



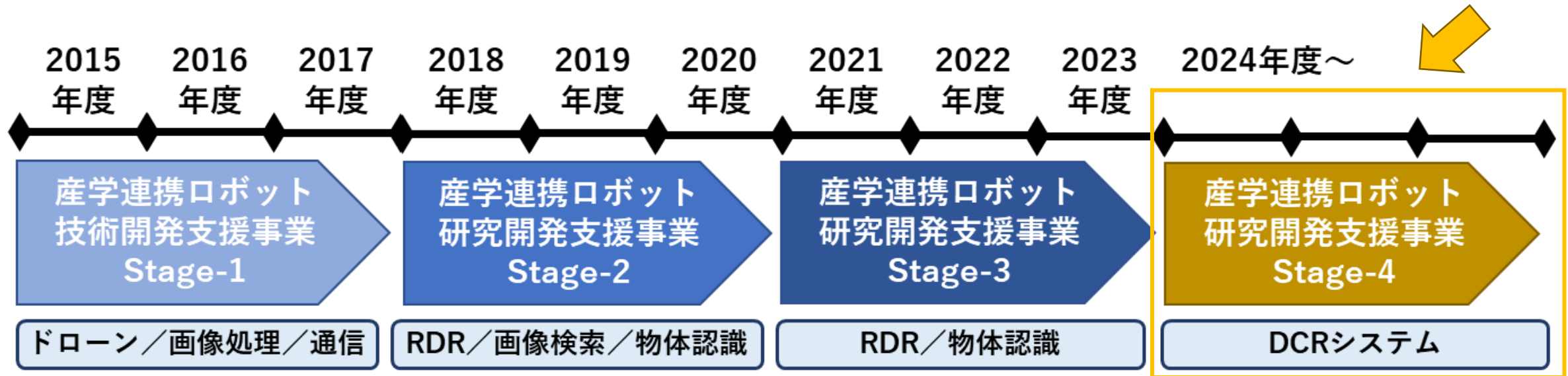
第11回会津大学ロボットシンポジウム 成果発表

・クラウドロボティクスインターネット分散システム(RDC)

会津大学との取り組み

産学連携ロボット研究開発支援事業への参画

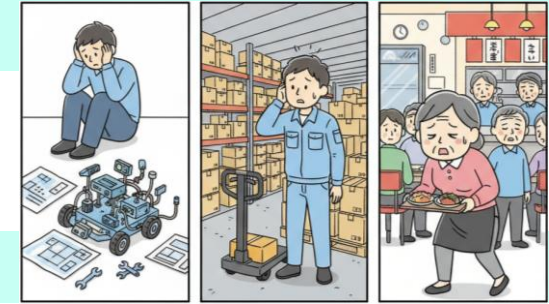
- 東日本大震災および原子力災害により、浜通り地域などの産業が大きな影響を受けた
- 産業回復と新たな産業基盤の構築を目的に、福島イノベーション・コースト構想が推進されている
- 会津大学と連携し、「産学連携ロボット研究開発支援事業」に参画
- 当該事業を通じて、ロボットの研究および技術開発を実施している



クラウドロボティクス・インターネット分散システム(DCR)研究開発：目的、目標

背景

- 完全自律・完全遠隔操作だけでは実環境の複雑性に対応困難
- 人手不足・高齢化→ 少人数で複数現場を管理できる仕組みが必要
- 1人で複数拠点のロボットを統合管理できるシステムが求められている



目的

- クラウドロボティクス・インターネット分散システム (The Distributed Cloud Robotics System on the Internet：以下、DCRシステム) の研究開発

DCRシステムの特徴：

- スケーラブルな上位管理システム
- クラウド・エッジの明確な機能分散
- インターネット越しに複数拠点のロボットを遠隔監視・操作

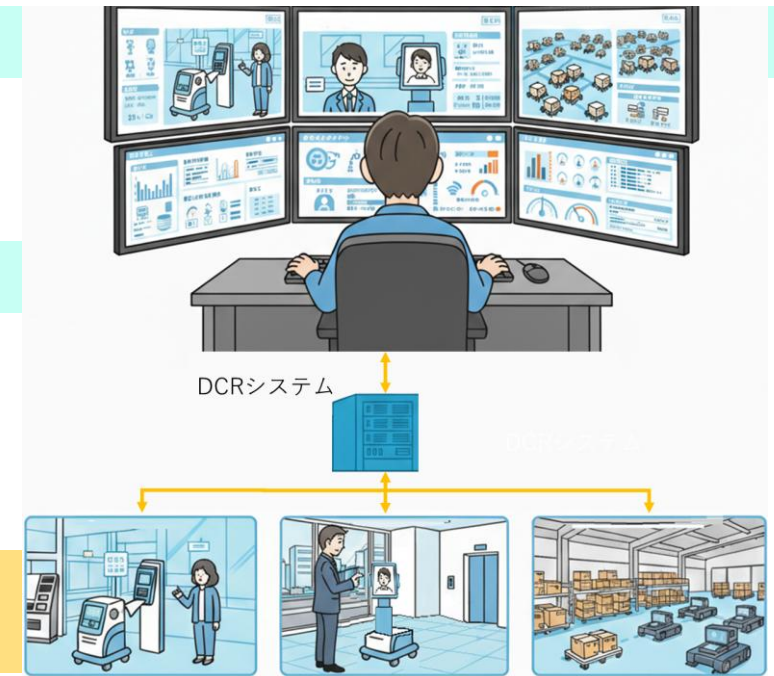
関連事例：

Open-RMF (Open Robotics Middleware Framework) を使用した施設内による複数ロボットの運用・実証実験

- スマートオフィス／施設内ロボット協調運用(日建設計、ビルポ)
- 物流倉庫シミュレーション／ロボット群制御検証(富士ソフト)

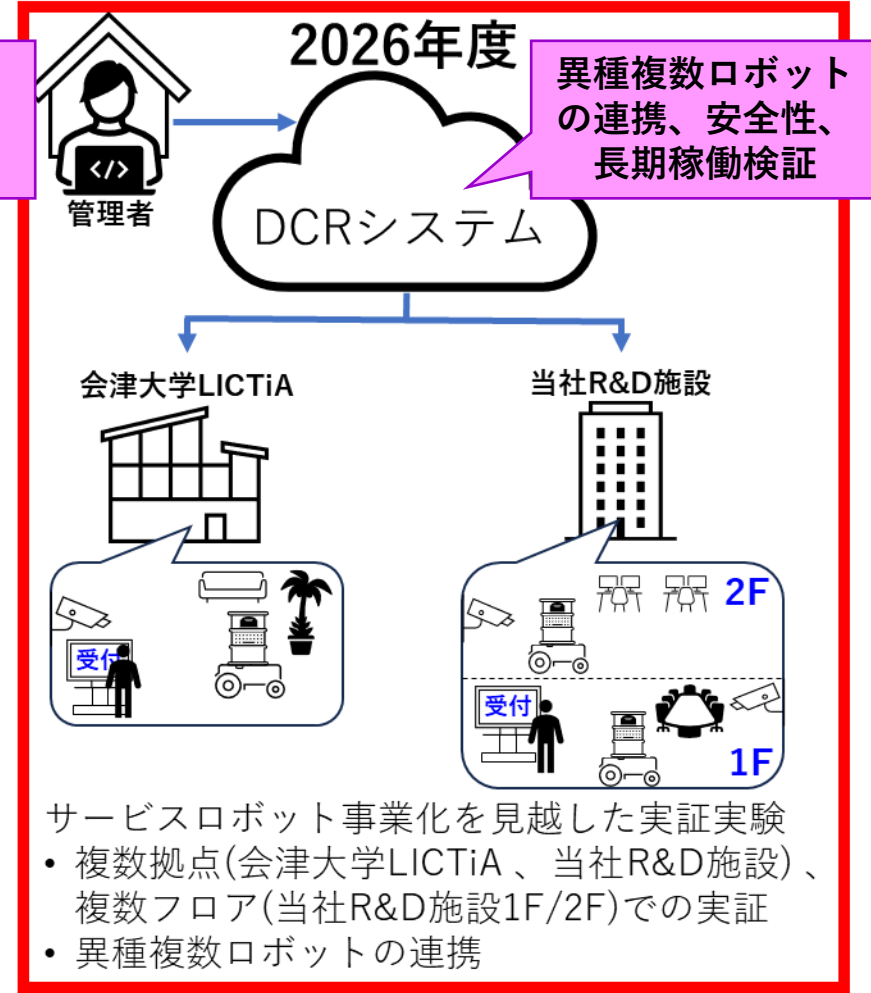
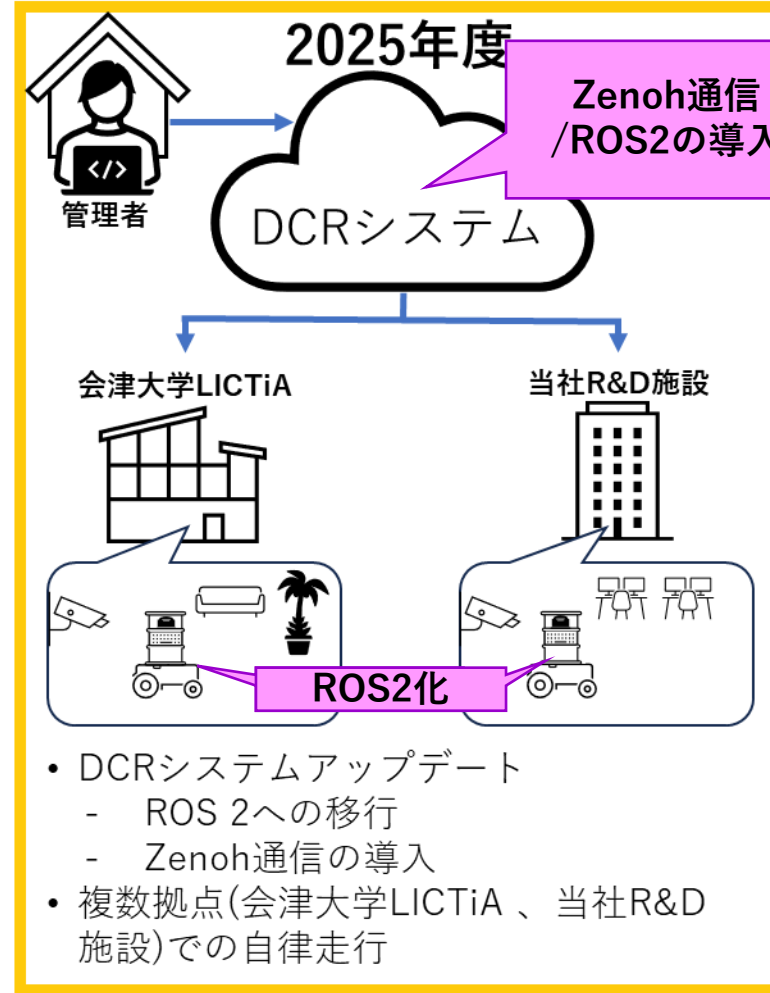
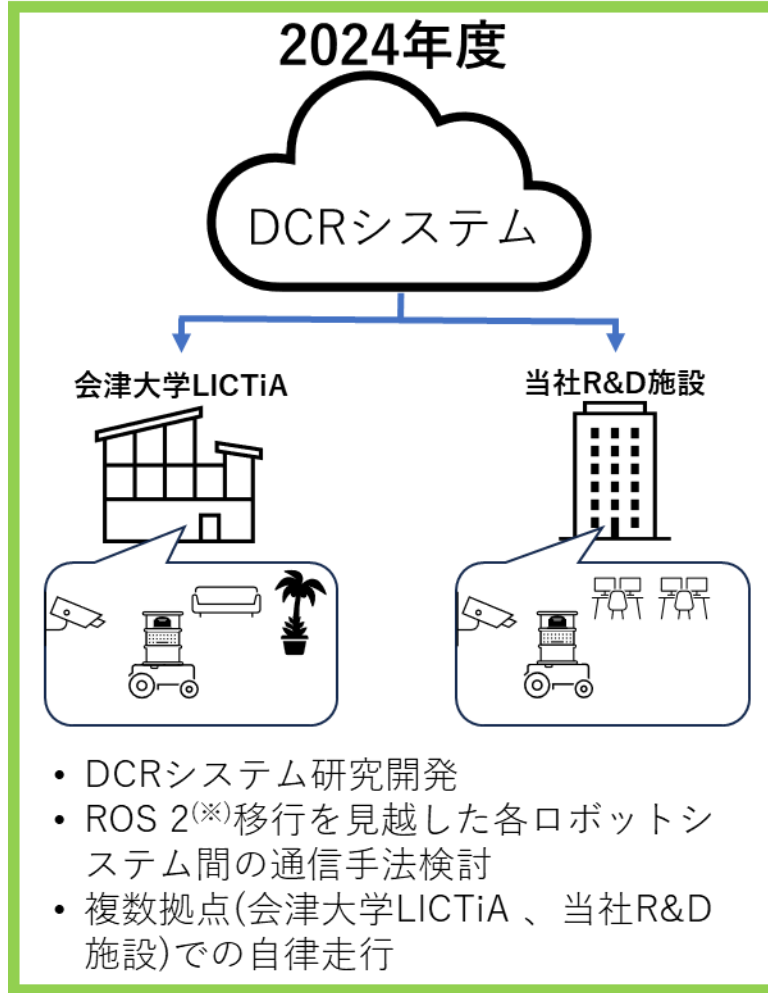
Open-RMF：単一施設内での連携

DCRシステム：地理的に離れた複数拠点の統合管理



DCRシステムイメージ図

DCRシステムの研究開発における3カ年計画



※ROS(Robot Operating System)：ロボットアプリケーション開発を支援するライブラリやツールを提供
 ROSにはROS 1とROS 2があるが、ROS 1は2025/5でサポート終了し、今後は次世代となるROS 2を活用したロボットアプリケーションが必要となる

DCRシステム研究開発：目的、目標

クラウドロボティクス・インターネット分散(DCR)システムアーキテクチャを基盤とし、実環境での自律ナビゲーションと遠隔操作の実現を目指す

1. ロボットの自律ナビゲーション

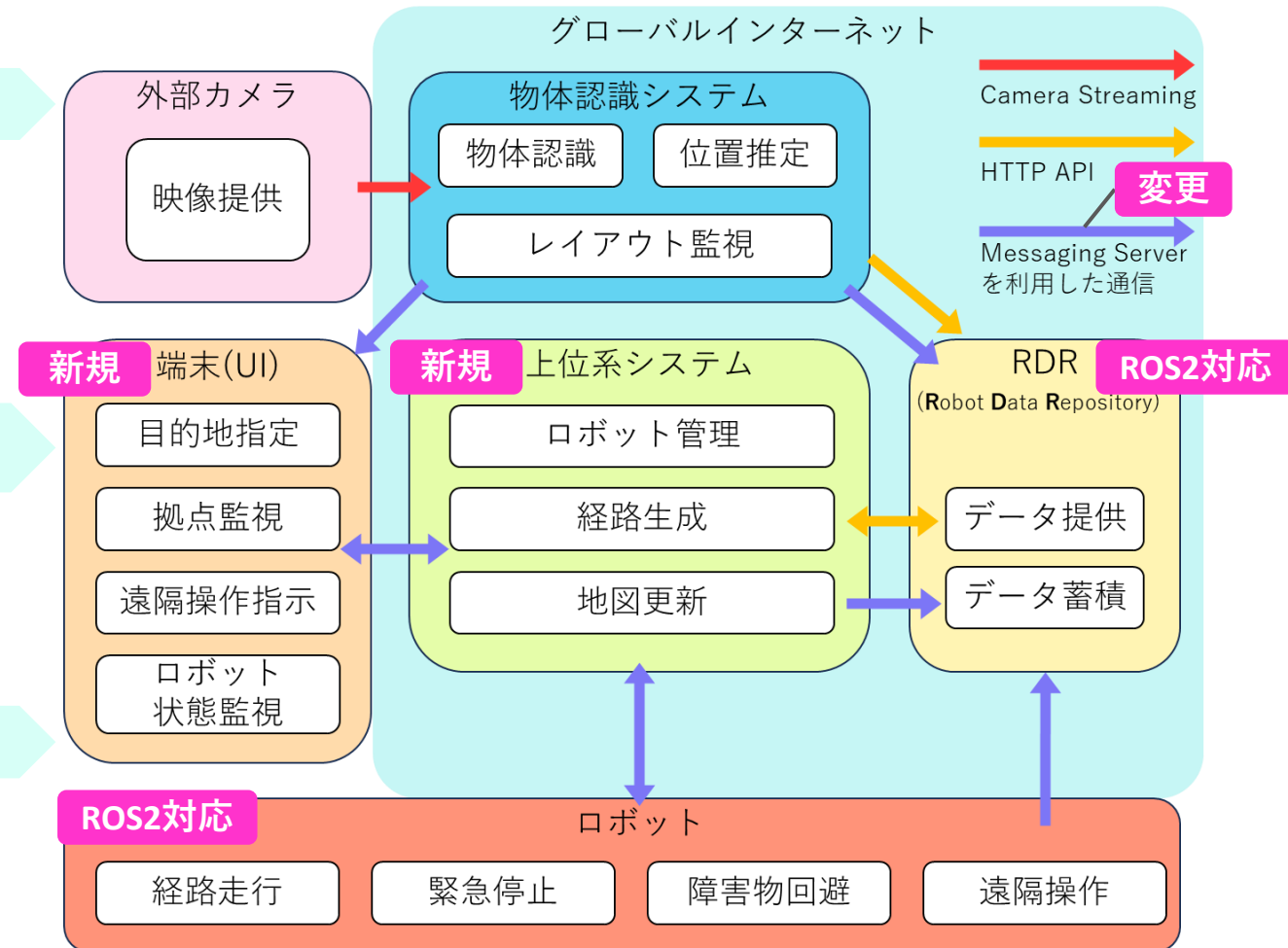
- 動的経路計画の実装
- クラウド／外部センサー連携による障害物へのリアルタイム対応
- システムのROS2化

2. 複数拠点対応の遠隔監視・操作システムの構築

- 広域通信基盤の構築 (Zenoh)
- 統合管理UIと安全機能の開発
- 遠隔操作および緊急停止による安全性確保

3. 実環境での検証・評価

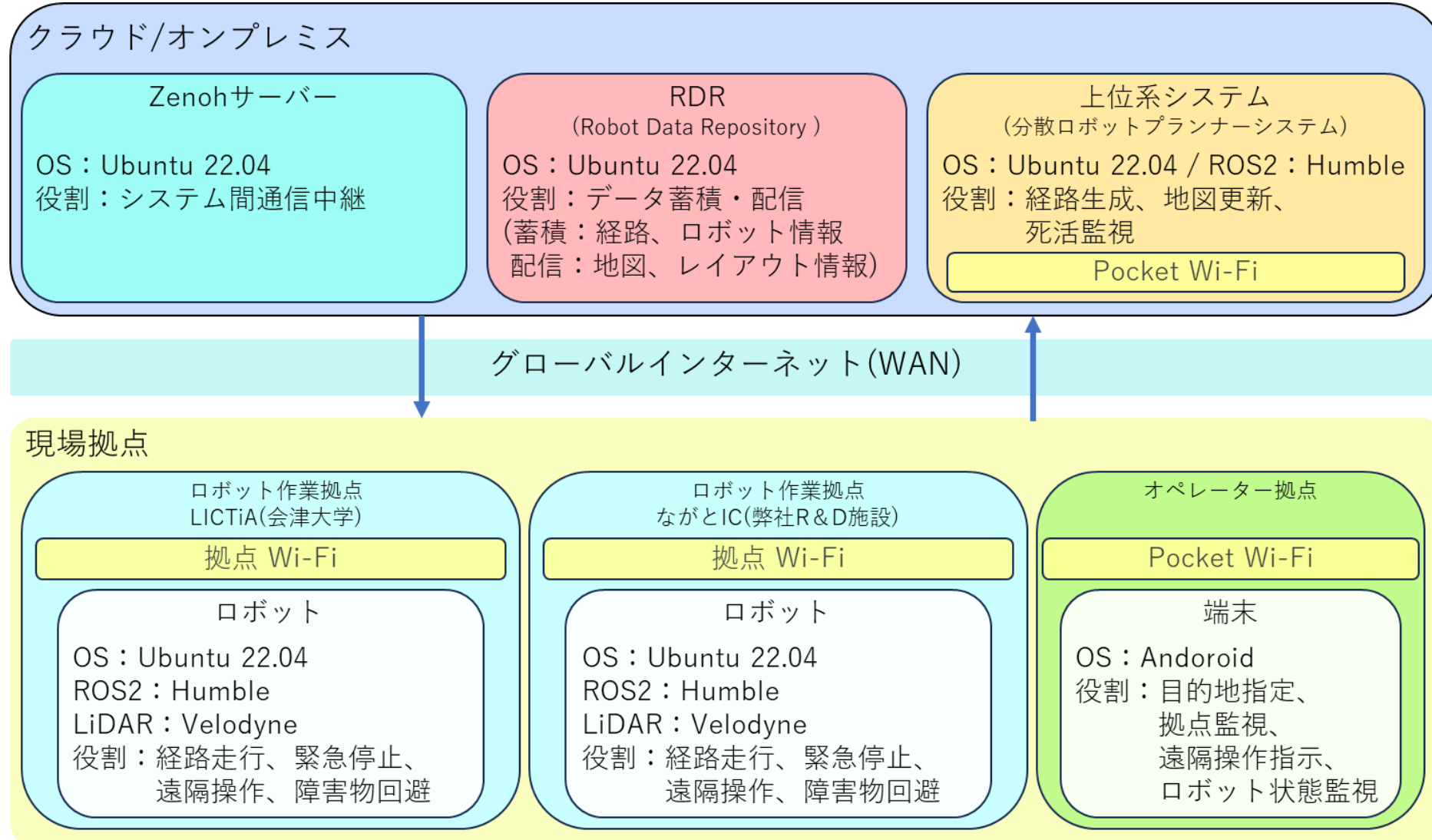
- 複数拠点での実証実験による性能評価と改善
- 実用化に向けた課題抽出と完成度向上



DCRシステムアーキテクチャ図

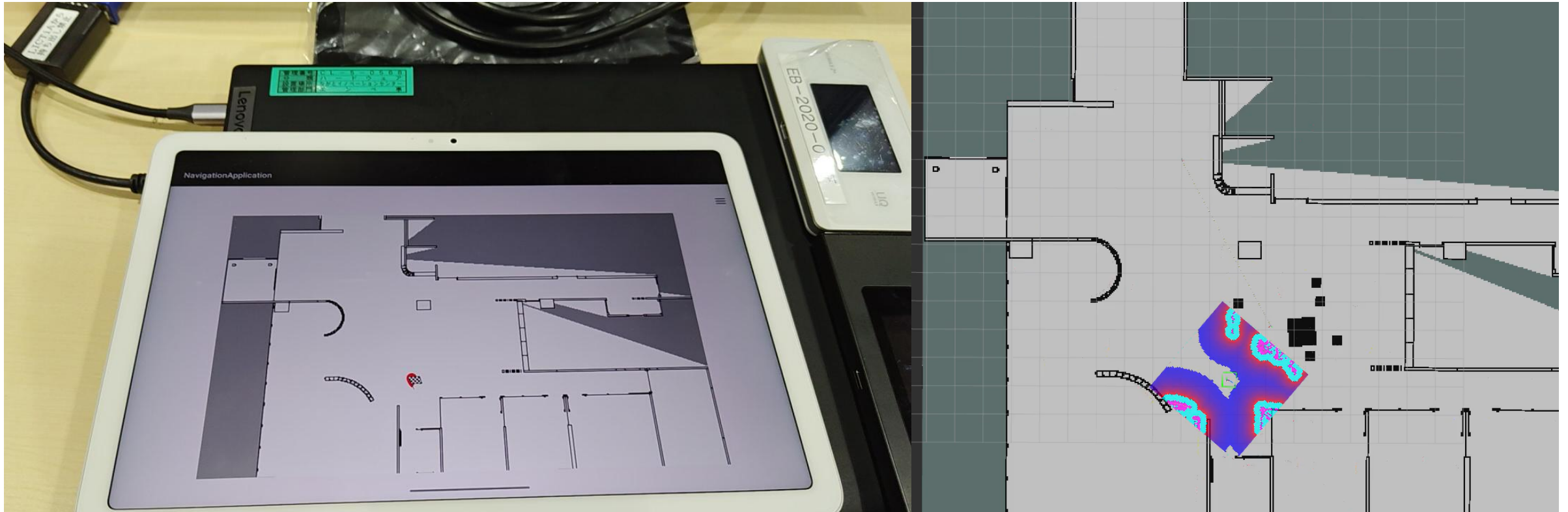
※ Zenoh (Zero Overhead Network Protocol)：不安定なWAN環境でも低遅延・高効率な分散通信を実現するプロトコル。ROS 2との連携が可能。

研究開発：実環境検証時のネットワーク構成



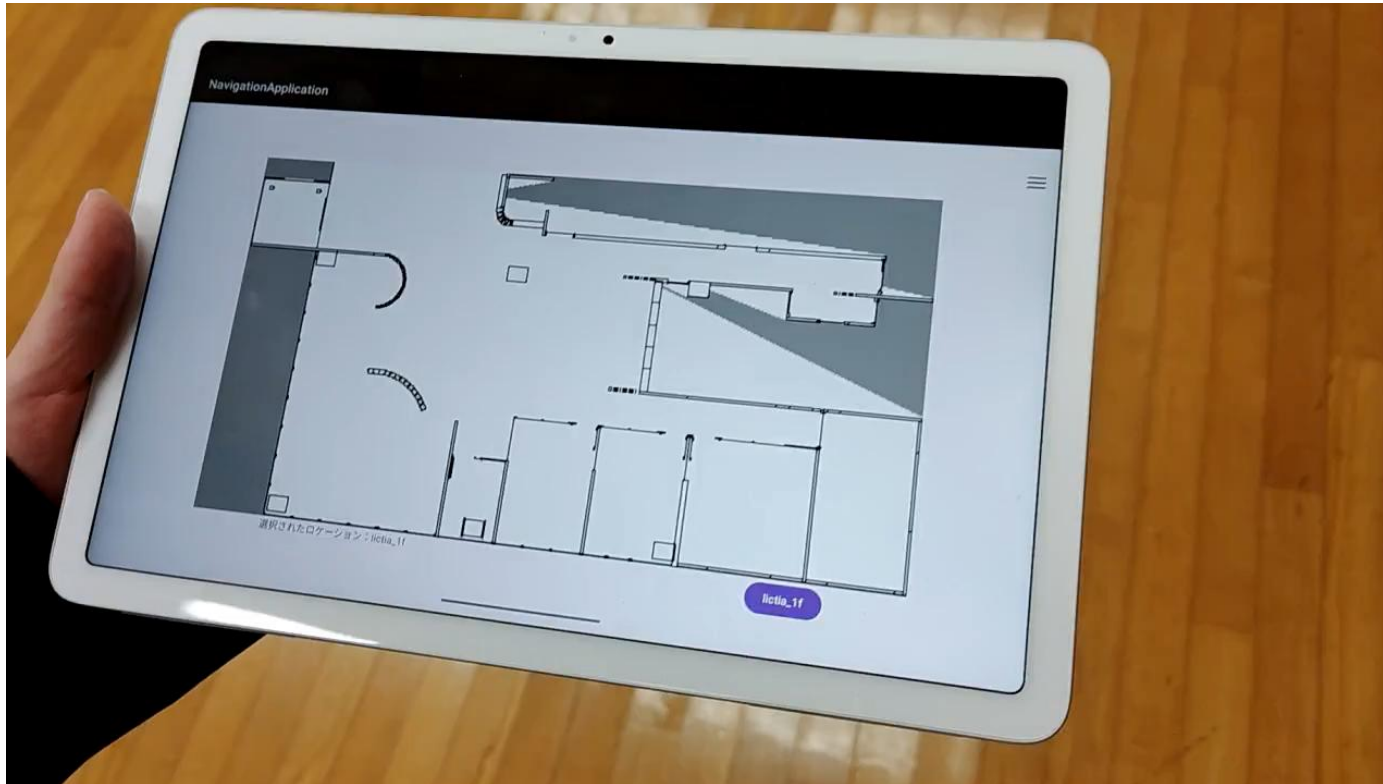
研究開発：ロボットの自律ナビゲーション

検証内容：端末から目的地を指定し、各拠点のロボットが目的地まで走行する動作の検証



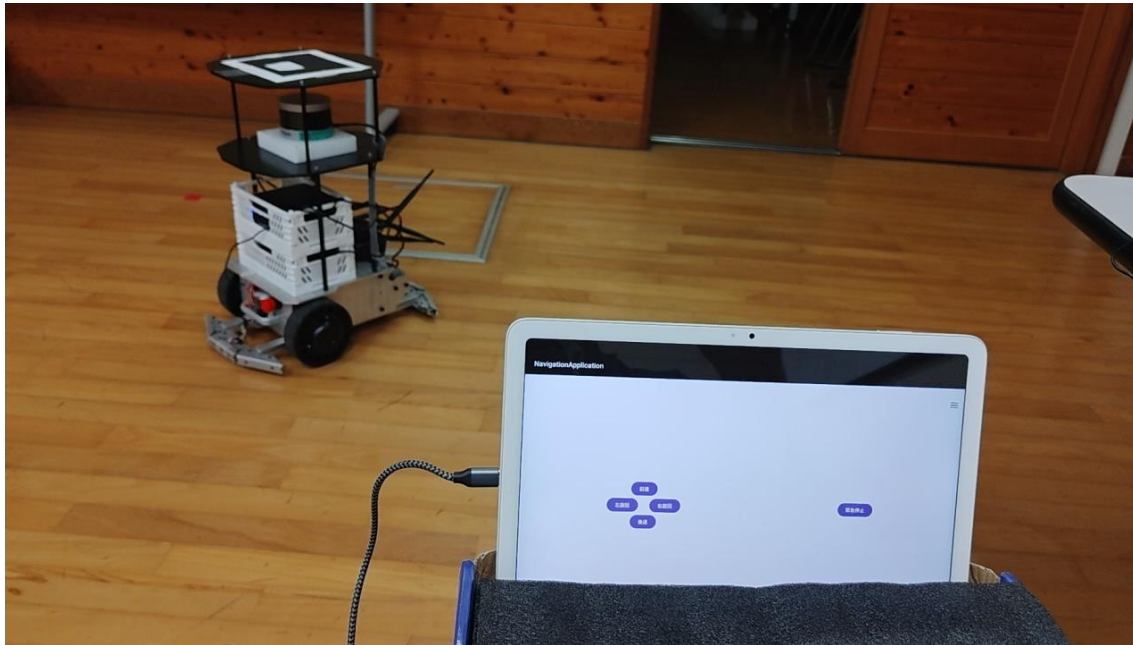
研究開発：ロボットの自律ナビゲーション

検証内容：端末から目的地を指定し、各拠点のロボットが目的地まで走行する動作の検証

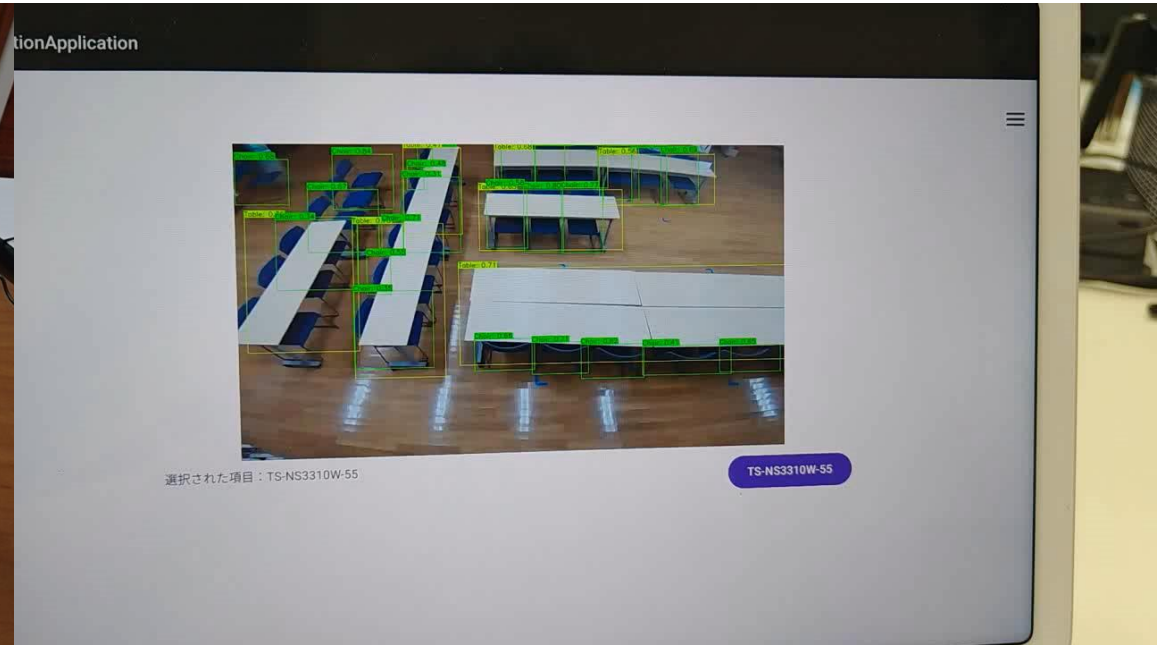


研究開発：インターネット越しの複数拠点のロボット監視および操作

検証内容：端末を使用した監視および遠隔操作の動作および操作性を検証

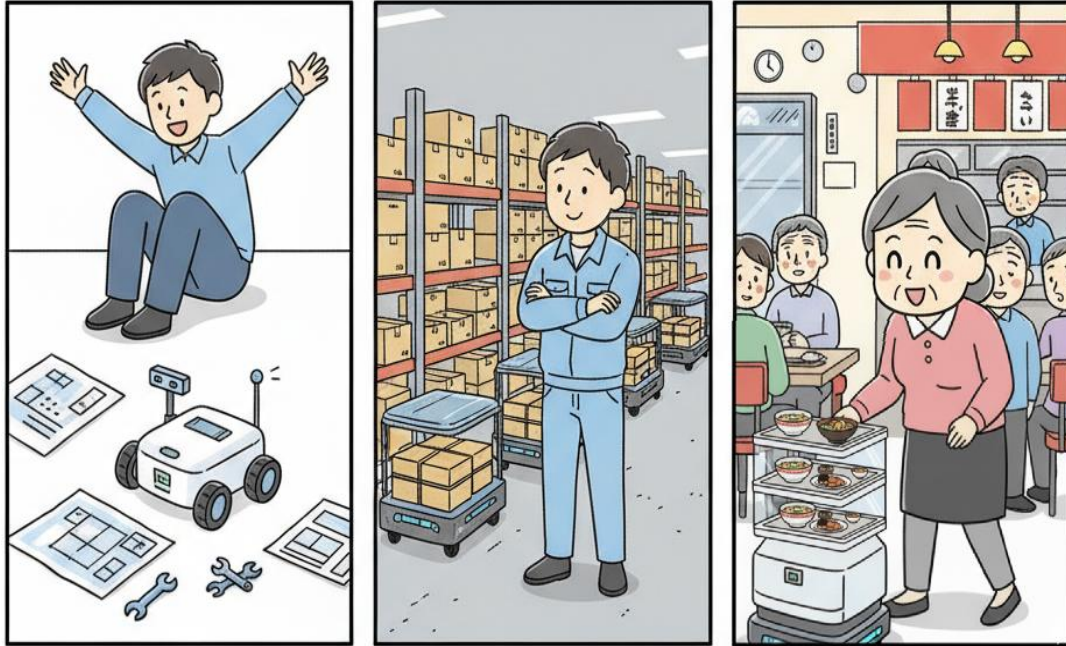


端末を使用した遠隔操作指示検証



外部カメラを使用した拠点の監視

研究開発：まとめ



■本研究の成果

- ROS 2/Zenoh により、2拠点で自律ナビ+遠隔操作を実証
- 上位系システム(経路生成)とロボット(経路走行)で機能を分担
- 低遅延で遠隔操作の応答性を確保
- 端末～ロボットまで統合したDCRシステムの検証完了

■開発の意義

- インターネット分散型ロボット管理システムの実現性を実証
- 動的環境に適応可能なロボット運用基盤を整備
- 完全自律・完全遠隔操作の限界を踏まえた現実的な運用モデルを提示
- 人手不足・高齢化に対応する少人数・多拠点管理の実現

■今後の課題

- 経路切替時の安定性向上 (制御改善)
- 自己位置推定精度の向上 (環境依存対応)
- 通信断後の復旧処理の実装 (状態同期・タスク再評価)
- センサーデータ転送の最適化 (遅延対策)