埼玉大学紀要　教育学部，59(1)：85–98（2010）

太平洋西縁変動帯における扇状地の分布条件

斉藤　享治*

キーワード：扇状地、分布、太平洋西縁、変動帯、判別分析

Ⅰ．はじめに

太平洋の西縁には、太平洋プレート、フィリピン海プレート、ユーラシアプレート、インド・オーストラリアプレートの会合に伴う変動帯がある（以下、太平洋西縁変動帯と呼ぶ）。変動帯のような地殻変動が盛んなところに、扇状地は数多く分布する（阪口 1971）。面積 2 km^2 以上、平均勾配 2 ‰以上の扇状地（以下、この規模・勾配の扇状地を「扇状地」とする）をもつ河川は、太平洋西縁変動帯に位置する日本に490、台湾に71、フィリピンに129、ニュージーランドに141ある（Saito 1999、Saito and Oguchi 2005、斉藤 2006、2007）。このように扇状地は数多く認められるが、どこにでもあるわけではない。

日本では、集水域面積200km^{2}以上の294流域のなかで24%の72流域で扇状地が形成されている。この扇状地の存否に対して、11因子（集水域面積、山間盆地の面積、起伏比、集水域地質、火山の有無、気候条件、渓口距離、堆積場、基盤地質、隆起量、活断層の有無）のなかでは、起伏比と隆起量が大きく関わっていることが明らかになっている（斉藤 1984a）。ただし、扇状地の存否に大きく関わる因子であっても、その因子のなかで大きく関わるカテゴリーに含まれる（言いかえれば、その条件をもつ）流域が少なければ、扇状地の分布に大きく関わっている因子とはいえない。そのようなことから、斉藤（2006）は、前者を存在条件、後者を分布条件と区別して議論している。カテゴリーに含まれる流域数も踏まえての扇状地の分布に大きく関わる因子は、堆積場、気候条件、起伏比、隆起量の順であった（斉藤 1984a）。

台湾では、集水域面積100km^{2}以上の50流域のなかで扇状地をもつのは58%の29流域である。５因子（集水域面積、山間盆地の面積、起伏比、高度分散量、堆積場）のなかで、扇状地の存否には堆積場、高度分散量、起伏比の順に、扇状地の分布には堆積場、高度分散量、起伏比の順に大きく関与している（斉藤 1989）。

フィリピンの集水域面積100km^{2}以上の266流域では、12%の32流域が扇状地を形成している。８因子（集水域面積、山間盆地の面積、起伏比、集水域地質、火山の有無、気候条件、堆積場、断層の有無）のなかで、扇状地の存否には集水域地質、断層の有無、起伏比の順に、扇状地の分布には集水域地質、堆積場、断層の有無の順に大きく関与している（斉藤 1996）。

ニュージーランドの集水域面積100km^{2}以上の262流域では13%の35流域が扇状地をもつ。９因子（集水域面積、山間盆地の面積、起伏比、火山の有無、気候条件、堆積場、隆起量、活断層の有無）のなかで、扇状地の存否には堆積場、隆起量、起伏比の順に、扇状地の分布には堆積場、隆起量、気候条件の順に大きく関与してい

* 埼玉大学教育学部社会科教育講座

る（斉藤 2009）。

以上のように、太平洋西縁変動帯にある日本、台湾、フィリピン、ニュージーランドにおける扇状地の存否には起伏比が、扇状地の分布には堆積場が共通して大きく関与している。ただし、対象流域の規模、また取り上げた因子の数や定義が必ずしも同じではない。さらに、取り上げた地域ではそれぞれ類似の気候条件となっているため、扇状地の存否・分布に対する気候条件の関与の度合は小さくなる。そのようなことから、対象流域の規模と取り上げる因子を共通にして、日本、台湾、フィリピン、ニュージーランドにおける扇状地の存否・分布を大きく左右している因子を明らかにすることを、本論文の目的とする。

Ⅱ．方　法

1．対象流域

日本のみ、集水域面積200km²以上の流域が対象流域となっているので（斉藤 1984a）、これを集水域面積100km²以上の流域として、対象流域の規模を共通にした。日本では対象流域が474となり、そのなかで26%の123流域で扇状地が形成されている。台湾では50流域のうち58%の29流域、フィリピンでは266流域のうち12%の32流域、ニュージーランドでは262流域のうち13%の35流域が扇状地をもつ。これらの合計1,052流域を対象流域とした（Fig. 1）。対象流域全体のなかで扇状地をもつ流域は21%の219流域である。

2．取り上げた因子

日本の集水域面積200km²以上の流域の扇状地の存否・分布について、斉藤（1984a）は11因子で説明を試みたが、それらの因子のなかで渓口距離と基盤地質では関与の度合が小さかった。このため、これらの 2 因子以外の 9 因子（集水域面積、山間盆地の面積、起伏比、集水域地質、火山の有無、気候条件、堆積場、起伏量（隆起量の代替変数）、断層の有無）を取り上げて分析した（Table 1）。

3．各因子の定義とデータ

集水域面積は渓口（谷口）より上流流域の面積である。山間盆地の面積は、集水域のなかに

Table 1　Classification of factors and categories

Factor		Category						
		1	2	3	4	5	6	7
Ⅰ	Drainage basin area（km²）	100～251	252～630	631～1,584	1,585～3,981	3,982～		
Ⅱ	Intermontane basin area（km²）	0～9	10～99	100～999	1000～			
Ⅲ	Relief ratio（‰）	0～15.8	15.9～25.1	25.2～39.8	39.9～63.0	63.1～100	100～	
Ⅳ	Geology of drainage basin	Neogene sedimentary r.	pre-Neogene sedimentary r.	Volcanic rocks	Plutonic rocks	Metamorphic rocks	mixed type	
Ⅴ	Existence of volcano	absence	existence					
Ⅵ	Climatic type	Hokkaido	Northeast and Central Japan	West Japan	Taiwan	West Philippines	East Philippines	New Zealand
Ⅶ	Sedimentary environment	Ocean	Bay	Plain	Basin			
Ⅷ	Relative relief（m）	0～1399	1400～2199	2200～				
Ⅸ	Existence of fault	absence	existence					

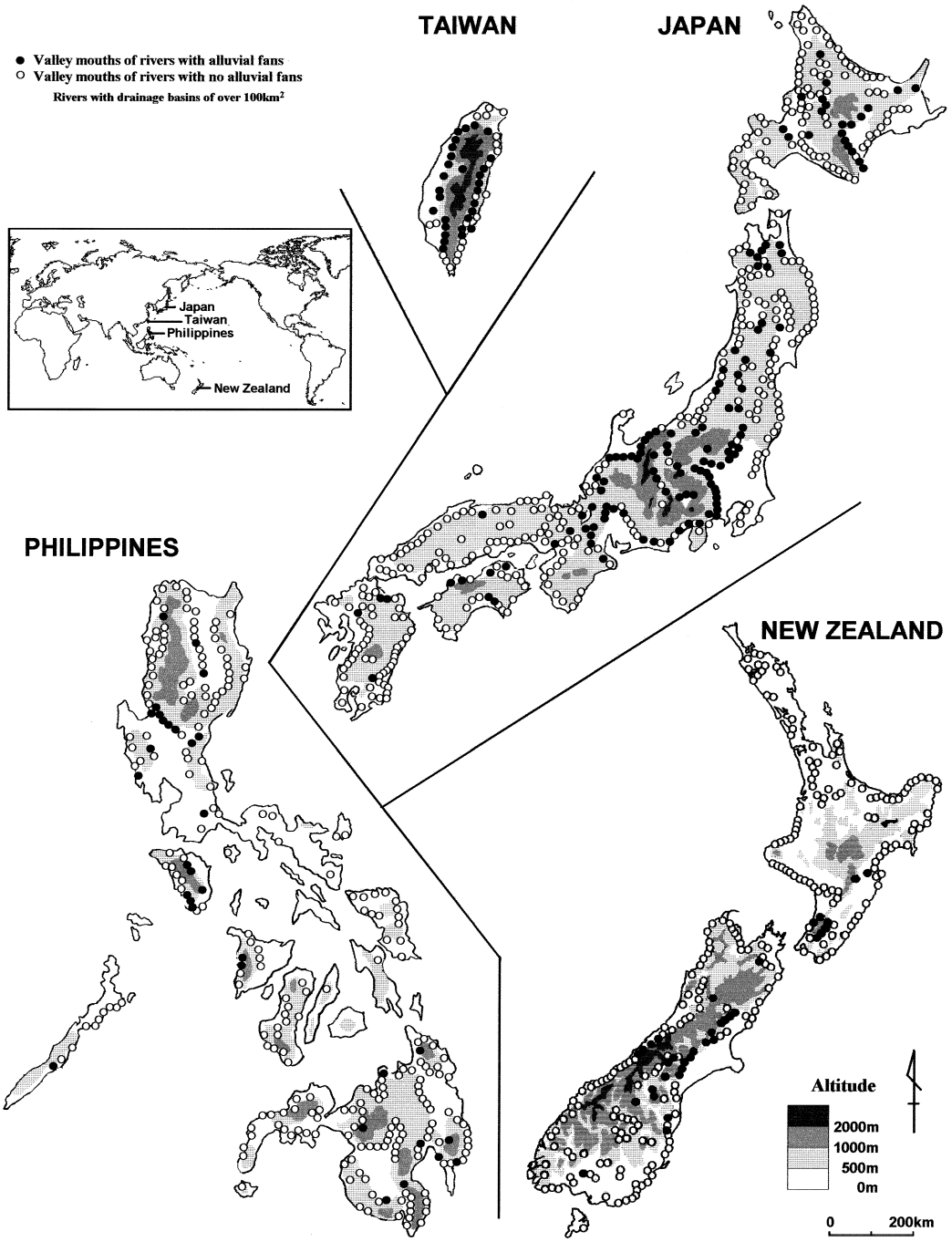


Fig. 1 Distribution of valley mouths of rivers with drainage basin area over 100km² in Japan, Taiwan, the Philippines and New Zealand in west circum-Pacific mobile belt

山間盆地や湖がある場合、その盆地や湖の合計面積とした。Schumm（1956）の定義による起伏比は、集水域内の最高点と最低点との標高差を流域最大辺長で割った値である。これらの変数の値は、日本の扇状地では斉藤（1984b）のAppendix 1・2に、台湾では斉藤（1989）のTable 1に、フィリピンでは斉藤（1994）の表Ⅰ－2－1に、ニュージーランドでは斉藤（2007）のTable 1に掲載している。

集水域地質については、新第三紀堆積岩、先新第三紀堆積岩、火山岩、深成岩、変成岩に区分し、集水域内で最大の面積を占める地質とした。ただし、集水域の3分の1以上を占める地質が無い場合には、混在型とした。日本では、「礫岩・砂岩・泥岩互層」、砂岩、泥岩、「チャート・石灰岩・輝緑凝灰岩」、凝灰岩、集塊岩、火山岩、深成岩、変成岩、混在型にカテゴリー区分していた（斉藤 1984b）。凝灰岩と集塊岩については、他の地域との整合性を考え、火山岩に含めた。「礫岩・砂岩・泥岩互層」、砂岩、泥岩、「チャート・石灰岩・輝緑凝灰岩」については、新第三紀堆積岩か先新第三紀堆積岩か、『日本列島の地質』（日本列島の地質編集委員会 1996）を用いて読み取った。台湾の地質については、『台湾地質図』（経済部中央地質調査所 1986）を用いて読み取った。フィリピンでは、第三紀堆積岩、凝灰岩、火山岩、深成岩、変成岩にカテゴリー区分していた（斉藤 1996）。『フィリピン地質図』（Bureau of Mines and Geo-Sciences 1982）を用いて新たに読み取った。ニュージーランドでは、新生代堆積岩類、中生代堆積岩類、古生代堆積岩類、火山岩類、深成岩類、変成岩類、混在型に区分した（斉藤 2009）。新生代堆積岩類を新第三紀堆積岩と古第三紀堆積岩とに区分し直した。古第三紀堆積岩については、中生代堆積岩類と古生代堆積岩類とを合わせて先新第三紀堆積岩とした。

火山の有無については、集水域内に第四紀後半の火山体があるかどうかで、判定した。日本では、第四紀前半に活動した大カルデラ火山についても含めていたが（斉藤 1984a）、火山活動の影響が集水域地質「火山岩」と重なるので、これを除外した。また、単成火山については、扇状地形成への影響力が小さいので、斉藤（1984a）と同様、対象としなかった。台湾については、すべての流域で無しとした。フィリピンでは『フィリピン地質図』（Bureau of Mines and Geo-Science 1982）を用いて、ニュージーランドでは『ニュージーランド地質図』（NZ Geological Survey 1972a, b）を用いて、第四紀後半の火山体の有無を確認した（斉藤 1994の表Ⅰ－2－1、斉藤 2007のTable 1）。

気候条件については、北海道（正確には北海道胴体部）、東北・中央日本、西日本、台湾、フィリピン東部、フィリピン西部、ニュージーランドの7カテゴリーに区分した。これまでの研究では、日本で4区分（斉藤 1984a）、フィリピンで4区分（斉藤 1996）、ニュージーランドで2区分（斉藤 2009）としてきたが、台湾も含めると11区分となり、他の因子のカテゴリー数にくらべ多すぎる。この問題の解消のため、東北・中央日本の太平洋側と日本海側とを合わせ東北・中央日本とし、フィリピンの西側と同中西部とを合わせフィリピン西部、フィリピンの東側と同中東部とを合わせフィリピン東部とし、ニュージーランドの北島と南島とを合わせニュージーランド1つの気候区にした。

堆積場については、外海、内湾、平野、盆地に区分した。外海・内湾と平野との区分については、谷口が海岸線より10km未満では外海・内湾とし、10km以上では平野とした。

起伏量（隆起量の代替変数）は、集水域内の最高点と最低点（谷口）との標高差とした。隆起量を求める指標として、日本では第四紀地殻変動量が知られている（第四紀地殻変動研究グループ 1968）。ニュージーランドでは、第四紀後期の隆起速度が知られている（太田 1989、1990など）。両者の定義が異なることやフィリピンでは隆起量が求められていないことなどから、隆起量を反映している起伏量を代替変数と

して用いることとした。日本の扇状地の存在条件・分布条件を明らかにするため、斉藤（1984a）は、隆起量を集水域内の第四紀地殻変動量の最大値と谷口のその値の差とした。日本においてこの隆起量と起伏量との間には正の相関関係がある（Fig. 2）。この隆起量は250m単位でしか読み取れないことや、起伏量の大きいところが火山であり実際の隆起量を読み取っていないことがあることなどから、隆起量250m毎の起伏量の平均値を求め（Fig. 2の●）、その起伏量の平均値（x）と隆起量（y）との回帰式を求めた（$y = 0.613x - 376$）。日本では、隆起量を500m未満、500～1000m、1000m以上の3カテゴリーに区分して扇状地の分布を議論した（斉藤 1984a）。この500m、1000mの隆起量に相当する回帰式の起伏量の値は、1430mと2240mである。隆起量と対応させるため、起伏量のカテゴリーを、1400m未満、1400～2200m、2200m以上の3つに区分した。なお、斉藤（1984a）は、それぞれ独立した因子を想定し、起伏量（起伏）と集水域面積とが相関関係があるので取り上げないとしたが、相関関係がある因子でもそれを考慮した判別分析が可能なので、ここでは取り上げることにした。

断層の有無については、断層が谷口付近を通っているかどうかで判断した。「断層あり」について、日本では活断層の確実度で2区分（斉藤 1984a）、ニュージーランドでは、活断層の変位速度で3区分としたが（斉藤 2009）、台湾・フィリピンでは必ずしも判明していないので1区分とした。

4．判別分析法

9因子について、ある条件（カテゴリー）が同じであれば、扇状地の存在に対して、同一の関与の度合を示すと仮定して、現実の扇状地の存否を定量的に説明する方法に判別分析法がある。条件をそろえるためにカテゴリー数を多くしすぎると、カテゴリーに含まれるサンプル数が少なくなり、関与の度合を求めても、その値に信頼がおけないカテゴリーとなる。このことを考慮にいれて、集水域面積については、対数変換した値（単位km^2）を0.4きざみで区分した（Table 1）。山間盆地の面積については、対数変換した値（単位km^2）を1きざみで区分した。面積10km^2未満の山間盆地では扇状地の存在に対する影響の度合が小さいと考え、そのような山間盆地をもつ流域を、山間盆地をもたない流域と同じカテゴリーに含めた。面積1000km^2以上の山間盆地については一括した。起伏比については、対数変換した値（単位‰）を0.2きざみで区分し、15.9‰未満を同一カテゴリーとした。起伏量（隆起量）については、前述のように1400mと2200mで区分した。

扇状地をもつ219流域および扇状地をもたない833流域のそれぞれについて、9因子のどの

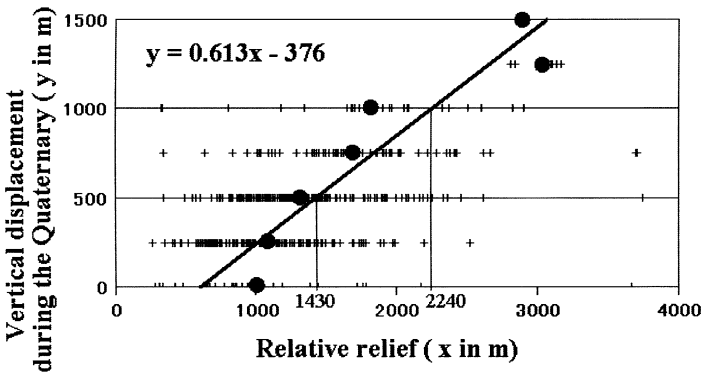


Fig. 2　Relationships between relative relief and vertical displacement during the Quaternary in Japan

カテゴリーに属するのか、読み取った（Table 2）。堆積場が「外海」（Ⅶ・1）の流域については、扇状地をもつ流域が18カ所、扇状地をもたない流域が274カ所あり、扇状地をもつ流域の割合は6.2%（＝18/292）となっている。集水域面積100km²以上の流域全体では、扇状地をもつ流域の割合が20.8%（＝219/1052）なので、堆積場が「外海」のカテゴリーは、扇状地の存在にとってふつう都合の悪いカテゴリーとなる。このようなカテゴリーには一般に小さな値を与え、扇状地をもつ流域の割合の高いカテゴリーに大きな値を与えて、扇状地をもつ流域のグループと扇状地をもたない流域のグループとをできる限り離れた状態にすると、扇状地をもつのかもたないのかの説明がよりよくなる。カテゴリーに値を与えるに際して、数量化Ⅱ類（目的変数も分類データの場合に用いる手法）を用いた。因子（説明変数）間にも相関関係があるので、その影響を除いた値を求めた。強い相関関係がある場合、扇状地が形成される割合が高いカテゴリーでも小さな値になることがある。

Table 2　Total of drainage basins for each category
The upper row of each factor shows the number of drainage basins where fans exist, and the low one shows that of drainage basins where fans are absent. Roman and Arabic numerals are common to those in Table 1.

Factor	Category						
	1	2	3	4	5	6	7
Ⅰ	104	68	31	12	4		
	415	238	106	51	23		
Ⅱ	192	14	12	1			
	722	50	50	11			
Ⅲ	0	6	33	68	71	41	
	42	117	212	263	152	47	
Ⅳ	19	56	43	23	26	52	
	172	183	175	68	77	158	
Ⅴ	154	65					
	703	130					
Ⅵ	19	84	20	29	22	10	35
	72	141	138	21	114	120	227
Ⅶ	18	22	119	60			
	274	207	226	126			
Ⅷ	46	102	71				
	466	286	81				
Ⅸ	108	111					
	633	200					

数量化Ⅱ類で与えられたカテゴリーの値（因子内カテゴリーの重み）を用いて、扇状地をもつ流域のグループと扇状地をもたない流域のグループとを最も離れた状態にする判別関数を求める判別分析法を施した。因子についても、扇状地の存否に大きくかかわる因子と、そうでもない因子がある。それを表現するのが、各因子の単位当たりの関与の度合「因子の重み」（判別係数）である。扇状地をもつ流域のグループと扇状地をもたない流域のグループとは、取り上げた9因子によって、9次元空間の密度分布をしている。この密度分布上で、「因子の重み」となる軸の長さを決定することによって、両グループを最も離れた状態にすることができる。

Ⅲ．結　果

1．扇状地の存否を決定する因子

1）扇状地の存否を決定する因子

「因子の重み」と「因子内カテゴリーの重み」との積を、39個の全カテゴリーの重み「総体的カテゴリーの重み」として、Fig. 3の縦軸に、また、全流域の扇状地をもつ割合（20.8%）に対する、各カテゴリーにおける扇状地をもつ流域の割合の比を横軸に描いた。

扇状地をもつ流域の割合が高いカテゴリーには、一般に大きな値が与えられるので、各因子において一般に右肩上がりのグラフになる。起伏比（Ⅲ）や気候条件（Ⅵ）のように、必ずしもそのようになっていない因子がある。それは、他の因子・条件との相関関係があり、その影響量を除いた結果、扇状地をもつ流域の割合が高いカテゴリー（Ⅲ・6とⅥ・4）にもかかわらず、それほど大きな値が与えられていないためである。

扇状地の存在に有利な（グラフの上方に位置する）カテゴリーは、「起伏量（隆起量）2200m以上（Ⅷ・3）」＞「気候条件；東北・中央日本

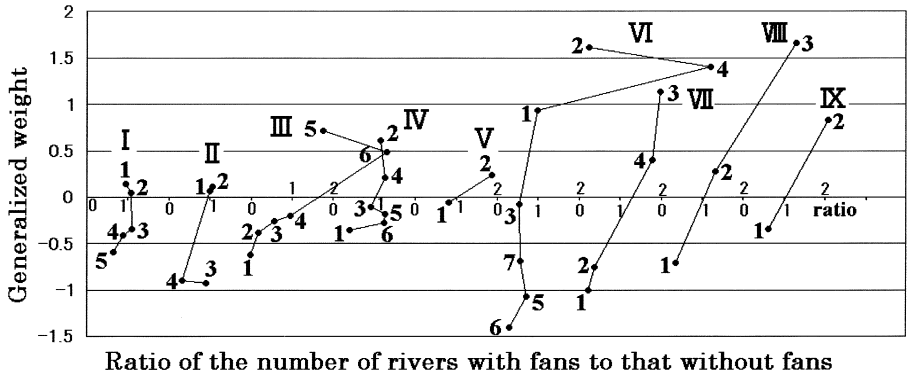


Fig. 3　Generalized weights of categories for existence of a fan

Generaliezed weights mean relative degrees of influences of categories upon existence of a fan among all categories. The ratio is a divided value of the proportion of rivers with fans in each categories by the proportion (20.8%) of rivers with fans in all. Roman and Arabic numerals show factors and categories respectively (See Table 1)

（Ⅵ・2）」＞「気候条件；台湾（Ⅵ・4）」＞「堆積場；平野（Ⅶ・3）」＞「気候条件；北海道（Ⅵ・1）」＞「断層有（Ⅸ・2）」＞「起伏比63.1～99.9‰（Ⅲ・5）」＞「集水域地質；先新第三紀堆積岩（Ⅳ・2）」の順であった。とくに有利な条件は、2200m以上の起伏量（隆起量)、気候条件が東北・中央日本、台湾、北海道であること、堆積場が平野であることとなっている。

一方、不利なカテゴリーは、「気候条件；フィリピン東部（Ⅵ・6）」＜「気候条件；フィリピン西部（Ⅵ・5）」＜「堆積場；外海（Ⅶ・1）」＜「盆地面積100～1000km²（Ⅱ・3）」＜「盆地面積1000km²以上（Ⅱ・4）」＜「堆積場；内湾（Ⅶ・2）」＜「起伏量（隆起量）1400m未満（Ⅷ・1）」＜「気候条件；ニュージーランド（Ⅵ・7）」＜「起伏比0～15.8‰（Ⅲ・1）」＜「集水域面積3,981km²以上（Ⅰ・5）」の順であった。とくに不利な条件は、気候条件がフィリピン東部、同西部、ニュージーランドであること、堆積場が外海・内湾であること、面積100km²以上の盆地があること、1400m未満の起伏量となっている。

同じ因子のなかで、最も有利なカテゴリーと最も不利なカテゴリーの値の差が大きいのは、気候条件（Ⅵ）である。次いで、起伏量（Ⅷ)、堆積場（Ⅶ)、起伏比（Ⅲ)、断層の有無（Ⅸ)、山間盆地の面積（Ⅱ）の順となる。この順に扇状地の存否を決定づけている。

2）各流域の判別状況

扇状地の存否に対する各因子の関与の度合を用いることによって、個々の流域の条件下における、扇状地をもつ流域となる平均的な確率を算定することができる。すなわち、扇状地の存在に対して有利な条件を多くもつ流域では、扇状地をもつ流域となる確率が高く算定される。実際に扇状地をもつ219流域のなかで、確率的に0.5以上の値で扇状地をもつ流域と算定される流域数は180流域である。一方、扇状地をもたない833流域のなかの662流域は、確率0.5以上の値で扇状地をもたない流域と算定される。このことは、9因子を用いた判別分析法により、扇状地をもつ流域の82.2%（＝180/219）が、扇状地をもたない流域の79.5%（＝662/833）が説明されることを意味している。全体では、80.0%（＝842/1052）となっている。

ちなみに、扇状地をもつ流域のなかで、最も有利な条件をかかえて扇状地をもつと判定された流域は、起伏量（隆起量）が2200m以上（Ⅷ・3)、気候区が東北・中央日本（Ⅵ・2)、平

野にあり（Ⅶ・３）、断層が存在し（Ⅸ・２）、起伏比が63.1～100‰（Ⅲ・５）の関川流域（高田平野）である。一方、扇状地をもたない流域のなかで、最も不利な条件をかかえて扇状地をもたないと判定された流域は、気候区がフィリピン東部（Ⅵ・６）、外海にあり（Ⅶ・１）、起伏量が1400 m未満（Ⅷ・１）、集水域地質が新第三紀堆積岩（Ⅳ・１）、断層がない（Ⅸ・１）、集水域面積 631～1,584km²（Ⅰ・３）のTran Grande川流域（ミンダナオ島南西部）である。

２．扇状地の分布を決定する因子

扇状地をもつ各流域において、個々の扇状地の存在に最も大きく寄与していると考えられる、総体的カテゴリーの重みの最も大きいカテゴリーを集計した（Fig. 4 の上側の黒塗り部分）。起伏量（Ⅷ）や気候条件（Ⅵ）の頻度が高くなっている。同様に、扇状地をもたない各流域において、総体的カテゴリーの重みの最も小さい（マイナスの場合、絶対値の大きい）カテゴリーを集計した（Fig. 4 の下側の黒塗り部分）。両者を合わせたとき（Fig. 4 の黒塗り部分が長いのは）、堆積場（Ⅶ）、気候条件（Ⅵ）、起伏量（Ⅷ）、山間盆地の有無（Ⅱ）の順となっている。このような扇状地をもつ、あるいはもたない流域となるのに最も大きく寄与しているカテゴリーを数多くもつ因子は、言いかえれば、扇状地の分布を大きく決定する因子といえる。同様に第２位の因子や第３位の因子についても集計した。ただし、総体的カテゴリーの重みの絶対値が0.1未満のカテゴリーについては、関与の度合が小さいとみなし、集計しなかった。第２位の因子や第３位の因子を含めた場合には、堆積場（Ⅶ）、気候条件（Ⅵ）、起伏量（Ⅷ）、断層の有無（Ⅸ）の順となる。第１位のみの場合とくらべて、堆積場、気候条件、起伏量（隆起量）までは、順位が同じである。この順で、扇状地の分布に関与しているといえる。

Ⅳ．考　察

１．各因子の機能

１）集水域面積

集水域面積631km²未満の流域では扇状地形成に有利であり（Fig. 3 のⅠ・１、２）、集水域面積631km²以上の流域では扇状地形成に不利である（同図Ⅰ・３～５）。日本の集水域面積200km²以上の流域で検討した結果「集水域

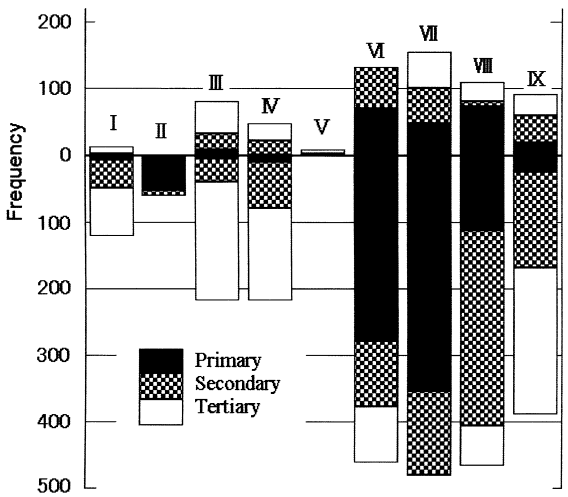


Fig. 4　Histograms to show the dominant factors for existence (above) or absence (below) of fans
Roman numerals are common to those in Table 1.

面積252～1,584km²の流域で扇状地ができやすく、集水域面積200～251km²および1,585km²以上で扇状地ができにくい」（斉藤1984a）とは、若干異なっている。

太平洋西縁変動帯（日本、台湾、フィリピン、ニュージーランド）でも、集水域面積100～251km²の流域では、扇状地が形成される割合は20.0%(104/519)であり、全体の20.8%(219/1052)よりも若干低い。それにもかかわらず、扇状地形成に有利な条件になっている（Fig. 3のⅠ・1）。それは、扇状地形成に不利な条件である「堆積場が外海・内湾」（Fig. 3のⅦ・1、2）の割合が、全体では50%（521/1052）なのに対し、集水域面積 100～251km²の流域では56%（291/519）となっているためである。すなわち、扇状地が形成される割合が若干低い集水域面積100～251km²の流域では、土砂供給量が少ないために堆積場が外海・内湾にある流域が多く、その効果を差し引くと、この規模の流域は有利な条件であることを意味する。

同様に、集水域面積631～1,584km²の流域では、扇状地が形成される割合は22.6%（31/137）であり、全体の20.8%（219/1052）よりも高い。それにもかかわらず、扇状地形成に不利な条件になっている（Fig. 3のⅠ・3）。それは、扇状地形成に有利な条件である「堆積場が平野」の流域（Fig. 3のⅦ・3）の割合が、全体では33%(345/1052）なのに対し、集水域面積631～1,584km²の流域では35%（48/137）と若干高くなっていることなどによる。すなわち、扇状地が形成される割合の高い集水域面積631～1,584km²の流域では、土砂供給量が多いために堆積場が平野にある流域が多く、その効果などを差し引くと、この規模の流域は不利な条件であることを意味する。

日本での検討では（斉藤1984a）、他因子（カテゴリー）との関係を考慮していなかった。したがって、日本の扇状地についても、他因子との関係を考慮に入れた検討が求められる。

なお、太平洋西縁変動帯では大きい集水域のカテゴリーほど小さい値を示すので（Fig. 3のⅠ・1～5）、大きい集水域ほど扇状地形成に不利といえる。また、総体的カテゴリーの絶対値の差（Fig. 3のⅠ・1とⅠ・5の差）が小さく、扇状地の存在を決定づけるものとはなっていない。しかし、それは集水域面積100km²以上の流域を対象流域としているためで、集水域面積が小さい流域も対象にすると、集水域面積の扇状地の存在に対する関与の度合は大きくなるものと思われる。

2）山間盆地の面積

山間盆地がない、あるいは面積100km²未満の山間盆地では（Fig. 3のⅡ・1、2）、扇状地形成に有利にも不利にもならない。一方、面積100km²以上の山間盆地をかかえることは（Ⅱ・3、4）、扇状地形成に不利となる。山間盆地がない場合の総体的カテゴリーの値（Ⅱ・1）と面積100km²未満の山間盆地の値（Ⅱ・2）とがほぼ同じで、また面積100～1000km²の山間盆地の値（Ⅱ・3）と面積1000km²以上の山間盆地の値（Ⅱ・4）とがほぼ同じことは、扇状地の存否に対する効果が、山間盆地面積100km²で大きく変わることを示唆している。

なお、日本、台湾、フィリピン、ニュージーランドにおいて、扇状地をもつ流域のなかで最大の山間盆地をもつ流域は、ニュージーランド南島のカンタベリー平野の南方に流出するWaitaki川流域である。Tekapo湖・Pukaki湖をかかえ、盆地などの合計は2,375km²である。日本では長野盆地に扇状地を形成する犀川流域であり、山間盆地は松本盆地の500km²となっている。

3）起伏比

起伏比が63.1‰以上の流域では扇状地形成に有利であり（Fig. 3のⅢ・5、6）、63.1‰未満の流域では扇状地形成に不利である（Ⅲ・1～4）。起伏比「63.1～100‰」（のⅢ・5）と「100‰以上」（Ⅲ・6）との間で総体的カテゴリーの値が逆転するものの、大きい起伏比のカテゴリーほど大きい値を示すので、起伏比が大

きいほど扇状地形成に有利といえる。

4）集水域地質

集水域地質が先新第三紀堆積岩や深成岩では、扇状地形成に有利で（Fig. 3のⅣ・2、4）、新第三紀堆積岩、火山岩、変成岩、混在型では、扇状地形成に不利である（Ⅳ・1、3、5、6）。先新第三紀堆積岩では新第三紀堆積岩にくらべて、また、深成岩でも火山岩や変成岩にくらべて、扇状地を構成する粗粒の岩屑の生産が多く、扇状地形成に有利なものと思われる。

5）火山の有無

火山があると扇状地形成に有利で（Fig. 3のⅤ・2）、火山がないと扇状地形成に不利である（Ⅴ・1）。火山がある流域では、粗粒の岩屑の生産が多く、扇状地形成に有利なものと思われる。ただし、総体的カテゴリーの絶対値の差が小さく（Fig. 3のⅤ）、扇状地の存在を決定づけるものではなく、また扇状地の分布に対しても寄与の度合は小さい（Fig. 4のⅤ）。

6）気候条件

気候区が東北・中央日本、台湾、北海道（正確には北海道胴体部）では扇状地形成に有利で（Fig. 3のⅥ・1、2、4）、フィリピン東部、同西部、ニュージーランドでは扇状地形成に不利である（Ⅵ・5～7）。熱帯のフィリピンでは、化学的風化による細粒物質の生産が盛んなため、扇状地を構成する粗粒物質の供給が少なく、扇状地形成に不利になっていると思われる。西日本（Ⅵ・3）が東北・中央日本や北海道にくらべ不利な条件となっているのは、氷期でも集水域が周氷河地域にならなかったために、粗粒物質の供給が少なかったためと思われる（斉藤 1983、1988）。東北・中央日本が北海道にくらべて特に有利な条件となっているのは、降水量が多いため相対的に粗粒物質の供給が多くなっているものと推測される（斉藤 1983、1988）。ただし、北海道と同様の気候と思われるニュージーランドにおいて、扇状地形成に不利になっている理由は明らかではない。

台湾では、扇状地の形成される割合は58.0%（29/50）であり、東北・中央日本の37.5%（84/224）よりも高い。それは、扇状地形成に特に有利な2200m以上の起伏量（Fig. 3のⅧ・3）をもつ流域が、東北・中央日本では15%（35/224）であるのに対し、台湾では64%（32/50）となっていて、その起伏量の効果が差し引かれているためである。

この気候条件は、総体的カテゴリーの絶対値の差も大きく（Fig. 3のⅥ）、扇状地の有無に対する頻度分布も堆積場についで大きい（Fig. 4のⅥ）。日本のみ（斉藤 1984a）やフィリピンのみ（斉藤 1996）を対象とした検討よりも、寄与の度合が大きい。それは、気候条件が大きく異なり、気候条件の影響が大きくなったためである。

7）堆積場

平野・盆地域では扇状地形成に有利で（Fig. 3のⅦ・3、4）、外海・内湾域では扇状地形成に不利である（Ⅶ・1、2）。平野と外海との総体的カテゴリーの値の差が大きく、扇状地の存否を最も大きく決定づける因子となっている（Fig. 3のⅦ）。平野や外海のカテゴリーに含まれる流域も多く、扇状地の分布を最も決定づける因子にもなっている（Fig. 4のⅦ）。

平野域であるのか、外海・内湾域であるかについても、土砂供給量が左右する場所では、扇状地の存否・分布を決定づける因子が大きく関与する。日本では、平野域であるのか、外海・内湾域であるのかについて、扇状地形成に関わる10因子（11因子のなかから堆積場の1因子を除いた）の判別分析法により、起伏比の関与の度合が大きいことが明らかになっている（斉藤 1984a）。太平洋西縁変動帯についても、8因子（堆積場の1因子を除いた）の判別分析法を用いて、同様に検討した。総体的カテゴリーの絶対値の差が最も大きい因子は、集水域面積であり、気候条件もほぼ同じ値であった。外海・内湾域ではなく平野域となるのに都合の良いカテゴリーは、集水域面積については、1,585～3,980km²、631～1,584km²、252～630km²、

3,981km²以上、100～251km²の順となっている。気候条件については、台湾、フィリピン西部、フィリピン東部、ニュージーランド、北海道、西日本、東北・中央日本の順となっている。集水域面積については、3,981km²以上の流域で総体的カテゴリーの値が小さいという例外があるものの、大きい集水域ほど、土砂供給量が多く、平野域が形成されやすい傾向が認められる。しかし、気候条件については、台湾やフィリピンでは平野域が形成されやすく、日本では平野域が形成されにくい理由は考えにくく、気候条件以外の因子がこれらの地域で平野域か外海・内湾域であるのかを左右している可能性が高い。また、扇状地の有無の判別が80.0%であるのに対し、平野域と外海・内湾域の判別は66.4%であり、判別の度合も低い。平野域であるのか、外海・内湾域であるのが何に左右されているのかについては、今後の検討課題となっている。

8）起伏量（隆起量）

起伏量が2200m以上（日本では隆起量1000m以上に相当）の流域では扇状地形成に有利であり（Fig. 3 のⅧ・3）、1400m未満（日本では隆起量500m未満に相当）の流域では扇状地形成に不利である（Ⅷ・1）。起伏量が2200m以上と1400m未満の総体的カテゴリーの値の差が大きく、扇状地の存否を大きく決定づける因子となっている（Fig. 3 のⅧ）。また、それらのカテゴリーに含まれる流域も多く、堆積場、気候条件についで扇状地の分布を決定づける重要な因子となっている（Fig. 4 のⅧ）。

9）断層の有無

渓口（谷口）を断層が走らないことは、扇状地形成に不利であるのに対し（Fig. 3 のⅨ・1）、断層が走ることは、扇状地形成に有利な条件となっている（Ⅸ・2）。総体的カテゴリーの値の差がやや大きく（Fig. 3 のⅨ）、頻度分布もやや多く（Fig. 4 のⅨ）、扇状地の存否・分布に対し大きく関わっているが、堆積場、気候条件、起伏量（隆起量）にくらべて、決定的な因子とはなっていない。

2．各地域の扇状地の分布条件

集水域面積100km²以上の流域における扇状地をもつ割合は、日本の26%（123/474）、フィリピンの12%（32/266）、ニュージーランドの13%（35/262）に対し、台湾では58%（29/50）と高い。台湾が他地域にくらべて扇状地形成に有利になっている条件を明らかにするために、日本、台湾、フィリピン、ニュージーランドそれぞれにおいて、因子ごとに各流域の総体的カテゴリーの平均値を求めた（Fig. 5）。気候条件（Ⅵ）については、日本で0.922、台湾で

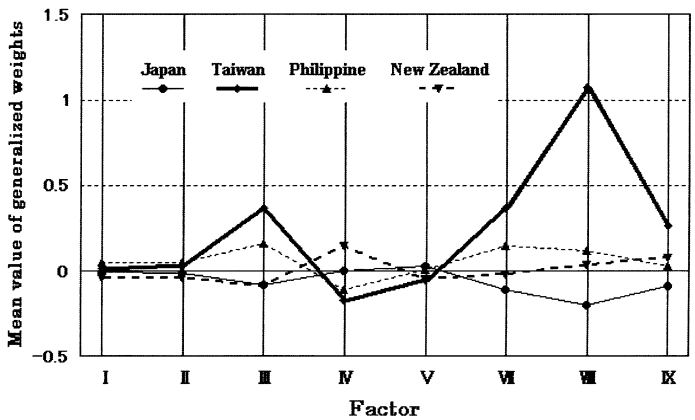


Fig. 5　Conditions for existence of alluvial fans in Japan, Taiwan, the Philippines and New Zealand
Roman numerals are common to those in Table 1.

1.404、フィリピンで－1.232、ニュージーランドで－0.685であり、台湾とニュージーランドではすべての流域がその値になり、過大評価になるので、示していない。

台湾では、気候条件（Fig. 3のⅥ・4）が東北・中央日本（Ⅵ・2）に次いで良いことがあげられる。ただし、前述のように気候条件そのものが分布条件を決定しているのかどうかについては明らかではない。また、台湾では、起伏量（Fig. 5のⅧ）の総体的カテゴリーの平均値が大きくなっている。次いで、堆積場（Ⅶ）と起伏比（Ⅲ）となっている。断層が走っている流域（Ⅸ）が多いことも台湾の扇状地形成を有利にしている。

Ⅴ．おわりに

太平洋西縁変動帯（日本、台湾、フィリピン、ニュージーランド）では、集水域面積100km²以上の1,052流域のなかで、219流域が扇状地をもっている。この扇状地の存否・分布に対する9因子（集水域面積、山間盆地の面積、起伏比、集水域地質、火山の有無、気候条件、堆積場、起伏量（隆起量）、断層の有無）の関与の度合を判別分析によって求めた。その結果、以下のことが明らかになった。

1）扇状地の存在に対して、とくに有利な条件は、起伏量2200m以上（日本の隆起量1000m以上に相当）、気候条件が東北・中央日本、同台湾、同北海道、堆積場が平野、同盆地となっていることである。とくに不利な条件は、気候条件がフィリピン東部、同西部、ニュージーランド、堆積場が外海、同内湾、面積100km²以上の山間盆地の存在となっている。

2）カテゴリーの数も考慮した扇状地の分布に対しては、堆積場、気候条件、起伏量（隆起量）が大きく関与している。ついで、断層の有無、起伏比、集水域地質が関与している。

3）扇状地をもつ割合は、日本の26%（123/474）、フィリピンの12%（32/266）、ニュージーランドの13%（35/262）に対し、台湾では58%（29/50）である。台湾と他地域の扇状地の分布の違いを大きく左右している因子は、気候条件のほか、起伏量（隆起量）、堆積場、起伏比の順となっている。

謝　辞

本稿を、2010年3月をもって埼玉大学を退任されます社会学の白井宏明先生に献呈いたします。先生のますますの御健勝と御活躍を祈念いたします。なお、本研究の一部に平成19～21年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究C（課題番号19500879）の補助金を使用した。

引用文献

太田陽子 1989．ニュージーランドの変動地形に関する最近の研究．地理学評論 62A：636－666.

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.

経済部中央地質所 1986.『50万分の1　台湾地質図』経済部.

斉藤享治 1983．扇状地の形態・構造の統計分析による岩屑供給量と河床変化の時代変遷．地理学評論 56：61－80.

斉藤享治 1984a．扇状地の存否・分布を決定する因子．東北地理 36：1－12.

斉藤享治 1984b．日本の扇状地の形成因子．北海学園大学学園論集 49：15－42.

斉藤享治 1988.『日本の扇状地』古今書院，280p.

斉藤享治 1989．台湾島の扇状地の形成条件．北海学園大学学園論集 63：19－36.

斉藤享治 1994.『扇状地の発達に関する熱帯湿潤地域と温帯湿潤地域の比較研究』（平成4年度～6年度科学研究費補助金一般研究C研究成果報告書），373p.

斉藤享治 1996．フィリピンの扇状地の分布に関する一考察．地理学研究報告（埼玉大学） 15/16：1－11.

斉藤享治 2006.『世界の扇状地』古今書院，299p.

斉藤享治 2007．ニュージーランドにおける扇状地

の分布と形態．地理学研究報告（埼玉大学教育学部）27：1－22．
斉藤享治 2009．ニュージーランドにおける扇状地の形成条件．地理学研究報告（埼玉大学教育学部）29：印刷中．
阪口　豊 1971．扇状地の自然地理学的諸問題―海外の扇状地を中心として―．矢沢大二・戸谷　洋・貝塚爽平編『扇状地』古今書院，121－157．
第四紀地殻変動研究グループ 1968．第四紀地殻変動図．第四紀研究 7：182－187．
日本列島の地質編集委員会 1996．『理科年表読本　コンピュータグラフィックス　日本列島の地質』丸善，139p．
Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources, Philippines 1982. *Geology and mineral resources of the Philippines.*
New Zealand Geological Survey 1972a. *North Island (1st ed.) Geological map of New Zealand 1:1,000,000.* Department of Scientific and Industrial Research, Wellington.
New Zealand Geological Survey 1972b. *South Island (1st ed.) Geological map of New Zealand 1:1,000,000.* Department of Scientific and Industrial Research, Wellington.
Saito, K. 1999. Development of mountains and alluvial fans in Japan, Taiwan, and the Philippines. *Geographical Review of Japan* 72B：162－172.
Saito, K. and Oguchi, T. 2005. Slope of alluvial fans in humid regions of Japan, Taiwan and the Philippines. *Geomorphology* 70：147－162.
Schumm, S.A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geolologicl Society of America Bulletin* 67：597－646.

（2009年 9 月29日提出）
（2009年10月16日受理）

Dominant Factors for the Distribution of Alluvial Fans in West Circum-Pacific Mobile Belt

Kyoji SAITO

Keywords : alluvial fan, distribution, west circum-Pacific, mobile belt, discriminant analysis

Japan, Taiwan, the Philippines and New Zealand in west circum-Pacific mobile belt have 219 rivers with alluvial fans of larger than 2km^2 among 1,052 drainage basins of areas larger than 100km^2. By use of discriminant analysis, the dominant factors for the distribution of alluvial fan were determined to be the sedimentary environment, climatic type, relative relief indicating uplift rate among nine factors, that is drainage basin area, intermontane basin area, relief ratio, geology of drainage basin, existence of volcano, climatic type, sedimentary environment, relative relief, and existence of fault.