

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K18208

研究課題名(和文) 保育施設における津波時の市街地避難計画の検証手法に関する研究

研究課題名(英文) Study on evaluation method of urban evacuation plan against tsunami in childcare facilities

研究代表者

PINHEIRO Abel (Pinheiro, Abel)

神戸大学・工学研究科・助教

研究者番号：50751690

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では課題1として東日本大震災時における保育園児の津波避難に関する事例調査、課題2として南海トラフ巨大地震等に伴う津波襲来が想定される地域を対象とした避難計画策定状況調査を行い、課題3として以上の事例調査結果を踏まえ諸条件を統制した市街地避難訓練観測・避難実験を積み重ね、津波避難施設や高台等まで避難する際の引率下の園児の年齢別避難速度や多人数用ベビーカー等介助用具を用いた場合の搬送効率を把握し、保育施設における津波時の市街地避難計画の検証手法の構築に必要な基礎データを整理した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

保育施設では、津波襲来時における園児の避難対応が課題であり、市街地レベルの安全な場所への広域的な避難が求められる場合の職員・園児集団の行動能力や支援体制については、これまでに十分な研究が行われていない状況にある。そこで本研究では、誘導員引率下の園児の年齢別避難速度や多人数用ベビーカーを用いた際の路面勾配別搬送効率等、職員・園児集団が津波避難施設や高台まで避難する際の行動能力を実験環境下において把握した。保育施設の避難目的地の設定や地域コミュニティによる支援体制の検証手法の構築に必要な基礎データが整理され、今後の減災対策の策定に貢献できることに意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In our study, as the first issue, survey on tsunami evacuation of nursery school children during the Great East Japan Earthquake, and, as the second issue, survey on actual tsunami evacuation plan of nursery schools located in areas where it is estimated to be affected by tsunami due to the Nankai megathrust earthquakes were conducted. As the third issue, evacuation experiments were conducted based on the results of the surveys above, to measure the evacuation capabilities of nursery teachers and children to the assumed tsunami evacuation facilities and hills, by analyzing the walking speed of children under the guidance of teachers and the transportation speed of multi-passenger baby strollers, aiming to organize necessary data for the development of the evaluation method of urban evacuation plan against tsunami in nursery schools under multiple scenarios.

研究分野：避難計画

キーワード：乳幼児 災害時要援護者 避難行動要支援者 市街地避難 広域避難 津波避難 避難時間推計 避難行動モデル

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、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2011年に発生した東日本大震災により被災した保育施設は、岩手県・宮城県・福島県において722施設あり、この内78施設は津波襲来等で全壊・半壊した。建物被害が大きい一方、施設で保育中の乳幼児が亡くなったのは1施設の3人であり、事前の備えが人的被害の抑制につながったとされている。しかし震災当日、津波からの避難を行った施設の事例では、地震動による建物被害が大きいほど、事前の計画と異なる避難対応が行われた傾向にあり、避難目的地の設定に課題があることが調査結果として示されている。

保育施設における避難の態様は、歩行が困難な乳幼児を含む5歳児までの園児集団の行動能力や支援能力に規定され、これらの避難能力が把握されていないと、二次災害に曝される可能性など避難困難性が高まると懸念され、避難先の決定に支障をもたらすことになる。そこで、実際の保育施設の市街地避難では、独立歩行が可能な園児は、職員の誘導の下で歩行による避難を行い、独立歩行が出来ない園児の避難については、抱っこ又は2~6人乗りの多人数用ベビーカー等を用いた搬送介助が行われる傾向にあることを踏まえ、避難経路の設定や誘導方法の適否を検証する上では、園児の行動能力及び職員の誘導能力・搬送介助能力を把握することが不可欠であると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、実験環境下にて職員・園児集団の避難行動能力を把握の上、避難場所の設定や支援体制の有効性の検証方法について研究を行うこととした。課題1として東日本大震災時における保育園児の津波避難に関する事例調査、課題2として南海トラフ巨大地震等に伴う津波襲来が想定される地域を対象とした避難計画策定状況調査を行い、課題3として以上の事例調査結果を踏まえ、津波避難施設や高台等まで避難する状況を再現した避難実験を実施し、引率下の園児の年齢別避難速度や多人数用ベビーカーを用いた場合の搬送効率を把握した上で、保育施設における津波時の市街地避難計画の検証手法の構築に必要な基礎データを整理することとした。

### 3. 研究の方法

第1に東日本大震災発生時における避難状況に関する事例調査として、震災時に園児の避難対応に関わった保育施設の職員を対象に、震災時の避難行動、及び、避難経路の確保状況(避難経路の距離、高低差、路面勾配、有効幅員、信号の有無や混雑度等)について、ヒアリング調査・現地調査(測量調査)を行うこととした。

第2に南海トラフ巨大地震などに備えた津波避難計画の策定状況に関する事例調査として、津波の襲来が想定されている地域の保育施設を対象に、現行の保育園児の避難計画の策定状況について、該当施設の職員を対象にヒアリング調査を行うこととした。

第3に保育施設の市街地避難訓練観測・避難実験として、上記事例調査の結果を踏まえ、路面勾配など諸条件を統制した環境において避難訓練観測・避難実験を行うこととした。これらの実験においては、沿岸部地域の避難経路や六甲山麓にある神戸大学キャンパス内外の様々な勾配の傾斜地を利用し、誘導員引率下の園児の年齢別歩行速度や多人数用ベビーカーの搬送効率等について、路面勾配・園児集団構成別等に避難実験条件を変更して測定の上、避難の態様を左右する要因の影響度を考慮した避難所要時間推計や避難目的地設定の検証手法の構築に必要な基礎データを整理することとした。

### 4. 研究成果

東日本大震災発生時における避難状況に関する事例調査(宮城県気仙沼市・岩手県釜石市にて実施)及び、南海トラフ巨大地震などに備えた津波避難計画の策定状況に関する事例調査(神戸市にて実施)の結果として、津波襲来に伴い市街地で避難を行う場合は、独立歩行が可能な園児は誘導員引率の下で歩いて避難し、独立歩行が出来ない園児については、職員の背負いや抱っこ、又は、多人数用ベビーカー等避難搬送機材を用いて避難先まで搬送される傾向が確認された。有効かつ迅速な避難対応につながる要因として、津波襲来に備えた避難計画の徹底、園舎・設備の耐震対策、早期の避難決断、短距離な避難経路を確保するための取り組み、地域コミュニティの支援体制の形成、また、歩行が困難な園児集団の避難能力・誘導體制の形成が重要であることが明らかとなった。

また、東日本大震災発生時に津波で被災した保育施設の事例では、既存のハザードマップにより該当施設が想定津波浸水域内に位置する場合、避難場所や保護者への園児引き渡し場所は園外に設定されていた傾向にあったが、想定津波浸水域の外とその付近に位置していた保育施設の場合は、避難場所や園児の引き渡し場所が園庭や施設の2階など、園内に設定されていた傾向にあった。避難場所と園児引き渡し場所を園外に設けている施設では市街地避難を比較的に早い段階で開始し、また、園児の避難に際してより多くの支援を地域コミュニティにより得ることができていた。一方、避難場所や園児引き渡し場所を園内に設けていた施設では、地震直後から園児を迎えに来た保護者への対応に時間を取られ、津波襲来に関する情報収集や避難開始判断は津波到達直前に行われることとなり、人的被害はなかったが、市街地避難は予防的というより脱出的な行為に移行していた傾向が確認された。避難経路上では、浸水、余震による倒壊、火災等の二次災害に曝される可能性が高まり、また、避難が遅れたため、園児の誘導に際して地域の

支援を得る事や受け入れ可能な避難所を確保することが困難となった場合も確認された。

現在、国内各地の沿岸部に位置する保育施設では、津波火災等の二次災害に備えて、津波浸水想定区域外における避難場所を求め、より広域な市街地避難経路が確保する傾向にある。その際の避難計画を評価する上で、避難する集団の市街地避難対応を踏まえることが重要となる。以上を踏まえ、保育施設における市街地避難訓練の観測等に基づき、引率下の園児年齢別集団歩行速度、多人数用ベビーカーを用いた避難速度、避難経路の段差・勾配の影響等を把握することを通じて、市街地避難対応を評価する手法を確立することが課題であることが確認された。

保育施設の市街地避難訓練観測・避難実験の成果として、神戸市沿岸部に所在する保育施設の協力を得て、南海トラフ巨大地震に伴う津波災害を想定した避難訓練を実施し、訓練の観測に基づき、歩道及び歩道橋階段における誘導員引率下の園児年齢別歩行速度、並びに歩道及び歩道橋スロープにおける多人数用ベビーカーを用いた搬送速度について基礎データを整理した。また六甲山麓にある神戸大学キャンパス内の勾配 14%の傾斜地にて、多人数用ベビーカー（手動式機材と電動アシスト式機材）を用いて高台まで避難する状況を再現した実験を行い、被験者の身体的負担を運動強度変動値として心拍計で計測した結果、手動式機材を用いた搬送過程では運動強度が次第に上昇することで身体的負担が増加し、一定の速度で搬送を継続することが困難となる傾向が確認された。一方、電動アシスト式機材搬送時においては、搬送中に運動強度の変動は少なく、一定速度で搬送を継続することがより可能であることが確認された。

今後の課題として、職員が園児の引率・搬送を行う際の避難行動特性の形成過程に着目し、段差や急傾斜を含む環境下で避難実験を積み重ね、園児の誘導・搬送を行う職員の身体能力や身体的負担の観点から、集団をとりまとめた上での避難が困難になると考えられる路面勾配や距離を予測可能とする基礎データを得ること、及び、避難困難性を回避する上で有効な搬送担当職員の人数及び配置の再検討、地域コミュニティによる支援体制の見直しや、避難目的地の設定の有効性の検証手法について検討を進めることが重要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 7件）

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Nobuhito Ohtsu, Akihiko Hokugo, Abel Taiti Konno Pinheiro and Jihyang Lee   | 4. 巻<br>3               |
| 2. 論文標題<br>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<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>Japan Architectural Review  | 6. 最初と最後の頁<br>218 ~ 230 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1002/2475-8876.12140   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Abel Taiti Konno Pinheiro and Hokugo Akihiko  | 4. 巻<br>10              |
| 2. 論文標題<br>Effectiveness of early warning and community cooperation for evacuation preparedness from mega-risk type coastal hazard in childcare centers | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment   | 6. 最初と最後の頁<br>260 ~ 275 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1108/IJDRBE-05-2019-0023   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>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<br>84 (756)      |
| 2. 論文標題<br>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      | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>日本建築学会計画系論文集                                 | 6. 最初と最後の頁<br>415-424 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3130/aija.84.415        | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>池田 明徳, 北後 明彦, ピニエイロ アベウ タイチ コンノ       | 4. 巻<br>84 (755)      |
| 2. 論文標題<br>津波避難訓練における避難開始状況の観測に基づく避難開始時間設定の再検討  | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>日本建築学会計画系論文集                          | 6. 最初と最後の頁<br>159-165 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3130/aija.84.159 | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>秋月 有紀, 北後 明彦, 高嶋 彰, 松井 俊成, 武内 芳夫, アベウ タイチ コンノ ピニエイロ, 鈴木 広隆, 安福 健祐 | 4. 巻<br>83 (754)      |
| 2. 論文標題<br>街路に設置する津波避難誘導灯の有効性に関する検討   | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>日本建築学会環境系論文集  | 6. 最初と最後の頁<br>945-953 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3130/aije.83.945                             | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Kensuke Yasufuku, Yuki Akizuki, Akihiko Hokugo, Yoshio Takeuchi, Akira Takashima, Toshinari Matsui, Hiroataka Suzuki and Abel Taiti Konno Pinheiro | 4. 巻<br>91            |
| 2. 論文標題<br>Noticeability of Illuminated Route Signs for Tsunami Evacuation   | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>Fire Safety Journal  | 6. 最初と最後の頁<br>926-936 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.firesaf.2017.04.038  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>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                                     | 4. 巻<br>81 (724)          |
| 2. 論文標題<br>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: 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速度の比較 | 5. 発行年<br>2016年           |
| 3. 雑誌名<br>日本建築学会計画系論文集   | 6. 最初と最後の頁<br>1239 ~ 1249 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3130/aija.81.1239                                 | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Akihiko Hokugo, Nobuhito Ohtsy and Abel Taiti Konno Pinheiro   |
| 2. 発表標題<br>Designing inclusive disaster risk reduction in hyperaging society: assistive technologies to enhance community-based disaster preparedness                   |
| 3. 学会等名<br>The 9th Kobe University Brussels European Centre Symposium, Smart Cities, Secure Societies: Breakthroughs in EU and Japan Research Cooperation (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Abel Taiti Konno Pinheiro and Hokugo Akihiko   |
| 2. 発表標題<br>Effectiveness of early warning and community cooperation for evacuation preparedness from mega-risk type coastal hazard in childcare centers |
| 3. 学会等名<br>8th International Conference on Building Resilience (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>ビニエイロ アベウ タイチ コンノ, 北後 明彦              |
| 2. 発表標題<br>釜石市における東日本大震災発生時の保育施設の市街地津波避難に関する事例調査 |
| 3. 学会等名<br>日本建築学会                                |
| 4. 発表年<br>2017年                                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大津 暢人, 北後明彦, ビニエイロ アベウ タイチ コンノ  |
| 2. 発表標題<br>災害時要援護者の津波避難搬送速度に関する実験的研究 - 車いす、介助車、シルバーカーの3機種を用いた3種類の勾配における屋外介助走行速度の比較 - |
| 3. 学会等名<br>日本火災学会  |
| 4. 発表年<br>2017年  |

〔図書〕 計3件

|                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名<br>福井 潔, 古宇田智子, ビニエイロ アベウ, 他 | 4. 発行年<br>2017年 |
| 2. 出版社<br>日本防火技術者協会                 | 5. 総ページ数<br>52  |
| 3. 書名<br>ビル内保育施設の火災安全確保のために         |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

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