

建築物 3Dモデルと 2Dカメラ 画像の照合による位置推定

豊橋技術科学大学 大学院工学研究科
機械工学系

准教授 高橋 淳二

新技術の概要

紹介する新技術は、事前に用意した建築物の3Dモデルとカメラ撮影で得た2D画像をGPUメモリ上で並列的に照合することで高速に**大域位置推定**することができる技術で、Visual-Geometric-Matching: VGM と呼んでいます。

位置推定の結果は移動ロボットの自律走行や作業車、カート、フォークリフトなどのあらゆる移動体のトラッキングに利用できます。

想定される用途

- 本技術は、工場や物流倉庫内で物品運搬を行う**自律移動ロボットの位置推定**に利用することが最も効果的
- 上記の他に、作業員やフォークリフト、手押し台車などの**あらゆる移動体を継続的に位置追従**することで、館内物流の把握・分析・改善への効果を期待できる
- 本技術は運用コストを低くできる特徴があり、福祉医療施設、学校、複合商業施設、公共交通施設などへも展開し、**生活圏での物流の自動化**なども可能である

従来技術とその問題点

既に実用化されているAGV (Autonomous Guided Vehicle)では、

- ガイドライン変更のコストが大きい

LiDAR-SLAMベースのAMR (Autonomous Mobile Robot)では、

- マップ更新・修正のコストが大きい
- LiDARセンサの管理コストが大きい

等の問題があり、導入事例は大規模な施設、大規模な事業のみと限定的で、広く利用されるまでには至っていない。

新技術の特徴・従来技術との比較

- ロボットに**搭載するのはカメラのみ**で良く、センサのメンテナンスコストを下げることができる
- 建築物の天井の梁構造や壁、建具の構造をランドマークとすることで大掛かりな**マップ変更が不要**である
- マップの管理と位置推定の計算をサーバ側で実行することで、**ロボットの要求スペックを下げられる**
- 導入コストを下げられるだけでなく、**運用コストをも低く抑える**ことができる

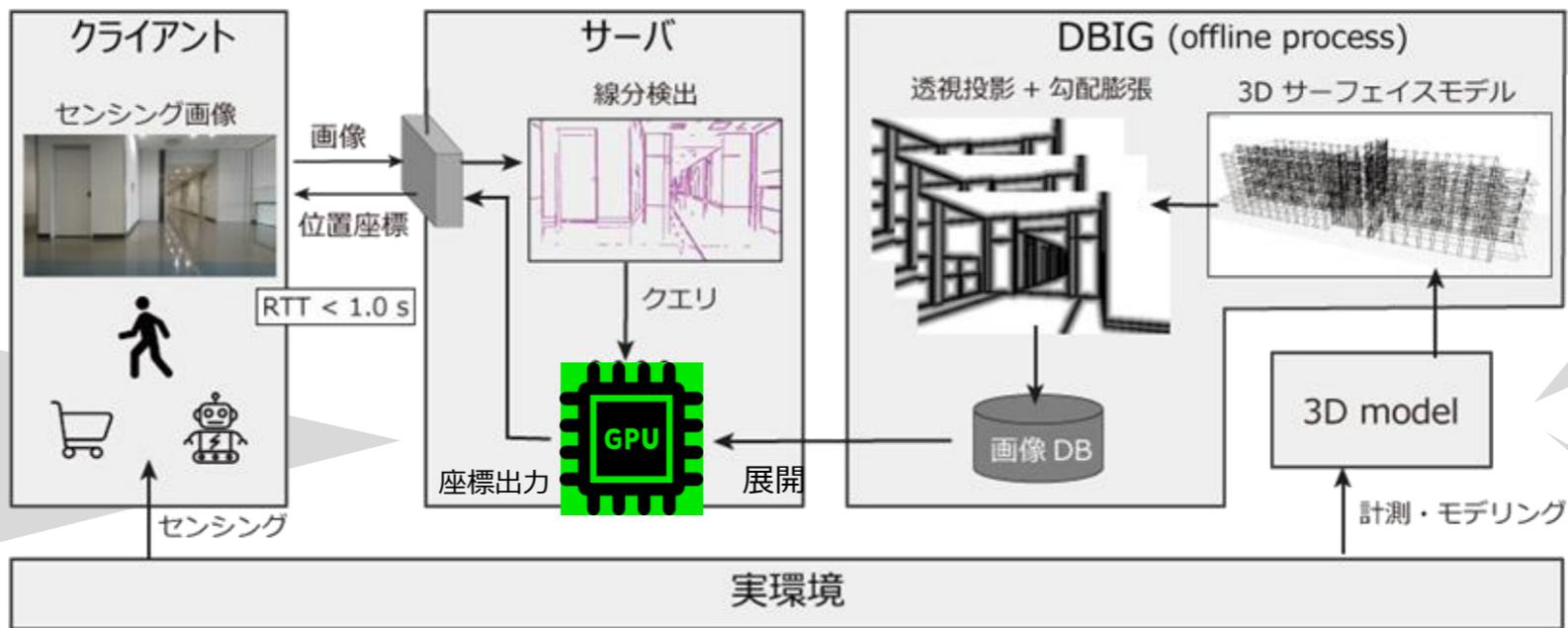
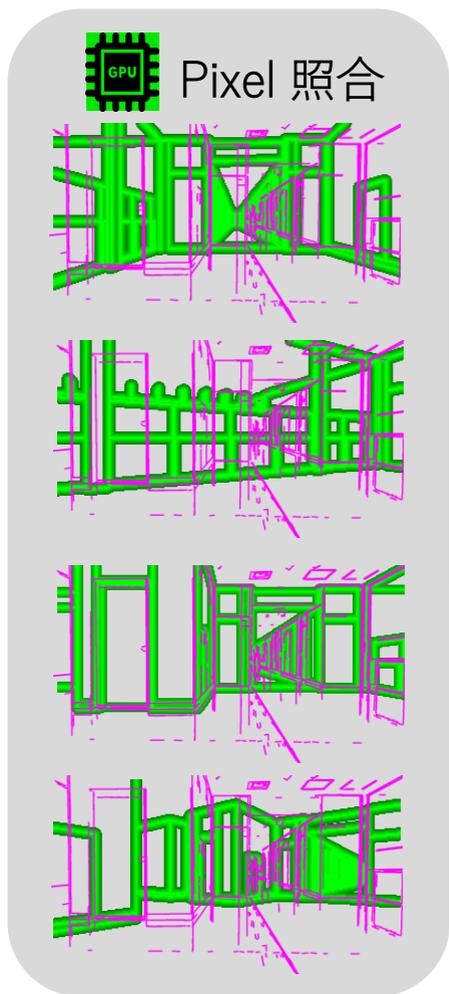
新技術の内容

3Dモデルとカメラ画像の照合による位置推定

Geometric-feature Visual-feature Matching



Visual-Geometric-Matching (VGM)



3次元レーザ計測
+
モデリング



or

BIMデータ
Building-Information-
Modeling

新技術の内容

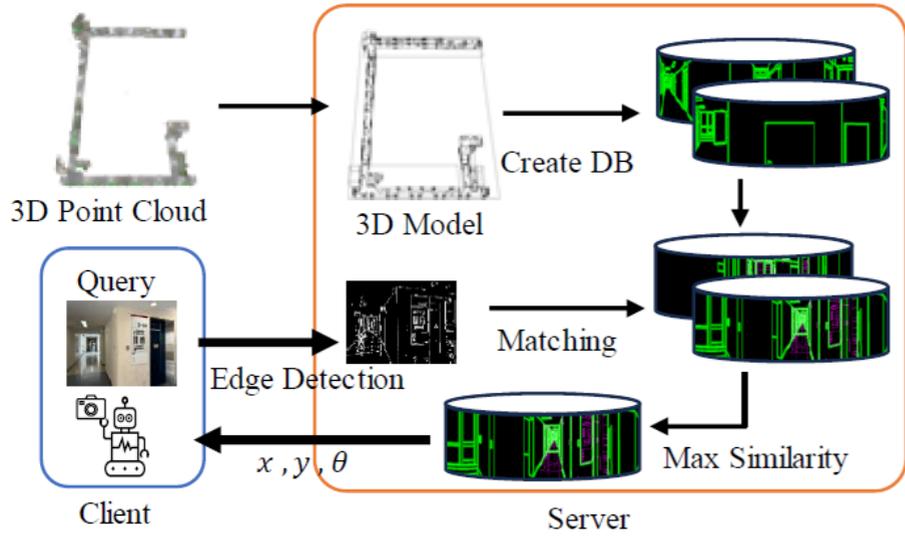
Panorama-VGM

- カメラを水平真横に向ける
- 水平パノラマ画像との照合で高効率
- 医療施設、学校向け

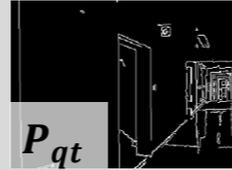
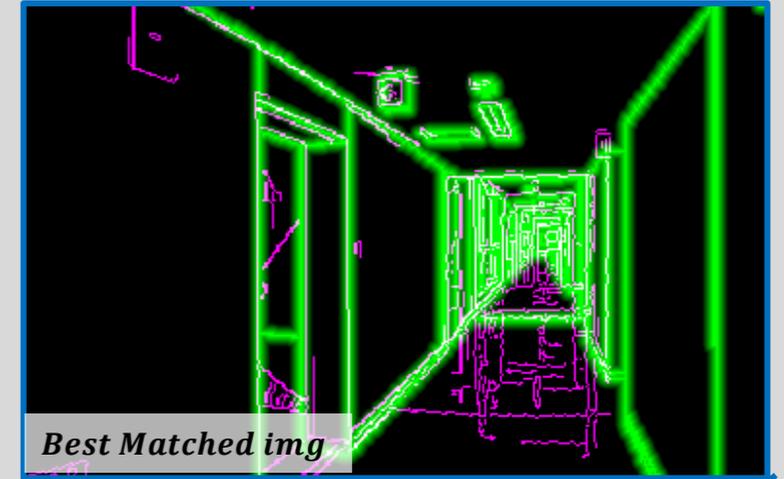
Ceiling-VGM

- カメラを鉛直真上に向ける
- 天井の梁構造をランドマークとする
- 工場、倉庫向け

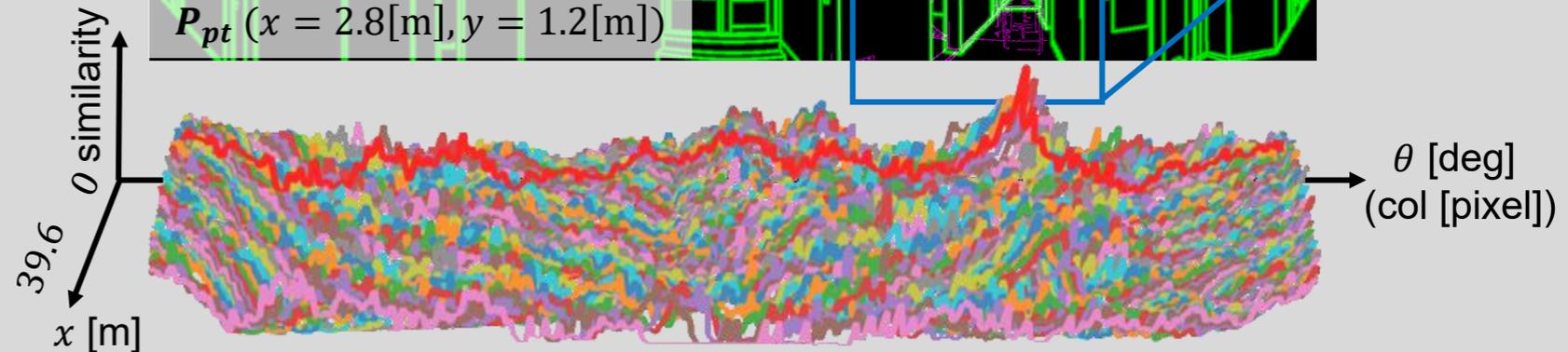
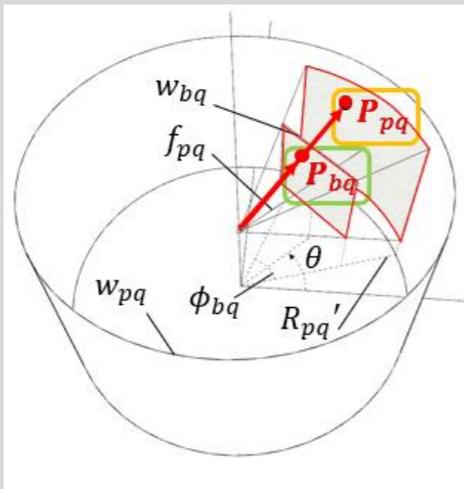
Panorama-VGM



パノラマ画像上で照合



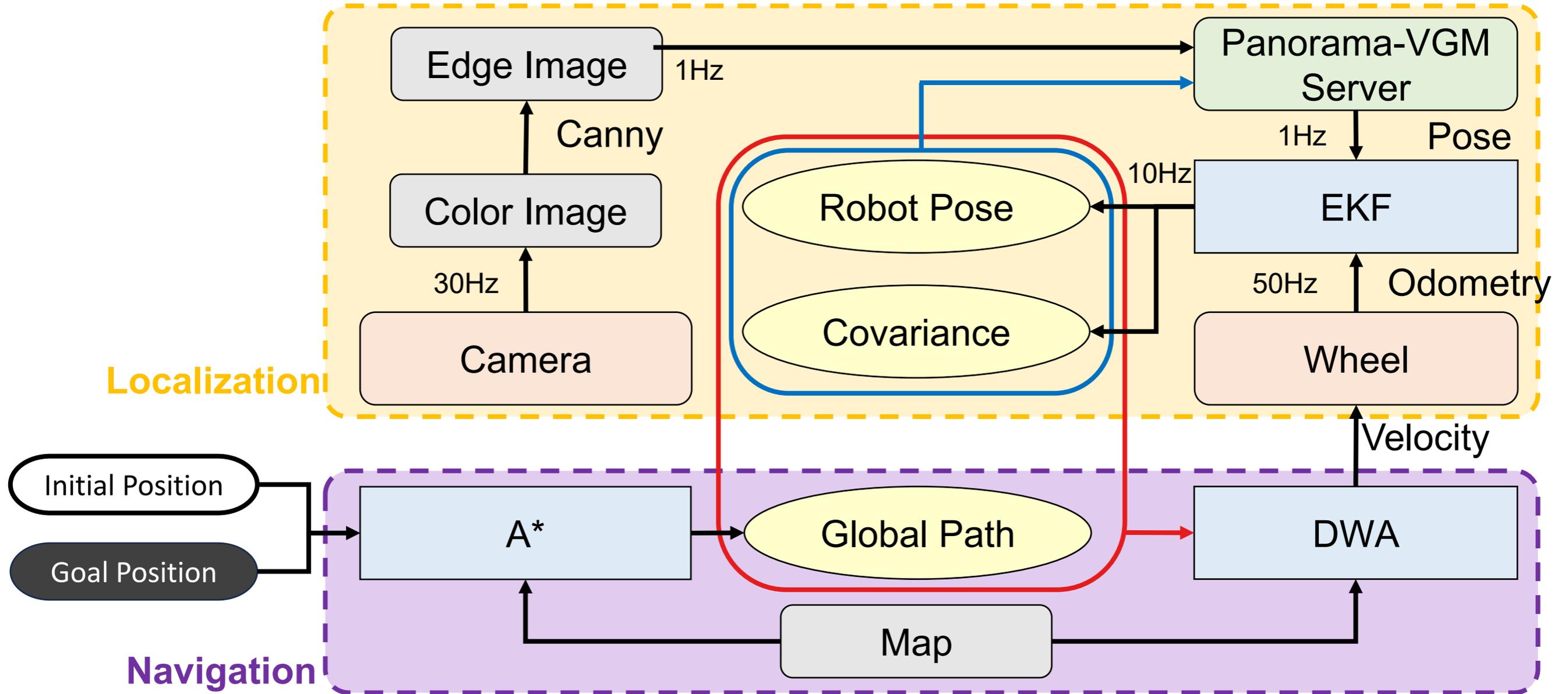
パノラマ変換



発表

T. Nakao and J. Takahashi, "Accurate and Cost-Scalable Panorama Visual-Geometric-Matching based Localization System for Robot Navigation," *2025 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*, Munich, Germany, 2025, pp. 1286-1291, doi: 10.1109/SII59315.2025.10871069.

Panorama-VGM とEKFの統合による AMRの制御

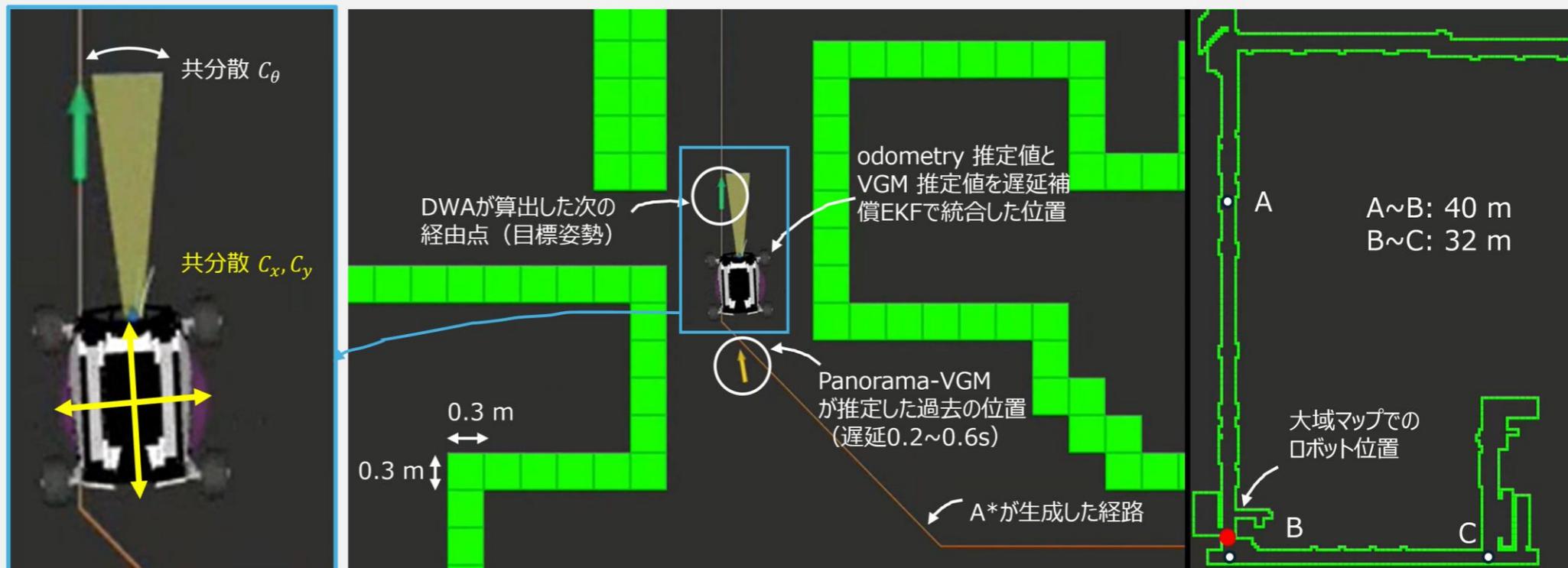
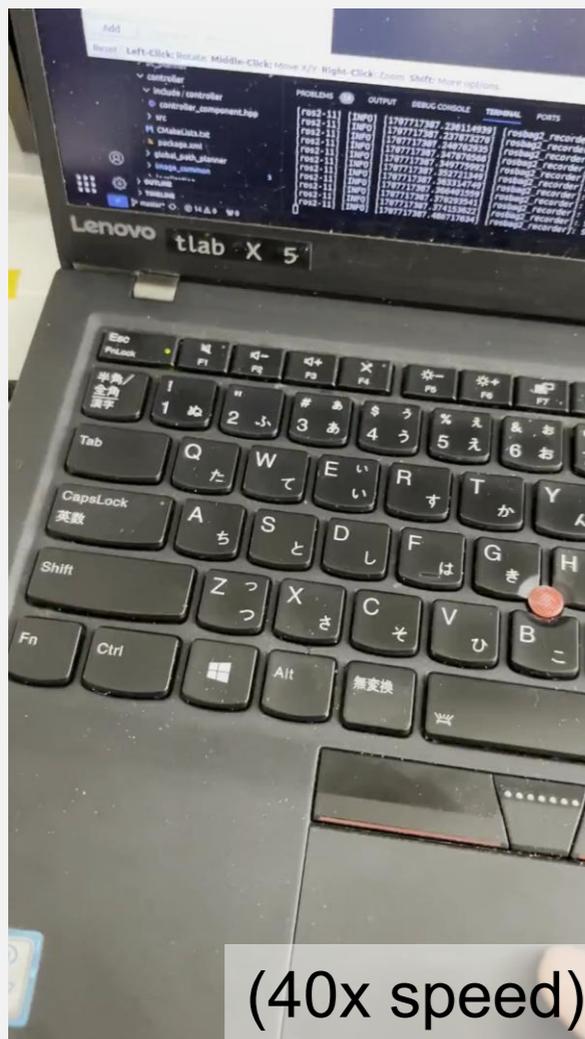


Error	Max	Mean	Median
x, y [m]	0.294	0.117	0.119
θ [rad]	0.118	0.023	0.020

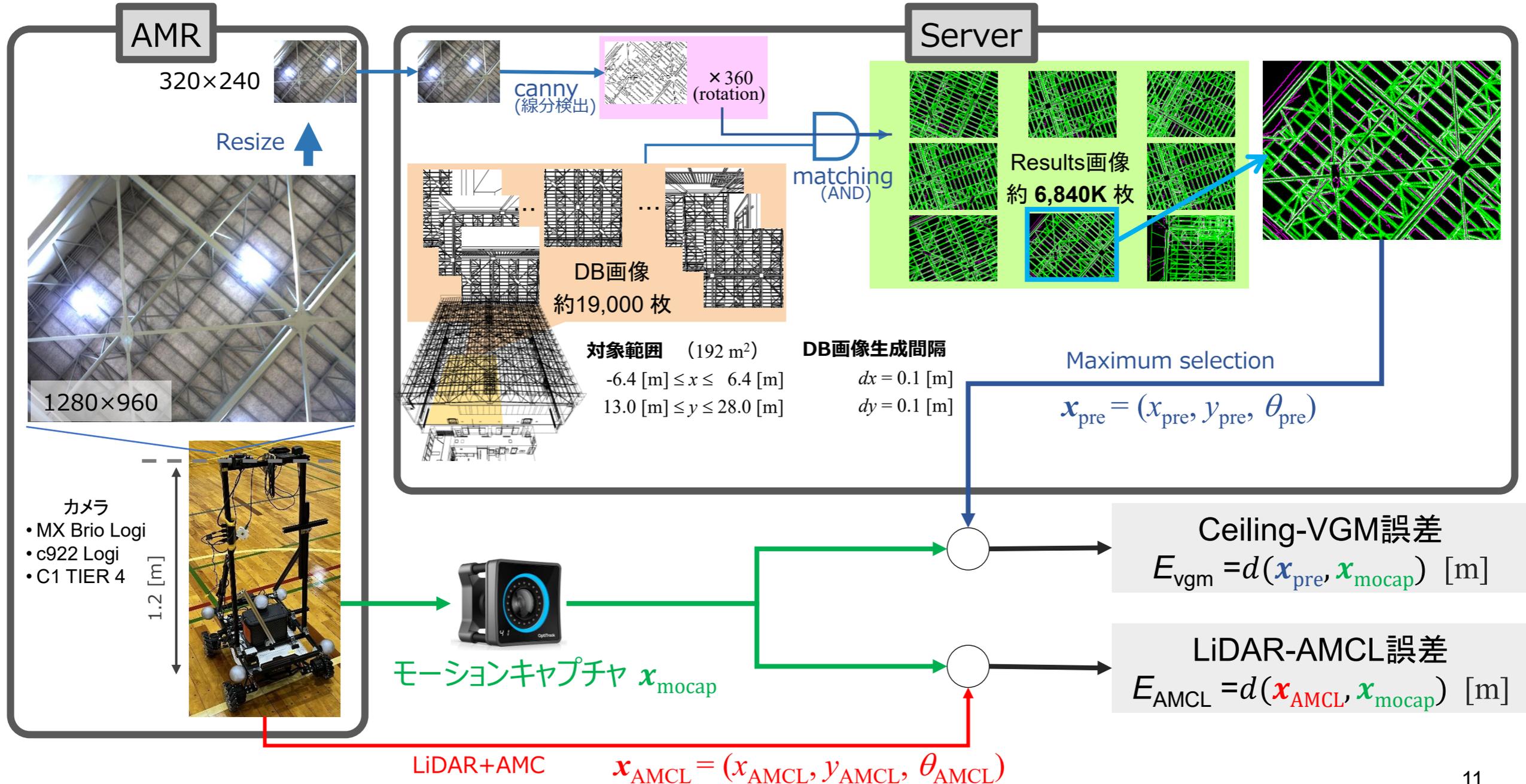
連続走行時間: **48 min**

連続走行距離: **1,540 m**

	Parameter	Value
Update rate	VGM request	1 [Hz]
	Odometry update	50 [Hz]
	EKF update	10 [Hz]
VGM	Min percentage of edge pixel	2.50 [%]
	m_{bd}	0.30 [m]
	$m_{b\theta}$	0.15 [rad]
EKF std. dev.	VGM x, y	0.2 [m]
	VGM θ	0.2 [rad]
	Odometry velocity x, y	0.8 [m/s]
	Odometry velocity θ	0.8 [rad/s]
Robot	Max velocity	1.0 [m/s]
	Max acceleration	1.0 [m/s ²]
	Max angular velocity	1.0 [rad/s]
	Max angular acceleration	1.0 [rad/s ²]

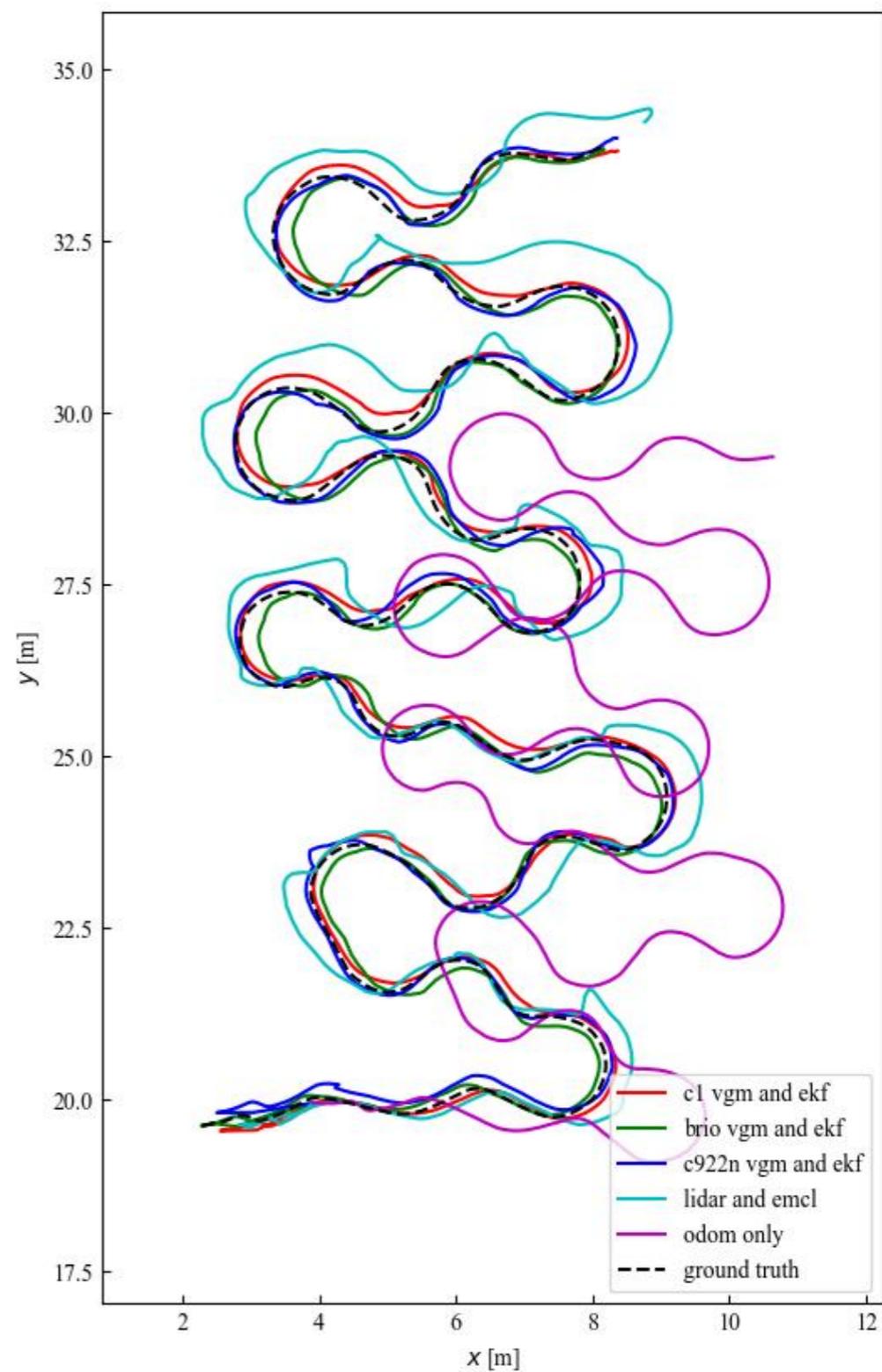
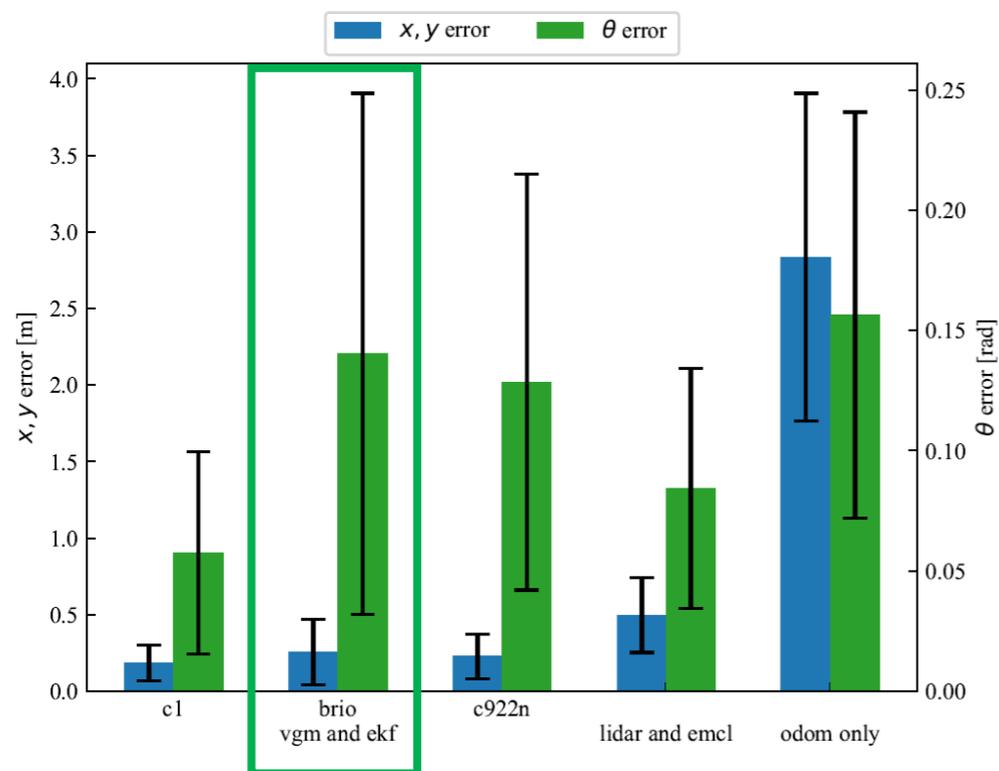


Ceiling-VGM



1台のAMRでの検証

平均誤差 [m]	
E_{vgm}	0.25
E_{AMCL}	0.43



- 建築物のスキャンとモデリングのコストがネック
(2,000~3,000円/m²)
- 実際の工場にVGMを導入し、チョコ停なしで1~4時間連続稼働などと実績を積み上げていく
- 現在の精度（誤差10cm~20cm）でも適用できるアプリケーションはあるが、最適化技術を取り入れさらなる（≦1cmオーダー）高精度かを目指す

企業への期待

- 実証できる工場や倉庫があればいつでも検証実験を開始することが可能
- できれば、SLAM方式による搬送台車の自走化を検討中、あるいは一度検討した過去があるとよい
- アシスト台車や電動台車・移動ロボットを開発できる体制・技術力があるとよい
(社内用ロボットの開発 → 量産製品の開発)

企業

- 検証用の工場・倉庫スペースの提供
- ロボットのハード開発
- 実証試験
- 製品化
- 販売網



豊橋技術科学大学

- VGM位置推定システムの導入
- ロボットシステムの設計
- ロボットのソフト開発(VGMインタフェース含む)
- 実証試験・データ分析

企業への貢献、PRポイント

- 本技術は低コスト（初期コスト、運用コスト）で建物内の物品搬送の自動化が可能であり、企業内の製造プロセスのDX化による効率化に貢献できる
- 既に実用に耐えるレベルに到達しているが、最適化の導入などさらなる性能向上は見込め学術活動として研究はすすめるので、一度VGMを導入すれば放っておいても性能は向上する
- 本格導入にあたっての技術指導も可能

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 建物内位置推定システム
- 出願番号 : 特開2025-091319
- 出願人 : 豊橋技術科学大学
- 発明者 : 高橋 淳二、中尾 拓真

お問い合わせ先：研究推進アドミニストレーションセンター

Phone: 0532 - 44 - 6975

FAX: 0532 - 44 - 6980

E-mail: sangaku@rac.tut.ac.jp 担当: 白川正知

産学連携の経歴

- 2022年-2022年 NEDO若サポ事業（マッチングサポートフェーズ）に採択
- 2023年-2023年 大手物流系企業と共同研究実施
- 2023年-2023年 NEDO若サポ事業（共同研究フェーズ）に採択
- 2024年-2025年 豊橋市内の製造系企業と共同研究実施
- 2024年-2025年 NEDO若サポ事業（共同研究フェーズ）に採択