

# グループ認識と位置予測による歩行者進路決定モデル

伊織 瞳<sup>†</sup> 藤田 悟<sup>‡</sup>

法政大学大学院情報科学研究科<sup>†</sup> 法政大学情報科学部<sup>‡</sup>

## 1.はじめに

歩行者シミュレーションにて歩行者群の動きをより精緻に再現するモデルとして、将来の周囲の歩行者の位置を予測し、最適な進行方向を決定するモデルを提案した。しかしこのモデルでは実世界に多く存在するグループ歩行者を考慮していない。そのため、より実世界に近い状況のシミュレーションを可能にするために、従来のモデルにグループ間に働く力を加える。また、視線ベクトルを追加し、非グループ歩行者が視線を用いてグループ認識を行うことにより、グループを回避するモデルを提案する。

## 2.関連研究

従来モデルにおいて、各歩行者は次ステップでの移動先を、周囲の歩行者の位置予測と、予測に基づく最適な進行方向予測によって決定する。予測は Helbing らによる Social force モデル[2]を用いる。式(1)に力学的な式を示す。

$$m_{\alpha} \frac{d\vec{v}_{\alpha}(t)}{dt} = \vec{f}_{\alpha}(t) + \sum_{\beta(\neq\alpha)} \vec{f}_{\alpha\beta}(t) + \sum_W \vec{f}_{\alpha W}(t) \quad (1)$$

$\vec{f}_{\alpha}$ は目的地に望む歩行速度で向かおうとする力、 $\vec{f}_{\alpha\beta}$ は歩行者 $\alpha$ が歩行者 $\beta$ から受ける力、 $\vec{f}_{\alpha W}$ は歩行者 $\alpha$ が障害物  $W$  から受ける力を表す。 $\Delta t$ 秒ごとに位置と速度を計算し、 $k = t + s$ 秒での全歩行者の位置と速度を求める。この  $k$  秒での状態を各歩行者が予測した将来の歩行者の状態とする。

次に複数の進行方向候補を設定し、 $k$  秒での状態における各方向の進行可能な距離を、同様に式(1)にて求める。その結果、最も目的地に近い方向を進行方向として設定する。このモデルの詳細は資料[3]に記述する。

## 3.提案モデル

### 3.1.グループ化

グループメンバー間に働く力の定義を行う。Moussaïd らはグループ歩行者はグループの中心を視野内に収め、会話の行いやすいフォーメーションになるよう移動すると提唱している[4]。よって、グループの中心よりも後方の点への引力が働くことに

よって、適切なフォーメーションをとると考える。式(2)にグループ間に働く力を定義する。

$$\vec{f}_{\text{group}}(t) = G\vec{U}_{g'_c} \quad (2)$$

$G$  は力の大きさを調整するパラメータを表す。 $\vec{U}_{g'_c}$ はグループ中心を $g_c$ とした際、中心よりグループの速度平均 $\vec{v}_g$ 後方の位置、 $g'_c = g_c - \vec{v}_g$ への単位ベクトルを表す。本論文では $G = 1$ とする。この $\vec{f}_{\text{group}}$ を式(1)に追加する。

### 3.2.グループ認識と回避

実世界において、歩行者は他グループの中心をなるべく通行しないよう歩行していると考えられる。そのため、視線を用いてグループを認識し、回避する行動をモデルに取り入れる。

各歩行者の視線を、式(3)にて定義する。

$$\vec{H} = \begin{cases} \vec{U}_{v_{\alpha}} & (\text{if not group}) \\ \vec{U}_{g_c} & (\text{if group}) \end{cases} \quad (3)$$

$\vec{U}_{v_{\alpha}}$ は速度 $\vec{v}_{\alpha}$ の単位ベクトル、 $\vec{U}_{g_c}$ はグループ中心への単位ベクトルを表す。

同じグループに所属するメンバーは進行方向が等しいため、ある同じ点を注視していると考えられる。従って、式(3)にて定義した視線が交差している歩行者かつ、歩行者同士の距離が閾値 $d_g$ より小さい歩行者をグループとして認識する。本論文では、 $d_g = 2.5m$ とする。認識されたグループの中心 $g'_c$ より式(4)にて定義する心理的な斥力を発生させる。

$$\vec{f}_{g'_c} = -\nabla_{d_{\alpha g'_c}} AB \exp(-b_{\alpha g'_c}/B)$$

$$2b_{\alpha g'_c} = \sqrt{\left(\|\vec{d}_{\alpha g'_c}\| + \|\vec{d}_{\alpha g'_c} - (\vec{v}_{g'_c} - \vec{v}_{\alpha})\Delta t\|\right)^2 - \|\vec{v}_{g'_c} - \vec{v}_{\alpha}\Delta t\|^2} \quad (4)$$

$d_{\alpha g'_c}$ は歩行者 $\alpha$ とグループ中心 $g'_c$ の距離を、 $\vec{v}_{\alpha}$ は歩行者 $\alpha$ の速度を、 $\vec{v}_{g'_c}$ はグループの平均速度を表す。

## 4.実験

### 4.1.グループ回避実験

グループ認識と回避を行う場合と、行わない場合の行動を観察する。等速直線運動を行う2人グループと、モデルを適用した歩行者1人がすれ違う状況での、モデル適用者の周囲 $1m +$ 直径内に存在する歩行者の人数を観察する。グループ中心の座標を $(0m, 0m)$ 、グループメンバーの座標を $(\pm 1m, 0m)$ とした際、モデル適用者は $(0m, 10m)$ 、 $(0.4m, 10m)$ 、 $(0.8m, 10m)$ からグループ方向へ進行する。パラメ

Pedestrian route decision model using position prediction and group recognition

<sup>†</sup>Hitomi Iori, Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University

<sup>‡</sup>Satoru Fujita, Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

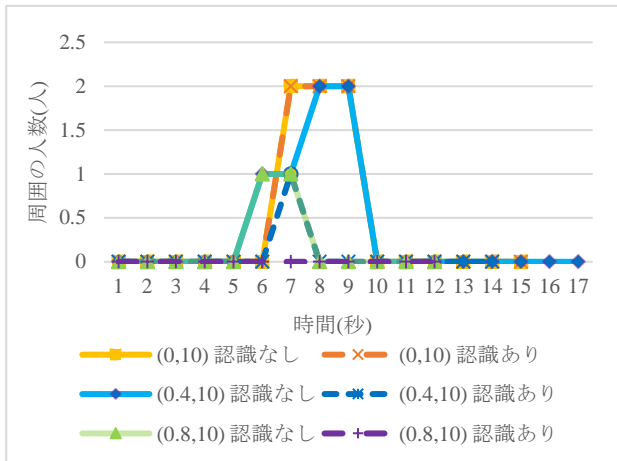


図1 モデル適用者の周囲の歩行者数

ータは $A = 18.66N$ ,  $B = 0.69m$ , 半径 $r = 0.25m$ , 希望歩行速度 $v_\alpha = 0.25m$ とする.

実験結果を図1に示す. モデル適用者の $x$ 座標が $0m$ の場合, グループ認識を行わない場合と行う場合で違いが現れず, 周囲の人数は最大で2人であった. また $x$ 座標が $0.8m$ の場合, 認識を行わない場合の人数は1名, 行う場合は0名となった. どちらの場合もグループの外側を通行していることが分かるが, 認識を行うことによってより大きくグループを回避していると考えられる.  $x$ 座標が $0.4m$ の場合, グループ認識を行わない場合は最大人数が2名, 行う場合は1名となった. これは, 認識を行わなかった場合はグループメンバーの間を通過していることを示しており, 認識を行うことによってグループ内の通り抜けの回避が可能になったと考えられる.

#### 4.2 実際の状況の再現実験

ATC ショッピングモールの一部を再現し, モデル適用者を歩行させ, 速度を観察する. 実験環境は図2のように幅約 $5m$ ×長さ約 $18m$ の通路と幅約 $5m$ ×長さ約 $30m$ の通路が接続した環境である. 実際の歩行データ[1]を分析した結果より, 通路の両端から約1.3秒ごとに歩行者を発生させ, その内25%を2~4人のグループ歩行者とする. 100人が歩行を終えるまでを1回の実行とし, 5回の実行の内急激な速度の変化が発生した歩行者の割合を調査する. この実験では, 半径 $r = [0.15m, 0.25m]$ , 希望歩行速度 $v_\alpha = [0.8m/s, 1.2m/s]$ とする.

実験を行った結果, 最大速度の半分の速度変化があった歩行者数は, グループ認識を行わない場合約3割, 行う場合約4割となった. グループ認識を行った場合の方が, 他の歩行者との接触等により速度が大きく変化し, スムーズに歩行できていなかった歩行者が多かったことが分かる.

#### 5.考察

グループ認識と回避によって, 特定のパターンにおいてグループ内部の通り抜けを回避することができることを確認した. これは実世界の人間の挙動に

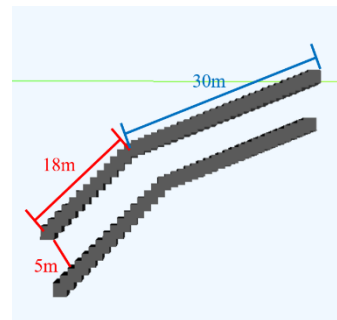


図2 ATC ショッピングモール環境図

近い動きを再現出来ていると考えられる. しかし, 今回は一部のパターンについてその現象の確認を行ったため, どの程度回避による効果が現れるか詳細に検証する必要があると考える.

実世界の環境においてシミュレーションを行った結果, グループ認識を行った場合, 急激な速度の変化が見られた歩行者数が, 行わなかった場合に比べ1割程増加した. 4.1章にて, グループ認識を加えることによってより大きくグループを回避しようとする場合が存在することを確認している. 約1.3秒毎に歩行者が増加する, 密度が高い状況であったこともあり, 大きくグループを回避しようとしたことで, 他の歩行者と接触する機会が増加したのではないかと考える.

#### 6.おわりに

従来の将来歩行者の位置を予測し, 進行方向を決定するモデルに, グループ間に働く力とグループ認識によって回避を行う力を追加した. 力の追加により, 特定のパターンにおいてグループ内の通り抜けを回避する現象を確認した. しかし, 実世界の環境でシミュレーションを行った結果, グループ認識を行った場合の方が, スムーズな歩行が不可能であった歩行者が増加しており, より詳細な回避効果の検証と改善が必要であると考えられる.

#### ◇ 参考文献 ◇

- [1]F. Zanlungo, D. Brscic, and T. Kanda: Pedestrian group spatial size scaling under growing density conditions, *Physical review E*, Vol. 91, No. 6, 062810 (2015)
- [2]Helbing,D.: *Social Self-Organization :Agent-Based Simulations and Experiments to Study Emergent Social Behavior*, Springer, Germany (2012)
- [3]伊織瞳, 藤田悟: シミュレーションによる2段階位置予測を用いた歩行者移動尾モデル, *JAWS2018*(2018)
- [4]Moussaïd, M., Perozo, N., Garnier, S., Helbing, D., Theraulaz, G.: The Walking Behaviour of Pedestrian Social Groups and Its Impact on Crowd Dynamics, *PLoS ONE*, Vol.5, Issues 4, e10047 (2010)