

A progress of Software correlator and new broad-band observing system

Tomoaki Oyama

2011/09/28

VERAUM

1

目標 (a few years)

- 広帯域化による感度向上

- DIR-2000 replace (2012年3月メーカーメンテ終了)
- 4 or >8 Gbps high speed recording > High sensitivity
- 参照電波源増加
- SNR増加、離角 (target-reference) 小 ⇒ 位置精度向上 (2.2倍 @ 8Gbps by本間)

- Software correlator system

- Normal mode

- VSOP-FX correlator replace (for VERA 1Gbps)
 - FFT points (16K ⇒ 4M), メタノールメーザー観測他

- Expand mode

- 相関処理局数の拡張 (5 ⇒ 任意)
 - OCTADISK、光結合OCTAVE観測 (512MH帯域) >2 Gbpsの相関処理
 - 偏波、混合相関 (異なる帯域幅)

Why >8 Gbps ?

- 継続性、科学的発展
 - 128 Mbps(1990)⇒1024 Mbps(2000)⇒8192 Mbps(2010)
(LAN: 10 Mbps⇒1 Gbps⇒10 Gbps)
 - 超広帯域、高感度観測(SiO V=1,2,3同時、AGN吸収線等)
- 技術的発展
 - 10GB/s伝送の汎用化(低価格化)⇒10 GbEの使用
 - Gbps記録の汎用化(低価格化) ⇒HDD, SSDの使用
- 現状観測システム、競争、効率的観点、
 - 受信帯域RF:4GHz、IF:2GHz ⇒16, 8 Gbps
 - KJVC(8Gbps×16局)との親和性⇒RVDBの可搬型、OCTADISKの開発
 - VLBA >4 Gbps化

広帯域化

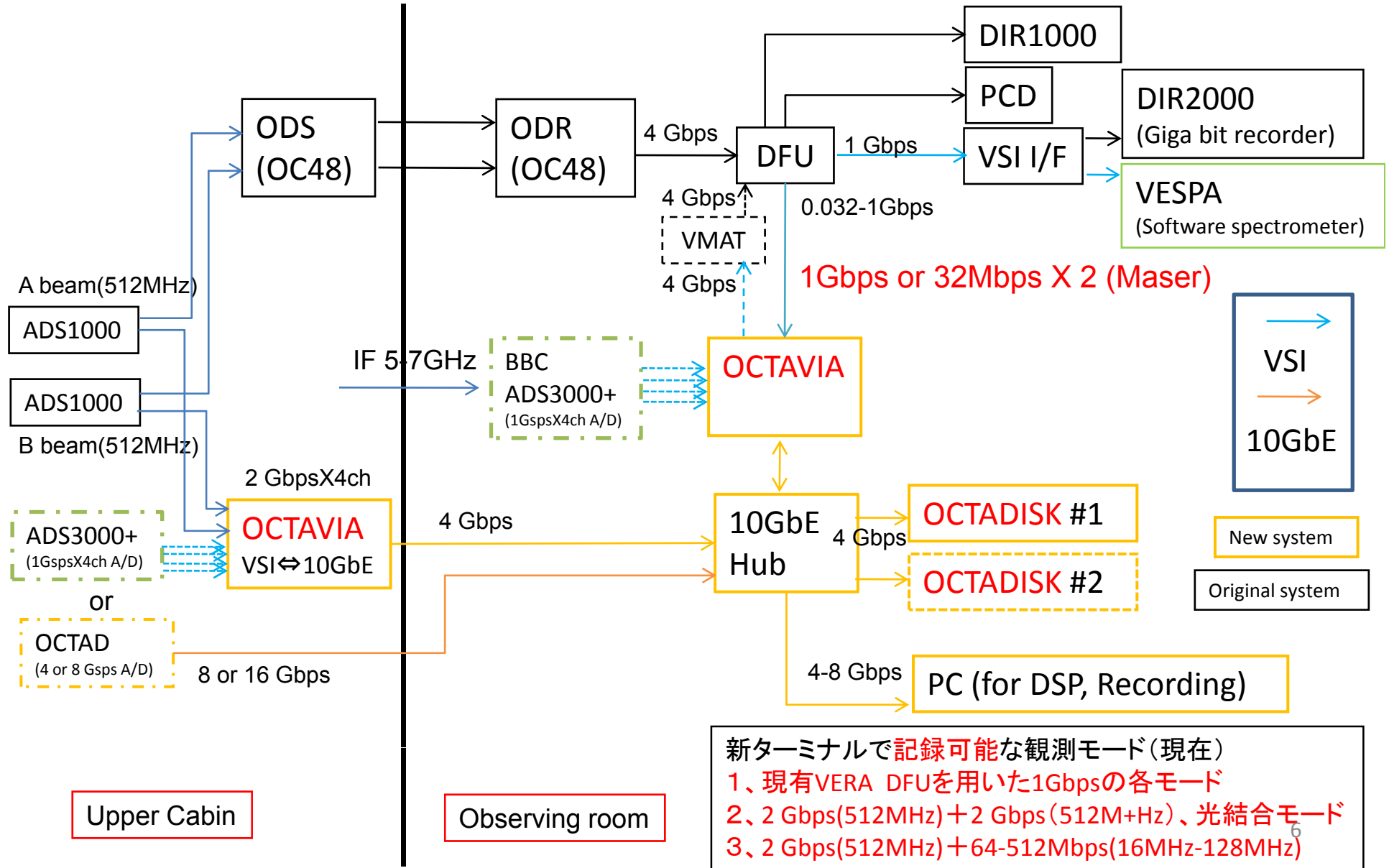
- 第一段階 (デジタル系, 4Gbps)
 - DIR2Kリプレース、FXリプレース
 - 1Gbps (VERA-DFU)、2Gbps-512MHz (光結合モード) X 2ch
 - 相関器: 三鷹FX、ソフト相関 (normal-mode) or KJJVC
 - デモ、検証試験 (8Gbps)
- 第二段階 (>8Gbps)
 - IFスイッチ、サンプラー、BBC?
 - >8Gbps
 - 相関器: KJJVC or ソフト相関器 (拡張モード)

OCTAVIA、OCTADISK

- OCTAVIA(Octave-VSI-Adapter)
(VSI-H ↔ 10GbE Converter)
 - Four VSI I/O ports (1 or 2 Gbps)
 - One 10 GbE I/O port (VDIF Format)
 - VBR Function for the traffic jam
 - Compatible with RVDB-DIO (for KJJVC)
- OCTADISK (Octave-disk-drive)
 - One 10 GbE I/O port (VDIF Format)
 - Observing mode
 - Recording and Playing at a rate of 2 Gbps simultaneously
 - Recording at a rate of 4.5 Gbps
 - Playing at a rate of 4.5 Gbps
 - 12 hard disk drive per 1 module
 - 24 hours recording@2Gbps (using 2 Tbyte HD*12)
 - Compatible with RVDB-DDB (for KJJVC)



New terminal for ultra wide band at VERA



立ち上げ状況、今後（観測局）

- 2010/6,7 4局配備完了 (OCTADISK1台 4Gbps)
- 2010/8 初期バグ (FPGA, ファーム) 修正
- 2010/9- ランニング試験 (4 Gbps)
(機能変更、拡張、バグ修正 Ver 2.0⇒Ver 2.08)
- 2011/6,7 観測棟OCTAVIA設置、立ち上げ@水沢、小笠原

- 2011/10-11 観測棟OCTAVIA設置、立ち上げ@入来、石垣
- 2011/04～3 2 + 2 Gbps mode 試験観測 (連続波ペア)
- 2011/11～3 1 Gbps試験観測 (DR2Kとの併用運転)、**観測データ取得 (一部)**
- 2011/04～ VFS対応設計、制作、2012年度導入予定
- 2012/04～ サイエンス試験運用 (1- 4Gbps、相関器が鍵)
- 2013/04～ OCTADISKのみで運用? (予算状況に依存)
- 201?/04～ 8Gbps?

観測棟ラック(小笠原)2011/7



OCTAVIA

VDV (VSI Divider)

ADS3000+

簡易型BBC

設置状況(石垣) 開発制御用PC 10GbE

制御ソフト
(RVDB用)
OCTAVIA制御
時刻符号確認

開発制御用PC
OCTAVIA-ISG(10GbE)

- ・ビット分布計測(実働中)
- ・準実時間FC(予定)

CPU or GPU

- FFT
- DBBC
- DFU
- Digital Polarizar
- RECORD



IF系検討

- IF Switch
 - 8:4(6)(入力 5-7 or 4-8 GHz) ?
 - 入力:A,Bbeam 両偏波、C-band両偏波、予備2
- BBC
 - 2ndLO variable or Stable+Filter ?
 - Output : 512MHz × 4?
- Sampler
 - Octad(4-6、4-8 GHz Direct sampling)
 - ADS3000+(512MHz X 4ch, baseband sampling)
 - DBBC or DFU、FPGA、GPU(10 GbE)

基礎試験

- Mini 2ndLO(鈴木)
 - Small
 - 試験中(簡易型BBC組み込み)
- Direct sampling VLBI test
 - OCTAD, ADX-831, PANDA
 - 3bit + DBBC、DFU software、GPU or FPGA
 - 試験実施(2011/6)



簡易型BBC制作、評価



2011/5 三鷹

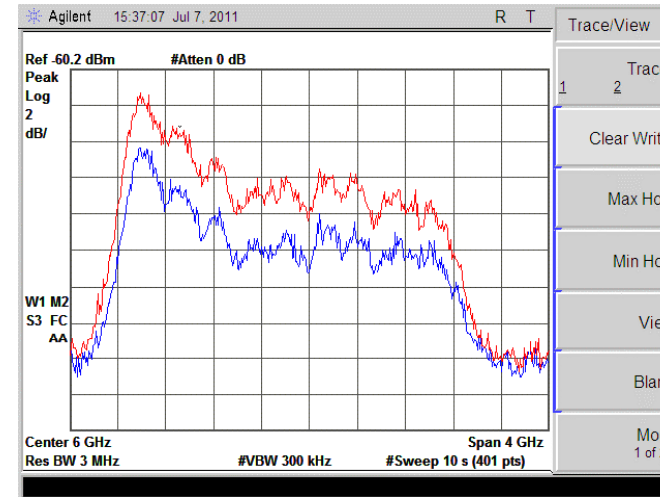


2011/7 小笠原

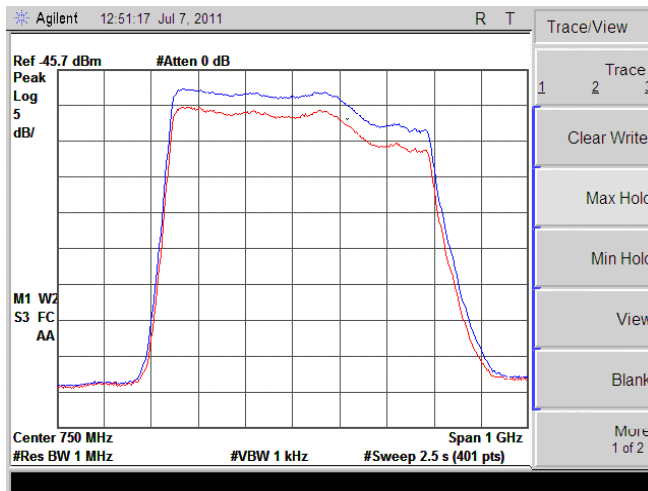
簡易型BBC 入出力波形



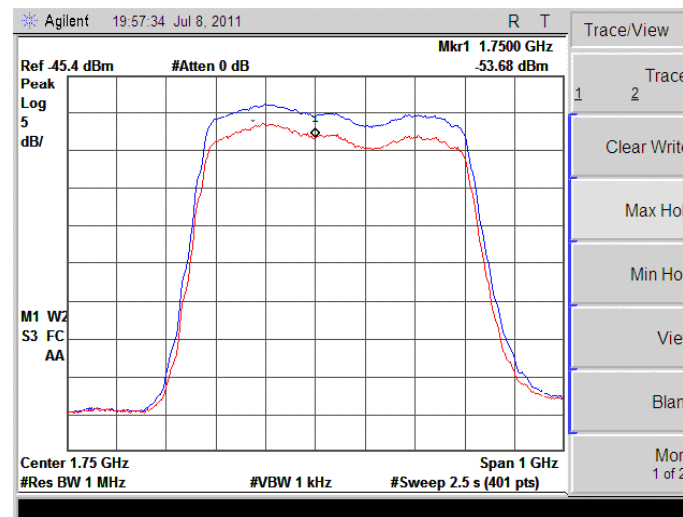
#1 K band(5-7GHz)→簡易型BBC入力



#1 Q band(5-7GHz)→簡易型BBC入力



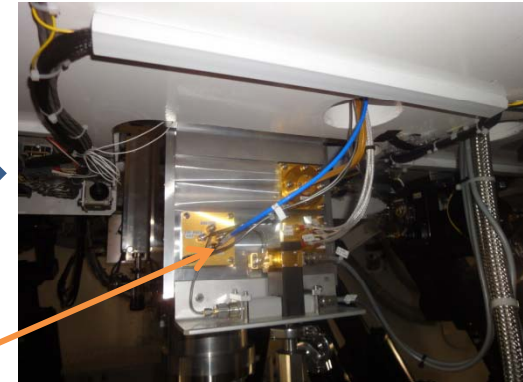
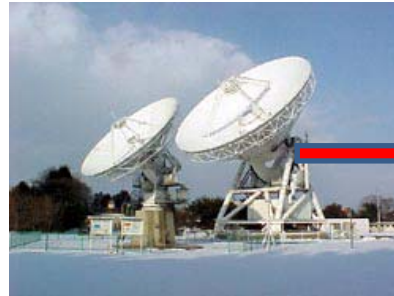
#1 K band 簡易型BBC出力(CH1)



#1 Q band 簡易型BBC出力(CH3) 13

VLBI experiment using simple wide band observing system (RF direct sampling) without DC and BBC at VERA Mizusawa station

- Date 2011/06/06-09
- Instruments
 - Ant
 - Mizusawa 10m and 20m
 - RX
 - K-band
 - A/D converter
 - OCTAD : Input 20-24 GHz
 - ADX-831: Input 4-6 GHz
 - PC-Recorder(OCTADISK) X 4
 - Normal PC
 - CPU: Core I 7 3.0GHz
 - Memory: 24 Gbyte
 - Raid : Areca ARC-1880-ix-16
 - Raid box : STARDOM ST8-U5
 - 10GbE card : Neterion X3110SR
 - 8 Gbps recording @1 pc
 - > total 32 Gbps recording
 - Under analyzing the data



RX output 20-24GHz

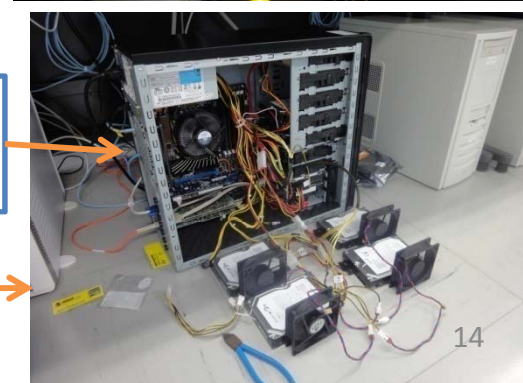
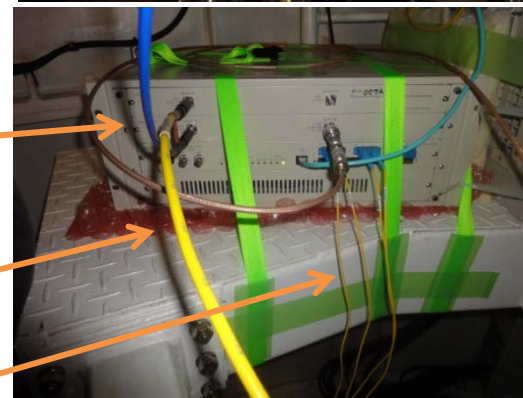
OCTAD(A/D) input 20-24GHz

Sampling clock 8192MHz
E8257D

A/D output using 10GbE
Optical fiber, VDIF format

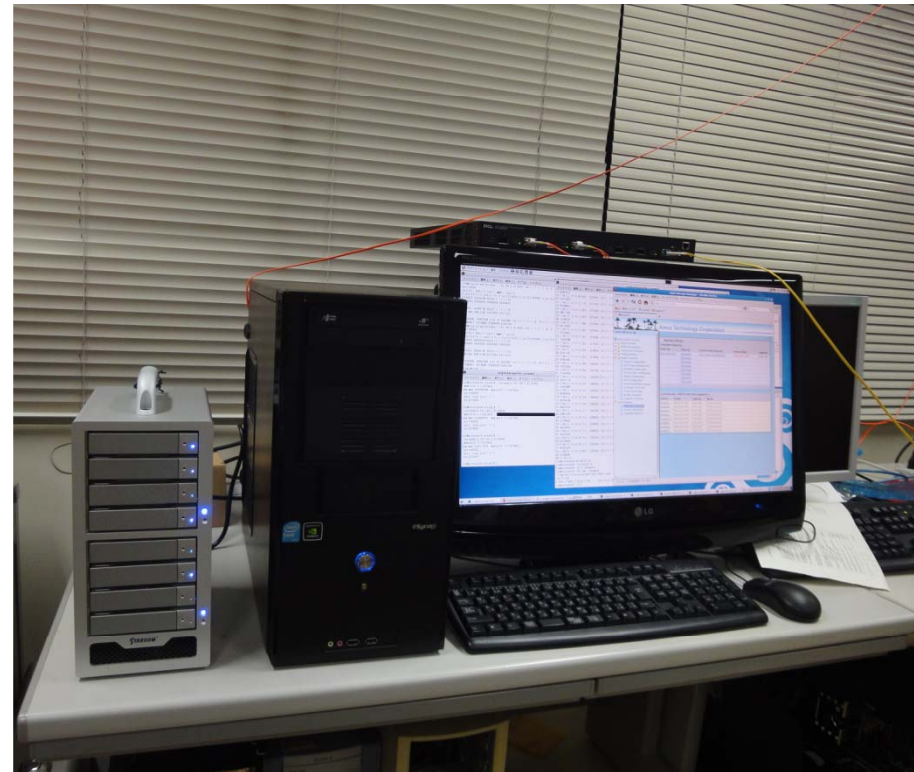
PC-recorder
Input : 10GbE using Optical fiber
VDIF format

PC-recorder
Raid box(removable)

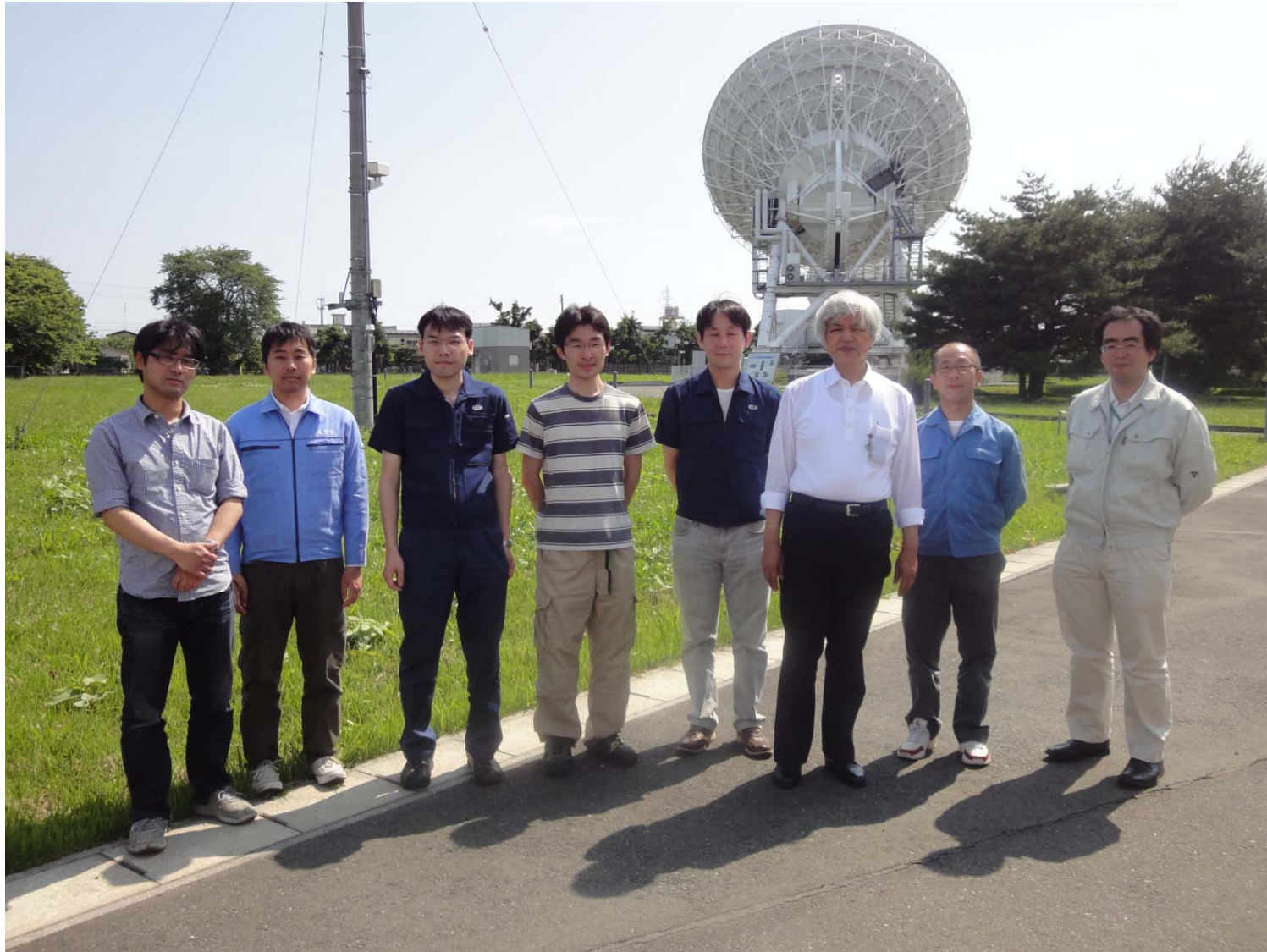


Software Recording System for **VDIF** using **10GbE**

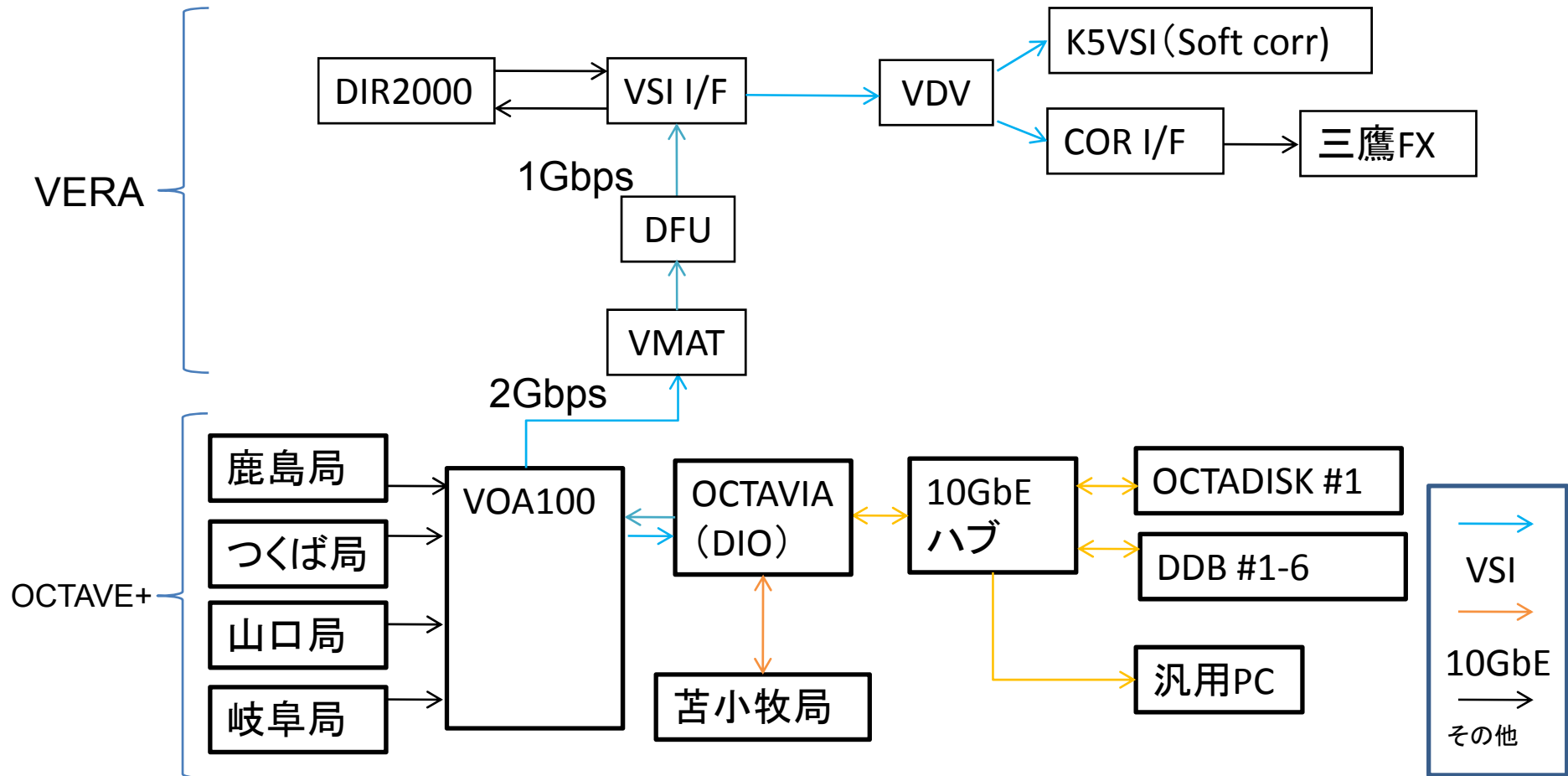
- Soft recorder
 - **Software(Recording) + Commercial PC** customized by requirement
 - **Customized PC**
(ex, for OCTAD, 8 Gbps recording)
 - CPU: Core i 7 3.2 GHz
 - Memory: 24 Gbyte
 - Raid : Areca ARC-1880-ix-16
 - Raid box : STARDOM ST8-U5X2
 - 10 GbE card : Neterion X3110SR
 - Cent OS 5.6
 - **Software(Recording)**
 - Using Standard C
 - Input : **VDIF format**, UDP
 - Output : **Linux standard format ext4, xfs etc**
 - **Software correlator** can access raw data directly
 - >8 Gbps recording @1 pc



作業メンバー

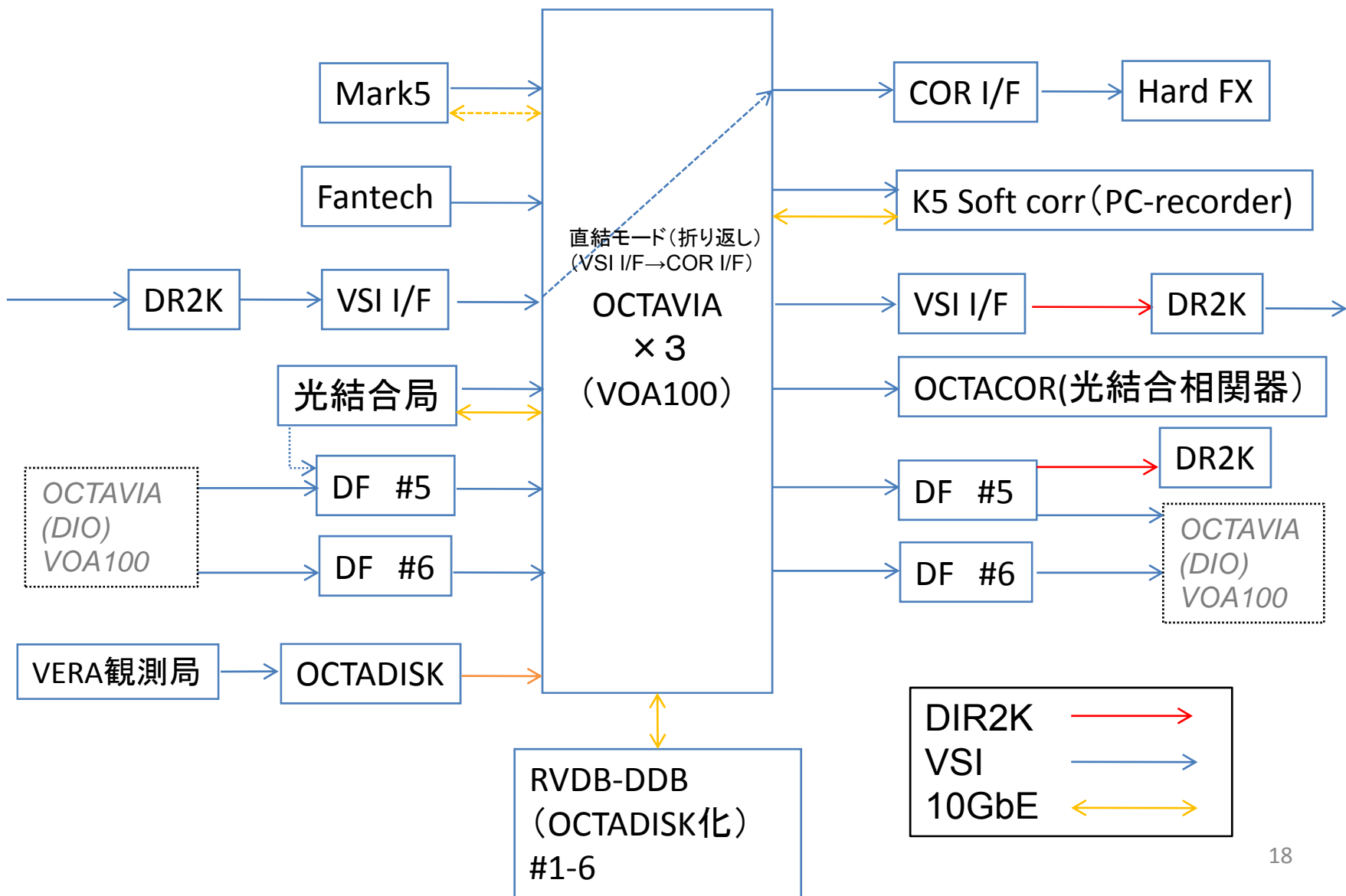


相関局 (2010年10月まで)



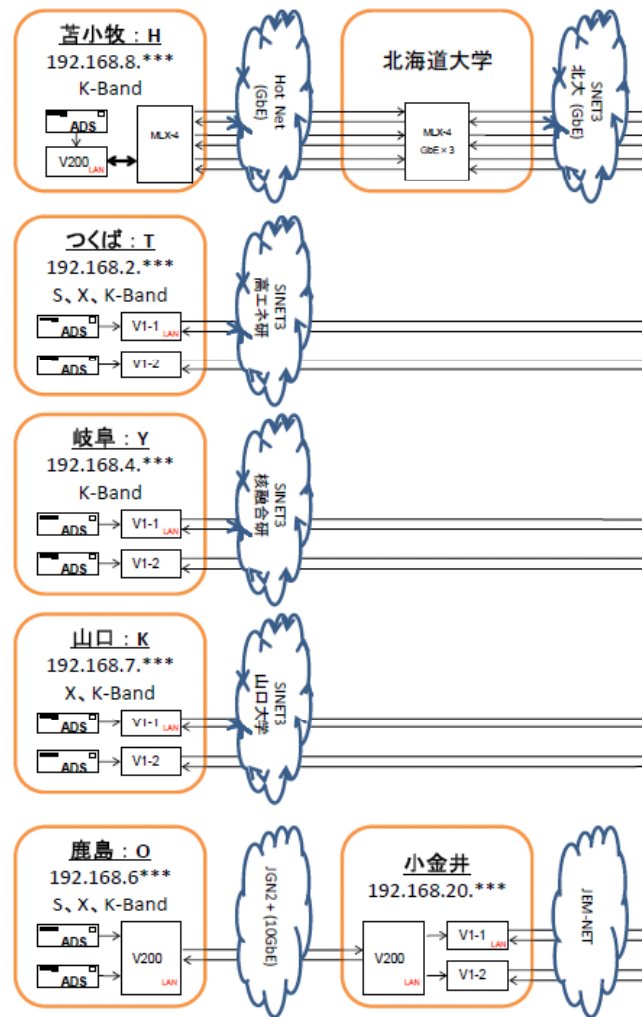
- 1) OCTAVE+ (光結合+ディスクバッファ)系とVERA系(ソフト相関)は独立
- 2) 既存系相関処理とソフト相関器の同時

VERA広帯域化+OCTAVE+(ディスクバッファ兼用光結合VLBI)用
 相関局整備案(ハード、ソフトウェア相関器併用)

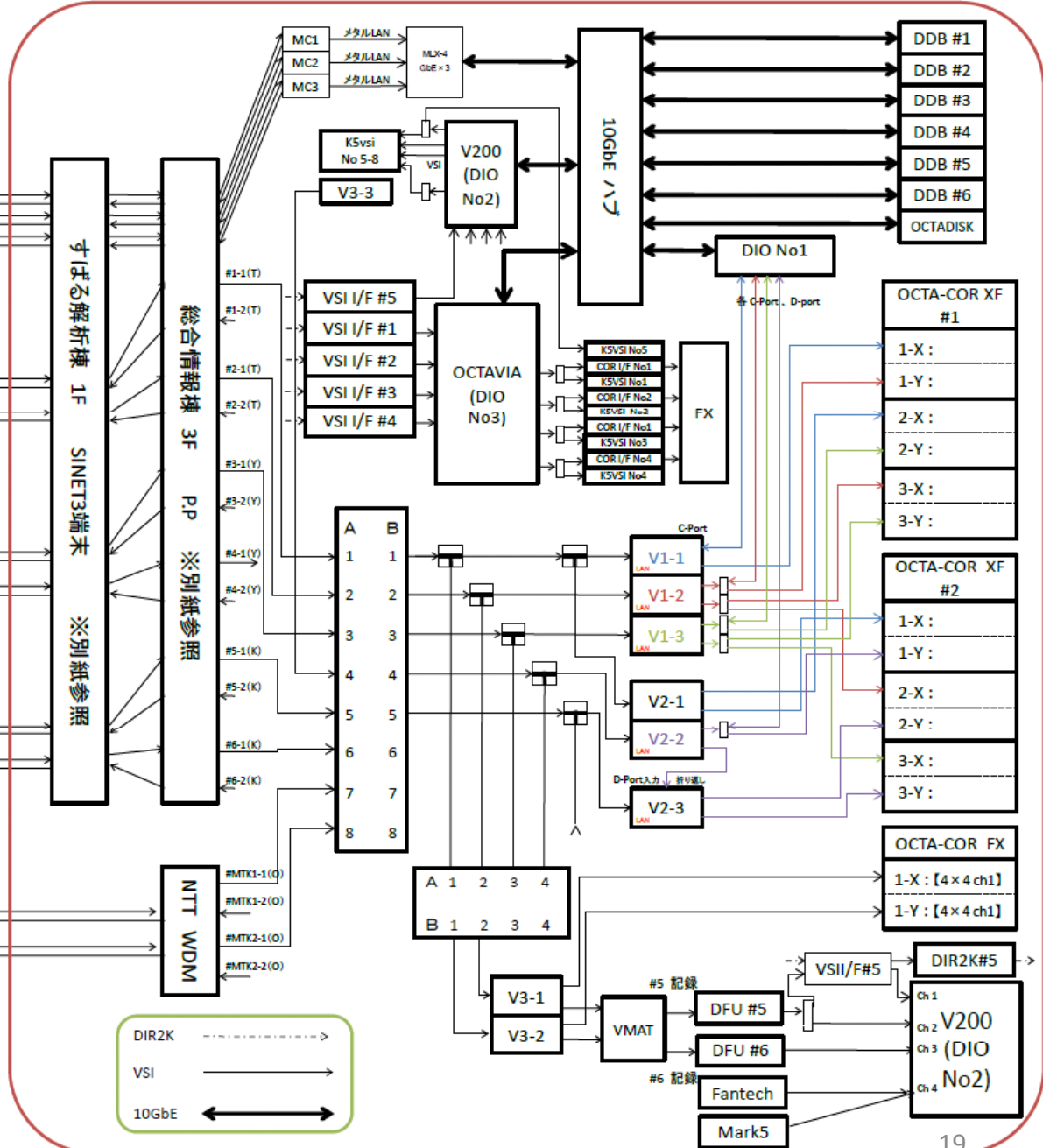


新提案、VERA(ソフト関連) + 光結合 + ディスクバッファ配線図

VERA-Ex, OCTAVE + 配線図



※注釈
 ・V200 = VOA-200
 ・V1-1 = VOA-100#1のch1
 ・三層VOA-100の後ろの口 = VDV
 ・ = VOC 50 50
 ・ = VOC 95 5



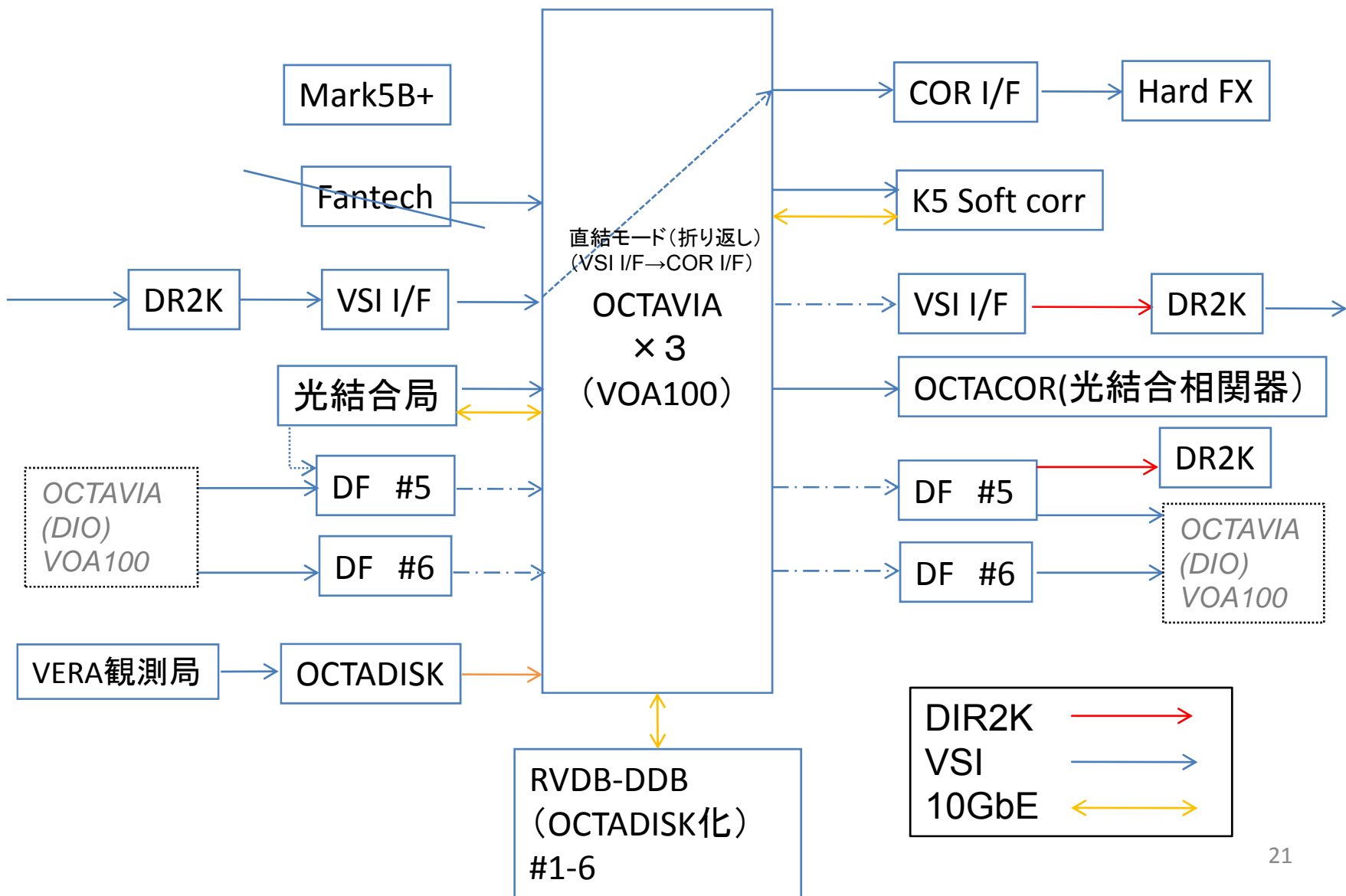
DIR2K
 VSI
 10GbE

新相関局整備



岐阜大学、2010/10/13

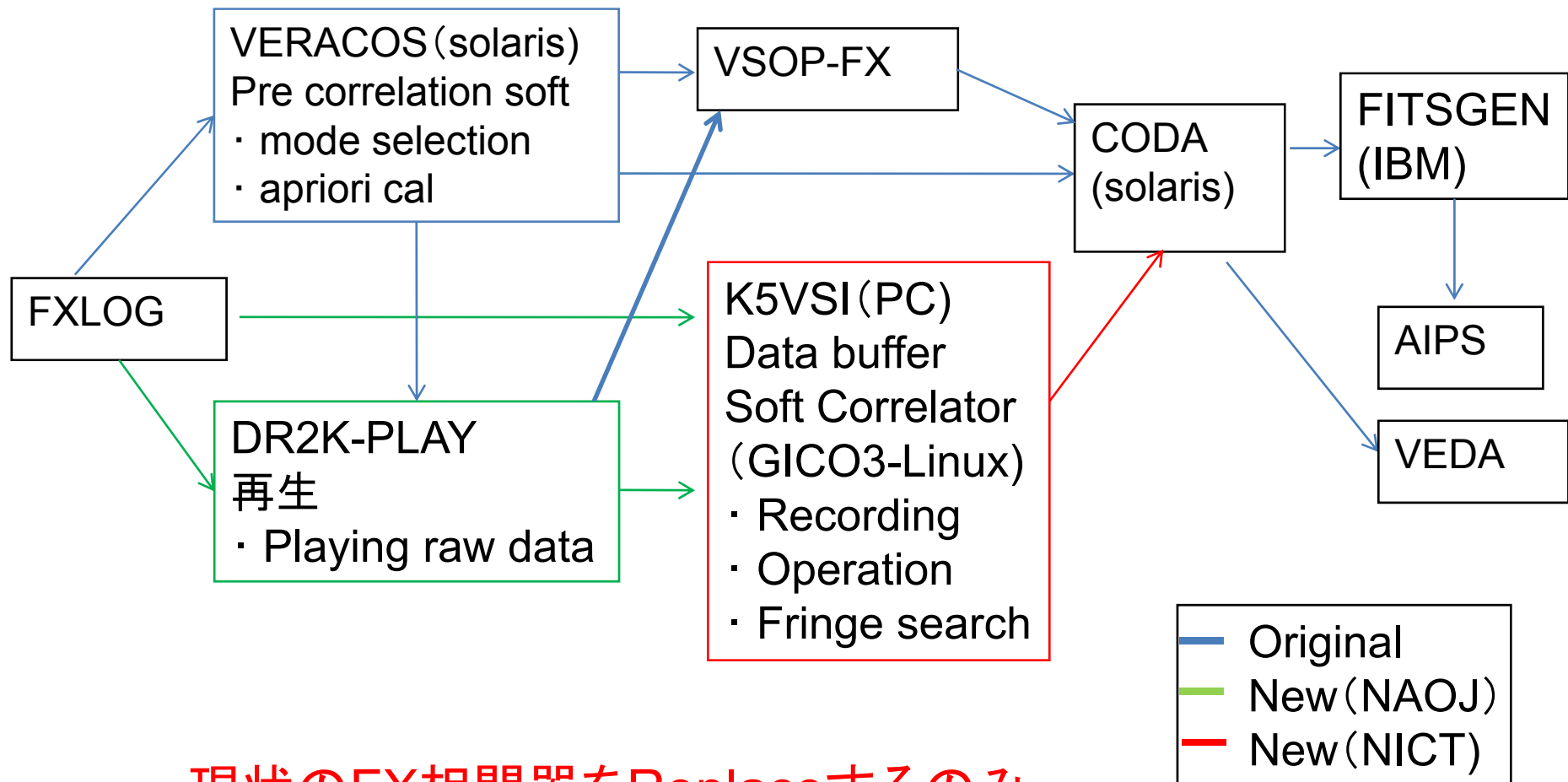
VERA広帯域化+OCTAVE+(ディスクバッファ兼用光結合VLBI)用
 相関局整備案(ハード、ソフトウェア相関器併用)



Recorder@相関局

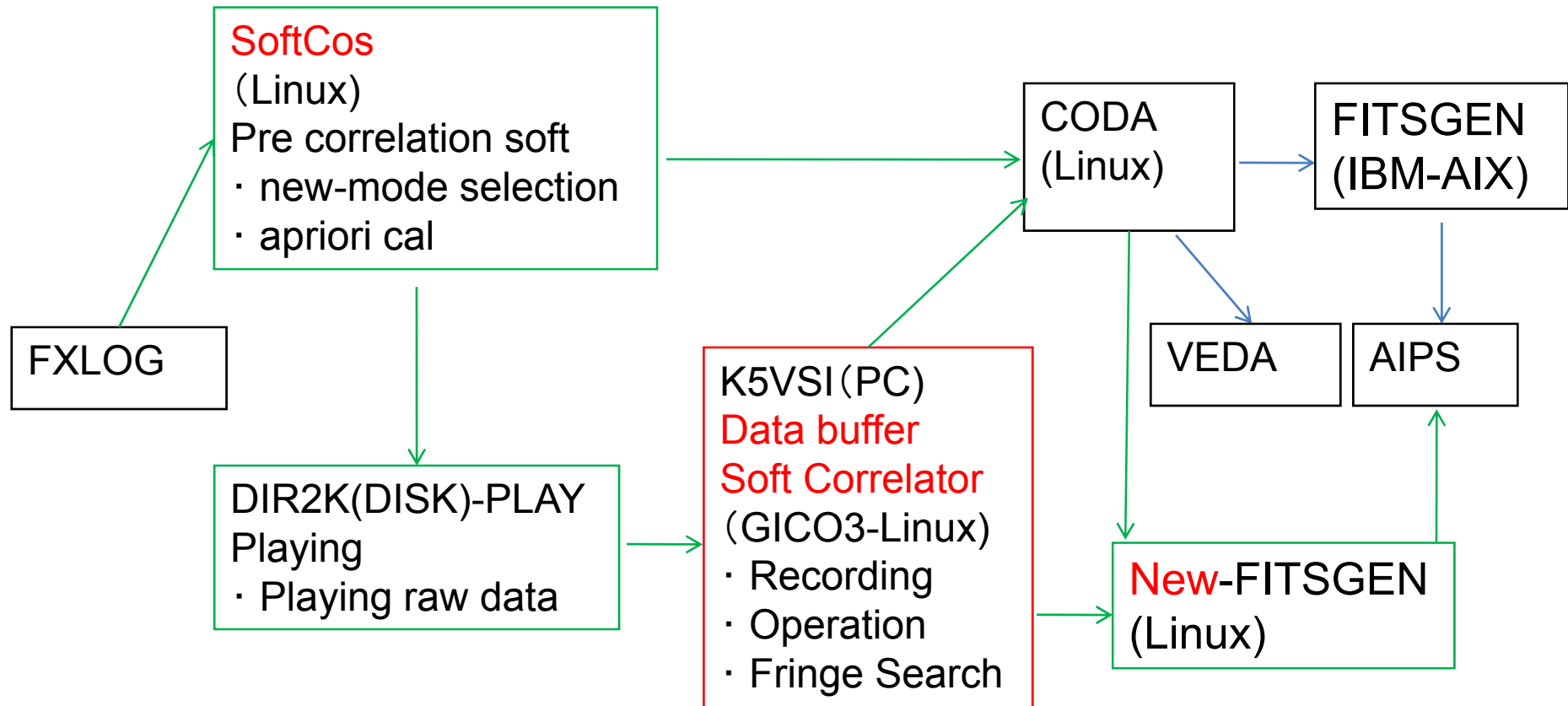
	number	rate (Gbps)	Total Recording time (2 Gbps)	Correlation	etc
K5VSI	8	1 or 2	200h	Software	VSI出力なし (三鷹FX処理不可)
OCTADDB	6	1 or 2	192h	Software	
OCTADISK	1	1 or 2	48h	Mitaka-FX	
Mark5B	1	1	32h		
Mark5B+	1	2			
Spare HDD			500h		

Backup Correlator (GICO3) system at Mitaka



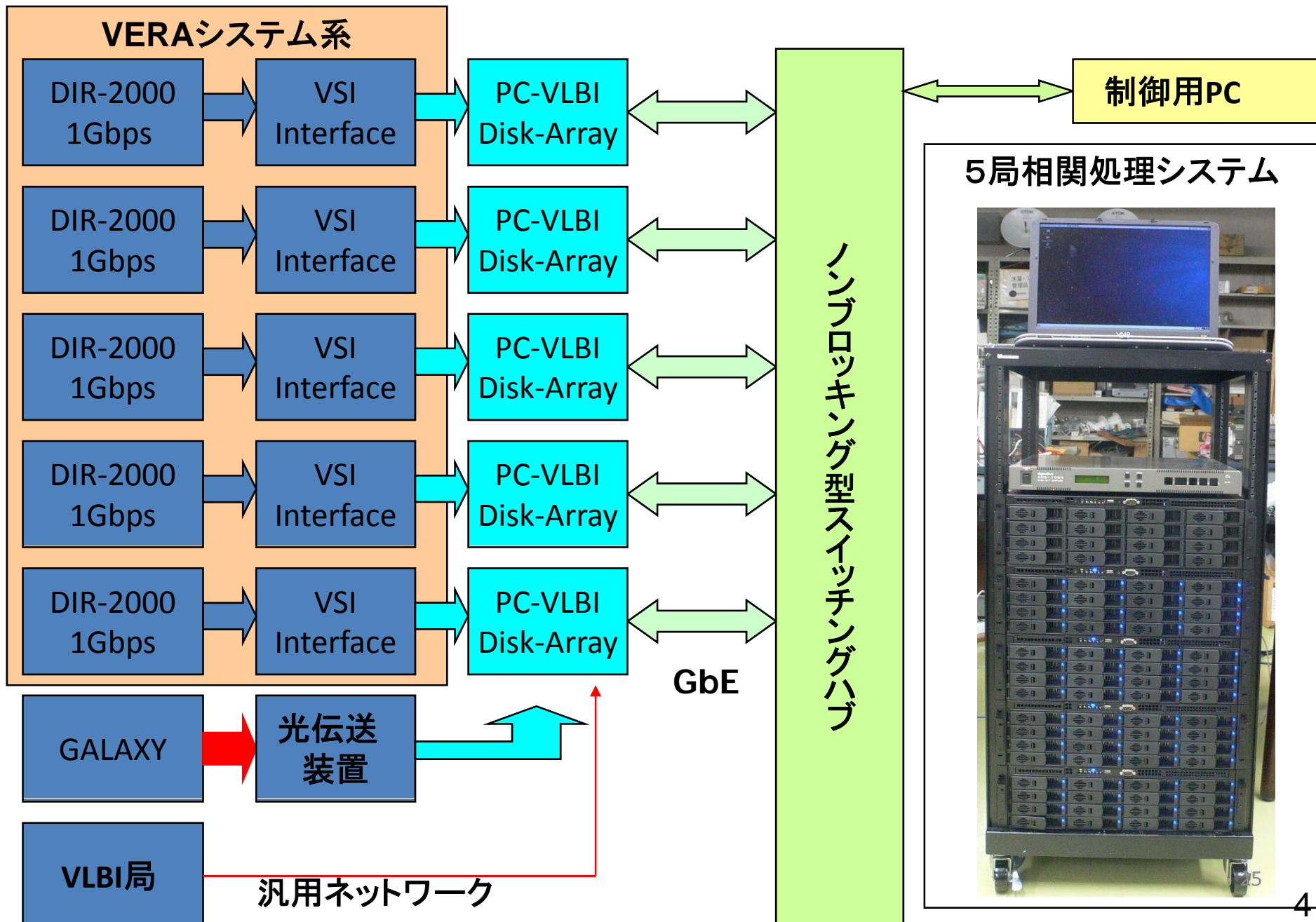
現状のFX関連器をReplaceするのみ

Software Correlator system at Mitaka



VERA用相関前後処理ソフトをRemakeする事でハード相関器による制限から開放され、ソフト相関器システムの柔軟な設計が可能、Linux上で動作

K5-VSI (GICO3) system by NICT



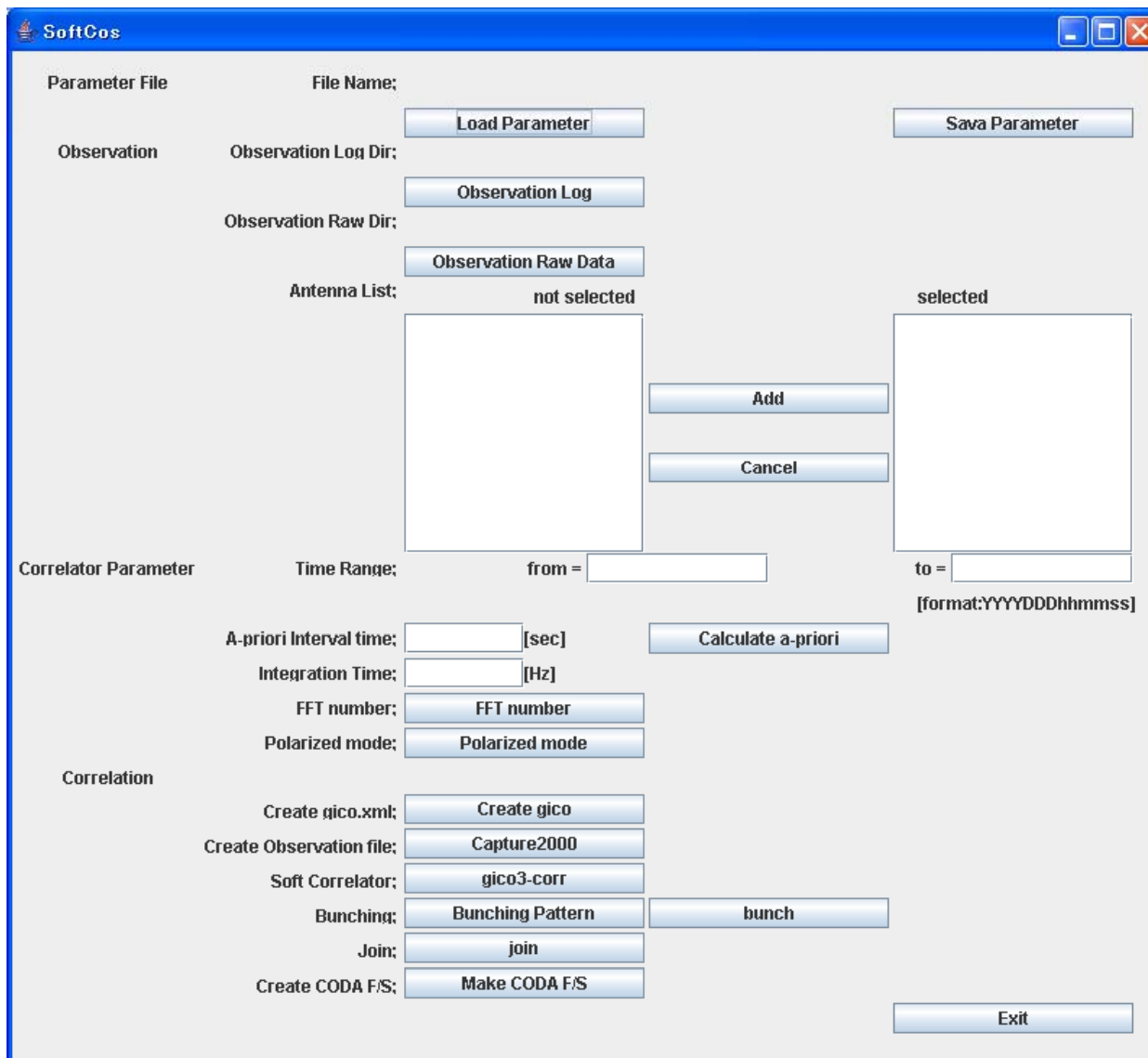
New-mode (拡張)

Speed	IF numbers	Bandwidth (MHz)	Sampler、 DSP
1 Gbps	1	256	VLBI1 (DF)
2 Gbps	1, 2	512, 256	VSOP2、 ADS1000 OCTAVE
4 Gbps	1, 2, 4	1024, 512, 256	ADS1000、 ADS3000+
8 Gbps	1, 2, 4	2048, 1024, 512	ADS3000+、 PANDA
16 Gbps	1, 2, 4, 8	4096, 2048, 1024, 512	ADS3000+、 PANDA
32 Gbps	1, 2, 4, 8, 16	8192, 4096, 2048, 1024, 512	ADS3000+、 PANDA
64 Gbps	1, 2, 4, 8, 16, 32	8192, 4096, 2048, 1024, 512	ADS3000+、 PANDA

- Quantization: 1, 2 bit (旧システム)
- FFT point : 4M/1 IF ← (16k)
- Stations : 128 ← (5 stations)
- Polarization : Full Stokes ← (none)
- Hybrid Correlation (512MHz × 256 , 128 MHz) for JVN, VSOP2

Softcos

- 相関前処理ソフト
(アプリ計算、UVW)
- 基本モード
 - VERA 1Gbps
- 拡張モード
 - 偏波 (IF毎選択)
 - 混合相関
 - ディスクデータ
- 開発完了
(2011/3)
- 現在評価中
 - アプリ計算にバグ



New-FITSGEN

開発状況

- 光結合 (OCTAVE)用FITSGEN－Remake
- Dual Pol (VSOP2) : finished
- Soft correlator (GICO3) : finished
- Multi-IF : finished
 - 現在試験運用、デバッグ中
- CODA対応 : finished(2011/3)

- 立ち上げ、評価未着手

立ち上げ状況(相関局)

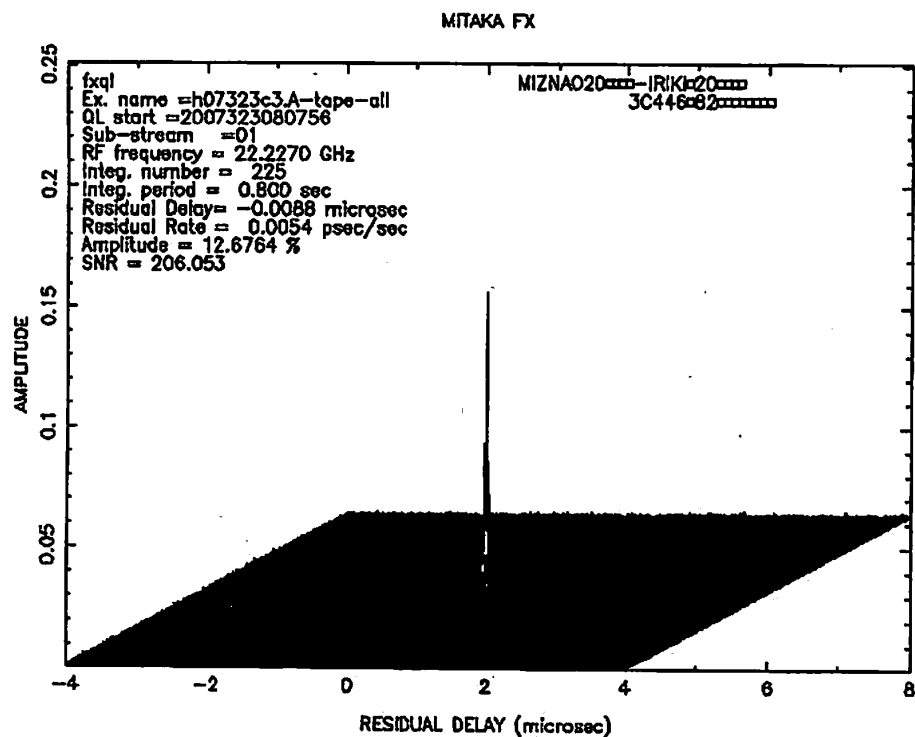
- 2010/8 DR2K→OCTADISK(スルーモード)→既存FX処理試験
⇒完了
- 2010/9-1 DR2K→OCTADISK(DDB)→既存三鷹FX相関処理試験
⇒完了(安定度試験中)
- 2010/9- softcos、gico3
 - 1) evalutaion : delay、rate概ね一致(<1nsec、<10fsec/sec)
,SNR評価中(AIPS使用)
 - 2) softcos : アプリオリ計算バグ修正中
- 2011/10～ New-FITSGEN評価開始
- 2011/4～ 相関局運用Gと共同運用開始
- 2012/4～ 試験的サイエンス運用開始(1 - 4Gbps)
- 2013/4～ 相関局にて運用開始(1Gbps)、>2Gbps?

三鷹相関局

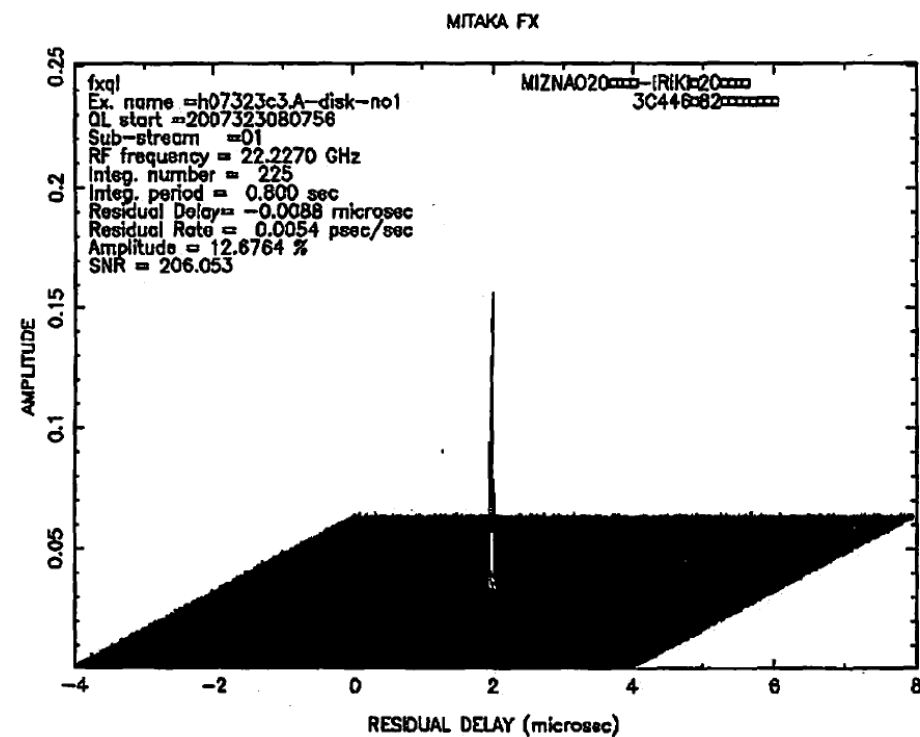
OCTAVIA



Comparison of DR2K and OCTADISK Using Mitaka -FX



DR2000

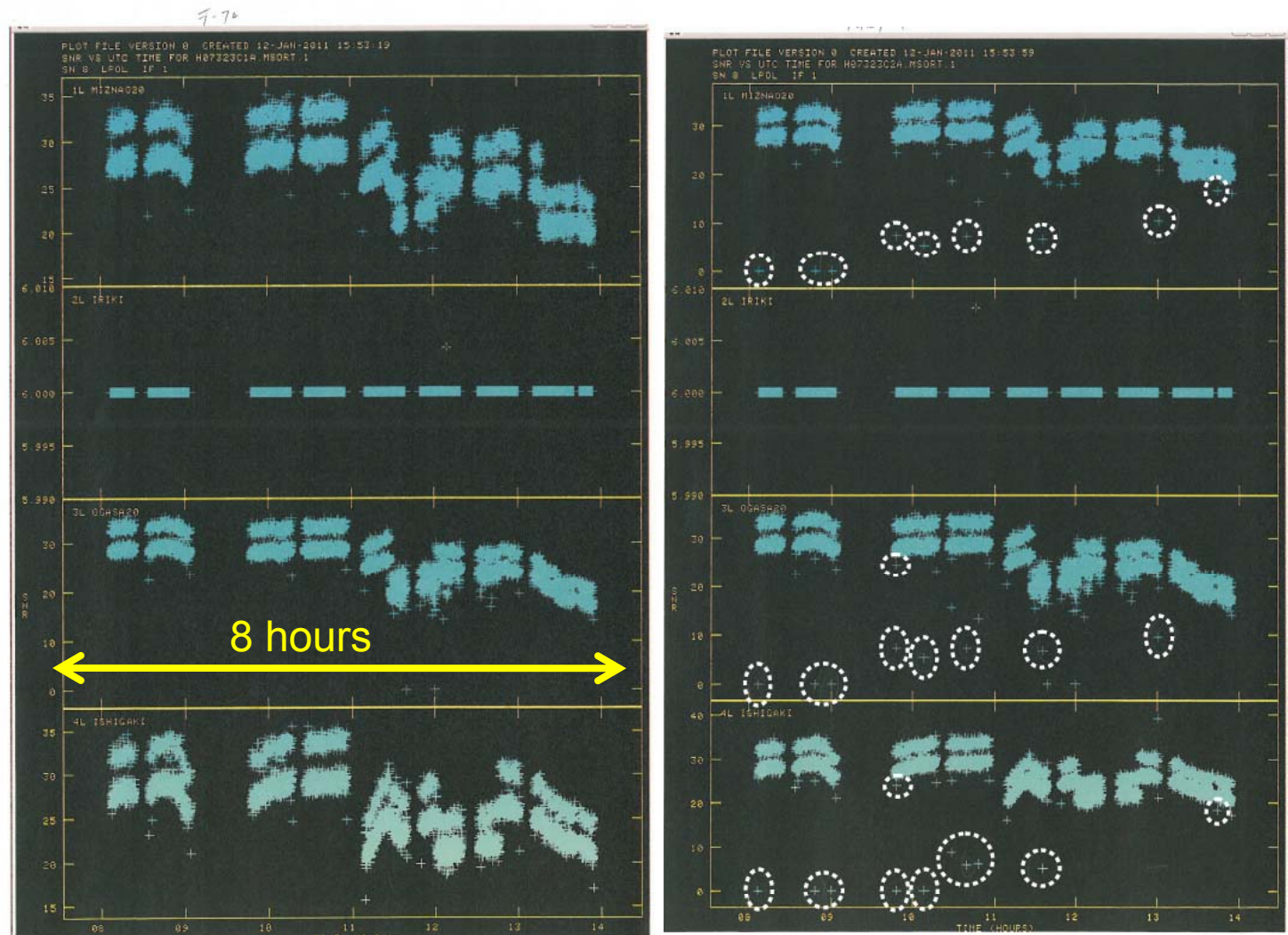


OCTADISK

Delay, rate, SNR 完全一致(2011/1)

長時間データ比較 (DIR2K and OCTADISK)

- SNR劣化発生
10回@8時間
⇒Disk access
speed error+
Header
error

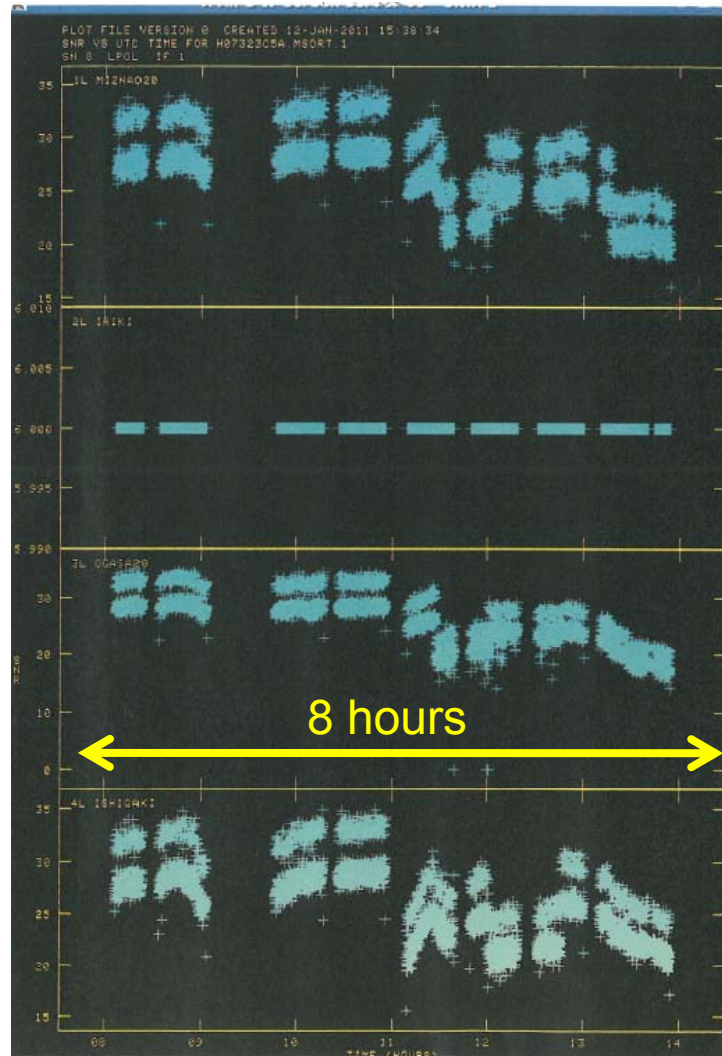


DIR2000 : SNR

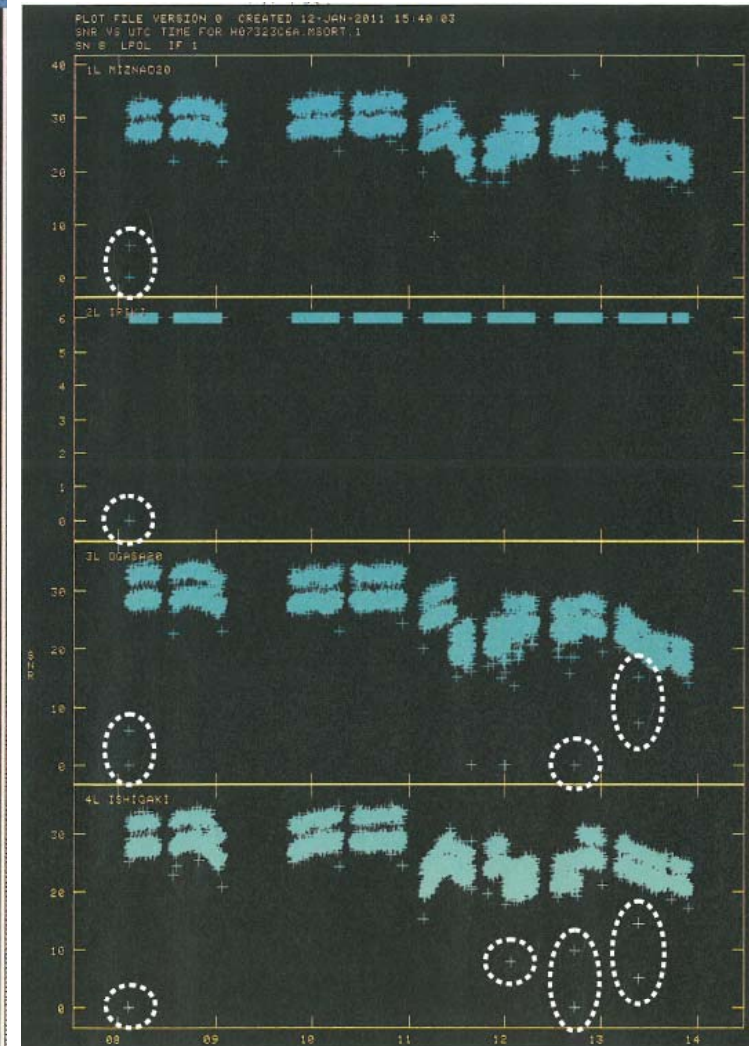
OCTADISK : SNR 32

長時間データ比較: ヘッダーエラー改修後 (DIR2K and OCTADISK)

- SNR劣化発生
4回@8時間
⇒Disk access
speed error

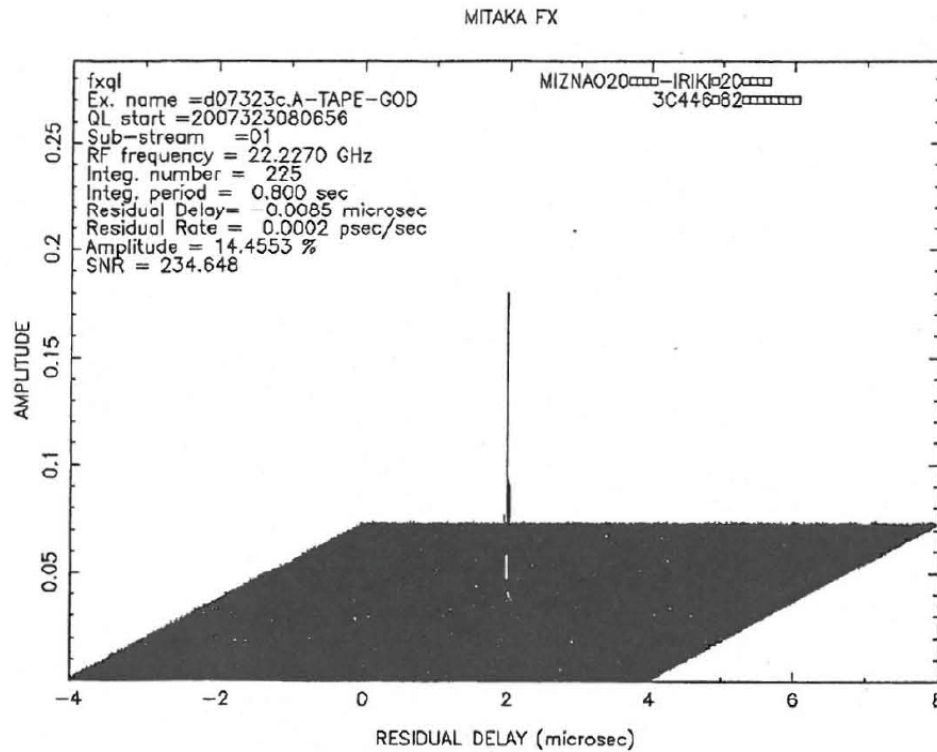


DIR2000 : SNR

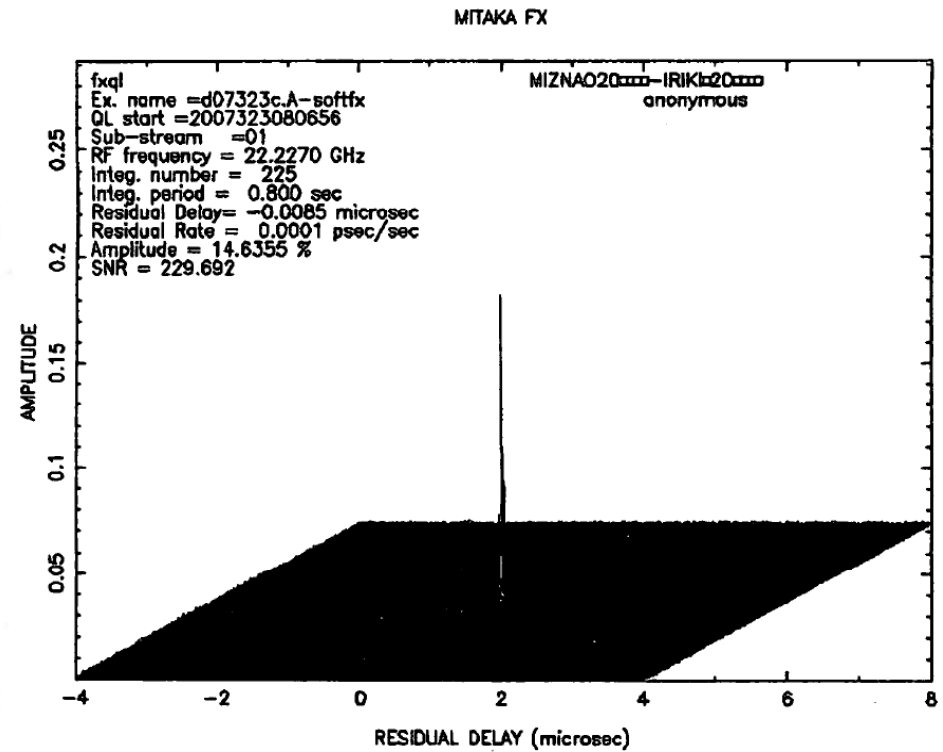


OCTADISK : SNR

Comparison soft correlator and Mitaka-FX



Mitaka-FX



Soft correlator

Delay 一致(1nsec)
Rate 一致(1fsec/sec)
SNR 数%での一致

Comparison Mitaka soft cor and DiFX

Table 1: Component of the K5/VSI system: The VSI2000DIM board, which relays the VSI-H signal from a A/D sampler into memory of K5/VSI, is special hardware developed by NICT.

Remaining components are composed of common commercial products for PC.

Component	Product Name
VSI Board	VSI2000DIM
CPU	Intel Xeon X5355 × 2
Mother Board	SuperMicro X7DBE
Raid Card	High Point RR2340
Hard Disk	SATA 1 or 2 TB ×16
Memory	FB-DIMM 667MHz 2GB × 2
Operation System	Linux (CentOS 5.2 for x86-64)

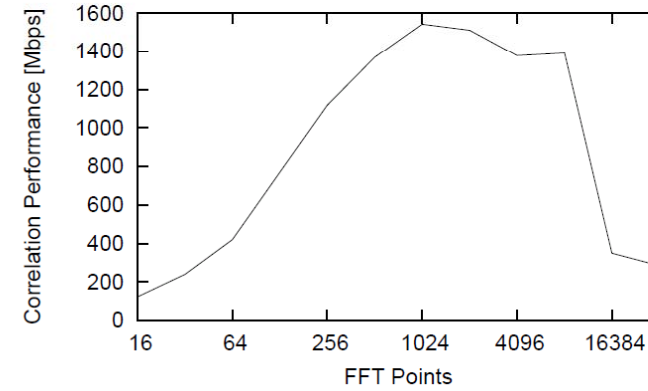


Fig. 7.— Auto correlation performance: When FFT points decreases, the number of function calls in GICO3 increases conversely. In addition, FFT performance of FFTW library has a tendency to fall with such small fft points. Thereby, total processing speed are fall greatly at less than 1k points. The cause of falls of the processing speed over 8k points is that all of data for 1-FFT block are not stored in primary cache memory which has only with 32 k bytes, and a slower level 2 cache and main memory are used.

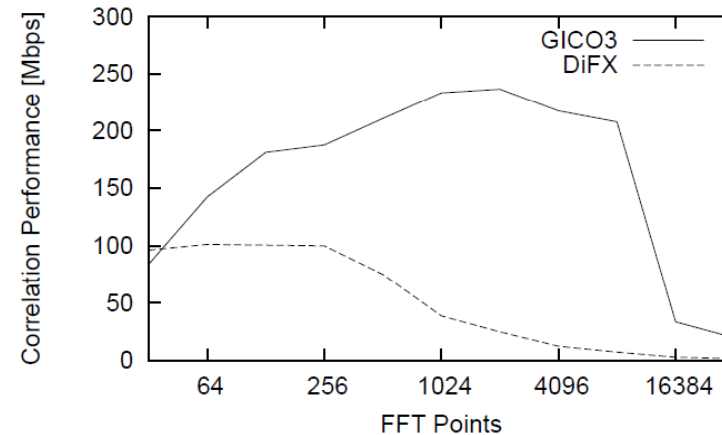


Fig. 8.— Correlation performance using 6 stations data: In order to compare with the performance of the DiFX, the correlation speed of GICO3 were measured on the same conditions. Although the overall tendency are well alike, the GICO3 has high processing speed as compared with DiFX, and it is 10 times faster than DiFX at 2k fft point.

New observing mode

(実運用を想定)

	Disk record	Soft-Cor	KJVC	2beam (phase-ref)
VERA 1 Gbps	◎	◎	◎	◎
VERA 2 (>0.064) + 2 Gbps(512MHz)	◎	○	◎	◎
VERA > 8Gbps	○	○	△	△
JVN-OCTAVE (1 or 2 Gbps) 4回/月	◎	◎○	◎	
JVN-OCTAVE (1 or 2 Gbps) >4回/月	△	△	◎	
JVN ~>8 Gbps	△	△	△	
EAVN 1-2 Gbps		△	◎	
EAVN 8 Gbps		△	△	

- ◎予算、人的措置あり(Disk 除く)⇒After Intagrations, evaluation, we can use
- ○一部予算措置あり、個人、開発Gベースでの開発(best effort)
- △機能としては有効⇒実用化には追加予算、人的措置必要

Summary

- 広帯域化
 - 1Gbps (VERA-DFU) モード、2Gbps (512MHz) X 2ch
整備完了、性能評価中
2012/4～ サイエンス試験観測開始
 - 8Gbps : テストデモ観測準備中
- IF系検討、
 - BBC (2ndLO 可変?、固定 + Filter?)
 - OCTAD、超高速サンプラー (4-6、4-8GHz 直接サンプリング?)
 - DDBC or DFU、FPGA、GPU
 - 検討用試験開始
- ソフト関連器
 - Softcos (前処理ソフト)、New-FITSGEN 開発完了、評価中
 - 2012/4～ サイエンス試験運用開始 (1Gbps)