数値モデル出力を用いた測位誤差の考察

A study of the positioning error estimated from numerical model results

瀬古 弘[1], 中村 一[2], 島田 誠一[3]

Hiromu Seko[1], Hajime Nakamura[2], Seiichi Shimada[3]

[1] 気象庁・気象研・予報, [2] 気象研・予報, [3] 防災科研

[1] Forecast Dep.,MRI,JMA, [2] MRI, [3] NIED

1. はじめに: GPSを用いた測位では、衛星からの信号の大気による遅延をモデル化して取り除き、その残りの情報から受信機の位置を求めている。そのため、“モデル化した視線遅延量分布”(以後、視線遅延量モデル)と観測値との差が測位誤差に反映される。特に、今後、一般的になる短期間の測位では、視線遅延量分布がより不均一であるため、視線遅延量分布から測位誤差を考察することは重要である。実際の観測データを用いた考察は、観測データが受信機の位置の情報も含むため難しいが、観測データの代わりに気象予報モデルで再現した視線遅延量を用いれば、大気による測位誤差を容易に議論することができる。本報告では以下の2つの事例を考える。1つめは、視線遅延量分布が一次勾配では表現できない山岳波の事例である。この事例では、グラディエントを用いて測位誤差が解消できるかどうか、2次項まで拡張すると誤差が小さくなるかどうかを述べる。2つめは受信機上の遅延量が急激に変化する「寒冷前線の通過時」の事例である。視線遅延量が時間変化しながら視線の位置も移動するため、視線遅延量分布は複雑になる。この事例では、グラディエントや時間変化項を導入した結果、短時間毎に推定した結果について述べる。

2. 気象予報モデルと解析プログラム: 本報告では、気象予報モデルに気象研究所非静力学モデル(斉藤・加藤、1996)を用いる。気象予報モデルの水平格子間隔は250m~2kmとし、降水過程は氷相まで陽に扱っている。受信機上の視線遅延量は、GPS受信機からの視線をレイトレーシング法によって求め、視線上の微小距離毎の遅延量を積算して求めた。

3. 伊豆半島の風下山岳波: 1998年3月7日に伊豆半島から相模湾に風下山岳波が発生し、顕著な測位誤差が解析された(島田ほか、1999)。数値予報モデルで再現した山岳波は、南北方向に延びる波列が東西に並び、気象衛星で観測した雲列と良く対応している。実際の受信機の位置と衛星の配置を用い、グラディエントを考慮しないで測位誤差を求めると、南北に延びる小さい天頂遅延量の領域に向かって1-2cmほどずれていた。グラディエントを考慮すると測位誤差は大きく改善されて小さくなるが、まだ伊豆半島上には3mm程の誤差が残っている。次に、一つの受信機に反映される山岳波はせいぜい半波長であることから、“視線遅延量モデル”を2次式に拡張した。すると、伊豆半島上の残っている誤差がさらに小さくなった。鉛直方向の誤差についても、2次式まで考慮すると半分ほどになった。これは2次式のモデルが観測した遅延量分布に良く合っていることを示している。

4. 九州を通過した寒冷前線: 1999年6月29日に寒冷前線が九州北部を通過した。降水域の通過時刻ではほとんどの視線の遅延量が大きく、通過の2時間後には乾燥気塊の侵入により遅延量が減少した。この2時間の間にGPS衛星も移動しており、受信機上空の視線遅延量分布は複雑である。グラディエントなしで推定すると測位誤差が大きく、東西方向に約-2.2cmであった。東西方向に注目し、1)グラディエントあり、2)時間変化あり、3)グラディエントと時間変化ありの3つの“視線遅延量モデル”で測位誤差を求めた。その結果、測位誤差は、グラディエントと時間変化の両方を考慮した場合が最も小さく0.2mmほどであった。次に遅延量の時間変化を、時間変化項を入れないで短時間毎に遅延量とグラディエントを推定し、解析期間全体で差を平均して測位誤差を求めた。そうすると、測位誤差は0.4mm程度となり、グラディエントと時間変化ありのモデルと同じ程度まで小さくなった。一方、鉛直方向の誤差については改善されなかった。グラディエントや時間変化項を導入しても値が大きく変わらないのは、推定する値が視線分布や解析期間のほぼ中央の値であるためと考えられる。

5. まとめ: 気象予報モデルで再現した屈折率などの情報は、測位誤差の考察に有効である。小さい空間スケールで変動している場合には、グラディエントを考慮するだけでも視線遅延量分布をかなり表現できるが、2次式に拡張するとさらに改善することができた。測位の期間内に遅延量が急激に変化した場合には、グラディエントと時間変化を同時に考慮するか、もしくは、短時間毎に推定する必要があることがわかった。

謝辞: 本報告は科振費「GPS気象学」の成果である。測位誤差について、気象研究所科学技術特別研究員の岩淵哲也氏に御助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。