



ITU-R WP5Aにおける高度道路交通システム（ITS）の標準化動向

一般社団法人電波産業会 よこやま たかひろ
横山 隆裕



1. はじめに

高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport Systems）とは、車両・道路・歩行者・交通管理システムを情報通信技術でネットワーク化し、リアルタイムで交通情報を共有・制御することで、交通渋滞の緩和、交通安全の向上、環境負荷の低減、移動の利便性向上を目的とした技術、アプリケーション、プラットフォームの総称である。

日本では、1996年7月に当時のITS関係5省庁（郵政省、警察庁、通商産業省、運輸省及び建設省）によって「高度道路交通システム（ITS）推進に関する全体構想」（ITS全体構想）が策定された。ITS全体構想では、今後提供していくべきサービスとして9つの開発分野において20の利用者サービスが示された。この利用者サービスの中には、ナビゲーションシステム、自動料金収受システム（ETC）といった既に広く普及し、身近なものとなったものもあれば、自動走行機能を持った複数の商用車の連続走行（隊列走行）といった30年後の現在、我々がまさに実現に向けて取り組んでいるサービスも掲げられていて、ITS全体構想の高い先見性は非常に興味深く感じられる。

ITU-R WP5AでのITS関連の標準化は今から約30年前に関連の研究課題が設けられたことに始まる。初期の例にETCがあり、今から25年ほど前の2000年に関連のITU-R勧告が制定された。ETCは日本では2001年3月に運用が始まった。料金収受の効率化や利用者の利便性の向上、料金所での渋滞の緩和などに貢献している。高速道路等を利用する上で欠かせないインフラのひとつとなった。新規セットアップの累積登録件数は、2024年3月現在、約8660万台に達している。

ITSを巡る最近の大きな動きに自動運転が挙げられる。日本政府は、自動運転の実現を喫緊の政策課題と捉え、関連の取り組みを加速している。「デジタル田園都市国家構想総合戦略」（2022年12月発表、2023年12月改訂）などにおいて自動運転に関する政府目標が定められた。物流サービスについては、2025年度以降に高速道路でレベル4の自動運転トラックを実現し、2026年度以降に社会実装することを目標としている。この目標を受け、本年（2025年）3月以降、新東名高速道路の駿河湾沼津サービスエリアか

ら浜松サービスエリアまでの100km以上の区間の深夜時間帯に自動運転トラックの優先走行レーンを設定し、レベル4の自動運転トラックを対象に合流支援や工事規制情報の提供など、車両と路側インフラとの連携に関する実証実験が行われている。今後、自動運転トラック優先レーンが東北自動車道にも設けられる予定である。地域交通については、総合戦略で、レベル4の無人自動運転移動サービスを2025年度を目途に50か所程度（全都道府県）、2027年度までに100か所以上で実現し、全国に展開・実装する目標を掲げている。

ここでは日本の動きを紹介したが、欧米や中国など世界各国において同様の取り組みが進められている。こうした状況を背景として、ITU-Rでは、2020年以降、自動運転走行など高度なITSアプリケーションを支える無線通信に関する研究が本格化した。本稿では、こうした最新の動向について紹介することとしたい。

2. ITU-RにおけるITSの標準化の場

車載レーダを除き、ITSによる電波利用は陸上移動業務に該当する。このため、ITU-RにおけるITSの標準化作業はWP5Aが中心となって行われてきた。2024年、WP5A配下のワーキンググループ（WG）の再編が行われ、今研究会期のITSに関する標準化は、交通分野のアプリケーションを担当するWG3で扱うこととなった。

筆者は、一般社団法人電波産業会（ARIB）に所属し、ITS情報通信システム推進会議（以下、「推進会議」）の一員としてITSの国際標準化活動に従事している。この推進会議は、1999年に設立され、産業界や政府関係機関など約100の団体が業種の枠を超えて参画することによって、ITS情報通信システムの標準規格案、技術報告、ガイドライン等を策定し、また普及活動を行っている。その活動の一環として、推進会議では、これまでITU-R等を主な場として、推進会議内に設けられた各専門委員会、ワーキンググループ、タスクグループの成果を基に国際標準化に取り組んできた。推進会議の事務局はARIBが務めている。

3. コネクテッド自動運転車

コネクテッド自動運転車（CAV：Connected Automated Vehicles）とは、車載センサーとV2X（Vehicle-to-Everything）無線通信装置を搭載し、V2X通信を活用して他と情報をやり取りしながら、自動運転を行う車のことである。通信機能を用いず、単独で動作する自動運転車（自律型自動運転車）とは異なり、他の車（V2V）、道路インフラ（V2I）、歩行者（V2P）などと連携し、より高度な運転を実現するのが特徴である。

WP5Aでは、2020年から2023年までの4年間をかけてCAVの無線通信要件について調査研究し、2023年9月、その結果をITU-R報告M.2534に取りまとめた。このITU-R報告では、CAVの無線通信の方式、システム、要件、周波数ニーズ等を解説している。V2X通信には、車と車の間、道路と車の間といった近接するモノ相互を結ぶ直接通信（アドホック短距離無線通信）と、携帯ネットワークを経由して比較的遠くのモノと情報をやり取りするネットワーク経由通信の2つの形態がある。この新報告は、前者のV2V、V2Iのための直接通信に焦点を当てているが、前者を補完し、前者と連携するものとして後者のV2N（Vehicle-to-Network）通信も取り上げている。

CAV新報告では、システム開発等で用いられるエンジニアリング・アプローチを採用した。まず、CAVを定義することから始め、次にCAVが用いられるユースケースを広く収集した。これらのユースケースから、その実施に必要な機能を抽出・分解し、機能要素のリストを作成した。そして、この機能要素を実現するための無線通信要件を定義した。さらに、無線通信要件をサポートする無線通信技術として、IEEEと3GPPの2つの標準化団体それぞれが作成した標準規格を取り上げ、要件への適合の程度を分析した。また、CAV無線通信のため最適な周波数や必要な帯域幅を検討した。最後に、参考情報としてCAVに関する世界の開発や展開の状況も収録している。

CAV新報告は、優に100ページを超える大部の文書であるため、本稿ではその特徴的なトピックをいくつか紹介することとする。

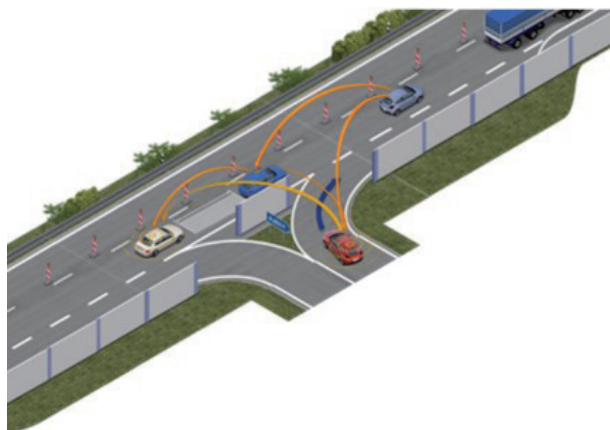
新報告では10種のユースケースを取り上げている。協調認識、集合的知覚、協調合流・運転操作協調、隊列走行、遠隔監視・遠隔操縦など、これらのユースケースはいずれもCAVの無線通信機能を活用して実現される。

協調認識とは、位置や速度など、車両の状態に関する情報を周りの他の車両や道路インフラにリアルタイムに提供し

て実現するユースケースである。車両からの情報に基づき、信号機で停止する車両数を最小化するために信号機の位相とタイミングを調整したり、緊急車両が信号機に対して青信号を要求したり、といったことが可能となる。また、交差点で他の車両や道路利用者が何をしようとしているのかが分かれば、交差点での衝突を避けることができるようになる。

協調合流では、合流しようとする車両は合流ポイントに近付いた時点で、道路インフラから安全で円滑な合流操作を行うために必要な情報の提供を受ける。また、運転操作協調では、車同士が今これから走ろうとしている進路の情報をお互いに交換することによって、これらの車がそれぞれの車両操作を協調させることができる（図1）。こうした技術は、協調合流、協調車線変更など、多くの協調型自動運転のユースケースに応用される。

10種のユースケースから、それを実現するのに必要な機



出典：ITU-R報告 M.2534

■図1. 運転操作協調で用いられる無線通信



出典：ITU-R報告 M.2534

■図2. 自動運転トラックの隊列走行



能を抽出したのが機能要素である。機能要素のリストは日本の提案を基礎として作成された。内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）では、2014年から、総務省を含む関係省庁が連携・分担して「自動運転」（SIP-adus）の研究開発を進めている。このSIP-adusのもと、産学官の専門家から成る協調型自動運転通信方式検討タスクフォースでは、2020年9月、協調型自動運転に関する報告書を取りまとめた。この成果に基づき、日本から25件の機能要素を提案した。日本提案を基に各国の意見を取り入れつつ、リストが作成された（図3）。機能要素の件数は最終的に27件となった。リストでは、27件の機能要素それぞれに関して、V2V・V2I・V2Nのどれに該当するか、どの程度の頻度でメッセージを送信するか（送信間隔）、送信メッセージのサイズ（バイト長）、サービスレベルでの遅延（ミリ秒）の具体的な値が示された。また、ETSIやSAE（米国自動車技術者協会）、中国の規格機関（CCSA等）などが定めるメッセージセット仕様が例示された。この中には、推進会議の自転車等交通弱者の保護に関するメッセージセット（RC-016）も含まれている。

V2X通信には、IEEEの802.11p/bd規格と3GPPのLTE-

V2X/5G-NR V2X規格の2つの技術仕様がある。CAV新報告の作成がこれらの規格間の競合が激しかった時期に行われたため、2つの技術仕様それぞれの特徴を新報告にどう記述するかを巡り激しい議論が交わされた。遅延の程度、同一周波数での共存可能性や後方互換性などに関して意見の対立が長期にわたって続いた。2021年から2023年までの約2年間で費やした結果、最終的には両陣営の妥協が成り立ち、技術仕様に関する章ができあがった。こうした事態は、ITU-Rが国際標準化機関であることの宿命と言える。

CAV用に必要な周波数の帯域幅に関しても見解の対立が見られた。この対立の背景には、米国、欧州、そして中国、それぞれが既に異なる幅を採用し、また採用しようとしていたことがあった。まず米国であるが、新報告の作成当時、米国連邦通信委員会（FCC）が5.9GHz帯のITS用周波数の見直しを行っていた。米国では、1999年といった早い時期に5.9GHz帯の75MHz幅をDSRCに割り当てていた。しかし、FCCは、これを改め、2020年11月、75MHz幅を分割し、下側45MHz幅（5850–5895MHz）を無線LANに、上側30MHz幅（5895–5925MHz）をセルラーV2Xに

Functional elements of use cases	Description of the functional elements of use cases	Overview
a. Merging/lane change assistance	a-1-1. Merging assistance by preliminary acceleration and deceleration a-1-2. Merging assistance by targeting the gap on the main lane	Information, such as the speed of vehicles driving on the main lane at the measurement location on the main lane and predicted time to arrive at a merging section, is provided by the infrastructure to merging vehicles to assist preliminary acceleration and deceleration. Continuous measurement information (for example, location and speed) is continuously provided to merging vehicles to assist preliminary acceleration and deceleration.
b. Traffic signal information	b-1. Driving assistance by using traffic signal information	Current traffic timing information until the next change of traffic signal is provided to vehicles that are stopping, and camera information is provided to vehicles that are driving on the main lane.
c. Lookahead information: collision avoidance	c-1. Collision avoidance assistance when a vehicle ahead stops or decelerates suddenly	Sudden braking information is provided to vehicles that are driving on the main lane to assist preliminary deceleration and collision avoidance.

a-1. Merging assistance by preliminary acceleration and deceleration									
Classification by function	a. Merging/lane change assistance								
Name of the functional element	a-1-1. Merging assistance by preliminary acceleration and deceleration								
Target areas	Expressways and General roads								
Overview	Information, such as the speed of vehicles driving on the main lane at the measurement location on the main lane and predicted time to arrive at a merging section, is provided by the infrastructure to merging vehicles to assist preliminary acceleration and deceleration on the merging lane.								
Image of the functional element									
Remarks (radio communication requirements, etc.)	<table> <tr> <td>Connection mode</td><td>V2I</td></tr> <tr> <td>Message recipient(s)</td><td>Multiple recipients</td></tr> <tr> <td>Vehicle action</td><td>Preliminary acceleration and deceleration</td></tr> <tr> <td>Quick responsiveness</td><td>Required</td></tr> </table>	Connection mode	V2I	Message recipient(s)	Multiple recipients	Vehicle action	Preliminary acceleration and deceleration	Quick responsiveness	Required
Connection mode	V2I								
Message recipient(s)	Multiple recipients								
Vehicle action	Preliminary acceleration and deceleration								
Quick responsiveness	Required								
Data category/content of information	<table> <tr> <td>Message</td><td>Predicted time to arrive at a merging section (vehicles on the main lane)</td></tr> <tr> <td>Sensor data</td><td>Speed (spot measurement of vehicles on the main lane), vehicle length</td></tr> <tr> <td>Rich contents</td><td>—</td></tr> <tr> <td>Data amount</td><td>Small</td></tr> </table>	Message	Predicted time to arrive at a merging section (vehicles on the main lane)	Sensor data	Speed (spot measurement of vehicles on the main lane), vehicle length	Rich contents	—	Data amount	Small
Message	Predicted time to arrive at a merging section (vehicles on the main lane)								
Sensor data	Speed (spot measurement of vehicles on the main lane), vehicle length								
Rich contents	—								
Data amount	Small								

出典：ITU-R報告 M.2534

■図3. コネクテッド自動運転車（CAV）の機能要素



割り当てることを決定した。米国の自動車業界はこの決定を不服として裁判所に取消しを求めた。2022年8月、コロンビア特別区控訴審裁判所はFCC決定を支持する旨判決を下した。これによって米国内の争いは終息した。一方、欧州は、2008年以来の今日まで5.9GHz帯の70MHz幅をITS用に割り当てている。また、中国が2018年10月に割り当てた5.9GHzの帯域幅は20MHzであった。当時作成中の新報告案には、ドイツの主導により、「5.9GHz帯でCAV用周波数として最低限70-75MHz幅が必要である」と記載されていた。帯域幅を75MHz幅から30MHz幅に縮小しようとしていたFCCは、この文章に気付き、強い懸念を示した。帯域幅の値は解決までに数回の会合を要する大きな争点となった。結局のところ、外部機関の研究結果であると明示する妥協案が考案され、これによってITU-Rがお墨付きを与えた帯域幅と誤認されないようにすることで決着した。

4. 将来ITSのための無線通信

4.1 ITSに関する包括的な新研究課題264/5

前研究会期、すなわち2023年までの研究会期においては、WP5Aには、ITS全般に関する研究課題205/5とCAVに関する研究課題261/5の2件が設けられていた。CAVの無線通信要件に関するITU-R報告M.2534の作成作業が最終段階に入り、完成の時期がはっきりしてきた2022年11月のWP5A会合において、ドイツから、2024年以降の研究会期に向けて2つの研究課題の統合が提案された。この提案を受けて日本は具体的な文案を提案した。審議の結果、2023年9月のWP5A会合で、従来のITS及びCAV、さらには将来のITSも包括する新研究課題264/5が作成された。この新研究課題には、広帯域化や低遅延化によって今後実現すると見込まれる集団的知覚や車両制御の相互調整などのCAVの高度化、また、総務省の「自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会」(以下、「次世代ITS通信研究会」)の中間取りまとめで挙げられたV2X通信とV2N通信との連携などの日本から提案した研究項目が取り入れられている。

4.2 将来ITSに関する新報告M. [FUTURE-ITS]

新研究課題264/5のもと、WP5Aでは、2024年5月より、将来ITSに関する新報告M. [FUTURE-ITS] の作成に取り組んでいる。新報告の目次には、将来のITSの動向や機能、それに至るITSの進化、その実現に必要な無線通信の要件などの項目が掲げられている。

将来ITSの新報告は、まだ作業が始まったばかりであり、

各国がそれぞれのアイデアを持ち寄っている段階である。本稿執筆時点において、具体的な中身を検討したWP5A会合はまだ1回のみである。その内容がはっきりするのはさらに複数回の会合を要すると思われる。読者にはこの点を留意いただくこととして、本稿では現在の作成状況を紹介することとしたい。

新報告には、将来のITSが目指す姿(目標)に、道路交通安全、持続可能な環境、自動運転等による高度な人流・物流といった項目が掲げられている。また、ユーザやアプリケーションの動向では、先読み情報(状況把握・予測)、協調型自動運転などを取り上げている。技術に関しては、今後は、通信やセンシングといった技術要素、それぞれが単体として動作するのではなく、それらにコンピューティング、人工知能(AI)なども含めたさまざまな技術要素が統合され、総体として機能する方向に進むと予測している。また、非地上系ネットワーク(NTN)が普及することを見据え、NTNによるカバレージの拡大や補完などによる切れ目のないITSサービスの実現への期待も示されている。

将来ITSの進化に必要な無線通信の機能及び要件に関しては、3GPP rel.16以降で導入されたeV2X(enhanced V2X)に注目する動きや、直接通信(アドホック短距離無線通信)だけではなく、携帯ネットワークが提供する通信機能を一層活用することが想定されるとの見方が示されている。また、日本からは、次世代ITS通信研究会の中間取りまとめで掲げられたV2X通信とV2N通信との連携に関する研究の必要性を提案している。これに関しては、具体例として、道路インフラが携帯ネットワーク経由で受信したメッセージを、専用周波数の直接通信を用いて車両等に転送するといった連携方策を取り上げる国もあった。主要国の関心が高い分野であることから、今後、さまざまなアイデアが集まり、研究が進展するものと期待している。

現在、推進会議では、新東名高速道路等での実証実験の円滑な実施を支援すべく、国際動向も踏まえつつ、日本にとって最適な通信方式の検討を行っている。自動運転向けITS通信に関する検討の成果を、WP5Aで作業が進められている将来ITSに関するITU-R新報告に提案していきたいと考えている。国内の関係の方々これまでの貢献に感謝するとともに、更なる取組みに大いに期待している。

5. ITS用周波数5.9GHz帯の国際調和

WP5Aでは、ITS用周波数の国際調和に関する検討も行われている。2019年にITS用周波数帯の調和に関する勧告



M.2121が制定され、この中で、各国主管庁に対し、現在及び将来のITSアプリケーションに5850-5925MHz帯またはその一部を使用することを検討するよう勧告している。現在、この勧告の再改訂作業が進められている。本節ではITU-Rでの標準化の経緯や現状について紹介する。

5.9GHz帯はITS用の周波数帯として世界各国で制度化されてきた。欧州や米国がこの帯域に着目し、ITS用に開放したのは今から10～20年以上前の早い時期であった。2010年代中頃になって、韓国、中国、シンガポールといったアジアの国々やカナダやオーストラリアがこれに続いた(図4)。

WRC-19でITS用周波数の国際調和が審議されることとなったことをきっかけとして、WP5Aでは、2016年以降、どの周波数帯を調和周波数帯に選定するかについての検討が行われた。上述のとおり、欧米では5.9GHz帯をITS用に割当て済みであったことから、WP5Aでは、欧州を代表するドイツと米国が先導して、5.9GHz帯を推した。5.9GHz帯をITS用とする方向で準備を進めていたアジア・太平洋地域の国々やアラブ首長国連邦がこれを支持し、流れが定まった。この結果、2019年、ITS用周波数帯の調和に関する勧告M.2121及びITSのアレンジメント例に関する報告M.2444が完成し発行した。上述のとおり、勧告M.2121は、勧告事項1で、各国主管庁に対し、現在及び将来のITSアプリケーションに5850-5925MHz帯またはその一部を使用することを検討するよう勧告している。後者の報告M.2444は、勧告M.2121の調和周波数帯における各国・各地域の

ITSアプリケーションの使用例を収録している。同じ年に開催された世界無線通信会議(WRC-19)では、勧告M.2121を例に参照しつつ、趣旨を同じくする勧告208(WRC-19)を採択した。

2020年代に入ってからこの動きは続いた。5.9GHz帯をITS用に使用する国のリストにブラジルとインドが加わった。また、同じ時期、欧州や米国、カナダは、制度の見直しや詳細化を行った。各国における制度整備の進展を受けて、勧告M.2121及び報告M.2444は、2019年に初版を発行した後も改訂作業を継続している。2023年に改訂版を発行した。さらに、2024年11月には再改訂版の改訂作業が始まった。

昨年(2024年)12月に総務省が公表した「周波数再編アクションプラン(令和6年度版)」によると、2026年度(令和8年度)中を目途にV2X通信向けへの周波数割当てを行うとしている。日本の制度整備がなされることによって、主要国の足並みがそろそろ。周波数調和が一層進展することが期待される。

6. おわりに

本稿では、2020年以降現在までのITU-R WP5AにおけるITS関係の標準化の取組みについて、自動運転を中心にその概要を紹介した。無線通信技術を活用することで、より高度な自動運転が実現され、我々の生活がより安全かつ便利となり、また豊かなものとなることが期待される。最後に、ITU-RにおけるITSの標準化にご尽力いただいている多くの関係者に敬意を表し、ここに御礼申し上げる。



■図4. 世界各国における5.9GHz帯の制度化状況