

## ヤップ海溝北端部の海底地形†

岩淵 洋\*・吉岡真一\*・浅田 昭\*

### SUBMARINE TOPOGRAPHY OF THE NORTHERN END OF YAP TRENCH†

Yo Iwabuchi\*, Shinichi Yoshioka\* and Akira Asada\*

#### Abstract

Hydrographic department conducted narrow multi beam bathymetric survey in the trench junction between the Yap trench and the Mariana trench. The survey area includes the western end of Caroline ridge, the western end of the Mariana trench, and the northern end of the Yap trench.

The Yap trench has no sediment on the trench axis except for its northern end. However, several bench in the water depth of 5000m to 6800m are recognized on the lower trench slope of the Yap arc. The Mariana arc also has a bench on its trench slope. The bench of the Mariana arc is composed from NW-SE trending micro ridges and troughs in echelon. This can be explained by the strike slip motion between the Pacific plate and the Mariana arc. Upper trench slope of the Yap and Mariana arc is simple gradient. However, the Caroline ridge is covered with irregular ups and downs. This feature suggests the geological difference between the Caroline ridge and the Yap or Mariana ridge.

A small ridge locates on the arc junction. The ridge has 30km length and 20km width. The Yap arc and the Mariana arc is connected by the ridge. Normal faults are recognized on the back of the ridge. The largest fault has N20°W trend, and displacement is more than 1500m. These faults are evidence of extension force between the Yap arc and the Mariana arc.

#### 1. はじめに

海上保安庁水路部は、西太平洋共同調査 (WESTPAC) の一環として、フィリピン海を縁どる海溝の海底地形、重力等の調査を行っている。1988年及び89年調査では、ヤップ海溝北端部の調査を行った。ここでは、この測量によって明らかにされた、シービームによる海底地形について報告するとともに、地形について若干の考察を試みる。

#### 2. 調査の概要

調査はいずれも測量船拓洋によって行われた。測深はナローマルチビーム測深機 (シービーム) により、測位はGPS, NNSS, ロランC等からなる複合測立装置により行った。本報告ではふれないが、同時に海上重力計による重力測量も実施している。調査の概要は次のとおり。

---

† Received 30th January 1990

\* 海洋調査課 : Ocean Surveys Division

## 1988年調査

1988年2月29日～3月2日

現地作業班 班長 橋本堅 (拓洋船長)

班員 拓洋乗組員, 堀健一ほか海洋調査課員4名

測深延長 820浬

## 1989年調査

1989年2月26日～28日

現地作業班 班長 福田泰介 (拓洋船長)

班員 拓洋乗組員, 石井春雄ほか海洋調査課員4名

測深延長 490浬

測線は東西方向, 測線間隔は2浬である。これにより, 水深4,500m以深の海域はシービームによって完全にカバーされている。調査航跡を第2図に示す。海中における音速度の改正はCarter (1980) により行った。

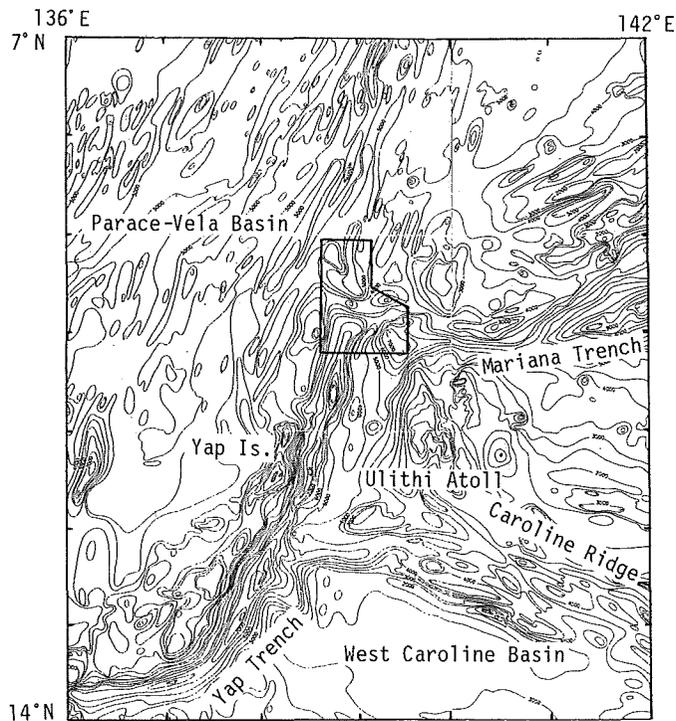


Figure 1. Topography of the Yap-Mariana junction. (JODC, 1984) The box shows the surveyed area.

## 3. 地形概要

フィリピン海南部の地形 (JODC, 1984) を第1図に示す。ヤップ海溝はフィリピン海を縁どる海溝のうち, 南東部に位置しており, 総延長700kmの比較的小さな海溝である。しかし, 海溝延長はさほど長くないにもか

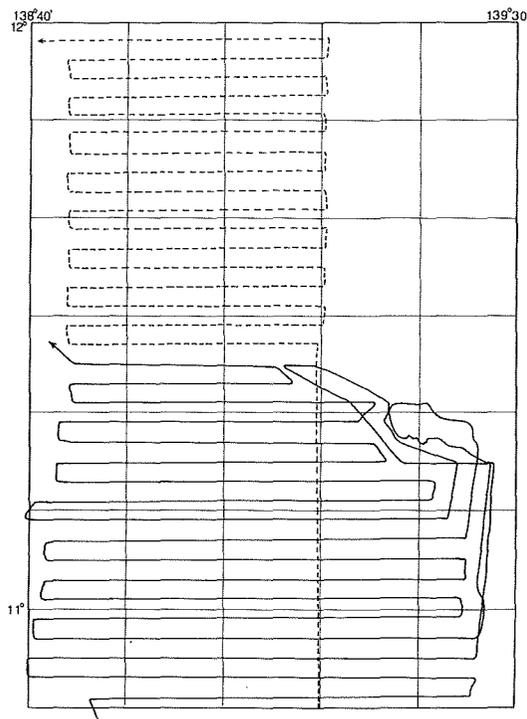


Figure 2. Track lines of the surveys A solid line is in the survey in 1988, and a broken is in 1989.

かわらず、大きく湾曲している。海溝の走行は北端部でN20°E, 南西端ではE—Wと70°も方向を換える。海溝最深部はヤップ(諸)島の南110kmにあり、水深は理科年表(1989)によると8,527mである。ヤップ海溝はその南西の隣に位置するパラオ海溝とともに、海溝軸と島弧の距離が小さな特異な海溝である。島弧(陸棚)から海溝軸までの距離は、フィリピン海の北西縁である南海トラフや南西諸島海溝、さらには東縁をなす伊豆・小笠原海溝や、中部以北のマリアナ海溝では100~150kmである。ヤップ海溝ではこの距離が35kmしかない。これはパラオ海溝とともに世界で最も海溝までの距離が近い海溝であろう。島棚から海溝軸までの距離が100kmに満たない海溝はフィリピン海溝、ニューブリテン海溝、中米海溝、ペルー・チリ海溝、スング海溝などがある。これらの海溝は、収束速度や収束するプレートの種類、年代などに統一した特徴がないため、海溝軸が陸棚に近いことが何を意味するのかはよくわからないが、いずれにせよヤップ海溝の特異性の一つであることは言えよう。

マリアナ海嶺はフィリピン海の東縁をなす海溝の一つである。この海溝は大きく屈曲しており、北部の走向はN40°Wであるのに対し、南西端ではN80°Wと320°も方向を転ずる。この結果、太平洋プレートとの関係は、北部、中部ではプレートの収束境界となっているが、南部ではほとんど収束することなく右横ずれとなる(Plate tectonic map 1981)。

カロリン海嶺は全体としてはN70°Wの走向である。JODCの海底地形図(JODC, 1984)によれば、カロリン海嶺は、その西端の陸地であるウルシー環礁までは600kmにわたって、西北西—東南東に伸びる直線的な一続きの高まりとなっている。ウルシー環礁の西側では海嶺が途切れており、南北性の高まりとなっている。しかしこれは、カロリン海嶺東部では測深データが少ないため、海嶺が連続しているように描かれ、西側では比較的データが多いため、海嶺が切れているように表現されている可能性がある。一つの海嶺が、全く切

れ目のない高まりとは限らない。全体の地形から考えて、ヤップ海溝と接する、ウルシー環礁西側の南北の高まりも、カロリン海嶺の一員と考える方が自然であろう。よって本小文では、この高まりもカロリン海嶺と呼ぶことにする。

マリアナ、ヤップ両弧の背弧には西マリアナ海盆（パレスーベラ海盆）がある。この海盆の中央にはパレスーベラリフトと呼ばれる細長い凹地がN20°Eの走向で見られる。Mrozowski and Hayes(1979)はこのリフトを中心として対称な地磁気異常を同定し、これが拡大の中心だとした。このリフトは、彼等によれば、16°N付近で東側に雁行し、ヤップ海溝の延長部に続くものとしている。

#### 4. 調査結果

調査海域は、ヤップ島の北東170kmに位置する。(第1図)この海域は、マリアナ海溝とヤップ海溝が接合しており、全体としては海溝は直角に折れ曲っている。マリアナトラフはその南側が開いているように見え、本調査海域に含まれるマリアナ弧西端部は、田山(1952)によればマリアナ海嶺であるが、Dietz(1954)は、西マリアナ海嶺の延長部としている。ヤップ海溝とマリアナ海溝の接合部の南東にはカロリン海嶺が位置している。

今回の調査の結果作成された海底地形図を第3図に示す。原図の縮尺は1/20万である。等深線間隔は50m、UTM図法で描かれている。また第4図には、同海域の海底地形縮小図を示す。ヤップーマリアナ両海溝接合部を南側55°から俯瞰したもので、深さ方向は3倍に誇張してある。この海域は大まかに、ヤップ弧(YA)、マリアナ弧(MA)、カロリン海嶺(CR)、海溝接合部の北の高まり(WMS)、およびその北側の海域(NB)の5つの地形区に区分できる(第5図)。また、ヤップ弧、マリアナ弧はそれぞれ前弧の部分がさらに区分される(YAfa, MAfa)。各地形区の特徴を次に述べる。

##### ヤップ弧(YA)

この海域では、ヤップ海溝は水深7,000~8,300mで、調査の範囲内では海溝の北側終点が最も深くなっている。海溝中軸部は南部にはベンチが見られないが、北端部ではわずかにベンチが見られる。この特徴は、南に隣接するパラオ海溝北端の地形(加藤ほか1985)と非常によく似ている。海溝軸に沿った地形プロファイル(第6図)を示す。海溝北端部で堆積物を取除いたとすると、水深は約8,600mとなる。ヤップ弧側海溝斜面は、水深5,000~5,400m, 5,900~6,000m, 6,700~6,800mにそれぞれベンチが見られる(YAfa)。ヤップ弧側海溝斜面の平均傾斜は、ベンチより上で約17°なのに対し、ベンチから海溝軸までの間は8°と傾斜が小さくなっている。

##### マリアナ弧(MA)

ヤップ海溝との接合部からN80°W~N60°Wの方向で東へ続いている。海溝軸が方向を換えるのは、カロリン海嶺が海溝軸と接しているためである。海溝軸はヤップ海溝よりもやや堆積物が多い。海溝軸に沿ったプロファイル(第6図)を見るとマリアナ海溝でも、海溝の終点が深くなっている。陸側海溝斜面には水深6,000~6,500mの間にベンチが見られる(MAfa)。このベンチは、雁行する細長い高まりと、その間の凹地からなっている。この細長い高まりの走向は、海溝の西端ではN45°Wであるが、次第に方向を換え調査海域東端では、N30°Wとなる。ベンチより上の海溝斜面は、調査を行った水深1,000m付近までの間、単調な傾斜となっている。その平均傾斜は約17°である。今回の測量では確認できなかったが、海図には11°18'N, 139°20'Eに、水深32mの浅所が記載されており、その付近には54mの報告水深もある。この浅所が存在するとすれば、海水準低下期には海面上にあり、マリアナ弧の最西端の島だったことになる。この島は海溝軸までわずか28

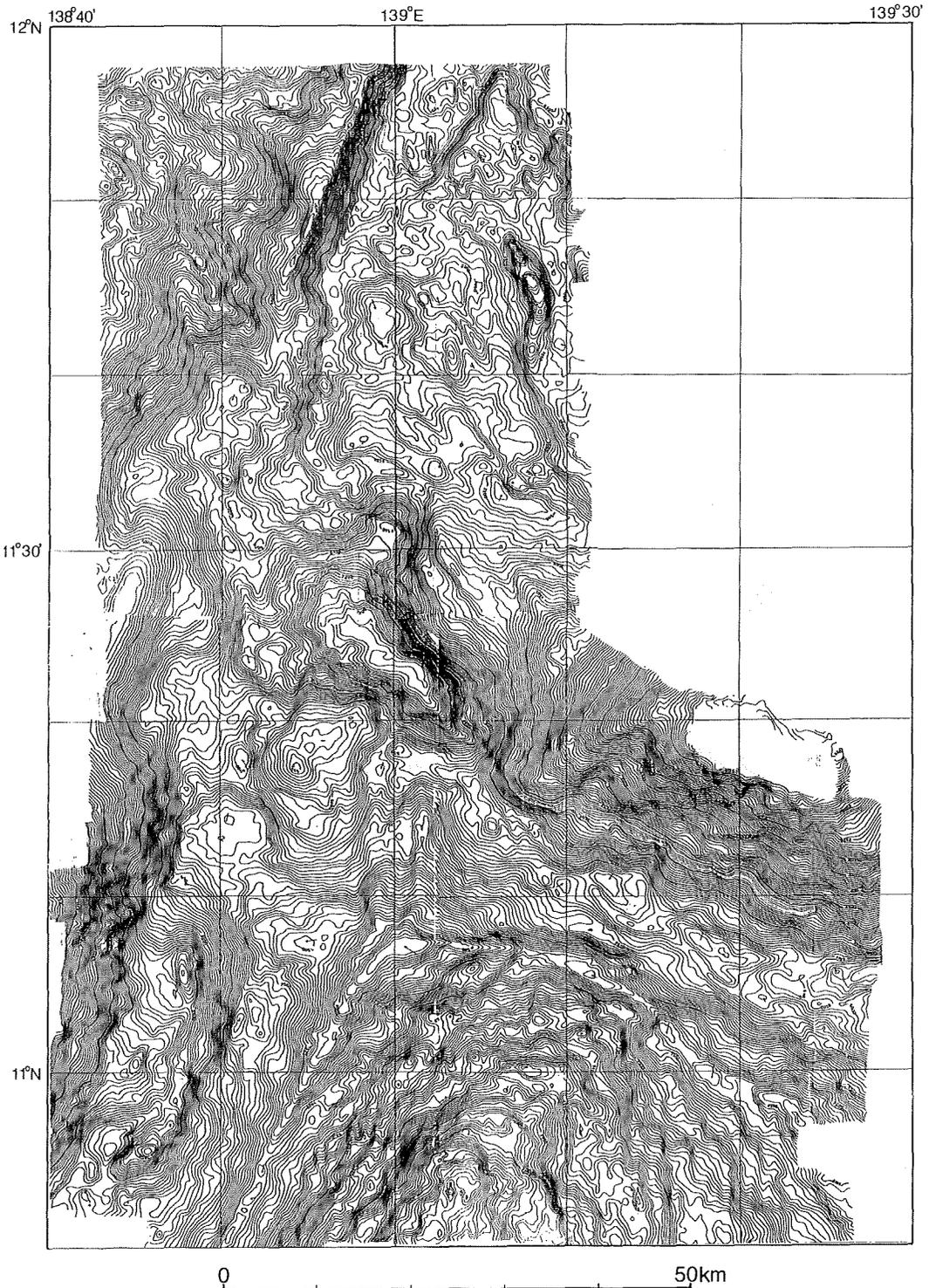


Figure 3. Detailed bathymetry of the northern end of Yap Trench. Contour interval is 50m.

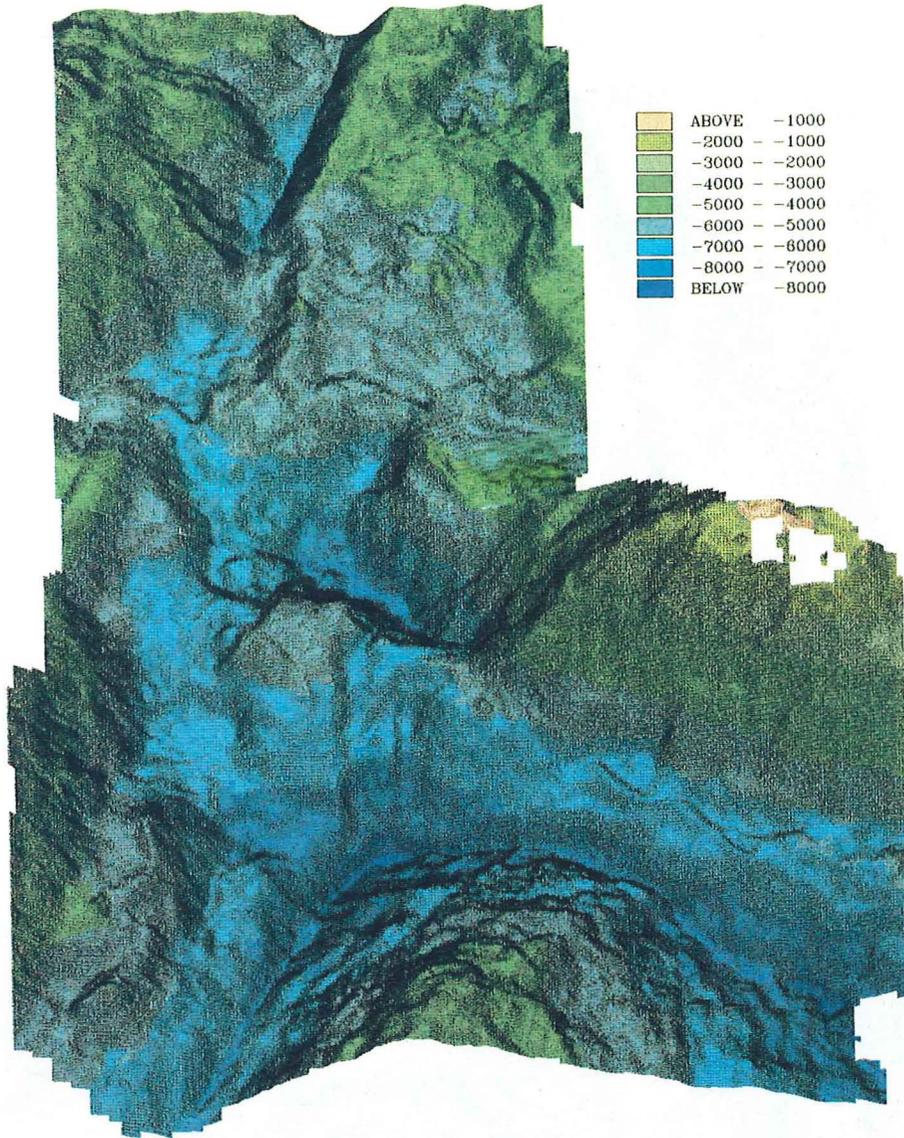


Figure 4. Whale-eye's view map of the northern end of Yap Trench. Vertical exaggeration is 3×.

kmの距離に在り、おそらく島弧と海溝が、世界中で最も接近している場所であろう。

#### カロリン海嶺 (CR)

ヤップ、マリアナ両海溝の大洋側に相当する所にカロリン海嶺が位置する (本論ではこの高まりはカロリン海嶺の一員であるとしている)。この高まりはKimura et al. (1989)は、“outer swell”と表現している。これが水深8,000mの海溝底から、少なくとも調査を行った水深3,500m付近までは追跡される。大洋底側の比高は約1,500m、傾斜も約5°とかなり急である。海洋プレートのベンディングによる“outer swell” (海溝周縁隆起帯) の大洋底側の傾斜は、一般的にはきわめて傾斜が小さいものであるので、この高まりは、プレー

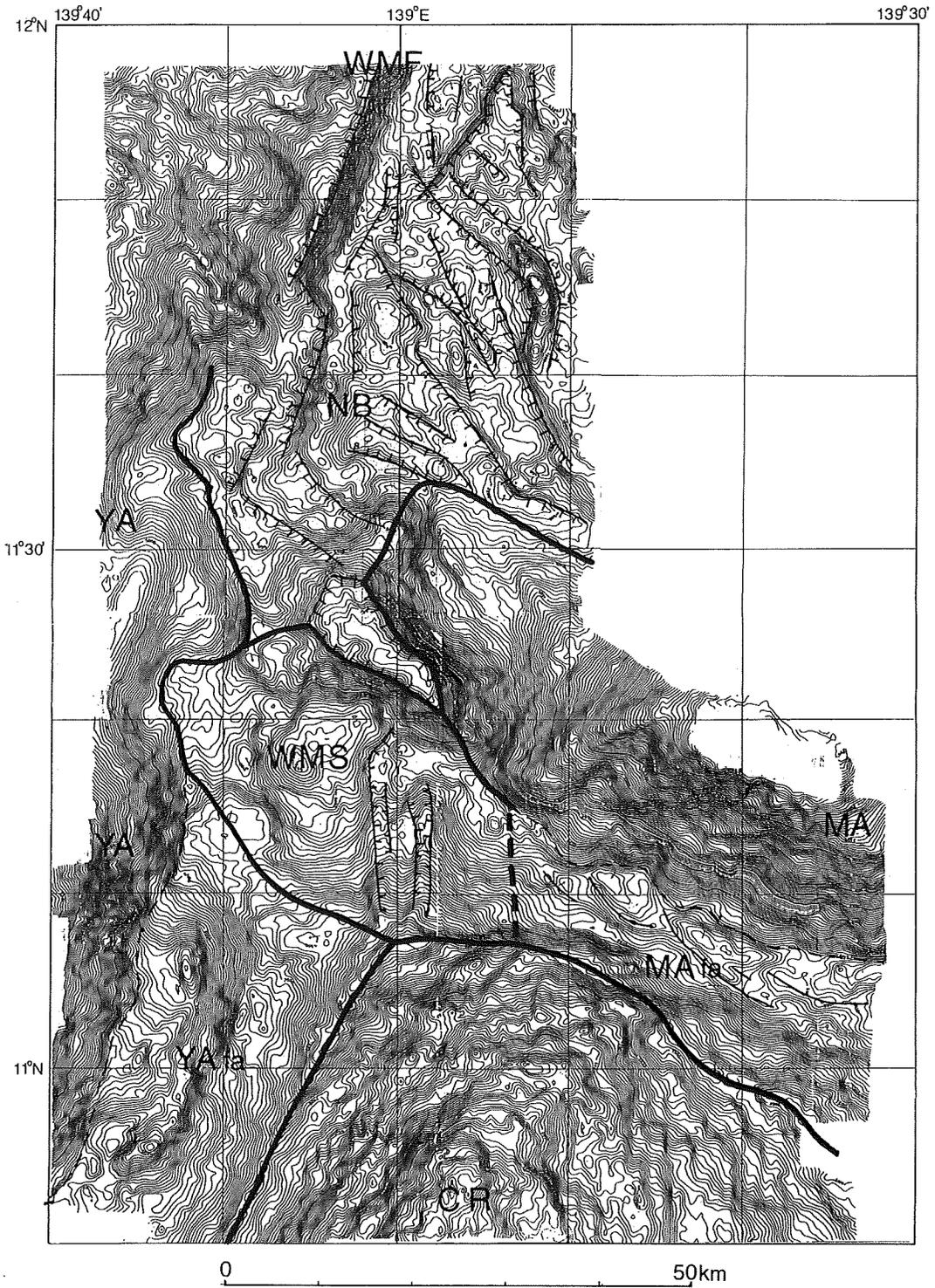


Figure 5. Landform classification. YA : Yap arc. YAfa : Yap forearc. MA : Mariana arc. MAfa : Mariana forearc. CR : Caroline Ridge. WMS : West Mariana saddle\*. WMF : West Mariana Fault\*. NB : Northern Basin. (\* tentative name)

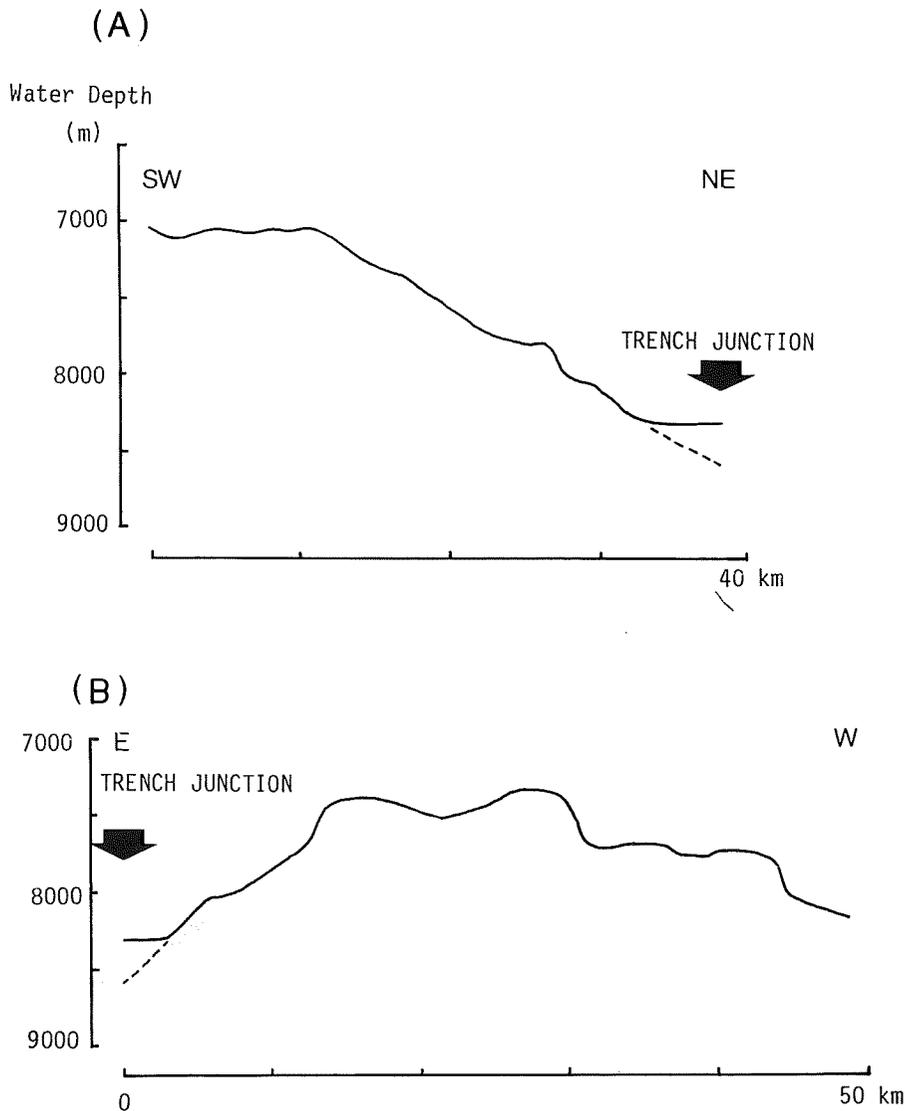


Figure 6. Topographic profiles along the trench axis. Broken lines show hypotheses profiles below the sediment. (A): Yap Trench (B): Mariana Trench

トのベンディングにより形成されたものではなく、前述のとおりカロリン海嶺の一員であろう。カロリン海嶺はまさに海溝接合部では海溝と接しているらしい。この海嶺の斜面は比高100m程度の、不規則な起状に覆われている。この地形は、比較的単調なヤップやマリアナの海溝斜面とは著しい対比を見せている。地形の違いは、両者の地質の違いを反映しているものと思われる。

#### 海溝会合部北側の高まり (WMS)

海溝接合部の北側は、比較的傾斜の小さな東西に伸びた高まりとなっている (WMS)。この高まりは、長さ30km、幅20km、比高1,000~1,500m程度である。WMSによってヤップ弧とマリアナ弧が繋がっている。WMSの頂部は平坦面となっており、中央には南北20km、東西15kmの高まりがある。この高まりの南東斜面には、南北方向の地溝が見られる。海溝の定義を「水深6,000m以深の細長い深み」とすると、ヤップ海溝或

いはマリアナ海溝は、両者の会合部を越えてさらに北に伸びていることになる。

#### 海溝接合部北側 (NB)

WMSの北側のエリアで最も顕著な地形は、調査海域北端に見える断層崖(WMF)である。この断層の走向はN20°E、西落の落差は1,500m以上に達する。断層が25km以上にわたり極めて直線的に伸びていることから、WMFは正断層であろう。断層の上盤にあたる、マリアナ弧の背弧のエリアは東に傾動し、断層地形がその他にも数多く見られる(第5図)。これら断層群の走向は、北部ではN30°Wだが、11°40'N付近ではN—S方向のものが多く、その南側ではNW—SWのものが卓越する。それに対し、WMFの西側では断層地形は認められない。このエリアで次に目に付くのは、WMSの北西側の凹地である。特にその北東斜面は平均傾斜40°、比高2,500mに及ぶ急崖となっている。凹地の底は水深7,680mである。

#### 5. 考察

ヤップ島に変成岩が見られることは、田山(1935)によって報告されていた。その後1970年代になって、ヤップ島付近の海底からも、変成岩や超塩基性岩がドレッジされた(Bagdanov, et al. 1977, Hawkins and Batiza 1977)。1986, 87年に、東京大学海洋研究所「白鳳丸」の航海(KH86-1, KH87-3)で、ヤップ周辺海域のドレッジ、音波探査等の調査が行われた。この結果から、藤岡ほか(1989)は、ヤップ海溝陸側斜面の3,800mと6,000mの所に傾斜の不連続が認められ、これによって海溝斜面は3つの地形区に分けられるとした。さらにこの地形区それぞれ、ドレッジされる岩種が異なると指摘した。藤岡ほか(1989)は、42Maに太平洋プレートの運動方向が変わった結果、ヤップ弧側のフィリピン海プレートが太平洋側のプレートに衝突し、ヤップ弧側海溝斜面でフィリピン海の地殻の断面が見られるのだと説明した。今回の測量では、ヤップ弧海溝斜面の水深約4,000m以深のエリアしか調査していないため、藤岡らの言う地形区のうち、下部の2区しか観察されていないことになる。このため、水深3,800mに傾斜の不連続があるかどうかはわからないが、水深5,000~6,800mの間には明瞭なベンチが認められた。パラオ海溝でも同様に海溝斜面にベンチが認められる(加藤ほか, 1986)。パラオ海溝では、海溝底に堆積物が多い部分(海溝底の平坦部が広い所)にはベンチが発達し、海溝底に堆積物が見られない南部では、ベンチも小さくなっていることから、プレートの沈み込みにともなう付加帯と考えられる(加藤ほか, 1986)。ヤップ海溝では、海溝底に堆積物がほとんど認められないにもかかわらずベンチが発達している。ヤップ海溝でも、かつては海溝軸を堆積物が埋めており、付加帯を形成していたのか、あるいは、このベンチは付加帯ではなく、藤岡ほか(1989)の想像するかつての下部地殻が露出しているのかもしれない。

NBでは、Nishiyama et al. (1986)によってマルチチャンネル音波探査が行われている。この結果から彼らは、マリアナ弧がヤップ弧の延長部の下に沈み込んでいるとした(Nishiyama et al. 1986, 瀬野ほか, 1987)。今回の調査の結果、これは誤りで、東側(ヤップ側)が正断層で落ちていることが明らかになった。WMSの北東側の凹地も、陥没凹地であろう。ヤップ弧とマリアナ弧の間は、マリアナ弧あるいはマリアナ前弧が、ヤップ弧の下に沈み込む圧縮の場ではなく、正断層を作る場にある。マリアナ弧がヤップ弧に対し、相対的に後退しているため正断層が形成されている。この原因についていくつかの仮説を立てた(第7図)。1)カリリン海嶺の衝突によるヤップ弧の後退。2)フィリピン海スラブの沈み込みによる西側からのスラブ・ブルのため、応力の集中しやすいプレートの角の部分に裂け目を作った。あるいはかつての拡大軸が弱線となって断層を作った。3)マリアナ弧が大きく屈曲して行き、マリアナ弧中部以北は反時計回りに、マリアナ弧西端部は時計回りに少し回転した。このためマリアナ弧西端は東に動きヤップ弧との間にすきまを生じた。4)マリ

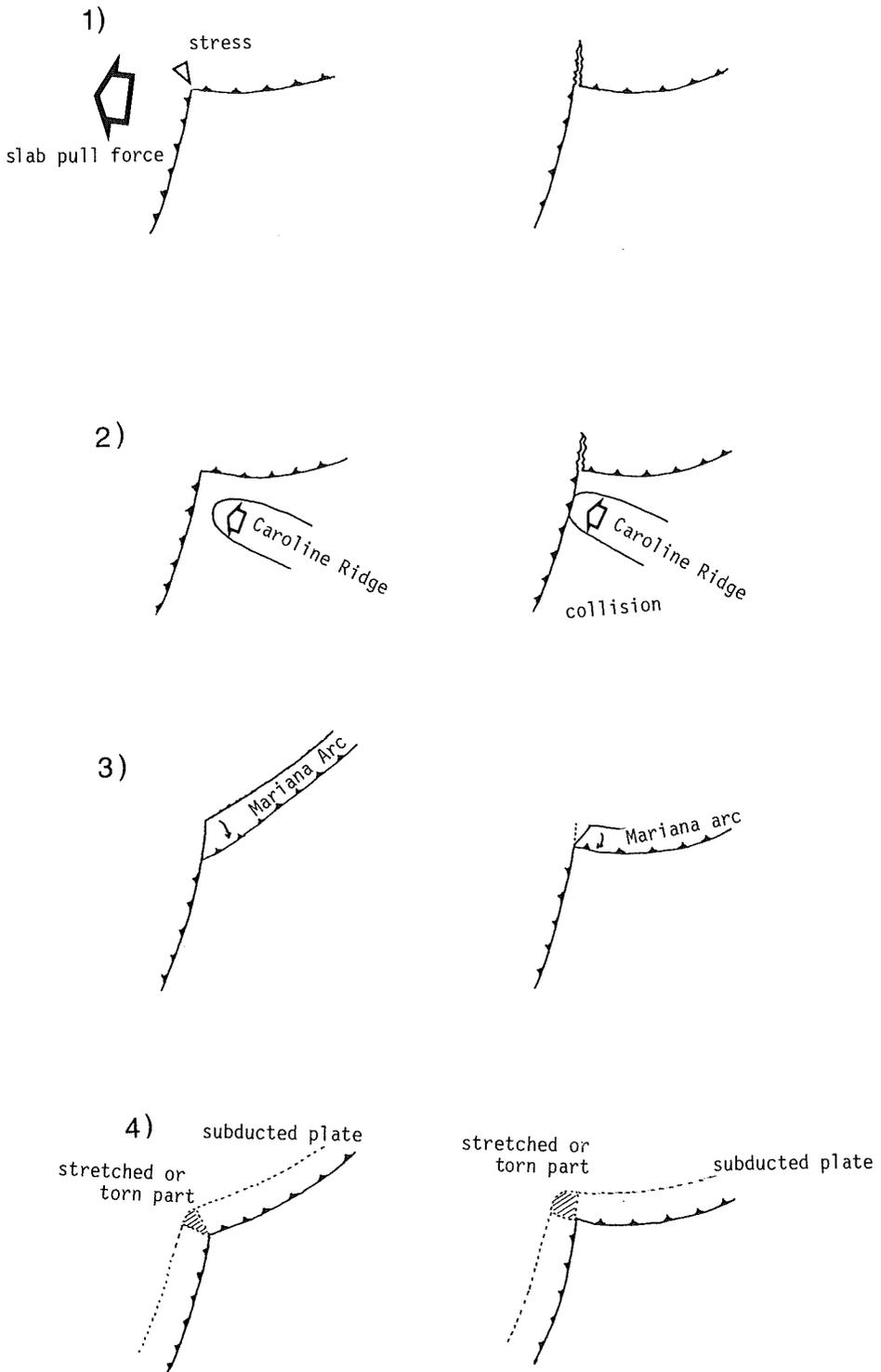


Figure 7. Supposed models of West Mariana Fault. 1) : Concentration of the stress by slab pull force of the Philippine sea plate. 2) : Collision of the Caroline Ridge. 3) : Clockwise rotation of the Mariana arc. 4) : stretched or torn oceanic plate because of convex subduction.

アナ弧の屈曲に伴い、海溝会合部では沈み込んだスラブが、マリアナ側とヤップ側とに引伸され、あるいは裂けて上盤の地殻が陥没した。ただし現在の海底地形では、カロリン海嶺はヤップ弧と衝突しておらず、ヤップ弧の海溝斜面にも過去の衝突を示唆するような地形は認められない。このため 1) の仮説については、その前提条件に問題があるかもしれない。マリアナ海溝斜面に見られる雁行する高まりは、太平洋プレートとの左横ずれによって形成された forearc sliver (Kuramoto and Konishi, 1989) であろう。マリアナ海溝西端では、海溝部は右横ずれの運動が卓越するプレート境界となっている。著しい横ずれのため forearc sliver が形成されるのであろう。3) の仮説では太平洋プレートとの右横ずれだけでなく、さらにマリアナ弧西端部の回転による shear も地形の形成に関与していることになる。マリアナ前弧の雁行する地形が、東に向かうにつれて方向をかえるのはマリアナ弧西端部の回転の現れとも考えられる。

マリアナ前弧が、マリアナ弧に対しても右横ずれに西進するとすれば、当然ヤップ弧と衝突することになる。Nishiyama et al. (1986) はこれを解消するために、マリアナ前弧がヤップ弧の下に沈み込んでいるとした。今回の調査の結果このような動きではなく、マリアナ前弧はヤップ弧の下に沈み込むことなく、その前縁にかき寄せられ、WMS に見られる高まりとなった。その後ヤップ弧が相対的に後退する動きが卓越したため、WMS を南北に切る正断層すら形成されたと考えられる。

苫小牧沖や宮崎沖の海溝会合部では、低重力異常帯が海溝の延長上に陸側に向って線いている。苫小牧沖の海溝会合部では、千島弧の前弧部分が西進し、東北日本弧の下に沈み込んでいるという考えがある (Kimura, 1986, 瀬野ほか, 1986 など)。苫小牧沖や宮崎沖では堆積物の供給が多いため、もとの構造が埋没してしまい、テクトニクスを解明することは容易ではない。しかしヤップ弧やパラオ弧では堆積物も少ないため、構造の解明がより容易であろうと思われる。ヤップ海溝での知見から考えられた、海溝会合部の延長上にある凹地の成因についての仮説を、苫小牧沖や宮崎沖にあてはめると、1) 島弧側のプレートの西進、2) 海嶺の衝突、3), 4) 背弧海盆 (日本海) の拡大に伴う島弧の回転と、それぞれ言換えることとなる。苫小牧沖や宮崎沖に、共通の背景として適するモデルは、島弧の回転に理由を求めることがこの中では良いとは思われるが、それ以外にもたくさん可能性があると思われる。海溝会合部の構造発達史を類推するためには、海溝会合部の知見を増やし、もっと別のモデルを用意する必要があるのかも知れない。

## 謝 辞

今回の調査に従事された、橋本堅、福田泰介の両拓洋船長をはじめ、拓洋乗組員、海洋調査課堀健一、石井春雄、小田勝之、井本泰司、伊藤敦史、田中和人、寄高博行の各官に深く感謝します。

## 参 考 文 献

- Bagdanov, L. et al. : Initial reports of the geological study of oceanic crust of the Philippine sea floor, Ophiolite, Vol. 2, p.137-168. (1977)
- Carter, D. J. T. : Echo-sounding Correction Table, NP139, 3rd. ed., Hydrog. Dep., Ministry of Defence, Taunton. (1980)
- Circum-Pacific Map Project : Plate tectonic map of the Circum Pacific region, A. A. P. G., Oklahoma. (1981)
- Dietz, R. S. : Marine geology of Northwestern Pacific : Description of Japanese bathymetric chart 6901,

- Bull. Geol. Soc. America, Vol. 65, p. 1199—1954. (1954)
- 藤岡換太郎・木村学・竹内章：ヤップ島の形成史とフィリピン海プレート南端部のテクトニクス—試論—, 地学雑誌, Vol. 98, p. 66—74. (1989)
- Hawkins, J. and R. Batiza : Metamorphic rocks of the Yap arc-trench system, Earth Planet. Sci. Letter., Vol. 37, p. 216—229. (1977)
- 加藤茂・加藤剛・浅田昭：パラオ海溝北部の詳細な海底地形, 水路部技報, No. 4, p. 8—16. (1986)
- Kimura, G. : Oblique subduction and collision : Forearc tectonics of the Kurile arc. Geology, 14, p. 404—407. (1986)
- Kuramoto, S., Konishi, K. : The Southwest Rhykyu Arc is a migrating microplate (forearc sliver). Tectonophysics, 163, p. 75—91. (1989)
- Mrozowski, C. L., Hayes, D. E. : The evolution of the Parece Vela Basin, Eastern Philippine sea, Earth. Planet. Sci. Letters, 46, p. 49—67. (1979)
- 日本海洋データセンター：北西大西洋海底地形図, JODC SP No. 2, 海上保安庁水路部.
- Nishiyama, E., Tokuyama, E., Tamaki, H., Katao, H., Kuramoto, S., Syehiro, K. : Seismic Reflection Survey, Preliminary Report of the Hakuho-MarU Cruise KH86—1, 18—29. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo. (1986)
- 瀬野徹三・木村学・小林洋二：島弧会合点は三重会合点か?, 地震学会昭和61年度秋期大会講演予稿集, (1986)
- 瀬野徹三・木村学・徳山英一・西山英一郎：マリアナーヤップ, ヤップ—パラウ会合点のテクトニクス, 地震学会昭和61年度秋期大会講演予稿集, (1986)
- 田山利三郎：ヤップ群島 (Yap Islands) の地形・地質並びにサンゴ礁, 東北帝大理地質古生物研究部邦文報告, Vol. 19, p. 1—43. (1935)
- 田山利三郎：南洋群島の珊瑚礁, 水路部報告, Vol. 11, p. 1—292. (1952)