

# OCTAVE-DAS(Data Acquisition System)開発の現況

小山 友明<sup>1</sup>, 水野<sup>1</sup>, 河野 祐介<sup>1</sup>, 水野翔太<sup>1</sup>, 鈴木駿策<sup>1</sup>, 川口則幸<sup>1</sup>, OCTAVE グループ

<sup>1</sup> 国立天文台

## 概要

Octave (光結合 VLBI 観測網) は、リアルタイムデータ伝送技術を用い、実時間相関処理を行う VLBI アレイとして発展してきた。また近年のハードディスク記録速度向上に伴い、観測局にてディスクバッファに記録し、低速でデータを転送する事により、専用ファイバー線が繋がっていない観測局 (離島局等) においても高速記録による広帯域観測を可能にするべく OCTAVE+ (光結合+データバッファ) の整備を行ってきた。整備に当たっては、リアルタイム光伝送系のみならず、広帯域観測を実現するためのバックエンド観測装置 (Data Acquisition System) の新規開発も行ってきた。RF 帯(>22GHz) ダイレクトサンプリングが可能な DBBC 内蔵型のサンプラー”OCTAD”、光 (変換) 伝送装置 (10GbE ⇄ VSI-H) ”OCTAVIA”、10GbE 対応ディスク記録装置”OCTADISK1,2”、OCTAVE 用相関器”OCTACOR1,2” とサンプリングから相関処理まで一連のシステムを開発し、OCTAVE-DAS としてまとめた。本レポートにて詳細を報告する。

## 1. はじめに

Octave (光結合 VLBI 観測網) は、臼田一野辺山のリアルタイム光結合 VLBI 実験”Galaxy” から始まり、現在は JVN のサブアレイとして運用されている。国内 4 局 (鹿島 34 m、筑波 32 m、岐阜 11 m、山口 32 m) のアンテナは SINET, JGN ネットワークをとおしたリアルタイム相関処理が可能である。また観測局にてディスクバッファにデータを蓄え、伝送を行う事で伝送容量不足を補う処理も可能である (苫小牧 11m)。他のファイバーの繋がっていない JVN 局 (臼田、高萩、日立、VERA) は、観測局にてディスク記録装置にデータを記録し、三鷹相関局にてリアルタイム伝送可能な局データ (相関局にてバッファに記録) との相関処理が可能である。また 2013 年度より水沢局、高萩局がリアルタイム伝送可能となる予定であり、今後リアルタイム観測局が増加する事で、モニター観測等応用が期待される。国内 VLBI アレイは様々なプロジェクトから発展した事から、観測ターミナルが複数存在し、特に Gbit を超える広帯域観測では各局データの相関処理を自在に行う事が不可能であった。そこで光結合チームでは、様々なプロジェクトに必要な装置群を、統一したターミナルという思想のもとに開発を行ってきた。リアルタイム光結合アレイで開発された技術をベースとしたディスク記録装置、新型データ伝送装置、超高速 A/D サンプラーの開発を行った。また相関処理においては従来テープベースの Gbit 処理は Mitaka-FX 相関器、光結合リアルタイム相関処理は分散型 Gbit 相関器 (octacor) で別々に行っていたものを、Mitaka-FX 相関器のバックアップ相関器として開発が開始されたソフトウェア相関器をアップグレードする事で、新しく OCTACOR2 としてリリースしたソフトウェア相関器で対応可能とした。

## 2. OCTAVE-DAS

OCTAVE-DAS は A/D 変換器から相関器まで以下の 7 つの装置群から構成され、一つの観測ターミナルとして完結したものであり、かつ他のターミナルコンポーネント (Mark5 等) についても VSI-H、VDIF などの標準規格を通して接続可能である。

- OCTAD (OCTAve A/D Converter) : High speed RF ( $\leq 50$  GHz) sampling A/D converter
- OCTAVIA1,2 (OCTAve VSI Adapter) : VSI-H ⇄ 10 GigE (VDIF) converter
- OCTADISK (OCTAve DISK drive) : Disk recorder compliant with VDIF specifications
- OCTADISK2 (OCTAve DISK drive2) : PC recorder using VSREC
- VSREC (VDIF Software RECorder) : Sender and Receiver of VDIF packets software
- OCTACOR (OCTAve CORrelator) : Gigabit real-time Hardware correlator (VSI-H)
- OCTACOR2 (OCTAve CORrelator 2) : Software correlator system with the GICO3

詳細なスペック、写真を以下に掲載する (Figure 1-4, Table 1-4)

### ① OCTAD

RF (0-26.5 GHz) ダイレクトサンプリング、8 Gsps、3 bit出力が可能な InP HBTを用いたA/D変換器。従来型のアナログダウンコンバーター、ベースバンドコンバーターを用いないシンプルな観測システムの構築が可能である。既存の VERA (KVN) -DAS、VLBI2010、KJVC対応として、デジタルベースバンドコンバーター (DBBC) を内蔵している。

## ② OCTAVIA1, 2

OCTAVIAは光結合VLBI (OCTAVE) 用伝送装置VOA100 (ATM) の後継機としてプロトコルにVDIF (10GbE)を採用した光伝送装置である。入力源は従来型のVSI-H出力サンプラーに対応しており、VSI-H⇄10GbE変換のメディアコンバーターの機能を有する。またVRB (Variable Bit Rate control) にも対応し汎用の供用ネットワーク回線使用時において効率的にデータを伝送する事が可能である。OCTAVIA2はOCTAVIAに使用している光モジュールの製造停止に伴い開発された後継機であり、ポート数が8→4 (入力、出力は可変) へと削減された廉価版となっている。

## ③ OCTADISK1, 2, VSREC

OCTADISKはVDIF (10GbE)入力対応の可搬型ディスク記録システムである。記録部に市販のRaidカードを用い、FPGAを用いた同期記録、再生機能を有し、OCTAVIA、OCTADなどのOCTAシリーズ装置との接続が可能となっている。OCTADISK2はOCTADISKの後継機であり、近年のPC、HDD等の性能向上に伴い、完全COTSベース (汎用品のみで構成されたシステム) のPCレコーダーである。ハードウェアは既存のRaidカード、10GbEカードを用い、記録、再生は標準Linuxベースで開発された専用ソフトウェアを用いる。ハードウェアはすべて市販品を用いていることからメンテナンス性にすぐれた長期運用が可能である。VSRECはメモリキャプチャー、メモリ to ディスクの二つのプログラムからなるVDIFパケット記録ソフトウェアである。OCTADISK2のベースとなったソフトウェアであり、各コンポーネントがライブラリー化されていることから、メモリキャプチャー to FFTなどのデジタル演算が可能である。現在リアルタイムパルサー観測用のミリ秒ビット分布計測ソフトウェアが開発されVERA各局にて実運用されている。

## ④ OCTACOR1, 2

OCTACORは光結合リアルタイムVLBIの為に開発されたGbitリアルタイム相関器である。2Gbps、3基線、256点分光XF型相関器であり、2台を用いて4局6基線リアルタイム相関処理が可能である。OCTACOR2はNICTとの共同研究で開発されたFX型ソフトウェア相関器 (GIC03) をベースとし、天文用の前後処理ソフトを開発付加し、一体化したものである。処理局数、FFT点数、積分時間に特に制限はなく、JVN等の10局に及ぶ局数の処理、また現況の三鷹FX相関器では大きく制限されているメタノールレーザーの分光点数などが大きく改善される (現在、16MHz、16K点処理を実施)。また相関積分時間を短くすることが可能であり、従来のVLBIでは不可能であった、アンテナビーム全体を覆うような広視野の相関処理も可能であり、広視野サーベイなどに威力を発揮する事が可能な設計となっている。

## 3. まとめ

VSI、VDIF (10GbE) を用いて、リアルタイム伝送、非リアルタイム記録を相互に接続可能にし、サンプリングから相関処理まで一体化した DAS システムの開発を行った。本システムは光結合 VLBI アレイ (OCTAVE) や VERA、JVN、KJJVC で採用され運用が開始されている。詳細なスペックは添付の Figure、Table を参照されたい。



Figure 1: OCTAD:



Figure 2: OCTAVIA



Figure 3: OCTADISK



Figure 4: OCTADISK2 (prototype)

**Table 1: Specifications of OCTAD**

	<b>OCTAD</b>
Sampling Clock	8192 MHz
Input Freq	Up to 50 GHz
Input Channel	2 (up to 4)
Quantization Bit Length	3
DBBC output	2048, 1024, 512, 128, 64, 32, 16 MHz × 1-32 (max) ch
Output rate	Max 32768 Mbps
Output	SFP+, 10 GigE × 4
Output Format	VDIF

**Table 2: Specifications of OCTAVIA**

	<b>OCTAVIA</b>	<b>OCTAVIA2</b>
Number of VSI-H ports	4+4 (Input and Output)	4 (Input or Output)
Number of 10 GigE	1 (XFP, SC, LR)	1 (SFP+, SR, LR, ER or
Data rate (VSI-H)	1024 or 2048 Mbps	1024 or 2048 Mbps
Time Code	PDATA, QDATA	PDATA, QDATA
VBR Function	128 steps (variable)	Non
Data protocol	VDIF	VDI
Software Interface	VSI-S	VSI-
Release	2009 -	2012

**Table 3: Specifications of OCTADISK**

	<b>OCTADISK</b>	<b>OCTADISK2</b>
I/O	10 GigE-LR (XFP)	10 or 40 GigE (SFP+ or
Recording rate	4608	≥8192 Mbps
Playback rate	4608	≥8192 Mbps
Number of Disk	12 + 12	due to needs
Total Recording	50 hours@2Tbyte HDD,	arbitrary
Data Format	VDIF	VDIF, K5 or Mark5/6
Software Interface	VSI-S	Original, (VSI-S)
Release	2009 -	2011 - (Prototype)

**Table 4: Specifications of OCTACOR**

	<b>OCTACOR</b>	<b>OCTACOR2</b>
Architecture	XF	FX
Station number	3	no limit
IF number	1 or 16	1, 2, 4, 8,
Data rate per IF	32, 1024	32, 64,, 2048, 4096 Msps
Quantization	1 or 2 bit	1 or 2 bit
FFT size	256	≤4M
Integration	0.1 or 1.0 sec	arbitrary
Correlation	Real time	400 Mbps
Data Input	VSI-H	VDIF, K5 or Mark56
Archive	FITS	CODA,
Release	2002 -	2011 -

\* 1Gbps recording data , 7 stations using 1 PC (Xeon 3.47GHz Dual Processors)