

# 個人行動をベースにした歩行モデルと高密度シミュレーション

02005400 東京工業大学 \* 岡田 公孝 OKADA Kimitaka  
01302440 東京工業大学 高橋 幸雄 TAKAHASHI Yukio

## はじめに

歩行者個人の行動が歩行流全体にどういった影響を与えるかを見るために、ミクロ的な視点からモデルを[1]で構築した。その結果、シミュレーションによって回避・追従・追越といった歩行者行動を詳細に表現することに成功した。しかし歩行者密度がかなり低いケースを想定しているため、高密度下での歩行まで詳細に扱うことができないでいた。実際に  $1.0[\text{ped}/\text{m}^2]$  が限界であり、これ以上歩行者数を増加させると、対向する歩行者同士が互いに壁を作り合い、やがて膠着状態に陥ってしまう。そこでより高密度な状況でも歩行流が停滞しないために、どんな要因が影響を及ぼしているのかを考える。

## 歩行モデル

[1]では以下のような歩行モデルを扱っており、本研究ではこのモデルをベースに考える。まず人を円として捉え、各歩行者に半径、自由歩行速度、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。そして移動可能領域に歩行のしやすさを表す速度ポテンシャルを与え、非衝突領域内で最も速度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。

本研究では膠着状態に陥る原因となるであろう以下の問題点を考慮し、モデルの改良をシミュレーションによって検討した。

- 情報空間内の歩行者を一様に見る
- どんな場合でも他人よりも自分の歩行を優先する
- 情報空間内の歩行者の動向に対する予測が不十分

1つ目の問題点から、自分の歩行経路に最も大きな影響を及ぼす歩行者に対してより大きな注意を払いながら歩行するのではないかと考えた。また2つ目の問題点から、自分の目的地に向かって強引に進む歩行者とそうした歩行者に歩行経路を譲る歩行者に大別されるのではと考え、モデルに譲り合いの概念を導入することを検討した。ここでは特にお互いに意識している歩行者同士で優先関係を結びながら回避するという形で

これらの問題点を回避することを考えた。また3つ目の問題点から、相手の歩行者が前時点での速度ベクトルのまま歩行するという予測の下で衝突領域を設定するため、予測外の行動が起こると対応できないと考えられる。特に速度の小さい歩行者に対する予測が大きくと外れると、膠着状態を招く要因となりかねない。そこである一定値  $V_a$  に満たない速度の歩行者に対して、目的地方向側に傾けた  $V_a$  の大きさの速度ベクトルで歩行すると予測することにした。

つまり

- アイコンタクトによる優先権
- 相手の希望する速度ベクトルを考慮した予測 (速度ベクトル認識補正)

の2点によってモデルを改良することとした。その結果、歩行者密度がおよそ  $2.5[\text{ped}/\text{m}^2]$  でも膠着状態が起こらずに歩行者をスムーズに流すことができた。特に速度ベクトル認識補正により従来のモデルに比べ予測の精度を高めたことで、混雑時における歩行者の挙動が大きく改善された。

## シミュレーション実験

これらの効果を数量的に示すため、[1]で行なったのと同様に、シミュレーションで作り出した歩行流に対して歩行速度  $V[\text{m}/\text{s}]$ ・歩行者密度  $K[\text{ped}/\text{m}^2]$ ・歩行流率  $Q[\text{ped}/\text{m}\cdot\text{s}]$  を測定し、その解析を行なった。

シミュレーション実験では長さ  $50[\text{m}]$ 、幅  $20[\text{m}]$  の歩行空間を用い、対向する歩行流を作り出す。シミュレーションクロックは  $0.1$  秒とし、各時点において以下の流れに従って計算を行なう。

1. 新規参入者の発生
2. 周辺のサーチと最適速度ベクトルの決定
3. 求めた速度ベクトルによる歩行
4. 目的地に達した歩行者の退去

歩行者の発生はポアソン過程に従い、発生位置は一様乱数を用いて点で与えられる。また歩行者の目的地は乱数を用いて線分で与えられる。

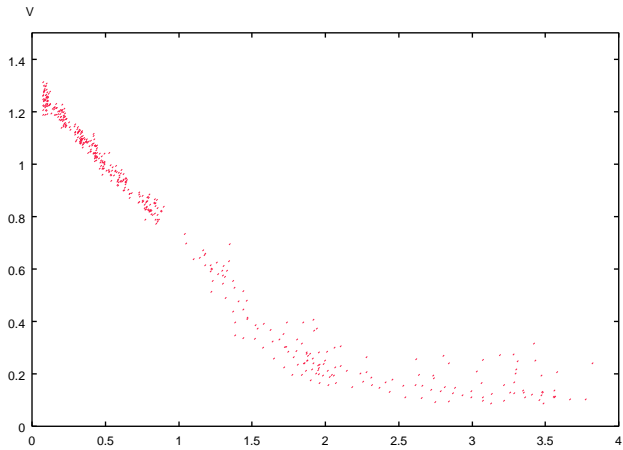


図 1: 従来モデル  $V-K$

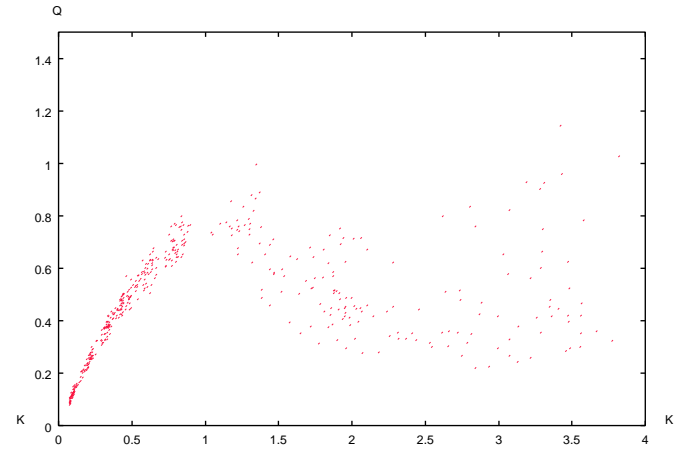


図 2: 従来モデル  $Q-K$

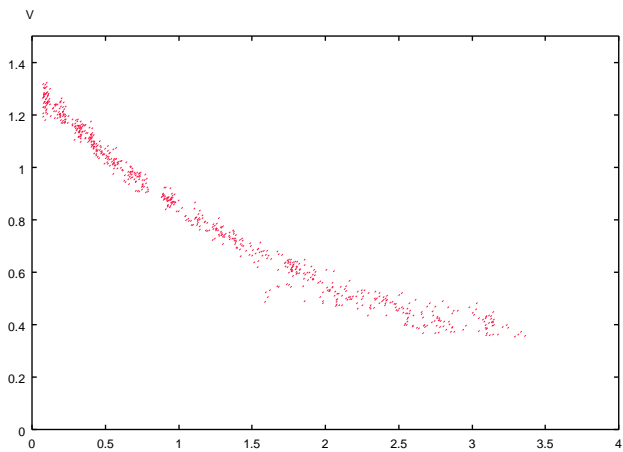


図 3: 改良モデル  $V-K$

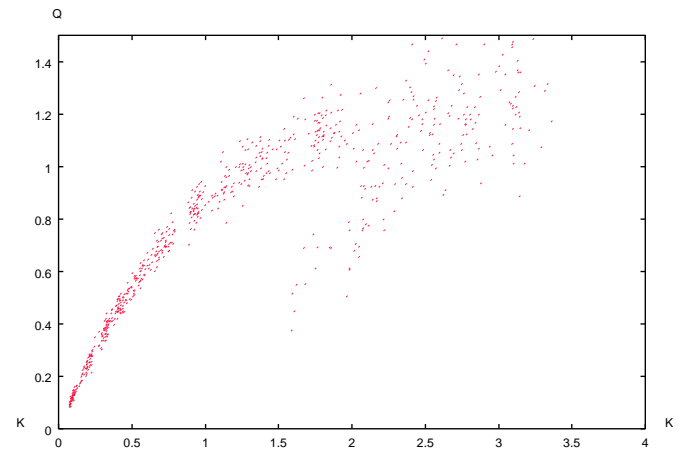


図 4: 改良モデル  $Q-K$

### 実験結果

図 1,2 には従来モデルによるシミュレーション実験の結果を、図 3,4 には改良モデルによるシミュレーション実験の結果を示す。既に述べたように従来モデルでは歩行者密度  $1.0[\text{ped}/\text{m}^2]$  を超えると膠着状態に陥るため、歩行速度・歩行流率とも急激に減少している。これに対して改良モデルでは、歩行速度は歩行者密度の上昇とともに緩やかに減少することが高密度部分でも見てとれる。歩行流率は歩行者密度が  $1.5[\text{ped}/\text{m}^2]$  を超えるとばらつきが次第に大きくなるが、完全な膠着状態は起きていない。また歩行流の基本式である

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

を近似的に満たすことから、この結果は実測を基にした既存の研究結果 [2] とも合致していると考えられる。

以上より本モデルが従来よりも高密度な状況に対応可能であることがわかった。特に前時点の速度ベクトルの情報だけでなく、目的地方向に進みたいとする対向者の意思表示を汲み取って得る情報を組み合わせることで相手の動向を予測をすることが、歩行者行動において非常に重要な要因であることがわかった。

### 参考文献

- [1] 岡田 公孝, 和田 剛, 高橋 幸雄, “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”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2003 年春季研究発表会, 2003.
- [2] 交通工学研究会, 「交通工学ハンドブック」, 技報堂出版, 1984.