

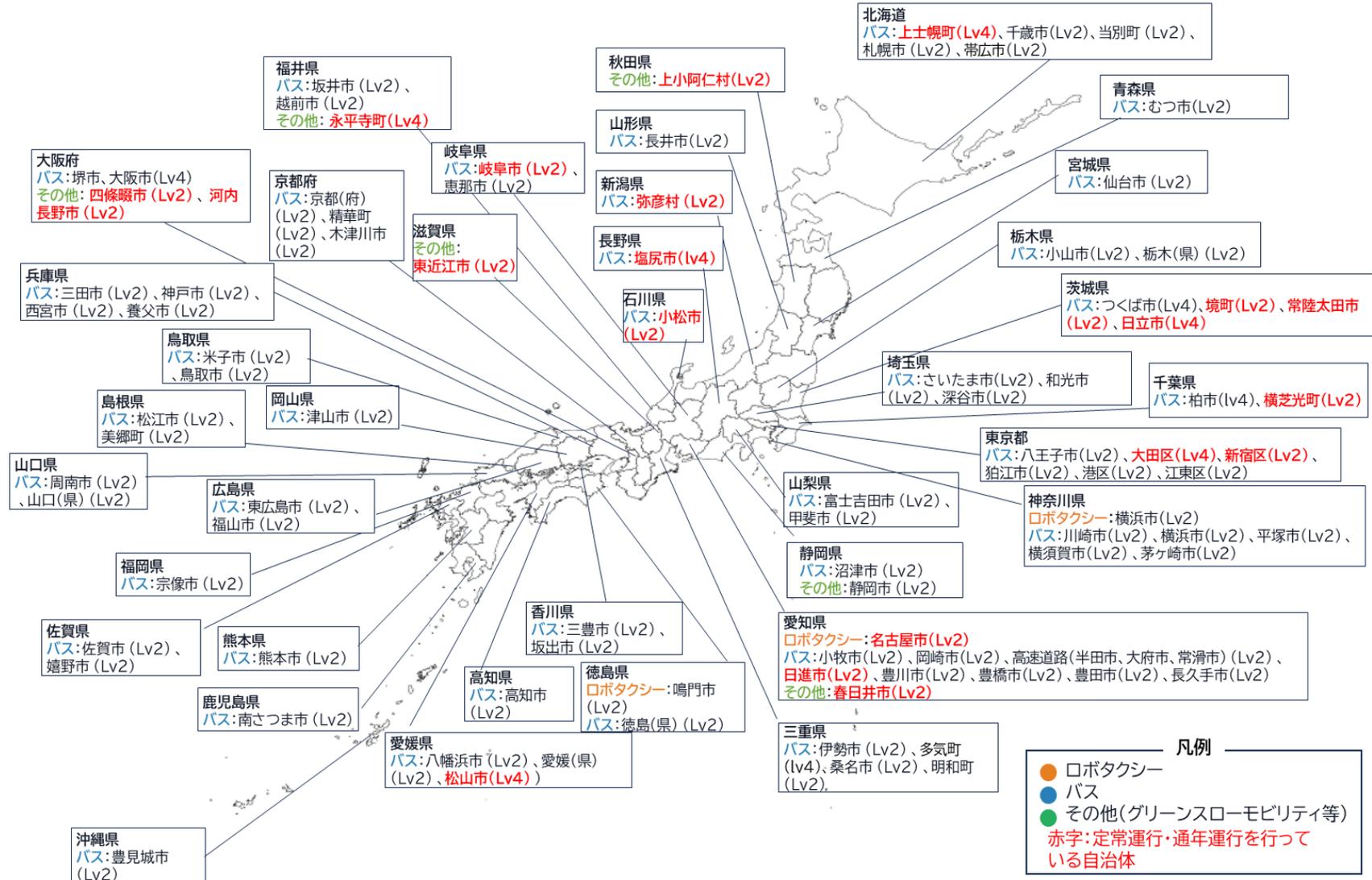
国内・海外(米中欧)における 自動運転導入事例と通信活用状況

目次

1. 国内の自動運転バスの実装又は実証を進める地域
2. 実装地域における通信の活用状況
3. V2NとV2Xの整理状況
4. ITS専用周波数帯の紹介
5. まとめ

1. 国内の自動運転バスの実装又は実証を進める地域

- 全国89地域でレベル2又はレベル4自動運転の実装又は実証の取組が進行している。
- そのうち19地域ではレベル2又はレベル4自動運転移動サービスの定常運行・通年運行を実施している。
※上士幌町、塩尻市、日立市、大田区、永平寺町、松山市はレベル4自動運転で定常運行・通年運行。



2. 実装地域における通信の活用状況

【調査対象】

レベル2及びレベル4自動運転の実装又は実証を進める地域のうち、実装フェーズとして定常運行・通年運行を行う19の地方公共団体(表1)の中から、自動運転サービスの実現における通信(主に無線通信)の活用状況を調査した。

通信の活用は、通信方式(4G/5G、760MHz帯ITS専用無線等)で分類して整理し、当該通信方式でやり取りするデータ(映像データ、3次元点群データ、物標情報等)を合わせて確認した。

※次頁にて、19の実装地域でのV2Nを活用した主なユースケースの内容と通信の活用状況を示す。

※19の実装地域ではV2Xの活用が少ないため、他の実証事例をもとに次々頁に整理。

表1 対象の19地方公共団体

- | | |
|------------|------------|
| • 北海道上士幌町 | • 長野県塩尻市 |
| • 茨城県境町 | • 岐阜県岐阜市 |
| • 茨城県常陸太田市 | • 愛知県名古屋市 |
| • 茨城県日立市 | • 愛知県日進市 |
| • 千葉県横芝光町 | • 愛知県春日井市 |
| • 東京都大田区 | • 滋賀県東近江市 |
| • 東京都新宿区 | • 大阪府四條畷市 |
| • 新潟県弥彦村 | • 大阪府河内長野市 |
| • 石川県小松市 | • 愛媛県松山市 |
| • 福井県永平寺町 | |

2. 実装地域における通信の活用状況

○ 実装地域(前頁に示す19の地域)で実施されている自動運転サービスで活用されている通信は、主に4G LTE/5G(商用網)が多く、一部ではローカル5Gも活用。当該通信方式でやり取りしている主なデータは以下のとおり。

- ① 遠隔監視・支援における監視画像、車両制御信号
- ② 車内利用者向けサービスにおけるコンテンツ情報
- ③ 先読み情報提供における信号(信号現示等)情報、道路側に設置したセンサ・カメラで検知した物標情報
- ④ 自動運転システムのOTAにおける更新情報、車両の走行ログ

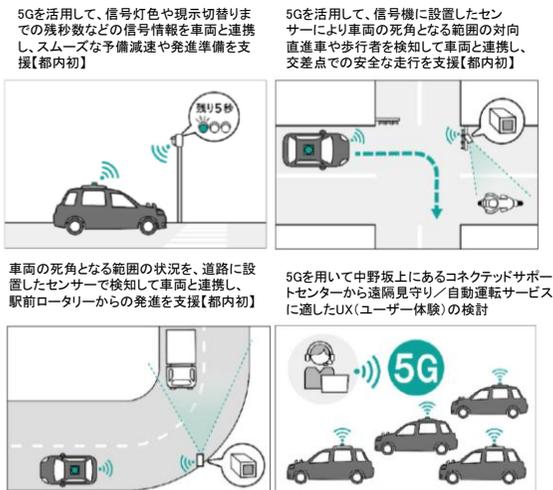
○ V2Nは、箇所によらず通信(情報交換)が必要となるユースケース(①、②)に加え、特定の箇所でのみ通信が必要となるユースケース(③、④)でも活用。自動運転レベル4の実装に向けては、ユースケースごとのV2N/V2Xの使い分け、V2Nを用いるユースケースで必要となる通信要件を踏まえた通信環境の整備が必要。

上土幌町のV2N活用事例(4G LTE/5G)【1】 ユースケース①②



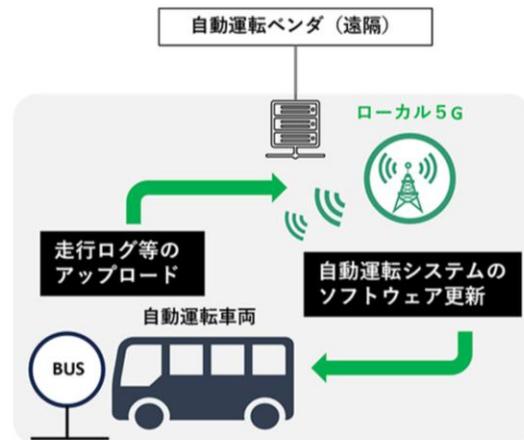
複数台監視を見据えた遠隔監視システムの検討。
トンネルや覆道等のLTE(4G)の不感地帯において、自動運転システムに常時接続可能な通信システムの環境調査を実施

西新宿のV2N活用事例(5G)【2】 ユースケース③



信号情報連携や複数台同時の遠隔見守りに5Gを活用

小松市のV2N活用事例(ローカル5G)【3】 ユースケース④



**自動運転システムのソフトウェアの更新短縮化
走行ログ等のアップロード**

出所)【1】総務省 自動運転時代の“次世代”ITS通信”研究会(第3期第5回) 上土幌町の自動運転プロジェクトご紹介、2026年1月28日閲覧、https://www.soumu.go.jp/main_content/001043473.pdf

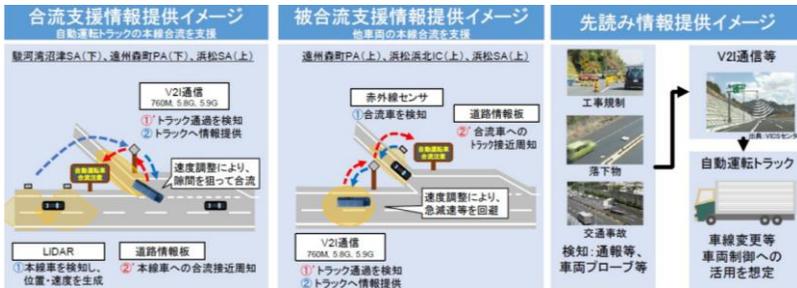
【2】大成建設プレスリリース、2026年1月28日閲覧、https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2021/211215_8609.htm

【3】NECプレスリリース 2026年1月28日閲覧、https://jpn.nec.com/press/2024/10/20241021_02.html

3. V2NとV2Xの整理状況(V2Xの社会実装に向けた実証の動向)

- 商用車の自動運転実装に向け、要件となる遠隔監視実現のためのV2Nの取組が先行する中、遠隔監視以外に想定される協調型自動運転ユースケース(V2Nでは通信要件を満たせない合流支援等のリアルタイム性を求められるもの)の実現や、一般道を含む多様な道路環境への対応を見据えて、V2X(主にV2I)についての実証も並行して進捗している。
- 760MHz帯に加え、国際的な潮流を踏まえて2021年頃から5.9GHz帯にV2X用の周波数割当の検討が開始され、並行して、ユースケースや要件定義等の検討が進められている。自動運転へのV2X通信活用の実証は、新東名高速道路(一部区間)での5.9GHz帯V2X通信を利用した自動運転トラックの走行実証実験や、一般道における760MHz帯V2X通信を活用した実証実験等が行われており、当該実証ユースケースにおけるV2X通信活用の効果の定量的な評価が進捗している。
- 自動運転モードでの走行維持等の観点からV2Xの有効性が認められ、社会実装に向けた取組の加速を見据え、V2XとV2Nの最適な相互補完を念頭に、高速道及び一般道において760MHz帯は自動運転で想定される多様なユースケースに対応した通信要件・メッセージセットの検討等、5.9GHz帯V2Xはその特徴を活かした高度なユースケースの有効性の検証・評価のためのデータ取得等を検証課題とした実証が建付けられている。

新東名高速道路のV2X通信活用事例(5.9GHz帯)



高速道の合流支援と先読み情報提供のユースケースに対し、LiDAR、赤外線センサで検出した情報や、車両プローブ等に基づく情報を760MHz帯/5.8GHz帯/5.9GHz帯V2X通信により自動運転トラックに提供する実証を実施。

日立市(一般道)のV2X通信活用事例(760MHz帯)

現場状況

ITSスマートポール(電柱共架)

自動運転車(テスト車両)

可視光カメラセンサ

統合制御部(12X無線内蔵)

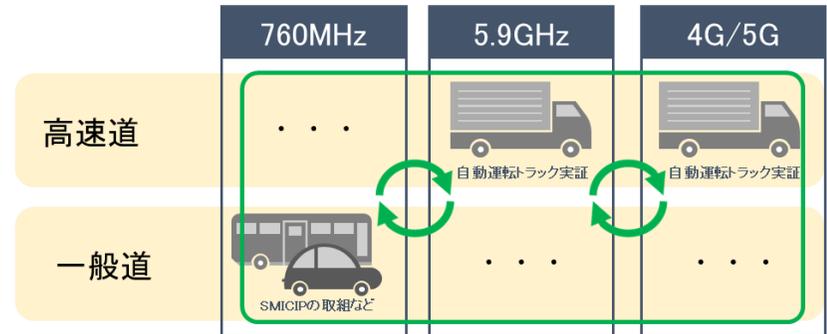
路車役割分担と効果

路車協調有無	走行回数(評価母数)	車載センサでの検出範囲(歩行者を自動検知)の発生回数
なし	46回	3回(6.5%)
あり	94回	0回(0%)

※一定以上の品質が確保できる距離(検知率、誤検知率、距離/速度/進行方向角精度)

交差点の右左折支援とバス出発支援のユースケースに対し、LiDARやカメラで検出した物標情報を760MHz帯V2X通信により自動運転バスに提供する実証を実施。V2X通信活用により手動介入の発生回数を削減。

今後の実証の建付け(イメージ図)



□ 従来の取り組み (個別・段階的に推進) □ 今後の実証の建付け (各通信の特徴等を活かした最適な機能発揮・相互補完を目指す)

- 出所)【1】総務省 自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会(第11回) 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、2026年1月27日閲覧、https://www.soumu.go.jp/main_content/000894774.pdf
 【2】総務省 自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会(第11回) ITS情報通信システム推進会議における5.9GHz帯V2X通信システムに関する取組について、2026年1月28日閲覧、https://www.soumu.go.jp/main_content/001018433.pdf
 【3】SMICIP FY24 日立市 自動運転支援 路車協調実証、2026年1月28日閲覧、<https://smicip.com/project/fy24hitachi/>
 【4】自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会(第3期第6回) スマートモビリティインフラ技術研究会 提出資料、2026年1月28日閲覧、https://www.soumu.go.jp/main_content/001046062.pdf

3. V2NとV2Xの整理状況(“次世代のITS通信”研究会)

総務省、自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会(第一期)において、V2X(V2V、V2I)、V2Nの以下の役割分担・連携イメージが検討された。

- 横軸に対象事象(加減速を行う、ハンドル操作を行うなど)までの到着時間を取った場合に、時間的猶予が殆どない0~数秒のケースには車載センサー、時間的猶予が数十秒以上あるケースにはV2N通信が活用され、その間を埋めるような、時間的猶予が数秒~数十秒のケースを主としてV2X通信の活用を期待する整理としている。

上記イメージを基に検討され、中間とりまとめでV2X、V2Nの連携について以下の方針が整理された。

- V2X通信、V2N通信の特徴(通信エリア、遅延など)を踏まえ、相互補完しながら活用することが重要
- 商用車(サービスカー)／自家用車(オーナーカー)それぞれについて連携・役割分担を検討すべき
- 自動運転／通信技術の進展を踏まえ、将来的にはQoSを考慮したネットワークアーキテクチャの検討なども必要

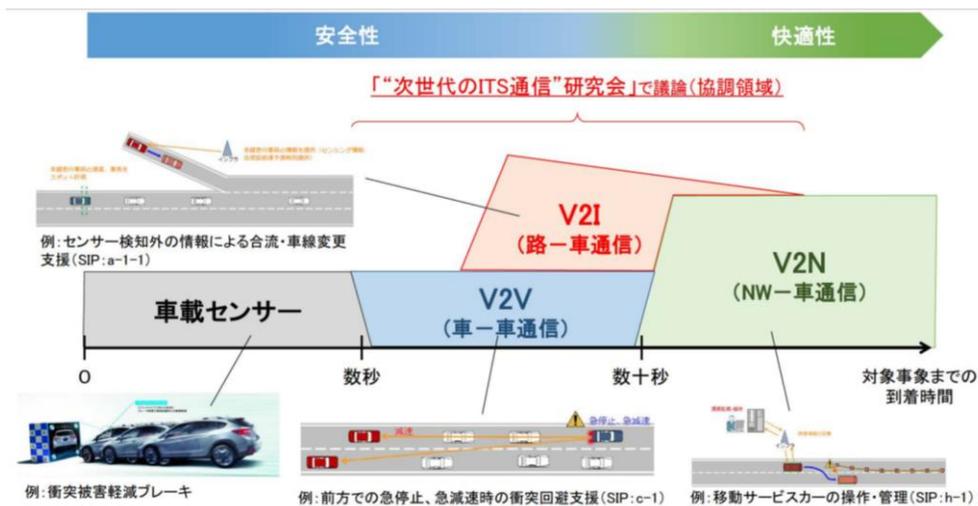


図 V2X(V2I、V2V)通信、V2N通信の役割分担・連携イメージ^[1]

表 自動運転(商用車／自家用車)実現に向けたV2X通信とV2N通信の連携・役割分担イメージ^[1]

	短期(既に実現しているものを含む)	中・長期
乗用車(オーナーカー)		
V2X通信	<ul style="list-style-type: none"> ● 信号情報連携(V2I) ● 緊急車両存在通知(V2V) ● 安全運転支援(V2I・V2V) <ul style="list-style-type: none"> － 出会い頭注意喚起 － 右折時注意喚起 － 道路管理への活用(大雪時の立ち往生検知など) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 協調型自動運転(V2I・V2V) <ul style="list-style-type: none"> － 合流支援(隙間狙い、調停) － 衝突回避支援 － 車線変更(ネゴシエーション)
V2N通信	<ul style="list-style-type: none"> ● 救援要請 eCall ● 緊急車両存在通知 ● テレマティクスサービス ● 信号情報連携 	<ul style="list-style-type: none"> ● 自動運転用地図(高精度地図)情報配信
商用車(サービスカー)※ODD(Operational Design Domain)が限定されるものを想定		
V2X通信	<ul style="list-style-type: none"> ● 信号情報連携(V2I) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ オーナーカーにおける車載器(V2V通信)普及の状況を受けて活用の進展が期待
V2N通信	<ul style="list-style-type: none"> ● 信号情報連携 ● 遠隔監視 	<ul style="list-style-type: none"> ● 遠隔制御

※ODD: ある自動運転システムが作動するように設計されている特定の条件(走行ルート、時間帯、天候など)

3. V2NとV2Xの整理状況(ガイドライン)

- ITS情報通信システム推進会議が発行する“ITS FORUM RC-017 1.1 版 SIP協調型自動運転ユースケースに関する通信シナリオ/通信要件の検討”において、「SIP協調型自動運転ユースケース」、「新東名高速道路における自動運転トラック実証実験」のユースケースに関して、通信シナリオ、通信要件を整理している。【1】
- ITS情報通信システム推進会議では、ユースケースを実現するための通信システム仕様／システム運用条件等を議論し、海外動向も参照しながら、皆が使える通信システムとするための民間標準規格(ARIB STD)策定を推進している。【2】

機能分類	ユースケース名	通信
a. 合流・車線変更支援	a-1-1. 予備加減速合流支援	V2I
	a-1-2. 本線隙間狙い合流支援	V2I
	a-1-3. 路側管制による本線車両協調合流支援	V2I
	a-1-4. 車同士のネゴシエーションによる合流支援	V2V
	a-2. 混雑時の車線変更の支援	V2V
	a-3. 渋滞時の非優先道路から優先道路への進入支援	V2V
	a-4. 本線車両情報提供(合流支援)	V2I
b. 信号情報	b-1-1. 信号情報による走行支援(V2I)	V2I
	b-1-2. 信号情報による走行支援(V2N)	V2N
c. 先読み情報: 衝突回避	c-1. 前方での急停止、急減速時の衝突回避支援	V2V
	c-2-1. 交差点の情報による走行支援(V2V)	V2V
	c-2-2. 交差点の情報による走行支援(V2I)	V2I
	c-3. ハザード情報による衝突回避支援	V2V
d. 先読み情報: 走行計画変更	d-1. 異常車両の通知による走行支援	V2I, V2N
	d-2. 逆走車の通知による走行支援	V2I, V2N
	d-3. 渋滞の情報による走行支援	V2I, V2N
	d-4. 分岐・出口渋滞支援	V2I, V2N
	d-5. ハザード情報による走行支援	V2I, V2N
e. 先読み情報: 緊急車両回避	e-1. 緊急車両の情報による走行支援	V2V, V2I, V2N
f. インフラによる情報収集・配信	f-1. 救援要請(e-Call)	V2N
	f-2. 交通流の最適化のための情報収集	V2I, V2N
	f-3. 地図更新・自動生成	V2N
	f-4. ダイナミックマップ情報配信	V2N
g. 隊列・追従走行	g-1. 電子牽引による後続車無人隊列走行	V2N
	g-2. 追従走行並びに追従走行を利用した後続車有人隊列走行	V2N
h. 遠隔操作	h-1. 移動サービスカーの操作・管理	V2N

出所)【1】SIP協調型自動運転ユースケースに関する通信シナリオ/通信要件の検討資料 1.1版、2026年1月16日閲覧、https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p77/ITS_FORUM_RC-017_v11.pdf

【2】総務省、自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会(第3期第7回)配付資料、2026年1月21日閲覧、https://www.soumu.go.jp/main_content/001048281.pdf

4. ITS専用周波数帯の紹介

- 国内では現在ITS専用の周波数帯として760MHz帯が割り当てられ、ITS Connectとして一部の車種で搭載が開始され実サービスが展開されている。その他、実証実験(例: Road to the L4テーマ4の柏の葉地域の実証)においても利用されている。
- なお、国際的に検討が進められている5.9GHz帯(5850~5925MHz)の追加割当てに向けて、「自動運転時代の“次世代のITS通信”研究会」において、「国際的な周波数調和や既存無線局との干渉などを勘案し、5895~5925MHzの最大30MHz幅を目途にV2X通信向けの割当てを検討する」旨の中間取りまとめを策定し(令和5年8月)具体的な検討を継続。^[4]



図 760MHz帯の周波数割当状況^[1]

車車間通信を用いた運転支援サービス



路車間通信を用いた運転支援サービス



図 ITS Connectで実施されているサービス^[2]

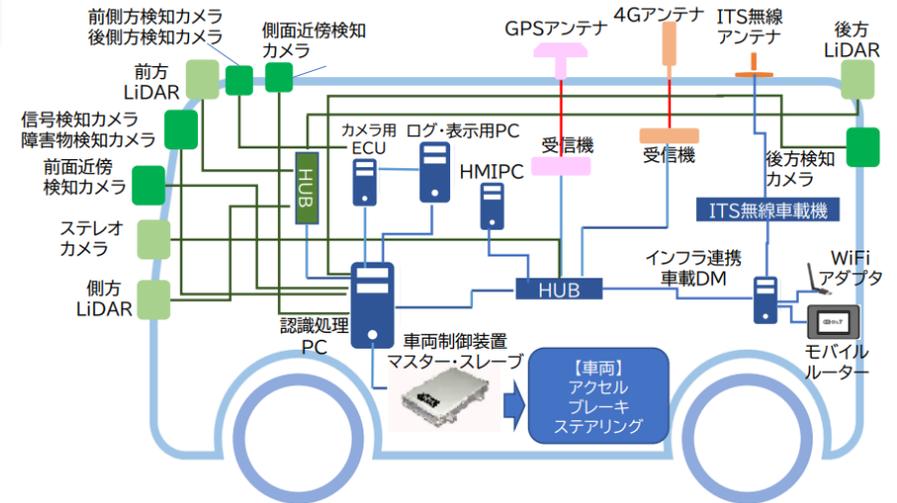


図 協調型自動走行車両の基本構成^[3]

出所)【1】総務省、我が国の電波の使用状況(令和7年3月1日現在)、2026年1月16日閲覧、<https://www.tele.soumu.go.jp/resource/search/myuse/use/714m.pdf>

【2】ITS Connect推進協議会ウェブサイト、2026年1月13日閲覧、https://www.itsconnect-pc.org/about_its_connect/

【3】「Road to the L4プロジェクト & スマートモビリティチャレンジ成果報告会」2024.2.28講演資料、2026年1月21日閲覧、https://www.road-to-the-l4.go.jp/activity/theme04/pdf/20240228_theme04.pdf

【4】総務省、周波数再編アクションプラン(令和6年度版)、2026年1月16日閲覧、https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/saihen/saihen_ap_R6_gaiyou.pdf

5. まとめ

ユースケースに海外との大きな差異はなく、民間標準規格の策定の動向もある

- 国内においても対象事象までの到着時間の時間的猶予の観点から、V2X(V2I、V2V)、V2Nの使い分けが必要との方向性である。V2Nを使うユースケースについては、海外との差異はない。
- 業界団体がユースケースに関する標準を策定しており、こららをもとに民間標準規格の策定が検討されている。

日本独自規格のITS専用周波数が実装、国際協調の観点から追加割当を検討中

- ITS専用周波数帯として、日本独自に760MHz帯が割当られ、サービス展開、実証での利用が進んでいる。
- 一方、国際協調の観点から、5.9GHz帯(5850~5925MHz)の追加割当ての政府方針が示され具体的な検討が継続されている。

L4自動運転サービス実装のためにはV2N、V2Xの補完的利用が重要

- V2Nは広域な利用範囲を特徴とし主に遠隔監視に活用され、V2Xは局所的な安全支援に活用されるなど、使用用途が大きく異なる。
- 自動運転実装の観点からはV2N、V2Xを必要に応じて補完的に併用することが重要。

【参考資料】

海外(米中欧)における自動運転導入事例

調査背景・目的

【背景】

- 自動運転レベル4の社会実装にあたっては、車両の自律性能のみならず、運行の安全性・効率性・信頼性を確保する観点から、自動運転システムと通信との適切な連携が重要な要素の一つである。
- 米国や中国では、Waymoに代表されるロボットタクシーや、自動運転トラック等のレベル4を前提としたサービスの実証・商用展開が段階的に進められている。これらの取組においては、遠隔からの状況把握、運行管理、例外対応等を支える基盤として活用されている事例が確認されつつある。
- 一方で、各国・各事業者における通信の位置付けや活用のあり方は一様ではなく、制度・技術・事業モデルの違いを背景に、多様なアプローチが採られていると考えられる。

【目的】

- 諸外国の関連事例を対象として、通信システムがどのような役割で活用され、どのように安全性や運行効率の確保・向上に寄与しているか等を整理・把握することを目的とする。

調査対象

【調査対象】

- 米国・中国・欧州における自動運転事例・取組：特にロボットタクシーや自動運転トラック等の商用・試験サービス・実証（一般道・高速道路）を対象とした。
- 上記事例におけるV2N・V2Xの活用形態・位置付け、関連する制度・政策動向（概要）等についても整理した。

調査対象事例一覧

区分	調査項目	対象国	事例名	該当ページ
海外実証	V2Nユースケース	欧州	5G-CARMEN	14ページ
		欧州・アジア	5G-MOBIX	15ページ
	V2Xユースケース	米国	Connected Vehicle Acceleration Zone	16ページ
		欧州	C-ROADS	17ページ
海外サービス	自動運転タクシーサービスにおけるV2N活用	米国	Waymo one	19ページ
			Tesla	20ページ
		中国	百度 (Apollo go)	21ページ
	自動運転トラックサービスにおけるV2N活用	米国	Aurora	22ページ
欧州 (独)		ATLAS-L4	23ページ	

海外実証事例

海外実証(V2N) 5G-CARMENの動向

欧州 5G-CARMENの動向

- 欧州における自動運転の「**国境を越えた連続的なサービス提供**」に5G技術を活用して取り組む。
- 通信は、**運転支援、快適サービス、環境負荷軽減**のために利用。

目的

- 欧州における自動運転の「**国境を越えた連続的なサービス提供**」に5G技術を活用して取り組む

通信利用

- **運転支援**
 - リアルタイムな位置情報や速度等の情報を交換することにより、合流支援、先読み情報、周辺情報の提供等の安全運転に関わる支援を実施
- **快適サービス**
 - ビデオストリーミングなどのマルチメディアコンテンツの利用
- **環境負荷低減**
 - 車両、交通インフラ、交通管理システムがリアルタイムで連携し、燃料消費量や電力消費量とCO2排出量を最適化

通信性能

- 協調レーン変更やエマージェンシー車両回避のためのMECベースのリアルタイム制御のため10ms以下のエンドツーエンド (E2E) 遅延
- 国境を跨ぐ際の継続的サービス提供のためPLMN切替を含むハンドオーバー対応

5G-CARMENプロジェクトが実証実験を行った範囲は、国境を越えて、イタリアのボローニャ (Bologna) からドイツのミュンヘン (Munich) を結ぶ、全長約600kmの道路。



5G-CARMENプロジェクトイメージ



5G-CARMEN実証範囲

海外実証(V2N) 5G-MOBIXの動向

欧州・アジア 5G-MOBIXの動向

- 先進的コネクテッド・自動運転モビリティのユースケースに対する**5G技術の付加価値を実証**。
- 通信は、**高度運転支援、拡張センサー、遠隔支援・運転**等に利用。**データの共有や遠隔地から車両への指示や運転**を行う。

目的

- ・先進的コネクテッド・自動運転モビリティ(CCAM)のユースケースに対する5G技術の付加価値を実証し、レベル4以上の車両自動化レベルに技術の実現可能性を検証。特にクロスボーダー(国境を跨ぐ)課題への対処、5Gコア技術の活用に焦点が当てられている。

通信利用

- ・ **高度運転支援**
 - 車両、インフラ、交通管制センター等の複数の情報源から収集した動的情報を車両に配信
- ・ **拡張センサー**
 - 車載センサーや路側センサーから得たローデータまたは処理済みデータの共有
- ・ **遠隔支援・運転**
 - 複雑な道路状況や事故発生時に、遠隔地のオペレータが車両への指示、または運転を行う
- ・ **車両QoS(サービス品質)サポート**
 - ネットワーク品質低下を予測的に車両に通知し車両がサービス継続可能となるように支援

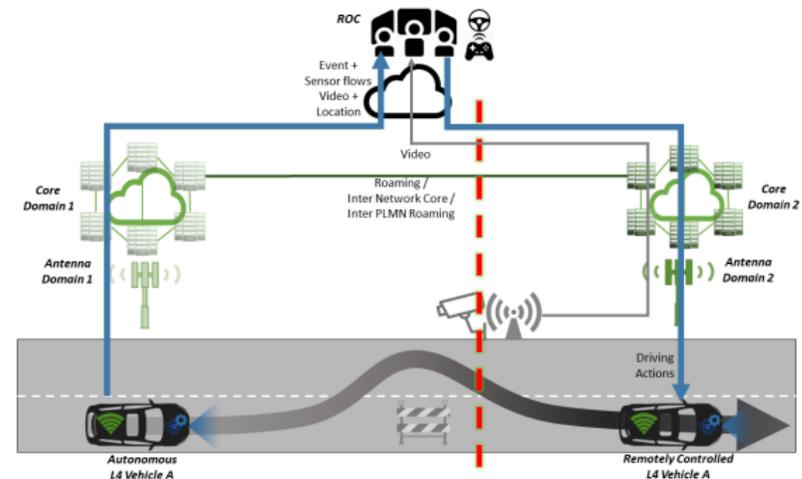


5G-MOBIXプロジェクト仕様車両例

通信性能

- ・ 遠隔運転に対応した10ms以下のエンドツーエンド(E2E)遅延、DL 20-50 Mbps 想定かつ高信頼性が必要となる

ギリシャとトルコ、スペインとポルトガルといった2つの国境を跨ぐ課題への対処、5Gコア技術の活用に焦点を当て、検証を実施。



実証例 国境をまたぐ自動運転車両の遠隔運転

海外実証(V2X) Connected Vehicle Acceleration Zoneの動向

米国 Connected Vehicle Acceleration Zoneの動向

- 車両と、信号機、他の車両、歩行者、自転車利用者、路側インフラとのリアルタイム通信に関する試験を実施。
- 通信は、**信号連携**、**交通弱者検知**等に利用。緊急車両や公共交通車両の**優先制御**や、歩行者等の**検出・通知**を行う。

目的

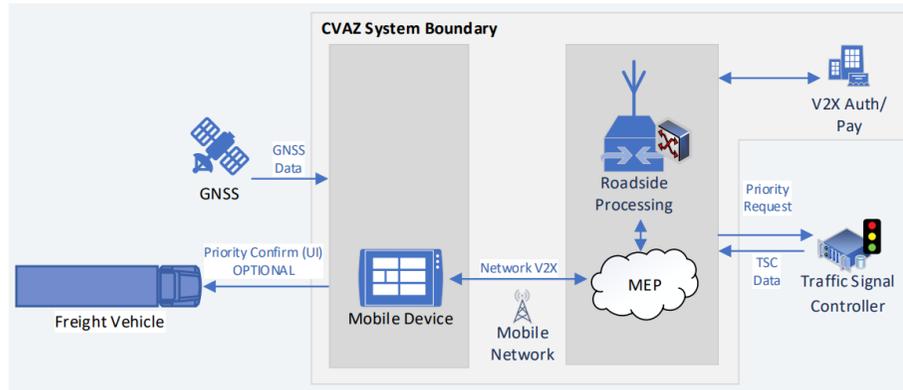
- **車両と信号機、他の車両、歩行者、自転車利用者、路側インフラとのリアルタイム通信**の試験を実施
- 安全性の向上、交通遅延の削減、交通及び貨物の信頼性向上、地域におけるコネクティッドモビリティの実装準備を目的としている

通信利用

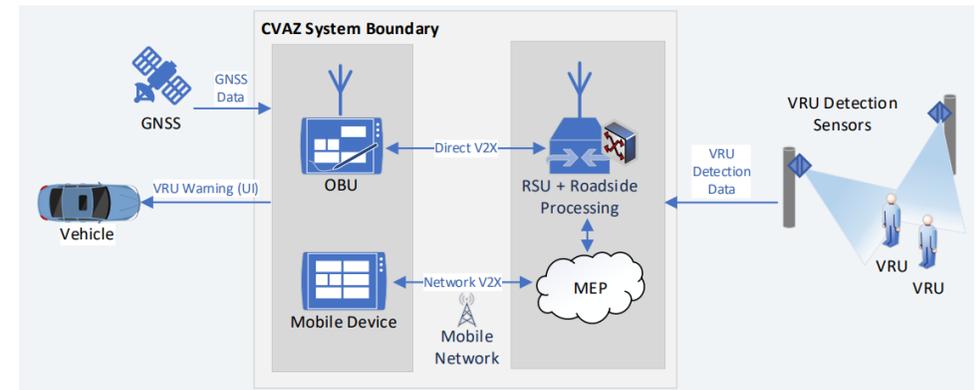
- **信号連携**
 - 緊急車両、公共交通車両、貨物車両の優先制御
 - 例:バス停の利用者が多い区間で、公共交通バスが優先的に信号を通過できるシステム。そのために必要な情報送信等に利用。
- **交通弱者検知**
 - カメラ、LiDAR、レーダーなどのセンサーが、歩行者や自転車利用者を検出し、接近する車両に警告を発信。そのための情報送信等に利用

通信性能

- 安全メッセージ(BSM)提供100 ms 以下(低レイテンシ)、パケット配信率90%以上(都市部での干渉を考慮)の信頼性がある
- DSRC:6~27 Mbps、C-V2X は LTE ベースで数十 Mbpsのデータレートとなっている



緊急車両優先システムイメージ



交通弱者の検出システムイメージ

海外実証(V2X) C-ROADSの動向

欧州 C-ROADSの動向

- 欧州全域での統一されたC-ITS実現に向けた取組であり、**ハイブリッド通信混合戦略を採用。短距離通信(ITS-G5)と長距離通信(5G/LTE)を使用。**
- 通信は、**プローブデータ収集や信号情報サービスに利用。遠隔操作等にも活用されている。**

目的

- ヨーロッパ全域での統一されたC-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems)サービスの展開を目指し、18のヨーロッパ加盟国が参加する協調的な取組
- ハイブリッド通信混合戦略を採用しており、短距離通信(ITS-G5)と長距離通信(5G/LTE)を使用

通信利用

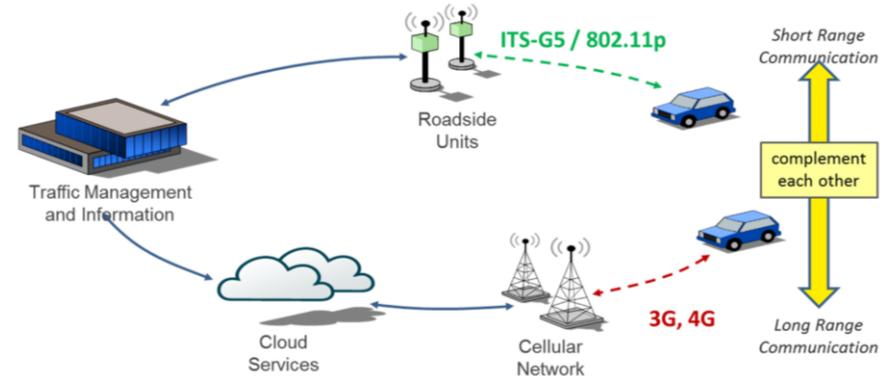
- **広域情報配信、情報提供等**
 - 広域情報配信、数秒程度の遅延が許容されるクラウド連携による動的処理による情報提供等に活用。具体的なサービスは以下。
 - プローブデータ収集、気象情報サービス、信号情報サービス
 - ソフトウェア更新、健全性診断、リアルタイム状況共有、遠隔操作(テレオペレーション)



パートナー展開地域

通信性能

- CAM(Cooperative Awareness Message): 100 ms 以下DENM(Decentralized Environmental Notification): 50 ms 以下の低遅延
- 高信頼(パケット損失率 10^{-3} 以下)
- ITS-G5: 6~27 Mbps、C-V2X は LTE/5Gで数十 Mbpsのデータレート



ハイブリッド通信混合戦略

海外サービス事例

米国 Waymo One(ロボタクシー)の動向

- Waymo Oneでは、都市部・郊外を対象に完全無人・有償のL4ロボタクシーを運行。最高速度約105km/h(高速道)・24時間運行など、**広範囲なODD**での運用を実現。
- 利用している通信は**V2N中心設計**で、V2Xは搭載していない。
 - **車載センサ+HDマップ+AIドライバー(Waymo Driver)**による自律性を最優先しており、**通信は主に遠隔監視・遠隔支援に利用**。障害物などをオペレーターがリアルタイムのライブ映像や3D環境モデルを専用ツールで確認、経路や動作の助言・許可等を行う。

商用化・運用モデル

- 都市部・郊外(フェニックス・サンフランシスコ・LA等)で、完全無人・有償のL4ロボタクシーを運行
- 最高速度約105km/h(高速道)、24時間運行など、**広範囲なODDで運用**を実現
- 運行主体はWaymo自身で、車両・運行・遠隔支援を含めた集中管理型モデル



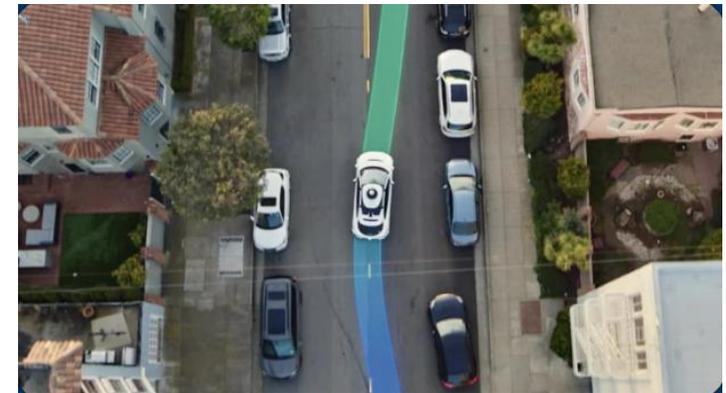
Waymo車両(ジャガーI-PACE)

通信利用

- V2N中心設計、V2Xは搭載せず
- 「自車のAIで完結する」設計思想に基づき、**車載センサ+HDマップ+AIドライバー(Waymo Driver)**による自律性を最優先
- 通信は**主に遠隔監視・遠隔支援**に利用。障害物や予測不能な交通整理など、AIが判断に迷った際に監視センタのオペレーターがリアルタイムのライブ映像や3D環境モデルを専用ツールで確認、経路や動作の助言・許可などを実施
- 遠隔支援時に車両停止・待機可、通信は助言/補助手段

通信性能

- 通信可用性を求めるとともに、**通信断時も自律走行を制御可能**とする
- 遠隔支援時は複数のカメラ映像や環境モデルのリアルタイム送信のため、上り帯域は数M~十数Mbps程度(推定)
- 車両は徐行・一時停止してオペレーターからの返信を待機する設計で、その点では遅延要件は必ずしも高くないと想定
- 混雑時の映像伝送維持などV2Nの信頼性確保に向け、**マルチキャリア化(eSIM等)や5G NR/NWスライスの活用**などにより接続性や帯域の確保を目指している



リモートアシスタントチームが遠隔支援を行う際に参照する画面のイメージ図

米国 Tesla(ロボタクシー)の動向

- Teslaは、現時点は自家用車向けの運転者監督を前提とした運転支援機能(FSD)を中心に展開。限定的なロボタクシー試験を開始し、2026年の車両量産化を目指している。
- 利用している通信は、**V2N中心設計**で、V2Xは搭載していない。
 - 運転中のリアルタイム遠隔支援や監視は実装されるが、**自律AIの進化で通信依存を極力下げる**ことが基本思想。
 - 広帯域よりも**安定した接続性を重視**。

商用化・運用モデル

- 現時点は自家用車向けの運転者監督を前提とした運転支援機能(FSD)を中心に展開。限定的なロボタクシー試験を開始、**2026年には車両量産化へ**
- 将来的には既存オーナー車両を活用した分散型ロボタクシーを運用するTesla Network構想を掲げる

通信利用

- V2N中心設計、V2Xは搭載せず
- 運転中のリアルタイム遠隔監視・支援は実装されるが、**自律AIの進化で通信依存を極力下げる**ことが基本思想
- テレマテイクス: 車両センサデータ・走行ログ・映像、車載SWのOTA更新・地図データ配信が標準機能(無償)
- インフォテインメント: ナビ地図の表示更新・音楽ストリーミング、動画アプリ利用等、「プレミアムコネクティビティ」(月額課金)でLTEが利用可能
- Wi-Fiでユーザ宅やTeslaのホットスポットで接続可

通信性能

- 完全無人サービスと異なり、現時点では**低遅延・高信頼の遠隔通信は必須ではない**設計
- 通信負荷を極力抑制、公衆網への依存を極力回避
- 学習データは、Shadow Modeで、AI判断と人間操作が乖離した場面のみ抽出、**数秒間の映像クリップとして送信**(常時映像配信はせず)
- 広帯域よりも**安定した接続性を重視**、1台あたりの帯域は数十MB~数百MB/日程度(推定)
- OTA更新は年に数回、数GB規模となるが、Wi-Fi接続を強く推奨



モデルYを使用したロボットタクシー



Shadow Modeのイメージ

中国 百度(Apollo go)の動向

- 「Apollo」システム搭載EVを用いたレベル4自動運転タクシーサービス。一部地域で無人・有償の商用運行を段階的に開始。
- 利用している通信は5G、5.9GHz、V2N、V2X。車載コンピューティング+クラウド・エッジ処理+路側デバイス(路側機、スマート信号機)により安全・効率を高めるアーキテクチャを採用。
- 「5G云代驾(5G代行運転)」と称する遠隔運転・支援システムを導入し、遠隔監視、遠隔支援、遠隔操作をカバー。

商用化・運用モデル

- ・ 主に自社開発の「Apollo」システム搭載EV(Apollo RT6など)を用いたLv4自動運転タクシーサービス
- ・ 北京や深圳等の指定エリアでロボタクシーの試験サービスが進み、一部地域で無人・有償の商用運行が段階的に開始
- ・ ODD: 最高速度:60km/h(通常運行は50km/h以下)、雨・霧対応(雪・氷結は非対応)、24時間運行可能
- ・ 基盤は自動運転車両・クラウドシステム・路側インフラより構成、北京市当局等と協力した大規模実証も実施
- ・ RT6は25万元(約550万円)という低コストを実現、これにより2025年には収益化を見込む



ロボットタクシーで使用されるApollo RT6

通信利用

- ・ 車両側の自律走行AIを開発しつつ、V2N/V2Xを活用するアプローチ
- ・ 車載コンピューティング+クラウド・エッジ処理+路側デバイス(路側機、スマート信号機)により安全・効率を高めるアーキテクチャを採用、車両には複数の通信モジュールを搭載(中国の5G/SAの展開スピードは他国と比べて早い)
- ・ 路側ユニット(5.9GHz C-V2X)も設置エリアでは活用、信号情報や死角車両情報を車に送る実証等実施
- ・ 通信利用: 遠隔監視・操作のリアルタイム通信 + 走行データのクラウド共有(高精度地図更新やAI学習等)
- ・ 「5G云代驾(5G代行運転)」と称する遠隔操作・支援システムを導入、以下のモードをカバー
 - 1) 遠隔監視:リアルタイム車両運行管理プラットフォーム、スケジュール管理、シーン分析、顧客サービス等の対応が可能
 - 2) 遠隔支援:特定の交通環境で迂回が必要な場合などに、状況に応じて安全員が走行経路を指定するなどの支援
 - 3) 遠隔操作:ステアリング、ペダル、クラクション、ウインカー等車両と同様の操作UIを持つコックピットから遠隔操作
※想定シーン例:乗客からのリクエスト、障害の自動検出、地理的条件等の特定シーン、複雑な作業が必要となる場合
- ・ 通信途絶時は車両が自動で安全に路肩停止する機能も公表



遠隔操作

出所: 5G 云代驾服务解决方案、Apollo、
2025年11月12日閲覧、
https://developer.apollo.auto/cloud_driving/index_cn.html

通信性能

- ・ 要求信頼性は、「全面的な安全多層設計で常時監視」と謳い、極めて高水準を目指している(具体値は不明)
- ・ 「5G代行運転」は「ミリ秒級・車隊レベルの同時接続・処理」の実現を目指すとして、E2Eで20-50ms程度と想定
- ・ 遠隔操作時は、車両周囲360°のマルチカメラ映像+車両センサの3Dモデルデータのリアルタイム伝送、オペレータ側の曲面大型ディスプレイにパノラマ映像+3D俯瞰図の表示、臨場感ある「平行」運転体験を実現するため、上り帯域は10Mbps~数十Mbps規模(推定)
- ・ 公表情報はないが、多数都市での運用に向けて、車両には3大通信キャリアの5G SIMIによるマルチキャリア型と想定
- ・ 1対多監視の効率化にも注力し、「一台のクラウド駆動コックピットでN台の無人車を扱える」と公式に謳う。現状N=3程度だが、今後拡大しオペレータあたり経済性向上を狙うものと推察

米国 Auroraの動向

- 市街地中心部や歩車混在エリア、無信号交差点等を避けた**ODDを定義**し、安全性に関する「Safety Case」アプローチと遠隔監視体制を強化。
- 利用している通信は、V2N中心設計、V2Xは搭載していない。
 - ・自動運転システム「Aurora Driver」はLiDAR・レーダ・カメラを搭載。
 - ・通信は**遠隔監視・運行管理用途に限定**。
 - ・大容量映像伝送の想定はなく、大容量のHDマップデータの更新、運行管理、遠隔監視を支えるため、**広帯域かつ安定したV2Nが前提**。

商用化・運用モデル

- ・物流拠点間のL4トラックを商用化、大手物流企業連携によるB2B型フリート運行
- ・市街地中心部や歩車混在エリア、無信号交差点等を避けた**ODDを定義**し、安全性に関する「Safety Case」アプローチと遠隔監視体制を強化
- ・Uber自動運転部門買収等で技術を集約、車両を改造

通信利用

- ・V2N中心設計、V2Xは搭載せず。
- ・自動運転システム「Aurora Driver」はLiDAR・レーダ・カメラを搭載、高速道路での連続運転等に最適化
- ・通信は**遠隔監視・運行管理用途に限定**。通信断時にAIが自律的に安全停止する設計
- ・独自HDマップ (Aurora Atlas) はクラウドで一元管理、車両検知した差分データを週次以上の頻度で更新
- ・運行前の地図情報と車両センサデータの照合・シミュレーションによる**事前安全性検証**等独自プロセスを導入

通信性能

- ・大容量映像伝送は想定されていないが、大容量のHDマップデータの更新、運行管理、遠隔監視を支えるため、**広帯域かつ安定したV2Nが前提**
- ・遅延要求は厳格ではないが、長距離・長時間運行のため**通信品質のばらつきが運用に影響**しやすい
- ・車両が対処困難な場面は安全な場所に停車し、遠隔からの指示を待つ、「最悪の場合Roadside Assistance(現地要員派遣)に頼る」と言及するなど、**通信が即応しなくても安全を保てる設計**を想定



自動運転トラックのイメージ¹⁾



自動運転システムが予期せぬ状況を検知してリモートアシスタンススペシャリストに通知²⁾

出所: 1) The future of freight is superhuman., Aurora, 2025年11月12日閲覧、<https://aurora.tech/>
2) Have questions about Aurora and AVs? Get your answers here., Aurora, 2025年11月12日閲覧、<https://aurora.tech/newsroom/have-questions-about-aurora-and-avs-get-your-answers-here>

欧州(独) ATLAS-L4の動向

- **物流拠点間の高速道路L4無人トラック走行を目指した自動車部品大手・スタートアップ・研究機関・認証機関・道路公社等**による独官民連携PJ(2025年に終了)。港湾など低速自動運転車を公道高速トラック向けに拡張。
- 車載セルラ通信+遠隔操作用I/F+路側ITS設備で構成されており、**公衆5G+道路会社のRSUを試験利用している**。ITS-G5路側機で渋滞情報などをC-V2X経由の伝送実験も実施。

商用化・運用モデル

- ・ 物流拠点間の高速道路L4無人トラック 走行を目指した自動車部品大手・スタートアップ・研究機関・認証機関・道路公社等による独官民連携PJ(2025年に終了)
- ・ 港湾など低速自動運転車を公道高速トラック 向けに拡張
- ・ 2023年9月に高速走行テストに成功、車両混雑時に管制センターから介入できる仕組みを整備・検証
- ・ 実証結果は**技術コンセプトと安全要件集**として整理、商用化指針として成果を公開

通信利用

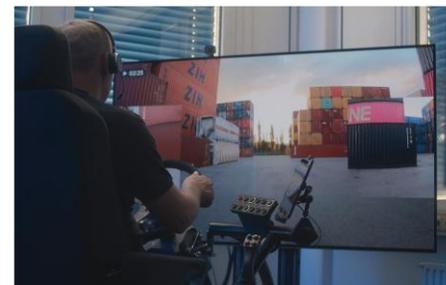
- ・ **車載セルラ通信+遠隔操作用I/F+路側ITS設備**で構成
- ・ 通信用途は三段階:
 - 1) 平常時は遠隔監視のみ
 - 2) システム限界の場合に指示・許可など遠隔支援
 - 3) 難しい場合は遠隔操作:複数カメラ映像+LiDARで遠隔でアクセル・ブレーキ・ハンドル操作可
- ・ **公衆5G+道路会社の路側機を試験利用**。ITS-G5路側機で渋滞情報などをC-V2X経由の伝送実験も実施
- ・ 自律走行システムの冗長設計(ブレーキ二重系統等)にも焦点が当てられ、通信途絶時の安全停止機能も実装

通信性能

- ・ 上り映像はトラック 前方と側方の複数視点、後方視野など伝送していたため合計10Mbps前後(推定)
- ・ 参画したFernride社によれば遠隔操作時の推奨遅延は50ms以下、帯域は数Mbps程度



自動運転トラックのイメージ



遠隔操作の様子

自動運転に係る制度・政策

自動運転に係る制度・政策

- 米国は連邦と州ごとの分権的規制の下で民間主導の革新、中国は政府主導、欧州は安全性・統一性を重視した推進が特徴的。

			
基本思想	<p>市場主導・自律優先</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 技術革新と商用化スピードを重視 ✓ 連邦レベルでの基準はありつつも、州・企業に裁量 	<p>国家主導・車路協調</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 産業振興施策として強かに推進 ✓ 渋滞・事故削減を国家課題と位置付け、法制度で集中投資を後押し 	<p>制度主導・安全規制重視</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 交通安全・責任所在の明確化が最優先 ✓ EU域内での制度調和を重視
政策動向	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 運輸省がガイドライン策定や安全監督を担うも、連邦の統一法規は無く、各州が独自に自動運転実験や商用運行を許可する分権的アプローチ ✓ カリフォルニア州など一部州で厳格な許認可制が敷かれる一方、アリゾナ州やテキサス州のように緩和的な州もあり統一性に欠ける 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 「車・路・雲一体」戦略に基づき、政府主導で包括的なルール整備と大規模実証等を一体的に推進 ✓ 区域・用途別に段階的に無人走行を解禁する許可制度を採用 ✓ 安全インシデントを受け、公道テストの無秩序な実施の禁止、リアルタイム監視義務など規制強化も 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ドイツにてL4自動運転の一般公道走行を合法化(運行データの記録、ODD明確化、責任主体としての「技術監督者」の設置等) ✓ フランスは法令整備により無人L4走行は許可制で限定的に容認 ✓ 安全責任の所在・監督体制・ログ取得と説明可能性を重視する傾向
(参考) V2X関連政策	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 5.9GHz帯の30MHzをC-V2Xに割当。連邦政府がV2Xのロードマップを定め、州間のインターオペラビリティを目指している ✓ NCAPではV2Xは評価対象外、義務化・評価組込みは先送り 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 5.9GHz帯をLTE-V2Xに割当 ✓ 路側機整備に政府補助を付け、主要都市では300m間隔で路側機+MECを配置 ✓ 交差点警報の応答時間28ms、警報成功率98%以上など指標あり 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 5.9GHz帯をITS用途に、ITS-G5とC-V2Xを技術中立的に採用 ✓ V2Xは必須ではないが、交差点での衝突防止・工事区間警告など特定ユースケースでの活用を推進 ✓ Euro NCAP評価で間接的に促進
社会実装状況	<p>ロボタクシー商用化先行</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Waymo等スタートアップ系が無人ロボタクシーの商用営業を開始 ✓ 実装スピードは速い一方、州によっては事故・交通混乱時に当局が即時に許可停止を行うなど、社会受容性と安全性を巡る調整が継続 	<p>スマートシティ×ロボタクシ</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 北京、上海、深圳など20超の都市でパイロットゾーンを設定 ✓ Apollo Goがロボタクシーで遠隔監視を義務付けた無人運行を開始するなど、インフラ協調による自動走行バス・タクシー推進 	<p>物流・公共交通L4</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 高速道路物流や限定エリアでのシャトルなど、ODD限定での段階導入を目指す ✓ 乗用車の自動運転技術で自動車メーカーが安全性と法適合性を担保した製品を着実に市場投入

自動運転に係る通信の利用

- V2Nは自動運転サービスの基盤として各国共通で活用され、V2Xは国・地域によって位置付けが異なるも、限定ユースケース等において安全性を補完する手段として用いられている。
- 遠隔介入については、米国は、法制度上は遠隔介入を明示規定せず企業側で任意に導入。中国は、遠隔操作も制度上想定し5GとV2Xを前提とした設計が拡大。欧州は、ドイツでは技術監督者など責任主体を制度上定義し、遠隔監視・介入を安全要件に組み込んでいる。

			
V2N/V2Xの位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 全体的にAI等による自律性重視 ✓ V2Nは運行管理・地図のリアルタイム更新、遠隔監視、遠隔支援データ共有、冗長化に利用 ✓ V2Xは任意・補完の位置付け。一方で、運輸省はV2X技術の展開を促進していく方針を公表 ✓ 通信キャリアがV2Xと連携したMECサービス(超低遅延のエッジクラウド)でロボタクシーと提携 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ V2Nは車路雲連携の中核基盤として、高精度映像AI学習・地図更新の他、世界最大の5G網を活用した超低遅延による遠隔操作を目指す ✓ V2Xは国家主導で、C-V2Xは5G対応(R16規格→R17規格)、同規格機器搭載車も増加中 ✓ 主要都市の交差点部や高速道路の主要区間などに路側機やカメラ・LiDARを大量設置 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 加盟国によって異なるも、V2Nは法規定による遠隔監視者向け映像伝送、運行管理、監視などに利用 ✓ 国境を跨ぐ移動時のサービス継続を対象にMECなど要素技術を組み合わせた実証5GCroCo※を実施 ✓ V2Xは、既存ITS-G5/C-V2Xが共存する中、交差点・工事区間等の限定ユースケースにおいて補完的手段として導入が進んでいる
遠隔介入の位置づけ	<p>任意の安全策(監視・支援)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 明確な連邦定義・法的強制力なし、州法・企業の安全設計に委ねる ✓ AIの判断迷走時、人間は「助言・承認」のみ行い、操縦権は持たない 	<p>遠隔運転+支援</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 無人車両に遠隔監視を義務付け ✓ 遠隔操作も制度上は想定、5Gによる「直接操縦」など技術開発を推進 ✓ 対応困難時など、人がハンドル・アクセルを遠隔で直接操作(Apollo Goの事例) 	<p>監視+必要時介入</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 制度上、遠隔操作は原則不可、遠隔支援は条件付きで可 ✓ ドイツでは制度上「技術的監督者」による遠隔監視を義務付け
想定・実装されている主な通信性能	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高信頼性の確保(マルチキャリアによる冗長化等)を重視 ✓ 遠隔監視・遠隔支援時には上り数Mbps～十数Mbps程度の通信を利用 ✓ 通信断時にも車両が安全停止・待機可能な設計を前提 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 遠隔操作時に上り数十Mbps級の映像伝送が行われ、制御の補助としてエンドツーエンドで数十ms級の低遅延通信が求められると想定 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 低遅延性や通信品質の安定性に留意しつつ、通信は主として遠隔監視・支援用途に位置付け、制度整備と実証を通じて段階的な社会実装を推進

V2N/V2X × 一般道/高速道 の潮流

- 一般道/高速道ともV2Nが必須基盤と位置づけられる。V2Xは国によって位置付けが分かれる

自動運転を補完する通信・情報連携手段

V2N

V2X

V2N × 一般道

V2X × 一般道

- 米国ではWaymoやTesla、中国ではBaidu Apollo Goの商用化・試験サービス化の中で利用。
- 用途は主に遠隔監視・遠隔支援。その他車載ソフトウェアのOTA更新・地図データ配信等。
- **各国において必須基盤としてV2Nが位置付け**られている。

- **各国の取組方針に差**がある。
- 米国では民間主導で自動運転サービスの商用化が進む中で、V2Xは任意・補完の位置付け。一方で運輸省がV2X技術の展開を促進していく方針を公表。
- 中国では中央政府が自動運転を産業振興の一つと掲げ、V2Xを活用した試験サービスが進む。信号情報や死角車両情報を車に送る実証等が実施される。
- 欧州では既存ITS-G5/C-V2Xが共存する中、限定ユースケースにおいて補完的手段として導入。

V2N × 高速道

V2X × 高速道

- 米国や欧州、中国において、**自動運転トラック**の商用化・実証が進む。
- 用途は主に遠隔監視。通信途絶時に備え、安全停止機能を実装。

- 米国における高速道・自動運転トラックの商用サービスにはV2Xは搭載されていない。
- 一方欧州では、ITS-G5方式の路側機によって取得・生成された渋滞情報等の交通情報を、C-V2X経由して車両側へ伝送する実証実験が実施されている。

一般道

道路環境

高速道

まとめ

「サービス車両L4」先行、乗用車は「L2+の高度化」が主流

- サービス車両(ロボタク、無人バス・トラック)でL4の実運用が先行、個人所有車(乗用車)はADAS(L2/L2+)を積み上げる進化が中心
- 結果として、通信要件の議論は、L4フリート運行とL2+量産車の二層で整理される段階にある

V2NはL4サービスの共通基盤として収斂、V2Xは役割が分岐

- L4サービスのV2N(セルラー+クラウド)は、遠隔監視・遠隔操作・遠隔支援運行管理・地図更新・OTA・学習データ取得を担う共通基盤として収斂
- 一方、V2Xは国によって位置付けが分かれる。中国はC-V2Xと路側機整備を前提に「車路雲一体」で設計、欧州は用途を限定しつつ標準化・評価制度を通じて普及を促し、米国は企業判断としている

通信要件は遠隔介入の設計に依存(監視・支援・運転の切り分けが核心)

- 米国: 法制度上は遠隔介入を明示規定せず、企業側で任意に導入
- 中国: 遠隔操作も制度上想定し、5GとV2Xを前提とした設計が拡大
- 欧州: ドイツでは技術監督者など責任主体を制度上定義し、遠隔監視・介入を安全要件に組み込む

上り帯域・遠隔監視運用・多台数輻輳等が課題、基本は車載自律+通信冗長化(補助基盤)で対応

- 上り帯域不足、遠隔監視運用の負荷、多台数時の輻輳等の論点は、L4運用がスケールする局面で顕在的課題として認識されている
- 米国や欧州の主要国では、車両単体で安全が成立する設計思想が一貫して重視され、通信は補助基盤としての信頼性が問われる一方、中国の通信・インフラ協調モデルでは、通信が制御系へ厳格な要件を織り込む設計思想を重視