

飛行及び地上ロボットを用いた 災害情報収集システムに関する研究

行平 将望* 村上 力丸* 山本 正史* 伍賀 正典*

Disaster Rescue Simulation using AeroVehicle and Ground Robot

Masami YUKIHIRA*, Rikimaru MURAKAMI*, Masafumi YAMAMOTO*, Masanori GOKA*

ABSTRACT

We have proposed a disaster situation collection system that uses an air vehicle and a ground robot. Based on the disaster relief simulation so far, we will develop a ground robot and a camera drive to be mounted on the drone and implement a separation function. A microcomputer is used to make the drone collect information efficiently, a wide-angle camera is mounted, and aerial photography experiments are conducted

キーワード：レスキューロボット，ロボカップ

Keywords: Rescue Robot, Robocup

1. 緒言

2018年7月に発生した西日本豪雨による土砂災害で、岡山・広島地域に多大な被害が発生した。このような災害に対して、ロボット等を用いた有効な対策方法はいまだに確立されていないことが推察される。このことから、豪雨などによる自然災害において、孤立した地域の状況把握や生存者の発見など、迅速な災害状況についての情報収集を行うことが課題であることが挙げられる。これを踏まえて我々は、「飛行及び地上ロボットを用いた災害救助」を提案しており、入手しやすい市販品のドローンについてシミュレーションを行ってきた[1] [2] [3]。ここで提案されたシステムでは、広域情報を飛行ロボットの

カメラ、局所情報を地上ロボットのセンサーを活用して収集することを想定している。広域情報とは、土砂災害による大域的な地形変化、取り残された人間や生物などの情報であり、局所情報とは、飛行ロボットでは計測が困難なその場の温度や湿度、ガス発生などの情報である。これを実現するために、飛行ロボットで地上ロボットを運び、分離する合体分離機能を提案し、地上ロボットは小型化するため必要最低限の機能を選択し、小型で低価格なシステムをめざし、開発、評価を行う。

2. 災害情報システムの提案

各社によってドローンを使用したサービスが始まろうとしている。例えば楽天は「ドローンと地上配達ロボットを活用した地方創生」を提案している[5]。また、Amazon は「Prime Air」を提案している[6]。これらはコストが高く、用途が限られている。我々は市販品のドローンの汎用性を向上させるためのパーツおよびシステムを開発しそれを活用したシステムを構築することを目的としている。平常時には、山間部などの過疎地やアクセスがしにくい島々にドローンと拡張パーツを用いる事で、食料や衣料品、医薬品などの配送を自動操縦で行う。災害が起こった場合には被災地の状況を素早く把握出来るよう観測デバイスを取り付ける。また、災害時の配送に役に立つこともでき、被災地の状況観測や災害地図を作る事にも活用できる。これをするために市販ドローンに装着する追加システム（配送システム、観測システム、ロボットシステム）を製作する。

災害救助にロボティクスを適用する取り組みは数多くみられるがそれらの多くは実用化に至っていない。その原因の一つは、システムが災害時のみの使用に限定されており経済性が低いことが挙げられる。ドローンの活用だけを見れば楽天株式会社のドローン・UGV 事業部が発案している、ドローンを活用した配達の実証実験というものがあり、我々のアイデアにこれを合流させることで解決を図る。つまり平常時の配送、災害発生時の災害観測及び救助等汎用性が高いシステムを使うことで経済性を高め実用的なシステムを提案する。具体的には市販品のドローンの汎用性を向上させるための追加パーツおよびシステムを開発しそれを活用したサービスを構築することを目的としている。

飛行ロボットが地上ロボットを運び観測、計測する場所で飛行ロボットから地上ロボットを切り外し、広域観測と局所観測の両方を行うことのできるシステムを提案している。このシステムを実現するために入手しやすい市販のドローンを飛行ロボットとして採用する。ドローンで運搬できる荷重を試験し、しかる後に地上ロボットの設計、開発を行う。

3. ドローン飛行体

入手しやすい市販のドローンとして、DJI 社製 PHANTOM ADVANCED を採用する (Fig.1) [4]。運搬荷重に関する試験として、ドローンの上部に樹脂製ケース (33g) を接着し、金属製の荷重を追加してドローンを飛行させた。ドローンが 2m 以上の高さで滞空する時間を計測した。Fig2 に用いたペイロード試験の結果を示す。荷重がない場合は 16:10 の滞空時間であるが 100g の荷重がある場合 16:14 の滞空時間、運搬可能な荷重の上限は 600g 以上でも運搬可能であるが、ドローンのランディングギアの耐久度が荷重 600g 以上になると破損する恐れがあったため、運搬可能な荷重の上限を 600g とする。また、荷重が増えると滞空時間はほぼ線形に減少している。ドローンによる合体分離機構を使用した地上ロボットの運搬試験として、ドローンと合体分離機構を風紐で繋ぎ、地上ロボットと合体させ離着陸、運搬の動作を確認、試験した (Fig.3)。



図1 ドローン : PHANTOM ADVANCED
Fig.1 Drone: PHANTOM ADVANCED

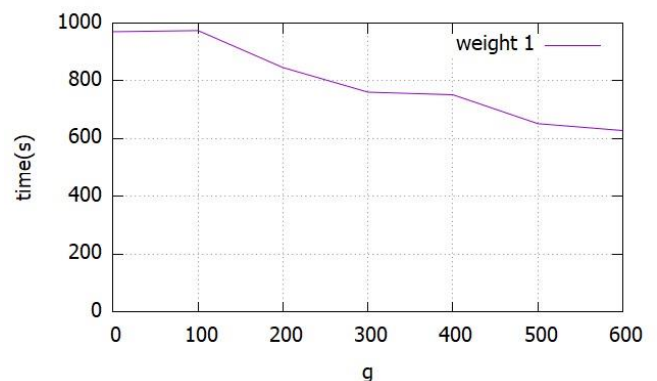


図2 ペイロード性能試験
Fig.2 Performance Comparison



図3 ドローンによるロボット運搬
Fig.3 Robot Transportation using Drone

4. 地上用ロボット製作とドローン改良

Fig.4 に今回の実験で用いた地上ロボットを示す。重量 205g, サイズ 100x100x80(mm), TWELITE と Arduino マイコンで制御され, 無線操縦が可能である。本体はアクリル板をレーザーカッターで加工したもので構成される。タイヤは 3D プリンターで製作している。材質に軟質樹脂を用いたことにより、軽量かつ高耐久性が期待される。ドローンと地上ロボットの分離機構は CAD で設計し 3D プリンターで製作した。地上ロボットが着地すると分離機構のツメが自重で転倒, ロックが解除される仕組みになっている。特別な操作は不要で, 操縦を容易にすることを図っている。マイコン・モータの接続図を Fig 5 に示す。電源は無限回転サーボと Arduino に供給され, Arduino ボードの 3.3V ピンより TWELITE に供給される。マイコン間の通信はデジタルピン 4 本で行われ, 前進・後退・右回転・左回転の 4 つの命令がそれぞれ対応している。

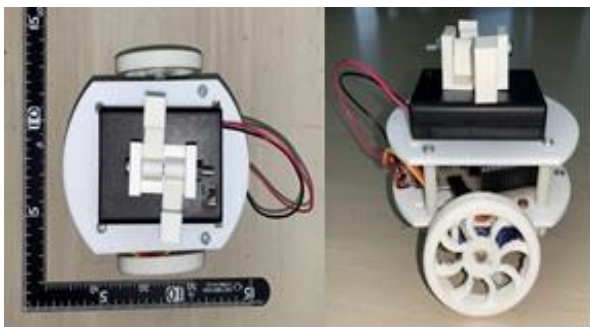


図4 地上用小型ロボット
Fig.4 Mobile Robot

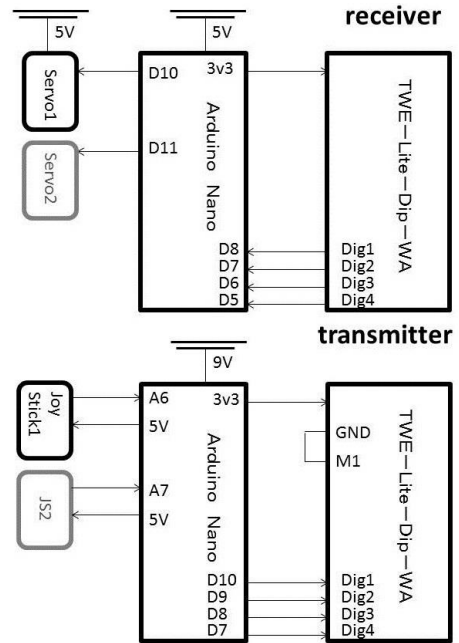


図5 地上用ロボットのシステム概要
Fig.5 System Overview

分離機構を Fig.6 に示す。分離機構を軽量かつ確実に動作させるために 3D プリンターで作成し, モータを組み込まずに分離を可能にする構造を設計する。分離機構は, 着陸時に分離機構のツメが自重で転倒し, ロックが解除される仕組みになっている。それにより, モータを組み込まない状態での分離を可能にする構造をしている。

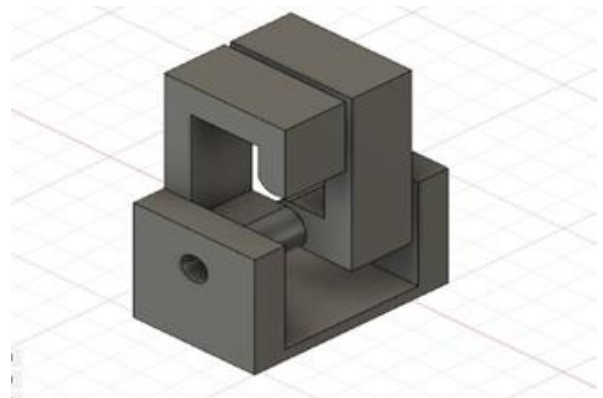


図6 地上用ロボットとドローンの分離機構
Fig.6 Separation mechanism

カメラユニットを Fig.7 に示す. マイコンに Raspberry Pi Zero, バッテリーにリチウムイオンポリマー, カメラユニットとして広角カメラを使用し, 外装を 3D プリンターで製作する. ドローン搭載カメラユニットとして, 軽量かつ広域の情報を効率よく収集するために, 広角カメラによる空撮実験を行った. Fig.8 に空撮実験で得られた画像を示す.

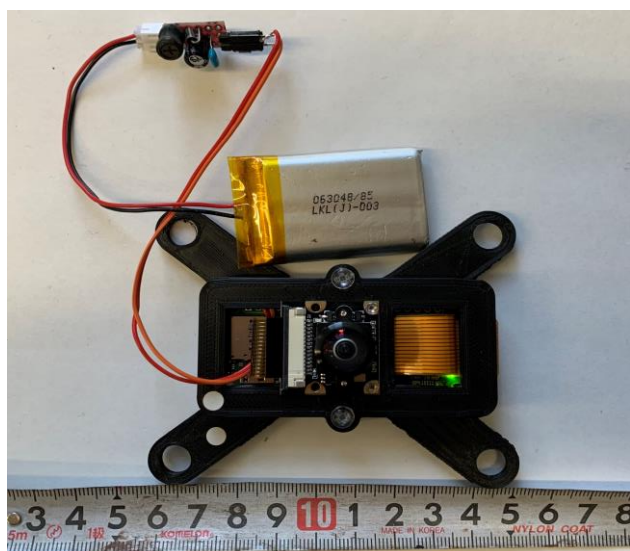


図7 ドローン搭載カメラユニット
Fig.7 Drone Camera Unit



図8 ドローンによる空撮画像
Fig.8 Aerial Image by Drone

5. 考察

ドローンによる合体分離機構を使用した地上用ロボットの運搬試験の結果から, ドローンのセンサーが吊るしている地上用ロボットに反応し誤作動を起

こし, ドローンの操縦に影響が出る. 地上ロボットもドローンから風紐で合体分離機構に繋がっているため, ドローンが左右前後するたびに振り子の様に振られ, 離陸時に地上ロボットが横転する可能性が確認できた. これを踏まえて, ドローンと地上ロボットを繋ぐ, 合体分離機構の改良, ドローンのセンサーに影響を出さない場所への設置を変更する必要があることが考えられる. また, 広角カメラを使用した空撮実験の結果から, 一般に搭載, 使用されているカメラの視野に比べて広角カメラの方が視野の範囲が広く, また, Raspberry Pi カメラと広角カメラでは 3g しか質量に違いがなく, 広角カメラのほうが情報収集に適していると考えられる. しかし, ドローンと Raspberry Pi Zero とともに 2.4GHz 帯だったため, Raspberry Pi Zero と受信機の通信が出来ず, リアルタイムでの映像が受信できないことが確認できた. これを踏まえて, ドローンと Raspberry Pi Zero, それぞれの周波数帯が混合しあわないように改良する必要があると考えられる.

6. 結言

本研究で, 我々は災害情報の収集と環境計測を実現できる, かつ, 日常的に活用, 導入されやすいシステムを提案し, 開発, 実験, 試験を行った. ドローンと地上ロボットの合体分離のシステムを製作するために, なるべく地上ロボットを軽量化かつ, 改良を加え, 今後は運用の方法, 地上ロボットが悪路も走行できるように改良も含めて検討する必要がある. 今後は, まず, 地上用ロボットの高性能化を念頭にシステムを構成し, 安全・安心な社会のために役立つシステムを提案していく予定である.

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり, 一般社団法人昭特科学振興財団から研究に必要な助成金の提供を受け賜りました. 厚く感謝を申し上げます.

参考文献

- [1] 行平将望, 村上力丸, 山本真文, 佐々井陸, 伍賀正典「飛行及び地上ロボットを用いた災害情報収集システムに関する研究」, 第 29 回 SICE 中国支部学術講演会論文集, pp.51-52(2020)
- [2] 伍賀正典, 行平将望「飛行体と小型ロボティクススワームを用いた災害対応システムに関する研究」, ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2020 (ROBOMECH2020), 2P2-C09 (2020)
- [3] 行平将望, 山本真文, 佐々井陸, 伍賀正典「飛行体と地上ロボットを用いた災害シミュレーションにかんする研究」, 第 28 回SICE中国支部学術講演会論文集pp.101-102
- [4] DJI PHANTOM ADVANCED(参照)
<https://www.dji.com/jp/phantom-3-adv>
- [5] 楽天株式会社 ドローン・UGV事業部「ドローンと地上配送ロボットを活用した地方創生」
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sousei/meeting/miraigijyutu/h31-3-13-shiryoushiryou3-1.pdf>
- [6] Amazon 「Prime Air」
<https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?node=8037720011>

