

電子基準点と三角点による北海道東部地盤変動に関する一考察

Considerations for ground deformation in littoral region in east area of Hokkaido
by permanent GPS monument and triangulation point

北海道大学大学院工学院 ○学生会員 前原向一(Kouichi Maehara)
北海道大学大学院工学院工学研究科 正員 山下俊彦(Toshihiko Yamashita)

1. 研究背景

近年、北海道では地殻変動などによる地盤沈下が問題となっており、2008 年には国土地理院によって北海道全域において三角点の標高成果の改定が行われた。地盤沈下や、それと同じ影響を及ぼす海面上昇といった問題は沿岸域において海岸侵食や海岸構造物の機能低下等の深刻な影響をもたらす。2008 年の三角点の改定では道東部の沿岸域は下降傾向にあり、特に野付半島付近での改定量が大きくほとんどが 1m を越える値を示している。現在野付半島の砂嘴や風連湖走古丹の砂州の侵食が問題となっており、その要因としては漁港等による沿岸漂砂の阻止が主に考えられているが、地盤沈下の問題も無視することのできない要因である。しかしこの沿岸域では地震をはじめとする地盤変動の実態が明らかになっていないため、それらの傾向・現状を把握する必要がある。

本研究では北海道東部沿岸域を対象として電子基準点のデータを収集し、北海道東部沿岸の地盤変動の広域の変動特性を把握した。次に同データより変動速度を算出し、三角点改定データから求めた地盤変動速度と比較検討した。

2. 電子基準点による地盤変動速度

国土地理院ではGPSを用いた電子基準点¹⁾による観測が行われている。電子基準点は水準点、三角点等の他の観測点と比べ迅速なデータの収集・対応が可能であり、連続したデータであるため対象地域における観測期間の標高変動、期間中に起こった地震による影響などの地域特性を把握することができる。2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の地盤沈下の調査においてもこのデータが用いられた。北海道には 167 点の観測点があり、今回はこのうち東部地域の 20 点のデータを用いた。図-1 にその位置を黒点で示す。

北海道東部地域において特に地盤沈下が問題となっている野付半島、走古丹付近の 7 つの電子基準点(図-2)について、1 年あたりの平均地盤変動速度を算出し、図-3 に示す。観測期間は各点で異なり、別海 3 は 2003 年 4 月～2010 年 10 月の 7.5 年間、根室 2、根室 3 は 1997 年 4 月～2010 年 10 月の 13.5 年間、他の点は 1996 年 4 月～2010 年 10 月の 14.5 年間となっている。図-3 の縦軸は基準点名、横軸は変動速度 (cm/年) を示す。全体の特徴としては沈下傾向であり、地盤沈下が問題とされている野付半島、走古丹付近の基準点である標津、別海 2、根室 3 は変動速度が大きい。特に野付半島に近い標津では -0.61cm/年と最も大きい値を示している。根室 4

について速度が正の値を示しているのは地震によって地盤が隆起しているためである。このことについては次章にて詳しく述べる。

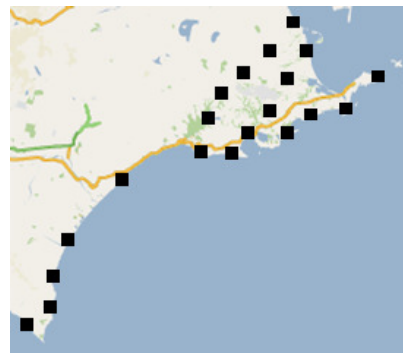


図-1 電子基準点位置

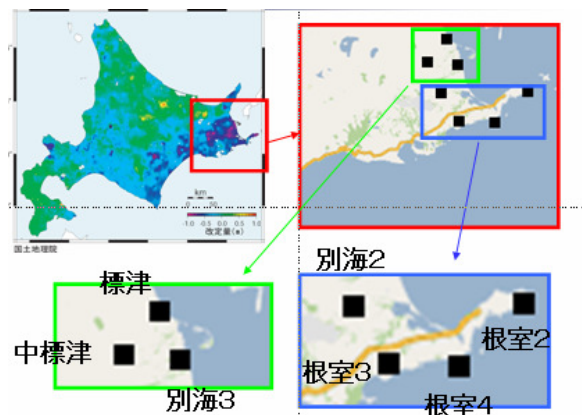


図-2 電子基準点位置

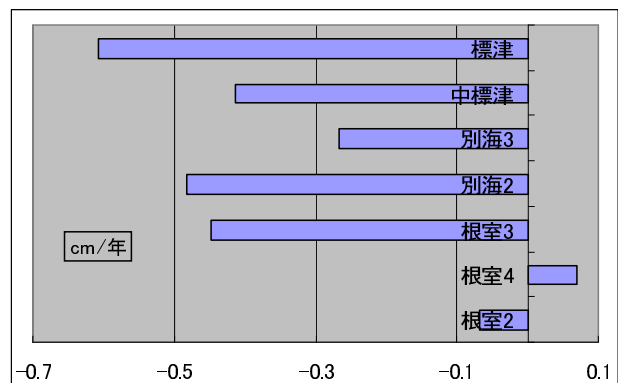


図-3 平均地盤変動速度

3. 地震の地盤変動への影響

今回対象とする電子基準点の観測期間内(1996 年 4 月～2010 年 10 月)においてマグニチュード 7 を越える地震は 2000 年と 2003 年の十勝沖地震、2004 年と 2008 年の根室半島沖地震の 4 つであり、これらの地震はいずれも千島海溝の太平洋プレートと北アメリカプレートの境界で起こる海溝型地震とされている。大きな地震の間の期間は地盤変動速度は一定であるが、地震前後では速度変化が見られた。また、地震時に急激な標高の変化がある地点が確認された。各地震の震源地を図-5 に、各期間の変動速度を図-4 にまとめた。区切った期間は 1996 年～2000 年、2000 年～2003 年、2003 年～2004 年、2004 年～2008 年、2008 年～2010 年の 5 つである。単位は (cm/年) であり、別海 3 については観測期間が短く読み取りづらいため省略する。

図-4 を見ると、2000 年地震の後では中標津以外の点での地盤沈下速度の上昇が見られ、2008 年地震の後でも同様に標津以外の点で速度上昇が見られた。中標津は内陸の点であったため、他の点に比べ影響を受けにくかったと考えられる。また、2003 年 2004 年地震の後では根室 3、根室 4 において速度変化が大きく、2003 年地震前は下降、地震後は上昇、そして 2004 年後はまた下降傾向に変化したことが確認された。これらの変化は観測点が震源やプレート境界に近かったためにより地震の影響を受けたと考えられる。2003 年地震については 4 つの地震の中でもマグニチュードが 8 と最も大きい点、他の期間と比べて変化が大きく、速度変化が最も大きい点はこの地震前後で下降から上昇に転じた根室 3 であり、その変化量はおよそ +1.68cm/年である。また、根室付近と比べて標津、中標津あたりはそれほど大きな速度変化はみられない。

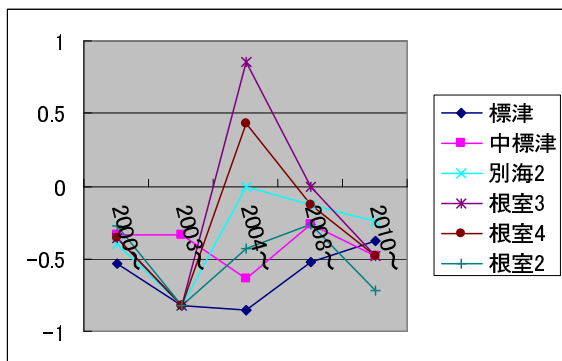


図-4 電子基準点位置

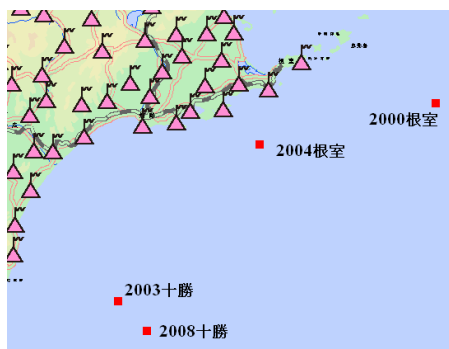


図-5 震源位置

4. 地震による標高変化の地域傾向

観測期間内に発生した 4 回の地震について地震の発生によりいくつかの点で標高の変化が見られた。地震による標高の変化傾向を把握するため、特に標高に大きな変化を与えた 2003 年十勝沖地震、2004 年根室沖地震についてその影響をそれぞれ図-6、図-7 にまとめた。図中の赤点で示した地域は地盤の上昇、青点で示した地域は沈下を現しており、表示している数字は変動値 (cm) である。また、図中にそれぞれ震源地を緑点で示した。

それぞれの図をみると地盤の上下変動にはある程度の地域特性があることがわかる。2003 年地震の震源付近では地盤は下降しているのに対して 2004 年地震では上昇しているが、これは震源位置、断層のズレ、プレート等の影響によりこのような差ができたと思われる。また、図-6 と図-7 を比べると図-6 の沈下量が非常に大きい値であることがわかる。これは十勝沖地震の地震規模が非常に大きいことに加えて、断層面が震源地からえりも岬方面へ向かって伸びており、直接的に地震の影響を受けているためだと思われる。この地域で確認された最大の沈下は広尾の 23cm である。

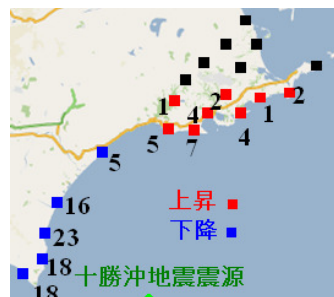


図-6 2003 年十勝沖地震



図-7 2004 年根室沖地震

5. 三角点変動との比較

国土地理院により、2008 年に北海道全域において三角点¹⁾が改定された。これは昭和 27 年や平成 15 年に発生した十勝沖地震、平成 6 年に発生した北海道東方沖地震などのマグニチュード 8 を超える大型地震をはじめとする数多くの地震や十勝岳や有珠山などの火山活動による地殻変動、さらには地盤沈下の発生の影響に加え、GPS 測量などの普及により電子基準点と三角点との整合を高める必要性がでてきたためである。この改定前後の値の差を改定前後期間の約 90 年で除することにより 1 年あたりの地盤変動量を算出することができる。この三角点のデータより求めた変動速度と電子基準点の標高の変化量や変動速度について比較することにより標高変化の長期的な地盤変動に占める影響の割合や電子基準点から求めることができる地盤変動速度を評価することができる。

標高変化量については特に変化量の大きい 2003 年地震、2004 年地震の値を用いた。2003 年と 2004 年の地震標高変動値と三角点 90 年間の変動量を図-8、図-9 にそれぞれ示した。縦軸の単位は m、横軸は電子基準点名を示している。2003 年の大樹、広尾、えりも 2、えりも 1 については標高変動値が非常に大きく、この地域では

90 年スパンで見ると標高変動全体の約 50%に相当する変動が発生している。2004 年では多少の正方向への変化はあるものの比較的地震の影響が少ない。2003 年地震のマグニチュードは 8、2004 年は 7.1 であるため変動量の差は地震のエネルギーによるものと思われる。標高変化量のほとんどない 2000 年、2008 年の地震についてもそれぞれ 7、7.1 であり、十勝沖で 17.5 年周期、根室沖で 20 年周期で発生するとされているマグニチュード 7 前後の地震では標高変動にそれほど大きな影響を与えないことがわかった。

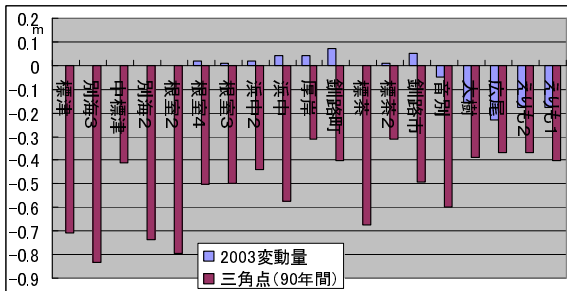


図-8 2003 年十勝沖地震と三角点

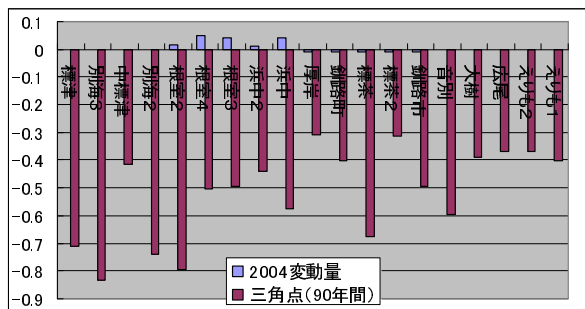


図-9 2004 年根室沖地震と三角点

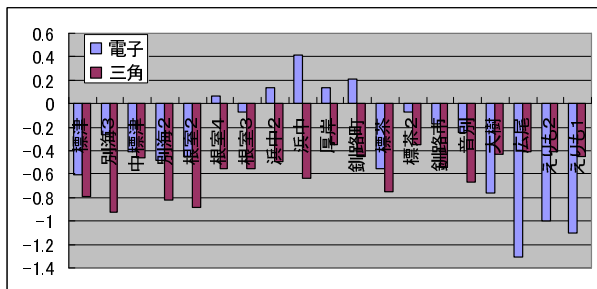


図-10 標高変化を含めた地盤速度

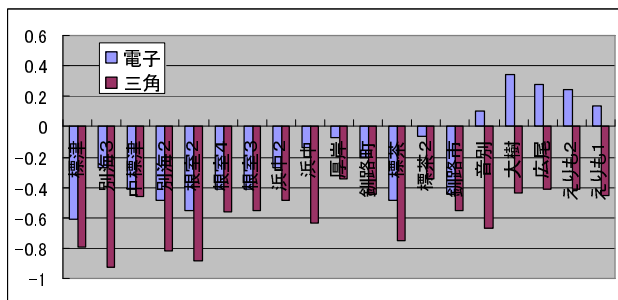


図-11 標高変化を排した地盤速度

次に地盤変動速度について、標高の変化を含めたものと排したものとで電子基準点の変動速度と比較した。標高変化を含めたものを図-10 に、排したものを図-11 に示す。縦軸は変動速度 (cm/年) であり、横軸が基準点名である。図を見ると、やはり 2003 年地震の影響が非常に大きいことがわかる。図-10 で大樹、広尾、えりも 2、えりも 1 の 4 点が上昇傾向にあるのは、2003 年地震後に地盤が沈下し、プレートがもとに戻ろうとしたものであると考えられる。この傾向は図-4 でも確認できる。太平洋側の基準点は地震の影響を多く受けており、ズレの割合が大きいいためこのデータから長期予測することは難しく、予測のためには今後ある程度長期のデータを収集する必要がある。次に地震時に標高の変化がほとんど見られなかった標津、別海、中標津、別海 2 と三角点の変動速度を比較する。別海 3 を除いて、最近の 15 年間の地盤沈下速度は過去 90 年間の沈下速度の 60～90%と少し小さめではあるが、ほぼ一定速度で地盤沈下が発生し、今後も続くと推定できる。最近の 15 年間と過去の 90 年間の沈下速度の差は、60～80 年間周期あるいは 500 年間で発生するとされている北海道太平洋沖の大型地震の影響がこの地域で発生する可能性も示唆される。

6. おわりに

本研究で明らかになった主な点は以下の通りである。

- ① 地震の発生により地盤変動速度が変化し、震源までの距離が近い海側の点は影響も大きい。最も変化した根室 3 の速度変化はおよそ +1.68cm/年である。
- ② 長期的に見ると約 20 年周期で発生するマグニチュード 7 前後の地震は標高変動にあまり大きな影響を与えないと推定される。
- ③ 地震では急激な標高の変化が発生しており、広域的な標高変化の地域特性が認められた。2003 年十勝沖地震では震源地の断層面に最も近いえりも岬付近での変化量が大きく、最大で 23cm 沈下した。
- ④ 電子基準点のデータより、地震の影響が表れていない標津周辺地域では地盤沈下速度はほぼ一定であり、将来的にも沈下は進行すると予想できる。また、最も変動が大きい標津での平均速度は 0.61cm/年である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国土地理院 北海道地方測量部から電子基準点、三角点の貴重なデータをいただいた。ここに記し、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省国土地理院,
<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2008-0303.html>