



Tokyo Tech

Press Release

2024年9月13日

東京工業大学

## MEC とデジタルツインを活用した AR グラスを用いる歩行者危険回避システム

－ Beyond 5G を利用したスマートシティのサービス実現に貢献－

### 【要点】

- 大学キャンパス内に構築した Beyond 5G モバイルネットワークの実証フィールドで、デジタルツイン上の AI と AR グラスを用いた歩行者危険回避システムの実証実験に成功
- 東工大デジタルツイン MEC サーバと楽天モバイル AR アプリ MEC サーバの連携で、プライバシーを担保しつつ低遅延に情報を処理するネットワークを実現
- Beyond 5G や MEC 間連携アーキテクチャを利用したさまざまなスマートシティサービスへの展開に期待

### 【概要】

東京工業大学 工学院 電気電子系の阪口啓教授の研究グループは楽天モバイル株式会社と共同で、東京工業大学 大岡山キャンパスに **Beyond 5G** (用語 1) モバイルネットワークの実証フィールドを構築し、大学キャンパス内の **MEC** (用語 2) サーバで稼働する **デジタルツイン** (用語 3) と連携することで、**AR グラス** (用語 4) を用いて歩行者の危険回避を促す実証実験に成功した。

近年、MEC と AR グラスを用いた危険回避などのアプリケーションが注目を集めており、工場内などの特定の環境での活用が始まっているが、スマートシティなどのダイナミックの高い公共の環境での活用は実現されていなかった。

本研究では、まず東京工業大学 大岡山キャンパスに Beyond 5G モバイルネットワークの実証フィールドを構築し、AR グラスと AR アプリケーションが稼働する楽天モバイル MEC サーバの間での超高速低遅延通信を実現した。次に、大学キャンパス内のデジタルツインが稼働する東工大 MEC サーバと、AR アプリケーションが稼働する楽天モバイル MEC サーバが相互連携可能なアーキテクチャを構築することで、公共の環境でプライバシーを担保しつつ、低遅延に End-to-End で情報を処理するネットワークアーキテクチャを構築した。これらの環境を活用することで、キャンパス内で発生する衝突事故をデジタルツイン上の AI を用いて予測し、歩行者の AR グラスに低遅延で通知することに成功した。

本実証実験で検証した Beyond 5G や MEC 間連携アーキテクチャを活用することで、将来のスマートシティにおけるさまざまなサービスへの展開が期待される。

本研究成果は、情報通信研究機構 (NICT) の受託研究「Beyond 5G 大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発」の一部として実施

されたものであり、6月27日公表の終了評価（対今年度までの目標）で最高評価の「S」を得ている（参考リンク1）。

## ●背景

「スマートシティ」と呼ばれる人が住みやすい未来都市を実現するためのネットワーク技術として、2030年頃に導入が見込まれる次世代の通信インフラ「Beyond 5G」に関する研究開発が進められている。スマートシティでは、Beyond 5G モバイルネットワークを介して都市と人がつながることで、新たな生活スタイルやサービスが創出される。スマートシティにおける人のインターフェースとして期待されているのが、スマートウォッチやARグラスなどのウェアラブル端末である。ARグラスなどを用いることで、現状のスマートフォンとは異なり、直接視覚や聴覚に訴えることが可能になり、即時性の高いサービスが提供可能になる。一方ネットワーク側では、地域密着のARアプリケーションとの間で即時性の高い低遅延な通信を実現するために MEC の活用が必要になる。近年、MEC と AR グラスを用いたサービスは、工場内などの閉空間での危険回避アプリケーションとして導入が始まっているが、スマートシティなどのダイナミックスの高い公共の環境への導入は実現していなかった。

こうした背景を受けて、東京工業大学と楽天モバイルは2021年度より、情報通信研究機構（NICT）の受託研究「Beyond 5G 大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発」において、スマートシティの実現に必要なネットワークアーキテクチャの研究開発に取り組んできた。今回の研究ではその一環として、Beyond 5G と MEC、AR グラスを活用した、スマートシティにおける歩行者の危険回避システムの実証実験を実施した。

## ●研究成果

### 1. Beyond 5G モバイルネットワークの実証フィールド

本研究では、スマートシティの実証フィールドとして、東京工業大学 大岡山キャンパスに Beyond 5G モバイルネットワークを構築した（図1）。キャンパス内では、広域の4Gエリアに **Sub 6 とミリ波**（用語5）のエリアがヘテロジニアスに展開されている。5Gで導入されたミリ波は、4G/Sub 6 と比較すると高速かつ低遅延な通信が可能である一方で、カバレッジが狭いという課題があり、いまだ普及が進んでいない。これに対して、Beyond 5G の活用を目指した本研究では、ミリ波のカバレッジ問題を解決するために、ミリ波アナログリピータをフィールド内に複数設置し、カスケードやマルチホップなど多段に中継可能なアーキテクチャを導入することで、屋内／屋外のカバレッジを拡張している。その結果、ミリ波のカバレッジは Sub 6 と同等またはそれ以上になり、キャンパスの主要な場所で 1 Gbps 以上の面的なカバレッジが実現可能になった。さらに本フィールドには、スマートシティで必要となる低遅延アプリケーションを稼働させる楽天モバイル MEC サーバが導入されており、キャンパス内の AR グラスユーザに対して、アプリケーションレベルで超高速かつ低遅延な通信環境を提供できる。

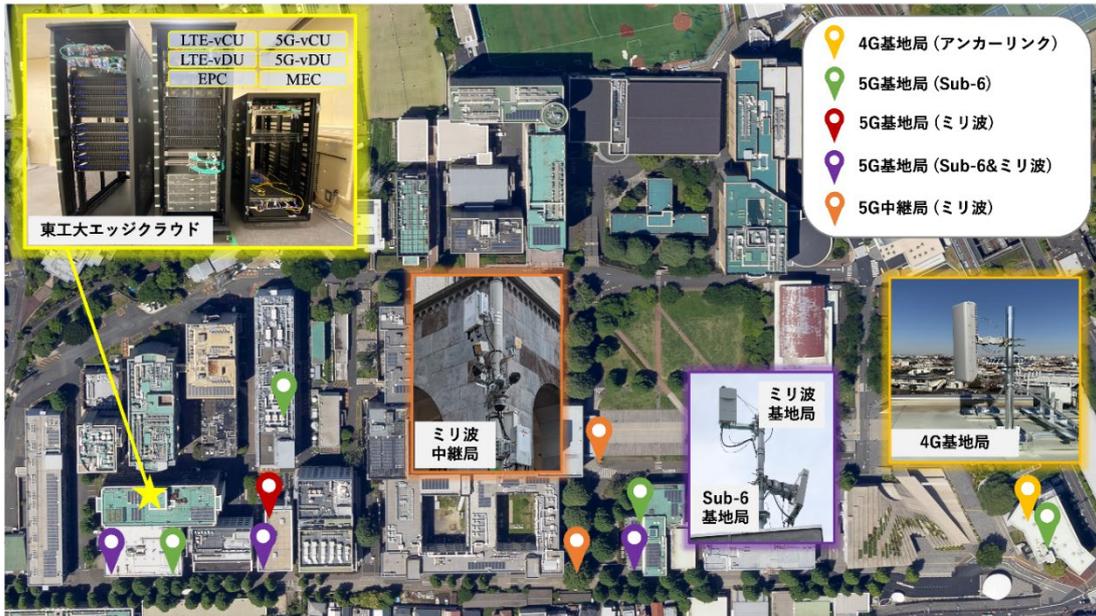


図1：Beyond 5G モバイルネットワーク実証フィールド

## 2. デジタルツイン MEC サーバと AR アプリ MEC サーバの相互連携アーキテクチャ

スマートシティの実現において重要な役割を果たすのがデジタルツインである。ただし、工場内などの閉空間でのデジタルツインは既存のネットワークと MEC サーバを用いて実現可能であるのに対し、スマートシティなどのダイナミクスの高い公共の環境でのデジタルツインの実現には、ネットワークの高速性と低遅延性だけでなく、計算サーバのスケラビリティと柔軟性、さらにプライバシーの保護が必要になる。

そこで本研究では、クラウドサーバに単一の巨大なデジタルツインを構築するのではなく、分散した MEC サーバに場所や役割に応じたデジタルツインを構築し、異なる MEC サーバおよびクラウドサーバを AR アプリケーションがオーケストレート（用語6）する階層型デジタルツインを提案した。具体的には、本研究の実証フィールドにおいて、スマートモビリティデジタルツインが稼働する東工大 MEC サーバと、AR アプリケーションが稼働する楽天モバイル MEC サーバが相互連携可能なネットワークを構築した(図2)。このネットワークでは、AR グラスユーザがキャンパス内の特定の位置に到達すると、AR アプリケーションが東工大 MEC サーバをオーケストレートする。これにより、東工大 MEC サーバから楽天モバイル MEC サーバに向けて、AR ナビゲーションが必要とする情報を、プライバシーを保護しつつ、低遅延に送信できる。

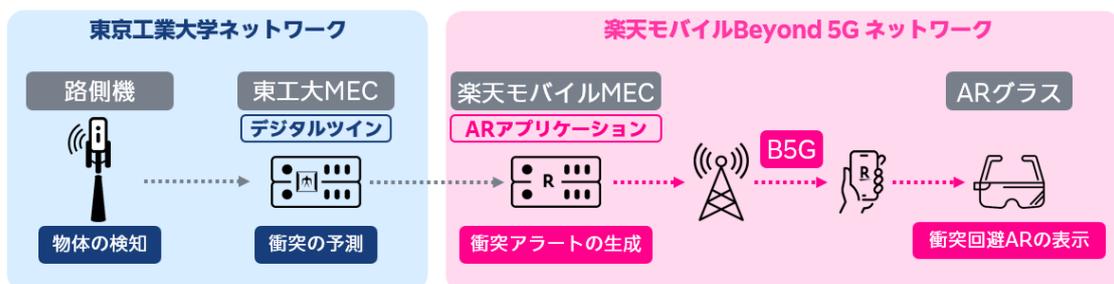


図2：デジタルツインが稼働する東工大 MEC サーバと AR アプリケーションが稼働する楽天モバイル MEC サーバが相互連携可能なネットワークアーキテクチャ

### 3. AR グラスを用いて歩行者の危険回避を促す実証実験

スマートシティにおける新たなサービスの検証のために、上記のネットワークを利用して、キャンパス内で発生する衝突事故などの危険情報を AR グラスユーザに低遅延に通知し、危険回避を促すシステムを構築した。このシステムではまず、東工大 MEC サーバで稼働するスマートモビリティデジタルツインが、キャンパス内に設置された路側機（用語 7）のカメラや LiDAR（用語 8）などのセンサを用いて、交差点周辺の自転車や歩行者などの物体を認識する。次にデジタルツイン上の機械学習 AI を用いて物体の数秒後までの経路を予測し、複数の物体の予測経路が交わるか否かで衝突予測を行う。衝突の可能性がある場合は、楽天モバイル MEC サーバに物体の位置や衝突予測位置などの情報を送信し、AR アプリケーションが緊急度と危険エリアに応じた衝突アラートを生成し、ユーザが利用する AR グラスに通知し、表示することで行動変容を促す。

見通しの悪い曲がり角での危険回避を促す実証実験（図 3）では、歩行者は危険を事前に認識し、衝突する前に歩行を停止したため、衝突を回避できた。こうした AR コンテンツの切り替えによる行動変容の例以外にも、聴覚演出、視覚演出などの検証実験も行った（詳細は動画を参照）。

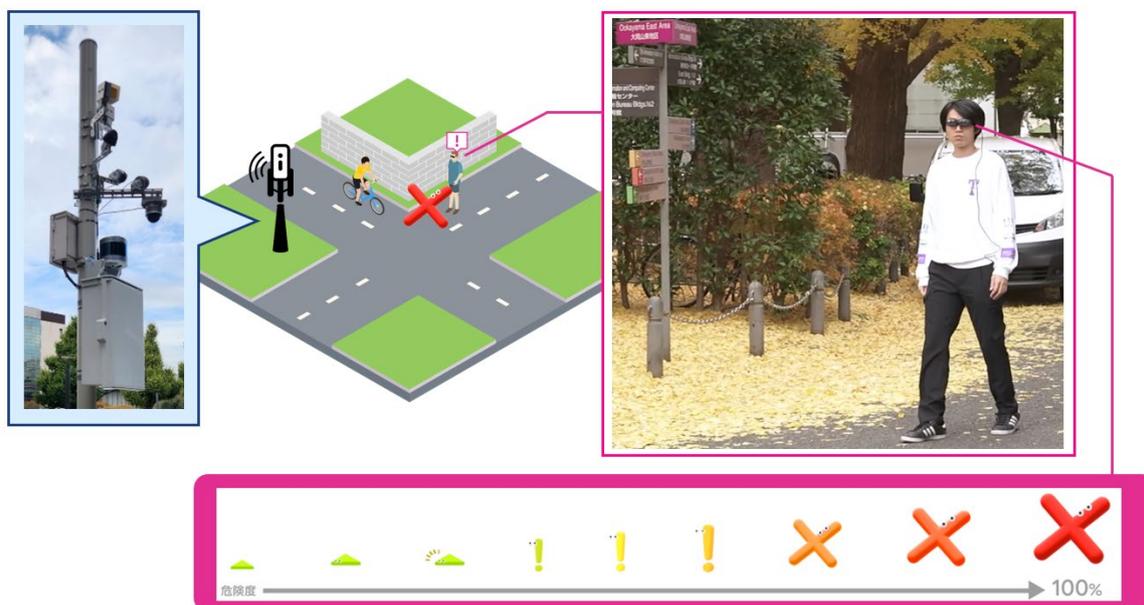


図 3：AR グラスを用いて歩行者の危険回避を促す実証実験

# Beyond 5G 超大容量無線通信を支える 次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発



「Beyond 5G 超大容量無線通信を支える  
次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発」を行ってきました

動画：「Beyond 5G 超大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の  
研究開発」の研究成果 (<https://youtu.be/nRLDGZ29Yyw>)

## ●社会的インパクト

本研究成果は、スマートシティのサービス実現に向けて、Beyond 5G や MEC、AR グラスのポテンシャルを、実証実験を通して示したものである。今後、さらに小型・軽量で視野角の広い AR グラスの製品化が予定されており、AR グラスを介して人と都市がつながることで、新たな生活スタイルやサービスが創出される未来も遠くないと期待されている。

## ●今後の展開

本実証実験で検証した Beyond 5G や MEC 間連携アーキテクチャを活用することで、将来のスマートシティにおけるさまざまなサービスへの展開が期待される。AR グラスを用いたスポーツ観戦やショッピング、スマートウォッチが子供の安全な通学路を守る街などワクワクする未来が待っている。

## ●付記

本研究の一部は、NICT「革新的情報通信技術研究開発委託研究（#00101）」の助成を受けて行われた。

## 【用語説明】

- (1) **Beyond 5G**：現在の 5G の次の世代の通信技術で、2030 年頃の商用化が目指されている。Beyond 5G では、AI や MEC、デジタルツインなどの技術と密接に連携し、スマートシティ、自動運転、スマートファクトリーなどの高度なアプリケーション

ョンに対応することを目指している。

- (2) **MEC (Multi-access Edge Computing)**：ネットワークエッジでデータ処理とストレージを行う技術であり、データをユーザに近い場所で処理するため、低遅延でリアルタイムなサービスを実現可能にする。
- (3) **デジタルツイン**：実世界の物体、システム等をサイバー空間上で緻密に再現する仮想モデル。現実の状態をリアルタイムで反映・分析し、最適化や予測を可能にする。
- (4) **AR (Augmented Reality) グラス**：ユーザの視界にデジタル情報を重ね合わせるウェアラブルデバイスであり、現実世界の映像に仮想オブジェクトやテキスト、画像、指示などをリアルタイムで重畳することを可能にする。
- (5) **Sub 6/ミリ波**：5G 通信で利用が開始された周波数帯の 2 つのカテゴリ。Sub 6 は 6 GHz 以下、特に 3.5 GHz や 4.9 GHz 帯を指し、一方ミリ波は 24 GHz 以上の高周波数帯、特に 28 GHz 帯を指している。
- (6) **オーケストレーション**：IT やネットワークの分野で、さまざまなシステムやサービス、リソースを自動的に調整・管理し、効率的に運用するプロセスを指す。このプロセスにより、異なるソフトウェアやハードウェアが連携して作業を行い、複雑なタスクを自動化可能になる。
- (7) **路側機**：交通インフラの一部として道路脇に設置される通信装置。交通環境の認識や、車両や歩行者との情報交換を行い、交通の安全性や効率性を向上させる目的で使用される。
- (8) **LiDAR**：レーザーを利用して対象物の距離や形状を測定するセンサ技術。自動運転車両などにおいて周囲の環境を 3D で把握するために使用される。

#### 【参考リンク】

- (1) **革新的情報通信技術研究開発委託研究 令和 5 年度終了評価 結果 (概要)**：  
[https://www.nict.go.jp/collabo/commission/B5Gsokushin/B5G\\_itaku\\_hyoka\\_r05last.html](https://www.nict.go.jp/collabo/commission/B5Gsokushin/B5G_itaku_hyoka_r05last.html)

#### 【問い合わせ先】

東京工業大学 工学院 電気電子系 教授  
阪口啓  
Email: sakaguchi@mobile.ee.titech.ac.jp  
TEL: 03-5734-3910

#### 【取材申し込み先】

東京工業大学 総務部 広報課  
Email: media@jim.titech.ac.jp  
TEL: 03-5734-2975 FAX: 03-5734-3661