

補助事業番号 2017M-153

補助事業名 平成29年度 クラスタ無人航空機による長距離位置情報伝送システムの研究  
補助事業

補助事業者名 室蘭工業大学 教授 上羽 正純

## 1 研究の概要

無人航空機の飛行距離拡大を可能にするためのクラスター化された複数無人航空機を用いた位置情報の無線伝送システムとしてマルチホップ用無線通信モジュール及び追尾アンテナの最適な使用条件の明確化とハードウェアによる検証を行った。特にマルチホップ用無線通信モジュールの伝送距離、時間遅れ等の性能、追尾アンテナの指向方向精度を屋外実験により確認した。

## 2 研究の目的と背景

無人航空機の利用拡大のためには、遠距離においても無人航空機の位置把握できることが重要である。しかる位置情報をデータ送信可能な距離は、送受信無線通信装置単体の性能に大きく依存している。送信可能な距離の拡大においては、送信出力を増大させることが一つの解決方法であるが、そのために必要な電力増及び重量増はミッション機器等のペイロードが厳しい無人航空機においては有効な手法ではない。したがって、無人航空機の位置把握を重量、電力増を招くことなく実現する方法が求められている。

上記方法の一つとして、本研究においてはクラスターとして構成した複数の無人航空機をチェーン状に飛行させ、位置情報をマルチホップで伝送するシステムを提案する。先頭飛行する無人航空機の位置情報を後続の無人航空機に伝送するとともに、それを受けた無人航空機は受けた位置情報とともに自身の位置情報をさらに後続の無人航空機に伝送する。最後尾の無人航空機においては、地上局に向けてすべての無人航空機の位置情報を伝送する。最後尾の無人航空機においては、すべての無人航空機の位置情報を束ねて伝送する必要があるため、受信する地上局では高利得指向性アンテナを用いて追尾することによりデータ受信を行う。これら送信における伝送特性及び追尾アンテナの追尾性能について評価を行う。

## 3 研究内容([http://www3.muroran-it.ac.jp/asgnclab/GNC\\_LAB\\_research.html](http://www3.muroran-it.ac.jp/asgnclab/GNC_LAB_research.html))

本研究では、複数の無人航空機が飛行している場合に、無人航空機の位置情報を各航空機から送出し、それを順番に中継し地上に届けるシステムの開発を進めた。

図1に示すように、先頭の無人航空機#1に搭載の無線装置(ST1)から送出した位置情報は、無人飛行機#2に搭載の無線装置(ST2)にて受信し、自機の位置情報と無人航空機#1の受信強度を追加し送信する。無人航空機#3に搭載の無線装置(ST3)はST2からの情報とST2の受信強度に自機の位置を加え地上局(AP)に送信する。これにより地上局は無人航空機#1～#3の位置情報と受信強度の情報を取得することができる。地上側の雲台は受信したデータを基に無人航空機

#3を追尾する。

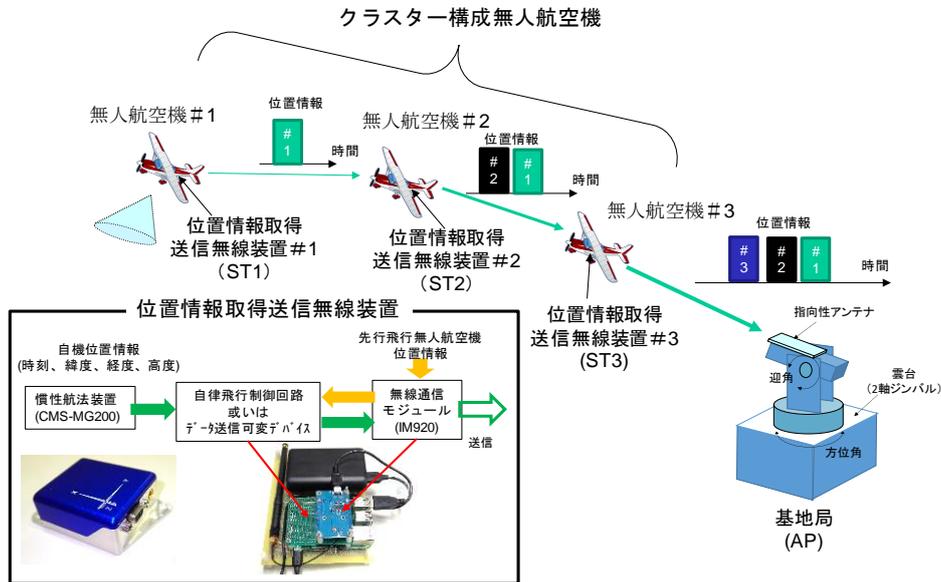


図 1 クラスタ無人航空機による長距離位置情報伝送システムイメージ

・チェーン状マルチホップシステムの検討

無線通信装置として 920MHz 帯を使用する市販製品 IM-920 を用いて、地上一上空の電波伝搬実験において 500 m 程度まで通信可能であることを確認した。ST1～3 と AP でのチェーン状マルチホップ通信にて目標として挙げている 1.5 km での伝送については、UAV を複数飛行させて実験する場所の確保が難しいことから、登別市の海岸沿いの遊歩道が直線状に 2 km 程度ある場所を用いて実験した。

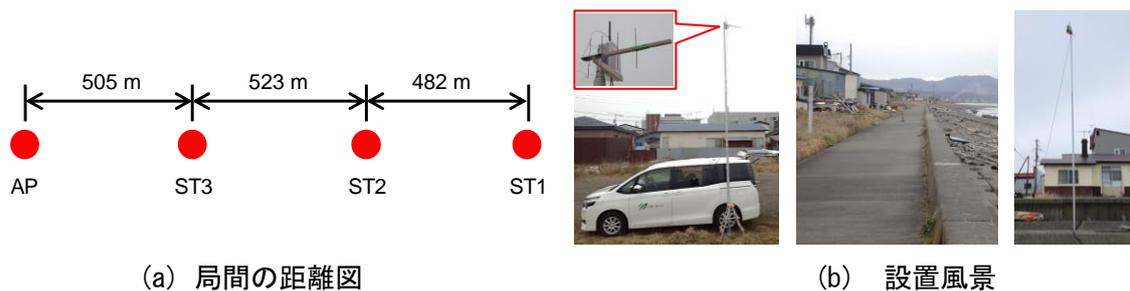


図 2 1.5 km 伝送時の無線局の配置の概略図

AP、各 ST 間の距離は図 2 (a)に示すようにした。図 2- (b)は、左から AP の設置風景で AP にはホイップアンテナとともに 4 素子の八木アンテナを用いた。中央の写真が AP の設置位置から ST 側を撮影したもので直線状に遊歩道があり、障害物がないことが確認できる。また右端の写真が ST1 の配置風景で 5 m のポール上に ST1 を配置している。

図 3 に実験結果を示す。時間遅れに関しては、通信距離 1.5 km において目標の 1 秒以内を

達成できた。主な遅延の原因は、各 ST での処理遅延と、無線規則で 920 MHz 帯では連続送信ができないことやキャリアセンス機能による送信停止時間があるためである。

また今回の無線システムでは単信で AP は受信のみのため、AP に八木アンテナ(電磁界シミュレーションによる利得 10dBi)を用い、受信電力の改善について検討した。その結果、受信電力が 14 dB 程度改善できることを確認できた。この結果を踏まえ、追尾システムで UAV を追尾する実験にはこの八木アンテナを用いることとした。

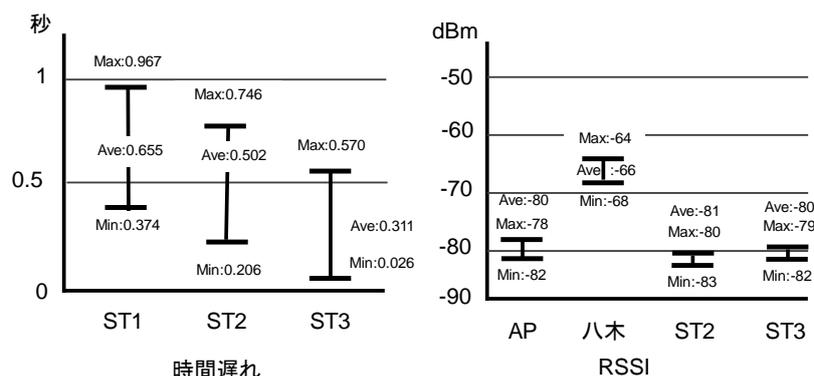


図 3 1.5 km 伝送時の遅延時間と受信電力

・総合実証実験

本実験においては、慣性航法装置、データ可変送信デバイス、IM920（無線通信モジュール）からなる UAV 搭載用位置情報伝送装置を 3 セット（#1、#2、#3）用意、そのうち、1 セット（#3）のみを UAV としての模型飛行機に搭載し（図 4-1）、当該 UAV を追尾する実験を行った。

実験においては、#2 の装置の不具合により、これを使用せず、図 4-2、図 4-3 に示すように#1→#3→追尾アンテナ（雲台、AP）へと位置が伝送される系を構築した。



図 4-1 使用模型飛行機と位置情報伝送装置搭載状況



図 4-2 実験場における ST 及び AP 配置

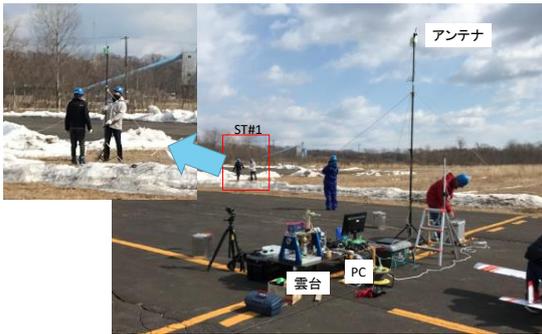


図 4-3 実験系設置状況（地上）



図 4-4 模型飛行機（ST3）飛行軌跡

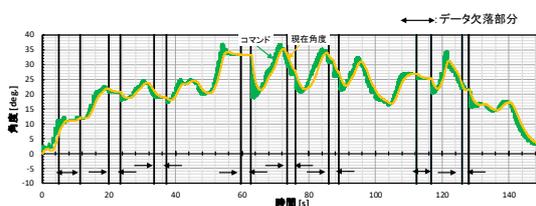


図 4-5 追尾角度（仰角）

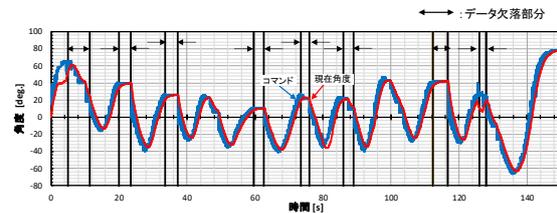


図 4-6 追尾角度誤差（方位角）

実験による飛行軌跡及び追尾アンテナによる追従角履歴（仰角、方位角）を図 4-4、4-5、図 4-6 に示す。実験においては、地上での確認試験では見られなかった伝送データの欠落が多発した。このため、UAV の位置が受信されない場合には、最後に送信された UAV の飛行位置位がそのままコマンドとなるため、大きな角度誤差のずれを発生させる要因の一つとなった。さらに、位置予測のために使用している角速度が角度からの疑似微分に基づくため、大きな値となってしまっていることも判明した。これら影響によりデータ欠落時には方位角では最大  $30^\circ$ 、仰角では最大  $8^\circ$  と地上試験時の  $2^\circ$  を大幅に超えている。地上試験との相違は UAV として用いた模型飛行機と、その模型飛行機に搭載したアンテナの方向が時々刻々変化することである。前者については模型飛行機に貼られているフィルムの導電性によるアンテナパターンの乱れ、後者については模型飛行機の姿勢による直接波のブロッキングが考えられる。これを明確にするため、引き続き実験を行い、対策を講じる。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

複数の無人航空機による長距離伝送方式の一つとして実社会での活用が想定される。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

報告者においては、これまで無人航空機の飛行制御技術、遠隔監視制御技術の研究を推進しており、今回の研究においては、遠隔監視制御技術の一つとして、長距離伝送のための1手段としての成果を得た。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

学会発表

- ・ 北沢祥一、嶋田民生、上羽正純、“無人航空機用の位置情報データ伝送用マルチホップ無線通信システムの検討”、電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会、SANE2017-104, 長崎市、2018年1月
- ・ 北沢祥一、渡辺拓哉、上羽正純、“無人航空機のデータ伝送のための920MHz帯無線システムの伝搬特性の基礎検討”、電子情報通信学会、宇宙・航行エレクトロニクス研究会、SANE2018-103, pp.75-79, 長崎市、2019年1月
- ・ 渡辺拓哉、北沢祥一、上羽正純、“無人航空機用通信における920MHz 帯の伝搬特性の検討”、2019年電子情報通信学会総合大会、B-2-9、東京、2019年3月

#### 論文投稿

- ・ 渡辺 拓哉、北沢 祥一、上羽 正純、無人航空機用テレメトリ無線システムに用いる920 MHz帯の電波伝搬特性の検討、電子情報通信学会和文論文誌-C 大学発特集号(査読中)

### 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

6. の知財・発表論文等

#### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

航空宇宙機システム研究センター2018年次報告書

(URL: <http://www.muroran-it.ac.jp/aprec/Annual/Annual.html>)

### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 室蘭工業大学(ムロランコウギョウダイガク)

住 所： 〒050-8585

北海道室蘭市水元町27-1(ホッカイドウムロランシミズモトチョウ27-1)

担 当 者： 教授 上羽 正純(キョウジュ ウエバ マサズミ)

担 当 部 署： 機械航空創造系学科(キカイコウクウソウゾウケイガッカ)

E - m a i l: [ueba@mmm.muroran-it.ac.jp](mailto:ueba@mmm.muroran-it.ac.jp)

U R L: <http://www3.muroran-it.ac.jp/asgnclab/index.html>