

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00124

研究課題名(和文) 避難呼びかけを支援するための未避難者(スマートフォン)探知に関する研究

研究課題名(英文) Detecting smartphones of persons that have not evacuated to support evacuation calls

研究代表者

榎原 茂(Kashihara, Shigeru)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教

研究者番号：60380739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：災害時における避難率は3.9%と低く、逃げ遅れによる被災者を減らすために、消防隊員等により避難促進のための声掛けなどが行われているが、限られた時間内で各家庭に呼びかけを行なうのは困難である。本研究課題では、消防隊員の効率的かつ効果的な避難呼びかけを支援するために、対象地域で避難を行っていない未避難者(スマートフォン)の探知技術に関する研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題における学術的・社会的意義な点は次の2点にまとめられる。(1)スマートフォンの探知に向けて、様々な無線端末から得られる情報の意味付けと関連性を明らかにすることは学術的な特色がある。(2)センサー側が移動し、様々な情報が取得される状況の中でスマートフォンの存在を探知する点、及び実際の社会ニーズを考慮した上での研究設定は社会的意義がある。本研究結果は、減災に向けて、ICTを利活用した効率的かつ効果的な救助活動につながり、また、単に未避難者を探知するだけでなく、避難所に避難している人数の把握等にも応用可能である。

研究成果の概要(英文)：In the event of a disaster, a smooth evacuation is required. However, the evacuation rate in Japan is meager (i.e., 3.9%). Then it is challenging to call homes for evacuation within a limited time. In the study, we proposed and evaluated a smartphone detection method to support effective and efficient evacuation calls by firefighters.

研究分野：モバイルネットワーク

キーワード：スマートフォン センサー Wi-Fi Bluetooth ドローン 探知 減災

## 1. 研究開始当初の背景

短時間強雨発生回数が増加傾向にある[1]。このような大雨は、洪水害・浸水害・山崩れ害・がけ崩れ害・土石流害を引き起こす可能性を高める。災害の発生が差し迫り、避難が必要になった場合は、自治体から「避難準備情報」、「避難勧告」、「避難指示」が発令されるが、避難率は**3.9%**(約**4.4**万人/発令対象者数約**113.8**万人、**H24**調査結果)と低く、ハザードマップ自体の認知度も**31.25%**(**H22**調査結果)と低い[2]。自治体からのこれらの情報を入手しても、受け止め方や個人のリスク認識の違いにより、実際に危機感を感じるまで避難が行なわれず、その結果逃げ遅れる事態となる[3]。このような事態を少しでも防ぐために、消防隊員等により避難促進のための声掛けなどが行われているが、限られた時間内で各家庭に呼びかけを行なうのは困難である。そこで、本研究では、対象地域で避難を行っていない人(以下、未避難者)を見つけ、消防隊員の効率的かつ効果的な避難呼びかけを支援するための未避難者探知技術に関する研究を行った。

## 2. 研究の目的

自治体の「避難準備情報」、「避難勧告」、「避難指示」発令時において、効率的かつ効果的な避難促進の声掛けを支援するための未避難者(スマートフォン)探知技術に関する研究を行う。災害による人的被害を防ぐためには、危険地域における未避難者の避難促進を行うことが重要である。しかし、避難率は**3.9%**と低く、実際に危機感を感じるまで避難が行なわれずその結果逃げ遅れる事態となる。そこで、本研究では、人はスマートフォンを保持して避難するという前提のもと、スマートフォンの探知手法を提案する。現在、**IoT (Internet of Things)** デバイス等の様々な機材が普及している中で、スマートフォンを特定し探知することはチャレンジングな課題といえる。また、本研究では、提案方式のプロトタイプを作成し、実環境において有効性を実証する。

## 3. 研究の方法

本研究課題では、未避難者を見つけるための手段として、未避難者がスマートフォンを保持している前提のもと研究を行った。**2011**年の東日本大震災の際も、避難時に一番に持ち出すものは携帯電話であることがアンケート調査等からも明らかになっている。スマートフォンの保有状況は年々増加しており、**60**歳以上の高齢者でも**40%**に迫る保有率[4]であり、今後もスマートフォンの保持率は高まる。従って、本研究課題では、人スマートフォンとして未避難者の探知について取り組む。このようなスマートフォンを対象とした人の探知としては、**Wi-Fi** パケットセンサを用いた人流計測が研究として行われている[5]。図1(左)に示すように、これらは建物内や計測したい移動経路に複数のパケットセンサを設置し、地点間の移動をもとに人流を計測・分析する。本研究課題においては、パケットセンサを至る所に配置することは費用の面からも困難なため、図1(右)に示すように、スマートフォンを探知するセンサ機材を保持した消防隊員が対象地域を移動することで、スマートフォンが対象地域に存在するかどうかを探知する。しかし、**IoT** デバイス等の普及により、単純に**Wi-Fi** パケットを取得しただけでは、それがスマートフォンであるかどうかを判定することは困難である。

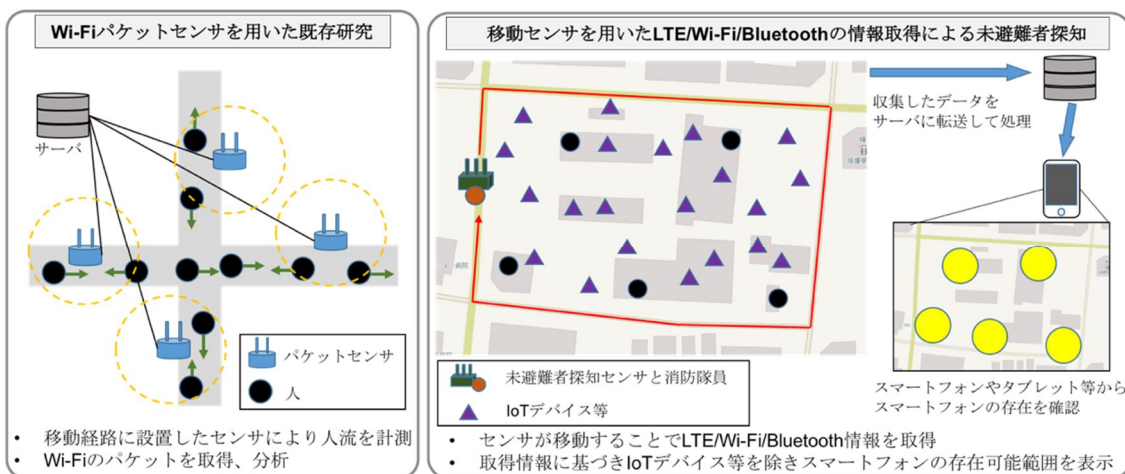


図 1：固定センサによる人流計測(左:既存研究)と移動センサによる未避難者探知(右:本研究課題)

移動センサによりスマートフォンの存在を探知するためには、スマートフォンから発せられ

る情報の調査・分析・整理を行い、それらの情報の取得方法、取得可能範囲、判定方法、可視化、実証実験等が必要である。そこで、以下の手順で本研究を実施した。

- (1) スマートフォンから発せられる情報の調査・分析・整理
- (2) スマートフォンの情報の取得方法と取得可能範囲
- (3) 取得情報からスマートフォンを識別するための判定方法と存在可能範囲の計算方法の提案
- (4) 判定情報と存在可能範囲の可視化
- (5) 実機を用いた実証実験

#### 4. 研究成果

(1)では、スマートフォンから発せられる情報として、Wi-Fi と Bluetooth を対象に研究を進めた。まず、Wi-Fi パケットをキャプチャして解析することで、端末製造元、型番情報、MAC アドレスのベンダー情報、SSID 情報、通信先情報等の個別の情報を取得できることが明らかとなった。また、スマートフォン毎に送信されるプロトコルクエストの送信間隔も、機種毎またアクセスポイントとの通信確立の状態など、スマートフォンの状況によって異なることも明らかとなった。一方、Bluetooth においては、機種名、クラス情報等が取得できる。これらの情報は、スマートフォンの識別方法に利用できる。

(2)では、実際にデータを取得する方法として、Raspberry Pi を用いたプロトタイプシステムの試作を行い、実験を行った。初期実験においては、機種や環境にも依存するが、オープンスペースでは Wi-Fi で電波取得可能距離は 70m ほどであった。また、今後、必要となるこれらの小型情報端末間で直接情報共有を行うためのデバイス間通信によるネットワーク構築方法の提案も行った。

Wi-Fi と Bluetooth に加えて、LTE での情報取得の可能性を調査するため、安価な Software Defined Radio (SDR) デバイスを用いて、実際にその対象周波数の電波強度の取得を行なった。しかし、近距離で電話を行った時には電波強度の変動が少し確認できたが、距離が離れるとほとんどその変動を確認することは困難であった。実際、このような携帯電話の電波をもとにスマートフォン検知を行なっている企業と議論した際に、技術的問題だけでなく、法的問題においても様々な問題を解決する必要があることが明らかとなった。

(3)(4)においては、取得情報からスマートフォンを識別する方法として、Wi-Fi と Bluetooth を対象として、MAC アドレス、機種型番、機種名、接続アドレス、接続済み SSID 情報から端末の種別判定を行った。初期実験においてスマートフォンの通信状況によっては正しく検知できることを示した。

また、存在可能範囲においては、Wi-Fi の電波強度を対象として、存在可能範囲についての取得方法について提案した。存在可能範囲を求めるためには、中心点を推定する必要があるが、使用する情報取得地点によって結果が異なるため、ランダム、平均、中央値を用いた推定を行い、ランダムよりも平均、中央値を用いた方が、結果が良いことが明らかとなった(図2)。

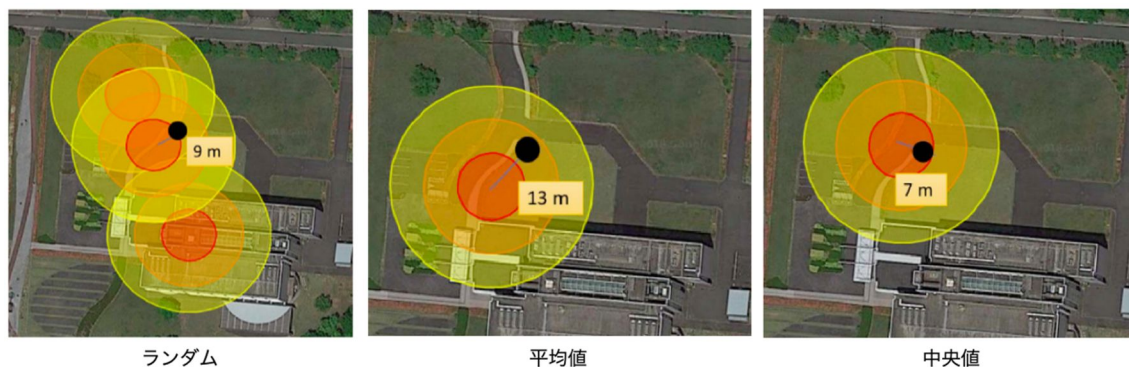


図2：3方式による存在可能範囲結果

別のドローンを用いた実験においては、オープンスペースの環境で上空 100m からでの Wi-Fi の情報を取得できることを確認し、一方、家や瓦礫においては 30m 以下でないとい情報取得が難しいことも明らかになった。しかし、対象物に近づく必要があるということは、より絞られた範囲で検知できることを意味しており、技術だけではなく、運用面でカバーできると考えられる。

このようなスマートフォンの検知に関して、消防隊員と議論した際に、エリアが大きくなるよりは、強い電波を取得した地点を示すだけでも、地図上の建物等の情報を見て、人が判断した方が経験や運用面からも効果があるとの助言を頂いた。つまり、全ての情報を示すのではなく、運用面で扱いやすい情報に加工する必要があることも明らかとなった。

(5)実機を用いた実証実験については、2019年11月30日と12月1日に高知県須崎市で行われた「令和元年度 中国・四国ブロック緊急消防援助隊合同訓練」の中で、「情報収集活動訓練」として位置付け実施した。本訓練での我々の目的は、社会実装に向けた課題を明確にすること、



及び他の実務者からの本研究課題に対する意見等をもらうことであった。本訓練では、被災地域に対する空撮情報とセンシング情報を取得し、その後の活動に役立つ情報として指揮本部へ提供した。図 3 は実際の実証実験時の様子とセンシング情報の結果を示している。本実証実験では、建物や車内に置かれた7台のスマートフォン中5台のスマートフォンを上空から検知した。本実証実験より、スマートフォンの検知は消防活動においても、有用なツールの一つとなりうることを示した。



図 3：訓練時の様子とセンシング情報の分析結果

## 参考文献

- [1] 「大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化」, 国土交通省気象庁, [http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme\\_p.html](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html). (R2.6.1 参照)
- [2] 「洪水ハザードマップと避難に関する課題（資料 3）」, 国土交通省, [https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/suigaiazardmap/dai01kai/pdf/s02.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/suigaiazardmap/dai01kai/pdf/s02.pdf). (R2.6.1 参照)
- [3] 作間敦, 柏田すみれ, 関谷直也, 荒木優弥, 松尾一郎, 「関東・東北豪雨において発表された情報と避難行動の関係」, 日本災害情報学会第 18 回学会大会予稿集, pp.6-7, 2016 年 10 月.
- [4] 「情報通信白書平成 28 年版」, 総務省, 2016 年.
- [5] K.Li, C.Yuen, and S.Kanhere, “SenseFlow: An Experimental Study of People Tracking.” **In Proc. of the 6th ACM Workshop on Real World Wireless Sensor Networks (RealWSN '15)**, pp.31-34. 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 M. Rosyidi, Ratih Hikmah Puspita, Shigeru Kashihara, Doudou Fall, and Kazushi Ikeda
2. 発表標題 A Design of IoT-based Searching System for Displaying Victims Presence Area
3. 学会等名 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榎原 茂, 山本 篤史, 松崎 健太, 宮崎 康成, 関 智也, 浦川 豪, 福本 昌弘, 太田 能
2. 発表標題 消防活動での無人航空機の利活用に向けた現状と課題
3. 学会等名 日本災害情報学会第20回学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榎原 茂
2. 発表標題 ドローンと情報収集、そして・・・。
3. 学会等名 第168回アルゴリズム研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 篤史, 榎原 茂, 和田 将志, 松崎 健太, 宮崎 康成, 関 智也, 浦川 豪, 福本 昌弘, 太田 能
2. 発表標題 ドローンで取得した可視・不可視情報の提示と実践導入へ向けた取り組み事例
3. 学会等名 防災講演会～防災分野の現状と期待される取り組み～（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻原 茂, 山本 篤史, 松崎 健太, 宮崎 康成, 関 智也, 浦川 豪, 福本 昌弘, 太田 能
2. 発表標題 Wi-Fiセンシング機能を搭載した無人航空機による携帯ゲーム端末の探知実験
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻原 茂, 山本 篤史, 和田 将志, 松崎 健太, 宮崎 康成, 関 智也, 浦川 豪, 福本 昌弘, 太田 能
2. 発表標題 搜索活動を対象としたドローンへの応用技術と実践的な運用へ向けて
3. 学会等名 第2回減災ドローン研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 尚弥, 高木 由美, 櫻原 茂, 太田 能
2. 発表標題 マルチWi-Fiインタフェースを用いたD2D通信における接続性の改善に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本尚弥, 櫻原茂, 高木由美, 太田能
2. 発表標題 デバイス間通信における複数のWi-Fiインターフェースを用いた柔軟な接続手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会モバイルネットワークとアプリケーション研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shigeru Kashihara, Muhammad Arief Wicaksono, Doudou Fall, and Muhammad Niswar
2. 発表標題 Supportive Information to Find Victims from Aerial Video in Search and Rescue Operation
3. 学会等名 The 2019 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IoTaIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shigeru Kashihara, Atsushi Yamamoto, Kenta Matsuzaki, Kosei Miyazaki, Tomoya Seki, Go Urakawa, Masahiro Fukumoto, and Chikara Ohta
2. 発表標題 Wi-SF: Aerial Wi-Fi Sensing Function for Enhancing Search and Rescue Operation
3. 学会等名 2019 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎原 茂, 山本 篤史, 松崎 健太, 宮崎 康成, 関 智也, 浦川 豪, 福本 昌弘, 太田 能
2. 発表標題 消防防災活動におけるドローンの利活用と GIS
3. 学会等名 G空間サミット2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Nawaz Mohamudally (Ed.)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 InTech	5. 総ページ数 15
3. 書名 Smartphones from an Applied Research Perspective (Contribution: Jane Louie Fresco Zamora, Noriyuki Suzuki and Shigeru Kashihara, "Chapter 3: SOS Message Distribution for Searching Disaster Victims")	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----