

自動運転実現に向けた通信インフラの国際潮流と事例分析

MRI 三菱総合研究所

2025年12月25日

モビリティ・通信政策本部

本資料の位置づけ

【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。
- あわせて、国際比較を通じて各国の共通点や相違点、背景にある考え方等を踏まえ、我が国における今後の検討や技術・運用設計に向けた示唆を得る。

【調査対象】

- 米国・中国・欧州における自動運転事例・取り組み：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）
- 上記事例におけるV2N・V2Xの活用形態・位置づけ、関連する制度・政策動向（概要）等

※原則公表ベースだが、通信性能など非開示領域はユースケースを踏まえて適宜想定・推定レベルで補記

米国の事例(1/2)

主な対象	Waymo One (ロボタクシー)	一般道 V2N	Tesla (ロボタクシー)	一般道 V2N
商用化・運用モデル	<ul style="list-style-type: none"> 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 	一般道 V2N	<ul style="list-style-type: none"> 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 	一般道 V2N
現時点の通信利用	<ul style="list-style-type: none"> 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 	V2N	<ul style="list-style-type: none"> 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 <ul style="list-style-type: none"> テレマティクス: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 	V2N
通信性能(V2N)	<ul style="list-style-type: none"> 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 	V2N	<ul style="list-style-type: none"> 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 <ul style="list-style-type: none"> 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 	V2N

米国の事例(2/2)

主な対象



Aurora Innovation
(L4 トラック)

一般道・高速道
V2N



Verizon
(V2N/V2X-PF)

一般道・高速道
V2N・V2X

	Aurora Innovation (L4 トラック)	Verizon (V2N/V2X-PF)
商用化・運用モデル	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> Waymo、Aurora、VW等と連携し、携帯網(LTE/5G)とMECを活用して、情報共有をクラウド経由で実現するプラットフォームを立ち上げ 歩行者検知や工事ゾーン警告などを携帯網経由で車載機にプッシュ配信するサービスを予定 商用化の主体は車両・サービス事業者側
現時点の通信利用	<ul style="list-style-type: none"> 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ーデータの照合・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 	<ul style="list-style-type: none"> V2N/V2Xの両方の利用を想定し、5G・MEC・C-V2Xを組み合わせた通信アーキテクチャを提示
通信性能(V2N)	<ul style="list-style-type: none"> 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、通信が即応しなくとも安全を保てる設計を想定 	<p>Edge Transportation Exchange概要</p> <p>Edge Transportation Exchange</p> <p>How it works:</p> <ol style="list-style-type: none"> Edge Transportation Exchange enables intelligent transportation by exchanging real-time V2X messages between partners. Transportation Infrastructure Auto OEMs Pedestrians using Verizon network as the infrastructure: MEC, SD, HPC. <p>Address road safety, creates new car experiences, services for consumers, and enables vehicle efficiencies.</p> <p>verizon business</p> <p>道路・信号・車・人等の情報をエッジでAPIにて集約し、交通を安全かつ効率的にする仕組みを提供</p> <ul style="list-style-type: none"> 5Gやネットワークスライシング、MECによる低遅延化や輻輳回避・優先制御は、通信を活用した運行・支援設計が採用される場合に、その効果を発揮すると考えられる

中国の事例

主な対象



Baidu Apollo Go
(ロボタクシー)

一般道
V2N・V2X

商用化・運用モデル	<ul style="list-style-type: none"> 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
現時点の通信利用	<ul style="list-style-type: none"> 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) <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> 「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 <ol style="list-style-type: none"> 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 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 遠隔操作:ステアリング、ペダル、クラクション、ワ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
通信性能(V2N)	<ul style="list-style-type: none"> 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」の実現を目指すとされ、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 SIM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

欧州の事例

主な対象



ATLAS-L4
(L4 トラック)

高速道
V2N・V2X

Volkswagen



Volkswagen

一般道
V2N・V2X

商用化・運用モデル	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 主に量産乗用車(Golf、ID.シリーズ等)へのV2X標準搭載による「予防安全・高度ADAS」実装が中核戦略 L2～L2+(Travel Assist)が中心、ドライバー監視前提の高度運転支援として提供。L4は個人向け乗用車ではなく、MaaS・シャトルを起点に展開予定 <ul style="list-style-type: none"> 歐州:DSRC(ITS-G5)を前提に展開 中国:政府主導政策に合わせC-V2X搭載車を展開 米国:Verizonと提携、2026年以降C-V2X導入検討
現時点の通信利用	<ul style="list-style-type: none"> 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: <ol style="list-style-type: none"> 平常時は遠隔監視のみ システム限界の場合に指示・許可など遠隔支援 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)にも焦点が当たられ、通信途絶時の安全停止機能も実装 	<ul style="list-style-type: none"> 車・路・クラウドの役割分担が明確。 危険警報→V2V/V2I、利便性・高度化→V2N <ul style="list-style-type: none"> 歐州向けCar2X:ITS-G5/5.9GHz (ITS-G5路側機の無い国・地域ではC-V2X) 中国向け車両:LTE-V2X(PC5)+5Gの併用 V2Nは、クラウドと連携した複数車両から収集される走行・環境等データの収集・解析、走行軌跡からの仮想レンジ生成等に利用(高精度HDマップに依存しない運用) 通信断時も車載センサ+ローカルデータで安全動作継続 L4シャトルでは遠隔監視・運行管理のみ必須機能とする
通信性能(V2N)	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 車両からの収集データ:車両1台あたり数KB～数MB/日、Travel Assist地図補完:数秒～十秒単位での断片取得、各種OTA更新:数百MB～数GB規模(想定)

自動運転に係る制度・政策

- 米国は連邦と州毎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	市場主導・自律優先 <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ますも、州・企業に裁量	国家主導・車路協調 <ul style="list-style-type: none">✓ 産業振興施策として強力に推進✓ 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	制度主導・安全規制重視 <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">✓ 運輸省は自動運転に関する原則や役割分担示すAV4.0、自動運転総合計画、安全基準(FMVSS)策定や安全監督を担うも、現在は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✓ 第2次トランプ政権では、自動運転産業の競争力強化として関係法制度の規制緩和が進展	<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	ロボタクシー商用化先行 <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、州によつては事故・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	スマートシティ×ロボタクシ <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	物流・公共交通L4 <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・地域によって位置づけが異なるも、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。

			
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・補完の位置づけ。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」のみを行い、操縦権は持たない 	<p>遠隔操作+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

※5G Cross-border Corridorの略

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は国によって位置づけが分かれる。

自動運転を補完する通信・情報連携手段

V2N

V2X

V2N × 一般道

- 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。**

V2X × 一般道

- 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・補完の位置づけ。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

- 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。

V2X × 高速道

- 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を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は国によって位置づけが分かれる。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・操作の切り分けが核心)

- 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
- 海外では「車載自律完結を核にしつつ、通信がなくても安全が成立する」設計思想が一貫して重視、通信は補助基盤としての信頼性が問われる。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方向

交差点等の複雑な環境や先読み情
報が有効となる交通環境における
安全確保が重要(我が国への示唆)

- 商用展開が進むにつれ、車載AIの進化とともに、交差点や死角等の例外的な交通環境における安全確保の重要性が高まっていくと予想。中国・欧州では、同領域のV2X実装を意識、米国もキャリア+自動運転企業で新たな動き
- 車載センサーの検知距離限界や国土制約による道路構造を背景に、我が国ではV2Nによる広域先読み情報とV2Xによる合流支援の重要性が高い
- 投資の現実性を踏まえれば、全国一律の整備ではなく、自律のみでは難しい環境などユースケース起点のV2N/V2Xとして設計・評価することが合理的

(参考)諸外国の事例

Waymo | 直近の動向等

1 NHTSA(米運輸省高速道路交通安全局)による調査

- 2025年10月Waymoの第5世代自動運転システムを搭載した車両が乗降のため停止したスクールバスの周囲を走行し追い越す事象が発生。
- 米国においては、スクールバスが停止を知らせる赤色ランプを点滅させ、STOPアームを展開している間は、後続車だけでなく対向車も停止義務を負い、違反した場合にはペナルティが科される。
- 報告を受けて、NHTSAではWaymoの自動運転システムが、スクールバスの交通安全法に準拠するためにどのように設計されているか等調査することを公表した。



停車中のスクールバス

2 英国での展開

- Waymoはライドシェアサービスを提供するアフリカのスタートアップ企業であるMoove社と連携し、2026年に英国ロンドンでの完全自動運転配車サービスの開始を目指している。
- 現在は、ドライバーが運転した試験走行によって市内道路のマッピング、データ収集を商用認可に向けた規制当局との調整を行っている。

出所)

NHTSA HP、2025/11/12閲覧、https://www.nhtsa.gov/equipment-detail/WAYMO/5TH%252520GENERATION%252520ADS/a_563362
livedoor news、2025/11/12閲覧、<https://news.livedoor.com/article/detail/22814380/>
Waymo 公式BLOG、2025/11/12閲覧、<https://waymo.com/blog/2025/10/hello-london-your-waymo-ride-is-arriving>

Waymo | 通信の活用事例①

● 遠隔支援(Remote Assistance)

事例概要	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転車両が工事現場通過時、道路閉鎖時、緊急車両遭遇時などのセンサーヤや地図情報だけでは判断が難しい、トラブル発生時に自動運転車両からアラートや問い合わせを送信し、リモートアシスタントチームによる自動運転車両への指示や問い合わせの回答を行うために通信を利用している トラブル発生時にハンドル・ブレーキなどの操作を伴う遠隔操縦ではなく、トラブルを解消するためにとるべき経路や退避場所などの指示情報提供を行い、それを基に自動運転車両側で判断を行う
通信方式	4G/5G等のセルラー通信



混雑した道路でのすれ違いをさせるため、一時的な車両退避場所として歩道を指定した事例



自動運転車両が緊急車両の検出時に、リモートアシスタントチームへの問い合わせを行い、緊急車両が通行予定のレーンをブロックしているかどうかについてリモートアシスタントチームに問い合わせを実施した事例

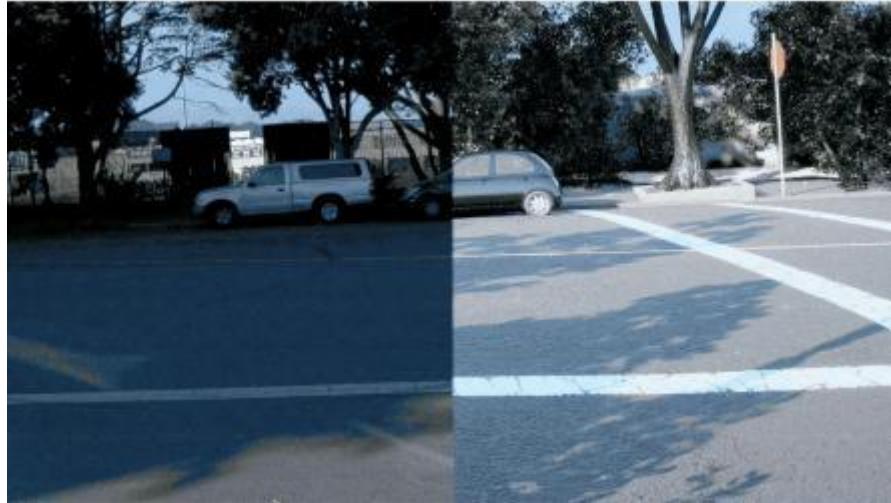
出所)

Waypoint, official Waymo blog, 2025/11/4閲覧, <https://waymo.com/blog/2024/05/fleet-response>
 Waymo HP, Rides, 2025/11/04閲覧, <https://waymo.com/waymo-one/>

Waymo | 通信の活用事例②

● 車両センサーデータの収集

事例概要	<ul style="list-style-type: none"> Waymoでは自動運転車両のセンサーが取得した実走行データ(カメラデータやLiDAR点群データ)を通信を活用して収集している 収集したデータをシミュレーションに反映し、実環境により近いシミュレーション環境を構築し、新しいモデルのトレーニング、ソフトウェアの検証、安全性評価等に活用している また、Waymo Open Datasetとして一部のデータを公開し研究者の自動運転技術開発に貢献している <ul style="list-style-type: none"> 高解像度カメラ画像、LiDARポイントクラウド、3Dバウンディングボックス(車両・歩行者・自転車)、オブジェクト軌跡(Motion Dataset)、地図データ(レーン、交差点、標識)
通信方式	4G/5G等のセルラー通信



左:実際の画像

右:シミュレーション上の画像

Simulation Cityの画像

出所)

Waypoint, official Waymo blog, 2025/11/4閲覧, <https://waymo.com/blog/2021/07/simulation-city/>
 Waymo HP, Rides, 2025/11/04閲覧, <https://waymo.com/open/>

Tesla | 直近の動向等

1 ロボットタクシーの展開について

- 2025年9月に一般には非公開だったロボタクシーアプリを一般公開。これにより、招待制だったロボットタクシーサービスが一般にも展開される可能性がある。
- 2025年内にカリフォルニア州で同様のロボタクシーサービスを開始する方針。
- 2027年には専用車両の「サイバーキャブ」を投入する予定。(ステアリング、ペダルなし)



2 完全自動運転(FSD)を行っている間の交通安全違反

- 2025年10月NHTSA(米運輸省高速道路交通安全局)は、Tesla のFSDが交通安全法規に違反する運転操作を自動で行っている可能性について調査を行うことを公表した。
- NHTSAでは、Tesla車両のFSD中の赤信号関連の違反(信号無視・誤認識)、誤って対向車線・レーンへ侵入して逆走を行う事象について、Teslaからの報告、ユーザーからの苦情、メディアでの報道等から把握したため、FSD の設計・警告システム・認識能力の欠陥について検証することとなった。

出所)

Tesla HP、2025/11/12閲覧、<https://www.tesla.com/ja/jp/we-robot>
NHTSA HP、2025/11/12閲覧、<https://www.safercar.gov/search-safety-issues>

Tesla | 通信の活用事例

● Shadow Modeのデータ収集

事例概要	<ul style="list-style-type: none"> Tesla車両には、新たな自動運転機能のテストや実際の道路で起きる複雑な状況(例:急な飛び出し、悪天候)をAIに学習させるための機能としてShadow Modeという機能が搭載されている Shadow Modeは公道走行中、ドライバーが操作している際に、AIがバックグラウンドで自分が操作をするならこうするというシミュレーションを行うことで、実運転に影響を及ぼすことなく、データ取得を行う機能である シミュレーションで得られたデータは、Tesla車両の契約者がデータ共有に同意する場合に限り、Teslaが管理するクラウドサーバに送信され、ソフトウェアの改善等に活用される Shadow Modeの通信は走行中に行われることから、LTE等のセルラー回線を使うことが基本。
通信方式	4G/5G等のセルラー通信



Shadow Modeのイメージ

出所)

How Tesla Full Self Driving Actually Works), 2025/11/13閲覧、https://www.youtube.com/watch?v=heG4C_W2NyQ
 Tesla HP、Autopilot, 2025/11/10閲覧、<https://www.tesla.com/support/autopilot>
 Tesla HP、AI&Robotics, 2025/11/10閲覧、<https://www.tesla.com/AI>
 Tesla HP、プライバシーノーティス, 2025/11/10閲覧、<https://www.tesla.com/ja/jp/legal/privacy#rights-and-choices>
 Tesla HP、プライバシーノーティス, 2025/11/10閲覧、<https://www.tesla.com/ja/jp/legal/privacy#autopilot-data>

データ種別※1

取得内容

安全対策

- 車両の衝突やエアバッグの展開等、安全性に関わるイベント発生時にのみ自動的に記録
- 記録時間は最大30秒

フリートラーニング※2

- 車線、標識、信号機の位置等の認識情報を記録
- 記録時間は最大30秒

※1 Tesla車両は連続的な録画やライブビューを行う機能は備えていない。

※2 自律走行の技術の開発と改善を目的としたデータ収集と機械学習のアプローチ

クラウドサーバに送信されるデータ

百度 | 直近の動向等

1 海外での展開について

- 2025年3月にアブダビの現地自動運転モビリティ企業Autogoと戦略的パートナーシップを締結し、アブダビでのロボットタクシー展開を公表した。2026年までに商業サービス実現を目指す。
- 2025年3月にドバイの道路交通局(RTA)との大規模な自動運転タクシーサービスの実施を主導する覚書(MOU)に署名した。2026年からの完全無人運転でのサービスが計画されている。
- 2025年8月ライドシェアサービスを提供するLyftとの提携を公表。Lyftはドイツと英国でアポロRT6を導入する予定で、現在は規制当局の承認を待っている状況。



2 安全性の課題

- 2024年7月武漢で青信号で発進した車が信号無視をした歩行者と軽く接触。
- 2025年8月重慶でApollo Goの車両が道路脇の工事用の穴に転落する事故が発生。工事現場にはバリケードや警告標識が設置されていたが、どのように車両がすり抜けたのかは不明。

出所)

Apollo go HP、2025/11/14閲覧、<https://apollogo.com/news>

中国経済新聞、2025/11/14閲覧、<https://chinanews.jp/archives/19416>

Note、2025/11/14閲覧、https://note.com/rt_frontier/n/n3e258276ba12

百度 | 通信の活用事例

● 遠隔監視・支援・操作

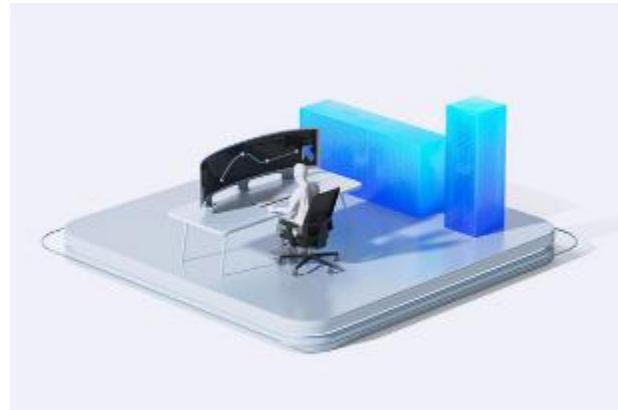
事例概要	<ul style="list-style-type: none"> 中国交通運輸部(MOT)は2023年12月に「自動運転車両輸送安全サービスガイドライン(試行)」を発行し、安全員が乗車しないロボタクシーには遠隔操作機能を搭載することを規定した。 これに対してApolloでは遠隔監視に加えて、一時的な道路変更や交通規制といった状況に直面した場合、車両からのリクエストにより、自動運転車から運転を引き継ぎ、車両の問題解決をサポートする「5Gクラウド代行運転」機能を備えている。 「5Gクラウド代行運転」では、マルチスクリーンによる遠隔監視、遠隔支援、遠隔操作の3つの主機能がある。
通信方式	4G/5G等のセルラー通信

■マルチスクリーンによる遠隔監視



- リアルタイムな車両運行管理を実現できるプラットフォーム。
- スケジュール管理、指標統計、シーン分析、顧客サービス対応が可能。オペレータは状況に応じて、遠隔支援、遠隔操作に引き継ぐ。

■遠隔支援



- 遠隔支援は、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を行う

出所) apollo | 5G云代驾解决方案、2025/11/12閲覧、https://developer.apollo.auto/cloud_driving/index_cn.html

百度 | 通信の活用事例

● 遠隔監視・支援・操作(続き)

事例概要	<ul style="list-style-type: none"> 5Gクラウド代行運転技術の内、遠隔操作に関してはms単位の低遅延が要求されるため、5Gまたは同等のWi-Fiネットワークでの運用が必要となる。 遠隔操作は「乗客からのリクエスト」「障害が自動検出された場合」「地理的条件などの特定なシーン」「複雑な作業が必要となる場合」などのシーンでの活用が想定されている
通信方式	4G/5G等のセルラー通信

■遠隔操作



- ステアリング、ペダル、クラクション、ウィンカー等実際の車両と同様の操作UIを持つコックピットから遠隔操作を実施する

■サービスシナリオごとの遠隔操作

シナリオ	遠隔操作への引継ぎ
乗客からのリクエスト	<ul style="list-style-type: none"> 車両運行中、乗客は車載HMIを通じていつでもクラウドサービスに接続し、遠隔安全員に特定の運転依頼をすることが可能
自動検出される障害	<ul style="list-style-type: none"> 故障や難しい運転シナリオの場合、システムが自動的に5Gクラウド代行運転をリクエストし、遠隔安全員に支援を依頼
特定シーンの連携	<ul style="list-style-type: none"> 交通管理や道路交通情報と連携し、車両が指定された地理的範囲に入ると自動的に5Gクラウド代行運転をリクエストし、遠隔操作員が運行支援
複雑な作業支援	<ul style="list-style-type: none"> 運転の難易度の高い場面(駐車、運搬車両の積み下ろし、特殊作業など)では、5Gクラウド代行運転が作業中の自動運転車両をサポート

出所) apollo | 5G云代驾解决方案、2025/11/12閲覧、https://developer.apollo.auto/cloud_driving/index_cn.html

Aurora | 直近の動向等

1 停止車両の「三角表示板」を巡る規制・訴訟

- 米国では、高速道路上でトラックが故障などで止まった場合、運転者が車外に出て後方に三角表示板などを並べることが義務づけられているが、Auroraの自動運転トラックは運転者が乗っていないため、この規定をそのまま適用しにくいという課題がある。
- Auroraは、停止したときに人が降りて三角表示板を置く代わりに、車両上部の強力な警告灯を点灯させる方法を提案し、この方法を認めるよう規制当局(FMCSA)に免除を申請したが、2024年12月に認められなかった。
- これを受けAuroraは2025年1月に裁判所へ不服申立てを行う一方、2025年10月には一定の条件の下で車両上部の強力な警告灯の使用を認める期間限定の免除が与えられた。

2 量産ハードウェアと事業拡大に向けたパートナーシップ

- トラックメーカーのPACCAR・Volvo Trucksと戦略的提携を結び、米国の15トン以上のトラックの市場の約半分を占めるメーカーと連携して商用展開を進めている。
- 自動車部品会社AUMOVIOおよびNVIDIAとは、Aurora Driver向けハードウェアキットとDRIVE Thor搭載コンピュータを共同開発し、AUMOVIOが2027年以降に量産する計画を示している。



出所)Aurora HP, Investor Presentation - October 2025, 2025/11/12閲覧、
https://ir.aurora.tech/_assets/_b32d15fd8ef9a7b8d42705644a1a807d/aurora/db/937/9991/pdf/Investor+Presentation+-+October+2025.pdf

Aurora | 通信の活用事例①

● 遠隔支援(Remote Assistance)

事例概要	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転システム(Aurora Driver)が、複雑な合流部や予期しない交通状況など、自律判断が難しいシナリオに直面した場合、リモート支援の開始を検討する 必要と判断された場合、車両のカメラ映像やセンサーデータ、周辺地図情報、車両状態情報をセルラー通信を通じてセンターに送信し、リモートアシスタンススペシャリストがモニタ上で状況を確認する リモートアシスタンススペシャリストは、進行方向の選択や一時停止などについて運行方針を車両に返送するが、実際のハンドル操作・加減速などの制御は、あくまで車両側が安全性を確認した上で実行する ※人の判断を取り入れつつも、遠隔操縦を行わない形で安全性を高める運用として位置付けられている
通信方式	4G/5G等のセルラー通信



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



リモートアシスタンススペシャリストが適切に状況を判断し、
車両側に遠隔支援を実施

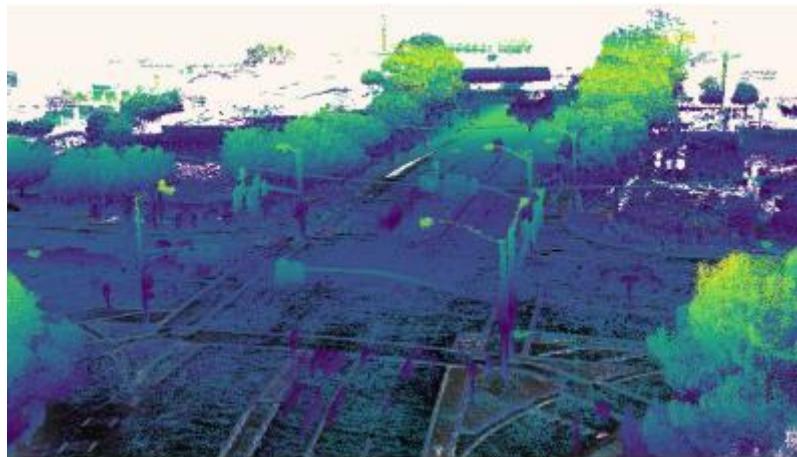
出所)

Aurora HP、Have questions about Aurora and AVs? Get your answers here. 2025/11/12閲覧、<https://aurora.tech/newsroom/have-questions-about-aurora-and-avs-get-your-answers-here>
 Aurora HP、Driverless Safety Report 2025. 2025/11/12閲覧、
https://ir.aurora.tech/_assets/_7fda72153836b231e301fc82597d34a1/aurora/db/856/8007/pdf/Aurora_Driverless_Safety_Report_2025.pdf

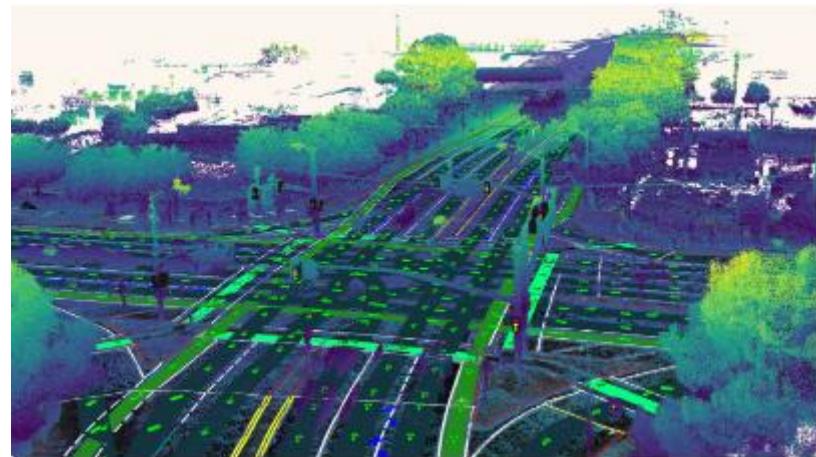
Aurora | 通信の活用事例②

● 高精度地図「Aurora Atlas」の更新・共有

事例概要	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転トラックが走行中に、工事によるレーン閉鎖や車線形状の変更など、既存マップと異なる道路状況を検知 検知した位置やレーン構造などの情報を、通信回線を通じてクラウド上の高精度地図データベース(Aurora Atlas)に送信し、マップを更新することで、最新の道路状況を反映した地図を維持 Aurora Atlasには、レーンレベルの道路形狀に加え、標識などの静的な道路構造物やインフラ情報が事前に登録されており、例えば一時停止標識などをあらかじめマップに埋め込むことで、標識が色あせていたり他車両で見えにくい場合でも、接近前から把握できる構成となっている 更新されたレーン構造・進行可能ルート・制限情報等は、同じルートを走行する他の自動運転トラックにも配信され、経路計画や速度プロファイルの最適化、事前の減速・注意喚起に活用されることで、安全かつスムーズな走行を実現している
通信方式	4G/5G等のセルラー通信



LiDARで取得した周辺環境の3D点群データ



Aurora Atlasが表現する交差点の高精細マップ

出所)

Aurora HP, The Atlas: Our HD Mapping System, 2025/11/12閲覧、<https://aurora.tech/newsroom/the-atlas-our-hd-mapping-system>

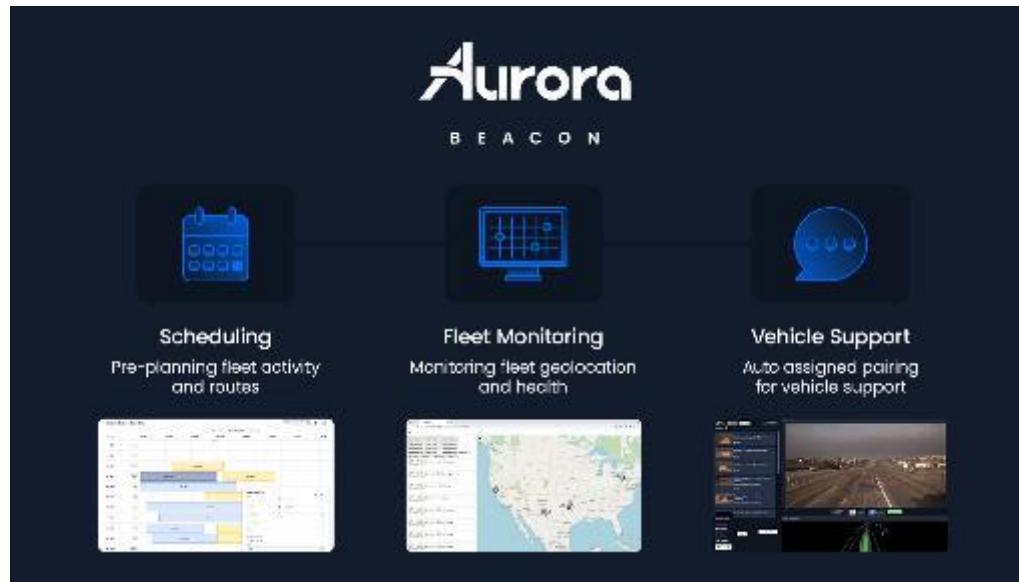
Aurora HP, Driverless Safety Report 2025, 2025/11/12閲覧、

https://ir.aurora.tech/_assets/_7fda72153836b231e301fc82597d34a1/aurora/db/856/8007/pdf/Aurora.Driverless.Safety_Report_2025.pdf

Aurora | 通信の活用事例③

● フリート監視・運行管理

事例概要	<ul style="list-style-type: none"> 走行中の自動運転トラックは、状態、位置情報などの情報を、セルラー通信を通じてセンタに送信する センタは、本情報に基づき、自動運転トラックフリートの運行管理に関する業務(車両のディスパッチなど)を担う こうしたデータや運行状況は、フリート全体の安全状態を把握するために用いられており、リスクの高まりを示す安全指標を日常的に確認・管理する基盤となっている
通信方式	4G/5G等のセルラー通信



自動運転トラック向けのフリート管理用プラットフォーム(Aurora Beacon)の概要

出所)

Aurora HP、Introducing Aurora Beacon, Aurora's powerful suite of operational tools, 2025/11/12閲覧、
<https://ir.aurora.tech/news-events/press-releases/detail/40/introducing-aurora-beacon-auroras-powerful-suite-of-operational-tools>
Aurora HP、Driverless Safety Report 2025, 2025/11/12閲覧、
https://ir.aurora.tech/_assets/_7fda72153836b231e301fc82597d34a1/aurora/db/856/8007/pdf/Aurora_Driverless_Safety_Report_2025.pdf

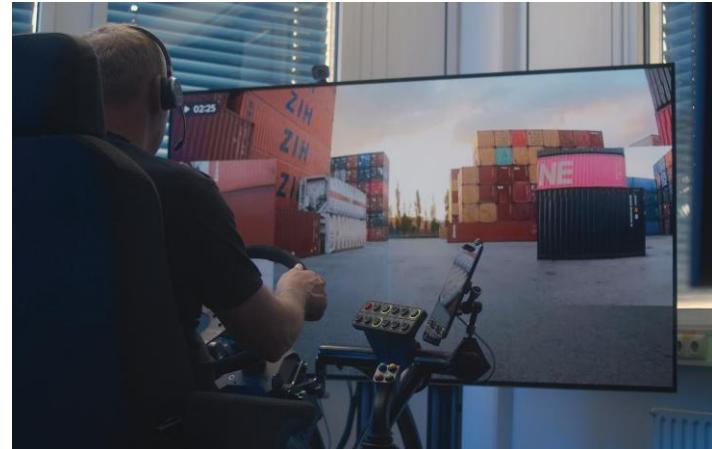
ATLAS-L4 | 通信の活用事例

● 遠隔監視・遠隔支援・遠隔操作

事例概要	<ul style="list-style-type: none"> ATLAS-L4においては監視センターで自動運転車両の遠隔監視・遠隔支援・遠隔操作を行うために、監視センターと自動運転車両間で情報のやり取りと行うためにV2N通信を用いている。 遠隔監視・遠隔支援・遠隔操作において、それぞれ必要な要件を設定し検証された。 遠隔操作においては、画像品質とレイテンシに関する検証を重点的に実施された。
通信方式	4G/5G等のセルラー通信

遠隔監視 1:N	<ul style="list-style-type: none"> 車両の監視:位置、速度、... 車両周囲の状況:カメラ、... ODD(運行設計領域)の制約:天候、交通、... 車両の詳細情報を取得 安全管理者役割の遂行
遠隔支援 1:1	<ul style="list-style-type: none"> ADS(自動運転システム)の許可および無効化 軌道の承認 周囲モデルの調整 最小リスクの状態への移行 安全管理者役割の遂行
遠隔操作 1:1	<ul style="list-style-type: none"> 直接制御:縦方向および横方向の操縦 補助制御:共有制御(例:レベル2自動運転) 軌道指示/経路指示 + 手動加速 二次的運転タスク(方向指示、ライト、警告灯、クラクション、…)

監視センターに要求される機能



遠隔操作の様子

出所)

ATLAS L4_Abschluss_Poster_public_AP9.pdf、2025/11/24閲覧、<https://www.atlas-l4.com/media/media.html#news>