

京都周辺に発生する微小地震 (2)

岡野健之助・平野 勇

MICRO-EARTHQUAKES OCCURRING IN THE VICINITY OF KYOTO (2)

By *Kennosuke OKANO and Isamu HIRANO*

Synopsis

One of the conclusions drawn in the first paper that micro-earthquakes are very frequent in a belt-like region running from the west coast of Lake Biwa to Osaka Bay is strongly confirmed. The focal depths are shallow in the east side of the belt-like region, and become deeper toward the west end. The deepest focal depths lie in the crust. The distribution of the first motions of P waves is of quadrant type, and the horizontal component of the maximum pressure lies in the E-W direction, which agrees comparatively well with the direction of the maximum pressure of very shallow earthquakes in Kinki District. The frequent occurrence of micro-earthquakes and the larger earthquakes in the belt-like region might have some relations to geologically distinctive features such as the abnormal variation of Bouguer anomaly, the minimum horizontal displacements and the existence of Quaternary active faults found in the region concerned.

1. ま え が き

前報¹⁾では観測を開始した1963年10月から1964年6月迄の Data による結果について報告した。今回はそれ以後1965年2月迄の Data を加えた結果について報告する。

前報では震源の決定はP波の速度を 5.0km/sec, 5.5km/sec 及び 6.0km/sec の3つの場合を仮定して行なったが、5.0km/sec は小さ過ぎることが分かったので今回は後の2つの場合についてのみ行なった。

尚前回の計算, 作図等に誤りがあったので訂正した。

2 震 央 分 布

各観測点の記録から明瞭にのみとることの出来るS波の到達時刻をよみ、P波の到達時刻から計算によって得られた震源の位置と発震時刻を用いて、S波の震源距離による走時曲線をかいたところ²⁾、この図から得られる平均の走時曲線からかなり離れる点が屢々あった。これは震源の決定が誤っているものと考えられる。それ故これを震源決定の精度を調べる手段として用い、この検定を各地震について行なって精度の悪いものは除いた。

Fig. 1 (a), (b) は震央の分布を示す。○は前回報告した1964年2月迄のもので、●は今回つけ加えたところの1965年2月迄のものである。

分布の様子は大体同じで、やはり琵琶湖の西岸から大阪湾にかけて Belt 状になっている。この Belt 状をなす震央分布は、現在我々が対象にしている微小地震についてのみ見られることではなく、更にMの大きい地震 (M=5 程度迄) について同様であることは前報で述べた。それより更にMの大きい地震については、以前河角³⁾によって、又最近村松⁴⁾によって破壊的地震の震央分布が与えられている。これも又微小地震とはほぼ同じ地域に Belt 状に分布している。これらのことから、この地震帯は、微小地震から破壊の大地

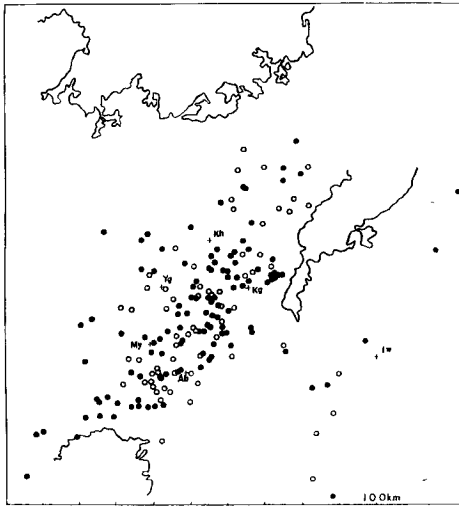


Fig. 1-a Distribution of epicenters for the assumed velocity of 5.5 km/sec.

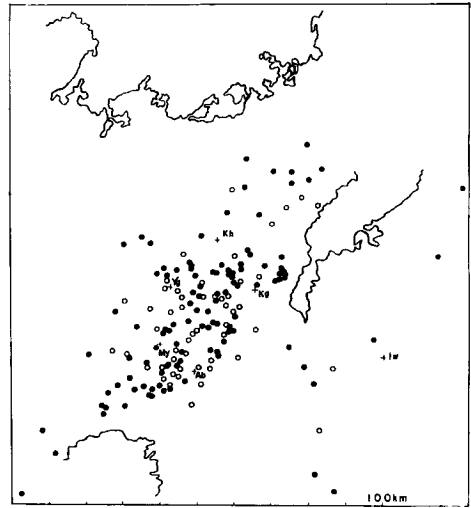


Fig. 1-b Distribution of epicenters for the assumed velocity of 6.0 km/sec.

震源発生する地域であるといえる。

尚この地震帯については佐々⁵⁾がすでに指摘している。

又1946年12月21日の南海道地震後6カ月間に起った地震の震央が宇津⁶⁾によって示されているが、この分布図にもこの地域に地震が集中して発生しているのが見られる。そして当時の阿武山地震観測所における5,000倍の高感度地震計は非常に多くの微小地震を記録している。これは南海道地震の余震と見られているが、このように余震域から離れていると考えられる地域にこのように集中して地震が発生するということは、この地域の地殻構造が周囲の地域に比べて不均質であることを示している。

3. 地震の深さの分布

この地震帯に平行な鉛直断面、即ち阿武山と妙見山を結ぶ線に垂直な鉛直断面上に震源をplotした図は前報で示したが、今回の新しいDataをつけ加えても同じで、およそ30kmの深さ以内にすべての震源が分布しており、その分布の様子には今の所著しい傾向は見られず一様である。

次にこの断面と直交する断面、即ちこの地震帯に直交する鉛直断面上に震源をplotした。これをFig. 2に示す。図中○は観測点が5カ所であった時のもの、●は6カ所になってからのものである。観測点が4カ所であった時の震源は精度が悪いので除いた。 $V_p=5.5\text{km/sec}$ とした場合の分布には、この地震帯の東側では浅い震源を持った地震が多く、西へ行くに従って深いものが増えていくという傾向が明瞭に見られる。 $V_p=6.0\text{km/sec}$ とした場合の分布では余り明瞭ではないがやはりこの傾向が見られる。

我々が震源を計算する場合、 $V_p=5.5\text{km/sec}$ 及び $V_p=6.0\text{km/sec}$ という様な速度を仮定した。この各々の場合について、前述したS波の走時曲線を調べると $V_p=5.5\text{km/sec}$ は小さく、 $V_p=6.0\text{km/sec}$ はやや大きく見積っていることが分った。平均速度としては $5.8\sim 6.0\text{km/sec}$ が適当のようである。それ故深さの分布は $V_p=6.0\text{km/sec}$ とした場合のものに近いと考えられる。

震源の決定を行なう場合、観測網が密でないと深さを正確に求めることは非常に困難である。我々の場合は観測点が6カ所しかないので種々の仮定をおいて計算している。それ故求めた深さに対する精度はあまりよくない。従って上に得られた東に浅く西に深いという震源の分布もこれだけでは疑わしい。そこで他の方

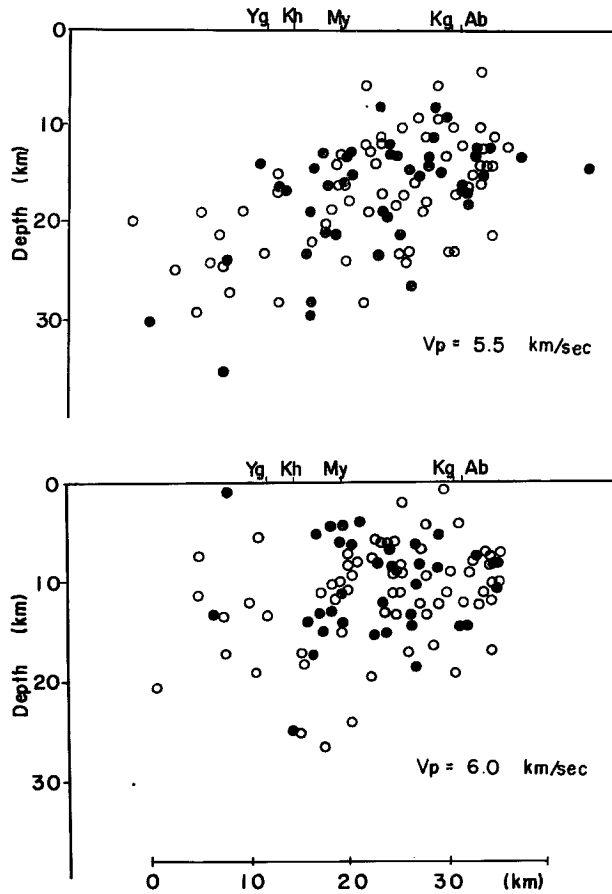


Fig. 2 Distributions of focal depths.

面からこのことを検討した。

Fig. 2 を見ると分るが、岩尾山を除く 5 観測点は地震帯の上に位置している。それ故もし上述の震源分布の傾向が真実であるならば、各観測点において観測される P~S Time はその観測点の位置に特有な頻度分布を示す筈である。即ち地震帯の東側に位置しているところの阿武山、上賀茂は P~S Time の頻度分布の最大が短い方に、そして西側に位置している八木、京北は長い方になければならない。Fig. 3 は各観測点の P~S Time の頻度分布図であるが、この図からその最大頻度を与える P~S Time は阿武山、上賀茂では 1~2 秒、八木、京北では 2~3 秒にあることが見られる。このことから震源の深さに対する上述の分布の傾向はやはり本当らしく思われる。そこで Fig. 2 で点がばらつくのは震源決定の精度が悪いためであって、実際はこの分布の傾向はもっとはっきりしているのかも知れない。以上のことから我々は東に浅く西に深い傾斜面をこの地震帯の中に考え、これがこの地域で地震を発生するところの破壊領域ではないかと考えている。

4. P波初動の Push-Pull の分布

我々が観測しているのは 6 カ所であるので、各々の地震についての Push-Pull の分布から Nodal Line を引くことはむづかしい。そこですべての地震の震央を重ね合わせる方法をとった。Fig. 4 (a), (b)にその分布

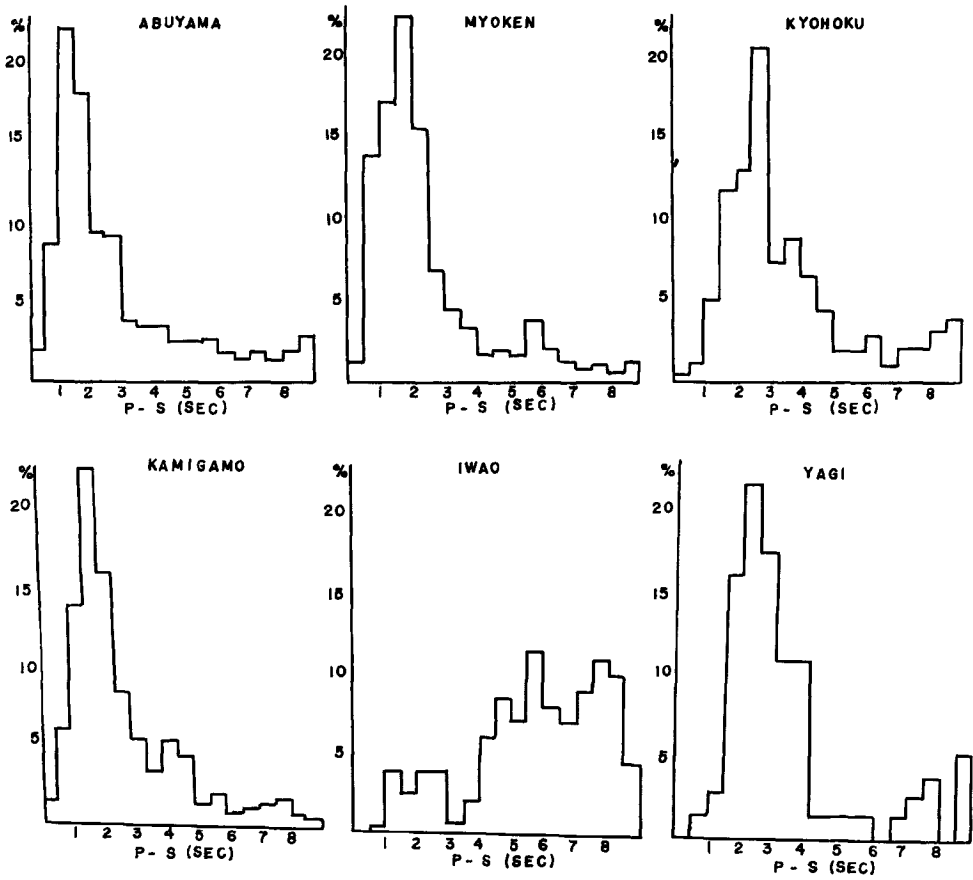


Fig. 3 Relative frequency distributions of P-S duration times.

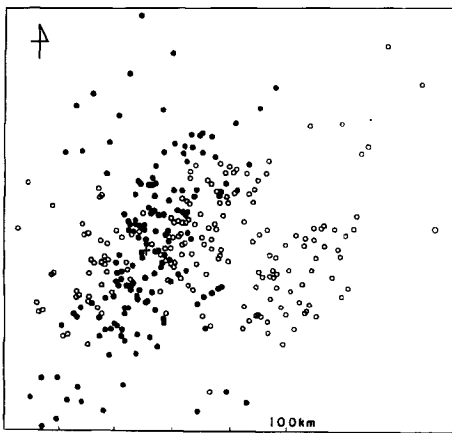


Fig. 4-a Distribution of the first motions of P waves for the earthquakes occurring from Mar. 5 to Oct. 17, 1964 (5 stations, $V_p = 6.0$ km/sec). ● : condensation, ○ : rarefaction, + : epicenter.

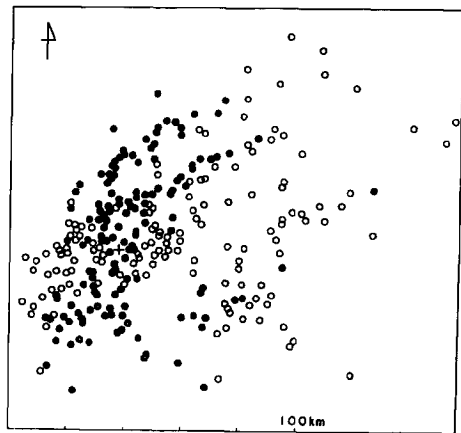


Fig. 4-b Distribution of the first motions of P waves for the earthquakes occurring from Oct. 17, 1965 (6 stations, $V_p = 5.5$ km/sec). ● : condensation, ○ : rarefaction, + : epicenter.

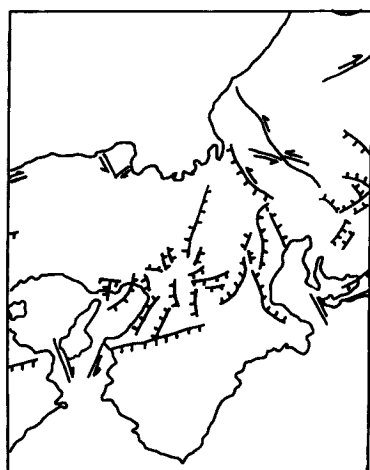


Fig. 5 Quaternary active faults in Kinki District (after Hatori et al).

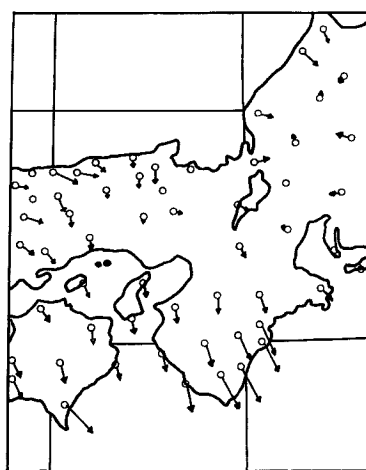


Fig. 6 Distribution of horizontal displacements in Kinki District (after Inoue).

図を示す。(a)は観測点が5カ所であった時のもので、 $V_p=6.0\text{km/sec}$ と仮定して求めた震央である。(b)は観測点が6カ所になってからのもので、 $V_p=5.5\text{km/sec}$ として求めた震央である。

この図から Push と Pull の点が非常にはっきりと4象限に分れていることが分る。即ち、NE-SW, NW-SE の直交する二本の線が Nodal Line となって象限型に分布している。勿論 Nodal Line の付近では○と●がかなり入り混っているが、これは Nodal Line の付近ではP波の初動振幅が小さいので、誤って次の山を読んでいることもあるし、又実際に各地震の Nodal Line がずれているからでもあろう。又震央付近でも Push と Pull が入り混っているが、これは震源決定の精度が悪いこともあるし、Dip Slip によることもある。その他は僅かの例外を除いて非常にきれいに4象限に分れており、その Nodal Line は殆んど直交している。このようにすべての地震の震央を重ね合わせて出来る Push-Pull の分布がはっきりと象限型を示すということは、各々の地震の初動分布も同じく象限型をしていると考えて差支えなからう。

それ故この地域に発生する微小地震はすべて東西方向から加わる起震力によって起きるといってよからう。一方近畿地方における極浅発地震は本多の研究によってその起震力の方向がほぼ東西方向であることが知られている。従って近畿地方に発生する地震は微小地震から大地震に至る迄その起震力の方向は同じであると考えられる。

5. 地殻変動との関連

この地震帯が重力の Bouguer Anomaly の変化が特にはげしい地帯と一致していることは、前報で述べた如く坪井の指摘するところである。この地域には過去において大地震がかなり多く起っていて、いわゆる「淀川地震帯」と名づけられているので、断層との関連を調べて見た。Fig. 5 は第3紀以来活動したと考えられる断層の図であるが、我々が微小地震の観測によって得た地震帯の地域に断層が多く見られる。そして断層の方向は前節で述べた Nodal Line の方向と比較的一致していることは興味のあることである。

次に三角測量による土地の水平移動を調べた。Fig. 6 は井上⁷⁾によって得られたもので、最近迄の約50年間の水平移動の図である。これを見ると微小地震帯の地域には点がないが、周囲の移動の様子から考えて、この地域では水平移動が Minimum になっていることが分る。これはこの地域で破壊が起っているのではないかと考えられる。

又日本列島は我々の問題にしている微小地震帯を境にして北東の部分と南西の部分が異った Bending

をしているように見える。これはこの2つの部分の異った方向の地殻運動の力が、その境に起震力を与えているのではないかという想像を起させる。

6. 結 論

1963年10月から1965年2月迄に観測された京都周辺に発生する微小地震の観測結果から次の結論が得られた。

1. 京都、大阪周辺に発生する地震の震央は琵琶湖の西岸から大阪湾にかけて Belt 状に分布している。
2. この地震帯には微小地震から破壊的大地震迄起る。
3. 微小地震の発生する深さは、約30km迄で Crust より下の部分には発生しない。
4. 微小地震の深さは地震帯の東側では浅く、西へ行くにつれて深くなっている。この傾斜した或領域がこの地震帯の Rapture Zone ではないかと考えられる。
5. この地震帯における起震力の方向は東西方向である。

7. あ と が き

更に詳しく発震機構を調べるためにはS波を用いなければならない。我々の微小地震の観測は殆んど上下動成分だけであるから、S波の水平成分が得られない。しかし阿武山では Routine Observation で3成分観測を行なっているので、地震の重ね合わせの方法をとれば、これを用いてS波の解析を行なうことが出来ると考えている。又6観測点の観測は現在も続けられているので、この地域における地震の発生についての変化の様子を調べることが出来る。そして大地震に対する微小地震の関連が分って来るのではないかと期待している。

謝 辞

この観測は多くの人々の労力によって行なわれている。これらの方々、特に毎日休みなく記録用紙の取替えを行なっていただいている各観測点の方々、又器械の保守並びに記録の整理をしていただいた方々に厚くお礼申し上げます。

阿武山地震観測所の三木晴男教授には色々とお援助をいただきました。心から感謝します。

参 考 文 献

- 1) 岡野健之助, 平野勇: 京都周辺に発生する微小地震(1), 京都大学防災研究所年報, 第8号, 1964, PP.117—125.
- 2) Okano, K. and Hirano, I.: Micro-earthquakes occurring in the vicinity of Kyoto (2), Special Contribution of the Geophysial Inst. Kyoto University, No. 5, 1965, (in press).
- 3) 河角広: 理科年表
- 4) 村松郁栄: 50年間に予想される地震動速度最大値の日本全域における分布, 第2回災害科学総合講演会講演論文集, 1965, PP.201—204.
- 5) 佐々憲三: 京都地震とその対策, 京都府地震対策委員会, 1950, P. 24.
- 6) Utsu, T.: A statistical study on the occurrence of aftershocks, Geophys. Mag., Vol. 30, 1961, P. 527.
- 7) Inoue, E.: Land deformation in Japan, Bull. Geograph. Survey Inst., Vol. VI, part 2-3, 1960, PP.73—134.