九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

大藪川源流域の地形解析

丸谷, 知己
九州大学農学部林学科

笠井, 美青
九州大学農学部林学科

https://doi.org/10.15017/10906

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 72, pp.117-124, 1995-03-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

九大演報（Bull. Kyushu Univ. For.），72：117-124，1995

大藪川源流域の地形解析*

丸谷知己**・笠井美青**

抄　　録

大藪川流域において，水系網，流域面積，流域勾配に関する地形的特徴を明らかにした．地形解析の対象は，大藪川源流に位置する3流域，シキノタニ，ボウズダニ，コウチノタニである．水系網の解析は，Horton-strahler方式による流路次数に基づいて，Hortonの第一法則（分岐比）と第二法則（流長比）とを用いておこなった．流域面積と流域勾配とは，3流域それぞれの主流路に流入する支流路ごとに計測し，主流路に沿うこれらの位置的変化について解析をおこなった．その結果，分岐比は R_b=4.0～6.0で，一般にとりうる値より大きく，流長比 R_l=1.7～2.0で，一般にとりうる値より小さいことが分かった．また，大藪川では東から西に向かって R_b が増加し，北から南に向かって R_l が増加することも分かった．流域面積と流域勾配については，3流域ともそれぞれの中流部から上流部の間で流域面積の大きな支流路が流入し，1kmあたり3～5本の割合で土石流発生限界勾配（$\tan\alpha$=0.25）より急な支流路が流入する事が分かった．このことから，洪水時の流量は合流点で著しく増加し，同時に支流路から主流路への土砂生産がきわめて発生しやすいものと推測された．

キーワード：大藪川，地形解析，流域面積，流路勾配，流路網解析

1．はじめに

大藪川は，日向灘に注ぐ一ツ瀬川の源流部に位置し，九州山地中央部をほぼ北から南へと流下している（図1）．大藪川流域は，延岡－紫尾山構造線上に広がっており，地質は広域変成作用を受けた中生層砂岩頁岩からなっている（橋本，1957）．大藪川流域を含む一帯は，フォッサマグナから続くいわゆる破砕帯に属し，破砕帯地すべりの多発地帯とされている（小出，1976）．破砕帯地すべりは，すべり土塊の規模が非常に大きく，山腹斜面全体が深さ数十mにわたって緩慢に移動し，ときには二重山稜を形成する．大藪川流域も，多数の地すべり地が含まれるため，複雑な地形を呈している．

本研究では，大藪川源流域に位置する九州大学宮崎演習林22，23，24，25，28，29林班の437haの流域について，流路網と流域面積および勾配の解析にもとづいて地形的特徴を明らかにしたので報告する．

---

* MARUTANI, T. and KASAI, M. : Geomorphological Analysis of the Oyabu River Basin.

** 九州大学農学部林学科
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812

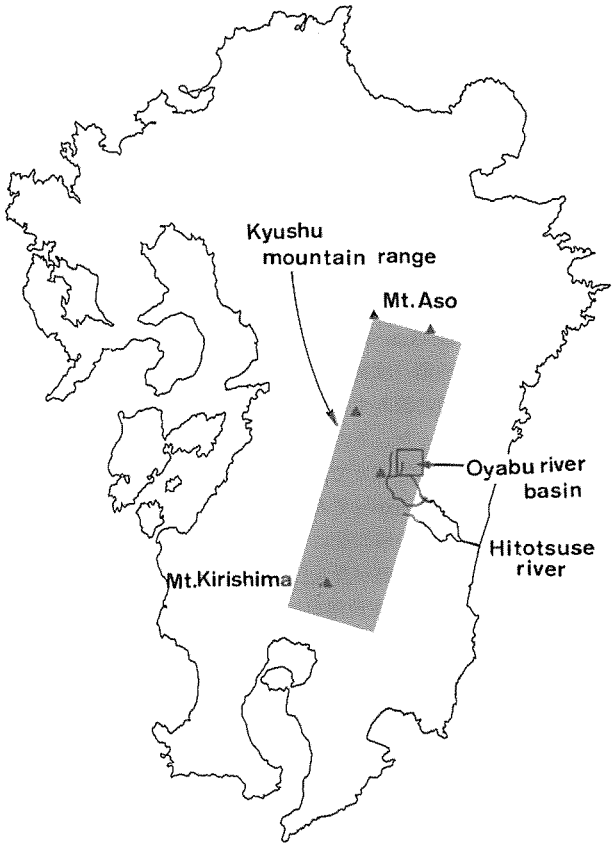

Fig. 1 Location map of analysis area.
図1 解析対象地の位置図

2. 解析方法

地形解析は，大藪川本流に合流する3流域を含む範囲で行った（図2）．3流域はシキノタニ，コウチノタニ，ボウズダニであり，流域面積はそれぞれ94.5 ha，85.9ha，256.6 haであった．地形の表現には流路，斜面形，面積，勾配など種々の方法が用いられるが，本研究では流路網と流域面積および勾配の解析を行った．

流路網については Horton-Strahler 方式（Strahler, 1952）に基づいて次数区分をおこなった．1次流路の判別と流路の開始地点の決定についてはいくつかの方法があるが，ここでは流路線上での等高線において湾曲角度（θ）が $\theta \leqq \pi/2$ のものが1本でも含まれる場合に1次流路とし，流路を上り詰めた尾根上を流路の開始地点とした（図3）．このようにして求めた各次数ごとの流路長と流路数とを Horton の第一法則と第二法則（Horton, 1945）とによって解析した．

流域面積は，3流域に含まれるすべての流路について次数（1次～3次）ごとの流域面積を求めた．また流域勾配は，次数（1次～3次）ごとの流路の最高点と最低点との高度

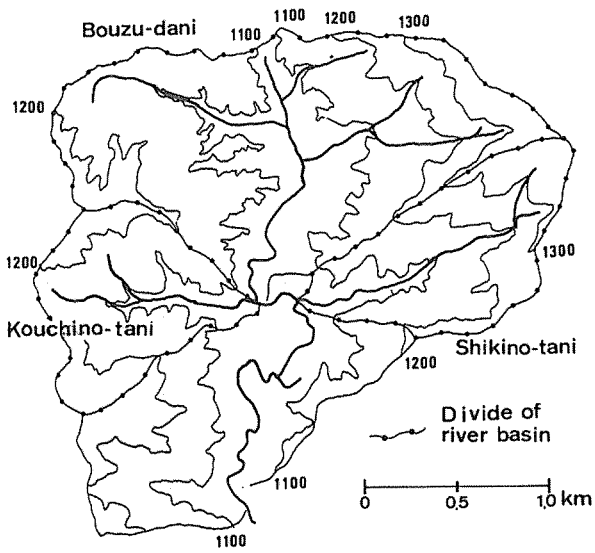

Fig. 2　Three river basins included in the Oyabu river basin (Shikino-tani, Bouzu-dani and Kouchino-tani).
図 2　大藪川流域の 3 流域（シキノタニ，ボウズダニ，コウチノタニ）

差を求め，それぞれの流路長で割った値を求めた（図 3）．

3．解析結果

3.1.　流路次数

図 4 は，大藪川の流路網と流路次数を示している．東方向から合流するシキノタニは最大次数が 3 次，北方向から合流するボウズダニは最大次数が 4 次，西方向から合流するコウチノタニは最大次数が 3 次であった．ボウズダニ上流をさらに細かく見れば，東，北，西の 3 方向からそれぞれ 3 次流路が合流している．これらより下流で次数の 3 次より高い流路は合流しないので，大藪川本流は 4 次流路である．

Horton の第一法則によれば，次数 w の流路の数 N_w と次数 (w+1) の流路の数 $N_{(w+1)}$ との比，すなわち分岐比 (bifurcation ratio)　R_b は，

$$R_b=N_w/N_{(w+1)} \quad (w=1, 2, \cdots, w-1)$$

で表され，ひとつの流域では R_b の値はほぼ一定値をとる．

Horton の第二法則によれば，次数 w の流路の平均流路長 L_w と次数 (w+1) の流路の平均流路長 $L_{(w+1)}$ との比，すなわち流長比 (length ratio)　R_l は，

$$R_l=L_{(w+1)}/L_w \quad (w=1, 2, \cdots, w-1)$$

で表され，ひとつの流域では R_l の値はほぼ一定値をとる．

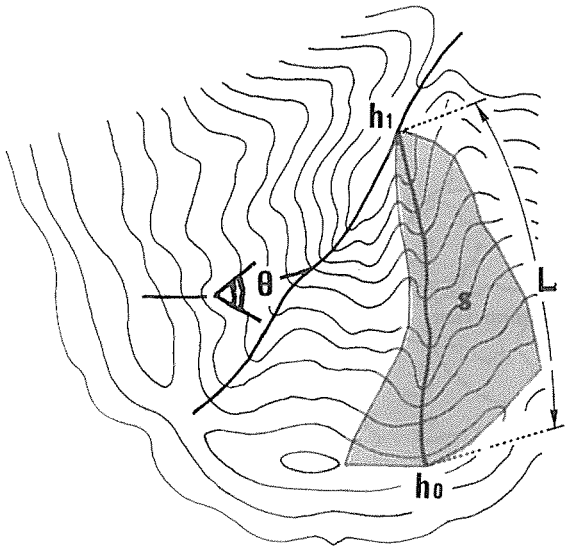

Fig. 3 Method of analyses.
Judgement of 1 order stream : As $\theta \leqq \pi/2$, 1 order stream
Length of 1 order stream : L, length from point h_0 to h_1
Drainage Area : S
Channel gradient : (Altitude at h_0 − Altitude at h_1)/L
図3 解析方法
1次流路の判別： $\theta \leqq \pi/2$ のとき1次流路
1次流路の流路長：L, h_0 ～h_1 までの長さ
流域面積： S
流路勾配： (h_0 の標高 − h_1 の標高) /L

表1 3流域における分岐比 R_b と流長比 R_l
Table 1 Bifurcation ratio and length ratio at three river basins.

	R_b			R_l		
	N_1/N_2	N_2/N_3	Ave.	L_2/L_1	L_3/L_2	Ave.
シキノタニ	4.5	4.0	4.25	2.09	1.94	2.02
ボウズダニ	6.1	5.0	5.55	1.67	1.84	1.76
コウチノタニ	6.0	6.0	6.00	2.10	1.95	2.03

3流域の各流路について，次数ごとに R_b, R_l の値を求めた．結果を表1に示す．N_1/N_2 と N_2/N_3，L_2/L_1 と L_3/L_2 とは，いずれも大きな差がないので算術平均を求め Ave.で示した．ボウズダニは4次流路であるが，他の流域と比較するために上流の3次流路について求めた．

分岐比 R_b の Ave. についてみると，シキノタニ，ボウズダニ，コウチノタニの順に大きくなり，大藪川流域全体でみれば，東側から西側にいくにしたがって増加していることが

Fig. 4　Drainage network and stream order of the Oyabu river basin.
図 4　大藪川の流路網と流路次数

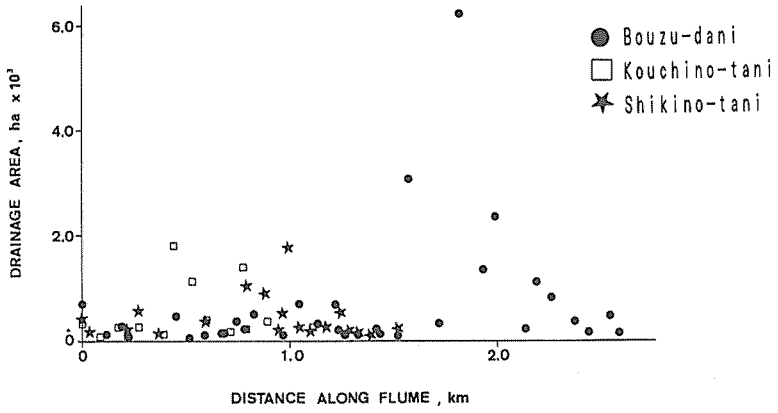

Fig. 5　Changes of the drainage area of branch flumes along the main flumes.
図 5　支流路の流域面積の変化

分かった．また，流長比 R_l の Ave. についてみると，北側のボウズダニのみが小さく，南側のシキノタニとコウチノタニは相対的に大きな値を示していることが分かった．

3.2. 流域面積

流域面積は，平面での長さ成分から幾何学的に求められるので，次数ごとの分岐比と流長比から計算される Horton の第一法則と第二法則を用いて解析することができる．しかし，流域内での土砂や水の物質移動を考えるためには，合流点において流入する物質量を考慮し，低次数の流路の高次数の流路に対する「寄与度」という点から流域面積を解析する必要がある．

ここでは，土砂や水の物質移動について，3流域間の相違を明らかにすることを目的としている．そこで，シキノタニ，ボウズダニ，コウチノタニのそれぞれを主流路，主流路に流入する流路を支流路とみなし，すべての支流路について流域面積を計測した．3流域の主流路長は，それぞれの流域入口から最も流量の多い2次流路の上流端までとした．シキノタニ，ボウズダニ，コウチノタニの最高次数は，それぞれ3次，4次，3次であるから，流域面積の計測された支流路には1次～3次の流路が含まれている．

図5は，シキノタニ，ボウズダニ，コウチノタニについて，流域入口からの水平距離に対する支流路の流域面積の変化を示したものである．横軸には流域入口からそれぞれの支流路の流入地点までの水平距離，縦軸には流入する支流路の流域面積を示した．上からコウチノタニ，ボウズダニ，シキノタニの順に示した．主流路の全長はコウチノタニで1.11 km，ボウズダニで2.59km，シキノタニで1.54kmであった．

コウチノタニでは，ほとんどの区間で流域面積0.4ha以下の支流路が流入しているが，流域入口から0.44kmと0.77kmの地点で流域面積の大きな支流路が流入している．同様に，ボウズダニではほとんどの区間で0.7ha以下であるのに，流域入口から1.51km～2.14kmの区間で流域面積の大きな支流路が流入し，シキノタニではほとんどの区間で0.6ha以下であるのに，流域入口から0.79kmと0.99kmの地点で流域面積の大きな支流路が流入している．3流域に共通して見られる特徴として，主流路の中流部から上流部にかけて，比較的流域面積の大きな支流路が流入することが挙げられる．

3.3. 流域勾配

図6は，主流路に流入する支流路の流域勾配を $\tan\alpha$ で表し，流域入口から水平距離に

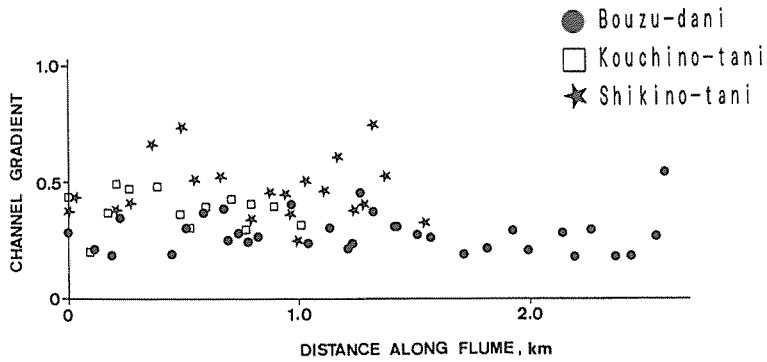

Fig. 6 Changes of the channel gradients of branch flumes along the main flumes.

図6 支流路の流域勾配の変化

対する支流路の流域勾配の変化を示したものである．横軸には流域入口からそれぞれの支流路の流入地点までの水平距離，縦軸には流入する支流路の流域勾配を示した．上からコウチノタニ，ボウズダニ，シキノタニの順に示した．なお，主流路の勾配は，それぞれ $\tan\alpha=0.09$，0.04，0.12 であった．

主流路に流入する支流路の流域勾配は，コウチノタニでは $0.2<\tan\alpha<0.5$，ボウズダニでは $0.2<\tan\alpha<0.5$，シキノタニでは $0.25<\tan\alpha<0.75$ となり，シキノタニで支流路の流域勾配が最も大きいことが示されている．いずれの流域においても，流域勾配の大きな支流路と小さな支流路とがほぼ交互に主流路に流入しており，流域勾配の大きな支流路は，主流路の流路長 1 km あたり 3～5 本含まれていることが分かった．

4．考　　察

4.1．地形的特徴の流量変化におよぼす影響

Horton 則の適用については問題点が指摘されており，特に次数の高い流域においては適用性が悪くなるため，第一法則，第二法則とも調整をおこなったうえで用いられている．この様にして，実測資料から Shreve（1966）は $R_b=3.0$～5.0 としており，Leopold *et al.*（1964）は $R_b=3.5$ としており，Smart *et al.*（1967）は 3～5 次の流域について $R_b=3.7$～5.0，$R_l=2.1$～4.3 としている．これらは下流河川を含む大きな流域についての値であるが，いずれも R_b は 3.0～5.0 程度，R_l は 2.0～4.0 程度の値をとるものと思われる．

これに対して，大藪川の 3 流域では Ave.で R_b が 4.0～6.0 程度，R_l が 1.7～2.0 程度の値をとり，R_b については通常より大きく，R_l については通常より小さな値をとっている．とくに，R_b はコウチノタニ，ボウズダニでより大きく，R_l はボウズダニでより小さい．これは，ひとつの流路が数多く分岐し，分岐した後の流路長があまり短くならないことを示している．このことは，流域の源流にさかのぼるほど面積が広がり，かつ奥行きも深いという大面積の流域の特性を表しているものと考えられた．それにもかかわらず，3 流域の流路次数は 3 次～4 次で流域面積も小さいことから，これらは大流域の特徴を有する小流域であるといえよう．

その他に，3 流域の地形的特徴として，主流路に流入する支流路の流域は，流域面積が小さく，流域勾配が大きい傾向があることも示された．

これらの地形的特徴が降雨時の流量変化におよぼす影響について考察した．流路長の長い支流路が多く，分岐比が高いことによって，主流路での流量は下流にむかって連続的に増加するのではなく，支流路が流入するたびに不連続に増加すると考えられた．さらに，流域面積に比して流域勾配が大きいことから比較的短時間で流量ピークに到達するものと考えられた．

4.2．地形的特徴の土砂移動におよぼす影響

無限長斜面での土層の移動から高橋（1977）によって理論的に導かれた土石流発生限界勾配は，$\tan\alpha\geqq0.25$ であるから，理論的には 3 流域のほとんどの支流路が土石流発生の可能性をもつものと推定された．また，斜面からの土砂の生産能力を一定と考えると，流域面積が大きい支流路ほど生産土砂量が多いと予想された．

以上をまとめると，コウチノタニ，シキノタニ，ボウズダニのほとんどの支流路において，流路内に堆積した土砂は土石流の形態をとって支流路から主流路に移動する傾向があり，その支流路の流域面積が大きいほど土砂の生産量が多くなるために，1回の移動土砂量も多くなると考えられた．

引 用 文 献

橋本 勇 (1957)：九州大学農学部附属宮崎演習林三方団地の地質．九大演報 **28**：73-101

HORTON, R. E. (1945)：Erosional development of streams and their drainage basins —Hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. G. S. A. **56**：275-330

小出 博 (1976)：日本の国土（下）3刷．東大出版会：459-467

LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G. and MILLER, J. P. (1964)：Fluvial process in geomorphology. Freeman, p. 138

SHREVE, R. L. (1966)：Statistical low of stream numbers. J. Geol. **74**：17-37

SMART, J. S. (1967)：A comment on Horton's law of stream numbers. W. R. R. **3**：773-776

STRAHLER, A. N. (1952)：Hypsometric (Area-Altitude) analysis of erosional topography. Bull. G. S. A. **63**：1117-1142

高橋 保 (1977)：土石流の発生と流動に関する研究．京大防災研年報 **20-B-2**：405-435

(1994年11月1日受付；1994年12月19日受理)

Summary

Geomorphological characteristics of drainage network, drainage area and channel gradient of river basin were analyzed at the Oyabu river located Kyushu mountain range. Geomorphology of three river basins, Shikino-tani, Bouzu-dani and Kouchino-tani, included in the Oyabu river basin were investigated. Analysis of the drainage network, based on the Horton-Strahler method, employed bifurcation ratio and length ratio confirmed by the Horton's law. Drainage area and channel gradient of the river basin, measured about each branch stream along the main flume, were analyzed. Results were as follows. Average bifurcation ratio showed larger values (R_b=4.0-6.0) than the general measuring values. Average length ratio showed smaller values (R_l=1.7-2.0) than the general measuring values. Over the whole the Oyabu river basin, the bifurcation ratio increased from east to west, and the length ratio increased from nouth to south. In each of three river basins, drainage areas of branch flumes showed large values from middle to upper reach of main flumes and steep branch flumes formed junctions with main flumes at intervals of 3-5/km. These results lead that the value of flood discharge increase at the junctions.

Key words: river basin ; drainage network ; drainage area ; channel gradient ; confluence point.