

携帯情報端末と BLE ビーコンを用いた ICT 活用型避難訓練システム An Evacuation Training System using Portable Devices and BLE Beacons

大浦 颯馬[†] 光原 弘幸[‡] 獅々堀 正幹[‡]
Soma Oura Hiroyuki Mitsuhashi Masami Shishibori

1. はじめに

日本では台風や豪雨、地震などの災害が頻発しており^[1]、いつ自らが被災してもおかしくはない。災害から身を守るには、日ごろから備えておくことが重要である。例えば、避難訓練は学校や地域で定期的な実施される身近な防災教育であり、避難の疑似体験を通じて行動規範や経路を知ることが備えにつながる。

しかし、同じ災害設定で同じ避難経路を移動するだけの避難訓練も多い。このようにマンネリ化した避難訓練では、参加者が実際に起こりうる災害状況を疑似体験できず、自ら考えて行動する訓練になっていない。例えば、実際の災害では、推奨避難経路を通行できず、状況判断しながら別経路で避難することになるかもしれない。そこで、災害から身を守ることを強化するには、さまざまな災害状況においてどのように判断・行動すればよいのかを参加者に考えさせる避難訓練が必要になる。

本研究グループでは、“考えさせる”避難訓練として、GPS 搭載タブレット端末を用いた ICT 活用型避難訓練を実現し、主に学校現場で実施してきた^[2]。この避難訓練は屋外で実施され、参加者には制限時間内に避難場所に到着することが求められる。シナリオで定められた場所や時間において、災害状況を表現した動画や選択式質問などのコンテンツが表示される。さらに、とるべき行動を問う選択式質問の回答などによってシナリオが変化していく。このような仕組みをタブレット端末で動作するシステムに実装し、従来の避難訓練よりもリアルな避難疑似体験を提供して、日ごろから避難について自分事として考えさせることをめざしている。しかし、本システムは GPS を用いているため、屋内の避難訓練（ビル避難訓練など）に適用できなかった。そこで本研究は、屋内の避難訓練に適用させるために、BLE ビーコンを用いた ICT 活用型避難訓練システムを拡張する。

2. ICT 活用型避難訓練

本章では、ICT 活用型避難訓練のモデル、システム、実施の流れについて述べる。

2.1 モデル

ICT 活用型避難訓練は避難疑似体験を提供することから、Kolb の経験学習モデル^[3]を参考に、理想的な訓練モデルを定める（図 1）。もちろん、実際の災害体験を通じた学びを扱うわけではない。

(1) Concrete Experience (CE)

参加者は現実世界において、特定の場所や時間で仮想的

[†] 徳島大学大学院創成科学研究科 Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima Univ.

[‡] 徳島大学大学院社会産業理工学研究科 Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima Univ.

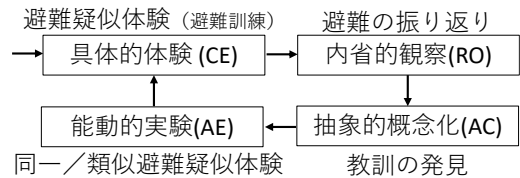


図 1 ICT 活用型避難訓練モデル

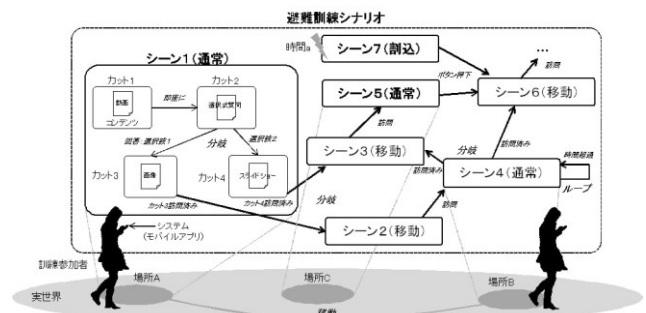


図 2 訓練シナリオ（シーンとカット）の概念

な災害状況（コンテンツ）を視聴しながら、制限時間内に避難場所へ避難する。

(2) Reflective Observation (RO)

自らの避難を振り返り、避難の成功／失敗要因などを考える。例えば、「狭い近道はブロック塀が倒壊していて通行できず、時間をロスした」といった失敗要因が見つかる。他者の避難も振り返りの対象になることがある。

(3) Abstract Conceptualization (AC)

振り返りの内容から、避難成功につながる教訓を見いだす。例えば、「少し遠回りしてでも広い道で避難したほうがよい」といった教訓が見いだされる。

(4) Active Experimentation (AE)

同一または類似の避難疑似体験において、見いだした教訓に基づいて判断・行動してみる。

AE の後、異なる避難疑似体験（CE）に入り、循環的に訓練を進めていく。

2.2 システム

ICT 活用型避難訓練システム（GPS 搭載 Android タブレット端末用アプリ）は訓練シナリオに基づいて、特定の場所や時間でコンテンツを表示する。

(1) 避難訓練シナリオ

シナリオは XML で記述されており、複数のシーンで構成され、シーンは複数のカットで構成される。訓練シナリオの概要を図 2 に示す。シーンには以下の 3 種類がある。

- 通常シーン：場所（緯度経度によって指定された矩形領域）に対応づけられる
- 移動シーン：参加者の移動、すなわち通常または割込シーンへの待機状態を表す



動画コンテンツ

選択式質問

図 3 コンテンツの例

- 割込みシーン：時間（現在時刻や経過時間）に対応づけられる

カットは動画や選択式質問といったコンテンツと対応づけられる。シナリオは選択式質問の回答や訪問シーンに応じて分岐可能となっている。

(2) コンテンツ

仮想的な災害状況を表現するコンテンツとして、テキストメッセージ、音声、静止画、動画、スライドショー、選択式質問が表示される。選択式質問で参加者にとるべき行動を問うことで、主体的な訓練参加を促進する。コンテンツの例を図 3 に示す。

2.3 訓練実施の流れ

訓練実施者は事前に、専用の Web オーサリングツール⁴⁾でシナリオを作成し、コンテンツファイルとともにアーカイブ化されたシナリオ一式をシステムにダウンロードしておく。

訓練開始直前に、参加者個人またはグループにシステムが渡され、以下のような手順で訓練が実施される。

1. 参加者は実施者によって指定された避難開始地点に行き、避難開始時間になったらシナリオを起動する。シナリオの最初のコンテンツが表示され、避難訓練が開始される。
2. シナリオ内で指定された場所に入る、または指定された時間になると、警告音でシーンに入ったことを知らせ、コンテンツが表示される。
3. シナリオで定められた制限時間内に避難場所に到着できれば避難成功となる。
4. 避難訓練終了後、Web デジタルマップ上に可視化された避難ログ（避難経路や訪問シーン）を見ながら、自らの避難を振り返る。

3. 拡張システム

先行システムは、GPS を用いて参加者の現在地を特定し通常シーンを認識していることから、利用が屋外の避難訓練に限定された。そこで本研究では、BLE ビーコンを導入して先行システムを拡張し、屋内の避難訓練にも適用可能にした。

拡張システムは、先行システムのシナリオとコンテンツを継承しながら、GPS と BLE ビーコンを用いて位置測位

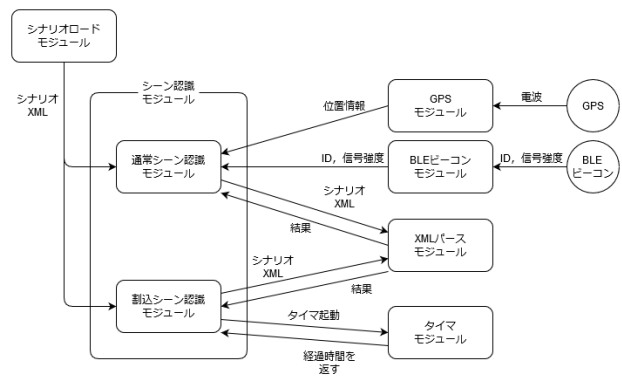


図 4 システムモジュール構成

し通常シーンを認識することで、屋内で完結する避難訓練だけでなく、屋内と屋外を行き来するような柔軟な避難訓練も実施できる。

3.1 BLE ビーコン

BLE ビーコンとは、近距離無線通信規格のひとつである BLE (Bluetooth Low Energy) を用いて定期的にデータを発信する装置のことであり、以下のような特徴を有する。

- 小型で設置しやすい
- 安価で入手しやすい
- BLE ビーコンのみで位置測位が可能
- BLE ビーコンに近づくだけで測位ができる

多くのシーンから構成される ICT 活用型避難訓練では、小型や安価といった特徴が特に重視される。拡張システムで用いる iBeacon は、ビーコンの ID や信号強度などを送信している。

3.2 システム構成

拡張システムは、BLE への対応と端末の普及状況を考慮して、Android 4.4 以上の携帯情報端末（スマートフォンやタブレット）で動作するようにしている。拡張システムのモジュール構成を図 4 に示し、主なモジュールを概説する。移動シーンはシナリオデータを用いた認識処理が必要ではないため、移動シーン認識モジュールは存在しない。

(1) シナリオロードモジュール

このモジュールは、実施されるシナリオ（ダウンロード済みの複数シナリオから選択されたひとつ）を対象に、XML ファイルに記述された内容を変数に格納する。

(2) 通常シーン認識モジュール

このモジュールは移動シーンにおいて、GPS の緯度経度データまたは BLE ビーコンの ID を取得し、シナリオデータと比較して通常シーンを認識する。シーンに対応づけられた領域や ID、次に進むシーンといったデータは XML パースモジュールを使用してシナリオ XML から取得する。

GPS による通常シーンの認識には、複数のシーン候補を設定しておくことができる。一方、BLE ビーコンによる通常シーンの認識では、ビーコンの電波受信領域を厳密に設定できないため、同時に複数の ID を取得する可能性がある。基本的には、先に取得した ID の通常シーンに入るが、意図しない通常シーンに入ることを防ぐために、移動シーンと通常シーンは 1 対 1 対応させておくなどシナリオ上の配慮が必要になる。言い換えると、BLE ビーコンの電波を

受信したとしても、その ID に対応する通常シーンに入るとは限らない。

以下のシナリオ XML ファイルの記述例 (抜粋) では、BLE ビーコンが発信する ID 番号 (0, 2) を設定した信号強度 (-70) 以上の強度で検知した場合、通常シーンに入り、カットで動画を再生するようになっている。

```
<scenario id="M9.0 earthquake hit Tokushima">
<flow>
  <scene no="5" type="stay" id="1234">
    <name>Scene 5</name>
    <condition sensor="beacon">0,2,-70
  </condition>
  <cut no="1" id="567">
    <name>Cut 5-1</name>
    <content name="Fire" type="video">
      fire.mp4
    </content>
    <next condition="button_pressed">
      2
    </next>
  </cut>
</flow>
```

(3) 割込シーン認識モジュール

このモジュールは移動シーンにおいて、現在時刻や訓練開始からの経過時間を取得し、シナリオデータと比較して割込シーンを認識する。通常シーン認識モジュールと同様に、シーンに設定された時間などのデータは XML パースモジュールを使用してシナリオ XML から取得する。

3.3 関連研究

近年、タブレットやスマートフォン端末が防災教育に積極的に活用されている。例えば、浦野らの災害体験ゲームは、GPS・加速度センサ搭載のスマートフォンで動作し、街歩き中に発生するデジタルイベントを通じて災害への対処法をゲーム感覚で学ぶことを可能にしている^[5]。避難訓練への活用として、大越らは参加しやすいユーザ非同期参加型津波避難訓練システムを開発し、収集した避難訓練データを地域防災計画の更新につなげている^[6]。孫らは津波シミュレーションとユーザの移動記録を重ね合わせて表示することにより、緊迫感が高く時間を意識させる避難訓練を実現している^[7]。畠山らは災害時に自らの判断で行動できるようになることをめざし、シナリオベースの避難訓練システムを開発している^[8]。これらの関連研究は、シナリオ (シミュレーションも含む) に基づいた避難訓練である点で本研究と共通する。本研究は、屋内外を行き来できる避難訓練を実現可能な点で、従来研究よりもさまざまな災害状況に対して“考えさせる”避難訓練につながると期待される。

屋内における位置測位は QR コードを用いた手法^[9]、複数のセンサを用いた手法^[10]などにより実現される。QR コードは一般に普及しており、避難訓練実施エリアに設定してシーン認識 (コンテンツ表示) に利用できる。しかし、避難訓練において QR コードを探したり、カメラで撮影したりすることが参加者の負荷や避難時間のロスになりうる。BLE ビーコンは参加者にその場所を意識させることなく、電波を受信して即座にコンテンツを表示することができるため、負荷や時間のロスが少ないといえる。拡張システム

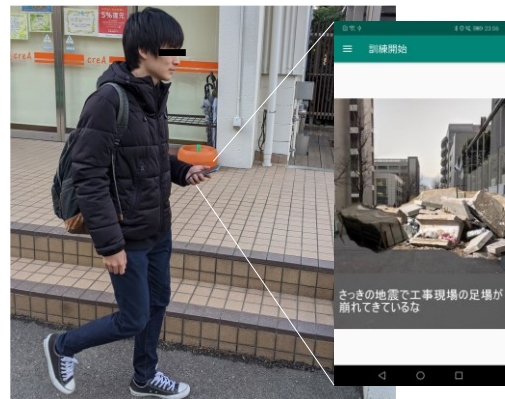


図 5 拡張システムによる試用実験の様子

においても、避難訓練に集中させるために、BLE ビーコンを用いて自動的にシーンに入るようになっている。

4. 試用実験

拡張システムの有効性の調査と動作検証を目的として、屋内外を行き来する避難訓練を通じた試用実験を実施した。試用実験の様子と表示されたコンテンツの例を図 5 に示す。

4.1 実験方法

(1) 訓練参加者

参加者は徳島大学の学部生 9 名 (20~22 歳) であった。5 段階リッカート尺度の事前アンケートの結果から、参加者の多くが中程度の防災意識をもっており ($AVG=2.66$, $SD=0.70$)、これまでの避難訓練参加の真剣度にはばらつきが見られた ($AVG=2.77$, $SD=1.09$)。

(2) 避難訓練シナリオ

「南海トラフ巨大地震が発生し、徳島大学に津波が襲来する」という想定で、参加者が屋内外を行き来するように通常シーンを配置したシナリオを用いた。参加者の研究室のある研究棟 2 階 (屋内) から避難を開始し、指定避難場所である講義棟 6 階 (屋内) に到着すれば避難成功とした。屋外の通常シーン (GPS によるシーン認識) は 4 箇所、ゴールと屋内の通常シーン (BLE ビーコンによるシーン認識) は 7 箇所であった。屋内外を行き来するシーン例を以下に挙げる。

- 屋外シーン：屋外避難中に、建物内に要救助者がいる可能性に気づき、確認のために建物に入るかどうか判断する
 - 移動シーン
 - 屋内シーン：確認する場合、建物内を移動し要救助者を捜索する。しかし要救助者は発見されず避難を再開する (建物内に設置したビーコンでシーンが認識され、要救助者がいないことを表すコンテンツが表示される)
 - 移動シーン

(3) 実験手順

各参加者は事前アンケートに回答後、訓練概要の説明を受け、実験実施者 (第一著者) による口頭での指示を受けながらアプリの起動、シナリオ選択を行い、避難訓練を開始した。訓練終了直後に、事後アンケートに回答した。本試用実験において、ICT 活用型避難訓練モデルにおける RO 以降は取り入れなかった。なお、実験実施者は全員の避難訓練に同行したが、途中で避難に関する指示や助言を与えることはしなかった。

表 1 事後アンケートの質問と回答

質問	回答分布	AVG (SD)
Q1. この避難訓練は私の防災意識を向上させた	1~3: 0名 4: 8名 5: 1名	4.11 (0.33)
Q2. この避難訓練は従来の避難訓練よりも真剣に取り組めた	1~2: 0名 3: 1名 4: 5名 5: 3名	4.22 (0.66)

回答: 1.まったくそう思わない~ 5.とてもそう思う

4.2 結果

(1) 有効性

5段階リッカート尺度で尋ねた、有効性に関する事後アンケートの結果を表 1 に示す。避難訓練に参加することで、多くの参加者が防災意識を高め (Q1. $AVG=4.11$, $SD=0.33$)、従来の避難訓練よりも真剣に取り組めた (Q2. $AVG=4.22$, $SD=0.66$) と回答している。避難訓練を通じて感じたことを尋ねたところ、以下のような回答があった。

- 予測できないことが突然起こりうるので、臨機応変対応は求められると思った
- 火災や崩落など実際起こるかもしれないと改めて実感しました
- イメージがしやすいので、ただ警報が鳴る防災訓練よりは不安を煽っていた
- 人助けを行うか悩んだ
- 室内への避難訓練をしたことがなかったため新鮮に感じた

(2) 動作検証

事後アンケートで「システムを用いて一人で避難訓練を実施できましたか」と尋ねたところ、8名が「はい」と回答した。「いいえ」と回答した1名は、避難訓練の途中でシステムがビーコンを検出しなくなっていたが、システムの再起動を指示することで訓練を続行することができた。避難訓練に同行・観察していたが、上述の1名を除き参加者がシステムの動作や操作に関して困っている様子は見られなかった。改善点について尋ねたところ、動画の長さやシナリオ (選択肢) のバリエーションに関する要望があった。

4.3 考察

有効性と動作検証の観点から、拡張システムを評価する。

(1) 有効性

事後アンケートに対して、多くの参加者が防災意識を高め、従来の避難訓練よりも真剣に取り組めたと回答していることから、拡張システムを用いた避難訓練は従来の避難訓練よりも効果的といえる。

試用実験で使用したシナリオには、“屋外から屋内の要救助者の存在を確認しに行くかどうか”を判断するシーンがあった。確認しに行く場合、ゴールの建物への経路を逸れて別の建物に入らなければならなかった。9名中6名が“確認しに行く”と判断したが、“人助けを行うか悩んだ”という回答があったことから、避難時に屋外と屋内を行き来させることは、参加者に大きな葛藤を与えることが示唆される。このことから、“考えさせる”ことを促進するという点で、拡張システムは先行システムよりも効果的といえる。

いえる。このような葛藤に対する判断・行動の正解を示すことはできない。よって、参加者には ICT 活用型避難訓練モデルに沿って訓練に取り組む中で、さまざまな困難な状況について考え、自分なりの答えを導き出すことが求められる。「室内への避難訓練をしたことがなかったため新鮮に感じた」という回答は、拡張システムが屋内外のさまざまな災害状況を扱うことで、避難訓練のマンネリ化防止にもつながることを示唆している。

(2) 動作検証

事後アンケート結果から、拡張システムの安定性にわずかな問題がみられたが動作に重大な問題はないといえる。本試用実験では、シナリオ内でビーコン信号強度の条件を設定したこともあり、複数のビーコンから同時に ID を受信することはなかった。今後の課題として、安定性の向上および通常シーンを適切に認識するためのビーコンの検知に関する処理が挙げられる。

5. まとめ

本研究では、携帯情報端末用アプリである ICT 活用型避難訓練システムを拡張し、BLE ビーコンの導入により屋内の避難訓練にも適用可能にした。屋内外を行き来する避難訓練で拡張システムを試用した結果、安定性に問題がみられたが動作に重大な問題はなく、“考えさせる”避難訓練を促進するなどのアンケート結果を得ることができた。

より実用的なシステムをめざした今後の課題として、現在はシナリオの設定で調整している複数 BLE ビーコンの検出処理 (通常シーン認識)、より使いやすいユーザーインターフェース、AR コンテンツ表示や BGM 機能の追加実装などが挙げられる。また、教育現場での避難訓練実施を通じて、有効性を詳細に検証していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H01054 の助成を受けた。

参考文献

- [1] 内閣府, “令和 2 年版防災白書”, <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r2.html> (2020 年 6 月 16 日アクセス可)
- [2] 光原 弘幸ほか, “考えさせる ICT 活用型避難訓練の実践”, JsiSE Research Report, Vol.31, No.7, pp.65-72, (2017)
- [3] Kolb, D. “Experiential learning: Experience as the source of learning and development”, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ. (1984)
- [4] Mitsuhashi, H., et al., “Web-Based System for Designing Game-Based Evacuation Drills”, Procedia Computer Science, Vol.72, pp.277-284 (2015)
- [5] 浦野 幸ほか, “実環境における災害体験ゲームシステムの開発”, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.357-366 (2013)
- [6] 大越 匡ほか, “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] 孫 英英ほか, “スマホ・アプリで津波避難の促進対策を考える: 「逃げトレ」の開発と実装の試み”, 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.1, pp.205-214 (2017)
- [8] 山田 久ほか, “野外において主体的な判断に基づく避難行動を促すシナリオベース学習支援システムの開発と実践”, 教育システム情報学会誌, Vol.35, No.2, pp.134-144 (2018)
- [9] 服部 聖彦ほか, “2次元マーカを用いた屋内ユーザ位置・方向推定システムの検証”, 情報処理学会研究報告, 2008-UBI-17, Vol.2008, No.18, pp.203-207 (2008)
- [10] 遠藤 巖, 藤田 悟, “複数のセンサを組み合わせた屋内歩行者位置推定”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, Vol.2013, pp.188-195 (2013)