Hodgson の方法について*

市川政治**

Sur la méthode de Hodgson

M. ICHIKAWA

(*Section de sismologie, C. M. O.*)

Pour déterminer exactment des épicentres des séismes rapprochés, on emploie très souvent la méthode de Hodgson basée sur la méthode des moindres carrés. Dans l'application de cette méthode, au lieu de trigonométrie sphérique la méthode de Richter permet de calculer les distances Δ de la station à l'épicentre; car elles ne sont pas si grandes. Calculant les distances Δ par cette méthode, on peut évaluer facilement les coefficients a, b d'equation des observations par Δ et leurs components X, Y, c'est-à-dire, $-m\frac{X}{\Delta}$, $-m\frac{Y}{\Delta}$ où $X=A(\lambda_{0b}-\lambda)$, $Y=B(\varphi_{0b}-\varphi)$, A et B coefficients de Richter, λ_{0b} et φ_{0b} longitude et latitude d'observatoire, λ et φ longitude et latitude d'épicentre supposée, m tangente de courbe hodochrone.

緒言 より確かな震央と発震時を決める方法として，遠地地震に対しては Geiger の方法が，近地地震に対しては Hodgson の方法のあることは本誌16巻2号に紹介されている．次に Hodgson の方法による場合の観測方程式のX，Yの係数 a, b の計算方法について考えてみよう．

§ 1. Hodgson の方法は近地地震が対象であるから，震央距離はある一定の範囲以内ならば，Richter の二点間の距離を近似的に求める方法[1]を用いて計算することができる．ところでこの Richter の計算方法を考慮して Hodgson の方法における観測方程式の X, Y の係数 a, b を変形し，かりにこれらを a', b' とすると a', b' は従来のように仮想震央および，北，東に若干移動した点の3点からでなく，仮想震央から観測点までの距離を計算しながらその値を求めることができる．この方法を説明する前に，一応 Hodgson の方法なるものを簡単に説明する．

§ 2. 各観測点の発震時または P～S 時間の誤差は震央の位置および震源における発震時，または，震央における P～S 時間の誤差によるものであると仮定すると，ある観測点における発震時，または P～S 時間 T の誤差 dT は

$$dT=\frac{\partial T}{\partial \lambda}d\lambda+\frac{\partial T}{\partial \lambda}d\varphi+\frac{\partial T}{\partial t}dt,$$

* Received June 20, 1953.

** 中央気象台地震課

(1) C. F. Richter : Calculation of Small Distances, Bull. Seism. Soc. Amer. **33** なお A, B の表は地震観測法（昭和27年版）の附録（図表 4—8, 4—9）に転載されている．

（こゝで λ, φ は仮想震央の経度，緯度，t は震央における発震時または P〜S 時間とする.）
で表わされる．これを変形すると

$$dt=E=\frac{\partial T}{\partial \Delta}\frac{\partial \Delta}{\partial \lambda}d\lambda+\frac{\partial T}{\partial \Delta}\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi}d\varphi+\frac{\partial T}{\partial t}dt$$

また，$\frac{\partial T}{\partial \Delta}\frac{\partial \Delta}{\partial \lambda}=a$, $\frac{\partial T}{\partial \Delta}\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi}=b$ と置くと

$$E=a\,d\lambda+b\,d\varphi+\frac{\partial T}{\partial t}dt$$

となる．次にこの仮想震央に最も良く適合する走時曲線または P〜S 曲線（Hodgson の方法の場合はいずれも直線と仮定する.）を

$$T=m\Delta+t$$

（こゝで m は直線の勾配，t は震央における発震時または P〜S 時間）

とすると，

$$\frac{\partial T}{\partial \Delta}=m,\quad \frac{\partial T}{\partial t}=1 \text{ であるから}$$

$$a=\frac{\partial T}{\partial \Delta}\frac{\partial \Delta}{\partial \lambda}=m\frac{\partial \Delta}{\partial \lambda},\quad b=\frac{\partial T}{\partial \Delta}\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi}=m\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi},$$

m は走時曲線または P〜S 曲線は直線であるから，各震央距離について一定である．そこで $\frac{\partial \Delta}{\partial \lambda}$, $\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi}$ が決れば a, b は決定され，ある観測点の観測方程式ができ，このようにして求めた多くの観測方程式から最も確からしい震央と発震時が決まる訳である．ところで $\frac{\partial \Delta}{\partial \lambda}$, $\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi}$ は前述のように 3 点から従来は求めたのであるが，今回の方法によると仮想震央のみから求めることができる．次にこれを説明しよう．

§ 3. まず観測点が Richter の 2 点間の距離を近似的に求める方法が使用可能範囲内に存在するものと仮定すると，観測点（λ_{0b}, φ_{0b}）と仮想震央（λ, φ）との間の距離 Δ は

$$\Delta^2=X^2+Y^2$$

（こゝで $X=A(\lambda_{0b}-\lambda)$, $Y=B(\varphi_{0b}-\varphi)$

A, B は平均緯度$\left(\frac{\varphi+\varphi_{0b}}{2}\right)$における経度と子午線の弧の 1 分の長さを km で表わしたものである.）

上式から

$$\frac{\partial \Delta}{\partial X}=\frac{X}{\Delta},\qquad \frac{\partial \Delta}{\partial Y}=\frac{Y}{\Delta}.$$

また $\frac{\partial \Delta}{\partial X}$, $\frac{\partial \Delta}{\partial Y}$ は

$$\frac{\partial \Delta}{\partial X}=\frac{\partial \Delta}{\partial \lambda}\frac{\partial \lambda}{\partial X},\quad \frac{\partial \Delta}{\partial Y}=\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial Y}$$

であり，さらに $\dfrac{\partial\lambda}{\partial X}$，$\dfrac{\partial\varphi}{\partial Y}$ は

$$\frac{\partial\lambda}{\partial X}=-\frac{1}{A},\qquad \frac{\partial\varphi}{\partial Y}=-\frac{1}{B}$$

であるから $\dfrac{\partial\Delta}{\partial\lambda}$，$\dfrac{\partial\Delta}{\partial\varphi}$ は

$$\frac{\partial\Delta}{\partial\lambda}=-A\frac{X}{\Delta},\qquad \frac{\partial\Delta}{\partial\varphi}=-B\frac{Y}{\Delta}.$$

ゆえに係数 a, b は

$$a=-mA\frac{X}{\Delta},\qquad b=-mB\frac{Y}{\Delta}\ \text{となる.}$$

いま

$$a'=-m\frac{X}{\Delta},\qquad b'=-m\frac{Y}{\Delta}$$

とおくと，観測方程式 E は

$$E=a'Ad\lambda+b'Bd\varphi+dt$$

となる.

次に $Ad\lambda$, $Bd\varphi$ は補正すべき値を km で表わしたものに相当するからこれらを

$$x=Ad\lambda,\qquad y=Bd\varphi$$

と置換し，さらに $dt=z$ とすることにより上式は

$$E=a'x+b'y+z$$

となる.

結局 a', b' は

$$a'=-m\frac{X}{\Delta},\qquad b'=-m\frac{Y}{\Delta}$$

であたえられ，これらは仮想震央と観測点間の距離 Δ と，X, Y および m から計算でき，従来のように3点から観測点までの距離を求め，それから計算する場合よりも簡単に求められる．また，a' b' は

$$\lambda_{00}\lesseqgtr\lambda\ \text{にしたがって}\qquad a'\gtreqless 0$$

$$\varphi_{00}\lesseqgtr\varphi\ \text{にしたがって}\qquad b'\gtreqless 0$$

である.

次に今回の方法により求めた a', b' の値と，従来の方法により決めたものとを比較してみよう．幸に福井地震は戸松[2] により Hodgson の方法で処理されているからこれを例にとる.

(2) 戸松　喜一：福井地震の震央について，験震時報 第16巻 第2号

obs. / a, b	金沢	敦賀	岐阜	富山	彦根	伊吹山	高山	名古屋
a'	−0.067	+0.023	−0.054	−0.086	+0.005	−0.023	−0.100	−0.056
a	−0.06	+0.03	−0.05	−0.08	0	−0.02	−0.10	−0.05
b'	−0.078	+0.098	+0.083	−0.059	+0.100	+0.096	+0.001	+0.086
b	−0.07	+0.10	+0.08	−0.06	+0.10	+0.10	0	+0.08

obs. / a, b	豊岡	京都	亀山	輪島	松本	長野	大阪	鳥取
a'	+0.089	+0.034	−0.017	−0.040	−0.100	−0.096	+0.033	+0.094
a	+0.09	+0.04	−0.01	−0.04	−0.10	−0.10	+0.04	+0.09
b'	+0.045	+0.095	+0.099	−0.092	−0.010	−0.028	+0.095	+0.034
b	+0.05	+0.10	+0.10	−0.09	−0.01	−0.03	+0.09	+0.03

（′の付いているのが今回の方法による値）

上表より両方法による値はかなり良く一致し，今回の方法も近地地震に対しては充分に使用できることがわかる．

結論 Hodgson の方法で震央を決める際の観測方程式の係数 a, b は Richter の計算方法と結びつけることにより，従来のように仮想震央および経線，緯線に沿って一定の距離だけずらした2点の合計3点から求めなくとも，仮想震央からの震央距離 Δ およびその二成分 X, Y からただちに計算できる．また実例によるとこの方法により求めた値は従来の方法により求めたものとほとんど変りないことがわかった．したがって a, b の計算は Richter の計算方法の適用可能な範囲にある観測点に対しては，今回の方法によったほうが簡単で良い．

最後に御批判，御指導をいただいた井上先生，久本氏および貴重な資料を長期間お貸しくだされた戸松氏に厚くお礼申し上げます．

正 誤 表

験震時報 16 巻 3～4 号 "海洋底を伝播する表面波について" 市川政治

ページ	行	誤	正
78	13	変位および歪力 (2)	変位および歪力 (1)
79	14	$b_3=(\varepsilon^2+\alpha^2)/\alpha^2$	$b_3=(\varepsilon^2+\alpha^2)/2\alpha^2$
79	17	$a_2b_2(b_2-mb_3)(a_2-ma_3)$	$-a_2b_2(m-1)^2$
80	3	$(a_2+m)^2+a_2{}^2(a_2-ma_3)^2$	$(a_2+m)^2+a_2{}^2(m-1)^2$
81	9	$f_2g_2(1+ma_3)^2+(a_2+ma_3)^2$	$f_2g_2(1+ma_3)^2-(a_2+ma_3)^2$