

海外導入事例

1. 海外における実証プロジェクトの動向
2. 米中におけるロボットタクシーの動向

1. 海外における実証プロジェクトの動向

調査対象

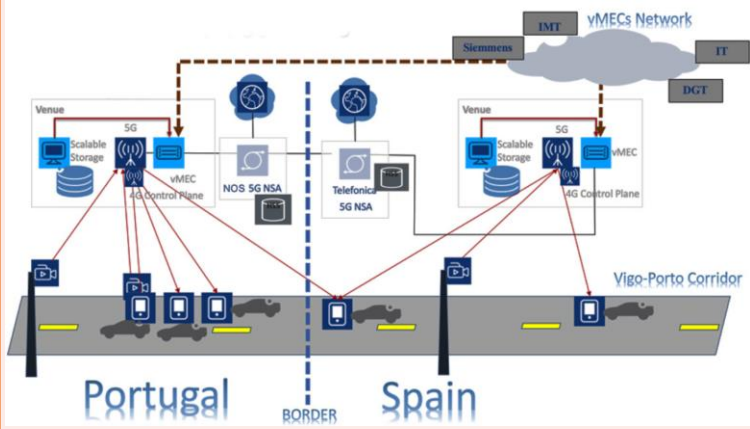
○ 政府主導または政府からの資金援助を受けている、自動運転についてV2Xを用いた遠隔監視・操作等のユースケースを扱うプロジェクトについて調査した。

略称	5G-MOBIX	5G Routes	5GCroCo	5G-Blueprint	5G MED	5G-IANA
正式名	5G for cooperative & connected automated MOBility on X-border corridors	5th Generation connected and automated mobility cross-border EU trials	Fifth Generation Cross-Border Control	Next generation connectivity for enhanced, safe & efficient transport & logistics	Sustainable 5G deployment model for future mobility in the Mediterranean Cross-Border Corridor	5G Intelligent Automotive Network Applications
目的	国境沿いや都市部の回廊で、5Gのコア技術革新を用いたCCAM※実験を実施し、5Gインフラの品質向上とCCAMにおけるメリットを評価するとともに、展開シナリオの定義、標準化およびスペクトラムギャップの特定と対応に取り組む。	CAMの最新5G機能および3GPP仕様を現実の条件下で確実な証拠によって検証する。 特に、CAMアプリケーションの先進的な大規模実証実験を実施し、越境時のシームレスな5G機能の実用性を実証する。	欧州の自動車産業と移動体通信産業のコンソーシアムを結集し、道路交通当局と各国政府の明確な支援を得て、産業分野の交差点におけるイノベーションを開発する。	5Gネットワークを基盤とした国境を越えた遠隔操作による輸送において、通信が途切れない技術的アーキテクチャと、ビジネスモデルおよびガバナンスモデルの設計と検証を実施する。	スペイン-フランス間の回廊において、CCAMおよびFRMCSの提供を実証する。5G (3GPP Release16) をベースに、AI機能のサポートを提供する、移動体通信事業者、中立ホスト、道路および鉄道事業者が展開するコンピューティングおよびネットワークインフラを実現する。	車両、道路インフラ、MECノード、クラウドリソースにまたがるエンドツーエンドのネットワークサービスの展開を可能にするため、MANOフレームワークを統合するさまざまな仮想化技術を対象とする。
参加者 (官)	欧州委員会	欧州委員会、カタール通信技術センター(CTTC)、VEDECOM、フィンランド技術研究センター、電子・コンピュータサイエンス研究所(ラトビア)	欧州委員会、カタール通信技術センター(CTTC)	インフラ・水管理省(オランダ)、Ministry of Mobility and Public Work(フランドル)、IMEC(ベルギー)、オランダ応用科学研究機構	—	通信・コンピュータサイエンス研究所(ICCS,ギリシア)
参加者 (民)	EU、トルコ、中国、韓国の通信、自動車、IT・サービス、研究機関、自動車サプライヤー、OEM、道路事業者等	EUの通信、路側機メーカーなど	オレンジ、ルクセンブルク・ポスト、ルノー、ボルボ、ボッシュ等の携帯電話会社、自動車メーカー、大学/研究機関	EUの自動車メーカー(欧州トヨタ)、通信、ITS、運輸業者、港湾事業者、大学など	フランス、スペイン、イタリア等の通信事業者、運輸事業者、自動車メーカー(いすゞ)など	EUの通信、IT、AI関連の企業
期間	2018年11月-2021年10月	2020年9月-2025年2月	2018年11月-2021年10月	2020年9月-2023年12月	2020年9月-2023年9月	2021年6月-2024年11月

※CCAM(Cooperative, Connected and Automated Mobility):協調・コネクテッド・自動化モビリティ

①5G-MOBIX

■ 5G-MOBIX概要

正式名称	5G for cooperative & connected automated MOBility on X-border corridors	
実施地域	EU、トルコ、中国	
目的・概要	5Gコア技術を活用し、国境を越えた地域および都市部の回廊でCCAM試験を実施する。これにより、5Gインフラの適格性を証明し、CCAMの文脈におけるその利点を評価するとともに、展開シナリオを定義し、標準化とスペクトラムギャップ※を特定する。特に、自動運転車が国境を越え、自国の5Gネットワークのサービスを受けられなくなった場合でも、シームレスな接続が維持されることを目指す。 5Gの高度なコネクティビティを必要とするシナリオと、CCAMユースケース（遠隔操作、越境時の通関オペレーション等）を可能にするために必要な機能を試験を通じて定義する。これらの試験結果から、ビジネスへの影響と費用対効果分析を定義する。 - また、技術要件と運用条件に関する調査結果は、標準化と周波数割り当て活動に貢献することを目的とする。	 5G-MOBIXのネットワーク構成のイメージ (出典) 5G-MOBIX “D2.1 5G-enabled CCAM use cases specifications” https://www.5g-mobix.com/assets/files/5G-MOBIX-D2.1-5G-enabled-CCAM-use-cases-specifications-V2.0.pdf
参加者(官)	欧州委員会	
参加者(民)	EU、トルコ、中国、韓国の通信、自動車、IT・サービス、研究機関、自動車サプライヤー、OEM、道路事業者等	
期間	2018年11月～2022年9月	

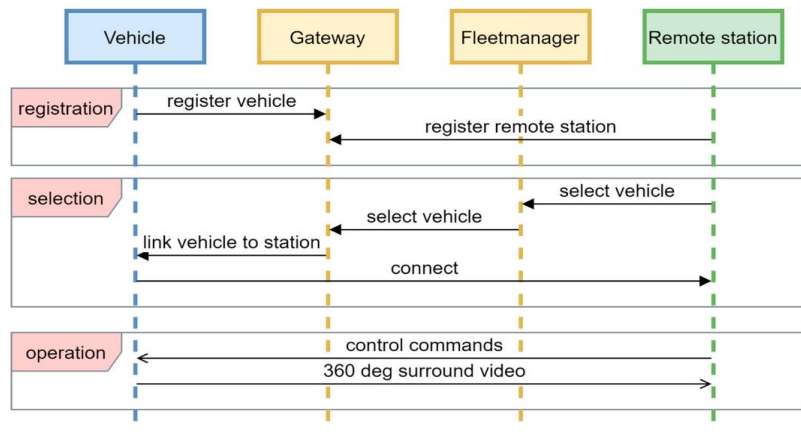
※スペクトラムギャップ: 通信等の用途に活用できる可能性があるにもかかわらず、十分に活用されていない、または特定用途に割り当てられていない周波数の部分

①5G-MOBIX

■ 遠隔操作

● 実証実験の仕様

- 車両にカメラストリームの処理を行う車載コンピュータとモバイル接続用のモデムに接続されたりモート運転アプリケーションで構成される同一の車載ユニットを搭載。ステアリング角度や加速などの車両コマンドの送受信を行った。車両は既存の4Gと5Gの両方に接続できる。
- 各車両は、車両の周囲表示する視野角120度のカメラを4台搭載することで、周囲の全体像を捉える。
- 映像データはH264コーデックでエンコードされ、モバイルネットワークを通じて遠隔ステーションにストリーミングされる。ビデオ信号は、車両1台あたりセルラーネットワークのアップリンクで25-50 Mbit/s要する
- 遠隔ステーションは3台のモニターで構成され、後方カメラの映像は中央のモニターにバックミラーのようなピクチャー・イン・ピクチャーで表示される。



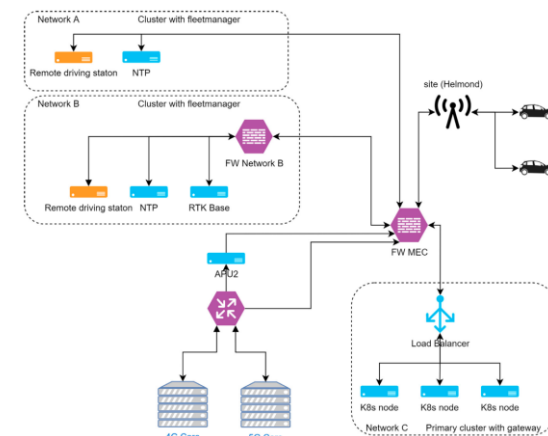
車両と遠隔操作ステーション間の通信ダイアグラム

出典: いずれの図ともに、den Ouden J, Ho V, van der Smagt T, Kakes G, Rommel S, Passchier I, Juza J and Tafur Monroy I (2022) Design and Evaluation of Remote Driving Architecture on 4G and 5G Mobile Networks. <https://www.frontiersin.org/journals/future-transportation/articles/10.3389/ffutr.2021.801567/full>

● 実証実験の内容と確認された事柄

- 5Gは、5G NRアクセスネットワーク、スタンドアロンコアネットワーク、ローカルエッジで構成される。これにより、エッジコンピューティング、スライシング、サービス継続性など複数の5G技術を実証した。
- 主な技術的課題は、S10インターフェースを使用したS1ハンドオーバーの評価中に検討された。(ハンドオーバーの中断、データルーティング、PLMN間での相互接続、継続的なサービスとセッションの提供方法等)
- PLMN間での直接的な相互接続とエッジコンピューティングの採用、マルチモデム/SIMとリンクアグリゲーションの組み合わせ、データ転送時の調整(レート・アダプテーション)、ネットワークのスライシングの実施が必要であると確認された。

出典CORDIS – EU research results “5G for cooperative & connected automated MOBility on X-border corridors” <https://cordis.europa.eu/project/id/825496/reporting>



通信アーキテクチャ

②5G Routes

■ 5GRoutes概要

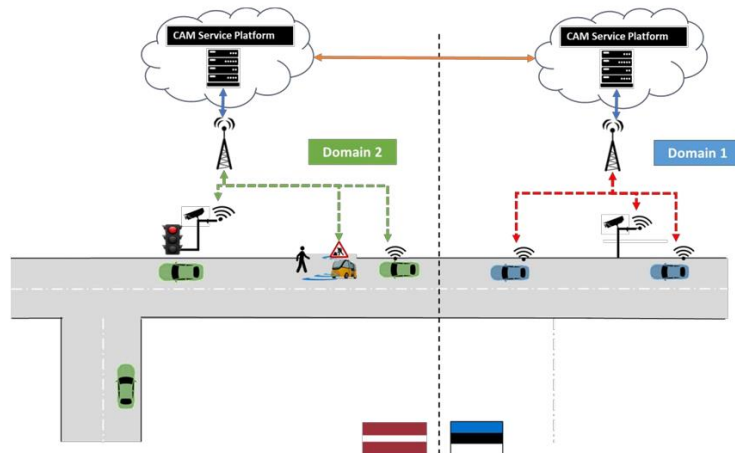
正式名称	5th Generation connected and automated mobility cross-border EU trials	
実施地域	EU	
目的	5G機能と3GPPに基づく、CAM (Connected and automated mobility) アプリケーションの大規模実証実験を実施し、越境時のシームレスな5G機能の実用性を実証する。 - CAMに直接関連し、ラトビア-エストニア-フィンランドを横断するユースケース(協調運転、センシング運転、車内エンタメ、マルチモーダル)の策定と検証を実施する。特に、ユースケース毎に指定された5G KPIに適合する技術およびサービスレベルの性能を検証する。 - フィールドトライアルの実行を促進するための技術的イネーブラを提供する。 - ネットワーク・スライシングおよび最適化、分散型MEC、5G無線インターフェース、位置情報の精微化 - マルチドメインの相互運用およびサービス・ローミングのための商用5G基地局 - 衛星5G接続 - 車両搭載装置(OBU)など	Figure 9: 5G-ROUTES High-level architectural approach 5G Routesの構成イメージ (出典)5G Routes “Concept and Methodology” https://www.5g-routes.eu/about/concept-and-methodology/
参加者(官)	欧州委員会、カタルーニャ通信技術センター(CTTC)、VEDECOM(フランス)、フィンランド技術研究センター、電子・コンピュータサイエンス研究所(ラトビア)	
参加者(民)	EUの通信、路側機メーカーなど	
期間	2020年9月～2025年2月	

②5G Routes

■ 先読み情報配信

● 実証実験の仕様

1. CAVが国境に向かい走行する際、CAVは5Gネットワークから他のCAVの位置や速度などのデータを受信する。
2. CAVは国境付近でインフラセンサと情報を共有することで、交通関連情報（道路の警告や信号機の状態）を送信するCAMサービスも利用できる。越境後の道路状況を予測し、挙動を適応させることができる。
3. 越境後の道路工事に関する情報がCAVに送信される。
4. CAVが越境後、ネットワークが変化し、車載アプリケーションがその変化を監視し、V2Xメッセージルーティングイネーブラに再接続する。
5. 道路工事の情報は定期的に更新される。CAVはネットワークサービスの継続性が維持されている場合にこれらの更新情報を通知される。



先読み情報のユースケースのイメージ

● 実証実験の仕様

- V2Xメッセージ・ルーティング・イネーブラにより、国境の両側で利用できるようにし、越境時にも中断なくアクセスできるようにする。
- 国境の両側に対して情報を配信できるようにする。
- スライシングを用いることで、V2Xサービス用のリソースを確保し、越境時にも即時性が重要な情報の提供に対して低遅延でのサービス提供を保証できるようにする。
- 国境の両側で5Gによる測位機能を強化することにより、CAMに十分な精度を確保できる。

● 「地域限定型(Location-fixed)」CAMサービス

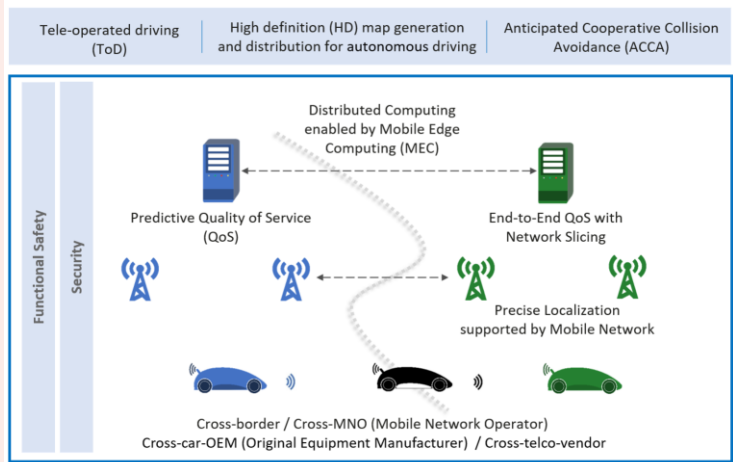
- UE (user equipment、ここでは車両)が国境を越える場合、UEと同じプロトコルを使用して通信する同様のサービスが必要となる。
- 越境状況では、車両が自国ネットワークから他国ネットワークに切り替わるため、ネットワークアクセスが中断される可能性がある



- 3GPPの仕様に基づき、5Gコアネットワーク上に展開し、Uuリファレンスポイントを使用してアクセスすることが可能
- 本ユースケースでは、走行先における危険情報やセンサ取得による道路情報等のリアルタイムでの共有が可能となった。

③5GCroCo

■ 5GCroCo概要

正式名称	Fifth Generation Cross-Border Control	
実施地域	EU	
目的・概要	- フランス・ドイツとルクセンブルク・ドイツの国境をまたぐ2つの5G回線沿いで、「遠隔運転」「高解像度マップの生成と配布」「インフラ協調型衝突回避」を対象としたコネクテッドカーの実証実験を実施した。 - 国境を越えた（および通信事業者（MNO）を越えた）ハンドオーバー技術により、5Gネットワーク上でシームレスなサービス継続性が国境を越えて保証できることが証明された。 5G New Radio、MEC対応の分散コンピューティング、予測型QoS、ネットワーク・スライシング、位置情報システムの改善といった先進的な5Gの機能すべてを組み合わせることで、シームレスなサービス提供を可能とした。 - また、情報処理の遅延を小さくし、端末への応答時間を短縮するため、危険が発生する可能性のある場所から近い場所の通信網のクラウドで計算する「モバイルエッジコンピューティング」を採用した。	 5GCroCoのネットワーク構成のイメージ 出典: 5GCroCo “Overview” https://5gcroco.eu/homepage/overview.html
参加者（官）	欧州委員会、カタルーニャ通信技術センター(CTTC)	
参加者（民）	オレンジ、ルクセンブルク・ポスト、ルノー、ボルボ、ボッシュ等の携帯電話会社、自動車メーカー、大学/研究機関	
期間	2018年9月～2021年10月	

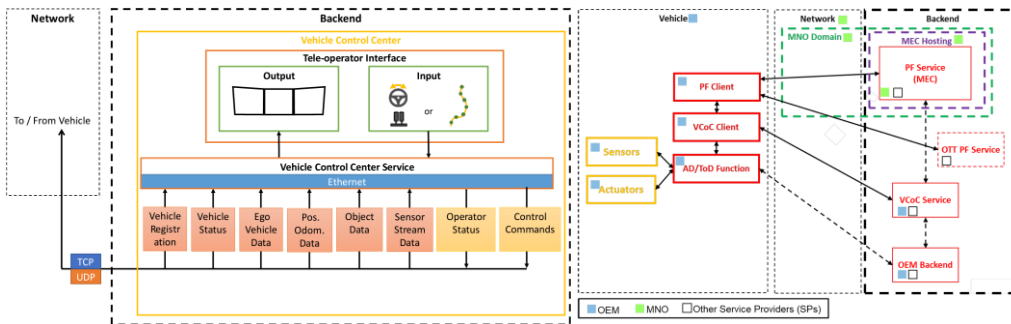
③5GCroCo

■ 遠隔操作

● 実証実験の仕様

- **アップリンク信号**: 車両登録情報、車両状況、エゴデータ※、車両位置とオドメータデータ、センサーデータ(車両周辺の物体情報、ストリームデータ)
- **ダウンリンク信号**: 遠隔操作要求に対する回答を車両に通知する。
 - **直接操作**(direct control): 遠隔ドライバーは、任意のハンドル位置、速度または加速度からなる制御コマンドを生成する。これらが車両に送られることで、遠隔操作者は安定した状態でレベルで車両を直接制御することができる。車両制御の通信はモバイルネットワークを介して完結される。
 - **間接操作**(indirect control): 遠隔ドライバーは経路を生成するタスクを行う。生成された経路は車両に送られ、車両の制御コントローラーが、ステアリングホイールの角度を計算し、車両のアクチュエータに指令を出し、車両は定められた経路に従って走行する。制御ループは車両内で完結する。

※ エゴデータ: インジケータ、ホーン、ワイパー、ギア・ポジションなど、遠隔操作に関連する自車両の情報



車両と遠隔ドライバー間のインタフェース

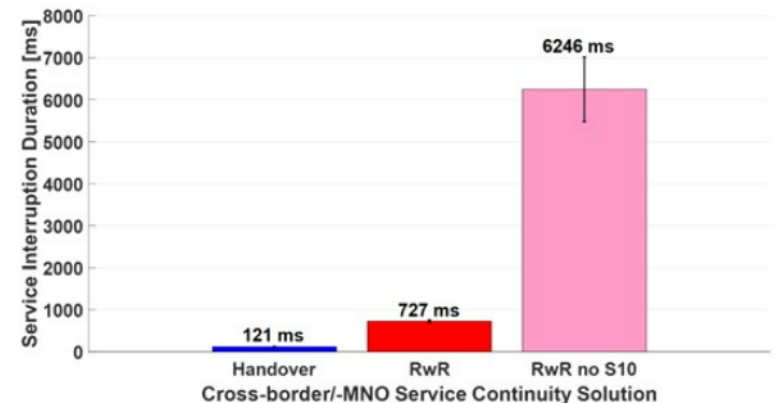
実際に展開される場合のネットワーク構成

出典: いずれも 5GCroCo “Deliverable D3.1 Final Application Architecture Version: v1.0” https://5gcroco.eu/images/templates/rsvario/images/5GCroCo_D3_1.pdf

● ハンドオーバーの実証

- 5GCroCo独自のハンドオーバー機能と、S10インターフェースが利用可能と利用可能ではない場合のRelease with Redirect (RwR)機能とを用いた、国境を越えた場合(あるいは通信事業者が変わる場合)のサービス中断時間の比較実験を実施。
- 独自のハンドオーバー機能の場合、120msのサービス中断時間に抑えることができ、サービス中断をほぼ感知しなかった。
- 一方でRwRの場合、インターフェースなしでは730ms、S10インターフェースでは6秒のサービス中断があった。現状の国境付近における、自国ネットワークの切断から相手国ネットワークへの再接続までに数分かかることを鑑みた場合、6秒の切断であっても改善されているとしている。
- ただし、CAMが複数の移動通信事業者を利用することが見込まれる場合の最適なQoS予測の手法(事業者の選択・決定方法)の確立や、MECと併用した場合での、越境時(通信事業者が変わる場合)のPLMN間ハンドオーバー実現にむけた取り組みが必要としている※。

※ 5GCroCo “Deliverable D1.4 5GCroCo Final Project Report” https://5gcroco.eu/images/templates/rsvario/images/5GCroCo_D1_4.pdf

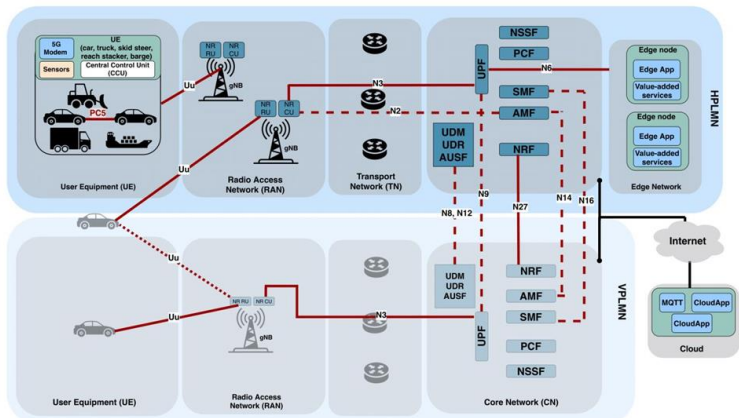


ハンドオーバー実験の結果

出典: CORDIS - EU research results “Fifth Generation Cross-Border Control” <https://cordis.europa.eu/project/id/825050/reporting>

④5G-Blueprint

■ 5G-Blueprint概要

正式名称	Next generation connectivity for enhanced, safe & efficient transport & logistics	
実施地域	EU	
目的・概要	5Gネットワークを基盤とした国境を越えた遠隔操作による輸送において、シームレスな通信を実現する技術的アーキテクチャと、ビジネスモデルおよびガバナンスモデルの設計と検証を実施した。 - 技術的な側面では以下の4点の目標を設定し、オランダの港湾地域およびオランダ-ベルギー間で4種類の実証実験が実施された。 ➢ CAM向け5Gネットワークの設計と実装 ➢ 遠隔操作システムのプロトタイプの開発と実装 ➢ 安全の確保と価値の向上を実現する機能の実装と展開 ➢ 5Gがサポートする、国境を越えた実環境でのエンドツーエンドの遠隔操作輸送ソリューションの検証	 The diagram illustrates the 5G-Blueprint architecture. It shows User Equipment (UE) connected to a Radio Access Network (RAN), which connects to a Transport Network (TN). The TN connects to a Core Network (CN) containing various network functions like NSSF, PCF, SMF, AMF, NRF, UDM, and AUSF. The CN connects to an Edge Network, which includes Edge nodes and Edge Apps. The Edge Network also connects to the Internet and a Cloud environment with services like IoT, CloudApp, and Cloud. 5G-Blueprintのアーキテクチャ (出典) 5G BLUEPRINT “D7.3: Final Architecture Revisited” https://www.5gblueprint.eu/wp-content/uploads/sites/62/2024/01/D7.3_Final-Architecture-Revisited_V2.0_20.12.2023.pdf
参加者(官)	インフラ・水管理省(オランダ)、Ministry of Mobility and Public Work(フランドル)、IMEC(ベルギー)、オランダ応用科学研究機構(TNO)	
参加者(民)	EUの自動車メーカー(欧州トヨタ)、通信、ITS、運輸業者、港湾事業者、大学など	
期間	2020年9月～2023年12月	

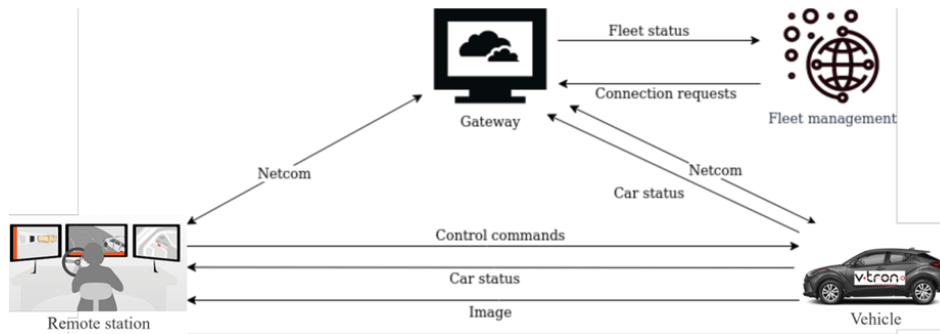
④5G-Blueprint

■ 遠隔運転による隊列走行

- 高速道路や定速走行区間での走行を想定した運転支援システム。
- 先頭車両は遠隔のドライバーにより運転が行われ、後続車両には人間のドライバーが存在する。
- 定速走行区間では、PC5ベースのセルラーV2X通信によるCACCモードが起動し、車両間でリアルタイムのデータ交換が行われる。
- このシステムに遠隔操作機能が組み込まれており、CACC運転中には遠隔のドライバーが後続車両も制御できる。
- 定速走行ゾーンを離れると、後続車両の制御は人間のドライバーに戻る。

● 遠隔操作の仕組み

- 車両や遠隔ステーションは「ゲートウェイ」と呼ばれる中核システムに接続し、認証を受ける。
- 認証が完了すると、両者はゲートウェイにステータスを報告する。
- ゲートウェイは、可視化のためデータを運行管理者に送信する。
- 遠隔ドライバーは、車両と遠隔ステーションを接続する。
- 接続が確立されると、オペレーターは車両からストリーミングされるビデオや速度等のデータを確認し、車両を遠隔操作して希望する場所まで運転するかどうかを決定する。
- 目的地に到着したら、車両との接続を解放して別の車両に切り替えることができる。

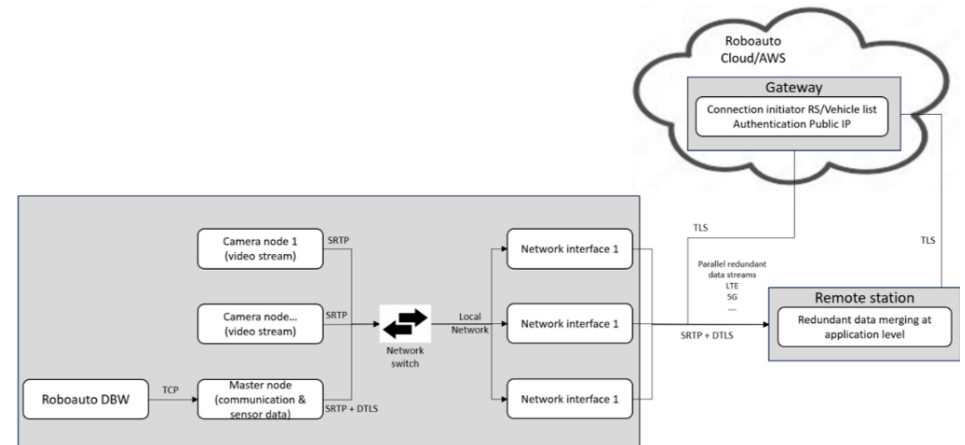


遠隔操作部分のアーキテクチャ

出典: 5G BLUEPRINT “D7.3: Final Architecture Revisited” https://www.5gblueprint.eu/wp-content/uploads/sites/62/2024/01/D7.3_Final-Architecture-Revisited_V2.0_20.1_2.2023.pdf

● 冗長性の確保

- システムの安全性と信頼性を高めるため、独立したネットワークを持つ複数のLTEキャリアを使用し冗長性の高い接続を確保する。
- これにより、1つのキャリアで一時的に信号が失われた場合でも、制御コマンドは車両に送信され、画像ストリームと車両データは遠隔ステーションに送信され続ける。
- 複数のルーターを使用することで、1台のルーターが故障した場合でも、ハードウェアの冗長性が確保される。

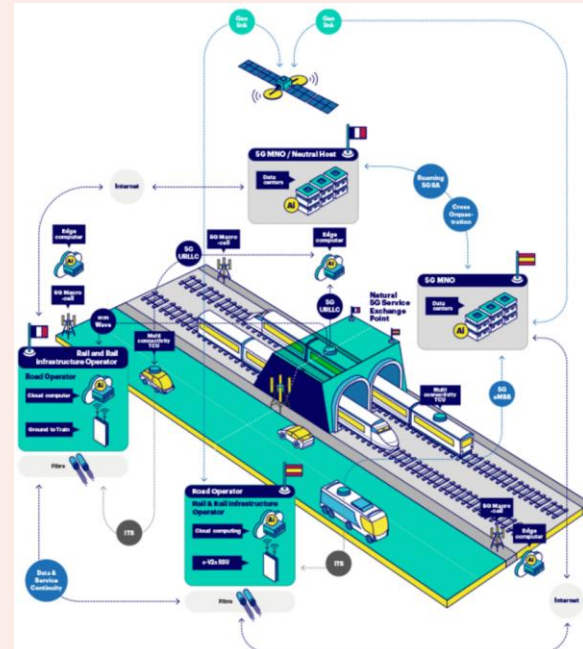


遠隔操作におけるネットワーク構成

出典: 5G BLUEPRINT “D7.3: Final Architecture Revisited” https://www.5gblueprint.eu/wp-content/uploads/sites/62/2024/01/D7.3_Final-Architecture-Revisited_V2.0_20.1_2.2023.pdf

⑤5G MED

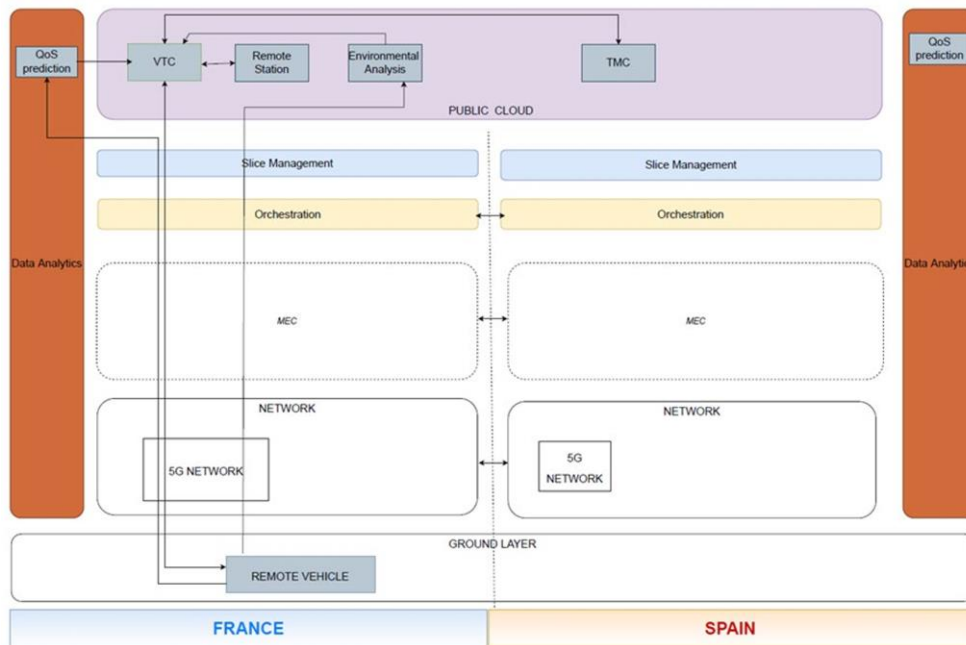
■ 5G MED概要

正式名称	Sustainable 5G deployment model for future mobility in the Mediterranean Cross-Border Corridor	
実施地域	EU	
目的・概要	- 国境を越えた状況におけるCAMおよびFRMCS（鉄道向け5Gシステム）サービスの要件を満たす5G技術（3GPPリリース16）の性能を評価する。 - スペイン-フランス間の地中海沿いの国境回廊において、5Gによる実証実験を広域で実施した。スペインとフランス両国で5Gスタンドアロン（SA）ネットワークインフラを整備し、国境を越える鉄道トンネルを含む高速道路と高速鉄道の65kmの区間を5G対応とした。 - また、大規模実証実験へ移行する前に、サービスと5Gネットワークアーキテクチャの機能性を検証し、有効性を確認するため、スペインとフランスにおいて小規模な実証実験も実施された。	 5GMEDの展開イメージ図 (出典)5GMED公式サイト https://5gmed.eu/
参加者(官)	—	
参加者(民)	フランス、スペイン、イタリア等の通信事業者、運輸事業者、自動車メーカー（いすゞ）等	
期間	2020年9月～2024年9月	

⑤5G MED

■ 遠隔操作

- 複雑な交通状況下(悪天候、事故、高速道路から市街地への移行など)でCAVの運転を遠隔支援する。
- CAVが遠隔操作センターに遠隔支援を要請し、遠隔のドライバーがCAVを安全な場所に到着するまで制御し、その後、自動運転が再開される。
- 遠隔運転中、CAVはビデオ画像とセンサーデータ(LiDAR、360度カメラ等)をセンターに送信する。遠隔局は車両のアクチュエータに運転指令を送信する。
- 両端がデータを低遅延と高信頼性で受信することが極めて重要であるため、5Gネットワークの設計はサービス品質要件を満たさなければならず、かつ厳格なKPIの目標値を満たす必要もある。
- このユースケースでは、ミニマム・リスク・マヌーバー(MRM)、遠隔支援の要請、遠隔操作を主な実証の対象とした。



遠隔操作ユースケースのアーキテクチャ

出典: 5GMED “D3.1. Analysis of 5GMED Infrastructure Requirements and 5G Handover between Networks and Cross-Border” <https://5gmed.eu/wp-content/uploads/2024/01/D3.1-Analysis-of-5GMED-Infrastructure-Requirements-and-5G-Handover-between-Networks-and-Cross-Border-ACCEPTED.pdf>

● 課題と必要となりうる解決策

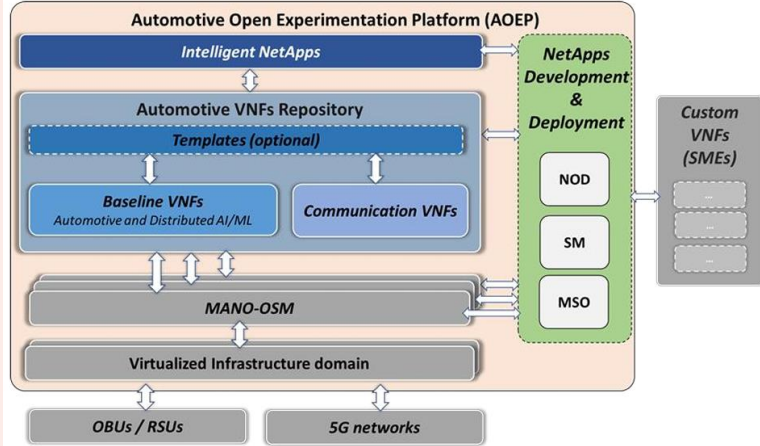
課題	必要となりうる解決策
既存のホーム・ルーティング・ローミング(HRR)※1は、長時間の中断時間をもたらす(1分以上)	シームレスなサービス提供を継続するには、ローミングの最適化技術が必要
HRRでは、UE(車両)が訪問先ネットワークにある場合、使用データがホームUPF(User Plane Function)にルーティングされ、通信遅延が発生しやすい	ローカルブレイクアウト(LBO)※2 ローミングが必要
越境でのサービス継続性を確保するには、越境に対応したインタフェースが必要	異なる通信会社間でのオーケストレーターやMECが必要
国境地域は不規則な地形であり、通信が届きにくい	5.9 GHz帯C-V2X等、5G NRの空白地帯を補完する無線技術が必要

※1 ホーム・ルーティング・ローミング(HRR): ユーザデータが訪問先のUPF(v-UPF)から自らのUPF(h-UPF)に転送され、データネットワーク(DN)に到達する。

※2 ローカル・ブレイク・アウト(LBO): ユーザデータが訪問先のh-UPFを経由せずv-UPFからDNに転送される。

⑥5G-IANA

■ 5G-IANA概要

正式名称	5G Intelligent Automotive Network Applications	
実施地域	EU	
目的・概要	- 自動車セクターの中小企業が、自社サービスの開発から試験まで実施できる「AOEP (Automotive Open Experimentation Platform)」と呼ばれるオープンな5G実験プラットフォームを通じて、各種ツール等を提供することを目的とする。 ➤ 新サービス運用までのステップを支援する、標準化されセキュアなAPIの提供 ➤ ネットワークアプリケーション (nApp) と自動車用VNF (仮想ネットワーク機能) のリポジトリとの連携による、新たなアプリ開発の支援 ➤ 分散型機械学習 (DML) の開発による、機械学習ベースのアプリの開発の支援 ➤ 2か所の実験場でユースケースを実証実験を行い、革新的かつ持続可能なビジネスモデルの市場条件を特定し検証する。	 Automotive Open Experimentation Platform (AOEP) のシステムデザイン 出典: Vasilis Sourlas “5G-IANA: 5G Intelligent Automotive Network Applications” https://5g-mobix.com/assets/files/5G-IANA_VSourlas_IEEE-5G-summit-CAM_11-12_May_2021.pdf
参加者(官)	通信・コンピュータサイエンス研究所 (ICCS, ギリシア)	
参加者(民)	EUの通信、IT、AI関連の企業	
期間	2021年6月-2024年11月30日	

⑥5G-IANA

■ 遠隔操作

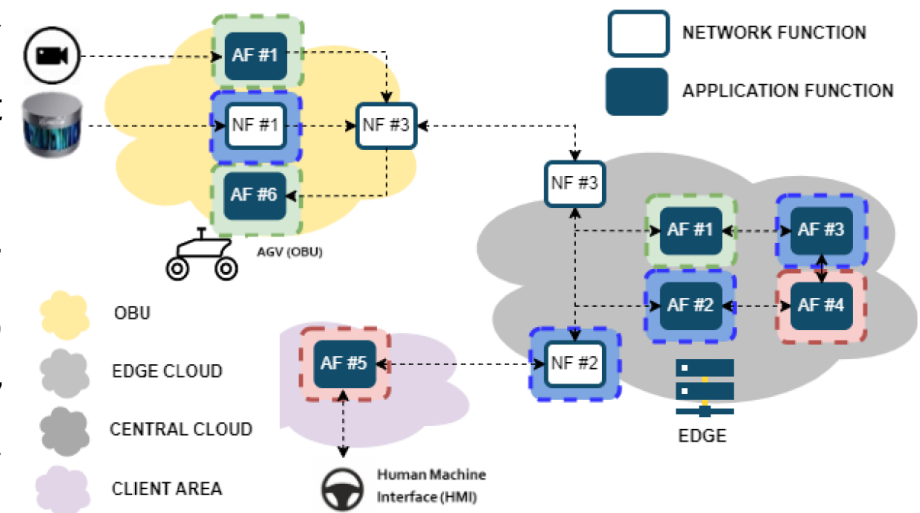
- 5G-IANAで開発された実験用プラットフォームの実証と検証を目的とする。
- 5Gで接続された車両のための高度な遠隔運転機能を統合する。
- 第1段階: 車両に前後方にカメラを搭載し、5Gネットワークのエッジに搭載センサーとビデオ(常時フィード)に基づく情報を送信し、エッジ側での周辺情報に応じた警告データ生成を行う実証実験を実施。
- 第2段階では、左右のビデオ映像を用いた3D環境の提供等、先進機能の追加を行う。
 - 前後左右のビデオカメラ映像を処理し、VRメガネを使用して360度の環境を表示する。
 - AI検出アルゴリズムとLiDARの両方のデータを使用する3Dトラッキングアルゴリズムを実装し、警告機能を強化する。
- 実際のドライバーを必要としない、あるいはドライバーを用いることが危険な状況での操作で有用としている。

出典: 5G-IANA “D2.1 Specifications of the 5G-IANA architecture” <https://doi.org/10.5281/zenodo.7304863>

Vasilis Sourlas “5G-IANA: 5G Intelligent Automotive Network Applications” https://5g-mobix.com/assets/files/5G-IANA_VSourlas_IEEE-5G-summit-CAM_11-12_May_2021.pdf

● ネットワーク構成

- OBUが車載センサー(NF#1)のデータと車載カメラのビデオストリーム(AF#1)のエンコードを行う
- エンコードされたデータが処理のためにエッジへ送信され、走行環境に即した警告が生成される。
 - ビデオデータはエッジでデコードされ(AF#1)AI/MLアルゴリズム(AF#3)により処理され、走行中の周辺情報をビデオ上に表示させる。
 - センサデータを用いて障害物までの距離を測定し、事故の可能性を警告する、車両を止める機能も有する(AF#2, AF#4)
- エンドユーザ(遠隔ドライバー)は、車両周辺データをインタフェース上で確認し、ステアリングホイール(AF#5)を介して、接続された車両を制御することができる。ステアリングホイールの動きは、サーバにあるアクチュエータ(NF#2)に送信され、そこで処理が行われる。
- アクチュエータは車両に制御命令を送信する(NF#3、AF#6)



遠隔操作ユースケースのサービスチェーン

出典: 5G-IANA “D4.2 First report on intelligent NetApps and 5G-IANA UCs development” <https://doi.org/10.5281/zenodo.10534019>

まとめ

- 欧州の5G関連の自動運転プロジェクトでは、V2Nを活用した実証実験として、先読み情報の提供に加え、遠隔操作をユースケースとした実証実験が行われている。
- これらの実証実験では、国境を越える場合（通信事業者が変わる場合）にも継続的なサービス提供を実現するため、接続を中断させることなく、ハンドオーバーを円滑に行う技術や、冗長性を確保する方法についての研究が行われている。
- 各種実験で実施された、および実験を通じて明らかとなった、主な必要となりうる技術や手法は、以下の通りまとめることができる。

課題	対策
ネットワーク構成を通じた遅延対策	• エッジコンピューティングの採用[5G-MOBIX、5G-IANA、5G-MED] • マルチモデム/SIMとリンクアグリゲーションの組み合わせ[5G-MOBIX] • ローカルブレイクアウト(LBO)※1の採用[5G-MOBIX、5G-MED]
複数の通信事業者間でのハンドオーバー	• 複数の通信事業者を利用することが見込まれる場合の最適なQoS予測の手法の確立（通信事業者の選択・決定方法）[5GCroCo] • 異なる通信会社間でのオーケストレーター※2やMECの採用[5G-MED]
冗長性の確保	• 通信が届きにくい場所での補完技術[5G-MED] • 5Gによる測位精度機能の活用によるCAVの位置情報の向上[5G Routes、5GCroCo] • 複数の通信事業者や複数のルータを用いた、データの送受信やハードディスク障害時の対策の実施[5G-Blueprint]

※1:ローカル・ブレイク・アウト(LBO): ユーザデータが自らのUPF(h-UPF)を経由せず訪問先のUPF(v-UPF)を通じてDNに転送される仕組み。

※2:オーケストレーター: 異なる通信会社間で、シームレスなデータのやりとりや、エンドツーエンド間のサービスの品質や継続性を保証するため、ネットワークの装置構成や使用状況を自動的に設定・管理・調整する機能。

2. 米中におけるロボットタクシーの動向

①米国の事例(Waymo)

Waymoによる自動運転タクシー配車サービスの概要

- Waymoは2018年12月に米フェニックス市にて世界初の自動運転タクシーサービス「WaymoOne」を展開。
- 同社は2020年頃から一部の車両で安全要員を乗せない自動運転レベル4によるサービス展開を開始。2024年12月時点でロサンゼルス、サンフランシスコ、フェニックスにて週5万回規模の有料での自動運転によるタクシー配車サービスを提供。
- ロサンゼルスにおいて同社は2024年3月に約80平方マイル(207平方キロメートル)のエリアにてサービスを提供。同市における顧客満足調査では顧客の98%がサービスに満足しており、96%が便利だと感じている。
- 同社の車両はカメラ、LiDAR、レーダーを搭載しており、ドライバーや安全要員なしの自律走行が可能。
- 同社の車両は主にトラブル発生時のリモートアシスタントチームによる遠隔操作において通信を利用している。

項目	概要
使用センサ	・ カメラ (13台) ・ LiDAR (4台) ・ レーダー (6台)
ユースケース	<u>リモートアシスタントツールによる遠隔操作</u> ・ トラブル発生時にリモートアシスタントによる遠隔操作を実施 ・ 同ツールでは車両周辺の状況を俯瞰視点での3Dイメージにて確認可能 <u>タクシー配車サービス</u> ・ スマートフォンアプリによる配車サービスにより、あらかじめ指定された乗降ポイントに車両の呼び出しが可能



Waypoint, official Waymo blog, 2024/12/19閲覧、<https://waymo.com/blog/2024/03/scaling-waymo-one-safely-across-four-cities-this-year>

Waypoint, official Waymo blog, 2024/12/19閲覧、<https://waymo.com/blog/2024/09/waymo-and-uber-expand-partnership>

Waypoint, official Waymo blog, 2024/12/16閲覧、<https://waymo.com/blog/2024/11/waymo-one-open-to-all-in-los-angeles>

Waypoint, official Waymo blog, 2024/12/19閲覧、<https://waymo.com/blog/2024/12/next-stop-miami>

プレスリリース、日本交通株式会社、2024/12/24閲覧、<https://www.nihon-kotsu-taxi.jp/news/241217/>

①米国の事例(Waymo)

Waymoでの自動運転車両における通信の活用状況

- 同社の車両は平常時は自動運転には通信を利用せず、車載センサーからの情報に基づき自動運転を行う。
- 同社の車両はトラブル発生時にリモートアシスタントチームが常駐する拠点にアラートを送信。
- 同チームはトラブル解消のため車両への指示を行う。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に留まるため、大容量・低遅延の通信は必要としていない。

■リモートアシスタントツールの画面イメージ

- ・ 車載カメラ映像(画面下部)とともに3Dの俯瞰イメージにて様々な角度から車両周辺の状況を確認可能(画面上部)



■トラブル発生時の対応(車両への情報提供)

- ・ 自動運転車両がトラブルによるアラートを発信した場合、リモートアシスタントチームはトラブル解消のための指示を送信。
(下図は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)



①米国の事例(Waymo)

通信を使用するユースケース

- Waymo車両に係る通信は、主に「リモートアシスタントチームによる遠隔支援」と、「配車サービス」に使用。
- 「リモートアシスタントチームによる遠隔支援」では、主にトラブル発生時の自動運転車両からのアラートや問い合わせの送信、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に通信を利用している。
- 「配車サービス」は、スマートフォンアプリ経由の通信にて提供。あらかじめ定められた車両の乗降位置の候補となるポイントから、アプリにて配車位置と到着位置を選択し、車両の手配を行う仕組みとなっている。

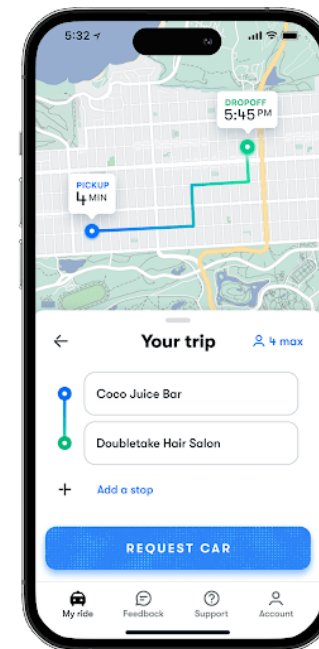
■リモートアシスタントチームによる遠隔支援

- ・ 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、チームが対応を行う事例。
(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)



■配車サービス

- ・ スマートフォンの専用アプリ(Waymo oneアプリ)経由で、候補となるポイントから乗降位置を指定し、車両を手配。



②米国の事例(Tesla)

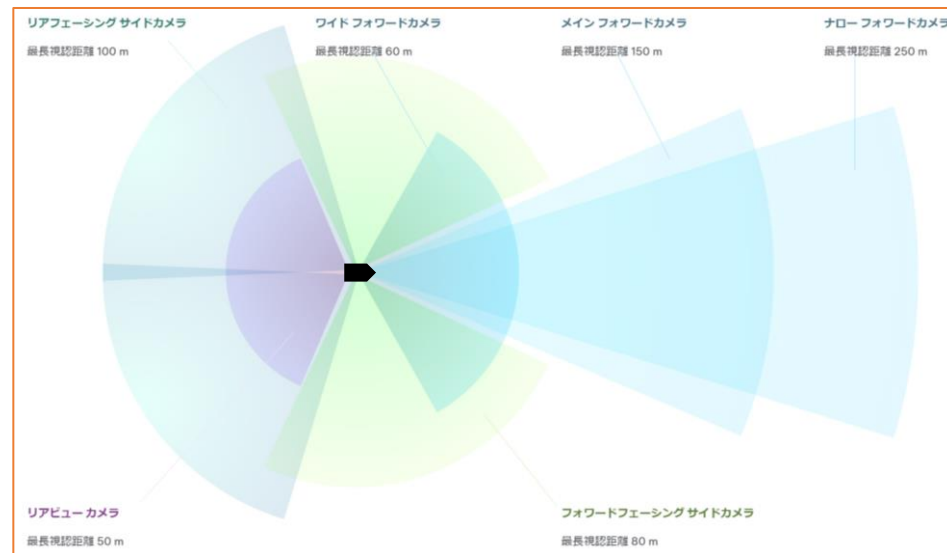
Autopilotの概要

- AutopilotはTesla社が提供する運転支援システム。2014年にTesla Model Sから導入を開始し、現在は全モデルに対応。
- Tesla車両に搭載されたカメラセンサで取得した情報を活用し、SAEレベル2相当(ドライバ主体)の自動運転を実現※¹。
 - ・ 地域によっては法律・規制等により利用機能に制限あり。日本でも利用可能。
- OTA(無線によるソフトウェアアップデート)技術により継続的な機能向上を可能としている。
- Tesla車両には実際の運転行動に介入することなくバックグラウンドでデータを収集・分析するShadow Mode技術も搭載※²。データはTeslaのクラウドサーバに蓄積され、Autopilotのアルゴリズムの改善等に活用。

※¹ 2019年以降に生産された殆どのモデルに搭載されているハードウェア(Hardware Version 3)はSAEレベル4以上の自動運転(Full Self-Driving(FSD))に対応可能とされている。将来的に規制や法律が改正された際には、ソフトウェアをアップデートすることでFSD機能によりSAEレベル4以上の自動運転が可能とされている。

※² 車両のオーナーは、契約時やソフトウェアアップデート時にデータの収集への同意可否を確認される(データは匿名化され、プライバシーが保護される形で活用される)。

項目	概要
使用センサ	・ 計8台のカメラセンサ(検出範囲イメージは右図) ➢ 前方:3台 ➢ 側方:2台 ➢ 後方:3台 ※各センサで取得したデータはShadow Mode技術にも活用
ユースケース	<u>標準型Autopilot</u> ・ アダプティブクルーズコントロール(ACC) ・ レーンキープアシスト <u>強化型Autopilotで追加されるユースケース</u> ・ 自動レーンチェンジ ・ ナビゲート(高速道路への進入～退出のガイド) ・ スマートサモン(駐車場で車両を自動呼び寄せ／指定場所に自動移動) <u>Full Self-Drivingで追加されるユースケース</u> ・ 信号・標識認識および車両制御



出典) Tesla HP、Autopilot、2024/12/5閲覧、<https://www.tesla.com/jp/autopilot>
Tesla HP、プライバシーについて、2024/12/5閲覧、https://www.tesla.com/ja_jp/legal/privacy
Tesla HP、Tesla Model 3 Owner's Manual、2024/12/5閲覧、https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/ja_jp/

②米国の事例(Tesla)

Autopilotによる自動運転の特徴

- オーナーカーを主とするTeslaの車両は、カメラベースのシステムであるTesla Visionを用いて検出した情報をAI処理し、自律走行(SAEレベル2相当)を実現。その際、無線通信を用いた補助等は行っていない。

■ Tesla Vision

- Tesla Visionでは、周囲の車両歩行者等を検出。



■ 緊急車両対応

- 高速道路で夜間にAutopilotを使用している時に、緊急車両のランプを検出すると、自動的に減速。
 - この際、タッチスクリーンへの減速メッセージの表示と鳴動によりドライバーに通知。
※オーナー用のマニュアルでは、緊急車両からのライトを検出できない場合もあるので、ドライバーは進行方向に注意を払い、常に即座に反応できるよう規定されている。
- 検出したライトの通過あるいは見えなくなると、Autopilotは速度を戻して走行を継続。

■ Autopilot Full Self-Driving

- Full Self-Drivingコンピュータ(HW3.0)をTeslaの車両にインストールすることで、信号認識や車線変更等の制御が可能となる。
※現時点では、米国とカナダで利用可能だが、ドライバーは常に交通状況を監視する必要があるとされている。

信号機を検出



信号機を認識・判断して左折



Tesla HP、Autopilot、2024/12/5閲覧、<https://www.tesla.com/jp/autopilot>
Tesla HP、AIとロボティクス、2024/12/9閲覧、https://www.tesla.com/ja_jp/AI
Tesla HP、Tesla Vision アップデート、2024/12/11閲覧、https://www.tesla.com/ja_JP/support/transitioning-tesla-vision
Tesla HP、フルセルフ ドライビング コンピュータをインストール、2025/1/10閲覧、
https://www.tesla.com/ja_jp/support/full-self-driving-computer
Tesla HP、オートパイロット機能 緊急車両、2025/1/14閲覧、https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/ja_us/

②米国の事例(Tesla)

通信を使用するユースケース

- Tesla車両において通信は、主に「Shadow Modeのデータ収集」と、「AutopilotソフトウェアのOTAアップデート」に使用。
- Shadow Modeでは、実際の運転行動に干渉することなく、バックグラウンドで安全対策用・機械学習用の2パターンのデータを収集。それらのデータは、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る仕組み。
 - ・ Shadow Modeの通信は走行中に行われ、LTE等のセルラー回線を使うことを基本としている。セルラー回線はサービスの利用地域でMNOが提供する通信を使用し、通信品質についてはMNOが担保するものと整理されている。
- Autopilotソフトウェアのアップデートは、基本的にOTAにより実施。
 - ・ OTAの通信は、Wi-Fiの利用が推奨されている(LTEはWi-Fiが使えない場合等の代替手段の位置付け)。

■Shadow Modeの概要

- ・ Shadow Modeでは、Autopilotの挙動をリアルタイムシミュレーションしながらバックグラウンドでデータを取得。
- ・ クラウドサーバに送信するデータは以下。

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。
フリートレーニング※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車両で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。

- ・ FSDコンピュータを搭載したModel 3及びModel Y、2021年以降のModel S及びModel Xでは、キャビンカメラで安全性に関わるイベントの数秒前の映像も記録。

■OTAアップデートの概要

- ・ アップデートが可能になると車載HMIやスマホアプリからユーザに通知。
- ・ ユーザ自らがHMIを操作し、Wi-Fi(またはLTE通信)によりアップデートファイルをダウンロードしてインストール。
 - 運転中に可能なのはダウンロードまでであり、安全のためにインストールは不可と規定されている。

Tesla HP、Autopilot、2024/12/10閲覧、<https://www.tesla.com/support/autopilot>

Tesla HP、AI&Robotics、2024/12/10閲覧、<https://www.tesla.com/AI>

Tesla HP、プライバシーノート、2024/12/10閲覧、https://www.tesla.com/ja_jp/legal/privacy#rights-and-choices

Tesla HP、プライバシーノート、2024/12/10閲覧、https://www.tesla.com/ja_jp/legal/privacy#autopilot-data

Tesla HP、ソフトウェアアップデート、2024/12/10閲覧、https://www.tesla.com/ja_jp/support/software-updates#tesla-accordion-v2-9640-wi-fi

Tesla HP、コネクティビティ、2024/12/10閲覧、https://www.tesla.com/ja_JP/support/connectivity

Tesla 公式Youtube、Tesla Autonomy Day、2024/12/13閲覧、<https://www.youtube.com/watch?v=Ucp0TTmvqOE>

Tesla HP、免責事項、2024/12/10閲覧、https://www.tesla.com/ownersmanual/modely/ja_jp/GUID-2E8E5E0B-DAA8-40B8-9804-45F5960538DF.html

③中国の事例(北京市×百度)

中国における自動運転の戦略

- 中国は国家戦略として2050年に中国標準の「スマートカー強国」を目指している。
- 2025年までにスマートカーに関する基礎的な枠組みを完成させる計画であり、無線通信の活用もスマートカー実現の枠組に含まれている。

■「智能自動車創新発展戦略」の位置づけと目標

		智能自動車創新発展戦略の記載
位置付け		スマートカー(智能自動車)の開発・発展を通じて、供給側の構造改革を促し、関連分野を含めたイノベーション主導の開発戦略を実施することを定めた、総合的な自動車産業育成政策
目標	2025	中国標準のスマートカーの技術革新、産業エコシステム、道路ネットワークインフラ、規制基準、製品の監督管理、情報セキュリティシステムにおける、 <u>基礎的な枠組み形成が完了する</u> 。 ・スマートカーの量産、特定環境下での市場投入 ・インテリジェント道路交通システムとスマートシティの建設の進展 ・車両無線通信ネットワーク(LTE-V2X)のカバレッジ完了 ・大都市や高速道路での5G-V2Xでのカバレッジ開始、普及 ・北斗の高精度時空サービス(百度)のフルカバーの達成
	2025-2050	中国標準のスマートカーに対するグローバルな評価を獲得し、世界に先駆けて「 <u>スマートカー強国</u> 」になり、国民が「安全・高効率・グリーン・文明」を共有するスマートカー社会を形成する。

③中国の事例(北京市×百度)

自動運転パイロット都市

- 中国政府は、2020年に第14次5カ年計画「デジタルチャイナ」と2035年までの長期目標を発表、その内容を受け自動運転の分野では、中華人民共和国住宅都市農村建設部と中華人民共和国工業情報化部が「自動車都市の協調開発のパイロットプロジェクト」を開始した。
- 中国自動車工程学会は2023年12月に国家インテリジェントコネクテッドビークルテストデモンストレーションゾーンの評価結果※を正式に発表。「実証区の総合能力評価」と「クローズドサイトテスト能力評価」で北京・河北エリアが1位となった。

※評価には、全国合計17の全国インテリジェントネットワーク車両テストデモンストレーションゾーンが参加。この評価は工業情報化部と公安部の支援と指導の下、国家インテリジェントコネクテッドビークルテストデモンストレーションゾーン的能力評価は、中国自動車技術者協会と中国インテリジェントコネクテッドカー産業イノベーションアライアンスが主導。

2020年 中国政府：
第14次5カ年計画「デジタルチャイナ」と
2035年までの長期目標を発表

2020年 中華人民共和国住宅都市農村建設部と
中華人民共和国工業情報化部：
「自動車都市の協調開発のパイロットプロジェクト」開始

2021年 パイロット都市を指定
[第1弾] 北京、上海、広州、武漢、長沙、無錫 の6都市
[第2弾] 重慶、深セン、厦門、南京、済南、成都、合肥、滄州、蕪湖、
淄博 の10都市

■全国インテリジェントコネクテッドビークル試験実証区的能力評価について

- 全国インテリジェントコネクテッドビークル試験実証区的能力評価は中華人民共和国工業情報化部と中華人民共和国公安部の支援と指導の下、中国自動車技術者協会と中国インテリジェントコネクテッドカー産業イノベーションアライアンスが主導して行っている。
- 2021年～2022年は、「閉鎖サイト容量評価」を行い、2023年は能力評価は、「**管理システムの評価**」指標が充実した。
また、オープンテスト道路を含む「総合テスト能力」が追加され、デモンストレーションエリアのシミュレーション建設能力評価が含まれ、デモンストレーションエリアの特別評価プロジェクトが追加されている。

■2023年の評価プロセス

- 2023年1月～6月にかけて、インテリジェントコネクテッドビークルの自動運転機能に関して路上試験の方法や要件などを定めた国家規約を活用して、「**管理体制**」、「**クローズドサイトテスト能力**」、「**路上テスト能力**」、「**実証エリアの特性**」の4つの部分からなる評価システムを構築。
- 管理体制とクローズドサイトテストの能力は、クローズドサイトテスト能力を評価し、管理体制、クローズドサイトテスト能力、路上テスト能力、実証エリアの4つで総合試験能力を評価。

出典)CAICT 中国信通院 西部分院 | ICT観測 | スマートシティインフラとインテリジェントコネクテッドカーの共同開発経路に関する研究、<https://www.cqcatr.com/achievement/observe/2024/0424/2052.html>
武漢経済技術開発区 | 全国第二！武汉智能网联汽车示范区能力评估发布、https://www.whkf.gov.cn/xwzx/yw/kfgyw/qnxw/202312/t20231212_2317421.html
汽车测网Testing | 全国智能网联汽车测试示范区能力评估结果公布 | 信息智能事业部两家测试区上榜、<https://www.auto-testing.net/news/show-120430.html>
华声在线 | 2023年度全国智能网联汽车测试示范区能力评估结果发布 长沙测试区位列全国前三、<https://hunan.voc.com.cn/article/202312/202312151042034478.html>
搜狐汽车 | 2023年智能网联汽车测试示范区能力评估结果正式发布、https://www.sohu.com/a/742757521_620780

③中国の事例(北京市×百度)

パイロット都市 北京市

- 北京市は16のパイロット都市の一つ。自動運転車の大規模運用を目指し、市内で600平方キロメートルの車両-道路-クラウド統合インフラストラクチャを建設、北京インテリジェントコネクテッドビークル政策パイロットゾーンを設立している。※
- デモンストレーションゾーンは**33のテストカー会社**と**約900台の車両**に路上テストライセンスを発行。自動運転テストの走行距離は3,200万キロメートルを超え、**国内の総テスト走行距離の1/4以上**を占めている。
- **世界初の路車協調共有データセット(Dair-V2X)**をリリースし、国内の科学研究機関、企業、個人に無料で公開されており、200を超える大学、企業、科学研究機関、その他のユニットで使用されている。
- 2025年4月に「北京自動運転車条例」が施行が予定されており、個人利用の乗用車の自動運転利用についてもシナリオが追加されている。



※北京インテリジェントコネクテッドビークル政策パイロットゾーンは、2020年から4年間で3回の工程で更新がされ、現在4.0ステージを建設中。

- ・「北京自動運転試験道路要件(試行)」に基づく自動運転試験道路は、2023年末までに336本、約1,160kmを含む、合計2,200kmの自動運転試験道路が開通している。
- ・また、この道路は、北京経済技術開発区、大興区、房山区、海淀区、順義区、通州区、石景山区の7地区にまたがり、無人特殊技術試験と夜間特殊気象試験についても対応している。

出典) 智能车联 | 年度报告、<http://www.mzone.site/index.php/index/index/cid/2/sid/21.html>

北京市民政府 | 北京の自動運転車規則は来年施行される予定です、http://kw.beijing.gov.cn/art/2024/10/21/art_1140_682222.html

北京市 | 北京の自動運転モデルエリア、3000平方kmに拡大へhttps://japanese.beijing.gov.cn/beijinginfo/sci/latesttrends/202410/t20241023_3926149.html

北京経済技術開発区 | 北京市高級別自动驾驶示范区 创新发展新模式、https://kfqgw.beijing.gov.cn/zwgkfq/ztl/lqztkfq/cxal/jkq/202405/t20240521_3690078.html

③中国の事例(北京市×百度)

北京市の自動運転実証エリアにおけるネットワーク環境

- 高度自動運転実証エリアでは、2023年にEUHT(超高速無線通信技術)を使用したデュアルインテリジェンスプライベートネットワークの運用を開始、低遅延の通信を実現している。

■デュアルインテリジェンスプライベートネットワークとは

- ・ 北京市は、EUHT技術を使用して独自制御可能な無線ネットワークを構築した。
- ・ これはデュアルインテリジェンスプライベートネットワーク呼ばれ、『デュアルインテリジェント』は、「スマートシティ」と「インテリジェント交通」を指す。
- ・ 携帯電話で通常使用される4G/5Gネットワークとは異なる5Gネットワークを利用した、スマートシティのデジタルベース。
- ・ 2023年次実施されたWorld Robot Conferenceでも利用され、低遅延、広帯域幅、広接続、高信頼性、迅速な展開機能のパフォーマンスを発揮。
- ・ 現在、手術用ロボットなどへの活用も試されており、EUHTを核とした屋内プライベートネットワークの構築により、有線接続での限界の解決を図っている。

■自動運転への利用

- ・ デュアルインテリジェンスプライベートネットワークは、エリア拡大が進んでいる高度自動運転実証エリアをカバーしており、自動運転に必要な、大量のデータをリアルタイムに送信することを可能にする。
- ・ デュアルインテリジェンスプライベートネットワークは、構成管理、パフォーマンス管理、アラーム管理、システム管理の4つのモジュールが設定され、ネットワークに接続された車両をリアルタイムで監視できる。
- ・ 車両はこのネットワークを介して道路状況を認識してから方向転換することで、エンドツーエンドの平均遅延を 10 ミリ秒未満に抑えることができる。
- ・ またネットワーク切り替え成功率は99.999%を超え、帯域幅は200Mbps以上であり、アップリンク/ダウンリンク帯域幅の調整も可能。1 つの基地局で最大 200 台の接続が可能となっている。

■5G基地局の強化

- ・ 2021年に北京経済技術開発区で開通した5G基地局の数は1,374基に達し、基地局の密度は1km²あたり22.9基。
- ・ 2024年の世界電気通信・情報社会デーのテーマ活動で、北京市通信管理局長は、2024年4月末までに北京では累計で11.45万基の5G基地局が建設し、1万人あたりの5G基地局数は52基に達するようになると言及。

③中国の事例(北京市×百度)

北京市における自動運転実証の概況

- ロボタクシーは 2023年末までに乗客を乗せての試験運行を約2,000万km実施し、そのうち完全自動運転（運転手の乗車なし）の走行は34.9万km。認証を得た車両は293台。
- 高度自動運転実証エリアでは、車外からの遠隔運転試験にも対応し、このエリアでは193台の車両が実証申請され、商用パイロットに使用されている。



出典) 智能车联 | 年度报告、<http://www.mzone.site/index.php/index/index/cid/2/sid/21.html>

北京市民政府 | 北京の自動運転車規則は来年施行される予定です、http://kw.beijing.gov.cn/art/2024/10/21/art_1140_682222.html

北京市 | 北京の自動運転モデルエリア、3000平方kmに拡大へhttps://japanese.beijing.gov.cn/beijinginfo/sci/latesttrends/202410/t20241023_3926149.html

北京経済技術開発区 | 北京市高級別自动驾驶示范区 创新发展新模式、https://kfqw.beijing.gov.cn/zwgkfq/ztl/lqztkfq/cxal/jkq/202405/t20240521_3690078.html

③中国の事例(北京市×百度)

北京市における自動運転車両

- 中華人民共和国交通運輸部は、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。
- 北京のロボタクシーの通信システムは主にV2I、V2Cを利用しており、政策や法規の要求(遠隔操作機能)を満たすためにはV2Cの通信は重要となる。主な通信手段はC-V2Xを利用している。

■百度(Apollo)のロボタクシー

- ・「アポロギャラクシー」プラットフォームは百度の自社開発によるもので、100%車両規格適合および車両全体の冗長システムを備え、デュアルコンピューティングユニットにより高い計算能力を実現し、計算能力は1200Topsに達する。
- ・ 百度の第6世代量産無人車Apollo RT6 モデル車両には38個の外部センサーが装備され、レベル4の自動運転をの機能を有している。
[外部センサー]
 - ・LiDAR 8個
 - ・ミリ波レーダー 6個
 - ・超音波レーダー 12個
 - ・カメラ 12個
- ・ 車体寸法は長さ4760mm、幅1870mm、高さ1650mm、ホイールベース2830mmで、SUVとMPVの中間に位置する。コストは25万元で、業界のコストの10分の1の価格を実現。
- ・ また、ハンドル有りのモデルとハンドル無しのモデルを選択でき、2023年下半期には「夢ト快跑(Carrot Run)」が試運行を開始した。



③中国の事例(北京市×百度)

百度(apollo)による遠隔監視・操作

- 百度(apollo)の5Gクラウド代行運転は、5G、スマート交通、V2Xといったインフラ技術を基盤とした自動運転の重要な補助サービスで、マルチスクリーン監視、誘導制御、並行運転の3種類のサービス機能がある。
- 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、「5Gクラウド代行運転」が自動運転車の運転を引き継ぎ、車両の問題解決をサポートする。

■ マルチスクリーン監視



- ・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。
- ・車両端末のパッケージの属性に応じたスケジュール管理、指標統計、シーン分析、顧客サービスが可能。オペレータは状況に応じてリモートで操作を引き継ぎができる。
- ・クラウド制御は、車両の配備や突発的な交通状況などのシーンでのみ介入する。

■ 誘導制御



- ・1台の車両の360° センサー画像とセンシング結果をマルチ画面に表示し、誘導制御をする。
- ・ネットワークの状況に依存しにくく、幅広い用途に使用が可能。
- ・誘導制御とは、現在の状況に応じて人為的に走行経路を指定することを指す。例えば、特定の交通環境で迂回が必要な場合などに、安全員はクラウド上で運行状況を監視する。

■ 並行運転



- ・環境モデルのサラウンドスクリーンディスプレイを通じて、メインビジョンとトップダウンパースペクティブにより、ユーザーは没入感のあるパラレルドライビング体験できる。
- ・さまざまな操作習慣に適応するための複数の制御モードをサポートし、厳格なネットワーク状態監視により、スムーズで安全な運転が保証されている。

③中国の事例(北京市×百度)

百度(apollo)自動運転タクシー配車サービスの概要

- 5Gクラウド代行運転技術は主に「車載デバイス」「リモート操作プラットフォーム」「クラウドプラットフォーム」の3つで構成されており、ネットワーク環境により利用できるサービスは異なる。
- 遠隔操作を実施するシーンの例として「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」などが挙げられる。

■5Gクラウド代行運転の技術アーキテクチャ

アーキテクチャ	実行内容
車載デバイス	①走行状態の情報と環境ビデオをリアルタイムでクラウドプラットフォームにアップロード ②クラウドプラットフォームからリモート操作プラットフォームのリモート運転制御信号を受信
リモート操作プラットフォーム	①クラウドプラットフォームを介してリアルタイムで車両情報を取得 ②リモート運転信号をクラウドプラットフォーム経由で車載デバイスに送信。これにより、遠隔モニタリングやリモート運転操作などの機能を実現
クラウドプラットフォーム	①クラウドプラットフォーム上にMQTTサーバーを構築 ②クライアントは固定IPとポートを通じて、認識データや力学データをクラウドに送信 ③クラウドはデータを遠隔監視用の大型モニターに送信

■ネットワーク環境(さまざまなネットワーク条件への適応)

遠隔サービスモジュール	ネットワーク環境要件
並行運転	5Gまたは同等のWi-Fiネットワーク
誘導制御	4Gまたは同等のWi-Fiネットワーク
カスタマーサービス (車両に異常が発生した場合は、バックエンドのカスタマーサービスに連絡)	2G/3Gネットワーク
クラウドコントロールセンター	100Mbps以上のブロードバンド有線ネットワーク

■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	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	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	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、遠隔運転員が運行支援
複雑な作業支援	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

まとめ

①米国の事例(Waymo)

- 基本的に自律で運行されており、平常時は自動運転に通信は活用していない。
- 自律運転では厳しい状況、あるいはトラブル等の場合にリモートアシスタンスを実施。車両が通過すべき経路あるいは退避すべき場所を指示するに留まり、遠隔で直接車両を操作することはしていない。
- 通信環境はLTE回線で実現している。

②米国の事例(Tesla)

- TeslaはCybercabによるロボタクシーサービスを発表。ただし開始時期は26年を予定しており、現時点ではオーナーカーにAutopilotを搭載している。
- AutopilotはL2自動運転を実現。遠隔での監視は実施していないが、イベント発生時あるいは学習用に30秒以内の動画像を収集。リアルタイム性は求められていない。

③中国の事例(北京市×百度)

- 中国は国家戦略として2050年に中国標準の「スマートカー強国」を目指し、2025年までに基礎的な枠組みを完成させる計画。無線通信の活用もスマートカー実現の枠組に含まれている。
- 北京市でも実証エリアに高性能な通信インフラを、地方政府等の資金により整備。
- 路車協調による情報を活用しつつ自動運転を実施。
- 厳しい状況、あるいはトラブル等の場合には、車両からのリクエストによりリモート運転代行に移行。
 - 「経路誘導」では車両が通過すべき経路を指定。このモードであればLTE回線で可能。
 - 「並行運転」では遠隔でハンドルやアクセル制御も可能。このモードは5G回線が必要。