

革新的情報通信技術研究開発委託研究
Beyond 5G 機能実現型プログラム
基幹課題 研究計画書

課題：066

Beyond 5G 次世代 V2X 通信向け
協調型無線通信技術の研究開発



1. 研究開発課題

『Beyond 5G 次世代 V2X 通信向け協調型無線通信技術の研究開発』

2. 目的

2030年代には、更なるICTの発展により、サイバー空間（仮想世界）とフィジカル空間（現実世界）を高度に融合したサイバー・フィジカル・システムが構築され、経済発展と社会的課題の解決を両立する社会（Society 5.0）の実現が期待されている。これを支える次世代通信インフラがBeyond 5G（B5G）であり、その円滑かつ確実な社会実装に向け、B5Gが利用される産業分野と密に連携し、利用シーンからのフィードバックを得ながら高度化に伴う技術課題を抽出し、国際競争力を意識した戦略的な研究開発を推進することが必要である。

現在、自動運転の分野においては、車載センサーによって収集した自動車の周囲の情報に基づく自律型自動運転の開発が活発に行われているが、将来的により安全でスムーズな自動運転制御を実現するには、車載センサー検知外の情報の入手や自車が保有する情報提供及び車車・路車間の意思疎通等を可能とする協調通信技術が重要となる。そのため、移動通信技術の高度化に伴い、高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport System）に用いる無線通信としてセルラーV2X（C-V2X：Cellular-Vehicle to Everything）を適用し、高度な協調型自動運転の実現を目指す検討が進められている。国外では、無線通信を用いた安全運転及び自動運転支援の研究開発や政策議論、実証が活発化し、C-V2Xに関しても実運用を踏まえた検証及び展開が進められている。国内では、国外で検討中のこれら安全運転及び自動運転支援機能を既存 ITS（具体的には、760MHz帯 ITS Connect など）により一部実用化済みであるところであるが、2020年9月に、内閣府事業である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）において、将来的な実現が期待される「協調型自動運转向けのユースケース」¹を新たに整理しているほか、現状のLTE規格を利用したV2X無線通信（LTE-V2X）を対象とした検討などが進められている。他方、2030年代を目指した当該ユースケースの一部は、「合流・車線変更支援」や「遠隔操作」なども含まれており、通信遅延や信頼性などの通信要件に対して、これまで以上に高いハードルが課せられており、2020年に仕様が完成した5G NR（New Radio）規格を利用したV2X無線通信（NR-V2X）をさらに発展させたB5G技術を適用したV2X（B5G-V2X）への期待が高まっている。

自動車関連産業の分野は、我が国が技術を先導できる分野であり、これまでもITSは国外に先行して技術開発と社会実装を行ってきた。この分野での社会実装を引き続きリードするため、将来の高度な自動運転に必要となるV2X技術の導入を見据えた研究開発・国際標準化を推進する必要がある。

本委託研究では、2030年代をターゲットとした「合流・車線変更支援」や「遠隔操作」などの高度な既存のユースケースに加え、将来必要となるであろうユースケースも考慮し、通信が確立するまでの即応性を高め、かつ、より高速・大容量、低遅延・高信頼、多数接続の通信を実現するために、ミリ波等の高周波数帯の活用を含めたB5G-V2Xの研究開発を実施する。また、周波数利用効

¹ 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-
<https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/usecase.pdf>

率の一層の向上を目指し、既存の ITS との連携や共用を考慮したシステムの検討と技術開発も併せて行う。更に、研究開発に当たっては、本研究成果を活用した製品等の国内外における積極的な展開（例えば、V2X 関連市場のシェア 3 割程度の確保）につなげるため、3GPP 等の国際標準化団体の技術基準等に本研究成果が適切に反映されるよう取り組む。

なお、本課題は、「Beyond 5G 研究開発促進事業 研究開発方針」（令和 4 年 6 月 1 0 日総務省）における「3. 研究開発項目」の「① Beyond 5G 機能実現型プログラム」（p.3）の中で、ア）開発目標（数値目標等）を具体的かつ明確に定めた基幹課題として、国立研究開発法人情報通信研究機構（以下「機構」という。）が公募を実施する。

3. 内容

本研究開発では、B5G を見据えた次世代 V2X 通信の研究開発を推進する。V2X 通信には、狭域通信（V2I：路車間/V2V：車車間/V2P：歩車間）と広域通信（V2N）があり、レベル 4・5 の自動運転車におけるユースケースに対応するには、これら無線通信の高度化や狭域通信・広域通信の高度な連携が求められている。自動運転時代を見据え、次世代 V2X 通信が利用される産業分野と密に連携し、利用シーンからのフィードバックを得ながら、LTE-V2X や NR-V2X を活用する技術検証に基づき、B5G-V2X の研究開発を実施する。

将来的なユースケースを実現するための通信要件は、従来の情報提供や安全運転支援用の通信方式と比べ、データサイズが大きく、また、送信頻度、要求通信品質も高いため、これらに対応する必要がある。現在の LTE-V2X の通信パラメータでは、車載カメラ映像等の大容量データ通信への対応は通信品質向上対策のみでは難しく、加えて現状の狭域通信の通信形態はブロードキャスト通信であることから、路車間/車車間でのコミュニケーション等、送信頻度や要求通信品質が高いものへの対応には限界がある。具体的には、例えば「合流・車線変更支援」のユースケースでは、路車間/車車間での意思疎通（ネゴシエーション）をグループキャスト通信やユニキャスト通信により行うことが必要となる。また、「隊列・追従走行」、「遠隔操作」、「インフラによる情報収集・配信」のユースケースでは、車載カメラ映像等の大容量データ通信が必要である。さらに、高精度・高効率な自動運転の実現には、高精度な位置情報が有効であり、これは B5G 時代におけるフィジカル空間とサイバー空間の融合を利用した自動運転制御技術の高度化への活用も期待できる。

現在、国内で狭域通信を行う ITS に利用されている周波数として 760MHz 帯、利用が検討されている周波数帯として 5.9GHz 帯があるが、隣接する既存無線システムとの関係から、高度化に向けてこれらの周波数帯域の周辺を拡張して利用することは難しく、更なる電波の効率的な利用や高周波数帯の活用が求められる。将来の高度な自動運転の実現と普及を進めるためには、ユースケースに応じた周波数有効利用技術を検討する必要がある。

これらを踏まえ、具体的には、以下の 3 つの研究開発を実施する。なお、検討に当たっては、政府における自動運転の実現に向けた検討（内閣府戦略的イノベーション創造プログラム、自動運転レベル 4 等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト（RoAD to the L4）など）との連携を図ることとし、特に対象ユースケースに係る要求仕様の具体化に当たっては、自動車メーカーなどのステークホルダーから広く意見聴取を行うなどの工夫を行うこととする。

なお、「合流・車線変更支援」はじめ各ユースケースに係る通信シナリオ/通信要件としては、

「SIP 協調型自動運転ユースケースに関する通信シナリオ／通信要件の検討資料」（ITS FORUM RC-017 1.0 版）²を参照することとし、研究開発項目1～3に関する提案においては、それぞれ関連するユースケースに対応する形で、当該通信要件を満足する数値目標（特に、許容遅延、PAR、送信台数など）を設定することとし、当該目標設定に当たっては、既に規格化されているV2X技術（NR-V2Xなど）との比較を行うなど、目標設定の根拠を詳細に明示すること。

・研究開発項目1 路車間／車車間の無線通信に活用する高品質・高信頼かつ超低遅延な直接通信技術の研究開発

「合流・車線変更支援」のようなユースケースで必要となる路車間／車車間での意思疎通（ネゴシエーション）には、高品質・高信頼かつ超低遅延の直接通信が要求される。既存のブロードキャスト形態に加え、3GPP Rel.16以降により規定されるグループキャスト及びユニキャストを対象として、ユースケースに対する有効性や適用可能性を検証・評価するとともに、通信が必要な対象のみと通信を行う（通信エリアを限定する。）ために、「距離に応じたフィードバック／コネクションレス型グループキャスト」も同様に検証・評価の対象とする。これら検証・評価の結果に基づき、ミリ波等を活用したB5G-V2X通信技術を開発する。本研究開発により、周波数利用効率を従来の2倍以上（具体的には同時接続車両台数が従来の2倍以上の状況になっても安定的に通信を確保できる状態）とする通信技術を開発することに加え、路車間／車車間でのネゴシエーションが必要となる合流・車線変更支援の実現、交差点や高速道路インターチェンジ等での渋滞時を考慮した車両多数同時接続の実現、車載カメラ映像等の高速・大容量、低遅延な無線通信の実現を目指す。

・研究開発項目2 狭域通信との併用等により無線通信エリア（自動運転サービスエリア）を伸長するための広域通信技術の研究開発

レベル4・5の自動運転車が実現した場合でも、自動運転システムだけでは判断・回避困難なイレギュラーな交通環境等が発生することが想定されるため、遠隔地に存在する運行管理者が自動運転車からの映像情報等を基に車両操作・管理を行うことができるバックアップ体制を構築することが重要となる。この「遠隔操作」のようなユースケースに対応するため、B5G技術の活用による高速・大容量性、搬送波間隔の調整等による低遅延性、再送やフィードバック機能の高度化による信頼性の向上を実現する技術を開発し、評価する。本研究開発により、車両又は路側機と遠隔地の運行管理者との間の通信における周波数利用効率を高め、遅延時間を従来の半分にすることで、高効率・高信頼性の遠隔操作の実現を目指す。

・研究開発項目3 同時発生する複数のユースケースを相互にカバーするための既存ITSとの連携・共用技術の研究開発

高速道路における「合流支援」と「車線変更」のユースケース、一般道での交差点における「信号情報による走行支援」と「先読み情報による衝突回避支援」のユースケースというように、複数のユースケースが同一エリアにおいて同時に発生する場合、既存ITSの無線通信では、電波法上の制約

² SIP 協調型自動運転ユースケースに関する通信シナリオ／通信要件の検討資料
https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p70/ITS_FORUM_RC-017_v10.pdf

から、要求される送信頻度、周波数帯域幅等への対応が難しく、特に路車間／車車間のコミュニケーションが必要とされるユースケースへの対応は困難であると考えられる。そのため、個別のユースケースへの対応だけでなく、それぞれのユースケースの無線通信を相互に連携・共用することで、限られた ITS 用周波数帯域を有効利用するシステムの検討が必要になる。この場合、既存の ITS 無線通信技術に新規の ITS 無線通信技術をどのように入れ込んでいくかも問題になる。例えば、サービスレイヤから見た ITS 無線通信技術の使い分け（各無線通信システムの通信状態を常時観測し、状況に応じてどの無線通信システムを用いて通信するか動的に選定する。）や、既存の ITS 無線通信技術を生かしつつ、既存の ITS 無線通信技術では実現できないユースケースに対して新規の ITS 無線通信技術を適用するシステムの構築技術等を検討し、開発する。本研究開発により、各ユースケースの無線通信を連携・共用させ、周波数利用効率を高めることで、複数のユースケースが同時発生する場合でも限られた ITS 用周波数帯域で対応できるようにすることを目指す。

4. アウトプット目標・アウトカム目標

2025 年度末におけるアウトプット目標（最終目標）

研究開発項目 1 路車間／車車間の無線通信に活用する高品質・高信頼かつ超低遅延な直接通信技術の研究開発

路車間／車車間ネゴシエーションや車両多数同時接続等のユースケース下において、路車間／車車間通信を高品質に実現するため、通信対象の限定等による周波数有効利用技術やミリ波をはじめとする高周波利用技術を確立する。具体的には、定量的な目標値として、周波数利用効率を従来の 2 倍以上（具体的には同時接続車両台数が従来の 2 倍以上の状況になっても安定的に通信を確保できる状態）とすることを目指す。前述のユースケース下における実証実験等を通じて検証を行うこととする。また、本研究成果を 3GPP 等の国際標準化団体に入力し、標準規格における必須特許化を目指す（国際標準化団体への標準化提案及び特許合計 5 件以上）。

研究開発項目 2 狭域通信との併用等により無線通信エリア（自動運転サービスエリア）を伸長するための広域通信技術の研究開発

遠隔地から車両を操作・管理する等のユースケース下において、基地局を介した情報収集・操作指示を高品質に実現するため、再送機能の高度化等による周波数有効利用技術を確立する。具体的には、定量的な目標値として、車両又は路側機と遠隔地の運行管理者との間の通信における遅延時間を従来の半分にすることを目指す。前述のユースケース下における実証実験等を通じて検証を行うこととする。また、本研究成果を 3GPP 等の国際標準化団体に入力し、標準規格における必須特許化を目指す（国際標準化団体への標準化提案及び特許合計 5 件以上）。

研究開発項目 3 同時発生する複数のユースケースを相互にカバーするための既存 ITS との連携・共用技術の研究開発

同時発生する複数のユースケースに対応するため、複数 ITS 間で相互に連携・共用する技

術を確立し、実証実験等を通じて、ITS 用周波数帯域のより効率的な利用が可能か検証を行うこととする。また、3GPP 等の国際標準化団体や ARIB 等の国内標準化団体に入力し、標準規格における必須特許化を目指す。

2023 年度末におけるアウトプット目標

研究開発項目 1 路車間／車車間の無線通信に活用する高品質・高信頼かつ超低遅延な直接通信技術の研究開発

狭域通信を用いての実現が期待されるユースケースに関して、その通信要件を精査するとともに、国際標準化団体において検討が進められている新たな V2X 通信に関して調査・整理し、ミリ波等による V2X 通信に求められる技術的要件を検討し、要件定義を完了させる。

研究開発項目 2 狭域通信との併用等により無線通信エリア（自動運転サービスエリア）を伸長するための広域通信技術の研究開発

広域通信を用いての実現が期待されるユースケースに関して、その通信要件を精査するとともに、国際標準化団体において検討が進められる新たな V2X 通信に関して調査・整理し、遅延時間の削減に向けたモバイルネットワークの技術的課題を検証し、構築する無線システムの仕様を策定する。

研究開発項目 3 同時発生する複数のユースケースを相互にカバーするための既存 ITS との連携・共用技術の研究開発

研究開発項目 1 及び 2 の検討結果を踏まえ、同時発生する複数のユースケースに関して、複数 ITS 間で相互に連携・共用するための通信要件を精査し、要件定義を完了させる。

アウトカム目標

2025～2026 年 次世代 V2X 通信の制度化及び実用化（自動運転（レベル 4）適用）の準備完了、国際標準（3GPP 等）への成果インプット

2027～2028 年 高速道路における自動運転（レベル 4）への適用

なお、本委託研究での成果は、工事現場等における建機等の遠隔操縦・自動運転、工場や空港等における無人搬送車（AGV：Automatic Guided Vehicle）の自動運転への技術流用も期待できると考える。

5. 採択件数、研究開発期間及び研究開発予算等

採択件数：研究開発項目ごとに 1 件

研究開発期間：契約締結日から 2025 年度まで（毎年度実施する継続評価により継続の必要性等が認められた場合のみ、次年度も継続可能。）

研究開発予算：各年度、研究開発項目 1、研究開発項目 2 及び研究開発項目 3 を合わせて 1,000 百万円（税込）を上限とする（提案の予算額の調整を行った上で採択

する提案を決定する場合がある。継続評価や Beyond 5G 研究開発促進事業の後年度予算の状況等により、各年度の研究開発予算を変更する場合がある。)。研究開発体制：単独の提案も可能であるが、産学官連携等による複数の実施主体からなる体制とすることを推奨する。その際、社会実装を考慮した体制とすること。

6. 提案に当たっての留意点

- 研究開発項目 1、研究開発項目 2 及び研究開発項目 3 のいずれか又は複数の研究開発項目に提案することができる。複数の研究開発項目に応募する場合、提案書は一つにまとめること。
- 提案書には、2025 年度まで実施することを仮定し、2025 年度までの計画を記載すること。
- 具体的目標に関しては、毎年度の目標と 2025 年度の最終目標について、定量的に提案書に記載すること。
- 本研究開発の遂行過程で得られるデータについては、広くオープンにするのが望ましいことから、公開できると想定するデータがある場合には、その公開や利活用促進に関する計画（例：公開するデータの種類、公開先、公開方法等）を提案書に記載すること。なお、本項目は採択評価時の評価項目とする。
- 本委託研究で研究開発する技術について、具体的に B5G の実現に当たりどのような分野のどのような知的財産の取得が期待できるのか、何件程度の特許出願を目指すのか、また、知的財産の取得とともに標準化活動の推進も重要であることから、どのような分野のどのような標準の策定が期待できるのか、どのような標準化活動を推進するのか、知財戦略と標準化戦略をどのように一体的に推進しようとしているかについて提案書に記載すること。なお、本項目は採択評価時の評価項目とする。
- 外国の民間企業や大学等との連携体制が構築できている、又は計画している場合には、具体的な連携の方法について提案書に記載すること。なお、本項目は採択評価時の評価項目とする。
- 実施体制については、本研究開発の目的に則した実施体制を構築することとし、それぞれの役割を明記すること。
- 研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。
- 本研究開発成果の社会実装に向けて、到達目標の項目に記載したマイルストーンを意識しつつ、具体的な時期（目標）、体制、方策等を記載すること。その際、持続的に自走するための計画等についても記載すること。
- 研究開発成果の情報発信を積極的に行うこと。

7. 運営管理

- 複数の機関が共同で受託する場合には、代表提案者が受託者間の連携等の運営管理を行い、受託者間調整会議を定期的を開催すること。
- 機構と受託者の連携を図るため、代表提案者は、機構の指示に基づき研究開発の進捗状況などについて報告すること。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、機構が研究計画書を変更する場合がありますので、留意すること。

8. 評価

- 機構は、研究開発終了時に終了評価を実施する。毎年度後半、評価委員会による継続評価を実施し、継続の必要性等が認められた場合には、当該年度の翌年度まで委託研究を継続し、2025年度末に委託研究を終了する。評価の結果、継続性の必要性が認められなかった場合は当該年度末に終了とする。
- 機構は、本委託研究終了後に成果展開等状況調査を行い、追跡評価を行う場合がある。
- 機構は、上記以外にも本委託研究の進捗状況等を踏まえて、臨時にヒアリングを実施することがある。

9. 成果の社会実装等に向けた取組

- B5Gの実現を支える技術として、知的財産戦略及び標準化戦略、更には製品化と海外市場への展開戦略を記載するとともに、知財獲得に向けて必要な取組を視野に入れること。
- 実用化、事業化、社会実装に向けた戦略を明確とすること（委託研究後の事業化等の内容を明確にする。）。
- 上記の出口戦略を実現するため、場合によっては本委託研究で得られた成果のオープン化（例えば、成果発表やこれに留まらずコミュニティ先導のための国際ワークショップや国内特別セッション主催、展示、標準化、オープンソース化等）も行う等、成果の社会実装等に向けて必要な取組を行うこと。