測地基準系精密保持手法に関する研究（第２年次）

実施期間　　平成 17 年度～平成 21 年度
地理地殻活動研究センター
宇宙測地研究室　　飛田　幹男　　福﨑　順洋
宗包　浩志
地理調査部環境地理課

１．はじめに

国土地理院（つくば市）構内には，VLBI 観測局，GPS 連続観測点があり，一体となって国内観測の中央局および国際観測網の宇宙測地基準局として，世界測地系および地球基準座標系（合わせて,「測地基準系」という.）の構築・維持に重要な役割を担っている．これらの観測点の位置データに含まれている上下季節変動は，外国局の季節変動のように従来の理論では説明できなかったが，2003 年，日本固有の変動機構であるらしいことがわかってきた.

近年，宇宙測地技術による測位精度の急速な向上に伴い，宇宙測地基準局の正確な位置が必要とされるようになった．そのため，この局にみられる上下成分の季節変動および経年的変動をこれまでにない精度で定量的に測定して，その変動機構を明らかにし，宇宙測地基準局としてふさわしい位置精度を確保することが課題となっている.

国土地理院構内には，深度 190ｍの二重管式地盤沈下計があり，0.02mm 精度の地盤上下変動データが蓄積されてきた．本研究の目的のためには，地下水温変化の計測や GPS・水準測量等他の測地技術との継続的な比較など，より精密な調査・研究が必要となる.

また，つくばエクスプレス（TX）沿線開発に伴う地下水涵養量の変化により，宇宙測地基準局の上下位置が変動する可能性があり，その変動量を定量的に計測・監視することが測地基準系維持にとって欠かせない.

本研究では，次の４つの目標を通して，特に上下方向について，測地基準系精密保持手法を確立することを目的とする.

１．上下変動機構（表層地盤弾性変形）の解明
２．宇宙測地基準局の上下季節変動量精密計測
３．経年的地盤変動の中長期的モニタリング
４．安定地層固定型基準点の技術開発

２．研究内容

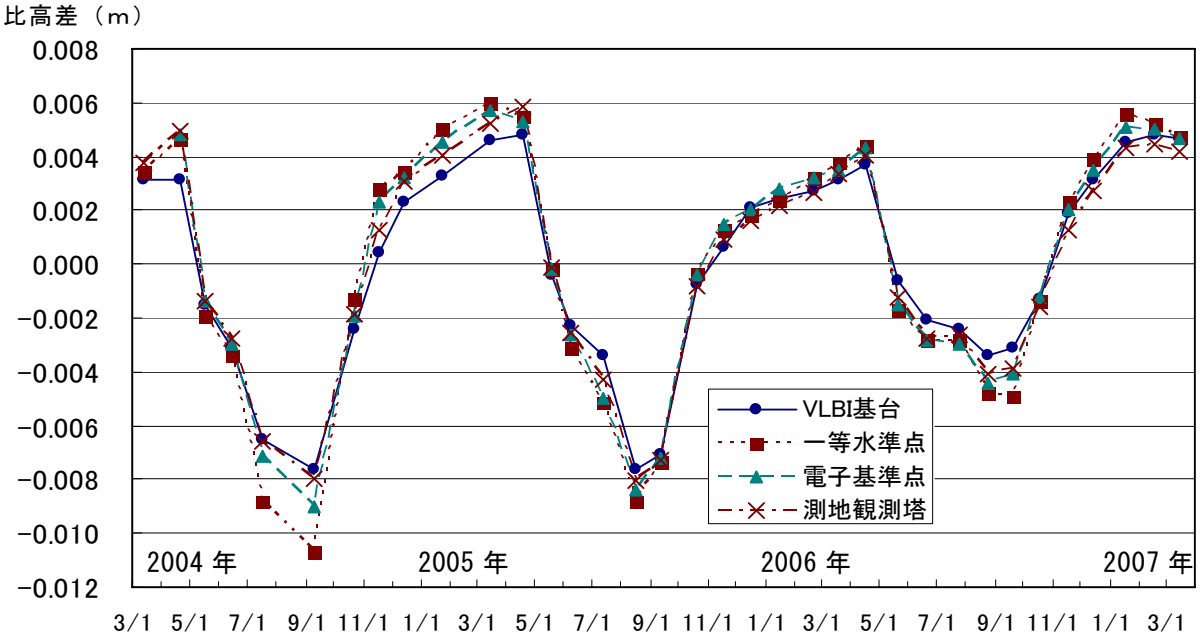
本研究における観測環境の整備として，第１年次である昨年度に地盤沈下計の熱膨張を見積もるための水晶式精密温度計の設置，および，GPS アンテナの上空視界を確保するための伐木を行った．第２年次である今年度には，GPS アンテナを設置する地盤沈下・地下水観測棟の温度環境を安定させるための，観測棟の高断熱化・高気密化工事を行うとともに，地盤沈下計内管上部に GPS アンテナを設置して GPS 連続観測を開始する.

３．得られた成果

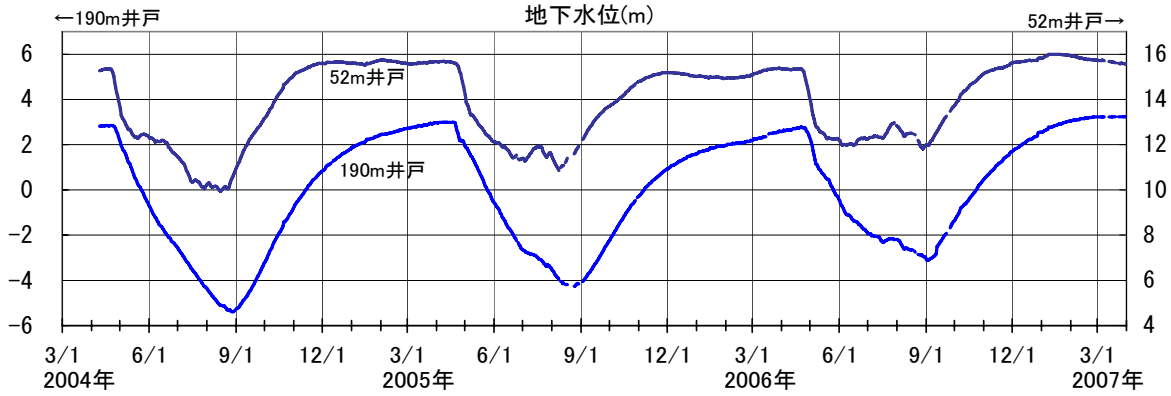
３．１　構内水準測量

国土地理院構内の相対的な地盤高の季節変動を調べるため，昨年度に引き続き，毎月１回，構内の水準測量を実施した．なお，昨年度までは直営により実施されたが，今年度からは外注により実施されている．路線長は1.1kmで，電子基準点，水準点，地盤沈下計，測地観測塔，VLBIアンテナ基台を含む７つの固定点間の比高を観測した（路線図については，H17年度調査研究年報を参照）．

観測の結果，今年度についても昨年度までと同様な年周変動が検出されている（図－１）．ただし，一昨年，昨年と比較すると振幅がやや小さい．また，国土地理院構内には地下水位観測井があり，地下水位データが得られている（図－２）．Munekane et al.（2004）によって，国土地理院構内のGPS連続観測点の上下変動と地下水位変動とに強い相関があることが指摘されていたが，図－１および図－２を比較すると，水準測量結果も地下水位変動に強い相関があることがわかる．



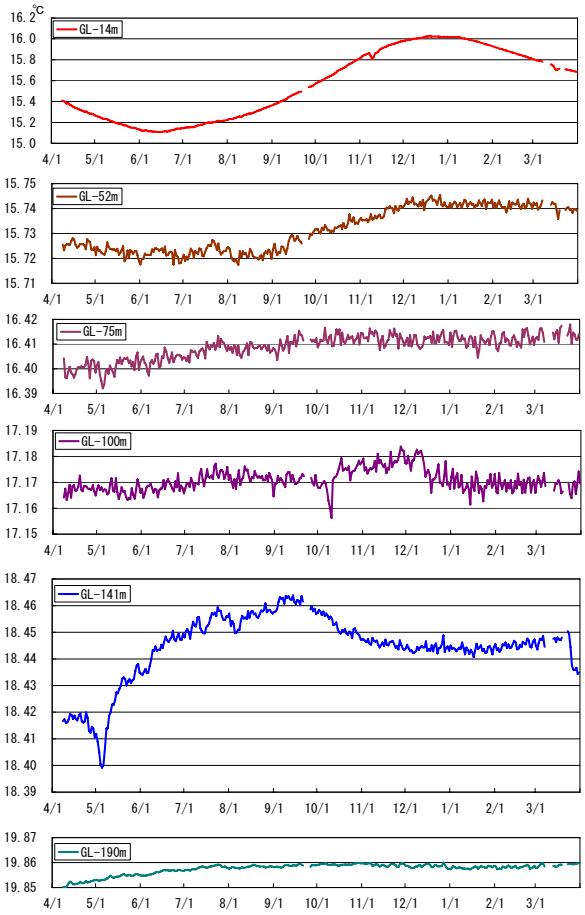
図－１　国土地理院構内水準測量結果．７つの固定点の内，４つを抜粋し，地盤沈下計内管を不動として表示した上下変動量．



図－２　国土地理院構内の地下水位観測井によって得られた地下水位変動．深度 52m と 190 mの井戸のデータを示す．

３．２　水晶式精密温度計による地盤沈下計の温度変化測定

地盤沈下計の設置環境における温度変化を監視するため，昨年度，地盤沈下観測井の「内管」内６箇所（設置深度は，GL-14m，GL-52m，GL-75m，GL-100m，GL-141m，GL-190m）に水晶式精密温度計を設置した（詳細は H17 年度調査研究年報を参照）．約１年間，順調に温度データが得られている（図－３）．50m以深では，温度変化は，0.01℃のオーダーであり非常に小さい．深度による温度変化の傾向は，設置後の擾乱を除けば，深度が深くなるほど外気温からの影響が少なく安定している．ただし，GL-141m は，スクリーン（地下水の取水口）の位置にあるため，他に比べて温度変化が大きい．



図－３　水晶式精密温度計による温度データ

３．３　国土地理院地盤土試料の体積変化測定試験

平成 18 年３月に国土地理院構内で行われたボーリングによる地盤調査において採取された土資料（「国土地理院地盤土資料」）について，間隙水圧の変化に伴う体積変化測定試験を行った．試験の結果，粘性土および砂質土の体積弾性係数が 33,036×10^3（kN/m^2）および 16,374×10^3（kN/m^2）（第一段階；詳細は「国土地理院地盤土試料の体積変化測定試験」報告書を参照）と測定され，この逆数である体積膨張率は，粘性土および砂質土それぞれ 3.03×10^{-8}（1/pa）および 6.11×10^{-8}（1/pa）と得られた．

一方，Munekane et al.（2004）の式（７）および係数を用いて砂質土の体積膨張率について計算すると，地表から深度 20m までの範囲の平均的な値として 2.7×10^{-8}（1/pa）と見積もられる．本試験結果の値は，これより２倍ほど大きいが，オーダーは合っており調和的であるといえる．

３．４　地盤沈下計への GPS 機器取付器具の製作および設置

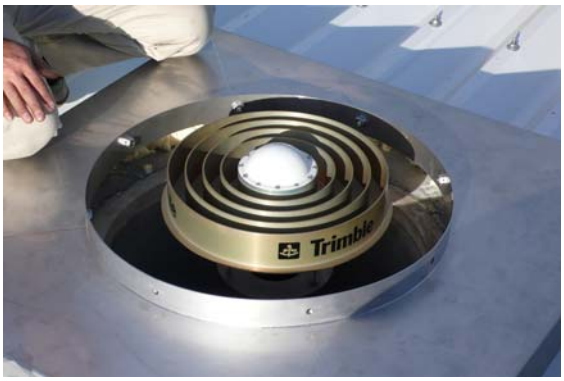
地盤沈下計内管の精密な位置計測を行えるようにするために，内管から約３m上方にある天井穴に GPS 機器を設置するための器具（内管用アダプタ，延長パイプ，GPS アダプタ）の製作を行った．地盤沈下計内管上部には，昨年度に内管内に設置した温度計を吊す器具があるため，延長パイプの形状に工夫を施して製作した（図－４）．

図－４　地盤沈下計内管上部に設置された延長パイプ

また，製作した延長パイプ等を用いて，GPS アンテナを地盤沈

下・地下水観測棟の天井穴に設置した（図－５）.

なお，平成 19 年４月現在，順調に GPS 観測データを取得している.



図－５　地盤沈下・地下水観測棟の天井穴上部に設置された GPS アンテナ.
気密性能保持のために，実際にはここにレドームが設置されている.

３．５　地盤沈下・地下水観測棟の断熱気密工事

地盤沈下・地下水観測棟の温度環境を安定させるため，観測棟の高断熱化・高気密化工事を行った（図－６）．断熱性能については，仕様値として熱損失係数Ｑ値 1.9W/（m^2・K）である．また，気密性能については，完成後の実測により，隙間相当面積Ｃ値が約１cm^2/m^2と良好な値が得られている.

図－６　断熱気密工事前（左）および工事後（右）の地盤沈下・地下水観測棟

４．まとめ

今年度には，水準測量，国土地理院地盤土試料の体積変化測定試験，地盤沈下計へのGPS機器取付器具の製作および設置，地盤沈下・地下水観測棟の断熱気密工事の各作業がほぼ計画通りに終了した．今後，観測データを蓄積し，データセット間の相互関係を明らかにする．また，上下変動の空間的広がりを把握するために干渉SAR解析を実施する.

参考文献

飛田幹男，福﨑順洋，宗包浩志，環境地理課，構内水準測量チーム（2006）：測地基準系精密保持手法に関する研究（第１年次），調査研究年報（平成17年度），国土地理院技術資料A・4－No.4，225-228.

Munekane,H.，M.Tobita，and K.Takashima (2004)：Groundwater-induced vertical movements observed in Tsukuba，Japan，Geophys.Res.Lett.，31，L12608，doi:10.1029/2004GL020158.