東アジアにおける地震活動変化の地域的特徴 と関連性について

(1) 中国華北から日本海溝へいたる地域

京都大学防災研究所 趙 志 新*・松村 一 男・尾 池 和 夫
気象庁地震観測所 石 川 有 三

(昭和 62 年 5 月 20 日受理)

Regional Characteristics of Temporal Variation of Seismic Activity in East Asia and their Mutual Relations

(1) Regions from North China to Japan Trench

Zhixin ZHAO, Kazuo MATSUMURA, Kazuo OIKE
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

and

Yuzo ISHIKAWA
Seismological Observatory of Japan Meteorological Agency

(Received May 20, 1987)

Mutual relations of seismicity in the long period in various regions from North China to Japan trench in East Asia have been analyzed. Time series of events were analyzed in various regions in North China, Korean Peninsula and Japan Island.

The seismicity of each region was high in the period from 1550 to 1700. Then quiet period had been lasting until 1900. From 1900 the active period began again and have continued up to the present.

Impulsive activities were found in the western part of North China and Japan Islands in a short time range around 1830 during the quiet period. It seems that short period variations superpose on the long period variation. These short period variations in two regions also correlated to each other.

Synchronous variations of seismicity in these regions are implicated in the formation of earthquake generating stress fields from North China to Japan trench under the common tectonic conditions. The release and the accumulation of stresses correspond to the active and quiet period of seismicity, respectively.

Correlations among seismicities and stress fields from North China to Japan trench suggest that there is a transmission of the tectonic force from the subduction of the Pacific plate along the Japan trench to North China through Korean Peninsula.

昭和 61 年 10 月 7 日発表

* 中国国家地震局蘭州地震研究所

§1. はじめに

内陸で起こる地震とプレート境界の地震の関係が注目されるようになり、中国大陸と周辺の各地域の地震活動の相互の関連、およびその発生機構が興味深い研究対象となってきた。藤田・他 (1984) は、ヒマラヤから日本海溝へいたる地域のネオテクトニクスを詳しく研究し、内陸の活断層形成の過程が、太平洋・フィリピン海・インド洋およびユーラシアプレートの相対運動に関係しており、現在の地震活動もそれらに支配されていることを指摘した。

太平洋プレートの沈み込みが、中国の華北地区の地震活動に影響を及ぼすことが、多くの人々によって見出されてきた。例えば、邱 (QIU) (1976)、环 (HUAN)・他 (1979) は、中国の華北地区の主圧力軸の方向が日本本州や小笠原などの主圧力軸の方向と一致することを指摘した。孫 (SUN) (1985) は日本海溝でのプレートの沈み込みが中国北東部と華北部の地震活動に大きな影響を与えると述べた。茂木 (1976 および 1986) は中国から朝鮮半島を経て日本海溝へいたる地震の関連を強調した。KIM (1980) は、朝鮮半島における地震の原因となる応力場が日本海と日本列島を経て太平洋プレートとフィリピン海プレートから伝わると考えた。

SHIMAZAKI (1984) は、東北日本から朝鮮半島を通り、華北へ至る地球の大円に沿って、この地域の主圧力軸の方向が一致することから太平洋プレートとユーラシアプレートとの相対運動による応力場が広い範囲に存在すると考えた。尾池 (1984) は日本の南海トラフを中心として、中国東部における地震活動と日本列島の各域の地震活動を含む東アジア全域の関連を詳しく述べた。呉 (WU)・他 (1979) は数理統計学の手法を用いて今世紀の華北の地震活動が日本海溝の地震活動と高い相関が見られると述べた。

上記の研究のほとんどは、地域的にも時間的にも限られた地震について、その活動の相関を論じたものである。したがって地域的により広範で、時間的にも、より長時間の地震活動を解析することが必要である。中国大陸には、単に地域的に広範な地震分布があるというだけでなく、3000 年以上の長期間にわたる歴史地震資料がある。また、幸いにも中国の隣国の朝鮮と日本にも比較的長期間の歴史地震資料があり、これらを用いて東アジアの広い地域の地震活動を研究することが可能である。

§2. データおよび解析

中国の東部の歴史地震資料は現在から約 3000 年前に記載されたものが最初である。震源の決まった最初のもは紀元前 780 年の地震である。朝鮮半島にも紀元 20 年頃から約 2000 年間の地震資料があり、日本にも紀元 400 年頃から約 1500 年間の歴史地震資料がある。

本論文で使用する資料の主な出処は次のとおりである。中国科学出版社が出版した“中国地震目録 (紀元前 1831-紀元 1969)”，中国地震出版社が出版した“中国地震目録 (1970-1979)”，“中国地震年鑑 (1982 および 1983)”，日本の東京天文台が編集した“理科年表 (1986)”の‘日本付近の被害地震年代表’，宇津 (1979) の資料 (1885-1925) と気象庁の地震月報別冊 6 号 (1926-1960) と地震月報 (1961-1986)，朝鮮半島に発生した地震は主に KIM (1980) の論文から参照した。その他の周辺地域の地震については NOAA の地震目録を参考にした。 $M \geq 6$ の地震の分布を Fig. 1 に示す。Fig. 2 は、歴史資料から震央の決められた地震の中で、最古の地震の発生した世紀を、 $5^\circ \times 5^\circ$ の地域ごとに示す。中国の西北部や南部には、古い資料がなく、中央部には長期間の資料が存在することがわかる。

Fig. 1. Epicentral distribution of all earthquakes filed for the present study.

Fig. 2. Distribution of the earliest century since that historical epicenters were determined.

これらの資料は古文書の記載に基づいて作成されたものであるので、資料の信頼性の検討が必要である。一般に時代をさかのぼるほど地震の記載が稀少である。例えば、古くから文化の発達した中国華北地区の西部と東部の歴史地震の時系列を Fig. 3 に示す。Fig. 3 から時代

が新しくなるにつれて地震が多くなることが分かる。西部で、紀元前の 800 年間に記載された $M4.0$ 以上の地震は 4 つにすぎない。紀元 1 年から 1000 年の期間に記載された地震も 15 個だけであり、 $M6.0$ 以上の地震は 2 つだけである。これらの期間の資料は、この地域の地震活動の全貌を反映していないと思われる。

Fig. 3. Time series of earthquakes since 800 B.C. to 1985 A.D. in the western part of North China (a) and in the eastern part of North China (b).

Fig. 4. Time series of all historical events since 0 to 1978 in Korea.

Fig. 5. Time series of large events ($M=7.5$) in Japan.

中国の明朝代 (1368–1644) 以来, 地方誌を編集することが盛んになり, 比較的詳しい地震の記載が見られるようになった。従って, 本論文では, 1500 年以降の歴史資料を使用して, 各地域の地震活動相互間の関連性を調べた。

華北地域以外の地域についても類似の傾向がある。朝鮮半島および日本列島の歴史地震の時系列をそれぞれ Fig. 4 および Fig. 5 に示す。

各地域とも 1500 年以降の $M5.0$ 以上の地震数は地震観測精度の高い現代とほぼ同じ水準であり, 地震活動の盛衰を見る上で問題はないと考えられる。

中国地震目録に記載されているマグニチュードの誤差は $1/2$ 程度であり (中国地震目録による), この程度の誤差はこの研究に対して大きい影響は与えないと考えられる。

収集整理した地震のデータの解析には, 石川ら (1985) の開発した SEIS-PC プログラムを一部修正して使用した。

§ 3. 1500 年から現在までの地震活動

本論文では, 長期間の広い地域にわたる地震活動を検討する。まず本項では, 1500 年から現在までの各地域の地震活動を歴史地震のデータをもとにして調べる。地震観測に基づいた震源データが得られる 20 世紀の地震活動は, 次節で詳しく検討する。

長期間の歴史資料による震央分布と活動構造線あるいは活断層との位置的関係から, 華北周辺には, Fig. 6 に示したような地震帯があると考えられている。地域間の地震活動変化の関連性を研究するために, 地震帯と地震分布をもとに地質構造とテクトニクスを考慮しつつ Fig. 7 に示すように地震活動域を設定した。またマグニチュードの下限は地震活動の活発な時期と低い時期が鮮明に識別できるように設定した。例えば日本列島の地震活動については, $M < 7.0$ の地震は大変多く, 活動度の高低を鮮明に表すのに最も適当と思われる $M7.0$ 以上の地震を対象とした。それらを相互に比較することによって, 各地域間の地震活動の関連性を調べる。被害を伴わない海域での地震や, 深発地震の大部分は歴史資料に記録されていないと考えられる。したがって, ここでの解析は, 陸の浅発地震のみを扱うことになる。

3. 1 華北西部地域の地震活動

この地震活動域 (Fig. 7 の A) は, オルドス地塊の東側にあり, 主に渭河, 山西, 華北平原地震帯の一部を含んで, 西側の汾渭盆地から東側の太行山へ至り, 秦嶺山脈を南の境界とし, 陰山を北の境界とする。

$M8.0$ 以上の地震は, すべて汾渭地溝に発生している。1303 年の山西省洪洞県趙城の地震 ($M=8$) もここに発生した。

Fig. 6. Distribution of earthquake belts and active faults in North China. I: Yan-cheng-Lujiang, II: Yanshan, III: Shanxi, IV: Weihe, V: Hebei plain, VI: northern part of South-North belt.

Fig. 7. Epicentral distribution including main historical events. Regions A to E correspond to (a) to (e) in Fig. 8.

1500 年以降の地震活動の時系列を Fig. 8(a) に示す。1556 年の陝西省華県の大地震 (M 8.0) 以降、この地震活動域では地震活動が活発となった。この活動は約 150 年にわたって継続し、1695 年には山西省臨汾の大地震 (M 8.0) が発生した。この間、 M 6.0 以上の地震も比較的多い。18 世紀から地震活動の低い静穏期に入り、それは 1920 年代まで続いた。1929 年、華北西部の北の境界である陰山地震帯の呼和浩特付近に M 6.0 の地震が発生して以後、

この地震域では、また、地震活動が活発になった。しかしこの活動度は 17 世紀頃の地震活動ほど活発ではない。

1695 年から 1929 年までの静穏期の中ごろに、1815 年の山西省平陸県の地震 ($M6.8$) の発生から 1830 年の河北省磁県の地震 ($M7.5$) の発生まで、わずか 15 年間に集中して $M6.0$ 以上の地震が 3 回あり、地震活動が活発な期間が存在する。しかしこの期間は前後の空白に比べて非常に短い。本論文ではこういう現象を“静穏期の集中活動”と呼び、数 10 年以上に渡って続く活動期とは区別して扱う。

Fig. 8. Time series of events in five regions indicated by A to E in Fig. 7.

3. 2 中国華北地区東部の地震活動

この地震活動域 (Fig. 7 の B) は主に河北省・山東省・中国東北地区の南部・中国東部の近海域を含む。主要な地震帯としては郟城-盧江地震帯と華北平原地震帯の一部を含んでいる。

江蘇省から山東・河北省を経て渤海をわたり遼寧省まで延びる郟城-盧江地震帯は中国東部で一番長い地震帯である。中国の歴史記載に現れる最初の $M7.0$ 以上の地震 (紀元前 70 年, 山東諸城) はこの地震帯に発生し, 中国歴史に記載された一番古い地震もこの地震帯に発生した。即ち紀元前 1831 年の山東省泰山の地震である。燕山地震帯は中国の早期の地震活動帯の一つであり, 著名な燕山構造運動に関連している。その走向はほぼ西北西方向である。燕山地震帯と郟城-盧江断裂帯の交わる所は遼東半島付近である。今世紀で世界最大の震災をもたらせた唐山地震がその地域で起きた。

1500 年以後のこの地域における地震活動の時系列を Fig. 8(b) に示す。1548 年の山東省付近渤海の地震 ($M=7.0$) から 1679 年の河北省三河県の $M8.0$ の地震へ至るまで, 約 120 年間ほど活動が続いた。中国の歴史地震の中で最大の M は 8.5 で, このような地震が 3 つある。その一つが 1668 年に山東省の莒県で発生している。

1679 年河北省三河付近の地震後この地域は 200 年間ほど静穏期であった。この間, 中国華北地区東部には $M7.0$ 以上の地震は全くない。

1888 年渤海湾に $M7.5$ の地震が発生してからこの地震活動域は活動期に入った。1970 年代になって海城・唐山の大地震が発生し, この地域の地震活動が全世界の地震学者に注目されるようになった。

3. 3 朝鮮半島の地震活動

朝鮮半島の地震を Fig. 8(c) に示す。被害の記載された最古の地震は紀元 27 年の光州の地震 ($M6.3$) である。有史以来, 朝鮮半島の地震活動は, 隣接する華北地区や日本列島に比べると非常に低い。浅発地震の M はすべて 7.0 未満である。ほとんどの地震は朝鮮半島の西部と南部に起こった。その東北側で中国と朝鮮の境界付近に深発地震域があり, それについては次節で議論する。

朝鮮半島の京畿道に近い海域で 1518 年に $M6.7$ の地震が発生してから約 200 年の期間は $M6.0$ 以上の地震が多く, 活動期であった。それ以後朝鮮半島は静穏期に入った。 $M6.0$ 以上の地震は 1713 年の漢城の $M6.3$ の地震以後全くなくなった。

1906 年の $M6.0$ の地震 (37.7° N, 126.2° E) 発生以来朝鮮半島の地震活動は活発になり, $M5.0$ 以上の浅発地震の数も多くなった。しかし隣接する中国華北地区より活動度ははるかに低い。

3. 4 日本列島の地震活動について

北海道および東北の日本海側を除く日本列島 (Fig. 7 の D) の $M7.5$ 以上の地震活動の時系列を Fig. 8(d) に示す。地震活動の時系列から下記の特徴が挙げられる。1586 年畿内 ($M=7.9$) の地震が発生してから, 1717 年の花巻 ($M=7.6$) の地震まで, 約 150 年に渡る期間に $M7.5$ 以上の地震が比較的多く, $M8.0$ 以上の地震も 6 個発生している。この期間最大の地震は 1707 の五畿七道の $M8.4$ の地震であった。1717 年以後, $M7.5$ 以上の地震は少なくなって, 日本列島は静穏期に入り, それは約 200 年間続いた。1891 年に濃尾地震 ($M8.4$) が発生してから日本列島の $M7.5$ 以上の地震の頻度が増大した。17 世紀頃と 20 世

紀の二つの地震活動期の間の静穏期にあって、1835年には仙台で $M7.6$ の地震、1854年東海($M8.4$)と畿内($M8.4$)の地震等が発生している。このような“静穏期の集中活動”は中国華北地区西部と同様の現象であり非常に興味深い。

Fig. 8(e)に日本列島の日本海側における $M7.0$ 以上の地震の時系列を示す。この地域では1614年の越後高田の地震($M=7.7$)から1694年の能代地方の地震($M=7.0$)までの期間が活動期である。1700年頃から1900年頃までの間この地域では $M7.0$ 以上の地震は少ない。1830年前後に比較的集中した活動がある。1804年の象潟地震($M7.1$)から1847年の善光寺地震($M7.4$)までの期間に3個の地震($M\geq 7.0$)が発生した。最大の地震は1833年の羽前の地震($M=7.4$)である。

1894年の山形の地震($M=7.3$)から、この地域の地震活動は再び活発な時期に入り、現在に到っている。日本列島の日本海側の時系列にも、日本列島全体の地震活動の特徴が現れていると考えられる。

以上、中国華北地区の西部と東部、朝鮮半島、日本列島、日本列島の日本海側における地震活動の変化を検討した。朝鮮半島の地震活動は隣接の地震活動域に比べると活動度は低いが、主な地震の時系列は隣接地域に似ていると考えられる。各地域の時系列を相互に比べることによって、以下の特徴が見出された。17世紀頃5つの地震域には共通して約150年程度の地震活動期がある。その期間各地域とも比較的大きな地震が多い。その後18世紀の初めから、各地域は静穏期になり、大きな地震は少ない。1830年頃には、華北地区西部と日本列島に“静穏期の集中活動”が見られる。1900年前後から各地域は活動期に入った。

日本列島から中国の華北地区にいたる東アジアの広い地域で過去約500年の地震活動の盛衰が同期的に起こっているということは、これらの地域間相互に密接な構造的関連が存在していることを意味する。

§4. 20世紀の地震活動

各地域で地震計による観測記録が得られる1900年以降の地震資料を用いて、各地域の地震活動を相互の関連を含めて詳しく検討する。1900年以降の地震分布と、それに基づく地域分けをFig. 9に示す。華北は地震数が少ないので、東部と西部を併せた。日本の地域分けは、尾池(1984)の分け方によった。

4.1 中国華北の地震活動

Fig. 9に見られるように今世紀以降大きな地震($M\geq 6.0$)の大部分は華北地区東部とその近海に分布している。1900年以降の中国華北の地震活動の時系列をFig. 10(a)に示す。地震活動は時間的に均質ではなく、いくつかの山が見られる。1910年に黄海の地震($M6.8$)が発生したが、この活動期は時間的に短い。1922年から1948年までの約30年間は長い活動期である。この期間には1937年の山東省莒県($M=7.0$)の地震を含め、 $M6.0$ 以上の地震が多発している。その後の約20年間は静穏期である。1966年の邢台地震($M7.2$)以後また活動期になった。1969年の渤海地震($M7.4$)、1975年の海城地震($M7.3$)、1976年の唐山地震($M7.8$)などを中心とした活動期が見られる。1910年から1948年までを第一活動期、1966年から1976年にかけての間を第二活動期と見ることもできる。

Fig. 9. Epicentral distribution of main earthquakes in 20-th century and the division of regions.

4.2 日本海の深発地震域の地震活動

日本海の西岸，中国・ソ連・朝鮮の国境付近に深発地震の活動域が存在する．これは太平洋プレートの沈み込みによる深発地震面の最深部にあたる．この沈み込みが中国の東北地区，長白山から松遼平原へ至る地域の火山活動に関係し，またこの火山活動は中国の他の地域の地震活動に関連するという考えもある [趙 (ZHAO) (1986)]．したがって，もし，それらが事実なら，この地域の深発地震は中国の東部の地震活動の研究にとって重要な意味を持っているはずである．JMA の資料を用いて日本海の深発地震の時系列を Fig. 10(c) に示す．これらの深発地震の深さは 300 km 以深である．

1904 年の $M7.2$ の地震 (39.0° N, 135.0° E, $h=350$ m) から 1946 年の $M7.0$ の地震 (44.9° N, 130.6° E, $h=560$ m) にかけて地震活動度はやや高い．1950 年代頃地震活動度の低い期間がある．これは華北地震域の活動度の低い時期に対応している．1973 年から 1977 年までの活動期は海城と唐山の地震の発生に関係がある可能性がある．大局的には，深発地震域の地震活動 (Fig. 10(c)) と華北地震域の地震活動 (Fig. 10(a)) との間になんらかの関係があると考えられる．

4.3 朝鮮半島の地震活動

1900 年以降の朝鮮半島の浅発地震の地震活動を Fig. 10(b) に示す．数年を目安として詳しく見ると，朝鮮半島の地震活動は華北地区の地震活動と逆の様相を示している．1915 年から 1945 年にかけて朝鮮半島は地震活動の静穏期であるが華北地区は活動期であった．逆に，1950 年頃華北地区は地震活動が低い期間であるが，朝鮮半島の地震活動は相対的に高く， $M6.0$ の地震も発生している．また 1960 年代の後半から華北の地震活動は活発な時期になり，逆に朝鮮半島は地震活動の低い時期に入った．

4.4 日本列島の北西部の地震活動

日本列島の地震活動は非常に活発である．東北日本の日本海側の地震活動を Fig. 10(d) に

Fig. 10. Time series of events in five regions in Fig. 9. (a) to (e) correspond to regions A to E in Fig. 9, respectively.

示す。東北日本の 1914 年, 1940 年, 1964 年などの大地震を中心とした地震活動のピークはそれぞれ中国の華北の 1910 年渤海地震, 1937 年荷澤地震, 1966 年邢台地震に対応している。しかし, 1965 年から日本列島の北西部の地震活動が低くなって, 1983 年に至るまで $M7.0$

以上の地震はないが、この時期にも中国東部の海城・唐山の大地震が発生している。

Fig. 10 の (b) と (d) を比べると、朝鮮半島の地震の多くは東北日本日本海側の活動に時間的に対応している傾向も見られる。

4. 5 東北日本の太平洋側の地震活動

Fig. 10(e) に日本海溝沿いに発生した地震の時系列を示す。

1945 年頃までは、ここでの活動が華北での活動と一致するようにも見える。しかし、1950 年頃から 1965 年まで華北の静穏期に、日本海溝沿いに最大の十勝沖地震 ($M8.1$) が発生した。

これらの地域の地震活動の相関を調べた張 (ZHANG) (1979) は、両地域の地震活動の間に負の相関を見出し、逆に、呉・他 (1979) は正の相関があると論じている。このように離れた 2 つの地域の間で、数 10 年という短期間の中での地震活動の相関を単に時系列データの比較だけで論じるのは適当でなく、さらに詳しい研究が必要であろう。

本節の解析結果から、20 世紀の地震活動について、華北地区の地震活動は日本列島の地震活動に関連するばかりでなく、日本海西岸の深発地震にも関連すると考えられる。しかし、その関係は、例えば東北日本の日本海側の低い地震活動の時期に発生した華北の海城・唐山地震が、日本海の深発地震域の活発な時期にあたる、というように必ずしも単純な関係ではない。100 年足らずの期間の中で見た地震活動の各地域間の関連性は、前節の約 500 年間に見られる関連性ほど単純ではない。

§ 5. 議 論

各地域の主な地震についての時系列を比較することによって、長期間における地震活動の盛衰は、中国の華北地区、朝鮮半島、日本列島の間で非常によく似ていることがわかった。このことは、東アジアの広い範囲での応力の解放と蓄積の時期がほぼ同じ時期であったことを意味している。

16 世紀の中期から 17 世紀の末あるいは 18 世紀の初め頃までは、これらの地域の地震活動の活発な時期に対応して、約 150 年にわたり応力解放の盛んな時期であり、この時期は中国東北地区の火山活動の活発な時期と一致する [趙 (ZHAO) (1986)]。18 世紀の初め頃から 20 世紀の初め頃まで、地震活動の低い約 200 年間は、応力解放の低潮期であり、この期間は逆に応力の蓄積の期間であったと考えられる。20 世紀初期以後の地震活動の活発な時期、すなわち応力解放の高潮期が現在まで約 90 年間以上続いている。このように、150 年から 200 年の長周期の地殻応力変化が、日本列島から朝鮮半島を経て中国東部へ至る広い地域の地震活動の盛衰を支配すると考えられる。

上記の長周期の応力変化の上にいろいろの短周期の地震活動の変化が重畳する。例えば、応力の解放の低い時期に顕著な現象は、1830 年前後に日本列島と中国華北西部に見られた集中活動である。この集中活動は、数 10 年以内に広い範囲で同時に起こった。

長周期の地震活動期と静穏期の始まる時期や終る時期も数 10 年の範囲で広い地域にわたってよく一致している。また、地震の活動期と静穏期の活動の差は大きく、そのような期間を識別しやすい。いいかえれば、応力解放は広い地域にわたって一斉に始まり、一斉に終るということになる。このことは中国の大陸に広く分布する地震の力源と地震活動の変化の研究にとつ

て重要な意義を持っている。

これまで、中国の地震の力源についてはいくつかの仮説が提唱されている。MOLNAR *et al.* (1973), MOLNAR and TAPONNIER (1975), および ZONENSHAIN (1981) は、インドプレートとユーラシアプレートの衝突による応力場が中国の東部も含めて中国大陆の全部に影響していると考えた。鄒 (YUN)・他 (1979) は、中国の現在の応力場は西側のインドプレートと東側の太平洋プレートとの相互の作用の結果できたと考えた。曾 (ZENG) (1985) は、中国の大陸性地震の力源が水平圧縮力ばかりでなく地球内部からくる垂直の運動にも関係があると考えた。汪 (WANG)・他 (1985) は、中国東部の大陸地区の地震活動の力源は、広範囲のプレートの圧縮力によると考えた。東アジアの応力場については、ICHIKAWA (1971), 石川 (1986), 邓 (1979) 等が多くの研究している。中国華北地区の応力場はほぼ水平で ENE-WSW 方向の主圧力軸を持っている。この方向と日本海溝に沿う太平洋プレートの沈み込みに伴う地震の主圧力軸の方向が大円に沿って大体一致している [SHIMAZAKI (1984)]。このことと、本論文で検討した地震活動の時系列が広い範囲にわたって大体一致していることを考え合わせると、広域の地震活動の盛衰の現象が、広範囲で同一の応力場によってもたらされており、それらは太平洋プレートとユーラシアプレートの相対運動による圧縮力によって形成されていると考えられる。

本論文での議論は、東アジアの一部の地域に限られている。他の地域における地震活動の関連性についても今後続けて調べる予定である。また、短周期の地震活動については、今後さらに詳しい定量的解析を進める必要がある。

謝 辞

この研究は、趙志新が文部省国費留学生として来日し、共同研究の環として進められているものの一部である。

データ処理の一部は防災研究所の防災科学資料センターの FACOM M340R によって実行した。

文 献

- 邓 起東, 1979, 中国构造应力场特征及其与板块运动的关系, 地震地質, **1**, 第1期, 11-21.
 藤田和夫編, 1984, アジアの変動帯—ヒマラヤと日本海溝の間—, 海文堂, 400 pp.
 环 文林・時 振梁・鄒 家全・汪素雲, 1979, 中国及邻区的近代构造形变特征, 地震学報, **1**, 第2期, 109-120.
 ICHIKAWA, M., 1971, Reanalyses of Mechanisms of Earthquakes which Occurred in and near Japan, and Statistical Studies on the Nodal Plane Solutions Obtained, 1926-1968, Geophys. Mag., **35**, 3, 207-674.
 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照, 1985, SEIS-PC の開発—概要—, 情報地質, **19**, 19-27.
 石川有三, 1986, 東アジアのテクトニクス (その2), 地震学会講演予稿集, No. 2, 35.
 KIM, S. G., 1980, Earthquake of the Korean Peninsula and its Vicinity (Seismic Risk of the Korean Peninsula and Plate Tectonics), Bulletin of IISEE, **13**, 101-126.
 茂木清夫, 1976, 巨大地震論, 数理科学, **158**, 46-52.
 茂木清夫, 1986, 地震活動の広域的变化, 地震学会講演予稿集, No. 2, 126.
 MOLNAR, P. and P. TAPONNIER, 1975, Cenozoic Tectonics of Asia: Effects of a Continental Collision, Science, **189**, 419-426.
 MOLNAR, P., T. J. FITCH and F. T. WU, 1973, Fault Plane Solutions of Shallow Earthquakes

- and Contemporary Tectonics of Asia, *Earth Planet. Sci. Lett.* **19**, 101-112.
- 尾池和夫, 1984, 東アジアの地震活動, アジアの変動帯—ヒマラヤと日本海溝の間—, 藤田和夫編著, 89-107.
- 邱 群, 1976, 1976 年 7 月 28 日河北省唐山地震の発震背景及其活動性, *地球物理学報*, **17**, 第 4 期, 259-269.
- SHIMAZAKI, K., 1984, Mid Plate, Plate-Margin, and Plate-Boundary Earthquakes and Stress Transmission in Far East, A Collection of Papers of Int. Symp. on Continental Seism. and Earthq. Prediction, Seismol. Press., Beijing, 132-147.
- 孙 文斌・和 躍時・李 英波, 1985, 日本海区板块俯冲与华北地震, *地震学報*, **7**, 第 1 期, 33-44.
- 宇津徳治, 1979, 1885 年~1925 年の日本の地震活動— $M6$ 以上の地震および被害地震の再調査—, *地震研究所彙報*, **54**, 253-308.
- 吳 佳翼・郁 曙君・何 淑韵, 1979, 華北地震同日本地震的相关性, *地球物理学報*, **2**, 第 4 期, 414-438.
- 汪 素云・許 忠淮, 1985, 中国東部大陸の地震构造应力場, *地震学報*, **7**, 第 1 期, 17-31.
- 鄺 家全・時 振梁・汪 素云・环 文林, 1979, 中国及邻区現代构造应力場的区域特征, *地震学報*, **1**, 第 1 期, 9-24.
- 趙 文峰, 1986, 東北大陸火山分期与板内地震活動的相关性. *西北地震学報*, **8**, 第 2 期, 107-113.
- 曾 融生・張 少泉・周 海南・何 正勤, 1985, 唐山地震区的地壳结构及大陸地震成因的探討, *地震学報*, **7**, 第 2 期, 125-142.
- 張 之孟, 1979, 我国及邻区板内地震与板緣地震的关系, *地震地質*, **1**, 第 3 期, 12-23.
- ZONENSHAIN, L. P. and L. A. SAVOSTIN, 1981, Geodynamics of the Baikal Rift Zone and Plate Tectonics of Asia, *Tectonophysics*, **76**, 1-45.