

台湾島の山地の発達段階

齊藤 享治*

I. はじめに

日本列島における隆起の速さは、東北日本の山地で1 mm/年内外、西南日本の内帯山地で1 mm/年以下、外帯山地で1~2 mm/年、第四紀における隆起量の最も大きい日本アルプスで2~3 mm/年といわれる(吉川, 1985)。地殻が衝突する台湾島では隆起が著しく、とくに、完新世の隆起速度は、最近5,000年間の台湾北部(隆起が認められない)を除いて、ヒマラヤ山脈の隆起速度に匹敵する5 mm/年前後といわれている(太田・岡田, 1984)。完新世以前の隆起速度が必ずしも明らかになってはいないが、台湾島の山地を形成してきた隆起の速さは、日本列島の山地の隆起の速さと同等あるいはそれ以上と思われる。

隆起が著しい台湾島の山地における現在の削剝の速さは、Li (1976) のダムの堆砂速度に基づいて、0.820~7.948 mm/年と試算されている(Ohmori, 1983 a)。日本列島の山地で得られている現在の削剝の速さ、0.013~6.312 mm/年(Yoshikawa, 1974)や0.014~6.872 mm/年(Ohmori, 1983 a)と同様あるいはそれ以上の速さとなっている。山地河川で得られた削剝の速さは、起伏による違いが大きいものの、日本列島や台湾島のこの削剝の速さは、他地域の削剝の速さにくらべとくに速いのが特徴という(Ohmori, 1983 b)。削剝の速さは、起伏のほか降水量にも支配され、年平均降水量600 mmを超すところでは、年平均降水量の自乗に比例して、速くなるといわれる(Ohmori, 1983 b)。その降水量については、台湾北部の台北では、年平均降水量2,003.9 mm、最多月が9月の302.5 mm、最少月が12月の75.8 mmとなっている(国立天文台, 1988)。日本では、最多月と最少月の差は小さいが、年平均降水量でみれば、岐阜(1,985 mm)・浜松(1,928

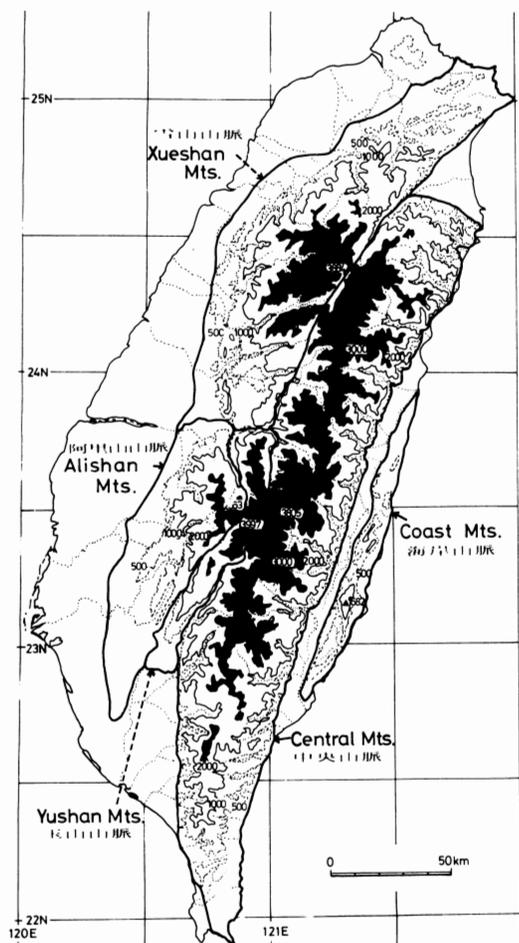
mm)・静岡(2,361 mm)で同様の値を示す。台湾南端の恒春では、年平均降水量2,401.2 mm、最多月が8月の563.4 mm、最少月が1月の17.0 mmであり、鹿児島(2,375 mm)や高知(2,666 mm)の年平均降水量と同程度となっている。

このように、台湾島の山地の隆起や削剝は、日本列島の山地のなかでも、比較的速い山地の隆起や削剝の速さ、あるいはそれ以上の速さで継続してきたものと思われる。一般に、隆起が継続する山地の発達段階は、Ohmori (1978)により、山地の平均高度と高度分散量(標高のばらつき)に基づき、大きく3期に分けられた。隆起が始まり、一定の速さで隆起が進むと、最初のうちは、山地の平均高度が急激に大きくなる。しかし、しだいに削剝も著しくなり、平均高度の増大がにぶる。この段階が第1期であり、吉川(1984)により、成長期と名づけられた。この後、削剝と隆起とが釣り合い、平均高度が一定に保たれる。この第2期(極相期)に達するまでの時間は、隆起の速さの速い山地ほど短く、その山地の平均高度は高くなる。隆起しなくなったり、隆起の速さが遅くなった場合には、平均高度が低くなる。この段階が第3期(減衰期)である。日本列島にある26山地はすべて成長期にあるが、その中でも、やや開析された準平原とみなされる宗谷丘陵のような初期の山地から、飛驒山脈のような極相期に近い山地までである。山地の発達段階の進んだ飛驒・木曾・赤石山脈などはいずれも、隆起および削剝の速さの速い中央日本に位置する山地である(Yoshikawa, 1974)。それでは、隆起および削剝の速さが、やはり速いといわれる台湾島にある山地の発達段階はどのようになっているのであろうか。この台湾島の山地の発達段階を、日本の山地の発達段階と比較し、位置づけることを本研究の目的とする。

* 北海学園大学

II. 山地の区分

台湾島は、北北東-南南西方向にのびる島であり、その中央部には最高峰の玉山(標高3,997 m)をかかえる台湾山脈がそびえる。その東側の台東縦谷をはさみ、台湾島東縁には、最高峰の新港山(標高1,682 m)をかかえる幅約10 km、標高おおむね500~1,000 mの海岸山脈がある(第1図)。台湾山脈は、さらに、標高2,000 m以上の部分(第1図の網部)が南北に連なる中央山脈(最高峰は標高3,805 mの秀姑巒山^{シウフーロワン}と、その西側の山脈列に分けられる。西側の山脈列は、北側の雪山(標高3,884 m)を中心とする山塊の雪山山脈と、その南側の阿里山(標高2,408 m)・大塔山(標高2,663 m)を中心とする山塊の阿里山山脈に分けられる。また、最高峰の玉山は、中央山脈と阿里山山脈に



第1図 山地の区分図

Fig. 1 Division of mountains in the Taiwan Island

挟まれた玉山山脈に位置する(富田, 1972; 谷地ほか, 1988)。台湾島の山地を、これら、海岸山脈、中央山脈、雪山山脈、玉山山脈、阿里山山脈に分けた。

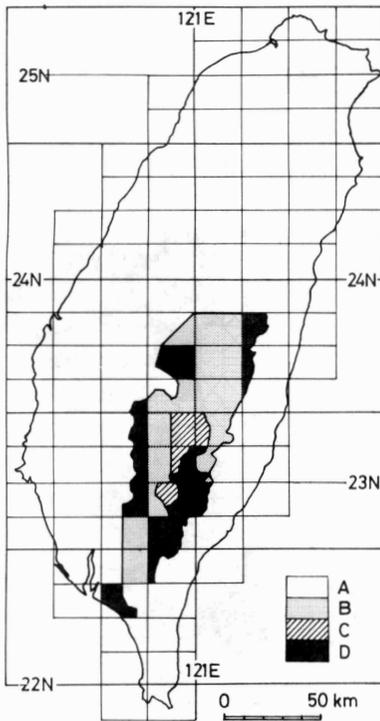
III. 方法

1. 使用図幅

台湾島の山地の発達段階を明らかにするために、5万分の1地形図を基図として用いた。台湾本島を覆う5万分の1の地形図は総計103図幅であり、『台湾五万分の一の地図集成』(学生社, 1982)に収録されている。その大部分(88図幅)は、大正13年から昭和11年にかけて陸地測量部により測量され、昭和2年から14年にかけて印刷されている。これらの図幅の等高線間隔は20 mである。ただし、88図幅のうち21図幅には、図幅の一部に空白部がある。88図幅以外の15図幅は、明治28, 43, 44年、大正5年に測量され、明治35, 36年、大正2年から5年に製版されたものである。その等高線間隔は、100尺(30.3 m)が基本であるが、部分的に500尺あるいは空白のところもある。結局、88図幅のなかで、等高線間隔が尺単位あるいは空白部分のある図幅は、36図幅であった。これらの図幅のなかには、印刷時期が異なった空白部分のない図幅があったり、あるいは後に測量され等高線間隔20 mの図幅が発行された部分もある。そのような図幅が東京大学資料館に12図幅あり、最終的に利用した103図幅のなかで、等高線間隔が尺単位あるいは空白部分のある図幅の総計は、台湾島南部の24図幅であった(第2図のB~D)。空白部分(第2図のD)については、明治30年集成、同年印刷の20万分の1地形図があるものの、それでは地形を表わす等高線の状態が、きわめて不正確である。そこで、この空白部分については、等高線間隔100 mの50万分の1地形図(谷地ほか, 1988)を用いて、標高を読み取った。

2. 標高読み取り

山地の平均高度および高度分散量を求めるために、緯線・経線に沿って1分×1分のメッシュを設け、その交点の標高を読み取った。読み取り総数は8,029点であった。台湾島北部の北緯25°では、緯線1分の距離は1,846.2 m、経線1分が



第2図
5万分の1地形図の精度
A: 等高線間隔 20 m B: 同 100 尺 C: 同 500 尺 D: 空白部分

Fig. 2
Distribution of contour intervals of adopted maps on the scale of one-fifty-thousandth
A: 20m B: 100 shaku (30.3m)
C: 500 shaku (151.5m) D: blank

1,682.5 m であり、台湾島南端の北緯 22°では、緯線 1 分が 1,845.5 m、経線 1 分が 1721.0 m となっている。

海岸山脈では、すべての読み取り地点で、等高線間隔 20 m の 5 万分の 1 地形図を用いることができた(第 1 表)。雪山山脈や阿里山山脈も、ほぼ同様の状況であった。中央山脈や玉山山脈ではそれらに比べ、等高線間隔 20 m の地形図の割合がかなり低く、等高線間隔 100 尺の地形図の割合が高くなる。精度が相対的に良いと考えられる等高線間隔 20 m の地形図で読み取った標高と、等高線間隔 100 尺の地形図で読み取った標高との関係は、どのようになっているのであろうか。等高線間隔 100 尺の地形図周縁の読み取り地点で、等高線間隔 20 m の地形図でも読み取り可能な地点が、87 箇所あった。等高線間隔 20 m の地形図で読

み取った標高の平均値は 1,266.1 m であり、標準偏差は 1,009.0 m であった。等高線間隔 100 尺の地形図で読み取った標高の平均値は 1,243.7 m であり、標準偏差は 964.9 m であった。等高線間隔 100 尺の地形図では、等高線間隔 20 m の地形図にくらべ、平均値で 1.8% 小さく、標準偏差で 4.4% 小さくなっているものの、それほど大きな差とはなっていない。また、両者の地形図で読み取った標高の相関係数も 0.955 であり、等高線間隔 100 尺の地形図で読み取った標高でも、平均高度・標準偏差が大きく異なるとは考えられない。中央山脈や玉山山脈では、空白部分が多く、50 万分の 1 地勢図により標高を読み取った。空白部分周縁の読み取り地点で、等高線間隔 20 m の地形図で読み取りできる地点が、135 箇所あった。等高線間隔 20 m の地形図で読み取った標高の平均値は 1,050.0 m であり、標準偏差は 572.5 m であった。50 万分の 1 地勢図で読み取った標高の平均値は 1,065.3 m であり、標準偏差は 544.6 m であった。50 万分の 1 地勢図では、等高線間隔 20 m の地形図にくらべ、平均値で 1.5% 大きく、標準偏差で 4.9% 小さくなっているものの、その差は大きくはない。また、標高点の相関係数も 0.916 であり、50 万分の 1 地勢図で読み取った標高点でも、それほど、精度に問題があるとは思われない。なお、等高線間隔 500 尺で読み取った地点の周縁では、等高線間隔 20 m の地形図で標高を読み取ることができないので(第 2 図で C 域の周縁に A 域がな

第 1 表 各山地の読み取り地点の精度
Table 1 Accuracies of altitudes of mesh points

Name of mountains	Total of intersection points	Contour interval			
		20m	100 shaku	500 shaku	100m
Coast Mts.	408	408 (100.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Xueshan Mts.	2,473	2,469 (99.8%)	4 (0.2%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Central Mts.	3,697	2,099 (56.8%)	911 (24.6%)	178 (4.8%)	509 (13.8%)
Yushan Mts.	414	146 (35.3%)	172 (41.5%)	4 (1.0%)	92 (22.2%)
Alishan Mts.	1,037	962 (92.8%)	35 (3.4%)	0 (0.0%)	40 (3.8%)
Taiwan Mts.	7,621	5,676 (74.5%)	1,122 (14.7%)	182 (2.4%)	641 (8.4%)

One shaku is equal to 0.303 meter.

い), 等高線間隔 500 尺で読み取った標高の精度は, 検討できなかった。

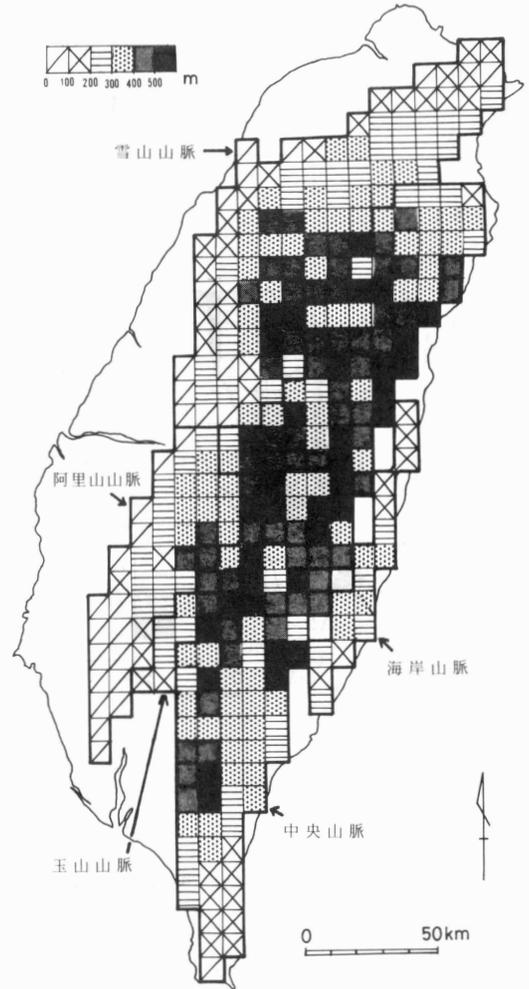
IV. 山地の発達段階

1. 各山地の高度分散量

緯度・経度 1 分ごとに標高を読み取った地点について, 5 地点×5 地点 (4 分×4 分) の枠で区切り, その枠内の 25 地点の標高の標準偏差を高度分散量とする。高度分散量が 400 m を超すところは, 中央山脈, 玉山山脈, 雪山山脈南部にある (第 3 図の網・黒ぬり部分)。高度分散量が 500 m を超すところは, 中央山脈の東縁・西縁で (第 3 図の黒ぬり部分), 深く切り刻まれた縦谷から山脈が急激にそそり立つようなところである。この 4 分×4 分の枠で区切られた高度分散量は海岸山脈では 17 箇所で得られ, その平均値は 247.7 m となっている (第 2 表)。中央山脈では 392.9 m であり, 海岸山脈より大きい値を示す。相似形の山地で同じ 4 分×4 分の枠を取ったときでも, この高度分散量は, 枠の面積が大きくなると, 大きな値を示すので, 日本列島の山地と台湾島との山地の比較や, 台湾島のなかでも北に位置する雪山山脈と他の山脈との比較のときに, 枠の面積をそろえる必要がある。そのため, 5 地点×5 地点の枠のほかに, 8 地点×8 地点, 10 地点×10 地点, 12 地点×12 地点, 15 地点×15 地点の枠を設け, それぞれの高度分散量の平均値と枠の面積の回帰式を求め, 単位面積 (1 km²) 当たりの高度分散量を得た (第 4 図)。その際, 各枠の面積 S (単位 km²) における高度分散量 X (単位 m) の回帰線の勾配は, Ohmori (1978) が赤石山脈の畑薙グムの涵養域で得た $\log X = 0.0010 \log D \cdot \log S + 0.9847 \log D + 0.1621 \log S + 0.0283$ の勾配を用いた。この D (単位 m) は, 1 km² 当たりの基準高度分散量であり, 海岸山脈で 115.0 m, 雪山山脈で 144.5 m, 中央山脈で 211.1 m, 玉山山脈で 188.7 m, 阿里山山脈で 107.7 m となっている (第 2 表)。すなわち, 阿里山山脈, 海岸山脈, 雪山山脈, 玉山山脈, 中央山脈の順に, 標高のばらつきが大きくなっている。

2. 山地の発達段階

各山地の平均高度 (H) は, 緯度・経度 1 分ごとに読み取った標高の平均値とした。海岸山脈の平均高度は 345 m, 雪山山脈 911 m, 中央山脈 1,333



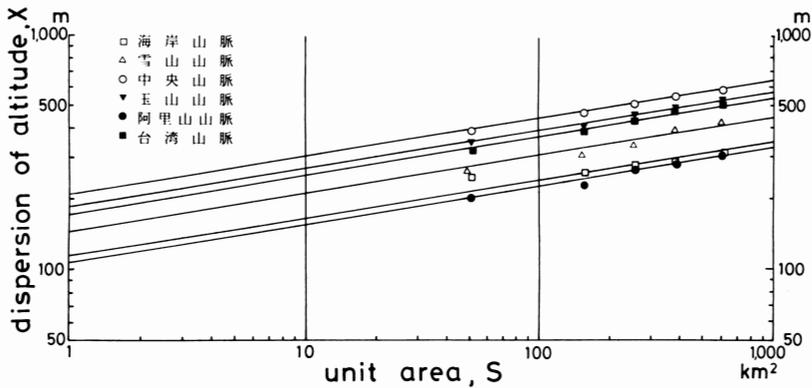
第 3 図 高度分散量分布図

Fig. 3 Distribution of altitude-dispersions

第 2 表 各山地の基準高度分散量と平均高度

Table 2 Basic altitude-dispersions and mean altitudes of the mountains in the Taiwan Island

Name of mountains	Area (km ²)	Dispersion of Basic				Mean altitude (m)	Maximum altitude (m)
		Smallest unit area (km ²)	altitude in the smallest unit area (m)	dispersion (m)	altitude (m)		
Coast Mts.	1,280	50.27	247.7	115.0	345	1,682	
Xueshan Mts.	7,710	49.89	262.8	144.5	911	3,884	
Central Mts.	11,620	50.27	392.9	211.1	1,333	3,805	
Yushan Mts.	1,300	50.27	354.1	188.7	1,398	3,997	
Alishan Mts.	3,260	50.27	202.8	107.7	622	2,663	
Taiwan Mts.	23,890	50.27	321.6	173.2	1,103	3,997	



第4図 高度分散量と測定枠の面積との関係

Fig. 4 Relations between altitude-dispersions and areas of meshes in the mountains

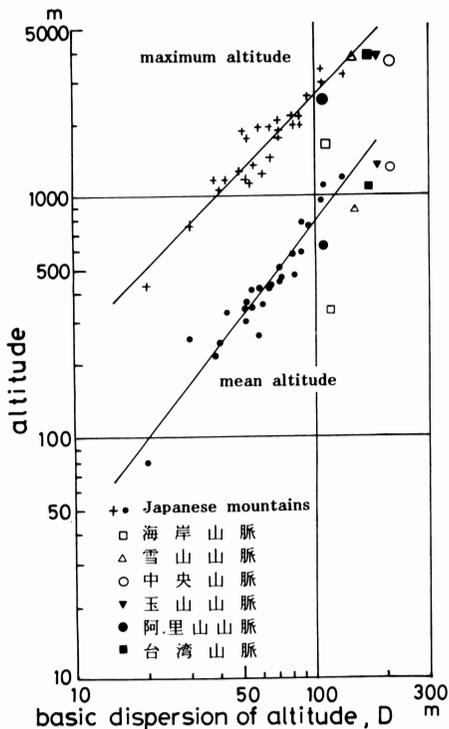
The gradient was referred to the function that is $\log X = 0.0010 \log D \cdot \log S + 0.9847 \log D + 0.1621 \log S + 0.02893$, based on Ohmori(1978)

m, 玉山山脈 1,398 m, 阿里山山脈 622 m であり (第2表), 海岸山脈, 阿里山山脈, 雪山山脈, 中央山脈, 玉山山脈の順に平均高度が大きくなっている。日本列島の山地では, この平均高度や最高地点の標高と基準高度分散量とは正の強い相関関係が認められている (Ohmori, 1978)。台湾島の山地でも同様であるが, 日本列島の山地にくらべて, 平均高度のわりに高度分散量が大きい傾向があり (第5図), とくに海岸山脈では平均高度がそれほど高くないのに, 基準高度分散量が大きくなっている (第5図の白四角)。すなわち, 台湾島の山地は, 日本列島の山地にくらべて, 開析がかなり進んでいることを意味する。

隆起が始まり山地が成長するときには, 最初のうちは平均高度が急激に大きくなり, そのうち削剝も著しくなり平均高度の増大がにぶる。そして, 削剝と隆起とが釣り合い, 平均高度が一定に保たれる。平均高度が一定に保たれるようになるまでに要する時間は, 隆起の速さが速い山地ほど短かく, その山地の平均高度は高くなる。日本列島の山地における, この隆起の速さと平均高度との関係は, Ohmori (1978) により時間の関数として表わされている。このため, 山地の隆起の開始時期および隆起開始時の平均高度が明らかになれば, その関数を用いて, 平均高度のみで隆起の速さを明らかにできる。実際には, 日本列島においても

台湾島においても, 山地の隆起の開始時期やそのときの平均高度を求めるのは, きわめて困難である。Ohmori(1978)は, 日本列島の山地において, 隆起の開始時期として100万年前と200万年前の2つの年代を仮定し(100万年前の年代を重視した), また, 隆起開始時の平均高度も0mと仮定して, 山地の発達段階を求めた。本研究でも同様に, 隆起の開始時期として100万年前の年代を仮定し, 隆起開始時の平均高度も0mと仮定して, 台湾島の山地の隆起の速さを求めた。海岸山脈では0.4 mm/年, 雪山山脈では1.3 mm/年, 中央山脈では2.4 mm/年, 玉山山脈では2.6 mm/年, 阿里山山脈では0.8 mm/年となった。また, これらの隆起の速さで山地が成長したときに, 隆起と削剝とが釣り合い平均高度が一定に保たれるその限界平均高度(H_{lim})については, 海岸山脈で624 m, 雪山山脈で1,070 m, 中央山脈で1,415 m, 玉山山脈で1,468 m, 阿里山山脈で857 mと算定された。一方, 削剝がないと仮定したときに, 100万年を経過した山地の平均高度(H₀)は, 隆起の速さとの積で表わされ, 海岸山脈で400 m, 雪山山脈で1,300 m, 中央山脈で2,400 m, 玉山山脈で2,600 m, 阿里山山脈で800 mとなる。

日本列島の山地の発達段階は, これら H/H_{lim} と H/H₀ との関係で得られている (Ohmori, 1978 の Fig.26)。その図上に, 台湾島の山地の H/H_{lim}



第5図 基準高度分散量と平均高度・最高地点の標高
Ohmori (1978) の Fig. 20 に台湾の山地のデータ
を加えた

Fig. 5 Relation between basic altitude-dispersions and
mean altitudes and relation between the former
and maximum altitudes
Data of the Taiwan Island have been added to
fig. 20 of Ohmori (1978)

と H/H_0 との関係を描いた(第6図)。台湾島のなかで最も若い段階の山地は、海岸山脈であり、日本列島では、成長期の中期前半に位置づけられる中国山地、白神山地、夕張山地の発達段階に相当する。海岸山脈より発達段階の進んだ阿里山山脈は、両白山地と関東山地の中間の段階に位置づけられ、成長期中期後半の末期の段階である。雪山山脈の発達段階は、越後山脈と赤石山脈の間の段階であるが、赤石山脈の発達段階に近く、成長期後期の段階である。中央山脈の発達段階は、飛驒山脈のそれよりも進み、成長期最末期となっている。玉山山脈は、さらに進み、極相期初期と位置づけられる。中央山脈、雪山山脈、玉山山脈、阿里山山脈を合わせた台湾山脈の発達段階は、木曾山脈の段階に相当し、成長期後期の段階と考えら

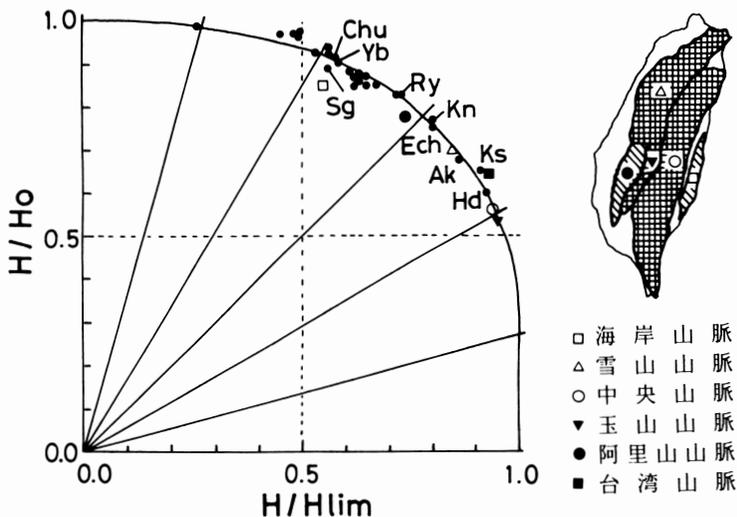
れる。

V. おわりに

緯線・経線1分ごとに区切った交点の標高により求められた山地の平均高度と高度分散量とを用いて、台湾島の山地の発達段階が、日本列島の山地の発達段階(Ohmori, 1978)とくらべて、どの段階にあるのか比較・検討した。台湾の5つの山地については、海岸山脈、阿里山山脈、雪山山脈、中央山脈、玉山山脈の順に、発達段階が進んでいる。玉山山脈は、成長期を過ぎ、隆起の速さと削剥の速さとが釣り合う極相期の山地に相当する。その他の山地は、すべて成長期にある。海岸山脈は成長期中期前半、阿里山山脈は中期後半の末期、雪山山脈は後期、中央山脈は最末期の段階の山地とそれぞれ位置づけられる。日本列島の山地との比較では、海岸山脈は中国山地に、阿里山山脈は両白山地と関東山地の間に、雪山山脈は赤石山脈に、中央山脈は飛驒山脈の発達段階にそれぞれ相当する。

台湾島の隆起の速さは、完新世では5 mm/年前後といわれている。しかし、陸起の開始時期を100万年前に、隆起開始時の山地の平均高度0 mを仮定したときに、最も陸起の速い玉山山脈ですら2.6 mm/年と、隆起速度が小さく算定されている。この点で、隆起の開始時期、隆起の速さの経年変化、隆起開始時の平均高度などが、明らかになったときに、山地の発達段階を再度求めなおす必要がある。また、日本列島の山地にくらべ、台湾の山地では、平均高度にくらべ基準高度分散量(高度のばらちき)が大きいという特徴がある。その傾向は、海岸山脈において顕著である。このことが、何に起因するのかも、今後明らかにしなければならない。

最後になったが、本研究では、東京大学理学部地理学教室の大森博雄先生に御助言をいただいた。また、本研究の一部に昭和63年度文部省科学研究費補助金奨励研究A(課題番号63780314)の補助金を使用した。ここに記して、感謝の意を表す。



第6図 台湾島の山地の発達段階

Chu：中国山地 Sg：白神山地 Yb：夕張山地 Ry：両白山地
Kn：関東山地 Ech：越後山脈 Ak：赤石山脈 Ks：木曾山脈
Hd：飛驒山脈

H：実際の平均高度 Hlim：限界平均高度 Ho：削剝がない場合の平均高度

Ohmori (1978) の Fig. 26 に台湾の山地のデータを加えた

Fig. 6 Stages in the geomorphic development of the mountains

H：present mean altitude Hlim：estimated upper limit in altitude Ho：mean altitude when denudation has not acted

Date of the mountains in the Taiwan Island have been added to fig. 26 of Ohmori (1978)

文 献

太田陽子・岡田篤正 (1984)：フィリピン海島弧系 I. 藤田和夫編「アジアの変動帯」海文堂, 147~177.

学生社 (1982)：『台湾五万分の一地図集成』学生社, 112 ページ.

国立天文台編(1988)：『理科年表 64 年版』丸善, 1062 ページ.

富田芳郎(1972)：『台湾地形発達史の研究』古今書院, 370 ページ.

谷治正孝・梅原正巳・川嶋理夫・田代 博・堀 英雄・野村正七編著(1988)：『世界地図 18 50 万分の 1 台湾』第 4 刷, 昭文社.

吉川虎雄(1984)：湿潤変動帯の地形学. 地理学評論, 57-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.

Li, Y. H. (1976)：Denudation of Taiwan Island since the Pliocene epoch. *Geology*, 4, 105~107.

Ohmori, H. (1978)：Relief structure of the Japanese mountains and their stages in geomorphic development. *Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo*, No. 10, 31~85.

Ohmori, H. (1983a)：Characteristics of the erosion rate in the Japanese mountains from the viewpoint of climatic geomorphology. *Zeit. Gemorph.*, Suppl. Bd., 46, 1~14.

Ohmori, H. (1983b)：Erosion rates and their relation to vegetation from the viewpoint of world-wide distribution. *Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo*, No. 15, 77~91.

Yoshikawa, T. (1974)：Denudation and tectonic movement in contemporary Japan. *Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo*, No. 6, 1~14.

Geomorphic Development of Mountains in the Taiwan Island

Kyoji SAITO*

The geomorphic development of mountains is able to be mainly divided into three stages in tectonically active and intensely denuded regions (Ohmoi, 1978; Yoshikawa, 1984). In the first stage the mean altitude rapidly increases and denudation is intensified with the great altitude-dispersion. In the second stage the mean altitude is maintained in a state of equilibrium between uplift and denudation. In the third stage when the rate of uplift declines, the mean altitude decreases. Japanese all mountains are in the first stage and the stage is classified into several groups by Ohmori (1978). Under what stage or group do mountains in the Taiwan Island belong ?

The mountains in the Taiwan Island are divided into the Coast Mts., Central Mts., Xueshan Mts., Yushan Mts., and Alishan Mts. (Fig. 1). The stages and groups of these mountains were determined by mean altitudes and altitude-dispersions (Fig. 6). The Yushan Mts. is at the earliest second stage. The other four are in the first stage. The Central Mts. is at the end of the stage and the Xueshan Mts. is at the later stage. The Alishan Mts. and the Coast Mts. are at the middle stage. The geomorphic developments of the Yushan Mts. and the Central Mts. exceed that of the Hida Range which takes the precedence in the Japanese mountains.