

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 10 月 4 日現在

機関番号：54601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24501079

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Development of a satellite data posting and sharing system for CubeSat project by students

研究代表者

浅井 文男 (ASAI, Fumio)

奈良工業高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号：00212465

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)： 学生による超小型人工衛星開発プロジェクトを支援するボランティアのための、衛星データ配信・共有システムを開発した。開発システムはRaspberry-Piを使用して容易に製作できる。受信したデータを自動的にTwitterに投稿するボットをRubyで開発してシステムに実装した。これにより、ボランティアが受信したデータは自動でTwitterに投稿できるので、衛星開発チームは収集・解析することで、衛星の運用が効率的に行うことが可能になる。そのため、開発システムは衛星開発チームとボランティアによる協調的な衛星データ受信ネットワークの構築を実現する。

研究成果の概要(英文)： We developed a satellite data posting and sharing system for volunteers supporting CubeSat development project by students. Volunteers can easily make the system using Raspberry-Pi. We created a bot program in Ruby, which automatically post received data to Twitter. We implemented it to the system so that volunteers can post data using the system to Twitter. Collection and analysis of the tweet data enable satellite development teams to operate their satellites effectively. As a result, the developed system realizes the construction of a cooperative data reception network between satellite development teams and volunteers.

研究分野：情報工学

キーワード：超小型人工衛星 衛星データ 受信支援 オンライン配信 オンライン共有 Twitterサービス

## 1. 研究開始当初の背景

超小型人工衛星のミッションデータやテレメトリデータの仕様や解読方法は衛星によって異なるので、衛星開発チームがプロジェクト支援者に提供する衛星データ解読ソフトはチームが開発した衛星だけに対応している。浅井研究室では 2010 年度までに複数の衛星のテレメトリデータを受信し、自動的に解読する衛星データ受信・解読ソフトウェアである CubeSat Decoder や KissTerm を開発し、プロジェクト支援者に提供してきた。しかし、これらの開発ソフトには受信した衛星データをオンラインで配信・共有する機能がないので、衛星開発チームとプロジェクト支援者が協力して効率的な衛星データの収集することが難しいという問題点があった。

## 2. 研究の目的

上記の問題を解決するため、本研究ではインターネット上のソーシャルネットワークサービスを利用する。従来から衛星開発チームとプロジェクト支援者がインターネット、具体的にはホームページやブログ、メールなどを利用して衛星情報の発信・入手、衛星データの提供・収集などを活発に行っている。しかし、これらの方法で衛星の情報やデータを入手するには、開発チームや支援者が提供元(例えば Web サイト)にアクセスするか、提供者がメールで送信しなければならない。

本研究の目的はソーシャルネットワークサービスを利用することで、衛星開発チームはプロジェクト支援者が受信した衛星データを容易かつ効率的に収集できる環境を構築することである。具体的には、支援者が受信した衛星データを自動的に Twitter に投稿するシステムを開発する。これにより、開発チームはブラウザで Twitter のタイムラインを閲覧するだけで、衛星データを収集することができるようになる。このような環境を構築することで、超小型人工衛星開発プロジェクトの進展と加速に貢献することを目指す。

## 3. 研究の方法

### 3.1 ソーシャルネットワークサービス

現在、インターネット上にはさまざまなソーシャルネットワークサービスが運用されている。その中で、本研究では衛星データの配信・共有の手段として、Twitter サービスを利用する。その理由は以下の 3 点である。

- ・提供情報を準リアルタイムで更新できる
- ・フォローにより情報が容易に拡散できる
- ・情報閲覧にはアカウントを必要としない

Twitter を利用した衛星データのオンライン配信・共有はすでに東京大学の CubeSat/XI- で行われている。この試みは衛星開発チームによるもので、Twitter に投

稿される衛星データは解読されたステータスデータである。本研究ではプロジェクト支援者が使用するシステムを開発するので、Twitter に投稿する衛星データは、支援者が受信した解読前の衛星データとする。衛星データにはバイナリデータもあるが、本研究では CubeSat/XI- のステータスデータのような、キャラクタデータのみを対象とする。

Twitter に投稿した衛星データが解読できれば、プロジェクト支援者の取り組みを強化し、支援者の拡大も期待できる。そのため、本研究では、支援者が使用する Twitter クライアント型の解読ソフトウェアも開発する。

### 3.2 研究手順

先行研究の成果を有効に利用するため、本研究ではまず最初に、KissTerm を利用したデスクトップ型のシステムを試作する。試作システムは 2 台のデスクトップ PC で構成され、1 台の PC は KissTerm で衛星のパケットデータを受信し、もう 1 台の PC は bot で受信(衛星)データを Twitter に投稿する。

試作システムの正常動作が確認できれば、1 台のシステムを 1 台の PC 構成に改良する。改良システムではソフトウェア TNC と bot を 1 台の PC 上で連携動作させる。

改良システムの正常動作が確認できれば、可搬型のシステムを開発する。可搬型システムでは改良システムと同じ動作をするソフトウェアを、ボードコンピュータに実装する。これにより、開発システムの導入コストを下げ、設置・運用を容易にすることができる。

## 4. 研究成果

### 4.1 デスクトップ型試作システム

KissTerm で受信した衛星データをシステムのサーバに UDP/IP で送信することによって、受信データを準リアルタイムに Twitter に投稿する。具体的には、受信装置に接続されたターミナルノードコントローラ(TNC)が復調した AX.25 プロトコル UI フレームパケットの衛星データを KissTerm がプロトコル処理してキャラクタデータに変換し、UDP/IP でシステムサーバに送信する。サーバ上の bot は受信データを一定周期で Twitter に投稿する。投稿されたデータは、支援者が Twitter クライアントソフトを用いて閲覧・解読する。衛星データの解読結果を投稿することも可能であるが、Twitter の投稿文字制限数(140 文字)を超えてしまう場合もある。そのため、解読前の受信データを投稿し、解読したいデータはクライアントソフトのタイムラインから選択して解読する手法を採用した。

#### (1)自動投稿用 bot

KissTerm が UDP/IP で送信する衛星データをシステムサーバ上で受信し、データを定期

的に Twitter に投稿する bot を作成した。Twitter API を使用するためのアカウントを作成し、アプリケーション申請でキーを取得して OAuth 認証で自動的に投稿するプログラムスクリプトは PHP を使用して作成した。bot を PHP で作成するため、bot を稼働させるサーバの OS には Linux(CentOS)を採用した。2011 年度で試作した衛星データ配信・共有システムの構成を図 1 に示す。KissTerm は Windows アプリケーションなので、KissTerm を稼働させる PC の OS には Microsoft Windows が必要である。

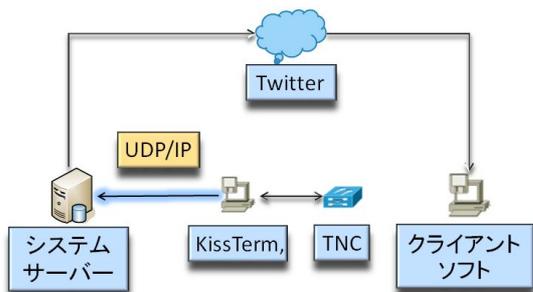


図1 試作システムの構成と動作フロー

## (2) Twitter クライアントソフト

衛星データを解読する機能を実装した Windows アプリケーションの Twitter クライアントソフトを開発した。支援者がクライアントソフトで Twitter のタイムラインを取得・閲覧し、解読したい衛星データを選択すると、プラグインソフトが起動してデータが解読される。プラグインソフトには KissTerm 用に開発したデコードソフトを採用したので、現時点では CubeSat/XI- のステータスデータのみが解読できる。解読できる衛星データを増やすためには、衛星データに対応させたデコードソフトを作成する必要がある。

## (3) 開発環境

bot の開発言語には PHP を、サーバの OS には CentOS を使用した。また、Twitter クライアントソフトの開発環境・言語には KissTerm のデコードソフトをプラグインとするために Visual Studio C#を採用した。

## (4) 動作検証

動作検証は以下の手順に従って実施した。WMA サウンドファイルとして保存された CubeSat/XI- のステータスパケットデータの信号音を PC 上で再生し、TNC に入力することで、衛星からのデータ受信を実験室内で模擬的に再現して動作検証を行った。

### a) 自動投稿用 bot

認証用キーやユーザー ID を入力する基礎設定部、認証・各種 API へのアクセスを行う基幹部、KissTerm から送信されるデータを受信する受信部、Twitter に投稿する投稿部

に分けて開発を行い、それぞれ動作確認する。

### b) bot 稼働用サーバ

標準的な CentOS の Web サーバを構築した。PHP パッケージの導入、UDP/IP 通信ポートや cron の設定などを行い、bot をインストールして、設定項目ごとに正常動作を確認する。

### c) Twitter クライアントソフト

bot が Twitter に投稿した衛星データのタイムラインを取得・表示できるか、支援者からのコメントが投稿できるか、選択したステータスデータが解読できるかを確認する。

### d) 実験結果

CubeSat/XI- の信号音を図 1 示す試作システムの TNC に入力して上記の動作検証を行った。その結果、KissTerm から UDP/IP 送信された衛星データを bot が受信して Twitter に自動投稿を行い、クライアントソフトでタイムライン表示され、プラグインソフトでステータスデータの正しい解読結果が表示された。これにより、試作システムは設計どおりに連携動作することが確かめられた。



図2 試作システムの動作結果

## 4.2 デスクトップ型改良システム

### (1) ハードウェア構成の改良

試作システムには AX.25 プロトコル UI フレームパケットの衛星データを受信するために必要な TNC が不可欠であるが、国内に TNC を製造・販売するメーカーは存在しない。また、KissTerm と bot が稼働する PC の OS が異なるため、試作システムには 2 台の PC が必要である。これらの問題点を解消するため、2012 年度は javaAX25 と呼ばれるソフトウェア TNC(ソフトモデム)を利用した改良システムを考案し、実装と動作検証を行った。試作システムと改良システムの比較を図 3 示す。javaAX25 は Bell202 変復調処理、AX.25 プロトコル処理、TCP/IP 通信の 3 つの機能を備え、Java の仮想マシン上で動作するオープンソースソフトウェアなので、bot を稼働させる CentOS サーバにインストールして稼働させることが容易にできる。できる。その結果、図 3 で示すように、TNC と PC 1 台が不要になり、配信・共有システムの設置や運用などに必要な費用や手間が大幅に削減できる。

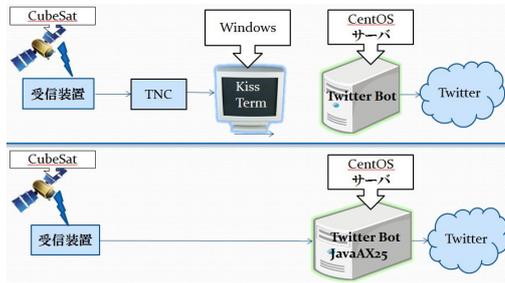


図3 試作システムと改良システムの比較

受信装置から出力される衛星データの信号音は javaAX25 で復調とプロトコル処理され、AGWPE フォーマットと呼ばれるフレームフォーマットに変換された衛星データは TCP/IP で bot に送信される。bot は受信した衛星データを一定周期で Twitter に投稿する。

(2)bot プログラムの改良

試作システムの bot は PHP で作成したので、bot を一定周期で動作させるためには cron を必要としたが、改良システムでは bot を ruby で作成し、bot プログラムにループ処理を記述して一定周期で動作するように改良した。これにより cron が不要になった。改良システムの動作フローを図4に示す。図において、mフレームは JavaAX25 から復調・解読データを送出させるために必要なコマンドである。

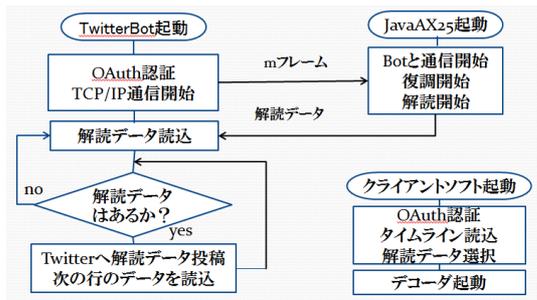


図4 改良システムの動作フロー

### 4.3 可搬型システム

#### (1)ハードウェア構成

近年、小型で高性能かつ安価な OS 搭載型ボードコンピュータが数多く製品化され、だれでも入手できるようになった。2012 年度に開発した配信・共有システムのソフトウェアはこれらのボードコンピュータでも稼働させることができる。これを実現すれば支援者が開発システムを更に容易に導入し、運用することができる。本研究では可搬型システムのボードコンピュータに Raspberry Pi model B を採用した。Raspberry Pi model B は数多くのボードコンピュータの中で最もコストパフォーマンスに優れ、開発システムを稼働させるために必要な性能と機能、実行環境、入出力インターフェイスなど備えている。

#### (2)ソフトウェア構成

Raspberry Pi の OS には標準的な Raspbian を採用する。ソフトウェア TNC の JavaAX.25 は Raspbian にインストールした Java の実行環境(JRE)上で動作する。しかし、実際に動作させてみると JRE との整合性が取れず、正常に動作させることができなかった。そこで、ソフトウェア TNC として、Raspbian 上で動作実績がある Dire Wolf を採用することにした。これにより、受信機から Raspberry Pi のオーディオ端子から入力した衛星の packets 信号音を正常に復調・プロトコル処理し、AGWPE フォーマットで整形された衛星データを TCP/IP 送信することが可能になった。

ruby で作成した bot の実行環境は Raspbian に実装されているので、そのまま動作する。しかし、Dire Wolf と bot 間のソケット通信のハンドリングが正常に行われなため、Dire Wolf が TCP/IP で送信した衛星データを bot が受信できないことが判明した。そこで、Dire Wolf がコンソールに出力する標準出力をテキスト形式の一時ファイルにリダイレクトしてファイル保存し、bot はファイルを読み込んで衛星データを抽出して投稿するように修正した。これにより、Raspberry Pi 上の Dire Wolf と bot の連携動作はデスクトップ型改良システムの動作と実質的に同じにすることができた。

デスクトップ型改良システムと可搬型システムのハードウェアとソフトウェアの比較を図5と図6にそれぞれ示す。また、可搬型システムに実装した修正後のソフトウェアの連携動作フローを図7に示す。

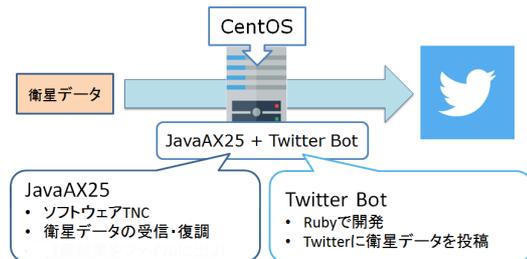


図5 改良システムの構成

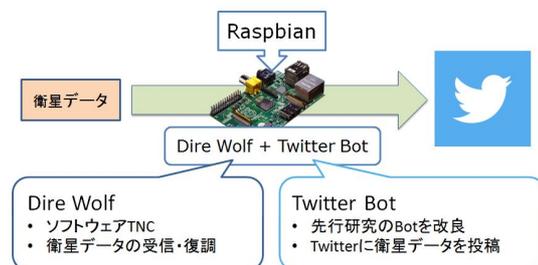


図6 開発システムの構成

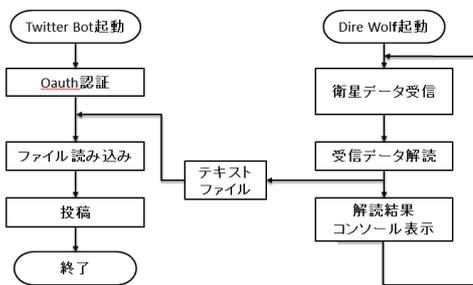


図7 可搬型システムの動作フロー

#### 4.4 まとめ

本研究では学生による超小型人工衛星プロジェクトにおける衛星開発チームとプロジェクト支援者との連携を活性化するため、両者が衛星データのオンライン配信と共有を実現するシステムを開発した。開発システムはオンライン配信・共有の手段としてTwitter サービスを利用するので、衛星開発チームやプロジェクト支援者だけでなく、Twitter の一般利用者も投稿された衛星データをブラウザで閲覧できる。また、Twitter クライアントソフトを使用すれば、衛星データの解読することも可能である。可搬型システムは支援者が容易に導入・運用することができるので、これらを広く普及させて衛星開発チームが効率的に衛星データを収集できる支援環境を構築することに貢献したい。

#### 5. 主な発表論文等

##### 〔雑誌論文〕(計3件)

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、査読無、Vol.51、2016、pp.18-20

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、査読無、Vol.49、2014、pp.13-15

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、査読無、Vol.48、2013、pp.29-30

##### 〔学会発表〕(計6件)

関一至,野中瑛介,首藤健佑,浅井文男,ほどよし SDK を利用した超小型人工衛星ブレッドボードモデルの開発、2015年度教育システム情報学会学生研究発表会、2016年3月3日、関西学院大学梅田キャンパス(大阪府)

浅井文男、国立高専衛星実現のための通信系 MMB の試作、第 21 回高専シンポジウム in 丸亀、2016 年 1 月 23 日、丸亀市生涯学習センター(香川県)

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 20 回高専シンポジウム in 函館、2015 年 1 月 10 日、函館工業高等専門学校(北海道)

幾谷吉晴、浅井文男、ニューラルネットワークに基づくネットワーク衛星のモデル化、平成 25 年度豊橋技術科学大学高専連携プロジェクト「ネットワーク衛星デザイン工房」研究成果発表会、2013 年 9 月 27 日、豊橋技術科学大学(愛知県)

浅井文男、Twitter を利用した CubeSat プロジェクトの支援とアウトリーチの提案、2013 年 8 月 22 日、平成 25 年度全国高専教育フォーラム、豊橋技術科学大学(愛知県)

井上絢香、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、平成 24 年度豊橋技術科学大学高専連携プロジェクト「ネットワーク衛星デザイン工房」研究成果発表会、2012 年 12 月 8 日、豊橋技術科学大学(愛知県)

##### 〔その他〕

開発ソフトのダウンロードサイト  
<http://www.info.nara-k.ac.jp/~asai/download/>

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

浅井 文男 (ASAI, Fumio)  
 奈良工業高等専門学校・情報工学科・教授  
 研究者番号：00212465

##### (2)研究協力者

久保 陽一郎 (KUBO, Yoichiro)  
 井上 絢香 (INOUE, Ayaka)  
 山田 遼 (YAMADA, Ryo)