北海道東部地域の地盤変動特性と沿岸域への影響

Ground Deformation Characteristics and Influences on Coastal Area in East Hokkaido

山下俊彦¹・前原向一²

Toshihiko YAMASHITA and Kouichi MAEHARA

Characteristics of ground deformation are surveyed from the data of triangulation point, bench mark, permanent GPS monument and tide level, in east area of Hokkaido. The rate of subsidence in east area of Hokkaido is high, especially, is 1.36cm/year in Notsuke peninsula. The change velocity of tide level is almost constant in the long term. In the area that has high velocity of tide level change, the effect of sea level rise is relatively small, and change velocity of tide level is almost equal to that of subsidence. In Notsuke peninsula, the erosion of coastal area is a serious problem. About quarter of coastal erosion in Notsuke peninsula is caused by subsidence.

1. はじめに

近年、北海道東部地域では地殻変動による地盤沈下が進行し、海岸侵食や構造物の天端不足が問題となっている。特に根室海峡にある野付半島の砂嘴や風連湖走古丹の砂州等の海岸では侵食問題が深刻であるが、原因としては漁港等による沿岸漂砂の阻止の影響のみが考慮され、地盤沈下の影響は明らかにされていない。また、近くでの地震の発生により、その前後で急激な地盤高変化やその変化速度が変化することも考えられるが、その特性や長期の地盤変化への影響等は不明な点が多い。さらに、海面上昇は地盤沈下と同じ影響を及ぼすため、海面上昇速度についても考慮する必要がある。

本研究では、北海道東部沿岸域を対象として、水準点、三角点、電子基準点、潮位のデータを収集し、地震の影響量も考慮して道東地域の短期の地盤変動特性と現在までの約100年間の長期の地盤変動特性を明らかにする。次に、その結果を基に将来の地盤変動予測と野付半島を例に沿岸域への影響を明らかにする。

2. 三角点による広域長期地盤変動特性

図-1に、国土地理院(2008)により公開された北海道の三角点改定前後の値の差の分布を示す。改定前の三角点は二等三角点が1911～1920年に標高が決定されており平均的には1916年、今回の改定の測量は2004～2007年に実施されており平均は2005年、よって期間は約90年間である。図-1で黒い程標高が大きく下げられたことを示す。全体的にみると低下量は特に北海道東部の南側で大きい。沿岸域では釧路～根室～野付付近の地盤沈下

量が大きく、90年間で1m以上低下した地域もある。海岸侵食が問題となっている野付半島では、最も地盤沈下が激しく、90年間で1.14～1.33mで半島の場所による差は比較的少なく平均で1.22mである。

3. 水準点による地盤変動速度

侵食が問題となっている野付半島と走古丹付近を対象とし、野付半島では水準点が無いため、近くの沿岸域の水準点を対象とした。各水準点の1914年から2005年までの全てのデータを収集した。水準点は長期間では移設も実施されるため、図-2には期間中移設のなかった水準点の標高変化の例を示す。図中の番号は水準点Noである。地盤変動に影響を与える可能性があるM7.8以上の地震の発生年を図中の縦線で示し、A～Fの地震名を記した。この図を見ると、野付～走古丹ではほぼ同じ沈下傾向を示し、1970年以降の方が以前よりも少し沈下速度が大きくなっていることがわかる。地震の影響については、

図-1 三角点改定量図 (約90年間)

1 正会員 工博 北海道大学教授 大学院工学研究院
2 修(工) 日立造船(株)

水準点は測量間隔が長期間のため把握できないので、電子基準点と潮位変動のところで考察する。

図-3に、水準点データから求めた4期間の各地点での地盤変動速度を示す。水準点データは、1914年が最初に決められた年で、1960年、1972年、2000年にそれぞれ全国的に水準点のデータが改定された。よって、4つの期間は、1914年～2005年、1960年～2005年、1972年～2005年、1972～2000年である。野付付近では地点毎のばらつきが大きい、平均的沈下速度は約12mm/年で走古丹の約10mm/年より沈下速度が大きい。また、多くの水準点で最近の期間の沈下速度が大きく、沈下速度が近年少し増大傾向であることが分かる。

図-4に、三角点と水準点から求めた地盤変動速度を示す。前述のように三角点は1916～2005年の期間なので、水準点はほぼ同時期となる様に1914～2005年の期間で地盤変動速度を算出した。図の上側の番号は水準点番号である。水準点と三角点の位置は必ずしも近い位置にあるわけではないので、対応する水準点番号の間に三角点データを示した。水準点と三角点の位置が極めて近い水準点番号7643、7641、7638で両者を比較すると80～90%の一致が見られ、走古丹等の結果を見ても同様な傾向である。よって図-1に示した三角点データの精度は北

図-3 水準点から求めた地盤変動速度

海道東部地域においてある程度信用できることが確認された。

4. 電子基準点を用いた地盤変動特性と地震の影響

国土地理院ではGPSを用いた電子基準点による観測が実施されている。本研究では図-6で示す20地点の電子基

図-5 電子基準点大樹における地盤変動

図-6 地震時の急激な地盤変化の空間分布

準点を対象とし、標高は地盤変動の少ないと考えられている青森県の岩崎を基準として求めている。この地域では1996年に多くの電子基準点が設置され2010年までの約15年間のデータを用いた。電子基準点データは連続データと考えて良く、地震等による地盤変動の詳細な時空間特性の把握が可能である。

図-5は、電子基準点大樹における地盤変動を示す。この図より2003年に発生した約70年周期のM8.0の十勝沖地震により、地震発生前後での約16cmの急激な地盤沈下と地盤変動速度の変化（ $-0.13\text{cm/年} \rightarrow 1.0\text{cm/年}$ ）が発生したことがわかる。

図-6に、電子基準点の15年の観測期間中発生した地震時の急激な地盤変化の空間分布を示す。(a)は前述の2003年十勝沖地震、(b)は2004年の根室沖地震M7.1である。各々の図を見ると、地盤の変動にはある程度地域特性がある事が分かる。一般にプレート境界型地震では、震源付近のプレートが跳ね上がるため震源付近は隆起、それより離れたところでは沈下する傾向があるが、2004

図-7 電子基準点による地盤変動速度の変化

図-8 三角点と電子基準点による地盤変動速度

年根室沖地震では同じ傾向である。2003年十勝沖では襟裳岬周辺で沈下が発生しているが、これはもう少し震源に近いところでは隆起が発生していると推定される。2003年十勝沖地震の方がマグニチュードも大きいので、大きな地盤変化が発生しているが、最大は広尾の23cmの沈下であり、断層面の方向が広尾の方に向かっていたことが影響したと考えられる。

図-7に、各地点の地震前後の地盤変動速度の変化を示す。電子基準点観測中発生した地震は4つで、前述の2つ以外では2000年根室半島沖M7.0、2008年十勝沖M7.1である。そこで各地震の影響を見るため各期間の間に地震が発生するように1996～2000、2000～2003、2003～2004、2004～2008、2008～2010年の5期間とした。この図より、ここで示した地域は全体としては沈下傾向であり、震源域からはなれた標津、中標津では、地震発生による地盤沈下速度の変化はあまりないこともわかる。変化が大きいのは根室地域で、2003年地震前の沈下から地震後の上昇に変化し、最大で地盤変動速度が 1.68cm/年 変化している。

図-8に、地震の影響も含めた電子基準点による最近15年平均の地盤変動速度と、三角点の90年平均の地盤変動速度を示す。この図より、標津や中標津の様に震源から比較的離れた場所では両者は比較的近い値を示すが、図-7で示した様に地震発生前後で急激な地盤変動が発生する場所では正負が変わったり、値も大きくずれることがわかる。以上より、電子基準点のデータより、地震の影響が少ない標津周辺地域では最近の15年間の地盤沈下速度は過去90年間の沈下速度より60～90%と少し小さめ

図-9 北海道東部港湾での長期潮位変動

図-10 野付半島の汀線変化図 (1905~1999)

であるが、ほぼ一定の速度で地盤沈下が発生し、将来的にも沈下は進行すると予想できる。

5. 潮位変動による地盤変動・海面上昇

図-9に北海道東部にある花咲港、釧路港、網走港、紋別港の長期の潮位データを示す。データは年平均潮位とし、海岸昇降検地センターのホームページで公開されているものを使用した。図中の縦線は図-2と同様地震の発生を示す。100年以上のデータのある花咲港を見ると、地震の発生時に急激な10cm以下程度の潮位変化はあるが、長期的に見るとほぼ一定速度1.0cm/年で潮位が上昇していることがわかる。地盤変動の少ない(図-1参照)紋別港、網走港の潮位は、0.05cm/年以下の上昇でこれは海面上昇速度と同程度と考えられる。地盤沈下と海面上昇は沿岸地形や構造物へは同じ影響を及ぼすが、道東の地盤沈下の激しい地域では、海面上昇量は地盤沈下量の数%以下程度で無視しても良いと判断できる。花咲港(1.0cm/年)、釧路港(0.8cm/年)での潮位上昇速度は、水準点と三角点から求めた地盤沈下速度とほぼ一致することも確認された。

図-11 各断面の海浜勾配

6. 地盤沈下の海岸侵食への影響

北海道で道東地域は最も地盤沈下の激しい場所である。現在野付半島は、海岸侵食が深刻な問題となっている。

野付半島の1965~1995年の35年間の汀線変化を北海道野付崎海岸検討委員会資料の測定データを基に図-10に示す。横軸は野付半島の北側に位置する標津漁港からの距離であり、右端が野付半島の先端部である。汀線変化量はマイナスが侵食である。縦軸+40m付近の横棒は侵食対策工の分布を示す。野付半島では、汀線形状の凹凸や侵食対策工の配置により堆積する場所もあるが、半島全体で平均約20mこの35年間で侵食している。

野付半島の標高データは三角点データしかないため、2.の結果より半島平均で90年間で1.22mで、すなわち1.36cm/年であり、35年間で沈下量は47.6cmとなる。三村ら(1993)の研究によると、海面上昇による汀線後退量は海浜の平均勾配×海面上昇量より大きくなることが知られているが、本研究では概算として、平均勾配×地盤沈下量に等しいとして汀線侵食量を求める。

図-11に野付半島各断面の海浜勾配を示す。横軸は断面位置で1が野付半島のつけ根、12が先端でありその間はほぼ等間隔である。北海道で測定された断面測量結果

から、1m程度の地盤沈下により発生する汀線後退量を推定するのが目的のため、汀線付近（水深+2m～-2m）の平均勾配を求めた。各断面の勾配は1/16～1/6と沖の地形特性や構造物の影響で場所的になんかなり変化しているが、半島全体の平均では1/11.1である。地盤沈下による汀線後退量は $47.6\text{cm} \times 11.1 = 5.3\text{m}$ となる。よって、35年間の汀線侵食量20mのうち5.3mが地盤沈下による寄与であり、27%に相当し、侵食対策を考える上で地盤沈下も考慮する必要があることが明らかとなった。

7. 主要な結論

本研究で得られた主要な結果を以下にまとめる。

- 1) 三角点、水準点、電子基準点、潮位のデータを用いて、道東地域の地盤変動の時空間特性を地震の影響も考慮して定量的に把握した。
- 2) 過去100年程度までは、地震の発生等により多少の急激な地盤の上下変動はあるものの、道東地域の南側では1cm/年程度のほぼ一定速度の大きな地盤沈下が発生

していた。

- 3) 最も長期の連続データである潮位データより、今後とも今までと同程度の速度で地盤沈下が進行するものと予測でき、沿岸域管理上考慮すべき重要な課題である。
- 4) 野付半島での海岸侵食のうち地盤沈下の占める割合は約27%であり、侵食対策等を考える上で地盤沈下も考慮する必要があることが明らかとなった。

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、また北海道から貴重な地形データを頂いた。ここに記し、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 国土交通省国土地理院（2008）：<http://www.gsi.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2008-0303.html>
三村信男・幾世橋慎・井上馨個（1993）：砂浜に対する海面上昇の影響評価，海岸工学論文集，第40巻，pp.1046-1050.