

フキジ島南方の深発地震

(1932年5月26日16時) (科學第2卷, 第10號, 403頁に序報あり)

和 達 清 夫
益 田 ク ニ モ

1. 序言 深発地震に對する從來の研究は、我が國に於けるものも外國に於けるものも殆んど總ての場合日本列島附近の深處に發現した地震を取り扱つて居る。然るに深発地震のよく發生する地域は必ずしも前記の地域ばかりではない。試みに世界に於ける大地震分布圖を見ても深発地震は太平洋の西部地域に多く特に日本附近及び濠洲北東沖に於いて最も頻發して居る。此處で留意されることは、深発地震の頻發地域と深海溝の存在とが密接な關係あるらしき事である。即ち日本東方のタスカロ海溝、濠洲東北沖のトンガ及びケルマデク海溝等の存在である。この兩地域の地勢相似が例の異常震域の現象とも關係あり、地震活動の研究上意味深かるべきことは既に「科學」に於いて述べた所である。

現在の調査は濠洲東北沖に最近發生した深発地震に就いて爲されたものであつて、其の規模大なることと震源の深さのかなり深いこと及び發震機構の特異なる點に於いて調査されるべき價值あるものと思推される。遺憾ながら、調査の基礎たるべき觀測材料が不足であつた爲に充分な事は出来なかつた。

2. 本深発地震の震源の位置 この地震が、假令へ震源に於ける發震機構が如何に複雑であつたとしても、淺い地震であるとは絶対に考へられないと云ふ事は、其の地震記象を一見して明瞭である。後に述べるであらう所の種々の結果を綜合して、この地震に於いて震源は一地點をのみ考へれば充分であることが分り、その震源の位置としては次の如き値が最も妥當であると求められた。即ち

震央： $\lambda = 178.6^\circ \text{E}$, $\varphi = 25.4^\circ \text{S}$

震源の深さ： $H = 500 \text{ km}$

である。之を求める際には先づ震央位置を大凡定め、震源の深さを pP の如き反射波より求め、然る後震源位置をある地點に定め、之を基として走時曲線を作製し其の震源位置が適當なるか否かを觀測値と走時表によつて吟味したのである。

3. 觀測材料 此の地震に對する觀測値は、中央氣象臺に送られた内國及び外國の報告に依つて第一表に示めす様に整理された。

同表に於いては震央距離は既述の震央位置を基として測りたるもの、又 $O-C$ とあるは P 波 (或は P_1' 波) 及び S 波のそれぞれに就いて報告にある觀測値と計算値と

第一表 (A) 本地震の各地の観測

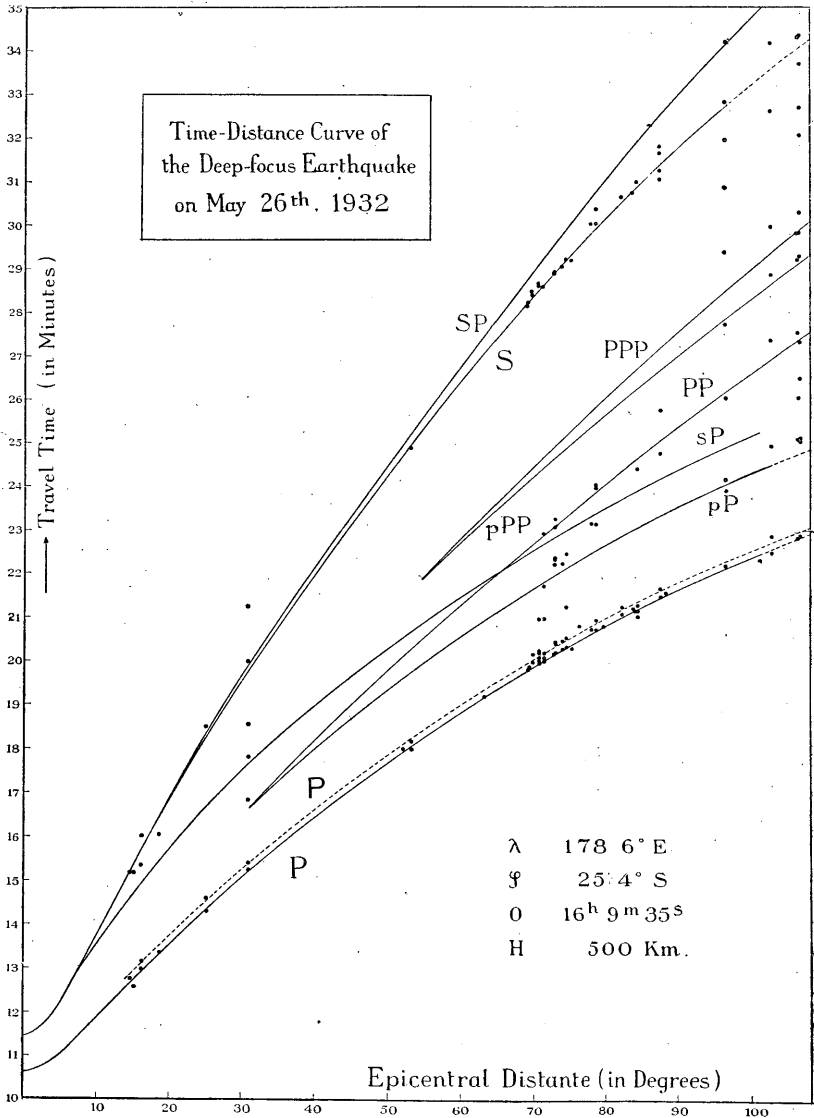
No.	Station	Δ	P	O-C	S	O-C	P-P	Note
1	Arapuni	12° 56'	—	—	—	—		
2	Hastings	14 04	—	—	—	—		
3	New-Plymouth	14 37	12 ^m 45 ^s + 4 ^s	—	15 ^m 10 ^s	-1 ^s		
4	Apia	15 09	34	-12	10	-11		
5	Wellington	16 07	58	+ 2	20	-19		
6	Takaka	16 15	13 09	+12	16 00	+18		
7	Glenmuick	18 04	—	—	—	—		
8	Christchurch	18 38	22	+ 1	02	-23		
9	Sydney	25 10	14 18	- 3	18 30	+13	18 ^s	
10	Melbourne	31 00	15 16	+ 4	34	-11	9	
11	Honolulu	52 03	18 00	+ 5	24 52	+ 9		
12	Amboina	53 12	17 59	- 4	54	- 4	11	
13	父 島	63 08	19 11	+ 1	27 11	+ 6		
14	Manila.	69 05	19 48	0	28 09	- 5		FS 16.48 (sP+6)
15	八 丈 島	69 09	19 51	+ 2	28 14	- 1		<i>i</i> 16.51(PP+12), <i>i</i> 17.50(sP+10), <i>m</i> 20.00(SP+8, S+14)
16	Batavia	70 34	19 57	0	39	+ 8	11 15	
17	三 島	71 12	20 01	0	43	+ 6	12	<i>i</i> 22.57(PP+4)
18	東 京	71 15	04	+ 2	36	- 2	12	<i>i</i> 21.43(pP-6)
19	長 野	72 48	11	0	55	0	11	<i>i</i> 22.12(pP+12), 23.04(PP-2)
20	宮 崎	72 52	11	0	56	+ 1	12	<i>i</i> 22.19(pP+4), 33.16(PP+9)
21	盛 岡	73 52	16	- 1	29 03	- 3	11	<i>i</i> 22.27(pP+17)
22	長 崎	74 23	19	- 1	13	+ 1	12	
23	Malabar	69° 46'	19 58	+ 5	28 29	+ 7	11	
24	Hong Kong	77 57	20 43	+ 4	30 02	+14	11	PR ₁ 23.09(sP-14)
25	Zi-Ka-Wei	78 39	42	- 1	02	+ 7	14	<i>i</i> Z 23.58(PP+4), <i>i</i> E 24.02(PP+8)
26	仁 川	79 36	47	0	09	+ 4		
27	Medan	82 14	21 04	+ 2	39	+ 7	10	
28	Phulien	83 44	12	+ 2	45	- 1		
29	Barkeley	83 57	08	- 2	51	+ 2		
30	Pasadena	84 22	08	- 4	31 00	- 7	15	
31	鶯 峯 (北京)	87 32	28	+ 1	39 48	+15 +24	11	
32	Tuscon	88 17	33	+ 1	11	-20		
33	Denver	96 22	22 12	+ 4	32 50	+ 5		<i>e</i> N 23.55(pP-9), <i>ep</i> P 24.11(pP+7), <i>i</i> PR ₁ (PP-7), <i>i</i> EN 34.13(SP+4)
34	La Paz	102 44	29				23?	<i>i</i> PR ₁ E 27.22(PP+24)

第一表 (B) 本地震の各地の観測

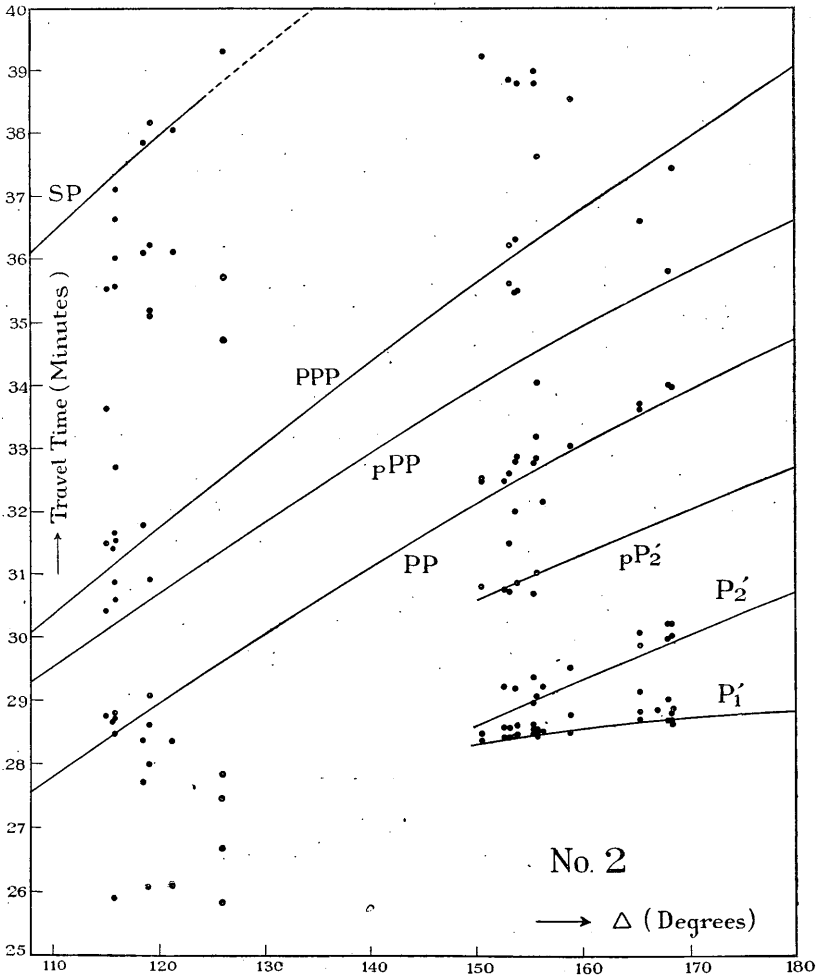
No.	Station	Δ	$P(P_1')$	O-C	P-P	Note
35	St. Louis	106° 19'	22 ^m 50 ^s		16 ^s	iPR_1E 27.33(P+10), pPR_1 29.13(pPP+8), SPR ₁ 29.49(P ₂ -1)
36	Florissant	106 30	52			iSP 26.03(pP+14), iPP (pP+18), PR_1 (PP-8) pPR_1 29.18(pPP+10), SPR ₁ 29.50(P ₂ -2), iSP (SP+9)
37	Tananarive	114 58	—			P 28.43(P+19), PP 30.23(pPP+17)
38	Toronto	115 36	23 47			iPR_1 28.38(P+10)
39	Belgique	115 47	—			P 28.26(P-3), i 37.03(SP-15)
40	Washington	115 51	23 53			
41	Ottawa	118 29	24 03			eE 37.48(SP+5)
42	Fordham	119 06	04			SP 38.07(SP+18)
43	Harvard	121 22	27 04			eS 38.00(SP-8)
44	Buffalo	125 59	—			
45	Hamburg	150 35	28 21	+1 ^s	6	iZ 30.47(pP ₂ ' +9), iZ 32.28(P+18), $mPZNE$ 29.12(P ₂ ' +25), iZ 30.44(pP ₂ ' -3), iZE 32.27(P+5)
46	Göttingen	152 44	24	+1	9	i 28.33(P ₁ ' +9), iNE 30.42(pP ₂ ' -7), $iEPPP$ (P ₂ +11)
47	Wien	153 14	24	0		i 29.10(P ₂ ' +19), iPR_1 32.45(P+17), ePR_2 36.15(P ₂ +12)
48	Beograd	153 49	25	0		iN_2 30.50(pP ₂ ' -2), iN 32.50(P ₂ +22)
49	Kew	153 55	26	+1	9	iZ, eNE 28.31(P ₁ ' +4), $iZeNE$ 28.36(P ₁ ' +9)
50	Stuttgart	155 31	27	0		i 28.56(P ₂ ' -3) i 29.21(P ₂ ' +22), epP' : 0.40 (pP ₂ ' -19), ePP 32.44(P+6)
51	Strasbourg	155 44	27	0		m_1 28.30(P ₁ ' -3), iP 29.03(P ₂ ' +3), i 31.00 (P ₂ ' 0), $iScPcP$ 32.48(P+8),
52	Paris	156 23	30	+2		i 29.12(P ₂ ' +9)
53	Firenze	158 56	28	-4		i 28.45(P ₁ ' +14) i 29.30(P ₂ ' +16) PR_1 33.00 (PP+3)
54	Toledo	165 22	41	0	7,26	i 29.51(P ₂ ' +10) PR_1 30.03(P ₂ ' +22), PR_2 33.35 (PP+6), i 33.40(PP+11)
55	Alicante	167 02	50	+8		
56	Granada	168 03	40	-3	20	iP' 29.57(P ₂ ' +4), m 30.11(P ₂ ' +18), i 33.58 (PP+15), PP 35.46(pPP+9)
57	Malaga	163 23	28 40	-3	6	P' 30.00(P ₂ ' +5), m 30.11(P ₂ ' +16), $ScPcP$ 33.56(PP+11)
58	Almeria	168 31	37	-6	14	

の差を示すものである。次に $P-P$ とあるは、後述の如く此の地震は初動 P の十秒位後に著しいある相が多く場所で観測されたのであるが其の相を P 相と假に名付け、 P 相と P 相との到着時間差を示すものである。従つて S 相なりと報告されたものも或は時に S 相と見做されるが至當であるかも知れない。 S 相に対する $O-C$ の欄にて、+10秒程度の數値を屢見出すことは、この邊の事情に依ることも多いであら

第一圖 観測値と理論的走時曲線



第二圖 觀測値と理論的走時曲線 最遠地の部



う。次に Note なる欄に於いては報告に表はれた諸相の到着時刻と、その時刻附近に於いてこの地震の際走時表に依つて期待される相の名前と、此の兩者の間に得られる O-C の値とを示めて居る。例へば No. 14 Manila の項に於いて

$PS\ 16.48\ (sP+6)$,

なる記事は、Manila の報告に於いて $PS\ 16^m48^s$ とあるものは、走時表に依つて檢すれば $sP\ 16^m54^s$ とあるものに相當するらしく、此の兩者間の差が $+6^s$ であることを示めて居る。之等の中 P'_2 及び pP'_2 波の震源の深さを考慮に入れた走時表は未だ求められて居なかつたものであるが、筆者は Lehmann 氏の論文に表はれた P'_2 波の走時式に適當の補正を施して新たに走時表を作り之を用ひて居る。勿論報告中には表

に掲げられて居るもの以外の相に就いても若干記載されて居るものであるが、此處には走時表と比較對照したものだけを掲げるに止める。之等に關しては第一圖及び第二圖を參照され度い。

第一表に於ける結果を見て、この地震に對する震央位置及び震源の深さの推定が先づ適當であつたことが察せられる。尙觀測値が多少計算値と一致しない點もあるがこの地震の發震機構を考へればこの程度の不一致は止むを得ぬ所であらう。

第一表の結果を圖示したものが、第一圖及び第二圖である。同圖中に畫かれた曲線は走時表に依つて期待される走時曲線であつて、觀測値によつて引かれたものではない。之等を見て曲線と觀測値との關係を大體知る事が出来る。特に對極に近い所に於ける P_1 及び P_2 波に就いて相當に兩者が一致して居る點は、一方に於いて走時表がかなり信用し得るものである事を示めて居る。

4. 初動附近の重複波群

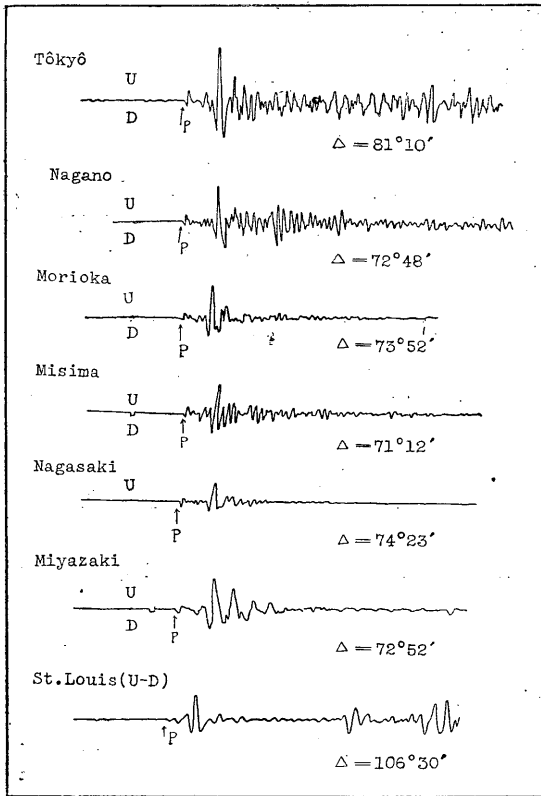
この地震の我が國に於ける地震記象中にて、顯著なる特徴と云ふべきは微弱なる初動直後に於いて優勢な波群の生じて居ることである。この事實は特に上下動記象に於いて顯著である。かゝる現象が世界中に於いて觀測されたか否かは直ちに斷言出来ない所であるが、筆者の見るを得た St. Louis University に於ける記象に於いても明瞭に同様なことが看取される。尙又世界各地の報告の大多數に於いて初動後十秒程度後れて i なる相 (特に iZ が多い) を報告して居る點よりして、この現象の原因は地震發現機構に依るものと考へることが出来る。第3圖に示めす所は、我が國各所に於いて觀測したこの地震の記象の一部である。尙同圖中に比較の爲 St. Louis に於けるそれも掲げられて居る。

第3圖を見て我々は直ちに、我が國各地に於いて觀測した地震波は殆んど同じ形貌を示めて居ることを知る。即ち此の事は深發性遠地地震に於ては地震波の傳播が相當の廣い地域に於いて殆んど同じ運動を與へる様になつて居る事を示めす。之と同時に地震計の觀測も可成忠實に地面の運動を記録して居る事實を證する。此處に掲げられた内地の地震記象は悉く制振器 ($v=3\sim 5$ 程度) を有するウキーヘルト型上下動地震計である。若し之等地震計の自己週期、制振度、摩擦等が同一のものであつたならば、之等の各地の記象を比較することに依つて、地震動に對するそれぞれの土地の特性を見出だし得るに相違ない。之は興味ある調査であるから、將來は地震計は各地に於いて出来るだけ同一恆數を持たせる様にし度いものである。現在に於いては其の點まで立ち入る事が出来ないのは遺憾である。

初動附近に於ける波群の有様は相當複雑である。併し大體に於いて最初の P 相及び後に現はれた勢力大なる P 相 (と假に名付く) の二者が存在すると見てよい。重要なことは初動附近に於いて相似的波群がいくつも發現されることである。特に P と P 波の相似は著るしい。

この様な相似波群 (或は重複波群) の現出に就いては從來も二三の研究があつた。

第3圖 初動附近の重複波群



但し之等は浅い地震に就いての場合が多い。(6) 有名なる H. P. Berlage 氏の反射波としての説明も、この深発地震に對しては pP 波となるものであるが、pP-P なる時間差は深発地震に於いては一分以上となることに鑑みこの場合に當て嵌める事は到底出来ない。又 Mohorovičić 氏等の $P_1, P_2 \dots$ に對するものも今の場合は考へ難い。P と P 波とが相似型を示めすことが如何にも同一震源の同一衝撃から直接波二つの異種の波(例へば直接波と反射波)である様であるが、又他方略々同一ヶ所の震源に於ける別個の時間的に差異ある衝撃から生じたものと考へてもよい。同一地域に於ける地震が同じ發震機巧に依つて生ずること多く、特に餘震の場合に於いて類似の地震現象を與へることは我々のよく經驗すること

であるから、この考へも決して無理ではない。

兎に角現在の地震に於いては、P と P 波は別個の衝撃(或は別個の地震とも云へる)から生じた P 波であると考へて事實によく符號する。勿論、P-P の觀測が世界各地に於いて同一値を示めすならば、同一震源に於ける二つの衝撃と考へるのが適當であらうが、第一表に見る如く P と P とは必ずしも一定値ではない。而して一定値でない所以を、震源位置が P と P とは異なる所にあり(勿論數十杆の程度に過ぎないが)として考へる事は出来る。併し其の位置を精確に定め得る程 P-P の觀測値は規測だつては居ない。

結局この深発地震は、石川氏(7) 隼田氏(8)等に依つて浅い地震の場合に取り扱はれたが如き、複合地震と呼ばれるもの一種であらう。但し從來の研究では深発地震の發現機構は殆んど總ての場合簡單なる一回の衝撃(勿論現在屢々論ぜられる様な偶力性發震機構等を含む)に依るものであつた。この點が重要な所と考へられる。

5. 近地地震としての觀測

震源に於ける發震機構を論ずるには、近地觀測の地震記象を驗するに如くはない、但し現在筆者は其等を見る事が出来ない故に、單に震央に近い New Zealand 島に於ける觀測の假報告を基として考へて見る事とする。此處にその一部を引用しやう。

New Zealand, Wellington Dominion Observatory の Preliminary Earthquake Report No. 45 に於て

Arapuni (very feeble, $\Delta=11.8^\circ$), Hastings (ΔT not known, $\Delta=11.0^\circ$), Wellington (Az. = 35 degrees, near Kermadec, $\Delta=12.2^\circ$), New Plymouth ($\Delta=12.4^\circ$) Takaka ($\Delta=14.8^\circ$), Glenmuick (ΔT not known, $\Delta=14.5^\circ$), Christchurch ($\Delta=13.8^\circ$) 同所地磁氣觀測所 (P 相は PNZWA とあり, S 相は SZ , N component extremely confused, Z maxima in preliminary phase; N max. much later)

Felt in New Zealand between East cape and Hawkes Bay. Records of above earthquake are all confused, and may be due to more than one shock, Glenmuick records indicate two definite shocks. Six small after shocks were recorded within twelve hours after the main shock.

又同上報告 No. 46 に於いて

Additions and Corrections to Prelim. Reports. Suva $\text{P}=16^h 13^m 20^s$ ΔT not known, Faint record, large amplitudes.

United States Coast and Geodetic Survey gives epicenter $16^\circ\text{S } 174^\circ\text{E}$ (near New Hebrides)

Note: Local evidence in New-Zealand indicates an epicenter about Lat. 31°S , Long. 173°W near the Kermadec Isls.

又同上報告 No. 47 に於いて

after a careful re-examination of the confused records of five New Zealand stations, a copy of the Sydney record, and the data in the seismological reports of Hong-Kong, Manila, Riverview, Sydney, Melbourne and Adelaide, it appears that there were shocks within one minute in different localities, followed by a third about seven minutes later. The details are as follows: —

(1) Epicenter: — $32^\circ\text{S}, 173^\circ\text{W}$, $O=16^h 9^m 24^s$ (Felt in East Cape and Gisbourne Districts, N. Z.)

(2) " : — $26^\circ\text{S}, 173^\circ\text{E}$, $O=16^h 9^m 32^s$

(3) Distance from Wellington 17.7 degrees. $O=16^h 16^m 17^s$ (O : Time at origin)

この數回に互る報告に於いても、この地震が複雑であつて震源の位置が如何に決め難いものであつたかが想像される。たゞ遺憾なことは之等報告に於いて一度も深發地震的の考察がなされて居らず、Normal earthquake の走時表を用ゐて強いて震源を求めやうとしたと推察されることである。併し兎も角數個の地震から成つて居る事に到達し且始めの二つは發震時刻が稍異つて求められて居る。但しこの兩者の震央位置が互に 10° 以上も相離れて居ることは少し解し難い。

何となればこの兩震央位置から各觀測所に到る震央距離の差は

東京 ($\delta\Delta = +12^\circ$) Batavia ($\delta\Delta = +13^\circ$) St. Louis ($\delta\Delta = -7^\circ$)

の如き大きなものとなり P—P が第一表に見えるが如きものとは到底一致しないからである。或は第二衝撃による P が必ずしも常に P に遅れて到達するのでなく、所に依つては P の後に P が来る、然も發震機構分布から場所に依つて P の方が P より優勢である所もあつたと云ふ風の解釋も可能であるかも知れない。さうした複雑さを考へるとしても New-Zealand の報告の如く相離れた所の二地震を考へる事は甚だ困難である。例へば東京、Batavia の如き所に到達するには、P—P は一分以上とならなくてはならない。兎も角も近地觀測を深發地震であると云ふ考へから再検討する餘地があらう。

第三の地震の存在に就いては、遠地觀測からは何も分らない。あつたとしてもさう大きい勢力のものではない事は分る。

次に New Zealand 島に於ける人身感覺區域の問題である之は我が國で屢々深發地震の際に經驗される異常震域⁽¹⁰⁾と甚だ似て居る所として興味深い。

尙餘震があつたと云ふ報告である。12時間以内に6個の地震が record されたと云ふ所の、此の事實は留意すべき事である。果して之等が事實に於いて前の深發地震の餘震と考へられるものかどうか、換言すれば其等は殆んど同一震源附近から生じて居るか否か、而して之に加へて、果して之等が悉く深發地震であるか否かと云ふのは非常に興味ある事である。何となれば、從來我が國に於いて觀測された巨大な深發地震の總ての場合に餘震らしきものは一回も觀測されず、餘震のない事が深發地震の大きな特徴となつて居たからである。

6. 追 補

震央位置を決定する際に、この地震では S 波を利用する事が出来ない。又 P 波と考へられる初動の到達時刻も無條件に用ゐる事が出来ない。何となれば若し殆んど同時刻に生じた二つの地震から成るものとすれば、甲地の初動と乙地の初動とは異なる震源から生じたものとも考へ得るからである。此の調査では各地の初動は同一地震に屬するものと假定し、震源の深さを考慮して暫定的に震央位置を求め此の位置が正しいか否かを走時曲線を作製することに依つて吟味し逐次的に求めたものである。震源の深さは反射波等を考へて種々試みた結果 500 呎程度を最も妥當と考へた。特に對極附近の P₁、P₂、pP₂ 相等が震源の深さ 500 呎に相當する走時曲線と相當に適合して居ることは有力な事柄である。尙 P 相の屬する第二地震の震源位置に關しては尙考慮の餘地あるも現在の調査では第一地震と同一震源なりと假定される程度の結果を與ふべき材料しか得られなかつた事は遺憾であつた。

7. 結 語

要するに此の地震は深發地震には珍らしく機構が複雑なものであると思はれるが詳しいことは近地地震的の調査を待つ外はない。本調査は單に此の地震の調査が重要であることを指摘するものである。New-Zealand 島の北方には可成多く深發地震が發

生するに拘はらず震央附近の調査には深發地震としての考慮が殆んど拂はれて居ない様である。この地震の震源の深さは500 呎を稍と越えるもので深發地震としても最も深いものに屬する。尙 New Zealand 島と本邦との間に地勢及び地震活動状態の相似て居る所のあることは留意を要するものと思はれる。

昭和八年一月

於中央氣象臺

- (1) 和達, 益田「地球上に於ける近年の大地震分布圖, 氣象集誌, 第二輯 第十一卷 第九號。
- (2) 「科學」に於いてこの地震は $H=530$ 呎, $O=16^{\circ}9'32''$ と求められて居るが, 現調査に於いて之等の値は僅か異なるものと訂正されて居る。
- (3) P 及び S 波走時の計算値の走時表に於ける $H=500$ 呎の項より得たものである。K. Wadati and K. Masuda. "On the Travel Time of Earthquake Waves (Part V)" Geophys. Mag. Vol. VII, No. 3. 尙 P_1' 波の走時表は 和達「震央の對極附近に於ける P_1' 波の走時」氣象集誌第十二卷第三號
- (4) 内地の觀測に於ては, 筆者等が原記象撮しに依つて求めた相もある。
- (5) Lehmann 氏の P_2' 波の走時式は New Zealand の地震 (June 16th, 1929) に就いて $P_2'-T_0=20^m46^s + (\Delta-160) \times 4.2^s$ なる式で與へられて居る。筆者の P_1' 波の調査(前掲)に於いてはこの T_0 の値が Lehmann 氏のそれより 5.0^s 小さく求められた故上式の値より 5 秒多き値を P_2' 波の走時 (Normal earthquake に對する) として採用した。而して深さ 500 呎の地震に對しては P_2' 波の走時式は全體に互つて約 62^s 小となり, pP_2' 波の走時式は約 62^s 大となる。 62^s は 500 呎の深さの震源から震央迄の走時である。
- (6) 科學所載の項參照
- (7) 石川高見:「昭和三年九月三日九州天草島附近の地震の調査」驗震時報第三卷三六六頁
- (8) 隼田公地:「昭和四年五月二十二日日向灘地震調査報告」同上三三九頁。
- (9) 之等觀測所の P, S 到着時刻は第一表にあるから略す。括弧内は Note, Δ の欄を示めす。
- (10)(11) これ等の事は「科學」に於いて既に述べてある。

訂正: 第3圖中の東京の $\Delta=81^{\circ}10'$ とあるは $\Delta=71^{\circ}10'$ の誤につき訂正す