

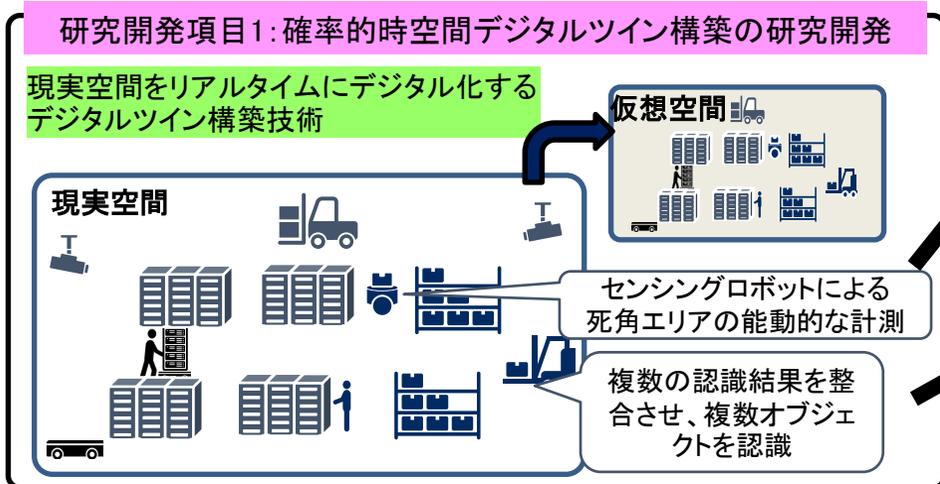
## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆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、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4年度までの総額540百万円(令和4年度337百万円)

## 2. 研究開発の目標

2022年度は、実世界に存在する作業員やロボット等のオブジェクトをデジタル化したデジタルツインの構築ならびに、デジタルツインを通じて実世界の分析、未来の予測を行い、その結果を活用し、実世界のロボットへ制御指示を行う技術について、シミュレーション・実機実験を通して、有効性を確認する。

## 3. 研究開発の成果

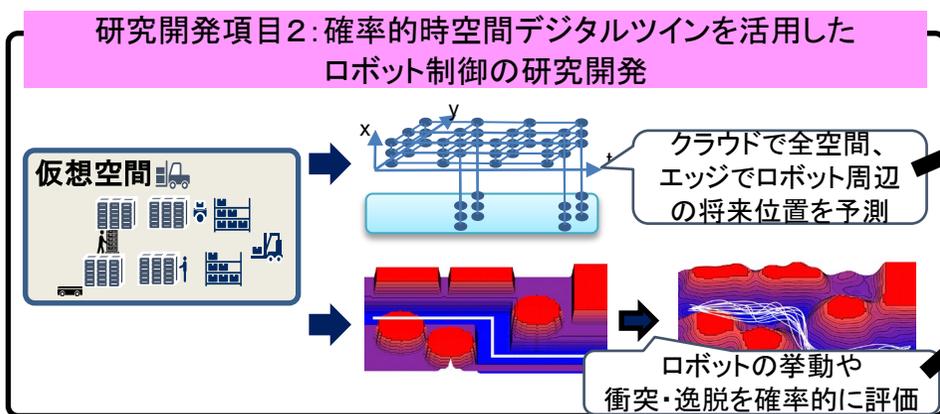


**研究開発項目1-a: 適応的3Dセンシング・転送技術**  
搬送ロボット制御に資する現場環境のデジタルツインを効率的に構築

- 搬送ロボットの死角を効果的にセンシングするセンシングロボットを模擬倉庫環境にて実機評価し、3Dセンサを空間に敷き詰めた場合と比較し、データ転送量を1/2以下に削減できることを確認
- ノイズが発生したデプス画像と元画像とをディープラーニングにより学習し、圧縮ノイズ復元時に発生するデプス誤差を約1/3に削減するノイズ復元手法を開発

**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**  
実世界空間を認識し、リアルタイムにデジタル化した仮想世界上で表現

- 条件付き確率場(CRF)を用いて、複数のオブジェクト認識結果を整合性を保って統合する方式を考案し、公開データセットで認識率が93.8%から98%にまで向上できることを確認



**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**  
エッジ/クラウド協調により、リアルタイムにロボット周囲の状況を把握・予測

- クラウド側で、複数のエッジが構築した担当エリアの確率的時空間モデルを統合し、広域の時空間確率モデルを構成・更新する手法を考案
- 確率的变化が大きいデータのみ更新することで、エッジからクラウドへの情報送信が必要な地点数80%削減をシミュレーションにて確認

**研究開発項目2-b: リスクセンシティブロボット制御**  
リスクに敏感に応答することで、安全性と効率性を両立するロボット制御技術

- 実機の振舞いと確率的外乱を表す確率微分方程式モデルを構築し、昨年度開発のリスクセンシティブ確率制御を実機の搬送ロボット制御システムへと実装
- 物流倉庫を模した実験環境にて、既存ロボット比で1.3倍の搬送効率を達成

#### 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
3 (3)	5 (4)	0 (0)	7 (4)	1 (1)	2 (2)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

- ・上記以外に8件が出願準備中。外国出願はPCT出願。
- ・IOWN Global Forum Member Meeting(2022年10月)にて、確率的デジタルツインに関する活動について講演。その後、IOWNのDigital-Twin Task ForceにてDigital Twinアーキテクチャ議論に参画(隔週会議に参加)し、確率的なデジタルツインについて複数の参加企業が関心
- ・デジタルツインとロボットによる物流施設の革新に関する将来ビジョンを検討し、物流行化の顧客役員へ紹介

#### 5. 今後の研究開発計画

- 適応的3Dセンシングでは、実倉庫環境においてセンサデータ量を1/2以下にできることを確認する。3Dデータ圧縮送信では、圧縮ノイズの復元、除去技術により、圧縮率を1/100以上としつつ、ノイズ復元後の誤差平均を現状の1/3から1/5(約5cm以下)に向上させる。
- 脳のマルチモーダル処理に倣うオブジェクト認識では、条件付き確率場(CRF)を用いた複数オブジェクト認識手法を、ローカル5G無線通信システムとの統合を行い、目標とする数値性能である100msでの認識性能を確認する。また、他のセンサーの利用、複数カメラ情報の統合により、認識精度の向上を図る。
- エッジ/クラウド協調制御について、2022年度に開発したロボットの周囲の移動する障害物位置の把握・予測手法について、実倉庫環境にて実機を用いた実験を行い、提案手法の有効性を確認する。
- ロボットの確率微分方程式モデルをさらに高精度かつ高効率に同定する手法を開発し、より安全かつ効率に制御できるとともに、事前設計から搬送ロボットの導入までに必要な期間を短縮する。2-aで開発した障害物移動予測技術と制御システム上で結合し、動的障害物の移動予測に基づいた搬送ロボットの移動制御を実現し、搬送効率を既存搬送ロボットと比較して1.5倍以上に改善する。