



UNIFORM 衛星運用に向けた実験試験局（地上局）

の整備

Developments of the Wakayama University Ground Station for Operating the UNIFORM Satellite

小谷 朋美¹, 佐藤 奈穂子¹, 森田 克己¹, 秋山 演亮¹

¹和歌山大学宇宙教育研究所

UNIFORM 衛星運用に向けて、和歌山大学実験試験局（地球局）の紹介と、行っている整備と実験についての報告をする。

キーワード：超小型衛星，パラボラアンテナ，UNIFORM プロジェクト，衛星運用

1. 概要

UNIFORM 1号機は、和歌山大学が代表を務める UNIFORM プロジェクト（「日本主導の超小型衛星網 UNIFORM 基盤技術研究開発と海外への教育貢献」）の参画機関が共同で開発している2014年度打ち上げ予定の超小型衛星である。その運用に和歌山大学のアンテナを使用する予定である。本稿では、UNIFORM 衛星運用に向けての地上局整備と実験について報告する。

2. 背景

2.1 UNIFORM1号機

UNIFORM 1号機は、海外・国内の様々な地域の森林火災検知を目的としている超小型衛星であり、主な仕様は表1の通りである。

表1 UNIFORM 1号機

寸法 (mm)	500×500×500
質量 (kg)	50
高度 (km)	約600
軌道	太陽同期準回帰軌道

その運用は図1に示されている通りである。和歌山大学の3mアンテナを利用して、UNIFORM 1号機へのコマンドの送信及び衛星の状態を表すテレメトリの受信を行う。また、和歌山大学の12mアンテナ、東京大学大樹町アンテナ、福井工大アンテナ、そして海外

局のアンテナを利用して、森林火災を検知するために撮影した可視光と赤外の画像を受信し、和歌山大学から配信を行う予定である。周波数は、コマンドとテレメトリはSバンド、そしてミッションデータはXバンドとなる。

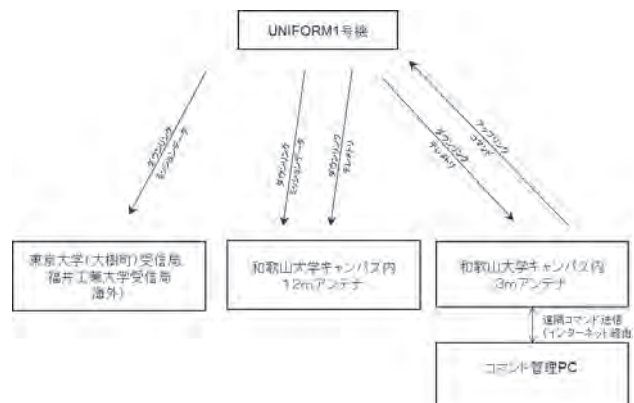


図1 UNIFORM 1号機の運用想定図

2.2 和歌山大学実験試験局のアンテナ

和歌山大学内には、現在電波通信観測施設内に、12mパラボラアンテナと3mパラボラアンテナが有り（2011年度設置）、また教育学部の屋上に3mパラボラアンテナを設置している（2013年度設置）。それぞれのアンテナの写真は、図2の通りである。この3つのアンテナを利用して、UNIFORM 1号機の運用を行う。

アンテナはすべて、経緯台式架台のアンテナであり、仕様は表2のようにになっている。通常の運用では、3m



図2 和歌山大学内のアンテナ (上：電波通信観測施設12mアンテナ, 右下：電波通信観測施設3mアンテナ, 左下：教育学部屋上3mアンテナ)

のアンテナでコマンド・テレメトリをSバンドで送受信し、12mのアンテナでミッションデータをXバンドで受信をする予定である。

表2 アンテナ仕様

	電波通信観測施設		教育学部
	12m	3m	3m
可動範囲(AZ) [deg]	±280	±280	±270
可動範囲(EL) [deg]	0-92	0-90	0-90
駆動速度(AZ) [deg/sec]	3	18	14.5
駆動速度(EL) [deg/sec]	3	18	14.5
駆動方式	経緯台	経緯台	経緯台
機械位置精度(AZ) [deg]	±0.02	±0.035	±0.0028
機械位置精度(EL) [deg]	±0.02	±0.035	±0.0028

2台の3mアンテナのうち1台は12mアンテナと同じ電波観測通信施設内にあるため、12mアンテナと同時に直接見て使用する事ができる。それに対し、教育学部の屋上に設置された3mアンテナは、図3に示す通り、スカイラインが非常に良いが、運用室が下の階にあるため、直接アンテナの動きを見ながらの運用ができない。そのため、UNIFORMの初期運用では、直接見ながら運用がしやすい電波観測通信施設内の3mアンテナを使用し、定常運用後は、スカイラインの良い、教育学部屋上の3mアンテナを使用する。

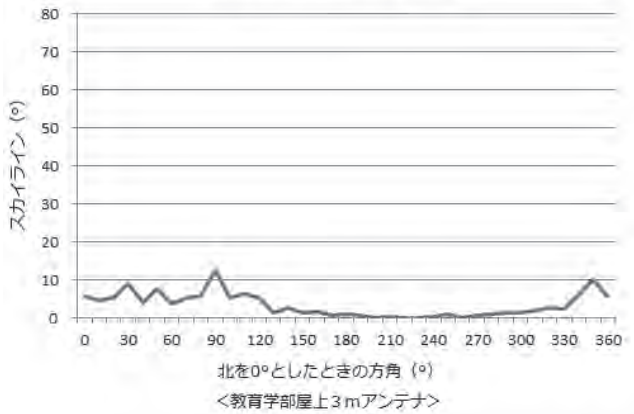
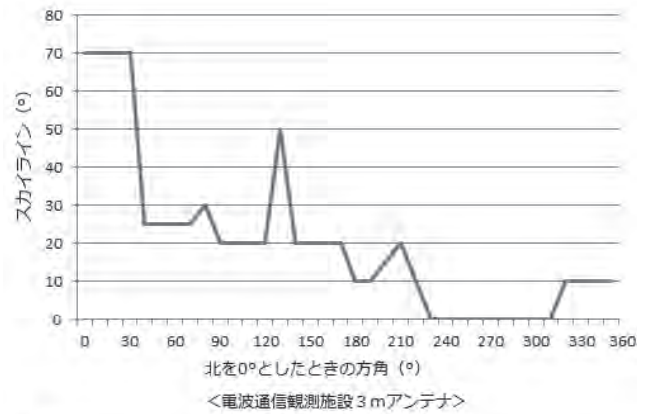


図3 電波通信観測施設3m通信用アンテナと教育学部屋上3m通信用アンテナとのスカイラインの比較 (上：電波通信観測施設3mアンテナ スカイライン 下：教育学部屋上3mアンテナ スカイライン)

2.3 受信設備

現在、和歌山大学実験試験局にある UNIFORM 1号機用送受信設備は図4の通りである。コマンドに関する設備では、UNIFORM 1号機へのコマンドを変調後 up converter でIF信号からRF信号へ変換し、3mアンテナのフィードから衛星に送信を行う。テレメトリに関する設備では、衛星からのテレメトリを3mアンテナのフィードで受信した後、そのRF信号をアンプで増幅し、down converter でIF信号へ変換したものを復調して衛星状態の解析を行う。また、ミッション用の画像データは、12mアンテナに設置されたフィードで受信、RF信号をアンプで増幅後、down converter でIF信号へ変換したものを復調し、画像を生成する迄の一次処理を和歌山大学実験試験局内で行う。このミッションデータはその後、画像を解析し、森林火災の分析をするために、産業技術総合研究所と北海道大学へFTPで配信される。

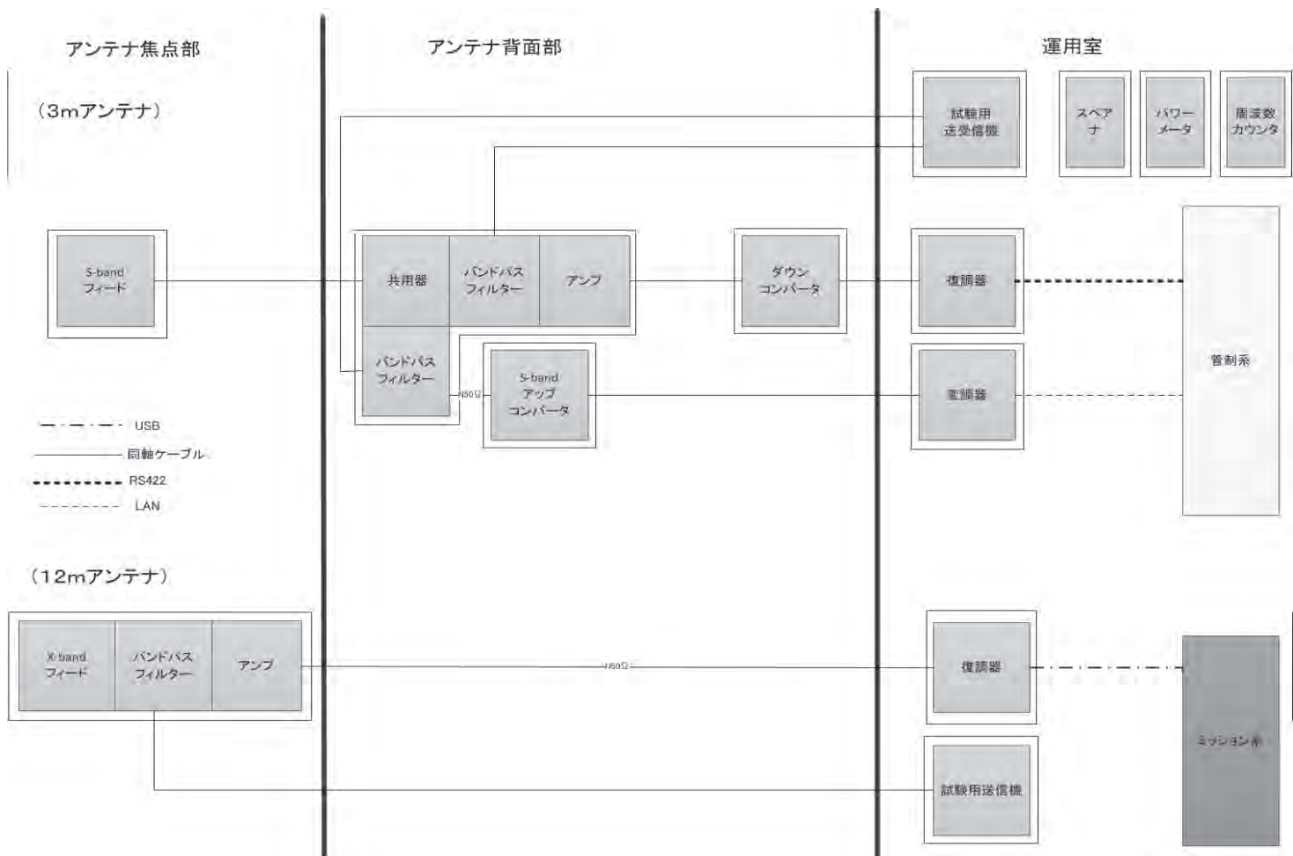


図4 和歌山大学受信設備

3. 運用に向けた準備

3.1 3m アンテナ・12m アンテナ受信実験

運用に向けた準備の一環として、他の衛星から送信された信号をそれぞれのアンテナで受信し、増幅したのち、down converterを使用してより安定なIF信号に変換後、スペクトラムアナライザで観測をすることで、それぞれのアンテナが正しく衛星を追尾できるかどうかの検証を行った。電波観測通信施設内3mアンテナでは、2012年度にSバンド帯の電波を送信しているRAIKO衛星、雷神衛星を使用して確認を行い^{1),2)}、12mアンテナでは、2013年12月から2014年1月にかけて、Xバンド帯の電波を送信しているAQUA衛星、AURA衛星、TERRA衛星を使用して確認を行った。図5は、AQUA衛星をdown converterを使用してIF信号に変換後にスペクトルアナライザで観測したものである。変調された信号が受信できている事が確認できる。

3.2 衛星とのコンパチブル試験

衛星とのコンパチブル試験では、実際に衛星のエンジニアリングモデル又はフライトモデルを和歌山大学実験試験局の機器と接続しコマンドを送り、衛星を操作が可能である事を確認する。具体的には実際の運用

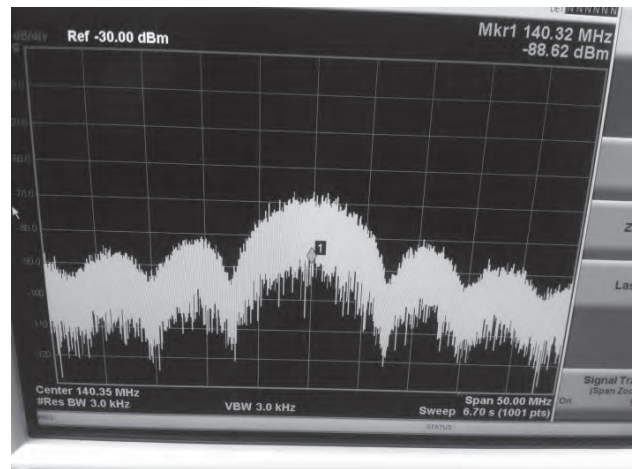


図5 AQUA衛星の受信結果

で使用する予定である機器全てを用いて運用の一連の流れを再現する。コマンドを衛星に送信し、テレメトリを衛星から受信することで衛星の状態の確認をするとともに、コマンドを送信して衛星に設置されている赤外カメラと可視光カメラで撮影を行い、衛星から地上局機器へそのデータが送られて、地上局でその結果を見る事が出来る事を確認する。2013年6月に、和歌山大学実験試験局の機器を、衛星を製造していた東京大学へ輸送してフライトモデルとのコンパチブル試験を行った(図6)。このコンパチブル試験では、衛星状

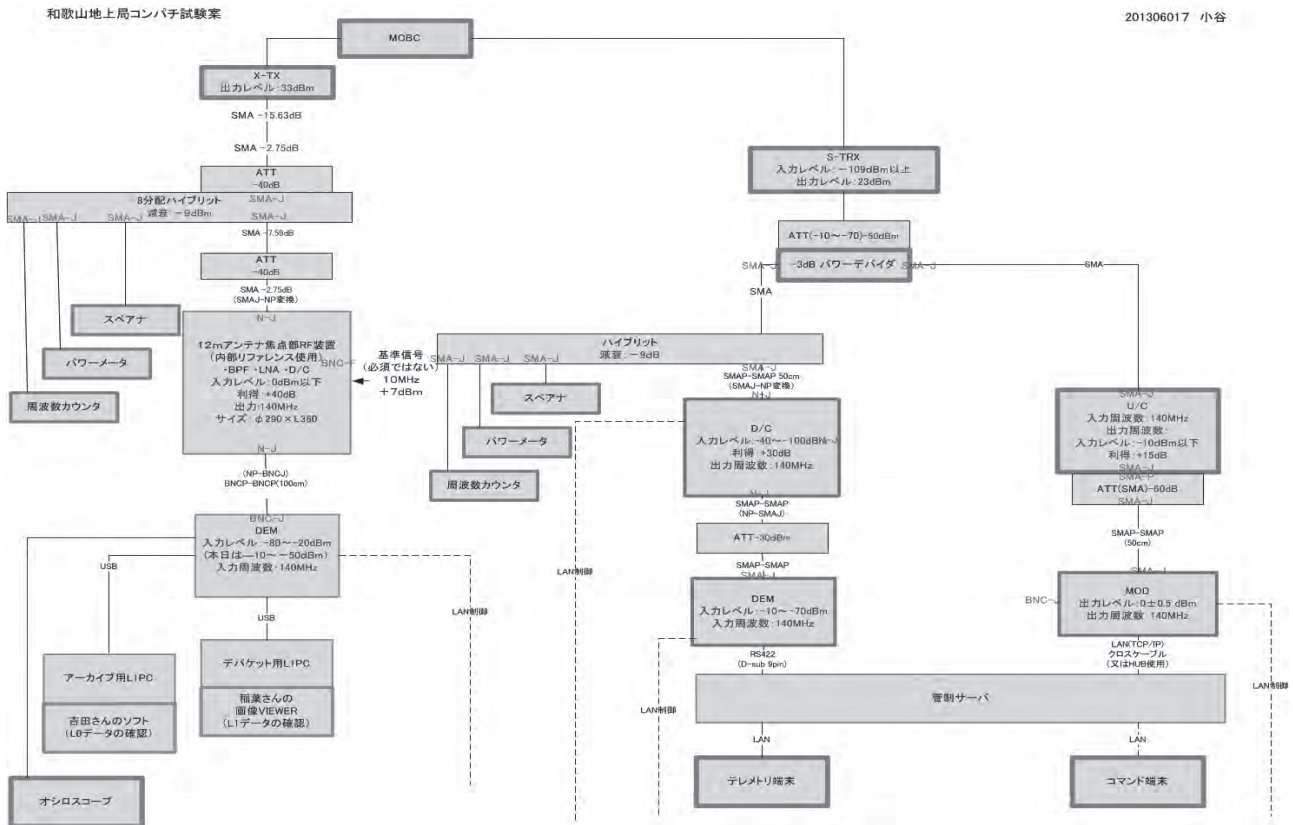


図6 コンパチブル試験 ダイアグラム

態の確認を行い、また、赤外カメラと可視光カメラでの撮影画像の地上局機器での確認に成功している。そして2014年2月に、衛星のエンジニアリングモデルを和歌山大学実験試験局へ輸送して、実際に和歌山大学実験試験局内に配置された機器を利用した最終的なコンパチブル試験を行い、地上局から衛星のエンジニアリングモデルにコマンドを送り、カメラで撮った画像を地上局で受信し確認することに成功した。

3.3 地上局コントローラターミナルの設計

少人数で、円滑にUNIFORM1号機を運用するために、今後、それぞれの和歌山大学内実験試験局にある機器と、3m、12mアンテナの制御を1つのコンピュータからシリアル通信で制御を行う、「地上局コントローラターミナル」を製作する予定であり、製作を2014年3月から開始する。森林火災の探知が目的の衛星のため、安定した運用が必須になる。そのため、人為ミスを防ぎ、安定した確実な運用を行うために、この地上局コントローラターミナルに自動運用機能を付ける予定である。

4. 今後の予定

4.1 運用訓練

今年度末から、来年度初めにかけて、運用訓練を実施予定である。運用訓練では、衛星が地上局上空を通過する際の実際の運用を模擬して訓練をする。また、運用中で起こりうる人為的ミスや障害を想定して、その時にどのように対処をしていくかを訓練する。

4.2 運用

実際の運用は、UNIFORM 1号機打ち上げ直後からはじまる。打ち上げ後数時間で、UNIFORM 1号機が日本上空を通過する予定であり、そこから運用がはじまる。UNIFORM 1号機の軌道は、和歌山大学上空を1日の中で昼2-3回、夜2-3回の計4-6回通過し、初期運用では、全てのパスでの運用を予定している。運用安定後に、よりスカイラインの良い教育学部の新3mアンテナを利用した運用に移行する。また、電波通信観測施設内の3mアンテナを使用して、UNIFORM 1号機以外の衛星の運用と、衛星運用を通じた教育について計画を行っていく予定である。

引用・参考文献

- 1) 佐藤奈穂子, 小谷朋美「和歌山大学地上局による国際宇宙ステーション放出衛星「RAIKO」(雷鼓)観測実験」宇宙教育研究所紀要 p51-54(2012)
- 2) 小谷朋美, 佐藤奈穂子「和歌山大学3mアンテナのUNIFORM衛星受信に向けた整備と衛星受信実験」宇宙教育研究所紀要 p9-12(2012)

