

# IP-VLBI システムによる宇宙飛翔体位置決定のための VLBI 観測 - 「GEOTAIL」衛星試験観測結果 -

## VLBI Observations Using IP-VLBI System for Orbit Determination of Spacecrafts

### -- Experimental Results of GEOTAIL Observations --

近藤哲朗, 市川隆一, 小山泰弘, 中島潤一, 関戸 衛, 川合栄治  
木村守孝, 大崎裕生, 大久保寛 (通総研), 高羽 浩 (岐阜大)  
「のぞみ」相対 VLBI グループ  
(宇宙研、国立天文台、NASA、山口大、通総研)

Tetsuro Kondo, Ryuichi Ichikawa, Yasuhiro Koyama, Junichi Nakajima, Mamoru Sekido  
Eiji Kawai, Moritaka Kimura, Hiro Osaki, Hiroshi Ohkubo (CRL)  
Hiroshi Takaba (Gifu Univ.), and NOZOMI Delta-VLBI group

### 1. はじめに

通総研では相対 VLBI 観測による宇宙飛翔体軌道決定技術に関する研究を進めており、その一環として、インターネットおよびパソコンを利用した汎用の VLBI システム (IP-VLBI) を開発している。IP-VLBI システムの目標は実時間 VLBI システムであるが、現時点ではオフライン観測が可能となっている。この IP-VLBI システムを用いて、宇宙研、国立天文台および岐阜大と共同で「GEOTAIL」衛星を利用した相対 VLBI 試験観測を実施した。試験観測の目的は宇宙飛翔体に対する VLBI 観測運用ソフトの開発と実観測での信頼性評価、および VLBI 観測によって得られる観測遅延 (群遅延および位相遅延) の精度の検証を行い、火星探査機「のぞみ」の最終地球スウィングバイ直前の軌道決定可能性の評価に役立てることである。試験観測の結果、従来困難と考えられていた狭帯域テレメトリー信号による群遅延観測が可能であることが示された。またクロージャテスト法による精度検証により 10 秒程度の観測時間に対して数 nsec 程度で遅延時間が決定できることが判明した。

### 2. 「GEOTAIL」試験観測

2002 年 6 - 7 月に 4 回の「GEOTAIL」試験観測を行った (表 1)。IP-VLBI システム

表 1. 「GEOTAIL」試験観測日程

年月日	時刻 (JST)	参加局 (局名の後の数字はアンテナ直径 (m))
2002/06/04	15:49-23:00	臼田 64、鹿島 34、鹿島 11、水沢 10 <sup>*1</sup> 、山口 32 <sup>*2</sup>
2002/06/25	17:30-23:38	鹿島 34、鹿島 11、小金井 11
2002/06/28	10:58-12:00	鹿島 34、鹿島 11、小金井 11
2002/07/20	10:05-13:16	鹿島 11、小金井 11、岐阜大 11

\*1 : 落雷障害のため欠測

\*2 : 時系の不具合のため相関は未検出

の入力 4 ch の内、2 ch を使用して X バンドおよび S バンドの 2 MHz 帯域の信号を 1 観測あたり 10 秒から 60 秒間観測した。ベースバンド周波数はそれぞれ 8473.60 MHz、2258.90 MHz に設定し、サンプリング周波数は 4 MHz、A/D 分解能は 4 ビットとした。

### 3. 結果

IP-VLBI サンプラーボードで取得したデータの相関処理は、幾何学的遅延時間  $t$ 、遅延時間の変化率  $\dot{t}$ 、 $\ddot{t}$ 、および  $\ddot{t}$  の予測値を用いて行う。測地 VLBI 用途に開発された予測値計算プログラムでは電波源はクエーサーなど天球上で動かない天体に対して、地球の自転のみを考慮に入れた予測値計算

であるために、衛星の移動を考慮した予測値計算プログラムを開発し、IP-VLBI データの相関処理(PCでの相関処理)を行った。観測された遅延時間はクロージャーテストにより精度評価を行った(図1)。大きなエラーバーがクェーサーを観測した場合の結果を示しており、GEOTAIL 観測時のエラーバーは非常に小さな値(1 nsec 以下)となっている。クロージャーテスト結果には大きなバイアスは見られず、観測システムおよび相関処理で矛盾が無かったことを意味している。ところで GEOTAIL に対するクロージャーテスト結果がエラーバー以上にばらついているが、このばらつきが相関処理も含めたシステムとしての観測精度を表しているものと考えられるが、このばらつき(標準偏差)は数 nsec 程度である。今回の試験観測の観測時間が 10 秒から 60 秒であることを考慮すると、数 10 分ごとの代表値としては単純なモデル(例えば多項式近似)を使うことにより、精度を数倍向上させることが可能である<sup>2)</sup>。

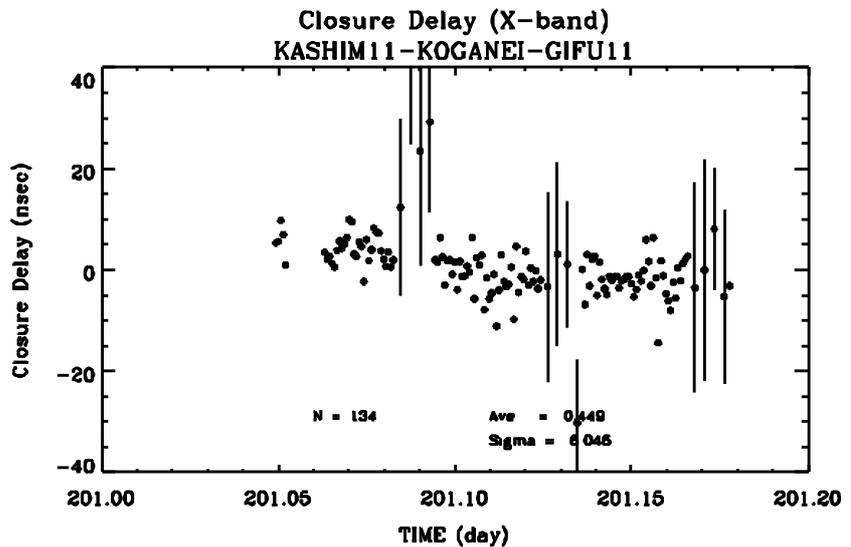


図1 . 2002/07/20 試験観測のクロージャーテスト結果(鹿島11 - 小金井11 - 岐阜大11)

#### 4 . おわりに

開発中の IP-VLBI システムを使用して GEOTAIL の試験 VLBI 観測を行うとともに、自

動観測ソフトウェアのチェックとデバッグを行い実運用に耐えうる自動観測ソフトウェア(但しオフライン観測)を完成させた。PC による相関処理についてもクロージャーテストにより致命的エラーが生じていないことが確認され、IP-VLBI システムの有用性が示された。

今回の試験観測によりテレメトリー信号を信号源と見なす VLBI 観測において、アンビギュイティを生じることなく群遅延が計測できることが示されたが、群遅延計測から更に高精度な遅延時間を与える位相遅延計測時のアンビギュイティ除去につなげることができる可能性が示されたと言える。

今後は位相遅延解析を実施し、遅延時間の計測精度を一桁以上向上させ 0.1 nsec 以下の精度の達成を目指す。また現時点ではオフライン観測であるが、インターネットを利用した準実時間相関処理、更には実時間相関処理が可能となるよう自動観測ソフトウェアの整備を進め、2003 年 6 月に予定されている火星探査機「のぞみ」の最終地球スウィングバイに備えた直前の軌道決定観測に臨みたい。

#### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 市川隆一、「のぞみ」相対VLBIグループ: 1A3 IP-VLBI システムを用いた相対VLBI 試験観測による GEOTAIL 軌道推定の試み、第46回宇宙科学技術連合講演会集録、2002.