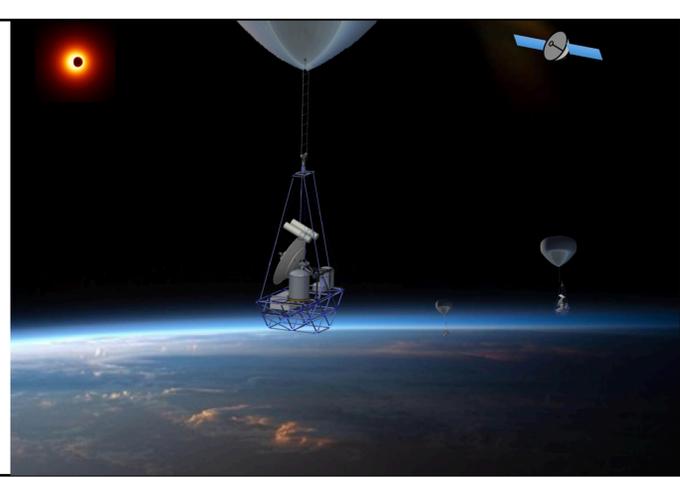


気球VLBI実験機の開発

土居明広¹、河野裕介²、木村公洋³、馬場満久¹、松本尚子⁷、岡田望³、中原聡美⁵、鈴木駿策²、小山友明²、中村広⁷、斉藤一哉⁴、渡邊尚彦⁶、館知宏⁴、村田泰宏¹、ほか研究協力者

¹JAXA宇宙科学研究所、²国立天文台、³大阪府立大学、⁴東京大学、⁵総合研究大学院大学、⁶岐阜高専、⁷山口大学、



要旨 科学気球で滞在可能な成層圏は、高周波数の電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、地上の天文台・スペースの人工衛星に次いで第三の観測プラットフォームとなる。我々は、ブラックホール撮像によるサイエンスの展開を当面の目標として、これまで実現されたことのない気球搭載型の干渉計電波望遠鏡局をVLBIで実現する検討をおこなっている。将来の気球高周波VLBIを実現するための技術的課題は、(A) 指向精度、(B) 主鏡の鏡面精度、(C) VLBI 高速データ処理系の排熱、(D) 周波数標準系の搭載、(E) 局位置精度などがあげられる。本研究では、フィジビリティスタディをおこなうためのフライト実験機を製作している。単機で打ち上げ、地上VLBI網 Japanese VLBI Network のアンテナとの基線の間で 22 GHz 帯でのフリッジ検出を目指す試験的なミッションであるが、300 GHz帯相当の位相安定度を評価することを意図したシステムとして設計している。周波数標準と高速データ記録系を含めた、VLBI局として必要なコンポーネントはすべて搭載しており、電源供給・局位置決定・姿勢決定・姿勢制御などの飛行体に必要なシステムを 500 kg のペイロードの中で実現した。2016年7月末~8月初旬のウィンドウで、北海道広尾郡の JAXA 大樹航空宇宙実験場からの放球をおこなうために現地へ持ち込んだが、天候不良と準備未完了により、放球には至らなかった。大樹町では、ゴンドラのフルアセンブリをおこない、地上での吊り状態による姿勢制御試験、VLBI観測試験をおこない、ターゲット電波源である静止衛星IPSTARの自動志向・トラッキング観測試験をおこなった。また、コマンドテレメ通信試験、放球台に設置しての機械噛み合わせ、放球前オペレーションリハーサルをおこなった。

VLBI gondola test flight model

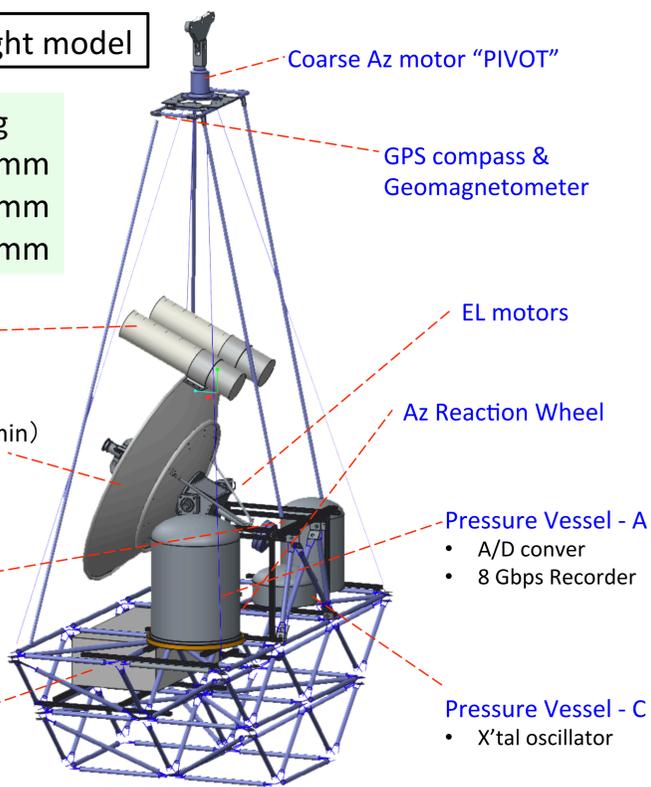
Total weight 500 kg
Height 4180 mm
Width 2600 mm
Depth 1400 mm

Daytime Star Trackers

Φ1.5m Radio Telescope
(22 GHz → HPBW = 30 arcmin)

Pressure Vessel - B
• Down Converters
• Operation PCs
• Gyroscope Sensors

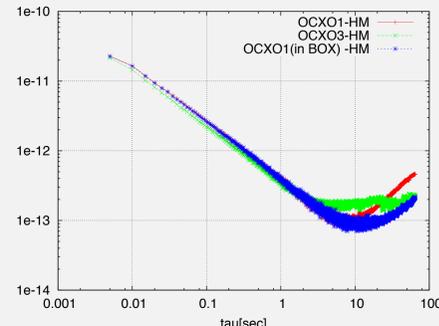
Li-ion Batteries



2号機サブミリ主鏡の試作と鏡面形状計測



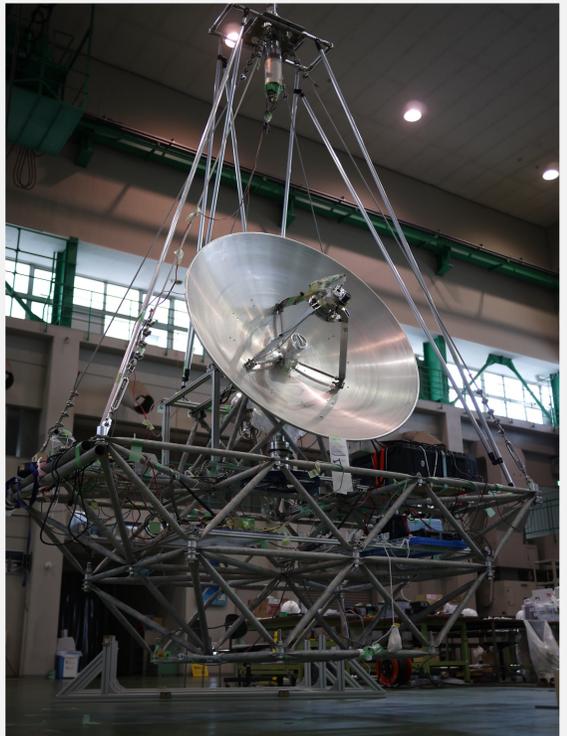
周波数標準源振OCXO アラン標準分散計測



姿勢制御実験 (仰角)

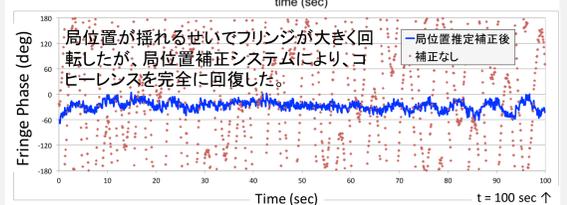
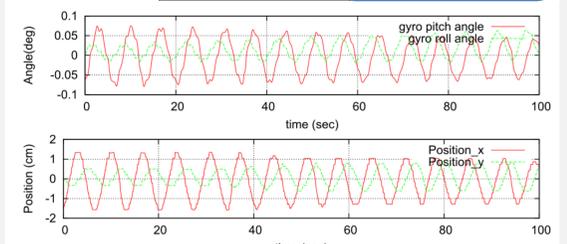
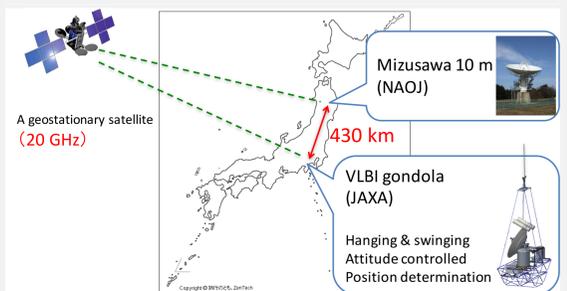


ゴンドラシステムの製造と吊り試験



地上での吊り状態 VLBI 観測試験

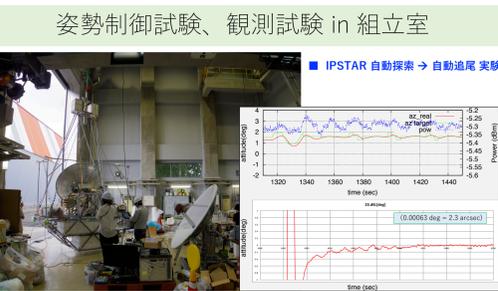
振り子振動を付加し、自動姿勢制御しながら電波受信し、VLBI観測をおこない、干渉縞を検出。局位置変動補正により、干渉縞のコヒーレンスはほぼ完全に復帰した。



気球VLBI 特徴と技術課題

- 特徴**
 - 周波数標準源振を搭載
 - 位相伝送システムを削減
 - 高速データ記録装置を搭載
 - 通信速度の限界を突破
- 技術課題**
 - 指向制御
 - 局位置揺らぎ
 - 加速度揺らぎ → 周波数標準源振の揺らぎ
 - VLBIデータ記録装置の搭載
 - (サブミリ波望遠鏡の搭載)

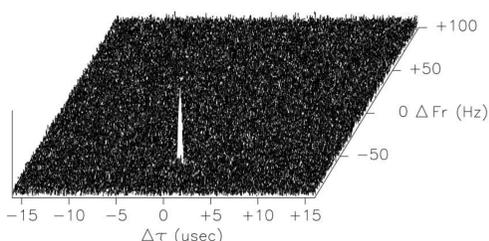
姿勢制御試験、観測試験 in 組立室



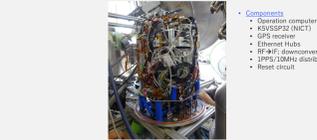
VLBI フリッジ試験 Gondola Station 1.5 m ---- Ground Station 1.5 m



STATION1 - STATION2
CH#:1 0.00MHz U 2bit 64MHz sampling
Source : APE_ZERO, Integ(sec)=0.6, PRT: 0/000 00:00:00
Amp = 0.003648, SNR = 23.1 (no amp correction)
Delay Res (sec) : -1.600e-08 Fr Rate (Hz) : -6.846e+01



Pressurized Vessels (Middle)



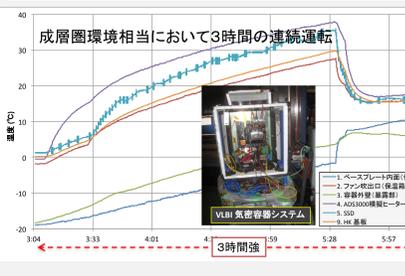
Pressurized Vessels (Small)



Pressurized Vessels (Large)



VLBIシステム搭載 気密容器の熱真空動作試験



地上での 230 GHz (波長 1.3 mm) VLBI 実験

野辺山宇宙電波観測所の2つの望遠鏡に、気球ゴンドラに搭載するOCXOを搭載、国内初/世界一に並ぶ高周波VLBIに成功。搭載装置の安定度を実証。

