

GNSS データによる地震時地殻変動の M_w 、 R 依存に関する回帰分析

東北工業大学	フェロー会員	○神山 眞
々	フェロー会員	小出英夫
々		沢田康次
々	正会員	秋田 宏
々	正会員	千葉則行

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震(3.11地震)の発生以来,筆者らは被害地震(被害を与える地震を仮称)と地殻変動に関する研究プロジェクトを組織して様々なテーマに取り込んでいる.研究プロジェクトの最大の目的は地殻変動解析による被害地震発生の予兆探知である.予兆探知の重要な要素として地震規模の推定があるが,本文はその目的を達成する前提として,地震時地殻変動(水平成分)の地震規模(モーメントマグニチュード) M_w および震源距離 R に関する依存性を回帰分析した結果について述べたものである.

2. GEONET データによる地震時地殻変動の実測と地震規模,震源距離依存性

GNSS を利用したわが国における統合的な地殻変動解析システム GEONET が整備された 1996 年以降,北日本で発生した 8 個の被害地震で地震時地殻変動を精度よく求めることができる.これらの被害地震分布を図 1 に示す.図 1 に示すように,これら被害地震は総数が 8 と少ないものの,地震マグニチュード M_w が 6~9 程度で比較的一様に分布して,しかも海溝型,内陸型など様々なタイプから構成されていることから,地震時地殻変動(D)のモーメントマグニチュード(M_w),震源距離(R)への依存性を統計的に検討するには格好のデータセットである.そこで,これら 8 地震による GEONET 観測データ F3 を利用して DGPS 法による地震時地殻変動を算定した.DGPS 法の固定点は 3.11 地震の解析で設定した GEONET 三隅観測点 950388 として,地震前後の基準時は各々の被害地震発生日時が十分に包含される最小幅の日とした.求められた地震時地殻変動の例として 2003 年十勝沖地震 $M_w 8.3$ の水平成分ベクトルの分布を図 2 に示す.求められた地震時地殻変動(水平成分)の M_w , R についての依存性を 8 被害地震全てについてスキャッター図としてプロットしたものが図 3 である.

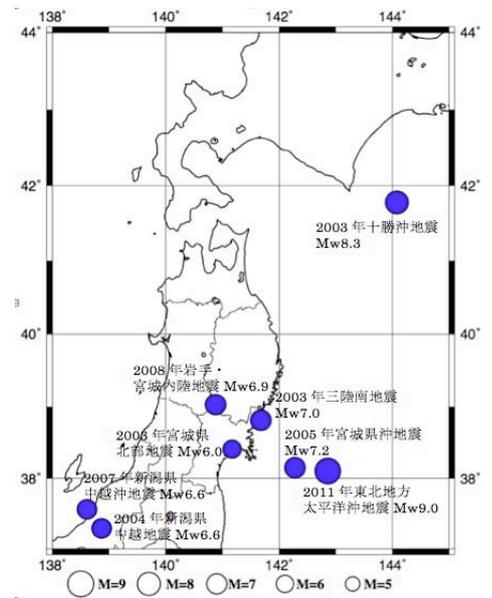


図 1 解析対象の 8 被害地震分布

3. 地震時地殻変動の M_w , R 依存性のモデル設定と回帰分析

図 3 に示すように地震時地殻変動 D は M_w , R の両者に依存する.ここでは D を目的変数, M_w および R を説明変数とした回帰分析を 2 段階方式で行った.すなわち,第 1 段階として異なる M_w の個々の地震毎に地震時地殻変動 D を目的変数, R を説明変数とした回帰分析を行い,次にそれらの第 1 段階で算定された回帰係数を目的変数, M_w を説明変数とした回帰分析を第 2 段階として実行した.ここに,第 1 段階の回帰分析は次のように行った.先ず,図 4 に代表的被害地震の地震時地殻変動の R に関するスキャッター図の例を 2004 年新潟県中越地震につ

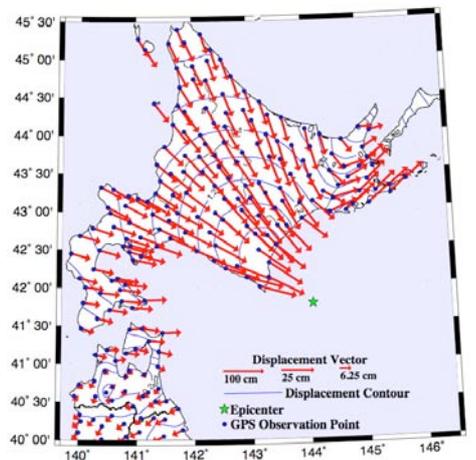


図 2 2003 年十勝沖地震の地殻変動

キーワード 地震時地殻変動, GNSS, GEONET, 回帰分析

連絡先 〒981-3203 仙台市泉区高森 3-8-186 E-Mail : mk_kamiyama@jcom.home.ne.jp

いて示す (図中の赤丸). 図4の赤丸点に示すように地殻変動Dと震源距離Rの関係は両対数図で線形変動する領域と定数変動する領域に大別されることがわかる. このような分布特徴は2004年新潟県中越地震に限らず, 対象とする8

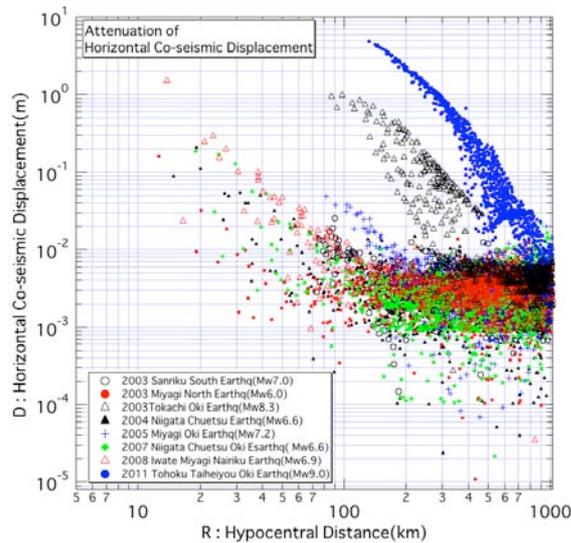


図3 8被害地震の地殻変動スカッター図

被害地震すべてに共通することは図3からも知ることできる. このように説明変数の領域毎に変動特性が異なるデータの統計解析ではダミー変数を利用した回帰モデルが有効である¹⁾. 本研究では図4中の模式図に示すようなダミー変数を用いた回帰モデルを採用した. 図4に示すように, この解析モデルは適宜設定した説明変数Rの境界Rcで分割される領域A, Bで図に示すような別個の関数モデルの回帰分析を行い, それで求められる最適な関数から新たな境界Roを算定する. 次に, Roを新たな分割境界として同様な回帰分析を収束するまで繰り返して, 収束した最終の最適関数を回帰分析の解とする. ここで, 最終的に算定される回帰係数は図4に示される関数モデル係数のa, b, c, Roという4個の値である. これらの4個の係数は地震規模Mwに依存するので, これらの係数に対してMwを説明変数とする線形関数, 対数関数など適宜な関数モデルを採用して回帰分析を継続して, 最終的に地震時地殻変動DがMwおよびRに依存する回帰分析解を得た. 得られた統計式は以下の式(1)~(3)の通りである. なお, この回帰式の決定係数R²は0.893と高い値が得られている. これらの回帰式による地震時地殻変動の予測値と実測値の対応を図5に示す. 予測値は実測値に整合していることがわかる.

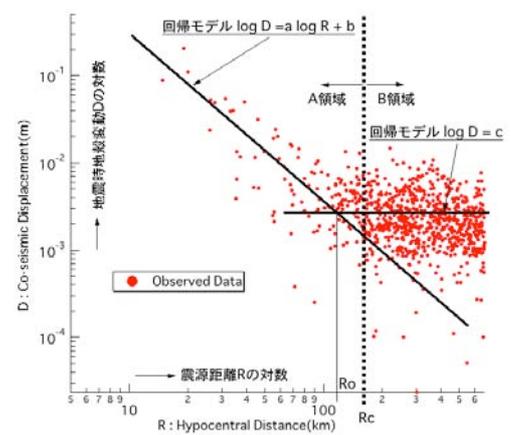


図4 回帰分析モデル (第1段階)

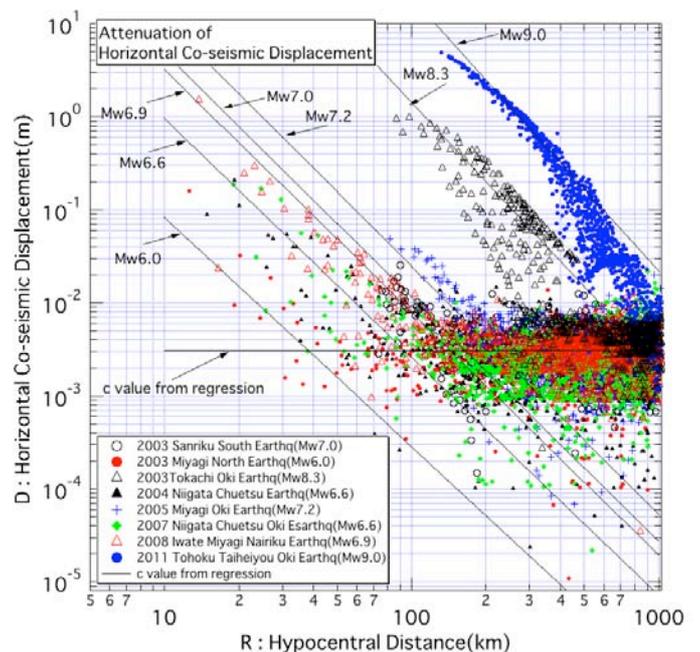


図5 地殻変動観測データと回帰予測値の対応

得られた統計式は以下の式(1)~(3)の通りである. なお, この回帰式の決定係数R²は0.893と高い値が得られている. これらの回帰式による地震時地殻変動の予測値と実測値の対応を図5に示す. 予測値は実測値に整合していることがわかる.

$$\log_{10} D(m) = -(1.519 + 0.158Mw)\log_{10} R + 1.922Mw - 10.141 \quad (R \leq Ro) \quad (1)$$

$$\log_{10} D(m) = 0.003048 \quad (Ro \leq R) \quad (2)$$

$$Ro(km) = 0.227 \times 10^{0.405Mw} \quad (3)$$

4. むすび

地震時地殻変動の大きさは明らかに地震規模, 震源距離などに依存すると考えられるが, 実測値が少ないことから, その依存に関わる定量化の試みはこれまで世界的にみてもなされていない. ここで導かれた経験式は内外の研究で初めてのものと考えられる. 今後, 様々な分野での有効利用をはかっていきたいと考えている.

なお, 本研究は平成25年度日本学術振興会科学研究費助成(課題番号25630197)によるものである.

参考文献 1) M. Kamiyama and T. Matsukawa; Proceedings of JSCE, No. 422/I-14, pp. 331-342, 1990.