

過去400年の日本の地震活動

地震研究所 { 嶋 悦 三
 { 浅 田 鉄 太 郎

(昭和63年4月5日受理)

要 旨

西暦1600年以降、我が国及びその周辺に発生した歴史地震データを用いて、嶋の震度の距離減衰実験式により、緯度、経度各 $1/2^\circ$ ごとの格子点で経験されたであろう震度 V, VI の回数を推定した。島崎・松田等の活断層分布と太平洋沿岸の過去の地震活動を考慮した地震危険度図と異なり、南関東が最も危険度が高いという結果が得られた。

1. は じ め に

我が国で、規模が推定されている歴史地震の最古のものは推古7年(西暦599年)の大和の地震とされている。昭和61年度の理科年表には、それ以来現在に至る1400年間に発生した433の被害地震が記載されている。しかしながら、1400年間という期間は一見長いようではあるが、我が国の内陸に発生する地震の再来年数が、最も活動度の高いものでも1000年程度以上とされていることから、日本の地震活動を議論するためには十分長いデータとは言い難い。さらに、1600年以前1000年間の記載地震数はわずかに94であり、時間とともに一様なデータであるとは言えない。地震が断層運動に伴うものであること、そして、繰り返し同じ場所に発生するというのが現在の地震学の基調である。松田(1975)は地表に現われた活断層の活動度を調べてその活動の間隔、つまり、地震の再来年数を推定するとともに、断層の延長から発生し得る地震の規模を推定した。このような研究結果を用いて、島崎・松田等(1985)は活断層の分布から、地震危険度を推定する手法を提案した。この提案の長所は、活断層がいわば地震の化石であることから、歴史地震のデータに比べて有史以前の過去にまで遡れるという点にある。逆に、関東平野のように厚い堆積層で活断層が隠されているところでは困ることもある。彼等は、太平洋沿岸ではその沖に発生する巨大地震が広い地域に大きな災害をもたらすこと、かつ、それ等巨大地震の再来年数が100~200年程度と陸上に見られる活断層による地震の再来年数に比べて比較的短いことから、これ等歴史巨大地震のデータを併用することで、その欠点を補っている。彼等によれば、地震危険度が最も高いのは中部山岳地帯であり、そこで震度Vが期待される再来年数は25年以下であるとしている。

筆者等(1986)のさきの報告は、宇佐美(1975)による被害地震総覧をデータ・ソースとして、地震データが比較的一様になったと考えられる江戸時代以降の地震による、緯度経度各 $1/2^\circ$ ごとの格子点における経験震度を推定し、彼等の結果と比較したものである。

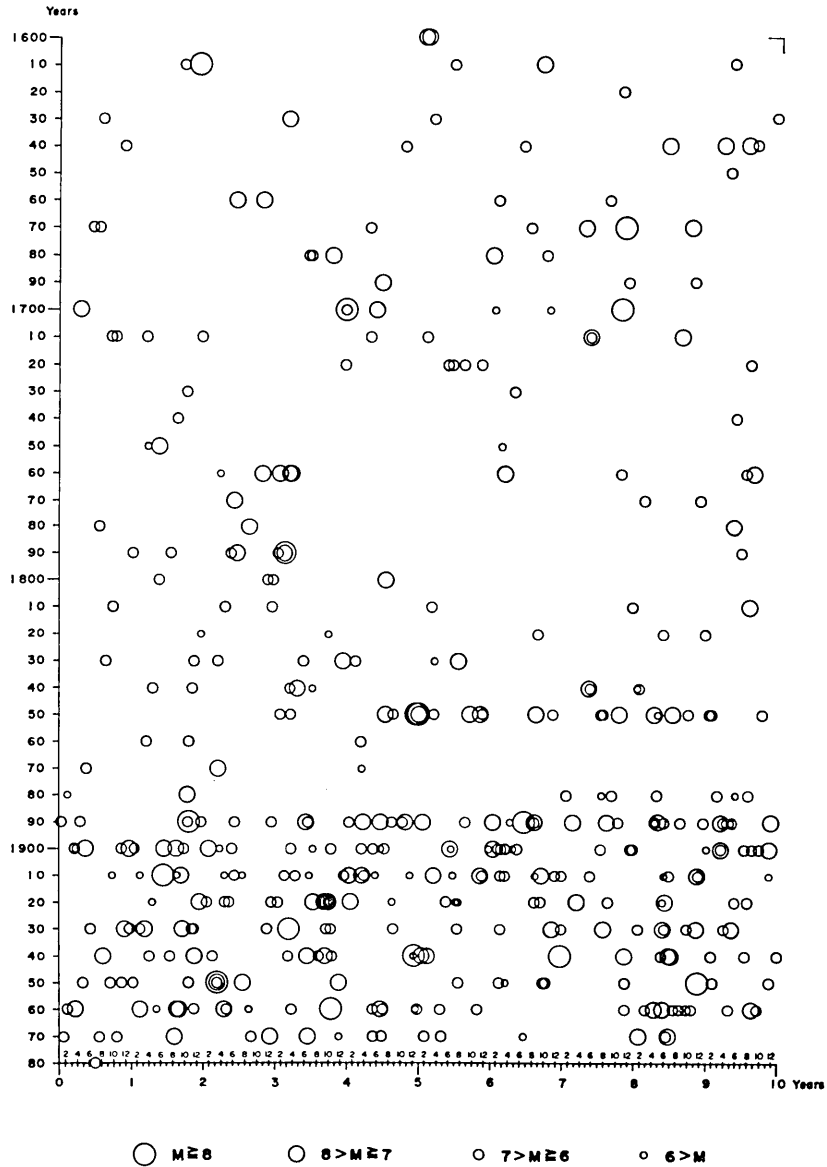


Fig. 1. Historical Earthquakes of Japan since 1600 shown in chronological order.

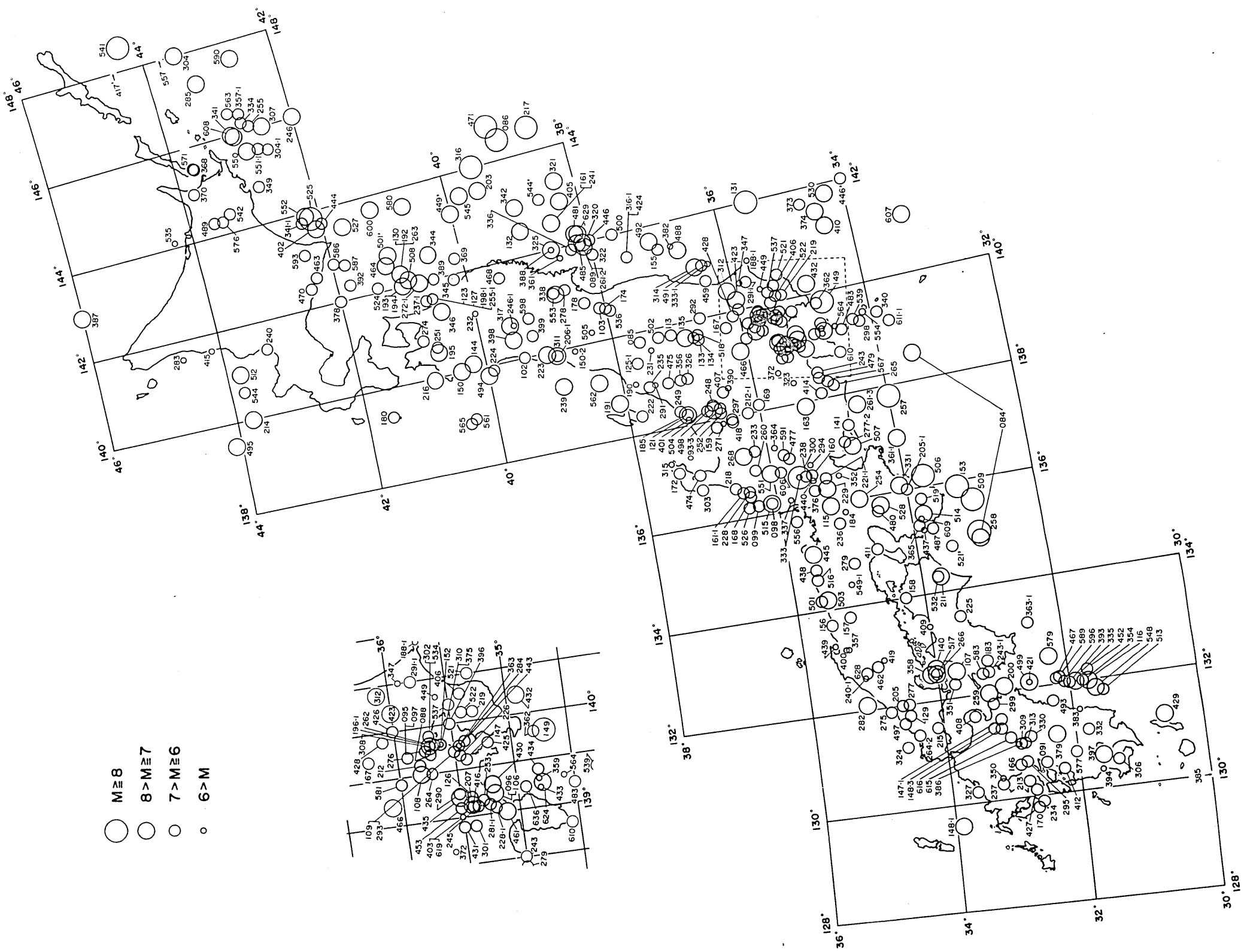


Fig. 2. Foci of Historical Earthquakes of Japan since 1600.

25年以下という再来年数が実際にあるとすれば、400 年程度の期間のデータをとれば、それは十分検出出来るものと考えたからである。そして、中部山岳地帯での地震の再来年数は50年をこえること、我が国で最も地震危険度が高いのは南関東であり、中部山岳地帯のそれに比べれば、ほぼ3倍程度も高いという結果を得た。

最近宇佐美 (1987) は新しく発見された古文書の検討を通じて、歴史地震データの大幅な改訂を行なった。この新データ・ソースを用いて再検討を行なった。各格子点における推定経験震度を比較検討することにより、この種の手法の精度、限界を知るよすがともなり得ると考えたからである。以下その概要について報告する。

2. 地震データと地震活動度の解析

Fig. 1 は今回の検討で採用した西暦 1600 年以降の被害地震の発生時刻歴をその規模とともに示したものである。19世紀末より被害地震数が急増している。これから、文明が発達すると災害もまた増大するという有様を読み取れる。小規模地震による被害が特徴的である。この図を見るかぎり、採用したデータが、必ずしも一様であるとは言えないが、江戸時代以降は政治も安定し、地域的には北海道を除き被害地震の記録もれはそれ程ないと考え、この期間のデータを採用することとした。

前回の検討 (嶋・浅田, 1986) では、西暦1600年から1973年までの被害地震 430 を用いている。今回の検討に用いたのは、1600年から1980年の期間に発生した震源の緯度、経度、規模がよりよく推定された 409 の被害地震である。1600年から1973年までは宇佐美の、1974年から1980年までの被害地震は宇津 (1982, 1986) のカタログによった。今回の検討で、統計年数が延びたのにもかかわらず採用地震数が減ったのは、宇佐美の改訂に従い、震源位置や規模の疑わしい地震を削除した為である。Fig. 2 は今回用いた地震の震源分布である。地震に付けられた番号は被害地震総覧のそれと同じである。震源の決めにくい海の地震の変更が多いが、陸の地震でも新資料の発見により、震源が大きく変わったものがある。例として、関東地方の震源地の変化を示したのが Fig. 3 である。改訂された地震資料を採用し、我が国を緯度、経度を $1/2^\circ$ ごとの格子点にわけ、これらの地震により各地点が経験したであろう震度の経験回数を推定した。震度の推定には、嶋 (1977) による次の実用公式を用いた。この式は、S波速度 130 m/sec の地盤に適用される。

$$I = 6.74 - 0.723 R + 0.009 R^2, \quad M > 7.9$$

$$I = 6.14 - 0.503 R + 0.007 R^2, \quad M \leq 7.5$$

震度 > III

ここに、Rは震源距離を震源域 (円形で近似した時) の半径で除して得られる数値であり、上の式は巨大地震に、下の式は内陸の地震に適用される。なお、M 7.6-7.8 の地震については、プレート境界に発生した地震は前者を、内陸のプレート内地震は後者を用いた。これらの式を用いて大きい地震の震度を推定する際には、震源ではなく、震源域或いは震害の中心点を原点とした。震度の推定にあたっては、以下の理由により、地盤の影響は無視することとした。現実には、高々数十米しか離れていない二地点でも、地盤の良し悪しにより震度が $1/2$ 階級程度異なることはそれ程珍しいことではないが、たとえ地盤の

補正が出来たとしてもその地点がどの程度の広さの地域を代表するかがまた問題となるからである。Figs. 4, 5 は各格子点における震度 V 以上, VI 以上の推定経験回数を示している。比較の為、前回求めた震度 V 以上の経験回数を Fig. 6 に示す。Figs. 4, 6 を比較して、その差を調べたのが Fig. 7 である。丸で囲まれた数字は推定経験回数の増加を示し、囲まれていない数字はそれの減少した回数を示している。Fig. 7 から、震度 V 以上の経験回数が著しく減少したのは内陸に多いことが分かる。前回の計算では、震源位置の疑わしいものでも、緯度経度のあるものは機械的に採用していたのを、今回の計算ではそれらを省いた為である。その結果、千葉県中部、福島県沿岸から三陸海岸にかけて大きな変化が見られた。これからも分かるように、各格子点での推定経験回数は絶対というのではなく、かなりの誤差を含むものと考えべきである。歴史地震の資料を用いることの限界を示したものともいえよう。しかし、疑わしいものを省いたことにより過小評価の恐れはあるものの、今回の Figs. 4, 5 が前回のそれらに比べ、現時点では、より信頼性があるものと思われる。

Figs. 4, 5 より、総体的には、太平洋沿岸での地震経験回数が多いことが分かる。過去400年間に震度 VI 以上の地震動を2回以上経験したところは殆どないと言って良い。紀伊半島で大きな値が見られるが、これは、地盤の影響を無視したため、やや過大評価している為である。河角 (1951) による震度 VI の経験回数が非常に多いのは、彼の用いた震度の距離減衰の公式の不備によるものと思われる。震度が V 以上になると、北海道、中国、九州の一部を除き殆どの場所で経験されている。伊勢湾周辺、南関東、仙台沖、八戸付近は経験回数が多い。中でも南関東は著しい。河角 (1951) の結果と直接比較することは出来ないが、全体としての傾向は似通っている。

ここで、島崎ら (1985) の地震危険度図と比較してみよう。島崎らは、地震の再来間隔が50年以下になるといった地震危険度の高い地域として、北海道南部の太平洋沿岸、東北地方三陸沿岸の一部 (八戸、仙台周辺)、中部山岳地帯を含んだ中部地方の内陸部、京阪神、九州宮崎県沿岸をあげている。これらの地域は、中部山岳地帯、南関東を除けば、我々の結果と大略一致するが、概して、島崎らの再来間隔がより短いという傾向がある。

3. 考 察

南関東では、活断層が厚い堆積層に隠されているため、これらが評価されていない島崎らの危険度図と我々の結果が一致しないのは当然である。中部山岳地帯で彼らの得た地震の再来間隔は25年以下となっている。比較の為、統計年数を経験回数で除したものを地震の再来間隔とするならば、我々の結果では、70-140年となり大きく異なっている。この不一致はおそらく、彼らが活断層の活動間隔を現実に比べ短めに仮定したためではないかと思われる。また、簡単な為、活断層はそれぞれ無関係に活動すると仮定されているが、活断層が密に分布している地域に地震が発生すると、その周辺では応力分布が変化して、周辺の活断層に応力集中が起り、その活動を促し、地震が続発する可能性も考えられる。このような地震の続発性をどのように解析に取り入れるかも今後の問題と考えられる。Table 1 は、東京に近い、 $139^{\circ}.5E$, $35^{\circ}.5N$ の地点に震度 V 以上の地動をもたらす

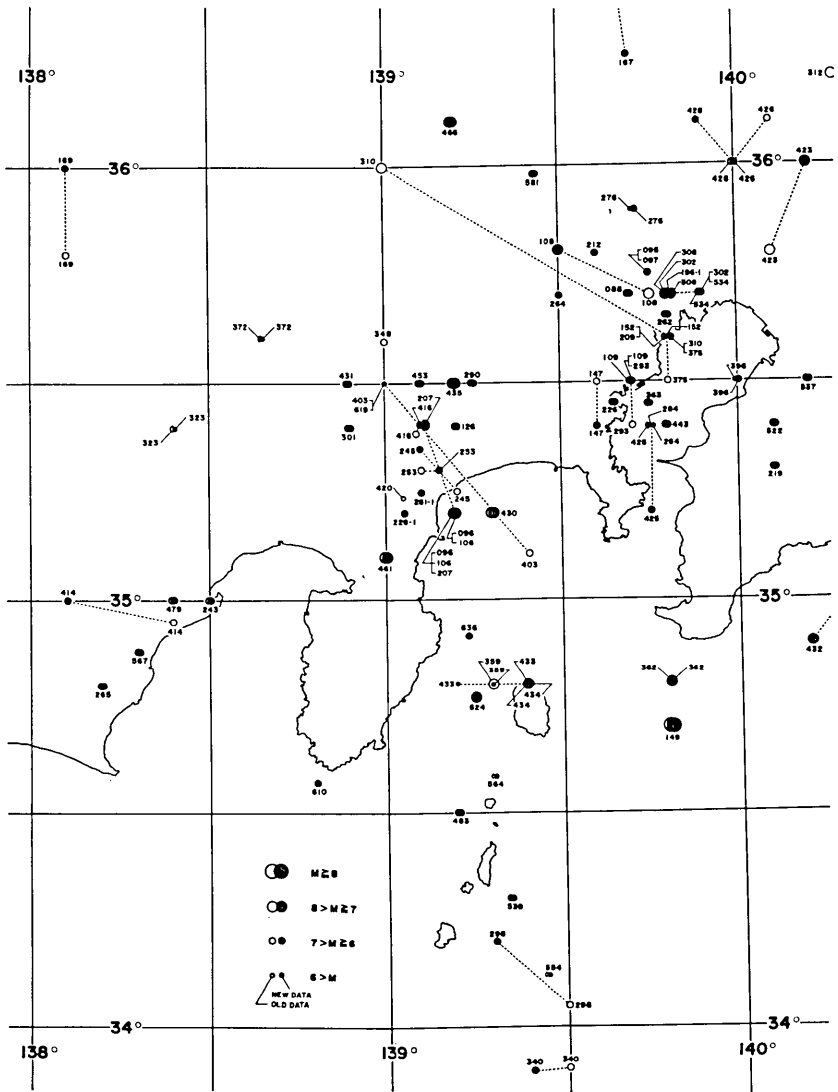


Fig. 3. Revised locations of foci in Kanto area.

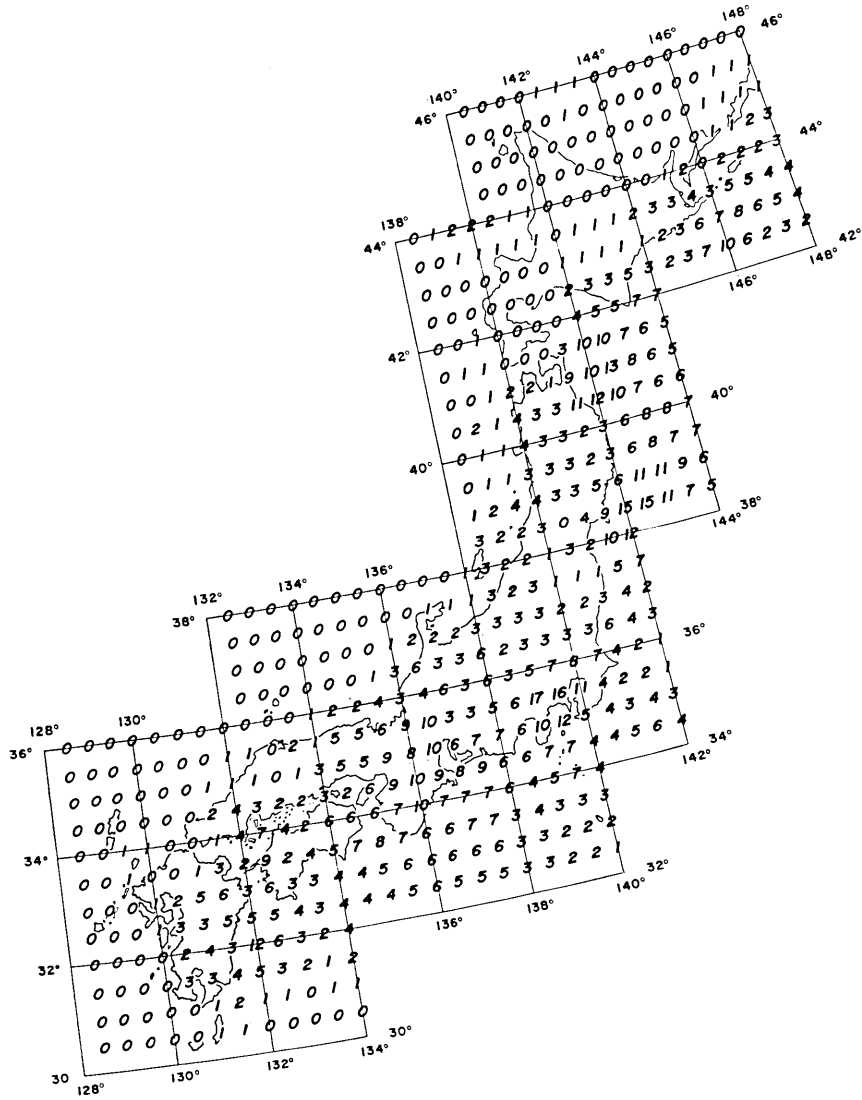


Fig. 4. Estimated number of times ground motion stronger than intensity V on the JMA Intensity Scale has been experienced.

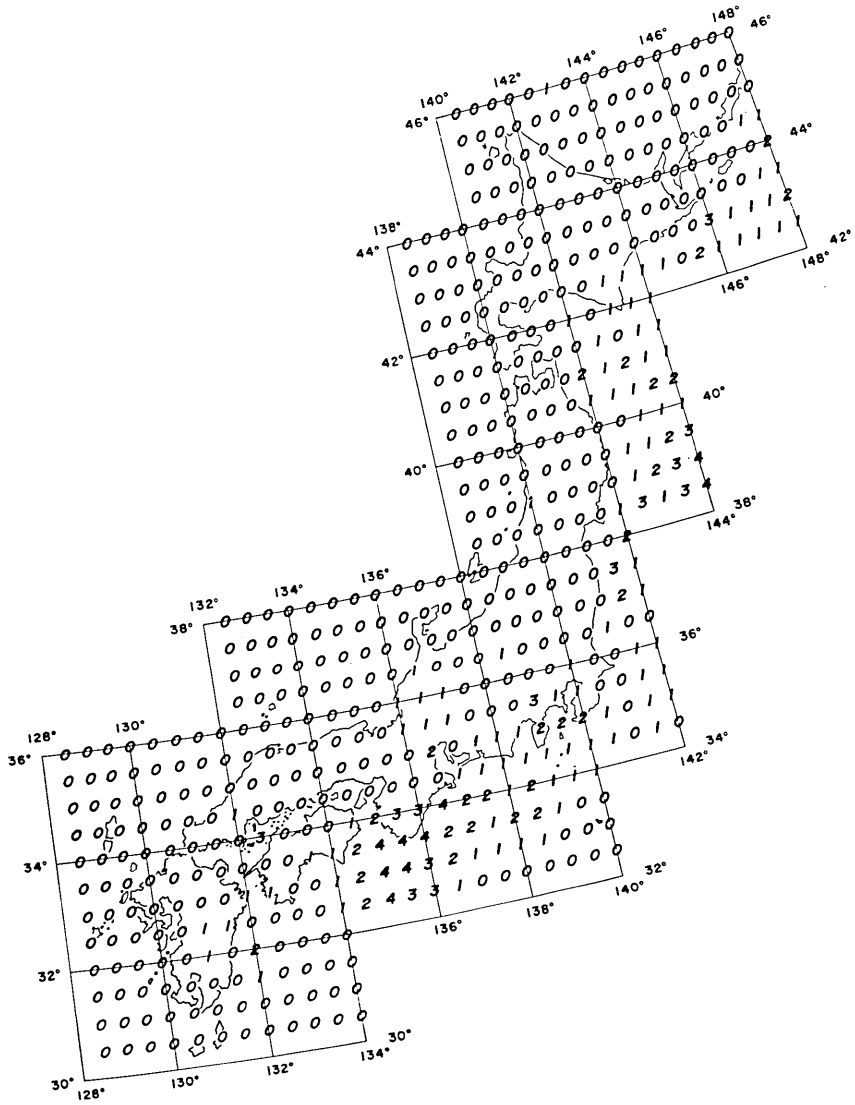


Fig. 5. Estimated number of times ground motion stronger than intensity VI on the JMA Intensity Scale has been experienced.

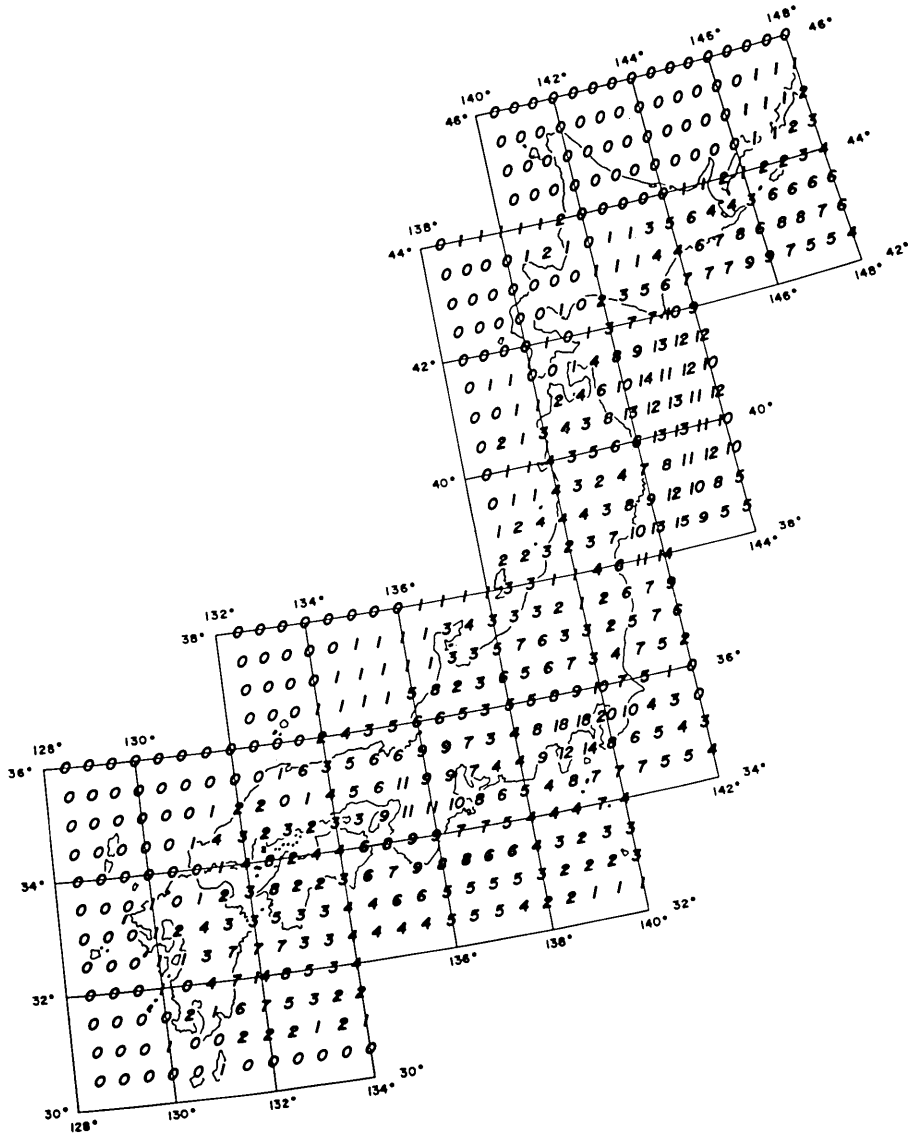


Fig. 6. Estimated number of times ground motion stronger than intensity V on the JMA Intensity Scale has been experienced, published in the previous paper.

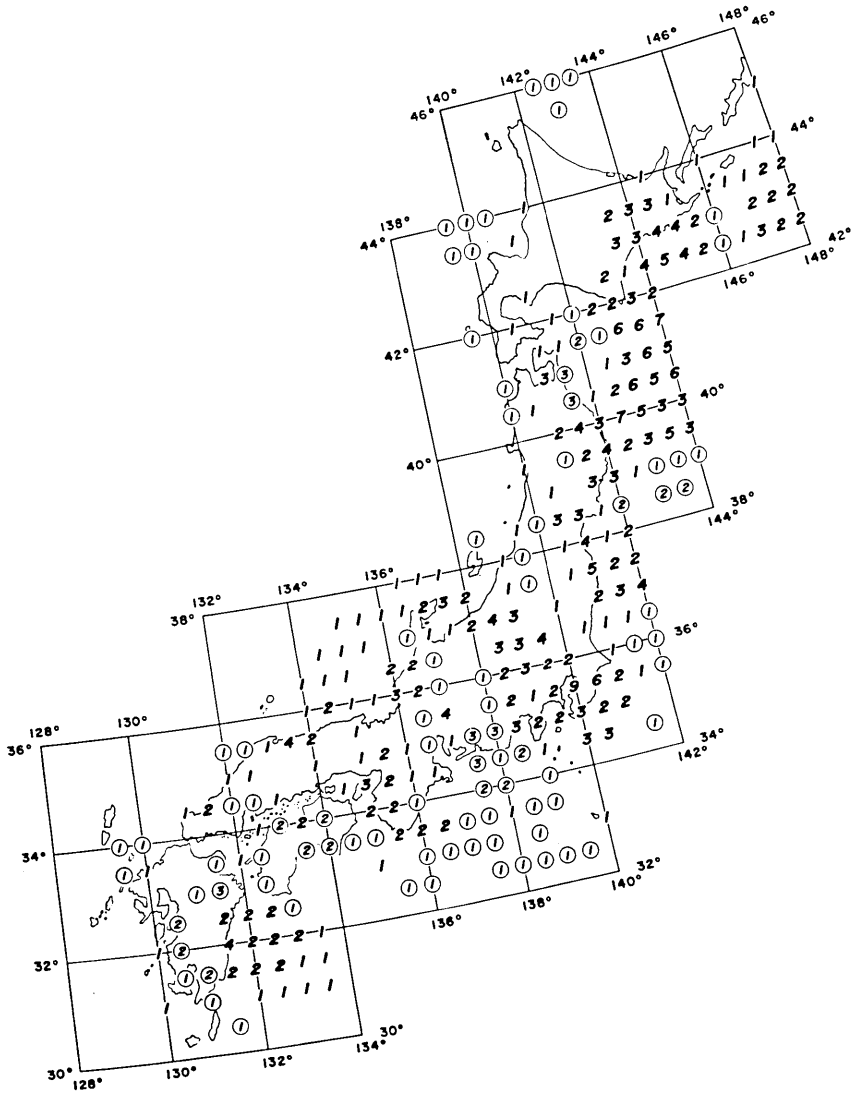


Fig. 7. Comparison between Figs. 4 and 6. Numerals in circles are increments of Number of ground motion occurrences. Numerals without circles are decrements of ground motion occurrences.

Table 1. The list of earthquakes which brought ground motion stronger than JMA Intensity V at 139.°5E, 35.°5N.

Eq. Number	Origin Time	Longitude °E	Latitude °N	Magnitude	Intensity
96	1633. 3. 1	139.2	35.5	7.0	5.1
106	1648. 6.13	139.2	35.5	7.0	5.1
108	1649. 7.30	139.5	35.8	7.0	5.4
109	1649. 9. 1	139.7	35.5	6.4	5.3
147	1697.11.25	139.6	35.4	6.5	5.5
149	1703.12.31	139.8	34.7	8.1	5.9
207	1782. 8.23	139.1	35.4	7.0	5.2
226	1812.12. 7	139.65	35.45	6.25	5.3
257	1854.12.23	137.8	34.0	8.4	5.2
262	1855.11.11	139.8	35.65	6.9	5.4
264	1856.11. 4	139.5	35.7	6.3	5.0
308	1894. 6.20	139.8	35.7	7.0	5.3
310	1894.10. 7	139.8	35.6	6.7	5.2
363	1906. 2.24	139.75	35.45	6.4	5.1
430	1923. 9. 1	139.3	35.2	7.9	6.3
435	1924. 1.25	139.2	35.5	7.3	5.7

たと推定される地震の表であるが、発生の時間分布にはいくつかの群れが見られる。単純に、統計年数を地震数で割れば、ここでの地震の再来間隔は約 25 年となる。ところで、435 は 430 (関東地震) の余震と考えられている。これらは、別々の事件ではなく一つの事件として取り扱うのがより合理的であるとも考えられる。また地震の規模は同程度でも、近傍に続発したものは前に述べた理由で一つの事件と考えるならば、Table 1 は、例えば 96, (106, 108, 109), (147, 149), 207, 226, 257, (262, 264), (308, 310), 363, (430, 435) のように 10 回の出来事にまとめることも出来よう。このようにすれば、再来間隔は約 40 年となり、宇佐美・久本 (1970) が、周期分析の結果得た 36 年という東京の値に近くなる。このように考えると、単純に統計年数を地震数で割って得られる再来間隔は実際の感覚より短めに表現されていることになる。

4. お わ り に

宇佐美により改訂された歴史地震のデータを用いて、我が国における過去 400 年の地震活動を調べ、前報の結果と比較した。震度 V の推定経験回数では、相対的には似た結果であったが、千葉県中部、福島県沿岸から三陸海岸にかけて大きな変化が見られた。歴史地震による過去の地震活動調査の一つの限界を示すものといえよう。歴史地震の震源位置や規模については、今後とも古文書などの調査を通じて精度の向上をはかるべきであるが、現時点では、今回の結果が最良のものとする。島崎らが活断層の分布から得た中部山岳地帯の地震の再来間隔 25 年以下という値は、我々の解析結果からは説明できない。こ

の不一致は、彼らの仮定した活断層の活動繰り返しの間隔が短いためと考えられる。この地域での地震の再来間隔は、我々の結果によると、彼らのそれよりすくなくとも3倍程度は長いものと思われる。しかし、活断層の分布を用いて地震危険度図を作成することは、歴史地震に頼ってきたこれまでの手法に比べて、統計年数を地質時代にまで広げられるという長所があるので、今後とも、堆積層に隠された活断層を見いだす手法の開発、トレンチ調査などによる活断層の活動間隔の調査などデータの蓄積に務め、より良く改善されていくべきものとする。

文 献

- KAWASUMI, H. (1951), Measures of Earthquake Danger and Expectancy of Maximum Intensity throughout Japan as inferred from the Seismic Activity in Historical Times, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, 29, 469-482.
- 嶋 悦三 (1977), 地震時における地盤の振動, 計測と制御, 16, 685-693.
- 嶋 悦三, 浅田鉄太郎 (1986), 我が国における過去 400 年間の地震活動度, 第 7 回日本地震工学シンポジウム, 67-72.
- 島崎邦彦他 (1985), 日本の地震危険度マップ, 地震学会講演予稿集, No. 1, 293.
- 宇佐美龍夫・久本荘一 (1970), 東京が震度 V 以上の地震に襲われる確率, 地震研究所彙報, 48, 331-340.
- 宇佐美龍夫 (1975), 日本被害地震総覧, 東京大学出版会,
- 宇佐美龍夫 (1987), 改訂日本被害地震総覧, 東京大学出版会,
- 宇津徳治 (1982, 1986), 日本付近の M6.0 以上の地震および被害地震の表 (1885年~1980年), 地震研究所彙報, 57, 401-463; 訂正と追加, 地震研究所彙報, 60, 639-642.

Seismicity of Japan during the Past 400 Years

Etsuzo SHIMA and Tetsutaro ASADA

Earthquake Research Institute

Seismic activity in Japan since 1600 is studied. The data source utilized is the list of historical earthquakes compiled by Usami. 409 earthquake data in total were available for this study. Using the empirical formula developed by Shima, the numbers of experienced intensities due to these earthquakes at mesh points 0.5 degrees apart were computed. It was found that, only a few places experienced ground motion stronger than Intensity VI twice during the past 400 years. Excluding part of Kyushu and Hokkaido, almost every site in Japan experienced ground motion stronger than Intensity V at least once. It was also found that southern Kanto is the most active region in Japan. The recurrence time of earthquakes in this region will be 25-50 years.

SHIMAZAKI et al. proposed a seismic risk map of Japan utilizing the distribution of active faults. They claimed that the recurrence time of earthquakes expected in the mountainous region of Chubu District will be less than 25 years. From our study, however, the seismicity of this region will not be that high, but as low as 1/3 of that of the southern Kanto region. This discrepancy may be due to their assumption of shorter recurrence interval of activation of the fault.