

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 30 日現在

機関番号：82665

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K13895

研究課題名（和文）津波避難タワーを含む避難経路における災害時要援護者の搬送速度に関する研究

研究課題名（英文）Transportation speed and time of vulnerable people during disasters in evacuation routes including tsunami evacuation towers

研究代表者

大津 暢人（Ohtsu, Nobuhito）

総務省消防庁消防大学校（消防研究センター）・その他部局等・主任研究官

研究者番号：70802338

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）： 既往研究では未知であった、津波避難タワーにおける要支援者の搬送速度に関する実験を高知県中土佐町で実施し、津波避難タワーの直線傾斜、螺旋傾斜、階段の搬送経路で、搬送方法別の速度及び身体負荷を明らかにした。また実験以外にも津波避難訓練での、実際の要援護者の搬送時間の測定を行い、速度データの収集を行った。また避難開始時間簡易影響を与える環境要因、人的要因、情報要因の検討を行った。これらで得られたデータを論文や学会にて発表すると共に、自主防災組織や住民が開催する訓練の評価会等において各住民が要した避難時間を報告し、避難計画の基礎資料となるよう提供し地域還元を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

健全者の避難速度は既知であるが、車椅子等の搬送機材を用いた要支援者の避難速度は未知であった。本研究により、要支援者が危険波及時間内に避難完了の可否を明らかにし、避難計画の策定や改訂の基礎資料として提供することにより、災害時の人的被害の低減に貢献し得ることが研究成果の意義である。工学的検討に加え、住民と行政からの聞き取り調査によりコミュニティの特性を把握する社会科学的検討、地理や地域資源要因からの搬送手段が災害当日に最も使用しやすいかの環境政策的検討を行い、より実用的な予測とした。対象6自治体内、1自治体が地区防災計画として、他1自治体が個別避難計画として、研究成果を社会実装した。

研究成果の概要（英文）： We conducted an experiment to measure on the transport speed of vulnerable people in the tsunami evacuation tower in Nakatosa Town, Kochi Prefecture, and compared with the speed and physical burden of each transport method for the straight slope, spiral slope, and stairs as transport route. In addition to the experiment, we measured the transportation time of vulnerable people during the tsunami evacuation drill and collected speed data. We presented the result of experiment and measurements in papers and academic conferences. Additionally, we reported those obtained data in evaluation meetings that held by community disaster prevention organizations and residents, for evacuation plans and returned to the community.

研究分野： 建築計画学・津波避難・防災計画・安全管理・危機管理論

キーワード： 津波避難計画 津波避難タワー 津波避難速度 避難困難区域 避難行動時間 要支援者 要配慮者 車椅子

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書(2013, 消防庁国民保護・防災部防災課)」はじめ先行研究には、健常者および要援護者の歩行速度の記載はあるが、車椅子等搬送機材を用いた要援護者の搬送避難速度に関する記載は見当たらなかった。申請者らが実施してきた研究活動スタート支援「津波避難タワーを含む市街地における津波避難時の災害時要援護者の支援に関する研究(17H06860)」において、搬送手段および経路の縦断勾配ごとの搬送速度が明らかになりつつあったことから、さらに本研究では並行する階段と傾斜路の搬送効率を比較することで、要援護者の避難計画の立案手法の確立を目指した。

2. 研究の目的

本研究は、以下を目的とした。

- (1) 津波避難時、コミュニティの特性という避難開始時間における環境要因、人的要因、情報要因など社会的要因をも考慮した、要援護者の避難行動時間および速度の把握。
- (2) 要援護者を避難支援するための搬送機種ごとや搬送経路の勾配ごとに異なる搬送速度の予測を用いた、避難困難区域の算出方法の検討。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、高知県高岡郡中土佐町久礼の第1号津波避難タワーにおいて、要支援者のタワー内部での垂直避難および避難誘導を、搬送実験により検証する。実験で得られた結果と既往研究により、要支援者の搬送時間計算式を導出し、様々な場合における搬送時間を試算した。それにより、津波避難タワーにおける最適な搬送方法および搬送経路を検討する¹⁾。

(2) これまでの研究²⁾で得られた速度データをもとに市街地におけるシルバーカー、介助車、車椅子を用いた要援護者の搬送速度と勾配の影響を考慮した式を作成する。将来の津波が想定される地域の避難経路においても試算をおこない、各避難経路上の勾配による影響を考慮した搬送機材との搬送支援時の避難行動時間を推定する。避難経路に階段がある場合は階段上昇速度³⁾を加算する。

(3) 津波避難訓練における、住民による要援護者の搬送避難速度を測定し、搬送避難時間および速度データを収集する。自主防災組織等が主催する訓練の評価会等で、結果を報告し、当該コミュニティにおける避難計画への活用および改善とする基礎的資料としてのデータを提供する。研究成果の地域還元を目的とし、コミュニティでの訓練データと避難計画の相互反映を行う⁴⁾。

(4) 和歌山県海南市下津地区の実際の津波避難場所に選定されている公園への車椅子による避難実験を行い、避難時間および避難速度のデータを収集する⁵⁾。

(5) 複数のコミュニティにおける実際の災害事例と訓練事例をもとに、避難行動の聞き取り調査の記録および訓練の測定の映像記録を分析し、支援者が災害時要支援者を避難支援する際にとる経路の平面移動の避難支援手法を類型化する⁶⁾。

(6) 岡山県総社市下原地区において、水害ではあるが実災害である平成30年7月豪雨時の要支援者の避難行動について聞き取り調査を行う。聞き取り調査より、災害当日の避難行動および避難開始時間に影響を与えた環境要因、人的要因および情報要因について明らかにする⁷⁾。

4. 研究成果

目的で示した2点について、以下(1)から(6)の通り明らかになった。

(1) 高知県高岡郡中土佐町久礼の第1号津波避難タワー(図1)において、要支援者のタワー内部での垂直避難の搬送実験を行い、直線傾斜、螺旋傾斜、階段の搬送経路別・搬送方法別の搬送速度に関する基礎的データを得ることができた。そして、得られた基礎的データと既往研究により、搬送時間計算式を導出した。対象とした津波避難タワーにおいて、要支援者の搬送経路としては螺旋傾斜が最適であり、螺旋傾斜での車椅子搬送が最適な搬送方法であることを確認した。災害時には、要支援者とその支援者は螺旋傾斜で車椅子により避難し、健常者は階段で避難するということを避難者に的確に誘導することで円滑な避難が可能となる。

さらに、階段のみの津波避難タワーでは、要支援者が存在する場合、円滑な避難が困難である可能性が高く、階段と螺旋傾斜の2つの経路がある津波避難タワーが最適であると確認できた。階段での搬送は、安全性と迅速性を考慮すると、簡易担架での搬送が望ましく、階段のみの津波避難タワーにおいては、簡易担架等の搬送器具を常備しておく必要がある。

(2) これまでの要支援者の搬送実験によって得られた搬送速度データをもとに、シルバーカー、



図1 第1号津波避難タワー

(写真出典：若竹まちづくり研究所)

介助車、車椅子による介助走行時の勾配による影響を考慮した避難行動式を表した(図2)。避難行動時間式は、実験環境下における搬送機材の速度(表1)と搬送避難速度と勾配との関係(図3)をもとに作成した。

避難行動時間
= 区間1の避難行動時間 + 区間2の避難行動時間 + … + 区間nの避難行動時間 + 階段上昇搬送時間

シルバーカー

$$T_s = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{D_i}{(-0.0317i + 1.162)} \right\} + \frac{H}{0.18}$$

介助車

$$T_t = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{D_i}{(-0.0563i + 1.561)} \right\} + \frac{H}{0.18}$$

車いす

$$T_w = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{D_i}{(-0.0733i + 1.840)} \right\} + \frac{H}{0.18}$$

T 推定搬送時間
 s シルバーカー
 t 介助車
 w 車いす
 D 区間距離
 i 区間の勾配
 H 階段の高さ

図2 避難行動時間式

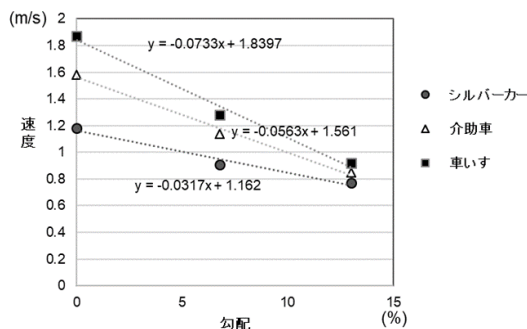


図3 搬送避難速度と勾配²⁾

表1 実験環境下における搬送機材の速度

機種	搬送速度 (m/s)			階段上昇速度 (m/s)
	平面(勾配0%)	緩斜面(勾配6.77%)	急斜面(勾配12.99%)	
シルバーカー	1.18	0.91	0.77	0.18
介助車	1.58	1.14	0.85	
車いす	1.87	1.28	0.92	

(3) 神戸市長田区真陽地区が地区防災計画を作成するにあたって、地区防災計画準備会議において、これまでに行った実験環境下における要支援者の津波避難速度データを自主防災組織に提供した。また当該地区で行われる避難訓練の住民による要支援者の搬送避難時間および速度を測定しその結果を提供することで、訓練後の評価会において、避難支援計画の検証を行った。津波災害時の人的被害を低減するための避難計画には、避難訓練の評価および計画の検証することで、定量的データを用いた訓練と計画の相互反映が重要であると言える。

表2 搬送速度および搬送時間⁵⁾

(4) 和歌山県海南市下津地区の実際に避難指定場所に設定されている公園への要支援者避難支援実験を行った。測定した避難経路は、搬送距離 280.6m、平均勾配 4.96%、標高は実験開始点 0.1m、終了地点 13.9mである。結果、最長の搬送時間は3分54秒、最短3分10秒、平均3分25秒であった(表2)。また想定される津波浸水域である標高 8m地点を通過する最長は2分35秒、最短1分56秒、平均2分15秒であった。実験経路を3区間に分け、それぞれの区間の搬送速度と勾配の関係を見ると、勾配が大きくなるにつれ搬送速度は低下した。平面に近い勾配 0.09%の区間では、被験者の速度のばらつきが大きい、勾配 11.14%の区間ではばらつきが小さかった。どの被験者も勾配がきつくなると搬送速度が低下する結果となった。

Subject	Age	Gender	Transit speed (m/s)				Transit time (hh:mm:ss)
			Section				
			1	2	3	Total	
1	20s	Male	1.43	1.62	1.14	1.40	0:03:21
2	30s	Male	1.96	1.52	1.01	1.46	0:03:12
3	50s	Female	1.45	1.28	0.88	1.20	0:03:54
4	20s	Female	1.80	1.67	0.93	1.43	0:03:16
5	20s	Male	1.53	1.67	1.19	1.47	0:03:11
6	20s	Male	1.45	1.47	1.01	1.31	0:03:34
7	20s	Female	1.53	1.52	0.90	1.30	0:03:36
8	20s	Male	1.72	1.54	1.10	1.45	0:03:13
9	50s	Female	1.57	1.39	0.94	1.29	0:03:37
10	50s	Male	1.57	1.54	1.08	1.40	0:03:20
11	20s	Female	1.62	1.52	0.88	1.31	0:03:34
12	50s	Female	1.55	1.67	1.19	1.48	0:03:10
13	40s	Female	1.64	1.57	0.99	1.39	0:03:22
Max	-	-	1.96	1.67	1.19	1.48	0:03:54
Min	-	-	1.43	1.28	0.88	1.20	0:03:10
Average	-	-	1.60	1.54	1.02	1.38	0:03:25
Standard deviation	-	-	0.15	0.11	0.11	0.08	

(5) これまでに行ってきた、住民による要支援者の搬送避難訓練の測定結果および記録と実際の災害事例をもとに、支援者が要支援者を避難支援する際にとる経路の平面移動の避難支援手法を類型化した。結果、対象事例をA単独避難型、B経由避難型、C集合避難型の3類型に分類した。A単独避難型は、要支援者が同居する家族等の支援を得て避難場所まで移動する避難行動であり、いずれも支援者と要支援者が同一場所から搬送機材を用いて避難している。B経由避難型は、要支援者と同居しない一人または複数の支援者が要支援者を迎えに行ってから避難場所まで移動する避難行動であり、支援者が搬送機材を持って要支援者宅に駆けつけたり、機材の保管場所に行き行ってから駆けつけたり、支援者がまず要支援者宅駆けつけそこにある搬送機材を用いて避難したりするものである。C集合避難型は、支援者と要支援者の住居や職場がある区画ごとに、道路や公園、集会所、資機材庫に一旦集合する避難行動であり、いずれの事例も支援者と要支援者を含めた付近住民達が一旦集合場所に集合してから、避難場所に避難している。コミュニティにおける避難計画を作成する際に津波避難経路を設定する場合は、この結果を踏まえて適切な類型による避難手法を選択することによって、津波災害での人的被害の軽減を図ることが可能となる。

(6) 避難開始時間の短縮に影響を与えた要因は、親類や自主防災組織による避難の呼びかけ(環境要因および情報要因)、過去の災害経験や親類によるその伝承(人的要因)であることが明らかになった。

本研究の成果が人的被害の低減に貢献するよう、研究対象とした4県(兵庫県、和歌山県、岡山県、高知県)にある6つの基礎自治体(神戸市、南あわじ市、海南市、串本町、総社市、中土佐町)のうち5つの基礎自治体(神戸市、南あわじ市、海南市、総社市、中土佐町)の行政機関をはじめ、住民で構成する自主防災組織への説明会を実施済みである。具体的には、そのうち1県

(和歌山県)の基礎自治体では、避難行動時間に関する分析を基に、従前と異なる最適な避難経路を使用した訓練を行うようケアプラン修正に反映させた。また、仮に支援がない場合であっても比較的体力能力の高い要支援者は自力で避難ができるように現在作成中の地区防災計画に本研究の成果が活用される予定である。さらに、他1県(岡山県)の基礎自治体では人的、環境的、情報的要因と避難開始時間の関係についての研究成果が、個別避難計画作成ガイドライン「平成30年7月豪雨災害 災害時に手助けが必要な方々の避難の記録から得たこれからの備えに必要なこと—個別避難計画の作成に向けて—」に取り入れられるなど、社会実装も行った。

ところで、本研究で対象とした地震津波災害や水害に伴う複合災害が発生した場合は、消防力が劣勢になることがある。消防機関は、避難誘導を自律的に行えるよう自主防災組織を平常時から支援することによって、当該地区の人的被害を低減できるとともに、災害時には常備消防にしか対応できないより困難な消火救助事案等に消防力を集中できるようになる。自主防災組織の支援は国レベルでは筆者が所属する総務省消防庁の管轄であるが、上記の文脈においても総務省消防庁として本研究を行う意義があると考えられる。

本研究の結果を活用して、科研費若手研究(22K14409)において、避難開始時間を含めた避難予測式と避難困難区域図の作図方法の確立に向けて研究を深化させ、かつ、成果の一般化を図り、全国の自治体や住民組織に展開する予定である。

<引用文献>

- ① 田中宏幸、北後明彦、ピニエイロ アベウ タイチ コンノ、大津暢人、李知香、津波避難タワーにおける避難行動要支援者の垂直避難支援及び避難誘導に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第84巻、第756号、2019、415-424
- ② 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研究—車椅子、介助車、シルバーカーを用いた3種類の勾配における屋外介助走行—、日本建築学会計画系論文集、第81巻、第724号、2016、1239-1249
- ③ 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、第80巻、第709号、2015、453-463
- ④ Feedback Process of a Tsunami Evacuation Plan Using Quantitative Data of Drills for Supporting Vulnerable people in a Community, Journal of Integrated Disaster Risk Management, 9, 2, 2019, 1-20
- ⑤ Evacuating Vulnerable People During a Tsunami Disaster in Japan: A Simulation Using Wheelchair, Journal of Integrated Disaster Risk Management, 11, 2, 2022, 12 pages
- ⑥ 大津暢人、北後明彦、津波避難経路設定の選択肢としての地区防災計画における災害時要援護者支援手法の類型、地区防災計画学会誌、第21号、2021、88-95
- ⑦ Nobuhito Ohtsu, Akihiko Hokugo, Ana Maria Cruz, Yukari Sato, Yuko Araki, Hyejeong Park, Evacuation of vulnerable people during a Natech: a case study of a flood and factory explosion in Japan, International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, 2021, 15 pages

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 OHTSU Nobuhito, HOKUGO Akihiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Evacuating Vulnerable People During a Tsunami Disaster in Japan: A Simulation Using Wheelchairs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IDRiM Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5595/001c.34095	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ohtsu Nobuhito, Hokugo Akihiko, Cruz Ana Maria, Sato Yukari, Araki Yuko, Park Hyejeong	4. 巻 -
2. 論文標題 Evacuation of vulnerable people during a Natech: a case study of a flood and factory explosion in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1108/IJDRBE-04-2021-0043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 大津暢人、北後明彦	4. 巻 21
2. 論文標題 津波避難経路設定の選択肢としての地区防災計画における災害時要援護者支援手法の種類	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地区防災計画学会誌	6. 最初と最後の頁 88-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 大津暢人、北後明彦	4. 巻 18
2. 論文標題 実験で得られた定量的データを用いた 災害時要援護者の津波避難速度の試算 地区防災計画に避難支援時の避難困難区域を図示する方法の一案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地区防災計画学会誌	6. 最初と最後の頁 18-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nobuhito Ohtsu and Akihiko Hokugo	4. 巻 (2019)9(2)
2. 論文標題 Feedback Process of a Tsunami Evacuation Plan Using Quantitative Data of Drills for Supporting Vulnerable People in a Community	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IDRiM Journal	6. 最初と最後の頁 1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5595/idrim.2019.0352	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nobuhito Ohtsu and Akihiko Hokugo	4. 巻 Vol.2, Issue4
2. 論文標題 Velocity and transportation ability of vulnerable people during a community tsunami evacuation drill: Outdoor evacuation using a rollator, transport chair, wheelchair, and cart in Shinyo Bokomi, Kobe, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Architectural Review	6. 最初と最後の頁 576-587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2475-8876.12118	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nobuhito Ohtsu, Akihiko Hokugo, Abel T´iti Konno Pinheiro and Jihyang Lee	4. 巻 Vol.3, Issue2
2. 論文標題 Feasibility of evacuating vulnerable people during a tsunami: Comparing assistant velocities with a wheelchair, transport chair, and rollator on three different inclines outdoors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japan Architectural Review	6. 最初と最後の頁 218-230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2475-8876.12140	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 田中宏幸、北後明彦、ピニエイロ アベウ タイチ コンノ、大津暢人、李知香	4. 巻 84
2. 論文標題 津波避難タワーにおける避難行動要支援者の垂直支援及び避難誘導に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会計画系論文集	6. 最初と最後の頁 415-424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aija.84.415	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 大津暢人、北後明彦
2. 発表標題 地区防災計画に災害時要援護者の避難困難区域を図示する方法
3. 学会等名 地区防災計画学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nobuhito Ohtsu, Akihiko HOKUGO, and Abel Taiti Konno PINHEIRO
2. 発表標題 Types of formation for supporting vulnerable people during tsunami evacuation
3. 学会等名 The 10th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大津暢人、北後明彦
2. 発表標題 津波浸水想定区域における 災害時要援護者の搬送避難実験
3. 学会等名 日本火災学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuhito Ohtsu and Hokugo Akihiko
2. 発表標題 Mutual Reflection of Training and Planning Using Data: Tsunami Evacuation Support System for Vulnerable People in a Community on Disaster
3. 学会等名 The 9th Conference of the international society for Integrated Disaster Risk Management, 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuhito Ohtsu and Hokugo Akihiko
2. 発表標題 Evacuating Vulnerable People during a Tsunami Disaster in Japan: An Experiment using Wheelchairs
3. 学会等名 The 11th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大津暢人
2. 発表標題 地区防災計画の基礎資料としての要支援者の水害避難支援行動
3. 学会等名 地区防災計画学会第8回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 劉永恩、大津暢人、北後明彦、張ユイン
2. 発表標題 和歌山県海南市における要配慮者津波避難訓練状況の観察と避難速度の計測(1) - 歩行，車いす，電動車いすを使用した事例 -
3. 学会等名 2020年日本建築学会大会学術講演
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 張ユイン、大津暢人、北後明彦、劉永恩
2. 発表標題 和歌山県海南市における要配慮者津波避難訓練状況の観察と避難速度の計測(2) - 自動車を使用して避難した検討事例 -
3. 学会等名 2020年日本建築学会大会学術講演
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------