

總之，地形之不對稱，由于分水嶺之南遷；分水嶺之南遷，由于北坡之剝蝕較重；北坡之所以有較重之剝蝕，又由于北坡之冰川開始較早；其所以開始較早，實由于冰雪之年年加厚；其所以加厚，則由于日光之缺乏。日光實最重要之因素。至該地岩石之性質及構造。于地形之對稱與否。實屬毫不相關也。

戶 滋 田

(北京大學地質系讀書報告會)

※ ※ ※

「地震波之傳達時」 Times of Transmission of Earthquake Waves, by H.E. Jeffreys and K.E. Bullen, Publication du Bureau Central Séismologique International, Travaux Scientifiques, Fascicule No. II, 1935

萬國地震彙編 (International Seismological Summary) 自一九一八年起，皆由牛津天文台之 Prof. H.H. Turner 主持。比較各觀測所記錄之走時表，始終用 Zieppritz-Turner Tables。此表久已證明不準，因當時並無特確之走時表，故迄一九二九年份尚未換用任何新表，所以求前後合一也，Jeffreys 根據 I.S.S. 中多數地震，創 P 與 S 波之新表於一九三二年，亦以未經試定，未能採用。一九三四年中，Jeffreys 復會同 Bullen，又將其一九三二年之結果，用原來所根據之地震(一九二三至一九二七)八十五個，並加引其他，重為改訂，供一九三〇年 I.S.S. 之用。除在 I.S.S. 上發表其走時表外，其理論，作法，結果，及所引記錄，由 Bureau Central Séismologique International 刊印專冊。

一九三二年之 Jeffreys 走時表，乃將 I.S.S. 中之差數，按距離分出，(如在三十度至三十二度半間之差數)提去與衆相較顯係

錯誤者，用其平均，以改正 I.S.S 中原用之 Z-T 表，而後用算學上之 Smoothing device，作成一 continuous curve。但 I.S.S. 上之震中，根本為用 Z-T 表作出者，以前述方法改正之，則仍必有 Z-T 表之錯誤，含寓結果中。著者於此以算學理論，討論如下：

走時之曲線確定問題，原係最小二乘法的。設使確定此曲線至吾人所需之準確程度，需用 n 個常數 (parameters)。此 n 個常數可為屬於有限數 (finite number) 距離之時間。此種距離之間隔得使二距離間之時間，可以用直線補插法 (linear interpolation) 求得之。但如走時曲線可以用一多項式 (polynomial) 代表之，則此 n 個常數當為此多項式中各項之係數。本問題 n 約等於 50。每一地震之震中之確定，需三個常數 (即經度緯度發震時)。故如有 m 個地震，則所需確定之常數為 $(3m + n)$ 。如每個地震有一百個觀測記錄，則共有 $100m$ 個觀測方程 (observational equations)。用 $100m$ 個方程求 350 標準方程 (normal equations)，而後解此三百五十方程，實非可嘗試者。

但另有一法 則為 successive approximation。此法雖有時不可恃，但尚有甚廣之實用。設二次方程式

$$a_{sr} x_r x_s - e_r x_r \quad \begin{matrix} r = (1, 2, 3, \dots, r) \\ s = (1, 2, 3, \dots, s) \end{matrix} \quad (1)$$

必需為最小。則標準方程可以

$$a_{rs} x_s - e_r \quad (2)$$

代表之。其正式之解 (solution) 為

$$AX_m = A_{rm} e_r \quad (3)$$

A 為 a_{rs} 之定列式

$$= \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1s} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{r1} & \dots & \dots & a_{rs} \end{vmatrix}$$

Arm 爲定列式中 a_{rm} 之 minor

由(二)可以如下法進行，將每個方程中只留一個在左邊。

$$a_{rr} x_r = e_r - \sum' a_{rs} x_s \quad (4)$$

$\sum' a_{rs} x_s$ 爲除去 r 以外之 s 個數，置右邊 s 個 x_s 不顧，則可得 first approximation 即

$$x_r = e_r / a_{rr} \quad (5)$$

將此種 first approximations 代入(2)之右邊求 second approximations。如此法 converge 則所需要之解已備。以算學推之此法不一定 converge 但此法實同將方程(3)之 A_{rm}/A 用其 leading diagonal 各項(a_{rs} , $r \neq s$)之 Descending powers 展開。若定列式之其他項(a_{rs} , $r \neq s$)爲數甚小，則可 converge。故以上所述方法，雖非普遍的可用，但可用處頗多。

上述之法所謂 x_r 之 first approximation 者，即假設其他 x_s 爲零所得，如反復代入可得標準方程之準確解。所用 I.S.S 中以 Z-T 表比較而得之剩數(residuals)即在本文問題中之 first approximation 也。若將各距離之剩數，分別平均，則可得改正數 corrections 之 first approximation。但此並非末次之改正數耳。更注意到每個地震之三 parameter 在標準方程中不相乘合，故如有多個地震，可以一一分開定此三 parameter，如此則可省去求解三百五十個 Simultaneous normal equations 之繁重手續，但每次走時曲線改正後，各地震亦得再一一分開討論之。

如 Δr 甚小，以上法可得 convergence。設 A 等於零，則一個未知數可隨意假定，而此法完全失敗。即如一震中南北十度遠處有觀測所，西方六十度遠處有觀測所，而東方無之，則走時曲線在六十度有錯，其震中必隨之而錯，而卒不能辨別之。故所選地震必須在三個不同方向，有約同距離之觀測所，而後合用。

著者乃以一九三二年之 J 走時表為起點，用 P 之走時，重定作 J 走時表所用 I.S.S. 中諸地震之震中，但 I.S.S. 所載發震時 T_0 ，至此已因情形改變而異，但改此 T_0 所用之數 Y_p 恒有數秒之 probable error。因以歐洲觀測記錄所求得之 Y_p 較準，乃盡取決於歐洲之記錄。

用此已改正之震中，遂能算出各觀測所之距離，用走時表比較，得出剩數。此種剩數復按其距離分出，並將每個地震所得剩數集合，以之改正曲線。用二十度以下之結果，求一三次方程，代表此曲線二十度下部份。並取消此三次方程之常數，使距離為零，時間亦為零。

一九三二年之 J 表，經如此之改正，在三十度 P 之走時增六秒，二十度下未改，五十度處減少，至七十度增一秒，更遠又減，至一百度處減三秒。此結果再用前述 approximation 法，則改變亦甚少，似已獲準確。

關於 S，因各方所收記錄皆不準確，而 S 與 P 之相隔時間，不一定與距離成絕對函數，乃因地震而互異，作 P 時所用以改 T_0 之 Y_p 數，不一定適用於 S。且深度上小差異所影響於 P 者，可在 Y_p 數中包含之，故尤不可用此， Y_p 數，因深度所影響於 S 之走時者較大，在地球上層發生之地震，S 之走時可因震源深淺差至十三秒。設：

$$Y_s = Y_p + Z$$

則 Z 與震源有甚大之關係。

因 S 多不準，先用 S 較有規則之地震，定一 S 曲線，震中與 T_0 既已由 P 之走時定出，再將 I.S.S. 所載到達時與初定之 S 曲線一比，而每個地震之 Y_s ，用平均法求得之，於是可以將每一距離間隔之剩數平均，改定初定之 S 曲線。反復行之直至不變為止。

其他位相，則由他人之初定曲線，加以審核平均，而後用 I.S.S. 中所載與曲線相近之位相訂正其走時曲線。PP, SS, PS 則為算出者。

$$T_{pp}(\Delta) = 2T_p(\frac{1}{2}\Delta)$$

$$T_{ss}(\Delta) = 2T_s(\frac{1}{2}\Delta)$$

$$T_{ps}(\Delta) = T_p(\Delta_1) + T_s(\Delta - \Delta_1)$$

在末式中選出之 Δ 使 Δ 稍變而 T_{ps} 不變。詳從略。

最後著者並確定其所作成之地震走時表，適合於大陸上之花崗岩層底面發生之地震，而假定 P 非直接發生，乃由於 S 在播至地面反射之波。用於平常地震 P 走時之錯誤，當無超過一秒者。 S 走時或差至二秒以下，但 S 之時間常有不同，須加 correction, Z ，而 Z 可以自正八至負十秒。PP 則以未計反射時所需時間，平常較表中約誤七秒。SS 所誤更多。SKS 在八十二度處超越 S 而先到達。在十九度處 P 與 S 之 $\frac{dT}{d\Delta}$ 有 discontinuity 顯係地層中有 discontinuity 或 rapid transition 所致，如能得在此 discontinuity 界上反射之波，則可幫助研究其深度云。

潘 家 麟

※

※

※