

## 日本列島の地理的条件に依存した水蒸気変動に起因する鉛直測位誤差の評価

## Vertical positioning errors caused by water vapor variation in the Japanese Islands

# 岩淵 哲也[1], 内藤 勲夫[2]

# Tetsuya Iwabuchi[1], Isao Naito[2]

[1] 学振(気象研), [2] 国立天文台・地球回転研究系

[1] JSPS (MRI), [2] Div. of Earth Rotation, National Astronomical Observatory

GPS 測位の鉛直成分の精度向上は、地殻変動の監視目的だけでなく大気遅延の推定精度向上にも重要である。前線や台風の通過に伴う 20mm~30mm に達する異常な水平座標変動は、大気遅延勾配の推定により、精度が向上することが示され、同時に鉛直成分についても精度向上が確認された[Miyazaki et al., JGR 投稿中]。また、このとき、天頂大気遅延(ZTD)についても精度が向上することが確認された[Iwabuchi et al., JGR 投稿中]。さらに、大気重力波のような、より小さなスケールの水蒸気の組織的な分布については、大気遅延勾配モデルを 2 次に拡張することにより精度を向上させることができることが、大気モデルの出力を用いた測位誤差の再現により確認されている[瀬古他, 本予稿集]。

岩淵他[2002, 測地学会誌]は、国土地理院による GEONET 旧ルーチン解析結果で得られる座標鉛直成分と ZTD を相関解析および主成分解析により比較し、両者の変動の空間パターンに共通性を確認した。しかし、座標鉛直成分の EOF (経験的直交関数)には GEONET のアンテナ・モニュメントタイプに依存したパターンも確認され、2 つのパラメータの対応関係を直接評価するには、解析で構築されるクラスタの影響を除去した考察が必要とされた。そこで、クラスタの構築を必要としない精密単独測位による解析を行い、特に、数日スケール未満の測位解と ZTD の直接的な関係を調査した。

用いたデータは、GEONET で観測された 1999 年の 1 年間のデータである。測位解は 1 日ごと、ZTD および大気遅延勾配ベクトルは 5 分間隔の推定である。まず、数日スケールの ZTD と測位解との対応関係を調査するために ZTD を 1 日平均値にした。ZTD の 1 日平均値と測位解にパスバンド 2~15 日、ストップバンド 40 日以上ハイパスフィルターをかけ、数十日を超える長周期変動およびバイアスを除去した。GEONET の観測データは 3 時間セッションで切られることから、GPSY による解析では、セッションの切れ目で phase break が生じ、測位解に衛星配置とカップリングした 45 日周期の見かけの変動が生じることが報告されている[畑中 私信]が、このフィルターをかけることにより見かけの変動が除去できる。座標値には、観測点間で類似した変動が確認される。これは、単独測位特有のグローバルパラメータの誤差に起因すると考えられるので、全観測点の偏差の平均値を計算し、それを各観測点の座標時系列から差し引いた。それぞれのパラメータについて 1 ヶ月ごとに標準偏差を求めその大きさの空間相関を確認するとともに、全国および関東平野と中部山岳を含む地理的条件の異なる領域を選択し主成分解析を行い、それぞれの変動の空間相関について調査した。

Fig.1(a)に 8 月の 31 日間における座標鉛直成分の標準偏差を示す。山岳域でばらつきが大きくなる傾向があることが確認される。Fig.1(b)に同じ期間に得られる ZTD について 24 時間ごとのコンポジットを行った日変化成分を示す。山岳域で日変化が卓越するが、これは熱的局地循環による水蒸気輸送に起因すると考えられる。これらの対応関係は、水蒸気の 1 日以内の時間変動が GPS 解析における大気モデルで吸収できずに測位誤差を引き起こすことを示唆している。

一方数日スケールの変動に着目すると、全観測点を用いた場合の座標鉛直成分の EOF のパターンは、日本列島スケールスケールの振動パターンが第 1~第 2 モードで確認され、第 3 モードより大きなモードでは数 100km スケールの振動パターンが確認された。しかも、各月の第 1 モードの寄与率は 10%前後で第 5 モードでも 5%の寄与率があり、第 1~第 5 モードが説明する情報量は大きく変化しない。これらのモードが示す空間相関パターンがどのような物理量(例えば 1 日以内の ZTD の変動の大きさや標高など)と関係するかについて、現在調査中である。

ZTD の EOF パターンは、季節を問わず、数 100km から日本列島スケールでの振動成分を示した。これは、より高次のモードになっても変わらなかった。座標鉛直成分と異なり第 1 モードの寄与率は夏季を除き 50%以上あり、第 2 モード以上の高次のモードと大きな差があった。8 月には第 1 モードに寄与率は約 30%と小さくなるが、これは、夏季に偏西風が弱まり熱的局地循環が卓越することにより、地形に依存する、より小さなスケールの変動が卓越することによると考えられる。

一方、関東平野・中部山岳領域のみを用いた場合の鉛直測位解の EOF のパターンには、数 10km から 100km スケールの振動モードが確認された(Fig.2)。ZTD の EOF パターンにも第 4, 第 5 モードになると鉛直測位解の EOF と対応する空間パターンが確認された。

講演では、ここで述べた各主成分のメカニズムの考察するのと共に、1 日以内の水蒸気変動が測位解鉛直成分の誤差を引き起こすメカニズムについて視線遅延残差を用いた評価を示す。

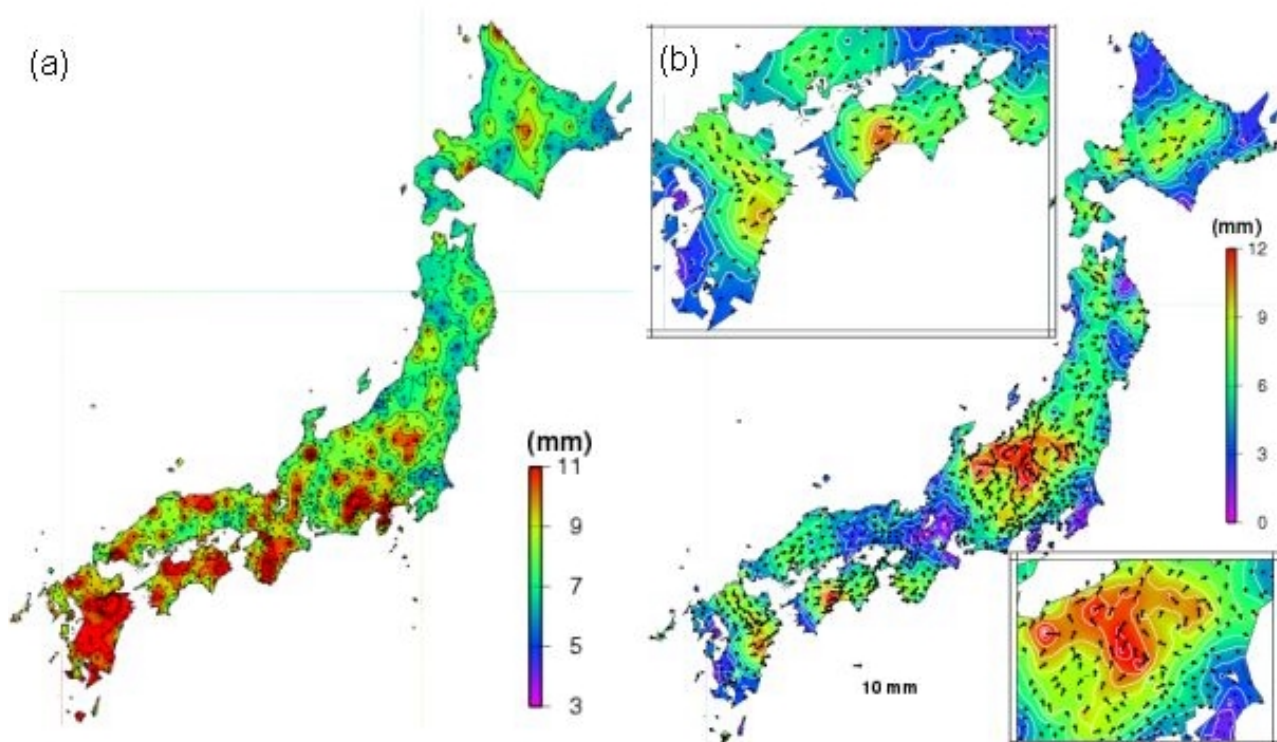


Fig.1 (a) Standard deviation in vertical coordinate variations for 31 days in August, 1999, where high pass filter (15 days) is applied in the original time series. (b) Diurnal variation in zenith tropospheric delay (ZTD) with least-square fitting for composite ZTD for 31 days in August, 1999. The vectors show magnitude and phase (the maxima correspond to north direction) of diurnal variation in composite ZTD. The magnitude is also shown with color image.

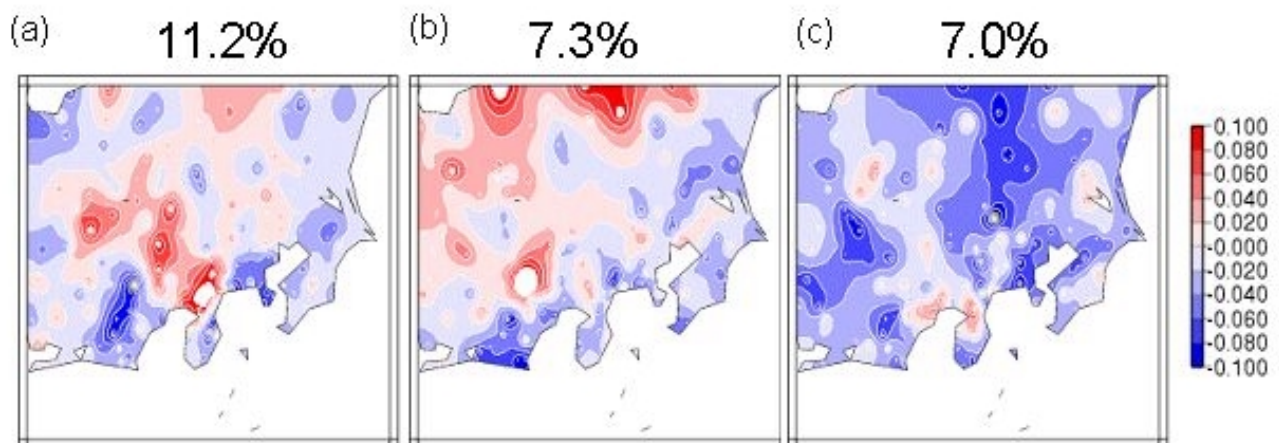


Fig.2 Empirical orthogonal functions (EOF)s for (a) first, (b) second, and (c) third mode in vertical coordinate variations for 31 days in August, 1999. Only the region depicted in the map is used for the analysis. The contribution rate for each mode are shown in the upper part of the maps.