

福島県西部と新潟県北部の地震活動の相関

田口陽介*・吉田明夫**

Correlation between seismic activities in western
Fukushima prefecture and in northern Niigata prefecture

Yosuke TAGUCHI* and Akio YOSHIDA**

(Received December 5, 1995; Accepted February 6, 1996)

Astract

The correlation between seismic activities in western Fukushima prefecture and in northern Niigata prefecture was investigated. There is an apparent correlation in the space-time distribution of earthquakes in the two regions, seen as a tendency for seismic activity in the two regions to become higher and lower in parallel.

In order to examine this characteristic quantitatively we calculated two-year moving averages of released seismic energy for the two regions, and by comparing them, obtained values as large as 0.69 for the correlation coefficient between the cube roots of the energy release rates. This result indicates that crustal stress is likely to undergo co-change in the two regions. No major active fault is known along that direction; we think the block structure of the crust may be related to this characteristic. The elucidation of the geological background to the seismic correlation remains as a future topic of study.

§ 1. はじめに

新潟県北部と福島県西部の地震活動の間に相関関係の認められることが、吉田ほか(1995)や東北大学理学部(1995)によって指摘されている。この相関性は両地域に発生した地震の時空間分布図やM-T図から推定されているもので、それを立証するためには更に定量的な評価を行ってみたいことが望ましい。本論文ではそうした考え方のもとに、上記の二つの地域の地震エネルギー解放量の変化曲線を求め、活発化の時期のずれも考慮しながらそれらの間の相関関係について調べた結果を報告する。

なお、データは気象庁地震月報及び同速報の震源を用いた。

§ 2. 方法と結果

離れた地域間における地震活動に相関があるかどうかを見るにはいくつかの方法がある。よく使われるのは、一つの地域で地震が発生した前後、例えば1年以内に他方の地域で地震がどのくらいの比率で起きているかを計

算し、そのcoincidenceの統計的有意性を検定するというものである。宇津(1975)は、関東の地震と飛驒の稍深発地震との関係の調査に初めてこの方法を用い、両地域の地震活動に相関があることを指摘した(吉田(1994)も参照)。

そのような個々の地震の発生時の対応を見るのではなく、数年から10年というやや長期的な時間スケールでの地震活動の活発化や静穏化傾向の一致から相関のあるなしを判断するという方法もある。吉田・高山(1992)はそうした考え方に基づいて近畿トライアングル周辺地域の地震活動の相関を調べ、美濃の活動が丹波、和歌山の活動に比べて3年ほど先行する傾向を持つことを示した。

地震活動の相関解析には、これら以外にも種々の方法がこれまでに試みられている。例えば、Tsuboi(1958)は日本列島をさしみ状に切って、各領域に発生した毎年の地震数の間の相関関係を計算し、互いに影響を及ぼし合う区域として地震プロビンスという概念を提唱した。また、三浪・山崎(1991)は、同じく日本列島とその周辺を $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ の領域に区切って、100日間毎の前後の期間で地震数が増大したか減少したか、そのセンスの一致性から相関の有無を調べた。

我々の目的にとって、実は以上述べたどの方法も適当ではない。というのは、Fig. 1に見えるように、今の場合、二つの地域の地震活動の相関性は個々の地震の発

* 若松測候所, Wakamatsu Weather Station

** 気象研究所地震火山研究部, Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute

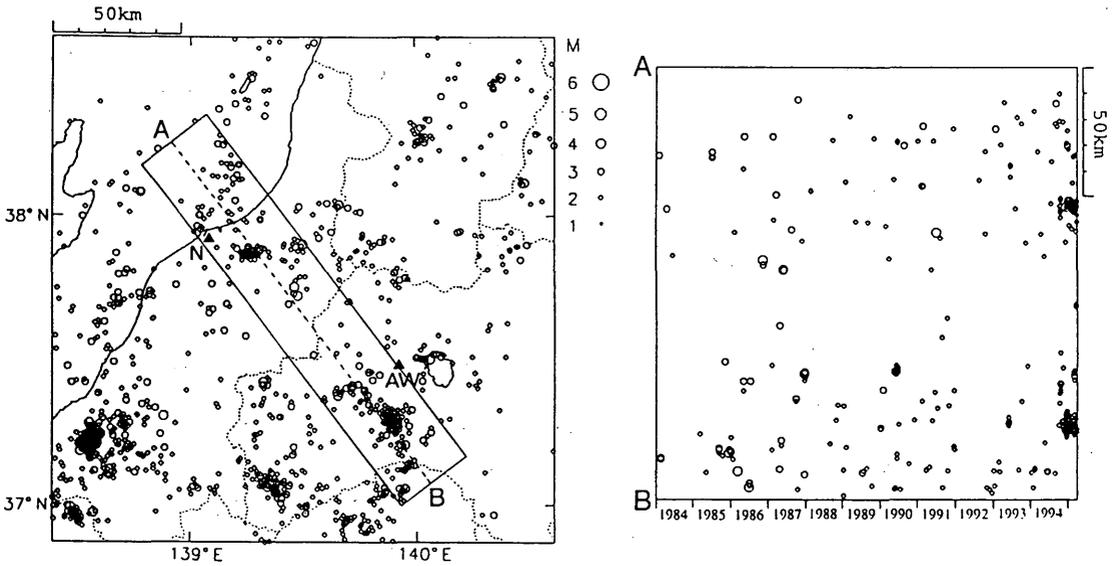


Fig. 1 Space-time distribution of earthquakes ($M \geq 2.0$, depth ≤ 30 km), which occurred in northern Niigata prefecture and in western Fukushima prefecture during the period Jan.1, 1984-Mar. 31, 1995. N and AW indicate Niigata city and Aizu-Wakamatsu city, respectively. After Yoshida et al.(1995).

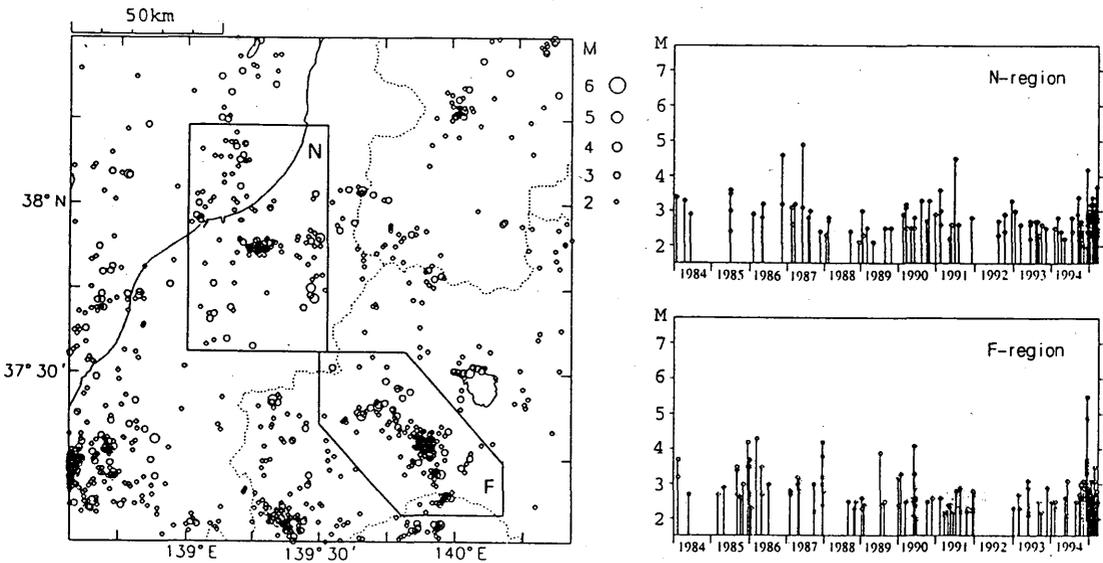


Fig. 2 Magnitude-time diagrams for seismic activities in northern Niigata prefecture (N-region : top of the right) and western Fukushima prefecture (F-region: bottom right).

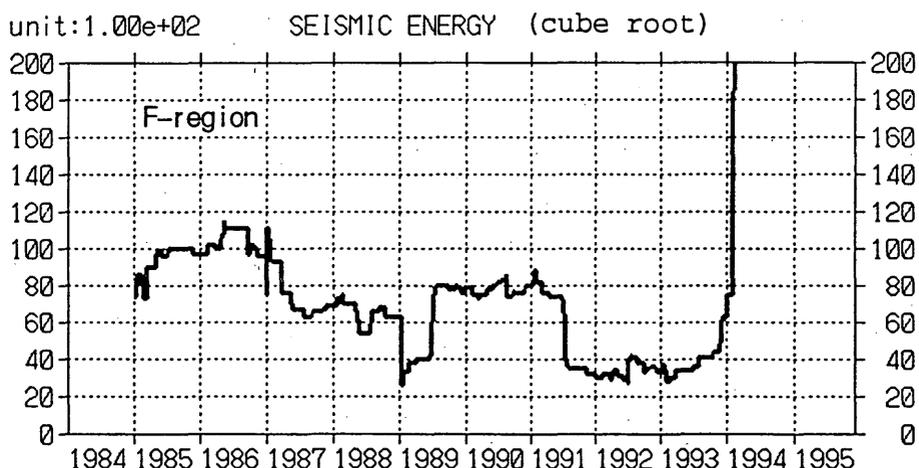
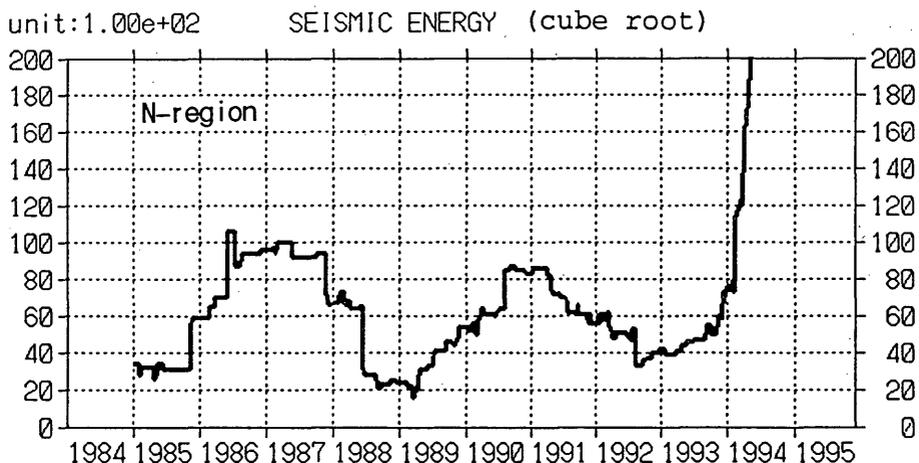


Fig. 3 Variation in two-year moving averages of the cube root of released seismic energy in the N (top) and F (bottom) regions.

生時や数の多寡の対応ということではなく、1984～1994年の間に、3回の活動期と静穏期を繰り返している、かつ、その活発な時期が互いに重なっているように見えるという形で現れているからである。この特徴を考慮に入れた相関性を調べるために、ここでは地震エネルギー解放量を比較することとし、周期3年程度の変化に特に着目して2年間(731日)の移動平均をかけて相関係数を計算した。

Fig. 2に相関を調べた二つの領域の範囲と、それぞれの領域に発生した地震の時系列を示す。Fig. 3は両地域の地震エネルギー解放量の1/3乗を731日移動平均して、その日々の変化をプロットしたものである。エネルギー解放量の1/3乗をとったのは、エネルギーそ

のものと相対的に大きな地震の寄与が支配的になってしまうことによる。エネルギーの1/2乗、1/3乗、2/3乗等の量は、前震活動の変化や、前兆的な活動状況の変化を定量的に扱う際、あるいは室内実験での微小破壊のAEの処理などでよく使われる(例えば、Wu et al. (1978)、丸山(1995))。

Fig. 3から、両地域のエネルギー解放量の変化はそれぞれが二つの山をもち、かつ双方とも1994年から再び活発化している様子が見てとれる。Fig. 4はこの関連性をexplicitに見るために、横軸に新潟地域、縦軸に福島地域のエネルギー解放量をとって、同日の値を対応させてプロットした散布図である。この分布の相関係数を計算すると0.35となってそれほど大きな値ではないが、

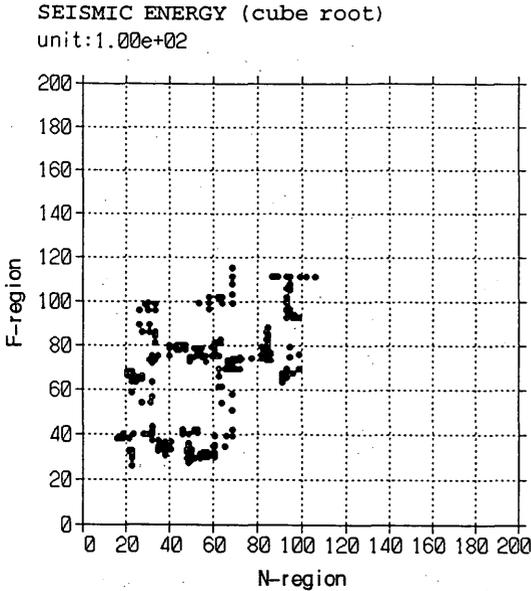


Fig. 4 Diagram showing distribution between daily values of the two-year moving averages of the cube roots of released seismic energy in the F and N regions.

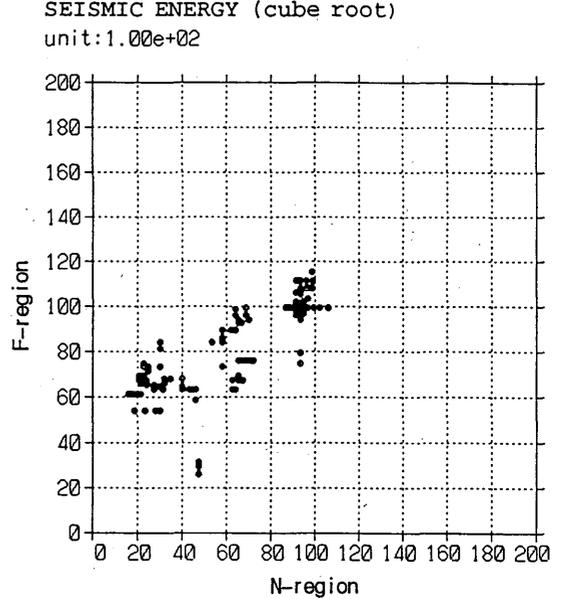


Fig. 6 Diagram showing distribution between the daily values of the two-year moving averages of the cube root of released seismic energy in the F and N regions, when values in the N region are taken 295 days in advance of those in the F region.

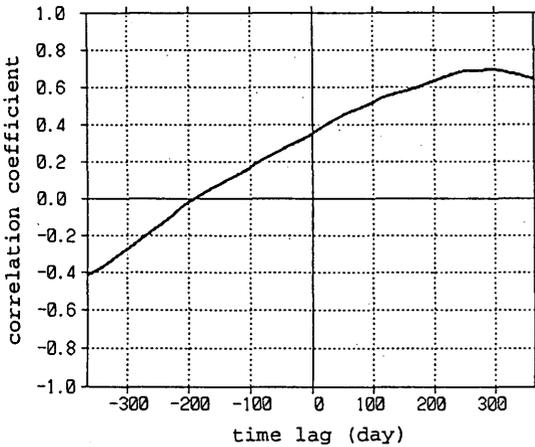


Fig. 5 Variation in correlation coefficient R between the cube roots of released seismic energy in the N and F regions, when time lag is taken into consideration. Plus values on the abscissa represent cases where the released energy in the N region is taken in advance of that in the F region (unit: day) in calculation of the correlation coefficient.

を見たFig. 5から明らかで、高い相関係数は福島県西部の活動を250～300日ほど遅らせて対応させた時に得られる。相関係数が最も大きくなるのは福島県西部の活動を新潟県北部の活動より295日遅らせた場合で、その時の値は0.69である。Fig. 6に最大の相関係数を与える時の散布図を示す。

なお、ここで相関係数の計算には1994年12月17日までのデータを用いている。というのは、1994年12月18日に福島県西部でM5.5の地震が発生し、Fig. 2に見るように、それ以降、福島県西部と新潟県北部の両地域で地震活動が著しく活発化したために、1994年12月18日以降の活動も入れて解析するとその影響が強くて、見かけ上、相関係数が非常に大きな値になってしまうからである。しかし、この双方の同時的活発化自体も、いってみれば互に関連しあっていることの有力な証左と見ることができる。福島県西部でM5.5の地震が起きた104日後の1995年4月1日に、新潟県北部でM5.5の地震が発生した。もし、新潟県北部の地震が福島県西部の活動に追随する傾向があることを前もって知っていたならば、福島県西部でM5.5の地震が発生した時点、あるいはそれに伴って新潟県北部でも活動が活発化した時点で、その後

実は、Fig. 3からも推定されるように、これら両地域の活動には活発化の時期にずれが存在する。そのことは対応させる日にちをずらしていった時の相関係数の変化

の推移にもっと注意を払うことができたかもしれない。このことは、本論文で行ったような地震活動の相関解析が、将来の活動の推移を予測する一つの判断材料としても活用しうる可能性があることを示している。

S 3. 議 論

二つの地域の地震活動に相関が見られるということは、それらの地域が力学的に互いに影響しあっていることを示している。そのような離れた地域間に力学的な相互作用を生じさせる背景には何があるだろうか。すぐに思い浮かぶのは地殻のブロック構造である。地表で観察される主要な活断層や構造線はそのようなブロック構造の一つの現れであるが、この他にも地下には隠れた構造が存在すると推定される。地震活動の相関や移動現象は、今のところそうした隠れた構造を探る数少ない手段の一つであるといつてよいだろう。

著者らは、地殻のブロック的構造とそれに関連した応力の伝播、あるいはそうした構造を通しての局所的な応力の蓄積過程を解明することは、内陸地震の発生メカニズムを理解する上で決定的に重要な意味を持つと考えている(吉田ほか(1996))。そのような重要性を鑑みるなら、地震活動の相関や移動現象の存在の有意性を議論するにあたってはできる限り定量的な評価を行うことが望ましい。先にも述べたように、相関現象の解析には地震活動のどのような特徴に注目するかによっていろいろな手法が考えられる。本論文は、これまでに試みられた方法とは異なる新しい手法を用いて福島県西部と新潟県北部の活動の相関解析を行い、その間に有意な相関が認められることを示したものである。ただし、この力学的な関係性が地学上のどのような構造に対応しているのかについては、今のところ明らかではなく、今後の問題として残っている。

最近、地震活動は広域的に関連して変化しているので

はないかという考えがいろいろなところからできている。そうした同時的、あるいは時間差を持った相関現象の解析を進めていくことは、地殻の力学的構造の解明につながり、ひいては内陸地震の発生の仕組みを明らかにしてその予知を達成するうえで重要な礎石となると思われる。

参考文献

- 丸山卓男(1995): 中国の地震予知, 地震ジャーナル, No.19, 68-75.
- 三浪俊夫・山崎義典(1991): 日本付近における地震活動の地域的な相関性, 福岡教育大学紀要, 40, 71-81.
- Tsuboi, C.(1958): Earthquake province-domain of synpathetic seismic activities-, J. Phys. Earth, 6, 35-49.
- 東北大学理学部(1995): 1995年4月1日に新潟県北部で発生したM6.0の地震について, 地震予知連絡学会報, 54, 106-110.
- 宇津徳治(1975): 関東地方の地震と飛騨地方の稍深発地震との相関について, 地震2, 28, 303-311.
- Wu, K.T., M. S. Yue, H.Y. Wu, S.L. Chao, H.T. Chen, W.Q. Huang, K.Y. Tien and S.D. Lu (1978): Foreshocks to the Haicheng earthquake of 1975. Certain characteristics of the Haicheng earthquake (M=7.3) sequence, Chinese Geophysics, AGU, 1, 289-308.
- 吉田明夫・伊藤秀美・細野耕司(1996): 内陸地震発生の直前に地質構造帯に沿って現れる地震活動の前兆的静穏化, 地学雑誌, 105, 15-25.
- 吉田明夫・高山博之(1992): 近畿トライアングル周縁域の地震活動の相関とその意義, 地学雑誌, 101, 327-335.