

## GPS 気象学による宇宙測地技術の測位精度向上

## Improvement of the Positioning Accuracy of Space Geodetic Techniques by the GPS Meteorology

# 島田 誠一[1], 市川 隆一[2], 宮崎 真一[3]

# Seiichi Shimada[1], Ryuichi Ichikawa[2], Shin'ichi Miyazaki[3]

[1] 防災科研, [2] 通総研, [3] 地震研

[1] NIED, [2] CRL, [3] ERI

宇宙測地技術の測位精度向上は、「GPS 気象学」プロジェクトの主要課題の一つであるが、GPS を用いた気象学的な成果を受けて測位精度向上を図るといふ、本質的な問題や、気象数値モデルの立ち上がりが遅れたという技術的な問題から、取り組みがやや遅れた。それでも、大気天頂遅延量推定方式の導入により、観測精度の向上が実証できたほか、気象数値モデルからマッピング関数の評価を行い、その有効性と限界を明らかにするなどの成果を上げた。

まず、日本の GPS 連続観測の記録を見ると、しばしば夏季にばらつきが大きくなっていることに気がつく。これは、大気中の水蒸気による電波遅延の補正が十分ではないことを予想させる。そこで我々はまず、国土地理院による GEONET のルーチン解析結果から、各観測点で座標推定値の時間平均からの偏差を求め、得られた各観測日の結果において水蒸気の変動の小さい観測点を基準とした「測位解偏差」を抽出した。得られた測位解偏差は、前線付近など、水蒸気量分布の勾配が大きいほど大きく、負の勾配方向を向く傾向がある。GPS の解析ではしばしば上空の水蒸気分布は仰角だけに依存することを仮定するが、この仮定が崩れたときに測位解偏差が現れることを示唆している。

そこで次に我々は、このような水蒸気の異方性を一次勾配で近似したモデル(遅延勾配)を用いた解析を行ったところ、系統的な測位解偏差は消滅した。一方、推定された遅延勾配は、上記の測位解偏差と逆相関を示し、水蒸気量分布の正の勾配方向を向く傾向がある。また、測位解の改善は上下成分でも確認される。これは、GPS 衛星の分布が日本付近で南北に非対称であることに起因している。以上より、遅延勾配モデルを用いることで、水平成分だけでなく上下成分も改善されることが示された。

次に、実際の気象数値モデルからマッピング関数を推定して評価するという、マッピング関数の精密化と評価に関する研究がある。日本列島規模での GPS 観測網において、遅延勾配モデルの有効性が確認された。しかしながら、水平スケールで 200km 以下のメソ スケール、メソ スケール、あるいは地形に強く依存するローカスケールの現象に対する遅延勾配モデルの適用限界がどの程度かは十分に確かめられていなかった。そこで、まず格子間隔 10km の気象庁 10km 格子・地域モデル・データに波線追跡法を適用して視線方向の遅延量の数値計算を行い、これと遅延勾配モデルによる遅延量を比較することで評価した。この比較によれば、寒冷前線後面に生じた総観規模の水蒸気勾配を遅延勾配モデルが非常に良く再現し、大部分のケースで遅延量残差を 80%以上取り除けることがわかった。その一方で、頻度としては少ないものの、ほぼ 100km 程度の水平スケールの対流現象で生じた水蒸気勾配に対してはモデルが有効ではなく、遅延量残差の除去が 40~50%程度にとどまった。現在は、より小スケールの現象に対する遅延勾配モデルの有効性を評価し、さらに測位誤差の振る舞いを調べるために、5km、あるいは 1.5km の格子間隔を持つ非静力学モデルによる評価を実施している。また、実際の観測においても、水蒸気ラジオメータを用いて視線方向の遅延量の評価を試みている。これらの数値実験や観測から得られる知見を基にして、より最適な遅延量除去手法の確立が期待される。

最後に、今後を展望して、残された 2 つの課題について述べる。一つは、単純な大気水平勾配推定の限界である。ポスター発表「気象数値データによる解析ソフトウェアの評価 伊豆半島で観測された山岳波を例として」で扱ったように、山岳波のような大気の波動現象を単純な大気水平勾配で推定することは非常に困難である。特に、短波長の地形が卓越して複雑かつ急峻な地形の多い日本のような場合には、山岳波のような大気波動は一層複雑になると考えられる。このような現象を GPS 解析ソフトウェアのモデルにどのような形で取り込んでいくかが課題である。

次の課題として、上下成分の精度向上を取り上げる。上下成分の解析解のばらつきは、平地において特に大きな水蒸気の擾乱がなくても見られる(ポスター発表「ローカスケールの水蒸気変動を考慮したつくば稠密観測における観測点座標値解の変動」参照)。更に山岳域のような地形の複雑な地域では、問題は一層複雑になる(ポスター発表「山岳地域における GPS 測量の高さ方向の誤差因について」参照)。上下成分の精度向上のためには、つくば稠密観測データ解析の精密化や、数値予報データによるシミュレーション解と実データによる解析解との比較等の一層の研究の進展が必要になる。