

地震発生時を模倣した避難訓練支援システムの効果

Effect of Evacuation Drill Support System Imitating the State of Earthquake Occurrence

小松 亮介[†]

Ryosuke Komatsu

福島 拓[‡]

Taku Fukushima

1. はじめに

避難訓練とは、避難経路を覚え、災害時のパニック状態を抑制し、いざという時の手順を覚える為に行われる訓練である。日本では、地震や火事等の災害を想定した避難訓練が、小学校をはじめとしたほとんどの教育機関、企業、市町村等の自治体において定期的に行われている [1]。しかし、この避難訓練の多くが「〇時〇分に火災が発生しました」「〇〇へ避難してください」というように、予め訓練参加者が実施するシナリオが固定されている。このような避難訓練を繰り返し行うだけでは、実際の災害発生時の想定外の事態に対応できないと言われている [1]。避難訓練のシナリオ内容を完璧に実行することも重要だが、シナリオ外の場所で災害が起きたらどうするか、想定外の状況に陥ったらどうするかといったケースバイケースの状況も考えなければならない [2]。

そこで我々は、日常生活内の空き時間を利用した避難訓練支援システムを開発し、評価を行った [3]。しかし、先行研究では、開始時間が分かっている従来型の避難訓練と比較して、訓練中の被験者の緊迫感や避難行動の違いについて明らかにできていなかった。本稿では、これらを明らかにするために、開始時間が決まっている従来型の訓練と、開始時間が無作為である提案システムを用いた訓練の2パターンの地震を対象とした避難訓練を計画し、その両方を実施してもらう実験を行った。本システムには、訓練開始のタイミングが地震発生時を模倣している、行った訓練の内容をシステム内に記録する、という2つの特徴がある。これら2つの特徴に着目し、本システムが実験中の被験者の緊迫感や挙動に与える影響について調査した。

2. 関連研究

本研究では、緊急地震速報を模した機能を使用し、開始時間があらかじめ知らされていない避難訓練の実施を支援している。同じように緊急地震速報を開始の合図とした避難訓練を扱う研究に、永田らが開発した緊急地震速報訓練用指導プログラム [4] がある。このプログラムは、小中学校の防災教育のプログラムとして作成されている。緊急地震速報のチャイム音を合図とした避難訓練

を実施することで、身を守る対応を身につけることを目的としている。永田らの研究が、学校で行う複数人での避難訓練を対象にしていることに対し、本研究では、個人の空き時間を利用して、同様の避難訓練の実施をシステムにより支援する。

同じように地震発生時の初期対応を訓練する研究に、高橋らが開発した訓練システム [5] がある。このシステムでは、VR 映像と現実の映像を融合させた映像を用いて、災害時の臨場感を体感できる環境を構築している。その環境内で、訓練体験者の行動に応じて災害状況が切り替わる訓練シナリオを実践してもらうことにより、現実に近い状況での訓練を可能としている。高橋らの研究が、VR を用いることで現実に近い状況での訓練を可能としていることに対して、本研究では、空き時間内の無作為なタイミングに訓練開始を促すことで、実際の場面に近い緊迫感のある訓練の実施を目指している。

そして、本研究では、屋内のスペースであれば時間や場所を問わず開始できる避難訓練の実施を支援している。同じように避難訓練の柔軟性を上げる研究として、大越らは、津波の避難訓練を行う場所や訓練日時の柔軟性を上げる研究を行っている [6]。この研究では、ユーザの現在位置情報や選択シナリオを基に、最適な避難場所や避難開始場所をユーザに提示している。従来行われてきたイベント型の津波避難訓練と異なり、自分の好きな時に訓練を始められるようになっており、ユーザの避難訓練の行いやすさに寄与している。大越らの研究では、津波から逃げることに重きをおいていることに対し、本研究では、地震発生時に身を守ることを重視している点が異なっている。

3. 避難訓練支援システム

本システムは、ユーザの空き時間を利用した避難訓練の実施を支援する避難訓練支援システムである。ユーザが設定した空き時間内での任意の時間に避難訓練の開始を促すことで、実際の地震発生時と同じような「いつ始まるかわからない」状況での避難訓練実施を支援する。また、行った訓練の内容を写真などで記録することで、身の回りの地震発生後の危険について再確認させることを促す。3.1 節で本システムを用いた避難訓練の流れについて、3.2 節と 3.3 節で本システムの目的を達成する

[†] 大阪工業大学大学院情報科学研究科

[‡] 大阪工業大学情報科学部

<実際の地震発生時の流れ>



<本システムの訓練の流れ>

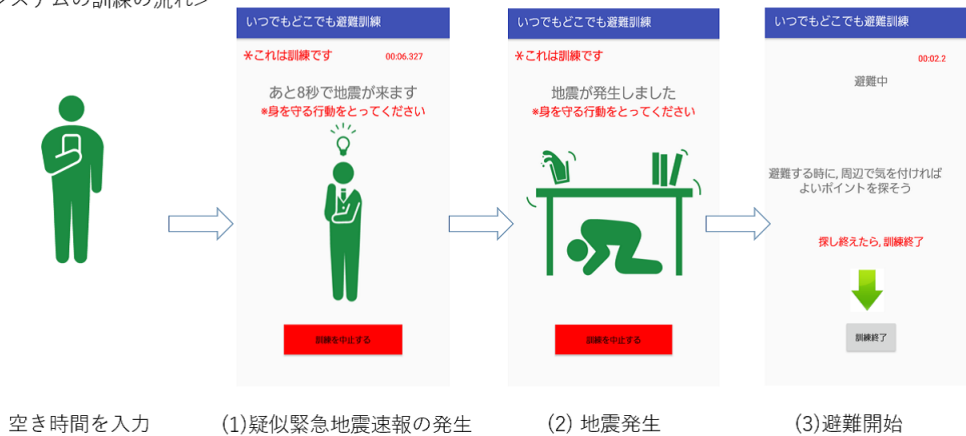


図 1: 実際の地震発生時と本システムを用いた避難訓練の流れとの比較

ための機能について述べる。

3.1 訓練開始から終了までの流れ

図 1 は、実際の地震発生時と本システムを用いた避難訓練の流れを比較している。実際の地震発生時には、緊急地震速報が発報された後、地震が発生し、揺れが収まった後に安全な場所まで避難するという流れになると想定される (図 1 上)。本システムではこの地震発生時の流れを模倣し、緊急地震速報を模した疑似緊急地震速報の発報を訓練の開始としている。本稿における疑似緊急地震速報とは、バイブレーションを伴ったアラームである。疑似緊急地震速報が発生した後、図 1(1)~図 1(3)の画面の遷移に従い、ユーザは避難訓練を行う。また、この画面遷移に伴い、システムから出るバイブレーションのパターンが変化する。以下に、訓練開始から訓練終了までの流れを示す。

1. 今回行う訓練の目標を設定する。ユーザは、3.2 節で述べるチェックリストの中から、今回達成したいと考える避難行動を選択する。
2. ユーザは、3.3 節で述べる訓練開始時間決定機能を用いて、訓練を始める時間を設定する。
3. 訓練開始時間になると、システムがバイブレーション等で訓練の開始を通知し、画面が図 1(1) に切り替わる。図 1(1) では、地震が発生するまでの時間が提示される。ユーザは、地震が発生するまでの時間内に身を守る行動を取る。
4. 図 1(1) に提示された時間が経過すると、画面が

図 1(2) に切り替わる。図 1(2) は、地震が発生したことを表す。この画面は 10 秒間表示され、表示中は、地震発生を意味するバイブレーションが鳴動する。図 1(2) が表示されている間は、ユーザは身を守る行動を取り続ける。

5. 図 1(2) の表示から 10 秒経過すると、バイブレーションが止まり、画面が図 1(3) に切り替わる。図 1(3) の表示は、地震が収まったことを表している。同時に画面上でその場から屋外への避難行動を指示している。図 1(3) の画面に切り替わると、ユーザはその場から屋外に出るまでの避難行動を開始する。同時に、システム上で訓練時間のカウントアップが始まる。
6. 屋外に出ると、図 1(3) の画面上の「訓練終了」ボタンを押して、訓練を終了する。

地震が発生するまでの時間は、8 秒と設定している。この時間は、緊急地震速報が鳴ってから地震が来るまでの時間が、数秒から長くても数十秒であるというデータをもとに設計している [7]。訓練を終了した後は、以下の手順で行った訓練の内容を共有する。

1. 図 1(1) で提示された時間内に身を守れたかどうかを選択する。
2. 訓練開始前に選択したチェックリストの項目が画面上に提示される。ユーザはその訓練中に守ることができた項目にチェックをつけていく。

表 1: チェックリストの内容

番号	内容
1	逃げ道が一つしかない場所では、まず扉を開けて逃げ道を確保する
2	頭部を守ることを最優先に身を守る
3	窓ガラスが割れることがあるので、窓際から離れたところで身を守る
4	地震の揺れによって倒れてくる物や落ちてくる物に注意し、離れて揺れが収まるのを待つ
5	避難中も落下物から頭を守るために、常に頭部に注意する
6	避難時は、エレベータは絶対に使わない

- 行った避難訓練の2つのポイントをスマートフォンのカメラで撮影する。2つのポイントとは、「地震発生時に身を守った場所」と「身を守るとき、または避難する時に気を付けた周辺のポイント」である。
- 行った訓練の詳細な状況を入力する。入力する内容は「訓練を開始した場所」「訓練が始まったときに何をしていたか」「地震発生時に身を守った場所」「避難行動中に気を付けたポイント」「避難訓練のタイトル」の5つの項目を用意している。

ここまでの手順で入力された訓練の内容は、システム内で他のユーザと共有される。

3.2 チェックリスト

チェックリストは、地震を対象とした避難訓練において、訓練中に守るべき避難行動を箇条書きでまとめたものであり、毎回の訓練の目標を明確にするという目的で使用される。チェックリストの内容を表1に示す。この内容は、消防庁の地震防災マニュアル [8] の内容を参考に作成している。システム利用者は訓練開始前に、「今回の訓練ではこれを達成しよう」と自分で決めた項目を選択する。

3.3 訓練開始時間決定機能

本機能は、ユーザの入力をもとに、システムが訓練開始時間を決定する機能である。ユーザは、この時刻までは予定がないという空き時間を考えて、その時間を分単位で入力する。訓練の開始は、ユーザが設定した時間が経過するまでの任意の時間に、バイブレーションまたは音とバイブレーションの併用で通知される。例えば、現時刻を13時とし、空き時間を30分と設定すると、13時01分から13時30分までの任意の時間に訓練の開始が通知される。このように、訓練開始時間を無作為に決定することで、実際に災害が発生したときの突発的な状況を再現している。

4. 実験

4.1 実験目的

本稿で扱う実験では、本システムを用いた避難訓練が、訓練の開始時間が決められている従来型の避難訓練と比較して、以下の2点についてどのような違いがあるかを調査することを目的としている。

- 各訓練における被験者の緊迫感
- 地震発生時の危険に気づくことができるかどうか

1については、実験中の被験者の心拍数を比較することで調査する。訓練中に緊迫感があれば、通常時の安静時の心拍数と比較して値が大きくなると仮定する。訓練開始直後や訓練開始前などで、2つの訓練での心拍数の差を比較する。2については、各訓練において被験者の頭部側面につけたウェアラブルカメラの映像や、各訓練終了後に回答を依頼するアンケートの内容により判断する。ウェアラブルカメラの映像は、危険なものに対して気づいたかどうかの判断に用いる。アンケートでは、訓練中に危険だと認識した箇所についてそれぞれ回答を依頼する。それらの回答を比較し、どちらの訓練終了後の方が、より多くの危険に気づくことができるかを調査する。被験者の心拍数等の取得方法は、4.3節で述べる。

4.2 実験概要

地震を対象とした避難訓練を学内で行ってもらった実験を実施した。実験では、被験者1名に対して、大阪工業大学で行われているような従来型の避難訓練と本システムを用いた避難訓練の計2回を行ってもらった。順序効果を考慮して、被験者全体を従来型の避難訓練を先に行うグループと本システムを用いた避難訓練を先に行うグループとに分けた。また、訓練に対する慣れを生じさせないために、1回目と2回目の訓練の間は2週間以上空けた。実験中は、実験環境での自習を依頼し、その自習の最中あるいは終了後に避難訓練を開始させた。従来型の訓練の流れは、大阪工業大学が実施している避難訓練の開始時間が、講義終了直後である事を再現している。各訓練共に、あと何秒で地震が発生するかを知らせる疑似緊急地震速報の発報から、屋外に避難するまでを訓練とした。

4.3 実験環境と実験器具

避難訓練を行う環境に大阪工業大学内を、訓練開始前の自習を行う環境に同学内の4階もしくは5階の教室を使用した。教室の環境は、地震が起きた時に危険となり得るものを配置しており、1回目と2回目とでその配置物を変更している。1回目と2回目の実験環境の配置図をそれぞれ図2、図3に、実験環境の写真例を図4に示

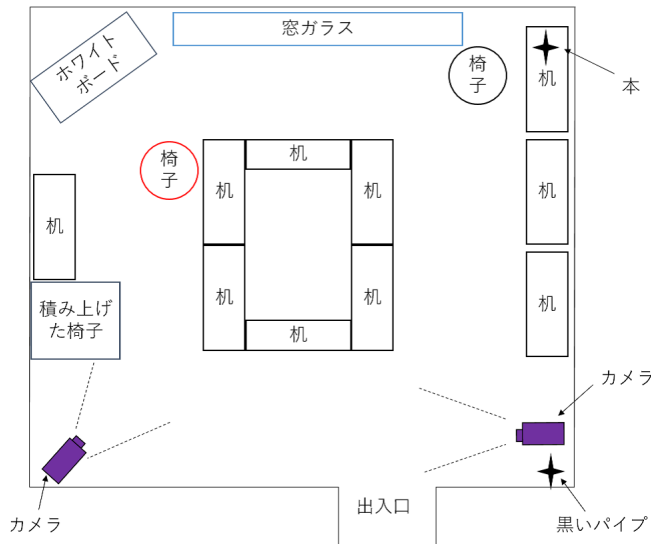


図 2: 実験環境 1 の配置図

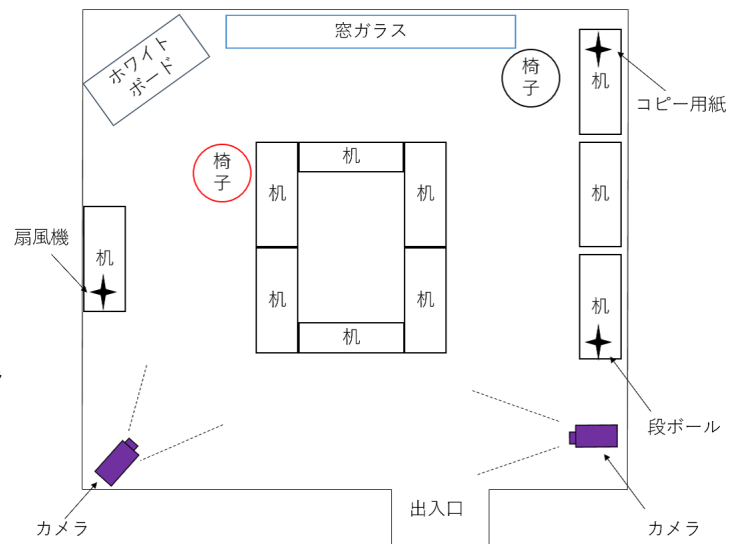


図 3: 実験環境 2 の配置図

表 2: 地震発生時に危険となり得る配置物

	環境 1	環境 2
配置物	机の上に並べた本	積み重ねたコピー用紙
	黒いパイプ	積み重ねた段ボール箱
	積み重ねた椅子	机の上に置いた扇風機
	ホワイトボード	ホワイトボード



図 4: 実験環境の写真

す。各実験環境共に同じ間取りの教室を使用しており、出入口は開き戸となっている。また、地震発生時に危険となり得る物を、それぞれ4箇所配置した。配置した地震発生時に危険となり得る配置物を表 2 に示す。これらは、地震発生時に落ちてきたり倒れてきたりする危険性のある物として配置している。実験の際、被験者には、図 2、図 3 共に同じ位置にある赤丸の椅子に座り自習をしてもらった。

また、実験中は以下の 3 つを実験データとして取得した。

1. 被験者の心拍数
2. 被験者の頭部側面につけたウェアラブルカメラの映像
3. 実験中の被験者の様子

1 の取得には、Mio ALPHA2^{*1} という腕時計型の心拍計を、2 の取得には、ウェアラブルカメラ^{*2} を用いた。この 2 つは実験中、常に被験者に装着してもらった。また、

^{*1}<http://mioglobal.jp/products.html>
^{*2}ウェアラブルカメラ HX-A1H(<https://panasonic.jp/wearable/p-db/HX-A1H.html>)

3 の取得には、2 台のビデオカメラを使用した。このカメラは、被験者が実験教室内にいる間は、教室の隅に固定して被験者と教室の様子を撮影している。被験者が実験教室外に出ている間は、1 台を著者の一人が使用し、教室外の被験者の様子を後方から撮影した。

4.4 実験シナリオ

本実験は、被験者 1 名に対して従来型の避難訓練と本システムを用いた避難訓練の計 2 回の実験を行ってもらうものである。各実験の開始直前に、表 1 のチェックリストの全項目を確認してもらい、実験中に実践してもらうことを依頼した。このチェックリストは、従来型の訓練では紙媒体、本システムを用いた訓練ではシステム上で提示した。なお、チェックリストの内容を実験が始まってから再度確認することは禁止した。続いて、訓練のシナリオについて以下に示す。以下に示すシナリオは各訓練共に共通である。

1. 実験教室内の図 2、図 3 の赤丸で囲んだ椅子に座って 60 分間自習する。自習中は、表 3 のスケジュール

表 3: 実験における被験者のスケジュール

時間	タスク
0~10分	実験教室内で自習をする
11~20分	ぬいぐるみを取りに、ゼミ室に向かう
21~45分	実験教室内で自習をする
45~50分	飲み物を買うために、上階の自動販売機に向かう
51~60分	実験教室内で自習をする

- ・自習時間は 60 分である。
- ・「時間」の列は、実験開始からの経過時間を表している。

表 4: 従来型訓練と提案システムを用いた訓練との相違点

訓練形態	疑似緊急地震速報のタイミング	アナウンス
従来型	自習終了後 (60 分後)	口頭
提案システム	無作為 (36 分後)	システム

- ・アナウンスの内容は、「地震が発生したこと」、「地震の揺れが収まったこと」の 2 つである。
- ・従来型訓練でのアナウンスは、実験教室に同伴している著者の一人が行う。

ルに従って行動する。

2. 緊急地震速報を意味する合図 (疑似緊急地震速報) が来たら、その場で地震から身を守る行動を取る。その後、地震発生、地震の揺れが収まったというアナウンスに従い、教室からの避難を開始する。
3. 1 階の入り口前までの避難を行う。避難中に指示などは出ないため、自分の判断で行動する。
4. 1 階の入り口前まで避難すれば、訓練終了となる。なお、本システムを用いた訓練の場合、この後、3.1 節に示した方法に従い、訓練内容の記録を行った後に訓練終了となる。

表 3 のスケジュールには、実験教室外での地震に対する危険にも気づくかどうかを調べるために、実験教室外に出るタスクを組んでいる。

また、各訓練の相違点について表 4 に示す。疑似緊急地震速報は、従来型の訓練では、被験者が自習を始めてから約 60 分後に緊急地震速報を意味する音を著者の一人が鳴らす。この 60 分後に鳴らすということは、事前に被験者にも伝えている。一方、本システムを用いた訓練では、被験者間での訓練開始時の状況を揃えるために、36 分後に疑似緊急地震速報が来るように設定している。被験者には、60 分間の自習中の無作為な時間に疑似緊急地震速報が発報されると伝えている。

そして、以上の実験の開始前には、実験時の諸注意を述べた。諸注意の内容を以下に示す。

- 実験教室の窓や扉の開閉等の管理は、被験者が行う。

- 想定する地震の震度は 7 程度、緊急地震速報が発報されてから地震が来るまでの時間は 7~8 秒と想定して行動する。
- この方法なら、絶対に怪我をしないと思えるような避難訓練を行う。

5. まとめ

本稿では、地震発生時を模倣した避難訓練支援システムの評価実験について述べた。今後は、評価実験を実施し、考察を行う。

参考文献

- [1] リスク対策.com : 【最終回】震災対策訓練を考える~シナリオなき訓練のススメ~, 入手先 <<http://www.risktaisaku.com/articles/-/1503>>(参照 2019-07-10).
- [2] リスク対策.com : 避難訓練だけを繰り返しても意味がない, 入手先<<http://www.risktaisaku.com/articles/-/2122>>(参照 2019-07-10).
- [3] 小松 亮介, 福島 拓 : 訓練内容の共有を可能とした避難訓練支援システム, 2018 年度情報処理学会関西支部大会講演論文集, C-16(2018).
- [4] 永田 俊光, 木村 玲欧 : 緊急地震速報を利用した「生きる力」を高める防災教育の実践-地方気象台・教育委員会・現場教育の連携のあり方-, 地域安全学会論文集, No.21, pp.81-88(2013).
- [5] 高橋 亨輔, 井面 仁志, 白木 渡ほか: 災害状況再現・対応能力訓練システムの開発と学校教員を対象とした地震発生時の初期対応訓練の実践, 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.5, pp.1124-1137(2017).
- [6] 大越 匡, 米澤拓郎, 山本慎一郎ほか : EverCuate: ユーザ非同期参加型津波避難訓練システム, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.10, pp.2143-2161(2016).
- [7] 国土交通省気象庁: 緊急地震速報の特性や限界、利用上の注意について, 入手先 <<http://www.data.jma.go.jp/svd/eww/data/nc/shikumi/tokusei.html>> (参照 2019-07-10).
- [8] 総務省消防庁 : 消防庁地震防災マニュアル, 入手先 <http://www.fdma.go.jp/bousai_manual/>(参照 2019-07-10).