

国土地理院 GPS 連続観測網(GEONET) による可降水量の推定と精度

Estimation and Validation of Precipitable Water Vapor From the Permanent GPS Array of the Geographical Survey Institute (GEONET)

大谷 竜[1], 畑中 雄樹[2]

Ryu Ohtani[1], Yuki Hatanaka[2]

[1] 産総研, [2] 地理院・観測センター

[1] GSJ,

AIST, [2] Geodetic Observation Center, Geographical Survey Inst.

近年の GPS 技術の発展により, GPS から受信機上空の水蒸気の総量(可降水量)を精度よく推定することが可能になった。GPS 衛星から発射されるマイクロ波が大気を通過する際, 真空中に比べて電波の到着が遅れ(大気遅延), 測位誤差が生じる。通常の GPS データ解析ではこの誤差を補正するために, GPS のデータ自身から, 受信機の位置情報とともに天頂方向の大気遅延量を推定してその誤差を補正することが行われている。こうして得られた天頂大気遅延量から, 地上気圧を使って計算される, 主に乾燥大気に起因する静水圧遅延量を差し引くことで, 水蒸気の総量に比例する湿潤遅延量が得られる。更に, これに地上気温から計算される変換係数をかけることで可降水量が求められる。つまり, 地上の気圧と気温の観測値があれば GPS を使って可降水量を推定できる。この情報を気象学に活用するのが GPS 気象学のそもそもの発想である。

我が国における GPS 可降水量の精度を調査するために, 気象測器から求められる可降水量との比較を行った。国土地理院により全国に展開された GPS 連続観測網(GEONET)においては, 地殻変動等の監視を目的とした定常解析が行われている。その際副産物として, 3 時間毎に大気遅延量が推定されている。この大気遅延量から計算された GPS 可降水量と, GPS 局近傍の全国十点の高層気象台で一日 2 回行われている, 気象庁の定常ラジオゾンデ観測から求められた可降水量との比較を行った結果, GPS 可降水量は r.m.s. で 3.7mm で一致することが分かった。これは, 湿潤で水蒸気が複雑に変動する日本のような気候条件であっても, GPS で精度よく可降水量を測定できることを示している。しかしながら, この結果は欧米で得られた結果に比べると悪い。これは GPS 可降水量がラジオゾンデ観測値に対して系統的に小さいためである。

前述の通り, GPS 解析の際には, 大気遅延量は観測点座標と同時に推定されるが, この手法は大気遅延量の衛星仰角依存性(マッピング関数)と座標の偏微分係数を位相観測値から分離できることを前提としている。ところが, 座標鉛直成分の偏微分係数は低仰角の部分を除きマッピング関数とよく似た形をしており, 更に仰角 15 度以上では同時推定される位相バイアスを含めた 3 種類のパラメータ間の相関が極めて高いので, パラメータの分離が悪いことが示されている。したがって, 大気遅延量推定の誤差に関して 2 種類のメカニズムが想定される。一つは, モデル化されていない誤差が観測値に含まれる場合に 3 種類の推定パラメータがそれに敏感に影響されること。もう一つは, いずれかのパラメータが誤った値に制約された場合, 残りのパラメータにその影響がしみ出すことである。GEONET 観測点の架台からのマルチパスおよびレイドームが位相観測値に及ぼす系統的な誤差は前者の例である。この影響により, たとえ同じアンテナであっても架台のタイプによって位相特性が大きく異なり, GEONET 観測点の鉛直座標に最大 20cm 程度のバイアスをもたらし, 天頂遅延量に 4cm 程度の食い違いが生じることが明らかになった。後者の例は, 海洋潮汐荷重変形による観測点変位のモデル誤差が挙げられる。過去の GEONET の解析ではこれを無視し 1 日の間の座標値は一定であるとして解析が行われていたために, M2 分潮で最大 12mm(可降水量にして 2mm)程度の座標の潮汐変位が大気遅延量に浸みだしていた。上記を含む数々の問題点を改良して GEONET 解析システムを更新し, 1996 年 3 月以降の全データの再解析を行った。架台タイプ毎に位相特性をキャリブレーションすることにより, 座標及び大気遅延量のバイアスが大きく改善されることが示された。また, Matsumoto et al.(2000)の海洋潮汐荷重変形モデルを解析に組み込むことにより, 大気遅延に漏れ出す潮汐成分の大部分が補正された。新解析による精度の高い大気遅延量が GEONET からルーチンの求められ蓄積されることにより, 基盤的データの一つとして様々な応用が広がることが期待される。