

数値モデルによる測位誤差の長期的評価

Evaluation of Long-Term Positioning Error by Weather Forecast Model

畑中 雄樹[1]

Yuki Hatanaka[1]

[1] 地理院・研究センター

[1] Research Center, Geographical Survey Inst.

気象庁の20km格子モデルを用いて同時刻における予報値と初期値から天頂遅延量を求めた。予測誤差が大きく、単純な補正では測位精度向上は見込めないが、静水圧成分の予測誤差は小さいので、静水圧遅延のみを補正するという可能性はある。

日々の数値モデルを基に波線追跡を行い、マッピング関数(MF)の変化を評価した。静水圧MFに見られる年周成分はNiell(1996)によるMFで大部分が補正される。波線追跡で求めたslant delayをデータとし、単独測位における鉛直成分の測位誤差をシミュレートした。その結果、静水圧遅延の正確な見積もりが長期的な精度向上の鍵であることがわかった。

国土地理院では、気象庁とのデータ交換により、20km格子モデル(気温、気圧、水蒸気。日本の陸域のみ)を2000年3月以降取得している。既に約1年分の数値モデルが蓄積されたので、これを測位精度向上の観点から評価し、また測位誤差の長期的振る舞い(特に年周成分)と気象との関係を調べることが可能になった。

入手した数値モデルは、UTで0時及び12時における初期値と、これを元に計算された0時間分の予報値(3時間毎)である。従って、12時間後の予報値をこの時点における初期値と比較することにより、12時間後の予測誤差を評価することができる。モデル面の各地点における天頂遅延量(静水圧および水蒸気)の予測誤差を評価した。水蒸気遅延量の予測誤差は夏期に大きく、また南ほど大きい傾向があり、全期間を通じた標準偏差は15-31mmにも達する。遅延量と鉛直座標のパラメータ相関から、天頂遅延量を誤差を持った値に固定すると、鉛直座標にその約3倍程度の大きさで影響する。従って、20kmモデルによる水蒸気の予測値をそのまま信用して直接補正に用いることは極めて困難である。しかしながら、静水圧遅延量の予測誤差は季節変化が小さく標準偏差も約2mm前後と小さい。これを用いて静水圧遅延をはぎ取り、水蒸気遅延のみをより高度なマッピング関数を用いて推定するという可能性は残されている。

数値モデルをもとにレイトレーシングを行うことにより、モデル大気のマッピング関数(MF)を計算することができる。本研究では、数値モデルの初期値の格子点からつくば付近の一点を取り出し、モデルを元にローカルな一次元成層構造を仮定する。レイトレーシングによってslant delayを求め、モデル大気におけるMFを計算する。これは、日々の数値モデルを元に計算されるので、MFの日ごとの変化を評価することができる。

MFの値は仰角の低いところで大きく、その変化も低仰角で大きい。しかし、各仰角におけるマッピング関数の値の標準偏差をとると、仰角15度では静水圧・水蒸気の両関数とも絶対値の0.1%以下である。静水圧遅延MFは安定しており短期のばらつきは小さいが、年周変化が目立つ。この年周成分はNiell(1996)によるMFにより大部分が補正される。

一方、水蒸気遅延MFは短期的なばらつきが大きい。特徴的なのは、各仰角毎のMFの時間変化は、振幅は異なるが形がよく似ていることである。これは、MFの変化にある空間パターンがあることを意味しているものと思われる。

レイトレーシングによってslant delayが計算されると、これをデータとしてパラメータ推定を行うことにより、パラメータの誤差の評価をシミュレートすることができる。位相差を取って干渉測位における影響の調査をすることも原理的には可能だが、ここでは簡略化して、一点だけで単独測位を行った場合の座標パラメータへの影響を見る。推定パラメータは鉛直座標と全大気遅延量と1つの整数値バイアスに限定する。大気遅延推定は、(1)Hopfield MFを用いた場合、(2)Niellの静水圧MFを用いた場合、(3)Niellの水蒸気MFを用いた場合の3種類を試した。(3)は水蒸気遅延のみの推定であるが、このとき静水圧遅延は、(3-1)天頂静水圧遅延量の1年間の平均値にNiellの静水圧MFをで投影したもの、(3-2)数値モデルによる天頂静水圧遅延にNiellの静水圧MFで投影したもの、(3-3)数値モデルによるslant pathの静水圧遅延、の3種類の方法で差し引いた。(1)の場合には鉛直座標に10cm近いバイアスと両振幅15mm程度の年周成分が載っている。(2)の場合にはバイアス、年周振幅共に数mmに間で改善される。(3-1)はバイアスは小さいものの年周振幅は10mmを超え、静水圧遅延量の変化を無視して一定値を使うのには欠点があることがわかる。(3-2)は(2)とほぼ同じ結果、(3-3)はバイアス・年周振幅共に最小となった。以上の事から、Niellの水蒸気MFを用いる場合、静水圧遅延量の正確な見積もりが長期的な精度向上の鍵であることがわかった。