

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 8 年 度

研究開発課題名：

土砂災害の初動対応を目指した無人建設機械の状態提示技術の研究開発

研究開発機関名：

東北大学

研究開発責任者

永谷 圭司

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

本研究開発では、発災から1ヶ月以内の、二次災害防止のための最低限の措置を目指した応急復旧において、無人建設機械に搭載した限られたセンサ情報から、環境情報と建設機械自体の状態を提示する技術開発を行う。具体的には、以下の4点に関する研究開発のうち、平成28年度には、A, B, C（位置推定）の実現を目指す。

- A) 建設機械のバケットやアーム、ブームの各点に搭載した複数のIMU（Inertial Measurement Unit：慣性計測装置）が計測した姿勢より、建設機械の姿勢情報を取得する手法を研究開発する。また、上記より得られる情報を用いて、オペレータに建設機械の姿勢を提示する。
- B) 建設機械上部に設置した有線給電式のマルチロータ機に搭載したカメラを利用して、建設機械周囲の環境情報の取得を行い、オペレータに提示するシステムを構築する。このシステムを実現するため、有線給電マルチロータ機ならびに、ケーブル張力調整機能を有するヘリパッドを開発する。このカメラで得た視覚情報を利用することで、オペレータは作業時、無人カメラ車で取得する画像に近い画像情報を見ながら作業を行うことが可能となる。
- C) 遠隔より、上記の有線給電式マルチロータ機の運用を1名のオペレータで実現するため、給電ケーブルの姿勢計測を用いたマルチロータ機の位置推定機能ならびに自律飛行機能を実現する。
- D) 現状で使用している有線給電マルチロータ機の筐体は、市販のものであるため、給電ケーブルを吊り下げて飛行することを前提としていない。そのため、給電ケーブルを吊り下げた状態での、安定した飛行には限界がある。そこで、有線給電ケーブルを吊り下げることが前提とした、有線給電に適したマルチロータ機の筐体開発を行い、強風下といったタフな環境下においても環境情報取得が可能なシステムを実現する。

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

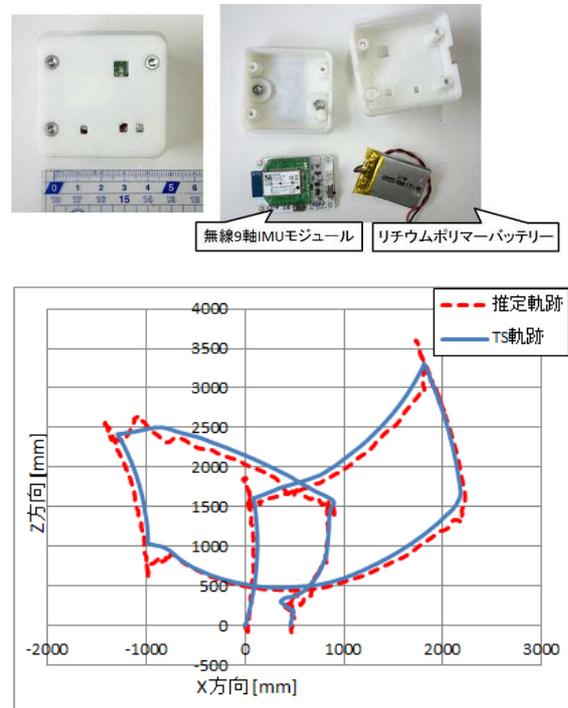
平成28年度は、上述課題のうち、A), B), C)（位置推定）の研究開発を行った。

A)については、建設機械に簡易設置した追加設置型IMU搭載デバイスで取得したデータをフィルタリングし、建機の姿勢推定を行うシステムを開発し、評価を行った。B)については、有線給電式のマルチロータ機ならびに、テザーを巻き取るためのヘリポートの改良を進めた。特に、張力制御を行うことで、安定した飛行を実現することができた。C)については、テザー長とテザー張力ならびに、テザーの繰り出し角度を測定することでマルチロータ機の位置を推定するシステムのプロトタイプを構築した。以上に示す通り、目標とした研究開発項目について、順調に進めることができた。

2-2 成果

A) 追加設置型デバイスによるバックホウの姿勢推定システムの開発

簡易取付型姿勢推定デバイスの開発（右図）と実際のバックホウを用いた姿勢推定試験および、建設機械姿勢提示システムの開発を行った。小型IMU デバイスには、バッテリーにリチウムポリマーバッテリー（400mAh）を使用し、センサモジュールには株式会社アールティが販売している無線9軸IMUモジュールを搭載した。このモジュール上には、9軸の慣性センサであるIMU(InvenSense社, MPU9250)とマイコン(LPC1343, 72MHz)が実装され、センサデータの取得とデータの処理を一枚の基板で実現できる。このデバイスを4個利用することで、建設機械のバケット先の動きを推定することができた。右図は、推定結果と実軌跡の比較のグラフである。なお、この成果は、計測自動制御学会システムインテグレーション部門 2016にて発表を行った。



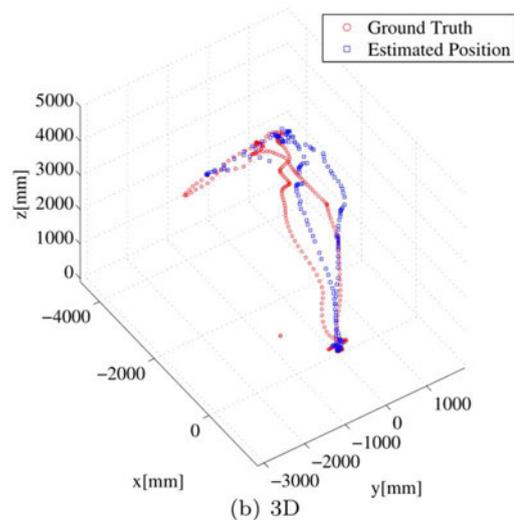
B) 有線給電式のマルチロータ機ならびにヘリパッドの開発

2016年6月の評価会での試験の結果、開発した有線給電式のマルチロータ機ならびにヘリパッドについては、電源、通信、およびマルチロータ機の性能が課題となった。そこで、これらの課題を解決するため、新システムとして、大容量バッテリーの搭載、通信のEthernetへの統合と有線通信化、マルチロータ機の大型化を行った。さらに、新しく構築したシステムが正常に動作することを確認するため、検証を行いシステムが動作することを確認した。右図は、評価会において、有線給電型のマルチロータ機が第三者視点を提供している様子である。なお、この成果は、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017ならびに、国際会議 FSR2017にて発表を行う予定である。



C) 給電ケーブルの姿勢計測を用いたマルチロータ機の位置推定

建機を遠隔操縦するための外部視点を得るため、有線給電マルチロータ機を GPS に依存せずに飛行させるシステムの開発を目的とした。その方法として、マルチロータ機とヘリパッド間を結ぶテザーを用いた位置推定手法について提案した。次に、提案した位置推定手法を実現するため、張力制御機能および、テザーの排出角度ならびにテザー長の計測機能を有するヘリパッドの開発を行った。最後に、開発したヘリパッドを用い、実際に位置推定を行う試験を実施した。その結果、通常の GPS と比較しても遜色のない位置推定が可能であることを示すことができた。右図は、提案手法で推定したマルチロータ機の位置と、実際の飛行位置の比較を行ったものである。なお、この成果は、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017 ならびに、国際会議 IROS2017 にて発表を行う予定である。



2-3 新たな課題など

追加設置型 IMU 搭載デバイスは、防水防塵を施していないため、現状では、降雨時に利用できない。この問題を解決し、実用に耐え得る装置を開発することが、平成 29 年度の目標となる。有線給電式のマルチロータ機ならびにヘリパッドの開発については、カメラの性能を向上させる、マルチロータ機を安定して飛行させるといった、更なる性能向上が直近の課題となるが、この機体で、飛行を安定させることには限界があることが判明した。そこで、平成 29 年度には、D) に示すように、有線給電に適したマルチロータ機の筐体開発に関する研究を開始する予定である。また、給電ケーブルの姿勢計測を用いたマルチロータ機の位置推定については、さらなる推定精度の向上が必要であると共に、推定した位置情報を用いた自律飛行の実現が必要不可欠である。これらを実現することが、平成 29 年度の目標となる。

3. アウトリーチ活動報告

特になし