

# UT1 の迅速計測を可能にした、相関処理自動化ツールについて

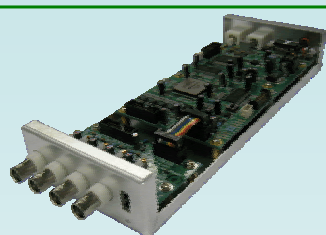
関戸 衛 (NICT/光時空標準グループ)

## 準リアルタイムUT1計測の成功

UT1は地球上の基準座標系 (ITRF)と天球基準座標系 (ICRF)を接続するために必要な地球回転パラメータの一つであり、VLBIだけが長期的に安定した計測が可能である。精密な軌道が必要とする深宇宙ミッションなどでは、迅速で正確なUT1計測値が求められている。我々は、VLBIによる迅速なUT1計測を実現するため、ネットワークを使ったVLBI観測により、**1時間の観測の終了後4分以内にUT1を推定することに成功した**(栗原他「超高速データ転送・自動データ処理による地球姿勢計測への取組」測地学セッションD106-005)。ここでは、NICTの開発したPCをベースにしたデータ取得システム (K5/VSSP32)、ソフトウェアによる分散相関処理、自動解析システムなどが使われている。本発表では、これら、の要素技術について紹介する。

## 準リアルタイムVLBI観測を可能にした技術

### (1)K5/VSSP32



K5/VSSP32(4ch)のデータサンブラ。通常これを4セット使って16chの測地VLBI観測を行う。

**<データ取得>** NICTの近藤他は、VLBIのデータをハードディスクに記録し、ネットワークに伝送するためのシステム (K5システム)の開発を2000年頃から開始した。K5/VSSP32はその2世代目のデータ取得システムである。K5/VSSP32を使うことによって、観測データの書き込みと並行してデータの読み出し・相関処理が可能となり、これにより観測から結果を得るまでの遅延が大幅に短縮された。

### (2)ソフトウェア(分散)相関処理、

### K5-Mk5 異機種フォーマット変換の自動化

**<データ変換>** K5システムはパーソナルコンピュータ (PC)のハードディスク (HDD) を記録媒体とする。ソフトウェアによって取り扱いができるHDD上のデータは、異機種間のフォーマット変換が容易であり、海外のVLBIターミナルとの互換性に優れている。Mk5システムは海外の測地VLBI観測局で広く使われているVLBIバックエンドであるが、K5のソフトウェアパッケージは、米国のMk5システムとのデータ変換をサポートしている。このおかげで、オンサラ (スウェーデン) やメツアホビ (フィンランド) とのVLBI実験も可能となっている。特にUT1の迅速処理のために、観測スケジュールを元にフォーマット変換を自動的に行う仕組みをScript言語であるPerlを用いて実装した。これによりデータ変換から相関処理へのパイプライン処理が可能となった。

**<分散相関処理>** K5システムは、ソフトウェアによる相関処理がハードウェア相関処理に変わることを見通して、当初からソフトウェア相関処理を念頭に開発されている。しかし、現在のところソフトウェアによる相関処理時間は、観測時間の数倍を要する (1CPUあたり) ため、準実時間処理のためには複数のPCクラスタを用いた分散処理を行う必要がある。我々は、Perlを用いてTCP/IPによるプロセス間通信機能を実装し、相関処理を効率よく行うための簡単な仕組みを構築した。これは以下のようなコンポーネントにより構成されている。

- ジョブ管理サーバ
  - 「ジョブ依頼クライアント」からの相関処理依頼を受け、「相関処理エージェント」に問い合わせてジョブの空きを調査し、空いている「エージェント」に処理を投げる。
- 相関処理エージェントサーバ
  - 「ジョブ管理サーバ」からの依頼を受けて、相関処理を行う。
- 処理状況モニタクライアント
  - 「相関処理エージェント」に定期的に問い合わせを行い、処理状況をモニターする。相関処理が終了し、バンド幅合成が可能になったScanについて、順次バンド幅合成 (komb) の処理を行って精密な遅延を求める。
- ジョブ依頼クライアント
  - 「ジョブ管理サーバ」に相関処理の仕事を与えるクライアント。Mk5-K5の自動フォーマット変換の場合には、変換ソフトウェアがこの機能を兼ねる。

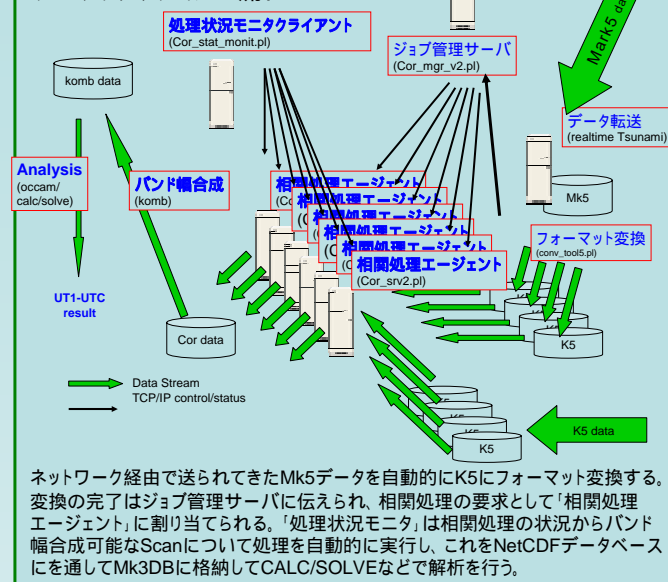
この仕組みを構築するにあたっての留意点及び特徴を以下にまとめた。

### <分散処理システムの構築時の留意点・特徴>

- できるだけ安価で簡単に
  - Perlを使用し、どこでも動作するようにした
  - データ共有はUNIXに標準装備されているNFSを使って、特別なデータ共有・タスクの分割を行わない。
- それぞれのコンポーネントが独立しており、メンテナンス性に優れている。

**謝辞:** 本報告の迅速UT1計測では、NICTの近藤哲朗氏、T.Hobiger氏らの開発した技術、国土地理院栗原氏ら、OnsalaのR.Haas氏らの観測的協力、MetsahoviのJ.Wagner氏、J.Ritakari氏らの開発したTsunamiプロトコルの利用、NICT瀧口博士氏、小山泰弘氏のデータベース作成・解析サポートによって実現したものである。ここに感謝する。

## VLBIの自動データ処理の仕組みとデータリダクションの流れ



### (3)新しいDBシステムと自動解析

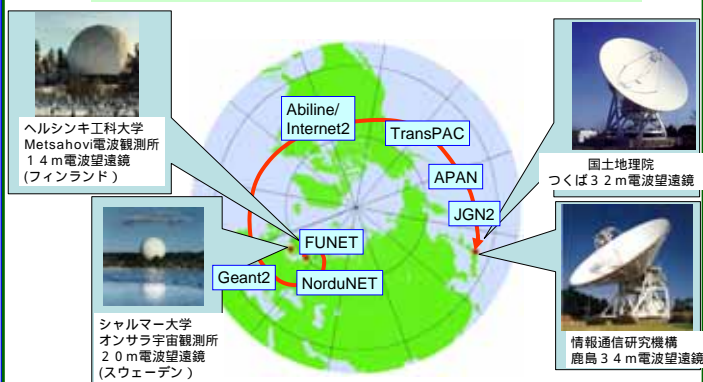
**<NetCDFデータベース>** 観測によって得られた精密遅延量を解析するため、VLBIでは従来Mk3データベース (Mk3DB) と呼ばれる形式にデータを格納して解析を行ってきた。しかし、Mk3DBはヒューレットパッカートの計算機固有の形式で書かれていたため、他のOSへの移植が難しく、保守性の悪さが問題となっていた。NICTのT.Hobigerは気象・大気データの共有に広く使用されているNetCDF (Network Common Data Form) を使ってMk3DBに代わるVLBIデータのデータベースシステムを構築し、従来のMk3DBやNGSカードへの変換ツールを提供した。我々のUT1実験でもこのツールを使ってMK3DBを作成している。

**<自動解析システム>** T.HobigerはオーストラリアのO.Titovらが開発したOCCAMをiterativeに使用して、アンビギュエーターの除去とUT1解析の自動化を行った。冒頭の「観測後4分以内」のUT1推定はこの自動解析によって得られたものである。CALC/SOLVEによるマニュアル解析では、観測後約30分以内でUT1が得られている。

### (4) 高速ネットワークと転送プロトコル

我々は高速テストベッドネットワークのJGN2Plusとの共同研究において高速ネットワークをVLBIに応用した技術開発を行っている。欧州とのUT1実験では、VLBIの大容量データを高速に日本に送るため、インディアナ大学とメツアホビ観測所が開発したTsunamiプロトコルを使って512Mbpsまでのデータをスウェーデンから鹿島にリアルタイムに伝送している。データは欧州のGeant2や米国Internet2を経由して日本に伝送されている。

### e-VLBIによるUT1計測に参加している日欧の観測局



E-VLBIによるUT1計測の参加局と、データ回線のルート。地図上の単語は、データ輸送に関係している研究用ネットワークの提供組織名である。