

超音速無人航空実験機用テレメトリ・コマンド系無線の電波伝搬の研究

著者	北沢 祥一, 木村 恒軌, 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	95-98
発行年	2018-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009847

超音速無人航空実験機用テレメトリ・コマンド系無線の電波伝搬の研究

○北沢 祥一（航空宇宙システム工学ユニット 教授）

木村 恒軌（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

超音速無人航空実験機オオワシ2号機用には、飛行状態のモニタリングや、地上からのコマンド用に無線システムを搭載することを計画しており、1.2 GHz 帯テレメトリ用および427 MHz 帯コマンド用の無線機での実験試験局免許を取得している。これまで10 km 程度での伝送実験は実施されていたが、長距離での伝送実験は未実施であった。オオワシ2号では最大で100 km 先の海上を飛行することから、海上伝搬も考慮して伝搬距離60 km での伝送実験を行い通信の疎通ができることを確認した。

2. テレメトリ・コマンド系無線

オオワシには飛行状態を地上側に伝送するテレメトリ無線系として1.2 GHz 帯の無線機を搭載し、また地上側からのコマンド用に427 MHz 帯無線機を搭載することを想定している。この1.2 GHz 帯テレメトリ用および427 MHz 帯コマンド用の無線機のイメージを図1に、また無線機の諸元を表1に示す。これらの設計の詳細については、2015年度の報告書にて報告済みである。[1-2]

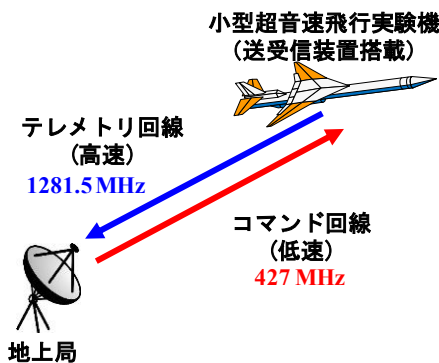


図1 遠隔監視制御系

表1 無線システムの諸元

Parameter	Telemetry	Command
Frequency	1281.5 MHz	427 MHz
Transmission Power	30 dBm	30 dBm
Modulation	FSK	FSK
Data rate	138.24 kbps	1200 bps
Communication Distance	Max.100km	
Antenna	Air Plane	2.1 dBi
	Ground Station	2.1 dBi
Gain	16 dBi	2.1 dBi

3. 予備検討

3-1. パケットエラー率

コマンド系無線機で受信電力を変化させ、通信品質を把握するため図2(a)に示すような構成でパケットエラー率 (PER: Packet Error Rate) を評価した。具体的には、無線機間を可変減衰器を介して接続し、受信側の無線機への入力電力を変化させ、PER の変化を確認した。送信機の最大出力は5 W であるが、可変減衰器の最大減衰量や許容電力の関係で出力を1/10 の0.5 W (17 dBm) で評価した。結果を図2(b)に示す。これから、PER が 10^{-3} 以下になるには-127 dBm 以上の受信電力

が必要であることが分かる．自由空間伝搬で距離 100 km における伝搬損失は 427 MHz で 125 dB であり，今回受信電力-125 dBm で PER が 10^{-5} であることから，無線機の最大出力 5 W (37 dBm) で送信した場合にはアンテナの利得が 0 dBi としても 20 dB の余裕がある．よって，100 km での伝送には問題ないことが確認できた．

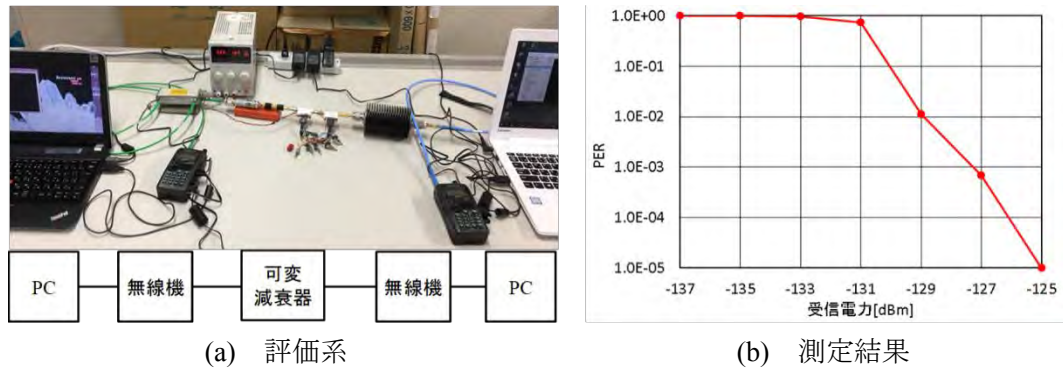


図 2 PER の評価

3-2. 伝搬シミュレーション

伝搬シミュレーションは，地形情報を含めた伝搬シミュレーションが可能なフリーウェア RadioMobile を使用した．地形情報は，SRTM3(Shuttle Rader Topography Mission 3)と呼ばれるスペースシャトルに積み込んだレーダにより 3 秒メッシュ(約 90 m)で取得し公開されているデータを用いた．

実験試験局は移動地を限定しているため，送信場所を室蘭市内で見晴らしの良い，だんパラスキー場を選定した．図 3 は，だんパラスキー場から送信した場合の 427 MHz と 1281 MHz での受信電力強度分布のシミュレーション結果であり，受信強度を 5 段階に色分けしている．また受信場所は，海上伝搬を考慮し内浦湾を挟んだ対岸の場所を選定した．選定した場所の緯度，経度，標高等を表 2 に示す．

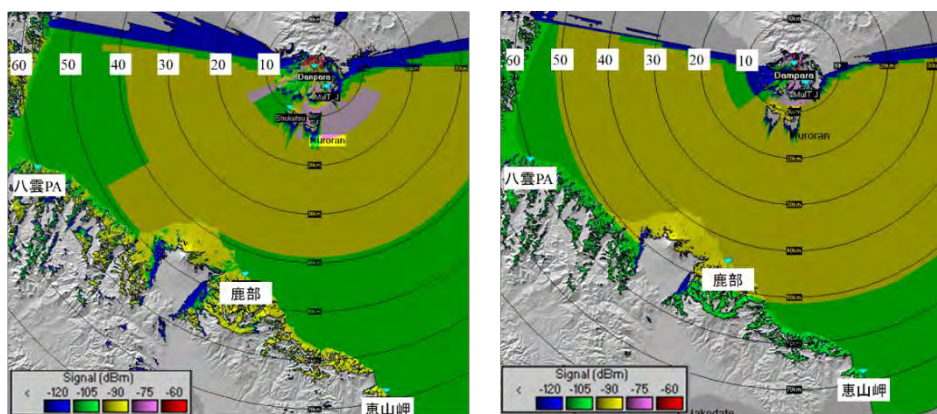


図 3 伝搬シミュレーション

表 2 長距離実験場所と送信点からの距離

	場所	緯度			経度			標高	距離
		度	分	秒	度	分	秒	m	km
送信点	だんパラスキー場	42	24	48.9	141	0	8.9	404	0
I	鹿部間欠泉駐車場	42	1	44.9	140	49	49	3.9	45
II	八雲PA上り	42	13	36.6	140	18	47.1	63	60.25
III	獅子鼻岬	41	51	52.2	141	7	23.7	14.1	61.82
IV	恵山岬灯台	41	48	55.2	141	10	59.1	4.9	68.11

4. 伝送実験

長距離の伝送実験は、送信場所を、だんパラスキー場の駐車場とし、シミュレーション結果を踏まえ、受信場所は室蘭からのアクセス性と伝搬距離を考慮し、道央道の八雲パーキングエリアとした。この場合の伝搬距離は内浦湾をはさんで 60.25 km である。図 4 (a)が、だんパラスキー場での 1.2 GHz での伝送実験時の写真、また図 4(b)が道央道 八雲パーキングエリアに設置した受信側の写真である。



図 4 実験場所での設置状況

コマンド用の 427 MHz 無線機は出力 5 W で、だんパラスキー場から、連続 100 パケットの伝送を 2 回送信し、それぞれ 100 パケットを全て受信した。これより、伝送距離 60.25 km での PER は 5×10^{-3} 以下となる。テレメトリ用の 1281.5 MHz 無線機は出力 1 W で、連続 1000 パケットの伝送を 3 回送信し、それぞれ 1000 パケット全てを受信した。これより伝送距離 60.25 km での PER は、 3×10^{-4} 以下となる。ただし、1.2 GHz 帯側は、八雲パーキングエリア側が指向性の鋭いアンテナを使用していることもあり、方向を合わせることにシビアであったことから、追尾する際には士数度の追尾精度が必要である。

これらの実験結果は理論値でのシミュレーション結果や、Radio Mobile による電波伝搬シミュレーション、可変減衰器を用いた PER 評価と比較すると妥当な結果であると言える。

参考文献

- [1] 上羽 正純, 高久 雄一, 石濱 勇樹, 小型無人超音速実験機向けテレメトリー用無線通信装置の性能評価, 航空宇宙機システム研究センター 年次報告書, (2015), pp.119-127.
- [2] 上羽 正純, 小型無人超音速実験機向けコマンド用無線装置の開発, 航空宇宙機システム研究センター 年次報告書, (2015), pp.128-133.