建物の倒壊率より地震の中心点を求めること

— 関 東 地 震 の 場 合 —

東京大学地震研究所 佐藤泰夫・小竹美子

(昭和 47 年 6 月 24 日受理)

Determination of the Center of the Distribution of Collapsed Houses

Yasuo SATO and Yoshiko KOTAKE

Earthquake Research Institute

(Received June 24, 1972)

The origin of earthquake ordinarily determined in seismology is probably the point where the earthquake motion first occurred. On the other hand from the viewpoint of earthquake engineering the center of the collapse of houses and other structures has even larger meaning than the above point seismometrically obtained. The destruction, however, is affected by a number of conditions such as the foundation and topography, though generally speaking, it will be a decreasing function of the distance from the center point.

The data studied in the present paper is the ratio of the collapsed houses in Tokyo and surrounding prefectures reported in "REPORTS OF THE IMPERIAL EARTHQUAKE INVESTIGATION COMMITTEE No. 100, A" (Tokyo 1925) by Dr. T. MATUZAWA. This percentage, y , of the destructed houses, is transformed into x by the MONONOBÉ formula,

$$y = 100 \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-t^2/2) dt \quad (1)$$

and the following expression connecting x and the distance r is assumed, namely

$$x = a \log_{10} r + b = f(r). \quad (2)$$

The coefficients a and b are determined by means of the least square method as

$$a = -2.786, \quad b = 3.29 \quad (\text{unit of distance} = \text{km}) \quad (3)$$

where the depth of focus is assumed to be 15 km.

By the successive approximation, the most probable location of the center of destruction was determined in the sense of least squares, starting from the 1st approximation point given in Rika-Nenpyo;

$$(139.3^\circ \text{ E } 35.2^\circ \text{ N}). \quad (5)$$

The result came out as

$$(139.46^\circ \pm 0.02^\circ \quad 35.19^\circ \pm 0.01^\circ). \quad (6)$$

If the depth of focus is assumed to be zero, the coefficient become

$$a = -2.432, \quad b = 2.590 \quad (8)$$

and the center is

$$(139.44^\circ \text{ E } \pm 0.02^\circ, \quad 35.20^\circ \text{ N } \pm 0.01^\circ). \quad (7)$$

Anyway the resultant location is about 15 km east of the first assumed point.

The method (program) can be applied for finding the center of any distribution given by a decreasing function $f(r)$, in which r is the distance between the center and the field point.

1. はじめに

通常地震学において問題とされる震源は、地震の最初の動きがはじまつた場所と考えられ、その真上の点として定義される震央は必ずしも地震による被害分布の中心とは一致していない。しかし防災の立場からみる時、後者すなわち被害分布の中心となる点——これは恐らく地震のエネルギーの分布と深い関係を持つであろう——もまた重要な意味を持つと考えられる。

2. 関東地震

そこで関東地震について上に述べるような意味で中心とみなされる点を求めてみた。資料としては関東大地震調査報告（震災予防調査会報告第百号（甲）大正 14 年 3 月 31 日震災予防調査会）の中に関東地方及び静岡、山梨、長野各県の木造建築物の被害状況を調査したものがある（木造建築物＝依ル震害分布調査報告：松沢武雄）。この資料から木造建築物の全壊率（住家・非住家の区別をせず、半壊は含めなかつた）を用い、その分布の中心を求めてみた。

3. 基本式

この際、全壊（百分）率 y を物部公式

$$y=100 \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-t^2/2) dt \quad (1)$$

によつて x に変換し、その x が震源距離 r に関して

$$x=a \log_{10} r + b = f(r) \quad (2)$$

で表わされるものと仮定して、まず a , b を求めた。それには理科年表に与えられている震央 (5) を採り、各市町村の r を用いて、最小二乗法で a , b を計算したのである。その結果は

$$a=-2.786, \quad b=3.29 \quad (3)$$

となつた。ただし r の単位は km、震源の深さは 15 km とした。

次にこの a , b を用いて震央の再決定をした。この計算のための基本式としては、各市町村の位置と真の中心との距離 r , みかけの中心との距離 R , その誤差を ΔR とすると、 ΔR を小さいとして

$$f(r)=f(R+\Delta R)=f(R)+f'(R)\left(-\frac{X-X_0}{R}\Delta X-\frac{Y-Y_0}{R}\Delta Y+\frac{H_0}{R}\Delta H\right)+O(\Delta R^2) \quad (4)$$

が得られる。ここで

X, Y は各市町村の座標

X_0, Y_0, H_0 はみかけの中心の座標

$\Delta X, \Delta Y, \Delta H$ は誤差の各方向の成分

である.

4. 計算結果

上の関係式により $\Delta X, \Delta Y, \Delta H$ を最小二乗法で計算し真の中心からのずれを求めた. 実際の計算に当つて, 最初仮定するみかけの中心には, 理科年表に関東大地震の震源として報告されている座標

$$(139.3^\circ\text{E}, \quad 35.2^\circ\text{N}) \quad (5)$$

を先ず用い, 計算の結果得られた中心点を再びみかけの中心として繰返し何回か近似を進め, 最後には

$$(139.46^\circ\text{E} \pm 0.02^\circ, \quad 35.19^\circ \pm 0.01^\circ) \quad (6)$$

が得られた. 深さについては上の 15 km という値は, 特に信頼度の高いものではないので, $H=0$ とした計算も別に行なつたが, 結果は

$$(139.44^\circ\text{E} \pm 0.02^\circ, \quad 35.20^\circ\text{N} \pm 0.01^\circ) \quad (7)$$

と得られた. ただし, この時式 (2) の中の係数としては $H=0$ を仮定し, 計算をしておして得られた係数

$$a = -2.432, \quad b = 2.590 \quad (8)$$

を用いた. いずれにせよ, 結果は最初に仮定した点より十数 km 東に移り, 江ノ島の南方 10 km ほどの所に出てくる. これは東の千葉県などの被害の大きかつたことの影響をうけたものと思われる.

5. おわりに

震源の深さを変えた二つの計算の間には, いくらかの違いが出たが, これは深さの直接の影響というより, 用いた公式の係数のちがいによるものと考えられる.

点の分布が北にかたよっていることは, 精度の点では不利であるが, このことは器械観測のデータを用いるにしても事情は同じであるし, 房総半島, 伊豆半島には中心点よりも南にある点も存在していて, 計算に特別の支障はなかつた.

Fig. 1. ×—Starting approximation for the epicenter of Kanto Earthquake.
 ○—The result obtained by assuming the depth of focus to be 15 km.
 ●—The result obtained by assuming the depth of focus to be 0 km.

上の計算法では (2) 式で与えられる関数の形は任意にかえることが可能であり、一般的にいつて一点 O からの距離 r の減少関数として与えられる $f(r)$ の場がある時、その中心点の位置を求めるのに使うことができる。

震災予防調査会報告にある家屋被害の資料は貴重なものであるが、家屋の全壊率を求めこれを地図に作成するにはかなりの手数を要した。すなわち、記述に関して適当な判断を下し、不適当なデータを捨てて、信頼し得るもののみを拾い、さらに、古い地名から現在の位置をたしかめる等の作業が必要であつた。他にも利用の可能性のあることを考え、その全部を書き入れた地図を Fig. 1 に示す。

この計算にあたつて終始指導を給つた河角広先生に感謝を捧げる。