# セルラー通信技術を用いた ITS・自動運転の 高度化に向けた課題調査報告書

# 2021年1月

ITS 情報通信システム推進会議 セルラーシステム TG



# [余白]

# 改定履歴

版数	年月日	改定箇所	改定理由	改定内容	
1.0	2019年6月19日	策定	新規策定		
2.0	2021年1月12日	全般	情報更新および	1章 用語集、標準化動向の更新	
			追加検討	2 章 狭域通信と広域通信併用ユー	
				スケースの追加	
				3章 MEC 設置箇所の適合性の追加	
				4章 ビジネスモデル図の追加	
				5章 上記改定に合わせた追記	
				6章 同上	
				A.3 記載内容の全面変更	
				A.4 新規追加	

本書の内容は ITS 情報通信システム推進会議で継続検討される予定であり、改版があった場合は版数・改定内容を明示して ITS 情報通信システム推進会議より発行される。

[余白]

#### まえがき

ITS 高度化や自動運転社会の実現に向けた研究開発や政策議論が、グローバルに活発化している。米国では Connected Vehicle Pilot Deployment Program[1]が推進されており、欧州では C-ROADS[2]や Nordic Way[3]などのプロジェクトが推進されている。また、中国では Wuxi (无锡)をはじめ、中国の各地で大規模な実証実験や商用向けの展開が実施されている[4][5]。このように国際競争が進む中、日本が世界最先端の ITS を維持・構築し、世界一の道路交通社会によるメリットを国民が享受するための戦略が『官民 ITS 構想・ロードマップ』[6]で示され、自動走行ビジネス検討会による検討[7]や、内閣府 SIP-adus[8]に代表される各種実証実験などの取組が進展している。ITS 情報通信システム推進会議でも ITS の実用化に必要な情報通信分野の検討を実施し、ガイドラインの公開や ARIB 規格への標準規格原案の提案などを行っている。国内では既に狭域通信(ETC、ETC2.0)システム、700 MHz 帯高度道路交通システムによる路車間通信や車車間通信が実用化されているが、ITS 情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 セルラーシステム TG ではセルラー通信技術を用いた ITS・自動運転の高度化にむけての検討を行っている。

車両間及び車両と路側機を接続する方式の一つとして、セルラー通信方式に基づくセルラーV2Xの標準仕様が 3GPP で規格化され、それらの通信技術が ITS・自動運転の高度化に寄与する可能性について、技術検討や実証実験が進んでいる。セルラー通信技術を用いて、車とあらゆるものとの接続を提供することが可能な技術をセルラーV2Xと呼び、車車(V2V: Vehicle to Vehicle)・路車(V2I: Vehicle to Infrastracture)・歩車(V2P: Vehicle to Pedestrian)など路上・路側での狭域通信(PC5と呼ばれる無線インタフェースを利用)と、基地局およびコア網で構成されるセルラーネットワークを介した車両との広域通信(V2N: Vehicle to Network、Uuと呼ばれる無線インタフェースを利用)を包含した技術である。V2N は車両がセルラーネットワークを介して歩行者・路側と通信する形態も考えられ、これは V2N2X(Vehicle to Netowork to Everything)とも呼ばれる。

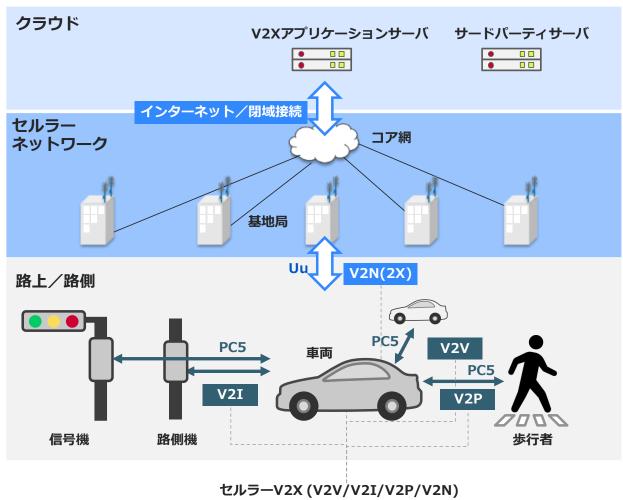


図 セルラーV2X 全体構成

通信技術を用いた ITS では、車両間での情報共有に加えて、路側機やネットワーク上のサーバで、車両やインフラ設置センサから収集したデータ、さらには、既に保有しているデータにより新たな価値が付与された情報を車両に配信する事が可能となる。車両が個車でデータを収集、処理する事と比較すると、①自車両のセンサだけではなく他車両やインフラ等のセンサから収集されたデータを活用することでセンシング可能領域を拡大や、②データ処理に自車両の処理能力だけではなく路側機やネットワーク上のサーバの処理能力を使うことで処理能力の向上ができる。自動運転に関しても、今までは個車の自律的な制御で実証されてきているが、通信が伴うことで運用上の制約が軽減されるなど、機能・性能改善や付加価値を提供できる領域があることが期待される。従来の ITS にセルラーV2X を組み合わせて利用することで、ITS・自動運転に対して提供できる付加価値を増大できる可能性があり、現在は基礎的な性能検証が継続的に実施されている。

このようにセルラーV2X に関しては大きな期待があり、実運用を踏まえた検証および展開が進められている一方、地域ごとに事業性、運用等の検討が必要である[9][10][11]。具体的には、周波数割り当てや既存システムとの共存の可能性、通信方式の妥当性や信頼性・将来の拡張性、継続的な保守・管理も踏まえたビジネスモデル、法整備等、性能以外の多くの検討項目が考えられる。そしてこれらは従来の ITS 関係者のみならず、新たな事業者の参入や新たな事業モデル構築などの必要が出てくる可能性があるなど、事前に十分な検討を要する取り組みといえる。

そこでセルラーシステム TG では、セルラーV2X を用いた ITS・自動運転の高度化に向けた課題について整理し、今後国内でのセルラーV2X の有効性検討や課題の具体化・対応検討を加速させることを目指し、本書の第一版を 2019 年 6 月に発行した。本書は追加の検討や世界の最新状況を記述した改訂版である。1 章ではセルラーV2X に関係する基本的な用語、セルラーシステムと 5G 導入に向けた今後の見通しを俯瞰する。また 2 章で通信への期待が想定されるユースケース、3 章と 4 章でそれぞれアーキテクチャ、ビジネスモデルを記す。5 章ではセルラーV2X で特徴的な課題となる狭域通信(V2V/V2I/V2P)と広域通信(V2N)を組み合わせた運用方法や、インフラ整備の方法など、通信・情報・サービスの観点で抽出した課題について述べる。6 章で全体のまとめを記す。

[余白]

# セルラー通信技術を用いた ITS・自動運転の高度化に向けた課題調査報告書

# 目次

第 1	章	セルラー通信システムの現状と見通し	1
1.	1 月	月語集	1
1.5	2 L	πЕ	3
	1.2.1	広域通信(V2N)概要	3
	1.2.2	狭域通信(V2V/V2I/V2P)概要	4
	1.2.3	標準化の動向	5
1.5	3 5	G および NR	5
	1.3.1	広域通信(V2N)	6
	1.3.2	狭域通信(V2V/V2I/V2P)	7
	1.3.3	標準化の動向	8
	1.3.4	周波数の現状	9
第 2	章	通信に期待するユースケースとその役割	15
2.	1 情	青報の更新頻度に着目したユースケース例の選定	15
	2.1.1	ユースケース 1: 落下物、事故車等による 「衝突回避・緊急ブレーキ」	L <b>7</b>
	2.1.2	ユースケース 2:信号情報活用による 「交差点通過支援/ジレンマゾーン回避/赤信	号
	注意剪	與起」	18
	2.1.3	ユースケース 3:障害物/故障車等の存在情報による、「車線変更支援/ルート選定」. 2	21
	2.1.4	ユースケース 4:緊急車両接近情報による、「車両退避支援」	22
	2.1.5	ユースケース 5: 工事・規制情報等による、「経路再探索」2	23
2.5	2 万	広域通信を併用するユースケース例の選定	24
	2.2.1	ユースケース 1 高速道路出口付近の車群存在情報	26
	2.2.2	ユースケース 2 道路上の注意事象情報	29
	2.2.3	ユースケース 3 緊急車両の走行ルート考慮型現場急行支援	31
	2.2.4	ユースケース 4 事故現場状況の記録・通報サービス	33
		ユースケース 5 隊列走行のセキュリティ、認証、課金	
	2.2 章	まとめ	37
第3	章	通信アーキテクチャ	38
3.	1 i	/ステム構成	38
3.2	2 独	夹域通信(V2V/V2I/V2P)アーキテクチャ	39
	3.2.1	プロトコルスタック	10
	3.2.2	通信アーキテクチャ	10

3.2	2.3	セキュリティ	42
3.2	2.4	複数 MNO 対応	42
3.3	広域	道信(V2N)アーキテクチャ	43
3.3	3.1	通信アーキテクチャ	43
3.3	3.2	プロトコルスタック	44
3.3	3.3	Geo-messaging	45
3.3	3.4	セキュリティ	46
3.3	3.5	MEC および複数 MNO 対応	46
第4章	ビ	`ジネスモデル	49
4.1	各ユ	-ースケースのステークホルダ4	49
4.2	セル	·ラーV2X ビジネスにおけるコスト要因	50
4.3	V2V	「に対する考え方·	52
4.4	V2I/	/N に対する考え方	52
第5章	課	題整理	56
第6章	ま	:とめ	58
A. 付	録		59
A.1	用語纸	集詳細版	59
A.2	LTE	V2X (PC5; V2V/V2I/V2P) の通信性能の特徴	34
A.3 (	Config	ruration Parameters Consideration for LTE-V2X Operation	38
A.4	2.2 章	<b>宣で選定していないユースケースとその考え方</b>	70
参考文	献	,	71

# 第1章 セルラー通信システムの現状と見通し

# 1.1 用語集

3GPP 文書[12][13][14]などを参考に、本書で用いる主要な用語を表 1.1 の通り定義する。その他 詳細な用語については付録に記載した。

表 1.1 用語集

用語	意味、説明				
セルラーV2X、C-V2X	LTE や 5G NR などのセルラー通信技術を用いて、車とあらゆるもの				
	との接続を提供することが可能な技術をセルラーV2Xと呼び、車車・				
	路車・歩車など路上・路側での狭域通信と、基地局およびコア網で構				
	成されるセルラーネットワークを介した車両との広域通信を包含し				
	た技術である。				
LTE	3GPPにより規格化された第 3.9 世代もしくは第 4 世代携帯電話シス				
	テムまたは無線アクセス技術。現在 3GPP Release 8 から Release 16				
	までの規格が存在。				
LTE V2X	セルラーV2Xの内、広域通信および狭域通信がLTEを基にした方式				
	のこと。				
5G	第 5 世代携帯電話システム。3GPP では Release 15 以降の NR およ				
	び LTE の拡張を含むシステム。 一般には NR が 5G の代表的な無線				
	インタフェースとして認識されることも多い。				
NR, 5G NR	5G に向けて 3GPP が新規に規定した無線アクセス技術。Release 15				
	では広域通信のみが標準化されており、Release 16 で狭域通信機能も				
	標準化された。				
NR V2X	セルラー $V2X$ の内、広域通信および狭域通信が $NR$ を基にした方式				
	のこと。				
広域通信、	移動機と基地局との通信で、広域通信サービスを提供する				
Downlink/uplink、	本書ではコア網やアプリケーションサーバを介在した通信も含め、				
Uu、V2N2X、V2N2X	V2N2V/V2N2I/V2N2P とも呼ぶ				
Downlink、下り回線	広域通信における基地局から移動機への通信				
Uplink、上り回線	広域通信における移動機から基地局への通信				
狭域通信、Sidelink、	車両と車両、もしくは車両と歩行者との通信用途向けの移動機と移動				
PC5、 V2V/V2I/V2P	機の直接通信で、狭域通信サービスを提供する。LTE においては				
	Release 14 で標準化され、NR においては Release 16 で標準化。				

基地局、NB、 eNB、	基地局は、セルラーネットワーク内にて、移動機と通信する装置の総
gNB	称。一つの基地局が一つまたは複数のセルをサポートする。
gno	NB (node B)は、WCDMA における基地局。
	eNB (e node B)は、LTE における基地局。
	gNB (g node B)は、NR における基地局。
移動機 (MS: Mobile	マルラーネットワークにおいて、ネットワークと通信する端末。厳密
Station)、UE (User	には、移動機は SIM などを含まず、UE は SIM などを含むが区別さ
	には、移動機はSIM などを占まり、UE はSIM などを占むが区別されないことが多い。
Equipment)	
セル	一つの周波数において、基地局から一定領域にむけて送信され、移動
	機から一意に認識される領域。
RSU (Road Side	狭域通信により移動機と通信する端末型 RSU と、広域通信を用いて
Unit), 路側機	移動機と通信する基地局型 RSU がありうるが、本書では広域通信を
	用いて移動機と通信する装置は路側機と呼ばず、路側機とは端末型の
	装置であり、狭域通信機能で移動機と通信する装置を指す。ネットワ
	ークとの接続に広域通信を用いることもある。
MNO (Mobile Network	電気通信役務としての移動通信サービスを提供する電気通信事業を
Operator)	営む者であって、当該移動通信サービスに係る無線局を自ら開設又は
	運用している者。
MVNO (Mobile Virtual	MNO の提供する移動通信サービスを利用して、又は MNO と接続し
Network Operator)	て移動通信サービスを提供する電気通信事業者であって、当該移動通
	信サービスに係る無線局を自ら開設しておらず、かつ、運用をしてい
	ない者。
SIM (Subscriber	携帯電話の加入者および契約に対する識別子番号を保持するモジュ
Identity Module)	ールであり、広域通信でのセルラーネットワークにおけるセキュリテ
	ィにおいて大きな役目を果たしている。
MEC (Multi-access	セルラーネットワーク外のクラウドで、アプリケーションレイヤのコ
Edge Computing)	ンピューティングやデータベースアクセスを行うのではなく、セルラ
	ーネットワーク内の基地局近傍やコア網内に、処理遅延の短縮などを
	目的として、それらの演算資源を持つこと。
通信遅延時間	ITU-R や 3GPP など通信関係の資料では、通信処理部が通信可能状
	態になっており、かつ、有線や無線通信路の負荷が軽い条件での一方
	   向への最短遅延時間を意味することが多い。センサや通信データ生成
	IN OXIMECENTALENTALENTALENTALENTALENTALENTALENTAL
	部でのデータ生成頻度や遅延、有線や無線通信路の高負荷時での影響

能状態に常にしておくかなどの考慮の上でのシステム的な遅延時間 との関係がさらに必要である。

#### 1.2 LTE

(1) V2N(広域通信)と(2) V2V/V2I/V2P(狭域通信)とに大別できる。(1) は端末から MNO の 基地局を経由し通信するものを言い、スマホや車載通信モジュールなど、現状商用サービスの中心 となっている。なお、これを車車間の通信に用いる場合は V2N2V と呼ばれるなど、V2N を用いた V2X サービスの実現形態として V2N2X と記載されることもある。(2) は端末と端末同士で直接、モバイル事業者の基地局を経由せず通信するものを言う。初期版の標準化は完了し、フィールドトライアルのフェーズである。

#### 1.2.1 広域通信(V2N)概要

- ▶ 端末からモバイル事業者の基地局を経由し通信するものをいう。コア網と接続した基地局を用いて面的なエリア整備を行うことで広域通信を提供する。
- ▶ 通常、端末へSIMカードやeSIMを装着し、モバイル事業者と契約(サブスクリプション)して利用する¹。一般にはコア網と基地局設備(鉄塔、アンテナ、無線機)はMNO毎に設置される。
- ▶ 特例的に、アンテナなど基地局設備の一部は、地下空間などで共用されている。
- ➤ ある MNO の基地局設備は、当該 MNO の SIM か、またはローミング<sup>2</sup>の場合など、協定のある MNO や MVNO の SIM を装着した端末としか接続できない。
- ▶ 原則的に、端末との通信トラヒックはすべて MNO または MVNO のコア網に流入し、そこからクラウドサーバや自社の基地局配下の端末、また他の MNO や MVNO 配下の端末に転送される。

<sup>1</sup> 1.9GHz 帯の sXGP(shared eXtended Global Platform)、900MHz 帯自営用移動通信システム への LTE 技術導入、2.4GHz 帯や 5GHz 帯を利用する MulteFire など、モバイル事業者のライセンス帯域を用いない自営 LTE では異なることもある。

-

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> MNO 同士の間、あるいは MNO と MVNO との間で協定を結び、基地局設備全体およびコア網の一部を共用することで、国外などサービス範囲外での接続を実現する方式。

<sup>3 3</sup>GPP によって、帯域保証の有無や遅延、優先度、パケットロス率などに応じて 15 段階 (Release 14 の場合) の優先順位 (QCI: QoS Class Identifier) が決められている。 例えば、VoLTE の音声のように、途切れては困るサービスの場合は、帯域保証あり、 優先度 2、 遅延は 100ms 以下という優先順位が高い QCI=1 が設定されている。 一方、 Web 閲覧やメールのようにリアルタイム性が低いサービスの場合は帯域保証がされない優先順位の低い QCI が設定されるのが一般的である。

- ▶ 特例的に、端末からの一部のトラヒックを選別してコア網に入れず、折り返すルーチングを行うシステム(MECの一種)も標準化提案されており、フィールドトライアルのフェーズである。
- ▶ データの優先制御は標準化³され、実装されているが、優先制御を行った場合も通信帯域および置局の観点で発呼、帯域確保、遅延保証などを担保するものではない。
- ➤ 広域通信では Rel-14 で定義された端末と端末同士で直接通信する狭域通信用の拡張機能の利用は必須でない。
- ➤ 主にユニキャストで運用されているが、マルチキャスト(eMBMS、SC-PTM)も標準化され、 eMBMS については国内ではフィールドトライアルのフェーズであり[15][16]、国外では実用 されている国もある。
- ➤ 現状商用サービスの中心は LTE であるが、ほとんどの端末が GSM、 WCDMA、 HSDPA/HSUPA といった従来の規格もサポートすることで特定の規格のみをサポートするネットワークに対する接続性をサポートしており、LTE においても初期の規格からのネットワークにおける複数規格の共存性を確保してきており今後も同一ネットワークの共存性は確保されることが期待できる。また基地局が端末能力にあわせた制御を行うことで、ネットワークにおける共存性を確保しながら LTE 規格の中でも新たな機能を追加している。

#### 1.2.2 狭域通信 (V2V/V2I/V2P) 概要

- ▶ 端末と端末同士で直接、モバイル事業者の基地局を経由せず通信するものをいう。そのため、 基地局を経由する広域通信に比べて、到達距離には制限があるが、基地局圏外でも通信することが可能であり、 広域通信に比べてより短い遅延で通信ができる。広域通信のみに比べて、 Rel-14 で定義された V2X 用の実装が必須である。
- ➤ SIM の存在は必須でなく、モバイル事業者との契約なしに通信が可能である。そのため、共用 周波数を用いることで、広域通信のモバイル事業者が異なった端末同士であっても直接通信が 可能となる。
- ▶ 数百~数千バイト程度のパケットの低遅延伝送に特化した通信方式であり、高データレート通信は想定されていない
- ▶ 主にブロードキャストでの運用が想定されているが、標準規格上はユニキャストも可能である。
- ➤ 端末内での広域通信機能と狭域通信機能をどのように共用して実現するかは、端末またはチップセットの実装依存となるが、広域通信と狭域通信に用いる周波数が近接しているといったケースなどを除けば、広域通信機能と狭域通信機能はそれぞれ独立での動作を標準化仕様は要求している。独立動作が難しい場合に狭域通信の送信を優先させることが可能である。
- ➤ Rel-15 LTE V2X の端末は Rel. 14 LTE V2X 相当の機能も有している。そのため Rel-14 の端末と Rel-15 の端末が混在した環境下で運用する場合は、基本的な通信を Rel. 14 など従来の通

信規格で送受することでバックワードコンパチビリティの確保が期待できる。

- ➤ 無線リソースの割り当てをネットワークが中央制御的に行う network scheduled operation mode (mode 3) と無線リソースの割り当てを各端末が自律的に行う UE autonomous resources selection mode (mode 4) がある。
- ▶ 優先制御および Congestion control が標準化されている。優先制御を行った場合も通信性能を 担保するものではない。
- 優先制御については TS23.285[14]の 4.4.5.1 章において、network scheduled operation mode (mode 3) と UE autonomous resources selection mode (mode 4) 両方で適用される条件、mode3 の時に追加適用される条件、mode4 の時に追加適用される条件がそれぞれ記載されている。PC5 を利用する通信には、TS23.303 の 5.4.6.1 に記載されている PPPP (ProSe PerPacket Priority)[17]の仕組みが適用される。PPPP には8つの優先度クラスがあるが、例えば PPPP の優先度 1 を LTE の QCI(1.2.1 参照)1 または 2 に紐づけるなど、いわゆる「マッピング」については標準化されず、運用上の今後の課題の一つである。

# 1.2.3 標準化の動向

- ➤ Rel-8 LTE 導入
- ➤ Rel-9 eMBMS 導入 (下りブロードキャスト)
- ▶ Rel-12 D2D (パブリックセーフティ向け狭域通信) 導入
- Rel-13 SC-PTM 導入(下りブロードキャスト)
- ▶ Rel-14 V2V/V2X 向け D2D 仕様導入、 SC-PTM for V2X
- ▶ Rel-15 D2D の高速化、タイムスロット短縮等導入
- ➤ Rel-16 NR の広域通信から LTE V2X の狭域通信の部分制御を導入

#### 1.3 5G および NR

第5世代携帯電話システム (5G) では、高速大容量通信のさらなる高度化 (eMBB: enhanced Mobile BroadBand)、多数同時接続を実現するマシンタイプ通信 (mMTC: massive Machine Type Communications)、超高信頼・超低遅延通信 (URLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communications) などさまざまな利用シナリオをサポートすることが期待されている[11]。 3GPPでは、LTE の拡張としての 5G に加え、LTE、 LTE-Advanced との方式的な後方互換性を無くし大きなゲインが見込める新たな無線アクセス方式である NR (New Radio) の標準仕様化が行われてきている。NR ではさまざまな利用シナリオを考慮した上で、既存 LTE で利用されてきた周波数帯に加え 100 GHz 帯程度までの高周波数帯の利用を想定し、様々なサブキャリア間隔、低遅延のリソース割り当てなどの柔軟な無線インタフェースの仕様化や、高周波数帯に対応した無線性能仕様の策定を行ってきている[18]。

NR においても、LTE と同様に、端末からモバイル事業者の基地局を経由し通信する広域通信 (V2N) と、端末と端末同士で直接、モバイル事業者の基地局を経由せず通信する狭域通信 (V2V/V2I/V2P) がある。広域通信は、Release 15 から標準化されており、狭域通信は、Release 16 で標準化された。

Enhanced mobile broadband

# Gigabytes in a second 3D video, UHD screens Work and play in the cloud Smart home/building Augmented reality Industry automation Mission critical application Voice Smart city Self driving car Future IMT Massive machine type Ultra-reliable and low latency communications communications M. 2083-02

図 1.1 IMT for 2020 and beyond ユースケース (Recommendation ITU-R M.2083-0 から)

#### 1.3.1 広域通信(V2N)

端末からモバイル事業者の基地局を経由し通信する広域通信において、NR の最初の仕様である Release 15 では、ノンスタンダートアローンとスタンドアローンの 2 種類の接続形態をサポート可能な仕様化が行われた。ノンスタンドアローンは NR と LTE を組み合わせてエリアを提供し、EPC(Enhanced Core Network)と呼ばれるコア網に接続する形態であり、スタンドアローンは NR 単独でエリアを提供し、5G CN(5G Core Network)に接続する形態である。ノンスタンドアローンおよびスタンドアローンのどちらの形態でも、NR のカバレッジエリア外においては LTE もしくはそれ以前のセルラー無線規格を端末は通常サポートしておりネットワークに対する接続性を確保している。

LTE においてはサブキャリア間隔 15kHz を用いて 1ms を基本的なデータの無線上での割り当て単位としている。一方、NR においては、以下に示すように異なったサブキャリア間隔を用いることで基本的なデータの割り当て単位を短くすることができ遅延を短くすることができる。

サブキャリア間隔 15kHz を用いて基本的なデータの割り当て単位 1ms サブキャリア間隔 30kHz を用いて基本的なデータの割り当て単位 0.5ms サブキャリア間隔 60kHz を用いて基本的なデータの割り当て単位 0.25ms サブキャリア間隔 120kHz を用いて基本的なデータの割り当て単位 0.225ms さらに、基本的なデータの割り当て単位のほかに、シンボル単位でのデータの割り当てによりサブキャリア間隔を変えなくても、短い遅延での割り当てができ、復号結果の通知もシンボル単位により再割り当ての遅延も短くできる。これらの遅延を短くする機能により、基本としての超高信頼・超低遅延通信 (URLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communications) は Release 15 で実現されているが、更なる高度化が Release 16 で行われた。

Release 16 においては、遠隔自動運転、工場の自動化、AR/VR といったユースケースを想定し、99.999%の信頼度および 0.5 から 1ms 程度の通信遅延時間を実現できる仕様を規定した [19][20][21]。遠隔自動運転で3GPP標準化において想定した要求仕様は、end-to-endの遅延が5ms、信頼度 99.999%、データ速度上り 25Mbps 下り 1Mbps である[21]。下り及び上りの物理レイヤ制御信号の柔軟化・高頻度化、上りデータ信号の繰り返し送信の柔軟化、物理レイヤレベルでの優先順位付け、移動機送信途中での他優先端末のためのキャンセル機能、物理レイヤ制御信号なしでの送信の拡張などである。物理レイヤレベルでの優先順位付けは、2 段階の通知を移動機に通知し、低優先度の無線区間への送信を状況に応じてキャンセルする。

NR は、LTE Uu で実現できるサービスは、基本的には、すべてをカバーしているが、マルチキャストについては、Release 15 および 16 では規定されてきておらず、Release 17 において今後に標準化される予定である。NR の端末は、LTE での互換性と同様に、端末が LTE を含む従来の規格もサポートすることで、LTE のみなどの NR を非サポートの地域におけるネットワークへの接続性をサポートしている。また基地局が端末能力にあわせた制御を行うことで、ネットワークにおける共存性を確保しながら NR 規格の中でも Release 16 のような新たな機能を追加している。なお、NR のサブキャリア間隔 15kHz では、トラフィックの利用量に応じて LTE と動的に無線リソースを共有できる DSS(Dynamic Spectrum Sharing)が規定されている。

端末には4受信アンテナが基本であるが、車両外へのアンテナと永続的に接続し、車両内に埋め 込みされた車載端末は、2受信アンテナでの実装も許されている。

#### 1.3.2 狭域通信(V2V/V2I/V2P)

NR による端末と端末同士で直接、モバイル事業者の基地局を経由せず通信する狭域通信は、 Release 16 で標準化された[22][23][24][25]。

- ➤ 基地局を経由する広域通信に比べて、到達距離には制限があるが、基地局圏外でも通信することが可能である。遅延時間については、URLLCに対応した広域通信に比べると無線区間での最小遅延時間は長いが、LTEでの狭域通信にくらべるとサブキャリア間隔30kHzなどの利用や、復号結果の送信側へのフィードバックにより短い遅延をより高信頼性で行える。広域通信のみに比べて、V2X用の実装が必須である。
- ▶ LTE V2X の置き換えではなく、LTE V2X を補完してより高度なユースケースに対応する ものとして標準化されているが、基本的なユースケースが実現できないわけではない。ど

- の技術をどのユースケースへ適用するかは、それぞれの国の標準化団体および自動車業界 でのエコシステムの決定になる。
- ➤ LTE の狭域通信と同様に SIM の存在は必須でなく、モバイル事業者との契約なしに通信が可能である。そのため、共用周波数を用いることで、広域通信のモバイル事業者が異なった端末同士であっても直接通信が可能となる。
- ▶ 数百~10k バイト程度のパケットの低遅延伝送に特化した通信方式である。
- ➤ LTE V2X にくらべてより非周期的な通信の効率化を意図した設計となっている。
- ➤ ブロードキャスト、グループキャスト、ユニキャスト (一対一通信) の同一無線リソースでの共用を規定している。グループキャストおよびユニキャストでは、物理層での誤り復号結果の通知 (HARQ Feedback)をサポートしている。ユニキャストでは、2 多重までのMIMO 送受信、CQI/RI という無線状況の送信側への報告もサポートしている。
- ▶ 主にセンサーシェアリングをユースケースとして一定の距離に近接することでのグループを形成する方法と、主に隊列走行をユースケースとしてアプリケーション層でのグループの形成の二通りのグループ形成方法をサポートしている。
- ▶ LTE の広域通信と同様に、サブキャリア間隔 15kHz, 30kHz, 60kHz, 120kHz をサポート し、ミリ波通信もカバーする仕様となっているが、ミリ波固有の最適化は行われていない。 またミリ波に対応するパフォーマンス仕様も規定されていない。
- ▶ 端末内での広域通信機能と狭域通信機能をどのように共用して実現するかは、端末または チップセットの実装依存となるが、広域通信と狭域通信に用いる周波数が近接していると いったケースなどを除けば、広域通信機能と狭域通信機能はそれぞれ独立での動作を標準 化仕様は要求している。独立動作が難しい場合に広域通信機能と狭域通信機能に優先度を 適用することも可能である。
- ➤ 無線リソースの割り当てをネットワークが中央制御的に行う network scheduled operation mode (mode 1) と無線リソースの割り当てを各端末が自律的に行う UE autonomous resources selection mode (mode 2) がある。
- ▶ 優先制御および Congestion control が標準化されている。優先制御を行った場合も通信性能を担保するものではない。

#### 1.3.3 標準化の動向

NRでは、2018年6月までに行われた Release 15 において初版の標準仕様が策定された。Release 15 NRでは、eMBB と URLLC をターゲットとした仕様化が行われており、2020年6月に完成した Release 16 においてリモートドライブのユースケースを含む URLLC の信頼度の向上や、NRを基にした車車間通信の仕様など様々な拡張が行われた。 Release 17 の標準化は、2020年5月から始まっている。 NRの狭域通信の Release 17では、歩行者などの VRUs (Vulnerable road users)を

サポートするための低消費電力化などが行われる予定である。

#### 1.3.4 周波数の現状

#### 1.3.4.1 ITS 向け専用周波数

#### 1.3.4.1.1 米国

米国では 1999 年に 5850-5925 MHz に DSRC の技術を使用する ITS 帯域を割り当てたが、 2019 年 12 月に FCC が ITS 帯域を 30 MHz (20 MHz を LTE-V2X に、残り 10 MHz を LTE-V2X か DSRC)に縮小する変更案を提案した。 2020 年 11 月 20 日に 5850-5895 MHz を免許不要帯域 へ割り当て、5895-5925 MHz を C-V2X (LTE-V2X/NR-V2X)を用いる ITS 帯域とする 1st R&O(Report & Order)[19]が発行された。これまで展開されていた DSRC を一定の期間を経て C-V2X に移行していくことが求められる。移行期間・方法などは今後の検討課題となっている。

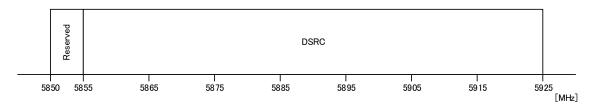


図 1.2 米国 当初の DSRC 周波数割り当て

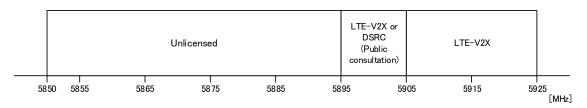


図 1.3 2019 年 12 月 FCC が提案した変更案

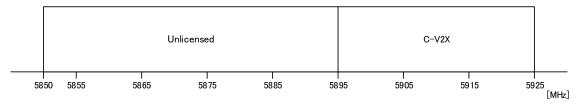
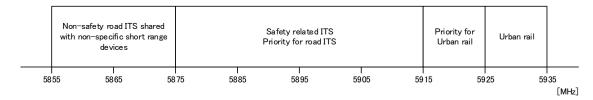


図 1.4 2020 年 11 月 FCC R&O

#### 1.3.4.1.2 欧州

欧州では 2020 年に Urban Rail 向けの周波数追加を含む ITS 向けの周波数に関する制度改定を行った。利用する技術は制度では特定されないが (技術ニュートラル)、帯域ごとの利用目的は規定されている。



欧州 ITS 周波数割り当て 図 1.5

5855 – 5875 MHz は Non-safety 向けの ITS、5875 – 5815 MHz は Safety 向けの ITS、5815 – 5835 MHz は Urban Rail 向けの ITS 周波数となっている。

#### 1.3.4.1.3 中国

中国では 2018 年に 5905 – 5925 MHz を LTE-V2X に割り当て、2020 年 12 月現在では複数の自 動車メーカから LTE-V2X を搭載した車両の販売もされており[27][28]、安全運転支援用の ITS サ ービス展開が着実に進められている。

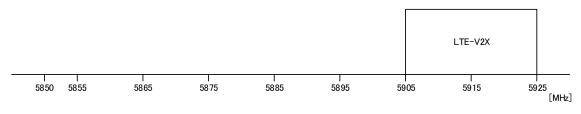
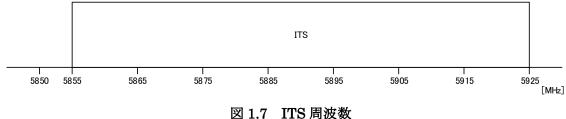


図 1.6 中国の V2X 向け周波数

1.3.4.1.4 韓国、シンガポール、オーストラリア、カナダ、ブラジル 5855 - 5925 MHz が ITS 向けの周波数として割り当てられている。



2016年に割り当てが行われた韓国では、現在、同帯域で利用する技術に関する議論が行われてい る。

#### 1.3.4.1.5 日本

日本では ITS 専用周波数として 755.5 - 765.5 MHz が割り当てられ、2015 年より路車間・車車 間通信を活用した運転支援システム ITS Connect が運用されている。また、5.8 GHz 帯 (5770-5850 MHz) は、有料道路等の料金徴収に使用されている ETC や、ETC 2.0 による ITS スポットを利用した渋滞情報、安全運転サポート、災害時の誘導などの情報サービス提供に使用されている[29]。

2020年5月に公表された総務省の周波数再編アクションプラン(令和2年度改定版)及び11月に公表された令和2年度2次改定版では、5.9 GHzの割り当てに向けた検討が行われることが記載されている。以下に、当該箇所の抜粋を示す。

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、V2X³ 用通信を導入する場合に必要となる既存無線システムとの周波数共用等の技術的条件について、令和3年度末までに検討を行う。また、その検討結果を踏まえ、同周波数帯へ V2X 用通信を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年度内を目処に V2X 用通信への周波数割当を行う[30]。

#### 1.3.4.2 広域通信向け周波数

#### 1.3.4.2.1 世界の 5G 向け周波数帯

5G 向けに新たに通信事業者に割り当てられる周波数(Licensed Spectrum)については、表 1.2 に示すように 6 GHz 以下の周波数帯とミリ波帯の両方が様々な国や地域で割り当てられている。

国、地域 周波数帯

アメリカ 600 MHz (FDD)

2.5 GHz, 3.9 GHz (TDD)

25 GHz, 28 GHz, 39 GHz (TDD)

カナダ 600 MHz (FDD)

3.6 GHz (TDD)

27 GHz, 39 GHz (TDD)

欧州 700 MHz (FDD)

3.6 GHz (TDD)

26 GHz (TDD)

表 1.2 世界の 5G 周波数帯 (割り当て予定も含む)

<sup>3</sup> この V2X は一般的なものを示し、具体的な技術は特定されていない。

イギリス	700 MHz (FDD)
	3.6 GHz (TDD)
	26 GHz (TDD)
ドイツ	700 MHz (FDD)
	3.6 GHz (TDD)
	26 GHz (TDD)
フランス	700 MHz (FDD)
	3.6 GHz (TDD)
	26 GHz (TDD)
イタリア	700 MHz (FDD)
	3.7 GHz (TDD)
	27 GHz (TDD)
中国	700 MHz (FDD)
	2.5 GHz, 3.4 GHz, 4.9 GHz (TDD)
韓国	700 MHz, 800 MHz (FDD)
	2.3 GHz (TDD)
	3.5 GHz, 3.8 GHz (TDD)
	28 GHz (TDD)
インド	700 MHz (FDD)
	3.5 GHz (TDD)
オーストラリア	3.5 GHz (TDD)
	26 GHz, 39 GHz (TDD)

## 1.3.4.2.2 日本の 5G 割り当て周波数

日本では携帯電話事業者 4 社に 5G 周波数が割り当てられており、4G で使用していた周波数で 5G を使用するための制度整備も終了している。表 1.3 に各携帯電話事業者に 5G 用として新たに割り当てられた周波数帯を示す。

表 1.3 日本で新たに割り当てられた 5G 周波数

携帯電話事業者	割り当て周波数		
NTT ドコモ	3.6 - 3.7  GHz, 4.5 - 4.6  GHz  (TDD)		
	$27.4 - 27.8 \; \mathrm{GHz} \; \mathrm{(TDD)}$		

KDDI	3.7 - 3.8  GHz, 4.0 - 4.1  GHz  (TDD)		
	27.8 – 28.2 GHz (TDD)		
ソフトバンク	3.9 – 4.0 GHz (TDD)		
	$29.1 - 29.5 \; \mathrm{GHz} \; \mathrm{(TDD)}$		
楽天	3.8 – 3.9 GHz (TDD)		
	27.0 – 27.4 GHz (TDD)		

日本では、他にローカル  $5\,\mathrm{G}$  用の周波数も割り当てられているが、広域利用が不可能なため省略する。

# 1.3.4.2.3 4G 向け周波数帯

通信事業者に、従来から表 1.4 に示すような 6GHz 以下の周波数帯が様々な国や地域で割り当てられてきている。

表 1.4 世界の 4G 周波数帯

国、地域	周波数帯		
アメリカ、カナダ	600/700/850 MHz(FDD)		
	1700/1900 MHz (FDD)		
	2300 MHz, 2600 MHz (FDD/TDD)		
	2500 MHz (TDD)		
欧州	450/800/900 MHz (FDD)		
	1800/2100 (FDD)		
	2600 MHz (TDD)		
中国	800/1800/2100 MHz (FDD)		
	1900/2300/2500/2600 MHz (TDD)		
韓国	850/900 MHz (FDD)		
	1800/2100/2600 MHz (FDD)		
東南アジア	700/850/900 MHz (FDD)		
	1800/2100/2600 (FDD)		
	2300 MHz (TDD)		
オーストラリア	700/850/900 MHz (FDD)		
	1800/2100/2600 MHz (FDD)		
	2300 MHz (TDD)		

インド	850/1800 MHz (FDD)
	2300 MHz (TDD)
中東、アフリカ	800/1800 MHz (FDD)
	2300 MHz (TDD)
	2600 MHz (FDD/TDD)
日本	700/850/900 MHz (FDD)
	1500/1800/2100 MHz (FDD)
	2500/3500 MHz (TDD)

# 第2章 通信に期待するユースケースとその役割

本章では、セルラーV2Xを用いた場合に、その利点が活かせる可能性があるユースケース例を選定し、実現にあたって必要となる事項、課題等を整理・考察した。

- 2.1 情報の更新頻度に着目したユースケース例の選定
- 1) 主に自動運転向けの通信で扱われる情報の更新頻度に着目し、広く議論がなされているダイナミックマップと対比させて整理する。ここでダイナミックマップとは静的な高精度 3 次元地図情報(基盤地図)と、時間とともに変化する位置特定可能な情報(動的情報、準動的情報、準静的情報)から構成されるものであり、静的~動的なレイヤを紐付けることで整合的に活用する、という概念である。国内では内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)などで検討が進められている[31](図 2.1)。
  - ※ 図中の時間は一般的な情報の更新頻度であり、情報毎の許容遅延とは必ずしも一致しない。
- 2) 図 2.1 をベースに、扱う情報や利用レベル(主として信頼性)などと、想定されるアプリケーションの例を挙げ、それらを関連付ける(図 2.2)。
- 3) 図 2.2 のうち、情報の更新頻度ごとにユースケース例を選定した(図 2.2 中に図 2.1 の色使い とあわせて着色したセル)。

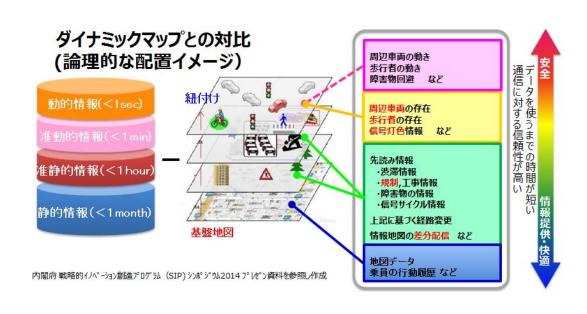


図 2.1 扱うデータとダイナミックマップとの対比イメージ

#### ユースケース例の整理 (扱うデータと想定されるアプリの視点より)

情報の更新	頻度	扱う情報の例	用途	利用レベル(用途)	想定アプリ	情報を使う場所	備考
		歩行者・自転車等の存在	安全	制御介入/注意喚起	歩行者事故防止	一般道	
		周辺車両(含:二輪)の存在	安全	制御介入/注意喚起	出会いがしら事故防止/車線変更支援	一般道/自専道	この領域は、通信を多
		(直前の)事故車・落下物	安全	制御介入	追突回避・緊急ブレーキ (1)	一般道/自専道	重系センサの一つとし
	複数センサの一つ	前車の急激なブレーキ	安全	制御介入	世条回避・茶忌ノレーキ ①	一般道/自専道	て、他センサと併用する
●動的	として、自動運転の	前走車のリアルタイムな動作情報	円滑·快適	制御介入	隊列走行	自専道	ことで、システムを成立
●銀刀口り	制御に反映	自専道本線車両情報	円滑·快適	制御介入/注意喚起/情報提供	合流支援	自専道	させられる可能性はあ
	(いわゆる多重系)	信号灯色(現示)情報	安全·快適	制御介入/注意喚起	交差点通過支援 ② - 1	一般道	る
		交差点対向車両・横断歩行者の存在	安全	制御介入/注意喚起	右直/左折巻込み/横断歩行者事故防止	一般道	用途にもよるが、信頼
		ETCゲート開閉情報	安全·快適	制御介入/注意喚起/情報提供	急閉時の衝突防止/ゲート選択/経路変更	自専道	性の担保がカギ
	先読み情報	信号サイクル情報	安全·快適	注意喚起/情報提供	ジレンマ回避/赤信号注意喚起 ② - 2	一般道	自動車側の要件による
	安全な停止や車線 変更に活用する	障害物/故障車等の存在情報	安全·円滑	情報提供	車線変更支援/ルート選定 ③	一般道/自専道	が、セルラー通信を他の
●准動的		緊急車両接近	安全·円滑	情報提供	車両退避支援 ④	一般道	通信と併用、または、そ
		車線別渋滞情報	安全·円滑	情報提供	車線変更支援/ルート再探索	一般道	のまま活用できる可能
	レベル						性あり
		更新地図情報(走行中の部分更新)	円滑	情報提供		一般道	
	先読み情報	規制情報	円滑	情報提供	経路再探索 ⑤	一般道/自専道	
	プロジングプロギ収	工事情報	円滑	情報提供	在時中休果	一般道/自専道	従来のセルラー通信と
●准静的	事前のルート変更	渋滞情報	円滑	情報提供		一般道/自専道	同等の性能・仕組みで
	等への活用レベル	渋滞末尾情報	円滑	情報提供	退避支援/自動⇒手動判定	自専道	活用できる可能性あり
	(3 (3)[]) (0	エアバッグ等の開閉情報		情報提供	HELP	一般道/自専道	
	自動運転の経路	高精度地図			経路探索	一般道/自専道	いわゆるテレマ活用であ
●静的	作成に必要レベル	更新地図情報(停止中の取得)			TEHINAN	一般道/自専道	り、本検討の対象外
	の情報						27.4.0(03.0)/18(71

図 2.2 ユースケース例の整理

本書で扱うユースケース例として、以下の5つを選定した。

- 動的データ:
  - ①落下物、事故車等による 「衝突回避・緊急ブレーキ」
  - ②-1 信号現在灯色情報活用による 「交差点通過支援」

選定理由) 通信を車両センサの一つとして扱う場合の代表的なユースケースであり、特に 高信頼性の担保が可能かの検討が必要と思われる事例。

#### ・准動的データ:

- ②-2 信号サイクル情報活用による 「ジレンマゾーン回避/赤信号注意喚起」
- ③障害物/故障車等の存在情報による、「車線変更支援/ルート選定」
- ④緊急車両接近情報による、「車両退避支援」

選定理由) 従来の ETC、ETC2.0、ITS Connect と比較し、相互利用や広域性等、セルラー網の利点を活かせる可能性のある事例。

# ・准静的データ:

⑤工事・規制情報等による、「経路再探索」

選定理由) 従来のセルラーネットワークが活用可能と思われるが、配信エリア、(ネットワーク障害等)異常時への対応、長期的な事業の継続性等、既存ビジネスモデルとの整合等が必要と考える事例。

これら5つのユースケースで考えられる利用形態や課題は以下のとおりである。

# 2.1.1 ユースケース 1: 落下物、事故車等による 「衝突回避・緊急ブレーキ」

#### 利用形態

車載センサにより落下物を検出した車両や、急制動をかけた車両がその情報を周囲に配信する。

## 性能

通常、ブレーキ時のドライバの応答時間として[0.75]秒が想定され、本ユースケースでの情報提供はこれよりも十分短い時間で実施される必要がある。時速[100] km/h での停止距離は[67]m 程度であり、必要となる情報提供の範囲は数十~数百メートルの範囲と想定される。このような近距離の情報提供に関しては V2V で十分な低遅延・信頼性を達成できる可能性がある(付録 A.3 に関連資料を記載)。

遮蔽、フェージング、電波干渉などを考慮した上で十分な性能を達成できるかさらなる検討が必要である。最低受信感度に対するシャドウイング・フェージング・干渉電力マージンだけでなく、マルチアクセス方式などに起因する性能への影響も含めた検証が必要である。また、非常に高い信頼性が求められるため、車載センサと組み合わせた利用が考えられるが、その際に通信に求められる信頼要件の検討、および信頼性を満たすかの検証が必要である。非常に高い信頼性での低遅延通信の性能保証があることが望ましいが、無線区間において通信性能の保証は困難であり、利用可能条件の精査や性能要件を満たせない場合(通信混雑時や機器故障時など)の扱い・対策に関する検討が必要である。

#### 標準化

本ユースケースを提供するためのメッセージフォーマット、通信プロトコルなどの標準化および相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。国内で LTE V2V 用に利用可能な周波数は 2021 年 1 月現在では存在しないため、周波数割当てに関する検討も必要である。通信仕様・周波数双方の観点で既存システムの拡張・共存や、将来的な拡張への柔軟性などを考慮した設計が必要である。また、アプリケーションの観点では急制動などの車両制御情報を用いた通信の生成条件や生成する情報について、送受信車両間での認識を合わせ、受信情報を有効に活用するためのガイドライン策定も必要と考えられる。

#### 法規認証上の取り扱い

本ユースケースは自動運転制御への反映も想定したものであり、どこまで車両や部品としての認証・検査の対象にするか、必要な場合どのように認証・検査するか明確化が必要である。

#### セキュリティ

情報の真正性の保証が重要になる。位置情報、ブレーキ情報などの改ざん、GPS ジャミングなどに対する対策が必要である。例えば、端末・アプリケーション認証、メッセージへの電子署名が考えられる。また各車両所有者から情報使用に関する同意を獲得する必要がある。

#### 既存 ITS との関係

本ユースケースの通信は前車のブレーキなどのイベントにより発生するものであり、通信頻度が低いと考えられる。そのため容量の観点では既存 ITS を用いた情報提供の可能性がある。既存システムがある場合、新システムには互換性やコスト、車やインフラのライフサイクル、新たな影響(サービス、干渉等の観点)がないか等、を考慮して活用の議論をする必要がある。

一方、ユースケースが必要とする信頼性が既存 ITS のそれよりも高い場合、LTE の「他の通信方式に比べて受信感度が高い」という特徴は、その実現に有効となる可能性もある。また LTE はパラメータの設定自由度が高いので適切な設定をする必要があり A.3 に関連資料を記載している。国内では新たな周波数として、5.9 GHz 帯の検討がセルラーV2X 等の複数の通信方式で進められているが、5.9 GHz 帯は 760 MHz 帯などに比較して伝搬損失が高いこと、隣接するシステムとの共存条件等を考慮する必要がある。

2.1.2 ユースケース 2:信号情報活用による 「交差点通過支援/ジレンマゾーン<sup>4</sup>回避/赤信号注意 喚起」

## 現在の信号および信号情報配信システム

信号情報(現在灯色およびサイクル情報5)の配信において、信号機の構成を考慮したサービス提供が必要である。信号機には(a)交通管制センターに接続し、交通管制センターが灯色の砂数を集中制御するもの(b)交通管制センターとは接続せず、あらかじめ設定した時間パターンに基づいて灯色を制御するものの2種類が存在し、全信号の約3割が交通管制センターに接続されている状況である。残りの信号機については交通管制センターから状態を取得することができない。さらに、(c) それぞれの場合において交差点付近に設置した感知器や押しボタンに基づき灯色が制御され得るものがある。(a) や(c) では信号サイクル情報は頻繁に変化する。

現在、国内では光ビーコンおよび 700MHz 帯 ITS による信号情報の配信サービスが提供されている。これらは V2I に分類される通信形態を採用しており、信号近傍に設置された専用の通信機を用いて情報配信を実施するため、上記の信号機構成いずれにも対応可能である。信号情報の配信は低データレートでの通信であり、特に 700 MHz 帯 ITS は通信距離(情報提供範囲)も交差点通過支援の用途では十分確保できると考えられる。

-

<sup>4</sup> 青信号から黄信号への変化時に、黄信号終了時までに停止線を越えることも無理なく停止することもできない領域(ジレンマゾーン)[32]

<sup>5</sup> 信号表示が一巡することを 1 サイクルといい[33]、確定している範囲での灯色順序と各灯色の予定秒数をここではサイクル情報と呼ぶ

#### 利用形態

既存の信号情報配信システムの存在を考慮すると、本ユースケースを目的とした V2I の形態でのセルラーV2X 利用の効果は限定的と考えられる。一方で V2I の形態では交差点毎にインフラ整備が必要になるため全国への通信インフラ整備が課題であり、広域通信である V2N の利用可能性が重要となる。また、信号情報配信において現在灯色の配信ができる場合、合わせてサイクル情報の配信が可能であれば、現在灯色情報配信による動的な交差点通過支援だけではなく、ジレンマゾーン回避、赤信号注意喚起を統合した形での情報提供が考えられる。実現形態について戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) での調査結果[34]を参考に下記の通り整理する。

V2N の形態での信号情報配信においては、V2X アプリケーションサーバを信号情報配信サーバ として活用する信号情報取得・配信方法として図 2.3 に示す 2 通りの実現形態が考えられる。

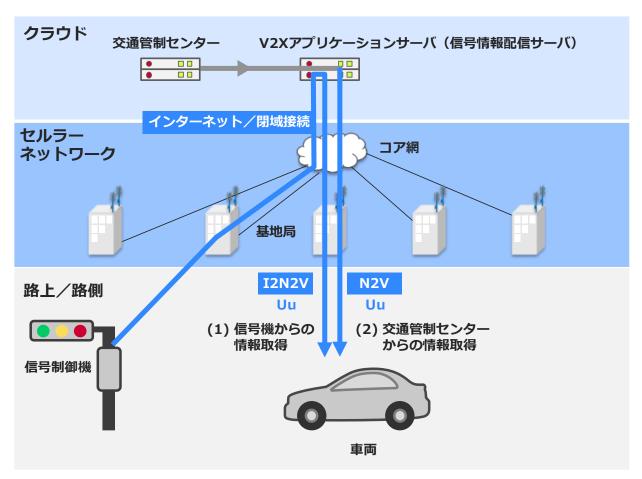


図 2.3 信号情報の取得・配信形態の例

#### (1) 信号機からの情報取得

信号機に LTE/5G 通信端末を接続し、信号情報配信サーバとの接続(信号情報のアップリンク)に利用する形態である。V2I と同様、信号サイクル情報の取得可能な信号機への交換が必要となるため、インフラ投資の課題に対する対策としては効果が限定的である。ただし、前述(b)のように「あらかじめ設定した時間パターンに基づいて制御されている信号」においては、信号サイクル情報を准動的情報と捉えて別手段で時間パターンテーブルを生成することなどにより、V2I よりも投資費用を抑えて V2N を実現できる可能性がある。

#### (2) 交通管制センターからの情報取得

信号情報配信サーバと交通管制センターを専用線や VPN で接続し、交通管制センターから信号情報の提供を受けてサービス提供する形態である。現在の集中制御信号機の制御方式では、管制センターからの「信号サイクル方針」を受けた信号制御機が感知器のセンシング状況等も考慮し信号サイクルを決定する。その結果をサイクル実行後に交通管制センターに通知している。このため、求められる情報精度等によっては、信号制御機が決定した信号サイクル情報をサイクル実行前に管制センターに集約し、さらに情報配信サーバ経由で配信する仕組みが必要となり、実現コスト(情報配信サーバの設置コスト)という観点で導入効果は限定的となる可能性がある。

いずれの場合においても、本ユースケースにおいてサービス提供者および提供範囲(責任分界点) に関する議論も必要である。信号情報配信サーバを民間事業者が運営する場合、信号情報の民間開 示が必要になる。サービス提供範囲が信号情報配信サーバからの信号情報配信まででセルラーネッ トワークはユーザ側で契約を実施する場合、信号情報配信事業者はセルラーネットワークの通信品 質について関与できない。

#### 性能

性能要件によってはセルラーネットワークのエリア・品質改善も含めた検討が必要であるため、サービス提供範囲と合わせた議論が必要となる可能性がある。例えば、SIP 第 2 期における調査結果]では 100~300 ms といった許容遅延に関するアンケート結果が示されている。信頼性・可用性など含めた要件の具体化を進める必要がある。無線区間だけではなく、有線区間の伝送路遅延についてもセルラーネットワーク、交通管制センター、信号情報配信サーバ間の伝送路を考慮した設計が必要である[34]。また、信号制御機から信号情報を取得する構成での交通信号制御機における遅延時間は 137~350ms と報告されており、性能要件によっては通信以外の遅延も含めた検討が必要である[35]。非常に高い信頼性での低遅延通信の性能保証があることが望ましいが、無線区間において通信性能の保証は困難であり、性能要件を満たせない場合(通信混雑時・機器故障時・ネットワーク障害時など)の扱い・対策に関する検討が必要である。既存セルラーネットワークを利用する場合、モバイル事業者ごとのサービスエリア差異に関する対応も検討が必要である。

#### 標準化

本ユースケースを提供するためのメッセージフォーマットや通信プロトコルなどの標準化、および相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。また、信号情報を受信した車両が適切に利用できるよう、信号情報の精度を認識可能なメッセージフォーマットや信号情報の取得のため信号関連機器との接続インタフェースに関する検討も必要である。さらに、V2Nでの情報配信において情報配信のエリア区分を統一化するガイドラインなども検討が必要である。

#### 法規認証上の取り扱い

本ユースケースは自動運転制御への反映も想定したものであり、どこまで車両や部品としての認証・検査の対象にするか、必要な場合どのように認証・検査するか明確化が必要である。

#### セキュリティ・プライバシー

情報の真正性の保証と、その責任所在が重要になる。認証されていない機関からの情報や改ざんされた情報が配信されないよう、例えば配信情報への電子署名埋め込みや、情報の提供元・情報配信サーバ・情報受信車両の間でのセキュアな接続を利用することが考えられる。また、配信制御のための車両トラッキングによるプライバシー問題の検討も必要である。

2.1.3 ユースケース 3: 障害物/故障車等の存在情報による、「車線変更支援/ルート選定」

# 利用形態

広域通信のメリットを生かし、車両センサでは検知の難しい数百 m 程度先の状況を通信によって 伝達することで、事故等の現場の安全な通過(徐行等)や余裕ある走行車線変更を促す。障害物お よび故障車の検出は走行車両の急ブレーキ情報等の統計情報から推定することが可能であるが、検 出方法の高精度化に関する検討が必要である。

# <u>性能</u>

数秒~数十秒オーダーの遅延が許容できる可能性があり、広域に情報伝達できる既存セルラーの活用が期待できると考えられる。性能要件を満たせない場合(通信混雑時・機器故障時・ネットワーク障害時など)の扱い・対策に関する検討が必要である。遅延要件によって道路上で許容されるカバレッジホールのサイズが決まるため、本ユースケースにおいても要件次第では通信カバレッジが課題になり得る。既存セルラーネットワークを利用する場合、モバイル事業者ごとのサービスエリア差異に関する対応も検討が必要である。

#### 標準化

本ユースケースを提供するためのメッセージフォーマットや通信プロトコルなどの標準化、および相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。既存 ITS から障害物や故障 車などの情報を取得する場合は、既存 ITS インフラとの接続インタフェースに関する検討も必要である。また、V2N での情報配信において情報配信のエリア区分を統一化するガイドラインなども検

討が必要である。

#### セキュリティ・プライバシー

情報の真正性の保証、その責任所在が重要になる。本ユースケースでは、情報提供元の車両や路側センサと、障害物・故障車の判定を行う機関の双方の観点での認証が必要である。認証されていない機関からの情報や改ざんされた情報が配信されないよう、例えば配信情報への電子署名埋め込みや、情報の提供元・情報配信サーバ・情報受信車両の間でのセキュアな接続を利用することが考えられる。また、配信制御のための車両トラッキングによるプライバシー問題の検討も必要である。

#### 2.1.4 ユースケース 4:緊急車両接近情報による、「車両退避支援」

#### 利用形態

緊急走行中の緊急車両の接近検出や信号交差点(青)での緊急車両通過のための停止等のために、 緊急車両の接近を通知する。緊急車両やその管理センターからの情報提供を想定する。将来的には、 広域通信を使うことで、緊急車両の走行計画等を同時に提供し、経路上の他車両に存在を通知でき る可能性がある。

#### 性能

数百 ms オーダーの遅延が許容できる可能性があり、走行計画等との併用時には既存セルラー通信の利用が期待できる。通信距離の要件によっては V2V の併用も考えられる。性能要件を満たせない場合(通信混雑時・機器故障時・ネットワーク障害時など)の扱い・対策に関する検討が必要である。性能要件によっては通信カバレッジも課題になり得る。既存セルラーネットワークを利用する場合、モバイル事業者ごとのサービスエリア差異に関する対応も検討が必要である。

#### 標準化

本ユースケースを提供するためのメッセージフォーマット、通信プロトコルなどの標準化および相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。既存ITS や救急システムから緊急車両の情報を取得する場合は、それらとの接続インタフェースに関する検討も必要である。また、V2N での情報配信において情報配信のエリア区分を統一化するガイドラインなども検討が必要である。V2V と V2N を併用する場合、両者で配信される情報を整合させる対策や、不整合が生じた場合の受信車両側の取り扱いに関するガイドラインなども検討が必要である。

#### セキュリティ・プライバシー

情報の真正性の保証と、その責任所在が重要になる。認証されていない機関からの情報や改ざんされた情報が配信されないよう、例えば配信情報への電子署名埋め込みや、情報の提供元・情報配信サーバ・情報受信車両の間でのセキュアな接続を利用することが考えられる。また、配信制御のための車両トラッキングによるプライバシー問題の検討も必要である。

2.1.5 ユースケース5:工事・規制情報等による、「経路再探索」

#### 利用形態

一般道での迂回や高速道路に乗る/乗らない、予めの車線変更等を十分な時間をもって行うための情報として活用。数秒オーダー以上の情報更新と、情報提供の場所を選ばず広域に情報を配信できることが求められ、セルラーの活用が期待できる。

## 性能

数秒オーダー以上の遅延が許容できる可能性があり、広域に情報伝達できる既存セルラーの活用が期待できると考えられる。性能要件を満たせない場合(通信混雑時・機器故障時・ネットワーク障害時など)の扱い・対策に関する検討が必要である。遅延要件によって道路上で許容されるカバレッジホールのサイズが決まるため、本ユースケースにおいても要件次第では通信カバレッジが課題になり得る。既存セルラーネットワークを利用する場合、モバイル事業者ごとのサービスエリア差異に関する対応も検討が必要である。

### 標準化

本ユースケースを提供するためのメッセージフォーマット、通信プロトコルなどの標準化および相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。既存 ITS や道路管理者から障害物や故障車などの情報を取得する場合は、それらとの接続インタフェースに関する検討も必要である。また、V2N での情報配信において情報配信のエリア区分を統一化するガイドラインなども検討が必要である。

## セキュリティ・プライバシー

情報の真正性の保証、その責任所在が重要になる。本ユースケースでは、情報提供元の機関の観点での認証が必要である。認証されていない機関からの情報や改ざんされた情報が配信されないよう、例えば配信情報への電子署名埋め込みや、情報の提供元・情報配信サーバ・情報受信車両の間でのセキュアな接続を利用することが考えられる。また、配信制御のための車両トラッキングによるプライバシー問題の検討も必要である。

#### 2.2 広域通信を併用するユースケース例の選定

本節では、1.0 版以後における、ITS 高度化や自動運転社会実現に向けた研究開発や政策議論の 進展等を踏まえ、追加ユースケース例の選定と、セルラーV2X 技術を用いて実現する場合の新たな 必要事項・課題等の整理・考察を実施した。

#### 1) 追加ユースケースのスコープ

ITS 高度化や自動運転社会実現に向けた研究開発や政策議論の進展として SIP-adus、3GPP、5GAA の検討を考慮した。

#### [SIP-adus]

協調型自動運転通信方式検討 TF が立ち上げられた。当該 TF では、"TF の狙いは「協調型自動運転のあるべき姿、実現までのロードマップを描き、国際標準も考慮しつつ、ALL JAPAN として最適な通信方式の方針を固める」とし、活動のゴールは、協調型自動運転に最適な通信方式を提案することと、通信方式のロードマップを描くこと"[36]としており、2019 年度の活動報告として、通信方式検討のための SIP 協調型自動運転ユースケースを公開。当該ユースケースは実用化の可能性が高い現実的なユースケースとしている。

#### [3GPP]

Rel.14/15 の使用を想定したユースケースに加え、Rel.16 を想定したユースケースが TR としてまとめられた[37]。

#### [5GAA]

セルラーV2X に関するユースケース、方法論、サービスレベル要件を記載した White paper が発行された[38][39]。

これらの検討で挙げられているユースケースを確認したところ、2.1 章の情報の更新頻度に着目したユースケース(図 2.2)とその多くが重複していた。一方、これらのユースケースで想定する通信手段は、V2V、V2I、V2Nからいずれかの使用を想定したものが多い。そこで、本 TG では、狭域通信と広域通信の組合せ(広域通信併用)に着目し、高い付加価値を見出せるユースケースを検討することとした。

#### 2) 広域通信併用のメリット

広域通信併用を併用することで次のようなメリットが想定できる。

① シームレスなサービスを実現

狭域通信と広域通信が、互いの得意・不得意な領域を補完することで、距離・時間等に応じた 最適な情報を連続的に提供することができる。例えば、広域通信を活用して複数の車両から 上げられた情報やその他の情報(センサ、地図、天候など)をサーバで解析し、リアルタイム性は低いが、より広範囲又は詳細な情報提供を提供し、狭域通信を活用して数百メートル範囲に緊急性やリアルタイム性の高い情報提供を行うことなどが考えられる。

#### ②サービス実現性を向上

車両情報・データ等のやりとり、車両の特定・認証、セキュリティ等の機能を狭域通信、広域通信で分担することで、サービス実現性を向上できることが考えられる。

なお、実際のサービスにあたっては、車載の自律センサを基本に、通信が加わる形になる。ゆえ に、狭域通信と広域通信の関係だけでなく、自律センサとの間でもどのように補完等すべきかを考 える必要がある。

### 3) 広域通信併用ユースケース例の選定

SIP 等の検討を参考に、かつ、広域通信併用のメリットを鑑みユースケースを検討した。図 2.4 に検討ユースケースの一部を掲載する。

No	想定ユースケース	場所	扱う情報の例	主な情報利用者、利用レベル	受益者	メリット
1	自専道出口付近で隊列情報を活用した自専道退出支援	自専道	【広域】隊列の大まかな存在情報(出口付近で考慮すべき隊列の存在) 【狭域】隊列のリアルタイムな情報(位置、速度、隊列車両特定等)	一般車両(非隊列)への情報 提供/注意喚起	一般車両隊列	シームレスなサービス提供
2	道路上の注意事象情報提供	一般道/自専道	【広域】ビッグデータを活用した具体的な道路 状況 【狭域】車両が検知した道路異常のリアルタイ ムな情報	一般車両への情報提供	全ての車両(情報提供し た車両を含む)	シームレスなサービス提供
3	合流車両と本線走行車両のマッピング と管制制御による合流支援	一般道/自専道	【広域】合流・本線走行車両の存在情報(位置、速度)、本線走行車両(遠方)への管制指示 (実域】合流車両と本線走行車両(合流的付近)への管制指示	一般車両への管制	全ての車両	シームレスなサービス提供
4	飛び出し可能性がある歩行者の存在 通知	一般道	【広域】歩行者の大まかな存在情報 【狭域】歩行者のリアルタイムな情報(位置、 画像)	一般車両への情報提供	全ての車両	シームレスなサービス提供
5	急制動防止のための停止車両の存在把握	一般道	【広域】周辺車両の情報(位置、速度、ルート)、信号制御情報、渋滞・車列の予測情報 【狭域】急ブレーキをした車両のリアルタイムな情報	一般車両への情報提供	全ての車両	シームレスなサービス提供
6	緊急車両の走行ルート考慮型FAST	一般道	【広域】緊急車両のルート情報 【狭域】緊急車両の車両情報(位置、認証 ID、方向指示器等)	都道府県警察の交通管制	緊急車両 一般車両	サービス実現性向上 シームレスなサービス提供
7	事故現場状況の記録・通報サービス	一般道/自専道	【広域】事故現場の画像/映像 【狭域】事故車の車両情報	事故現場の周辺車両の通報・記	事故車両 警察・消防 保険会社など	サービス実現性向上 シームレスなサービス提供
8	隊列が分割した場合の再形成	自専道	【広域】分割した各隊列の情報(位置、速度)、再形成する予定地点 【狭域】隊列再形成に必要な情報(相手の特定、認証、位置、加速度、連結順等)	隊列に参加している車両への情 報提供	隊列	サービス実現性向上
9	隊列走行のセキュリティ、認証、課金	自専道	【広域】車両点検状況の参照と認証、課金情報 (接域】隊列形成に必要な情報(相手の特定、認証、位置、加速度、連結順等)、課金 情報の正当性検証	隊列に参加している車両への認 証、課金	隊列	サービス実現性向上

図 2.4 広域通信併用ユースケース例

本章で扱うユースケース例の選定にあたっては、対象シーンにおける課題を解決するにあたり、 通信を用いることが、「通信以外の手段を用いるよりもメリットがあること」に加え、「広域通信併 用が期待できること」を条件とした。逆に、対象シーンにおける課題に対して、通信以外の手段や 既存サービスによる対応が適しているもの、通信以外の課題点が大きい、要求するコネクティッドカーの普及率が高い等の場合は選定していない。選定していないユースケースは付録 A.4 記載した。

選定したユースケースは以下の5つである。

- ①高速道路出口付近の車群存在情報
- ②道路上の注意事象情報
- ③緊急車両の走行ルート考慮型 FAST
- ④事故現場状況の記録・通報サービス
- ⑤隊列走行のセキュリティ、認証、課金

この5つのユースケースで考えられる利用形態や課題は以下の通りである。

### 2.2.1 ユースケース 1 高速道路出口付近の車群存在情報

#### 利用形態

高速道路においてトラックドライバの負荷軽減や燃費改善が期待できる隊列走行が検討されている。隊列走行では車載の自律センサ、狭域通信などを使って比較的短い車間で大型車が連なるため、隊列走行車群が高速道路の出口付近を走行する際に、隊列走行車群の隣のレーンを走行する周辺車両の退出が困難になる(図 2.5)、もしくは、周辺車両が隊列走行車群の車両間に車線変更し隊列が分断されることが考えられる(図 2.6)。これは、周辺車両が隊列走行の存在を認識できない状態で並走や追い越し試みることで発生する。一旦隊列走行が分断されると、交通状況によっては走行中に元に戻すのは困難と考えられる。また、無理な割り込みによる事故の発生も考えられる。そこで、出口付近の隊列走行車群の存在を周辺車両へ通知することで、周辺車両に対して事前の車線変更や、隊列走行車群を追い越さないよう促す仕組みが考えられる(図 2.7)。

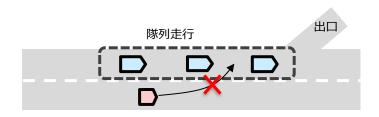


図 2.5 隊列走行が出口付近にいる場合の周辺車両の車線変更困難な状態

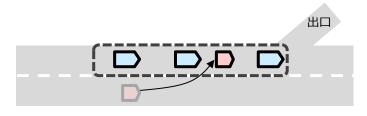


図 2.6 隊列走行が出口付近にいる場合の割り込み

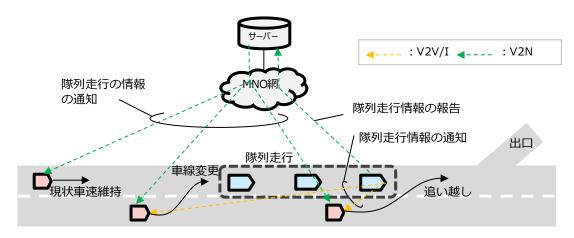


図 2.7 V2V, V2N を用いた隊列走行の通知

通信を使用しない場合の通知方法として、電光掲示板による隊列走行車群の存在通知が考えられるが、表示可能な情報量に限度があることに加えて、設置場所が限られているため、隊列走行車群の規模や位置に関する正確な情報をリアルタイムに把握することが困難である。通信を使用する場合、隊列走行車群の情報を周期的に配信することで、周辺車両は隊列走行車群の規模や位置を逐次把握できる。その情報を活用して、車群の追い越しや車線変更のタイミング、及び車両速度を調整することで、自車の運転計画に沿った走行及び交通流全体の円滑化への寄与が期待できる。

通信形態としては、狭域通信(V2V)と広域通信(V2N)の併用が想定される。V2V では、隊列走行車群との距離が数百 m 程度の車両に対してリアルタイム性の高い車群の情報の通知や、車群最後尾車両の特定、追い越しすべきでないことの通知等ができる。さらに V2N を併用すると、図 2.7 に示すように、サーバ上で隊列走行の位置を把握することで、隊列走行からの距離が数百 m~数 km の範囲の車両に対しても隊列走行の存在を通知できる。そのため、図 2.8 に示すように、交通量の増加に伴い隊列走行車群の後方に一般の車両が連なり、隊列走行車群の認識が難しい状況等、においても効果が期待できる。

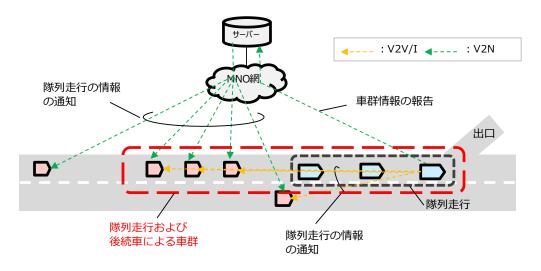


図 2.8 隊列走行の後方に周辺車両が連なる場合

### 性能

緊急性を有する通知ではないため、隊列走行車群の数百 m 程度の範囲においては、狭域通信の遅延性能で対応できると想定する。広域通信に関しては、隊列走行車群との距離が数百 m~数 km 範囲の車両に対する通知のため、数秒オーダー以上の遅延が許容できる可能性がある。性能要件を満たせない場合(通信混雑時・機器故障時・ネットワーク障害時など)の扱い・対策に関する検討が必要である。広域通信の場合、モバイル事業者ごとのサービスエリア差異に関する対応も検討が必要である。

### 標準化

本ユースケースを提供するためのメッセージフォーマット、通信プロトコルなどの標準化および相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。また、V2Nでの情報配信に関して、サーバにおける隊列走行車群の存在の収集・管理・配信方法や情報配信のエリア区分を統一化するガイドラインなども検討が必要である。V2Vに関しては、既存システムではなくPC5で実現しようとした場合には、国内で利用可能な周波数は2021年1月現在では存在しないため、周波数割当てに関する検討も必要である。通信仕様・周波数双方の観点で既存システムの拡張・共存や、将来的な拡張への柔軟性などを考慮した設計が必要である。また、V2VとV2Nを併用する場合、両者で配信される情報を整合させる対策、不整合が生じた場合の受信車両側の取り扱い、及び隊列走行車群の存在を通知された際における車両の速度調整などの車両動作に関するガイドラインなども検討が必要である。

### <u>法規認証上の取り扱い</u>

本ユースケースは自動運転制御への反映も想定したものであり、どこまで車両や部品としての 認証・検査の対象にするか、必要な場合どのように認証・検査するか明確化が必要である。

# セキュリティ・プライバシー

情報の真正性の保証、その責任所在が重要になる。本ユースケースでは、情報提供元の車両の認証が必要である。認証されていない機関からの情報や改ざんされた情報が配信されないよう、例えば配信情報への電子署名埋め込みや、情報の提供元・情報配信サーバ・情報受信車両の間でのセキュアな接続を利用することが考えられる。また、配信制御のための車両トラッキングによるプライバシー問題の検討も必要である。

### 2.2.2 ユースケース 2 道路上の注意事象情報

### 利用形態

道路に凍結や落下物等、危険な状態がある場合、ドライバや車両がそれに気づかずにスリップ・ 衝突が発生、もしくは、その検知が直前になることで急停車や急ハンドル等の操作が必要となり、 後続車や周辺車両との衝突事故などが発生する恐れがある。

通信を用いない場合は事前に電光掲示板等で車両に通知することが考えられるが、時間経過による状態の変化の検知が困難なことや、設置場所が限られるという課題がある。そこで、インフラセンサや、危険個所を通行する車両のカメラ、センサ、横滑り防止装置の動作状況等で道路上の危険を感知し、その情報を対象の場所に接近する他の車両に通信を利用して伝達することで、ドライバに注意や事前の速度調整、経路の変更を促す仕組みが考えられる。

通信形態としては、狭域通信(V2V/V2I)と広域通信(V2N)の併用が想定される。近隣の車両へは直接通信にて情報通知を行い、遠方の車両へはサーバにて情報を集約し、広域通信での情報通知を行うことが想定される。V2V/V2Iでは、該当箇所から数百 m 程度の車両に対して差し迫った危険を回避するためのリアルタイムな情報通知が可能である。一方、V2Nでは数百 m~数 km まで通知ができることや、気温の変化予測等、車両以外のデータ等の利活用も併せ、より広範囲かつ豊富な情報提供が可能となり、余裕を持った経路選択、速度調整が可能となる。

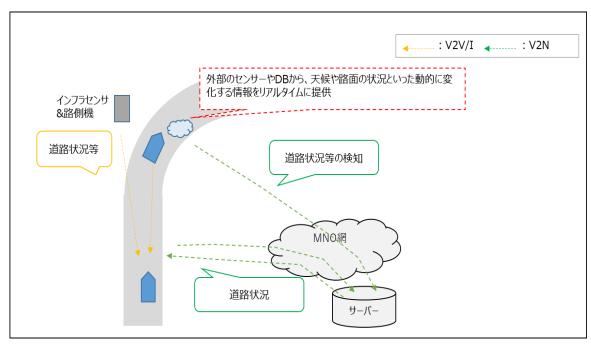


図 2.9 道路上の注意事象情報の概要

### 性能

本ユースケースで取り扱う、凍結や落下物といった情報は、数秒のオーダーで変化する事象とは 想定されない。また当該箇所近接への情報通知は狭域通信にてカバーされるため、広域通信では車 両の経路情報から対象箇所より十分後方の車両への配信が想定され、数秒オーダー以上のシステム 遅延が許容できる可能性がある。このため遅延要求および広域に対する要求から、既存セルラーの 活用が期待できる。

### 標準化

本ユースケースを提供するためのメッセージフォーマット、通信プロトコルなどの標準化およびセンサ、車両を含めた相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。また提供された情報のドライバへの通知方法についてガイドラインの整備が必要である。凍結や落下物の検出方法として、インフラでのカメラ、温度、凍結センサや、車両の車載カメラの利用や横滑り防止装置の動作から検知することが考えられる。広域通信の場合、このようなインフラや車両の情報とサーバ側で取得する気候情報や道路情報を合わせて、遠方車両への通知情報を生成することが想定されるが、各センサの情報からどのように事象を判断するかを検討する必要があり、メーカ間でばらつきが出ることに考慮が必要である。

## セキュリティ・プライバシー

情報の真正性の保証、その責任所在が重要になる。本ユースケースでは、情報提供元の機関および車両の観点での認証が必要である。認証されていない機関からの情報や改ざんされた情報が配信されないよう、例えば配信情報への電子署名埋め込みや、情報の提供元・情報配信サーバ・情報受

信車両の間でのセキュアな接続を利用することが考えられる。また、配信制御のための車両トラッキングによるプライバシー問題の検討も必要である。

### 2.2.3 ユースケース 3 緊急車両の走行ルート考慮型現場急行支援

### 利用形態

緊急車両が目的地に向けて走行する際、交差点付近が混雑している場合に、一般車両側が緊急車両を認知できても退避するスペースがない場合や、対向/直交する車線の車両が緊急車両を認知しにくい場合があり、緊急車両が交差点やその周辺をスムーズに優先通行できないケースがある。実用化済みの現場急行支援システム (Fast Emergency Vehicle Preemption Systems:以下、FAST)・公共車両優先システム(Public Transportation Priority Systems:以下、PTPS)では、緊急車両や路線バスが光ビーコンと通信をすることで、対応する信号機を点又は路線で優先制御制御できる。V2Nを活用することで、緊急車両の走行予定ルートや大まかな現在地・車速等を定期的に交通管制センターへ伝え、ルート上の信号機をより適切に制御する仕組み (例えば、右左折先の交差点も含めた優先制御など)が考えられる。一方、優先制御の対象範囲を広げることで一般交通流への影響も大きくなる可能性があることから、セキュアな優先制御の実施と、緊急車両が交差点とその周辺をより短時間に通過し交通流への影響を抑える対策も併せて考慮すると、V2I によって、ルート上の交差点付近に緊急車両が実在していることの確認や、右折予定の交差点で緊急車両の右折意図(ウィンカ等)に連動した右折矢印への切り替え、交差点通過をリアルタイムに捉え FAST 制御を早期終了させること、V2V/I2V によって、周囲の一般車両に緊急車両のルート/存在と信号機の FAST制御の実行を理解した運転を促す、などの仕組みが考えられる。

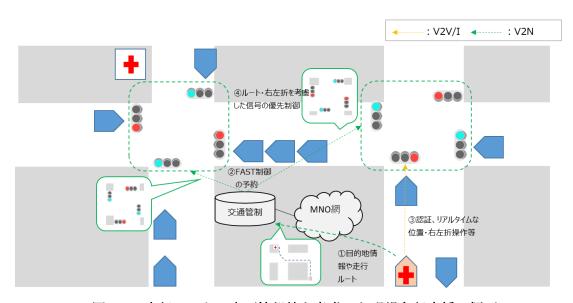


図 2.10 走行ルート、車両情報等を考慮した現場急行支援の概要

### 走行ルートの決定方法

(1) 車両で走行ルートを設定する場合

車両側で FAST 制御に活用する走行ルートを算出する場合、FAST 対応の交差点の情報、リアルタイムの渋滞情報や最新の地図情報等を保有する必要があり、広域通信によりそれら情報を配信する運用体制を整備する必要がある。またそれらの情報を活用して車両でルート算出が可能な機器の開発が必要。FAST 対応交差点のデータベースや計算アルゴリズムを更新にアップデートする必要があること、それらにメーカ間のばらつきが発生する可能性があることに考慮が必要。

(2) サーバで走行ルートを算出する場合

サーバで走行ルートを算出する場合、走行ルート算出に必要な情報を入手できるよう交通 管制や他のサーバと接続された環境が必要となる。車両は目的の情報を広域通信により送信 し、サーバはルートを算出した後、車両と交通管制センターへその情報を送信するような方法 が考えられる。

# 性能

広域通信についてはルート情報、大まかな現在位置の伝達での活用であり、数秒オーダーの遅延が許容できる可能性がある。また、サービス提供範囲については、緊急走行開始地点(救急車であれば現場等)をカバーしている必要があり、既存セルラーネットワークを利用する場合、モバイル事業者ごとのサービスエリア差異に関する対応も検討が必要である。性能要件を満たせない場合(通信混雑時・機器故障時・ネットワーク障害時など)の扱い・対策に関する検討が必要である。広域通信の実装方法によっては位置情報の精度についても検証が必要である。

狭域通信については、セキュリティ対策や右左折意思の伝達での活用であり、数百 ms オーダーの遅延が許容できる可能性があるが、無線区間だけではなく、有線区間の伝送路遅延、サーバの処理時間等を考慮した設計が必要である。性能要件を満たせない場合(通信混雑時・機器故障時・ネットワーク障害時など)の扱い・対策に関する検討が必要である。

#### 標準化

本ユースケースを提供するためのルート、認証、高度な信号制御等のためのメッセージフォーマットや通信プロトコル、各モバイル事業者網から交通管制センターにつなぐインタフェース、FAST対応交差点のデータベース等の標準化、および相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。これら標準・試験等の運用・維持管理等にかかる体制も必要である。

### <u>セキュリティ・プライバシー</u>

情報の真正性の保証と、その責任所在が重要になる。認証されていない機関からの情報や改ざん された情報が交通管制に反映されないよう、通信面だけでなく、機器の製造・販売等における全て のフェーズでセキュリティの確保が重要である。

2.2.4 ユースケース 4 事故現場状況の記録・通報サービス

### 利用形態

従来から重要交差点などにはその交通状況の確認のため、カメラやセンサなどが設置されているが、ADASシステムや自動運転車両の普及により、カメラやレーダ等のセンサが取り付けられている車両が増加してきている。つまり、車両のセンサ情報を活用することで、道路状況を把握できる範囲を広げられる可能性がある。通信を使わない場合には、自車のセンサ情報を活用することで、検知エリア内の異常事態を検出することができるが、検知エリア外の情報を入手することができない。一方、通信を利用して他車のセンサ情報を集約・解析・配信する事で、事故地点から離れた場所を走行している車両に対しても異常事態に関する情報を提供する事が可能となる。また、ADASや自動運転に資するセンサは搭載されていないが、通信装置は搭載されている車両(コネクティッドカー)に対しても情報提供が可能となることから、事故地点手前から広い範囲での通知により、円滑に事故地点を通過する事が可能になると考えられる。つまり、通信の活用により、より多くの道路上で発生する異常事態、発生場所、原因等を特定し、早期に通知する事が可能となる。

通信形態としては、狭域通信(V2V)と広域通信(V2N)の併用が想定される。V2V では後続車 両に自車が検知した異常事態や緊急ブレーキの使用といった情報を通知するユースケース、それら 通知情報を受信した周辺車両が緊急事態などの発生を検知し、どの車両が状況記録に適した位置関 係にいるかを判断する等、情報配信と V2N 情報収集のトリガでの利用が想定される。一方、V2N は情報収集及び配信の両方での利用が想定される。収集の場合、ネットワーク上に広範囲に設置さ れた機器(サーバ)での収集が可能となる。例えば、高性能サーバにデータを集約する事でより詳 細な画像解析が可能となり異常事態の種別や規模などの属性を認識する事が可能となる。また、広 範囲な情報を収集する事で、衝突事故等が発生していない落下物、駐車車両などを要因とする渋滞 発生を予測する事も可能になる。この場合、サーバが異常事態発生の可能性が高いと判断すると、 その周囲に設置されたインフラセンサや車両からの情報収集を指示して収集。そのデータを解析す る事でより異常事態発生及び属性をより高い確度で検知できるようになると考えられる。また、 V2N を使った配信では、車両もしくはサーバで認識した異常事態の情報をその属性に応じて、適切 な配信先へ配信する事が可能となる。例えば、異常事態による渋滞が予測される場合、V2N 経由で 数 km 以上手前を走行している車両に配信し、受信した車両はその情報を元に迂回路選択などへの 活用が可能となる。さらに、異常事態の属性に応じて、警察、消防、道路管理者、保険会社等適切 な関係者への配信が可能になると考えられる。

関係者への配信については、固定回線を使っての配信はもちろん、移動体(パトカー、道路管理 車両など)への配信については V2N が使われると想定している。

### 異常事態の検知方法について

本システムにおいて異常事態の発生を検知する方法は重要である。今回の検討では以下の2つの 検知手法を想定している。

### (1) 車両からのプローブデータで判断する場合

コネクティッドカーから収集されるプローブデータを解析し、その時点、場所での通常時のプローブデータと比較する事で通常と異なる状況を検出する。異常発生現場に近い車両のプローブデータがあれば精度良く検知できる可能性がある。

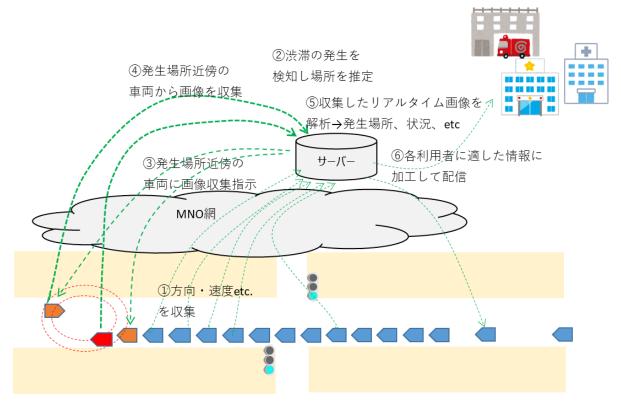


図 2.11 プローブデータを用いた異常検出例

### (2) 車両の異常事態検知システムを使う場合

車両に搭載されたセンサで、エアバッグ展開や閾値以上の加速度を検知してセンターに通知する自動緊急通報システム(E-call)や、緊急ブレーキを検知して周囲の車両に通知する緊急電子ブレーキライト(EEBL)システムが既に実用化されている。これらの情報を異常事態発生の検知に活用する事で、正確な位置情報を検知する事ができる。一方で、急制動などを伴わない「路上落下物の回避等」によって引き起こされる渋滞については異常と認知されないと考えられる。

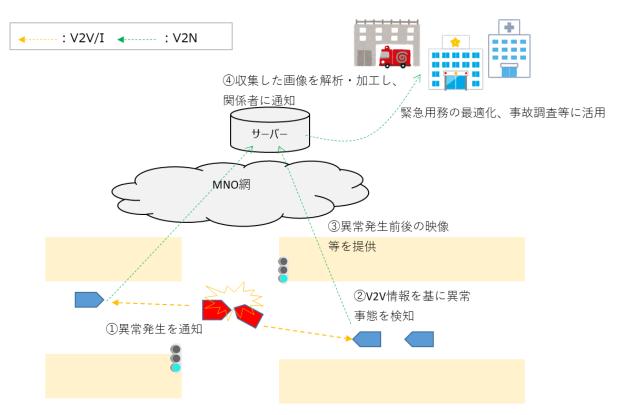


図 2.12 V2V を用いた異常検出例

### 性能

EEBL等、異常事態発生の情報を周囲の車両に通知する場合には低遅延が要求されるが、受信する車両が事故現場に到達するまでの距離に応じて許容遅延は拡大できる可能性がある。V2Nを使い広く情報を収集、配信する場合にはその用途に応じて遅延時間が個別に設定される。つまり、事故発生の一報を低遅延で配信する場合と、その後事故現場周囲の情報を収集、解析した結果(事故の要因、種別、予測される影響度など)を詳細情報として配信する場合には異なる遅延時間が設定される。また、一般的に通信混雑時や機器故障時など性能要件を満たせない場合の取り扱い、V2Nを使う場合には、そのモバイル通信事業者毎のサービスエリアの差異等への対応について検討が必要となる。

### 標準化

事故や渋滞の発生を検知するために、車両プローブデータや e-call 通信など現在特定用途で利用されているデータを活用する場合には、その実現に向けたプロトコル、メッセージフォーマットの標準化が必要となる。

サーバからの指示を受け異常事態が発生した現場の情報を収集する場合、やりとりするデータ の仕様、フォーマットに付いての標準化が必要となる。

収集した情報を解析した結果の提供を受ける企業、官庁(警察・消防・道路管理者・保険会社など)が混在するケースにおける配信に関する仕組みを構築する必要がある。

### セキュリティ・プライバシー

情報の真正性の保証とその責任所在を明確化する必要性があるため、情報収集時には、認証されていない利用者や機関からの情報に対する一定の制限付与などの対応が必要となる。また、配信の際にも認証されている機関からの情報が配信されないようにする対策が必要となる。

また、インフラカメラや車両から収集した画像データを様々な用途(警察や保険会社への提供) に使う際の法整備が必要となる。

## その他

本ユースケースにおける異常事態を検知するために、(1)車両プローブデータの解析、(2)E-call や EEBL 等既存のシステムによる検知を想定しているが、これらのデータを共用する仕組みの構築、データを解析するサーバ設置・運用についてのスキームを構築する必要がある。また、情報を提供する利用者は機器導入や通信費用にてコストを負担する事となる。本システムを広く普及させるには、情報提供者並びに収集、解析、配信する参加者がモチベーションを維持できるようなビジネスモデルの構築が必要と思われる。

2.2.5 ユースケース 5 隊列走行のセキュリティ、認証、課金

### 利用形態

隊列走行では、複数の車両が互いに車間距離を縮め、前方の車両の挙動に対して細かく追従するため、車両のセンサ、ブレーキ、自動運転プログラムなどの性能が担保されていること(評価、点検等)等の条件を満たした信頼度の高い車両のみを隊列走行に参加させるようにする必要がある。また隊列前方の車両に比べて後方の車両は空気抵抗が低減し燃費改善を見込めることから、隊列走行に参加する車両間で運送コストを均等化(課金情報の交換)をする仕組みによって、利用者間の公平性確保につながる可能性がある。この場合、広域通信は隊列走行参加の認証や、課金情報管理を、狭域情報は隊列走行の相手特定、位置精度等の信頼度情報、追従制御に加え、燃費改善効果・課金情報の算出・検証等に用いることが想定される。

### 性能

広域通信については、本ユースケースで取り上げる隊列走行へ参加するための車両の認証や隊列走行の終了後の課金情報の収集は、隊列走行の運転時の操作には無関係なので、数秒オーダー以上の遅延が許容できる可能性がある。他方、隊列走行の開始や終了が様々な場所で行われる可能性があるので、広域に情報伝達できることが必要である。遅延要求および広域に対する要求から、既存セルラーの活用が期待できる。狭域通信については、前方の車両の特定や追従制御するために必要なリアルタイム性が既に高く(実現する車間によるが、例えば100ms 周期等のオーダー)、追従が実現できていれば、他の用途向けの性能は達成されることが想定される。

### 標準化

隊列走行が、単一運営会社や特定のアプリケーションプログラムで行われる場合は、競争領域のサービスとして標準化が不要となる可能性がある。隊列走行が、種々の運営会社や種々のアプリケーションプログラムで行われる場合は、本ユースケースを提供するためのメッセージフォーマット、通信プロトコルなどの標準化および相互接続性を担保するための試験や認証に関する検討が必要である。車両のセンサ、ブレーキ、自動運転プログラムなどや課金条件についてなどどのような条件を満たせば、隊列走行に参加できるかを運営的に決定するのか標準化や法令化等の検討が必要である。

# セキュリティ・プライバシー

隊列走行に関して、隊列走行に参加する車両間で確保すべきセキュリティ・プライバシーの程度について検討が必要である。同一運送会社などに限定した場合は、より多くの情報を共有でき、任意の車両間での隊列走行では、セキュリティ・プライバシーをより考慮した情報共有が必要となる。本ユースケースの隊列走行に関する車両の認証や課金に関しては、車両とネットワーク上のサーバ間での広域通信において、個々の車両とサーバとが、ユニキャストで通信することで他の車両からの傍受を防ぎ、セキュリティおよびプライバシーは通常のセルラー通信と同様に守られると考えられる。

#### 2.2章 まとめ

広域通信併用ユースケースは、狭域通信、広域通信を単独で用いる場合と比較して、シームレスなサービス提供による嬉しさ向上、サービスの実現性向上といったメリットが見込める。

実現にあたっての技術的な課題は、狭域通信と広域通信それぞれの課題への対応とそれらを併用するためのアプリケーション開発の必要があるため、課題数は多くなる。技術的な課題は、サービス要件を達成可能な設計、必要な検証の実施、アプリケーションの作り込み等により解決することが考えられる。一方、併用によってサービスの関係者(情報を発信、分析、配信する人、受益者など)が広がるため、サービスの体制やビジネスモデルの構築が難しくなることが考えられる。特に、情報発信者と主たる受益者が一致しない場合、ユーザの受容性、ビジネス面が課題である。いずれの場合にせよ、関係者と密に連携し議論・検討することが肝要である。

# 第3章 通信アーキテクチャ

本章では、まえがきに示したセルラーV2X の全体構成の各要素について概説し、さらに狭域通信 (V2V/V2I/V2P)、広域通信 (V2N) のアーキテクチャについて LTE を例に説明する。

### 3.1 システム構成

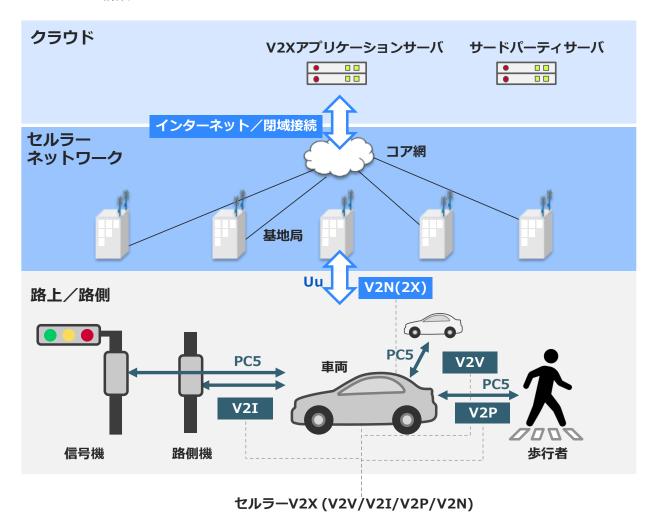


図 3.1 セルラーV2X 全体構成(再掲)

### 車両

車両は GPS、CAN や車載センサから取得した情報などを他の車両やネットワーク上の V2X アプリケーションサーバなどに送信する。車載アプリケーションは狭域通信(PC5)・広域通信(Uu)の 2種類の通信インタフェースいずれかまたは双方で V2X メッセージを送受信するよう制御する。受信した情報は、車載アプリケーションを介してドライバないし自動運転 AI に対し通知される。端末コストなどの観点で一方の通信インタフェースのみをサポートする車載器や、ITS コネクトのような DSRC を備えた車載器の可能性も検討する必要があるが、まずは狭域通信・広域通信の両方を持った端末を想定する。

### 路側機

路側機は路側センサや近傍の信号機と接続される可能性がある。本書では基地局機能を有する装置は路側機と呼ばず、路側機とは端末型の装置で狭域通信機能ないし広域通信機能を有する装置を指す。例えば、路側機の形態として狭域通信を主たる通信手段として用い、基幹通信網・基幹サーバとの接続の用途で専用線や広域通信のインタフェースを用いるものが考えられる。また同様の構成で信号機や路側センサの情報を基地局から情報配信する I2N2V の形態も実現できる。インフラコストを考慮して、路側機は面的なサービス提供ではなく交通の要所でのスポットサービスとしての利用を想定する。

### 歩行者

歩行者が持つスマートフォンなどの端末は、狭域通信ないし広域通信で周辺の車両と接続する。 主たる目的は歩行者の存在情報を車両に通知することである。バッテリー消費や端末コストなどの 観点で一方の通信インタフェースのみをサポートする端末も存在し得るが、ここでは狭域通信・広 域通信の両方を持った端末を想定する。

# V2X アプリケーションサーバ

V2X アプリケーションサーバとは、端末(路側機、車両、歩行者)同士の間で、2章で述べたようなユースケースのための情報の収集、提供、中継、蓄積を行うサーバである。実装、負荷分散や役割分担の観点で複数のサーバに分割して運用される可能性がある。サードパーティサーバ(後述)から受信する情報の配信を担うことも考えられる。V2X アプリケーションサーバと端末との間は基地局およびコア網で構成されるセルラーネットワーク経由で接続される。基地局を経由した車車間通信(V2N2V)を例に取ると、通信は車から V2X アプリケーションサーバ、V2X アプリケーションサーバから車の 2 つに分割され、端末観点では通信対象は V2X アプリケーションサーバとなる。V2X アプリケーションサーバとサードパーティサーバとの間はセキュリティや通信性能などの要件に応じてインターネットないし専用線のいずれかで接続される。

#### サードパーティサーバ

サードパーティサーバとは、例えば信号情報、工事情報、規制情報、ダイナミックマップなどの情報をV2Xアプリケーションサーバに提供するサーバであり、インターネットないし専用線でV2Xアプリケーションサーバと接続される。

### 3.2 狭域通信 (V2V/V2I/V2P) アーキテクチャ

狭域通信には広域通信との干渉を避けるため専用周波数が用いられ、V2V/V2I/V2P それぞれの通信で共用または専用のサブチャネルで通信することを想定する。

### 3.2.1 プロトコルスタック

LTE における狭域通信を用いた V2V/V2I/V2P は共通の通信仕様を用いて実現され、V2V/V2I/V2P それぞれに対するサービスは上位のアプリケーション層で実現される。図 3.2 にプロトコルスタックを示す。プロトコルスタックは制御系の情報をやり取りする C-plane のプロトコルスタックとユーザ情報のやり取りを行う U-plane のプロトコルスタックがあるが、U-plane のプロトコルスタックにフォーカスして紹介する。物理層から PDCP 層6までが 3GPP で仕様化されており、それ以外の上位層は他の標準化団体の ITS 仕様を利用する形態となる。国内で仕様化されていないユースケースを実現する場合は新たに上位層の仕様を作成する必要がある。また、V2N が IP ベースの通信であったのに対して、狭域通信は周辺端末に対するブロードキャスト通信が主たる用途となるため、Non-IP での通信が基本となる。

V2X Application		
Message/I		
TCP/UDP	Non-IP	Security
IP	Transport/network (e.g., IEEE/ETSI)	
PDCP		
RLC		
MAC		
PHY		

図 3.2 狭域通信のプロトコルスタック

### 3.2.2 通信アーキテクチャ

LTE V2X の狭域通信では、セルラーインフラへの利用度に応じて様々な運用形態が可能となっている。図 3.3 に運用形態の例を示す。セルラーインフラ利用に関わる主な機能として、パラメータ管理と送信無線リソース選択の 2 種類がある。

<sup>6</sup> LTE 方式における無線インタフェースのレイヤ 2 におけるサブレイヤの 1 つで、秘匿、正当性確認、ヘッダ圧縮などを行うプロトコル

#### パラメータ管理

#### 通信ルール:端末の直接V2V送信方法

周波数、送信リソース候補、輻輳時の変調方式・符号化率等

#### 通信ルール設定の配布方法

低頻度 出荷時/車検時

アプリ実装によるLTE回線経由などでのエアー更新

• 携帯基地局からの指示 高頻度

#### 認証・セキュリティ

- V2X通信はIEEE 1609.2などのアプリケーションレイヤの認 証・セキュリティを流用(11pベースITSと同様)
- V2X通信は長期に渡り利用される機能のため、認証・セキュ リティ情報の更新が必須

#### V2X認証・セキュリティ情報の配布方法

低頻度 · 出荷時/車検時

• アプリ実装によるLTE回線経由などでのエアー更新 高頻度

#### 送信無線リソース選択

2種類の無線リソースの利用方法があり、 割り当て最小単位は1 ms × 180 kHz

### 1. 端末自律無線リソース選択 (mode 4)

端末が送信リソースを自律的に選択して送 信(圏内・外)



端末が自律的に送信リ ソースを決定

# 2. 基地局無線リソース割り当て(mode 3)

携帯基地局から端末ごとの送信リソースを 割り当て(圏内のみ)





決定に従い 送信

図 3.3 狭域通信の運用形態

本書では基地局エリア外でも狭域通信が利用可能なよう、セルラーインフラへの依存性が低い自 律分散型の運用形態 (図面赤枠) を説明する。この形態では狭域通信のパラメータが事前設定 (Preconfigured [40]) されており、端末内に格納された地域毎のパラメータに基づいて端末が現在地で 利用可能なパラメータに基づいた狭域通信を行う。Pre-configuration では無線パラメータが経度・ 緯度ポリゴン毎に設定可能となっており、国ごとに異なるパラメータを設定したり、都市部と郊外 などエリア条件に合わせた通信設定の最適化したりすることも可能である。複数ユースケースを提 供する場合のユースケース毎の無線パラメータ設定・管理もこの仕組みを利用して実現することが 可能である。送信無線リソース選択はセンシングに基づく端末自律モード(Mode 4)を用いる。

パラメータの配布は端末出荷時に限定することも可能であるが、長期運用の中でパラメータ変更 が必要になるケースも考えられる。そのためパラメータの更新も可能であることが望ましい。想定 される狭域通信用のパラメータの変更頻度に応じて、パラメータ管理サーバからセルラーネットワ 一ク経由で配布するか、運用管理機関を設けて入庫メンテナンスを前提する運用とするか、または 通信仕様として規定するかなどの実現形態を決定する必要がある。セルラーネットワーク経由での パラメータ配信においては図 3.4 に示す通り、アプリケーション層でパラメータ配布を行うことも 可能であり、セルラーネットワークに特別な機能は必要ではない。

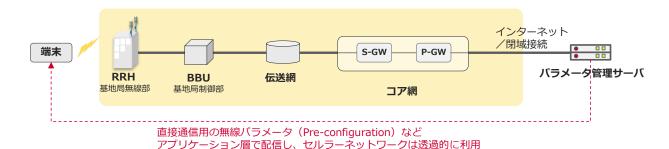


図 3.4 狭域通信用パラメータのセルラーネットワーク経由での配布

LTE V2X の狭域通信は同期システムであり、端末間同期のために GPS(もしくは他の GNSS)、基地局同期信号、端末間同期信号の 3 種類を組み合わせて利用可能である。 V2X では GPS から取得した端末位置を送信することも想定されるため、 GPS を主たる同期ソースとしても利用することが想定される。日本は国土の 2/3 が山地でありトンネルが多く、トンネルの総延長距離は 4,620 kmに及ぶ[41]。トンネル内では GPS が受信できないため GPS 同期以外の同期方法の必要性についても議論が必要である。

### 3.2.3 セキュリティ

前述の通り、狭域通信(V2V/V2I/V2P)では他の標準化団体で規定されたアプリケーション層のセキュリティを適用することが前提となっている。多くの ITS 仕様ではアプリケーション層でのセキュリティ・プライバシー保護のため、公開鍵暗号を利用した認証基盤である電子証明書方式(PKI: Public-Key Infrastructure)方式を用いている。 PKI に用いる電子証明書は認証局(CA: Certification Authority)により配布される。暗号の危殆化対策の一つとして電子証明書の OTA 更新を可能としておくことも考えられる。 PKI には CA の運用コスト、更新した証明書や失効証明書リストの配布コスト、車載器での署名検証処理コスト増加等の懸念点があるため、既存の ITS コネクト等で用いられる共通鍵の事前共有方式を使うことも考えられる。

### 3.2.4 複数 MNO 対応

図 3.3、図 3.4 に示した通り、ネットワークを介さない狭域通信を用いる V2V/V2I/V2P において、セルラーネットワークの専用機能を利用しない運用形態が可能である。パラメータ更新などでパラメータ管理サーバとの接続を行うためセルラーネットワークを利用する可能性はあるが、MNO 固有機能の利用は必須ではない。そのため契約 MNO が異なる端末間での V2V/V2I/V2P での相互接続性に問題が生じない運用が可能である。

#### 3.3 広域通信 (V2N) アーキテクチャ

V2N で用いる広域通信について、V2X 用の専用インフラを用いるシナリオも存在するが、インフラ投資・運用コストの現実性から、既存の MNO のインフラを利用することを検討する。この場合新たな周波数割当は必須ではない。その他、ローカル 5G [42] や米国の Public safety LTE のように専用周波数と共用周波数の中間的な周波数割り当ての運用形態も可能性があるが、まずは広く利用されている既存の MNO インフラ利用の形態を前提として検討する。以下では V2N の通信アーキテクチャ、プロトコルスタック、情報配信のために必要となる Geo-messaging について概要を説明する。類似の検討として[43][44]がある。

#### 3.3.1 通信アーキテクチャ

V2N を実現するためのセルラーネットワークのアーキテクチャについて LTE ネットワークを例に図 3.5 を用いて説明する。類似のアーキテクチャ例は 3GPP TS23.285[14]の Figure 4.2.1.1-1に もまとめられている。また詳細なアーキテクチャに差異はあるものの、同様の構成は 5G でも実現可能である。1 章で述べたとおり現在のセルラーシステムは基本的にユニキャストで運用されているため、以下では短期的に実現が見込まれるユニキャストでのアーキテクチャについて説明する。

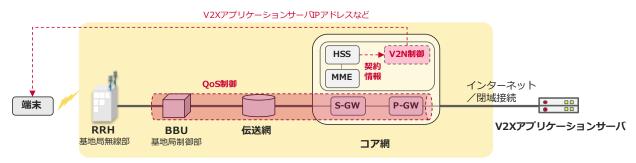


図 3.5 セルラーV2X のシステムアーキテクチャ例

V2N アプリケーションパケットは一般的なセルラー通信と同様に、端末と V2X アプリケーションサーバの間で基地局、伝送網(無線方式固有の通信網部分)およびコア網(無線方式非固有の通信網部分)を経由して接続される。加えて本アーキテクチャでは、V2X 独自の機能として、コア網内に V2X 制御用の機能が付加的に利用される可能性がある。本機能は、モバイル事業者独自の V2X 機能全般を担う論理的な機能である。モバイル事業者独自の運用パラメータの配布や V2X アプリケーションサーバの IP アドレス配布などが想定される。V2N 通信に対して QoS 制御を適用する場合を想定した QoS クラス識別子(QCI: QoS Class Identifier) も規定されている。ただし 1 章で述べたとおり、QoS 制御により完全な品質保証が提供できるものではない。また、狭域通信を用いる V2V/V2I/V2P にセルラーインフラの制御を利用するか、契約形態に応じて V2N サービスの提供有

無や内容を切り替えるかといった検討も必要であり、それらの場合は、HSS (Home Subscriber Server) に関係する契約情報を格納するかどうかの検討も必要となる。

### 3.3.2 プロトコルスタック

続いて V2N のプロトコルスタックについて図 3.6 の例を用いて概要を紹介する。なお同図では簡単のため S-GW を省略している。プロトコルスタックは制御系の情報をやり取りする C-plane のプロトコルスタックとユーザ情報のやり取りを行う U-plane のプロトコルスタックがあるが、U-plane のプロトコルスタックにフォーカスして紹介する。

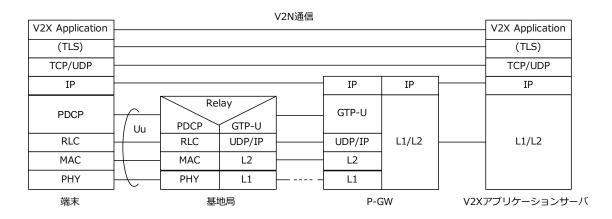


図 3.6 V2N プロトコルスタック例

LTE ネットワークは狭域通信を除きオール IP のシステムであり、IP パケットは P-GW を介して端末と V2X アプリケーションサーバの間で伝送され、途中の基地局や S-GW は透過的に接続される。IP より上位のプロトコルは 3GPP 仕様で特に定められたものはなく、要求条件に応じて IETF (Internet Engineering Task Force) などで規定されているインターネット標準や各地域の ITS 仕様を利用する必要がある。上位レイヤ仕様として定めるべき範囲、ガイドラインなどを規定すべき範囲の整理が必要である。

V2N2V のようにネットワークを介して端末間が通信を行う場合、少なくとも IP 層では端末は V2X アプリケーションサーバとの通信を行う。V2N2V のプロトコルスタック例を図 3.7 に示す。 簡単のため基地局・S/P-GW、および IP 層以下は省略した。

#### V2N/N2V通信

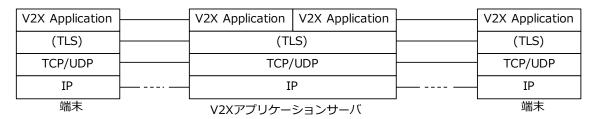
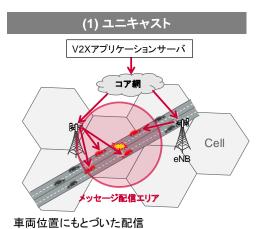


図 3.7 V2N2V のプロトコルスタック例 (IP より下位レイヤ省略)

この例では V2X アプリケーションサーバで端末との通信を終端し、V2X アプリケーションサーバが把握している交通状況に基づきパケット生成・配信を行う。ネットワーク側でのパケット終端・生成のための遅延は増加するが、V2N ないし N2V 通信の場合と同一のプロトコルスタックで実現可能である。MEC の形態によってはアプリケーションサーバが複数のネットワークインタフェースを持つ形態も考えられる。また Geo-messaging を行う中間レイヤを追加し、ネットワーク上側でパケットヘッダに付与された情報に基づいてパケットの複製・配信を行う形態も考えられる。

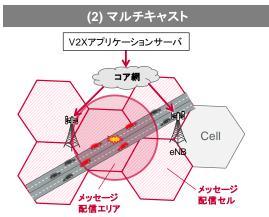
### 3.3.3 Geo-messaging

Downlink で端末に対して情報配信を行う際に V2X アプリケーションサーバ側で端末位置情報などに基づき配信対象を決定する処理が必要であり、これを Geo-messaging と呼ぶ。以下にその概要を示す。 Geo-messaging では図 3.8 に示すとおり、ユニキャストでは車両位置に基づいた配信、マルチキャストでは基地局カバレッジに基づいた配信判断が必要になる。 想定した車両に情報が配信されるようなガイドライン策定などとともに、下記に記載するような実装手段の詳細化が必要である。



単例12 直にもとういって配信V2Xアプリケーションサーバないしコア網による車両 位置のトラッキングが必要

▶ 端末の接続状態がIDLEの場合、Pagingによる広域でのNWからの呼び出しが必要



基地局カバレッジにもとづいた配信

- 勢力圏は基地局更新や周辺建物環境に応じて変化するため、広めのエリアでの配信が必要
- ▶ ネットワーク・端末の実装が必要
- > 容量削減のためには特定周波数でのDL配信が必要

図 3.8 V2N DL 配信における Geo-messaging

ユニキャストでの情報配信では配信エリアと端末 IP アドレスや車両 ID とのマッピング (DL の 宛先管理) を実施する必要があり、マルチキャストでは配信エリアに対する基地局のマッピングが 必要となる。模式図を図 3.9 に示す。ユニキャストではこれを V2X アプリケーションサーバで実施 する構成、コア網で実施する構成、いずれも考えられる。車両端末位置だけでなく、走行状態など も考慮して不要な通知を削減することも考えられる。マルチキャストでは配信処理をコア網内で実施する必要があるためコア網で宛先管理をする必要がある。

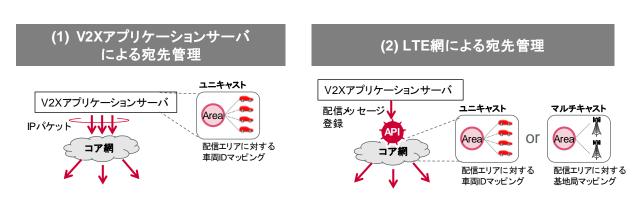


図 3.9 宛先管理の機能分担例

#### 3.3.4 セキュリティ

3GPP 仕様ではセキュリティとして、PDCP 層における無線区間の暗号化をサポートしている [45]。他、TLS (Transport Layer Security) など Web サービスでも利用されているセキュリティ 対策も利用可能である。狭域通信と同等のアプリケーション層セキュリティを利用することも可能 だが、V2N 通信におけるセキュリティ・プライバシー保護の要件について整理した上で必要なセキュリティを定義することが必要である。特に閉域接続の形態を取った場合は通信経路中の情報の改 ざん・傍受は困難であり、必要なセキュリティ・プライバシー要件に関する議論が必要である。

### 3.3.5 MEC および複数 MNO 対応

一般的にはセルラーネットワーク経由の通信はインターネット上のクラウドサーバとの間で行われるが、通信の低遅延化・高信頼化のため MEC (Multi-access Edge Computing) が利用されることも考えられる。インターネットを介さない P-GW 直結から基地局直結まで様々なレベルの接続形態が考えられる[46]。図 3.10 に MEC サーバの物理的な接続例を示す。基地局に近い位置に MEC サーバを設置するほど伝送遅延の削減効果やコア網の負荷低減効果は期待できるが、多数のサーバが必要となりインフラ投資・維持のためのコストが増加する。また、端末の移動に伴う MEC 切り替えや MEC 間協調に伴う遅延やオーバーヘッドも増加する。複数 MNO 回線にて MEC サーバを導入する場合、それぞれの MNO 内の MEC サーバと他 MNO 網との接続インタフェースについても検討する必要がある。例えば、MEC サーバは MNO 網毎の接続点で IP アドレスを持つ形態とな

るため、DNSによるMECサーバへの名前解決機能をMNO網毎に提供するなど、MECサーバに係るAPIをセルラーネットワークが提供することが検討されている[47]。以上を考慮すると、低遅延通信が狭域通信でカバーされる前提においてはV2NではMNO間での共通のインタフェースとなるクラウドサーバの形態や既存P-GWの外側にMECサーバを設置する形態から検討することが望ましい。MECをインターネット接続が許容されない外部システムとの閉域接続の目的で利用することも考えられる。

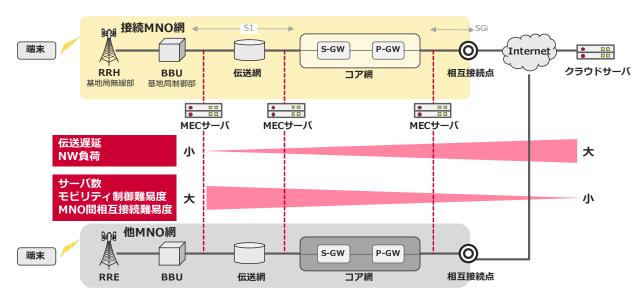


図 3.10 MEC サーバの物理的接続例

直接通信(V2I)と広域通信(V2N)を併用するユースケースの場合、路側機の接続するローカルサーバと各 MNO 網との接続点を検討する必要がある。相互接続点の箇所としては、基地局に近い箇所からクラウドサーバの形態まで想定されるが、この場合も MNO 網内の MEC サーバの接続と同様の課題が考えられ、クラウドサーバの形態や既存 P-GW の外側に MEC サーバを設置する形態から検討することが望ましいと想定される。

前述の特性を踏まえ、2章に記載した各ユースケースについて MEC の利用を検討する場合、設置位置とユースケースの適合性を考慮する必要がある。

図 3.10 の中で、下記 3 パターンの設置箇所について検討を実施する。パターン 1 は基地局の直下に MEC サーバを接続した場合で、伝送遅延は最も小さくなるが、必要なサーバ数やコストは最も多くなり、MNO 間や外部サーバとの相互接続の難易度も高い。パターン 2 は P-GW の外側に設置した場合であり、MNO 間の接続の難易度は比較的簡単になる。また外部サーバへ専用線を敷設し閉域網を構築する場合もこのパターンに分類する。パターン 3 としては低遅延となるように国内のクラウドサーバに設置する場合を考える。この際、クラウドサーバへの接続はインターネットを経由することを想定する。

各設置位置のおおよその片道伝送遅延について、基地局の直下にて数 ms、P-GW の外側で 20~30ms、クラウドサーバで 50ms 程度と想定される[48][49]。ここで、伝送遅延は無線部分を含まない通信遅延時間を意味する。各々のユースケースでのアプリケーション処理の時間や、ネットワーク構成および輻輳状態により、伝送遅延に加えて 100ms 以上の遅延が生じることがある。また、配信先車両の宛先特定等が必要なユースケースについては、この処理時間も考慮する必要がある。

2 章にて広域通信の利用が想定されているユースケースについて、MEC の設置箇所の適合性を考える。数秒以上の遅延が許容されているユースケース(車線変更支援/ルート選択、経路再選択、高速道路出口付近の車群存在情報、道路上の注意事象情報、隊列走行のセキュリティ、認証、課金)については、クラウドサーバが適用可能と考えられる。

続いて、車両への情報提供元が MNO 網外部のシステムであるユースケース(信号情報活用:信号管制センターから情報提供、緊急車両の走行ルート考慮型 FAST、事故現場状況の記録・通報サービス)の場合、基地局直下に MEC サーバを配置するのは外部サーバとの相互接続の観点から現実的ではない。そのため、インターネット上の外部クラウドサーバに VPN 接続をする形態が考えられる。一方、セキュリティの観点インターネットとの接続が許容されない場合、閉域網の構築のために、P·GW の外の MEC サーバを利用することも考えられる。

許容遅延時間が数百 ms であり、狭域通信と広域通信を併用する可能性のあるユースケース(車両退避支援、信号情報活用:信号機から情報提供)について、V2V もしくは V2I 狭域通信が低遅延の領域をカバーする前提とすると、MEC の設置箇所はクラウドサーバもしくは P-GW の外の MECサーバが考えられる。この場合、アプリケーションの処理遅延を含め、想定されるユースケースに許容される伝送遅延量を鑑み、設置箇所を選択することが想定される。

今後 5G コアにおいても MEC の活用が想定される。5G コアの場合、UPF(User Plane Function) が標準化されており、UPF は特定の MEC アドレスに向けたパケットを識別し、転送先を切り替える機能を持つ[50][51]。UPF は任意の箇所に設置することが可能であるため、5G コアでの MEC の設置箇所も自由度が高いが、MNO 間での MEC を介したサービスでは、5G/4G の NW 構成や 5G コアの導入スケジュールが、MNO 毎に独立で行われても、サービスレベルが変化しない設置位置の検討が必要である。また遅延時間等の考慮などから MNO 事業者間で整合が必要な場合は物理的な設置位置の検討が必要となる。

# 第4章 ビジネスモデル

各ユースケースの実現にあたっては、受益者負担の原則から V2X による価値(事故低減、自動運転車の運行設計領域拡大)を享受する受益者がコストを負担できるモデルが望ましい。以下にステークホルダ、コスト要因、V2V/V2I/V2N に対する考え方を整理する。

### 4.1 各ユースケースのステークホルダ

2 章に記載した各ユースケースについて、情報提供者・システム提供者・直接および間接の受益者を表 4.1 に整理した。すべてのユースケースにおいて直接的な受益者は情報提供を受けるドライバであるが、安全に関わるユースケースではカーオーナー(ドライバとは異なる場合がある)、走行円滑化に関わるユースケースでは道路管理者、そしてユースケース 4、5 のように緊急車両運行や工事などの事業の円滑な提供に関わるユースケースでは対応する事業者も受益者と考えられる。また、各ユースケースにより期待される事故削減、渋滞緩和などは社会課題の解決そのものであり、公益性が高い。そのため行政機関も受益者として想定する。ユースケースの実現にあたり、セルラーV2X の通信に直接関わるシステム提供に加えて、既存システムとの連携を含めたエコシステムの構築が必要である。

さらに、2.2 章で追加したユースケース例についても課題検討を行ったが、ユースケースごとに 対応するシステム提供者や事業者が異なるのみであった。ユースケースごとに程度の差はあるもの の、追加されてユースケースについても公共の利益に寄与する点も同様である。

	表 4.1	各ユースケース	のステークホルダ	第	1版)
ュースケース		情報提供者	システム提供者		

	ユースケース	情報提供者	システム提供者	受益者	用途
1	落下物、事故車等による「衝	ドライバ、カーオ	カーOEM、システム運用	ドライバ、カーオー	安全
	突回避・緊急ブレーキ」	ーナーなど	管理者など	ナー、行政機関など	
2	信号情報活用による「交差点	信号機管理者な	信号機管理者、MNO、シ	ドライバ、カーオー	安全
	通過支援/ジレンマゾーン回	ど	ステム運用管理者など	ナー、行政機関(道路	円滑
	避/赤信号注意喚起」			管理者含む)など	
3	障害物/故障車等の存在情報	ドライバ、カーオ	道路管理者、MNO、シス	ドライバ、カーオー	安全
	による「車線変更支援/ルート	ーナー、道路管理	テム運用管理者など	ナー、行政機関など	
	選定」	者など			
4	緊急車両接近情報による「車	緊急車両運行者	病院、MNO、システム運	ドライバ、緊急車両	安全
	両退避支援」	など	用管理者など	運行者·利用者、行政	
				機関など	

 5
 工事・規制情報等による「経 道路管理者、工事 道路管理者、MNO、シス ドライバ、工事事業 円滑 路再探索」
 事業者など テム運用管理者など 者、行政機関(道路管 理者含む)など

### 4.2 セルラーV2X ビジネスにおけるコスト要因

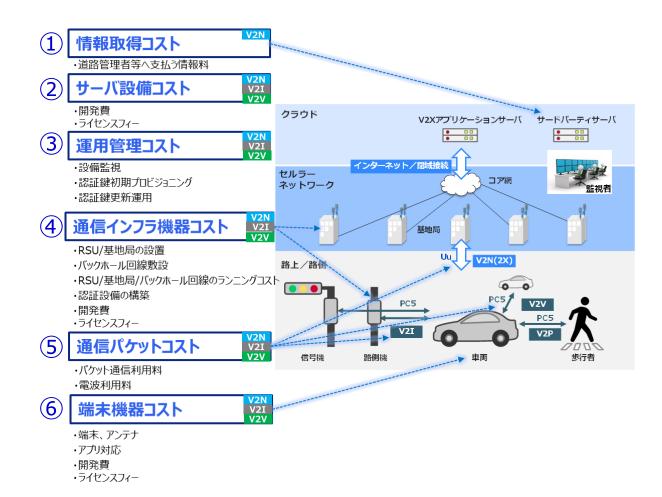


図 4.1 セルラーV2X ビジネスのコスト要因

図 4.1 にセルラーV2X(V2V) および V2I/N) ビジネスにおける、一般的な 6 つのコスト要因を示す。

### ① 情報取得コスト(対象: V2N、 V2I)

V2X アプリケーションサーバで利用するために、道路管理者などサードパーティサーバの権利者へ支払う、道路混雑度合や道路規制などの情報提供料である。地域単位、期間単位等で契約される。

### ② サーバ設備コスト (対象: V2N、V2I、V2V)

V2X アプリケーションサーバ、V2X システム自体の監視サーバ、セキュリティ・プライバシー管

理用の電子証明書管理サーバなどの開発費や、ソフトウェアライセンス費である。一時金のみとなる場合と、年単位の保守料金が生じる場合とがある。サーバ設備コストは対象とするサービス、ユーザ数、利用量によるサーバ構成の変化や増減が発生するものの、基本的にはすべての受益者が利用するインフラ(以下共通インフラ)と考えることができる。サーバ設備の運用形態などにより、全体をユースケース共通コストとみなすか、部分的にユースケースごとのコストとみなすかの選択肢がある。

# ③ 運用管理コスト (対象: V2N、V2I、V2V)

上記サーバ設備、V2I/N インフラ、また V2V 端末含めた認証システム等の運用管理費である。運用管理主体の行う電子証明書発行・インストールなどの初期プロビジョニング業務、一般的なサーバ監視業務、設備の遠隔監視・異常切り分け業務等にあたる。運用期間に渡って定常的に発生し続けるコストとなる。電子証明書を外部の公開鍵認証基盤事業者から発行する場合、発行毎にライセンス費が発生する。運用管理コストもサーバ設備コストと同様、基本的には共通インフラと考えることができる。ユースケースごとのコスト分割についても同様である。

# ④ 通信インフラ機器コスト (対象: V2N、V2I、V2V)

通信インフラ部分の初期およびランニング費である。初期費となるのは RSU、セルラー基地局、端末アクセス認証設備の開発費や、設備の設置費、バックホール回線の敷設費である。ランニング費となるのは、 RSU やセルラー基地局のライセンス費、バックホール回線利用料や、RSU やセルラー基地局にシステム更新が発生した際の開発費、アップデート作業費などである。

V2N, V2I, V2V に専用の通信インフラを用いる場合、上記コストは共通インフラと考えることができる。特定ユースケースに特化したインフラが必要になるケースでは、ユースケース単位でのコスト分割が必要になる。

ただし、V2N にセルラー通信の広域通信インフラに公衆網(他のサービスと共用される通信網)を利用する場合は共通インフラのコストとしてみなす範囲の明確化が必要である。公衆網の通信インフラコストは一般的にはパケット通信料の形でユーザから回収されるが、V2N に特化したエリアカバレッジの拡充や V2N 専用機能の開発などが必要な場合はユーザが負担する通信パケットコストだけでは通信事業者の採算性が担保できない恐れがあり、通信インフラコストとして分割した検討が必要である。

### ⑤ 通信パケットコスト(対象: V2N、V2I、V2V)

モバイル事業者に支払う V2N のパケット通信利用料や、政府に支払う電波利用料である。V2N の形態では④と、③の一部を含めた通信パケットコストの形でユーザが負担する形が取られている。いずれも月単位、年単位など定期契約として支払われる事が一般的である。

【注】V2V/V2Iの場合、徴収適用除外となる可能性もあるが、本書の立場としては一律に負担が発

生するものと解釈する。

# ⑥ 端末機器コスト(対象: V2N、V2I、V2V)

車載器などの端末、およびアンテナ、搭載するアプリの費用である。初期費としては開発費があり、またランニング費として材料部品費、製造・保管・流通・保守サービス、搭載するアプリやライブラリのライセンス費などが考えられる。 端末機器コストに⑤をバンドルして販売するケースもある。

### 4.3 V2V に対する考え方

V2Vでは、既存のITSと同様、車両オーナーがV2V対応端末を購入する形を想定する。セキュリティ・プライバシー保護用の電子証明書管理などの例外はあるものの、必要なインフラに係るコストは小さいため、端末買い切りのビジネスとなる可能性が主流と想定する。他サービスと通信機を共用することで車載器コストを削減できる可能性があるが、具体的な共用検討が必要である。またスマートフォンを車両用のV2V通信機として限定的に利用できる可能性はあるが、V2V通信機能のサポートやGPS精度など不確定要素が多い。そのため車両用の端末としてスマートフォンが利用できない場合、車載器普及を促進させる要因は、車載器の低コスト化と導入インセンティブの付与になると考えられる。

#### 4.4 V2I/N に対する考え方

V2I/V2N はいずれも V2V と同様の対応端末の導入に加え、インフラの投資・維持に係るコストが必要になる。初期投資コストを回収するため、一定期間の事業継続性の担保があることが望ましい。従来の ITS では公的投資としてインフラ整備がなされている。セルラーV2X でも、4.2 で述べたコスト要因のうち、共通インフラに対応するコストについては事業継続性の担保およびドライバなどエンドユーザの負担軽減による利用促進の観点で公的投資の検討が考えられる。

V2I と V2N で共通のサービスを提供する場合、両者は補完的に利用される関係にあり、V2I ないし V2N でサービスが利用可能な場所を増やすことが受益者の享受する価値を向上させるために効果的である。このとき既存セルラーネットワークを利用した V2N サービスの提供は、インフラ普及を促進させる要因となる。既存網を利用した V2N の形態でサービスを開始し、要件が高いユースケースに対応するために専用インフラや既存インフラの拡張などを実施していくなどの導入形態が考えられる。

また特に V2I/V2N では収集した情報をサードパーティのサービスに提供したり、逆にサードパーティのサービスから情報提供を受けたりすることで採算を改善できる可能性がある。サードパーティサービスからの情報提供を受ける例として、VICS や ETC2.0 など既存 ITS におけるプローブデータの活用が考えられる[52]。

以上を踏まえ、V2I/V2N の事業モデルについて 3 種類の例を用いて説明する。本モデルではステークホルダとしてサービス受益者、国・都道府県・市町村、保険会社、V2I/N サービス事業者、通信インフラ事業者などを想定している。サービス受益者として近い将来ではドライバや交通事業者、運送事業者などを想定しているが、今後 MaaS の普及により、モビリティサービス事業者 (MaaS 事業者) がサービス受益者となり、エンドユーザとなる乗客と各種事業者の間を媒介する形態も想定できる。国・都道府県・市町村には道路管理者も含んだ想定としている。V2I/N サービス事業者は、V2I/N サービスを受益者に対して提供する事業者であり、インフラ投資を自ら行う場合や、国・都道府県・市町村などから運用を受託する場合など様々な形態が考えられる。通信インフラ事業者についても同様に様々な形態が考えられ、これらの具体化が今後必要になる。

#### (1)自動車保険モデル

本モデルでは保険会社が V2I/N サービス事業者と提携し、V2I/N サービスに係るコストを保険料の一環として徴収する。 V2X で収集される車両周辺環境の情報提供により、事故リスクが従来よりも正確に算定できることを期待したものである。近年注目されているテレマティクス保険では自車の挙動・ドライブレコーダの映像などをセルラー通信で収集し、これら情報に基づいて事故リスク算定を精緻化するが、本モデルを追加で適用することでさらなる事故リスク算定の精緻化を想定する。本モデルでは V2I/N サービスの普及率が低いとリスク算定の改善が困難であり導入インセンティブが働きづらい課題がある。そのため道路管理者や自治体などが V2I/N サービス事業者から情報提供を受け道路管理・都市計画の改善に役立て、その対価として情報量を供したり、通信インフラや V2I/N サービスインフラなどの初期投資を補助したり主体的に実施するなど、追加の普及策を実施することも考えられる。

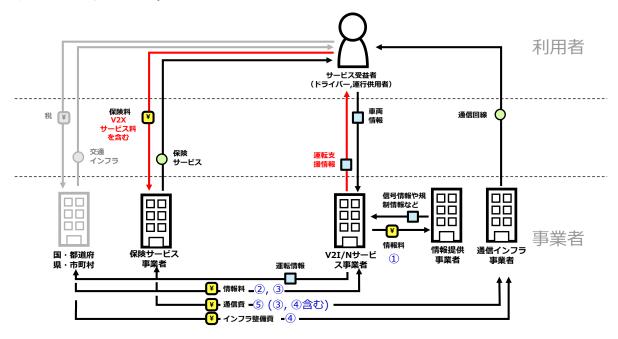


図 4.2 自動車保険モデル例 (青字はコスト要因番号)

#### (2) 税モデル

V2Xではあらゆる交通参加者がV2Xの通信に参画し、交通事故を削減していくことが望まれる。本モデルではこのようなV2Xの公共性の高さに注目し、税を原資としてサービス提供を想定する。そのためここではV2I/N に係る通信インフラが交通インフラの一部として整備され、その一部が通信インフラ事業者に委託される形を記載した。V2I/N サービスに係るインフラについてもそれに準ずる形を想定する。本モデルの実現のためにはV2I/N により交通渋滞や交通事故が削減できたり、あるいは自動運転の普及が加速することを示すことでその社会的価値を明確にして合意形成を図る必要がある。

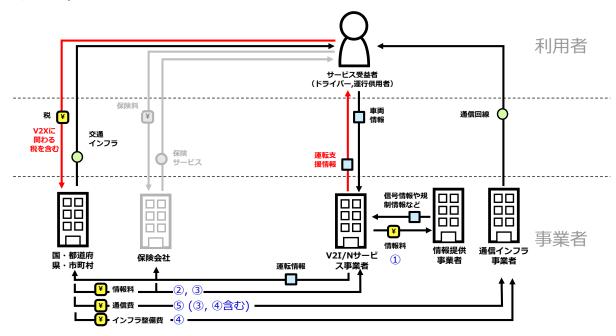


図 4.3 税モデル例(青字はコスト要因番号)

### (3) MaaS/自動運転モデル例

本モデルはレベル 4 自動運転(無人自動運転)を活用した MaaS の早期確立のためにスマートシティなど地域を限定して V2I/N サービスを提供するものである。MaaS 事業者から移動サービスを受ける乗客からの移動サービス料が事業の原資となる。図 4.4 では例として、民間投資で V2I/N サービス費用に加えて一部 V2X インフラも整備する形態を記載した。本モデルでは特定の V2I/N サービスがレベル 4 自動運転の早期実用化に不可欠であるという前提を置いており、インフラ協調型自動運転の意義について更なる検討が必要である。

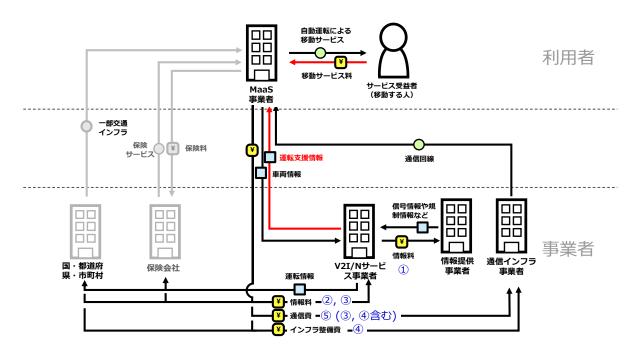


図 4.4 MaaS/自動運転モデル例 (青字はコスト要因番号)

以上3モデルの関係は排他的ではなく、混在した構成も考えられる。そのうち、(1)自動車保険モデルと(2) 税モデルは地域によらずサービスを提供できることを前提にしたものであり、一方で(3) MaaS/自動運転モデルは地域限定で(1)(2)で提供されるサービスよりも高度なサービスを提供するモデルを想定している。そのため(3) MaaS/自動運転モデルが導入される場合は特定地域内(スマートシティ内等)で(1)(2)のサービスと共存し、複数の V2I/N サービスが異なった事業形態により提供される可能性がある。また、地域限定で開始した MaaS/自動運転モデルに基づく V2I/N サービスの全国展開についても採算性など含めた実現性の検討が必要となる。

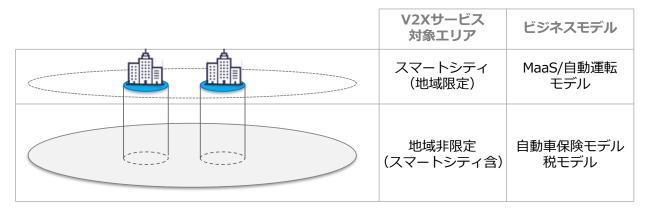


図 4.5 地域非限定 V2X サービスと地域限定 V2X サービスの混在と対応ビジネスモデル

### 第5章 課題整理

これまでの章で抽出した主要な課題について表 5.1 に整理した。2.1 章において、情報の更新頻度に着目したユースケース例に基づく検討(報告書 1.0 版で検討)を実施した結果、車車間の狭域通信(V2V)を想定する場合と、基地局(一部路側インフラも含む)を経由した通信(V2N/V2I)を想定する場合は、通信観点の課題が異なるだけではなく、サービス観点でもコスト負担の形態が異なりえる課題を抽出した。また、基地局や路側インフラを介して情報提供する場合は情報源ごとの課題検討が必要である。狭域通信と広域通信の双方から情報を得る場合は、狭域通信と広域通信の役割分担の明確化の課題があり、団体・組織から情報を入手する可能性があるユースケースはそれぞれの情報源に対応する団体・組織と協調した課題検討が必要となる。また、受信車両に至るまでのステークホルダが多く、事業モデルの明確化が難しい課題もある。

さらに、報告書 2.0 版への改定に当たり、2.2 章で追加した狭域通信と広域通信を併用するユースケース例についても課題検討を行ったが、サービスの関係者が多くなることが多いため、体制・ビジネスモデル構築の難易度が上がること、また、情報発信者と主たる受益者が一致しないユースケースもあり、ユーザの受容性、ビジネス成立性にさらなる検討の必要性を見出した。

表 5.1 セルラーV2X による各ユースケース実現のための課題整理

	観点	課題
	狭域通信 (V2V/V2I; PC5)	周波数割当ての獲得、通信方式の標準化
		通信パラメータ・運用方法の確立
		相互接続やセキュリティの運用管理体制の構築・維持
		実現可能な性能(遅延・信頼性)・可用性検証
通信		性能要件を満たせない場合の対応と、対策コスト
		実現可能な性能(遅延・信頼性)・可用性検証
	広域通信	通信品質改善方法の検討 (必要な場合)
	(V2N;Uu)	性能要件を満たせない場合の対応と、対策コスト
		各 MNO によるサービスエリア差異への対応
		団体・組織から元情報取得の了解獲得
	団体・組織 から入手	情報源から情報取得するシステムの構築(精度・セキュリティなど)
		情報源から情報取得する機器仕様/フォーマット等の規格化
		メッセージフォーマット・プロトコル仕様の策定
情報	車両から 入手	生成情報の各車両によるばらつきを抑えるためのガイドライン 策定
		セキュリティ・プライバシー対策
		各車両所有者から情報使用に関する同意獲得
	受信車両で の利用	メッセージフォーマット・プロトコル仕様の策定
		受信情報の信頼性の担保(通信経路のセキュリティ)
		受信情報の活用ガイドラインの策定(遅延の考慮含む。)
		サービスの定義、ガイドラインの策定
	サービス	元情報の入手から車両へ伝達するまでの体制構築
		サービス機会の確保 (端末の普及促進、インフラ整備など)
		PC5 車載器の低コスト化(普及のため)
		Uu 通信コストの負担
サ		通信品質改善に係る投資 (必要な場合)
ービス	ビジネス	情報取得・収集・配信するサーバ等の構築・維持コスト負担をふまえたビジネス確立(公的資金の獲得、団体・組織の協力提携含む)
		サービスの関係者が多い場合の体制・ビジネスモデル構築
		情報発信者と主たる受益者が一致しない場合のユーザの受容性、ビジネス 成立性
		元情報の入手から車両へ伝達するまでの責任分担の明確化
	責任	機器故障や NW 障害等によるサービス停止時の対応方針の策定
		認証・検査の対象にする範囲の明確化(出荷前検査や車検など)

### 第6章 まとめ

本書では、セルラー通信技術(セルラーV2X)を用いた ITS・自動運転の高度化に向けた課題について、セルラーV2X の利点を活かせる可能性があるユースケース例を選定し、通信アーキテクチャ、ビジネスモデル双方の観点で実現にあたって必要となる事項、課題等を整理・考察した。

ユースケース例として、報告書 1.0 版では情報の更新頻度に着目し、自動運転向けに広く議論がなされているダイナミックマップと対比させ、時間とともに変化する位置特定可能な情報(動的情報、準動的情報、準静的情報、静的情報)と関連付けて整理し、実現に向けた必要事項・課題等の考察を行った。

また、報告書 1.0 版以降に国内外で実施された研究開発や政策議論を分析した結果、前記の情報の更新頻度に着目したユースケースと重複、かつ、V2V、V2I、V2N のいずれかの使用を想定したものが多い結論を得た。そこで、セルラーV2X で利用する狭域通信(V2V、V2I)と広域通信(V2N)の双方の組合せ(広域通信併用)に着目し、互いの得意・不得意を補完することで、距離・時間等に応じて最適な情報を連続的に提供し高い付加価値を見出せるユースケース、サービス成立性を向上できるユースケースを追加検討した。

次に、ユースケース例の検討から抽出した課題を通信・情報・サービスの観点で整理した。報告書 1.0 版の情報の更新頻度に着目したユースケース、狭域通信と広域通信を併用するユースケースとも、課題はほぼ同様であったが、広域通信併用ユースケースの場合、サービスの関係者が多くなることが多いため、体制・ビジネスモデル構築の難易度が上がること、また、情報発信者と主たる受益者が一致しないユースケースもあり、ユーザの受容性、ビジネス成立性にさらなる検討の必要性を見出した。

ITS・自動運転の高度化に向けて様々なサービスが検討されている中で、必要な通信性能や法制度・ビジネスへの影響が議論されている。これまで述べてきたように広域通信(V2N)と狭域通信(V2V、V2I、V2P)の利用、もしくは併用により、多様なサービスに対し柔軟に設計していけることが大きな魅力となる一方で、実現に向けては検討すべき課題も多い。今後、実現性の具体化に向けて、ユースケース・性能要件・実現形態・ビジネスモデルなど多岐にわたる観点で自動車業界と通信業界の密な連携が必要になる。更には周波数・通信仕様の策定および制度設計、そしてインフラ整備の観点で産官の密な連携が必要である。何よりも、議論を単なる通信性能比較で終わらせること無く、セルラーV2Xを活用することの真のメリットや新たな価値の創造と、それに伴う法制度やビジネスへのインパクトを双方から議論し、よりよいITSサービスの提供につながる検討が進むことを期待する。今後これらの議論も取り込む形で、本書のアップデートを行っていく予定である。国内でのITS・自動運転の高度化に向けた検討の一助として、本書が広く活用されることを期待する。

# A. 付録

# A.1 用語集詳細版

1.1章で示した用語集の詳細版を本書下記に示す。

表 A.1 用語集(詳細版)

	<b>农A.1</b> 用品来 (計2版)		
用語	意味、説明		
セルラーV2X、C-V2X	LTE や 5G NR などのセルラー通信技術を用いて、車とあらゆるもの		
	との接続を提供することが可能な技術をセルラーV2Xと呼び、車車・		
	路車・歩車など路上・路側での狭域通信と、基地局およびコア網で構		
	成されるセルラーネットワークを介した車両との広域通信を包含し		
	た技術である。		
LTE	3GPPにより規格化された第 3.9 世代もしくは第 4 世代携帯電話シス		
	テムまたは無線アクセス技術。現在 3GPP Release 8 から Release 16		
	までの規格が存在。		
LTE V2X	セルラーV2X の内、広域通信および狭域通信が LTE を基にした方式		
	のこと。		
5G	第5世代携帯電話システム。3GPP では Release 15 以降の NR およ		
	び LTE の拡張を含むシステム。一般には $NR$ が $5G$ の代表的な無線		
	インタフェースとして認識される。		
NR, 5G NR	5G に向けて $3GPP$ が新規に規定した無線アクセス技術。 $Release~15$		
	では基地局を経由する広域通信のみが標準化されており、Release 16		
	で狭域通信機能も標準化された。		
NR V2X	セルラーV2X の内、広域通信および狭域通信が NR を基にした方式		
	のこと。		
Downlink/uplink,	移動機と基地局との通信、広域通信サービスを提供する		
Uu、広域通信、V2N2X	本書ではコア網やアプリケーションサーバを介在した通信も含め、		
	V2N2V/V2N2I/V2N2P とも呼ぶ		
Downlink、下り回線	Uu における基地局から移動機への通信		
Uplink、上り回線	Uu における移動機から基地局への通信		
狭域通信、Sidelink、	車両と車両、もしくは車両と歩行者との通信用途向けの移動機と移動		
PC5、 V2V/V2I/V2P、	機の直接通信で、狭域通信サービスを提供する。LTE においては		
	Release 14 で標準化され、NR においては Release 16 で標準化。		

基地局、NB、 eNB、	基地局は、セルラーネットワーク内にて、移動機と通信する装置の総
gNB	   称。一つの基地局が一つまたは複数のセルをサポートする。
	NB (node B)は、WCDMA における基地局。
	eNB (e node B)は、LTE における基地局。
	gNB (g node B)は、NR における基地局。
移動機(MS)、UE	セルラーネットワークにおいて、ネットワークと通信する端末。厳密
(User Equipment)	には、移動機は SIM などを含まず、UE は SIM などを含むが区別さ
	れないことが多い。
セル	一つの周波数において、基地局から一定領域にむけて送信され、移動
	機から一意に認識される領域。
コアネットワーク(CN)	セルラーネットワークにおいて、WCDMA、LTE、NR といった無線
	方式に非依存な部分のネットワーク部分。S-GW、P-GW などを含む。
無線ネットワーク(RAN)	セルラーネットワークにおいて、WCDMA、LTE、NR といった無線
	方式特有な部分の基地局を含むネットワーク部分。LTE 特有の部分を
	E-UTRAN、NR 特有の部分を NG-RAN と呼ぶ
ユニキャスト	基地局と単一移動機との一対一通信
ブロードキャスト	広域通信の場合は、基地局から該当エリアにおける全移動機に向けて
	の単方向の 1 対多の送信。
	狭域通信の場合は、移動機から周辺エリアにおける全移動機に向けて
	の送信
マルチキャスト、グルー	広域通信の場合は、基地局から該当エリアにおけるグループ識別子な
プキャスト	どで識別される特定の移動機群に向けての単方向の1対多の送信
	複数のセルから同時に同報通信を行う eMBMS と単一セル毎の同報
	通信である SC-PTM がある。
	狭域通信の場合は、移動機から周辺エリアにおける特定の複数移動機
	に向けての送信
ハンドオーバ	広域通信において、広義では、コネクテッドモード、アイドルモード
	にかかわらずセル間を移動すること。厳密には、移動機がコネクテッ
	ドモード中にネットワークの指示に従いセル間を移動することで、ア
	イドルモード中の移動は含まない。
コネクテッドモード	広域通信において、ネットワークからセル単位で移動機の存在が把握
(Connected mode)	され、移動機は送受信ができる状態になっていること。コネクテッド
	と表記されることもある。
アイドルモード(Idle	広域通信において、ネットワークからは、通常複数セル単位でしか移

1.)	利服の仕用を加加しておとは、存む場の仕まることによる。
mode)	動機の位置を把握しておらず、移動機は待ち受けをしている状態。ア
	イドルと表記されることもある。
Subframe	LTE や NR における基本的な無線区間のリソースの割り当て単位で
	あり、 1ms である。NR においても subframe は 1ms であるが、割
	り当て単位として 1ms 以下をサポートしている。
RSU (Road Side	狭域通信により移動機と通信する端末型 RSU と、広域通信を用いて
Unit)、路側機	移動機と通信する基地局型 RSU がありうるが、本書では基地局機能
	を有する装置は路側機と呼ばず、路側機とは端末型の装置であり、狭
	域通信機能で移動機と通信する装置を指す. ネットワークとの接続に
	広域通信を用いることもある。
DRX (Discontinuous	間欠受信。広域通信において、事前に設定された一定周期ごとに移動
reception)	機はONになりネットワークからの送信がないかを確認する。コネク
	テッドモードおよびアイドルモードともに規定されている。コネクテ
	ッドモードでは、DRX をオフにすることもできる。
SR(Scheduling request)	広域通信において、移動機から上り通信があるときに、ネットワーク
	に最初に通知する通信。移動機固有の無線リソースが割り当てられる
	方式と移動機間で共有の無線リソースが割り当てられる方式がある。
SPS (Semi Persistent	Uu および PC5 において、あらかじめ設定された一定周期ごとに送信
Scheduling)	および受信を行うこと。広域通信においては、特にリソース割り当て
	の制御信号を別途用いずにあらかじめ設定された一定周期ごとに送
	信および受信を行うことを指す。
MNO (Mobile Network	電気通信役務としての移動通信サービスを提供する電気通信事業を
Operator)	営む者であって、当該移動通信サービスに係る無線局を自ら開設又は
	運用している者。
MVNO (Mobile Virtual	MNO の提供する移動通信サービスを利用して、又は MNO と接続し
Network Operator)	て、移動通信サービスを提供する電気通信事業者であって、当該移動
	通信サービスに係る無線局を自ら開設しておらず、かつ、運用をして
	いない者。
SIM (Subscriber	携帯電話の加入者および契約に対する識別子番号を保持するモジュ
Identity Module)	ールであり、Uu でのセルラーネットワークにおけるセキュリティに
	おいて大きな役目を果たしている。
MEC (Multi-access	セルラーネットワーク外のクラウドで、アプリケーションレイヤのコ
Edge Computing)	ンピューティングやデータベースアクセスを行うのではなく、セルラ
	ーネットワーク内の基地局近傍やコア網内に、処理遅延の短縮などを
ı	

	目的として、それらの演算資源を持つこと。
通信遅延時間	ITU-R や 3GPP など通信関係の資料では、通信処理部が通信可能状
	態になっており、かつ、有線や無線通信路の負荷が軽い条件での一方
	向への最短遅延時間を意味することが多い。センサや通信データ生成
	部でのデータ生成頻度や遅延、有線や無線通信路の高負荷時での影響
	やばらつき、信頼度を確保するための再送時間、通信処理部を通信可
	能状態に常にしておくかなどの考慮の上でのシステム的な遅延時間
	との関係がさらに必要である。

図 A.1 ユースケース整理 (拡大)

ユースケース例の整理 (扱うデータと想定されるアプリの視点より)

#### ●動的 ●静的 情報の更新頻度 ●准静的 ●准動的 |安全な停止や車線 の情報 作成に必要レベル 自動運転の経路 等への活用レベル 事前のルート変更 先読み情報 変更に活用する (いわゆる多重系) 制御に反映 として、自動運転の 複数センサの一し 緊急車両接近 車線別渋滞情報 信号灯色(現示)情報 前走車のリアルタイムな動作情報 前車の急激なブレーキ 周辺車両(含:二輪)の存在 更新地図情報(停止中の取得) 高精度地図 エアバッグ等の開閉情報 渋滞末尾情報 工事情報 規制情報 更新地図情報(走行中の部分更新) 障害物/故障車等の存在情報 信号サイクル情報 自専道本線車両情報 歩行者・自転車等の存在 扱う情報の例 渋滞情報 ETCゲート開閉情報 交差点対向車両・横断歩行者の存在 (直前の)事故車・落下物 円滑·快適 安全 安全 田道 田道 田道 田道 安全·円滑 安全 用途 安全 安全·円滑 安全·円滑 円滑·快適 安全·快適 安全·快適 安全·快適 制御介入 制御介入/注意喚起 制御介入/注意喚起/情報提供 制 御 介 入 情報提供 情報提供 情報提供 注意喚起/情報提供 制御介入/注意喚起/情報提供 制御介入/注意喚起 情報提供 情報提供 制御介入 制御介入/注意喚起 制御介入/注意喚起 利用レベル(用途) 情報提供 情報提供 情報提供 情報提供 合流支援 車線変更支援/ルート選定 |急閉時の衝突防止/ゲート選択/経路変更 出会いがしら事故防止/車線変更支援 経路探索 HELP 経路再探索 車線変更支援/ルート再探索 車両退避支援 ジレンマ回避/赤信号注意喚起 隊列走行 追突回避・緊急ブレーキ 歩行者事故防止 交差点通過支援 想定アプリ 退避支援 右直/左折巻込み/横断歩行者事故防止 ′自動⇒手動判定 ω<sub>0</sub> **(5) ®** $\Theta$ 自専道 一般道 自専道 自専道 自専道 一般道 一般道 一般道 一般道 情報を使う場所 一般道/自専道 一般道/自専道 一般道/自専道 一般道/自専道 一般道/自専道 一般道/自専道 一般道/自専道 -般道/自専道 一般道 一般道 -般道/自専道 般道/自専道 させられる可能性はある る 用途にもよるが、信頼 自動車側の要件による が、セルラー通信を他の 備考 いわゆるテレマ活用であ 通信と併用、または、そ て、他センサと併用する 重系センサの一つとし この領域は、通信を多 活用できる可能性あり 同等の性能・仕組みで 従来のセルラー通信と 性の担保がカギ ことで、システムを成立 のまま活用できる可能 本検討の対象外

#### A.2 LTE V2X (PC5; V2V/V2I/V2P) の通信性能の特徴

本編 2.2章にて、「V2Vで十分な遅延・信頼性を達成できる可能性がある」および「LTE は他の通信方式に比べて受信感度が高い特徴を生かすことができる」と記載した LTE V2X (PC5: V2V/V2I/V2P) の通信性能の特徴について補足する。その他、各国で実施された実証実験の結果も公開されている[53][54]。

### Link Design (1 of 2)

### Challenges

- ITS spectrum @ 6 GHz
- High speed
  - Max vehicle speed of 250 kph ⇔ max relative speed is 500 kph
  - At 6 GHz, 2700Hz Doppler shift ⇔ channel variation within a subframe
- · High frequency offset
  - Up to 0.3ppm frequency offset
  - At carrier frequency of 6GHz ⇔ 1800Hz
- Focused on enhancing sidelink (V2V) channels
  - PSCCH: Assignment Channel for sidelink
  - PSSCH: Data Channel for sidelink

2

# Link Design (2 of 2) Solutions • High reference signal density with regular spacing 10-1 - Symbol location: #2, #5, #8, #11 10-2 for Tx-Rx turnaroun and downlink timing

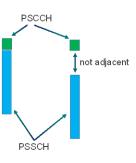
- Normal CP (~5us) supported
- · Intra-symbol estimation of frequency offset
- Pre-specified limits on MCS, #RBs, #Tx
  - Possibly based on speed and synchronization source

SNR (dB) 300 bytes, QPSK, two Tx, random frequency error

### PSSCH and PSCCH (1 of 2)

Intra subframe PSSCH and PSCCH transmission

- PSSCH and PSCCH transmitted on the same subframe
  - Separate DFT and reference signals (two cluster SC-FDM)
  - Same subframe transmissions reduces the impact of in-band emissions
  - Reduces issues related to half duplex operation
- PSSCH and PSCCH may or may not be adjacent in frequency
  - Depends on the resource pool (pre)configuration
  - We simulate adjacent case => lower MPR
- Same open loop power control parameters are used for both channels
  - 3 dB PSD boosting for PSCCH => try to make sure that control does not become the bottleneck



### PSSCH and PSCCH (2 of 2)

#### **Details**

#### PSCCH

- One PSCCH transmitted for each PSSCH on the same subframe
- No combining of PSCCH retransmission
- Number of RBs = 2
- Blind detection of cyclic shift to improve PSCCH to PSCCH interference
- Group id (u) fixed to 8 ⇔ better performance for high frequency offset

#### • PSSCH

- Max number of transmissions = 2
- RV ID sequence for HARQ transmissions are given by 0, 2
- Maximum distance between initial transmission and HARQ retransmission is 15
- Various phy parameters are a function of PSCCH CRC

## C-V2X range benefits from multiple reasons

- · Longer transmission time: allows for higher energy per information bit
  - Enabled by synchronization which allows frequency multiplexing
- HARQ: Enables higher energy per information and more time/frequency diversity
- Channel estimation: More density in frequency makes less susceptible to multipath
- Coding: Turbo coding typically provides for more coding gain compared to convolution coding
- Waveform: SC-FDM allows for higher Tx power due to lower PAPR

6

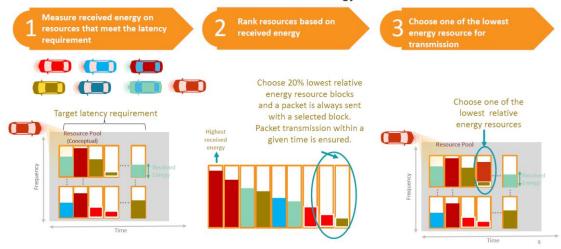
### C-V2V - PC5 Transmission Modes

#### Modes 3 and 4 - Default is Mode 4

- Mode 3
  - eNB scheduled resource selection
- · Mode 4
  - Autonomous resource selection without eNB scheduling
  - Uses sensing with semi-persistent transmission ⇔ frequency domain LBT
    - Semi-persistent transmission allows one to take advantage of semi-periodic traffic arrival
    - Uses past interference patterns to predict the future
  - Random selection/energy based selection allowed for one shot transmissions
  - Sensing ⇔ combination of priority information, energy sensing, PSCCH decoding
  - Energy sensing ⇔ Rank resources according to energy received and pick low energy resource
  - PSCCH decoding ⇔ Avoid resources for whom control is decoded and received energy is above a threshold
  - Priority ⇔ Avoid resources that are being used for higher priority packet transmission

### Mode 4 Resource Selection Concept

Choose resources with close to lowest relative energy level



#### A.3 Configuration Parameters Consideration for LTE-V2X Operation

This appendix describes important considerations for system configuration in LTE-V2X operation associated with the system requirements, (pre-)configuration parameters and provision method of the traffic from the application layer to LTE-V2X layer.

The services to convey information to surrounding vehicles for the safety need to satisfy the reliability and the system latency determined by the service requirements. Such requirements and evaluation methods can be different among regions/countries even in the same or similar use cases, due to available bandwidth, radio propagation environment (typical number of lanes, vehicle density and so on), and communication traffic conditions. In order to support the requirements of the reliability and the system latency in each region/country, appropriate setting of (pre-)configuration parameters and proper provision of the communication traffic from the application layer to LTE-V2X layer are necessary. Following describes some of example considerations:

#### Congestion control and Resouce selection

Congestion control and resource selection are important factors to achive the certain performance in any radio systems.

If resource usage exceeds the capacity of the physical layer, the reliability of the traffic cannot be satisfied because of high collision rate and/or much interference. The congestion control in the application layer identifies the resource usage and it controls the amount of the traffic from the application layer to LTE-V2X layer. Proper design of the congestion control is necessary in order to support the reliability requirement by preventing over-usage of LTE-V2X layer. The congestion control mechanim based on SAE J3161/1 was evaluated with LTE-V2X PC5. [55]

Inter-channel interference happens when adjacent (sub-) channels are used by different transmission terminals because the transmission power leakages to the adjacent (sub-)channels. Co-channel interference also happens when different transmission terminals within near range uses the same channel. In LTE-V2X, the terminal measures the received signal level (RSSI) and compare it with the (pre-)configuration parameter of RSSI. The proper setting of this (pre-)configuration parameter is necessary because it controls how much resource for the transmission is available and how strong the interference occurs in transmission in a subframe. The terminal tries to avoid selecting interfered subframe by selecting 20% best subframes in terms of averaged RSSI over a subframe. Proper configuration of retransmission, probResourceKeep and one-shot transmission can also help to mitigate inter-channel or co-channel interference.

### > Half duplex

Half-duplex may face the situation where the transmission terminal cannot consecutively receive the signal from the other terminal in the same subframe. If this situation happens by the scheduled periodic transmission, two terminals cannot communicate each other during the scheduled period. How often this happen (probability) is determined not only by the periodicity of application traffic, length of scheduled period, available resource, the number of terminals in the communication area, and also other factors. The retransmission timing is usually randomly selected by the transmission terminal. It can reduce the probability of the collision among terminals. In LTE-V2X, the (pre-)configuration parameter of probResourceKeep, which controls how long the same resource is consecutively selected, needs to be set properly to prevent high probability of consecutive collision. Also, occasional one-shot transmission instead of periodically reserved resource transmission controlled by the application layer can also mitigate the consecutive collision.

### A.4 2.2 章で選定していないユースケースとその考え方

No.	ユースケース名	内容	選定しない考え方
1	隊列が分割した場合の再形成	高速道路における隊列走行時に、隊列間への車両割り込み等により隊列が分割してし	トラックは法定速度を遵守する必要があるため、隊列を再編成する場合、前方車が速度
		まったシーンを対象。その対策として、分割した隊列の位置関係から前方と後方の隊列	を落とす必要がある。その場合交通流への影響も大きく、隊列を再編成するメリットが
		それぞれに速度調整を指示し、接近できた後に隊列形成の処理を行う方法が考えられ	薄くなる。分断時はハンズフリーフォン等で連絡を取り合いSA/PAにて再編成するなど
		る。V2Nを用いることで、分割した隊列の位置をクラウドサーバへ伝えることが可能と	の対応が考えれられる。
		なり、隊列を再構成できる地点や速度調整の指示が可能。前方と後方の隊列接近後、	
		V2Vで相手の特定・認証や、リアルタイムな位置、加速度、連結順等の情報をやり取り	
		することで、隊列を再形成する。	
2	右折時に対向直進車との衝突防止のため	見通しが悪い交差点を右折する場合、右折車と対向直進車が衝突事故を起こす可能性が	・車間でセンサ・カメラの情報をシェアをすることや、対向車線を走行する全車両の位
	の位置情報や車載センサー情報のシェア	ある。対策として対向車線を走行する全車両の位置情報を入手する方法や周辺車両のセ	置情報を把握する必要があるサービスは、コネクティッドカーの普及率が非常に高い必
		ンサ・カメラの情報を参照し、見通し外の車両の存在を検知する方法が考えられる。	要があり、2030年以降の世界と考える。
		V2Vを用いることで、各車両がそれぞれの位置情報を配信、入手することが可能となり	・既に日本では路側機センサー情報を活用したV2Iによる右折支援サービスが実用化され
		見通し外の車両の存在を検知することが可能。V2Nを用いることで、各車両の位置、速	ており、コネクティッドカーの普及率段階ではこちらの活用が有効。
		度等を踏まえセンサ・カメラ情報の提供を依頼する車両をセンター側で絞り込むことが	
		可能となり、最小限のリソースでセンサ・カメラ情報をシェアすることが可能。	
3	合流車両と本線走行車両のマッピングと	高速道路や一般道で合流をする場合、合流車両は自律センサで本線車両を検知し、合流	・自車の絶対位置を測る精度が低く精度向上が課題。
	管制制御による合流支援	のタイミングを図ることになるが、合流レーンが短い場合や、本線車両の速度等によっ	・V2Nによる付加価値部分はコネクティッドカーの普及率が相当高くないと実現が難し
		て、円滑な合流が困難な場合が見込まれる。対策として、合流地点付近のインフラセン	く、2030年以降の実現になると想定される。
		サが合流車両と本線走行車両の位置・速度を検知し、V2Iを用いて各車両へ速度調整や車	・コネクティッドカーの普及率段階では、本線走行車両の走行を連続的にセンシングで
		線変更等の指示を行う方法が考えられる。さらに、V2Nを用いることで、合流地点より	きるインフラの設置による対策が望ましい。
		遠方の合流車両や本線走行車両の位置・速度情報を収集した周辺車両のマッピングや、	・管制の有効性が見込めるエリアの精査が重要である。合流地点への到達予想時刻等の
		より遠方の本線走行車両に対して速度調整や車線変更指示が可能。	確からしさ等を鑑みると、加速車線の開始地点から狭域通信の範囲内(例えば200m程
			度)が有効と想定され、それ以上遠い車両へV2Nで管制情報を送ろうとすることは、有
			効性と合流路長の実態(V2Nレンジより短い可能性)の検証が必要。
5	飛び出し可能性がある歩行者の存在通知	死角からの急な歩行者の飛び出しにより交通事故が発生する恐れがある。その対策とし	・歩行者の行動は予測ができないため、不確実な情報を基に車を制御することは受け入
		て、車両センサ・カメラで道路上の子供や老人の存在を検知した場合、その情報を周辺	れ難い。
		車両へ配信することで、受信した車両が衝突を防止するための車両制御・注意喚起等の	・歩行者の飛び出しに対して、センサー/カメラの情報を基に、自律的に検知し制動を行
		サービスを行うことが考えらる。V2Nを用いることで、衝突までの距離が遠い車両に注	うことによる事故防止の効果が高くなってきている。
		意喚起等の情報提供が可能。V2Vを用いることで、衝突までの距離が短い場合は低遅延	
		で高信頼な情報提供が可能。	
6	急制動防止のための停止車両の存在把握	信号待ち、右折待ち、路上駐車等の停止車両の存在に気が付かず追突事故や急制動を起	・各車両の位置、速度やルート情報を把握するためには、コネクティッドカーの普及率
		こす恐れがある。その対策として、リアルタイムに前方の状況を把握し、追突リスクを	が進んでいる必要があり、2030年より先の実現になると予想される。
		あらかじめドライバーに知らせることで、注意喚起や車線・ルート変更をする方法が考	
		えられる。V2Nを活用することで、各車両の位置、速度やルート情報、信号制御情報等	
		をクラウドサーバ上で把握することができ、渋滞や車列を予測することで、リアルタイ	
		ムにドライバーに注意喚起することが可能。V2Vを活用することで、前方の車両で急ブ	
		レーキなどの操作があった場合に素早く後続車へ警告をすることが可能。	

### 参考文献

- [1] U.S. Department of Transportation (US DOT), Connected Vehicle Pilot Deployment Program, https://www.its.dot.gov/pilots/index.htm
- [2] C-ROADS ホームページ, https://www.c-roads.eu/platform.html
- [3] Nordic Way ホームページ, https://www.nordicway.net/
- [4] Chinadaily, Wuxi to host internet of vehicles pilot area, 2019-09-07, https://www.chinadaily.com.cn/a/201909/07/WS5d72f8c2a310cf3e3556a3a2.html
- [5] Chinadaily, Ford testing intelligent cars on China's road, 2020-07-13, https://www.chinadaily.com.cn/a/202007/13/WS5f0bbf49a310834817258f1c.html
- [6] 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議, 官民 ITS 構想・ロードマップ 2020, 2020 年 7 月, https://cio.go.jp/node/2694
- [7] 自動走行ビジネス検討会、報告書「自動走行の実現に向けた取組方針」Version 4.0, 2020年 5 月,
  - https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\_info\_service/jido\_soko/pdf/20200512\_03.pd
- [8] 内閣府, 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP:エスアイピー), https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/
- [9] 5GAA, 5GAA Report shows superior performance of Cellular V2X vs DSRC, http://5gaa.org/news/5gaa-report-shows-superior-performance-of-cellular-v2x-vs-dsrc/
- [10] Comment on 5GAA Petition for Waiver to Allow Deployment of Cellular Vehicle-To-Everything (C-V2X) Technology in the 5.9 GHz Band
  - GM :

https://ecfsapi.fcc.gov/file/10118044155019/FCC\_5GAA%20Waiver\_01.17.19\_GM.pdf

- $\cdot$  VW : https://ecfsapi.fcc.gov/file/10130432124533/VWGoA-5GAA-CV2X-Waiver-Comments-FCC.pdf
- C2CCC:

 $https://ecfsapi.fcc.gov/file/1012927404734/20190118\_C2C\_letter\_to\%20FCC\_on\_C-V2X\_waiver\%20(1).pdf$ 

- V2X%20Technology%20Comments%20(Final%20-%201.29.2019).pdf
- [11] JRC, Assessment of the Commercial Availability of LTE-V2X Equipment According to the 5G Automotive Association (5GAA), https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2019-04-11-jrc\_assessment\_lte-v2x-equipment\_april\_2019.pdf
- [12] 3GPP, TR 21.905 Vocabulary for 3GPP Specifications V15.0.0, 2018年12月,

- https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/21\_series/21.905/
- [13] 3GPP, TS 36.300 Overall description; Stage 2, 2019年4月, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36\_series/36.300/
- [14] 3GPP, TS 23.285 Architecture enhancements for V2X services, 2019 年 3 月, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23\_series/23.285/
- [15] KDDI, ノキア, Hexagon, KDDI 総合研究所, 世界初、コネクティッドカー向け LTE 一斉同報配信に成功, 2018 年 4 月 16 日, http://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2018/04/16/3084.html
- A. Awada, E. Lang, O. Renner, K.-Josef Friederinchs, S. Petersen, K. Pfaffinger, B.Lembke, R. Brugger, "Field Trial of LTE eMBMS Network for TV Distribution: Experimental Results and Analysis," 2016 年 12 月, https://ieeexplore.ieee.org/document/7782381
- [17] 3GPP, TS 23.303 Proximity-based servives (Prose); Stage 2, 2018年6月, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23\_series/23.303/
- [18] 3GPP, TS 38.211, NR physical layer, General description v15.0.0, 2019 年 3 月, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/38\_series/38.211/
- [19] 3GPP, RP-191584 Revised WID: Physical Layer Enhancements for NR Ultra-Reliable and Low Latency Communication (URLLC), 2019年6月,
- [20] 3GPP, RP-192324 Revised WID: Support of NR Industrial Internet of Things (IoT), 2019 年 9 月
- [21] 3GPP, TR 38.824 Study on physical layer enhancements for NR ultra-reliable and low latency case (URLLC), 2019 年 3 月, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3498
- [22] 3GPP, RP-191723 Revised WID on 5G V2X with NR sidelink, 2019年9月
- [23] 3GPP, TR 37.985 Overall description of Radio Access Network (RAN) aspects for Vehicle-to-everything (V2X) based on LTE and NR, 2020 年 2 月, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3601
- [24] 3GPP TR 38.885 Study on NR Vehicle-to-Everything (V2X), 2019 年 3 月, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3497
- [25] 3GPP, TS22.186 Enhancement of 3GPP support for V2X scenarios; Stage 1, 2019 年 6 月, https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specif

- icationId=3180
- [26] FCC, FIRST REPORT AND ORDER, FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING, AND ORDER OF PROPOSED MODIFICATION, 2020年11月, https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-164A1.pdf
- [27] 広州汽車集団, 広州汽車集団 ホームページ, https://www.gacne.com.cn/vehicles/aion\_v
- [28] Ford, フォード ホームページ, 2020年7月, https://www.ford.com.cn/newsroom/2020/20200706/
- [29] ITS-TEA, ETC2.0 について, https://www.go-etc.jp/etc2/
- [30] 総務省,周波数再編アクションプラン(令和 2 年度改訂版), 2020 年 11 月, https://www.soumu.go.jp/main\_content/000685970.pdf
- [31] SIP 自動走行システム推進委員会, ダイナミックマップの概要/定義および、SIP-adus における取り組みに関する報告, 2017 年 9 月, https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai/jidousoukou\_30/siryo30-2-1-1.pdf
- [32] 鷲見公一, コネクテッド/自動運転を見据えた交通システム, 2019年1月, https://sei.co.jp/technology/tr/bn194/pdf/194-16.pdf
- [33] 警察庁交通局, 警察による ITS, 1998 年 11 月, https://www.tmt.or.jp/research/pdf/its-j.pdf
- 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期/自動運転 (システムとサービスの 拡張) /ITS 無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係る調査 平成30年度成果報告書,2019年3月,https://www.nedo.go.jp/content/100890631.pdf
- [35] 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期/自動運転(システムとサービスの拡張)/自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る調査 平成 30 年度成果報告書, 2019 年 3 月, https://www.nedo.go.jp/content/100890621.pdf
- [36] SIP 協調型自動運転通信方式検討 TF, SIP 協調型自動運転ユースケース-2019 年度協調型自動運転通信方式検討 TF 活動報告- 2020 年 9 月, https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/usecase.pdf
- [37] 3GPP, TR22.886 Study on enhancement of 3GPP support for 5G V2X services, 2018 年 12 月,
  https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3108
- [38] 5GAA, C-V2X Use Cases and Service Level Requirements Volume 1, 2020 年 12 月, https://5gaa.org/news/c-v2x-use-cases-and-service-level-requirements-volume-i/
- [39] 5GAA, C-V2X Use Cases Volume II: Examples and Service Level Requirements, 2020年10月, https://5gaa.org/news/c-v2x-use-cases-volume-ii-examples-and-service-level-requirements/

- [40] 3GPP, TS 31.102 Characteristics of the Universal Subscriber Identity Module (USIM) application, 2019 年 3 月, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/31\_series/31.102/
- [41] 国土交通省,道路統計年報 2018, 2018 年 4 月, http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/index.html
- [42] 情報通信審議会 情報通信技術分科会,新世代モバイル通信システム委員会報告ローカル 5G 検討作業班, http://www.soumu.go.jp/main\_sosiki/joho\_tsusin/policyreports/joho\_tsusin/5th\_ge neration/local\_5g/index.html
- [43] CONVERGE, Deliverable D4.3 Architecture of the Car2X Systems Network, 2015, http://www.converge-online.de/doc/download/Del%2043%20Masterdocument.zip
- [44] ETSI, TR 102 962 V1.1.1, Framework for Public Mobile Networks in Cooperative ITS (C-ITS), 2012, https://www.etsi.org/deliver/etsi\_tr/102900\_102999/102962/01.01.01\_60/tr\_102962v010 101p.pdf
- [45] 3GPP, TS 36.323 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Packet Data Convergence Protocol (PDCP) specification, 2019 年 4 月, https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36\_series/36.323/
- [46] ETSI, MEC Deployments in 4G and Evolution Towards 5G, February 2018, https://portal.etsi.org/TBSiteMap/MEC/MECWhitePapers.aspx
- [47] ESTI, MEC Multi-access Edge Computing, 2019年5月, https://forge.etsi.org/gitlab/mec
- [48] STL PARTNERS, How does edge computing architecture impact latency, 2017 年, https://stlpartners.com/edge-computing/edge-computing-architecture-impact-latency/
- [49] AT&T, AT&T Edge Cloud(AEC) White Paper, 2017 年,
  https://about.att.com/content/dam/innovationdocs/Edge\_Compute\_White\_Paper%20FI
  NAL2.pdf
- [50] NTT ドコモ, 5G 時代の社会インフラに向けたコアネットワーク, 2018 年 10 月, https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical\_journal/bn/v ol26\_e/vol26\_e\_004jp.pdf
- [51] KDDI, 5G におけるエッジコンピューティングのリソース活用に向けた制御手法, 2018 年 3 月, https://5g-miedge.eu/wp-content/uploads/2018/05/IEICE\_KDDI-Research\_Control-method-for-resource-utilization-of-edge-computing-in-5G.pdf
- [52] 国土交通省, ETC2.0 データを活用した新たな民間サービスの実用化に向けパーク 24 株式 会社とデータ配信に関する協定(第 1 号)を締結  $\sim$ スムーズな駐車場案内によるサービ ス向上と交通円滑化の実現 $\sim$ , 2019 年 3 月,

- https://www.mlit.go.jp/report/press/road01\_hh\_001144.html
- [53] NTTドコモ,日本初、セルラーV2Xの共同実証実験に成功,2018年12月13日, https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news\_release/topics\_181213\_01.pdf
- [54] 5GAA, 5GAA, BMW Group, Ford and Groupe PSA Exhibit First European Demonstration of C-V2X Direct Communication Interoperability Between Multiple Automakers, http://5gaa.org/news/5gaa-bmw-group-ford-and-groupe-psa-exhibit-first-european-demonstration-of-c-v2x-direct-communication-interoperability-between multiple-automakers/
- [55] C-V2X Device to Device Communication Consortium CAMP LLC, C-V2X Performance Assessment Project, 2019 年 10 月, https://pronto-core-cdn.prontomarketing.com/2/wp-content/uploads/sites/2896/2020/02/CAMP-CV2X\_SAE\_01152020\_v2.pdf