

# Current Status and near future plan of VERA Upgrade (for EAVN)

Tomoaki Oyama

# VERA upgrade : past and future

- 1<sup>st</sup> Phase : 2008-2015
  - Replace
    - Mitaka-FX → Mizusawa Soft correlator (2015～)
    - DIR2000 recorder → OCTADISK (2014～)
- 2<sup>nd</sup> Phase : 2010-2017
  - VERA、VSOP、JVN等各種プロジェクトサイエンス目的のupgrade
    - 広帯域化 → 2-12Gbps (ADS1k, ADS3k, OCTADISK、VSREC)
    - K,Q両偏波化 (水沢、入来のみ)
- 3<sup>rd</sup> Phase : 2015～2020
  - SKA、KaVA、EAVN時代に向けた(汎用化)アレイ構築、**基礎開発、将来計画**
    - **超広帯域: 4～9.2 GHz (KVN、HINOTORI、Brand-EVN、SKA-Band5C対応)**
    - **K,Q両偏波化 (VERA全局)**
    - **K,Q同時受信 (VERA全局)**
    - **ソフト相関器高速化 → GPU化**
    - **統合RF,IFスイッチの導入**



# 広帯域 (ph2) 観測運用状況

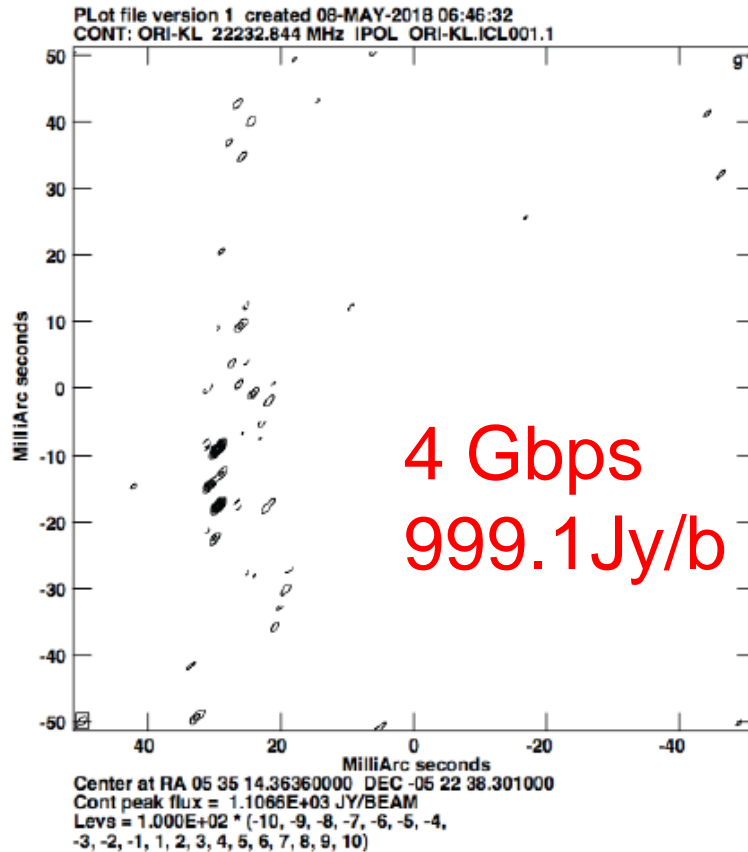
- 1Gbps : 定常運用開始 (2014/9~、2015/9)
- 2Gbps x 2ch (A&B or L&R) : 定常運用開始 (2017/9~)
- 4-12Gbps (A&B=2+2+8 Gbps) : 定常運用開始 (2018/9~)

				ADS3K	ADS1K	VERA	JVN		
	10-12 G	8G	6G	4G	2Gx2	2G	2G	観測 総数	
2012/9~	0	6	0	11	3	2	0	22	
2013/9~	13	3	1	4	15	4	0	40	
2014/9~	10	0	2	3	12	2	5	34	
2015/9~	3	24	9	20	7	5	13	81	
2016/9~	12	44	6	14	7	16	11	110	
2017/9~	32	30	3	17	47	4	0	163	

2018/9 12Gbps:8、2Gbpsx2 :9、1Gbps:8、KaVA-1Gbps :11

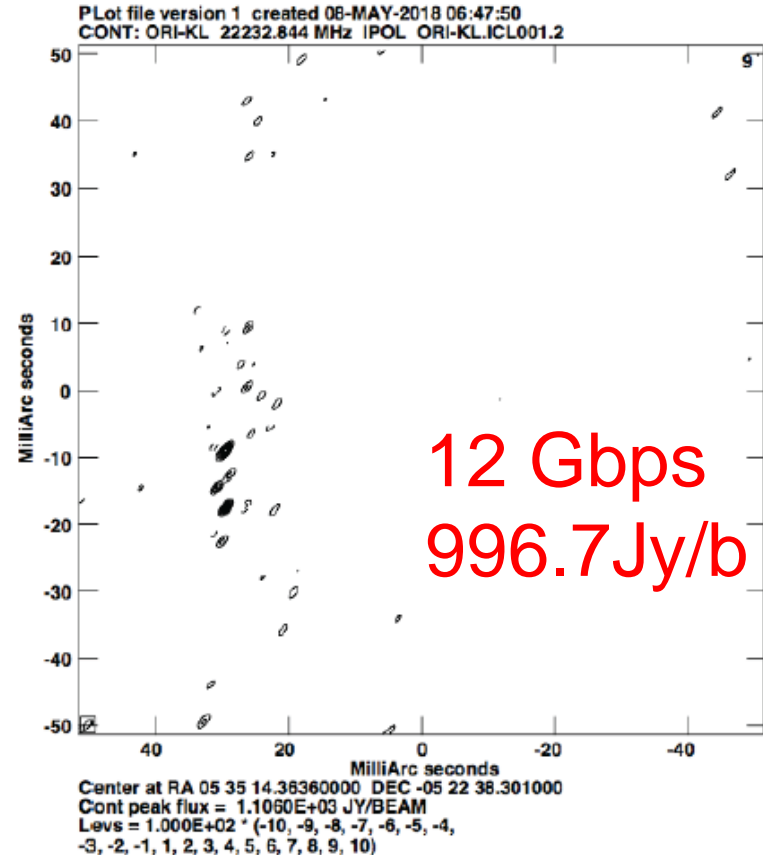
# Broad band system : Phase-ref Image Comparison bet 4G VS 12G (Orion-KL)

ORION-KL (4G)



peak = 999.11 Jy/beam  
rms = 27.39 Jy/beam

ORION-KL (12G)

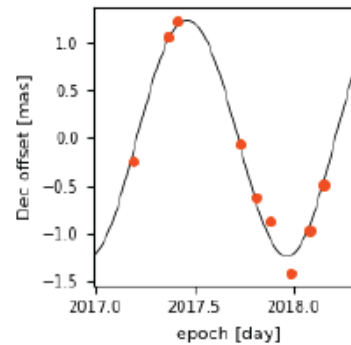
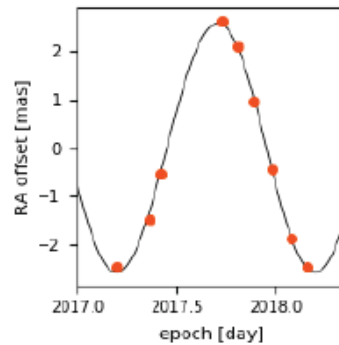
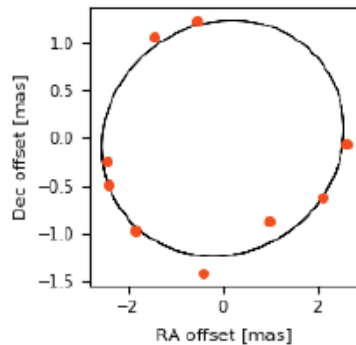


peak = 999.66 Jy/beam  
rms = 27.87 Jy/beam

By Kim

# Broad band system : Parallax

## Comparison bet 4G VS 12G (Orion-KL)



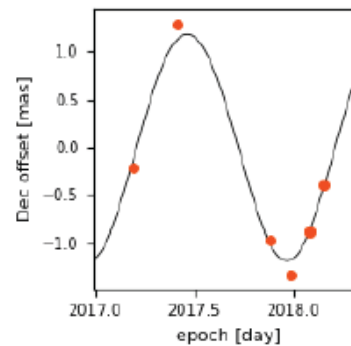
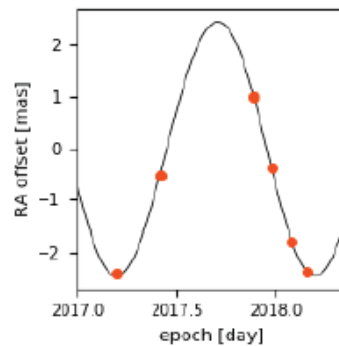
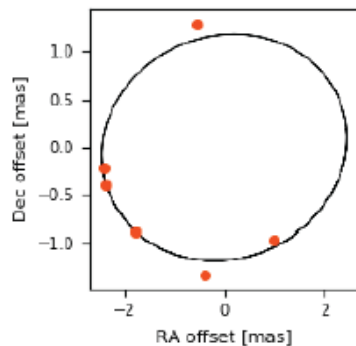
4G

4 Gbps  
 $389 \pm 9 \text{ pc}$

$$\pi = 2.57 \pm 0.06 \text{ (} 389 \pm 9 \text{ pc)}$$

$$\mu_x = 1.41 \pm 0.12$$

$$\mu_y = -6.94 \pm 0.13$$



12G

12 Gbps  
 $407 \pm 7 \text{ pc}$

$$\pi = 2.46 \pm 0.04 \text{ (} 407 \pm 7 \text{ pc)}$$

$$\mu_x = 1.30 \pm 0.08$$

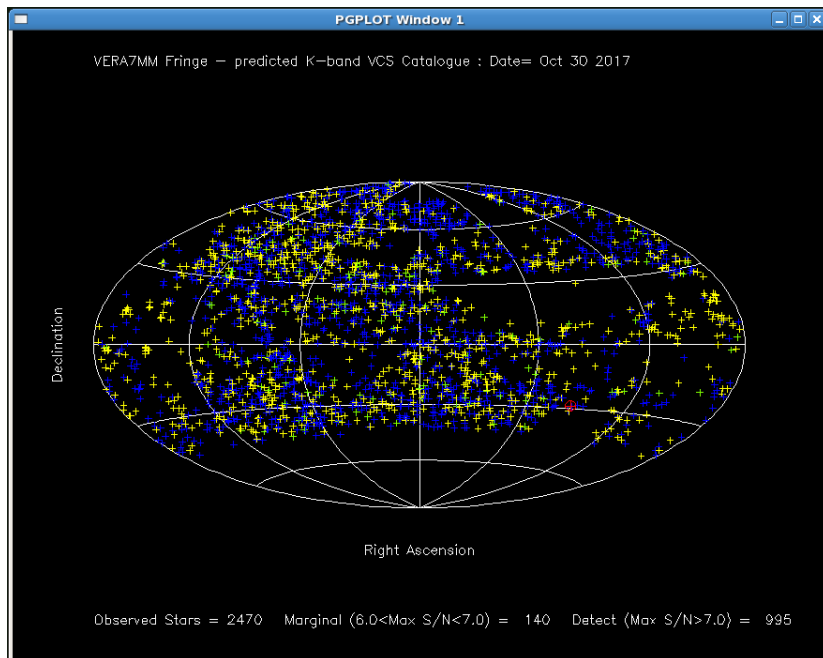
$$\mu_y = -6.89 \pm 0.16$$

精度  $\sim 60 \mu\text{sec}$

→ 12 Gbps sci-observation is now open from 2018/9

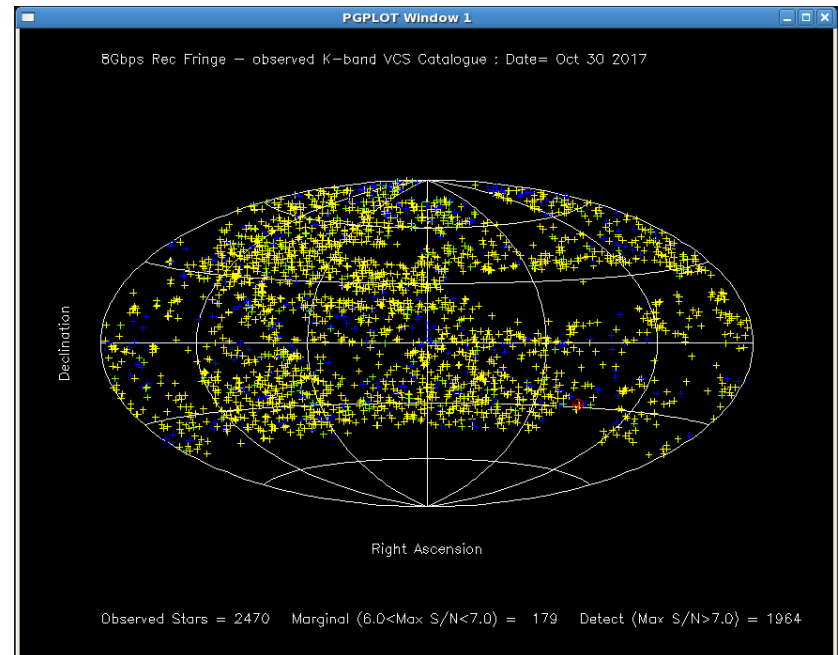
By Kim

# Survey of calib sources (K-band)



1 Gbps

995 detect / 2470 obs = 40% (May 2017)



8 Gbps

1964 detect / 2470 obs = 80% (May 2017)

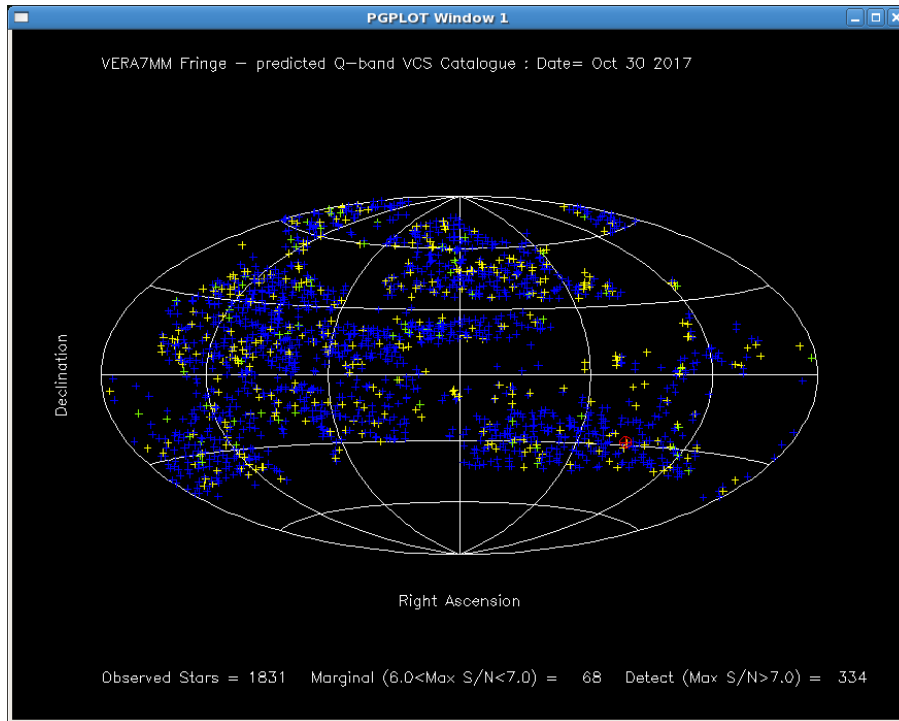
2608 detect / 3252 obs = 80% (May 2018)

必要(2度以内に1個)参照電波源数=約2400

VCSカタログ(北天)=約4000個→2度以内に必ず参照源が存在(Tsys=600K)

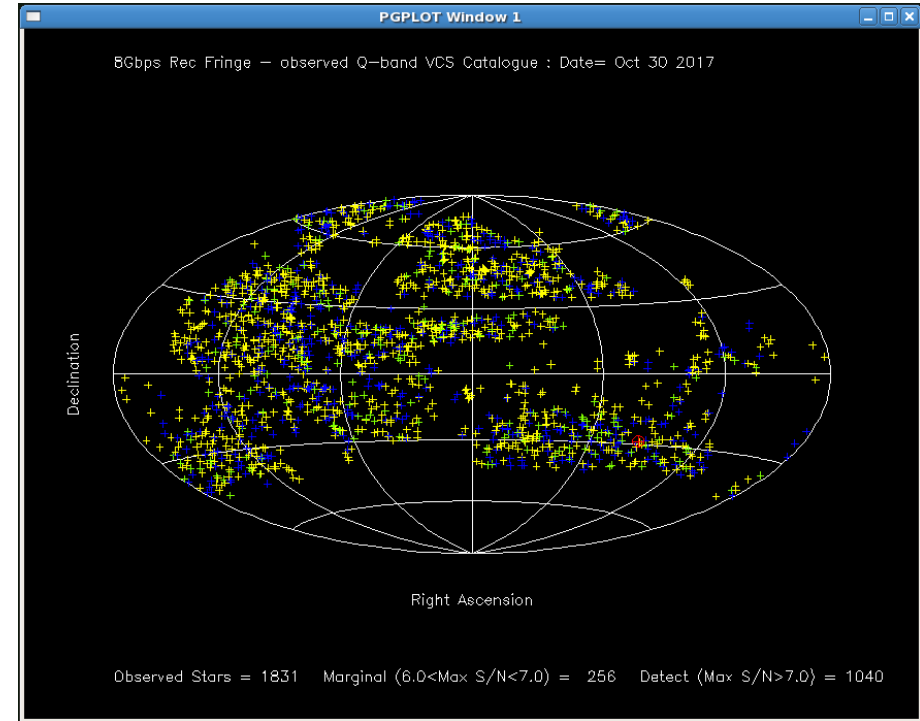
最適化スケジューリング、データ解析:測地的手法を応用 by 寺家

# Survey of calib sources (Q-band)



1 Gbps

334 detect / 1831 obs = 18% (May 2017)



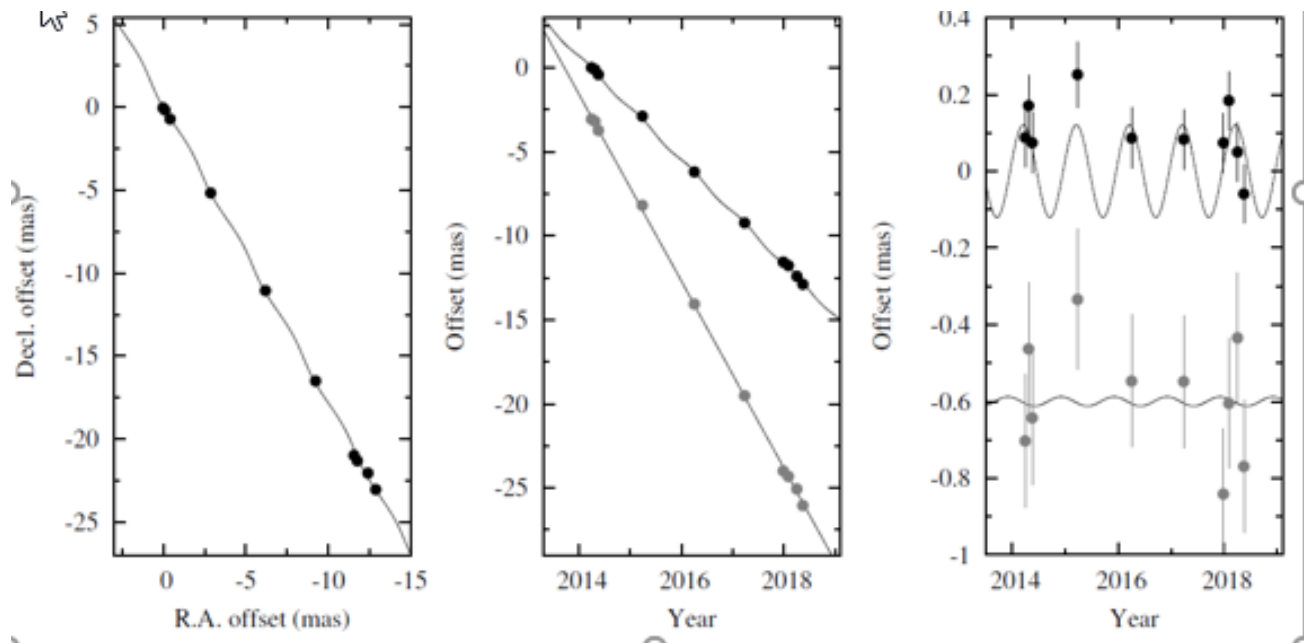
8 Gbps

1040 detect / 1831 obs = 57% (May 2017)

1725 detect / 2941 obs = 59% (May 2018)



# Sgr A\* Proper motion, distance



By 永山

	$\mu\alpha(\text{mas/yr})$	$\mu\delta$	$\mu l \cos b$	$\mu b \cos b$	$\Omega_0 (\text{km/s/Kpc/})$
Sgr A*(VERA)	$-3.006 \pm 0.037$	$-5.374 \pm -0.064$	$-5.868 \pm 0.058$	$0.005 \pm 0.045$	$27.81 \pm 0.27$
Sgr A*(VERA)	$-3.092 \pm 0.015$	$-5.562 \pm -0.034$			
Sgr A*(VLBA)	$-3.151 \pm 0.018$	$-5.547 \pm 0.026$	$-6.060 \pm 0.024$	$-0.012 \pm 0.020$	$28.72 \pm 0.11$
144 star					$28.99 \pm 0.39$

- ・ 遅延追尾再計算位置の高精度化 by 永山
- ・ 天頂大気遅延の方位角方向補正 by 寺家
- ・ 参照電波源の座標高精度化 by 寺家



位置精度向上  
年周視差計測

# 現在のVERA システム問題点と改善案

## ■ 要望、問題点と改善方法

- ADS1K(16-18年)、ADS3K(8-10年)の**メーカーメンテ終了** → OCTAD(A/D)へ更新
- 両偏波、同時受信の定常化、4局化 → DC、統合スイッチ、OCTAD対応
- 両偏波観測時の**2ビーム観測不可** → 3 IF化、OCTAD-RF A/D
- KQ同時受信時の**2ビーム観測不可** → 3 IF化、OCTAD-RF A/D
- KQ同時受信観測時の**偏波不一致** → OCTAD-RF A/D
- KQ同時受信観測時の**周波数選択問題**(現状KとV=1のみ観測可能)  
→ OCTAD-RF A/D
- スwitchの乱立(両偏波K, Q, C) → 統合switchの整備

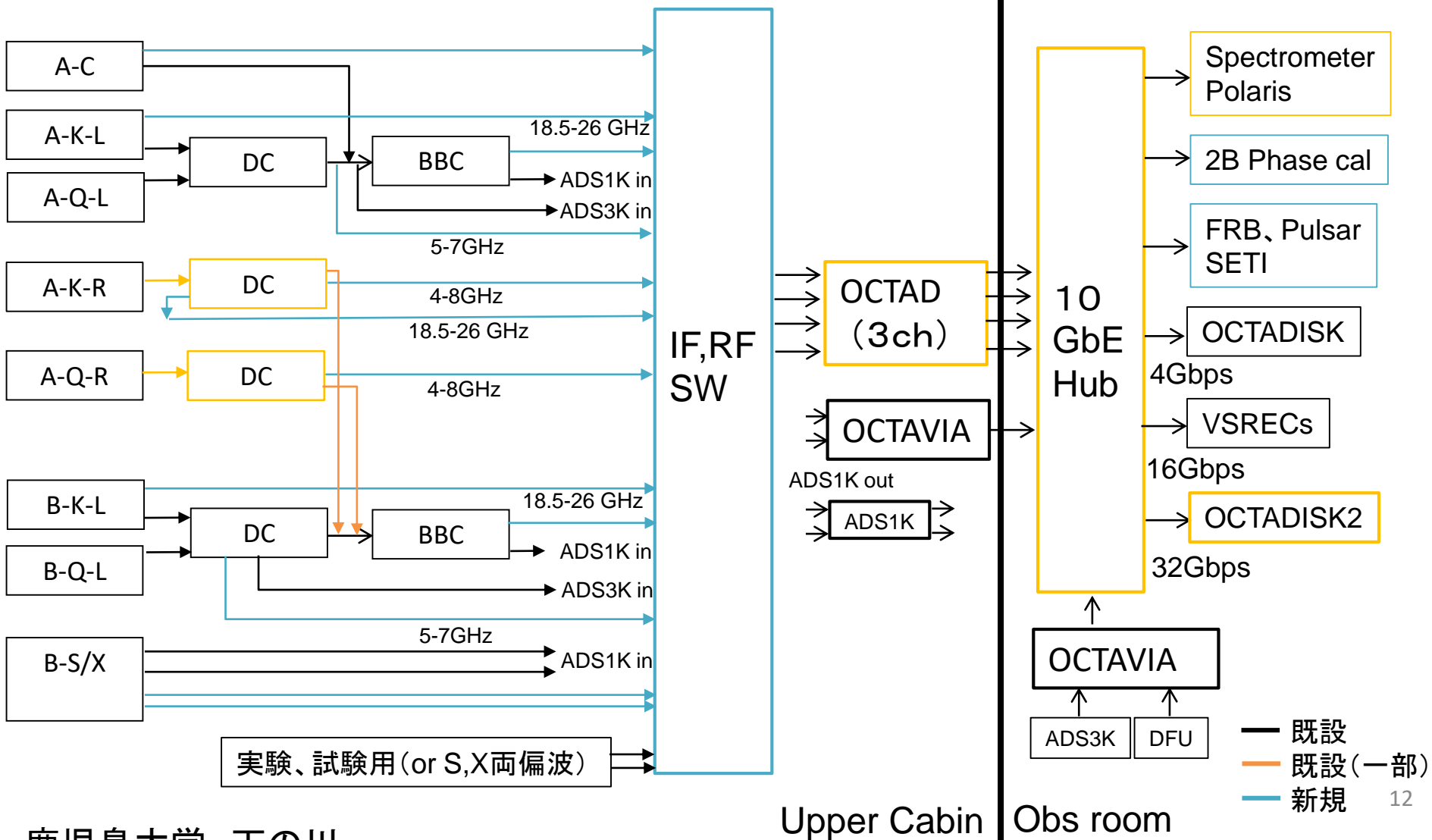
## ■ 将来計画へ向けた拡張

- 超広帯域観測 → アンモニア、メタノール、SiO複数ラインが観測可能(汎用化)、高感度化  
→ KaVA、eEVNとの観測帯域の一致
- SKA(Band5c)に向けたテストベッド

# 3<sup>rd</sup> Phase Progress

- 受信機、観測システム、アレイ構築関連搭載状況 (予定)
  - K,Q両偏波化 → RX、DC搭載完了(2018/3) (水沢、入来)
    - DC(K,Q)製作中(小笠原、石垣)
  - K,Q同時受信 → 全局mirror搭載完了 by 保守G
    - 統合スイッチ、RF-direct A/Dモード導入整備中
  - 広帯域化 (>9.2GHz,40Gbps) → OCTAD、OCTADISK2の整備
    - フリンジ検出(2018/3)、各種モード評価中
    - レファレンス用可変シンセ評価中
  - 低周波受信機 → 新型L-S-band受信機、開発中(総務省、東芝ホクト)
    - 2019/1-3 水沢、石垣試験予定(入来移設)
- 相関器関連
  - 高速化(広帯域、両偏波対応) → GPU化、前後処理ソフトウェア改修完了(2018/8)  
最終調整中、2019/1～実運用開始予定
- 基礎開発
  - OCTAD upgrade →
    - RF-A/D、broad-band(9.2GHz、15.5GHz)、water-vapour
    - Digital Equalizer(Phase,amp)、Phase-up
    - Pol cnversion(Linear→Circular)、beam-forming)

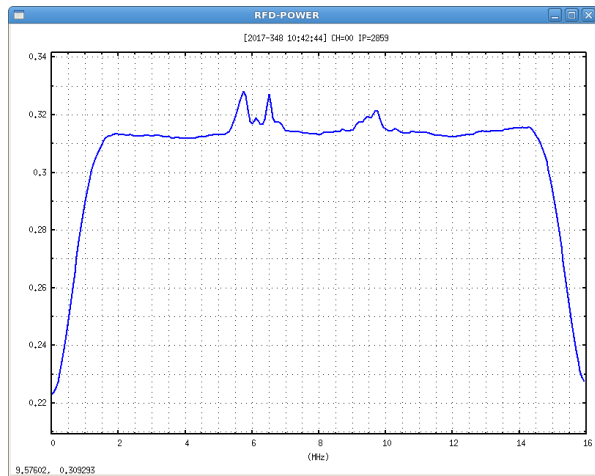
# Brock diagram (3<sup>rd</sup> Phase)



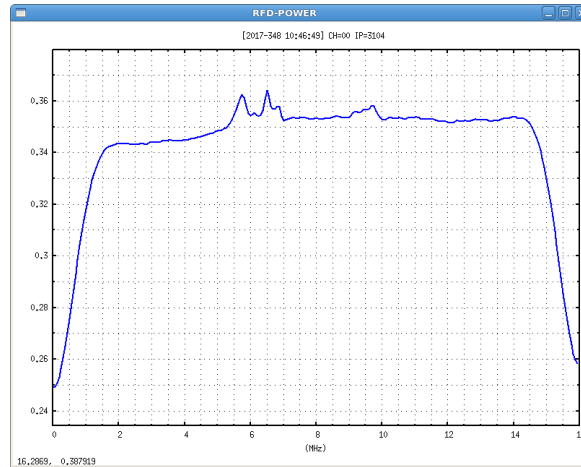
# 各局整備状況

	MIZ	IRK	OGA	ISG
Reciver (R pol)	○	○	○	○
K-DC (for R)	○	○	2019/7	2019/2
Q-DC (for R)	2017/12	2018/1	2019/7	2019/2
Mirror (for K/Q)	○	○	○	○
RF-IF、Switch	2018/12	2019/7	2019/7	2019/2
OCTAD	○	○	○	○
OCTADISK2	○	○	○	○
Low freq (L-S)	(Under Dev)	Under Dev		Under Dev

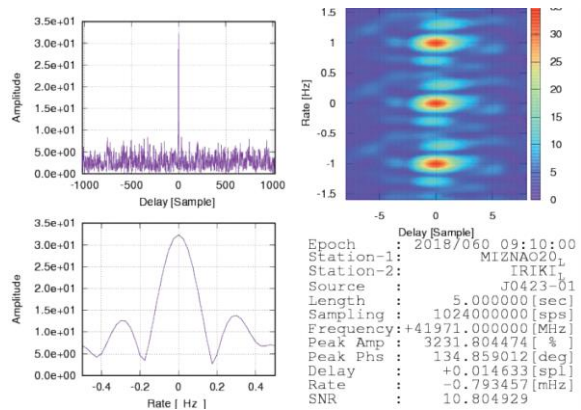
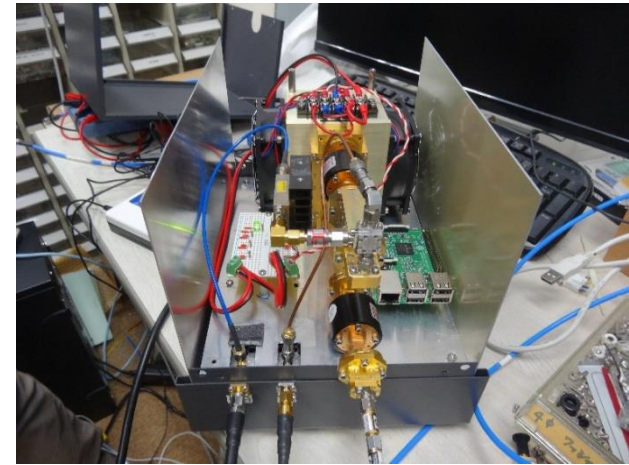
# First fringe detection bet Miz and Iri and auto power spectrum of Q-band Dual pol(2018/3)



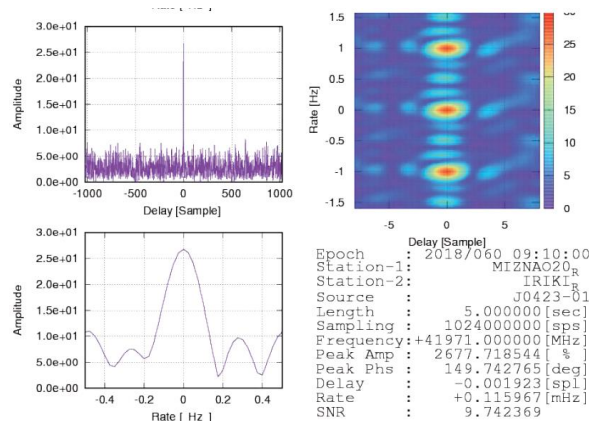
L: Ori-KL



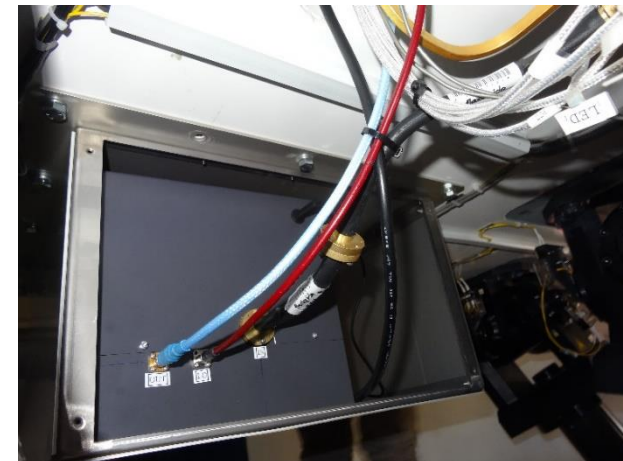
R: Ori-KL



Left circular frineg



Right circular frineg

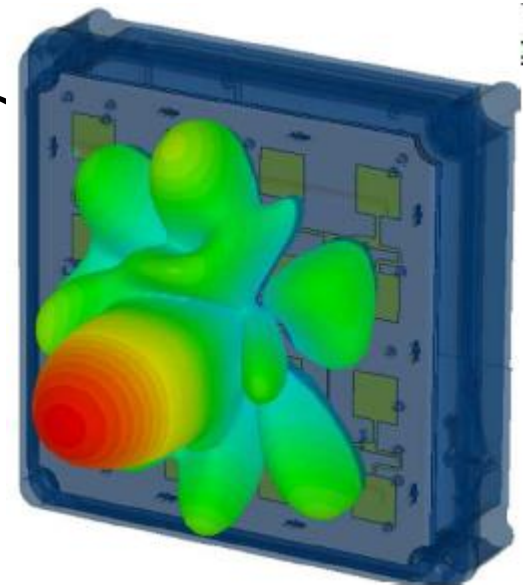


# 基礎開発(アナログ系)

## • LS-band新型受信機

### – 衛星通信と電波天文の共用化(2018年度)

- 総務省プロジェクト
- 目的: 1.612GHz帯保護バンドと1.618GHzイリジウム通信帯との共用化を超電導フィルターを用いて検証する
- 目標受信帯域: 1.4-2.3GHz
- 超電導冷却フィルター搭載受信機(東芝ホクト)
- 16素子パッチアンテナ(東芝ホクト)
- OCTAD Direct A/D(天文台)
- 水沢、石垣試験搭載(2019/1-3)  
入来移設予定
- FRB、パルサー、SETI



# Summary

- $\sim 12$ Gbps wide band (2beam) observation is now open(2018/9 $\sim$ )
- GPU software Correlator will be under operation (2019/1 $\sim$ )
- Dual polarization observation (K,Q) : 2019/9 $\sim$
- Simultaneous K/Q observation : 2019/9 $\sim$
- Low frequency (L-S)observing system is under development