

日本の山地の発達と扇状地

斎藤 享治*

I. はじめに

アメリカ合衆国西部の乾燥地域の扇状地の大きさに関して、侵食輪廻説・動的平衡説・気候関与説が出されている (Lustig, 1965, 1974)。侵食輪廻説では、山地の隆起の後に、山地内の集水域の拡大がなされ、それに伴い供給される岩屑の量が多くなり、扇状地規模が大きくなると説く。すなわち、時間の経過とともに、扇状地は大きくなるという。動的平衡説では、扇状地上に供給される堆積物の堆積速度と、扇状地上から堆積物が侵食され流失する侵食速度とが、釣合っているとみなす。このため、時間の経過と関係なく、扇状地が、集水域の大きさなどに応じて、一定の大きさを維持するという。気候関与説では、山地から供給される岩屑の量が、気候変化に応じて変化し、それに伴い、扇状地規模が変化するという。これら3説は、かならずしも対立するものではなく、扇状地の形成されている地域あるいは対象とする時期・期間によって、説明する部分がそれぞれ違っていると考える。

日本の扇状地で、現在、その形態が明瞭に認識でき、形成時期の古いものに、十勝平野のヌビナイ川扇状地がある。ヌビナイ川扇状地は光地園面 (平川・小野, 1974; 十勝団研, 1978) といわれ、その形成年代は約30万年前と推定されている (活断層研究会, 1980)。この後に形成された多くの扇状地のうち、扇面面積が2 km²以上の扇状地を取りあげて、斎藤 (1985 a) は、扇面面積が時間の経過とともに、大きくならないことを明らかにした。さらに、扇面面積について、集水域面積の関与の度合が最も大きいことと、多くの集水域が過去30万年間で拡大したと考えられないことから、扇面面積が第一義的に集水域の大きさに規定されるといえ、動的平衡説が有力と結論づけた

(Saito, 1985)。

ところで、扇状地といっても、起伏のそれほど大きくない山地に発達する扇状地もあれば、起伏の大きい山地に発達する扇状地もある。これら種々の山地に発達する扇状地を一括して取りあげたのに、第一義的に扇面面積が集水域の大きさに規定されるのは、どうしてであろうか。この点を明らかにするため、日本の個別の山地の発達段階と扇状地の発達状況との関係が、どのようにになっているのか検討した。

II. 山地の発達段階

吉川 (1985) は、日本のように地殻変動や削剝がともに激しい湿润変動帶では、現在の地殻変動や削剝が比較的弱い地域であるヨーロッパやアメリカ合衆国中・東部で確立された侵食輪廻説とは異なった、独自の地形理論が必要と述べている。そして、日本の山地の研究について、平野の理論モデル (平野, 1972など) と大森のモデル (Ohmori, 1978) を紹介している。大森のモデルでは、日本の個別の山地の発達段階を具体的に明らかにしているので、大森のモデルと扇状地の発達状況との関係が、どのようにになっているのか注目した。

Ohmori (1978) は、山地の平均高度と高度分散量 (標高のばらつき) を用いて、日本のような隆起が継続する山地での発達段階を、大きく3期に分けた。隆起が始まり、一定の速度で進行すると、最初は、山地の平均高度が急激に大きくなる。しかし、徐々に侵食も著しくなり、平均高度の増大がにぶる。この段階が成長期¹⁾ (第1期) である。この後、削剝の速さが隆起の速さと等しくなり、平均高度が一定に保たれる、極相期 (第2期) を迎える。隆起速度の大きい山地ほど、その平均高度が高くなり、さらに、極相期に達するまでの時間も短い。隆起速度が落ちたり、停止したときに

* 北海学園大学

は、平均高度が低くなる。この段階が減衰期（第3期）である。

吉川（1985）によれば、減衰期は、削剝によって山地の高さがだいに減少する時期であり、デービスの侵食輪廻がほぼこの時期に相当するという。また、極相期の地形は、侵食輪廻説の壯年期の山地と見掛けが一致するものの、壯年期の山地は、時間とともにその地形が変化する性質のものであるのに対して、極相期の地形は、平均高度の保たれる定常状態が維持されるので、両者は本質的に異なっていると指摘している。そして、この極相期のみは、隆起や削剝がともに激しい湿润変動帯のみにみられる特有の地形変化の過程といっている。

このような日本の26山地に関して、Ohmori（1978）は、平均高度と高度分散量を算定し、それぞれの発達段階を明らかにした。その結果、日本の山地は、ほとんどがまだ平衡状態に達していない成長期にあるという。そのなかで、最も初期の段階（早期）にあるのは、宗谷丘陵で、やや開析された準平原とみなされる（第1図）。ついで、前期の段階にあるのは、天塩山地、白糠丘陵、渡島半島、大平山地であり、地形変化は比較的小さい。中期の段階にある山地は数多い。そのなかで、早い段階（中期前半）の山地は、北見山地、夕張山地、阿武隈山地、中国山地など²⁾である。少し進んだ段階（中期後半）の山地として、日高山脈、真昼山地（奥羽山脈の一部）、紀伊山地、四国山地、九州山地などがあげられる。この段階の山地は、平均高度の増加速度が大きく、侵食速度も大きくなる山地である。このため、山麓には、扇状地のような堆積地形が盛んに形成されるという。さらに、段階の進んだ後期の山地には、越後山脈、関東山地、飛驒山脈、木曽山脈、赤石山脈がある。飛驒山脈は、日本のなかで、最も進んだ段階の山地である。この段階の山地は、平衡状態に達しつつあり、地形変化はもはや大きくないという。

以上の山地の発達段階（第2図）と、扇状地の分布状況あるいは大きさの状態との関係は、どのようにになっているのであろうか。

III. 扇状地の分布

扇面面積2km²以上の扇状地をもつ流域

のなかで、26山地を集水域とする扇状地は、190個所ある³⁾（第1図）。宗谷丘陵（早期）、大平山地（前期）、北上山地（中期後半）、紀伊山地（中期後半）には、扇状地がなく、飛驒山脈（後期、扇状地数21個）、関東山地（後期、20個）、真昼山地（中期後半、19個）、日高山脈（中期後半、15個）、木曽山脈（後期、14個）で扇状地が多い。各段階の山地1個平均の扇状地数は、早期で0個、前期で2.0個、中期前半で6.2個、中期後半で7.8個、後期で13.4個である。一般に、発達段階の進んでいる山地ほど、扇状地数が多そうである。

しかし、山地の広がりが同等でないので、速断できない。そこで、扇状地数の比較のために、集水域面積100km²以上⁴⁾の流域における、扇状地をもつ流域の割合を、段階ごとに求めた。早期・前期の山地では、扇状地をもつ流域はなく、中期前半で7.4%，中期後半で23.4%，後期で73.3%の流域が扇状地をもつ。また、各山地の扇状地をもつ流域の割合をみても（第2図）、中期それも中期後半に扇状地をもつ流域の割合の大きくなることが読みとれる。

このように、山地の成長期の中期後半から、Ohmori（1978）の指摘のように、扇状地が活発に造られるといえそうである。

IV. 扇状地の発達

さて、扇状地の大きさと山地の発達段階とは、どのような関係になっているのであろうか。

扇面面積について、最も関与の度合の大きい集水域面積（斎藤、1985a）との関係で、最初、検討する。飛驒山脈の扇状地（黒丸）と夕張山地の扇状地（四角白ぬき）について、集水域面積と扇面面積の値を図示した（第3図）。飛驒山脈の方が夕張山地にくらべて、同規模の集水域では、一般に大きい扇状地をもつ。これを、以後、相対的規模の大きい扇状地をもつという。多数の山地での扇状地の相対的規模の大小を比較するために、回帰直線を求めた。集水域面積上の扇面面積の回帰直線で代表させるのが通常であるが、ここでは、面積2km²未満の小扇状地を扇状地として扱っていないので、集水域面積10km²前後以下の流域において、多数の小扇状地が第3図から欠落している。欠けた場合、集水域面積上の扇面面積の

回帰直線では、その勾配が緩くなる。そこで、集水域面積上の扇面面積の回帰直線と、扇面面積上の集水域面積の回帰直線との二等分線を、回帰線と暫定的にみなした。たとえば、飛騨山脈にある扇状地では、集水域面積 (Ad) 上の扇面面積 (A) の回帰線は $A = 1.91 Ad^{0.42}$ であり、扇面面積上の集水域面積の回帰線は $A = 0.33 Ad^{0.88}$ なので、両者の二等分線は $A = 0.87 Ad^{0.63}$ となる(第3図、細実線)。同様の方法で、26山地中、14山地⁵⁾の二等分線を求めた⁶⁾(第4図)。

ところで、二等分線で表わされる回帰線よりも相対的規模の小さい扇状地には、外海に面して扇端が海食を受けるとか、本流に侵食されるとかで、小さくなっている扇状地もある。一方、相対的規模の大きい扇状地もある。飛騨山脈では、集水域面積 14.1 km^2 、扇面面積 21.8 km^2 の黒沢川扇状地がそうである。相対的規模のより小さい扇状地は、この程度まで潜在的に大きくなる可能性があると考え、回帰線を平行移動した(第3図、太実線)。このようにして、飛騨山脈では、 $A = 4.15 Ad^{0.63}$ を集水域面積と扇面面積との潜在的関係式とした。夕張山地では $A = 4.08 Ad^{0.31}$ となる(第3図、細破線)。これらの関係式でも、飛騨山脈にある扇状地の方が、相対的規模の大きいことがわかる。同様の方法で、14山地⁵⁾の潜在的関係式を求めた⁶⁾(第5図)。

前期および中期前半の山地にある扇状地(第4・5図、細線)では、集水域規模のわりに扇状地が小さい。逆に、中期後半と後期の山地にある扇状地(第4図、太線)では、集水域規模のわりに扇状地が大きい。とりわけ大きい扇状地があるのも、この中期後半と後期の山地であり(第5図、太線)、前期・中期前半の潜在的関係式(第5図、細線)と大きく離れている。このように、日本では、山地の成長期の中期後半から、扇状地の発達規模が大きくなると思われる。

その山地の成長期の中期後半からの扇状地の大きくなり方については、中期後半・後期の山地における集水域面積と扇面面積との関係式(第4・5図の太線)の勾配が大きいことから、中期後半からは、集水域の大きいところで、とくに扇状地が大きくなるといえそうである。

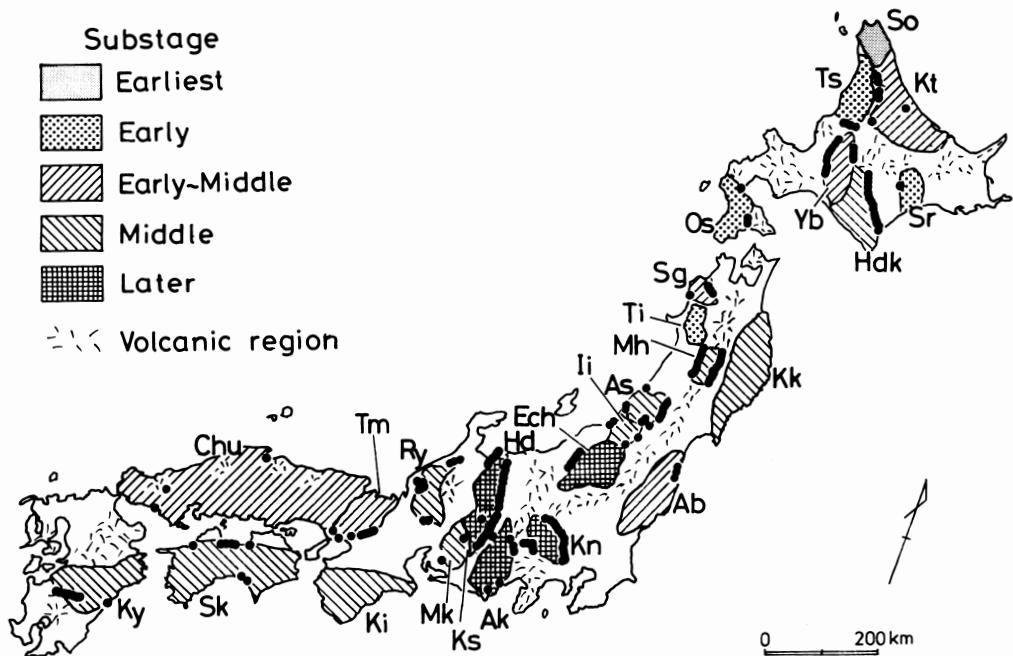
ところで、扇面面積には、集水域面積以外にも

多くの因子がかかわっている。斎藤(1985 b)は、集水域面積・扇状地面形成以降の経過時間・起状比・第四紀の地盤垂直変動量・溪口距離の5つの因子との関係式で、個々の扇状地がどの位大きいのかあるいは小さいのか(それを偏差とした)算定した。前期の山地にある扇状地では、対数変換した偏差の平均値が、-0.13であり、中期前半で-0.10、中期後半で0.05、後期で0.03である。前期と中期前半とでそれほど変わりがなく、また、中期後半と後期とでもそれほど変わりがない。しかし、前期・中期前半の山地にある扇状地(偏差の平均値-0.10)と、中期後半・後期の山地にある扇状地(偏差の平均値0.04)との差0.14の値⁷⁾は、中期後半・後期の扇状地が、前期・中期前半の扇状地にくらべ、38%($=10^{0.14}$)大きいことを意味する。これからも、中期後半の山地にある扇状地から、その大きさが大きくなるといえそうだ。

V. おわりに

山地の発達段階は、Ohmori(1978)により、成長期・極相期・減衰期に分けられている。日本の26山地は、すべて成長期にあるが、主に第四紀の隆起速度の緩急により、成長期のなかでも、早期の状態の宗谷丘陵から、極相期に近い後期の状態の飛騨山脈まである。そのなかで、成長期の中後半から、扇状地の分布状況が良くなり、さらに、扇状地の相対的規模も大きくなっている。この時期は、山地の侵食速度が増大し、地形変化の著しい時期といわれている。これに伴い、扇状地の分布や発達が良くなったものと思われる。

このように、山地の成長期の中後半から、扇状地の相対的規模が大きくなるにもかかわらず、日本全体の扇状地の大きさは、集水域の大きさに負うところ甚大である。それは、日本の山地の第四紀の隆起速度が速く、26山地のうち、過半の15山地が中期後半以降の状態にあるためである。さらに、中期後半以降の山地では扇状地の分布状況が良くなり、全体の75%強の扇状地を抱える。しかも、中期後半の山地にある扇状地と後期の山地にある扇状地とでは、相対的規模に大きな差が認められない。このため、日本全体の扇状地を扱うといっても、実質的には、中期後半と後期の山地

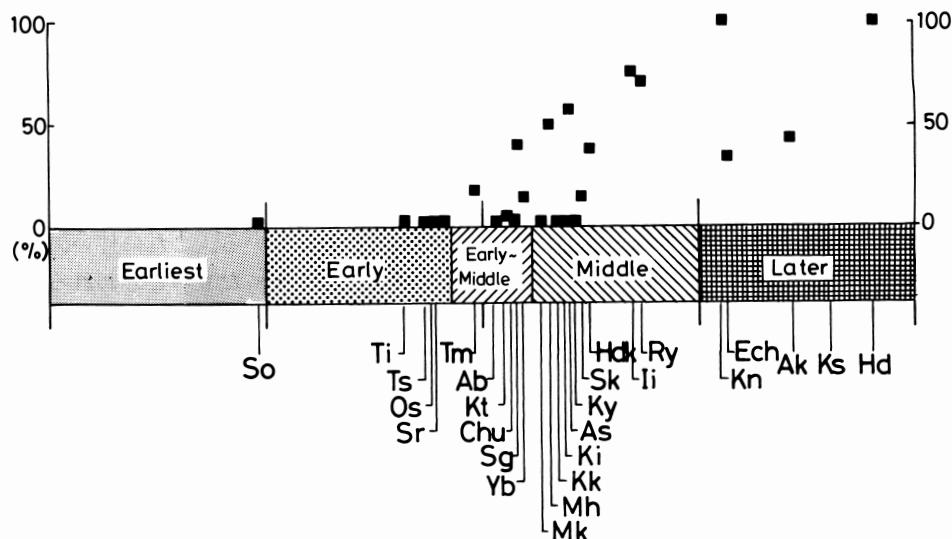


第1図 山地の発達段階と扇状地の分布

山地の発達段階 (Ohmori, 1978)：早期 (Earliest), 前期 (Early), 中期前

半 (Early~Middle), 中期後半 (Middle), 後期 (Later)

扇状地の位置 (黒丸) 山地名は第2図参照



第2図 山地の発達段階と扇状地の形成される割合

So : 宗谷丘陵, Ti : 大平山地, Ts : 天塩山地, Os : 渡島半島, Sr : 白糠丘陵,

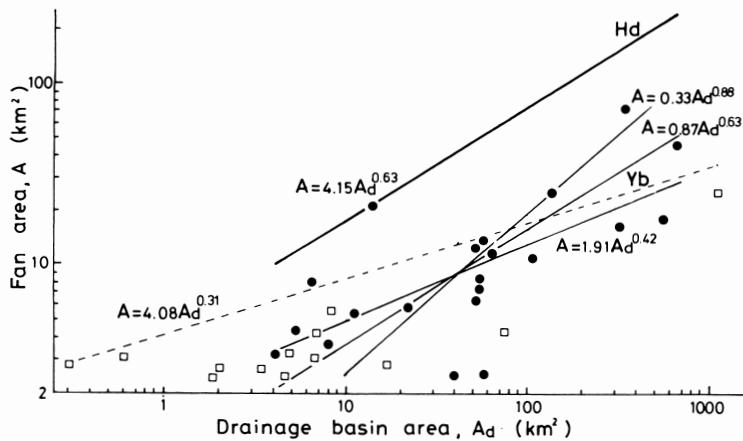
Tm : 丹波山地, Ab : 阿武隈山地, Kt : 北見山地, Chu : 中国山地, Sg : 白

神山地, Yb : 夕張山地, Mk : 三河高原, Mh : 真昼山地, Kk : 北上山地,

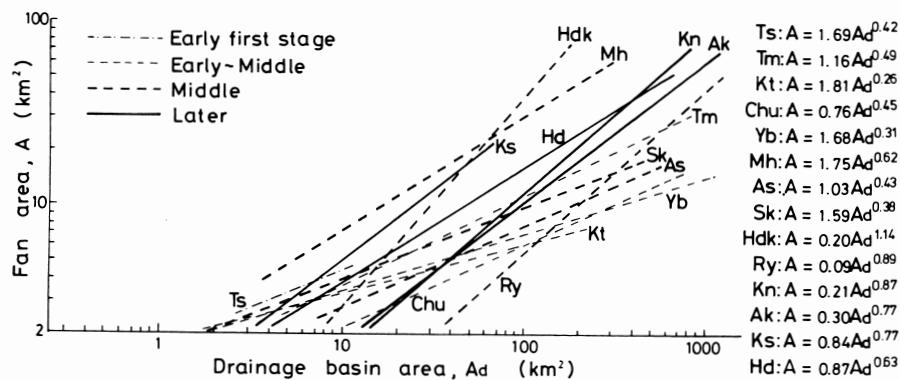
Ki : 紀伊山地, As : 朝日山地, Ky : 九州山地, Sk : 四国山地, Hd : 日高

山脈, Ii : 飯豊山地, Ry : 両白山地, Kn : 関東山地, Ech : 越後山脈, Ak :

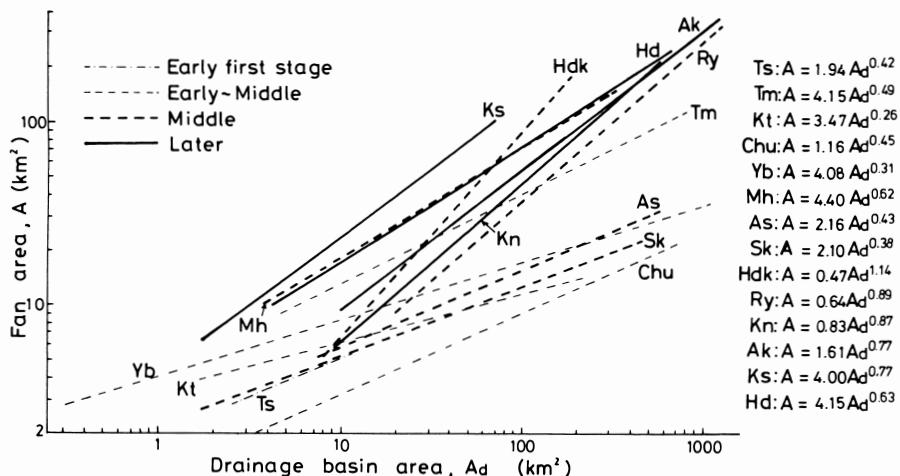
赤石山脈, Ks : 木曽山脈, Hd : 飛驒山脈



第3図 飛驒山脈（黒丸）と夕張山地（四角白ぬき）における集水域面積（Ad）と扇面面積（A）との関係



第4図 山地の発達段階と、集水域面積・扇面面積の回帰線
細一点鎖線：前期、細破線：中期前半、太破線：中期後半、太実線：後期
山地の記号は第2図参照



第5図 山地の発達段階と、集水域面積・扇面面積の潜在的関係式
凡例は第4図と共に

文 献

にある扇状地が多く、扇状地規模と集水域規模との相対関係がより強くなったものと思われる。この状況を導いたのは、日本の山地の速い隆起速度と速い侵食速度であることから、日本の扇状地の大きさをとらえる場合にも、吉川（1985）のいう、湿潤変動帯の地形学という視点が必要と思われる。

注

- 1) Ohmori (1978) は、山地の発達段階を、first stage(第1期)・second stage(第2期)・third stage(第3期)と呼んだ。吉川(1984)は、それらを成長期・極相期・減衰期と名付けた。
- 2) 丹波山地は、前期の段階にあるが、他の前期の4山地よりも、中期前半の山地にその状態が近いので(第2図)、Ohmori (1978) は、Early～middle substage の山地に分類している(第1図)。それに従い、ここでも、中期前半の山地として扱う。
- 3) 残り300個所の扇状地は、火山地域を集水域とする扇状地と近畿三角地帯内に発達する扇状地が多い。なお、全扇状地の分布は、斎藤(1984)のFig. 7に描かれている。
- 4) 集水域面積 200 km²以上の流域では、それ以下の流域とは異なった扇状地形成がなされるので(斎藤, 1982), 意義付けの明瞭な検討ができる。しかし、200 km²以上の流域で扇状地をもつ流域が32個所と少ないため、少し小さい100 km²以上の流域までを対象として数を多くした。
- 5) 一つの山地に、集水域規模がある程度以上の違いを示す流域がなければ、集水域面積と扇面面積との関係式が、極端な傾向を示すことがある。そこで、対数変換して最も小さい集水域と最も大きい集水域の面積(Ad; 単位km²)の差(log Ad)が、1.3以上の山地13個所と、前期の山地のなかで最も集水域規模の違いの大きい天塩山地との、計14山地を対象とした。
- 6) 丹波山地の明石川扇状地については、その集水域面積35.5 km²、扇面面積67.3 km²と、集水域規模にくらべ、扇状地の大きさが極端に大きい。このため、明石川扇状地のデータを除去して、丹波山地の集水域面積と扇面面積との関係式を求めた。
- 7) 前期・中期前半の山地にある扇状地の扇面面積の偏差の平均値と、中期後半・後期の山地にある扇状地の平均値との差0.14は、t検定の値が2.29であり、危険率5%のt分布の値が1.98なので、意味のある差といえる。

- 活断層研究会編 (1980) : 『日本の活断層一分布図と資料』 東京大学出版会, 363ページ。
- 斎藤享治 (1982) : 集水域の地形・地質条件による扇状地の分類。地理評, 55, 334~349.
- 斎藤享治 (1984) : 日本の扇状地の分類。北海学園大学「学園論集」, No. 48, 31~55.
- 斎藤享治 (1985 a) : 扇状地の特性を形成する因子。東北地理, 37, 43~60.
- 斎藤享治 (1985 b) : 扇状地の特性を決定する共通因子。北海学園大学「学園論集」, No. 50, 1~20.
- 十勝団体研究会編 (1978) : 『十勝平野』地団研專報, 22号, 433ページ。
- 平川一臣・小野有五 (1974) : 十勝平野の地形発達史。地理評, 47, 607~632.
- 平野昌繁 (1972) : 平衡形の理論。地理評, 45, 703~715.
- 吉川虎雄 (1984) : 湿潤変動帯の地形学。地理評, 57 (Ser. A), 691~702.
- 吉川虎雄 (1985) : 『湿潤変動帯の地形学』東京大学出版会, 132ページ。
- Lustig, L. K. (1965) : Clastic sedimentation in Deep Spring Valley, California. U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 352-F, 131~192.
- Lustig, L. K. (1974) : Alluvial fans. in Encyclopedia Britannica, 15th ed., 611~617.
- Ohmori, H. (1978) : Relief structure of the Japanese Mountains and their stages in geomorphic development. Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo, No. 10, 31~85.
- Saito, K. (1985) : Comparison between dynamic equilibrium model and climatic linked model for alluvial fans in Japan. Gakuen Ronshu (Jour. Hokkai - Gakuen Univ.), No. 52, 35~81.