

# NICT 開発の最新型電波干渉計用サンプラー

近藤哲朗<sup>1</sup>、小山泰弘<sup>1</sup>、市川隆一<sup>1</sup>、大久保寛<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構鹿島宇宙技術センター

<sup>2</sup> 日本通信機(株)

## 1. はじめに

情報通信研究機構(NICT)は国際 VLBI 事業(IVS)の技術開発センターとして VLBI 用観測機器の開発で国内外への貢献を行ってきた。2000 年からは、PC ベースの VLBI 観測用サンプラー「K5/VSSP(旧称 IP-VLBI)」の開発に着手した[Kondo *et al.*, 2000]。K5/VSSP の開発により、それまで専用のサンプラーと高価なデータレコーダーが必要であった信号サンプリングとデータ記録が PC で行えるようになった。更にデータは PC のハードディスクに直接記録されるため、観測データをインターネット経由で関連処理局に送付することが簡単に出来るようになり、新たに e-VLBI と呼ばれる、全くテープベースのデータレコーダを必要としない VLBI 技術の発展へとつながった[Kondo *et al.*, 2003]。更には、専用の処理装置を必要としていた相関処理も PC の性能の飛躍的な向上により、ソフトウェアで行うことが出来るようになり、ソフト相関器が実用化された[Kondo *et al.*, 2004]。K5/VSSP は国土地理院の国内 VLBI 観測網に用いられている他、大学や海外にも普及しつつある。しかしながら、K5/VSSP は開発からすでに 5 年以上が経過し、使用している部品の入手が困難となりつつある。また、国際的な測地 VLBI 観測は、より広帯域で行われるようになり、K5/VSSP では対応が困難となってきた。そこで、チャンネルあたりのサンプリング周波数の上限を 16MHz から 64MHz に拡大した後継機 K5/VSSP32<sup>1</sup> の開発を行うことになった[Kondo *et al.*, 2006a, 2006b]。PC との接続をより容易にするため K5/VSSP は PCI バスインターフェースであったが、K5/VSSP32 では USB2.0 インターフェースを採用した。USB2.0 を採用したため、使用する宿主 PC の選択肢が増え、いわゆるノート PC でも VLBI 観測が可能となった。

K5/VSSP32 は 2005 年秋に試作版が完成し、フリンジテストと呼ばれる実際の VLBI 観測にも成功した。その後、長時間運用試験を通して装置の信頼性の向上や観測ソフトの改良に時間を費やしてきたが、このほど国土地理院において定常観測にも投入することとなった。本報告ではシステムの概要およびフリンジテスト結果について報告する。

## 2. 概観と仕様

図 1 に K5/VSSP と K5/VSSP32 の概観を示す。K5/VSSP は PC のマザーボード上の PCI スロットに装着す

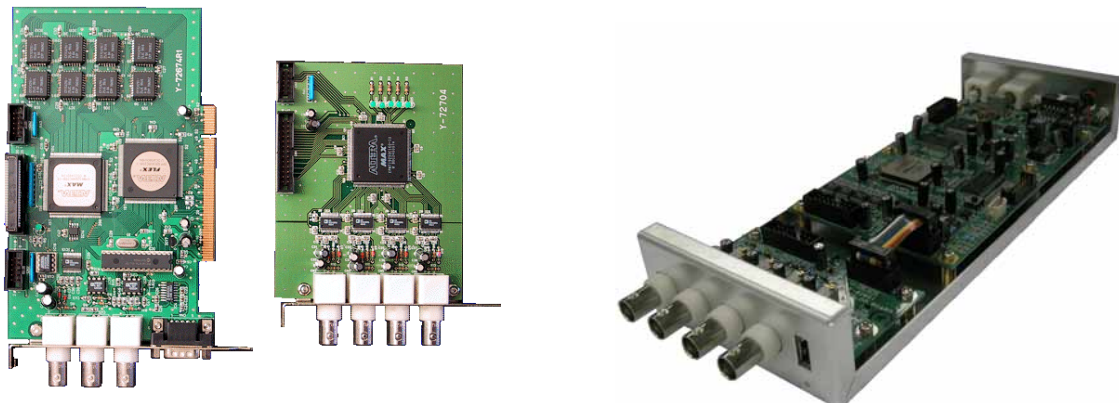


図 1. K5/VSSP の PCI バスボードおよび 4ch 拡張ボード(左)と K5/VSSP32(右)。K5/VSSP32 はケースのカバーを取った状態。

<sup>1</sup>VSSP32 の“32”は当初の目標値であったチャンネル当たりの最大サンプリング周波数 32MHz を意味している。実際は 64MHz まで可能となったので、現在は帯域幅の意味で使用している。

るボードと 4ch 入力をサポートする拡張ボードから構成されている。K5/VSSP32 は PC とは USB ケーブルにて接続されるため単体で独立したユニットとなっている。1 ユニットで 4ch 入力を実装している。図 2 は測地 VLBI 用に 4 ユニット（計 16ch）を筐体に収納したシステム（但し USB インターフェースは 4 つ独立している）を示す。表 1 に K5/VSSP と K5/VSSP32 の仕様の比較を示す。K5/VSSP と VSSP32 の大きな違いはサンプリング



図 2. K5/VSSP32 を 4 ユニット収納したシステム。左は前面、右は背面。

表 1. 仕様の比較

	K5/VSSP	K5/VSSP32
サンプリング周波数 (MHz)	0.04, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16	0.04, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64
内蔵デジタルローパスフィルタ (MHz)	-	2, 4, 8, 16, スルー
AD 変換器アナログ帯域幅 (MHz)	100	300
AD 量子化ビット数	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8
ボード (ユニット) あたりのチャンネル数	1, 4	1, 4
ボード (ユニット) あたりの最大データレート	64 Mbps	256 Mbps
DC オフセット調節機能	無し	ホスト PC からリモートで可能
標準 (参照) 信号入力	1 PPS, 10 MHz	1 PPS, 10 MHz または 5 MHz
PC とのインターフェース	PCI バス	USB2.0

周波数の上限で、K5/VSSP32 では 64MHz に引き上げられている。PC とのインターフェースは K5/VSSP32 では USB2.0 を採用しており、これにより記録時間の制限は生じるがノート PC でも VLBI 観測が可能となった。1 ユニットあたりの最大データレートは K5/VSSP32 では 256Mbps が達成されており、4 ユニット (4PC) を使用した 16 チャンネル観測時には最大データレート 1024Mbps での観測が可能である。また、K5/VSSP32 では入力信号は、まずサンプリング周波数 64MHz でサンプリングされた後、デジタル処理でサンプリング周波数の変

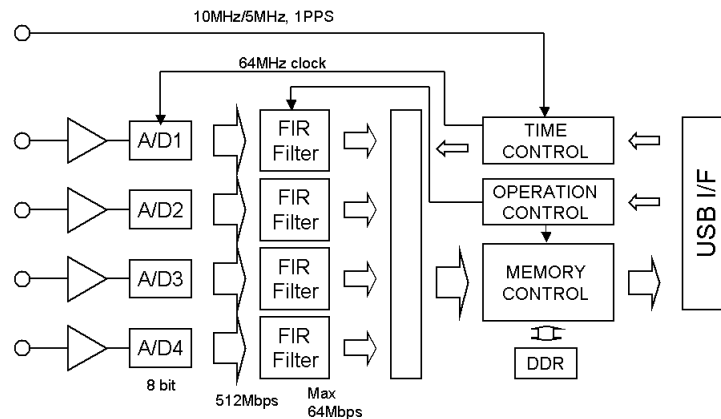


図 3. K5/VSSP32 のブロック図。入力信号はまず 64MHz × 8 ビット分解能でサンプリングされる。

更やデジタルローパスフィルターを実現している（図3）。そのため、外部に64MHz サンプリング時以外のアンチエイリアシング用のフィルターが不要となった（K5/VSSP ではサンプリング周波数を変更するとそれに合わせて外部のローパスフィルターを変更する必要があった）。更に、VSSP32 では標準信号として10 MHz 以上に5 MHz も使用できるため、使用する周波数標準の選択肢が増えている。

### 3. フリンジテスト

2005 年秋、K5/VSSP32 の試作器を使用しての試験観測（フリンジテスト）を鹿島 34 m アンテナと鹿島（KSP）11 m アンテナを使って行った（図4）。図5にフリンジテスト時のブロック図、結果を図6に示す。図は遅延時



図4. 鹿島 34 m アンテナ（右）と鹿島（KSP）11 m アンテナ（左）

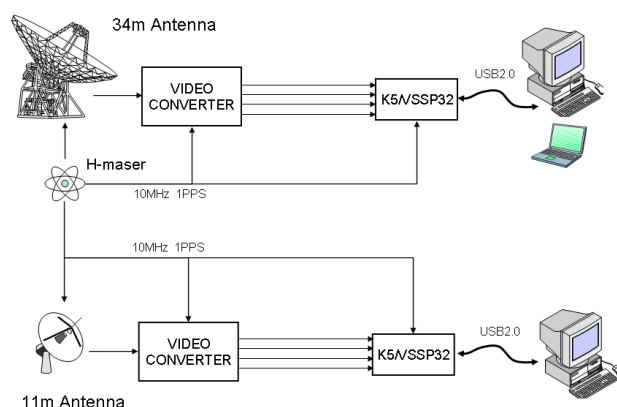


図5. K5/VSSP32 サンプラーの試験観測（フリンジテスト）時のブロック図。鹿島 34 m アンテナと鹿島（KSP）11 m アンテナを使用し、共通の周波数標準を使用した。

間（横軸）、フリンジレート（奥行き軸）を色々に変えた場合の相関強度（縦軸）をプロットした図であり、するどいピークの出現が、それぞれのアンテナで受信した電波星からの信号がコヒーレンスを保ったままサンプリングされたことを示している。従来機（K5/VSSP）に対して新たに追加されたサンプリング周波数である32 MHz および64 MHz サンプリングにおいても良好な相関（フリンジ）を検出することができた。図中“Notebook PC”と記されているフリンジはノート PC を使用した初の VLBI 観測である。

試作器によるフリンジテスト成功後、長時間運用試験（24 時間連続運用の繰り返し）を通じて信頼性向上およびソフトウェアのバグ改修や改良行われて来たが、このほど実観測に投入が可能なレベルまで信頼性を向上させることができた。ソフトウェア開発は Debian linux 機で行ってきたが現在のところ Debian 以外に CentOS および FedoraCore での動作が確認されている。Linux 用ドライバおよび観測用ソフトウェア群は以下のホームページにおいて無償で公開しているが、Windows 版のソフトウェアも開発中である。

[http://www2.nict.go.jp/w/w114/stsi/K5/VSSP/install\\_obs.html](http://www2.nict.go.jp/w/w114/stsi/K5/VSSP/install_obs.html)

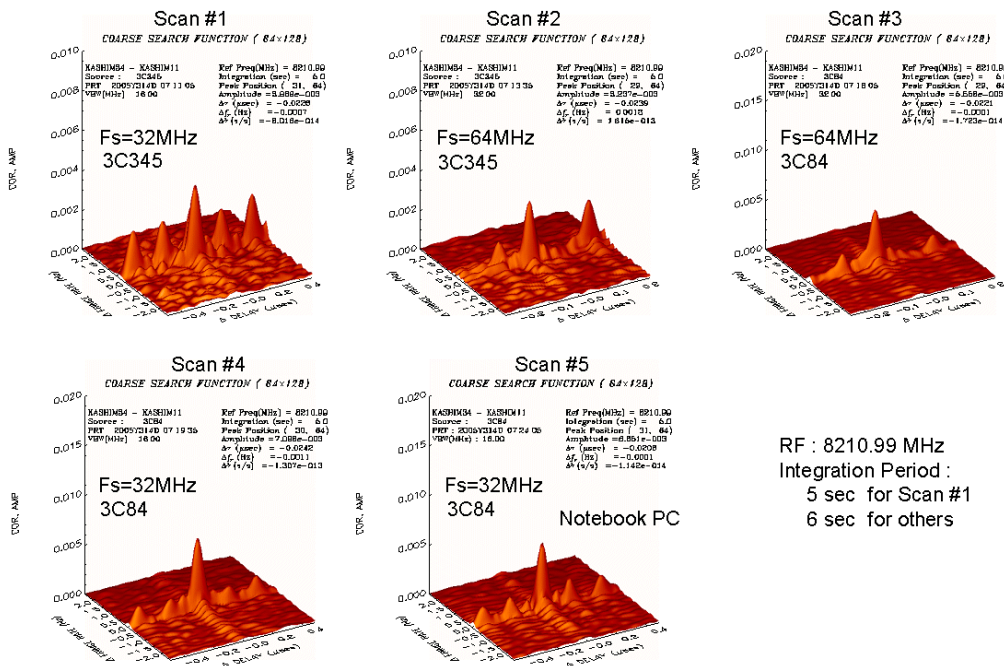


図 6. K5/VSSP32 サンプラーのフリッジテスト結果。鹿島 34 m アンテナと鹿島 (KSP) 11 m アンテナを使って 2005 年 11 月 10 日に行われた試験観測 (フリッジテスト) によって得られたフリッジ (相関処理結果) を示している。図中 “Fs=” はサンプリング周波数、3C345、3C84 は電波星名を示している。受信周波数は 8210.99 MHz。

## 4. おわりに

NICT では PC ベースでの VLBI 用サンプラーを開発してきているが、このほど従来機 (K5/VSSP) の後継機として USB2.0 インターフェースを採用した新サンプラー K5/VSSP32 を開発した。USB インターフェースを採用したことにより、ホスト PC として使用できる PC の選択肢を増やすことができた。観測データ量の制限は受けるが、ノート PC もホスト PC として使用可能である。また K5/VSSP32 はチャンネルあたりの最高サンプリング周波数が 64 MHz と従来機の 4 倍に高められており、ユニット (4ch 実装) あたりの最大データレートも 256 Mbps と従来機の 4 倍を達成している。一方でサンプリング周波数の下限は従来機と同じ 40 kHz としているため、VLBI 観測だけではなく正確な時刻付けが必要な用途の汎用の地球物理データ観測装置として使用できる。なお K5/VSSP32 は日本通信機株式会社 (<http://www.nitsuki.com/>) から市販されている。

## 参考文献

- Kondo, T, Y. Koyama, M. Sekido, J. Nakajima, H. Okubo, H. Osaki, S. Nakagawa, and Y. Ichikawa, Development of the new real-time VLBI technique using the Internet Protocol, *Technical Development Center News CRL*, No.17, pp.22-24, 2000.
- Kondo, T., Y. Koyama, J. Nakajima, M. Sekido, and H. Osaki, Internet VLBI system based on the PC-VSSP (IP-VLBI) board, *New Technologies in VLBI, ASP Conference Series*. Vol.306, pp.205-216, 2003.
- Kondo, T., M. Kimura, Y. Koyama, and H. Osaki, Current status of software correlators developed at Kashima Space Research Center, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.186-190, 2004.
- Kondo, T., Y. Koyama, H. Takeuchi, and R. Ichikawa, A new VLBI sampler K5/VSSP32 developed by NICT, *IVS NICT-TDC News*, No.27, pp.5-8, 2006a.
- Kondo, T., Y. Koyama, H. Takeuchi, and M. Kimura, Development of a new VLBI sampler unit (K5/VSSP32) equipped with a USB 2.0 interface, *IVS 2006 General Meeting Proceedings*, pp.195-199, 2006b.