

セルオートマトン法を用いた狭隘な街路における  
歩車混合の交通シミュレーション  
Simulation of pedestrian-vehicle mixed traffic on narrow street  
using cellular automaton method

藤城 風都<sup>†</sup> 熊谷 兼太郎<sup>†</sup>  
Fumiya Fujiki Kentaro Kumagai

### 1. はじめに

混雑が発生する場所として、例えば、通勤・通学時の街路を考える。そのような場所で歩道が狭くガードレールが設置されていない場合は、車（以下、バイク及び自転車も含む。）と歩行者の安全性が問題である。例えば、著者らの所属する大学と最寄りの鉄道駅とのあいだの約 1 km の街路は、直線形状で見通しは良い。しかし、駅に向かう人とそれとは反対に向かう人とが双方向に行き交い、また、車も多く通行して輻輳している。歩道あるいは路肩は幅が狭く、ガードレールは設置されていない（写真 1）。そこでこの場所を対象として、歩行者の安全性を評価することにした。

既往研究として、森下ら（1997）、森下（2003）は、歩行者の流れに対してセルオートマトン法を適用している。そこでは、一定幅員の通路で生じる双方向流について、前を歩く人を追従する性向、歩行者間の速度差、壁の効果などを考慮したシミュレーションを行っている。その結果、進行方向に縞状の人の流れが形成されるとの結果を得ている。また、歩行者の視野を広げて進行方向選択の方法を変化させた場合、右側通行のルールを導入した場合などについて試算している。しかし、上の既往研究は歩行者だけが行き交う場所を対象としている。従って、本研究で検討したいと考えている、車と歩行者が相互に影響を与えるような状況は検討されていない。例えば、前を歩く人を車道へはみ出して追い越すような現象は考慮されていない。また他の研究においても、このような状況を検討したものは見つけることが出来なかった。

以上をふまえ、森下（2003）を参考に、歩行者の安全性を評価するために、数値シミュレーションを用いて現状と対策を行った場合についてそれぞれ計算することにした。本論文では、その基礎的な検討の結果について述べる。



写真 1 通勤・通学時の混雑

(<https://www.google.co.jp/maps/>より, 2021 年 6 月 1 日確認)

<sup>†</sup> 湘南工科大学工学部コンピュータ応用学科 Department of Applied Computer Sciences, Shonan Institute of Technology

### 2. 目的

本研究は、セルオートマトン法を用いた数値シミュレーションを行うことにより、狭隘な街路における歩行者の安全性を評価することを目的とする。本論文では、その基礎的な検討の結果について述べる。

### 3. シミュレーション手法

森下（2003）を参考に、セルオートマトン法の数値シミュレーション・プログラムを開発する。開発言語は C 言語 (C++) で、PC (OS: Windows 10 Home, CPU: Intel Core i7-10875H, メモリ: 32 GB) に Microsoft Visual Studio 統合開発環境をインストールしてある環境で行った。

図 1 に、街路のモデルを示す。街路は一辺 0.5 m の正方形格子（以下、セルと呼ぶ。）に区切られており、歩道の幅は 1.0 m (2セル分) である。歩道の西側に隣接したセルは壁、反対側（東側）は車道である。街路軸方向の長さは 20 m (40セル分) とした。

シミュレーションにおける時間ステップは 0.5 s とした。時間ステップが 1 つ進むと、歩行者は基本的には前方のセルに 1 つ進む。すなわち、0.5 s で 0.5 m 進むので自由歩行速度は 3.6 km/h である。なお、上で「基本的には」と述べたのは、前方に対向者の集団がいるがすり抜けられないときなどに、時間ステップが進んでも現在位置に留まるといった例外があることを意味している。また、歩行者の速度は実際にはばらつきがあるが、今回は基礎的な検討として全員が同じ速度とした。また、車は時間ステップ 1 つあたり 10 セル先に進む（速度に換算すると、36 km/h）とした。

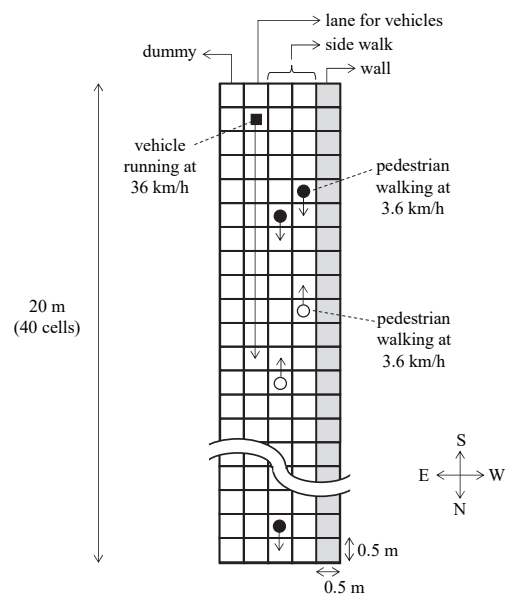


図 1 街路のモデル

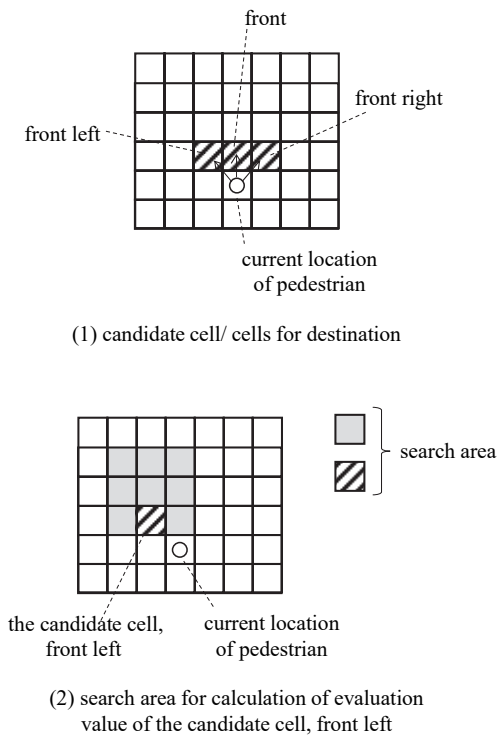


図 2 歩行者の進行方向選択のモデル

図 2 に、歩行者の進行方向選択のモデルを示す。進行方向は、現在位置の正面前方、左前方、右前方の 3 つの候補地セルのうちからいずれかを選択する。選択ルールは、それぞれの候補地セルに点数をつけておき、最高得点の候補地セルに移動するというものである。ただし、最高得点の候補地セルが複数あるときは、正面前方を優先しそれ以外はランダムに選択する。また、現在位置が車道上の場合は歩道に戻る方向を優先する。

点数のつけ方は、候補地セルに左右隣接セルを加えた 3 セルと、それぞれの前方 2 つ先までの範囲の計 9 セルについて、①同じ方向へ進む人がいる、②対向者がいる、③壁に隣接していかつ人がいない、及び、④車がいるまたは次の時間ステップまでに通過する、というときに評点を与えておく。そして、合計値を当該候補地セルの点数とするという方法である。①～④の理由と評点は、次のとおりである。それぞれ、①は前を歩く人を追従する性向 (+2)、②は対向者を避ける動き (-2)、③は安全上の観点から壁寄りを選好する性向 (+1)、また、④は車を避ける動き (-10) を考慮して設定したものである。

以上のように、街路のモデルと歩行者の進行方向選択のモデルを組み合わせることにより、対向者を歩道上で避けたり、車が通らない場合は車道に一時的是にはみ出して対向者をやり過ぎたのち歩道に戻ったりする行動を表現することにした。

森下 (2003) のシミュレーション手法との主な違いを整理すると、以下の通りである。まず、街路のモデルについて、歩道セルに隣接するように車道セルを新たに設けた。次に、進行方向選択のモデルについて、歩行者の現在位置が車道上の場合は歩道に戻る方向の選択を優先するようにした。また、車を避ける動きを表現するために、車がいる

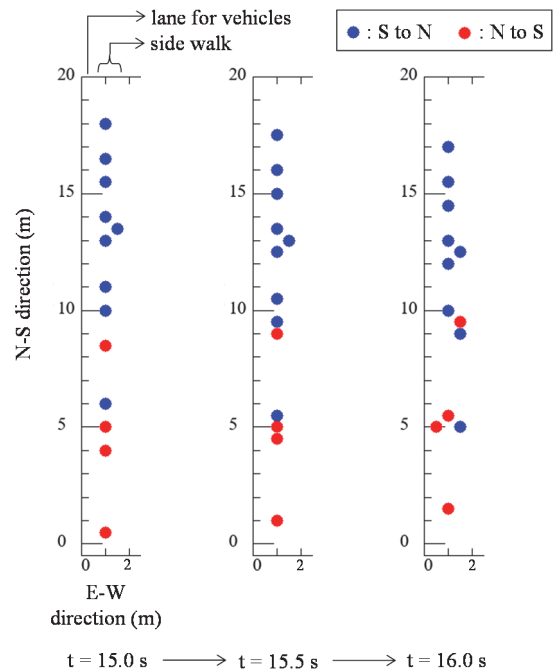


図 3 試算した結果

または次の時間ステップまでに通過する場合には候補地セルの点数を減じる考え方を導入した。

#### 4. 試算したケースとその結果

##### (1) 試算したケース

車道に一時的是にはみ出して対向者をやり過ぎ行動を確認するための試算を行った。ここでは、計算領域の北側及び南側境界から領域内に流入する歩行者をそれぞれ 12 人/分とした。まずは車道に一時的是にはみ出すことが確認できれば良いものとし、車道には車は走行させない条件とした。また、時間ステップは 120 ステップ分で、 $t = 0 \sim 60$  s について計算した。

##### (2) 結果

図 3 に、試算した結果のうち開始から 15~16 s の時間帯について 0.5 s 刻みで示す。南側境界から北に進む歩行者 (青印) とそれとは逆向きに進む歩行者 (赤印) が、図中の下から 5 m 位置周辺で輻輳して、赤印のうち一人が車道にはみ出して対向者をやり過ぎしている様子を確認できた。なお、今回の計算に要した所要時間は非常に短かった。

今後、車が来た場合にそれを歩行者が避ける動きの表現、安全対策 (車の速度低減、ガードレールの設置、歩道の拡幅) の効果などについて詳しく検討する予定である。

#### 謝辞

著者らの所属する研究室メンバーから、課題抽出やシミュレーション手法の検討にあたり色々なコメントを頂きました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- [1] 森下 信, “セルオートマトン 複雑系の具象化”, 養賢堂, 2003.
- [2] 森下 信ら, “セルラオートマトン法による鉄道における人の流れ”, 日本機械学会第 6 回交通・物流部門大会講演論文集 (鉄道シンポジウム編), pp.539-542, 1997.