

令和元年6月18日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06667

研究課題名(和文) 身体密着式腕時計型端末の振動通知を用いた災害時要援護者の自助・共助避難方法の検討

研究課題名(英文) Study on Evacuation Method of Self-help / Community-help for Vulnerable People in Disaster using Wearable Watch Devices

研究代表者

遠田 敦 (Enta, Atsushi)

日本大学・生産工学部・講師

研究者番号：90468851

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果は大きく以下の3つである。

(1) 身体密着式腕時計型端末(いわゆるスマートウォッチ)を用いた振動通知に対して様々な特性の人間が示す反応を定量的に分析したこと(特に健常者、高齢者および聴覚障がい者を対象とした)(2) スマートウォッチを用いた避難誘導情報の配信システムを開発し、その性能的改良を実施したこと。(3) 上記のシステムを一般公開可能な状態にしたこと。

研究成果の学術的意義や社会的意義

身体密着式腕時計型端末という、新たに登場した情報通信機器によって実現される通知手段への覚知特性が明らかになった点、および避難行動時という状況においては一般的な携帯型情報端末よりもこれによる通知の確度という点で有効性が確かめられたこと。災害時の新しい避難方法として「順次避難」を実施する場合、避難者を制御するために個別に情報配信をする必要があるが、本研究で開発したシステムはその実現に向けた第一歩となる点。

研究成果の概要(英文)：The results of this research are the following three. (1) We clarified the human response to vibration notification using a smart watch through quantitative analysis. We conducted experiments, especially for healthy people, elderly people and people with hearing impairments. (2) We developed a delivery system for evacuation guidance information using a smart watch and implemented its performance improvement. (3) We released this system to the public.

研究分野：建築計画

キーワード：避難誘導システム 身体密着式腕時計型端末 携帯型情報端末 振動通知 個別配信

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

平成 25 および 26 年に国土交通省は、「南海トラフ巨大地震・首都直下地震対策」として、「首都直下地震対策計画[第 1 版]」を策定し、平成 31 年の現在まで継続して検討を行っている。その中で 2020 年東京オリンピック・パラリンピックの開催をひとつの目標とし、各対策の推進に全力で取り組むとして、外国人を含む多数の滞在者の安全を確保するとしている。パラリンピックにおいては、様々な身体の制限を持つ参加者が見込まれ、地震時やそれに伴う火災時などの災害時には、これらの人々が健常者に混ざって建物から安全に避難する方策が求められている。これらの障害者および複合的な障がいをもつ高齢者等の災害時要援護者は、災害の警報等の情報を得る能力および避難のための移動能力等に制限があり、健常者と比較して避難時に多くの時間を要するなど困難を伴うことが予想される。元来、これらの人々は要援護者として、健常者が援護して避難するなどの方法（共助）を基本として考えられてきたが、少子高齢化に伴う健常者割合の減少などにより、すべての要援護者を介助して避難することは難しい状況にある。このため、要援護者であっても自力での避難（自助）がもめられる可能性が高まっている。災害情報は非常放送、警報ベルによる発災の報知、および非常放送による状況伝達を中心とした音声情報で提供されるものが多いが、聴覚に障がいをもつ人々にとって、災害情報や急な状況変化を確認することが困難な状況にある。これに対して、フラッシュ型の警報設備なども設置が進められているが、消防法において設置の義務化が見送られるなど、導入が促進されていない現状がある。このことから本研究は、身体にしっかりと直接触れた状態で警戒シグナルや災害情報を振動通知により提示できる身体密着式腕時計型端末の特徴から着想を得ることとなった。非常時にのみ機能するものではなく、平時は平時の役割を担うものである点からも、実効性だけでなく普及の可能性も高いと予想される。本研究では、上記の観点に基づき、災害時の状況想定下での被験者実験を通して、特に身体密着式腕時計型端末の振動通知を用いた災害時要援護者の自助・共助避難方法の有効性を検討する。

2. 研究の目的

本研究では、身体密着式腕時計型端末の振動通知を用いた災害情報伝達システムを開発し、身体密着式腕時計型端末の振動通知に対する人間の覚知特性を明らかにする。特に、避難行動時における移動中の情報配信に対し、通知方式の違いによって覚知特性にどのような差が生じるかについて着目して検討を行った。

3. 研究の方法

(1) 実験概要

被験者に携帯型情報端末（スマートフォン、以降 SP と表記）と身体密着式腕時計型端末（スマートウォッチ、以降 SW と表記）を装着させる。高層建築物の上階にて待機させた状態におき（図 1）、火災の発生を非常放送によって知らせ、被験者は放送の指示に従って避難を開始する。実験条件に従い、避難行動途中に SP もしくは SW に対して避難誘導情報を配信するなお、被験者が配信された情報に気がつき、その内容を確認できた場合はそこに表示された指示に必ず従うように教示した。配信された通知に対してどのように覚知したかという結果と、端末の装着状態もしくは通知方式との関係を検証した。

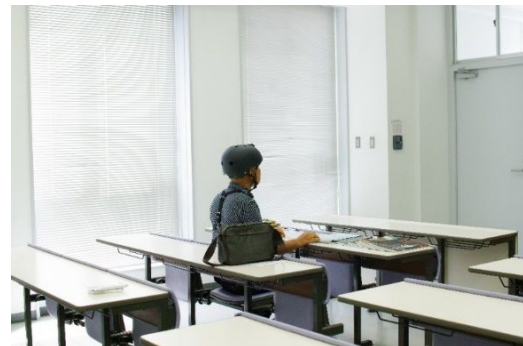


図 1 実験開始時の待機状態

(2) 実験方法

実験場所

大学キャンパス内にある 8 階建ての建物において、5 階から 1 階までの階段室、エレベーターホールおよび 5 階教室を使用して実験を実施した。

被験者

20 代男子大学生および 60~70 代男性高齢者各 10 名ずつとした。なお、性別による違いはないと仮定したため、男性のみを被験者とする事とした。なお、被験者は大学学内の学生もしくは習志野市シルバー人材センターに在籍する派遣者とした。いずれの被験者も歩行に際して支障となる怪我や障害、心肺機能に問題のある者はいなかった。

実験器具

本研究では、携帯型情報端末は Apple 社「iPhone 7」を、身体密着式腕時計型端末は同社の「Apple Watch Series 2」を使用した（図 2）。これらに対し、筆者らの研究グループが独自に開発した避難誘導情報の配信システム「PEEP」をインストールした。



図 2 実験器具

被験者の安全に配慮し、ヘルメットおよび肘と膝のプロテクターを着用させた。心肺停止への負担を考慮し、緊急用の酸素吸入ポンペを準備した。熱中症のリスクを測定するために湿度温度計を設置し、ペットボトルの水を支給した。待機部屋に書籍や雑誌、緊急放送を流すためのスピーカーを用意した。その他に実験風景の記録用としてビデオカメラ、避難行動時間の計測用としてストップウォッチ、データ記録シートおよび実験終了後に被験者に対して実施するアンケート用紙を準備した。

実験条件および実験変数

実験では、通知の届く端末の種類、通知音声および振動の有無、通知音声の音量を変数とした。これらを組み合わせ、表 1 に示す全 8 通りの実験条件を構成した。条件①は、一般的な避難放送のみの条件のため、実質的には通常の避難行動となる。全ての被験者に対して最初にこの条件を実施することで、実験の状況に慣れさせた。条件 -1~3 および -1~3 の 5 通りについては若年者と高齢者の双方が、条件 -1~2 の 2 通りは若年者のみに対して実施した。

表 1 実験条件一覧：避難行動時実験

条件名称	避難放送	通知端末	SP 音声	SP 振動	SW 音声	SW 振動	音量
①	あり	なし					
-1	あり	SP	あり	なし			通常
-2	あり	SP	なし	あり			通常
-1	あり	SW			あり	なし	通常
-2	あり	SW			なし	あり	通常
-3	あり	SW			あり	あり	通常
-1	あり	SP	あり	なし			弱
-2	あり	SW			あり	なし	弱

実験器具の設定

SP および SW の設定事項と実験条件との対応を表 2 に示す。設定事項の「PEEP サウンド」は、SP 設定の通知から設定することができる。「SP 振動」は、SP 設定のサウンドと触覚の着信スイッチ選択時で切り替えることができ、「サイレントスイッチ」は、サイレントスイッチ選択時で設定できる。「SP 通知音（段階）」も、同じ画面の着信音と通知音で設定することができる。「SW PEEP 反映」は、SP の Watch の通知から切り替えができる。「SW 消音モード」と「SW 触覚の強さ」と「SW 通知音（段階）」は、SP の Watch のサウンドと触覚で設定できる。SP の通知音量設定は、OS 上で設定できる 16 段階のうち 12 段階目を通常の設定とした。弱く設定する場合は 1 段階目とした。SW の振動強さ設定は、OS 上で設定できる最大の強さに設定し、また設定項目にある「はっきりした触覚」の設定を ON にした。

表 2 OS および SW の設定一覧

条件名称	PEEP サウンド	SP 振動	サイレントスイッチ	SP 通知音（段階）	SWPEEP 反映	SW 消音モード	SW 触覚の強さ	SW 通知音（段階）
①	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
-1	ON	OFF	OFF	12	OFF	OFF	OFF	OFF
-2	ON	ON	ON	12	OFF	OFF	OFF	OFF
-1	ON	OFF	ON	12	ON	OFF	OFF	12
-2	ON	OFF	ON	12	ON	ON	Max	12
-3	ON	OFF	ON	12	ON	OFF	Max	12
-1	ON	OFF	OFF	1	OFF	OFF	OFF	OFF
-2	ON	OFF	ON	12	ON	OFF	OFF	1

実験手順

実験は被験者 1 名ずつ実施した。以下に実験手順を示す。1. 実験器具、事前アンケート回答記入用紙、被験者データ記入用紙、説明書、同意書を準備する。2. 被験者を待機室へ移動させる。椅子に座らせ、説明書を配布し、口頭でも読み上げ実験説明をおこなう。3. 待機

室でしばらく待機させる。その際、備え付けられた書籍や雑誌などで読書をしてもらう。4. スタッフによって火災時を想定した状況が再現して実験を開始する。5. 館内放送により火災が発生した旨を放送し、避難行動を開始させる。6. 実験条件に応じた情報配信をして、避難を行ってもらう。実験条件に応じ、被験者の移動中に避難誘導情報が配信される。配信される場合は移動中に3回送信される。7. 避難階（地上階）に移動が完了したら、スタッフの指示に従ってアンケートに回答させる。8. スタッフの指示に従い、再び待機室まで移動させる。その際はエレベータを使って移動する。9. 待機室まで移動し、休憩時間をとる。1回あたりの所要時間は約20分で実験を進めていく。10. 5~9を繰り返して実験をおこなう。いくつかの実験条件を実施した後、最後に終了後アンケートに回答させる。

実験中の配信タイミング

避難行動時実験では移動中に3回通知を送信する（図3）。配信は部屋で待機して放送がなされた後、配信は階段を下っている時、配信は2階フロアで待機している時に通知を送信した。被験者の避難経路と通知への覚知の有無、条件に対応した被験者データ記録用紙に記入した。

分析手順

配信された情報に対し、覚知した人数の割合とその際の状況を実験条件および被験者属性ごとに整理する。これを星取り表形式にまとめ、覚知特性に関する傾向を評価することとした。分析は以下の手順でおこなった。1. Excelを起動する。2.

実験から得られた結果を記入する。3. 各配信に対して、覚知できた人を○、覚知できていたが条件ごとアンケートで曖昧だったと答えた人を△、覚知できなかった人を×として人数を出していく。4. 覚知できた人数（曖昧も含む）の割合を配信ごとに算出していく。5. 覚知人数割合が90%以上を●、70%以上90%未満を▲、70%未満を×として表に記入し、覚知状況を色分けする。条件ごとに比較し考察していく。6. 終了後アンケートを集計し、グラフにして比較する。

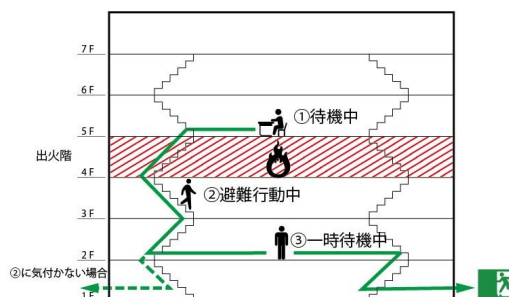


図3 配信タイミングとその位置

4. 研究成果

実験結果を表3に示す。条件（SPに対する配信）および（SWに対する配信）で若年者と高齢者とを比較すると、若年者の覚知人数割合の方が高くなる傾向がみられた。毎回の実験後アンケートによると、高齢者は通知音の音量が小さく感じたという方が多く、覚知状況としても曖昧というものが多くみられた。このことから、高齢者の覚知能力は若年者に比べ低いことが分かった。条件-2（SPへの振動のみ）では、情報が配信されるSPを衣服にしまっていて移動しているため振動が身体に伝わりにくく、高齢者と若年者共にほとんど覚知できなかった。よってSPの振動通知は移動を伴う場面では有効な通知手段ではないことが分かる。条件でSWの振動通知を用いたもの（条件-2および3）は、覚知人数割合が90[%]以上、SWの音声通知のみを用いたもの（条件-1）でも70[%]以上の割合ではっきりと覚知できている。この

表3 避難行動時実験：覚知人数割合と覚知状況

条件 -1	若年者	高齢者	条件 -2	若年者	高齢者
配信1		×	配信1		×
配信2			配信2	×	×
配信3			配信3	×	×

条件 -1	若年者	高齢者	条件 -2	若年者	高齢者	条件 -3	若年者	高齢者
配信1			配信1			配信1		
配信2			配信2			配信2		
配信3			配信3			配信3		

条件 -1	若年者	高齢者	条件 -2	若年者	高齢者
配信1	×		配信1	×	
配信2			配信2	×	
配信3			配信3	×	

覚知人数割合

- 90%以上
- 70%以上90%未満
- ×

覚知状況

- はっきり覚知した
- 曖昧だった
- 覚知できなかった

ことから、覚知能力が低い高齢者でも身体密着式腕時計型端末の振動通知を用いることで、配信された情報に対して高い覚知特性を維持できることが明らかになった。条件（通知音声を弱くしたもの）では、若年者であっても覚知ができなくなり、覚知状況も曖昧になった。今回は被験者1名でおこなう避難であったが、同時に避難する人数が複数人になったり騒音を加えられたりした場合、音による通知の有効性はさらに減少すると考えられる。そのため、身体密着式腕時計型端末での振動通知の有効性がより高まるものと予想される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計4件)

1. 高橋美咲, 遠田敦: 身体密着式腕時計型端末を用いた振動通知に対する覚知特性 - 避難行動時および日常生活時における覚知実験 -, 日本建築学会, 日本建築学会関東支部研究報告会, 2018
2. 野竹宏彰, 遠田敦, 佐野友紀, 広田正之, 倉田成人: 身体密着式腕時計型端末を用いた振動通知に対する覚知特性 - 避難行動時および日常生活時における覚知実験 その1 -, 日本建築学会, 大会(東北), 2018
3. 遠田敦, 野竹宏彰, 佐野友紀, 広田正之, 倉田成人: 身体密着式腕時計型端末を用いた振動通知に対する覚知特性 - 避難行動時および日常生活時における覚知実験 その2 -, 日本建築学会, 大会(東北), 2018
4. 松崎泰久, 若月大輔, 倉田成人, 佐野友紀, 遠田敦, 野竹宏彰, 広田正之: 聴覚障害者に対する災害情報伝達に関する研究, 日本建築学会, 大会(東北), 2018

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

・ アプリケーションソフト「PEEP」公開ページ

<https://itunes.apple.com/jp/app/peep/id1207758414?mt=8>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 佐野 友紀

ローマ字氏名: (SANO, tomonori)

所属研究機関名: 早稲田大学

部局名: 人間科学学術院

職名: 教授

研究者番号(8桁): 70305556

研究分担者氏名: 倉田 成人

ローマ字氏名: (KURATA, narito)

所属研究機関名: 筑波技術大学

部局名: 産業技術学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 00416869

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 野竹 宏彰

ローマ字氏名: (NOTAKE, hiroaki)

研究協力者氏名: 広田 正之

ローマ字氏名：(HIROTA, masayuki)

※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。