

マルチエージェントシミュレーションに基づく 移動ロボットによる歩行者誘導へ向けて

日大生産工(院) ○大島 拓朗 日大生産工 井上 大成
日大生産工 吉田 典正

1. はじめに

近年、人間の代わりに掃除や配膳、施設の案内や警備など日常のさまざまな場面で移動ロボットが導入されている。2023年4月1日には「道路交通法の一部を改正する法律」が施行され、自動配送ロボットの公道走行が可能となり、ますます人間が日常的に移動ロボットと遭遇する機会が増えていく。

林田らの研究¹⁾では、大きな駅のコンコースなどで混雑が生じたとき、ロボットが群集の流動に入っていく群集がそれを避けることでスムーズに流れるようになるという、ロボットと人間が共生する未来のイメージが述べられている。

本研究は林田らの研究¹⁾を参考に、シミュレーション内で移動ロボットが群集へ入り歩行者の誘導を再現し、混雑や群集の形状への影響について検討を行う。駅構内の通路を簡略化した空間を想定し、移動ロボットの個数や位置を変化させることで、歩行者の移動時間や他者との接触回数の変化を調査する。また自然な人の流れの中で起きる現象として、対向して移動する二つの歩行者集団が自然といくつかの列に分かれるという「レーン形成現象」²⁾というものがある。実世界で自然に発生するこの現象が、移動ロボットの介入により列の形状や本数、発生時間に変化が生じるかについても調査する。

2. 関連研究

2. 1. 障害物が歩行者流に与える影響

文献³⁾では、歩行者が自分の周囲に他者や障害物の存在をどこまで許容し避けるかというパーソナルスペース概念に基づいて、より複雑な歩行者流を再現した研究を行っている。

通行量の多い公共的な歩行空間を想定し、通路幅が8mの対向歩行者流と交差歩行者流に対し円形の障害物を設置しシミュレーションを行っている。この結果、障害物の個数や半径、配置間隔によって交通流率に影響を与え、対向歩行者流では二つの障害物を真中に歩行者流の縦方向に置くのが望ましく、交差

歩行者流では半径0.4m程度の障害物を中央部に設置することで歩行者流がスムーズになる効果があるという結果を得ている。

本研究では、この結果を歩行者流へ侵入する移動ロボットの特徴に適用させる。

2. 2. ロボットの警告音による介入

文献⁴⁾では、従来の移動ロボットが目的地へ至るナビゲーション技術では周辺環境がある混雑度に到達すると、ロボットは安全な経路を導き出すことができず停止してしまうか、不必要な迂回路を取ることでより目的地への到達が大幅に遅れてしまう問題に陥ることがあることを指摘している。

そこで従来ロボットが取れると想定された行動の移動と衝突回避に加え、自動車のクラクションのような警告音を鳴らし、目的地へ至る経路を自ら作り出す能力を持たせるという提案を行っている。

本研究でも、移動ロボットが警告音を出すことで周囲の歩行者が回避行動をとり衝突回避や誘導を行う。

3. 群集シミュレーションの構築計画

本研究のシミュレーション手法は、マルチエージェントシミュレーション(Multi-Agent Simulation: MAS)を用いる。またMASのプラットフォームとして(株)構造計画研究所が提供するartisoc⁴⁾を用いて、シミュレーションモデルを構築する。artisoc⁴⁾では「エージェント」と呼ばれる行動主体、エージェントが行動(相互作用)する「空間」、そしてそれらに加える「変数」や「ルール」といった要素から構築される。

3. 1. 空間のモデル化

シミュレーションモデルの空間表現形式は、「セル空間表現」を用いる。セル空間表現とは、対象とする二次元空間をグリッドに分割し、分割したものをセルと呼び、分割された一つのセルに位置するエージェントが別のセルに位置を移すことで行動を表現する⁵⁾。

本研究では、1セルの大きさを0.4mと定義し、図1に示すように幅8m、長さ60mの

Toward Pedestrian Guidance by Mobile Robots
using the Multi-Agent Simulation

Takuro OSHIMA, Taisei INOUE and Norimasa YOSHIDA

一本の直線通路空間（空間 A）と、幅 8m、長さ 60m の二本の直線通路を垂直に交差させた空間（空間 B）を作成する。空間 A は両端から、空間 B は 4 方向から歩行者エージェントを生成させ、それぞれ反対方向へ向かう。

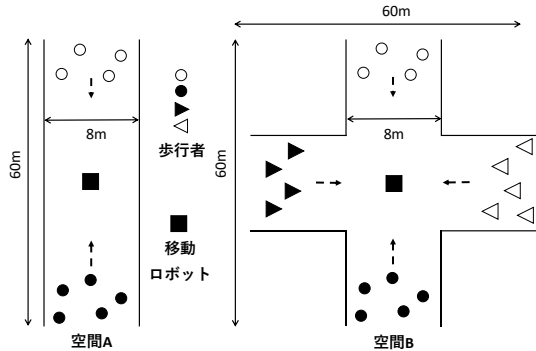


図 1 シミュレーション空間

3. 2. 歩行者のモデル化

各歩行者エージェントは、兼田ら⁶⁾が開発した ASPF (Agent Simulation of Pedestrian Flow) モデルの歩行行動ルールを単純化した図 2 の歩行行動ルールの下、周囲の歩行者を避けながら進む。セル空間上での移動であるが空間の持つ絶対座標と、各エージェントの進行方向からなる相対座標を用いることで自由な方向に移動が可能となる。

歩行者エージェントの変数となる歩行速度はエージェントごとに異なる固有速度を与え、平均 1.44[m/s]、標準偏差 0.228 の正規分布に従う値をランダムに与える。

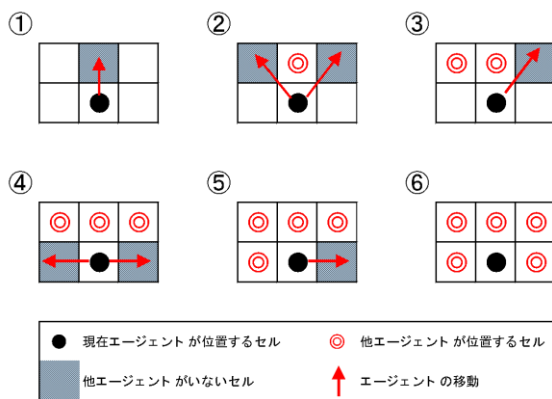


図 2 歩行行動ルール

3. 3. 移動ロボットのモデル化

移動ロボットエージェントは、空間内の中心付近を目的地とし歩行者エージェントと同様の歩行速度の変数を与え、移動を行う。その後目的地へ到達した時点で停止し、障害物の役割となり歩行者の回避行動を促す。

移動ロボットの中には見た目からどちらの

方向に進むのかという予測が立てづらく円滑なすれ違い、接触の回避が難しい場合があるため⁷⁾、周囲に歩行者エージェントが近づいた場合、警告音を鳴らし歩行者に回避を促し、移動ロボット自身は目的地まで最短経路で移動する。

4. まとめ

本研究は、関連研究から歩行者と障害物の関係、歩行者とロボットの関係明らかにし、移動ロボットによる歩行者誘導シミュレーション手法の概要を提案した。

今後は生成する歩行者数や計測時間、移動ロボットの出現位置やタイミング、警告音を与える影響の範囲や歩行者の反応などさまざまな変数を変化させた複数のシナリオを用意し、実際にシミュレーション実験を行う。そしてシミュレーションの結果から、移動ロボットによる歩行者誘導の意義や効果の検討を行う。

参考文献

- 1) 林田和人, 人間とロボットの共生に必要な感性と心理のモデル化, 感性工学, Vol.20, No.1, (2022), pp.29-33.
- 2) H.Murakami, C.Feliciani, Y.Nishiyama, K.Nishinari, "Mutual anticipation can contribute to self-organization in human crowds", Science Advances, Vol.7, No.12, (2021).
- 3) 劉建宏, 大枝良直, 角知憲, パーソナルスペースを用いた障害物を回避する歩行者の群集流動, 土木学会論文集 D, Vol.64, No.4, (2008), pp.513-524.
- 4) 西村真衣, 雑踏の中で動き回る自律走行ロボット~社会ジレンマを解決する強化学習の活用, OMORON TECHNICS, Vol.53, No.2,(2021), pp.230-236.
- 5) 構造計画研究所, artisoc4 - MAS コミュニティ, <https://mas.kke.co.jp/artisoc4/>, (参照 2023-10-12).
- 6) 兼田敏之 編「artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション」構造計画研究所, (2010).
- 7) 桑宮陽, 築館多藍, 阿部花南, 武井秀憲, 小林稔, 矢印による人と移動ロボットのすれ違いの円滑化の再考と実験計画, GN Workshop, (2022), pp.86-92.