

九州大学工学部 地球環境工学科 学生会員 川原 悠
九州大学大学院 工学研究院 正会員 大枝 良直
九州大学大学院 工学研究院 正会員 角 知憲

1. 研究の背景と目的

平成 12 年の建築基準法改正によって、全館避難安全検証法（建築基準法第 129 条の 2 の 2）が設けられた。全館避難安全検証法とは、火災時において建築物からの避難が安全に行われることを検証する方法である。全館避難安全検証法では対象となる建築物の用途や床面積などから、在館者のすべてが避難を終了する時間（ t_1 ）、煙・ガス等により火災室からの避難が危険となる時間（ t_2 ）を求める。そして、 $t_1 \leq t_2$ が満たされることを確認することで建築基準法の不適格部分の改修を免れる。しかし、全館避難安全検証法では、在館者の密度や避難速度のばらつき、在館者の避難時の各々の動きが考慮されていない。また、実際に不特定多数の人が現地で火災などを想定した避難行動を再現する実験を行うことは現実的に難しい。そこで本研究は、不特定多数の人が利用する場での避難行動を評価するために、パーソナルスペース（以下 PS）の概念を用いてモデル化し、考察することを目的とする。

2. 避難行動の基本構成

2.1 PSの構成と避難行動の記述

避難行動モデルは、人のまわりにPSと呼ばれる目に見えない空間を想定する。本研究でのPSは、前方が長く、横、背後が短いという卵形で、すべての人の周りに図-1のような長軸長 a 、短軸長 b の卵型の空間（PS）が存在すると仮定し、次のように避難行動を記述する。

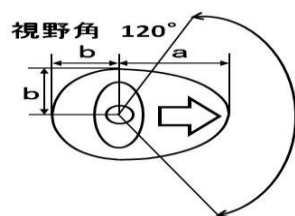


図-1 PSの概略図

避難時、人が他者や障害物などを回避したり接近したりする際にPSが接触しようとするれば、人は経路を変えてPSを維持する。視野内でどの経路を選択しても最初のPSを維持できなくなる場合、人はPSを短縮して、同時に速度を減少させる。PSが人体の寸法ぎりぎりまで短縮した場合には、避難速度はゼロとなって停止するとしたものである。公共施設における避難ではパニック

を避けるため、走らないように注意するという前提から、人の避難速度は歩行、早歩き、小走りの3パターンに分かれると仮定した。本研究の人のPSは、劉（2007）¹⁾の研究における歩行者と同様の行動モデルである。

2.2 PS測定実験

今回行った実験では 22～24歳の大学生の男女5人に、下に記す条件下でビデオカメラを用い、実験場横の建物の4階の高さから撮影し、それぞれの場合における前方距離、側方距離（図-2参照）を測定した。歩行、早歩き、小走りの各速度は、各被験者の意思によるものである。測定実験は平成24年12月4日、14日、17日に行った。

1) 人—人（3パターン）

速度を変えながら人どうしの（1）すれ違い、（2）追い越し時の前方距離および側方距離を測定した。また、（3）速度を変えながら人どうしを正面から接近させて停止させ、前方距離と速度低下の関係を調べた。

2) 人—障害物（2パターン）

（1）速度を変えながら人が障害物を回避する場合の前方距離および側方距離を測定した。また、（2）速度を変えながら人を障害物の前で停止させ、前方距離と速度低下の関係を調べた。

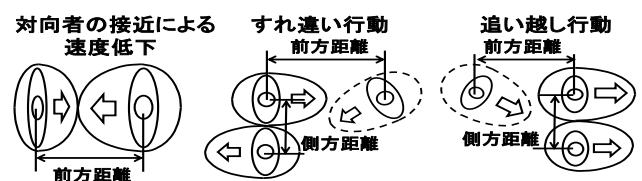


図-2 実験（速度低下、すれ違い、追い越し）

2.3 測定結果

表-1 歩行、早歩き、小走りの速度測定結果

対象	避ける方法	速度	平均値 (m/s)	標準偏差
対障害物	速度低下	歩行	1.42	0.10
		早歩き	1.87	0.09
		小走り	2.49	0.31

表-1 より、各速度は上記のような結果となり、小走りはばらつきがより大きいことがわかった。

図-3～図-5 は速度を変化させ障害物への接近時の前方距離と速度の関係を表したグラフである。

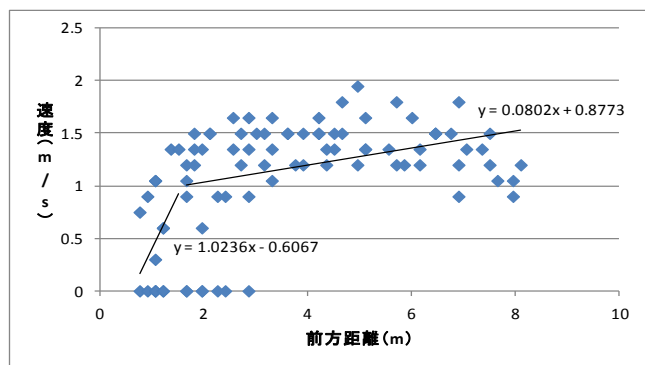


図-3 障害物への接近による速度低下（歩行）

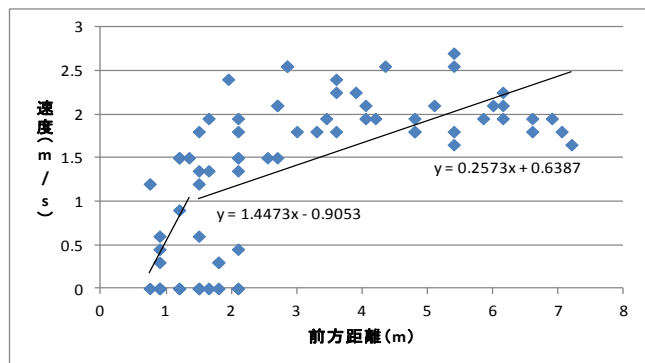


図-4 障害物への接近による速度低下（早歩き）

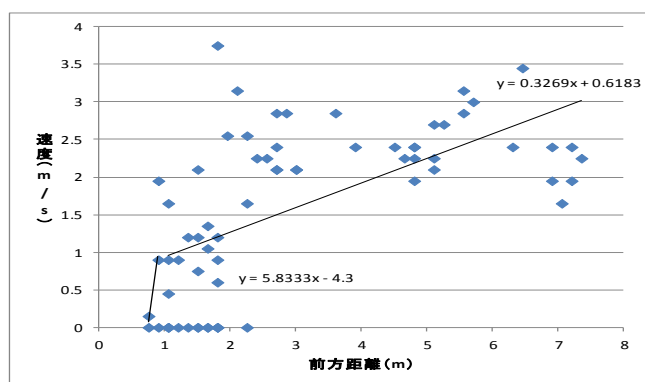


図-5 障害物への接近による速度低下（小走り）

図-3～図-5より、障害物への接近による速度低下は速度の違いによらず同じような傾向を示した。

表-2は測定実験により得られた前方距離、側方距離のデータである。

表-2 前方距離と側方距離の測定結果

対象	避ける方法	速度	平均値(m)	標準偏差
対障害物	追越し	歩行	前方距離	4.50
			側方距離	0.65
		早歩き	前方距離	4.93
			側方距離	0.61
		小走り	前方距離	6.09
			側方距離	0.79
対歩行者	追越し	早歩き	前方距離	1.65
			側方距離	0.84
		小走り	前方距離	2.00
			側方距離	0.80
	すれ違い	歩行	前方距離	8.88
			側方距離	0.84
		早歩き	前方距離	8.25
			側方距離	0.93
		小走り	前方距離	8.94
			側方距離	1.07

測定実験の結果より人のPSのデータが次の表-3のように得られた。

表-3 人のPSの長軸・短軸

対象	避ける方法	速度	長軸(m)	短軸(m)
対障害物	追越し	歩行	4.50	0.65
		早歩き	4.93	0.61
		小走り	6.09	0.79
対歩行者	追越し	早歩き	1.24	0.43
		小走り	1.59	0.39
	すれ違い	歩行	4.44	0.42
		早歩き	3.81	0.51
		小走り	4.50	0.65

表-3の長軸、短軸の長さは劉（2007）¹⁾の研究の歩行者のPSデータをもとに表-2から計算した。

表-3より、人は追い越し時に対障害物では対歩行者と比べて長軸がはるかに大きいことがわかる。

3. 避難者の速度変化によるPSの差の検定

帰無仮説：「AとBがすれ違うときのPSは目標物のあり、なしにかかわらず平均値は等しい」という仮説のもと、危険率5%でt検定を行った。

表-4 目標物の有無による長軸・短軸のデータを用いたt検定結果

A	B	すれ違い	長軸	短軸
歩行	歩行	目標物あり目標物なし	棄却	棄却
歩行	早歩き	目標物あり目標物なし	採択	棄却
歩行	小走り	目標物あり目標物なし	採択	棄却
早歩き	早歩き	目標物あり目標物なし	棄却	棄却
小走り	小走り	目標物あり目標物なし	採択	採択

表-4より、短軸は小走り - 小走りを除いて仮説は棄却され、長軸は歩行 - 歩行、早歩き - 早歩きを除いて仮説は採択されることがわかる。よって、避難者のPSの短軸では小走り - 小走りを除いて、目標物の有無によって変化することがわかる。

4. まとめ

今回の実験により、対障害物では対人と比べて人は早く追い越すことがPSの長軸の違いによりわかった。今後は得られたデータをもとにモデル化し、不特定多数の人が利用する場を対象としたシミュレーションを行い、在館者の密度を変化させて避難行動の考察を行う予定である。

参考文献

- 1) 劉 建宏 (2007) スペースの概念を用いた公共空間における歩行者の群衆流動に関する研究 九州大学博士学位論文