

(401) ソフトウェア

屋内避難誘導のための Virtual Wall の提案

Proposal of Virtual Wall for Indoor Evacuation

部谷 泰生¹

中園 龍次¹

中道 上^{1, 2}

Taisei Heya¹

Ryuji Nakazono¹

Noboru Nakamichi^{1, 2}

¹ 福山大学 工学部

² アンカーデザイン株式会社

1 はじめに

日本は自然災害が多い国であるため、地震や台風による大雨や土砂崩れ、洪水などが頻繁に発生している。近年、広島県内でも平成26年8月豪雨や西日本豪雨といった災害も増加している。自然災害などで想定される被害を軽減するため、広島県内では、「みんなで減災」県民総ぐるみ運動を展開するとともに、防災拠点施設の耐震化や道路等の公共インフラの機能強化等を進めている[1]。

公共インフラの中でも、防災情報システムの機能強化が求められている。実際に平成26年8月豪雨によって大きな被害にあった広島県広島市安佐南区梅林学区では、携帯端末に安全な経路や情報を通知し、避難者を支援する機能を持つ「Bluetooth Beacon」を利用し、避難訓練を行っている。Beaconを用いた観光ツアーや防災活動時における迅速な集合確認の支援や効果的な情報提供など、移動者を対象とした各種のICT利活用システムを開発し、展開に向けて検討されている[2]。

人の手を必要とせず立ち入り禁止エリアを設定することができ、災害が発生した際、ポールやカラーコーンを立てに行くなどの避難誘導が完了する前に禁止エリア内に侵入し、災害に巻き込まれるといった二次災害を防ぐことができると考えている。

本研究では、「Bluetooth Beacon」を用いて防火扉のような物理的な壁に近く設定できる仮想的な壁「Virtual Wall」を提案する。「Virtual Wall」とは、「Bluetooth Beacon」とアプリを連動させ、避難者に立ち入り禁止エリアを通知（音+振動）する環境であり、すばやく設定可能かつ安全に避難させることを目的としている。実際に防火扉のような物理的な壁を設置するよりも、すばやく避難時に起動することができ、コストも下げられると考えている。

2 物理的な壁と Virtual Wall の避難誘導時間の記録実験

物理的な壁と Virtual Wall(仮想的な壁)による避難誘導のしやすさについて検証するために大型施設内を想定した模擬環境を用いて避難誘導時間を計測する避難実験を実施した。

本実験では、以下の2パターンで実験を行った。

(1) 大きな紙を壁に見立てて避難誘導

大きな紙を壁に見立て、簡単な迷路を作り避難誘導をさせ、避難誘導アプリで時間を計測する

(2) Bluetooth Beacon で通知（音+振動）し、避難誘導

「Bluetooth Beacon」と避難誘導アプリを用いて、携帯端末上に立ち入り禁止エリアを表示し避難誘導させ、避難誘導アプリで時間を計測する

2.1 実験環境

避難実験模擬環境のイメージを図1に示す。模擬環境はプラスチック製ダンボール柱を用いて縦4×横3と柱を並べ、避難経路に見立てた。設置間隔は床タイルサイズ(45cm×45cm)を基に、大人2人が通る際に余裕のある135cmに設定した。正しい避難経路を通ればゴールまでの総距離13.5mとなる。

実験風景と避難誘導アプリ画面内を図1に示す。アプリ内では、指定した分岐点で「Bluetooth Beacon」に反応し、携帯端末が鳴るようにチェックマークを付ける。そうすることで立ち入り禁止エリアを設定することができる。

2.2 実験手順

参加者はスタート地点へ移動し、「スタート」の合図で開始し、実施者は参加者の避難経路を記録する。



図1 実際の実験環境とアプリ画面

参加者ごとに物理的な壁と Virtual Wall（仮想的な壁）の実験順序を交互に変えて実施し、これら 2 パターンの避難時間を記録する。

物理的な壁の実験では避難経路上に設置された紙の壁を通らずゴールを目指す。スタートの合図と同時に参加者が避難誘導アプリケーションの START ボタンを押し、ゴールに着いたら STOP ボタンを押し、避難時間を計測する。

Virtual Wall（仮想的な壁）では、柱に「Bluetooth Beacon」を設置し、避難誘導アプリで立ち入り禁止エリアとして設定する。立ち入り禁止エリアに近づくとき携帯端末から立ち入り禁止エリアの表示とともに音と振動で参加者に通知する。物理的な壁の実験と同様にアプリケーション内で START ボタン、STOP ボタンで避難時間を計測する。

2.3 実験結果

物理的な壁、Virtual Wall（仮想的な壁）による誘導効果を避難実験の実施により検証した。誘導効果のデータは被験者 31×2 パターン=62 回分を記録した。物理的な壁（紙）と Virtual Wall（仮想的な壁）の避難誘導時間の差の結果を表 1 に示す。

Virtual Wall（仮想的な壁）は、物理的な壁と比較して約 9 秒遅い結果となった。Virtual Wall（仮想的な壁）は、物理的な壁と比べ+75%増加した結果となった。

立ち入り禁止エリアを回避させ、誘導できた人数を表 2 に示す。物理的な壁の実験では、参加者全員が設定された避難ルート通りに誘導することができた。しかし、Virtual Wall（仮想的な壁）では、31 人中 8 人が設定された避難ルートではなく、立ち入り禁止エリアを通り、ゴールに辿り着いてしまった。

2.4 誘導効果の分析

実験結果から、現段階では、物理的な壁の方がすばやく避難でき、避難誘導に最適であるという結果となった。また平均値の差について t 検定を行った結果、P 値は 8.29×10^{-8} (<0.05) となり、有意な差がみられた。この結果から、避難誘導時には物理的な壁の方が誘導に望ましいことが明らかとなった。しかし、物理的な壁は導入するには、コストが大きいかつ、手間がかかるため、建物内の様々な箇所に導入するのは極めて困難であると考えられる。

Virtual Wall（仮想的な壁）の実験において、立ち入り禁止エリアを回避できない人がいた原因として、歩くスピードや携帯端末を持っている位置によって「Bluetooth Beacon」が反応せず、携帯端末に通知がこないなどが考えられる。今後の対策として、1 ヶ所に 2 個「Bluetooth Beacon」を設置、「Bluetooth Beacon」の設置位置を頭上ではなく両サイドの壁に設置するなどの対策をしていく。

表 1 物理的な壁と Virtual Wall による避難時間

避難誘導の種類	避難時間の平均
物理的な壁（紙）	12 秒 343
Virtual Wall	21 秒 354

表 2 設定された避難ルート通りに誘導できた人数

避難誘導の種類	誘導成功
物理的な壁（紙）	31 人
Virtual Wall	23 人

3 まとめと今後の課題

本研究では、物理的な壁と Virtual Wall（仮想的な壁）の誘導効果の差について検証実験をおこなった。実験において、物理的な壁の方が避難誘導には有効であるという結果となった。

その要因としては、参加者の歩くスピードによって「Bluetooth Beacon」が反応せず、携帯端末に通知がこない、携帯端末の持っている位置によって通知が届きにくいなどが考えられる。Virtual Wall（仮想的な壁）を防火扉のような物理的な壁に近く、安全にすばやく避難することができるようになるために今後も様々な工夫を加え、実験していきたいと考えている。

今後の実験では、下記の 2 パターンを追加し検証を行う。

(1) アプリ画面にあらかじめ立ち入り禁止エリアを表示済み、Bluetooth Beacon 接近時に音+振動で通知

(2) アプリ画面にあらかじめ立ち入り禁止エリアを表示済み、Bluetooth Beacon 接近時に通知なし

また、今回は、避難経路が簡単であったため、より複雑な経路の変更を検討する。

参考文献

- [1] ひろしま未来チャレンジ
(<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/site/challenge/seika-115.html>)
(参照:2019/7/10)
- [2] CEC 中国コンサルタント株式会社
(<https://www.cecnet.co.jp/service/beacon.html>) (参照:2019/7/10) 広島県土砂災害避難訓練におけるビーコン実証.pdf
(<https://www.cecnet.co.jp/service/images/beacon.pdf>) (参照:2019/7/10)
- [3] 濱田大祐, 大段一真, 中道上, 渡辺恵太, 小滝泰弘, “屋内避難時におけるスマートフォンへの画面通知タイミングによる誘導効果”, 情報処理学会第 81 回全国大会 (2019).