

# 効率的で信頼性のあるクラウドロボティクス環境の構築へ向けて

## 第9回会津大学ロボットシンポジウム

---



渡部有隆  
2024年3月18日

# 第3期(ステージⅢ)の研究成果 Publications in 2021,2022,2023

## 国際学術雑誌 *Journals*

- Kabir Raihan, Yutaka Watanobe, Md Rashedul Islam, Keitaro Naruse, and Md Mostafizer Rahman, (2022), "Unknown Object Detection Using a One-Class Support Vector Machine for a Cloud-Robot System" *Sensors* 22, no. 4: 1352. <https://doi.org/10.3390/s22041352> [SCIE]
- Kabir Raihan, Yutaka Watanobe, Md Rashedul Islam, and Keitaro Naruse. (2024). "Enhanced Robot Motion Block of A-Star Algorithm for Robotic Path Planning" *Sensors* 24, no. 5: 1422. <https://doi.org/10.3390/s24051422> [SCIE]
- Daishi Yoshino, Yutaka Watanobe, Keitaro Naruse, **A highly reliable communication system for internet of robotic things and implementation in RT-middleware with AMQP communication interfaces**, *IEEE Access*, 9, 167229-167241, 2021. [SCIE]
- Yutaka Watanobe, Kabir Raihan, Ryuma Aoba, Ayato Ohashi, Shunsuke Ogata, Mizuki Shiga, Kota Tsuruno, Tsuyoshi Anazawa, and Keitaro Naruse. "Disaster Rescue via Multi-Robot Collaboration: Development, Control, and Deployment" *Journal of Robotics and Mechatronics* 35, no. 1 (2023): 85-98. [ESCI]
- Y. Watanobe, Y. Yaguchi, K. Nakamura, T. Miyaji, R. Yamada and K. Naruse, **Architecture and framework for data acquisition in cloud robotics**, pp 1-25, 2021.

## 国際学会発表 *Conferences*

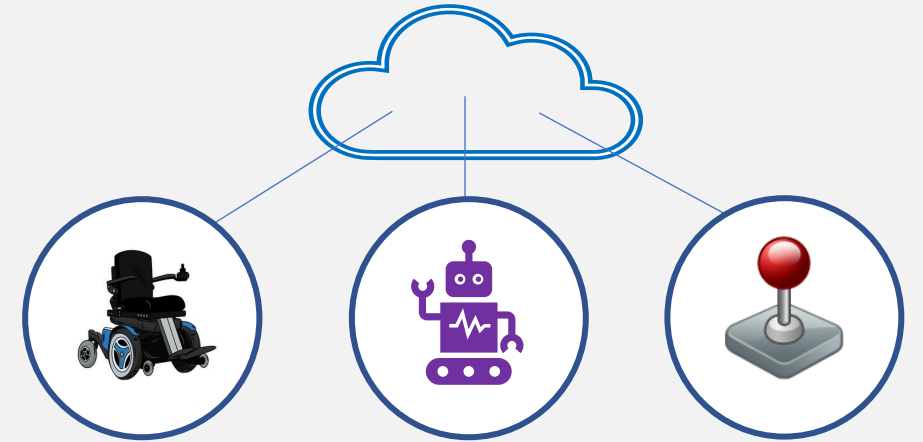
- Kabir Raihan, Yutaka Watanobe, and Md Rashedul Islam. "A cloud-based robot framework for indoor object identification using unsupervised segmentation technique and convolution neural network (CNN)." In *Advances and Trends in Artificial Intelligence. From Theory to Practice: 34th International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems, IEA/AIE 2021, Kuala Lumpur, Malaysia, July 26–29, 2021, Proceedings, Part II* 34, pp. 199-211, 2021.
- Kabir Raihan, Yutaka Watanobe, Keita Nakamura, Rashedul Islam, and Keitaro Naruse. "An efficient cloud framework for multi-robot system management." In *New Trends in Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques*, pp. 605-617. IOS Press, 2021.
- Kabir Raihan, Yutaka Watanobe, Keitaro Naruse, Md Rashedul Islam, (2022), "Effectiveness of Robot Motion Block on A-star Algorithm for Robotic Path Planning" In: *SoMet-2022*, pp: 85-96. DOI: 10.3233/FAIA220241
- Kabir Raihan, Yutaka Watanobe, Md Rashedul Islam, Keitaro Naruse, (2022), "Service Point Searching for Disabled People using Wheelchair based Robotic Path Planning and ArUco Markers" In: *IEEE 8th World Forum on Internet of Things (WF-IoT-2022)*, Yokohama, Japan.
- . . .

# 第3期(ステージⅢ)の研究成果 2021,2022,2023の研究成果

## 課題

効率的で信頼性のあるクラウドロボティクス環境の構築

- ✓ 効率的で安全な自律ロボットのナビゲーション
- ✓ 効率的で安全な自律ロボットの経路計画
- ✓ 効率的で信頼性のある通信フレームワーク



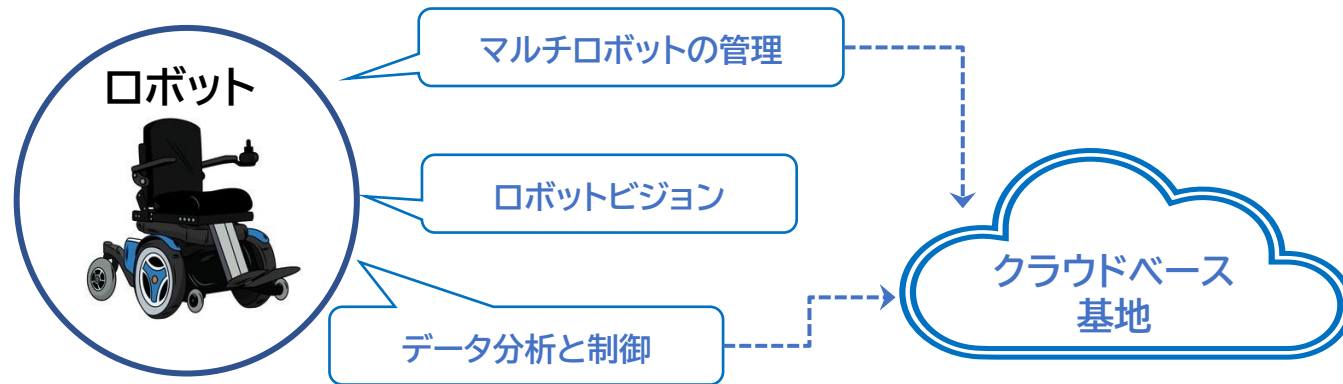
## 成果

アルゴリズム・アーキテクチャの考案と性能評価実験

- ロボットナビゲーションのためのクラウドロボティクスフレームワーク
- 機械学習による物体認識アルゴリズム
- 移動ロボットのための経路計画アルゴリズム
- RTミドルウェアとAMQP通信インターフェースを用いたIoRT環境の実装・評価

3 papers in  
SCIE Indexed Journal

# ロボットナビゲーションのためのクラウドロボティクスフレームワーク

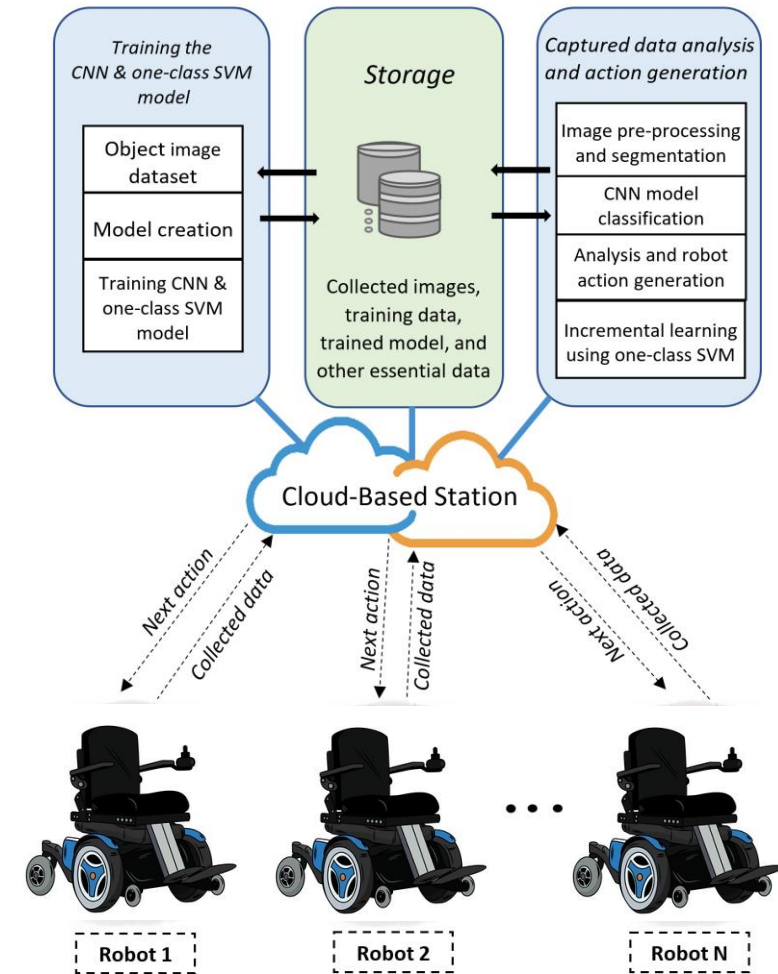


## 研究の目的 ロボットナビゲーション

- 効率的なアルゴリズムで計算負荷を軽減する
- 誤認識による誤った指示を避け、信頼性を高める

## 学術的貢献 アルゴリズムの考案

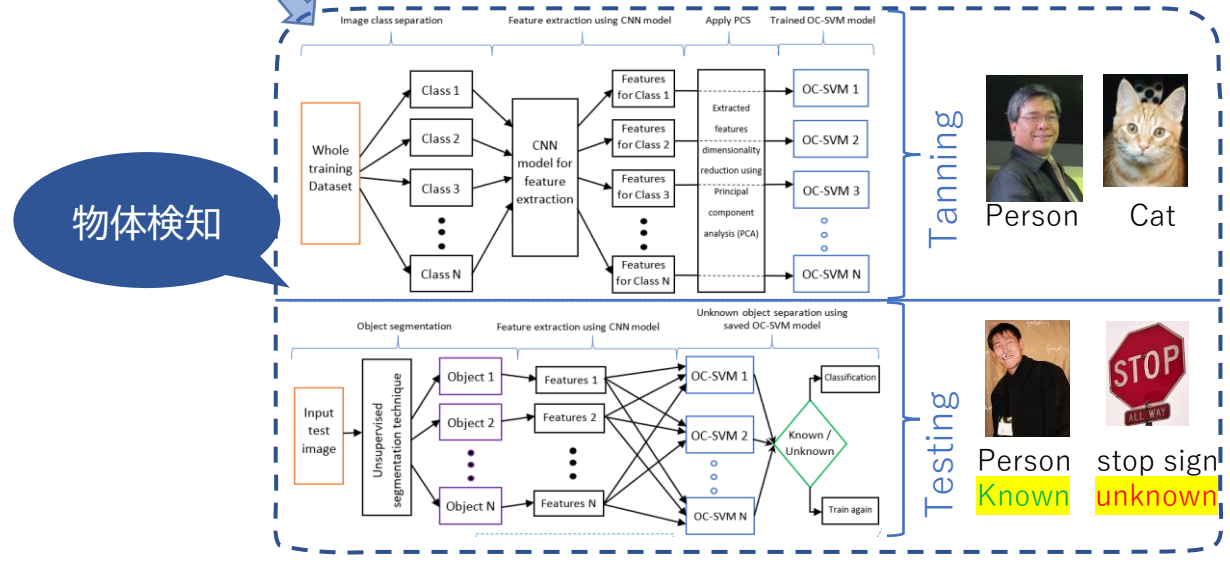
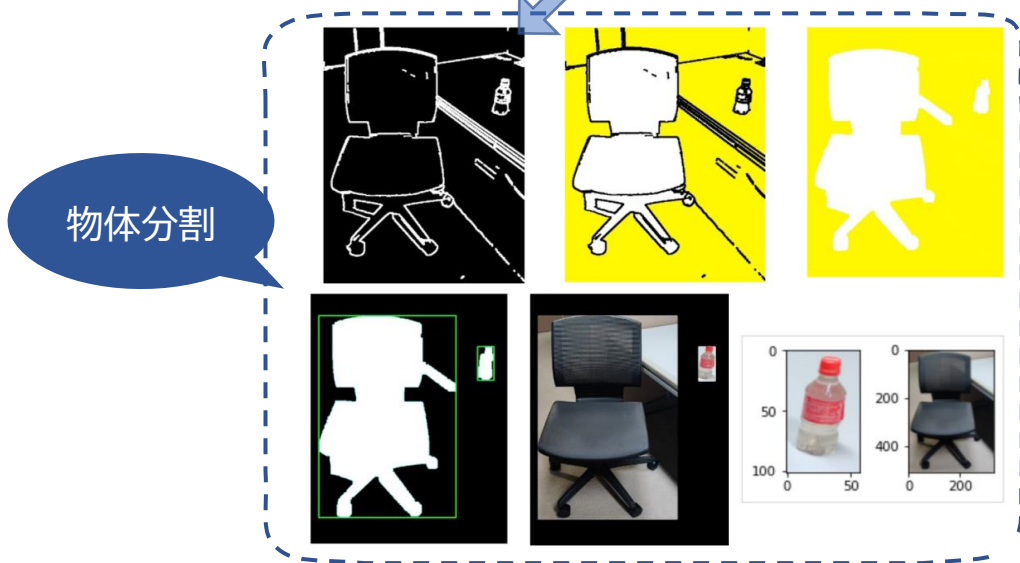
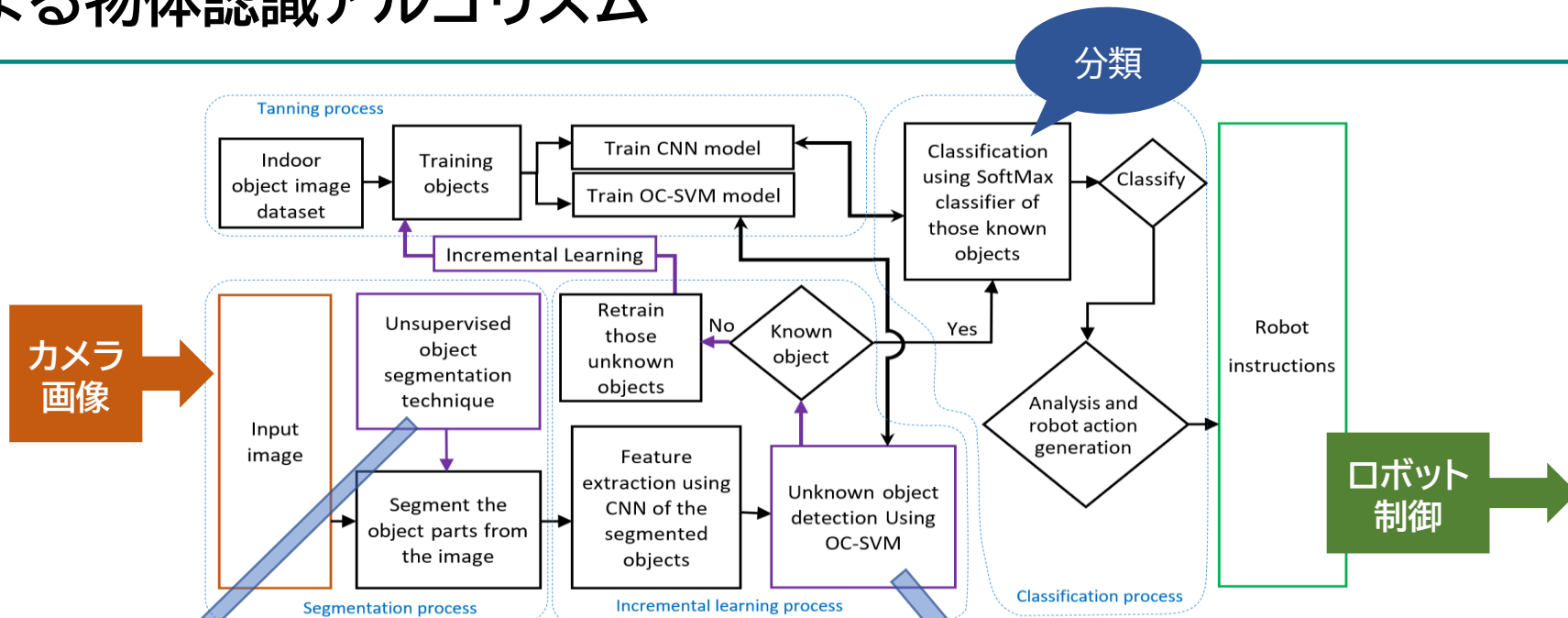
- 効率的(軽量)な物体分割アルゴリズム
- 未知の物体を分類プロセスから分離する学習方法
- 機械学習による物体検出アルゴリズム



## Journal

- Kabir Raihan, Yutaka Watanobe, Md Rashedul Islam, Keitaro Naruse, and Md Mostafizer Rahman, (2022), "Unknown Object Detection Using a One-Class Support Vector Machine for a Cloud-Robot System" Sensors 22, no. 4: 1352. <https://doi.org/10.3390/s22041352> [SCIE]

# 機械学習による物体認識アルゴリズム

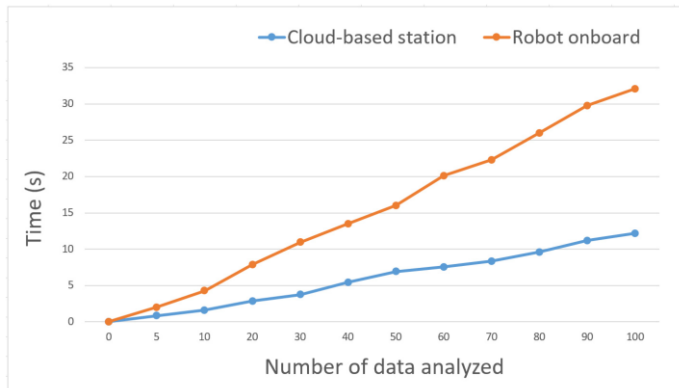


# シミュレーションによるクラウドロボティクス環境の実証実験

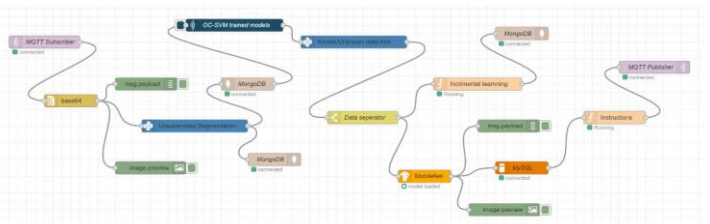
- 提案するクラウドロボティクス環境をNode-RED(開発ツール)下で**実装・シミュレーション**

- クラウド上で物体認識アルゴリズムを実装し計算量を評価
- 提案するクラウドロボティクス環境の有効性を示した

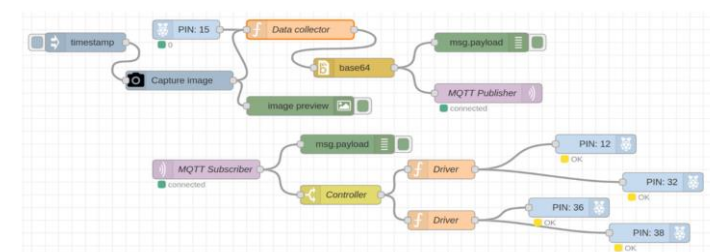
ロボットノードとクラウド環境間の計算量



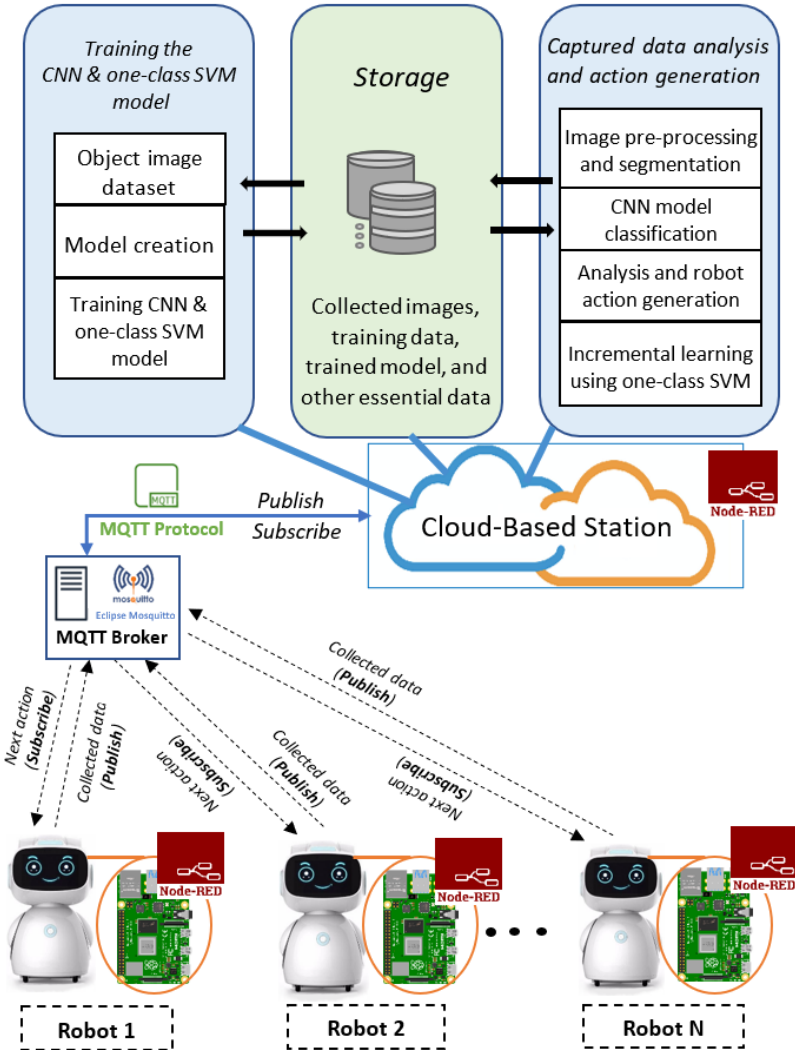
クラウド環境のプログラムの実装



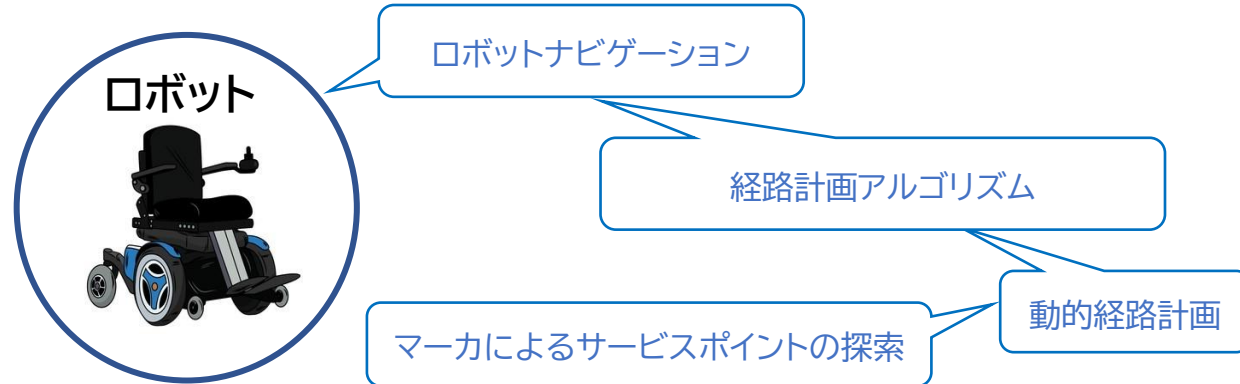
ロボットのプログラムの実装



Node-REDとrasberry pi 4Bによる実証実験



# 移動ロボットのための経路計画アルゴリズム

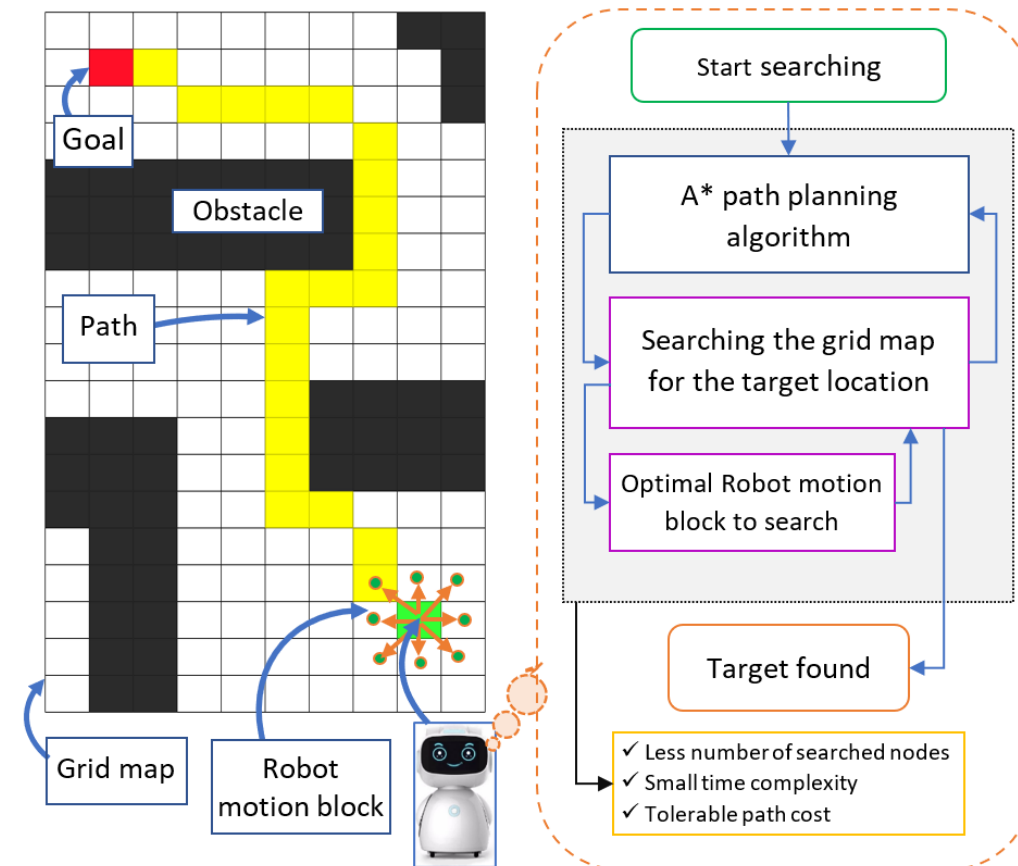


## 研究の目的

- 移動ロボットの経路計画

## 学術的貢献

- より高速なロボット経路計画アルゴリズム(拡張A\*)
- 障害物を検知し経路調整を行うマーカベースの探索手法



## Journal

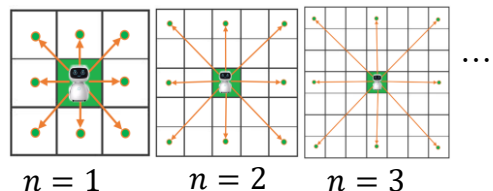
- Kabir Raihan, Yutaka Watanobe, Md Rashedul Islam, and Keitaro Naruse. (2024). "Enhanced Robot Motion Block of A-Star Algorithm for Robotic Path Planning" *Sensors* 24, no. 5: 1422. <https://doi.org/10.3390/s24051422> [SCIE]

# 網羅的なマップを用いた性能評価実験

近傍を探索するためのロボットモーションブロック

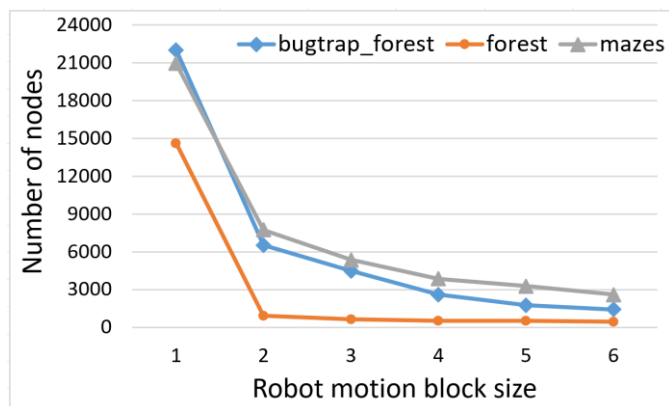
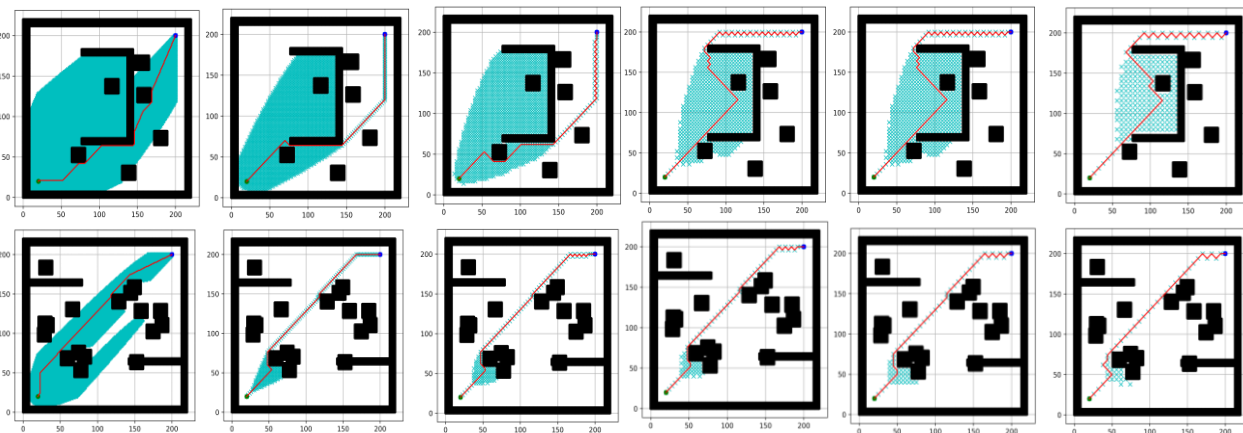
$$\text{motion} = \begin{bmatrix} n & 0 & C(n) \\ 0 & n & C(n) \\ -n & 0 & C(n) \\ 0 & -n & C(n) \\ -n & -n & C(\sqrt{n*2}) \\ -n & n & C(\sqrt{n*2}) \\ n & -n & C(\sqrt{n*2}) \\ n & n & C(\sqrt{n*2}) \end{bmatrix}$$

Here,  
 $n = 1, 2, 3, \dots, N$   
 $C$  = movement cost  
 towards the  
 neighbor cells.

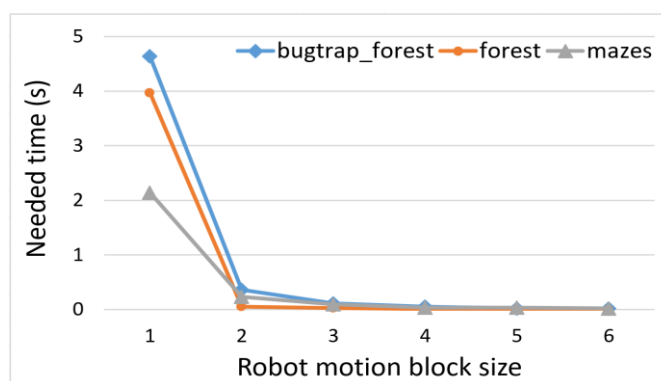


異なるブロックサイズにおける性能評価

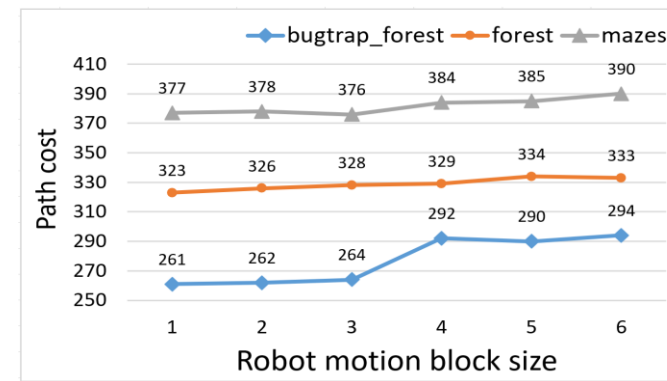
$n = 1$     $n = 2$     $n = 3$     $n = 4$     $n = 5$     $n = 6$



探索ノードの数



目的地までの探索時間

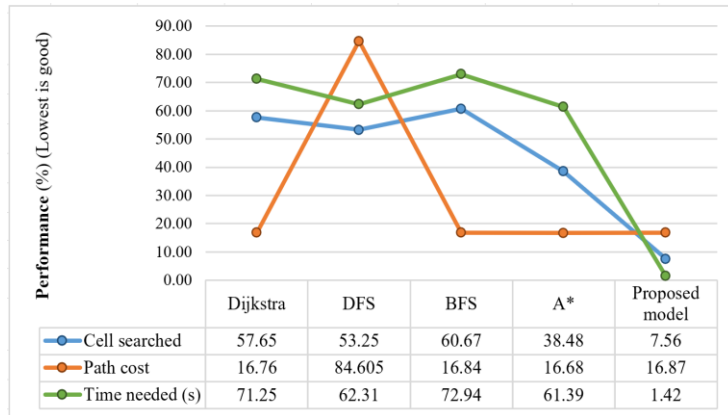
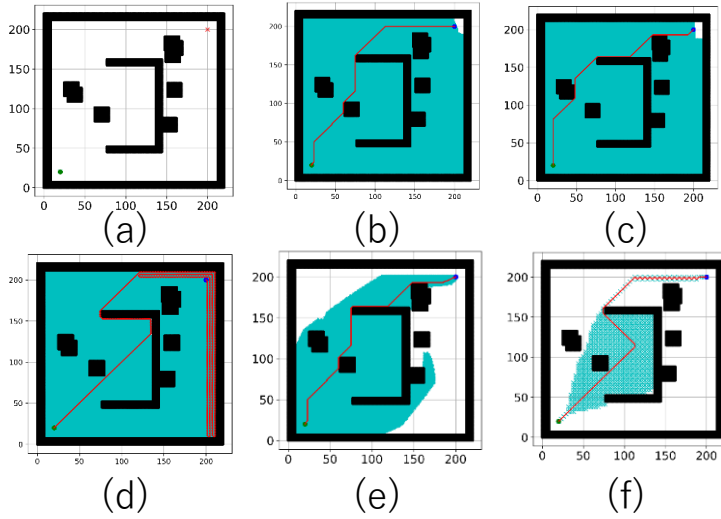


経路コスト

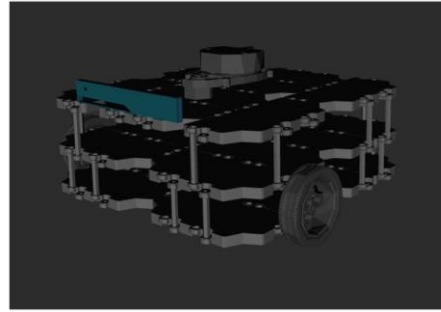


# 異なるアルゴリズムとの性能比較・シミュレータによる実証実験

提案手法と従来のアルゴリズムの性能比較:  
Dijkstra (b), DFS (d), BFS (c), A\* (e), Proposed model (f)



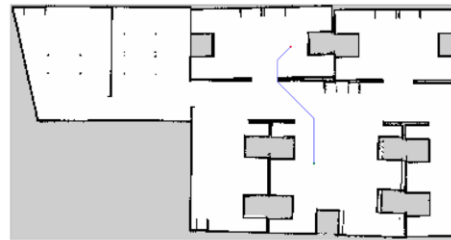
TurtleBot3 Waffle in the simulator



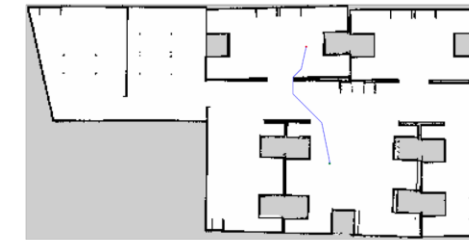
Prepared laboratory environment



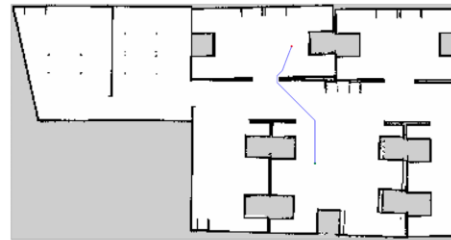
Performance comparison between proposed ORMBA\* and other path planning algorithm (conventional A\* and TWA\*)



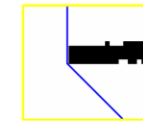
A\*



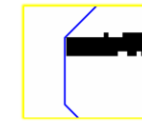
TWA\*



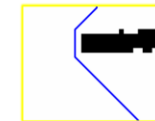
ORMBA\*



A\*



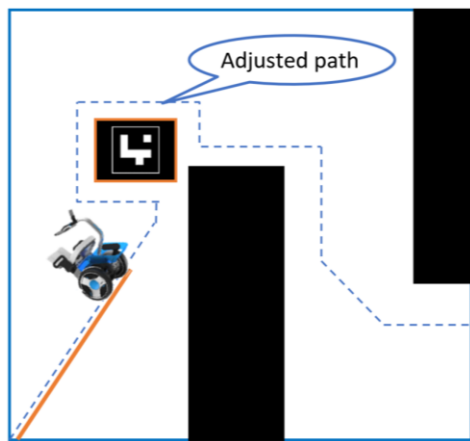
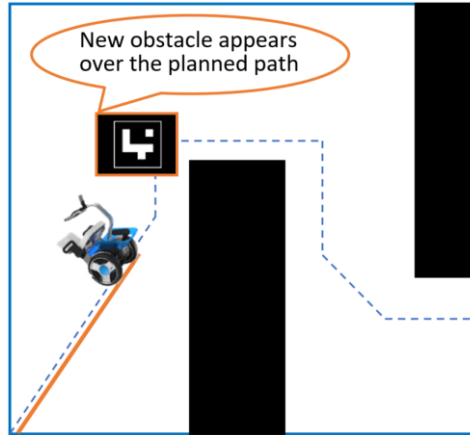
TWA\*



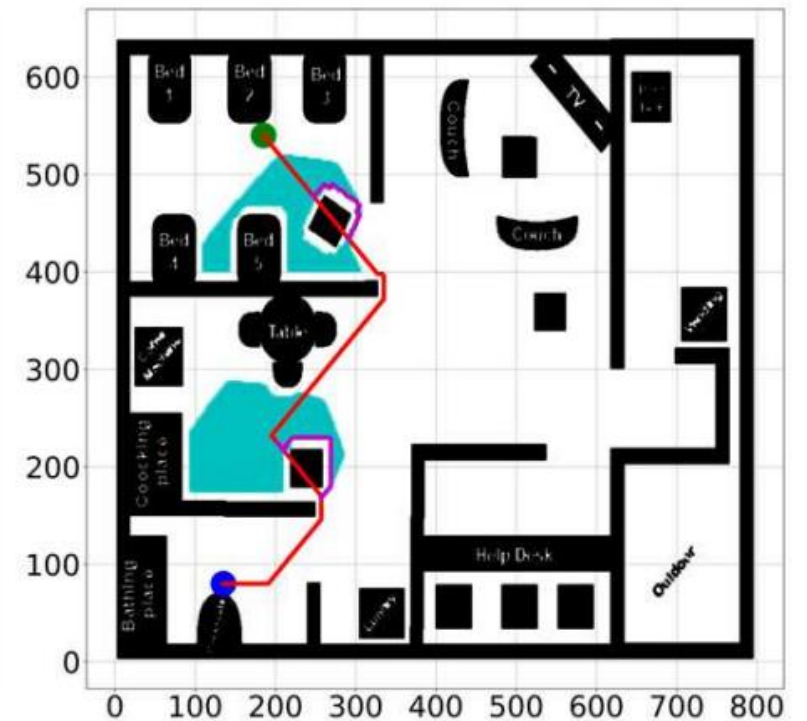
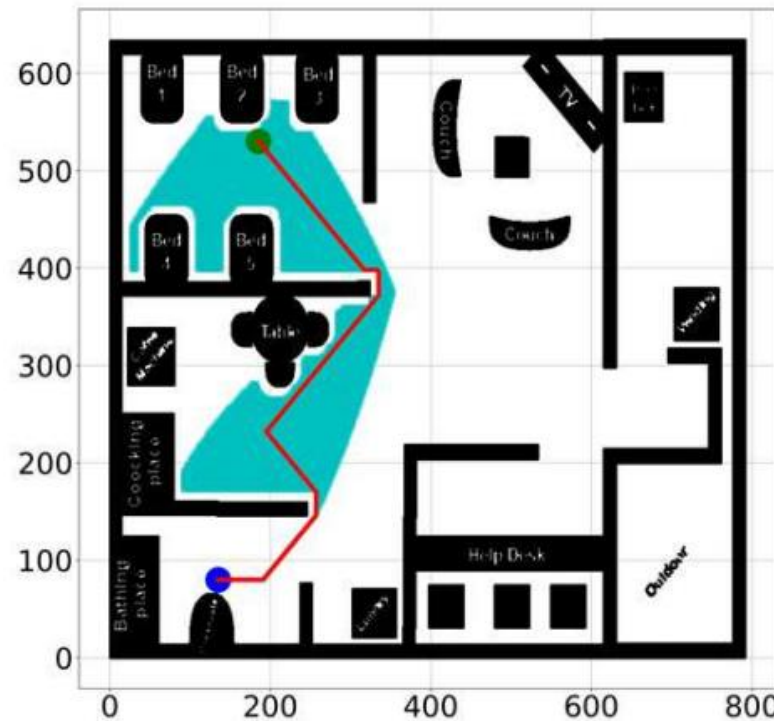
ORMBA\*

# マーカーによる障害物検知と経路調整

## 障害物の検知と回避



## 経路の調整



# IoRTのための高信頼通信システムとAMQP通信インターフェースを用いたRTミドルウェアの実装

## 研究の目的

- Internet-of-Robotics-Things (IoRT)
  - より高い安全性が求められる
- 信頼性と堅牢性の高いIoRTシステムを開発する

## 学術的貢献

- RT-MiddlewareにAMQPの通信インターフェースを実装
  - AMQP: 信頼性と通信機能の高さを強調したブローカーアーキテクチャ
- RT-Middlewareで信頼性の高いIoRTシステムを構築するためのフレームワークを検証
- 通信の性能と信頼性を網羅的にテスト

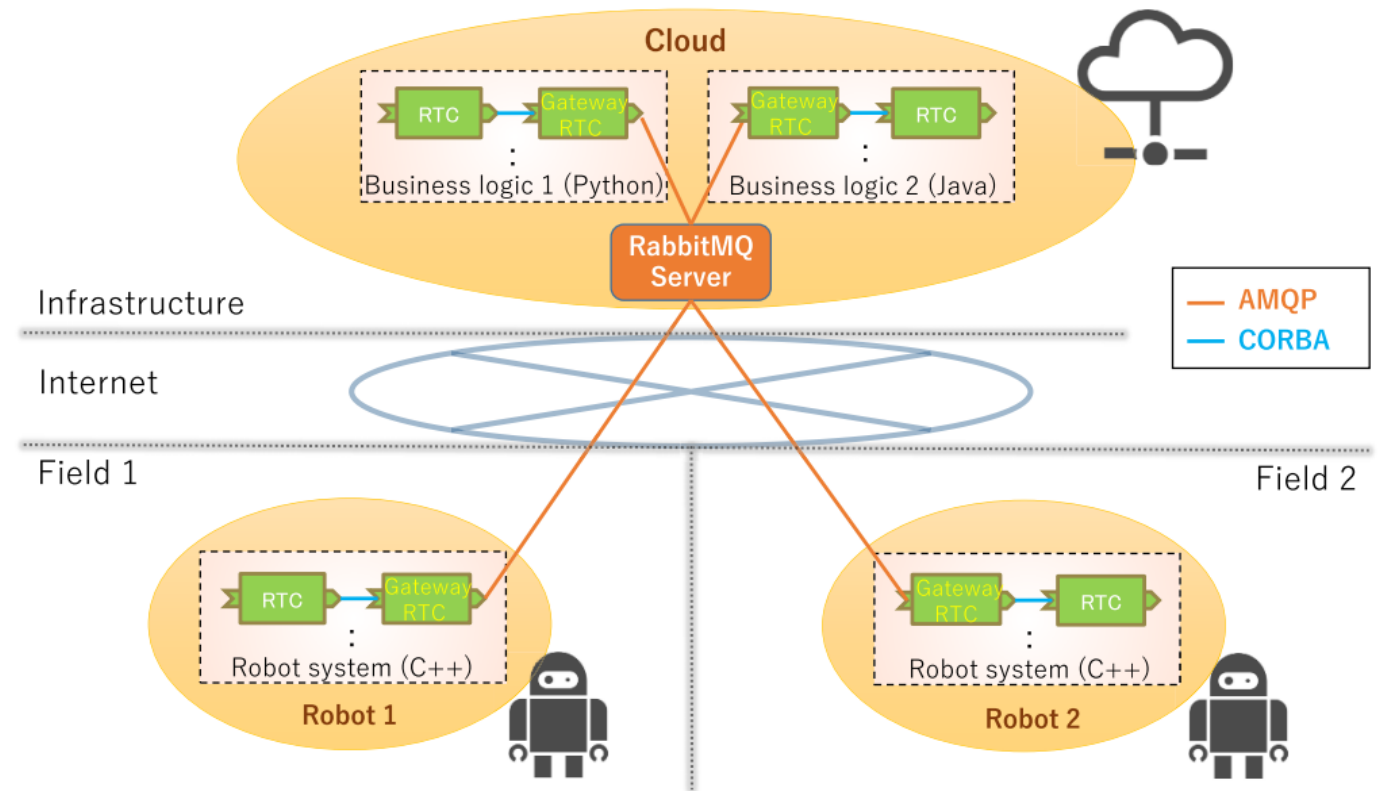


FIGURE 3. An IoRT system model expressed on RT-Middleware.

## Journal

- Daishi Yoshino, Yutaka Watanobe, Keitaro Naruse, **A highly reliable communication system for internet of robotic things and implementation in RT-middleware with AMQP communication interfaces**, IEEE Access, 9, 167229-167241, 2021. **[SCIE]**

# 性能と信頼性の評価実験

## 実験概要

- RT-Middlewareに実装されたCORBA、MQTT、AMQPの通信性能を比較
  - ✓ 有線環境での性能
  - ✓ 無線環境での性能
  - ✓ 高負荷下でのデータロス

## 結果

- AMQPはわずかな遅延を引き起こすが、遅延の分布範囲は小さく、比較的安定した通信が行われる
- AMQPによる通信中のデータロスは少なく信頼性の高いメッセージングが可能
  - CORBAと比較して100倍程度良好
  - MQTTと比較して10良好

## 結論

- AMQPは、IoRTシステム構築のための通信プロトコルとして十分活用できる
  - RT-Middlewareで実現可能

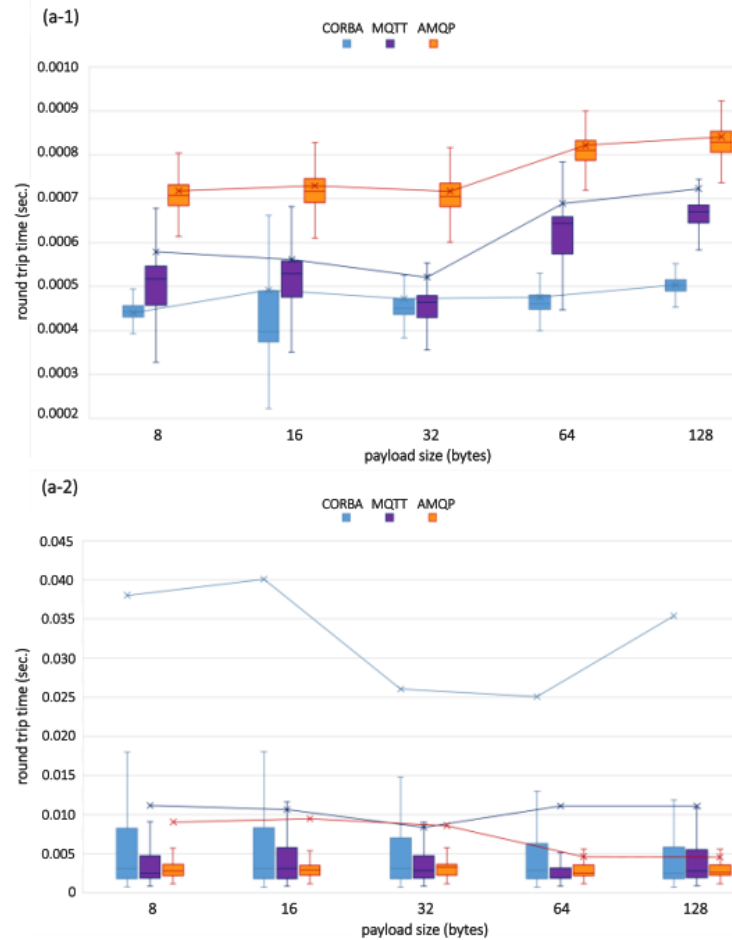


FIGURE 7. (a-1) Round trip time with wired network environment. (a-2) Round trip time with wireless network environment.

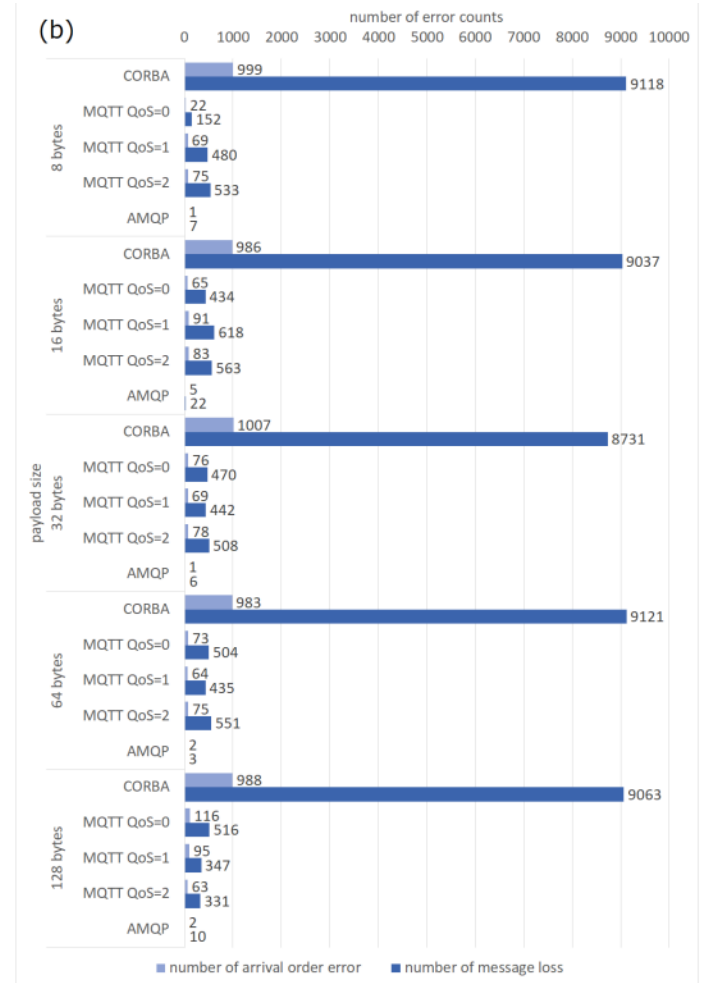


FIGURE 8. Number of arrival order errors and the number of messages lost in wireless and heavily loaded environment.

## 成果(再掲)

### アルゴリズム・アーキテクチャの考案と性能評価実験

- ロボットナビゲーションのための[クラウドロボティクスフレームワーク](#)
- 機械学習による[物体認識アルゴリズム](#)
- 移動ロボットのための[経路計画アルゴリズム](#)
- RTミドルウェアと[AMQP通信インターフェースを用いたIoRT環境の実装・評価](#)

3 papers in  
SCIE Indexed Journal



## クラウドロボティクス技術の実用化に向けた可能性・貢献

- サービス[ロボットのナビゲーション](#)アルゴリズムに適用できる可能性がある
  - より計算量が少なく、信頼性のある物体検出手法を提供
- サービス[ロボットの経路計画](#)アルゴリズムに適用できる可能性がある
  - より高速かつダイナミックなロボット経路計画アルゴリズムを提供
- クラウドロボティクス環境を構築するための[通信技術](#)として適用できる可能性がある
  - 高速でより信頼性の高い通信を要するロボットシステム環境を構築するためのフレームワークを提供



<https://researchmap.jp/yutaka-watanobe>