

10km格子・地域モデルデータによる異方性マッピング関数の評価 -その3-

An Evaluation of Anisotropic Mapping Function using JMA 10km Spectral Model Data - Part 3-

市川 隆一 [1], Michael Bevis, [2], James Foster, [2], 萬納寺 信崇 [3]

Ryuichi Ichikawa [1], Michael Bevis [2], James Foster, [2], Nobutaka Mannoji [3]

[1] 通総研, [2] HIGP, Univ. of Hawaii, [3] 気象庁・数値予報

[1] CRL, [2] HIGP, Univ. of Hawaii, [3] NPD, JMA

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

GPSやVLBIなどマイクロ波を用いた宇宙測地技術の誤差となる大気遅延除去を目的として使用される異方性マッピング関数を数値予報データによるシミュレーションで評価した。その結果、大気勾配の水平変動の影響を除去するためのモデルとして異方性マッピング関数が威力を発揮することが確かめられた。一方、顕著なメソスケール現象下での勾配推定が有効でない事例も確認された。

VLBIやGPSでの大気遅延除去には、球対称の多層構造を仮定した大気モデルが主に使用されてきた。ここ数年、鉛直成分の精度向上を目的として低仰角観測を積極的に観測スケジュールに含めることが推奨されているが (MacMillan and Ma, 1994)、低仰角観測では大気の水平変動を無視できない。そこで、大気の水平変動をモデル化したマッピング関数 (これを方位依存マッピング関数、あるいは異方性マッピング関数と呼ぶ) が開発され、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による大気遅延の除去は、特に測位解の水平成分の精度向上に効果的と指摘されている。(MacMillan, 1995; Chen and Herring, 1997)。

Chen and Herringらの評価によれば、彼らが開発した異方性マッピング関数とNCEP(National Center for Environmental Prediction)数値予報データとの比較で、総観規模での大気遅延勾配が良く一致することが示されている。異方性マッピング関数では、遅延勾配を単純な一次平面と仮定して推定するが、我が国でしばしば生じるメソスケール、およびローカスケールのように数10km以下の水平スケールの水蒸気変動の影響を取り除くためにこの仮定が有効か否かはまだよくわかっていない。そこで、我々は格子間隔10kmの数値予報データ(気象庁10km格子・地域モデルデータ)を用いて波線追跡法により大気遅延を計算し、これとの比較による異方性マッピング関数の評価を段階的に行ってきた。今回は、今までのまとめとして、Chen and Herringマッピング関数の大気遅延量除去効果について統計処理に基づく評価を行った。

まず、10km格子・地域モデルデータを用いて視線方向の大気遅延を波線追跡法を用いて計算した。これを遅延PD(pointed delay)とする。次に仰角3度まで十分な精度を持つとされるNiell(1996)による球対称マッピング関数(NMF: Niell Mapping Function)を用いて計算した遅延を計算し、これを遅延NMFD(NMF delay)とする。ここで、遅延PDから遅延NMFDを差し引いた残差"Res NMF"が10km格子・地域モデルデータで表現できる大気の水平変動の寄与となる。次にChen and Herringマッピング関数により計算した遅延を遅延CHD(C&H delay)とする。遅延PDから遅延CHDを差し引いた残差を"Res CH"とおく。ここで、Chen and Herringマッピング関数による勾配推定が、10km格子・地域モデルデータで表現される遅延の水平変動を完全に再現可能ならPDとCHDは等しく、Res CHは0となる。ここでの計算では仰角の異なる遅延について評価するため、Niellマッピング関数を用いて視線方向の遅延を天頂遅延量に引き直して議論を行った。

このシミュレーションでは、乱数でつくった5000個の方位・仰角の組み合わせを用いた。北半球の中緯度地域では、GPS衛星の軌道配置の関係から北側に観測不能な「穴」が生じるが、一般的な傾向を知るためにここでの評価では天球上にまんべんなく衛星(あるいはクエーサー)が配置される状態を想定した。もちろん、観測点毎の実際の衛星配置を考慮した事例でもこのシミュレーションは可能である。気象条件としては、日本列島を低気圧と寒冷前線が通過した事例であり、これを3時間毎に予測した1日分9つのデータセットを解析に用いた。1つのデータセットについて緯度・経度方向に10個ずつの格子間隔(約100km間隔)で計81個の格子点を選択し、各格子点毎に計算した5000個のRes CHとRes NMFからそれぞれのRMSを計算した。この計算を9つの全てのデータセットについて実行したので、全部で729例のRes CH, Res NMFについてのRMSが得られた。Res NMFのRMSの頻度分布は0.5mmから最大7mmまでの範囲で分布し、2mmを越える事例が全体の50%を越えていた。一方、Res CHのRMS頻度分布は、全体の90%以下が2mm以下の値となり、しかもそのうちの約半分のケースは1mm以下のRMSを示した。したがって、Chen and Herringマッピング関数の適用によって大幅に大気勾配の影響が軽減されることが確かめられた。さらに、Res CHのRMS頻度分布において値が2mmを越える残りの10%は、一次平面での近似が困難なメソスケール程度の変動に起因することも確認できた。