

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：075

協調認識の実現に向けた次世代 V2X
(Beyond 5G-V2X) 通信技術の研究開発



1. 研究開発課題

『協調認識の実現に向けた次世代 V2X (Beyond 5G-V2X) 通信技術の研究開発』

2. 目的

我が国では、人口減少に伴うトラック運転手の担い手不足や地方における移動手手段の廃止等が社会問題となっており、その解決策として自動運転が注目されている。現在、カメラやレーダー等の車載センサーによって収集した周囲の道路交通情報に基づく「自律型自動運転」の開発が活発に行われているものの、曲がり角の先など車載センサーで検知できない領域や車載センサーの誤認識等の技術的課題がある。将来的により安全でスムーズな自動運転を実現するためには、V2X (Vehicle to Everything: 自動車とあらゆるモノを繋げる通信の総称) 通信による、車車間通信による各車の挙動 (位置、速度、進行方向、加速度等) の共有や、路車間通信による道路交通情報などの提供等に基づく「協調型自動運転」の実現が必要になると見込まれている。

自動運転の実現に向けては、2018 年より、内閣府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) における議論を通じ、既存の 700MHz 帯安全運転支援システムに加え、5.9GHz 帯に新たな通信方式を導入することで「調停・ネゴシエーション」等の高度な協調型自動運転ユースケース¹の実現を図ることとしている。

他方、我が国の交通事故発生件数・死傷者数に目を向けると、徐々に減少傾向ではあるものの、令和 3 年途中で年間約 30 万件・約 36 万人に上り、さらに、状態別交通事故死者数の内訳を見ると、歩行中が約 36%、自転車乗用中が約 14%と約半数が自動車以外の交通参加者、いわゆる交通弱者が関係する事故となっている (出典: 令和 4 年交通安全白書)。このような自動車と自転車・歩行者との事故防止のためには、前述の「協調型自動運転」の実現に向けた取組とは別の対策が必要となる。

具体的には、車載 / 路側カメラ・レーダーなどの各種センシング情報を共有し、自車両では検知できないブラインドエリア (例: 曲がり角の先など) の情報を補完して、車両の制動を行う「協調認識」 (CPS: Collective Perception Service) が挙げられる。例えば、トラック等の大型車両の後方を走行している車両にとって、大型車両の前方の状況が把握できないため、ブラインドエリアから飛び出してくる自動車、自転車、歩行者等との衝突事故が発生しやすい。このような状況においては、大型車両の車載センサーや路側インフラが収集した自転車、歩行者等の情報を後続車に共有することにより、交通事故を未然に防ぐことが可能となる。

CPS の実現には、車載 / 路側カメラ・レーダーなどの各種センシング情報から周囲の自動車、自転車、歩行者などの物標情報 (位置、速度など) を即時に算出し、当該情報が非常に高いリアルタイム性と安定性をもって車両間で共有される必要がある。なお、ETSI においては、各車両の車載センサーで検知した物標情報を含んだメッセージ規格である Collective Perception Message (CPM) の技術的検討を既に実施しており、CPM は、発信元車両・路側機のタイプや情報、搭載センサーに関する情報、検出されたオブジェクトの動的状態 (距離、速度等) やプロパティ (寸法、分類等) の

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>

詳細情報などによって構成されている²。また、我が国においては、Beyond 5G 推進コンソーシアム白書分科会が作成した「Beyond 5G ホワイトペーパー ～2030 年代へのメッセージ～」2.0 版（2023 年 3 月 13 日）において、2030 年代における CPS のための通信要求条件として、5G で想定されている 500m 以上の通信距離圏内におけるデータ伝送速度 1Gbps を踏襲しつつ、エンドツーエンドでの遅延 1 ミリ秒以下の低遅延性能と、その通信信頼性（Block Error Rate）を 10^{-6} とし、5G での要件を超える性能の達成が期待されている。そこで本研究開発では、国際動向や国内の具体ニーズ等を踏まえ、限られた電波資源の中で、前述のようなミッションクリティカルなユースケースに対応し、非常に高いリアルタイム性と安定性を併せ持つ通信技術である次世代 V2X（Beyond 5G-V2X：B5G-V2X）通信技術の確立を図ることを目的とする。

具体的には、Beyond 5G における CPS 向け通信技術の確立に向けて、ブラインドエリアの条件や車両の同時接続数の異なる小規模／大規模交差点を想定し、その要素技術である、「5.9GHz 帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の研究開発（研究開発項目1）」、「ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の研究開発（研究開発項目2）」、「実環境を模擬した Beyond 5G-V2X 通信技術の可用性検証技術の研究開発（研究開発項目3）」を実施する。

自動車関連産業は日本の一大産業であり、これまでも ITS 分野では国外に先行して技術開発と社会実装を進めてきた。当該分野での技術開発・社会実装を引き続きリードするため、CPS などの高度な安全運転・自動運転に必要な V2X 技術の研究開発を行うとともに、その研究成果等を踏まえた国際標準化を推進することは重要である。

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10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）のうち、ア）開発目標（数値目標等）を具体的かつ明確に定めてハイレベルな研究開発成果の創出を目標とし、研究計画書を作成し、実施者を公募する課題（基幹課題）として実施する。また、2023 年度に実施する継続評価の結果、継続が認められた場合は、2024 年度以降、「革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金事業 基金運用方針」（令和5年3月24日 総務省）における「3. 支援対象」の「③電波有効利用研究開発プログラム」（p.5）として実施する。

3. 内容

本研究開発では、Beyond 5G 技術を適用した次世代 V2X 通信（B5G-V2X）技術の研究開発を実施する。一般的に V2X 通信には、ITS 専用周波数を用いた直接通信（V2V（Vehicle to Vehicle）：車車間、V2I（Vehicle to Infrastructure）：路車間など）と携帯電話網を用いた間接通信（V2N（Vehicle to Network））が含まれるが、本研究開発の対象としては、主に前者の ITS 専用周波数を用いた直接通信を想定する。ITS 専用周波数は、周波数再編アクションプラン（令和4年度版）を踏まえた 5.9GHz 帯に加えて、欧州を中心に ITS 用途での活用が検討されているミリ波帯（例：63-64GHz）も対象とすることとする。また、CPS のメッセージセット等の規格は発行が予定されている ETSI TS 103 324 や他の国内実証実験等にて採用している仕様に準拠又は参考とし調

² ETSI TS 103 324 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Analysis of the Collective Perception Service (CPS); Release 2

和を考慮するものとする。

なお、研究開発に当たっては、政府における自動運転の実現に向けた検討（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CPSによる一般道の交差点等における自動車と自動車、自転車、歩行者などとの交通事故防止のユースケースに係る要求仕様の具体化に当たっては、海外の事例調査に加え、国内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。

・研究開発項目1 5.9GHz帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の研究開発

5.9GHz帯を用いたV2V通信では、ビル等の構造物や大型車両等による遮蔽により、通信途絶や通信品質の低下が生じる可能性があるが、CPSにより他の車両や路側機が検知した物標情報でブラインドエリアの情報を補完することにより、より精度の高い自動運転・安全運転が実現できる。ETSIでは車両又は路側機自身が取得した物標情報をブロードキャスト通信によって周囲の車両に提供することを想定しているが、それらに加えて、本研究開発では周囲の車両などから提供された物標情報や挙動情報（各車両自身の位置、速度、進行方向、加速度等）などを統合・付加して周囲の車両に提供する技術を開発する。この結果、各車両のブラインドエリア内の情報がリッチになり、より事故の予見性を高めることができるため、高度な自動運転・安全運転が実現可能となる。他方で、周囲の車両などから提供された全ての情報を統合・付加して再送信する場合、やりとりするデータ量が膨大になってしまう等の課題があるため、当該データ量を低減させる方策も必要となる。

そこで、本研究開発項目では、小規模交差点（片側1車線道路、車両の同時接続数：10台程度）を想定し、ビル等の構造物や大型車両等による遮蔽に対してロバストであり、かつ、CPSで求められる高いリアルタイム性、安定性を充足する5.9GHz帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術（例えば、V2I2V（Vehicle to Infrastructure to Vehicle）：車路車間通信など）の研究開発を行う。

具体的には、車載／路側カメラ・レーダーなどの各種センシング情報から収集した自動車、自転車、歩行者などの物標情報等に基づくマルチホップ通信の要否判定や無線リソース配分の効率化を行う技術を開発することで、遮蔽発生時のマルチホップ通信を行う場合であっても、パケット到達率を99%以上、エンドツーエンド遅延を50msec以下とすることを目指す。

・研究開発項目2 ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の研究開発

片側3車線道路等の交通量の多い大規模交差点においては、車載／路側カメラ・レーダーなどの各種センシング情報をやりとりする自動車の台数が急激に増加するため、5.9GHz帯だけではCPSで求められる高いリアルタイム性、安定性を充足することが困難になる恐れがある。

欧州では、63-64GHzを活用したミリ波帯V2X通信の検討が開始され、既にETSI規格の標準化も行われており、我が国においても、大規模交差点におけるCPS実現に向けたミリ波帯を活用したV2X通信技術の検討を行う必要がある。

そこで本研究開発項目では、大規模交差点（片側3車線道路、車両の同時接続数：100台程度）におけるCPSの実現に向けて、ミリ波帯を活用したV2X通信技術の研究開発を行う。

具体的には、物標情報等に基づく特定車両へのビーム形成および高速移動体への追従などを実現

するミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術などの研究開発を行うことで、従来（ミリ波 V2X 通信技術に高機能ビームフォーミング技術を適用しない場合）に比べて周波数利用効率を2倍以上とすることを目指す。

・研究開発項目3 実環境を模擬した Beyond 5G-V2X 通信技術の可用性検証技術の研究開発

研究開発項目 1、2 の研究成果を踏まえ、小規模／大規模交差点等の実環境を模擬した場合における Beyond 5G-V2X 通信技術の可用性検証を行う。例えば、現実の交通環境を模擬した場合における V2X 通信のリアルタイム性や安定性などについて、①実環境を模擬したエミュレーション技術による効果測定、②テストコースなど実環境における PoC を実施し、検証を行う。

4. アウトプット目標・アウトカム目標

研究開発項目 1～3 を実施することで、下記目標の達成を目指す。

- ・ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術による周波数利用効率 2 倍以上
（車両同時接続数を 2 倍以上）
- ・3GPP 等の国際標準化提案・寄書入力、および特許出願の合計 5 件以上

・研究開発項目1 5.9GHz 帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の研究開発

2023 年度末におけるアウトプット目標

- 国内自動車メーカーなどのステークホルダーへのヒアリングを通じた小規模交差点における CPS ユースケースの具体化完了および 5.9GHz 帯リアルタイム・マルチホップ通信技術の要件定義完了

2024 年度末におけるアウトプット目標

- 5.9GHz 帯リアルタイム・マルチホップ通信技術（具体的には、物標情報等に基づくマルチホップ通信の要否判定や無線リソース配分の効率化を行う技術）の設計完了

2025 年度末におけるアウトプット目標

- 5.9GHz 帯リアルタイム・マルチホップ通信技術（具体的には、物標情報等に基づくマルチホップ通信の要否判定や無線リソース配分の効率化を行う技術）の開発完了

2026 年度末におけるアウトプット目標（最終目標）

- 5.9GHz 帯リアルタイム・マルチホップ通信技術（具体的には、物標情報等に基づくマルチホップ通信の要否判定や無線リソース配分の効率化を行う技術）の検証・評価を完了させ、遮蔽発生時のマルチホップ通信を行う場合であっても、パケット到達率を 99%以上、エンドツーエンド遅延を 50msec 以下とすることを旨す

・研究開発項目2 ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の研究開発

2023 年度末におけるアウトプット目標

- 国内自動車メーカーなどのステークホルダーへのヒアリングを通じた大規模交差点におけるCPSユースケースの具体化完了およびミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の要件定義完了

2024 年度末におけるアウトプット目標

- ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術（具体的には、物標情報等に基づく特定車両へのビーム形成および高速移動体への追従などを実現するミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術など）の設計完了

2025 年度末におけるアウトプット目標

- ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術（具体的には、物標情報等に基づく特定車両へのビーム形成および高速移動体への追従などを実現するミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術など）の開発完了

2026 年度末におけるアウトプット目標（最終目標）

- ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術（具体的には、物標情報等に基づく特定車両へのビーム形成および高速移動体への追従などを実現するミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術など）の検証・評価を完了させ、従来（ミリ波 V2X 通信技術に高機能ビームフォーミング技術を適用しない場合）に比べて周波数利用効率を2倍以上とすることを旨とする

・研究開発項目3 実環境を模擬した B5G-V2X 通信技術の可用性検証技術の研究開発

2023 年度末におけるアウトプット目標

- 実環境のエミュレーション技術の要件定義完了

2024 年度末におけるアウトプット目標

- 実環境のエミュレーション技術の設計完了
- テストコースなどの実環境における PoC に係る要件定義・計画立案

2025 年度末におけるアウトプット目標

- 実環境のエミュレーション技術の開発、検証・評価完了
- テストコースなどの実環境における PoC に係る環境構築完了

2026 年度末におけるアウトプット目標（最終目標）

- テストコースなどの実環境における PoC 完了

アウトカム目標

2026～2027 年 5.9GHz 帯 V2X 通信路側機のプロトタイプ機を開発

2028～2029年 ミリ波帯 V2X 通信に関する国際標準（3GPP 等）への反映

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2026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。継続評価や革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金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、2026年度まで実施することを仮定し、2026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2026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 Beyond 5G 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受けるため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を設置する等、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、2026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

- Beyond 5G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、さらには社会実装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。
- 社会実装・海外展開に向けた事業計画を明確とすること（委託研究後の事業化等の内容を明確にする。）。
- 上記の社会実装・海外展開を実現するため、提案に先立ち、事業計画を練り、その実現に向けた研究開発提案を検討すること。また、必要に応じて、成果発表やそ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セッション主催、展示、標準化等を行うこと。