

つくば GPS 稠密観測 2000：視線方向の水蒸気解析と WVR との比較

Tsukuba GPS Dense Network Observation: Analysis of slant water vapor by GPS, and comparison with Water Vapor Radiometer

小司 禎教[1], 青梨 和正[2], 中村 一[3]

Yoshinori Shoji[1], Kazumasa Aonashi[2], Hajime Nakamura[3]

[1] 気象研・予報・3研, [2] 気象研予報, [3] 気象研・予報

[1] Third Lab of Forecast Dep., MRI, [2] FRD, MRI, [3] MRI

つくば GPS 稠密観測のデータを用いて波線に沿った視線水蒸気量 (SWVgps) を解析した。GPS 解析はアンテナの位相特性の補正方法及び勾配推定の有無で計 8 通りの解析を行い、水蒸気ラジオメータの視線水蒸気量 (SWVwvr) と比較した。結果を報告する。

1. GPS による視線水蒸気量の算出

GPS 解析では、衛星から発射された搬送波の位相から、衛星との距離と同時に大気による電波の遅れを天頂方向に換算した天頂遅延量 (ZTD) を推定する。ZTD は天頂静水圧遅延 (ZHD) と天頂湿潤遅延 (ZWD) の和で、ZHD は GPS 点における気圧から計算される。マッピング関数は NMF を用いた。

GPS 解析には GIPSY OASIS II を用いた。GIPSY では観測点の楕円体高から、静水圧遅延量が一定値として、予め固定され (ZHDapr), 湿潤遅延量を変化量としてパラメータ推定する (ZWDest)。residual を用いて以下の式により SWVgps を算出した。

$$SWV_{gps} = (STD - ZHD * NMF_h + residual) * PI \quad (1)$$

ここで STD は推定された視線遅延量で、

$$STD = ZWD_{est} * NMF_w + ZHD_{apr} * NMF_h \quad (2)$$

PI は ZWD から PWV への変換係数で、地上気温から推定した。

2. 水蒸気ラジオメータによる視線水蒸気量の算出

WVR で観測した輝度温度から SWVwvr を算出した。個々の観測に対し前後 20 分間の観測データを NMFw により天頂方向に換算し、平均することでその時刻の可降水量を算出した。仰角 30 度以下で残差に大きな過大評価が見られたため、可降水量の算出には 30 度以下のデータを使わないこととした。

また WVR で観測された凝結水量が鉛直方向に換算して 0.3kg/m² 以上の場合は降水があると判定して、除外した。

求めた可降水量をゾンデ観測と比較すると、WVR がゾンデに対し平均 2.7mm 少なく解析されていたため、個々の SWVwvr に以下の式による補正量を加えたものを GPS との比較に用いた。

$$\text{補正値} = 2.7 * NMF_w \quad (3)$$

3. 比較結果

GPS は位相特性の補正方法、及び解析に用いる大気モデルの違いにより、以下の 8 種類の解析を行い、WVR の視線水蒸気量との比較を行う。

・アンテナ位相特性の補正

(P1) 補正無し (noPCV)

(P2) IGS のアンテナ位相中心モデルを使用 (PCVigs)

(P3) noPCV による残差のスタッキング (noPCV+MPS)

(P4) PCVigs による残差のスタッキング (PCVigs+MPS)

・大気モデル

(G1) 水平一様 (no Gradient)

(G2) 一次の勾配パラメータを推定 (with Gradient)

上記の組み合わせによる 8 通りの解析方法により算出した SWVgps と SWVwvr との RMS とバイアスを仰角 2 度単位で計算した。バイアスに関しては (P1) 及び (P3) で低仰角ほど大きな負のバイアスを持つ。一方 IGS モデルを利用した (P2) (P4) では全ての仰角で ±2mm 以内となっていた。RMS は、(P4)+(G2) が僅かだがほとんどの仰角で最もばらつきが小さい。しかし、(P4)+(G1) では、RMS は (P2)+(G1) 及び (P2)+(G2) と同じか、むしろ大きくなっていった。原因の一つとして、勾配パラメータを推定せずに残差スタッキングを行うと、アンテナ起因の誤差に加え、気候値的な水蒸気の異方性の情報が補正マップに入り込むことが考えられる。

4. 勾配パラメータ推定の残差スタッキング補正に与える影響

(P4)+(G1) 及び (P4)+(G2) の視線水蒸気量の方位角による変化をプロットし、残差スタッキングを行う際、勾配パラメータ推定の有無により、解析される SWV にどのような影響を与えるかを見てみた。(P4)+(G1) の場合、全ての方位に対して変化がないが、(P4)+(G2) では、南ほど水蒸気が多いという、気候値的な分布と定性的に矛盾し

ない分布が得られた。