

自動運転社会に向けた 5.9GHz帯V2X通信システムの研究開発

Research and Development of 5.9GHz Band V2X Communication Systems for Autonomous Driving Society

下大迫和隆^{*1}
Kazutaka Shimoosako

達川永吾^{*1}
Eigo Tachikawa

渡邊春輝^{*2}
Haruki Watanabe

宮本凌竹^{*2}
Ryotaka Miyamoto

横山卓弘^{*2}
Takahiro Yokoyama

上野彰大^{*3}
Akihiro Ueno

熊谷 篤^{*3}
Atsushi Kumagai

〈概要〉

自動運転は事故防止といった安全・安心な社会をつくるだけでなく、少子高齢化社会における物流業界の人手不足解消など、日本の産業や社会構造を大きく変える技術である。その中核技術の一つであるV2X (Vehicle-to-Everything) 通信は、車両とインフラ、ネットワーク、歩行者との情報提供を可能にし、自動運転や交通安全の高度化に寄与する重要な技術である。日本では総務省の「周波数再編アクションプラン」に基づき、5.9GHz帯のV2X向け割り当てが進められており、国際標準との整合性確保も重要となっている。古河電工グループは、光通信技術と高周波技術を組み合わせた次世代モビリティ通信基盤の開発を推進し、高速道路での実証試験を通じて知見を蓄積している。更に、先進的な取り組みとして、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) との連携可能性を検討している。IOWNは超低遅延・大容量・低消費電力を特長とし、AI処理やエネルギー利用の効率化を可能にするため、V2X通信との統合によるリアルタイム交通制御や高度な自動運転支援の実現が期待される。本稿では、V2X通信の概要、制度動向、当社の取り組みと今後の展望を示す。

1. はじめに

自動車業界は「100年に一度の大変革」と言われ、CASE (Connected, Autonomous, Shared & Service, Electric) と呼ばれる新領域で技術革新が急速に進んでいる¹⁾。CASEは、車両の接続性、自動化、共有化、電動化を意味し、これらの要素が複合的に作用することで、従来の自動車産業の枠組みを超えた新しいモビリティ社会の形成が期待されている。

この中でも、自動化、すなわち自動運転の実現は、交通安全性の向上、移動効率の改善、環境負荷の低減、物流業界の人手不足といった社会的課題の解決に直結する重要なテーマである²⁾。

図1に示すように、自動運転を成立させるためには、車両単体の認知・判断能力だけでなく、周囲の車両やインフラとの情報共有が不可欠である。その役割を担うのがV2X通信である。

V2X通信は、車両と車両、車両とインフラ、車両と歩行者、車両とネットワークといった多様な通信を包含する概念であり、協調型の交通制御や安全運転支援を可能にする基盤技術で

ある。従来、日本では2011年に安全運転支援システムとして760MHz帯を利用したITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) 用の通信が制度化されたが、近年、より広帯域で、より多くのユースケースに対応可能な5.9GHz帯の利用が注目されている³⁾。

5.9GHz帯は、総務省の周波数再編アクションプランに基づき、V2X通信向けの割り当て化を推進している⁴⁾。また、米国、欧州、中国など世界各国でも同様に5.9GHz帯がV2X用途に割り当てられており、国際的な標準化と技術開発が加速している⁵⁾。これにより、グローバルでの通信規格の統一や相互運用性の確保が求められる状況となっている。

古河電工グループは、強みである光通信技術、高周波技術、車載化技術を活用したV2X通信技術を開発しており、協調型自動運転、自動運転レベルの向上に必要な車両インフラ間通信に取り組んでいる。

本稿では、V2X通信の基礎と制度的背景を概説、特に車両インフラ間通信を中心に当社取り組みを紹介し、今後の展望としてIOWNなど次世代ネットワークとの連携可能性を示す。

^{*1} 研究開発本部 サステナブルテクノロジー研究所

^{*2} 研究開発本部 フォトニクス研究所

^{*3} ブロードバンドソリューション事業部門 事業戦略部

部署名は2026年3月時点の所属を記載しています。

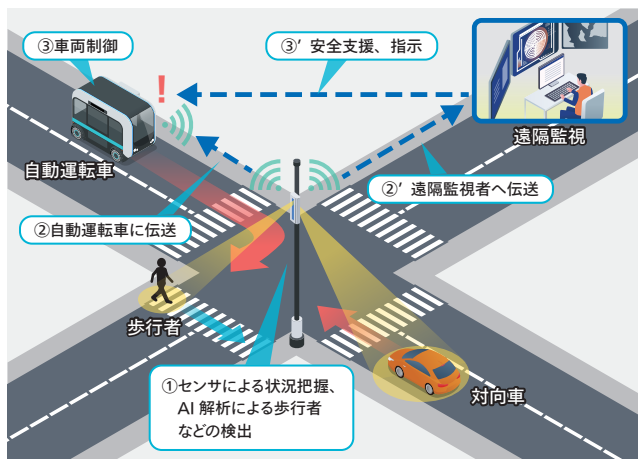


図1 自動運転車と周辺インフラ²⁾
Autonomous vehicles and surrounding infrastructure.
※国土交通省 社会資本整備審議会 道路分科会 第82回基本政策部会：資料2
「社会課題の解決に資する自動運転車等の活用に向けた取組方針」をもとに著者にて作成

2. V2X 通信の概要

2.1 V2X 通信の構成要素

V2X 通信は車両とあらゆる対象との通信を指し、図2に示すように、自動運転や高度交通管理を支えるため、複数の通信形態が組み合わされる。

- ・ V2V (Vehicle-to-Vehicle)：車両同士の直接通信。位置や速度の情報を共有し、衝突回避や協調走行などを可能にする。
- ・ V2N (Vehicle-to-Network)：主に車両とクラウドやエッジサーバとの接続。広域の交通情報やエンターテインメントサービスなどの提供を可能にする。
- ・ V2I (Vehicle-to-Infrastructure)：車両と道路インフラ（信号機、路側機など）の通信。交通情報や信号制御情報を車両に提供する。

・ V2P (Vehicle-to-Pedestrian)：歩行者や自転車利用者との通信。交差点における安全性向上などを可能にする。

これらの通信が単独ではなく複合的に利用されることで、自動運転の高度化や高度交通管理が可能となる⁶⁾。

2.2 5.9GHz 帯 V2X 通信における直接通信方式

5.9GHz 帯 V2X 通信で使用される直接通信方式としては、DSRC (Dedicated Short Range Communication) と、C-V2X (Cellular V2X) における PC5 直接通信がある⁷⁾。

・ DSRC (802.11p)：IEEE により策定された ITS 向けの直接通信方式であり、Wi-Fi 向け標準である IEEE 802.11 をベースとして、車車間通信や路車間通信など ITS 用途向けに機能拡張されたものである。

・ C-V2X (PC5)：3GPP (3rd Generation Partnership Project) により標準化されたセルラー系 V2X 通信方式であり、携帯電話網のコアネットワークやインターネットを介して通信を行うセルラー通信 (V2N) と、それらを介さずに端末間で直接通信を行う方式 (PC5) の両方を含む。

このうち、5.9GHz 帯 V2X 通信における直接通信は PC5 であり、LTE (Long Term Evolution) 技術に基づく LTE-V2X PC5 および、5G 技術に基づく 5G-V2X PC5 が規定されている。

2.3 ユースケース

5.9GHz 帯 V2X 通信は、図3に示すように、例えば以下のような場面での活用が期待されている⁸⁾。

- ・ 合流支援：高速道路での車両合流時に、周囲車両の位置情報を共有し、安全性を向上させる。
- ・ 先読み支援：高速道路における事故状況や落下物などの道路状況を提供し、運転サポートを行う。
- ・ VRU (Vulnerable Road User) 保護：死角に存在する交通弱者（歩行者や自転車）を車両に知らせ、事故を未然に防止する。

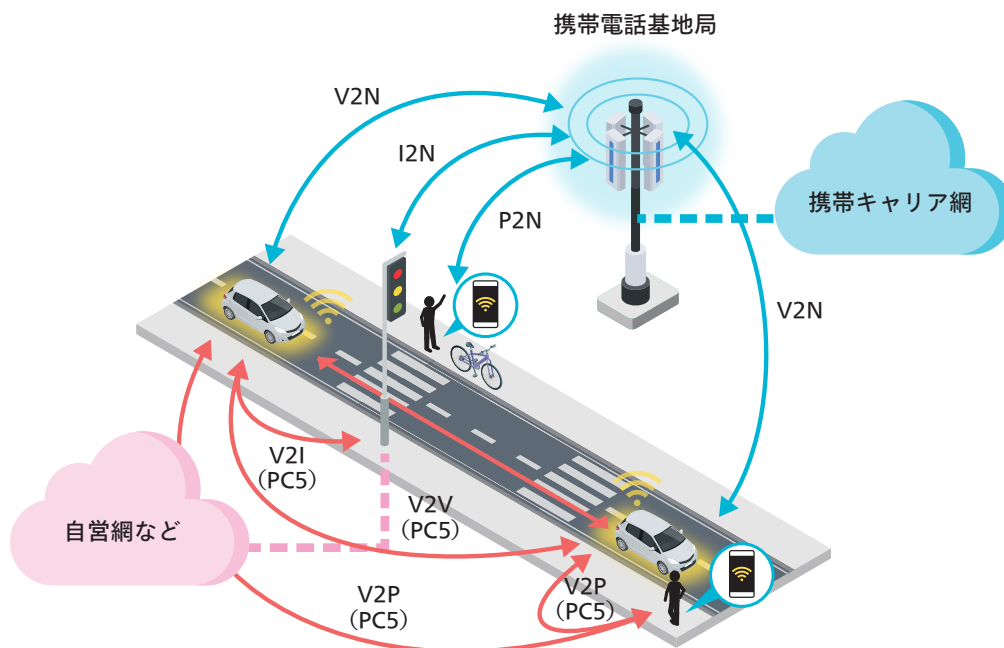


図2 V2X 通信の構成と通信網³⁾
V2X configuration and communication network.

※総務省 自動運転の実現に向けた総務省の取組：資料 11-1
「自動運転の社会実装に向けた情報通信インフラに関する総務省の取組について」をもとに著者にて作成

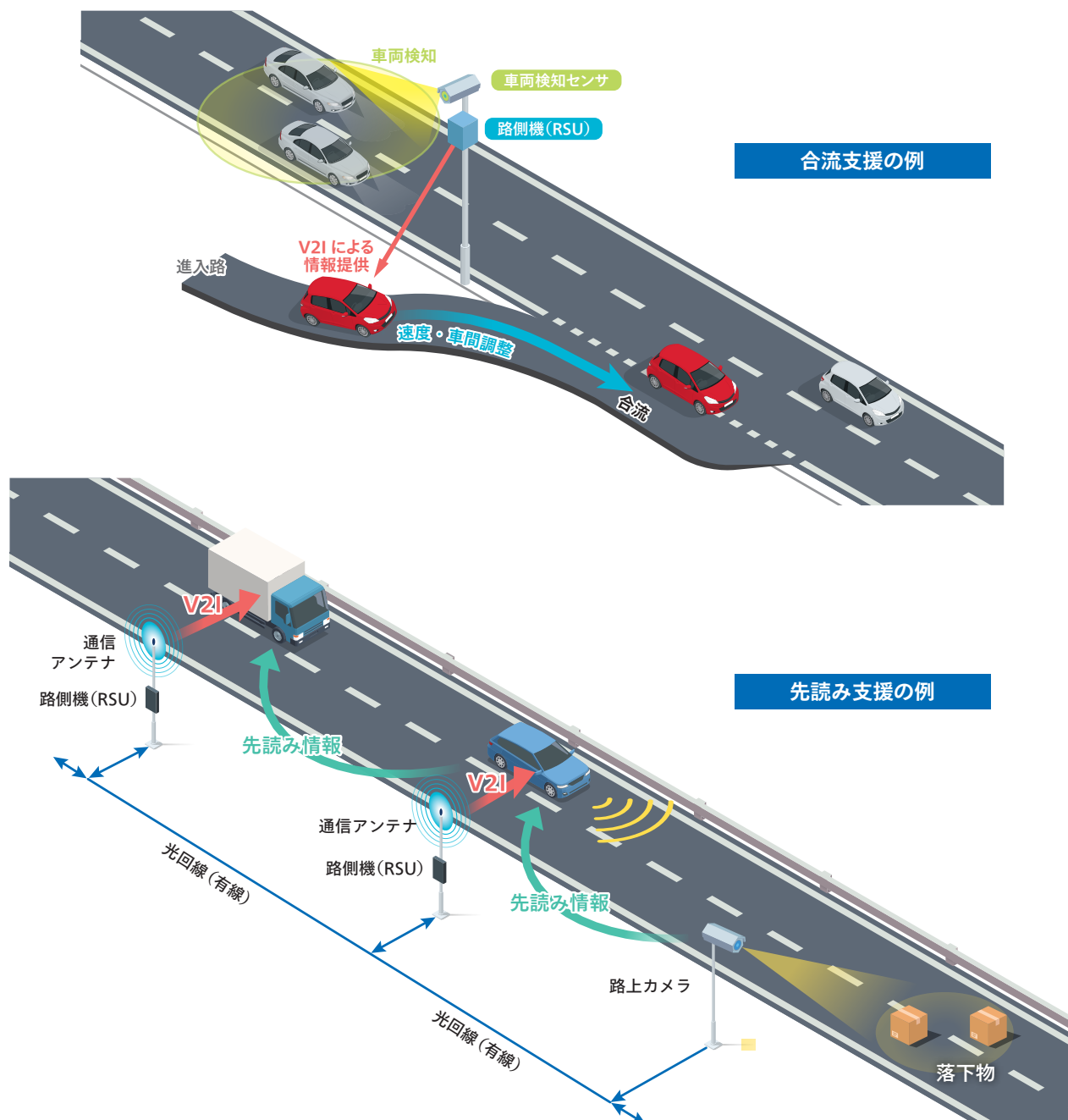


図3 高速道路における合流支援と先読み支援
Merge assistance and predictive driving assistance on a highway.

3. 日本における 5.9GHz 帯 V2X 通信の取り組み

日本での 5.9GHz 帯 V2X 通信における直接通信の検討は、総務省や国土交通省といった官公庁が主導しつつ、産業界、学术界、官公庁が連携した産学官の体制で推進されている状況にある。自動運転や高度交通管理の実現には、車両間やインフラとのリアルタイム通信が不可欠であり、そのための周波数割り当てや認証基盤の整備が制度面で重要な課題となっている⁹⁾。

3.1 制度枠組みと周波数利用の動向

自動運転トラックなどの早期社会実装を加速させること、および一般道における交差点支援や、高速道路の路車間協調通信による合流支援といった高度な自動運転支援機能の実現、更にはそれに伴う通信容量の更なる必要性を見据え、総務省はこれ

らの高度な交通システムの実現に向け、通信環境の整備に積極的に取り組んでいる。その一環として、「周波数再編アクションプラン」において、5.9GHz 帯を V2X 直接通信に割り当てる方針が示されている。この新たな制度枠組みの下で、産学官の連携により、実フィールドで実験試験局を開設する形で実証実験が進められている。古河電工グループもまた、この枠組みに沿って技術開発を加速し、実用化に向けた取り組みを推進している。

3.2 国際標準への準拠とグローバルな動向

国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R: International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector) 勧告 208「ITS 用途の周波数調和」を踏まえ、欧州、アメリカをはじめ世界的に 5.9GHz 帯の周波数への V2X 通信システムの導入が

本格化している。図4に示すように、アメリカでは連邦通信委員会(FCC:Federal Communications Commission)が5.9GHz帯をV2X通信用途に割り当て、欧州では欧州電気通信標準化機構(ETSI:European Telecommunications Standards Institute)がIEEE 802.11pベースの通信方式であるITS-G5(DSRCに相当)を標準化している一方、C-V2X直接通信への移行または併用についても議論が進行中である。また、中国や韓国ではC-V2X直接通信を中心に制度が整備されている⁵⁾。日本

では、世界に先んじて760MHz帯(約10MHz幅)でのV2X通信システムが導入されているが、内閣府「協調型自動運転通信方式ロードマップ」及び総務省「自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会」における検討・とりまとめを踏まえ、V2I通信による合流調停などの実現には追加の周波数が必要であることから、前述のグローバル標準を鑑みた5.9GHz帯V2X通信による直接通信の導入検討を進めている。

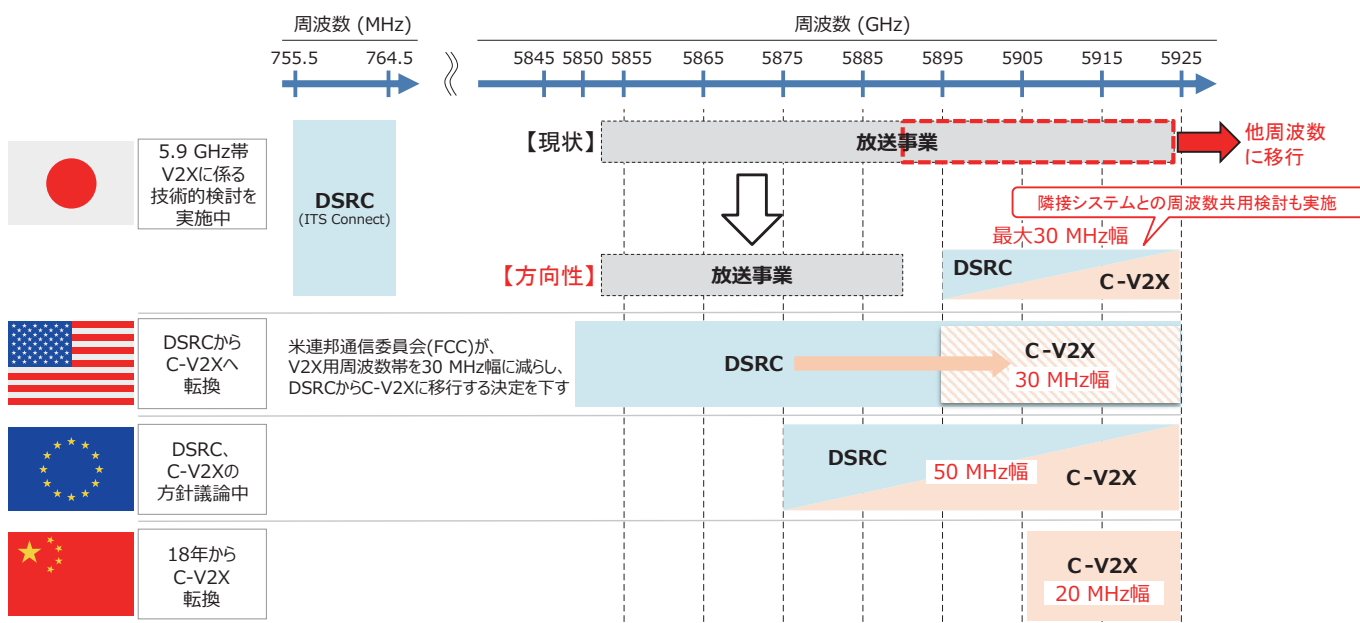


図4 各国のV2X通信関連の周波数帯と使用内容^{3), 10)}
V2X-related frequency bands and usage in each country.

※総務省 自動運転の実現に向けた総務省の取組：資料 11-1「自動運転の社会実装に向けた情報通信インフラに関する総務省の取組について」
及び2022年度第1回 自動運転・デジタル化戦略ワーキンググループ：事務局資料をもとに著者にて作成

4. 古河電工グループの取り組み

4.1 5.9GHz帯V2X通信システムの開発状況と実証

V2X通信技術の研究開発推進を目的として、2021年7月に総務省より5.9GHz帯の実験試験局免許を取得し、神奈川県平塚事業所内で5.9GHz帯V2X通信による交差点ユースケースを模擬した実証実験を行った¹¹⁾。図5は、平塚事業所内でおこなわれた実証実験を示しており、交差点における一般車両とV2X車載通信機(OBU:On-Board Unit)を搭載した車両(V2X車両)との安全支援ユースケースを模擬したものである。本実験の構成は、交差点の路側(インフラ側)にインフラレーダセンサと連携した5.9GHz帯V2X路側機(RSU:Road Side Unit)を設置したものである。このシステムは、レーダセンサで検知した一般車両の位置情報を、RSUからV2X通信を介して走行中のV2X車両に搭載されたOBU(車載機)へ送信し、ドライバーへ通知を行うものである。本実証実験では、インフラセンサ連携V2I路側機システムPoC(Proof of Concept:概念実証機)を活用することで、V2X車両が視程外の一般車両の接近をタイムリーに検知し、ドライバーへ通知できることが実証され、交差点の安全性向上への寄与が確認された。

4.2 NEXCO中日本との高速道路実証実験

事業所内での実験以外に、高速道路における実証にも取り組

んでいる。具体的には、NEXCO中日本が実施する「高速道路の自動運転時代に向けた路車協調実証実験」に参画し、当社が開発した5.9GHz帯V2X通信システムによる実証実験を行った。この実証実験は、新東名高速道路の建設中区間をフィールドとして、代替周波数として5.8GHz帯を用いてRSUと車両間の通信(V2I)を行い、将来の自動運転社会における安全性・効率性の向上を検証している¹²⁾。

古河電工グループは、国際標準化団体3GPPで策定されたC-V2X方式に対応したRSUを提供し、図6に示すような後続車両の安全性向上を目的とした路上障害情報の提供に取り組んだ。実証実験では、以下の成果を挙げている。

・V2Iを使用した基本通信範囲特性の結果

全長約2kmの実験区間に、光回線を介して2基の疑似管制サーバへ接続されているV2I路側機を設置した。基本通信範囲特性を確認するため、V2I車載機を搭載した実験車両で実験区間を走行し、V2I路側機との通信特性を実測した。その結果、V2I路側機に指向性アンテナを接続した場合、約1.4kmの区間において、国内の先読みユースケースで規定されるパケット到達率(PAR)99%以上⁸⁾を達成し、安定した通信範囲特性を確認した。これにより、当該実験区間約2kmを2基のV2I路側機で通信範囲をカバーできることが実証された。以下に本実験区間での3つのユースケースとその結果を示す。



図5 平塚事業所で実施した実証実験の様子
Demonstration experiment conducted at Hiratsuka Works.

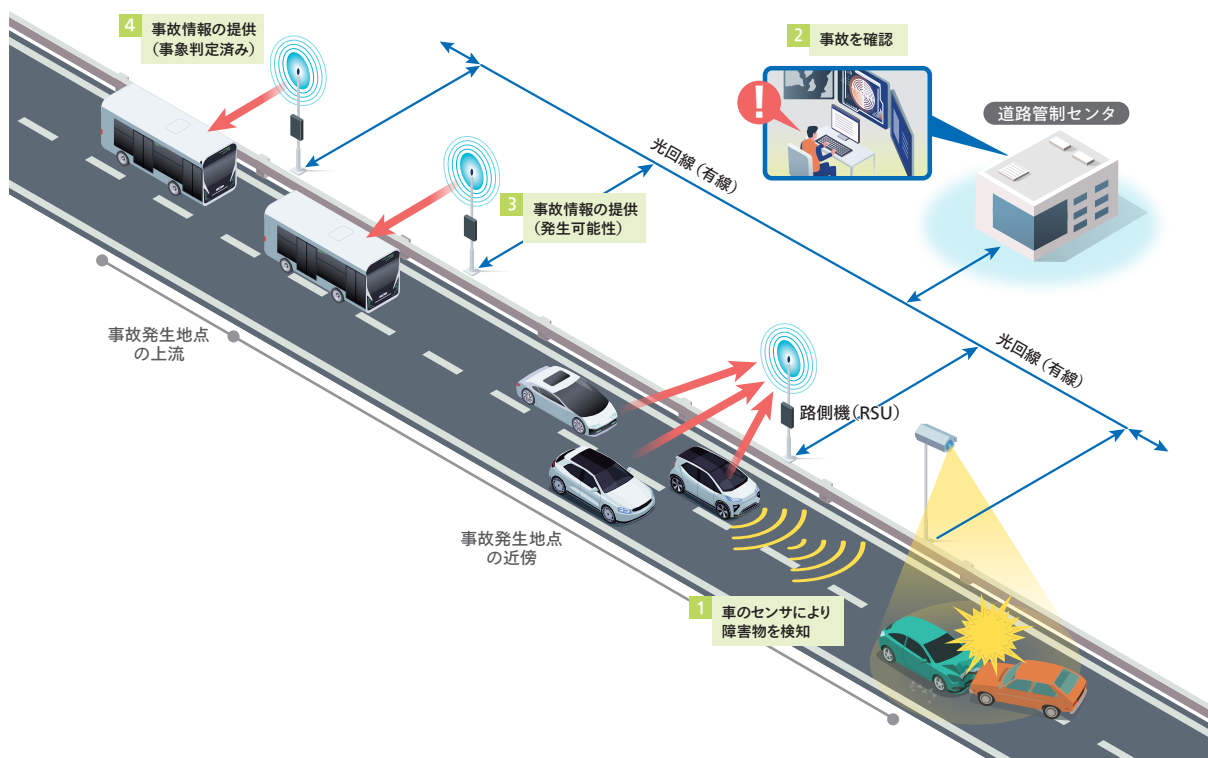


図6 高速道路における V2I を使用した自動運転のユースケースイメージ
Use case image of autonomous driving using V2I on a highway.

・ユースケース1：路上障害情報の後続車への提供

高速走行する2台のV2I実験車両について、先行V2I車両は車載AIカメラにより路上障害を検知し、その障害情報をV2I路側機から光回線を介し、後方のV2I路側機を経由して後続V2I車両に搭載した車載タブレットへ即時伝えた。また、先行V2I車両からの障害情報をV2I路側機から疑似的な道路管制センタを介して、後方のV2I路側機から後方V2I車両へ即時障害情報を伝達するケースを合わせて実証した。これらの2つの実験は、全実験区間において先

行V2I車両の情報送信および後方V2I車両の情報受信に成功している。

・ユースケース2：路面状況や走行環境に応じた最適な速度情報等の提供

実際に高速道路で使用される気象センサ機器を本実験区間に設置し、その気象センサ情報をV2I路側機へ送信し、光回線を介して後続のV2I路側機から後方車両へ即時伝達した。実験では、風速計・視程計を設置、高速走行する車両内の車載タブレットへ全実験区間において伝達に成功している。

- ・ユースケース3:車載センサ等を活用した維持管理情報や運行支援情報等の収集・提供

高速走行する2台の実験車両について、先行車が車載AIカメラで高速道路上の白線のかすれを検知し、障害情報をV2I路側機から光回線を介して疑似的な管制センサへ送信した。その後、管制センサでかすれを判定後に、後方のV2I路側機から後続車両に搭載した車載タブレットへ即時伝達した。また、先行車両で検出取得した白線のかすれ画像をV2I路側機から道路管制センサへ送付する実験にも成功している。本実験は、先行車両の情報送信および後方車両の情報受信に全実験区間で成功した。

以上のように、NEXCO中日本社より提案された3つのユースケースについて、全長約2 km区間において2基のV2I路側機システムにより実証した。

本技術を活用することで、路面状況や走行環境に応じた最適な速度情報などの提供や、車載センサなどを活用した維持管理情報や運行支援情報などの収集・提供が可能となり、即応性が求められる合流部支援や、高架・橋梁・トンネルなどの入り口でのピンポイントな先読み支援が可能となる。今後はこうした都市間高速道路における実証実験に加えて、自動運転車両の対象エリアの多様化を鑑み、都市高速道路での実証実験を検討中である。これら実証実験を介して社会実装に向けた研究開発の取り組みを加速させていく。

4.3 IOWN との連携

次世代ネットワーク構想である IOWN は、低消費電力・大容量・低遅延通信を実現するための次世代通信・コンピューティング基盤の提供を目的としている。モビリティ分野においても、IOWNはV2X通信との高い親和性を持ち、AI処理の効率化やエネルギー効率の向上など、幅広い価値創出が期待されている¹³⁾。

古河電工グループはIOWN Global Forumに参画し、下記に示すようなユースケースの検討を開始している。これにより、低遅延性と高経済性を両立するシステムの実現を目指している。以下がユースケースの概要である。

- ・リアルタイム道路監視:車載センサや路側センサで収集したデータを解析し、事故や落下物といった道路上で発生した異常をリアルタイムで検知する。
- ・先読み支援:センサデータを解析し、道路状況を後方車両へ共有することで、安全運転を支援する。

今後、V2X通信とIOWNを統合したプラットフォームの構築により、モビリティ分野における新たな価値創出が期待される。

5. おわりに

本書では、V2X通信の基礎、制度、そして古河電工グループの取り組みについて概説してきた。自動車業界は「100年に一度の大変革」と言われるCASEの潮流の中で、接続性と自動化を支える通信技術の重要性が高まっている。その中核を担うV2X通信は、車両とインフラ、ネットワーク、歩行者との情報共有を可能にし、安全性と効率性を飛躍的に向上させる基盤技術である。

日本では、総務省の周波数再編アクションプランに基づき、

5.9GHz帯の割り当てが進められており、2026年度を目途に制度整備が完了する予定である。国際的にもアメリカ、欧州、中国で同様の取り組みが進行しており、標準化と相互運用性の確保が不可欠となっている。

古河電工グループは、モビリティ領域での安全・安心な移動の実現を目指し、光通信技術と高周波技術を融合した次世代通信基盤の開発を推進している。当社平塚事業所での実証実験に加え、NEXCO中日本による高速道路上での実証実験等を通じ、5.9GHz帯V2X通信システムの研究開発を進めており、今後は都市高速道等での実証実験を進める計画である。

さらに将来構想の視点では、超広帯域・超低遅延・高信頼性を備えたIOWN構想との連携により、リアルタイムな交通制御や高度な自動運転支援サービスの実現が考えられる。

こうした取り組みにより、交通事故ゼロ社会の実現、渋滞緩和、環境負荷低減といった社会的課題の解決に貢献することが期待される。古河電工グループは、技術開発と標準化対応を加速させることで、未来へ“つづく”持続可能なモビリティ社会の創出に取り組んでいく。

参考文献

- 1) トヨタ自動車株式会社、豊田章男:モビリティカンパニーへのフルモデルチェンジに向けて
<https://global.toyota.jp/company/messages-from-executives/details/> (参照日:2026年1月20日)
- 2) 国土交通省 社会資本整備審議会 道路分科会 第82回基本政策部会:資料2 社会課題の解決に資する自動運転車等の活用に向けた取組方針
https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000648.html (参照日:2026年1月20日)
- 3) 総務省 自動運転の実現に向けた総務省の取組:資料 11-1 自動運転の社会実装に向けた情報通信インフラに関する総務省の取組について
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/Next_Generation ITS/02kiban14_04001234.html (参照日:2026年1月20日)
- 4) 総務省:周波数再編アクションプラン(令和7年度版)
https://www.soumu.go.jp/main_content/001042688.pdf (参照日:2026年1月20日)
- 5) 国土交通省 第3回 自動運転インフラ検討会:資料2自動運転に係る情報通信インフラの取組について
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/jido-infra/doc03.html> (参照日:2026年1月20日)
- 6) NTT DOCOMO:5G Evolution & 6G特集(2) ―具体化に向けた取組みとユースケース―“C-V2Xを活用した協調型自動運転に向けたドコモの取組み”
https://www.docomo.ne.jp/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol31_3/004.html (参照日:2026年1月20日)
- 7) 戦略的イノベーション創造プログラム:2022年度「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期:自動運転(システムとサービスの拡張)/協調型自動運転のユースケースを実現する5.9GHz帯V2Xシステムの通信プロトコルの検討」
<https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/rd06/233.pdf> (参照日:2026年1月20日)
- 8) 日本電気株式会社:協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討
<https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/rd05/212.pdf> (参照日:2026年1月20日)
- 9) 総務省:自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会(第二期)中間取りまとめ概要

- https://www.soumu.go.jp/main_content/000967721.pdf (参照日: 2026 年 1 月 20 日)
- 10) 2022 年度第 1 回 自動運転・デジタル化戦略ワーキンググループ: 事務局資料
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/automobile/jido_soko/jido_digital/2022_001.html (参照日: 2026 年 1 月 20 日)
- 11) 古河電工: ニュースリリース “総務省より 5.9GHz 帯 V2X 通信用実験試験局免許を取得”
https://www.furukawa.co.jp/release/2021/kenkai_20210726.html (参照日: 2026 年 1 月 20 日)
- 12) 古河電工: ニュースリリース “NEXCO 中日本「高速道路の自動運転時代に向けた路車協調実証実験」に参画”
https://www.furukawa.co.jp/release/2022/kenkai_20221005.html (参照日: 2026 年 1 月 20 日)
- 13) NTT 株式会社: NTT 技術ジャーナル “IOWN による街全体の最適化”
<https://journal.ntt.co.jp/wp-content/uploads/2020/11/JN202011040.pdf> (参照日: 2026 年 1 月 20 日)