

令和元年6月18日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07683

研究課題名(和文) 準天頂衛星を利用したマルチコプター自動飛行による超効率型農業経営のモデル研究

研究課題名(英文) Study of efficient farming management by multicopter automatic flight using quasi-zenith satellite

研究代表者

長谷川 克也 (hasegawa, katsuya)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・研究開発員

研究者番号：30425780

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ドローンの農業利用は農業情報の取得と、農薬散布などの農作業の2つに大きく分かれる。マルチコプターといわれる4枚以上の回転翼を持つドローンは操縦の簡易さから爆発的に普及し飛行性能の進歩も著しい。しかし、導入コストと運用費用が高く急速な普及とはなっていない。本研究では農業経営へのコストを考慮し、マルチコプターだけではなく、農業情報の取得に固定翼機、水田初期除草にプロペラボート、除草作業にロボットカーなど、多様なシステムの協調により効率的農業へのアプローチを行った

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では小型の無線操縦や自律飛行(走行)での農業支援機器の研究開発を行った。これはいまだに多く残る中小規模の農家に低い導入コストで実現できる省力化農業と、高い付加価値を持つ農産物の生産に寄与することが可能となった。精密農業の実現には精密計測が不可欠であるが、今回利用した準天頂衛星による高精度測位は単独でサブメートル級の精度で位置特定が可能であり、各種センサー、カメラとの総合的な農業情報により作物状況の把握、的確な肥料や農薬の散布などを可能にした。

研究成果の概要(英文)：Agricultural use of drone is divided into acquisition of agricultural information and agricultural work. The drone is explosively popular due to its simplicity of operation, and its flight performance has been significantly improved. However, the initial introduction cost and operation cost are high, and it has not become a rapid spread. In this study, the cost to agricultural management was considered. It took an approach to efficient agriculture by coordination of not only multicopters but also various systems, such as fixed wing aircraft for acquisition of agricultural information, propeller boats for initial weeding of rice fields, and robot cars for weeding work.

研究分野：計測学

キーワード：精密農業 ドローン 準天頂衛星 農業情報

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

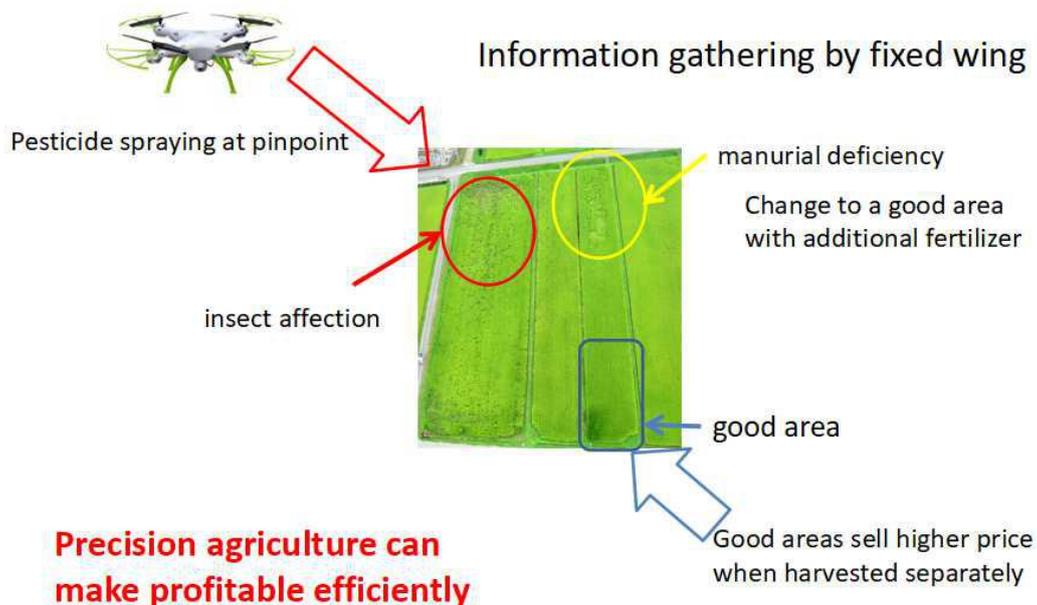
研究開始時は4枚の回転翼を持つマルチコプターは一般には普及しておらず一部でようやく飛行が始まったに過ぎなかった。研究開始前にJAXAではマルチコプターを使った無重力実験を行い上空からの自由落下で3～5秒の低重力の環境を実現するための第1図に示す6枚の回転翼を持つマルチコプターを有していた。また、準天頂衛星による高精度測位はそれまでのGPSに比べ飛躍的に測位精度が高くなることが知られていたが、研究開始当時は衛星が1機だけの運用で運用時間が限られていた事から実利用に至っておらず高精度測位の利点を生かせていなかった。その後は「準天頂衛星を利用した産業、生活、行政の高度化・効率化の推進」が閣議決定され、準天頂衛星の打ち上げが続き、2019年には準天頂衛星が4機体制になり24時間運用が可能になった。準天頂衛星の本格運用は、日本のみならず運用軌道上にある東南アジア、オーストラリア等の国々でも利用可能なことから、早期に運用実験を行い実用化に対する基礎技術を蓄積する必要があった。



第1図 低重力実験用ドローン（ヘキサコプター）

### 2. 研究の目的

## Precision agriculture using UAV



第2図 上空からの農業情報による肥料不足と病気の解析状況

近年、無線操縦による無人航空機（UAV）の農業利用が盛んになっている。機動力、搭載能力、簡便性などの理由で一部に普及し、農薬散布などでは実用化されているが、UAVを使った農業情報収集などではいまだ研究段階にある。一般に無線操縦を使用した航空機は高度な操縦技術を要求することから操縦技術習得に時間を要するため、有効性は認められながらも簡易な農

業器具として普及が進んでいない。JAXA の持つ準天頂衛星を用いた高精度位置情報をもとに、GPS では難しかった離着陸を含めた運用全体におけるマルチコプター等 UAV の自動飛行を実現することで、操作技術の問題を解消する。また、高度な制御技術による位置精度の高い肥料や農薬散布のほか、高精度測位情報をもとに第2図に示すように上空からの映像をもとに農業情報取得ツールとして育成管理や土壌情報の取得など、UAV を用いた精密農業による効率的農業への貢献モデルについて解明する。

### 3. 研究の方法

JAXA では研究開始前からマルチコプターや第3図に示すような固定翼機を使ったアプリケーションに取り組んでいたため、現有する数種のマルチコプターを用いて空中からの播種、農薬散布、育成調査などの代表的な作業実証を行い評価する。作業の評価から問題点を抽出し、マルチコプターと作業プログラムの変更、改良をおこない実験を繰り返し各作業に向けて最適な UAV の形態と作業プログラムを導き出す。準天頂衛星による高精度測位をもとにした離着陸を含めた自動操縦を実現することで専用の飛行場などを作成せずに既存の農道を利用した運用実験をおこなう。また専門知識や熟練の飛行技術なしに扱える農業機械としての UAV を作成することで、その効果を算出し精密農業を実現する農業機械としての実用性検証し効果を評価する



第3図 長時間飛行用情報収集固定翼機

### 4. 研究成果

ドローンの農業利用は農業情報の取得と、農薬散布などの農作業の2つに大きく分かれる。研究開始直後から、マルチコプターといわれる4枚以上の回転翼を持つドローンは、操縦の簡易さから爆発的に普及し飛行制御用コンピュータの進歩に合わせ飛行性能の向上と取り扱いの簡易さが格段に向上した。しかし、以前より利用されていた農業用無人ヘリコプターよりは安価であるものの300万円以上と高額な導入コストと、バッテリー等の消耗品などの維持のため運用費用が高く現在でも急速な普及とはなっていない。本研究では研究当初よりマルチコプターの高コストと飛行時間の短さに運用面での問題を見出した。その結果として無人機の利用をマルチコプターだけではなく、農業情報の取得に対して同じ飛行体でありながら導入費用と運用費用が1/20~1/100となるほか、移動速度が速く飛行時間の長くなる固定翼機を実用化した。また、同様に第4図に示す水田初期除草のための除草剤散布をプロペラボートを利用することで低価格化と作業安全性を向上させた。このプロペラボートは準天頂衛星を用いた自動運用を実現し、NHK ニュース、新聞などに取り上げられた。他に、除草作業にロボットカーの活用など、多様なシステムの協調により効率的農業へのアプローチを行った。



第4図 水田初期除草用プロペラボート

すべての機器で準天頂衛星の精密測位を利用し高精度な位置精度から良好な実験成果を得ることができたことで、準天頂衛星を利用した精密農業への貢献に足がかりを得られた。

また、この技術はマルチコプターの広範囲な利用も提示し、JAXA、海上保安庁、鹿児島県警察、奄美市役所、陸上自衛隊と合同で、海難救助訓練を行い海上ターゲットに救命浮環を投下する訓練展示に参加した。第5図に海難救助訓練の状況を示す。これは、研究計画書にもあるとおり、農業用として整備されているが、汎用性の高さから災害時には物資運搬や情報収集に利用できることを示唆し、十分実用となることを示した。



第5図 合同海難救助訓練

他に、バヌアツ共和国において準天頂衛星による精密測位を利用した火山調査、ウクライナ共和国において高放射線量地域での地上車両による放射線量調査などの実験を行い災害対策への応用性を確認した。

## 5. 主な発表論文等

(雑誌論文) (計 4件)

1、長谷川克也/ 画像電子学会誌 画像電子年報 6-18 ドローン (無人航空機)/画像電子学会誌 Vol.48 No.1 139-141P 2019/

2、岡安崇史、深見公一郎、長谷川克也/露地栽培作物の育成評価のためのドローン利用/農業食料工学会第78巻第2号 P110-115/Jun 2017

3、長谷川克也/ 画像電子学会誌 画像電子年報 6-18 ドローン (無人航空機)/画像電子学会誌 Vol.46 No.1 139-141P 2017/

4、長谷川克也/ 無人航空機の農業利用における課題と今後の展望/ 画像電子学会誌/第45号 /504-507P/2016/

(学会発表) (計 7件)

1、長谷川克也、ドローンによる農作物情報収集とIoT、2017年6月、画像電子学会

2、長谷川克也、農業情報収集を目的とした短距離離着陸 UAV の研究、2016年7月、可視化情報学会

3、長谷川克也、精密農業利用に向けた UAV の多角的利用の実際 (キーノートレクチャー)、画像電子学会第44回年次大会 2016年

4、長谷川克也、固定翼 UAV を利用した農業情報収集に関する研究、2016年3月、日本農作業学会

5、長谷川克也、準天頂衛星を利用したマルチコプター自動飛行による超効率型農業経営のモデル研究（招待講演）、画像電子学会 第12回安全な暮らしのための情報技術研究会 2015年

6、長谷川克也、UAV(無人航空機)の農業利用に関する研究、2015年6月、可視化情報学会

7、長谷川克也、マルチコプターを用いた空中からの植物生育調査方法の研究、2015年5月、日本農作業学会

〔図書〕（計 0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

○取得状況（計 0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：深見 公一郎  
ローマ字氏名：Kouichiro Fukami  
所属研究機関名：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構  
部局名：九州沖縄農業研究センター  
職名：上級研究員  
研究者番号（8桁）：50399424

研究分担者  
研究分担者氏名：岡安 崇史  
ローマ字氏名：Takashi Okayasu  
所属研究機関名：九州大学  
部局名：農学研究院  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：70346831

研究分担者  
研究分担者氏名：桑井 康宏  
ローマ字氏名：Yasuhiro Kumei  
所属研究機関名：東京医科歯科大学  
部局名：大学院医歯学総合研究科  
職名：講師  
研究者番号（8桁）：30161714

(2) 研究協力者  
研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

※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、研究者個人に帰属されます。