

日本・台湾・フィリピンの現成扇状地の分布と気温・降水量

齊藤 享治*

I はじめに

ユーラシアプレートと太平洋プレート・フィリピン海プレートの境界等の変動帯に位置する日本や台湾では、山地の隆起が速く、しかも降水量が多いために、削剝が進み、谷口には数多くの扇状地が形成されている。面積 2 km^2 以上の扇状地をもつ河川は、日本では490、台湾には71ある(Saito, 1993)。一方、熱帯では、化学的風化作用が盛るために、扇状地をつくるような粗粒物質が供給されにくく、扇状地が形成されにくいと考えられている。降水量の多い変動帯に位置しながら、熱帯にあるフィリピンでは、国土面積が日本の約8割であるが、扇状地をもつ河川は、日本の3割弱129にすぎない(齊藤, 1994)。のことからも、熱帯では扇状地形成の不利なことが推察されるが、熱帯では温帶などにくらべてどの程度、扇状地形成に不利なのか議論されたことはない。それは、扇状地形成にかかわる因子が数多くあり、しかも定量的な扱いが難しいことなどに起因する。このようなことから形成因子を限定して、温帶湿潤地域の日本と台湾および熱帯湿潤地域のフィリピンにおける、扇状地の分布¹⁾に対する気温と降水量の関与の度合を、定量的に求めることを本論文の目的とする。

II 方 法

I 対象流域と扇状地の定義

扇状地の分布に対する集水域(谷口より上流流域)規模の関与の度合は、どの規模の集水域を取

り上げるかによって変化する。小規模の集水域まで対象とした方が、対象流域が増加し、自然状態をよりよく反映する。しかし、集水域規模の小さい流域(集水域と扇状地形成域をあわせて流域とする)を対象とするには、その数が多くなりデータ収集の困難を伴う。本論文では、そのようなことから、集水域面積 100 km^2 以上の流域を対象とした。日本では474、台湾では50、フィリピンでは266の合計790流域が対象流域である(Fig. 1)。

本論文で扱う扇状地は、谷口を中心とした同心円状の等高線をもち、扇面面積 2 km^2 以上、扇面勾配2%以上の地形とする²⁾。定義された扇状地をもつ流域は、日本では123、台湾では29、フィリピンでは32である³⁾。

2 現成扇状地の仮定

扇状地は、さまざまな気候条件のもとでできてきた。現在の気候に近い条件下でできた扇状地もあれば、氷期に形成された扇状地もある。各扇状地が形成された当時の気候条件が分かっていれば、その条件をもとに気温と降水量の関与の度合を求めることが可能である。しかし、ほとんどの扇状地では、そのような気候条件が明らかになっていない。そのため、日本では、完新世に形成された扇状地を現成扇状地とし、現在と同じ気候条件で形成されたと仮定した。日本には、このような現成扇状地が78ある。

台湾やフィリピンでは、扇状地の形成時期が判明していないところが少なくない。一般に新しい扇状地ほど、扇面の下刻量は小さい。日本では、扇頂部の下刻量が 10 m 以下の扇状地は、更新世の扇状地では18%であるが、完新世では88%にのぼる(Fig. 2)。 10 m 以下の扇状地が、台湾では72%、フィリピンでは81%あり、両地域の大多数の扇状

* 埼玉大学教育学部社会科教育講座

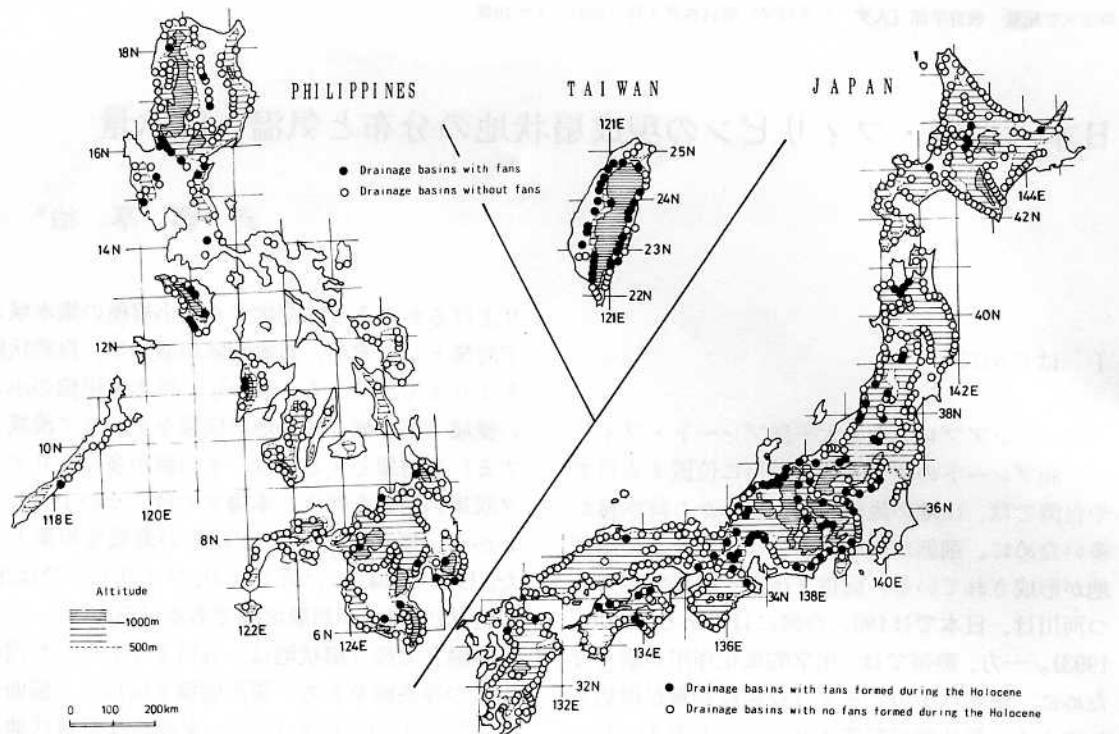


Fig. 1 Valley mouths of drainage basins larger than 100 km² in area

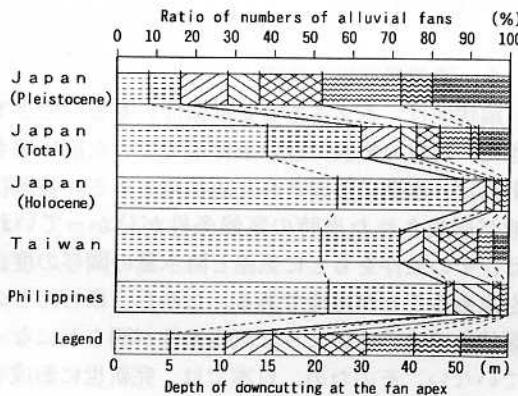


Fig. 2 Frequencies of downcutting depth at the fan apex

地は、完新世に形成されたものと思われる。これらのことから、台湾とフィリピンの扇状地は、すべて現成扇状地と仮定した⁴⁾。

集水域面積100km²以上の対象流域のうち現成扇状地をもつ流域は、日本では474流域中78、台湾では50流域中29、フィリピンでは266流域中32である。すなわち、全対象流域790流域中、現在の気候

条件で扇状地をもつ流域が139流域 (Fig. 1 の黒丸)、扇状地をもたない流域が651流域 (Fig. 1 の白丸) と仮定して検討する。

3 取り上げた因子

扇状地の形成に影響を与える因子は、数多い。このため、取り上げる因子の数が多くなるほど、扇状地の分布が一般的によく説明される。しかし、その説明に強くかかわる因子もあれば、それほど関与していない因子もある。日本では、集水域面積200km²以上の294流域を対象に、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、気候条件、渓口距離、堆積場、基盤地質、隆起量、活断層）を用いて検討された（齊藤、1984）。なかでも関与の度合が大きい因子は、堆積場、気候条件、起伏比、隆起量の順であった。堆積場自体も、起伏比のほか、集水域地質、隆起量、集水域面積、基盤地質の影響をうけていた。日本の隆起量については、集水域面積や起伏比が大きいところで大きい値を示し、いずれも小さい

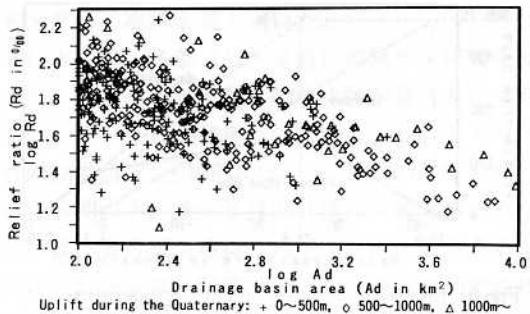


Fig. 3 Relation between drainage basin area, relief ratio, and amount of uplift during the Quaternary in Japan

ところで小さい値を示す傾向がある (Fig. 3)。これらのことから、隆起量は、集水域面積と起伏比の関係に影響を及ぼし、堆積場は、起伏比と集水域面積の影響をうけると考え、扇状地の分布について、気候条件のほか、起伏比と集水域面積の因子のみで検討する⁵⁾。

4 変量の定義と測定方法

(1) 集水域面積

谷口より上流の流域面積を集水域面積とした⁶⁾。最大値は信濃川の9,719km²で (Table 1)、扇状地をもつ河川の最大値は天竜川の5,008km²である。

(2) 起伏比

集水域の最高点と最低点の標高差を、流域最大辺長(谷口とそこから最も離れた地点までの距離)で割った値が起伏比である (Schumm, 1956)。小さな集水域では一般に大きな起伏比を示す。集水域面積100km²以上の流域では、最大値は台湾の三棧

溪の199.1%である。最小値はフィリピンのPambuhan川の9.5%ついで房総半島の養老川の9.7%である。

(3) 気温 (凍結融解交代日数)

寒冷気候のもとでは、粗粒物質の生産が盛んで扇状地が形成されやすいのに対し、熱帯では、細粒物質の生産が盛んで扇状地が形成されにくいといわれる。このような関係を表現する気温の指標として凍結融解交代日数を用いた。ただし、凍結融解交代日数が0日のところが、熱帯というわけではなく、交代日数0日を示す温暖な流域では、粗粒物質の供給（正確には、扇状地の分布）に対する気温の関与の度合が、気温の高低に関係なく、同一とみなすということである。また、凍結融解交代日数が0日を超えるところでは、どの流域でも凍結破碎作用による粗粒物質の供給が行われているわけではない。凍結破碎作用はともかく、気温が低いところほど（年中凍結しているところを除く）、扇状地を形成する粗粒物質が供給されやすくなるとみなしている。

凍結融解交代日数を求めるためには、各流域の地表温度、あるいは少なくとも毎日の最高気温と最低気温が必要となるが、そのようなデータを全流域で得ることは難しい。そのため、凍結融解交代日数を、各流域の1月の平均気温から求めた冬日日数から真冬日日数を引いたものとした。

流域の気温は、標高によって異なるので、最高点と最低点の標高の中央値での気温とした⁷⁾。各流域の中央値の標高の気温は、付近にある既知の観測点の値と遅減率0.65°C/100mを用いて算定した。日本では「理科年表」(国立天文台、1992)に

Table 1 Values of variables in Japan, Taiwan, and the Philippines

Variables	Total	Japan	Taiwan	Philippines	
Drainage basin area (logarithmic values in km ² : parenthetic values are normal)	mean s.d. max. min.	2.484 (305) 0.398 3.987 (9,719) 2.000 (100)	2.521 (332) 0.432 3.987 (9,719) 2.000 (100)	2.462 (290) 0.399 3.458 (2,871) 2.004 (101)	2.423 (265) 0.319 3.696 (4,961) 2.003 (101)
Relief ratio (logarithmic values in %: parenthetic values are normal)	mean s.d. max. min.	1.687 (48.7) 0.224 2.299 (199.1) 0.978 (9.5)	1.628 (42.5) 0.208 2.164 (146.0) 0.987 (9.7)	1.944 (88.0) 0.196 2.299 (199.1) 1.362 (23.0)	1.744 (55.5) 0.207 2.139 (137.8) 0.978 (9.5)
Temperature (freeze-thaw days: parenthetic values are Jan. temp. in °C)	mean s.d. max. min.	52.5 (3.2) 43.9 123.1 (-16.1) 0.0 (>8.3)	86.3 (-2.7) 18.1 123.1 (-16.1) 30.1 (5.2)	13.0 (6.8) 17.9 56.6 (2.9) 0.0 (>8.3)	0.0 (>13.0) 0.0 0.0 (>13.0) 0.0 (>13.0)
Precipitation (total precipitation of four rainy months)	mean s.d. max. min.	921 483 3,145 353	699 247 2,122 353	1,240 190 1,786 1,043	1,257 597 3,145 429

掲載の68地点⁸⁾、台湾では「Climate of China and Korea」(Watts, 1969)に掲載の9地点、フィリピンでは「Climate of the Philippines」(Flores and Balagot, 1969)の35地点の値を使用した。

冬日日数については、各月の平均気温との相関係数を、「理科年表」(国立天文台、1992)に掲載の78地点(富士山の値を含む)の日本の値から求めた(Fig. 4)。12月との相関係数が最も高く、つ

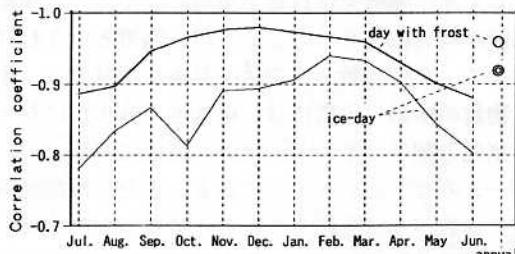


Fig. 4 Correlation coefficients between mean temperature of each month and numbers of days with frost and/or those of ice-days in Japan

いで1月が高い。真冬日日数については、真冬日が3日以上を示す⁹⁾24地点の値と各月の平均気温との相関係数を算定した。2月との相関係数が最も高く、1月が続く。凍結融解交代日数について、1つの月の気温による関係式にするため、冬日・真冬日とも相関が高い1月の平均気温と冬日日数・真冬日日数の回帰式を求めた。すなわち、

$$N_w = 88.5 - 11.2T_j$$

$$N_f = 9.70 - 8.41T_j$$

となる。このとき、 N_w は冬日日数、 N_f は真冬日日数、 T_j は1月の平均気温である。

冬日は、1月の平均気温7.9°C以下で出現する。凍結融解交代日も、この気温以下で現れることになる(Fig. 5)。1.2°C以下になると、真冬日が出現し、気温低下による交代日数の増加が鈍くなる。-24.8°C以下では、年中冬日となり、交代日数は気温低下とともに減少する。

日本では、1月の平均気温が最も低いのは、忠別川(標高中央値1294m)の-16.1°Cで、凍結融解交代日数は最大の123.1日である。気温が最も高いのは、万之瀬川(同308m)の5.2°Cで、交代日数は最小の30.1日である。気温の上昇とともに交

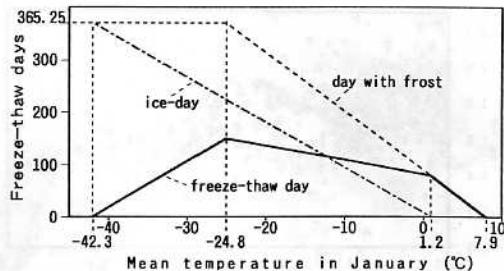


Fig. 5 Relation between mean temperature of January and freeze-thaw days in Japan

代日数の減少が著しくなる1.2°C以上を示す流域は102あり、その多くは近畿地方以西にある。

台湾では、1月の平均気温の最低は、大甲渓(標高中央値2067m)の2.9°Cで、交代日数は56.0日である。気温が最も高いのは、楓港渓(同485m)の17.5°Cで、交代日数は0日である。台湾では、凍結融解交代日数が0日となる気温7.9°C以上を示す流域が25あり、全50流域の半数を占める。フィリピンでは、気温が最も低いMagat川(同1609m)の13.1°Cでも凍結融解交代日数は0日で、全流域が0日となっている。

(4) 降水量(最多月4カ月の総降水量)

豪雨時に、粗粒物質は運搬されやすい。豪雨の強度の一指標と考えられる日最大降水量と月降水量との相関関係を、「理科年表」(国立天文台、1992)に掲載の80地点で求めた。日本では、1カ月毎の日最大降水量との相関係数は、6月が最も高く、5月、4月、9月がそれに次ぐ(Fig. 6)。連続した2カ月、3カ月、4カ月の総降水量との相関関係では、6~9月(4カ月)の総降水量との相関係数が最も高く、6月単独の相関係数よりも高い。このことから、日本では、降水量の指標として、

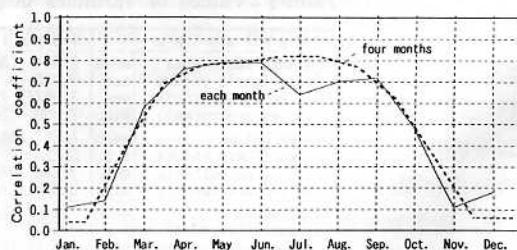


Fig. 6 Correlation coefficients between monthly precipitation and daily maximum precipitation in Japan

6～9月の総降水量を用いた。

日本では、冬季（12～3月）の降水・降雪を除くと、連続した4カ月の総降水量が最大を示す期間は、6～9月が80地点中53地点、ついで8～11月の13地点で、圧倒的に6～9月が多い¹⁰⁾。台湾では、6地点中、6～9月が3地点で最もも多いものの、5～8月が2地点、11～1月が1地点ある。フィリピンでは、44地点中、6～9月は13地点にすぎず、8～11月の7地点などが続く¹¹⁾。これらのため、台湾とフィリピンについては、連続した4カ月の総降水量が最大を示す月の降水量を用いた。これを最多月4カ月の総降水量とし、日本でも6～9月の総降水量を最多月4カ月の総降水量とみなして用いた。

各流域の降水量については、付近にある既知の観測点の値を代用した。日本とフィリピンでは、利用したのは、気温と同じく、68地点と35地点である。台湾では「Climate of China and Korea」に掲載の4地点および「理科年表」掲載の1地点である。

最多月4カ月の総降水量の最大値は、フィリピ

ンのルソン島西岸にあるIbaの3,145mmである。最小値は、網走の353mmである。

5 判別分析法

各変量の値に任意の係数をかけて変化させ、各流域の各変量の合計変換値について、扇状地をもつグループと扇状地をもたないグループの平均値の差を最も大きくする係数ベクトルを求める判別分析法を行った。変量の値については、単位の違いを越えて、変量間の比較が可能になるように、Table 1を用いて、平均値を0、標準偏差を1とする基準化を施した。ただし、集水域面積(単位km²)と起伏比(単位%)については、正規分布に近づけるために、対数変換した値を基準化した¹²⁾。

III 結 果

判別分析の結果、各変量の係数ベクトルは、集水域面積で0.645、起伏比で1.137、気温（凍結融解交代日数）で0.271、降水量で0.103となった。すなわち、各流域の判別得点Dは、

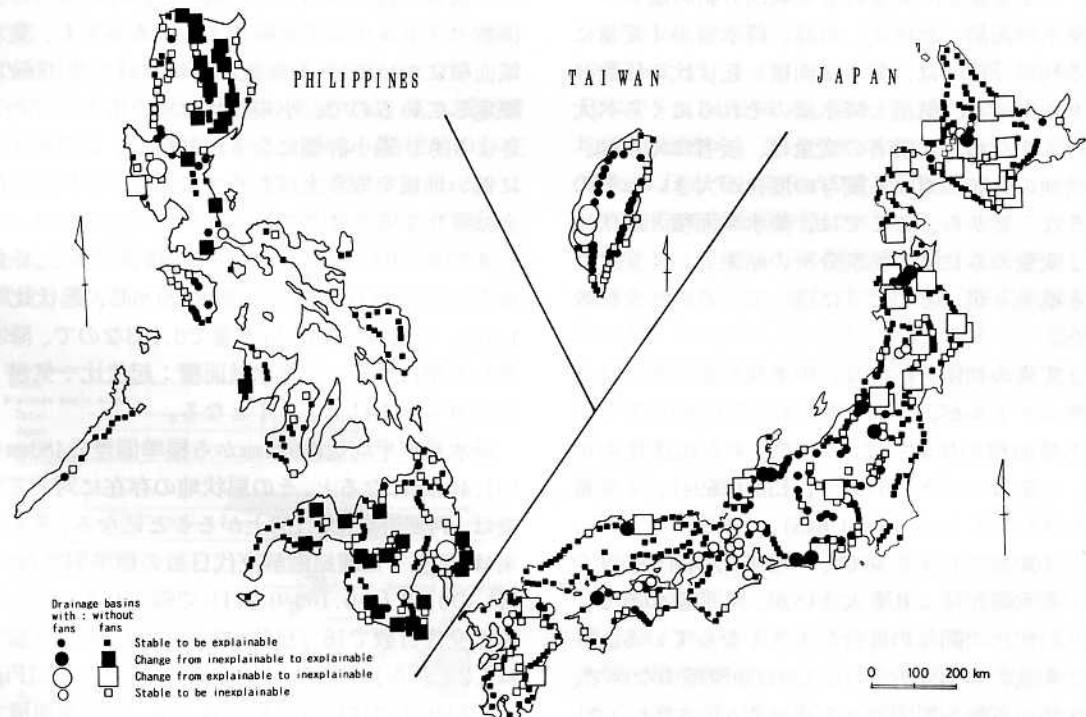


Fig. 7 Change from results by two variables to those by four variables

$D = 0.645A_d + 1.137R_d + 0.271T_f + 0.103P_r$ の式で得られる。このとき、 A_d は集水域面積、 R_d は起伏比、 T_f は凍結融解交代日数、 P_r は最多月4カ月の総降水量であり、すべて基準化した値である。判別得点が、0.314以上のとき扇状地をもつ、それ以下のとき扇状地をもたないと判定される。判別得点は、集水域面積や起伏比が大きいほど、気温が低い（凍結融解交代日数が多い）ほど、降水量が多いほど、大きくなる。すなわち、扇状地をもつ方に算定される。

集水域面積、起伏比、気温、降水量の4変量による判別分析では、対象流域790流域のなかで、扇状地の有無を説明できる流域は556流域で、全体の70.3%を占める。内訳は、扇状地をもつ139対象流域のなかで、説明できる流域は、107流域で（Fig. 7の黒丸）、扇状地をもたない651対象流域のなかで、説明できる流域は449流域となっている。（Fig. 7の黒四角）。

IV 考 察

I 2変量と4変量による判別分析の違い

集水域面積、起伏比、気温、降水量の4変量による判別分析では、集水域面積と起伏比の係数ベクトルの値は、気温と降水量のそれにくらべ大きい。すなわち、前者の変量は、後者にくらべ、扇状地の分布に対する関与の度合が大きい。そのようなことから、ここでは、集水域面積と起伏比の2変量のみによる判別分析の結果と、4変量による結果とが、どのように違っているのかを比較した。

2変量の判別分析では、集水域面積と起伏比の係数ベクトルが、それぞれ1.138と0.694である。集水域面積の係数ベクトルに対する起伏比の値は、2変量のとき1.640（=1.138/0.694）、4変量のとき1.763（=1.137/0.645）である。したがって、2変量でも4変量でも、起伏比の関与の度合は、集水域面積よりも大きいが、4変量の方で、より起伏比の関与の度合が大きくなっている。

2変量の判別分析では、790対象流域のなかで、扇状地の有無を説明できる流域数が549であった。4変量の判別分析では、説明できる流域数は556と

なる。わずか7流域しか変化していないように見えるが、実際には、改善された流域が45流域、改悪となった流域が38流域であり、変化した流域は83流域にのぼる（Fig. 7の大きな丸と四角）。改善された流域については、扇状地をもたない流域（大きな黒四角）はフィリピンに集中し、扇状地をもつ流域（大きな黒丸）は日本に集中している。これは、気温の高いフィリピンでは扇状地ができるにくく、気温の低い日本では扇状地ができるやすいという、気温の効果が現れたためである。改悪となった流域については、扇状地をもたない流域（大きな白四角）は日本に集中している¹³⁾。これは、扇状地をもたない流域のなかで、2変量の関係ではからうじて扇状地をもたない流域と判定された流域が、気温の低い日本にあるので、4変量では扇状地もつ流域と判定されたためである。ただし、そのような現成扇状地をもたない日本の31流域のなかで、10流域では更新世には扇状地が形成されている。

2 各変量の関与の度合

4変量の扇状地の分布に対する関与の度合は、係数ベクトルの値で比較できる。もっとも、集水域面積については、対象流域を集水域面積100km²に限定しているので、小規模集水域を取り上げたときよりも、過小評価になる。同様に、気温のさらに低い地域を取り上げたりすると、その関与の度合は変化する。ここでいう、関与の度合とは、あくまでも790対象流域についての度合である。係数ベクトルの値は、集水域面積で0.645、起伏比で1.137、気温で0.271、降水量で0.103なので、降水量を基準にすると、集水域面積：起伏比：気温：降水量=6:11:3:1となる。

降水量が平均値の921mmから標準偏差分483mm多い1,404mmになると、その扇状地の存在に対する効果は、判別得点で0.103上がるうことになる。その効果は、気温では凍結融解交代日数の標準偏差（43.9日）の0.38（=0.103/0.271）で得られる。すなわち、交代日数で16.7日分（43.9日×0.38）、気温では3.2°Cから1.7°Cへの1.5°C低下に相当する（Fig. 8）。起伏比では48.7%から51.0%、集水域面積では305km²から353km²の変化に相当する。

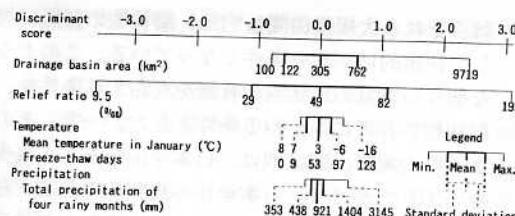


Fig. 8 Degrees of influences of four variables upon the distribution of alluvial fans
The score range shown by thick solid line presents the degree.

3 対象地域の扇状地の分布条件

日本、台湾、フィリピンでは、変量の平均値に差がある。集水域面積の平均では、日本で332km²、台湾で290km²、フィリピンで265km²である (Table 1)。集水面積が大きいほど扇状地の存在には有利なので、全体の平均305km²より大きい日本は、平均でみれば扇状地の存在に有利な地域となる。有利の程度は、全体の平均値からの差を基準化した値に変換し、その変換値に係数ベクトルを掛けることによって求めることができる。すなわち、対数変換した日本の平均値と全体の平均値の差0.037 (=2.521-2.484) を全体の標準偏差0.398で割って基準化し、その値0.093 (=0.037/0.398) に係数ベクトル0.645を掛けると0.060となる。この判別得点0.060分、日本の流域では、集水域面積が全体にくらべて大きいことから、扇状地の存在に有利となっている。日本、台湾、フィリピンについて、それぞれの平均値での判別得点に換算した値、標準偏差分大きい値および小さい値での換算値、最大値・最小値での換算値を求めた (Fig. 9)。

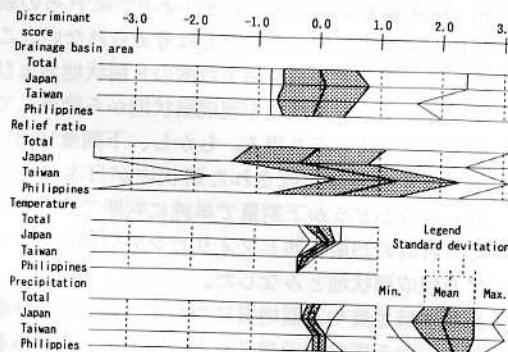


Fig. 9 Conditions for fan formation in Japan, Taiwan, and the Philippines

起伏比の平均値は、台湾88.0%、フィリピン55.0%、日本42.5%となっている (Table 1)。この平均値を判別得点分に換算すると、台湾では1.305、フィリピンでは0.289、日本では-0.299となる (Fig. 9)。台湾の起伏比の判別得点分1.305を集水域面積の係数ベクトル0.645で割った値2.02は、集水域面積の標準偏差の2.023倍、大きい集水域面積に相当するほど、扇状地の存在に有利なことを意味する。対数変換した値なので、通常目盛りでは、大きな値のところでは、大きな値の変化になる。たとえば、集水域面積の全体の平均値305km²からでは、1,946km² (=10^{2.484+2.023\times0.398}) の変化することと算定される。フィリピンでは平均値が460km²、日本では199km²の変更に相当する。

凍結融解交代日数の平均値は、日本86.3日、台湾13.0日、フィリピン0日であり、判別得点分に換算すると、日本では0.209、台湾では-0.244、フィリピンでは-0.324となる。この判別得点分を集水域面積に換算すると、全体の平均値305km²から、日本では410km²、台湾では215km²、フィリピンでは192km²の変更に相当する。

最多月の4ヶ月総降水量の平均値は、フィリピン1,257mm、台湾1,240mm、日本699mmとなり、判別得点分では、フィリピンで0.072、台湾で0.068、日本で-0.047となる。集水域面積では、全体の平均値305km²から、フィリピンでは338km²、台湾では336km²、日本では285km²の変更に相当する。

判別得点分の平均値における、3地域（日本、台湾、フィリピン）の最大値と最小値の差は、集水域面積で0.159、起伏比で1.604、気温（凍結融解日数）で0.533、降水量で0.119である。扇状地の分布に対する、地域差の大きさは、起伏比、気温、集水域面積、降水量の順となっている。

V 結論

日本、台湾、フィリピンの扇状地の分布に対する、集水域面積、起伏比、気温、降水量の関与の度合は、およそ6:11:3:1の割合である。集水域面積や起伏比が大きくなるほど、気温が低いほど、降水量が多いほど、扇状地の存在に有利となる。扇状地の分布にとって、降水量が483mm増加

することは、気温3.2°Cから1.7°Cへの1.5°C低下、起伏比では48.7%から51.0%、集水域面積では305km²から353km²の変化に相当するなど、変量間の量的関係が明らかになった。扇状地の分布に対する気温の関与の度合は、降水量のそれにくらべ、ほぼ3倍である。

地域差については、気温の指標である凍結融解交代日数は、日本では平均86.3日、台湾では13.0日、フィリピンでは0日である。その差を集水域面積に換算すると、全体の平均値を305km²としたとき、日本では平均410km²、台湾では平均215km²、フィリピンでは平均192km²の違いに相当する。最多月4カ月総降水量の平均値は、日本で699mm、台湾で1,240mm、フィリピンで1,257mmである。集水域面積に換算したその差は、日本で285km²、台湾で336km²、フィリピンで338km²の違いに相当する。日本は、台湾やフィリピンにくらべ、降水量では若干不利であるが、気温では有利になっている。

以上のように、扇状地の分布に対する4変量(集水域面積、起伏比、気温、降水量)の関与の度合、および3地域(日本、台湾、フィリピン)の扇状地の分布条件が量的に明らかになった。

謝辞

本研究の台湾とフィリピンの気候データの収集については、東京大学大学院理学研究科の松本淳先生にお世話をになりました。本研究には、平成6・7年度文部省科学研究費補助金総合研究A(代表者、平川一臣北海道大学教授「最終氷期の日本列島の乾燥化に関する第四紀学的研究」)の補助金を使用させていただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

(1995年4月5日提出)
(1995年5月12日受理)

注

- 1) 扇状地の分布と扇状地の存否を、筆者はいままで使い分けてきた(斎藤、1984など)。たとえば、琵琶湖をかかえる淀川や松本・長野盆地をかかえる信濃川は、大阪平野や越後平野にてたところで扇状地を形成していない。淀川や信濃川にとって

は、それら大規模山間盆地は、扇状地の有無に対して決定的に不利な条件となっている。このような個々の流域の扇状地の有無を左右する条件を、扇状地の存否にかかわる条件とした。一方、そのような大規模山間盆地は、日本全国をみても数少ない。したがって、日本全体の扇状地の分布を左右する条件とはなりえない。このような、対象流域全体の数をも考慮して、扇状地の有無を左右する条件を、扇状地の分布にかかわる条件とした。扇状地の分布と存否にかかわる度合が大きく変わるのは、分類したカテゴリーのなかのサンプル数が少い場合である。本論文では、判別分析のときにカテゴリー分類をせず、変量そのものの値を用いていること、関与の度合の検討が標準偏差でなされていることから、扇状地の分布と存否にかかわる度合にはほとんど違いがない。違いがある場合には、扇状地の存否やことわりを入れて扇状地の分布を用いるが、それ以外では、両者を合わせた意味の扇状地の分布を本論文では使用する。

- 2) 集水域が大きくなると、扇状地は一般に大きくなり、集水域面積100km²以上の流域で、扇面面積2km²未満の扇状地が発達することは稀である。また、勾配2%未満の地形では、同心円状の等高線であっても、その等高線の出入りが大きく、自然堤防と後背湿地の状態になっていると考えられるので、扇状地とはみなさなかった。火山山麓にも扇状地が発達するが、谷口を必要としないなど、通常の河川の作用でできる扇状地とは形成条件が違っているので、対象外とした。
- 3) 使用した地形図の多くは、日本では2万5千分の1、台湾・フィリピンでは5万分の1図幅である。(斎藤、1994)。
- 4) 台湾には扇頂部の下刻量が110m(大漢渓)や40m(牛稠渓)を示す扇状地が、フィリピンには35m(Matang-an)を示す扇状地があり、これらの扇状地が完新世に形成されたとは考えられない。このような下刻量10mを超す台湾の8扇状地およびフィリピンの6扇状地を現成扇状地から除外して検討する方法も有り得る。しかし、下刻量10m以下でも更新世に形成された扇状地が日本に8あり、現成かどうか下刻量で単純に判断できないので、台湾の29扇状地とフィリピンの32扇状地すべてを現成扇状地とみなした。
- 5) 集水域地質や基盤地質について、扇状地の分布にかかわる度合が考慮されないなどの欠点があるものの、集水域面積や起伏比にくらべ、基準に不

確定要素がある因子が排除されたという利点もある。

- 6) 日本では20万分の1地勢図上でプランニメーターを用いて、台湾では50万分の1図上で1mm方眼紙を用いて、フィリピンでは25万分の1図上で画像処理装置を用いて測定した(斎藤、1994)。各流域の集水域面積や起伏比は、斎藤(1994)の表I-2-1(フィリピン)、表II-2-1(台湾)、表III-2-1、2(日本)に掲載してある。
- 7) 流域の気温について、最高点と最低点の標高を3等分して、最低点から3分の1部分だけ高い標高の気温を代表させての、判別分析も行った。しかし、中央値の標高の気温を用いた方が、扇状地の分布をより多く説明できるので、中央値の標高を採用した。
- 8) 「理科年表」には、実際には80地点が掲載されているが、集水域面積100km²以上の流域がない島の観測点のデータなどは用いられていないため、68地点となっている。台湾、フィリピンでも同様である。
- 9) 気温が高くなると、真冬日日数が少なくなるが、真冬日に負の値がないため、少ない真冬日日数の地点の値を入れると、回帰式の傾きが、現実よりも小さな傾きになっている。この点を考慮して、真冬日3日以上の地点を対象とした。
- 10) その他、4~7月が2地点、5~8月が5地点、7~10月が7地点である。
- 11) その他、5~8月が2地点、7~10月が6地点、9~12月が6地点、10~1月が6地点、11月~2月が3地点、12月~3月が1地点である。
- 12) 正規分布に近づけるため対数変換などで基準化しているが、実際には、集水域面積では最小の100km²付近、凍結融解交代日数では0日にサンプルが集中していて、正規分布とはなっていない。今後、この基準化についての検討が必要である。また、

各変量については、基準化した値が2倍になれば、扇状地の分布に対して2倍の効果になるように算定されている。そのため、たとえば集水域面積は大きくなればなるほど、扇状地の存在に対して有利となっているが、実際には大きすぎても扇状地は形成されないとと思われる。今回の検討は、線型で行ったが、非線型の検討など、残された課題は少なくない。

- 13) 改悪となった扇状地をもたない流域が、フィリピンに1カ所あるが、それは、降水量が最大の3,145mmのために、判別得点が高くなり、扇状地をもつと判定された流域である。

文献

- 国立天文台編(1992)：『理科年表 平成5年版』丸善、1046p。
- 斎藤享治(1984)：扇状地の存否・分布を決定する因子。東北地理、36、1-12。
- 斎藤享治(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』文部省科研費補助金研究成果報告書、373p。
- Flores, J.F. and Balagot, V.F. (1969) : Climate of the Philippines. Arakawa, H. ed. : *World Survey of Climatology*, Vol. 8. Elsevier, 159-213.
- Saito, K. (1993) : Effectiveness of a dynamic equilibrium model for alluvial fans in the Japanese Islands and Taiwan Island. *Jour. Saitama Univ. Fac. Education (Humanities and Social Sci.)*, 42, 33-48.
- Schumm, S.A. (1956) : Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 67, 597-646.
- Watts, I.E.M. (1969) : Climate of China and Korea. Arakawa, H. ed. : *World Survey of Climatology*, Vol. 8. Elsevier, 1-117.

Influences of Temperature and Precipitation upon Modern Alluvial Fans in Japan, Taiwan, and the Philippines

Kyoji Saito

Temperate Japan has 78 fans of 474 drainage basins larger than 100 km², and Taiwan possesses 29 fans among 50 basins (Fig. 1). On the contrary, the tropical Philippines provides only 32 fans of 266 basins. The degrees of influences of four variables upon the existence of fans were obtained by the discriminant analysis. The variables of temperature and precipitation represent number of freeze-thaw days and total amount of precipitation for rainy four months respectively. Obtained discriminant function can explain the existence and absence of 556 basins among 790 basins (Fig. 7). The relations of degrees of four variables, that is drainage basin area, relief ratio, temperature, and precipitation, approximate to 6: 11: 3: 1 (Fig. 8). Large, steep, and cool drainage basin with much precipitation is advantageous. The deviations (Table 1) of variables among Japan, Taiwan, Philippines can be replaced by the differences of potential conditions for fan formation (Fig. 9).