



# 広帯域VLBIシステム Gala-Vの開発

関戸衛、岳藤一宏、氏原秀樹、  
堤正則、宮内結花、長谷川新吾、小山泰弘、市川隆一

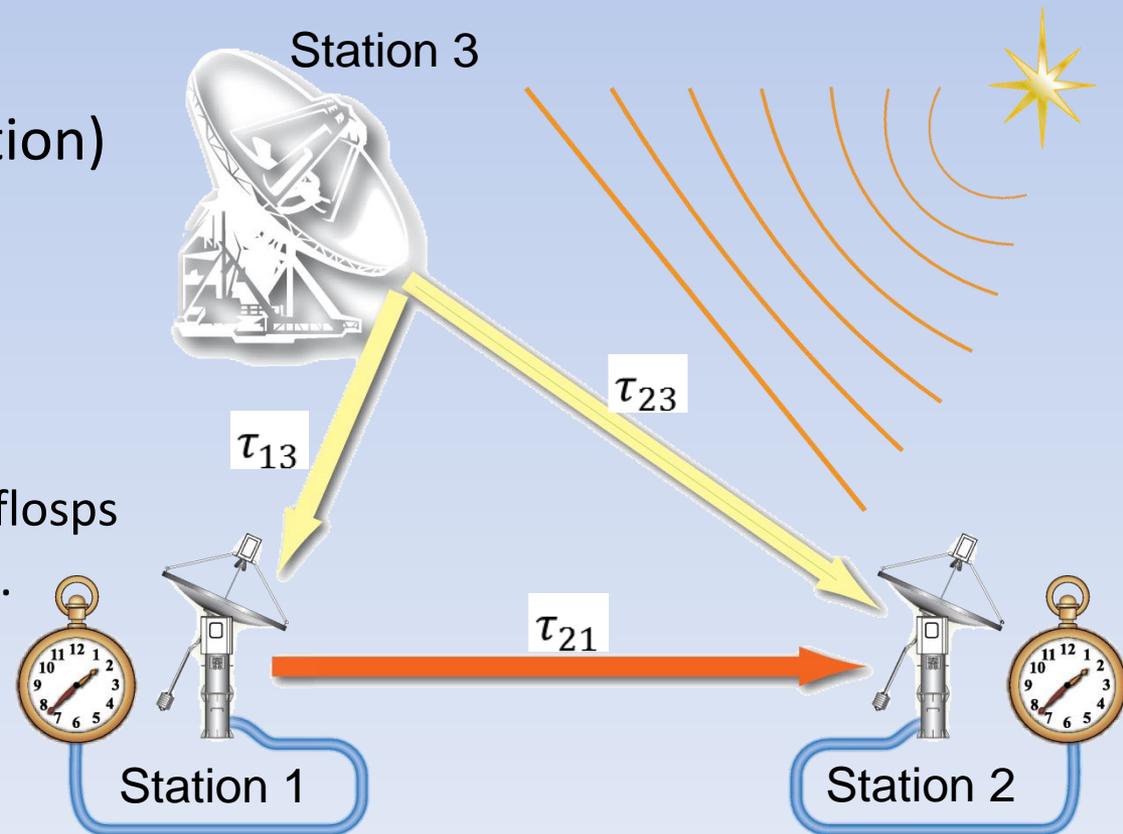
NICT/鹿島宇宙技術センター  
時空標準研究室

# Gala-V project Overview

## Target Precision: 30 ps $\rightarrow$ 7 ps

- Observation 4 band (1024MHz)
  - $F_c = 4.0\text{GHz}, 5.6\text{GHz}, 9.9\text{GHz}, 13.1\text{GHz},$
  - Effective BW: 3.8GHz
- Data processing (1 Polarization)
  - GICO3 Software Correlator
  - 2Gbps x 4 = 8 Gbps / Station
  - 40TB/Stn X 3 stn= 120 TB
- Required Processing Speed
  - 100Gflops/1Gbps x 8 = 800Gflops
  - 8- 16 PCs will deal with them.

## Combination of Small and Large Diameter antennas



# アンテナ

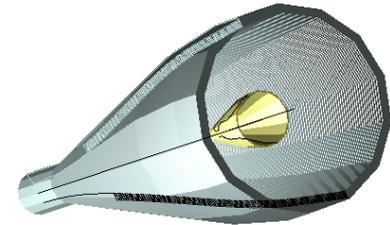
観測周波数: 3~14GHz



**MARBLE 1.5m**



**MARBLE 1.6m**



**KASHIMA 34m**



# Gala-V広帯域VLBIシステムの開発 報告概要

- 目標：
  - 現在の精度残差RMS $\sim$ 30ps $\rightarrow$  7psec
  - 2013年はじめ、測地VLBI観測実施
- 広帯域受信系
- 伝送系、位相校正
- 記録系

# 2013年2月3日 測地VLBI観測

小金井11m



つくば32m



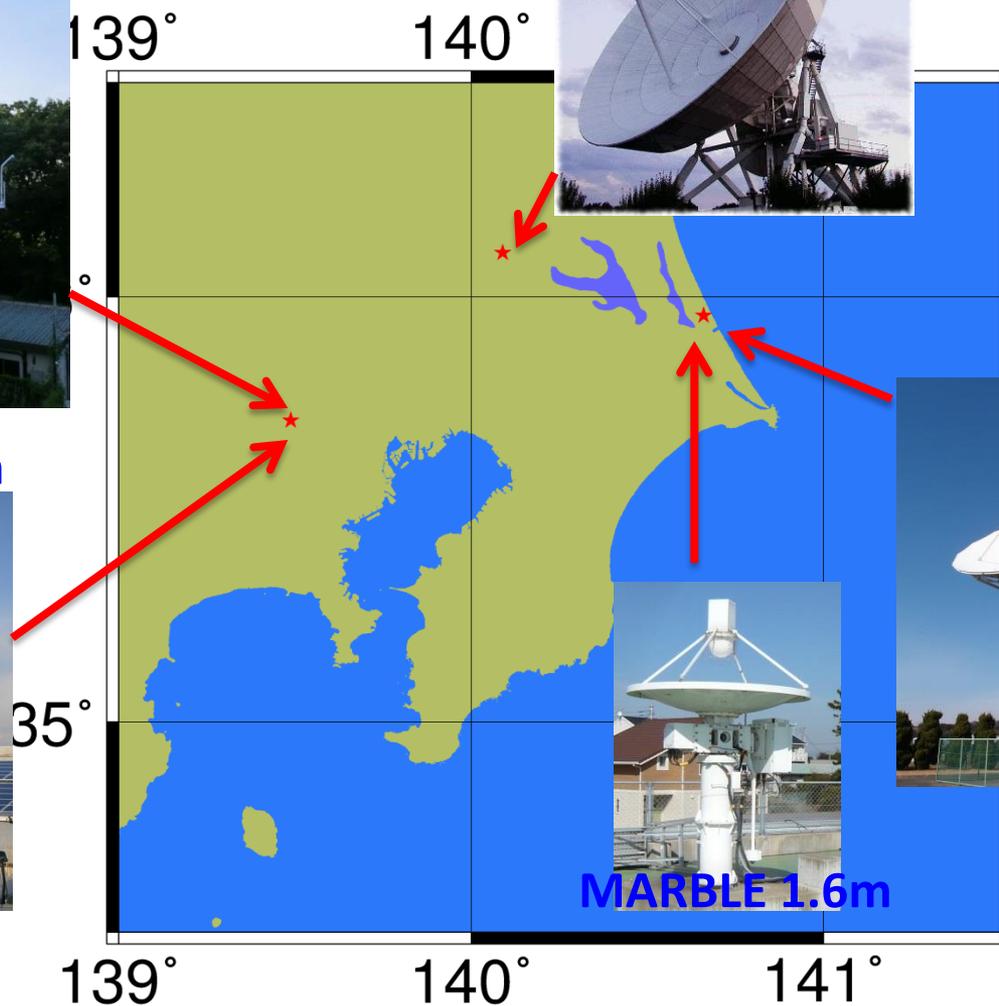
鹿島11m



MARBLE 1.5m



MARBLE 1.6m

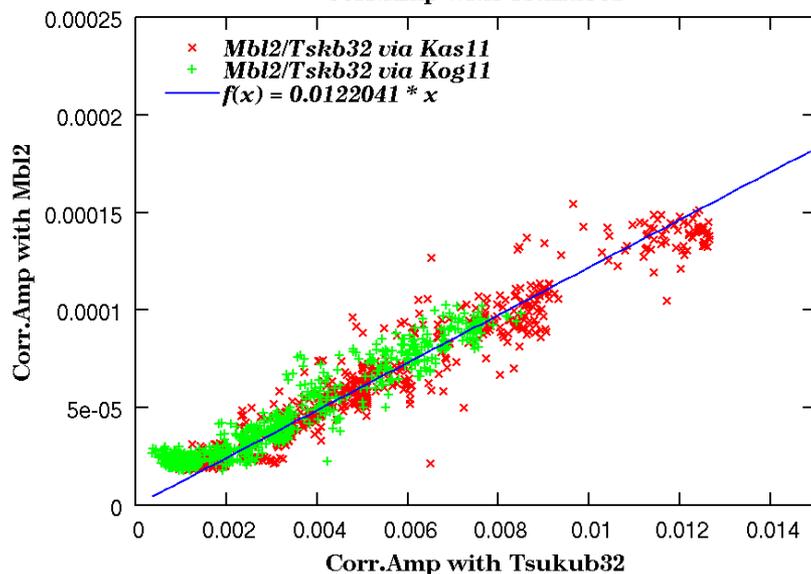
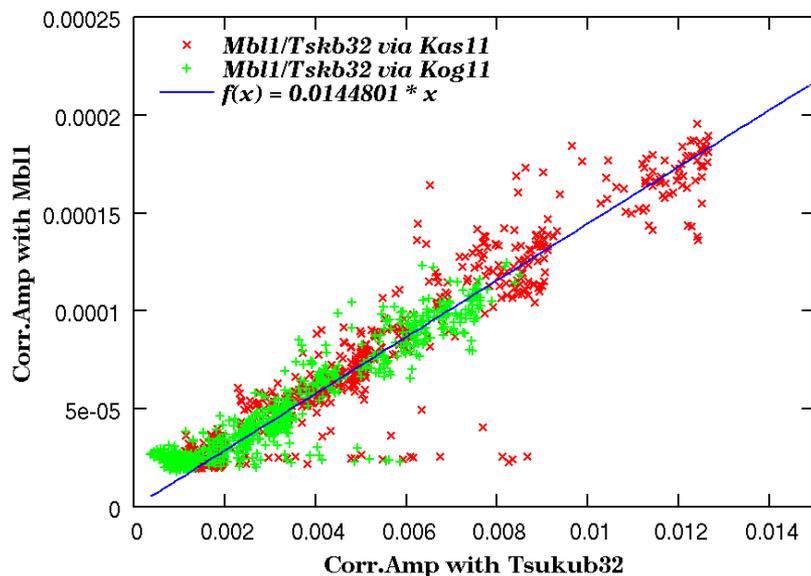


# 2月3日のVLBI観測

- 目的
  - 広帯域・直線偏波改造前の性能確認
  - IRTF座標の測定
- 参加局
  - つくば32、鹿島11、小金井11、MBL1、MBL2
- 観測モード
  - 円偏波、RHCP、X-band
  - 帯域幅 512MHz
  - Scan: 30 秒、730Scan
  - 観測時間: 19時間

DataBase-Code		13FEB03XB	
Kashim1 1	X座標 (mm)	-3997507082	± 2.6
	Y座標 (mm)	3276876928	± 2.1
	Z座標 (mm)	3724240339	± 2.3
Koganei	X座標 (mm)	-3941938397	± 2.4
	Y座標 (mm)	3368149868	± 2.1
	Z座標 (mm)	3702235265	± 2.3
Marble 1	X座標 (mm)	-3997598301	± 3.3
	Y座標 (mm)	3276714208	± 2.7
	Z座標 (mm)	3724293104	± 3.0
Marble 2	X座標 (mm)	-3942062636	± 3.2
	Y座標 (mm)	3368276237	± 2.8
	Z座標 (mm)	3702003847	± 3.0

# 相関係数からMBLのSEFDの推定

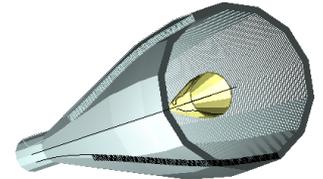


$$\frac{SEFD_2}{SEFD_1} = \left( \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^2$$

- SEFD(MBL1)  $\sim$  1.e6 Jy
- SEFD(MBL2)  $\sim$  2e6 Jy
- MBL1(1.5m)/MBL1(1.6m)
  - SEFD比 0.7

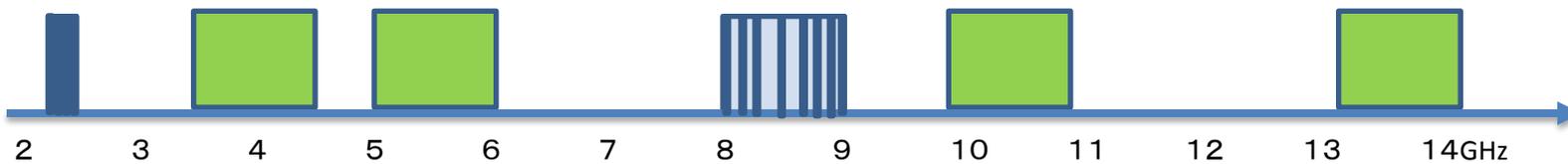
# Gala-V広帯域VLBIシステムの開発 報告概要

- 目標：
  - 現在の精度残差RMS $\sim$ 30ps $\rightarrow$  7psec
  - 2013年初め、測地VLBI観測実施
- 広帯域受信系
  - 34m用広帯域フィード $\rightarrow$  氏原さんの講演
  - 小型アンテナフィード $\rightarrow$ 円偏波合成回路を取り外し、直線偏波・広帯域化
- 伝送系、位相校正
- 記録系





# GALA-Vの観測周波数

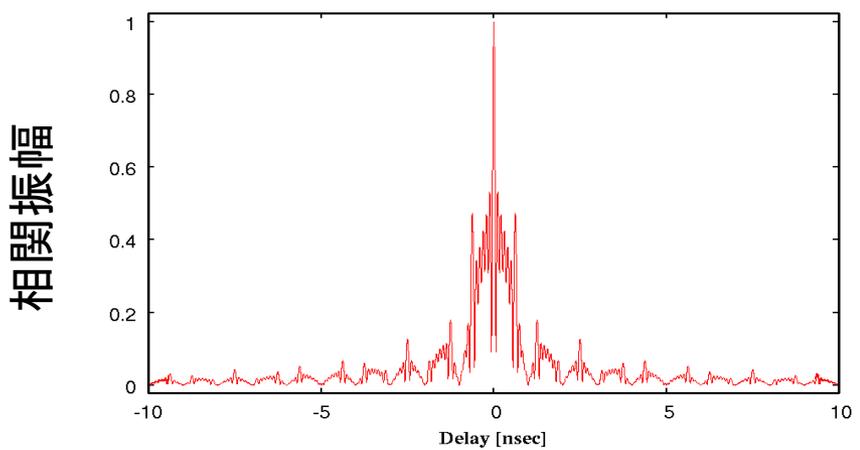


■ 従来の2GHz/8GHzのVLBI観測帯域

■ VLBI2010に準拠した1GHz帯域4バンド  
GALA-Vの広帯域受信周波数配列

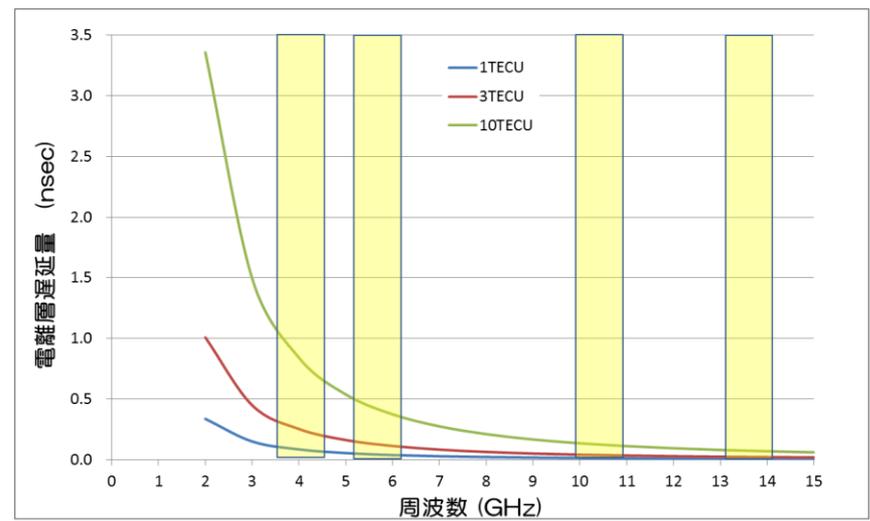
- 有効帯域幅: 従来(約300MHz)の10倍(3GHz)
- データ量: 従来(256Mbps)の32倍(片偏波 32Gbps)

## 4バンドの合成により得られる遅延分解関数 (シミュレーション)



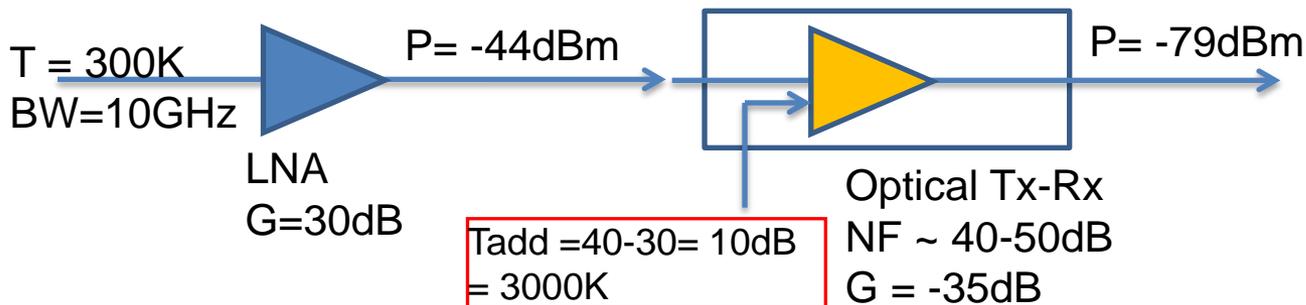
遅延量

## 電離層の遅延量寄与



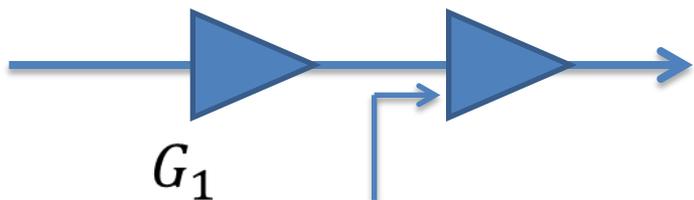


# 広帯域信号伝送の注意点



Not negligible

$$P = k_B (T_{ant} + T_{rx}) \cdot B \cdot G_1$$



$$T_{add} = \frac{(NF - 1)}{G_1} T_{amb}$$

- ① RFI対策のため、十分なダイナミックレンジ  
 $300\text{K}$ ,  $10\text{GHz}$ ,  $G_1 = 30\text{dB}$  で  $P = -44\text{dBm}$ 、 $20\text{dB}$  を確保すると、 $-24\text{dBm}$ , PostAmp の  $\text{Gain} = 20\text{dB}$   $\rightarrow P = -4\text{dBm}$ ,  $P_{1\text{dB}} = +6\text{dB}$  が要求される。
- ② 低NF光伝送装置が必要

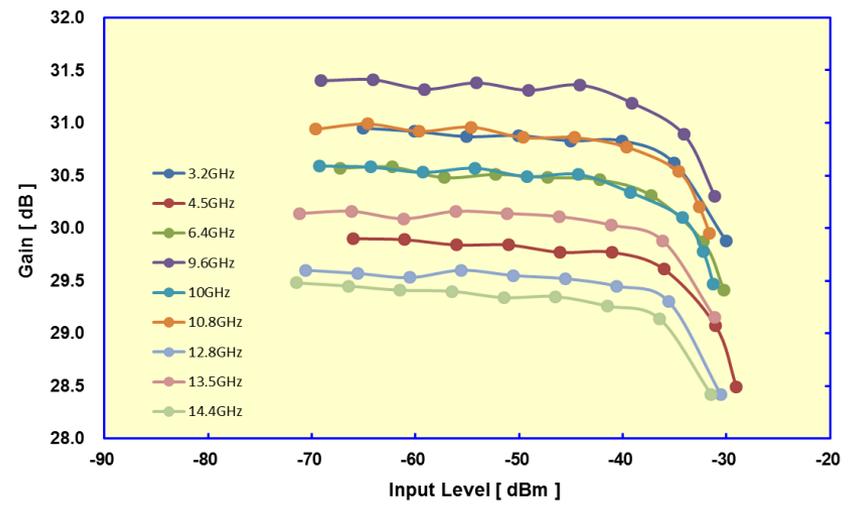
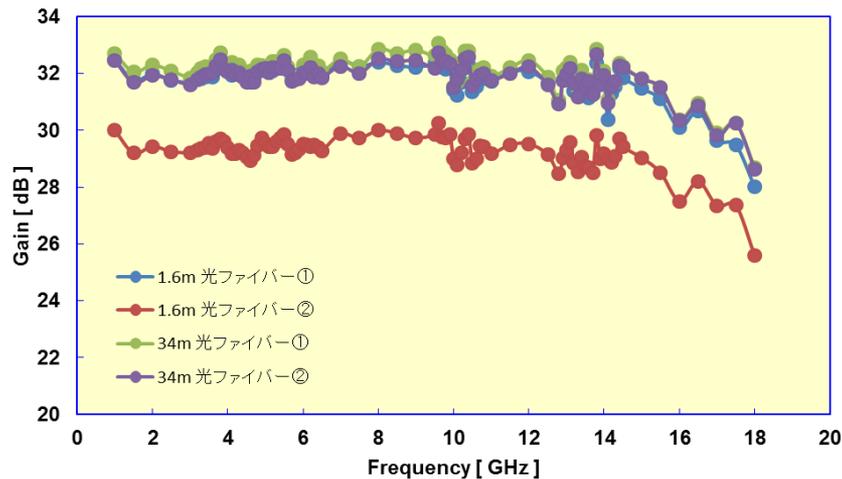
- RFIを考慮したダイナミックレンジの確保
- 低NFの光伝送装置を使用する。

# 住友大阪セメント E18000

	Parameters
Freq. Range	1-18GHz
Gain	+30dB
NF	< 5dB
P1dB	- 40dBm
Linearity	$\pm 0.5$ dB



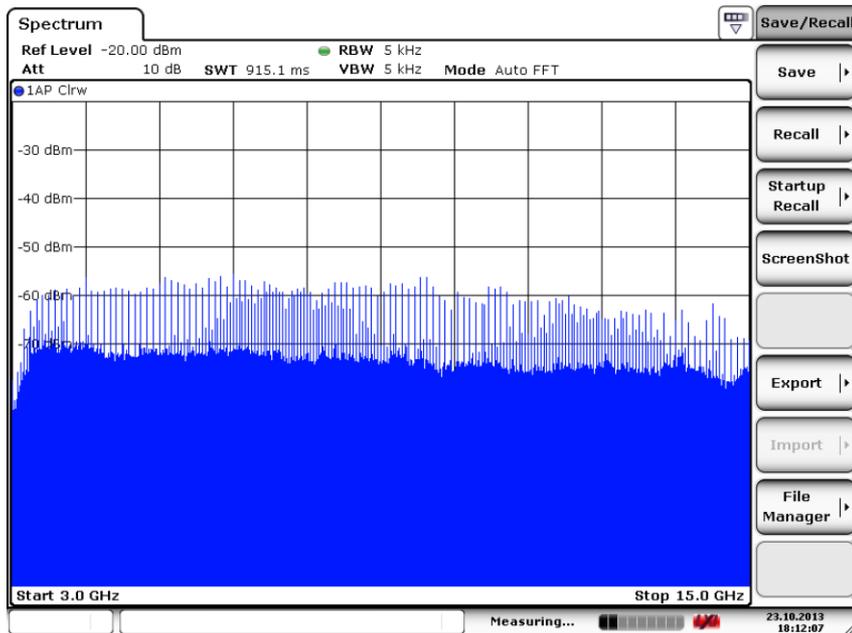
鹿島



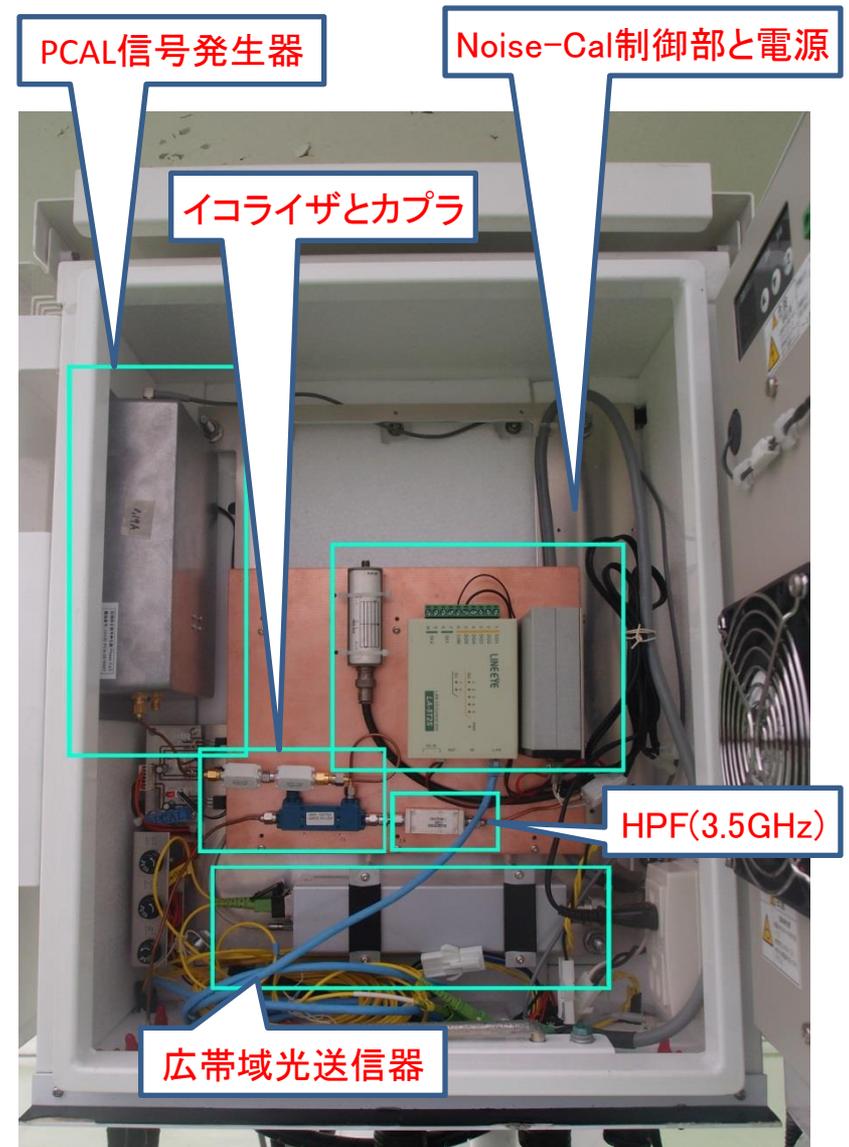
# Pcal, NoiseCalコントローラの設置



光送信器出力(観測室)で測定した信号(3-15GHz). RBW=5kHz



Date: 23.OCT.2013 18:12:07



# データ記録系: 1GHz x 4 Ch

## 2つのアプローチ

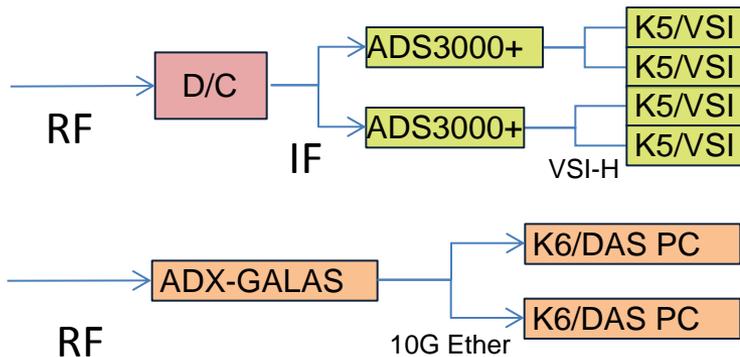
- Fixed Freq. Down Converter + “ADS3000+”

- DBBCにより従来の観測モードにも対応可能.

- Direct Sampler “GALAS”

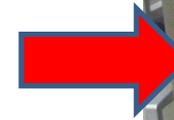
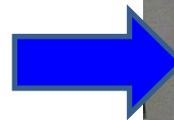
- RF4バンドを周波数変換なしに一度に取得可能

- フラットな周波数特性が必要



ADS3000+ Sampler  
DBBC (BW ≤ 32MHz)

Direct Sampler “GALAS”  
DBBC (BW=1024MHz)

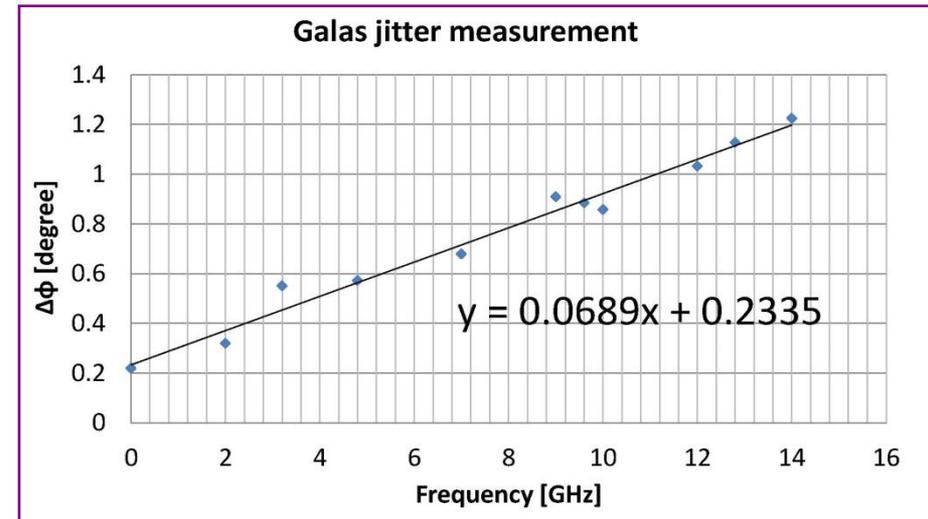
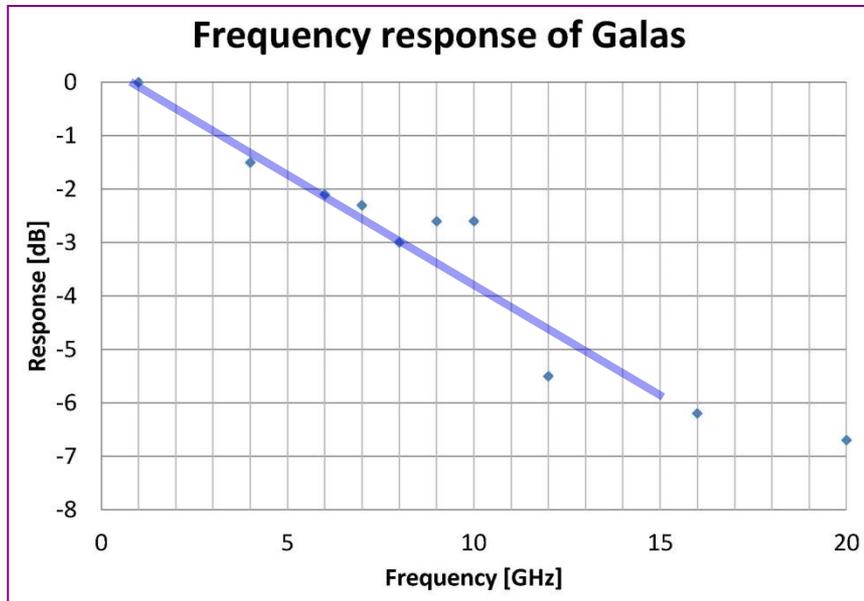


# ダイレクトサンプリングGALASの性能確認 試験

- 周波数応答の確認
  - トーン信号の強度
  - 1-14GHz で-6dB

- サンプリングジッタ計測

- トーン信号の位相のばらつきの周波数特性を測定
- 0.19 psec
  - 1.8deg@20GHz





# まとめ



- 広帯域化観測がほぼ可能に(1偏波)
  - 小型アンテナ2式、34mアンテナ(高周波側)
- 信号伝送系、記録系、PCAL等の装置は設置
- 今後、試験観測を行い、データ処理系の開発
- MARBLE1(1.6m)は1月に産総研(筑波)に設置
- 6月以降の周波数比較実験に向けて、試験・調整観測をおこなう。