

宇宙測地技術のコロケーションに関する研究（第4年次）

実施期間 平成13年度～平成16年度

地理地殻活動研究センター

宇宙測地研究室 松坂 茂 眞崎 良光

1. はじめに

測地技術は宇宙時代を迎えて、VLBI、SLR、GPS などの高精度測位技術による観測が量・質ともに重要になっているが、観測精度の向上とともに技術間の系統差が無視できなくなる。各技術を統合した信頼できる地球観測システムの構築は21世紀の課題の一つである。

宇宙技術を統合した観測システムの構築のためには、まず各技術のローカルの高精度結合を確立することからはじめ、基線ベクトル解の比較、グローバル解の比較、解析ソフトウェアの検討、統合的な解析技術の開発等多くの段階がある。当課題では、VLBI-GPS のコロケーションを発展させ、最終的な宇宙技術の統合的な解析技術の開発を目指し研究を進めることとする。

2. 研究概要

宇宙測地技術のコロケーションは前年度までの特別研究「VLBI と GPS の高精度コロケーションに関する研究」によって、VLBI-GPS の高精度な取り付け観測方法の確立と、始良及びつくば VLBI 局における観測が実施された(一部、未完成)。本研究では引き続き、その他の VLBI 局においても GPS との高精度結合を確立し、両技術の相互比較を行う。また、他の宇宙技術とのコロケーションの可能性についても検討する。

3. 平成16年度実施内容

- (1) 国土地理院 VLBI 局におけるコロケーション観測の総括と問題点の抽出を行った。
- (2) 父島における国立天文台 VERA 小笠原局のアンテナのコロケーション観測の詳細な解析を行った。

4. 得られた成果

(1) コロケーション観測のまとめ

国土地理院 VLBI 局3箇所での地上測量を要約すると以下の表になる。

平均標準偏差(mm)	新十津川 3.8m	つくば 32m	始良 10.3m
地上測量標 3次元位置	1-2	0-1	1-4
アンテナ参照点			
中心位置	0.7	0.2	0.5
動径方向残差	1.0	0.6	0.3

アンテナ中心位置については今回再計算を行ったが、過去に報告したものと1mm以下で一致している。また、アンテナは非常に良い精度で建設されていることがわかる。

ローカル系からグローバル系への変換においては、使用する鉛直線偏差はつくば局以外では観測値がないので、ジオイドモデル (GSIGEO2000) より計算によって求めた。このプロセスは回転であるので角度の誤差が全体の変換誤差につながる。ローカルネットワークの形およびGPS 測量が単発であったことを考慮すると、角度の信頼性の限界は VLBI-GPS の相対ベクトル成分に換算して5-10mm程度と推定される。

(2) VERA 父島局のコロケーション観測解析

地上測量によるアンテナ中心の位置を地心系に変換した。父島には鉛直線偏差の情報がないため、GPS 測量のみを使って Helmert 変換による地上測量結果の地心直交座標系への引き直しを行った。ただし、スケール変換は測量結果をゆがめる可能性があるため、本解析では並進と回転の6パラメータを決定した。

この結果を今回は VERA グループによる GPS によるアンテナ参照点位置の決定（田村、VERA グループ(2003)）結果との比較を行ない、空間位置（ベクトル位置）の差として、

$$(\angle N, \angle E, \angle U) = (5, 2, 4) \text{ [mm]}$$

を得た。

5. まとめ

アンテナ参照点の決定は、高精度で達成されたことが確認され、測量方法・解析法とも問題は特にない。

ローカル系とグローバル系の変換精度を上げるためには、

- ・ローカルネットワークにおける連続 GPS 観測によりベクトル成分の確度・精度を向上させる。
 - ・天文測量による鉛直線偏差、天文方位角の測定（精度：0.1~0.3"）、GPS との比較。
- などが考えられる。

ITRF などの測地座標系のための要求精度は、3mm 以下とされている。コロケーションの精度は、各技術の内部誤差以下が望ましいからである。また、これまで VLBI アンテナの温度による変形等は考慮されていないが、比較的簡単なモデルで補正可能である。

4. 今後の展望

世界的に見ても宇宙技術のコロケーションが満足のいくように達成されていないのは明らかである。IERS のコロケーション WG が、IAG の sub-Commission 1.2-WG2 と協同して、パイロットプロジェクト (IERS Site Survey and Co-location Pilot Project) を進めている。その結果として標準的手法が提示される予定である。ただし、各局には、機械的、また地形・地質的な固有の条件があるため、その対策が必要となる。

今後の現実的な対応案としては、次のようになるだろう。

- ・ピラー上での GPS 観測（長期間繰り返しかえし観測）。
- ・天文測量の実施。
- ・VLBI アンテナの変形の見積もり。
- ・上記 IERS PP への参加。

他の宇宙技術とのコロケーションについては、検討が及ばなかった。IERS 等の動向を見ながら、あらためて研究に取り組むこととしたい。

参考文献

- Hasegawa, H., Xia, S., Tamura, H., Ooizumi, J., Yoshino, T., Kunimori, H., Amagai, J., Katsuo, F., Koyama, H. & Kondoo, T. (2002), Methods of Local Survey between Space Geodetic Observation Systems at a Collocation Site, J. of the Geodetic Society of Japan, 48, 85-100.
- Kuroishi, Y., H. Ando and Y. Fukuda (2002): A new hybrid geoid model for Japan, GSIGEO2000 derived from the gravimetric geoid model, JGEOID2000 and the nationwide net of GPS at benchmarks, Journal of Geodesy 76, 428-436, Springer.
- Matsuzaka, S., Hatanaka, Y., Nemoto, K., Fukuzaki, Y., Kobayashi, K., Abe, K. & Akiyama, T. (2002), VLBI-GPS Collocation Method at Geographical Survey Institute, IVS 2002 General Meeting Proceedings, 96-100.