

令和 7 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号        22404  
研究開発課題名    次世代コアと Beyond 5G/6G ネットワークのためのプログラム可能なネットワークの研究開発  
副        題        Society 5.0 を実現する loFDT (Internet of Federated Digital Twin) のためのワイヤレス・エッジコンピューティング・サービスプラットフォームの研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発の目的は、複数のデジタルツイン間の相互接続を可能とする loFDT (Internet of Federated Digital Twin) の設計、構築、最適化を行うことで、物理世界と仮想世界の完全な統合を実現し、産業や社会システムに革新的な進歩・発展をもたらすことである。具体的に、Thrust I では loFDT 内のデジタルツイン間の通信を可能にする技術、Thrust II では複数 DT を実装するための知識の共有/継承が可能な学習アルゴリズム、Thrust III で loFDT 実証実験システムの構築とスマートモビリティ用 DT の実装と評価を行い、loFDT を実現するために必要な理論と実装について研究を進める。最終的に、スマートモビリティに関する DT を構築し、現実的な loFDT 実験プラットフォームとして評価検証を実施することで、loFDT の実現に向けた貢献を目指す。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 7 年度 (36 か月間)

(3) 受託者

国立大学法人東京科学大学 (旧 東京工業大学) <代表研究者>

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度から令和 7 年度までの総額 45 百万円 (令和 7 年度 7 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 loFDT を実現するワイヤレス・コンピューティングネットワーク (国立大学法人東京科学大学 (旧 東京工業大学))

研究開発項目 2 AI とエッジコンピューティングを実装した loFDT プラットフォーム (国立大学法人東京科学大学 (旧 東京工業大学))

研究開発項目 3 スマートモビリティ向けデジタルツインの開発 (国立大学法人東京科学大学 (旧 東京工業大学))

研究開発項目 4 スマートモビリティ DT の実証実験とその性能評価 (国立大学法人東京科学大学 (旧 東京工業大学))

(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	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	7	1
	その他研究発表	34	6
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目1 loFDT を実現するワイヤレス・コンピューティングネットワーク

スマートモビリティ用デジタルツインを支えるプログラム可能なネットワークを構築するため、ITS ネットワークおよび 5G NR ネットワークの基盤技術を開発した。60GHz 帯ミリ波通信を活用した大容量・低遅延伝送を実現し、カメラや LiDAR を搭載した路側機（RSU）を整備するとともに、Wi-Fi や DSRC など多様な V2X 通信技術を実装して接続性を強化した。さらに、5G NR ネットワークと ITS 専用ネットワークの異種ネットワーク間接続を実現し、エッジとクラウドの計算リソースを統合して通信と計算を一体化した loFDT 向けコンピューティングネットワークを完成させた。最終的に、SDVN コントローラによる統合制御により物理空間とサイバー空間の垂直接続およびデジタルツイン間の水平接続を実現し、低遅延かつ高信頼な通信基盤を確立した。この成果は後続のプラットフォームおよびデジタルツインの安定動作を支え、総合実証実験においても不可欠な役割を果たした。

研究開発項目2 AI とエッジコンピューティングを実装した loFDT プラットフォーム

loFDT プラットフォームに必要なソフトウェアやクロスレイヤー最適化アルゴリズムを実装し、交通状況認識や自動運転を支える分散処理基盤を開発した。エッジとクラウドを連携させたデータ処理環境を整備するとともに、分散 AI 間の協調を可能とするリソースオーケストレーション機能や、コンテナ化されたアプリケーションを管理・共有するサービスレジストリ機能を開発した。これにより、AI モデルやアプリケーションを自動的にエッジ・クラウドへ展開・負荷分散できるプラットフォームを構築し、システムの安定性・拡張性を実証するとともに、デジタルツイン導入に要するコストや時間の大幅削減を実現した。本成果は総合実証実験において中核基盤として機能し、loFDT の有効性を示した。

研究開発項目3 スマートモビリティ向けデジタルツインの開発

ワイヤレス・コンピューティングネットワークと loFDT プラットフォームを統合し、代表的な応用としてスマートモビリティ用デジタルツインを構築した。ROS/Autoware を基盤に、RSU や自動運転車両から得られるセンサデータをエッジとクラウドで統合し、物理空間の交通状況をリアルタイムに再現する DT を実装した。この DT は交通制御や安全運転支援に応用可能であり、大規模交通シミュレーションを通じて交通効率と安全性の両立を定量的に証明した。また、総合実証実験では次世代 ITS や自動運転カーシェアリングの基盤として安定稼働し、提案アーキテクチャの有効性を実証した。さらに、成果物としてソフトウェアやデータセットを整備・公開し、研究・産業応用に資する基盤を確立した。

研究開発項目4 スマートモビリティ DT の実証実験とその性能評価

ワイヤレス・コンピューティングネットワーク、loFDT プラットフォーム、スマートモビリティ DT を統合し、実証フィールドを構築した上で、次世代 ITS による安全運転支援および自動運転カーシェアリングの実証実験を行った。RSU・自動運転車両・ユーザ端末・クラウドを連携させ、物理空間とサイバー空間が低遅延で結合する DT の中核機能を稼働させ、安全性・交通効率・

サービス待ち時間といった主要指標を定量的に評価した。その結果、IoFDT がモビリティサービスの基盤として有効であることを実証し、交通効率や利用者体験の向上を確認した。さらに、得られたデータと評価結果を米国の共同研究チームに提供し、理論モデル改善に貢献した。最終的に、本研究開発で構築した全要素技術の統合的な実用性を検証し、IoFDT を活用したスマートモビリティの社会実装に資する最終成果を達成した。

#### (8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

本研究開発で得られた成果は、国内外の学術的・社会的場面において広く普及・展開を進めてきた。まず、基調・招待講演としては、2024 年に開催された「くるまからモビリティへの技術展 2024」や「応用科学学会秋季シンポジウム」、2025 年の「JSAE フォーラム」、さらには「IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2025」において成果を発表し、国際的な研究者・技術者に向けた情報発信を行った。また、2025 年 6 月には IEEE IV において「Workshop on Secure Connected Vehicles: Digital Twin, UAVs, and Smart Transportation」を開催し、国際的なワークショップを通じて研究成果の普及と議論を深めた。学会誌による普及としては、JSAE（自動車技術会）会誌、電波技術協会会誌、電子情報通信学会（IEICE）会誌に成果論文を発表し、学术界への知見共有を進めた。

社会的な普及活動としては、2025 年 6 月に来日したドイツ連邦共和国のシュタインマイヤー大統領による視察を受け、本研究成果を紹介し国際的な関心を集めた。さらに、世界的展示会である 2025 年バルセロナの Mobile World Congress (MWC 2025) において研究成果を展示し、加えて 2023 年および 2024 年の CEATEC（幕張メッセ）でも成果を公開するなど、産業界・一般社会への認知度向上を図った。

技術移転の面では、複数の企業と連携し、研究成果を具体的な応用へと展開した。DENSO とはモビリティデジタルツインを活用した V2X 最適ルーティングの共同研究を行い、通信・交通連携の高度化を実証した。MONET Technologies とは交差点における RSU 配置効果のシミュレーションを実施し、安全性や交通効率を高める都市インフラ設計への活用を進めた。さらに、Rakuten Mobile とは「地域社会 DX 推進パッケージ事業(自動運転レベル 4 検証タイプ)」に参画し、IoFDT 技術を地域社会における自動運転検証へと適用し、社会実装に向けた実証を行った。加えて、超スマート社会推進コンソーシアムとの連携を通じて、産官学の協働体制を強化し、教育研究フィールドを拡充した。異分野融合研究チームの形成、学生の研究参画、産業界との検証実験を通じて、研究成果の持続的普及と人材育成にも貢献している。これらの取り組みにより、本研究の成果は学术界・産業界・国際社会において多面的に普及され、次世代 ITS とスマートモビリティの社会実装を支える中核技術として位置づけられるに至った。

#### (9) 外国の実施機関

バージニア工科大学（米国）

コロラド大学（米国）