

測地基準系精密保持手法に関する研究（第4年次）

実施期間 平成17年度～平成21年度
地理地殻活動研究センター
宇宙測地研究室 畑中 雄樹 宗包 浩志
高島 和宏 石本 正芳
地理調査部環境地理課

1. はじめに

国土地理院（つくば市）構内には、VLBI観測局、GPS連続観測点があり、一体となって国内観測の中央局および国際観測網の宇宙測地基準局として、世界測地系および地球基準座標系（合わせて「測地基準系」）の構築・維持に重要な役割を担っている。これらの観測点の位置データに含まれている上下季節変動は、従来の理論では外国局の季節変動のようには説明できなかったが、2003年、日本固有の変動機構であるらしいことがわかってきた。

近年、宇宙測地技術による測位精度の急速な向上に伴い、宇宙測地基準局の正確な位置が必要とされるようになった。そのため、この局にみられる上下成分の季節変動および経年的変動をこれまでにない精度で定量的に測定して、その変動機構を明らかにし、宇宙測地基準局としてふさわしい位置精度を確保することが課題となっている。

国土地理院構内には、深度190mの二重管式地盤沈下計があり、0.02mm精度の地盤上下変動データが蓄積されてきた。変動機構を解明するためには、地下水温変化の計測やGPS・水準測量等他の測地技術との継続的な比較など、より精密な調査・研究が必要となる。

また、つくばエクスプレス（TX）沿線開発に伴う地下水涵養量の変化により、宇宙測地基準局の上下位置が変動する可能性があり、その変動量を定量的に計測・監視することが測地基準系維持にとって欠かせない。

そこで、次の4つの目標を通して、特に上下方向について、測地基準系精密保持手法を確立することを目的として、本研究を行う。

1. 上下変動機構（表層地盤弾性変形）の解明
2. 宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測
3. 経年的地盤変動の中長期的モニタリング
4. 安定地層固定型基準点の技術開発

2. 研究内容

平成19年度までに、地盤沈下計の温度変化監視のための水晶式精密温度計の設置、地盤沈下・地下水観測棟の温度環境安定化工事、地盤沈下計内管上部へのGPSアンテナの設置等を行い、上下変動の精密計測のための環境を整備した。このうち、内管に取り付けたGPSアンテナによる観測には何らかの原因による位相特性の変化が見られ、高さの年周変化の観測にとって無視できないノイズとなっていること、冬季の観測結果に、夏季には見られない、短期的なノイズ（系統的な値のずれ）が卓越することが判明した。平成20年度は、試験観測等を行ってGPS観測のノイズの原因を特定し、検討のうえ対策を講じた。

3. 得られた成果

地盤沈下計の内管上部に取り付けた GPS アンテナ（観測点：06S061）の解析結果に見られるノイズ原因を調査するため、06S061 の観測条件を制御した試験観測を行い（アンテナ高の嵩上げ+11mm、アンテナの周囲の屋根上への電波吸収材の設置など）、構内にある電子基準点 92110 を参照点として座標値および位相特性の推定を行い、観測条件・解析条件による結果の違いを評価した。その結果、以下のような所見が得られた。

- ・解析条件（観測量、大気推定の有無）の違いによって、上下成分に cm レベルの差が生じる
- ・大気遅延量を推定した場合に、求められた座標鉛直成分の変化が実際に加えたアンテナ高の変化と異なる
- ・アンテナ高の違いに伴い、推定された位相特性に差異が見られ、電波吸収材の設置によって差異が小さくなる

これらから、少なくとも屋根面からのマルチパスが大きく影響していることが判明した。また、それ以外の要因（例えば、レドームによる遅延）も影響していることがこの結果から示唆された。座標値への影響が年周的であることは、地盤の年周期的な上下動に伴って、屋根およびレドームに対するアンテナの位置が変化し、これらの要因が年周変化するとして、説明できる。

一方、冬季の観測結果に見られるノイズについては、2008 年 12 月下旬から 1 月上旬にかけて現象が確認された際に、現地においてレドームの内面に水滴の付着を確認した。水滴を除去したところ、以後の座標値が異常発生前の値に戻ったことから、レドームに付着した水滴による位相遅延（Wübbena et al., 2008）が原因であることが判明した。レドームが室内の空気と外気に挟まれているため、建屋の断熱によってほぼ一定に保たれる室温と、冬季に外気温の下降によって冷やされるレドームとの間に生じる温度差によって、室内の空気中の水蒸気が結露するものと考えられる。

以上の調査結果を踏まえ、ノイズの原因であるマルチパスおよびレドームの結露への対処として、以下の対策を施した。

- 1) 屋根面に電波吸収材を敷き詰める（マルチパスの発生を抑制する）
- 2) アンテナを 1 m 嵩上げて屋根面から離す（マルチパスの影響を受けにくくする）
- 3) GPS アンテナ位相特性への影響が少なく、かつ、アンテナと一体型のレドームに交換する

2) および 3) の対策によって、レドームが完全に設置されて出て屋内の水蒸気供給源から切り離され、また、レドーム内面と外面の温度差も生じなくなるので、結露の問題も解決されるものと期待される。

4. 結論

試験観測を行い、GPS 観測に見られる長周期的なノイズの原因が屋根面からのマルチパス等であること、また冬季の短期的なノイズの原因がレドーム内面の結露であることを突き止め、これらの問題への対策を施した。次年度は、本対策の効果の検証を行い、本研究の成果をとりまとめる予定である。

参考文献

- G. Wübbena, et al. (2008): Sensibility of Dorne Margolin chokering antennas to rainfall-analysis of sprinkled antenna site on a short-baseline, paper presented at IGS analysis workshop, June 2-6, Miami Beach, Florida.