

扇状地勾配に対する降水量と気温の関与の度合

斉藤享治 (埼玉大学)

I はじめに

扇状地の勾配について、集水域規模が大きくなるほど緩くなることは、古くから指摘されてきた (Haefke, 1959; Bull, 1964; Beaumont, 1972; Harvey, 1984 など)。そのことは、実験や野外観察にもとづき、碎屑物の大きさ、堆積プロセス、水流によって扇状地勾配が決まり、大きな集水域では、同じ土砂量が緩勾配で運搬できるため、緩傾斜になると説明されている (Hooke, 1968; Hooke and Rohrer, 1979)。

その扇状地勾配について、アメリカ合衆国南西部において、集水域のおおまかな傾斜に対応する粗度 (起伏を集水域面積の平方根で割った値) と相関が高いことから、起伏の影響量は、集水域規模の約2倍とも指摘された (Melton, 1965)。スペイン南東部でも、集水域面積のほかに集水域の傾斜を入れると扇状地勾配の説明の水準が高くなると指摘されている (Harvey, 2002)。

日本の扇状地の平均勾配についても、集水域面積よりも起伏比 (起伏を流域最大辺長で割った値) の関与の度合の方が大きい (斉藤, 1988)。その起伏比と扇状地勾配との回帰式を用いて、フィリピン、台湾、日本の扇状地にくらべ、チェコ・スロバキア、ポーランドの扇状地は相対的に急であり、後者の地域では、前者にくらべ降水量が少ないので、降水量が少ない地域では、勾配が相対的に急になると推測されている (斉藤, 2002)。乾燥地域のデスバレーでは、さらに急であることが明らかになっている (山田・斉藤, 2005)。また、ベースンアンドレンジ南部では、集水域の標高が高いところや北に位置する気温の低いところでは、凍結の効果による豊富な土砂供給の結果、扇状地勾配が相対的に急になっているという (Melton, 1965)。このように、扇状地勾配について、降水量や気温が影響を与えているとの指摘

がある。

これまで、扇状地勾配と起伏比については、降水量・気温の異なる日本、台湾、フィリピン、ニュージーランド、ポーランド、チェコ、スロバキア、スイス、オーストリア、コスタリカ、デスバレーでデータ収集がなされてきた (斉藤, 2003a など)。これらの国・地域は、ほとんどが新期造山帯にあるが、チェコとポーランドの一部は古期造山帯 (ヘルシニア造山帯山地) にあり、スロバキアとポーランドの一部は同じ新期造山帯 (カルパチア山脈) にある。同様の山地・山脈を同じ区域として比較した方がよいので、ポーランド、チェコ、スロバキアについては、ヘルシニア造山帯の山地とカルパチア山脈の区域に分け、スイスとオーストリアはアルプス山脈の区域として一括した。それ以外の国・地域については、それぞれの区域として、デスバレー、ヘルシニア造山帯山地、カルパチア山脈、アルプス山脈、ニュージーランド、日本、台湾、フィリピン、コスタリカにおける起伏比と扇状地勾配との回帰式を求めることにした。その回帰式をもとに、扇状地勾配に対する降水量および気温の与える影響の度合を明らかにすることを、本論文の目的とする。

II データの収集

1. 扇状地勾配と起伏比の収集

① アメリカ合衆国デスバレー

本論文では、これまでの方法を踏襲し (斉藤, 1988, 2006 など)、扇頂を中心とした同心円状の等高線を有し、面積 2km^2 以上、平均勾配 2% 以上の半円錐形状地形を扇状地とする。

デスバレーでは、2.4 万分の 1 地形図を用いて、123 の扇状地を認定している (斉藤ほか, 2003 の図 2 : Appendix 1 参照)。

扇状地の勾配については、扇頂と扇端の標高差

を縦長で割った値を平均勾配として代表させた。縦長については、扇頂から扇端にかけて等高線が張り出している点を結び、その長さをキルビメーターで測定した。いずれも 2.4 万分の 1 地形図を用いて測定し、公表している（斉藤ほか、2003 の表 1 参照）。

起伏比は、Schumm (1956) により定義された指標であり、集水域における最高点と最低点の標高差を起伏として、それを流域最大辺長（谷口から最も離れた流域界までの距離）で割った値である。25 万分の 1 地図を用いて起伏比を計測し、公表している（山田・斉藤、2005 の表 1 参照）

② ポーランド

ポーランドでは、5 万分の 1 地形図と 2.5 万分の 1 地形図を用いて、59 の扇状地（段丘化している扇状地は 1 つと算定した）を認定した（斉藤、1999 の Fig. 1 : Appendix 2 参照）。平均勾配については、5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、1999 の Table 1 参照）。起伏比を測定するにあたり、最高点は 5 万分の 1 地形図、最低点は 2.5 万分の 1 地形図を用いた。流域最大辺長については、面積 200km² 以上の集水域で 75 万分の 1 地図を用い、それ以外では 5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、1999 の Table 1 参照）。

③ チェコ・スロバキア

チェコとスロバキアでは、5 万分の 1 地形図を用いて、チェコでは 15 扇状地、スロバキアでは 38 扇状地を認定した（斉藤、2002 の Fig. 2 : Appendix 3 参照）。平均勾配については、5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、2002 の Table 2 参照）。起伏比を測定するにあたり、最高点・最低点は 5 万分の 1 地形図を用いた。流域最大辺長については、面積 500km² 以上の集水域では、100 万分の 1（スロバキア）と 150 万分の 1（チェコ）の地図を用い、それ以外では 30 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、2002 の Table 2 参照）。

④ スイス・オーストリア

スイスとオーストリアのほか、両国に挟まれるリヒテンシュタインも対象として。スイスとリヒテンシュタインでは 2.5 万分の 1 地形図、オーストリアでは 5 万分の 1 地形図を用いて、スイスで 25 扇状地、リヒテンシュタインで 1 扇状地、

オーストリアで 34 扇状地を認定している（斉藤、2003b の Fig. 2 : Appendix 4 参照）。平均勾配についても、2.5 万分の 1 地形図あるいは 5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、2003b の Table 2 参照）。起伏比を測定するにあたり、最高点・最低点は 2.5 万分の 1 地形図あるいは 5 万分の 1 地形図を用いた。流域最大辺長については、スイスでは 20 万分の 1 地図、オーストリアでは、面積 250km² 以上の集水域では、150 万分の 1 地図を用い、それ以外では 5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、2003b の Table 2 参照）。

⑤ ニュージーランド

ニュージーランドでは、5 万分の 1 地形図を用いて、141 の扇状地（段丘化している扇状地は 1 つと算定した）を認定した（斉藤、2007 の Fig. 2 : Appendix 5 参照）。平均勾配については、5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、2007 の Table 2 参照）。起伏比を測定するにあたり、最高点・最低点は 5 万分の 1 地形図を用いた。流域最大辺長については、25 万分の 1 地図を用いて測定した（斉藤、2007 の Table 2 参照）。

⑥ 日本

日本では、2.5 万分の 1 地形図を用いて、490 の扇状地（段丘化している扇状地は 1 つと算定した）を認定した（斉藤、1988 の索引図 : Appendix 6 参照）。平均勾配についても、2.5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、1988 の付表参照）。起伏比を測定するにあたり、最高点・最低点は 2.5 万分の 1 地形図を用いた。流域最大辺長については、20 万分の 1 地図を用いて測定した（斉藤、1984 の Appendix 1 参照）。

⑦ 台湾

台湾では、『台湾五万分の一集成』（学生社、1982）を用いて、71 の扇状地（段丘化している扇状地は 1 つと算定した）を認定した（Saito, 1993 の Fig. 5 : Appendix 7 参照）。平均勾配についても、同 5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、2003a 参照）。起伏比を測定するにあたり、最高点・最低点は 5 万分の 1 地形図を用いた。流域最大辺長については、面積 100km² 以上の集水域では、50 万分の 1 地図を用い、それ以外では 5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤、2003a 参照）。

⑧ フィリピン

フィリピンでは、5 万分の 1 地形図を用いて、129 の扇状地（段丘化している扇状地は 1 つと算定した）を認定した（斉藤，1996 の図 1：Appendix 8 参照）。平均勾配についても、5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤，1996 の表 1 参照）。起伏比を測定するにあたり、最高点・最低点は 5 万分の 1 地形図を用いた。流域最大辺長については、25 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤，1996 の表 1 参照）。

⑨ コスタリカ

コスタリカでは、5 万分の 1 地形図を用いて、18 の扇状地（段丘化している扇状地は 1 つと算定した）を認定した（斉藤，2012 の Fig. 3：Appendix 9 参照）。平均勾配については、5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤，2012 の Table 1 参照）。起伏比を測定するにあたり、最高点・最低点は 5 万分の 1 地形図を用いた。流域最大辺長については、31.5 万分の 1 地形図を用いて測定した（斉藤，2012 の Table 1 参照）。

2. 気候データの収集

① 地域区分について

扇状地勾配と起伏比のデータについては、上記のように、基本的に国別・地域別に収集した。

しかし、前述のように、チェコとポーランドの一部は古期造山帯（ヘルシニア造山帯山地）にあり、スロバキアとポーランドの一部は同じ新期造山帯（カルパチア山脈）にある。同様の山地・山脈を同じ区域として比較した方がよいので、ポーランド、チェコ、スロバキアについては、ヘルシニア造山帯の山地とカルパチア山脈の区域に分け、スイスとオーストリアはアルプス山脈の区域として一括した。それ以外の国・地域については、それぞれの区域として、デスバレー、ヘルシニア造山帯山地、カルパチア山脈、アルプス山脈、ニュージーランド、日本、台湾、フィリピン、コスタリカにおける起伏比と扇状地勾配との回帰式を求めるので、この地域区分にそった気候（降水量と気温）データを収集する。

② 日本・デスバレー以外の区域

日本・デスバレーを除く世界各地の気温・降水量については、気象庁の「世界の地点別平年値」

（1981～2010 年）により、内陸域では標高 500m 以下の地点、内陸域以外は標高 100m 以下の地点のデータを用いた。

ポーランドの北緯 53 度以北のデータについては用いなかった。それは、ポーランド平原地帯にあり、後述するように、平原内にある扇状地を本論文では対象扇状地としなかったためである。ヘルシニア造山帯の山地では、チェコ 5 都市、ポーランド 3 都市の平均気温の平均 8.7℃、年降水量の平均 601mm を代表値とした（Table 1）。カルパチア山脈では、ポーランド 6 都市、スロバキア 1 都市の平均気温の平均 8.3℃、年降水量の平均 585mm を代表値とした。アルプス山脈では、スイス 2 都市、オーストリア 5 都市の平均気温の平均 10.0℃、年降水量の平均 1028mm を代表値とした。ニュージーランドでは、8 都市の平均気温の平均 13.1℃、年降水量の平均 1291mm を代表値とした。なお、ニュージーランド南島西側にあるホキティカでは、年降水量 2828mm であるが、それに次ぐ値はニュープリマス（北島西側）の 1409mm なので、年降水量の範囲を 600～2800mm とせず、600～2000mm としている（Table 1）。台湾では、3 都市の平均気温の平均 24.0℃、年降水量の平均 2246mm を代表値とした。フィリピンでは、13 都市の平均気温の平均 27.5℃、年降水量の平均 2211mm を代表値とした。コスタリカでは、2 都市の平均気温の平均 26.5℃、年降水量の平均 2573mm を代表値とした。

③ デスバレー

デスバレーについては、「Weather - Death Valley National Park」(U. S. National Park Service) に掲載されている Furnace Creek (1911 - 2007 年) のデータを用いた。最高気温の年平均が 33℃、最低気温の年平均が 17℃なので、その中央値である 25℃を平均気温の代表値とした。年降水量の平均は 1.94 インチなので、50mm を代表値とした（Table 1）。

④ 日本

日本の気温・降水量については、気象庁の「過去の気象データ検索」(1981～2010 年) により、各都道府県の気象台（埼玉県・滋賀県以外は県庁所在地 1ヶ所）の値を用いた。各地の月別気温の平均は、8.9～23.1℃であるが、23.1℃は沖縄

Table 1 Representative values of precipitation, temperature and alluvial fan slope in each region

	US Death Valley	Europe Hercynian Mts	Europe Karpaty	Europe Alps	New Zealand	Japan	Taiwan	Philippines	Costa Rica
Annual precipitation (mm) (Range)	50 (50)	601 (500~ 800)	585 (500~ 700)	1,028 (700~ 1,500)	1,291 (600~ 2,000)	1,600 (900~ 2,500)	2,246 (2,000~ 2,500)	2,211 (1,400~ 3,000)	2,573 (1,600~ 3,500)
Mean temperature (°C) (Range)	25 (25)	8.7 (8~9)	8.3 (8~9)	10.0 (9~12)	13.1 (10~15)	15.0 (9~18)	24.0 (23~25)	27.5 (27~28)	26.5 (25~27)
Alluvial fan slope (Sm, ‰) coresponded to relief ratio (Rd) 100‰	50.8	22.9	17.7	16.6	17.0	12.9	11.3	11.6	17.7
Regression line Sm = c Rd ⁿ	c 3.68 n 0.57	0.23 1.00	0.90 1.15	0.12 1.07	0.25 0.92	0.12 1.02	0.28 0.81	0.094 1.05	0.17 1.01

県那覇市の値であり、それに次ぐ鹿児島市 18.6℃とは大きな差がある。沖縄県には扇状地がないので、那覇市の値を除いた 46 都道府県の気象台の平均値である気温 15.0℃、年降水量 1600mm を日本の平均気温・年降水量の代表値とした (Table 1)。

⑤ 各地域の年降水量と平均気温

年降水量については、デスバレーが圧倒的に少なく、カルパチア山脈、ヘルシニア造山帯の山地で少ない。アルプス山脈、ニュージーランド、日本では、この順に多くなる。台湾、フィリピン、コスタリカでは多い。

平均気温については、カルパチア山脈、ヘルシニア造山帯の山地、アルプス山脈で低く、ニュージーランドではやや低い。日本ではやや高く、台湾、デスバレー、コスタリカとフィリピンでは高い。

III 対象地域の起伏比と扇状地勾配の関係

1. 各地域の起伏比と扇状地勾配の回帰式

① アメリカ合衆国デスバレー

デスバレーにおける起伏比 (Rd) と扇状地勾配 (Sm) との回帰式は、 $Sm = 3.68Rd^{0.57}$ であり (山田・斉藤, 2005 の図 3 参照), その回帰式は、ポーランド、チェコ・スロバキア、スイス・オーストリア、日本、台湾、フィリピンの回

帰式にくらべ、かなり高い位置にあることが明らかになっている (山田・斉藤, 2005 の図 4 参照)。すなわち、デスバレーの扇状地は、相対的に他の地域の扇状地にくらべ、急勾配となっている。

② ヘルシニア造山帯の山地

ポーランドの 59 の扇状地のうち、15 扇状地はポーランド平原内にあり、起伏比と扇状地勾配の関係が他の扇状地と異なっている可能性が高いので、本論文では対象外とした。

残り 44 扇状地のうち 16 扇状地はカルパチア山脈を集水域とし、28 扇状地はスデーティ山地 (ヘルシニア造山帯の山地) を集水域とする (斉藤, 1999 の Fig. 1)。カルパチア山脈は新期造山帯の山脈であり、スデーティ山地は古期造山帯の山地なので、起伏比と扇状地勾配の関係を検討するにあたって、これらの山地・山脈を集水域とする扇状地を分けた。

チェコにある 15 扇状地については、Rusava 扇状地を除いた 14 扇状地がボヘミア地塊 (ヘルシニア造山帯の山地) にある (斉藤, 2002 の Fig. 2 参照)。これらの 14 扇状地とポーランドの 28 扇状地を合わせた 42 扇状地が、ヘルシニア造山帯の山地を集水域としている (Fig. 1)。これらの扇状地の起伏比と扇状地勾配との回帰式は、 $Sm = 0.23Rd^{1.00}$ となっている (Fig. 2)。

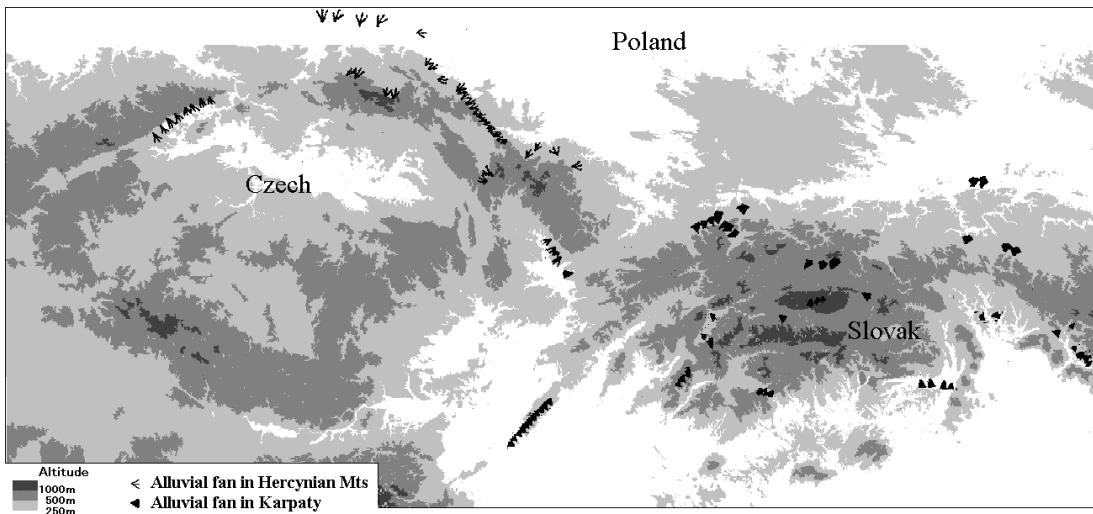


Fig. 1 Distribution of alluvial fans in Hercynian Mts and Karpaty (Saito, 2004)

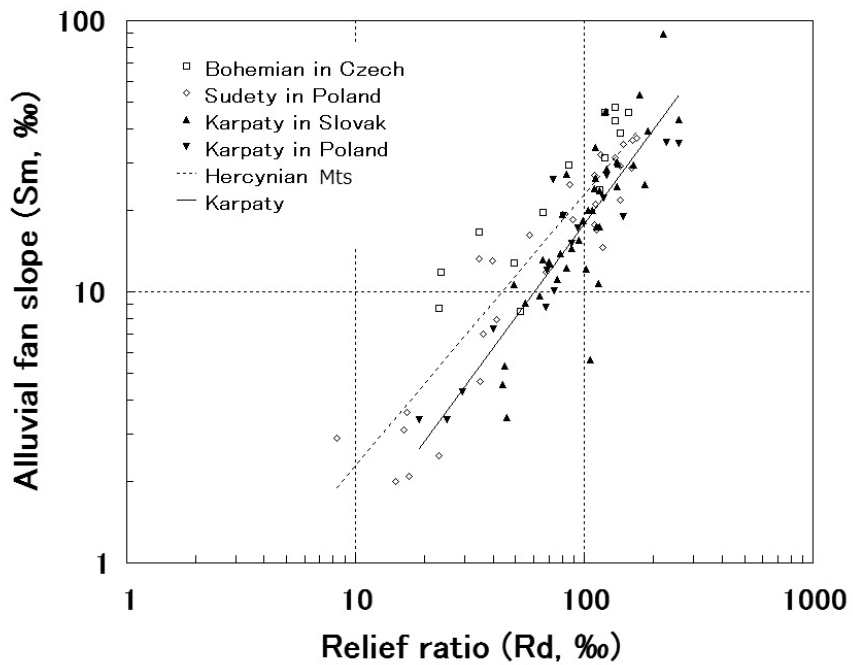


Fig. 2 Regression lines between relief ratio and alluvial fan slope in Hercynian Mts and Karpaty

③ カルパチア山脈

スロバキアにある 38 扇状地は、すべてカルパチア山脈を集水域とする (斉藤, 2002 の Fig. 2 参照)。ポーランドの 16 扇状地, チェコの 1 扇状地を合わせ、55 扇状地がカルパチア山脈を集水域としている (Fig. 1)。これらの扇状地の起伏比と扇状地勾配との回帰式は、 $S_m = 0.090Rd^{1.15}$ であり、ヘルシニア造山帯の山地を集水域とする扇状地にくらべ、相対的に勾配が緩くなっている (Fig. 2)。

④ アルプス山脈

スイスにある 25 扇状地については、Giglerbach 扇状地と Seltenbach 扇状地を除いた 23 扇状地がアルプス山脈にある (斉藤, 2003b の Fig. 2 参照)。これらの 23 扇状地とリヒテンシュタインの 1 扇状地とオーストリアの 34 扇状地を合わせた 58 扇状地が、アルプス山脈を集水域としている。これらの扇状地の起伏比と扇状地勾配との回帰式は、 $S_m = 0.12Rd^{1.07}$ となっている (Fig. 3)。

⑤ ニューゼーランド

ニューゼーランドにある 141 扇状地の起伏比と扇状地勾配との回帰式は、 $S_m = 0.25Rd^{0.92}$ であり (Fig. 4)、日本、台湾、フィリピンの扇状地にくらべ、相対的に勾配が急になっていることが明らかになっている (斉藤, 2007 の Fig. 13 参照)。

⑥ 日本

日本にある 490 扇状地の起伏比と扇状地勾配との回帰式は、 $S_m = 0.12Rd^{1.02}$ となっている (山田・斉藤, 2005 の図 2・図 4 参照)。

⑦ 台湾

台湾にある 71 扇状地の起伏比と扇状地勾配との回帰式は、 $S_m = 0.28Rd^{0.81}$ である (山田・斉藤, 2005 の図 2・図 4 参照)。

⑧ フィリピン

フィリピンにある 129 扇状地の起伏比と扇状地勾配との回帰式は、 $S_m = 0.094Rd^{1.05}$ である (山田・斉藤, 2005 の図 2・図 4 参照)。

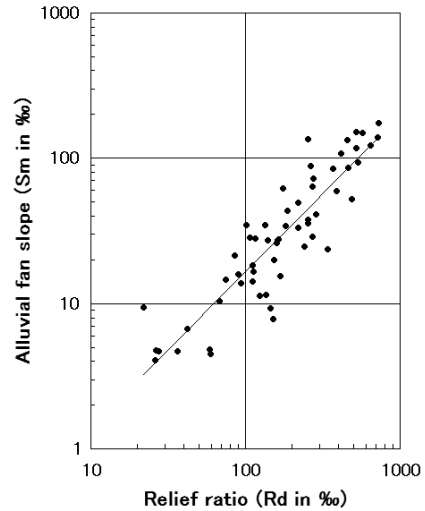


Fig. 3 Relief ratio and alluvial fan slope in Alps (Switzerland and Austria)

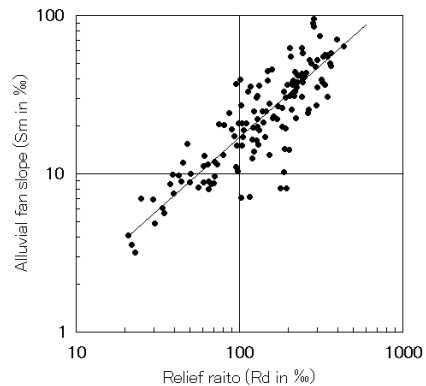


Fig. 4 Relief ratio and alluvial fan slope in New Zealand

⑨ コスタリカ

コスタリカにある 18 扇状地の起伏比と扇状地勾配との回帰式は、 $S_m = 0.17R_d^{1.01}$ であり (Fig. 5)、扇状地勾配は、ニュージーランドの扇状地と同様であるが、日本、台湾、フィリピンの扇状地に比べ、相対的に勾配が急になっている (斉藤, 2012 の Fig. 8 参照)。

2. 対象地域の扇状地勾配

起伏比と扇状地勾配の回帰式では、上に位置する回帰式ほど、同じ起伏比で比較したときに、すなわち相対的に急勾配といえる。最も回帰式が上に位置するデスバレーでは、扇状地勾配が相対的にかなり急となっている (Fig. 6)。次いで、ヘルシニア造山帯の山地を集水域とする扇状地が急である。カルパチア山脈やアルプス山脈を集水域とする扇状地のほか、ニュージーランドやコスタリカの扇状地がそれに次ぐ。一方、日本、台湾、フィリピンの扇状地の勾配は、相対的に緩くなっている。

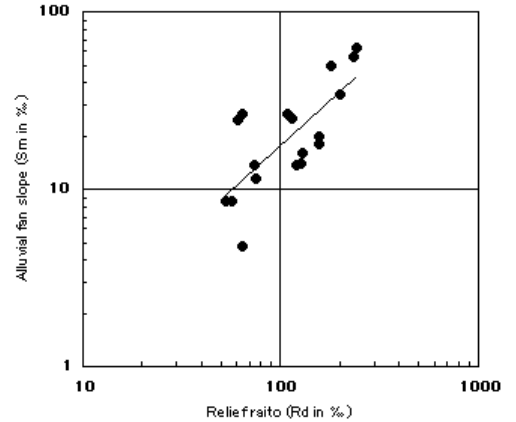


Fig. 5 Relief ratio and alluvial fan slope in Costa Rica

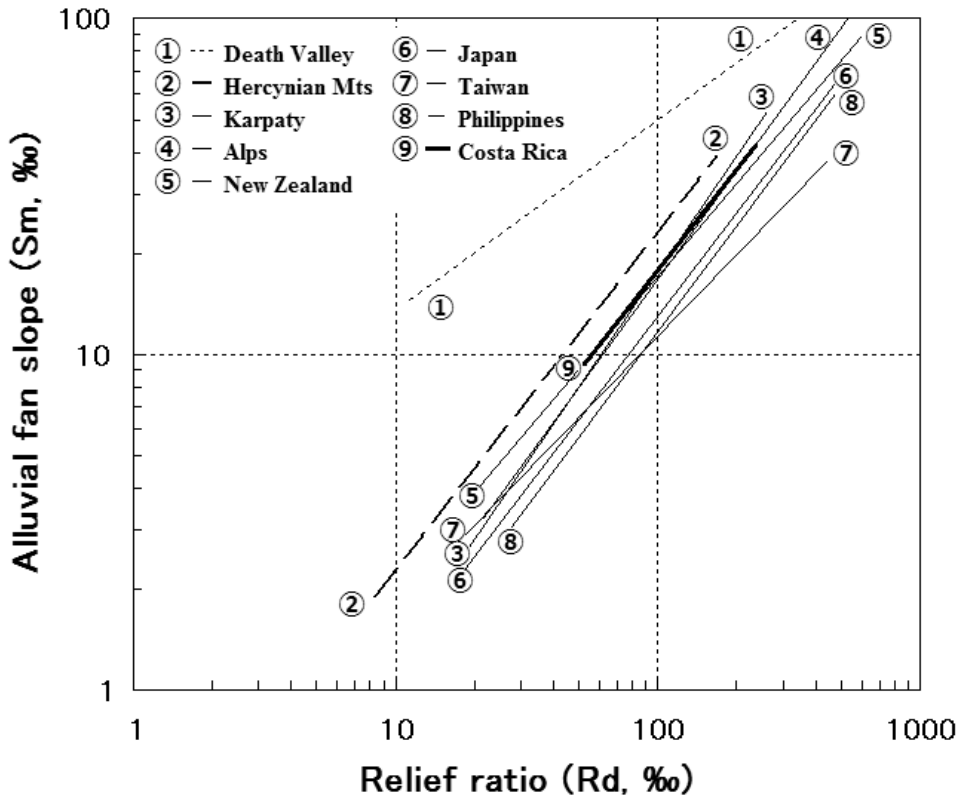


Fig. 6 Relief ratio and alluvial fan slope in each region

IV 扇状地勾配に対する降水量と気温の関与の度合

1. 降水量と気温が与える扇状地勾配への影響

① 扇状地勾配の代表値

扇状地勾配に対する降水量と気温の影響を検討するにあたり、各地域の扇状地勾配の代表値を求めた。扇状地を形成する集水域の起伏比の値はさまざまであるが、起伏比 100 %前後の集水域は各地域に存在し、対数変換したとき、中央値に近い値になっている (Fig. 6)。各地域の回帰式において、この起伏比 100 %を入れて求めた値を、扇状地勾配の代表値として、本論文では以後、検討する。

代表値が大きい (急な) 順に、デスバレー 50.8 %、ヘルシニア造山帯の山地 22.9 %、コスタリカ 17.7 %、カルパチア山脈 17.7 %、ニュージーランド 17.0 %、アルプス山脈 16.6 %、日本 12.9 %、フィリピン 11.6 %、台湾 11.3 %となる (Table 1)。

② 降水量が与える扇状地勾配への影響

各地域の年降水量と扇状地勾配の代表値については、相関係数 -0.93 の強い負の相関関係を示す (Fig. 7)。それは、降水量が極めて少なく、扇状地勾配がかなり急勾配となっている、左上にあるデスバレーのポイントが、離れているが回帰線上にあるためである。デスバレーのポイントを除いても相関係数 -0.70 であり、年降水量と扇状地勾配とは、比較的強い負の相関関係を示す。このように、降水量が少なくなるとともに、扇状地勾配は急になる。

③ 気温が与える扇状地勾配への影響

各地域の平均気温と扇状地勾配の代表値については、相関係数 0.03 であり相関関係が認められない (Fig. 8)。それは、平均気温が高く、扇状地勾配がかなり急勾配となっている、右上にあるデスバレーのポイントが、デスバレーとコスタリカを除いた回帰線上から離れているためである。デスバレーやコスタリカのポイントを除くと、平均気温と扇状地勾配とは、相関係数 -0.91 であり、強い負の相関関係を示す。このように、平均気温が低くなるとともに、扇状地勾配は急になる可能性が高い。

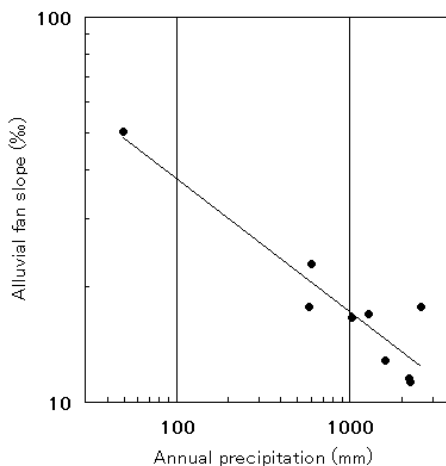


Fig. 7 Annual precipitation and alluvial fan slope

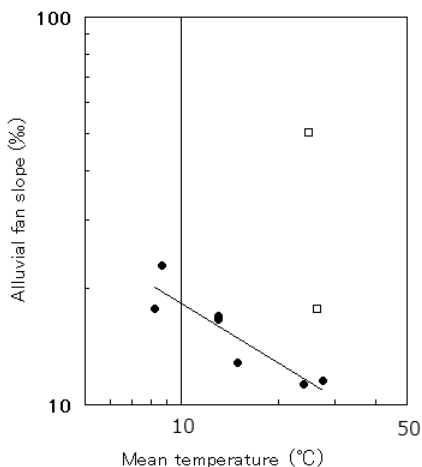


Fig. 8 Mean temperature and alluvial fan slope

デスバレーにおいて、扇状地勾配がかなり急勾配になっているのは、降水量が極めて低いことに起因していると思われる。しかし、コスタリカについては、年降水量も多く、急勾配であることの説明はつかない。コスタリカの扇状地を調査した Kesel (1985a, b) は、乾燥地域の扇状地と同様に急勾配であることから、勾配には気候よりも堆積物の特徴 (大礫や巨礫からなること) や地殻変動が大きな役割を果たしている旨指摘している。その理由を明らかにすることについては、今後の課題となっている。

2. 扇状地勾配に対する降水量と気温の関与の度合

① コスタリカの扇状地を除いた場合

扇状地勾配に対して、降水量と気温の影響の度合を求めするため、説明のつかないコスタリカを除いた 8 地域について、扇状地勾配を目的変数、年降水量と平均気温を説明変数とする重回帰分析を行った。少雨・低温で急勾配を示す各地の傾向に反して、デスバレーにおける寡雨・高温でとくに急勾配のデータの影響が大きく、年降水量の係数 -1.007 に対して、平均気温の係数は -0.064 であった。データは、平均値を 0、標準偏差を 1 とする基準化を図ったので、年降水量の影響の度合は、平均気温の 15.7 倍 ($= -1.007 / -0.064$) となる。計算上の扇状地勾配と起伏比 100 % で示される扇状地勾配との相関係数も 0.98 と高い。しかし、デスバレーの値に大きく左右されたこの結果は、必ずしも妥当なものとはいえない。

② デスバレー・コスタリカの扇状地を除いた場合

上記のことから、コスタリカおよびデスバレーを除いた 7 地域について、扇状地勾配を目的変数、年降水量と平均気温を説明変数とする重回帰分析を行った。少雨・低温で急勾配を示す各地の傾向にそった、年降水量の係数 -0.66 に対して、平均気温の係数は -0.24 であった。その結果、年降水量の影響の度合は、平均気温の 2.8 倍 ($= -0.66 / -0.24$) となった。計算上の扇状地勾配と起伏比 100 % で示される扇状地勾配との相関係数も 0.92 と比較的高い。デスバレーやコスタリカの値を除いたので、必ずしも妥当なものとはいえないが、本論文で扱った 7 地域については、年降水量の影響の度合は、平均気温の 2.8 倍といえる。

V おわりに

扇状地の勾配は、降水量や気温の影響を受けるといわれているので、世界各地の気候条件の違う地域を取り上げ、その影響の度合を求めた。

対象地域は、アメリカ合衆国デスバレー、ヘルシニア造山帯の山地（チェコとポーランド）、カルパチア山脈（スロバキアとポーランド）、アル

プス山脈（スイスとオーストリア）、ニュージーランド、日本、台湾、フィリピン、コスタリカの 9 地域である。これらの地域の扇状地について、扇状地勾配に対して関与の度合が大きい起伏比との回帰式を求めた。その回帰式により起伏比 100 % に対応する扇状地勾配を算定し、各地域の代表値とした。代表値が大きい（急な）順に、デスバレー 50.8 %、ヘルシニア造山帯の山地 22.9 %、コスタリカ 17.7 %、カルパチア山脈 17.7 %、ニュージーランド 17.0 %、アルプス山脈 16.6 %、日本 12.9 %、フィリピン 11.6 %、台湾 11.3 % であった。

降水量と気温については、気象庁の「世界の地点別平年値」等に掲載されている値を用いて、年降水量と平均気温を求め、代表値とした。年降水量が少ない順に、デスバレー（50mm, 25 °C）、カルパチア山脈（585mm, 8.3 °C）、ヘルシニア造山帯の山地（601mm, 8.7 °C）、アルプス山脈（1,028mm, 10.0 °C）、ニュージーランド（1,291mm, 13.1 °C）、日本（1,600mm, 15.0 °C）、フィリピン（2,211mm, 27.5 °C）、台湾（2,246mm, 24.0 °C）、コスタリカ（2,573mm, 26.5 °C）であった。

年降水量が少なくなる、あるいは平均気温が低くなると、扇状地勾配は一般に急になる。しかし、コスタリカでは、高温・多雨にもかかわらず扇状地勾配は急である。また、デスバレーでは、高温にもかかわらず、年降水量がかなり少ないため、扇状地勾配は急になっている。このため、デスバレーのデータを入れると、年降水量の影響量がかなり高い結果がでてしまう。

このことを避けるため、コスタリカおよびデスバレーを除いた 7 地域について、扇状地勾配を目的変数、年降水量と平均気温を説明変数とする重回帰分析を行った。年降水量の係数 -0.66 に対して、平均気温の係数は -0.24 であり、年降水量の影響の度合は、平均気温の 2.8 倍と算定された。

本論文では、コスタリカとデスバレーのデータを除いたが、今後、これらのデータを入れても、年降水量と平均気温の影響の度合がでてくるように、気候条件がさまざまなデータを入れて、検討する必要がある。

謝辞：本研究の一部に平成 25 ～ 27 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 25350421）の補助金を使用した。

文 献

- 学生社 1982. 『台湾五万分の一地図集成』学生社. 112p.
気象庁 2015. 「世界の地点別平年値」
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/nrmlist/>
気象庁 2015. 「過去の気象データ検索」
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>
斉藤享治 1984. 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 1996. フィリピンでの気候条件と扇状地規模. 地理学研究報告(埼玉大学) 15/16: 29-35.
斉藤享治 1999. ポ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) 19: 1-10.
斉藤享治 2002. チェコ・スロバキアにおける扇状地の分布と形態. 地理学研究報告(埼玉大学) 22: 22-39.
斉藤享治 2003a. 『扇状地河道・礫径分析による扇状地の開析過程のモデル化』平成 12 ～ 14 年度日本学術振興会科学研究費補助金研究成果報告書. 138p.
斉藤享治 2003b. スイス・オーストリアにおける扇状地の分布と形態. 地理学研究報告(埼玉大学) 23: 1-17.
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 2012. コスタリカ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), 32, 1-11.
斉藤享治・山田真之・橋本亜希子・小口 高(2003) デスバレーにおける扇状地の堆積勾配(予報). 地理学研究報告(埼玉大学) 23: 29-40.
山田真之・斉藤享治(2005) 乾燥地域と湿潤地域における扇状地勾配の比較. 地理学研究報告(埼玉大学) 25: 44-55.
Beaumont, P. 1972. Alluvial fans along the foothills of the Elburz Mountains, Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 12: 251-273
Bull, W.B. 1964. Geomorphology of segmented alluvial fans in western Fresno County, California. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 352E: 89-129.
Haefke, F. 1959. *Physische Geographie Deutschland*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 357p. (in German)
Harvey, A.M. 1984. Debris flows and fluvial deposits in Spanish Quaternary alluvial fans: implications for fan morphology. In *Sedimentology of gravels and conglomerates*, ed. E.H. Koster and R.J. Steel, *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoirs* 10: 123-132.
Harvey, A.M. 2002. The relationships between alluvial fans and fan channels within Mediterranean mountain fluvial systems. In *Dryland rivers: hydrology and geomorphology of semi-arid channels*, ed. L.J. Bull and M.J. Kirby, 205-226. Chichester: John Wiley & Sons.
Hooke, R.L. 1968. Steady-state relationships on arid-region alluvial fans in closed basins. *American Journal of Science* 266: 609-629.
Hooke, R.L. and Rohrer, W.L. 1979. Geometry of alluvial fans: effect of discharge and sediment size. *Earth Surface Processes* 4: 147-166.
Kesel, R.H. 1985a. Alluvial fan systems in a wet-tropical environment, Costa Rica. *National Geographic Research* 1: 450-469.
Kesel, R.H. 1985b. Tropical fluvial geomorphology. In *Themes in geomorphology*, ed. A. Pitty, 102-121. London: Croom Helm.
Melton, M.A. 1965. The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *Journal of Geology* 73: 1-38.
Satio, K. 1993. Effectiveness of a dynamic equilibrium model for alluvial fans in the Japanese Islands and Tawain Island. *Journal of Saitama University, Faculty of Education* 42(1): 33-48.
Saito, K. 2004. Comparison of regression lines between drainage basin areas and alluvial fan areas in East Asia. *Occasional Paper of Department of Geography, Saitama University* 24: 38-73.
Schumm, S.A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey: *Geological Society of America Bulletin*, 67, 597-646.
U.S. National Park Service 2015. "Weather - Death Valley National Park"
<http://www.nps.gov/deva/planyourvisit/weather.htm>

Effect of Precipitaion and Temperature on Mean Slopes of Alluvial Fans

Kyoji SAITO

Faculty of Education, Saitama University

Effect of precipitation and temperature on mean slopes of alluvial fans are obutained by multiple regression analysis in Hercynian mountains, Karpaty, Alps, New Zealand, Japan, Taiwan, and the Philippines. The degree of precipitation is 2.8 times as the degree of temperature on mean slopes of alluvial fans.

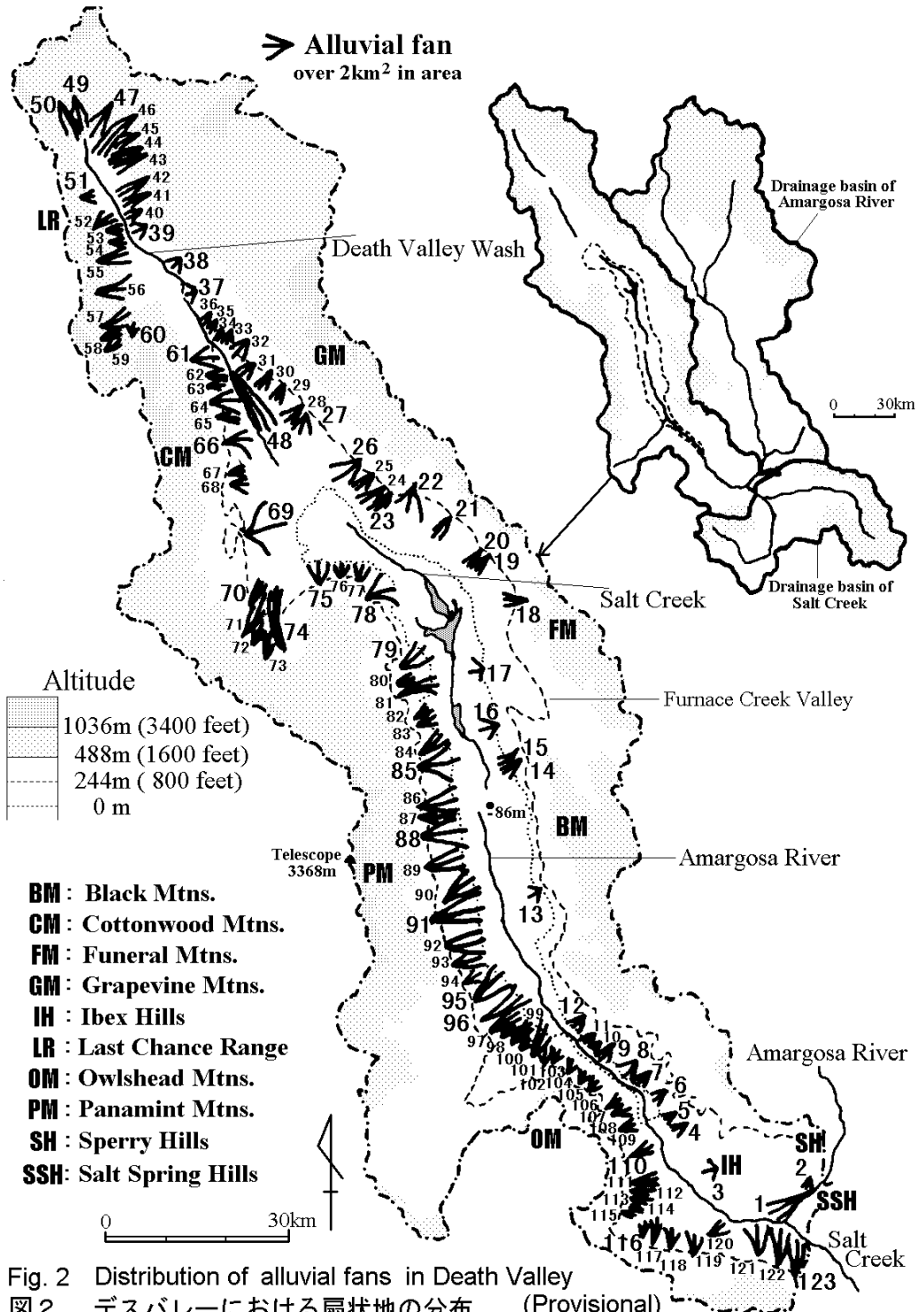


Fig. 2 Distribution of alluvial fans in Death Valley

図2 デスバレーにおける扇状地の分布 (Provisional)

Appendix 1 齊藤ほか (2003)



Fig.1 Distribution of alluvial fans in Poland

Appendix 2 齊藤 (1999)

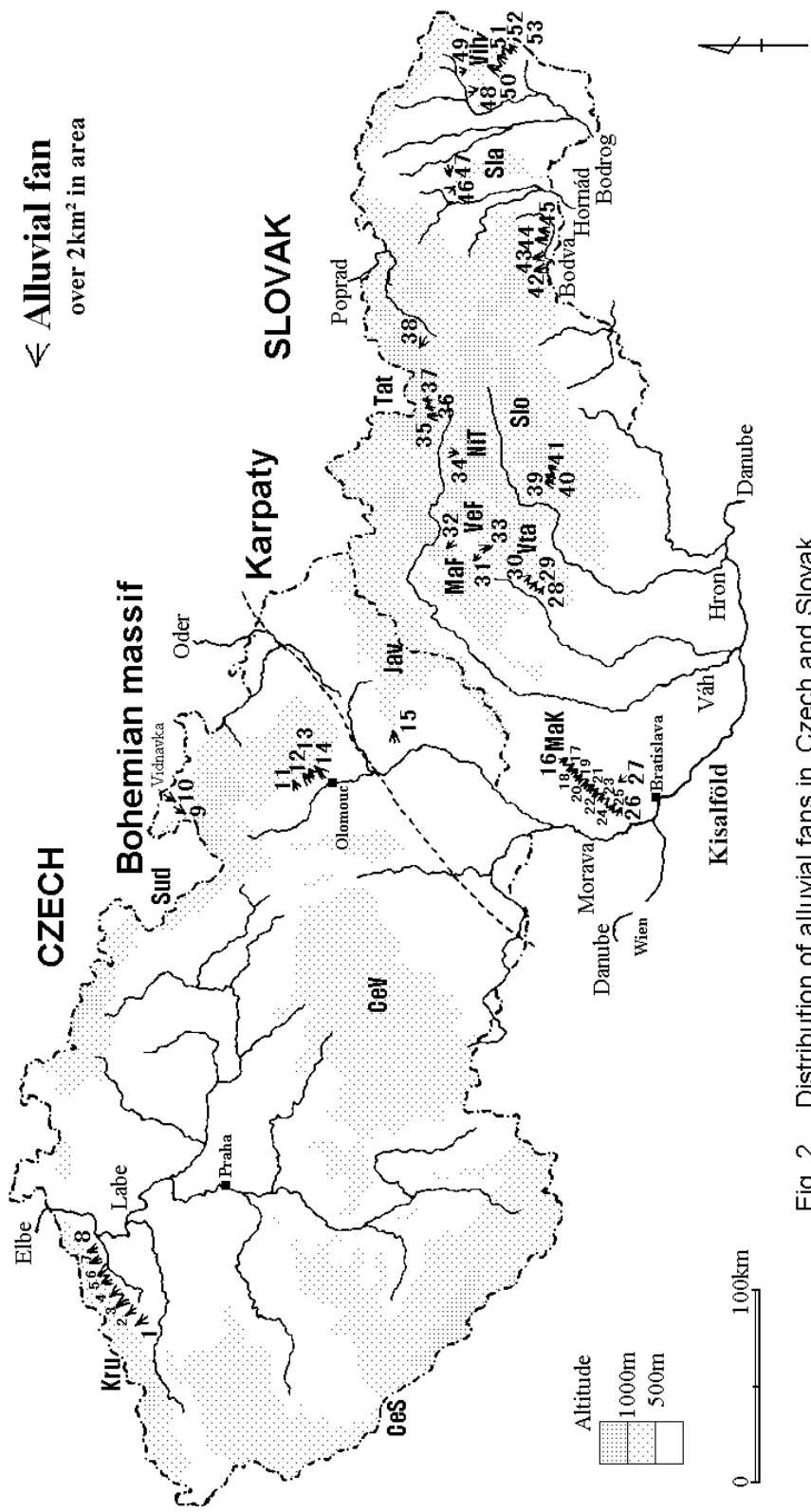
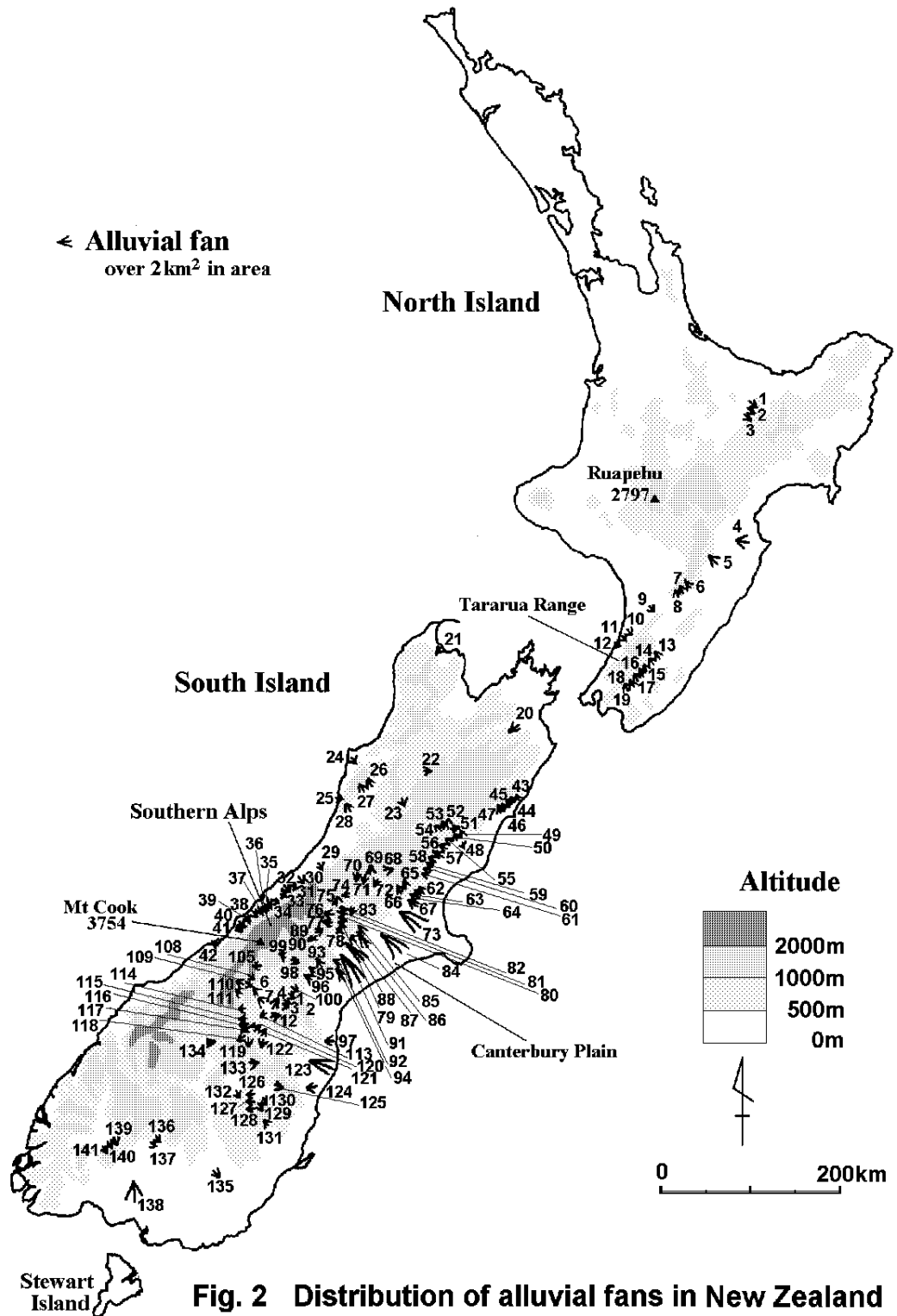


Fig. 2 Distribution of alluvial fans in Czech and Slovak

ČeŠ : Český les Šumava **ČeV** : Českomoravská vrchovina **Jav** : Javorůvky **Kru** : Krušné hory **MaF**: Malá Fatra
MaK: Malé Karpaty **NiT** : Nizke Tatry **Slá**: Slanské pohorie **Slo**: Slovenské rudohorie **Sud**: Sudety **Tat**: Tatry
VeF: Veľká Fatra **Vih**: Vihorlat **Vta**: Vtáčnik

Appendix 3 斎藤 (2002)









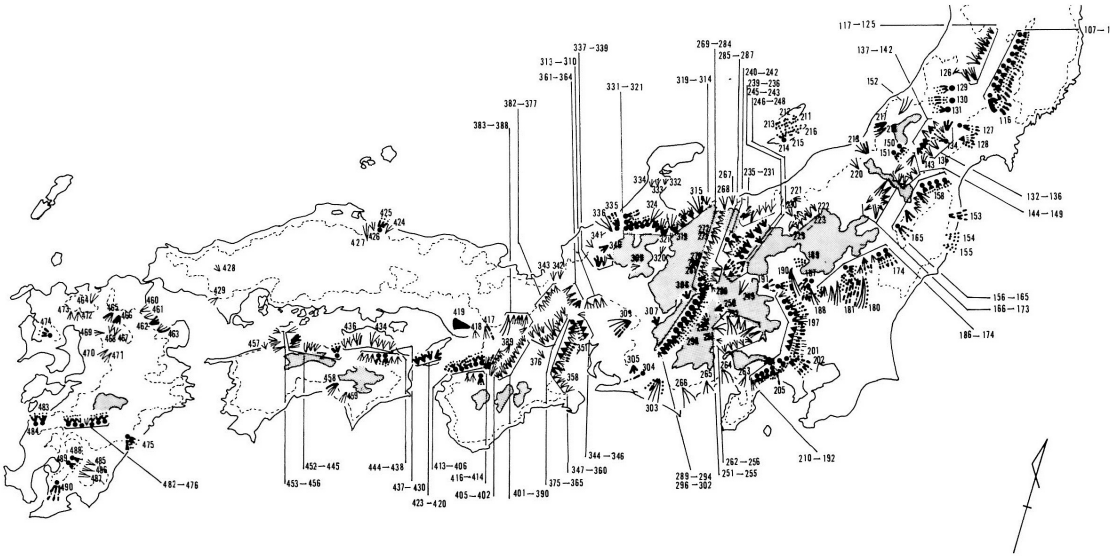
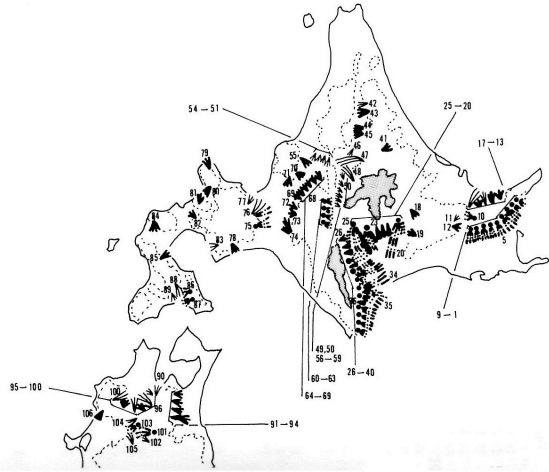
Appendix 5 齊藤 (2007)

日本の扇状地の索引図

扇状地番号は、本文中の番号および巻末の表「日本の扇状地の特性値」の番号に対応する

扇状地の形成時期

-  完新世 (10万年以前以降)
-  立川期 (3~1万年前)
-  中台期 (5~3万年前)
-  三崎期 (7~5万年前)
-  小原台期 (9~7万年前)
-  下末吉期 (13~9万年前)
-  多摩期 (13万年前以前)
-  更新世時期未詳



Appendix 6 齊藤 (1988)

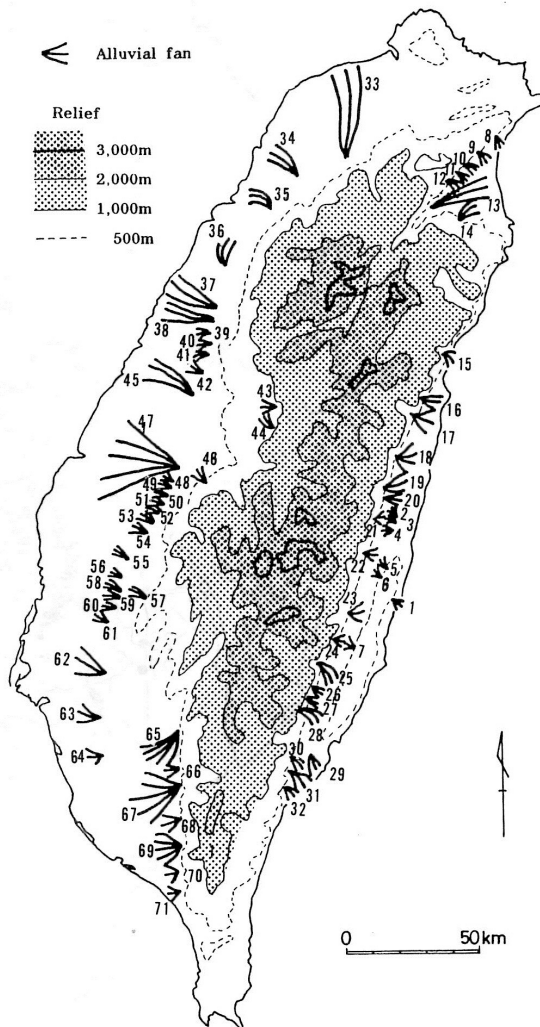


Fig. 5 Distribution of alluvial fans in Taiwan Island

Appendix 7 Saito (1993)

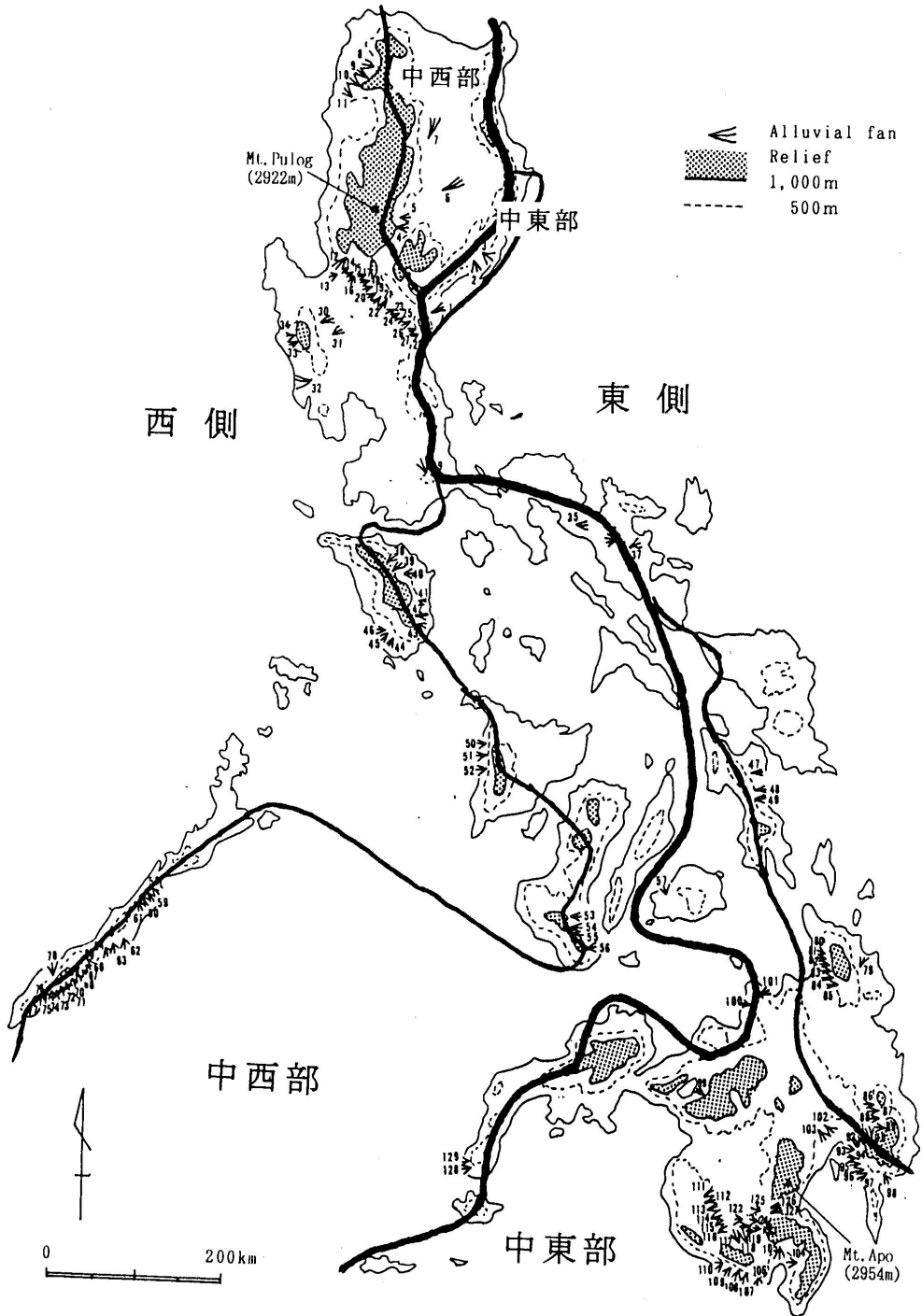


図1 扇状地の分布と気候区

Appendix 8 齊藤 (1996)

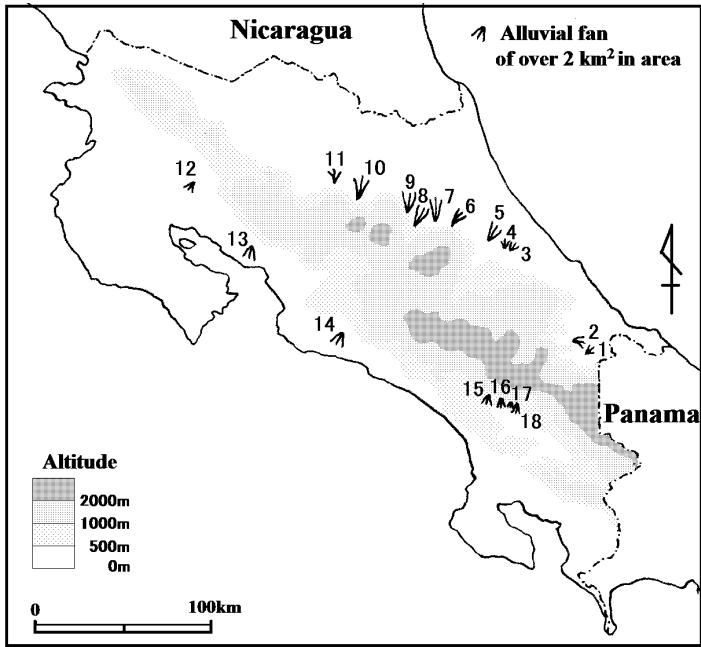


Fig. 3 Distribution of alluvial fans in Costa Rica

Appendix 9 齊藤 (2012)