

新潟県中越地震の余震はなぜ多発したのか：歪み解放効率と地震サイズ分布との関係

Why the 2004 M6.8 Niigata-ken Chuetsu earthquake produced voluminous aftershocks nearby: An inefficient strain release system

遠田 晋次[1]; 近藤 久雄[1]

Shinji Toda[1]; Hisao Kondo[1]

[1] 産総研 活断層研究センター

[1] Active Fault Research Center, GSJ/AIST

新潟県中越地震の最大の特徴は活発な余震活動にある。ここでは、余震多発の理由を「高角逆断層による東西圧縮歪みの非効率的解放過程」として大局的な説明を試みる。

中越地震では、4つのM6余震を始め、本震後約1ヶ月間に110もの $M \geq 4$ 余震を記録した。これは兵庫県南部地震M7.3の2倍以上である。これら本震余震のマグニチュード-頻度図を作成すると、M6.8-M2の範囲でほぼ直線で回帰され($b=0.66$)、グーテンベルグリヒター則(GR則)が成り立つ。本震前7年間においても低 b 値GR則を示すことから、地震サイズ分布を保ったまま、本震後に地震発生率($\sim a$ 値)が約500-1000倍に急上昇したといえる。一方、兵庫県南部地震の本震-余震のサイズ分布は直線で回帰できず、最大余震M5.4と本震M7.3の間に明瞭なギャップがみられる。つまり、兵庫県南部地震本震は典型的な固有地震である。したがって、両者を比較するとM4-6付近に明瞭な発生率の差が認められ、地震発生システムが基本的に異なることがわかる。

近年、余震の多く、特にオフフォルト余震は本震の断層運動による静的応力変化の産物であることがわかってきた(震源断層沿いの余震も解析不可能なスケールでの応力変化による)。中越地震の本震震源断層は地震波・測地インバージョンから西に53-55°で傾斜する逆断層とみられている。また、本震直後に地表に地震断層は出現していないことから、主変位が地下で止まった伏在逆断層(blind reverse fault)と考えられる。このような伏在高角逆断層による静的クーロン応力変化を計算すると、大局的に断層近傍(南北走向延長と断層東西近傍)に4つのオフフォルト応力増加域が発生する。言い換えれば、震源域とそのごく近傍で立体的(volumetric)に応力増加域が出現する。一方、仮に地表まで達する低角逆断層の場合を考えると、応力増加域はほぼ南北走向延長の2箇所のみとなる。これは、震源断層周辺沿いの歪みを低角逆断層が効率よく解放するためである。さらに、兵庫県南部地震のような横ずれ断層では、オフフォルト応力増加域は震源域直下には見られず、4つの増加域がクローバ状に広がる。震源域ではなくその周辺域にオフフォルト余震が発生しやすい状況になる。以上のことから、伏在高角逆断層は他の断層タイプに比べて地震時の歪み・応力解放効率が悪く、近傍に応力増加域を作りやすいといえる。

ただし、本震時の応力増加域が近傍に発生しても、地殻内に中規模断層が多数潜在しなければ、余震の多発へとつながらない。既に多くの論文で議論されているように、中越地域周辺にみられる逆断層は、中期中新世の日本海拡大時に形成された正断層の再活動(インバージョンテクトニクス)によるものである。当時の東西伸張場によって現在よりも薄層化していた上部地殻では、正断層間の間隔が狭かったことは容易に想像できる。つまり、中越地域には潜在的に中規模断層が密集している可能性が高く、上記の地震時応力変化によってそれらが刺激され、余震多発へとつながったと考えられる。

東西圧縮場のもとで過去の正断層が再活動した伏在高角逆断層では、地殻を東西短縮するには大変効率が悪い。一方で、低角衝上断層に比べて断層変位が上下変位に変換される割合は大きいため、地表では10km程度の短波長活褶曲となる。また、本震によって周辺の歪みが一度に解放されないため、兵庫県南部地震のように地震サイズ分布が固有地震モデルとはならず、低 b 値GR則の余震活動を示す。このような考え方を超長期に広げると、GPS観測で捉えられたような継続的高歪み域は、上記のような歪み解放効率の悪さに起因している可能性がある。