

令和 5 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 06401

研究開発課題名 多重自律マイクロモビリティのためのハイパーデジタルツイン基盤

(1) 研究開発の目的

多重自律モビリティを実現するデジタルツイン基盤を B5G 技術シーズとして実用化レベルで確立する。SBIR 制度のフェーズ 2 として、大学発スタートアップによりフェーズ 1 を発展させた研究開発を実施し、その成果を実用化し社会実装する。コンソーシアムによるオープン戦略により、B5G に求められる拡張性を実現する技術（衛星・HAPS 利用、AI、インクルーシブインタフェース等）の「統合型モビリティ運用技術（地上）」の標準アプリケーションとしての地位を獲得する。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 6 年度（3 年間）

(3) 受託者

株式会社ハイパーデジタルツイン<代表研究者>
学校法人芝浦工業大学

(4) 研究開発予算（契約額）

令和 4 年度から令和 5 年度までの総額 200 百万円（令和 5 年度 100 百万円）

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1：多数同時一人称視点捕捉システム

- 1-a. 移動オブジェクト多数同時追跡技術 (株式会社ハイパーデジタルツイン)
- 1-b. 車両からの上り通信による一人称視点補正技術 (株式会社ハイパーデジタルツイン)

研究開発項目 2：メタ空間特徴リアルタイム生成システム

- 2-a. 一人称視点での死角検出技術 (株式会社ハイパーデジタルツイン)
- 2-b. 空間の動的変化抽出技術 (株式会社ハイパーデジタルツイン)

研究開発項目 3：ハイパーデジタルツイン基盤の実証実験

- 3-a. エッジネットワークの構築 (株式会社ハイパーデジタルツイン)
- 3-b. 自律マイクロモビリティ車両の機能拡張 (学校法人芝浦工業大学)
- 3-c. 多重自律マイクロモビリティ実証実験 (株式会社ハイパーデジタルツイン)

(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	2	1
	外国出願	1	1
外部発表等	研究論文	5	5
	その他研究発表	49	21
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	9	3
	展示会	9	2
	受賞・表彰	2	1

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1：多数同時一人称視点捕捉システム

多重自律マイクロモビリティにおいて、車両とデジタルツイン側が把握するその車両の一人称視点が一貫している必要がある。2023 年度は複数の車両が混在する状況でも、それを実現するシステムの評価と有効性の実証を目標とし、以下のとおり 1-a)と 1-b)の研究開発を行なった。

研究開発項目 1-a) 移動オブジェクト多数同時追跡技術

2023 年度の当該研究開発項目の目標は、12m×12m のエリアにおいて 9 台の捕捉を 5 分継続することである。目標の達成のために、マイクロモビリティ車両を対象とした深層学習モデルの構築とリアルタイムな検出技術に加え、最尤推定により、色やナンバープレートの情報を用いずとも、数十台が混在する状況でも 1 台 1 台を区別して追跡する技術を確認した。また、他の方法論として、車両に設置した 3D マーカーを環境に設置した LIDAR で取得した点群から検出し、車両の個体識別を行う技術に研究開発に取り組んだ。1 つの 3D マーカーを LIDAR で取得した点群から正しく検出できることを確認した。12m×12m のエリアを走行する 9 台の車両を 5 分間捕捉し続ける実験を実施し、その捕捉精度は 100%であったことから最終目標を達成した。

研究開発項目 1-b) 車両からの上り通信による一人称視点補正技術

2023 年度の当該研究開発項目の目標は、一人称視点を誤差 5cm、2 度以内で取得し、0.5 秒以内ごとに上り通信による補正で精度を維持することである。目標の達成のために、デジタルツイン側と車両側とで一人称視点を二重化し、双方の一人称視点を照合し精度を高める技術を確認した。提案システムが一人称視点を誤差 5cm、2 度以内で取得し、0.5 秒以内ごとに通信による補正で精度を維持することをデジタルツイン上で確認し、最終目標を達成した。

研究開発項目 2：メタ空間特徴リアルタイム生成システム

デジタルツインは実空間のデジタルコピーであるため、本来は予測情報など実空間を拡張した情報(メタ空間特徴)は含まない。しかし、事故を未然に防ぐには、死角や空間特徴といったメタ空間特徴が必要である。2023 年度はハイパーデジタルツインを実現するためのメタ空間特徴の抽出を目標とし、以下のとおり 2-a)と 2-b)の研究開発を行なった。

研究開発項目 2-a) 一人称視点での死角検出技術

2023 年度の当該研究開発項目の目標は、12m×12m のエリアにおいて、9 台の一人称視点からのエリア内の死角を漏れなく検出することである。最終目標は計画を前倒して昨年度に達成済みである。実用性を高めるために、高速に処理できる GPU の計算資源を用いた、機械学習モデルによる車両の死角領域の検出技術を確認した。データセットを作成し、機械学習モデルを用いた死角領域を検出する技術の実現可能性を確認した。

研究開発項目 2-b) 空間の動的変化抽出技術

2023 年度の当該研究開発項目の目標は、12m×12m のエリアの空間を 40cm³ のボクセルに分割し、すべてのボクセル空間の動的変化を遅れ 0.2 秒以内で特徴として抽出することである。目標の達成のために、短いウィンドウサイズごとに短期時間での空間特徴を抽出し、これを並列処理によって高速化する技術を確認した。LIDAR で取得した 12m×12m のエリアの点群を 40cm³ のボクセルに分割し、ボクセル空間の特徴の抽出に要する時間を評価した。すべてのボクセル空間の動的変化を遅れ 0.2 秒以内で特徴として抽出することを確認し、最終目標を達成した。

研究開発項目 3：ハイパーデジタルツイン基盤の実証実験

研究開発項目 1 と 2 の成果を統合し、一定エリアで自律マイクロモビリティ数十台規模で同時に (=多重自律マイクロモビリティ) 実現可能であることを示す実証実験を行う。2023 年度はエッジネットワークや実証実験システムの構築、および自律マイクロモビリティ車両の機能拡

張を目標とし、以下のとおり 3-a)、3-b)および 3-c)の研究開発を行なった。

研究開発項目 3-a) 一人称視点での死角検出技術

2023 年度の当該研究開発項目の目標は、4 つの施設において各 4 台の WiFi エッジボックスで構成されるエッジネットワークを構築し、常設化することである。目標の達成のために、屋外・屋内の両方で LiDAR センサを常設するための機材の設置に向けた実験を実施し、屋内設置用機材、屋外設置用機材を用いたエッジネットワークの構築を行った。4 施設で計 16 基の WiFi エッジボックスの常設化を完了し、最終目標を達成した。

研究開発項目 3-b) 自律マイクロモビリティ車両の機能拡張

2023 年度の当該研究開発項目の目標は、センサや計算ユニットが理想的な条件で、自動運転単体の性能として移動経路誤差が 20cm 以内であること、ならびに HDT 基盤から提供される情報を受信し解釈可能であることである。目標の達成のために、エッジネットワークの情報を受信して自律走行する自動運転化技術を確立した。また、自動運転した軌跡と設定した経路の類似性を用いた移動経路の誤差評価技術を確立した。エッジネットワークの情報を受信して自律走行する車両の自己位置推定精度について評価を行った。また、カーブを持った複数の走行経路を作成し、車両を走行させて移動経路の誤差を検証した。エッジネットワークの情報を用いて自己位置を推定できることから、車両はエッジネットワークの情報を受信して解釈可能であることを確認した。また、作成した経路のいずれにおいても、走行させた車両の移動経路誤差が 20cm 以内であることを実証し、年度目標を達成した。

研究開発項目 3-c) 多重自律マイクロモビリティ実証実験

2023 年度の当該研究開発項目の目標である、12m×12m のエリアにおいて、9 台が法律で定められた最高速度時速 6km で 5 分間事故なく自律移動を継続できる仕様設計を完了し年度目標を達成した。また、多数の自律移動マイクロモビリティ車両の計算処理をエッジクラスタによって負荷分散する技術を確立した。また、研究開発項目 1-a)～3-b)までを統合したシステムによって複数の車両が 5 分間事故なく自律移動を継続できるかを確認した。さらに、最終目標と同じ密度で車両の安全性を検証する実験を実施した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目 3-b)の最終目標達成に向け、2023 年度目標は線形二次レギュレータ(LQR)を用いることで、従来手法より経路誤差を小さくすることにより達成できた。原理的に LQR によりさらに誤差を小さくできるため、最終目標である 5cm 以内を達成できる見込みである。研究開発項目 3-c)の最終目標達成ならびに社会実装のための実用性向上に向けて、相互接続性を確保するため ROS を前提としてシステム全体の構成を進める。エンドツーエンドの遅延は、移動速度が 6km→20km→60km と速くなるほど、リアルタイムマップ生成が距離誤差を生じ、多数同時自律走行の安全性が低下するため、各々パートでの通信遅延と処理遅延の短縮のための研究開発を行う。