解說

超小型衛星のための地上局

小池 星多 眞田 正弘

東京都市大学では現在,超小型衛星TCU-01を開発中である。衛星を宇宙に打ち上げた後には,軌道上を飛行する 衛星に電波で指令を送信したり,衛星のセンサーデータを受信するための地上局が必要である。本学では,2023年に 横浜キャンパスに地上局を構築した。地上局を運営している組織が少ないこともあり,その詳細は不明なことが多い。 本論では,この地上局を構築した経験から地上局の詳細を報告する。

キーワード:超小型衛星,地上局,アマチュア無線,TCU-01

1. 超小型衛星 TCU-01

1.1 TCU-01 について

超小型衛星とは1辺10cmの立方体形状の人工衛星で あり,2003年に東京大学,東京工業大学(現在の東京 科学大学)が初めて開発,宇宙に打ち上げた.その後, 世界各国の大学,高専,高校などが開発,打ち上げてい る.TCU-01は宇宙科学教育,地域連携を目的として地 域の高校生,児童などと衛星の電波を受信するような活 動や,衛星データを活用する研究を検討している(図1. 1 TCU-01).



図1.1 TCU-01の完成予想図

1.2 TCU-01の仕様

TCU-01の仕様は以下である.図1.2は、TCU-01の構 造図である.

KOIKE Seita 東京都市大学メディア情報学部社会メディア学科 教授 SANADA Masahiro アマチュア無線家 (JI11ZR),日本アマチュア衛星通信協会 (JAMSAT) 会員

質量	約1200g
本体サイズ	$10 \text{cm} \times 10 \text{cm} \times 10 \text{cm}$
メインマイコン	Spresense
モノポールアンテナ	2台
充電池	3.7V リチウムイオン電池
カメラ	2個
ミッションマイコン	micro:bit 1個
無線機	430MHz 送受信
送受信周波数	アマチュア無線 430MHz帯
送受信方式	CW, AFSK, GMSK
無線機制御基板	COM3-2
ソーラーパネル	3G30A 10枚
GPSアンテナ	2個
赤外線センサー	2個
9軸センサー	1個
ジャイロセンサー	1個



- **1.3 TCU-01のミッション** TCU-01のミッションは以下である. ミニマムサクセス CWによるHKデータの送信
 - アンテナ展開
 - フルサクセス

デジトーカー,SSTVの送信 9軸センサの測定データの送信 micro:bitによるHKデータの送信

エクストラサクセス

カメラによる地球撮影と撮影した画像の送信

2. 東京都市大学の地上局

2.1 TCU-01の使用電波

TCU-01が地上と送受信する電波は、アマチュア無線 の430MHz帯を使用する.他の超小型衛星では送信、 受信にアマチュア無線の430MHz帯と144MHz帯を使 用することもあるが、TCU-01は送受信とも430MHz帯

アンテナ部(校舎屋上)

を使用する. 衛星の電波にアマチュア無線を使用するこ とで,電波は宇宙空間まで届き,既存のアマチュア無線 のための無線機,アンテナなどをそのまま使用すること ができる.

2.2 地上局システム

超小型衛星を打ち上げ後に衛星に地上から電波を送信 して指示を与えたり,衛星が取得したセンサーデータな どを取得するための設備を「地上局」と呼ぶ.この地上 局は既存の無線機やPC,ソフトウェアで構成されている. 本学ではTCU-01の開発と並行して地上局を2023年3月 に横浜キャンパス3号館屋上に構築した.TCU-01の軌 道は極軌道といって地球を縦方向に周回しながら移動す る.日本上空には1日4回程度飛来して,日本での滞空 時間は約10分である.日本で衛星と電波の送受信をす る場合,この10分間に行う必要がある.また,衛星の 移動に伴ってアンテナを回転して衛星を追尾,さらに衛 星の移動に伴って衛星の周波数が変化(ドップラーシフ ト)するので無線機の周波数を追従させる必要がある. 図1.3は地上局のハードウェアの構成図である.図1.4は 地上局のソフトウェアの構成図である.



図1.3 地上局のハードウェアの構成図



図1.4 地上局のソフトウェアの構成図

2.3 地上局の概要

地上局の概要は以下のとおりである。地上局は大きく 分けて以下のアンテナ部,制御部,遠隔制御部の3つの ブロックに分けられる。

(1) アンテナ部

アンテナ部は屋上に設置した複数のアンテナである. 屋上の建物の壁面に衛星放送のアンテナ用の支柱が残っ ていたのでこの支柱にアンテナの支柱を取り付けた.ア ンテナは,指向性のある八木宇田アンテナと2つの円偏 波無指向性アンテナ,受信電波を増幅するプリアンプを 設置した.2つの円偏波無指向性アンテナは支柱を用い ずに別途屋上に設置した.八木宇田アンテナの方位,仰 角の回転はアンテナの中心軸に設置したローテータが行 う.アンテナに接続した同軸ケーブル,ローテータの電 源,制御用のケーブルは屋上の「ハト小屋」(配管ダク トの通気のために作る小さな箱)を通して制御部に伸び ている.また,アンテナ監視用のネットワークカメラを 設置した(写真1.1).

場所:屋上 設備: ナガラ電子 430MHz 12エレメント八木宇田アンテ ナ2列2段スタック SS-448B ナ ガ ラ 電 子 QFH243 (QFH-243) 144MHz / 430MHz用QFHアンテナ 低軌道衛星通信用(円 偏波無指向性) プリアンプ 川越無線 HEMT 2段 キャリコン 仕様 ローテータ 八重洲無線 YAESU G-5500DC アンテナ 監視用 ネットワークカメラ TP-Link C300HP-4 避雷針



写真1.1 校舎屋上のアンテナ部

(2) 制御部

制御部はアンテナを設置した校舎屋上の最上階にある 小部屋に設置した無線機, PC, ローテータ制御装置な どである.アンテナからの同軸ケーブルを小部屋に引き 込んで無線機に接続し,ローテータの電源,制御線のケ ーブルもローテータインターフェイスに接続している. 無線機はUSBでPCに接続して音声信号をPCに送信し て受信ソフトGqrxを通して学内LANで遠隔制御部にス トリーミングで送信する.また,hamlibによって無線機, ローテータを制御する(写真1.2).

場所:校舎最上階の小部屋 設備: 無線機 アイコム IC-9700 無線機電源 第一電波工業 GZD2000 ローテータコントローラ YAESU G-5500DC ローテータインターフェイス YAESU GS-232B 制御用PC Raspberry Pi 3 USB-シリアル変換ケーブル ソフト: Gqrx hamlib (rotctld, rigctld)



写真1.2 小部屋の制御部

(3) 遠隔制御部

遠隔制御部は、制御部と同じ校舎内の小池研究室に設置したPCであり、衛星軌道予測ソフトGpredictを使用して無線機、ローテータを制御する.また、制御部のPCから学内LANで送られてきたストリーミングを受信してマルチメディアプレイヤーVLCで再生する(写真1.3).

場 所:小池研究室

- 設備: PC Raspberry Pi 3
- ソフト: Gpredict VLC



写真1.3 研究室の遠隔制御部

3. 地上局のハードウェア

地上局のハードウェアの詳細について解説する.

3.1 概要

(1)最終的には衛星への衛星制御コマンドの送信 (Uplink)を目指すが、その前段階として、現在 運用されている超小型衛星から送信されている電 波(Downlink)を受信するシステムを構築する こととした.

- (2)対象とする周波数は、多くの超小型衛星で使用されていてアンテナが小型であるアマチュア無線の 430MHz帯とした。
- (3) 受信する電波の種類(変調方式)は各種あるが, まず手始めに多くの超小型衛星から送信されてい るCWによるモールス信号とした.
- (4) 校舎屋上にローテータを付けたアンテナを設置し、 校舎最上階の小部屋に無線機、ローテータコント ローラ及びローテータインターフェイスを設置して、 アンテナからの同軸ケーブル及びローテータの制 御線を配線した。
- (5)小部屋に頻繁に入室することはできないため、ここに設置した無線機及びローテータコントローラを同校舎内の小池研究室で遠隔操作し、受信音も遠隔で聞くことができるようなシステムを構築することとした。
- (6) 同軸ケーブルは長くなるとアンテナで受信した電 波減衰が多くなる。例えば、ここで説明するシス テムで使用している低損失同軸ケーブル8D-FBの 場合、430MHzでは10mあたり0.89dBの損失が ある。3号館屋上のアンテナから研究室まで110m の同軸ケーブルをつなぐと9.79dBの損失となる。 一方小部屋までだと30m程度となるので2.67dB となり、その差は7.12dB、5.2倍となる。無線機 等を遠隔操作することでアンテナから無線機まで の同軸ケーブルが短くて済むことから、受信電波 の減衰を抑えられ、微弱な衛星からの電波を受信 しやすい設備となった。また、送信(Uplink)の 場合にも、送信機の出力が損なわれる部分が減る こととなる。

3.2 アンテナ

- (1)受信には利得が高い方がよいので、構造がシンプ ルでエレメントを増やすことで高い利得が得られ る八木宇田アンテナがアマチュア無線の衛星通信 にも利用されていることが多い.ただし、利得が 高くなると衛星の位置に正確にアンテナを向ける 必要がある.
- (2)衛星,特に超小型衛星は姿勢制御機能を持つこと が難しくアンテナの向きが一定しないため、水平 垂直両方の偏波を受信できるクロス八木宇田アン テナが本来は望ましい.しかし、クロスアンテナ は市販がほとんど無く入手が難しいのが現状である.
- (3) これらの状況を勘案し、衛星通信で実績がある 430MHz 12エレメント八木宇田アンテナ2列2段 スタック利得20.7dBi (ナガラ電子 SS-448B)を 使用した。

(4) また,地上での430MHz帯の通信は垂直偏波を使 用することが多いので混信などを回避するため, 水平偏波となるようアンテナを設置した.

3.3 ローテータ

- (1) 衛星を追尾するため、方位だけではなく仰角も動 かせる八重洲無線G-5500DCを使用した。
- (2) ローテータコントローラは、次に説明するローテ ータインターフェイスGS-232Bを介して無線機側 Raspberry Piに接続した。

3.4 ローテータインターフェイス

- G-5500DCに対応している八重洲無線GS-232Bを 使用した.
- (2) GS-232BはRS-232Cのシリアルインターフェイス を使用しているため、USB-シリアルアダプタを介 して無線機側Raspberry Piに接続した。

3.5 無線機

- 超小型衛星で多く利用されている144MHz帯及び 430MHz帯の送受信に対応しているアイコム IC-9700を使用した.
- (2) IC-9700の周波数制御及び音声出力のため、USB 端子により無線機側Raspberry Piに接続した.
- (3) 遠隔操作側 Raspberry Pi で音量調整するため, IC-9700のUSBからのAF出力レベルを100%に設 定しておく.また,受信モードは遠隔操作できな いため,あらかじめCWにしておく.
- (4)衛星からの電波は微弱であるため、受信感度と耐 ノイズ性を向上させるために、アンテナ直下に受 信用プリアンプを設置した。このプリアンプの電 源はIC-9700からアンテナ線を介して供給され、 IC-9700が送信状態になるとアンテナ回路から切 り離される機能がある。

3.6 PC

- (1) 比較的安価でソフトウェアが豊富であり,入手し やすいRaspberry Piを無線機側と遠隔操作側の2 台用意した.
- (2) 無線機側と遠隔操作側それぞれで相手方のIPアド レスの設定が必要なため、両方のRaspberry Piに 固定IPアドレスの配布を受けて設定し、学内LAN に接続した.

3.7 監視カメラ

 アンテナの状況を確認するために、アンテナ近く にネットワークカメラを設置し、学内LANに接続 した。 (2) このカメラにより、構築した衛星追尾システムが 的確に稼働していることが常時確認できるように なった.また、このカメラを設置しておいたおか げで、アンテナの設置状態が把握できて、問題点 の解決に役立った(写真1.4).



写真1.4 スマホに表示された監視カメラの画像

4. 地上局のソフトウェア

地上局のソフトウェアの詳細について解説する.

4.1 概要

- (1) 使用する2台の Raspberry Piには, Raspberry Pi OSを使用した.
- (2) 以下に説明する衛星管制システムの構築に必要な 各ソフトウェアは、Raspberry Pi OS で提供され ているソフトウェアのインストール機能により、 すべてインストールできる。
- (3) 無線機の周波数制御及びローテータコントローラの制御のためのhamlibという基本的なソフトウェアはすでにRaspberry Pi OSに含まれているが、無線機やローテータコントローラとのインターフェースを担うhamlib-utilsを無線機側Raspberry Pi (以下「無線機側」とする) にインストールした.このソフトウェアで提供される rigctldを無線機の周波数制御, rotctldをローテータコントローラの制御に使用することとなる.
- (4) 無線機の周波数制御及びローテータコントローラの 制御のため,遠隔操作側Raspberry Pi (以下「遠隔 操作側」とする) にGpredictをインストールした.
- (5) 受信音声の遠隔聴取のため、無線機側にGqrxを インストールした.遠隔操作側に必要なVLCは、 Raspberry Pi OSにすでに含まれていた.

4.2 Raspberry Pi2台の IP アドレスの設定

- (1) Raspberry Pi 2台にそれぞれ割り当てられた IPア ドレスを設定する.
- (2) Gpredictの設定で必要となるため、無線機側のIP アドレスを確認して記録する.
- (3) Gqrxの設定で必要となるため、遠隔操作側のIP アドレスを確認して記録する.

4.3 無線機側の USB インターフェイスの確認

- (1) 無線機側にはGS-232BからのUSBシリアルアダ プタとIC-9700からのUSBケーブルを接続するの であるが、USBポート番号が入れ替わらないよう にするため、Raspberry Piの電源を入れる前に IC-9700からのUSBケーブルは抜いておく.なお、 IC-9700の電源は入れておく.
- Raspberry Piを起動後にターミナル・ウィンドウ を開き、コマンド「cd /dev」に続けて「ls -al」 を入力する.「ttyUSB0」が含まれていれば、それ がGS-232BのUSBポートである.
- (3) 次にIC-9700からのUSBケーブルを接続し、上記
 (2) 同様にターミナル・ウィンドウで、コマンド「cd /dev」に続けて「ls -al」を入力し、「ttyUSB0」に加えて「ttyUSB1」「ttyUSB2」が表示されれば、それがIC-9700のUSBポートである。

4.4 hamlibの設定(無線機側)

- (1) 無線機側でターミナル・ウィンドウを開く.
- (2) コマンド「rigctl -m3081 -r /dev/ttyUSB1 -s9600」
 を入力してrigctlを起動する.
- (3) rigctlのコマンド「f」を入力し、IC-9700の周波 数が表示されることを確認する。周波数が表示さ れたら、CTRL+Cをキー入力してrigctlを終了する。
- (4) コマンド「rigctld -m3081 -r /dev/ttyUSB1 -s9600」
 を入力してrigctldを起動する。ターミナル・ウィン
 ドウは開いたままとする(図4.1)。



- (5) 以上とは別のターミナル・ウィンドウを開く.
- (6) コマンド「rotctl -m603 -r /dev/ttyUSB0 -s9600」
 を入力してrotctlを起動する.
- (7) rotctlのコマンド「p」を入力し、ローテータの方 位及び仰角が表示されることを確認する. ローテ ータの方位及び仰角が表示されたら、CTRL+Cを キー入力してrotctlを終了する.

(8) コマンド「rotctld -m603 -r /dev/ttyUSB0 -s9600」
 を入力してrotctldを起動する。ターミナル・ウィンドウは開いたままとする(図4.2)。

						@	
File	Edit	Tabs	Н	elp			
	0	:~	\$	rotctld	-m603	-r/dev/ttyUSB	9 -s9600



4.5 Gqrx の設定(無線機側)

- (1) 前記4.4 (4) で起動している rigctld のターミナル・ ウィンドウで「CTRL+C」を入力して rigctld を終 了し,無線機側に接続されている IC-9700からの USB ケーブルを一旦外す.
- (2) 初めてGqrxを起動すると入力デバイス選択ウィンドウが開くので、選択できるデバイスを確認して記録し、起動はキャンセルする.
- (3) IC-9700からのUSBケーブルを接続してから再び Gqrxを起動し、入力デバイス選択のウィンドウ が開いたら、選択できるデバイスのうち上記(2) で記録したデバイス以外のデバイスが表示された らそれがIC-9700であるので、選択してGqrxを起 動する。
- (4) Gqrxをストリーミング送信のみに使用するため、
 周 波 数 (Frequency) は「0.000MHz」、モード
 (Mode) は「Raw I/Q」を設定する (図4.3).



図4.3 Gqrxの画面

(5) Gqrxの右下の「…」(カーソルを置くと"Audio settings"と表示される)をクリックすると表示 される「Audio options」の「Network」タブで、「UDP host」を初期値の「localhost」から前記4.2 (3) で記録した遠隔操作側のIPアドレスに変 更する、「UDP port」は7355のままとする(図4.4)(図4.5).



図 4.4 「Audio options」のボタン

	Aud	io opti	ons	>
FFT	Recording	n Ne	twork	
UDP h	ost loc	alhost		
UDP p	ort 73	55	¢	
🗌 Ste	reo			

図4.5 「Network」タブ

(6) 右下の「UDP」のボタンをクリックする (図4.6).



図 4.6 「UDP」のボタン

(7)前記(1)で終了した rigctld を、4.4(4)に従い 起動する。

4.6 Gpredict の設定(遠隔操作側)

 (1) 遠隔操作側でGpredictを起動し、「Edit」の中の 「Preference」を選択し、「Interface」を選択する(図4.7).



図4.7 「Interface」を選択

(2)「Radios」タブを選択し、「Add new」を選択する (図4.8).



図4.8 「Add new」を選択

(3)「Name」に「IC-9700」を入力し、「Host」を初 期値の「localhost」から前記4-2 (2)で記録し た無線機側のIPアドレスに変更し、「OK」をクリ ックする(図4.9).

🎉 Edit radio co	nfiguration			×
Name	IC-9700			>
Host	localhost			
Port	4532 -	+		
Radio type	RX only]
PTT status	None 👻			
VFO Up/Down	Not applicable			
LO Down	0	-	+	MHz
LO Up	0	-	+	MHz
Signalling	AOS	1		-
Clea	nr <u>C</u> anc	el	0	k

図4.9 「Name」、「Host」を入力

(4)「Rotator」タブで「Add new」をクリックし、「Name」に「GS-232B」を入力し、「Host」を初期値の「localhost」から前記4-2 (2) で記録した 無線機側のIPアドレスに変更、「Max Az」を450 に「Max El」を180に変更して、「OK」をクリック する (図4.10).



図4.10 「Name」,「Host」,「Max Az」,「Max El」 を入力

(5) 以上の設定が終了した後,TLEとトランスポンダ 周波数を更新するため、「Edit」から「Update TLE data from network」及び「Update transponder data」を選択して、衛星に関するデータを最新の ものにしておく、データ更新後はGpredictを再起 動する(図4.11).



- 図4.11 「Edit」から「Update TLE data from network」 及び「Update transponder data」を選択
- (6) 以上で設定した無線機とローテータコントローラの制御機能は、Gpredictの画面右上の三本線をクリックすると現れるウィンドウから起動する(図 4.12).



図4.12 Gpredictの画面右上の三本線をクリック

(7)「Radio Control」を起動し、「Target」から追跡す る衛星とトランスポンダの種類(「Mode U CW」 などの周波数帯及びモード)を選択して「Track」 「T」ボタンをクリックした後、右側の「Settings」 の「1. Device」から「IC-9700」を選択して 「Engage」ボタンをクリックすると、IC-9700の 周波数がこのウィンドウに表示される周波数に制 御される(図4.13).





(8) 続いて「Antenna Control」を起動し、「Target」 から追跡する衛星を選択して「Track」ボタンをク リックした後、右側の「Settings」の「Device」 から「GS-232B」を選択して「Engage」ボタンを クリックすると、ローテータの方位及び仰角がこ のウィンドウに表示される方位及び仰角に制御さ れる(図4.14).



図4.14 「Antenna Control」を起動

4.7 VLC の設定(遠隔操作側)

 (1) 遠隔操作側Raspberry Piでターミナル・ウィンドウを 起動し、「vlc --demux=rawaud --rawaud-channels=1 --rawaud-samplerate=48000 udp://XXX.XXX. XXX.XXX@:7355」(「XXX.XXX.XXX.XXX」は無線 機側のIPアドレス)と入力する(図4.15).



図4.15 ターミナル・ウィンドウを起動

(2) VLCが起動し、Gqrxから送られてくるIC-9700の 受信音が聞こえてくる。音が聞こえない時はVLC の左下のボタンが「||」(縦二本線)表示となっ ているか確認する。「▲」(右三角)表示の場合は そのボタンをクリックして「||」(縦二本線)表 示とする(図4.16)。



図4.16 VLCの画面

5. 衛星電波の受信方法

5.1 機器の起動等の手順

- (1)前記4で設定を完了した機器の電源を一旦切った 以降に衛星電波を受信するには、以下の手順で行う.
- (2) 前記4.3で記録したUSBのポート番号が入れ替わ

らないようにするため,無線機側Raspberry Piの 電源を入れる前に,無線機からのUSBケーブルは 外しておく.ローテータインターフェイスからの USBシリアルケーブルは接続したままにしておく.

- (3) 無線機側の機器については、安定化電源装置、ロ ーテータコントローラ、ローテータインターフェ イス、IC-9700、無線機側のRaspberry Piの順に 電源を入れる。
- (4) 無線機からのUSBケーブルを無線機側Raspberry
 Piに接続する.
- (5) 無線機側Raspberry Piで,前記4.4及び4.5に従い ソフトウェアを起動する.ターミナル・ウィンド ウでのコマンド入力は履歴を呼び出して必要部分 を修正するなどして入力すると効率的である.各 種設定項目は保存されているので特に確認は不要 であるが,不具合が生じた場合は,設定項目を確 認して修正等を行う.
- (6) 遠隔操作側 Raspberry Piの電源を入れる.
- (7) 遠隔操作側Raspberry Piで,前記4.6及び4.7に従いソフトウェアを起動する.無線機側と同様,ターミナル・ウィンドウでのコマンド入力は履歴を利用し,各種設定は不具合が生じた場合に確認等する.
- (8) 受信周波数は前記4.6 (5) で更新したトランスポンダ周波数により制御されるが,経年変化等により衛星の周波数が移動している場合がある.何度か試しても受信できない場合は,前記4.6 (7)で説明したGpredictのRadio Controlで表示される周波数を調整する.把握した周波数はメモを取るなどして,爾後の受信時に調整するか,周波数の設定ファイルを修正して対応する.

5.2 録音

- (1) VLCの初期状態では録音機能は有効になっていないため、次の手順で録音できるようにする. 設定のため、前記5.1に従い衛星電波が受信できる状態としておく.
- (2) 遠隔操作側で起動しているVLCで、「表示」をク リックし、表示される機能のうち「拡張コントロ ール」を選択する(図5.1).



図5.1 「表示」をクリックして「拡張コントロール」を選択

(3) 上記(2) を行うと「拡張コントロール」にチェ ックマークが付き,録音ボタン「●」(黒丸)が 表示される(図5.2).



図 5.2 録音ボタン「●」

(4)録音可能な状態の時は上記(3)で表示された「●」
(黒丸)ボタンが赤色表示となる.「●」ボタンが 赤くなっていない場合は「●」ボタンの下の「||」
(縦二本線)ボタンをクリックして一度再生を中 断し,同じ位置の「▲」(右三角)に変わったボ タンをクリックして再生を開始する.赤色になっ ている「●」ボタンをクリックすると録音が開始し, もう一度クリックすると録音が終了する.録音状 態の時は「●」ボタンの色が少し変化するが,わ かりにくいので留意する(図5.3).



図 5.3 「●」ボタンが赤色表示

(5) 初期設定では、録音データは「Music」フォルダ に保存される.「vlc-record」に続いて録音を終了 した日付と時刻が付されたファイル名となってい る(図5.4).

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) い	ノート(S) 移動(G) ツール(L)	
	→ ↑ home Ousic	
ホームフォルダ	State	▼ サイブ 単新結約
ファイルシステムのルート		9.6168 2024年12月05日 17
	wic-report-2024-04-04-16h47m55s-urb 7355- way	51 9 M/B 2024年04月04日 16
dev	wic-mcord-2024-05-23-13b18m25s-udo 7355- way	24.7 MiB 2024年05月23日 13
• etc	wic-report-2024-05-23-13b22m56s-urb 7355- way	1.6 M/B 2024年05月23日 13
▼ home	wic-record-2024-05-23-13b23m15s-udo 7355- way	604.7 KiB 2024年05月23日 13
* *	wic-report-2024-05-23-13h55md7s-urb 7355-way	41.2 MiB 2024年05月23日 14
cache	wio-record-2024-05-23-14h03m42e-udn 7355- way	5316B 2024年05月23日 14
config	www.do.merovel.2024.05.23.14h52m50e.udn 7355. www	548168 2024年05月23日 15
gnuradio	wowers2024.05.23.15h30m10s.udp7355.way	56.5 MB 2024年05月23日 15
 Iocal 	whenever 2024 05 23 17h1 m43s urb 7355 way	851168 20249058238 17
 mozilia 	woweners2024.07-18-14b06m08s-udp 7355-way	112.5 KiB 2024年07月18日 14
 pki 	win-movel 2024-07-18-14h05m11s-urb 7355-way	94.8 M6B 2024年07月18日14
.pp_backup	woweners2024.07-18-14b45m48e.udp 7355-way	112.5 KiB 2024年07月18日14
P Baskshalf	who record 2024-07-18-14b45ev25e-udp 7355-way	51.5 M/B 2024年07月18日14
Deckton	who record 2024 07-18-14h55m53s.udp 7355.way	750 4 KiB 2024年07月18日 14
Decuments	win-report 2024-08-03-16h/28m16e-urdn 7355-way	55 3 MB 2024 E08 E03 E 16
Documenta	wingerend 2024-08-03-16h38m24s.udp 7355.way	93.8 KiB 2024年08月03日 16
Music	wherearchild 2024-08-03-16h/38m/28s-urbn 7355- way	121 9 KiB 2024 #08 #03 E 16
	win record 2024-08-03-18b03m26s-udp 7355-way	42.8 M/B 2024年08月03日 18
Public	win-mover-2024-08-05-10h12m57s-urb 7355-way	45.7 M/B 2024年08月05日 10
Templates	Werecord 2024-08-07-16b06m53s.udp 7355.way	70.6 M/B 2024年08月07日 16
O Videos	w/~renveri-2024-08-22-15h38m04s-urbn 7355-way	50.0 M68 2024年08月22日 15
+ Ib	We record 2024-09-12-16b12m39s urb 7355 way	79.6 M/B 2024年09月12日 16
lost+found	wkc-record-2024-09-15-14h02m26s-udp 7355- way	39.5 MiB 2024年09月15日 14
media	wtc-record-2024-09-15-14h33m17s-udp 7355-way	77.8 MiB 2024年09月15日14
mnt	wic-record-2024-09-15-15h42m03s-udp 7355- way	107.6 MiB 2024年09月15日 16
• iiii opt	wic-record-2024-09-15-16h11m01s-udp 7355-way	60.4 MiB 2024年09月15日 16

図5.4 日付と時刻が付されたファイル

5.3 スケジュール録音

- VLCには予約録音及び録音ファイルの自動保存機 能があるが、現在のところRaspberry Piでのその 機能が起動できていない。Raspberry Piのメモリ ー不足等が原因と思われる。
- (2) Raspberry Piに代えて遠隔操作側に性能のよい Linuxパソコン等を使用すれば解決すると思われ るが、今後の課題とする。

6. おわりに

現在,この地上局システムを使用して既存の衛星が送 信しているハウスキーピングデータのモールス信号を受 信している.今後,パケットデータの受信も行う予定である.

地上局システムは複数のハードウェア,ソフトウェア を組み合わせて構築されているが,その組み合わせの情 報,設定方法の情報がインターネット上でも不十分で情 報収集に苦労した.本稿が,今後地上局を設置する組織 の方達の一助になることを期待する.

謝辞

本学地上局構築にご協力いただいた高知工業高等専門 学校 客員教授・名誉教授 今井一雅氏, アマチュア無線家 増田浩氏に感謝します.

参考文献

- [1] 同軸ケーブルの損失 https://www.jarl.org/ Japanese/7_Technical/lib1/coax.htm
- [2] アイコムIC-9700取扱説明書 https://www. icom.co.jp/support/manual/2370/
- [3] rigctl及びrotctldのヘルプ記述 (コマンド「rifctl --help」,「rotctl --help」で表示されるもの)
- [4] Gpredict https://oz9aec.dk/gpredict/
- [5] Gqrx https://www.gqrx.dk/category/doc, https://gqrx.dk/doc/streaming-audio-over-udp