

RSNP を用いた複数ロボットの遠隔操作システムに関する GUI 開発と基礎実験

Development of GUI on a Multi-robot Teleoperations System using RSNP and Basic Experiments

安田 福啓*¹ 石田 真一*¹ 荻谷 浩史*¹ 松日楽 信人*¹
Motohiro Yasuda Shinichi Ishida Hiroshi Ogiya Nobuto Matsuhira

*¹ 芝浦工業大学 Shibaura Institute of Technology

We have developed teleoperation system using RSNP protocol. In this research, a common GUI has been developed to teleoperate robots effectively and fundamental experiments were performed with two mobile robots. From the experiments, the validity of the developed common GUI was verified.

1. はじめに

災害現場などでは、二次災害の危険性等により、人が立ち入ることができないことが予想され、ロボットによる作業の代替が必要となる。また、臨機応変な対応や効率の良い作業を行うために、自律移動型ではなく、遠隔操作型のロボットを複数台用いて作業を行うことが望ましいと考えられる。本研究ではRSi(Robot Service initiative)によって開発された、インターネットを通して複数台のロボットを制御することができる共通のプロトコル RSNP(Robot Service Network Protocol)[RSi 2008]を遠隔操作に用いる。複数台で作業を行う場合、それぞれのロボットが専用の操作画面を用いると、互いの状況が確認できず協調して作業が行うことができない場合が考えられる。そこで、本研究で構築された移動ロボットを対象とした遠隔操作システムを用いて、複数台での操作に必要な共通 GUI(Graphical User Interface)及び支援機能の開発を行い、検証実験を行った。

2. 共通 GUI の開発

2.1 共通 GUI に必要な機能

これまでの研究により、1 台の移動ロボットを操作する際の基本 GUI、簡易的な共通 GUI[石田 2013, 2014]を開発した。また、複数台のロボットの遠隔操作時の GUI に関する研究[浅沼 2002, 西橋 2009]も参考にし、これらの知見より、共通 GUI に必要な要素として以下の情報が考えられる。

- ・カメラやセンサなどの周囲環境を視覚的に表す情報
- ・ロボットや俯瞰カメラの制御権
- ・ロボットや操作デバイスおよび操作者のリスト及び情報
- ・ロボットの操作パネル

以上を参考にして図 1 に示す共通 GUI のプロトタイプを開発した。

この GUI には 1 画面に 2 台分のロボットのデータが表示されている。しかし、このような固定画面では画面の幅に限度があるため、台数が増加した際にはすべてのロボットのデータが表示できないことが考えられる。そこで、各データをウインドウ化することにより、レイアウトやデータ画面の拡大縮小を可能とした。これにより、操作者ごとに使い易い GUI を構築することが可能である。図 2 に 4 つの画面を開いた例を示す。



図 1 共通 GUI のプロトタイプ



図 2 ウインドウ化した場合の共通 GUI の例

2.2 支援機能の開発

複数台のロボットで協調作業を行うにあたり、互いの視野を補完しながら作業を行うことや互いの位置関係を把握しながら作業を行うことが必要となる。そこで、以下の 2 つの支援機能を開発することで、移動ロボットにおける旋回や位置関係の把握が容易となり、作業効率の向上が図れる。

① 回転角予測機能

コントローラのジョイスティックを倒した際にどれくらい旋回するか回転角を表示する機能である(図 3)。通常、速度指令で操作すると時間遅れなどの影響で操作が困難である。この回転角の表示はコントローラのスティックを倒している間は黄緑色の線が描画され続ける。

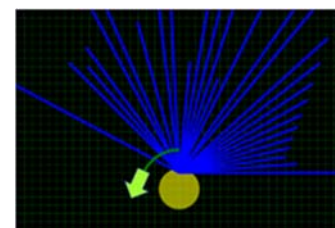


図 3 回転角表示の例

連絡先: 芝浦工業大学 松日楽信人, 芝浦工業大学 機械機能工学科, 東京都江東区豊洲 3-7-5, TEL 03-5859-8054, FAX 03-5859-8001, matsuhir@shibaura-it.ac.jp

② 共有マップ機能

複数台(2台)のロボットで作業を行う場合に俯瞰視点による互いの位置関係及び障害物の位置、経路計画を示すマップ機能である(図4)。ロボットの現在位置は各ブロック中央にあるARマーカータを読み取り、その読み取った文字により現在位置を判別する。障害物及び経路計画に関しては、画面上マウスの座標及び軌跡を取得することで表示される。

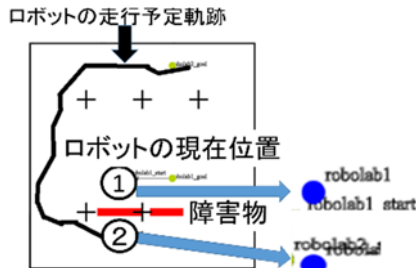


図4 マップ機能の表示例及び現在位置の表示例

間及び操作回数を比較する。平均操作時間と平均操作回数の比較を表2に示す。

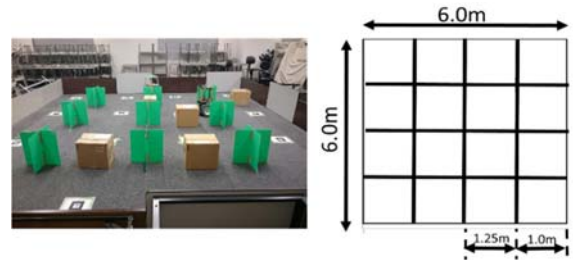


図6 複数台操作実験におけるコースの概況

表2 共有マップ機能の評価実験の結果

	GUI without map	GUI with map	Improved rate[%]	p value
Operation time[s]	479	358	25	0.067
Number of operation	77	46	40	9.4×10^{-4}

3. 機能評価実験

以下の評価実験では、ロボットはカメラ及び測域センサ LRFを搭載した移動ロボット iws09, コントローラには Gamepad を用いた。また、カメラ及び LRF のデータの更新間隔は 5 回/s で実験を行った。遅延時間は往復で 0.73s であった。

3.1 回転角予測表示機能の評価実験

回転角の表示により、旋回が容易になることで操作に与える影響を検証する為に次の実験を行った(図5)、全長 4.1m, 幅 0.75m, 計 8 回旋回が必要なコースを 1 台のロボット(幅 0.45m)で走行し、回転角の表示がある場合とない場合の各 1 回ずつ走行し、9 人の被験者の操作回数及び操作時間を計測し比較する。平均操作時間及び平均操作回数の比較を表1に示す。

回転角の表示により、旋回に費やす時間は約 60%減少し、また、旋回時のミスをも早く取り戻すことが可能となった。特に操作時間に関してはすべての被験者で減少し、有意差が生じた。しかし、操作回数に関しては実験経験等の有無によりばらつきが生じ、有意差は生じなかった。

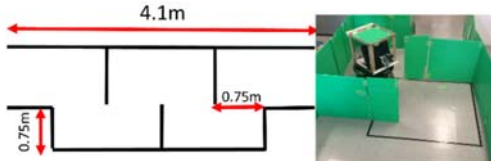


図5 実験コース及び実験時の概況

表1 回転角予測表示機能の評価実験の結果

	GUI without angle	GUI with angle	Improved rate[%]	p value
Operation time[s]	495	194	61	6.1×10^{-4}
Number of operation	56	45	19	0.22

3.2 共有マップ機能の評価実験

共有マップ機能により俯瞰視点を提示することで、操作に与える影響を実験により検証した(図6)。1辺が6mの正方形、区間幅が1.25mまたは1.0mでコース上の5箇所障害物が存在するコースを2台のロボットで走行する。被験者は3ペア計6人で行い、操作者間には会話はしない状態で1台ずつ操作を行った。また、コースを16のブロックに分割し、スタート地点以外の各ブロックに設置しているARマーカータを、どちらかのロボットがすべて通過するまでの操作時

マップ表示により、互いに経路を確認でき未通過のブロックが把握できたため鉢合わせ等がなくなり、効率よく周回できた。操作時間、回数ともにすべてのペア及び個人で減少した。特に操作回数に関してはほぼ半減し、有意差が生じた。

4. まとめと今後の展望

本研究では、RSNP を用いたロボットの遠隔操作システムにおいて、共通 GUI の開発を行い、複数台のロボットの操作実験により支援機能の有効性を確認した。今回の実験では、2 台の移動ロボットを操作したが、互いのカメラの映像を見ながら操作することも可能であった。しかし、台数が増えて行くと、それぞれのデータをすべて GUI 上で見ることは不可能である。そこで、今回用いた共有マップ機能のように 1 画面で互いの状況を把握できる機能により、効率よい作業が可能となると考えられる。また、共有マップ機能では床面に AR マーカーを設置することで現在位置を把握したが、災害現場などでは環境が制約されることが予想されるため、環境に左右されない俯瞰視点の提示方法を検討する必要がある。さらに、台数を追加した際に遅延による影響や、支援機能においては情報や知識などを活用した自律的な支援方法も必要であると考えられる。

なお、本成果の一部は JSPS 科研費 26330299 によるものである。

参考文献

[RSi 2008] Robot Service Network Protocol 2. 2仕様書
 [石田 2013] 石田, 荻谷, 松日楽, “RSNP を用いた移動ロボット遠隔操作実験システムの構築”, 日本ロボット学会第 31 回学術講演会, 2D1-06, 2013
 [石田 2014] 石田, 荻谷, 安田, 松日楽, 成田, 鈴木, “RSNP 共通操作画面を用いたロボットの複数遠隔操作基礎実験”, 日本ロボット学会第 32 回学術講演会, 1G1-03, 2014
 [浅沼 2002] 浅沼, 梅田, “インターネットを介した移動ロボットの遠隔操作におけるユーザインターフェース” 日本機械学会論文集 C 編 68(673), 2072-2709, 2002
 [西橋 2009] 西橋, 松下, 村上, 亀川, 五福, 佐藤, 大村, 宇夫, 松野, “複数台のレスキューロボットを遠隔操縦するための GUI と被災地用マルチホップ無線ネットワーク機器を自動配置するシステムの評価”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009 講演論文集, 1A2-H03