

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：12701

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21752

研究課題名（和文）不安全な一時避難後行動に影響を及ぼす要因の多角的解明と防災教育への実装展開

研究課題名（英文）Factors influencing post-evacuation behaviors following a major earthquake

研究代表者

小柴 佑介（Koshiba, Yusuke）

横浜国立大学・大学院工学研究院・技術専門職員

研究者番号：60419273

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、フィジカルリスクがある建物に関して、新たな概念である再入棟行動に及ぼす要因の探索および得られた知見の防災教育への展開に主眼を置いた。本研究で実施した2つのサブテーマから、次の成果を得ることができた：（1）再入棟行動の促進要因および阻害要因を定量的に明らかにした。（2）単独条件下では促進要因や阻害要因でなくても、条件が複合化することで再入棟行動促進要因になり得ることを見いだした。（3）再入棟行動時の選択的注意項目を明らかにすることができた。（4）不安全な再入棟行動を防止するための漫画教材を制作することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大地震発生前の準備行動や避難行動に係る研究は数多く発表されているが、一時避難後の行動についてはほとんど報告が無い。大地震直後に、フィジカルハザードが中にある建物へ再入棟することは、たとえ建物が健全であっても不安全行動である。本研究から、新たに提唱した概念であるPEBに関して、再入棟行動に及ぼす要因を特定できただけではなく、この不安全行動を防止するための漫画教育教材を開発することができた。本研究で得られた知見は、地震に係る損失の低減に資することから、ここに社会的および学術的意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This project aims to elucidate the post-evacuation behaviors of university members immediately after a major earthquake and to make educational materials. The major findings of this research can be highlighted as follows: (1) several combined situations significantly increased the respondents' intentions to return evacuated buildings, (2) a text mining demonstrated selective attention elements during the post-evacuation behaviors, and (3) two educational Manga materials related to fires/explosions, and poisoning/suffocation accidents in laboratories immediately after a major earthquake were draw. In conclusion, the study findings provide useful insights into the understanding of people's unsafe post-evacuation behaviors, largely contributing to the reduction of earthquake-related fatalities in facilities that store and handle hazmat materials.

研究分野：安全工学

キーワード：不安全行動 避難後行動 一時避難 危機管理 防災教育 行動意思決定 フィジカルハザード 漫画教材

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

研究教育機関や化学プロセス産業などにおいて、多くの化学物質が溶剤、燃料、添加剤等として直接的に利用されたり、高分子や医薬品等の有用な物質に変換されたりして人類の繁栄に大きく貢献してきた。一方で、化学物質には可燃性、酸化性、爆発性、急性毒性といったフィジカルハザードも持ち合わせていることも多いため、Golem のように、うまく制御できないと火災、爆発、中毒等といった事故災害が起こり得る。特に、大地震が起きた場合、化学物質を取り扱う施設で漏えいや流出が起きる可能性がある。これは、自然災害を切っ掛けとする災害 (Natech) であり、そのリスク低減が近年求められている。

大学等の研究教育機関では、大地震が発生した場合、実験等を一旦止めて建物外に出る行動を取ると考えられる。大地震発生直後は、当局の危機管理体制が構築される前であり、建物外に出た者が自己判断で行動できてしまうフェーズである。建物損傷が見かけ上小さい場合、再入棟行動を嗜好してしまう可能性がある (図 1)。しかしながら、上述の通り、大学の理系の建物内には、フィジカルハザードである試薬、溶剤、高圧ガスボンベ等がある。従って、大地震直後において、建物自体が構造上たとえ健全であっても、建物にはフィジカルハザードに係るリスクが残留しているため、再入棟行動を嗜好することは不安全であると考えられる。事実、研究代表者らは、2011 年の東北地方太平洋沖地震の発生直後、建物内のフィジカルハザードの様子が不明であるにも拘わらず、一旦大学建物から出た者が自己判断で安易に建物内に再入棟してしまうケースを数多く目撃しており、これが本研究の着想に至った経緯の一つとなっている。

大地震に係る人々の行動に関して、たとえば災害発生前では準備行動、災害発生時では避難行動等の研究は数多くされている。これらに及ぼす要因の探索が進んでおり、得られた知見が防災教育等に広く利用されている。一方、本研究で主眼とする「大地震が発生して一旦建物外に出た者が嗜好する行動」については既往研究が無く、未開拓分野であると言える。本研究では、これを避難後行動 (Post-evacuation behavior, PEB) と命名し、新たな概念である PEB に及ぼす要因の探索および得られた知見の防災教育への展開を目指す。

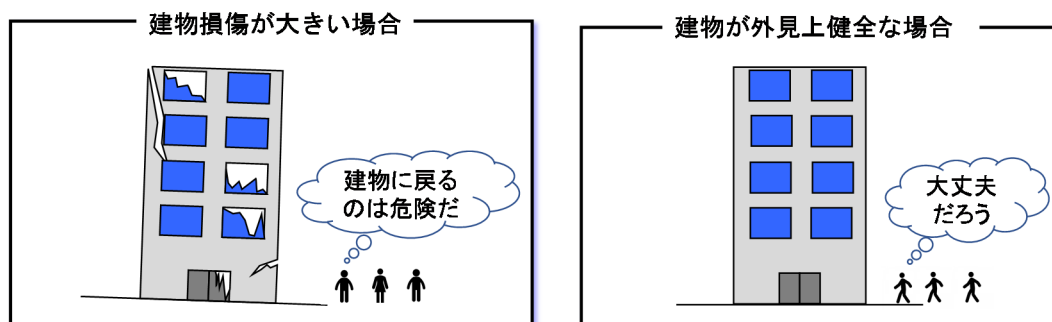


図 1 大地震直後において、建物損傷が人々の再入棟行動に及ぼす影響

2. 研究の目的

大地震発生直後のフェーズにおける危機管理体制の構築や効果的な防災教育の実施のためには、PEB 特性を明らかにする必要がある。上述の社会的および学術的背景を勘案し、PEB 特性に及ぼす要因の探索および得られた知見を防災教育に実装展開することを本研究の目的とした。なお、本研究においては、次の 2 つのサブテーマを設定した。

● サブテーマ 1: PEB に及ぼす要因の解明

サブテーマ 1 では、大学構成員の PEB に及ぼす外的要因および心的要因を探索するとともに、再入棟時の選択的注意項目も明らかにすることも目的とした。

● サブテーマ 2: PEB に係る防災教育教材の開発

サブテーマ 1 で得られた知見を防災教育に実装することをサブテーマ 2 の目的とした。ただし、後述する通り、2020 年から始まった世界的な新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の影響により、研究期間 (2019-2021 年) において対面での教育の場を開催できないといった、様々な行動制限が生じた。従って、実際にサブテーマ 1 で得られた知見を基にした防災教育プログラムを実行するまでには至らなかった。しかしながら、防災教育の場で活用するための PEB に係る教育教材を開発することまではできた点に留意する必要がある。

本研究では、「教材として親しみがある」、「一見で理解可能」、「関心度が增大する」、「記憶保持に有効」といった多くの利点がある一方で、比較的低コストで作成が可能な漫画教材の制作を

目指した。

3. 研究の方法

(1) サブテーマ1: PEB に及ぼす要因の解明

大学構成員を対象としたアンケートを実施し、再入棟行動の阻害要因および促進要因を検討した。調査票は、研究代表者の先行研究 [Koshiba2018] の知見に基づいて新規に作成した。PEB に影響し得る外的要因に関しては、降雨がある場合、建物損傷が見かけ上小さい場合、火災が起きている場合等の約 20 条件を設定した。なお、実際の大地震時には、各条件が複合的に起こる可能性がある。従って、単独条件下だけではなく、複合条件下における PEB についても検討した。心的要因としては、行動意思決定モデルに基づいて、フィジカルハザードに対する知識、リスク認知、大地震経験、社会的規範等が PEB に及ぼす影響を検討した。また、フィジカルハザードに係る知識と再入棟行動時の選択的注意項目に関連性がある可能性があるため、この仮説を検証するために、選択的注意項目についても調査した。

大学構成員（教職員および学生）を対象に、2 回アンケートを実施した（質問紙調査およびウェブ調査）。回答者数は、それぞれ $n=52$ および 265 だった。統計解析として、Welch の t 検定や対応のある分散分析 (rANOVA)、テキストマイニング等を行った。

(2) サブテーマ2: PEB に係る防災教育教材の開発

本漫画教材で教示すべきことは、建物内にフィジカルハザードがある場合、たとえ建物自体が大地震直後に見かけ上健全であっても、不用意な再入棟は不安全行動であるということである。従って、本漫画教材中において、再入棟行動に係るリスクおよび再入棟行動を選好しないためのポイントを明示することとした。なお先述した通り、大学の理系の建物では、火災、爆発、中毒等の事故災害が大地震後に起こり得る。従って、本研究では、「火災・爆発」編および「中毒・酸欠」編の漫画を制作することとした。

4. 研究成果

(1) サブテーマ1: PEB に及ぼす要因の解明

調査で得られた主要な結果は次の通りである：(i) 再入棟時の恐怖感に関しては、有意に女性 > 男性であった ($p < .05$)、(ii) 単独条件としては、「持ち物を持たずに建物外に出てしまった場合」、「知り合いが見当たらない場合」、「他の者が再入棟し始めた場合」、「建物損傷が見かけ上小さい場合」に再入棟が起こりやすいこと、(iii) 「建物損傷が見かけ上大きい場合」、「ガス漏えいが起きているかもしれない場合」などで再入棟が起こりにくいこと、(iii) 複合条件下に関しては、たとえば「寒い場合」および「降雨がある場合」、それぞれが単独条件では再入棟促進要因ではなかったが、これらが複合化することで、再入棟促進要因になること、(iv) 持ち物を持たずに建物外に出てしまった場合、たとえ建物損傷が大きくても建物内に取りに戻る者が一定数いることを見いだした。iv の結果に関しては、多くの者にとって、災害時に家族や友人と SNS を通じて連絡を取り合ったり、災害情報を得るためにスマートフォンを利用したりすることに起因していると考えられる。

フィジカルハザードに係る知識と再入棟行動との関係性を明らかにするために、テキストマイニングを行った。まず、再入棟時の選択的注意項目に関して、頻出語を抽出した。出現頻度が上位の語を図 2 に示す。この図から分かる通り、上位は「確認 (81)」、「建物 (57)」、「入棟 (56)」、「ガラス (53)」、「ヘルメット (51)」であった。一方、「試薬」や「高圧ガスボンベ」、「溶剤」といったフィジカルハザードに係る語に関しては、低位であることが分かった。

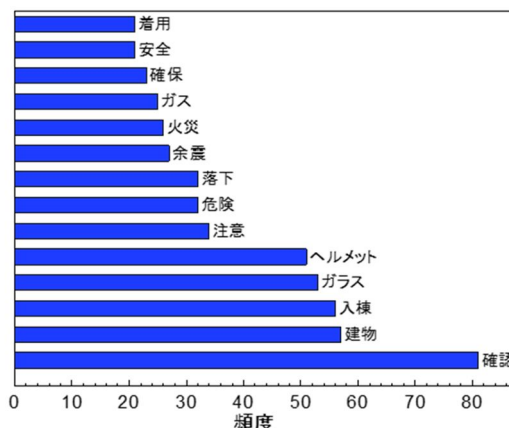


図 2 選択的注意項目に係る頻出語

ノード（語）間の関係性を定量的に解析するために、Jaccard 定数（式 1）に基づいた共起ネットワーク分析を行った。その結果、9 個のコミュニティがあることが明らかになった（図 3）。青緑色のコミュニティは、「身」、「頭」、「守る」、「経路」、「避難」から成っており、淡黄色色のコミュニティは「ガラス」、「注意」、「気を付ける」、「床」、「頭上」等から成立していることが分かった。朱色のコミュニティは「試薬」、「ガス」、「火災」等のフィジカルハザードのノードから成るコミュニティであった。一方このコミュニティ以外は、地震動から想起容易なノードから成立していると言える。この分析から、朱色のコミュニティとそれ以外のコミュニティとは関係性が低いことを見いだした。

$$J(X, Y) = n(X \cap Y) / n(X \cup Y) \quad (1)$$

なお、 X および Y はノードを示す。

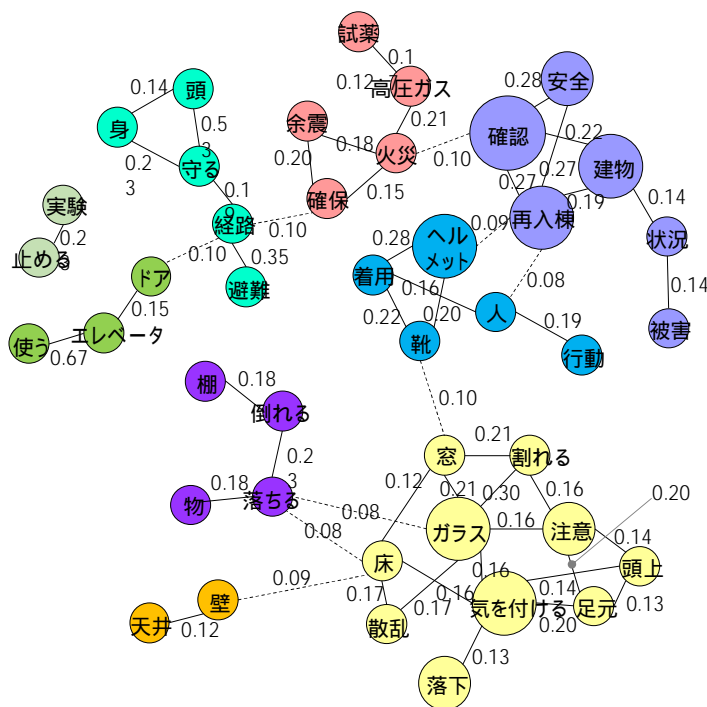


図 3 選択的注意項目に係る共起ネットワーク分析結果。実線と破線のエッジはそれぞれ Jaccard 係数が $> .10$ および $\leq .10$ であることを示す。

共起ネットワーク分析の結果から、地震動から想起容易な選択的注意項目とフィジカルハザードに係る選択的注意項目の間に関連性が低いことが分かった。そこで、選択的注意項目とフィジカルハザードに係る知識の間に関係性を明らかにするために、対応分析を行った（図 4）。その結果、第一象限を見て分かる通り、フィジカルハザードに係る知識と選択的注意項目の間には関係性があり、知識が多いとフィジカルハザード（たとえば火災、ガス、試薬等）に選択的注意が向くことが考えられる。

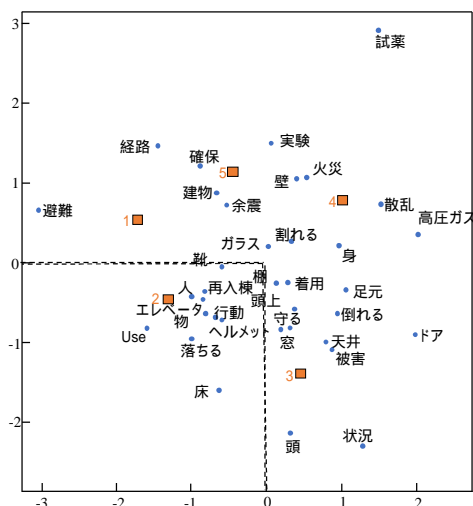


図 4 選択的注意項目に係る対応分析結果。四角プロットは、フィジカルハザードに係る知識を示し、この数値が高いほど知識があることを示す。

(2) サブテーマ2：PEB に係る防災教育教材の開発

本漫画教材の「火災・爆発」編および「中毒・酸欠」編ともに、図5に示すストーリー展開とした。図6に漫画教材の一部を示す。「起」では、人物像などのバックグラウンドを紹介するストーリーとした。「承」では、緊急地震速報が鳴動した後に、主人公らが建物外に出る描写とした。「転」ではフィジカルハザードとの接触によって主人公が死亡するシーンとした。「火災・爆発」編では地震動によって床面に落ちた可燃性溶剤を片付けようとした際に静電気放電で火災が発生し、漏えいしていた H₂ ガスが爆発する描写とし、「中毒・酸欠」編では地震動によって転倒した有毒ガスポンペから有毒ガスが AEGL-3 濃度以上で漏えいし、中毒事故が起こる描写とした。

「結」では、「転」でのストーリー展開をうまく利用することで、フィジカルハザードおよび再入棟行動を愛好しないためのポイントを示す漫画とした。「火災・爆発」編の「結」では、燃焼の3要素、爆発範囲、最小着火エネルギーといった可燃性ガスの危険性を読者に教示した。

「中毒・酸欠」編の「結」では、低酸素濃度環境がヒトに及ぼす影響や毒性・窒息性ガス種、AEGLなどを漫画で教示する内容とした。その後、「火災・爆発」編および「中毒・酸欠」編ともに、再入棟行動を取らないための次のポイントを示した。

- ✓ 大学当局の指示があるまで、基本的に自己判断で建物内に戻らない
- ✓ 食事や講義、実験等で建物の外に移動する際は、たとえそれが短時間であっても常に持ち物を身につける。スマホや財布、上着等の持ち物を持たずに建物外に避難してしまった場合、これらを取りに戻りがちである。
- ✓ 災害時は他の人の行動につられがちである。従って、他の人が建物内に戻り始めた場合であっても、安易に再入棟しない。
- ✓ 自身が使う実験室等だけではなく、他の部屋にこういった危険なものが保管されているかを知る。

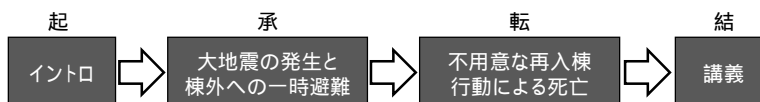


図5 漫画教材のストーリー展開。



図6 再入棟行動を防止するための漫画教材(火災・爆発編の一部)。

本研究により、未開拓分野であった PEB 特性に関して、これに影響する要因を明らかにできたとともに、再入棟行動を防止するための実践的な防災教材を開発することもできた。従って、ここに学術的意義があるだけでなく、大地震後の人損を低減できるという社会的意義も見いだすことができると言える。

<参考文献>

Koshiya Y. et al., *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 31 (2018) 548–554.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 中山穰, 小柴佑介	4. 巻 69 (3)
2. 論文標題 大学における防火防災への取り組み	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 火災	6. 最初と最後の頁 34 ~ 37
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 無
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 Koshiha Y., Chiba K., Nakayama J.	4. 巻 11
2. 論文標題 Chemical hazard perception and post-evacuation behavior following a major earthquake: A case of electrical engineering and chemistry students	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Environ. Saf.	6. 最初と最後の頁 37 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11162/daikankyo.E19SC1202	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 Koshiha Y., Nakayama J.	4. 巻 57
2. 論文標題 Intentions of university students and staff members to re-enter chemical storage buildings immediately after a major earthquake: A case study in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Disaster Risk Reduction	6. 最初と最後の頁 102150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijdr.2021.102150	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12件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小柴佑介, 中山穰
2. 発表標題 大地震直後における大学構成員の再入館行動特性に影響する要因の解明
3. 学会等名 第52回安全工学研究発表会 (新潟県長岡市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小柴佑介, 中山穰
2. 発表標題 大地震直後における理工系建物への再入館者の選択的注意項目の解明
3. 学会等名 第 20 回事故削減学際研究会 (愛知県名古屋市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小柴佑介, 中山穰
2. 発表標題 大地震直後の一時避難後行動に影響を及ぼす要因
3. 学会等名 第 19 回事故削減学際研究会 (東京都千代田区)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小柴佑介
2. 発表標題 大地震直後における学生の再入棟行動に影響を及ぼす外的要因の特定
3. 学会等名 2019年度機器分析技術研究会 (愛知県岡崎市)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小柴佑介, 中山穰
2. 発表標題 複合条件下における大地震直後の理工系建物への再入棟行動および選択的注意項目
3. 学会等名 第53回安全工学研究発表会 (オンライン開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小柴佑介
2. 発表標題 大地震直後における大学構成員の不安全な再入棟行動：行動意図および選択的注意項目の解明
3. 学会等名 総合技術研究会 2021（オンライン開催）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小柴佑介
2. 発表標題 地震防災に係る大学構成員の行動意思決定：不安全な再入棟行動および備蓄行動
3. 学会等名 安全衛生防災研究会オンライン講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小柴佑介，中山穰
2. 発表標題 フィジカル/バイオハザードを取り扱う建物への大地震直後における再入棟行動を防止するための教材の開発
3. 学会等名 第22回事故削減学際研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小柴佑介
2. 発表標題 大地震直後に理系建物へ再入棟させないためのマンガ教材の開発：ネーム制作
3. 学会等名 実験実習技術研究会2022
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小柴佑介
2. 発表標題 地震直後における理系建物の再入棟行動を防止するためのマンガ教材の試作
3. 学会等名 第22回事故削減学際研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小柴佑介
2. 発表標題 専門社会調査士資格の取得および大学の防災・安全衛生業務に係る調査事例
3. 学会等名 実験実習技術研究会2022
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小柴佑介, 中山穰
2. 発表標題 大地震直後にフィジカルハザードを有する建物への再入棟を防止するための漫画教材の開発
3. 学会等名 2022年度日本火災学会研究発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小柴佑介 (分担執筆)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 770
3. 書名 工場・研究所における災害・事故および各種リスクの可視化と対策	

〔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
研究 分 担 者	中山 穰 (Nakayama Jo) (10804932)	横浜国立大学・先端科学高等研究院・特任教員(助教) (12701)	

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