

6. 実環境下における AeroMACS 試験信号解析

監視通信領域 ※森岡 和行、金田 直樹、二ッ森 俊一、本田 純一
河村 暁子、米本 成人、住谷 泰人

1. はじめに

航空交通需要の増加により、特に大都市空港における航空交通量の増加が問題となっている。効率的な航空交通管理を実現するために、アナログの音声通信と低速のデータ通信を主として用いる現在の航空用通信システムだけではなく、新しい高速なデジタル通信システムが必要と考えられている。

このような新しいデータ通信システムとして WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) をベースにした空港面通信システムの検討が ICAO (International Civil Aviation Organization) や欧米で行われており、AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communication System) と呼ばれている。

我々はこれまでに仙台空港における AeroMACS 試験信号の評価を行った [2][3]。本報告では、移動速度が通信速度に与える影響と降雨減衰による影響について空港環境における実験を行い結果を得たので報告する。

2. 実験システム

仙台空港にて、WiMAX 規格に基づく AeroMACS 試験信号の送受信実験を行った。中心周波数は 5120MHz、帯域幅は 5MHz、FFT サイズは 512 でサブキャリア間隔 10.94kHz の OFDM フレームの送受信を行った。複信方式は、TDD (Time Division Duplex) であり、ダウンリンクデータとアップリンクデータの間には、ガードタイムが挿入されている。本実験では、測定車にて、ダウンリンクデータを受信し、受信信号の解析を行った。AeroMACS 試験信号の主要諸元を表 1 に示す。

また、図 1 に送信システムの概要を示す。送信器は、Rohde&Schwarz 社製の Vector Singal Generator SMU200A を用いた。

表 1 AeroMACS 試験信号主要諸元

中心周波数	5120MHz
FFT サイズ	512
チャンネル帯域幅	5MHz
サブキャリア間隔	10.94kHz
CP 比	1/8
フレーム長	5ms
複信方式	TDD

増幅器モジュールおよび電源モジュールを接続し、1W の送信電力で信号を送信した。送信アンテナは、Moxa 社製 ANT-WSB5-ANF-12 を用い、約 30m の高さの鉄塔に設置した。

図 2 に送信ブロック図を示す。制御用 PC からの送信開始指示により SMU200A から上記 OFDM フレームが送出される。送出された信号は、2 段の AMP、および Power AMP を通って、1W の信号に増幅される。最後に LPF (Low Pass Filter) により帯域外信号を抑圧しアンテナへ送出される。回路部品を保護するため、送信回路には適宜サーキュレータが挿入されている。

次に、図 3 に受信システムの概要を示す。図 3 の測定車の天井に 5GHz 用受信アンテナと GPS 受信アンテナを設置し、測定車内部の測定器と接続した。測定器は、Agilent Technologies 社製のスペクトラムアナライザ N9020A を用いた。アンテナから受信した信号はプリアンプモジュールにて増幅され、N9020A で解析される。受信信号強度 RSSI (Received Signal Strength Indicator) や、変調精度 EVM (Error Vector Magnitude) 等の信号の評価値を保存した。また、同時に GPS より得た位置および時刻情報も保存した。5GHz 用受信アンテナは、Sensor Systems 社製 S65-5366-4M を用いた。GPS 受信器はニコントリンプル社製 GeoExplorer 6000 を用いた。

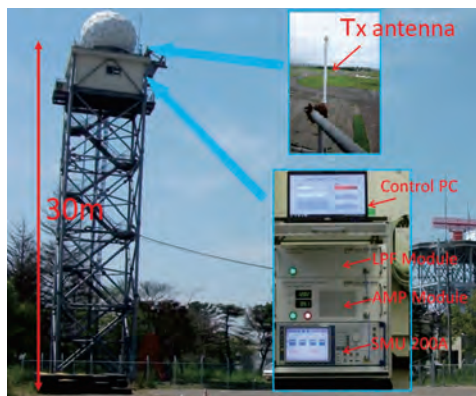


図 1 送信システム構成

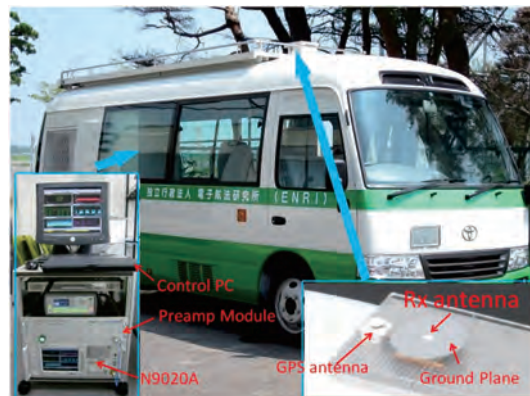


図 3 受信システム構成

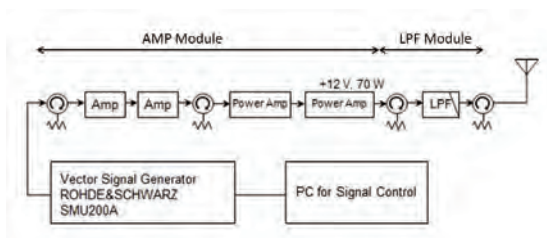


図 2 送信システムブロック図

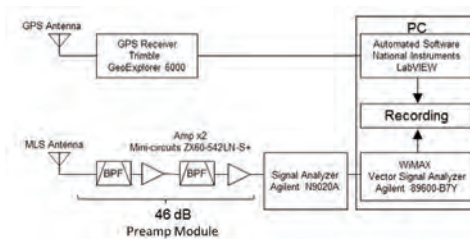


図 4 受信システムブロック図

受信ブロックの詳細を図 4 に示す。プリアンプモジュールでは、微弱な受信信号を増幅するため、LNA(Low Noise Amplifier)による 2 段の増幅器(46dB)と不要帯域を除去するための帯域制限フィルタが接続されている。また、受信回路を保護するために適宜サーキュレータを挿入している。

以上の構成にて、測定車で測定を行いながら、仙台空港内の滑走路、誘導路及び場周道路を走行した。

3. 実験結果と考察

3.1 移動速度による受信信号への影響

移動速度の受信信号に与える影響を調べるため、滑走路及び誘導路の一部について 5km/h から 30km/h まで移動速度 5km/h 間隔で走行し、EVM を測定した。EVM は理想的な信号と受信した信号の乖離度合いをデシベル単位で表し、値が小さいほど受信信号が良好であることを示す。

図 5、図 6 に、それぞれ 5km/h、30km/h で移動したときの、EVM を色で示す。図 5、図 6 から、ほとんどの測定位置で移動速度が速くなると EVM が劣化することが分かる。図 7 に、移動速度と全測定ポイントにおける EVM の中央値との関係を示す。図 7 から、5km/h の場合に比べて、30km/h の場合の EVM が 4dB 以上劣化していると言える。また、移動速度が大きくなると EVM も増加する。EVM が劣化すると 1 シンボル当たり送信できる情報量が減少し通信速度が低下するため、通信速度は 5km/h に比べ、30km/h の場合低下するといえる。

3.2 降雨減衰による受信信号への影響

図 8 は、2013 年 7 月 10 日の 23:20~23:50 における気象レーダ画像を示している。図 8 からこの時間帯に仙台空港近辺にて約 5mm/h 程度の雨が降っていた様子が分かる。この時間帯に滑走路及び誘導路で取得した RSSI と晴天時に滑走路及び誘導路で取得した RSSI を比較した。



図 5 時速 5km/h で走行時の EVM



図 6 時速 30km/h で走行時の EVM

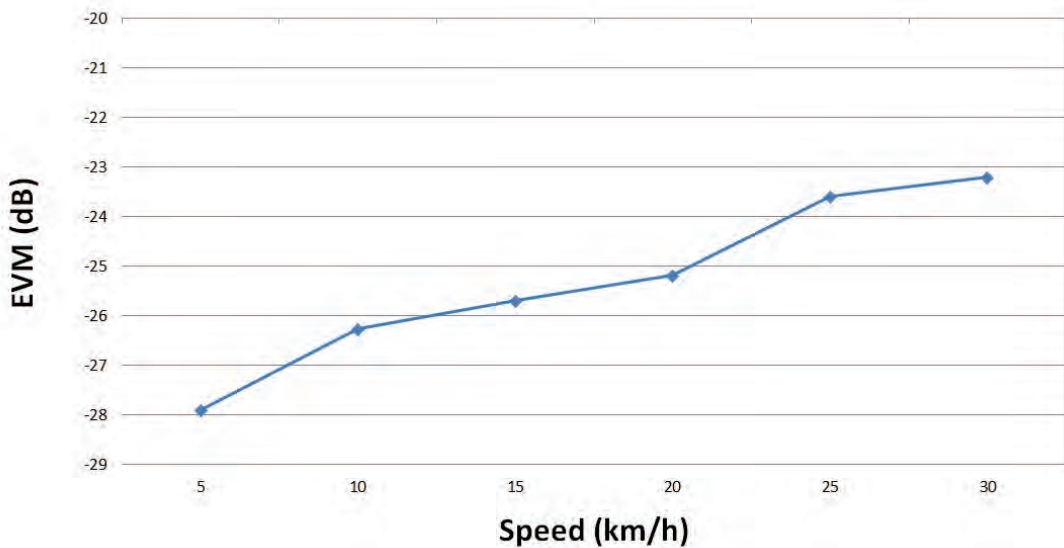


図 7 移動速度と EVM

RSSI は、1mW を基準として受信電力の強さをデシベル単位で表しており、値が大きいほど受信電力が強いことを示している。図 9 に降雨なし時の RSSI の分布を示し、図 10 に降雨ありの状態での RSSI の分布を示す。図 9 と図 10 を比較すると、受信電力の違いはほぼ見られないことが分かる。従って、降雨量が 5mm/h 程度の場合には、降雨減衰の影響はないといえる。

今回の実験中には、20mm/h を超える強い雨が降らなかったため、強い雨による降雨減衰の影響は検証できなかった。しかし、同じ周波数帯を用いる MLS (マイクロ波着陸システム) の ICAO 標準[4]の表 G-1 にて与えられる降雨減衰が 2.2dB となっていることから、AeroMACS における降雨減衰は 2dB 程度と

考えられ、受信信号品質への影響はそれほど大きくないと考えられる。

4. おわりに

本報告では、仙台空港にて実施した AeroMACS 試験信号送受信実験結果について報告した。端末の移動速度による影響と降雨減衰の影響について実験的に評価した。今回の実験結果から、移動速度は、通信速度に大きな影響を与え、降雨減衰による影響はほとんどないことが分かった。

今後の課題として、現在当研究所にて開発中の AeroMACS のプロトタイプシステムを用いた評価も実施する予定である。

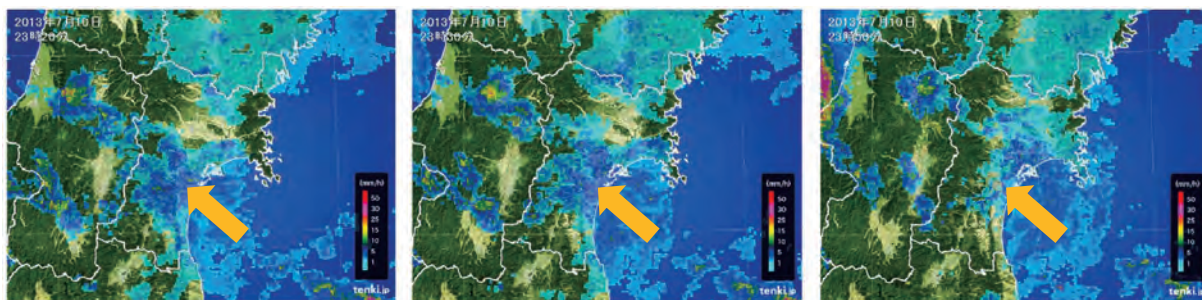


図 8 仙台空港における気象レーダ画像（2013年7月10日 23:20～23:50）



図 9 降雨なしの場合の RSSI



図 10 降雨ありの場合の RSSI

謝辞

実験にご協力いただいた国土交通省東京航空局仙台空港事務所関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- [1] N. Kanada, et al., "Evaluation of antenna configuration for aeronautical WiMAX at 5.1 GHz," The 13th Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON2012), IEEE, 2012.
- [2] N. Kanada, et al., "Signal evaluation on airport surface in 5.1 Ghz band," Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2013, IEEE, 2013.
- [3] 金田他, "空港面における AeroMACS 信号品質の評価," 電子航法研究所研究発表会 (第 13 回), p45-50, 2013.
- [4] MLS SARPs, ICAO Annex 10, Vol.1.