

## 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3年度203百万円)

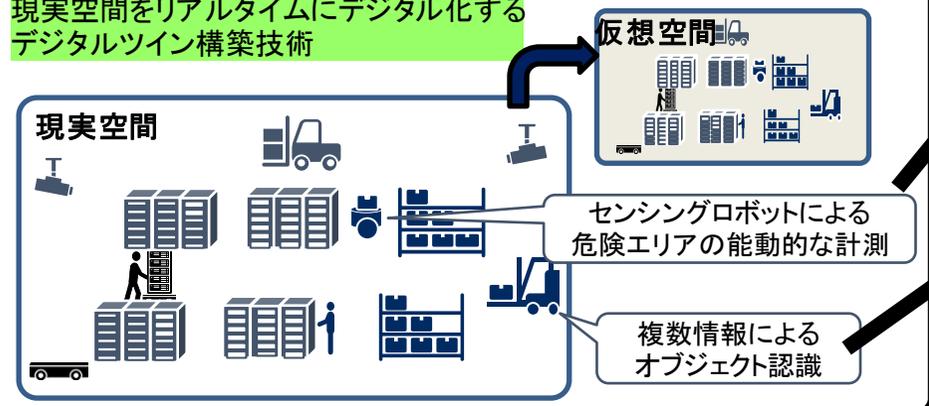
## 2. 研究開発の目標

・2021年度は、搬送ロボット周辺環境のオブジェクトの現在・将来をデジタル化し、安全・高効率な搬送を行うロボット制御の各技術の基本方式を確立すると共に、2022年度までに実証環境にて各技術の動作検証を行う。

## 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

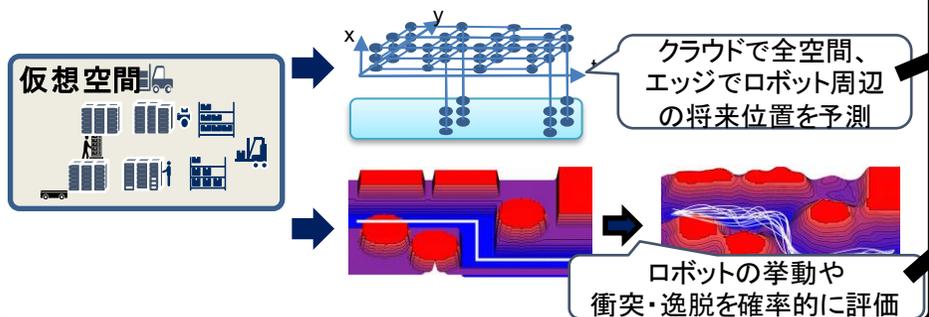
現実空間をリアルタイムにデジタル化するデジタルツイン構築技術



**研究開発項目1-a: 適応的3Dセンシング・転送技術**  
 デジタルツイン利用者の行動に合わせて、重要度の高い3Dデータを優先的にセンシングし、データ転送量を削減  
 ●専用のセンシングロボットを用いたマルチエージェント型センシングにより、死角による搬送ロボットの速度低下を抑えつつ、センシングデータ量を削減できることをシミュレーションによって確認  
 ●オブジェクト形状や監視ユーザの視点に合わせて3Dデータ転送量を削減することで、視聴品質を維持しつつ、データ転送量を1/2に削減できることを確認

**研究開発成果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  
 ●条件付確率場(CRF)を用いることで、複数カメラ映像からの認識結果を統合する手法を提案した。CRFを表す無向グラフ上でのエネルギー最小化が、異なる情報源からの認識結果の統合を実現できることを示した

### 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



**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  
 ●確率的時空間デジタルツインを用いたロボットの周囲の移動する障害物位置の把握・予測の具体化  
 ●エッジ/クラウド協調制御の方針の策定

**研究開発成果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高いレベルで両立するロボット制御技術  
 ●数理ファイナンスのリスクセンシティブ確率制御を搬送ロボット制御へと応用するための基本方式を確立  
 ●実機検証に向けて、搬送ロボットならびに倉庫環境の手配を実施

#### 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
0 (0)	1 (1)	0 (0)	3 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※ 成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

- ・国内出願に向けて1件の出願準備中。外国出願はPCT出願。
- ・Beyond 5G 推進コンソーシアムによる「Beyond 5G ホワイトペーパー」(2022年3月発行)にて、ロボティクスに関するサービスや要素技術に関する執筆を担当。
- ・NECと大阪大学はBeyond 5Gに関する共同研究推進のため、「NEC Beyond 5G協働研究所」を2021年11月に設立。確率的時空間デジタルツインの構築を1つのテーマとして設定し、基本技術開発に加え、都市空間等への応用についても議論。

#### 5. 今後の研究開発計画

- 適応的3Dセンシングでは、2021年度に開発したマルチエージェント型のセンシングアルゴリズムを実機ロボットへ実装し、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。適応的3D転送技術では、3Dデータの削減部分を補完する技術を開発することで、視聴品質を維持しつつ、転送量を1/4に削減できることを確認する
- 脳のマルチモーダル処理に倣うオブジェクト認識では、2021年度の提案方式の試作実装を行い、その性能を評価する。さらに、研究開発項目1-aと連携した小規模な実験を行い、2台以上のエッジにおいてリアルタイム(100msec以内)に確率的時空間デジタルツインを構築できることを示す
- エッジ/クラウド協調制御について、方式を確立し、シミュレーションによる評価にて、予測に必要な通信量を80%削減することを確認する。また、研究開発項目2-bと連携し、エッジ/クラウド協調制御を用いたロボット制御が動作することを示す
- 実機ロボットの確率微分方程式モデルを同定するとともに、2021年度に開発したリスクセンシティブ確率制御手法を実機に実装する。そして、実機の搬送ロボットを用い、実際の倉庫環境下に置いて、安全性を確保したまま従来AGV/AGF比で20%搬送効率を改善できることを実証する