

震源の求め方に就て

國 富 信 一

観測の結果から震源を求める事は實際可なりに困難を伴ふものである。先づ第一に其の定義であるが、ジーベルグ氏地震學には地表に現はれた激震區域の中心を震央(Hypocentrum)と定義し、實際の地震の源は然し地下にあると考へらるゝ、故其れを震源(Head)と名付けて居る。而して震央と地球の中心とを結ぶ線上にある震源内の一點をHypocentrumと稱して居る。故に震源は或る範圍を有するもので、ヒポセントラムは其の中の一處で地震に依る波動が其處を源として周圍に傳播すると考へ得る様な假想點である。若し前述した様に震央及震源を定義すれば、其等は震度の強弱に依つて定まるもの従つて等震線の中心を以て定義せられる譯である。此の方法は昔時機械に依る観測が行はれぬ時代に多く用ひられたもので、震災豫防調査會報告第八十八號乙の本邦大地震概表に載せてある震央は之れに依つて出したものが大部分である。然し現時考へられて居る如き地質構造の差異及び異常震域等から推理すれば震度に依る方

法はあまり正鵠なものとは考へられない。其れ故震源を求める方法は其後數多く案出されて居る。然も其等の方法に依つて求めた震央は凡てが一致せず多少の差異を有するのが普通である。斯るが故に中村左衛門太郎教授は震源に對して八通りの定義を下して居る。(中央氣象臺刊行關東大震災調査報告、地震篇)然し之等震源に對する種々な定義を考ふる時は問題は極めて複雑となつて我々觀測者は果して震源とは如何なる方法に依つて採りたるを最も正しきとするか、又其の定義は如何と云ふ問題に直面するのである。故に私は此の機會に於て今迄用ひられて居る震源決定法の凡てを詳細に記して其の一つ一つに對し、發案者が求めたる震源の意義を明かにして見やうと思ふ。

但し此の場合には震源の深さを求むる一事は頗る困難な問題であるから、先づ震央と震源とを分つて考へ第一に震央の求め方、第二に震源の深さの求め方に就て記して見やうと思ふ。

近地々震に於ける震央の求め方

一、初期微動繼續時間を用ふる方法

(一)、公式に依る方法 此の方法主として次の如き理論に基くものである。今地殻が等質等方なる構造を有するものとすれば各觀測所に於ける縦波初動の發現時と震央距離との間には一次式で表はされる如き關係が存在すべきである。然るに實際地殻は極めて錯雜せる構造を有する故此の兩者の關係は決して單純なものでは無く、縦波の走時 T_1 と震央距離 Δ との間には一般に $T_1 = a + b\Delta$ (1) の如き關係がある。此の

函數形は又近似的には

$$T = \phi_1(\Delta) = A + B\Delta + C\Delta^2 + D\Delta^3 + \dots$$

なる關係で表はし得るものである。茲にABC等は常數を表はして居る。又同様な式は横波の走時(T_2)或は表面波の走時Tに就ても成立するから又其等の差に就ても一般に

$$T_2 - T_1 = K + L\Delta + M\Delta^2 + \dots$$

$$T_3 - T_1 = K_1 + L_1\Delta + M_1\Delta^2 + \dots$$

等の關係が成立すべきである。而して $T_2 - T_1$ 、 $T_3 - T_1$ は夫々第一初期微動繼續時間及び全初期微動繼續時間に外ならない。同様な事は震央距離のみならず震源距離に對しても成立する。斯様な理論に基いて初期微動の長さ、震央距離又は震源距離との間の關係を求めるには、震源の位置が判然と判つて居る多くの地震の觀測結果からKLM等の常數の値を最小自乘法に依つて求めて初期微動の長さ、震央距離との關係を示す實驗公式を作れば善し。

即ち此の公式を作るには震央の位置の判然した地震の觀測があれば極めて容易な事であるから斯くして求めた公式も其の數は少なくない。今其等の中今迄多く用ひられて居る比較的有名な公式を掲げて見れば左の如くである。

著者		公式 (震源距離は杆 初期微動の長さ(秒))	$t_1 = S - P$ $t_2 = L - P$	適用し得る範圍
近地地震	大森	$\Delta = 7.51t_1 + 24.9$		
	大森	$\Delta = 14.7t_1$		近地地震と共に 遠地地震にも使用し得
	大森	$\Delta = 7.27t_2 + 38$		$t_2 \geq 8.85$ 乃至 132 秒
	ステイアテツシ	$\Delta = 5.34t_2 + 38$		$t_2 \leq 6$ 分以内
	ステイアテツシ	$\Delta = 5.52t_2 + 45$		$t_2 \leq 6$ 分以内
	コンラート	$\Delta = 5.8 + 8.09t_2 - 0.000081t_2^2$		
遠地地震	大森	$\Delta = 17.1t_1 - 1360$		$t_1 \geq 5$ 分乃至 11 分
	大森	$\Delta = 14.7t_1$		近地地震にも用ひ得
	大森	$\Delta = 6.54t_2 + 720$		$t_2 \geq 3.5$ 分乃至 34 分
	ステイアテツシ	$\Delta = 19.3t_1 - 2377$		$t_1 \geq 4$ 分以上
	ラスカ	$\Delta = 1000(t_1 \text{分} - 1)$		$t_1 \geq 1$ 分以上
	ラスカ	$\Delta = 16.7t_1 - 1000$		同上
	ラスカ	$\Delta = \frac{1000}{3} t_2 \text{分}$		$t_2 \geq 3$ 分以上
	ラスカ	$\Delta = 5.6t_2$		同上

又極めて近き地震に對して大森博士は

$$\Delta = 6t_2$$

Δ が 6 杆以下の場合

$$\Delta = 6.86t_2 + 8.1$$

Δ が 50 杆乃至 200 杆の場合

の二式を震央距離測定用として提案されたが尙不便であるとの理由から大正七年に之等を總括して震源距離殆んど零杆より千杆迄に亘つて適用し得る様な便利な式を作られたが其れが日常我々の用ふる

4=7.42%なる式である。此の式は極めて便利なると其れより、求めたる値が可なり迄正確なるとの二つの理由から今は我國にて一般に用ゐらるゝに至つたが、時に往々にして此の式を過信する人もあるらしたので茲に此の式の求められた方法を略述して見様と思ふ。

此の式を求むる材料としては「微動計及簡單微動計等の観測により震央距離と初期微動震動方向を定め、若しくは特別調査に依りて震央位置が正確に推定せられたりと認む可き地震のみに限り淺間山の爆發、強震二十七回、淺間山附近上田大笹兩回の激震、箱根小田原兩回の地震、静岡、神戸、虎姫村、藝豫地方、櫻島、臺灣嘉義の六回の激震並びに大正五年六年臺灣南投地方四回の激震合計四十回」を取つてある。而して淺間山爆發の際の地響は噴火孔を起原と考へである故、噴火口と各測候所間の距離は震央距離であると同時に震原距離であると考へてある。

扱前記の地震から震央距離と初期微動繼續時間との關係を見出して見ると大體A B二種に分つ事が出来る。茲にA種は初期微動が一秒以下なる場合でB種は一秒以上約三百秒迄である之れを表示すれば次の如くである。

A種	計算に使用せる観測回数	初期微動繼續時間(動)	震央と観測地間の距離(A)	比 $\frac{\Delta}{t}$
	一二七	〇・四〇 〇・九六	二・四 五・八	六〇〇 六〇四

平均	B 種										
		二	一	一	五	二	五	〇	八	四	〇
	二八六・〇	一三〇・七	九三・〇	五四・六	四二・九	二九・六	二一・二	一七・六	一一・九	六・一	三・一
	二〇九五	九五八	六九三	四〇八	三一七	二一五	一五〇	一三二	八七	四七・三	二三・八
	A 六・〇二	七・三三	七・三三	七・四五	七・四七	七・三九	七・二六	七・〇八	七・五二	七・三一	七・七二
	B 七・四二	七・三三	七・三三	七・四五	七・四七	七・三九	七・二六	七・〇八	七・五二	七・三一	七・七二

要するに大森公式は如上の如く震央距離と初期微動との關係を與へたもので、決して震源距離とでは無いのである。只初期微動が一秒以下の場合には震央距離と震源距離とが一致したと考へらるゝ材料から算出したので此の場合のみ震源距離を與へると見做して差支ないのである。斯様に大森公式は震央距離を與ふるものである以上其れを用ひて震源の深さを求める事が出来ないのは勿論である。

扱大森公式に於ける係數七・四二は前述した如く、最小七・〇八、最大七・七二の間にある數多の係數の平均値であるから當然此の式を用ひて求めた震央距離には八パーセント程の誤差は許容せねばならない

のである。故に此の公式は震央の近似的位置を求むに頗る便利である點に大なる特質を有するものである。事を記憶せねばならない。従つて此の公式を過信する事は絶対に避けねばならない。

一般に公式から震央距離を出す際には其の係数は多くの觀測の結果より誘導するのであるから何れも多少の誤差は免れない。此の誤差は其の地震の特性、震波の経路の如何等に依つて生ずるのであるから私の考へでは各測候所にて其れぞれ特有な公式を作つて置く方が適當では無いかと考へて居る。

扱之等の公式より震央距離が求められれば、其れに依つて震央の位置を求むる事は少くとも三ヶ所に於ける斯かる値があれば充分である。然し此の際材料として選んだ觀測所の位置が震央を圍んで周圍に散在して居れば都合が善く又其等の震央からの距離が略同程度なれば求められた震央の位置に對する誤差も小さくなる。

(二) 等初期微動繼續時間線に依る方法 前に述べた公式に依る方法に於ては震央が初期微動の長さの函數であると假定して、更に其の函數形が一次式を以て近似的に表はし得る事を假定して居る。故に私は此の如き公式を作る煩雜と其れから來る誤差を除く目的を以て、地圖上當該觀測所の位置へ初期微動の値を記入し氣象學にて等壓線を描くと全く同一方法により等初期微動線を描けば其の中心として震央を得る方法を提出したのである。

此の方法の長所は(一)公式を假定せざる事、(二)極めて簡便なる事、(三)震央が單一なるものとして

得らるゝ事等であつて、(一)に依つては公式より入り來る誤差を除き、(二)に依つては時間の節約と手数を省き、(三)に依つては他の方法に依つて求めた震央位置の正否を検する手段となるであらう。又缺點としては少くとも三ヶ所以上の觀測所の材料を有せざれば此の方法を適用し得ないのであるから至急を要する場合、一ヶ所の材料しか有さぬ時には用ゐられぬのである。故に主として正確なる震央調査用として用ふる方法である。又此方法を用ふる時は方向に依る地震波動の速度の差に依つて生ずる初期微動の長さの不等性も何等の支障を來す事が無い。

(三) 初期微動の比を用ふ方法 此の方法は大正十一年に石川高見氏に依り創案された方法で氣象集誌第四十一年第四號に記載されて居る。此の方法は、或る觀測所にて測定した初期微動繼續時間は其の觀測所と震源迄の距離に比例するとの假定を基として出したものである。故にA Bなる二觀測所間を其の初期微動の長さの比で内分した點の軌跡は震源を通過し、且其の軌跡はA Bを結ぶ線を延長した直線上に中心を有し半徑Rなる圓となる譯である而して此の圓の半徑Rは

$$R = \frac{d_1 d_2}{d_1 - d_2}$$

で與へられる。茲に d_1 d_2 は夫々A B間を初期微動の長さの比で内分した點CとA及B間の距離で、 $AC = d_1$ $CB = d_2$ とし d_2 が d_1 より大なるものとすれば求むる軌跡たる圓の中心はAに對しBと反對の側にある。

此の方法は極めて面白い方法で多くの材料から斯かる圓を幾つか引く事に依つて震源の位置を求める事が出来従つて震央も求められる。只此の方法の缺點は初期微動の長さで震源距離とが單に比例したと考へた事であるが之れは近地震に於ては方向に依る變化を考へぬ以上或る範圍内迄許容し得る事である。又手數のかゝると充分正確な材料を多く有さねばならぬ點も缺點と云へば云ひ得るが近地々震にては可なり正確な方法として震源搜索上に用ひらる可きものであらう。

茲に此の方法に就て特に注意す可き事がある。其れは此の方法にて求むるものは震源であるから若し平面圖上にて前記の方法を用ひて數個の圓を畫くときは、其の二つ宛の圓は二點に於て交り交點を通る弦を引き得る譯で、震央は其等の弦の交點となるべきである。石川氏は其の原論文にて此の點を明瞭に記されて居なかつた様ではあるが其の趣旨を以て震央を求めたと云ふ事は氏の適用された例に見て明らかである。故に之れを以て震源を求むるには前述した内分點の軌跡を球面と考へれば善いので、和達氏は驗震時報第一卷第三號に此の旨を記して以て内分法の意義を明瞭にされた様である。尙和達氏が之れを以て震源の深さを求めた方法は後に記す事とする。

更に此の方法では PS の長さ或は $P'S$ の長さを以てすれば其等が近似的には震源距離と比例すると考へても差支ないが之れに換ふるに若し PL の長さ即ち表面波と縦波の發現時との差を以てしたならば其れは果して震源距離と比例するであらうか。此の點には表面波成生の機巧より考へて大なる難點があ

らうと思はれる。

尙此の方法の難點は初期微動の長さが略相等しい二ヶ所の材料を用ふると、其の圓の半径が極めて大となり震源の位置に大なる誤差が加はつて來るし、又初期微動の長さが可なり異なる二ヶ所の材料を用ふると一方はP Sの長さを以てし他方はP Sの長さを以てするから其處に幾分の誤差を生ずる事と、震央よりあまりに遠い所の材料は震央距離に比して深さが小となるから深さを求むる上には不適當となる事等の難點もある。故に適當な距離にある二ヶ所以上の材料を以てせねばならない。(未完)

九月五日零時半頃帶廣測候所管内強震概報

帶廣測候所報告

今回の地震は當帶廣町附近に於ても可なりの強震にして之れが正規の觀測報告は當時微動計の記象は初動後間もなく描針衝突等の故障を生じ爲に初動以下の位相の探定を缺きたりしを以て今更に人身感覺並に之れに伴ふ實況を記述せんに其性質急にして家屋可なりに動搖し人々屋外に飛び出したる等從來の強震の際に似たりしと雖も此回のものは發震前若干の地鳴を伴ひたると又主要動中少許の上下動を加味して有感一分四十秒の長時に亘り爲に所々振子時計の停止液體の溢出、不安定の狀態にありし物體の移