

# 個人行動をベースにした歩行モデルと歩行流シミュレーション

02005400 東京工業大学 \* 岡田 公孝 OKADA Kimitaka  
02900320 東京工業大学 和田 剛 WADA Takeshi †  
01302440 東京工業大学 高橋 幸雄 TAKAHASHI Yukio

## 歩行モデル

歩行モデルに関する研究は、心理学や交通工学、建築学などを中心に行なわれているが、その多くはミクロ的というよりもむしろマクロ的な視点での研究が多い。特に空間上にメッシュの制約をつけたモデルはその代表例である。それに対して本研究では、メッシュの制約を取り除き、できるだけ少ないパラメータで歩行モデルを構築し、シミュレーションによって人の歩行を再現することを目的とする。このことは歩行における真に本質的な役割を果たす要因を探し出すことでもある。

ここで扱うモデルは次のようなものである。まず人を円として捉え、各歩行者に半径、標準歩行速度、最大速度比、最大パーソナルスペース比、目的地、サーチ距離係数の情報を与える。シミュレーションでは人間の視野に相当する情報空間を考慮し、その中に位置する歩行者との衝突可能性を微小時間毎に判断する。そして歩行可能速度ベクトル領域に歩行のしやすさを表すポテンシャルを与え、非衝突領域内で最もポテンシャルの高い速度ベクトルに従って歩行を進めていく。

## シミュレーション

本モデルは個人情報としてのパラメータを最小限に抑え、ミクロ的に構成した非常に単純なモデルであり

ながら、横断歩道やスクランブル交差点などにおける歩行挙動を比較的よく再現している。特に歩行者同士の回避・追従・追い越しなどの現象がうまく表現できている。歩行速度などに制約条件を与えることなく追従の現象を再現できたことは、従来のモデルよりも大きく前進したと考えられる。また本稿では以下で「動的」な障害物である歩行者を衝突の対象と考えた場合のみを紹介するが、「静的」な障害物(例えば柱や壁など)を考えることもできる。これにより駅のコンコースやショッピングモール、スポーツスタジアムなど、様々な歩行空間に応用が可能であろう。

本モデルを用いたシミュレーション例の1つとして、渋谷駅八チ公口のスクランブル交差点がある。ビデオカメラを用いてスクランブル交差点での歩行の様子を撮影し、それを参照しながらシミュレーションを行なった。図1はシミュレーションを行なったときの、ある時点での様子を表したものである。歩行者が全体的に見て一様に分布しているわけではなく、混雑しているところとそうでないところが不規則に存在しているのがわかる。このシミュレーションでは対向者が隊列状に互いにすれ違う様子も観測され、かなり現実に近い状況が再現されているものと考えられる。また図2、3はそれぞれ回避、追従および追い越しの様子をシミュレーションにより個人レベルで示したものである。

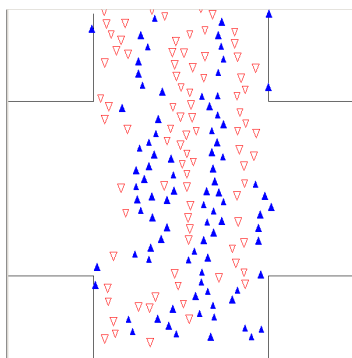


図 1: シミュレーションの様子

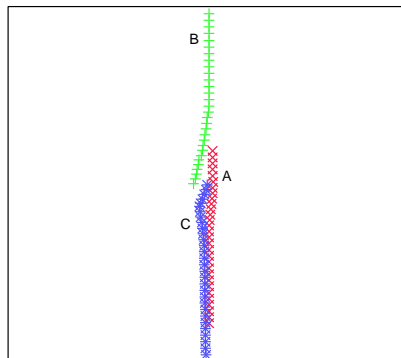


図 2: 回避・追従の様子

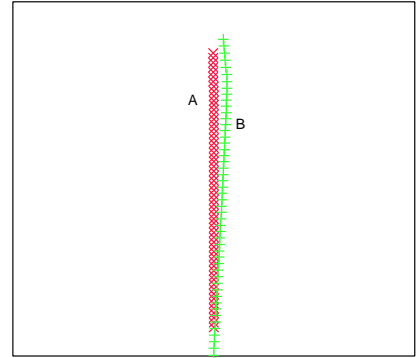


図 3: 回避・追い越しの様子

†現在、大日本印刷株式会社

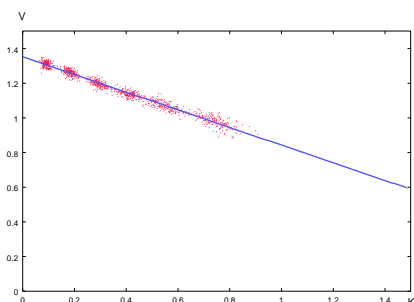


図 4: V-K グラフ

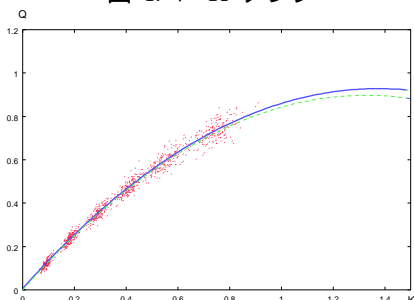


図 5: Q-K グラフ

一般に歩行流においては歩行速度  $V[m/s]$ ・歩行者密度  $K[人/m^2]$ ・交通流率  $Q[人/m \cdot s]$ の間には以下の関係式が近似的に成立することが知られている。

$$Q = KV \quad (1)$$

そこで本モデルを用いてシミュレーションを行ない、さまざまな歩行者密度の定常流における歩行速度と交通流率を測定した。

#### 実験結果

実験結果を図 4、5 に示す。図 4 の直線は回帰直線  $V = a - bK$  を、図 5 の曲線は実線が回帰曲線  $Q = \alpha K^2 + \beta K + \gamma$  を、破線が図 4 の回帰直線と式 (1) から得られる曲線をそれぞれ表す。2 本の曲線がほぼ同じ形をしていることが見てとれる。これらの係数とそれぞれの相関係数・相関比を表 1 に示す。

実験結果は式 (1) とよく合致しているが、その係数は既存の研究と少しずれている。 $V-K$  関係式の  $a$  の値は表 2 で与えられる諸結果とほぼ同程度であるが、 $b$  の値はかなり大きめである。これは高密度になればなるほど歩行速度の減少が大きいことを意味している。つまりモデルでは各歩行者がどんな場面においても完全に自分を他人よりも優先してしまい、回避行動がうまくいかずに大幅な減速を強いられることになってい

表 1: 回帰式の係数と相関

V-K			Q-K			
a	b	相関係数	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	相関比
1.351	0.508	-0.9865	-0.488	1.342	0.006	0.9936

表 2: 既存の研究結果

データ	a	b
吉岡 (通勤)	1.61	0.33
吉岡 (行事・催物)	1.349	0.376
吉岡 (買物)	1.13	0.28
毛利・塚口 (通勤)	1.48	0.204
竹内 (住宅地内)	1.50	0.38
Fruin (通勤)	1.356	0.341
Older (買物)	1.311	0.337
Oeding (混合)	1.50	0.394
Navin・Wheeler (大学構内)	1.63	0.60

るからである。このことは譲り合い精神のような要因をモデルに導入すれば改善されると思われるが、現在はまだ模索中である。

また図 4、5 に示した実験結果からもわかるように、歩行者密度が  $1.0[人/m^2]$  を超えるとシミュレーションがうまくいかなくなる。これは高密度になると対向する歩行者同士がお互いの行く手を阻むように壁を作り合い、膠着状態に陥ってしまうからである。ここでも譲り合い精神が発揮される現実とは多少異なる実験結果となっている。

今後、さらに高密度における歩行者の挙動がより忠実に再現できるようにするとともに、グループ歩行や携帯電話を見ながらの若者の歩行など、現実でありふれてはいるが、モデル的な思考からは標準的ではない歩行挙動が再現できるよう、モデルの改善に取り組みたい。

#### 参考文献

- [1] John.J.Fruin (長島正充 訳), 「歩行者の空間」, 鹿島出版会, 1979.
- [2] 交通工学研究会, 「交通工学ハンドブック」, 技報堂出版, 1984.