

プログラム名：タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名：田所 諭

プロジェクト名：ロボットインテリジェンス

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 7 年 度

研究開発課題名：

マルチ GNSS アンテナによるロバストかつ

高精度な位置姿勢推定と超高精度レーザ計測の実現

研究開発機関名：

学校法人早稲田大学

研究開発責任者

高等研究所 鈴木太郎

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

マルチコプタに代表される小型の飛行ロボット (UAV) は、人が立ち入ることが困難な地域で運用が可能なことから、災害現場での上空からの情報収集手段として広く利用されている。しかしながら現状多くの小型 UAV は、建物や構造物の近くで機体の位置姿勢推定精度が低下し、精密な三次元計測が困難という課題があった。本研究では、上空から情報を取得するための小型 UAV を対象とした、ロバストかつ高精度な衛星測位技術とそれを利用した高精度三次元計測手法を開発する。本年度は複数の GNSS (Global Navigation Satellite System) アンテナを小型 UAV に搭載したプロトタイプを開発し、この複数の GNSS アンテナの幾何的な拘束を用いた「高精度な位置・姿勢推定手法」と、アンテナの冗長性を用いた「ロバストな測位手法」の研究開発を実施し UAV に搭載したレーザスキャナにより三次元計測を実現する。

本年度は主に「マルチアンテナの拘束条件付き GNSS 基線解析手法による UAV 姿勢推定」の研究開発を行い、個別課題について下記の達成を目標とすると共に、それらを総合した達成目標として **Minimum success** の実現を図る。

### 課題 0. 「マルチアンテナ・センサ複合システムの搭載システム開発」

UAV に搭載可能な複数の GNSS 受信機のデータを取得可能なロガーを作成する。GNSS アンテナ、受信機、治具、データ保存のためのマイコンを含めて、1kg 以内で作成し、UAV に搭載して問題なく飛行できることを目標とする。

### 課題 1-1. 「拘束条件付きアンビギュイティ決定手法」

GNSS 搬送波位相の整数アンビギュイティを、拘束条件を用いて推定する手法を開発する。建物に囲まれた空がある程度遮蔽された環境 (天空率 60%) において、アンテナの幾何的配置から計算される姿勢推定の利用率 100%を目標とする。

### 課題 2-1. 「マルチパス検出手法の開発」

飛行実験で取得したマルチ GNSS アンテナで観測した複数の GNSS 観測データから、それぞれのアンテナ間で GNSS 信号強度の差を評価し、マルチパス誤差が発生する衛星を識別するための指標を算出することを目標とする。

### **Minimum success**

「空が開けた環境で水平 RMS 誤差 5cm, 方位角 0.2deg での位置・姿勢推定」

位置姿勢の精度評価は、事前に正確に位置姿勢を求めた状態での静止試験により、提案手法の評価を行う。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

課題 0. 「マルチアンテナ・センサ複合システムの搭載システム開発」 進捗 100%

図 1, 図 2 に示すように, マルチ GNSS アンテナ, 受信機を搭載したプロトタイプ UAV を作成した. また, 重量は約 800g となり目標値である 1kg を下回り, 全てを搭載した状態で UAV が問題なく飛行可能なことを確認した.

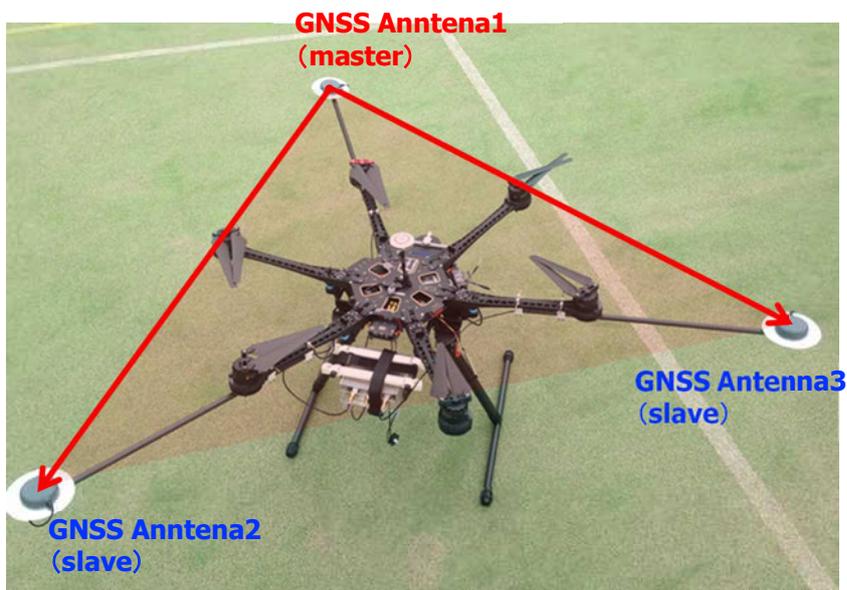


図 1 プロトタイプ UAV



図 2 プロトタイプの GNSS アンテナシステム

課題 1-1. 「拘束条件付きアンビギュイティ決定手法」 進捗 100%

Constrained LAMBDA 法と呼ばれる手法を複数の GNSS アンテナを搭載した UAV 用に拡張し, 取得した GNSS データから UAV の姿勢を推定するソフトウェアの実装を行った. これにより, 通常の基線長拘束を用いない手法と比較して, 空がある程度遮蔽された環境において, 大幅に整数アンビギュイティの推定率が向上することを確認した.

### 課題 2-1. 「マルチパス検出手法の開発」 進捗 100%

マルチパス環境で取得した複数の GNSS の観測データから、マルチパスが発生した衛星において衛星からの信号の強度が増減し、その結果複数のアンテナにおいて信号受信強度のばらつきが大きくなることを発見した。この信号強度のばらつきを指標にすることで、地上試験においてマルチパスを検出可能なことを確認した。

### 2-2 成果

Minimum success 「空が開けた環境で水平 RMS 誤差 5cm, 方位角 0.2deg での位置・姿勢推定」達成

上述の研究課題に取り組むことで、それらを総合した達成目標として掲げていた Minimum success を達成した。図 3 に実験環境の写真を示す。図 3 に示すように空がやや遮蔽されるような環境に開発したプロトタイプ UAV を設置し、データの取得を実施した。図 4 にロール角、ピッチ角、ヨー角の推定結果を示す。提案手法による姿勢角の誤差の標準偏差はそれぞれ、ロール角 0.30 度、ピッチ角 0.23 度、ヨー角 0.07 度となった。従来の小型 UAV の姿勢角精度が～3 度であるのに対して、提案システムでは地上静止試験において目標方位角精度を達成し、また姿勢計測精度の大幅な向上を確認した。位置推定精度に関しても得られた FIX 解の水平方向標準偏差は約 1cm となり、目標位置精度を達成した。



図 3 実験環境

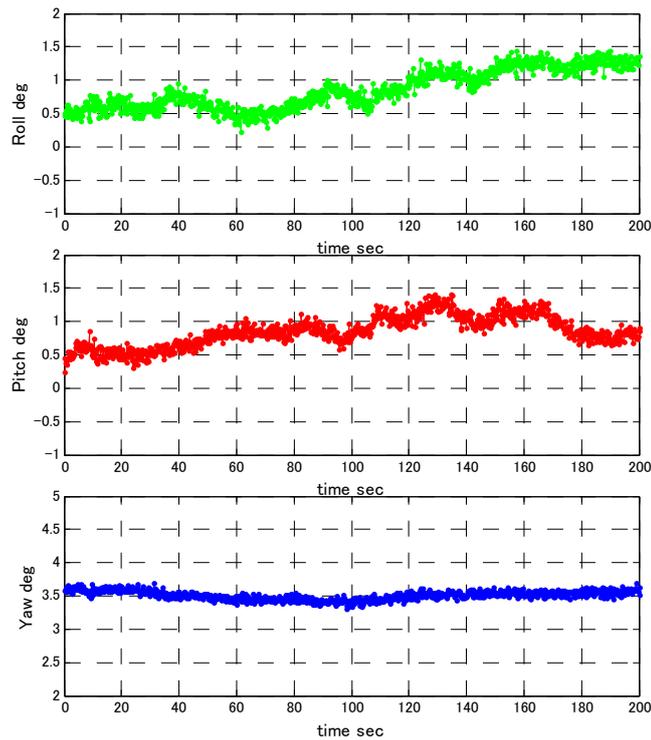


図 4 姿勢推定結果

### 2-3 新たな課題など

UAV をマニュアル操作させるためのプロポによるリモート・コントロール信号と GNSS の信号が若干干渉することが確認された。地上での静止状態と比較して、上空で飛行中における GNSS 信号の信号受信強度が低下することが確認された。この対策として、現在使用している GNSS アンテナを、GNSS アンテナ自身にアナログのプレフィルタを搭載した、より信号干渉に強い GNSS アンテナに変更する予定である。GNSS アンテナの交換により、この問題は解決すると考えられる。

### 3. アウトリーチ活動報告

日本技術情報センターにおけるセミナー、「開発・活用が加速する産業ドローンの最新動向と実証実験・適用事例及び今後の展開」において、講師として講演を行った。ImPACT 研究内容に関する紹介と、現在研究開発を行っている複数の GNSS アンテナを搭載したドローンによる、高精度かつ信頼性の高い位置姿勢情報の取得方法と、その応用について紹介を行った。