

歩行者空間確保メカニズムのモデル化とその応用について*

Modeling and application of pedestrian's personal space*

中山晴幸** 大村武馬*** 山森善太郎****

By Haruyuki NAKAYAMA**, Takema OHMURA***, Zentaro YAMAMORI****

1. はじめに

「歩行」は、自動車交通が発達した現在でも最も身近で基本的な交通手段である。歩行者の挙動は、歩行者個人の特性や周囲の環境、他の歩行者からの影響などの様々な要因によって決定されると考えられる。また歩行者交通流は個々の歩行者の群であり、これを再現するためには全体の流れとして捉えるよりも歩行者個々の集合体としてとらえる必要がある。本研究は、個々の歩行者の挙動を解明することにより、歩行者流全体を再現できるシミュレーション・モデルの開発を目的としている。今回は、歩行者の空間確保メカニズムについて検討し、そのモデル化を試みた。さらに、その応用としてシミュレーションを試行した。

2. 歩行者の空間確保

本研究では、歩行者の挙動に影響を与える要因として3つの要因を設定し、図-1のような関係を持つものと仮定した。これらの要因は以下のとおりである。

- (a) 歩行者の条件
 内的条件 歩行者の生心理的条件
 外的条件 荷物の有無
- (b) 歩行環境
 壁や柱、出入口などの空間の境界条件
- (c) 歩行者相互干渉
 他の歩行者からの影響

*キーワード：歩行者交通行動
**正員、工修、日本大学理工学部交通土木工学科
***工修、日本大学理工学部交通土木工学科
****日本大学大学院理工学研究科
(千葉県船橋市習志野台 7-24-1、0474-69-5240、FAX 0474-69-5240)

人間は他人との間にある一定の間隔を確保する傾向があることから、この間隔を決定する過程を図-1のように歩行環境や他の歩行者の存在、歩行者個人の目的指向、時間的余裕などによりその間隔が決定されると仮定したものである。
また、歩行者相互の干渉における歩行者間隔の動的変動に関して、それを決定するプロセスを検討し、

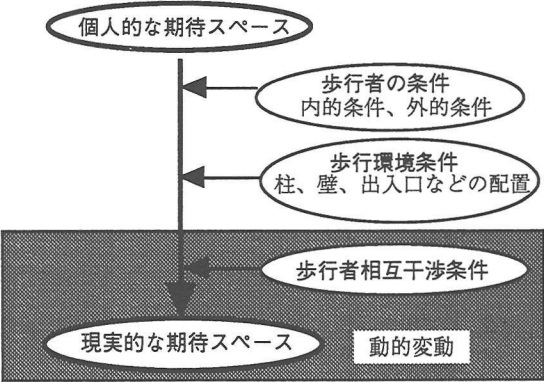


図-1 期待スペース決定モデル

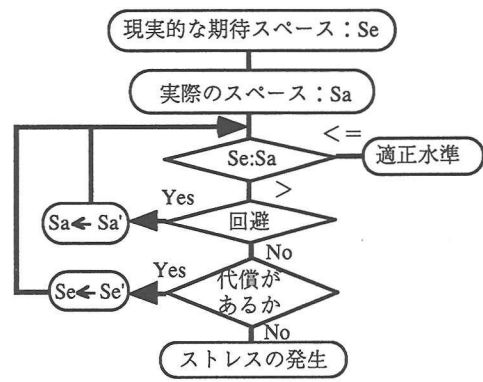


図-2 空間確保メカニズム

空間確保メカニズムとして設定した。これは、社会学的なプライバシーモデル¹⁾を基本としたものであり、現実的な期待スペースと実際のスペースとのギャップを各歩行者がいかに処理するかの流れを示したものである。このモデルでは、歩行者は他の歩行者による期待スペースへの侵入、歩行への干渉が起これば、期待スペースと実際のスペースとの間にギャップが生じる。もし、期待スペースよりも実際のスペースが小さい場合にはこのギャップを埋めて適正水準に修正する。このとき、判断の基準となるのが代償であるが、代償が存在しない場合にはストレスが発生する。ここにおける代償行為として、本研究では時間的余裕や目的指向の高さに着目した。これまで、本研究では歩行環境における密度や干渉する歩行者の方向について検討を行ってきた。今回は、歩行者の目的指向・時間的余裕が歩行挙動、なかでも空間確保にどのような影響を与えているのかについて着目し、駅構内において目的指向・時間的余裕が異なると思われる朝の通勤時間帯と、昼の閑散とした時間帯の歩行者の挙動について比較・検討を行った。

3. 調査解析方法

実際の歩行挙動を解析するため、歩行者空間をビデオカメラによって撮影した。撮影場所は東京駅丸の内北口コンコースで、歩行空間を見渡せるように上部方向から撮影した。調査対象範囲はコンコース中央部の柱を2本含んだ範囲である。撮影は8ミリビデオカメラを用い、朝の通勤時間帯と昼の閑散とした時間帯にそれぞれ30分間行った。この撮影した映像から朝、昼それぞれ5分間の映像を解析に用いた。この映像をビデオプロジェクタを用いてデジタイザに投影し、1/3秒毎の歩行者の位置をコンピュータ上の座標へ変換した。各歩行者のデータはx-y座標の他、時刻(1/3秒毎)、性別、グループ形成の有無などと共にファイルとして記録した。解析にあたり、今回は歩行者の相互干渉について着目するため、他の歩行者から影響を受ける範囲としての干渉領域を歩行者の前方3mの半円として設定した。この範囲は近接域¹⁾と呼ばれ、社会的に他人の侵入をとくに意識する範囲

と言われている。また、調査対象範囲内に現れた歩行者を歩行方向別に4方向に分類を行った。各歩行者については歩行速度のほか、干渉領域内に現れた歩行者について対人距離について解析を行った。

4. 解析結果

図-3に、朝と昼における対人距離の相対頻度分布を示す。この図から朝、昼ともに対人距離は0.5m付近から増加していることが分かる。このことから、0.5mが歩行に必要な最低の空間であり、物理的に他の歩行者が侵入できない領域であると考えられる。また、朝の歩行者の対人距離が0.5mから直線的に増加しているのに対して、昼の歩行者は1.5m付近から急増していることが分かる。これは、通勤という目的指向が高く時間的余裕がない朝の歩行者は、対人距離を確保することよりも歩行速度を維持することに重点をおいているためと考えられる。また、昼の歩行者は朝に比べて目的指向が低く時間的な余裕があるために、歩行に際して対人距離を大きくとっていると考えられる。

次に、朝と昼の歩行速度の相対分布を図-4に示す。朝の平均歩行速度は1.37m/sec、標準偏差は0.21m/sec、昼はそれぞれ1.29m/secと0.34m/secであった。朝の歩行速度が高いのは朝の時間帯は通勤歩行者がほとんどであるため、昼に比べて急いで歩行する人が多いためと思われる。この測定結果で昼の時間帯に0m/sec付近の頻度が高いのは、待合せなどで立ち止まっている人が多いためである。

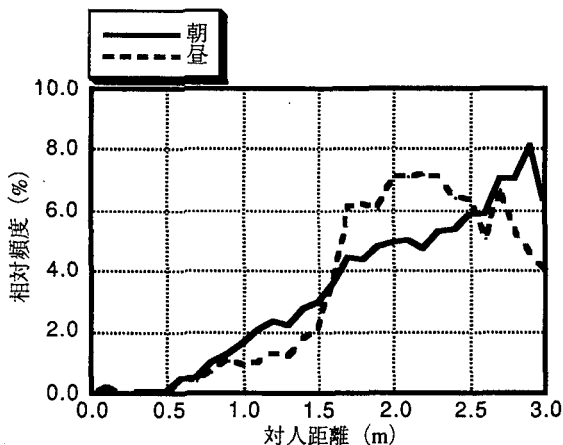


図-3 対人距離と相対頻度

表－１は、調査対象範囲内の方向別歩行者数である。朝においては、改札口から出入口方向への１方向の大きな歩行者流が現れていることが分かる。また、昼は朝と比較すると閑散としており、特に大きな歩行者流が形成されていないことが分かる。

５．空間確保モデル

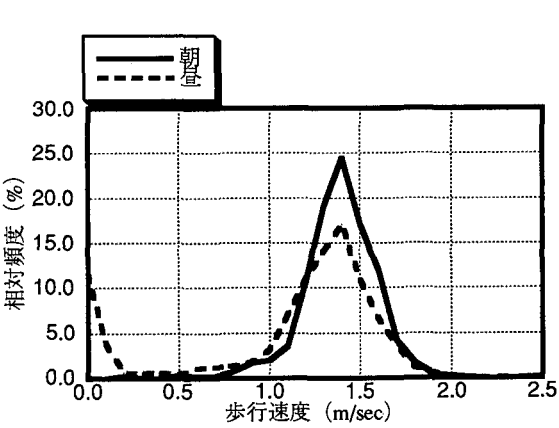
解析結果から、朝の時間帯では対人距離が狭くなくても歩行速度を維持する傾向が見られ、昼の時間帯では対人距離の確保を重視している傾向が見られた。この解析結果から得られた目的指向・時間的余裕と対人距離の関係を表現するため、対人距離の取りかたについて図－５に示した式を用いてこのシミュレーションモデルを表現した。この式では、パラメータを設定することによって対人距離歩行間隔を自由に設定することができる。これを用て朝と昼の目的指向の違いによる対人距離の違いを表現することを試みた。また、歩行者は静的障害物に対しては予め回避していると考えられるため、柱などの静的障害物の回避については、上記の歩行者回避のための空間確保とは区別した別のアルゴリズムを適用した。次に、今回のシミュレーションに際して以下のような仮定を設定した。

- (a) 歩行者発生率、歩行速度分布は実際のデータに倣う
- (b) 歩行者は各自始点と終点を持つ
- (c) 途中に障害がない場合、歩行者は最短経路を選択する
- (d) 歩行中の加減速は考慮しない

これらの仮定のもとに、UNIXワークステーション上でC言語を用い空間確保モデルおよび回避アルゴリズムを含むシミュレーションプログラムを作成した。このシミュレーションにおけるタイムステップは解析と同様1/3秒で、朝、昼それぞれ120秒間の試行を行った。

６．シミュレーション試行結果

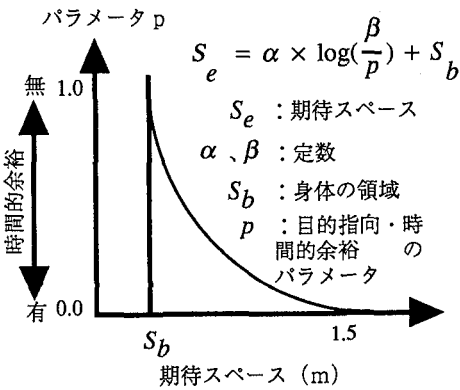
実際の歩行者の軌跡とシミュレーションの試行結果を次ページに示す。図－７に見られるように期待



図－４ 歩行速度相対分布

表－１ 方向別歩行者交通量（単位：人）

時間帯	1方向	2方向	3方向	4方向
8:00～8:05	665	59	23	12
13:08～13:13	182	62	48	82



図－５ 空間確保モデル

スペースを小さく設定した朝は、回避を小さく行っており歩行軌跡は直線的になっていることが分かる。これに対し、期待スペースを広くとった昼の時間帯は、図－９に見られるようにスペース確保の回避を頻繁に行うため、朝と比較して直線的に歩行する歩行者が少ないことが分かる。これらは実際の歩行軌跡と比較してみても同様の軌跡を見ることができることから、この点では朝の通勤時間帯と昼の閑散とした時間帯の違いを表現することができたといえる。しかし、細部に目を向けると不自然な回避行動や軌跡が発生していることが分かる。このことから、今

回作成したシミュレーションは巨視的には朝と昼の違いを再現することに成功したが、細部については完全に再現しているとはいえない。

現在、このシミュレーションを応用した三次元表示プログラムを開発中であり、この3D-CGによる表示例を図-10に示す。このプログラムを用いることにより歩行者流の様子をより視覚的に表現することが可能となる。

7. 今後の課題

今回は、歩行者の相互干渉と時間帯の違いによる目的指向・時間的余裕の違いが歩行挙動にどのような影響を与えているかについて解析を行った。その結果、平均歩行速度と対人距離の取り方に明らかな違いを見ることができた。また、その結果を基に空間確保メカニズムを用いたシミュレーションモデルの構築を行った。そのシミュレーションの試行においては目的指向のパラメータを用いた対人距離の違いを表現することができた。しかし、実際の歩行挙動には他にも様々な要因が影響しており、今回の解析だけでは十分な要因を把握したとは言えない。今後は、ショーウィンドウや掲示板などが歩行者を引き付ける誘因効果や、歩行挙動における加減速についての解析を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 大坊郁夫他編：社会心理学パースペクティブ、誠信書房、1990年

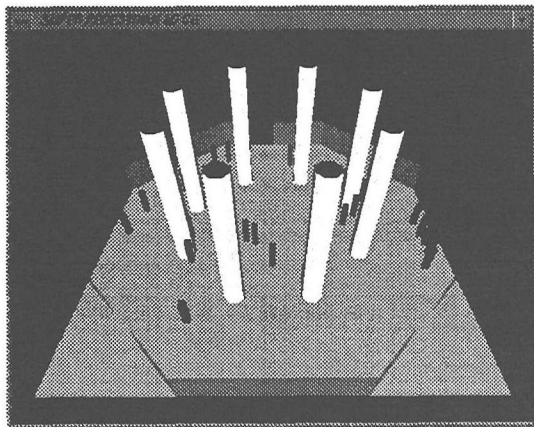


図-10 3D-CGによる表示例

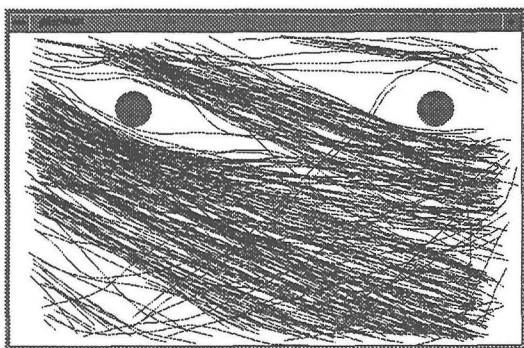


図-6 実際の歩行軌跡（朝）

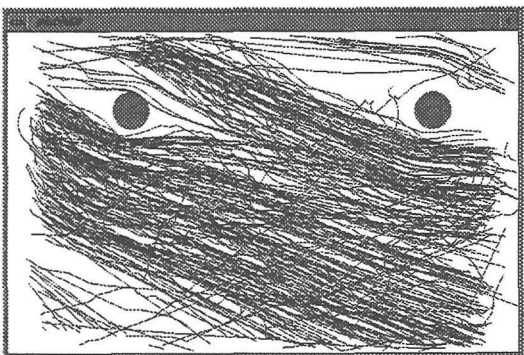


図-7 シミュレーションによる歩行軌跡（朝）

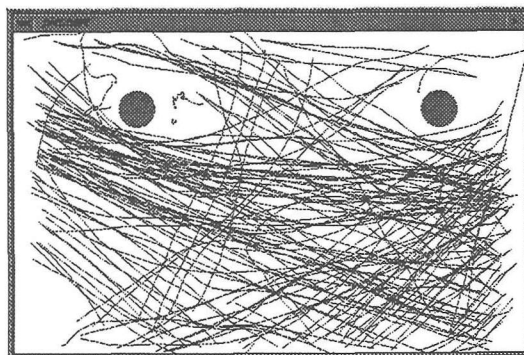


図-8 実際の歩行軌跡（昼）

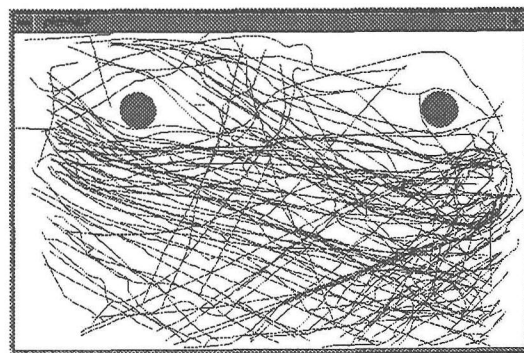


図-9 シミュレーションによる歩行軌跡（昼）