

第11回会津大学ロボットシンポジウム

～混雑を避けて移動する

ロボットナビゲーションシステムの研究開発～

2026年5月22日

株式会社FSK

◆ロボット事業フェーズIVの3年間の概要

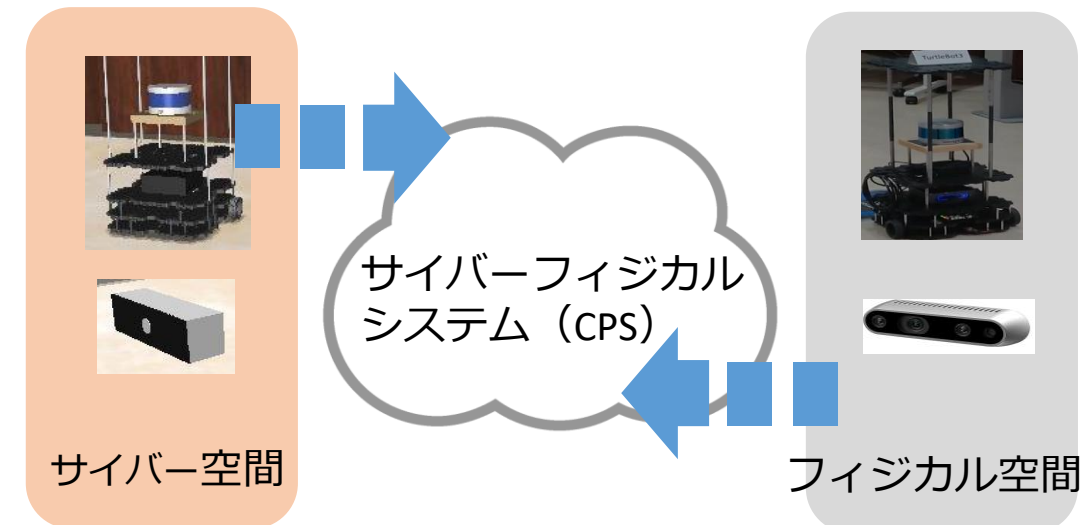
- 施設等における混雑や障害物を考慮し、**自律移動ロボットが障害物（人や椅子等）との衝突リスクを低減しながら最適経路を選択するロボットナビゲーションシステム**について、サイバーフィジカルシステム（CPS）、ロボットデータリポジトリ（RDR）等の技術を用いて効率的なナビゲーション技術の研究開発及び実証を行う



LICTiA屋内のイメージ

◆研究開発及び実証方法と方針

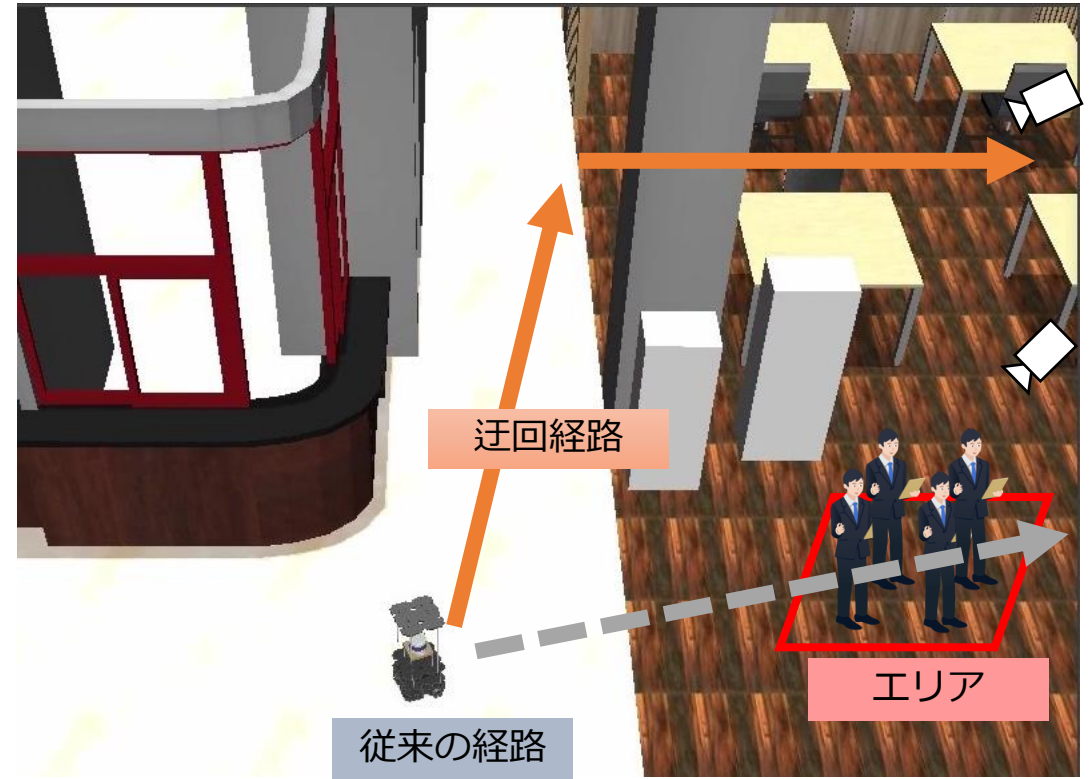
- 施設に設置したカメラ（外部カメラ）から混雑状況を移動ロボットに共有し、**自律的に混雑エリアを回避し安全に目的地へ移動することを支援**
- 複数ロボットによる連携を実空間で検証するには時間やコストがかかるため**シミュレーションを活用し短期先行開発を可能とする**
- シミュレーションを用いて開発したシステムを実機に反映し実空間で正常に動作するか検証



サイバーフィジカルシステムイメージ

◆最終目標

- 混雑状況に応じた移動ロボットのナビゲーションにより衝突リスクが小さい最適経路を選択できる
- ロボットが人の少ない経路を選ぶことで、人がロボットを回避する行動を最小限とする
- その結果、利用者のストレスの軽減および案内業務等の負担削減につなげる

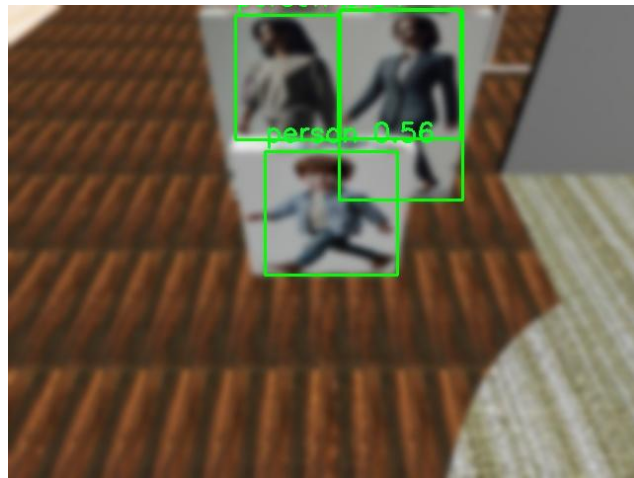


ロボットが混雑している場所を避けて移動

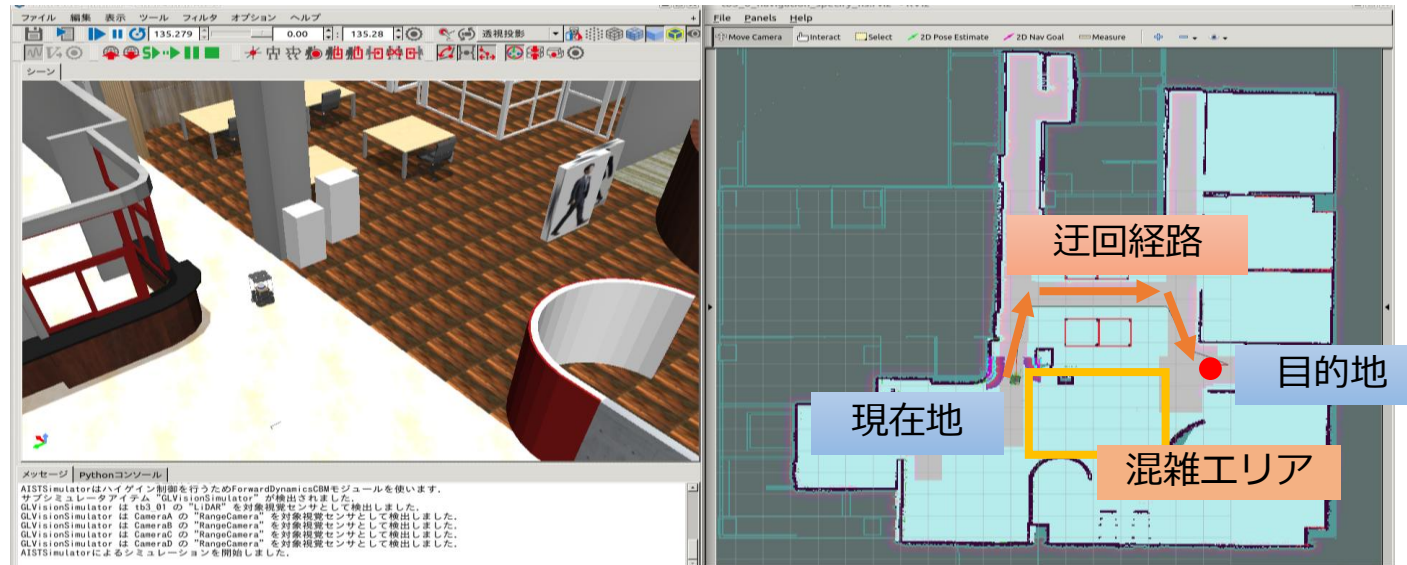
◆シミュレータを用いた混雑を回避したロボットナビゲーションシステムの研究開発（2024年度）

- 物体認識AI（YOLOv8）による人認識・混雑状況判定システム
 - どこが混雑しているか判定する
- 混雑場所を回避した経路変更システム
 - ロボットが通らないように混雑している場所を自動で設定し、混雑していない経路を選択する

※ ナビゲーションに使用している配送システムは日本アドシス様が開発したものをベースに改良



YOLOv8による人認識



混雑している場所を避けたナビゲーション

◆混雑を回避したロボットナビゲーションシステムの研究開発 (2025年度)

実環境で物体認識AI (YOLOv8) による混雑状況に応じたナビゲーションシステムの検証

1. 混雑状況を把握するシステムを実機に反映
ロボットの経路計画に必要な建物内の各施設や通路など、混雑状況（動的障害物の状況）を把握するシステムの検証
 - ▶施設等では動的障害物として「人」を扱う必要があるため、データ処理に際してはプライバシーを考慮する
2. 混雑状況に応じた経路変更システムを実機に反映
混雑状況に応じて混雑していない経路を選択する、移動ロボットの経路を変更するシステムの検証

◆混雑状況把握システムの検証

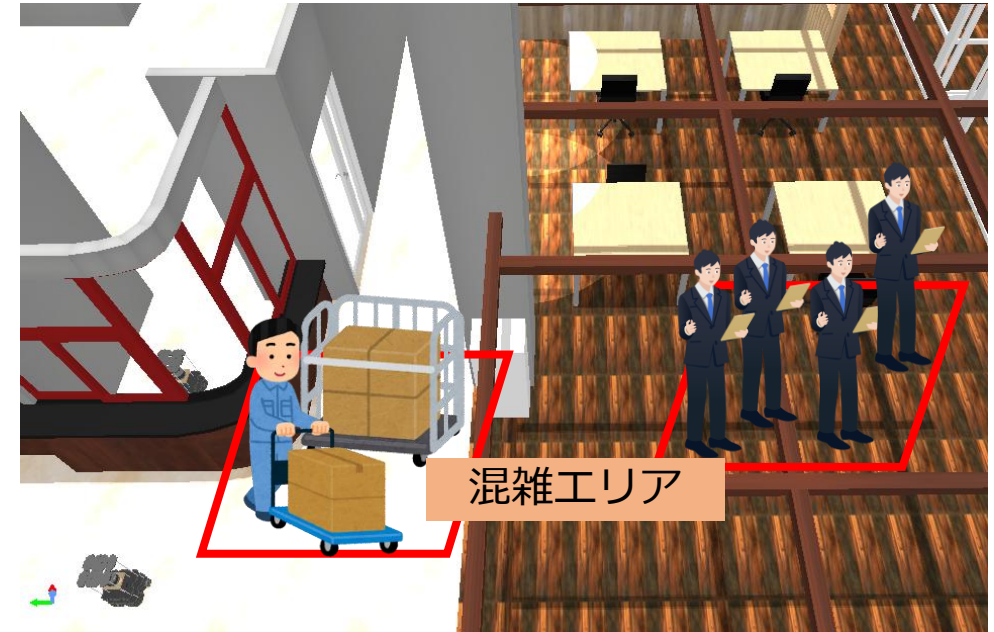
【概要】

実環境で通路などに設置したカメラ画像から人を自動で検出し、その場所が混雑しているか判定する。

【目的】

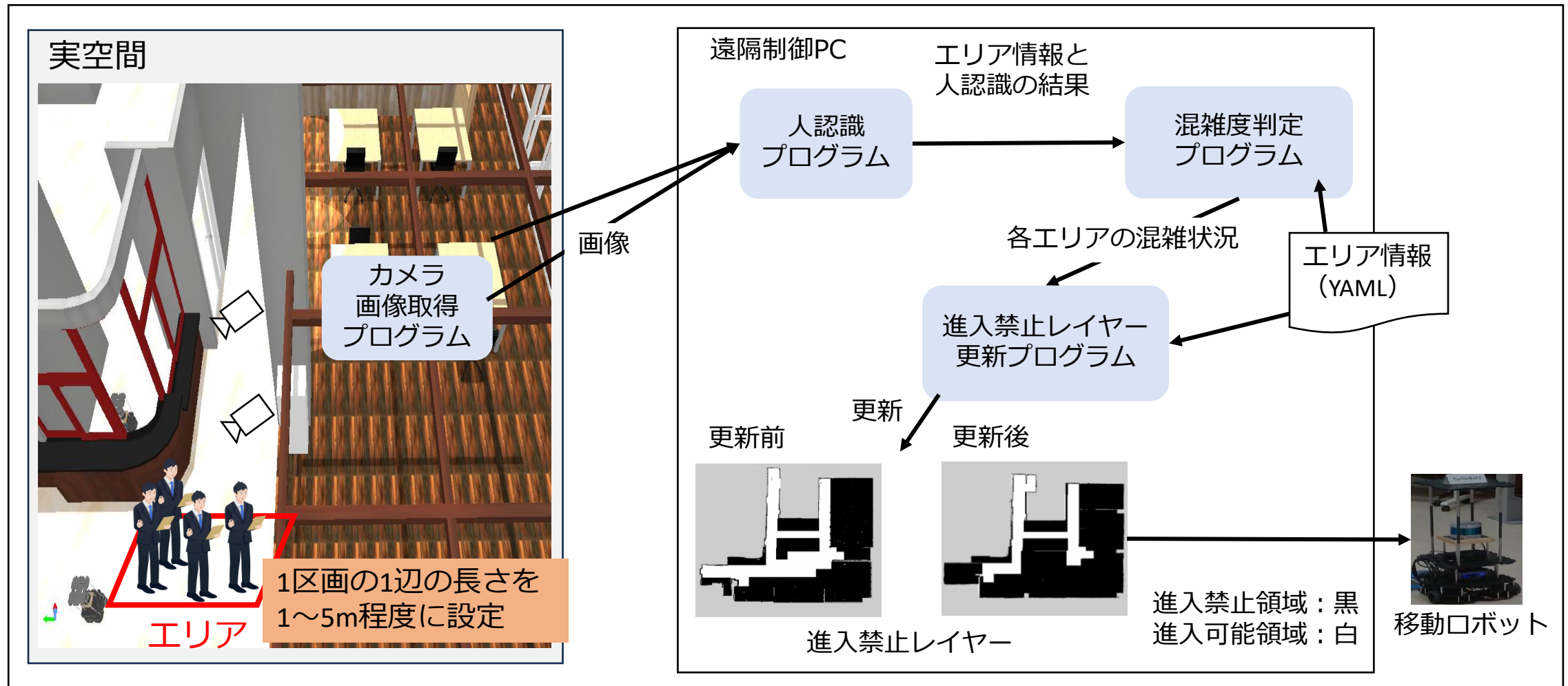
カメラから混雑している場所を事前に把握することで、**自律移動ロボットが最適な経路で移動**することができる。従来は混雑している場所に入ると、人が避けるまでロボットが停止していた。

本システムでは、**予め混雑している場所を避けることで停止動作を低減した移動**ができる。また、**人がロボットを回避する行動を最小限に抑える**ことができる。



屋内の混雑イメージ

◆システムイメージ（実機）



1. 混雑状況を把握するシステムを実機に反映

◆混雑状況（動的障害物の状況）を把握するシステム

【検証結果】

- カメラ映像から人を検出し、混雑している場所を判定できることを確認
- 一方で、ジャケットがかかった案内板やポスターの人物を「人」と誤認識する現象が発生

【今後の課題】

- 人以外を「人」と認識した場合の対応方法（認識されても影響がないのか、認識されないようにするのか）の検討が必要



案内板にジャケットを掛け人認識

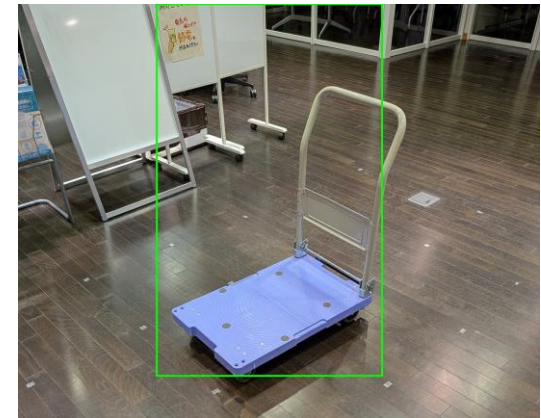
◆準静的物体（カート等）を混雑度に反映する方法の検討

【検討結果】

- Webで公開されているAI学習データを利用することで、カートを認識できることを確認
- カートは長時間同じ場所に置かれていることが多いため、混雑度として扱うのではなく、**ロボットが通れない進入禁止エリアとして設定する方式を採用**

【今後の課題】

- カート以外にも、キャリーバッグなどを混雑度に反映する方法の検討が必要

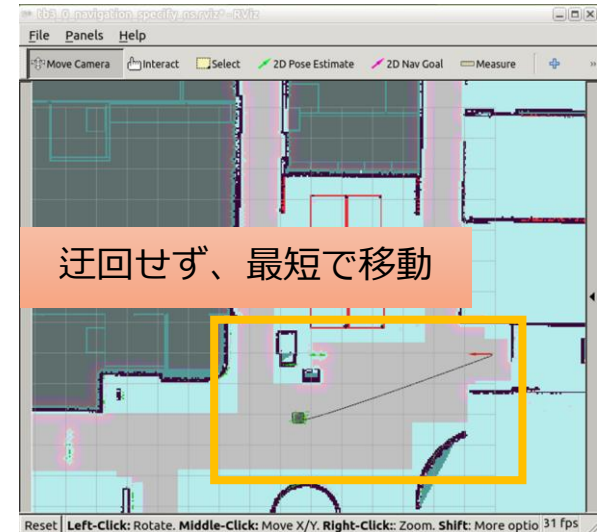


カート認識

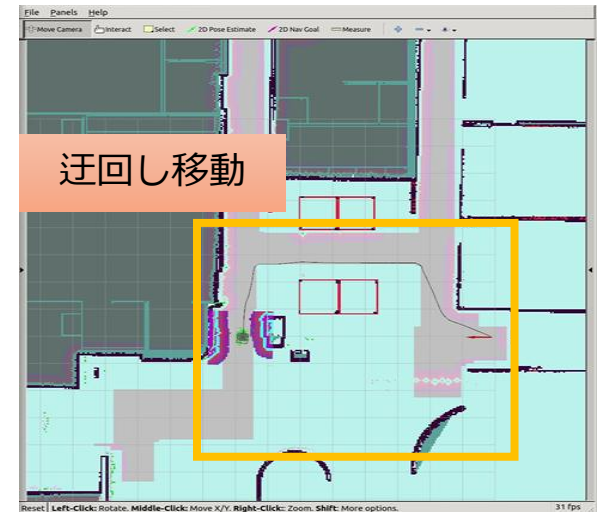
◆ 移動ロボットの経路変更システムの検証 【概要】

カメラで判定した混雑度をもとに混雑している場所をロボットが通れないエリアとして地図に反映し、ロボットが混雑していない場所を通過して移動する。

また、**広い通路（2～3m）を分割して扱うことで、混雑していない場所を通るなどロボットの移動可能な経路を増やす。**これにより、**ロボットが長時間停止する現象が解消できるか検証を行った。**さらに、混雑状況を検知し、地図に反映されるまでのレスポンス調査・検証を行った。



混雑していない場合



混雑している場合

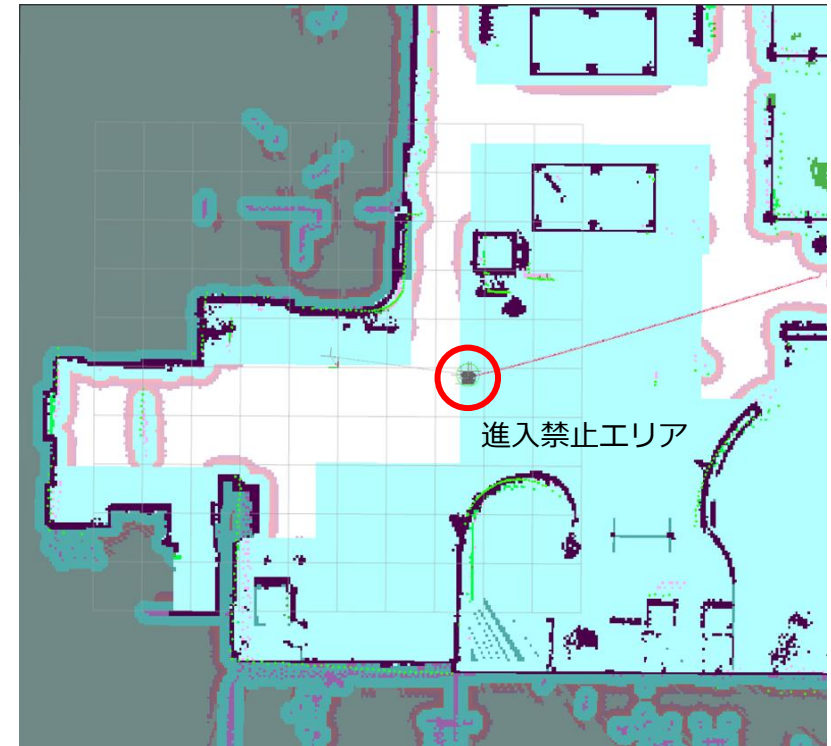
◆ 混雑状況に応じた経路変更システム

【検証結果】

- 混雑している場所をロボットが通れないエリアとして地図に反映できることを確認
- 一方で、地図の更新が反映されるまでに数秒かかるため、稀にロボットが**混雑エリア**に入ってしまう、**動けなくなる現象が発生**

【今後の課題】

- 誤って進入禁止エリアに入った場合に、その場から抜け出すための**リカバリ方法の検討が必要**



進入禁止エリアにロボットが入り停止

◆カメラによる経路分割プログラム機能

カメラに映る範囲の中でも、人が少ないスペースをロボットが通れるようにするため、カメラに映る領域を分割（上下、左右など）する仕組みを開発。

• 経路分割機能

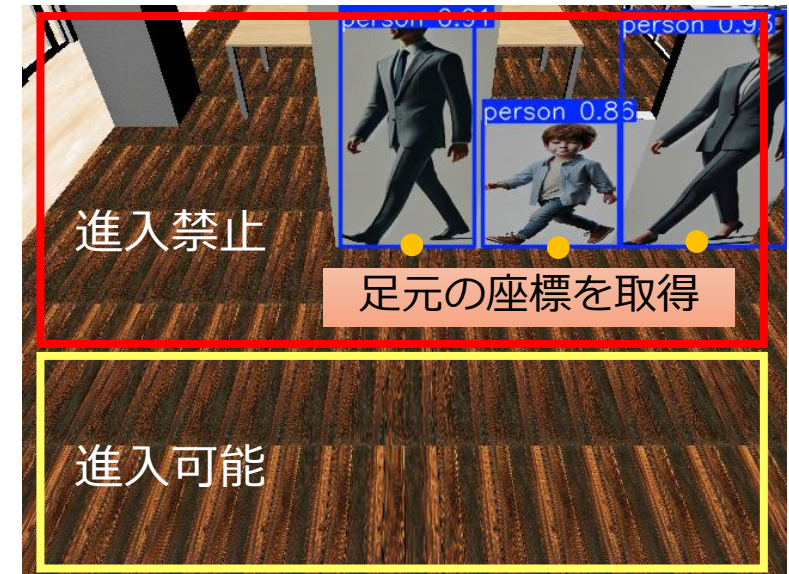
- Choreonoidを用いて開発
- 人の位置（足元の座標）を画像から現実の座標に変換し、混雑している場所を判定できるようにしている

【検証結果】

- カメラ1台で人の座標を取得したところ画像の中央で0.1[m]、端では最大0.3[m]程度のズレが発生
- この誤差はロボット1台分程度であり、ロボットの移動への影響は少ないと考えられる

【今後の課題】

- エリアを細かく分けるとロボットが通れる幅を確保できない可能性がある
- そのため、少なくとも1.0[m]程度の通路幅を確保する必要がある



カメラ画像分割の例

◆ 混雑状況検知・地図反映のレスポンス調査

【検証結果】

- 人の認識処理は、**シミュレーションより実機の方が5倍程度速い**
- 一方で、地図の更新処理は、**実機よりシミュレーションの方が2倍程度速い**
- 処理に時間がかかる地図更新で500ミリ秒、**全体で1秒以内の処理速度となっているため、実運用でも使えると考えられる**

【今後の課題】

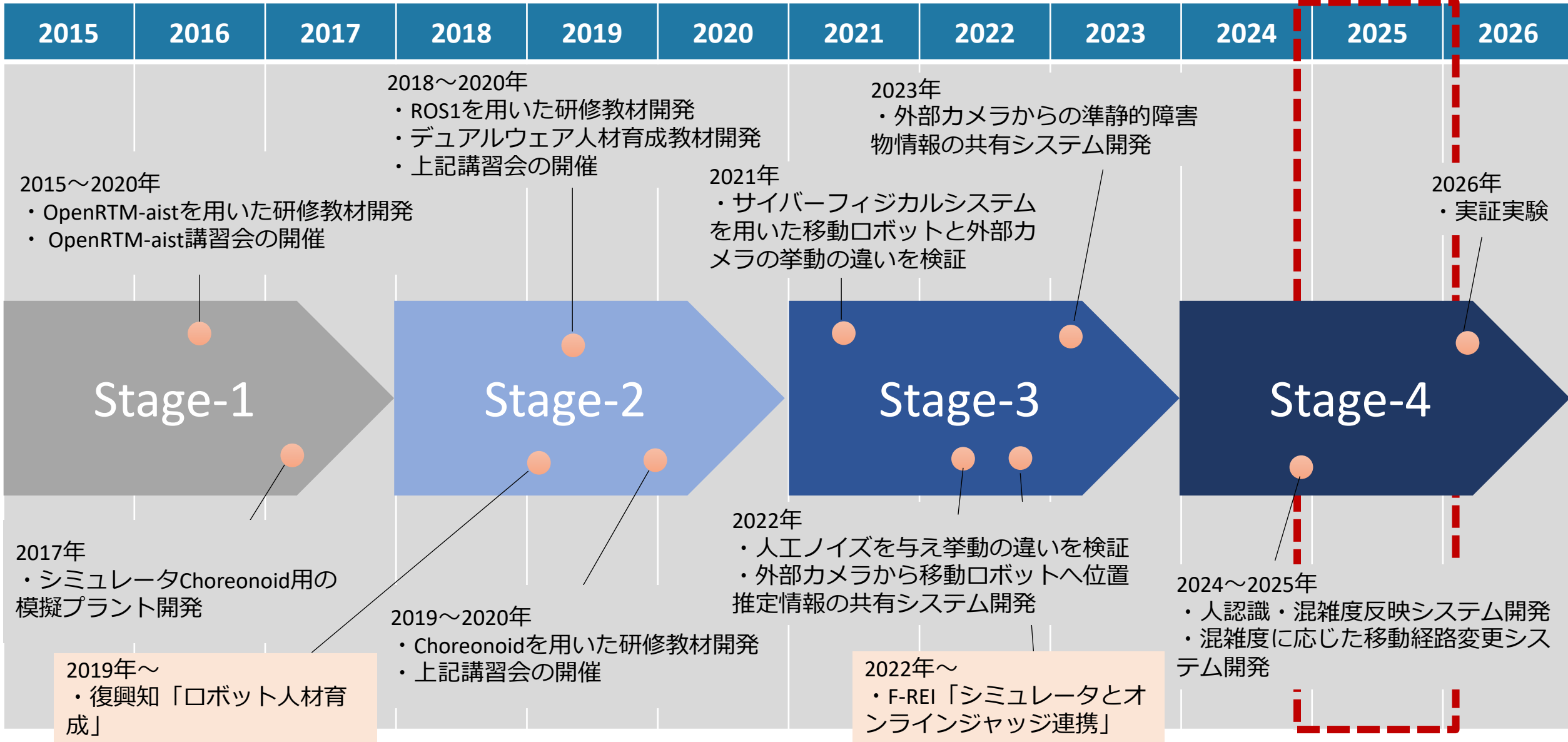
- シミュレーションでは1台のPCで全ての処理を行うため、**PCへの負荷が大きくなる**
- そのため、実環境を想定し、**処理を分担するために複数PCで動作させる構成の検討が必要**
- 2台構成とすることで、**実機に近い処理速度での検証が可能となり、サイバーフィジカルシステムを用いた開発がより現実的になると考えられる**

		実機	シミュレーション	処理速度比 (シミュレーション / 実機)
人認識 (画像サイズ: 480x640)				
エリアB	preprocess (前処理) [ms]	2.60	14.17	5.46
	inference (推論) [ms]	77.56	413.58	5.33
	postprocess (後処理) [ms]	0.99	4.26	4.32
混雑度反映 [ms]		0.004	0.005	1.30
地図再生成 [ms]		4.51	11.81	2.62
地図再読込 [ms]		516.80	236.73	0.46
計		602.45	680.56	-

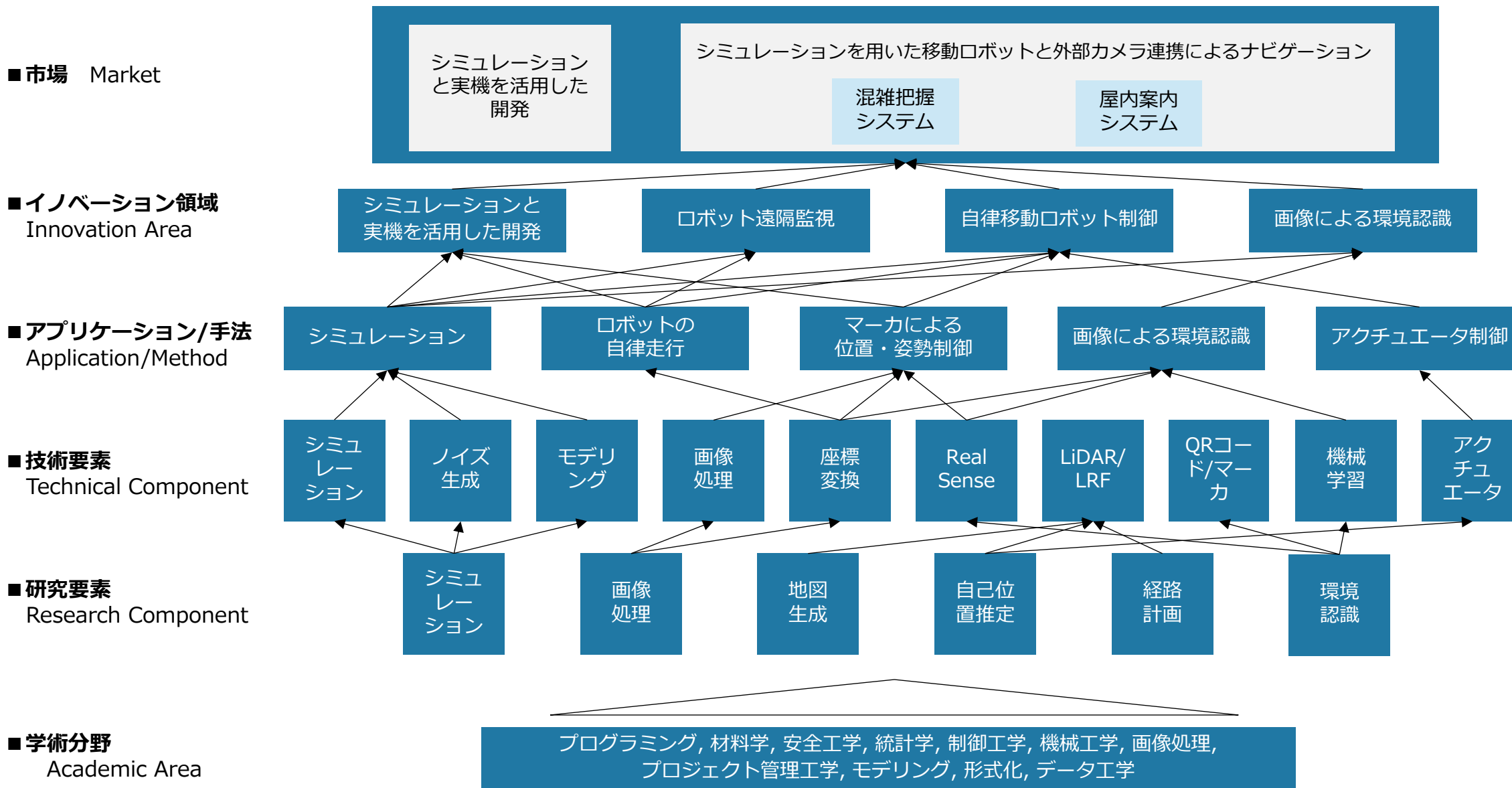
実機とシミュレーションの処理速度比較

ロボット分野への取り組み

ロボット分野への取り組み



イノベーションアーキテクチャ図



ご清聴ありがとうございました
RTC-Library-FUKUSHIMA
<https://rtc-fukushima.jp/>