

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：30108

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12810

研究課題名（和文）津波・水害時における高齢者施設の建物階上への迅速な避難を可能にする器具の開発

研究課題名（英文）Development of equipment that enables quick evacuation to the upper floors of facilities for the elderly in the event of a tsunami or flood

研究代表者

宮坂 智哉（Tomoya, Miyasaka）

北海道科学大学・保健医療学部・教授

研究者番号：10404758

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：介助者2名で自力避難困難者1名を階上に避難させる避難器具を開発し、その避難時間を提示することを目的とした。試作モデルは折り畳み式で、介助者の移乗で自力避難困難者を乗せ、人力で引き上げる仕様とした。

試作したモデルに50kgのダミーを乗せ、2名の介助者で階段1 - 踊り場 - 階段2の階上へ引き上げる実験を実施した。2名の握力合計値が89kgの介助者ペアでは、平均 29.1 ± 8.1 秒で引き上げることができ、避難に利用できる可能性が得られた。一方2名の握力合計値が54kgの介助者ペアは、階段1を引き上げるのに平均 49.0 ± 23.0 秒がかかった。握力の小さい介助者ペアには人力を補助する動力が必要と考えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の津波や水害による被害発生により、高齢者施設などでは、屋外の高台などへの避難が間に合わない場合、建物の階上に垂直避難、退避をする屋内安全確保が国土交通省の水害ハザードマップの手引きなどで示されている。高齢者施設では多くの自力では避難が困難な入所者が多く、また介助、避難をするスタッフの人数にも限りがある。本研究の成果により、階段階上へ介助を伴う避難行動を支援する手段の選択肢を広げることが期待できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop an evacuation device model in which two caregivers evacuate a person who has difficulty in self-evacuating to the floor by themselves, and to show the time required for the evacuation. The model is foldable, and the person who has difficulty evacuating by himself/herself can get on the model by transferring the caregiver.

The two caregivers with a combined grip strength of 89 kg were able to pull the dummy from staircase 1 to staircase 2 via the landing in an average of 29.1 ± 8.1 seconds, indicating that the model could be used for evacuation. On the other hand, the caregiver pair with a combined grip strength of 54 kg took an average of 49.0 ± 23.0 seconds to pull up staircase 1. We considered that the caregiver pair with a small grip strength needed a power source to assist human power.

研究分野：リハビリテーション科学、福祉工学

キーワード：避難 高齢者施設 津波・水害 屋内安全確保

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の津波や水害による被害発生により、「土砂災害防止法」が平成 29 年 6 月に改正され、浸水時における高齢者施設など要配慮者利用施設の避難体制の強化を図るようになった。法律では、避難の準備や計画、訓練などをマニュアル化する避難確保計画の作成を求めている。しかし、平成 31 年 3 月 31 日現在、全国の対象施設数 67,901 に対し、計画を作成した施設は 24,234 施設(35.7%)にとどまっている。本申請者は、平成 29 年に北海道太平洋沿岸の津波浸水地域に所在する特別養護老人ホーム、老人保健施設の施設職員に調査をしたところ、津波や水害発生により、建物内の階上に避難をする可能性があるが、具体的な避難方法は示されていなかった¹⁾。

階上への移動に利用できる電動の可搬型階段昇降機があるが、低速高トルクモーターを使用しており、1 名を階上まで避難させ、階下まで戻するのに 5 分程度の時間がかかり、多くの入所者を短時間で避難させるには限界がある。以上のことから本研究は「高齢者施設において、少ない介助者で多くの自力避難困難な入所者を迅速に階上へ避難させる方法を学術的「問い」に設定した。

2. 研究の目的

本研究は、介助者 2 名により自力避難困難者 1 名を階上に避難させる避難器具モデルを開発し、その避難時間を提示することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 試作

高齢者施設に設置し、使用すること、施設職員・介助者が入所者を避難させることを想定して人力による避難器具モデルの仕様を検討した。

(2) 評価 1 一つの階段斜面の引き上げ実験

概要

試作した避難器具モデルの操作を確認した。2 名の介助者で、避難器具モデルに 50kg のダミーを乗せて 1 か所の階段を引き上げる実験を実施した。介助者の握力(介助者の体力とみなす)と引き上げにかかる時間を測定した。本研究は人を対象とする臨床研究であり、北海道科学大学研究倫理承認番号第 614 号に基づき、被験者に予め説明を行い、同意を得てから、安全に十分配慮して実施した。

対象

20 歳以上の健常者 18 名とした。

方法

実験系は北海道科学大学 C 棟西側の階段 10 段(3.2m)を使用し、測定距離は 2.8m とした。傾斜の勾配は 33° だった(図 1)。

使用機器はアナログ式握力計、3 軸加速度センサ及び測定システム(Windows パソコン)、ビデオカメラとした。試作モデルには高齢者施設の入所者の体重を想定した重量 50kg のダミーを乗せた(図 2)。ダミーの下腿部上に、加速度センサとノートパソコンを搭載した測定ボックスを乗せて固定した。

介助者はあらかじめ握力を測定した。試作モデルの引き上げ方法は、試作モデルの階段引き上げ方向上側に 2 名の介助者を左右に配置した(図 3)。試作モデルをフロアから階段の 3 段目の位置に設置した状態から引き上げを開始した。介助者 2 名は試作モデルの上部に設置したハンドルを持ち、試作モデルが階段 10 段目、介助者が踊り場に到達するまで測定距離間を引き上げた。1 回の引き上げごとに介助者の左右配置を入れ替えて 1 回繰り返した。

引き上げにかかった時間は、加速度センサの鉛直方向加速度が $2m/s^2$ または $-2m/s^2$ を初めて超えたところを開始時点とし、最後に超えたところを終了時点とした。

(3) 評価 2 階段 - 踊り場 - 階段の階上への引き上げ実験

概要

2 名の介助者で、避難器具モデルにダミーを乗せて、階段 1 - 踊り場 - 階段 2 の階上へ引き上げる実験を実施した。介助者の握力(介助者の体力とみなす)と引き上げにかかる時間を測定した。本研究は人を対象とする臨床研究であり、

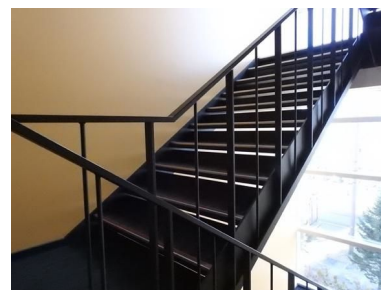


図 1 評価 1 実験系



図 2 ダミー

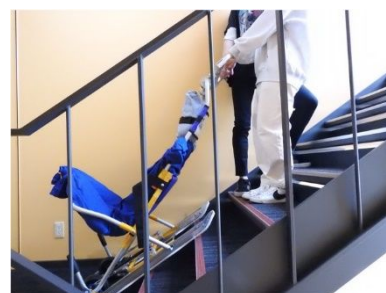


図 3 引き上げ方法

北海道科学大学研究倫理承認番号第 672 号に基づき、被験者に予め説明を行い、同意を得てから、安全に十分配慮をして実施した。

対象

20 歳以上の健常者 8 名とした。

方法

実験系は北海道科学大学 C 棟西側階段（図 4）を使用した。2 階のフロアから階段 1（10 段、3.2m、33°）、踊り場（道のり 2.5m）（図 5）、階段 2（12 段、3.9m、33°）を経由して 3 階のフロアまでとした。

使用機器はアナログ式握力計、ビデオカメラとした。試作モデルには高齢者施設の入所者の体重を想定した重量 50kg のダミーを乗せた（図 2）。

引き上げの試技の設定、及び引き上げ時間を集計するにあたり、2 階から 3 階へと 1 フロア引き上げる行程を 4 相に区分した。

1 相は、試作モデルを階段 1 の 2 段目の中央部に配置した。試作モデルを斜面に沿いながら引き上げていき、試作モデルの 2 輪が踊り場（図 5）に乗るまでとした。試作モデルの動き始めの判断は、試作モデルのロックをかける部分にある金属性フックが動き始めるタイミングとした。2 相は、踊り場を旋回して、階段 2 の 2 段目中央部に試作モデルを設置し、試作モデルが動き始めるまでとした。3 相は、階段 2 の斜面を引き上げていき、3 階のフロアに試作モデルの 2 輪が乗るまでとした。4 相は 3 階のフロアに 2 輪が完全に乗ってから試作モデルの 4 輪を床に降ろすまでとした。

介助者はあらかじめ握力を測定した。試作モデルの階段引き上げ方向上側に 2 名の介助者を左右に配置した（図 3）。

介助者 2 名は、各相での引き上げる手順について口頭の指導を受け、ダミーを乗せた試作モデルの引き上げ試技を一度練習した。介助者の身体の向きや引き上げる手は自由とした。

試作モデルの引き上げ方法は、階段 1 の 2 段目の中央部に試作モデルを配置し、踊り場に到達するまで引き上げた（第 1 相）。踊り場では車輪を 2 輪にした状態のまま試作モデルを軽度傾けて旋回し、階段 2 の中央部に設置した（第 2 相）。階段 2 の 2 段目の中央部に試作モデルを設置し、3 階のフロアに到達するまで引き上げた（第 3 相）。3 階のフロアでは、試作モデルを軽度傾けて、車輪 4 輪にして試作モデルをフロア上に降ろした（第 4 相）。

4. 研究成果

(1) 試作

検討した仕様をもとに試作モデル（図 6）を製作した。試作モデルは市販の階段降下避難車を改造し、階段階上へ引き上げを可能にした。重量は 10.7kg、折り畳み収納を可能とし、折り畳み時の寸法は 542(W) × 218(D) × 1033(H)とした。最大積載量は 160kg とした。介助者 2 名で避難者 1 名を移乗して乗車し、最大傾斜 35° の階段を引き上げることが可能なことを確認した。

引き上げ方法は、試作モデルの階段引き上げ方向上側に 2 名の介助者を左右に配置して、2 名が引き上げる方法（図 7）と、1 名が階段引き上げ方向下側に、もう 1 名が上側に配置して、下側から押し上げ、上側から引き上げる方法（図 8）を設定した。本報告では 2 名とも上側から引き上げ動作となる左右配置の引き上げ時間に注目して報告した。

(2) 評価 1

介助者の握力は、文部科学省の新体力テスト実施要項に基づき、左右のうち大きい値を採用した。握力の大きい順に介助者のペアを 9 組設定した。介助者 2 名の握力を合計し、介助者ペアの合計握力(kg)とした。1 組のペアは、左右を入れ替えて引き上げの試技を繰り返して 2 試技の引き上げを行い、合わせて 18 データを取得した。合計握力(kg)と階段 1(斜面距離 2.8m)の引き上げ時間の関係をグラフ(図 9)に示した。グラフから、介助者 2 名の合計握力が 60.5(kg)以下になると、引き上げ時間が長かった。合計握力が 60.5(kg)以下の 6 データについて、

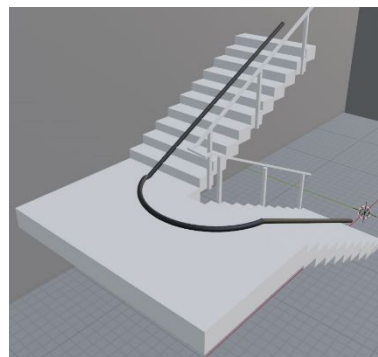


図 4 評価 2 実験系



図 5 踊り場



図 6 試作モデル



図 7 左右配置引き上げ

合計握力は $54.0 \pm 7.7\text{kg}$ 、引き上げ時間は $49.0 \pm 23.0\text{(s)}$ だった。合計握力が 60.5(kg) を超える 12 データについて、合計握力は $88.5 \pm 18.7\text{kg}$ 、引き上げ時間は $7.2 \pm 2.0\text{(s)}$ だった。握力は全身の粗大筋力に強い相関がある²⁾ことから、合計握力 60.5(kg) (介助者一人の握力として 30(kg)) 以下の介助者ペアでは、ダミーを乗せた試作モデルで階段を短時間で引き上げるほどの体力がなく、実用的な避難の手段として用いるのは難しいと思われる。一方、合計握力が 60.5(kg) を超える介助者ペアでは、概ね 10 秒以内で引き上げることができ、実用的な避難の手段として用いることができる可能性を示した。



図 8 上下配置引き上げ

(3) 評価 2

介助者の握力は評価 1 と同じく左右のうち大きい値を採用した。介助者ペアの合計握力を平準化するように、握力の最も大きい介助者と最も小さい介助者、2 番目に大きい介助者と 2 番目に小さい介助者のようにして介助者のペアを 4 組設定した。介助者 2 名の握力を合計し、介助者ペアの合計握力(kg)とした。1 組のペアは、左右を入れ替えて引き上げの試技を 2 回繰り返して 4 試技の引き上げを行い、合わせて 16 データを取得した。合計握力(kg)と”階段 1 - 踊り場 - 階段 2 - 試作モデルを降ろす”の引き上げ行程各相の時間(s)及び引き上げ行程の合計時間(s)の平均値、及び標準偏差を表 1 に示した。表 1 から、介助者ペアの合計握力は平均 89.0(kg) であり、評価 1 の介助者ペアの結果である 60.5(kg) を超える 12 データについての合計握力平均 88.5(kg) と概ね一致した。また、1 相(階段 1)の引上げ時間は平均 7.5(s) であり、評価 1 の介助者ペアの結果である 60.5(kg) を超える 12 データについての引き上げ

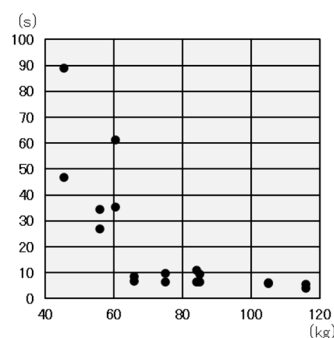


図 9 合計握力と引き上げ時間の関係

表 1 合計握力と 4 相各相及び合計引き上げ時間

時間平均 7.2(s) と概ね一致した。引き上げ時間合計は $29.1 \pm 8.1\text{(s)}$ であり、介助者ペアの合計握力が 89(kg) あれば、約 30 秒で一つ上の階に引き上げることができる可能性が得られた。

	合計握力(kg)	1相:階段1(s)	2相:踊り場(s)	3相:階段2(s)	4相:試作モデルを降ろす(s)	引き上げ時間合計(s)
平均	89.0	7.5	8.4	9.2	3.9	29.1
標準偏差	4.2	1.6	1.7	3.7	1.1	8.1

(4) 研究のまとめ、今後の展開

評価 1 の結果より、試作モデルでは、合計握力が 65(kg) 以上であれば、一つの階段を 10 秒以内で引き上げることができることから、実用的な利用が期待できる。一方、合計握力が 60(kg) 以下になると、一つの階段を引き上げるのに約 54 秒かかり、実用的な利用は難しいと考えられる。高齢者施設での避難を想定すると、介助者のペアのうち、少なくとも 1 名が体力(握力)の強い介助者であれば利用できる可能性がある。一方、2 名とも体力(握力)の弱い介助者の場合は利用が難しいことが想定される。体力の弱い介助者による引き上げには、人力以外の動力の補助を加える方法について、検討を進める。

評価 2 の結果より、試作モデルでは合計握力が平均 89(kg) のペアで、”階段 1 - 踊り場 - 階段 2 - 試作モデルを降ろす”の引き上げ行程を約 30 秒で実施できた。今後はさらに評価を進め、安全性に十分配慮したうえで人を乗せた引き上げ実験を行い、安全な引き上げ行程のプロセスを構築する。また各相における操作の最適化、効率化を図り、それらを合わせて取り扱いのマニュアルを作成する。その上で高齢者施設でのフィールド評価を実施し、実用的な利用に向けて進めていく。

< 引用文献 >

鴨志田麻実子、宮坂智哉、谷口尚弘、福田菜々、真境名達哉．北海道沿岸都市の高齢者施設における津波避難対策の実態、日本建築学会大会学術講演梗概集、(北陸) 2019 年 9 月、5257、p513-514、2019

Bohannon RW、Magasi SR、Bubela DJ、Wang YC、Gershon RC、Grip and knee extension muscle strength reflect a common construct among adults、Muscle Nerve、46(4)、p555-558、2012

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鴨志田麻実子、宮坂智哉
2. 発表標題 引きずり避難を用いた垂直避難における下方からの支持の有無が避難行程と避難介助に及ぼす違い
3. 学会等名 第11回 日本支援工学理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

宮坂智哉研究室ページ https://www.facebook.com/husmiyasakalab/

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
---------	---------