

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04592

研究課題名（和文）画像と音声の相補的利用を導入した被災者探索用UAVの開発

研究課題名（英文）Development of a Victim Search UAV Utilizing Complementary Use of Image and Audio-Based Human Detection Techniques

研究代表者

プレーマチャンドラ チンタカ（Premachandra, Chinthaka）

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：40632485

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究計画では、画像と音声の相補的利用による災害地の被災者探索用UAVの開発に取り組んできた。画像を用いた被災者探索では、空中からUAVカメラで撮影される画像から人体の認識および人体の一部の認識を行う手法を提案することで、被災者を検出した。また、音声による探索では、UAV搭載マイクで取得されるUAVのプロペラ音に人間の声が混ざっているかを認識することで、被災者を検出した。これらの取り組みは主に機械学習および深層学習モデルの提案によって行った。提案手法は実用化レベルに近づいており、これまでの研究成果として、Q1（上位25%）レベルの国際学術雑誌での公開5件を含め、多くの論文で公開してきた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本計画の画像による探索では、空撮画像に被災者の全身がはっきりと映っている場合だけでなく、人体の一部が小さく映っている場合でも被災者が検出可能なAIに基づいた手法を提案し、空撮画像からの被災者検出の性能を向上させた。また、音声による探索では、UAV搭載のマイクで取得した音声に混ざった人間の声を検出することで、被災者の把握を行った。マイクで取得した音声とAIが生成したUAV音声との差異から人間の声を検出、そのマイクで取得した音声のスペクトラム画像から人間の声を検出することを検討した。これらの新規手法は性能が高く、実用化に近づいており、災害地だけでなく、他の場面での空中からの人間探索に応用できる。

研究成果の概要（英文）：This research project has focused on the development of a UAV for disaster victim search utilizing the complementary use of images and audio. For victim search using images, we investigated methods for recognizing human bodies and parts of human bodies from images captured by UAV cameras from the air. For search using audio, we conducted victim searches by recognizing whether human voices were mixed with the propeller sounds captured by microphones mounted on the UAV. These efforts were mainly carried out by proposing machine learning and deep learning models. As a result, the proposed methods have approached a practical level, and we have published numerous papers, including five in Q1 (top 25%) level international academic journals, based on our research findings.

研究分野：防災工学、知能ロボティクス、AI、音声処理、画像処理、

キーワード：レスキュー支援 被災者探索 人工知能 音声処理 画像処理 スペクトラム画像 画像生成 UAV

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。

### 1. 研究開始当初の背景

地震等の災害が起きた際の被災者探索は極めて重要な作業であり、特に瓦礫等が散らばった状態での被災者探索は迅速に行う必要がある。データ上、72 時間を超えると被災者の生存率が急激に低下する。しかし、近年の大きな災害の際の被災者探索は、人手に頼って行われており、効率性が非常に悪い。日本では災害が多発するにもかかわらず、現状、自動被災者探索に関する研究はあまり進められていないため、今後急速な進展が望まれる。

効率の良い被災者探索にはロボットの活用が必要不可欠だが、既に開発されている災害用移動ロボットはインフラが崩壊してしまうと、作業現場まで輸送するのが難しくなる。したがって、被災者探索作業の効率を上げるには、**地面状態に依存せず移動可能な Unmanned Aerial Vehicle (UAV) の応用が大変効果的だといえる**。そして、UAV の場合は機体全体のバランスを保たないと安定した飛行が実現できず、市販の UAV に被災者探索用のハードウェアを追加搭載するのは困難である。そこで、申請者のこれまでの UAV 開発の経験をいかし、ハードウェアの追加搭載が単純化した UAV 機体の開発を本研究で行ってきた。そして、それを活用し、画像と音声を相補的に利用して、リアルタイムで自動的に被災者探索する UAV の研究開発を新たに行った。

### 2. 研究の目的

図 1 に本研究で目指している自動被災者探索の全体像を示す。申請者は画像および音声の認識処理に関する研究に長く携わってきた。更に、その関連分野の国際学術論文も数多く公開している。その研究経験をいかし、今回は UAV 搭載カメラを用いた映像による被災者探索、UAV 搭載のスピーカーとマイクを用いた音声による被災者探索という二通りで、確実な自動被災者探索の実現を目的として研究を進めた。将来的には、探索結果の救助隊への送信についても検討する。ここで、

- 映像を用いた探索では UAV 搭載した小型カメラからの映像に人間認識処理をかけることで探索を行う。
- 音声を用いた探索では UAV 搭載したスピーカーで災害現場へ声をかけ、UAV 搭載したマイクで取得した音声から人間の声を抽出することで、探索を行う。

瓦礫等の下敷きになった被災者が UAV カメラの映像に映らない場面も多く、その際は映像を用いた発見が難しいものの、音声で見つかる可能性がある。一方で、声を出せない状態になっている被災者を音声で見つけるのは不可能だが、映像で見つけられる可能性がある。従って、提案手法は、映像による探索と音声による探索それぞれの欠点を互いに補うもので、高性能の自動被災者探索が期待できる。

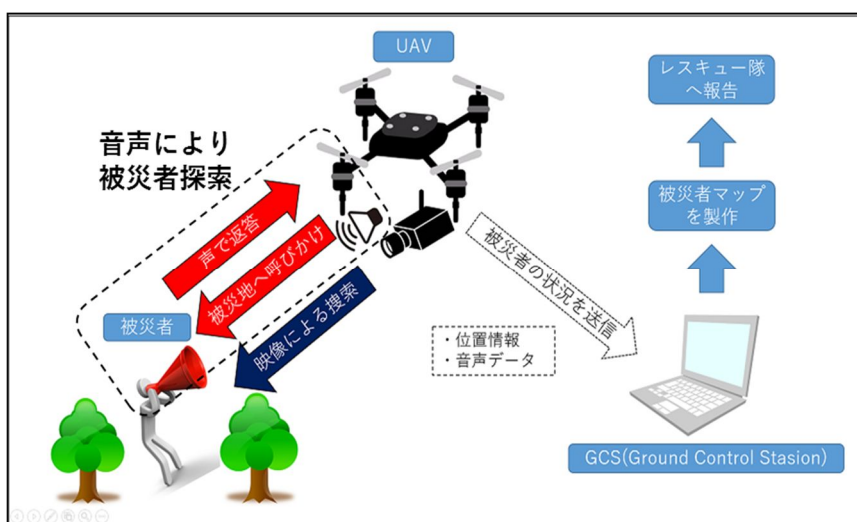


図 1：提案手法の全体像

### 3. 研究の方法

本研究計画では、画像と音声の相補的利用による災害地の被災者探索用 UAV の開発に取り組んできた。UAV 搭載カメラを用いた映像による被災者探索と、同様に UAV 搭載のスピーカーとマイクを用いた音声による探索の 2 つの手段を組み合わせ、自動被災者探索法を開発してきた。

#### UAV 搭載カメラによる空中撮影画像を用いた被災地の探索

空中撮影画像を用いた被災者探索では、UAV 搭載カメラの空中撮影画像に被災者の全身がはっ

きりと映っている場合だけでなく、人体の一部が写っている状態、また人体が比較的小さく映っている状態といった、被災者の写りが明確でない状態であっても、それらの画像から被災者を検出できるよう追究してきた。具体的には、上記で述べた様々な明確でない状態の被災地の画像のデータセットを準備し、それらの学習に適した AI モデルの検討を行ってきた。また、その学習モデルにそれらの画像を学習させ、その学習済モデルを用いて被災地の検出を試みた。本取り組みでは UAV 搭載カメラで様々な高度から、空中画像を撮影し、学習させてことで被災者検出の性能が向上した。

### UAV 搭載マイクで取得した音声を用いた被災地の探索

音声を用いた探索では、UAV に搭載したスピーカーで災害現場に呼びかけつつ、同一の UAV に搭載したマイクで音を集音し、その中から人の声を抽出することで被災者の探索を行う。この際、UAV は音を発しながら飛行するため、その音と被災者の声が混ざる。したがって、その混合音から人間の声を抽出することが重要な研究課題となる。研究期間中には本課題も追究してきた。具体的には、ドローンのプロペラ音を AI で生成し、その疑似プロペラ音とドローン搭載マイクで取得した音声との差分をとる。そうすることで、混合音からドローンの音を抑え、ドローン搭載マイクで取得した音声に人間の声が混ざっていた場合、それを抽出するというアプローチが可能になる。その試みにおける疑似プロペラ音の生成には主にディープラーニングの一種である GAN ( 敵対的生成ネットワーク ) を基に行ってきた。また、その試みにおける疑似プロペラ音とドローン搭載マイクで取得した音声との差分処理を、「音の周波数データを利用する方法」と「音のスペクトログラム画像を利用する方法」という二通りで試みた。それらの試みについて以下で詳細に述べる。

#### 音の周波数データを利用した差分処理：

音の周波数データを利用する方法では、人間の声が UAV 搭載マイクで取得した音声に混ざっていたら、上記で述べた疑似プロペラ音との差分を行った場合、UAV 搭載マイクで取得した音声から UAV の音が抑えられ、人間の声が比較的聞こえやすくなる。今回、AI で生成した疑似プロペラ音で差分処理を行ったが、この差分処理の過程で人間の声が比較的消えないように処理でき、従来の信号処理のフィルタリング処理よりは良い結果となった。

#### 音のスペクトログラム画像を利用した差分処理

音のスペクトログラム画像を利用する方法では、UAV 搭載マイクで取得した音声のスペクトラム画像と疑似プロペラ音のスペクトラム画像間の差分を取得する。ここで、人間の声をスペクトラム画像上に表示した例を図 2 に示す。UAV 搭載マイクで取得した音声に人間の声が混ざっていた場合、スペクトラム画像上でその表示が見やすくなるように、スペクトラム画像生成用の新たなカラーマップの提案も行ってきた。

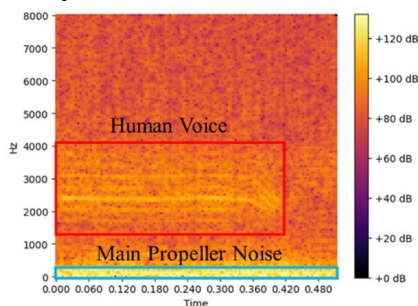


図 2：人間の声をスペクトラム画像上に表示した例

上述の差分処理結果の画像における人間の声について、ガウシアン関数に基づいて新たなフィルターを提案し、差分画像に人間の声がある場合、それを強調させる工夫も行ってきた。そして、その差分画像に対して、さらなる画像処理を施し、人間の声をさらに強調させ、人間の存在を把握する試みを行ってきた。

また、その人間の声を強調させた差分画像に人間の声が存在するかについては、その差分画像を機械学習に学習させ、その学習済モデルから人間の存在を把握する試みも行ってきた。上記の差分画像に対して画像処理を行う試みと、差分画像から機械学習で人間の存在を把握する両試みは、高精度で人間の声の存在を検出している。そして、それにより UAV 搭載マイクで取得した音声から人間の存在を高精度で把握することが可能となった。ここで、機械学習を用いた手法の方が比較的に性能が高いことが示された。そして、上記の工夫により今回提案してきた音声による被災地の探索手法を実用化レベルに近づけることができた。

## 4. 研究成果

以上で述べたように、本研究では UAV 搭載カメラとマイクで取得した映像と音声情報に対して多くの工夫を行い、それらの情報から災害地の被災者検出のアプローチを試みた。それぞれのアプローチの過程では、多くの新たな手法の提案を行ってきており、本研究の関連研究を含め、これまでの本研究の成果として、Q1 ( 上位 25% ) レベルの国際学術雑誌に論文 5 件を公開した。

具体的には、米国電気電子学会論文誌（IEEE Transactions on Services Computing, I.F=8.1、IEEE Access I.F=3.9、IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine I.F=3.6）といった著名な国際学術雑誌に論文を公開した。**それ以外にも本研究の成果で査読付き国際会議での論文発表7件、国際会議及び国内会議の基調講演及び招待講演等を20件行っている。**また、本研究は概ね、申請時の計画通り進めてきている。また、上記の通りよい成果を得たことで、実用化の可能性について現在企業などと議論を重ねている。最後に今回本研究を進める上で、予算を提供してくださった日本学術振興会に心から感謝を申し上げます。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Premachandra Chinthaka, Kunisada Yugo	4. 巻 17
2. 論文標題 GAN Based Audio Noise Suppression for Victim Detection at Disaster Sites With UAV	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Services Computing	6. 最初と最後の頁 183 ~ 193
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TSC.2023.3338488	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Lariosa Irish Mae G., Pao Jeanette C., Banglos Charles Alver G., Paradela Immanuel P., Aleluya Earl Ryan M., Salaan Carl John O., Premachandra Chinthaka N.	4. 巻 12
2. 論文標題 Drone-Based Automatic Water Sampling System	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 35109 ~ 35124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2024.3372655	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Premachandra Chinthaka, Ichikawa Shintaro	4. 巻 39
2. 論文標題 Automatic Detection of Abnormal Drone Flight State by Measuring Changes in Images Captured by a Drone-Mounted Camera	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine	6. 最初と最後の頁 4 ~ 14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/MAES.2023.3347712	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 Yugo Kunisada, Chinthaka Premachandra	4. 巻 22
2. 論文標題 High Precision Location Estimation in Mountainous Areas Using GPS	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1149 ~ 1149
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s22031149	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Seiji Sasaki、Chinthaka Premachandra	4. 巻 5
2. 論文標題 Head Posture Estimation by Deep Learning Using 3-D Point Cloud Data From a Depth Sensor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSSENS.2021.3091640	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計27件(うち招待講演 18件/うち国際学会 19件)

1. 発表者名 T. Furusawa and Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Innovative Colormap for Emphatic Imaging of Human Voice for UAV-Based Disaster Victim Search
3. 学会等名 2023 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Furusawa and Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 An Innovative Victim Search Approach by Subtracting Pix2Pix-Based Pseudo Propeller Sound-Image from UAV-Mounted Microphone Captured Sound-Image
3. 学会等名 2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Matsumoto and Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Depth Sensor Application in Ground Unevenness Estimation for UAV Emergency Landing
3. 学会等名 IEEE Sensors Applications Symposium 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Advanced Victim Discovery in Disaster Areas via Drone-Enabled Voice and Image Recognition
3. 学会等名 Intelligent Automation and Control Technologies (RIACT 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Advanced Techniques for Detecting and Classifying Objects Using Deep Learning with 3D Point Cloud Data
3. 学会等名 International Conference on Intelligent Systems: Approaches, Technologies, and Network (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 プレーマチャンドラ チンタカ
2. 発表標題 画像間差分手法とAIの統合による映像・音声から対象物体の検出
3. 学会等名 電子情報通信学会東海支部学生会講演会 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Vision-Based Applications for Human Safety using 3D Point Cloud Data
3. 学会等名 2023 International Conference on Robotics, Control and Vision Engineering (RCVE) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Voice-Image-Based Victim Search on Drones in Disaster-Stricken Areas
3. 学会等名 3rd International Conference on Computer, Remote Sensing and Aerospace (CRSA 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Cutting-edge Object Detection/Classification Approaches with Deep Learning and 3D Point Cloud Data by Depth Camera
3. 学会等名 6th Int'l Conference on Artificial Intelligence and Robots (AIR 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nilupul Nuwan Senevirathna, Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 The Flying Shovel Picker: A Drone-Mounted Shovel-Based Rotational Dual Arm System for Picking up Indeterminate Objects
3. 学会等名 2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 International Research Convention 2024 (IRC24) organized by Sir Padampat Singhania University, India
2. 発表標題 Droe-Enabled Voice and Image Recognition for Enhanced Victim Discovery in Disaster Zones
3. 学会等名 International Research Convention 2024 (IRC24) organized by Sir Padampat Singhania University, India (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年



1. 発表者名 D. Wijesundara, L. Gunawardena, and Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Human Recognition from High-altitude UAV Camera Images by AI based Body Region Detection
3. 学会等名 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Cutting Edge Technologies for On-Drone Voice-Based Victim Searching in Disaster-Stricken Areas
3. 学会等名 Joint 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2022) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Technologies for voice-based victim searching in disaster-stricken areas using drones
3. 学会等名 Scientific Meeting by IEEE Lone Star Section Robotics and Automation Society and Aerospace Electronics Systems Society Chapter (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 A Hybrid Camera System for high-resolutionization of Target Objects in Omnidirectional Images
3. 学会等名 2022 IEEE Sensors Conference (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ブレーマチャンドラ チンタカ
2. 発表標題 ドローンを用いた被災地における被災者捜索活動のための音声処理及び関連技術
3. 学会等名 IEEE Sapporo Section 学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Enhanced Omnidirectional Image Generation for Robotics
3. 学会等名 The 6th International Conference on Artificial Intelligence and Robots (AIR 2022) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Cutting-edge Technique for Expanding Practical-applications of Omnidirectional Cameras
3. 学会等名 2022 International Conference on Internet Engineering and Information Technology (IEIT2022) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 國貞有吾, Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 UAVを使用した被災者早期発見のためのGANベースのノイズ抑制システム
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会総合大会 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Kunisada and Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Sound-to-Sound Translation Using Generative Adversarial Network and Sound U-Net
3. 学会等名 Proc. of 2nd International Conference on Image Processing and Robotics, (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Kaneda and Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 AI Based Object Recognition Performance between General Camera and Omnidirectional Camera Images
3. 学会等名 Proc. of 2nd International Conference on Image Processing and Robotics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金田正太, Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 機械学習を利用した一般カメラ対全天球カメラ画像における物体認識の比
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会総合大会 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Vision based approaches for autonomous flight of aerial robots
3. 学会等名 The 5th International Conference on Artificial Intelligence and Robots (AIR 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Autonomous UAV Hovering/Landing Approaches with On-board cameras
3. 学会等名 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Electromechanical Automation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Cutting Edge Technique for Improving Omnidirectional Image Generation for Robotics Applications
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Artificial Intelligence Technologies and Applications (ICAITA 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Enhancements of Omnidirectional Image Generation
3. 学会等名 The 2nd International Seminar on Artificial Intelligence, Networking and Information Technology (AINIT 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chinthaka Premachandra
2. 発表標題 Autonomous Drone Landing with On-board Vision Systems
3. 学会等名 International Conference on Innovation and Emerging Technologies (ICIET) 2021, Workshop on Flying Robotics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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2件

国際研究集会 3rd International Conference on Image Processing and Robotics(ICIPRoB2024)	開催年 2024年～2024年
国際研究集会 2nd International Conference on Image Processing and Robotics(ICIPRoB2022)	開催年 2022年～2022年

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			
フィリピン	Mindanao State University			
スリランカ	University of Sri Jayawardenepura			