

機関報告

通信総合研究所鹿島宇宙通信センター (IVS 技術開発センター)

通信総合研究所鹿島宇宙通信センター
近藤哲朗

通信総合研究所は国際 VLBI 事業(IVS)の技術開発センター(TDC)として日本の VLBI 技術開発だけではなく、世界の VLBI 技術開発にも大きく貢献している。こうした TDC 活動の最近の様子を紹介する。

1. はじめに

通信総合研究所(CRL)は、米国東海岸グループによって開発されていた Mark-III VLBI システムと互換性をもつ K-3 VLBI システムの開発を、1979 年に開始して以来日本の VLBI システムの開発を牽引してきている。K-3 システムの後には、オペレーションが容易でコンパクトかつ可搬性に優れた K-4 VLBI システムを開発した。こうした実績から 1990 年 10 月、国際地球回転事業(International Earth Rotation Service : IERS)は CRL およびヘイスタック観測所(米)を VLBI 技術開発センター(Technical Development Centers : TDC)に指名した。1996 年 9 月、CRL は IERS 評議会から再び TDC に指名された。1999 年 3 月 1 日に国際 VLBI 事業(International VLBI Service for Geodesy and Astrometry : IVS)が設立されたが、IERS の VLBI 技術開発センターの役割は IVS 技術開発センター(Technology Development Center : TDC)に引き継がれることになり、CRL は IVS-TDC の一つとして引き続き活動を行うこととなった。さらに第 1 期の IVS 評議員の中で技術開発センター代表という立場の評議員も輩出した。CRL は IERS-TDC 時代から活発に技術開発センターとしての活動を行っており、定期的(年 2 回)に国内専門委員(CRL から委嘱)の参加を得て TDC 会議を開催するとともに、CRL-TDC ニュース(英文)を発行している。ニュースはホームページ(<http://www.crl.go.jp/ka/radioastro/tdc/index.html>)でも公開している。

本報告では最近の CRL-TDC 活動として、『実時間 VLBI』、『ギガビット VLBI』、『VLBI 標準インターフェース』について簡単に紹介する。詳細は本集録の別報告として掲載されているのでそちらを参照されたい。

2. 実時間 VLBI

KSP 実時間 VLBI システム[Kiuchi et al., 2000]は、2000 年 7 月から 8 月にかけて鹿島-館山基線で一ヶ月に 2cm 以上にもおよぶ異常な基線長短縮を観測した(図 1) [Yoshino, 2000]。それは 6 月下旬の三宅島(東京の約 150km 南)での火山噴火および一連の地震活動に端を発した地殻変動であった。7 月中旬基線長の観測データが異常な振る舞いを始めたため、それまでの 2 日ごとの 24 時間観測から連日の 24 時間観測へと定常運用体制を変更し、より高時間分解能での基線長変動モニターを開始した。連日観測は地殻変動が落ち着いてきた 11 月まで続けられた。KSP 計画は 2000 年度中に終結することになっていたが、我々自身が観測継続を望んだことと測地関係者からの観測継続要望の後押しもあり、CRL 内でも KSP 観測継続の重要性が認識され、後 1 年間 3 局(鹿島、小金井、館山)で観測を継続することが決まった。

KSP で開発された実時間 VLBI 技術は、臼田 64m アンテナと鹿島 34m アンテナを結合して巨大な仮想電波望遠鏡を実現するためにも使用されている。このプロジェクトは GALAXY

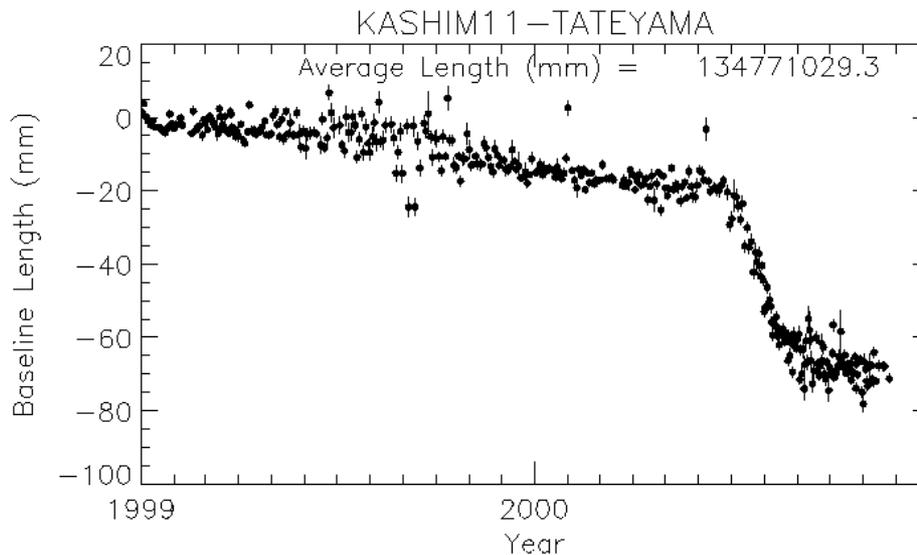


図 1 鹿島 - 館山基線で観測された異常な基線長短縮。短縮率は 2cm/月以上にも達する。

と呼ばれており、CRL、宇宙研、国立天文台および NTT の共同研究として進められている。試験観測が 1998 年 12 月に成功して以来 [Takahashi *et al.*, 1998]、おおよそ月に 1 度の頻度で電波天文学観測が行われている。

新たな実時間 VLBI システムも開発中である。KSP 実時間 VLBI システムは、データが高速 ATM ネットワークを通して伝送されるが、ネットワークコストはなお高価であり、接続サイトも制限されている。そこで、ネットワークコストの低減および接続サイトの拡張を図るため、既に広く普及している IP(インターネットプロトコル)技術を使用した新しい実時間 VLBI システムの開発に着手した(このシステムを IP-VLBI と呼ぶ)。我々はこのシステムをすべて PC で実現することを考えており、PCI バスを利用したサンプラーボードおよび PC での実時間相関処理ソフトウェアを開発している。サンプラーボードはビデオ信号入力 4ch と 10MHz 参照信号入力および 1 PPS 入力を備えており、最大 16MHz サンプリングが可能である。鹿島 34m アンテナおよび国土地理院所有の鹿島 26m アンテナと実験室内 LAN を使った評価試験を実施中であり、現在の所 8 MHz サンプリングデータまでの実時間転送、4 MHz サンプリングデータまでの実時間相関処理が実証されている。更に高速化を図るためにアルゴリズムの改良が行われている [Kondo *et al.*, 2000]。

3 . ギガビット VLBI システム

ギガビット VLBI システムの開発は 1996 年に始まった。システムは、ギガビットサンプラー (TDS580D/TDS784A)、レコーダー (GBR1000)、相関器 (GICO)、サンプラーインターフェースユニット、タイミング制御装置 (DRA1000)、およびデータバッファユニット (DRA2000) から構成される。1998 年、鹿島-小金井基線でギガビット VLBI システム試験観測を実施し、初FRINGE検出に成功した [Koyama *et al.*, 1998]。1999-2000 年にギガビット VLBI システムを使用して 4 回の測地 VLBI 実験を実施しているが内 2 回は鹿島-小金井基線、残る 2 回は鹿島-岐阜基線(約 360km)での実験である。測地結果を比較するために K-4 VLBI システムでの観測も並行して行った。ギガビットシステムでは、サンプリング周波数 (1024MHz) が K-4 システムのそれ (16MHz) よりはるかに高いため、サンプリング周波数の安

定度がデータ品質や測地解に与える影響も K-4 システムのそれよりもはるかに大きい。そこで、データ中に重畳された 500 MHz トーン信号を使用してサンプリングのジッタを補償する方法を開発した。この手法を用いることにより、データ品質および測地解の誤差は、K-4 VLBI システムに匹敵するレベルまで改善された[Koyama *et al.*, 2000]が、まだ理論的に予測される誤差のレベルに到達していない。

現在、新たなギガビットサンプラー(ADS-1000)が開発されている。ADS-1000 はコンパクトで可搬性に優れたギガビットサンプラーを提供することを目的として設計されている。アンテナフロントエンド部に ADS-1000 を設置することによって、アンテナとバックエンド間のアナログ伝送から解放されることになる。従来のギガビットサンプラー部は重さ 50kg で 6U のサイズを占めるが、ADS-1000 は重さ 10kg 未満で 1/2U サイズと非常にコンパクトである。さらに サンプリング信号を PLO から直接供給することにより、サンプリングジッタの軽減を図っている。特筆すべきは、2000 年 8 月にハードウェア仕様が制定された VLBI 標準インターフェース (VSI-H) を採用している点であり、CRL 初の VSI-H 採用機器となる[Nakajima *et al.*, 2000]。

4 . VLBI 標準インターフェース(VSI)

CRL 技術開発センターは国立天文台の川口さんとともに、IVS の技術開発コーディネータであるアラン・ホイットニー(ヘイスタック観測所)および海外の IVS 技術開発センターと協力して VLBI 標準インターフェース(VSI)制定のための話し合いを積み重ねて来た。その中には国際電話会議も数回含まれている。その結果、VSI ハードウェア(VSI-H)の統一仕様制定に至り、2000 年 8 月に VSI-H Ver1.0 が公開された。仕様は VSI ホームページ(<http://dopey.haystack.edu/vsi/>)または、CRL の VSI ホームページ(<http://www2.crl.go.jp/ka/radioastro/tdc/ivs/vsi/>)から入手可能である。CRL は VSI-H を開発中のギガビット VLBI システムに適用して行くほかに、S2-K4 ダビングシステムおよび VSI 対応 K4 システムの開発も計画している[Sekido *et al.*, 2000]。特に S2-K4 ダビングシステムは 1997-1999 年に実施された南極 VLBI 観測データ処理や、ロシアおよびカナダとのパルサー VLBI 観測データ処理を K 4 相関器で実施するためにも必要であるが、VLBI 観測網の自由度を大きく拡張することに貢献することが期待されている。

5 . おわりに

CRL 技術開発センターは、今後も以上述べてきたような VLBI 技術開発を継続しつつ、実観測への適用および技術の普及努力を続けたいと願っている。ただ、VLBI に特化した技術開発だけではなく、今後は更に広く社会一般生活に役立つ技術開発も求められて来ている。我々としては、VLBI 技術の他分野への応用を模索しており、その一つとして VLBI 標準インターフェースを、一般的ではあるが高精度な時刻情報の付加を必要とする諸データの転送用インターフェースに適用することも考慮中である。また、インターネット VLBI 技術が、汎用な自然観測手段へ発展することも望んでいる。さらに、新たな VLBI 技術開発項目として、世間一般にも役立つようなアイデアが VLBI 懇談会から提案されることも期待したい。こうした技術開発と科学成果がポジティブフィードバックループを構成し、今後ますます両者が発展していくことを願っている。

参考文献

Kiuchi, H., M. Imae, T. Kondo, M. Sekido, S. Hama, T. Hoshino, H. Uose, and T. Yamamoto, Real-Time VLBI System Using ATM Network, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol.38, No.3, pp.1290-1297,2000.

- 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, *CRL Technical Development Center News*, No.17, pp.22-24, 2000.
- Koyama, Y., J. Nakajima, M. Sekido, and M. Kimura, The first fringes from the Giga-bit VLBI system, *CRL Technical Development Center News*, No.13, pp.14-16, 1998.
- Koyama, Y., J. Nakajima, M. Sekido, and T. Kondo, Geodetic VLBI experiments using giga-bit VLBI system, *CRL Technical Development Center News*, No.17, pp.15-17, 2000.
- Nakajima, J., M. Sekido, and T. Suzuyama, Another giga-bit sampler prototype, nearly completion ? ADS-1000 development status , *CRL Technical Development Center News*, No.17, pp.18, 2000.
- Sekido, M., J. Nakajima, Y. Koyama, T. Suzuyama, and T. Kondo, Development of VSI-based S2-K4 copying system and data sampler, *CRL Technical Development Center News*, No.17, pp.19-21, 2000.
- Takahashi, Y., H. Kiuchi, A. Kaneko, S. Hama, J. Nakajima, N. Kurihara, T. Yoshino, T. Kondo, Y. Koyama, M. Sekido, J. Amagai, K. Sebata, N. Kawaguchi, H. Kobayashi, M. Iguchi, T. Miyaji, H. Uose, and T. Hoshino, The plan of the big virtual telescope using the high speed communications network, *CRL Technical Development Center News*, No.13, pp.17-19, 1998.
- Yoshino, T, Extraordinary crustal deformation at Tokyo area and the Keystone project, *CRL Technical Development Center News*, No.17, pp.11, 2000.