

## 学生による超小型人工衛星プロジェクトのための 衛星データ配信・共有システムの開発Ⅲ

浅井 文男

### Development of a Satellite Data Delivery and Sharing System for Student CubeSat Projects III

Fumio ASAI

今年度は開発システムを運用するために必要な衛星地上局設備の構築と動作検証実験を行った。研究当初は地上局設備に既設の設備を使用する予定であったが、文部科学省平成26年度宇宙航空科学技術推進委託費の支援を受けた国立高専超小型衛星実現に向けての全国高専連携宇宙人材育成事業で開発する超小型人工衛星のための地上局設備を導入したので、これを開発システムの地上局設備にも利用できるように構築を図り、衛星の受信運用を開始できた。

#### 1. はじめに

近年、モデルロケット・模擬人工衛星 (CanSat) 開発コンテストや超小型人工衛星 (CubeSat) 開発プロジェクトに代表される実践的な宇宙航空科学技術者教育が世界規模で進展している。このような状況に対応するため、高知、徳山、香川、奈良、新居浜、明石、群馬、鹿児島等の国立8高専の教員有志が「高専スペース連携」を結成し、宇宙開発や地球観測などに携わる技術者教育の活性化を図るための活動を続けている。その実績を「国立高専超小型衛星実現に向けての全国高専連携宇宙人材育成事業」の提案書にまとめ、文部科学省の平成26年度宇宙航空科学技術推進委託費に応募し、採択されるに至った。これを受けて全国の高専が参画・連携できる、モデルロケット・CanSat・CubeSatの実践的なものづくり教育を軸に据えた教材開発や講習会開催などの活動プログラムを計画・実施している。これらの活動の目的は人材育成であるが、目標はCubeSatのフライトモデルを完成させ、打ち上げ・運用し、ミッション達成を実現することである。そのため、衛星運用を想定した衛星地上局を各高専に構築し、大学衛星を利用した追尾・受信トレーニングや、テレメトリデータの解析実習など、衛星運用関連の知識や技術の習得を図る教材の作成やワークショップの開催なども企画している。

本稿では宇宙人材育成事業に参画する6高専に導入された衛星地上局システムを構築し、ダウンリンクに430MHz帯を使用する衛星を追尾し、データを受信するための具体的な設置作業の内容と手順を詳細に報告する。

#### 2. アンテナの室内組み立てと調整

- 取扱説明書に従ってアンテナ (UQ-142) とローテータ (G-5500) を組み立て、暫定的なマストに取り付ける。



図1 室内で組み立てたアンテナ

- ローテータ本体とローテータコントローラを6芯ケーブルで接続する。AZIMUTH (方位) と ELEVATION (仰角) のケーブルが区別できるように印を付ける。ローテータコントローラへのケーブル接続は最後の作業でもかまわない。6芯ケーブルの各芯線がショートしないよう、適切な処理をしておく必要がある。

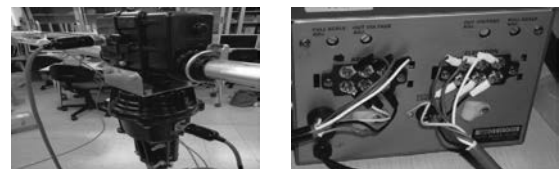


図2 ローテータ本体とコントローラの結線

- アンテナの放射器の給電部に2分配ケーブル（4 mの5D-2V同軸ケーブル）を取り付ける。次に、マストに電力分配器、同軸避雷器、プリアンプをそれぞれ取り付ける。なお、避雷器を取り付ける場合は、別途、用意する。今回は避雷器に第一電波のSP3000Wを使った。
- アンテナ → 分配器 → 避雷器 → プリアンプの順に、それぞれ5D-2V同軸ケーブルで接続する。電力分配器、避雷器、プリアンプを接続するために必要な2本の同軸ケーブルは2分配ケーブルを切断して作るか、別途、用意する。N型コネクタ（オス）も、別途、必要である。同軸ケーブルの長さは屋外のアンテナ設置現場で各装置をマストに取り付ける位置や、取り付け間隔、同軸ケーブルの引き回し方法を想定して調節する。今回は2本とも50 cmにした。2分配ケーブルは4 mのままで使った。プリアンプの電源ケーブルは赤黒の複線であるが、必要なのは単線（赤）で、これにF型コネクタを取り付けて、プリアンプの電源端子（PWR）に接続する。強制スタンバイの配線もしても支障ない。

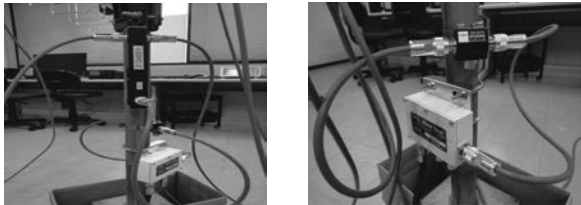


図3 プリアンプと同軸避雷器の取り付け

- 屋外のアンテナ設置現場の状況に応じてスタック幅を調整する。設置現場にアンテナと接触する障害物がない場合、調整の必要はない。屋外に設置する場所ではテレビアンテナと接触するので、スタック幅を60 cmにしたが、SWRは悪化しなかった。スタック幅を狭くすると水平方向のフロントゲインが低下するので、特別な事情がなければ標準仕様のままで使用する。



図4 スタックブーム幅の調整（その1）

- ローテーターを回転させてアンテナの方位および仰角を全方向に変化させ、ケーブルがマストや取り付け装置に絡みついて引き延ばされたり、必要以上にねじれたりしないよう、装置の取り付け位置やケーブルの引き回しを念入りに調整し、結果は記録しておく。

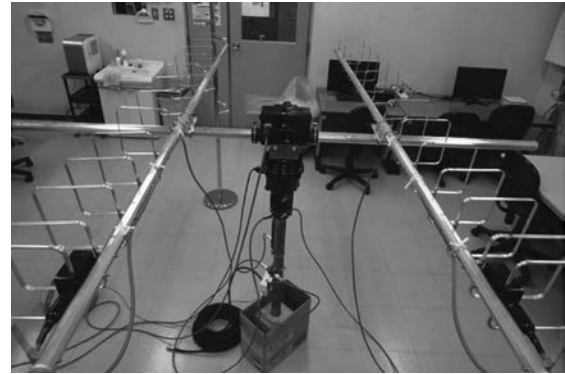


図5 スタックブーム幅の調整（その2）

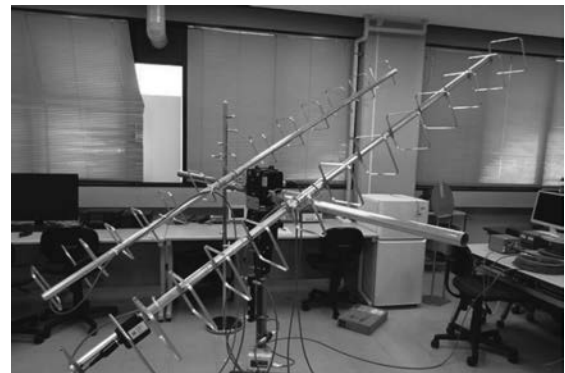


図6 ケーブルの引き回しの調整

- 取扱説明書に従ってローテーターコントローラのオフセット調整（ローター調整）を行う。これで屋内で実施する準備作業は完了し、SWRは良好であった。

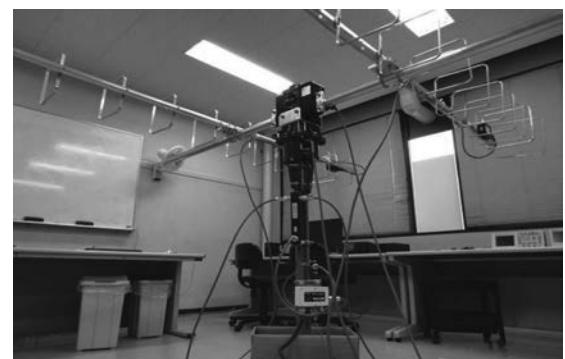


図7 組み立てと調整が完了したアンテナ

### 3. アンテナの屋外設置と調整

- 準備で組み立てたアンテナやローテーターをできるだけ分解しないで屋上に運ぶ。アンテナを設置するベースはコンクリート製土台に固定された頑丈な三角ベースで、これに長さ2 m、直径48 mmの鉄製ポール（マスト）をボルトで取り付ける。



図8 屋上に運んだアンテナ

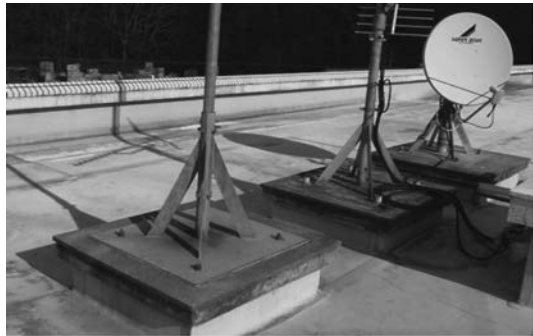


図9 アンテナを取り付けるベース

- ・アンテナ、ローテーター、プリアンプなどをマストに取り付け、同軸ケーブルなどを接続する。取り付けと接続は準備で完成させた仮設置を再現する形で行う。ローテーターを取り付けるときの注意点は AZIMUTH (方位) の基準方向 ( $0^\circ$ ) を「真北」にする。AZIMUTH (方位) の基準方向 ( $180^\circ$ ) を「真南」にして取り付けることもできる。今回はこちらの取り付け方法を採用した。また、スタック幅を狭くしたため水平方向のビーム幅が広がるので、単純に方位磁針が指す「南」を基準方向にしたが、できれば正確な方位に取り付ける。
- ・仮設置の場合と同様、ローテーターを回転させてアンテナの方位および仰角を全方向に変化させ、ケーブルがマストや取り付け装置に絡みついて引き延ばされたり、必要以上にねじれたりしないよう、装置の取り付け位置やケーブルの引き回しを念入りに再調整する。
- ・調整が終わったら、同軸ケーブルのコネクタなどに自己癒着テープとビニールテープで防水処理を施す。



図10 設置と調整が完了したアンテナ



図11 ケーブルの取り付けと引き回し

- ・アンテナ、ローテーター、マストなどに錆止めを施す。専用の錆止め剤も市販されているが、今回は透明のアクリル (ラッカー) スプレーを吹き付けて防水処理した。
- ・同軸ケーブルやローテーターケーブルを屋内に引き込む。以上でアンテナとローテーターの設置作業は完了する。

### 謝辞

本研究は平成 23 ~ 25 年度科学研究費補助金 (課題番号 24501079) と文部科学省平成 26 年度宇宙航空科学技術推進委託費の支援を受けた。また、国立高専超小型衛星実現に向けての全国高専連携宇宙人材育成事業に参画する高知、徳山、香川、新居浜、明石、群馬、鹿児島島の各高専のプロジェクトメンバー各位の連携や協力を受けた。これらの支援や協力に厚く感謝致します。

### 参考文献

- (1) 久保陽一郎, 浅井文男: 「CubeSat プロジェクトのための衛星データのリアルタイム配信とオンライン共有に関する研究」, 教育システム情報学会学生研究発表会予稿集, pp.118-119, (2012).
- (2) 浅井文男: 「学生による超小型人工衛星プロジェクトのための衛星データ配信・共有システムの開発」, 奈良工業高等専門学校研究紀要, Vol.48, pp.29-30, (2013).
- (3) 浅井文男: 高専超小型人工衛星実現に向けた受信協力体制の検討, 第 30 回高専シンポジウム (講演), (2015).