



和歌山大学 3 m アンテナの UNIFORM 衛星受信 に向けた整備と衛星受信実験

Satellites Reception Experiments Using Wakayama University 3m Antenna as
a Part of Ground Station Developments for the UNIFORM Project

小谷 朋美¹, 佐藤 奈穂子¹

¹和歌山大学宇宙教育研究所

UNIFORM衛星運用に向けての和歌山大学 3 m アンテナの整備の一環として、Sバンドの周波数を出す衛星(雷神とRAIKO)の受信実験を2012年夏から秋にかけて行った。この研究ノートでは、その受信実験の詳細と結果について記載する。

キーワード：人工衛星, パラボラアンテナ, UNIFORM1号機, 雷神, RAIKO

1. 概要

UNIFORM1号機は、和歌山大学が代表を務めるUNIFORM参画機関が共同で開発している2013年度打ち上げ予定の超小型衛星であり、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。今回の研究ノートでは、UNIFORM衛星運用に向けての整備の一環としての衛星受信実験の報告とその結果についての議論を行う。

2. 背景

2.1 UNIFORM 1 号機

UNIFORM1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。その運用想定は図1に示されている通りである。和歌山大学の3 m アンテナはUNIFORM-1にコマンドを送信する為と衛星の状態を表すテレメトリを受信する為に使われる。また、和歌山大学の12mアンテナ、東京大学大樹町局アンテナ、福井工大アンテナ、そして海外局のアンテナが、森林火災のミッションデータの受信に用いられる。受信周波数は、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 衛星の運用想定図

2.2 3 m パラボラアンテナ

3 m パラボラアンテナは、12m パラボラアンテナと共に和歌山大学キャンパス内の宇宙電波観測通信施設に2011年に設置された経緯台式架台のアンテナである(図2)。このアンテナを使用して、13GHzまでの電波の送信・受信が可能であり、XバンドとSバンドのFWHMはそれぞれ0.8deg(Xバンド)と3 deg(Sバンド)となる。3 m アンテナはSバンドで使用予定の為、今回の受信実験は、アンテナのコリメーションを行った後にSバンドの電波を放出している衛星の受信を行い、ポインティングがしっかりできているかどうかを確認した。



図2 和歌山大学3mアンテナ

2.3 雷神と雷神受信実験

雷神は、SPRITE-SATという東北大学が開発した、大きさ50cm×50cm×50cmの超小型衛星の愛称である。⁽¹⁾ 2009年1月23日12時54分(JST)にH-IIAロケットにより打ち上げられた。この衛星は、昼間のパスのみSバンドの電波を発信している為、その電波を今回の実験で受信した。

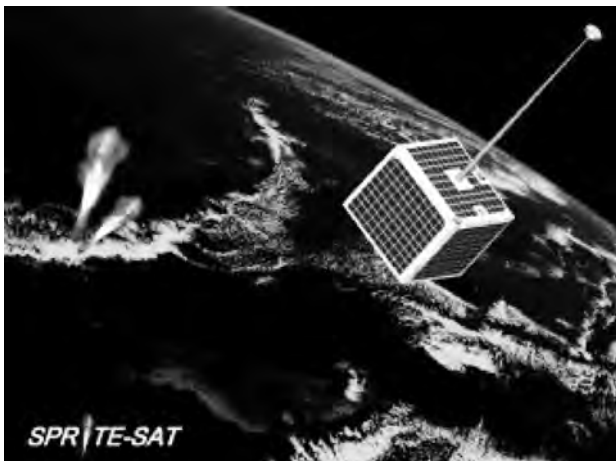


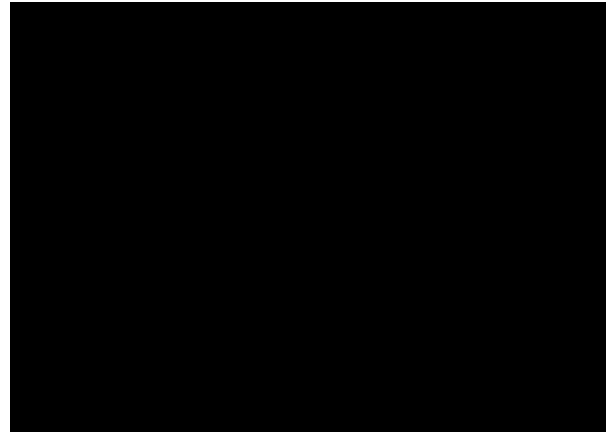
図3 雷神イメージ図

(<http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/SPRITE-SAT/>)

2.4 RAIKOとRAIKO受信実験

RAIKOは魚眼カメラによる地球の撮影などを目的としている、大きさ10cm×10cm×20cmの超小型衛星で、2012年10月4日23時37分(JST)に国際宇宙ステーションからロボットアームを使って放出された。⁽²⁾ RAIKO放出直後から、和歌山大学では、受信実験を行

っていたが、初め数日は東北大学のコマンド送信アンテナが故障していた為にRAIKOから電波が放出されず、受信することができなかった。しかし、2012年10月6日に正常にコマンドが衛星に送信され、電波が放出されるようになり、和歌山大学でも電波を受信する事ができるようになった。



3. 受信実験準備

3.1 受信実験の概要

今回の実験では、衛星から放出された信号をアンテナで受信し、スペクトラムアナライザで観測をした。衛星のフィードからスペクトラムアナライザまでの構造は図5のようにになっている。フィードで電波を集めてRF信号に変換しLow Noise Amplifier(LNA)に送り増幅をする。増幅された信号はDown Converter(D/C)でより安定なIF信号に変換してから、アンテナの横にある観測小屋へ同軸ケーブルで信号を送る。それをBias Tee(BT)に通してから、スペクトラムアナライザで観測をする。

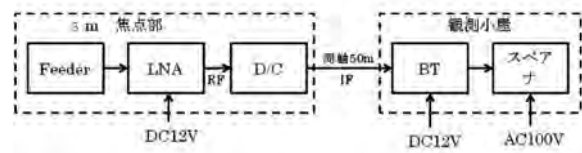


図5 受信システム

この受信実験の為には、受信システムの動作確認、アンテナのコリメーションと衛星の軌道を予測した位置推算表の作成が必要であるので、以下でその準備に

ついて説明していく。

3.2 受信システムの確認

まずはRFシステムがしっかり動いているかの確認を行った。Signal Generator (SG)で衛星から来る電波と同じ周波数の微弱電波をアンテナで受信させて、図5のアンテナ受信RFシステムを通してスペクトラムアナライザで観測することにより、RFシステムが正常に動き、D/CでRF信号がIF信号に変換されている事を確認した。

3.3 コリメーション

3mアンテナでのFWHMは 0.6° なので、アンテナが正確なポインティングをする必要がある。今回の実験では、まず太陽を使ってアンテナのコリメーションを行い、さらに微弱電波を使ったコリメーションでアンテナのポインティングをより正確にした。

3.4 位置推算表の作成

衛星の位置情報は、北アメリカ航空宇宙放映司令部 (NORAD) から出される各々の衛星の衛星軌道情報を利用した。NORADは衛星の軌道を2行軌道要素形式 (TLE) で示す。TLEからアンテナ駆動システムが読み込める位置推算表を作成して、衛星の可視範囲到達時刻と軌道を予測した。

4. 受信実験結果

4.1 雷神

実験は、8月2日の表1にある雷神のパスで行われた。

表1 雷神受信実験で使われたパス

| | 日付 | 時刻(JST) | AZ (deg) | EL (deg) |
|---------------|----------|----------|----------|----------|
| スタート時(高度3m以上) | 2012/8/2 | 13:40:38 | 2.58 | 3.02 |
| 南中時 | 2012/8/2 | 13:46:29 | 106.28 | 44.25 |
| 終了時(高度3m以下) | 2012/8/2 | 13:52:17 | 210.53 | 2.95 |

アンテナは、衛星の高度が3度以上になったJST 13:40:38に追尾を始めたが、衛星が北向きで3mアンテナの北に建っている12mアンテナの影になっていた為、EL=20°程度から受信が確認できた。衛星が沈む方向は西であった為、EL=5°に下がるまでの間10分間程度の受信が確認できた。スペクトラムアナライ

ザで確認した受信信号を図6に示す。



図6 雷神受信信号

衛星の位置情報は 南中付近で最大30dB程度の信号が確認できた。また、衛星の位置の変化に伴い、相対速度の変化による $\pm 50\text{kHz}$ 程度のドップラーシフトが確認できた。また、衛星が回転している為、追尾中に頻繁な強度変動が見られた。

4.2 RAIKO

実験は、2012年10月6日にあるRAIKOのパスで行われた。

表2 RAIKO受信実験で使われたパス

| | 日付 | 時刻(JST) | AZ (deg) | EL (deg) |
|---------------|-----------|----------|----------|----------|
| スタート時(高度3m以上) | 2012/10/6 | 19:28:38 | 195.81 | 3.02 |
| 南中時 | 2012/10/6 | 19:32:51 | 129.96 | 23.25 |
| 終了時(高度3m以下) | 2012/10/6 | 10:37:03 | 63.93 | 2.97 |

RAIKO衛星は、東北大学でコマンドを打つ事によってONになるため、東北大学の可視範囲に入るまで、電波が出されずに受信ができない。和歌山大学での追尾開始から約300秒後に東北大学の可視範囲に入り、コマンドがONされた為、以下のような電波を観測できた。



図7 RAIKO受信信号

5. 考察

これらの実験で、3 mアンテナのポインティングがしっかりできている事と、3 mアンテナの受信システムがうまく作用している事が確認された。また、NORADから衛星の位置推算表を作り、その通りにアンテナを動かす事ができる事が確認された。

今後として、12mアンテナで同じ実験をする必要がある。12mアンテナではUNIFORM衛星のXバンドのミッションデータを受信する予定であり、FWHMが小さくなるので、さらに精度を上げてポインティングをする必要がある。

引用・参考文献

- 1) 東北大学スプライト観測衛星 (SPRITE-SAT),
<http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/SPRITE-SAT/>, visited on 2013/1/28
- 2) 和歌山大学 宇宙教育研究所,
<http://www.wakayama-u.ac.jp/ifes/news/>,
 visited on 2013/1/28