

昭和三年三月廿三日
午前十時二十一分

武藏飯能附近の地震に就て

(埼玉縣熊谷測候所報告)

執筆責任者

平野 烈 介

緒言 昭和三年三月廿三日午前十時二十一分過、熊谷に於て、弱震(震度稍弱き方)を感じたり。本震は其震央が、埼玉縣管内に在りしが如きに付、職責上聊か之を調査せんとて、各地同職に依頼して、其測績の寄與を仰ぎたり。即ち、名古屋、前橋、沼津の各測候所、柿岡の地磁氣觀測所へは、職員手分して出張し、地震計記象の複寫を所望せしに、孰れも厚意を以て許諾され、該複寫を手にするを得たり。茲に深謝の意を表す。また中央氣象臺よりも、東京の記象複寫の付與を受けたることを謹謝するものなり。之等の記象及び手許に在る熊谷及秩父の記象に就ては、筆者自身之を驗測せり。また、横濱、甲府、長野、銚子、高田、宇都宮、追分、水戸、松本、福島、新潟、濱松、高山及び津の各測候所よりは特に同所の驗測表を貰受けたり。また、會津、伏木、岐阜、彦根、石巻、京都、水澤、秋田、豊岡、和歌山、大阪、神戸、洲本の測績は、氣象要覽所載のものを取り用ひたり。之等の資料に依據して調査したる結果の摘要次節の如し。

本調査に従事中、岡田中央氣象臺長、中野同臺技師の兩博士に種々御厄介なる御指導を煩はし、初稿の校閲をも願ひ、以て本稿を脱し得たるものなり。

摘要 本震を調査して次の如き結果を得たり。

(1) 地震波動中或同一系に屬すと見做さるべき縦波横波の到着時差は震原距離に比例すべしとの見地より、約百軒以内の震央距離にては其波線の直線なることを假定し且つ地球の曲率を無視し、以て本震の原點を求むれば、武藏飯能の北西七軒、東吾野村の、直下四十八軒となりて、原點の發震時は十時廿一分廿七秒五となる。此原點必ずしも發動原點とは斷ぜず。唯多數觀測所の測績を悉く統律し、速度性質經路を異にする十種ほどの波動を統合收攬する點と見做し、此點をして、種々の假定を實らしき歸結に導かしめんとするものなり。

(2) 震央を中心として、等發震時線及等初期微動線は、各種波動夫々に關しすべて完全なる同心圓となる。

(3) 縦波と覺しきもの、走時曲線を描くに、震原距離に關しては、三種の直線と三種の双曲線とを得。震央距離に關しては、前者が双曲線となり後者が直線となる。前者後者各一つづゝを組合せて三對を得。各一對に關しては前者がP、後者がPと同じ意味の波及經路を取りしものとなる。

(4) 三對とも極めて等方的に波及し居り。其いづれを用ふるも、原點發時を十時廿一分廿七秒五と算

出し得。即ち同一点を同時に發し同経路を波及する縦波を、I II III の三種類に分類又は分析することを得るなり。

(5) 右三對に就て別々に、所謂モホロビチク層に相當する第二層と、其上の第一層との界面の深さを計算するに、三つの場合みな四十八籽半の値に吻合し、此値は、西は近畿四國地方より、東北奥羽地方まで、全體一樣なることを必要とす。

(6) 右三縦波の内、I は第一層に於ては五、九八籽秒の速さを有し、之が第二層に入るとき一二、三五籽に變ず。II は第一層に於て五、七三籽秒、第二層に入りて七、七九籽、III は第一層に於て四、四七籽秒、第二層に入りては五、四六籽秒の波及速を有す。之は波動其物の特性にして、層其物が同一波に三種の速さを附與するにあらざるらし。従つて該三對は、其組合せ方の變更を許さず。

(7) 右三種共P Pに區別され、I はPとして辛うじて二百餘キロしか波及せざるに、Pとしては四百餘キロの遠方に於てすら驗出されたり。II はPとして近畿東北とも四百餘キロに波及の形跡なるも、Pとしては東北地方へだけ同様四百キロも良く波及し、近畿に對しては射出力微にして地震計を動かすに足らざりしが如し。(達せざりしとは斷ぜられず特別の注意を拂へば驗出し得べきかも知れず。) III はPとしては近畿四國の遠方にも良く驗出され、Pとしても北海道に於てすら之を驗出し得たる所あり。

(8) 等しく近畿に於ても、和歌山洲本は II の \bar{P} を其地の發震初動とし、神戸大阪は III の P を以てす。又 III の P は水戸に於ては主要動の初(L)と取り得る程に著現せしに拘らず、同一方面たる柿岡にありては、單に初期微動中の方向急變節たりしに過ぎず。又 I の P は濱松高山名古屋に達しながら、其途中なる沼津甲府松本に於ては地震計を動かす程の射出力を有せざりき。即ち震波は、地表面への射出に關し土地を選ぶものゝ如し。

(9) 波及に際し距離に關しての壽命最も長きは III 波にして、他波の射出力最も弱しと目されし神戸大阪、更に遠き高知帶廣等の發震初動は皆 III に該當す。更に近き地にては土地により特に著現するものと覺しく水戸に於ては之を主要動の初と取り、また新潟にては當時脈動顯著にして微細なる震波等の驗出至難なるが如き程(筆者實見す)なりしに、III の \bar{P} は良く驗出されて之が同地の發震初動となりたり。

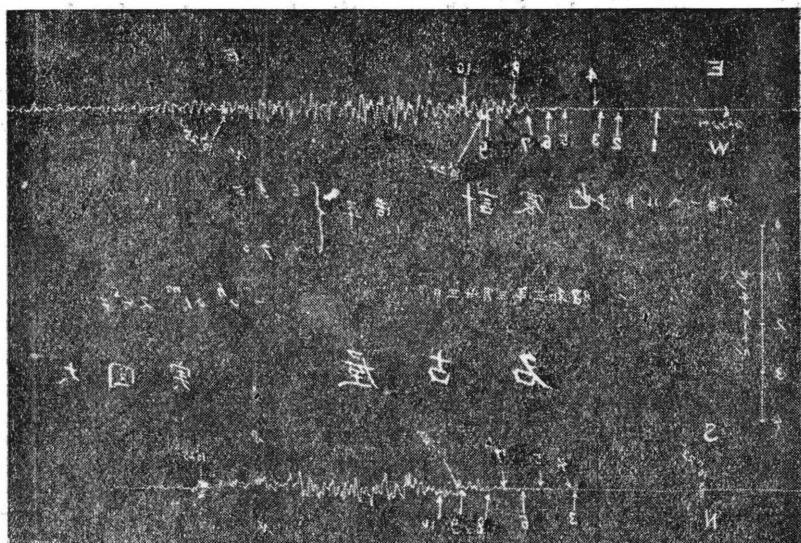
(10) 宇都宮 前橋、追分、高山、松本は、地圖上一直線上に配列されたる地なるが、此五地に於ては、各震波の到達が、略同一律に遅刻せるを見る。之に對しては、此延長二百五十軒以上の一直線に沿ひて細長帶狀の特別最表屬(垂直の厚味十數キロ)を假に想像し、此表層は各波動の傳播速度を甚しく減殺するものとして、該遅刻を假りに説明し見たり。即此地帯に對してだけは、所謂*P 波が達したるものにして、斯く考ふるとき*P 波にも矢張三種類あることを歸結し得るなり。

(11) 右の特殊地帯にては、特別表層が十數キロの厚味を有すれど、此考を擴充して、各種波動が(8)の如く他の各地に於て其表面射出に關し土地を擇ふが如く見ゆるは、其最表面に極薄き特別皮層あるためと想像しては如何。而して其多くの地方の發震時が此皮層のために遅刻せざりし事は、該皮層が極薄くして其遅刻が一秒未滿なるにあらざるか。

(12) 以上は縦波と覺しきものに就てのことなるが、横波と目ざるものに就ても、全く同様の事が、上記各項すべてに充當せらるゝなり。唯横波に就ては、I 波と II 波とのみが檢出され、最も遅れて達する III 波は、各地とも複雑なる震相中に紛れて、恐らくは有れども見出し得ざるべきなり。

(13) 即ち、各地地震計の描く記象を綜合すれば、都合十種の節點を驗出し得ることとなる。而して土地の表面薄層等の特質によりて、其十種初動の内いづれか、其地の P なり S なりとして、現在驗測され居るなり。故に普通 P とか S とか稱するものは、觀測所によりて各々別物なり。唯式一地方に於ては、或期間は同一種の波が著しく現出するかも知れず。其著現相の地理的分布が、或規律に従ふ場合、外見上の等發震時線や等初期微動線が、圓形以外の形となるべし。されど震波の等方的波及は依然として否み得ざるなり。

(14) 右著現相の分布が、歲月と共に移動するものと考ふるときは、こゝに突飛ながらも種々の空想を逞しふすることを得るものなり。

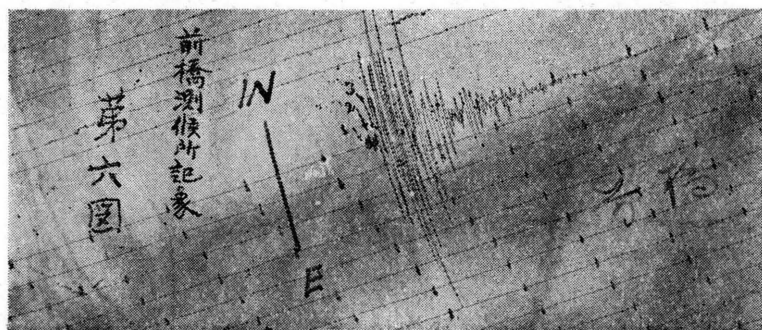
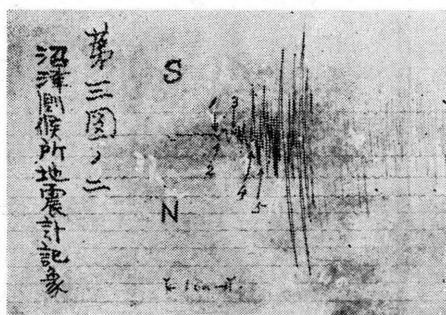
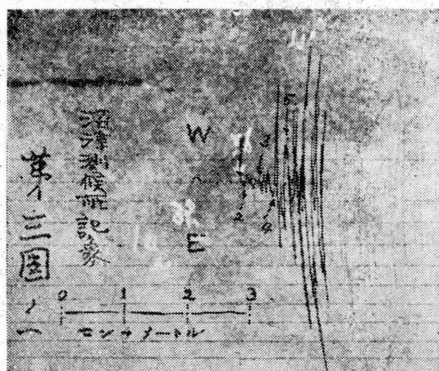
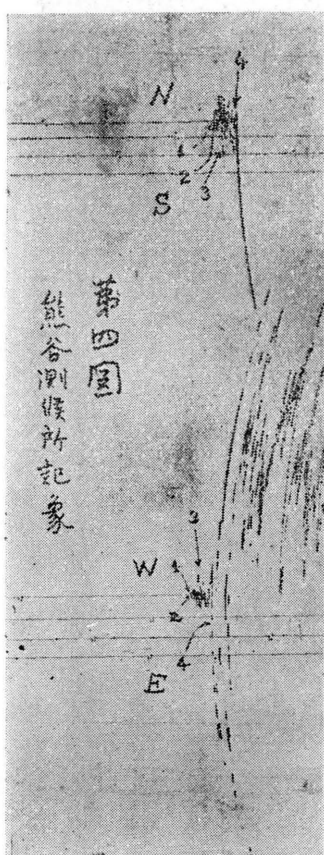


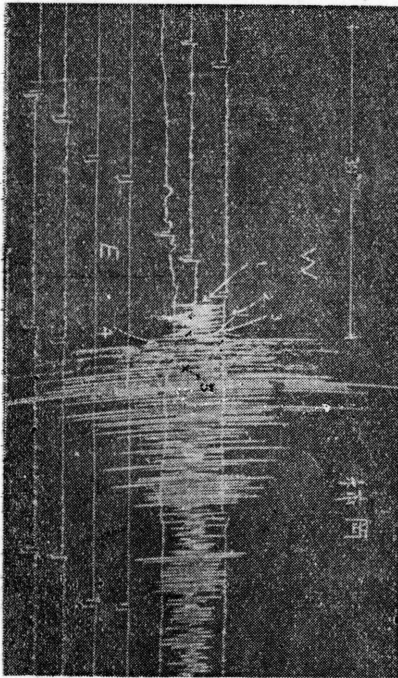
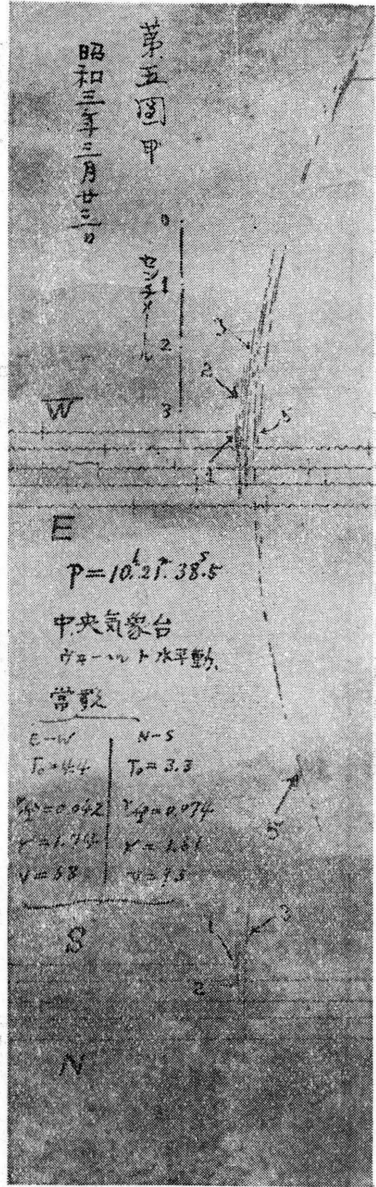
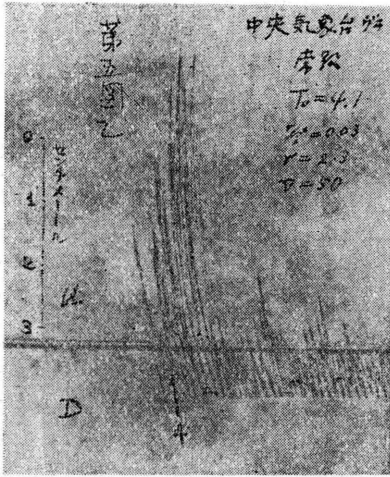
(15) 現在震原搜索に常用さるゝ大森公式は、II波のP-Sの着時差を初期微動継続時間と取りし場合、それを用ひて観測所より原點までの距離を算出するに適當するものゝ如く、それ以外には用ひられざるが如し。

(16) 以上は此一地震に就てのみ論じたるものにして、普遍的のものか否かは別問題とす。稀なる一例かも知れず。或は本震の原點が第二層と深さを同じうするためかも知れず。

細叙 以上は本調査の概要を摘記したるものなるが之に達したる道程を左に細叙すべし。先づ筆者が直接験測せし、熊谷、前橋、東京、柿岡、沼津、名古屋の地震計記象紙の複寫を圖版として掲出すべし。

名古屋の記象 第一圖を見るに、刻時點の十時二十三分と二十四分の間より始まり居るも、二十四分の刻時點の所在甚だ曖昧なり。依て其次の二十五分の刻點(明瞭)





との中點附近に於て夫れらしきを求め、二十三―二十四分〓五〇、一耗と見たり。(之は一見五四、八耗とも取易けれど然するときは二十四―二十五分〓四七、八耗となりて不都合なり。)而して東西動記象に於て、二十三分の刻點より二六、九耗―三三二秒目より、小なれども際立ちて振動し始め居り、同所直測は之を P と驗測せり。之に當時の時差減一分二秒四を加ふれば發見時は二十二分七秒八となる。即ち圖の「4」と符牒せし點にして、こゝには之を P の $\frac{2}{3}$ 波の着時となし、以下之を起點として各相の發現時を測る。

10^h 22^m 07.8^s P $\frac{2}{3}$

〔○〕次に南北動に於て「5」と符牒せし點は、今までの滑かなる動きが鋸齒狀に變りし點にして其時刻及記號を左の如く録す。

10^h 22^m 15.0^s P V₃

東西動に於て「3」と符牒せる點は、其點に於て心持ち角立ちて描針が徐々東へ偏り始めたるに注目せしものにして、斯の如き偏りが、普通短週初動の始まる前に現るゝことは驗震に際し往々經驗する所にして、或は此緩徐たる變位の中に、描針摩擦の範圍内に屬する極めて微なる急性の振動が含まれ居るにあらざるかも考へらる。該時刻及記號を次の如く録す。

10^h 22^m 06.3^s P $\frac{1}{2}$

之と同じ意味の偏りは「2」と符牒せる點に於ても之を見る。仍て左の如く録す。

10^h 22^m 0.21^s.....P.....Y₂

更にそれより前「1」と符牒せる點に於て、東方へ極めて不明瞭乍らも、今まで現れ居たる脈動とは稍趣を異にせる記象線の蜒りを見る。脈動中のこと故、之を震動と取るは一見故意の如きも、其直ぐ前にある脈動型波を此蜒より控除せば、不問に付し得ざる一種の變位を残すと思はれ、其一蜒りに約三秒弱を費し居るも、中には、描針摩擦の範圍内たる微動を包含して、斯の如き徐動を現したるものとも察せられ、其時刻及記號を左に録して後の參考となす。

10^h 21^m 52.8^s.....P.....Y₁

次に、水平兩分動共「6」と符牒せる點を初動として二振動ばかり、前後の微動に比し明かに節くれ立てるを見る。之に對し左の如く録す。

10^h 22^m 19.2^s.....P.....₀₃

「7」と符牒せる點は極めて顯著なる變節にして、名古屋の測候所にては之を S と取りたり。此時刻及記號を左の如く録す。此變節は東西動に於て殊に著し。

10^h 22^m 24.1^s.....S.....V₁

南北動を見よ。「8」と符牒せる點に於て俄に週期振幅共増大し始む。此點の時刻及記號を左の如く録す。

す。

$10^{\circ} 22^m 27.8^s \dots\dots\dots S \dots\dots\dots 01$

「9」と印せる點は、更に際立ちて週期も振幅も増大を開始したる點にして、東西動殊に著し。之を左の如く録す。

$10^{\circ} 22^m 34.4^s \dots\dots\dots S \dots\dots\dots V_2$

「9」と符牒せる點に於て、週期急に小となり振幅亦稍減小して、今までの素直なる振動は此點より鋸齒狀に化せることに注目し、其時刻及記號を左の如く録す。

$10^{\circ} 22^m 39.7^s \dots\dots\dots S \dots\dots\dots v_2$

柿岡の記象 第二圖を見るに、極めて顯著なる初動を以て始まる。同觀測所直測發震時は「1」印の點

に於て十時二十一分四二秒一なり。之を左の如く録取す。

$10^{\circ} 21^m 42.1^s \dots\dots\dots P \dots\dots\dots V_1$

以下主として東西動記象に就て測るに、「2」印の點に依て突然東へ大きく動き、前相との區別明かなり。此點の時刻及記號を左の如く録すべし。

$10^{\circ} 21^m 45.2^s \dots\dots\dots P \dots\dots\dots V_2 \quad v_1, v_2$

「3」印の點に於て突然西へ大きく急變し、今まで東偏的に微動し居たるため、該點の直前には中線以

西に間隙を残す。加之も此點に於て南北動は甚しく縮小し、前相と反對方向に強みを有する初期微動の變節點を示す。此點の時刻及記號を左の如く録す。

$10^{\circ} 21^m 50.5^s \dots\dots\dots P \dots\dots\dots 0_3, V_3$

「4」と符牒せる點に於て、振幅前相に五倍する急動突然始まる(此初動南西に向ふ)此點の時刻及記號左の如し。

$10^{\circ} 21^m 52.2^s \dots\dots\dots S \dots\dots\dots V_1$

S の V_1 相に入りては、振幅大にして且急激なるため、描針跳躍の形跡明かにして、記象はすべて點線にて描かれ居ること圖の如し。然るに「5」と符牒せる點に至り、此點線記象は急に止み、比較的靜かにして併も振幅前相より遙か大なる記象と化す。これ看過すべからざる變相點なり。此點に對し次の如く時刻及記號を録す。

$10^{\circ} 21^m 59.6^s \dots\dots\dots S \dots\dots\dots 0_2$

沼津の記象 第三圖を見るに、緩なるも明瞭なる初動を以て發震す。圖に於て「1」の符牒を附す點にして、同測候所直測の時刻を用ひ次の如く録す。

$10^{\circ} 21^m 45.5^s \dots\dots\dots P \dots\dots\dots 0_1, V_1$

之より〇、八秒遅れて鋭く刻み始めたる點を「2」とす。其時刻及記號として次の如く録す。

10^h 21^m 46.3^s.....P.....0₂

東西動を見よ「3」と符牒せる點より振幅は前相の數倍に急増し、週期稍大となり。特殊なる變相點を示す。其時刻及記號として次の如く録す。

10^h 21^m 51.3^s.....P.....V_{3, 0₃}

「4」と符牒せる點より突如振幅十倍に急増す。此點の時刻及記號として次の如く録す。

10^h 21^m 56.6^s.....S.....0₁

右の相は其後不規則に且次第に減衰せしが「5」と符牒せる點より振幅俄かに増大し且つ整然として持續する振動始まり、茲にも一變相點を見出す。其時刻及記號として次の如く録すべし。

10^h 22^m 00.7^s.....S.....0₂

熊谷の記象 第四圖を見るに、極めて微かに北々東へ動ける形跡を以て本震は始まる(圖の「1」)此點の時刻及記號を左の如く録す。

10^h 21^m 37.6^s.....P.....0_{1, 0₂}, V

其後○、四秒遅れて明瞭なる北微西の變位現れ(圖の「2」)たるも、前者との時差あまりに小なるに付之を區別して録せず。次に「3」と符牒せる點に於て、振幅前相に數倍する衝動南々西に向つて現れ、震相の急變節を示す。此點の時刻及記號として左の如く録す。

10^h 21^m 40.7^s.....P.....₀₃

「4」と符牒せる點に於て、俄かに振幅前相の十餘倍に激増す。其時刻及記號左の如し。

10^h 21^m 45.3^s.....S.....₀₂

東京の記象 第五圖(甲乙)を見るに、「1」の點に於て微小なれども鋭き初動北西に向つて現る。此時刻として中央氣象臺直測のものを採り、左の記號を與ふ。

10^h 21^m 38.5^s.....P.....V₁, ₀₁

「2」の點に於て、突如前相の三倍に急増幅す。之を一變相節として左の如く録す。

10^h 21^m 40.1^s.....P.....V₂, ₀₂

「3」と符牒せる點より更に際立ちて増幅し、其初動が引返すとき、南北動描針ははづれたるか浮上りたる記象を中絶す。此變化をも一の變相節として左の如く録す。

10^h 21^m 43.4^s.....P.....₀₃

此後水平動記象不規則にして變相節等捕捉に難きを以て、圖乙の上下動記象を見るに、「4」と符牒せる點に於て今までの振幅俄然十倍にも増幅せり。同臺に於ては之を「S」と取る。之に對し時刻及記號を左の如く録取す。

10^h 21^m 45.9^s.....S.....₀₁, V₁

此後上下動は限振されて實動を描かず。されど東西動は尙働き居り。之に依れば「5」と符牒せる點に於て急に振幅東へ頗る飛躍的に著大となり、之が引返すとき描針は遂にはづれて了ひたり。此大變相の時刻及記號左の如し。

10^h 21^m 48.6^s.....S..... ω_2 , V_2

尙念のため強震計記象を見るに、該當一分長二四、〇耗に對し、極微なる發震初動の痕跡より主要動の初に至るまでの長さ三六耗、即ち此初期微動繼續時間九秒となる。即ち前記微動計驗測の P の ω_1 と S の ω_2 との發現時差と略合致するなり。

前橋の記象 第六圖を見るに「1」印の發震時は同測候所直測を取り、之を左の如く記録す。

10^h 21^m 44.2^s.....P..... ω_1 , ω_2 , V_2

初期微動は、振幅週期共終始大差無きも、其中線の偏りに際立ちたる二段階あり、最初は北西に偏し居たるものが、六秒目即ち「2」と符牒せる點より急に南東に偏りて繼續し始む。之を境目として、到着波種に相違あるものと見做し、後の波の初動に對し左の如く記録す。

10^h 21^m 50.2^s.....P..... ω_3

「3」と符牒せる點は勿論顯著なる變相節にして次の如く録取す。

10^h 21^m 54.4^s.....S..... ω_2

秩文の記象 之は圖示を略したるも、其震相熊谷のそれと酷似し、初發より六秒九目に振幅急増して主要動に入る。初發を P の v_1 v_2 が殆んど同時に到着せしものと見做し、それより六、九秒目を S の v_2 着時と見做す。時刻不正確にして發震時は秒まで取るに足らざるも、P S の v_2 時差だけは明かなり。

附標の説
明

右の内 P 及 S に v_1 V 等の附標を附したるは、此場合初期動中の變相節點といふこと以外別に意味あるにあらず。其意義は後述により自然に生ずるものなり。また v_1 v_2 等と二つ又は三つの附標を附したるは、二つの節が同時に現れたるものと見做し得べきを意味せるなり。

其他の
發震時

以上名古屋、沼津、柿岡、前橋、東京、熊谷に就ては、精測の結果、P 相中にも S 相中にも二三の節點あるを見たり。其他の各地に就ては、普通驗測に依る各地の報告のまゝ、及 S (主要動初としての L をも含む) の發現時を取りて、前記各地のもの一括して表掲せば次の如し。

各地 P S
の發現時

第一表 (時刻は十時二十一分に加ふべき秒數)

測	熊	東	横	前	甲
驗	二	二	二	二	二
谷	〃	〃	〃	〃	〃
	〃	〃	〃	〃	〃
京	〃	〃	〃	〃	〃
	〃	〃	〃	〃	〃
濱	〃	〃	〃	〃	〃
	〃	〃	〃	〃	〃
橋	〃	〃	〃	〃	〃
	〃	〃	〃	〃	〃
府	〃	〃	〃	〃	〃
	〃	〃	〃	〃	〃
波	〃	〃	〃	〃	〃
分	〃	〃	〃	〃	〃
圓	〃	〃	〃	〃	〃
	〃	〃	〃	〃	〃

附 標	測 點	刻 時 附			測 點	刻 時 附			測 點	刻 時 附		
		S	P	標		S	P	標		S	P	標
V ₂	津	76.0	...	V ₂	田 高	...	45.2	V ₂	岡 柿	...	37.6	V ₁
V ₂	卷 石	...	56.9	v ₂	"	59.6	45.2	v ₂	"	...	37.6	v ₁
v ₁	"	...	52.7	V ₁	山 高	...	50.5	V ₃	"	45.3	37.6	v ₂
v ₁	都 京	...	50.2	V ₁	松 濱	...	50.5	v ₃	"	...	40.7	v ₃
V ₂	"	80.0	...	v ₁	"	54.8	43.8	V ₁	宮都字	45.9	38.5	V ₁
V ₃	阪 大	...	61.9	V ₂	木 伏	56.6	45.5	v ₁	津 沼	45.9	38.5	v ₁
V ₂	"	88.6	...	v ₁	"	...	45.5	V ₂	"	48.0	40.1	V ₂
V ₃	戶 神	84.1	52.8	V ₁	屋古名	60.7	46.3	v ₂	"	48.0	40.1	v ₂
V ₂	"	87.8	66.3	v ₁	"	...	51.3	V ₃	"	...	43.4	v ₃
V ₂	澤 水	94.4	62.1	V ₂	"	...	51.3	v ₃	"	...	40.9	v ₁
V ₁	"	99.7	67.8	v ₂	"	58.7	45.3	V ₁	良 布	...	40.9	V ₂
v ₁	岡 豐	...	75.0	V ₃	"	...	45.	V ₁	戶 水	51.4	40.9	v ₂
V ₂	"	...	79.2	v ₃	"	...	55.6	V ₃	"	...	44.2	v ₁
v ₂	山歌和	...	63.	V ₂	島 福	...	55.6	v ₃	"	...	44.2	V ₂
V ₂	"	87.6	...	v ₁	"	...	54.	v ₁	本 松	54.4	44.2	v ₂
V ₂	田 秋	...	79.5	v ₃	瀉 新	71.0	54.	v ₂	"	...	50.2	v ₃
v ₁	"	101.5	..	v ₂	"		v ₁	野 長	...	42.8	V ₂
v ₂	本 洲	...	63.5	v ₂	阜 岐	70.3	51.9	v ₂	"	...	42.8	v ₂
v ₁	"	98.3	...	V ₂	"	...	53.8	v ₁	子 銚	50.4	40.8	V ₁
		...	76.8	v ₂	根 彦	70.2	...	V ₂	"	60.0	47.7	v ₂
		102.0	..	v ₁	"	...	53.8	v ₂	"	52.2	42.1	V ₁
		...	85.8	V ₃	津	...	56.9	v ₁	田 高	...	45.2	v ₁

震原又は
震央の距
離と關係
ある初期
微動繼續
時間

本表中の P S 時差は、震原又は震央の距離と比例すべきものにして、これ以外の P S 時差は震央距離など、直接關係なきものたること後述を待ちて明かとなるべし。而して右表のうち附標 V_1 及 V_2 に關する分は震央距離と地殻第一層の厚味との組合せに關係し、 v_1 及 v_2 に就ての値は震原距離と直接關係あるものたること後に判明すべし。

P S 差	刻 時		附 標	測 點
	S	P		
Δ				
51	7.4	45.9	38.5	V_1 京 東
84	9.6	50.4	40.8	" 波 筑
92	10.1	52.2	42.1	" 岡 柿
93	11.0	54.8	43.8	" 宮都宇
121	13.4	58.7	45.3	" 良 布
225	31.3	84.1	52.8	" 屋古名
D				
70	7.4	45.9	38.5	v_2 京 東
107	11.1	56.6	45.5	" 津 沼
230	21.5	87.8	66.3	" 屋古名
Δ				
51	7.9	48.0	40.1	V_2 京 東
225	32.3	94.4	62.1	" 屋古名
D				
57	7.7	45.3	37.6	v_2 谷 熊
70	8.5	48.6	40.1	" 京 東
78	10.5	51.4	40.9	" 濱 横
76	10.2	54.4	44.2	" 橋 前
94	12.3	60.0	47.7	" 分 追
103	14.4	69.6	45.2	" 岡 柿
107	14.4	60.7	46.3	" 津 沼
131	17.0	71.0	54.	" 本 松
138	18.4	70.3	51.9	" 野 長
230	31.9	99.7	67.8	" 屋古名

第二表

右表中、同一附標に P と S と兩方具備し居るものを拾出せば左の

刻 時	時 刻	
	S	P
112.8
.....	78.2
116.2
.....	84.4
124.4
.....	106.9
137.0
.....	107.7
142.0
.....	85.0
124.0
.....	93.3
144.7
.....	103.0
150.0
.....	88.6
140.0
.....	108.1
141.2

如し (D Δ は震央距離)

のPS
差より求
むる震央

先づ測點を最も多く有する^の P S 差によりて次の方法により震原及震央を求むべし。
 (この方法は既に和達清夫氏が工夫して用ひたるものなり。即ち、前表に掲げたる十箇の測點より適宜熊谷、横濱、前橋、沼津、長野を取り、之に秩父をも加へ、其各の P S 時差は夫々の震原距離 D に比例するものとし、右六ヶ所の内任意二點を A B とし、其 P S 時差を $T_1 T_2$ とす。A B の距離を a とす。震原より A までと B までとの距離の比が T_1 / T_2 なるが如き點の軌跡は球面にして、其面上に震原點あるものとす。其球面が地表(平面と見做す)を切る圓の周上點を p とす。即ち $pA/pB = T_1/T_2$ にして、B A を結ぶ線の延長上に在る p 圓の中心を C とすれば

$$CA = aT_1^2 / (T_2^2 - T_1^2) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} T_2 > T_1$$

$$Cp = aT_1 T_2 / (T_2^2 - T_1^2)$$

を以て作圖に十分なり。

A B の組合せは合計十四にして左の如し。

A	秩	秩	秩	秩	熊	熊	熊	熊	前	前	前	前	横	横
B	熊	前	長	沼	横	前	横	沼	長	横	沼	長	沼	長
a	33	46	110	101	80	39	83	128	121	119	146	84	84	190

C_p	CA	T_2	T_1
149.9	134.3	7.7	6.9
57.4	38.8	10.2	6.9
48.0	18.0	18.4	6.9
62.8	30.1	14.4	6.9
92.4	60.7	10.5	6.9
68.5	51.7	10.2	7.7
133.6	96.5	10.5	7.7
95.9	51.3	14.4	7.7
61.4	25.7	18.4	7.7
2023.0	1964.4	10.5	10.2
207.4	146.8	14.4	10.2
67.2	37.2	18.4	10.2
130.8	95.4	14.4	10.5
160.8	91.7	18.4	10.5

即ち十四の圓を得るも、前横、前沼の兩組合は C_p 及 CA の値あまりに大なるに付用ひず、
 殘十二圓を地圖上に記入せば附圖の如し。用ひたる地圖は、陸地測量部百萬一地形圖なり。各
 圓中兩圓が切合ふ點を連ぬる直線は、

$$12/21(12-2)l=66$$

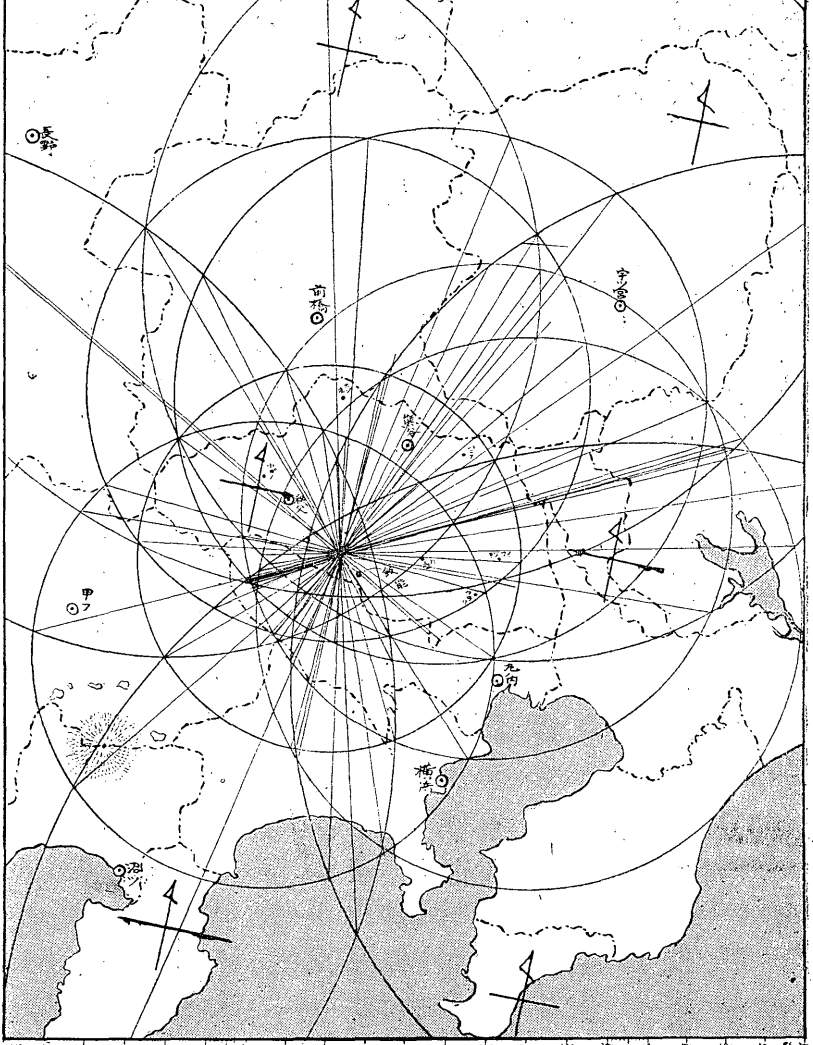
六十六本ある筈にして、觀測誤差僅小なる場合、前記の假設に誤り無く且つ震原が一點と見做
 してよき程小さきものならば、此六十六の全部の場合を完全に統一すべき筈なり。換言すれば
 六十六本の直線は悉く一點に交叉すべし。

震央地

然るに附圖の如く、全直線は悉く奇蹟的に一點に於て交叉す。其地點は、埼玉縣入間郡飯能
 町の北西約七軒の東吾野村に當る。之を震央地と見做す。但し波線を直線と見てのことなり。

而して此央點を過りて各圓に張る最小弦の半分は悉く四十八軒にして（作圖上の誤左約半軒

震波着時差三列ヲ求ルニシテ震央 昭和三年三月廿三日申時廿一分地震



震原の深さ

等P S線の完

を許容す。これ震源の深さに該當す。

斯の如くすべてよく合致吻合するを以て、等P S時差線は勿論此點を中心とする完全なる同心圓となる。

かくて此點より各地への距離を Δ とし、發震時を t とし、震原距離 $D \parallel \sqrt{\Delta^2 + 4g^2}$ とすれば左表の如し。測點は對反六方位を採りたり。

測點	熊谷	横濱	長野	沼津	名古屋	柿岡
Δ キロ	三一	六二	一二九	九六	二二五	九二
D キロ	五七	七八	一三八	一〇七	二三〇	一〇三
t 秒	三七、六	四〇、九	五一、九	四六、三	六七、八	四五、二
t_0 秒	三七、五	四一、一	五一、六	四六、二	六七、七	四五、五
差 秒	〇、一	(一)〇、一	〇、三	〇、一	〇、一	(一)〇、三

右表中の t_0 は

$$t_0 = aD + b, \quad a = 0.174566, \quad b = 27.5 \dots \dots \dots (甲)$$

震原距離と發震時の關係

を以て計算したるものにして、之と實測のとの差を末行に掲げたるなり。則ち差は僅小にして該直線式により、極めて良く律せらるるなり。

此式を震央距離 Δ のものに書代へれば、

震央距離
と發震時
の關係
等發震時
線の完全
圖

$$t = 0.174566 \sqrt{\Delta^2 + 48^2} + 27.5$$

となるに付、地表に描く等發震時線も亦、該央點を中心としての、完全なる同心圓となるなり。

即ち發震時を用ひて求むるも、初期微動繼續時間を用ひて求むるも、震央點は前記の地點に歸着すべし。換言すれば、東吾野村の直下四十八杆の地中點は、上記六ヶ所の發震時及 P S 時間を完全に統一する一點なり。

若し震波が等方的に波及し、其經路に當りし地殼が均質のものならば、該地中點は震原なるべし。然れども該點は、單にそれだけの意味のものにして、實際の震原とは自ら別なる一種の幻點なるかも保しがたし。

央點及原
點の發震
時
一の直達
波の速度
 $v = 5.73$
K/M/S

されど暫く之を原點と見做し置くときは、各地の Δ は之によりて定まり、甲式によりて央點に於ける發震時 t_0 は三十五秒九。又原點に於ける發震時 T_0 は二十七秒五となる。而して甲式の常數 a の逆數は、一の直達波の波及速度にして、之を v_2 とすれば其值五、七三杆毎秒となる。之は普通 Γ 波の速度と稱せらるゝものと相似たり。

偕て該暫定的原點が、架空性のものかに就て少しく考察を要す。架空的のものならば、前記六ヶ所以外多くの觀測成績を充足せざることあるやも知れず。先

暫定原點
に對する
期待

づ之を驗し置く必要あり。次に v_2 波以外の速度性質經路を異にする波に對しては、該點は忽ち測續統一の力を失ふべし。然るに若し數十の測點に就て、P P S S等の波に關しても、之が統一力を失はざるものとすれば、該點は、實際の發動原點にはあらずとしても、別に重要な意義を有する地中點なりと考ふるを得べき筈なり。而して斯の如き意味の點の配布及移動は、地震調査上等閑に附せざるを可とすべし。本調査の目的はこゝにあり。而して斯の如き點を出發點として考へたるよきの、地殼の等方性が、特殊の時及び特別の地域に於て、變化するか否かも、興味ある問題として殘さるべきなり。

各地の
及D Δ

斯くて前記暫定的震央點より各地への距離を測りて左に表掲すべし。此距離Δは地圖を用ひて測り、附記の震原距離Dは、深さを四十八籽としてΔより導きたるものなり。

D Δ		地 名		D Δ		地 名	
193	192	松	濱	52	19	秩	熊
228	223	木	伏	57	31	父	谷
230	225	屋	古	70	51	京	東
238	233	島	福	78	62	濱	横
233	228	瀧	新	76	59	橋	前
238	233	阜	岐	83	68	府	甲
286	282	根	彦	97	84	波	筑
288	284	津		94	81	分	追
339	336	卷	石	103	92	岡	柿
340	337	都	京	105	93	宮	宇
380	377	阪	大	107	96	津	沼
400	397	戸	神	130	121	良	布
401	398	澤	水	130	121	戸	水
407	404	岡	豐	131	122	本	松
425	422	山	歌	138	129	野	長
434	431	田	秋	153	145	子	銚
440	437	本	洲	170	163	田	高
				192	186	山	高

地震波走時曲線

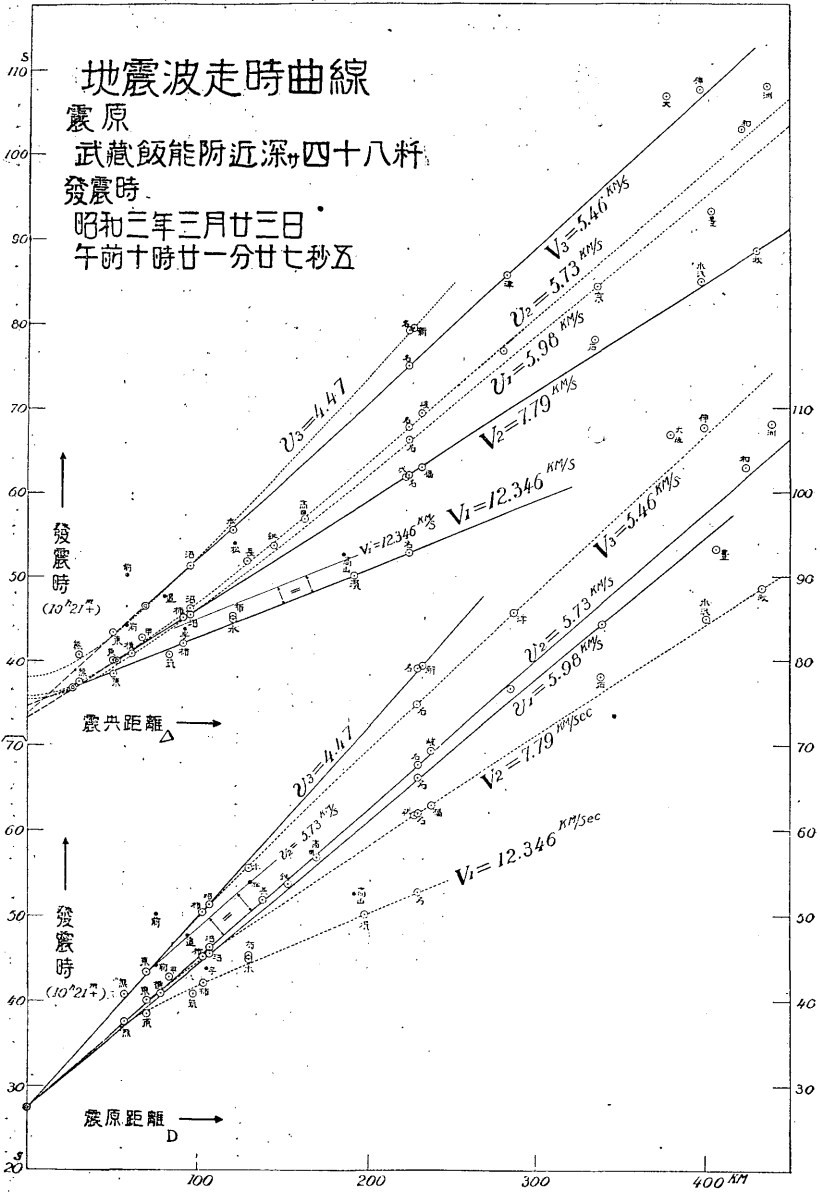
震原

武藏飯能附近深₄四十八料

發震時

昭和三年三月廿三日

午前十時廿一分廿七秒五



第一表のPの發現時全部を横軸に取り、本表の Δ 及Dを縦に取りて走時曲線を描けば附圖の如くなる。

Pに關する走時曲線

t D 曲線を見るに、 $V_1 V_2 V_3$ 及 $v_1 v_2 v_3$ の六本あり。Vに關する三本は双曲線的にして、V種波の發時は、震原距離と一次比例をなさざるなり。vに關する三本は直線なり。

三種のP波

斯く直線をなすことは、此vに關する波がP波の如く直達的に第一層を波及せることを意味す。然るに之が三本に分るゝことは、第一層直達波に三種類あることを意味す。而して其各の有するY軸の截片は皆二七、五秒にして、前に算出したる原點發震時に合致す。震原點を同時に發して後三本に分るゝことは各波速度を異にすることを意味す。即ち各速度を

$$v_1 = 5.98, v_2 = 5.73, v_3 = 4.47 \text{ KM/S}$$

Pに關する三種波の速度

の如く算出し得るなり。

依てPの v_1 波は

Pの v_1 波

$$t = (1/5.98)D + 27.5 \dots \dots \dots (2)$$

を満足すべし。此式に觀測地のDを入れ算出したる t_0 と實測値との比較左の如し。

觀測地	熊	東	横	前	柿	沼	松	道	銚	高	名	豊	京
	谷	京	濱	橋	岡	津	本	分	子	田	屋	岡	都

前橋、追分、松本の發震遅れ

v_1 波の等方的波及

\bar{P} の v_2 波

差	t_c	t	D
0.6	37.0	37.6	57
0.7	39.2	38.5	70
0.4*	40.5	40.9	78
4.0	40.2	44.2	76
0.5	44.7	45.2	103
0.1	45.4	45.5	107
4.6*	49.4	54.	131
4.5*	43.2	47.7	94
0.7	53.1	53.8	153
1.0	55.9	56.9	170
0.3	66.0	65.3	230
2.3	95.6	93.3	407
0.0	84.4	84.4	340

右の差の大きさを見るに、大部分一秒以下を以て計算と實測とが合致す。唯前橋と松本と追分との三ヶ所は、地圖上一直線に配列さるゝ土地なるが、之の差が揃ひて4.4+0.4ほどの差を有することは注目に値するものにして、此三ヶ所に就ては、乙式の加項27.5を31.9に改むる必要あり。されど v_1 を五、九八とすることには少しも變りなし。此點に就ては後に考察を加ふべし。

右表の觀測地の配布を見るに、震央に對する各方向を網羅す。故に此波は各方向に等しき速度を以て波及せしものにして、等發震時線は、最初に暫定した震央を中心とする完全なる同心圓となる。

次に \bar{P} の v_2 波は、前に甲式として揚げたと同様、

$$t = D\sqrt{5.73 + 27.5} \dots \dots \dots \text{(丙)}$$

を充足すべきものとなり。此式に、觀測地のDを入れて算出したると、實測値との比較左表の如し。

観測地	D	t	t _c	差
熊谷	57	37.6	37.4	0.2
東京	70	40.1	39.7	0.4
横濱	78	40.9	44.1	0.2
前橋	76	44.2	40.8	3.4*
甲府	83	42.8	42.0	0.8
追分	94	47.7	43.9	3.8*
柿岡	103	45.2	45.5	0.3
沼津	107	46.3	46.2	0.1
松本	131	54.	50.4	3.6*
長野	138	51.9	51.6	0.3
銚子	153	53.8	54.2	0.4
高田	170	56.9	57.2	0.3
名古屋	230	67.8	67.6	0.2
岐阜	238	69.5	69.0	0.5
彦根	286	76.8	77.4	0.6
和歌山	425	103.0	101.7	1.3
洲本	440	108.1	104.3	3.8

前橋追分
松本の發
震遅れ

右表の差の大きさを見るに、和歌山、洲本の如き遠方は、震度微弱のため一秒以上の値を見ること免れざるも、他は皆僅小の誤差を以て實測と合致す。但し*印を附したる前橋、追分、松本の誤差が、揃ひて三秒六内外なることは、前記^{v₁}の場合と同様の意味に於て後の考察を要す。該三地に就ては、丙式の加項を三一、一とすれば可なるべく、^{v₂}波の速度としては矢張り五、七三^{1/2}に變り無きなり。

^{v₂}波の等
方的波及

即ち前に六ヶ所に就て立てたる式は、観測點を三倍にして驗するも、十分に成立して遺憾無きなり。而も其観測點は、央點に對する各方向を網羅す。故に此波は、各方向等速を以て波及せしものにして、等發震時線は、暫定震央を中心とする。完全同心圓なり。

次に「P(或は「S?」)の^{v₃}波は

P の v_3 波

$$l = D/4.47 + 27.5 \dots \dots \dots (J)$$

を充足すべきもの也。此式に観測地の D を入れて算出したる l と、實測値との比較左表の如し。

観測地	D	l	l	差
熊谷	57	40.3	40.7	0.4
東京	70	43.2	43.4	0.2
前橋	76	44.5	50.2	5.7
柿沼	103	50.5	50.5	0.0
水名	107	51.4	51.3	0.1
古戸	130	56.6	55.6	1.0
屋	230	79.0	79.2	0.2
新	233	79.6	79.5	0.1

之を見るに、僅小の誤差を以て良く實測と計算が合致す。たゞ前橋が五秒七の誤差を出したることは、前記 v_1 及 v_2 の場合と同様の意味に於て後の考察を要す。此場合前橋の相手たる追分及松本を缺ぐは、之現れざりしためにあらずして、記象を實見せば、現れ居るのかも知れざるなり。

右表に掲げし観測地は、震央に對し各方向を網羅す。故に本波も亦、各方向等速に波及せしものなり。従つて、等發震時線は震央を中心とする完全同心圓となる。

小歸結

以上に依て、地殼最表層を直達する、所謂 P 波に似たる波が三種ありて、各其速度を異にし、しかも等方的に波及するものたる事を認めざるを得ず、之を認むることにより、各地の發震時を甚だ良く解説し得べく、且前記暫定震原點を有意義のものたらしむるなり。

しかのみならず、之を認むることにより、延いては、地殻の第二層を潜りて達する、所謂P波の存在および、第一層の厚味を、後述によりて極めてきまり良く説明し得ることとなるなり。

Δ に關する走時曲線

V波の經路

偕て、 t D 曲線に於て、Vに關する三本は、直線をなさずして、双曲線をなすを見たるが、之を t 曲線に見るに、Vに關する分は、三本共直線をなす。即ち之は、此波の第一層を通過する經路の長さが、 Δ の大小に拘らず一定にして、 t の遅速は、此波が第二層の表面を傳る經路の長短にのみ由ることを意味するなり。且第一層の厚味が至る所一定なることをも意味す。即ちV波の經路は、震原より第二層面に向つて、臨界角に近き角度 θ を以て入射し、屈折角九十度を以て第二層の表面を傳はり、之が測點より前方一定の水平距離($\tan \theta \times$ 第一層の厚さ)に於て第一層に入射し、再び θ なる屈折角を以て測點に射出するなり。故に震原より第二層に入射する迄の距離と、再屈折點より測點までの距離との和は、第一層の厚味が各地平等ならば、常に一定す。従つて各地の發震時は唯震央距離とのみ一次比例をなす。故に、V波の發現時と Δ との關係曲線が直線ならば、此波は右記の如き經路を取りて波及する、所謂P波の如きものたることを意味し、且其れが潜るべき第二層の深さは各所一定なることを意味す。

P波

附圖に Δ 曲線を見るに、 t に關する分は三本とも双曲線なるに、此Vに屬する分は直線にして且三本あり。之はP波に於て、速度を異にする三種類あることを意味す。而して其各の有す

三種のP波

るY軸の截片は三種とも皆異なり。然るに此截片の大きさは、本波が第一層を通過するときの速度によつて定るものなり。故に本波は第二層面を傳るときにのみ三種類に分たるゝにあらずして、本來的に種類を異にするものと云はざるべからず。

P波に屬する三種の速度

此波の第二層傳播速度は t Δ 曲線に於ての、 $d\Delta/dt$ の値によりて次の如く見出さる。

$$V_1 = 12.346, V_2 = 7.79, V_3 = 5.46 \text{ KM/S}$$

右の V_1 は、柿岡と濱松に就ての Δ の差を、 t の差にて除したるもの。 V_2 は伏木と秋田に就て。 V_3 は津と名古屋に就て、 Δ の差を t の差にて除したるものなり。

三種P波の第一層中の速度

次に此波の第一層波及速度は、走時曲線を見れば直に推察し得べし。即ち、或小なる原距又は央距に於て、 V_1 線は v_1 線と合致し、 V_2 線は v_2 線と、 V 線は v_3 線と結合す。

V波とv波との關係

之に依り、 v_1 波が第二層に入射したるとき V_1 波となり、 v_2 は V_2 となり、 V_3 波は第一層波及の際には v_3 の速度を有したりしものと推察するに難からざるなり。

Pの V_1 波の経路

故に先づPの V_1 波に就て云へば、 v_1 なる第一層速度を有するものが、 i なる入射角を以て第二層面に入射するに際し。

$$\sin i = 5.98/12.346 = 0.4843674$$

なるとき、此波は第二層面を V_1 の速度にて傳はり、觀測地より i $\tan i$ だけ震央に近き地點の

直下 d なる深さの點より γ なる屈折角を以て測點に射出するなり。茲に d は第二層面の深さ。
 γ は屈折角にして此場合 i に等し。

V_1 波の着
 時
 故に V 波の着時をとすれば

$$t = \Delta / 12.346 + b \dots \dots \dots (戊)$$

之を柿岡の觀測に充つれば

$$42.1 = 92 / 12.346 + b, \quad b = 34.65$$

濱松の觀測に充つれば

$$50.2 = 92 / 12.346 + b, \quad b = 34.65$$

此の値三四、六五秒と、 v_1 波の原點に於ける發時二七、五秒との差七、一五秒は

$$7.15 = (2d - h) \sec i / v_1 - (2d - h) \tan i / V_1$$

なるを意味す。 h は震原の深さにて四八呎。

$$V_1 = v_1 / \sin i$$

なるに付

$$7.15 = (2d - h) (\sec i - \tan i \sin i) / v_1$$

$$= (2d - h) (1 - \sin^2 i) / \cos i / v_1, \quad 1 - \sin^2 i = \cos^2 i$$

故に

$$7.15 = (2d - h) \cos i / v_1 \dots\dots\dots (17)$$

$$i = 28^\circ 38' 26'', \cos i = 0.874865, \cos i / v_1 = 0.1463, (2d - h) = 48.87$$

故に

$$d = 48.4 \text{ 籽}$$

モホロビ
チク層の
深さ
縦波

となるに付、第一層の厚み、即ち第二層表面の深さは四八、四籽となりたり。之即ち所謂モホロビチク層の深さに該當するものならん。以上の如く、第一層に在りては毎秒五、九八籽の速度を有し第二層に入りて毎秒一二、三四六籽の速度と化す波をI波と名づくべし。

$$\tan i(2d - h) = 27 \text{ 籽}$$

V₁波の到達區域

となるに付、V₁波はΔの廿七籽以内は當然到達せざるなり。而して實際を見るにΔ二三〇籽の名古屋より遠くには到達せざりしが如く見ゆ。併も名古屋と雖も辛うじて記象上に此點を指摘せしに過ぎずして、それと思はずしては誰しも之を地震波の現出と思はざる程なり。唯Δの二百籽なる濱松及高山は、無關心に之を驗出し得しなり。然るに同じI波が第二層を潜らずして直達せしときは、京都、豊岡の如き、四百籽も遠方に於て驗出され居るなり。第二層を潜りしために甚しく衰弱せしことを物語る。もし此波が衰へずして神戸まで到達せしとすれば、同所

が取りたる發震時よりも、實に四十秒も早く現るべきなり。かすか乍らも其形跡無しとは保し難し。さてI波が第二層を潜りて到着する時刻を t として、戊式により各地の Δ を入れ計算すれば左表の如くなる。

差	t_c	t	Δ	觀測地
0.4	37.2	37.6	31	熊東 筑 柿 宇
0.3	38.8	38.5	51	谷 京 波 岡
0.7	41.5	40.8	84	宮 都
0.0	42.1	42.1	92	宮 都
1.6	42.2	43.8	93	宮 都
0.5	44.5	45.	121	戸 良 山 高 濱
0.8	44.5	45.3	121	山 高 濱
3.0	49.7	52.7	186	松 古
0.0	50.2	50.2	192	松 古
0.1	52.9	52.8	225	屋 古

宇都宮、高山の遲着

之を見るに、僅小の誤差を以て良く實測と計算とが合致す。たゞ宇都宮と高山が平均二秒三(十土)〇、七だけ遲着せるを見る。此遲着は、前記 v_1 v_2 v_3 波の場合と同じ意味を附して後の考察を要す。何となれば、 v 波の場合に遲着を見たる前橋、追分、松本と、右の宇都宮、高山とは、地圖上一直線を以て連ね得る地帯に屬するを以てなり。

右表に掲げし觀測地は、震央に對し各方向を網羅す。故に本波は、各方向等速に波及せしものなり。従つて之に關する等發震線も、震央を中心とする完全同心圓となるべし。

V_1 波の等方的波及
Pの V_2 波

v_2 なる第一層速度を有する波が、 i なる入射角を以て第二層に射入するに際し、

$$\sin i = 5.7317.79 = 0.735584 = v_2/V_2$$

なるとき、此波は、第二層面に添ひ、 V_2 の速さにて傳はり、觀測地より $d \tan i$ だけ震央に近き地點の直下 d なる深さの點より i なる屈折角を以て測點に射出するなり。茲に d は第二層面の深さ、 i は屈折角にして此場合 i に等し。

時 V_2 波の着
故に V_2 波の着時を t とすれば、

$$t = \Delta / 7.79 + b \dots\dots\dots (庚)$$

之を伏木及秋田の觀測に充當すれば、

$$61.9 = 223 / 7.79 + b, \quad 88.6 = 431 / 7.79 + b, \quad b = 33.27 \text{ 秒}$$

此の値と、 v_2 波の原點に於ける發時二七、五秒との差五、七七秒は、已式と同意味に於て、

$$5.77 = (2d - h) \cos i / v_2$$

$$i = 47^\circ 21.27', \quad \cos i = 0.6774603, \quad \cos i / v_2 = 0.11823,$$

$$\tan i = 1.0857601 \therefore 2d - h = 48.803$$

而して h は前出の如く四十八籽なるに付

$$d = 48.4 \text{ 籽}$$

即ち第二層表面の深さは、前に I 波に就て求めたるものを全く合致す。

モ木ロビ
チク層の
深さ

斯の合致は甚だ重要なことにして、これが合致することにより、前に提出せし諸多の假定の眞實味を強調するものなり。

II波
以上の如く、第一層に在りては毎秒五、七三籽の速さを有しつゝ、第二層に入りて毎秒七、七九籽の速さに化する波をII波と名づくべし。

V₂波の到着區域

$$\tan i(2d-h) = 1.08576 \times 48,803 = 53 \text{ 籽}$$

となるに付、V₂波は當然Δの五十三籽以内なる地へは到達せざるなり。而して實際の觀測を見るに、四百籽の水澤や秋田へまでも到達せるなり。されど之と略等しき遠方の神戸、豊岡、和歌山、洲本等へは達し居らざるなり。東北、石巻へは達し居るも、等距離の西方京都には達せず。西方に達せし最遠は、伏木、名古屋の二百三十籽なり。斯く近畿へは達せざりしものか、或は又、達したりも射出力微弱にして驗出し得ざりしものか、斷じ難きなり。されど、等しくII波にして、第二層を潜らず直達するものは、西方の最遠たる和歌山洲本にも達して驗出に難からざるなり。等しき波にして、略水平方向より來るものと、異なる角を以て下方より射出するものとの間に、此相違あるは、上下動計と水平動計との機能の相違か、或は又、關西地方の第二層に、震波勢力吸收力大なる地域伏在するためなるか、斷ずべからず。

さてII波が第二層を潜りて到達する時刻をとし、庚式により各地のΔを入れて計算すれば左

表の如し。

差	t_c	t	Δ	觀測地	東横前甲柿沼伏古福石水秋
0.3	39.8	40.1	51	京濱橋府岡津木屋島卷澤田	
0.3	41.2	40.9	62		
3.4*	40.8	44.2	59		
0.8	42.0	42.8	63		
0.1	45.1	45.2	92		
0.1	45.6	45.5	96		
0.0	61.9	61.9	223		
0.1	62.2	62.1	225		
0.2	63.2	63.	233		
1.8	76.4	78.2	336		
0.6	84.4	85.0	398		
0.0	88.6	88.6	431		

即ち極めて僅微の差を以て計算と實測と合致す。但、前橋が三秒餘の差を出せること、前記の諸波と同一にして、無意味の差として捨つべきにあらず。地圖上、前橋と一直線上に並ぶ追分、宇都宮、松本、高山の記象より本波を驗出し得るとすれば、或は前橋と同じき誤差を見んかの期待もあるなり。

V₃波の等方的波及

右表に掲げし觀測地を見るに、二百數十軒以上の遠距離に就ては、測點が東北地方に偏し居れども、それ以内に於ては、央點に對し各方面を網羅す。故に本波も各方向等速に波及せしことを證す。従つて之れに關する等發震時線は同心圓となり、其中心は前記の暫定震央點に當る。

PのV₃波

v_3 なる第一層速度を有する波が、 i なる入射角を以て、第二層に射入するに際し、

$$\sin i = v_3 / V_3 = 4.47 / 5.46 = 0.8186813$$

なるとき、屈折角は九十度となりて第二層表面に沿ひ V_3 の速さにて傳はり、觀測地より震央への水平距離 $d \tan \gamma$ なる地點の直下 d なる深さの點より、 γ なる屈折角を以て測點に射出するなり。茲に d は第二層面の深さ、 γ なる屈折角は此場合 i に等しきなり。

時 V_3 波の着

故に本波の着時をとすれば、

$$t = \Delta / 5.46 + b \dots \dots \dots (\text{辛})$$

之を津及名古屋の觀測に充つれば、

$$85.3 = 284 / 5.46 + b, \quad 75.0 = 225 / 5.46 + b, \quad b = 33.79$$

此 b の値と、 v_3 の原點に於ける發時二七・五秒との差六・二九秒は、已式と同意味に於て、

$$6.29 = (2d - h) \cos i / v_3$$

$$i = 54^\circ 57' .18', \quad \cos i = 0.5742482, \quad \cos i / v_3 = 0.12847$$

$$\tan i = 1.4256577 \therefore 2d - h = 48.961$$

而して h は四十八籽なるに付

$$d = 48.5 \text{ 籽}$$

モホロビ
チク層の
深さ

即ち第二層表面の深さは、前に I 波及び II 波に就て求めたるものと全く合致す。

斯の合致は、前提各假定の眞實味を更に強調するものなり。

III波
以上の如く、第一層に在りては毎秒四、四七籽の速さを有しつゝ、第二層に入りて毎秒五、四六籽の速さに變ずる波をIII波と名づくべし。

V_3 波の到達區域

$$\tan i(2d - l) = 1.4256577 \times 48.961 = 69.8 \text{ 籽}$$

なるに付、 V_3 波は當然 Δ の七十籽以下なる地へは到達せざるなり。而して測績を見るに、名古屋、津、大阪、神戸等の西方遠くまでも到達し、津阪神等にては之を本震の同地に於ける發震時と驗測せり。又、名古屋に於ては本波の到着が初期微動中の一節となりて驗出「得られしが、夫と同様に東北地方の遠方は皆、本波到達相當時刻は其地の初期微動即續時間中に屬し、仔細に驗測せば、相當時刻に本波到達と首肯し得べき節を見出し得ずとは保し難かるべし。例へば秋田に於て同地の發震時より遅るゝこと二十四五秒邊に、震相の變節無きかと期待さるゝなり。

津、大阪、神戸は、幸ひにして本波が、地震計に現れし初動となり居りため都合よろしかりしも、他の各地は震續中に屬するため、之を驗出するには特殊の注意を要す。従つて普通驗測法による測績を以てしては、本波の波及狀況を見る能はざるなり。

されど本波の着時を t として、觀測地の Δ を幸式に入れて計算せば左表の如し。

差	t_c	t	Δ	觀測地
0.1	50.6	50.5	92	岡 柿
0.1	51.4	51.3	96	津 沼
0.4	56.0	55.6	121	戸 水
0.0	75.0	75.0	225	屋古名
0.0	85.8	85.8	284	津
4.1	102.8	106.9	377	阪 大
1.2	106.5	107.7	397	戸 神

V₃波の等方的波及

即ち大阪に於ては誤差大なるも、他は僅小の差を以て實測と合致す。前記理由により、各方向の測點を網羅する能はざりしも、これだけを以てしても、央點を中心とする同心圓を各地の發震時に對し、遠近を通じ、半圓だけは描き得るなり。本波の等方的波及も亦認めざるを得ず。

V₃波の強さ

茲に注目すべきは、水戸に於てS又はLと稱せらるゝ主要動の初動として同所が之を驗出したるものが恰度此V₃波の發時に相當することなり。それ程に此波は顯著に現出せしなり。又神戸大阪の如く遠方にして他の先驅波が皆、記象上注目し得ざる程衰弱せしに拘らず、本波だけは驗出し得られしなり。それ程に本波は距離に對する壽命長かりしなり。又あまり遠方なりとて今まで除外し置きたる高知の測績は、發震時一三七、四秒にして Δ は概測五百八十軒なるが、之に辛式を適用して計算するに、計算上の發震時は一四〇秒となり、實測と二、六秒の差を見るに

III 更遠地と波

過ぎず。即ち約六百軒の發震時は V_3 波の着時を意味せしなり。更に又、等しくIII波にして第二層を潜らざる直達波たるものは、今まで新潟名古屋が最遠測點と思ひ居たれど、之は震續中の發現相たる關係上、他所にては注意を惹かざりしまでのことにて、實は更に遠くの地へも達し居るものたること次の事實が之を證す。

即ち之も今まであまり遠地として除外し置きたる帶廣の測續は、發震時二一九秒にして、其 Δ は八百四十軒なるが、之に $\frac{1}{3}$ 波の發震時算出式(丁)を適用するに、二一五、四秒を得べきに付、實測との差僅かに三秒六に過ぎず。即ち帶廣の發震時は $\frac{1}{3}$ 波の着時を意味せることを知る。

減衰度小
なるIII波

乃ちIII波は、第二層に於ても第一層に於ても距離に就ての減衰度、他波に比して遙かに少きことを知る。

倍て、以上によつて、所謂モホロビチク層に相當する第二層の深さは、四八、四軒なること三方面よりの計算みな吻合す。而して此層の上面に於ては、震波(縦波かと思はるるもの)に三種の速度を與へ居るを見たり。又第一層に於ても同様三種類を見る。而して、上述に於ては、第一層の波速 V_1 は、第二層の波速 V_2 と夫々一對づゝ三種の組となり居るものと認めて、其各組にI II IIIの名稱を與へ置きたり。此意味は、不言裡に、波動の特性に三種ありしことを假定せしなり。されど若し然らずして、層其物が同一波に對し異速を與ふるものと假定せば、上記 V_2

三種の波
動特性

の如き組合せを取らずして、 v_1 、 v_2 の如き組合せを取り、第一層に於て五、九八籽の速さを有したる波が、七、七九籽の波速を興ふべき第二層に入射せし場合を考へ見る必要あり。此場合、

$$\sin i = 5.98/7.79 = 0.7676508, \quad i = 50^\circ 08.6', \quad \cos i = 0.640869,$$

$$b = (2d - h) \cos i / 5.98 + T_0 = 32.7$$

となりて

$$t = \Delta / \sqrt{a^2 + b^2} = \Delta / \sqrt{7.79^2 + 32.7^2}$$

の式を各地に適用し見ても、各地の發震時と少しも合致せず。

層の特性
に
あ
ら
ず
出
發
時
の
遅
れ
に
も
あ
ら
ず

故に上述各事象は、層の特性にあらずして、波動の特性となすを至當とすべし。而も三種波共、震原點を同時に發したるものにして、發震時が I \wedge II \wedge III なるは原點發時の遅れのためにあらざることは、走時曲線の各々が、どれとも相並行せざることを察し得べし。

然るとき、同一經路を波及する縦波(?)を三種に分類又は分析せざるを得ざるなり。而して三波とも波及の方向を選ばざること、上記縷述の如く、水平的には皆極めて等方的に波及して、各方向の測點に於けると Δ 又は t D の座標點は、大部分は秒未滿の差を以て、走時曲線に纏着せるなり。

測候所の
測時誤差

又從來往々にして測候所の時刻に數秒の誤差を許容する向もありしが、近時は一秒以上の誤差

観測地による射出強度の差

等は無かるべき筈なり。熊谷測候所の地震計用記事時計などは日差の不同少しも無く常に一日の進み一秒くらゐを續け居る程也。故に、發震時と距離の關係曲線が數條に分るゝことは、決して時刻觀測の誤差にはあらざるなり。(過失による誤差は此限にあらず。)

地震計の感度も問顧となるべけれど、鈍き地震計に感じ始むる點は、鋭き計器には更に著しく感じて震相中に變節を生じ、おのづから共通の節點を驗出し得ることゝなる。

表層特質

唯こゝに特に注意すべきは、計器の敏鈍によらず、波動其物が、土地を撰びて強く又は弱く射出することなり。著しき例は、Pの V_3 及 v_3 は、水戸に於ては主要動の初と取り得る程著しく現れたるに、同方向の柿岡にありては單に振動方向の急變を示す程度に止まり、振幅及週期には大差を生ぜざりし事の如く、又 V_2 波は東北地方にては驗出し易く、近畿地方にては難きが如し。之は何に因するか明かならざれど、或は表面附近の地層の特質に因るにあらざるかも考へらる。而して其層の厚味は、なるべく震波が一秒未滿にて通過し得る程度とせざれば、他に種々の撞着を生ずる虞あり。若し此表面の特質層が厚ければ、そこに波の速度の變化等起りて、走時曲線や等發震時線の單純性を攪亂すべし。

高山外五ヶ所の發震時遅れ

茲に於て想起するは、彼の高山、宇都宮、前橋、追分、松本が、地圖上一直線上に位し、其が、準ずべき走時曲線に對し、一定の隔りを有したりしことなり。之に對する説明として、此

一直線地帯上の特質表層が、甚だ厚きものと考ふれば如何。此層に向つて下底より震波が射入するとき、其層内が波及速度を減小せしむべき性質のものならば、其地帯上の観測地は波の遅達を見、其程度は、層の厚みと性質、射入波の速度により異なる。されど此特質地帯が細長さ一直線をなして存するが故に、層の性質は全帯同一と見て可なり。

宇都宮と
高山

既記に於て、宇都宮と高山は、 V_1 の到達に、一、六秒と三、〇秒の遅れを見たり。 V_1 は射出に際し v_1 となる。之が特質表層に射入して v_0 となる。 v_0 の値は全然不明なれど、試みに四料として、特質表層の厚味 d_0 を當り見ん。

v_1 の屈折角 \parallel 特質層入射角 $\parallel i$ 、特質層中への屈折角 $\parallel r$ 、入射角屈折角の正弦比 $\parallel 一、五 \parallel n$

$$\sin i = 0.48, \sin r = \sin i/n = 0.32, \cos i = 0.88, \cos r = 0.95$$

$$t - T_0 = d_0 \cos r/v_0 + (2d - h - d_0) \cos i/v_1 + \Delta/V_1$$

宇都宮に就ては

$$43.8 - 27.5 = d_0 \times 0.95/4 + (96.8 - 48 - d_0)0.88/6 + 93/12$$

$$d_0 = 16 \text{ 料}$$

高山に就ては

$$t = d_0 \times 0.24 + 7.17 - 0.15d_0 + 186/12 + 27.5$$

なるに付、之に宇都宮より出したる d_0 を入れれば、 t は五一、六秒となりて、實際の五二、七秒

前橋追分
松本

と僅か一秒一の差となる。

又既記に於て、前橋、追分、松本は v_2 の到達に何れも三、六秒の遅れを見たり。 v_2 が特質表層に射入して v_0 が幾何となるか不明なるも試みに三籽として、宇都宮の d_0 を用ひて右三地の t を概算せんに、入射角と屈折角との正弦比は $\frac{5.73}{3} = 1.91$ にして、前橋、追分、松本の下に在る特質層の底面に入射する角を夫々、 59.5° , 67.5° , 75.6° とすれば、屈折角は、 27.0° , 29.1° , 30.6° となり、原點より入射點までの距離 59.8, 78.8, 117.0 籽となり、屈折點より測點までの距離 17.8, 18.2, 16.3 となり、此合計距離を波及するに要する秒数は、16.5, 19.9, 26.6 にして、之に原點發時二七、五秒を加ふれば、到達時刻となり、次の如く出づ。

前 橋	$t_0 = 44.0$	$t = 44.2$	差 = 0.2
追 分	47.4	47.7	0.3
松 本	54.1	54.	0.1

即ち三地の發震時を良く説明す。茲に用ひたる v_0 の四籽も三籽も、あまり無理なる數にあらざるべきに付、 d_0 に I II 兩波を通して偶然乍らも都合よく、一直線上に配列する五地の發震時を説明し得たることにより、特質表層の厚味の桁を十六籽と見ることを得んか。而して此層の底面の幅には制限を附する必要あり即ち、五地の内震央に最も近き前橋に於て、屈折點より測點

までの距離一七、八籽、屈折角二七度なるに付、前橋より央點の方へ九籽ばかりも底面が擴がり居るを要す。

$$\sin 27^\circ \times 17.8 = 8.1 \text{ 籽}$$

又央點と追分とを連ぬる線の延長上に長野あるを以て、長野に達する v_2 の波線が、該底面に觸れざるを要するためには、長野の Δ を h にて除したるものに d_0 を乗じたる距離四三籽だけ長野より手前に底面の端あるを要す。即ち該底面は之を北限として約二十籽の幅を有するものとなる。此幅を以て、高山、松本、追分、前橋、宇都宮を貫く一直線に沿ひ、地表下十數籽の厚味を以て震波に特別低速度を附與する層が、存すと見做せば、該五ヶ所の揃ひたる發震時遅れを取敢へず説明し得るなり。

特別低速
地帯

横波に就
て

以上の各事實はすべて、縦波と思はしきものの走時に就て論じたるものなるが、更に第一表掲出の、Sに關する測績を代用すれば、横波と思はしきものの走時に就ても、盡く同様の結果を擧げ得て、Sに關する v_1 V_1 、 v_2 V_2 の曲線を十分適當に描き得べく、而して其各の原點發時は、前同様二七、五秒となり、 v_1 V_1 をIV波、 v_2 V_2 をV波となし、IV波によるもV波によるも、約四十八籽の深さに第二層面を見出し得るなり。而も亦、前橋外五ヶ所の發震時遅れも、Pの場合と同様に導くを得るなり。

震原點の
意義

即ち最初に暫定したる震原點は、多數の測點の測績を悉く統律し、速度、性質、經路を異にする十種の波を統一收斂する點なり。尙又種々の假定を、實らしき歸結に導く力を有する點なり。依て茲に此點に對し震原なる名稱を附與せんとす。

十種の走
時曲線

茲に於て思はるゝことは、同一點より同一時刻に發して、同一經路を波及する波動なるに拘らず、P波に於ては三種、S波に於ては二種の區別あることの問題なり。即ち之を第二層を潜るものと、第一層直達のものに分てば、合計十種の走時曲線を描き得るなり。觀測所によりて、此十種の内何れかが顯明に現れて、PとかSなど、驗測され居るなり。地表層の性質等によりては、其内の何れが顯明に計器へ現れるか計りがたし。故にたとへば、柿岡に於ては、Pの V_1 とSの V_1 とが極めて顯著に現れて、他は殆んど紛れて一見無きが如きため、此兩相の時差を初期微動時間として驗測せり。然るに長野にありては、Pの v_2 とSの v_2 とを取り、名古屋にありては、Pの v_2 とSの V_1 とを取りて、其時差をP S時差と取りたり。實際其記象を見て、在來の驗測法に従へば、其様に取らざるを得ざるなり。

土地によ
る現相の
相違
著現相の
地理的分
布

故にPなりSなりは、觀測地によりて各々其物を異にするなり。唯或一地に就ては、常にVが著現し、他の地にてはVが著現する等地によりて一定し居るかも知れず。而して其現相の地理的分布が、或規律に従ふことある場合、其等發震時線や等初期微動線が、圓形以外の形となる

驗震上の
注意

べきなり。其實震波の波及は極めて等方的にして、唯其震波を構成する分波の一が途中減衰又は強調の度に變化あるのみにて、測點を適當に選び、現相を良く吟味すれば、等發震時線も、等PS線も、完全なる同心圓となるなり。本篇當初、震央を求むるに用ひたるPS時差は、之を考へて皆 v_2 を用ひたり。 v_2 に限らず、指數相等しさものゝ組合せを用ふれば、皆同じ結果となるべし。果して然らば、各地夫々其表層特質等により其地特有の震相あるべきに、之を一律にSとかPの名稱を附して驗測することは、意味索漠たるものとなるべし。のみならず、その測續に基くときは、種々重大なる誤解を起し、徒らなる幻影を追ふこともあるべし。

第二表に掲げたる、 v_2 に關するPS時差を以て、夫々該當地のDを除したる數左の如し。

觀測地	D/PS
熊 東	7.4
谷 京	(8.2)
濱 横	7.4
橋 前	7.5
分 追	7.6
岡 柿	7.2
津 沼	7.4
本 松	7.7
野 長	7.5
屋 名	7.2
古 平	
均	7.43

稍突飛なる東京を除きての平均は七、四三となる。之れ震原距離と初期微動時間との關係を示す式の係數にして、時間を τ とすれば、

$$D = 7.43 \tau$$

大森公式
の意義

本式は大森公式と酷似す。思ふに大森公式はII波に關するものにして、之は震央距離の式にあらずして、震原距離を算出するものゝ一式たりしなり。されど本式はII波を取りたる場合の外適用すべからざるなり。