

陸上部での水平方向地殻変動量とその近辺の津波高さとの経験的關係

弘前大学 正会員 片岡俊一

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震の鉛直方向の地殻変動量（以下、沈下量）と津波高さとの強い線形関係があることを Kamiyama et al.¹⁾は指摘している．このことが普遍的な事実であるとすれば、対象地点における地殻変動量を知ること、津波高さを予想することが可能となる．それを再確認するために、著者らは文献1)で用いたデータに加えて、更に広い空間範囲のデータを加えて検討を行い、沈下がない地域でも津波は到来しているが、沈下が起きた地域については広い範囲で文献1)で指摘されたことが成り立っていることを確認している²⁾．

鉛直方向の地殻変動量がほとんど無い場合や隆起している場合でも、水平方向の地殻変動量は存在し、一定の方向である．そこで、本報告では水平方向の地殻変動量に着目し、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（以下、2011年の地震と称する）のデータに加え、平成15年（2003年）十勝沖地震（以下、2003年の地震と称する）の際のデータを用い地殻変動量と津波高さとの関係を検討した結果を述べる．

2. データ

本検討で用いたデータは文献2)と概ね変わらず、地殻変動量の向きだけが異なっている．2011年の地震については、地殻変動量は国土地理院がウェブページ上で発表している沿岸観測局（以下、断らずに GEONET）の変動量一覧³⁾を用いた．このページには、青森県から千葉県までの49地点の本震前後および3年間の累積変動量が掲載されているが、計測値の有無などから全ての変動量は利用できず、36地点の本震前後の変動量を利用した．対となる津波高さは東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループにより計測された津波痕跡の調査結果（2012年12月29日時点）⁴⁾を利用、GEONET観測局からある距離内にある津波高さのデータを平均することとした．当初は平均を取る範囲を半径2kmとしていたが、津波高さの計測点はその範囲にない例や、上記資料で沿岸とされているGEONET観測局のうち、いくつかは海岸線から2km以上内陸に位置するものがあることから、距離の範囲を5km、それ以上と段階的に広げて津波高さを求めた．

2003年の地震については、地殻変動量は国土地理院のウェブページ⁵⁾に掲載されている図から読み取り、津波高さは合同調査グループの値⁶⁾を用いた．利用することができたのは9地点である．

3. 関係式の形状の検討

津波高さとその地点付近の地殻変動量とは、定性的には正の相関関係があると思われる⁷⁾．観測結果を結びつける関係式は様々なものが考えられるが、考察が可能なものが良いと思われる．そこで、既往の経験式を組み合わせ、目的の関係式の数形を検討してみる．

津波のマグニチュード（ m_H ）は一般的に表すと、観測された津波高さ（ H ）波源距離（ R ）とを用いて式(1)のように表される．ここで、 a_1, a_2, a_3 は係数であり、以下でも同様とする．一方、地殻変動量（ D ）は、地震のマグニチュード（ M ）と震源距離（ X ）を用いて、式(2)で表されるとする．また、津波のマグニチュードと地震のマグニチュードには、式(3)のような関係が成り立つとする．式(1)～(3)については、個別の提案があるがここでは紙面の都合上具体的には記さない．

これらの式を利用し、波源距離と震源距離が同じであり、式(2)と式(3)にある地震のマグニチュードが同じであると仮定すると、津波高さと地殻変動量との関係は式(4)のようになり、地殻変動量とマグニチュードか

キーワード 2011年東北地方太平洋沖地震、2003年十勝沖地震、距離減衰式、GEONET

連絡先 〒036-8561 弘前市文京町3 弘前大学大学院理工学研究科 Tel: 0172-39-3616

ら津波高さを推定できることになる．ここで留意すべきことは，この式展開によると地殻変動量は地震のマグニチュードにも依存することである．式中の

d_1 が 0 となり，マグニチュードに依存しない可能性も否定できないが， $d_1 = c_0/a_1 - (a_2 b_0)/(a_1 b_2)$

であることから，それは考えにくい．つまり，一般的に考えると，一つの地震で得られた経験式が異なる規模の地震に適用できる訳ではない．

4. 経験式の作成と評価

前述したデータを用い，式(4)の形式で重回帰分析を行った．その結果，地殻変動量 $D(\text{cm})$ と津波高さ $H(\text{m})$ との関係は式(5)のようになり，重決定係数は 0.74 であった．

$$m_H = a_1 \log(H) + a_2 \log(R) - a_3 \quad (1)$$

$$\log_{10} D = b_0 M - b_2 \log(X) - b_3 \quad (2)$$

$$m_H = c_0 M - c_3 \quad (3)$$

$$\log H = d_1 M + d_2 \log D + d_3 \quad (4)$$

$$\log_{10} H = 0.412 M_w + 0.454 \log_{10} D - 3.825 \quad (5)$$

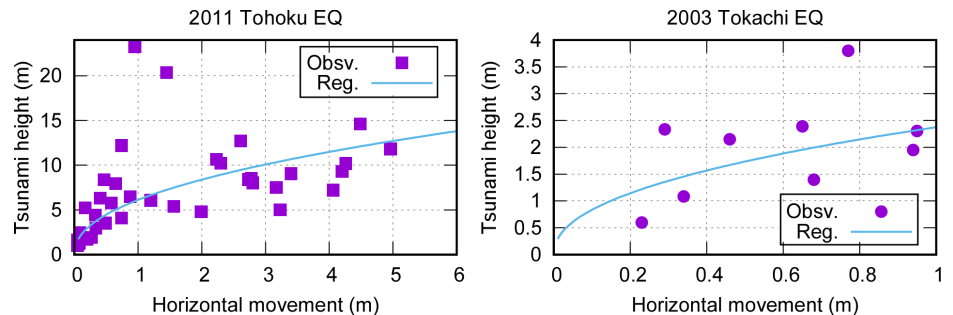


図1 観測結果と回帰式との比較

図1に地震毎に観測結果と回

帰式に各地震のマグニチュードを代入した曲線とを合わせて記す．2011年地震の場合には，地殻変動量が1m程度で非常に高い津波が観測されている．これは，GEONET観測点で言うと，岩泉，久慈になる．海岸では小本海岸と野田から久慈にかけての海岸の結果である．このうち，野田海岸で観測された津波高さが久慈湾でのそれに比べて極端に高く，津波発生を含めて局所的な影響があったと考えている．2003年の地震の場合は2011年の地震に比べデータ数も少なく，津波高さも低い観測データを回帰式が説明していることが分かる．

参考のために，観測値と予測値の関係を図2に示す．2011年の地震の特異な2箇所を除いては，予測値の1/2と2倍の間に観測値が収まっていることが分かる．

5. まとめ

2011年東北地方太平洋沖地震と2003年十勝沖地震でのデータを用い，水平方向の地殻変動量とその近辺の津波高さとの関係式を作成した．ここで用いた津波高さには海岸構造物の影響も含まれているので，今後は，その影響を踏まえた検討が必要と考えている．

謝辞

本研究はJSPS科研費26560169の助成を受けたものである．また，秋田大学の松富英夫先生、渡邊一也先生には津波に関するデータについて有意義な助言を頂いた．記して謝意を示す．

参考文献 1) Kamiyama M et al. : Precursor of crustal movements before the 2011 great east Japan earthquake. Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan. 2) 片岡・他：津波に対するオンサイト警報に関する検討、東北地域災害科学研究，52，245-250，2016． 3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」以降の地震活動の評価，平成26年3月11日． 4) The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2011) Nationwide Field Survey of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Series B, 67, No.1, 63-66, 2011. 5) 国土地理院：平成15年（2003年）十勝沖地震に伴う地殻変動． 6) 東北大学津波工学研究室，津波工学研究報告，第21号，調査報告，237p，2004． 7) 片岡：地殻変動や地震動からその地点に到来する津波高さを推定することに関する一考察，日本地震工学会・大会－2016梗概集，P1-20，2016．

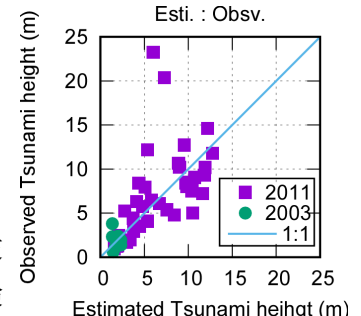


図2 回帰式による予測結果と観測結果との比較