震源分布から見た四国における中央構造線

高知大学* 岡野 健之助

高知大学理学部附属高知地震観測所** 木村 昌三

(昭和63年12月1日受付; 平成1年1月9日受理)

Characteristics of the Median Tectonic Line in Shikoku Inferred from the Focal Distribution of Microearthquakes

Kennosuke OKANO

Kochi University, Akebonocho 2-5-1, Kochi-shi, 780

Shozo KIMURA

Kochi Earthquake Observatory, Faculty of Science, Kochi University,
Asakura-honmachi 2-17-47, Kochi-shi, 780

(Received December 1, 1988; Accepted January 9, 1989)

In Shikoku, earthquakes in the crust show a vertically steplike distribution across the Median Tectonic Line (MTL). Namely, the upper and lower boundaries of the distribution in the southern side of MTL are shallower than those in the northern side of the line. Since crustal microearthquakes mainly occur in the granitic layer ($V_p=6.0$ km/s), the steplike distribution suggests a vertical dislocation in the granitic layer which was caused by uplifting of the southern part (Sanbagawa Metamorphic Belt) against MTL. On the other hand, most earthquakes in the mantle occur in the southern side of MTL in the central and eastern parts of Shikoku and occur in both the sides of MTL in the western part of Shikoku.

§1. ま え が き

西南日本を外帯と内帯とに分ける中央構造線は世界でも最大級の規模をもつ大構造線で、特に紀伊半島・四国においては地質構造や地形の境界として明瞭である。これまでその生成の時期やメカニズムについて数多くの地質学的研究が行われてきたにもかかわらず今もって定説というべきものはみられない。

これはこの構造線の運動の形が、時代によりまた場所によって異なるという複雑さが一因と思われる。四国についていえば、中央部においては際立った北落ちの断層崖が見られるが、東部と西部では北側にそれぞれ阿讃山地と高縄半島が上昇地形を示している。また横ずれ運動は第四紀に入るまでは左ずれが卓越していたが、第四紀後半に入ると右ずれの速度が著しく大きくなったとされるかなり説得性のある研究結果〔岡田(1973)〕があるもの

の、この右ずれについては地質学的にも疑問が出されていて〔須鎗・阿子島(1973)〕必ずしも一般的に受け入れられているとはいえない。

鉛直方向の断層運動については、地質学的観察からは地表付近で低角ではあっても深部においては高角とする考えが多い。しかしその断層運動がどの程度の深さにまで及んでいるかは想像の域をでないようである。

近年プレートテクトニクス論に基づいた解釈が行われるようになり、例えば中央構造線はいわゆる断層というべきものではなく、フィリピン海プレートの沈み込み帯が地表に姿を現したところではないかという考えが出されているし、また、四国と本州との相対運動によって生じるトランスフォーム断層と解釈されてもいる〔藤田(1985)〕。しかしいずれも納得のいくものではない。

一方地球物理学的には、爆破地震動研究グループ(1981)、伊藤・他(1982)によって、中央構造線を横切る測線について地殻構造の調査が行われ、構造線を境に階段状の食い違いが認められているが、これは地表面に近

昭和63年4月8日発表

* 〒780 高知市曙町2丁目5-1

** 〒780 高知市朝倉本町2丁目17-47

Fig. 1. Map showing the observation stations and the geological tectonic lines in and around Shikoku. Closed circles indicate stations of Kochi University and closed triangles Kyoto University and the University of Tokyo. The Median Tectonic Line (MTL) investigated in detail in the present study is located in the most northern region in Shikoku: A.M., Asan Mountains; R.B., Ryoke Belt; S.B., Sanbagawa Metamorphic Belt; C.B., Chichibu Belt; T.P., Takanawa Peninsula.

い堆積岩層についてである。

そこでさらに深い部分の情報を得ることができれば、その生成の議論に対する資料として多少なりとも役立つものと考えたが、弾性波探査法では深部についての速度構造を現在の目的にかなうような精度で求めることは難しい。それ故構造線に沿う地震の震源分布を詳細に調べ、それと関連を持つであろう構造線の特徴を見ることにした。

§ 2. データ

構造線に沿って発生する地震の震源の位置を精度よく求めることが必要なので、観測点は構造線に沿ってできるだけ密に分布していることが望ましい。第5次地震予知計画によって、四国東部には京都大学徳島地震観測所が、中央部には高知大学高知地震観測所が、そして西部には東京大学白木微小地震観測所が構造線の近くに観測点を増設した。その一部についてはデータ交換が行われているので、四国中央部に匹敵する精度のよい震源決定が可能となった。ただごく浅い地震についてはなお観測点間の距離が大きいため確実性が劣る。

Fig. 1 に観測点の配置を示す。使用したデータの期間は1982年7月から1987年12月までであるが、観測点の設置の時期が同じではなく、また途中撤去したものもあるので、震源分布に用いた地震の選択は任意に行った。

Fig. 2. Epicentral distribution of earthquakes occurring in the region along MTL from July 1982 to 1987. Open circles and crosses indicate earthquakes with focal depths shallower and deeper than 23 km, respectively. The region is divided into three of A, B and C for the investigation of the focal depth distribution in each region.

§ 3. 震源分布

震源位置の決定には、速度構造の影響を小さくするために前記の高知、徳島、白木の各観測網の震央に近い観測点のデータのみを用いた。その際震源時はPとS-P時間の関係から求め、速度構造としては多層モデルを用いて震源決定を行った [岡野・他 (1985)]。今回の調査に用いた中央構造線沿いの地域に発生した地震のみについての震央分布を Fig. 2 (対象域はA, B, Cの3領域に分けた) に示す。この図から、震源分布が中央構造線となんらかの関連を持っていることが推定されるものの、それは場所によって異なっていて必ずしも明瞭ではない。

そこで震源の深さを5 km 以浅、5~8 km, 8~23 km (以上地殻内地震)、23 km 以深 (マントル地震) に分けて示したところ [Fig. 3 のそれぞれ (a), (b), (c), (d)], 両者の関連がやや明らかになってきた。すなわち、ごく浅い地震 (5 km 以浅) は三波川変成帯内に限られ、構造線の北側にはその発生が観測されていない。そして5~8 km の深さの地震はその活動は低い構造線の北側にも発生している。しかしそれは四国東部の阿讃山地と西部の高縄半島に限られ、中央部の燧灘には全く発生していない。ところが震源がそれより深くなると (8~23 km), かえって燧灘で地震活動が高くなる。

深さ23 km 以深のマントル地震は、四国の中・東部では中央構造線による制約が明らかに見られ、その南側の高い活動に比べて北側における活動は極めて低い。一

Fig. 3. Epicentral distributions for focal depth ranges of 0–5 km (a), 5–8 km (b), 8–23 km (c) and 23– km (d), respectively.

方西部においては中央構造線はマントル地震の活動になんらの制約も与えていないように見える。

次に地震の深さ分布を示す (Fig. 4)。この場合、震源分布に見られる場所による特徴の違いを参考にして、東・中・西部の3区域 (Fig. 2 に示した A, B, C 領域) に分けて示した (Fig. 4 のそれぞれ A, B, C)。その際構造線の走向のわずかな違いが各々の深さ分布図に微妙に影響するので、それぞれ最も適当と考えられる走向を選んだ。

§ 4. 考 察

四国地方の震源分布が地下構造と密接な関連を持つことは、筆者らがしばしば指摘してきた [岡野・他 (1983), 木村・川谷 (1987), 岡野 (1988)]。例えば深さが 5 km より浅い地震は、北の中央構造線と南の御荷鉾構造線にはさまれた三波川変成帯に主として発生しているが、これはいわゆる 6.0 km/s 層 (花崗岩質層) が、三波川帯では南の秩父帯に比べてかなり浅い所にまで上がっていることを示しているのであろう。それ故中央構造線

より北側の地域でこのごく浅い地震が発生せずにより深い地震が発生することは、北側の地域においてもまた 6 km/s 層の上面が秩父帯におけると同じぐらいの深さにあると考えてよいのであろう。従って中央構造線を境とした階段状の構造が推定される (Fig. 4)。これは爆破地震動研究グループ (1981) によって堆積岩層 ($V_p = 4.8$ km/s) に認められた階段状の食い違いとはほぼ一致しているので、この食い違いは少なくとも 6 km/s 層にまでは達しているものと解釈できる。

また、5–8 km の深さの地震が阿讃山地と高縄半島に見られるのに燧灘には皆無ということは、岡野・他 (1985) が先に指摘した海水の浸透による効果を示しているのであって、構造の相違によるものではないと思われる。深さが 8–23 km の地殻内地震は中央構造線と関係なく四国全域で発生しているようである。しかし燧灘における活動はかなり高く、中央構造線の南側の低活動に比べて対照的で、その分布は中国地方まで続いているようである [岡野 (1988)] が、やはり中央構造線の影響を受けているのであろうか。

Fig. 4. Hypocentral distributions of earthquakes in A, B and C regions in Fig. 2 onto vertical planes striking in directions of N12°W (A), N15°W (B) and N18°W (C), respectively. X_0 is a distance measured from WMY observation point. The seismic data from April 1985 to 1987 are used for the focal distribution in C region only.

次に四国の中・東部域のマントル地震については、中央構造線が震源分布の北限として位置していることは疑いのないところであるが、構造線の北側に全く地震が発生していない訳ではなく、北傾斜の震源分布の延長上に発生が認められるので、先に述べた 5 km 以浅の地震の場合のような構造上の境界になっているとは考えにくい。

このことは西部における分布からも考えられることである。この地域では約 8～10 度の北下がりの分布が中央構造線を越えてかなり北側まで延びている。西部と中・東部におけるこの違いは現在解釈のしようがない。ただ中・東部に比べてかなり活発な西部における地震活動は、豊後水道から九州へと入るやや深発地震帯の活動に組み入れられるべきもので、中・東部の活動とやや違った性格を持つのであろうか。

以上のように中央構造線は少なくとも上部地殻においては構造的な不連続の境界をなしているであろう。これは南の三波川変成帯が北の領家帯に対して相対的に上昇 (2～3 km) した結果と考えられる。もっとも東部の阿讃山地と西部の高縄半島の地形からは、北側地域の隆起を考えたいが、震源分布からは少なくとも中・東部については構造線の南側上昇とした方が妥当である。西部については浅い地震の活動が極端に低いので断定できないが、東・中部からの連続した地質構造が西部で絶たれ

るのでなければ、やはり同様な特徴を持つと考えてよいのではなかろうか。この場合この食い違い面は震源の深さ分布から見て当然鉛直に近いと考えられる。しかし地質学的観察からはスラストを推定する場合が多く、この種の不一致はしばしば経験するところである。これは地質学的観察が地表付近であることが原因であるが、そのことを頭に入れて深さ分布を見ると、分布に見られる上下のずれ境界面は必ずしも地表の構造線の位置と一致せず、やや北にずれていることは何か意味を持っているのかもしれない。地表に観察されるスラストは地表直下だけであって、深く入ると鉛直に近くなるとする地質学的推測と合っているようにも思われる。

上部地殻におけるこのずれ境界面の下方への延長は、中・東部においてはマントル地震の分布の北限とほぼ一致するので、境界面がマントルまで続いていると考えるのが普通であろう。すると中央構造線はマントルにまで入る深部断裂ということになる。しかし現在のマントル地震の深さ分布からは上下のずれを見出すことはできないので、断裂が地下深部まで達しているかどうかはわからない。

次に最大起震力の方向が中央構造線を境にして変化するかどうかを調べてみた (Fig. 5) が、そのようなことはなく地殻内地震はほぼ東西方向、マントル地震はほぼ南北方向という特徴には変化が見られないので、西南日本

Fig. 5. Distribution of the horizontal direction of maximum pressure axes for earthquakes occurring in the neighbourhood of MTL. Earthquakes with magnitudes greater than 1.9 for the period of 1979–1987 are used. Earthquakes shown in the upper and lower figures correspond to those with focal depths shallower and deeper than 23 km, respectively.

に加わる地殻応力は中央構造線の影響を受けていないし、また与えてもいないと考えてさしつかえないであろう。さらに中央構造線に沿ってそのごく近傍に起こる地震の初動分布から得られる最大主圧力の方向もまたそれぞれ東西、南北であって、従って構造線がすべて起こったと考えられる地震は観測されなかった。

§ 5. あとがき

ここで得られた四国地方における中央構造線と震源分布との関連が構造線の深部を考える際の情報として役に立てば幸いである。微小地震の観測データがかなり集積されたとはいえ細かい点を議論するためにはまだまだ不十分である。特に浅い地震の震源を精度よく求めるためにはその深さ程度の相互距離を持った観測網が必要である。しかも充分な量のデータを得るためには長い年月を必要とする。このため現在の常時観測網によって行うことは困難であるし、臨時観測によることはさらに難しい。

なお構造線の構造を知るためには速度構造を調べることがより直接的ではあるが、深部についての速度を高い精度で求めることは極めて困難なので震源分布に頼らざるを得ない。

この研究を行うにあたって京都大学徳島地震観測所および東京大学白木微小地震観測所のデータを使用させていただいた。厚く御礼申し上げます。

文 献

- 爆破地震動研究グループ, 1981, 爆破地震動観測による四国東北部の地殻構造の研究, 昭和 54・55 年度文部省科学研究費 総合研究 (A)434020, 1–31.
- 藤田和夫, 1985, 変動する日本列島, 岩波書店 (岩波新書), 200–206.
- 伊藤 潔・吉井敏尅・浅野周三・佐々木嘉三・伊神輝, 1982, 家島・鳥形山爆破地震動観測による四国地域の地殻構造, 地震 2, 35, 377–391.
- 木村昌三・川谷和夫, 1987, 四国中央部における震源分布 (1967・4–1986), 地震学会講演予稿集, No. 2, 104.
- 岡田篤正, 1973, 中央構造線の第四紀断層運動について, 中央構造線, 東海大学出版会, 49–85.
- 岡野健之助, 1988, 四国の地震, 土佐出版社.
- 岡野健之助・木村昌三・許斐 直, 1983, 四国地方の震源分布と地質構造線との関連, 地震 2, 36, 23–29.
- 岡野健之助・木村昌三・許斐 直・中村正夫, 1985, 四国および周辺地域の震源分布, 地震 2, 38, 93–103.
- 須鎗和巳・阿子島 功, 1973, 四国島の中央構造線の新期の活動様式, 中央構造線, 東海大学出版会, 179–189.