

3-7 過去地震の類型化と長期評価の高度化に関する調査研究（東京大学地震研究所）

平成 19 年度

（実施計画） 南関東の過去の大地震について、余震分布を詳しく調べた研究はこれまで少ない。地域によっては、長期間余震活動が続くと推定されており、余震と考えられる現在の微小地震活動から、150 年以上も前に起った地震のメカニズムや断層面などを ΔCFF を用いて推定することも試みられている。

まず 1943 年鳥取地震など、現在も余震活動が見られ、かつ震源過程が解析されている地震を用いて、 ΔCFF を用いた推定の有効性の調査から、研究を始める。そして、1995 年釧路沖地震の余震など、深発地震やや深発地震の余震について調査を行う。また、近年に発生した南関東のやや深い地震について、余震の減衰を調査する。これらによって、現在の微小地震活動から、首都直下の過去の大地震について情報が得られる可能性を明らかにする。

（進捗状況と成果）

要約

1943 年鳥取地震、1945 年三河地震など内陸活断層で発生し、現在も余震活動がみられ、かつ震源過程が解析されている地震を用いて、 ΔCFF を用いた推定の有効性の調査を行った。また、1993 年釧路沖地震の余震など、深発地震やや深発地震の余震についても同様の調査を行い、現在の微小地震活動を用いることで過去の地震について情報が得られる可能性についての検討を行った。その結果、対象とした地震によって現在の微小地震活動と ΔCFF の対応の様相は大きく異なり、余震継続時間、大地震発生に伴う応力変化の緩和時間によっては適用の可能性があることがわかった。

1943 年鳥取地震による応力変化と現在の微小地震活動度の対応

1943 年（昭和 18 年）9 月 10 日に鳥取県東部を震源として発生した鳥取地震（M7.2）は鳥取市を中心に死者 1083 名、全壊家屋 7485 棟の被害をもたらした。地震学的に推定されている震源断層パラメータは 3 例が佐藤(1989)(1)に記載されているが、ここでは測地測量、地震波解析及び余震分布と最も多種類のデータを用いている Kanamori(1972)(2)のモデルを 1 次モデルとして採用した。その主要な断層パラメータを表 1 に示す。クーロン応力変化の計算には Coulomb(3)を使用した。本震と同じメカニズムを仮定した場合のクーロン応力変化 ΔCFF と一元化後（1997 年 10 月～2006 年 10 月）の気象庁震源カタログによる震央分布（ $M \geq 1.45$ ）を図 1 に示す。図 1 は実効的な摩擦係数として 0.4 を与えたが、摩擦係数を変えても結果に大きな相違は見られない。一元化後の微小地震活動は 1943 年鳥取地震断層の東西延長部分および南に分布しており、本震によってクーロン応力が増加した領域と良い対応を示す。しかしながら、この震源域の西部においては 1943 年鳥取地震の震源断層とは共役の関係にある北西－南東走向の左横ずれ断層において鳥取県西部地震(M7.3)が 2000 年に発生している。鳥取県西部地震による応力変化（図 2）から大山～鳥取県中部の地震活動が

活発化されていることが考えられるため、2000 年以降のこの領域について 1943 年鳥取地震による応力変化のみと微小地震活動の対応について議論することは難しい。

表 1 1943 年鳥取地震の断層パラメータ(3)

STRIKE (degree)	N80° E
DIP (degree)	90
Rake (degree)	180
Length (km)	33
Width (km)	13
Average Slip (m)	2.5

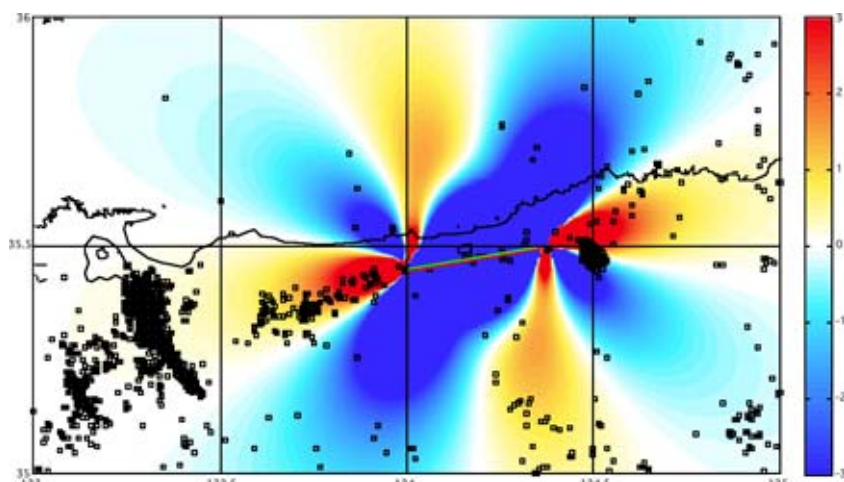


図 1. 1943 年鳥取地震によるクーロン応力変化と近年の地震活動(1997 年 10 月～2006 年 10 月、 $M \geq 1.5$)。

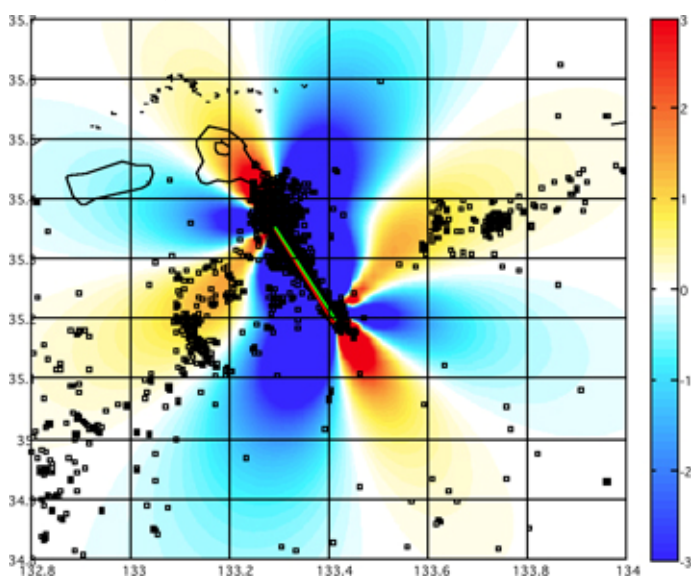


図 2. 2000 年鳥取県西部地震によるクーロン応力変化と地震活動

1945 年三河地震による応力変化と現在の微小地震活動度との対応

東南海地震から 1 ヶ月後に東南海地震によって被害を受けた三河地方で三河地震(M6.8)が発生した。この地震は気象庁マグニチュード 6.8 で規模としてはそれほど大きなものでないにもかかわらず、2306 名の死者、7221 棟の全壊家屋という甚大な被害を出した。ここでは 1 次モデルとして、低倍率の地震計記録をデジタル化して震源過程インバージョンを行った Kikuchi et al. (2002) (4 の震源パラメータを採用した。その主なパラメータを表 2 に示す。同様に、余震のメカニズムが本震と同様であると仮定して、クーロン応力変化と現在の微小地震活動度($M \geq 1.45$)との対応を調べた結果を図 3 に示す。1943 年鳥取地震の場合とは対照的に、現在の微小地震活動は三河地震によるクーロン応力変化とほとんど相関がないように見える。

表 2 1945 年三河地震の断層パラメータ(4)

STRIKE (degree)	N135° E
DIP (degree)	30
Rake (degree)	65
Length (km)	20
Width (km)	15
Average Slip (m)	1.1

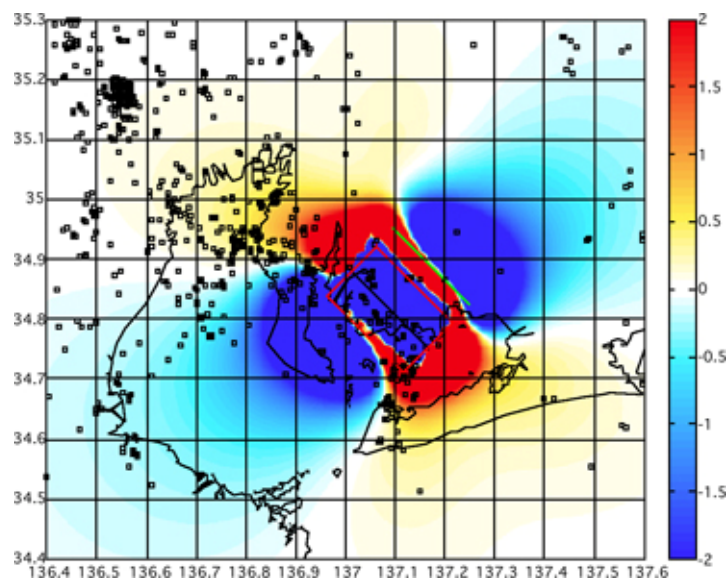


図 3. 1945 年三河地震によるクーロン応力変化と近年の地震活動

議論

1943 年鳥取地震や 2000 年鳥取県西部地震が発生した領域はきわめてせん断歪速度が遅いことが指摘されている(5)。余震活動継続期間(固有緩和時間 t_a)は、以下のように書き表すことができる(6)。

$$t_a = \frac{A\sigma}{\tau}$$

ここで A は摩擦構成則における構成パラメータ、 σ は断層面にかかる全法線応力、 τ はせん断歪速度である。従って、せん断歪速度が遅い領域では余震活動継続時間が長くなり、大地震によって発生した応力変化が長期にわたって地震活動に影響を与えることが予想される。その一方で、1945 年三河地震の震源域は鳥取地震震源域に比べてせん断歪速度が大きいため、本震による応力変化はほぼ緩和され、現在の微小地震活動から推定することが困難であると考えられる。

結論ならびに今後の課題

せん断歪速度の遅い領域で発生した 1943 年鳥取地震について、本震による静的クーロン応力変化と現在の微小地震活動から、その震源メカニズム等を推論することができる可能性を示唆した。その一方で、1945 年三河地震については相関が認められなかった。これらの推論は背景的地震活動度や余震の時間減衰特性に大きく依存するため、その適用限界を十分に把握した上で行う必要がある。今後は、様々な大地震について余震の活動度、および継続時間を調査し、その評価をより定量的に行うとともに、適用限界の指標付けを行う予定である。

文献

- 1) 佐藤良輔, 日本の地震断層パラメータハンドブック, 鹿島出版会, 390p, 1989.
- 2) Kanamori, H., Determination of effective tectonic stress associated with earthquake faulting. The Tottori earthquake of 1943, *Phys. Earth. Planet. Interiors*, 5, 426-434.
- 3) Toda, S., R. S. Stein, K. Richards-Dinger and S. Bozkurt (2005), Forecasting the evolution of seismicity in southern California: Animations built on earthquake stress transfer, *J. Geophys. Res.*, B05S16, doi:10.1029/2004JB003415.
- 4) Kikuchi, M. M. Nakamura, and k. Yoshikawa, Source rupture process of the 1944 Tonankai earthquake and the 1945 Mikawa earthquake derived from low-gain seismograms, *Earth Planet and Space*, 55, 159-172, 2003.
- 5) Sagiya, T., Miyazaki, S. and Tada, T. Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan. *Pure Appl. Geophys.*, 157, 2303-2322.
- 6) Dietrich, J. H., A constructive law for rate of earthquake production and its application to earthquake clustering. *J. Geophys. Res.*, 99, 2601-2618, 1994.

平成 20 年度実施計画

引き続き、余震活動と ΔCFF との対応について調査し、より定量的な議論を行う。首都直下の 5 地震（長期評価で指摘された、1894 年 6 月 20 日 M7. 0、深さ 80km の地震；1895 年 1 月 18 日 M7. 2、深さ 40-80km；1921 年 12 月 8 日 M7. 0、深さ 53km、1922 年 4 月 26 日 M6. 8、深さ 71km；1987 年 12 月 17 日 M6. 7、深さ 58km）について、余震分布を推

定する。このため過去の地震記象と現在の地震観測記録との対比、古い地震の観測記録等に基づく震源再決定や最近の地震の精度良い相対的震源決定などを行う。現在の知識に基づく、第一次余震モデルを構築する。プレート境界地震については、相似地震に対して相似則を適用することにより、マグニチュード別の地震の平均繰り返し間隔、特に首都圏に多大な被害を与える M7 級程度の地震の発生間隔を推定する。スラブ内地震については、コストロフ式を適用し歪速度から地震モーメント放出率を推定する手法を開発する。

平成 21 年度 構造モデルグループの成果を用いて、余震モデルの改良を試みる。スラブ内地震の地震発生ポテンシャル評価手法を完成する。構造モデルグループの成果を用いて、その発生位置・規模の予測に基づき、推定された地震モーメント放出率から平均発生間隔を推定する。

平成 22 年度 構造モデルグループの成果を用いて、余震を再決定し、第二次余震モデルを作成する。地震波の解析グループの成果を用いて、これまで得られたプレート境界の地震およびスラブ内の地震の規模、発生間隔の検討を行う。

平成 23 年度 地震波の解析グループによって得られた震源過程モデルと余震モデルとを比較検討して、最終的な余震モデルを完成する。震源断層モデルグループによって推定される歴史地震の深さを考慮して、首都圏 M7 地震をプレート境界地震とスラブ内地震に類型化し、それぞれの平均発生間隔の推定や規模予測を行うとともに最新活動時期から確率予測を試みる。首都圏の古地震年表、歴史地震年表により、震源間の相互作用の有無を検討する。プレート構造調査、地殻構造調査の成果等を踏まえた解析を行うことにより、首都直下の地震について再評価し、地震調査推進本部調査委員会が「その他の南関東の地震」としてまとめて評価を行った M7 程度の地震の震源域の位置（プレート境界地震、スラブ内地震）、繰り返しの有無等を推定する。