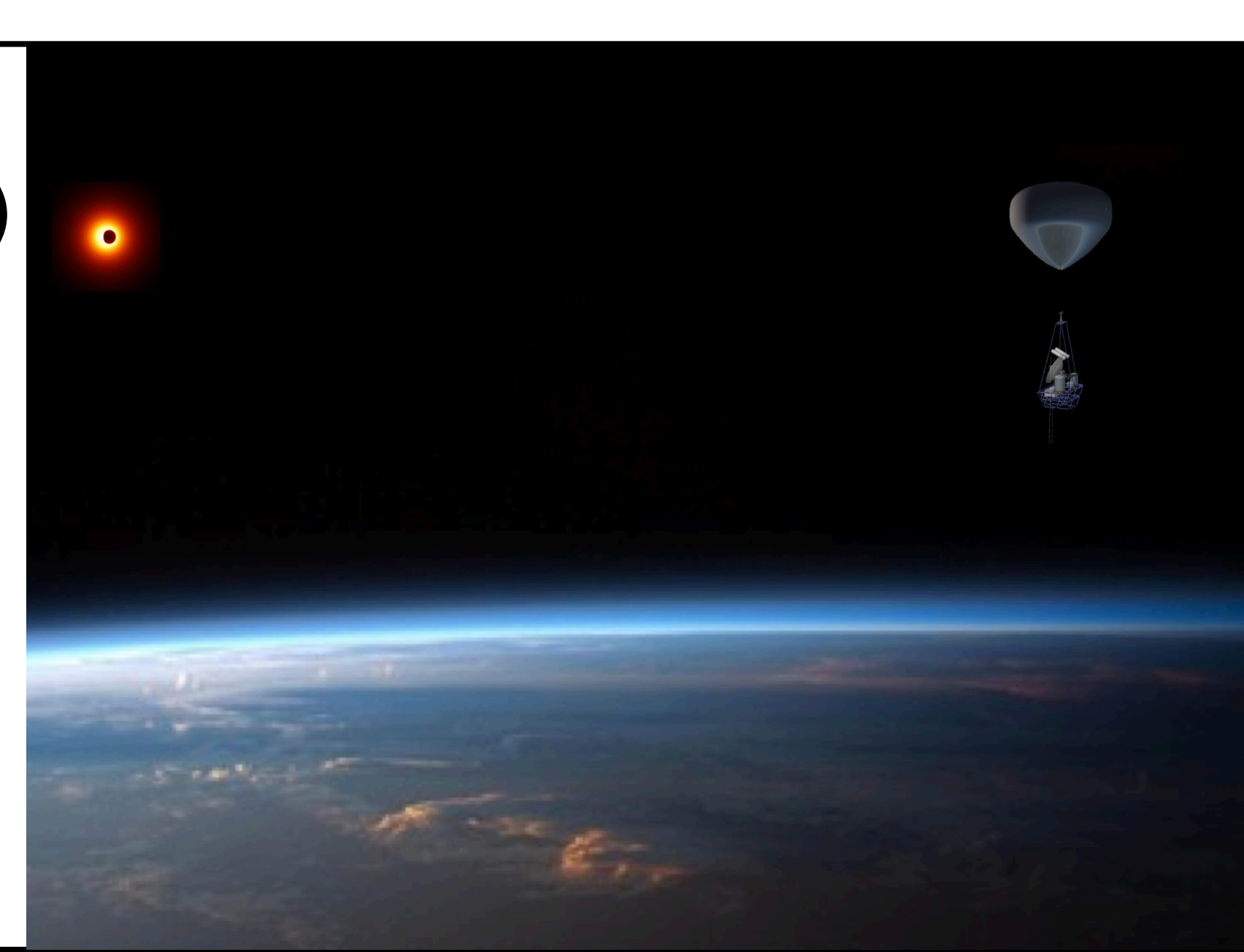


気球VLBI 2018実験 (→ 天候条件により放球延期)

土居明広(JAXA), 河野裕介(国立天文台), 木村公洋(名古屋大), 中原聡美(JAXA), 下向怜歩(東大・院), 長谷川豊(JAXA), 小山友明(国立天文台), 鈴木駿策(国立天文台), 亀谷收(国立天文台), 村田泰宏(JAXA), 米倉覚則(茨城大), 岡田望(大阪府大・院), 保田大介(大阪府大・院), 関戸衛(NICT), 海老沢研(JAXA), 井上芳幸(理研), 石村康生(早大), 本間希樹(国立天文台), 小川英夫(大阪府大), 田中宏明(防衛大), 小木曾望(大阪府大), ほか

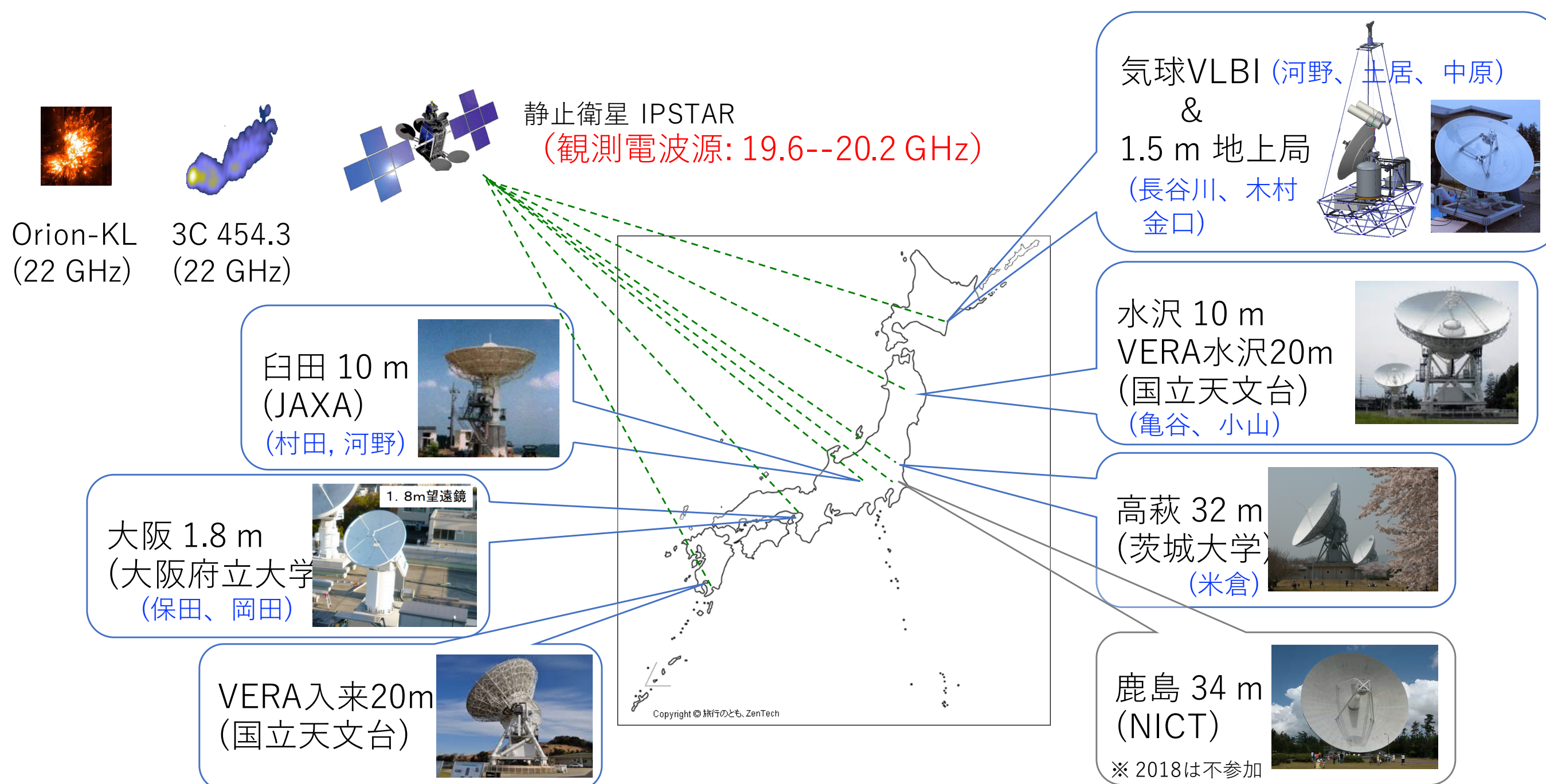


要旨

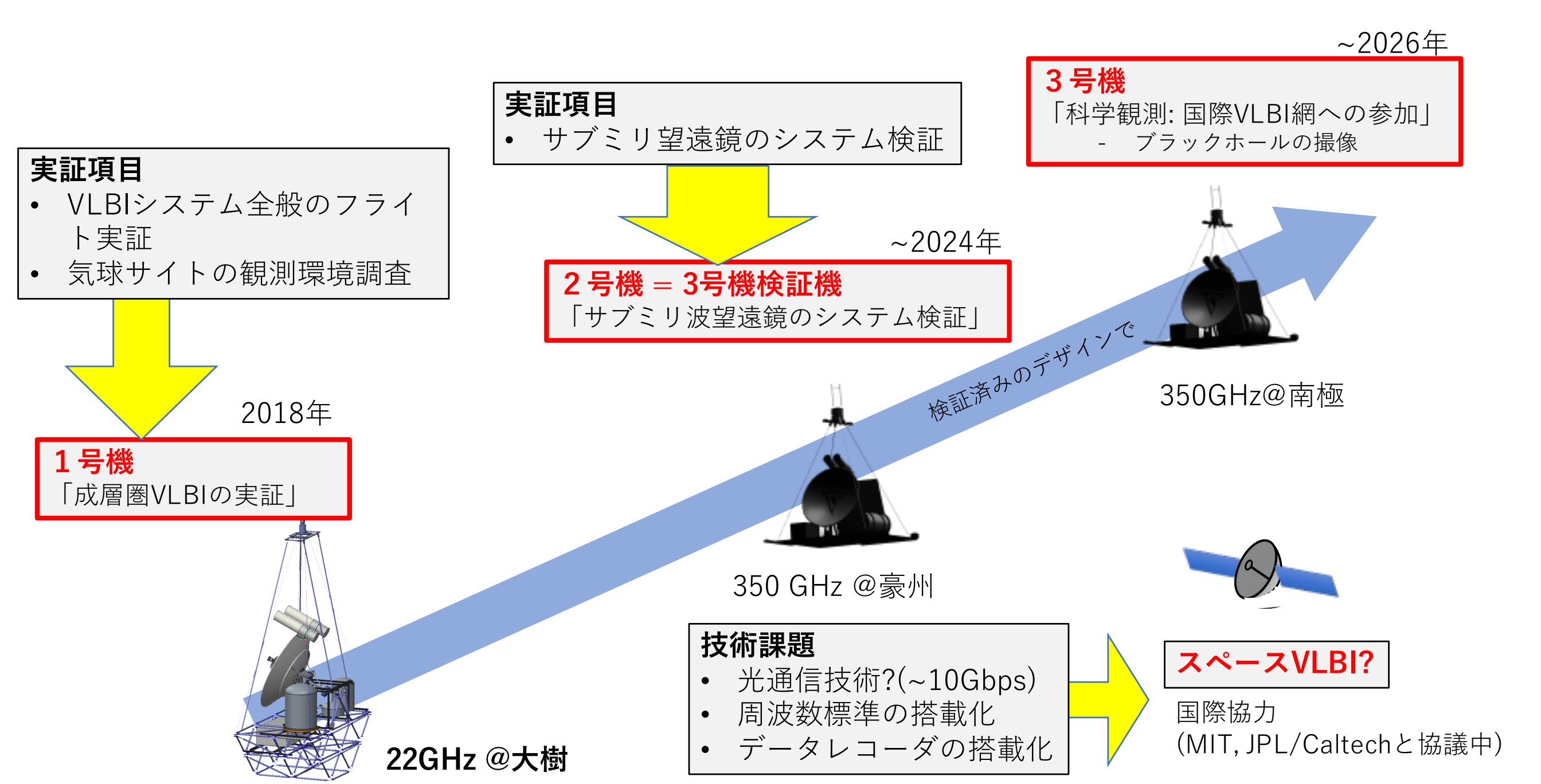
気球VLBI実験とは、成層圏に気球搭載型電波望遠鏡を滞在させ電波干渉計を形成できるかを検証する技術フィージビリティ・スタディである。将来のブラックホール直接撮像などの天文観測に向けた技術実証試験をおこなう。成層圏は、高周波電波帯(サブミリ波帯)の天文観測にとって、大気の影響をほぼ完全に避けることのできるサイトであり、地上の電波干渉計・スペースの人工衛星に次ぐ第三の観測プラットフォームとなりうる。最初のステップとして、受信周波数20GHz帯の口径1.5m電波望遠鏡を搭載したVLBIゴンドラ局と地上電波望遠鏡との間で Very-Long-Baseline Interferometry の干渉縞の検出を目指し、その性能評価をおこなう。前年度2017年、気象条件により放球が延期となっていた。2018年夏、この実験機を北海道広尾郡大樹町の JAXA 大樹航空宇宙実験場に輸送し、再び放球準備をおこなった。準備は順調に推移したが、放球に適する気象条件には恵まれず、放球は次年度以降へ持ち越された。放球場では、ゴンドラシステムをアSEMBリし、VLBI観測を含めた地上動作試験をおこない、すべての機能の確認を完了した。放球台に設置され、コマンドテレメトリ電波通信試験、噛み合わせ等をおこない、Flight Readiness Reviewを通過した。放球場現地での準備作業では、吊り下げ姿勢制御試験およびその状態でのVLBI観測を繰り返した。本州各地のVLBI電波望遠鏡群との間に干渉縞を確認できた。干渉計素子の1つとなる気球VLBI局は、上空での局位置を正確に決定する必要がある。まずGPSによるメートルオーダーの位置決定値をもとに干渉縞探索窓の範囲に入れた後、振り子振動等による位置変動を搭載ジャイロ・加速度センサーにより推定する。この機能を、地上観測を通じて確認した。

気球VLBI 観測網

大阪府立大局はK5VSP32のみ
VERAは広帯域系のみ



ロードマップ



Payload: Balloon-borne VLBI Station

Total weight 611.5 kg (2018)
Height 4130 mm
Width 2600 mm
Depth 1400 mm

Radio Telescope

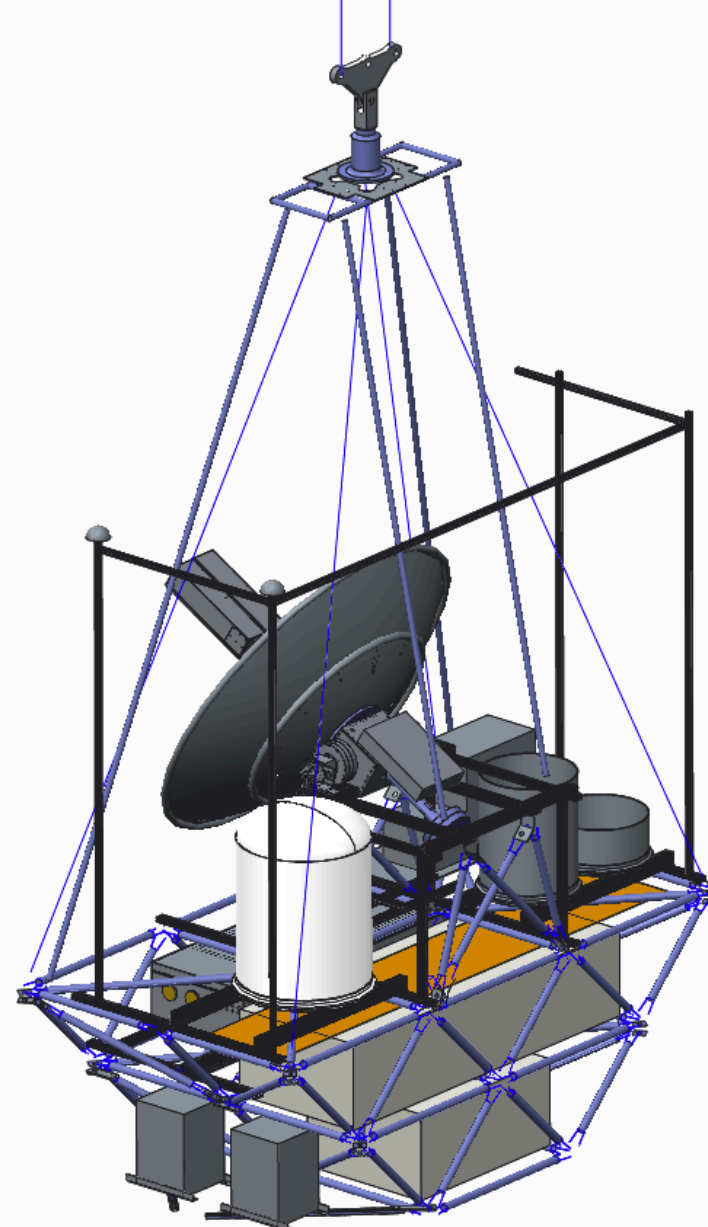
- Φ 1.5m
- HPBW = 0.6 deg at 20 GHz

Receiver

- 19.5–23.0 GHz
- LHCP/RHCP (Room Temp.)

Backend

- Oven-Controlled X'tal oscillator (OCXO)
- VLBI sampler ADS3000+
- recorder VSREC (8Gbps)
- VLBI sampler K5VSP32+NUC (128Mbps)
- digital spectrometer



Attitude Control

- Coarse Az motor "PIVOT"
- EL actuator
- AZ reaction wheel

Attitude Determination

- Geomagnetic sensor
- GPS Compass
- Sun sensor
- Fine sensors
- 3-axis Fiber-optic/MEMS gyro (Star tracker x2)

Position Determination

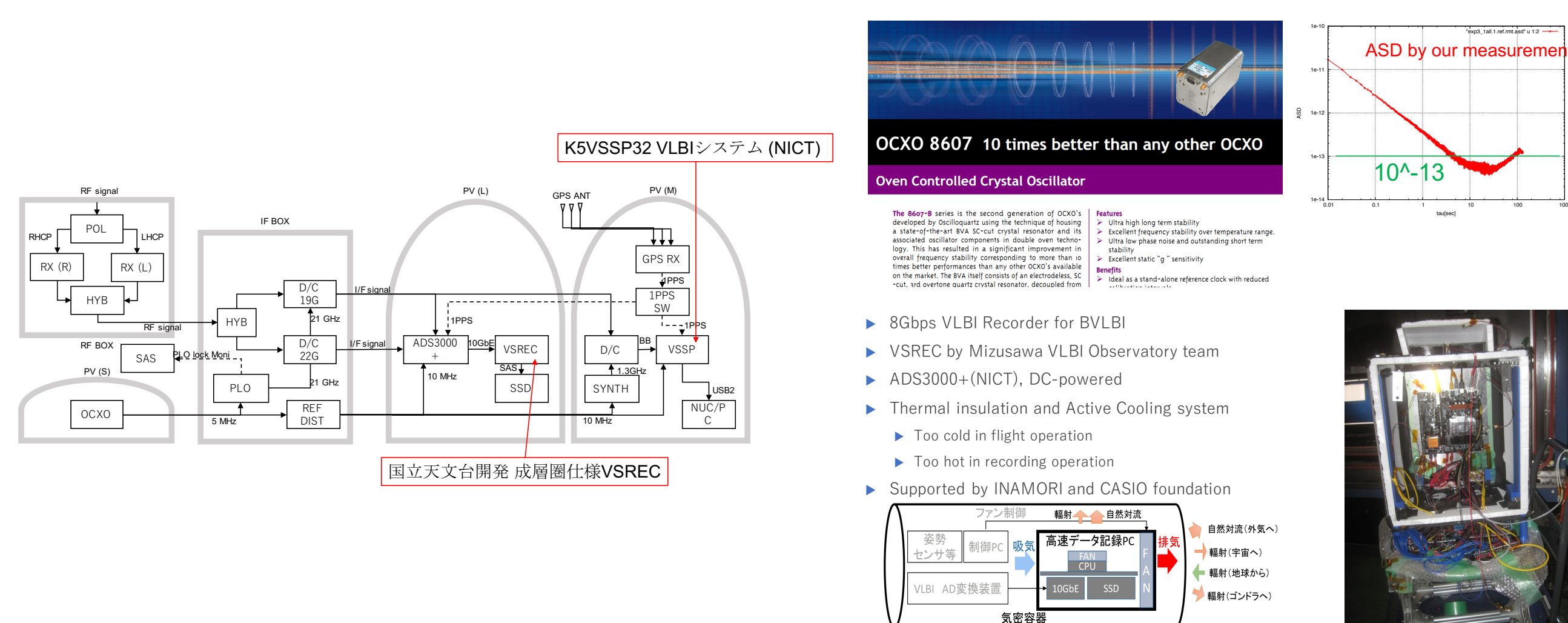
- GPS
- gyros, accelerometer

Power Supply System

- Li-ion Batteries (LiFePO4)
- 400~700W
- 5000Wh

Observation system

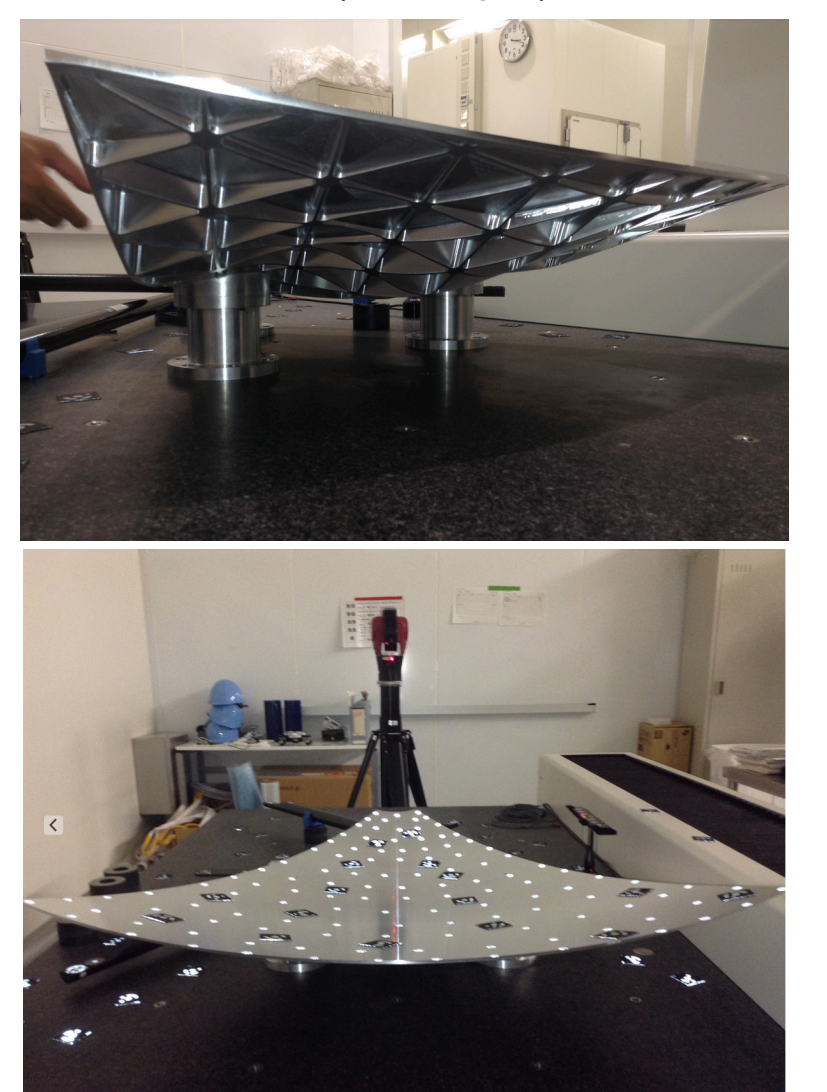
VLBIの心臓部「周波数標準時計」「広帯域データレコーダ」を搭載する構成が特徴
(電波天文衛星HALCAでは搭載できず地上設備とし、感度と運用効率と制限された)



気球用サブミリ波の開発 (気球VLBI+JAXA)

[JAXA工学委員会戦略的研究]

- 口径 2 m
- 6分鏡
- 30μm RMS (目標20μm)



大樹航空宇宙実験場での放球準備 I

現地での機能・性能を確認した

- 無磁気回転台を用いた姿勢センサ校正
- 目標電波源の自動補足・追尾機能
- 地上電波望遠鏡との干渉実験
- 振り子環境での姿勢制御
- 振り子環境でのVLBI観測
- 運用システム
- 噛み合わせ (通信・機械・電気)



大樹航空宇宙実験場での放球準備 II



- 6月08日 現地でのアSEMBリを開始
- 6月10日 本州との干渉実験成功
- 6月15日 姿勢センサの校正
- 6月19日 STT, 電源系, 姿勢制御系の機能確認
- 6月24日 アSEMBリと動作確認を完了
- 6月28日 通信感度試験
- 6月29日 最終噛み合わせ, Flight Readiness Review を通過
- 7月03日 一旦本州に帰る

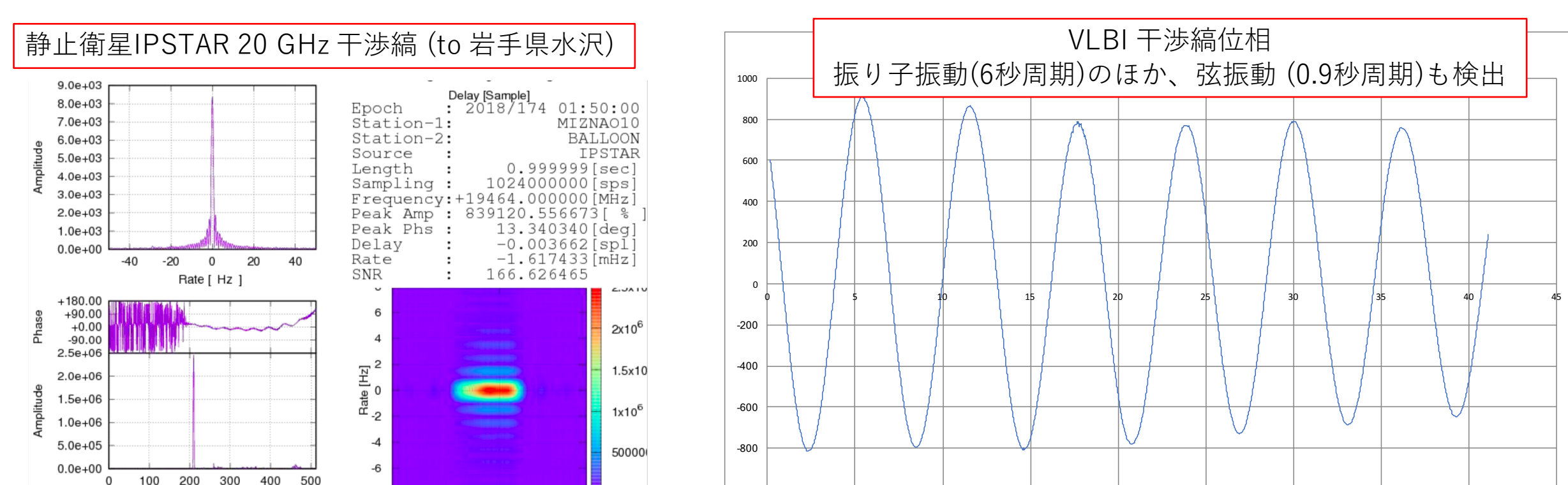
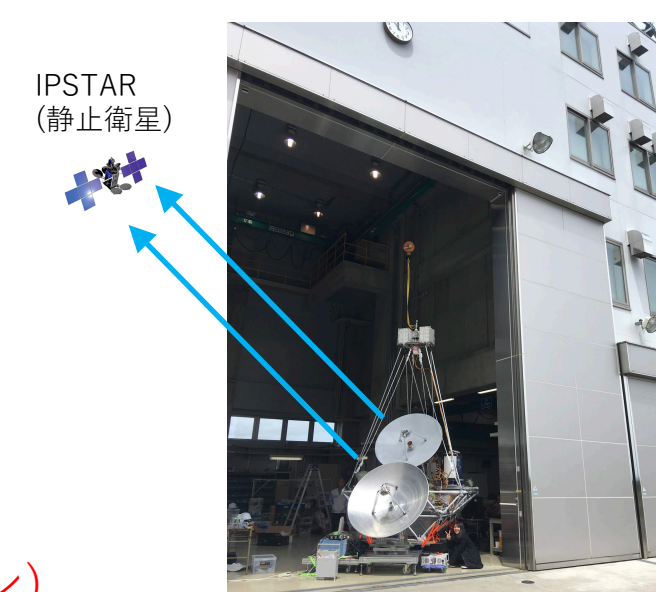
- 8月04日 現地での活動を再開
- 8月05日 振り子VLBI実験
- 8月10日 気象条件に恵まれず、撤収

現地での試験観測の結果

振り子運動させて姿勢制御・VLBI 観測 (振り子角~2000秒角)

- 指向精度 = 36秒角
- VLBI干渉縞の位置変動感度 = 39マイクロン/√0.1秒間

→ 将来ミッションの可能性を評価するのに十分 (<50マイクロン)



飛翔体局の威力 (基線数が日数/周回で増加)

表: 局数と基線数の関係

地上局 N	→ 基線数 $N(N-1)/2$
地上局 N + 飛翔体局 M	→ 基線数 $N(N-1)/2 + (M(M-1)/2 + NM) \times$ 日数

