

電子基準点を用いた地盤沈下調査（第2年次）

実施期間 平成16年度～平成17年度
測地部測地基準課 住谷 勝樹 大中 泰彦
原 慎一郎 齋田 宏明

1. はじめに

関東地区における地盤沈下調査は、主に1都6県4市の自治体によって行われている（図-1）。地盤沈下調査のうち水準測量による繰り返し観測は広範囲な沈下状況を把握する有効的な手段として用いられ、国土地理院も幹線となる一等水準路線において観測を実施してきた。環境省では「年間2cm以上の沈下が生じている地域」を「注意を要する地域」としており、関東地方においても過去のデータから地盤沈下が顕著な地域については重点的に監視している。近年は揚水の規制等により地盤沈下が沈静化傾向にあり、財政難の自治体からは水準測量の縮小など見直す声も出てきている。しかし一度地盤沈下が始まった地域は、原因である地下水の汲み上げをやめても直ちに沈下が停止するものではなく、回復には長い時間を要す為、引き続き監視を続ける必要がある。

測地基準課では、平成16年度から地盤沈下検出の高精度化のための調査研究を行っており、平成16年度と17年度の2年間、同じ水準点から電子基準点の取り付け観測をほぼ同時期に実施した。電子基準点の上下変動と、自治体の実施した地盤沈下測量（水準測量）の結果を比較し、電子基準点が捉える地盤沈下について、これまでの調査結果について報告する。

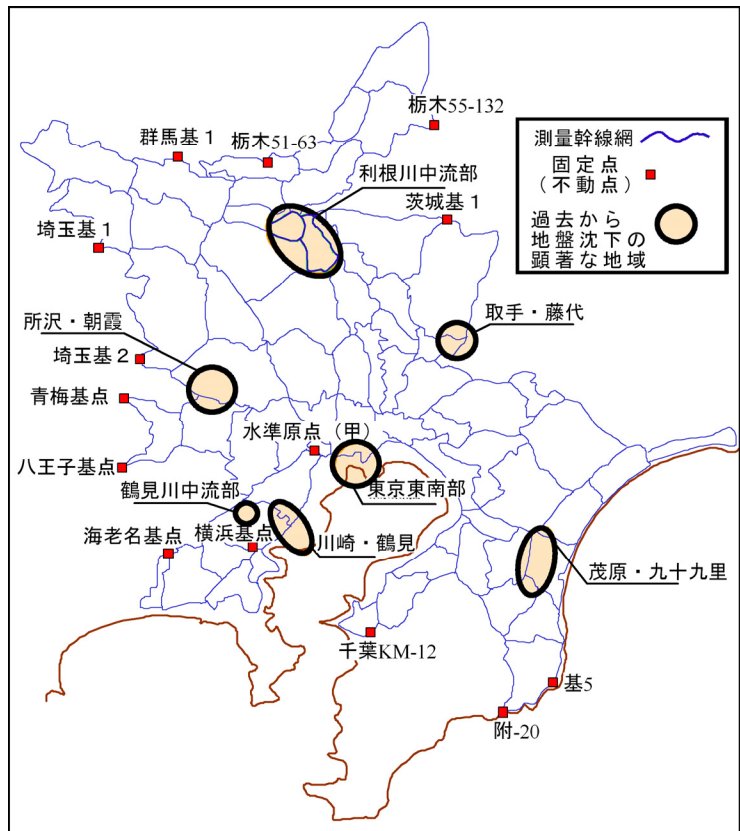


図-1 地盤沈下調査測量地域図

また、水準測量において不動点の選点は非常に重要であり、関東地区の地盤沈下測量においては、不動点14点により網平均を行っているが、千葉県には不動点が少ない（図-1）。沈下が著しい地域では不動点を選点できない為、変動の少ない地域に不動点を選点し、そこから当該地域まで直接水準測量をする事がこれまでの概念であった。しかし、当該地域の水準点から電子基準点までの取り付け観測を行い、電子基準点のF2解（「日々の座標値」の最終解析）を基準値とすることで、地域の地盤変動に関係なくある時点での正確な高さが求められると考え、電子基準点を不動点とする網平均計算について考察した。

2. 研究内容

電子基準点は、これまでも移転やアンテナ交換、アンテナ架台高の調整などの要因からデータの連続性が途切れる事があった。今回はこれらの要因を補正し連続性のあるデータを用い、2通りの検証を行った。

検証1では、取り付け観測を行った電子基準点の上下変動と、電子基準点周辺の水準点変動量について比較した。電子基準点の変動量は、F2解の標高データを用い、水準測量統一基準日（1月1日）の前後1ヶ月データ（計2ヶ月分）を平均し1997年を基準とし2005年まで算出した。比較する水準点の変動量については、各年の地盤沈下測量の結果を用いた。検証2では、電子基準点の上下変動と取り付け水準点の変動量を比較した。電子基準点の変動量については検証方法1と同様の方法により算出し、2005年1月1日から2006年1月1日までの1年間の変動量を算出した。取り付け水準点の変動量算出方法は、まず電子基準点を不動点とし、高さの基準値にF2解の標高データ（2ヶ月平均）を用いた。その値に取り付け観測比高を加味することで、電子基準点を不動点とした値を算出した。2005年と2006年の取り付け観測について計算し、求まる結果の差から1年間の変動量とした。

3. 得られた成果

検証1の結果から、電子基準点と水準点が同じ変動エリアにある場合、ほぼ同じ変動傾向を示した（図-2, 3）。この事から、電子基準点が高さの変動を捉えるのに有効である事が昨年に引き続き証明された。

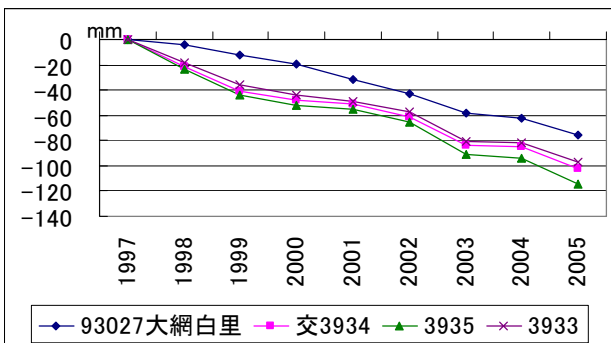


図-2 大網白里（検証1）

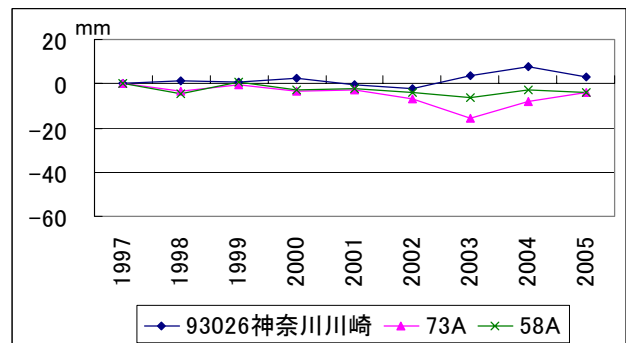


図-3 神奈川川崎（検証1）

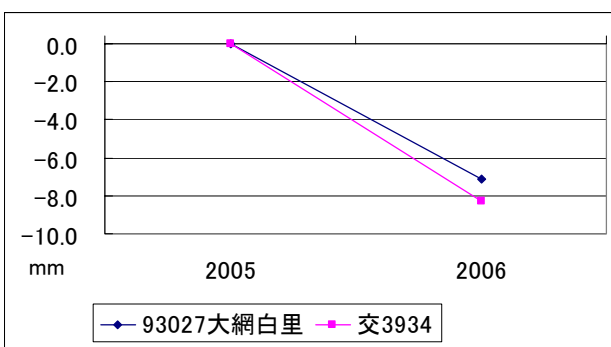


図-4 大網白里（検証2）

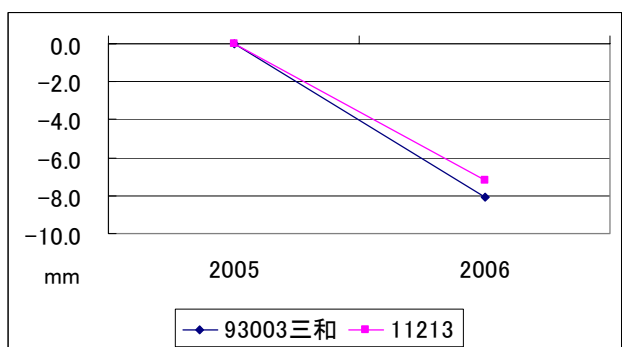


図-5 三和（検証2）

検証2の結果も、電子基準点と水準点が同じ変動エリアにある場合、変動傾向はほぼ一致していた（図-4, 5）。しかし変動エリア内にあるにも関わらず一致しない傾向も若干見受けられた（図-6, 7）。特に九十九里地域（図-8）において「93024 千葉松尾」「93027 大網白里」「950226 千葉大

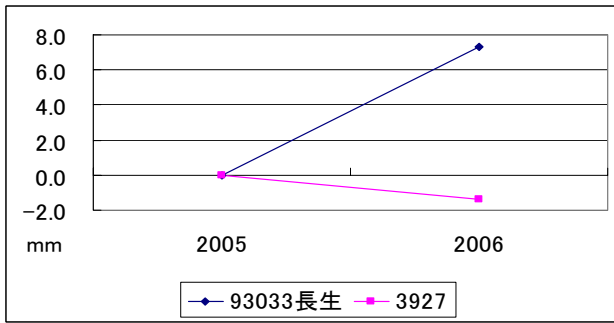


図-6 長生 (検証 2)

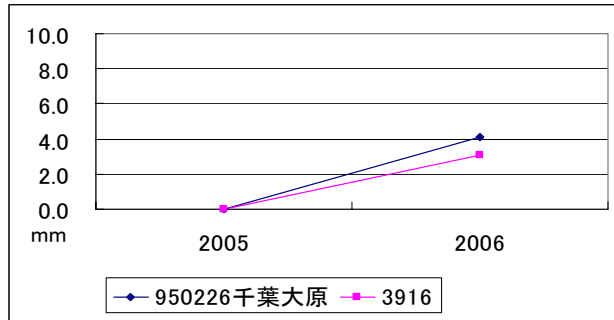


図-7 千葉大原 (検証 2)

原」について、検証 1 の結果については取り付け水準点と同様に変動したが、検証 2 の結果は「93027 大網白里」以外は例年の沈下傾向とは反対の上昇傾向を示した。特に「93033 長生」については大きく上昇傾向を示し、取り付け水準点「3927」が沈下傾向であるのに対し反対の傾向を示した。実際に「93033 長生」周辺の地盤が隆起したのか、電子基準点の F2 解決定に起因する誤差なのか、周囲の水準点の変動量等から更なる検証が必要である。

大網白里地区について、電子基準点「93027 大網白里」を不動点とすることについて考察した。電子基準点「93027 大網白里」と水準点「交 3934」がほぼ同じ沈下エリアにあることは、検証されている。電子基準点「93027 大網白里」の変動について年周変動はあるが沈下の傾向を示している事が分かる (図-10)。

電子基準点 1 点を不動点として、F2 解の標高データを固定値とし、取り付け観測の比高を加味し水準点の高さを算出する。取り付け観測を行った 2005 年と 2006 年につ

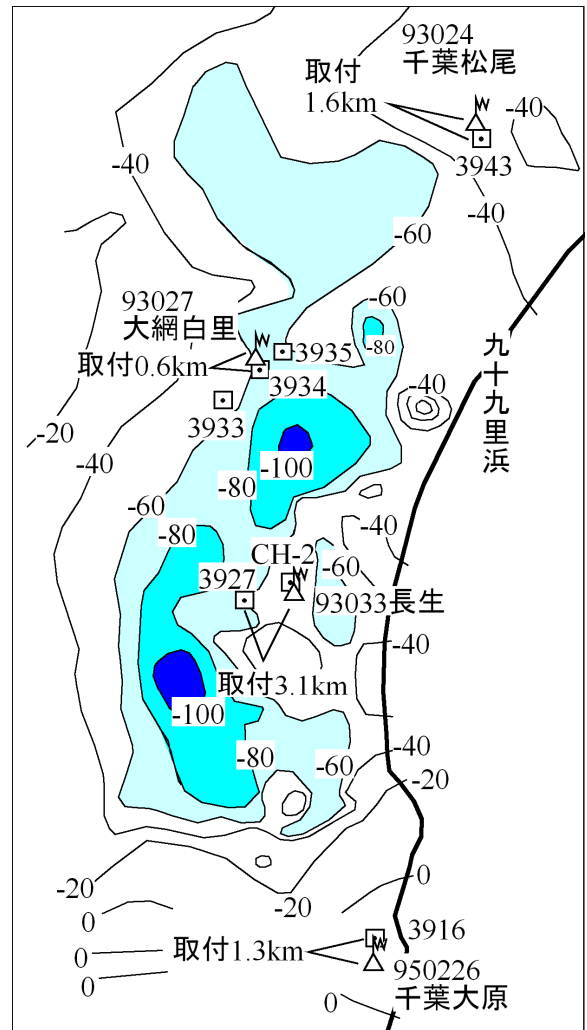


図-8 地盤沈下量線図 (九十九里) 単位: mm

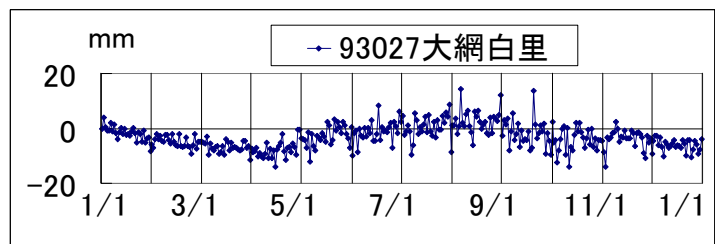


図-10 電子基準点 1 年間の変動 (2005-2006 年)

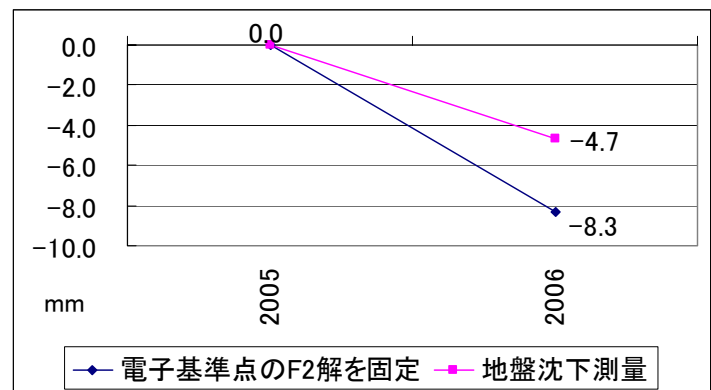


図-11 水準点 交 3934 の変動 (2005-2006 年)

いて計算し、1年間の変動量を算出する(変動量1)。地盤沈下測量により求められた水準点の2005年から2006年の変動量を算出する(変動量2)。算出された変動量1と変動量2より、水準点「交3934」の変動結果は、ともに沈下傾向を示した(図-11)。変動量1による沈下量が若干大きいですが、今回は1点だけの検証であり結論には至らなかった。

しかし、考察した電子基準点を不動点とした計算方法について、下記のような算出方法が成り立つと考えられる。まず取り付けをした水準点の2000年度平均成果(正標高)をBM1とする。BM1について、地殻変動分hd1を取り除く。hd1の算出方法は、まず取り付け水準点のBM1算出に使用した観測年月日を調べる、仮に1999年2月1日観測とする。電子基準点附属金属標取り付け観測を行った日付を仮に2005年3月1日とする。1999年2月1日から2005年3月1日までの電子基準点F2解を解析し、高さ成分の変動量を算出する。これを地殻変動分hd1とし、水準点の正標高に加味することで、地殻変動分を取り除いた附属金属標の正標高が求まる。

$$\text{取り付け水準点 (BM1)} + \text{取付観測比高 (h1)} + \text{地殻変動分 (hd1)} \\ = \text{(BM2)}$$

地殻変動による影響が少ない地域の電子基準点を固定し、取り付け観測を行った電子基準点に対して解析を行い、電子基準点付近の地殻変動量を検出する。その変動量をhd2とし、先ほどのBM2に加味する。

$$\text{附属金属標の正標高 (BM2)} + \text{電子基準点付近の地殻変動量 (hd2)} \\ = \text{地殻変動分を取り除いた、附属金属標の正標高 (BM3)}$$

電子基準点2点の附属金属標を不動点として、網平均計算を行う。この計算方法による算出結果から地盤沈下量を算出する事により、地殻変動分を取り除いた純粋な変動量が算出できると考えられる。

4. 結論

本調査は、関東地区の地盤沈下地域において作業を実施したが、昨年度の調査結果と同様に電子基準点のリアルタイムな標高データが地盤の上下変動の把握に有効である事が検証された。利根川中流部や九十九里地域は、現在も大きな沈下傾向を示しており、今後も引き続き監視が必要な重要地域である。国土院が行っている干渉SARにおいてもこれらの地域について、沈下が顕著な事は注目されている。本調査では、電子基準点を水準測量の不動点とする考察及び網平均手法を提案している。本格的な考察は、現在各自治体で計算している最新の地盤沈下測量結果(2006年1月1日基準日)の公表後となるが、これらの有効性を検証し、電子基準点の更なる有効利用を図りたい。また、全国地盤沈下調査地域での電子基準点への取付観測を積極的に実施し、電子基準点の標高データを地盤沈下解明の高精度化に活用できる体系を確立したい。

参考文献

- 関東地方測量部(2005)：関東地区地盤沈下調査測量協議会の活動記録調査報告書。
測地部測地基準課(2004)：電子基準点利用による地盤沈下調査の考察。