# 令和7年度研究開発成果概要図（目標・成果と今後の研究計画）

採択番号：07501

## 1．研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

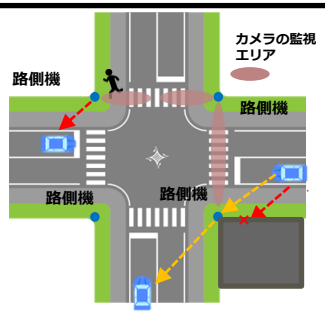
◆研究開発課題名　：協調認識の実現に向けた次世代V2X（Beyond 5G-V2X）通信技術の研究開発
◆副題　：協調認識のためのBeyond 5G-V2X通信技術の研究開発
◆受託者　：シャープ（株）、（大）京都大学、（株）KDDI総合研究所
◆研究開発期間　：令和5年度～令和8年度（4年間）
◆研究開発予算（契約額）：令和5年度から令和7年度までの総額3,000百万円（令和7年度1,000百万円）

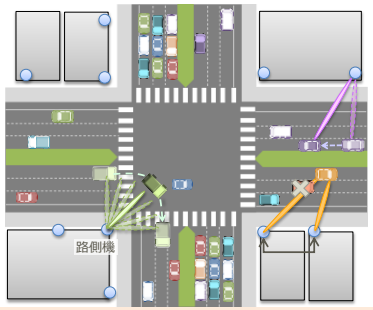
## 2．研究開発の目標

本研究開発では、1）5.9 GHz帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の確立によりマルチホップを適用時でもパケット到達率99%以上、エンドツーエンド遅延50 msec以下の達成および、2）ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の確立により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2.4倍の周波数利用効率の達成、を実現し、1）、2）の研究成果および研究実施協力者等からのヒアリングにより具体化されたユースケースを踏まえ、実環境を模擬したエミュレーション環境での評価およびテストコースでの概念実証により本研究開発成果が協調認識（CPS）のためのV2X通信技術において可用性があることを示す。さらに、1）および2）で検討した技術をV2X通信技術として世界中で普及・展開させるために、3GPPにおいて標準化活動を実施し、12件の規格化、つまり国際標準獲得を達成する。

## 3．研究開発の成果

### 研究開発目標(全受託期間)




**項目1：リアルタイム・マルチホップ通信技術**
- 5.9GHz帯リアルタイム・マルチホップ通信技術の確立
- V2X通信装置の開発

**項目2：高機能ビームフォーミング技術**
- ミリ波帯高機能ビームフォーミングの確立
- ビームフォーミングアンテナ、V2X通信装置の開発

**国際標準化：**3GPP Rel.19以降にて73件の標準化提案を行い、12件の国際標準獲得を達成

**項目3：可用性検証**

**協調認識のユースケースの具体化**

ステークホルダーとの連携、ヒアリング



**エミュレーション技術の確立**



**小規模及び大規模交差点でのテストコースを用いた概念実証**



### 研究開発成果(2025年度)

**研究開発項目1：**

項目1-a:マルチホップV2X通信方式の研究開発
- 5G-NR信号を用いた5GHz帯電波伝搬特性、伝送特性、協調認識に必要となる情報を測定。この情報を用いて車両間マルチホップV2X通信方式を実証する基礎伝送評価装置を開発した。

項目1-b: V2X通信システムの研究開発
- 2024年度に開発した5.9GHz帯V2X通信装置にマルチホップ機能を実装するためのシーケンスを実装し、送信機、中継器、受信機の間で直接通信およびマルチホップ通信が可能であることを確認した。

**研究開発項目2：**

項目2-a:ビームフォーミング技術の研究開発
- AI/ML活用による多ビーム選択最適化、端末主導のビーム切替高速化、多ビーム活用による遮蔽回避の改良設計を完了した。手法の更なる改良に向けて屋外での車車間の遮蔽を含んだ電波の測定、特性解析を行った。

項目2-b:ミリ波帯通信装置の研究開発
- 2024年度に開発したミリ波帯（28GHz帯）V2X通信装置に対して、5G-NRに準拠させるための機能の改良とビームフォーミングアンテナの実装を完了した。
- 基地局と端末間におけるビーム伝送について無線区間の疎通確認を行い、研究開発項目3-cにおける遠隔監視の映像伝送のための通信速度の要求条件を満たすことを確認した。

**標準化(主に研究開発項目1-b及び2-aに関係)：**

V2X通信システム技術について17件の国内外特許出願と21件の寄書入力を行い、本研究開発における標準化活動により29件の項目が標準化採択された。また、ビームフォーミング技術について22件の国内外特許出願と19件の寄書入力を行い、本研究開発における標準化活動により27件の項目が標準化採択された。

**研究開発項目3：**

項目3-a:ユースケースの研究開発
- 自動運転の実証実験を実施する自治体およびITS情報通信システム推進会議との連携により、研究開発項目3-cにおける実証のユースケースの妥当性を確認した。

項目3-b: エミュレーション技術の研究開発
- 2024年度までに開発した5G-NRをベースにした基礎ワイヤレスエミュレータに接続可能な、協調認識機能および車両間マルチホップ通信環境がエミュレーションできる基礎環境を開発した。

項目3-c: テストコースを用いた概念実証
- 5.9 GHz帯マルチホップ通信技術に関する概念実証において、研究開発項目3-aの結果を考慮して実証シナリオを具体化し、カメラを用いた物標認識技術の開発を開始した。
- ミリ波帯高機能ビームフォーミング技術に関する概念実証において、実証シナリオ、実証場所および装置の接続方法を確定し、概念実証に係る環境構築として、遠隔監視により高精細・高圧縮を実現可能なHEVCによるリアルタイムストリーミング映像伝送技術の開発を開始した。

## 4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

| 国内出願 | 外国出願 | 研究論文 | その他研究発表 | 標準化提案・採択 | プレスリリース報道 | 展示会 | 受賞・表彰 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 74<br>(20) | 44<br>(19) | 2<br>(2) | 49<br>(26) | 154<br>(96) | 10<br>(3) | 6<br>(2) | 5<br>(2) |

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

**(1) 5.9GHzV2X通信技術関連**

- 選定した交差点付近において、無指向性、指向性アンテナを持つ路側機を設置し、5GHz帯の5G-NR信号を伝送した場合の伝送特性を取得結果を国際会議で発表。
- 5G-NRを利用したマルチホップV2X方式を提案し、各種評価装置を開発し、伝送特性を評価した結果を研究論文、で国際会議論文で発表。

**(2) ミリ波帯高機能ビームフォーミング技術関連**

- 改良設計した各手法(AI/MLを用いた多ビーム選択、端末主導のビーム切替、多ビームを活用した遮蔽回避)を、実環境での情報量制約を考慮して計算機シミュレーション評価し、周波数利用効率の向上を確認。成果をIEEE国際会議や電子情報通信学会の大会・研究会で計9件発表した。
- ミリ波帯ビームフォーミングアンテナを用いて交差点環境において5G-NR信号の伝送実験を実施した。
- ビームフォーミング技術へのAI/ML適用、端末主導のビーム切替等について、規格必須特許の候補となる22件の特許案を創出し、国内外出願を完了した。

**(3) エミュレーション技術技術関連**

- 基地局、路側機、車両を仮想空間に構築し、実験による交差点環境の車の挙動をモデル化したものを取り込み、さらに、エミュレータ上に5G-NRをベースにシステムレベル・リンクを構築し、V2X通信環境をエミュレーションできるワイヤレスエミュレータを開発。

**(4) 目標を大きく上回るペースでの国際標準化、特許出願、多数の標準獲得を達成**

- 3GPP Release 19のサイドリンクマルチホップリレー、路側機間連携、ビームフォーミング技術へのAI/ML適用、端末主導のビーム切替に対し、最終目標44件の特許出願に対して**118件**の特許出願(国内・外国を含む)を達成し、最終目標を大きく上回る成果を達成。
- 最終目標73件の3GPP国際標準化提案に対して、**98件**の標準化提案を実施。最終目標12件の標準化獲得に対して、**56件**の国際標準獲得を達成し、最終目標を大きく上回る成果を達成。

**(5) ITS情報通信システム推進会議等実用化を意識した会議体との連携**

20年以上我が国のITS情報通信をとりまとめ、総務省・自工会とも連携しているITS情報通信システム推進会議において、VRU(交通弱者)が遮蔽物かの陰から飛び出す場合に通信を用いたセンシング情報の共有が有効であるという議論の流れであり、研究開発項目3-cにおける実証のユースケースとの一致により実証内容の妥当性を確認。

## 5. 今後の研究開発計画

**研究開発項目1**

研究開発項目1-a:マルチホップV2X通信方式の研究開発

- 前年度までに設計・開発したマルチホップV2X通信方式を実証する評価装置および協調認識実現に向けたV2X用無線リソース制御技術の基礎評価装置を用いて、5GHz 帯においてリアルタイム・マルチホップ通信技術の総合検証・評価を完了させる。
- ミリ波帯以上の周波数帯の5G-NRを利用したV2X通信への利用可能性についてもまとめる。

## 5. 今後の研究開発計画（つづき）

**研究開発項目１**

研究開発項目1-b：V2X通信システムの研究開発

- 研究開発項目3-cの概念実証のために、2025年度に開発したマルチホップ通信に対応した路側機および開発した車載用端末の統合評価を行うとともに、研究開発項目3の成果をフィードバックしながら改良し、伝送特性を評価し、概念実証で使用する。

**研究開発項目２**

研究開発項目2-a：V2X通信システムの研究開発

- 本研究開発で得られたビームフォーミング技術について、計算機シミュレーションプラットフォームによる統合評価を完了させ、従来技術と比較して周波数利用効率2.4倍を実現する。
- 研究開発項目2-b及び3と連携し、2-aの手法を実装したモバイル通信システムを用いて概念実証で手法の有効性を確認する。

研究開発項目2-b：ミリ波帯通信装置の研究開発

- 2025年度に開発した路側機・端末を、研究開発項目3-cの概念実証のために統合評価を行うとともに、研究開発項目3の成果をフィードバックしながら改良し、伝送特性を評価し、概念実証で使用する。

**研究開発項目３**

研究開発項目3-a：ユースケースの研究開発

- 引き続き研究実施協力者、ITS情報通信システム推進会議および自動運転の実証実験を実施する自治体との連携を行う。

研究開発項目3-b：エミュレーション技術の研究開発

- 開発を行ってきたマルチホップV2X通信エミュレータに研究開発項目２で開発するミリ波帯における高機能ビームフォーミングを搭載し、ワイヤレスエミュレータを用いた協調認識を含めた総合的なV2X通信システムエミュレーションを実施する。

研究開発項目3-c：テストコースを用いた概念実証

- 研究実施協力者等と連携し、テストコースにおいてカメラを搭載した路側機および車両からの協調認識および路側機の利活用を含めた総合的な概念実証を行い、本研究開発が協調認識のためのV2X通信において可用性があることを確認する。

**標準化 (主に研究開発項目1-b及び2-aに関係)：**

- 3GPP Release 19においてマルチホップでも高信頼・低遅延なV2X通信技術の確立に向けて、シミュレーションや装置開発からのフィードバックを行い、検討した技術について標準化議論を推進することで規格化6件の達成を目指す。
- 2025年から開始している3GPP Release 20において、ビームフォーミング技術の更なる高度化のための標準化議論を推進する。