300 GHz 帯テラヘルツ波を用いた
車両通信システムの超高速上り伝送に成功
–実走行車両から最大 140 m 先へ 14.6 Gbit/s の
5G 標準仕様準拠無線伝送を実証–

概要

国立大学法人京都大学の原田博司 情報学研究科教授、香田優介 同准教授らの研究グループは、テラヘルツ帯（300 GHz 帯）において、実際に走行する車両から最大 140 m 離れた受信機に対し、第 5 世代移動通信システム（5G）の無線通信規格による信号構成を基に、国内の 5G で利用されている最大チャネル帯域幅（400 MHz）の約 20 倍に相当する 7.8 GHz 幅の超広帯域信号を用いて、14.6 Gbit/s の高速無線伝送に成功しました。また、チャネル帯域幅 100 MHz とした場合にも、120 m にわたる通信エリアを形成できることを実証しました。本成果は、これまで主に固定通信や近距離通信での利用が想定されてきたテラヘルツ帯において、実際の車両走行環境下で超高速無線伝送が可能であることを示すものです。これにより車両が取得する高精細映像、高精度 3 次元地図情報、点群データなど、自動運転に必要となる大容量の情報を、走行中の車両から路側インフラへ高速に伝送する通信システムへの応用が期待されます。今後、テラヘルツ帯を利用した車両通信技術の研究開発を進めることで、より安全で高度な自動運転を支える超高速無線通信インフラの実現に貢献することが期待されます。



図 1：300 GHz 帯超広帯域移動伝送装置((a) 送信機、(b) 受信機、(c) 受信機から見た移動経路)

1. 背景

商用サービスが開始されている第 5 世代移動通信システム（5G）は、「高速・大容量」「低遅延」「多接続」といった特長を持ち、現在、個人向けの通信サービスだけでなく、産業や社会基盤を支える重要なインフラとして、さらなる高度化が期待されています。この高度化には、より広範な周波数資源の確保が不可欠であり、現在 5G 向けに割り当てられている Sub-6 GHz 帯および 28 GHz 帯に代表されるミリ波帯[1]の有効活用に加え、新たな周波数帯の開拓が求められています。なかでも自動運転分野においては、車両向け通信システム V2X（Vehicle-to-Everything）[2]が注目されています。V2X は、車両同士あるいは車両と路側インフラとの間で、位置情報、各種センサー、メーター、モニターを用いた周辺環境の情報を共有することにより、交通事故の削減や自動運転の高度化に貢献することが期待されています。一方、自動運転車両に搭載されるカメラや LiDAR などのセンサーは高性能化・高精細化が進んでおり、取得される映像や点群データなどの情報量は今後さらに増大すると予想されています。こうした大容量情報を走行中の車両から路側インフラへ短時間で伝送するためには、従来よりも広い周波数帯域を利用した超高速無線通信技術の開発が重要となります。

その有力候補として、現在の 5G で利用されている 28 GHz 帯の 10 倍の周波数に相当する 300 GHz 帯のテラヘルツ波が注目されています（**図 2**）。テラヘルツ帯では、現在国内の 5G で利用されているチャネル帯域幅を大幅に上回る超広帯域の確保が可能であり、高精細映像、高精度 3 次元地図情報、点群データなどの大容量情報を高速に伝送することで、V2X 通信システムの可能性を大きく広げる技術として期待されています。



図 2：テラヘルツ帯の位置付け

京都大学では、テラヘルツ波を用いた広帯域 V2X 通信システムの実現に向けて、超広帯域移動伝送試験装置の開発を進めてきました。2026 年 2 月には、5G の無線通信規格による信号構成を基に、国内の 5G に割り当てられている最大チャネル帯域幅（400 MHz）の約 20 倍に相当する 7.8 GHz 幅を用い、時速 1000 km の移動に相当するドップラー周波数環境下でも 14.6 Gbit/s の伝送が可能な 6G 向け広帯域移動伝送試験装置を開発しました（「4. 関連する成果」参照）。しかし、これまでの 300 GHz 帯における評価は、実験室内で高速移動時のドップラー周波数を模擬した基礎実験にとどまっており、実際に走行する車両を用いた屋外環境での伝送性能や通信可能な範囲は明らかになっていませんでした。このため、テラヘルツ波を利用した V2X 通信システムの実用化に向けて、実際の車両走行環境における超高速無線伝送と通信エリアの形成を実証することが課題となっていました。

2. 研究成果

実際の道路環境において、時速約 20 km で実際に走行する車両から最大 140 m 離れた建物内の受信機に対

し、300 GHz 帯の超広帯域信号を用いて 14.6 Gbit/s の高速無線伝送に成功しました。本実験では、2026 年 2 月に開発した 6G 向けテラヘルツ帯広帯域移動伝送試験装置を使用しました（「4. 関連する成果」参照）。本装置は以下の 4 つの特長を有しています。

1. テラヘルツ帯（300 GHz）において、5G の無線通信規格の信号構成を基にした OFDMA[3] 方式の物理層信号を送信可能
2. 現行の 5G の無線通信規格で採用されているサブキャリア間隔 120 kHz の OFDMA 方式を用い、チャネル帯域幅 100 MHz において 176 Mbit/s の伝送が可能
3. OFDMA 方式のサブキャリア間隔を現行の 120 kHz から 960 kHz に拡大するとともに、チャネル帯域幅を 7.8 GHz に広帯域化することで、14.6 Gbit/s の超高速伝送が可能
4. 高速移動環境で発生するドップラー周波数偏移を自動的に推定・補正し、受信信号との同期を安定して維持する信号処理方式をソフトウェア無線技術によって実装。時速 1000 km の移動に相当するドップラー周波数環境下でも安定した信号受信が可能

今回の伝送実験では、受信機を道路沿いの建物内に設置し、実際に走行する車両に送信機を搭載して伝送特性を評価しました。受信アンテナのビーム方向を変化させた以下の 2 つの条件で測定を行い、それぞれの条件で得られた通信可能範囲を組み合わせることで、通信エリアを評価しました。

1. 受信機を、実験対象の道路を見渡せる建物内の高さ約 5.8 m の位置に設置し、受信アンテナのビームを水平方向から 2 度下方へ向けて、道路上に照準しました。この状態で、送信機を搭載した車両（**図 1(a)**）を受信機から約 10 m～340 m の範囲で走行させ、伝送特性を測定しました。なお、車両に搭載した送信アンテナの高さは 1.5 m としました。
2. 同じ受信機の設置位置において、受信アンテナのビームを 4 度下方に向け、送信機を搭載した車両を受信機から約 10 m～340 m の範囲で走行させ、伝送特性を測定しました。



(a)

項目	値
周波数	300.24 GHz
帯域幅	95 MHz
通信方式	5G NR OFDM
送信電力	−10 dBm
OFDM サブキャリア間隔	120 kHz
物理リソースブロック数	66
MCS	7
伝送レート	176 Mbit/s
変調方式	QPSK
誤り訂正符号	LDPC
サンプリングレート	125 MHz

(b)

項目	値
周波数	300.24 GHz
帯域幅	7.8336 GHz
通信方式	5G NR OFDM
送信電力	−10 dBm
OFDM サブキャリア間隔	960 kHz
物理リソースブロック数	680
MCS	1
伝送レート	14.6 Gbit/s
変調方式	QPSK
誤り訂正符号	LDPC
サンプリングレート	8 GHz

(c)

図 3：実験環境および諸元。（a）実験環境、（b）100 MHz 帯域幅送信時の実験諸元、（c）7.8 GHz 帯域幅送信時の実験諸元

伝送試験の主なパラメータを**図 3(b)、(c)**に示します。送受信アンテナには、いずれも利得 43 dBi のカセグレンアンテナを使用しました。また、すべての実験において、送信アンテナは水平方向に受信機を向くように設定しました。一方、受信アンテナのビーム方向は走行する車両に追従させず、各測定条件において固定しま

した。

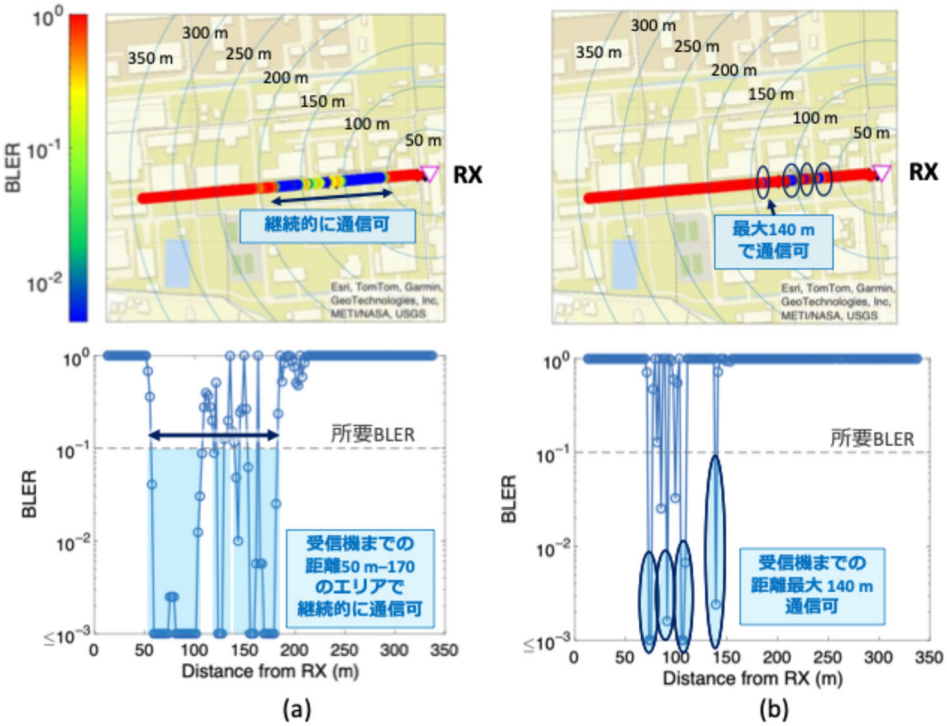


図 4：テラヘルツ帯における車両からの上り伝送特性（(a) 100 MHz 帯域幅（176 Mbit/s）での送信時、(b) 7.8 GHz 帯域幅（14.6 Gbit/s）での送信時）

各測定地点における伝送特性を評価しました（**図 4**）。本評価では、5G の信号伝送におけるブロック誤り率（BLER：Block Error Rate）を評価指標とし、BLER が 0.1 以下の場合を通信可能と判定しました。**図 4(a)**に示すように、現行の 5G 標準仕様に相当するチャネル帯域幅 100 MHz の場合には、受信機から 50〜170 m の範囲において BLER が 0.1 以下となり、120 m にわたる連続した通信エリアを形成できることを確認しました。一方、**図 4（b）**に示すように、チャネル帯域幅 7.8 GHz の場合には、受信機から 140 m 離れた地点において 14.6 Gbit/s の超高速伝送に成功するとともに、100 MHz 帯域幅で形成した通信エリア内の複数地点においても通信できることを確認しました。これらの結果から、100 MHz 帯域幅によって比較的広い通信エリアを確保し、そのエリア内で 7.8 GHz の超広帯域信号を利用した超高速伝送を行うという、テラヘルツ帯 V2X 通信システムの重要な設計指針を得ました。本成果は、車両が取得する高精細映像、高精度 3 次元地図情報、点群データなどの大容量情報を、走行中の車両から交差点などに設置された路側インフラへ高速にアップロードする通信システムへの応用可能性を示すものです。

3. 波及効果、今後の展開

テラヘルツ帯（300 GHz 帯）において、実際に走行する車両からの無線伝送により、チャネル帯域幅 100 MHz で 120 m にわたる連続した通信エリアを形成するとともに、7.8 GHz の超広帯域信号を用いて、受信機から 140 m 離れた地点で 14.6 Gbit/s の超高速無線伝送を実現しました。これにより、比較的狭い帯域幅で広い通信エリアを確保しながら、超広帯域信号によって大容量情報を高速に伝送するという、テラヘルツ帯 V2X 通信システムの新たな設計指針を示しました。本成果は、これまで主に固定通信や近距離通信での利用が想定

されてきたテラヘルツ帯について、実際の車両走行環境での移動通信への適用可能性を大きく広げるものです。特に、車両が取得する高精細映像、高精度 3 次元地図情報、点群データなどの大容量情報を、走行中の車両から交差点などに設置された路側インフラへ高速にアップロードする通信システムへの応用が期待されます。今後は、実際の道路環境における通信エリアのさらなる拡大や、車両の走行状況に応じた通信の安定化などに向けた研究開発を進め、テラヘルツ帯を利用した超高速 V2X 通信システムの実用化を目指します。

4. 関連する成果

テラヘルツ帯における 6G 向け超広帯域無線伝送試験装置を開発し、時速 1000 km の高速移動エミュレーション環境下での基礎伝送に成功

https://www.dco.cce.i.kyoto-u.ac.jp/ja/PL/PL_2025_05.html

5. 研究プロジェクトについて

本研究の一部は国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究（JPJ012368C07501、JPJ012368C04201)、および、総務省「日米産学連携を通じた 5G 高度化の国際標準獲得のための無線リンク技術の研究開発」（JPJ00595）の一環として実施されたものです。

＜用語解説＞

1. ミリ波帯：
   30 GHz 付近から 300 GHz までの周波数帯域全般を指します。総務省より第 5 世代移動通信システム向けに割り当てられた 28 GHz 付近の周波数帯域もミリ波帯と呼ばれることが多く、一般的にはその下限として 28 GHz を含みます。

2. V2X（Vehicle-to-Everything）
車両が他の車両、インフラ、歩行者、ネットワーク等あらゆるものと無線により接続し、情報共有や協調制御を行うシステムです。交通事故の削減や交通流の最適化、自動運転への高度化などへの活用が期待されています。V2X は車両同士を接続する V2V（Vehicle-to-vehicle)、車両と他の路側機等のインフラを接続する V2I（Vehicle-to-infrastructure)、車両と歩行者を接続する V2P（Vehicle-to-pedestrian)、車両とネットワークを接続する V2N（Vehicle-to-network）から構成されています。

3. 直交周波数多元接続方式（OFDMA：Orthogonal Frequency Division Multiple Access）
   データを直交する周波数サブキャリアに分割して並列に伝送する直交周波数分割多重方式（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：OFDM）を拡張し、複数の無線局がそれぞれ異なるサブキャリアを用いることで、互いに混信することなく同時に通信を行うことを可能にする技術。第 4 世代移動通信システム（4G）では下り通信において採用されており、現在では第 5 世代移動通信システム（5G）において、下り通信および上り通信の両方に採用されています。