

RoboCup Logistics Leagueにおける一方通行経路設定に対する格子状経路の追加に関する一考察

About One-Way Routing with Mesh Points at RoboCup Logistics League

○辻 和輝, 津田 諒太, 木綱 智, 内海 孝亮, 植村 渉

Kazuki TSUJI, Ryota TSUDA, Tomo KIZUNA, Kosuke UTSUMI and Wataru UEMURA

龍谷大学

Ryukoku University

tsuji@vega.elec.ryukoku.ac.jp, wataru@rins.ryukoku.ac.jp

Abstract

現在、生産現場では作業の効率化を図って機械による Factory Automation (FA) 化が進んでいる。多品種少量生産が必要とされており、それに伴い、加工機械の入れ替わりが頻繁に起きるようになってきている。製品を搬送する移動式ロボットは、それら加工機器間を移動する必要があり、移動経路を状況に応じて設計する必要がある。特に複数台のロボットが混在する環境では、お互いのロボットの経路計画を考慮するのが難しい場合もあり、ロボット間通信を行わずに経路設計をする必要がある。一方通行ルールをロボットに導入することで、それら通信問題の影響を受けない経路設定方法が考えられる。本研究では、一方通行の経路設定に対し、格子状の経路を追加することで、その効果を評価する。

1 はじめに

現在の生産現場においては人間が行っている作業を機械が代わりに行う Factory Automation (FA) 化が進んでいる。さらに、顧客のニーズの多様化や市場の変化に対応するべく、多品種少量生産の生産形態を取ることが多く、それに伴い加工機械の頻繁な入れ替えが想定される。それらの環境において部品や製品を搬送する移動式ロボットは、移動経路計画を状況に応じて設計する方法が必要である。各ロボットが移動する際に電波状況の問題や管理サーバの不調等により、各ロボット間の通信が困難な場合がある。ロボット間通信を行わない場合、他のロボットの経路に干渉して、渋滞やデッドロックを引き起こす可能性がある。そこで解決方法として一方通行の移動ルールを与えた移動経路計画を検討している[5]。

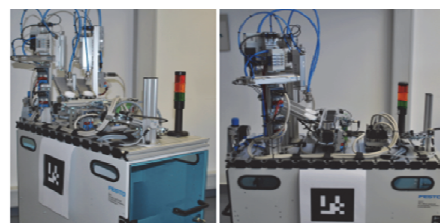


Figure 1: 競技で使う加工マシン (Module Production System)

2 RoboCup Logistics League (RCLL)

2050年に人型ロボットでワールドカップ・チャンピオンにサッカーで勝つことを目的として、ロボットの自律制御技術を競う競技会である RoboCup が 1997 年より開催されている。RoboCup には現在サッカー以外を扱う競技もあり、その中の一つである RoboCup Industrial には、Logistics League と呼ばれるリーグがある。RoboCup Logistics League (RCLL) では、Festo 社製の移動式ロボットである Robotino 3 を用いて、生産現場における FA 化を想定した環境で競技を行っている。RCLL では作業環境の探索、4 種類の Module Production System (MPS) (Figure 1 による製品の加工、製品の納品の工程を競技としている。

RCLL の試合は 3 つの Phase に分かれており、Setup Phase, Exploration Phase, Production Phase である。実際に Robotino 3 が行動をするのは Exploration Phase と Production Phase になる。RCLL におけるゲームフィールドを Figure 2 に示す。

RCLL では 1 チーム最大 3 台の Robotino を用いて、2 チームが同一のフィールドで競技を行う。Figure 2 のシアんとマゼンタの長方形が MPS を示しており、フィールド内に各チーム 6 台、計 12 台の MPS が配置される。Figure 2 における MPS の位置、角度は一例を示したものであり、

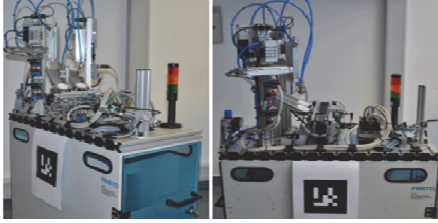


Figure 2: RCLL2016 のフィールド図

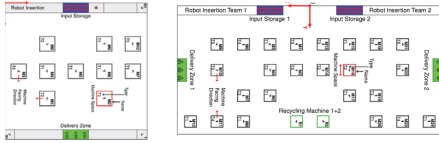


Figure 3: RCLL の 2013 年 (左) と 2014 年 (右) のフィールド図

配置されるゾーンは固定されているが、実際の競技においてはフィールドの y 軸に沿って線対称になるように MPS の種類とゾーン内の位置と角度が毎試合毎にランダムで配置される。

2.1 RCLL における移動経路計画

RCLL では 2015 年からルールの変更があり現在のフィールドの形が取られている。2014 年までは MPS を用いずに加工用マシンを直接床上に配置していた。2013 年のフィールドは $5.6m \times 5.6m$ であり、2014 年のフィールドは $11.25m \times 5.6m$ であった。それぞれのフィールドの周囲の一部には高さ $0.5m$ の壁がある。それぞれの年度のフィールド図を Figure 3 に示す。フィールド中の正方形が作業機械を示しており、ゲームごとに作業機械の配置場所は固定であるが 90 度ごとの向きは変更するようになっている。2014 年までのルールではチームごとにフィールドが存在しており、相手チームは別のフィールドを利用していたため、同一フィールド上で移動するロボットの情報は既知であった。また、作業機械の位置も固定であったため、フィールドをあらかじめマス目状に区切ることが可能であった。著者らのチームである BabyTigers-R では、マス目に沿って移動方向を設定することでロボット間の衝突回避を行った (Figure 4) [2]。

2015 年から新たなルールとなり、加工機械として MPS が用いられることになった。MPS の配置場所がランダムになったため、フィールドをマス目で区切ることが難しくなった。Exploration Phase においては Robotino がフィールドを探索し、MPS が置いてあるエリアを探し、MPS の種類とエリアの情報を RefBox へと報告する必要がある。MPS が配置エリアのどこに配置されているかわからない状態でセンサで環境情報を検知しながら移動するため経路設計においても MPS の検知に合わせて設定をし直し

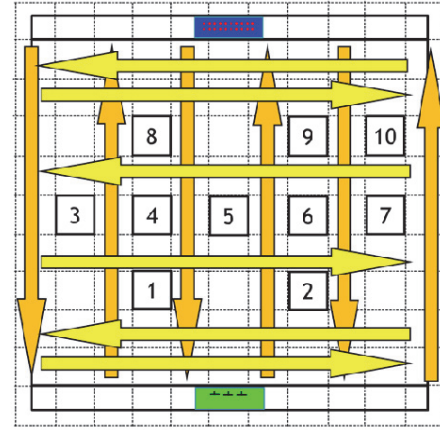


Figure 4: 2013 年の移動経路

ていく必要がある。そこで環境情報の更新に応じて移動経路の再設定をする一方通行ルールを検討した[5]。

3 作成する移動経路

現在の RCLL では試合ごとに MPS の向きと種類がランダムでフィールドに設定されるが、配置されるエリアとチームごとの台数は固定されている。そのため、MPS が配置されることがなく、試合ごとに MPS の配置の影響を受けることのないエリアが存在している。Figure 5 の Z17 から Z5 までの並んだエリアと、Z20 から Z8 までの凹型のエリアが該当する。それらのエリア間においては常に固定の経路を設定することができる (Figure 5)。そこで、それら 2 つの閉じた経路に対して一方通行を設定し、さらに閉じた経路間をつなぐ経路を用意する方法を提案した[5]。しかし、この方法では、現在地と目標地の組み合わせによっては、遠回りの経路を選択することになり、効率が悪い。

そこで、本研究ではそれぞれの一方通行経路内においてショートカットとなる経路を追加することで、効率の改善を図る。今回は経路の追加方法として 2 つのパターンを検討する。

一つ目の方法として、Figure 6 の上図であり、左右対称に経路を追加する方法である。これを提案法 1 とする。二つ目の方法として、Figure 6 の下図であり、上方向きの経路を追加する方法である。これを提案法 2 とする。これらの効果を確認する。ここでは、実際に MPS やそれに類似する寸法の物体の設置や複数台のロボットを用意することが難しいため、シミュレータである Gazebo を用いて検証する。

4 実験

RCLL においてロボット間通信を行わない状況でのロボットの移動時間を比較する。一方通行経路内にショートカットとなる経路を追加し、その効果を確認する。比較用の移

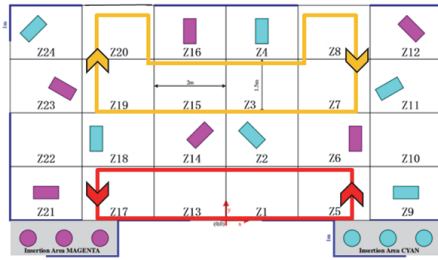


Figure 5: 一方通行の移動経路

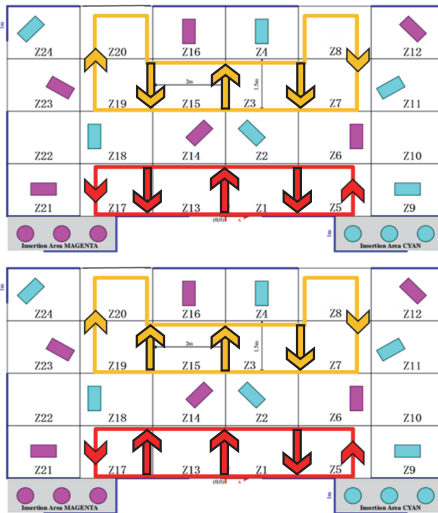


Figure 6: 追加した経路

動経路として、RCLLの優勝チームであるアーヘン工科大学チーム Carologistics のプログラムを用いる (Figure 7) [3].

結果を Figure 8 に示す. 提案法 1 が Figure 6 の上図, 提案法 2 が Figure 6 の下図の結果を示している.

5 おわりに

本研究では Logistics League の環境において一方通行ルールを実装し, さらに閉じた経路間にショートカットとなる経路を加えることを提案した. ロボットが移動を行った際に移動時間がどのように変化するかを比較した. 今後の課題としては German Open2017 および, 名古屋世界大会において実環境において動作させることである.

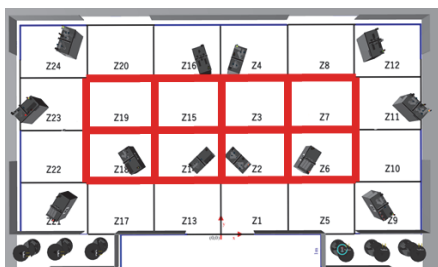


Figure 7: Carologistics の経路計画の骨格となるルート

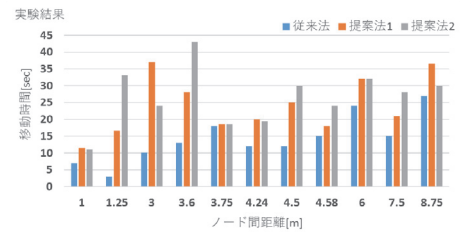


Figure 8: 実験結果

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15K16313 の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] <http://www.robocup.org>
- [2] Wataru Uemura, et. Al, "Team Description Paper. BabyTigers - R", RoboCup 2013: Robot World Cup XVII, 2013.
- [3] Tim Niemueller, et. Al, "The Carologistics RoboCup Logistics Team 2013", RWTH Aachen University and Aachen University of Applied Sciences, 2013.
- [4] Tim Niemueller, et. Al, "Fawkes for the RoboCup Logistics League", RoboCup Symposium, Hefei, China, 2015, <https://www.fawkesrobotics.org/projects/rcll2015-release>.
- [5] 辻和輝, 植村 渉, "Fawkes を用いたマルチロボットにおける一方通行ルールの提案と評価", 人工知能学会第 45 回 SIG-Challenge 研究会, pp. 10 - 12, 2016.
- [6] 小田翔平, 植村 渉, "可視光通信における信号定位に関する一考察", 第 19 回創発システムシンポジウム, p. 34, 2013.