

7 - 2 兵庫県南部地震による応力変化と地震活動との定量的な比較 Quantitative comparison of seismicity with static stress change by the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake

京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

大地震後、その周辺域で地震活動が変化する現象はこれまでも報告されている。この現象は大地震のコサイスマックな応力変化によって生じると考えられている。1995年兵庫県南部地震の直後にも、その周辺域で微小地震活動が変化した(第1図)。今回、近畿地方中央部において、兵庫県南部地震に伴う応力変化と微小地震活動の変化とを比較し、考察をおこなった。

兵庫県南部地震による各地でのせん断応力変化を推定するために、まず、Okada (1992) の計算式を用いて歪を計算した。これは、矩形断層のすべりにともなう半無限媒質中の歪を計算するものである。兵庫県南部地震の断層モデルとしては、測地インバージョンによって推定された断層モデルを使用した(橋本, 1996)。次に、各地域での歪を断層面上のせん断応力に変換した(第2図)。ここで、断層面の走向と傾斜は、微小地震のメカニズム解を用いて推定している。微小地震活動の変化を見るために、京都大学の微小地震観測網で観測されたM1.0以上の地震データを使用した。ちなみに、徳島地域と和歌山地域については、気象庁の震源データ(M2.0以上)を使用した。ここで、領域を(1)兵庫県南部地震直後から地震活動が始まった地域、(2)兵庫県南部地震以前から定常的な地震活動があった地域、の2地域に分類し、それぞれの地域における応力変化と地震活動との関係を考察する。

(1) 兵庫県南部地震直後から地震活動が始まった地域

兵庫県川辺郡猪名川町では、兵庫県南部地震の直後から深さ2~4kmで群発地震活動が始まった。この地域を南北1km×東西5kmのメッシュに分け、各メッシュにおけるせん断応力の変化量と地震発生数(1995年1月17日~1996年6月30日)とを比較した。その結果、群発地震はせん断応力が0.05MPa以上増加した地域で発生していることがわかった(第3図a)。猪名川地域の浅い地震活動は兵庫県南部地震発生直後(10時間後)から始まったこととあわせて考えると、この群発地震は兵庫県南部地震によってせん断応力レベルが破壊条件を超えたために始まったと解釈した。また、各メッシュでの地震発生数はせん断応力の増加に伴って指数関数的に増加している。

(2) 定常的に地震活動のあった地域

兵庫県南部地震周辺域(北摂-丹波地域、山崎断層周辺域、和歌山市)では、兵庫県南部地震以前から地震活動が活発である。これらの地域におけるせん断応力の変化と地震活動の変化を比較した。地震活動の変化の指標として、兵庫県南部地震の前2年間の単位時間当たりの発生数と、地震後1年間の単位時間当たりの発生数との比をとった。(1)と同様に、近畿地方中央部全体においても、せん断応力の増加した地域では応力増加に比例して地震活動が増加している(第3図b)。せん断応力が0.1MPa増加すると、地震活動度は32倍に増加する。一方、和歌山市地域や山崎

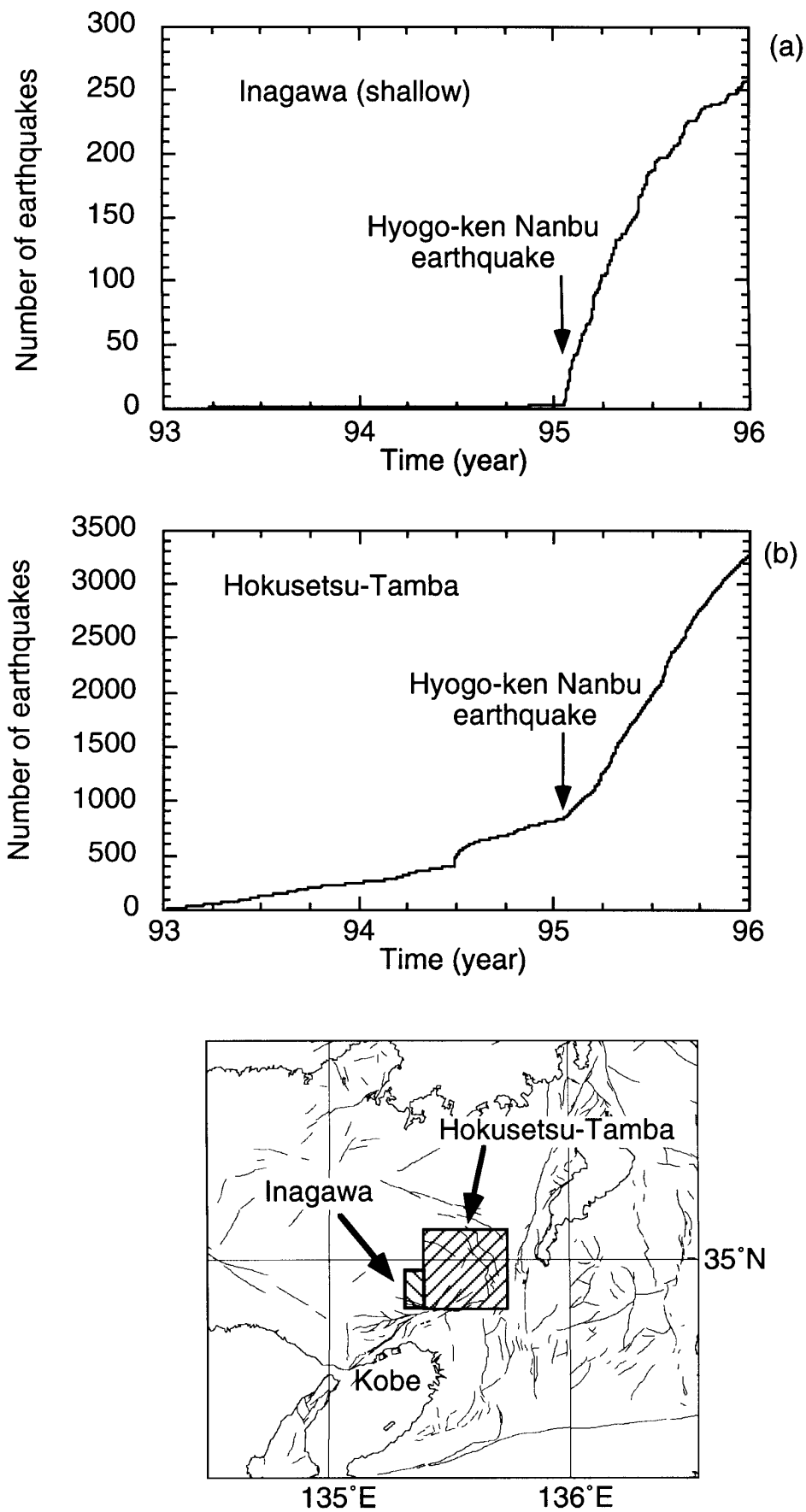
断層南東部のように、せん断応力の低下した地域では、地震活動に変化がみられない。

地震活動の活性化現象は3ヶ月～2年以上継続していることから、破壊が適当な時間差をおいて発生する、いわゆる遅れ破壊が微小地震発生の基本となっていると考えた。そこで、微小地震の発生場における間隙水圧の移動モデルをセルオートマトンで再現し、遅れ破壊によって上記の観測結果を説明できるかどうかを調べた。一般的なセルオートマトンでは、応力がクーロンの破壊条件に達した点では必ず破壊が生じる。しかし今回は、遅れ破壊を再現するために、応力がクーロンの破壊条件より小さくても応力があるしきい値以上の時にはある確率で破壊が生じるとした(第4図 a)。この条件下で、システム全体の応力を一定値だけ変化させる(第4図 b)。システム全体の応力が増加する時、破壊を起こせる領域は大きく増加する(第4図 b)。しかし、システム全体の応力が減少する時にはほとんど変化しない。破壊を起こす可能性のある領域の増減は、地震発生数の増減に直接関係するといえるので、遅れ破壊を導入したセルオートマトンでも微小地震でも、応力減少の時には地震活動があまり低下しないことになる。このように、変形セルオートマトンモデルには、応力変化に対する微小地震活動の変化がよく現れる。以上のことは、微小地震の破壊過程には遅れ破壊の効果が強く現れている可能性があることを示している。

(中村衛)

参 考 文 献

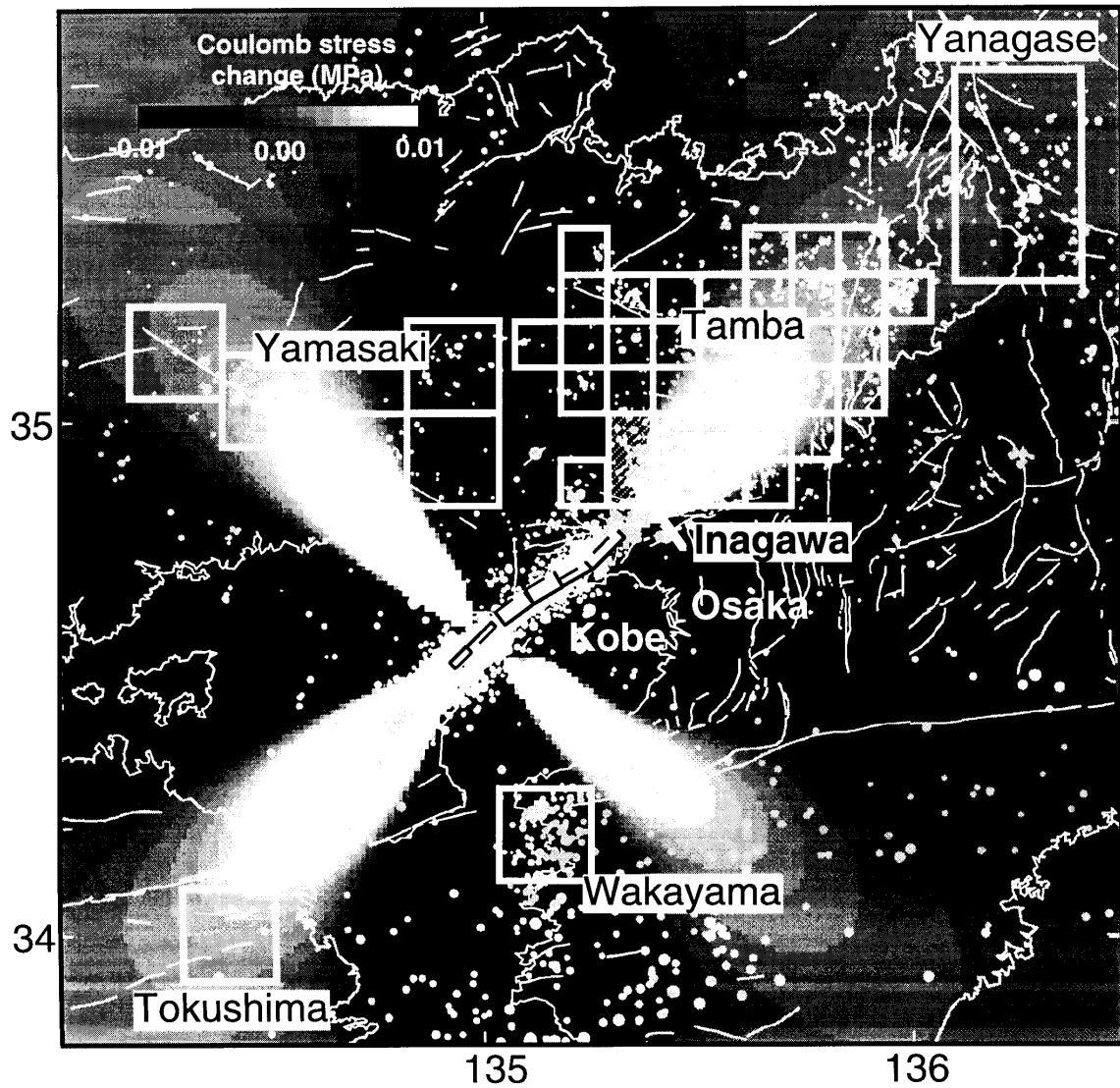
- 1) 橋本 学, 兵庫県南部地震に伴う応力変化:断層モデルによるクーロン破壊関数の変化の計算と地震活動の変化との比較. 地震, 48, 521-530, 1996.
- 2) Okada, Y., Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am., 82, 1018-1040, 1992.



第 1 図 各地域での地震発生数の変化。

(a)兵庫県猪名川地域 (深さ 0 - 5km), (b)北摂, 丹波地域。

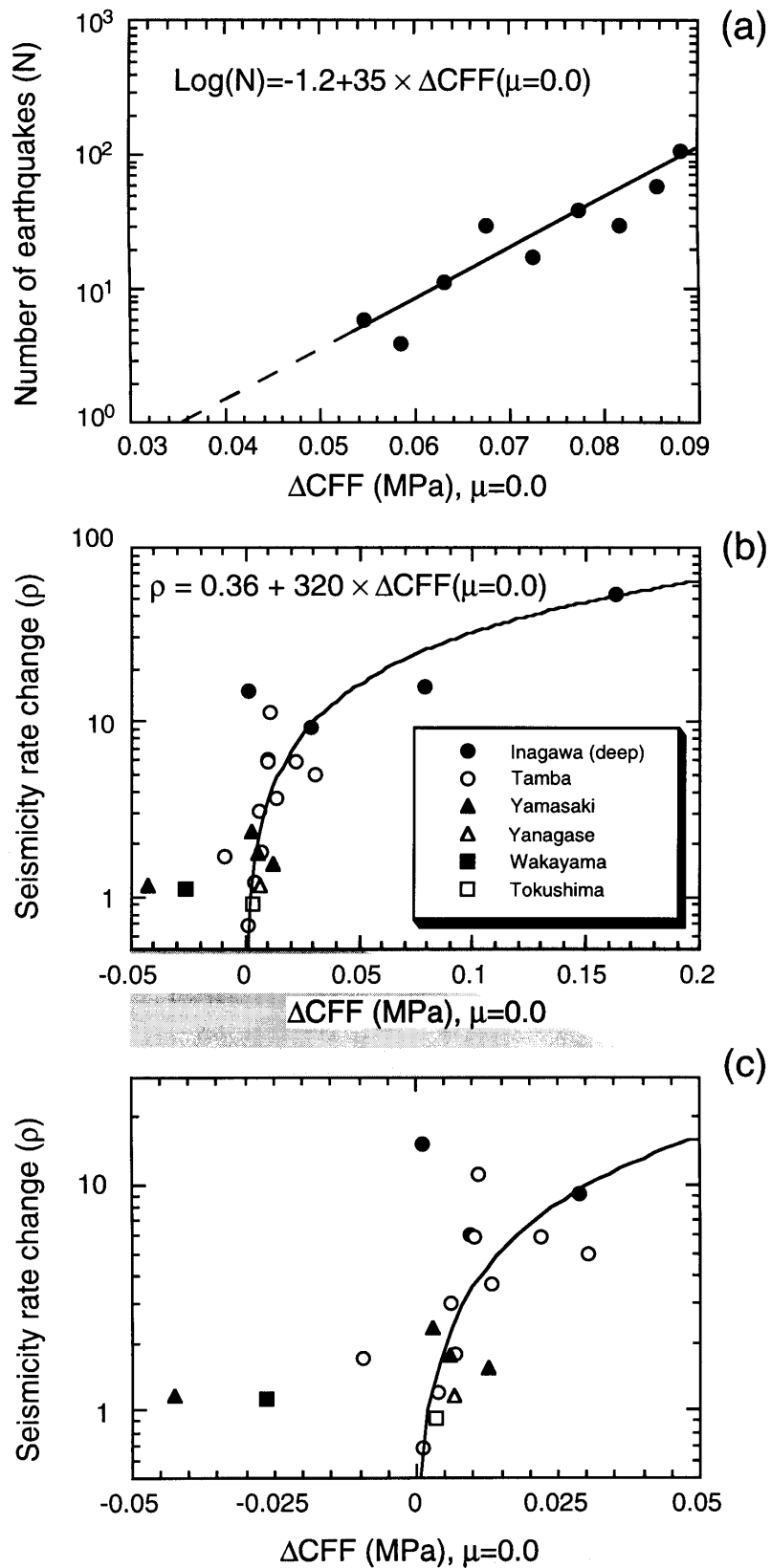
Fig. 1 Cumulative number of the micro-earthquakes at (a) : Inagawa region at the depth from 0 to 5 km, and (b) : Hokusetsu-Tamba region.



第2図 兵庫県南部地震によるせん断応力変化

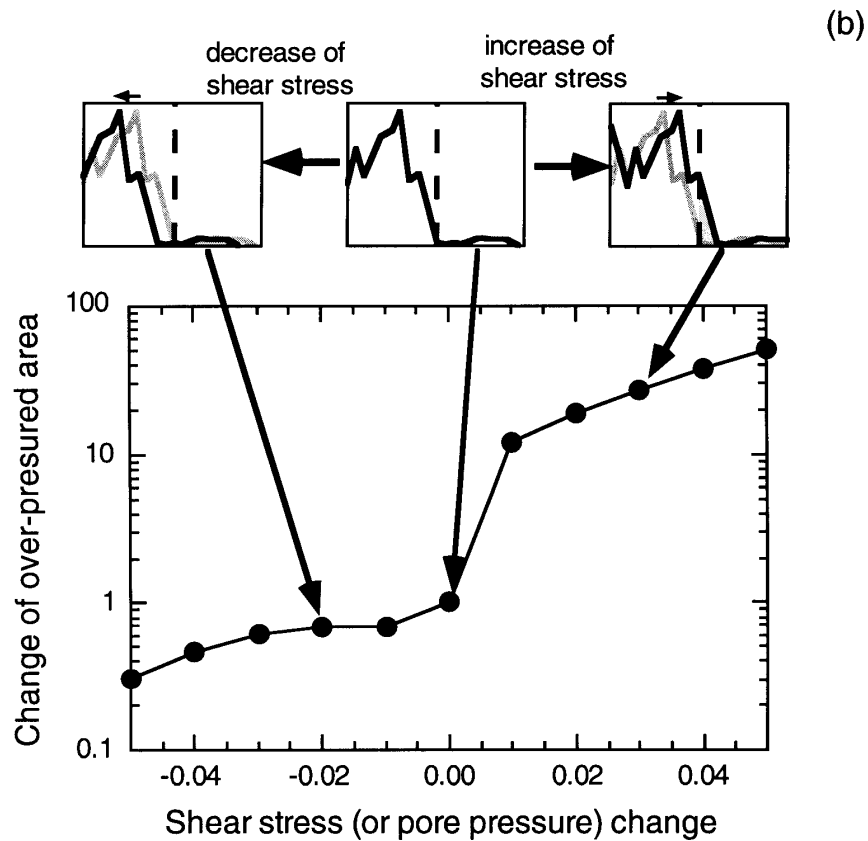
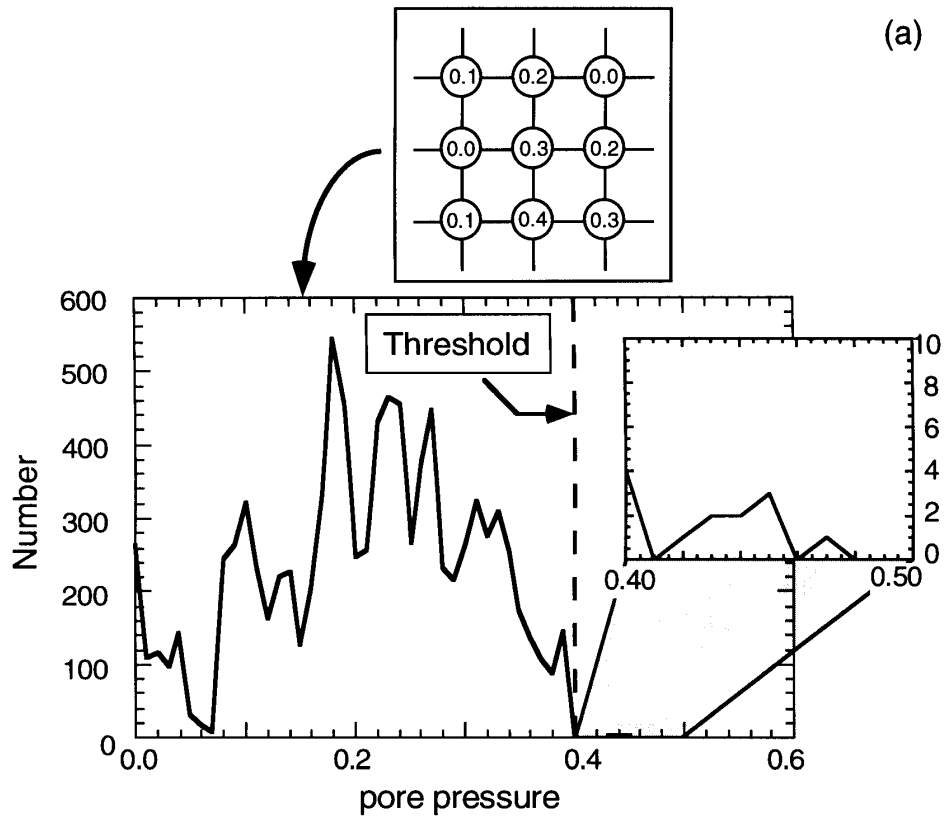
(深さ 10km, 走向 N45 沸の右ずれ断層, $m=0.0$ を仮定。)

Fig. 2 Static shear-stress change by the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake (right lateral slip on vertical plane striking N45, $m=0.0$) at the depth of 10 km.



第3図 (a) 猪名川地域 (深さ 0 - 5km) における, せん断応力変化に対する地震発生数の変化。
 (b) 近畿地方中央部における, せん断応力変化に対する地震発生レ - トの変化。

Fig. 3 Static shear stress change vs. (a) : number of micro-earthquakes at the shallow part (at the depth from 0-5 km) of Inagawa region and (b) : seismicity rate change at central part of Kinki district.



第 4 図 (a) 変形セルオートマトンを用いたシステム内での間隙圧値のひん度分布。(b) 全体の応力を変化させた場合における、地震発生可能域(しきい値を越えた領域)の変化。

Fig. 4 (a) : Stress frequency in the modified cellular-automaton model. (b) : Change of the area where failure can be generated.