

令和4年11月16日（水）
デザイン・フェスティバル2022

自動運転の実現に向けた情報通信の動向と総務省の取組

総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課
新世代移動通信システム推進室長
(高度道路交通システム推進室長)

増子 喬紀

- I. ITSに関する通信・電波**
- II. 自動運転社会の実現に向けた総務省の取組**
- III. 5G時代のConnected Car**



I. ITSに関する通信・電波

II. 自動運転社会の実現に向けた総務省の取組

III. 5G時代のConnected Car



700MHz帯安全運転支援システム (路側機のみ免許局)

車車間通信等により衝突を回避

自動料金収受システム (ETC) (路側機のみ免許局)

ETC専用

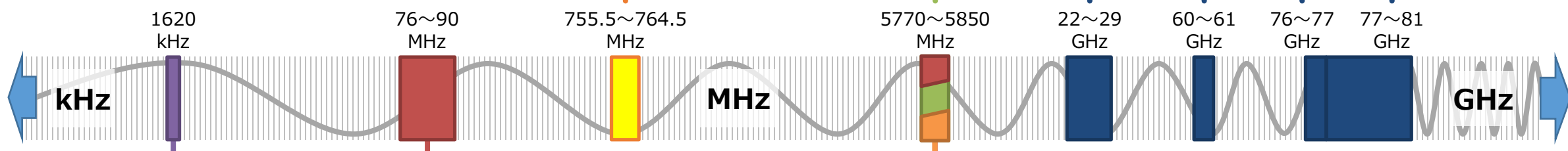
車載レーダーシステム

24/26GHz帯UWBレーダー,
79GHz帯高分解能レーダー

60/76GHz帯長距離レーダー

電波が広範囲に伝わる

電波の直進性が高い



路側放送 (ハイウェイラジオ)

1620 KHz
ラジオ
首都高速情報
放送中

道路交通情報通信システム (VICS) (路側機のみ免許局)

(1) 文字表示

(2) 簡易図形表示

(3) 地図表示

狭域通信システム (DSRC・ETC2.0) (路側機のみ免許局)

急カーブ、速度注意

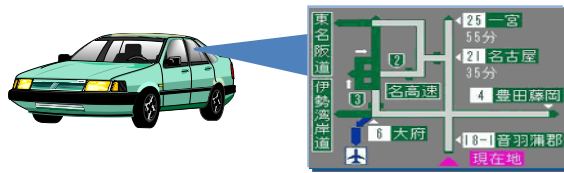
この先渋滞、追突注意

自動運転の高度化

情報提供・料金收受

ハイウェイラジオ・VICS

光ビーコン 電波ビーコン FM多重



カーナビ等を通じVICS情報（渋滞、通行止め等）を表示

ETC



自動料金收受

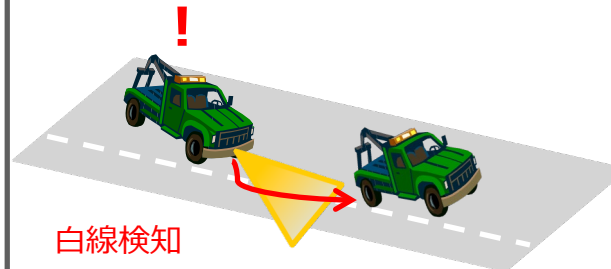
自律型自動運転

車載センサー

カメラやレーダーによる車載センサを活用した高度な運転支援



衝突被害軽減ブレーキ



白線検知

車線逸脱防止システム

協調型自動運転

V2X通信

車車間通信、高分解能レーダー等を複合的に組み合わせることによる非常に高度な運転支援や自動走行



コネクテッドカー



自動運転システム



2015年9月30日、トヨタ自動車が760MHz帯を利用した車車間通信システム及び路車間通信システムに対応した車の販売開始を発表。ITS専用周波数を利用した車車間通信の実用化は世界初。

ITS Connect

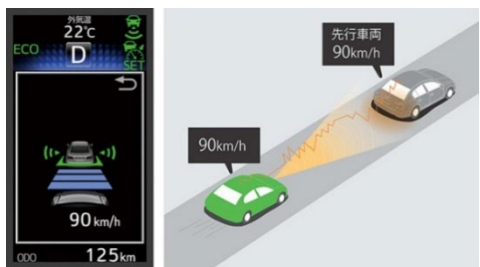
- ITS専用周波数（760MHz帯）を利用した車と車、車と道路をつなぐ（V2X）無線システム。様々な情報提供等により安全で快適な運転を支援。
- 対応車では、メーターパネルの表示や音声を通じて、運転者に対する注意喚起・情報提供等を実施。

【車車間通信システム】



緊急車両存在通知

緊急走行車（本システム対応車両）が周辺にいる場合に、自車に対するおよその方向・距離、緊急車両の進行方向を表示。



通信利用型レーダークルーズコントロール

先行車が本システム対応車両の場合、先行車両の加減速情報を用い、車間距離や速度の変動を抑え、スムーズな追従走行を実現。

【路車間通信システム】

（交差点に設置されたレーザー車両検知機の情報取得して実現）



赤信号注意喚起

赤信号（本システム対応信号）の交差点に近づいてもアクセルペダルを踏み続けるなど、ドライバーが赤信号を見落としている可能性がある場合に、注意喚起。



信号待ち発進準備案内

赤信号（本システム対応信号）で停車したとき、赤信号の待ち時間の目安を表示。



右折時注意喚起

交差点（本システム対応信号）で右折待ち停車時に、対向車線の直進車や、右折先に歩行者がいるにもかかわらず、ドライバーが発進しようとするなど、見落としの可能性のある場合に、注意喚起。

※本ページのイメージ図、説明などは、トヨタ自動車株式会社ウェブサイトに掲載されているものを再構成・簡素化等したものです。

ダイナミック・マップ更新

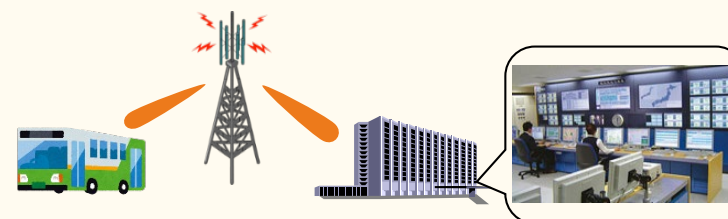


- 《動的情報(< 1秒)》
ITS先読み情報 (周辺車両、歩行者、信号情報など)
- 《準動的情報 (< 1分)》
事故情報、渋滞情報、狭域気象情報など
- 《準静的情報 (< 1時間)》
交通規制情報、道路工事情報、広域気象情報
- 《静的情報 (< 1日)》
路面情報、車線情報 3次元構造物など

地図情報のアップデート



遠隔監視・制御

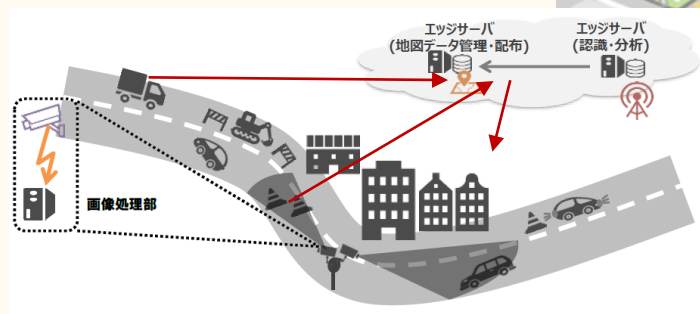


自動運転車の運行状況監視や異常時制御

携帯電話ネットワークの利用



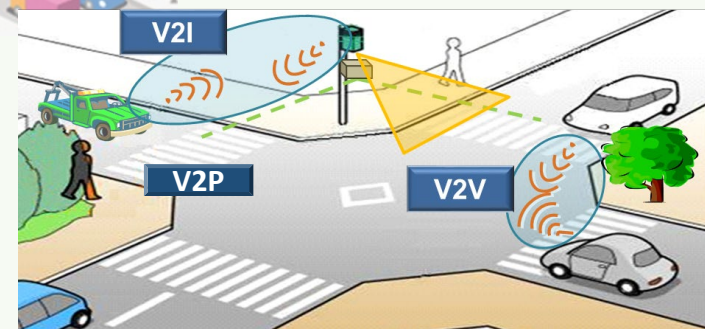
地物・道路状況の共有



見通し外の位置にある障害物や停車車両情報などを後方に通知

車車間・路車間通信の利用

交通情報の共有



交差点で自動車・歩行者などの情報を提供

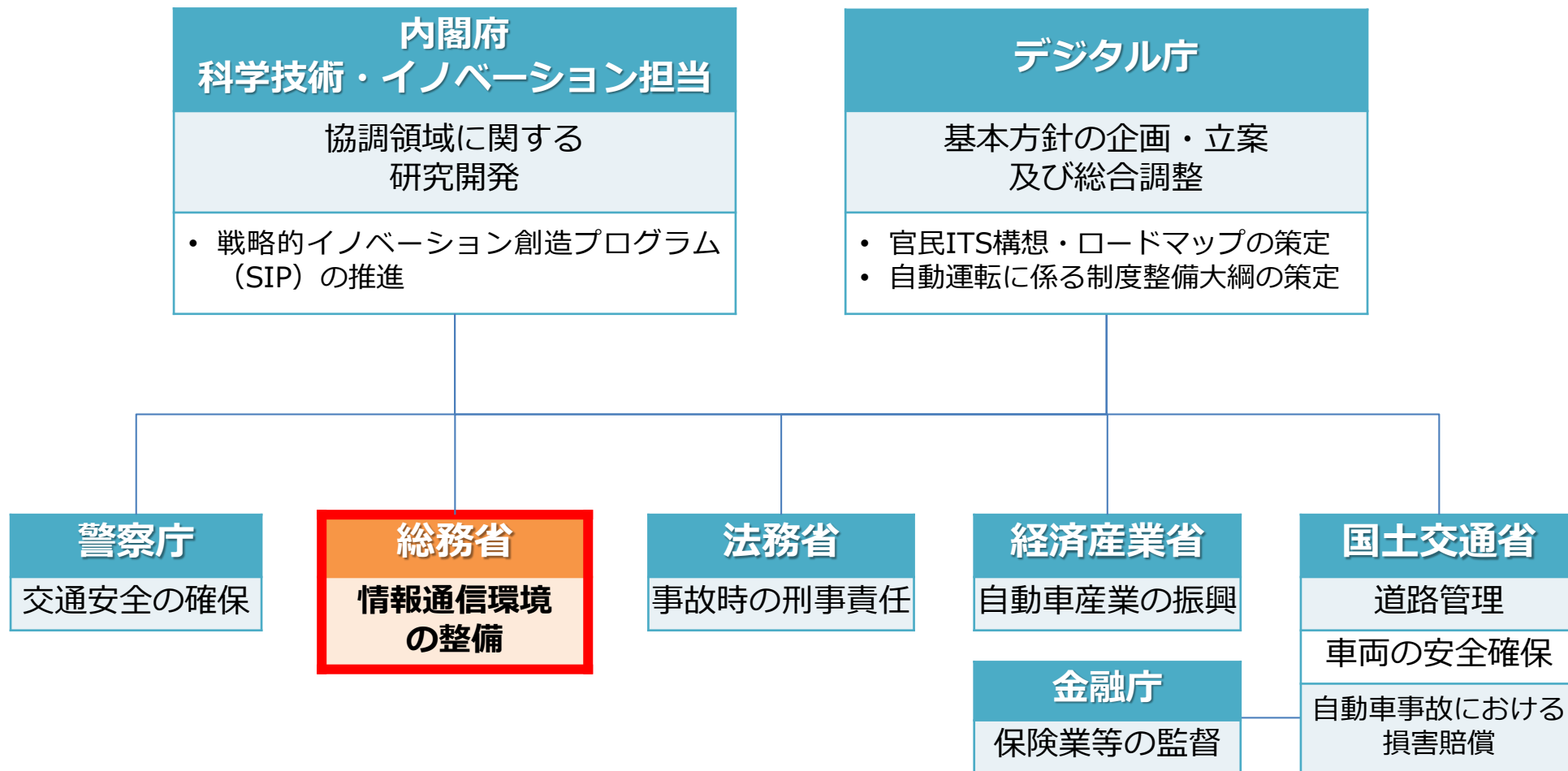
I. ITSに関する通信・電波

II. 自動運転社会の実現に向けた総務省の取組

III. 5G時代のConnected Car



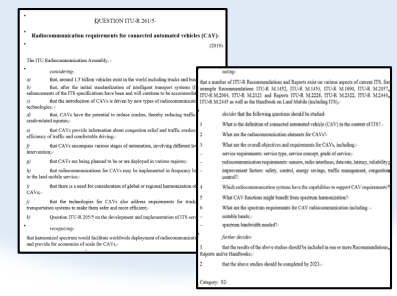
ITSの推進は、各政府戦略において重要課題として位置付けられており、内閣府及びデジタル庁の下、警察庁、総務省、経産省、国交省等が連携して取り組んでいる。



総務省は、関係するステークホルダーとともにITS無線システムの推進に取り組んでいる。

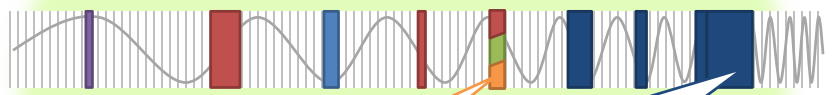
国際標準化

ITUなどの国際機関における標準化プロセスへの参画



制度整備

周波数割当て及び電波の効率的利用の促進



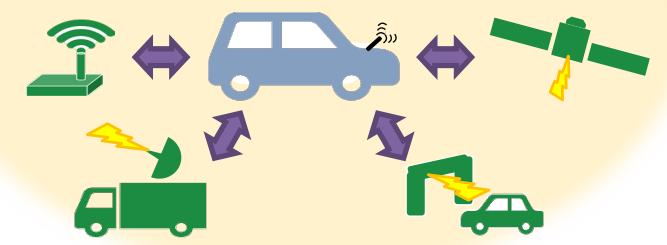
国際協調

様々な課題解決に向けた国際的なITSの利用促進



研究開発及び実証

新たな無線技術に係る研究・技術調査



レベル	運転自動化技術を搭載した車両の概要	運転操作の主体
レベル0	加減速やステアリング操作、すべての操作をドライバーの判断で行います	運転者
レベル1	アクセル・ブレーキ操作またはハンドル操作のどちらかを、部分的に自動化する技術を搭載した車両。	運転者
レベル2	アクセル・ブレーキ操作およびハンドル操作の両方を、部分的に自動化する技術を搭載した高度運転支援車両。	運転者
レベル3	一定条件下で、すべての運転操作を自動化する技術を搭載した車両。ただし運転自動化システム作動中も、システムからの要請でドライバーはいつでも運転に戻れなければいけません。	システムの作動が困難な場合は運転者
レベル4	一定条件下で、すべての運転操作を自動化する技術を搭載した車両。	システム
レベル5	条件なしで、すべての運転操作を自動化する技術を搭載した車両。	システム

レベル2※自動走行車が続々実用化

※レベル2：高精度地図を搭載し、**高速道路**で**ハンズオフ走行**が可能な自動走行車



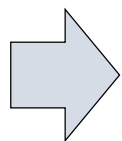
日産：プロパイロット2.0
(2019年9月スカイラインに搭載)

出典：日産HP



スバル：アイサイトX
(2020年10月レヴォーグに搭載)

出典：スバルHP



道路交通法、道路運送車両法改正による「レベル3」解禁により、
徐々にレベル3自動運転車が普及している途上

※レベル3：高精度地図を搭載し、**高速道路**で**アイズオフ・ハンズオフ**走行が可能な自動走行車

便利と変革の境界(「任せられる」かどうかの境界)

自動運転のレベル (内閣府 S I P 自動走行より)

	レベル	運転自動化技術を搭載した車両の概要	運転操作の主体
便利 楽	レベル3	一定条件下で、すべての運転操作を自動化する技術を搭載した車両。ただし運転自動化システム作動中も、システムからの要請でドライバーはいつでも運転に戻らなければいけません。	システムの作動が困難な場合は運転者
要環境整備 (エリア限定)	レベル4	一定条件下で、すべての運転操作を自動化する技術を搭載した車両。	システム
大変革	レベル5	条件なしで、すべての運転操作を自動化する技術を搭載した車両。	システム

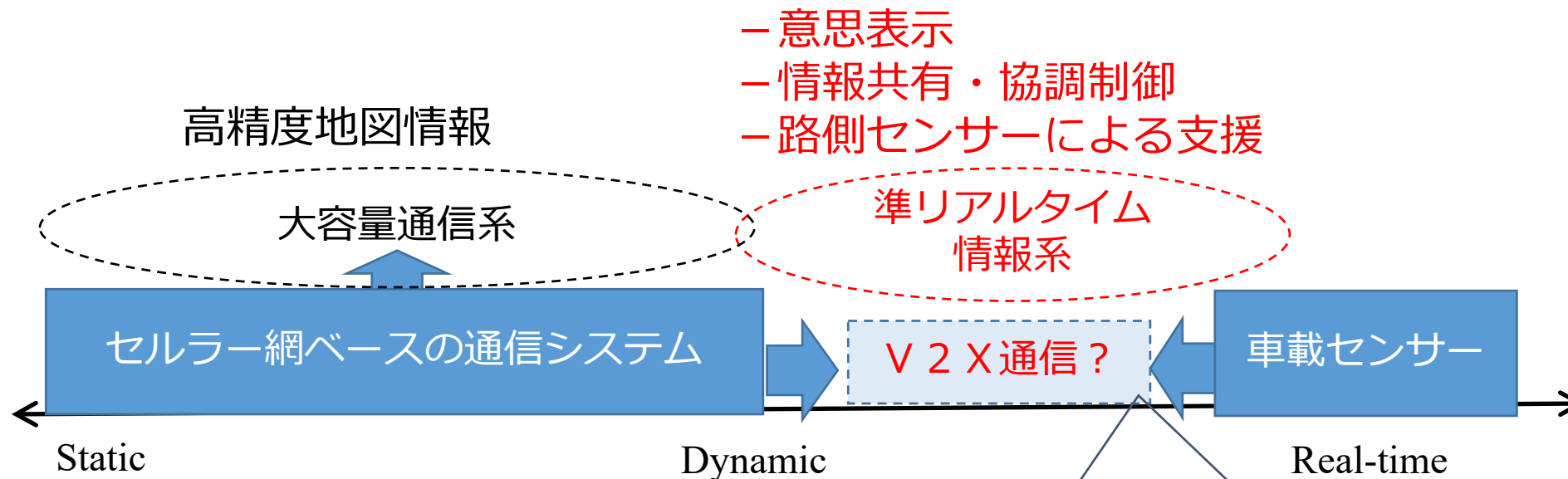
- ・ゴルフに行って、運転手もビールを飲んで帰ってくる
- ・免許を返上したお年寄りの送り迎え (一定範囲ならレベル4でも)
- ・自動運転タクシー (カーシェアとタクシーの違いがなくなる)
- ・自動運転物流トラック (高速直結とすればレベル4でも)

社会課題の解決は
レベル5で大きく進む

レベル5に到達する瞬間、**需要が劇的に変化**する可能性がある

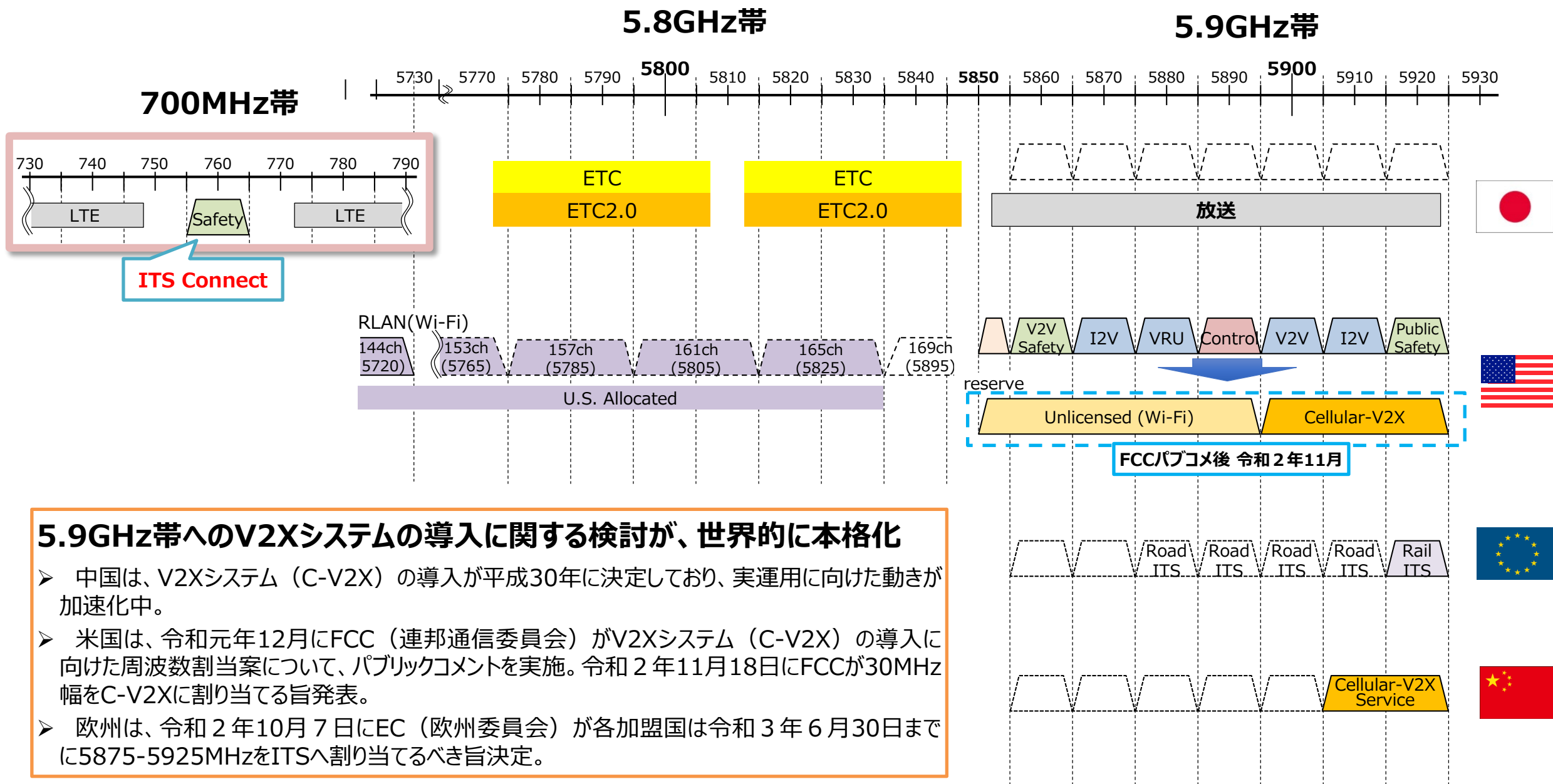
#レベル3, 4も、交通事故の減少や一定の社会課題の解決という大きな意義があることには留意

車載センサーでカバーできない部分（カーブの先など）をV2Xでカバーすることが必要



低遅延でセキュアかつ、セルラー網とシームレスに使えるV2X通信が必要

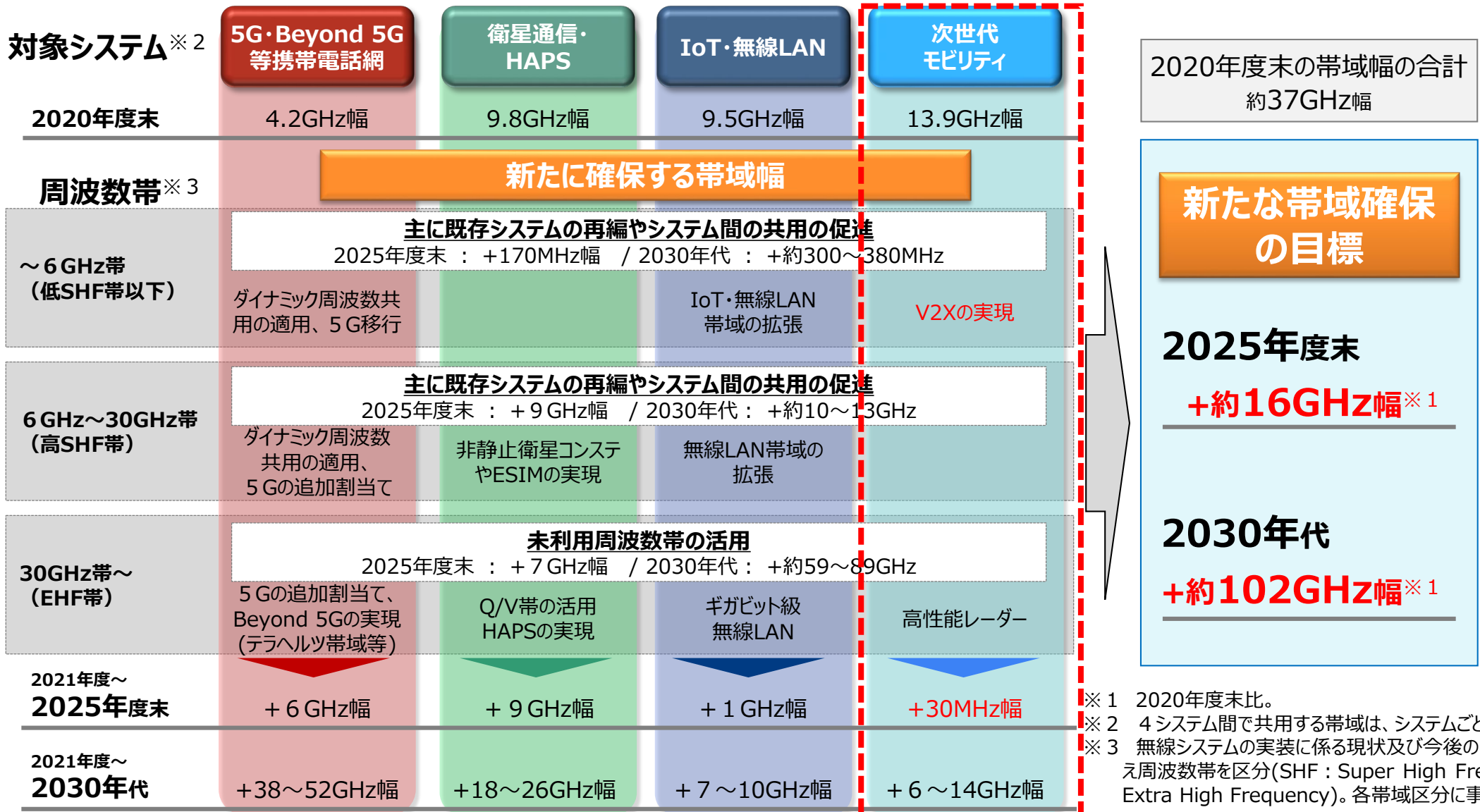
【意思表示・情報共有・協調制御の無線通信の必要性】
ドライバー間の「通信」は、今でも広く利用されている（ウィンカー、ハザード、前照灯、ブレーキランプ等）
ただし、メッセージは非常に「曖昧」で危険なこともある
電波による通信であれば「明確」なメッセージにできる



5.9GHz帯へのV2Xシステムの導入に関する検討が、世界的に本格化

- 中国は、V2Xシステム (C-V2X) の導入が平成30年に決定しており、実運用に向けた動きが加速化中。
- 米国は、令和元年12月にFCC (連邦通信委員会) がV2Xシステム (C-V2X) の導入に向けた周波数割当案について、パブリックコメントを実施。令和2年11月18日にFCCが30MHz幅をC-V2Xに割り当てる旨発表。
- 欧州は、令和2年10月7日にEC (欧州委員会) が各加盟国は令和3年6月30日までに5875-5925MHzをITSへ割り当てるべき旨決定。

- 当面の電波利用ニーズの拡大や多様化などを踏まえ、**2025年度末までに合計+約16GHz幅^{※1}**の新たな帯域確保を目指す。
- また、将来のBeyond 5Gなどの実現に向けて、**2030年代までに合計+約102GHz幅^{※1}**の新たな帯域確保を目指す。



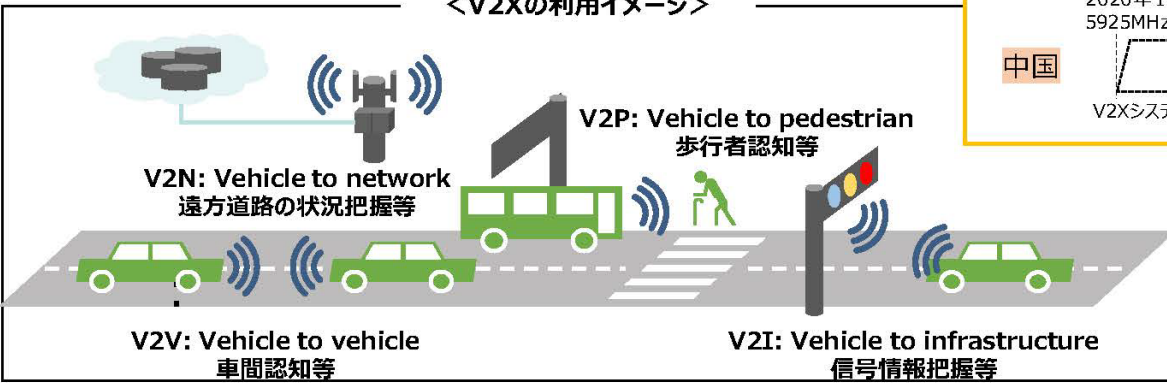
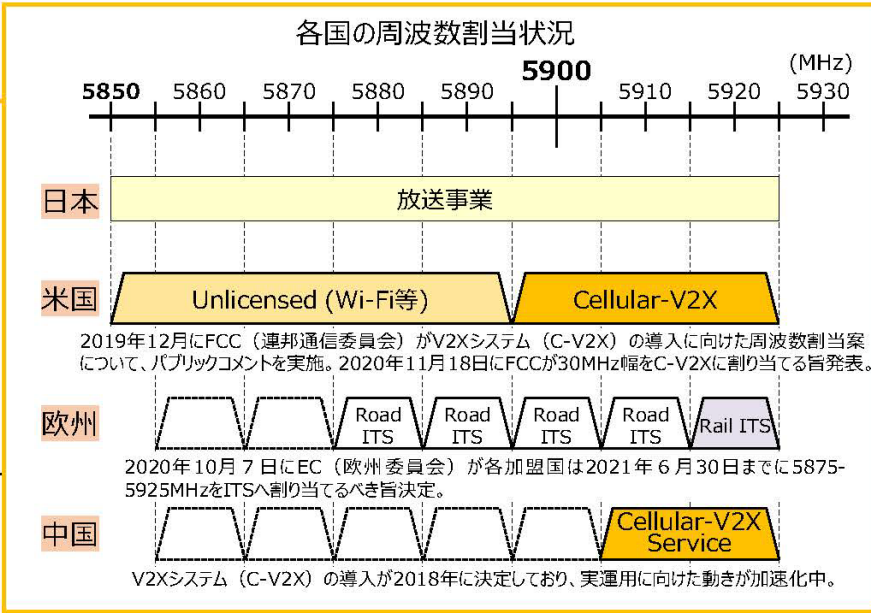
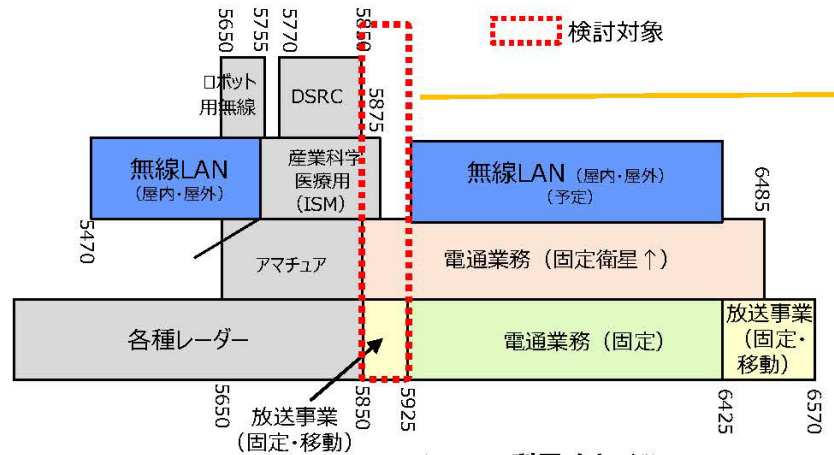
^{※1} 2020年度末比。
^{※2} 4システム間で共用する帯域は、システムごとの帯域幅に積算。
^{※3} 無線システムの実装に係る現状及び今後の導入可能性を踏まえ周波数帯を区分(SHF：Super High Frequency, EHF：Extra High Frequency)。各帯域区分に事例を付記。

周波数再編アクションプラン (令和4年度版) の重点的取組の概要

11

(5) V2Xの検討推進

- 自動運転システム（安全運転支援を含む。）の進展・重要性を踏まえ、既存のITS用周波数帯（760MHz帯等）に加えて、国際的に検討が進められている周波数帯（5.9GHz帯）において、同周波数帯の既存無線システムに配慮しながら、V2X用通信を導入する場合における具体的な周波数の利用方策等について、一部の既存無線システムとの周波数共用不可等の検討結果や最新の国際動向・技術動向等も踏まえながら、令和4年度に検討を開始する。
- この検討結果を踏まえ、V2X用通信の具体的なサービス提供主体等が明らかになり同周波数帯へ導入することとなる場合には、既存無線システムの移行等により必要な周波数帯域幅を確保した上で、令和5年度中を目処にV2X用通信への周波数割当てを行う。

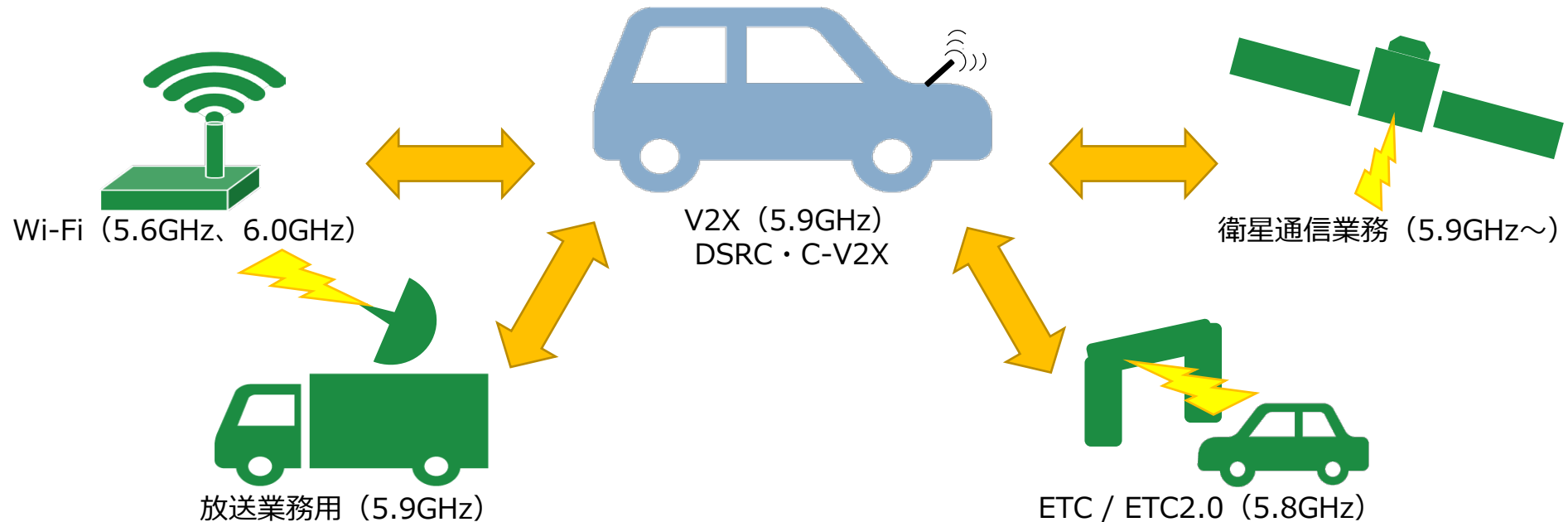


V2X: Vehicle to everythingを意味する。自動車と自動車 (V2V: 車車間通信) や、自動車とネットワーク (V2N) など、自動車と様々なモノの間の通信形態の総称。

ITS: Intelligent Transport Systems の略。高度道路交通システム。情報通信技術等を活用し、人と道路と車両を一体のシステムとして構築することで、渋滞、交通事故、環境悪化等の道路交通問題の解決を図るもの。

- 今後見込まれる通信トラフィックの急激な増大に対応するため、次世代V2Xシステムの導入に必要な技術試験（電波関係）を令和2年度から実施。
- 具体的には、5.9GHz帯に次世代V2Xシステムを導入した場合の同周波数帯及び隣接周波数帯における既存システムに与える電波干渉の影響を検証し、導入に係る技術的条件（電波強度や置局に係る制約、干渉回避技術など）を明確化。

既存無線システムとの共用可能性に関する技術的検討を行う。

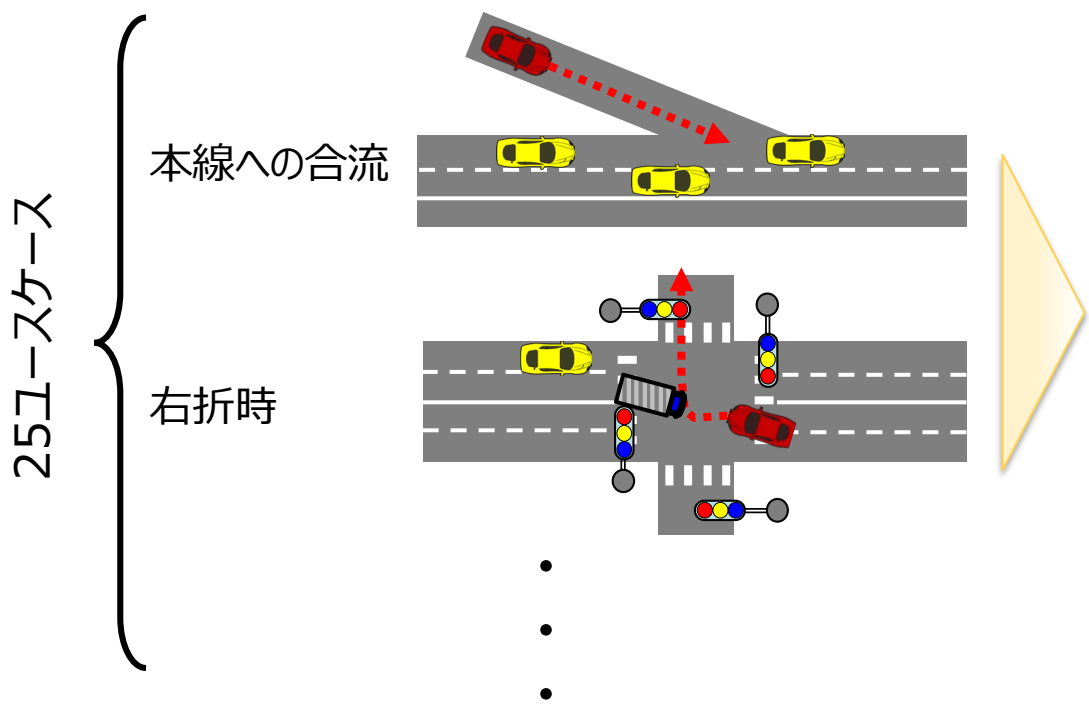


5.9GHz帯V2Xの導入に当たって、放送業務との周波数共用は困難との結果
→ 既存無線システムの移行などを含め、割当方針について引き続き検討

※cross-ministerial Strategic Innovation promotion Program：内閣府の研究開発事業である戦略的イノベーション創出プログラム

- V2X通信を活用するユースケースについて、令和元年度における検討を経て25ケース策定。
- 令和2年度からは、各ユースケースについて760MHz帯のDSRC及び5.9GHz帯のC-V2Xによる通信に求められる要求条件を技術的に検討し、高度な自動運転社会の実現に必要な情報通信技術に係る協調型自動運転通信方式ロードマップを策定。

ユースケース例



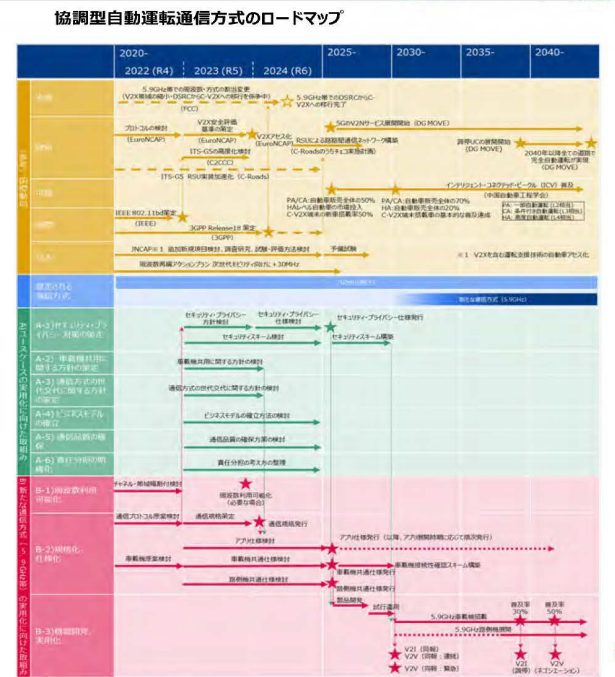
→760MHz帯のDSRC及び5.9GHz帯のC-V2Xによる通信に求められる要求条件を整理

ロードマップの策定（SIP推進委員会資料）



- ### ◆ 協調型自動運転通信方式ロードマップの提案
- 【ロードマップ策定のポイント】
- 新たな通信方式が必要な時期を**2040年頃**と想定
 - -調停・ネゴシエーションのユースケース実現時期
 - -自動運転車普及率30%程度を見込む時期
 - 2040年頃に30%の協調型自動運転車普及のためには**2030年頃から新たな通信方式の導入が必要**
 - **早期に開始するユースケースについては、既存ITS無線(700MHz帯)を活用**

- ### 【新たな通信方式導入に向け解決すべき課題】
- 新たな通信帯域の確保
 - 通信規格/標準化
 - セキュリティ/プライバシー対策
 - 通信世代交代への対応



→5.9GHz帯へのV2X導入可能性を技術的に評価し、令和4年度以降、V2X周波数割当方針の検討に活用

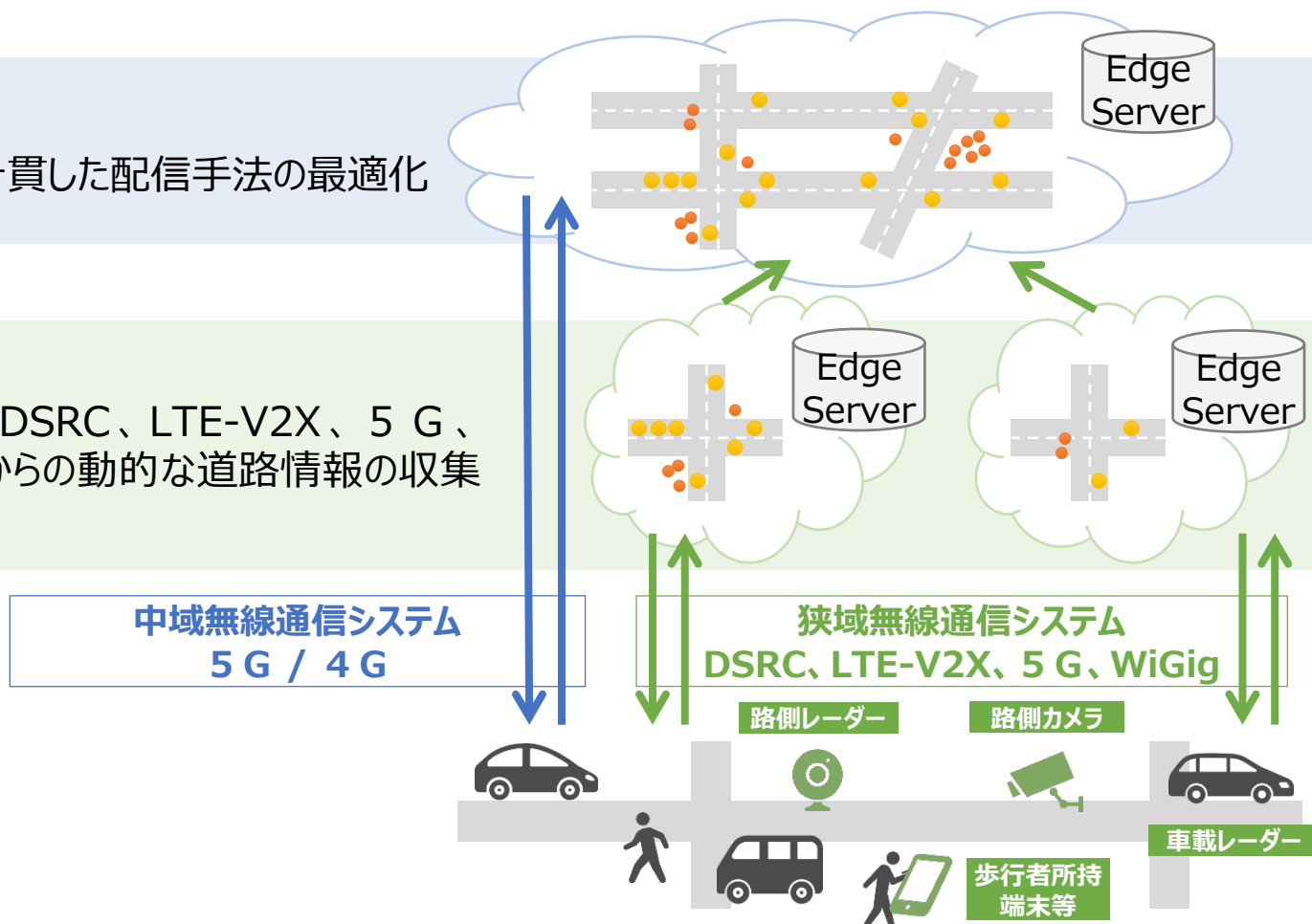
安全で安心な自動運転の実現に向け、外部の動的情報を連続的かつ正しく認知するため、狭域・中域エリアに応じた情報の収集/統合/分析を行い、車両に配信する技術の研究開発を実施。

中域エリア

複数の狭域エリアに対する一貫した配信手法の最適化

狭域エリア

異なる無線通信方式（DSRC、LTE-V2X、5G、WiGig）を用いるシステムからの動的な道路情報の収集及び統合手法の最適化



複数のソースから生成されたデータをまとめ、状況に応じて分析・最適化を行い、自動運転車に提供する。

- 我が国においては、既存システムでは対応できない自動運転社会のユースケースについて、新システムの導入を視野に入れた検討がなされているが、機器開発に必要な通信プロトコル等は決まっていない。
- 5.9GHz帯V2Xシステムの導入に必要な通信プロトコルを含めた無線機の仕様の案出を行う。

検討項目	概要
a) 国際動向調査	欧米中などにおける5.9GHz帯V2Xシステムの制度化・規格化動向を調査・分析。
b) 通信プロトコルの案出に向けた検討	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存の700MHz帯安全運転支援システムとの連携を考慮 ・ 5.9GHz帯V2Xの通信要件を検討 ・ 国内標準化団体等との調整・連携
c) 通信プロトコル案の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通信手順、プロトコルスタック等のプロトコル案を作成 ・ 複数ユースケース混在時の拡張性等を考慮したメッセージセット案を作成
d) 無線機仕様の案出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通信プロトコル及びメッセージセットを含む無線機仕様を案出 ・ 導入に向けての課題とその解消方法を整理

上位層	各地域・国による規定部分
下位層	標準化団体による規定部分（物理層ほか）

通信プロトコル*のうち、下位層は国際標準化団体において共通に規定されているが、上位層は各地域・国がその実情に応じて規定している。

*：移動体通信システムの仕様の規格策定を行う3GPPによるC-V2X等。

緊急車両接近通知

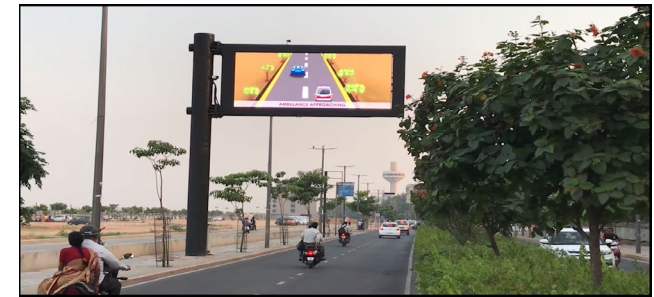
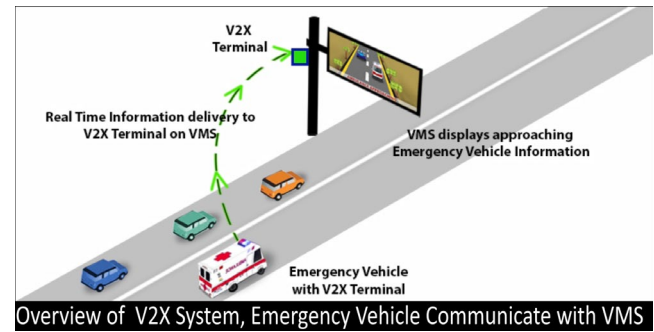
（実証実験@インド、令和2, 3年度）

目的

道路混雑が引き起こす緊急車両延着の解消

概要

緊急車両が路側機に接近した際に路側機がその旨を道路情報板に表示することで、他車両が迅速に緊急車両に進路を譲ることが可能となり、緊急車両の早期到着が実現される。



緊急車両及び道路情報板向けV2Xシステム

グジャラート州アーメダバード市における実証の様子

RFIDタグを用いた安全運転支援

（実証実験@フィリピン令和2年度）

目的

交差点における四輪車と二輪車の衝突事故の見通し外車両の認知による防止

概要

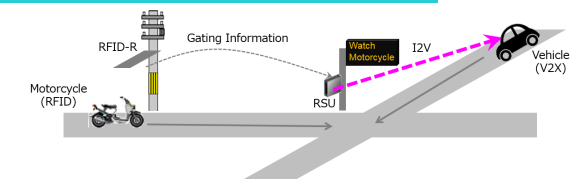
パッシブ方式RFIDタグ及びセンサーの利用

路側機が、RFIDタグ又はセンサーを通じて二輪車の位置情報及び速度情報を取得し、これらの情報を四輪車へ通知し、又は道路情報板で表示する。

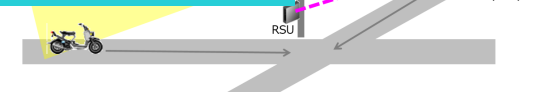
アクティブ方式RFIDタグの利用

二輪車付近の四輪車が、二輪車の位置情報及び速度情報を収集し、これらの情報を車車間通信を通じて他の自動車に通知する。

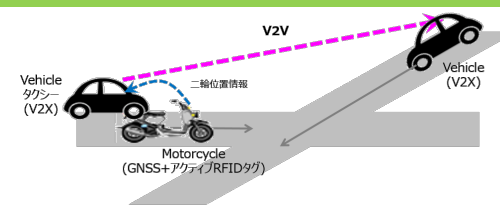
RFID読取装置 - 路側機 - 自動車 (M2I2V)



センサー - 路側機 - 自動車 (S2I2V)



RFID (アクティブ) - 路側機 - 自動車 (M2I2V)



WRC-19 議題1.12

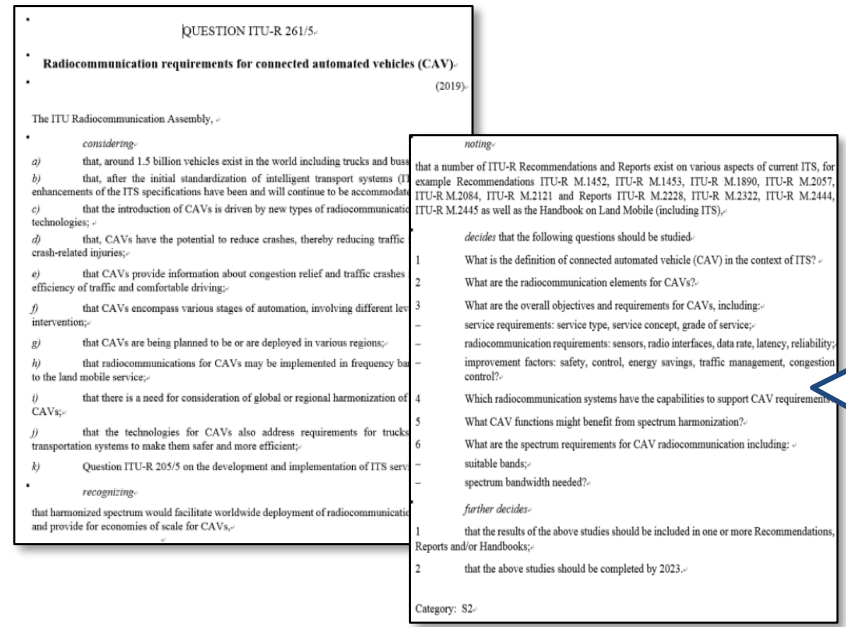
ITU-R 地上業務研究委員会（SG5）において、既存の移動業務に対する周波数割当ての中でITSの発展を促すため、技術的事項の研究を行い、世界的又は地域的な周波数利用の調和について検討するもの。

WRC-19会合の結果：勧告208

加盟国は、ITSへの周波数割当てを計画する際に、国際的又は地域的に調和する周波数帯の使用を検討することを勧告する勧告208が承認された（調和する周波数帯として、我が国でITSに割り当てられている760MHzと5.8GHzを含む勧告ITU-R M.2121が指定されている。）。

研究課題261

WRC-19会合では、SG5の新たな研究課題として、研究課題261「無線技術を活用した自動運転車（Connected Automated Vehicle: CAV）に求められる無線通信」が併せて承認された。WRC-23会合の開催年である令和5年までにCAVに求められる通信要件（周波数帯含む。）の検討を終える予定とされている。



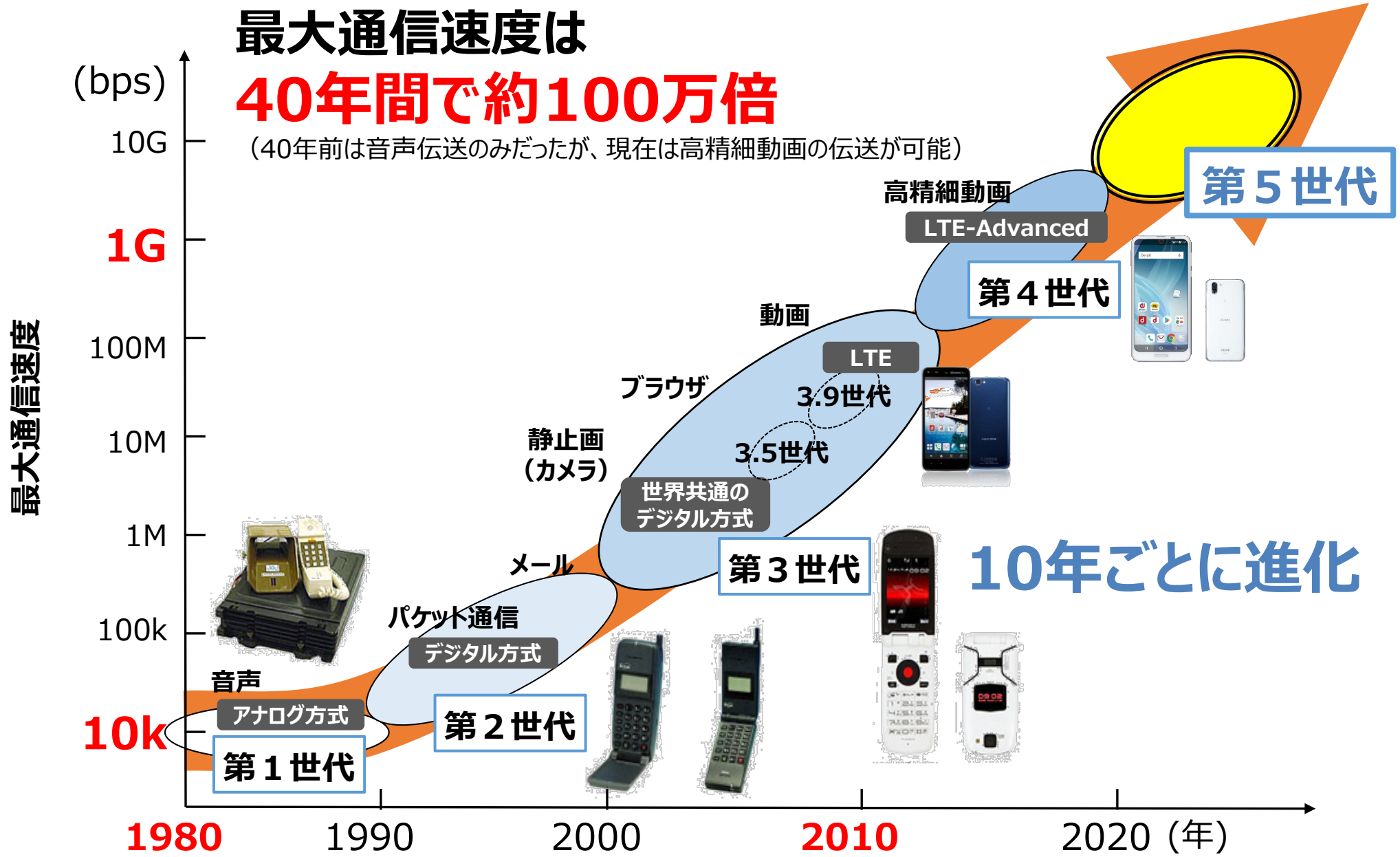
- ### ITU-R SG5 研究課題 261 :
- #### Radiocommunication requirements for connected automated vehicles (CAV)
- 主な検討事項
 - ✓ Connected Automated Vehicleの定義
 - ✓ CAVにおける無線通信要素
 - ✓ CAVに係るサービスや通信の要求条件
 - ✓ 要求条件を満たす無線通信システム
 - ✓ 周波数協調が必要なCAVの機能
 - ✓ 要求条件に応じた適切な周波数帯域及び帯域幅
 - 2023年までに検討を完了する

I. ITSに関する通信・電波

II. 自動運転社会の実現に向けた総務省の取組

III. 5G時代のConnected Car





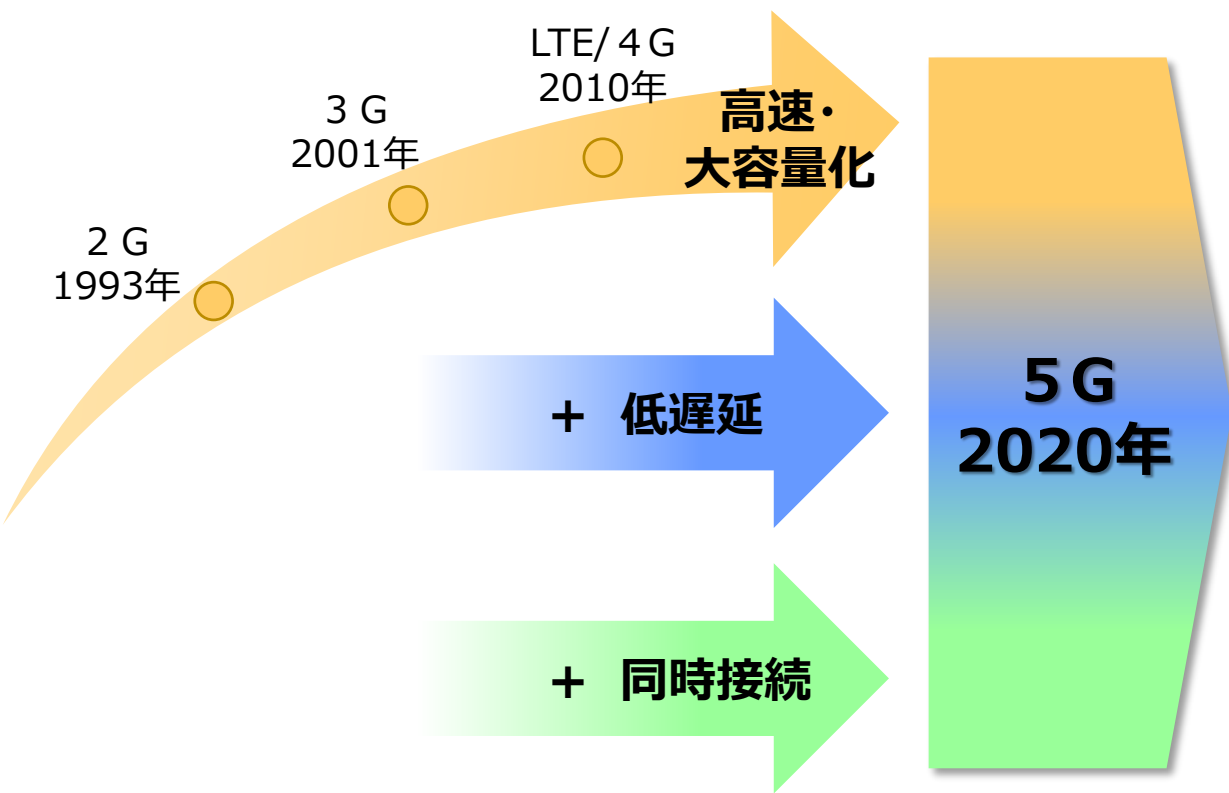
■ <5Gの主要性能>

- 超高速
- 超低遅延
- 多数同時接続

➔

最高伝送速度 10Gbps
1ミリ秒程度の遅延
100万台/km²の接続機器数

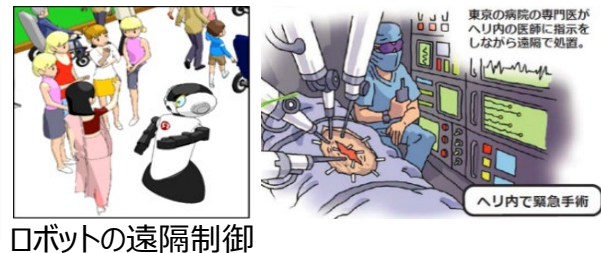
5Gは、AI/IoT時代のICT基盤



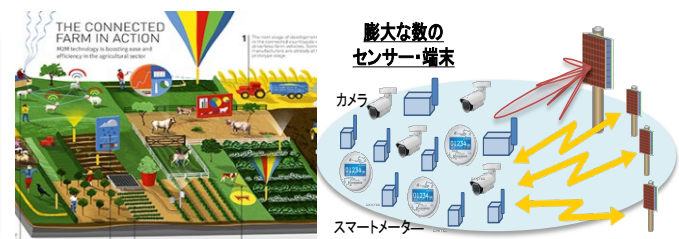
超高速



超低遅延



多数同時接続



社会的なインパクト大



※Public/Private R&D Investment Strategic Expansion Program：内閣府の研究開発事業である官民研究開発投資拡大プログラム

5G

- **高速大容量・超低遅延・多数同時接続**が特長の5G展開がスタート
- 従来より高い周波数帯を使うため、**より稠密な基地局設置が必要**
- 設置に当たり、各社は**設置場所管理者と個別調整を実施**

交通信号機

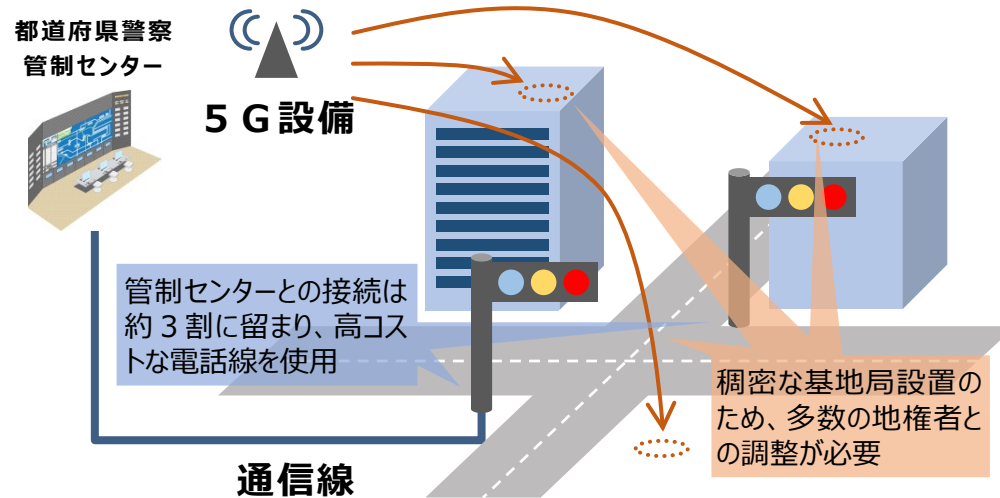
- 都道府県警察が整備、運用、管理する**約21万基の信号機**のうち、**集中制御が可能な交通信号機は3割程度**
- 5Gを利用した**交通信号機の集中制御エリアの拡大**、**自動運転社会を見据えた、より安全で円滑な交通実現**への期待

交通信号機を活用した5Gネットワークの構築

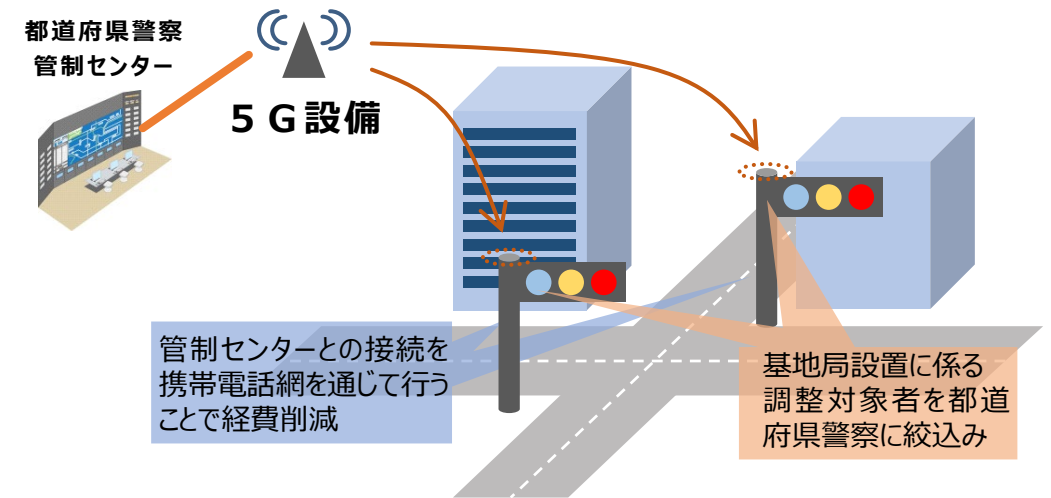
- 交差点周辺の5Gエリア化による**インフラ展開の加速**
- 基地局設置場所確保に際しての**調整が容易に**

- **5Gの特長を活かしたセキュアで遅延の少ない信号機集中制御化**の実現
- **信号機制御にかかる費用の削減**

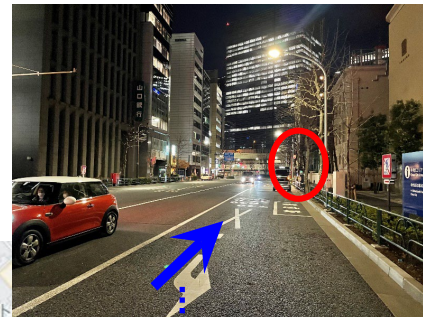
現状



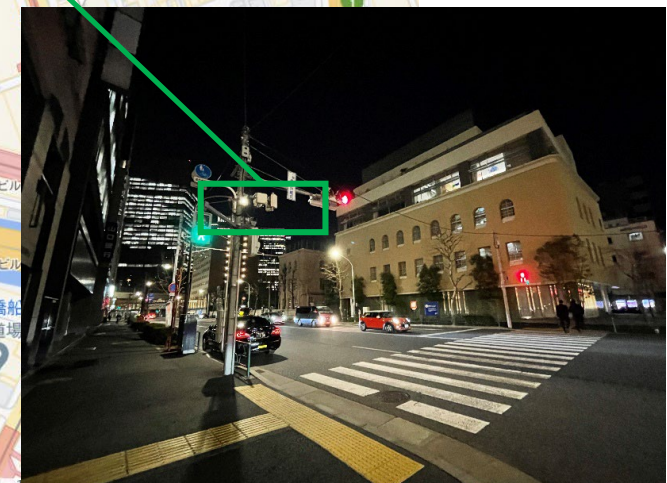
将来像



【参考】信号機に設置された5G機器の現地写真（東京都）



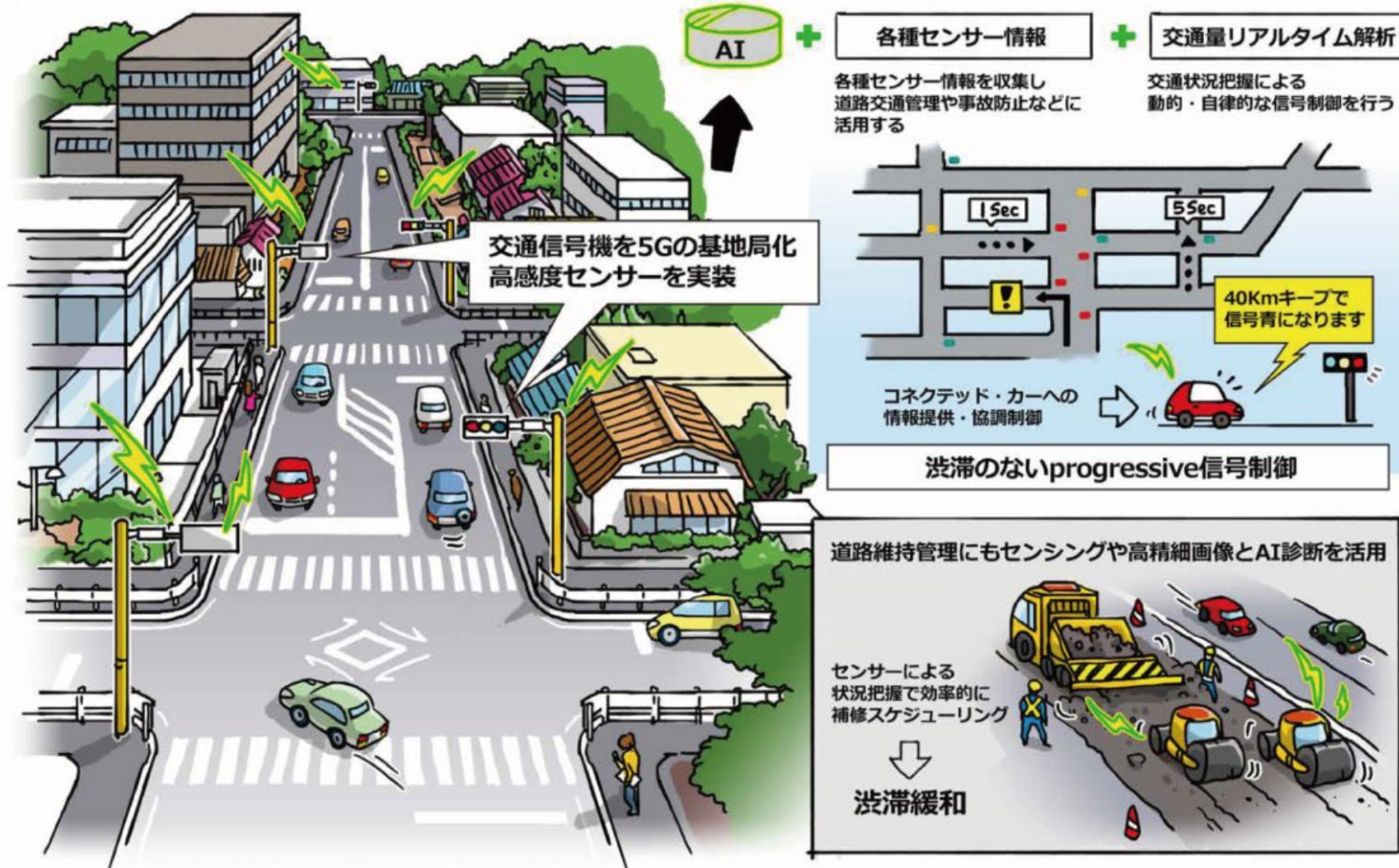
交通信号機を活用した第5世代
移動通信システム実証実験中
実験期間：2021年2月～2021年3月
住友電気工業株式会社
連絡先：03-5286-7661



交通

[交通問題におけるICTの活用]

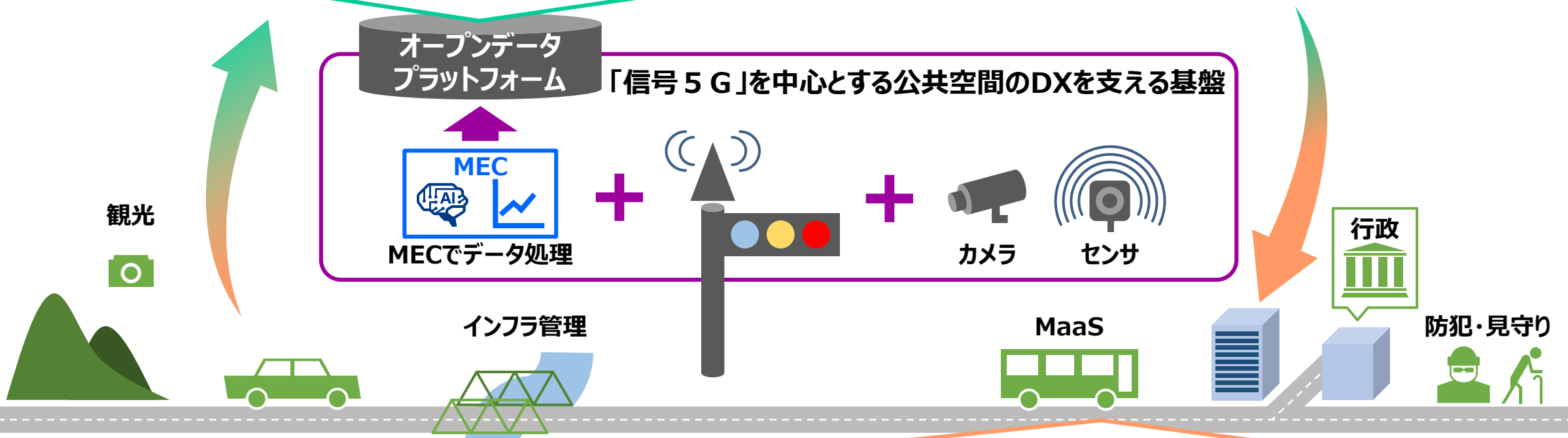
5Gネットワーク時代は全ての交通信号が連携し自律制御



- 「信号 5 G」にカメラやセンサなども加えることで、5 Gエリアの拡大に加えて公共空間のDXが加速。
- 得られるデータをAI解析して活用することにより、交通以外の様々な分野への波及が期待。

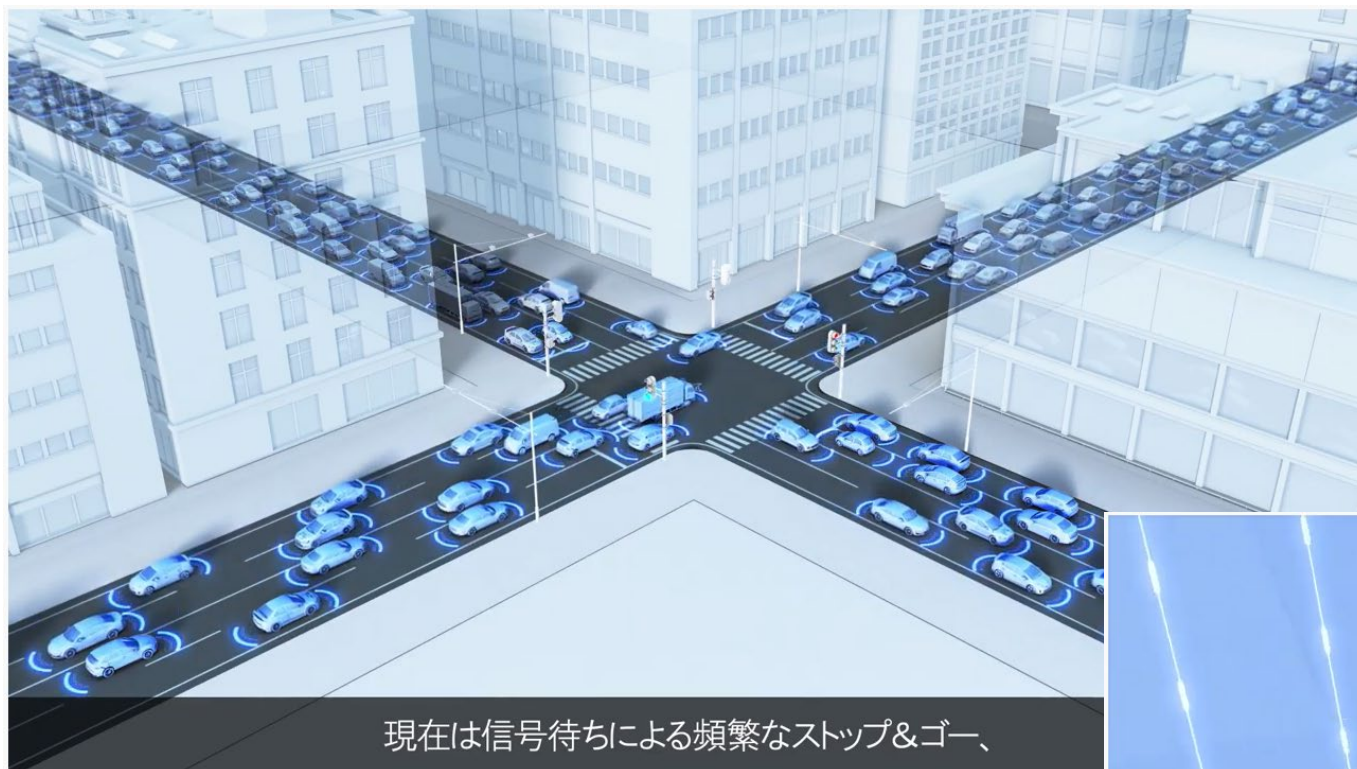
サイバー空間

収集したデータをAIにより解析、オープン化し、公共性の高いデータをプラットフォームとして保持、提供。

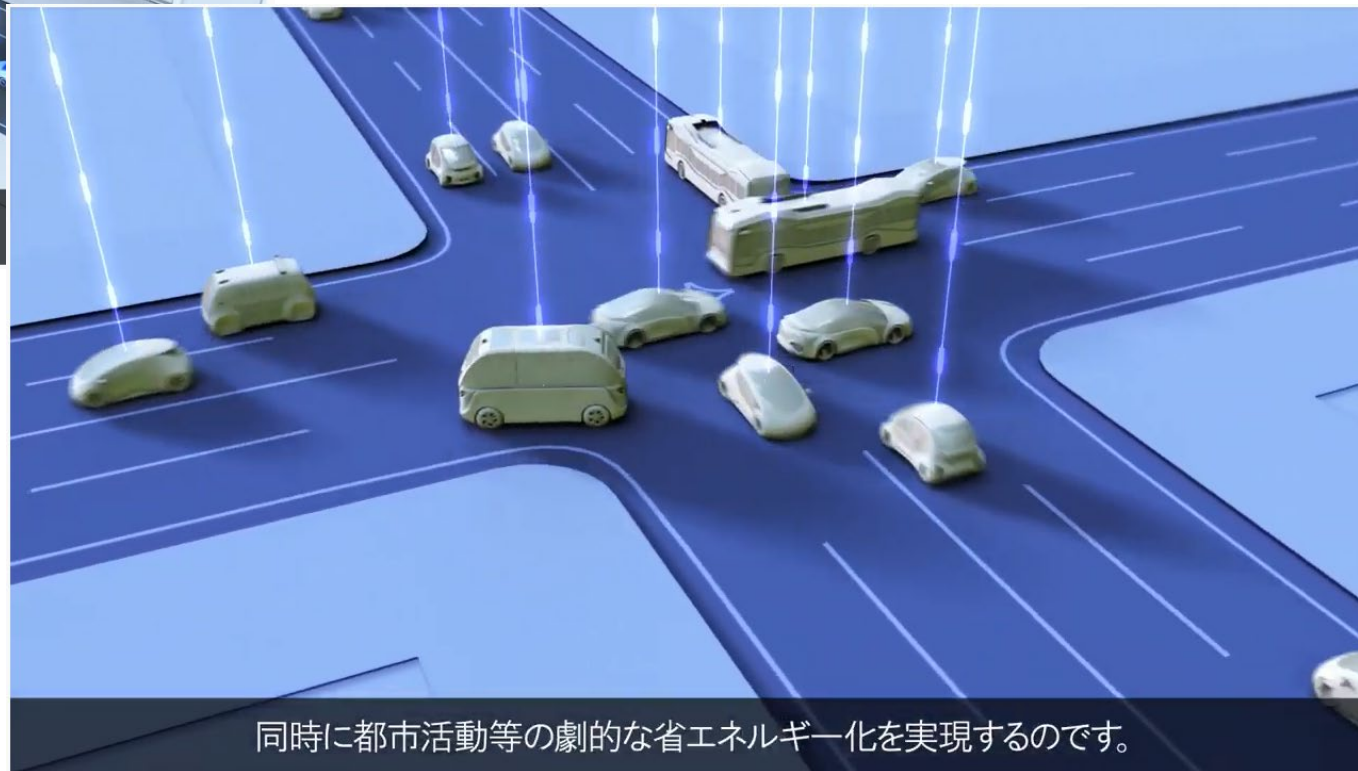


5 Gネットワークを通じてデータを収集。オープンデータプラットフォームから得られるデータを様々な分野に還元、活用。

フィジカル空間



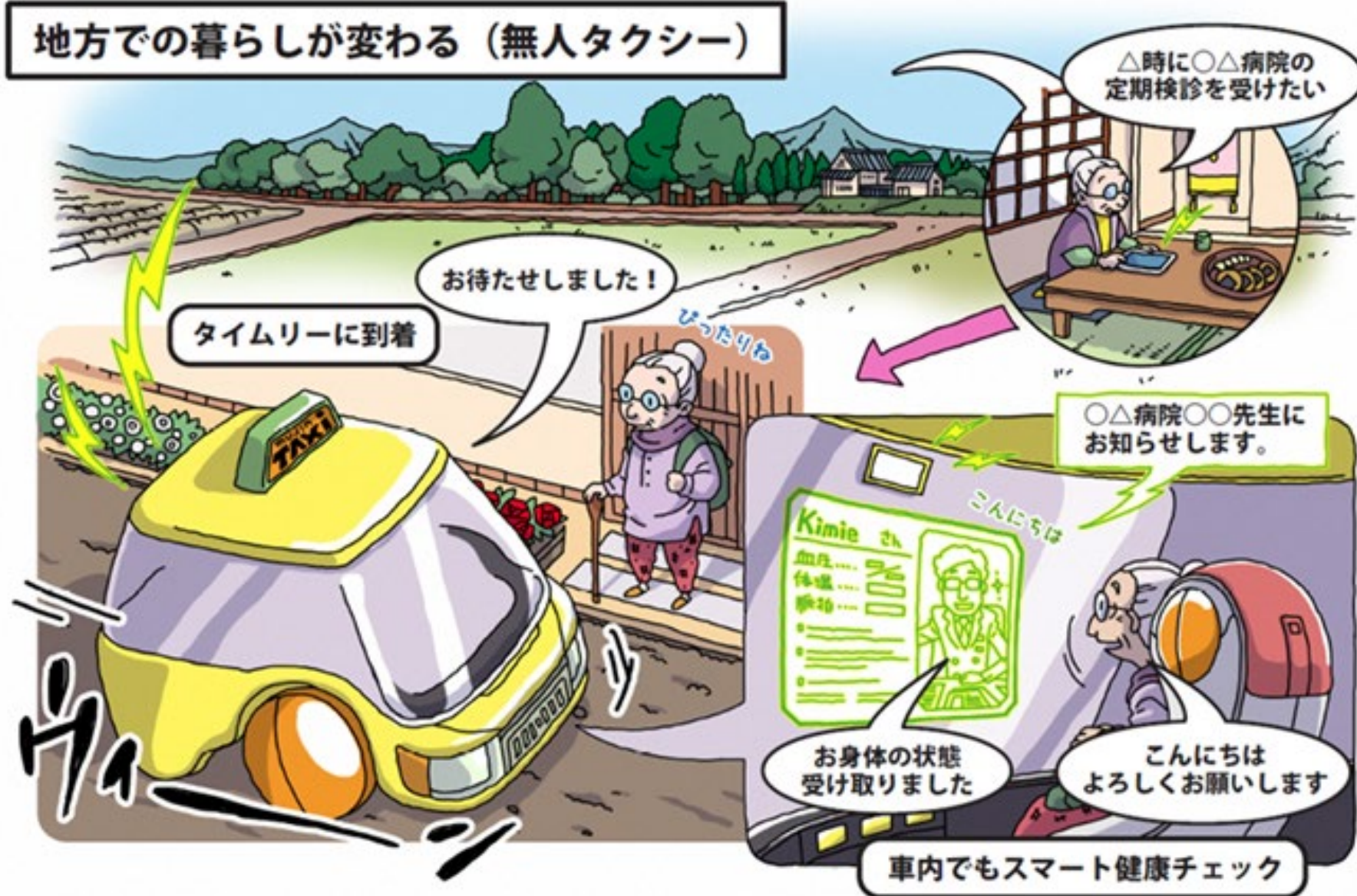
現在は信号待ちによる頻繁なストップ&ゴー、



同時に都市活動等の劇的な省エネルギー化を実現するのです。

NTT official channel
IOWN : Mobility by IOWN (コンセプトビデオ) より
https://www.youtube.com/watch?v=4fo_kEYrY6E

無人タクシー



快適なエージェントドライブ



Setting

キーのエントリーと音声・生体認証によってドライバーを雄二さんと認識いたしました。全てのインターフェイスを雄二様に設定いたします。マイナンバーも承り済みです。それでは運用開始いたします。

Hello



おはようございます。今日はお友達の幸子さんの誕生日です。プレゼントなど手配はどういたしますか？ちなみに去年はバラの花、一昨年はお菓子を送っていらっしゃいます。最近話題のおすすめをお示ししましょうか？

Entertainment



雄二さんのお好みのジャンルから新譜のハイレゾ音源をピックアップしてございます。リストはこちらの画面です。よろしければ読み上げます・・・お聞きになる曲があればお申し付けください。決済の準備をし、チャージいたします。・・・認証をお願いします。・・・頂きました。

Event



昨日ご指示を頂いた□□様との明日のお食事ですが、□様のお好みは最近の彼女のSNSの内容から推察しますと「和食」で、特に魚を中心に「おいしい」と評価されることが多くなっています。今回は最近人気の○○でのお懐石でいかがでしょうか？この店の口コミは4.8点で一番の人気メニューは○○です。・・・はい承知いたしました。・・・予約完了いたしました。

Business



今日のご訪問先企業、◎◎商事の鈴木部長は直近のご昇格で役員になられています。この訪問の道中に最近SNSで話題の人気のスイーツがありますが、ご購入にお持ちになりますか？それでは、注文し受け取りの予約をしておきます。

SNS



昨日行かれたドライブの時に、○○川沿いの桜の写真を車載カメラで撮影しておきました。大変きれいな写真だと思います。ご覧ください。一言添えて●●にアップされますか？

Enhanced Sensor

周囲の車からの情報で、この先を左折すると道路の陥没がありますので回り道をします・・・一度ルートを外れますが、200M程の遠回りとなります。ご安心ください。



御清聴ありがとうございました。

