地震の最大振幅が距離に対して減衰する 割合——それと地下構造との関係

東京大学理学部地球物理学教室 早 津 昭 男

(昭和 30 年 7 月 12 日受理)

On the Decay Factor of Maximum Amplitude of Earthquake Motions.

Akio HAYATU

Geophysical Institute, Faculty of Science, Tokyo University.

(Received July 12, 1955)

C. Tsuboi has found that the following formula is useful for calculating the Gutenberg-Richter's magnitude of an earthquake occurring in and near Japan from seismological data;

$$M = \alpha \log A + \log A + \gamma$$

α can be regarded as the decay factor for each station of maximum amplitude of earthquake waves according to distance.

The present writer determined the constants α and γ for each seismological station which make seismological data at it fit the corresponding Gutenberg-Richter's magnitude as closely as possible.

The result is shown in Table I and Fig. 1. The value of α differs for different stations, and its distribution appears to have close relation to that of Bouguer Anomalies.

1. Gutenberg-Richter が定義した magnitude M_G を日本に於いて観測した地震動の最大振幅から推定しようという目的から、坪井は

$$M = \alpha \log A + \log A + \gamma \quad (1)$$

という式を与えている。ここで α , γ は (1) 式が M_G に最もよく合うように決めるべき常数である。

坪井は、此の式を札幌など 6 カ所の観測所に適用して、各観測所毎に定数 α , γ を求めて、その値が場所によつてかなりちがう事を見出した¹⁾。

このちがいは、地下構造や地盤の性質などの影響によるものと考えられるし、又異常震域などの問題とも関連しているので、もつと多くの点について、 α , γ の値を求めて、その値がどのように分布するかを調べてみる事も意味があると思う。そこで 34 カ所の測候所について、定数 α , γ を求め、さらにその分布を Bouguer 異常の分布図などと比較して見た。

2. 日本附近に起つた地震の中で、Gutenberg の magnitude が与えられているもの 66 個を選び、これに対する観測資料はすべて気象要覧に拠つた。此れ等の M_G , A' (ミクロン), A

Table I.

Station	N	α	$\varepsilon\alpha$	γ	Station	N	α	$\varepsilon\alpha$	γ
Nemuro	39	1.14	0.15	1.05	Hamamatsu	37	1.84	0.19	-1.02
Asahikawa	30	1.37	0.21	0.20	Matsumoto	21	1.81	0.30	-1.17
Sapporo	39	2.04	0.16	-1.67	Wajima	50	2.22	0.13	-2.16
Urakawa	21	1.63	0.36	-0.65	Hikone	49	1.67	0.15	-0.57
Hakodate	28	1.07	0.34	0.40	Wakayama	47	1.56	0.15	-0.02
Aomori	50	1.62	0.12	-0.82	Shionomisaki	52	1.74	0.18	-0.45
Marioka	50	1.59	0.11	-0.20	Toyooka	48	2.24	0.18	-1.99
Miyako	43	1.11	0.14	1.13	Hamada	33	0.75	0.26	2.09
Akita	49	2.47	0.12	-2.82	Hiroshima	33	1.28	0.24	0.80
Mizusawa	26	1.73	0.17	-1.05	Matsuyama	43	1.40	0.17	0.31
Sendai	56	1.02	0.08	1.02	Murotomisaki	35	0.78	0.21	2.03
Yamagata	24	1.54	0.26	-0.23	Shimizu	35	0.71	0.19	2.49
Niigata	47	1.71	0.17	-1.20	Ooita	21	0.49	0.36	2.34
Maebashi	50	1.76	0.13	-0.90	Fukuoka	31	1.29	0.27	0.48
Tsukubasan	43	1.20	0.12	1.02	Nagasaki	30	1.50	0.21	0.24
Tokyo	51	1.43	0.11	-0.16	Kumamoto	39	1.83	0.14	-0.99
Mishima	47	2.41	0.14	-2.61	Kagoshima	25	1.50	0.30	-0.21
					Japan	1328	1.57	0.004	-0.28

N; sample size

 $\varepsilon\alpha$; error in α with 99.9% confidence.

(km) から (1) 式に於ける定数 α , γ を最小自乗法によつて求め、その結果を第 1 表及び第 1 図に示した。

3. 第 1 表には、危険率 0.1% で誤差を附記したが、これからわかるように、 α の internal error は小さい。しかしながらとりあげた地震が第 2 図に示したように、地理的に偏つてゐる事と、 M_g が決められている地震という制限から、扱つた地震が比較的大きいものに限られている事などのために、求められた α , γ に系統的な誤差が残つているおそれは充分にある。

しかし、各観測所について扱つた地震の震央距離の平均を横軸に、又その場所に対して求められた α を縦軸にとると第 3 図に示したように両者の間には何等の相関もない様に見える。

又、勝又が²⁾、全く別の考えから、比較的規模の小さい地震を使つて、標準的な振巾—震央距離曲線を決め、この曲線から期待される振巾と、観測された振巾との比を、各測候所について最小自乗法によつて求めたが、その結果は上記 α の分布とかなりよく一致した傾向を与えている。

従つて、magnitude という量の性質から、余り細かい事はいえないとしても、第 1 図に示

した α の分布は、或る程度信頼してもよいと思う。

4. 第 1 図を見ると、 α の分布の大体の傾向は、重力などから考えられている地下構造とかなり相関があるように見える。

ここで、(1) 式に於ける α の意味を考えてみる。或る場所の α が大きいという事は、同じ大きさの地震がいろいろの距離に起つたときに、その観測所で観測される最大振幅が距離によつて、非常にちがう事を表わし、 α が小さいという事は、距離によるちがいが比較的小さい事を意味するのであるから、 α は、観測点を固定したときの地震波の最大振幅が距離に対して減衰する割合を表わしていると思ふ。そして、地震波の減衰は、波が伝わる媒質の性

Fig. 1. Distribution of α

質即ち、地下構造に左右される。しかし、深い所に於ける地下構造は、大きな違いはないであろうから、減衰のちがいは、主に観測点附近の地下構造によると考えられる。そうすると、或る場所の α が小さいという事は、その附近では軽い、軟弱な層がうすい事を示し、 α の大きい場所の附近はそれが厚い事を示すと考えられる。従つて、 α に上述のような意味を持たせる限り、その分布が、地下構造、或いは重力異常の分布と似ているのは当然と考えられる。

然しながら M_a という量自身が、かなり便宜的なものであり、従つてこれを推定する式がどういう形になるかという事も、理論的に決められるわけでもないから、この事についてさ

Fig. 2. Distribution of earthquakes of which data were used.

Fig. 3. Relation between α 's and mean distances.

いろいろと議論されているくらいであるので、その中の一つの定数に過ぎない α に上述のような意味を持たせる事には、議論の余地が充分にある。

即ち、或る場所に於ける最大振巾が、他所よりいつも大きいという事は事実だとしても、それが、地下構造のちがいによつて減衰のしかたにちがいが出来るからなのか、或いは、ただ単に、地震計が置かれている場所の地盤の影響なのかという事は、簡単には決められない。しか

し、もしもこれが単に地盤だけの影響によるのなら、震央距離と最大振巾との関係は、震央の位置には依らない筈である。ところが重力から知られている盛岡・白河ラインの影響を予想して、これよりも東側に起つた地震だけについて調べてみると第2表に示した通り、東北地方では α が著しく小さくなり、第1表に得られた結果とのちがいは、いずれも危険率 1% 以下で有意である。一方前橋、輪島の様に盛岡・白河ラインから遠い所では、そのちがいが小さくなっている。此の事は、 α のちがいが、地盤の影響ばかりではなくて、確かに観測所から余

り遠くない範囲の地下構造のちがいによる事を示しているといえる。

5. 以上の結果を総合して、

- (i) (1) 式に於ける α の値は、観測所によつてかなりのちがいがあり、その分布は、重力の Bouguer 異常の分布とよく似ている事。
- (ii) (1) 式に於ける α の意味及び震央の位置によつても、 α の値がちがう事から、 α のちがいが地震動の最大振幅が距離によつて減衰する割合を示している事

などが結論として導かれる。

尚此処では、最初は何処に起つた地震も区別しないで同じように扱つた。単に M_0 を求めようという目的に対しては、これで差支えはないと思われるが、少し細かい議論をするには、震央の位置によつて、別々に扱うべきであろう。しかし現在そうするには、資料が少なすぎるので、そこまで立入る事は避けた。

又最大振幅とか、magnitude とかいうような大雑把な量を使つても、なお且つ地下構造に関係した或る種の information が得られるのであるから、地震記象をもつと丹念にしらべ、充分に活用するならば、地下構造その他に関して、更に有効な資料が得られるものと考えられる。

終りに、いろいろと御指導いただいた坪井忠二教授に感謝する。

Table II.

Station	α
Aomori	0.71
Morioka	1.03
Mizusawa	1.23
Akita	1.00
Yamagata	1.37
Sendai	0.59
Maebashi	1.75
Wajima	2.35

文 献

- 1) 坪井忠二 地震 **7** (1954) 185.
- 2) 勝又 護 驗震時報 **19** (1955) 7.