等にもつながり、人々の生活を変える新たなきっかけになる可能性を秘めている。

#### e) 移動ニーズへの適切な対応

人は、誰もがどこにいても移動できる環境が必要である。例えば、移動する人に着目すると、自らが運転して移動できる手段を持たない高齢者等の交通弱者に対して、容易に利用できる手段が必要である。移動する場所に着目すると、地方部や中山間部等においても、移動できる手段が必要である。

しかし、現状は、人口集中の度合いや地勢的な特性より、地域間で移動のしやすさに偏りがある状況であると言わざるを得ない。

人々の移動ニーズが適切に反映されるように、地域のマスタープランを策定する際には、地域の特性に留意して、交通体系のあり方を検討する必要がある。

このような「移動ニーズへの適切な対応」という視点は、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つとして考えられる。

## (2) 評価軸相互の関係

以上の評価の視点は、各視点単体ではなく、相互に影響する。

例えば、円滑性を向上させる渋滞対策等の取り組みは、渋滞末尾への追突事故の低下等、安全性の向上にも寄与し、更に渋滞が減ることで沿道環境が改善し、これらを併せた移動時の快適性の向上にもつながる。このように、協調 ITS の評価軸は、相互に関連し、シナジー効果を発揮する。

一方、安全性を向上させるための取り組みは、時に円滑性に影響を与える可能性（速度低下施策が交通容量低下につながる等）もある。また、移動時の快適性を与える取り組みは安全性に影響を与える可能性（移動中のエンターテインメントは運転への集中力低下につながる等）もある。

このように、協調 ITS の評価軸は、取り組みの内容に応じてトレードオフになる可能性もある。

## (3) 多様な価値観の評価に対応するための考え方

従来の施策は、B/C により整備の必要性や優先度が検討されてきた。このため、B の値が大きくなる事故削減等、安全性の向上に係る効果が最も高い評価となり、環境負荷の低減や快適性の向上等、数値化や貨幣換算化が難しい項目が相対的に低い評価となっていた。今後の社会では、多様な価値観の生活が求められ、移動者のニーズが細分化することが想定されることから、多様な視点の評価を総合的に評価する仕組みが必要になる。例えば、前述の a) ~e) は交通の視点での評価軸であるが、協調 ITS は「産業構造」や「暮らし」そのものに変化をもたらす可能性がある。これらの視点が組み合わせると、「今までとは違う効率的な物流体系が実現する」等の効果が出現することも考えられる。

また、新しい取り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になってくる。このためには、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、CO<sub>2</sub> の発生状況等見えないもの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。

さらに、今後、協調 ITS を展開していく上では、従来の土木・インフラ部門で行われてきた失敗できないという視点から、ビッグデータ等の情報を用いて「まずはやってみる」というスタンスでの施策実施も重要である。従来のインフラ整備は、確実性や普遍性を最重要視してきたため、開発から整備までのスピード感が遅いものが多かった。しかし、情報通信技術等が含まれる ITS の分野は進化の速度が速いため、従来よりもスピード感を持った対応が求められる。IT 分野のように、様々なアプリケーションが立ち上がり自立的に進化していくような環境も必要である。例えば、プローブ情報を収集できる「ITS スポット」は正に土木と情報の融合の産物であり、ITS スポットから収集できる

プローブ情報を活用すると様々なアプリケーションを構築することができ、更に交通や社会の状況の変化に応じて、ドライバーへの情報提供の内容等、サービス内容をカスタマイズしていくことが可能である。このように、ITS スポットやプローブ情報というツールを今後も有効に活用し、スピード感ある施策の展開を探っていくことが必要である。

### 3.1.2. 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、管理者等に留まらず、今後、幅広いターゲットが想定される。以下に、今後の社会動向の変化を念頭に置いた上で、特筆すべきターゲットを整理する。

#### (1) 交通弱者の移動支援

高齢者、身体障がい者、外国人等の交通弱者は、移動そのものに不便を感じる場面が多い。これらの交通弱者の移動手段を確保するための取組みが必要となる。

また、マルチモーダルな移動手段や移動経路を適切に提供し移動のスマート化を実現するために、公共交通の運行情報や移動方法に関わる情報の提供が重要である。特に、交通結節点内においては、バリアフリー経路やトイレの位置、休憩スペース等の情報も重要になる。さらに、公共交通の利用においては料金支払いが移動のボトルネックになっている場合があり、例えば、共通 IC カードによる料金支払い方法の一元化や将来において公共交通利用税をあらかじめ徴収し公共交通利用時の支払いは行わない方法等も移動の負荷を減らす取組みとして有効である。

協調 ITS 技術を用いることで、交通弱者が移動を行う際において、あらかじめ移動方法を検討する場面や、移動中に予定変更をする場合、また、交通手段の混雑や障害発生により迂回行動をとる必要が生じた場面等、カーナビやスマートフォン、デジタルサイネージ等の情報提供機器を用いた情報提供が有効である。

さらに、運転技術の自動化の推進はドライバーの運転負担の軽減が実現し、交通弱者の移動支援にもつながる有効な取組みと考えられる。

#### (2) 地域活性化

協調 ITS は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できるため、地域活性化に資する有効なツールと考えられる。都市部では公共交通をより利用しやすくすることで、自動車交通から公共交通へのシフトを促し、より快適な移動を実現することで、地域の魅力向上に寄与する。地方部では情報通信技術等を用いて移動の需要に応じた移動手段を運用することで、地域ポテンシャル低下の抑制に寄与するだけでなく、観光等新たな移動需要の発掘も期待できる。また、道路ネットワークの整備と情報提供の充実により物流車両が移動しやすい環境を整備することで、物流拠点等の地方進出を支援し、地域発展に寄与することも期待できる。

地域に協調 ITS を導入することで地域内での交通の最適化が実現でき、これは地域住民だけでなく来訪者にも優しい交通体系が実現する。これにより地域住民の移動や来訪者が増えることにより、人々の交流が活発化し、消費行動が増え、地域の活性化につながることを期待される。

### (3) 来訪者支援

人々の余暇の過ごし方は多様化しており、周遊型や体験型等、様々な観光シーンへの対応が求められている。東京オリンピックの開催も今後控えており、国外観光客は更に増加することが想定される。また、観光客に限らず、出張で移動する業務移動者、乗換えによる来訪者等、様々な目的を持った来訪者が存在する。このような来訪者は、鉄道等の乗車時刻までの有効な時間の使い方や付近の美味しい店や魅力的なスポットの把握、観光地までの適切な移動経路等、多様な情報ニーズを持ち合わせている。これらに対応できる交通システムや情報提供システムの構築が必要である。

協調 ITS は、来訪者の快適な移動を実現するための広域移動の支援や、適切な周遊ルート提案、観光情報の提供等に有効と考えられる。

### (4) 防災・減災

災害発生時においては、適切なタイミングや箇所でのわかりやすい避難誘導が重要である。避難誘導はその地域の地勢に詳しい住民向けのものとは来訪者向けのものでは提供内容や提供方法を変更する必要がある。また、事前の災害への備えとしては、ハザードマップ等の情報を地域住民等に認知させることが重要である。このような防災・減災のために、協調 ITS は有効なツールになる。

なお、発生時期や箇所、規模等を予測できない災害に対して、災害対策の目的のみでシステムを構築・運営していくことは、非常に大きな負担がかかる。また、住民等災害情報を提供される側にとっても、災害発生時にのみ急遽、情報提供が行われても、その情報に対して適切な対処ができない可能性がある。このため、防災・減災に関する情報提供システムは、平常時においても移動支援の目的で常に使用されており、住民等が普段から情報提供されることに慣れておくことが重要である。

### 3.2. 将来における協調 ITS 実現イメージ

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、今後の協調 ITS の進化の方向性を協調 ITS 発展軸として定めた。

まずは従来の ITS を構成する主要要素である「人」、「車」、「道」の3つを協調 ITS 発展軸に設定した。これら3つをつなぐものとして「情報」が存在する。これを第4の発展軸とした。また、移動という観点に着目すると、「人」や「車」だけでなく「物」の移動も存在する。この「物」を第5の発展軸に設定した。さらに、上記の5つ（人、車、道、情報、物）を施策として活用し管理する立場として「行政」がある。この「行政」を第6発展軸に設定した。

#### 【協調 ITS 発展軸の6つの柱】

人：移動支援の高度化（情報提供 等）  
車：車両、運転操作の高度化（安全運転支援、自動運転 等）  
物：物流の高度化（商品管理 等）  
道：道路運用、事業運用の高度化（交通管制、車両運行管理、料金決済 等）  
行政：行政支援の高度化（施設管理、道路・公共交通計画、施策立案 等）  
情報：情報活用の高度化

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（例. 発展軸「人」に位置づけられるナビゲーションサービスの第一義の対象者は「人」である）。しかし、サービスによっては、そのサービスの第一義的な対象者（物）に限定されず他の発展軸の対象者（物）も存在する（例. 発展軸「車」に位置づけられる自動運転は、第一義的な対象者（物）の「車」だけでなく「物」も対象になる）。

上記6つの発展軸にそって個別のサービスが発展していく将来における協調 ITS のイメージを、次ページに体系図として整理した。個別のサービスは「人」や「車」等が移動することに着目して整理している。個別サービスの検討に当っては、現状で発生している移動を支援する視点だけでなく、現状は十分な移動ができていない場をサポートすることで新たな移動を創り出す視点も考慮している。

また、体系図に示した各協調 ITS の発展軸のサービス進化のイメージを、次々ページ以降に整理した。

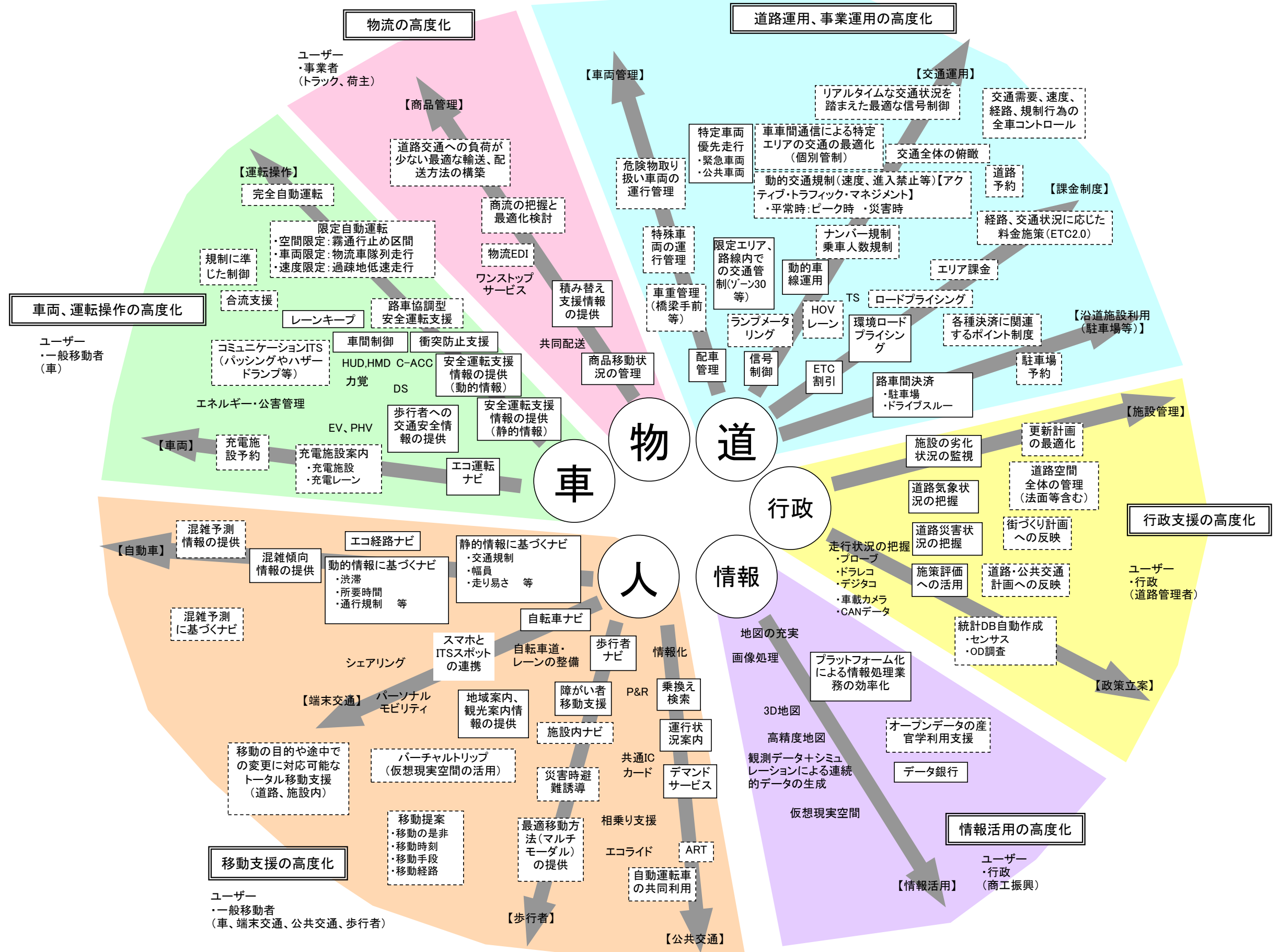


図 4 協調 ITS サービスの体系図

### 3.2.1. 各発展軸のサービスイメージと進化の方向性

#### (1) 発展軸1「人」：移動支援の高度化（情報提供等）

- ・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）が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、移動経路、移動時間、移動料金や、駐車場所、移動途中で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、移動者の嗜好等を考慮した快適な移動が実現する。
- ・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間の変更、移動者のニーズにあった別のプラン等、最適な移動示す提案型のサービスが実現する。

現状では自動車ドライバー向けのカーナビ、歩行者向けのナビ、公共交通情報の案内等、移動手段毎に情報提供の充実が図られているが、将来においては移動の手段にとらわれず、移動者がその時々での最適な移動方法を判断できるような世界が実現する。

自動車で移動する際には、現状カーナビで提供している情報のリアルタイム化が進み、また、個々のドライバーが走行する予定の道路（カーナビの経路検索結果）を把握できるようになり、これらを活用した予測技術も進化し、正確かつ今後の変化の状況も踏まえた経路案内が実現する。また、選択する経路のニーズも細分化し、とにかく早く到着できる経路、大型車が少なく安心して運転できる道路、振動を拾わない道路等、ドライバーの好みに応じた経路案内が実現する。更には目的地周辺での駐車場も予約できるようになり、目的地周辺で駐車場を探すための無駄な移動はなくなる。

自転車においては、自転車が安全で快適に移動できる経路や、自転車が進入できない区間やその迂回経路、路上駐車の有無、駐輪箇所の有無、進行方向の天候等、自転車が走行する際に必要な全ての情報が入手できるようになる。自転車向けの情報は、パーソナルモビリティ等、今後多様化する車両への情報提供にも活用される。

歩行者においては、スマートフォン等のメディアにより、通常時における道路だけでなく施設内も含めた経路案内、観光地における観光経路案内、障がい者向けバリアフリー経路の案内、外国人向けの経路案内、災害発生時の避難経路の案内等、様々な人や場面に応じた適切な情報が提供される。併せて、観光施設や商店、トイレ等、施設関連の情報も提供される。

公共交通においては、料金や時刻表等の静的な情報が交通手段や運営会社に限らず統一的にデータベース化され、さらに、運行の遅れや車内の混雑状況等の動的な運行状況や利用者の乗車ニーズが集約され、これらの情報をもとに公共交通の運行計画が適切に見直され、利用者に最新の運行状況や混雑状況、更には最適な移動方法が提供され、効率的かつ利用しやすい公共交通が実現する。また、大量の移動需要に対応するマストラ



ンジット（大量輸送機関）としては、東京オリンピックに向けて次世代都市交通システム（Advanced Rapid Transit: ART）導入が検討されており、スムーズが加減速を実施できる新型車両の開発、車車間や路車間通信を利用した車両制御や信号交差点の優先走行、リアルタイム運行情報の提供、ボトルネックとなっている料金支払いのスムーズ化等の実現を目指している。一方、地方部や過疎地等、マストランジットの成立が難しい地域においては、需要に応じて経路や運行頻度を変更できるデマンド交通、自動運転車両を共同利用するシェアリングシステム、一般乗用車の相乗りを支援する利用者の提供者のマッチングシステムの導入等が考えられる。

以上の自動車、自転車、歩行者、公共交通に関わる各種の情報は、地域単位で ITS 情報を管理するセンター等に集約され、移動者が移動する際に移動者が選択した移動手段に応じて適切に提供される。例えば、出発前において移動者が移動手段を選択する段階や、移動中に交通混雑等が生じた場合等での情報提供が考えられ、事故や混雑等で移動時間の遅れが生じそうな時には、別の交通手段に乗り換える移動方法やそのための料金等、移動者が移動途中でも適切に移動方法を変更できるような情報を提供する。このように、移動に係る全ての情報が入手できるようになり、移動者はその時々に応じた最適な移動を実現することができるようになる。

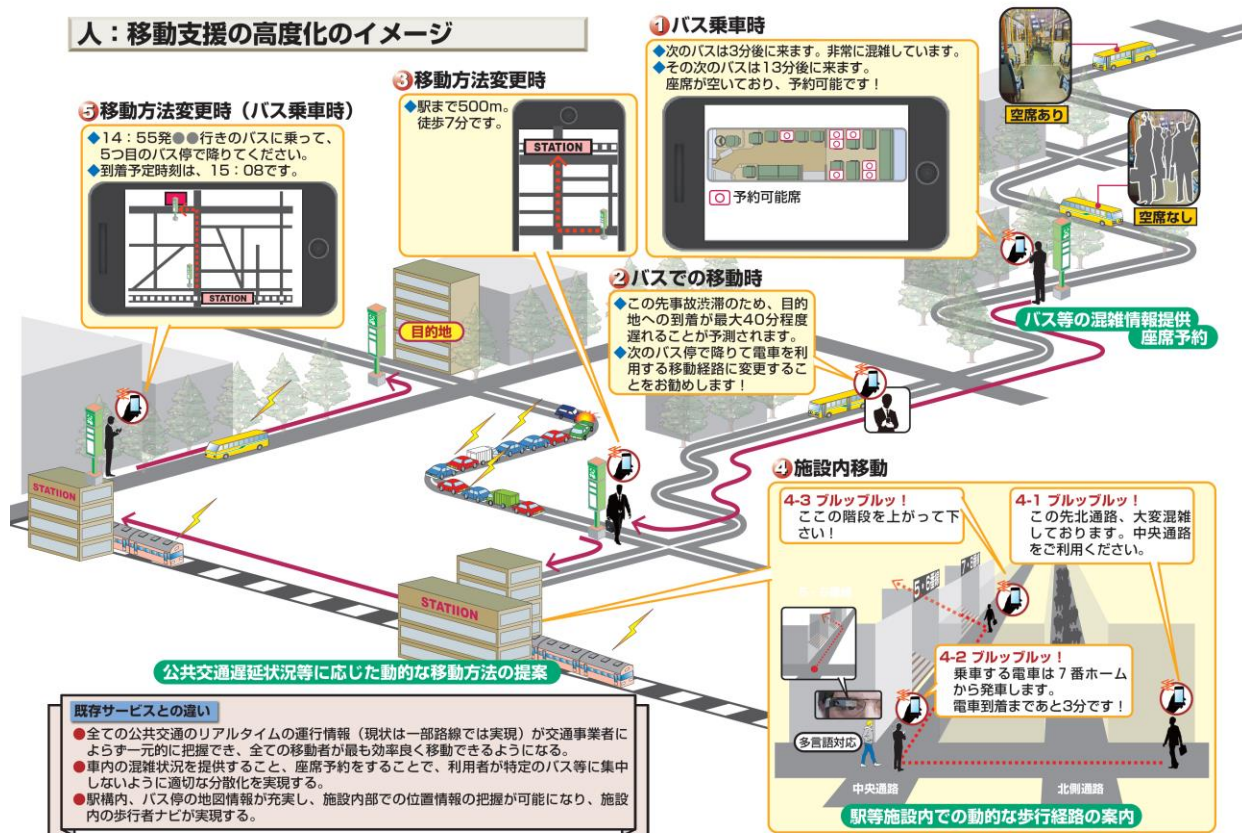


図 5 「人」の移動支援高度化に係るサービスイメージ

## (2) 発展軸2「車」：車両、運転操作の高度化（安全運転支援、自動運転等）

- ・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、更には自動車の高度な制御機能が働き、自動車の事故は激減する。
- ・進行方向前方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、路線で自動運転が実現する。

自動車向けの安全対策は、情報提供、車両制御、自動運転という順で支援レベルの進化が実現する。また、衝突防止支援やレーンキープ等車両単独で実現する技術から、車両相互での位置情報や進行方向の把握や、インフラが把握している情報と連携することで、複数の車両に係るより広範囲での安全性の向上が実現する。

情報提供については、現在用いられている案内板・標識と同等の情報を車両が取得できるようになれば、個別の車両とドライバーが持つ情報に対して走行している路線の規制、警戒情報を比較し、車内でドライバーへ提示することが実現される。あらかじめ比較した情報を提示することで、現状よりも認知されやすい提示による情報の提供が期待される。

自動運転については、施設内や特定の路線等限定されたエリアや物流車両等の限定された車両から実現し、その後対象範囲や車両が拡大し、最終的には一般道において全ての車両の自動運転が実現する。自動運転の実現は、安全性や快適性の向上だけでなく、交通状況に応じて運転スタイル（例えば、快適性重視や円滑性重視）を変更することで、サグ部等の交通容量が低下する区間で最も効率的な交通流を実現すること、また、エネルギー負荷の最も少ない運転を実現すること、物流の隊列走行やレンタカー等の回送車を牽引することで事業者のコストが縮減する、更には自動運転車両を共同利用できる仕組みを導入することにより、例えば、高齢化が進む過疎地域において自動車を運転することができない高齢者等、交通弱者の移動を保障すること等にも寄与することが期待できる。自動運転は、一般利用者や物流事業者等の利便性の向上やコスト縮減の観点だけでなく、規制速度の遵守や効率的な車間での運行等、道路を管理する観点からも有効なサービスが実現できる可能性がある。

また、今後は電気自動車等の更なる普及等、自動車のエネルギー体系も大きく変わることが想定される。これに伴い、自動車の新しいエネルギー体系に対応できる充電施設等のインフラの整備や管理が必要になる。例えば、電気自動車等の動きをプローブデータ等で分析すれば充電施設の最適な配置を検討できる。走行中の車両には、最寄りの充電施設の位置や空き状況を伝えることができる。走行中の車両からエネルギー消費の状況をモニタリングし、更には充電施設の予約管理を行うことで、エネルギーの消費状況や発生する需要を把握できる。これらの情報をもとに、自動車等の移動に必要なエネル

ギーを適量供給するような管理ができるようになり、無駄なエネルギー消費が発生しない交通社会が実現する。

なお、車の安全運転、自動運転等を支援する技術として、路車間通信や車車間通信、車路車間通信等が想定されるが、現状においては複数の通信方式が、車側主体のサービス、道路側主体のサービスとして、混在して使われている状況である。今後はこれらの個別のサービスが連携していくことが考えられるため、各通信方式の技術的な特性等を考慮した上で、適切な通信方法の検討が必要である。

このような自動車の通信技術は、今後周囲の歩行者や自転車との連携も可能になる。自動車と歩行者や自転車が持つスマートフォン等のデバイス等が連携し、自動車、自転車、歩行者がそれぞれ相互の位置や動きを把握できるようになり、これらが錯綜する都市部の道路等で、安全な走行が実現し、近年増加している歩行者の事故の防止が期待できる。

また、自動運転時等には、自動運転モードからドライバーによる運転モードへの切り替え時等、ドライバーへの各種の情報提供（現在のモード、周辺の障害物の有無等）が非常に重要になってくる。ドライバーにわかりやすく直感的に情報を伝える方法として、**HUD**（ヘッドアップディスプレイ）や**HMD**（ヘッドマウンドディスプレイ）、また、力覚等ステアリングの振動での伝達等、新しい**HMI**が必要となるとともに、機器を活用して情報を伝達する場合、ドライバーが主体的に行う運転操作を妨げない仕組みが求められる。

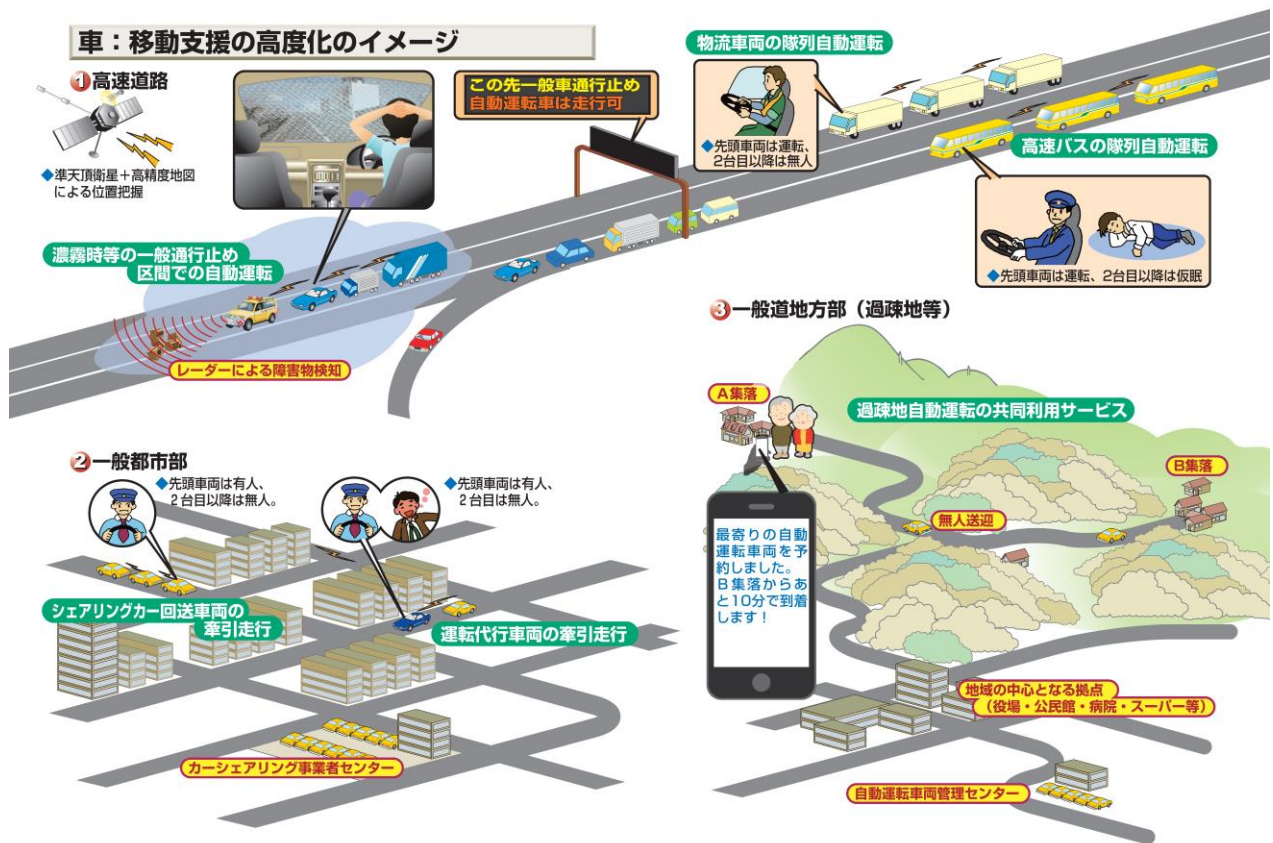


図 6 「車」の車両、運転操作の高度化に係るサービスイメージ

### (3) 発展軸3「物」：物流の高度化（商品管理等）

- ・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、これにより発生する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。

物流で扱う個々の物品に対して、発送元、発送先、配送期限、物品の取扱い（温度管理等）等の各種の情報がタグ等により管理され、配送の各段階（配送申し込み、集配、拠点間輸送、個別配送等）においてその状況をリアルタイムに把握できるようになる。

配送の申し込み時点で物流の量や方面が把握できるため、同一方面への輸送は集約して輸送する等、効率的な物流計画を立案することができる。物品の種類によっては厳密な配送時間の指定がないものも含まれる。このような物品の輸送は、自動車交通のピーク時を避けて輸送することで渋滞や混雑を軽減することができ、円滑な自動車交通を実現する。

また、都市間の輸送や都市内での配送等の物流の内容に応じて、適切な規模の車両に積み替えて物流を行うことで、生活道路内で大型トラック等が通行するような状況を避け、生活道路等での安全性の向上も実現する。

車両重量が大きい物流トラックが道路交通に与える影響は非常に大きい。物流で扱う物品を管理し物流の量を把握することで、物流交通の効率化が図られ、自動車交通の安全性や円滑性の向上、環境改善、橋梁等の道路施設への負担軽減等に大きく寄与することが期待される。

#### (4) 発展軸4「道」：道路運用、事業運用の高度化（交通管制、車両運行管理、料金決済等）

- ・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等においては、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、適切な走行経路を走行するように管理する。

交通が安全にかつ滞りなく流れるように、全体を管理する役割が今後は現在以上に求められると考える。究極的には、各車の移動を全車管理し、道路混雑や道路施設への負荷、沿道環境等が少ない全体最適の交通環境が実現する世界も考えられる。

全体最適を実現するためには、まずは交通の発生状況を、路上のセンサーとプローブ情報等の組み合わせによりリアルタイムに把握することが必要である。特に、走行している個々の車両から、カーナビで検索した目的地と目的地までの経路を把握することができるようになれば、今後どの路線でどの程度の交通が発生するかを予測する上で有効な情報である。更には駐車場予約や道路予約等の仕組みを導入することにより、今後発生する交通需要を把握することができる。

次に把握した交通状況と交通需要をもとに、今後混雑や渋滞が発生しそうな区間を予測する。予測に当たっては、高精度なトラフィックシミュレーション等の技術の開発が必要になる。プローブデータ等のビッグデータを蓄積・分析することで、道路ネットワーク上で生じる様々な渋滞現象の再現性が向上し、予測の高精度化が図られる。

予測した交通状況の変化に対して、容量の拡大や需要の分散・抑制等を組み合わせた対策を行う必要がある。具体的には、容量の拡大として、信号制御の最適化や混雑時に車線を広げるような車線運用、需要の分散・抑制として、混雑時間帯の需要を減らすようなピーク時ロードプライシング、高速道路の混雑状況に応じて環状道路等に迂回した場合に料金を割引く施策、情報提供、交通規制等が考えられる。また、このような施策は行うためには、車両側にドライバーへの情報提供と料金決済、更にはプローブ等の車両の走行状況を把握できる仕組みが必要になる。このため、今後更に普及が進むことが想定される ETC2.0 の活用が有効である。これと併せて、バス等の公共交通は専用レーンや PTPS 等の施策により、一般車よりも優先して公共交通が走行し、公共交通の定時制を確保できる環境も構築する必要がある。

一般車両とは別に、危険物積載車両や特殊車両、大型車両等については、沿道の安全性の確保や橋梁等の道路施設の負荷軽減の観点より、走行経路や道路への負荷の発生状況の把握等の管理が必要である。これらの車両に対しては、走行できる経路を適切な箇所案内すること、また、違反車両には何らかの罰則を与えるような仕組みが必要であ



る。

なお、車両の走行状況の把握と最適な道路運用は、通常時だけでなく、災害時や緊急時にも重要になる。災害発生時の被害が最小になる避難誘導や、緊急輸送道路の確実な走行が実現できる管理にも寄与できる取り組みとなる。

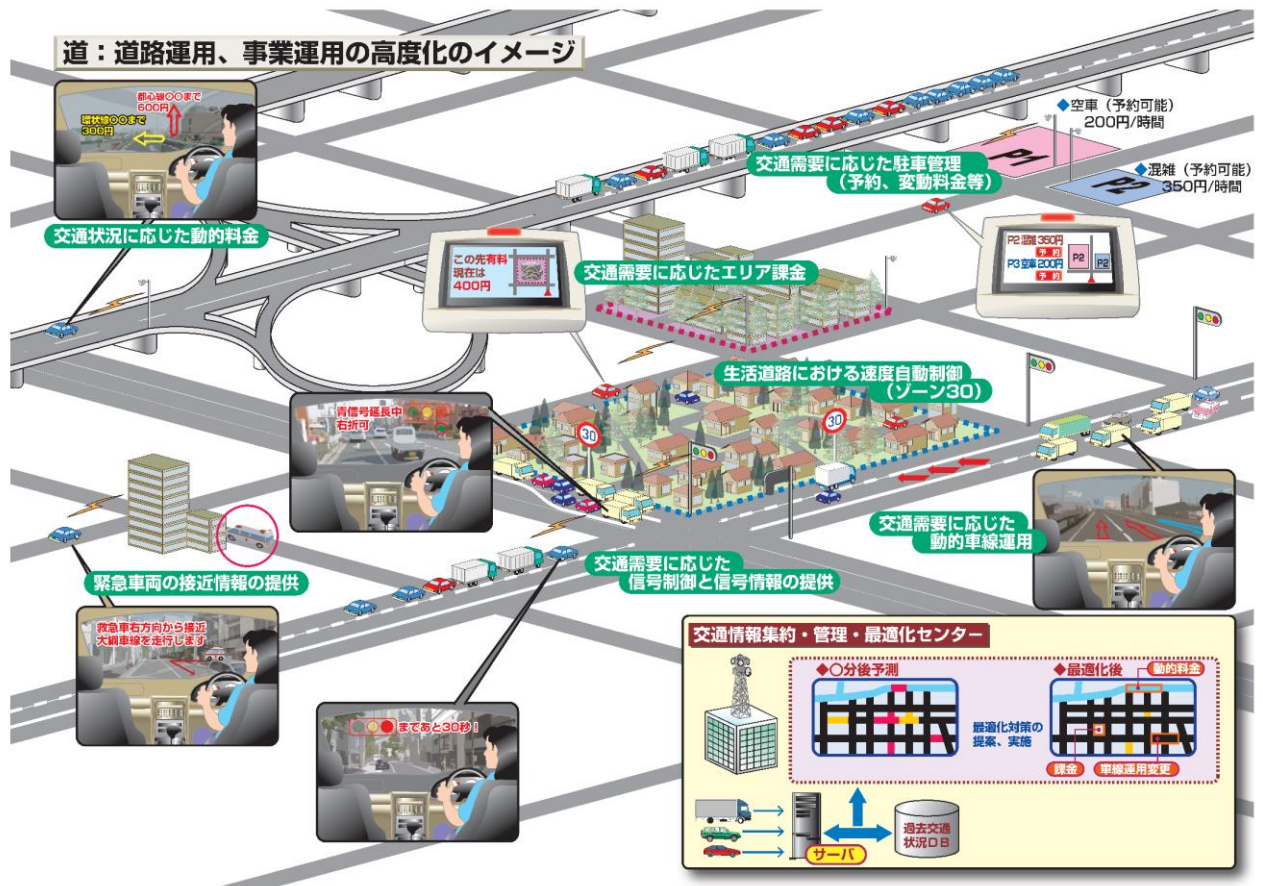


図 7 「道」の道路運用、事業運用に係るサービスイメージ

#### (5) 発展軸5「行政」：行政支援の高度化（施設管理、道路・公共交通計画、施策立案等）

- ・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）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、今後における施設の最適な管理、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等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する等で、道路交通や街づくりの行政支援に寄与する。

現状の道路パトロールは、パトロール員の目視により、道路障害の有無や道路施設の状況を把握している。今後パトロール車両に、車載カメラや路面状況を検知できるセンサー等が搭載されれば、道路障害の発生状況等を自動的に把握でき、更には把握した道路障害等の状況をデータとして管理することができ、これらによりパトロール作業の効率化が実現できる。また、道路施設の点検結果を一元管理し、道路施設の経年的な劣化状況を把握することできるため、今後の計画的な改修計画を立案することができる。

安全で円滑な道路環境を実現するために網羅的に道路障害を把握するためには、パトロール車両だけでなく一般車両から道路上の落下物や災害の発生、気象状況等を検知することが有効である。このため、災害の発生が想定される特に監視が必要な箇所にセンサーを設置するだけでなく、プローブ車両の走行履歴や挙動履歴、更には車両の制御情報と連携した情報や、車載の車載カメラ等から災害や道路の障害の発生を把握できるような仕組みも有効である。さらに、道路利用者からの通報しやすくするような仕組み（車載器の画面を押せば、通報を行った時の位置情報が自動的に伝わる等）の開発も必要である。

このようなプローブ車両や路側のセンサーの情報はビッグデータとして管理され、動的な渋滞対策や交通安全対策に利用されるだけでなく、それら実施の必要性や実施後の効果の評価する場面等に有効に活用される。さらに、これらのデータを統計的に処理することで、道路交通センサス等の統計データとして活用でき、各種の交通政策（道路網整備、渋滞対策、公共交通計画等）や街づくり施策等の行政判断に活用できる。このような統計データは、従来は人手による計測等により多大なコストを生じていたが、今後はビッグデータを活用して作成することで、統計データ作成作業が効率化されることが期待される。



## (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、移動を支える道路等の空間や交通規制等の情報、道路上等で発生している交通状況、障害状況等の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。

人や車、物の移動に関する情報は、プローブ情報やETCの通過情報、ICカードによる公共交通の利用履歴や人の購買行動等の各種の情報が把握できるようになる。

道路等の空間の情報としては、自動運転等、高度な処理に対応できるように、道路構造や道路施設等が高精度にわかる地図が整備される。さらに、規制速度や一方通行等の交通規制の情報も全てデータ化され、地図とともに管理される。この情報を車両側で保有すれば、規制速度に応じて自動的に速度制御をする等、道路交通の安全性向上に寄与できる取り組みが実現可能になる。

道路上等で発生している交通量等の状況については、定点観測データとプローブ情報等がシミュレーション技術等で統合処理され、面的な状況把握ができるようになる。また、道路上で発生する落下物等の障害情報は、車両にカメラが搭載できれば画像情報から事象の発生を判定できるようになる。

これら行政が保有している情報はオープンデータとして公開され、産官学で幅広く活用される。さらに、データの活用を許諾した個人のデータも、データ銀行等を通して幅広く活用される。このようなデータの集約化やオープン化を実現する上で、情報が活発に流通できるような情報プラットフォーム等の整備が必要になる。

特に、地域においては、ITS情報等を管理するセンターに、地域の各種の情報（道路交通情報、公共交通情報、駐車場情報、気象情報、地域の消費情報等）が集積され、地域内外の移動や活動の状況が判明するようになり、この情報を活用することで公共交通の利便性の向上や地域の課題に即した街づくりに寄与することが期待される。なお、このような地域内での情報の有効活用は、各々の地域の情報センター間で連携することで、地域間連携が実現し、地域のエリアを超えた広域での移動のニーズを満たせるようなサービスが実現する。

### 3.2.2. 各発展軸を組み合わせた協調 ITS の実現 ～公共交通を例に～

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、移動を支える環境が構成される。

このような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。

#### (1) 公共交通の現状

公共交通とは、鉄道やバス等の不特定多数が利用する/できる交通機関であり、大量の移動需要の効率的な輸送や、自動車等の私的交通手段を持たない人々の足として、日常生活や経済活動を支えてきた。我が国において公共交通機関は、主に民間事業者により運用されてきたが、その背景には、事業が成立するという前提の下、新規事業者の参入を規制する代わりに（免許制）、公共的な役割（一定のサービス水準や安全性の担保や路線の確保等）を事業者に求めてきたという経緯がある。しかし、モータリゼーションや人口減少による公共交通利用者の減少、更には、規制緩和も相まって、上記の前提はすでに成立しないケースも増えており、地方でのバス路線の廃止等の問題が大きく顕在化している。

ただし、このことは、公共交通の存在意義自体が薄れていることを意味するのではない。超高齢化社会の到来にともない増加する高齢者や免許返納者、近年増加する外国人来訪者、免許を持たない障害者や子どもの受け皿として、あるいは持続可能な交通体系（エコな移動）を実現する手段として、公共交通の意義はむしろ高まっているとも言えよう。つまり、公共財・サービスの1つとして公共交通を明確に位置付け、行政や地域住民、交通事業者協働による計画・マネジメントや適切な公的支援、時間的・空間的な優先運用等を通じて、公共交通を積極的に確保していく必要があると考えられる\*。

公共交通の抱える課題や対処法、人口規模、現在のまちの形態、目指すべき将来像によって、当然異なってくる。人口密度の高い大都市圏の中心部では、大量の通勤・通学需要を効率的に輸送するために公共交通（特に鉄道）の分担率が高いが、ひとたび郊外部に目を転じれば、自動車交通の分担率が高くなる。これは、移動需要は一定以上あるものの、交通混雑により路線バスの定時性の確保が難しいことや、公共交通およびそのネットワークの利便性が自動車に比べて低いことによる。マストランジットとしての公共交通は、規模の経済性が働くため、乗客の減少によるサービス水準の低下が、さらなる乗客の減少を招くという負のスパイラルに陥ることとなる。同様の状況は、地方都市部でも問題（人口密度が低いほどのその深刻さは高い）となっており、こうした負のスパイラルを止めるためには、公共交通、特に路線バスの速達性、定時性、快適性の向上

や公共交通ネットワーク強化が重要な課題である。

一方、マストランジットの成立が難しくなっている地域も全国的に増加している（都市圏においても公共交通空白地域は存在する）。こうした地域では、「公共交通=マストランジット」という固定観念に捉われることなく、土地利用やまちづくり等の地域の将来像と照らし合わせて必要とあれば、人口や輸送規模の大小に関わらず適切な交通機関によって公共交通を確保することが重要である。具体的には、小型のコミュニティバスやデマンドバス、また、こういった状況においては、タクシーや自家用車等による相乗りも公共交通を担っていると考えることができる（特に、他の公共交通がない端末部や障害者の円滑な移動を支える場合には公共交通としての意義が高いと考えられる）。

※国土交通省「地域公共交通づくりハンドブック」では、自治体が地域公共交通を支えるべき理由として「シビルミニマム」、「超高齢社会の到来に備えて」、「ノーマライゼーションの推進に向けて」、「機能集約型のまちづくりに向けて」を挙げている。

## (2) 協調 ITS が公共交通を支援できる側面

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りとされる。

### 1) マストランジットが成立する地域での支援

マストランジットが成立するが自動車依存の交通体系となっており、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 8 のような、バスサービスの改善策が考えられる。

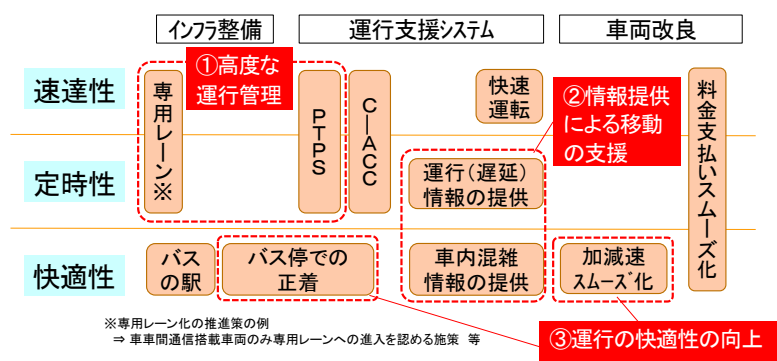


図 8 「速達性」「定時性」「快適性」を向上させるバスサービスの改善イメージ

### ①高度な運行管理

「専用レーン」や「PTPS」等による、時間的、空間的なバスへの優先権の割り当てが有効であろう。しかし、バスの専用レーン化は、都市内等での空間確保が難しいことから一般からの理解が得られず、なかなか専用化が進まないという課題がある。一方でバスの運行密度は時間帯による違いがあり、一般車両の通行も可能な時間帯もある。以上の状況から、協調 ITS 技術を用いてバス専用レーンを時空間的に有効活用し、バス専用レーンの導入に対する合意を得られやすくする方法が有効である。

例えば、バスに車車間通信機器を搭載し、さらに、同様の車車間通信機器を搭載している車両に対しては専用レーンの走行を許可し、バスが接近した際に「バスの接近情報」や「バスの進行を優先させる情報」（バスが近づいた際に車線変更を依頼する情報等）を提供することで、バスは専用レーン内での連続的な走行が可能になる。一方、車車間通信機器の搭載車は、バスがいない時は空いている専用レーンを走行するメリットを受けられる。

このような手法は、一般車両と公共交通がともにメリットを受けることができ、その結果専用レーンの導入が進み、さらに一般車両への通信機器等の普及促進にもつながる非常に有効な取り組みである。

### ②情報提供による移動支援

「運行状況」、「乗り換え支援情報」を提供することで、利用者の公共交通ネットワーク上の最適な移動を支援することができ、かつ、「車内混雑情報」等の提供は、特定の車両や時間帯に集中する需要の分散につながる。

### ③運行の快適性の向上

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」等の実現が可能となる。

### ④その他

以下の課題についても協調 ITS 技術を用いた解決が可能であると考えられる。

- ・円滑性のボトルネックとなっている料金支払いのスムーズ化
- ・都市部等でのラストワンマイルでの移動支援

以上の高度な運行管理、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）が 2020 年の東京オリンピック時の導入を目指して検討されている。マストランジットが成立する地域では、今後このような機能が付与された公共交通を積極的に整備していくことが求められる。

## 2) マストランジットが成立しない地域での支援

マストランジットの成立の難しい地域では新たな公共交通を確保が必要である。このために、前述した交通機関（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が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。

### ①集落間移動や過疎地への自動運転（レベル3やレベル4）の適用

交通量も少なく、交差点が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3）や完全自動運転車（レベル4）等が考えられるが、いずれにしても、安全性に十分配慮した移動空間（道路）の作り方や法制度等も含めた、総合的なデザインが必要である。

自動運転車両は走行位置を高精度に制御できることから狭い空間を走行することが可能である。このため、今後は、幅員の狭い自動運転車両の専用レーンと一般レーンを分けて設計すること、道路空間を再配分すること等が考えられる。

### ②自動車の共同利用を促す情報提供の仕組みや法制度改革

「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。今までは認可のないタクシー以外の個人の車に同乗することは安全性の確保が難しい等の理由から認められていなかった。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ること、また、自家用車の相乗りも地域の移動を支える手段の一つとして必要性を認識し、法的に一般ドライバーでも地域の移動を支援する仕組みに寄与できるようにする等の対応を図っていくことが求められる。

このような「自家用車の相乗り」は情報システムの整備と法制度の見直しを行うことで、比較的早期に実現できる可能性がある（実際に諸外国ではウーバー等の相乗りマッチングシステムが普及している）。自動運転による公共交通の支援等を行う前段階として、有効な取り組みであると考えられる。

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。

### 3.2.3. 協調 ITS サービスの具体化にあたっての視点 ～自動運転を例に～

協調 ITS のサービスを具体的に検討していく際には、以下の視点に基づいて、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、協調 ITS サービスの具体化検討を行う際の視点を示した。

#### (1) 利用者視点、管理者視点からのサービスの設定

サービスを検討する際に、利用者視点と管理者視点の2つの側面からの検討が考えられる。利用者視点のサービスでは、対象者として一般ドライバーと事業者（物流ドライバー、バスドライバー等）が挙げられる。

一般ドライバー向けのサービスは、高速道路走行時（渋滞含む）や駐車場等での自動運転等、ドライバーの運転負荷の軽減につながるものが考えられる。これらのサービスは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、自動車の新しい魅力になるものであり、自動車メーカー等が主体で開発・展開されていくことが想定される。

事業者（物流ドライバー、バスドライバー等）向けのサービスは、ドライバー不足や安全輸送の実現に対応できるものである。社会的な意義が高い取り組みであるが、導入に当り事業者のコスト負担が大きいこと、自動車メーカー側もサービスの展開先が限定されること、また、高速道路上での専用入口等の新たなインフラ整備等が必要なこと等の課題がある。このため、事業者向けのサービスを開発し展開していくためには、産官学が導入を後押しする働きかけ（社会的な必要性の明確化、導入支援策等）が必要である。

管理者視点のサービスは、「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。前者は交通流全体での円滑性を向上させ道路のポテンシャルを発揮させるサービスである。後者は安全性を向上させるサービスであるが走行を抑制しドライバーに許容されにくい面もある。しかし、このサービスが、生活道路での事故のリスクを低下させ、住民およびドライバー双方の安全性向上に寄与するものであることを、ドライバーが認識できれば、本サービスが許容され定着する。また、円滑性に関するサービスについては、的確な交通流モニタリングの下、交通状況に応じた路側の指示／依頼で動的に導入されれば、ドライバーと交通流全体のメリットをバランスさせることができる。

以上のように、サービスを具体化していく上では、利用者（一般ドライバー、事業者）および管理者の双方からの視点で様々なサービスを検討する必要があるが、特に管理者視点のサービスはその社会的な必要性や効果を、いかに一般のドライバーに伝えて行き、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。

新しい取り組みであるため、まずは実現しやすいシーンからサービスを導入し、そこから導入シーンを順次拡げていく方法が考えられる。自動運転の場合、歩行者や自転車等が存在しない高速道路からの導入や、比較的交通量が少ない地域での低速走行の自動運転、また、前方の一般車両に追従する形での自動運転等が比較的实现しやすいシーンと考えられる。このような実現しやすいシーンを整理すると、技術的な観点、法制度の観点、運用や普及の観点から以下に示す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）

一方で利用者および社会のメリットの観点から見ると、単に導入しやすいシーンから導入していただくだけではなく、利用者や社会的なメリットがあるシーンを自動運転のターゲットとして定めて、自動運転の開発を進めていくアプローチも必要である。ニーズに基づいて目標設定をすることで、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ることにより、最終的には日本の技術の海外展開につながるメリットがある。

自動運転のような新しいサービスは、導入しやすいシーンからの展開と、技術開発が必要となるニーズの大きいシーンからの展開をバランスよく組み合わせることが重要である。産官学でサービスにより目指す世界を共有し、展開に向けたロードマップを描いていくとともに、民間の技術開発を支援する官学の技術面や制度面等の支援が重要である。

### (3) 開発、導入、展開段階での課題の明確化

サービスの設定と進化の方向性の整理と合わせて、サービスを実現・定着していく上での課題を明確にすることが重要である。例えば、自動運転では、サービスを開発していく段階での高度な車両制御技術等の技術開発や関連法制度の改正、展開段階での高精度地図等の基本的なデータの整備、普及・定着段階でのサービス性能評価や普及のための機器購入補助等が課題として挙げられる。また、サービスを受ける車両だけでなく、同時に走行する一般車両のオペレーション等もサービス導入時の重要な課題である。

このように、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、さらに産官学での役割分担を明確にする必要がある。

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がある。

「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がある。

「学」は社会効果の把握、サービスの性能評価等がある。

サービスの導入・展開に向けての課題を明確にし、産官学でその課題と対策を共有しながら、連携して進めていくことが重要である。

#### ケーススタディ：濃霧時自動運転

高速道路が濃霧等で通行止めの際に、自動運転機能を有する一般車両のみ、管理車両やその後続車両に追従する方法で走行する。

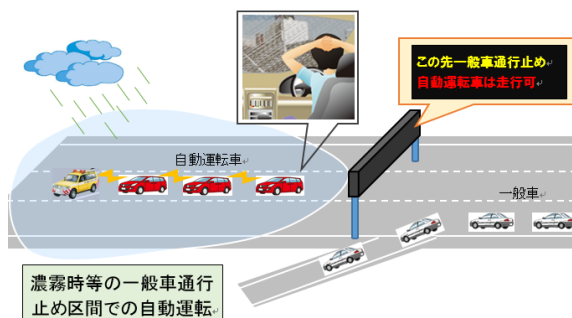


表 1 自動運転における想定課題と対応策の例

段階	想定される課題	対応策の例
開発	サービスの意義の明確化	導入意義・効果の提示と社会的コンセンサスの確立(広報等) <span>官 学</span>
	サービスの責任範囲(事故時等)の明確化	サービスの責任分解点の明確化 <span>産 官 学</span>
	道交法(牽引)の改正	関連法制度の改正 <span>官</span>
	自動車保険の対応	新たな保険制度の必要性や保険業界以外の提示 <span>官 学</span>
	単独自動運転車両(先頭車)の開発	研究補助 <span>官</span> 官民共同研究 <span>産 官</span> 自動運転開発特区指定 <span>官</span>
	被牽引自動走行車の開発	社会実験の実施 <span>官</span>
	サービス車両の待機・誘導等、適切な運用方法の検討	官側の整備目標、整備計画の明確化 <span>官</span> インフラ・地図整備、維持管理予算の確保 <span>官</span>
	情報提供方法の検討	
	高精度地図の整備	
展開	統一した管理水準の道路環境の確保(白線等)	
	サービスの効果の明確化	導入効果の提示と社会的コンセンサスの確立(広報等) <span>官 学</span>
	サービスの認知	
普及・定着	対応車両の普及	機器購入補助 <span>官</span>
	サービス評価	サービス性能評価 <span>学</span>



#### (4) 協調 ITS 実現化に向けたポイント

協調 ITS の実現に向けては、現行法で解釈できる運用方法の導入、利用者に負担の少ない運用方法の導入、利用者へのインセンティブ付与等の取り組みを組み合わせることで、実現に向けての課題を軽減することができる。

自動運転でのケーススタディの結果より、技術開発、法制度、運営・普及の各側面から、協調 ITS を実現しやすくする上でのポイントを示す。

##### ■技術開発

#### ①交通流全体での効率化を実現するための民間サービスの評価

現在自動運転は、自動車関連企業や IT 企業等が異なるアプローチで自動運転車両を開発しており、今後、様々な方式の自動運転車両が導入されることが想定される。これにより安全性や快適性の考え方、それに伴う車両を制御するタイミング等が異なる様々な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事態になり得る。

このような事態を引き起こさないように、交通流全体として効率的な運行を行うためには、状況によっては統一的な車両制御の考え方を示すことも考えられる。官や学が今後導入される様々な形式の自動運転車両について、安全性や円滑性等の評価を行い、制御アルゴリズムに対して、一定の基準を設ける等の取り組みも想定される。

#### ②新たな技術を活用したわかりやすい HMI の開発

自動運転は、まずはドライバーが乗車し緊急時等には自動運転からドライバー運転に移行するようなサービスから導入されることが想定される。この場合、ドライバーに現在は自動運転モードであるのか、また、自動運転からドライバー運転に切り替わるタイミングでの通知が重要になるため、障害物の検知や車両制御技術と合わせて、「力覚」等、振動や衝撃等の触覚を通じて情報を伝達する新しい技術（ハプティック技術）を活用したドライバー向け（または周辺車両向け）のわかりやすい HMI の開発が重要である。

#### ③実道と仮想空間を組み合わせた評価

道路交通の安全・円滑化支援サービスを実現しうる通信技術を活用した新たな協調 ITS サービスの構築および普及のためには、その評価方法が重要となる。しかし、一般道を利用したサービス評価のための社会実験は、一般交通に負担をかけるだけでなく、実験条件の統制や危険事象の取り扱いが難しい。実道であってもテストコースや試験線等の限定された環境であれば、実車両を使って走行条件を統制した実験を実施できる。しかし、道路形状や建物の配置、見通し条件等の完全な統制は難しく、実車両を使用するため事故の危険性がない範囲に制限される。一方、シミュレータのような仮想空間の環境では、周辺車両や道路形状、建物の配置、見通し等の環境条件を任意に

統制でき、事故の危険性のある実験条件であっても安全に行うことができる。しかし、実空間との環境や実車両との車両特性の相違による影響が懸念されるとともに、想定している通りにシステムが動作する保証が得られない。実道と仮想空間については、それぞれにメリットとデメリットが存在する。そのため、相互のメリットを活かすことで効果的なサービスの評価を行うことができる。例えば、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、仮想空間を用いた評価のため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、サービスの効果評価を仮想空間で行うといった手法が考えられる。

この例のように、実道での評価の範囲を必要最低限に留めることで一般交通への負担および評価のための実証実験の実施におけるハードルを下げることが可能となる。また、バリデーションにより仮想空間での評価結果の信頼性も向上し、効果的な協調ITSサービスを展開することができる可能性がある。

## ■法制度

### ①自動運転を実現するための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、現在の道路交通法等の根拠となっている運転手搭乗の原則（ジュネーブ条約に準拠）に対応していくために、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。法改正に向けては、国民のコンセンサス確保や様々な行政上の手続きがあり、短期的な対応が難しい面があるため、まずは現行の法制度の範囲で対応していくことが重要である。

例えば、自動運転の追従走行は、先導車の移動に合わせて一定の車間距離を保持して走行するものである。追従走行を現状の道路交通法の牽引の発展形（電子的牽引）と解釈することで、追従走行導入に向けた法的なハードルを下げられる可能性がある。

また、無人で走行する自動運転車両も、車両の運行状況をセンター管理することで、センターから遠隔運転している（＝無人運転ではない）と解釈できる可能性がある。このように、導入する技術の解釈やセンター管理機能を設ける等、サービスの運用方法を工夫することで、現行の法制度下において、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。

## ■運用・普及

### ①サービス事業者による自動運転車両の管理・運用による自動運転の早期実現

自動運転車両を運用していく上での課題として、複雑な仕組みを有した自動運転車両の適切な管理が考えられる。個人で自動運転車両を管理していくのは様々な課題があると考えられるため、まずはレンタカー事業者やシェアリング事業者等の運営事業者等により、複数の自動運転車両を効率的に管理し、一般利用者に自動運転車両の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。

また、悪天候時等、自動運転車両の運行が難しい場合時には、運営事業者の判断でサービスを停止することができる。このような運用を行う場合は、技術的に100%完成された全天候型の自動運転車両を開発しなくても導入できる可能性があり、早期に自動運転車両を展開する上でも有効な運用方法である。

#### ②公共交通を補完する新たなサービスの可能性

自動運転の技術を活用することにより、公共交通の維持が難しい地方部や過疎地、また、都市部でのラストワンマイルで新たな移動手段を提供できる可能性がある。例えば、自動運転車両をシェアリング車両として提供するサービスの運用が考えられ、このようなサービスは利用者の移動需要にフレキシブルに対応できる自由度の高いサービスとなる。

このようなサービスを実現させていくためには、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むことにより、サービスの導入を後押しする資金面や制度面等での支援をしやすくすることが重要である。

#### ③将来的な義務化も含めた事業者への自動運転導入策

自動運転の技術は、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、物流コストの削減や高速バスの安全性向上等につながるため、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ことが想定される。このため、社会的な効果を明確にした上で、事業者が自動運転車両を導入しやすくなるような支援策（購入補助等）が必要である。

また、安全面や環境面等で負荷の大きい大型車については、今までも安全運転支援機能の設置義務化等が行われている。今後自動運転の効果が広く認知され、社会的な必要性が高まった段階においては、事業者への自動運転車両導入の義務化を行う方法も想定される。

#### ④普及を促進させる自動運転車両へのインセンティブ付与

自動運転車両の普及には、自動運転車両が何らかのインセンティブを受けられる仕組みが有効である。例えば、現状の高速道路では設計速度に対して低い規制速度が適用されている。自動運転やそれに準ずる安全走行機能を有した安全性が担保され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認められることが考えられる。また、保険業界と連携し安全性の高い自動運転車両の自動車保険料を下げる等も有効と考えられる。

ドライバーに受け入れやす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。

#### ⑤インフラ整備の目標の設定

自動運転車両の実現には、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、新たなインフラの整備と白線等の一定の管理水準の維持等が必要になることが考えられる。産官学で協調 ITS サービスの導入目標を合意し、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な整備・維持していくことが重要である。

### 3.3. 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。

#### 3.3.1. データのあり方

人の移動支援のためのナビゲーション、自動運転の実現、交通管制・管理の各サービスを実現する上で、基盤情報として地図情報が必要になるが、実現するサービスの目的に応じて求められる情報の細かさや精度が異なる。例えば、今後地図を整備していく際に、様々なサービスで共通的に利用できる部分と、あるサービスに特化して詳細化を図る部分等を明確にし、これらを階層管理し目的に応じて利用できるようにする等の仕組みが必要である。

その他、人や車の移動履歴の情報（プローブ情報等）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る。複数の利用目的を想定の上、データを蓄積する範囲や詳細度を定める必要がある。また、データ管理者等、官民の役割分担の検討も必要になる。

一方、データには、セキュリティの観点より、特定のシステムや利用者へのみに活用に限定するために、保護すべき領域も存在する。

以上のように、今後の協調 ITS の進化の方向性を見据え、共通的に利用できるデータや保護すべきデータの種類、その細かさや精度、管理の方法等を検討していく必要がある。

### 3.3.2. 画像処理技術の活用可能性

画像処理技術は、固定設置カメラによるインフラ管理、自動車や歩行者等移動体の動きや種類の把握、また、移動型カメラによるインフラ管理、他の移動体や障害物の動きや種類の把握、ドライバーや各種機器の状態把握等、センシングと組み合わせて安全性や円滑性の向上に広く活用できる。その他にも、取得したデータや既存データの分析・見える化や、複合現実感技術等適切な表示と組み合わせることで、環境負荷低減や快適性向上にも活用が可能である。

このような多岐にわたる活用を実現するためには、そのためのソフトウェアを効率よく開発する必要がある。近年よく用いられる機械学習は有力な手法であるが、十分に活用するためには学習データを効率的に収集する仕組みが不可欠である。また、別々の用途のソフトウェアにあっても共通する処理が含まれることは多く、再利用性を高めることも重要である。いずれも、各者の競争領域・協調領域を整理することも含めて検討する必要がある。

カメラやレーザセンサー等センシングデバイスについては、用途に応じて時刻情報・位置情報の同期する仕組みやインターフェースの整備・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。特に、一般車両に搭載するデバイスについては、価格が普及のためには重要であり、一つのセンサーを多目的に活用することも重要である。

表 2 画像情報収集手段と活用事象の整理の例

カテゴリ				事象の例	緊急性	情報収集手段(現状)			
車両	環境	運転者	他の人			インフラ	当事者・車	パトロール・特別車両	一般者・車
○	○	○	○	交通事故発生	高	△	○	○	△
○		○		危険運転、逆走、居眠り運転等	高	△	○	○	△
○		○		駐車違反、速度違反等	中	△	○	○	△
○		○		日常的な運転行動・走行状態(ミクロ)	低	△	○	-	△
○				車載器の故障、ガス欠、オーバーヒート等	中～高	×	○	-	-
○				日常的な車両状態一般	低	×	○	-	-
○		○		日常的な交通状態(マクロ)	低	○	△	△	△
		○		日常的な運転者状態	低	-	△	-	-
	○			法面崩壊、トンネル崩壊等	高	△	-	○	△
	○			上記の予兆	高	△	-	○	△
	○			路面段差、クラック、穴、照明故障等	中～高	×	-	○	△
	○			上記の予兆	中～高	×	-	○	△
	○			日常的な沿道状態一般(静的、地図DB構築)	低	×	-	○	△
			○	日常的な沿道状態一般(動的、人流・賑わい解析)	低	○	-	△	△
○	○	○	○	犯罪捜査(複合的)	高	○	○	○	△

### 3.3.3. デバイスのあり方

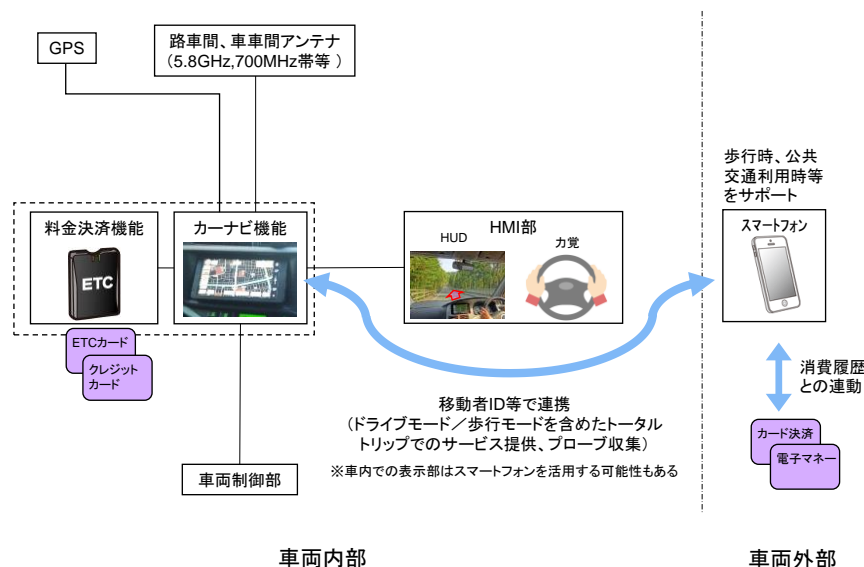
車運転時／歩行移動時／公共交通利用時／駐車場利用時等の様々な場面で、情報提供や料金支払い等が発生するが、利用者の立場に立つとそれぞれの場面で共通のデバイスで情報提供等が実現できると非常に便利である。また、車から公共交通への乗換え等、モード変換を行う際には、その負荷を減らすためにも、可能な範囲でデバイスの共通化が図られている方が良い。

車では、CAN (Controller Area Network) データの活用、車載コンピュータの搭載等、安全運転の実現に向けて詳細かつ高度な情報が扱われている。人が移動する場面においては、広く普及したスマートフォン等により、ナビゲーションシステムによる経路の案内や、歩行者が必要な場所で必要な情報を入手できるような環境が実現している。このように、自動車が行っている高度な制御と人が移動する時に入手する情報では、取り扱う情報の種類や精度が異なっているため、車載のデバイスと歩行時に持ち歩くスマートフォンは、それぞれがそれぞれの目的に応じた適切な役割分担を果たしている。

一方、自動車運転時と歩行時は一連の移動であり、移動をトータルで支援するサービスや一連の移動のログを収集する仕組み等が、今後ますます必要になることが想定されることから、自動車運転時と歩行時の連携が重要と考える。

以上の2つの観点より、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、ETC のカード決済と公共交通利用時の交通系 IC カードとの連携等が有効と考える。

デバイスについては共通化することが理想であるが、全てのシステムで共通に利用できることのみを目的にすると、非常に高価なデバイスを構築する必要があり、その結果普及進展が望めないことになる。どこまでの範囲を共通化することが効率的であるかを利用者の利便性と併せて検討して、適切なデバイスを決定する必要がある。



### 3.3.4. 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や、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 スポット等の情報提供装置等、今後の協調 ITS を実現させるため、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。

また、車載器の充実や情報通信技術の進化に伴い、道路標識等、従来はインフラ設備として整備してきたものが、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。技術の進展等の状況を踏まえ、今後において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 3 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・提供装置の効率的配置等を考慮の上、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。



### 3.3.5. 通信のあり方

#### a) 日本の ITS 無線通信規格

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-T75）と、700MHz 帯を使用した路車間・車車間通信（ARIB STD-T109）の2種類がある。

また、協調 ITS で活用される通信は路車間、車車間だけでなく、規格化はされていないが、歩行者や自転車と車両間や歩行者や自転車と道路間等も必要となるため、具体的な検討を進めていくことが重要である。

表 4 日本国内における ITS 無線通信規格の概要

項目	ARIB STD-T75 (狭域通信(DSRC)システム) ※国際標準化(2001.10)	ARIB STD-T109 (700MHz帯高度道路交通システム) ※国際標準化に向けITU加盟国による 郵便投票手続中(2015.9時点)
①周波数帯域	5.8GHz帯 (5770～5850MHz)	700MHz帯 (755.5～764.5MHz)
②チャンネル数と チャンネル幅	14CH(アップリンク7、ダウンリンク7) CH幅5MHz程度	1CH CH幅9MHz
③接続形態 (1対1、1対多等)	P2P方式 ブロードバンド方式 ※ブロードバンドでは接続数に制限	ブロードバンド方式 ※基本はブロードバンド。P2Pはアプリ等で対応が必要
④変調方式 (伝送速度)	ETC: ASK(伝送速度1Mbps固定) ETC2.0: QPSK(同4Mbps固定)	OFDM(伝送速度5Mbps以上) ※伝送レートは3～18Mbpsの可変
⑤アクセス方式 (接続数)	TDMA/FDD ・通信エリア内で最大8台 ・通信の優先制御に向く(路車間通信)	CSMA/CA ・100msあたり接続可能数:200台程度 (※ASV-3における要件) ・通信の優先制御に向かない(車車間通信)
⑥通信エリア (電波の特徴)	30m以内(指向性) ※電波の直進性が強く、遮蔽物等の影響を受けやすい。	直進約800m、見通し外約180m(無指向性) ※電波の回り込みがあり、遮蔽物等の影響を受けにくい。
⑦セキュリティ	誤課金、不正使用を防止するための基地局及び移動局固有の番号の付与、認証手順の適用、通信情報に対する秘匿等を必要に応じて構ずること	不正使用を防止するため、必要に応じて通信情報の保護対策を講ずること

■補足事項:・T75 は路車間通信専用の規格。なお、車車間通信は実験用規格の RC-005 がある。

・T109 は路車間・車車間通信両方に対応。

・T75 はインターネット接続に対応するが、T109 は未対応。

#### b) 協調 ITS アプリケーションの通信要件の評価

協調 ITS アプリケーション（以下、アプリ）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）の観点から評価した。

1 対 1 通信においては、路車間で特定の相手と確実な情報伝達が必須となる料金收受やプローブ情報収集等がある。これらは個人情報等をやり取りする必要があるため、路側が制御して高い信頼性が確保できる 5.8GHz 帯を使用した ARIB STD-T75 が望ま



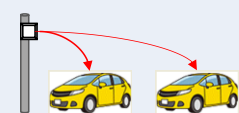


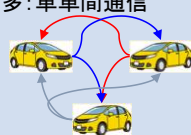
しい。また、隊列走行（追従車）等のように、1対1（または1対限定）で車車間通信に適用するアプリには、700MHz帯を利用したARIB STD-T109が有効だが、1チャンネルのため他サービスの通信と輻輳した際の干渉等による信頼性に課題がある。

1対多通信においては、アプリに求める信頼性によって使い分けことが望ましい。通信する相手が限定されるが確実な情報配信が必要なアプリでは、5.8GHz帯を使用したARIB STD-T75が有効であり、安全運転支援や交通規制等に係るサービス等が該当する。但し、多数の相手と通信する場合はインフラ整備が課題となる。

一方、広く多くの相手と通信する必要があるアプリでは、700MHz帯を使用したARIB STD-T109が有効であり、道路交通情報や緊急車両等特定車両の情報提供、対向車への情報提供等のサービスが該当する。

多対多通信においては、不特定多数と相互に通信する必要があるため700MHz帯を使用したARIB STD-T109が有効であるが、安全運転支援（交差点での出会い頭衝突防止、車線変更時衝突防止等）や交通規制等に適用する際は信頼性確保が課題となる。

表 5 接続形態からみた無線通信規格の協調 ITS アプリの適用性の評価の例

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	× (※RC-005) △ 信頼性	△ 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 ○ インフラ整備が課題	○ △ 信頼性
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

### c) 今後の ITS 無線通信の方向性

料金決済やプローブ情報収集等通信相手が限定される協調 ITS のアプリが存在し、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。しかし、現状の700MHz帯を使用したARIB STD-T109の規格では1チャ

ンネル（幅 9MHz）に限定されているため、多くの通信相手と複数アプリで同時通信する等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。

また、複数のアプリを同時通信する場合において、災害時等最優先で伝えるべき情報に対する情報間の優先順位付けが必要となるが、現状の 1 チャンネルだけでは対応が困難であることが大きな課題となる。ちなみに、ARIB STD-T109 に類似する規格（CSMA/CA 方式）を採用する欧米では、複数チャンネル（7チャンネル）あるため、路車間通信での制御用と車車間通信で各々専用チャンネルを設けることができるため、これら課題に対応できるものと想定される。

さらに、アプリが高度化していく際の情報量に関する重要な視点として、大容量データ通信があげられる。将来的には自動運転で高精度地図を活用することが想定されており、これら地図データ等大容量データをどのように更新するかの仕組みを検討することも重要な課題となる。

今後の ITS 無線通信の方向性として、当面は高い信頼性が求められ 5.8GHz 帯を使用した ARIB STD-T75 が有効なアプリ、例えば 1 対多通信において特定箇所での接続相手を限定できる場合等では、5.8GHz 帯を使用した ARIB STD-T75 に分担することが望ましい。なお、本規格においては、多くの相手と通信する場合にインフラ整備が必要となるため、費用対効果を十分に勘案した上で対応する必要がある。

また、将来に向け更なる協調 ITS の高度化に伴い、通信のあり方を見直す必要性が生じるものと想定される。具体的には次の 3 つの視点があげられる。

- ① 今後の協調 ITS アプリケーションの定義の明確化
  - ・ 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て、5.8GHz 帯や 700MHz 帯の特性を踏まえた使い分けの実施
  - ・ 車車間も含めた多対多通信のアプリが複数かつ同時に通信する場合に対して、チャンネル数増設、周波数帯域割り当ての見直し
  - ・ アプリの要件に応じて、Wifi や携帯通信網との連携を検討
- ② 新たな通信システム [次世代移動通信システム (5G)] の協調 ITS アプリへの適用性の検討
- ③ 自動運転の実現に向けて、高精度地図更新等の大容量データ通信への対応
  - ・ 自動運転での高精度地図更新等の仕組みを検討 等

### 3.3.6. 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。

車載器は、ドライバーにとって実利がある魅力ある製品であれば市場原理で普及する。ETC のように、車載器の購入支援制度や高速道路料金割引等、積極的に普及促進策を行った事例もある。

一方で、ドライバーが装置を購入するための直接的な効果（実利）が見えにくい施策は、普及促進策が必要である。例えば、装置を搭載した車両に対して、一定のインセンティブが受けられる仕組みが有効である。

具体的には、全ての公共交通に同様の車載器が整備されていれば、車載器を搭載した車両と公共交通との事故を防ぐことができるメリット、また、車載器を装備している車両のみはバス専用レーンを走行できるメリット等が受けられるような方法を考えれば、車載器を購入した人がインセンティブを得られる。

更に強制力の強い普及促進策としては、大型車両等の特定の車両に対して設置の義務化を行う方法も考えられる。

路側機の普及促進策は、道路管理者等が整備を進めていくことが考えられるため、公費導入に向けた国民への必要性の提示が重要と考える。

その他、路側機を安価に導入しやすいように、必要なセキュリティ機能を確認した上で、機器仕様の簡素化を図ることも、有効な手法である。

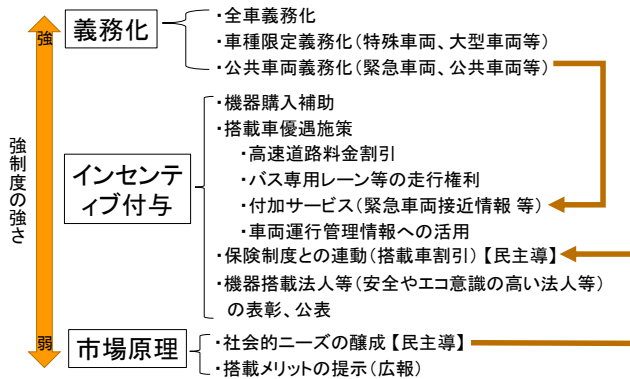


図 10 車載器の普及促進策

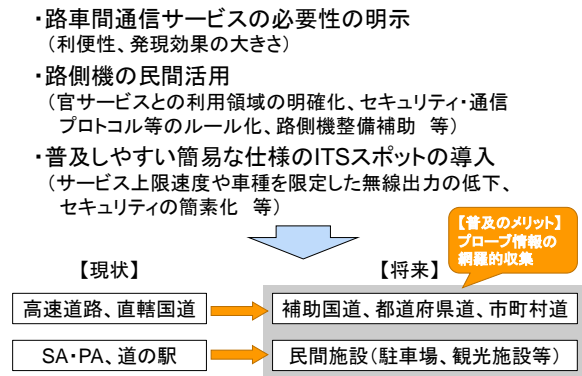


図 11 路側機の普及促進策

その他、多様な利用者や利用シーン、評価軸に関わる協調 ITS を横断的に推進していくために、多様な視点を持った人材の育成、分野横断的な組織の構築等も普及を見据えて今後考慮すべき事項である。

## 4. まとめ

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や適切な車両誘導、情報提供等、道路運用の大部分に関わっており、それを実現するためのインフラや人員の整備や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等を官民で活用していく等、官民相互で協力体制を構築することで、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、今後もセンシング、制御、通信等のテクノロジーは進化していき、また、人々の移動に対する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様々な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。そのような世界において、これからの官は、「民間サービスの組み合わせが全体として上手く機能させていくための全体管理」、「民間（産）のみでは対応できないインフラやデータ（高精度な地図）等の提供」、「民間（産）が積極的には手をつけないが社会的に意義の高い取り組みへの対応」（例、ゾーン 30 等のエリアで安全な走行速度へ減速させる取り組み等）等、従来とは違う側面の新しい役割も担っていくことが考えられる。

このような世界を実現させていくためには学の実存も重要である。学は官と産の適切な役割分担について提言をしたり、また、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ていく等の役割を担う必要がある。また、協調 ITS の実現には個々の技術要素の進化が必要である。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、社会に根付いていくための研究を進めていく必要がある。

本提言書は、産官学が将来の道路交通の世界を想定し、それぞれの立場で協調 ITS を推進していく際に、進化の方向性や考慮すべき事項等を共有できるような指針として使用されることを目的して作成した。幅広い視点をもって本提言書をまとめたが、ITS を取り巻く世界は、技術の進歩や利用者のニーズの多様化等、常に変化していくものである。このため、本提言書は、その時代時代に応じてバージョンアップしていくべきものであり、本提言書を利用される際には記載されている内容に対して、各位が現状の変化を適切に捉え、これをアドオンしていく視点が必要である。

最後に、本提言書の作成に当っては、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。感謝の意を明示する。