

補助事業番号 2021M-131

補助事業名 2021年度 VTOL機とLIDARによる測量および探索システムの開発補助事業

補助事業者名 防衛大学校 システム工学群 航空宇宙工学科 空気力学研究室 榎谷賢士

## 1 研究の概要

VTOL機の一つであるチルトロータ機では、可動部が多いことによる信頼性の低下と、無尾翼機の直進軌道維持の挙動が通常の尾翼付の機体に比べて大きいことが知られている。そこで、本事業では、Quadplane型で通常型機体、離着陸用のマルチロータと水平飛行用の推進モータによって構成されたリフト式に注目し、測量、探索システムの開発と空力特性の解明を試みた。測量装置は16本のレーザー光を持つLIDARとステレオカメラを用い、IMU(慣性航法装置)とセンチメートル精度で測位可能なRTK-GPSのデータを統合した処理装置によって構成した。この装置をVTOL機に搭載して秒速16mで飛行することにより、±3cm精度の20cm角の格子の地形地図とカメラによる色情報を得ることを可能とした。また、リフト型VTOL機の空力特性を風洞実験により調査し、離着陸用のロータ配置と機体に作用する抵抗特性を定量的に評価した。これら得られた成果は、自然災害の多い日本において、被災後の状況把握と被災者の発見に有効であり、官公庁で使用するドローン機器は日本製であることが要件となった現在、日本製のVTOL機開発の基礎的データとなる。

## 2 研究の目的と背景

自然災害の多い日本において、被災後の状況把握と被災者の発見を迅速に行うことが望まれる。一般に良く知られるように、マルチロータ式ドローンは農薬・肥料の散布、空撮、測量、点検など様々な用途に使用されている。一方、広域長時間飛行の用途に適応することを目指し、固定翼とマルチロータの利点を持ち合わせたVTOL機が近年では有効と考えられており、様々な形式が提案されている。しかし、市販されている機体は外国製がほとんどであり、国内において技術の確立と商用化が急務である。また、官公庁で使用するドローン機器は日本製であることが要件となっている。そこで、本事業では離着陸場所を選ばず出勤し、広域を長時間飛行でき、測量や災害対応に貢献できるVTOL機および、そのシステム開発を目的としている。

## 3 研究内容 <http://www.nda.ac.jp/cc/aerodynamics/research.html>

### (1) UAV搭載測量システムの研究

電子機器の実施そうでは、VTOL機に搭載して広域の測量を行うシステムとして、ヨー軸まわりの回転をRTK-GPSを2台用いることで、ドリフトの少ない方位角と数十mm精度のXYZ座標を得る

システム構築した。具体的には、図1に示すVLP-16, IMU, RTK-GPSを用いた測量システムを試作し、地上試験において走行させることでデータを取得した。データ取得のサンプリングは、RTK-GPSを1Hz, IMUを200Hzとし、0.1m×0.1mのグリッドの3次元マップ作製した。図2は実験フィールドを示す。また、実験結果を図3に示す。図(b)は3mより高い地点を表示しない結果、図(c)は高さ制限なしの結果である。図3より建物の壁は平行になっており、RTK-GPSにより方位角が適切に補正されていることが明らかになった。

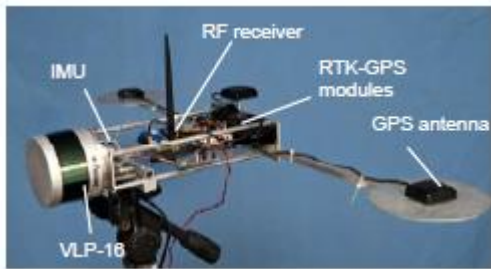
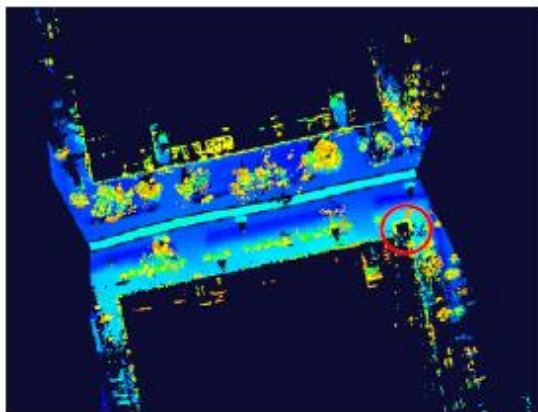


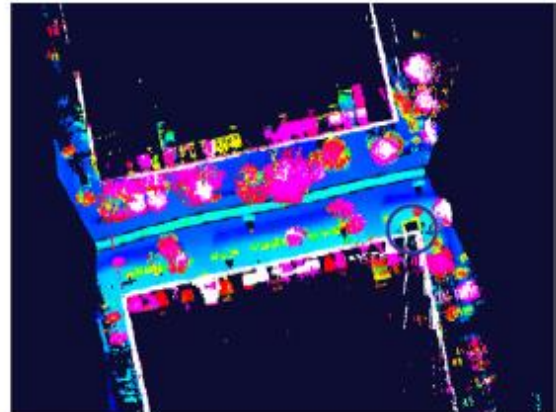
図1 RTK-GPSによる計測システム



図2 実験フィールド



(a)高さ制限(3m)



(b)制限なし

図3地上試験による測定結果

## (2) 3D LIDARとRTK-GNSSを用いた測量システム

3DLIDARとマルチRTK-GNSSを用いた測量システムをクワッドロータ機に搭載し、機体の飛行実験を実施した。図4には飛行実験に用いた機体を示す。図5には飛行実験を実施した実験フィールドを示す。図6には実験結果を示す。図(a)はIMUのみの結果、図(b)は、RTK-GNSSの補正を加えた結果である。図より、図(b)が全体的に滑らかな画像となりオフラインで作成した3次元地図は、GNSSヨー角の方がIMUのヨー角を使ったものよりデータ結合精度が良い結果を得た。

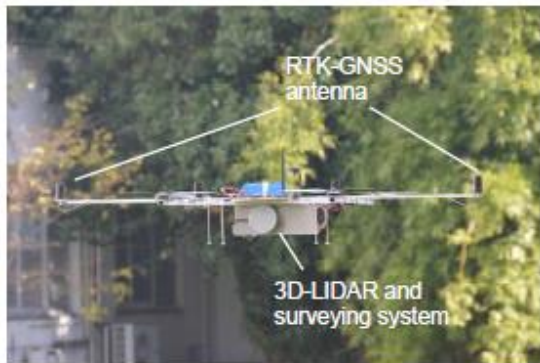
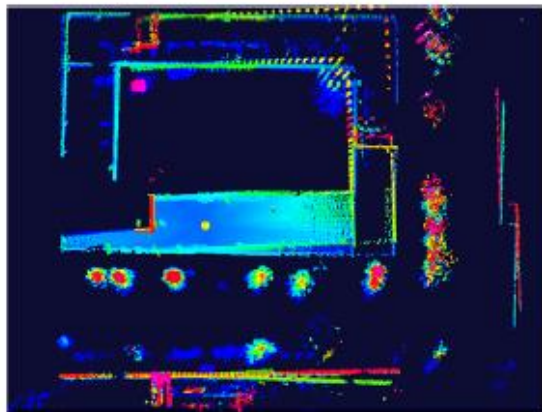


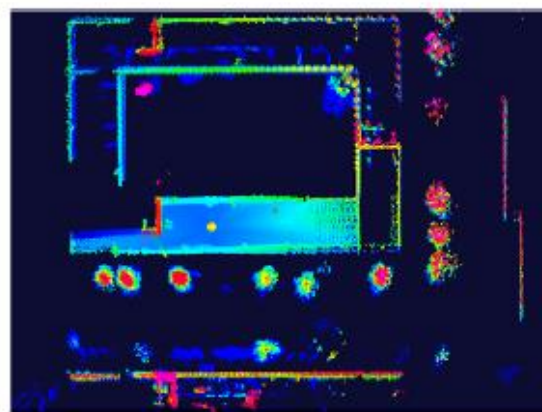
図4 測量システムを搭載した飛行実験



図5 実験フィールド



(a) IMUのみの測定



(b) 3DLIDARとマルチRTK-GNSSによる測定

図6 測定結果

### (3) VTOL型 UAVの空力特性

リフト型VTOL機の風洞実験を実施した。VTOL機の形態の中では可動部が少なく安全に飛行できるリフト型の機体に注目し、供試模型の実験が可能とするため既存の風洞の測定部拡大や測定系の改修を実施した。風速は12m/sで平均空力翼弦長を代表長さとしたレイノルズ数は $2.9 \times 10^6$ である。実験ではロータの配置を気流に対して垂直と並行、さらにロータを取り外した場合について、揚力および抵抗を測定した。風洞実験の概要を図7に示す。

得られた結果を図8に示す。図より機体にロータが設置された状態では、気流に対して平行に配置することで、揚抗比の定量的な向上が明らかになった。



図7 VTOL機の風洞実験

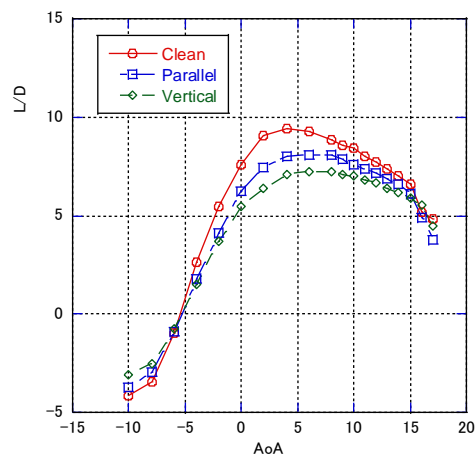


図8 VTOL機の空力特性(ロータ位置の影響)

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

官公庁で使用するドローン機器は日本製であることが要件となった。本事業で開発したシステムがより実用的であるかを示すことで、事業化の可能性が期待できる。また、風洞実験により得られた空力データは、市販されている機体は外国製がほとんどである中で、今後の日本製のVTOL機の開発に活かされることが期待できる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

今後は、UAVの競技会(例えば、東京湾を横断して探索・救助を模擬した大会など)に参加し、本事業により得られた成果の信頼性や運用ノウハウ蓄積することで社会実装(人命救助にむけた探索や測量)への貢献などでその効果が期待できる。このような成果はこれまで風洞実験を中心として研究を実施してきた申請者にとって、新たな展開を示唆するもので、学術的貢献に加え、社会実装への視野を広げる内容である。

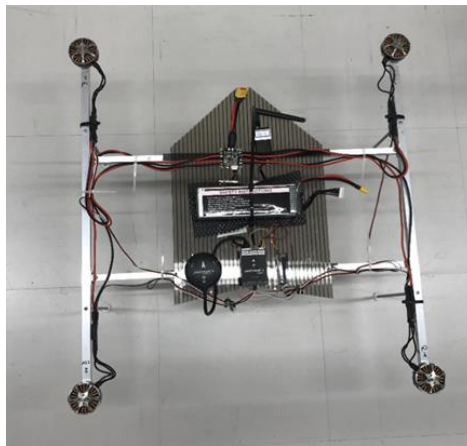
#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 1) 小型無人VTOL機の空力特性に関する基礎研究, 榎谷賢士, 滝田好宏, 田口正人, 日本機械学会第28期関東支部総会, (2022.3), pp. 1-3.
- 2) 3D LIDARとマルチ RTK-GNSSを用いた 測量システム —UAV搭載による実験と評価—, 滝田好宏, 榎谷賢士, 日本機械学会第28期関東支部総会, (2022.3), pp. 1-4.
- 3) 3D LIDARによるUAV測量システムの構築 —マルチRTK-GPSによる高精度化—, 滝田好宏, 榎谷賢士, 第17回「運動と振動の制御」シンポジウム(Movic2021), (2021.12), pp. 1-3.

- 4) UAV搭載型測量システムの研究, 滝田好宏, 樫谷賢士, 第22回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, (2021.12), pp. 1-2.
- 5) 転換機構を有するVTOL UAVの研究 –Tailless Quad Tilt機の自律飛行実験–, 滝田好宏, 樫谷賢士, Dynamics and Design Conference 2021, (2021.9), pp. 1-2.]

## 7 補助事業に係る成果物

### (1)補助事業により作成したもの



開発したUAVの競技会用の機体

### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 防衛大学校 (ボウエイダイガッコウ)  
システム工学群 (システムコウガクゲン)  
航空宇宙工学科 (コウクウウチュウコウガッカ)

住 所: 〒239-8686  
神奈川県横須賀市走水1-10-20

担 当 者: 教授 樫谷賢士 (カシタニマサシ)

担 当 部 署: 空気力学研究室 (クウキリキガクケンキュウシツ)

E - m a i l: kasitani@cc.nda.ac.jp

U R L: <http://www.nda.ac.jp/cc/aerodynamics/>