豪雨時における高齢者施設間の自動車を用いた要配慮者避難の事例分析

EMPIRICAL ANALYSIS OF VEHICLE EVACUATION OF VULNERABLE PEOPLE
BETWEEN ELDERLY FACILITIES DURING HEAVY RAINFALL廖 解放^{*1}, 北後明彦^{*2}, 大津暢人^{*3},
大西一嘉^{*4}, 大村太秀^{*5}*Jiefang LIAO, Akihiko HOKUGO, Nobuhito OHTSU,
Kazuyoshi OHNISHI and Taishu OMURA*

This study aims to collect useful knowledge about vehicle evacuation such as evacuation time distribution and evacuation traveling velocity. The empirical surveys were conducted on three evacuation cases in Mabi, Okayama during the 2018 Japan Floods. The authors analyzed the data from each evacuation travel of each elderly facility and classified evacuation types based on the time relationship between the evacuation preparation and the evacuation travel. The study provides abundant information including the time used for getting in and off per resident under three ways of transportation in evacuation and calculated the traveling velocity of evacuation vehicles.

Keywords : Heavy Rainfall, Elderly Facilities, Vehicle Evacuation of Vulnerable People, Evacuation Time Distribution, Traveling Velocity

豪雨, 高齢者施設, 自動車による要配慮者避難, 所要時間分布, 走行速度

1. はじめに

近年、日本各地で大規模な災害が発生している。それに伴い様々な防災計画の見直しが進められている。その中で、要配慮者^{注1)}利用施設では、2017年6月に水害や土砂災害の危険性がある施設を対象として避難確保計画の作成が義務化された¹⁾。しかし、前述の避難確保計画の作成は各施設に一任されており、被災経験のない施設管理者や避難訓練を行っていない施設で適切な避難確保計画を作成することは容易ではない。特に、避難所要時間について計画作成の手引きでは簡潔に記載されており、施設にとって具体的に実践可能な計画が練られているかどうかは分からない。

そうした中、2018年西日本豪雨災害が発生し、西日本で約28,000棟の建物が浸水し、237名が犠牲になった²⁾。幸いにも高齢者施設での人的被害はなかったが、雨漏りや床上浸水等の施設被害数は276施設³⁾であり、改めて避難の重要性が認識されることになった。

要配慮者の避難所要時間や避難移動を扱う先行研究として、大津らは、市街地の津波避難訓練において支援者が搬送機材を用いて要配慮者を避難移動する際の避難移動時間の経過及び搬送機材の避難輸送力を把握した⁴⁾。しかし、搬送機材として自動車は取り扱っていない。久米らは、原子力災害時における高齢者施設の自動車による要配慮者避難に関する研究で、避難時に高齢者を乗車させるために必要な時間を幾つかの器具を用いて実験により検証している⁵⁾。しかし、実災害においては、乗車等の時間が実験時と異なる可能性

がある。一方、金井らは、要配慮者利用施設独自の避難開始基準を検討するために、実災害において、施設の初期対応を時系列に整理し、避難準備時間と避難移動時間の関係を分析した⁶⁾。その中でも避難移動時間を試算したが、用いられた乗車時間、降車時間等は座席での移動状態を仮定したものであり、車椅子のままやストレッチャーのままでの移動状態を考慮していない。

夜間かつ豪雨時に、危険な区域に立地する施設では利用者全員を自動車で避難させる必要がある場合、避難所要時間をどのように見積るかについての具体的なデータは少ない。本研究はその一助を担うものとして、2018年西日本豪雨における高齢者施設間の自動車による要配慮者避難に重点を置き、実災害における避難準備と避難移動を時系列で整理し、利用者1名ごとの乗車時間と降車時間、搬送車両の走行速度等の解明を目的に研究を行った。

研究方法として、2018年西日本豪雨に際して、夜間に行われた3つの高齢者施設間の自動車による要配慮者避難の全容をヒアリング調査から明らかにし、避難に関する時系列の作成と利用者の避難移動の推定を行う。また、避難準備と避難移動の時間関係から避難タイプの分類を行った。そして、避難移動時間の分布から各移動状態下の利用者1名ごとの乗車時間と降車時間を抽出し、搬送車両の搬送(回送)時間に基づき走行速度を算出することで、自動車による要配慮者避難に関する知見を見出す。

なお、本研究で扱う避難に関わる時間を以下のように定義する。

*1 神戸大学大学院工学研究科 博士後期課程・修士(工学)

*2 神戸大学都市安全研究センター 教授・学博

*3 消防庁消防研究センター 主任研究官・博士(工学)

*4 神戸大学大学院工学研究科 研究員・博士(工学)

*5 神戸大学大学院工学研究科 元大学院生・修士(工学)

Grad. Student, Graduate School of Engineering, Kobe Univ., M.Eng.

Prof., Research Center for Urban Safety and Security, Kobe Univ., Ph.D.

Senior Researcher, National Research Institute of Fire and Disaster, Ph.D.

Researcher, Graduate School of Engineering, Kobe Univ., Dr.Eng.

Former Grad. Stud., Graduate School of Engineering, Kobe Univ., M.Eng.

避難所要時間(T_H とする):「避難の決定」から「避難完了(荷物^{注2)}の準備・搬送を含む)」までの時間であり、避難準備時間(T_J とする)と避難移動時間(T_Y とする)の組合せである。

避難準備時間 T_J :「避難の決定」から「避難準備完了(荷物の準備を含む)」までの時間である。

避難移動時間 T_Y :「移動の開始」から「避難完了(荷物の搬送を含む)」までの時間であり、搬送車両の乗車時間、搬送時間、降車時間、回送時間(必要な場合)と搬送回数(それぞれは T_N 、 T_S 、 T_O 、 T'_S 、 N とする))から算出する($T_Y = (T_N + T_S + T_O + T'_S) \times N - T'_S$)。

本来なら、避難準備が完了してからの移動開始が普通であるが、切迫避難などの場合、避難準備を終えることなく移動を開始せざるを得ない可能性がある。そのため、避難準備時間 T_J と避難移動時間 T_Y の間に重複時間(T_C とする。 $T_C \geq 0$ 分)が発生すると考えられ、避難所要時間 T_H は避難準備時間 T_J と避難移動時間 T_Y の和から重複時間 T_C を除いたものである($T_H = T_J + T_Y - T_C$)。

2. 自動車による要配慮者避難に関するヒアリング調査

2.1 ヒアリング調査の概要

筆者らが、2018年9月から12月にかけて、2018年西日本豪雨で甚大な浸水被害が発生した倉敷市真備町で自動車による避難を行った事例へのヒアリングなど詳細な調査⁷⁾によると、2018年7月6

日～7日に、社会福祉法人H^{注3)}が運営している3施設(施設A(避難元)、施設B(避難元)、施設C(避難先))と社会福祉法人Kが運営している2施設(施設Y(避難元)と施設K(避難先))では、それぞれの系列において自動車による要配慮者避難を連携して行っている。避難時における施設A、BとYの避難経路と交通状況⁸⁾などをFig.1に示す。本章では、関係施設の管理者や職員へのヒアリング調査及び避難に関わったドライバーへのアンケート調査を基に、各施設の管理者に不明点をメールで適宜聞き取ることで、避難元の施設である施設A、BとYでの自動車による要配慮者避難について解明する。

2.2 2018年西日本豪雨における真備町の被害

真備町は岡山県倉敷市の北部に位置し、南北端は丘陵となっており、その丘陵間の平野部を小田川支流の高馬川と末政川が南流し、町内を東流する小田川と合流した後、更に地区南東端で高梁川と合流する。2018年7月5日～7日の72時間にわたって、高梁川の上流は、350～450mmの積算降水量¹⁰⁾を観測しており、この降水による高梁川の増水に伴い、小田川との合流点で小田川の水流がせき止められるバックウォーター現象¹⁰⁾が発生し、7日の0時頃から明け方にかけて、小田川やその支流の末政川と高馬川が決壊¹¹⁾した。真備町は面積の4分の1にあたる1,200ヘクタール¹²⁾が浸水し、最大浸水深が5.4メートルに達したと見られ、死者は51名¹²⁾となった。

行政の対応として、小田川では6日21時50分に氾濫警戒情報、

Fig.1 Evacuation routes of surveyed facilities and traffic conditions during the evacuation

(Modified by the author based on estimated inundation stage map of Mabi district⁹⁾)

22 時 20 分と 7 日 0 時 30 分に氾濫危険情報が発令され、その間の 22 時 40 分には倉敷市に大雨特別警報が発令されている¹³⁾。なお、倉敷市は 6 日 19 時 30 分に市内山沿い、22 時には全域に避難勧告を発令し、更に、23 時 45 分に小田川南岸、7 日 1 時 30 分には北岸に避難指示を発令している¹³⁾。それを受けて、6 日 21 時までには真備町の避難所 3 箇所に 39 人が避難し、7 日 15 時には避難者数は約 3,300 人¹⁴⁾に達した。特に、6 日 23 時 35 分のアルミ工場爆発音が地域の避難に繋がる切迫感の醸成に与えた影響は大きかったと考えられる¹⁵⁾。

2.3 ヒアリング調査の結果

2.3.1 洪水発生前の避難確保計画と避難訓練

施設 A・施設 B は、岡山県倉敷市真備町川辺地区に位置し、小田川、末政川と高梁川に囲まれている。施設 A は、1 階建てのグループホームで、利用者は高齢者 18 名である。施設 B は、一部 2 階建て(利用者の居室は 1 階部分)の有料老人ホームで、利用者は高齢者 16 名である。施設 A・施設 B は、居住部分が 1 階にあるため浸水した場合に被害を受ける可能性があり、1 階までの浸水を想定し、より堅牢な 3 階建ての施設 C が避難先として定められていた。2016 年には 3 施設及び関連会社とともに洪水想定自動車による要配慮者避難訓練を 2 回実施していた。それを基に、施設 A では利用者全員を自動車で搬送するための避難移動時間を 1 時間と概算し、避難準備・高齢者等避難開始の段階で避難することを事前に決めており、水防法に規定される避難確保計画の作成はなかったが、実質的な計画となっていたと考えられる。一方、施設 B ではマニュアルなど明確な指針はなかった。

施設 Y は、岡山県倉敷市真備町有井地区に位置し、末政川の西側

に隣接している 1 階建ての特別養護老人ホームで、利用者は高齢者 36 名である。施設 Y として、2 年前に倉敷市から配布されたハザードマップで施設が 5m 以上の浸水想定区域内にあることを把握しており、また水害時に水没する可能性も認識していた¹⁶⁾。そのため、土砂災害を除き、避難勧告が発令された場合に施設 Y は高台にある系列の施設 K(3 階建て)に避難する取り決めをしていた。水防法に規定される避難確保計画を作成していたものの、避難訓練の実施はなかった。真備地区の浸水ハザードマップ¹⁷⁾を Fig.2 に示す。

2.3.2 自動車による要配慮者避難の時系列

2018 年西日本豪雨に際して、施設 A は水没したが、死傷者は出なかった。2018 年 7 月 6 日夕方までに、A 施設長は河川の様子を見に行き、社長^{注 3)}に増水の様子を報告した。20 時頃に、A 施設長は施設 A へ行き、社長に連絡して避難を決定し、夜勤の職員 2 名で避難することは難しかったため、応援を要請した。21 時 30 分までに、社長の指示で関連会社^{注 3)}の社員 7 名が駆け付け、避難準備に加わった。タオルなど持ち出し品の準備、書類とパソコンなどの高い場所への移動、利用者にカップを着せるなどの準備に多くの時間を要した。避難準備に集中していたため、22 時の避難勧告に気付かなかった。23 時 35 分頃に、利用者全員を玄関の近くまで誘導し、避難移動を開始できるようになった頃に、アルミ工場爆発音を聞いた。まもなく、社長の指示で C 施設長と C 職員 1 名も施設 A に駆け付けた。23 時 40 分頃に避難移動を開始し、自動車 4 台で最大 3 回にわたって利用者 18 名を搬送するとともに、もう 1 台の自動車(C 施設長が運転)で車椅子 5 台を搬送し、7 日 0 時 30 分頃に利用者と荷物の避難が完了した(避難完了)。なお、タオルや寝具等の搬送にも他の自動車を使用したため、総数は分からないとの回答であった。

Fig.2 Flood hazard map of Mabi district (The 2017 Year Version) (Modified by the author based on the original figure)

施設 B は 1 階天井まで浸水したが、死傷者は出なかった。2018 年 7 月 6 日 22 時の避難勧告の発令時点で B 施設長(施設に不在)は避難開始の予定はなかった。23 時 35 分頃の工場爆発の直後に、社長から避難をするように連絡があり、職員を招集した。まもなく、社長と理事長、施設 A からの関連会社の社員 4 名も施設 B に駆け付け、夜勤の職員 1 名を含め、計 7 名で利用者を誘導し始めた。23 時 50 分頃に、施設 B の職員 1 名が自動車で駆け付け、早く移動できる利用者 2 名を乗車させ、避難移動を開始した。7 日 0 時に、もう 1 名の施設 B の職員が駆け付け、避難移動に加わった。0 時 10 分以降に、施設 A の避難移動を担当した関連会社の社員 2 名が施設 B の避難移動に移行した。自動車 4 台で最大 2 回にわたって利用者 16 名を搬送し、7 日 1 時頃に利用者の避難が完了した。その後、車椅子 4 台と寝具などの準備に 40 分程度、搬送に 20 分程度を要し、2 時頃に荷物の避難が完了した(避難完了)。施設 A・施設 B での避難移動の概略図を Fig.3 に示す。

Fig.3 Outline of the evacuation travel from Facility A and Facility B
(Facility exterior photos are from the HP of each facility)

施設 Y は屋根まで浸水したが、死傷者は出なかった。2018 年 7 月 6 日昼頃から、Y 施設長はネットで河川の水位を気にしていた。16 時頃に、避難勧告が発令した場合避難を行うため、緊急招集する可能性があることと、避難経路を確認しておくことを電話網で職員に連絡した。施設 K にも連絡し、利用者の避難スペースについて相談した。22 時頃に、Y 施設長は携帯のエリアメールで避難勧告を確認し、22 時 10 分に避難を決定し、職員への緊急招集を連絡網で回した。22 時 15 分頃に、職員 20 数名が緊急連絡で順次に施設 Y に集まり、利用者を起こしてから、最初の利用者を玄関横のホールに誘導するまで 30 分程度を要した。22 時 45 分頃に、施設 K への避難移動を開始し、搬送車両 7 台(そのうち、22 時 40 分頃に、避難先の施設 K から自動車 3 台^{注 4)}と職員 4 名が応援に駆け付けた)で最大 4 回にわたって利用者 36 名を搬送し、0 時頃に利用者の避難が完了した。施設 Y での避難移動の概略図を Fig.4 に示す。一方、利用者避難完了の間近の段階で、施設 K へ寝具と薬などを搬送しながら、

Fig.4 Outline of the evacuation travel from Facility Y
(Facility exterior photos are from the HP of each facility)

Fig.5 Estimated time distribution of residents' evacuation travel from Facility A and Facility B (July 6 - July 7, 2018)

Fig.6 Estimated time distribution of residents' evacuation travel from Facility Y (July 6 - July 7, 2018)

カーテンや椅子などを施設内の高い場所に移動している間に、末政川の堤防決壊により施設 Y が浸水し始め、7 日 0 時 30 分頃に一気に膝の高さまで浸水していたため、職員 24 名が屋上へ避難せざるを得なかった(避難中止している)。

2.3.3 利用者の避難移動における時間分布の推定

各施設で避難移動を担当したドライバーの回答を基に、荷物の搬送^{注5)}を除く利用者の避難移動の時間分布を Fig.5 と Fig.6 に推定する(うち、施設 A ではドライバー①②③④、施設 B ではドライバー③④⑤⑥、施設 Y ではドライバー①②③④⑤⑥⑦が担当していた。なお、各施設担当のドライバーは、必ずしも当該施設所属の職員ではない。ドライバーの所属は Fig.5 及び Fig.6 のそれぞれ最下段に示す通りである)。ただし、避難移動での全ての搬送時間 T_s と回送時間 T_r はドライバーの回答による時間であったが、搬送車両の乗車時間 T_N と降車時間 T_O については、3 施設でも回答が欠損(回答したのはドライバー②③④⑤だけ)しているため、欠損の数は A 施設長、避難移動に参加した施設 B 職員、C 施設長と Y 施設長の証言を基に推定した。

C 施設長の証言では、避難移動時の搬送車両の乗降時間は覚えていないが、施設 A・B・C と関連会社の避難訓練では利用者 1 名を乗降させるのに 2.5 分以内でできたが、車椅子の方の乗降より座席の方の乗降のほうが早かったとのことであった。そのため、普段の乗降時間として、座席 1 名につき 2 分以内、車椅子 1 名につき 2.5 分以内と考えることができる。また、A 施設長と B 職員の証言による避難移動時の状況として、施設 A では「暗くて足場が悪く乗車は普段より時間がかかった」、施設 B では「乗降はスムーズだった」とのことであった。そのため、推定の際、施設 B での T_N と T_O は普段通りの乗降時間の最大値(座席 1 名につき 2 分と 2 分、車椅子 1 名につき 2.5 分と 2.5 分)を使用、施設 A での T_N と T_O の計算は、 T_N は施設 B より 1 名につき 0.5 分を追加した時間、 T_O は施設 B と同様の時間(座席 1 名につき 2.5 分と 2 分、車椅子 1 名につき 3 分と 2.5 分)を使用して計算した。

施設 Y では、ドライバー②③④⑤の回答による各自が運転した搬送車両の乗車時間と降車時間は 1.5 分～3 分と 1 分～3 分だった。加えて Y 施設長の証言では、普段では利用者を乗車させるのに、座席 1 名は 1 分～1.5 分、車椅子 1 名は 1.5 分～2.5 分、ストレッチャー 1 名は 3 分を要し、普段では利用者を降車させるのに、座席 1 名又は車椅子 1 名は 1 分～1.5 分、ストレッチャー 1 名は 2 分～3 分を要し、避難移動時の乗降は大体普段通りであったが、普段より早かった場合もあった。ドライバーの回答と施設長の証言は概ね相違がないため、推定の際、ドライバー②③④⑤の T_N と T_O はドライバー②③④⑤が回答した時間(Fig.6 を参照)を使用、ドライバー①⑥⑦の T_N と T_O は、Y 施設長の証言による普段通りの乗降時間の最大値(座席 1 名につき 1.5 分と 1.5 分、車椅子 1 名につき 2.5 分と 1.5 分、ストレッチャー 1 名につき 3 分と 3 分)を使用して計算した。

なお、避難移動開始の際、施設 A の搬送車両は 3 台同時乗車できており、施設 Y の搬送車両は一台ずつ乗車していたこと、また、複数の利用者の乗降を並行して行っておらず、いずれも 1 名ずつ順番に行っていたことが各施設の証言で分かった。ドライバー全員の回答及び以上の証言に基づき推定を行った。推定の結果では、施設 Y の利用者の避難移動完了時刻がヒアリングの結果より 10 分程度

後回しになったが、施設 A・B の利用者の避難移動がヒアリング調査による時系列通りに行われている。

あくまで推定によるものであり、実際の避難移動を完全に再現できるとは言えない。その理由は、(i)乗車(降車)時間は「x 分以内」又は「x 分～y 分」との回答に対し、ほとんどの搬送(回送)時間は整数で回答されており、搬送(回送)時間はラウンドナンバーであった可能性があること、(ii)乗降している車両が前方にいる場合、後続車両の待ち時間が生じたことによる誤差が発生した可能性があることである。

3. 自動車による要配慮者避難の考察

まず、ヒアリング調査で把握した施設 A、B と Y の各種情報を抜粋したものを Table 1 に示す。

3.1 調査対象施設における避難所要時間の推定の有無

施設 A では水害時のマニュアルがあり、災害時もマニュアルに従って利用者を施設 C へ避難させることができた。また 3 施設合同で水害を想定した自動車による要配慮者避難訓練を行っており、利用者全員の避難移動には約 1 時間かかることを避難訓練により想定していた。施設 B では施設 A と同じく合同で避難訓練を実施していたが、マニュアルなど明確な指針はなかった。施設 Y では水防法に規定される避難確保計画を作成し、ハザードマップを意識しており防災に関する意識はあったが、避難訓練の実施はなかった。

よって、施設 A では予め避難訓練により避難移動に時間がかかることを把握していたことで、災害時も避難勧告より前に避難準備を開始することができ、またマニュアルにより避難先や避難移動についての迷いもなかったと考えられる。一方、施設 Y では災害に対する意識はあったものの、避難訓練で具体的に避難を想定する機会はあまりなかったと考えられる。施設 A と比較すると避難のタイミングは避難勧告が発令されてからであり、結果的に職員が逃げ遅れたことから、高齢者施設での安全性を確保するための避難所要時間を把握していれば対応や結果が変わっていたかもしれない。

3.2 避難準備と避難移動の時間関係による避難タイプの分類

施設 A は早い段階から天候や避難について検討を行い、行政からの避難情報を待たずに 20 時頃に避難することを決定、自主的避難の事例として評価することができる。しかし、施設 A は夜間での支援要請、持ち出し品の準備、書類とパソコン等の高い場所への移動、利用者全員の身支度と避難誘導などの準備をしたことで、避難準備時間 T_p は長く、約 3 時間 40 分を要した。避難移動時間 T_Y は約 50 分だった。

施設 B は避難勧告の発令から 1 時間 35 分経過して工場爆発が発生した状況下で、社長の連絡による避難の決定(爆発の直後のため、23 時 35 分頃と推定される)であったことから、避難体制に問題ないと言えない。支援が迅速に駆け付けたため、22 時 50 分に避難移動を開始、1 時 40 分の荷物の搬送開始までに避難移動をしながら避難準備を行っていた。そのため、避難準備時間 T_p は約 2 時間 5 分、避難移動時間 T_Y は約 1 時間 30 分(うち、利用者の搬送に約 1 時間 10 分、車椅子と寝具の搬送に約 20 分を要した)だった。

施設 Y は避難勧告が受信されるまでに避難の決定ができず、避難開始の判断基準に問題ないと言えないが、事前に職員への明確な周知、避難スペースの確保、避難経路の確認などを行い、スムーズに

た。各施設の避難移動での車椅子のまま搬送された利用者数と併せて見ると、利用者の中には車椅子使用者でも座席での移動が可能な場合は車椅子と別で搬送された人もいることが考えられる。

3.5 避難移動での利用者1名ごとの乗車時間と降車時間

避難移動での各搬送車両の乗車時間 T_N と降車時間 T_O について、前述したように、3施設においてもドライバーの回答が欠損しており、欠損の数値はA施設長、避難移動に参加した施設B職員、C施設長とY施設長の証言を基に推定したが、これらの数値は利用者の避難移動における時間分布の推定において辻褃が合っている。

あくまで3施設の事例によるものであるが、施設A、BとYのデータを併せて見ると、避難移動での各搬送車両の乗車時間 T_N と降車時間 T_O は異なっていたが、利用者1名ごとの乗車時間と降車時間(それぞれは T_{M1} 、 T_{O1} とする)として、座席1名につき0.75分～2.5分と0.5分～2.5分、車椅子1名につき1.5分～3分と1分～2.5分、ストレッチャー1名につき3分と2分～3分を要したと概括できる。ただし、これらの数値は証言による推定のデータが含まれているため、今後は事例の蓄積による数値の検証と精度向上が必要である。

3.6 避難移動での搬送車両の走行速度

各施設の避難距離とドライバーの回答による各搬送車両の搬送(回送)時間 T_s (Table 1を参照)を基に、避難移動での搬送車両の走行速度(V_T とする)を算出したものをTable 2に示す(なお、走行速度 V_T を、避難距離÷搬送(回送)時間で算出する)。ただし、前述(2.3.3を参照)のように、搬送(回送)時間はラウンドナンバーであった可能性があるため、走行速度算出の際、1分の幅(±0.5分)を与えることで誤差の影響を配慮する。また、普段では、施設Cから施設Aまでは5分程度、施設Cから施設Bまでは8分程度、施設Yから施設Kまでは5分程度を要することがC施設長及びY施設長の証言で分かった。そのため、施設長の証言による普段での各施設の走行速度も算出してTable 2に示す。

Table 2 Traveling velocity of evacuation vehicles

Evacuation vehicles 搬送車両	Evacuation distance 避難距離 km	Traveling (Forwarding) time 搬送(回送)時間 h	Traveling velocity 走行速度 km/h			
①(A)	0.8	(5.0±0.5)/60	Normal time 普段 5.0/60	8.7-10.7	Mean 平均 7.9~9.6	Normal time 普段 9.6
②(A)	0.8	(5.0±0.5)/60		8.7-10.7		
③(A)	0.8	(5.0±0.5)/60		8.7-10.7		
④(A)	0.8	(8.0±0.5)/60		5.6-6.4		
③(B)	1.4	(5.0±0.5)/60	Normal time 普段 8.0/60	15.3-18.7	Mean 平均 10.0~11.5	Normal time 普段 10.5
④(B)	1.4	(10.0±0.5)/60		8.0-8.8		
⑤(B)	1.4	(11.0±0.5)/60		7.3-8.0		
⑥(B)	1.4	(8.5±0.5)/60		9.3-10.5		
①(Y)	2.0	(5.0±0.5)/60	Normal time 普段 5.0/60	21.8-26.7	Mean 平均 18.8~22.7	Normal time 普段 24.0
②(Y)	2.0	(10.0±0.5)/60		11.4-12.6		
③(Y)	2.0	(10.0±0.5)/60		11.4-12.6		
④(Y)	2.0	(5.0±0.5)/60		21.8-26.7		
⑤(Y)	2.0	(5.0±0.5)/60		21.8-26.7		
⑥(Y)	2.0	(5.0±0.5)/60		21.8-26.7		
⑦(Y)	2.0	(5.0±0.5)/60		21.8-26.7		

Table 2 では、各施設の避難移動での搬送車両の走行速度の平均値が普段と近似していることが分かった。その理由として、多くの搬送車両は普段通りの搬送(回送)時間であったことが挙げられる。一方、普段より搬送(回送)時間が長くなった搬送車両もあった。その理由は、Table 1の示すように、避難移動時の降雨量^{注6)}として、6日22時をピークに翌日の7日2時頃まで収まりを見せながら降

り続いており、加えて施設Yでは「雨が横殴りの時もあり視野が狭かった」との回答もあったことから、ドライバーにより、降雨による影響と避難時の心境も異なっており、普段より時間がかかった可能性があると考えられる。

また、Table 1によると、3施設での避難移動時の状況として、降雨量が違っていてもかわらず、道路浸水と交通渋滞がなかった。しかし、避難移動での搬送車両の走行速度 V_T は施設によって大きく異なり、施設Yの数値は施設A・施設Bの数値の2倍以上であることが分かった。その理由として、施設A・施設Bでは避難経路は信号機のある市街地道路であり、避難移動時に他の車両や信号を常に注意する必要がある、停車する場合もあったこと、それに対して、施設Yでは避難経路は地元住民が利用しない市街地外域の道路であり、信号機も設置されておらず、より安定的な走行ができたことが考えられる。つまり、調査対象の3施設において、避難移動での搬送車両の走行速度 V_T は、信号機の有無や走行環境(市街地、郊外)によって大きく異なると考えられる。

3.7 自動車による要配慮者避難における問題

偶然もあるが、避難移動時に3施設とも道路浸水と交通渋滞の影響はなかった。実際、Fig.1の示すように、エリアA1とA2では、6日夜～7日に大規模な交通渋滞が発生したことが分かった。その原因として、エリアA1には、真備地区の主な避難先であった真備総合公園と吉備路クリーンセンター(指定外避難所)があり、6日から多くの住民が自動車や徒歩で避難してきていた⁸⁾。エリアA2には、真備地区の主な避難先であった菌小学校と岡田小学校があり、この二箇所には、6日から多くの住民が避難してきており、満員となっていた⁸⁾。また、エリアA3とA4では、橋や道路が水没したため、6日朝または6日夜から通行できなかった⁸⁾ことが分かった。

施設Bの応援に駆け付けた社長の話によると、施設Bへ向かう途中に岡田小学校方面で大規模な交通渋滞を目撃した。施設Aと施設Bは、一番近い避難所であった岡田小学校ではなく施設Cに避難することによって、交通渋滞を避けられてスムーズに避難移動ができたと考えられる。また、Y施設長の話によると、施設Yは22時の避難勧告で避難移動を開始した時には、まだ渋滞は発生していなかった。その結果、7日0時頃にぎりぎり利用者全員を避難完了させることができた。23時35分頃の爆発音で避難を開始した住民が多く、住民と一緒に避難し始めると渋滞に巻き込まれる可能性が高かった。以上のことから、高齢者施設の自動車による要配慮者避難の実施について、道路交通と浸水情報の収集、早めの判断と避難移動開始が重要となる。

次に、施設Yでは避難先までの最短避難経路(山沿いで池の付近を通った道路であった。Fig.1を参照)を普段から利用するとともに緊急時の避難経路として活用していたことがY施設長の証言で分かった。2019年5月、筆者らが現地調査をしたところ、施設Yの避難経路は降雨による土砂崩れで通行止め(Fig.1を参照)となっていたことから、避難移動の途中に、豪雨により土砂崩れが発生した場合、施設Yの搬送車両は危険に陥る可能性があった。また、施設Yの避難経路は幾つかの特定の場所でしかすれ違いない道路であったことも印象に残った。Y施設長の証言では、職員同士の暗黙の理解があったため、避難移動時にスムーズにすれ違いができた。このことから、避難移動時のドライバーは施設の職員ではなかった場

合、スムーズにすれ違いができず、渋滞による時間ロスが発生した可能性があることがわかった。そのため、高齢者施設が避難経路を安全に確実に選択できるよう、地域ごとに予め避難経路の指定と整備を促進する必要がある。

そして、施設 B と施設 Y では、利用者の避難移動後に職員は引き続き荷物の搬送もしていたことが分かった。そのうち、施設 Y では利用者の避難移動完了間近に避難元の施設において荷物の搬送作業やカーテンや椅子の避難活動を行っていた職員 24 名が施設 Y の屋上に孤立してしまった。浸水が開始している場合、荷物より身の安全を守る行動を優先すべきだと分かるとともに、非常時に持ち出す荷物を考えておき、荷物の搬送時間を考慮しておくこと、または、避難先で荷物を備蓄しておくことなどの対策が職員も守るために必要であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、2018 年西日本豪雨に際して、3 つの高齢者施設間の自動車による要配慮者避難の時系列を作成し、避難準備と避難移動の時間関係から避難タイプの分類を行い自動車による要配慮者避難に関する時間的なデータと有益な知見を得られた。調査対象施設である施設 A、B と Y において、他施設への自動車による要配慮者避難を遂行することができた。そのうち、施設 A は、水防法に規定される避難確保計画に相当するものを作成しており、避難訓練も実施していた。施設 B は、避難訓練の実施のみ、施設 Y は、避難確保計画の作成のみを行った。

(1) 自動車による要配慮者避難での所要時間分布と走行速度

(i) 調査対象施設の避難準備時間 T_p と避難移動時間 T_r を見ると、施設 A は約 3 時間 40 分と約 50 分、施設 B は約 2 時間 5 分と約 1 時間 30 分(重複時間 T_c 約 1 時間 10 分)、施設 Y は約 2 時間 20 分と不確定(重複時間 T_c 約 1 時間 45 分)であった。避難タイプとして、施設 A は「自主的避難」、施設 B と施設 Y は「受動的避難」である。

(ii) 避難準備での利用者 1 名ごとの避難準備時間は、今後の調査で明らかにする必要がある。

(iii) 避難移動での利用者の移動状態として、座席、車椅子とストレッチャーという 3 つの状態があった。避難移動での利用者 1 名ごとの乗車時間 T_{NI} と降車時間 T_{OI} として、座席 1 名につき 0.75 分～2.5 分と 0.5 分～2.5 分、車椅子 1 名につき 1.5 分～3 分と 1 分～2.5 分、ストレッチャー 1 名につき 3 分と 2 分～3 分を要したと概括できる。

(iv) 避難移動時に降雨量が違っていたにもかかわらず、道路浸水と交通渋滞がなかった状況にあり、搬送車両の走行速度 V_T は、信号機の有無や走行環境(市街地、郊外)によって異なっただと考えられる。避難移動での搬送車両の走行速度 V_T (平均値)として、施設 A は 7.9～9.6km/h、施設 B は 10.0～11.5km/h、施設 Y は 18.8～22.7km/h であった。

ただし、(iii) と (iv) の数値について、今後は事例の蓄積による数値の精度向上が必要である。

(2) 自動車による要配慮者避難における知見

(i) 調査対象施設の自動車による要配慮者避難には他施設など外部からの協力があつた。

(ii) 受動的避難では、避難準備を終えることなく避難移動を開始せざるを得なかったことが確認された。

(iii) 避難移動時に車椅子使用者を座席に座らせて車椅子を別で搬送するという方法が見られた。

(iv) 避難移動時に土砂崩れが発生する恐れがあり、かつ、幾つかの特定の場所でしか搬送車両のすれ違いができない避難経路を選択した施設があつた。

(v) 利用者の避難移動後に職員は引き続き荷物の搬送もしていた施設があつた。結果的に 1 施設では職員に危険が迫っていた。

高齢者施設をはじめとする要配慮者利用施設が増設しており、豪雨災害も多発している日本では、実用可能な避難確保計画を作成するのに、実災害における高齢者施設の避難所要時間に関する様々な知見が重要となる。今後、これらの知見に基づいて、高齢者施設における自動車による要配慮者避難モデルの作成、及び将来の水害を想定した避難所要時間の予測を目的にさらに研究を進めていきたい。

謝辞

本研究にあたり多大なご協力を頂きました、法人 H の社長と 3 施設の施設長、法人 K の 2 施設の施設長をはじめ、各施設の職員の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Water and Disaster Management Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: Guidance for creating an evacuation enhancing plan for facilities used by vulnerable people (excluding medical facilities), 2017.6, www.mlit.go.jp/river/bousai/main/saigai/jouhou/jieisuibou/pdf/hinan_kakuho_tebiki_suibou201706.pdf (in Japanese) (accessed 2020.10.7)
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局:要配慮者利用施設(医療施設等を除く)に係る避難確保計画作成の手引き,2017.6(参照 2020.10.7)
- 3) Cabinet Office, Government of Japan: Disaster Prevention White Paper (Reiwa 1st Year Edition) | Special Feature 1-1 The Heavy Rain Event of July 2018 (West Japan Heavy Rain), 2019, www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h31/honbun/0b_1s_01_01.html (in Japanese) (accessed 2021.5.1)
- 4) 内閣府: 令和元年版 防災白書 | 特集 第 1 章 第 1 節 1-1 平成 30 年 7 月豪雨(西日本豪雨)災害, 2019(参照 2021.5.1)
- 5) Ministry of Health, Labour and Welfare: Damage caused by the Heavy Rain Event of July 2018 (49th report), 2018.9 www.mhlw.go.jp/content/10600000/000350123.pdf (in Japanese) (accessed 2019.12.8)
- 6) 厚生労働省:平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について(第 49 報), 2018.9(参照 2019.12.8)
- 7) OHTSU N., HOKUGO A., PINHEIRO A. and LEE J.: Transport Velocity of Vulnerable People for Tsunami Evacuation. Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ). Vol.81, No.724, pp.1239-1249, 2016.6 (in Japanese)
- 8) 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, Vol.81, No.724, pp.1239-1249, 2016.6.
- 9) KUME S., HOKUGO A. and LEE J.: Experimental study on transport of vulnerable people from their room to transit car considering zone evacuation from elderly facilities to evacuation centers, Report of Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, No.20,50-58,2016 (in Japanese)
- 10) 久米智士, 北後明彦, 李知香:高齢者施設からの広域避難を想定した避難車両への要援護者搬送実験,神戸大学都市安全研究センター研究報告, No.20, pp50-58, 2016
- 11) KANAI J., YUASA Y., NAKANO S. and WATANABE K.: Necessity of

- A Time Line of Flood Disaster in Social Welfare Facility, J. JSCE F6 (safety issue), Vol.71, No.2, pp. I_47-I_54, 2015 (in Japanese)
- 金井純子, 湯浅恭志, 中野晋, 渡辺一也: 要配慮者移設の初動対応・事業継続におけるタイムラインの必要性, 要配慮者移設の初動対応・事業継続におけるタイムラインの必要性, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol.71, No.2, pp. I_47-I_54, 2015
- 7) LIAO J. and HOKUGO A.: Case studies on evacuation using vehicles and vertical evacuation at facilities used by people who need assistance at the time of disaster, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Fire Safety, pp. 381-382, 2019.7 (in Japanese)
- 廖解放, 北後明彦: 西日本豪雨時の災害時要配慮者利用施設における自動車避難移動と垂直避難に関する調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 防火, pp. 381-382, 2019.7
- 8) Japan Society of Civil Engineers: Kurashiki City's response to the Heavy Rain Event of July 2018, 2019.9, committees.jsce.or.jp/acecc02/system/files/05_配付資料_倉敷市.pdf (in Japanese) (accessed 2021.4.14)
- 土木学会: 平成 30 年 7 月豪雨に際しての倉敷市の対応, 2019.9 (参照 2021.4.14)
- 9) Geographical Information Authority of Japan: Information on the Heavy Rain Event of July 2018 - [Part 7, Estimated inundation stage map], 2018.7, www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuu7gou.html (in Japanese) (accessed 2020.10.20)
- 国土地理院: 平成 30 年 7 月豪雨に関する情報・【7, 浸水推定段彩図】, 2018.7 (参照 2020.10.20)
- 10) YAMAMOTO H., et al.: Change of the Land Use and Characteristics of Flood Disaster by Heavy Rainfall in Mabi Town of Kurashiki City in July 2018, J. JSNDS, Vol.38, No.2, pp.147-168, 2019 (in Japanese)
- 山本晴彦, ほか 4 名: 2018 年 7 月豪雨により倉敷市真備町で発生した洪水災害の特徴と土地利用の変遷, 自然災害科学, Vol.38, No.2, pp.147-168, 2019
- 11) SANYO News: A timeline of levees broke: 24 hours of Mabi-Cho, 2018.7, www.sanyonews.jp/okayama_gou_timeline (in Japanese) (accessed 2019.6.9)
- 山陽新聞: 真備町あの日 24 時間 タイムラインで見る決壊の様子, 2018.7 (参照 2019.6.9)
- 12) "The Heavy Rain Event of July 2018" Disaster Verification Committee of Okayama Prefecture: Disaster Verification Report on the Heavy Rain Event of July 2018, 2019.3, www.pref.okayama.jp/uploaded/life/601705_5031910_misc.pdf (in Japanese) (accessed 2021.4.13)
- 岡山県「平成 30 年 7 月豪雨」災害検証委員会: 平成 30 年 7 月豪雨災害検証報告書, 2019.3 (参照 2021.4.13)
- 13) Disaster Prevention and Crisis Management Office of Kurashiki City: Disaster Verification Report on July 2018 Heavy Rain, 2019.4, www.city.kurashiki.okayama.jp/secure/134249/r10607kennsyousasik ae.pdf (in Japanese) (accessed 2021.2.7)
- 倉敷市防災危機管理室: 平成 30 年 7 月豪雨災害検証報告書, 2019. 4 (参照 2021.2.7)
- 14) KOMAZAWA University: 2018 Japan Floods - [Evacuation advisories / Evacuation orders at midnight], 2018.7, www.komazawa-u.ac.jp/~fumio/disaster/2018jul-w-japan/rain-2018jul-3.html (in Japanese) (accessed 2021.4.14)
- 駒澤大学: 西日本広域豪雨 - 【深夜の避難勧告・避難指示】, 2018.7 (参照 2021.4.14)
- 15) OKUMURA Y.: Consideration of people's evacuation start during the Heavy Rain Event of July 2018, 18th Symposium on Urban Floods, 2019.11, www.jsce.or.jp/branch/seibu/symposium/pdf/article_18_02.pdf (in Japanese) (accessed 2021.5.1)

奥村与志弘: 平成 30 年 7 月豪雨時の避難開始に関する一考察～岡山県の事例～, 第 18 回都市水害に関するシンポジウム, 2019.11 (参照 2021.5.1)

- 16) Tokyo Council of Social Welfare: Protect the lives of facility residents by evacuating early based on the inundation assumption area figure, 2019.1, fukushi-portal.tokyo/archives/95/2/ (in Japanese) (accessed 2020.11.15)
- 東京都社会福祉協議会: ハザードマップの浸水想定に基づいた早めの避難で利用者の命を守る, 2019.1 (参照 2020.11.15)
- 17) KOMAZAWA University: 2018 Japan Floods - [Flood in Mabi Town, Kurashiki, City] - Hazard Map of the Mabi District, Kurashiki City, 2018.7, www.komazawa-u.ac.jp/~fumio/disaster/2018jul-w-japan/hazardmap-mabi.pdf (in Japanese) (accessed 2021.4.14)
- 駒澤大学: 西日本広域豪雨 - 【倉敷市真備町水害】 - 倉敷市真備地区ハザードマップ, 2018.7 (参照 2021.4.14)

注

- 注1) 災害対策基本法では、「高齢者、障害者、乳幼児その他の特に配慮を必要とする者」を要配慮者としており、なお、「要配慮者のなかでも特に支援を必要とする者」を避難行動要支援者としている。本研究で扱う高齢者施設の利用者には避難行動要支援者ではない方が含まれているため、要配慮者という表現を使用した。
- 注2) 荷物には、車椅子、タオル、寝具、服用薬などが含まれる。
- 注3) 社会福祉法人でありながら、不動産株式会社でもあり、建設会社、建材会社を営んでいる。本稿にある「関連会社」は不動産株式会社であり、「社長」は社会福祉法人と不動産株式会社の社長である。
- 注4) 施設 K からの応援車両 3 台のうち、写真に示すキャラバン(ドライバー ①が運転)が含まれている。(2018 年 7 月 23 日、施設 K で筆者が撮影)

Photo1 A support welfare van from Facility K

- 注5) Fig.5 と Fig.6 では荷物の搬送が除外されているため、Fig.5 と Fig.6 にある終了時刻は必ずしも当該施設の避難終了時刻ではない。施設 A・B・Y での荷物の搬送に関する概要(時間、担当ドライバーと荷物の内容)を Table 3 に示す。

Table 3 Overview of the luggage transportation

Facility A	Facility B	Facility Y
Time (23:40 ~ 0:20)	Time (1:40 ~ 2:00)	Time (~ 0:30)
Driver (Facility C Manager)	Driver (③)	Driver (①)
Luggage (5 wheelchairs)	Luggage (Quilts and towels)	Luggage (Mattress)
Other (Unknown)	Time (1:40 ~ 2:00)	Time (~ 0:30)
	Driver (④)	Driver (⑤)
	Luggage (Quilts)	Luggage (Mattress)
	Time (1:40 ~ 2:00)	Time (~ 0:30)
	Driver (⑤)	Driver (②)
	Luggage (4 wheelchairs)	Luggage (Medicine and Mattress)

- 注6) アメダス矢掛(66391)の 2018 年 7 月 6 日～7 日の観測値により抜粋。
- 注7) 施設 A・B・Y での乗車時間と降車時間は聞き取り又はドライバーへのアンケートに基づく時間であるが、施設 A・B での乗車時間と降車時間は「x 分以内」との回答であり、施設 Y での乗車時間と降車時間は「x 分～y 分」との回答であったため、回答のとおり本研究では使用した。

EMPIRICAL ANALYSIS OF VEHICLE EVACUATION OF VULNERABLE PEOPLE BETWEEN ELDERLY FACILITIES DURING HEAVY RAINFALL

Jiefang LIAO^{*1}, Akihiko HOKUGO^{*2}, Nobuhito OHTSU^{*3},
Kazuyoshi OHNISHI^{*4} and Taishu OMURA^{*5}

^{*1} Grad. Student, Graduate School of Engineering, Kobe Univ., M.Eng.

^{*2} Prof., Research Center for Urban Safety and Security, Kobe Univ., Ph.D.

^{*3} Senior Researcher, National Research Institute of Fire and Disaster, Ph.D.

^{*4} Researcher, Graduate School of Engineering, Kobe Univ., Dr.Eng.

^{*5} Former Grad. Stud., Graduate School of Engineering, Kobe Univ., M.Eng.

This study created an evacuation timeline from three elderly facilities (Facility A, B, and Y) using vehicles in Mabi, Okayama during the 2018 Japan Floods. The authors classified evacuation types based on the time relationship between evacuation preparation and evacuation travel, and gained temporal data as well as distinctive findings on the vehicle evacuation of vulnerable people.

(1) Analysis of Evacuation Time Distribution and Traveling Velocity

(i) First, we obtained the evacuation preparation time (T_J) and the evacuation travel time (T_Y) as follows. In Facility A, each T_J and T_Y was about 3 hours 40 minutes and 50 minutes; in Facility B, each T_J and T_Y was about 2 hours 5 minutes and 1 hour 30 minutes (overlapping time is about 1 hour 10 minutes); and in Facility Y, each T_J and T_Y was about 2 hours 20 minutes and undecided (overlapping time is about 1 hour 45 minutes). Second, we classified the types of evacuation. Facility A was analyzed as "*Voluntary evacuation*", and both facility B and facility Y were presented as "*Passive evacuation*".

(ii) Evacuation preparation time per resident needs to be clarified in future research.

(iii) There were three ways of transportation during the evacuation travel; "*sitting in the car seat*", "*sitting in the wheelchair*", or "*lying on the stretcher*". We analyzed the time spent per person for getting in (T_{Ni}) and getting off (T_{Oi}) of each way. First, residents who sat in the car seat spent 0.75-2.5 minutes (T_{Ni}) and 0.5-2.5 (T_{Oi}). Second, residents who sat in the wheelchair spent 1.5-3 minutes (T_{Ni}) and 1-2.5 minutes (T_{Oi}). Lastly, residents who laid on the stretcher spent 3 minutes (T_{Ni}) and 2-3 minutes (T_{Oi}).

(iv) The traveling velocity (V_T) varied depending on the existence of traffic lights or not or the driving environment (urban area or suburbs). In Facility A, V_T (Mean) was about 7.9-9.6 km/h, in Facility B, V_T (Mean) was about 10.0-11.5 km/h, and in Facility Y, V_T (Mean) was about 18.8-22.7km/h.

(2) Findings on Vehicle Evacuation of Vulnerable People

(i) All of the surveyed facilities received support from outside such as other facilities.

(ii) Two surveyed facilities that did "*Passive evacuation*" were starting the evacuation travel before the completion of the evacuation preparation, because of the imminent situation or too many residents.

(iii) Some wheelchair users of the surveyed facilities were sitting in the car seat during evacuation travel, and their wheelchairs were being transported separately.

(iv) One surveyed facility selected an evacuation route where there was a risk of landslides.

(v) Staff members from two surveyed facilities continued to move luggage even after the evacuation of residents, and one of them encountered danger in the end.

(2021 年 5 月 10 日原稿受理, 2021 年 10 月 4 日採用決定)