

## 数値モデル出力を用いた準天頂衛星による測位誤差の軽減の考察

### Reduction of positioning error by using the Quasi zenith satellite and the numerical weather model outputs

瀬古 弘<sup>1\*</sup>, 小暮 聡<sup>2</sup>, 島田 誠一<sup>3</sup>

Hiromu Seko<sup>1\*</sup>, Satoshi Kogure<sup>2</sup>, Seiichi Shimada<sup>3</sup>

<sup>1</sup>気象研究所, <sup>2</sup>宇宙航空研究開発機構, <sup>3</sup>防災科学技術研究所

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, <sup>2</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>3</sup>NIED

GPS衛星からの信号は、GPS受信機が受信するまでに、通過してきた大気により遅れ、測位誤差を生じさせる。そのため、測位では、GPS受信機から見た遅延量が空間的に線形に分布するというモデル化を行なって、GPS受信機からGPS衛星に向かう視線方向の遅延量を推定し、大気による測位誤差を軽減している。しかし、GPS衛星は、上空に留まることなく入れ替わり、また視線も不均一な大気中を動くため、大気による測位誤差の軽減には限界があることが予想できる。一方、準天頂衛星は上空に留まるため、準天頂衛星の遅延量は、GPSの遅延量のレファレンス的な使い方の他に、測位の入力データとして用いることにより、大気による測位誤差の軽減に寄与できると考えられる。

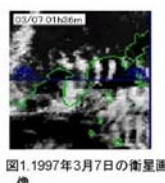


図1 1997年3月7日の衛星画像

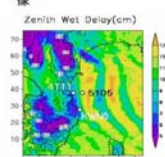


図2 数値モデルで再現した天頂湿遅延量分布

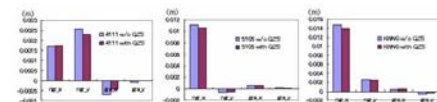


図3 衛星の方位角・仰角と数値モデルで再現した大気から求めた測位誤差。24時間分の視線を用いた。各種グラフの左側は実際に観測されたGPS衛星のみ、右側はさらに準天頂衛星を用いたものを示す。ngr1は位置の推定に線形のモデルを用いないもの、graは用いたものである。

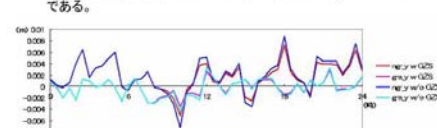


図4 地点4111での30分毎に推定した測位誤差の時間変化。7時ぐらいまでは、準天頂衛星の仰角が低く、見えないため、準天頂衛星の情報が使われていない。

実際の測位は、大気以外の要因も大きく寄与するため、議論が難しい。そのため、本報告では、実際に観測される遅延量でなく、数値モデルとで再現した遅延量を観測値として用い、大気による測位誤差のみを評価する (Seko et al. 2004)。大気による測位誤差を正しく評価するには、水蒸気量を適切に与えることが重要である。近年、気象数値モデルで再現できる大気は、数値モデルの高精度化やデータ同化の手法の発展などにより、より現実に近いものになっている。本報告では、大気の状態が複雑な風下山岳波の事例について、気象庁非静力学モデルを用いて大気状態を再現し、GPS衛星に加えて準天頂衛星の視線が加わったときに、測位誤差が改善することを示す。

図1は1997年に伊豆半島周辺で発生した風下山岳波による雲分布である。上空の西風により風下山岳波が形成され、伊豆半島に平行な雲域が並んでいた。この事例について、格子間隔250mの気象庁非静力学モデルを用いて数値積分を行なうと、伊豆半島の東側に、雲域とほぼ同じ間隔で、天頂遅延量の大きな領域と小さな領域が交互に並び、風下山岳波による大気分布が再現できている(図2)。

この風下山岳波の下にある4111などの11点のGPS観測点について、実際に受信されたGPS衛星と、打ち上げ予定の準天頂衛星に向かう視線を、大気の屈折率によって視線が曲がるレーシング法を用いて決定し、その視線での水蒸気量等の分布から遅延量を求めた。そして、GPS衛星のみを使用した場合と、さらに準天頂衛星を加えた場合について、大気の線形分布のモデルの使用の有無を変えて、測位誤差を推定した。図3は、11点のGPS観測点のうち、4111、5105と

KWNの水平方向の測位誤差である。線形モデルを用いない場合、誤差の値が大きいが、準天頂衛星の視線を用いると大きく誤差が軽減していることが分かる。線形分布のモデルを用いると、ほとんどの地点で誤差が小さくなるが、このモデルを用いた場合でも、準天頂衛星の視線を用いると誤差が軽減していた。11観測点全体では、準天頂衛星の視線を加えることにより、2点で東西方向の誤差が大きくなっていた。図4は、4111での測位誤差の時間変化である。7時ごろまで準天頂衛星の仰角が低く、GPS衛星からは見えていない。見えるようになると、線形のモデルを用いる場合と用いない場合の両方で、特に誤差の大きな時に、準天頂衛星が誤差を軽減するように働いている。これらの結果は、準天頂衛星の情報が測位誤差の軽減に大きく寄与できることを示している。

キーワード:準天頂衛星,測位誤差,気象数値モデル, GPS気象学

Keywords: Quasi-zenith satellite, Positioning error, Numerical weather model, GPS Meteorology