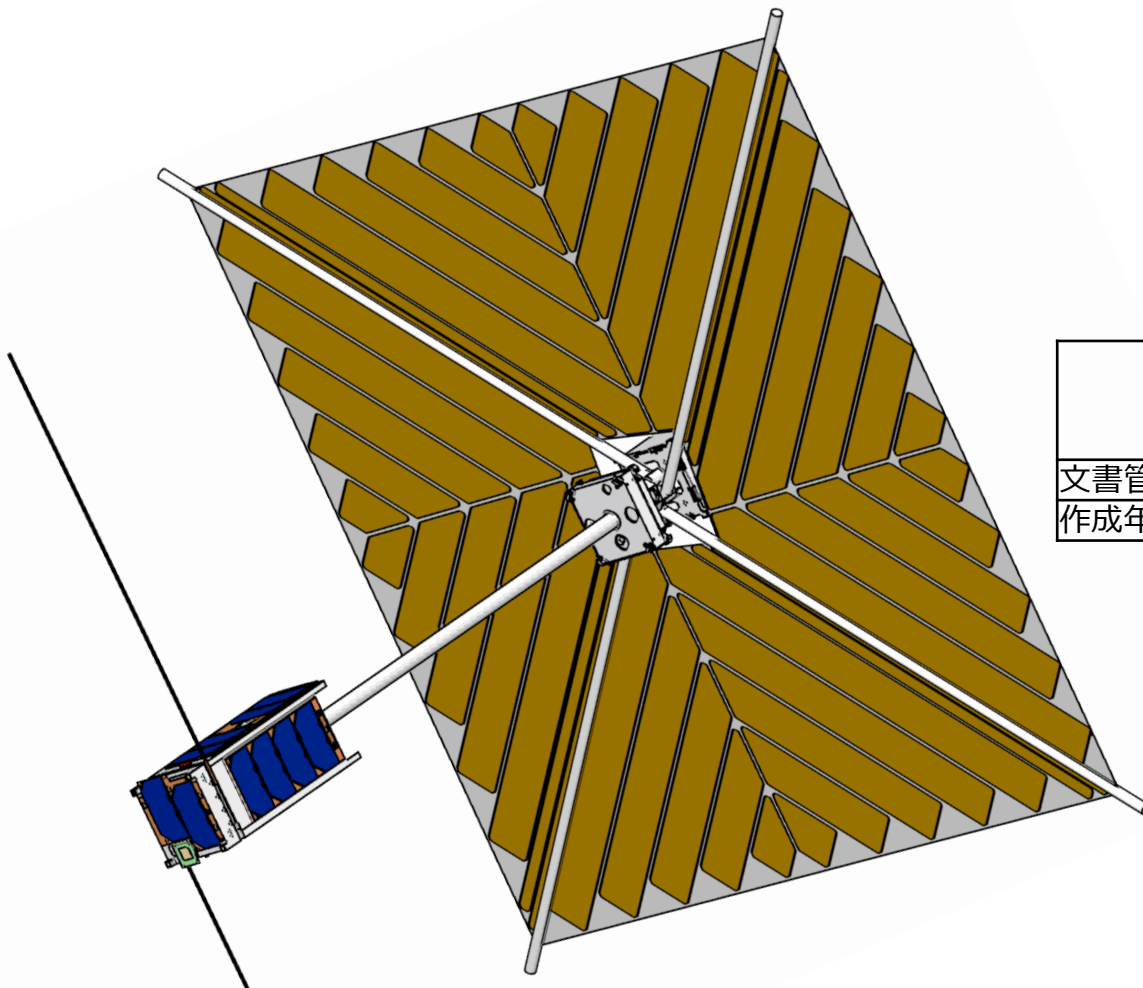


OrigamiSat-1

通信復活の経緯と今後 (2021年3月)



通信復活の経緯と今後
(2021年3月)

文書管理番号	OP-S1-0130	改訂番号	Ver. 2.0
作成年月日	2021/03/25		



ORIGAMI
PROJECT

3UキューブサットOrigamiSat-1/FO-98 (JS1YAX)は、
2019年1月18日 10:57JST **イプシロン4号機**により予定通りの軌道
(高度500km太陽同期軌道)へ打ち上げられ、打ち上げ後すぐ地上局との通
信を確立した。

しかし、6日間半の運用 (CW/FMダウンリンク, FMアップリンク) 後、CW
ダウンリンクが停止し、アップリンクにも応答がない (膜展開もしない) 状態
が約2年間続いていた。

約2年間の休止後、2021年1月26日午前3時(JST)にスウェーデンのアマチュ
ア無線家よりOrigamiSat-1からのCW信号 (モールス信号) を受信した報告
を受け、以降、東工大地上局でも運用が再開できている。

本資料では、復活の経緯と今後の運用方針を報告する。

構成 :

1. 衛星概要と停波: 約2年間停止していた
2. 信号復活の経緯: 衛星バッテリー電圧の履歴
3. 軌道高度解析: 1年近く軌道上に残留する見込み
4. 今後の運用計画

1. 衛星概要と停波



O R I G A M I
PROJECT

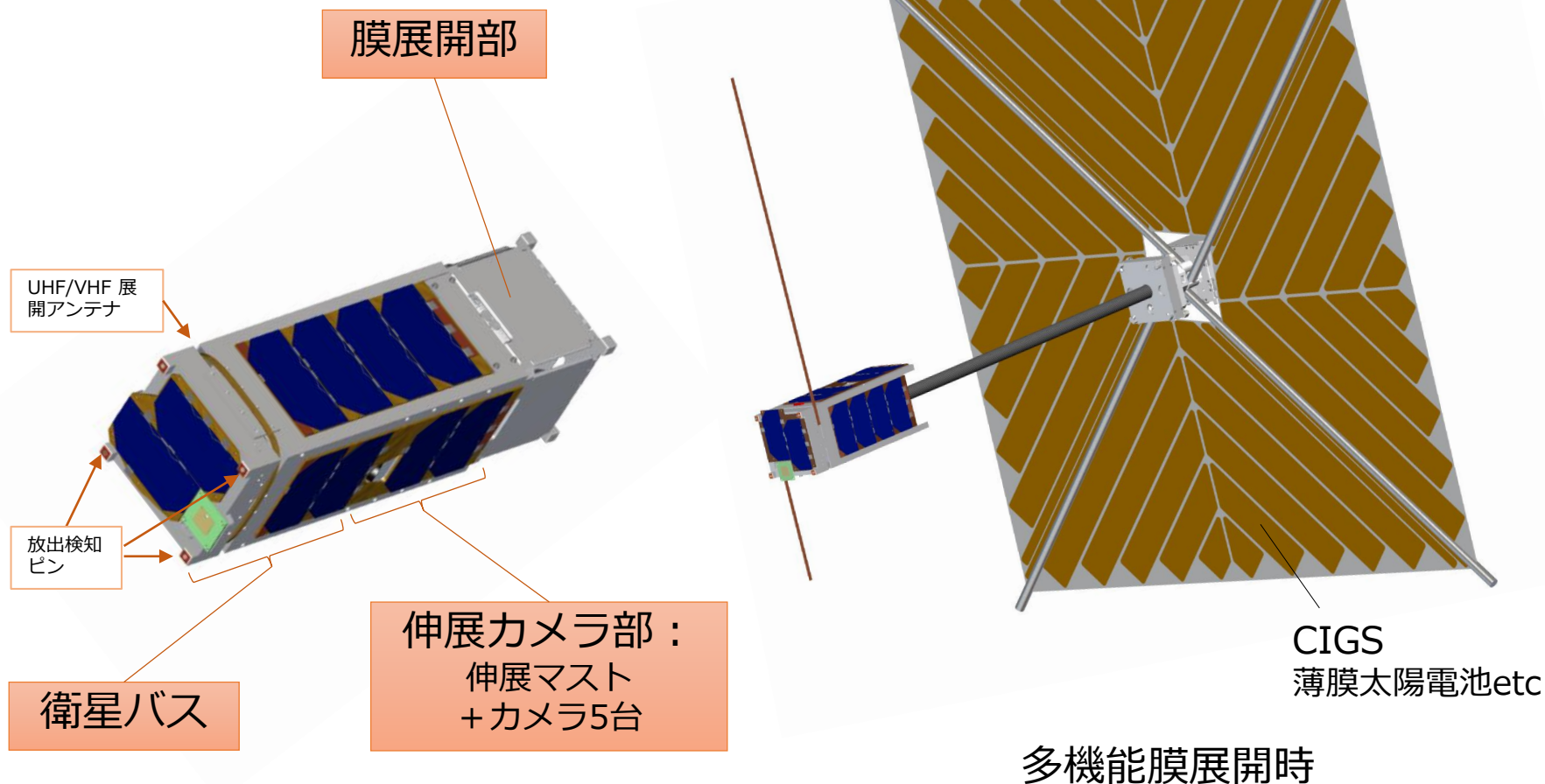
3Uキューブサット OrigamiSat-1 / FO-98

X: 100 × Y: 100 × Z: 340.5 mm

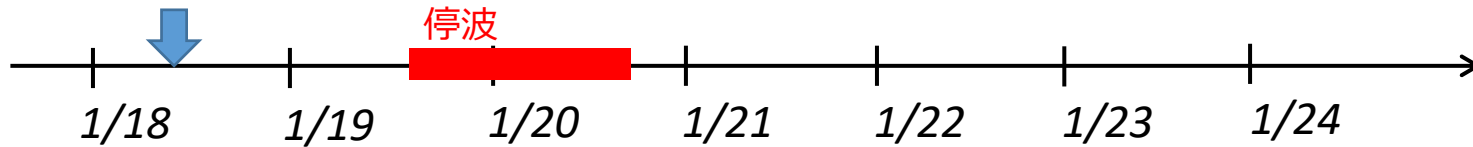
4.1 kg

ミッション

[1] 多機能展開膜の展開, [2] カメラを用いた
展開構造の軌道上計測, [3] 無線技術の習得



OrigamiSat-1打ち上げ～運用の経緯（1 / 2）



2019/01/18 9:50（以降すべてJST）： 内之浦より打ち上げ。

2019/01/18 10:57： ロケットから衛星放出（打ち上げ4000 s後）。

11:22： 放出25分後に、アマチュア無線家がCW受信。

バッテリー等は正常だが、**以下の不具合：**

➤RX COBCが、EEPROMからI2C通信でデータ取得できていないエラー。

22:04： 東工大地上局からコマンドアップリンク。直後、衛星よりレスポンス。

➤アップリンクが通ったことから、RX COBCがI2C通信によりEEPROMへデータを書き込んだことがわかる。

➤RX COBCはEEPROMのデータを読み込めないが書き込めるという不可解な事象。

2019/01/19 13:58： **米国SatNOGSでの受信報告を最後に、CW受信が途絶える（1度目の停波）。**

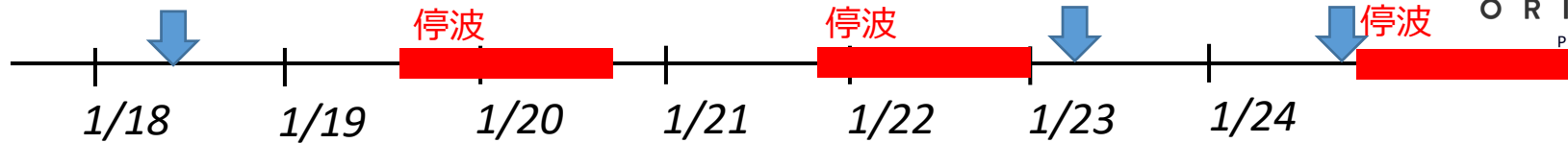
2019/01/20 17:02： Minskのアマチュア局から受信報告あり
（27時4分間弱の停波）。

2019/01/20 21:28： FM通信によるHKデータの受信に成功。

OrigamiSat-1打ち上げ～運用の経緯（2 / 2）



ORIGAMI
PROJECT



2019/01/21 10:33 : FM HKデータを5分刻みで連続した10データ取得。
最短でOBCのブートから2時間17分後にOBCリセットの形跡。

19:34 : FM HKデータを5分刻みで18データ取得。OBCの動作は安定。

21:03 : **CW受信が途絶える（2度目の停波）。**

2019/01/23 0:22 : 米国から受信報告あり（**27時19分間弱の停波**）。

2019/01/24 11:08 : FM HKデータを14データ（75分間ぶん）取得。
再びOBCリセットの形跡。

20:11 : **FM HKデータをダウンリンク中、停波（3度目の停波）。**

その後CW/FMともに通信は回復せず

2019/5月～6月 : 5.8GHz通信系ダウンリンク実行コマンド送信
→衛星からのダウンリンクは確認できず

2019/6月～12月 : 膜展開コマンドを送信（膜展開による軌道変化を期待）
→軌道に変化は見られず。

2020/1月以降 : 新型コロナウイルス対応の入構制限を受け、運用停止⁶

EMを用いた地上試験で下記の不具合が見つかっている。

その1

電源モード切替のプログラムにバグがあり、約1日の停波が起こる可能性がある。（但し、この不具合は1日1回の自動リセットで復旧するはずであり、1日以上停波の原因は別と推定される。）

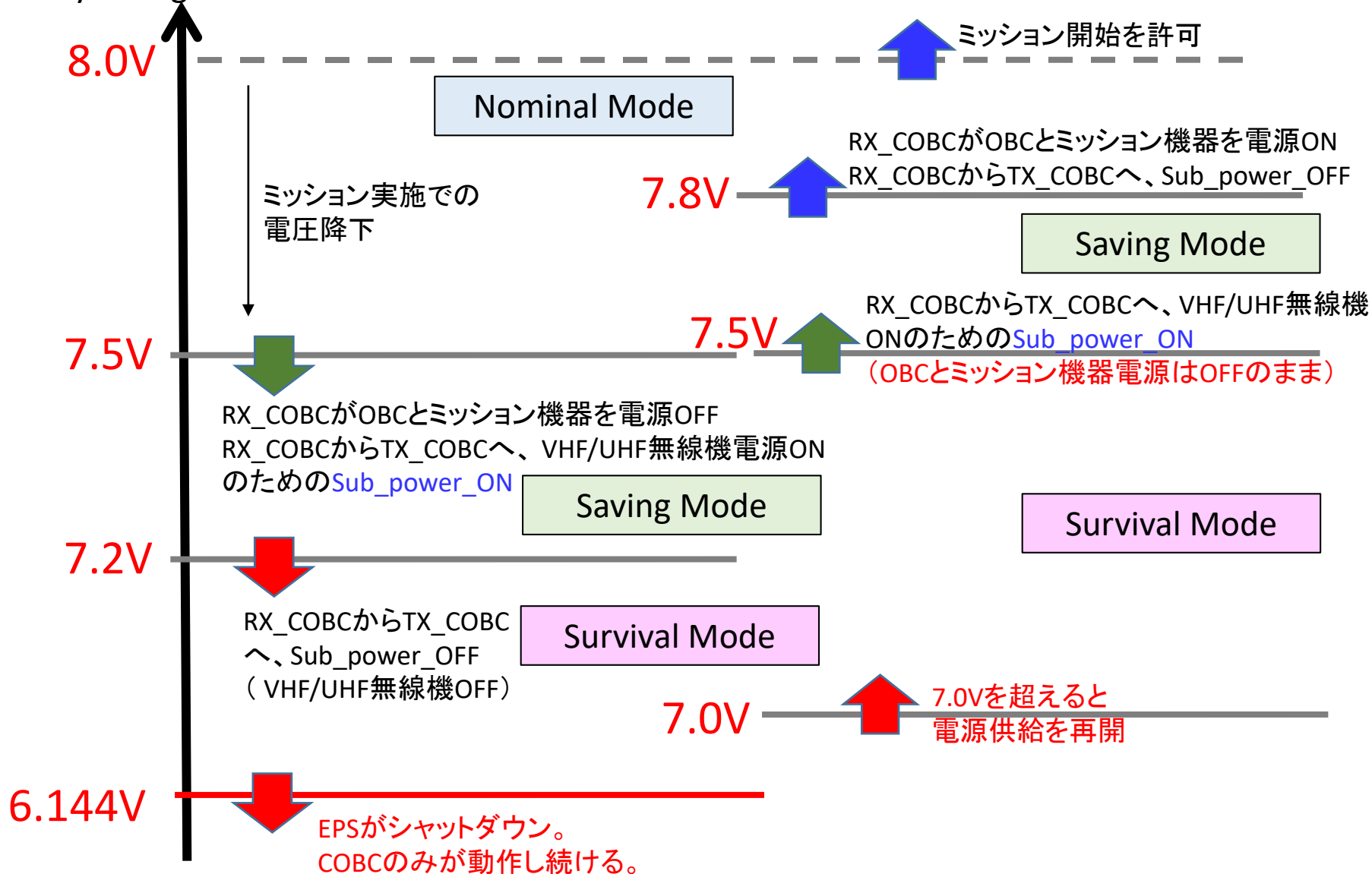
その2

OrigamiSat-1 通信制御基板上のメモリへの複数マイコンの同時アクセスの際、I2C衝突回避のアルゴリズムに無限ループの不具合モードが見つかっている。この不具合（あるいは他のソフトウェアの不具合）によりC&DH系の処理が停止する可能性がある。しかし、WDT機能あるいは**電源低下に起因するリセット**により、CW発信が復帰し、ミッションが再開できる可能性が残っている。

今回この事象が
発生したと推察される

衛星電力モード切替の概念図 (RX COBCが切替)

Battery voltage

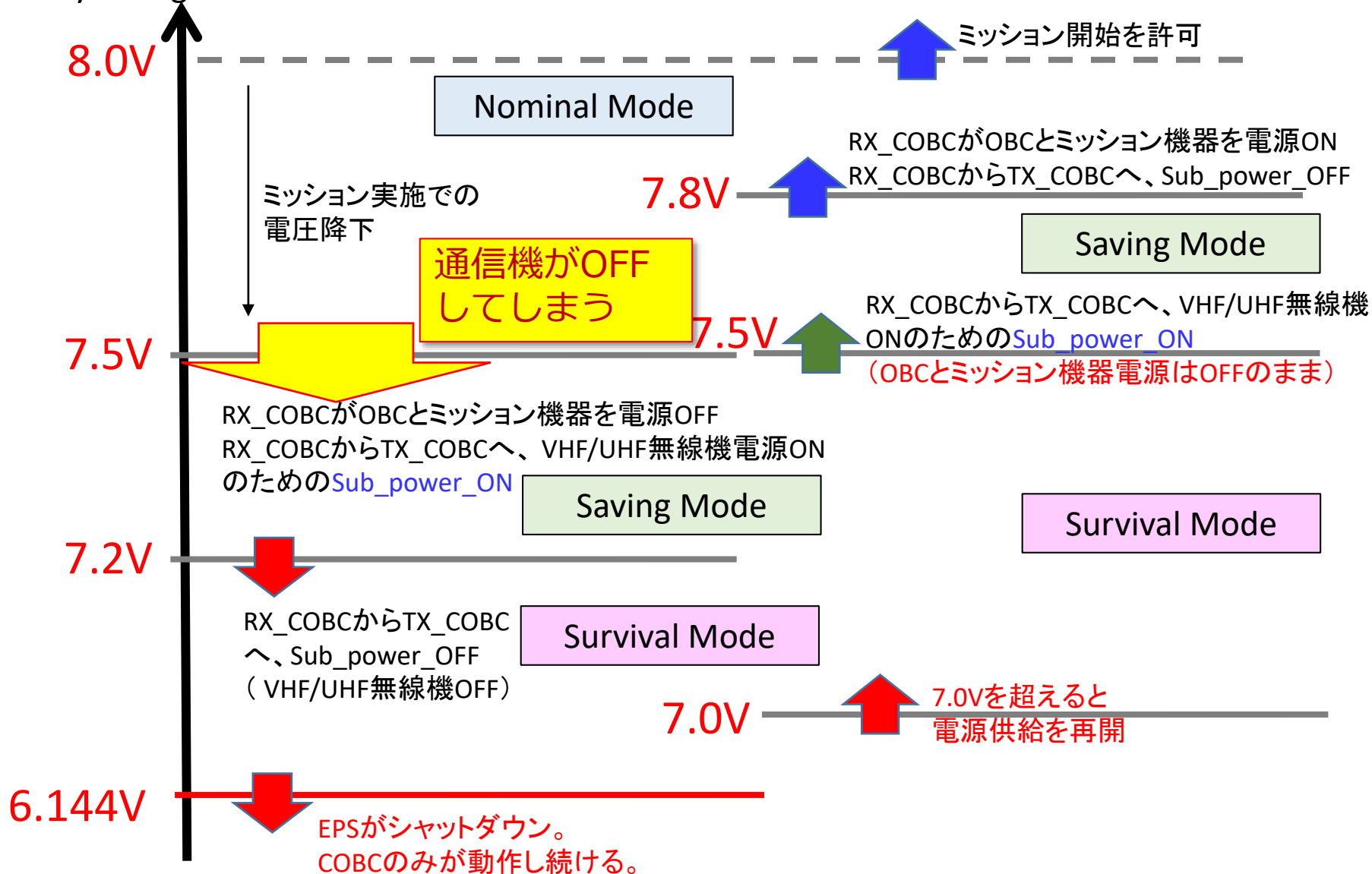


打ち上げ後の地上実験により発見した不具合（その1）



ORIGAMI
PROJECT

Battery voltage



2. 信号復活の経緯



O R I G A M I
PROJECT

OrigamiSat-1～復活と現在までの経緯（1 / 2）



2021/01/26 2:57（以降すべてJST）：

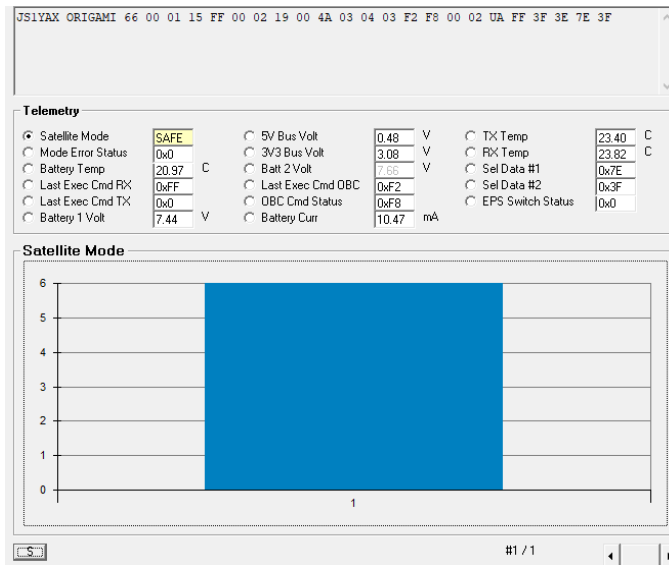
SatNOGSにOrigamiSat-1からのCW信号を受信した旨の投稿。

2021/01/26 5:18：

Twitterにて、OrigamiSat-1からのCW信号を受信した旨の投稿。

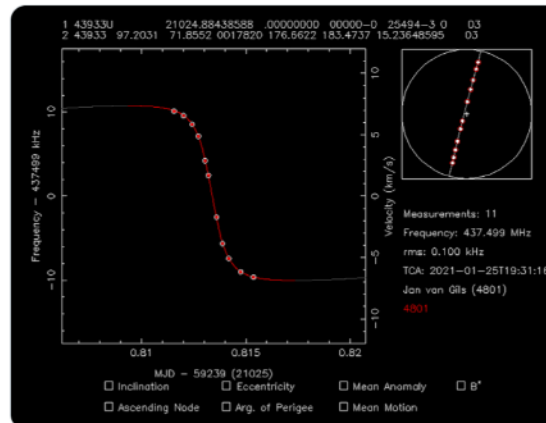
2021/01/26 7:59

JA0CAWよりTwitterにて、OrigamiSat-1からのCW信号を受信した旨の投稿（JA1OGZより連絡をいただき衛星開発チームが復活を認識）



Received strong CW signals from what seems to be ORIGAMISAT-1, FO-98 lets see the coming days if it stays this way. (network.satnogs.org/observations/3...)

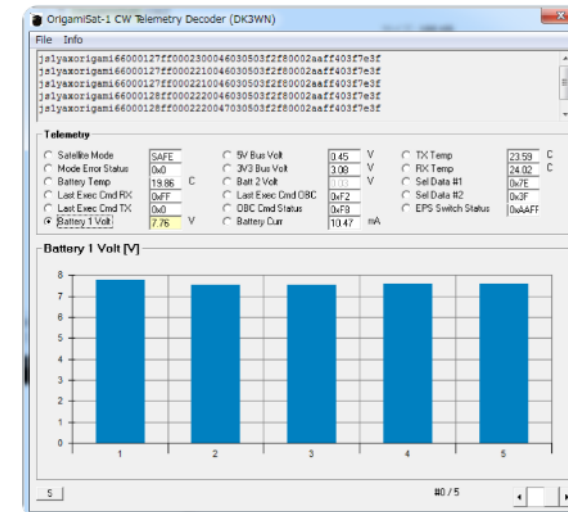
ツイートを翻訳



午前5:18 · 2021年1月26日 · Twitter Web App



OrigamiSat1 (FO-98) 22:59 UTC CW Beacon good signal @OrigamiSat1 @knglaser @pe0sat #cubesats

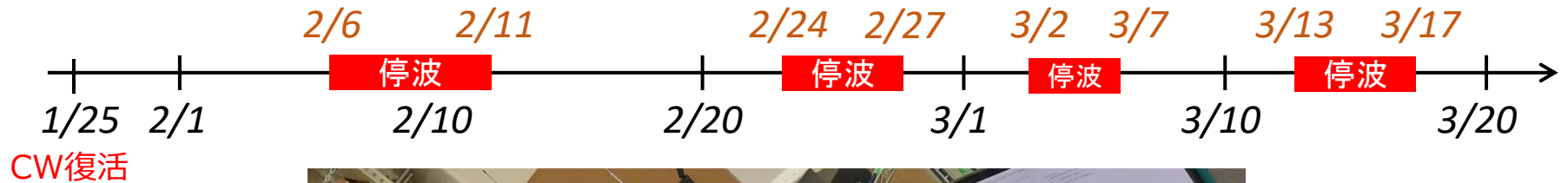


OrigamiSat-1～復活と現在までの経緯（2 / 2）

2021/01/27 19:45 : 東工大局でCWを受信

以降、4度の停波（2～4日）をはさみつつ、現在までCW受信

（これまで世界各地から多くの受信報告をいただいています。心より感謝申し上げます。QSLカードの送信手続き中です）



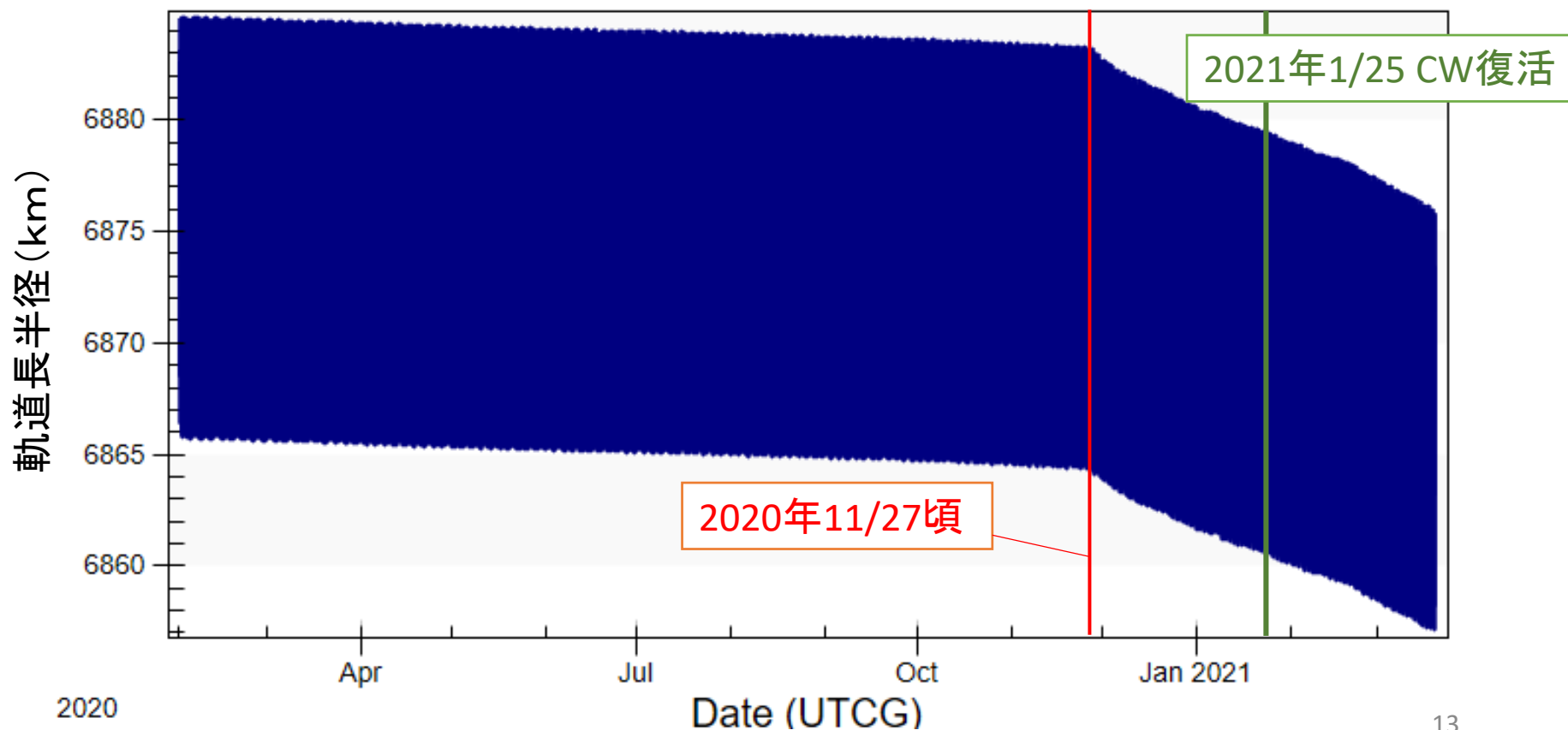
軌道高度の変化

2020 11/27頃から高度降下率が上昇している

→ 膜が展開した可能性が高い

この期間、膜展開コマンドは送信しておらず、何故展開したかは未解明

Satellite-B_OrigamiSat-1 - 19 Mar 2021 16:57:09



運用の状況（～2021年3月25日現在）



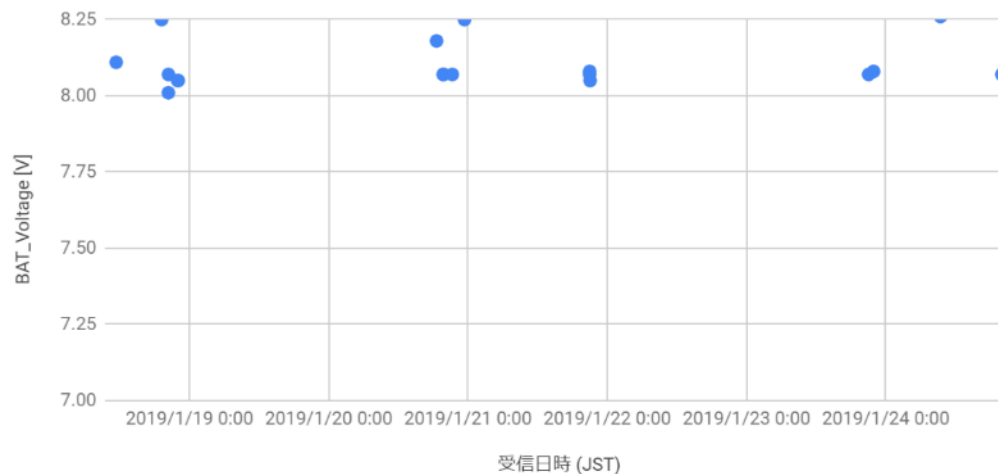
現状CWは受信できているものの・・・

- ◆ 運用を再開したいがコマンドアップリンクが通らない（復活後2回のみ，衛星がNominal Mode時に成功）
- ◆ たびたび停波状態に陥る
- ◆ バッテリ電圧が低く，ほとんどSaving Mode（通信機のみON，OBC停止）となっている（打ち上げ直後停波の原因と考えられていたSaving Mode移行時の無線機停止（停波原因その1）が起きていない理由も不明）
- ◆ 軌道降下率が昨年11月以降変化している

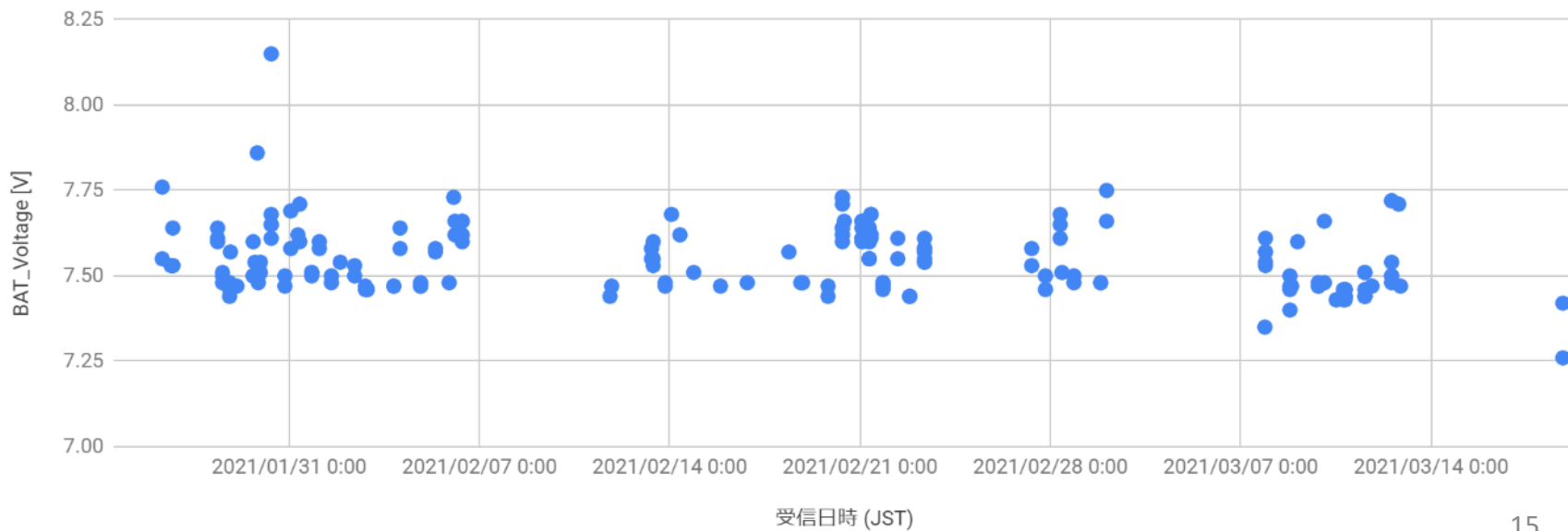
現状の問題：バッテリー電圧

バッテリー電圧が低く
バッテリーセービング
モードが続く

二年前BAT_Voltage [V]

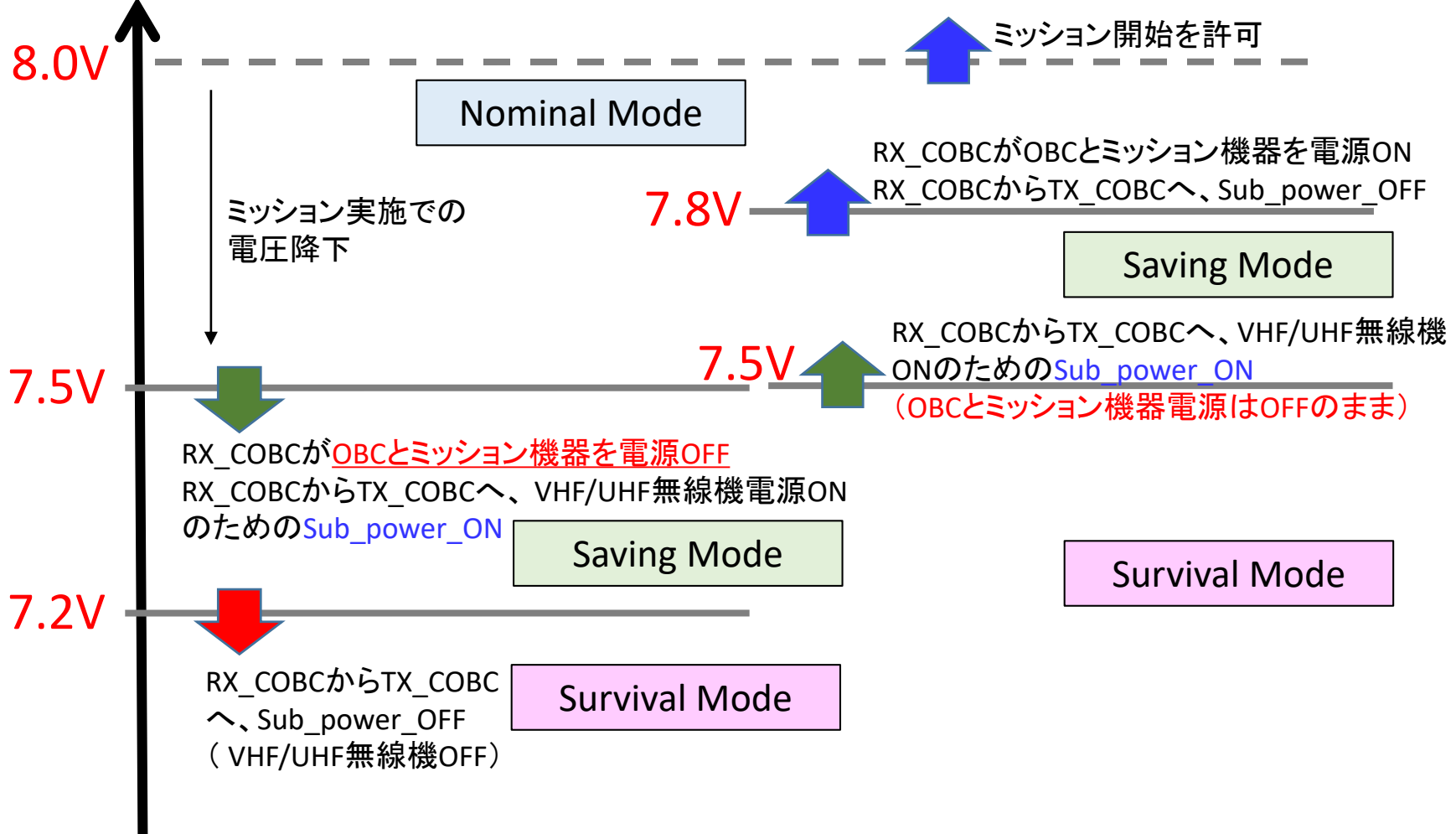


復活後BAT_Voltage [V]



モード切替の概念図 (RX COBCが切替)

Battery voltage



- 今回の停波は電圧低下でSurvival Modeへ移行していることが原因？
- Nominal Mode にならないと、カメラ撮影や5.8GHz通信ができない。

現状では上記事象を下記のように理解している。

- 2019年1月の停波後の地上試験で、OrigamiSat-1 CIB基板上のメモリへの複数マイコンの同時アクセスの際、I2C衝突回避のアルゴリズムに無限ループの不具合モードが見つかっている。この不具合（あるいは他のソフトウェアの不具合）によりC&DH系の処理が停止していた。
- 2020年11月、TLEによると**展開膜が開いた**模様である。
 - （おそらくはテグスの結び目が熱応力により疲労破断した？）
- **展開膜の影**で太陽電池の発電量が減り、一度バッテリー電圧が著しく低下したと推定される。
- EPS（電源システム）シャットダウンにより本体にリセットがかかった。**これによりCWの送信が再開した。**
- 膜の影の影響（および太陽電池・バッテリーの経年劣化）によりバッテリー電圧が最大7.68Vまでしか上昇しない状態にある。
- **Saving Modeで衛星がコマンドを受信できない不具合が発生している可能性がある。**（これまでNominal Modeの際のみ衛星から応答があった。）
- しばしば**Survival Modeへ移行し**、衛星からの通信が途絶える。

3. 軌道高度解析



O R I G A M I
PROJECT

軌道寿命解析

NASA Debris Assessment Software (DAS)による解析

現状の降下率から換算した衛星の面積質量比: **0.142**

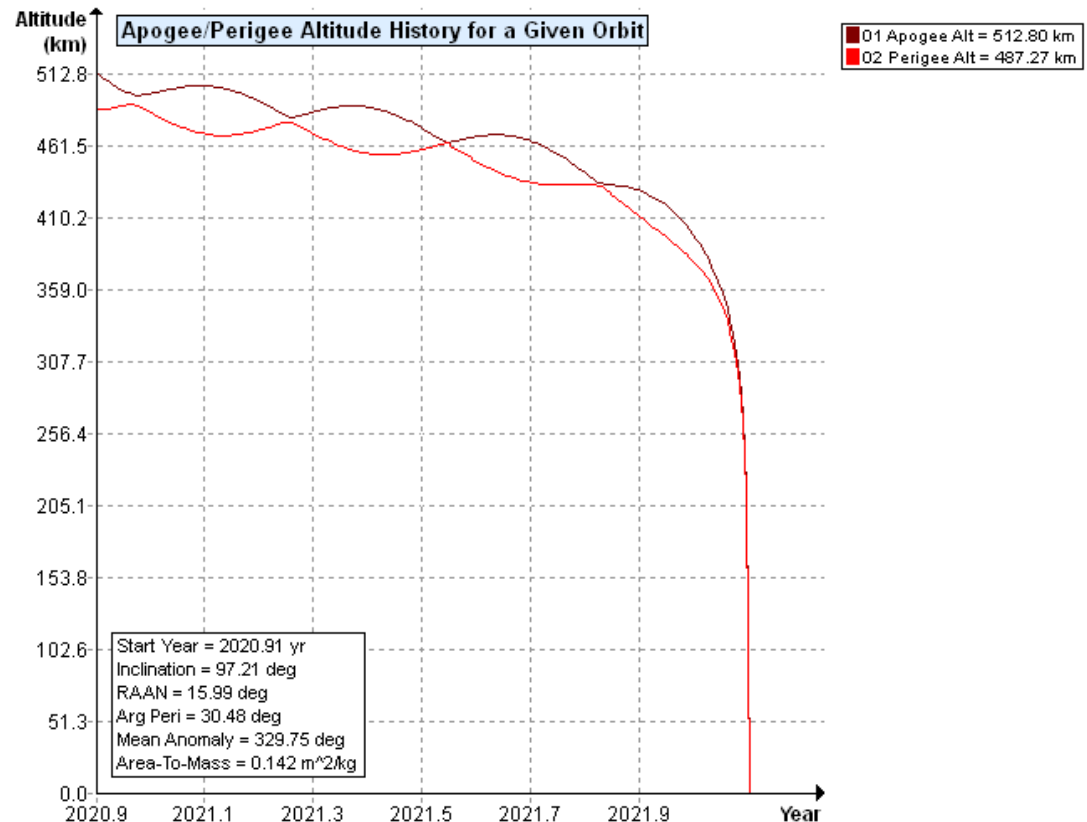
衛星の最大面積質量比: **0.244**

衛星タンブリング時の平均面積質量比: **0.124**

タンブリングか揺動運動
をしていると推定される

このままの面積投影比で
推移すると、
2022年1月ごろ軌道離脱

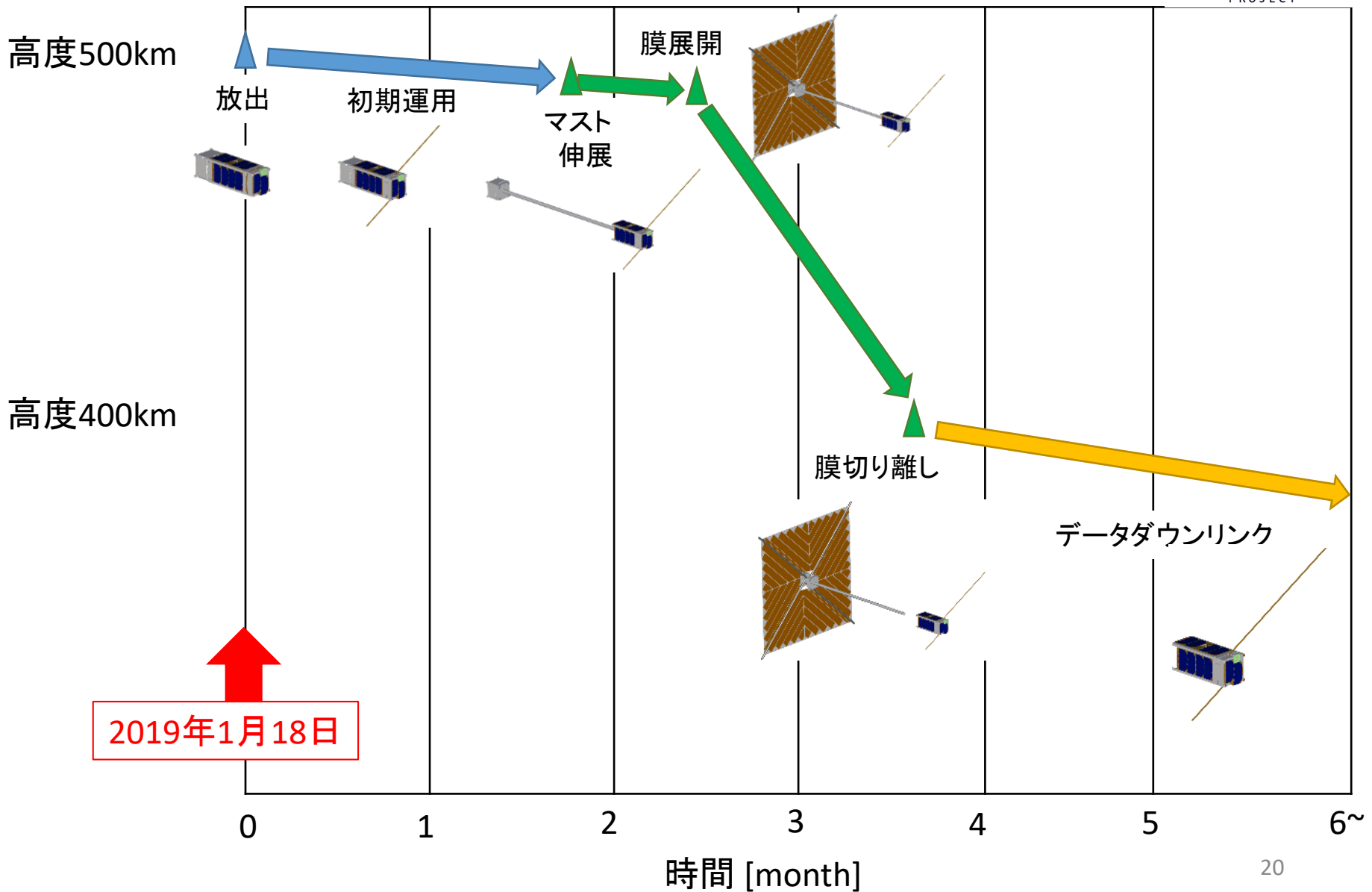
※万が一最大面積で安
定したと仮定すると
2021年7月軌道離脱



OrigamiSat-1 ミッションシーケンス (当初計画)



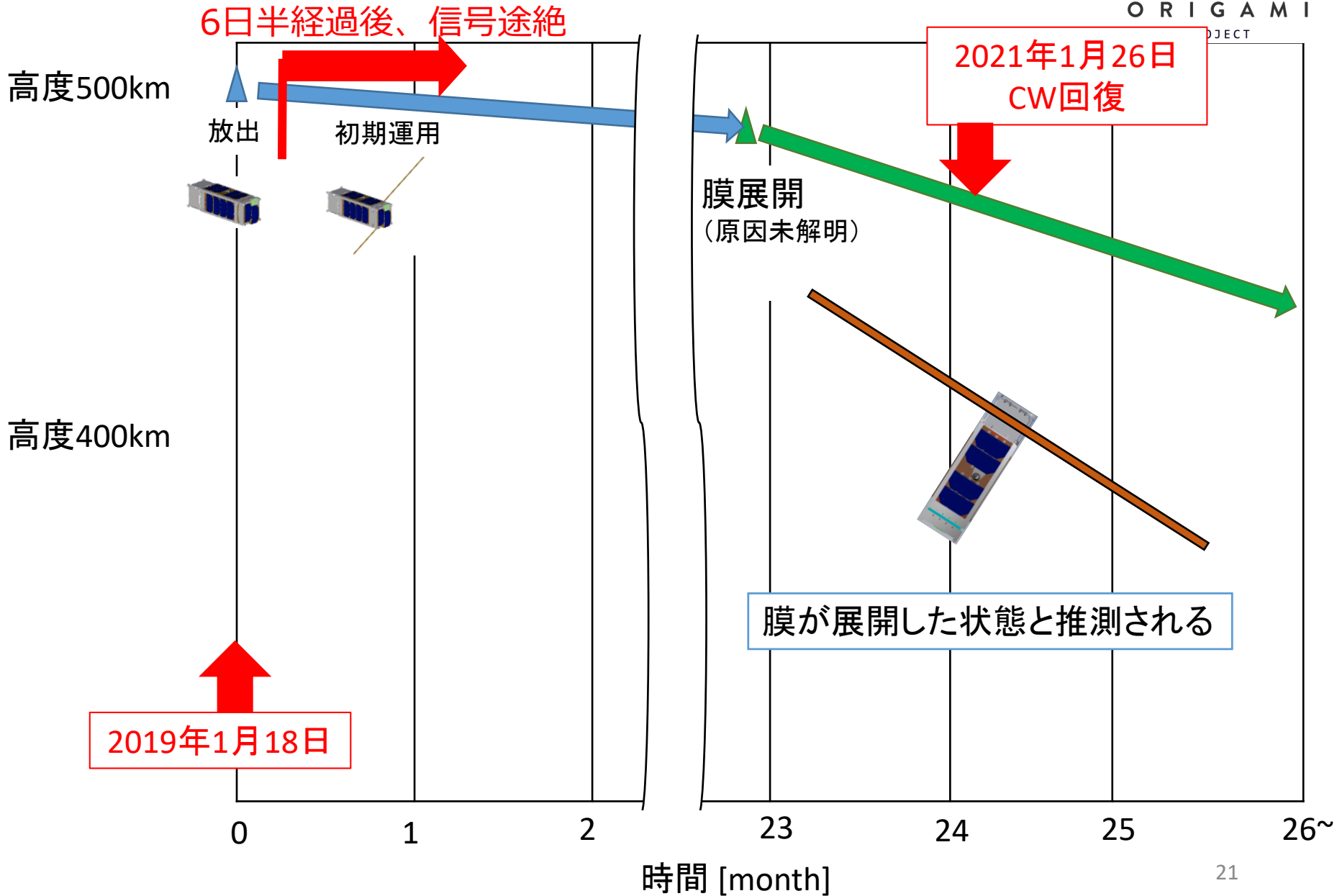
ORIGAMI
PROJECT



OrigamiSat-1 ミッションシーケンス (現状)



ORIGAMI
PROJECT



4. 今後の運用計画

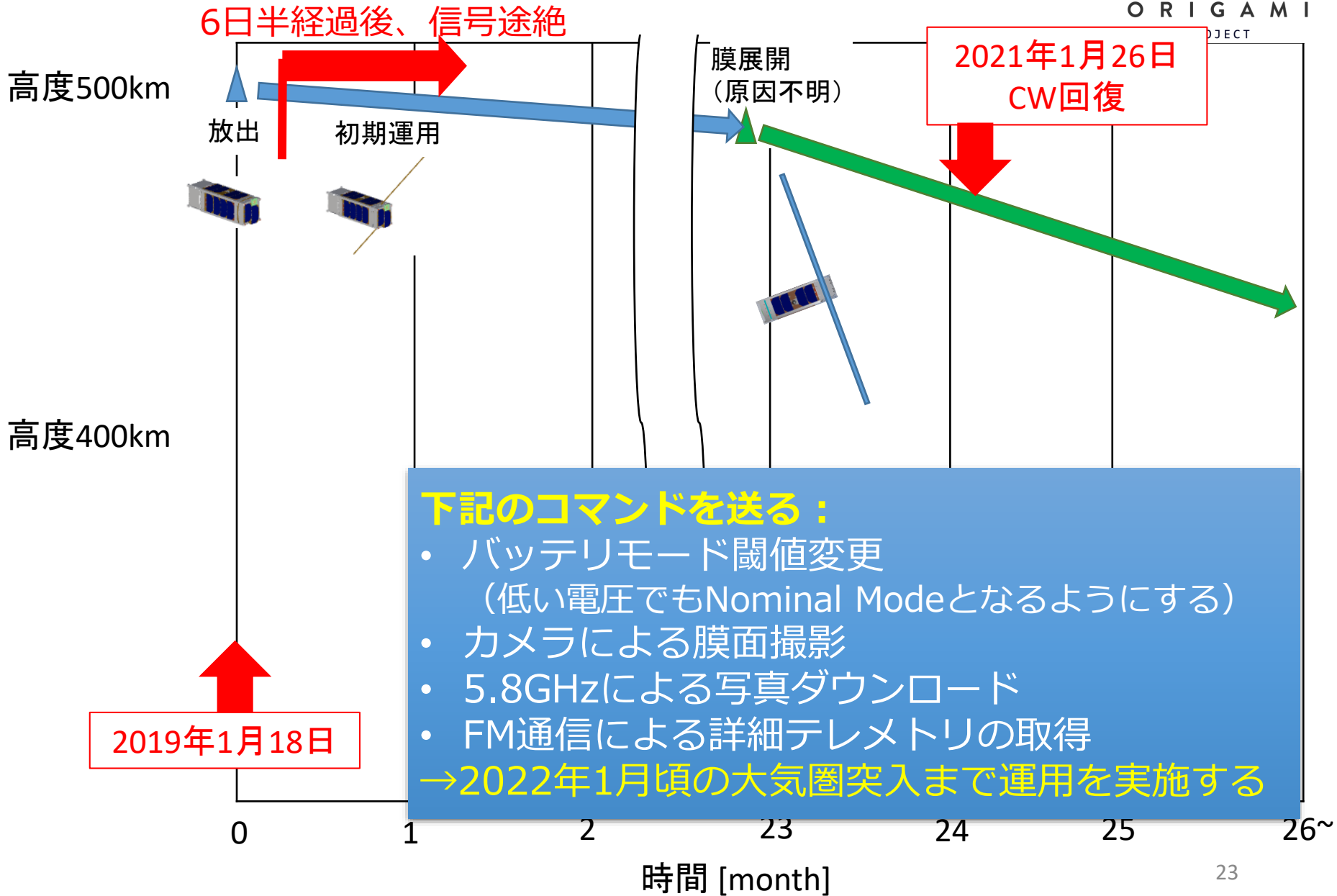


O R I G A M I
PROJECT

今後の運用計画



ORIGAMI
PROJECT



たくさんの受信協力をいただき心より感謝申し上げます。 今後ともどうぞよろしくお願い申し上げます。

復調方法・最新情報は随時HPにアップしていますので、是非ご覧ください。

Origami Project で検索

Origami Project



本文書の一部または全部を著作権者の許可なしに複製、転載することを禁止します。

© 東京工業大学 2021

Email: info [at] origami.titech.ac.jp