

異なる物理指標間関係の時間変化の特徴 —地殻活動理解に向けて—

河村 将*, 工藤 健**, 山岡 耕春***

Temporal Changes in the Relationships between Different Geophysical Measures —For Understanding of Crustal Activities—

Masashi KAWAMURA*, Takeshi KUDO** and Koshun YAMAOKA***

(Received September 1, 2008)

For a comprehensive understanding of crustal activity, we investigated the temporal changes in relationships between different geophysical measures, which are dilatation rate, maximum shear strain rate, seismic energy, and the number of earthquakes. These were examined by drawing scatter diagrams using the same grid-formatted data for seismicity and strain rate in a region surrounding the source area of the 2004 Mid-Niigata Prefecture Earthquake. In result, release of larger earthquake energy was initiated by relatively smaller-magnitude earthquakes six months to a year before the large earthquake in areas of smaller strain rates rather than of larger ones. This result was compatible with the temporal changes in other new geophysical measures, which are the mean of each of the earlier four measures for a circular region centered at the epicenter of a large inland earthquake, that for a broader circular region, and the ratio of the former to the latter.

Keywords: Seismicity, Earthquake energy, Crustal activity, Strain rate,

1. はじめに

日本列島で発生する内陸地震は列島を取り囲む4つのプレートの相互作用による地殻活動の反映である。さまざまな地域における地殻活動の時間発展を監視しその特徴を理解することは、内陸地震発生準備過程の理解のためにも極めて重要である。そのための準備として河村他(2007)¹⁾は、日本列島の地殻変動を反映したGPSデータを用いて空間連続歪み速度(面積歪み速度、最大せん断歪み速度)分布図(グリッドフォーマットの歪み速度データセット)を作成した。今回は、同じフォーマットの分布図を、地震活動を表す指標(地震エネルギー、地震数)に対しても作成した。これら同じフォーマットの分布図を手元に置いておけば

各種統計解析、例えば任意の指標を2種類ずつ組み合わせさせて散布図を作成し、分布の形の時間発展をさまざまな地域で監視するといったことが可能になる。これにより、地殻で起こっている物理現象の理解につながる事が期待される。本報告では、2004年新潟県中越地震²⁾震源域周辺において地震発生前数年間にわたり得られた異なる指標間関係の時間変化について紹介する。

2. 地震活動空間連続分布図

地震活動を表す指標に関する空間連続分布図作成には気象庁一元化震源カタログを使用した。以下、作成方法について簡単に紹介する。なお、歪み速度空間連続分布図の作成方法については河村他(2007)¹⁾に詳しい。まず日本列島を、歪み速度空間連続分布図作成時に使用したのと同じ大きさのグリッドに分割する。各計算グリッドに1つの値を割り当てるために、計算グリッドから半径60km以内、深さ30km以浅に存在

*地球ウォッチ・市民安全センター (Earth Watch - Safety Net Research Center)

**理学教室 (Department of Natural Science and Mathematics)

***名古屋大学地震火山・防災研究センター (Research Center for Seismology, Volcanology and Disaster Mitigation, Nagoya University)

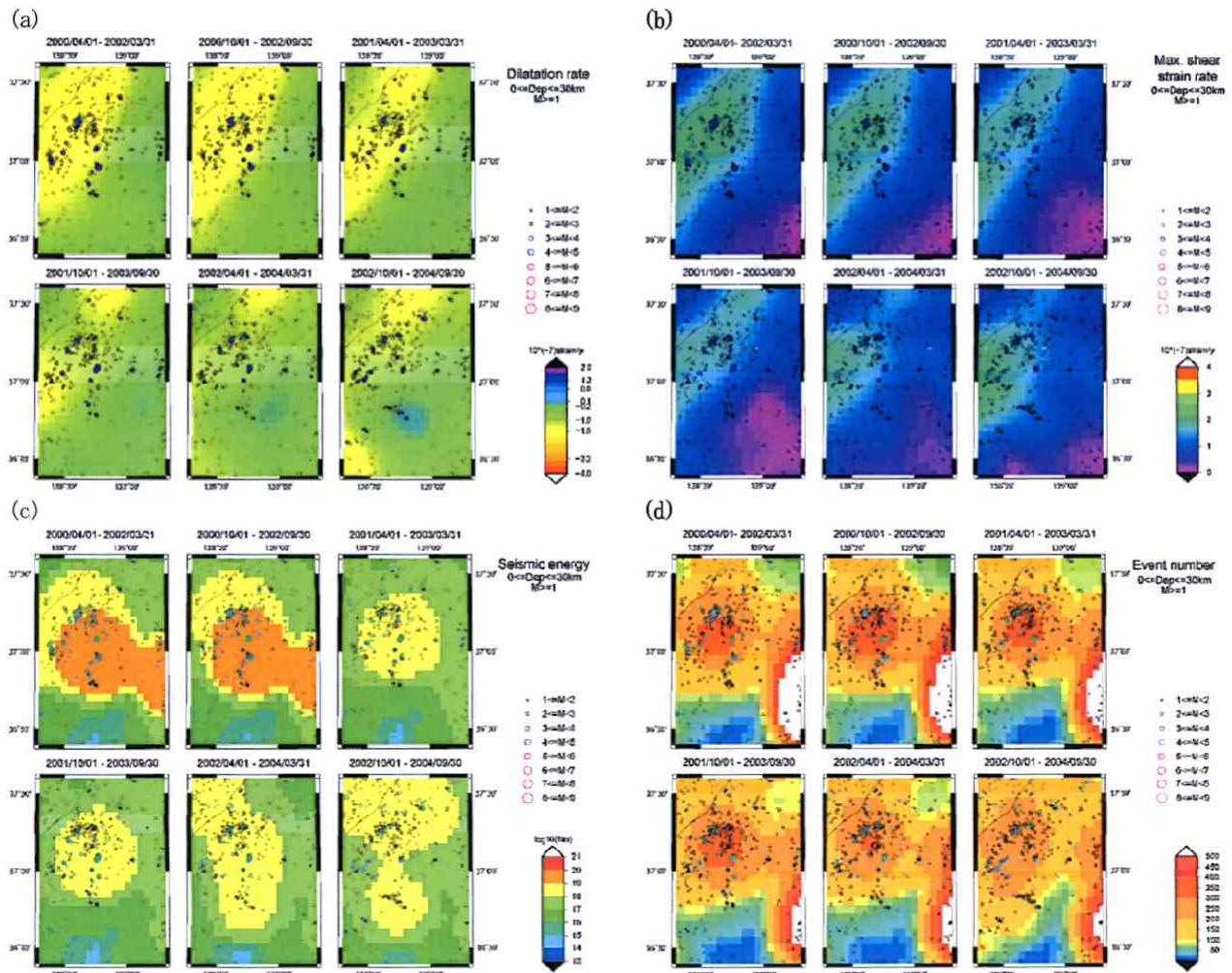


図1 各期間(2年間)における(a)面積歪み速度、(b)最大せん断歪み速度、(c)地震エネルギー、(d)地震数の空間連続分布図。新潟県中越地震(2004年10月23日発生、震央(138°52', 37°18'), 図3(a)参照)の約半月前まで半年ずつ時間を進めて表示。各期間に発生した深さ30km以浅、マグニチュード(M)1.0以上の地震の震源も合わせて表示。

するマグニチュード1.0以上の地震を用いて、求めたい指標の値を計算し足し合わせた。ただし、足し合わせる際に計算グリッドからの距離に応じた重みを次のように各地震に加えた。

$$P = P_i \exp(-R^2/2R_0^2) \quad (i=1, n)$$

ここで、 P_i は地震*i*から計算される任意の指標を表す値、 n は計算グリッドから半径60km以内、深さ30km以浅、マグニチュード1.0以上という条件を満たす地震の総数、 R は震源と計算グリッド間の距離、 R_0 は重みを調整する任意の設定値(ここでは $R_0=60\text{km}$)である。

図1(a)から図1(d)は、それぞれ2004年新潟県中越地震震源域周辺の面積歪み速度、最大せん断歪み速度、地震エネルギー、地震数を表す空間連続分布図である。各図は、表示された期間(2年間)の地殻変動(GPS)データおよび地震活動(震源カタログ)データを使い評価されたもので、新潟県中越地震発生時(2004年10

月23日)の約半月前まで半年ずつ時間を進めて表示してある。これらの図(グリッドデータ)は、地殻活動総合理解に向けた各種解析の重要な基礎データとなる。

3. 新潟県中越地震に先立つ地殻活動

地殻活動を表すのにどういう指標をどれくらい用い、どのような図で表現するのがよいかは、地殻活動総合理解に向けた重要な問題である。ここでは、新潟県中越地震震源域周辺を例に、地殻活動を理解する一助として散布図の活用を試みた(図2)。

図2は地殻変動データから作られる指標と地震活動データから作られる指標とを組み合わせ、各指標間関係の時間変化を追ったものである。図の縦軸は地震活動に関する指標に対応し、各々の期間に対し上側が地震エネルギー、下側が地震数を表す。横軸は地殻変動

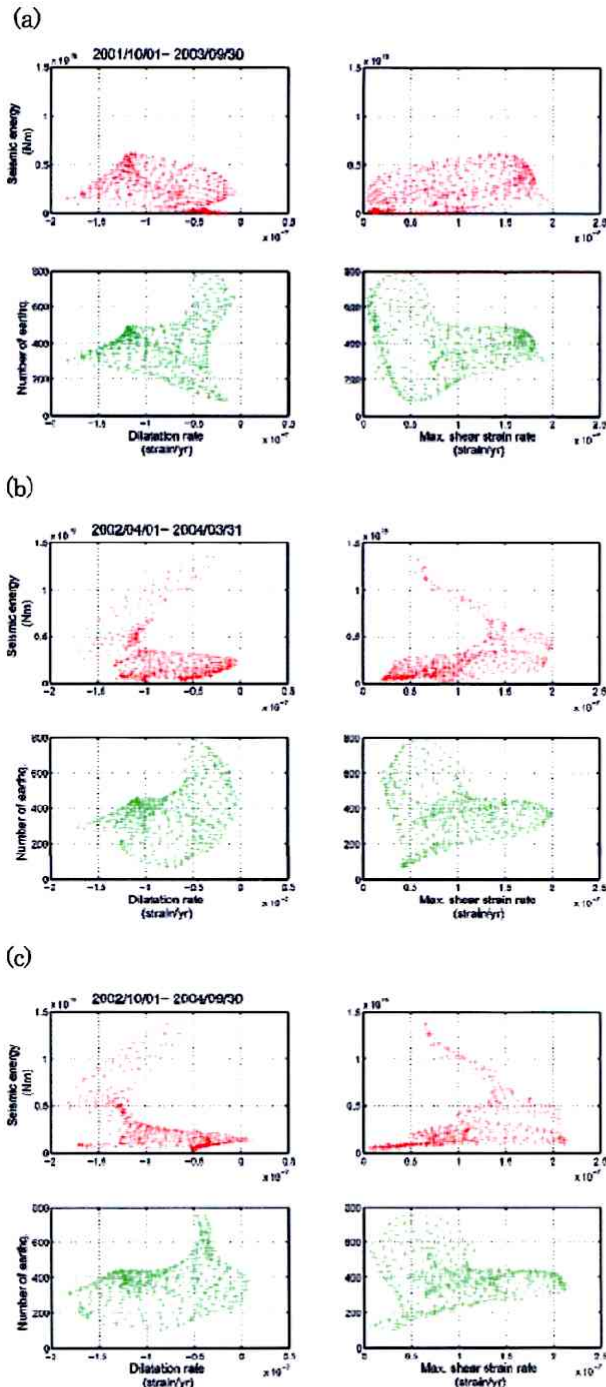


図2 地殻変動(GPS)データから作られる指標と地震活動データ(震源カタログ)から作られる指標とを組み合わせた散佈図。表示された期間(2年間)の各指標間関係を(a)から(c)まで半年ずつずらし、その変化を追っている。縦軸は地震活動に関する指標に対応し、上側が地震エネルギー、下側が地震数を表す。横軸は歪み速度を表す。

に関する指標に対応し、左側が面積歪み速度、右側が

最大せん断歪み速度を表す。示されたすべての期間にわたり地震数が歪み速度の小さい領域で多いという傾向は変わらないが、地震エネルギーはこれとは違う傾向を示している。図2(a)に示した2001年10月1日から2003年9月30日までの2年間は、どの歪み速度の領域でも同じくらいの地震エネルギーが解放されているが、その後は歪み速度の小さい(小さくなった)領域ほどエネルギー解放の度合いが高まっている。

4. 別の定量的指標から見た地殻活動

図1、図2から得られる情報を別の観点から定量的に表現する試みとして、震源近傍領域(R1)における各指標(面積歪み速度、最大せん断歪み速度、地震エネルギー、地震数)の平均値および震源を含む広域(R2)における各指標の平均値、さらにそれらの比の時間変化を調べた(図3)。この比は、着目する指標の増加や減少がR1において卓越している(比が増加する)のか、むしろR2で起こっている(比が減少する)のかを表す指標となる。大規模内陸地震の発生が迫っている地域とそうでない地域でこの指標の時間変化が異なる傾向を示すのであれば、地殻活動を理解する上で非常に有効な情報となる。

図3より、新潟県中越地震に先立ち(灰色のパッチ範囲より前)、次のような傾向が読み取れる。

- 1) 2001年頃より、R2における面積歪み速度平均値の減少と、R1におけるそれのより大きな減少(比の減少、ただし直前にやや増加)。
- 2) 2000年頃より、R2よりもR1における最大せん断歪み速度平均値の相対的に大きな減少(比の減少)。
- 3) 2002年頃より、R1で解放される地震エネルギー平均値の減少と、R2におけるその増加(比の減少、ただし直前にやや増加)。
- 4) 2001年頃、R2における地震数平均値とR1におけるその逆転。2002年頃より、比が2年間にわたる増加から減少に転換。

このうち1)、2)、3)から、新潟県中越地震発生に先立ち歪み速度の小さい(小さくなった)領域ほどエネルギー解放の度合いが高まるという先の図1・図2に基づく解釈を説明できる。地殻活動を総合的に解釈するためには、このようにさまざまな指標を用いた解析事例を増やしていく必要がある。

5. まとめ

地殻活動を総合的に理解するための一歩として、地殻変動データおよび地震活動データからそれぞれ異なる

る指標を作成し、同じフォーマットのグリッドデータ（空間連続分布図）に変換した。これは、地殻活動理解に向けた各種解析のために重要な基礎データとなる。地殻活動総合理解の試みの1つとして、これらの指標を組み合わせた散布図を用いて、2004年新潟県中越地震震源域周辺を例に、異なる指標間関係の時間変化を調べた。その結果、新潟県中越地震に先立ち、歪み速度の小さい（小さくなった）領域ほど地震によるエネルギー解放の度合いが高まる傾向が見られた。この傾向は、別の観点から作成した定量的指標にも現れていた。地殻活動総合理解のために今後、地震の発生していない地域を含めた解析事例の積み重ねと、新たな指標を用いた解析を行っていくことが必要である。

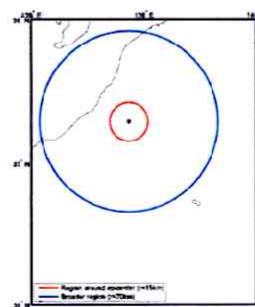
謝 辞

本研究は、文部科学省私立大学学術フロンティア推進事業（平成18年度選定）による援助を受けた。ここに記して感謝する。

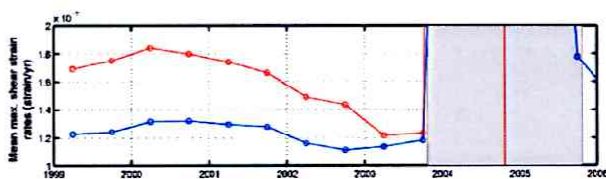
参 考 文 献

- 1) 河村将・工藤健・山岡耕春：歪み速度分布図作成ツールの開発—地下天気図作成へ向け—, 中部大学工学部紀要, 43, 87-90, 2007.
- 2) Sakai S., N. Hirata, A. Kato, E. Kurashimo, T. Iwasaki, and T. Kanazawa, Multi-fault system of the 2004 Mid-Niigata Prefecture Earthquake and its aftershock, Earth Planets Space 57, 417-422, 2005.

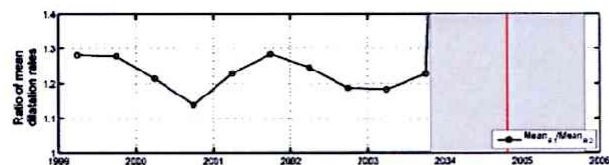
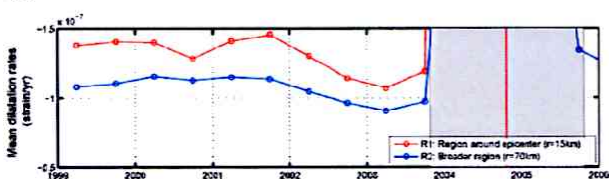
(a)



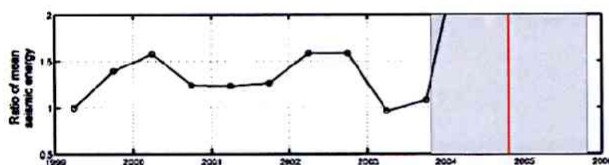
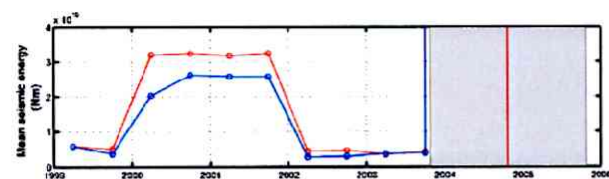
(c)



(b)



(d)



(e)

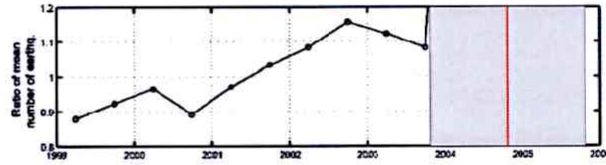
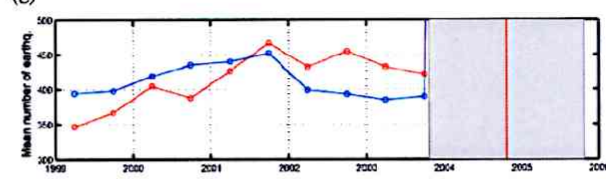


図3 震源 (a)の黒い×印) 近傍領域 R1 ((a)の赤い円内) およびそれを含む周辺広域 R2 ((a)の青い円内) における (b)面積歪み速度 (c)最大せん断歪み速度 (d)地震エネルギー (e)地震数の (上図) 平均値の時間変化 (折れ線の色は(a)に示された領域を表す円の色に一致) と (下図) R2における平均値に対するR1における平均値の比の時間変化。赤い縦線は新潟県中越地震発生日 (2004年10月23日) を表す。各点はその点を含む前後1年 (計2年間) のデータを用いて評価されているので、灰色のパッチは新潟県中越地震の影響を受けた時間範囲となることに注意。