

100台のRaspberry Pi Mouseを制御する ROSベースの群団ボットシステムの開発

山本 翔太 (早稲田大, 産総研), 佐々木 洋子(産総研), 奥村 圭祐 (産総研)

1. 研究背景

- シミュレーションと実環境のギャップから、MAPFアルゴリズム実応用の有効性は自明ではない
- マルチエージェントシステムでは特に、センサの計測誤差、エージェントごとの個体差、通信・制御遅延など、手法への影響が大きい

目的 | MAPFアルゴリズムの実機動作検証用 小型群団ボットシステムを開発

研究内容・規模に合わせて改造可能
→汎用性・拡張性重視

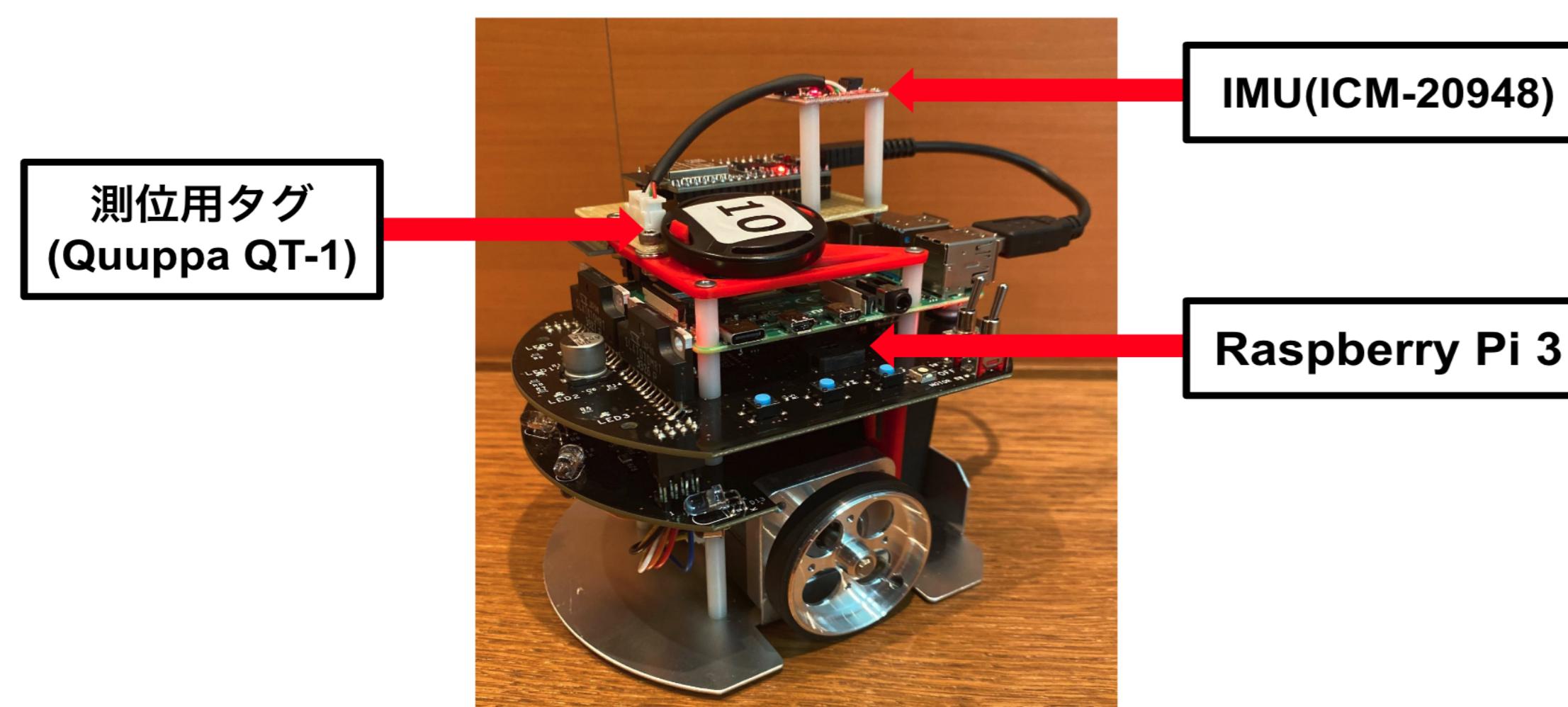
2. システムの全体構成



(a) 測位システム | 12台の天井設置ロケータで、ロボット搭載タグを測位

(b) 中央サーバ | 各ロボットの位置姿勢情報集約と全機の経路探索

(c) 移動ロボット | Raspberry Pi Mouseに測位用タグ、姿勢推定用IMUを搭載、MAPF指示に合わせモータ制御する動作生成を実行



MAPFの問題設定

グラフ $G = (V, E)$ とエージェント $A = \{1, 2, \dots, n\}$ において、各エージェント $i \in A$ に対して、重複のないスタート地点 $s_i \in V$ とゴール地点 $g_i \in V$ が定義される。このとき衝突のない経路の解 π を求める。

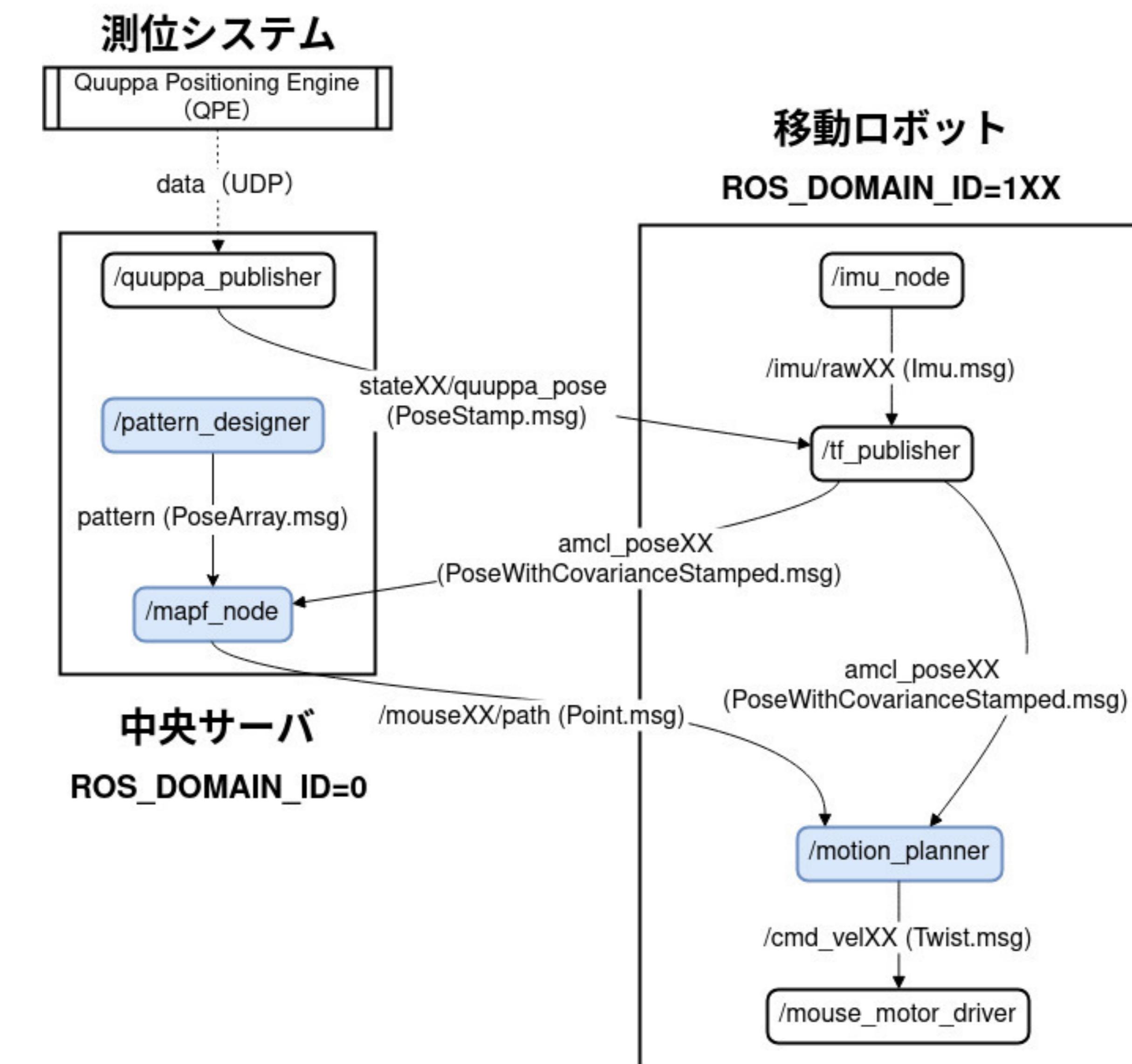
TSWAPの概要

任意のスタート地点に対して、1ステップごとの経路計画を行う。現在地とゴール地点から最短経路アルゴリズムで次の目的地を決める。目的地の入れ替え等を行い、最終的な経路計画を出力する。

入力: mapファイル、ステップ数、エージェント数、
スタート・ゴール地点ペア

出力: 各エージェントの経路計画

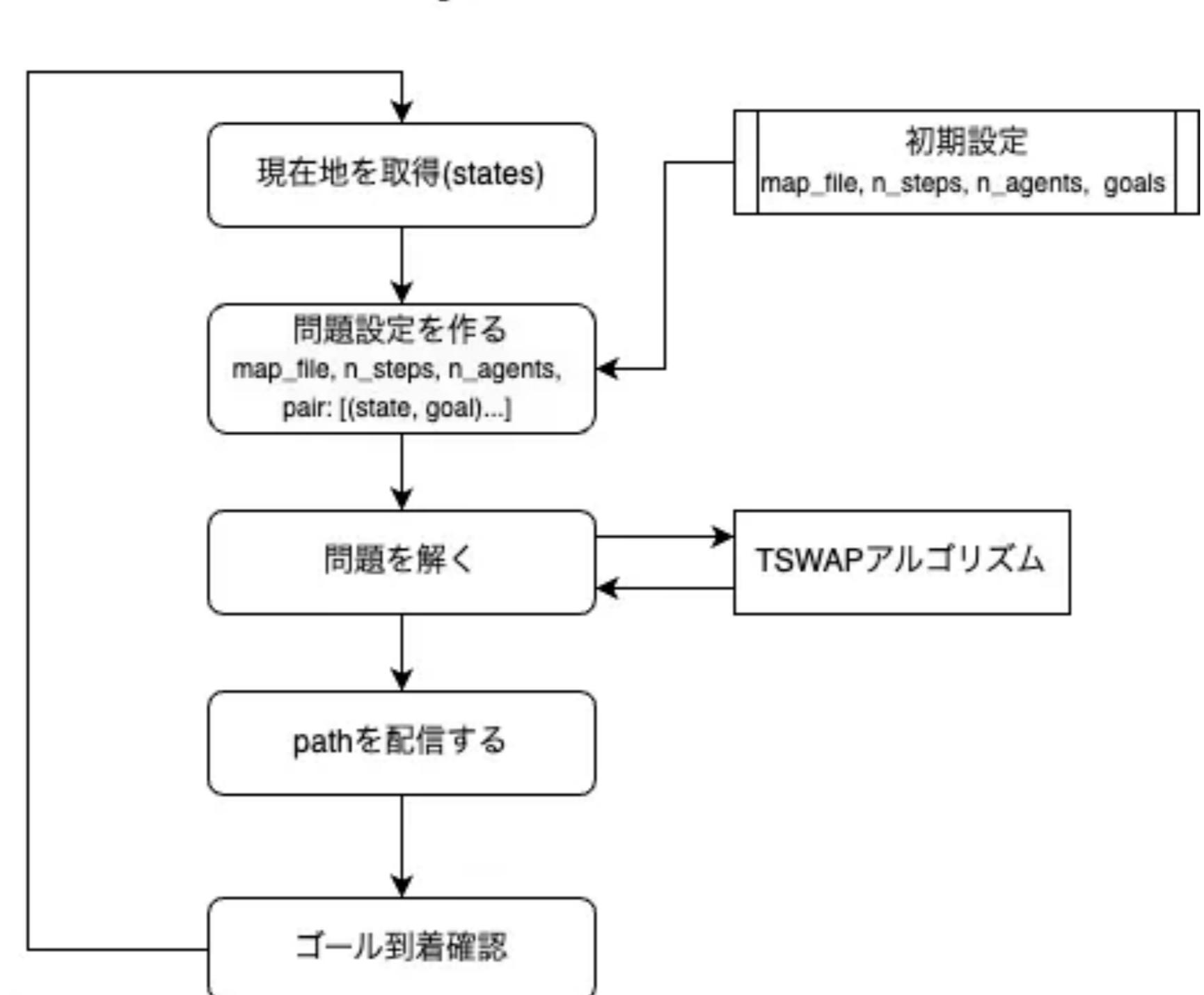
3. ROSノード構成



(b) 中央サーバ
経路探索 | MAPF(Multi Agent Path Finding)手法を実行し、全エージェントの経路を出力。本研究では TSWAP(okumura 23)を実装

(c) 移動ロボット
姿勢推定 | 搭載したIMUによって得られる姿勢を配信
動作生成 | MAPFの指示からロボットの並進・回転速度を求め、モータ制御部に速度指令を送信

/mapf_nodeの実装



4. ネットワーク・通信構成

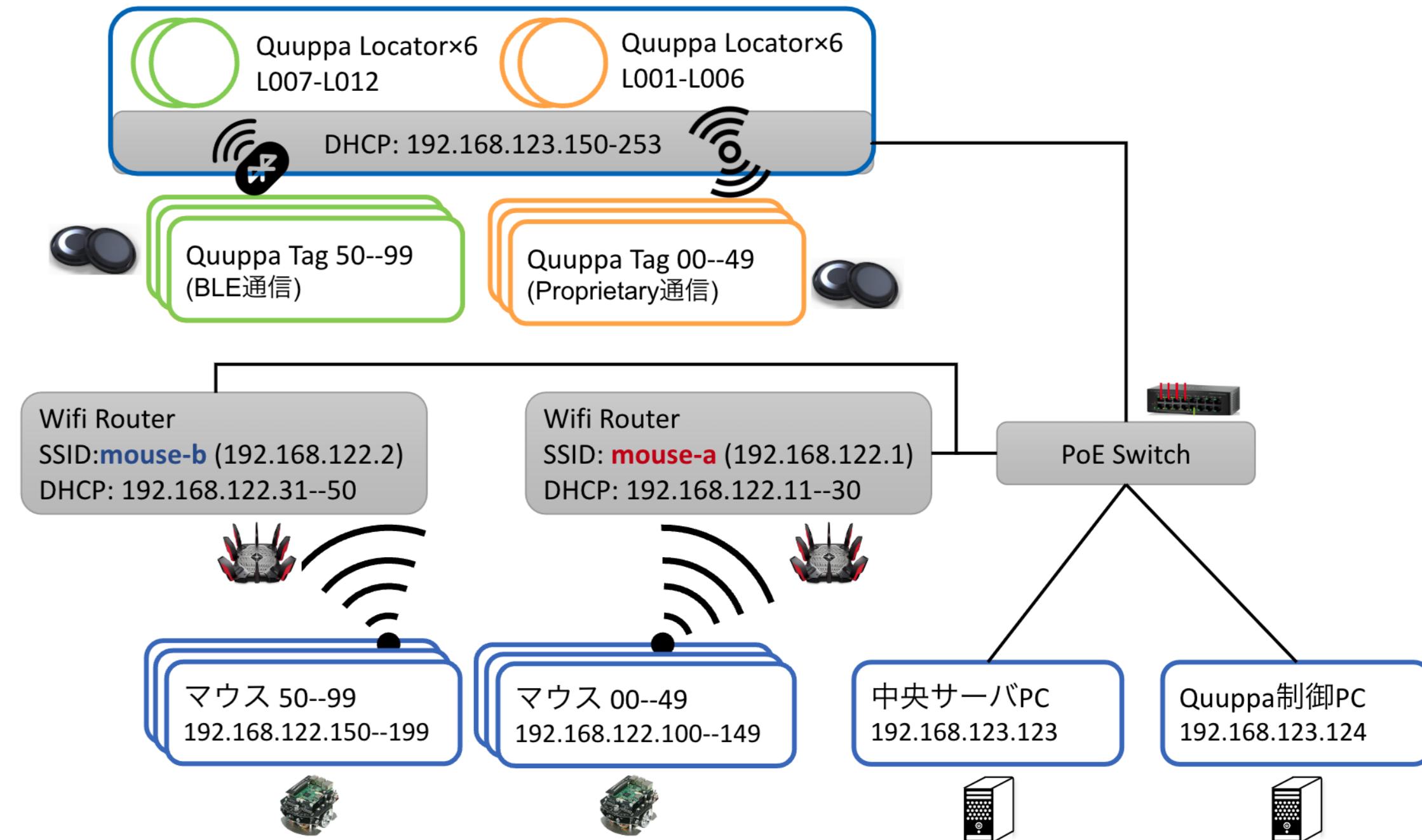
(1) ROS2ドメイン設計

- ・ロボットごとに異なる ROS DOMAIN IDを設定し通信分離
- ・トピック衝突を防ぎ、全ロボットで同一ノードを実行可

(2) 測位システムの通信

- ・測位タグは50個ずつBLE通信とProprietary通信に分け、ロケータ6台ずつで独立に測位

→通信遅延に対応するための負荷分散

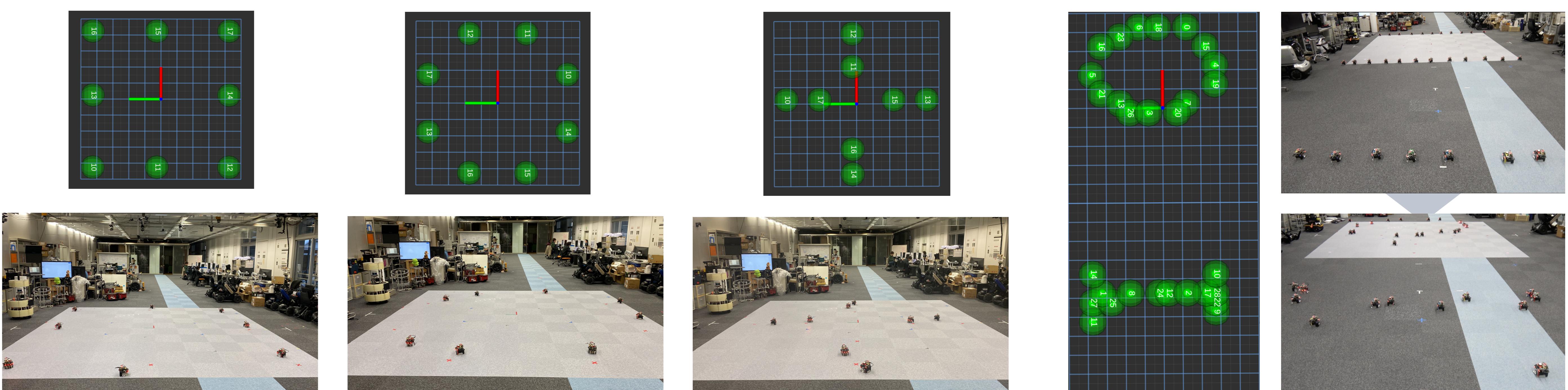


5. パターンフォーメーションの実装

実験設定

- タスク: パターンフォーメーション。ロボットを指定したパターンに配置させる問題。
アルゴリズム: TSWAP (okumura 23)
マップ: 0.25×0.25mの正方形を1マス、20×60マス (5.0m×15.0m) のグリッドマップを定義。
ロボット数: 8台, 30台
パターン: 円(8台), 四角(8台), 十字(8台), 文字(30台)
終了条件: 全ロボットがゴールの3x3近傍に到着。

実験結果



6.まとめ・今後の展望

MAPFアルゴリズムの実機検証のための100台ロボットシステムを開発した。

汎用性

- ROSノードを組み合わせることで、自由度高くプログラムを変更可能
- 新しいセンサやアクチュエータの追加も比較的容易

拡張性

- 研究規模に応じて、ロボットの台数を増減可能
- 多数台のロボットに対し、通信遅延を軽減するようなシステム設計

課題と今後の展望

- 通信断続、電池切れ、など各ロボットの状態を一括管理するツールが必要
- 測位誤差や、一時的な通信遅延といった、システムの現在状態を定量的に把握するための数値化、管理ツールが必要
- 異なる種類のMAPFアルゴリズムをいくつか実装し、100台ロボットシステムの使い勝手や改善点を評価する。