

令和 5 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 07501  
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  
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  
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  
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  
副 題 協調認識のための Beyond 5G-V2X 通信技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発は、B5G における協調認識のための V2X 通信技術の研究開発、路側機・端末開発、国際標準獲得を行うことで、協調認識を活用した V2X システムで世界に先行することを目的とする。

また、自動車メーカーなどのステークホルダーと連携し、小規模・大規模交差点における協調認識 (CPS : Collective Perception Service) ユースケースの実環境エミュレーションおよびテストコースを用いた概念実証を行うことで、本研究開発が B5G における無線通信技術および社会実装の面において有用であることを示すことを目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 5 年度から令和 8 年度 (4 年間)

(3) 受託者

シャープ株式会社<代表研究者>  
国立大学法人京都大学  
株式会社 KDDI 総合研究所

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 5 年度 1,000 百万円 ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

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  
1-a-1) マルチホップ V2X 通信方式の研究開発 (京都大学)  
1-a-2) 協調認識実現に向けた V2X 用無線リソース制御技術の研究開発 (京都大学)  
1-b-1) V2X 通信標準技術の研究開発 (シャープ)  
1-b-2) 5.9GHz 帯通信装置の研究開発 (シャープ)  
  
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  
2-a) ビームフォーミング技術の研究開発 (KDDI 総合研究所)  
2-b-1) ミリ波帯路側機・端末の研究開発 (シャープ)  
2-b-2) 高機能ビームフォーミング制御アンテナの研究開発 (京都大学)  
  
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  
3-a) ユースケースの研究開発 (シャープ)  
3-b) エミュレーション技術の研究開発 (京都大学)  
3-c) テストコースを用いた概念実証 (シャープ)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	16	16
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	3	3
	標準化提案・採択	11	11
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	4	4
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

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  
(京都大学、シャープ)

研究開発項目 1-a-1 マルチホップ V2X 通信方式の研究開発 (京都大学)

小規模交差点におけるCPSのためのマルチホップ V2X 通信のユースケースのうち選択されたユースケースに関して、5G NR 信号を用いた基礎電波伝搬特性（パスロス特性、遅延プロファイル特性）測定装置、伝送特性（BLER 特性等）測定装置を整備し、屋外において基礎実験を行い、交差点を想定した環境における基礎電波伝搬特性を取得した。

研究開発項目 1-a-2 協調認識実現に向けた V2X 用無線リソース制御技術の研究開発  
(京都大学)

カメラを用いた各種センシング情報から自動車、自転車、歩行者などの物標情報等を収集する装置を整備した。さらに 3-b) で利用予定の NICT のワイヤレスエミュレータで取得している地理空間情報のうち、交差点環境を横浜市の中で選択し、その交差点の屋上から交差点の人、車の交通情報に関して、上記物標情報収集装置を用いて、取得を行った。さらに、この物標情報取得結果をもとに車両、人へのタグ付を行い、交通流をモデリングするための準備を実施した。

研究開発項目 1-b-1 V2X 通信標準技術の研究開発 (シャープ)

路側機間の高度な連携、マルチホップ通信に関して標準化で必要な要件定義を行い、3GPP の標準化議論において路側機間の高度な連携とマルチホップ通信を実現するサイドリンクリレー方式の案件化を達成し、4 件の特許出願及び 5 件の国際標準提案を達成した。

研究開発項目 1-b-2 5.9GHz 帯通信装置の研究開発 (シャープ)

5G NR に準拠した 5.9GHz 帯 V2X 通信装置の主要諸元の決定を行い、サイドリンク物理チャネルの伝送を実装した V2X 通信装置の初期開発を完了した。

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  
(KDDI 総合研究所、シャープ、京都大学)

研究開発項目 2-a ビームフォーミング技術の研究開発 (KDDI 総合研究所)

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

る遮蔽回避の要件を定義し、計算機シミュレーションで定義された要件の妥当性を確認した。また、これらについて 12 件の特許出願と 5 件の寄与文書入力を行い、3GPP での標準化議論の案件化を達成した。

#### 研究開発項目 2-b-1 ミリ波帯路側機・端末の研究開発 (シャープ)

5G NR に準拠した 28GHz 帯通信装置の一次主要諸元を決定し、Uu リンクインターフェースによる伝送を可能とする初期実装を完了した。

#### 研究開発項目 2-b-2 高機能ビームフォーミング制御アンテナの研究開発 (京都大学)

28GHz 帯において水平、垂直方向プラスマイナス 45 度程度のビームステアリング範囲をもつ 16 素子アダプティブアレイで構成されるビームフォーミングアンテナおよびマイクロ波帯の信号を 28GHz 帯の信号に変換するアップコンバータ整備した。

#### 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 (京都大学、シャープ)

##### 研究開発項目 3-a ユースケースの研究開発 (シャープ)

研究実施協力者からのヒアリング結果から具体的な協調認識ユースケースの一次特定を完了した。ITS 情報通信システム推進会議や自動運転の実証実験を実施する自治体との連携を行い、ヒアリング内容をまとめた。

##### 研究開発項目 3-b エミュレーション技術の研究開発 (京都大学)

3GPP システムをベースにした V2X 通信のエミュレーションを NICT が所有するワイヤレスエミュレータで実施することを想定し、対象となる小規模/大規模交差点の具体的な場所を NICT が所有するワイヤレスエミュレータで搭載済みの 3次元地理空間情報の中から選定した。さらに選定した交差点付近において、任意の位置に指向性アンテナを持つ路側機を設置することを想定し、5GHz 帯電波を送信した場合に、レイトレースシミュレーションにより、その電波伝搬特性が計算され、NICT のワイヤレスエミュレータと同様のオペレーションシステム上でその伝搬特性が可視化される V2X エミュレータ用基礎基盤ソフトウェアを搭載した、基礎ワイヤレスエミュレータを開発した。

##### 研究開発項目 3-c テストコースを用いた概念実証 (シャープ)

研究開発項目 3-a のヒアリング結果や外部団体との連携を踏まえ、概念実証を行うための実証ケースの一次洗い出しを完了した。自動運転を実施する際に必要な遠隔監視・遠隔操縦のための V2N を用いた遠隔操作実証の実施を行った。

#### (8) 今後の研究開発計画

##### 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 (京都大学、シャープ)

##### 研究開発項目 1-a-1 マルチホップ V2X 通信方式の研究開発 (京都大学)

基地局 (BS)、路側機 (RSU: Road Side Unit) を利用して車両 (Vehicle) -RSU 間 (V2I) および車両間 (V2V) が多段中継を用いて相互に通信を行い、情報を基地局に伝送することができる通信プロトコルの設計を行い、仕様化を行うとともに、評価装置を開発し、実機による特性評価を行う。

研究開発項目 1-a-2 協調認識実現に向けた V2X 用無線リソース制御技術の研究開発  
(京都大学)

各種センシング情報、特にカメラ情報を効果的に削減させ、移動体に対して高速に反応し V2X 通信を実現するために、画像情報の圧縮等を行うエッジ処理技術およびエッジ処理された情報に対して機械学習を利用して、マルチホップ通信の可否、必要リソースに算出する V2X 用無線リソース制御技術の設計を行い、仕様化を行うとともに、評価装置を開発し、実機による特性評価を行う。

研究開発項目 1-b-1 V2X 通信標準技術の研究開発 (シャープ)

3GPP Release 19 において標準化が本格化する路側機間連携とマルチホップについて、標準化議論を推進することで規格化 3 件の達成を目指す。また、2025 年に開始されることが想定される 3GPP Release 20 に向けて上記規格化トピックの高度化技術の案件化、および標準化議論を推進し、規格化 3 件を目指す。

研究開発項目 1-b-2 5.9GHz 帯通信装置の研究開発 (シャープ)

研究開発項目 1-a の成果を踏まえ、シングルホップのみならず複数の路側機または車載端末を中継するマルチホップ通信および通信リンクの切替を実現する 5.9GHz 帯 V2X 通信装置の開発を行い、50 msec の遅延でエンドツーエンドのパケット到着率 99%以上を達成することを確認する。

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  
(KDDI 総合研究所、シャープ、京都大学)

研究開発項目 2-a ビームフォーミング技術の研究開発 (KDDI 総合研究所)

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を組み合わせることで、これらの高機能ビームフォーミングを適用しない従来技術と比較して 2.4 倍の周波数利用効率を実現する。また、路側機・端末のシーケンスやインタフェースを特許化し、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。

研究開発項目 2-b-1 ミリ波帯路側機・端末の研究開発 (シャープ)

研究開発項目 2-a および 3 と連携し実機上の制約を考慮した検討技術の調整を行い、高機能ビームフォーミングがテストコースにおいて通信路が確保し続けられるか実証を行う。

研究開発項目 2-b-2 高機能ビームフォーミング制御アンテナの研究開発 (京都大学)

大規模交差点における情報通信を行うための車両トラッキングに必要なビームのステアリング範囲、ビーム幅を決定するコードブックで動作可能な路側機に搭載可能な高機能ビームフォーミングアンテナをミリ波帯で開発し、5G-NR の基地局、路側局と協働で動作実証を行う。

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  
(京都大学、シャープ)

研究開発項目 3-a ユースケースの研究開発 (シャープ)

研究開発項目 1、2、3-b、3-c の実施内容および実用化の際に重要となるステークホルダーとの連携を拡大し、協調認識のユースケースの特定を完了する。

### 研究開発項目 3-b エミュレーション技術の研究開発（京都大学）

基地局-複数車両間、基地局-歩行者間、基地局-複数路側機間、路側機-複数車両間、路側機-複数歩行者間、路側機間において協調認識および V2X 通信技術の可用性検証を実施することができるワイヤレスエミュレータを開発し、伝送特性評価を実施する。

### 研究開発項目 3-c テストコースを用いた概念実証（シャープ）

研究開発項目 1、2、3-a、3-b の実施内容を踏まえ、協調認識のユースケースから実証ケースを更新、改良しながら特定し、特定された実証ケースでの概念実証を行い、可用性があることを示す。