

水蒸気勾配評価を目的としたWVR観測実験

An Experimental Campaign for Evaluation of Wet Delay Variations using Water Vapor Radiometers

市川 隆一[1], 小山 泰弘[2], 大久保 寛[3], 近藤 哲朗[4], 花土 弘[5], 青梨 和正[6], 小司 禎教[7], 畑中 雄樹[8], 松重 一夫[9]

Ryuichi Ichikawa[1], Yasuhiro Koyama[2], Hiroshi Okubo[3], Tetsuro Kondo[4], Hiroshi Hanado[1], Kazumasa Aonashi[5], Yoshinori Shoji[6], Yuki Hatanaka[7], Kazuo Matsushige[8]

[1] 通総研, [2] 通信総研・鹿島, [3] 通総研・鹿島・宇宙電波応用研究室, [4] 通総研鹿島, [5] 通信総研, [6] 気象研予報, [7] 気象研・予報・3研, [8] 地理院・研究センター, [9] 国環研・地域G・湖沼T

[1] CRL, [2] Kashima, CRL, [3] Radio Astronomy Application Section, CRL, [4] KSRC,CRL, [5] FRD, MRI, [6] Third Lab of Forecast Dep., MRI, [7] Research Center, Geographical Survey Inst., [8] Lake Conservation Research Team, NEIS

<http://www.crl.go.jp/ka/radioastro/index-J.html>

VLBI や GPS での大気遅延除去のために最近使用されている大気勾配モデルは、水平スケール数 10km 以下のメソスケール現象下での程度有効が十分に確かめられていない。そこで、これらのスケールの水蒸気変動の動態を把握し、測位誤差との関係を調べるために、1998 年 5 月より我々は筑波・鹿嶋地域において水蒸気ラジオメータ観測を実施してきた。その結果、この観測から推定される大気勾配が GPS 解析から得られる勾配と良く一致する事例が認められた一方で、変動の位相や振幅が双方で異なる場合もあった。こうした事例では、水蒸気分布の不均質性以外の要因を大気モデルに押しつけている可能性があり、詳細な検証が必要である。

VLBI や GPS での大気遅延除去には、球対称構造を仮定した大気モデルが主に従来使用されてきたが、最近は大気の水平変動をモデル化したマッピング関数（これを異方性マッピング関数と呼ぶ）が実用に供されている（例えば、MacMillan, 1995, Chen and Herring, 1997 など）。これらの異方性マッピング関数は、特に測位解の水平成分の精度向上に効果的とされている（MacMillan, 1995; Chen and Herring, 1997）。異方性マッピング関数では、大気勾配を単純な一次平面で近似するが、この近似が我が国でしばしば生じるメソスケール、およびローカルスケールのように水平スケール数 10km 以下での水蒸気変動の影響を取り除く上での有効性はまだよく確かめられていない。そこで、これらのスケールの水蒸気変動の動態を把握し、GPS・VLBI 測位誤差との関係を調べるために、1998 年 5 月より我々は筑波・鹿嶋地域において水蒸気ラジオメータ(WVR)観測を実施してきた。この観測では、特に鹿嶋周辺での海陸風などの日変化や積雲対流現象などのもとの水蒸気変動を捉えることを主目的としている。

1998 年 6 月から 2000 年 2 月現在まで、筑波の気象研究所構内と鹿嶋の鹿嶋宇宙通信センターの 2 カ所ではほぼ連続で WVR 観測を継続している。1998 年 6 月～8 月は、GPS 衛星の配置にしたがって約 1 分毎に方位・仰角を切り替える観測を行い、9 月以降は仰角 20 度一定で方位 30 度毎に走査する観測と天頂方向の観測を組み合わせている。その他、国土地理院、千葉大学においても 1998 年夏期に臨時観測を行った。また、1999 年 6 月からは筑波 - 鹿嶋間の水蒸気変動をより詳細に調べるため、霞ヶ浦湖畔の美浦村にある環境庁環境研究所臨湖実験施設にも WVR を設置し計 3 か所（筑波、美浦、鹿嶋）でのアレイ観測を実施している。各観測点の間隔は約 25km である。

今回の解析では、3 時間毎の視線方向の WVR データから異方性マッピング関数による大気勾配推定と同様の方法で水蒸気勾配ベクトルを推定した。さらに得られた水蒸気勾配ベクトル変動の傾向を掴むため 24 時間窓での移動平均を取った。また、KSP/GPS 解析、及び KSP/VLBI 解析からも大気勾配を推定し、これを WVR から得られた水蒸気勾配変動と比較することで評価を試みた。

鹿嶋における WVR 観測より推定した水蒸気勾配ベクトルの方位と大きさの時系列によれば、夏期にベクトルの大きさが大きく水蒸気不均質が顕著であり、鹿嶋の南西方向に水蒸気が多い分布が卓越することがわかる。一方、KSP 観測網において GPS と VLBI とともに鹿嶋 - 小金井基線の基線長が冬期にくらべて夏期に最大 15mm ほど伸びる傾向があることがわかっている。Kondo et al. (2000) による波線追跡法を用いた水蒸気勾配のシミュレーションによれば、鹿嶋の南西側に広がる水田の効果により春から夏にかけて水蒸気勾配が生じ、これが基線長の季節変化に影響することが示唆されている。ここでの WVR 観測の結果は Kondo et al. のシミュレーション結果を指示する。

さらに、最近 GPS 解析ソフト(Bernese Ver. 4.2)に異方性マッピング関数が組み込まれたことを受けて、1998 年 6 月 19 日～8 月 30 日の期間の GPS データの再解析を行い、水蒸気分布の不均質性について評価を試みた。KSP/GPS 鹿嶋局における水平位置変化の時系列によれば大気勾配推定により解析結果の再現性が明らかに向上した。同期間の大気勾配の変化を調べると、数日程度の期間で GPS による推定と WVR による結果で位相・振幅が類似する事例があり、モデルによる大気勾配推定が効果的であったことを示唆する。しかしながら、一方で双方の大気勾配変化の位相がまったく異なる場合や、位相は似るもののオフセットが生じて振幅が異なる場合も認められた。こうした事

例では、水蒸気分布の不均質性以外の要因を大気モデルに押しつけている可能性があり、詳細な検証が必要である。また、同時期に鹿嶋から約 54km 離れた筑波で実施した WVR 観測で得られた水蒸気勾配と鹿嶋での勾配を比較すると、双方の変動は 7 月下旬まで水蒸気勾配ベクトルがほぼ同じ方向を向くが、8 月に入ると鹿嶋ではほぼ南よりの方位が卓越するのに対して、筑波では方位が大きく変動する。一方、ベクトルの大きさは解析を行った 2 ヶ月間を通して双方で大きく異なる。このように比較的短距離の基線でも顕著に大気勾配の様相が異なっており、水平スケールで数 10km 以下のメソスケール現象が影響していることが示唆された。したがって、GPS や VLBI の高精度化のためには個々の観測点に特化した大気遅延除去を考慮する必要がある。