

水準測量における天文潮汐と海洋潮汐荷重の効果の試算 ーその2

Estimation of effects of astronomic tides and ocean tidal loading on leveling ーII

国土地理院

黒石 裕樹

Geographical Survey Institute

Yuki KUROISHI

1. はじめに

GPSなどの宇宙測地技術を用いて地上の三次元測位がcmレベルで実行され、また、重力衛星の登場などによりジオイド決定において信頼度の大幅な向上が実現段階になり、それらの位置関係を示す標高決定について、その絶対値に高い品質が求められる。これら異なる手法による高さ測定の比較を精密に行う場合には、高さの定義、特に、潮汐系の統一に注意を払う必要がある。

筆者らは、GPS解析や重力手法によるジオイド決定では、天文潮汐の直接効果と地球の潮汐変形による間接効果をいずれも除去するnon-tidal系を用いている。一方、水準測量による標高計算では、永年潮汐成分についてmean-tide系からnon-tidal系に変換する補正(Ekman, 1989)だけを考慮してきた。

水準測量における天文潮汐効果はたかだか0.1 mm/kmという小さなものであるが、特に、南北方向に長い路線では影響が累積する可能性がある。日本の主要四島とほぼ同じ緯度帯にある、米国西海岸のSan Diego (カリフォルニア州) と Spokane (ワシントン州) の区間では、天文潮汐補正の最大累積効果は7 cmに及んだとHoldahl (1979) は報告している。従って、全国の水準測量においても、標高絶対値の決定に有意な効果を持っている可能性がある。

そこで、一等水準測量の実測データについて、潮汐効果を見積もることにした。前報(黒石、日本地球惑星科学連合2009年大会)では、北海道の日本海沿岸の路線(長さ約840 km、緯度範囲約4°)について試算を行い、天文潮汐の累積効果が永年成分補正量の二倍程度の大きさとなり、緯度差に比例しない効果も有意であることを示した。今回、九州地区の一等水準路線についてさらに試算する。

2. 水準測量における天文潮汐と海洋潮汐荷重の影響

地表点の標高差の精密測定は、水準測量により、等重力ポテンシャル面を基準として地殻表面の起伏を計測して行われることが多い。測地学における正標高は、標高計測点においてジオイド面におろした鉛直線の長さとして定義される。地表付近では、地形起伏や地下構造の不均質性に起因して、一般に、等重力ポテンシャル面はジオイド面と平行ではない。そのため、標高が既知の水準点から、地表面に沿って距離を隔てた計測点の標高を水準測量によって決定する場合、地表近傍の重力分布を考慮した補正を行う必要がある。この効果について、国土地理院では、日本列島の重力場モデルを構築し、それを水準測量の解析に適用してHelmertの正標高を決定する処理を既に導入している。

一方、太陽や月などの引力による天文潮汐は、水準測量の計測に用いられる地殻形状や等重力ポテンシャル面を変形させ、海洋質量の大きな移動を生じる。この場合、等重力ポテンシャル面と地殻表面に及ぼされる変形は相互に異なっており、その違いは地表点の場所(特に緯度)や時刻によって異なる。また、沿岸域などでは海洋潮汐による地殻の荷重変形が生じるため、水準測量に及ぼされる潮汐の効果はさらに複雑になる。

天文潮汐については地殻の弾性的応答を含めた理論モデルが確立され、海洋潮汐荷重による変形についても人工衛星アルチメトリーを用いた海洋潮汐モデルの作成を通じて高品位な予測モデルが構

築されている。これらのモデルを用いて、水準測量における天文潮汐と海洋潮汐荷重の効果を評価することができる。本研究では、天文潮汐については Tamura et al. (1987) の分潮合成法、海洋潮汐荷重については Matsumoto et al. (2000) による海洋潮汐モデル NAO.99Jb を用いた計算プログラム GOTIC2 (Matsumoto et al., 2001) を見積もりに用いる。

3. 九州地区における潮汐効果の試算

試算を行う九州地区の水準路線の配点を下図に示す。この地区は、海洋潮汐の振幅が大きな有明海や瀬戸内海に近く、また、多くの閉じた環をなす路線となっている。そのため、大きな海洋潮汐荷重の影響を把握するのに適しており、また、天文潮汐と海洋潮汐荷重の累積効果が水準測量の閉合差に及ぼす影響を評価することができる。

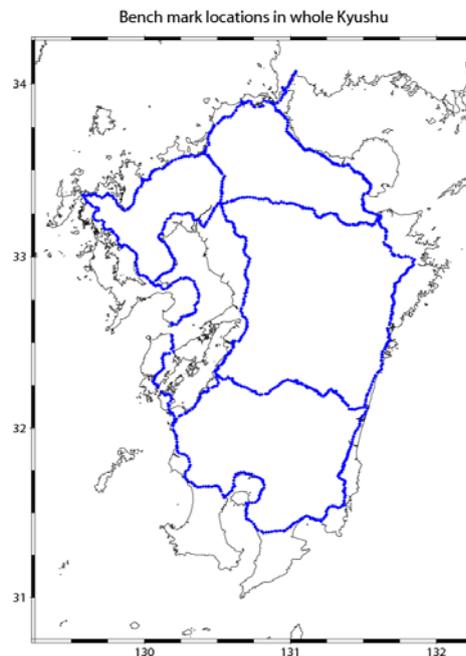


図 潮汐効果を見積もる九州地区の一等水準路線

謝辞 天文潮汐、海洋潮汐荷重の影響評価では、それぞれ、田村良明博士、松本晃治博士（いずれも、国立天文台・水沢 VLBI 観測所）が開発されたソフトウェアを使用しました。ここに記して謝意を表します。

参考論文

- Ekman, M (1989) Impacts on geodynamic phenomena on systems for height and gravity, *Bulletin Geodesique*, 63, 281-296
- Holdahl, SR (1979) Height systems for north America, *Proceedings of the First International Conference on the Redefinition of the North American Geodetic Vertical Control Network*, Jan 15-18, 1979, National Geodetic Information Center, NOS/NOAA, Rockville, MD, NOAA, 129-142
- Matsumoto, K, T Sato, T Takanezawa, M Ooe (2001) GOTIC2: a program for computation of oceanic tidal loading effect, *J. Geodetic Society of Japan*, 47, 243-248
- Matsumoto, K, T Takanezawa, M Ooe (2000) Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: a global model and a regional model around Japan, *J. Oceanography*, 56, 567-581
- Tamura, Y, T Sato, M Ooe, M Ishiguro (1987) A Harmonic development of the tide-generating potential, *Marees Terrestres Bulletin D'Informations*, 99, 6813-6855