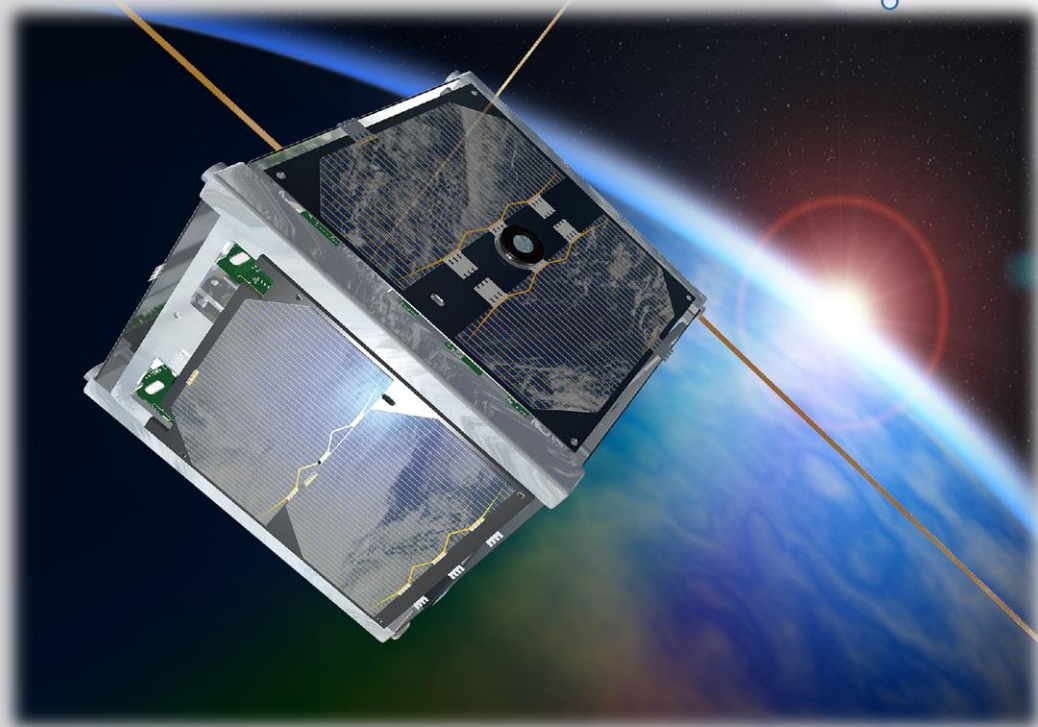


2K06 アマチュア通信技術実証衛星「NEXUS」の ミッション進捗状況

Mission Progress of Amateur Communication Technology Demonstration Satellite "NEXUS"

2019年11月7日(木) 第63回宇宙科学技術連合講演会



NEXUS 開発メンバー

日本大学

○藤井瞳
山田晃一郎
佐藤陸
中村壮児
中村涼太
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概要

2. 地上局システム

3. ミッション内容

4. ミッション進捗状況

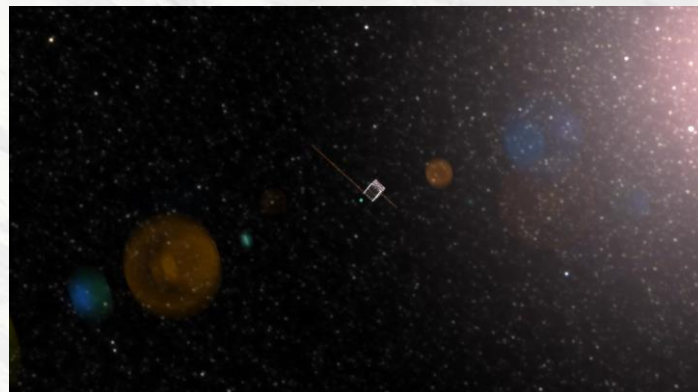
- ◆ (1) $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作実証
- ◆ (2) FSK送信機の動作実証
- ◆ (3) $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性確認
- ◆ (4) FSK送信機の実用性確認
- ◆ (5) リニアトランスポンダの動作実証
- ◆ (6) N-CAMの実用性確認
- ◆ (7) 電界強度マップの作成

5. アマチュア運用

- ◆ リニアトランスポンダ(TRP), デジトーカー及びSSTV運用
- ◆ 海外運用

6. まとめ

7. 今後の展望



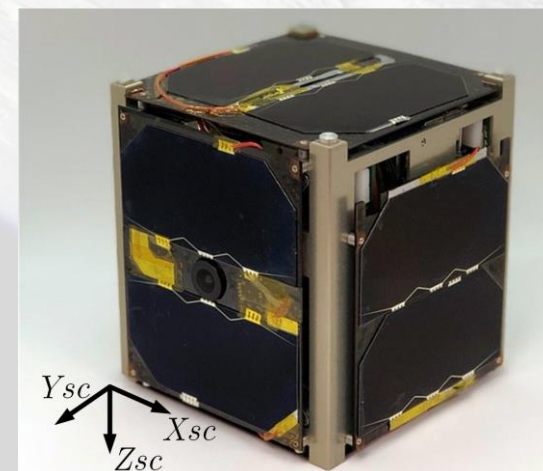
1. NEXUS概要

◆目的及び基本諸元

- 近年人工衛星，特にCubeSat開発が活発化し，ミッションが高度化
- 従来より高速なCubeSat搭載用通信機と高汎用性カメラシステムの実証

NEXUS基本諸元

項目	内容	
投入軌道	太陽同期準回帰軌道(高度約500km)	
軌道寿命	約4年(定常運用：1年，後期運用：3年)	
サイズ, 質量	105.0×105.0×113.5 mm, 1.24 kg	
電源系	バス電圧：5.0±0.1 V 二次電池：Li-ionバッテリー, 1直列4並列 太陽電池：GaAs太陽電池, 2直列6並列	
通信系	・送信系(435MHz帯) CW：0.1W AFSK：0.8W,1200bps GMSK：0.8W,9600bps	・受信系(145MHz帯) AFSK：1200bps
構造系	主要構造部材：A7075-T7351	
熱制御系	バッテリーのみ0℃以上に制御	



NEXUSフライトモデル外観

1. NEXUS概要

◆ ミッション機器概要

① $\pi/4$ shift QPSK送信機

- アマチュア衛星通信においてこれまで主流であった通信速度よりも高速な通信(38.4kbps)が可能
- 誤り訂正符号を有したCCSDSプロトコルの採用により, 利得向上を図る

大きさ	80×40×10 mm	通信速度	38.4 kbps
重さ	15.5 g	送信周波数	435.900 MHz
動作電圧	3.33~3.5 V	送信電力	0.3 W
消費電流	680 mA	占有周波数帯域	25.890 kHz



② FSK送信機

- 通信速度が可変であり, 受信環境に応じて適切な通信速度の設定が可能

大きさ	80×28×5 mm	通信速度	1.2, 2.4, 4.8, 9.6, 14.4, 19.2 kbps
重さ	6.5 g		
動作電圧	3.5±0.1 V	送信周波数	435.900 MHz
消費電流	600 mA	送信電力	0.4 W



1. NEXUS概要

◆ 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を435MHz帯に変換し、ダウンリンク
- 145MHz帯の電界強度測定機能を有する

大きさ	80×86×10 mm	送信周波数	Up:145.930~145.900 MHz Down: 435.880~435.910MHz
重さ	64.6 g		
動作電圧	3.5±0.1 V	送信電力	0.5W
消費電流	930 mA	変調方式	CW, SSB



④ N-CAM (カメラシステム)

- 解像度や画像形式、画像効果などを細かく調整することが可能

大きさ(基板)	70×30×10 mm	画角	H:63, V:49,D:75 deg
大きさ(カメラ)	30×30×23 mm	解像度	QVGA, VGA, SVGA, HD, FullHD, max(2592×1944 px)
重さ	23 g		
動作電圧	5.0 ±0.2 V	フレームレート(動画)	3.75~16.88fps
消費電流	500 mA	ROM/RAM	32/16 MB



2. 地上局システム

◆地上局受信構成

- 偏波ダイバーシティ方式：水平偏波・垂直偏波を独立した系統で復調しデータを補完し合う

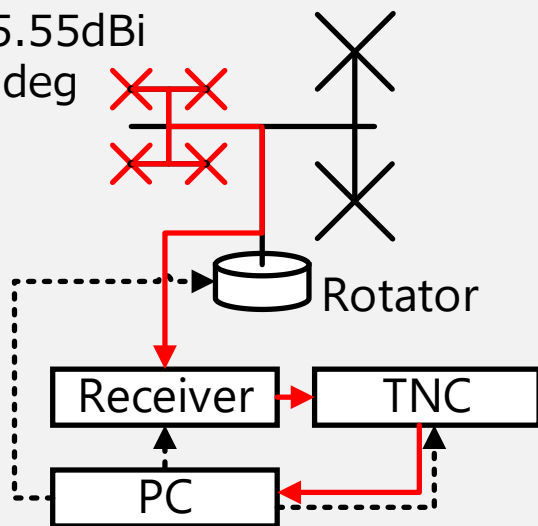
円偏波受信アンテナ x4

430MHz帯, クロス八木

利得：14.65~15.55dBi

ビーム幅：27~29deg

長さ：3.68m



円偏波受信
旧アンテナシステム

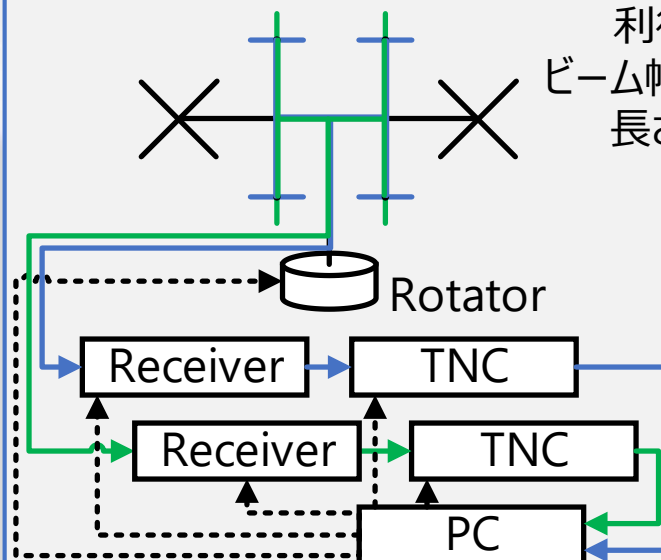
直線偏波受信アンテナ (水平 x4, 垂直 x4)

430MHz帯, 八木

利得：24dBi

ビーム幅：14deg

長さ：4.22m



偏波ダイバーシティ受信
新アンテナシステム

---▶ コマンドライン → 円偏波受信ライン → 水平偏波受信ライン → 垂直偏波受信ライン

3. ミッション内容

サクセスレベル	ミッション項目	達成率
Minimum Success	(1) $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作実証	100%
	(2) FSK送信機の動作実証	100%
Full Success	(3) $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性確認	30%
	(4) FSK送信機の実用性確認	40%
	(5) リニアトランスポンダの動作実証	100%
	(6) N-CAMの実用性確認	100%
Extra Success	(7) 軌道高度約500kmにおける145MHz帯の電界強度マップの作成	50%

◆ ミッション達成条件

- (1) $\pi/4$ shift QPSK変調で送信し，地上で復調を確認
- (2) GMSK変調で送信し，地上で復調を確認
- (3) 正味の通信速度が従来の通信機(GMSK9600bps)の3倍以上
- (4) 正味の通信速度が従来の通信機の1.5倍以上 かつ 各通信速度で通信可能である



復調できたダウンリンクデータ量
通信時間(データ送信開始から地上局との通信終了まで) [bps] ことを確認

3. ミッション内容

サクセスレベル	ミッション項目	達成率
Minimum Success	(1) $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作実証	100%
	(2) FSK送信機の動作実証	100%
Full Success	(3) $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性確認	30%
	(4) FSK送信機の実用性確認	40%
	(5) リニアトランスポンダの動作実証	100%
	(6) N-CAMの実用性確認	100%
Extra Success	(7) 軌道高度約500kmにおける145MHz帯の電界強度マップの作成	50%

◆ ミッション達成条件

- (5) 日本大学の地上局から145MHz帯でアップリンクした音声を，リニアトランスポンダを中継して，他の地上局で435MHz帯でダウンリンク
- (6) **Full HDサイズ以上**の画像をダウンリンク
- (7) 高度約500kmにおける145mHz帯の地球全体の電界強度マップを作成

4. ミッション進捗状況

◆(1) $\pi/4$ shift QPSK送信機の動作実証

- $\pi/4$ shift QPSK変調で送信し，地上で復調を確認(2019/1/23, 夜運用)



ミッション(1) 達成

◆(2) FSK送信機の動作実証

- GMSK変調で送信し，地上で復調を確認(2019/1/23, 昼運用)



ミッション(2) 達成

4. ミッション進捗状況

◆(3) $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性確認

- 動作実証の際に用いた復調機はS/Nが悪かった
- より性能の良い復調機を現在開発中

Receiver

ソフトウェア無線(SDR)
Ex) LimeSDR, BladeRF

USB

PC

GNU Radio(Windows or Linux)
or
Matlab-Simulink

Decode $\pi/4$ shift QPSK & CCSDS
Protocol



BladeRF



LimeSDR

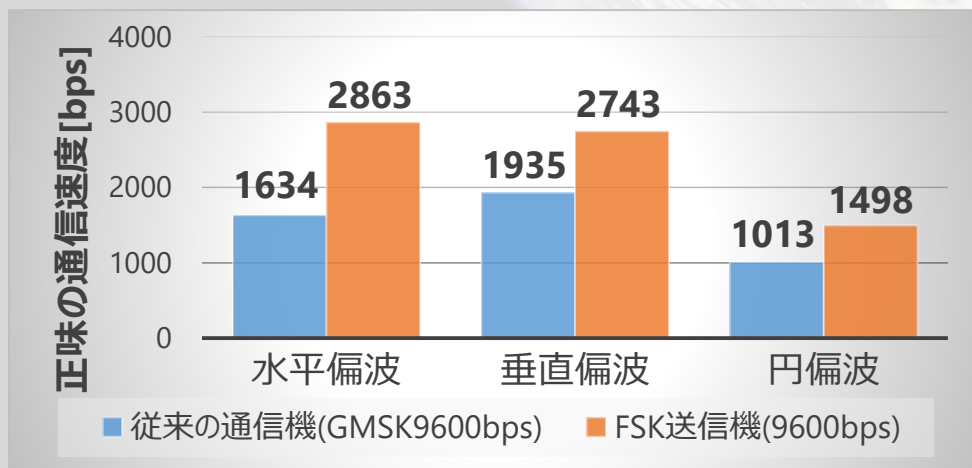
出典 : <https://www.nuand.com/>

出典 : <https://limemicro.com/products/boards/limesdr/>

4. ミッション進捗状況

◆(4) FSK送信機の実用性確認

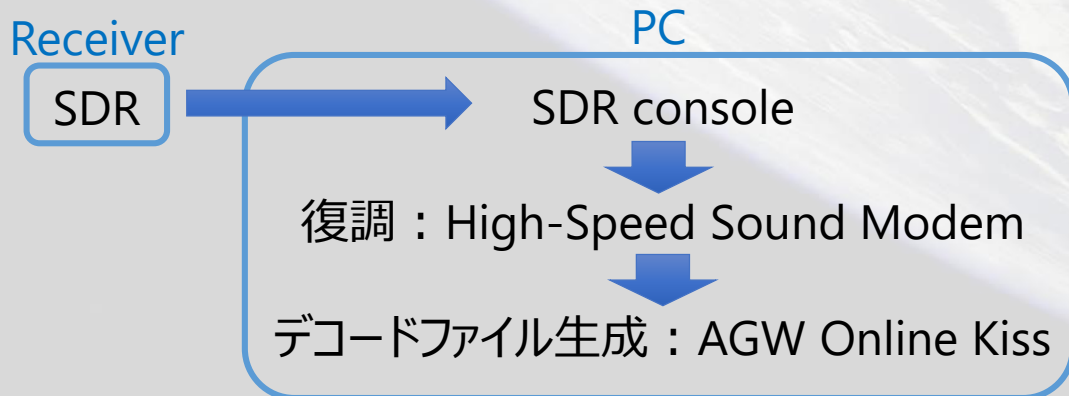
- 従来の通信機との比較(9600bps)



FSK送信機は従来に比べ、平均して約1.55倍

- 正味の通信速度に関してはミッション達成
- 各通信速度で通信可能なことを示す

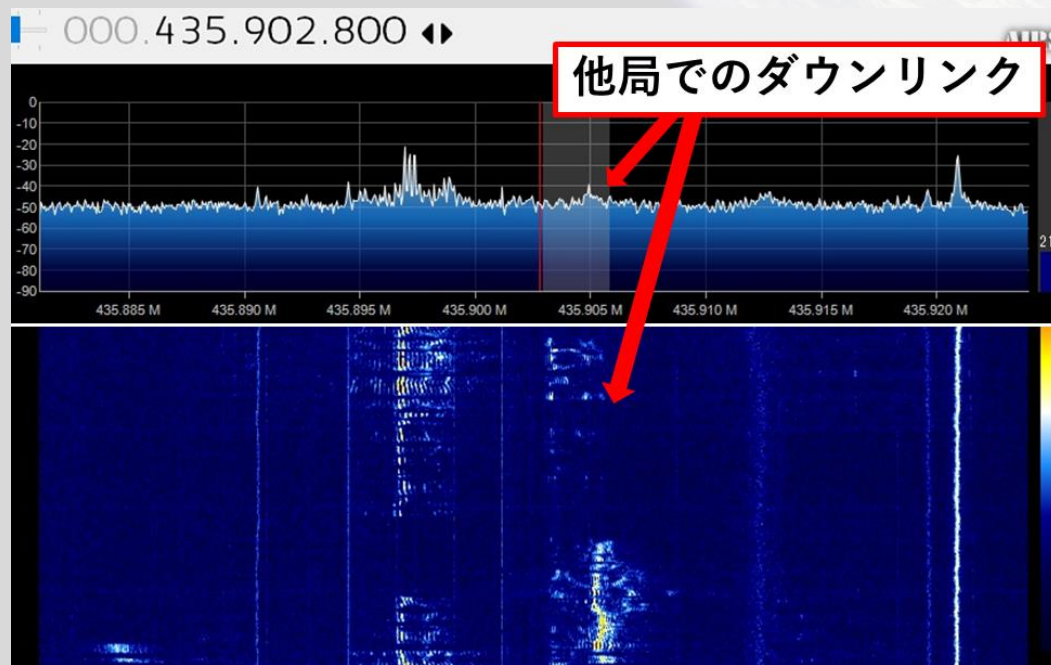
- FSK送信機で19.2kbpsで送信し、復調を確認(2019/10/5, 昼運用)



4. ミッション進捗状況

◆(5) リニアトランスポンダの動作実証

- 送信周波数145.915MHz, 送信出力10Wで, 日本大学地上局から音声を上リンク(2019/1/26, 昼運用)
- その音声を他局にて435MHz帯でダウンリンク



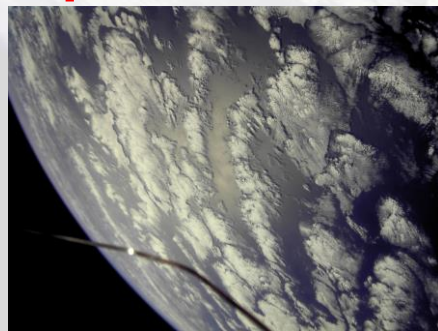
ミッション(5) 達成

JA1OGZ様より提供

4. ミッション進捗状況

◆ (6) N-CAMの実用性確認

- 最高解像度(2592×1944px)で撮影(2019/2/4)

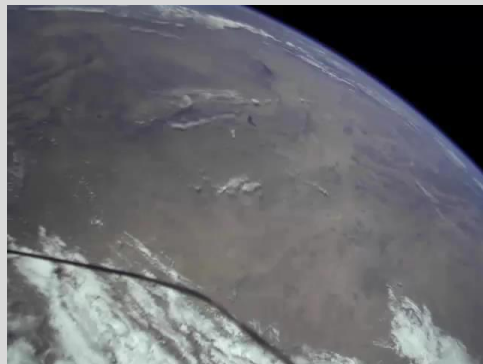


➡ Full HD(1920×1080px)
以上の画像をダウンロード

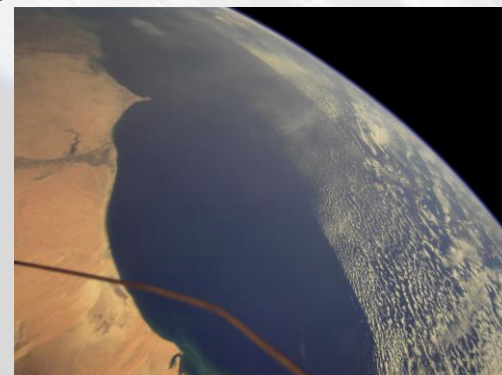
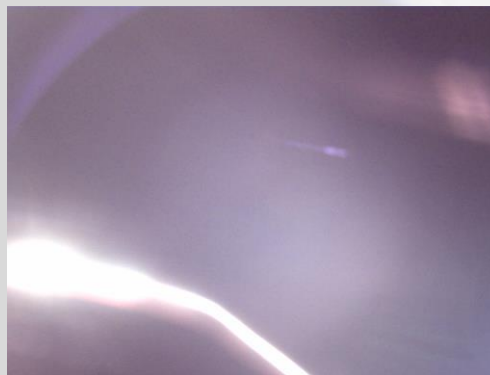
↓
ミッション(6) 達成

日本列島南東の太平洋付近

- フレームレート最大(16.88fps), SVGA(600×800)で動画撮影(2019/6/2)
- 圧縮率変更, 最高解像度(2592×1944px)で撮影(左: 2019/4/26, 右: 2019/5/5)



中国大陸上空



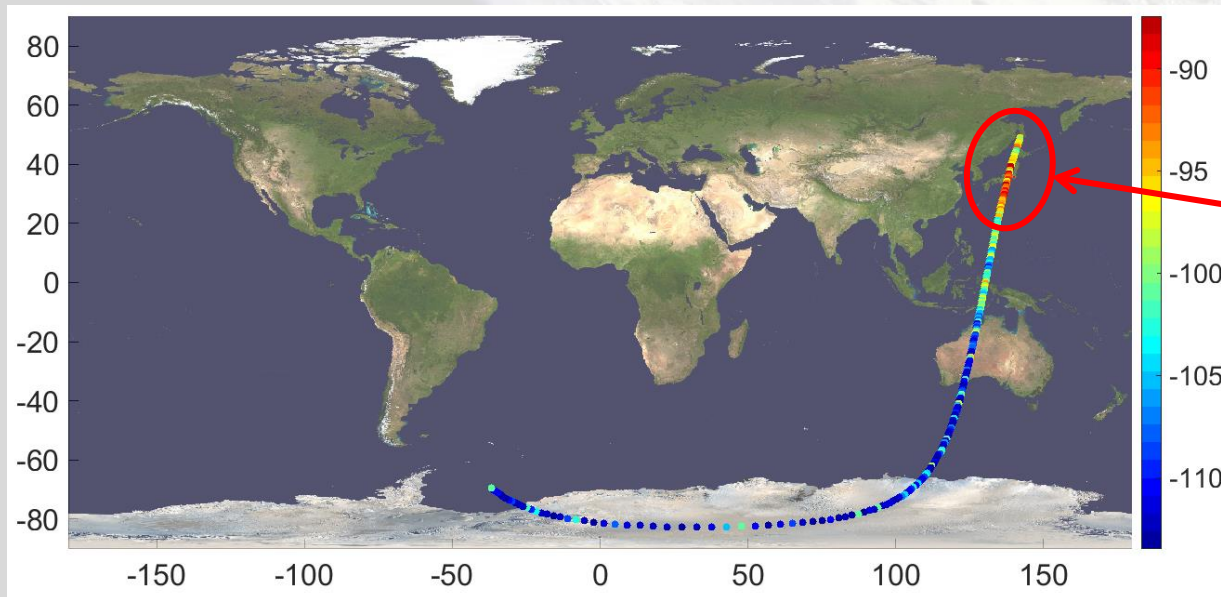
左: オーストラリア上空, 右: アフリカ大陸上空

4. ミッション進捗状況

◆(7) 電界強度マップの作成

- 電界強度測定機能の確認(2019/4/5)

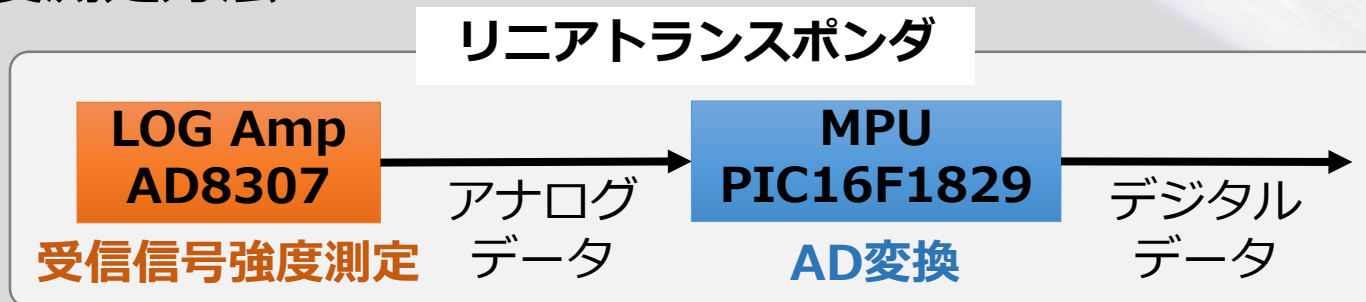
単位 : [dBm]



日本大学地上局
からの音声入力

測定間隔 : 10秒
測定時間 : 約40分

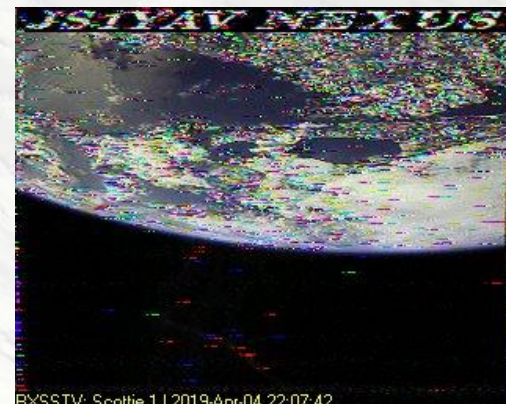
- 電界強度測定方法



5. アマチュア運用

◆リニアトランスポンダ(TRP), デジトーカ及びSSTV運用

- TRP運用→**毎週日曜**実施
- デジトーカ運用：予め録音してある音声データを受信
- SSTV運用：衛星から画像データを音声として送信，受信した音声データから画像を復元



◆海外運用

- アマチュア運用の内容と実施場所についてアンケートを取り，**毎週末**実施

2019/6/22,23 TRP運用(タイ)
2019/7/20 SSTV運用(中国)
⋮
2019/11/2 TRP運用(デンマーク)



これらの運用で，多くのアマチュア無線家の方から受信報告を頂いている

6. まとめ

◆ ミッション進捗状況

- 7つのミッションのうち**4つは達成**することができた
- 搭載された**4つのミッション機器の動作確認は完了**
- **FSK送信機**は従来の通信機と比べて**より高速な通信が可能**である
- **N-CAM**は様々な**解像度や画像効果を設定して**撮影することが可能である
- **リニアトランスポンダ**を用いた**電界強度測定機能は確認済み**
- **アマチュア運用**を通して多くの方に**NEXUSを知って**頂き、**利用して**頂いている

7. 今後の展望

◆ ミッションの達成 : 定常運用1年

- (3) $\pi/4$ shift QPSK送信機の実用性確認 ➡ 復調機の開発
- (4) FSK送信機の実用性確認
➡ 19.2kbpsの通信評価, 他の通信速度の確認
- (7) 電界強度マップの作成 ➡ より多くの地点で電界強度を測定

◆ NEXUSの通信評価

- 軌道やパケット長など, 様々な条件下での正味の通信速度を算出
- NEXUSの通信機及び日大地上局の性能を評価

◆ アマチュア運用 : 定常運用1年+後期運用3年

- アマチュア衛星通信に貢献するためニアトランスポンダ, デジトーカー, SSTV運用, 及びこれらの海外運用を継続して行う



今後の衛星開発, CubeSat開発に役立てて頂く

ご清聴ありがとうございました

