

# GPS 時系列データの季節的変動誤差の補正モデル構築に関する研究（第2年次）

実施期間 平成18年度～平成20年度  
地理地殻活動研究センター  
宇宙測地研究室 宗包 浩志

## 1. はじめに

GPS 座標時系列データに含まれる季節的変動誤差は、GPS による比較的短期間の観測からプレート運動等を正確に推定することを難しくしており、地球ダイナミクスに関する高度な理解を困難とする要因となっている。GPS 時系列データに含まれる季節的変動誤差の要因としては、対流圏遅延量の推定誤差、電離層遅延の高次効果、非潮汐性海洋荷重による地盤変形などが考えられる。このうち、対流圏遅延量の推定誤差が誤差の大きな割合を占めるのではないかと予想されているが、空間的に十分な精度の数値気象データを用いて季節的変動誤差と対流圏遅延量の推定誤差による測位誤差との関連を論じた研究例はない。また電離層遅延の高次効果、非潮汐性海洋荷重による変形についても、長期の時系列データに対する物理的モデルによる補正の有効性が議論された例はない。そこで本研究では、これら3種類の要因について、GPS 座標時系列データに含まれる誤差に対する補正可能な物理モデルを構築し、その評価を行う。

## 2. 研究内容

対流圏遅延量の推定誤差、電離層遅延の高次効果、非潮汐性海洋荷重による地盤変形の3種類の誤差要因について、数値気象データ、電離層電子密度データ、地球重力場変動データなどを活用して誤差特性の定量的評価を行うとともに、物理的補正モデルによる補正を通じて誤差低減を図り、その定量的評価を行う。本年度は、平成18年度に検討した大気・非潮汐性海洋荷重変形のモデル化における重力観測衛星 GRACE の利用に関する検討結果をもとに、GRACE データを用いて大気および非潮汐性海洋荷重による地盤変形の見積もりを行う。また対流圏遅延量の推定誤差による見かけ上の変形の定量的評価を行う。

## 3. 得られた成果

まず、大気および非潮汐性海洋荷重による地盤変形について見積もりを行った。そのため、重力観測衛星 GRACE で観測される重力変動が大気・海洋・陸水の質量再配分によるものであると仮定し、その球面調和関数から期待される地盤変動を求めた。本研究では、テキサス大学宇宙研究センター(UTCSR) から公開されている、最新の Level-2 データ(UTCSR RL04)を用い、以下の手順で地盤変形を求めた：1)Level-2 データからは標準的な大気および海洋モデル(AOD products)を用いて重力変動への寄与分が予め補正されているため、それらを復元する、2)  $C_{20}$  成分を Satellite Laser Ranging (SLR) で決定されたものに置き換える、3) 球面調和関数の次数1の成分について、SLR で決定された値を加える、4) 衛星の軌道形状に由来する南北の縞状の誤差を除去するフィルター(Swenson et al. 2006)を適用する、5) 半径500km 空間スムージングフィルタをかけて得られた重力変化の球面調和関数係数から荷重変形を計算する。

図-1(a)に、今回得られた大気・非潮汐性海洋荷重による上下方向の年周変化成分を示す(水平方向の変位は非常に小さいのでここでは省略する)。図中の矢印の大きさが年周変化の片振幅を、北からの東回りの角度が最大値をとる時期(Day of Year)を表す。上下成分の大きさは南に行くほど大きくなり、琉球列島南端では振幅3mmに達する。一方で、位相も系統的な緯度依存性を示し、110~160日の間をほぼ一

様に変化することが分かった。

次に、対流圏遅延量の推定誤差による見かけ上の地盤変動を評価した。そのために、国土交通省総合技術開発プロジェクト「準天頂衛星による高精度測位補正に関する技術開発」で開発された衛星測位システムシミュレータを用いた。衛星測位システムシミュレータには数値気象モデルから計算される現実的な対流圏遅延量を考慮して、擬似的な GPS 観測データを RINEX 形式で出力する機能がある。この機能を用いて生成された擬似観測データについて、実際の GPS 観測データと全く同様の解析を行うことで、大気遅延量の推定誤差による見かけ上の地盤変動を推定することができる。今回、数値気象データとして気象庁のメソスケール客観解析データを用い、2002年3月～2007年3月の5年分の擬似 GPS 観測データを生成した。そして得られた疑似 GPS 観測データについて、JPL で開発された GIPSY-OASIS II (version 4.0.4) を用い、対流圏遅延量を推定する際のマッピング関数として Niell Mapping Function (NMF) (Niell, 1996) を適用し、Precise Point Positioning 法にて解析を行った。

図-1 (b) に、得られた見かけ上の年周変化の上下成分を示す。対流圏遅延量の推定誤差による見かけ上の地盤変動の大きさは北に行くほど大きく、北海道端では片振幅 3 mm に達する。一方位相については全国ほぼ一様で 220 日程度である。この位相は冬季(2月中旬)をピークとする沈降に対応する。従来、東北地方においては冬季に積雪荷重による地盤の沈降が見られるという報告があるが、今回の見かけ上の変動は、積雪荷重とほぼ重畳する位相をもち、積雪荷重で予想される変動と比べて無視できない大きさをもつため、積雪荷重による地盤の変動を定量的に解釈するには適切な補正が必要である。

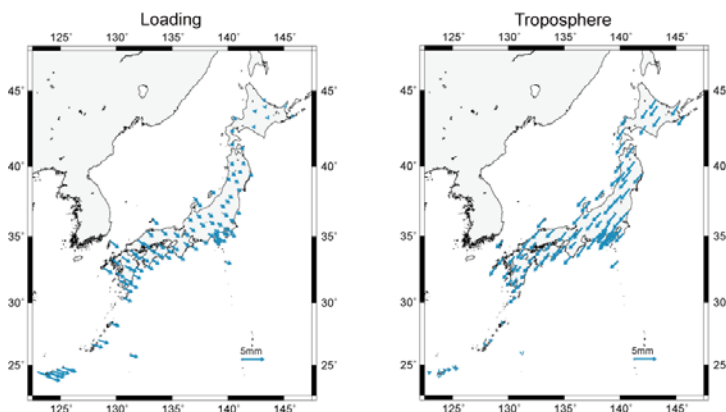


図-1 (a) GRACE データによる大気・非潮汐性荷重変形による地盤変動の上下年周成分  
(b) 対流圏遅延量推定誤差に起因するみかけ上の上下変動

#### 4. まとめ

本年度は大気・非潮汐性海洋荷重による変形と、対流圏遅延量の推定残差に起因する見かけ上の地盤変動について、その大きさの定量的な評価を行った。今後はこれらの誤差を補正するための物理モデルを構築するとともに、電離層遅延高次効果の定量的な評価を行う予定である。

#### 参考文献

- Niell, A. E. (1996), Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelength, J. Geophys. Res., 101, 32270-3246.
- Swenson, S. and J. Wahr (2006), Post-processing removal of correlated errors in GRACE data, Geophys. Res. Lett., 33, L08402, doi:10.1029/2005GL025285.