

## 群集による車いす搭乗者追い越し人間モデルの研究

松倉洋史\*・勝原光治郎\*・宮崎恵子\*・桐谷伸夫\*

A Study on Human Model of Pedestrian Group  
Overtaking Wheelchair UserHiroshi MATSUKURA, Mitsujiro KATSUHARA,  
Keiko MIYAZAKI and Nobuo KIRIYA

## Abstract

Transportation and Accessibility Law came into operation in Japan May 2000, which regulated barrier-free technical standard for ships as well as other transportation facilities. It is expected that more and more wheelchair users will make use of sea voyage because of the increase of barrier-free ships. But the influence of mixture of foot pedestrians and wheelchair users on evacuation safety has not yet been studied well and its investigation is a pressing need.

This paper describes walk model of foot pedestrian group who is not into a panic and overtakes a wheelchair on passage. The model is designed based on the experiment that simulates evacuation of foot pedestrian group and a wheelchair user on straight passageway of ship. A Simulation program is developed faithfully based on the walking human model and the validity of the model is investigated by comparison of experimental results and simulated one. This model is expected to be a base case for more complicated and more influential environment on evacuation safety on ships, like stairs, doors and differences.

Many conventional walking human models in escape analysis are designed by using physical phenomenon, such as potential energy and electromagnetic field, and so on. This model uses simple cognitive cycle which includes prediction and modification, and uses simple behavior rules according to a distance to a wheelchair. Despite of its simplicity and ease of description it realizes group action and it shows satisfactory performance.

**Key words** : human engineering, wheelchair user, ship evacuation safety, walk model, simulation

**キーワード** : 人間工学, 車いす搭乗者, 避難安全, 歩行モデル, シミュレーション

## 1. まえがき

平成12年に「高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律（交通バリアフリー法）」が制定され<sup>(1)</sup>、他の交通機関と同様に、船舶についてもバリアフリー技術基準が定められた。今後、バリアフリー技術基準に適合した船舶の増大により、車いす利用者による船舶の利用

が促進されると予想される。しかし、車いす利用者が車いすを用いて歩行者と共に避難する際、避難性能がどのように変化するかに関する研究はほとんど行われておらず、その解明が急務である。

本報告では、車いす搭乗者と歩行者の集団（以下、群集という）が船内通路で避難を行う際の挙動に関する実験<sup>(2)(3)</sup>をもとに、直線通路を対象にパニックには陥っていない状態（以下、非パニック状態とい

\* 正会員 独立行政法人 海上技術安全研究所（〒181-0004 東京都三鷹市新川6-38-1）

う)の群集が車いす搭乗者を追い越す際の群集歩行モデルを提案する。そして、モデルを基にシミュレーションプログラムを開発し、シミュレーション結果を実験と比較することにより、その妥当性を検証する。本モデルは、今後、階段・段差・扉等の避難性能に大きな影響を与えると考えられる状況に対応する歩行モデルへと発展させるための基礎モデルである。

従来、歩行モデルは様々なものが提案されてきているが<sup>10)11)</sup>、ポテンシャル等の物理現象を用いてモデル化されたものが多く見られる<sup>12)</sup>。本研究では予測・修正行動等を含む人間の認知サイクルや、区間毎の行動選択規則等を用いることにより、人間の思考態様に即したシンプルなルールを用いたモデルでありながら、集団行動を実現し、また実験とよく一致する結果を得ることができた。

## 2. 実験概要

群集が車いす搭乗者と共に旅客船内の通路を避難する場合を想定した実験を行った。実験は、船内直線通路を想定したモックアップを作成し、非パニック状態の群集と車いす搭乗者が避難する場合を想定して、通路幅・群集密度・心理等の条件を変化させ、群集が車いす搭乗者を追い越す状況を真上から観測するというものである。

Fig. 1に本実験の概況を示す。長さ15mで通路幅可変の直線通路を作成し、30人(大学生男子27名、女子3名)の被験者が歩行者に、1人が車いす搭乗者に扮した。被験者が実験の手続きに慣れること、また実験条件を揃えるために先頭歩行者が一定速度で歩けること等を目的とした十分なりハーサルの後、以下の条件を適宜組み合わせ、およそ5分間隔で計60回実験を実施した。

- ・通路幅: 2・3・4・5m、開口部通過
- ・歩行開始時の密度: 2人/m<sup>2</sup>・3人/m<sup>2</sup>・4人/m<sup>2</sup>(注:歩行中の密度ではない)
- ・車いす: 停止、電動・手漕ぎ自走・介助者押す(全

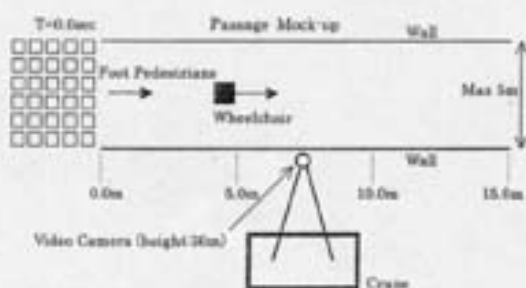


Fig. 1. Experiment arrangement

て移動速度0.8m/s程度)

- ・歩行者の感情: 設定無し・車いす搭乗者への優しい気持ち/意地悪な気持ち・他歩行者への競争心

歩行者と車いす搭乗者の移動の状況は、高さ30mのクレーン上端に設置したビデオカメラで記録した。一定時間毎に取得した画像から、歩行者・車いす搭乗者の座標データを取得し、アフィン変換<sup>13)</sup>によってカメラ位置等による歪みを取り除いた。

なお、本研究は非パニック時の避難行動を対象としているため、本実験で得られた結果は、当該状況下での実際の避難行動と類似した傾向を示していると考えられる。また、本研究では基礎的な群集歩行モデルを提案することを目的とするため、以下では歩行者の感情が追い越し行動へ与える影響や、開口部の通過については検討対象外とした。

## 3. 実験結果の検討

群集が車いすを追い越す際の行動ルールを見いだすという観点から、実験結果について検討を行った。なお、以下で進行方向とは壁と平行な方向をいい、左右方向とは進行方向に対して直角をなす方向をいう。

全体的な特徴として挙げられるのは、車いすを含む歩行者全体の動きは、実験計画の立案段階で予想していたものよりも非常に滑らかであるという点である。当初は車いすを追い越す際に、歩行者同士の追い越しや衝突、車いすの横を通過する直前の流れのつまり等が予想されていた。しかし、実験結果によれば、歩行者が車いすに接近すると歩行者の移動が始まり、前もって車いす用の空間をあけた上で車いすの追い抜きを行い、追い抜きが終了すると合流するという一連の動作が滑らかに行われる。歩行者相互の見事な協調動作であるといえる。

次に、歩行状況を記録したビデオを観察し、以下の3つの行動特性を抽出した。

①車いすとの相対距離(区間)による歩行者の行動について

車いすを追い抜こうとする歩行者の行動は、歩行者と車いすとの相対距離に応じて4つの区間に分類することが可能である。

A. 車いすを避けるために進路変更を開始する前の区間

歩行者はほぼ一定の速度で移動を行う。左右方向への移動はあまり行わない。

B. 車いすを避けるために進路変更を行う区間

歩行者は車いすを避けようと進路変更を開始する。車いすに対して自分が右側にいる場合は右方向

に、車いすに対して左側にいる場合は左方向に進路変更する。これにより歩行者は車いすの軌跡を境に左右に分かれることとなる。この区間内では歩行速度は増加する傾向がある。なお車いすと衝突コース上にない歩行者は、他の歩行者が接近してきた場合を除き進路変更を行わない。

#### C. 歩行者が車いすを追い抜きつつある区間

歩行者は車いすを抜きつつあるため、左右方向の移動は少ない。また、歩行速度は引き続き増加する傾向がある。

#### D. 歩行者が車いすの追い抜きを終了した後の区間

歩行者は左右方向に対して、当初歩行していた位置付近まで緩やかに進路を変更する。これにより、群集として見た場合、車いすを追い抜くためにあいていた空間が閉じる。この区間では歩行速度は一定であるか、やや増加する傾向が見られる。

なお、車いす追い抜き後も歩行者の速度がやや増加するケースがあるのは、通路が短い歩行者に一気に歩き抜けようという意識が生じるためと考えられる。

#### ②車いすを避けるための歩行者の進路について

ある歩行者が進路変更を行おうとして他の歩行者と衝突のおそれが生じた場合、進路変更を行おうとした歩行者が他の歩行者に対して前方にいる場合は加速しつつ進路変更を続け、後方に位置する歩行者は減速する。また、進路変更を行おうとした歩行者が他の歩行者に対して後方にいる場合は、進路変更を行いつつ減速して後方に移動し、他の歩行者は加速する。以上のようにして全体の速さを維持しつつ滑らかな位置関係の調整が行われる。

#### ③歩行者相互間距離について

歩行者相互の距離については、ある一定以上には近づかないと同時にあまり離れすぎないという現象が観察できた。②の進路変更に伴う減速が後方の歩行者に伝播すること等により前後の距離が接近しすぎると、後方の歩行者は減速してそれ以上の接近を避ける。また、ある歩行者の前方歩行者の速度が速く空間があいてしまった場合、その歩行者は速度を増してそれ以上空間はあかない。

実験結果の例をFig. 2(a)~(h)に示す。なお、各図の時間間隔は約0.6秒である。また、実験の慣れの効果を見るために全く同じ条件の実験を6ケース行ったが、上記検討結果に影響を及ぼすような変化はなかったことを確認している。

## 4. 群集歩行モデルの考案

前章で抽出した歩行の特徴を実現する必要十分の

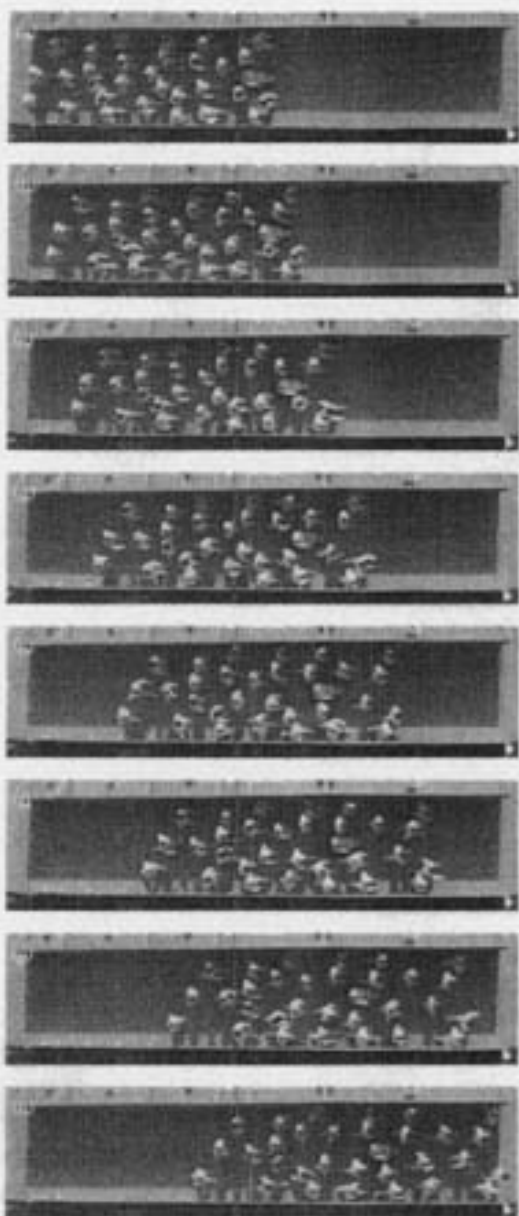


Fig. 2. Example of video pictures (experiment 23)

ルールとして、以下の5項目からなる群集歩行モデルを考案した。

#### ①車いすとの相対距離(区間)による意図選択ルール

車いすに対する歩行者の距離によって歩行区域をFig. 3のように4つの区間に分け、その区間毎に歩行者の行動パターンが切り替わるとした。

##### A. 接近区間



Fig. 3. Model of human behavior along relative distance

車いすに対して遠方にいた歩行者が、車いすを避けるための進路変更を行う距離に達するまでの区間（行動特性①Aに相当）。

#### B. 進路変更区間

車いすを避けるために、必要に応じて進路を変更する区間（行動特性①Bに相当）。

#### C. 追い抜き区間

進路変更を終了し、車いすを追い抜きつつある区間（行動特性①Cに相当）。

#### D. 追い抜き後区間

車いすの追い抜きを終了した以降の区間。歩行者は進路変更を開始する前の歩行位置に戻り、歩行を継続する（行動特性①Dに相当）。

#### ②進路変更ルール

歩行者は車いすの追い抜きに際し、進路変更が必要な場合は、Fig. 3の進路変更区間に見られるように、追い抜き区間に入る前に必要な進路変更が完了するように進路変更を行う。車いすの中心に対して自分が右側にいる場合は右方向に、左側にいる場合は左方向に進路を変更する。

#### ③速度調整ルール

集団行動をしている歩行者は、他の歩行者との距離に従いFig. 4のように自らの速度を調整する。すなわち歩行者は、前方を歩行する者との位置関係について、快適と感じる区間（快適区間）があると仮定する。両者の距離が、その区間を構成する最短距離よりも短くなると減速して快適と感じる距離を確保しようとし、その区間を構成する最長距離よりも距離が長くなると同様に加速して快適と感じる距離を確保しようとする。

なお、実現される最高速度は、前歩行者との距離によりFig. 5のようになるとする。これは歩行者の密度により歩行速度が規定される状況を単純化したものである。

#### ④回避行動ルール

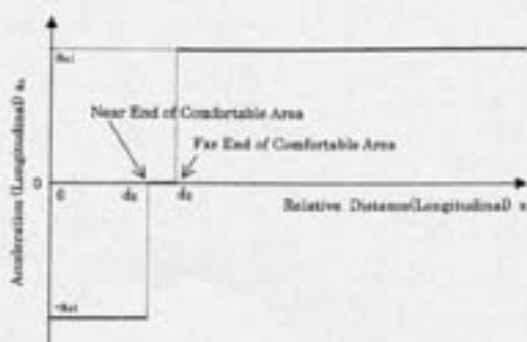


Fig. 4. Model of relative distance and acceleration (travel direction)

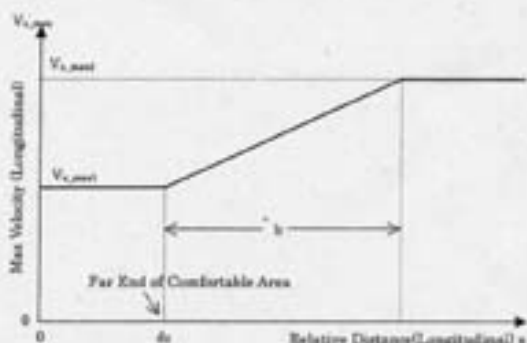


Fig. 5. Model of relative distance and max velocity (travel direction)

他者までの距離が快適区間内にある距離を快適距離と定義し、歩行者が他の歩行者との衝突を回避するためのルールを以下の通りとした。

Fig. 6は最も近い位置にいる他の歩行者（以下、最接近歩行者と呼ぶ）の位置に対応した、進行方向に関する回避行動を示したものである。Fig. 6により前後方向に関して快適距離が維持されるよう速さが調整される。

また、Fig. 7は最接近歩行者の位置に対応した、左右方向に関する回避行動を示したものである。これにより左右方向に関して快適距離以上の距離が維持されるよう速さが調整される。

なお、歩行者の後方に関しては、注意が向きにくく情報収集が十分できないと考えられるため、左右方向から一定角度以上後ろにいる他の歩行者は、当該歩行者の速度には影響を及ぼさないとした。

#### ⑤「希望」「予測」「修正」「実行」サイクル

歩行者は、Fig. 8の4段階からなる認知活動のサイクルを行い、それを繰り返すことで継続的に行動を行うとした。上記①～③はAで、④はCで実施さ



Fig. 6. Model of closest pedestrian position and avoidance activity (travel direction)

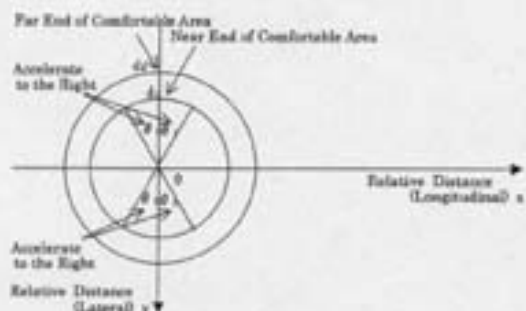


Fig. 7. Model of closest pedestrian position and avoidance activity (right and left)

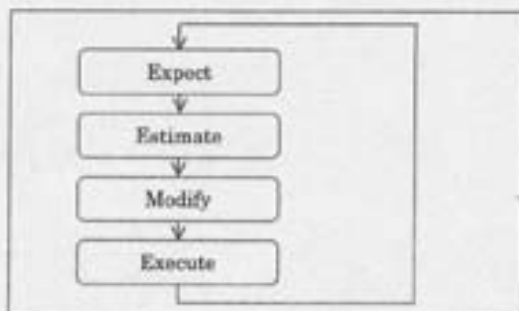


Fig. 8. Model of cognitive cycle

れる。

#### A. 希望

歩行者との相対区間により選択される意図を達成するよう希望速度を設定する。意図の種類は、「速さ維持」「車いす回避」「加速」「移動しない」「快適距離維持」「元(追い越し前)の進路に復帰」の6種類とした。

#### B. 予測

現在時刻の周囲の状況(速度・位置等)をもとに、ある時間後に周囲のオブジェクト(他の歩行者・車

Table 1. Strategy correspondence of four sections

	Interact Section	Course Change Section	Overtaking Section	Post-Overtaking Section
	Longitudinal	See Pedestrian Following	Accelerate	Accelerate
Lateral	See	Avoid Wheelchair	See	Return Original Course

いす・壁)がどの位置にいるのかを計算する。自分に関しては「希望」の段階で設定した速度を実行した場合の位置を予測する。

#### C. 修正

上記で予測した自分と他のオブジェクトとの位置関係から、回避行動ルールにより必要な修正を行う。

#### D. 実行

最終的に決定された速度で実際に移動を行う。

Table 1に、区間と選択される「意図」の対応を示す。群集の中で後続の者は「希望」の段階で、進行方向に関して前方歩行者と常に快適距離を維持するという意図を採用する。これにより集団行動が実現される。

## 5. シミュレーションの開発とその検討

前章のモデルを実装したシミュレーションプログラムを開発し、シミュレーションを行って実験結果と比較する。なお、壁の制約による歩行者の行動への影響が比較的大きい、通路幅3mと2mの実験を対象とした。通路幅3mで車いすが電動走行を行い、歩行者初期配置密度が順に $4 \cdot 3 \cdot 2$ 人/m<sup>2</sup>である実験22・23・24と、通路幅2mで車いすが電動走行を行い、歩行者初期配置密度が順に $4 \cdot 3 \cdot 2$ 人/m<sup>2</sup>である実験39・40・41を対象にシミュレーションを行った。

### 5.1 シミュレーションの概要

開発したシミュレーションは、各歩行者がそれぞれ周囲の情報を取り込み、その情報に基づいて判断を行って行動するというマルチエージェント型のシミュレーションである。

シミュレーションに際し、実験条件から直接に測定できないパラメータについてはTable 2のものを用いた<sup>(9)</sup>。集団行動をしている歩行者は、常に周囲に注意を払っていると考えられることから $\alpha$ は大きめの値となっている。なお、 $V_{x\_max1}$ と $V_{x\_max2}$ の2個のパラメータを除いて、全てのシミュレーションについて共通のパラメータ値を用いている。

### 5.2 シミュレーション結果の例

Fig. 9(a)~(h)に、計算例として、実験23に対応す



Table 2. Parameter values used in calculation

Simulation Interval	0.1 sec
Estimation	1 second ahead
Section (Fig. 2)	$D=1.5m, D_0=0.5m, D_1=1.5m$
Comfortable Area (Fig. 4)	$4 \times 0.5m, 4 \times 0.5m$
Max Acceleration (Longitudinal) (Fig. 4)	$a_{max} = 1.0m/s^2$
Max Velocity (Longitudinal) (Fig. 5)	$V_{max} = 1.5m/s$ $V_{x,max} & V_{y,max}$ Adjust Every Simulation
Avoid Other Person (Fig. 7)	$R = 0.5m$
Max Velocity/Lateral	0.3m/s
Max Acceleration/Lateral	0.3m/s <sup>2</sup>

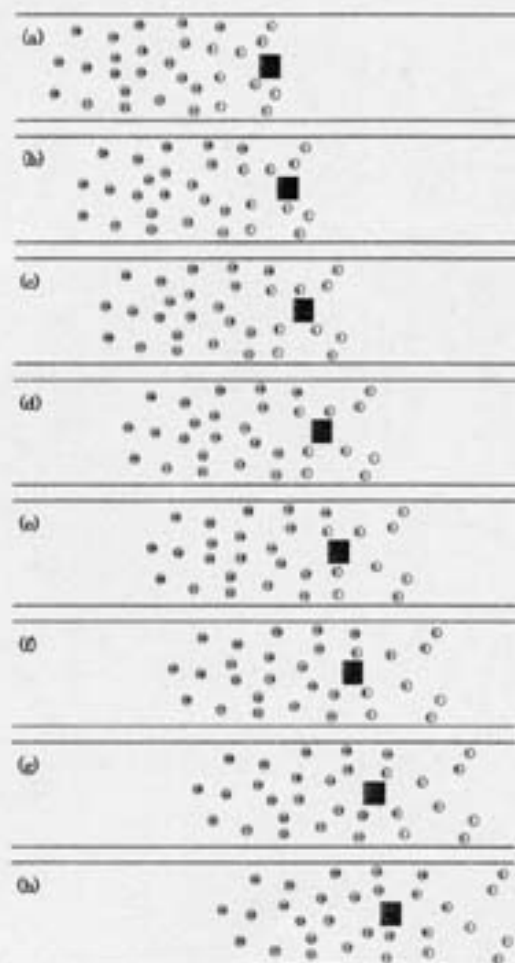


Fig. 9. Example of simulation result (experiment 23)

るシミュレーションの結果例を示す。シミュレーションの初期条件として実験の歩行者および車いすの位置と速度を用いた。全ての歩行者がカメラの視野角内に入った時点シミュレーションの開始時刻

としている。また、車いすの位置についてはシミュレーションの外的条件であるため、全シミュレーション時間に就き実測値を用いた。各図の時間間隔は約0.6秒である。

### 5.3 シミュレーション結果の検討

#### 5.3.1 観察項目の再現性の確認

提案した行動モデルが妥当であるか確認するために、モデルを忠実に実装したシミュレーションプログラムの計算結果が、実験結果から抽出した定性的特徴に合致しているかどうかを見る。3章④で述べた「希望」段階で、抽出した歩行者の動きの特徴が実現されるよう速度が設定されるが、「予測」・「修正」の段階で予測をもとに他者と衝突をしないことを最優先に速度が修正される。それでもなお定性的特徴が再現されるかが問題となる。

まず、全体的な動きであるが、歩行者が車いすに接近すると歩行者の移動が始まり、事前に車いす用の空間をあけた上で車いすの追い抜きを行い、追い抜きが終了すると合流するという一連の滑らかな動作を再現することが出来た。

次に、3章の行動特性①については、各区間毎に以下の様であった。

A. 車いすを避けるために進路変更を開始する前の区間

シミュレーション結果では、歩行者は全体としては一定の速度で移動しており、実験結果と同一の定性的傾向を示している。

B. 車いすを避けるために進路変更を行う区間

シミュレーション結果では、歩行者は車いすに対して自分が右側にいる場合は右方向に、車いすに対して左側にいる場合は左方向に進路変更している。車いすと衝突コース上にはない歩行者は、他の歩行者との衝突のおそれがある場合のみ進路変更をしている。シミュレーション結果は実験結果と同一の定性的傾向を示している。

C. 歩行者が車いすを追い抜きつつある区間

シミュレーション結果では、左右の移動はしていない。歩行速度は、最高速度に達した者を除き増加している。これらは実験結果と同一の定性的傾向を示している。

D. 歩行者が車いすの追い抜きを終了した後の区間  
シミュレーション結果では、歩行者は当初歩行していた位置まで緩やかに進路を変更している。これは実験結果と同一の定性的傾向を示している。

次に、行動特性②について述べる。シミュレーション結果では、ある歩行者が進路変更を行おうとして他の歩行者と衝突のおそれが生じた場合、進路変更

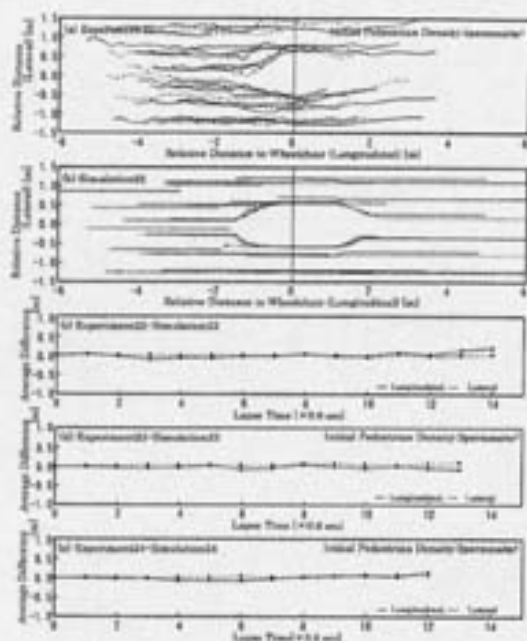


Fig. 10. Pedestrians' loci against wheelchair and position difference (passage width : 3m)

を行おうとした歩行者が他の歩行者に対して前方にいる場合は加速しつつ道路変更を続け、後方に位置する歩行者が減速して更に後方に移動している。また、道路変更を行おうとした歩行者が他の歩行者に対して後方にいる場合は進行方向速度を下げても更に後方に移動し、他の歩行者は加速している。以上によりスムーズな位置関係の変更が行われており、実験結果と同一の定性的傾向を示している。

行動特性③について述べる。シミュレーション結果では、歩行者同士の相互間距離についてはある一定以上には近づかないと同時にあまり離れすぎない。これは実験結果と同一の定性的傾向を示している。

以上の検討により、提案した歩行者の行動モデルは、実験結果と同一の定性的傾向を示していると言える。

### 5.3.2 歩行者の相対軌跡と位置差異の比較

次に、実験とシミュレーションの数値データをもとに、歩行者が車いすを追い越す際の軌跡と位置の差異を比較する。Fig. 10は通路幅3mの場合の実験を対象とし、Fig. 11は通路幅2mの実験を対象としたグラフである。

(a)は車いすの位置を原点にとり、各歩行者の相対位置を歩行者の進行方向を右向きにとってプロットしたものであり、(b)は(a)に対応するシミュレ

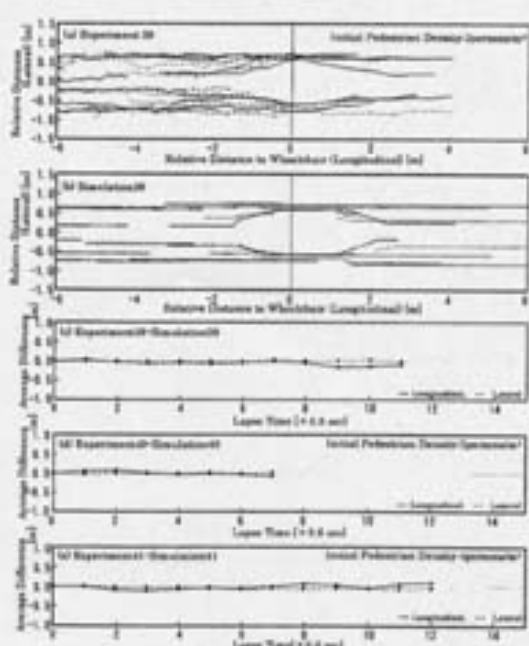


Fig. 11. Pedestrian's loci against wheelchair and position difference (passage width : 2m)

シヨンの結果を同様にプロットしたものである。シミュレーション開始時の歩行者位置・速度、および各時刻の車いすの位置について実験値を用い、歩行者の動きをシミュレーションしている。実験の場合は歩行者が測定範囲外に出るとデータが存在しないためにシミュレーションと比較して描かれた曲線が短く、また、歩行者は車いす追い抜き後に、進行方向左側に設置した出口に向かう傾向があるため、左側へ軌跡が寄る傾向が見られる。しかしながら、(a)(b)は良好な相似性が認められる。

(c)~(e)は各時刻における、実験値とシミュレーション値の歩行者一人あたりの平均差異を、シミュレーション値の方が実験値よりも大きい場合を正にとりプロットしたグラフである。横軸はシミュレーション開始時刻からの経過時間を示している。ここで差異を絶対値の平均としなかったのは、歩行者各人の個性による行動のばらつきが一定程度吸収されると期待されるからである。なお、歩行者の動作は車いすに対して左右対称であると期待されることから、左右方向の差異の値は車いすの軌跡を中心に、左右方向に外側の向きを正に設定した。差異の値は進行方向差異で最大0.21m、左右方向差異で最大0.09mと小さな値であり、また、時間が経過しても値は急激に大きくはならない。実験結果とシミュレーション結果は良好な一致傾向を示している。

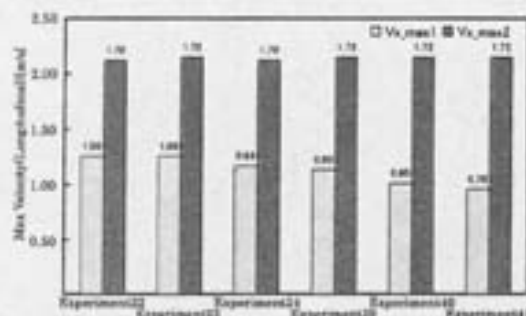


Fig. 12. Max velocity adjusted optimally

Fig. 10および11のシミュレーションでは、Fig. 5で定めた最大速度を規定する2つのパラメータを除いて全て共通の値を用いている。この2つのパラメータの分布をFig. 12に示す。

Fig. 12で、通路幅3mの時よりも通路幅2mの時の方が $V_{x,max1}$ の値が小さい。これは、通路幅が狭い方が同じ距離にいる前方歩行者に対してより圧迫感を感じ、歩行者密度が小さいほど歩行速度が大きいう関係と同一の傾向を表したものであると解釈出来る。また、 $V_{x,max2}$ の値は両通路幅で比較的一致している。これは $V_{x,max2}$ の方は歩行可能な最大速度に規定されるからであると考えられる。

複数種類の条件で実施した実験結果を2個のパラメータを調整してシミュレーションすることで、良好な定量的一致を得られた。以上により本モデルは定量的傾向においても妥当であると考えられる。

## 6. まとめ

本報告では、歩行者による車いす搭乗者の追い越し実験をもとに、一定幅の直線通路において群衆が車いす搭乗者を追い越す際の特徴を抽出し、人間の思考態様に即したシンプルルールを用いた車いす追い越し群衆歩行モデルを提案した。また、そのモデルを実装したシミュレーションプログラムを開発し、必要なパラメータを与えてシミュレーションを行った。更に、実験結果から得られた歩行者の動作の特徴を、シミュレーションによって再現出来ること、および歩行者の追い越し経路形状を比較することでモデルが定量的に妥当であることを確認し、また実験とシミュレーションの位置の差異を求めることにより、モデルが定量的に妥当であることを確認した。今回提案したモデルは、人間の思考態様を素直に記述したシンプルルールから構成されるため、段差、扉、階段等を今後考慮する際に、比較的容易に適用可能であることが期待される。

今後は、様々な船内環境<sup>(10)</sup>を対象にモデルを拡張すると共に、その成果を本研究所で開発してきた全船版の避難シミュレーション<sup>(11)</sup>に組み込み、歩行者と共に車いす搭乗者が避難を行う際の避難性能を解析するシステムを開発し、健常者と車いす利用者が共存できる旅客船の普及に貢献していきたいと考えている。

## 参考文献

- (1) 国土交通省：交通バリアフリー法ホームページ、<http://www.mlit.go.jp/crd/city/bf/>
- (2) 宮崎恵子他：車いすと群衆流の避難実験、第2回海上技術安全研究所研究発表会講演集、pp. 233-237, 2002.6.
- (3) 松倉洋史他：車いすと群衆流の避難シミュレーション、第2回海上技術安全研究所研究発表会講演集、pp. 383-386, 2002.6.
- (4) 青木俊之：駅の旅客流動について、鉄道ピクトリアル、No. 648, pp. 70-74, 1998.1.
- (5) 桑原雅夫他：ブロック密度法を用いた交通流の表現方法について、交通工学、Vol. 32, pp. 39-43, 1997.
- (6) Ansgar Kirchner: Cellular Automata Modeling of Pedestrian Dynamics and Biological Motion, Traffic and Granular Flow '01 Program and Abstracts, 2001.10.
- (7) 例えば、横山秀史他：人間行動シミュレーションによる地下街の安全性評価に関する研究、地域安全学会論文報告集、No. 3, pp. 161-164, 1993.
- (8) 高木幹雄・下田陽久監修：画像解析ハンドブック、p. 427, 00東京大学出版会、1995.11.
- (9) 日本建築学会編：建設設計資料集成、丸善株式会社、1976.
- (10) 位寄和久：避難行動モデルに関する研究—大災状況の認識と心理状態を考慮したモデルの開発—、日本建築学会論文報告集、第325号、pp. 125-132, 1983.3.
- (11) 勝原光治郎他：ヒューマンファクターを考慮に入れた船舶での避難行動シミュレーション、安全工学、vol. 38, No. 6, 1999.12.



## 質疑応答

嶋田博行(神戸商船大学): シミュレーションがうまくされたかどうかの判定基準はどれなのでしょう  
か。

松倉洋史: ご討論ありがとうございます。2種類の  
通路幅および3種類の歩行密度の組み合わせであ

る6種類の実験に対し、 $V_{x,max1}$ および $V_{x,max2}$   
の2種類のパラメータのみを調整することで、良  
好な定性および定量的一致を得られたことでシ  
ミュレーションがうまくなされたと判断いたしま  
した。