

PC-VLBIシステムを用いたVERA用相関処理系の構築3

木村守孝、小山泰弘 (情報通信研究機構)、小林秀行、川口則幸、小山友明 (国立天文台)

1 はじめに

情報通信研究機構 (NICT) と国立天文台は VERA プロジェクトで使用されるソフトウェア相関処理システムを3ヵ年かけて開発した。このシステムは現在常用されている専用型ハードウェア相関器である三鷹 FX 相関器とほぼ同じ処理をより高速で実行することが可能であり、さらに相関局数、サンプリング速度、チャンネル数、分光点数、マルチビーム数、相関出力速度など専用型相関器には存在した制限がほとんど存在せず、研究目的に最適な相関処理モードで処理を実行が可能である。現在、このシステムは国立天文台三鷹の相関器室に設置され、定常運用をめざしてシステムの自動化や相関処理結果の比較検討など実際の観測データを使用してシステムの調整をおこなっている。この集録では3ヵ年に渡って開発してきたシステムの構成を紹介し、主に今年渡おこなったシステムの自動化と相関処理結果の評価を記載する。

2 VERA 用ソフトウェア相関器

VERA 用ソフトウェア相関器は三鷹 FX 相関器をソフトウェアで置き換えるものであり、ディスクレイと VSI 信号を PC 内部へ伝送する専用の PCI ボードを搭載した数台の PC で構成される (図 1: 左)。ここで使用されるソフトウェア相関器は NICT で開発された多基線相関器である GICO3 に、VERA 観測の最大の特長であ

る 2 ビーム観測の処理を実行出来るようにマルチビーム機能を追加したものである。実際の相関処理は三鷹 FX で使用されているファイルを一旦 GICO3 型式へ変換して相関処理をおこない、GICO3 型式の相関処理結果ファイルを VERA 型式の CODA ファイルへと変換をすることで従来まで使用してきたソフトウェア資源を最大限使用できるように構築されている (図 1: 右)。

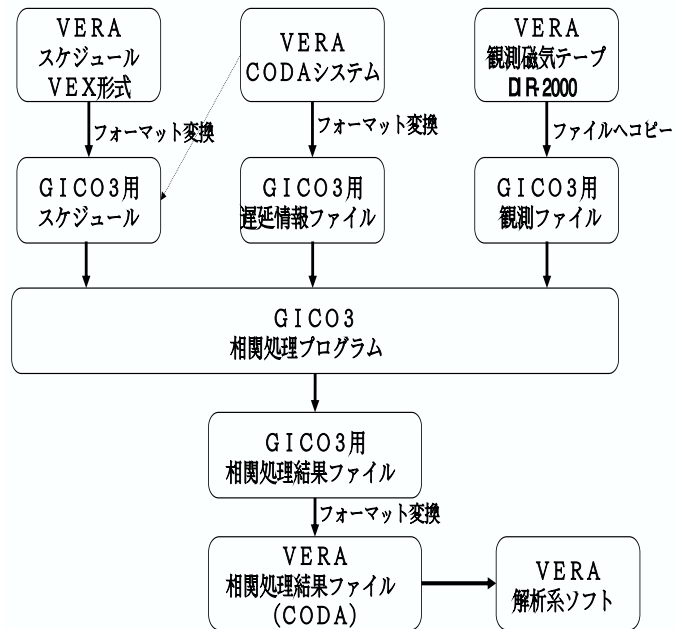


図 1: 左: ソフトウェア相関処理システムの概観 (5 台分) 右: ソフトウェア相関器での処理の流れ

2.1 観測データの自動ファイル化

ソフトウェア相関器で処理をするためには、複数の観測局で記録された同一時刻の観測テープを一台の PC 内のディスクアレイへファイルとしてコピーする必要がある。ファイル化作業ではテープカートシステムを利用することで複数巻のテープを自動でファイルへコピーすることが可能である。通常のカート利用と異なり、ファイル化の作業では同一時刻の全ての局の観測テープが1台の PC-VSI のディスクアレイに記録されるようにカートには複数局の観測テープが同時に装填される。相関処理時には他の PC のディスクをネットワーク越しに読出す必要がなくなり、個々の PC は完全に独立して相関処理が可能である。そのため、複数の PC を使用しての相関処理速度は PC の台数に増加に単純に比例する。この

ファイル化作業は同時に 5 台の VERA 再生系を利用することも可能であり、VERA 再生系の一部が三鷹 FX 相関器で使用されている場合は、残りの再生系のみを使用したファイル化が可能である。これにより三鷹 FX 相関とソフトウェア相関器の同時運用が可能となっている。

2.2 VERA 用ソフトウェア相関器仕様

VERA 用ソフトウェア相関器の最小限の仕様は VERA 相関処理に使用される三鷹 FX と同等であるが、将来的な観測網の拡張にも対応できるように多少拡張した仕様になっている (表 1)。現在国内で観測に使用されている VERA や大学連繋での混合相関処理が可能のように設計しているが、将来的には偏波観測等の追加も可能である。

表 1: VERA 用ソフトウェア相関器仕様

相関処理局数	1~16 局 (原理的には何局でも可能)
相関処理方式	ソフトウェア FX 型 (自己相関+相互相関)
相関処理速度	5 局相関処理時において PC5 台を使用した場合 0.5~1.0 倍速度
相関可能データ型式	VERA(VERA-1/VERA-7)、K5/VSI、GALAXY、K5/VSSP、(混合処理も可能)
相関出力型式	CODA 型式
分光点数/出力速度	256~65536 点/ 1~100Hz
サンプリング速度	1~2048MSPS (混合も可能)
量子化ビット数	1/2/4/8 [bit] (混合も可能)
チャンネル数	1/2/4/8/16 (混合も可能)
マルチビーム数	1~64 点

2.3 マルチビーム処理機能

多くの相関器はただ 1 つの観測天体の位置を追尾して処理をおこなっているが、VERA 用相関処理では同時に 2 つの観測天体の位置で追尾して処理をおこなう必要がある。そのため、GICO3 には VERA の 2 ビーム観測に対応できるようにマルチビーム処理機能が追加された。これは、2 ビーム処理をより一般化したもので、チャンネル毎に 0 個から複数個の異なる天体位置を指定して相関処理が同時に実行可能である。図 2 のような広範囲に広がって分布する多数の天体の相関処理を実行する場合、従来の処理では幾何学的遅延 τ_g を変えて天体 A、B、C、D、E と 5 回相関処理を実行する必要があり、この場合は通常の 5 倍の相関器時間を必要とした。ところが、マルチビーム機能を搭載したソフトウェア相関処理ではこ

れを 1 回の処理で実行することが可能である。しかも特に多チャンネルシステムでライン観測をおこなう場合、信号のあるチャンネルのみ複数天体位置で処理をして、信号のない他チャンネルは相関処理を省くことにより相関処理時間の増加を抑えることが可能である。

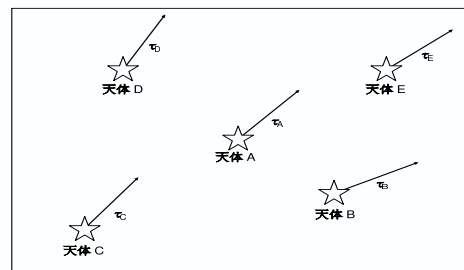


図 2: 複数天体の同時相関処理

2.4 混合相関機能

ソフトウェア相関器では観測時に量子化されたデータを単精度型の浮動小数点へ変換した後に全ての計算を実行している。そのため、異なる量子化ビットで記録された信号でも浮動小数点への変換テーブルを個々に用意することで混合相関処理が簡単に実行できる。また観測周波数やサンプリング速度の違いは各観測局の信号を異なるFFT数でフーリエ変換した後、周波数空間で観測周波数の違いを吸収させることで相関可能である。この機能によりVERA観測システム、大学連携VLBI観測システム、そしてGALAXY観測システムなどの複数の記録ターミナルを使用した観測網での相関処理が可能になっている。

2.5 相関処理結果の比較

高精度位置測定を主目的とするVERAプロジェクトではソフトウェア相関器と三鷹FX相関器の処理結果は十分な精度で一致していなければならない。GICO3ではVERAの遅延情報ファイルを使用して相関処理を実行するため、遅延モデルによる差異というものは三鷹FX相関器の間には原理的に無い。またこれらの相関器は同じFX型で設計されているため設計ミスが無ければほぼ同じ結果が得られるはずである。昨年の収録では相関振幅、群遅延量、SNR、クロージャーフーズに付いて記載したが、今回は同じ観測データを使用してより細かな差異が拡大される相関位相そのものでの比較した結果、2台の相関結果には大きな違いは検出されなかった(図3)。

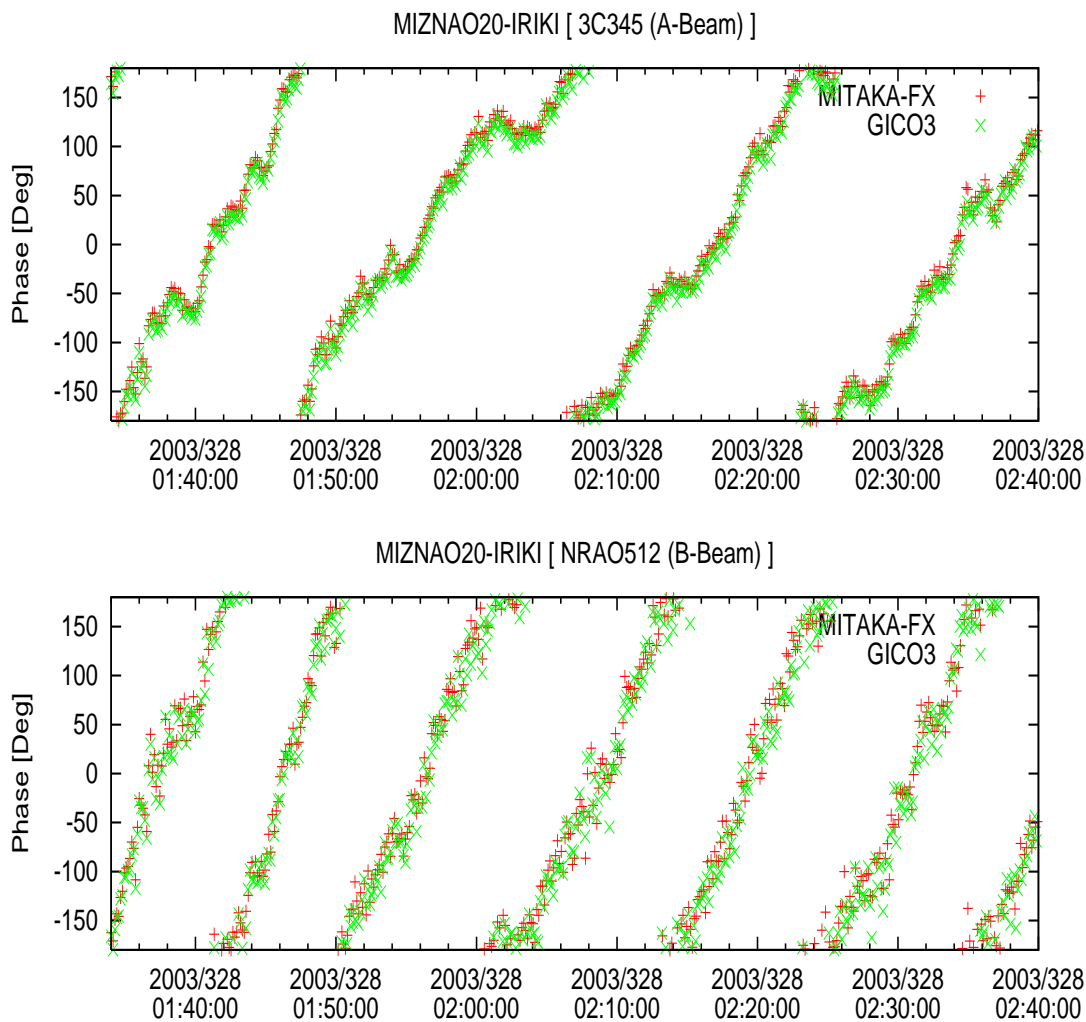


図3: 3C345(上)とNRAO512(下)の相関位相

2.6 ソフトウェア相関処理速度

現在、三鷹相関器室には VERA 用ソフトウェア相関処理システムとして予備を含めて最大 9 台の PC が利用可能である。これらの PC には CPU として Intel 製の Xeon X5355 (2.66GHz) が 2 個ずつ搭載されている。この CPU は現在では決して最速のものではないが、当処の相関器仕様である PC5 台を使用して 5 局での相関処理時に 0.5~1.0 倍速の速度はこの CPU で十分達成可能である。実際の相関処理速度を測定するためにファイル化された観測データを用いて VERA-1[256Msps/2bit/2ch] と VERA-7[32Msps/2bit/16ch] モードでベンチマークテストを実施した。VERA のソフトウェア相関処理では個々の PC は完全に独立して相関処理を実行するため使

用した計算機の台数に比例した速度が得られる。そのためこのベンチマークでは、1 台の PC を使用して 60 秒間分の観測データを局数と FFT 数を変えて計測し、その結果を 9 倍して全計算機での処理速度とした (図 3)。また、VERA 観測データは 4 局分しか存在しないため 4 局以上の相関処理では観測時刻の異なるファイルの時刻を一部修整して処理に使用した。9 台の PC を使用して VERA4 局相当の相関処理を GICO3 で実行すると VERA-1、VERA-7 モードともに 1.5Gbps~2.5Gbps の処理速度を持っており、観測時間より短い時間で処理を完了できる。局数が多くなるとそれに反比例して処理速度が低下するが 10 局程度の相関処理においても大きな FFT 数を使用しなければ観測時間とほぼ同じ程度の時間で処理を完了出来ることが解る。

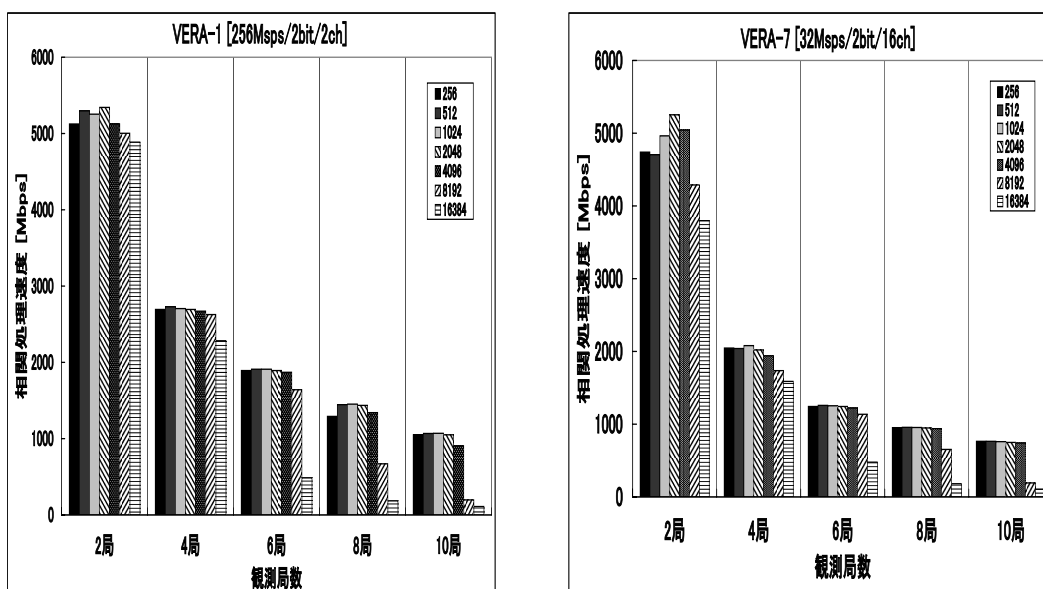


図 2: VERA-1 および VERA-7 モードにおけるソフトウェア相関処理速度

3 今後

3ヶ年計画で進められてきた VERA 用のソフトウェア相関処理システム開発もほぼ完成に到り、VERA 観測の相関処理を問題無く実行する事ができるようになった。

これからは定常的な運用を継続的に行ない細かな修正及び調整作業を続けてゆく予定である。また、現時点では機能的に含まれてはいない偏波対応やその他の機能もユーザーの要望を取り入れて追加していく予定である。