

局所最適化マッピング関数の構築およびその評価
Evaluation of locally optimized mapping functions in the GPS analysis

国土地理院 宗包 浩志
ウィーン工科大学 Johannes Boehm
Hiroshi Munekane (Geographical Survey Institute)
Johannes Boehm (Vienna University of Technology)

1. はじめに

国土地理院では、対流圏遅延量の補正誤差が鉛直座標時系列に及ぼす影響を、気象庁メソ客観解析データ(MSM)を用いた数値シミュレーションにより評価してきた。その結果、対流圏遅延量を補正する際に用いられるマッピング関数の選択が、鉛直座標時系列の誤差に大きく影響すること、特に、現在でもよく使われている New Mapping Function (Niell, 1996)を日本付近で使用すると、振幅が最大 4mm にもおよび、みかけ上の年周変動が生じることを明らかにした(Munekane et al., 2008)。本研究では、その成果を踏まえ、気象庁メソ客観解析データを用い、各観測点で最適化したマッピング関数を構築し、対流圏遅延量の補正誤差による鉛直座標誤差が従来のマッピング関数に比べどの程度軽減されるか調査した。

2. 方法

2.1 局所最適化マッピング関数(JMF)の構築

気象庁メソ客観解析データを用い、日本全国の計 111 点(図1)において、最適化マッピング関数を構築した。各観測点において、方位角 45°ごとに、計 13 か所(3°, 5°, 7°, 10°, 15°, 20°, 30°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°)の仰角において、波線追跡法によって対流圏遅延量を計算し、VMF1(Boehm et al., 2006)に従ってマッピング関数の係数を求めた。

2.2 シミュレーション GPS 観測データ解析

図1の観測点において、実際の衛星配置に対し、波線追跡法による対流圏遅延量を考慮したシミュレーション GPS 観測データを準備した。そのデータに対し、GPS 解析ソフトウェア GIPSY-OASIS II による PPP 解析を行った。その際、マッピング関数を NMF, GMF, VMF1 と本研究で構築した JMF の 4 種類とし、a priori の静水圧遅延量を、NMF については標準大気、GMF については GPT, VMF1 については ECMWF モデル、また JMF については MSM から算出したものとした計 4 パターンについて解析を行い、対流圏遅延誤差に起因する鉛直座標誤差時系列を得た。衛星のカットオフ仰角は 10° に設定した。

2.3 GPS 観測データ解析

対比のため、図1の観測点において実際に観測された GPS データを、2.2 と同一の解析手法で解析し、鉛直座標時系列を得た。ただし、実際の GPS データには既知の誤差として、海洋潮汐荷重変形や電離層遅延高次誤差などの誤差が含まれていることが分かっている。そのため、海洋潮汐荷重変形は GOTIC2 (Matsumoto et al., 2001)を用いて補正し、また電離層遅延高次誤差については IGS の GIM を用いて観測量レベルでの補正を行った。

3. 結果

シミュレーションの結果、NMF+標準大気で見られる鉛直座標のみかけ年周変動は、VMF1+ECMWF、JMF+MSM でほぼ解消することが分かった。また、鉛直座標の repeatability の全観測点にわたる平均をとると、NMF+標準大気と GMF+GPT は 3.26mm, 3.23mm とほぼ同一の値をとるのに対し、VMF1+ECMWF および JMF+MSM ではそれぞれ 2.56mm, 2.11mm となり、数値気象モデルから計算される subdaily の変動を取り入れたこれらマッピング関数(および a priori 静水圧遅延量モデル)の有用性が示された。一方、実際のデータを解析した場合の鉛直座標の repeatability の全観測点にわたる平均は、それぞれ 6.69mm, 6.67mm, 6.60mm, 6.63mm となり、対流圏遅延量に起因する誤差は、実際の repeatability の 1/2-1/3 くらいを占め、無視できない大きさであることがわかる。また NMF+標準大気、GMF+GPT と VMF1+ECMWF, JMF+MSM の差が、シミュレーションの結果より小さいこと、また VMF1+ECMWF にくらべて JMF+MSM の優位性が見られないこと、などが特徴としてあげられる。このうち、NMF+標準大気、GMF+GPT と VMF1+ECMWF, JMF+MSM の差が小さいことに関しては、今回の実データの解析において大気荷重補正を行っていないことが原因である可能性があり (e.g. Steigenberger et al., 2009)、今後観測値レベルで大気荷重補正を行ったうえで再評価する予定である。また、実データの解析において、VMF1+ECMWF に対して JMF+MSM の優位性が見られなかったことについて、VMF1 と JMF の違いを分析した。図2(上)、(中)に VMF1 と JMF の、観測点 TSK2 における仰角 5° の値を示す。VMF1 と JMF の違いは主にマッピング関数の wet part にあることが分かる。また、図2(下)に、JMF と VMF1 の dry part, wet part のそれぞれの違いの、鉛直座標の違いに対する寄与を見つめた結果を示す。遅延量の絶対値の大きさを考慮しても、マッピング関数の wet part の違いの寄与が大きいことが分かる。このように、局所最適化マッピング関数の性能は wet part の精度に依存し、元となる数値気象データの水蒸気分布の正確性が重要であることが分かる。

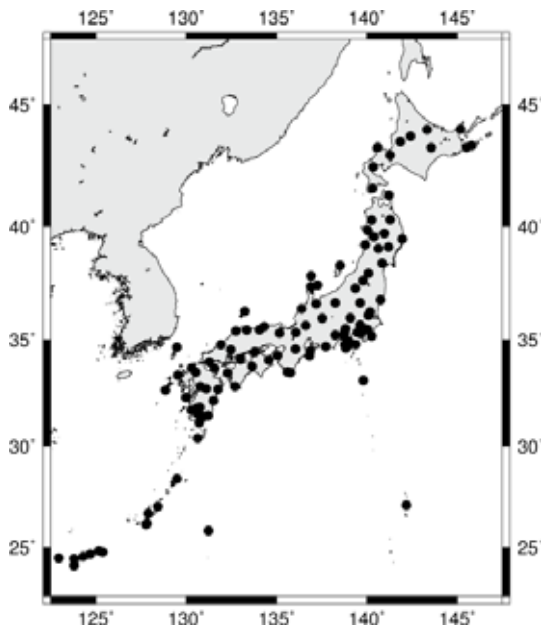


図1 観測点分布

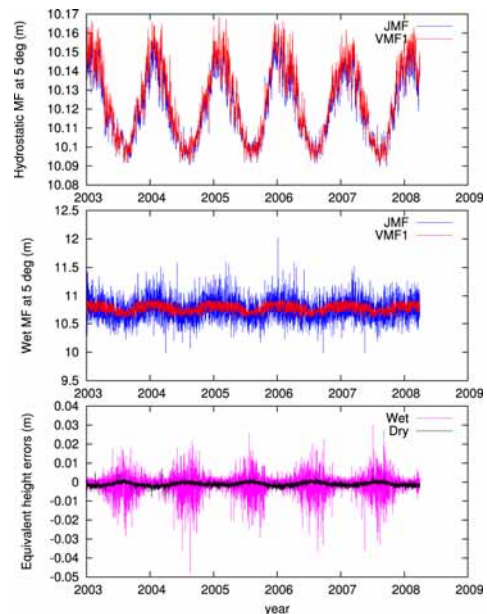


図2 VMF1 と JMF の違い

(上)仰角 5° における dry part

(中)仰角 5° における wet part

(下) dry, wet part の違いの鉛直座標への寄与