Fig. 5 は 1978 年宮城県沖地震の震源域及びそれとほぼ同時に秋田県北部沖合に出現した地震空白域 [茂木 (1984)] を示したものである。上に述べた O-O 構造線も示してあるが、この様な構造線が存在すれば、両地域が力学的に密接に関連するということは十分考えられる。これらの問題についてはいずれ詳しく論ずる予定である。

引用文献

- 小林洋二, 1983, プレート“沈み込み”の始まり, 月刊地球, **3**, 510-518.
- 長谷川昭ほか (東北大学地震予知観測センター, 地球物理学教室; 引前大学地震火山観測所), 1983, 1983 年日本海中部地震——(1) 地震活動, 地震学会講演予稿集, 1983, No. 2, p. 3.
- 北村 信, 1963, グリーンタフ地域における第三紀造構運動, 化石, 第 5 号, 123-137.
- MATSUDA, T., 1981, Active Faults and Damaging Earthquakes in Japan—Macroseismic Zoning and Precaution Fault Zones. In “Earthquake Prediction, Maurice Ewing Series IV” (D. W. Simpson and P. G. Richards, eds.), pp. 279-289, Am. Geophys. Union, Washington, D. C.
- MOGI, A., 1972, Bathymetry of the Kuroshio Region, “Kuroshio—Its Physical Aspects—”, pp. 53-80, University of Tokyo Press.
- 茂木清夫, 1983, 日本海中部地震と地震空白域, 群発地震, 地殻変動, 自然災害科学「群発地震研究会」1983 年 7 月資料.
- 茂木清夫, 1984, 日本海中部地震の長期的前兆現象, 地震予知連絡会会報, **31**, 43-48.
- 中村一明, 1983, 日本海東縁新生海溝の可能性, 地震研究所彙報, **58**, 711-722.
- 東北大学, 1985, 東北地方およびその周辺の微小地震活動 (1984 年 5 月~1984 年 10 月), 地震予知連絡会会報, **33**, 8-21.
- 宇津徳治, 1982, 日本付近の $M6.0$ 以上の地震および被害地震の表: 1885 年—1980 年, 地震研究所彙報, **57**, 401-463.

地震 第 2 輯
第 38 巻 (1985) 265-269 頁

九州下の二重深発地震面

気象研究所地震火山研究部

石川 有三

(昭和 60 年 6 月 11 日受理)

Double Seismic Zone beneath Kyushu,
Japan

Yuzo ISHIKAWA

Seismology and Volcanology Division,
Meteorological Research Institute

(Received June 11, 1985)

§1. はじめに

二重深発地震面はまず関東地方で発見され [津村 (1973)], 次に, はつきりしたものが東北地方で見つけられた [海野・長谷川. (1975)]. また, その後北海道下にもその存在が報告され [鈴木・本谷 (1981)], さらに最近, 川勝 (1985) はトンガ弧にも存在すると述べている.

この二重深発地震面を形成する地震の発震機構は, 既に北海道から東北地方にかけて詳しく調べられている [海野・長谷川 (1982), 海野・他. (1984)]. そしてその結論は, 上面の地震はダウンディップ・コンプレッション型 (DC 型) が卓越し, 下面はダウンディップ・エクステンション型 (DE 型) が卓越しているとされた. トンガ弧における川勝 (1985) の報告もこれと調和的である.

この様な二重深発地震面を形成する原因としては, 沈み込んだプレートのアンベンディング [ENGDAHL and SCHOLZ (1977)] やプレート内の熱応力 [浜口・後藤 (1978)] が提案されている. FUJITA and KANAMORI (1981) は, 沈み込んだプレートの年代と沈み込み速度の関係や二次対流等の付加的要素の効果も議論している

§2. 九州下の和達・ペニオフ帯とその二重構造

SHIONO *et al.* (1980) は, ISC の震源カタログを

Fig. 1. Epicentral distribution of earthquakes from 1976 to 1985 April. Open circles show the earthquakes of which depths are shallower than 50 km. Squares, rhombuses, and triangles show the earthquakes of which depths are from 51 km to 100 km, from 101 km to 150 km, and deeper than 150 km, respectively.

用いて、九州から琉球にわたる深発地震面を調べ、トカラ海峡より北側では約 100 km の深さで深発地震面が急傾斜 (70°) していること、また発震機構が DE 型であると指摘した。この深発地震面の急傾斜現象は、深さが 70-80 km と少し異なるが、西・井口 (1983) により南九州下で、西出 (1984) により東九州で確認されている。しかし、深発地震面の二重構造は三者共見だしていない。

今回用いたデータは、次の通り。まず、新しい震源決定法 [浜田・他 (1984)] が適用され、深さが 1 km 毎に求められるようになった 1983 年からは気象庁地震月報及び地震速報による震源データを使った。次に、1976 年から 1982 年までは気象庁読み取りデータから震源を新しい震源決定法で再計算して求めた結果を用いた。再計算の対象とした地震

は図 1 の範囲内で震源の深さが 40 km 以深のものに限った。またその中でも深さの精度の良いものに限るため、図 1 に示したものは観測点数が 8 以上の地震である。今年の 4 月までの 9 年 4 ヶ月間の震央分布図を図に示してある。以下の震央分布図と断面図の表示には、石川・他 (1984) のパソコンを利用するシステムを用いた。

図 2 は、図 1 の枠内の地震を直線 AB に射影した断面図である。直線 AB は、この付近の等深発地震面のコンターに直交する方向にとった。この図から和達・ベニオフ帯が深さ約 75 km の所から二層に別れている様に見える。この付近での震源決定の精度を知るため、図 1, 2 に 1~5 と番号を付けた地震について、得られた震源要素を誤差と共に表 1 に示した。これから、これらの地震は、深さについて

Fig. 2. Vertical cross section of hypocentral distribution along the AB line in the rectangle shown in Fig. 1. The horizontal scale is the same as the vertical one.

も十分精度良く決まっていると考えられる。特に 2 番と 3 番の地震は震央が近いにもかかわらず深さが 30 km 以上異なり、二重深発地震面の存在を支持する。図 2 から求められる二つの地震面間の距離は、約 20 km で他の地域の場合 [海野・長谷川 (1982), FUJITA and KANAMORI (1981)] より狭い。また、このワク内では数は少ないが、下面に発生する地震の方が上面の地震よりマグニチュードが大きいようで、北海道下の二重深発地震面に似ている可能性がある。

図 1 のワクの地域に隣接する地域では、地震活動が少し深い所に偏在する傾向が見られ、現在のところ

る深発地震面が二重構造をしているかどうかはつきりしない。

§3. 発震機構

二重深発地震面のそれぞれの面に発生する地震の発震機構に就ては、先に述べた通り既に詳しく調べられている [海野・長谷川 (1982)]; 海野・他 (1984)]. この地域の場合、下面の地震が比較的規模が大きいため、1, 3, 4, 5 番の地震について初動の重ね合わせにより発震機構を調べた。結果は図 3 に示したように一つの面は傾斜方向 $N 89^{\circ}E$, 傾斜角 75° であつた。同様にもう一つの面は、 $N 331^{\circ}E$, 31° 。P 軸は、 $N 109^{\circ}E$, 25° 。T 軸は、 $N 236^{\circ}E$, 53° であつた。T 軸は少し南へ寄っているがおおむね DE 型と見て良いようで、下面に発生する地震のメカニズムに調和的である。

§4. 議 論

FUJITA and KANAMORI (1981) は、二重深発地震面が存在する条件を知るため、プレート年代と沈み込み速度の関係と、和達・ベニオフ帯の傾斜角を調べた。彼らは二重深発地震面が存在するプレートの特徴として第一に、古いプレートで沈み込み速度の速いこと、第二に和達・ベニオフ帯の傾斜角が 30° から 45° の間であると指摘した。

この特徴をもとに彼らは、和達・ベニオフ帯の傾斜角からは琉球弧に二重深発地震面が期待され、年代の若さと沈み込み速度が遅い点からは「stress-segmented seismic zone」が期待されると述べている。この「stress-segmented seismic zone」とは、若くて沈み込む速度の遅いプレートでは厚さが薄く、下方からの引つ張りも弱い隣接する所でも応力状態が異なり易く、そのためにできる見かけ

Table 1. Source parameters of Nos. 1 to 5 earthquakes shown in Fig. 1. 'N' shows the number of the stations which were used for determining the hypocenters.

No.	y	Origin time m d h min	Latitude d min	Longitude d min	Depth km	M	N
1	1978	06 12 14:38	32 1.8 ± 1.5	131 8.1 ± 1.2	100 ± 3	4.0	22
2	1983	01 13 14:44	31 57.6 ± 0.6	131 13.3 ± 0.9	61 ± 2	4.3	20
3	1983	06 02 08:15	31 50.8 ± 1.0	131 7.9 ± 1.3	95 ± 3	0.0	12
4	1983	10 14 23:03	31 12.8 ± 0.8	131 11.0 ± 1.0	110 ± 3	4.8	51
5	1984	08 11 22:48	31 40.1 ± 0.7	131 16.5 ± 1.1	74 ± 2	3.9	19

Fig. 3. Composite fault plane solution for Nos. 1, 3, 4, 5 events in an equal area projection of the lower hemisphere. Solid and open circles show compression and dilatation P-wave initial motions, respectively. The compression and tension axis are indicated by a plus and by a cross, respectively.

の二重構造を意味している。彼らはこの例としてアリューシャン列島下の二重構造 [ENGDAHL and SCHOLZ (1977)] をあげている。

琉球弧では稍深発地震の発震機構が、トカラ海峡を境として異なり、南側が DC 型で、北側が DE 型であると SHIONO *et al.* (1980) が指摘しており、トカラ海峡をはさむ地域を見た場合、FUJITA and KANAMORI (1981) の言う「stress-segmented seismic zone」に該当する可能性がある。しかし、今回、二重構造が発見された地域はトカラ海峡の北側で DE 型の地震だけが発生している地域の中であり、この可能性はない。

また、和達ベニオフ帯の傾斜角について、彼らが採用している値は、深さ 100 km から 150 km のものである。琉球弧の場合はトカラ海峡以南の部分の値を採用したと考えられる。なぜなら、トカラ海峡以南の地域の和達・ベニオフ帯はそれより北側に比べ低角である [SHIONO *et al.* (1980)]。しかし、南九州下の和達・ベニオフ帯は、深さ 70~80 km

で急傾斜し、それより深い所で 70° になる [西・井口 (1983)]。この値は、彼らが二重深発地震面が存在する範囲として指摘した傾斜角の範囲 ($35^\circ \sim 45^\circ$) からはずれている。従つて、彼らの指摘に従えば、トカラ海峡以南の琉球弧には二重深発地震面が存在するかもしれないが、九州下には二重深発地震面は存在しないと結論される。

以上、FUJITA and KANAMORI (1981) に基づいても二重深発地震面の存在が予想されなかつた九州下にその存在が見つかったことは、その成因を考える上で重要である。特に、長さが短く、途中で高角に折れ曲つている九州下のフィリピン海プレートで二重深発地震面が存在することは、アセノスフェアの東への相対的流れでプレートが低角へ曲がる様な力を受けることにより二重深発地震面が形成されるとする考え [FUJITA and KANAMORI (1981)] には強い反証となろう。

最後に、開発中のメカニズム解決定プログラムを使わせていただいた気象研究所の三上直也氏と震源決定の精度について議論していただいた浜田信生氏に、また気象庁震地予知情報課データ処理係の方々に感謝します。

参考文献

- ENGDAHL, E. R., and C. H. SCHOLZ, 1977, A Double Benioff Zone beneath the Central Aleutians: An Unbending of the Lithosphere, *Geophys. Res. Lett.*, **4**, 473-476.
- FUJITA, K., and H. KANAMORI, 1981, Double Seismic Zones and Stresses of Intermediate Depth Earthquakes, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, **66**, 131-156.
- 浜田信生・吉田明夫・橋本春次, 1984, 気象庁震源計算プログラムの改良, *験震時報*, **48**, 35-55.
- 浜口博之・後藤和彦, 1978, 諏訪湖の氷に見られる破壊現象 (4) ——氷震活動と稍深発地震活動——, *地震学会講演予稿集*, No. 1, 35.
- 石川有三・三上直也・松本英照・勝又護, 1984, 地震活動関連データ・ベースとその活用, *地震学会講演予稿集*, No. 2, 190.
- 川勝 均, 1985, トンガ弧における二重地震面そしてその起源, *地震学会講演予稿集*, No. 1, 155.
- 西 潔・井口正人, 1983, 南九州の地震活動の予察, *京都大学防災研究所年報*, **26-B1**, 23-29.
- 西出則武, 1984, 伊予灘周辺の地震活動と 1983 年

- 8月26日国東半島の深発地震 ($M 6.8$) について, 地震学会講演予稿集, No. 1, 68.
- SHIONO, K., T. MIKUMO, and Y. ISHIKAWA, 1980, Tectonics on the Kyushu-Ryukyu Arc as Evidenced from Seismicity and Focal Mechanism of Shallow to Intermediate-depth Earthquakes, *J. Phys. Earth*, **28**, 17-43.
- 鈴木貞臣・本谷義信, 1981, 北海道の微小地震活動——テレメータ観測による——地震 (II), **34**, 251-267.
- 津村建四郎, 1973, 関東地方の微小地震活動, 関東大地震 50 周年論文集, 67-87.
- 海野徳仁・長谷川昭, 1975, 東北日本弧に見られる深発地震面の二層構造について, 地震 (II), **28**, 128-139.
- 海野徳仁・長谷川昭, 1982, 東北日本弧における二重深発地震面と発震機構, 地震 (II), **35**, 237-257.
- 海野徳仁・長谷川昭・高木章雄・鈴木貞臣・本谷義信・亀谷 悟・田中和夫・澤田義博, 1984, 北海道および東北地方における稍深発地震の発震機構——広域の験震データの併合処理——, 地震 (II), **37**, 523-538.