



---

# VERAと国際網による セレーネのVLBI観測計画

花田英夫・RRSAT/VRADグループ  
国立天文台、JAXA

# ミッションの目的

---



新しい月の重力場モデル

(裏側の実観測、系統差除去、高精度)

慣性モーメントから核の物性 流体核の存在の確認

月の回轉變動モデル(物理ひょう動、自由ひょう動)

と組み合わせて

クラストの粘弾性、月の熱史

月の地形モデル(LALTデータ)と組み合わせて



月の起源と進化

# SELENE計画 / RISE

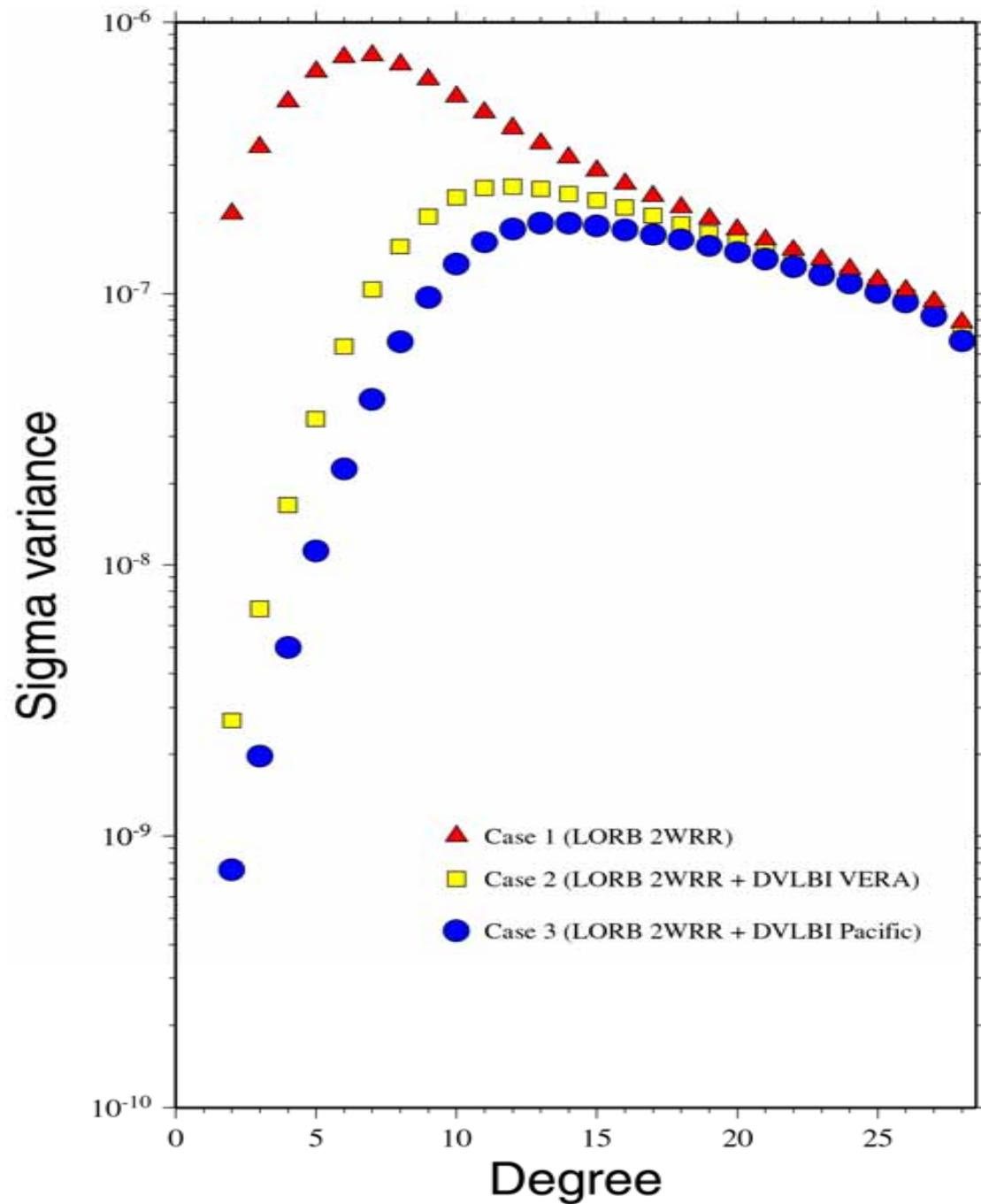
---



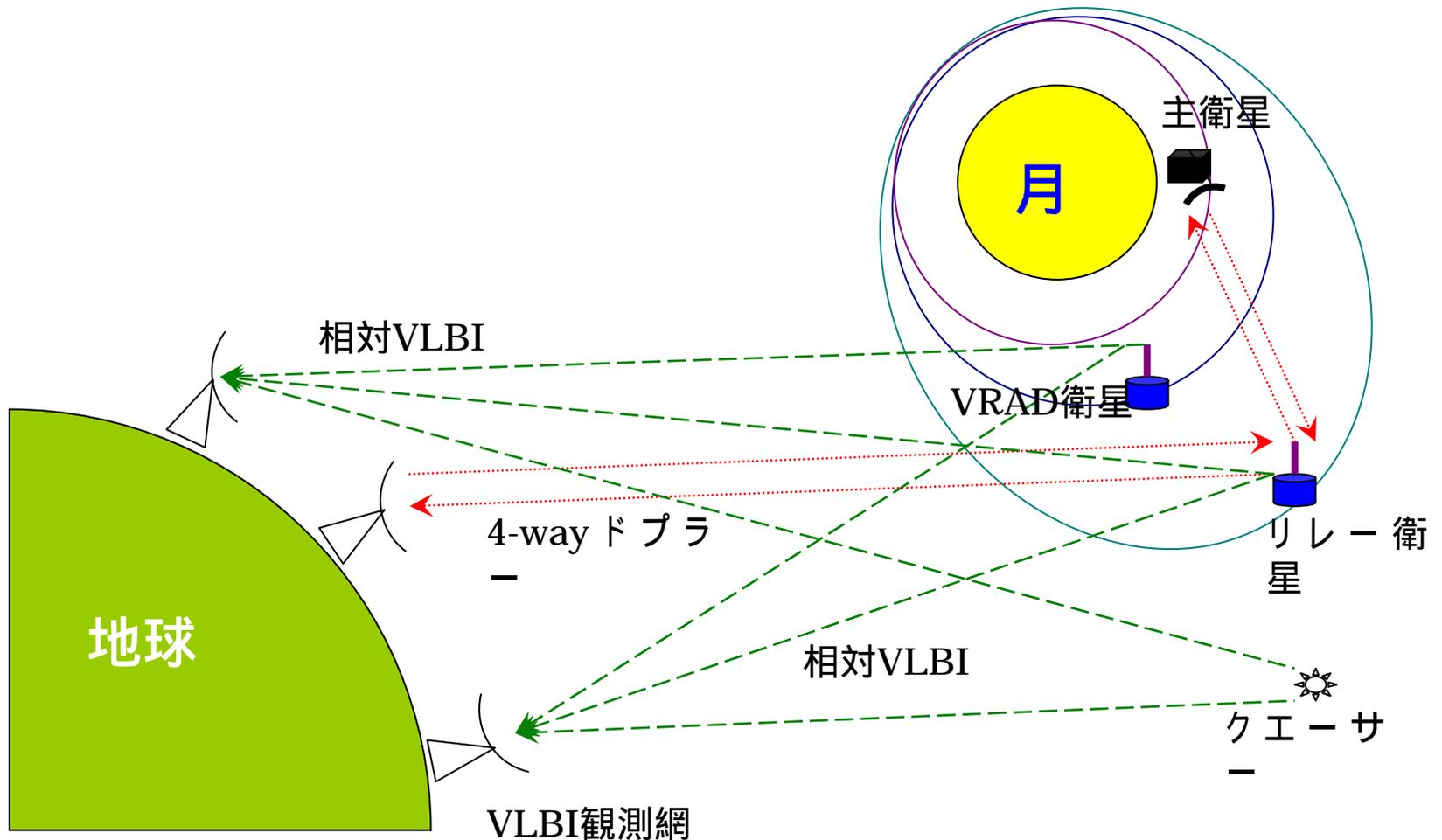
RSAT: リレー衛星を用いた4-wayドプラー観測  
月の裏側の重力場の直接観測(世界初)

VRAD: VLBIによる衛星の軌道と重力場の観測  
ドプラー観測と組み合わせて3次元観測(世界初)

# VLBI観測と重力場 観測精度



# RSAT/VRADミッションの概要



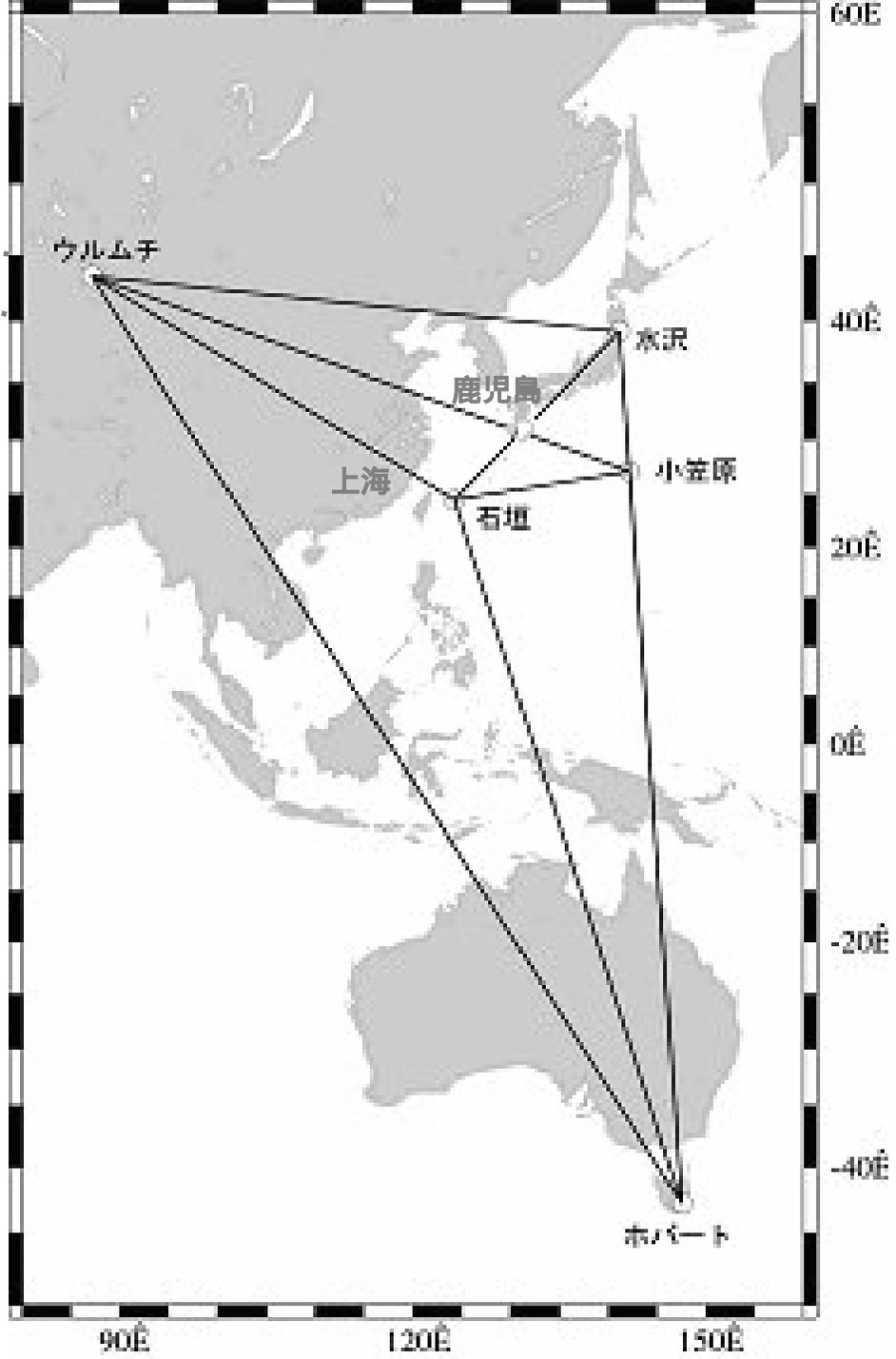
# 二つの子衛星から送信される電波の仕様



	S7	S8	S9	X2
Bands	S	S	S	X
Center Frequency	2212MHz	2218MHz	2287MHz	8456MHz
Band Width	CW	CW	CW	60 kHz (RSTAR) CW (VSTAR)
EIRP	> 24mW	> 24mW	> 24mW	> 250mW (RSTAR) > 38mW (VSTAR)

S帯のそれぞれの波の位相を10度以下(最小3度)の分解能で求めることによって、X帯の周期120ps以下まで追い込むことができ、X帯につながる。X帯では 8458MHz付近の搬送波の位相を10度の分解能で求めることによって、最終的に遅延時間を3.3psの精度(月面上約20cm)で求める。

ウェツェル

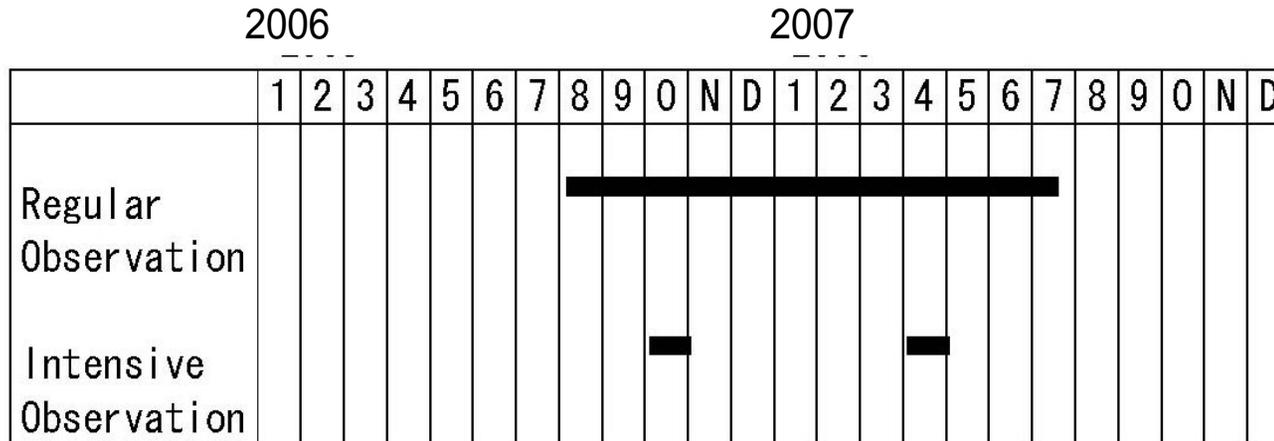


# VRAD用VLBI観測局



局	口径	アンテナ利得		システム雑音温度		半値ビーム幅(計算値)	
		S	X	S	X	S	X
水沢	20m	44.6dB	60.3dB	150K	210K	0.476deg	0.126deg
鹿児島	20m	44.6dB	60.3dB	150K	210K	0.476deg	0.126deg
石垣	20m	44.6dB	60.3dB	150K	210K	0.476deg	0.126deg
小笠原	20m	44.6dB	60.3dB	150K	210K	0.476deg	0.126deg
ウルムチ	25m	52.6dB	64.1dB	116K	45K	0.381deg	0.101deg
上海	25m	52.6dB	64.1dB	100K	45K	0.381deg	0.101deg
Hobart	26m	52.6dB#	64.1dB#	280K\$	324K\$\$	0.366deg	0.097deg
Wetzell	20m	~ 50.3dB	> 61.8dB	50K	50K	0.476deg	0.126deg

# 観測計画（暫定）



	Regular	Intensive
Network	Domestic (VERA)	International
Period	1 year	1 month × 2
Frequency	3 days a week	>3 days a week
Observation Time a Day	8 hours	8 hours
Observation Time	About 1300 hours	About 200 hours

# 計画立案：フロー（検討中）

- 打上直後に大まかな運用可能期間決定
- 2ヶ月前 地上局割り当て、バス運用(HGA)調整  
VERA局割り当て要求
- 1ヶ月前 HGA指向要求(4way)、調整
- 1週間前 運用リクエストファイル提出
- 3日前 新しい軌道で時刻調整(必要時)  
VERA局へ最終通知

注：初期運用が2ヶ月 初期定常運用は打上時に決定

# Rstar/Vstar運用基準



バッテリーDODが充放電1サイクルで収支が図れるような運用を行う

## 優先度

・Rstar・・・FWD>VRAD>RSRD>STBY

・Vstar・・・VRAD>TTC>STBY

Rstar 地球から不可視時・・・STBY (全日照時 TBD)

VRADモードではTLM-MOD OFF (S-TRP 送信OFF)

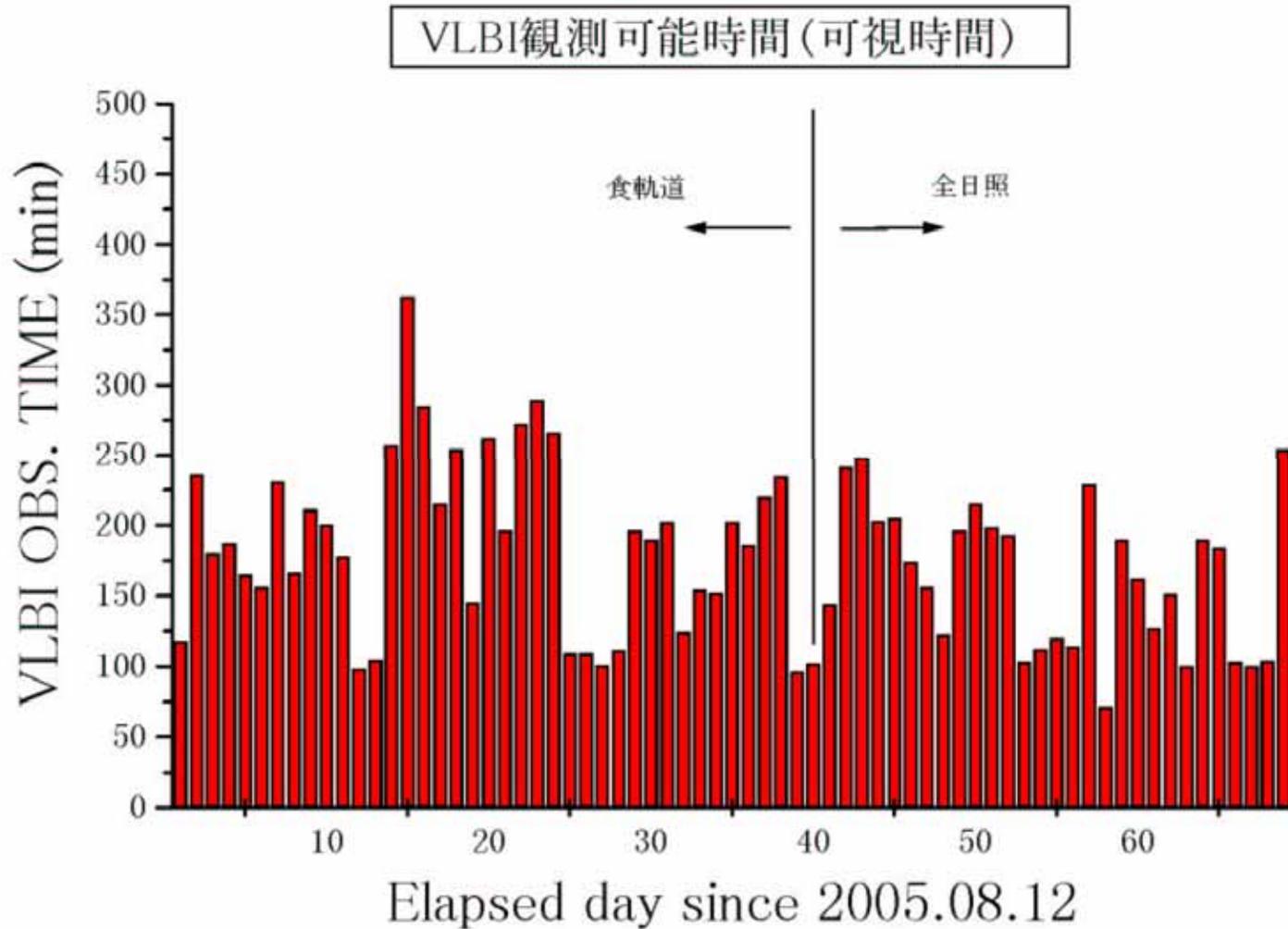
モード切替時はTLMにより衛星状態確認

VRAD-1とQSOの単独VLBIは原則として行わない

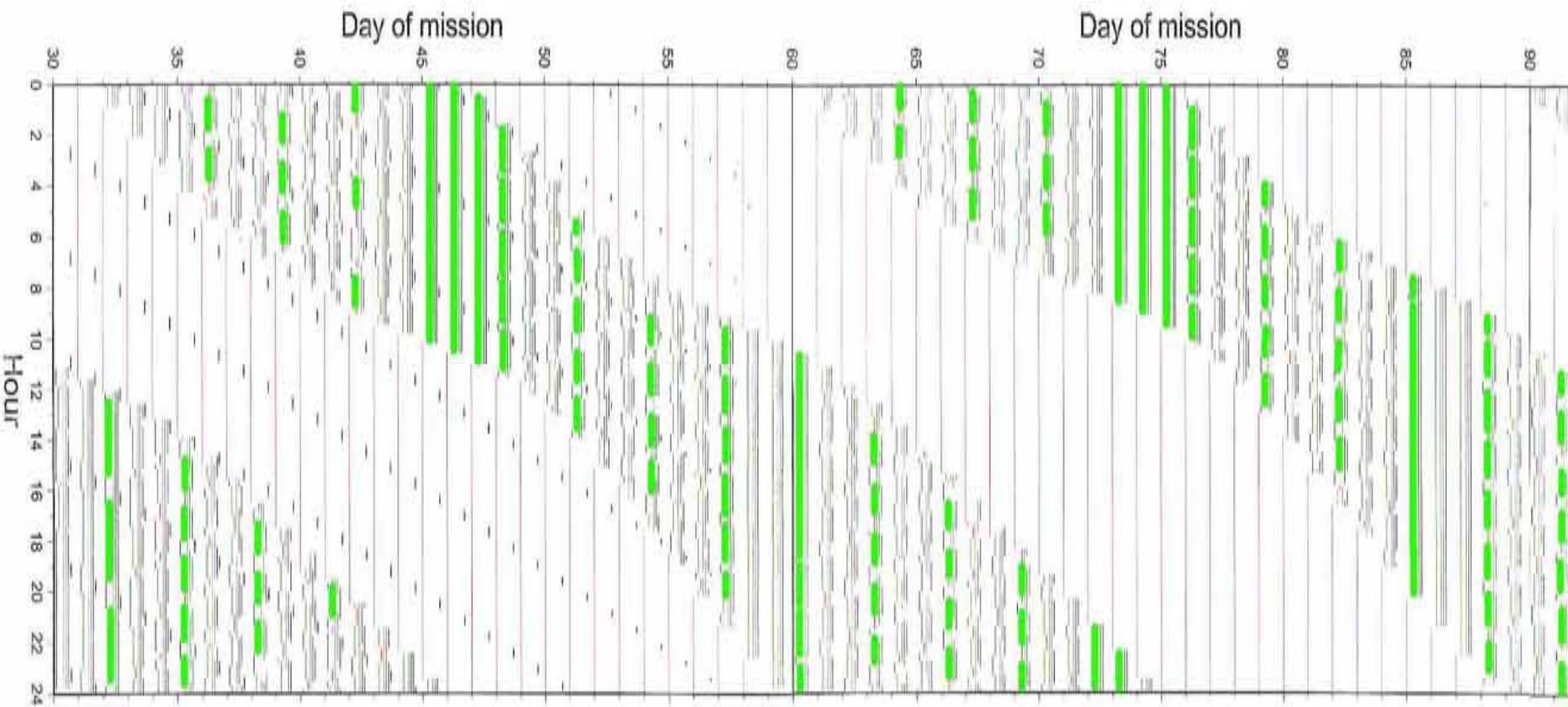
Vstar TTCモード時、Rstar日陰の場合VRAD-1 OFF (STBY) 全日照時はTBD

\* 今後さらに詳細を詰めていく必要がある

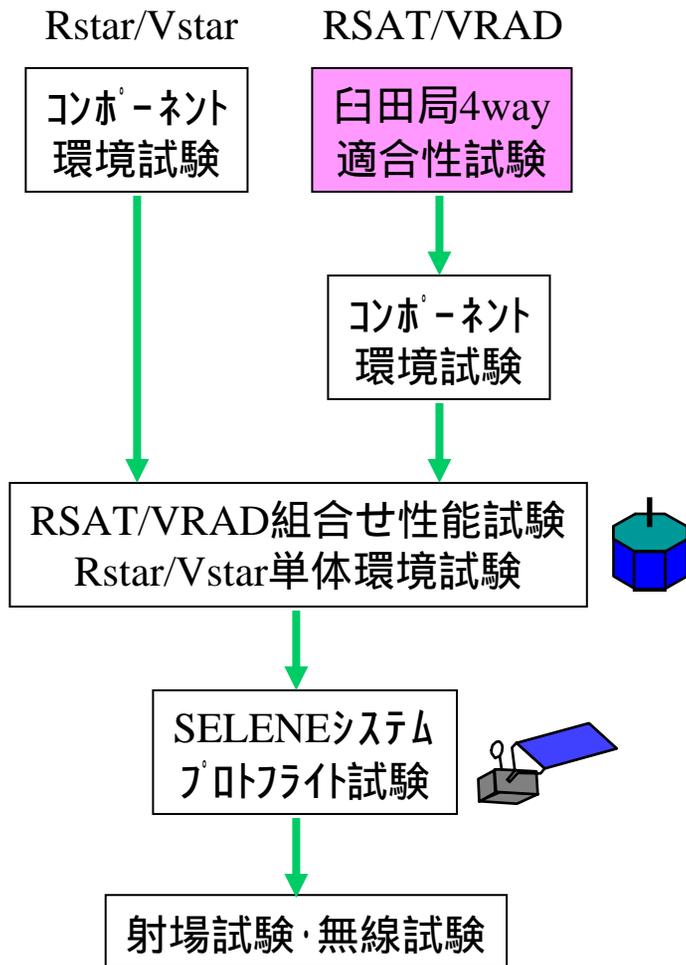
# VLBI観測可能時間



# VLBI観測スケジュールの例



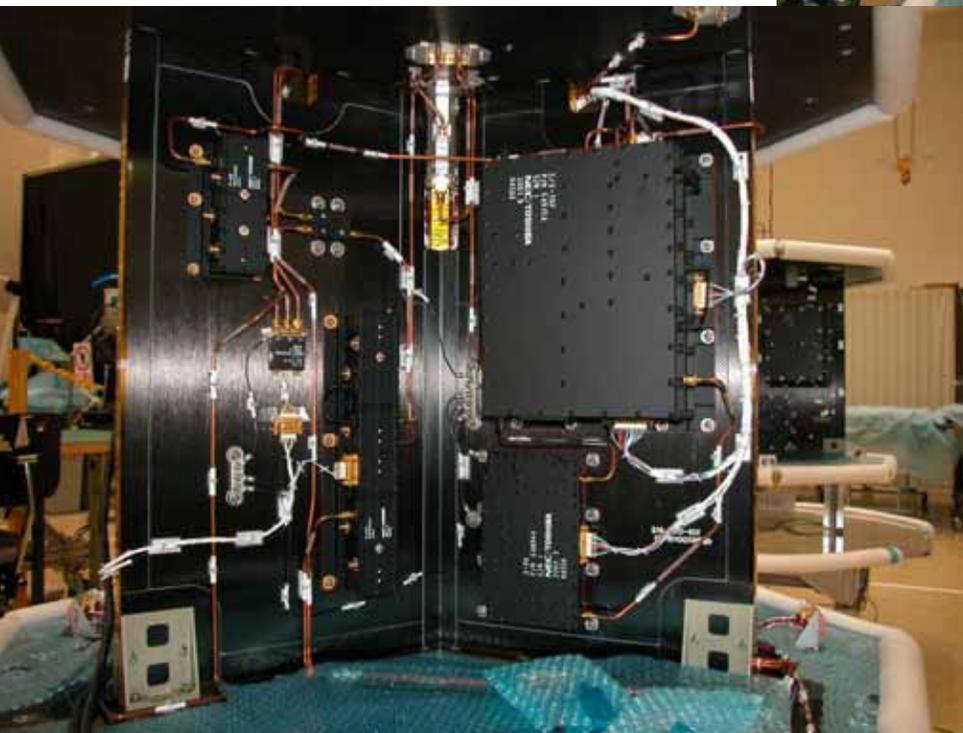
# RISE観測機器の開発・検証計画



# 臼田適合性試験装置



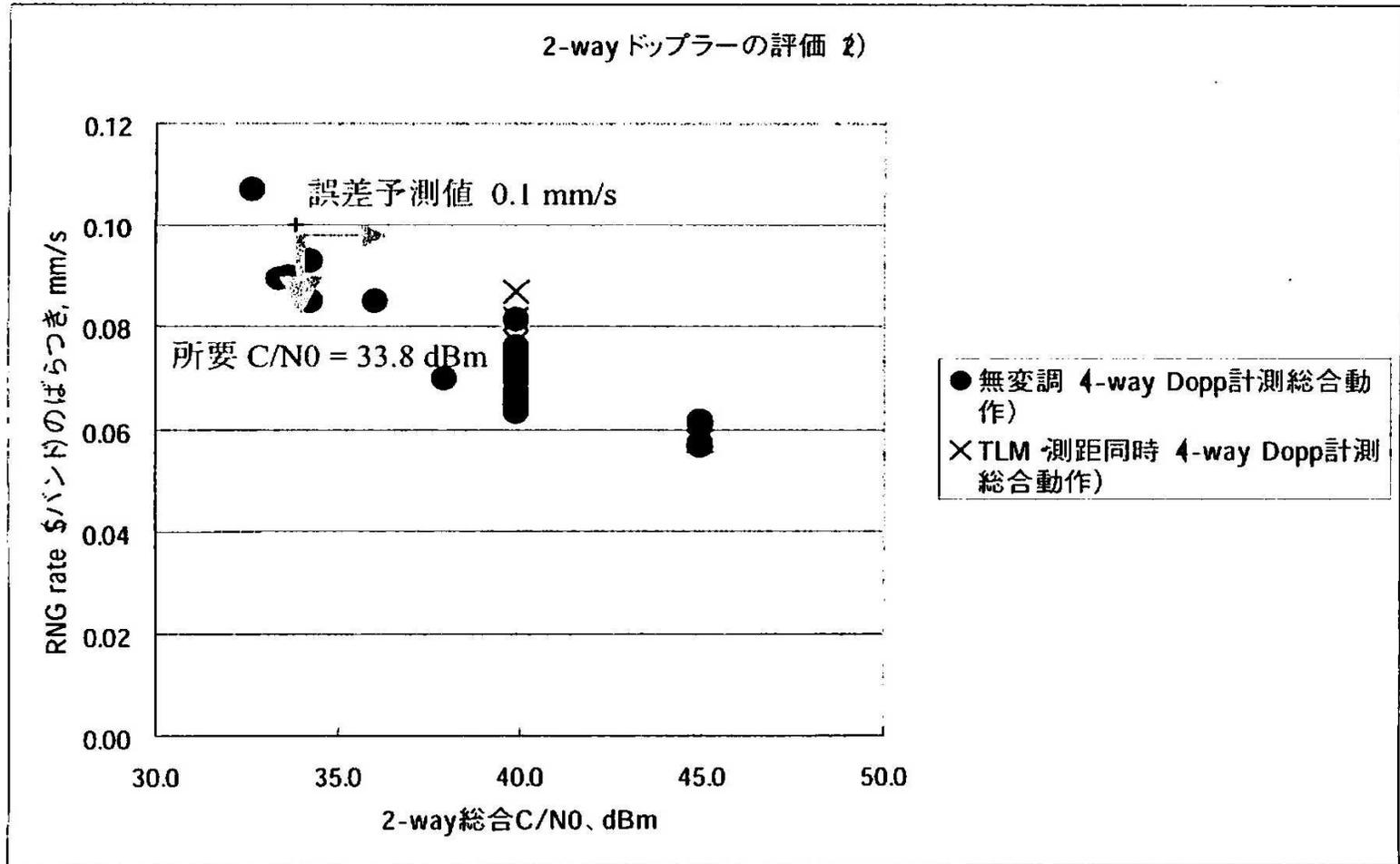
# リレー衛星内部のVLBI用電波源



# 2-wayドプラー観測精度(臼田適合性試験)



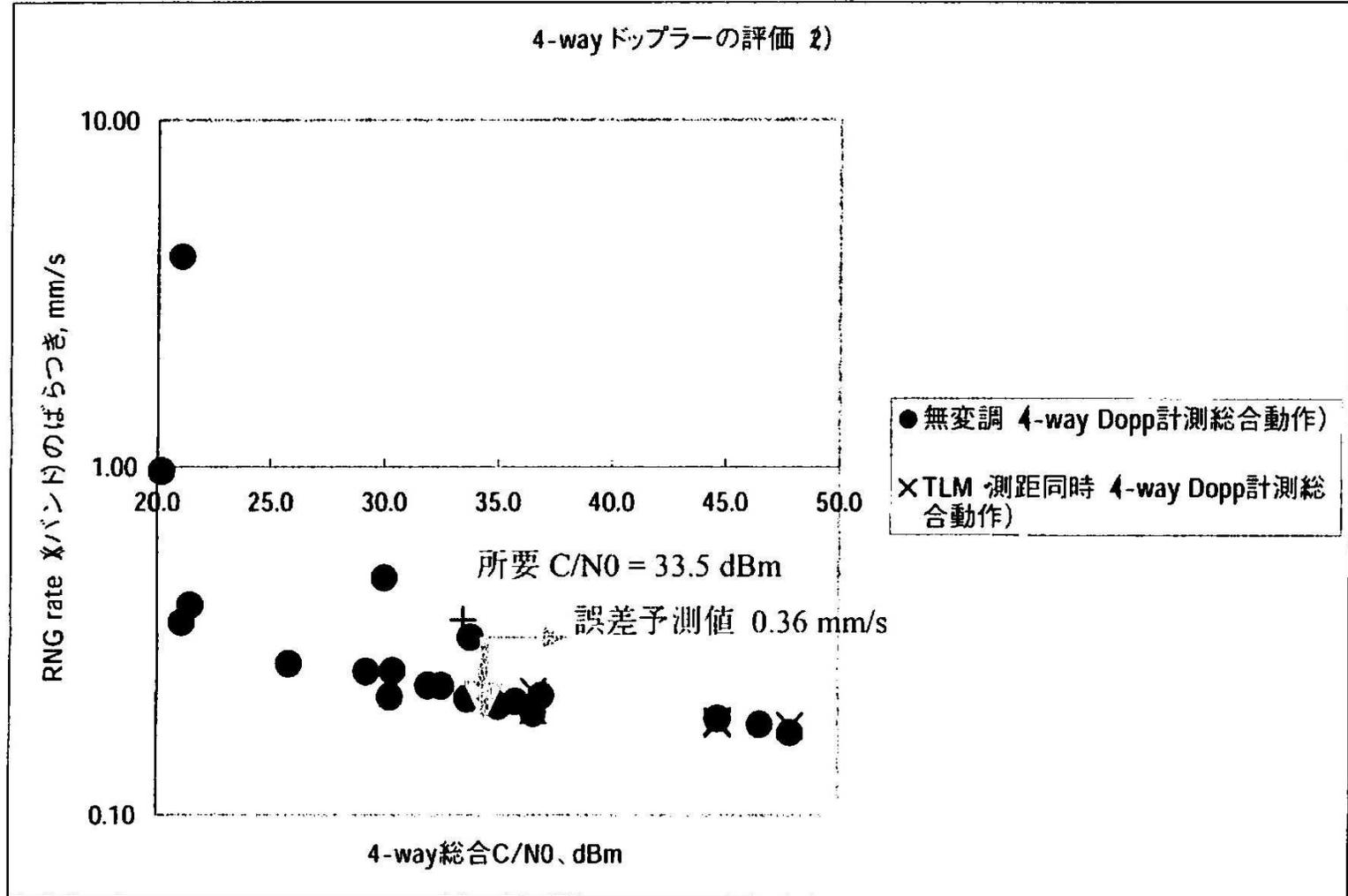
## 2.2 RNG rate (Sバンド) のばらつき



# 4-wayドプラー観測精度(臼田適合性試験)



## 3.2 RNG rate (Xバンド) のばらつき



# VLBIによる衛星の軌道推定の検証



Lunar Prospector探査機のS帯1波のVLBI観測

水沢10m、鹿島34m、国土地理院3.8m

相関ソフトウェアの開発

RISEターミナルの試験観測

位相残差0.6deg

のぞみ探査機のX帯変調信号(搬送波 $\pm 512\text{kHz}$ )のVLBI観測

VERA水沢20m、水沢10m、鹿島34m、臼田64m、

(通常のVLBI観測は山口、岐阜等多数参加)

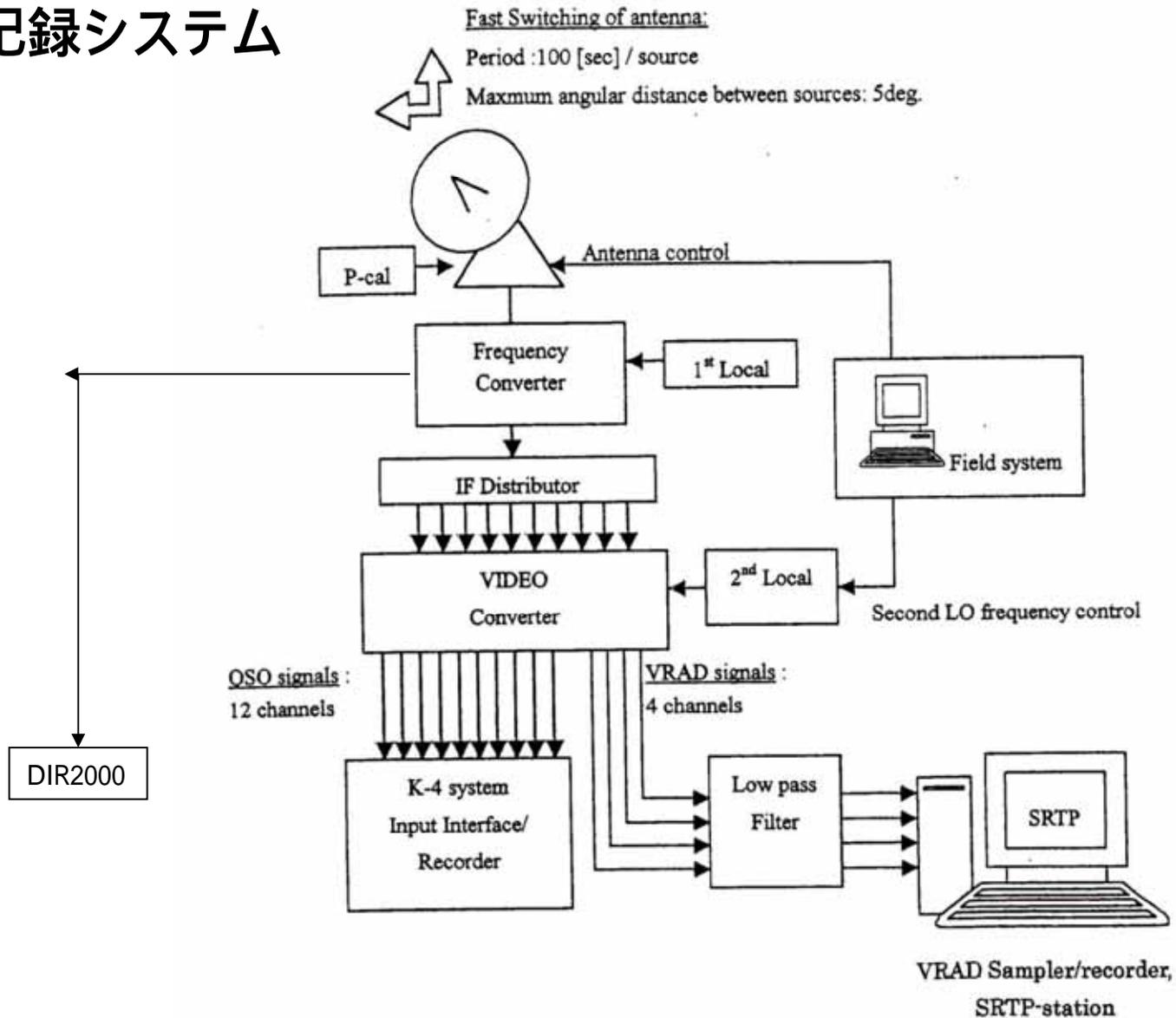
RISE-Correlator (RICO)の検証

多周波を用いた群遅延時間の推定

S帯3波、X帯1波の多周波VLBIの検証

適当な探査機が得られないのでシミュレーションによる検証を実行中

# 受信記録システム





## 1. VERA局運用制御の概要

- ・ ビデオコンバータ用 LOCAL 周波数制御を行う
- ・ クェーサー観測時には DIR2000 記録が必要である
- ・ DIR2000 記録はテープを止めずに連続記録を行う
- ・ 衛星の打ち上げは 2006 年を予定しているため 2004 年秋を目標に試験を開始する
- ・ 2つの衛星を 100 秒間隔(可変)でスイッチング観測を行う
- ・ 時刻基準での制御でよい
- ・ ATT および BBCL0 周波数は、100 秒程度で切り替える
- ・

## 2. 制御対象機器

機器	RISE 対応	VFS(既存)
アンテナ		○
受信機系		○
光伝送装置(送信/受信)		○
デジタルフィルタ		○
VSI インタフェース		○
DIR2000		○
気象測器		○
ビデオコンバータ (7631A)	○	
ローカルオシレータ (7632A)	○	

VLBI観測の検証

区分	検証項目	R/V 総合試験	事前性能試験 (2004/4-10)	日中実験 (2004/11)	VERA局 /ホバート局試験 (2005/2)	シミュレーション
搭載機性能	周波数	○				
	出力レベル	○				
	送信アンテナ利得	○				
	アンテナ端出力レベル	○				○
	月-地球間伝播損失					○
	アンテナ端入力レベル					○
地上局性能(VERA局)	地上アンテナ利得			○	○	
	受信レベル			○	○	
	ビデコン/ローカル		○	○	○	
	P-cal(RF)		○		○	
	P-cal(IF)		○	○	○	
	フィルター		○	○	○	
	信号 S/N			○	○	○
地上局性能(外国局)	地上アンテナ利得			中国局	ホバート	
	受信レベル			中国局	ホバート	
	ビデコン/ローカル			中国局	ホバート	
	P-cal(RF)			中国局	ホバート	
	P-cal(IF)		○	○	○	
	フィルター		○	○	○	
	信号 S/N			中国局	ホバート	○
運用関係(VERA局)	スケジュールファイル				○	
	アンテナポインティング				○	
	ビデコン/ローカル制御				○	
	S-RTPstation 制御				○	
	ハードディスク記録			○	○	
	DIR2000 系レコーダ				○	
	テープ記録				○	
運用関係(外国局)	スケジュールファイル			中国局	ホバート	
	アンテナポインティング			中国局	ホバート	
	ビデコン/ローカル制御			△	ホバート	
	S-RTPstation 制御			中国局	ホバート	
	ハードディスク記録			○	○	
	データ処理関係	データ再生			○	○
	相関処理(衛星)			○	○	○
	相関処理(クエーサー)			○	○	
	相関処理(衛星多周波)					○
	相関処理(DIR2000系)				○	
	遅延、同変化率			○	○	○
	L2DB 保存					

# まとめ

---



搭載機器はFMの製作を完了し噛み合わせ試験の段階

VERA、外国局との観測計画調整、観測装置の配備

VERA局RISE運用ソフト開発中

VLBI試験観測計画中データベースの仕様確定

運用計画、テレメトリ監視ソフトの開発継続中

データ記録処理システム(S-RTPstation)ほぼ完成

相関処理・重力場解析ソフト開発継続中

引き続きご協力よろしく申し上げます