



アマチュア通信技術実証衛星 NEXUS の運用経過報告 (6)

2019年3月9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35日後～49日後の2週間 (2019年2月22日～3月7日) 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) 角速度増加の原因検討のための CW 運用 : 2019年2月22日～3月1日
角速度増加の原因として、運用に伴う衛星内の電流消費の影響が考えられたため、ほとんど電流を消費しない、CW 省電力モードをベースに運用を行った (表2参照)。
- 2) 慣性テンソルの推定 : 2019年3月1日～3月6日
0.5秒間隔で取得してあった1月19日の角速度データから、慣性テンソルの値を推定した。今後は、別途、角速度データを取得し、推定した慣性テンソルの妥当性を確認する予定。
- 3) 2019年2月18日に取得した0.5秒間隔90分間のセンサデータのダウンリンク : 2019年3月2日
慣性テンソルの推定値の妥当性確認や磁気トルクの推定等のために、センサデータをダウンリンク。
- 4) 2019年2月19日に撮影したVGA動画のダウンリンク : 2019年3月6日～
7.5fpsで撮影した100枚分の画像のダウンリンクを開始。2019年3月7日時点では18枚分をダウンリンク。

2019年3月7日夜の時点で、以下の結果を得ています (2019年2月7日時点と同様です)。

- 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, ⑥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) 運用第2週目から確認されている角速度の増加については、振動はあるものの、増加率は低くなってきており、運用モードとの相関も得られているが、定量的な原因解明までには至っていない。
- 4)の角速度増加問題については、今後も運用により原因を特定していきたいと考えています。

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

2. 今後2週間の運用

2019年3月8日 (金) から3月21日 (木) までの2週間は、動画のダウンリンクを中心に運用していく予

定です。また、3月16日（土）、17日（日）に京都で開催される JAMSAT シンポジウムにて、リニアトランスポンダのデモを実施したいと考えています。

この他、懸案となっている、 $\pi/4$ DQPSK 通信の地上受信側の改善や、偏波ダイバーシティの効果の定量的な評価等、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ひます。

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、角速度増加について、状況をかなり理解できてきました。今後、定量的な考察を行い、原因が特定でき次第、報告したいと思ひます。

なお、2019年2月22日（金）午前から2019年3月7日（木）夜までの運用内容の詳細は表2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2 2019年2月22日(金)午前~2019年2月28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
2019/2/22	1	AOS(JST) : 08:33:49 LOS(JST) : 08:43:45 Max Elevation : 16.38 [deg]	日照	・実施しない			
	2	AOS(JST) : 10:07:14 LOS(JST) : 10:17:35 Max Elevation : 22.75 [deg]	日照	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・角速度上昇の原因特定の一環として, CW運用のみの極力, 電力消費と太陽電池セルの発電を抑えた状態で, 角速度の上昇を抑えられるか検証するため。 ・同上	・バス電圧 : 4.107 [V] ・角速度 : 34.73 [deg/s]	・コマンドミスでCWテレメトリフォーマットに3軸すべての角速度データを含めることができなかったため, 今回の運用では角速度データなし。
	3	AOS(JST) : 19:10:48 LOS(JST) : 19:17:05 Max Elevation : 3.92 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.104 [V] ・角速度 : 34.73 [deg/s]	
	4	AOS(JST) : 20:41:11 LOS(JST) : 20:52:35 Max Elevation : 86.29 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.110 [V] ・角速度 : 34.74 [deg/s]	
	5	AOS(JST) : 22:17:57 LOS(JST) : 22:24:02 Max Elevation : 3.40 [deg]	日陰	・実施しない			
2019/2/23	1	AOS(JST) : 08:13:35 LOS(JST) : 08:21:58 Max Elevation : 8.35 [deg]	日照	・実施しない			
	2	AOS(JST) : 09:46:09 LOS(JST) : 09:57:09 Max Elevation : 43.08 [deg]	日照	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.139 [V] ・角速度 : 36.92 [deg/s]	
	3	AOS(JST) : 20:20:29 LOS(JST) : 20:31:38 Max Elevation : 42.01 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.104 [V] ・角速度 : 37.65 [deg/s]	
	4	AOS(JST) : 21:55:34 LOS(JST) : 22:04:17 Max Elevation : 9.14 [deg]	日陰	・実施しない			
2019/2/24	1	AOS(JST) : 07:53:56 LOS(JST) : 07:59:27 Max Elevation : 2.78 [deg]	日照	・実施しない			
	2	AOS(JST) : 09:25:12 LOS(JST) : 09:36:26 Max Elevation : 89.72 [deg]	日照	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.141 [V] ・角速度 : 39.02 [deg/s]	
	3	AOS(JST) : 11:00:41 LOS(JST) : 11:06:52 Max Elevation : 3.89 [deg]	日照	・実施しない			
	4	AOS(JST) : 20:20:29 LOS(JST) : 20:31:38 Max Elevation : 42.01 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.096 [V] ・角速度 : 38.38 [deg/s]	
	5	AOS(JST) : 21:55:34 LOS(JST) : 22:04:17 Max Elevation : 9.14 [deg]	日陰	・実施しない			
2019/2/25	1	AOS(JST) : 09:04:24 LOS(JST) : 09:15:28 Max Elevation : 43.05 [deg]	日照	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.096 [V] ・角速度 : 38.38 [deg/s]	
	2	AOS(JST) : 10:38:55 LOS(JST) : 10:47:24 Max Elevation : 9.23 [deg]	日照	・実施しない			
	3	AOS(JST) : 19:39:56 LOS(JST) : 19:49:15 Max Elevation : 12.56 [deg]	日陰	・実施しない			
	4	AOS(JST) : 21:12:26 LOS(JST) : 21:23:26 Max Elevation : 32.37 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.104 [V] ・角速度 : 35.13 [deg/s]	
2019/2/26	1	AOS(JST) : 08:43:45 LOS(JST) : 08:54:13 Max Elevation : 22.32 [deg]	日照	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.127 [V] ・角速度 : 34.53 [deg/s]	
	2	AOS(JST) : 10:17:32 LOS(JST) : 10:27:26 Max Elevation : 17.08 [deg]	日照	・実施しない			
	3	AOS(JST) : 19:20:12 LOS(JST) : 19:27:42 Max Elevation : 6.25 [deg]	日陰	・実施しない			
	4	AOS(JST) : 20:51:22 LOS(JST) : 21:02:42 Max Elevation : 66.12 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.106 [V] ・角速度 : 34.44 [deg/s]	
	5	AOS(JST) : 22:29:33 LOS(JST) : 22:32:59 Max Elevation : 0.96 [deg]	日陰	・実施しない			
2019/2/27	1	AOS(JST) : 08:23:21 LOS(JST) : 08:32:38 Max Elevation : 11.99 [deg]	日照	・実施しない			
	2	AOS(JST) : 09:56:21 LOS(JST) : 10:07:07 Max Elevation : 30.99 [deg]	日照	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.141 [V] ・角速度 : 35.96 [deg/s]	
	3	AOS(JST) : 19:01:15 LOS(JST) : 19:05:30 Max Elevation : 1.64 [deg]	日陰	・実施しない			
	4	AOS(JST) : 20:30:32 LOS(JST) : 20:41:48 Max Elevation : 59.85 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.110 [V] ・角速度 : 37.17 [deg/s]	
	5	AOS(JST) : 22:06:23 LOS(JST) : 22:13:55 Max Elevation : 5.95 [deg]	日陰	・実施しない			
2019/2/28	1	AOS(JST) : 08:03:19 LOS(JST) : 08:10:33 Max Elevation : 5.42 [deg]	日照	・実施しない			
	2	AOS(JST) : 09:35:20 LOS(JST) : 09:46:32 Max Elevation : 62.57 [deg]	日照	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.179 [V] ・角速度 : 39.23 [deg/s]	
	3	AOS(JST) : 11:11:33 LOS(JST) : 11:15:57 Max Elevation : 1.78 [deg]	日照	・実施しない			
	4	AOS(JST) : 20:09:58 LOS(JST) : 20:20:46 Max Elevation : 30.04 [deg]	日陰	・CWカスタム運用(437.075MHz) →バッテリー電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.179 [V] ・角速度 : 39.23 [deg/s]	
	5	AOS(JST) : 21:44:22 LOS(JST) : 21:53:51 Max Elevation : 12.72 [deg]	日陰	・実施しない			

表3 2019年3月1日(金) 午前~2019年3月7日(木) 夜までの運用内容

日付	Pass number	運用条件		運用内容	検証事項	検証目的	解析結果	運用結果
		運用条件	日照・日陰					
2019/3/1	1	AOS (JST) : 07:44:32 LOS (JST) : 07:47:06 Max Elevation : 0.54 [deg]	日照	・実施しない。				
	2	AOS (JST) : 09:14:27 LOS (JST) : 09:25:41 Max Elevation : 62.68 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・角速度上昇の原因特定の一環として, CW運用のみの極力, 電力消費と太陽電池セルの発電を抑えた状態で, 角速度の上昇を抑えられるか検証するため。	・バス電圧 : 4.179 [V] ・角速度 : 39.22 [deg/s]		
	3	AOS (JST) : 10:49:24 LOS (JST) : 10:56:56 Max Elevation : 6.43 [deg]	日照	・実施しない。				
	4	AOS (JST) : 19:49:41 LOS (JST) : 19:59:35 Max Elevation : 16.65 [deg]	日陰	・実施しない。				
	5	AOS (JST) : 21:22:48 LOS (JST) : 21:33:24 Max Elevation : 23.51 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・CW省電力モード移行コマンド送信	・同上	・バス電圧 : 4.100 [V] ・角速度 : 36.95 [deg/s]	・角速度上昇の原因特定の一環として行っていたCW運用を本日で終了する。	
2019/3/2	1	AOS (JST) : 08:53:43 LOS (JST) : 09:04:35 Max Elevation : 30.67 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:14, 0~503ページ)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.113 [V] ・角速度 : 35.89 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 61 垂直偏波 : 75 円偏波 : 56		
	2	AOS (JST) : 10:27:52 LOS (JST) : 10:37:10 Max Elevation : 12.83 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:14, 0~503ページ)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.160 [V] ・角速度 : 35.66 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 444 垂直偏波 : 288 円偏波 : 59		
	3	AOS (JST) : 19:29:43 LOS (JST) : 19:38:10 Max Elevation : 8.97 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:14, 504~1023ページ)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.096 [V] ・角速度 : 34.63 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 56 垂直偏波 : 256 円偏波 : 129		
	4	AOS (JST) : 21:01:35 LOS (JST) : 21:12:45 Max Elevation : 45.48 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:15, 0~1023ページ)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.099 [V] ・角速度 : 34.64 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 1235 垂直偏波 : 1429 円偏波 : 1210		
2019/3/3	1	AOS (JST) : 08:33:10 LOS (JST) : 08:43:10 Max Elevation : 16.53 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・デジトール運用	・角速度を確認するため。 ・アマチュア運用のために。	・バス電圧 : 4.178 [V] ・角速度 : 35.14 [deg/s]		
	2	AOS (JST) : 10:06:35 LOS (JST) : 10:17:00 Max Elevation : 23.04 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・デジトール運用	・角速度を確認するため。 ・アマチュア運用のために。	・バス電圧 : 4.144 [V] ・角速度 : 35.09 [deg/s]		
	3	AOS (JST) : 20:40:37 LOS (JST) : 20:51:55 Max Elevation : 85.78 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・SSTV運用	・角速度を確認するため。 ・アマチュア運用のために。	・バス電圧 : 4.105 [V] ・角速度 : 36.18 [deg/s]		
2019/3/4	1	AOS (JST) : 08:12:54 LOS (JST) : 08:21:22 Max Elevation : 8.48 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:14, 0~503ページ)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。 ・ロスしたパケットデータを回収する。	・バス電圧 : 4.119 [V] ・角速度 : 38.21 [deg/s]		
	2	AOS (JST) : 09:45:28 LOS (JST) : 09:56:32 Max Elevation : 43.58 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:16, 0~sec:16, 511)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.178 [V] ・角速度 : 38.55 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 952 垂直偏波 : 695 円偏波 : 531		
	3	AOS (JST) : 20:19:54 LOS (JST) : 20:30:56 Max Elevation : 41.29 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:16, 512~sec:17, 511)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.100 [V] ・角速度 : 39.32 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 1218 垂直偏波 : 1174 円偏波 : 777		
	4	AOS (JST) : 21:54:59 LOS (JST) : 22:03:34 Max Elevation : 8.94 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:17, 512~sec:17, 767)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.089 [V] ・角速度 : 39.40 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 1109 垂直偏波 : 990 円偏波 : 390		
2019/3/5	1	AOS (JST) : 07:53:13 LOS (JST) : 07:58:51 Max Elevation : 2.89 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:14, 0~503ページ)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。 ・ロスしたパケットデータを回収する。	・バス電圧 : 4.110 [V] ・角速度 : 40.78 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 13 垂直偏波 : 22 円偏波 : 0	・混信が強かった。	
	2	AOS (JST) : 09:24:30 LOS (JST) : 09:35:49 Max Elevation : 89.82 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:17, 768~sec:18, 255)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.157 [V] ・角速度 : 40.62 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 715 垂直偏波 : 941 円偏波 : 488	・混信が強かった。	
	3	AOS (JST) : 10:59:57 LOS (JST) : 11:06:17 Max Elevation : 4.05 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:16, 0~sec:16, 511)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。 ・ロスしたパケットデータを回収する。	・バス電圧 : 4.161 [V] ・角速度 : 40.37 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 170 垂直偏波 : 73 円偏波 : 15	・混信が強かった。	
	4	AOS (JST) : 19:59:27 LOS (JST) : 20:09:48 Max Elevation : 21.99 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:18, 256~sec:19, 255)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.095 [V] ・角速度 : 39.78 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 471 垂直偏波 : 416 円偏波 : 181		
	5	AOS (JST) : 21:33:12 LOS (JST) : 21:43:16 Max Elevation : 17.27 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:19, 256~sec:19, 767)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.086 [V] ・角速度 : 39.52 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 1102 垂直偏波 : 1318 円偏波 : 728		
2019/3/6	1	AOS (JST) : 09:03:40 LOS (JST) : 09:14:49 Max Elevation : 43.15 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:19, 768~sec:20, 255)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。	・バス電圧 : 4.160 [V] ・角速度 : 37.86 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 550 垂直偏波 : 707 円偏波 : 598	・混信が強かった。	
	2	AOS (JST) : 10:38:11 LOS (JST) : 10:46:46 Max Elevation : 9.47 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いた軌道1周分のHKデータダウンロード (90分0.5秒間隔) (ROM1, sec:14, 0~503ページ)	・角速度を確認するため。 ・2/18の4thバスでセンシング開始したHKデータをダウンロードするため。 ・ロスしたパケットデータを回収するため。	・バス電圧 : 4.174 [V] ・角速度 : 37.56 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 129 垂直偏波 : 80 円偏波 : 32	・混信が極めて強かった。	
	3	AOS (JST) : 19:39:18 LOS (JST) : 19:48:29 Max Elevation : 12.21 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いたCAM, ROM0のステータス情報ダウンロード → all switch off→ 動画データ移行 (CAM, ROM0, SC52→CDH, ROM0, SC40)	・角速度を確認するため。 ・2/19の1stでCAM動画撮影した画像データ (JPEG, VGA) のダウンロードの準備をするため。	・バス電圧 : 4.104 [V] ・角速度 : 36.63 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 31 垂直偏波 : 18 円偏波 : 39	・混信が強かった。	
	4	AOS (JST) : 21:11:48 LOS (JST) : 21:22:41 Max Elevation : 32.19 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いたCAM動画撮影データダウンロード → Size:2193920 SC,S:52, SSC:52, SP:0, ESC:52, EP:255	・角速度を確認するため。 ・2/19の1stでCAM動画撮影した画像データ (JPEG, VGA) のダウンロードの準備をするため。	・バス電圧 : 4.091 [V] ・角速度 : 35.72 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 1343 垂直偏波 : 1165 円偏波 : 982		
2019/3/7	1	AOS (JST) : 08:43:00 LOS (JST) : 08:53:33 Max Elevation : 22.50 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いたCAM動画撮影データダウンロード → Size:2193920 SC,S:52, SSC:52, SP:256, ESC:52, EP:511	・角速度を確認するため。 ・2/19の1stでCAM動画撮影した画像データ (JPEG, VGA) のダウンロードの準備をするため。	・バス電圧 : 4.121 [V] ・角速度 : 34.95 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 233 垂直偏波 : 228 円偏波 : 185		
	2	AOS (JST) : 10:16:47 LOS (JST) : 10:26:46 Max Elevation : 17.43 [deg]	日照	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いたCAM動画撮影データダウンロード → Size:2193920 SC,S:52, SSC:52, SP:256, ESC:52, EP:511	・角速度を確認するため。 ・2/19の1stでCAM動画撮影した画像データ (JPEG, VGA) のダウンロードの準備をするため。	・バス電圧 : 4.079 [V] ・角速度 : 35.12 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 837 垂直偏波 : 569 円偏波 : 131		
	3	AOS (JST) : 19:19:34 LOS (JST) : 19:26:54 Max Elevation : 5.99 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いたCAM動画撮影データダウンロード → Size:2193920 SC,S:52, SSC:52, SP:424, ESC:52, EP:455	・角速度を確認するため。 ・2/19の1stでCAM動画撮影した画像データ (JPEG, VGA) のダウンロードの準備をするため。	・バス電圧 : 4.101 [V] ・角速度 : 35.01 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 148 垂直偏波 : 27 円偏波 : 15	・混信が弱かった。	
	4	AOS (JST) : 20:50:42 LOS (JST) : 21:01:56 Max Elevation : 66.43 [deg]	日陰	・CWカスタム運用 (437.075MHz) → バッテリ電圧, GyroX, GyroY, GyroZ ・FKS送信機 (GMSK, 9600bps, 435.900MHz) を用いたCAM動画撮影データダウンロード → Size:2193920 SC,S:52, SSC:52, SP:512, ESC:52, EP:767	・角速度を確認するため。 ・2/19の1stでCAM動画撮影した画像データ (JPEG, VGA) のダウンロードの準備をするため。	・バス電圧 : 4.095 [V] ・角速度 : 34.86 [deg/s] ・パケット取得数 水平偏波 : 1146 垂直偏波 : 1291 円偏波 : 873	・混信が弱かった。 ・現在, 2/19の1stでCAM動画撮影した画像データは, 100枚中18枚取得できている。	

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。

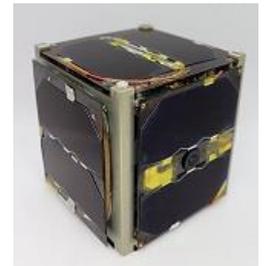


図 1 NEXUS 外観



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 2 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	ミッション⑥ N-CAM の実用性実証達成
～最大 12 か月後	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
16 日後	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】
	ミッション運用終了
	アマチュア無線運用に移行