琉球大学学術リポジトリ

地震分布から求めた南西諸島における沈み込んだフィリピン海プレートの形状

メタデータ	言語:
	出版者: 琉球大学理学部
	公開日: 2010-01-29
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 中村, 衛, 兼城, 昇司, Nakamura, Mamoru, Kaneshiro, Shoji
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/15347

Bull. Fac. Sci., Univ. Ryukyus, No.70 : 73 − 82 (2000)

地震分布から求めた南西諸島における沈み込んだフィリピン海プレートの形状

中村　衛*・兼城昇司*
*琉球大学理学部物質地球科学科

Mamoru Nakamura* and Shoji Kaneshiro* : Determination of subducted Philippine Sea Plate in the Nansei islands deduced from hypocenter data

Abstract

We calculated the contour of depth-distribution of hypocenters in the Nansei islands, southwest of Japan. The contours correspond to the subducted Philippine Sea plate. The contours were computed using the EHB hypocenters catalogue, whose hypocenter parameters were calculated using the global velocity heterogeneity and the depth-phases. The resulting showed the northeastward dipping Philippine Sea plate, which is steeper than the plate models computed using other hypocenters catalogues. This suggests that the depths of hypocenters by the EHB catalogue are deeper than those by other catalogues in the Nansei islands. Axes of the Okinawa Trough are located at the depth of 100 to 150 km in the central and southern Nansei islands. However, those are located at the depth of 150 km and there is no plate under the axes in the west of Kyushu.

はじめに

南西諸島は、九州南部から台湾に至る全長約1200kmの島弧である。南西諸島の南東側には南西諸島海溝が位置している。ここでは、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んでいる（図1）。

南西諸島の島弧海溝系としてのテクトニクスを解明する上で、ここに沈み込んでいるフィリピン海プレートの形状は欠かすことができない。南西諸島下のプレート形状については、これまでにも数々の研究が行われてきた。Shionoら（1980）は、International Seismological Centre（ISC）の震源カタログを用いて、地震分布から南西諸島下のプレート面形状を求めた。彼らは、トカラ海峡をはさんでその北部と南部とでプレートの沈み込み角度が急変することを明らかにした。長宗（1987）では、気象庁のデータを用いてプレート形状を求めた。また、松村（1991）でも、ISCの震源カタログを用いて南西諸島のプレート形状を求めている。さらに、Sibuet et al.（1998）でもISCの震源データを使用してプレート形状を求めている。このように、これまでの研究ではISCカタログを用いてプレート面形状を求めていた。しかし、ISCカタログは震源の深さ精度が良くないため、プレート形状の議論の際には高精度の震源データを使う必要がある。そこで今回、高精度の震源データを使用して、南西諸島のプレート面形状を明らかにした。同時に、震源データの違いによるプレート形状モデルへの影響をみるため、米国地質調査所によるデータと気象庁によるデータも使用した。また、沈み込んだプレートと、琉球弧において顕著な特徴である沖縄トラフの中軸部ならびに火山との位置関係についても検討した。

受理：2000年6月30日
* Department of Physics and Earth Sciences, Faculty of Science, University of the Ryukyus, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan

データ

本研究で用いた地震カタログは、Engdahl et al.（1998）による再決定カタログ（EHBカタログ）、気象庁（JMAカタログ）、そして米国地質調査所（EPICカタログ）の3種類である。

JMAカタログは、気象庁の地震観測網で観測した地震カタログである。観測網が日本国内に限定されているため、日本周辺で発生した地震が主である。南西諸島においても1年あたり8000個の地震を検知している。しかし、観測網が島に限定されるために、南西諸島での震源位置の精度は悪い。震源決定には、P波とS波の到達時刻を用いている。

EPICカタログは、米国地質調査所が全世界の地震データを集めて震源決定を行った地震カタログである。震源決定には、P波とS波の到達時刻を用いている。決定精度はISCとほぼ同じである。

EHBカタログは、ISCカタログを再処理し、震源を最決定したものである。再決定の際には、P波とS波だけでなくpP波、pwP波、pPKP波、PKiKP波などの波の到達時刻を使用している。このため、震源決定した解のトレードオフ（震源の緯度・経度・深さ・地震発生時刻の間の相互依存関係）が、P波とS波のみを使った場合と比べて小さくなる。さらに3次元速度構造を使って、より実際の地球に近い地下構造で走時計算を行っている。そのため、EHBカタログはJMAカタログやEPICカタログと比べて震源の位置精度が高い。

解析で使用した地震の深さとマグニチュードの範囲は、EHB, JMA, EPICカタログいずれも、深さ0～300km、マグニチュード0～8である。解析領域は、北緯22～32°、東経121.5～132°の範囲である。

解析に用いた期間は、EHBカタログについては収録されている全期間（1964年1月～1998年12月）を使用した。地震の個数は3565個である。EPICカタログについてもカタログの全期間（1973年1月～1999年12月）を使用した。地震の個数は5166個である。しかし、JMAカタログについては1995年1月から1999年12月の間に発生した地震を使用した。地震の個数は57118個である。1995年以前のJMAカタログは南西諸島地域の地震観測点が少なく、震源位置の精度が良くないため、今回の解析からは除外した。

解析方法

プレート面の解析は、以下の手順でおこなった。解析手順は、EHBカタログ、JMAカタログ、EPICカタログとも同じである。

（1）地震分布の南北断面図を作成する。本解析では、東西幅1.0°、南北幅10°の領域を指定し、領域内で起こった地震の南北方向の鉛直断面図を作成した（図2a）。断面図は、東経121.5～132°まで、0.5°間隔で作成した。

（2）断面図に投影された地震分布の中で、深さ50～200kmにわたって北西方向に傾斜する地震分布の上側境界の位置（緯度、深さ）を読みとる（図2b）。この地震分布が、沈み込んだプレート内で発生した地震であり、地震分布の上側境界が、プレート面に相当する。

（3）上で読みとった経度ごとの上側境界の位置を使い、50km, 100km, 150km, 200kmの等深線を引く（図2c）。等深線作成には、地球物理データ表示ソフトGMT（Wessel and Smith, 1991）を用いた。

（4）（3）で作成した等深線には、ところどころに形状が急変する部分が見られる。このような異常値を除去するため、等深線をフリーハンドでなめらかに引きなおす。

（5）最後に、引き直した等深線を経度0.5°間隔で読みとる（表1）。

結果と考察

ここでは、上で得られたフィリピン海プレートの形状と、火山、沖縄トラフ中軸との位置について考察を行う。また、南西諸島を北部、中部、南部の3地域に分割する（図1）。

1　プレート面形状

フィリピン海プレートの等深線は、北西方向に向かって深くなっている（図3、図4)。また、深さ50kmより浅いところではプレートの傾斜は緩やかであるのに対し、深さ50kmより深いところでは、傾斜が急になる。つまり、プレートは深くなるにつれて垂れ下がる形状をなしている。

各地でのプレート面傾斜は、南西諸島北部では70°、南西諸島中南部では50°、そして台湾付近では60°である。このように、南西諸島北部と台湾付近ではプレート面が急傾斜であるのに対し、南西諸島中部では傾斜が少し緩やかになっている。

次に、地震カタログの違いによるプレート面形状の変化について述べる。

JMAカタログによるプレートモデルは、全体的にプレート面の傾斜が緩やかになっている（図5a)。特に、台湾付近で傾斜が緩やかである。これは、気象庁の観測点が南西諸島の島に限られているため、震源深さの決定に偏りが生じ、地震の深さが浅く決まっている可能性が高い。とくに、台湾付近で起こった地震では、南西諸島の西端に分布する観測点のみを使って震源決定しているために、南西諸島の中でも特に地震の深さが浅く決まっている可能性が高い。

EPICカタログによるプレートモデルは、九州南部地域を除いて、EHBカタログによるモデルとよく一致している（図5b)。しかし、九州南部地域では、EPICカタログによるモデルはプレート傾斜が緩やかになっている。

以下では、EHBカタログから作成したモデル（EHBモデル）を用いて、議論をおこなう。

2　火山分布

火山の位置としては、活火山として認定されている火山（気象庁、1991）と、木村（1990）によって指摘された海底火山を用いた。

全体的にみると、南西諸島における火山直下のプレート面深度は80～150kmである（図6)。しかし火山直下のプレート面深度地域ごとに分けると、北部では深さ100～150km、中部では深さ100km前後、南部では深さ90～100kmになる。このように、南西諸島南部では、火山直下のプレート面深度がやや浅くなっている。南部の海底火山の中で、西表海底火山だけは直下のプレート面深度が70kmであり、他の海底火山の傾向からはずれている。

3　沖縄トラフ中軸

沖縄トラフ中軸の位置は、徳山ら（1999）による日本列島周辺海域の地質構造図を用いて、沖縄トラフ内の正断層の位置から推定した。沖縄トラフの中軸部は、南西諸島の南から北へ杉の字型をした雁行状配列をなしている（木村、1990)。全体的にみると、沖縄トラフ中軸部直下のプレート面深度は100kmより深い（図6)。地域ごとに分けると、南部から中部では、沖縄トラフの中軸部直下のプレート面は深さ100～150kmである。しかし、北部ではプレート面深度は深さ150kmより深くなり、さらに九州西方域では中軸部直下にプレート面が存在しない。上で述べたように、南西諸島でのプレート傾斜は深くなるにつれて高角度になる。これは、現在背弧拡大が起こっている地域（たとえば、伊豆－小笠原地域）のプレート形状に共通して見られる（Jarrard、1986)。南西諸島と伊豆—小笠原地域についてプレート形状を比較すると、深さ300kmまでの形状は互いによく一致している。しかし、深さ300km以深は、南西諸島では地震が起こっていないため形状が不明であるのに対し、伊豆—小笠原地域では深さ500kmまでプレート面が延長している。

このように、南西諸島におけるプレート形状は、背弧拡大地域に共通する特徴を持つ。しかし、南西諸島北部と中南部では、トラフ軸直下のプレート面深度が大きく異なっている。よって、沈み込んだプレートがトラフ形成に関与しているとすると、プレートの影響は北部と中南部で異なるはずである。しかし、沖縄トラフは北部から中南部まで分布している。このことは、沖縄トラフ形成のメカニズムが北部と中南部で異なるか、または沈み込んだプレートはトラフ

形成に直接関わっていないことを示している。

しかしプレート形状は、他の背弧拡大地域と共通した特徴を持つ。これは背弧拡大地域におけるマントル内の応力場・マントル流が似通っているために、マントル内に沈み込んだプレートが同様の形状になるのではないかと考える。

謝 辞

気象庁一元化震源データを使用させて頂いた。一元化震源処理に対して、地震波形を提供して下さった機関（科学技術庁防災科学技術研究所、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、通産省地質調査所、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所、横浜市、海洋科学技術センターおよび気象庁）に感謝します。また、原稿を読んでご助言を下さいました木村政昭教授に感謝いたします。

参考文献

Engdahl, E. R., R. Hilst, & R. Buland, 1998, Global Teleseismic Earthquake Relocation with Improved Travel Times and Procedures for Depth Determination, Bull. Seism. Soc. Am., 88: 722-743.

Jarrard, R. D., 1986, Relation among subduction parameters, Rev. Geophys., 24:217-284.

木村政昭，1990，沖縄トラフの発生と形成，地質学論集，第34号，77-88.

気象庁，1991、日本活火山総覧（第2版），483 pp.

松村一男，1991，南西諸島の地震活動，月刊地球，13:623-627.

長宗留男，1987，九州－琉球列島における稍深発地震とテクトニクス，地震2，40:417-423.

Shiono, K., T. Mikumo & Y. Ishikawa, 1980, Tectonics of the Kyusyu-Ryukyu Arc as Evidenced from Seimicity and Focal Mechanism of Shallow to Intermediate-Depth Earthquakes, J. Phys. Earth, 28:17-43.

Sibuet, J. C., B. Deffontaines, S. K. Hsu, N. Thareau, J. P. Le Formal, C. S. Liu, & ACT party, 1998, Okinawa trough backarc basin: Early tectonic and magmatic evolution, J. Geophys. Res., 103: 30245-30267.

徳山英一・海域地質構造マップWG一同，1999，日本周辺海域の地質構造マッピング，地質ニュース，No.541, 10 pp.

Wessel, P. & W. H. Smith, 1991, Free software helps map and display data, EOS Trans. AGU,72,441:445-446.

表1　南西諸島におけるプレート面等深線(EHBカタログによる)。50km, 100km, 150km, 200km、250kmは、等深線の深さを示している。Lon.、Lat.は、それぞれ等深線の経度と緯度を表している。

50km		100km		150km		200km		250km	
Lon. (°E)	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Lat. (°N)	Lon. (°E)	Lat. (°N)
121.50	24.30	121.50	24.75	121.50	25.05	121.50	25.35	121.50	25.45
122.00	24.40	122.00	24.75	122.00	25.05	122.00	25.30	122.00	25.55
122.50	24.35	122.50	24.74	122.50	25.07	122.50	25.37	122.50	25.64
123.00	24.25	123.00	24.75	123.00	25.15	123.00	25.50	123.00	25.75
123.50	24.22	123.50	24.84	123.50	25.30	123.50	25.62	123.50	25.89
124.00	24.30	124.00	25.00	124.00	25.50	124.00	25.80	124.00	26.12
124.50	24.50	124.50	25.22	124.50	25.75	124.50	26.11	124.50	26.52
125.00	24.75	125.00	25.50	125.00	26.05	125.00	26.50	125.00	26.95
125.50	25.00	125.50	25.86	125.50	26.41	125.50	26.88	125.50	27.28
126.00	25.30	126.00	26.25	126.00	26.80	126.00	27.25	126.00	27.65
126.50	25.69	126.50	26.62	126.50	27.18	126.50	27.63		
127.00	26.10	127.00	27.00	127.00	27.55	127.00	28.00	127.25	28.85
127.50	26.46	127.50	27.42	127.50	27.94	127.50	28.36	127.50	28.99
128.00	26.80	128.00	27.85	128.00	28.35	128.00	28.80	128.00	29.25
128.50	27.20	128.50	28.27	128.50	28.78	128.50	29.38	128.50	29.72
129.00	27.75	129.00	28.75	129.00	29.30	129.00	30.00	129.00	30.35
129.50	28.46	129.50	29.35	129.50	29.95	129.50	30.58	129.50	31.01
130.00	29.15	130.00	30.10	130.00	30.70	130.00	31.20	130.00	31.67
130.50	29.77	130.50	31.01	130.50	31.51	130.50	31.92	130.25	32.00
131.00	31.10	131.00	32.00	131.00	32.33	130.75	32.30		
131.25	32.24								

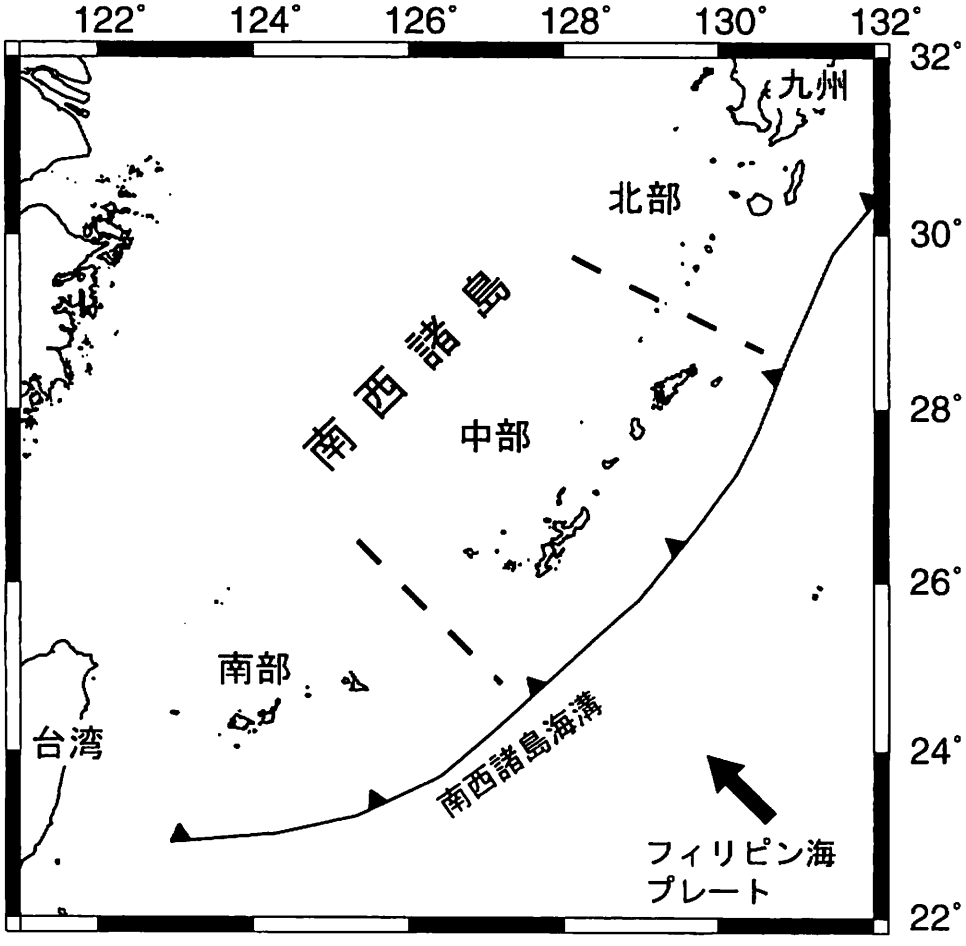
122°
124°
126°
128°
130°
132°
32°
30°
28°
26°
24°
22°
九州
北部
南西諸島
中部
南部
台湾
南西諸島海溝
フィリピン海
プレート

図1　南西諸島の概略図。

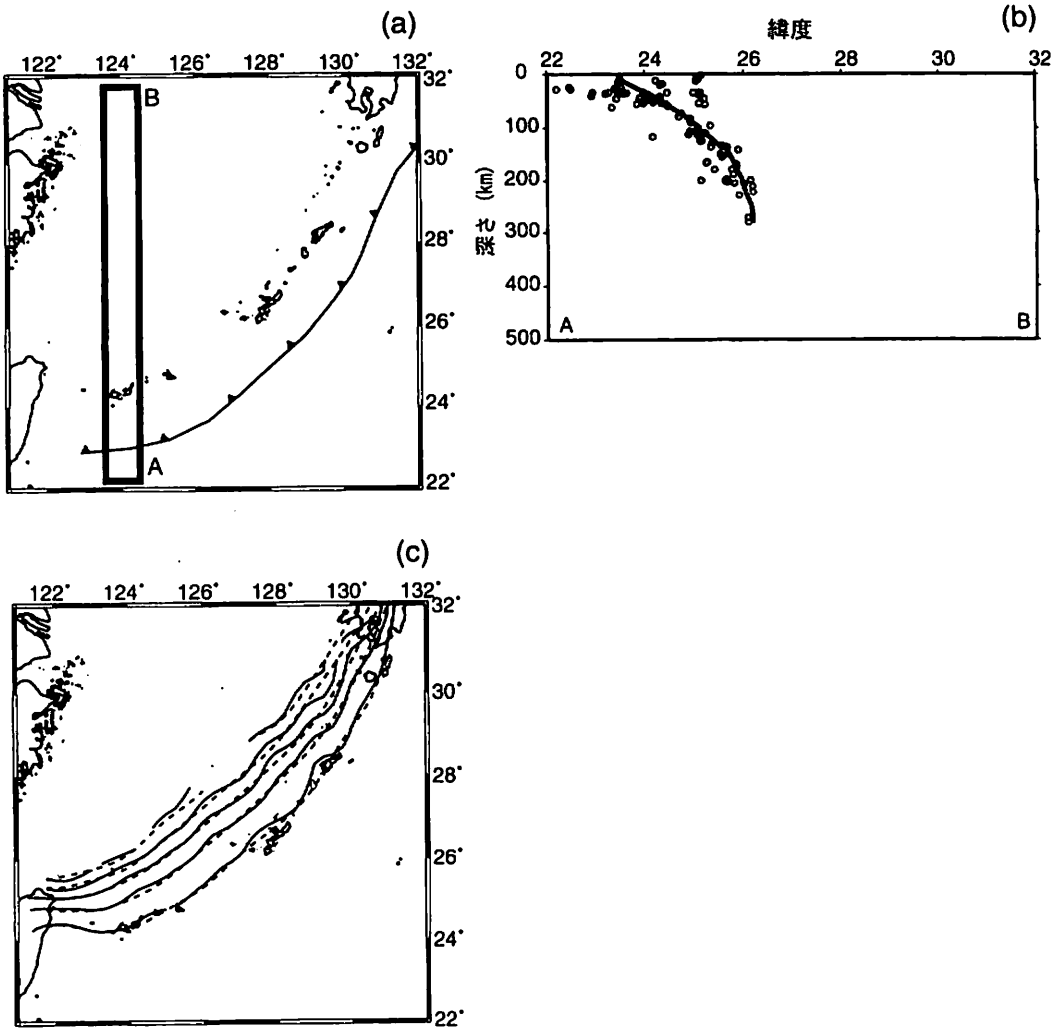

図 2 (a):断面図を取る領域の設定例。長方形の領域は、断面図の領域を示す。(b):(a)で切り取った地震分布の断面図と、読みとり中のプレート上面(実線)。丸は、地震の震源を表す。(c):実線は、スムージング前の等深線を、波線はスムージング後の等深線を示している。

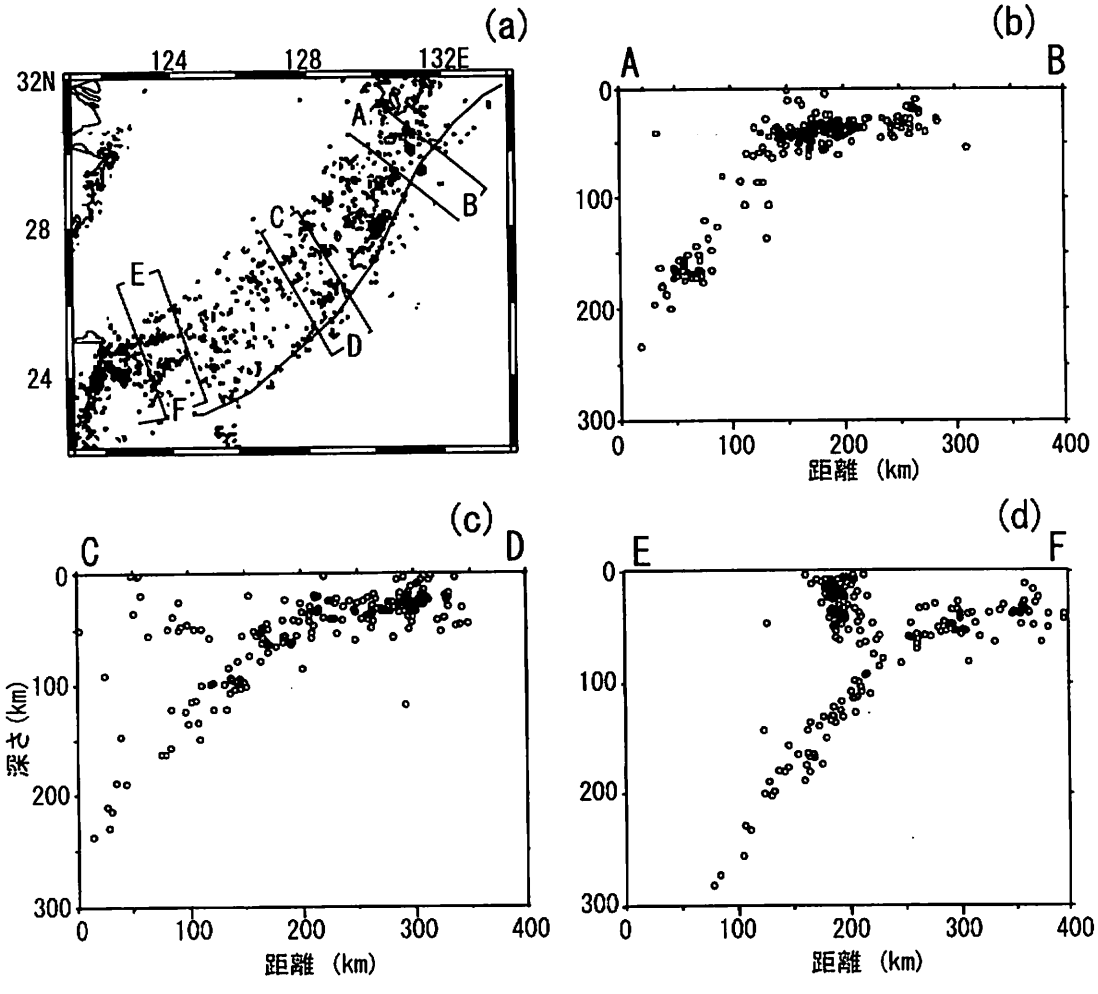

図3 南西諸島における地震の深さ断面。断面をとった領域を (a) に示す。丸は、EHB カタログ(1989～1998年)による地震の震央を表す。(b)、(c)、(d) は、南西諸島北部、中部、そして南部における地震分布の断面をそれぞれ表している。

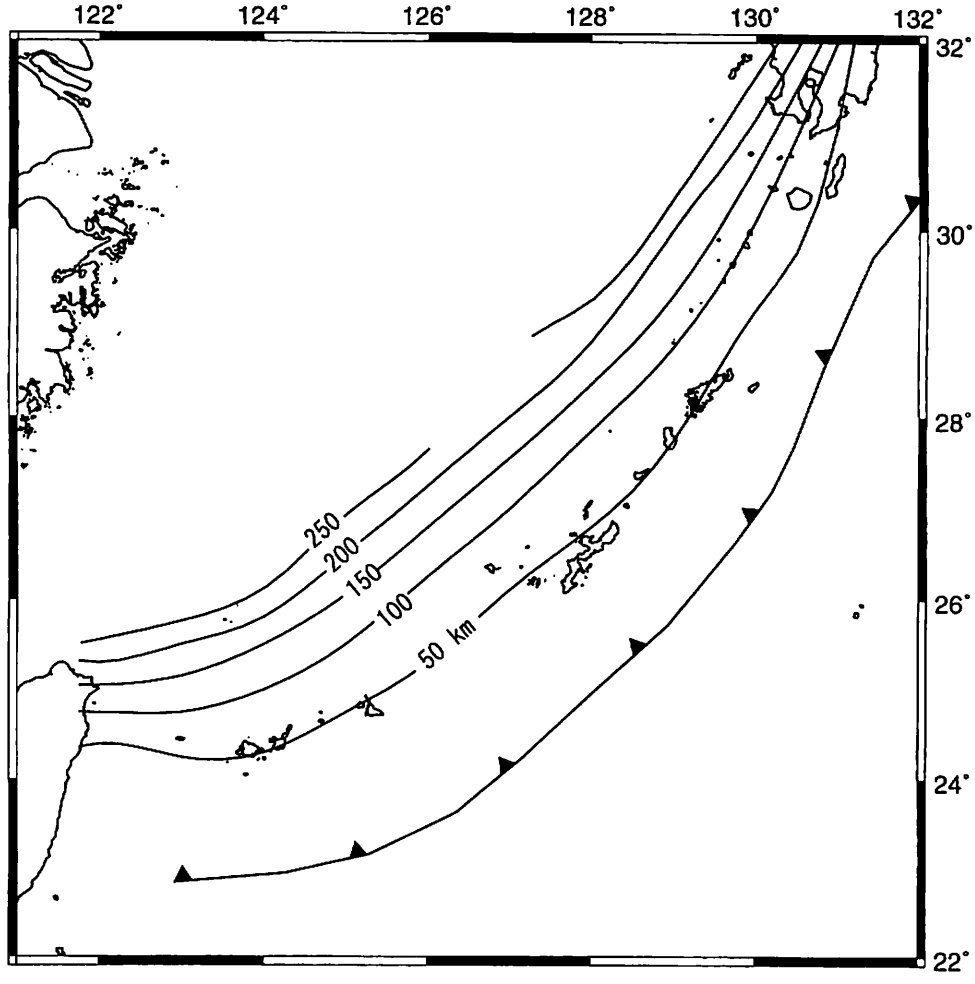

図4　EHB カタログを用いた南西諸島におけるプレート上面の等深線。

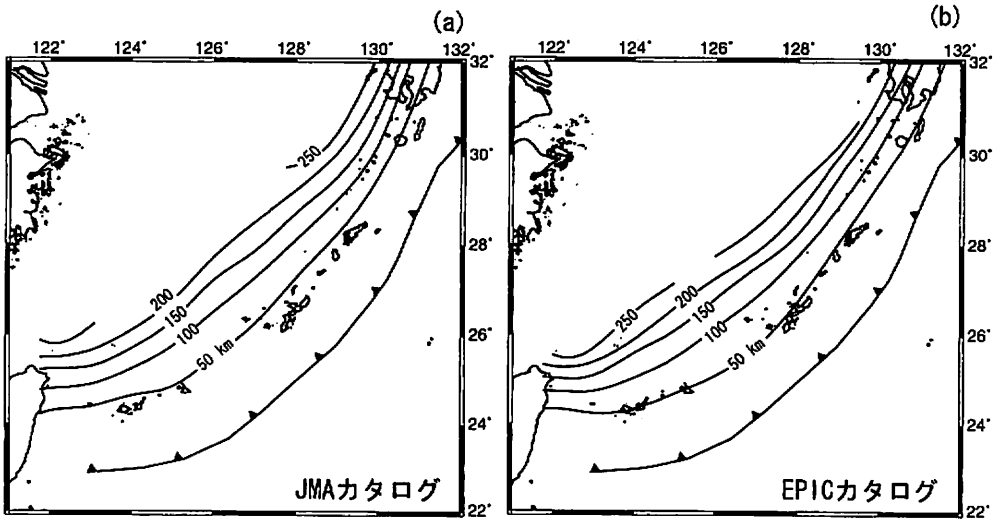

図5 南西諸島におけるプレート上面の等深線。(a):JMA カタログによる結果、(b):EPIC カタログによる結果。

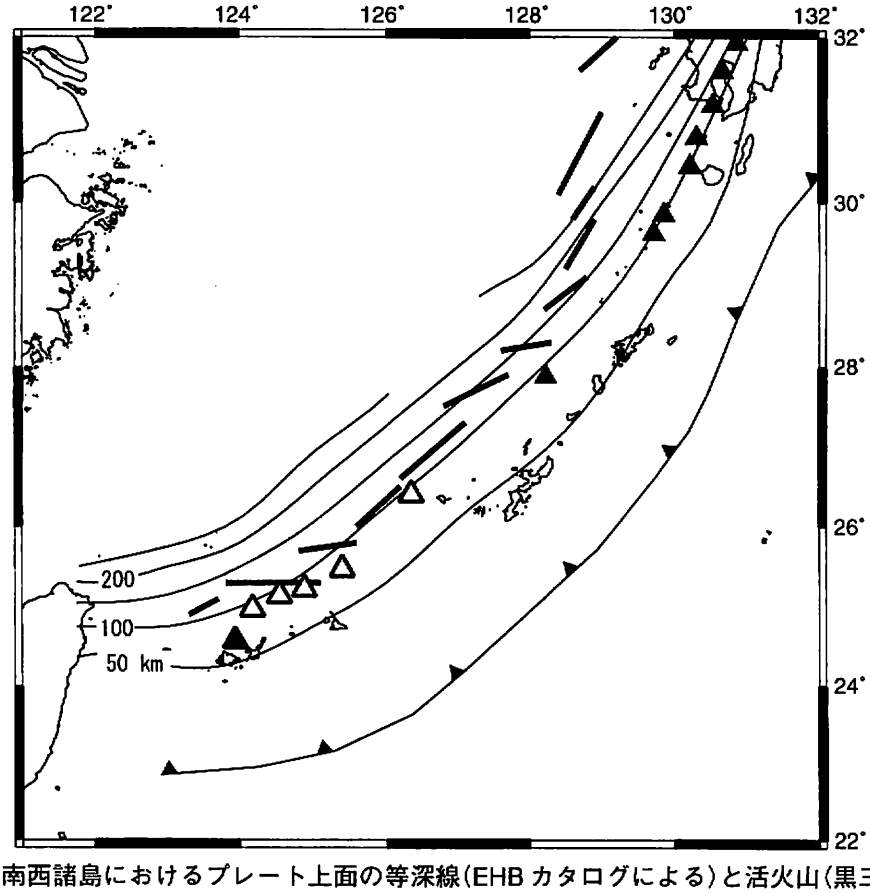

図6 南西諸島におけるプレート上面の等深線(EHB カタログによる)と活火山(黒三角)、推定海底火山(白三角)、沖縄トラフ中軸の位置(太線)。