

車椅子介助搬送による避難行動要支援者の 長距離避難支援に関する研究

田代 権一^{*1}・橋本 隆雄^{*2}

A study on long-distance evacuation support for residents who need assistance in evacuation by wheelchair-assisted transportation

Kenichi Tashiro^{*1} and Takao Hashimoto^{*2}

Abstract: In this paper, we specifically examined evacuation transport support for residents in need of assistance in evacuation at the time of disaster on the current roads in an urban area, assuming evacuation to a wide area evacuation site with the assistance of a manually propelled wheelchair. The experiment was carried out by making four laps (total distance 2,184.4m) on a 546.1m course set on the current roads with ups and downs (longitudinal gradient of 0.25% to 8.41%). The purpose of this study is to contribute to the formulation of evacuation plans by clarifying the possibility of long-distance transportation and the transportation speed, the relationship between the road longitudinal gradient and the transportation speed, etc. regarding evacuation support by manually propelled wheelchairs.

Key words: long-distance evacuation, residents in need of assistance in evacuation, manually propelled wheelchairs, the transportation velocity at which evacuation supporters carried residents who need assistance in evacuation in wheelchairs

1. はじめに

避難行動要支援者（災害対策基本法第49条10第1項）は、表-1に示すとおり、全人口の6%以上を占めている。災害時において、これらの避難行動要支援者の死亡率が高いことは、データ上にも示されている（表-2、表-3）。消防庁は、徒歩避難を原則とした避難計画を策定する際に必要となる歩行速度の参考データとして、図-1を示しているが、避難行動要支援者を介助者が車椅子で支援する場合における搬送速度の参考値は示していない。車椅子による介助に関する先行研究として、能登ら（2010）⁶⁾は、斜面長さ3.0mの実験用スロープで昇降実験を行い、「1/10勾配を超える場合は前方への転落防止

のため後ろ向きに降りることが望ましいと考える」と述べており、上り勾配の実験ばかりでなく、下り勾配の実験も必要であることが示唆される。

車椅子の使用による避難行動要支援者の介助搬送速度等に関する論文は限られているが、大津ら（2016）⁷⁾は、自走用車椅子等を使用して、市街地津波避難を想定した実験的研究を行っている。神戸大学六甲台地区（六甲台第1キャンパス、鶴甲第1キャンパス等）に実験コースを設定し、勾配及び距離を、0%×1,000m、6.77%×

表-2 過去の災害死者数のうちの高齢者の割合

災害名	死者数	高齢者	率
東日本大震災 ²⁾	15,681	10,360	66.1%
平成30年7月豪雨 ³⁾	199	131	65.8%
令和元年台風第19号 ³⁾	84	55	65.5%
令和2年7月豪雨 ³⁾	80	63	78.8%

(注) 東日本大震災及び平成30年7月豪雨：60歳以上
令和元年台風第19号、令和2年7月豪雨：65歳以上

表-3 東日本大震災における主要被災三県（岩手、宮城、福島）沿岸部27市町村における死亡率⁴⁾

総人口に占める死亡率	障害者の死亡率
1.03%	2.06%

表-1 災害対策基本法第49条の11第2項に基づき名簿情報が提供されている避難行動要支援者の状況¹⁾

項目	平成30年	令和元年
避難行動要支援者数	7,803,702人	7,840,889人
全人口に占める割合	6.1%	6.2%

^{*1} 国士舘大学 理工学部大学院工学研究科応用システム工学専攻

^{*2} 国士舘大学 理工学部まちづくり学系 教授

【参考】歩行速度

・老人単独歩行（自由歩行速度）	: 1.1m/秒	: 俵元吉 1976による
・ベビーカーを押している人（自由歩行速度）	: 0.9m/秒	: 同上
・群衆歩行	: 1.1m~1.2m/秒	: 限界: 東京都市群交通計画委員会 1972
・自力のみで行動できにくい人 （重病人、身障者等）	（水平）: 0.8m/秒 （階段）: 0.4m/秒	: 堀内三郎 1972
（位置、経路等に慣れていない人）	（水平）: 1.0m/秒 （階段）: 0.5m/秒	: 同上
・身障者等の歩行速度（急いで）	C 1 : 1.2m/秒 C 2 : 0.44m/秒	: 日本建築学会 1980

図-1 歩行速度の参考値⁵⁾

200m, 12.99%×100mとした3コースで実験を行った結果, 車椅子による平均速度として, 0%で1.87m/s, 6.77%で1.28m/s, 12.99%で0.92m/sなどの結果を得ている。

しかし, 市街地の歩道等現道上において, 一次避難地や広域避難地までの長距離介助搬送が可能であるかどうかまでは明らかにしておらず, また, 一般市街地内における標準的な道路縦断勾配 (0~9%) の範囲内では, 6.77%の勾配における結果しか得ていないため, 道路縦断勾配と介助搬送速度との関係を示す近似式の設定まではできていない。

上記を踏まえ, 本研究では, 避難行動要支援者のうち, 自力歩行が困難等の理由で, 車椅子による介助搬送が必要な場合について, 災害時の避難に参考になるデータを取得することを目的として, 車椅子による介助避難搬送実験を行う。

実験は, 実際の避難時を想定し, ①体重に加えて着衣や避難時携行品の重量も考慮し, ②アップダウンのある市街地内の現道上で, ③一次避難地や広域避難地までの長距離避難を想定した, 手動車椅子 (自走用及び介助用) による介助避難搬送実験を行う。

本研究により, ①手動車椅子による一次避難地や広域避難地までの長距離介助搬送の可能性, ②搬送速度 (平均速度・勾配による違い等), ③避難場所までの搬送に要する時間, などの基礎的なデータを取得することにより, 今後の避難計画の立案に寄与することを目的とする。

2. 研究の方法

2.1 実験コースの設定

実験コースとしては, 市街地内における避難行動要支援者の車椅子介助による避難行動支援を想定し, あわせて, 勾配による速度変化のデータについても取得することを目的に, 0%から8%以上 (絶対値) までの各勾配を含む, アップダウンのある巡回コースを選定した。

巡回距離は, 一次避難地までの距離が500m以内⁸⁾とされていることから, 安全側で, それ以上の距離となる1周が約500m以上となる巡回コースを選定するとともに, 広域避難地までの距離が2,000m以内⁸⁾とされていることから, 巡回コースを4周回することとした。



図-2 搬送実験のために設定した巡回コース平面図

巡回実験コースは, 図-2のとおり, 東京都世田谷区内の市街地現道上に設定した。始終点を①地点とし, 右回り, 左回り両方向の車椅子による搬送実験を実施した。実測距離は, 1周546.1m (>500m) であるため, これを4周すると2,184.4m (>2,000m) になる。

コースは安全面を考慮し, 街区からのアプローチ道路②・③・⑦を除く交差点を横断しないようにした。街区からのアプローチ道路から出てくる車と遭遇したのは, 全試行のうち1回のみ (⑦地点) であった。また, ⑨-⑪間には世田谷区本庁舎等整備工事のための工事用車両の出入口, ⑫-⑬間及び⑯地点には世田谷区役所駐車場への出入口があるが, いずれも常時ガードマンの誘導があり, 安全が確保されていた。

図-3に断面展開図を, 表-4に実験コースの標高, 距離, 勾配等の諸元を示した。標高はT.P.+31.79~38.23mで, 高低差は6.44mである。点間平均縦断勾配の絶対値 (右回りと左回りで符号が異なる。) は, 0.25%~8.41% である。

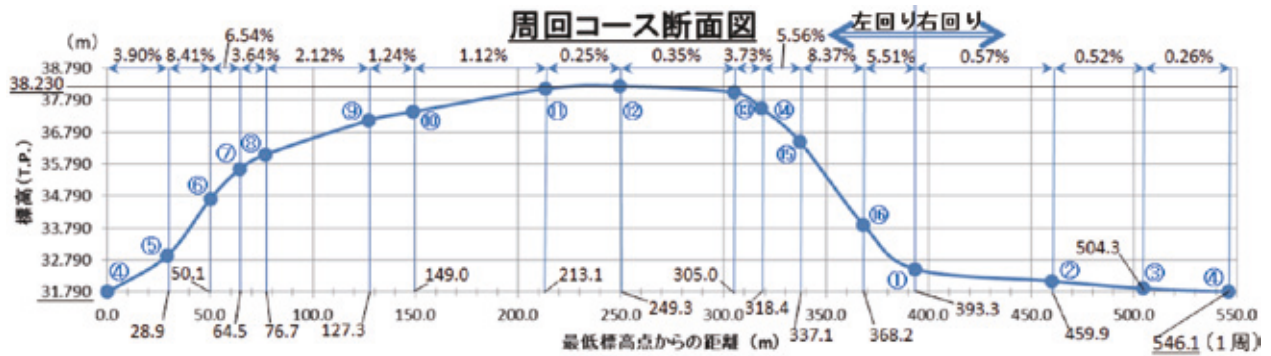


図-3 周回コース断面(展開)図

表-4 標高, 標高差, 点間距離, 点間勾配一覧 (m)

地点No	標高(T.P.+) (注)		標高差 (注)	距離		点間勾配	
	始点	終点		点間距離	追加距離	右回り	左回り
④-⑤	31.790	32.917	1.127	28.9	28.9	3.90%	-3.90%
⑤-⑧	32.917	34.699	1.782	21.2	50.1	8.41%	-8.41%
⑧-⑦	34.699	35.641	0.942	14.4	64.5	6.54%	-6.54%
⑦-⑧	35.641	36.085	0.444	12.2	76.7	3.64%	-3.64%
⑧-⑨	36.085	37.159	1.074	50.6	127.3	2.12%	-2.12%
⑨-⑩	37.159	37.427	0.268	21.7	149.0	1.24%	-1.24%
⑩-⑪	37.427	38.142	0.715	64.1	213.1	1.12%	-1.12%
⑪-⑫	38.142	38.232	0.090	36.2	249.3	0.25%	-0.25%
⑫-⑬	38.232	38.037	-0.195	55.7	305.0	-0.35%	0.35%
⑬-⑭	38.037	37.537	-0.500	13.4	318.4	-3.73%	3.73%
⑭-⑮	37.537	36.498	-1.039	18.7	337.1	-5.56%	5.56%
⑮-⑯	36.498	33.894	-2.604	31.1	368.2	-8.37%	8.37%
⑯-①	33.894	32.510	-1.384	25.1	393.3	-5.51%	5.51%
①-②	32.510	32.130	-0.380	66.6	459.9	-0.57%	0.57%
②-③	32.130	31.900	-0.230	44.4	504.3	-0.52%	0.52%
③-④	31.900	31.790	-0.110	41.8	546.1	-0.26%	0.26%

(注) 始点及び終点標高は, 左回りでは逆(始点が終点, 終点が始点)になる。

2.2 実験機材

実験に使用する車椅子は, 標準的な, 図-4に示すJIS T 9201による手動車椅子(自走用標準形及び介助用標準形)とした。また, 安全面に留意して, 厚生労働省の福祉用具臨床的評価事業に基づく認証品(QAP認証)とするとともに, 制動用ブレーキ付きのものとした。

本研究では, 車椅子単独での実験に加えて, 災害時における道路の波打ち・亀裂, 路側の建築物や工作物の倒壊等による瓦礫の堆積, 噴砂, 土砂の流れ込み等による路面の泥濘化などを考慮し, 「芝生や土の路面, 砂利道や積雪時・砂浜など, 今まででは極めて困難だった不整地での車椅子のスムーズな移動を可能にする車椅子の補助装置」としている「簡易装着型けん引式車椅子補助装置(図-5)」(以下「けん引式補助装置」という。)を車椅子に装着しての実験も実施した。

2.3 避難行動要支援者の想定及び総重量の設定

避難行動要支援者のうち, 自力歩行が困難等の理由で, 車椅子による介助搬送が必要な場合のほか, 視覚障害者についても, 災害避難時においては, 車椅子による



図-4 実験機材(車椅子)

避難行動支援が必要になる(より有効な)場合も考えられる。

車椅子による介助に関する既往研究では, 特に乗車者の体重を統一していないものも多いが, 乗車者の体重を一定に調整しているもの(大津ら(2016)⁷⁾:62.04kg), 車椅子を含めた総重量を一定にしているもの(吉原ら(1997)⁹⁾:76.6kg)がある。

本研究では, 避難行動要支援者と着衣及び携行品の合計を70kgと想定し, 重りで70kgになるように調整す

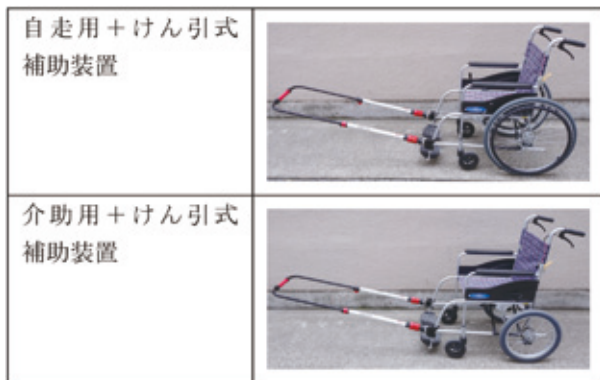


図-5 実験機材（簡易装着型けん引式車椅子補助装置）

る。これに車椅子重量を加えると、自走用車椅子（以下「自走用」という。）の場合の総重量82.7kg、介助用車椅子（以下「介助用」という。）の場合の総重量81.9kgになる。また、けん引式補助装置の重量は、2.7kgである。

2.4 被験者（介助者）

被験者（介助者）は、20代14名を中心とし、参考に、年代間の搬送速度の差を確認するため、30代2名、40代1名、60代3名を加えた計20名の健常者で実施する。なお、30代は、男性1名及び女性1名（男性は1名のみ）、40代は、男性1名のみ結果であり、統計分析を実施する標本サイズ（最低3標本）に満たないため、今回の実験結果は中間報告（参考値）とし、さらに研究を進める予定である。

2.5 介助搬送実験の種類

実験の種類は、自走用による介助搬送実験（右回り、左回り）のほか、さらに、自走用との比較のため、介助用（右回り、左回り）、自走用+けん引式補助装置（右回り）、介助用+けん引式補助装置（右回り）による介助搬送実験をそれぞれ実施（計6種類）した。

2.6 介助搬送速度の計測

図-2に示す16地点を通過するたびに、ストップウォッチで、スタート時からの累積経過時間を計測した。車椅子の一時停止（車両の出入り待ち、段差乗り越えに時間を要した場合等）が発生した際には、当該時間を記録し、停止が発生した区間の通過時間から差し引いた。

3. 車椅子介助搬送実験実施結果の概要

3.1 被験者（介助者）ごとの介助搬送実験の実施結果

前章で示した研究の方法により実施した、介助搬送実験実施結果の概要を、表-5に示す。なお、すべての実験種別において、各年代の被験者が4周回を完走し、搬送途中での実験中断は一度も発生しなかった。

表-5 車椅子介助搬送実験実施結果一覧

№	性別	年齢	介助平均搬送速度 (m/s)					
			4周回 (2,184.4m) : 所要時間 (s)					
			自右	自左	介右	介左	自補右	介補右
1	男	21	1.60	1.57	-	-	-	-
			1,366	1,387				
2	男	21	1.58	1.55	-	-	-	-
			1,383	1,406				
3	男	21	1.44	1.40	-	-	-	-
			1,520	1,563				
4	男	21	1.49	1.56	-	-	-	-
			1,464	1,397				
5	男	21	1.63	1.63	-	-	-	-
			1,337	1,339				
6	男	21	1.60	1.68	-	-	-	-
			1,368	1,302				
7	男	21	1.52	1.60	-	-	-	-
			1,439	1,362				
8	男	21	1.38	-	-	-	-	-
			1,583					
9	男	21	1.47	1.44	-	-	-	-
			1,486	1,513				
10	男	21	1.63	1.65	-	-	-	-
			1,340	1,325				
11	男	21	1.39	1.42	1.26	1.27	-	-
			1,572	1,537	1,733	1,715		
12	男	21	1.31	1.57	1.45	1.48	-	-
			1,671	1,392	1,505	1,475		
13	男	22	1.49	1.52	1.56	1.50	-	-
			1,464	1,435	1,401	1,457		
14	男	22	1.34	1.44	1.41	1.39	1.37	1.34
			1,634	1,515	1,550	1,575	1,598	1,631
15	男	31	1.47	1.47	1.50	1.56	-	-
			1,486	1,491	1,460	1,402		
16	女	36	1.58	1.49	1.59	1.54	-	-
			1,381	1,462	1,377	1,421		
17	男	49	1.53	1.47	1.30	1.46	1.32	1.33
			1,429	1,486	1,681	1,494	1,652	1,637
18	男	64	1.56	1.58	1.56	1.59	-	-
			1,404	1,382	1,402	1,375		
19	男	64	1.27	1.24	1.27	1.16	1.19	-
			1,714	1,763	1,714	1,880	1,840	
20	男	68	1.39	1.41	1.30	1.38	-	1.32
			1,567	1,546	1,679	1,582		1,649
		合計	29.67	28.71	14.20	14.33	3.88	4.00
		標本サイズ(n)	20	19	10	10	3	3
		平均	1.48	1.51	1.42	1.43	1.29	1.33

(注) 自右：自走用右回り搬送、自左：同左回り搬送、介右：介助用右回り搬送、介左：同左回り搬送、自補右：自走用（けん引式補助装置装着）右回り搬送、介補右：介助用（けん引式補助装置装着）右回り搬送

実験種別ごとの平均速度については、自走用：1.48m/s（右回り）及び1.51m/s（左回り）、介助用：1.42m/s（右回り）及び1.43m/s（左回り）、自補右：1.29m/s、介補右：1.33m/sという結果であった。

これは、能登ら（2009）¹⁰が、「速度が1.7m/sを超えると大きく乗り心地が低下した」と述べている速度を、いずれも下回るものであった。

3.2 段差における停止

⑪地点には、図-6に示すL型側溝（5cm切下げタイプ）が存在するとともに、⑩地点には、図-7に示すL型街渠（2cm切下げタイプ）が存在する。このうち、⑪地点の段差において、表-6に示す一時停止が発生した。

表-6のとおり、5cmの段差を有する⑪地点では、けん引式補助装置装着を装着していない場合、1試行4周回当たり、自走用車椅子介助搬送で平均1.23回、介助用車椅子介助搬送で平均1.40回の一時停止が発生した。

けん引式補助装置を装着した場合、前輪（キャスト）を浮かしてけん引するため、一度も停止がなかった。これは、前輪を接地させないけん引式の利点であると考え

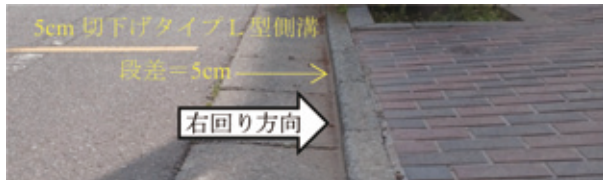


図-6 ⑪地点の段差（右回り方向）



図-7 ⑩地点の段差（左回り方向）

表-6 段差における停止回数一覧

№	性別	年齢	停止回数（1試行4周回当たり）					
			⑪地点				⑩地点	
			右回り		左回り		全試行	
自走	介助	自補	介補	自走	介助	自補	介補	
1	男	21	4	-	-	-	0	
2	男	21	2	-	-	-	0	
3	男	21	1	-	-	-	0	
4	男	21	0	-	-	-	0	
5	男	21	2	-	-	-	0	
6	男	21	1	-	-	-	0	
7	男	21	2	-	-	-	0	
8	男	21	2	-	-	-	0	
9	男	21	1	-	-	-	0	
10	男	21	4	-	-	-	0	
11	男	21	0	2	-	-	0	
12	男	21	0	0	-	-	0	
13	男	22	2	1	-	-	0	
14	男	22	0	4	0	0	0	
15	男	31	1	0	-	-	0	
16	女	36	1	4	-	-	0	
17	男	49	0	0	0	0	0	
18	男	64	2	1	-	-	0	
19	男	64	0	0	0	-	0	
20	男	68	0	2	-	0	0	
合計			25	14	0	0	0	
1試行当たり			1.23	1.40	0	0	0	

(注) 自走：自走用車椅子介助搬送、介助：介助用車椅子介助搬送、自補：自走用車椅子（けん引式補助装置装着）介助搬送、介補：介助用車椅子（けん引式補助装置装着）介助搬送

られ、災害時に道路面に障害が発生し、自走用や介助用では介助搬送が難しい場合においても、けん引式なら介助搬送可能な場合があり得ることを示唆している。

また、本来車両乗入部で使用される段差5cmの歩道切下げ部においては、上述のとおり、4周回当たり平均1.23回（自走用）及び1.40回（介助用）の一時停止が発生したが、横断歩道部で使用する段差2cmの歩道切下げ部では、一度も一時停止が発生しなかった。

本研究による車椅子介助搬送実験の結果は、「車椅子使用者が困難なく通行でき、かつ、視覚障害者（盲導犬使用者を含む。）が歩車道境界部を白杖や足により容易に認知できるよう、高さ2cmを標準とした段差を設ける」としている道路の移動等円滑化に関するガイドライン¹¹⁾の考え方が、車椅子使用者が自走する場合ばかりではなく、介助者が避難行動要支援者を車椅子で押して介助搬送する場合においても、同様に妥当であることを示したのものとなった。

4. 車椅子介助搬送実験結果の分析

4.1 搬送速度に関する実験種別ごとの分析

i. 実験種別ごとの搬送速度に係る各種統計量と検定
介助搬送実験種別ごとの各種統計量の一覧を表-7に、それをグラフ化したものを図-8に示す。なお、表-7の分析で使用した介助平均搬送速度の個別データについては、表-5に示したものと同一であるため、本表中では省略している（以下、表-8から表-10までの分析においても同様である。）。

実験種別群間に有意な差があるかどうか、群間の標本サイズが異なる場合にも使用できるTukey-Kramerの手法により多重比較検定を行った。その結果、「自左」と「自補右」の間にだけ、5%有意水準で有意な差があると判定された（図-8）。このことについては、次項で考察する。

ii. けん引式補助装置の考察

実験開始前には、前輪（キャスト）を接地させない

表-7 介助搬送実験種別ごとの各種統計量一覧

項目	搬送速度 (m/s)					
	自右	自左	介右	介左	自補右	介補右
n	20	19	10	10	3	3
n-1	19	18	9	9	2	2
分散	0.0112	0.0108	0.0148	0.0162	0.0058	0.0000
標準偏差	0.1059	0.1038	0.1218	0.1273	0.0764	0.0061
不偏分散	0.0118	0.0114	0.0165	0.0180	0.0088	0.0001
不偏標準偏差(SD)	0.1086	0.1067	0.1284	0.1342	0.0936	0.0074
平均-SD	1.3747	1.4045	1.2912	1.2988	1.1985	1.3254
平均+SD	1.5919	1.6178	1.5480	1.5671	1.3857	1.3402
不偏標準誤差(SE)	0.0243	0.0245	0.0406	0.0424	0.0540	0.0043
平均-SE	1.4591	1.4867	1.3790	1.3905	1.2381	1.3285
平均+SE	1.5076	1.5356	1.4602	1.4754	1.3462	1.3371
t値（上側確率：0.025）	2.093	2.101	2.262	2.262	4.303	4.303
95%信頼区間の上限値	1.5342	1.5625	1.5114	1.5289	1.5247	1.3513
平均	1.4833	1.5111	1.4196	1.4330	1.2921	1.3328
95%信頼区間の下限値	1.4325	1.4597	1.3278	1.3370	1.0596	1.3143

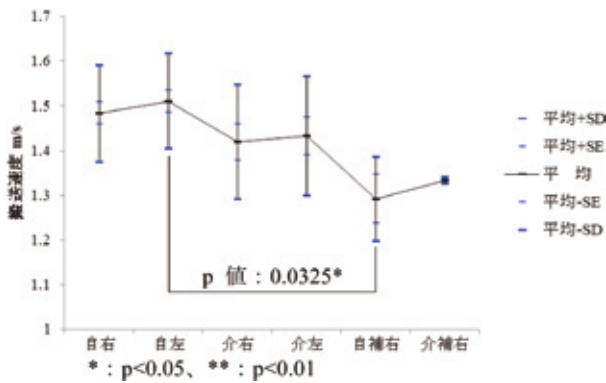


図-8 介助搬送実験種別ごとの基本統計量

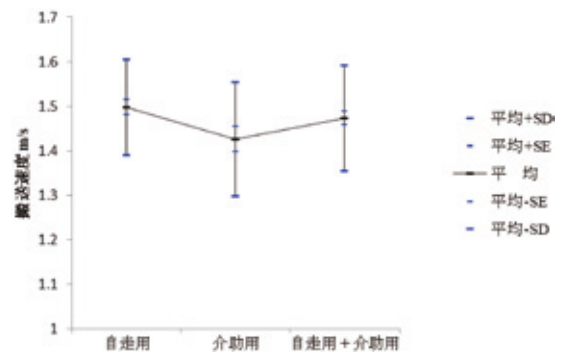


図-9 「自走用」及び「介助用」の基本統計量

表-8 「自走用」及び「介助用」の各種統計量

項目	搬送速度 (m/s)		
	自走用	介助用	自走用+介助用
n	39	20	59
n-1	38	19	58
不偏分散	0.0115	0.0164	0.0140
不偏標準偏差(SD)	0.1072	0.1280	0.1184
平均-SD	1.3897	1.2983	1.3545
平均+SD	1.6040	1.5543	1.5914
不偏標準誤差(SE)	0.0172	0.0286	0.0154
平均-SE	1.4797	1.3977	1.4575
平均+SE	1.5140	1.4549	1.4884
t値(上側確率:0.025)	2.024	2.093	2.002
95%信頼区間の上限値	1.5316	1.4862	1.5038
平均	1.4969	1.4263	1.4729
95%信頼区間の下限値	1.4621	1.3664	1.4421

「けん引式補助装置装着」の場合が、最も搬送速度が大きいものと予測していたが、予測とは異なる結果になった。

この要因については、けん引式補助装置を装着した試行後、20代の被験者も含め、「腕にダメージが来て、途中で何回か実験を中断しようと思った」という言葉に集約される。自走用、介助用を押す場合には、鉛直荷重は車輪から直接路面に伝達されるため、被験者は、車椅子を押す力だけで搬送することが可能である。これに対して、けん引式補助装置を装着した場合には、被験者は、車椅子を曳く力のほかに、けん引式補助装置先端部を常時持ち上げる力が必要になる。本研究で使用した車椅子の場合、けん引式補助装置を先端で上方に持ち上げる力(下方に作用する力)を測定したところ、自走用で6.5kg、介助用で5.1kgであった(乗車重量70kg、乗車者:標準姿勢)。このように、車椅子を曳く力のほか、2,000m以上、20分間以上にわたって、常時車椅子の先端を持ち上げるために5kg以上の力が必要になることが、被験者の腕に負荷を与え続ける。

災害時に路面障害が発生した場合は、前輪を接地させない、けん引式補助装置を装着する方が優位である可能性がある。しかし、搬送が長距離に及ぶときには、複数

の介助者で協力して、あるいは交代しながら搬送することが必要になることに留意する。

iii. 自走用及び介助用の搬送速度

i. で述べた通り、多重比較検定の結果、5%有意水準で有意な差があると判定されたのは、「自左」と「自補右」の間だけであった。この結果を受けて、自走用(自右+自左)、介助用(介右+介左)、自走用+介助用(自右+自左+介右+介左)の介助搬送速度の平均値及び95%信頼区間などの各種統計量を表-8に示すとおり分析し、自走用で、平均搬送速度1.50m/s(95%信頼区間:1.46~1.53m/s)、介助用で、同1.43m/s(同:1.37~1.49m/s)、自走用+介助用で、同1.47m/s(同:1.44~1.50m/s)という結果を得た(この結果を、図-9に図示する)。

4.2 搬送速度に関する被験者年代別の分析(参考)

i. 搬送速度に関する被験者年代別各種統計量と検定(参考)

参考に、自走用、介助用、「自走用+介助用」別に、年代群ごとの各種統計量を表-9及び表-10のとおり計算し、それをグラフ化したものを図-10~図-12に表示する。

表-9 「自走用」及び「介助用」の年代別各種統計量

項目	自走用 (m/s)				介助用 (m/s)			
	20代	30代	40代	60代	20代	30代	40代	60代
n	27	4	2	6	8	4	2	6
n-1	26	3	1	5	7	3	1	5
不偏分散	0.0105	0.0029	0.0017	0.0196	0.0112	0.0014	0.0132	0.0280
不偏標準偏差(SD)	0.1024	0.0542	0.0415	0.1402	0.1057	0.0380	0.1150	0.1674
平均-SD	1.4129	1.4485	1.4578	1.2693	1.3094	1.5065	1.2658	1.2101
平均+SD	1.6176	1.5569	1.5408	1.5497	1.5209	1.5824	1.4958	1.5449
不偏標準誤差(SE)	0.0197	0.0271	0.0293	0.0572	0.0374	0.0190	0.0813	0.0683
平均-SE	1.4955	1.4756	1.4700	1.3522	1.3778	1.5255	1.2995	1.3091
平均+SE	1.5350	1.5298	1.5286	1.4667	1.4525	1.5634	1.4621	1.4458
t値(上側確率: 0.025)	2.056	3.182	12.706	2.571	2.365	3.182	12.706	2.571
95%信頼区間の上限値	1.5557	1.5889	1.8718	1.5566	1.5035	1.6049	2.4141	1.5532
平均	1.5152	1.5027	1.4993	1.4095	1.4151	1.5444	1.3808	1.3775
95%信頼区間の下限値	1.4747	1.4165	1.1268	1.2624	1.3268	1.4840	0.3475	1.2018

表-10 「自走用+介助用」の年代別各種統計量

項目	自走用+介助用 (m/s)			
	20代	30代	40代	60代
n	35	8	4	12
n-1	34	7	3	11
不偏分散	0.0121	0.0024	0.0097	0.0220
不偏標準偏差(SD)	0.1102	0.0487	0.0983	0.1482
平均-SD	1.3822	1.4749	1.3417	1.2453
平均+SD	1.6025	1.5723	1.5384	1.5416
不偏標準誤差(SE)	0.0186	0.0172	0.0492	0.0428
平均-SE	1.4737	1.5064	1.3909	1.3507
平均+SE	1.5110	1.5408	1.4892	1.4362
t値(上側確率: 0.025)	2.032	2.365	3.182	2.201
95%信頼区間の上限値	1.5302	1.5643	1.5965	1.4876
平均	1.4924	1.5236	1.4400	1.3935
95%信頼区間の下限値	1.4545	1.4829	1.2836	1.2993

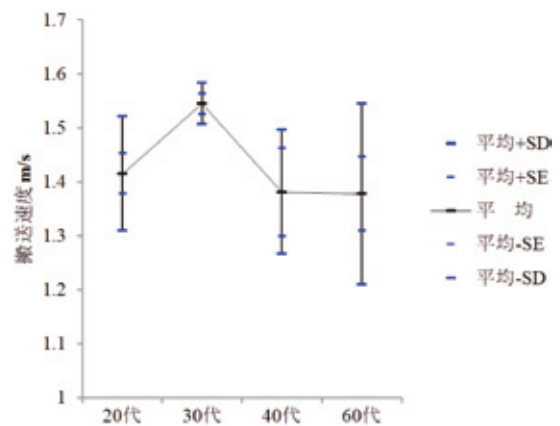


図-11 「介助用」の年代別基本統計量

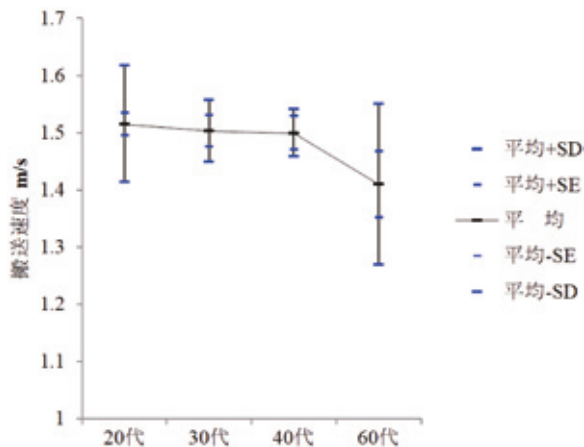


図-10 「自走用」の年代別基本統計量

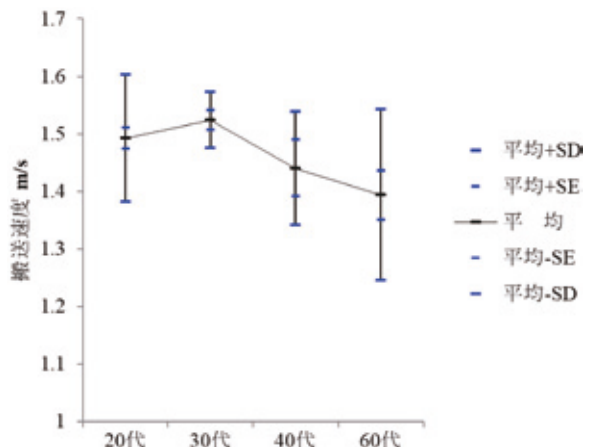


図-12 「自走用+介助用」の年代別基本統計量

搬送速度に関する被験者の年代群間に有意な差があるかどうかについて、Tukey-Kramerの手法により多重比較検定を行ったが、どの群間にも、5%有意水準で有意な差があるとは判定されなかった。

ii. 年代と搬送速度に関する年齢-歩行速度関係

前項では、各年代群間の搬送速度について、5%有意水準で有意な差があるとは判定されず、「今回の実験から得られた標本では、差があるかどうかを判定できな

った」という結果を示した。

以下、本節と次節では、年齢と歩行速度との関係及び歩行速度と搬送速度との関係を調べ、歩行速度の測定により搬送速度を推定できる可能性があるかどうかについて検討する。もし可能であれば、阿久津(1975)¹²⁾が提示した年齢と歩行速度等との関係(表-11)などにより、年齢と搬送速度の関係を推定できる可能性がある。

表-11を見ると、高齢になるほど阿久津(1975)と本

表-11 年齢と歩行速度等の関係 (20-69歳)

年齢	男性			女性		
	歩行速度 (m/s)	歩幅 (cm)	歩行率 (歩数/min)	歩行速度 (m/s)	歩幅 (cm)	歩行率 (歩数/min)
20-24	1.46	75.0	116.8	1.24	64.5	114.9
25-29	1.42	74.8	114.7	1.24	61.3	120.1
30-34	1.59	74.4	128.6	1.20	59.1	122.2
35-39	1.42	71.6	118.2	1.12	59.8	111.0
40-44	1.37	71.3	116.6	1.18	60.1	118.1
45-49	1.38	71.5	116.2	1.31	58.8	133.6
50-54	1.30	69.0	118.5	1.12	58.1	116.5
55-59	1.21	65.9	109.6	1.06	56.3	114.2
60-64	1.17	64.4	109.9	0.99	53.8	110.0
65-69	1.06	61.3	101.7	1.00	53.8	119.2

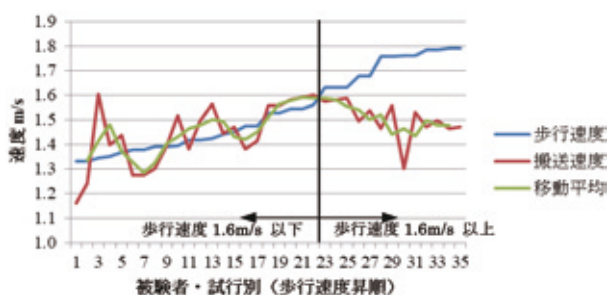


図-13 被験者の歩行速度と搬送速度

実験の被験者との歩行速度の差が大きくなっている（本実験に参加した被験者の方が、歩行速度が大きい）。これは、現在よりも当時の定年年齢が低かったことや（本実験に参加した60代の被験者は、全員が現役の勤労者である。）、本実験の被験者を健常者に限定していることなどが影響している可能性がある。

また、表-11のデータは、1975年と古いため、現代における年齢と歩行速度の関係に係る研究が期待される。

4.3 被験者（介助者）の通常歩行速度と搬送速度の関係

被験者（介助者）の通常歩行速度（搬送実験と同じコースを使用）と搬送速度（生データ+移動平均）との関係を図-13に示す。

これによれば、歩行速度1.6m/s以下のデータ群では、歩行速度と搬送速度（移動平均）とが、移動平均を取ると、ほぼ同程度の速度となっている。これに対して、歩行速度1.6m/s以上のデータ群では、搬送速度が歩行速度をすべて下回っている。

この結果は、被験者が、搬送速度が1.6m/s以上になると、自ら介助搬送の安全性が損なわれると判断したためと考えられる。このことは、能登ら（2009）¹⁰が、「速度が1.7m/sを超えると大きく乗り心地が低下した」と述べていることと符合している。

4.4 介助搬送速度への道路縦断勾配による影響の分析

上記4.1～4.2節の実験結果に係る分析は、4周2,184.4mの平均搬送速度で議論したが、本節では、介助搬送速度に対する縦断勾配の影響を分析する。

縦断勾配の影響は、プラスの勾配とマイナスの勾配とがあるが、マイナスの勾配による影響は、主として制動用ブレーキの使用などによる走行安全性を確保するための速度制御の問題になる。マイナスの勾配による影響については、本節iiiで触れる。

本研究で行った実験でも、-3%を超える縦断勾配においては、制動用ブレーキを適切に使用しないと走行安全性を確保することができない状況であった。

i. 「自走用」の搬送速度への縦断勾配の影響

本実験結果から得られた自走用の縦断勾配と搬送速度に関する対応関係を、表-12に示す。

① 最小二乗法を利用した近似曲線の精度

散布図の作成と最小二乗法を利用した近似曲線のあてはめを行うため、関数モデルの近似精度を検証する。

表-12のデータに基づき、直線のほか、直線とともに近似精度のよい指数関数により、最小二乗法を利用して近似曲線の近似精度を検証したものが、表-13である。

表-13に示すとおり、両関数とも、自由度修正済決定係数が0.48と、0.50以下となっており、精度が良いとは言えない。

そのため、表-12のデータを、図-14にグラフ化したものに、より取り扱いが容易な直線による近似曲線を記入して、外れ値があるかどうかを見る。

② 外れ値の検定

表-12のデータについて、Smirnov-Grubbs検定による外れ値の分析（有意水準：0.05）を行った結果、表-14に示すとおり、縦断勾配1.24%のデータ（表-12の網掛け部）のみ、外れ値として棄却（除外）された（検定p値：0.0043）。

③ 外れ値（異常値）を除いた近似曲線の精度

外れ値（表-12の網掛け部）を除外したデータによる

表-12 「自走用」に係る縦断勾配と平均搬送速度との関係 (m/s)

縦断勾配	平均搬送速度	SD	平均-SD	平均+SD	SE	平均-SE	平均+SE
0.25%	1.4692	0.1689	1.3004	1.6381	0.0189	1.4504	1.4881
0.26%	1.5640	0.1134	1.4506	1.6774	0.0130	1.5510	1.5770
0.35%	1.4617	0.2217	1.2401	1.6834	0.0254	1.4363	1.4871
0.52%	1.5711	0.1210	1.4501	1.6920	0.0139	1.5572	1.5849
0.57%	1.5725	0.1208	1.4517	1.6933	0.0139	1.5586	1.5864
1.12%	1.4830	0.1353	1.3477	1.6182	0.0151	1.4679	1.4981
1.24%	1.3014	0.0942	1.2072	1.3956	0.0105	1.2909	1.3120
2.12%	1.4748	0.1194	1.3554	1.5943	0.0134	1.4615	1.4882
3.64%	1.4054	0.1443	1.2611	1.5497	0.0161	1.3893	1.4216
3.73%	1.4391	0.2185	1.2206	1.6575	0.0251	1.4140	1.4641
3.90%	1.4545	0.1385	1.3160	1.5930	0.0155	1.4390	1.4700
5.51%	1.4006	0.1374	1.2632	1.5380	0.0158	1.3848	1.4164
5.56%	1.3384	0.1541	1.1842	1.4925	0.0177	1.3207	1.3560
6.54%	1.3686	0.1798	1.1888	1.5484	0.0201	1.3485	1.3887
8.37%	1.3345	0.1666	1.1679	1.5010	0.0191	1.3154	1.3536
8.41%	1.3387	0.1604	1.1783	1.4991	0.0179	1.3207	1.3566

表-13 関数モデルの近似精度

関数モデル	直線	指数関数
決定係数	0.5167	0.5134
修正済決定係数	0.4822	0.4787
重相関係数	0.7188	0.7166
修正済重相関係数	0.6944	0.6919

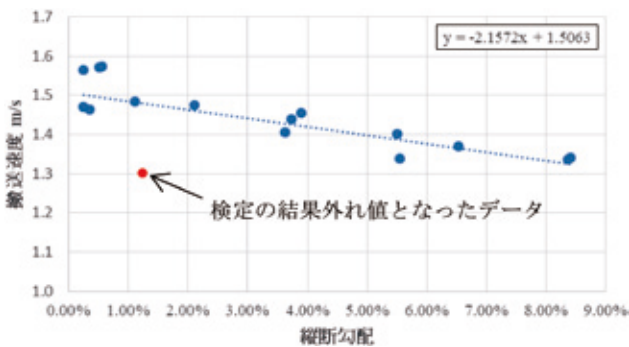


図-14 「自走用」データの散布図と近似曲線(直線)

関数モデルの自由度修正済決定係数を表-15に示す。同表のとおり、外れ値を除いたデータによる関数モデルの近似精度は、0.75を上回り、精度がかなり向上している。

外れ値を除いた「自走用」データによる散布図と直線による近似曲線を図-15に示す。

④ 外れ値(異常値)が発生した要因

外れ値が発生した箇所は、図-2に示す「⑨-⑩地点間」であり、当該箇所は、図-16(写真)に示すように、交差点で2方向からの横断歩道があること、世田谷区本庁舎等整備工事が行われており、その影響を受けること、路面が仮復旧状態で凹凸があることから、当該地点では、被験者は走行安全性を確保するために「徐行」せざるを得なかったことが、その要因である。

表-14 Smirnov-Grubbs検定による外れ値の分析 (m/s)

説明変数	目的変数	予測値	目的変数-予測値	除外済みデータ	外れ値
縦断勾配	平均搬送速度	近似曲線	(元データ)		
0.25%	1.4692	1.5009	0.0317	0.0317	
0.26%	1.5640	1.5007	-0.0633	-0.0633	
0.35%	1.4617	1.4988	0.0371	0.0371	
0.52%	1.5711	1.4951	-0.0759	-0.0759	
0.57%	1.5725	1.4940	-0.0785	-0.0785	
1.12%	1.4830	1.4822	-0.0008	-0.0008	
1.24%	1.3014	1.4796	0.1781		0.1781
2.12%	1.4748	1.4606	-0.0142	-0.0142	
3.64%	1.4054	1.4278	0.0224	0.0224	
3.73%	1.4391	1.4259	-0.0132	-0.0132	
3.90%	1.4545	1.4222	-0.0323	-0.0323	
5.51%	1.4006	1.3875	-0.0132	-0.0132	
5.56%	1.3384	1.3864	0.0480	0.0480	
6.54%	1.3686	1.3652	-0.0034	-0.0034	
8.37%	1.3345	1.3258	-0.0087	-0.0087	
8.41%	1.3387	1.3249	-0.0138	-0.0138	

表-15 外れ値を除いたデータによる近似精度

関数モデル	直線	指数
決定係数	0.7906	0.8027
修正済決定係数	0.7745	0.7875
重相関係数	0.8891	0.8959
修正済重相関係数	0.8800	0.8874

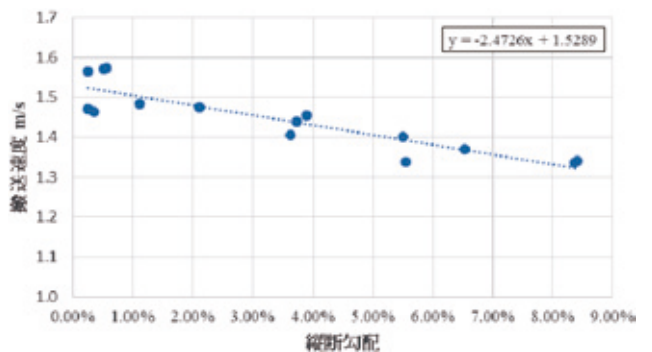


図-15 「自走用」外れ値を除いたデータによる散布図と近似曲線

ii. 「介助用」の搬送速度への縦断勾配の影響

自走用と同様の検討結果に基づき、外れ値を含むデータを表-16に、外れ値を除外したデータをグラフ化した散布図と直線による近似曲線を図-17に示す。

iii. 「自走用+介助用」の搬送速度への縦断勾配の影響

自走用と同様の検討結果に基づき、外れ値を含むデータを表-17に（マイナス勾配に係るデータを含む）、外れ値を除外したデータをグラフ化した散布図と直線による近似曲線を、図-18に（プラス勾配のデータのみ）示す。なお、表-17のマイナス勾配において、制動用ブレーキを使用する必要があった-3.64~-8.41%の道路縦断勾配における平均搬送速度は、1.48~1.65m/sの間に分布しているが、この速度は、特に制動用ブレーキを使用する必要のなかった、-0.25~-2.12%の道路縦断勾配における平均搬送速度（外れ値を除外）の分布、1.46~1.58m/sと同程度の値となっている。

5. ま と め

5.1 手動車椅子による長距離介助搬送の可能性

本研究では、20歳から68歳までの（健常）被験者全員が、広域避難地までの距離（歩行距離：2km以内）以上となる、2,184.4mのコースを完走することができた。

この結果から、手動車椅子の長距離介助搬送により、介助者が避難行動要支援者を支援できる可能性を示すことができた。

5.2 歩車道境界の段差の妥当性の確認

歩車道境界部に高さ 2cm を標準とした段差を設けるとしている道路の移動等円滑化に関するガイドラインの考え方は、車椅子使用者が自走する場合ばかりではなく、介助者が避難行動要支援者を車椅子で押して介助搬送する場合においても、同様に妥当なものであることを確認することができた。



図-16 (写真) ⑨-⑩地点間における実験時の状況

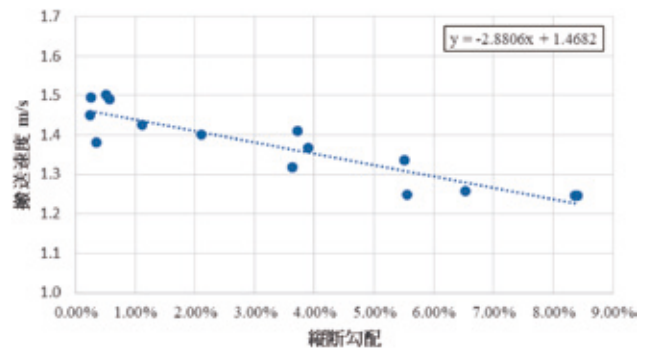


図-17 「介助用」外れ値を除いたデータによる散布図と近似曲線

表-16 「介助用」に係る縦断勾配と平均搬送速度との関係 (m/s)

縦断勾配	平均搬送速度	SD	平均-SD	平均+SD	SE	平均-SE	平均+SE
0.25%	1.4491	0.1967	1.2524	1.6458	0.0311	1.4180	1.4802
0.26%	1.4950	0.1436	1.3514	1.6386	0.0227	1.4723	1.5177
0.35%	1.3797	0.1192	1.2604	1.4989	0.0189	1.3608	1.3985
0.52%	1.5003	0.1409	1.3594	1.6412	0.0223	1.4780	1.5226
0.57%	1.4892	0.1500	1.3392	1.6391	0.0237	1.4655	1.5129
1.12%	1.4252	0.1631	1.2621	1.5884	0.0258	1.3994	1.4510
1.24%	1.2223	0.0906	1.1317	1.3130	0.0143	1.2080	1.2367
2.12%	1.4007	0.1384	1.2623	1.5390	0.0219	1.3788	1.4225
3.64%	1.3169	0.1459	1.1709	1.4628	0.0231	1.2938	1.3400
3.73%	1.4094	0.1665	1.2429	1.5759	0.0263	1.3831	1.4357
3.90%	1.3654	0.1571	1.2083	1.5225	0.0248	1.3405	1.3902
5.51%	1.3346	0.1755	1.1591	1.5101	0.0277	1.3069	1.3623
5.56%	1.2470	0.1648	1.0822	1.4118	0.0261	1.2209	1.2730
6.54%	1.2576	0.1857	1.0719	1.4433	0.0294	1.2282	1.2870
8.37%	1.2444	0.1978	1.0466	1.4423	0.0313	1.2131	1.2757
8.41%	1.2443	0.1763	1.0681	1.4206	0.0279	1.2165	1.2722

表-17 「自走用+介助用」に係る縦断勾配と平均搬送速度との関係 (m/s)

縦断勾配	平均搬送速度	SD	平均-SD	平均+SD	SE	平均-SE	平均+SE
-8.41%	1.5772	0.1726	1.4046	1.7498	0.0160	1.5612	1.5932
-8.37%	1.5143	0.1647	1.3496	1.6791	0.0150	1.4993	1.5294
-6.54%	1.6085	0.1877	1.4208	1.7962	0.0174	1.5911	1.6259
-5.56%	1.5059	0.1731	1.3328	1.6790	0.0158	1.4901	1.5217
-5.51%	1.5512	0.1595	1.3917	1.7107	0.0146	1.5367	1.5658
-3.90%	1.6459	0.1454	1.5005	1.7913	0.0135	1.6324	1.6594
-3.73%	1.4844	0.1728	1.3116	1.6572	0.0158	1.4687	1.5002
-3.64%	1.5038	0.1898	1.3140	1.6936	0.0176	1.4862	1.5214
-2.12%	1.5204	0.1374	1.3830	1.6578	0.0128	1.5076	1.5331
-1.24%	1.2874	0.1223	1.1651	1.4096	0.0114	1.2760	1.2987
-1.12%	1.5813	0.1430	1.4384	1.7243	0.0133	1.5681	1.5946
-0.57%	1.5184	0.1349	1.3835	1.6532	0.0123	1.5061	1.5307
-0.52%	1.5539	0.1369	1.4170	1.6908	0.0125	1.5414	1.5664
-0.35%	1.4784	0.1349	1.3434	1.6133	0.0123	1.4660	1.4907
-0.26%	1.5405	0.1332	1.4073	1.6738	0.0122	1.5284	1.5527
-0.25%	1.4623	0.1341	1.3282	1.5963	0.0124	1.4498	1.4747
0.25%	1.4625	0.1780	1.2845	1.6406	0.0163	1.4463	1.4788
0.26%	1.5402	0.1283	1.4119	1.6686	0.0119	1.5283	1.5521
0.35%	1.4334	0.1960	1.2375	1.6294	0.0182	1.4152	1.4516
0.52%	1.5467	0.1320	1.4147	1.6786	0.0123	1.5344	1.5589
0.57%	1.5438	0.1368	1.4069	1.6806	0.0127	1.5311	1.5565
1.12%	1.4637	0.1470	1.3167	1.6108	0.0134	1.4503	1.4771
1.24%	1.2751	0.0999	1.1752	1.3750	0.0091	1.2659	1.2842
2.12%	1.4501	0.1303	1.3198	1.5804	0.0119	1.4382	1.4620
3.64%	1.3759	0.1502	1.2257	1.5261	0.0137	1.3622	1.3896
3.73%	1.4288	0.2018	1.2270	1.6306	0.0187	1.4101	1.4476
3.90%	1.4248	0.1503	1.2745	1.5751	0.0137	1.4111	1.4385
5.51%	1.3778	0.1541	1.2237	1.5320	0.0143	1.3635	1.3922
5.56%	1.3068	0.1631	1.1437	1.4700	0.0151	1.2917	1.3220
6.54%	1.3316	0.1885	1.1431	1.5201	0.0172	1.3144	1.3488
8.37%	1.3034	0.1823	1.1212	1.4857	0.0169	1.2865	1.3203
8.41%	1.3072	0.1710	1.1362	1.4783	0.0156	1.2916	1.3228

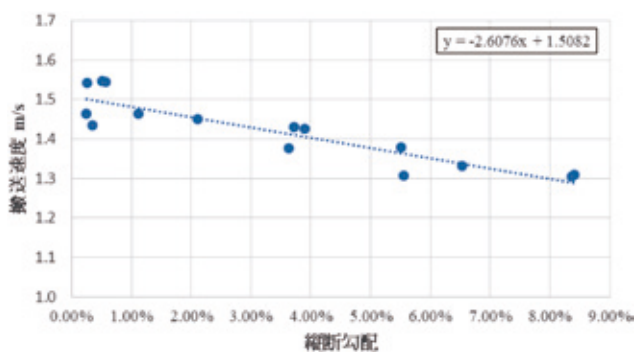


図-18 「自走用+介助用」外れ値を除いたデータによる散布図と近似曲線

5.3 手動車椅子を使用した介助搬送速度

i. 手動車椅子による介助搬送速度の平均値等

本研究における実験では、手動車椅子（自走用標準形）で、平均搬送速度1.50m/s（95%信頼区間：1.46～1.53m/s）、手動車椅子（介助用標準形）で、同1.43m/s（同：1.37～1.49m/s）、「両者を合わせたデータ」で、同1.47m/s（同：1.44～1.50m/s）という結果を得た。

上記の搬送速度で避難を介助した場合、一次避難地（歩行距離：500m以内）及び広域避難地（歩行距離：

2km以内）までの避難所要時間を、「両者を合わせたデータ」を使用して計算すると、それぞれ、約6分（5.6～5.8分）及び約23分（22.2～23.1分）となる。

ii. 介助者の通常歩行速度と搬送速度の関係

介助者の通常歩行速度と搬送速度の関係を調べるために、介助者の通常歩行速度を測定し、搬送速度と比較したところ、通常歩行速度1.6m/s以下のデータ群では、通常歩行速度と搬送速度とが、ほぼ同程度の速度となった。これに対して、通常歩行速度1.6m/s以上のデータ群では、搬送速度が1.6m/sで頭打ちになった。

これにより、一般市街地においては、被搬送者や、同じ歩道等を通行する他の歩行者等の安全面を考慮すると、1.6m/s程度が搬送速度の現実的な限界になるものと考えられる。

iii. 介助搬送速度に対する道路縦断勾配の影響

本実験結果による手動車椅子による介助搬送速度に対する道路縦断勾配の影響について分析したところ、自走用標準形、介助用標準形、両者を合わせたデータのいずれにも道路縦断勾配と搬送速度との間に線形関係を見出すことができた。

参考文献

- 1) 内閣府：「令和元年台風第19号等を踏まえた高齢者等の避難のあり方について（最終取りまとめ）」（令和2年12月24日公表），参考資料①，p.10.
<https://www.bousai.go.jp/fusuigai/koreisubtyphoonworking/index.html>（最終閲覧 2022/09/01）
- 2) 内閣府：平成25年版 高齢社会白書（全体版），第1章，第2節，6 高齢者の生活環境，（7）東日本大震災における高齢者の被害状況，図1-2-6-21，p.47.
https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/zenbun/sl_2_6_07.html（最終閲覧 2022/09/01）
- 3) 内閣府：「令和元年台風第19号等を踏まえた高齢者等の避難のあり方について（最終取りまとめ）」（令和2年12月），令和元年台風第19号等を踏まえた高齢者等の避難に関するサブワーキンググループ，p.6.
https://www.bousai.go.jp/fusuigai/koreisubtyphoonworking/pdf/dai19gou/hinan_honbun.pdf（最終閲覧 2022/09/01）
- 4) 内閣府：災害時要援護者の避難支援に関する検討会 第2回（平成24年11月9日），資料6-1 藤井委員資料，p.1.
https://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/youengosya/h24_kentoukai/2/index.html（最終閲覧 2022/09/01）
- 5) 総務省消防庁国民保護・防災部防災課：津波避難対策推進マニュアル検討会 報告書（平成25年3月），第2章 市町村における津波避難計画策定指針，2.3 避難対象地域の指定等，2.3.2 避難困難地域の検討，p.24.
https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/kento106_01_p00.pdf（最終閲覧 2022/09/01）
- 6) 能登裕子，村木里志：スロープ勾配と車いす昇降介助操作方法が乗車者の姿勢と生理応答に及ぼす影響，バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌，Vol.13，No.2，pp.89-95，2011.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jbfsa/13/2/13_KJ00007628556/_pdf/-char/ja（最終閲覧 2022/09/01）
- 7) 大津暢人，北後明彦，ピニエイロ アベウ タイチ コンノ，李知香：災害時要援護者の市街地津波避難の搬送速度に関する実験，日本建築学会計画系論文集 第81巻 第724号，pp.1239-1249，2016.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/81/724/81_1239/_pdf/-char/ja（最終閲覧 2022/09/01）
- 8) 都市防災実務ハンドブック編集委員会（国土交通省都市・地域整備局都市防災対策室推薦）：改訂 都市防災実務ハンドブック 震災に強い都市づくり・地区まちづくりの手引，p.86，2005.2.20.
- 9) 吉原裕美子：介助者が車いすを押して昇る場合のスロープ勾配に関する検討，茨城県医療大学紀要2（2），pp.53-59，1997.
- 10) 能登裕子，齋藤誠二，村木里志：介助による車いす推進速度が乗り心地および介助負担に及ぼす影響，日本看護技術学会誌，Vol.8，No.2，pp.37-45，2009.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsnas/8/2/8_37/_pdf/-char/ja（最終閲覧 2022/09/01）
- 11) 国土交通省道路局：道路の移動等円滑化に関するガイドライン（令和4年6月），第2部 道路の構造及び旅客特定車両停留施設を使用した役務の提供，1章 歩道等及び自転車歩行者専用道路等，⑥ 横断歩道に接続する歩道等の部分，P.1-18.
<https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/bf/kijun/pdf/all.pdf>（最終閲覧 2022/09/01）
- 12) 阿久津邦男：歩行の科学，pp.56-57，1975.