

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」

■ 研究成果概要報告書

研究課題		群集避難性状に関わる実験的研究	実施年度
			平成 29 年度
研究代表者	所属	大成建設株式会社技術センター	
	氏名	池島 由華	
	問合せ先メールアドレス	yuka.ikehata@sakura.taisei.co.jp	
受入担当責任者	氏名	大宮 喜文	
1. 研究の背景および目的 <p>2000年に建築基準法改正が行われ、仕様規定に加え、建築物が満たすべき性能を検証する方法として、告示避難安全検証法（ルート B）、高度な検証方法（ルート C）が導入された。ルート C は、高度な計算等（避難シミュレーションや実験等）に基づき安全性を確認することにより、自由度の高い建築計画や防火区画等の減免が可能な手法である。しかし、現状では、告示に定められる計算法を用いることが通例となり、発展的な展開が見られない状況となっている。告示計算法以外の新しい予測手法等を開発、適用するためには、避難行動予測のベースとなる群集歩行データが必要である。</p> <p>また、2020年に予定されている建築基準法の防火規定改正では、従来の自力避難可能者を対象とした避難に加えて、介助が必要な人を考慮した規定が導入される予定である。しかし、現状は要介助者が混在する空間を対象とした歩行データは殆どない。</p> <p>また、既存の行動特性データは1970年代に行われた実測等を基にしており、目視で人の通過をカウントするため詳細な情報は得られないが、最新の画像解析技術を用いることにより、詳細な行動特性や歩行軌跡等のデータを得ることが可能となる。</p> <p>本研究は、マルチエージェント型避難シミュレーション等の新しい予測計算法の開発・検証に必要な歩行特性に関わるデータを求めるための群集歩行実験の実施および実験データの分析を目的とする。</p>			
2. 利用施設及び利用日 <ul style="list-style-type: none">火災研究センター実験棟（2017年10月30日～11月5日）			

3. 実験方法・研究成果、および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

※継続課題の場合は、前年度との関係性、進展度合いについても記載すること。

東京理科大学火災科学研究センター実験棟にて、約 100 人の被験者による群集歩行実験を 2017 年 11 月 3 日、4 日に実施した。実験棟の中にパーティション、段ボールを用いて廊下状の空間を設置し、形状、通路幅、開口幅を変え、以下に示す実験を実施した。

実測は実験棟の床面から約 15.2 m の高さに設置されたクレーンにビデオカメラを取り付け、上部より被験者の頭頂部に付けたマーカーを撮影した。その映像をもとにマーカーの色を検出するプログラムを使用し、1/30 秒ごとの位置座標を算出する解析を行った。

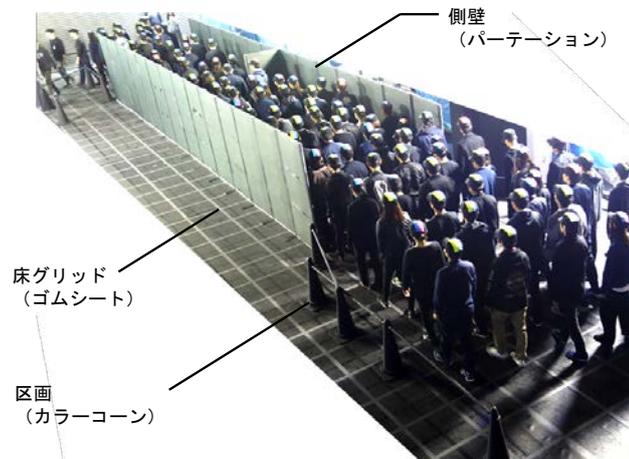


写真 0.1 実験の様子

①居室避難

在館者が均等に分布する居室の避難を想定した実験で、開口の位置や開口幅、在館者数が居室内歩行者の集結速度や流出速度に与える影響の把握を目的とした。

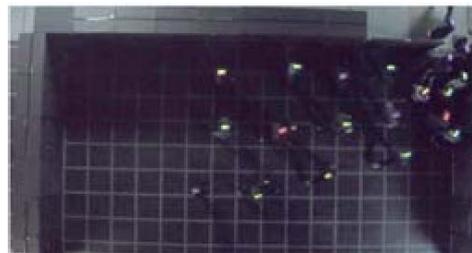


写真 1.1 実験の様子

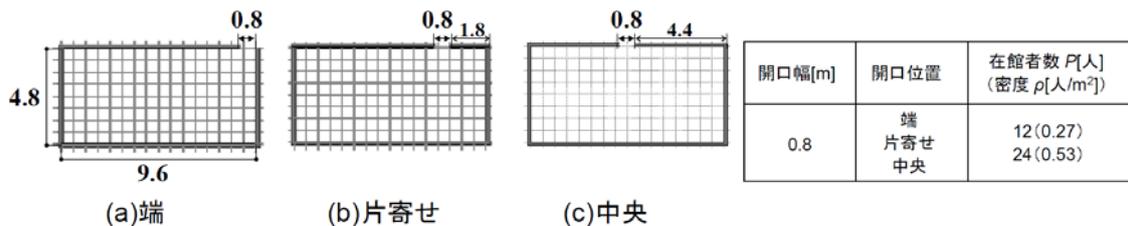
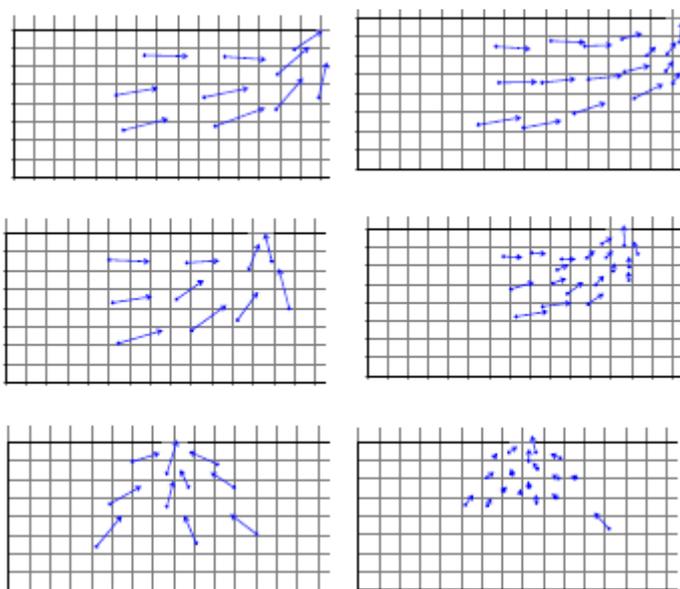


図 1.1 実験条件

居室避難実験で得られた歩行速度ベクトル図を図 1.2 に、流動係数を図 1.3 に示す。

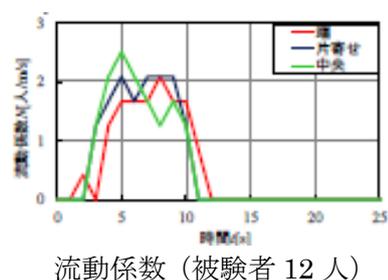
図 1.2 より、開口位置が「端」、「片寄せ」、「中央」の順に歩行速度が速く開口手前の密度が低いことがわかる。開口位置により集結状況に違いが出るのがわかる。

図 1.3 より、被験者数が 12 人の場合、開口位置が端にあるほど流動係数が低い結果となった。一方、被験者が 24 人の場合は開口位置による流動係数の差があまり見られなかった。これは人数が多いため被験者 12 人より歩行速度の影響が小さくなったためと考えられる。

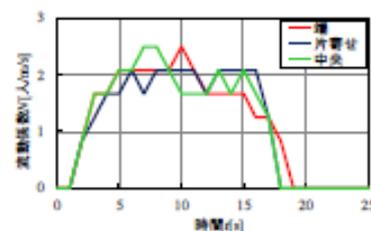


[居室避難実験被験者 12 人] [居室避難実験被験者 24 人]

図 1.2 歩行速度ベクトル図



流動係数 (被験者 12 人)



流動係数 (被験者 24 人)

図 1.3 流動係数

②低速度歩行者を混合させた群集流

低速度歩行者を含む群集流が通路空間を歩行する場合を想定した実験で、健常者が低速度歩行者を追い抜く際の歩行速度や進行方向の変更、周囲の空間の取り方などの歩行性状の把握を目的とした。

実験条件を表 2.1 に示す。被験者は 48 人で、通路幅 D [m]、低速度者の数 n [人]、低速度者の歩行速度 V_{SL} [m/s] をパラメーターとして実験を実施した。低速度者の歩行速度は静止 (0 m/s) および 0.6 m/s で歩行している状態を想定し、通路右側の壁沿いに歩行者の進行方向と同様になるよう通路出口を向いた状態とし (静止の場合は長さ方向の中央位置に起立状態で配置)、低速度者 2 人の場合は横に並べた。有効幅 B [m] は低速度者の幅を引いた残りの通路幅で、低速度者が移動する場合は実際は身体が左右に揺れるが、低速度者が静止した状態で計測した値としている。

表 2.1 実験条件

整列方法/実験区画	速度(低) V_{SL} [m/s]	通路幅 D [m]	有効幅 B [m]	人数(低) n [人]	B/D
	0	1.2	0.7	1	0.58
			1.2	1	0.67
		1.8	0.7	2	0.39
			1.8	1	0.75
	0.6	1.2	0.7	1	0.58
			1.2	1	0.67
		1.8	0.7	2	0.39

低速度者の速度 V_{SL} と低速度者追越し断面での流動量 R_{neck} の関係を図 2.1 に示す。低速度者追越し断面とは低速度者の横の有効幅 B の断面で、低速度者が歩行している場合は追い越し断面位置は移動する。低速度者が静止している方が流動量は高い結果となった。これは低速度者が静止している方がネックを避ける長さが短くなるためと考えられる。

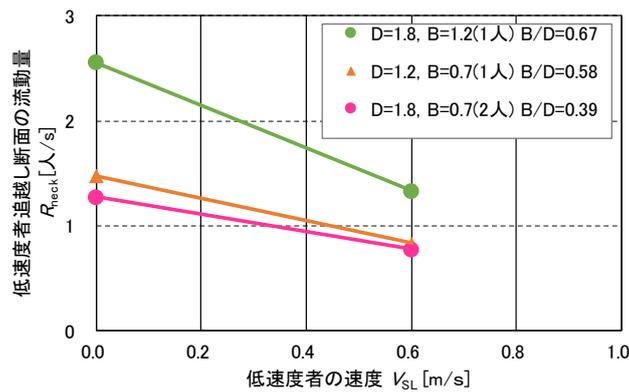


図 2.1 低速度者の速度 V_{SL} と低速度者追い越し断面での流動量の関係

低速度者が静止している場合と歩行している場合の避難完了時間を図 2.2 に示す（図中折れ線）。図 2.2 より、低速度者が歩行している方が避難完了時間が短くなる結果となった。これはネックが移動しているため、ネックの影響を受ける人が少ないためである。

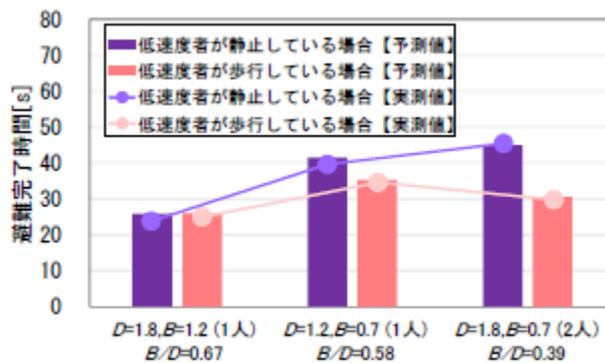
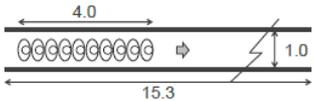
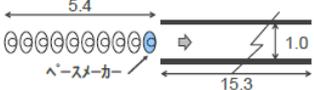


図 2.2 避難完了時間の比較

③加速・減速の影響把握実験

先頭被験者が歩行開始、急停止、減速を行った場合の被験者間の前方距離や反応時間と歩行速度の関係性の把握を目的として実施した。実験は先頭にペースメーカー1人と被験者9人が1列に並んだ状態で歩行させた。ペースメーカーは通路中央まで自由歩行を行ない、以降、停止実験では区画中央で約10秒停止後に自由歩行、減速実験は指定の歩行速度 v_s m/s で歩行させた。歩行速度の制御はペースメーカーが一定リズムのメトロノーム音をイヤホンで聴き、そのリズムに合わせて0.6 m ずつ前方へ歩行することで行なった。

表 3.1 実験条件

実験条件		空間条件 [m]	v_s [m/s]
加速実験	AC		-
停止実験	ST		-
減速実験	DE1		0.3
	DE2		0.5
	DE3		0.7

停止実験：
先頭被験者が通路中央で10秒間停止後、自由歩行

減速実験：
先頭被験者が通路中央で指定の歩行速度で歩行

加速、停止、減速時の歩行者ベクトルを図 3.1 に示す。加速、減速とも歩行速度の違いにより前方距離が変化する傾向が得られた。

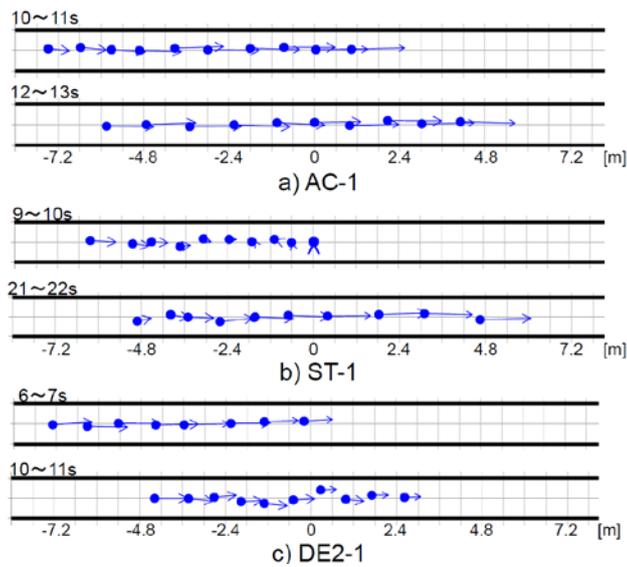


図 3.1 歩行者ベクトル

実験 ST-1 の先頭から 2 番目と 4 番目の被験者の加速および減速時の前方距離と歩行速度の関係を図 3.2 に示す。加速時は前方距離が離れるに従い緩やかな 2 次曲線的に歩行速度が上昇するのに対し、減速時は前方距離が近くなるに従い急勾配で歩行速度が減少することがわかる。

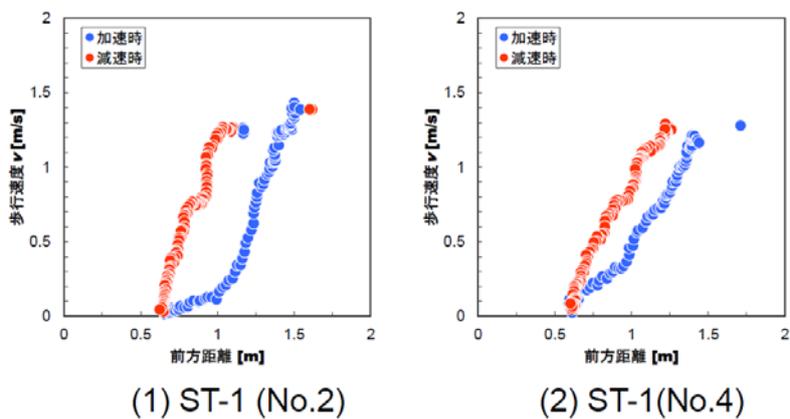


図 3.2 加速および減速時の前方距離と歩行速度の関係

④U 型通路

階段踊り場の歩行性状をモデル化する上での基礎的知見として、勾配のない空間の U 字に折れ曲がる通路の踊り場に相当する部分で合流が発生した場合の歩行性状の取得を目的とした。

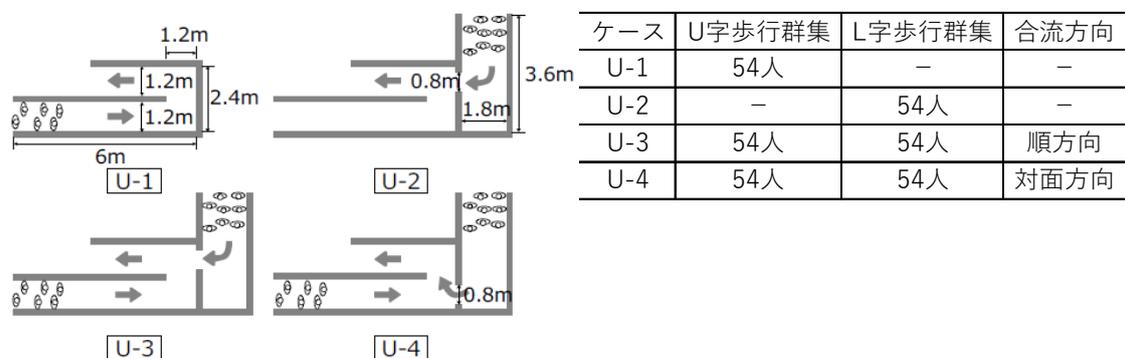


図 4.1 実験条件

U-3、U-4 の歩行軌跡を図 4.2 に、流動量を図 4.3 に示す。断面(6)の通過時間は U-4 の方が 12 秒遅い結果となった。

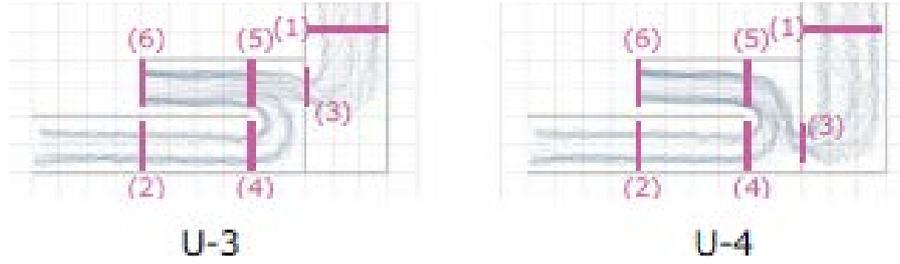


図 4.2 歩行軌跡

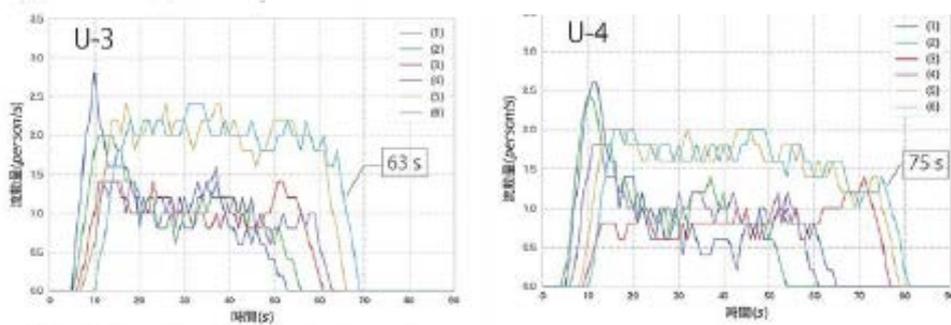


図 4.3 流動量 (左 : U-3 右 : U-4)

断面(3)(4)の流動量を図 4.4 に示す。断面(4)の流動量は U-3、U-4 で変わらないが U-4 の断面(3)が流動量が低く、断面(3)側からの流入が行いにくいことがわかる。U-4 の断面(3)側からの合流は 2 回向きを変える必要があり、断面(4)側との合流の向きが対向方向であり流入しにくいことが原因と考えられる。

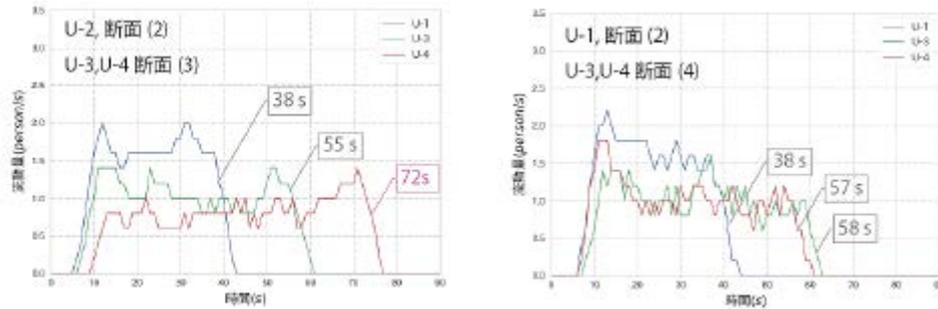


図 4.4 流動量の比較 (左 : 断面(3) 右 : 断面(4))

4. 今後の展望（今後の発展性，見込み等についても記述）

- ・2020年に予定されている建築基準法防火規定改正に伴う避難計算手法構築のためのバックデータ
- ・マルチエージェント型避難シミュレーションの妥当性検証のための歩行データ

5. 成果の公表状況（学会への発表，学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

- ・平成30年度日本火災学会研究発表会投稿（1編）
- ・2018年度日本建築学会大会[東北]投稿（3編）

今後も詳細な分析を行い、来年度の学会発表に投稿予定

6. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅費		人件費	
事 項	金額(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
段ボール等	1,247,000			被験者謝金等	2,325,000
宿泊費	29,000				
運搬費	103,000				
小計	1,379,000	小計		小計	2,325,000
うち 東京理科大学 負担分 総計				488,443	円
うち 共同研究者 負担分 総計				3,215,557	円

※スペースが足りない場合はページを増やしても構いません。

※上記5に記載された成果公表については，別刷1部をご提出願います。PDFファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は，本拠点の成果報告としてWeb等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて，研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問いません。）

※後日開催予定の成果講評会で使用されるプレゼンテーション用の電子ファイルについても提出願います。（学内での報告に使用）