

900MHz帯を用いた無人航空機用遠隔監視用無線システムの研究

著者	北沢 祥一, 嶋田 民生, 上羽 正純
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2017
ページ	99-103
発行年	2018-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009846

900MHz 帯を用いた無人航空機用遠隔監視用無線システムの研究

○北沢 祥一（航空宇宙システム工学ユニット 教授）

嶋田 民生（航空宇宙システム工学系コース 学部 4 年）

上羽 正純（航空宇宙システム工学ユニット 教授）

1. はじめに

複数の無人航空機 (UAV: Unmanned Aerial Vehicle)の位置情報を UAV 間で通信するとともに、地上局に伝送することを目的に 920 MHz 帯を用いたマルチホップ無線システムの検討を行っている。本報告では無線システムの概要を示し、伝搬シミュレーション結果、さらに開発した 920 MHz 帯マルチホップ無線システムを用い端末の位置情報を伝送した実験結果を示す。

本研究は、JKA 補助事業（オートレース補助事業）の「クラスター無人航空機による長距離位置情報伝送システムの研究」によるものである。

2. 提案システム

複数の UAV を飛行させ、各 UAV には慣性航法装置と小型のマイコンボード、自律飛行制御回路と無線通信モジュールを搭載する。この位置情報データ伝送用マルチホップ無線システムの概要を図 1 に示す。各 UAV は、搭載している慣性航法装置より自機の位置情報、姿勢等を取得し、これを基に自律飛行を行う。また、慣性航法装置から得られる情報のうち、GNSS(Global Navigation Satellite System)からの時刻、緯度、経度、高度情報は、先頭の UAV#1 から UAV #2, UAV #3 を中継し基地局に伝送する。UAV #2, UAV #3 は先行の UAV 位置情報と電波強度である RSSI (Received Signal Strength Indication) に自機の位置情報を追加し、さらに後続の UAV 等に伝送する。これにより基地局は 3 機の UAV の位置情報を得ると共に、2 軸ジンバルの雲台に搭載した指向性アンテナを用いて最後尾を飛行する UAV#3 を追尾することができる。この伝送システムの目標性能は、UAV 3 機を中継して地上局までの総延長距離 1.5 km で伝送遅延が 1.5 秒以内である。

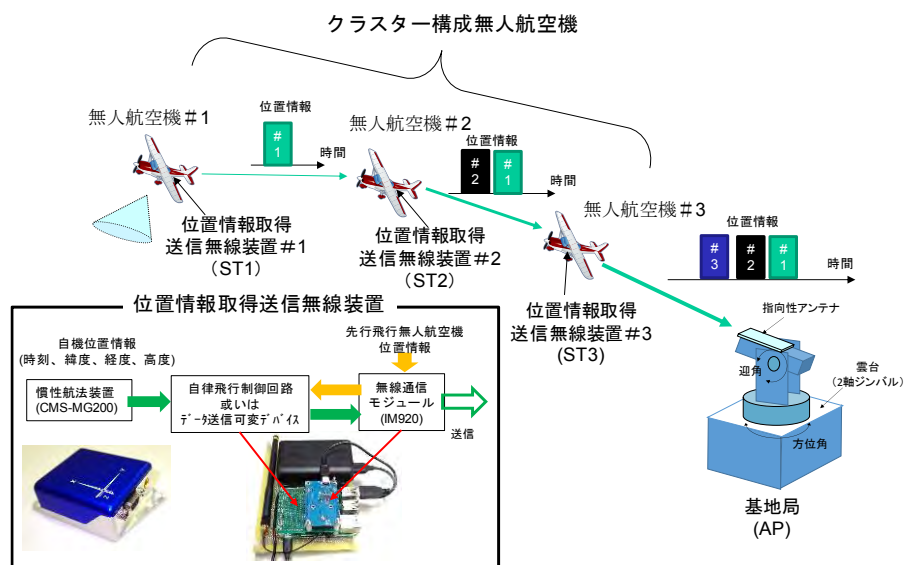


図 1 クラスタ無人航空機による長距離位置情報伝送システムイメージ

3. 無線システム検討

3-1. 920MHz 帯無線装置

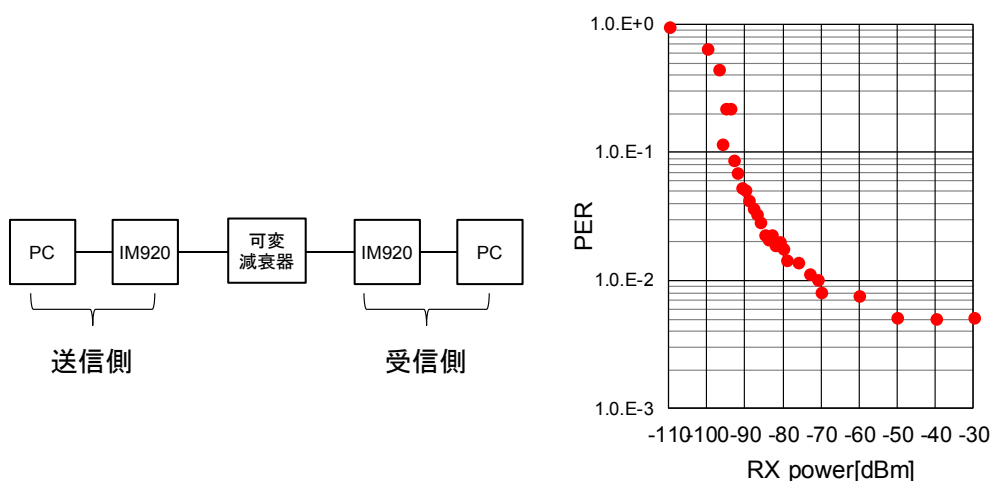
920 MHz 帯無線機には、920 MHz 帯の技術適合基準を取得しているインタープラン社製の IM-920 を用いることとした。この通信モジュールの諸元を表 1 に示す。この無線モジュールでは 1 パケットあたりのペイロード長が 64 byte であるため、慣性航法装置からのデータ 3 機分を 1 パケットに収容するにはデータ量を削減する必要がある。データ量の削減を検討の結果、1 機あたり 18 byte に圧縮した。

表 1 無線通信モジュールの諸元

周波数	902.6~923.4 MHz, 200 kHzステップ 15チャンネル
通信方式	単信
送信出力	-10 dBm, 0 dBm, 10 dBm
アンテナ利得	1.9 dBi
変調方式	FSK
伝送速度	高速通信モード：50 kbps, 長距離モード：1.25 kbps
キャリアセンス時間	高速通信モード：5.2 ms±3.5% 長距離モード：初回 5.2 ms, 連続送信中 500μs 各±3.5%
ペイロード長	64 byte

次に、この無線モジュールのパケットエラー率（PER: Packet Error Rate）を図 2 に示す構成で評価した。これは可変減衰器で送信電力を減衰させ、受信側での受信電力が変化した場合の PER を評価している。この結果、受信電力が-70 dBm 以上あれば PER は 10^{-2} 以下となることが分る。

以上の検討を踏まえ、マルチホップ無線システムのブロック図は図 3 に示すように、UAV 搭載側と地上側と 2 つの構成とした。



(a) PER 評価ブロック図

(b) PER の測定結果

図 2 PER 評価系と測定結果

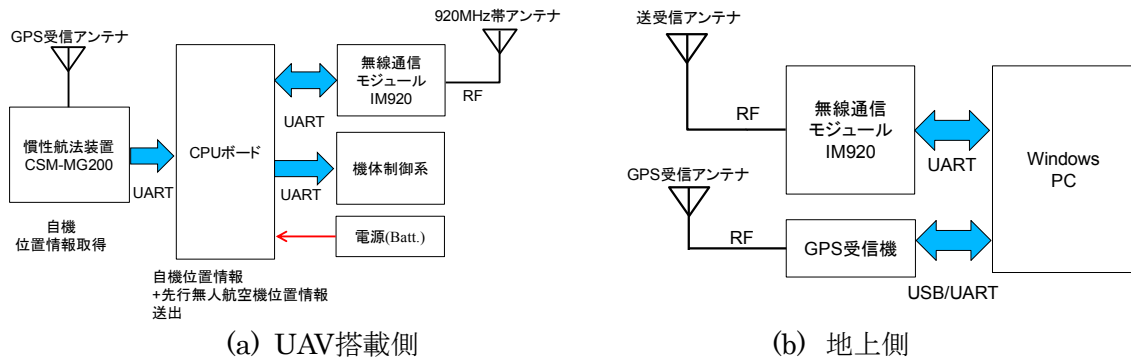


図3 システム構成図

3-2. 電波伝搬シミュレーション

UAV 間の通信は、上空での通信となるため直接波が支配的な通信と考えられるが、UAV #3 と基地局間の伝搬では、直接波と地面の反射波が存在するため2波モデルで受信電力について検討した。図4 (a)のように送信側は UAV に搭載することを考え、 $H_t = 50\text{ m}$ 、地上側は $H_r = 4\text{ m}$ 、送信電力 10 dBm とした。以上の条件で、水平距離 d を変化させた場合の受信電力変化を図4 (b)に示す。図4 (b)において黒線が自由空間伝搬損失で計算した受信電力、赤線が垂直偏波、青線が水平偏波での受信電力を表しており、直接波と反射波の干渉による受信電力の落ち込みが見られる。これを抑圧するには地上局で利得の高い指向性アンテナを用い、大地反射波の受信レベルを抑圧する必要が有る。

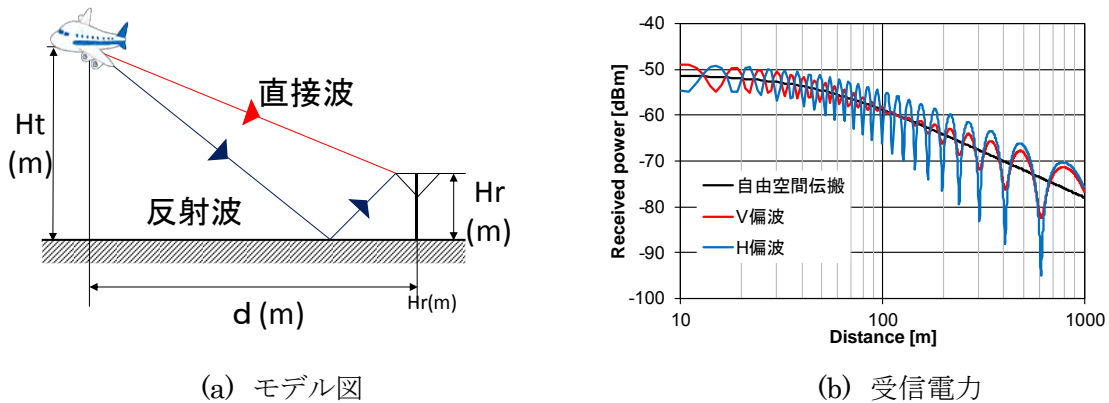
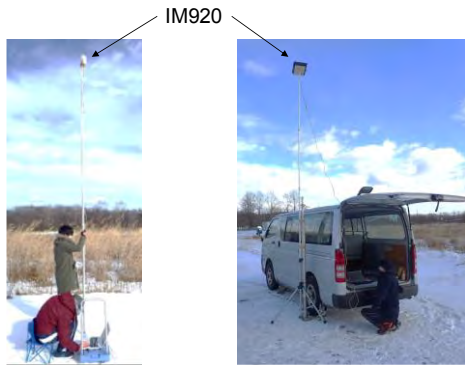


図4 2波モデルでの受信電力計算

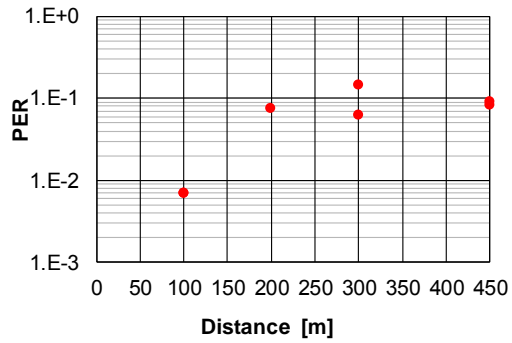
4. フィールド実験

4-1. 一対向通信実験

無線モジュール IM-920 を高さ 5 m のマストに設置し、2 台の IM-920 を用いた対向通信を距離 $100, 200, 300, 450\text{ m}$ と変えて行った。その結果、 100 m では受信電力が -64 dBm 、 200 m で -70 dBm 、 300 m で -73 dBm 、 450 m で -76 dBm であった。PER の評価は1回あたり連続で 1000 パケット送り、これを2回測定した。 100 m では PER が 1×10^{-2} 以下であるが、距離 200 m 以上では $6 \sim 9 \times 10^{-2}$ 程度と、可変減衰器で評価した PER 特性に比べ劣化している。また距離 300 m では送信場所を 50 cm 程度変えると PER が改善したことから、これは反射波の影響によるものと考えている。



(a) 実験風景



(b) 1対向での伝送結果

図5 フィールド実験の様子

4-2. マルチホップ伝送実験

マルチホップ伝送の実験は、図6に示すように基地局のAPを滑走路脇に設置し、移動局側のST3、ST2は滑走路の南側に5mのマスト上に設置し、ST1は車の屋根に装着し移動させて通信実験を行った。このとき最長距離はST1が滑走路の北東端にある場合で、APからST1までの合計距離が767mである。



図6 白老実験場での配置図



図7 走行実験での軌跡

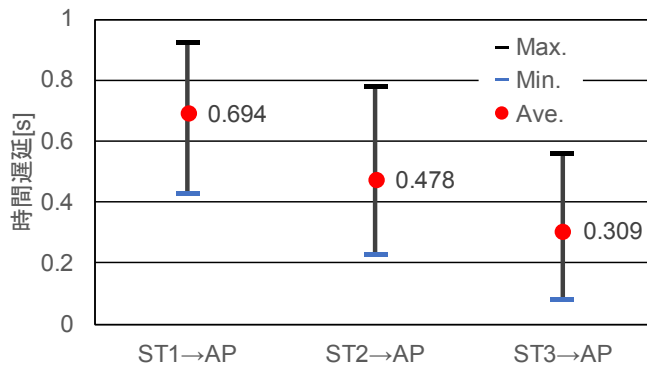


図8 各STからAPへの伝送遅延

次に、車に搭載したST1を移動させながら通信実験を行った。図7において赤の小さい点がST1の移動軌跡を示す。この時の各STからAPまでの到達時間を図8に示す。接続が不安定になっている場合の時間も含めているためST1 → APの到達時間の最大値は大きな値になっているが、滑走路の北東端にST1を固定した場合の遅延の最大値は900ms程度であった。さらに送信ウェイト

やその他のパラメータを最適化すれば到達時間の短縮ができ、目標距離 1.5 km で伝送遅延が 1.5 秒以内は可能であると考えている。

参考文献

[1] 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，pp105-109，2018 年 1 月 25－26 日，長崎市。

[2] IM-920 ハードウェア取扱説明書，及び IM920 ソフトウェア取扱説明書，インタープラン
<http://www.interplan.co.jp/solution/wireless/im920.php>..