



アマチュア通信技術実証衛星 NEXUS の運用経過報告 (2)

2019年2月1日

日本大学理工学部航空宇宙工学科
NEXUSプロジェクトチーム

日本アマチュア衛星通信協会 (JAMSAT) と日本大学理工学部航空宇宙工学科 NEXUS プロジェクトチームが共同開発したアマチュア通信技術実証衛星 NEXUS は、2019年1月18日 (金) 9時50分20秒 (日本標準時) に内之浦宇宙空間観測所からイプシロンロケット4号機で打ち上げられました。

ここに、関係各方面に謝意を表すとともに、打ち上げ8日後～14日後の1週間の運用経過をご報告いたします。

1. これまでの運用結果

この1週間のハイライトは次の2つです。

1) **初期運用を終了** : 2019年1月27日

先週までに残っていた、(1) SSTV 画像の送信と地上局での受信 (2019年1月27日)、(2) Digi-talker の送信と地上局での受信 (2019年1月27日) と、(3) リニアトランスポンダの動作確認 (2019年1月26日) を実施。

2) ミッション⑤ リニアトランスポンダの動作実証の達成 : 2019年1月26日

また、初期運用の一つとして、SSTVによる固定画像 (衛星のメモリに打ち上げ前に保存しておいた画像データ) のダウンリンクを行い、日大地上局で図1のような画像を得ています。アナログ通信ですので、ノイズの影響を受けますが、デジタル通信のようにデータが欠損することはないので、むしろ、このノイズの様子から、通信の状況 (衛星、および、衛星-地上局間の状況) を推測することができます。

運用結果により得られたデータは NEXUS の web サイトに順次掲載しています。

http://sat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/nexus/3_Download.html



図1 SSTV の動作確認結果

また、初期運用内容の詳細は表2の通りであり、この1週間の運用の状況は次ページの表2の通りです。以上の通り、当初予定 (付録の表4) に比べると、きわめて順調に運用は進んでおり、2019年1月31日夜の時点で、以下の結果を得ています。

- 1) 初期運用を終了。
- 2) 七つのミッション (表1) のうち、ミッション①, ②, ⑤を完了

ただし、全く問題がないわけではなく、以下の2つの問題を確認しています。

- 3) 衛星搭載ソフトのバグにより、予約コマンド (実行時間を指定してコマンドをアップリンクするもの) の予約時間が、アップリンク時から約3.5時間先までしか指定できない (932時間先まで予約できる仕

様にしたはずだった)。

- 4) ジャイロおよび太陽電池の発電量の時間変化から、角速度が徐々に増加していることを確認した。太陽電池セルの貼り方によっては、発生電流と地球磁場との干渉で角速度が増加することが知られているが、NEXUSではそれが起きないように貼っており、このような現象は起こらないと考えていた。

3)については、ミッション達成には特に影響はないが、海外のアマチュア無線家へのサービスが一部制限されてしまうので、運用を工夫することで、できる限りのことを行っていきたいと考えています。また、4)の角速度増加問題については、原因を特定し、運用にて問題を回避していければと考えています。

表1 NEXUSの7つのミッション

ミニマムサクセス	ミッション①	$\pi/4$ シフト QPSK 送信機の動作実証
	ミッション②	FSK 送信機の動作実証
フルサクセス	ミッション③	$\pi/4$ シフト QPSK 送信機の実用性実証
	ミッション④	FSK 送信機の実用性実証
	ミッション⑤	リニアトランスポンダの動作実証
	ミッション⑥	N-CAM の実用性実証
エクストラサクセス	ミッション⑦	高度約 500km における 145MHz 帯電界強度マップ作成

表2 初期運用の状況 (2019年1月31日(木)現在)

No.	系統	関連システム	確認事項	内容	実施状況
1	バスシステム	all	NEXUSの分離および電源投入	分離機構からNEXUSが分離し、分離と同時に電源投入されること	○
2		EPS, FMR	アンテナ展開	アンテナが正常に展開すること	○
3		FMR, CW	初期アップリンク	バス無線機で地上局からのコマンドを受信し、その返答となるCWビーコンを地上局で受信できること	○
4		EPS, C&DH, SG, FMR, CW	全ラインチェック	バスシステム間の通信ラインが確立されていること	○
5		C&DH	C&DHのROM0から初期センシングデータダウンロード	C&DHのROM0からNEXUS放出時及びアンテナ展開前後の初期センシングデータをダウンロードし、そのデータを地上局ソフトで復調できること	○
7		C&DH, SG, CW	初期センシングデータの確認	ダウンロードした初期センシングデータをグラフ化し、各センサの値が正常であることを確認すること	○
8		C&DH	バス無線機を用いたSSTV画像送信	バス無線機を用いてSSTV画像をダウンロードし、画像データに誤りがないことを確認すること	○
9		C&DH	バス無線機を用いたデジターカ音声送信	バス無線機を用いてデジターカ音声をダウンロードし、音声データに誤りがないことを確認すること	○
10		ミッション機器	CAM	CAMとC&DHの通信ライン	CAMとC&DHの通信ラインが確立されていること
11	CAMの電源ON/OFF			CAMの電源ON/OFFができること	○
12	CAMのROM0から画像データダウンロード			CAMのROM0から画像データをダウンロードし、解析ソフトで画像に復元できること	○
13	CAMのROM1から画像データダウンロード			CAMのROM1から画像データをダウンロードすること、解析ソフトで画像に復元できること	○
14	QPSK		$\pi/4$ shift QPSK送信機とC&DHの通信ライン	$\pi/4$ shift QPSK送信機とC&DHの通信ラインが確立されていること	○
15			$\pi/4$ shift QPSK送信機の電源ON/OFF	$\pi/4$ shift QPSK送信機の電源ON/OFFができること	○
16	FSK		$\pi/4$ shift QPSK送信機を用いたデータダウンロード	$\pi/4$ shift QPSK送信機を用いてデータダウンロードを行い、地上局ソフトでそのデータの復調ができること	○
17			FSKとC&DHの通信ライン	FSK送信機とC&DHの通信ラインが確立されていること	○
18			FSK送信機の電源ON/OFF	FSK送信機の電源ON/OFFができること	○
19			FSK送信機を用いたデータダウンロード	FSK送信機の通信速度9600bpsを用いてデータダウンロードを行い、地上局TNCでそのデータが復調できること	○
20	TRP	リニアトランスポンダとC&DHの通信ライン	リニアトランスポンダとC&DHの通信ラインが確立されていること	○	
21		リニアトランスポンダの電源ON/OFF	リニアトランスポンダの電源ON/OFFができること	○	
22		リニアトランスポンダを用いた音声継	地上局から145MHz帯でアップリンクした音声を435MHz帯に変換し、地上局で明確な音声としてダウンロードできること	○	

C&DH	コマンド&データハンドリング系(メインコンピュータ)
CAM	小型カメラシステムN-CAM
CW	CW系(モルリス信号送信)
EPS	電源系
FMR	フライト・マネージメント・受信系(バス系受信機)
FSK	FSK送信機
QPSK	$\pi/4$ シフトQPSK送信機
SG	センサ系
TRP	リニアトランスポンダ

2. 今後1週間の運用

今後は、角速度が増加している問題について、原因を調べていきます。また、ミッション⑥「N-CAMの実用性実証」を完了したいと考えています。

そして、 $\pi/4$ シフト QPSK 送信機による安定したダウンロードを確実なものにすべく、復調ソフトおよび地上局のチューニングを進めていきます。

さらに、週末を中心に、リニアトランスポンダの試験運用も継続し、運用ノウハウを蓄積してゆき、一般公開（3月中旬に開催される JAMSAT シンポジウムあたりを予定）に向けて、運用方法を詰めていきたいと考えています。

この他、web サイトの充実、ダウンリンクデータフォーマットの詳細の公開や解析ソフトのアップデート等、NEXUS をより多くの方々に使っていただくための工夫を進めていきたいと思えます。

3. 運用内容の詳細

1 節に示した結果を得るまでに、様々な知見を得ることができました。特に、今回、NEXUS 用に構築した地上局システムの長所、性能の高さを確認することができました。地上局システムについては、今後、その詳細をご報告したいと考えております。

なお、2019 年 1 月 25 日（金）午前から 2019 年 1 月 31 日（木）夜までの運用内容の詳細は表 3 の通りです。

4. 謝辞

運用にあたり、受信協力をいただいているたくさんの方々のアマチュア無線家の皆様に、深く感謝いたします。NEXUS の web サイト (http://sat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/nexus/3_Download.html) に掲載させていただいている結果には、アマチュア無線家の皆様に受信していただいたデータも数多く利用させていただいています。

表3 2019年1月25日(金)午前~2019年1月31日(木)夜までの運用内容

日付	Pass number	運用内容		運用結果			
		運用条件	日照・日陰	検証事項	検証目的	解析結果	考察及びわかったこと
2019/1/25	1	AOS(JST): 08:55:03 LOS(JST): 09:05:59 Max Elevation: 30.47 [deg]	日照	・CW通常運用(435.900MHz) ・CAMのROM内の画像データ消去及び画像撮影(JPEG, 最高解像度2592x1944)	・CAMで最高解像度の画像撮影をするため。	・バス電圧: 4.031 [V]	
	2	AOS(JST): 10:29:09 LOS(JST): 10:38:38 Max Elevation: 13.39 [deg]	日照	・CW通常運用(435.900MHz) ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いたCAMのROM内ステータス情報ダウンロード	・01/25の1stパスで撮影したCAMの画像サイズを確認し、真っ黒の画像か何かは写っているか画像が判断するため。	・バス電圧: 4.060 [V] ・取得パケット数: 612 ・水平偏波: 443 ・垂直偏波: 230	
	3	AOS(JST): 19:30:51 LOS(JST): 19:39:41 Max Elevation: 9.61 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いた初期センシングデータダウンロード	・角速度を確認するため。 ・初期センシングデータを確認するため。	・バス電圧: 4.058 [V] ・取得パケット数: 31 ・水平偏波: 121 ・垂直偏波: 0	
	4	AOS(JST): 21:02:43 LOS(JST): 21:14:14 Max Elevation: 47.89 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・ $\pi/4$ shift QPSK送信機(38400bps, 435.900MHz)の試験運用	・角速度を確認するため。 ・仰角が大きい好条件のもとで、 $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作検証を行いたい。	・バス電圧: 4.053 [V]	
2019/1/26	1	AOS(JST): 08:34:35 LOS(JST): 08:44:39 Max Elevation: 16.52 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・リニアトランスポンダの動作検証	・JAMSATの方々とリニアトランスポンダの動作検証及びリニアトランスポンダ運用の練習を行うため。	・バス電圧: 4.030 [V]	・送信周波数145.915MHz(送信側固定), 送信電力10Wでリニアトランスポンダ運用を行い, JAMSATの方々に受信側(USB)の調整を行っていただいた。はじめに日大局からCW送信を行い, 受信(USB)できていることを確認。その後, 音声送信(LSB)も行い受信できることを確認できた。
	2	AOS(JST): 10:07:58 LOS(JST): 10:18:32 Max Elevation: 23.74 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・リニアトランスポンダの動作検証	・JAMSATの方々とリニアトランスポンダの動作検証及びリニアトランスポンダ運用の練習を行うため。	・バス電圧: 4.020 [V]	
	3	AOS(JST): 19:11:26 LOS(JST): 19:18:02 Max Elevation: 9.62 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・SSTV運用(FM, 437.075MHz)	・角速度を確認するため。 ・SSTVの動作検証を行うため。	・バス電圧: 4.044 [V]	・水平偏波のみでSSTVダウンロードを行った。その結果, 固定画像の一部はダウンロードできた。そのため, SSTVの機能は故障していないと考える。ただし, 得られた画像は縦横に取れた部分ととれない部分がある。これは, 水平偏波のみで取得していたからと考える。また, 仰角が4度とそもそも軌道条件は良くなかったため, ほとんど砂嵐の画像になってしまったと考える。
	4	AOS(JST): 20:41:50 LOS(JST): 20:53:30 Max Elevation: 84.59 [deg]	日陰	・CW通常運用(435.900MHz) ・リニアトランスポンダの動作検証	・JAMSATの方々とリニアトランスポンダの動作検証及びリニアトランスポンダ運用の練習を行うため。	・バス電圧: 4.030 [V]	
	5	AOS(JST): 22:18:28 LOS(JST): 22:25:04 Max Elevation: 4.00 [deg]	日陰	・CW通常運用(435.900MHz) ・軌道1周分のHKデータ取得コマンド送信	・軌道1周分の角速度を確認するため。	・バス電圧: 4.024 [V]	
2019/1/27	1	AOS(JST): 08:14:25 LOS(JST): 08:22:54 Max Elevation: 8.45 [deg]	日照	・CW通常運用(435.900MHz) ・SSTV運用(FM, 437.075MHz)	・SSTVの動作検証を行うため。	・バス電圧: 4.046 [V]	・同期する前に次の画像に移ってしまい左下の色が黄色がかったが, SSTV画像をダウンロードすることに成功した。
	2	AOS(JST): 09:46:58 LOS(JST): 09:58:07 Max Elevation: 44.50 [deg]	日照	・CW通常運用(435.900MHz) ・ $\pi/4$ shift QPSK送信機(38400bps, 435.900MHz)の試験運用	・仰角が大きい好条件のもとで、 $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作検証を行いたい。	・バス電圧: 4.011 [V]	・「同期コード+ゼロ詰め+リードソロン」のダウンロードを行い, 復調機の調整を試みたが, 復調機の設定があまり良くなかったようでダウンロードデータに飛びが発生した。
	3	AOS(JST): 11:24:30 LOS(JST): 11:25:13 Max Elevation: 0.18 [deg]	日照	・CW通常運用(435.900MHz) ・SSTV運用(FM, 437.075MHz)	・SSTVの動作検証を行うため。	-	・仰角が低くバス時間も短いため, アップリンクが通らなかった。 ・CW受信によるバス電圧確認もできなかった。
	4	AOS(JST): 20:21:13 LOS(JST): 20:32:36 Max Elevation: 42.25 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いた軌道1周分HKデータダウンロード	・角速度を確認するため。 ・01/26の5thパスからセンシングした軌道1周分のHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.052 [V]	・アップリンクが通らなかった。地上局ソフトに変更を加えて直前までEMで動作検証をしていたことが何かしら影響していたかもしれないが, 原因はわかっていない。
	5	AOS(JST): 21:56:13 LOS(JST): 22:05:18 Max Elevation: 9.92 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・デジトール運用(FM, 437.075MHz)	・角速度を確認するため。 ・デジトールの動作検証を行うため。	・バス電圧: 4.062 [V]	・1つ前のパスではアップリンクが通らなかったが, 今回のパスではアップリンクが通った。 ・デジトールの音声をきれいにダウンロードすることができた。 ・アップリンクが通ったのがLOS間だったため, 日大局ではダウンロードができなかった。
2019/1/28	1	AOS(JST): 07:54:50 LOS(JST): 08:00:27 Max Elevation: 2.85 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いた軌道1周分HKデータダウンロード	・角速度を確認するため。 ・01/26の5thパスからセンシングした軌道1周分のHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.032 [V]	・アップリンクが通ったのがLOS間だったため, 日大局ではダウンロードができなかった。
	2	AOS(JST): 09:26:06 LOS(JST): 09:37:27 Max Elevation: 88.85 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・ $\pi/4$ shift QPSK送信機(38400bps, 435.900MHz)の試験運用	・角速度を確認するため。 ・仰角が大きい好条件のもとで、 $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作検証を行いたい。	・バス電圧: 4.029 [V]	・今回のセッティングではまだあまり多くのパケットを取得できないため, WAVファイルから解析できるVERを作成し, デコード率が向上するかどうか等を今後確認する。
	3	AOS(JST): 11:01:30 LOS(JST): 11:08:00 Max Elevation: 4.28 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いた軌道1周分HKデータダウンロード	・角速度を確認するため。 ・01/26の5thパスからセンシングした軌道1周分のHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.011 [V] ・取得パケット数: 115 ・水平偏波: 69 ・垂直偏波: 8	
	4	AOS(JST): 20:00:50 LOS(JST): 20:11:35 Max Elevation: 23.07 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)の試験運用	・角速度を確認するため。 ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)でテストデータ(0101 pattern)を送信し, 復調ソフトの調整を行うため。	・バス電圧: 4.047 [V]	・0101 patternが連続的に取得できるときがわずかにあった。
	5	AOS(JST): 21:34:33 LOS(JST): 21:45:03 Max Elevation: 18.58 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いた軌道1周分HKデータダウンロード	・角速度を確認するため。 ・01/26の5thパスからセンシングした軌道1周分のHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.050 [V] ・取得パケット数: 162 ・水平偏波: 189 ・垂直偏波: 208	
2019/1/29	1	AOS(JST): 09:05:22 LOS(JST): 09:16:32 Max Elevation: 42.81 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いた軌道1周分HKデータダウンロード	・角速度を確認するため。 ・01/26の5thパスからセンシングした軌道1周分のHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.061 [V] ・取得パケット数: 462 ・水平偏波: 326 ・垂直偏波: 166	
	2	AOS(JST): 10:39:51 LOS(JST): 10:48:31 Max Elevation: 9.65 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いた軌道1周分HKデータダウンロード	・角速度を確認するため。 ・01/26の5thパスからセンシングした軌道1周分のHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.029 [V] ・取得パケット数: 211 ・水平偏波: 318 ・垂直偏波: 46	・01/26の5thパスからセンシングした軌道1周分のHKデータより, 角速度の大きさは約15deg/sだった。
	3	AOS(JST): 19:40:45 LOS(JST): 19:50:22 Max Elevation: 13.13 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)の試験運用	・角速度を確認するため。 ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)でテストデータ(0101 pattern)を送信し, 復調ソフトの調整を行うため。	・バス電圧: 4.062 [V]	・0101 patternが連続的に取得できるときがわずかにあった。
	4	AOS(JST): 21:13:15 LOS(JST): 21:24:33 Max Elevation: 33.97 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)を用いたCAMの撮影画像ダウンロード →サイズ: 227328, SSC=53, SP=0, ESC=53, EP=151	・角速度を確認するため。 ・01/25の2ndパスで画像サイズをもとに選定したCAMの画像データをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.062 [V] ・取得パケット数: 1301 ・水平偏波: 1373 ・垂直偏波: 運用なし	・CAMの撮影画像は6回に分けてダウンロードする →今回は(1/6)ダウンロード
2019/1/30	1	AOS(JST): 08:44:48 LOS(JST): 08:55:20 Max Elevation: 22.31 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)の試験運用	・角速度を確認するため。 ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)でテストデータ(0101 pattern)を送信し, 復調ソフトの調整を行うため。	・バス電圧: 4.047 [V]	・0101 patternが連続的に取得できるときがわずかにあった。 ・角速度の大きさは約18.97 [deg/s]
	2	AOS(JST): 10:18:33 LOS(JST): 10:28:34 Max Elevation: 17.56 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)の試験運用	・角速度を確認するため。 ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)でテストデータ(0101 pattern)を送信し, 復調ソフトの調整を行うため。	・バス電圧: 4.027 [V]	・0101 patternが連続的に取得できるときがわずかにあった。 ・角速度の大きさは約19.11 [deg/s]
	3	AOS(JST): 19:2:03 LOS(JST): 19:28:55 Max Elevation: 6.78 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)を用いたCAMの撮影画像ダウンロード →サイズ: 227328, SSC=53, SP=152	・角速度を確認するため。 ・01/25の2ndパスで画像サイズをもとに選定したCAMの画像データをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.061 [V] ・取得パケット数: 13 ・水平偏波: 33 ・垂直偏波: 運用なし	・角速度の大きさは約18.42 [deg/s]
	4	AOS(JST): 20:52:15 LOS(JST): 21:03:52 Max Elevation: 67.96 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)を用いたCAMの撮影画像ダウンロード →サイズ: 227328, SSC=53, SP=152, ESC=53, EP=303	・角速度を確認するため。 ・01/25の2ndパスで画像サイズをもとに選定したCAMの画像データをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.062 [V] ・取得パケット数: 740 ・水平偏波: 813 ・垂直偏波: 運用なし	・角速度の大きさは約18.15 [deg/s]
	5	AOS(JST): 22:30:07 LOS(JST): 22:34:27 Max Elevation: 67.96 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・軌道6周分HKデータセンシングコマンド送信	・角速度を確認するため。 ・長時間かけて角速度の変化を見るため。	・バス電圧: 3.984 [V]	・角速度の大きさは約19.03 [deg/s]
2019/1/31	1	AOS(JST): 08:24:28 LOS(JST): 08:33:47 Max Elevation: 11.99 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)を用いた軌道6周分HKデータダウンロード	・角速度を確認するため。 ・01/30の5thパスからセンシングした軌道6周分のHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.045 [V] ・取得パケット数: 5 ・水平偏波: 5 ・垂直偏波: 5 ・円偏波: 運用なし	・混信が強かった。
	2	AOS(JST): 09:57:27 LOS(JST): 10:08:18 Max Elevation: 31.58 [deg]	日照	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いた軌道6周分のHKデータダウンロード ・バス送信機(GMSK, 9600bps, 437.075MHz)を用いたCAMの撮影画像ダウンロード →サイズ: 227328, SSC=304, SP=152, ESC=53, EP=455	・角速度を確認するため。 ・01/30の5thパスからセンシングした軌道6周分のHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.012 [V] ・取得パケット数(HK): 35 ・水平偏波: 85 ・垂直偏波: 88 ・取得パケット数(画像): 284 ・水平偏波: 171 ・垂直偏波: 運用なし	・ダウンロードした軌道6周分のHKデータの途中からFF値(何も入っていない)という状況が発生したため, 急遽CAM画像データダウンロードに切り替えた。
	3	AOS(JST): 19:02:02 LOS(JST): 19:06:54 Max Elevation: 2.11 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ	・角速度を確認するため。	・バス電圧: 3.945 [V]	・仰角が低く, 雨が降っていたため, バッテリー電圧がプロット確認できなかった。 ・スイッチ情報より, バッテリー温度が低いためにヒータの電源がONとなっていることがわかった。
	4	AOS(JST): 20:31:29 LOS(JST): 20:43:03 Max Elevation: 60.16 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FSK送信機(GMSK, 9600bps, 435.900MHz)を用いたCAMの撮影画像ダウンロード →サイズ: 227328, SSC=53, SP=456, ESC=53, EP=607	・角速度を確認するため。 ・01/25の2ndパスで画像サイズをもとに選定したCAMの画像データをダウンロードするため。	・バス電圧: 4.058 [V] ・取得パケット数(画像データ): 1123 ・水平偏波: 1165 ・垂直偏波: 運用なし	・01/31午前に受信側(USB)のデータによりCAMの撮影画像(3/6)がそろい, 今回のパスで(4/6)ダウンロード完了。 ・角速度の大きさは約19.58 [deg/s]
	5	AOS(JST): 22:07:15 LOS(JST): 22:15:14 Max Elevation: 6.65 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(435.900MHz) ・バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・アップリンク30分後より, 軌道6周分HKデータセンシング開始コマンド送信	・角速度を確認するため。 ・長時間かけて角速度の変化を見るため。	・バス電圧: 4.039 [V]	・角速度の大きさは約20.04 [deg/s]

付 録

A.1. NEXUS の概要

NEXUS とは「**N**ext generation **X**Unique **S**atellite」の略で、NEXUS には“絆”，“つながり”といった意味があります。NEXUS は 10cm 立方で質量が約 1.3kg の CubeSat であり、日本大学にとって 4 機目の超小型人工衛星となります。

NEXUS には、① リニアトランスポンダ、② FSK 送信機、③ $\pi/4$ シフト QPSK 送信機の 3 つの通信機、ならびに、④ 小型のカメラシステム (N-CAM) が搭載されており、これら 4 つのミッション機器の宇宙実証をメインミッションとしています。



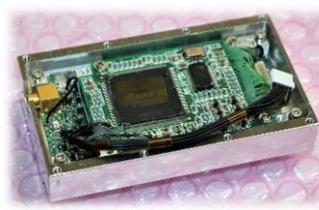
図 2 NEXUS 外観



リニアトランスポンダ



FSK 送信機



$\pi/4$ シフト QPSK 送信機



N-CAM

図 3 ミッション機器

ここ 5 年程で、CubeSat の打ち上げ数は急激に増加しており、その多くがアマチュア無線帯を利用していますが、通信速度がそれほど高くないものや、高速通信は可能だが消費電力が大きいもの、高価なものなどが多く、小型・安価で使い勝手のよい通信機が見当たりませんでした。

そこで、NEXUS では安価でかつ比較的性能の高い通信機を開発・実証することを目的としています。そして、目的達成後は、今後ますます増加する CubeSat にこれらの通信機を搭載していただければと考えています。また、併せて、今後、N-CAM の設計詳細を公開し、こういった小型カメラシステムを自作したい方々に参考にしていただければと考えています。

ミッション機器および衛星システムの詳細は、NEXUS の web サイトをご覧ください。

http://sat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/nexus/1_System.html

また、NEXUS のミッションは以下の通りです。詳細は NEXUS の web サイトをご覧ください。

http://sat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/nexus/1_Mission.html

ミニマムサクセス	ミッション①	$\pi/4$ シフト QPSK 送信機の動作実証
	ミッション②	FSK 送信機の動作実証
フルサクセス	ミッション③	$\pi/4$ シフト QPSK 送信機の実用性実証
	ミッション④	FSK 送信機の実用性実証
	ミッション⑤	リニアトランスポンダの動作実証
	ミッション⑥	N-CAM の実用性実証
エクストラサクセス	ミッション⑦	高度約 500km における 145MHz 帯電界強度マップ作成

A.2. 打ち上げ前の運用計画と実際の運用状況

打ち上げ前に考えていた運用計画は以下の通りです.

表 4 当初の運用計画

打ち上げ直後	NEXUS との電波の送受信の確認, 初期運用開始
1 か月後	初期運用 (衛星システム全体およびミッション機器の動作確認) の終了
2 か月後	ミッション① $\pi/4$ シフト QPSK 送信機の動作実証達成
3 か月後	ミッション② FSK 送信機の動作実証達成 【ミニマムサクセス達成】
4 か月後	ミッション⑤ リニアトランスポンダの動作実証達成
5 か月後 ~最大 12 か月後	ミッション⑥ N-CAM の実用性実証達成
	ミッション③ $\pi/4$ シフト QPSK 送信機の実用性実証達成
	ミッション④ FSK 送信機の実用性実証達成 【フルサクセス達成】
	ミッション⑦高度約 500km における 145MHz 帯電界強度マップ作成 【エクストラサクセス達成】
最大 12 か月後	ミッション運用終了
これ以降	アマチュア無線運用に移行

これに対し, 実際の運用状況は以下の通りです.

表 5 実際の運用状況

打ち上げ直後	NEXUS との電波の送受信の確認, 初期運用開始
9 日後	初期運用 (衛星システム全体およびミッション機器の動作確認) の終了
5 日後	ミッション① $\pi/4$ シフト QPSK 送信機の動作実証達成
5 日後	ミッション② FSK 送信機の動作実証達成 【ミニマムサクセス達成】
8 日後	ミッション⑤ リニアトランスポンダの動作実証達成
	ミッション⑥ N-CAM の実用性実証達成
	ミッション③ $\pi/4$ シフト QPSK 送信機の実用性実証達成
	ミッション④ FSK 送信機の実用性実証達成 【フルサクセス達成】
	ミッション⑦高度約 500km における 145MHz 帯電界強度マップ作成 【エクストラサクセス達成】
	ミッション運用終了
	アマチュア無線運用に移行