

VHF帯を用いた無人航空機用中距離テレメトリ, コマンド無線システムの研究

著者	北沢 祥一, 工藤 怜, 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	104-106
発行年	2018-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009845

VHF 帯を用いた無人航空機用中距離テレメトリ，コマンド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）

工藤 怜（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

これまで近距離用のテレメトリ・コマンド無線には 2.4 GHz 帯の無線システムを用いてきたが、伝送距離が短いことや、無線 LAN やプロポの無線用など様々な無線システムを使用しており、干渉の問題があった。そこで、1 km 程度での通信が可能、かつ他システムからの干渉の少ない他の周波数を用いたテレメトリ・コマンド無線システムの検討を進めている。本報告では総務省 SCOPE で研究を実施している「広大な農地の短時間観測を可能とする固定翼自律 UAV を用いた映像伝送技術の研究開発」[1] で検討した 169 MHz 帯の無線システムについて報告する。

2. システムの概要

提案システムのイメージを図 1 に示す。これは、カメラや制御機器等の機器搭載状態で総重量 10 kg 以下、定常速度 25 m/s の自律飛行可能な固定翼 UAV を用いて、最大伝送距離 1.5 km において、5.7 GHz 帯で伝送速度 10 Mbps の映像伝送と、169 MHz 帯を用いた 200 kbps のテレメトリ・コマンド系無線によって UAV の飛行を監視、必要に応じてコマンドにより離陸地点に帰還可能な機能を有するシステムの実現を目指す。

提案システムで用いるテレメトリ・コマンド系無線は、2016 年に無人移動体画像伝送用に 169 MHz 帯、2.4 GHz 帯、5.7 GHz 帯が開放された[2]ことから、伝搬損失の少ない 169 MHz 帯を使用することとし、搭載側の無線システムのブロック図は、図 2 示すような構成とした。この無線システムでは、慣性航法装置から得られた位置や速度の情報をテレメトリとして地上側に伝送し、地上側から送られた機体へのコマンドを受信し機体を制御する。

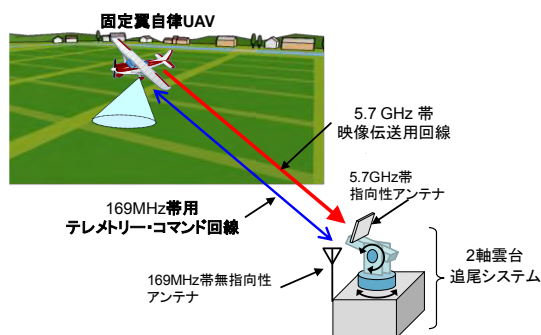


図 1 提案システムのイメージ

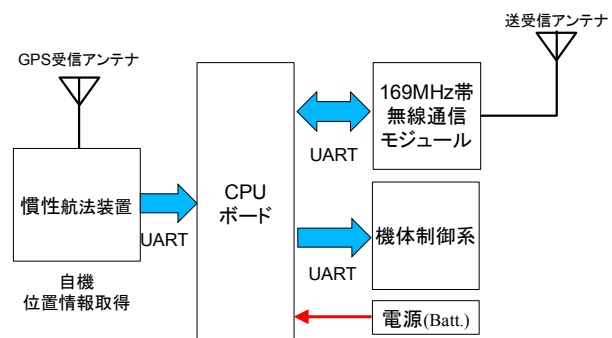


図 2 搭載側の無線システム

3. テレメトリ・コマンド系無線の検討

3-1. 2波モデル

上空と地上間での電波伝搬は、平坦大地での通信時の電波伝搬モデルである図3に示すような直接波と地面での反射波の2つが存在する2波モデルで検討を行った。シミュレーション諸元は表1に示すように、伝送時の水平距離は2 kmを最大とし、飛行機側の高さを150 m、地上側のアンテナ高を2 mと設定した。またアンテナは波長が長いため、飛行機に搭載側は短縮アンテナを用いることを想定し利得を0 dBiとした。この設定条件で送受信間の水平距離dが変化した場合の受信電力のシミュレーションを行った。その結果を図4に示す。水平距離dが短い領域では高度差による距離が加わるため、数十mまでは受信電力にあまり変化はなく、それよりも遠い領域では、直接波と反射波の干渉により、受信電力が大きく変化していることが分かる。また、水平距離が2 kmに近くなると反射波による干渉が減り、変化が緩やかとなっていることが分かる。水平距離2 kmでの受信電力は-72 dBm程度となるが、実環境においては地面の状態や植生また、無線システムでの劣化を考慮し10 dBを加え、目標性能を受信電力-82 dBmでパケットエラー率 (PER: Packet Error Rate) を 10^{-3} とした。

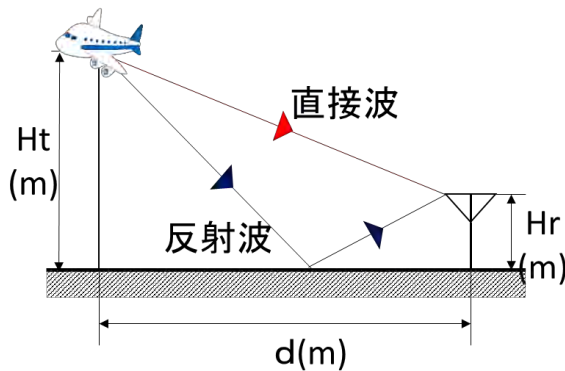


図3 2波モデルでの伝搬

表1 Simulation 設定内容

項目	値
送信周波数 f(M Hz)	169
伝送距離 d (m)	10~2000
送信アンテナ高さ Ht(m)	150
受信アンテナ高さ Hr(m)	2
送信電力 Pt(dBm)	10
送信アンテナ利得 Gt(dB i)	0
受信アンテナ利得 Gr(dB i)	0
反射面の相対誘電率 ϵ_r	15
反射面の導電率 σ (S/m)	0.005

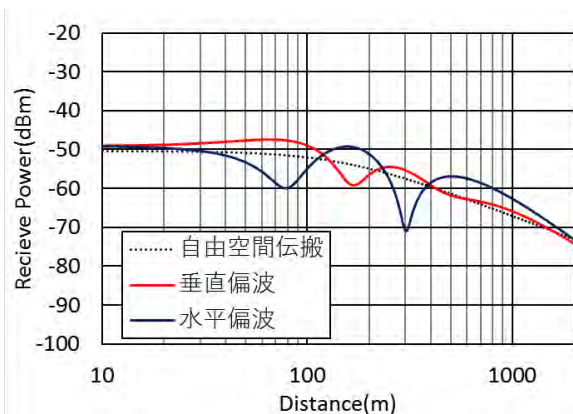


図4 受信電力

表2 回線設計例

項目	単位	値
送信電力	dBm	10
送信アンテナ利得	dB i	0
受信アンテナ利得	dB i	0
受信電力	dBm	-82
受信アンテナNF	dB	7
受信帯域幅	kHz	300
ボルツマン定数	dBm /K-Hz	-198.6
熱雑音電力	dBm	-112
受信Pr/N0	dB	30

3-2. 回線設計

169 MHz 帯での回線設計を行った。表2に示すように、送信電力10 dBm 送受信のアンテナ利得0 dBiとし、受信電力は3-1で設定した-82 dBmとした。この結果、ノイズレベルに対する受信マージンは30 dBと十分にあることが確認できた。

4. 評価結果

169 MHz 帯用無線の IC には, Texas Instrument 社の CC1120 を選定した. この CC1120 を評価ボードに接続し, モジュール間に接続した可変減衰器にて受信電力を変化させ PER の評価を実施した. PER 評価系のブロック図およびその写真を図 5(a)に示す. 送信出力 -10 dBm, 伝送速度 150 kbps でパケットサイズを 60 Byte と設定し, PER を評価した結果を図 5(b)に示す. 受信電力-96 dBm で PER は 10^{-5} 以下となった. これは 2 波モデルのシミュレーションを踏まえて設定した受信電力 -82 dBm で Packet Error Rate (PER) が 10^{-3} 以下に対し, 十分なマージンがあることが確認できる.

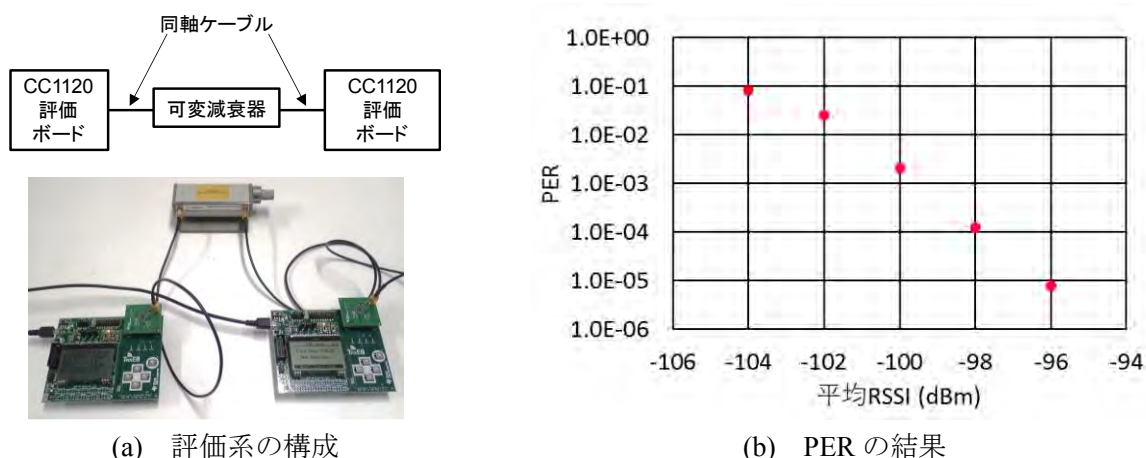


図 5 PER 評価系と評価結果

今後, 無線 IC の性能をさらに詳細に評価すると共に, 無線装置製作に向けた詳細設計を行うが, これまでの評価結果を踏まえ, 無線装置としての目標諸元を表 3 とした.

表 3 実験試験局の諸元

項目	諸元
種別	実験試験局
電波の型式	300KF1D
中心周波数	169.224 MHz
送信電力	10 dBm
送信空中線利得	0 dBi, 2.1 dBi
送信給電線損失	1 dB
変調信号	2値及び4値のFSK, GFSK

参考文献

- [1] 総務省, “能動的 3 次元通信エリア制御を用いた複数無人航空機による同時観測技術の研究開発”, http://www.soumu.go.jp/main_content/000525476.pdf.
- [2] 総務省, “電波法施行規則の一部を改正する省令案等に係る意見募集 -ロボットにおける電波利用の高度化及び特定小電力無線局の高度化に係る技術基準の導入-”, 2016 年 7 月 13 日, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000267.html
- [3] 北沢祥一, 工藤玲, 上羽正純, 無人航空機用 169MHz 帯制御無線システムの検討, 電子情報通信学会 衛星通信研究会, SAT2017-63, pp34-40 2018 年 2 月 22-23 日, 山口市