関東・東海・近畿地域における地震活動の 相関について

気象研究所* 高山博之・吉田明夫

Correlation of Seismic Activities in the Kanto, Tokai, and Kinki Regions

Hiroyuki TAKAYAMA and Akio YOSHIDA

Meteorological Research Institute, Nagamine 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

(Received May 12, 1992; Accepted July 31, 1992)

Correlation of seismic activities in the Kanto, Tokai, and Kinki regions has been investigated. We used an earthquake data file obtained from the JMA Earthquake Catalogue by removing swarm-like earthquakes. We divided the whole region ($N33^{\circ}$ – 36° , $E134^{\circ}$ – 141° , 0–60 km) into $6 \times 14 \times 2$ blocks and calculated correlation coefficients of the increase rates of seismic activities for every pair of the blocks. Significant positive correlation was found between the shallow seismicity (0–30 km) in Wakayama and the deep seismicity (31–60 km) in northern Chiba, and between the deep seismicities (31–60 km) in southwestern Kii and Choshi.

Key words: Correlation, Seismic activity, Kanto, Tokai, Kinki, Wakayama.

§ 1. はじめに

離れた地域間の地震活動の相関については、これまでに多くの研究がなされている。例えば、宇津(1975)は関東地方の地震活動と飛騨地方の稍深発地震の発生との間に関係が見られることを示し、また OHTAKE (1986) は、茨城県沖のプレート間地震と茨城県南西部の $M 6$ クラスの地震とが同期して発生する傾向のあることを指摘している。この他、大地震の発生が遠方地域に影響を与えた例として、1946 年南海道地震直後の九州中央部における群発地震の多発 [関谷 (1973)] や、1983 年日本海中部地震発生による三陸沖の地震活動の低下 [吉田 (1991)]、1964 年新潟地震後の信越地方の地震活動の活発化と松代群発地震の発生 [YOSHIDA (1988), MOGI (1988)] などがある。

上にあげた例は、いずれもテクトニックな関連が推定される地域間の地震活動の相関を指摘したものであるが、一般的に地震活動がどのくらいの距離まで相互に関連しあっているかを調べた例として Tsuboi (1958) の研究がある。Tsuboi は、ウラジオストック付近を中心に

とった放射線で日本列島とその沿岸域を 44 の細長いきしめ状の区域に分け、それら相互の区域間の地震活動の相関係数を計算して、平均的に 200 km 付近から相関が消えることを示した。彼は、また、相互に相関の高い六つの地震区の存在を指摘している。ただし、この研究がなされたのはプレートテクトニクス理論が現れる前であったため、内陸で起きる地震と海域のプレート沈み込み境界で起きる地震とが区別されておらず、区域の分け方にテクトニクス的に見て多少問題があるほか、有感距離が 200 km 以上という基準で地震を選んでいたので、区域によって M の下限にばらつきのある可能性も考えられる。更に、各年の地震数を使って相関係数を計算しているために、巨大地震の余震活動の影響が大きく現れている傾向も見られる。三浪・山崎 (1991) では、区域の分け方として $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ の矩形域をとったこと、地震データについては $M 3.5$ 以上としたこと、また地震発生数の相関でなく地震活動の増大、減少の傾向の変化のみに着目したことで、上記の問題に関して一応の考慮がなされている。しかし、1926 年以降の活動の変化を調べるにあたっては、その後の気象庁の地震観測網の拡充によって $M 3.5 \sim 4.0$ の地震の検知能力がかなり高まって

* 〒305 茨城県つくば市長峰 1-1

いることに注意する必要がある。また、三浪・山崎(1991)では $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ の区域の周辺域の地震活動を0.5の重みをかけて加えているため、彼ら自身指摘しているように、隣接する区域間で必然的に高い相関がでてしまっている。更に、100日間毎に切って、直前の期間に対して地震数が増えたか減ったか、その正負の符号のみを問題としているため、比較的短周期の、しかもわずかな増減が強調された形になっている。本論文では、単に地震活動の増加、減少のセンスだけでなく、数年にわたる活動の変化傾向の類似性に特に注目した相関の解析を行った。

§ 2. データと方法

調査対象とした範囲は、北緯 33° から 36° 、東経 134° から 141° の関東・東海・近畿にまたがる地域である。この範囲を $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ の42個の区域に分け、それぞれの区域間相互で地震発生数の変化の相関係数を計算して活動の関連を調べた。また、区域の分け方を緯度方向に $15'$ 、経度方向に $15'$ 、緯度と経度両方向に $15'$ ずつずらした場合についても相関係数を計算した。なお、深さに関しては、浅い地殻内地震とフィリピン海プレートのスラブ内地震を区別して、0~30 kmと31~60 kmの2層に分けた。

Fig. 1. Epicentral distribution of earthquakes with $M \geq 4$ during 1926–1990. (a) Shallow earthquakes (0–30 km). (b) Deep earthquakes (31–60 km). Earthquakes which occurred within 10 days after one earthquake at the epicentral distances of 10 km or less are removed. These maps were drawn by using the SEIS-PC program [ISHIKAWA *et al.* (1985)].

相関の計算に用いた地震データは、1926年から1990年までの、 $M 4.0$ 以上の気象庁震源データである。Fig. 1(a), (b)に、深さ0~30 km, 31~60 kmに分けて震央分布を示す。0~30 kmでは御前崎南方海域を除いてほぼ全域で地震活動が見られるが、31~60 kmについては関東地方で多く発生しているほかは、紀伊半島西南部、東海、房総半島南方沖でややまとまって起きていることがわかる。この深さの地震は、先に述べたように、フィリピン海プレート内の地震を表している。

ところで、震源データには、1944年東南海地震や1946年南海道地震の余震、それに伊豆地域などの群発地震が含まれている。こうした短期間に著しく集中した活動は、数年程度の変化の傾向を調べるうえではむしろ障害になる。そこで、気象庁の震源データから、半径10 km以内で10日以内に起きた地震については、最初の一つだけを残して後はすべて除いたファイルを作成し、相関の解析にはこの地震データファイルを使用した。Fig. 1に示した震央分布図もそのファイルによっている。Fig. 2(a), (b)は、時間・空間的に集中した活動を除去したことによる地震積算曲線の変わり様を、和歌山市付近と伊豆半島東方沖について見たものである。和歌山市付近では地震がほぼ定常的に発生しているため、上記のような処理によっても、わずか一つの地震が除かれるだけであるが、伊豆半島東方沖のような特に集中的な活動をする地域では、地震数がかなり減っていることが見てとれる。全域にわたる深さ0~60 kmの地震について、気象庁震源ファイルと上記の集中した地震を除いたファイルを用いた場合のそれぞれの積算曲線を比較すると(Fig. 3)、全般的な変化の傾向は二つのファイルであり違いはなく、また $M \geq 4$ の地震に関しては、平均的な発生率が1926年以降ほとんど変わっていないことがわかる。このことは、 $M 4$ 程度以上の地震については、気象庁地震観測網の検知能力増大の影響が小さいことを示している。これに対して、 $M \geq 3.5$ の地震をとると、Fig. 4(a), (b)に示すように、関東地方、近畿地方とも1960年代半ばからの地震発生率の増大が著しい。従って、もし $M 3.5$ 以上の地震を対象とすると、人為的な60年代半ばからの地震発生率の増大に伴う相関が現れてしまうことになろう。この人為的な地震発生率増加の影響は、例えば三浪・山崎(1991)の行っているような、全国の平均的な地震発生率を基準にとって、それを差し引くということでは除くことができない。何故なら、気象庁地震観測網の整備によって検知可能な地震の下限が下がってきた時期は、内陸と海域で、また内陸でも地域によってずれているため[例えば、望月・他(1978)]、全国一律には扱えないからである。また、全国地震発生率

Fig. 2. Comparison between the cumulative number of earthquakes for the original JMA catalogue (dotted line) and that for the modified earthquake catalogue (solid line), in which swarm-like earthquakes are removed. (a) Near Wakayama city (depth 0-30 km). (b) East-off Izu Peninsula (0-30 km).

Fig. 3. Cumulative numbers of earthquakes in the whole region for the original JMA catalogue (dotted line) and the modified catalogue (solid line), in which swarm-like earthquakes are removed.

Fig. 4. Comparison between the cumulative number of earthquakes with $M \geq 4$ (solid line) and that of earthquakes with $M \geq 3.5$ (dotted line). (a) The Kinki region (33° - 35° N, 135° - 137° E). (b) The Kanto region (34° - 36° N, 139° - 141° E).

はいろいろな地域での活動度の真の変化をも反映しており、それを基準にするということは、特定地域の地震活動の変化を見るうえで、いうならば時間的に波打った線からのずれをとりあげることになって、やはり見かけの変化を生じさせてしまう恐れがある。

次に本論文で採用した地震活動の相関の計算方法について述べる。まず、ブロック i で k 年に発生した地震の数を $N_{i,k}$ とし、 k 年以降 3 年間の地震の平均発生数とその前 3 年間の地震の平均発生数の差 $D_{i,k}$ を次式により求めた。

$$D_{i,k} = (N_{i,k} + N_{i,k+1} + N_{i,k+2})/3 - (N_{i,k-1} + N_{i,k-2} + N_{i,k-3})/3 \quad (1)$$

この値は、ブロック i についての k 年以降 3 年間の平均的な地震発生数と、その前 3 年間の平均的な地震発生数

の差（地震活動の増加率）を表しており、地震活動が活発化した時は正の値を、静穏化した時は負の値をとる。

次に、こうして求めた $D_{i,k}$ 、 $D_{j,k}$ を用いて 2 つのブロック i, j 間の地震活動の相関計数 $R_{i,j}$ を次式により計算した。

$$R_{i,j} = \frac{\sum_k (D_{i,k} - \bar{D}_i)(D_{j,k} - \bar{D}_j)}{\sqrt{\sum_k (D_{i,k} - \bar{D}_i)^2 \sum_k (D_{j,k} - \bar{D}_j)^2}} \quad (2)$$

ただし、 $\bar{D}_i$ 、 $\bar{D}_j$ はそれぞれ i ブロック、 j ブロックの地震活動増加率の平均を表す。

さらに、地震活動の相関に時間的な遅れや進みがあるかどうかを調べるため、相互に Δt 年（最大 ± 5 年）ずらした場合の相関 $R_{i,j \pm \Delta t}$ も次式により求めた。

$$R_{i,j \pm \Delta t} = \frac{\sum (D_{i,k} - \bar{D}_i)(D_{j,k \pm \Delta t} - \bar{D}_j)}{\sqrt{\sum (D_{i,k} - \bar{D}_i)^2 \sum (D_{j,k \pm \Delta t} - \bar{D}_j)^2}} \quad (3)$$

このような方法によって相関係数を計算すると、数年程度の地震活動の変化の傾向を強調して取り出すことができる。

なお、地震活動が活発でないブロック相互で相関係数を計算しても意味はないと考えられるので、1926～1990年の65年間で33個以上の地震があったブロック、すなわちほぼ2年に1個以上の割合で地震が起こったブロックどうしについてのみ相関の計算を行った。この基準により、相関を計算するブロックはかなり少なくなり、特に深さ31～60 kmでは関東地方と房総半島南方沖、紀伊半島南西部しか計算されていない。

§ 3. 計算結果

Fig. 5(a) は、影をつけたブロックで示されている三河付近の地震活動と、それ以外の区域の地震活動の相関

Fig. 5 (a) A diagram showing correlation of seismic activities between the Mikawa region (shaded block, 3Ga) and other regions. The black block indicates the region where the correlation coefficient of the increase rates of seismic activities is larger than 0.5. The block with vertical lines indicates the region where the correlation coefficient is smaller than -0.5. (b) Variation of the increase rate of seismic activity (three-year moving average) with time. The solid and dotted curves corresponds to Mikawa (3Ga) and southwestern Kii (5Ca), respectively.

を調べたものである。黒いブロックは相関係数 0.5 以上のところを、また縦線の入ったブロックは相関係数が -0.5 以下のところ、すなわち逆相関が見られたところを示す。ブロックの描いていない区域は、先に述べた相関を計算する条件を満たさない、すなわち平均してほぼ2年に1個以上の地震が発生していないところである。

Fig. 5(a) から、三河付近の浅い地震活動は四国から紀伊半島にかけての浅い活動と1～3年のずれで高い正の相関を持つことがわかる。いま、三河付近のブロック (Fig. 1 の3Gaに対応) と紀伊半島南西部のブロック (5Ca) について、相関係数の計算に使われた3年平均の地震発生率の差の変化曲線 (式 (1) を参照) を示すと Fig. 5(b) のようになる。これから、三河付近では1944年東南海地震に伴って、また、紀伊半島付近では1946年南海道地震に伴って地震活動が活発化しており、これが両地域で高い相関を持つ原因になっていることがわかる。

同様に、Fig. 6(a) は、紀伊半島南西部の影をつけたブ

Fig. 6 (a) A diagram showing correlation of seismic activities between southwestern Kii (shaded block, 5Ca) and other regions. The black block represents the region where the correlation coefficient of the increase rates of seismic activities is larger than 0.5. The block with vertical lines indicates the region where the correlation coefficient is smaller than -0.5. (b) Variation of the increase rate of seismic activity (three-year moving average) with time for four blocks (5Aa, 5Ba, 5Ca, 5Da) around the Kii Peninsula.

ロック (5Ca) の地震活動とその他の区域の地震活動の相関を調べたもので、相関係数が 0.5 以上のブロックは黒く、 -0.5 以下のブロックは縦線入りで示してある。Fig. 6(b) は、相関が見られた四国南東沖から紀伊半島にかけての 4 つのブロック (5Aa, 5Ba, 5Ca, 5Da) について、地震活動の 3 年平均発生率の差の年々の変化 (式 (1) を参照) を示したものである。この図から、これらのブロック間の地震活動の相関は南海道地震の発生と密接に関連していることがわかる。詳しくみると、四国南東部 (5Aa) では 1955 年の徳島県南部の $M 6.4$ の地震に伴う活動のピークが見られ、また紀伊半島南部 (5Da) では東南海地震の影響を受けて活動のピークがやや早く現れている。以上はいうならば相関が見られて当然な例だが、特に大きな地震の影響ということだけでなく有意な相関が認められた例を次に示す。

Fig. 7(a) は、千葉県北部の深さ 31~60 km の影をつけたブロックとその他のブロックの地震活動の相関を調

Fig. 7. (a) A diagram showing correlation of seismic activities between Chiba (shaded block, 1Mb) and other regions. The black block indicates the region where the correlation coefficient of the increase rates of seismic activities is larger than 0.5. The block with vertical lines indicates the region where the correlation coefficient is smaller than -0.5 . (b) Variation of the increase rate of seismic activity (three-year moving average) with time. The solid and dotted curves correspond to northern Chiba (1Mb) and near Wakayama City (4Ca), respectively.

べたもので、相関係数が 0.5 以上のブロックを黒で、 -0.5 以下のブロックを縦線入りで示してある。興味深いことに、千葉県北部の深い活動 (1Mb) と和歌山市付近の浅い活動 (4Ca) との間に正の相関が認められる。これら二つの地域の平均地震発生率の増加・減少傾向の変化を見た Fig. 7(b) からは、両者が変化の位相だけでなく、その振幅においてもよく一致していることがわかる。なお、領域の分け方を経度方向に $15'$ ずらした場合は、東京湾北部の深い地震活動と和歌山市付近の浅い活動との間に相関が認められる。

ところで、千葉県北部では深さ 0~30 km の地震は 1975 年頃から起きておらず、昔の地震は震源の深さの決定精度が悪いために浅く決まっていた可能性も考えられる [地震予知総合研究振興会 (1991)]。そこで、千葉県北部のブロックについて深さ 0~60 km の地震すべてをとって和歌山市付近の活動と比べてみたのが Fig. 8 である。この場合も、両地域の地震活動の変化の間には強い正の相関が認められる。更に、Fig. 9 は同地域について 5 年平均の発生率の差の変化を示したものであるが、この図でも地震活動はやはり正の相関を持つように見える。なお、 $M 3.5$ 以上の地震を用いて両地域の相関を調べると、前節で述べた検知能力の向上による地震発

Fig. 8. Variation of the increase rate of seismic activity (three-year moving average) with time for northern Chiba (1Ma and 1Mb, depth 0~60 km) and near Wakayama City (4Ca, depth 0~30 km).

Fig. 9. Variation of the increase rate of seismic activity (five-year moving average) with time for northern Chiba (1Mb, depth 31~60 km) and near Wakayama City (4Ca, depth 0~30 km).

Fig. 10. Variation of the increase rate of seismic activity ($M \geq 3.5$, three-year moving average) for northern Chiba (1Mb) and near Wakayama City (4Ca).

Fig. 11. (a) A diagram showing correlation of seismic activities between near Choshi (shaded block, 1Nb) and other regions. The black block indicates the region where the correlation coefficient of the increase rates of seismic activities is larger than 0.5. The block with vertical lines indicates the region where the correlation coefficient is smaller than -0.5 . (b) Variation of the increase rate of seismic activity (three-year moving average) with time. The solid and dotted curves correspond to near Choshi (1Nb) and southwestern Kii (3Cb), respectively.

生数の人為的な増加の影響がでて、相関傾向は認められるもののその度合いは小さくなる (Fig. 10).

Fig. 11(a) は、銚子付近の深部 (影をつけたブロック) の地震活動とその他の区域の地震活動の相関を調べて、相関係数が 0.5 以上の区域を黒で、 -0.5 以下の区域を縦線入りで示したものである。Fig. 11(b) には相関が見られた銚子付近の深部 (1Nb) の地震活動と紀伊半島南

Fig. 12. Variation of the increase rate of seismic activity (five-year moving average) with time for near Choshi (1Nb) and southwestern Kii (3Cb).

Fig. 13. Variation of the increase rate of seismic activity (three-year moving average) with time, obtained from the original JMA earthquake catalogue. The solid and dotted curves correspond to northern Chiba (1Mb) and near Wakayama City (4Ca), respectively.

西部の深部 (5Cb) の地震活動について、3 年毎に移動平均した地震発生率の差の変化を重ねて示す。この図から特に 1940 年代後半以降、これら両地域の活動の変化傾向は位相、振幅とも良く一致していることがわかる。こうした類似性は、5 年毎に移動平均した地震発生率の差の変化を示した Fig. 12 でも認められる。

§ 4. 議 論

離れた地域間の地震活動が関係しているかどうかという問題は、区域のとり方や手法、何をもって相関があるとなすか等によって変わってくる可能性がある。本論文では、区域の広さとして $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ をとり、特に数年にわたる活動の増加・減少傾向の変化に着目した解析を行ったが、緯度、経度を $15'$ ずらした区域をとると、それまで相関のあったところがないということも見られた。緯度、経度で機械的に領域を区切るのは一見客観的なようだが、テクトニックな一つの単位を分割してしまうという場合もあり、こうした調査において必ずしも最良の方法とはいえない。また、一つの区域の広さをどのくらいにするかも問題で、小さな範囲の活動は大きな領域の活動に比べて、変化のスペクトルが相対的に短周

Fig. 14. The annual number of felt earthquakes counted at Wakayama. The arrows show the time of occurrence of great earthquakes in the Kanto, Tokai and Kinki regions. [After KANAMORI (1972)].

期的になると予想される。例えば、関東地方全域をとった場合には10~20年という活動期、静穏期の交代が重要なものとなるだろうし、伊豆半島東方沖の群発域に領域を限れば、1~2ヶ月の変化がその活動特徴づけることになる。ここではいくつか試みた結果、 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ くらいの区域に対しては数年程度の期間にわたる活動の傾向の変化を調べるのが適当であると判断した。また、この数年程度の变化傾向を特に強調して取り出すために、群発的な活動を除いた地震データファイルをつくり、それを用いた。この処理は和歌山や関東地方のように定常的な活動の高い地域についてはほとんど関係がなく、Fig. 13に示すように、気象庁の元の地震カタログを用いても、和歌山と千葉県北部の地震活動の間の相関は明らかに認められる (Fig. 7(b)を参照)。これに対して、伊豆地方のように数日~数ヶ月という短期間に激しい活動をするところでは群発地震を除去することの影響は大きい (Fig. 2(b)を参照)。ただし、今回の調査ではこの処理によって、群発活動の中に隠れていた経常的な活動の相関傾向が現れてくるというような明瞭な効果は見られなかった。

相関の有無の判断に関しては、これまでも述べたように種々の考え方がありうる。本論文では、3~5年で平均した地震活動の増加・減少傾向の変化の相関係数を基準にとったが、三浪・山崎 (1991) のように数ヶ月程度の活動の増加・減少傾向のセンスの対応を見るのも一法である。また、今回削除したような群発地震発生の同時性を見るということも、ある意味では興味深い。何が適当かは目的によって異なる。それは、また、相関を調べる空間領域の大きさをどのように設定するかにも関係してくるだろう。この問題については別の論文で詳しく論じる。

ところで、相関係数が大きいからといって、それらの領域が必ずしも因果的に関係しているとはいえないことにも注意する必要がある。例えば、Figs. 4, 5に、1944年東南海地震、1946年南海道地震に伴う活動が高い相関係数の原因になっている例を示したが、この場合は一つの巨大地震の震源域を分割したために生じた一種の見

かけの相関ということもできる。そのような自明な相関のほかに、今回の解析によって、和歌山市付近と千葉県北部の地震活動の間で高い相関が見られることがわかった。和歌山市付近と関東地方の地震活動が関連している可能性は、すでにKANAMORI (1972) によって指摘されている。Kanamoriは、和歌山市付近の地震活動が1923年関東地震や1953年房総沖地震の前に活発化し、これらの地震発生後に減衰した (Fig. 14) のは、関東地方に起きたプレート間巨大地震の前のプレスリップによって和歌山地域の応力が増加し、またそれらの地震発生後に応力が減少したためであると考えた。今回の解析によって、特に巨大地震の発生と関係のない期間の経年的な地震活動の傾向の変化に関しても、関東地方と和歌山市付近の活動との間に相関が見られることが示された。ただし、このことから、KANAMORI (1972) が推定したように、関東地方におけるプレート間カップリング状態の変化が直ちに和歌山市付近の応力場の変化として現れるとは必ずしも結論できない。なぜなら、これら両地域が力学的に直接結びついていなくても、そこでの応力場が同時に変化する何らかの共通の要因が存在すれば、地震活動の変化が相関をもつと考えられるからである。本論文のような、地震活動に相関があるかどうかの解析だけからでは、相関が見られた地域が力学的に結合しているや否やの判断まではできない。そうした問題については、テクトニックなモデルを含めて更に多方面から検討する必要がある。

§ 5. ま と め

関東・東海・近畿地方の地震活動の相関を調べた。方法としては、同地域を $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ の区域に分けて、各区域毎の3年もしくは5年間の平均的な地震発生率を求め、その変動の相関係数を計算した。地震の下限はM4とし、数年程度の变化傾向を特に強調して見るために、あらかじめ群発地震を除去したファイルをつくってそれを用いた。M3.5以上の地震を対象とした場合、また気象庁の元のファイルを用いた時にどう変わるかについても検討した。こうして解析した結果、東南海地震や南海

道地震に伴う紀伊半島周辺や東海地方のいわば自明な相関の他に、和歌山市付近と千葉県北部域、また紀伊半島南西部と銚子付近の活動との間に相関が見られることがわかった。

文 献

- 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照, 1985, SEIS-PC の開発一概要一, 構造地質, **19**, 19-27.
- KANAMORI, H., 1972, Relation between tectonic stress, great earthquakes and earthquake swarms, *Tectonophysics*, **14**, 1-12.
- 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.
- 望月英志・小林悦夫・岸尾政弘, 1978, 1965 年～1974 年の気象庁の震源決定能力, 験震時報, **42**, 23-30.
- Mogi, K., 1988, The mechanism of the occurrence of the Matsushiro earthquake swarm in central Japan and its relation to the 1964 Niigata earthquake, *Tectonophysics*, **159**, 109-119.
- OHATAKE, M., 1986, Synchronized occurrence of off-shore and inland earthquakes in the Ibaraki region, central Japan, *Earthq. Predict. Res.*, **4**, 165-173.
- 関谷 溥, 1973, 群発性地震と地震予知, 地震予知研究シンポジウム, 67-75.
- TSUBOI, C., 1958, Earthquake province —domain of synpathetic seismic activities—, *J. Phys. Earth*, **6**, 35-49.
- 宇津徳治, 1975, 関東地方の地震と飛騨地方の稍深発地震の相関について, 地震 **2**, **28**, 303-311.
- YOSHIDA, A., 1988, Migration of seismic activity along intraplate seismic belts in the Japanese islands, *Tectonophysics*, **145**, 87-99.
- 吉田明夫, 1991, 日本海中部地震発生による三陸沖地震活動の低下と東北日本のブロック構造, 地学雑誌, **100**, 273-283.
- 地震予知総合研究振興会, 1991, 首都圏直下の地震の予知手法の高度化に関する研究成果報告書, 332 pp.