

# 視覚情報を元に行動する横断歩道上の歩行者シミュレーション

熊本大学 学生会員 ○椎原諒太 正会員 柿本竜治, 安藤宏恵

## 1. 背景と目的

日本における歩行者の交通事故死者数は減少傾向にある.<sup>1)</sup>しかし、横断歩道横断中での歩行者死者数は、横断歩道以外を横断中、また横断中以外の死者数より減少傾向が少ない。よって、横断歩道中での交通事故の減少が求められる。

横断歩道での歩行者挙動の研究には多くの歩行者シミュレーションが作成されている。例えば人や周囲の物体と間に斥力と呼ばれる力が発生すると仮定して作成されたSocial Forceモデルを用いたもの<sup>2)</sup>などが存在している。

しかし、横断歩道上での事故の多くは視覚情報のミスによって発生する。よって視覚情報を元にした歩行者シミュレーションモデルが必要であると考えた。本研究では、Moussaid<sup>3)</sup>が提案した視覚状況を元にヒューリスティックに意思決定していく歩行者モデルとEndsley<sup>4)</sup>が提案した状況認識 (SA) を組み合わせることで歩行者モデルを作成し、交通事故がどのような状況で発生するかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 状況認識を考慮した歩行者モデル

### A) 前提条件とシミュレーションモデル

Moussaid の歩行者モデルとEndsley の状況認知のフレームワークを組み合わせ、以下のようにモデルを作成した。

- レベル 1 (周囲の情報の知覚)

各歩行者は、左右それぞれ  $75^\circ$  の視野角、視覚距離 10m を持っている。その範囲内にいる歩行者、障害物を認識する。レベル1の失敗は視野角外の情報を認識できない時に発生する失敗とする。

- レベル 2 (状況の理解)

自分と周囲の歩行者は、それぞれ速度  $v$  を持って歩いている。そこからそれぞれ進行方向に応じて、衝突するまでの距離  $f(a)$  を測る。距離には、各歩行者の半径  $R = m/220$  ( $m$ : 体重) を考慮する。歩行者は網膜や脳レベルの特殊な神経機構によって、周囲の障害物との

距離までの時間を推定できるので、自動的にこの処理が行われるものとする。レベル2の失敗は周囲の物体への距離を認識しながらも衝突してしまうことの失敗とする。

- レベル 3 (他の歩行者、車の行動の予測)

他の歩行者、車の行動の予測。レベル3の失敗はレベル2の予測を元にして譲歩行動を取った時に発生する衝突とする。

- 意思決定、行動

他の歩行者、車の行動の予測。レベル 3 の失敗はレベル2の予測を元にして譲歩行動を取った時に発生する衝突とする。歩行者は人や自転車、車の進路を予測しそれを踏まえ、目的地に対して最小の距離で進む。つまり目的地までの距離を目的関数式して式(1)で与え、最小化したものとする。

$$d(\alpha) = \{d_{max} - f(\alpha) \cos(\alpha - \alpha_0)\}^2 \quad (1)$$

歩行速度は障害物の存在に応じて変化する。また、障害物と接触した場合、接触力が生じる。接触力は人、壁 (今回の場合は車) の場合に別れる。それぞれ式(2)、式(3)、式(4)で表される。

$$\frac{dv_i}{dt} = \frac{v_{des} - v_i}{\tau} + \sum_j \frac{f_{ij}}{m_i} + \sum_w \frac{f_{iw}}{m_i} \quad (2)$$

$$\vec{f}_{ij} = kg(r_i + r_j - d_{ij})\vec{n}_{ij} \quad (3)$$

$$\vec{f}_{iw} = kg(r_i - d_{iw})\vec{n}_{iw} \quad (4)$$

### B) モデルの適用

熊本市で交通量が多く、左折する車が存在する熊本県熊本市中央区手取本町の横断歩道を朝の通勤時間帯に何度か撮影した。

撮影した物を深層学習による物体検出のアルゴリズム「Yolov5」と歩行者を同定するアルゴリズム「Deep Sort」を用いて歩行者データを作成した。撮影した中から、時系列である歩行者軌跡を8つに分け、それぞれに四分位変位を用いた外れ値検出を行い、データを補正したものを検証に用いた。

## 3. 結果および考察

作成したシミュレーションモデルの検証を行う。

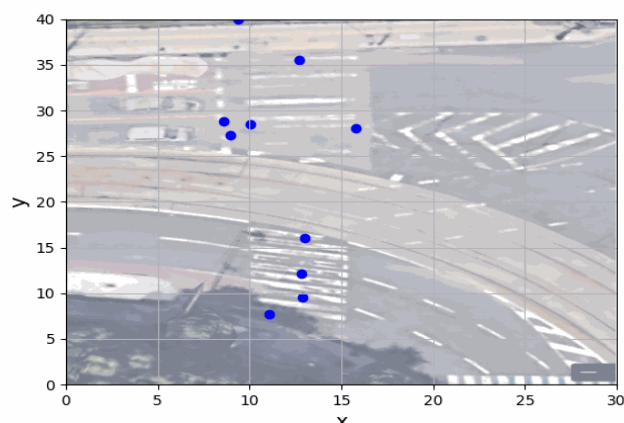


図-1:作成したシミュレーションモデル

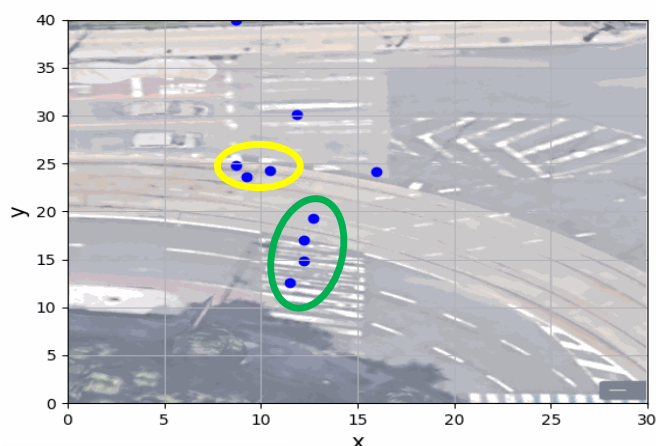


図-3:レーン形成現象

まずは、自己組織化現象と呼ばれる歩行者がレーンを形成する様子が見られることを確認した。これにより、歩行者同士の相互作用によって横断歩道を横断していく様子を示した。次に、左折した車に対し、歩行者がどのように回避行動を行なったかを比較する。対象の歩行者は上から下に移動していく。図4によると、歩行者はそれぞれ回避行動を行なっていることがわかる。シミュレーション結果が早く回避行動を行なっているのは、式(1)の影響によるものと考ええる。しかし、自動車に近い位置での歩行者の座標を比較すると回避実際の回避行動と近い行動をとっていると考えられる。これから、歩行者と車同士の間に働く相互作用を示すことができたと考ええる。

#### 4. おわりに

本研究では、視覚情報を元にヒューリスティックに意思決定するシミュレーションモデルを作成した。モデルの検証によりある程度妥当性のあるシモデルを作成することができたと考ええる。

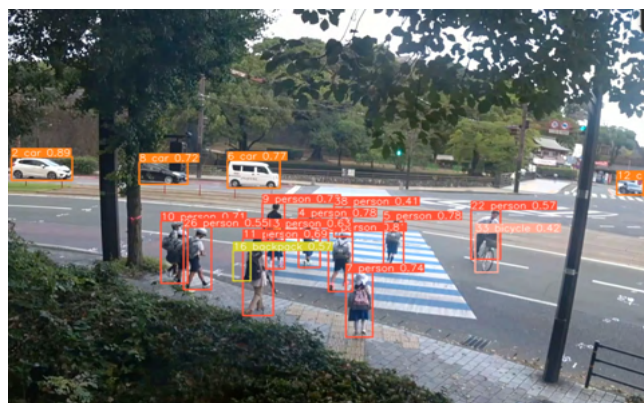


図-2:歩行者の識別

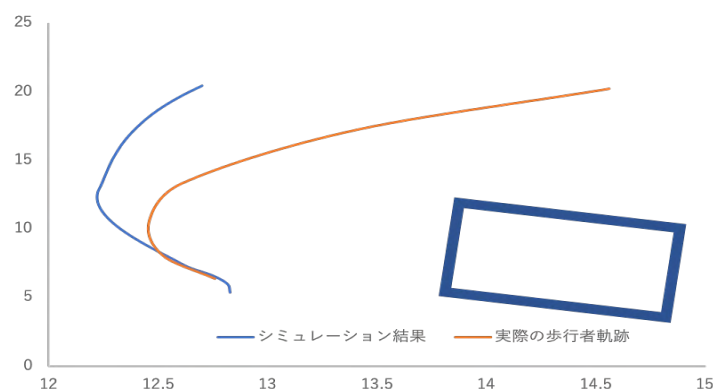


図-4:回避行動の比較

しかし、実際の横断歩道のそれぞれの歩行者とシミュレーション結果の比較には及んでいない。今後はまず、歩横断歩道全体の歩行者とシミュレーション結果を比較しモデルの妥当性を追求し、その後様々な状況を再現し、交通事故発生メカニズムを明らかにしていきたい。

#### 参考文献

- 1) 警察庁資料：令和2年における交通事故の発生状況等について、<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/jiko/R02bunseki.pdf>(2022年1月5日)
- 2) Weiliang Zeng, Peng Chen, Hideki Nakamura, Miho Iryo-Asano: Application of social force model to pedestrian behavior analysis at signalized crosswalk, Transportation Research Part C 40 143–159,2014
- 3) Mehdi Moussaïd, Dirk Helbing, Guy Theraulaz: How simple rules determine pedestrian behavior and crowd disasters, PNAS,2011
- 4) Endsley, Mica R.: Toward a theory of situation awareness in dynamic systems, Human factors 37.1 32-64,1995