

2004年中越地震が2007年中越沖地震を誘発した可能性

Possibility that the 2007 Chuetsu-oki Earthquake was induced by the 2004 Chuetsu Earthquake

長 郁夫 [1]; 大谷 竜 [2]; 桑原 保人 [2]

Ikuo Cho[1]; Ryu Ohtani[2]; Yasuto Kuwahara[2]

[1] 産総研; [2] 産総研

[1] AIST; [2] GSJ, AIST

2007年中越沖地震(M6.8)は2004年中越地震(M6.8)の3年後に、北西へ約40kmの地点で発生した。我々は物理モデルに基づく地震発生予測を目指しており、その一環として、両地震の発生に何らかの関係があるならばそれを明らかにしたいと考えている。

地震の誘発を示唆するファクターとして、クーロン破壊関数 CFF が上げられる。CFF が正ならば一般に地震活動は活発化し、負ならば抑制される傾向が見られる。中越地震の場合、CFF は中越沖地震の震源周辺では負となった。これを受けて、地震調査研究推進本部(2007)は中越地震が中越沖地震を誘発したのではないと述べた。

中越沖地震の発生要因として、いくつかの考えが報告されている。尾形(2008)は中越地震の余震活動の統計を基礎として、中越沖地震の深部延長部は CFF が正であるから、そこが中越地震に誘発されて非地震的に滑ったため中越沖地震が発生したという仮説を提案した。Nakajima & Hasegawa(2008)は、両地震の発生にはそれぞれ上部マントルから供給される多量の水が関与したという考えを示した。また Kato et al.(2008)によれば中越沖地震の震源付近の基盤は局所的な凸地形をなすらしい。よって、Kato et al.(2006)による中越地震の発生に関する解釈をここでも適用すれば、地形的要因で応力集中が生じ中越沖地震が発生したと解釈できる。

地震発生予測の観点からは、できるだけ一般的なモデルで地震発生を説明したい。ここではまず、媒質に粘性と速度の不均質を導入しても中越沖地震の周辺でやはり CFF が負となるのかを確認することを目的とした。通常 CFF は均質な弾性半無限媒質で計算されるが、この地震は北部フォッサの地温勾配が高い地域で起こった。速度構造の不均質や地殻深部の粘性が地震発生の重要なファクターとなるかもしれない。このような地殻構造のモデル化は他地域でも一般に可能なので、このようなアプローチがうまくいけば、今後の地震発生予測モデルの構築に貢献するはずである。

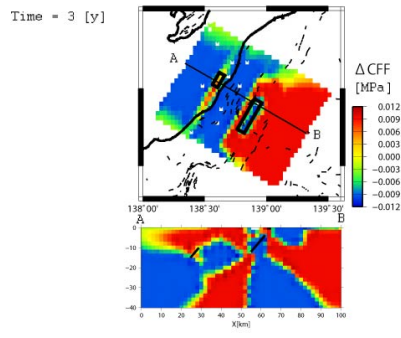
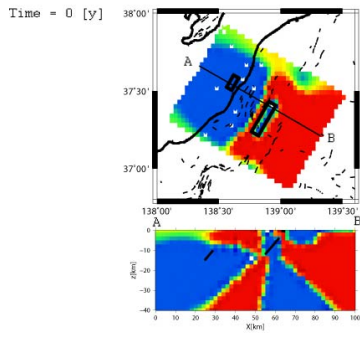
具体的には、上部地殻、下部地殻、上部マントルの3層構造のモデルを考えた。各層境界深度を15kmおよび30kmとするケースと Zhao et al.(1992)によるスプライン曲面を適用するケースを比較した。粘性構造は、上部地殻を弾性、下部地殻および上部マントルを Maxwell 粘弾性のモデルで表した。粘性係数は、各層とも 10^{18} Pa \cdot s あるいは 10^{19} Pa \cdot s とするケースとそれぞれ 10^{18} , 10^{19} Pa \cdot s あるいは 10^{19} , 10^{20} Pa \cdot s とするケースを比較した。P, S 波速度と密度は全層で均一のケース、層ごとに代表値を与えるケース、Matsubara et al.(2008)のトモグラフィデータを用いるケースを比較した。

このような粘弾性媒質に、中越地震として Kato et al.(2006)を参考に 25×10 km の矩形断層を埋め込んだ。断層面に均一に3mの滑りを与えた場合の断層周辺の応力場を Pylith(Aagaard et al., 2007) というフリーの有限要素ソフトで計算した。CFF の計算のための中越沖地震の断層ジオメトリは Kato et al.(2008)の解析・解釈に基づいて北部の西落ちセグメントを参照して与えた。摩擦係数は0.8とした。Fukahata and Matsu 'ura(2006)の解析解の比較により CFF の符号の信頼性を検証した。

その結果、下部地殻の粘性を 10^{18} Pa \cdot s とする多くのケースで、中越地震発生後数年で中越沖地震の断層周辺で CFF が負から正に反転する傾向が見られた。最も単純なモデル、すなわち弾性定数を均質半無限として下部地殻以下の粘性を 10^{18} Pa \cdot s とした水平成層構造でも、中越地震後4-5年程度で中越沖地震の断層の上端付近では CFF の符号が反転した。このモデルに対して粘性構造のみ複雑化したモデル、すなわち下部地殻、上部マントルを 10^{18} , 10^{19} Pa \cdot s と変更したモデルでは、中越地震の4年後までに中越沖地震北部セグメントのほぼ全域で CFF が正となった。更に、モデルの層境界形状を水平から Zhao et al.(1992)のモデルに変えると、CFF 反転までの時間が短縮され3年となった。層ごとに弾性定数を変えてもほぼ同様だったが、弾性定数に Matsubara et al.(2008)のトモグラフィ結果を利用した場合、2年後には CFF の符号が反転した。これは剛性率の不均質による地震後の応力分布と Maxwell 時定数のばらつきの影響と考えられる。

これらのモデルを用いてそれぞれ地表変位を計算し、地震直後から約2年半の水平変位(国土地理院、2008)と比較した。その結果、水平変位のトレンドとオーダーは良く一致することが分かった。

謝辞 水平成層粘弾性媒質解の計算には深畑幸俊博士に頂いた計算コードを用いました。ここに謹んで感謝いたします。



弾性定数は均一、粘性係数は下部地殻とマントルでそれぞれ 10^{18} 、 10^{19} とし、層境界深度をZhao et al. (1992)に従って与えた構造モデルを用いた場合の ΔCFF の計算結果。上段は深さ14kmの断面、下段は地図中のABに沿う鉛直断面。各地図の北西側、南東側の矩形はそれぞれ中越沖地震、中越地震の断層面を表す。左、右はそれぞれ中越地直後と3年後に対応する。