

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 Beyond 5Gを活用した安全かつ効率的なクラウドロボティクスの実現
- ◆受託者 日本電気株式会社(NEC)、国立大学法人大阪大学
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和5年度(3年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和3年度から令和5年度までの総額748百万円(令和5年度209百万円)

2. 研究開発の目標

人間とロボットが同じ空間で共存できるロボティクスサービスの実現のため、実世界で活動する様々な人や物や構造物などをリアルタイムに3次元のデジタルデータとして仮想世界上に再現(=デジタルツイン)し、これを通じて、実世界を分析、未来予測した結果に基づいて実世界のロボットを制御する技術の研究開発を行う。作業員や他のロボットなどの障害物が行き交う倉庫において、衝突リスクを徹底的に抑制しながら既存の搬送ロボットと比較して搬送効率を50%改善する。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1: 確率的時空間デジタルツイン構築の研究開発

現実空間をリアルタイムにデジタル化するデジタルツイン構築技術

現実空間



仮想空間



センシングロボットによる危険エリアの能動的な計測

複数センシング情報による高精度なオブジェクト認識

研究開発項目1-a: 適応的3Dセンシング・転送技術(NEC)

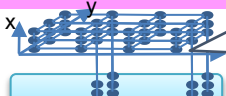
- ✓ 適応的3Dセンシング技術:複数のセンシングロボットを用いた協調型センシング経路生成手法を開発し、死角による搬送ロボットの速度低下を抑えつつ、天井敷設型と比較し、センシングデータ量を1/4に削減できることを実機検証にて確認
- ✓ 適応的3D転送技術:受信端末でのメッシュ品質を維持するため、形状に合わせて点群データの間引、転送を行うことで、視聴品質を維持しつつ、転送量を1/20に削減できることを確認
- ✓ 3Dデータ圧縮技術:デプス画像をH.264で圧縮転送し、復号後、ディープラーニングによるデプス値復元・マスク処理により、1Mbps(約1/200)の圧縮率で誤差5cmの精度でデプス値を復元
- ✓ 学習データ収集・生成技術:少量の教師データから学習データを擬似生成する技術により、精度劣化を抑えつつ学習データの作成コストを1/100以上削減

研究開発項目1-b: 脳のマルチモーダル処理に倣うオブジェクト認識(大阪大学)

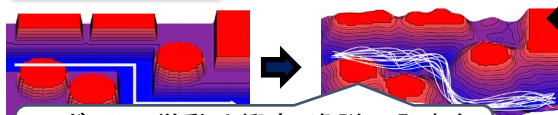
- ✓ 脳の処理モデルを模した、複数のモダリティによる観測情報を統合して認識処理を行うオブジェクト認識技術を確認。マルチモーダル認識処理による認識精度の向上を確認
- ✓ 複数エッジの認識結果はクラウドに集約されリアルタイムに統合処理が行われることを確認

研究開発項目2: 確率的時空間デジタルツインを活用したロボット制御の研究開発

仮想空間



クラウドで全空間、エッジでロボット周辺の将来を予測



ロボットの挙動や衝突・逸脱の発生を確率的に評価し、ロボットを最適制御

研究開発項目2-a: 確率的時空間デジタルツインに基づくエッジ/クラウド協調制御(大阪大学)

- ✓ 時空間上の各領域の障害物の状況と近隣の領域との関係性を条件付確率場を用いてモデル化し、観測情報をマッピングすることで、障害物予測技術を確認。同手法をエッジ/クラウドで分散処理する連携方式により、実験環境にて、エッジ/クラウド間の通信量を80%削減できることを確認

研究開発項目2-b: リスクセンシティブロボット制御(NEC)

- ✓ 確率的な外乱を含めたロボット制御の不確かさや障害物との衝突リスクを最小化するロボット制御方式を確認し、実倉庫環境での実証実験にて、障害物と衝突することなく、既存搬送ロボットと比較し、2倍以上の搬送速度を達成できることを確認

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
4 (1)	18 (13)	0 (0)	20 (11)	1 (0)	10 (8)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

- 令和5年度に特許として、国内/海外で合計14件の出願を完了。また、累計出願数も目標件数を大幅超過。
- 令和5年度は、研究発表数として11件を発表。その他研究発表については、目標件数(19件)を達成するも、研究論文については当初目標(2件)を達成できず。
 - ・ 確率的時空間デジタルツインのコンセプトやデータモデル、アーキテクチャを策定。その内容をIEEE Network Magazineへ論文投稿(現在、レビューコメント修正対応中)
- 研究成果を倉庫で搬送を行うフォークリフトに適用したプレスリリースを実施し、多くの報道が実施され、社会的なニーズの高さを確認
- NECと大阪大学で設立した「NEC Beyond 5G協働研究所」にて、確率的時空間デジタルツインおよびロボット制御技術の成果を搬送ロボット以外に活用できることを検証するため、大学の建物内で人を案内するロボットのデモを構築(2024/03)

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

- 研究開発成果の実用化としてNECの事業として成果を活用、社会実装していくことを計画。NECでは倉庫内搬送に関して、協調搬送ロボットを提供しており、新たにフォークリフトの自律遠隔搬送ソリューションの提供を予定している。これらソリューションについて、物流業界のDXを対象としたトレードショーへの出展や広報を実施していく。
- NEC Beyond 5G協働研究所にて本研究を引き継いだ活動を継続
 - ・ 標準化活動として、アーキテクチャ文書へのインプットを目指してIOWN Global Forumでの活動を引き続き継続する。2024年度中には本研究で開発した技術を活用した実機デモを実施予定。
 - ・ 研究成果を倉庫内搬送以外に展開するため、倉庫より開放的で様々な人が生活する環境、例えば大学キャンパスや小売店舗でのサービスロボットの実現に活用することを計画中