

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04831

研究課題名（和文）IoT・センシング技術を活用した災害時状況把握及び救助活動支援システムの構築

研究課題名（英文）Disaster situation assessment and rescue operation support system using IoT and sensing technology

研究代表者

山邊 友一郎（Yamabe, Yuichiro）

神戸大学・工学研究科・准教授

研究者番号：70362762

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：地震などの災害発生時に、要救助者の場所や体調、建物の被災状況に関する情報を自動的に収集するシステムを構築することで、効率的な救助活動につなげることが目指した。まず、IoT・センシング技術を活用して、在室者の有無を把握するために必要なセンサの種類や配置方法を検証した。次に、機械学習（深層学習）を用いて家具の移動や転倒を把握するため、模型実験を実施した。さらに、各種情報の有無が、災害救助活動に与える影響を検証するためにシミュレーションを実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義は、災害救助活動支援システムを対象として、必要な情報の種類、精度、収集方法について、各種実験を通して検証するとともに、情報の活用方法について、シミュレーションにより様々なケースを想定して検証を行った点にある。

社会的意義は、常時、非常時を通して建物内外をきめ細かくセンシングすることで、要介護者の見守りや日常生活における異常検知など、IoT活用の推進へとつなげることができる点にある。

研究成果の概要（英文）：In the event of an earthquake, we aimed to realize efficient rescue activities by constructing a system that automatically collects the locations and physical conditions of people requiring rescue, as well as the damage status of buildings. First, using IoT and sensing technology, we verified the types and placement methods of the sensors necessary to determine the presence or absence of people in the room. Next, a model experiment was conducted to understand the movement and overturning of furniture using machine learning (deep learning). Furthermore, a simulation was conducted to verify the influence of the presence or absence of various information on disaster relief activities.

研究分野：建築構造・情報学

キーワード：救助活動支援システム IoT センシング技術 機械学習 家具 マルチエージェントシミュレーション

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、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 地震などの災害発生時には、初期救助活動が重要であるが、災害発生直後は情報が混乱・錯綜し、効果的な救助活動を行うことが難しい。救助活動のために必要な情報としては、要救助者の位置に関する情報、体調に関する情報、建物から脱出できない場合は、その阻害要因などがある。これらの情報を救助開始時に入手できれば、ピンポイントで救助に向かうことができるため、効率的な救助活動が可能になる。また、多数の要救助者が見込まれる大規模な災害発生時には、救助の優先順位を付けることができ、建物からの救出のために必要な道具の準備も可能になるなど、大きなメリットが期待できる。しかし、これらの情報を得るためには災害発生前から準備をしておく必要があるが、現状では、備えは十分に行われていない。一方、近年のIoT・センシング技術の発展により、建築に関する様々な情報を容易かつ低コストで入手可能になりつつあるが、得られた情報の有効な活用方法については、様々な検討課題が残されている。

### 2. 研究の目的

(1) IoT・センシング技術を活用して、災害時の在室者の有無及び建物の被災程度に関する情報を把握すると共に、得られた情報の効果的な活用方法を検証することを通して、迅速かつ確実な災害救助活動支援システムの構築を目的として、以下の研究を実施する。

① 災害救助活動支援システム構築に必要な情報及びその計測方法を定義する。温度、照度、加速度など多種多様なセンサがあるが、どのセンサを、どの場所に、どれくらいの密度で設置し、どのように計測すれば必要な情報が得られるかを検証する。

② 要救助者に関する情報の質及び効果的な活用方法を検証する。要救助者の属性（例えば、年齢、性別、持病の有無など）に応じて建物内に閉塞された状況への耐性が異なることが想定される。また、災害時の建物内の被災状況も、要救助者の生命維持に及ぼす影響が大きい。そのため、これらの情報の有無が要救助者の生存確率に及ぼす影響を検証する。

### 3. 研究の方法

(1) 在室者の有無を精度よく推定可能なIoT・センシングシステムの構築を目指して、オープンソースハードウェアである Arduino と各種センサを用いてセンシングシステムを構築して実験を行った。① 出入り口の内外に人感センサを配置し、扉に加速度センサを設置することで在室者の出入りを計測する。この時、各センサの時刻を同期させることで、在室者が入ってきたのか出て行ったのかを把握できる。

② 室内では、照度センサによる照明器具の点灯状況の把握、音センサによる活動音の把握、電流センサによる電化製品の使用状況の把握などを行う。

(2) 建物の被災程度を精度よく推定可能なIoT・センシングシステムの構築を目指して、機械学習を用いて被災時における室内家具の転倒判定に関する研究を実施した。実験では、部屋模型と3種類の家具模型（タンス、キャビネット、テレビ台を想定）を用いて、被災前後の家具の画像を撮影し、機械学習により家具の移動の有無及び、転倒の有無の判定を行った。また、撮影方法が家具の移動・転倒判定に与える影響を把握するため、以下に示す2つのパラメータを変化させて実験を行った。なお、実験で撮影した画像は、学習用と検証用に区分し、判定精度の検証を行った。

① 室内の撮影角度を変化させた。具体的には、天井中央から撮影した場合と天井隅から撮影した場合で実験を行った。

② 家具の各面の色を変化させた。具体的には、家具の天板のみ赤色にした場合と、天板を赤色にすることに加えて、家具の側面と正面を茶色にした場合で実験を行った。

(3) 要救助者・建物の被災程度に関する情報の有無が災害救助活動支援システムの効果的な運用に及ぼす影響の検証：要救助者の属性及び建物の被災程度に関する情報の有無をパラメータとして、マルチエージェントシミュレーション（MAS）を実行し、各パラメータが災害救助活動支援システムの効果的な運用、つまり要救助者の生存率に及ぼす影響を検証する。これにより、IoT・センシング環境を構築する際に優先的に設置すべきセンサ及び、収集すべき情報の種類を選定することが可能になる。

① 情報がない場合をベンチマークとする。

② 要救助者の位置・属性情報が得られる場合、得られない場合を比較する。

③ 建物の被災程度に関する情報が得られる場合、得られない場合を比較する。

④ 情報の共有範囲について、各種ケースを想定して比較検討する。具体的には、現地でしか情

報を得ることができない場合、情報を集約して地域の災害対策部局で全体的に最適な対応が可能な場合などである。

#### 4. 研究成果

(1) 在室者の有無を推定するシステムの構築について、以下の知見を得た。

① 加速度センサ・人感センサを用いた扉の計測結果より、人の出入りを判断できた。出入りの方向（入退室の区別）を判別するには、リアルタイムクロック（RTC）を用いて扉内外の観測データのタイムスタンプを比較することが有効である。

② 振動センサを用いた扉の計測結果より、振動センサは、扉の開閉を把握するのに適していないことがわかった。

③ 音センサの計測結果より、扉の開閉時や人の通過時に計測値の変化が観測された。在室者の有無を正確に判断するためには、在室者の活動によって発せられる音を把握することが必要である。そのため、扉の開閉時の足音や、外部からの騒音の影響を受けにくい、扉や窓から離れた場所にセンサを設置することが有効である。

④ 照度センサの計測結果より、照明器具の点灯状況を把握できた。センサ付近に人が移動した場合にも、計測値が変化するため、照度センサは、直接照明器具に向けるように設置することにより、照明器具の転倒状況を把握できる。

⑤ 在室者の有無の判断を行うには、一種類のセンサの測定だけでは難しかった。そのため、加速度センサ、人感センサ、音センサ、照度センサなどの複数のセンサを組み合わせ、総合的に判断することが望まれる。

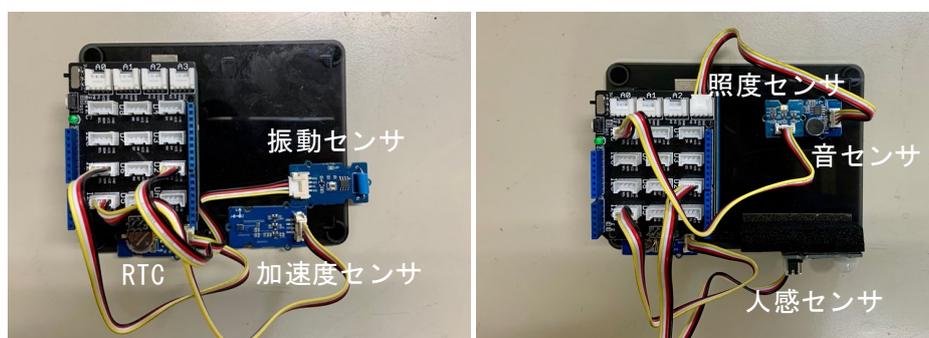


図1 センシングシステム

(2) 建物の被災程度を推定するシステムの構築について、以下の知見を得た。

① 撮影角度に関しては、天井の中心にカメラを取り付けて撮影した方が、天井の隅に取り付けて撮影した場合よりも判定の正解率が高かった。真上から撮影した方が空間を平面的に処理しやすくなったためであると考えられる。

② 転倒判定については、家具の上面を赤くする及び、家具の上面と側面・正面を茶色にすると、80%以上の正解率で家具の転倒を正しく判定できた。

③ 移動判定については、家具の上面と側面・正面を茶色にすると、65%以上の正解率で移動を正しく判定できた。



図2 撮影方法、撮影方向、家具の色の設定

(3) 要救助者・建物の被災程度に関する情報の有無が災害救助活動支援システムの運用に及ぼす影響について、以下の知見を得た。

- ① 要救助者の有無に関する情報を取得できると、要救助者がいるかどうかの搜索活動を行う時間を短縮し、それに伴って救助完了時間と最終的な死亡者数を改善できる。
- ② 要救助者の健康状態に関する情報を取得できると、緊急度の高い住民を優先的に救助することで、情報がない場合より死亡者数を約20%減少させることができる。
- ③ 住宅の被災程度に関する情報の取得は、救助活動に及ぼす影響は小さかった。

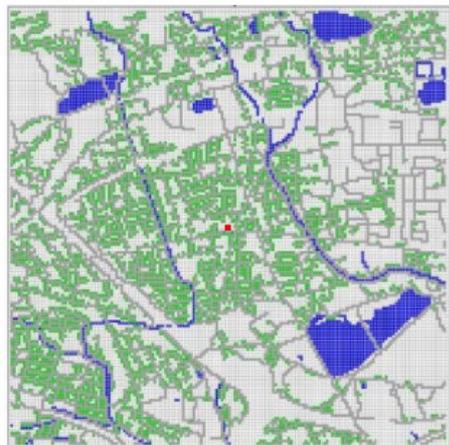


図3 シミュレーション対象地域

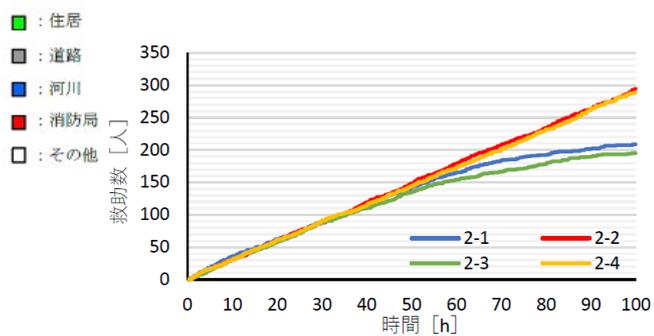


図4 救助隊による救助数の時間推移

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 徳勝遊子, 山邊友一郎, 谷明勲	4. 巻 -
2. 論文標題 MASを用いた部材リユースによる資源循環型社会シミュレーション 部材の供給安定化についての検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集（論文）	6. 最初と最後の頁 430-435
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 澤井玲二, 谷明勲, 山邊友一郎	4. 巻 -
2. 論文標題 PMVを指標とした室内温熱環境制御に関する研究 多点計測とサーキュレータの影響の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集（論文）	6. 最初と最後の頁 275-280
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 横井秀平, 谷明勲, 山邊友一郎	4. 巻 -
2. 論文標題 木造建築物の地震被害を対象とした応急危険度判定の自動化に関する研究 - 「壁の被害」を対象とした画像判定 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第43回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集（論文）	6. 最初と最後の頁 412-417
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤川滉暉, 山邊友一郎, 谷明勲	4. 巻 -
2. 論文標題 教科教室型校舎における移動時の混雑緩和に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第43回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集（論文）	6. 最初と最後の頁 484-489
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金山佳史, 山邊友一郎, 谷明勲	4. 巻 -
2. 論文標題 GAを用いた駅周辺地域における道路・施設・住空間配置最適化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第43回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(論文)	6. 最初と最後の頁 466-471
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高田大輔, 山邊友一郎, 谷明勲	4. 巻 -
2. 論文標題 MASとGAを用いた商業施設の核店舗及び休憩場所の最適配置に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第45回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集(論文)	6. 最初と最後の頁 194-199
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

〔図書〕 計1件

1. 著者名 一般社団法人 日本計算工学会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 238
3. 書名 ソフトコンピューティング	

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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------