

自律移動ロボットにおける歩行者流に沿った経路生成法

原 靖成 羽田 靖史 (工学院大学)

1. はじめに

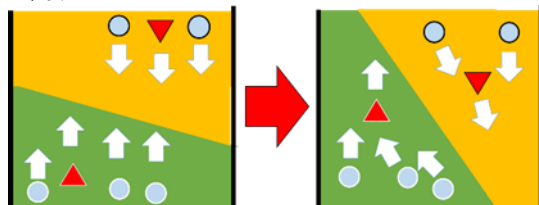
本研究では都心部の駅や空港等の、人が多く往来している場所での移動ロボットの利用を想定する。従来の移動ロボット研究においては、あらかじめ定められた経路に沿って走行することが多く、周囲の歩行者に対しては近づきすぎた際に停止または回避する程度の対応しかなされていないものが多い[1][2]。しかしそのような行動戦略では、都心の駅などの過密した環境では、歩行者が多すぎるためにロボットは停止または回避し続けてしまい、目的地まで走行することは困難である。すなわちロボットは近づいた人間を避けるだけではなく、周囲の人間の移動を予測し、極力往来を妨げずに走行することが望ましい。

人間は混雑した環境においては、周囲の歩行者と同調して移動を行っている。駅などの混雑した環境では、各歩行者は通路の各々で他者と協調し、おおむね一定の方向に向いた集団毎に流れを作る。

そこで我々は混雑環境の歩行者流を計測することで、適切な歩行者流に乗り、周囲の人の流れを妨げずに目的地まで移動する走行の実現を目指す。本稿では経路の生成手法の提案を行う。

2. 歩行者流とは

歩行者は各々別の目的地に移動を行っているが、同じ方向へ進む歩行者同士では、図1のように、先頭を歩く歩行者に他の歩行者がついていくことで集団が形成される。これを歩行者流と定義する



● 歩行者
▲ 先頭を歩く歩行者

図1 歩行者流のイメージ

3. 提案手法

3.1 ポテンシャル場の生成

本研究では、障害物回避等に多く用いられているポテンシャル法を採用し、歩行者に対して斥力ではなく引力を生成することにより、歩行者に沿った経路を生成する。ただし、歩行者にただ引力を生成するだけでは歩行者と衝突するため、本研究ではポテンシャル法に Lennard-Jones ポテンシャルをベースとしたポテンシャル関数を用いることにより、歩行者に衝突はせず、沿う経路を生成する。Lennard-Jones ポテンシャルをベースとした関数の生成はロボカップサッカー[3]や本研究と同様に歩行者流を用いて経路生成を行っている研究[4]で用いられており、問題の解決に適していると考えられる。

Lennard-Jones ポテンシャルの式は(1)となる。ここで r は原子からの距離(本研究では0を歩行者の位置とした歩行者からの距離とする)、 ϵ はポテンシャルの強さ、 σ は原子間距離(本研究では歩行者とロボットの距離とする)、 p と q はそれぞれ斥力項と引力項の次数を表す。また横軸に r_m を取ったときの Lennard-Jones ポテンシャルを図示したものを図2に示す。

$$U(r) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^p - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^q \right] \quad (1)$$

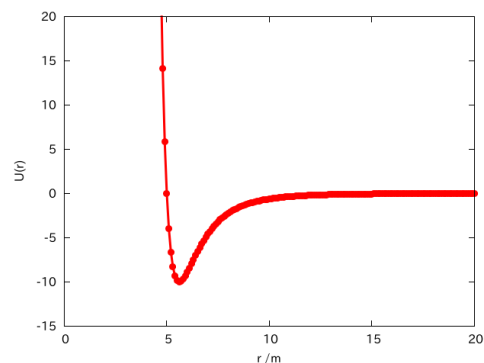


図2 Lennard-Jones ポテンシャル

熊原らの研究[4]では、 σ 、 p 、 q のパラメータが Lennard-Jones ポテンシャルの概形にどのような影響を与えるか調査している。本研究では、これらのパラメータに加え、(2)式の a 、 b 、 ϵ のパラメータを歩行者の性質により、変化させることで、歩行者流に沿うロボットの行動計画を設定する。

$$U(r) = 4\epsilon \left[a \left(\frac{\sigma}{r} \right)^p - b \left(\frac{\sigma}{r} \right)^q \right] \quad (2)$$

3.2 適切な歩行者流の選択手法

本研究ではロボットは目的地を持ち移動するものとする。このとき、歩行者流に沿うだけでは目的地には到着できない場合があるため、複数の歩行者流のうち、ロボットの移動方向と近い歩行者流を選択することが必要である。そこで、図3より、歩行者とロボットの目的地の方向の差から歩行者流を評価するパラメータを生成する(3式)を用いる。

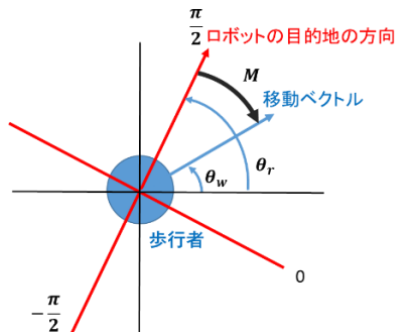


図3 歩行者の移動方向とロボットの目的地

$$M = \frac{\pi}{2} - |\theta_w - \theta_r| \quad (3)$$

$$a = K_a |M| + C, \quad b = K_b M \quad (a \neq 0) \quad (4)$$

(K_a, K_b :重み, C :定数)

(4)式により、歩行者の進行方向がロボットの目的地の方向に近いほど、ポテンシャルの高低差が大きくなり、ロボットの目的地方向へ進む歩行者を沿って移動を行い、ロボットの目的地と反対方向へ移動を行う歩行者に対しては引力項が斥力に変換し、避けて移動を行うようになる

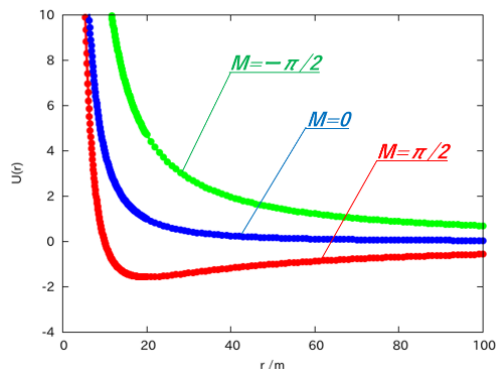


図4 歩行者パラメータ M による概形図の変化

3.3 歩行者流中の位置の選択

ロボットの行動計画として、歩行者流が先頭を歩く歩行者を必要とするため、ロボットが歩行者流に沿って移動する場合は、歩行者の後方

に位置する必要がある。そこで、(5)式を用いて生成する。 (6)式より、歩行者の後方に極小点が発生するようにすることで、ロボットが歩行者の後方の位置を維持するようになると思われる。

$$N = |\theta_w - \theta| \quad (5)$$

$$\varepsilon = K_n N + C \quad (K_n:重み, C:定数) \quad (6)$$

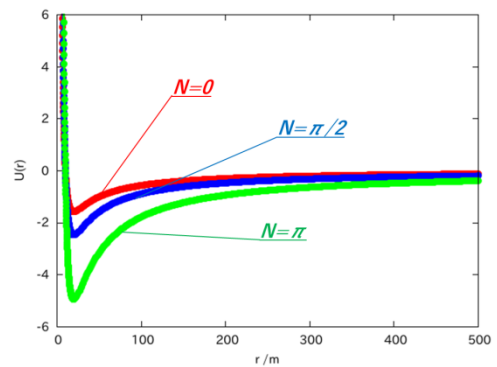


図5 歩行者パラメータ N による概形図の変化

4. まとめ

本稿では、Lennard-Jones ポテンシャル法をベースとしたポテンシャル関数を用いることにより、歩行者流をポテンシャル場として生成した。また、関数のパラメータを歩行者の性質により決定することで歩行者に対するロボットの行動計画を設定した。今後シミュレーションと実証実験により有効性を確認する。

5. 参考文献

- [1] 佐藤, 矢島, 横尾, 吉浦, 石川, つくばチャレンジ2015における自律移動車両の開発, TSUKUBACHALLENGE2015 参加レポート集, pp. 85-86 (2015)
- [2] 鹿貫, 中村, 須田, 山田, 太田, つくばチャレンジ2015 参加報告書, TSUKUBACHALLENGE2015 参加レポート集, pp. 89-96 (2015)
- [3] 篠宮, 河野, 金子, 鈴木, ロボカップサッカーにおける妨害行動を考慮したパスシステムの開発, 第28回ファジィシステムシンポジウム, pp. 1139-1142 (2012)
- [4] 熊原, 増山, 田村, 山下, 浅間, 動的環境下における歩行者流を利用した移動ロボットナビゲーション, 計測自動制御学会論文集, Vol. 50, No. 1, 1/10 (2014)