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

背負い・簡易担架・車いすによる階段上昇搬送比較

EXPERIMENTAL STUDY ON STAIR ASCENT TRANSPORTATION
FOR VULNERABLE PEOPLEComparison by types of transportation; giving a piggyback ride,
carrying a handy stretcher and carrying a wheelchair

李 知 香*, 北後明彦**, 西野智研***

Jihyang LEE, Akihiko HOKUGO and Tomoaki NISHINO

This study is aiming to compare stair ascent transportation speed and physical burden of evacuation supporters according to the types of stair ascent transportation for vulnerable people experimentally. In this study, we measured heart rate of the supporters to indicate physical burden during the transportation. The subjects of this experiment were male students, age of 18-24. Experimental conditions were the ways of stair transportation and the weight of vulnerable people. The types of stair transportation were giving a piggyback ride, carrying a handy stretcher and carrying a wheelchair. Each experimental trial was video-recorded for measurement of ascent speed and observing supporters movement. As a result, this research proves that the weight of vulnerable people has an impact on the ascent speed and physical burden of supporter and giving a piggyback ride is the fastest in all ways of stair ascent transportation but the physical burden for a supporter is the heaviest.

Keywords : vulnerable people, stair ascent transportation, transport speed, physical burden, evacuation supporter

要援護者, 階段上昇搬送, 搬送速度, 身体負荷, 避難支援者

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¹⁾と一定の群集密度下で上昇する場合の歩行実験²⁾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³⁾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⁴⁾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にするとともに、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に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^{注1)}を取り上げた。

2. 災害時要援護者の階段上昇搬送実験

2.1 搬送実験の実施場所と被験者

本実験は2013年12月から2014年5月にかけて行った。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

* 神戸大学大学院工学研究科 博士後期課程・工修

** 神戸大学都市安全研究センター 教授・学博

*** 独立行政法人建築研究所 研究員・博士(工学)

Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kobe Univ., M. Eng.
Prof., Research Center for Urban Safety and Security, Kobe Univ., Ph. D.
Research Engineer, Building Research Institute, Dr. Eng.

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 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 1 実験に使用した階段の形状（単位：mm）

2.2 搬送方法と実験手順

2.2.1 搬送方法と要援護者役の体重の設定

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erbelt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 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 1 各搬送用具のサイズと重さ

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

図 2 搬送用具の寸法

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。
- ⑤4 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。
- ⑥4 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 回終了後、「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』で教えてください」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 搬送実験の手順

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 ± 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⁵⁾を示す。また、実験当時の搬送状況を写真1に示した。

(a) 背負い搬送の仕方⁵⁾

(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4 搬送仕方及び避難支援者構成

表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	支援者役	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
	被験者2	169	60		52.2
	被験者3	170	63		51.7
	被験者4	171	64		52.0
	被験者5	173	70		52.2
	被験者6	182	83	重い ケース	62.0
	被験者7	176	62		65.1
	被験者8	165	70		65.1
	被験者9	173	65		63.9
	被験者10	175	60		62.0
簡易担架 搬送	チーム1	173	61	軽い ケース	51.25
	チーム2	169	65		51.25
	チーム3	173	60		51.25
	チーム4	170	52		51.25
	チーム5	169	55		51.25
	チーム6	165	62	重い ケース	62.04
	チーム7	174	62		62.04
	チーム8	171	60		62.04
	チーム9	165	52		62.04
	チーム10	172	61		62.04
車いす 搬送	チーム1	173	60	軽い ケース	51.25
	チーム2	171	54		51.25
	チーム3	170	57		51.25
	チーム4	169	64	重い ケース	62.04
	チーム5	167	53		62.04
	チーム6	174	66		62.04

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、5秒毎に実験準備から実験後、教室に戻るときまで測定し、避難支援による身体負担の程度を把握した。

(a) 背負い搬送

(b) 簡易担架搬送

(c) 車いす搬送

写真 1 実験当時の搬送状況

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り始める時点、踊り場に到着時点、また階段を上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 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 1 参照)の合計であり、測定区間は図 5 に示す。

表 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 5 搬送所要時間の測定区間

3. 実験結果

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 6 に示す。図 6 は箱ひげ図であり、それぞれの階別搬送所要時間について、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。

避難支援方法別の各回平均搬送時間を図 7 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、踊り場を曲がるとき、比較的時間がかっており、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、踊り場に到着くと、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、踊り場に到着いて、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6 搬送方法による階別搬送所要時間

図7 避難支援方法による平均搬送時間（垂直距離 10.8m）

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8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、階段を上がり始めるまでである。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。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。

(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 8 搬送方法別被験者心拍数

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 1 参照)上昇搬送速度グラフを図 9 に示す。図 9 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高くなること分かる。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。

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 4 に示す。

表 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	0.23m/s	0.22m/s	0.25m/s
	重いケース	0.16m/s	0.19m/s	0.20m/s

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低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。

4. 避難支援者へのアンケート結果

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 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 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)

4.2 搬送方法による区間別、感じられた身体負担

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 10 に示す。

(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9 搬送方法別上昇搬送速度

図10 背負い搬送による区間別身体負担

図 11-1 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 11-2 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 11-3 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

図 12 車いす搬送による区間別身体負担

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図 11 に示す。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。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。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。

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。

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を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 12 に示す。

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 13 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。

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 14 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。要援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援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。

図 13 搬送方法別・各行動時の身体負担

図 14 階段上昇搬送実験後の身体状態

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ルベルトを肩にかけ、要援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、要援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」という意見があって、簡易担架による搬送時、感じた身体負担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。

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15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0.50m/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0.18m/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0.50m/s、重いケース0.36m/sであり、簡易担架は軽いケース0.40m/s、重いケース0.28m/sである。車いす搬送速度は軽いケース0.24m/s、重いケース0.18m/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倍速いことが分かる。

図15 上昇搬送時の搬送方法別の平均上昇速度及び標準偏差

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少ないことが分かる。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少ないと考えられる。
- 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担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。

注

- 注1) 気仙沼市鹿折の公民館では、東日本大震災の当日、隣接するデイク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月に筆者らが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。

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) 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
- 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>(参照2013.08.10)

EXPERIMENTAL STUDY ON STAIR ASCENT TRANSPORTATION FOR VULNERABLE PEOPLE

Comparison by types of transportation ; giving a piggyback ride,
carrying a handy stretcher and carrying a wheelchair

Jihyang LEE^{}, Akihiko HOKUGO^{**} and Tomoaki NISHINO^{***}*

^{*} Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kobe Univ., M. Eng.

^{**} Prof., Research Center for Urban Safety and Security, Kobe Univ., Ph. D.

^{***} Research Engineer, Building Research Institute, Dr. Eng.

This study is aiming to compare stair ascent transportation speed and physical burden of evacuation supporters according to the types of stair ascent transportation for vulnerable people experimentally. In this study, we measured heart rate of the supporters to indicate physical burden during the transportation. The subjects of this experiment were male students, age of 18-24. Experimental conditions were the ways of stair transportation and the weight of vulnerable people. The types of stair transportation were giving a piggyback ride, carrying a handy stretcher and carrying a wheelchair. Each experimental trial was video-recorded for measurement of ascent speed and observing supporters movement.

As a result of the experiment, as for the ascent transportation speed by piggyback ride from the first floor to the fourth floor, the average speed of the light case is 31 seconds and for the heavy case is 43 seconds. When it comes to the average speed of stretcher transportation, the light case is 42 seconds and the heavy case is 1 minute and 3 seconds and in case of wheelchair transportation's average speed the light case is 1 minute and 11 seconds and the heavy case is 1 minute and 49 seconds.

Therefore, it was indicated that when the weight of a vulnerable people is lighter, the transportation speed is faster. The heart rates of evacuation supporters are different depending on transportation methods or individual's condition but as repetitive transportation increases, they tend to reach the maximum heart rates.

The heart rates of evacuation supporters according to transportation methods show highest was the piggyback ride so the physical burden of supporters are most felt.

There are changes of the average speed by the transportation methods and sections but in general, as transportation is higher, the transportation speed decreases.

As for the ascent transportation speed by piggyback ride, in case of repetitive transportation of 3 times from the first floor to the fourth floor, the average speed of a light case is 0.50m/s and for heavy case is 0.36m/s. When it comes to the average speed of stretcher transportation, a light case is 0.40m/s and in heavy case is 0.28m/s, and as for the average speed of wheelchair transportation, a light case is 0.24m/s and in heavy case is 0.18m/s. Therefore, it was found that when the weight of a vulnerable people is lighter, the transportation speed is faster.

As a result, this research proves that the weight of vulnerable people has an impact on the ascent speed and physical burden of supporter and giving a piggyback ride is the fastest in all ways of stair ascent transportation but the physical burden for a supporter is the heaviest.

(2014年7月10日原稿受理, 2014年12月2日採用決定)