

# 微小地震の $b$ 値とエネルギー分布

見野和夫・松村一男

## DISTRIBUTION OF $b$ VALUE AND RELEASED ENERGY

By Kazuo MINO and Kazuo MATSUMURA

### Synopsis

The  $b$  value in Gutenberg & Richter's relation was investigated about microearthquakes which occurred around eastern Chugoku and northwestern Kinki districts. The study was carried out using the epicenter data which observed and determined during over 8 years between 1970 and 30, June 1978 at Abuyama Earthquake Observatory and at Tottori Microearthquake Observatory.

The eastern part of Chugoku, according to the data of Tottori Observatory has almost constant  $b$  value about 0.7 especially around Yamasaki Fault. And the released energy near and around Tottori Observatory Net Work was proportionate to the number of observed earthquakes. On the contrary, in the northwestern part of Kinki, the  $b$  value changed gradually from 1.0 to 0.7 with depth. And the released energy was almost equal until the depth about 15 km., even the number of earthquakes decreased rapidly.

But the explanation above mentioned phenomena is obscure, because the accuracy of the determined depth of the foci is not enough to study it without more detailed information about the crustal structure and without more dense observation just on the foci.

### 1. はじめに

微小地震の観測は、近畿北西部・中国東部地域で、阿武山地震観測所（京都大学理学部）と鳥取、北陸微小地震観測所（京都大学防災研究所）を中心に実施されている。阿武山、鳥取の両観測所では、約15年の資料が整えられている。

1976年からは、テレメータシステムが採用され、より充実かつ高精度のデータが得られるようになった。

これらのデータを用いて、地震活動の様子を  $b$  値及びエネルギー分布から調べることにした。 $b$  値は、謂ゆる Gutenberg-Richter の関係と呼ばれる式

$$\log N = a + bM$$

$N$ : 地震の頻度

$M$ : 地震のマグニチュード

$a, b$ : 定数

の勾配  $b$  で定義される。

$b$  値についての研究は多く行われているが、現在取扱う地域については、尾池 (1976)<sup>1)</sup> の研究がある。

現論文では、1970年1月1日から、1978年6月30日までの阿武山、鳥取両観測所で決められた震源のデータを用いた。

$b$  値については、空間分布についてのみ論じ、時間変化については、機会を改めて論ずることとする。

$b$  値やエネルギー分布についての、現論文での主たる興味は、それらの深さに対する変化にある。しかし、震源の深さに対する決定精度は、水平方向の精度に比して一段劣ると考えられる。これは、地下の情報が少ない

い事や、不幸にも、震源域直上に、観測点のないことにも起因している。それでも、近畿地方や中国東部地域では、衛星観測点の分布の密度を考えると、少なくとも、相対的な深さの関係は、論ずるに足るデータが備っている。

## 2. $b$ 値の平面分布

微小地震の当地域における分布は、Fig. 1 に示されている。これは、鳥取微小地震観測所による Epicenter Map である。微小地震の分布は、図から明らかなように、一様に発生している訳ではない。即ち、鳥取

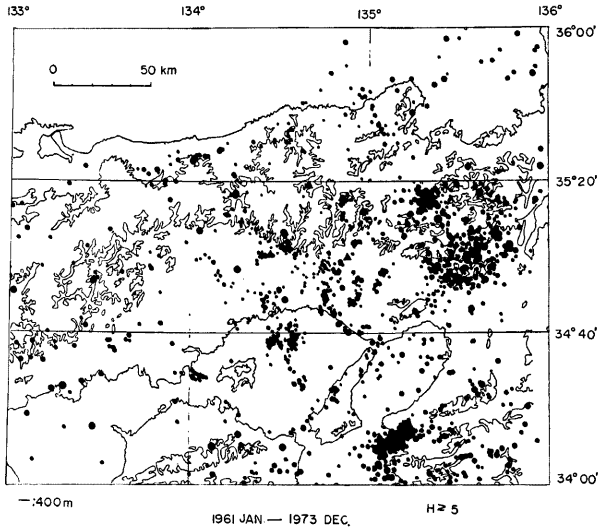


Fig. 1. The map of epicenters around Tottori microearthquake observatory and Abuyama Earthquake Observatory.

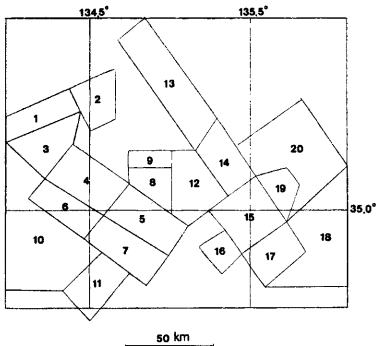


Fig. 2. The region was divided into 20 blocks to calculate  $b$  values.

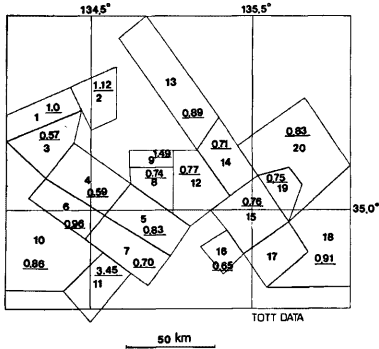


Fig. 3. The distribution of b value was obtained from the data of Tottori Microearthquake Observatory. The activity in the blocks No. 9 and 11 is the artificial explosions.

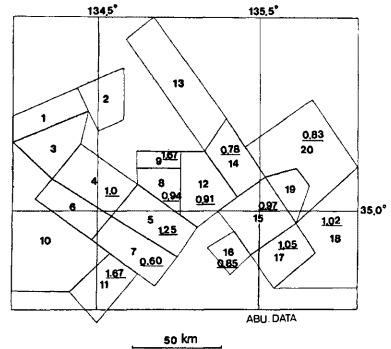


Fig. 4. The b values in each block were determined by the data of Abuyama Earthquake Observatory.

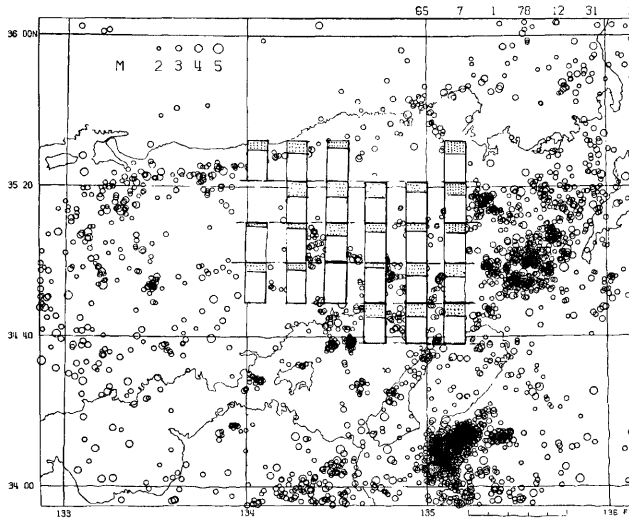


Fig. 5. The b values distribution is shown near and around Tottori Net Work. Each b value was determined using the earthquakes which occurred inside a circle with radius 20 km. The b value is smaller than 1.0. Difference value from 1.0 is shown the hatched part.

観測所の Net 内では、山崎断層にかかわって起る地震が多く、阿武山の方では、有馬・高槻構造線の北側に密な地震分布がある。

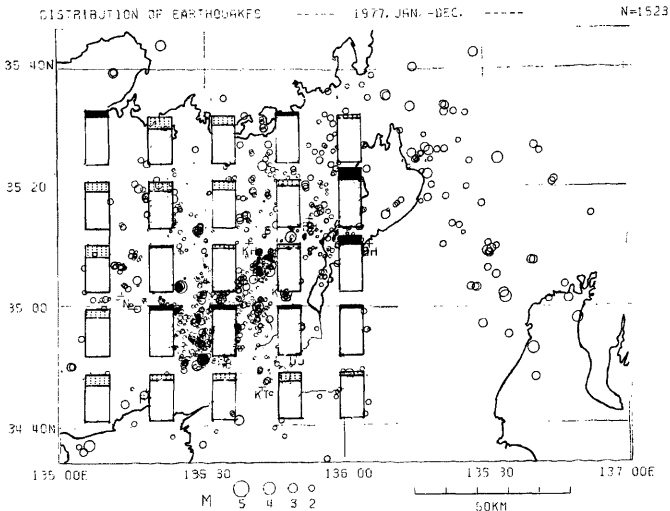


Fig. 6. The  $b$  values distributions are shown in Abuyama Observatory Net Work region. The  $b$  value is larger than 1.0. The differences over 1.0 is shown dark shadow part.

従って、地震の多い地区で、活動が1かたまりと思われる地域を、1つの活動域と考えて、Fig. 1を20個の地域に分割し、夫々の地域について $b$ 値を求めることにした Fig. 2。例えば No.1は、鳥取地震断層に沿うブロックで、4, 5, 6, 7は山崎断層に、15, 19は、有馬・高槻線に関連するブロックである。Fig. 3は鳥取観測所のデータによる結果である。ブロック No.9, 11は、夫々、奥多々良木、家島群島の工事もしくは、採石発破である。Fig. 4に阿武山のデータによる結果を示してある。 $b$ 値は、用いるデータ、地域により、かなり散ばることが解る。特別な地域分けをせずに、鳥取・阿武山の Net 内を東西・南北 20 km のメッシュに切って、その交点を中心に半径 20 km の円内で、地震が100個以上ある地区の $b$ 値を求め Fig. 5, Fig. 6、に夫々鳥取・阿武山地区として示した。鳥取地区については鳥取のデータを、阿武山地区については、阿武山のデータを用いた。ハッチのしてある値は $b$ 値が1.0より小さいもの、黒く塗ってあるのは、1.0より大きいもので、棒の長さが値を示している。鳥取では、阿武山に比べて、 $b$ 値が低いのが、これは detectivity に関係してはいるが、実際は破壊に対する、地殻の対応の仕方の相違をも表わしていると考えべきである。

### 3. $b$ 値及びエネルギーの深さ分布

先ず、阿武山の Epicenter Map で、深さ 8~10 km に起る地震分布を示したものと、やや深い、12~15 km を比べてみる。浅い地震の方が多く、しかも小さな規模が多数含まれているのに対し、深い方は、全体の発生数も少ないが小さな地震が欠けている (Fig. 7, Fig. 8)。

この図は、 $b$  値もしくはエネルギー分布が深さにより違っていることを示唆するものである。

地震の深さ分布は、特に精度の良い地震の場合、Fig. 9 となる。全地域の発生頻度とマグニチュードの関係を示す、阿武山、鳥取、北陸観測所の順に示すと Fig. 10 となる。阿武山では  $M=1.0$  にピークをもつが、他

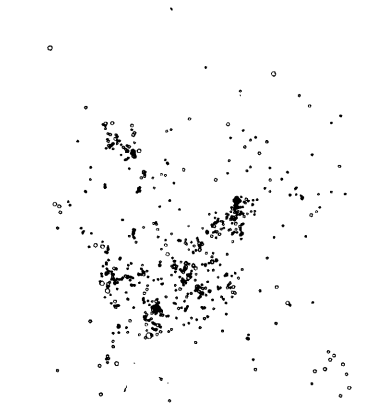


Fig. 7. Distribution of foci is shown between 8 and 10 km depth.

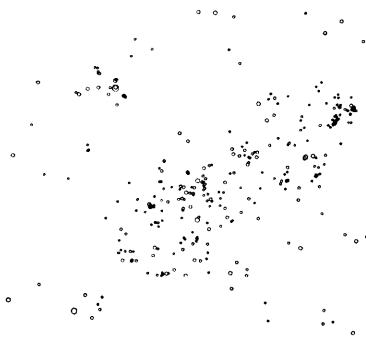


Fig. 8. Distributions of focal depth are shown between 12 and 15 km.

の2観測所では、 $M=1.5\sim 2.0$  にピークがある。阿武山の Net 内に、小さな地震が多発している事と、衛星観測点の密度の差を表わしている。阿武山と鳥取のデータについて、マグニチュードと深さと発生頻度を Fig. 11, Fig. 12 に示した。鳥取では、深さ 10 km に、地震発生のピークをもち、ピークでのマグニチュードは 1.5 である。又、マグニチュードの大きい地震は地震発生の最も多い深さ 10 km 付近に多い。一方、阿武山のデータでは、地震発生のピークが、10 km より少し深い所へと斜いていて、他の深さの地

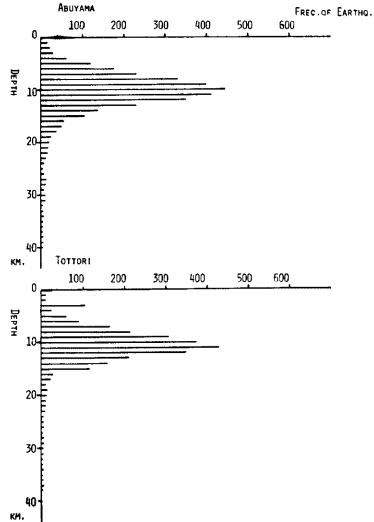


Fig. 9. The distribution of focal depth in Abuyama region and Tottori Net Work region is shown.

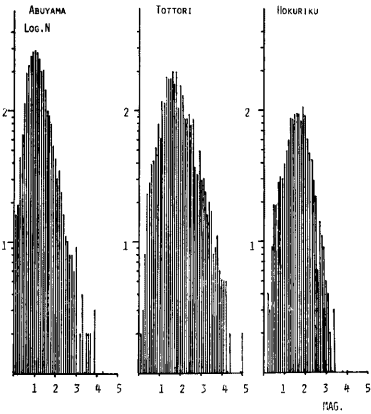


Fig. 10. Relations between frequencies of earthquakes and magnitude are shown. From the left to the right, the results are obtained from Abuyama Earthquake Observatory, Tottori and Hokuriku Microearthquake Observatories.

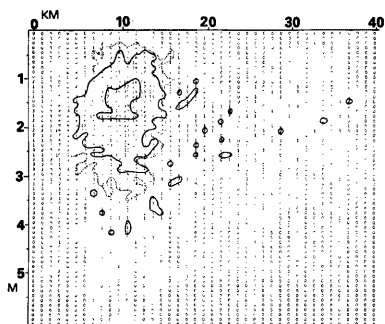


Fig. 11. The map is shown the relation between magnitude and depth of foci observed by Tottori Observatory.

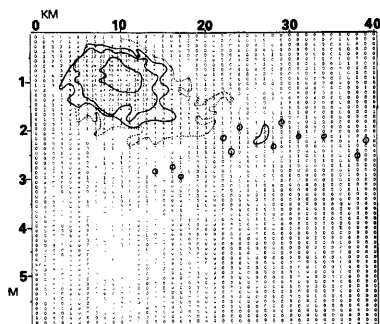


Fig. 12. The map is shown the relationship between magnitude and focal depth by using Abuyama Observatory data.

震も鳥取の、それとは違った型をしている。即ちエネルギーの大きい地震が、より深い所にあることを表わしている。点線の囲いは、地震頻度が、2回以上を示している。

$b$  値、エネルギーを調べるには、十分なデータが必要である。従って、鳥取 Net 内では、山崎断層、阿武山 Net 内では、有馬・高槻ライン近傍に限って解析する。地域割りの様子は、Fig. 13, Fig. 14 に示す。この地区は、Fig. 2 での4, 5, 6, 7 に又15, 19 に夫々該当する。鳥取の場合は、Fig. 13 の、1, 2, 3 のブロックについて、又、阿武山の方は、2 から6までの地域について求めた。夫々の、マグニチュード別積算頻度分布を、深さ 5 km 巾につき、2 km 毎に移動したグラフを Fig. 15, Fig. 16 に示す。結果をグラフにしてまとめて示すと Fig. 17, Fig. 18 となる。

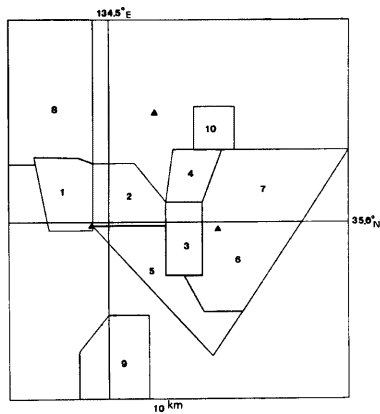


Fig. 13. The region was divided into 10 blocks around Yamasaki Fault. The active seismic regions appear in the blocks No. 1,2,3.

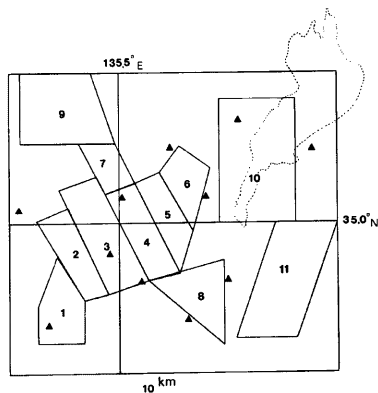


Fig. 14. The region was divided into 11 blocks around Arima-Takatsuki tectonic line. The blocks No. 2,3,4,5,6 are the most active region.

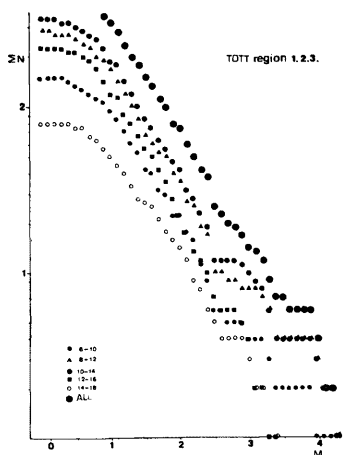


Fig. 15. Gutenberg & Richter's relations are shown in every 5 km in focal depth. The graph of focal depth between 14 and 18 km gets a smaller value than the other

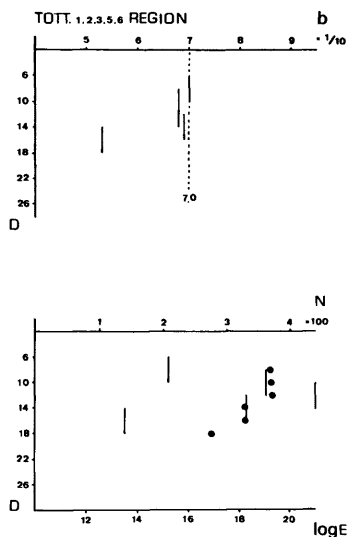


Fig. 17. The results of analysis in Tottori Observatory data. Upper graph shows that the depth variation does not make difference in  $b$  value. Lower graph is illustrated number of earthquakes and released energy in every 5 km width of focal depth. The sum of released energy in 5 km width decreases gradually with change of number of earthquakes.

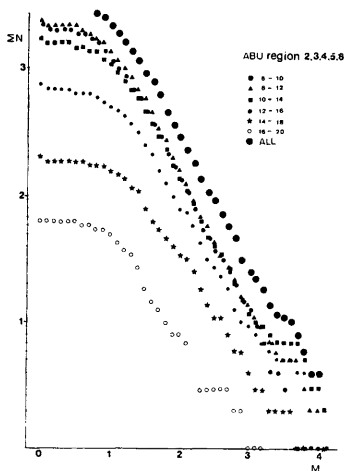


Fig. 16. Gutenberg & Richter's relations are shown in every 5 km width of focal depth. The  $b$  values change gradually with depth.

鳥取の結果は、 $b$  値が深さに依ってないことを示して、従って、全体のデータの  $b$  値に近い。又 Fig. 17 下の図は 5 km ごとの地震数と、エネルギーの深さ分布である。地震の数に対応するエネルギーを解放していることが解る。

●印はエネルギーを表わしている。

一方阿武山のデータは、 $b$  値が深さに依存していることが解る。除々に変化しているか考えるか、0.98ラインを境に分かれるか考えるかは、今後の問題として残しておきたい。又 Fig. 18 の下の図は、エネルギーの解放が、深さ 18 km の所まで、一定であることを示している。 $b$  値の分布と合わせて考えると、興味深い意味を考えることも出来るが、ここでは、単に  $b$  値の分布は、小地震が深さとともに、なくなることを示し、エネルギーは、大きい地震によって、供給されているとのみ述べるにとどめ

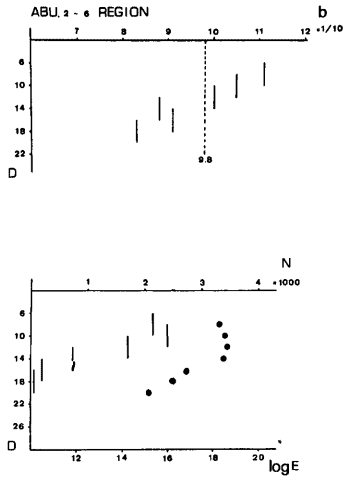


Fig. 18. The results of Abuyama observatory data. The depth variation makes change with the b value from 1.0 to 0.7. Lower graph shows that the released energy does not change with decay of number of earthquakes.

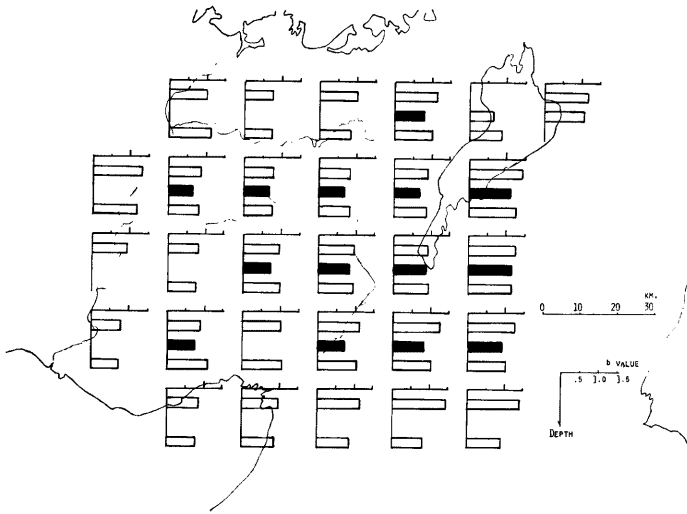


Fig. 19. The same method as Fig. 5 is taken to determine b value of shallow (5-14 km) and deep (14-40 km) earthquakes, using Abuyama Earthquake Observatory data. The map shows results of determined b values. Every graph is made of three elements. Upper is shallow earthquakes' b value, middle is deep and bottom is all earthquakes'. When the b value of deep earthquakes is smaller than one of shallow earthquakes, the graph is shadowed. But if the number of events are not over 100, the b value does not obtain.



る。

最後に Fig. 5, Fig. 6 に示した同様の方法で阿武山のデータのみで  $b$  値の深さ分布を、浅い震源 (5~14 km), 深いもの (14~40 km), 全体の三種に分けて図示した。Fig. 19。深い震源について  $b$  値が 1.0 より小さい場合は、黒く塗りつぶしてある。阿武山の Net 下では、稍深い所で、 $b$  値が小さいことが見てとれる。

#### 4. 結 び

阿武山と鳥取の両観測所のデータにより求まる  $b$  値は互いに、その傾向が異っている。阿武山での  $b$  値が深さにしたがって小さくなり、鳥取のそれは、 $b$  値が深さに依らない。これは、明らかに、両地区下の地殻上部の物性、特に、破壊に対する反応の相違を示すものである。

震源の深さの精度がより向上したら、破壊の dimension や、地下構造との関連も明らかになると考えている。

従って、今後は、震源分布を参考にして、震源の群集している直上での、臨時観測により、震源の深さを、詳細に決める必要がある。

本論文は、 $b$  値が深さによって変る、即ち  $b$  値は地下の物性を表わしていることと震源の深さを、はっきり決めることの必要性を述べたとどまったが、それが第一の目的でもあった。

#### 5. 謝 辞

この研究のデータは、鳥取微小地震観測所と阿武山地震観測所により作成されたものであり、データの使用を心よく、お許し下さった両観測所に感謝致します。又阿武山地震観測所の皆さまには、種々の議論をいただき資するところ大でありました。合せて感謝致しております。最後に、微小地震部門の皆様の協力にも感謝致します。計算にあたっては、防災研究所の資料センターの FACOM M-140 を用いました。

#### 参 考 文 献

- 1) 尾池和夫：微小地震の時空間分布と活断層，地質学論集，第12号，1976，pp. 59-74.