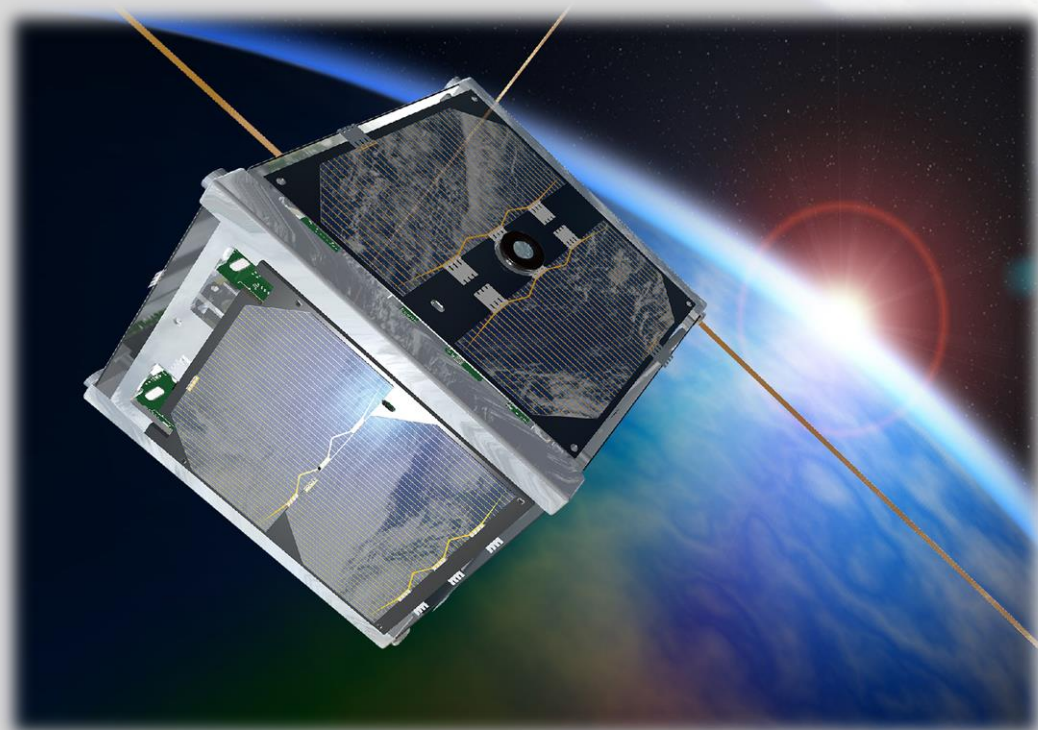


NEXUS打ち上げとミッション進捗に関する報告

Report on NEXUS launch and mission progress

JS1YAW



平成31年3月17日(日)
JAMSATシンポジウム2019
ホテルビナリオ嵯峨嵐山

NEXUS 開発メンバー

日本大学

小野弘幸
高坂大樹
菊池秀乙
鈴木脩斗
山口清
○山田晃一郎
佐藤陸
中村壮児
中村涼太
小泉和也
藤井瞳
宮崎康行

JAMSAT

今村謙之
上田穂積
小黒常隆
金子明
小内米太郎
後藤直
辻政信
深井貫
横田一弘



発表内容

1. NEXUS広報動画放映
2. NEXUS概要
3. ミッション機器概要
4. 地上局紹介
5. 開発経過の紹介
- 6. 打ち上げ後の運用経過
& ミッションの進捗状況**
7. 角速度の上昇について
8. 地上局の性能について
9. 今後の展望



2.NEXUS概要

2.NEXUS概要

NEXUSとは・・・？

NExt generation **X** **U**nique **S**atellite

次世代アマチュア衛星通信技術の実証



NEXUS(絆, つながり)

- ✓ SEEDS, SEEDS-II, SPROUTに次ぐ, 宮崎・山崎研究室**4機目**の超小型人工衛星
- ✓ 約10cm立方で質量約1.3kgの**1Uサイズ**
- ✓ **JAMSAT**(日本アマチュア衛星通信協会)との**共同開発**
- ✓ 新規開発した**3種類のミッション無線機**と, カメラシステム(N-CAM)の実証をメインミッションとする

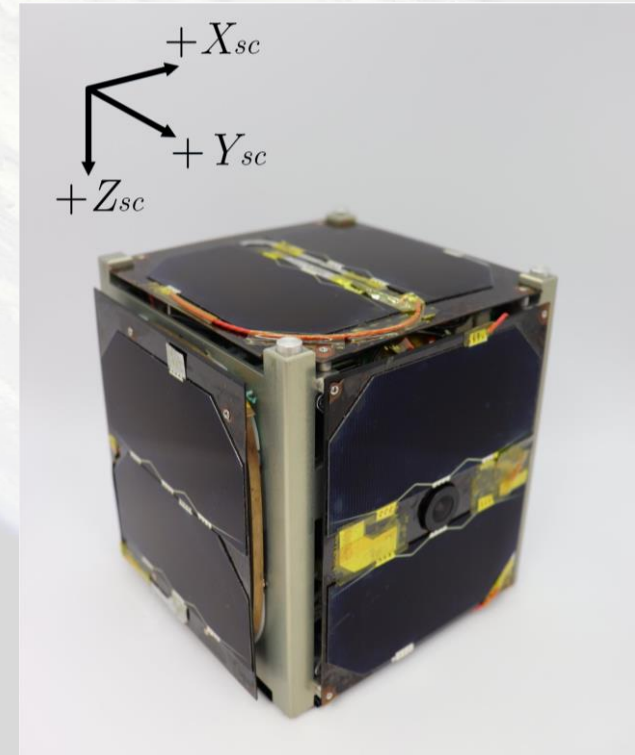


フライトモデル外観

2.NEXUS概要

NEXUSバス系基本諸元

投入軌道	太陽同期準回帰軌道 (軌道高度約500 km)	
コールサイン	JS1YAV	
運用期間	定常運用1年(後期運用4年)	
寸法	105×105×113.5 mm	
質量	1.24 kg	
主要構造部材	A7075-T7351	
電源系	バス電圧 : 5.0 V 二次電池 : 3.7 V, 1880 mAh 太陽電池 : 2.4 V, 502.9 mA	
通信系	送信系 (437.075MHz)	CW : 0.1 W AFSK, GMSK : 0.8W
	受信系	AFSK : 1200 bps



フライトモデル外観

2.NEXUS概要

ミッション概要

NEXUSは、**4種類のミッション機器**を搭載し、以下の**7つのミッション**を行う。

- ① $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作を実証する
- ② FSK送信機の動作を実証する
- ③ $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性を示す
- ④ FSK送信機の実用性を示す
- ⑤ リニアトランスポンダの動作を実証する
- ⑥ カメラシステム(N-CAM)の実用性を示す
- ⑦ 高度約500kmにおける145MHz帯の電界強度マップを作成する



$\pi/4$ shift QPSK送信機



リニアトランスポンダ



FSK送信機



N-CAM

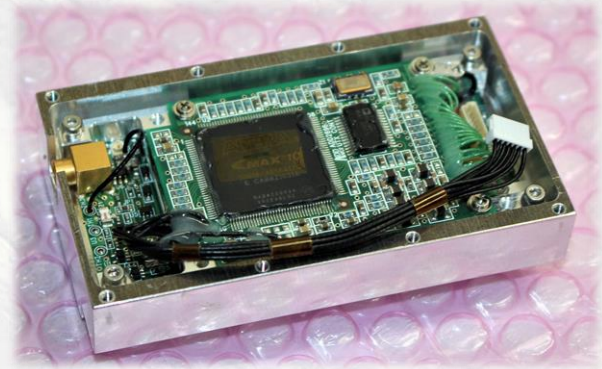
3.ミッション機器概要

3.ミッション機器概要

1. $\pi/4$ shift QPSK送信機

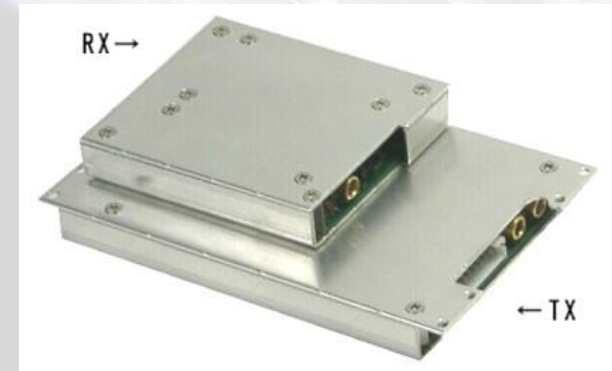
通信速度**38400bps**，送信電力**0.3W**でのデータ伝送が可能であり，従来のCubeSatに搭載されている送信機に比べ，**高速かつ低送信電力**での通信が可能．

送信周波数	435.900 MHz
占有周波数帯域幅	25.890 kHz
送信電力	0.3 W
消費電流(送信時)	750 mA
変調方式	$\pi/4$ shift QPSK GMSK
通信速度	38400 bps($\pi/4$ shift QPSK) 9600 bps(GMSK)
寸法	78.5×38.5×10.0 mm
質量	99.4 g



$\pi/4$ shift QPSK送信機：**38400 bps**
0.3 W

↑ 比較的高速かつ低送信電力での通信が可能 ↑



バス通信機(西無線301A型)：**9600 bps**
0.8 W

3. ミッション機器概要

1. $\pi/4$ shift QPSK送信機

$\pi/4$ shift QPSK送信機は、以下の2つのミッションを担う。

① $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作を実証する

$\pi/4$ shift QPSK送信機を用いて、データを地上に送信し、デコードできた段階で達成。

③ $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性を示す

評価用画像データ(解像度：VGA,形式：JPEG)を、 $\pi/4$ shift QPSK送信機を用いてダウンリンクし、正味の通信速度が、バス通信機の通信速度に対して3倍以上速い速度であることを示せた段階で達成。



評価用画像データイメージ※

※1月20日撮影

※正味の通信速度 Q とは？

ダウンリンクデータ量 A [byte]を
通信時間 t [s]で割った値

$$Q = \frac{A}{t} \text{ [byte/s]}$$

➡ バス通信機と比較

3. ミッション機器概要

2. FSK送信機

送信速度が**1200bps～19200bpsの範囲で可変**。受信環境に応じて送信速度を設定し、柔軟な運用を可能にする。

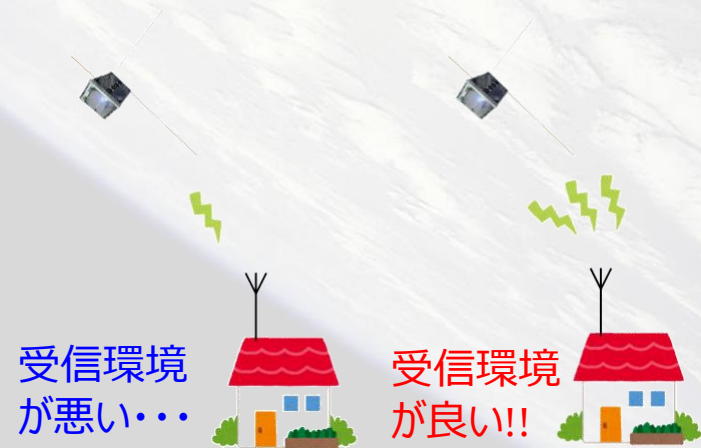
送信周波数	435.900 MHz
占有周波数帯域幅	21.020 kHz
送信電力	0.4 W
消費電流(送信時)	750 mA
変調方式	FSK
基板寸法	79.0×28.0×0.75 mm
質量	99.4 g

設定可能な送信速度

- 1200bps
- 2400bps
- 4800bps
- 9600bps
- 14400bps
- 19200bps



FSK送信機



送信速度を下げ、最低限のデータを受信

送信速度を上げ、可能な限りデータを受信

3. ミッション機器概要

2. FSK送信機

FSK送信機は、以下の2つのミッションを担う。

② FSK送信機の動作を実証する

FSK送信機を用いて、データを地上に送信し、デコードできた段階で達成。

④ FSK送信機の実用性を示す

評価用画像データ($\pi/4$ shift QPSK送信機ミッションと同様の画像)を、FSK送信機を用い、各通信速度でダウンリンク可能であることを確認する。正味の通信速度の最大が、バス通信機の通信速度に対して1.5倍以上速い速度であることを示せた段階で達成。

3. ミッション機器概要

3. リニアトランスポンダ

145MHz帯でアップリンクされた音声データを,
435MHz帯に変換し, ダウンリンクする**音声
データ中継器**. NEXUSは, 日本の衛星で
は約20年振りにトランスポンダを搭載した人
工衛星.

送信周波数	435.880 ~ 435.910 MHz
受信周波数	145.900 ~ 145.930 MHz
占有周波数帯域幅	29.010kHz
送信電力	0.5 W
消費電流	750 mA
寸法	96.8×96.8×12.0 mm
質量	116.6 kg



リニアトランスポンダ

3. ミッション機器概要

3. リニアトランスポンダ

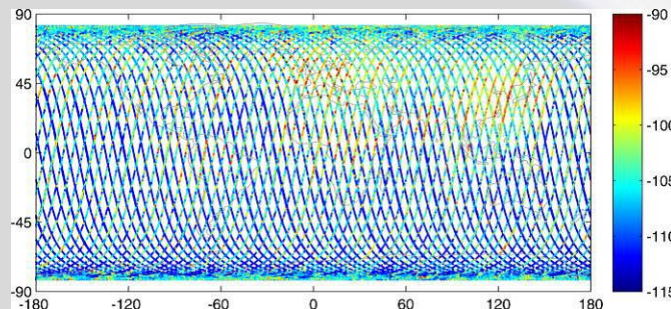
リニアトランスポンダは、以下の2つのミッションを担う。

⑤ リニアトランスポンダの動作を実証する

日本大学の地上局からアップリンクされた音声データが、リニアトランスポンダを介して、他の地上局でダウンリンクされた段階で達成。

⑦ 高度約500kmにおける145MHz帯の電界強度マップを作成する

145MHz帯の電界強度を、リニアトランスポンダを用いて測定(測定間隔は10秒 or 60秒)し、ダウンリンクする。地球全体の電界強度マップが作成できた時点で達成



電界強度マップのイメージ※

※ Image credit: Stephan Busch, Philip Bangert, Slavi Domrovski, Klaus Schilling: UWE-3 IN-ORBIT PERFORMANCE AND LESSONS LEARNED OF A MODULAR AND FLEXIBLE SATELLITE BUS FOR FUTURE PICOSATELLITE FOAMATIONS, IAC-14.B4.6b.6, p.1-11, 2014

3. ミッション機器概要

4. カメラシステム(N-CAM)

超小型衛星用に独自開発した、高汎用性のカメラシステム。**11種類の画像形式**を選択可能であり、コマンドにより、JPEG画像圧縮率や、EV補正值等も変更可能である。

イメージセンサ型番	OV5642(オムニビジョン・テクノロジーズ)
寸法	30×30×23 mm (基板寸法：70×30 mm)
質量	23 g
動作電圧	5.0 V
消費電流	600 mA
MPU	STM32F103RBT6
ROM	32 Mbytes
RAM	16 Mbytes



N-CAM



撮影画像

選択可能な画像形式

JPEG

QVGA
VGA
SVGA
HD
Full HD
Max(2592×1944)

RGB565

QVGA
VGA
SVGA
HD
Max(1280×960)

3. ミッション機器概要

4. カメラシステム(N-CAM)

N-CAMは通常の画像撮影モードの他，以下の2つの撮影モードを有している。

1. 動画撮影モード

3.75～16.88fpsの範囲でフレームレートを設定して連続撮影を行い，動画撮影をするモード。

2. 角速度による自動撮影モード

角速度に応じて，シャッター間隔を調整し，自動でシャッターを切るモード。
NEXUSは姿勢制御系を搭載していないが，このモードを使用すれば，確実に地球が写っている画像を撮影することが可能。



撮影動画

N-CAMは，以下のミッションを担う。

⑥ カメラシステム(N-CAM)実用性を示す。

N-CAMを用いて撮影した**Full HDサイズ(1920×1080pix)**以上の地球画像をダウンロードできた時点で達成。

4.地上局紹介

4.地上局紹介

JARL局として地上局を新設

NEXUSはリニアトランスポンダ(中継器)を搭載しているため、JARL名義の地上局を新設する必要があった。新設にあたり、ミッション無線機の回線余裕が低いため、**直線偏波ダイバーシティ方式**を採用。

受信アンテナ諸元

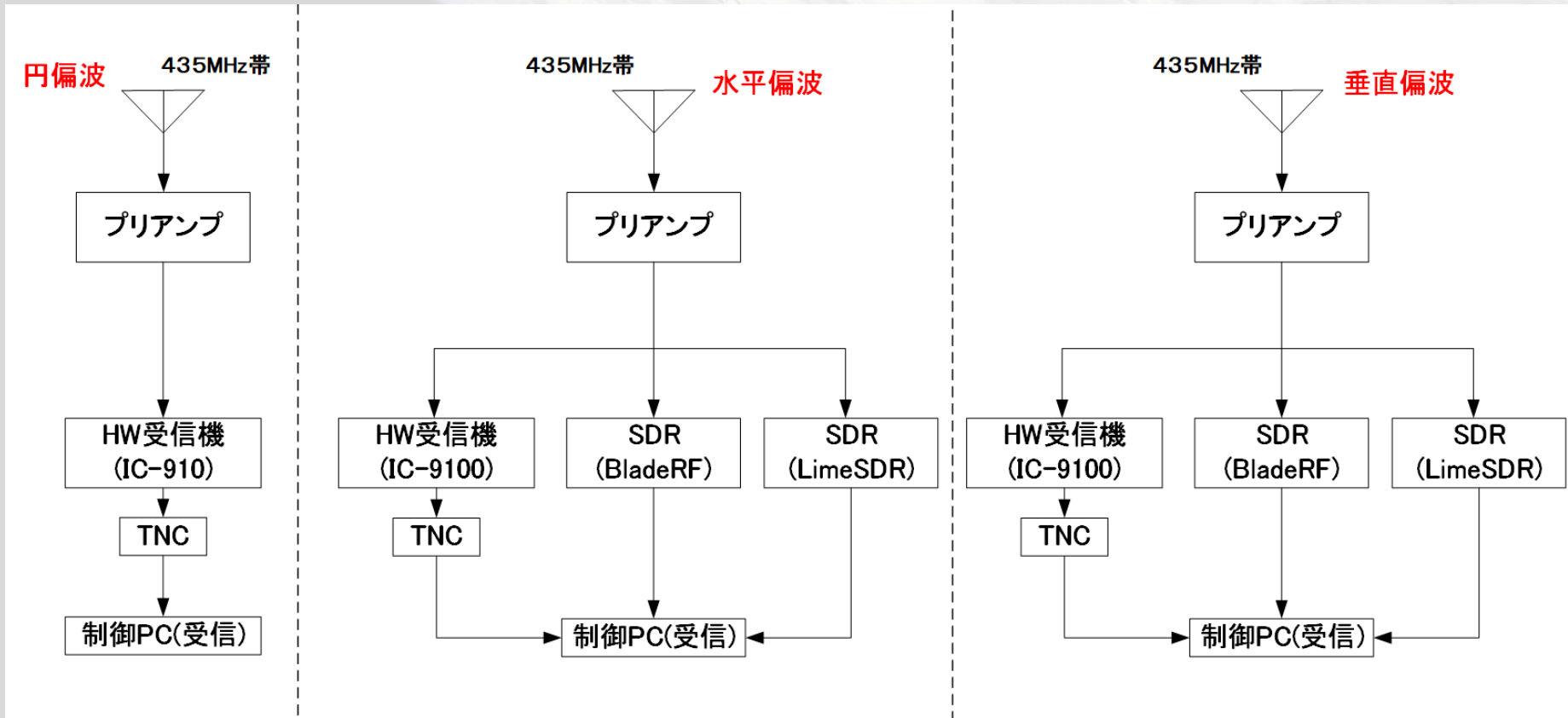
	旧アンテナ	新アンテナ
偏波方式	円偏波	水平・垂直偏波 ダイバーシティ
利得	18.1 dBi	24 dBi
半値角	27~29 deg	14 deg
F/B比	16.5~18.3 dB	25 dB



地上局アンテナ

4.地上局紹介

受信設備概要



円偏波，水平偏波，垂直偏波の3系統同時受信が可能

5.開発経過の紹介

5.開発経過の紹介

NEXUSプロジェクト発足のきっかけ

近年，超小型人工衛星打ち上げ数は増加傾向にあり，その多くがアマチュア無線帯を利用しているが，**安価で使い勝手のよい通信機**が開発されていなかった。

- ・高速通信が可能だが，送信電力が高い...
- ・送信電力は低いが高価...



2012年3月のJAMSATシンポジウムにて，本研究室の学生が発表．安価かつ高性能な通信機の開発・実証を目的とした「NEXUSプロジェクト」が，日大とJAMSAT合同で発足．

バスシステム：日大

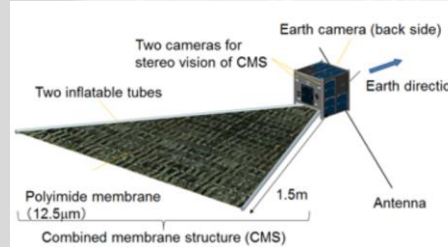
ミッション通信機：JAMSAT



5.開発経過の紹介

開発経過

プロジェクト発足直後の2012年3月に、複合膜面展開構造物展開実証衛星「SPROUT」のH-IIA相乗りが内定。日大の多くのメンバーが、SPROUT開発に注力。NEXUSは、SPROUTの背景で、BBM開発が行われることになった。



※SPROUT
2014年5月打ち上げ

・**2017年3月**：「革新的衛星技術実証プログラム」に採択

→NEXUSプロジェクト**本格始動**。その後約1年半をかけ、開発を行った。

2017年										2018年								
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
EM開発										EM試験		FM開発			FM試験			

開発スケジュール

5.開発経過の紹介

NEXUS完成

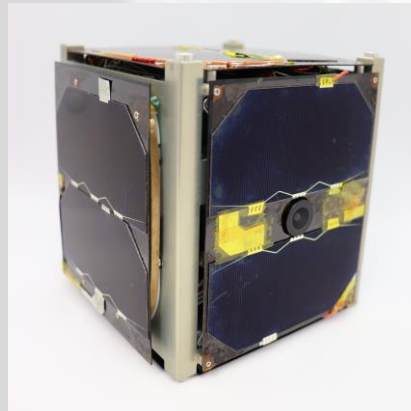
- ・2019年9月17日：開発を完了
- ・9月25日：NEXUSをイプシロンロケットに引渡し



最終組立



開発完了報告会



フライトモデル



衛星引渡し

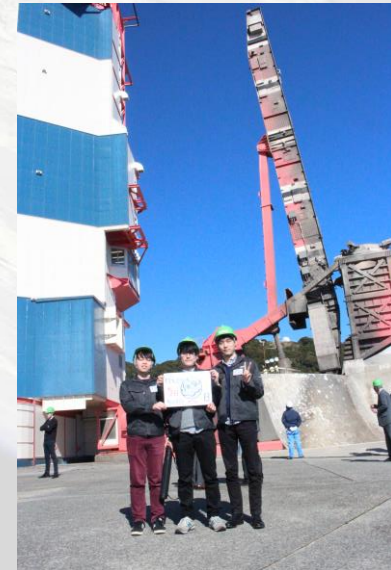
6.打ち上げ後の運用経過 & ミッションの進捗状況

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・2019年1月18日9:50:20

NEXUS打ち上げ

6機の衛星とともに，JAXA内之浦宇宙空間観測所から打ち上げ。
当日は，日本大学理工学部船橋キャンパスで**パブリックビューイング**を行い，来場者の皆様とともに打ち上げを見守る。



6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

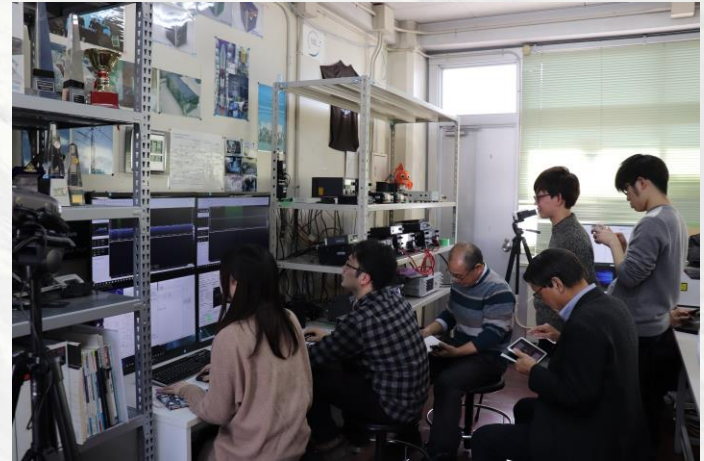
・1月18日11:23:59

NEXUS初号オービット

日大局にて、JAMSATの方々とともに、初号オービットを見守る。低仰角 (MEL:0.42deg), 可視時間約2分間にも関わらず,

- ・CWビーコンの確認
- ・初期アップリンクに対し、NEXUSからのCWによる応答を確認

同時に多くの皆様に受信報告をいただく



6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・1月18日20:21:23

NEXUS1stパス

バスシステムの通信ラインを確認するコマンドを送信．CWの応答により，**バスシステムの通信ライン**が確立されていることを確認．

・1月18日21:56:21

NEXUS2ndパス

バス送信機(西無線301A型)のGMSK変調(9600bps)を用いたデータダウンリンクを行い，**センサ値が正常**であること，**電力収支**，**熱収支**が取れていることを確認．

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・1月21日20:52:13

ロケット分離直後，N-CAMを用いて複数枚の静止画像を撮影したが，日陰であったため，暗闇の画像となっていた．そのため，1月20日に再度日照で撮影を行い，1月21日に**画像データをダウンリンク**．



撮影画像(アイスランド上空)

※データ形式：JPEG
解像度：VGA(640×480)



アンテナの塑性変形により，カメラの画角にコマンド受信アンテナが写り込んでしまう...

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・1月21日22:34:29

1月21日5thパスにて送信したコマンドのミスにより、**CWが停波**。その後約20時間の間、CWが停波状態となった。

問題点：地上局ソフトにコマンドチェック機能を搭載していなかったこと。

対策：衛星の生死に関わる重要なコマンドに対して、地上局のアップリンクソフトで防止するようにソフトウェアを更新。

・1月22日19:02:04

「CW再開コマンド」をアップリンクし、CW復帰を確認。

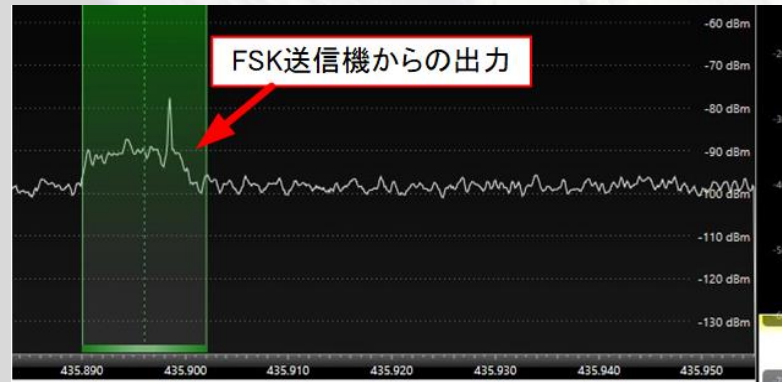


テレメトリデータから、**衛星バスシステムは正常**であることを確認

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・1月23日09:36:28

FSK送信機を用いたデータダウンリンク(9600bps, GMSK変調)を実施.



復調時の電波状態

合計206パケットをダウンリンクすることが出来た.

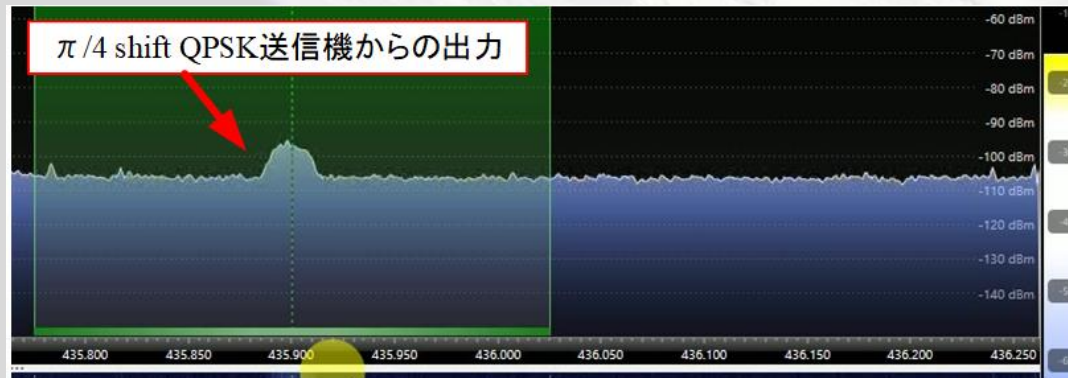


ミッション②「FSK送信機の動作実証」達成

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・1月23日21:45:18

$\pi/4$ shift QPSK送信機を用いたデータダウンリンク(38400bps)を実施.



復調時の電波状態

合計44パケットをダウンリンクすることが出来た.

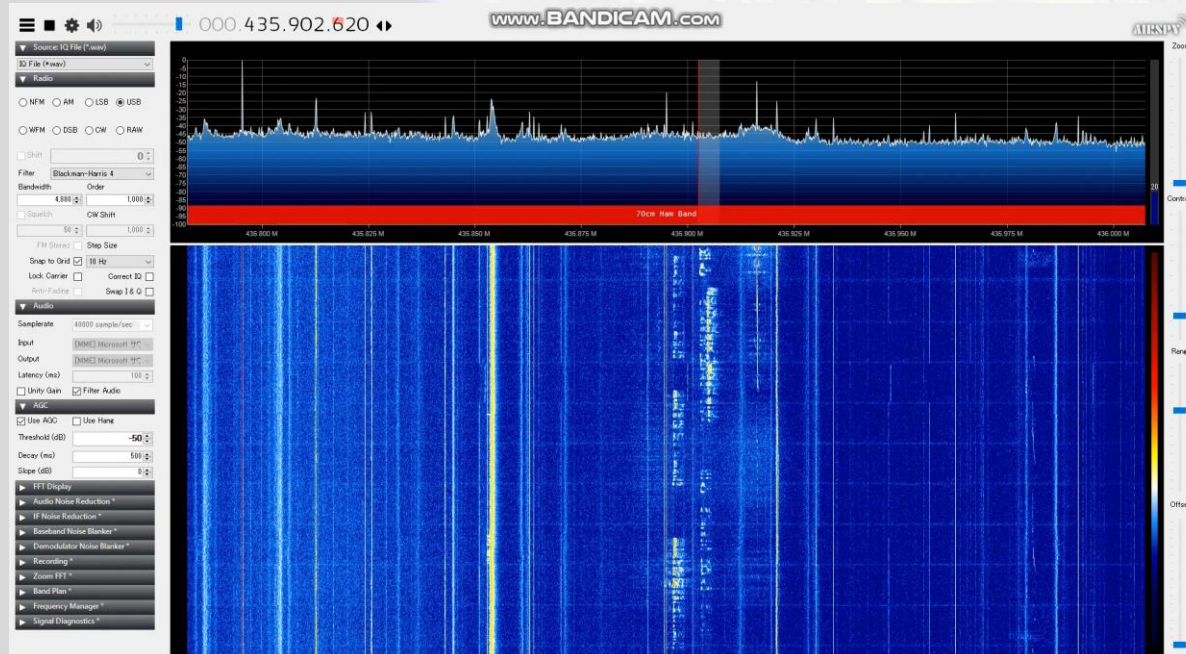


ミッション①「 $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作実証」達成

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・1月26日08:34:35

リニアトランスポンダの動作実証を行うため、日大局からCW及びSSBによる音声をリニアトランスポンダに向けてアップリンク。JA0FKM/1局, JA1OGZ局にて、CW及びSSBの受信を確認。



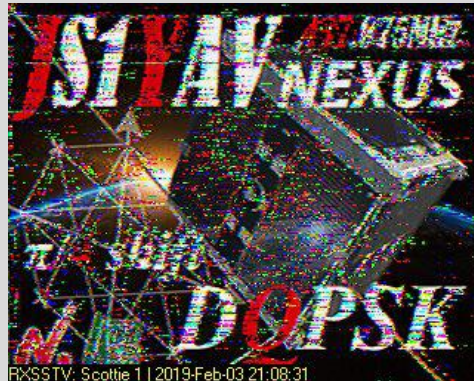
※JA1OGZ提供

ミッション⑤「リニアトランスポンダの動作実証」達成

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・1月26～27日

SSTV固定画像のダウンリンク，デジトーカー音声のダウンリンクを確認し，NEXUSの基本的な機能の動作確認が全て完了．



初期運用終了

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・1月31日

アマチュア衛星として認められ、OSCARナンバー「**Fuji-OSCAR 99(FO-99)**」をAMSAT様より、付与していただく。



The screenshot shows the AMSAT website with the following content:

- AMSAT Logo:** 50th Anniversary logo with 'AMATEUR RADIO IN SPACE' and 'AMSAT®'.
- Search Bar:** Search ...
- Social Media:** Facebook, Twitter, YouTube icons.
- AMSAT at Hamvention:** [in 63 days](#)
- Navigation Menu:** Home, About, Get Involved, Education, ARISS, Satellite Info, Services, Projects, Events, Donate, Store.
- Article Title:** NEXUS designated as Fuji-OSCAR 99
- Byline:** January 30, 2019 by Andrew Glasbrenner
- Text:**

On January 18, 2019, NEXUS was launched on an Epsilon launch vehicle from the JAXA Uchinoura Space Center in Japan. NEXUS (NEx generation X Unique Satellite) is a satellite developed jointly by Nihon University College of Science and Technology and the Japan Amateur Satellite Association (JAMSAT).

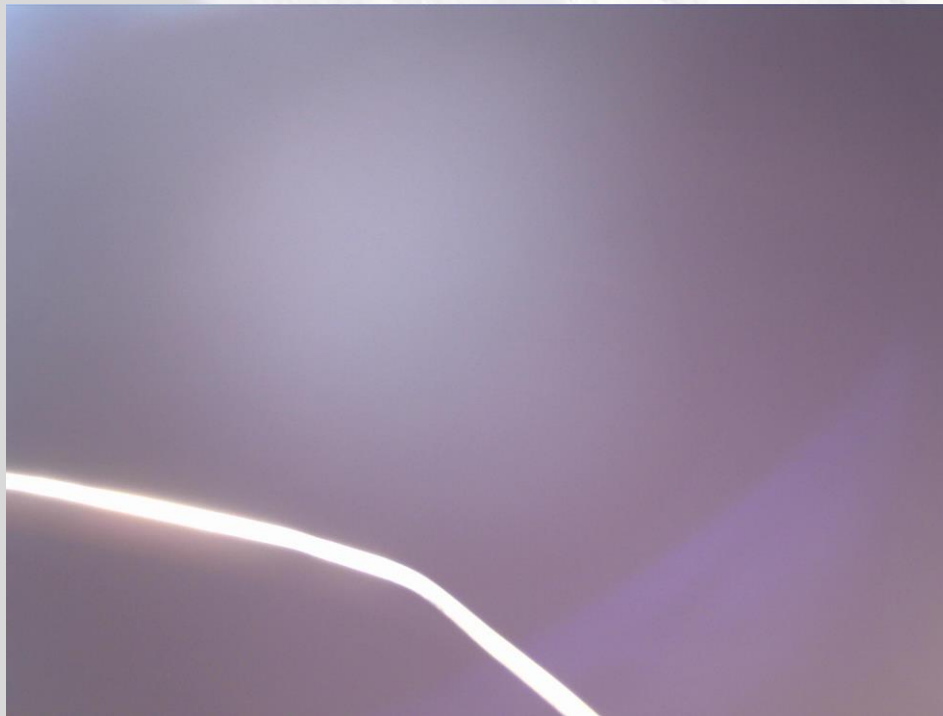
NEXUS demonstrates several new amateur satellite communication technologies, and includes a mode V/u linear transponder. Telemetry has been received and decoded around the world since the launch, and the transponder was successfully tested on January 26th. More information may be found at http://sat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/nexus/E0_Top.html

At the request of the Nihon University College of Science and Technology and JAMSAT, AMSAT hereby designates NEXUS as Fuji-OSCAR 99 (FO-99). We congratulate the owners and operators of FO-99, thank them for their contribution to the amateur satellite community, and wish them continued success on this and future projects.
- Image:** A photograph of the NEXUS satellite, a small cube-shaped satellite with gold-colored thermal blankets and various instruments. The word 'NEXUS' is printed at the bottom of the image.

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・2月2日10:50:37

N-CAMで撮影した，最高解像度(2592×1944pix)の画像を取得．

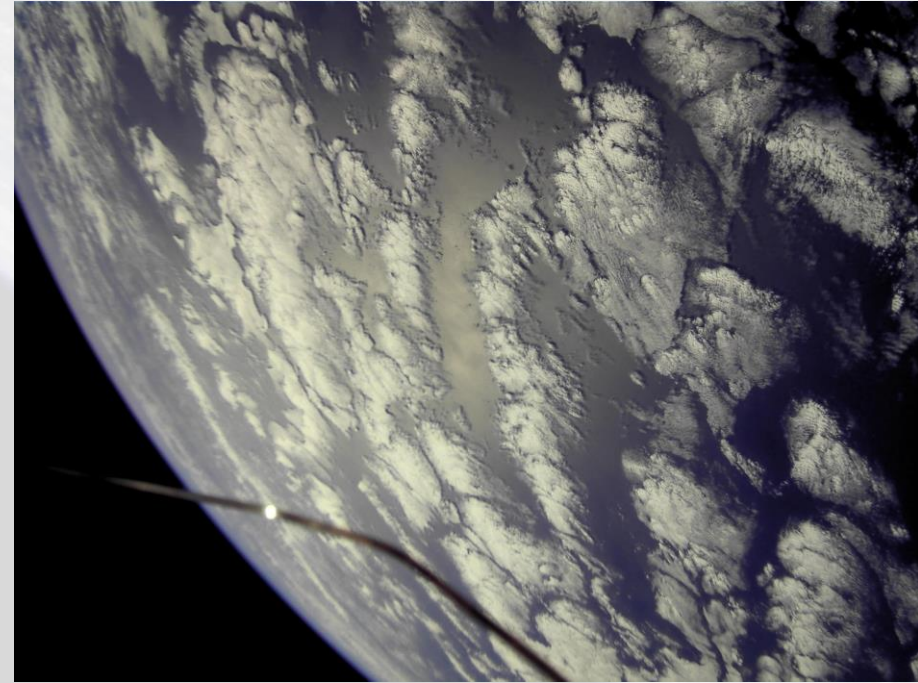
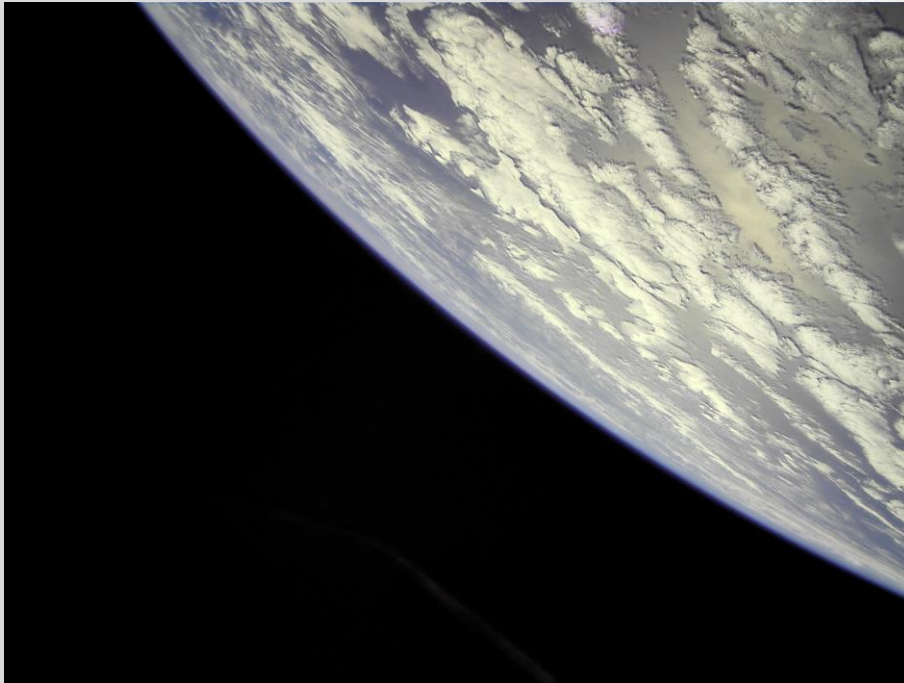


ミッション⑥「N-CAMの実用性実証」達成

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・2月12日10:28:56

N-CAMで撮影した，最高解像度(2592×1944pix)の画像を取得．



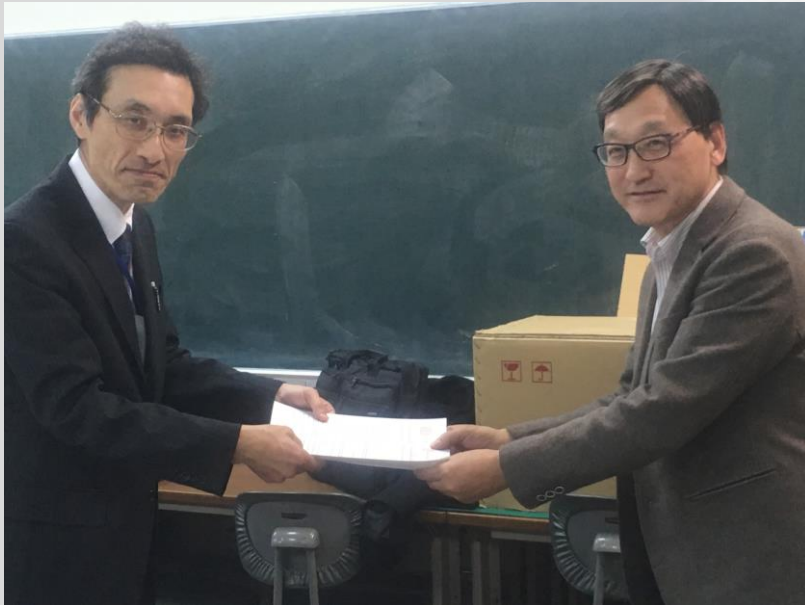
2/4撮影，日本列島南東の太平洋上空

ミッション⑥「N-CAMの実用性実証」達成

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・2月6日20:04

関東総合通信局，日本アマチュア無線連盟(JARL)立ち合いのもと，実通試験を実施し，合格．新設した**地球局(JS1YAW)及び衛星局(JS1YAV)ともに無線局免許を交付**していただいた．



6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・2月17日, 3月15日現在

2019年2月15日に撮影したこま撮り画像, 2月19日に撮影した動画像をダウンロード.



こま撮り画像(2019年2月15日)

※データ形式: JPEG, 解像度: VGA,
撮影枚数: 15枚, 撮影間隔: 1秒



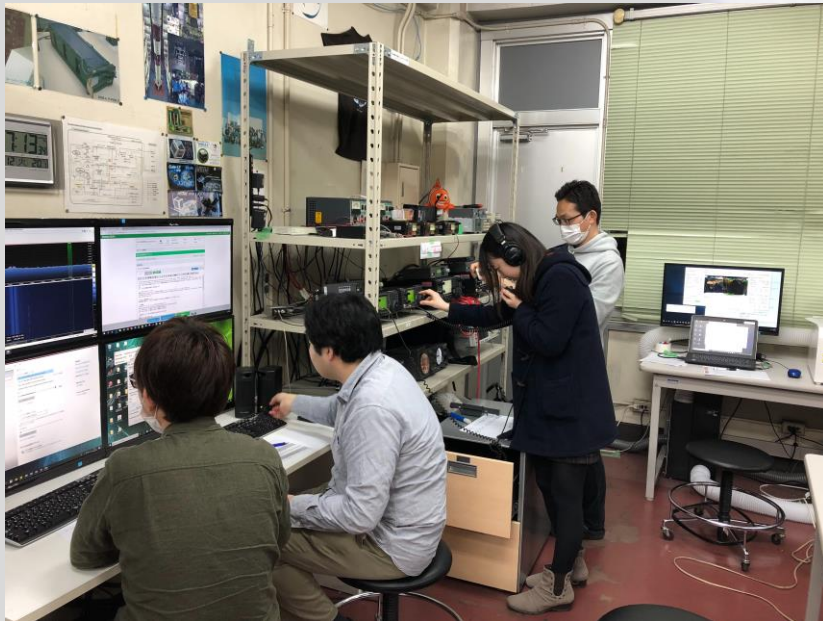
動画像(2019年2月19日)

※解像度: VGA, フレームレート: 7.5fps
3月15日現在, 38/100枚を取得

6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

・3月14日

リニアトランスポンダを用いて、他局との交信に初めて成功。



6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

時期	ミッションシーケンス	
打ち上げ後 1ヵ月		初期運用 (衛星内部の通信ラインチェック, 電力収支の確認等)
2ヵ月	ミ	達成 $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作実証 実施
3ヵ月		達成 FSK送信機の動作実証 実施
4ヵ月		達成 リニアトランスポンダの動作実証 実施
5ヵ月		達成 N-CAMの実用性を示す 実施
	③	$\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性を示す 実施
	④	FSK送信機の実用性を示す 実施
	⑦	高度約500kmにおける145MHz帯電界強度マップを作成する 実施
最大12ヵ月	ミッション運用終了	
打ち上げ後 1年以降	アマチュア無線運用 に移行	

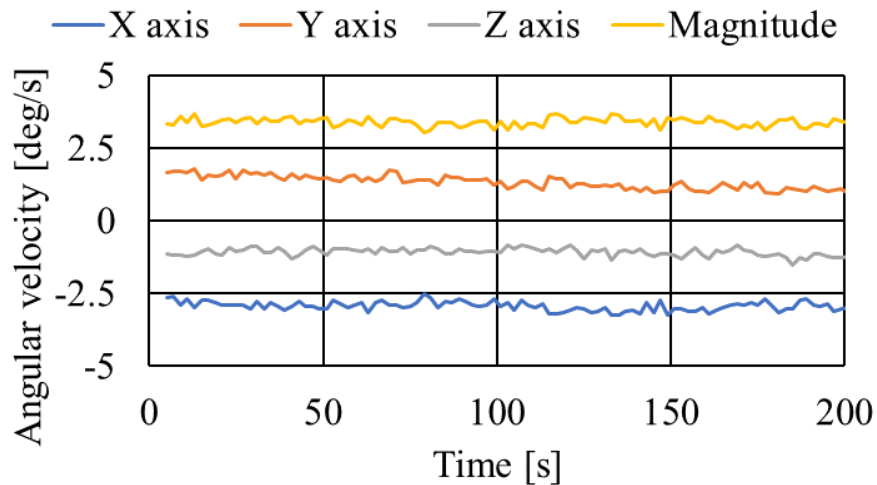
6.打ち上げ後の運用経過&ミッションの進捗状況

時期	ミッションシーケンス	
打ち上げ後 1カ月		初期運用 (衛星内部の通信ラインチェック, 電力収支の確認等)
	①	達成 $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作実証 実施
	②	達成 FSK送信機の動作実証 実施
	⑤	達成 リニアトランスポンダの動作実証 実施
3月下旬～	③	達成 N-CAMの実用性を示す 実施
	④	達成 $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性を示す 実施
6月上旬～	⑦	達成 FSK送信機の実用性を示す 実施
		達成 高度約500kmにおける145MHz帯電界強度マップを作成する 実施
最大12カ月		ミッション運用終了
打ち上げ後 1年以降		アマチュア無線運用 に移行

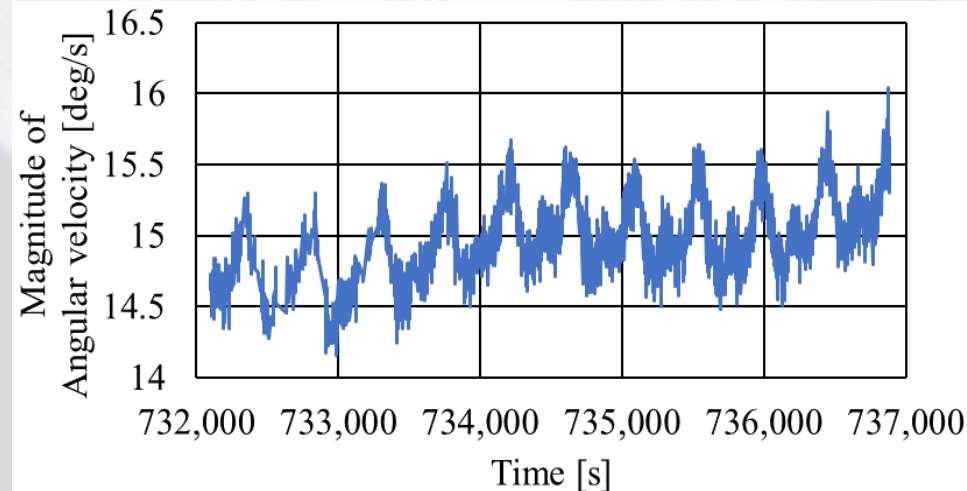
7.角速度の上昇について

7.角速度の上昇について

ロケット分離後約2~3[deg/s]であった衛星の角速度が，打上から約2週間後，約15[deg/s]に上昇していることが判明．
CWによる角速度観測を実施．

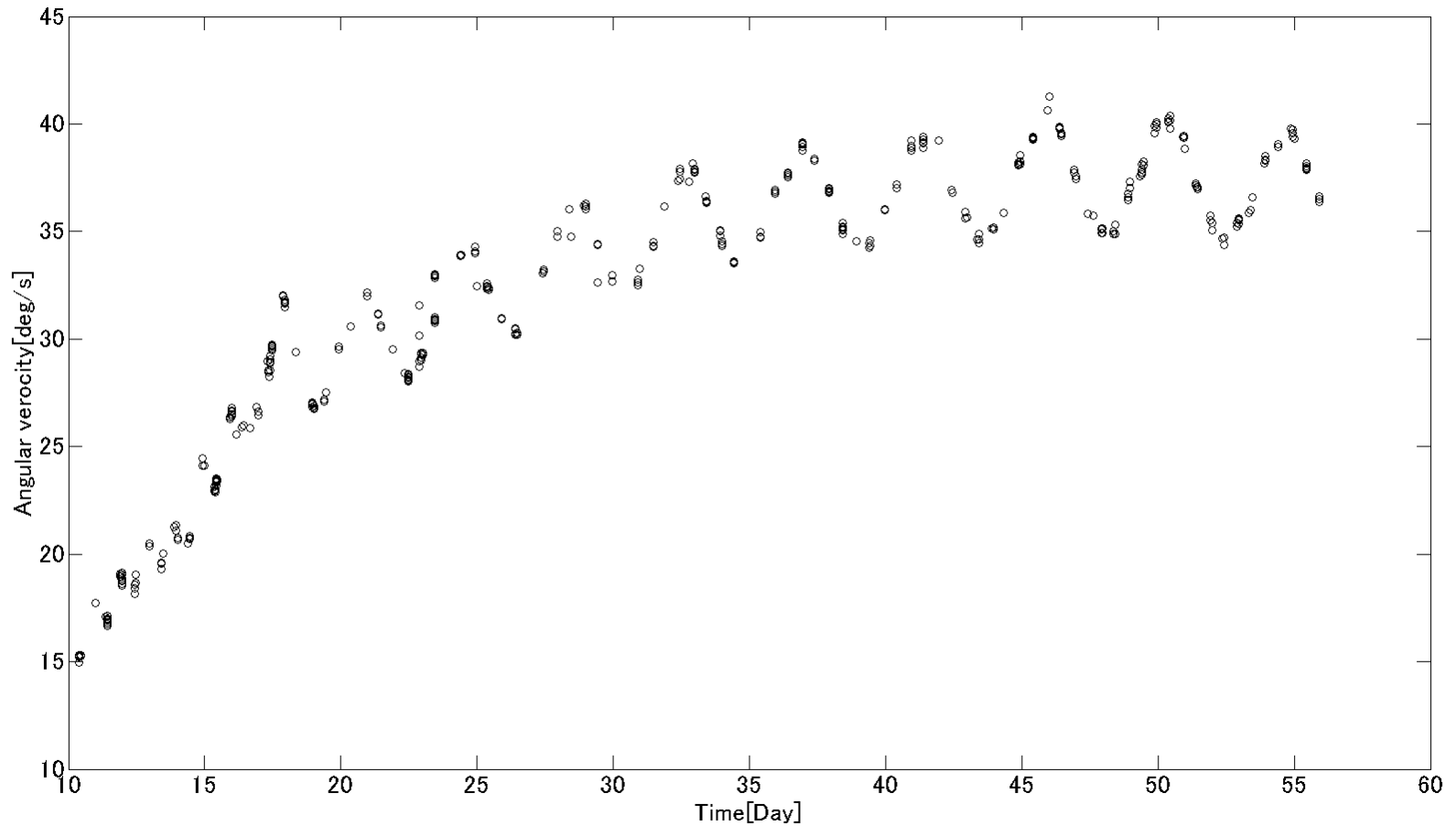


ロケット分離直後の角速度

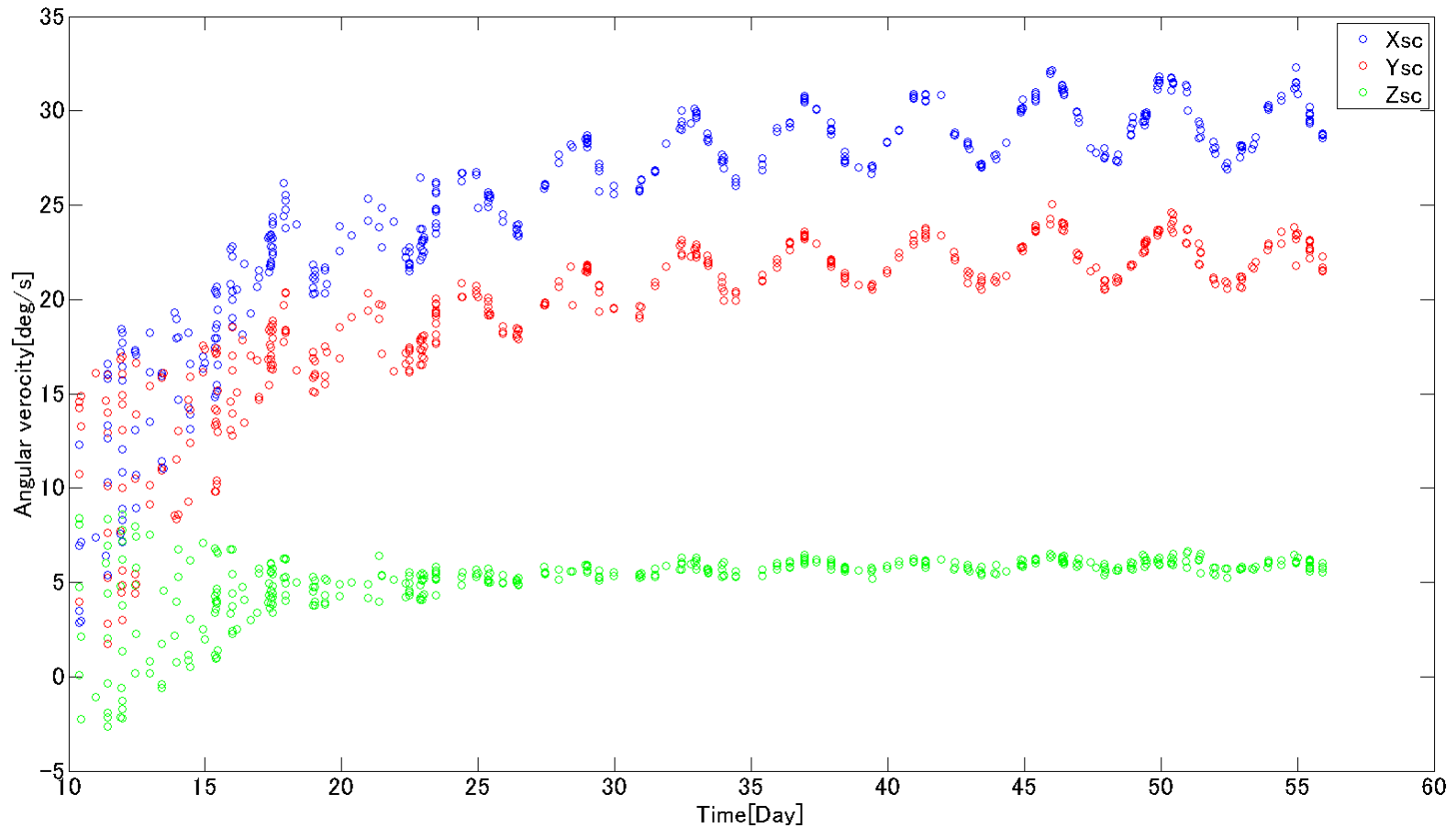


1/26時点での角速度の大きさ

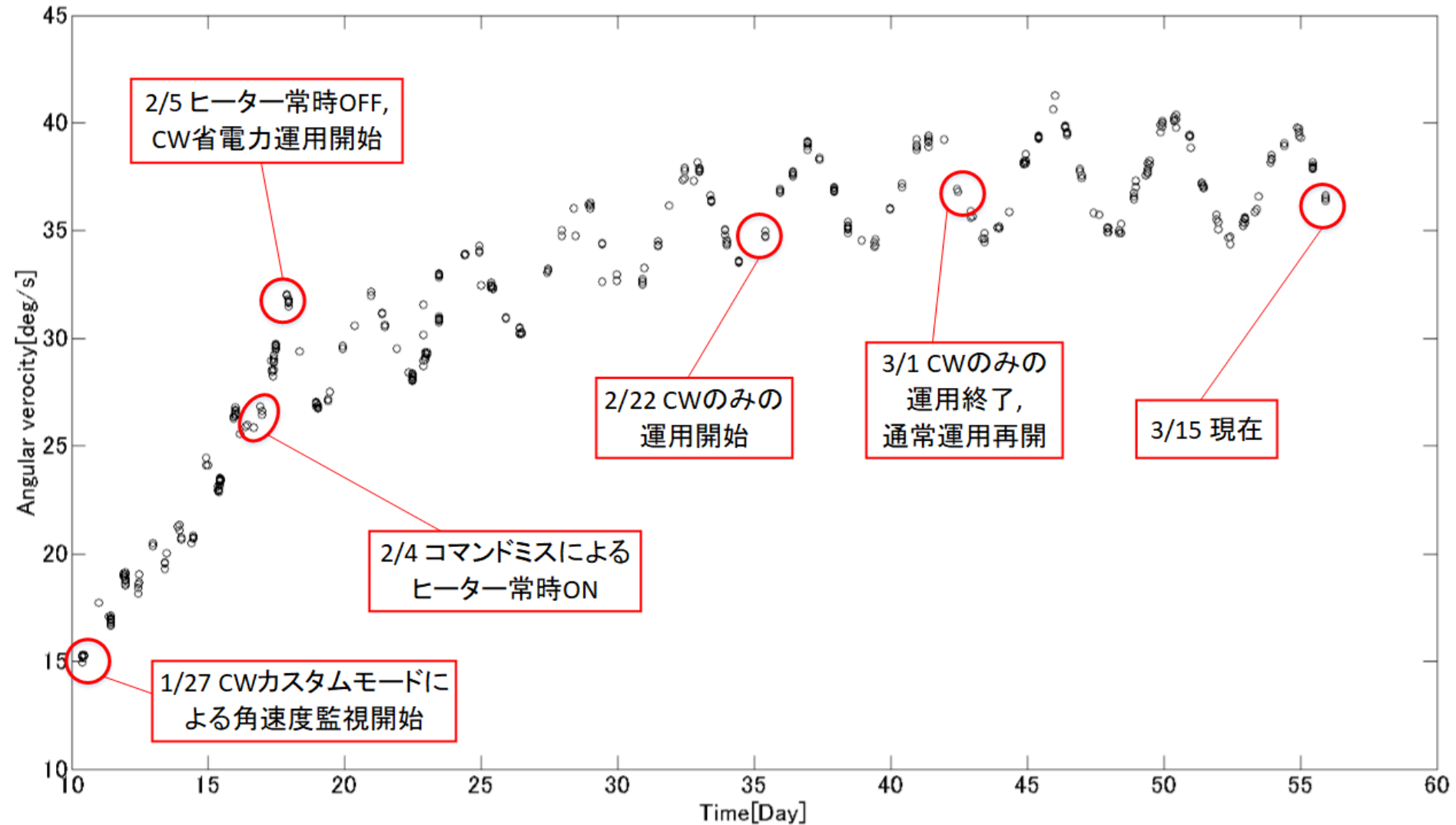
7.角速度の上昇について



7.角速度の上昇について



7.角速度の上昇について



7.角速度の上昇について

角速度の上昇に対する考察

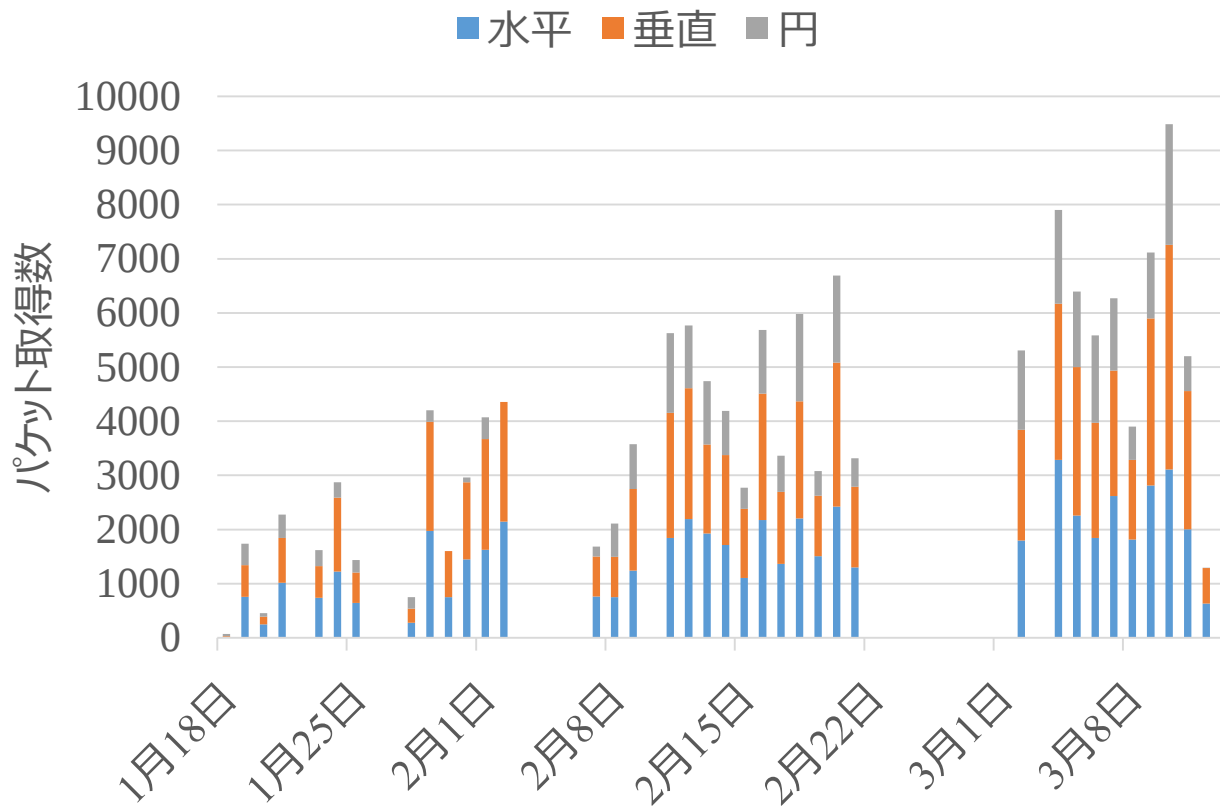
- ・角速度上昇の原因は、**衛星の発電電流若しくは消費電流**により発生する磁気モーメントと、地球の磁場の相互作用によるものだと考えられる。
- ・3月15日現在、衛星角速度の上昇は止まり、定常値に収束している。今後は、**角速度を減少させることができる運用方法**が無いか、様々な運用を実施し、探っていく。
- ・並行して、軌道上データを用いて、衛星の磁気モーメントや、任意の時間における**姿勢を推定**し、詳細な原因を特定する。

8.地上局の性能について

8.地上局の性能について

各偏波でのパケット取得数

各偏波でのパケット取得状況は以下の通り。



取得パケット数の平均 (パケット数/1パス)

水平偏波	544
垂直偏波	570
円偏波	293

8.地上局の性能について

各偏波でのパケット取得数

円偏波に比べ、水平・垂直偏波の方が取得パケット数が多い結果となっている。

→**偏波ダイバーシティアンテナの有効性**を示したと言える。

円偏波アンテナのパケット取得数が少ない要因

・円偏波アンテナは約5年間メンテナンスしておらず、10年前に設置したアンテナであるため、老朽化に伴う性能の低下？

⇒衛星ミッションを進めるとともに、各偏波アンテナの性能を評価・考察するためのデータを収集し、定量的に評価していく。

9.今後の展望

9.今後の展望

➤地上局の復調ソフトを整備し、残り3つのミッションを実施する。 $\pi/4$ shift QPSK送信機及びFSK送信機の受信環境を公開する。

ミッション③「 $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性を示す」

ミッション④「FSK送信機の実用性を示す」

ミッション⑦「高度約500kmにおける145MHz帯の電界強度マップを作成する」



全てのミッションを達成した後、**アマチュア無線運用**に移行し、広く皆様に利用していただく。

9. 今後の展望

- **アップリンク権限を解放**し，アマチュア無線家の方々が，NEXUSを自由に利用できる環境を整える．

例えばこんな運用が可能に...？

- 自分の好きなタイミングで画像を撮影し，ダウンリンクできる．
- 自分の好きなタイミングでリニアトランスポンダを動作させ，他局と交信することができる
- 自分の好きな速度にFSK送信機を設定できる

- 実証した各ミッション機器を，**超小型衛星開発機関に向けて販売**し，今後ますます増加する，超小型衛星に搭載していただくことで，宇宙開発に貢献していく．

謝辞

3月15日現在，ホームページ，Twitter，メールにて300件を超える受信報告をいただいています．この場を借りて，深く御礼申し上げます．

JF1PTU N1AIA JO1PTD JA7KPI JA1GDE JS2GGD JQ1ZZZ
JR6RMK JA0CAW JI1SZP JH3BUM JG7LBN JE6RJA JE0JDY
JS6RTJ LU2DPW JN4RYW JA6PL JH4XSY JE1CVL JA1CPA
K7WDO JO1XWH IU2GZZ KC7MG JG1LXL JQ1Y CZ
JH9YYL PV8DX JF1EUY JA0OAV JA3TDW JA1JBF JH7CKF
JE1HJJ JH2HTQ JG1TWP JH4WHW JI1LVH JO1LDY DK3WN
JK2XXK SP9XK JA1OGZ JF2AIA EA4GPX M0VNG G3NR
HS3LSE GW8TIX PD0OXW JS2GTK JA0FKM JH1OKL
JH2IRH JH1DIS 東京工業大学附属科学技術高等学校科学部

謝辞

NEXUSは、JAMSAT以外にもたくさんの企業，法人，個人の方々のご協力のもと開発されました。この場を借りて、深く御礼申し上げます。

 一般社団法人
日本アマチュア無線連盟
THE JAPAN AMATEUR RADIO LEAGUE

 Addnics corp.
株式会社 アドニクス

 構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

 有限会社
オーディーエス

 帝京大学
TEIKYO Teikyo University

 IMV CORPORATION

 地方独立行政法人
東京都立産業技術研究センター
TOKYO METROPOLITAN INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

長野県工業技術総合センター
Nagano Prefecture General Industrial Technology Center.

 宇宙システム開発株式会社
SPACE SYSTEMS DEVELOPMENT CORPORATION

 Creative Design Corp.
クリエート・デザイン株式会社

通信建設専門業者
株式会社 FTI

 熊本大学 波多研究室

ご清聴ありがとうございました



Appendix

空中線構成図

