



# 津波来襲時の要援護者避難計画に関する研究

李, 知香

---

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2015-03-25

(Date of Publication)

2017-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6426号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006426>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博 士 論 文

津波来襲時の要援護者避難計画に関する研究

平成27年1月  
神戸大学大学院工学研究科

李 知 香

## 目 次

---

第1章 序論.....	1
1.1. 研究の背景.....	1
1.2. 既往研究と本研究の位置付け.....	2
1.3. 研究の目的と方法.....	2
1.4. 研究の構成と各章の概要.....	3
参考文献.....	6
第2章 異なる避難支援者属性による車椅子と担架を用いた階段上昇避難の比較.....	7
2.1. はじめに.....	7
2.2. 調査結果.....	7
2.2.1. 搬送訓練の概要.....	7
2.2.2. 搬送訓練の手順.....	9
2.2.3. 測定項目及び訓練参加者へのアンケート.....	11
2.3. 測定結果.....	13
2.3.1. 区間別所要時間と垂直搬送速度.....	13
2.3.2. 搬送用具別上昇搬送速度.....	15
2.3.3. 避難支援者の属性別上昇搬送速度.....	15
2.4. 搬送訓練参加者のアンケート結果.....	16
2.4.1. アンケートの概要.....	16
2.4.2. 上昇搬送時の要援護者役のアンケート結果.....	16
2.4.3. 上昇搬送時の避難支援者アンケート結果.....	17
2.5. まとめ.....	19
参考文献.....	20
第3章 災害時要援護者の階段上昇避難支援に関する実験的研究.....	21
3.1. はじめに.....	21
3.2. 災害時要援護者の階段上昇搬送実験.....	21
3.2.1. 搬送実験の実施場所と被験者.....	21
3.2.2. 搬送方法と実験手順.....	22
3.2.3. 測定方法.....	28
3.3. 実験結果.....	29
3.3.1. 避難支援方法による搬送所要時間.....	29
3.3.2. 避難支援方法による被験者心拍変化.....	31
3.3.3. 搬送方法による垂直搬送速度.....	33
3.4. 避難支援者へのアンケート結果.....	35
3.4.1. アンケートの概要.....	35

3.4.2.	搬送方法による区間別、感じられた身体負担	36
3.4.3.	搬送方法別、各行動時に感じた身体負担	38
3.4.4.	搬送方法別、実験後の身体状態	39
3.5.	搬送方法別にみた垂直搬送速度の比較	40
3.6.	まとめ	41
	参考文献	43
第4章 簡易担架を用いた階段上昇避難における準備時間及び避難速度		44
4.1.	はじめに	44
4.2.	簡易担架を用いた階段上昇搬送実験	44
4.2.1.	搬送実験の実施場所と被験者	44
4.2.2.	実験条件	45
4.2.3.	搬送方法と実験手順	47
4.2.4.	測定方法	49
4.3.	実験結果	51
4.3.1.	搬送準備時間及び搬送所要時間	51
4.3.2.	搬送開始条件による垂直搬送速度	56
4.3.3.	搬送開始条件による垂直搬送効率	57
4.3.4.	搬送準備空間に対する考察	58
4.4.	避難支援者へのアンケート結果	59
4.4.1.	アンケートの概要	59
4.4.2.	区間別、感じられた身体負担	59
4.4.3.	避難支援行動別、感じられた身体負担	61
4.4.4.	搬送実験後の身体状態	61
4.5.	まとめ	63
	参考文献	64
第5章 結論		65
	参考文献	70

## 目 次

図 1-1	論文の構成	3
図 2-1	搬送訓練に使用された階段の形状 (単位: mm)	8
図 2-2	車椅子の寸法 <sup>5)</sup>	9
図 2-3	車椅子と担架の避難支援者構成	10
図 2-4	訓練当時の搬送状況	10
図 2-5	搬送所要時間の測定区間 (左の階段: 東館、右の階段: 北館)	11
図 2-6	階段上昇搬送における避難支援者属性・搬送用具別所要時間	13
図 2-7	踊り場における避難支援者属性・搬送用具別所要時間	14
図 2-8	上昇搬送時の避難支援者属性・搬送用具別の平均上昇搬送速度( $\mu$ )及び標準偏差( $\sigma$ )	14
図 2-9	上昇訓練時の避難支援者アンケート結果	18
図 3-1	実験に使用した階段の形状 (単位: mm)	22
図 3-2	搬送用具の寸法	23
図 3-3	搬送実験の手順	24
図 3-4	搬送仕方及び避難支援者構成	27
図 3-5	実験での搬送状況	28
図 3-6	搬送所要時間の測定区間	29
図 3-7	搬送方法による階別搬送所要時間	30
図 3-8	避難支援方法による平均搬送時間 (垂直距離10.8m)	31
図 3-9	搬送方法別被験者心拍数	32
図 3-10	搬送方法別上昇搬送速度	34
図 3-11	背負い搬送による区間別身体負担	36
図 3-12	先頭→側面→側面の位置における簡易担架による区間別身体負担	37
図 3-13	側面→先頭→側面の位置における簡易担架による区間別身体負担	37
図 3-14	側面→側面→先頭の位置における簡易担架による区間別身体負担	37
図 3-15	車いす搬送による区間別身体負担	38
図 3-16	搬送方法別・各行動時の身体負担	39
図 3-17	階段上昇搬送実験後の身体状態	40
図 3-18	上昇搬送時の搬送方法別の平均上昇速度及び標準偏差	41
図 4-1	実験に使用した階段の形状 (単位: mm)	45
図 4-2	搬送準備空間の形状 (単位: mm)	46
図 4-3	布製簡易担架の避難支援者構成や寸法	47
図 4-4	担架搬送実験の手順	48
図 4-5	搬送所要時間の測定区間	49

図 4-6	実験での搬送状況	50
図 4-7	搬送準備空間の条件による搬送準備時間	52
図 4-8	搬送チーム別の平均搬送準備時間	54
図 4-9	搬送開始条件による階別搬送所要時間	55
図 4-10	搬送開始条件や避難支援者属性による垂直搬送速度	56
図 4-11	搬送開始条件別の平均上昇速度及び標準偏差	57
図 4-12	避難支援者属性による区間別身体負担	60
図 4-13	避難支援者属性による避難支援行動別、身体負担	61
図 4-14	階段上昇搬送実験後の身体状態	62

## 表 目 次

---

表 2-1	搬送用具の概況	9
表 2-2	避難支援者属性・搬送用具別の各区分搬送	12
表 2-3	アンケート調査の概要	16
表 2-4	上昇訓練時の要援護者役アンケート結果	17
表 3-1	各搬送用具のサイズと重さ	23
表 3-2	各試行における被験者の属性	26
表 3-3	測定区間及び測定タイミング	29
表 3-4	平均搬送速度の繰り返し試行による変化	35
表 3-5	アンケート調査の概要	35
表 4-1	各試行における被験者の属性	45
表 4-2	測定区間及び測定タイミング	49
表 4-3	避難支援行動別の搬送準備時間	53
表 4-4	1.2m幅階段での垂直搬送効率（簡易担架の場合）	58
表 4-5	アンケート調査の概要	59
表 5-1	設定条件による搬送実験・避難訓練結果の比較	68

## 第1章 序論

### 1.1. 研究の背景

本研究は、津波避難ビルにおける災害時要援護者の階段上昇避難に関するものである。

2011年に起こった東日本大震災以降、津波が陸上に氾濫する事態に備え津波に耐えうる一定の高さを持った構造物を、一時的な避難空間(以下、津波避難ビルと呼ぶ)として利用することの重要性が指摘されている。

この津波避難ビルの利用を基本とした避難計画では、津波避難ビルに至るまでの市街地移動に要する時間と津波避難ビル内部での階段上昇に要する時間を適切に評価しておく必要がある。特に、自力での避難が困難な災害時要援護者を搬送する避難支援者にとって、津波避難ビル内部での階段上昇は、搬送に伴う身体的な負荷や搬送そのものの経験不足から、比較的長い時間を伴う事態が懸念される。このことから、津波来襲時の避難誘導や避難支援活動可能な時間などを考慮すると共に予想される津波来襲までの時間内に津波避難ビルへ避難する要援護者に対する階段上昇支援方法による搬送所要時間や避難支援者への負荷などについて、予め検討しておく必要がある。

津波避難ビルへの避難は高台避難が困難な高齢者や障害者の場合、又は高台への避難に時間的に余裕がない時であり、津波避難ビルに到達した後も一定階以上の安全な階まで階段を上がって避難する必要がある。

このような状況では、高齢者や障害者は避難支援者の支援が必要であると予測される。この時、避難支援者の搬送経験や体力、要援護者の体重、避難支援方法などが影響し、津波避難ビルでの階段上昇避難が効果的に行われる必要がある。

しかし、要援護者階段上昇搬送時、どのような避難支援方法がどの程度の避難速度であるか、どのような避難支援方法が効果的かということについては研究がなされていない。

このため、本研究では2011年東日本大震災当時の要援護者避難支援状況についてヒアリング調査を行い、要援護者階段避難における避難支援方法を把握した。その結果、東日本大震災の当日、気仙沼市の中央公民館<sup>注1)</sup>では4人の避難支援者が車椅子をそのまま持ち上げて上昇搬送したことや、鹿折の公民館<sup>注2)</sup>では、隣接するデイケアセンターの多数の高齢者を津波からの避難のため、公民館上階へ背負い搬送したことが、2012年11月に行った公民館関係者へのヒアリング調査で明らかとなっている。

このようなヒアリング結果を通じ、実際の事例を基に要援護者避難支援方法を想定し、実験計画を立てた。従って、本研究は実験的な研究として、背負い、簡易担架、車椅子搬送における避難支援方法によるそれぞれの上昇搬送速度を算出すると共に階段上昇搬送に影響を与える要因を把握した。

そのため、本研究では災害時要援護者の階段搬送という概念を本研究を進める際の主要な着眼点としている。このとき、階段搬送というのは避難支援者が要援護者を上階へ避難支援することを指す。

なお、津波避難過程では階段上昇避難だけでなく、津波避難ビルまでの避難も考慮する必要があるが、本研究では津波避難ビル内での上昇避難に限って研究を進行している。

## 1.2. 既往研究と本研究の位置付け

津波避難を想定した階段上昇については、自力での階段上昇が可能な被験者を対象に、避難者が単独で上昇する場合<sup>1)</sup>と一定の群集密度下で上昇する場合の歩行実験<sup>2)</sup>から、歩行速度といった避難時間推定に必要な基礎資料を得ている。

また、車いす使用者や高齢者・身体障害者の避難については、車いす使用者を含む群衆の避難流動特性に関する実験研究<sup>3)</sup>、高齢者・身体障害者疑似体験型実験<sup>4)</sup>などがなされているが、火災時における避難を想定したことで、車いす使用者が混在し、水平避難時と階段下り歩行時の速度に研究が行われている。階段での災害時要援護者の避難支援者（介助者）による搬送を想定した研究<sup>5)</sup>もなされているが、これは階段降下による車椅子利用者の下階搬送の有効性を検討した実験である。

災害時要援護者の階段上昇搬送については、病院における津波を想定した避難訓練時に実測した研究<sup>6)</sup>があるが、限られた条件で行われたものである。

以上のように、現状では、要援護者の階段上昇避難については、具体的な検討は十分になされていない状況にある。本研究は災害時要援護者の階段上昇避難における避難支援方法による階段搬送速度や速度に影響を与える要因について明らかにし、避難計画の立案に利用可能な資料を整理するものである。

## 1.3. 研究の目的と方法

以上の背景を踏まえて、津波避難ビルにおける災害時要援護者の階段上昇避難の方法やその有効性を検討することが不可欠である。そこで、本研究では、避難支援者による要援護者階段上昇搬送に関することで、階段上昇搬送時の避難支援者の属性や避難支援方法による階段上昇速度を把握・分析することを目的とする。また、階段上昇時避難支援者の身体負担を把握し、搬送方法や搬送速度、身体負担の相関関係を比較・分析する。

その手順は、以下の通りである。

1. 東日本大震災当時の要援護者避難支援状況についてヒアリング調査を行い、避難実験計画を設定する。
2. 津波避難ビルの指定を受けた病院で行った階段上昇避難訓練を観察・測定し、階段上昇避難訓練状況を把握する。
3. 避難支援方法別、階段上昇搬送実験を行い、階段垂直搬送速度のデータを収集・分析する。
4. 要援護者搬送状況を再現する実験を行い、搬送準備から階段上昇避難までの過程を把握・分析する。

#### 1.4. 研究の構成と各章の概要

本論文は5章にて構成され、第1章は「序論」、第5章は「結論」に当たる。図1-1に論文の構成を示す。

第2章は「異なる避難支援者属性による車椅子と担架を用いた階段上昇避難の比較」と題し、西宮市にある病院で行った避難訓練を観測し、避難支援者の属性による階段搬送所要時間及び垂直搬送速度を分析する。

第3章は「災害時要援護者の階段上昇避難支援に関する実験的研究」と題し、避難支援方法別に搬送実験を行い、搬送方法と要援護者役の体重条件による階段上昇搬送速度及び避難支援者の身体負担を把握し、その相関関係を分析する。

第4章は「簡易担架を用いた階段上昇避難における準備時間及び避難速度」と題し、簡易担架を用いた搬送実験を行い、要援護者避難支援の過程を再現・分析する。また、搬送準備空間に対する条件、避難支援者属性と搬送開始条件を設定し、それぞれの条件による搬送準備過程及び階段搬送速度について分析する。

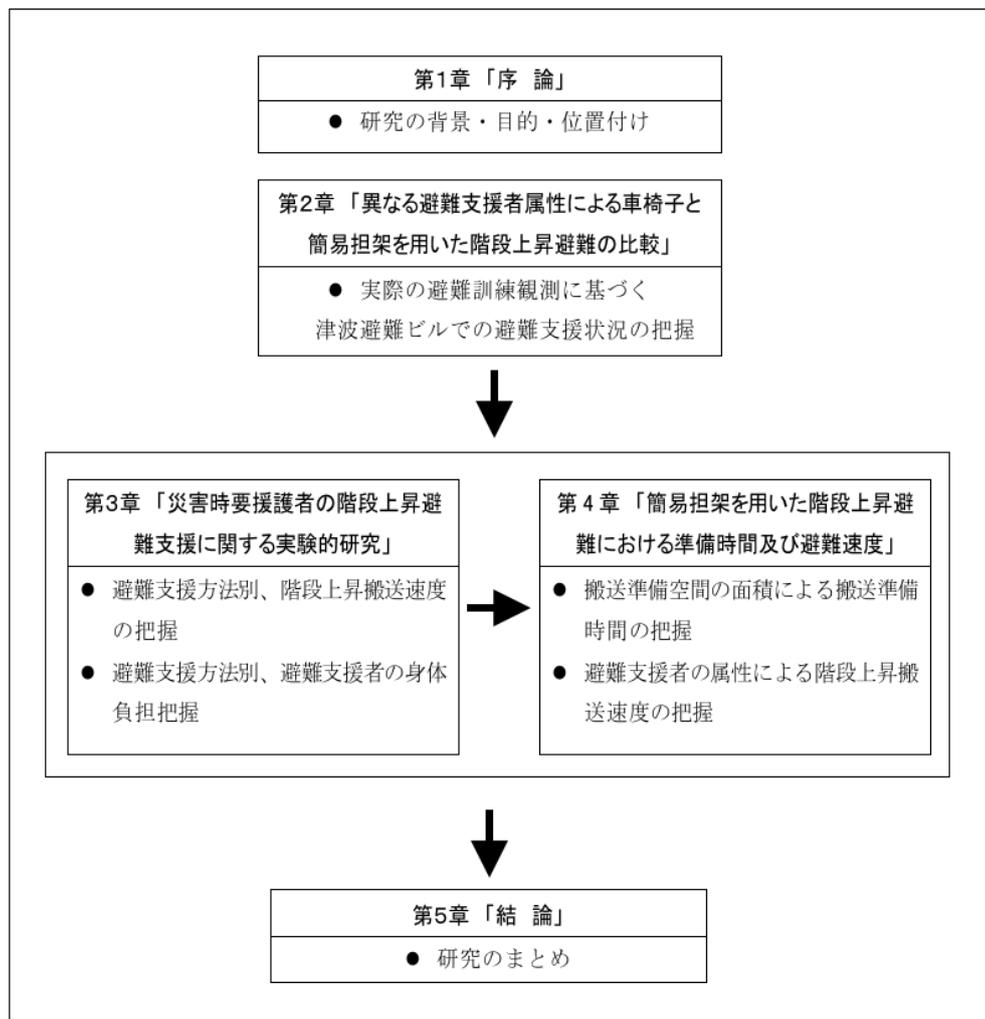


図1-1 論文の構成

注<sup>1~2)</sup> 本研究では2011年東日本大震災当時の要援護者避難支援状況を把握し、その結果を基に要援護者階段搬送実験の計画を立てるため、2012年11月ヒアリング調査を行った。その結果、気仙沼市の中央公民館では4人の避難支援者が車椅子をそのまま持ち上げて上昇搬送したことや、鹿折公民館では、隣接するデイケアセンターの多数の高齢者を津波からの避難のため、公民館上階へ背負い搬送したことが、公民館関係者へのヒアリング調査で明らかとなっている。ヒアリング結果は以下の表の通りである。

注1) 中央公民館のヒアリング結果

区分		内容	
建物概要	住所		気仙沼市潮見町3-52
	面積	敷地	5,662㎡
		延床	3,159㎡
	階数		3階
	階段数	屋内	2個
		屋外	1個
			
被害概要	被害現況	人命	公民館に避難した人は全員救助
		財産	被害が大きすぎて、公民館ビル撤去
	浸水した階		2階浸水、天井付近まで水没
	避難者数	平時滞在者	5人（公民館職員）
		避難来館者	保育所からの避難者 約103人 水産関係者、周りの地域住民など 約338人
		合計	446人
	津波到達時間		15時30分（第1波）
	避難階	最初	2階（2階へ避難誘導したが、津波が来襲して3階へ避難）
		後	3階
	避難時間	開始	15時ごろ（保育園で10分以内に避難してきて、避難開始）
完了		16時ごろ（屋上まで）	
避難した階段		屋外階段、屋内階段	
要援護者避難	要援護者支援方法	車いす	車いす利用者2人、 1台の車いすを4人が避難支援し、上昇搬送
		歩行器	
		身動きできない	手を貸して、避難
		その他	保育所の園児は若い男性5、6人がひもを使い、背負って屋上へ避難
	避難場所		2階→3階

注2) 鹿折公民館のヒアリング結果

区分		内容	
建物概要	住所		気仙沼市錦町2-5-10
	面積	敷地	9,482.92㎡
		延床	3,035.43㎡
	階数		3階
	階段数	屋内	1個
		屋外	
			
被害概要	被害現況	人命	公民館に避難した人は全員救助
		財産	被害が大きかったため、公民館ビル撤去
	浸水した階		2階まで水没(2階高さ程度の津波がきたが、1mほど土盛りしていたため、2階の天井までは浸水されなかった)
	避難者数	平時滞在者	約50人(公民館職員5人、他施設の職員と関係者約45人)
		避難来館者	約150人
		合計	199人
	津波到達時間		15時30分(第1波)
	避難階	最初	2階(最初2階へ避難したが、安全性の確信ができなかったため、3階へ避難指示)
		後	3階
	避難時間	開始	
完了			
避難した階段		屋内階段	
要援護者避難	要援護者支援方法	車いす	背負って避難、又は座っている椅子そのまま上げて避難
		歩行器	職員が連れてゆっくり避難
		身動きできない	連れてゆっくり避難
		その他	施設利用者の中で、40人ぐらいが自力で身動きができない人であったため、背負いや抱えて避難支援
	避難場所		3階の廊下、階段

## 参考文献

- 1) 土屋 伸一、森山 修治、浜 暁也、渡邊 大地、長田 悠平、小川 純子、神 忠久、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その1 実験概要及び階段上昇時の単独歩行特性-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp. 905-906、2006. 07
- 2) 森山 修治、長田 悠平、土屋 伸一、小川 純子、浜 暁也、神 忠久、渡邊 大地、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その2 階段上昇時の群集歩行特性-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp. 907-908、2006. 07
- 3) 嶋田 拓、金井 昌昭、矢島 規雄、直井 英雄：車いす使用者を含む群集の避難流動特性に関する実験研究、日本建築学会計画系論文集 (569)、pp. 71-75、2003. 07
- 4) 北澤 知大、渡邊 翼、渡邊 大地、浜 暁也、青山 真也、土屋 伸一、古川 容子、長谷見 雄二：高齢者・身体障害者疑似体験型実験(その16)：階段での明るさの条件の違いが高齢者の階段歩行に及ぼす影響、日本建築学会関東支部研究報告集 I (76)、pp. 257-260、2006. 02
- 5) 瀬戸口 俊也、内田 公一、山村 重行、山村 重行、布田 健、萩原 一郎、直井 英雄：介助者による階段降下の可能性について-車いす使用者の階段避難の可能性に関する実験 その2-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp. 971-972、2006. 07
- 6) 李知香、北後明彦、西野智研、異なる避難支援者属性による車椅子と担架を用いた階段上昇避難の比較、日本建築学会計画系論文集、No. 693、pp. 2267-2272、2013. 11

## 第2章 異なる避難支援者属性による車椅子と担架を用いた階段上昇避難の比較

### 2.1. はじめに

津波が陸上に氾濫する事態に備え、高台までの避難に時間を要する地域では、一定の高さを持った津波に耐えうる構造物を、一時的な避難空間として利用する重要性が指摘されている<sup>1)</sup>。この津波避難ビル利用を基本とした避難計画では、津波避難ビルに至るまでの市街地移動に要する時間と津波避難ビル内部での上昇に要する時間を適切に評価しておく必要がある。特に、自力での避難が困難な災害時要援護者を搬送する避難支援者にとって、津波避難ビル内部での階段上昇は、搬送に伴う身体的な負荷や搬送そのものの経験不足から、比較的長い時間を伴う事態が懸念される。

これまでも、津波避難を想定した階段上昇に関する研究<sup>2, 3)</sup>はなされてきた。これらは、自力での階段上昇が可能な被験者を対象に、避難者が単独で上昇する場合と一定の群衆密度下で上昇する場合の歩行実験から、歩行速度といった避難時間推定に利用可能な基礎資料を得ている。一方で、階段での災害時要援護者の避難支援者（介助者）による搬送を想定した研究<sup>4)</sup>もなされているが、これは階段降下による車椅子利用者の下階搬送の有効性を検討した実験である。

そこで本研究では、階段を利用した災害時要援護者の避難支援者による上階搬送について、階段上昇時の搬送速度や負荷といった避難計画立案に利用可能な基礎資料を整備することを目的とする。

ここでは、兵庫県西宮市の私立病院で行われた上階搬送訓練の測定を行い、階段上昇時の搬送速度と避難支援者の主観的な負荷について、避難支援者の属性と搬送方法の違いに注意しながら分析した結果を整理する。本訓練は西宮市で実施された津波避難訓練の一つで、避難訓練の計画は、西宮市と病院の協議によるものであり、筆者らは両者の許可を得て本訓練を観察・測定した。

### 2.2. 調査結果

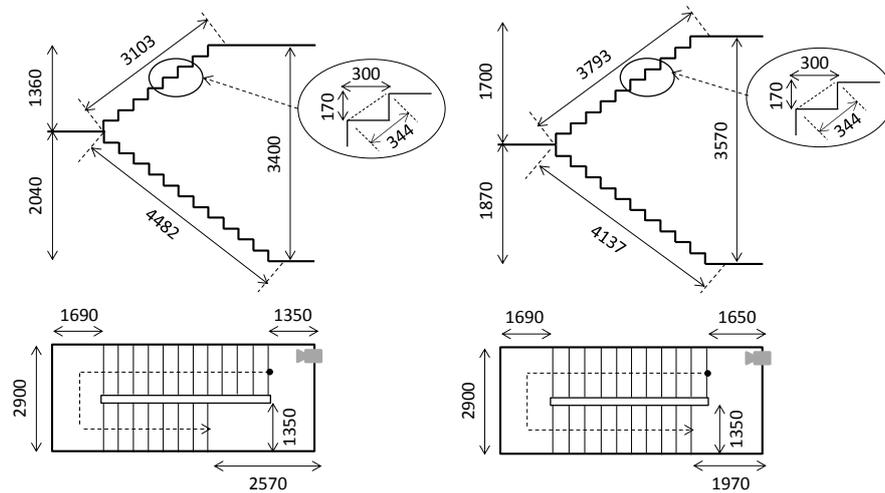
#### 2.2.1. 搬送訓練の概要

搬送訓練は、兵庫県西宮市にある津波避難ビルの指定を受けた病院で行われた。本訓練では、南海トラフ巨大地震が発生し、西宮市沿岸部に高さ5mの津波第1波が90分後に到達すると想定し、地域住民や病院職員からなる避難支援者が、要援護者（訓練参加者が患者役となった。）を階段上昇搬送により避難させた。

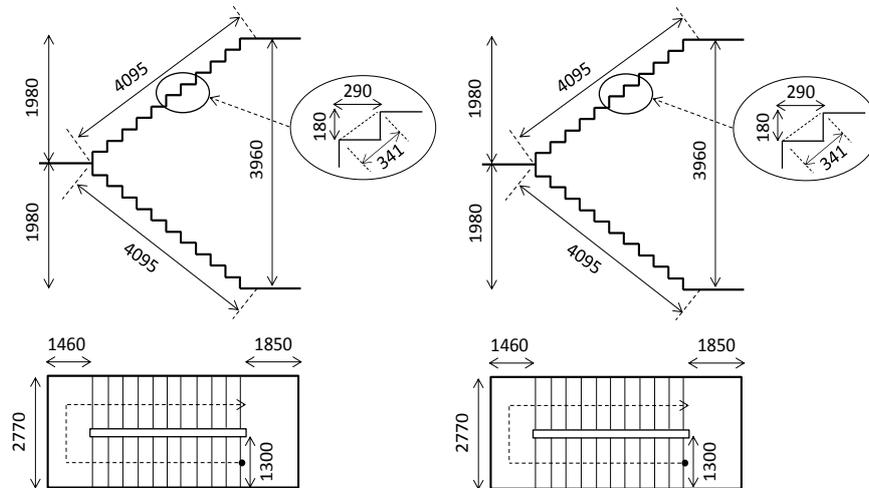
この訓練には、地域住民18名と看護師を含む病院職員11名の合計29名が参加した。なお、地域住民は東館の階段、病院職員は北館の階段を用いて別々に搬送訓練を行った。

図2-1に、搬送訓練に使用された階段の形状を示す。住民対象に行われた訓練（東館）では、2階から4階に至るまでの階段（a）が、職員を対象に行われた訓練（北館）では、1階

から3階に至るまでの階段 (b) が使用された。これらの東館と北館の階段の蹴上げ・踏み面の寸法はそれぞれ1cmの差があるが、蹴上げ寸法と踏み面寸法の合計は同じであり、また、北館階段の幅員は、東館階段に比べて5cm狭いが、両階段は、ほぼ同程度の勾配・スケールの階段である。



(a) 東館（住民）の階段（左：2～3階、右：3～4階）



(b) 北館（職員）の階段（左：1～2階、右：2～3階）

図 2-1 搬送訓練に使用された階段の形状（単位：mm）

### 2.2.2. 搬送訓練の手順

搬送訓練は、複数名が一組となり災害時要援護者役の一名を搬送することを基本とし、次の手順に従って実施された：(a) 東館の住民は、車椅子を用いる2組、簡易布製の担架を用いる2組の合計4組から構成され、2階から3階への搬送を行う組、3階から4階への搬送を行う組に分かれて別々に搬送を行う；(b) 北館の職員は、車椅子を用いる1組、スチール製の担架を用いる1組の合計2組に分かれ、それぞれ1階から3階まで連続して搬送を行う。ただし、東館の住民については、車椅子と担架の搬送方法について、訓練実施前に予め教示を行った。

教示内容は、車椅子及び担架の取り扱い方法のほか、搬送速度については「息を合わせ可能な範囲内で搬送するように」との指示であった。なお、要援護者役や避難支援者の配置に関する指示はなされず、住民・職員の判断の下に役割及び人員配置がなされた。従って、簡易担架の搬送時の避難支援者の人員数は一定していない。

図2-3に、車椅子と担架を用いた各組の避難支援者構成を示す。車椅子を用いた搬送(a)では、4人1組を基本としたが、組によって避難支援者の性別が異なる。また、担架を用いた搬送(b)では、簡易布製の場合で避難支援者が4人1組と3人1組（いずれも男性のみ）、スチール製の場合で5人1組（男女混合）である。なお、車椅子の重さは15kgであり、詳細な寸法は図2-2、文献5)を参照のこと。また、簡易布製の担架の重さは1.5kg、寸法は幅66cm・全長188cm、スチール製の担架の重さは5.5kg、寸法は幅54cm・全長210cmであった。また、訓練当時の搬送状況を図2-4に示した。

表2-1 搬送用具の概況

区分		サイズ	重さ
車椅子		下記	15kg
担架	簡易布製（簡易担架）	幅66×全長188cm	1.5kg
	スチール製担ぎ棒（棒状担架）	幅54×全長210cm	5.5kg

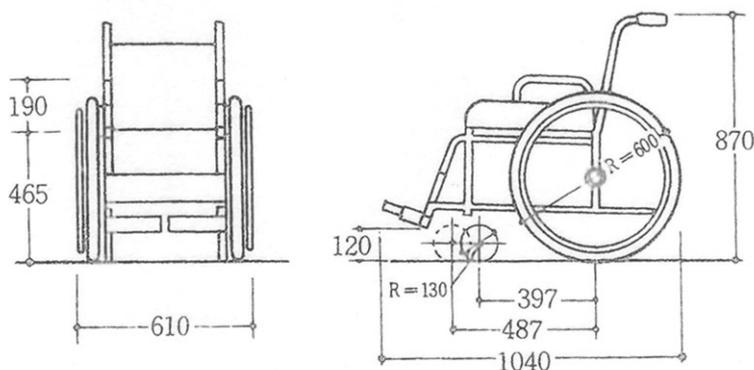
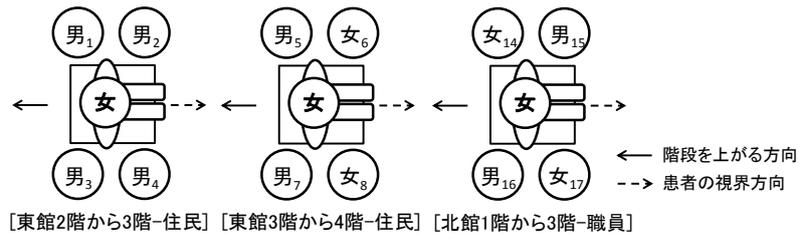
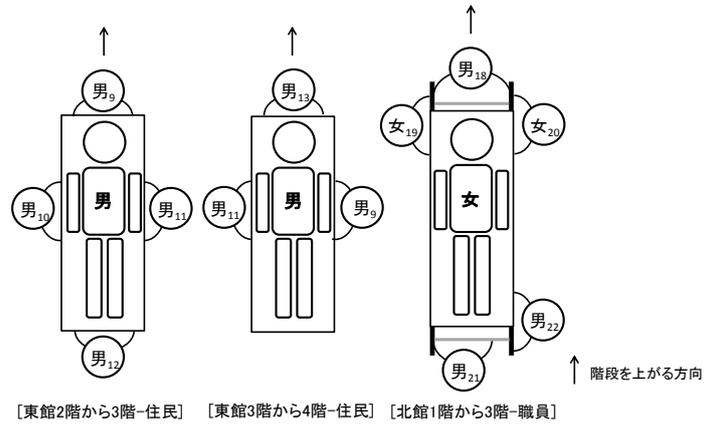


図2-2 車椅子の寸法<sup>5)</sup>



(a) 車椅子



(b) 担架

図 2-3 車椅子と担架の避難支援者構成



(a) 東館の住民 (左：車椅子、右：簡易布製担架)



(b) 北館の職員 (左：車椅子、右：スチール製担架)

図 2-4 訓練当時の搬送状況

### 2.2.3. 測定項目及び訓練参加者へのアンケート

北館と東館の階段搬送状況をビデオ撮影した。北館では職員による搬送をビデオカメラで追跡撮影、東館では住民による搬送をビデオカメラで追跡撮影するとともに、2階と3階の階段室の出入口の上部に固定ビデオカメラを設置して階段と踊り場隅上部を撮影した。

東館で固定カメラを設置した理由は、避難支援者以外の住民数名も要援護者の搬送にしたがって階段を上ったため、追跡撮影するカメラの位置がやや搬送位置から離れて避難支援者の一部が画角に収まらない場合が想定されたためである。

搬送所要時間の測定を、撮影したビデオを再生して実施した。測定区間の測定タイミングは、先頭の避難支援者を基準として、先頭の避難支援者が階段を上り始める時点、踊り場に着く時点、また階段を上り始める時点とした。

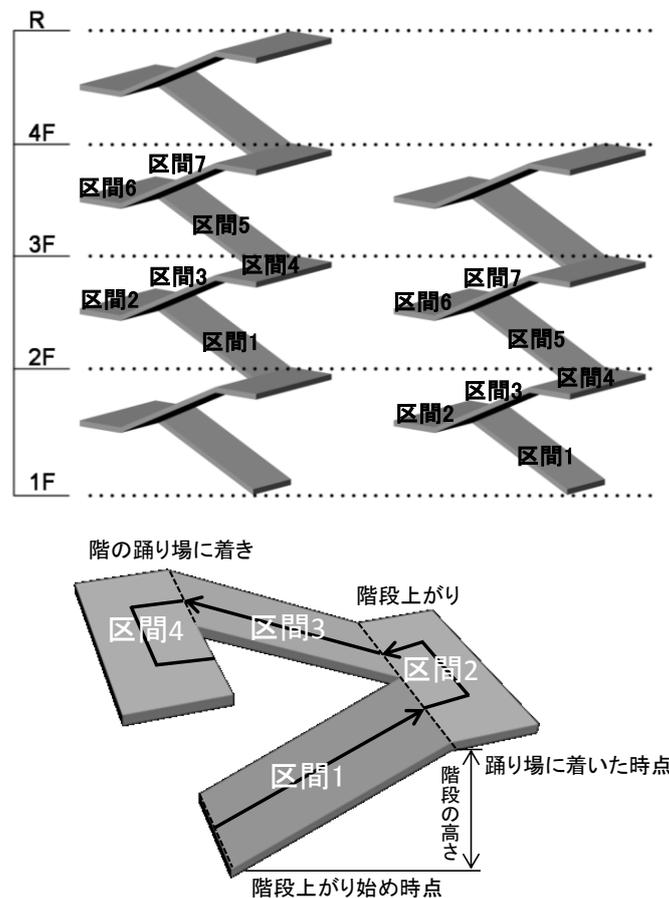


図 2-5 搬送所要時間の測定区間（左の階段：東館、右の階段：北館）

垂直搬送速度は、階段の高さを基準として算出する。表 2-2 の区間1～区間7はそれぞれ図 2-5 の区間1～区間7に対応している。

また、訓練参加者を対象にアンケートを実施し、避難支援者・要援護者役（職員・住民による）の属性、避難訓練当時の状況及び身体変化について回答を得た。

表 2-2 避難支援者属性・搬送用具別の各区分間搬送

区分	各チームの構成					各チームによる 訓練時測定区間*		所要 時間 (s)	垂直 搬送 速度*** (m/s)			
	要 援 護 者 役	避難支援者				区間	距離**					
		ID	性別	年齢	体重					身長		
東館の階段	住民	車椅子	44kg	1	男	50	68	173	区間1	2.04m	35	0.06
				2	男	43	76	176	区間2	2.84m	15	
				3	男	64	70	168	区間3	1.36m	30	0.05
				4	男	不明	不明	不明	区間4	-	-	-
		49kg	5	男	53	53	171	区間5	1.87m	31	0.06	
			6	女	68	49	151	区間6	2.84m	20		
			7	男	不明	不明	不明	区間7	1.70m	35	0.05	
			8	女	44	54	158	-	-	-	-	
	簡易担架	53kg	9	男(交代なし)	43	65	177	区間1	2.04m	12	0.17	
			10	男	44	80	172	区間2	2.84m	7		
			11	男(交代なし)	44	60	177	区間3	1.36m	10	0.14	
			12	男	65	72	170	区間4	-	-	-	
		52kg	13	男	65	58	172	区間5	1.87m	12	0.16	
			11	男(交代なし)	44	60	177	区間6	2.84m	7		
			9	男(交代なし)	43	65	177	区間7	1.70m	10	0.17	
北館の階段	病院職員	車椅子	51kg	14	女(看護士)	58	60	164	区間1	1.98m	15	0.13
				15	男	不明	不明	不明	区間2	2.55m	9	
				16	男	48	80	170	区間3	1.98m	17	0.12
				17	女(看護士)	51	58	165	区間4	2.79m	5	
				同上 (1階から3階まで同一の避難支援者)					区間5	1.98m	12	0.17
									区間6	2.55m	7	
									区間7	1.98m	19	0.10
	棒状担架	39kg	18	男(看護士)	30	50	160	区間1	1.98m	10	0.20	
			19	女(看護士)	44	65	162	区間2	2.55m	12		
			20	女(看護士)	46	56	153	区間3	1.98m	10	0.20	
			21	男	不明	不明	不明	区間4	2.79m	11		
			22	男	不明	不明	不明	区間5	1.98m	10	0.20	
			同上 (1階から3階まで同一の避難支援者)					区間6	2.55m	8		
								区間7	1.98m	11	0.18	

\*区間別測定は先頭の避難支援者の通過時間を基準として測定する。  
\*\*垂直距離は階段の垂直方向の距離(高さ)、水平距離(踊り場)は踊り場の中心軸に沿った3つの動線(図2-1)の合計に該当する。  
\*\*\*垂直搬送速度は階段の垂直方向の距離を所要時間で除した。

## 2.3. 測定結果

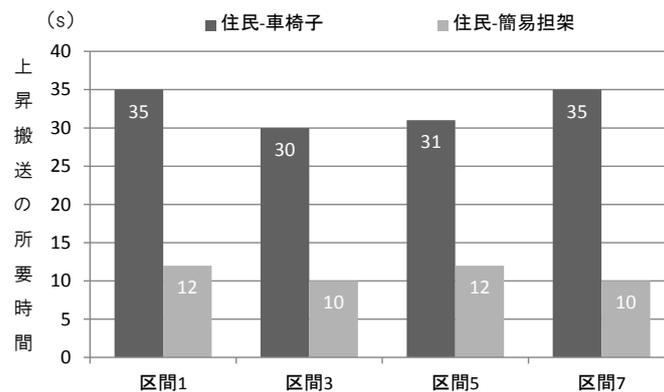
### 2.3.1. 区間別所要時間と垂直搬送速度

訓練参加者による各チームの構成と区間別搬送所要時間の測定結果を表2-2に示す。東館での住民による各チームの上昇搬送は、2階から3階まで避難完了後、交代して3階から4階まで上昇搬送するので、踊り場（東館区間4）での所要時間は示していない。

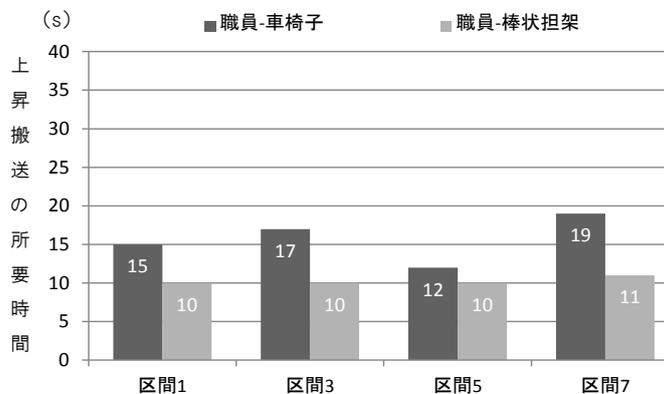
避難支援者の属性別・搬送用具別の上昇搬送のみをとりだした所要時間を図2-6に示す。上昇搬送が最も早かったのは職員による担架の場合であり、区間1、区間3、区間5、区間7の区間でそれぞれ10～11秒かかっている。

一方、上昇搬送が最も遅かったのは住民による車椅子の搬送の場合であり、各区間それぞれ30秒以上かかっている。

踊り場を曲がる水平搬送時間を図2-7に示す。踊り場を曲がる時、住民による車椅子搬送が最も時間がかかる結果となっている。一つの踊り場を曲がる水平搬送の所要時間が最も短いのは職員による車椅子搬送で5秒かかっているのに対し、所要時間が最も長い住民による車椅子搬送では20秒かかっている。

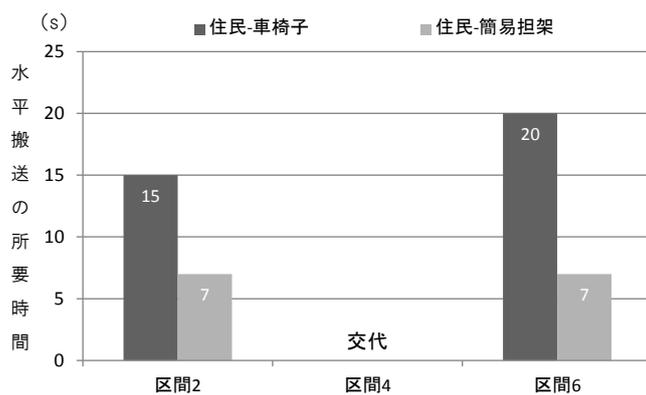


(a) 住民（東館）による上昇搬送時間

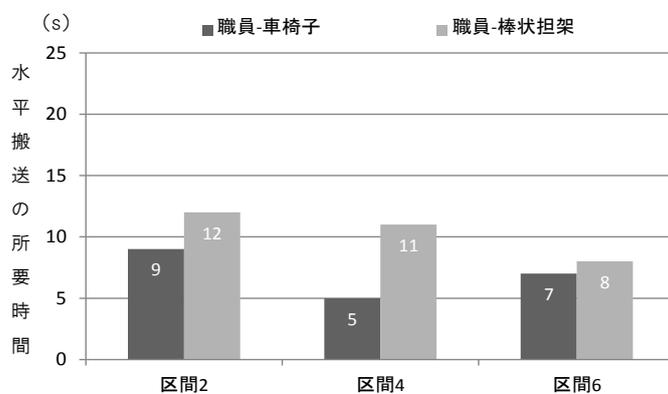


(b) 職員（北館）による上昇搬送時間

図2-6 階段上昇搬送における避難支援者属性・搬送用具別所要時間



(a) 住民（東館）による水平搬送時間



(b) 職員（北館）による水平搬送時間

図2-7 踊り場における避難支援者属性・搬送用具別所要時間

各測定区間における車椅子と担架の上昇搬送速度の平均及び標準偏差を図2-8に示す。車椅子を搬送する場合、避難支援者が住民の場合と職員の場合では、2倍以上の速度差があることが分かる。

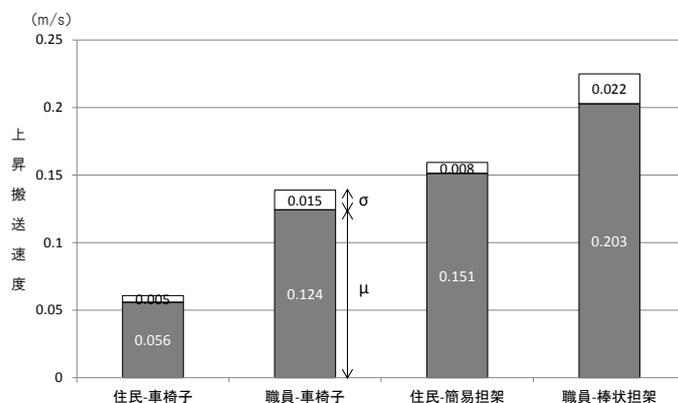


図2-8 上昇搬送時の避難支援者属性・搬送用具別の平均上昇搬送速度( $\mu$ )及び標準偏差( $\sigma$ )

### 2.3.2. 搬送用具別上昇搬送速度

本実験で使用した搬送用具は車椅子と担架である。担架は、住民が布製簡易担架を、職員がスチール棒状担架を使用し上昇搬送した。

車椅子の上昇搬送速度のうち、最も早いのは職員の搬送によるものであり0.165m/sである。最も遅い区間は住民の搬送で0.045m/sである。住民による布製簡易担架使用時の上昇搬送速度は最大0.17m/s、最小0.136m/sであるが、職員によるスチール製棒状担架使用時は最大速度0.198m/s、最小0.18m/sであり、スチール製棒状担架の搬送速度がやや速いことが分かる。

車椅子の場合、踊り場を曲がる水平搬送時の所要時間は、最も長くかかった区間は住民による場合であり、3階・4階間の踊り場（区間6）で20秒かかっている。一方、最も早い区間は職員による2階部分（区間4）を曲がる際であり5秒かかっている。職員による1階・2階間の踊り場（区間2）、2階・3階間の踊り場（区間6）では、それぞれ9秒、7秒で区間4より時間がかかっているが、これは区間2、区間6の幅員が146cmであり、区間4の幅員185cmよりも約40cm狭いことにより通行しにくくなったことによると考えられる。

担架の場合、時間が最も長くかかったのは職員が1階・2階間の踊り場（区間2）を曲がる際であり、12秒かかっている。最も短いのは住民が2階・3階間の踊り場（区間2）、3階・4階間の踊り場（区間6）を曲がる際であり、7秒かかっている。担架の場合、上昇搬送速度は職員によるスチール製棒状担架が早いですが、踊り場を曲がる水平搬送は住民による布製簡易担架の場合よりも時間がかかっている。

これはスチール製棒状担架は持ち上げやすいが、全長210cmと長く固定されているので、踊り場が狭い際には、長い棒状担架の取り回しが困難であり、より時間がかかったと思われる。なお、職員が1階と2階の間の踊り場（区間2）を曲がる際は12秒、2階と3階の間の踊り場（区間6）を曲がる際は8秒かかっている。これは、上層へ上がるほど踊り場を曲がるのに慣れて、時間が短縮されたものと考えられる。

### 2.3.3. 避難支援者の属性別上昇搬送速度

避難支援者は3人～5人の地域住民によって構成されるチームと病院職員によって構成されるチームの2種類の属性の異なるチームによって搬送が実施された。

車椅子の搬送については、避難支援者の属性による大きな影響が見られ、地域住民による車椅子搬送の所用時間は、病院職員による場合の2倍以上となっている。職員の場合、2人が看護師であり（表2-2参照）、車椅子の搬送について熟知しているので、息を合わせて素早い避難搬送ができたものと考えられる。

住民による簡易担架搬送の場合、2階から3階、3階から4階までの所要時間は区間別の差はあるが、全体所要時間は同じである。これは、似ている体力条件の2人の搬送者が2階から3階、3階から4階まで同時に搬送し、所要時間が同じとなったものと考えられる。住民による簡易担架搬送（東館）の場合、2階から3階まで搬送後、要援護者役と避難支援者を交代したが、2人は交代せず4階まで搬送した。この際、2階から3階、3階から4階までは垂直移動距離と避難支援者数の差があるが（図2-1、図2-3参照）、交代しなかった2人（表2-2参

照)は搬送の中心になる両サイドで搬送し、息を合わせて搬送できている。また、要援護者役の体重も似ているので、無理なく2階から3階までのペース同様に3階から4階も搬送できたと考えられる。

職員による担架搬送の場合、女性2人と男性3人として全体で5人で構成された。このチームの場合、要援護者役の体重が比較的軽く(表2参照)、スチール製棒状担架は持ち上げやすく、搬送が容易であったと考えられる。

## 2.4. 搬送訓練参加者のアンケート結果

### 2.4.1. アンケートの概要

アンケートは搬送訓練参加者全員を対象に実施した。アンケートの概要及び構成を表2-3に示す。

表2-3 アンケート調査の概要

区分		内容
概要	調査対象	病院での上昇搬送訓練の参加者
	調査日	2013年 1月 27日
	質問紙回収	配布 : 30部、回収率 : 27部 (90%)
	質問項目	要援護者役2項目、避難支援者2項目
構成	被験者属性	性別、年齢、体重、身長、訓練時の役割
	要援護者役	揺れが最も激しかったこと
		負担感が最も感じられたこと
	避難支援者	搬送時、一番難しかったこと
搬送後、身体の状態 (複数回答)		

参加者30人のうち27人から回答が得られた(回答率90%)。そのうち、要援護者役は6人、避難支援者21人であった。避難支援者は、40代、50代が中心であり、平均年齢は49.9歳であった。ただし、東館の住民一人が担架要援護者役と車椅子搬送役を交代で遂行し、総応答者26人であるが、要援護者役と避難支援者の全項目を記入し、全体搬送参加者の応答数は27人として算定した。職員・住民による避難支援者・要援護者役の回答は住民自治会16人、看護師や職員11人としてアンケートは要援護者役2項目、避難支援者2項目で全体4項目である。

### 2.4.2. 上昇搬送時の要援護者役のアンケート結果

上昇搬送は6チームで実施され、住民による搬送の場合、担架2チーム、車椅子2チーム、職員による搬送は担架1チーム、車椅子1チームである。要援護者役6人に対するアンケートは全て回収され、その結果を表2-4に示す。

「揺れが最も激しかったこと」と「身体的・精神的な負担が最も感じられたこと」で、車椅子と担架の要援護者役両方とも「階段を上がる時」という回答している。住民の場合、車椅子と担架の搬送経験がなく、訓練時初めてチームを組んだので、息を合わせての搬送がしにくく、階段を上がる時揺れが最も激しかったと思われる。

従って、階段を上がる時、負担感が最も感じられたと考えられる。

表 2-4 上昇訓練時の要援護者役アンケート結果

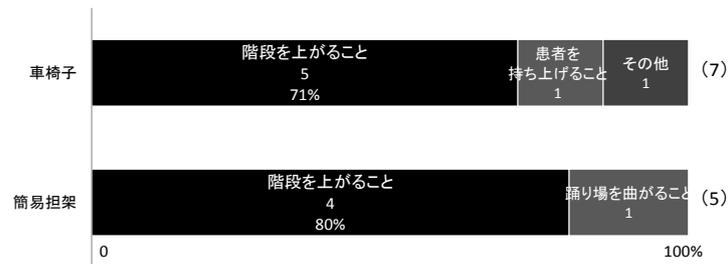
項目		住民		職員	
		車椅子	簡易担架	車椅子	棒状担架
揺れが最も 激しかった こと	階段を上がる時	2	1	1	-
	踊り場を曲がる時	-	-	-	1
	その他（特にない）	-	1	-	-
負担感が最も 感じられた こと	階段を上がる時	2	1	-	-
	最初に持ち上げられる時	-	-	1	1
	その他（特にない）	-	1	-	-

### 2.4.3. 上昇搬送時の避難支援者アンケート結果

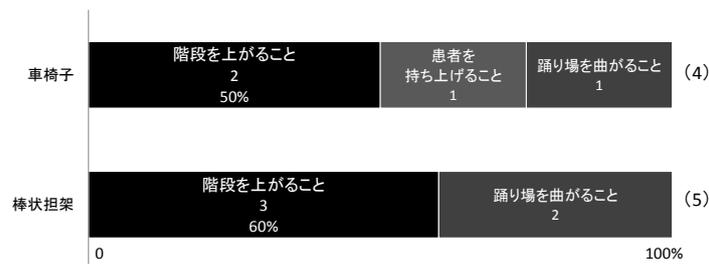
避難支援者は6チーム、24人であり、そのうちアンケート回答者は21人である。車椅子の避難支援者11人（住民7人、看護師を含む職員4人）、担架の避難支援者10人（住民5人、看護師を含む職員5人）であり、アンケート結果を図2-9に示す。

「搬送訓練時一番難しかったこと」として全体的には「階段を上がる時」の回答が多く得られ、次いで、「踊り場を曲がること」が挙げられている。職員の担架搬送の場合、スチール製棒状担架を用いているため、全長が長いので狭い踊り場を曲がる際に取り回しが困難だが、上層へ上るほどに踊り場を曲がるのに慣れてくることは2.3.2で示した結果で分かる。

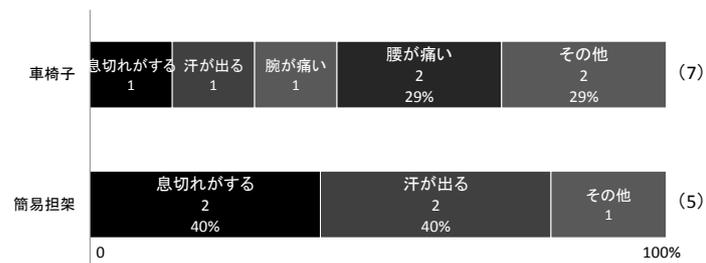
搬送訓練後の避難支援者の身体状態に対しては腰が痛いという回答が、職員による担架搬送者の場合に多かった。住民の場合は1階ずつチームを交代して上昇搬送したので移動距離は1階分の高低差約3.5m程度（東館）であるのに対し、職員の場合はサイズの大きなスチール製棒状担架を持って曲がりにくい踊り場を無理な姿勢で取り回しながら1階から3階まで高低差約8m（北館）を一気に搬送すること、及び、北館の階段幅が東館よりやや狭く、職員5人の避難支援者が狭い階段や踊り場を通過するために時間がより多くかかったことにより、腰に負担になったと考えられる。住民の避難支援者で担架を搬送した者の中には、息切れがする、汗が出るといった回答があった。この理由としては、布製簡易担架は両サイドの避難支援者2人に主に負担が集中するため、この両サイドの避難支援者の身体に負担になったことが考えられる。



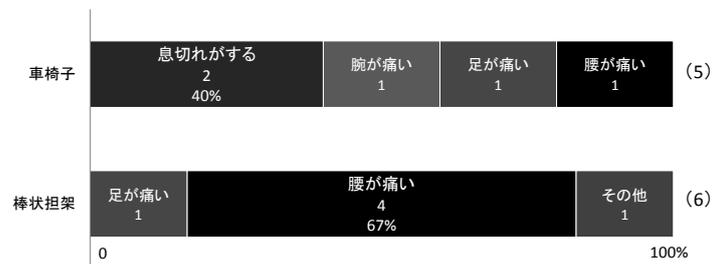
(a-1) 住民による上昇搬送時一番難しかったこと



(a-2) 職員による上昇搬送時一番難しかったこと



(b-1) 住民による上昇搬送後の身体状態



(b-2) 職員による上昇搬送後の身体状態

図 2-9 上昇訓練時の避難支援者アンケート結果

## 2.5. まとめ

本研究では、避難支援者が災害時要援護者を搬送することによる階段上昇避難について、避難支援者の属性別、搬送器具別比較を行うことを目的として、車椅子と担架による階段上昇搬送訓練状況の実測を行った。

その結果得られた主要な点は以下の通りである。

- 1) 車椅子の上昇搬送速度のうち、最も早いのは職員の搬送によるものであり0.17m/sである。最も遅い区間は住民の搬送で0.05m/sである。住民による布製簡易担架使用時の上昇搬送速度は最大0.17m/s、最小0.14m/sであるが、職員によるスチール製棒状担架使用時は最大速度0.20m/s、最小0.18m/sであり、スチール製棒状担架の搬送速度がやや速いことが分かる。
- 2) 搬送器具が車椅子の場合、地域住民は車椅子の搬送経験がなく、搬送に比較的長い時間を要しているが、看護師・病院職員は車椅子の搬送について熟知しているので、息を合わせて素早く避難搬送している。
- 3) 搬送器具が担架の場合、上昇搬送速度はスチール製棒状担架が速いが、踊り場を曲がる際にはより時間がかかっている。これはスチール製棒状担架が全長210cmと長く、狭い踊り場を曲がることに苦心してより時間を要していることによる。なお、要援護者の体重が比較的軽い場合、このスチール製棒状担架は持ち上げやすい傾向にある。これに対して、布製簡易担架は、特定の持ち位置の避難支援者に負担が重くなる傾向にある。

以上のことから、搬送用具や要援護者の体重、避難支援者の搬送経験、階段サイズが搬送速度に影響している可能性があると考えられる。今後、津波避難ビルでのより効果的な避難支援者による要援護者の階段上昇搬送計画を策定するためには、車椅子や担架を用いた搬送以外の様々な階段上昇搬送の方法や、避難支援者が何往復も反復して行う支援の際の疲労の影響等について、実験的に検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 災害時要援護者の避難対策に関する検討会：災害時要援護者の避難支援ガイドライン、内閣府、2006.03
- 2) 土屋 伸一、森山 修治、浜 暁也、渡邊 大地、長田 悠平、小川 純子、神 忠久、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その1 実験概要及び階段上昇時の単独歩行特性-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.905-906、2006.07
- 3) 森山 修治、長田 悠平、土屋 伸一、小川 純子、浜 暁也、神 忠久、渡邊 大地、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その2 階段上昇時の群集歩行特性-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.907-908、2006.07
- 4) 瀬戸口 俊也、内田 公一、山村 重行、山村 重行、布田 健、萩原 一郎、直井 英雄：介助者による階段降下の可能性について-車いす使用者の階段避難の可能性に関する実験その2-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.971-972、2006.07
- 5) 健康環境システム研究会：高齢者・身障者を考えた建築のディテール、理工図書、p.26、1997.03

### 3.1. はじめに

2011年に起こった東日本大震災以降、津波が陸上に氾濫する事態に備え津波に耐えうる一定の高さを持った構造物を、一時的な避難空間(以下、津波避難ビルと呼ぶ)として利用することの重要性が指摘されている。特に、自力での避難が困難な災害時要援護者を搬送する避難支援者にとって、内部での階段上昇は、避難支援方法や身体負担によって、避難に比較的長い時間を伴う事態が懸念される。このことから、予想される津波来襲までの時間内に津波避難ビルへ避難する要援護者に対する階段上昇支援方法による搬送所要時間や避難支援者への負荷などについて、予め検討しておく必要がある。

これまでにも、津波避難を想定した階段上昇に関する研究はなされてきた。これらは、自力での階段上昇が可能な被験者を対象に、避難者が単独で上昇する場合<sup>1)</sup>と一定の群集密度下で上昇する場合の歩行実験<sup>2)</sup>から、歩行速度といった避難時間推定に必要な基礎資料を得ている。階段での災害時要援護者の避難支援者(介助者)による搬送を想定した研究<sup>3)</sup>もなされているが、これは階段降下による車椅子利用者の下階搬送の有効性を検討した実験である。災害時要援護者の階段上昇搬送については、病院における津波を想定した避難訓練時に実測した研究<sup>4)</sup>があるが、限られた条件で行われたものである。

そこで本研究は、実験的方法で、要援護者の体重を統制した上で、階段上昇搬送の方法別に階段上昇搬送速度を明らかとするとともに、身体負荷を心拍数測定により把握することとした。

階段上昇の方法については、上記の病院の避難訓練で使われたものと同じタイプの簡易担架と車いすを使用した階段上昇搬送とともに、東日本大震災当時の要援護者の津波避難ビルへの階段上昇搬送に実際に用いられた背負い搬送を取り上げた。

### 3.2. 災害時要援護者の階段上昇搬送実験

#### 3.2.1. 搬送実験の実施場所と被験者

本実験は南海トラフ大地震が発生し、沿岸部に高さ10mの津波が到達すると想定したシナリオの下、2013年12月から2014年5月にかけて実施した。その中で、実験を行った日の気温は最高気温19.0℃、最低気温3.6℃であり、搬送結果に影響を与える可能性がある暑さはなかった。実験は神戸大学工学部スタジオ棟の室内階段で実施した。図3-1に実験に使用した階段の形状を示す。

この実験の被験者はアルバイトで雇用した18歳-24歳の男子学生68名(避難支援者役64人、要援護者役4人)である。避難支援者役の被験者は、1つの試行のみ実施している。要援護者役の被験者は、繰り返し実験に参加している。

被験者の服装は普段着、足元は普段履きなれた靴を装着して行った。全ての被験者の健康

状態は良好で、実験に影響する身体的な障害はなかった。

本実験は要援護者を階段上昇搬送する際の速度を求めることを目的としているため、要援護者役の動きは実際の要援護者搬送の状況と変わらないように再現した。背負い搬送の場合、要援護者役は避難支援者につかまるような行動は取らずに、図3-4(a)のように支援者が要援護者の手を握るように教示した。簡易担架の場合は、自力歩行はできるが、歩行速度が遅く階段歩行が困難な要援護者を搬送する状況を考えて避難開始合図の後、要援護者役は床に敷かれた簡易担架に横たわるように教示した。車いす搬送の場合、車いす利用者が車いすに乗ったまま津波避難ビルに到着し、そのまま上階に搬送する状況を考えて搬送開始するようにした。

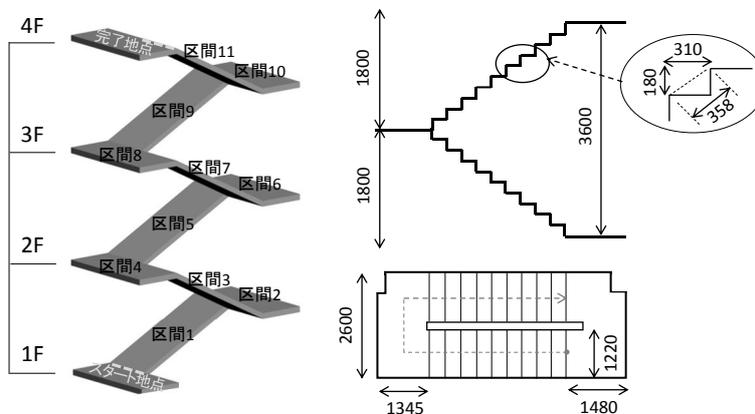


図3-1 実験に使用した階段の形状 (単位: mm)

### 3.2.2. 搬送方法と実験手順

#### 3.2.2.1. 搬送方法と要援護者役の体重設定

背負いや簡易担架、車いすによる搬送において、搬送位置やつかみ方などの搬送方法が搬送速度に影響を与える可能性があるため、事前に教示により搬送方法を統一した。各搬送方法の教示内容は以下の通りである。

〔背負い搬送〕 要援護者役を背負い、膝の下から腕を入れて両膝を抱え込んでください。その時、背中の高い位置で背負い、要援護者役の両腕を平行にさせて両手をしっかり持って搬送してください。

〔簡易担架搬送〕 3人の搬送者が1組となり、災害時要援護者役1名を搬送することを基本としてください。まず、担架を床に敷いておき、安全ベルトを要援護者役に装着してください。その後、ショルダーベルトを避難支援者の肩にかけ、持ち手は手を下から入れて、脚を包み込んでください。要援護者の頭の方にいる人は前方を向いて持ち手を握ってください。その後、要援護者役の頭を進行方側にして、そのまま階段を上がってください。

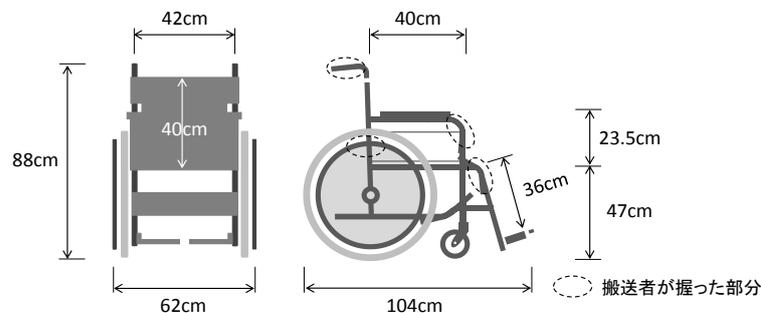
〔車いす搬送〕 4人の搬送者が1組となり、災害時要援護者役1名を搬送することを基本とし、車いすを囲むようにして左右に2人ずつ立ってください。前側の搬送者はレッグレストとアームレスト、後ろ側搬送者はハンドグリップ、ハンドリムを握り、搬送してください。

この実験では、要援護者搬送時、支援者が受ける影響を把握するため、要援護者役の体重を重いケースと軽いケースを設定した。e-stat総務省統計局の平成23年度体力・運動能力調査データを基に、重いケースは、65歳以上の男性平均体重62.04kgを重いケース、65歳以上の女性の平均体重51.25kgを軽いケースとした。これらに見合った体重の被験者を割り当て、細かくは重りで調整した。

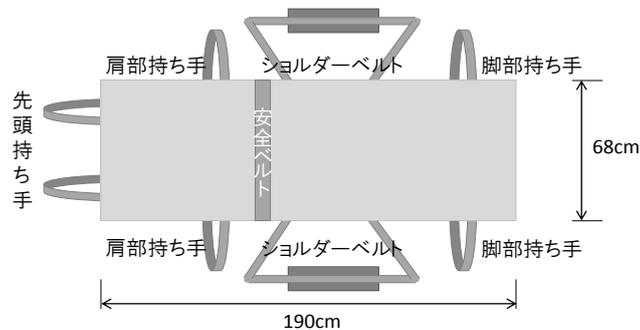
実験に用いた車いすの重さは17.9kgであり、詳細な寸法は図3-2の通りである。また、簡易布製担架の重さは1.7kg、寸法は幅68cm、全長190cmである。

表3-1 各搬送用具のサイズと重さ

区分	サイズ	重さ
車椅子	図3-2(a)記載の通り	17.9kg
簡易担架(布製)	幅68×全長190cm	1.7kg



(a) 車椅子



(b) 布製簡易担架

図3-2 搬送用具の寸法

### 3.2.2.2. 実験手順

実験は背負い搬送、簡易担架搬送、車いす搬送の3種類であり、それぞれの搬送方法の試行は、次の手順に従って実施した。

- ① 要援護者階段搬送時の心拍変化を把握するため、心拍計を、支援者役の被験者に装着した。
- ② 搬送の仕方を統一するため、搬送方法別に避難支援法を前述の通り教示した。

- ③ 被験者に想定させる実験状況を統一するため、東日本大震災当時の津波映像を5分間見せ、「このような津波に備え、要援護者を運んでください」と教示した。
- ④ 被験者は搬送開始の合図で、要援護者役を持ち上げた。
- ⑤ 4階まで搬送を行った。この時、被験者に「可能な限り、速めの速度で要援護者を運んでください」と教示した。
- ⑥ 4階に要援護者を降ろした時点から1分30秒が経過した時点で、再び手順④-⑤を繰り返した。
- ⑦ 手順④-⑤を2回終えた後、「残り、2回ありますが、無理なく続けられますか。『はい』か『いいえ』で答えてください」と被験者に質問した。
- ⑧ 被験者の明確な「はい」の意思表示がない限り実験を終了した。
- ⑨ 被験者が、明確に「はい」と答えた場合に限り、もう一度手順④-⑤を行った。この時、実際の反復搬送は3回目で終了としたが、被験者の安全のため残り2回あると教示した。もう一度、搬送を続けた被験者は4階に到着後、そこで実験を終了した。

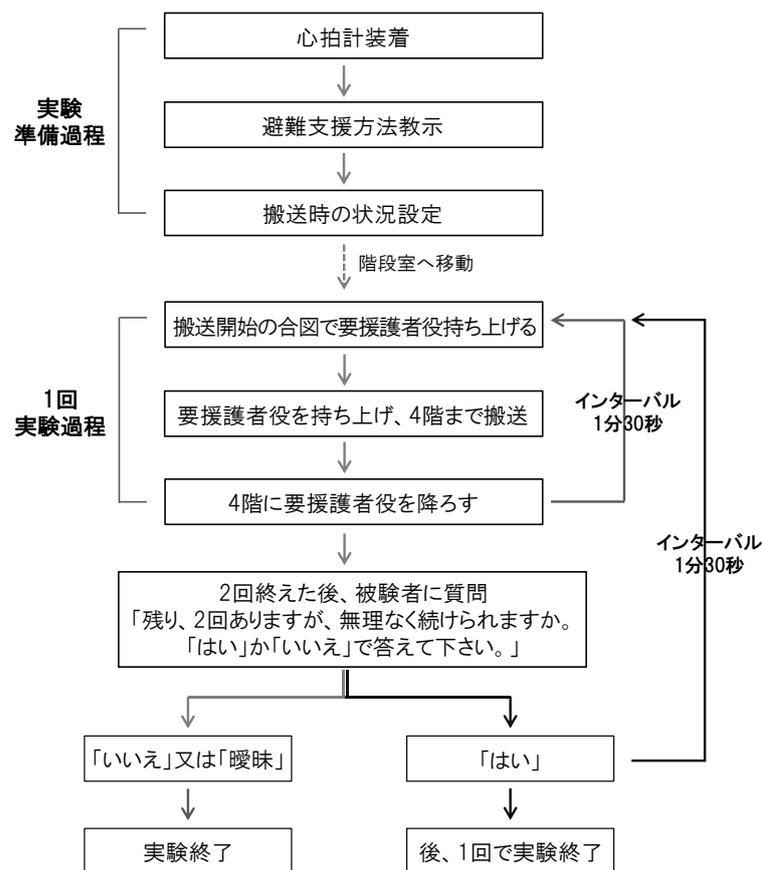


図 3-3 搬送実験の手順

### 3.2.2.3. 試行回数と各試行におけるインターバル

#### (1) 試行回数

背負い搬送実験は、避難支援者役1人が要援護者役1人を背負う。被験者は軽いケース5人、重いケース5人の計10人とした。

簡易担架搬送は、避難支援者3人がチームとなって、要援護者役1人を搬送する。軽いケース5チーム、重いケース5チームの計10チームの試行を行った。車いす搬送は、避難支援者4人がチームとなって要援護者役1人を搬送した。軽いケース3チーム、重いケース3チームの合計6チームの試行を行った。

#### (2) インターバルの適用

インターバルは1階から4階まで搬送完了後、要援護者役を降ろした時点から1分30秒を適用する。1分30秒のインターバルの間に1階へ戻り、アンケートを実施するとともに休息を取る。この時、インターバルが適用された時点からできるだけ可能な速めの速度で1階に戻るよう教示した。4階から1階へ戻るのにかかった平均所要時間と標準偏差は $34 \pm 5.38$ 秒であり、1階に到着した後、休息を取る被験者に口頭でアンケートを行った。なお、インターバル終了10秒前からカウントダウンし、0秒になると搬送開始の合図を出した。

#### (3) 搬送位置

1階から4階まで1回目の搬送完了後、避難支援者の搬送用具における避難支援位置別の身体負担を把握するため、搬送位置を変えて、2回目の搬送を行う。

車いす搬送被験者は毎回搬送完了後、前後被験者の位置（搬送方向を基準に前方→後方→前方、後方→前方→後方、図3-4(b)参照）を変える。

簡易担架も、毎回搬送完了後、搬送位置（搬送方向を基準に先頭→側面→側面、側面→先頭→側面、側面→側面→先頭、図3-4(c)参照）を変えて、新たなポジションで避難支援する。

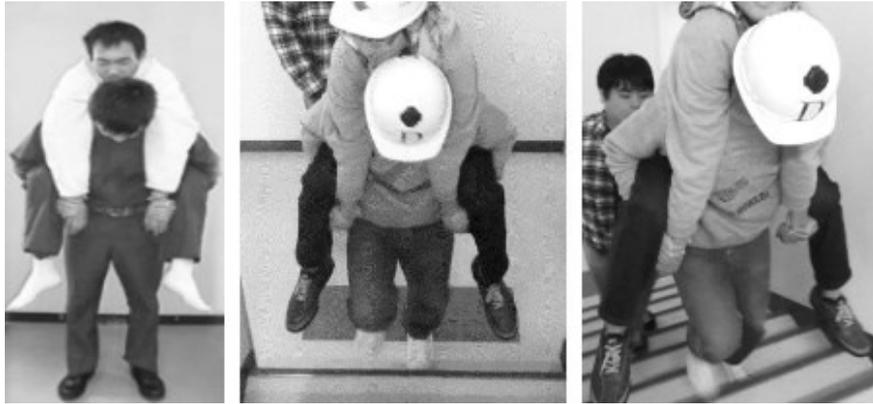
これらの条件を基に搬送実験を行った被験者の属性を表3-2に示す。背負い搬送は被験者それぞれの属性を示しており、簡易担架と車いす搬送チームの属性は、搬送チーム被験者（支援者役）の身長と体重の平均である。

図3-4に背負い搬送の仕方を統一するため被験者に見せたイメージ<sup>5)</sup>を示す。また、実験当時の搬送状況を図3-5に示した。

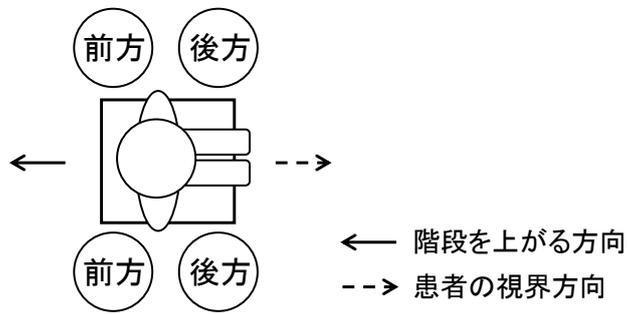
表 3-2 各試行における被験者の属性

(簡易担架搬送、車いす搬送の支援者役の身長・体重は、それぞれ3人、4人の平均)

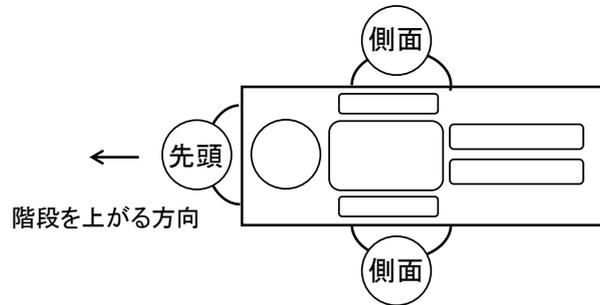
区分	要援護者役	身長 (cm)	体重 (kg)	要援護者役 (kg)		搬送 回数
背負い 搬送	被験者1	173	55	軽い ケース	51.7	2回
	被験者2	169	60		52.2	2回
	被験者3	170	63		51.7	3回
	被験者4	171	64		52.0	3回
	被験者5	173	70		52.2	3回
	被験者6	182	83	重い ケース	62.0	2回
	被験者7	176	62		65.1	2回
	被験者8	165	70		65.1	2回
	被験者9	173	65		63.9	2回
	被験者10	175	60		62.0	3回
簡易担架 搬送	チーム1	173	61	軽い ケース	51.25	3回
	チーム2	169	65		51.25	3回
	チーム3	173	60		51.25	3回
	チーム4	170	52		51.25	3回
	チーム5	169	55		51.25	3回
	チーム6	165	62	重い ケース	62.04	3回
	チーム7	174	62		62.04	3回
	チーム8	171	60		62.04	3回
	チーム9	165	52		62.04	3回
	チーム10	172	61		62.04	3回
車いす 搬送	チーム1	173	60	軽い ケース	51.25	3回
	チーム2	171	54		51.25	3回
	チーム3	170	57		51.25	3回
	チーム4	169	64	重い ケース	62.04	3回
	チーム5	167	53		62.04	3回
	チーム6	174	66		62.04	3回



(a) 背負い搬送の仕方<sup>5)</sup>



(b) 車椅子の避難支援者位置



(c) 簡易担架の避難支援者位置

図3-4 搬送仕方及び避難支援者構成



(a) 背負い搬送



(b) 簡易担架搬送



(c) 車いす搬送

図3-5 実験での搬送状況

### 3.2.3. 測定方法

実験過程は固定カメラによる撮影と追跡撮影により記録した。

心拍数は支援者役の被験者に心拍計を装着し、要援護者搬送時の心拍数の変化を把握した。心拍計による心拍記録は実験準備時に装着し、最初に階段を上り始める時点から実験後、教示室に戻るときまでであり、5秒毎に測定を行った。なお、避難支援による身体負担は5秒当たりの心拍数を基準に負担の程度を把握した。

また、避難支援者を対象にアンケートを実施し、避難支援者の属性、搬送時に感じられた身体負担の程度及び実験後の身体状態について回答を得た。

搬送所要時間は、撮影したビデオを再生して測定した。（先頭）避難支援者が階段を上がり始める時点、踊り場に到着時点、また階段を上がり始める時点とした。測定区間及び測定タイミングを表3-3に示す。垂直距離は階段の垂直方向の距離（高さ）、水平距離（踊り場）は踊り場の中心軸に沿った3つの動線（図3-1参照）の合計であり、測定区間は図3-6に示す。

表3-3 測定区間及び測定タイミング

区間	距離(m)	測定タイミング
区間1	1.8	階段上がる→踊り場に着く
区間2	2.725	踊り場を曲がる
区間3	1.8	階段上がる→上階に着く
区間4	2.86	階の踊り場を曲がる
区間5	1.8	階段上がる→踊り場に着く
区間6	2.725	踊り場を曲がる
区間7	1.8	階段上がる→上階に着く
区間8	2.86	階の踊り場を曲がる
区間9	1.8	階段上がる→踊り場に着く
区間10	2.725	踊り場を曲がる
区間11	1.8	階段上がる→上階に着く

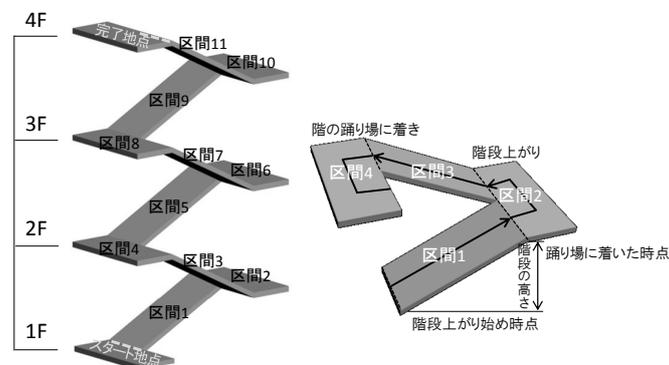


図3-6 搬送所要時間の測定区間

### 3.3. 実験結果

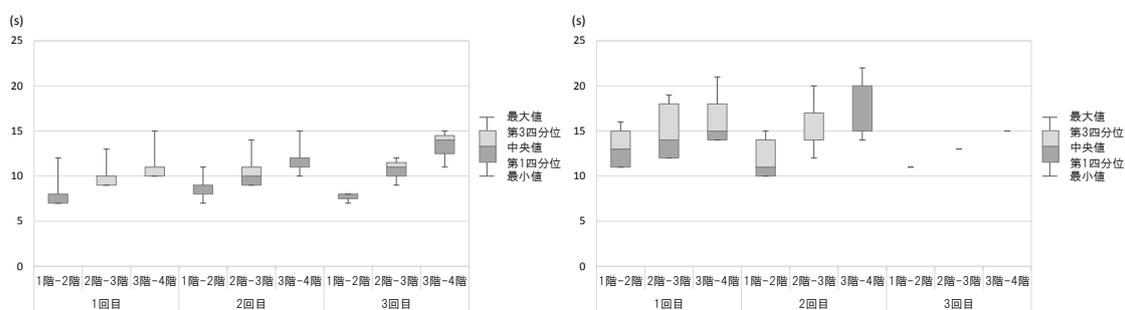
#### 3.3.1. 避難支援方法による搬送所要時間

実験は1階から4階まで1試行で3回搬送するのが基本であるが、被験者の安全を考慮し、2回目の搬送完了後、被験者に実験持続可否を尋ね、3回目の実験の実施を決定した。そのため、簡易担架と車いす搬送実験のすべての被験者が3回目まで搬送完了したことにに対し、背負い搬送の場合、3回目まで搬送完了した被験者の比率は軽いケースが6割、重いケースが2割であったため、3回目の搬送を行っていない被験者に対する3回目の搬送所要時間は得られ

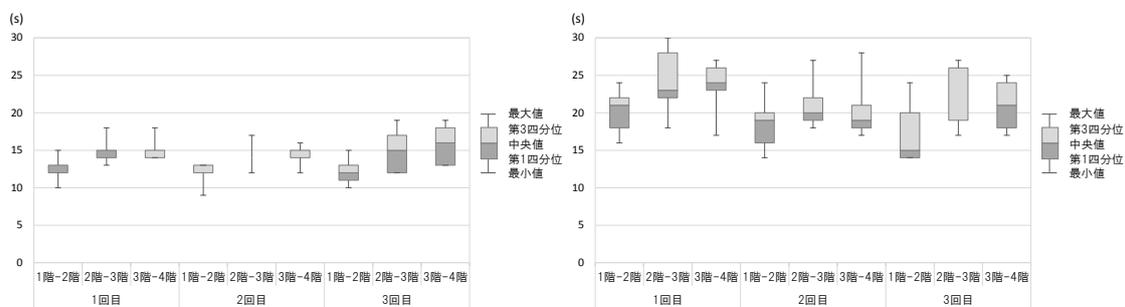
ていない。

避難支援方法別の搬送所要時間を図3-7に示す。図3-7は箱ひげ図であり、それぞれの避難支援者や搬送チームの階別搬送所要時間の分布や差を把握するため、最小値、第一四分位（25%点）、中央値（50%点）、第三四分位（75%）、最大値の5つの要素でデータの分布を示した。なお、搬送所要時間は要援護者の体重の軽いケースと重いケースに区分しており、4階ゴール地点までかかる所要時間を示している。

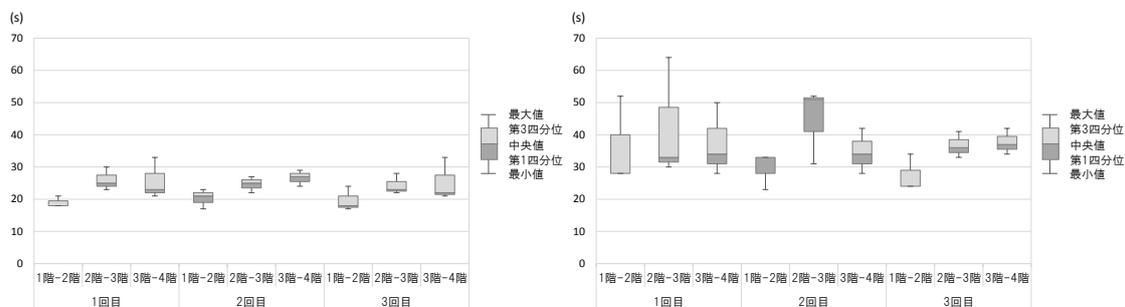
背負い搬送の場合、階別最大搬送所要時間は軽いケースで15秒、重いケースで22秒であり、簡易担架の場合、軽いケースで19秒、重いケースで30秒である。これに対し、車いすの場合、搬送所要時間の最大値は軽いケースで33秒、重いケースで64秒で、避難支援方法や要援護者役の体重によって搬送所要時間に大きな差があることが分かる。なお、1回目、2回目、3回目とも、全般的に上階へ上がるほど、階別搬送所要時間が長くなる傾向にある。



[要援護者役の体重が軽いケース] (a) 背負い搬送 [要援護者役の体重が重いケース]



[要援護者役の体重が軽いケース] (b) 簡易担架搬送 [要援護者役の体重が重いケース]



[要援護者役の体重が軽いケース] (c) 車いす搬送 [要援護者役の体重が重いケース]

図3-7 搬送方法による階別搬送所要時間

避難支援方法別の各回平均搬送時間を図3-8に示す。避難支援方法による平均所要時間は背負い搬送の場合、軽いケースは平均31秒、重いケースは平均43秒であった。

簡易担架搬送時の所要時間が最も短いのは軽いケースの要援護者役を搬送した試行であり、1回の搬送に30秒程度の時間がかかっているのに対し、所要時間が最も長いのは重いケースで、毎回1分15秒以上の時間がかかった。簡易担架の階段上昇搬送時、1回の搬送にかかる平均所要時間は軽いケース42秒、重いケースで1分3秒であった。

車いす搬送は、すべての試行において毎回1分以上の時間がかかった。搬送所要時間が最も短いのは軽いケースの試行であり、1階から4階までの1回搬送に1分程度の時間がかかった。これに対し、最も所要時間が長いのは重いケースでの試行で、1回目の搬送時は、2分46秒かかった。搬送所要時間が最も長い試行は、他の試行と比べ、踊り場を曲がる時、比較的時間がかかっており、全体的に搬送所要時間が長くなったと思われる。

車いす搬送時、踊り場を曲がることに関する教示はせず、被験者の判断の下で踊り場を曲がった。従って、階段を上がる際の状態のまま、車いすを持ち上げて搬送する試行があるのに対し、踊り場に着くと、車椅子を降ろし、車いすを押して踊り場を曲がる試行もあった。搬送に最も長い時間がかかった試行は、踊り場に到着して、車いすを降ろして押した場合であり、車いすを持ち上げて踊り場を曲がった試行と比べ、踊り場で時間がよりかかったことが分かる。車いす搬送の場合、1回の搬送にかかる平均所要時間は軽いケース1分11秒、重いケース1分49秒である。

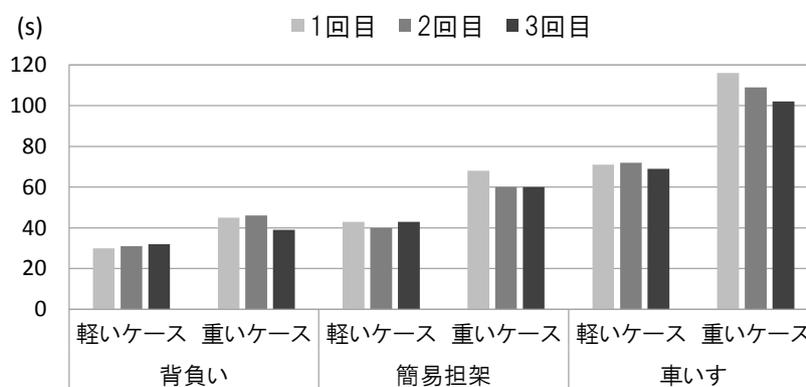
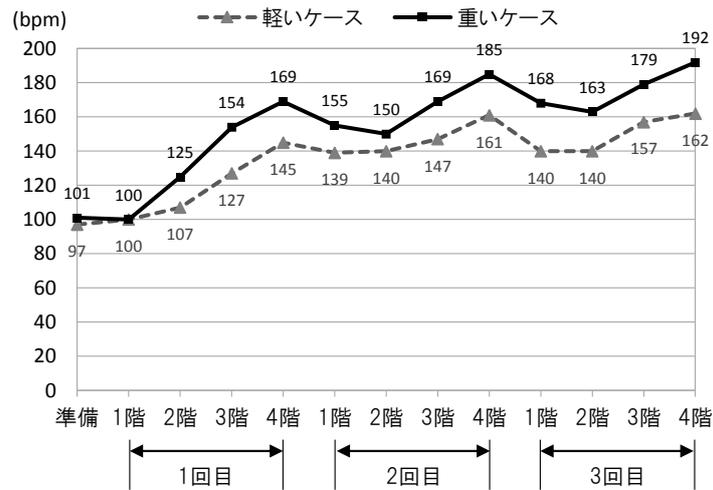


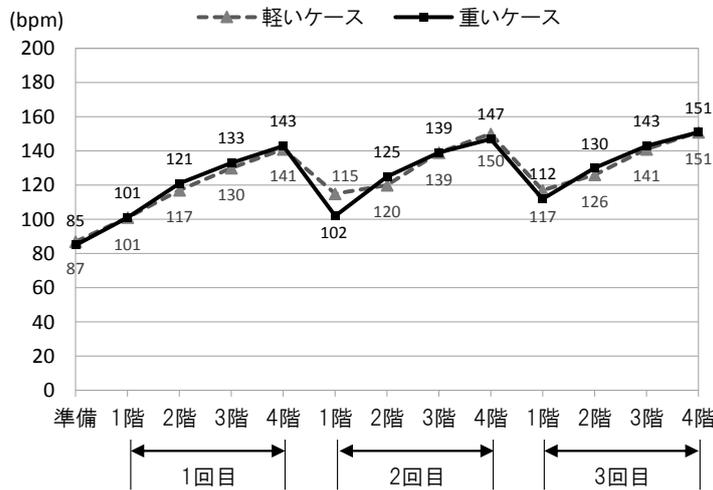
図3-8 避難支援方法による平均搬送時間 (垂直距離 10.8m)

### 3.3.2. 避難支援方法による被験者心拍変化

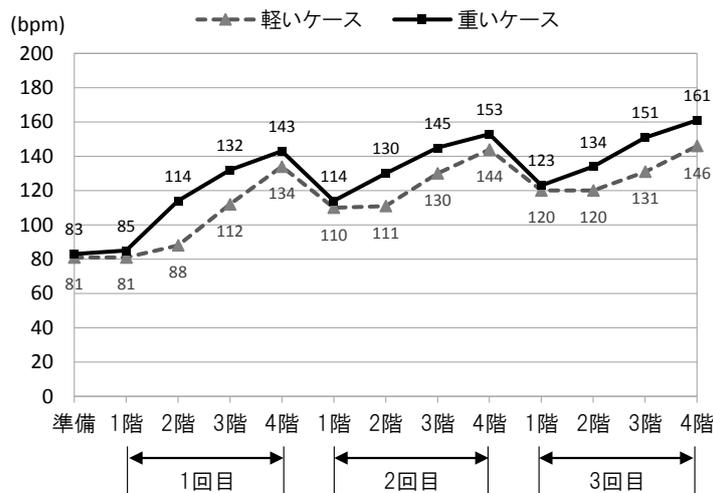
本実験では被験者の心拍数測定を通じ、身体に感じられる負担の程度を把握した。搬送時の被験者心拍数変化を図3-9に示す。点線による折れ線は要援護者役の体重が軽いケース、実線が重いケースである。心拍数は搬送準備時点から3回の反復搬送完了時点まで示している。搬送準備は搬送開始の合図をした時点であり、搬送準備をして、要援護者役を持ち上げ、階段を上り始めるまでである。



(a) 背負い搬送時の被験者心拍数



(b) 簡易担架搬送時の被験者心拍数



(c) 車いす搬送時の被験者心拍数

図3-9 搬送方法別被験者心拍数

簡易担架搬送の場合、搬送準備開始後、階段を上がり始めた時点で心拍数が急に高くなったことが分かる。これは、簡易担架搬送準備過程が背負いや車いす搬送準備に比べ、手間のかかるためだと考えられる。簡易担架を床面に敷いて、要援護者役を横たえた後、持ち上げて、階段を上がり始めるまでの過程で、搬送準備時間がより必要となり、他の搬送方法に対し、搬送準備過程で心拍数が急に上がる傾向にある。

心拍数は搬送方法や個人によって差があるが、全般的に1回目の搬送時に急に上がり、インターバルの時には休息を取りながら下がる傾向にあるが、2回目以後、順次心拍数がより上がった。また、反復搬送するほど、最大心拍数に到達する傾向にある。

搬送方法別に見ると、被験者の心拍数は背負い搬送が最も高い。3回目の搬送後、最大心拍数に到達し、ケースによる被験者の最大心拍数は重いケースで192、軽いケース162である。これは、他の避難支援者に比べて高く、背負い搬送時被験者に最も大きな身体負担となっていることが分かる。これに対し、簡易担架や車いす搬送は要援護者の体重を3人又は4人の被験者で分担するので、相対的に身体的な負担は少ないと考えられる。

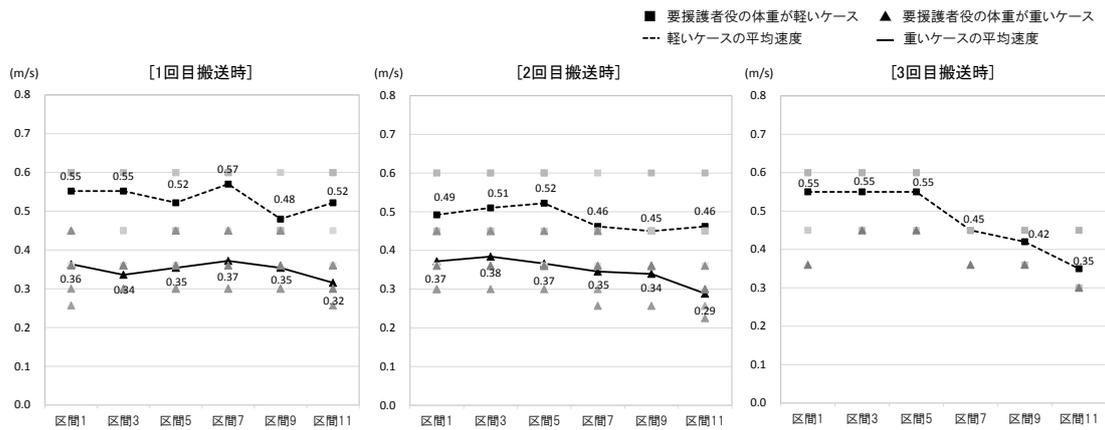
簡易担架と車いす搬送の場合、それぞれの被験者によって心拍数に大きな差があるが、簡易担架搬送時の平均心拍数は要援護者役の体重に関係なく、重いケースと軽いケースで似ていることが分かる。これは簡易担架の搬送方法によるものであり、簡易担架は両サイドの避難支援者がショルダーベルトを肩にかけて搬送するため、要援護者役の体重による身体負担は比較的少ないと思われる。また、重いケースと軽いケースの体重差は10kg程度であり、両サイドと先頭の避難支援者が要援護者役の体重を分けて負担したため、感じられた身体負担は要援護者役の体重によるものより、搬送そのものの負担が大きいと考えられる。一方、車椅子搬送の場合、重い体重の要援護者役を搬送した被験者の平均心拍数がより高くなっており、車椅子の重さが加わった場合により要援護者役の体重が影響したと考えられる。

### 3.3.3. 搬送方法による垂直搬送速度

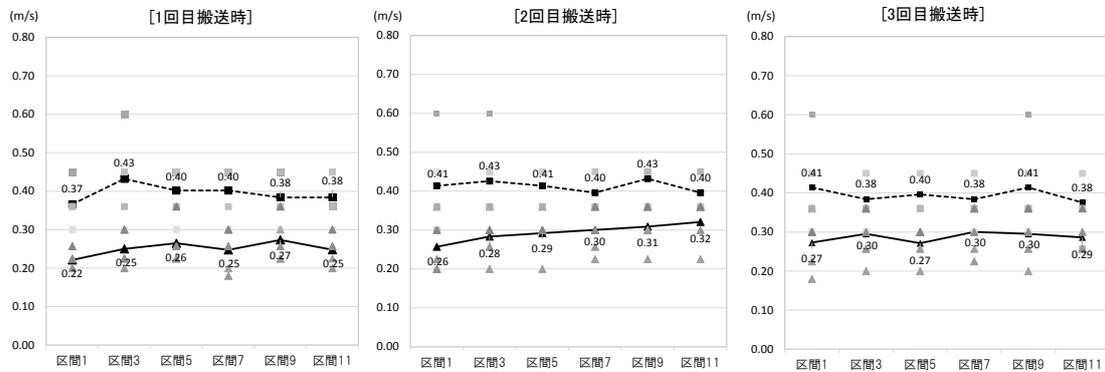
搬送方法別に被験者が階段を上がる垂直搬送速度を算定し、搬送回数別・区間別(図3-1参照)上昇搬送速度グラフを図3-10に示す。

図3-10の区間別平均速度は、点線による折れ線が要援護者役の体重が軽いケース、実線が重いケースである。

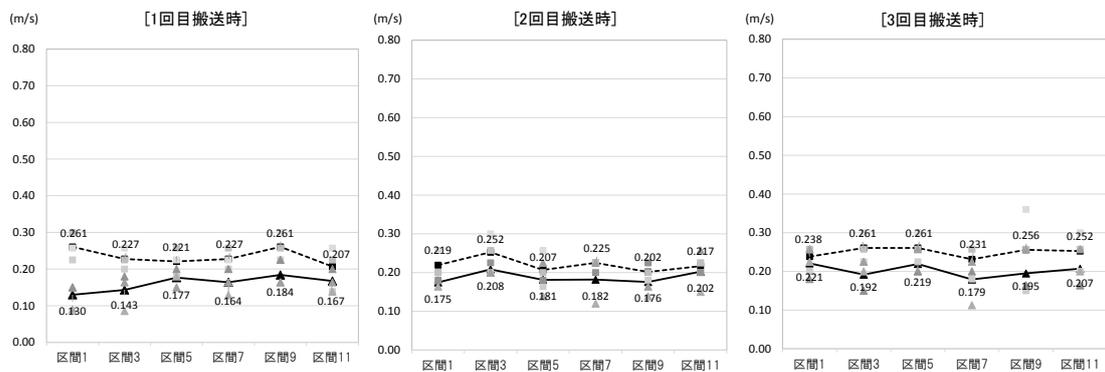
出発地点である区間1の平均速度と到着地点である区間11の平均速度を比べて見ると、背負い搬送の場合、いずれの場合も上階部の速度が落ちることが分かる。これに対し、簡易担架の場合重いケース搬送時は上階へ上がるほど搬送速度が速くなることが分かる。なお、車いす搬送の重いケースも1回目、2回目の場合、区間1より区間11での平均速度が速くなったことが分かる。



(a) 背負いによる上昇搬送速度



(b) 簡易担架による上昇搬送速度



(c) 車いすによる上昇搬送速度

図3-10 搬送方法別上昇搬送速度

1階から4階まで全区間を通した平均搬送速度の繰り返し試行による変化を表3-4に示す。背負い搬送の重いケースの場合、1回目、2回目の平均速度は0.35m/sで、3回目は0.38m/sで速度が速くなっているが、これは重いケースの要援護者を3回目まで搬送した被験者が1名しかおらず、また被験者の体力やコンディションによって搬送速度に影響があるものと考え

られる。背負い搬送の軽いケースは、2回目以降、搬送速度が低下しているのに対し、簡易担架搬送、車いす搬送の軽いケースでは速度は低下せずほぼ一定である。これは、後者の搬送は、背負い搬送に比べて身体負担が小さいことによると考えられる。

簡易担架搬送、車いす搬送の重いケース場合は、全般的には回を重ねるほど搬送速度が上昇する傾向にある。これは反復搬送することにより、搬送そのものに慣れて重いことによる操作の難しさが解消されてスムーズな動きとなることと、基本的に身体負担が背負い搬送に比べて低いことによると考えられる。これに対し、軽いケースの場合、要援護者役の体重による身体負担が相対的に少ないので、「可能な限り、速めの速度で要援護者を運んでください」という教示の通り、1回目から3回目まで自分たちの速度やペースを維持し、搬送したものである。そのため、軽いケースの平均速度変化が相対的に少ないことが分かる。

表 3-4 平均搬送速度の繰り返し試行による変化

区分		1回目	2回目	3回目
背負い搬送	軽いケース	0.53m/s	0.48m/s	0.48m/s
	重いケース	0.35m/s	0.35m/s	0.38m/s
簡易担架搬送	軽いケース	0.40m/s	0.41m/s	0.39m/s
	重いケース	0.25m/s	0.29m/s	0.29m/s
車いす搬送	軽いケース	0.234m/s	0.220m/s	0.250m/s
	重いケース	0.161m/s	0.187m/s	0.202m/s

### 3.4. 避難支援者へのアンケート結果

#### 3.4.1. アンケートの概要

アンケートは実験に参加した被験者を対象に実施し、アンケートの概要及び構成を表 3-5 に示す。18歳-24歳の男子学生64人（要援護者役除外）を対象にしており、背負い搬送の被験者10人、簡易担架搬送の被験者30人、車いす搬送の被験者24人である。

アンケートは、区間別・行動別に感じられた身体負担の程度、搬送完了後の身体状態など3つの項目で構成されている。

表 3-5 アンケート調査の概要

調査対象		実験に参加した被験者全員（64人回答）
構成	被験者属性	年齢、体重、身長、訓練時の役割
	アンケート項目	区間別、感じられた身体負担
		行動別、感じられた身体負担
		搬送実験した後、身体の状態（複数回答）

### 3.4.2. 搬送方法による区間別、感じられた身体負担

#### 3.4.2.1. 背負い搬送による区間別身体負担

背負い搬送の場合、1回目より2回目の搬送時、1-2階より3-4階での搬送時に、感じられた身体負担がきつくなった傾向にある。また、要援護者役の体重によって感じられる身体負担の程度に差があり、重い体重の要援護者役を搬送した避難支援者から「ややきつい」、「きつい」という意見がより多いことが分かる。

要援護者役の体重による身体負担を図3-11に示す。

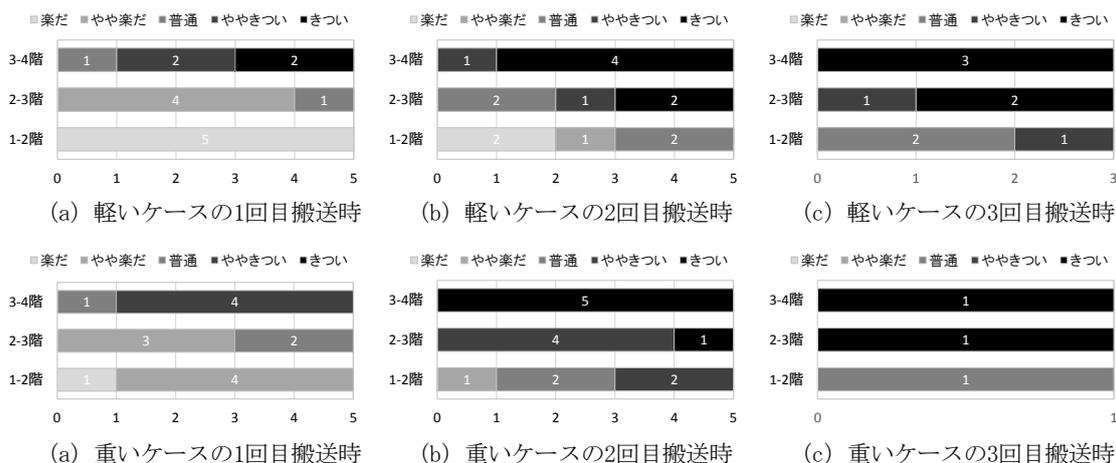


図3-11 背負い搬送による区間別身体負担

#### 3.4.2.2. 簡易担架搬送による区間別身体負担

簡易担架による搬送は要援護者の体重に影響を受けるより搬送位置によって感じられる身体負担により差がある傾向にある。

搬送位置による身体負担の程度を示す。図3-12の先頭→側面→側面の位置で搬送した被験者は、階段を上がるほど、反復搬送するほど、順次的に身体負担を感じたことが分かる。図3-13の側面→先頭→側面の順番で搬送した被験者の場合、2回目の搬送に関わらず、先頭の位置では1回目搬送時と同程度の身体負担を感じたことが分かる。図3-14の側面→側面→先頭の順番で搬送した被験者は1回目より2回目の反復搬送時身体負担がより感じた傾向にあり、3回目の反復搬送に関わらず、先頭の位置で搬送した場合、感じられる身体負担が少ないことが分かる。先頭の避難支援者は進行方向である要援護者役の頭の方で持ち、手を握って搬送するため、ショルダーベルトを肩にかけて搬送する両サイドの避難支援者より相対的に身体負担が少ないと思われる。

3回の搬送をした後、被験者全員に同一な条件で、これから、何回搬送できるかと思うか尋ねた。その結果、要援護者の体重に関係せず、その後、2-3回はできるという回答が得られた。アンケートでは、反復搬送するほど、「ややきつい」、「きつい」という回答が挙げられているが、このような回答を通じ、搬送そのもので身体的な限界に到達したことはないと思われる。

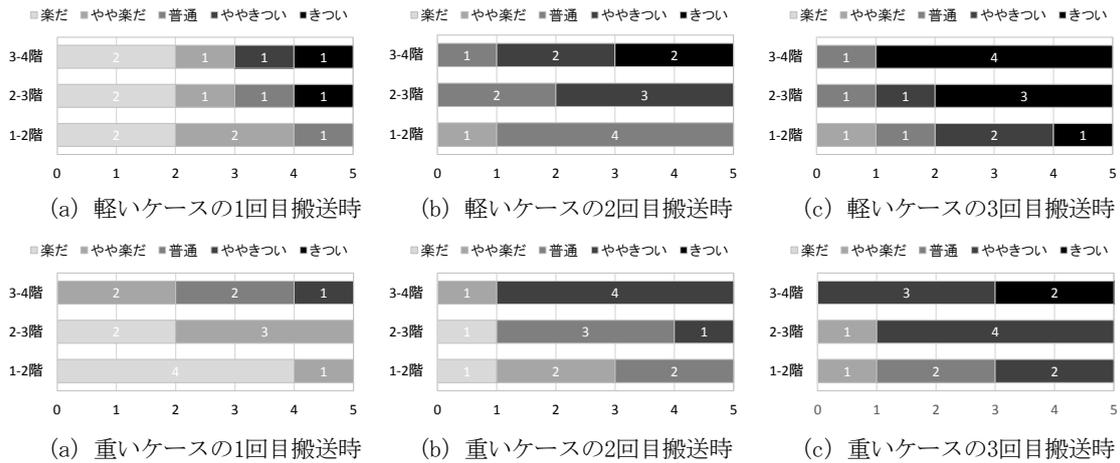


図 3-1 2 先頭→側面→側面の位置における簡易担架による区間別身体負担

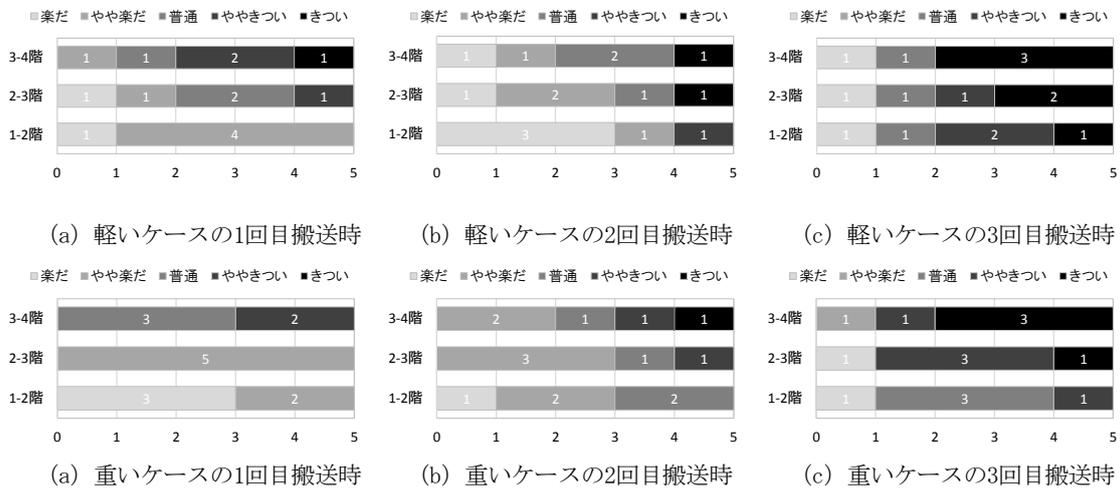


図 3-1 3 側面→先頭→側面の位置における簡易担架による区間別身体負担

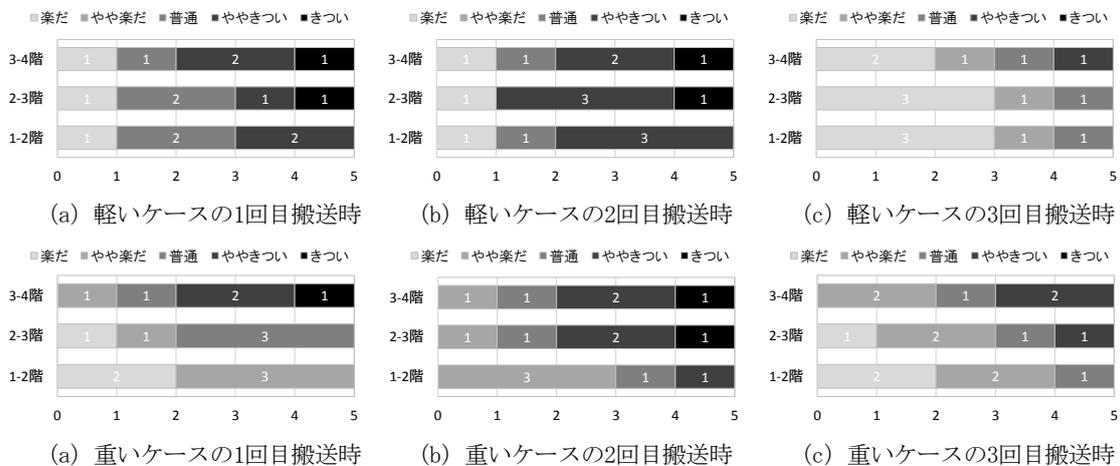


図 3-1 4 側面→側面→先頭の位置における簡易担架による区間別身体負担

### 3.4.2.3. 車いす搬送による区間別身体負担

車いす搬送時、感じられる身体負担は要援護者役の体重より被験者個人の体力による傾向にある。車いす搬送の場合、毎回搬送後、被験者が搬送用具の前後で搬送位置が変わって実験を行ったが、搬送位置に応じて身体負担を感じるより、上階ほど、また反復搬送をするほど身体負担を感じたことが分かる。

要援護者役の体重別にみた身体負担を図3-15に示す。

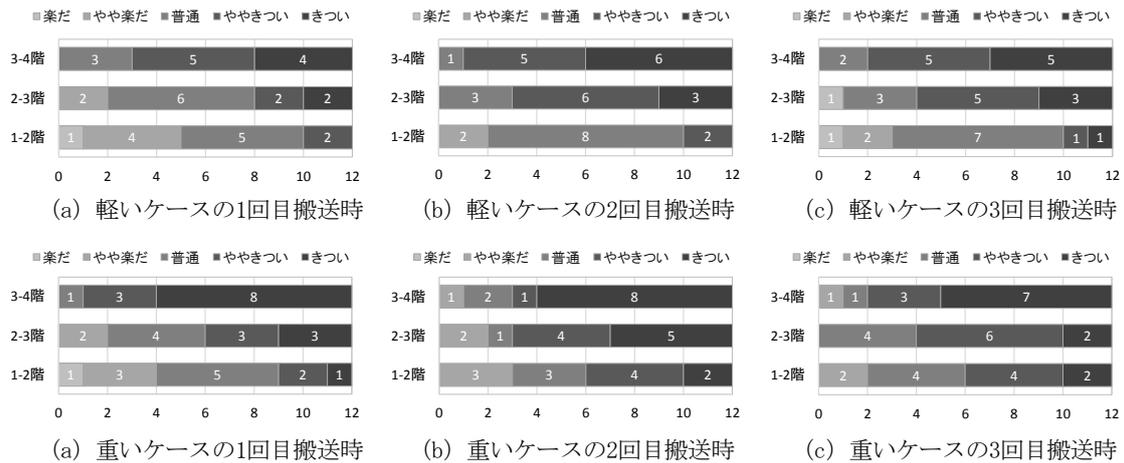
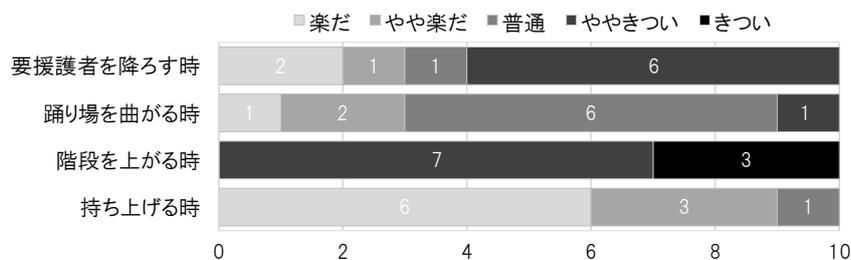


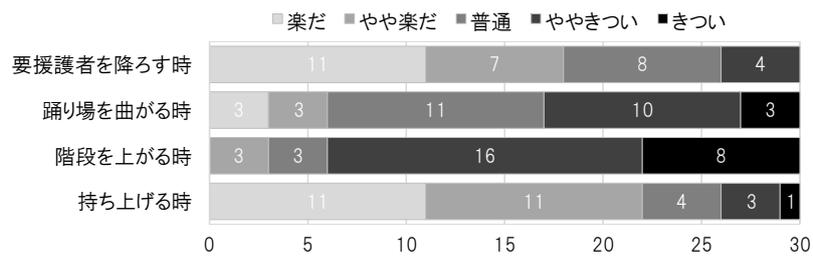
図3-15 車いす搬送による区間別身体負担

### 3.4.3. 搬送方法別、各行動時に感じた身体負担

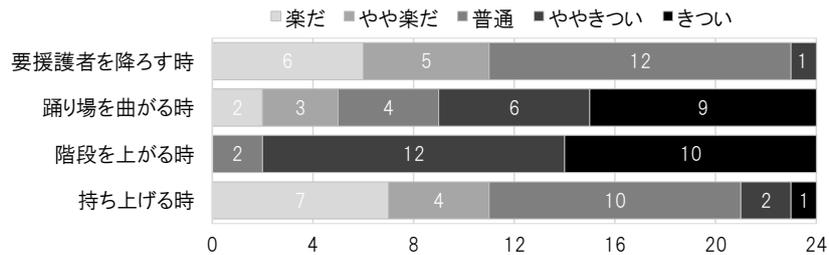
搬送方法別に、各行動時感じた身体負担に差があるが、背負い搬送、簡易担架搬送、車いす搬送時、何れの場合も階段を上る時に「きつい」という意見が挙げられている。搬送による身体負担を図3-16に示す。背負い搬送の場合、要援護者1人に対して、避難支援者1人であり、階段を上るのが最も「きつい」という回答が挙げられているのに対し、踊り場を曲がることは負担が少ない傾向が見られる。これに対し、簡易担架と車いす搬送の場合、踊り場を曲がる時、背負い搬送と比べ、より負担を感じる傾向にある。これは、担架と車いすは要援護者を中心に両サイドに避難支援者が位置するため、狭い踊り場を曲がる際に取り回しが困難であるからだと思われる。



(a) 背負い搬送



(b) 簡易担架搬送



(c) 車いす搬送

図3-16 搬送方法別・各行動時の身体負担

### 3.4.4. 搬送方法別、実験後の身体状態

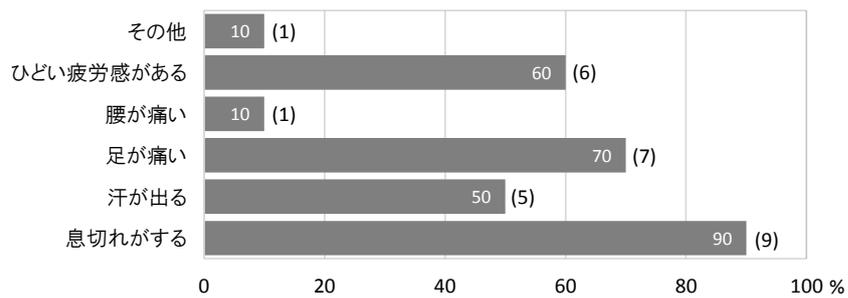
搬送方法別にみた搬送後の身体状態に関するアンケート結果を図3-17に示す。

背負い搬送の場合、6割の被験者が「ひどい疲労感がある」と回答しており、この比率は他の搬送方法より非常に高いことが分かる。要介護者役の体重を他の避難支援者と分担する担架や車いすに対し、背負い搬送は1人の避難支援者が要介護者役の体重を負担するので、他の避難支援方法より疲労感が高いことが分かる。背負い搬送被験者からその他の意見としては、「足に力が入らなくなる」という意見があった。

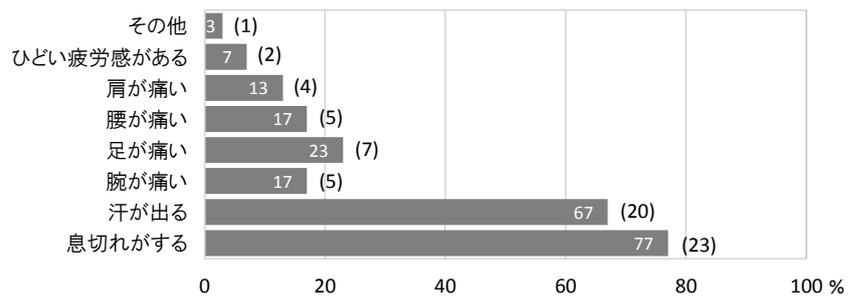
簡易担架搬送の場合、「腕が痛い」、「腰が痛い」、「肩が痛い」という回答が多く得られた。担架搬送時、両サイドの避難支援者がショルダーベルトを肩にかけ、要介護者の肩と脚部の持ち手を握って搬送したため、「腕が痛い」、「肩が痛い」という意見が多いと思われる。また、担架の場合は他の避難支援方法とは違い、要介護者を持ち上げる時、身体全体で担ぐように充分、腰を落としてまっすぐ、なるべく垂直に立ち上がるので、「腰が痛い」という意見があると考えられる。

担架搬送後の身体状態に対するその他の意見では、「特にない」という意見があつて、簡易担架による搬送時、感じた身体負荷が比較的少ないと思われる。

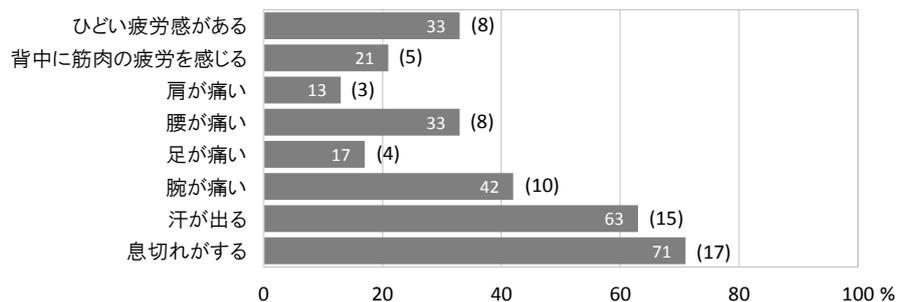
車いす搬送の場合、「腕が痛い」、「腰が痛い」、「ひどい疲労感がある」、「背中に筋肉の疲労を感じる」という意見が挙げられている。車いす搬送時、腰を落としてそれぞれの部分を握って搬送し、狭い踊り場を曲がる等の体勢が崩れた場合に、「腰が痛い」、「腕が痛い」という状況となり、また、握った部分（レッグレスト、アームレスト、ハンドグリップ、ハンドリム）の高さが約50cm-90cm（図3-2参照）と低く、そのため「背中に筋肉の疲労を感じる」という状況となったと考えられる。



(a) 背負い搬送



(b) 簡易担架搬送



(c) 車いす搬送

図 3-17 階段上昇搬送実験後の身体状態

### 3.5. 搬送方法別にみた垂直搬送速度の比較

各測定区間における背負い搬送、簡易担架、車いすの上昇搬送速度の平均及び標準偏差を図 3-18 に示す。搬送速度が最も速いのは背負い搬送の要援護者役が軽いケースであり、速度 0.50 m/s であるのに対し、最も遅いのは車いすの重いケースであり、速度 0.18 m/s で、2.5 倍以上の速度差があることが分かる。

要援護者役の体重による垂直搬送速度は背負い搬送の場合、軽いケース 0.50 m/s、重いケース 0.36 m/s であり、簡易担架は軽いケース 0.40 m/s、重いケース 0.28 m/s である。車いす搬送速度は軽いケース 0.24 m/s、重いケース 0.18 m/s で、それぞれの搬送方法における軽いケースの搬送速度が重いケースより 1.3 倍程速いことが分かる。

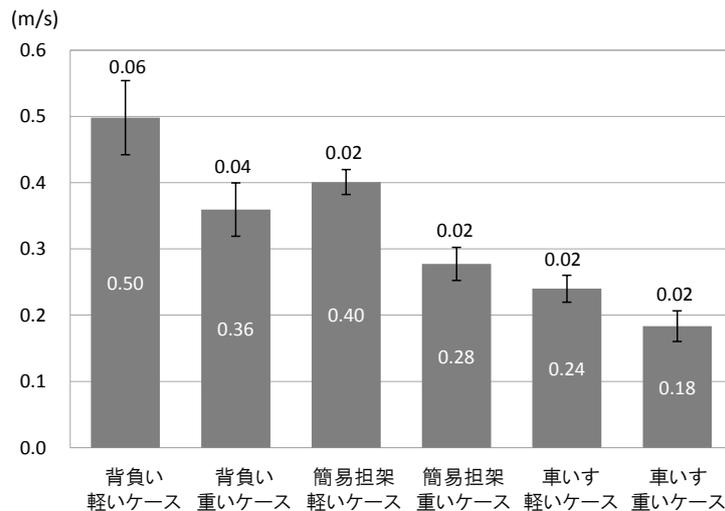


図3-18 上昇搬送時の搬送方法別の平均上昇速度及び標準偏差

### 3.6. まとめ

本研究では、災害時要援護者の避難支援としての階段上昇搬送時、搬送方法による階段搬送速度や身体負担を比較・分析することを目的として、背負い搬送と簡易担架搬送、車いす搬送についてそれぞれ反復搬送実験を行った。

その結果得られた主要な点は以下の通りである。

- 1) 避難支援方法による1階から4階まで1回の搬送にかかる搬送所要時間は背負い搬送の場合、軽いケースが平均31秒かかっているのに対し、重いケースは平均43秒である。簡易担架搬送時の平均所要時間は軽いケース42秒、重いケース1分3秒であり、車いす搬送の平均所要時間は軽いケース1分11秒、重いケース1分49秒であった。
- 2) 心拍数は、搬送方法や個人によって差があるが、全般的に1回目の搬送時に急に上がり、インターバルの時には休息を取りながら下がる傾向にあるが、2回目以後、順次心拍数がより上がっている。また、反復搬送するほど、最大心拍数に到達する傾向にある。搬送方法による被験者の心拍数は背負い搬送が最も高く、身体負担を最も感じていることが分かる。
- 3) 1階から4階まで3回反復搬送時、背負いによる上昇搬送速度は、軽いケースの平均搬送速度0.5m/s、重いケース0.36m/s、簡易担架搬送の場合、軽いケース0.40m/s、重いケース0.28m/s、車いす搬送の場合、軽いケース0.24m/s、重いケース0.18m/sであり、要援護者の体重が軽いケースの方が速いことが分かる。簡易担架搬送、車いす搬送の場合、搬送速度は反復搬送するほど搬送に慣れて、前回の搬送ペース同様に搬送するか、より速くなる傾向にある。
- 4) 搬送回数別・区間別に感じられた身体負荷は上階へ上がるほど、反復搬送するほど身体負担が感じられることが分かる。簡易担架搬送の場合、搬送位置によって身体負担に差があり、反復搬送に関わらず、先頭の位置で搬送する場合、感じられる身体負担は小さいことが分かる。また、3回の反復搬送した後も、その後2-3回搬送できるとい

う回答があり、簡易担架搬送による身体負担は比較的小さいと考えられる。

- 5) 搬送方法別の各行動時の身体は、「階段を上がること」に最も大きな身体負担を感じていることが分かる。背負い搬送の場合、「階段を上がること」に最も負担を感じているが、「踊り場を曲がること」は負担が少ないことが分かる。これに対し、簡易担架や車いすは「踊り場を曲がること」に負担を感じている傾向にある。

今後、避難支援者による災害時要援護者の階段上昇搬送計画をより効果的に策定するためには、搬送速度や搬送時の身体負荷に影響する可能性がある諸要因について検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 土屋 伸一、森山 修治、浜 暁也、渡邊 大地、長田 悠平、小川 純子、神 忠久、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その1 実験概要及び階段上昇時の単独歩行特性-、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp. 905-906、2006. 07
- 2) 森山 修治、長田 悠平、土屋 伸一、小川 純子、浜 暁也、神 忠久、渡邊 大地、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その2 階段上昇時の群集歩行特性-、日本建築学会 学術講演梗概集 E-1、pp. 907-908、2006. 07
- 3) 瀬戸口 俊也、内田 公一、山村 重行、山村 重行、布田 健、萩原 一郎、直井 英雄：介助者による階段降下の可能性について-車いす使用者の階段避難の可能性に関する実験 その2-、日本建築学会 学術講演梗概集 E-1、pp. 971-972、2006. 07
- 4) 李知香、北後明彦、西野智研、異なる避難支援者属性による車椅子と担架を用いた階段上昇避難の比較、日本建築学会計画系論文集、No. 693、pp. 2267-2272、2013. 11
- 5) <http://www2.town.komono.mie.jp/secure/1006/hannsou.pdf>

## 第4章 簡易担架を用いた階段上昇避難における準備時間及び避難速度

### 4.1. はじめに

2011年の東日本大震災以後、南海トラフ巨大地震などによる津波発生が懸念されている現在、津波来襲時避難の重要性はより高まっている。特に、自力での避難が困難な災害時要援護者の場合、津波避難ビルに到達した後も一定階以上の安全な階まで階段を上がって避難する必要がある。この時、避難方法や避難そのものに困難が伴い、避難に時間がかかると共に多数の避難支援者の支援が必要であると予測される。このため、津波来襲時の避難誘導や避難支援活動が可能な時間などを考慮するため、要援護者避難支援において、多数の避難支援者による搬送準備から搬送完了までの過程について予め検討しておく必要がある。

これまでも、津波避難を想定した階段上昇に関する研究はなされてきた。これらは、自力での階段上昇が可能な被験者を対象に、避難者が単独で上昇する場合<sup>1)</sup>と一定の群集密度で上昇する場合の歩行実験<sup>2)</sup>から、歩行速度といった避難時間推定に必要な基礎資料を得ている。階段での災害時要援護者の避難支援者（介助者）による搬送を想定した研究<sup>3)</sup>もなされているが、これは階段降下による車椅子利用者の下階への搬送の有効性を検討した実験である。筆者は、災害時要援護者の階段上昇搬送について、病院における津波を想定した避難訓練時に実測した研究<sup>4)</sup>や、要援護者避難支援時の搬送方法別の搬送速度や避難支援者への身体負担を測定した研究<sup>5)</sup>を行ってきたが、津波来襲までの限定された時間で要援護者を上階に搬送完了するためには、複数の避難支援者による搬送準備過程や連続的な搬送時の垂直搬送効率についても検討しておく必要がある。特に、要援護者避難支援時の搬送方法別の搬送速度や避難支援者への身体負担を測定した研究<sup>5)</sup>により、簡易担架の搬送準備は背負いや車いす搬送に比べ、搬送準備過程が複雑であり、搬送準備に比較的長い時間がかかることが分かった。地域避難計画の下に津波避難ビルに簡易担架を備蓄する傾向にあることから、簡易担架の搬送準備時間やその過程を確認する必要がある。

そこで本研究では、簡易担架を用いた要援護者の避難支援に関する実験を行い、搬送準備に要する時間と階段上昇搬送時の搬送速度及び垂直搬送効率の指標として階段当たりの要援護者搬送量（人/s）を測定した。避難支援に使用した搬送用具は簡易担架であり、搬送準備空間の面積が搬送準備時間や垂直搬送効率に与える影響を把握するため、搬送準備空間の面積に対する条件を設定すると共に男女被験者（避難支援者）の属性及び搬送開始条件を設定し、それぞれの条件による搬送準備時間や垂直搬送効率を比較・分析することを目的とする。

### 4.2. 簡易担架を用いた階段上昇搬送実験

#### 4.2.1. 搬送実験の実施場所と被験者

本実験は南海トラフ大地震が発生し、沿岸部に高さ10mの津波が到達すると想定したシナ

リオの下、2014年11月5日から11月12日にかけて、神戸大学工学部スタジオ棟の玄関ホール（搬送準備空間として使用）及び屋内階段を用いて実験を実施した。実験を行った日の搬送準備空間や階段室の最高気温は21.1℃、最低気温19.7℃、平均気温20.5℃であり、搬送結果に影響を与える可能性がある気温ではなかった。実験に使用した階段及び搬送準備空間を図4-1、図4-2に示す。

実験の被験者はアルバイトで雇用した18歳～26歳の男女学生86名（避難支援者役72人、要援護者役14人）である。避難支援者役の被験者は、1つの試行のみ参加している。要援護者役の被験者は、繰り返し実験に参加している。被験者の服装は普段着、足元は普段履きなれた靴を装着して行った。全ての被験者の健康状態は良好で、実験に影響する身体的な障害はなかった。

搬送実験を行った被験者の属性を表4-1に示す。各試行において、避難支援者役3人の被験者が1チームになり、1試行において、4チームがそれぞれ簡易担架を用いて要援護者役を連続的に搬送した。

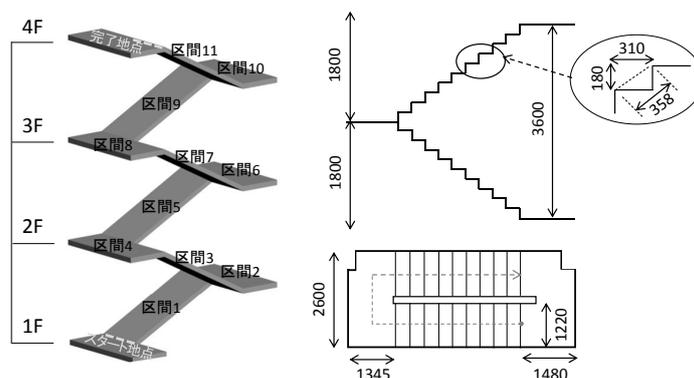


図4-1 実験に使用した階段の形状（単位：mm）

表4-1 各試行における被験者の属性

区分			身長 (cm)	体重 (kg)	要援護者役 (kg)
試行1	男子学生12名	搬送準備 空間が 広いケース	173	63.6	62±0.5 範囲内と なるように 重りで調節
試行2	男子学生12名		173	62.5	
試行3	女子学生12名		160	51.0	
試行4	男子学生12名	搬送準備 空間が 狭いケース	172	62.6	
試行5	男子学生12名		171	60.2	
試行6	女子学生12名		162	54.3	

#### 4.2.2. 実験条件

本実験は簡易担架を用いた災害時要援護者の階段上昇避難支援時、搬送準備時間や搬送速度及び搬送効率（階段当たりの要援護者搬送量）を算出することを目的として、次の実験条件を設定した。

[搬送準備空間に対する条件]

搬送準備空間の広さが搬送準備時間に与える影響を把握するために、搬送準備空間が広いケースと狭いケースに分け、それぞれ実験を行った。広いケースは3600mm×5400mm、狭いケースは2100mm×5400mmと設定した。ただし、津波避難ビルへ避難して来た要援護者が椅子に座っている状況で避難支援されるのを待機するという仮定の下に、椅子の幅600mmを除くと、実質的な搬送準備空間の面積は広いケースで3000mm×5400mm (=16.2㎡)、狭いケースで1500mm×5400mm (=8.1㎡)である。搬送準備空間の設定はパーティションを利用し、調節・固定した。

[搬送開始に対する条件]

搬送準備空間での搬送準備状況の違いによる搬送効率を把握するため、搬送開始手続きを条件1と条件2に分けて設定した。

条件1(順次)では、簡易担架による搬送準備ができたチームから順次、搬送開始する状況となるように、被験者12名が搬送準備空間の手前の待機スペースで待機し、搬送開始の合図をすると搬送準備空間に入って、適宜3人のチームを構成して搬送準備を開始し、搬送準備が整い次第順次出発するように教示した。

条件2(一斉)では各チームとも担架を担いで列を作って連続して搬送できる準備をしてから、搬送開始する状況となるように、各チームが搬送準備後、担架を担いで整列し、一斉に搬送を開始するように教示した。

本実験は実際の要援護者搬送状況を再現するため、要援護者役は、自分で歩行しないこととした。実験は要援護者役が椅子に座っている状態でスタートし、要援護者役には「4階に搬送されるまで、自分では歩かないでください」と教示した。避難支援者役の被験者には「椅子に座っている人を担いで担架に横たえて、搬送準備してください」と教示した。実験は、広いケース、狭いケースそれぞれ3回行った。なお、簡易担架を床に置く位置については被験者に任せた。

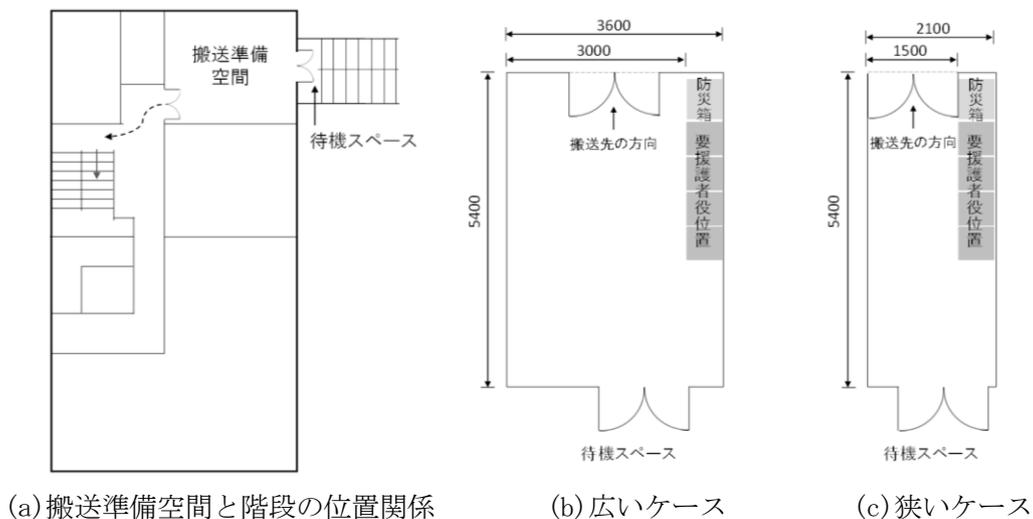


図4-2 搬送準備空間の形状 (単位: mm)

#### 4.2.3. 搬送方法と実験手順

##### 4.2.3.1. 搬送方法と要援護者役の体重の設定

簡易担架による搬送において、避難支援者の搬送位置や簡易担架のつかみ方などの搬送方法が搬送速度に影響を与える可能性があるため、事前に教示により搬送方法を統一した。簡易担架搬送方法の教示内容は以下の通りである。

〔簡易担架搬送〕3人の避難支援者が1組となり、災害時要援護者役1名を搬送することを基本としてください。まず、担架を床に敷いておき、要援護者役を椅子から運んで担架の上に寝かせ、安全ベルトを要援護者役に装着してください。その後、ショルダーベルトを避難支援者の肩にかけ、持ち手は手を下から入れて、脚を包み込んでください。要援護者の頭の方にいる人は前方を向いて持ち手を握ってください。その後、要援護者役の頭を進行方向側にして、そのまま階段を上ってください。

本実験では高齢者や災害時要援護者の避難支援状況を再現するため、要援護者役の体重は、e-stat総務省統計局の平成23年度体力・運動能力調査データを基に、65歳以上の男性平均体重62.04kgとなるように設定した。これらに見合った体重の被験者を要援護役に割り当て、細かくは重りで調整した。実験に用いた簡易布製担架の重さは1.7kg、寸法は幅68cm、全長190cmである。

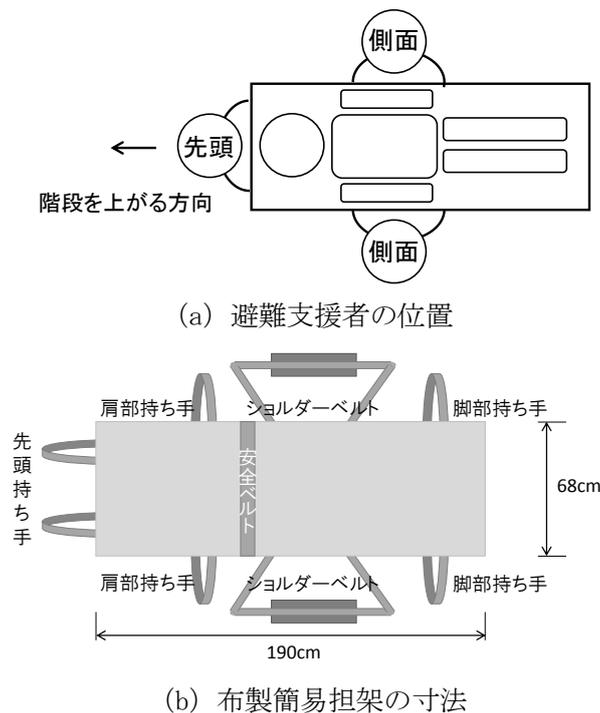


図4-3 布製簡易担架の避難支援者構成や寸法

#### 4.2.3.2. 実験手順

搬送開始条件によるそれぞれの試行は、図4-4に示す手順に従って実施した。

(実験準備過程)

- ① 担架搬送の仕方を統一するため、避難支援法を前述の通り教示。
- ② 被験者に想定させる実験状況を統一するため、東日本大震災当時の津波映像を5分間見せ、「このような津波に備え、可能な限り早めの速度で要援護者を運んでください」と教示。

(条件1 順次)

- ③ 搬送開始合図をすると、12名の被験者は搬送準備空間に入って適宜3人のチームを構成し、各チーム毎に要援護者役1名を担いで床面に敷いた担架に横たえて搬送準備。
- ④ 搬送準備が終わったら、準備ができたチームから順次、搬送開始。
- ⑤ 4階まで搬送を行った。4階到着後、1階に戻るよう教示。

(条件2 一斉)

- ⑥ 搬送準備し、全てのチームが簡易担架を担いで整列。
- ⑦ 搬送開始合図をすると、全てのチームが一斉に搬送開始。
- ⑧ 4階まで搬送を行い、4階に到着後、実験を終了。

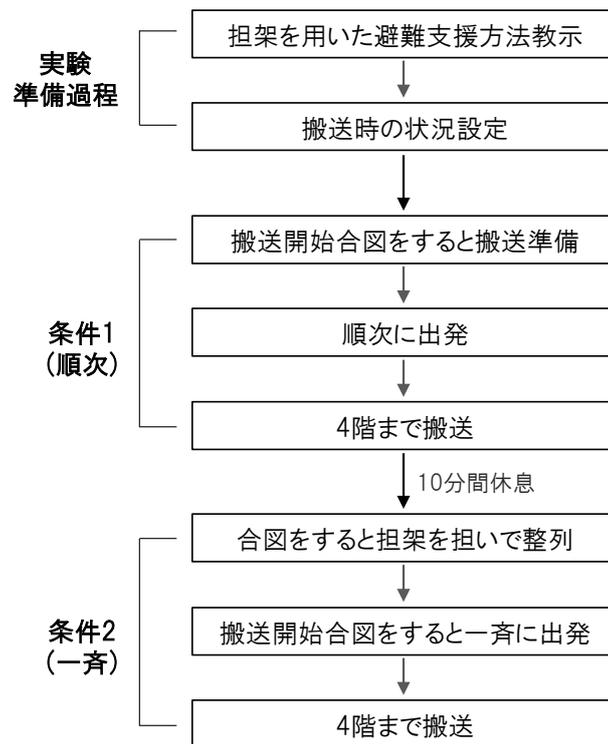


図4-4 担架搬送実験の手順

#### 4.2.4. 測定方法

実験過程は固定ビデオカメラによる撮影と追跡ビデオ撮影により記録した。また、避難支援者を対象にアンケートを実施し、避難支援者の属性、搬送時に感じられた身体負担の程度及び実験後の身体状態について回答を得た。

搬送準備時間及び搬送所要時間は、撮影したビデオを再生して測定した。搬送準備時間の測定タイミングは搬送準備空間に入場する時点、担架を受け取る時点、担架を準備する時点、要援護者役を移送する時点、搬送開始する時点とした。搬送所要時間の測定は（先頭）避難支援者が階段を上がり始める時点、踊り場に到着する時点、また階段を上がり始める時点とした。測定区間及び測定タイミングを表4-2に示す。

垂直距離は階段の垂直方向の距離（高さ）、水平距離（踊り場）は踊り場の中心軸に沿った3つの動線（図4-1参照）の合計であり、測定区間は図4-5に示す。

表4-2 測定区間及び測定タイミング

区間	距離(m)	測定タイミング
区間1	1.8	階段上がる→踊り場に到着
区間2	2.725	踊り場を曲がる
区間3	1.8	階段上がる→上階に着く
区間4	2.86	階の踊り場を曲がる
区間5	1.8	階段上がる→踊り場に到着
区間6	2.725	踊り場を曲がる
区間7	1.8	階段上がる→上階に着く
区間8	2.86	階の踊り場を曲がる
区間9	1.8	階段上がる→踊り場に到着
区間10	2.725	踊り場を曲がる
区間11	1.8	階段上がる→上階に着く

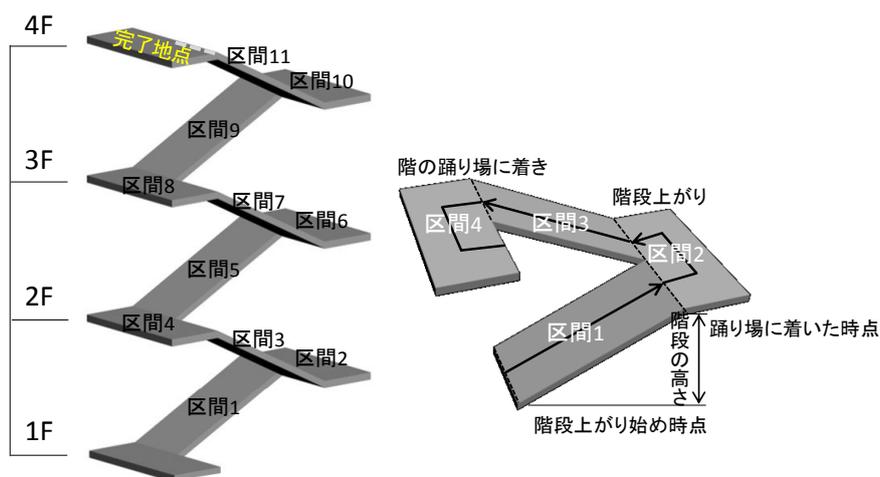


図4-5 搬送所要時間の測定区間



(a) 搬送準備状況



(b) 条件1（順次）の搬送状況



(c) 条件2（一斉）の搬送状況

図4-6 実験での搬送状況

### 4.3. 実験結果

#### 4.3.1. 搬送準備時間及び搬送所要時間

##### 4.3.1.1. 搬送準備時間

本実験では要援護者搬送状況を再現し、避難支援による搬送所要時間を測定した。なお、搬送準備空間の面積が搬送準備時間に与える影響を把握するため、搬送準備空間の大きさに応じた搬送準備時間を測定した。

この時、各試行におけるチーム番号は搬送開始時間を基にした。搬送準備時間は搬送開始カウントダウンが、0になった時点から搬送準備後要援護者を持ち上げて搬送開始する直前までの時点である。

搬送準備時の避難支援者の各行動過程順の経過時間を以下の通り定義した。

- (1) 待機時間：搬送開始合図後、搬送準備空間に入場するまで
- (2) 担架受け取り時間：入場した時点から防災箱（図4-2参照）で担架を受け取った時点まで
- (3) 担架準備時間：床に簡易担架を広げた時点まで
- (4) 移送時間：要援護者役を迎えに行く時点から、要援護役を担架に横たえた時点まで
- (5) 装着時間：安全ベルトや肩ベルトを装着し、持ち上げた時点まで

搬送準備時の避難支援者の行動は以下の通りである。

搬送開始の合図をすると、搬送準備空間の外で待機していた被験者が搬送準備空間に入って、担架を取った後、床に敷いた。その後、椅子に座っている要援護者役を連れに行き、両サイドで要援護者役を担いで担架まで移した。

要援護者を担架に横たえた後、安全ベルトを装着させ、3人の避難支援者が息を合わせて搬送準備した。搬送準備完了後、担架を担いでそのまま搬送開始した。

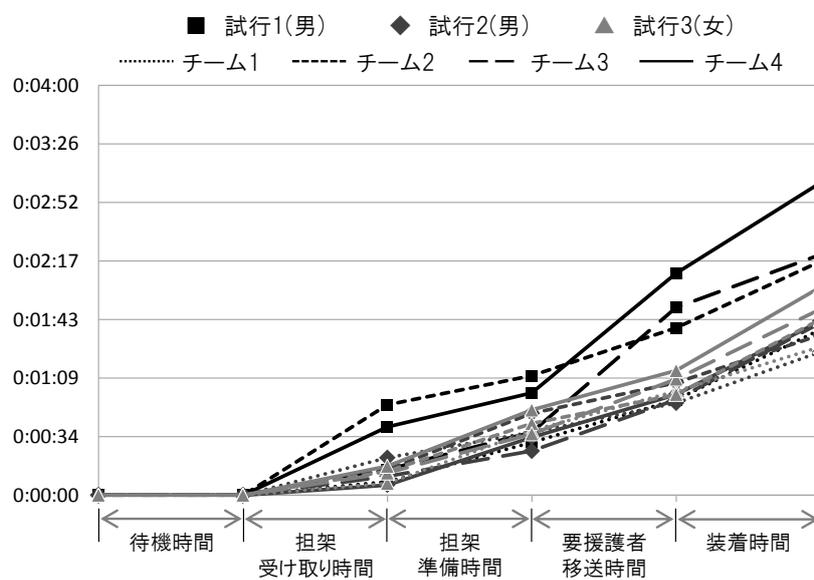
搬送準備空間が広いケースの試行1～試行3の場合、搬送開始の合図をすると、搬送準備空間の外で待機していた被験者が一斉に入場し担架を取る行動をしたので、待機時間は0となった。これに対し、搬送準備空間が狭いケースの場合、搬送準備空間が狭くて全てのチームが一度に搬送準備できないことを被験者は認識し、2～3チームに分かれて搬送準備した。従って、狭いケースの場合、このような過程で自然にチーム3、チーム4の待機時間が長くなっている。

狭いケースの試行6は女子学生による搬送であるが、試行6のチーム4の場合、簡易担架を棚から取った後、搬送準備空間がなくて簡易担架を持ったまま待機した。その後、チーム1、チーム2が搬送開始した後、担架を床に敷いたので、担架を取った後から敷いて置くまで1分28秒の時間を要した。女子学生搬送チームの場合、男子学生搬送チームの狭いケースの2チームの搬送準備とは異なり、同時に3チームが担架を受け取ったが、担架を広げたとき、空間的な余裕がなかったため、前半の2チームが搬送開始した後、担架を広げる行動を取った。なお、女子学生搬送チームの場合、待機時間には差があるが、4チーム全てが搬送準備空間

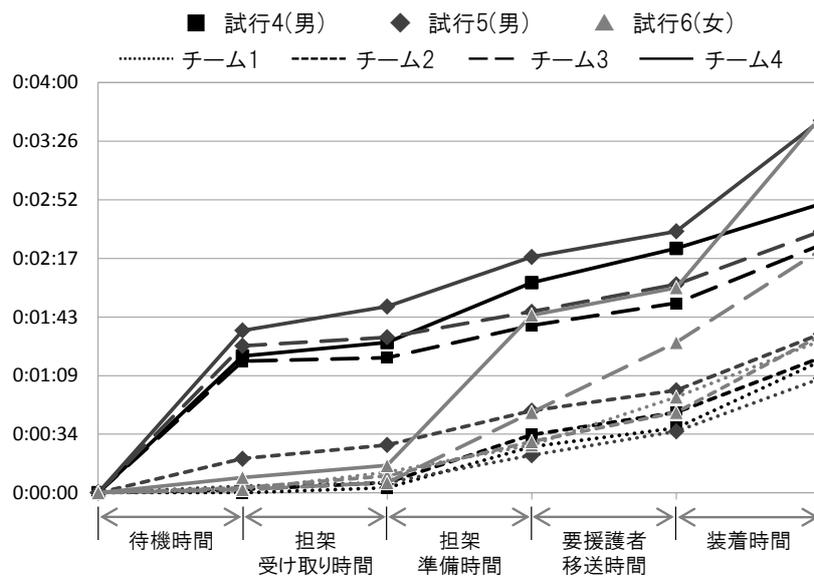
に入って担架を取っている。

搬送準備行動別の所要時間を図4-7に示す。

狭いケースの試行4～試行6の場合、前半のチームは搬送開始の合図と共に搬送準備空間に入場し、待機時間が0秒、又は、短いことに対し、後半に搬送準備したチームは搬送待機に1分20秒程度かかっている。避難支援行動開始までの待機時間は、搬送準備空間が狭い範囲に限られたことによるのであり、搬送準備空間に制約がなければ、1分以上の時間短縮ができると思われる。待機時間以外、最も時間を要するのは装着時間であり、グラフ上の折れ線が急に上がることで分かる。これは、担架搬送経験がなく、取り扱いに慣れなかったため最も時間を要したと思われる。



(a) 搬送準備空間が広いケース (試行1～3)



(b) 搬送準備空間が狭いケース (試行4～6)

図4-7 搬送準備空間の条件による搬送準備時間

避難支援者の避難準備空間の設定別、男女別の試行の平均搬送準備時間を表4-3に示す。搬送準備過程において、全般的に装着時間に最も時間を要することが分かる。(図4-7参照) 待機時間は搬送準備空間が広いケースでは0秒であることに對し、狭いケースではそれぞれ平均45秒、4秒かかっている。狭いケースでの女子学生搬送チームは搬送準備空間に入場し、担架を受け取った後、担架を準備しはじめるまで待機したため、待機時間が短いことに對し、担架準備時間は長くなったことが分かる。

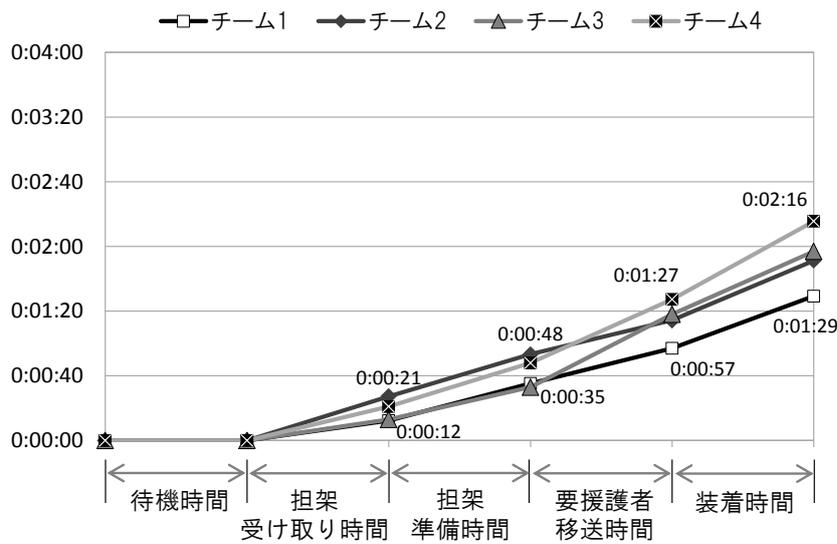
男子学生搬送チームの場合、搬送準備空間の広さに直接的な影響を受ける担架受け取り時間、要援護者移送時間は広いケースでより多い時間がかかっていることに對し、空間の広さに影響を受けない担架準備時間や装着時間は、平均所要時間が狭いケースに似ていることが分かる。広いケースでの平均搬送準備時間は男子学生チームが1分57秒、女子学生チームが1分45秒であり、搬送準備空間が狭いケースでは男子学生チームが2分5秒、女子学生チームが2分16秒である。

表4-3 避難支援行動別の搬送準備時間

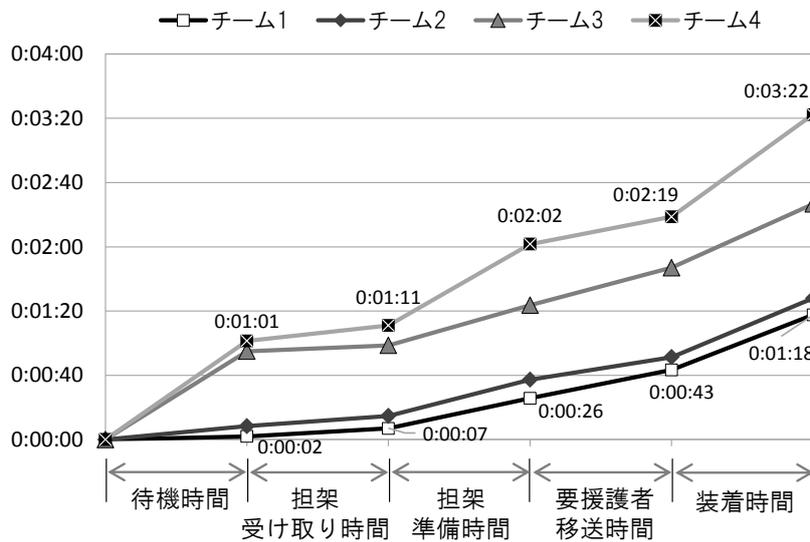
区分	広いケース		狭いケース	
	男子学生チーム	女子学生チーム	男子学生チーム	女子学生チーム
待機時間	00:00:00	00:00:00	00:00:45	00:00:04
担架受け取り時間	00:00:21	00:00:13	00:00:06	00:00:07
担架準備時間	00:00:22	00:00:29	00:00:23	00:00:41
移送時間	00:00:36	00:00:24	00:00:14	00:00:25
装着時間	00:00:39	00:00:40	00:00:36	00:00:58
搬送準備時間 (合計)	00:01:57	00:01:45	00:02:05	00:02:16

搬送開始順番による搬送チーム別の平均搬送準備時間を図4-8に示す。

搬送開始順番を基準にそれぞれの搬送チームの平均搬送準備時間を算出した。それぞれの試行ごとに搬送準備時間が最も短いのはチーム1であり、搬送準備空間に入場から搬送開始まで最も意欲的に動き、搬送準備が最も短時間となったと思われる。広いケースで搬送開始が最も速かったチーム1と最も遅かったチーム4の搬送準備時間には50秒程度の差があることに對し、狭いケースでは2分程度の時間差があることが分かる。搬送準備に最も時間がかかった狭いケースでのチーム4の場合、平均3分22秒の時間がかかっている。これは、待機、担架準備、担架装着にそれぞれ1分程度の時間を要し、搬送準備に3分以上かかったことによることが分かる。



(a) 搬送準備空間が広いケース



(b) 搬送準備空間が狭いケース

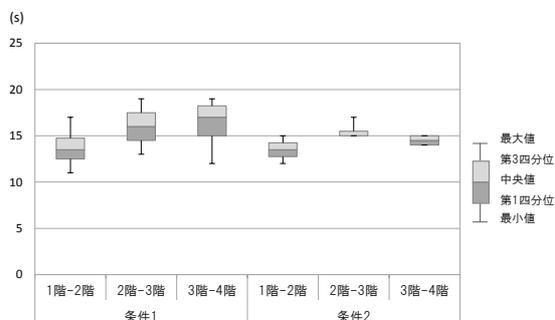
図4-8 搬送チーム別の平均搬送準備時間

#### 4.3.1.2. 搬送開始条件別の搬送所要時間

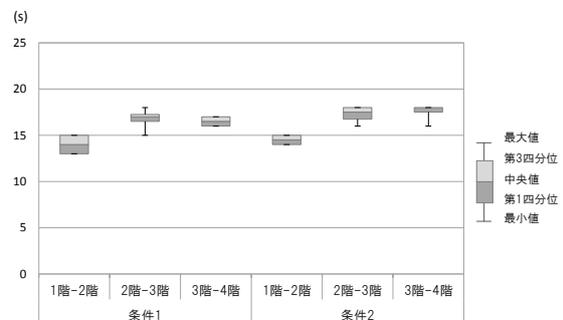
搬送準備空間と被験者属性による条件別搬送所要時間を図4-9に示す。図4-9は箱ひげ図であり、それぞれの搬送チームの階別搬送所要時間の分布や差を把握するため、最小値、第一四分位（25%点）、中央値（50%点）、第三四分位（75%）、最大値の5つの要素でデータの分布を示した。

全般的には条件1より列を作って搬送した条件2で、最大搬送所要時間と最小搬送時間の差が小さいことが分かる。条件2は何れの場合も、最小所要時間は先頭の搬送チームであり、最大搬送時間は最後尾搬送チームの搬送所要時間である。先頭チームは、後ろに続いて他のチームが上がって来るので、可能な範囲内で早めの速度で搬送したと思われる。

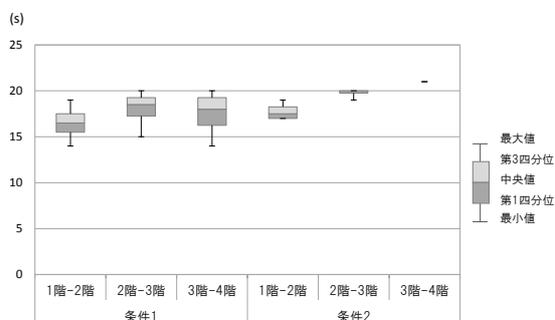
これに対し、最後尾の搬送チームは後に従うチームがなかったため先頭チームと比べ、搬送そのものに負担が少なかったと考えられる。よって、自分のペースで搬送し、搬送所要時間を最も多く要したと思われる。試行2の条件2の場合、3階～4階の搬送時、4チームとも21秒かかっている。これは、先頭搬送チームの速度に合わせて後ろのチームも搬送したため、4チーム全て同じ時間がかかったと考えられる。それぞれの区間における最も多い時間がかかったものは女子学生による試行3であり、2階～3階区間で2分11秒の時間がかかった。これは、2階の踊り場（区間4、区間6、図4-1参照）でそれぞれ30秒、1分21秒かかり、全体搬送区間や搬送チームにおいて最も多い時間がかかった。狭いケースの試行4は男子学生による搬送であり、それぞれの階においてチーム別最大搬送所要時間と最小所要時間の差が最も少なく、条件1、条件2に関わらずチーム別搬送所要時間には1～3秒の差が見られることが分かる。



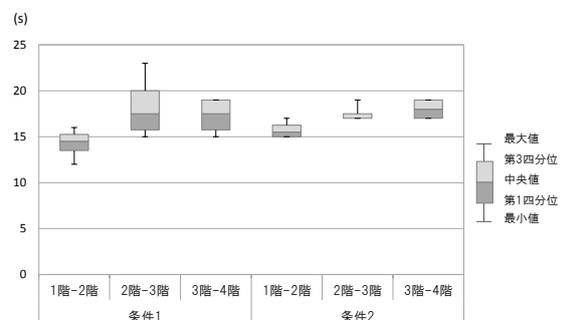
(a-1) 広いケース-試行1(男子学生)



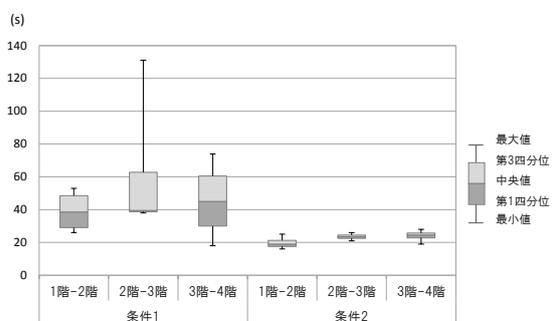
(b-1) 狭いケース-試行4(男子学生)



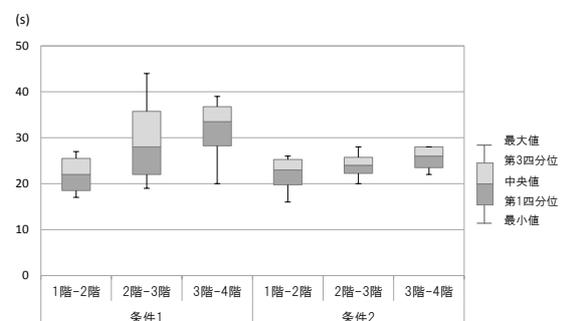
(a-2) 広いケース-試行2(男子学生)



(b-2) 狭いケース-試行5(男子学生)



(a-3) 広いケース-試行3(女子学生)



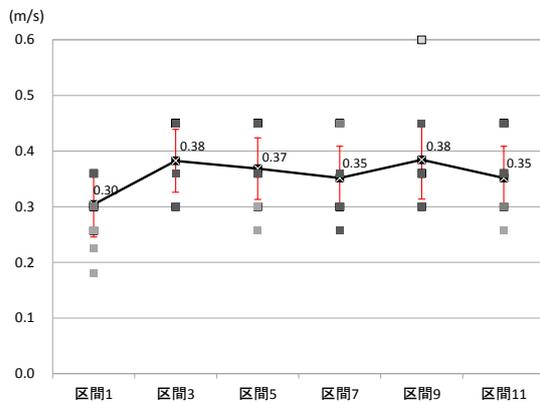
(b-3) 狭いケース-試行6(女子学生)

図4-9 搬送開始条件による階別搬送所要時間

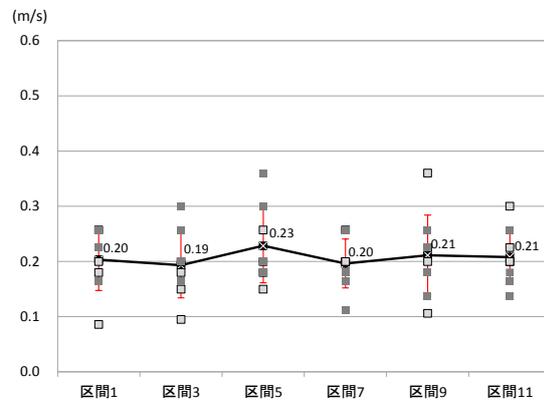
### 4.3.2. 搬送開始条件による垂直搬送速度

被験者が階段を上がる垂直搬送速度を算定し、避難支援者属性別・区間別(図4-1参照)上昇搬送速度グラフを図4-10に示す。

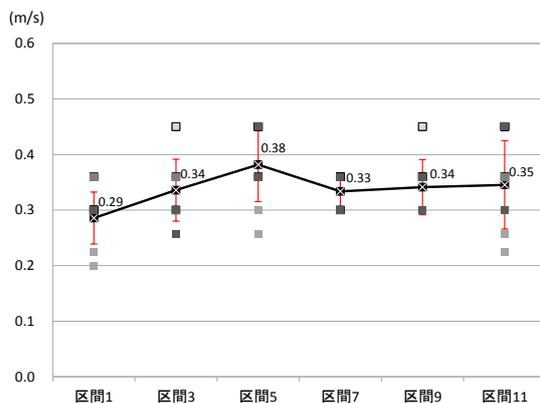
区間別平均速度は折れ線で示す。区間別の垂直速度に変動があることが分かる。搬送開始条件や避難支援者属性による区間別搬送速度は全般的にスタート地点からの区間1で最も低いことが分かる。搬送チーム別、区間速度が最も速いのは男子学生による条件1での搬送時であり、最大速度は区間9の0.6m/sである。これは、搬送準備空間で搬送開始が最も遅かったチーム4の速度であり、このチームは他の搬送チームの速度と比べ、平均搬送速度が最も速い。それは自分たちのペースで搬送した他のチームとは違い、出発が相対的に遅くなったことを認識し、階段を走って上がったので搬送速度が最も速くなったと考えられる。



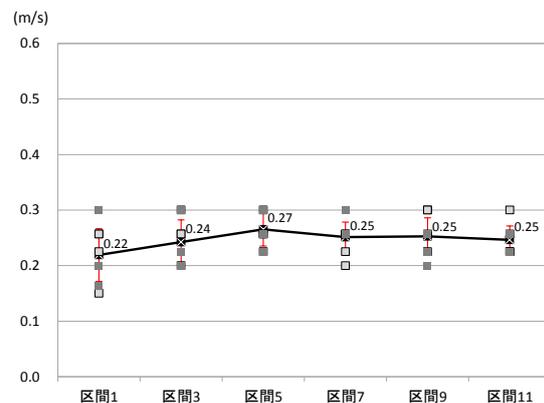
(a-1) 男子学生による条件1の搬送時



(b-1) 女子学生による条件1の搬送時



(a-2) 男子学生による条件2の搬送時



(b-2) 女子学生による条件2の搬送時

図4-10 搬送開始条件や避難支援者属性による垂直搬送速度

避難支援者の属性及び搬送開始条件による上昇搬送時の平均速度と標準偏差を図4-11に示す。搬送速度が最も遅いのは搬送準備できたチームから搬送開始する条件1の女子学生による搬送であり、平均搬送速度0.21m/sである。これに対し、搬送速度が最も速いのは条件1の男子学生による搬送であり、平均速度0.36m/sである。これは、速度が最も遅い女子

学生搬送より1.7倍程速いことが分かる。

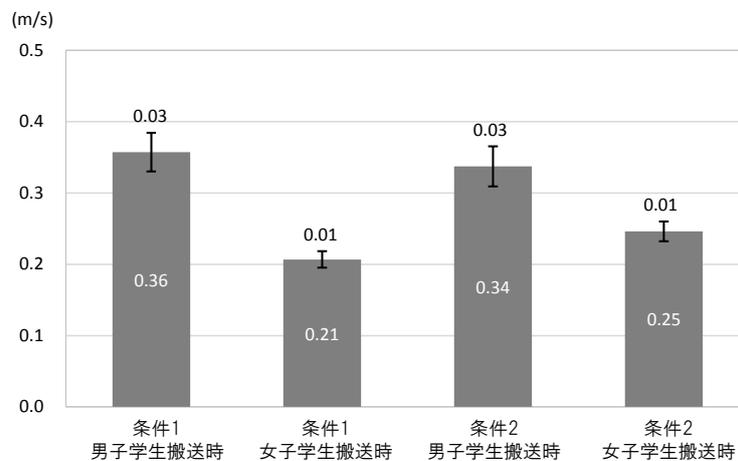


図4-1-1 搬送開始条件別の平均上昇速度及び標準偏差

#### 4.3.3. 搬送開始条件による垂直搬送効率

本研究では垂直搬送効率の指標として要援護者搬送量（人/s）を測定した。本実験での垂直搬送効率は、幅1.2mの階段での時間当たりの簡易担架による要援護者搬送量となり、式1で定義される。

$$E_{1,2} = (P - 1) / T_b \quad (\text{式1})$$

$E_{1,2}$  : 1.2m幅階段での垂直搬送効率(人/s)

P : 要援護者の通過人数

$T_b$  : P人の要援護者が階段の基準になる地点を通過する時間

搬送準備空間及び搬送開始条件による搬送効率は条件1の場合、狭いケースより広いケースの方が高い。条件1は搬送準備ができたチームから順次、搬送開始することで、狭いケースでは待機時間があったため、階段通過に時間がよりかかっている。

条件1での搬送量は最大0.15人/sであり、最低は0.02人/sである。これに対し、条件2の搬送量は最大0.25人/s、最低0.13人/sであり、男子学生による搬送に比べ、女子学生による搬送の搬送量が相対的に低いことが分かる。よって、搬送量による搬送効率は搬送準備空間が狭いケースより広いケースで、条件1より整列し、搬送する条件2で、女子学生チームより男子学生チームの方が高いことが分かる。

本実験から得られた1.2m幅階段での垂直搬送効率を表4-4に示す。搬送準備空間を十分に広く確保し、多数の避難支援者を得た場合、簡易担架を搬送するチームが階段前で滞留することになり、連続して上階搬送する条件2となるので、簡易担架によって要援護者を上階まで避難させるのに要する時間は、条件2（一斉）の垂直搬送効率を用いて計算する時間に近づくことになる。

表 4-4 1.2m幅階段での垂直搬送効率（簡易担架の場合）

（単位：人/s）

区分	広いケース					
	試行1 (男子学生)		試行2 (男子学生)		試行3 (女子学生)	
	条件1 (順次)	条件2 (一斉)	条件1 (順次)	条件2 (一斉)	条件1 (順次)	条件2 (一斉)
搬送量	0.03	0.25	0.15	0.19	0.06	0.14
区分	狭いケース					
	試行4 (男子学生)		試行5 (男子学生)		試行6 (女子学生)	
	条件1 (順次)	条件2 (一斉)	条件1 (順次)	条件2 (一斉)	条件1 (順次)	条件2 (一斉)
搬送量	0.03	0.19	0.02	0.18	0.02	0.13

#### 4.3.4. 搬送準備空間に対する考察

本研究では搬送準備空間の面積が搬送準備過程及び搬送準備時間に与える影響を把握するため、搬送準備空間を広いケース、狭いケースの2タイプ設定した。広いケースの場合、搬送準備可能な実質的な空間は3000mm×5400mm、狭いケースの場合1500mm×5400mmであり、広いケースと狭いケースに2倍の差をつけた。その結果、広いケースの場合、4チームが同時に搬送準備できたことに対し、狭いケースの場合、2チームのみ搬送準備できたことが分かった。ここで、搬送準備というのは、搬送準備空間に入って、簡易担架を受け取りし、担架を広げて要援護者を担架に横たえて持ち上げる行動を言う。

狭いケースにおいて搬送準備をしたとき、女子学生搬送チームの場合、同時に搬送準備空間に入場し、3チームが担架を受け取る行動を取った。しかし、3チームが簡易担架を床において広げたとき、空間的に余裕がなかったため、前半の2チームが搬送準備し、搬送開始した後、残りチームが簡易担架を広げる行動を取った。

簡易担架の寸法は680mm×1900mm（図4-3(b)参照）であり、簡易担架を中心に両サイドと先頭にそれぞれの避難支援者が位置するため、搬送準備に一定規模の空間を要する。

実験結果より、簡易担架の搬送準備に要する面積については、狭いケースの面積は8.1m<sup>2</sup>、広いケースの面積は16.2m<sup>2</sup>であり、狭いケースでは2チームが、広いケースでは4チームが簡易担架を広げて搬送準備したことが分かった。準備空間内で各チームの搬送準備の際に用いた空間は、使用していなかった空間を除くと、1チーム当たり約3m<sup>2</sup>（1250mm×2450mm）となる。一方、各チームの準備空間の間に隙間がないと、準備が完了したチームが階段に向かうことができないので、若干の余裕空間が必要ともいえる。今回の実験の観察の結果、余っていた空間は必要最低限の通行に必要な空間となっているので、1チーム当たりには要する搬送面積は約4m<sup>2</sup>（1500mm×2700mm）となる。

次に、搬送準備空間と搬送効率については、搬送準備空間が不十分な場合、残りの避難支

援者の待機時間が生じるため、階段通過時間により時間がかかる。よって、搬送量を基準に垂直搬送効率を考えると、広いケースの搬送効率が高いことが分かる。

従って、搬送準備空間の面積が搬送準備時間や搬送効率に影響を与えることが分かる。

#### 4.4. 避難支援者へのアンケート結果

##### 4.4.1. アンケートの概要

アンケートは実験に参加した被験者を対象に実施し、アンケートの概要及び構成を表4-5に示す。18歳-26歳の男女学生72人（要援護者役除外）を対象にしており、アンケートは、区間別・行動別に感じられた身体負担の程度、搬送完了後の身体状態など3つの項目で構成されている。

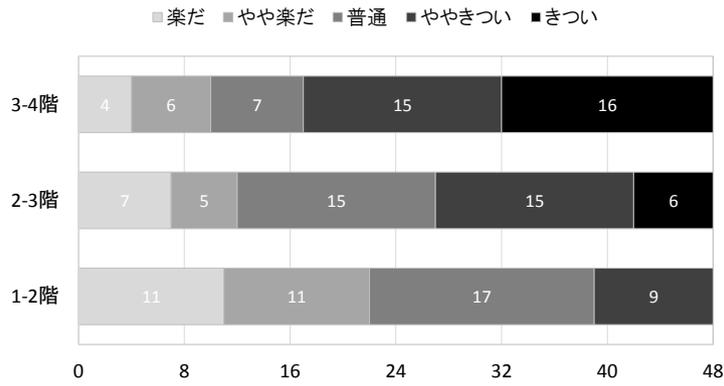
表4-5 アンケート調査の概要

調査対象		実験に参加した被験者全員（72人回答）
構成	被験者属性	年齢、体重、身長、訓練時の役割
	アンケート項目	区間別、感じられた身体負担
		行動別、感じられた身体負担
		搬送実験した後、身体の状態（複数回答）

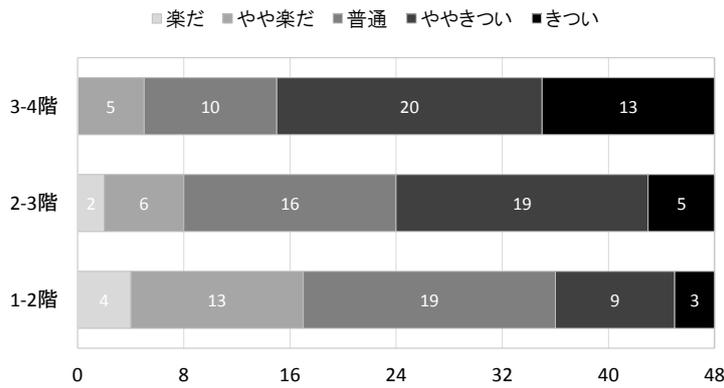
##### 4.4.2. 区間別、感じられた身体負担

男子学生搬送グループの場合、1回目搬送（条件1）より2回目搬送（条件2）時、上階へ上がるほど身体負担を感じたことが分かる。なお、1-2階より3-4階での搬送時に、感じられた身体負担がきつくなった傾向にある。これに対し、女子学生搬送グループの場合、「ややきつい」、「きつい」という回答を基準で、2回目搬送より1回目搬送時の方が身体負担を感じたことが分かる。これは、1回目搬送時、簡易担架取り扱いに対する経験がなく、搬送そのものに慣れなくて、2回目搬送より身体負担を感じたと思われる。

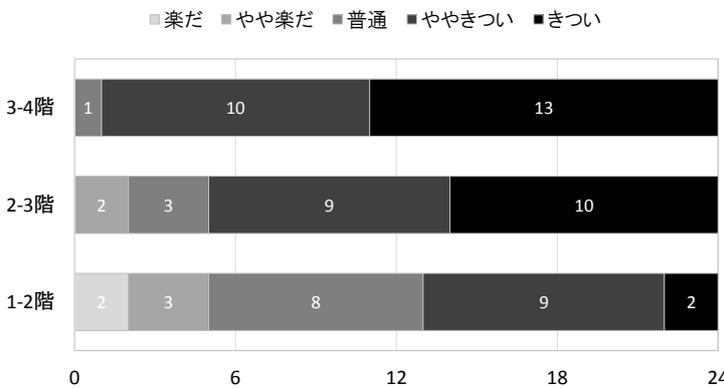
区間別に感じられた男女避難支援者の身体負担を図4-12に示す。



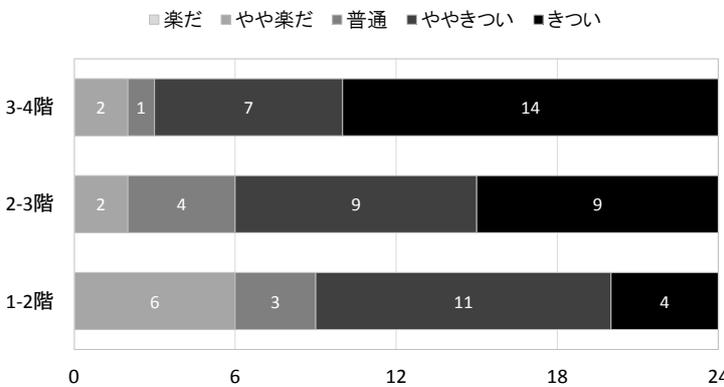
(a) 男子学生チームの1回目搬送時



(b) 男子学生チームの2回目搬送時



(c) 女子学生チームの1回目搬送時



(d) 女子学生チームの2回目搬送時

図4-12 避難支援者属性による区間別身体負担

#### 4.4.3. 避難支援行動別、感じられた身体負担

避難支援行動時、感じた身体負担に差があるが、何れの場合も階段を上がる時に「きつい」という意見が挙げられている。なお、踊り場を曲がる時、身体負担を感じていることが分かる。これは、担架は要援護者を中心に両サイドに避難支援者が位置するため、狭い踊り場を曲がる際に取り回しが困難であるからだと思われる。これに対し、最初、担架を持ち上げる時と要援護者を降ろす時に感じられる身体負担は同程度であることが分かる。

避難支援行動別、身体負担を図4-13に示す。

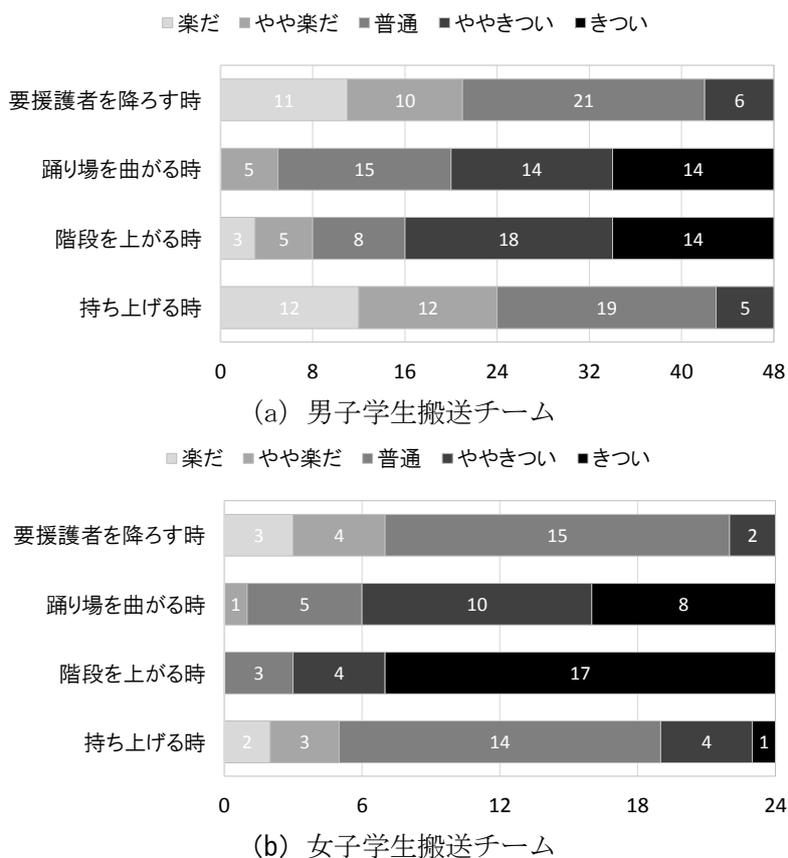


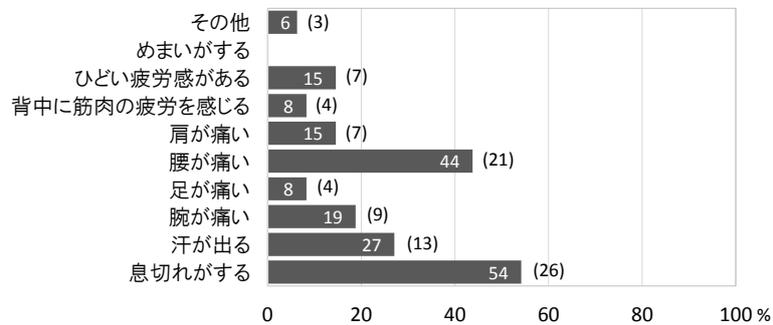
図4-13 避難支援者属性による避難支援行動別、身体負担

#### 4.4.4. 搬送実験後の身体状態

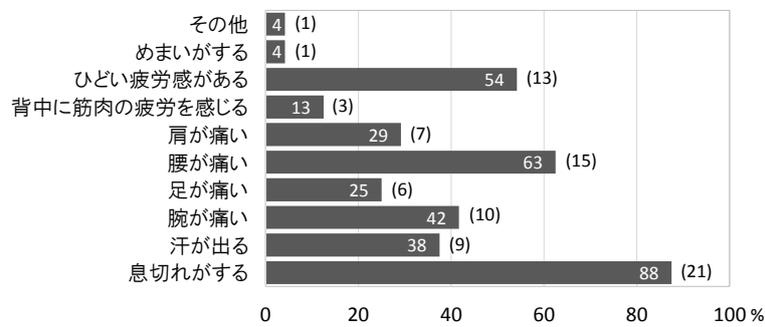
搬送後の身体状態に関するアンケート結果を図4-14に示す。男女搬送グループ何れの場合も、「息切れがする」、「腰が痛い」という回答が多く得られた。その比率は女子搬送グループの場合、約9割の被験者が「息切れがする」と回答しており、約6割の被験者が「腰が痛い」と回答した。

これに対し、男子学生搬送グループはそれぞれ約5割と約4割の被験者がこの意見を挙げている。「ひどい疲労感がある」という意見の比率は男子学生搬送グループ15%、女子学生搬送グループ54%であり、女子学生搬送グループの回答率が3倍以上多いことが分かる。これは、男女被験者の体力差異によると考えられる。担架搬送後の身体状態に対するその他の意

見では、男子学生搬送グループの場合、「特にない」という意見があることに對し、女子学生搬送チームの意見では、「手指が痛い」という意見があった。



(a) 男子学生搬送チーム



(b) 女子学生搬送チーム

図 4-14 階段上昇搬送実験後の身体状態

#### 4.5. まとめ

本実験では、簡易担架を用いて階段上昇搬送時、男女被験者（避難支援者）の属性及び搬送準備空間の面積、搬送開始条件による搬送準備時間や垂直搬送効率を比較・分析することを目的として、災害時要援護者の搬送状況を再現し、搬送実験を行った。

その結果得られた主要な点は以下の通りである。

- 1) 搬送準備時間は搬送開始カウントダウンが、0になった時点から搬送準備後要援護者を持ち上げて搬送開始する直前までの時点であり、搬送準備過程において、全般的に装着時間に最も時間を要した。その結果、避難準備空間の設定別、男女別の試行の平均搬送準備時間は広いケースでの男子学生チームが1分57秒、女子学生チームが1分45秒であり、搬送準備空間が狭いケースでは男子学生チームが2分5秒、女子学生チームが2分16秒である。
- 2) 1階から4階まで搬送時の平均所要時間は1回目（条件1）搬送時、男子学生による試行では49秒、女子学生の試行では1分55秒である。これに対し、2回目（条件2）搬送時の平均所要時間は男子学生による試行では51秒、女子学生搬送試行は1分9秒であり、女子学生搬送チームの場合、列を作って搬送した条件2では条件1と比べ、平均所要時間が46秒速くなったことが分かる。
- 3) 搬送速度が最も遅いのは搬送準備できたチームから搬送開始する条件1の女子学生による搬送であり、平均搬送速度0.21m/sである。これに対し、搬送速度が最も速いのは条件1の男子学生による搬送であり、平均速度0.36m/sである。これは、速度が最も遅い女子学生搬送より1.7倍程速いことが分かる。
- 4) 垂直搬送効率は、幅1.2mの階段での時間当たりの簡易担架による要援護者搬送量となり、搬送準備空間及び搬送開始条件による搬送効率は搬送準備空間が狭いケースより広いケースで、条件1より整列し、搬送する条件2で、女子学生チームより男子学生チームの方が高いことが分かる。条件1での搬送量は最大0.15人/s、最低は0.02人/sであることに對し、条件2の搬送量は最大0.25人/s、最低0.13人/sである。
- 5) 男子学生搬送グループの場合、1回目搬送（条件1）より2回目搬送（条件2）時、上階へ上がるほど身体負担を感じたことに對し、女子学生搬送グループは1回目搬送時、簡易担架取り扱いに対する経験がなく、搬送そのものに慣れなくて、2回目搬送より身体負担を感じる事が分かる。避難支援行動時感じた身体負担は、何れの場合も階段を上る時に「きつい」という意見が挙げられている。

今後、避難支援者による災害時要援護者の階段上昇搬送計画をより具体的・効果的に策定するためには、搬送速度や搬送量に影響する可能性がある諸要因について検討する必要がある。簡易担架による垂直搬送効率に関しては、1.2mより幅が広い階段において、避難者の流動係数のように幅に比例することになるのか、一定幅間隔で効率が変化するのか、今後、実験的に確認する必要がある。なお、背負い搬送や車いす搬送などの搬送方法に関しても、搬送準備時間や搬送量などを実験的に検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 土屋 伸一、森山 修治、浜 暁也、渡邊 大地、長田 悠平、小川 純子、神 忠久、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その1 実験概要及び階段上昇時の単独歩行特性-、日本建築学会学術講演梗概集 E-1、pp. 905-906、2006. 07
- 2) 森山 修治、長田 悠平、土屋 伸一、小川 純子、浜 暁也、神 忠久、渡邊 大地、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その2 階段上昇時の群集歩行特性-、日本建築学会 学術講演梗概集 E-1、pp. 907-908、2006. 07
- 3) 瀬戸口 俊也、内田 公一、山村 重行、山村 重行、布田 健、萩原 一郎、直井 英雄：介助者による階段降下の可能性について-車いす使用者の階段避難の可能性に関する実験 その2-、日本建築学会 学術講演梗概集 E-1、pp. 971-972、2006. 07
- 4) 李知香、北後明彦、西野智研、異なる避難支援者属性による車椅子と担架を用いた階段上昇避難の比較、日本建築学会計画系論文集、No. 693、pp. 2267-2272、2013. 11
- 5) 李知香、北後明彦、西野智研、災害時要援護者の階段上昇避難支援に関する実験的研究、日本建築学会計画系論文集、2015. 03

## 第5章 結論

2011年に起こった東日本大震災以降、津波が陸上に氾濫する事態に備え津波に耐えうる一定の高さを持った構造物を、一時的な避難空間(以下、津波避難ビルと呼ぶ)として利用することの重要性が指摘されている。この津波避難ビルの利用を基本とした避難計画では、津波避難ビルに至るまでの市街地移動に要する時間と津波避難ビル内部での階段上昇に要する時間を適切に評価しておく必要がある。

特に、自力での避難が困難な災害時要援護者を搬送する避難支援者にとって、津波避難ビル内部での階段上昇は、搬送に伴う身体的な負荷や搬送そのものの経験不足から、比較的長い時間を伴う事態が懸念される。このことから、予想される津波来襲までの時間内に津波避難ビルへ避難する要援護者に対する階段上昇支援方法による搬送所要時間や避難支援者への負荷などについて、予め検討しておく必要がある。

そこで、本研究では、津波避難ビルにおける災害時要援護者の階段上昇避難についての最初の研究の段階として、自力歩行が困難な要援護者の避難を介助する避難支援者の身体負担や階段搬送速度に着目し、津波来襲時の要援護者避難計画策定の一助となることを目的とした。

第2章「異なる避難支援者属性による車椅子と担架を用いた階段上昇避難の比較」では、兵庫県西宮市の津波避難ビルの指定を受けた私立病院で行われた上階搬送訓練の測定を行い、階段上昇時の搬送速度と避難支援者の主観的な負荷について、避難支援者の属性と搬送方法の違いに注意しながら分析した結果を整理した。

本訓練では、南海トラフ巨大地震が発生し、西宮市沿岸部に高さ5mの津波第1波が90分後に到達すると想定し、地域住民や病院職員からなる避難支援者が、要援護者を階段上昇搬送により避難させた。この訓練には、地域住民18名と看護師を含む病院職員11名の合計29名が参加した。本訓練で使用した搬送用具は車椅子と担架である。担架は、住民が布製簡易担架を、職員がスチール棒状担架を使用し上昇搬送した。車椅子の上昇搬送速度のうち、最も早いのは職員の搬送によるものであり0.165m/sである。最も遅い区間は住民の搬送で0.045m/sである。住民による布製簡易担架使用時の上昇搬送速度は最大0.17m/s、最小0.136m/sであるが、職員によるスチール製棒状担架使用時は最大速度0.198m/s、最小0.18m/sであり、スチール製棒状担架の搬送速度がやや速いことが分かる。

搬送器具が車椅子の場合、地域住民は車椅子の搬送経験がなく、搬送に比較的長い時間を要しているが、看護師・病院職員は車椅子の搬送について熟知しているため、息を合わせて素早く避難搬送している。搬送器具が担架の場合、上昇搬送速度はスチール製棒状担架の方が速いが、踊り場を曲がる際にはより時間がかかっていることが分かる。

これはスチール製棒状担架が全長210cmと長く、狭い踊り場を曲がることに苦心してより時間を要しているためである。なお、要援護者の体重が比較的軽い場合、このスチール製棒

状担架は持ち上げやすい傾向にある。これに対して、布製簡易担架は、特定の持ち位置の避難支援者に負担が重くなる傾向にある。

第3章「災害時要援護者の階段上昇避難支援に関する実験的研究」では、災害時要援護者の避難支援としての階段上昇搬送時、搬送方法による階段搬送速度や身体負担を比較・分析することを目的として、背負い搬送と簡易担架搬送、車いす搬送についてそれぞれ反復搬送実験を行った。

避難支援方法による1階から4階までの1回の搬送にかかる搬送所要時間は背負い搬送の場合、軽いケースが平均31秒かかっているのに対し、重いケースは平均43秒である。簡易担架搬送時の平均所要時間は軽いケース42秒、重いケース1分3秒であり、車いす搬送の平均所要時間は軽いケース1分11秒、重いケース1分49秒であった。心拍数は、搬送方法や個人によって差があるが、全般的に1回目の搬送時に急に上がり、インターバルの時には休息を取りながら下がる傾向にあるが、2回目以後、順次心拍数がより上がっている。また、反復搬送するほど、最大心拍数に到達する傾向にある。搬送方法別の被験者の心拍数は背負い搬送が最も高く、身体負担を最も感じていることが分かる。

1階から4階まで3回反復搬送時、背負いによる上昇搬送速度は、軽いケースの平均搬送速度0.5m/s、重いケース0.36m/s、簡易担架搬送の場合、軽いケース0.40m/s、重いケース0.28m/s、車いす搬送の場合、軽いケース0.24m/s、重いケース0.18m/sであり、要援護者の体重が軽いケースの方が速いことが分かる。簡易担架搬送、車いす搬送の場合、搬送速度は反復搬送するほど搬送に慣れて、前回の搬送ペースと同様または、より速くなる傾向にある。

搬送回数別・区間別に感じられた身体負担は上階へ上がるほど、反復搬送するほど身体負担が感じられることが分かる。簡易担架搬送の場合、搬送位置によって身体負担に差があり、反復搬送に関わらず、先頭の位置で搬送する場合、感じられる身体負担は小さいことが分かる。また、3回の反復搬送した後も、その後2-3回搬送できるという回答があり、簡易担架搬送による身体負担は比較的小さいと考えられる。搬送方法別の各行動時の身体は、「階段を上がること」に最も大きな身体負担を感じていることが分かる。背負い搬送の場合、「階段を上がること」に最も負担を感じているが、「踊り場を曲がること」は負担が少ないことが分かる。これに対し、簡易担架や車いすは「踊り場を曲がること」に負担を感じている傾向にある。

第4章「簡易担架を用いた階段上昇避難における準備時間及び避難速度」では、簡易担架を用いて階段上昇搬送時、男女被験者（避難支援者）の属性及び搬送準備空間の面積、搬送開始条件による搬送準備時間や垂直搬送効率を比較・分析することを目的として、災害時要援護者の搬送状況を再現し、搬送実験を行った。

搬送準備時間は搬送開始カウントダウンが、0になった時点から搬送準備後要援護者を持ち上げて搬送開始する直前までの時点であり、搬送準備過程において、全般的に装着時間に最も時間を要した。その結果、避難準備空間の設定別、男女別の試行の平均搬送準備時間は

広いケースでの男子学生チームが1分57秒、女子学生チームが1分45秒であり、搬送準備空間が狭いケースでは男子学生チームが2分5秒、女子学生チームが2分16秒である。

1階から4階まで搬送時の平均所要時間は1回目（条件1：順次）搬送時、男子学生による試行では49秒、女子学生の試行では1分55秒である。これに対し、2回目（条件2：一斉）搬送時の平均所要時間は男子学生による試行では51秒、女子学生搬送試行は1分9秒であり、女子学生搬送チームの場合、列を作って搬送した条件2では条件1と比べ、平均所要時間が46秒速くなったことが分かる。

1階から4階までの簡易担架による上昇搬送速度が最も遅いのは搬送準備できたチームから搬送開始する条件1の女子学生による搬送であり、平均搬送速度0.21m/sである。これに対し、搬送速度が最も速いのは条件1の男子学生による搬送であり、平均速度0.36m/sである。これは、速度が最も遅い女子学生搬送より1.7倍程速いことが分かる。

垂直搬送効率は、幅1.2mの階段での時間当たりの簡易担架による要援護者搬送量となり、搬送準備空間及び搬送開始条件による搬送効率は搬送準備空間が狭いケースより広いケースで、条件1より整列し、搬送する条件2で、女子学生チームより男子学生チームの方が高いことが分かる。条件1での搬送量は最大0.15人/s、最低は0.02人/sであることにに対し、条件2の搬送量は最大0.25人/s、最低0.13人/sである。

男子学生搬送グループの場合、1回目搬送（条件1：順次）より2回目搬送（条件2：一斉）時、上階へ上がるほど身体負担を感じたことにに対し、女子学生搬送グループは1回目搬送時、簡易担架取り扱いに対する経験がなく、搬送そのものに慣れなくて、2回目搬送より身体負担を感じることが分かる。避難支援行動時感じた身体負担は、何れの場合も階段を上がる時に「きつい」という意見が挙げられている。

以上のことから、避難支援者の属性や避難支援方法によって避難支援の効率に差異があることを踏まえ、本研究の段階では、要援護者の体重、避難支援者の搬送経験や属性、避難支援方法が避難支援者の身体負担及び階段上昇搬送速度に与える影響を明らかにした。

搬送用具や搬送方法による避難訓練実測や避難実験結果を表5-1に示す。

避難実験は20代（平均年齢20.7歳）の男女学生を対象に、避難訓練は40代、50代（平均年齢49.9歳）の地域住民や看護師・病院職員を対象にそれぞれ階段上昇搬送を行った。避難実験では背負い、簡易担架、車いすを使用し実験を行ったことにに対し、避難訓練では簡易担架、スチール製棒状担架、車いす搬送を行った。実験で使用した簡易担架や車いすは避難訓練で使用したのと同じものを使用した。一方搬送訓練で看護師や病院職員が使用したスチール製棒状担架は、搬送用具の特徴が異なるため、表5-1では示していない。

背負い搬送の場合、感じられる身体負担は最もきついが、津波到達予想時間まで時間的に余裕がない場合は、最も搬送速度が速い背負いによる避難支援計画も必要となる。しかし、背負い搬送は避難支援者の身体的な限界も考慮する必要があるため、女性避難支援者が多い、又は、要援護者が相対的に多く、反復搬送する場合は、身体的な負担が少ない簡易担架を用いた搬送計画により、避難支援者数を確保することを考慮した計画が必要となる。

表5-1 設定条件による搬送実験・避難訓練結果の比較

区分		搬送実験			避難訓練		
条件	細部条件	背負い搬送	簡易担架搬送	車いす搬送	簡易担架搬送 (住民)	車いす搬送	
						住民	看護師・職員
避難支援者属性	性別	男性	男性(男+女)	男性	男性	男+女	男+女
	年齢	平均20.7歳 (20代大学生)			平均49.9歳 (40代、50代)		
階段寸法		階段幅1, 200mm			階段幅1, 350mm		階段幅1, 300mm
要援護者役 体重	軽いケース	0.50m/s	0.40m/s	0.24m/s	0.15m/s	0.06m/s	0.12m/s
	重いケース	0.36m/s	0.28m/s	0.18m/s			
反復搬送による 身体負担	1回	ややきつい	普通	ややきつい	-	-	-
	2回	↓	↓	↓			
	3回	最もきつい	ややきつい	きつい			
準備空間による 搬送準備時間	広いケース	-	男：1分57秒 女：1分45秒	-	-	-	-
	狭いケース	-	男：2分5秒 女：2分16秒	-	-	-	-
搬送準備空間 ・ 搬送開始条件に よる搬送量	広いケース	順次に開始	今後の課題	男：0.03人/s 0.15人/s 女：0.06人/s	-	-	-
		一斉に開始		男：0.25人/s 0.19人/s 女：0.14人/s			
	狭いケース	順次に開始		男：0.03人/s 0.02人/s 女：0.02人/s			
		一斉に開始		男：0.19人/s 0.18人/s 女：0.13人/s			

ただし、この時、垂直搬送効率を高めるため、簡易担架の搬送準備は廊下より空間的に余裕があるホールで、搬送開始は列を作って、一斉に搬送開始することがより効果的であることが実験を通じ分かった。

車いす使用者の場合、背負い搬送と同じく、別途の搬送準備スペースは要しないが、搬送に最も多くの避難支援者や搬送時間がかかる。さらに、搬送時、避難支援者の身体負担もきつことが分かる。よって、車いす使用者の場合、車いす搬送に要する4人の避難支援者が、代わりに、背負い搬送、または、簡易担架搬送をするなどの避難計画が必要であると思われる。

今後の課題として、背負い搬送や車いす搬送などの搬送方法に関しても、搬送準備時間や垂直搬送効率などを実験的に検討する必要があることが挙げられるが、本研究を通じ、得られたデータを、避難支援者の属性や要援護者と避難支援者の比率、津波到達予想時間などの変数や状況によって、組み合わせると、適切な避難計画を立てることに役に立つと考えられる。

実験で使用した階段（1, 200mm）は建築基準法に決まっている最低基準であり、一定規模以上を有する学校や病院などの公共施設や商業施設が津波避難ビルである場合、建築基準法に根拠し、本実験で使用した階段の寸法より階段室の寸法が大きいため、本実験結果が適用できると思われる。

ここで得られたデータは、津波来襲時の要援護者避難支援において、多数の避難支援者による搬送準備から搬送完了までの過程にかかる時間と共に避難誘導や避難支援活動が可能な時間などが考慮できるため、今後の避難シミュレーションや地域避難計画の立案に役立つと考えられる。

今後の研究課題として、避難支援者による災害時要援護者の階段上昇搬送計画をより具体的に・効果的に策定するために、搬送速度や搬送効率に影響する可能性がある諸要因について検討する必要があることが挙げられる。なお、本研究では避難訓練や実験のシナリオ設定において、地震による停電などの状況は設定せずに、階段室が暗くない日中において実験を行ったため、今後は夜間時などのより多様なシナリオの下に実験を行う必要があると思われる。

## 参考文献

---

- 1) 土屋 伸一、森山 修治、浜 暁也、渡邊 大地、長田 悠平、小川 純子、神 忠久、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その1 実験概要及び階段上昇時の単独歩行特性-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.905-906、2006.07
- 2) 森山 修治、長田 悠平、土屋 伸一、小川 純子、浜 暁也、神 忠久、渡邊 大地、長谷見 雄二：津波避難ビルにおける階段歩行特性に関する実験研究-その2 階段上昇時の群集歩行特性-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.907-908、2006.07
- 3) 嶋田 拓、金井 昌昭、矢島 規雄、直井 英雄：車いす使用者を含む群集の避難流動特性に関する実験研究、日本建築学会計画系論文集 (569)、pp.71-75、2003.07
- 4) 北澤 知大、渡邊 翼、渡邊 大地、浜 暁也、青山 真也、土屋 伸一、古川 容子、長谷見 雄二：高齢者・身体障害者疑似体験型実験(その16)：階段での明るさの条件の違いが高齢者の階段歩行に及ぼす影響、日本建築学会関東支部研究報告集 I (76)、pp.257-260、2006.02
- 5) 瀬戸口 俊也、内田 公一、山村 重行、山村 重行、布田 健、萩原 一郎、直井 英雄：介助者による階段降下の可能性について-車いす使用者の階段避難の可能性に関する実験 その2-、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.971-972、2006.07
- 6) 李知香、北後明彦、西野智研、異なる避難支援者属性による車椅子と担架を用いた階段上昇避難の比較、日本建築学会計画系論文集、No.693、pp.2267-2272、2013.11
- 7) 李知香、北後明彦、西野智研、災害時要援護者の階段上昇避難支援に関する実験的研究、日本建築学会計画系論文集、2015.03
- 8) 健康環境システム研究会：高齢者・身障者を考えた建築のディテール、理工図書、p.26、1997.03

神戸大学博士論文「津波来襲時の要援護者避難計画に関する研究」全67頁

提出日 2015年1月23日

本博士論文が神戸大学機関リポジトリKernelにて掲載される場合、掲載登録日（公開日）はリポジトリの該当ページ上に掲載されます。

© 李 知 香

本論文の内容の一部あるいは全部を無断で複製・転載・翻訳することを禁じます。