

# 映像立体視プロジェクションシステムを用いた 歩行者の回避行動に関する研究

## A Study using a 3D Image Projection System on Pedestrian Behavior in avoiding Obstacles

建部 謙治\*・平松 誠治\*\*・加藤 厚生\*\*  
Kenji TATEBE \*, Seiji HIRAMATSU \*\*, Atsuo KATO \*\*

The method which analyze the pedestrian movement using a 3D Image Projection System is discussed in this paper. We referred to the distance between a point of pedestrian of starting avoiding maneuver and a point of a standing obstacle as  $S_x$ .  $S_x$  was measured for each test subjects.

The results are summarized as follows:

$S_x$  is smaller in the case of a non-animate objects as an obstacle than in the case of a forward-looking, stationary pedestrian.

$S_x$  is influenced by the width of obstacle in comparison with the character.

$S_x$  is smaller in the case of slow pedestrian than in the case of fast pedestrian.

### 1. 序論

#### 1・1 研究の背景

歩行は人間にとって基本的な行動であるとともに重要な意味をもつもので、とりわけ都市においてはその機能は重視されなければならない。近年では歩行を再認識し、歩行空間を見直そうとする動きが現れはじめた。こうしたことに答える研究の一環として、コンピュータを利用した歩行シミュレーションモデルの研究も活発に行われている。しかしシミュレーションモデルというものは、歩行や流動という現象のより深い理解や把握をもとに成り立つものであり、このもととなる実証的な研究の発展がなければ、実質的な研究の発展はありえない。

将来的にコンピューターシミュレーションによる歩行特性を理解する研究を確立するには、一つの方法として実際の歩行現象を立体映像としてとらえ、これを実験に利用できるかどうかを確認する必要がある。映像による実験手法の確立は、様々な現実的な制約からフィールド調査では行い得ない歩行現象についても、この方法によって解明できる可能性がある。

#### 1・2 研究の目的

本研究は、映像立体視プロジェクションシステムを利用して、障害物に対して歩行者がとる回避行動を分析し、映像による実験手法の有効性を検討し、あわせて前方回避距離を計測して障害物の性質による影響を明らかにする。

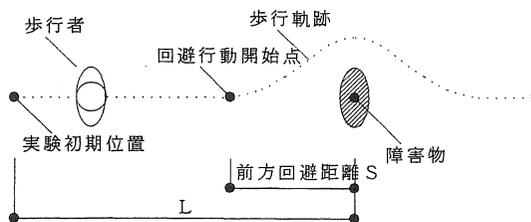


図1 回避行動

#### 1・3 用語の定義

本研究で使用用語を以下のように定義する。(図1)

- ・回避行動…歩行者が進行方向にある障害物に対し、衝突や接触を避けて一旦進路を変更し、すれ違った後に再度進行方向に進路を変更し直すまでの行動

\* 愛知工業大学 建築学科 (豊田市)

\*\* 愛知工業大学 電子工学科 (豊田市)

- ・回避行動開始点…自由歩行から障害物に対して回避行動を行うために進路を変更し始める点で、本論では被験者が回避を始めると判断する地点
- ・前方回避距離…障害物の影響の程度を示す指標で、回避行動開始時の障害物と歩行者間の進行方向距離

1・4 映像立体視プロジェクションシステム

この装置は、図 2 に示す機器で構成され、被験者が液晶シャッターメガネをかけると映像を立体的に見ることができる。

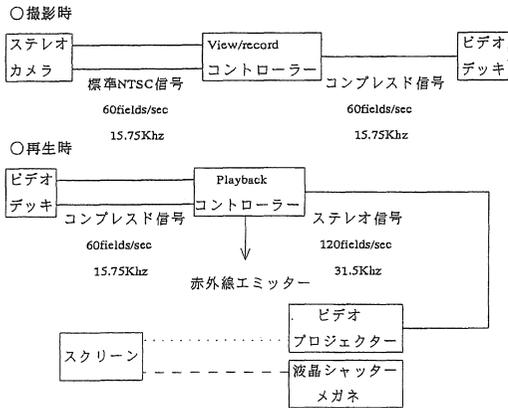


図 2 映像立体視プロダクションシステム構成図

2. 実験方法

2・1 実験の内容

下記の通り映像の提示による実験を行った。

実験日時：1999年11月～2000年1月

実験場所：愛知工業大学7号館計画実験室(図3)

被験者：愛知工業大学学生40名(男23名、女17名)

映像種類：障害物や歩行速度を変えた6種類の映像(表1)

実験内容：映像立体視プロジェクションシステムを使って、被験者に6種類の映像を示した。被験者には、ライトの点灯を合図としてストップチをスタートさせ、「自分ならこの地点で回避を始め」というところ(回避行動開始点)で再びストップウォッチを押すよう教示した。

なお、1種類の映像を被験者に3回ずつ提示し(サンプル数120)、最後に障害物のどこを見て回避行動をおこなったかを障害物別にヒアリング調査した。

2・2 実験映像の撮影方法

撮影は、ステレオカメラとコントローラー、ビデオデッキを台車に載せ、障害物に接近しながら障害物の映像を撮影した。図4に示すように、台車は計測開始地点

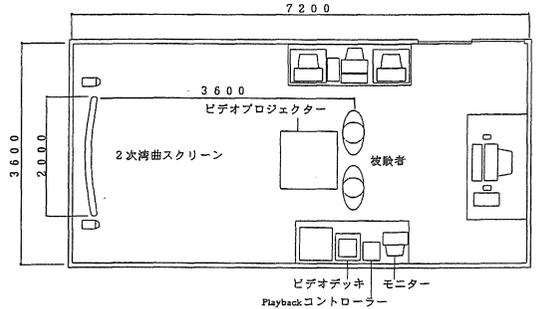


図 3 実験場所

表 1 映像の種類

映像	使用障害物	属性	大きさ (c m)	カメラの速度 (m/s)	備考
1	人1	人	171×47	1.36	男性
2	人2	人	168×48	1.45	女性
3	人(並列)	人	176×100	1.50	男性2人
4	物1	物	170×50	1.45	ダンボール
5	物2	物	170×100	1.51	ダンボール
6	物1	物	170×50	2.39	ダンボール

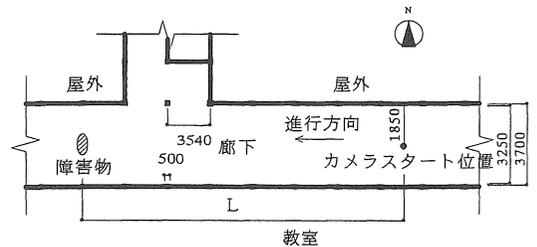


図 4 撮影環境

より少し後方からスタートさせ、障害物に向かって自由歩行速度(約1.5m/s)で動かした。スタート地点通過時には合図用のライトを点灯させ、障害物までの距離Lの所要時間を計測した。なお、距離Lは障害物が入る場合は30m、物である場合は25mで行った。

2・3 前方回避距離の測定方法

前方回避距離Sは、ステレオカメラのスタート地点から回避行動開始点までの移動時間Tと移動速度Vから計算で求めた。

$$V=L/t \text{ [m/s]}$$

$$S=L-V \cdot T \text{ [m]}$$

- ・カメラの移動距離：L [m] (人30m、物25m)
- ・カメラの距離L [m] での移動時間：t [s]
- ・カメラの平均移動速度：V [m/s]
- ・前方回避距離：S [m]
- ・スタート地点から回避行動開始点までの移動時間：T [s]

2・4 障害物の種類

障害物は“物”と“人”に大別される。人が1人を<人1>、人2人並列を<人(並列)>、人と同等の大きさのものを<物1>、人2人と同等の幅のものを<物2>と呼ぶ。接近速度を変えたものを<物(高速)>も含め、障害物の種類は6種類である。人については成人男女3人が障害物となった。物については図5に示すように、ダンボールを任意の大きさに加工して使用した。

<人1>と<物1>の前方回避距離は、表2に示すように、それぞれ9.83mと8.96mある。一方、既往研究<sup>1)</sup>

3. 実験手法の信頼性

図6は、6種類の実験における前方回避距離の相対度数分布を示したものである。いずれの相対度数分布図もほぼ正規分布を示している。そこで以後の前方回避距離の解析では平均値によって比較検討することにする。

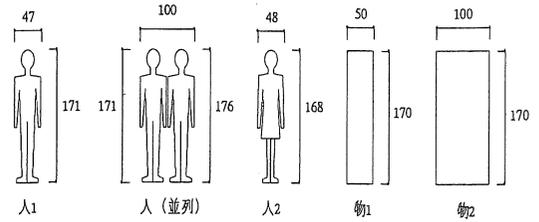


図5 障害物の種類

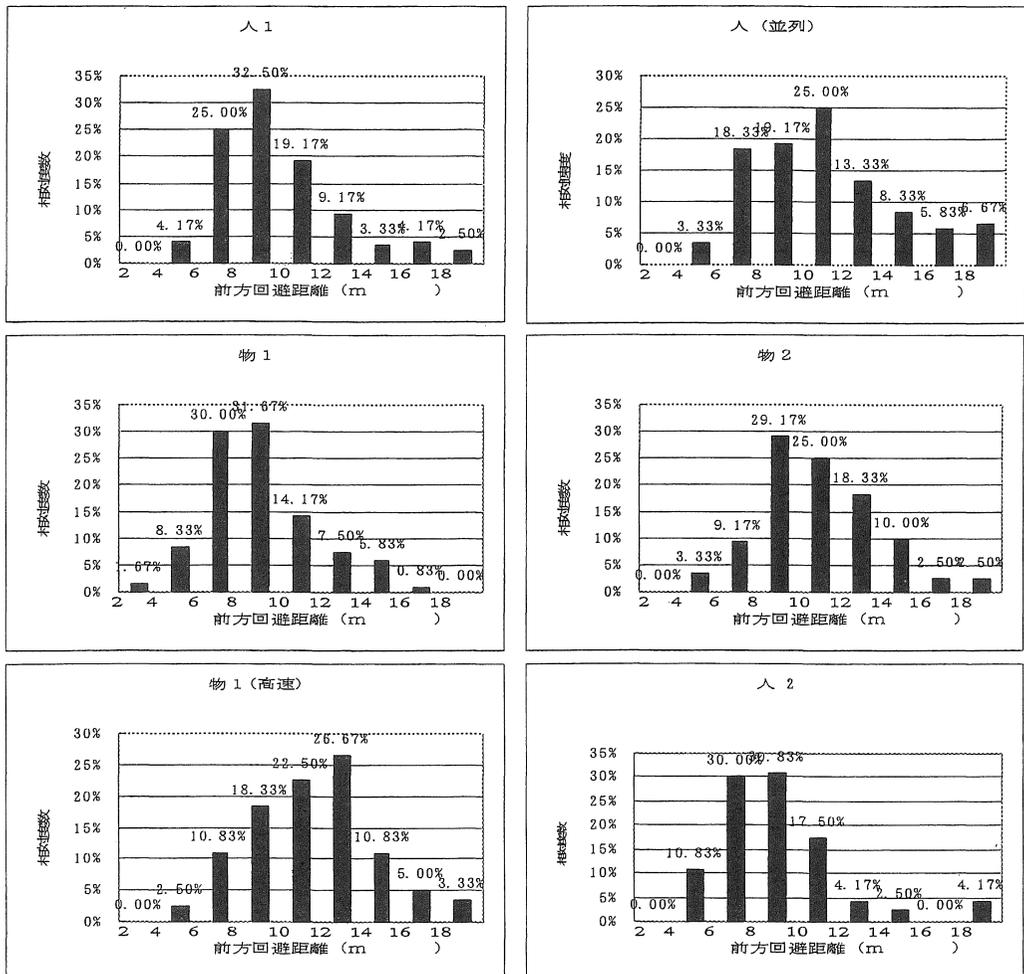


図6 前方回避距離の相対度数分布

表 2 本研究と既往研究の比較

	障害物	人 1		物 1	
		サンプル数	120	120	
本研究	回避距離 (m)	9.83	8.96		
	標準偏差	3.10	2.78		
	サンプル数	35	60		
既往研究	回避距離 (m)	8.84	7.34		
	標準偏差	3.03	3.41		

	障害物	人 1		物 1	
		被験者 (歩行者)	男	女	男
本研究	サンプル数	69	51	69	51
	回避距離 (m)	9.19	10.79	8.93	9.11
	標準偏差	2.59	3.46	2.29	3.36
	サンプル数	35	15	23	11
既往研究	回避距離 (m)	8.84	7.39	7.34	5.75
	標準偏差	3.03	4.20	3.41	3.53

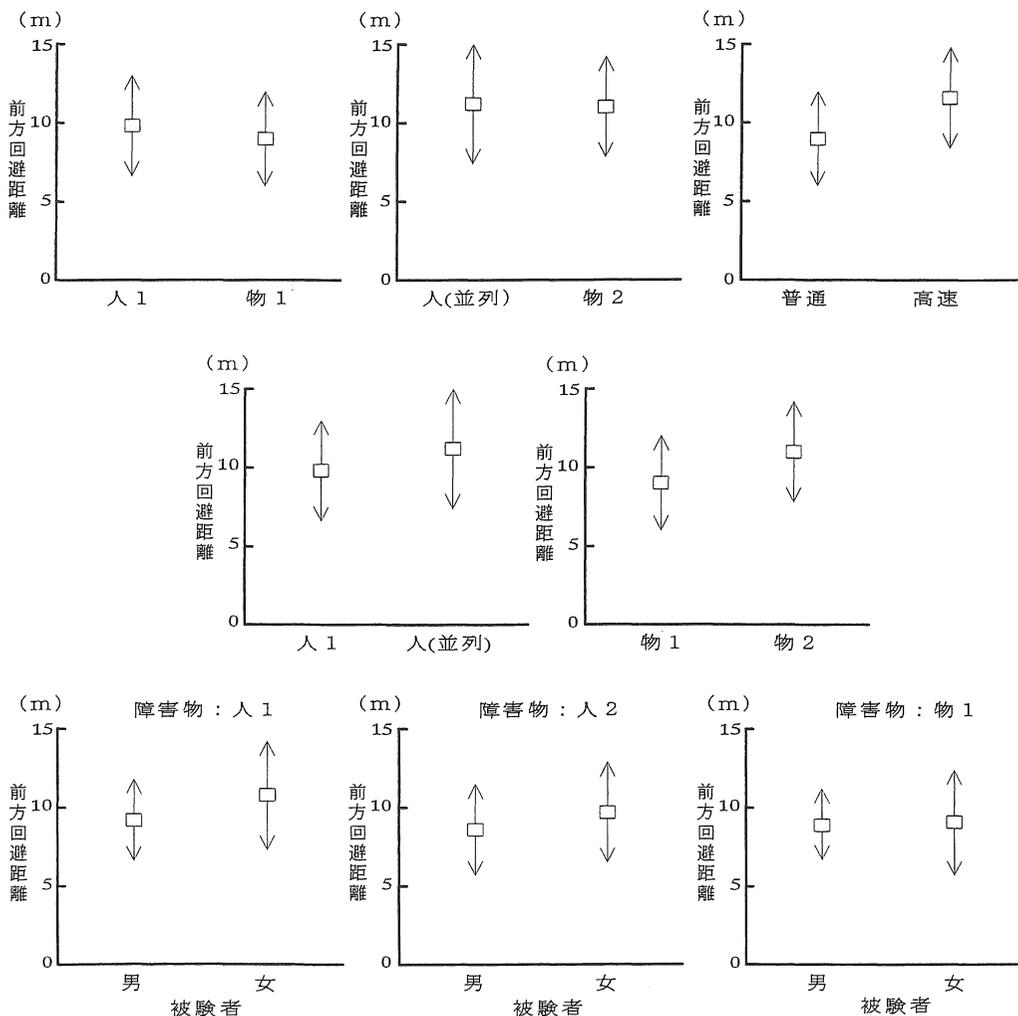


図 7 前方回避距離の平均と分散 (矢印は 1σ)

表3 実験結果

障害物	人1	人2	人(並列)	物1	物2	高速
サンプル数	120	120	120	120	120	120
回避距離(m)	9.83	9.06	11.23	8.96	10.98	11.59
標準偏差	3.10	3.11	3.66	2.78	2.88	3.23

障害物	人1		人2		物1	
被験者(歩行者)	男	女	男	女	男	女
サンプル数	69	51	69	51	69	51
回避距離(m)	9.19	10.79	8.62	9.69	8.93	9.11
標準偏差	2.59	3.46	2.94	3.20	2.29	3.36

では<人1>と<物1>ではそれぞれ8.84mと7.34mである。いずれの障害物とも既往研究と比べると1m~1.5m大きい値であるが、<人1>である場合は<物1>である場合に比べて前方回避距離が大きいことは共通している。

本実験のほうが既往研究の前方回避距離より大きい結果が出たのは以下の理由が考えられる。本実験の場合は、被験者は映像に意識を集中し、感覚的な判断をした後にストップッチを押す行為だけが求められる。これに対して、既往研究の場合はフィールドで実際の歩行を撮影した映像を基に前方回避距離を割り出したものである。ここでは、歩行者は回避行動が主目的でなく、さまざまな周囲の環境にも関心を払って自由歩行していることや、またここで回避をすべきと判断してから回避行動に移る動作に時間がかかると思われる。さらに、本実験では年齢による前方回避距離へのバラツキを防ぐために被験者を20代前半に限定したので、被験者の年齢や体力などの肉体的条件も既往研究の歩行者より若干優れている。こうした理由から両者に差が出たものと考えられる。

以上のことから本研究の実験手法は、障害物別の前方回避距離を比較するには有効なものであると判断される。

4. 結果

4.1 前方回避距離の平均

図7、表3は、各実験における前方回避距離の平均値と分散を示したものである。以下に障害物別の比較を行う。

・<人1>と<物1>では、図7に示すようにそれぞれ9.83m、8.96mで、障害物が<人1>である場合は<物1>である場合に比べて前方回避距離が大きい。有意差検定の結果により危険率5%で有意差がみられる。

・<人(並列)>と<物2>ではそれぞれ11.23m、10.98mで、ほとんど差は見られない。

表4 平均値の差の検定

	人1	人(並列)	物1	物2	物1(高速)
人1	—	A	B	—	—
人(並列)	—	—	—	C	—
物1	—	—	—	A	A
物2	—	—	—	—	—
物1(高速)	—	—	—	—	—

	人1	人2	物1
性別	A	C	C

A: 危険率1%で有意差あり  
 B: 危険率5%で有意差あり  
 C: 有意差なし

・<人1>と<人(並列)>ではそれぞれ9.83m、11.23mで、障害物が2人横列である場合は1人である場合と比べて前方回避距離は大きい。

・<物1>と<物2>ではそれぞれ8.96m、10.98mで、障害物が<物2>である場合は<物1>である場合と比べて前方回避距離は大きい。

・障害物は<物1>で、接近速度が自由歩行速度(1.5m/s)である場合と、自由歩行速度の約1.6倍の速度である場合の<物1>(高速)(2.4m/s)と比較した場合は、それぞれ8.96m、11.59mで、障害物への接近速度が速い方が前方回避距離は大きい。(表4)

4.2 性差による比較

・障害物は<人1>(男性)で、被験者が男性の場合は9.19m(n=69)、女性の場合は10.79m(n=51)で、検定の結果により男女間には危険率1%で有意差がみられる。

・障害物が<人1>(女性)で、被験者が男性の場合は8.62m(n=69)、女性の場合は9.69m(n=51)で、約1mの差が見られるが、検定の結果によると有意差はみられない。

・障害物は<物1>で、被験者が男性の場合は8.93m(n=69)、女性の場合は9.11m(n=51)で、差はみられない。

## 5. 考察

### 5・1 障害物が「人」と「物」の違い

本研究における前方回避距離は、障害物が「物」である場合に比べて「人」である場合の方が大きいという結果が出た。この結果は、今回の実験に関しては特に障害物が「男性」・障害物が「女性」の組み合わせで顕著に現れた。表 3 に示すように、障害物が「女性」であると被験者の性別にかかわらず、障害物が「物」の前方回避距離とほとんど変わらない。もし「人」の場合はその場から動き出すなどの何かの行動を起こすことを予測して、歩行者は早めに回避行動を始めるとする理由では説明がつかないことになる。そうなると、障害物が「男性」の場合は「女性」と比べて威圧感など何らかの心理的な要素が作用するためと推察される。

### 5・2 障害物の横幅の影響

横幅が違う場合では、横幅が大きいほど前方回避距離が大きくなった。これは障害物の幅が大きくなればなるほど大きく膨らんで回避しなければならないので、早めに回避行動を開始しているからだと思われる。人が 2 人横列に並んだ場合と、これとほぼ同じ大きさの物である場合では前方回避距離に差は見られなかった。これは人が 2 人以上のグループを形成した場合、それを見る側からすると、物と同じように扱うからであると考えられる。

### 5・3 接近距離による影響

障害物への接近速度が高速の場合は、回避距離が大きくなるという結果が出た。接近速度が速くなれば急激な進路変更が困難になるので、その分あらかじめ早めに回避行動を開始すると考えられる。

### 5・4 性別の影響

前方回避距離に被験者の性別が影響するかを確かめたところ、男女差は障害物が男性である場合を除いて差は見られない。障害物が男性である場合は、被験者が女性の方が男性より前方回避距離が大きい。この結果は既往研究<sup>2)</sup>と逆の結果である。しかし既往研究では女性は男性の前方回避距離より短い距離(表 2 参照)であるが、障害物のかなり前方から徐々に回避行動を行っている可能性もあるとされている。本実験では前方回避距離として直接この傾向が出たと推察される。しかしながら、5・1でも触れたように、障害物が女性で被験者が男性の場合には人と物との差は見られないように、性別の影響につ

いてはさらなる分析が必要である。

## 6. 結論

本研究は、歩行者の障害物に対する回避行動特性を研究の対象としている。従来、フィールドで行う実験調査では多大な労力がかかっていたが、映像立体視プロダクションシステムを利用してこれを軽減することを試みた。そのため、まず映像による研究方法の有効性を検討し、このシステムが有効であることを確認した。また、障害物の性質による回避行動への影響を以下のように明らかにしている。

- ・障害物が物である場合に比べて人(男性)である場合の方が前方回避距離は大きい。
- ・前方回避距離は障害物の属性よりも単純に幅の影響の方が大きい。
- ・障害物との接近速度が自由歩行速度以上では、速度が回避行動に影響を与え、速度が速い方が前方回避距離は大きくなる。
- ・性差については差はみられない。ただし、障害物が男性 1 人の場合のみ女性は男性に比べ前方回避距離が大きい。
- ・障害物が人の場合は物と同じように扱われると考えられる。

本実験手法の開発によって、周辺環境に影響を受けない状態で多数のデータを採ることも可能になった。これにより、今までのデータ数不足などの問題は解決されるが、完全に信頼できるデータが取れたとは言いがたい。今後は、より現実感を持たせる事が求められる。

本研究の一部は平成 10 年度文部省私立大学研究設備整備費等補助金によるものである。

## 参考文献

- 1) 建部謙治：歩行時回避行動の画像処理による分析的研究、博士論文、1993
- 2) 建部謙治：歩行者の属性による回避行動特性、ME R A、No.6、pp.23-29、1997
- 3) 佐々木敬子、勝又恵美：画像処理を利用した歩行者の回避行動に関する研究、愛知工業大学卒業論文、1994
- 4) 水沢利行・村上裕次・森田敦：映像立体視プロジェクトシステムを用いた歩行者の回避行動に関する研究、愛知工業大学卒業論文、1999

(受理 平成12年 3月18日)