

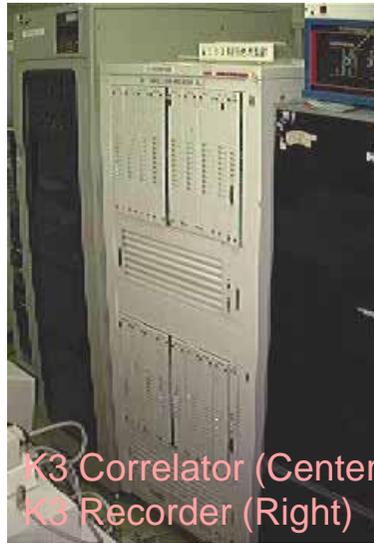
測地VLBI観測用K5 / VSIシステムの開発

情報通信研究機構鹿島宇宙技術センター

小山泰弘、近藤哲朗、関戸衛、木村守孝

VLBI 観測・処理システム開発(1)

K3システムからK5システムへ



K3 Correlator (Center)
K3 Recorder (Right)

K3 System

1983~
Longitudinal Recorder
Open Reel Tapes
Hardware Correlator



K4 Terminal

K4 (KSP) System

1990~
Rotary Head Recorder
Cassette Tapes
Hardware Correlator
e-VLBI with ATM



K4 Correlator



K5 Data Acquisition Terminal

K5 System

2002~
PC based system
Hard Disks
Software Correlator
e-VLBI with IP

VLBI観測・処理システムの開発(2)

- K3 (主に1980年代)
 - Mark3システムとの互換性達成 国際VLBI実験の実現
 - 水素メーザー・フロントエンド・レコーダー・相関器・処理 + 解析ソフトウェアまで一貫したシステム開発
- K4 (主に1990年代)
 - 小型化、自動化、高性能化 Key Stone Project の実現
 - e-VLBI 実現 (ハードウェア相関器 + ATM)
- K5 (主に2000年代)
 - VLBI標準インターフェース(VSI)への対応、PC活用、ハードディスク記録、ソフトウェア相関処理、汎用性と高性能の追求
VLBI2010、距離基準計測、国際VLBI実験、深宇宙飛翔体VLBI、分光計観測、広域電波強度分布測定(総務省受託研究)、etc.

VSI : VLBI における国際標準化の取り組み

■ VSI : VLBI Standard Interface

異なる観測装置・記録装置・相関器間の互換性実現

■ VSI-H ハードウェア仕様 (2000年8月 Rev.1.0)

- 相互接続におけるコネクタや信号レベルなどの標準化

■ VSI-S ソフトウェア仕様 (2001年2月 Rev.1.0)

- 制御コマンドやレスポンスなどの標準化

■ VSI-e e-VLBIプロトコル (2004年1月 Rev.2.7)

- e-VLBIを実施するうえでの伝送手順などの標準化

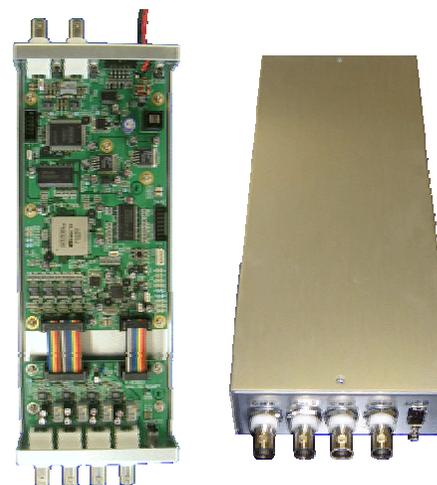
K5 システム開発の取り組み(1)

	K5/VSSP	K5/VSSP32
Sampling Speed	40, 100, 200, 500kHz, 1, 2, 4, 8, 16 MHz	40, 100, 200, 500kHz, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64MHz,
Sampling Bits	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8
No. Channels	1 or 4 (16 with 4 PCs)	1 or 4 (16 with 4 PCs)
Max. Data Rate	128 Mbps (512 Mbps with 4 PCs)	256 Mbps (1024Mbps with 4PCs)
Interface	PCI (Full Height)	USB2.0

VSSP = Versatile Scientific Sampling Processor



K5/VSSP



K5/VSSP32

K5 システム開発の取り組み(2)

	ADS1000	ADS2000	ADS3000
Sampling Speed	1024Msps	64Msps	2048Msps
Sampling Bits	1 bit or 2 bits	1 bit or 2 bits	8 bits
No. Channels	1	16	Programmable
Max. Data Rate	2048Mbps	2048Mbps	4096Mbps
Interface	VSI (2 ports)	VSI (2 ports)	VSI (2 ports)



ADS1000



ADS2000



ADS3000

K5 システムの構成

ADS3000
(2048Msample/sec 1ch 8bits + FPGA)



ADS1000
(1024Msample/sec 1ch 1 or 2bits)



ADS2000
(64Msample/ch·sec, 16ch, 1 or 2bits)

PC-VSI Board
(~2048Mbps)



K5/VSSP32 Unit
(~32Msample/ch·sec, ~4ch, ~8bits)



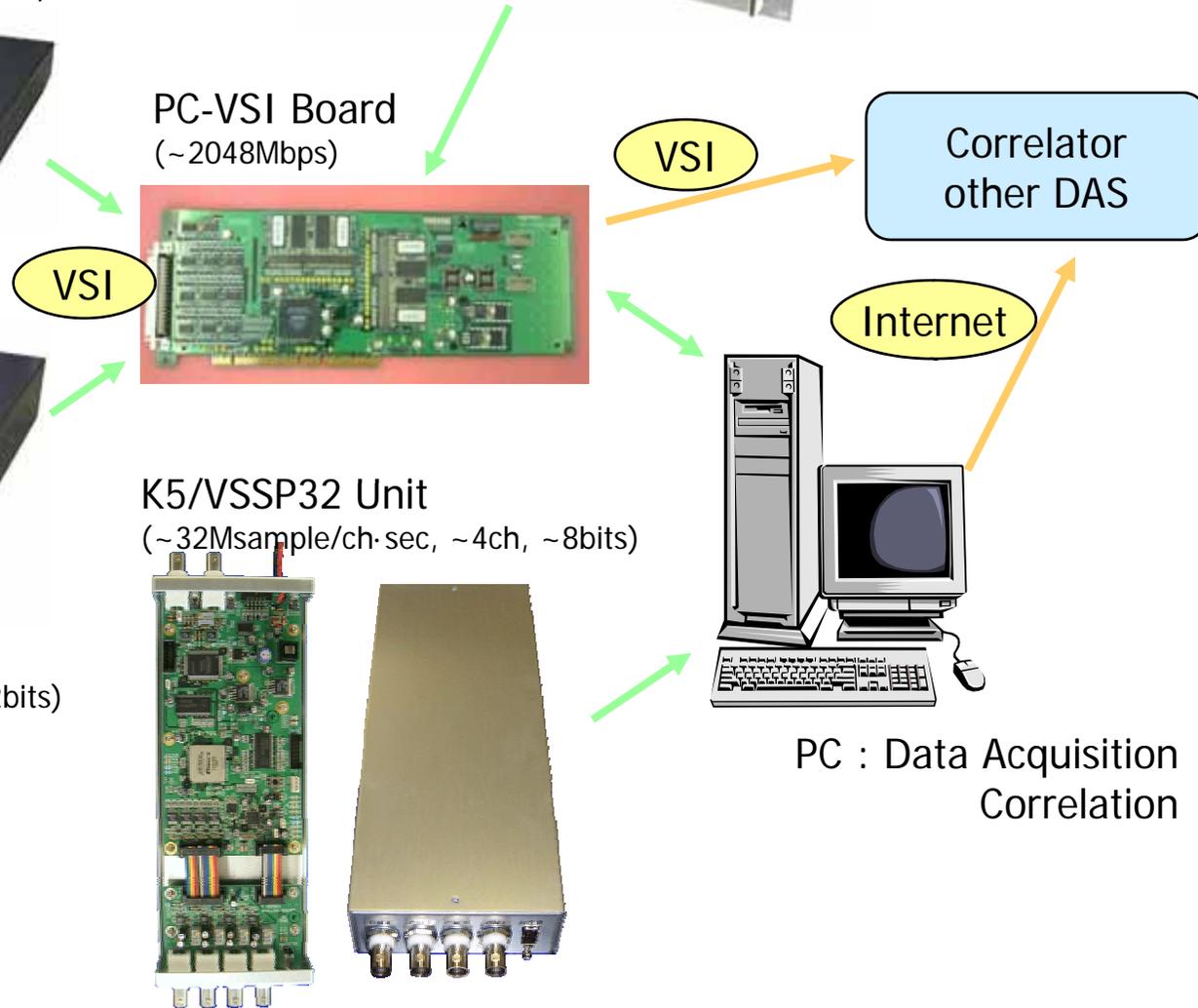
VSI

Correlator
other DAS

Internet



PC : Data Acquisition
Correlation



IVS : 国際測地VLBI観測の組織化

- 2001年にIAGとIAUのもとに国際測地VLBI観測を推進するための組織(IVS)を組織化。
- 国内では、NICT、GSI、NAO、NIPRが参加。



VLBI2010 (IVS 将来計画)

from NGO proposal

<u>Parameter</u>	<u>VLBI now</u>	<u>Future Science Requirement</u>	
Scale (ppb)	0.2	0.1	(important)
Coords (NEU,mm)	2, 2, 5	1, 1, 1	
Nutation (mas)	0.2, 3/wk	0.05, daily	(unique)

from NASA's SESWG report

"...accuracy of global geodetic networks advances by about a factor of 10 per decade, with submillimeter-scale reference-frame accuracy likely in the near future. Continued improvements in accuracy are critical to a number of the recommendations of this report..."

Primary VLBI Targets for 2010 and Beyond

- Achieve significantly **better long-term accuracy** for scale and orientation of **reference frames**.
- Do it in a manner such that **daily operations** can be **sustained indefinitely**.
- **Reduce latency** between the taking of data and delivery of products.

VLBI2010の検討状況

■ 観測システム

- 小口径アンテナ (~12m)、同一デザインの採用
- アンテナの高速駆動、ペア配置による観測数増加
- 2000km ごとに1局の配置 Total 40局

■ 観測手法

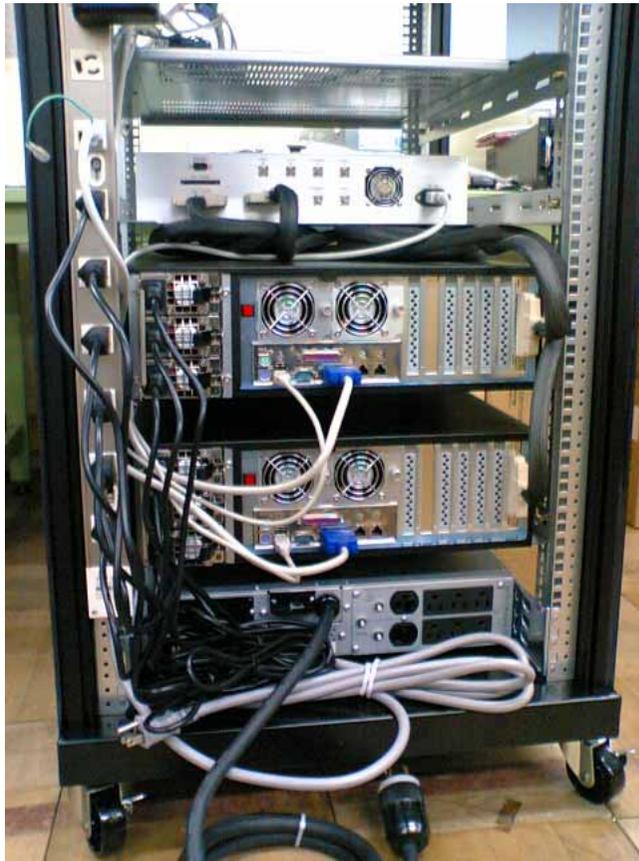
- 2~18GHz 広帯域、2成分直線偏波の受信
- 位相遅延の利用
- e-VLBIデータ伝送 + 処理
- 連続、自動観測

K5/VSIシステム開発(1)

PC-VSI ボードの 2Gbps 化

- 1024Mbps 2048Mbps (2006年に実現)
 - ドライバソフトウェアの改良
 - 16ディスク Raid カードの導入
 - 500MB ディスク × 16 台の構成で 8.6 時間の連続記録に成功
 - 1024MB ディスク × 16 台の構成 (17.3時間分)での組み合わせ試験中

ADS3000 + PC-VSI Recorder の組上げ

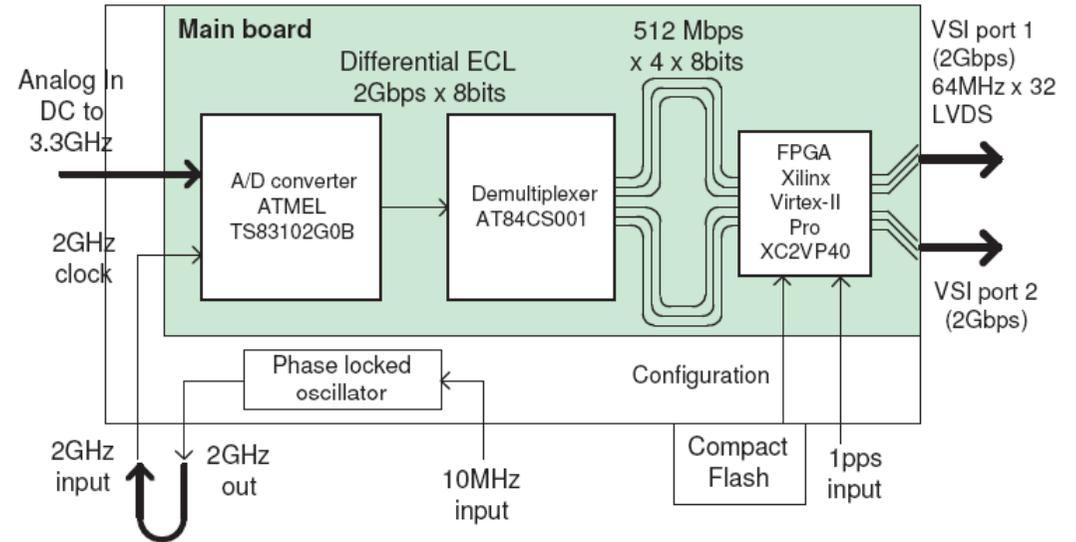


写真撮影: エレックス工業(株)

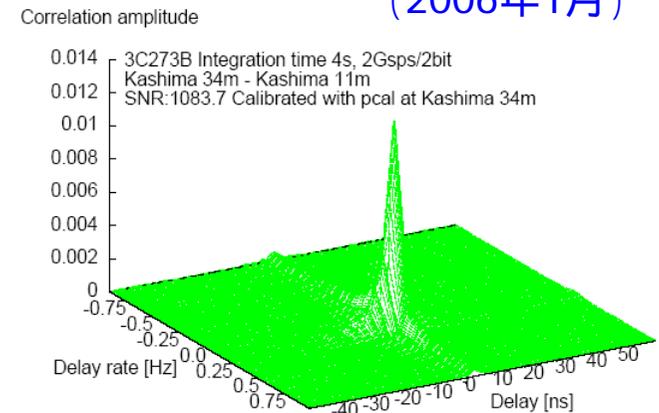
4096Mbps記録 x 17.6 時間

K5/VSIシステム開発(2)

高速多機能ADサンプラー: ADS3000



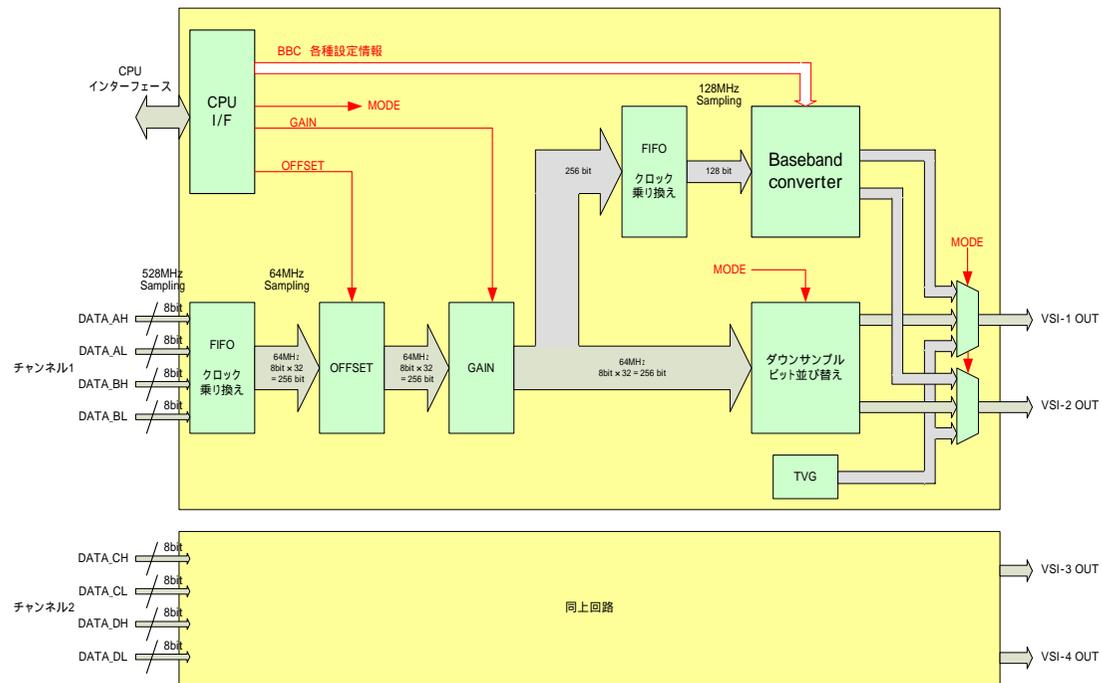
4Gbps (2GHz, 2sps) 初フリッジ
(2006年1月)



ADS3000 plus の開発

- 高速 AD サンプラの使用 (e2V EV8AQ160)
 - 4Gbps x 1ch と 2Gbps x 2ch が選択運用可能
 - ADサンプラは 5Gbps x 1ch まで対応
 - 1Gbps x 4ch についても対応できるかどうか設計検討中
- FPGA チップの能力アップ (Vertex5 × 2)
 - DBBC (Digital Base Band Converter) 機能をFPGAに実装
ビデオコンバーター不要
- 総務省電波利用料委託研究費を活用して開発
『広域電波強度分布測定技術の研究開発』
= Distribution Of Radio Emissions Measurement Interferometer (DOREMI : 仮称)

ADS3000 plus の開発



FPGA 信号処理ブロック図



まとめ と 今後の課題

- VLBI2010 への対応を視野に入れた K5/VSI システムを開発中。
 - 距離基準計測 (MARBLE)、精密時刻比較、e-VLBIによる迅速地球姿勢計測プロジェクトに展開・活用。
- 1ラックあたり4096Mbps/17.6時間連続での観測に対応できるシステムを実現。VLBIだけに限らず、広範な計測・記録用途への活用が可能。
- FPGA によるデジタルデータ処理を行い、周波数チャンネルを任意に設定できるようにすることで、ビデオコンバータを不要とするシステムの実現
- VSI-S と VSI-e への対応とデータフォーマット標準化
- 大規模な国際VLBI実験データのリアルタイム処理

などが今後の課題。