

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：13802

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K09432

研究課題名（和文）マルチコプターと人工知能を用いた自律救急災害診療

研究課題名（英文）Emergency disaster care using multicopters and artificial intelligence

研究代表者

齊藤 岳兎（Saitoh, Takeji）

浜松医科大学・次世代創造医工情報教育センター・准教授

研究者番号：50402277

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：無人ドローンを用いて傷病者を評価できるか、上空ホバリング群と傷病者着陸群を比較し、傷病者への直接着陸群の方が有効であることを論文発表した。その後、傷病者にモニター・ポンペなどを装着した傷病者吊り下げ型ローバーのプロトタイプを製作し、ローバーを使用して多数傷病者を想定した大規模な試験訓練を浜松消防と行った。ローバーから無人で血圧を測定することができ、少しの力で自動的に巻くことができる手首型血圧計のプロトタイプとして医療用磁石付リストバンドを開発し、論文として掲載された。ドローンに接続する空のゆりかごに関しては、特殊発泡スチロールで作成を試み、水上の場合にはドローンでの曳航可能性を確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ドローンを用いた無人での傷病者評価を証明できたため、危険エリアでの傷病者トリアージに重要な礎になったと考える。多数傷病者にも対応可能であり、今後起こりうる自然災害・都市災害において今研究の技術が活用できるものと思われる。ローバーに関しては、悪路であっても無人でバイタル評価を行いながら搬送走行できるものが開発できており、ドローンと合わせ無人でトリアージを行い、さらに傷病者搬送することで傷病者と救助者それぞれのリスクを現在よりも減らすことができるようになるであろう。

研究成果の概要（英文）：We published a paper on the possibility of using unmanned drones to assess patients, comparing a hovering group with patient-landing group, and found that the patient-landing group was more effective. Subsequently, a prototype of a casualty-suspended rover with a monitor, gas cylinder, and other equipment attached to the casualty was produced. Furthermore, a large-scale training test of the rover in human avalanche around an escalator is being conducted with the Hamamatsu Fire Department. A wrist band with a magnet was developed as a prototype of a wrist-type blood pressure monitor, and this was published as a paper. As for the flying cradle, we attempted to create one out of special styrene foam, and confirmed the possibility of towing it by a drone when it is on the water.

研究分野：救急災害

キーワード：ドローン ローバー 救急 災害

## 1. 研究開始当初の背景

### 【本研究の学術的背景】

救命救助のときにヘリコプターが運用されていることが多いが、ヘリコプターは墜落したときに傷病者・医療従事者とともに死亡するリスクが高く、関係者は緊張と危険を強いられている。その点、騒音などの問題が少なく、超低空を無人で飛行することができる航空機（ドローン）は、墜落時のリスクを軽減することができ、無人であるが故に、悪天候のときなどの運航も可能である。実際に自動体外式除細動器を搬送する際に、救急車よりも現場到着が速いという報告がなされており、ドローンが産業分野だけでなく医療分野でも活躍されることが期待される。

日本で単に「ものを運ぶ」機能としてのドローンは社会的法的整備があれば可能かと思われる。しかし、医薬品の搬送だけでは、傷病者救命においては不十分である。通常の方法では到達が困難な場所にいる傷病者をドローンが発見し、深層学習(ディープラーニング)済みの人工知能を利用した状態評価を傷病者に対して行い、さらにドローンが傷病者を無人で搬送することができるになれば、救急・災害医療の質量ともに向上させるに違いない。特に災害時の過酷な場所で、多数の重症傷病者が発生する現場ではより力を発揮する。そのため、ドローンをを用いた迅速で安全な無人での医療救護システムの開発は急がれる。

## 2. 研究の目的

- a) ドローンが上空から傷病者を同定するディープラーニング技術の開発
- b) ドローンから降下させた「ローバー(小型車両)」を用いた傷病者評価
- c) 傷病者を超低空で安全に搬送するための「空のゆりかご」の開発

- a) ドローンが上空から傷病者を同定するディープラーニング技術の開発

救助・救命のためには、傷病者を発見することがまず必要である。傷病者の高画質画像を撮るためには低空での飛行が必要となるが、低空には障害物が多い。これまでに障害物を回避するシステムは存在するが、天候・傷病者状況を含め様々な状況に完全には対応できておらず、医師の介入によりディープラーニングのプログラムの質向上が求められる。

- b) ドローンから降下させた「ローバー(小型車両)」を用いた傷病者評価

傷病者を発見後は、別機ドローンから小型車両を吊り下げ器で降ろす。周りに救助者がいないときには、小型車両のカメラが傷病者の表情を伝送し、小型車両から伸びるアームで、傷病者のバイタルサインを評価し情報を収集できれば、傷病者に届けるべき医療物品を判定し、さらに緊急搬送の可否を判断することができる。画像により傷病者の第一印象を確認でき、簡易型血圧計(手首型)と酸素飽和度モニターを傷病者に装着できれば、傷病者の重篤度が把握できる。

- c) 傷病者を超低空で安全に搬送するための「空のゆりかご」の開発

傷病者のみを搬送することができれば、医療従事者の安全を担保することができ、また多数傷病者がいるときでも、数機のドローンを使用すれば、同時に多数の人を搬送することができる。ドローンでの傷病者搬送をするときには、ヘリコプターと異なり安全に超低空を飛行することができるので、万が一の墜落による外的エネルギーは少なく済む。傷病者を搬送するために、ドローンに直接接触したカプセル「空のゆりかご」を装着し、傷病者を収容し安全に運航できるようにする。

## 3. 研究の方法

- a) ドローンが上空から傷病者を同定するディープラーニング技術を確立する

上空から傷病者を検知する画像解析ソフトの精度を高める。すでにある画像解析ソフトに、各種姿勢(座位・仰臥位・腹臥位・側臥位)の模擬傷病者の特徴を、上空ドローンからの撮影を繰り返しディープラーニングさせる。この改良したソフトと実際の人間の目で見た時とを比較検討する。

- b) ドローンから降下させた小型車両で傷病者評価ができることを確認する

小型車両には高性能 GoPro カメラを使用し、人間の顔を捉えるようにする。この際、人間の腕をディープラーニングで認識できるようにして、簡易型血圧計をリフレクターバンドで手首に巻くことができるようにする。万が一、服などで手首が覆われている時は脈拍だけでも計測できることを目標とする。同様に指先を検出できるようにして酸素飽和度の計測も行う。最終的に、倒

れている人のまわりに小型車両を置き、人の顔面/手首/指を自動走行してとらえることできるかを比較検討する。

c) 傷病者搬送のためのドローンの安全性を確立する

救助かご「空のゆりかご」は下部開閉式とし、エアーストレッチャー素材に強化プラスチックを組み合わせ、内部にクッションを設置し作成するものとする。まずは、音声ガイドの元、傷病者役の検者が自分で乗り込めるか確認する。次に、協力者のもと動けない傷病者が乗り込めるかを実証実験し、最終的に傷病者以外の誰もいないときに、ドローン単独でシミュレーション用人形をピックアップできるかを実証実験する。

#### 4. 研究成果

a) ドローンが上空から傷病者を同定するディープラーニング技術を確認する

カメラ搭載のドローンを用いて、ドローンによる人体撮像を行い画像の質を確認し評価をした。上空からディープラーニング技術を用いて、要救助者の状態把握をしようとすることは可能であるが、気候などの条件では精度が低いことが判明し、直接ドローンを傷病者の上にランディングさせ、ドローン搭載カメラからの映像で呼吸をしているのかを確認することを検討した。具体的には、呼吸の有無を判定するため、「傷病者に直接着陸する」群と「傷病者上でホバリングする」群とで比較検討をした。46名の被験者にそれぞれフライトを行い、被験者が背臥位の状態と腹臥位の状態で呼吸判定を行った。2名の専門医が判定を行い、ともに正しかった場合を正解とし、2名が異なる判定をしたときには未決定とし、2名とも間違えた場合には不正解とした。背臥位/腹臥位ともに、傷病者に着陸する群では95-100%近い正解率であったのに対して、ホバリングをする群では30-40%と低い正解率であった。また、ホバリング群での誤答の内訳を調べると、「呼吸あり」を「呼吸なし」と判定することが多く（つまり生存しているものを非生存と判断してしまっていた）助けうる傷病者を見逃す危険な判定をしていることが分かった。また、直接着陸群ではすべての症例でドローンは着陸成功し、腹部着陸ではやや左右に広く着陸し、背部着陸では頭尾に広く着陸した。結論として、ドローンを用いたバイタル評価をするためには、何らかの形で傷病者に直接接することが重要だと思われる。これらの結果は、第27回日本航空医学会で発表され、論文<sup>1)</sup>としてパブリッシュされた。

b) ドローンから降下させた小型車両で傷病者評価ができることを確認する

ライト装着、簡易アーム装備ができるローバーを開発した。また、タイヤ型だけではなくキャタピラ型も作成し、タイヤでは到達が難しい場所へのアプローチをできるようにした。現在は、障害物がある斜面も走破できる状態である。ドローンと異なり、電力消費は少なく、ドローンとローバーの組み合わせた傷病者評価は重要なものとなると考える。その後、研究をさらに発展させ、傷病者にモニター装着し酸素ボンベなども装備した傷病者吊り下げ型ローバーを製作した。傷病者吊り下げとしたことで、タイヤやキャタピラの揺れが強く伝わらなくなり、安定したバイタルの持続計測ができた。また作製したローバーを使用し、公共施設内エスカレーターでの将棋倒しの環境を設定した大規模な訓練試験を浜松消防と行った。無人で血圧を測定するため、少しの力で自動的にまくことができる手首型血圧計のプロトタイプとして、医療用磁石付リストバンドも開発し、Acute Medicine & Surgeryに投稿し(Acute Med Surg. 2023 Jan-Dec; 10(1): e831.)、レターとして掲載された。

c) 空のゆりかご

空のゆりかごは、吊り下げ型の人搬送用ローバーを改変して作成を試みた。現状ではドローンのペイロードの限界があり、実務に耐えるものはできなかったが、ドローンの出力を上げれば可能であることはと思われる。その後、特殊発泡スチロールを用いて作成を試みた。ドローンへの装着は困難であったが、水上の場合にはドローンで曳航する可能性を確認できた。また、搬送時に低体温になることを想定して、アルミニウムと酸化カルシウムの化学反応により発熱する食料温熱剤を応用して傷病者加温・保温の実験も行っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takeji Saitoh, Yoshiaki Takahashi, Hisae Minami, Yukako Nakashima, Shuhei Aramaki, Yuki Mihara, Takamasa Iwakura, Keiichiro Odagiri, Yuichiro Maekawa & Atsuto Yoshino	4. 巻 11
2. 論文標題 Real-time breath recognition by movies from a small drone landing on victim's bodies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5042
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-021-84575-1	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 Saitoh Takeji, Yoshino Atsuto, Naruse Aiko, Arima Hideyuki, Nakamura Katsumasa	4. 巻 10
2. 論文標題 Novel magnetic wrist band for comfortable suturing by surgeons	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acute Medicine & Surgery	6. 最初と最後の頁 e831
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ams2.831	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2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高橋 善明, 中安 ひとみ, 中島 有香子, 力丸 翼, 齊藤 岳児, 吉野 篤人
2. 発表標題 DMATによる新型コロナウイルス感染症(COVID-19)クラスター支援活動は、施設の自立的なCSCA構築に繋がる
3. 学会等名 第49回日本救急医学会総会・学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齊藤岳児 南久恵 水野翔太 高橋喜明 吉野篤人
2. 発表標題 小型ドローンが傷病者に着陸し呼吸評価するランダム化比較試験
3. 学会等名 第27回日本航空医学会総会
4. 発表年 2020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
研究分担者	小川 高志 (Ogawa Takashi)  (30839072)	浜松医科大学・医学部附属病院・診療助教  (13802)	
研究分担者	高橋 善明 (Takahashi Yoshiaki)  (50647386)	浜松医科大学・医学部附属病院・助教  (13802)	
研究分担者	安井 秀樹 (Yasui Hideki)  (60804937)	浜松医科大学・医学部・特定研究員  (13802)	
研究分担者	堀田 健介 (Hotta Kensuke)  (60839215)	浜松医科大学・医学部附属病院・診療助教  (13802)	
研究分担者	吉野 篤人 (Yoshino Atsuto)  (90240332)	浜松医科大学・医学部・教授  (13802)	

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
---------	---------