

KSP ネットワークを用いた地球回転パラメタの推定

小山泰弘^{*1}、近藤哲朗^{*1}、市川隆一^{*1}、吉野泰造^{*2}、古屋正人^{*2}、瀬端好一^{*2}、雨谷純^{*2}

^{*1} 通信総合研究所鹿島宇宙通信センター

^{*2} 通信総合研究所第六研究チーム

1. はじめに

地球の自転の変動は、極運動 ($x \cdot y$)・UT1-UTC・章動 (\cdot) の5つのパラメタで記述でき、これらは地球回転パラメタ (Earth Rotation Parameter もしくは Earth Orientation Parameter) と呼ばれている。VLBI は、これら5つのパラメタすべてを独立にかつ高精度に決定できる点で、SLR や GPS など人工衛星を利用する他の宇宙測位技術にない特徴を持っている。現在、極運動や1日の長さ (TOD = Time Of a Day) の推定には GPS のデータが重要な役割を果たすようになってきているが、衛星軌道の昇交点経度と UT1-UTC とは原理的に分離して推定することができないため、VLBI による UT1-UTC の高精度な測定値をアプリオリとして与える必要がある。現在の UT1-UTC の精密決定には、国際 VLBI 観測のデータが大きく寄与しているが、とくに高い精度の速報値を得るために、ドイツの Wettzell 局とアメリカの Greenbank 局との間で1日1時間20分程度の観測が毎日行われている (Clark et al., 1998)。また、NASA が中心となって準備を進めている CORE (Continuous Observation of the Rotation of the Earth) プロジェクトでは、観測ネットワークを切り替えながら切れ目なく国際 VLBI 観測を実施して、地球回転パラメタ決定を高精度にかつ高時間分解能に求めることが計画されている (Ma et al., 1997)。

しかし、一方で、一般に VLBI 観測データの処理結果が得られるのは観測が行われてから少なくとも1週間を要するため、GPS 観測データの即時解析には VLBI 観測で得られた1週間以上前までの UT1-UTC の時系列から外挿した予測値が用いられている。この予測値は外挿する期間が長くなればなるほど精度が低くなるため、VLBI 観測のデータを迅速に処理できるようにすることができれば、UT1-UTC の速報値や予測値の精度を改善できる余地がある。通信総合研究所で整備された首都圏広域地殻変動観測計画 (KSP=Key Stone Project) では、観測局の間を 2.4 Gbps の通信速度をもつ光ファイバネットワークで接続し、リアルタイムに観測データを相関器に伝送して自動的に処理と解析を行うシステムを構築した (木内他, 1997)。この観測網を用いた観測は 1995 年 1 月から定常的に実施しており、1997 年 9 月末からは1日おきに約 24 時間の VLBI 観測を続けている (Furuya et al., 1999)。KSP-VLBI 観測網は最長の基線でも基線長が約 135km であり、地球回転パラメタを高精度に推定するために利用されている国際的な観測ネットワークの基線長に比べると非常に短い。地球回転パラメタは、基線長が長くなるほど推定精度が良くなるため、KSP-VLBI 網のように基線長の短い観測網では高精度な地球回転パラメタを提供することは困難である。しかし、KSP-VLBI 網の観測データを利用して、迅速な地球回転パラメタの推定が技術的に可能であることを示すことは、地球回転パラメタの推定に要する時間を大幅に短縮することが技術的に可能であることを意味し、その意義は大きい。そこで、KSP-VLBI 網による観測データを

用いて、地球回転パラメタを迅速に推定することが可能であることを示すとともに、その場合の推定誤差の評価を行った。

2. 地球回転パラメタの推定

地球回転パラメタを精度よく推定するためには、電波源位置や観測局座標をアプリアリ値に固定して、推定するパラメタを最小限にすることが効果的である。そのためには、アプリアリ値として与えるデータに整合性がとれていることが必要である。電波源位置は ICRS (International Celestial Reference System) に基づいて作成された RSC(WGRF)95R01 というデータセット (Ma, 1998) をそのまま用いることができるが、このデータセットと整合性のある観測局座標を与える ITRF96 (ITRF = International Terrestrial Reference Frame) には KSP-VLBI 観測局が含まれていないため、直接座標値を与えることができない。このため、これまで 7 回にわたって鹿島 34m 局と KSP-VLBI 観測局とによる VLBI 観測を実施した。鹿島 34m 局の座標はこれまでの国際 VLBI 観測によって高い精度で決定されており、ITRF96 における座標値が与えられている。この座標を基準として KSP-VLBI 観測局の局座標を推定することで、ITRF96 における KSP-VLBI 観測局の ITRF96 における座標を高精度に与えることが可能である。図 1 に、この 7 回の実験で得られた鹿島 11m 局の位置推定値の再現性を示す。7 回の実験のうち、3 回の実験では使用した基準信号の安定度に問題があったり、観測数が少ないという問題のためにほかの 4 回の実験に比べて推定誤差が大きくなっている。一方、推定誤差の少ない 4 回の実験の推定結果は、よい再現性を示していることがわかる。この 4 回の実験の推定結果を加重平均し、鹿島 11m 局のアプリアリ局位置として使用した。

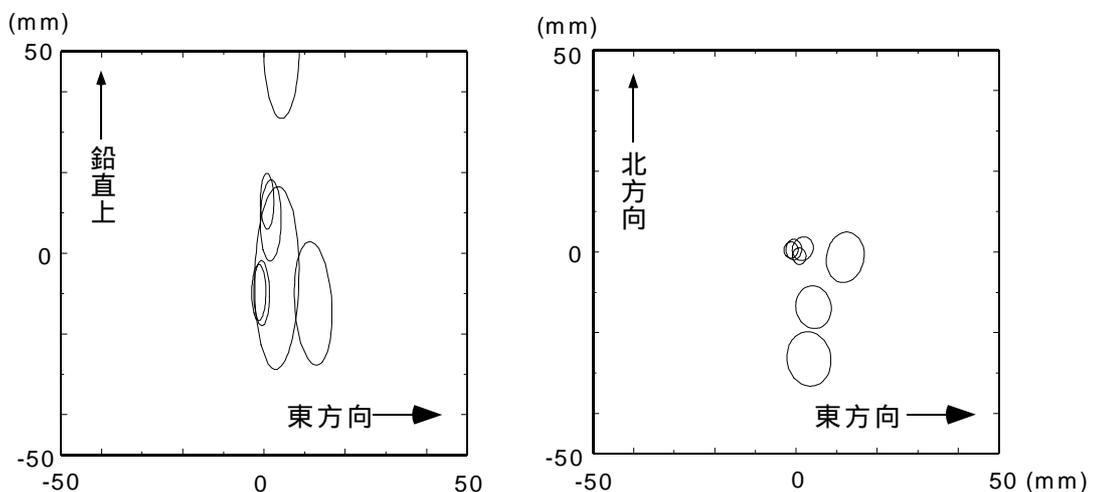


図 1 鹿島 34m 局との 7 回の VLBI 実験によって推定された鹿島 11m 局位置。1 の推定誤差領域が楕円で示されている。

上記のようにして求められた KSP-VLBI 局の位置をアプリアリとして与え、1998 年の 1 月から 11 月にかけて実施した 24 時間実験を用いて極運動 (x , y) と UT1-UTC のアプリアリとしてそれぞれ 0 を与え、大気遅延量とクロックオフセットとともにパラメタ推定を行った。この結果を IERS の Bulletin-B による確定値 (EOP97C04) と比較した結果を図 2 に示す。推定値にはばらつきが見られるが、おおまかなトレンドは

再現している。このことは、正確な観測局位置をアプリアリとして用いることにより、KSP-VLBI 網によって地球回転パラメタの推定が可能であることを示すものである。図 2 に示した推定パラメタの正規誤差の平均を計算すると、 x が 10.8 mas、 y が 6.5 mas、UT1-UTC が 642 μ sec となった。

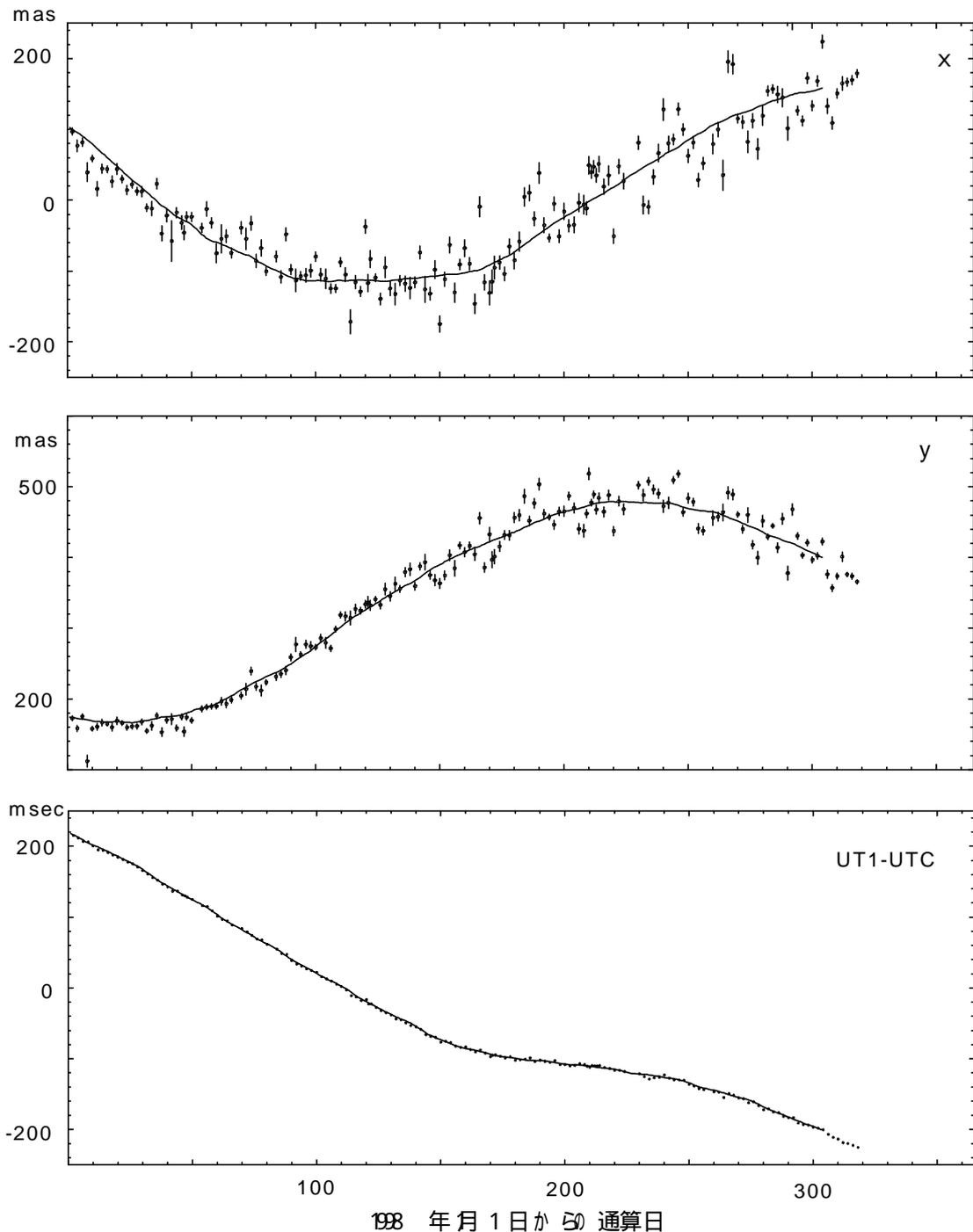


図 2 KSP-VLBI 網の観測から推定した極運動 (x , y) と UT1-UTC の結果。誤差棒は推定正規誤差 (1σ) を示す。実線の曲線は、IERS により公表された確定値。

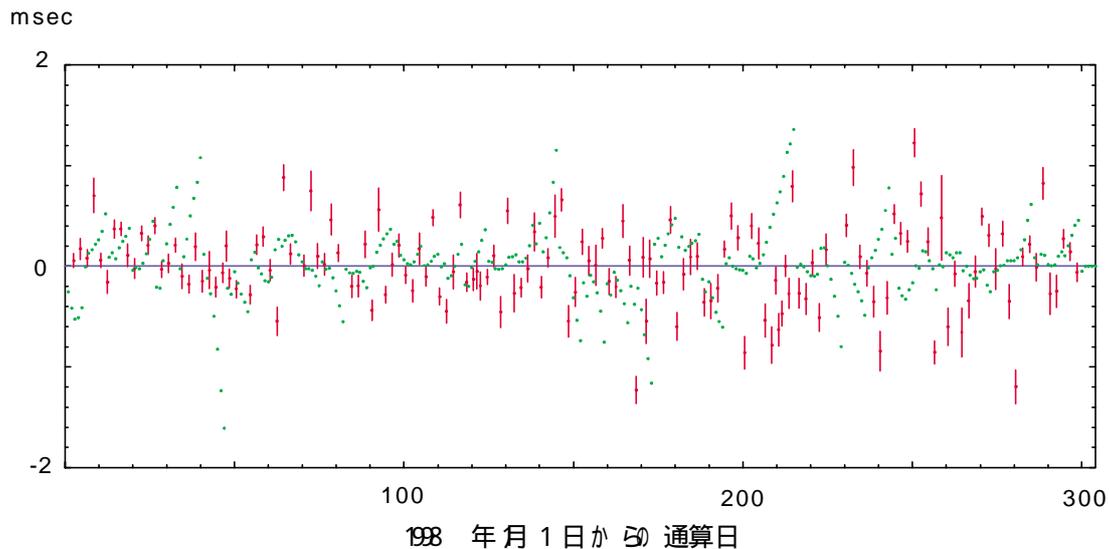


図3 IERS による UT1-UTC の確定値を基準にとった場合の、KSP-VLBI 網で推定した結果（正規推定誤差の誤差棒つきの点）と IERS の Bulletin A による予測値。

つぎに、極運動の2つのパラメタに IERS による値を与えて固定し、UT1-UTC のみを推定した。この結果を IERS による UT1-UTC の確定値を基準として表示したものを図3に示す。比較のため、その日に利用できる IERS が Bulletin-A で公表した予測値の値も同様に示す。両者の残差の RMS を計算すると、KSP-VLBI 網による推定値が $399 \mu\text{sec}$ 、IERS による予測値が $347 \mu\text{sec}$ となった。したがって、図3の結果は少なくとも現在の K S P 観測網によるデータでも UT1-UTC の IERS 予測値を改善できる可能性を示すものである。高速デジタル回線が長距離の基線に利用できるようなれば、さらに推定精度の向上も期待できるため、現在利用できる地球回転パラメタの速報値の精度を大幅に改善する可能性が技術的に示されたことになる。現在、地球回転パラメタは連日の実験データの自動解析で推定しており、誰でも利用できるように結果を WWW 上で公開している。

参考文献

- Clark, T. A., C. Ma, J. W. Ryan, B. E. Chao, J. M. Gipson, D. S. MacMillan, N. R. Vandenberg, T. M. Eubanks, and A. E. Niell, Earth rotation measurement yields valuable information about the dynamics of the earth system, EOS, Trans. AGU, Vol. 79, No. 17, P. 205, 1998
- Ma, C., N. R. Vandenberg, and T. A. Clark, IVN/CORE: Status and results (abstract), EOS, Trans. AGU, Vol. 78, Spring Meet. Suppl. S109, 1997
- 今江理人、浜真一、吉野泰造、K S P での実時間 V L B I システム概要、通信総合研究所季報、Vol. 42, No. 1, P.73, 1996
- Ma, C. and M. Feissel (eds), Definition and realization of the International Celestial Reference System by VLBI astrometry of extragalactic objects, IERS Technical Note 23, issued by International Earth Rotation Service, 1998