太平洋周辺地帯にみられる第四紀地殻変動の諸様式

貝 塚 爽 平*

Types of Quaternary Crustal Movements in the Circum-Pacific Zone

Sohei KAIZUKA*

Abstract

Various types of crustal movements are distributed in the mobile belts of the Circum-Pacific zone, which occur mostly along the subduction plate boundaries (cf. Table 1), and partly along the collision, transform fault, and divergent plate boundaries. Types of Quaternary crustal movements are fairly well recognized through tectonic landforms; hence, types of tectonic landforms are treated as visible figures of crustal movements.

Large scale tectonic features are classified by the concept of plate tectonics as shown in Fig. 1, and types of them are designated by abbreviations in the same figure. Compressional and extensional stress regimes are important criteria of the classification, therefore, features of Uyeda's two end members (two typical types) of subduction are compared in Fig. 2, and the Jarrard's seven strain classes in the upper plate of subduction boundary, which are cited in Table 1, are shown in Table 2. Neutral stress regime of subduction (Sn, strain class 4 in Table 2) should be added in Fig. 1, but the judgement of "neutral" is not easy task in practice. Oblique subduction and oblique transform fault are common as seen in the plate boundaries of Fig. 4; two contrasting tectonic features seen in forearc and back-arc under oblique subduction are shown in Fig. 3.

Quaternary crustal movements around the Pacific Ocean and Philippine Sea are reviewed briefly, and their types of movements are given by the abbreviations in Fig. 4.

I. はじめに

太平洋の周辺地帯は、主として海洋プレートの沈み込みに伴う変動帯、すなわち島弧または大陸縁弧型の変動帯であるが、一部には陸的プレート間の衝突やトランスフォーム断層に伴う変動も生じている。沈み込みには、陸側を圧縮するものと伸張させるものもあるし、海嶺などの陸的プレート部分が沈み込む浮揚性沈み込みもある。また、斜め方向への沈み込みに伴う変動は各地にあらわ

れている。

変動は 10^7 年以上にわたって（形を変えもしながら）継続してきたところが多いから、第四紀地殻変動だけを取り扱うのはむずかしいが、変動帯では大きな地形のかなりが第四紀に形成されたことが知られているから、ここでは地形を主な材料として地殻変動にどのような型がみられるかを示したい。太平洋の周辺は沈み込みを主とする変動地形の比較研究にとって格好の場所である。

沈み込み変動帯の比較にもとづく機構論・発達

* 元東京都立大学理学部地理学教室

* c/o Department of Geography, Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University

図 1 活動的大陸縁でみられる大規模な変動の型
Fig. 1 Types of large scale tectonic features along active plate margins

史論は、上田・金森 (1978) をはじめとする諸研究があり、私も島弧海溝系の大地形をプレートテクトニクスに乗って考えたことがあるが (貝塚, 1972), シンポジウム「太平洋地域の 第四紀 自然環境変動」での話題を求められたさい、大きな地形を材料にして太平洋周辺の変動型を概観するのも意味があろうと考えた。そこでまず海図・地形図と文献に当たってみた。すると、これまで日本では紹介されたことの少ない研究があったり、興味のある地形、ことに浮揚性沈み込みに伴う地形がかなりあることを知った。そこでそれらをここに紹介する。なお、シンポジウムのさい、A. Bloom などから質問された、伸張-中立(neutral)-圧縮応力場それぞれの識別、とくに中立応力場の

識別基準はいまだによくわからないことや、環太平洋の分布図に記号で示した変動型を判定するにはどの空間・時間範囲を問題にするか、どの現象を重視するかなど主観によるところが多いことをあらかじめおことわりしたい。

II. 活動的大陸縁での変動様式の諸類型

1) 変動様式の諸類型

1960年代に生まれたプレートテクトニクスの概念と、これまでに集積された現実のプレート境界での地形・地質・地球物理的諸現象にもとづいて、大規模な地殻変動の型が考えられる。ここではそれらを単純化した類型として図 1 に示す。それぞれの型には図示のような記号を与えた。この図と

記号についての注釈を次に記す。

太平洋周辺のプレート境界では、沈み込み (S)、衝突 (C)、トランスフォーム断層 (T) が変動帯をつくる。沈み込みでもトランスフォーム断層でも、両側のプレートが押し合って短縮変形をおこす場 (圧縮, c) と、離れ合って伸長変形をおこす場 (伸張, e) がある。圧縮場と伸張場があるからには中立 (neutral, n) もあるにちがいない。

沈み込みの方向は海溝 (プレート境界) に直交の場合はむしろまれで、斜めのことが普通である (その統計については図4を描いた Woodcock (1986) が記している)。斜め沈み込みはいろいろな形の変動様式を生じるから、その場合には、斜め (o) の記号を添えることにする。トランスフォーム断層も斜め横ずれ (To) によって圧縮変形 (Tco) と伸張変形 (Teo) を生じる。後者は洩れ型トランスフォーム (leaky transform) とも呼ばれる。

横ずれ断層の一部が鍵の手状に曲がっていると、圧縮による膨れ上がり (u) や伸張による落ち込み (d) を生じるが、それがトランスフォーム断層に現われることもある。それを図1では Tcu, Ted として描いた。海溝 (沈み込みプレート境界) にも同様の現象が生じうる。

沈み込むプレート上に島弧・海嶺・海山などがある場合、陸側と衝突 (C) ではなく浮揚性沈み込みをすることがあり、これは添字 b をつけて Sb とする。ただし C と Sb の区別は困難なことがある。

2) 変動様式と応力場、それらをもたらす要因

太平洋周辺において (一般に活動的大陸・島弧縁辺において) もっとも普通にみられる変動様式は、プレートの沈み込みに伴うものである。したがって変動様式と応力場の関係、それらをもたらすとみられるプレート沈み込みに関する多くの要素 (パラメータ) や、変動様式をきめる主要因については多くの研究がある。ここではその二、三を紹介する。これは1)に記した類型化の基礎になる考えの解説であるとともに、第三章に記す太平洋周辺での具体的な変動様式の記述への導入でも

Compressional (Chilean) Type

Extensional (Mariana) Type

図2 沈み込みテクトニクスの両極端とみられる二つの型の比較 (Ota and Kaizuka, 1991より)

Fig. 2 Comparison of two end member models of subduction tectonics (from Ota and Kaizuka, 1991)

ある。

上田・金森 (1978) や Uyeda (1984) などはプレートの沈み込みに伴う変動帯 (島弧海溝系) に圧縮と伸張の二類型を認め、両型の典型 (両極端) としてチリ型とマリアナ型をあげ、またそれらにかかわる諸要素を指摘し、図示もした。ここではその図式を筆者なりの理解で改描した図をあげる (図2)。この図に描かれている二類型のもつ大規模な地殻変動と、それによる地形の相違を記すならば次のようである。圧縮型では火山弧 (内弧) の大きい隆起と短い波長の変形、前弧 (外弧) でのゆるやかな隆起・沈降と小起伏、海溝での付加帯 (断層・褶曲帯) の存在またはそれがなくてテクトニック侵食。伸張型では正断層による背弧盆の存在、火山弧・前弧はともに隆起が弱く低高度であることがあげられる。なお、図では表現できなかった両類型の相違をあげるならば、圧縮型では海成段丘が発達すること (全般的な隆起の証)、逆断層・横ずれ断層の存在、他方の伸張型では海成段丘が発達しないこと、火山弧・前弧

図 3 海溝-島弧-背弧系のモデル (Ota and Kaizuka, 1991 より)

中央部は発達した弧で、沈み込みの方向は弧に直交するが、上部と下部は斜めであり、上部は圧縮場で、下部は伸張場でできる地形を示す。

Fig. 3 A tectonic model of trench-arc-back-arc system (from Ota and Kaizuka, 1991)
central figure: well-developed arc under compressional stress with perpendicular subduction to the arc (Sc).
upper and lower figures: arc systems under compressional and extensional stress with oblique subduction (Sco and Seo, respectively).

でも正断層が卓越することであろう。

また、沈み込みが斜めの場合には、圧縮型では火山弧に圧縮性（逆断層・褶曲による）雁行リッジ群が生じ、伸張型では火山弧ないし背弧に伸張性（正断層による）雁行地溝群が生じる（図3）。

以上に図と文で記した典型的といえる沈み込みプレート境界の二類型に生じる諸現象の組み合わせは、一般に受入れられているようにみえる（たとえば、Dewey, 1980; Cross and Pilger, 1982; Jarrard, 1986 a, b）。この中で Dewey (1980) は圧縮弧 (compressional arc) と伸張弧 (extensional a.) の中間に中立弧 (neutral a.) を設け、例として中央アメリカ弧をあげた。

Jarrard (1986 a, b) は世界の沈み込み帯すべてについて多くのパラメータを枚挙し、それらの間の関連を求めて弧における短縮と伸長の主因を探った。ここには Jarrard (1986 b) から沈み込み帯ごとの主要パラメータを引用する（表1）。

この表の中では弧（沈み込み境界の上盤）の歪みを7階級に分け、半定量的の評価を与えている（表の strain class の項）。伸長から短縮に至る1～7の階級の評価基準は表2に引用した。Jarrard (1986 a) によれば、弧の伸長～短縮にもっとも効くパラメータは、沈み込むスラブの年代 (As, 古いほど伸長的)、スラブの角度 (Ds, 急なほど伸長的)、収縮速度 (Vc, 速いほど伸長的) である。古いプレートほど沈み込みが速く、その角が大きく、上盤・下盤の結合は弱く、海溝軸（沈み込む位置）が海側に後退 (roll-back) し、したがって伸長的になることは、上田・金森 (1978) や Dewey (1980) の考えを支持するものである。ところが、海溝だけの地形と構造についての研究において、Sc と Se の両端を認める点では上記と同様でも、弧の全般にわたる圧縮・伸張とは異なる評価をする人もいる。すなわち、Aubouin (1989) は、海溝陸側斜面における付加帯の不存

表 1 現在の沈み込みに関係するパラメータの一覧 (Jarrard, 1986b)
Table 1 Parameters from modern subduction zones (from Jarrard, 1986b)

Subduction zone			Upper plate		Ds	M'w	As	Vc	Voa	Roll-back	Back-arc	Fs *
segment name	ref. pos.		crust	strain class	(degree)	(Ma)	(cm/y)	(cm/y)	(cm/y)	(cm/y)	(cm/y)	(N/m)
	lat.	long.										
Aegean	36	22	C**	1***	25±3	—	—	0.7	-1.1	2.0	3.0	—
Makran	24	60	C	—	12	—	97	3.7	-0.3	-0.3	—	—
Andaman	9	92	C	1	22	—	72±5	2.1	-0.5	0.6	—	—
Sumatra	-2	98	C	5	19	7.9	55±5	6.2	0.0	0.0	—	15.9
Java	-11	112	T	5	21	7.1	138±10	8.2	0.7	0.7	—	28.9
N. Sulawesi	2	122	O	2	26	—	38	3.0	—	—	—	7.7
Sangihe	3	126	O	—	—	—	—	—	0.6	—	—	—
Philippine	8	127	T	—	41	—	—	4.6	0.3	0.3	—	—
Ryukyu	25	128	C	2	23	8.0	49	3.0	1.1	1.1	—	8.7
S.W. Japan	33	135	C	5	—	8.6	21	1.3	1.2	1.2	—	—
New Zealand	-40	178	C	3	18	7.8	98	3.3	-3.7	-3.7	—	18.1
Kermadec	-34	-178	O	1	30	8.1	113	5.1	-2.5	2.9	5.4	28.4
Tonga	-22	-174	O	1	28	8.3	120±20	7.5	-1.2	3.8	5.0	29.2
New Hebrides	-17	167	O	1	44	7.9	52	(8.8)	(6.3)	(6.8)	?	(18.4)
Solomon	-7	155	O	4	42±5	—	50±10	12.0	3.0	3.0	—	19.4
New Britain	-6	150	O	1	35±5	—	50±10	4.3	-5.8	4.6	10.4	19.6
Palau	7	135	O	(4)	—	—	31±3	0.6	-3.2	-3.2	—	—
Yap	8	138	O	(4)	—	—	33	1.2	-3.9	-3.9	—	—
Marianas	17	148	O	1	24	7.2	155	6.0	-3.3	1.0	4.3	31.2
Izu-Bonin	30	143	O	2	28	7.2	146	7.6	-1.2	-1.2	—	29.1
N.E. Japan	39	144	C	6	19	8.35	130	9.9	0.7	0.7	—	25.6
Kurile	45	152	C	(5)	28	8.8	119	8.7	1.1	1.1	—	27.1
Kamchatka	53	162	C	(5)	25	9.0	90±15	8.8	1.0	1.0	—	24.4
C. Aleutians	50.5	180	O	4	31	8.7	54	6.0	2.1	2.1	—	16.4
Alaska Pen.	60	-152	C	4	13	—	46	4.1	-0.5	-0.5	—	10.7
Alaska	62	-149	C	6	10	9.1	46	6.3	1.2	1.2	—	—
Cascades	45	-125.5	C	4	—	—	8	3.4	2.2	2.2	—	—
SW. Mexico	17	-103	C	6	25	—	15	5.9	1.9	1.9	—	—
SE. Mexico	15.5	-97	C	6	18	—	14	7.2	1.6	1.6	—	3.8
Mid. America	12.5	-91	C	3	38	8.4	23±5	6.5	-0.8	0.8	—	7.2
L. Antilles	16	-59	O	4	22	7.5	68	3.7	1.8	1.8	—	15.4
Colombia	5	-78	C	6	26	8.8	15±10	6.8	2.5	2.5	—	3.1
Ecuador	-2	-81	C	6	(31)	—	32	7.9	2.5	2.5	—	—
Peru	-10	-80	C	6	13	8.6	45	8.2	1.5	1.5	—	(2.8)
N. Chile	-21	-71	C	7	21	8.65	82	10.0	1.6	1.6	—	21.1
C. Chile	-30	-72	C	7	14	8.65	48	9.8	2.0	2.0	—	(3.7)
S. Chile	-38	-74	C	5	16	9.5	26±5	9.7	1.7	1.7	—	7.3
Tierra del Fuego	-49	-77	C	(3)	—	—	20	2.3	1.2	1.2	—	—
S. Sandwich	-58	-24	O	1	38	7.0	49	0.9	-0.4	6.6	7.0	20.3

* D_s: Average dip of subducting slab from 0 to 100 km depth. M'w: Cumulative earthquake moment.

A_s: Slab age. V_c: Convergence rate, perpendicular to trench. V_{oa}: Absolute motion, overriding plate.

Roll-back: Absolute motion, forearc. Back-arc: Spreading rate. F_s: Slab pull force.

** C: Continental, T: Transitional, O: Oceanic.

*** see Table 2.

表 2 沈み込むプレートの上盤での歪階級区分の解説 (Jarrard, 1986b)

Table 2 Explanation of strain class in the upper plate of subduction plate boundary (after Jarrard, 1986b)

1. most extentional, with active back-arc spreading.
2. extentional, with very slow, incipient, or waning back-arc spreading.
3. mildly extentional, with normal faulting but no substantial crustal thinning.
4. "neutral", with little evidence of either compression or extention, and with a mildly compressional arc and forearc and mildly extentional back-arc.
5. mildly compressional, often both normal and reversed faults, but dominantly reversed, or with gentle folding.
6. moderately compressional, exhibiting consistent folding and/or reverse faulting.
7. most compressional, with substantial folding, faulting, and foreland thrusting.

在や正断層の存在などから、ペルー・チリ海溝や日本海溝は伸張性との見解を示している。これに対して Von Huene and Lallemand(1990) は日本海溝・ペルー海溝ではテクトニック侵食と海溝の陸側への相対移動が卓越してきたと述べ、小川・小林 (1994) は日本海溝では沈み込むプレートに生じた地塁・地溝地形にテクトニック侵食の原因があるとしている。

III. 太平洋周辺各地にみられる変動様式

ここでは太平洋周辺の変動様式を、マリアナ弧からはじめて時計回りに一周し、ついでフィリピン海の西縁を北上して本州中部に至るルートをとって概観する (口絵 1, 図 4 を参照)。以下の概観を通じて参考にした地図は次の 2 つである。Plate-Tectonic Map of the Circum-Pacific Region (Arner. Assoc. Petr. Geol., 1982 刊) および General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO, Canadian Hydrographic Service, 1979~1984 刊)。なお、この地域のこのテーマについての文献は、沈み込み帯については Jarrard (1986a) に多くが記されている。以下には少数の文献を適宜引用することにした。

マリアナ弧・伊豆小笠原弧 1930 年代に伊豆・マリアナ弧に急斜する和達・ベニオフ帯が認められ、プレートテクトニクスの開幕後にはマリアナトラフが活動的な背弧盆と認められた (Karig, 1971)。その後の多くの研究で伊豆小笠原の内弧 (火山弧) にも外弧 (前弧) にも正断層によるリフ

トの存在が明らかになった (たとえば、井上・本座, 1983)。表 1 ではマリアナ弧・伊豆小笠原弧の歪階級を 1 と 2 にしている。マリアナ弧の南部からヤップ弧・パラウ弧にかけては変動様式がよくは知られておらず、表 1 ではかりに中立 (4) としている。

東北日本弧 東北日本弧の陸上、とくに内弧には島弧方向にのびる逆断層地塊が多く、外弧には曲隆山地があつて東西方向の短縮を示す。この短縮速度は本州中部のそれにくらべると小さいが (Kaizuka and Imaizumi, 1984), 表 1 の北部チリ・中部チリの歪階級 7 より小さいかどうかは疑問である。同じ疑問は海溝に至る海底の地形と構造や海岸段丘の示す隆起量からももたれる。

千島弧・カムチャッカ弧 千島弧南部では太平洋プレートの斜め沈み込みに伴う地形が知られている。それは、内弧の雁行リッジ列としてあらわれ、後記の沖縄トラフの雁行地溝列と比較すると明かなように (図 3 参照), 圧縮場で生じると推定される。カムチャッカ弧の変動型についての資料は乏しいが、島弧方向にのびる山脈・褶曲軸と地震資料から表 1 では千島弧とともに (5) としている。変動型は全般的に Sc であろうが、オブルチェフ海嶺が沈み込むところでは海溝が浅く、陸には大きな半島 (1,000 m をこえる山地よりなる) があつて、浮揚性沈み込み (Sb) の産物であろう。同じような規模の半島がアリューシャン弧西端のコマンドル諸島の延長上にあるのも類似的成因によるものだろうか。

図 4 太平洋とフィリピン海周辺の大規模変動型（太字の記号で示す）
 プレート境界図は Woodcock (1986) によるもので、両側のプレートの間の変動方向と速度（数字は cm/年）を示す。
 Fig. 4 Types of large scale tectonic features around the Pacific Ocean and Philippine Sea, showing by abbreviations
 Map of plate boundaries and relative vectors (magnitudes in cm/y) are from Woodcock (1986).

アリューシャン弧・アラスカ山脈 アリューシャン弧の西部は図 4 でみられるように横ずれ沈み込み境界（トランスフォーム断層）をもつ。それ以东のアラスカ半島・アラスカ山脈にわたる弧の応力場については、Nakamura *et al.* (1980) によるとプレート境界から数百 km は Sc であるが、それ以北では伸張応力場とみられる。

北アメリカ西海岸地帯 北緯約 60° から 50° の西海岸沿いのクイーン・シャロット断層は右ずれトランスフォーム断層であるが、斜めに沈み込む太平洋プレートを切る断層との見方 (Adams and Clague, 1993) では、T と S を併せた性格をもつので TSc としておく。カナダの海岸山脈は内弧に、クイーン・シャロット諸島は外弧隆起帯に当

たる隆起を 10 Ma 以後に示している (Parrish, 1983)。カスケード山脈（火山弧）の西ではファン・デ・フカプレートが沈み込み、今の地形の凹凸をつくる形式の変動が進行し (Crowell, 1986), オレゴン海岸では隆起速度がカリフォルニアよりも大きい (0.5~1.0 m/ka 程度: Muhs *et al.*, 1992)。サンアンドレアス断層が大きく曲がるところにトランスバース山脈があるのは、右横ずれ断層の屈曲部に圧縮でできた Tcu であろう。ニュージーランドの右ずれのアルパイン断層・ヒ克蘭ギ海溝間の屈曲は屈曲の向きがこれと反対になって Ted 地域ができるが、両者の比較が試みられている (Yeats and Berryman, 1987)。

中央アメリカ弧 ココスプレートの沈み込むと

ころである。北部の東太平洋海膨に近いメキシコでは表1の歪階級は7 (Sc) になっているが、海膨からややはなれたニカラグア付近では3 (Se) である。ニカラグアには火山弧～背弧に (ニカラグア湖周辺などに) 正断層による地溝があり、グアテマラ沖にも正断層群が知られている (Aubouin *et al.*, 1985)。ただし、ココス海嶺が沈み込むコスタリカの海岸、とくにオサ半島付近では海岸段丘の早い隆起速度 (数 m/ka) が知られており (Gardner *et al.*, 1992)、ここでは中央アメリカ海溝も浅いから浮揚性沈み込み (Sb) が生じているのであろう。

アンデス弧 長く幅広いアンデスは、大部分がナスカプレートの沈み込むところであり、表1では歪階級6～7 (Sc) とされている。しかし、ペルーアンデスのコルディエラブランカ断層帯には正断層があり (米倉ほか, 1979; Schwartz, 1988)、海岸段丘の隆起速度も下記のようなところを除くとあまり大きくない (Ota and Kaizuka, 1991)。正断層の存在や段丘が高くないことは、長期的な圧縮過程 (たとえば, Kono *et al.*, 1991) の第四紀にあらわれた短期的ないし局地的現象だろうか。海岸段丘から知られている隆起の速いところとしては、ナスカ海嶺が沈み込むペルー海岸 (Hsu, 1992) があり、隆起量のパターンは海嶺の形と調和している (Sb の好例)。モチャ島やアラウコ半島の早い隆起 (Kaizuka *et al.*, 1973) はモチャ断裂帯の沈み込みによるとも考えられる。チリ海嶺が南米大陸に沈み込むところは海溝が浅く Sc かもしれないが、表1では (3) としてある。南極大陸縁辺は省略する。

ニュージーランドとトンガ・ケルマディック弧
ニュージーランド南島は東西両側海底に大陸性地殻があり、アルパイン断層は斜めに衝突するプレート境界であり (Tco)、サザンアルプスの隆起速度は10 mm/年に達する (Wellman, 1979)。南島・北島間では前に記したように横ずれプレート境界の屈曲部に生じる伸張・沈下 (Ted) をおこし、南島北端～クック海峡が沈降部となっている。北島の火山弧には正断層による沈降があり、表1では歪階級3を与えているが、ヒ克蘭ギ海溝の

沈み込みの上盤 (北島東部) では1 mm/年をこえる隆起もあるから (太田, 1990)、北島全体としては表2の基準では歪階級4であろう。トンガ・ケルマディック弧は若い背弧盆をもち、表1では歪階級1としている。

ニューヘブリデス (バヌアツ) 弧・ソロモン弧・ニューブリテン弧 これらの島弧は南側のオーストラリアプレートに属する海底が沈み込んで若い島弧を作る。かつて北から太平洋プレートの沈み込みがあったためであろう、火山弧と前弧の区別が判然としない所がある。最西端のニューブリテン弧では、ニューブリテン海溝の北につらなるニューブリテン島の大部分からパプアニューギニアのヒュオン半島に至るところが外弧に当たる。ヒュオン半島西部ではニューギニア高地の陸塊がこの外弧に衝突 (C) している (後記の台湾島と同様)。そのためヒュオン半島北岸の段丘が約3 m/ka に達する隆起速度を示すのであろう (Ota, 1994)。ニューヘブリデス弧は背弧海盆 (西フィジー海盆) が新しいことから歪速度1とされ、ニューブリテン弧も背弧海盆 (ビスマルク海) が新しいことから同様に評価され、ソロモン弧は圧縮・伸張の証がともに弱く4とされた (Jarrard, 1986 a)。図4ではニューヘブリデス弧を Se, ソロモン弧を Sco としたが、後者は斜め沈み込みと圧縮性雁行リッジが認められるからである。

フィリピン弧と台湾弧 フィリピン海プレートの斜め沈み込みは火山フロントにほぼ沿った左ずれのフィリピン断層を生じさせている。ルソン島の西では南シナ海底がマニラ海溝から東に沈み込み、ルソン島には南北にのびる褶曲帯がある (Karig, 1973)。台湾島はかつて西から南シナ海底が沈み込み (マニラ海溝の延長で)、島の東側に火山弧を作った。この島弧は中国大陸と衝突し、島の西側には逆断層・褶曲帯を生じた。島の隆起速度は大きく、東海岸で数 mm/年の値が知られている (Liew *et al.*, 1993)。なお東海岸沿いには左ずれの台東断層があり、圧縮雁行山列を伴う。この横ずれ断層を含めた島全体の短縮がプレート境界地帯をなすのであろう。

琉球弧・西南日本弧と本州中部 琉球弧は活動

的な背弧海盆（沖繩トラフ）の開裂を伴い、外弧隆起帯に当たる島列ではそれに直交方向の正断層がある（活断層研究会，1991）。琉球海溝沿いの陸側にはフィリピン海プレートの沈み込みに伴う断層崖があり、弧の西南部では斜め沈み込みに島弧がひきずられ、それに伴い沖繩トラフには伸張性雁行地溝列をみる。そこで弧の西よりは Seo とみた（表1の歪階級は2）。西南日本弧は外弧ではフィリピン海プレートの斜め沈み込みによる波状変形や中央構造線の右ずれがあり、内弧では東部ほど東西圧縮が強い。本州中部は、東北日本弧と西南日本弧の間の“フォッサマグナ衝突”と伊豆小笠原弧北端における“伊豆衝突”で特徴づけられる（貝塚，1989）。なお、関東南部や東海地方には伊豆小笠原弧の浮揚性沈み込みによる隆起がみられる。

IV. むすび

この稿では、はじめにプレートテクトニクスにもとづいた変動型を想定し、その観点から太平洋周辺各地の変動型を、主として変動地形によって分類してみた。分類にさいして、伸張・中立・圧縮の応力も基準に取り入れ、Jarrard (1986b) の定性的現象から7階級に分けた歪階級を参照した。こうした仕事の中で気付いた問題点を以下に列举してむすびとしたい。

(1) 変動帯の中で伸長から圧縮までの変化がみられることがあるから、一つの変動型で表現するのは問題がある。したがって応力場については、Nakamura *et al.* (1980) や Nakamura and Uyeda (1980) がとったような主応力軸による表現が、スケールが許せば、望まれる。

(2) 長期間の変動速度（歪速度）や応力値についての資料はきわめて限られている。歪速度を活断層・活褶曲・リフトの幅などから求めることが歪階級を客観的にきめるのに必要である。

(3) 図1にあげた変動型にはよく合わないものがカナダ西側にあって TSc0 とした。ほかにも海溝軸の屈曲に伴う変動型が抽出されるかと予想はしたが、この概観では明らかにすることができなかった。

文 献

- Adams, J. and Clague, J.J. (1993): Neotectonics and large-scale geomorphology of Canada. *Progr. Phys. Geogr.*, **17**, 248-264.
- Aubouin, J. (1989): Some aspects of the tectonics of subduction zones. *Tectonophys.*, **160**, 1-21.
- Aubouin, J., Bourgois, J. and Azemg, J. (1985): Two types of active margins: Convergent-compressional margins and convergent-extensional margins. Nasu, N. *et al.* ed.: *Formation of active ocean margins*. Terra Scientific Publ. Co., Tokyo, 109-129.
- Cross, T.A. and Pilger, R.H. (1982): Controls of subduction geometry, location of magmatic arcs, and tectonics of arc and back-arc regions. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **93**, 545-562.
- Crowell, J. (1986): Active tectonics along the western continental margin of the conterminous United States. National Research Council ed.: *Active Tectonics*. National Academy Press, Washington, D. C., 20-29.
- Dewey, J. F. (1980): Episodicity, sequence, and style at convergent plate boundaries. *Geol. Assoc. Canada Special Paper*, **20**, 553-573.
- Gardner, T.W., Verdonck, D., Pinter, N.M., Slingerland, R., Furlong, K.P., Bullard, T. F. and Wells, S. G. (1992): Quaternary uplift astride the aseismic Cocos Ridge, Pacific coast, Costa Rica. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **104**, 219-232.
- Hsu, J.T. (1992): Quaternary uplift of the Peruvian coast related to the subduction of the Nazca Ridge: 13.5 to 15.6 degrees south latitude. *Quater. Intern.*, **15/16**, 87-97.
- 井上英二・本座栄一編 (1983): 日本周辺海底地質図。海洋地質図23, 地質調査所。
- Jarrard, R. D. (1986a): Relations among subduction parameters. *Rev. Geophys.*, **24**, 217-284.
- Jarrard, R.D. (1986b): Causes of compression and extension behind trenches. *Tectonophys.*, **132**, 89-102.
- 貝塚爽平 (1972): 島弧系の大地形とプレートテクトニクス。科学, **42**, 573-581.
- 貝塚爽平 (1989): 大地形と地質構造からみたフォッサマグナ。月刊地球, **11**, 532-538.
- Kaizuka, S., Matsuda, T., Nogami, M. and Yonekura, N. (1973): Quaternary tectonic and recent seismic crustal movements in the Arauco Peninsula and its environs, central Chile. *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, **8**, 1-49.
- Kaizuka, S. and Imaizumi, T. (1984): Horizontal strain rates of the Japanese Islands estimated from Quaternary fault data. *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, **19**, 43-65.
- Karig, D.E. (1971): Structural history of Mariana

- island arc system. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **82**, 323-344.
- Karig, D. E. (1973): Plate convergence between the Philippines and the Ryukyu Islands. *Marine Geology*, **14**, 153-168.
- 活断層研究会編 (1991): 新編 日本の活断層——分布図と資料——. 東京大学出版会, 437p.
- Kono, M., Fukao, Y. and Yamamoto, A. (1989): Mountain building in the central Andes. *J. Geophys. Res.*, **94**, 3891-3905.
- Liew, P.M., Pirazzoli, P.A., Hsieh, M.L., Arnold, M., Barusseau, J. P., Fontugne, M. and Giresse, P. (1993): Holocene tectonic uplift deduced from elevated shorelines, eastern Coastal Range of Taiwan. *Tectonophysics*, **222**, 55-68.
- Muhs, D.R., Rockwell, T.K. and Kennedy, G.L. (1992): Late Quaternary uplift rates of marine terraces on the Pacific coast of North America, southern Oregon to Baja California Sur. *Quater. Intern.*, **15/16**, 121-133.
- Nakamura, K., Plafker, G., Jacob, K.H. and Davies, J. N. (1980): A tectonic stress trajectory map of Alaska using information from volcanoes and faults. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **55**, 89-100.
- Nakamura, K. and Uyeda, S. (1980): Stress gradient in arc-back arc regions and plate subduction. *J. Geophys. Res.*, **85**, 6419-6428.
- 小川勇二郎・小林和男 (1994): 日本海溝と千島海溝の地形および地質の特徴. 月刊地球, 号外 No. 9, 60-69.
- 太田陽子 (1990): ニュージーランド北島における海成段丘の研究. 米倉伸之・岡田篤正・森山昭雄編: 変動地形とテクトニクス. 古今書院, 170-202.
- Ota, Y. ed. (1994): *Study on coral reef terraces of the Huon Peninsula, Papua New Guinea — Establishment of Quaternary sea level and tectonic history —*. A preliminary report on project 04041048, supported by Monbusho International Research program, 419p.
- Ota, Y. and Kaizuka, S. (1991): Tectonic geomorphology at active plate boundaries — Examples from the Pacific rim. *Zeits. Geomorph. N.F. Suppl. -Bd.*, **82**, 119-146.
- Parrish, R.R. (1983): Cenozoic thermal evolution and tectonics of the Coast Mountains of British Columbia 1. Fission track dating, apparent uplift rates, and patterns of uplift. *Tectonics*, **2**, 601-631.
- Schwartz, D.P. (1988): Paleoseismicity and neotectonics of the Cordillera Blanca fault zone, northern Peruvian Andes. *J. Geophys. Res.*, **93**, 4712-4730.
- Uyeda, S. (1984): Subduction zones: Their diversity, mechanism and human impacts. *GeoJournal*, **8**, 381-406.
- 上田誠也・金森博雄 (1978): 海洋プレートの沈み込みと縁海の形成. 科学, **48**, 91-102.
- Von Huene, R. and Lallemand, S. (1990): Tectonic erosion along the Japan and Peru convergent margins. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **102**, 704-720.
- Wellman, H.W. (1979): An uplift map for the South Island of New Zealand, and a model for uplift of the Southern Alps. Wolcott, R. I. and Cresswell, M.M. eds.: *The origin of the southern Alps. Roy. Soc. N.Z. Bull.*, **18**, 13-20.
- Woodcock, N.H. (1986): The role of strike-slip fault systems at plate boundaries. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **A317**, 13-29.
- Yeats, R. S. and Berryman, K. R. (1987): South Island, New Zealand, and Transverse Ranges, California: A seismotectonic comparison. *Tectonics*, **6**, 363-376.
- 米倉伸之・松田時彦・野上道男・貝塚爽平 (1979): コルディエラ・ブランカ (ペルー) 西麓の活断層. 地学雑誌, **88**, 1-19.

(1994年12月5日受理)