

# 台湾のネオテクトニクスに関する新知見

A new opinion of neo tectonics in Taiwan island

飯島康夫

八千代エンジニアリング株式会社九州支店

*Yasuo Iijima\**

*Kyushu Regional Office, Yachiyo Engineering Co. Ltd,*

## はじめに

台湾島はフィリピン海プレート上にあるルソン弧北端とユーラシアプレートの一部をなす東シナ海大陸棚との衝突によって形成された。この衝突は4Maに始まり2Maには台湾島の原型が作られたとされ、4Maに衝突が生じたのは、フィリピン海プレートの移動方向が北方から北西方向へ変化したのがその原因とされる(Barrier and Angelier: 1986)。これによると衝突前(6.5Ma)のプレート境界は横ずれ関係にあり(図-11),これは高田ら(2002)による粘土モデルによる実験でも示されている。

Seno(1977)は4Ma以降のフィリピン海プレートの動きはN50W方向で、その速度は70km/my(7cm/y)であるとした。また、徐(1999)、瀬野(1994)は地震データから、圧縮応力軸(P軸)がSeno(1993)の移動方向と調和的であることを示した。

このように台湾島はP軸がNW-SEを示すプレート間圧縮応力場にあることを示す報告が多い。しかし、一方で、台湾東海岸北部(花蓮付近)で三角点移動方向が北方向を示し(中央地質調査所編;「台湾東部海岸山脈地質」),花東縦谷沿いの横ずれ断層の報告(Hsu 1962)は上記応力場と一致しない。

今回、九州応用地質学会台湾巡検において、台湾島北西端部の「野柳」において節理方向の規則性、北東部「太魯閣峡谷」の断層方向に規則性を見出した。本報告はこの規則性を示すとともに、測量結果ならびにプレート境界の変化と合わせて考察し、現在の台湾の応力場を考察したものである。

## 1. 調査位置のテクトニックな位置付け

台湾島はフィリピン海プレート、ユーラシアプレート境界にあり、琉球海溝、マニラ海溝、沖縄トラフに接している(図-1a)。今回調査を実施した地点は台湾北東端に位置する「野柳」と花東縦谷北方に位置する「太魯閣峡谷」であ

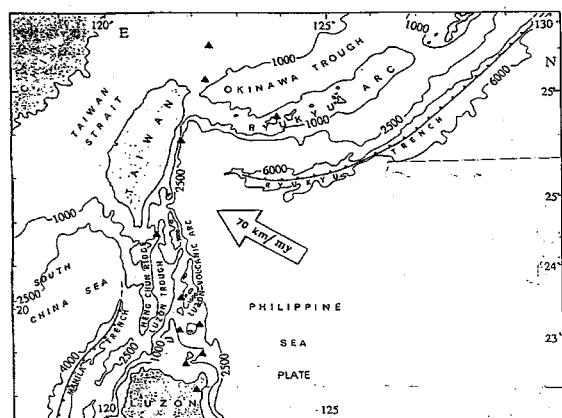


図-1a 台湾周辺の海底地形とプレート境界

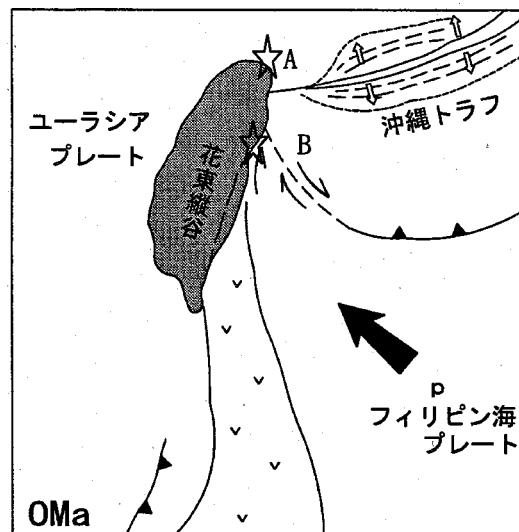


図-1b 調査位置と周辺テクトニクス

A-「野柳」 B-「太魯閣峡谷」

る(図-1b, 図-2)。プレート力学境界である花東縦谷沿いに断層帯が分布し、「太魯閣峡谷」はこの北方に位置する。2点の位置はユーラシアプレート上の地殻部分に位置し、特に太魯閣峡谷は屈曲するプレート境界に隣接する(図-16参照)。図-2には台湾島の地震断層と活断層を示した(太田・岡田 1984)。西海岸平野と西部山麓帶にはスラスト群が分布し、集集地震をはじめM5~7クラスの地震が発生している。台南地域の海成段丘は5mm/年の上昇速度を有しており(太田・岡田 1984), この地域の変形は海岸平野まで前進している可能性がある。

## 2. 地質構造解析

### 2. 1 北東部「太魯閣峡谷」

台湾東部の花蓮北西に位置する大峡谷で谷の延長は数10kmにわたり、両岸は山頂までが数百mの絶壁をなす。観光道はこの絶壁を切り抜いてつくられている。この峡谷は中央山脈東翼变成岩類に属し、中生代二疊紀～白亜紀の地層とされる。この太魯閣峡谷を含む中央山脈は約4Ma前に始まるプレート間衝突により形成された地域である。

今回調査した地点は太魯閣峡谷の入り口から3~5kmの区間で、地質は結晶質石灰岩からなる。この石灰岩は泥質部分と非泥質部分が互層する。走向は全体に北南を示すが傾斜は一定しない。褶曲も多く、折りたたまれた地層と考えられる。

この地層には南北走向の高角度割れ目が発達する。この中には明らかな正断層が含まれる。この断層は、高角度で共役関係にあるもの(図-3, 図-4)が多く、すべり条痕が確認できる(図-5)。多くの断層は破碎規模が1cm~20cm、変位が10cm~1m程度と比較的小規模である。また、絶壁中に数100mで連続する高角度の断層は河床部(急崖の下底部)で開口部を形成し、湧水を伴うものや、その延長部が沢を形成するものがある。

この断層はN10°W走向、N45°W走向、N45E傾斜が卓越する(図-6)。この小断層の方向から太魯閣峡谷は東西方向に展張軸(T軸)があることになる。

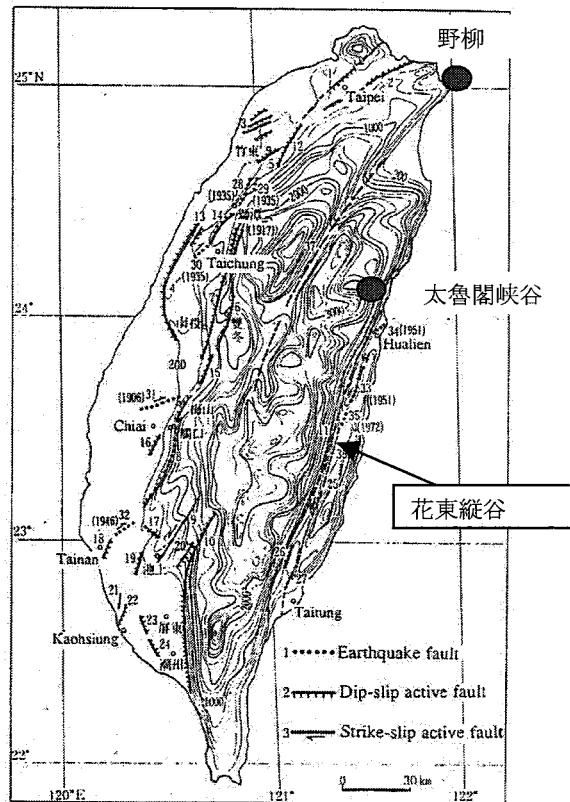


図-2 活断層図 (Ohta and Okada, 1984 に加筆)

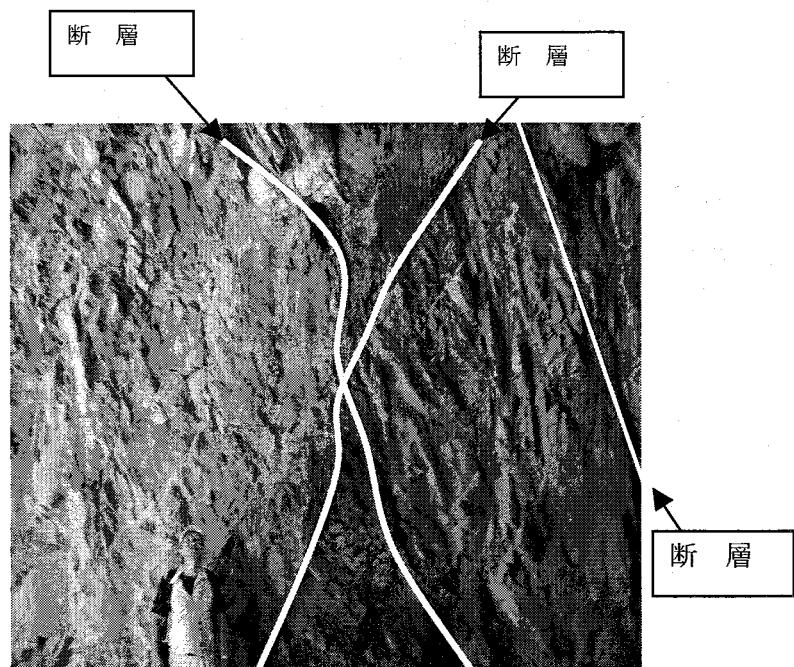


図-3 高角共役断層

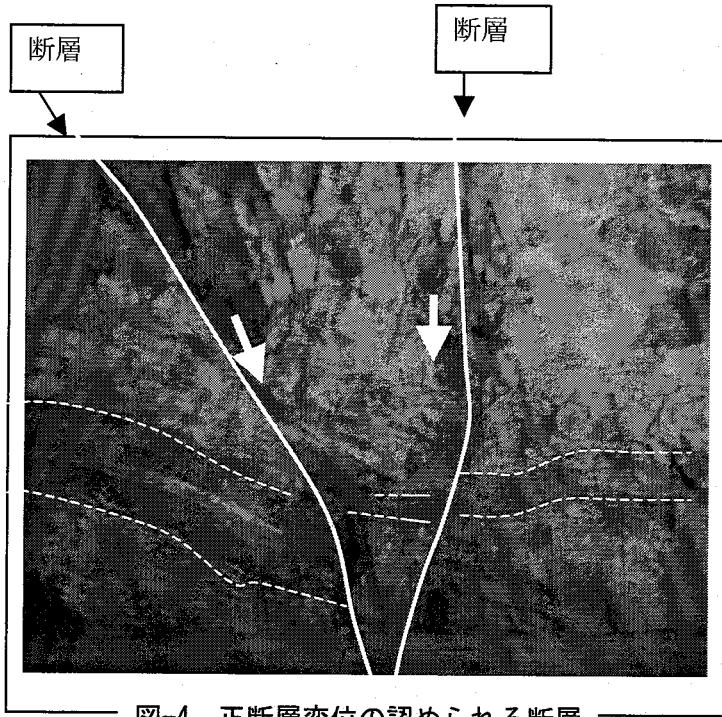


図-4 正断層変位の認められる断層

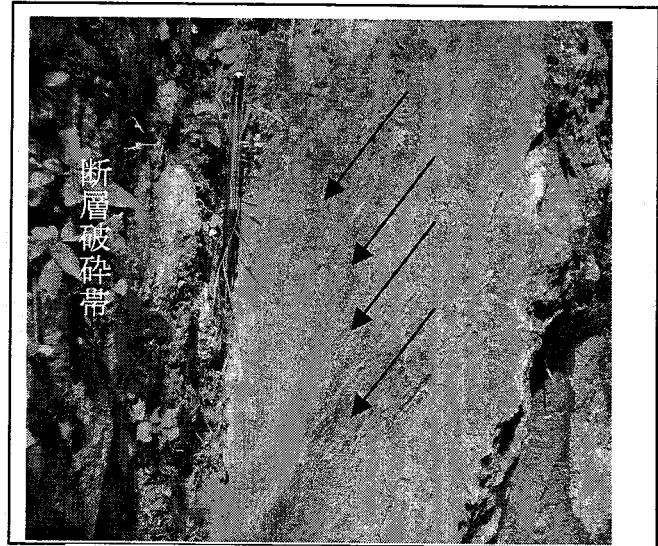


図-5 すべり条痕（高角度正断層方向）

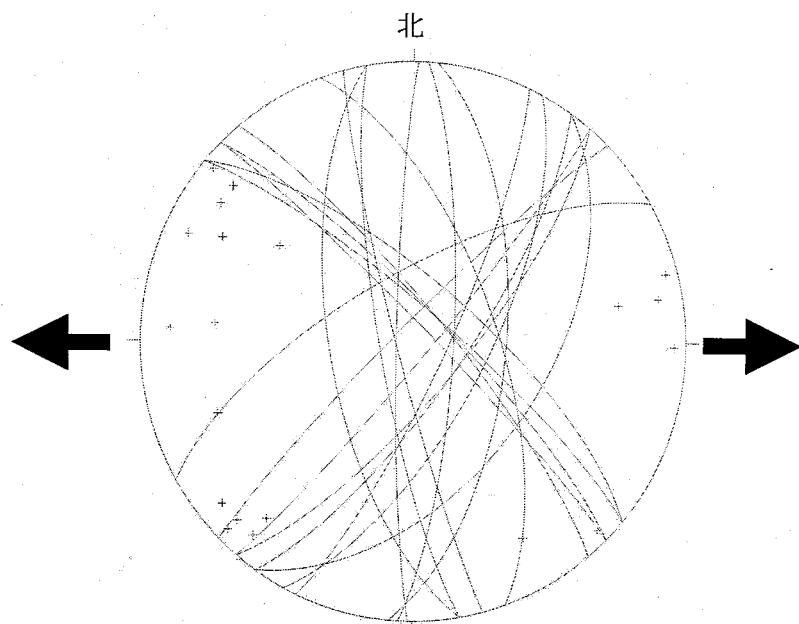


図-6 小断層の方向（下半球投影）  
展張（T軸）は東西方向

## 2. 2 北東端部「野 柳」

台湾最北端の海岸に位置する野柳は、前期中新世の野柳層群に属し、砂岩優勢で頁岩を介在する。地層は北東-南西走向で  $30 - 40^\circ$  で南東に傾斜する。この地域は上部にやや硬質の石灰質ノジュールを有するきのこ状の奇岩が特徴的な観光地である。

この地域には高角度の節理が 3~10m 間隔で分布する。この節理は延長数 10m の連続性を有する。節理の多くは平面露頭上に直線的に分布し、きのこ状の奇岩を切って連続する（図-7）。また、細かく雁行状に配列するものも認められる（図-8）。

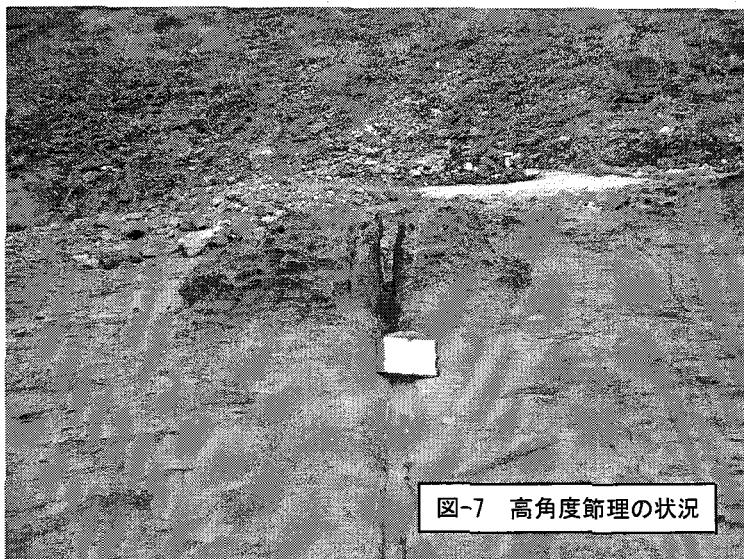


図-7 高角度節理の状況

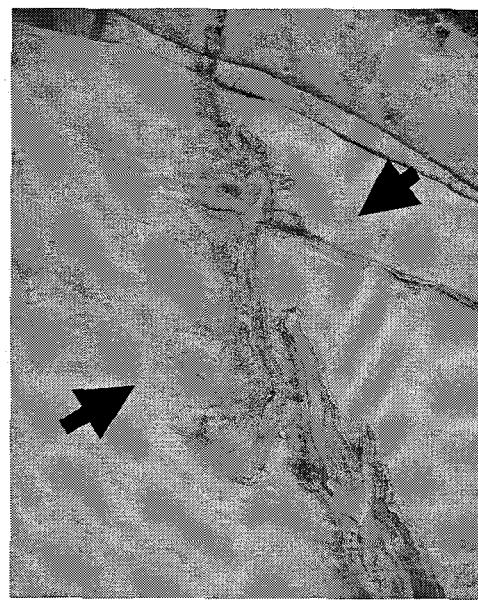


図-8 雁行する節理(太い矢印は推定される P 軸)

この地域の節理の方向は N $10^\circ$  方向、N $45 \sim 70^\circ$  W の 2 方向に卓越する（図-9）。この節理の方向から主圧縮軸（P 軸）方向は N $50^\circ$  W-S $50^\circ$  E と推定され、Seno (1993) のフィリピン海プレート移動方向と一致する。図-11 に示す雁行状の節理群の形成は、主圧縮軸（P 軸）が N $50^\circ$  W-S $50^\circ$  E 方向での右横ずれ変形と考えられる。

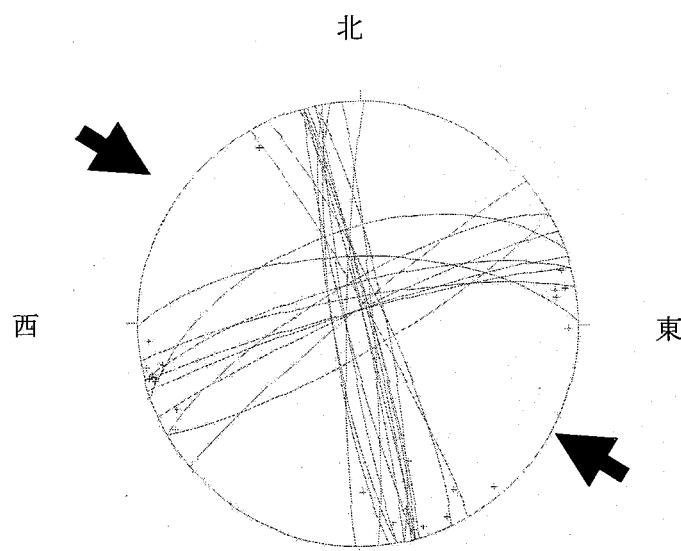


図-9 節理の方向 (下半球投影)

### 3. 考 察

#### 3. 1 台湾東部のテクトニクス

##### (1) 太魯閣峡谷ならびに花東縱谷北部のテクトニクス

花東縱谷周辺の土地の移動測定は[台湾東部海岸山脈の地質, 陳文山・王源著]に示される(図-10). これによると縱谷南部は西北西~北西方向, 縱谷中部は西北~北北西方向, 北部は北北西~北北東方向への移動が見られる. 以上の測量成果とHue (1962) に示された花東縱谷の横ずれ断層, 図-6で示した太魯閣峡谷に見られた東西方向への正断層の形成は, 大きなプレート間応力場と一致しない. この矛盾点は以下のように説明される.

- 1) 台湾島北東側のプレート境界は大きく湾曲しており, プレート境界の台湾島近くが横ずれ断層の関係にある(図-11上図). この湾曲部の形成と横ずれ断層の発生により, 花東縱谷北側では地殻部分がくさび状になり, 台湾島北部を北に押し上げようとする. この結果, プレート間応力の消費は横ずれ断層で消耗される.
- 2) 花蓮付近で1951年10月に発生したM7.4, 7.2, 7.0の地震で現れた表面地震断層の変位は横ずれ2m, 縦ずれ1.2mと横ずれ成分が多い(Hsu 1962). このような横ずれ断層の発生は花蓮付近以外では見られないこと(瀬野 1994で指摘)から, このような応力場はプレート運動を直接反映したものではなく, このプレート境界の曲がりによる応力場を反映した局所的なものであると考える.

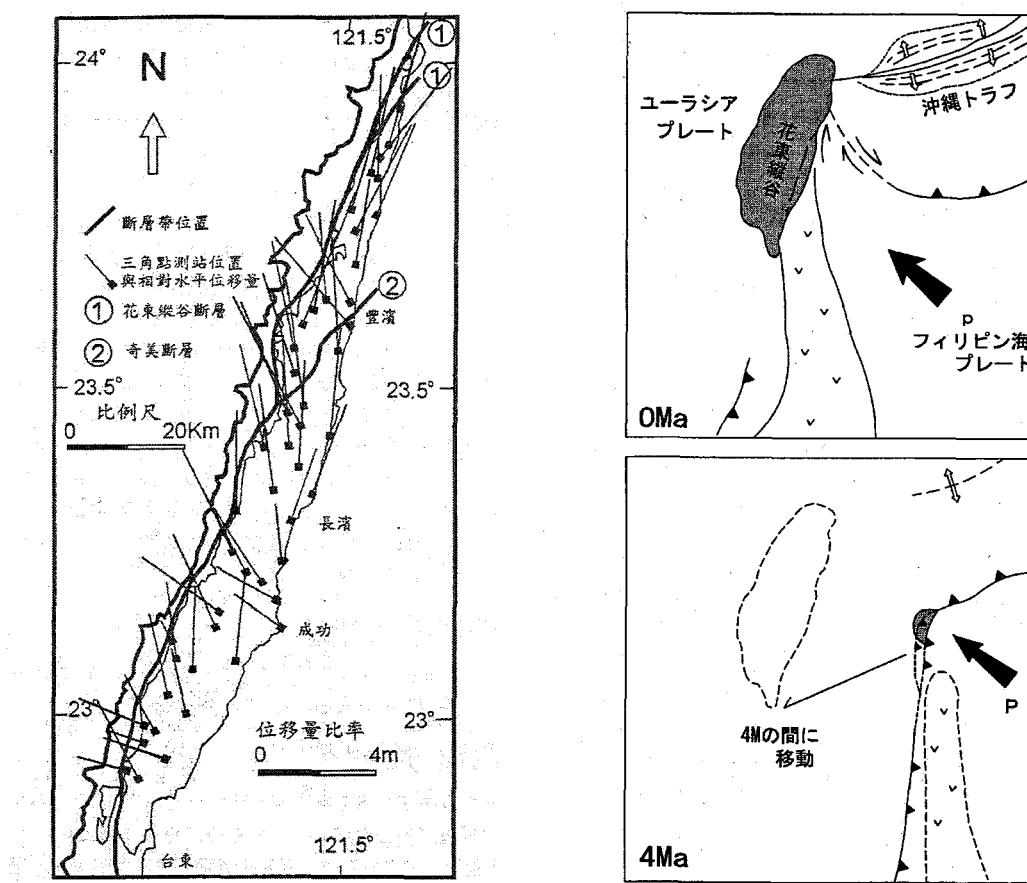


図-10 三角点の移動方向

(中央地質調査所編;「台湾東部海岸山脈地質」より)

図-11 プレート位置の変化

(barrier and angel, 1989に加筆)

### 3.2 台湾北東端～中西部のテクトニクス

図-9で示した圧縮軸(P軸)はN50W-S50E方向を示していた。これは、プレート間応力関係の方向と一致するものである。

一方、集集断層発生時の地震断層沿いのGPS測量結果は[吾妻 崇・他7名(2000)]に示される(図-12)。これによると、地震断層の南側では西方向～西南西方向への移動が多く、北側では北西～北北西方向の移動が見られる。この水平移動方向は、プレート間応力をほぼ素直に反映していると考える。ただし断層北端部は大きく右に屈曲し、これにより水平変位は北方向を示しているなど部分的に予測不可能な状況にある。

### 3.3 地質構造モデル

台湾の地質構造はよく図-13の模式図で示される(Angelier 1986)。この図によるとユーラシアプレートは台湾島南側ではフィリピン海プレートに沈み込み、北側ではフィリピン海プレートがユーラシアプレートに沈み込んでいることを示し、台湾島は両プレートの衝突体として示される。このモデルはプレート境界など大局的視点に問題ないが、以下の2点の欠陥を有する。

- 1) フィリピン海プレート前面が花東縦谷前で完全に消滅している。
- 2) 花蓮縦谷に分布するオフィオライトが表現されていない。

地質構造を示す代表的な模式図3ケースを図-14に示す。以下このモデルの検証を行う。

1960-1986の地震規模と発生地点を図-15に示す。この図によるとプレート境界を中心に地震が発生していることを示す。さらに縦断方向の地震発生地を図-16に示すが、台湾島を横断する方向では、台湾島

の北と南で見られるようなプレート沈み込みの様子が不明瞭である。代わりにC-C'断面に示されるようなLV(花東縦谷)を境とした地震の密度差が認められる。

この地震分布図からフィリピン海プレートはLV付近で止まっていることを示す。

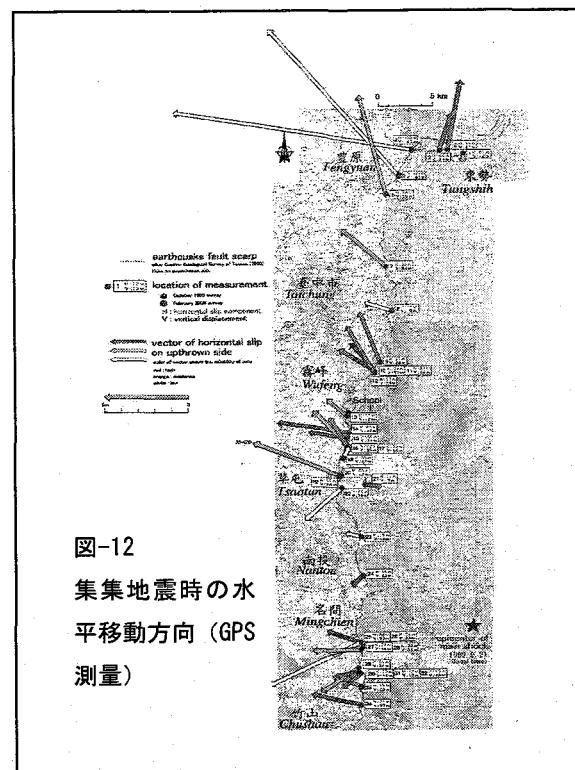


図-12  
集集地震時の水平移動方向(GPS測量)

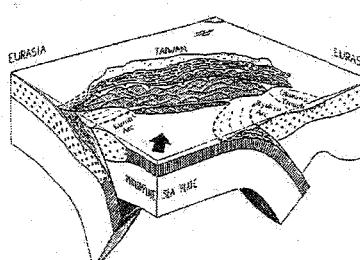


図-13  
台湾周辺プレートの模式図

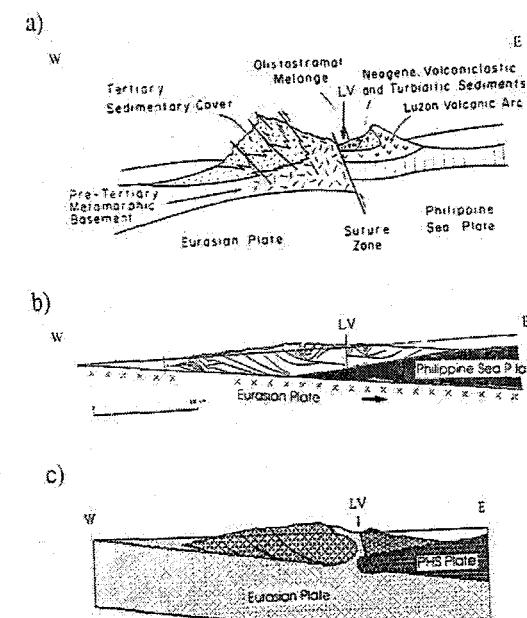


図-14 台湾島の東西断面方向構造モデル

- a) Ho (1986) の衝突モデル
- b) Davis et al (1983) のモデル：フィリピン海プレートはくさび状に入り込み、ユーラシアプレートの搔き出しによる付加が形成
- c) 濑野 (1994) のモデル：フィリピン海プレートの残存、LV沿いのオフィオライトが分布。ブーゲー重力異常、地震分布と調和的なモデル

一方、ブーゲー重力異常図 (Roecker et al. 1987) は、フィリピン海プレート先端が中央山脈に到達していない可能性が高いことを示している。このことから、図-14のC) 図が模式図として合理的と考える。

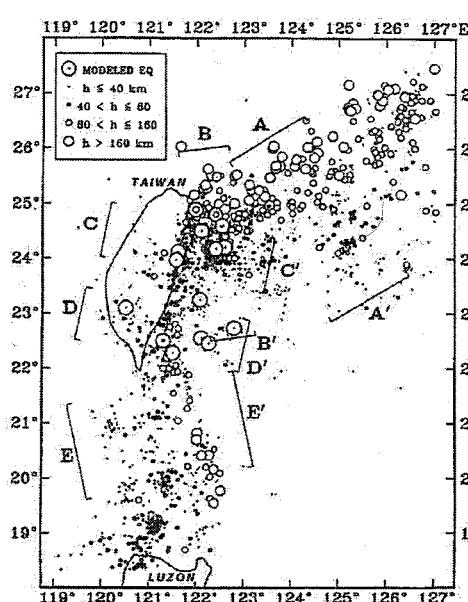


Fig. 4. Seismic activities around Taiwan [Pezzopane and Wesnousky, 1989,  $m_r \geq 3$ , 1960-1986 July, PDE]. Large circles with a dot at the center are the earthquakes of which mechanism solutions are shown in Fig. 9.

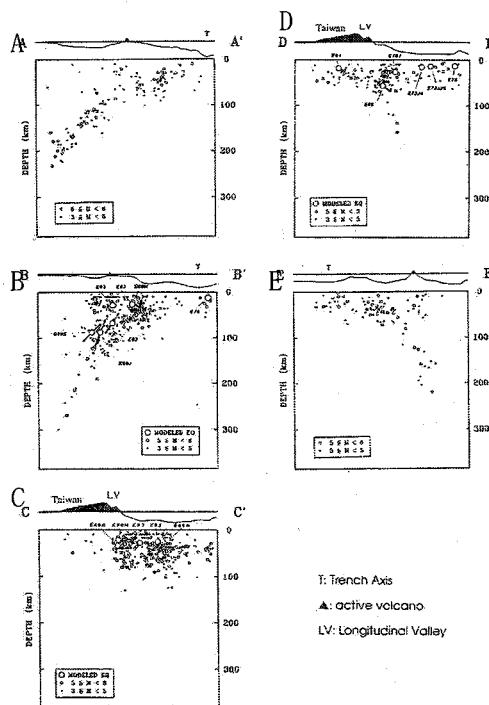


Fig. 5. Cross-sections of the seismic activity along the rectangle areas shown in Fig. 4 [Pezzopane and Wesnousky, 1989]. Large circles denote the  $m_r \geq 6$  earthquakes for which mechanism solutions are obtained. T-axes are shown for intermediate earthquakes.

図-15 台湾周辺の M3 以上の地震発生位置  
(Pezzopane and Wesnousky, 1989)

図-16 各セクションの地震発生位置  
(Pezzopane and Wesnousky, 1989)

### 3. 4 沖縄との比較

台湾と沖縄の各時代の関係を表-1に示し、以下に概説する。

4Ma にはフィリピン海プレートとユーラシアプレートは南北方向の水平横ずれの関係にあり、プレート境界が現在の台湾島西方で大きく折がり、この部分に衝突の場が形成された。2Ma には衝突の場が西方向に移動し、島北東部のプレート境界は湾曲が始まり、東海岸には大きな島が台湾島に付加され、台湾島の原型が出来上がった。

一方、沖縄トラフは 4~5Ma に 1 期活動時期が生じ [古川 1991 など]、本格化する 2 期活動時期はほぼ 2~2.5Ma とされ [飯島ら 2004 など]、両者の形成時代に関連が見出せる。

この類似は 4Ma に生じたフィリピン海プレートの移動方向の変化、2Ma 時に生じた沖縄諸島南部のプレート境界の湾曲部の形成によるものと推測される。

表-1 台湾島の活動と沖縄島・沖縄トラフの活動の比較

年代	台湾島	沖縄トラフ	沖縄島
6.5 Ma	プレート間衝突は発生していない。フィリピン海プレートは北上している。	沖縄トラフの活動はない。中国大陸の供給土砂により島尻層群が堆積。	沖縄島は 3000m クラスの山脈を有する (黒田: 1996)
4 Ma	フィリピン海プレートの移動は北西方向へ変化する。プレート間衝突が始まる。	第 1 期活動 沖縄トラフの初期的活動。	山脈の高度低下
2 Ma	海岸山脈の付加が終わる。台湾島の北東沖のプレート境界は弓なりに屈曲を始める。	第 2 期の活動 沖縄トラフの活発な活動が始まる。	1.2 Ma から琉球石灰岩の堆積が始まる。

#### 4. おわりに

台湾島のような活動的な地域では、局所的な応力場の形成が無視できない。応力場の解析は断層・節理などの現地に刻まれる地質情報と地震・GPSなど測量情報の重ねあわせが有効であることを示したが、台湾では、割れ目解析等の構造地質の応用はあまり活発では無い。このような視点から、本報告を台湾の地質調査所に送付し、議論の発端とする予定である。

#### 5. 謝辞

本報告を行うにあたり、台湾地質調査所黄鑑水先生には現地でのご教示、ご議論いただいた。九州電力㈱中川英明氏には台湾島の地質全般に関するご教授いただき、多くの文献を紹介いただいた。八千代エンジニアリング株式会社の宮崎精介氏には、粗稿を読んでいただき有益なご指摘をいただいた。八千代エンジニアリング㈱古市久氏ならびに現地で同室であった花村修氏をはじめ、九州応用地質学会台湾巡検参加者の方々には議論・提言をいただいた。ここに記して、感謝の意を表します。

#### 引用文献

- 1) Angelier, J., 1986, Preface, *Tectonophysics*, 125, IX-X.
- 2) Barrier, E. and J. Andrlier, 1986, Active collision in eastern Taiwan: the Coastal Range, *Tectonophysics*, 125, 39-72.
- 3) 古川雅英, 1991, 琉球弧と沖縄トラフの発達史とくに沖縄トラフの形成年代について. 地学雑, 100, 552-564.
- 4) Hue, T. L., 1962, resent faulting in the longitudinal Vally of eastern Taiwan, *Mem. Geol. Soc. China*, 1, 95-102.
- 5) 徐 紀人(1999):南海トラフから台湾東部沖までの広域におけるサイスモテクトニクス, JAMSTEC 深海研究, 14, 363-370, (海洋科学技術センター)
- 6) 飯島康夫・金折裕司・佐野弘好, 2004, 琉球列島久米島の後期鮮新世玄武岩中のネプチュニアンダイク. 地学雑, 110, 497-500
- 7) Jean letouzey ., masaaki kimura., 1986. The Okinawa trough: genesis of a back-arc basin developing along a continental margin. *Tectonophysics* , 125: 209-230
- 8) 黒田澄美雄・黒澤智生, 1996, 花粉と海生動物化石からみた琉球列島の第四紀の環境変動. 月刊地球, Vol18 , No. 8, 516-523
- 9) 太田洋子・岡田篤正, 1984, フィリピン海島弧系 I, アジアの変動帯, 藤田和夫編, 海文堂, 147-177.
- 10) Seno, T., S. Stein and a. e. Gripp, 1993, A model for the motion of the Philippine Sea plate consistent with NUVEL-1 and geological date, *J. Geophys. Res.* , 98, 17941-17948
- 11) 高田 陽一郎ほか8名, 2002, 台湾のテクトニクス(2):構造発達のシナリオ(T043-020) (演旨), 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, T043-020
- 12) 陳文山・王源, 1996, 台湾東部海岸山脈地質, 経済部中央地質調査所編.