

1. はじめに

約20年ほど前 Hortonが初めて流域特性の定量的表現を試みて以来、新しい指標の導入、あるいは統計的処理法等種々の改良がなされてきた。わが国諸河川についても各種の検討がなされているが、まだ不明の点が多々存在する。そこで今回は岐阜県下の数河川について Order Analysis を行ない河道数、河道長さおよび流域面積の次数に対する変化の様子と、さらに牧田川における土砂崩壊と地形特性の関係につき若干の考察を試みられた。

2. 岐阜県下七河川における Order Analysis

表1に示す諸河川につき五万分の一の地形図を用いて Order Analysis を行った。谷口等高線のわん入長がその幅よりも大きいものを谷と見た。

(1) 河道数と次数の関係

図-1のように Horton の法則は十分成り立ち、

分岐比を示す回帰直線のセグメントは、流域の大小、地質地層等にかかわらず 3.60 ~ 4.84 の間に収まり大きな差はない。ここで次数の決め方を次数 $n-1$ の川が数本次数 n の川に流入しているとき、その2番目の流入点を次数 $n+1$ の始まりとする方がより流路の特徴を表現すると考え解析を行った。

図-2に根尾川に対するその結果を示した。通例の方法にくらべ点のばらつきは大きい。次数4以上をとれば指数関数的法則が成り立つようである。しかしさらに改善の余地ありとして以後は従来通りの方法に従った。

(2) 流路長と次数の関係

図-3に各次数の河道一本当りの平均流路長と次数の関係を示した。図より次数1の川の長さ1は流域を除いてほぼ 600m 前後である。次数 $n-1$ の

表-1 流域の特性値

流域番号	河川名	流域面積 km^2	次数	谷密度	分岐比	流路長増加率	流域面積増加率
1	木曽川	320.3	4	0.810	4.84	2.71	1.06
2	揖斐川	474.8	4	0.645	4.09	2.63	1.50
3	根尾川	329.4	5	0.890	3.75	2.76	1.27
4	牧田川	110.0	5	2.50	4.23	2.14	0.418
5	白川	30.0	4	1.75	3.60	2.05	0.594
6	高知川	37.1	4	1.32	3.63	1.93	0.629
7	日坂川	26.6	4	1.81	4.05	1.67	0.493

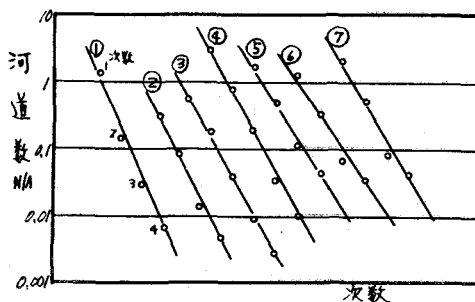


図-1 河道数-次数

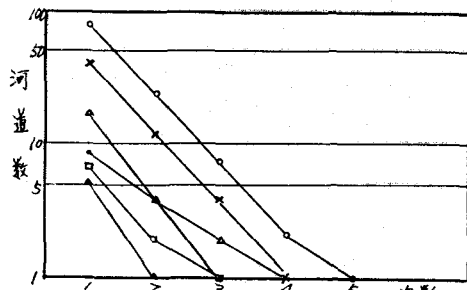


図-2 河道数に対する Order Analysis

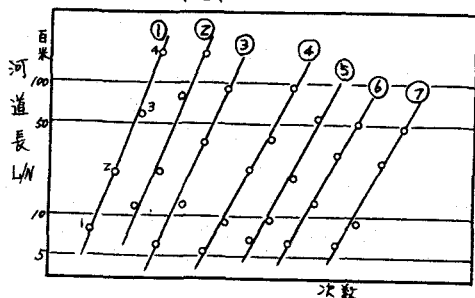


図-3 河道長さ-次数

流路長を l_{n-1} 、次数 n のそれを l_n とし $l_n/l_{n-1} = K_n$ も次数の変化に対する流路長の増加率といふ値を計算した。Dr. N. A. Rzhnitsyn¹⁾ によればソ連の次数以上の数箇の大河川につき求めたところによると、 K_n の値はステップ地帯で 1.83、森林地帯で 1.41、沼沢地で 1.26 である。森林地帯が大部分を占める当七河川においては、その値は 1.67~2.76 まで変化し平均値は 2.27 と Rzhnitsyn の場合より約 60% は大きい。しかし流域面積が大なるほど大きい値を示している要は、一次の流れを取り除く誤差が特に低次に影響することあるいは地形地質の相異や水路構造物による流れへの作用等を考慮するとこの値をそのまま採用するわけにはゆかず今後さらに検討すべきことと思う。もし信頼する K_n の値が求まれば任意の流路長は一次の値のみ既知であれば $l_n = K_n^n \cdot l_1$ で求める。

(3) 流域面積と次数の関係

次数 n の流域面積を A_n 、その流路長を l_n とし、比流域面積 $a_n = A_n/l_n$ と次数との関係も十分指数法則にあてはまる、 K_n (四捨) のこと流路長と同じく比流域面積の増加率 $K_a = a_n/a_{n-1}$ を考える。 K_a を一定とすれば $a_n = K_a^n \cdot a_1$ (a_1 は一次の流域面積) である。解析の結果は表-1 の如く K_a の値は 0.418 ~ 1.50 まで変化しその変動は流路長の場合にくらべ一層大きくされた。Rzhnitsyn によれば K_a の値はステップ地帯で 1.44、森林地帯で 1.27、沼沢地で 1.24 である。

次に牧田川における山崩と地形要素の関係について述べる。

3. 牧田川概況

省略

4. 牧田川における山崩と地形要素間の関係について

根尾川と並び岐阜県下でも流出土砂の多い牧田川流域の土砂崩壊と地形要素間の関係を調べたのは二万五千分の一地形図を使って対象流域面積 110 km^2 につき Order Analysis を行った。その結果同次

表-2 崩壊土量-坡度と地形要素

崩壊土量-地形要素	相関係数	崩壊土量-地形要素	相関係数
崩壊土量-谷密度	0.360	崩壊土量-谷密度	0.854
" - 一次流量	-0.380	" - 一次流量	-0.503
" - 平均傾斜	0.328	" - 平均傾斜	0.522
" - 分岐比	-0.262	" - 分岐比	-0.347
" - ヒマノイニティ	-0.626	" - ヒマノイニティ	-0.344

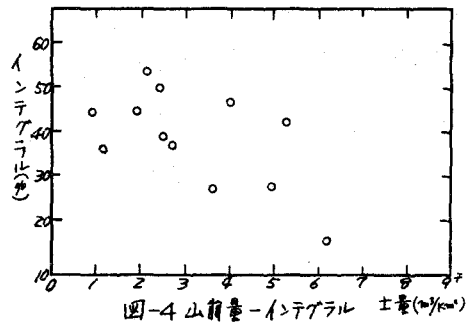


図-4 山崩土量-インテグラル 土量 (m^3/km^2)

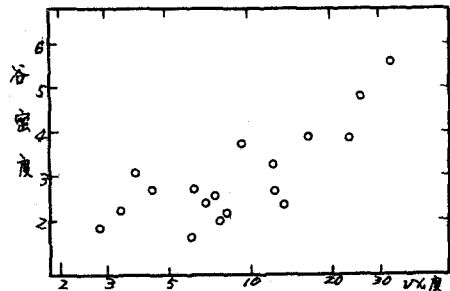


図-5 崩壊坡度-谷密度

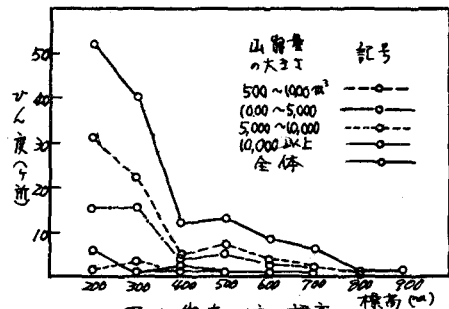


図-6 崩壊坡度-標高

数の流水もその流域には相似性がある、その高次の流域をとるとその流域特性が平均化されるなどの観点から次数3の18個の小流域を取り上げ各流域に1〜18の番号を付けた。一個当りの平均流域面積は約45km²である。山崩量としては山腹崩壊量と溪岸崩壊量の和をとった。表-2に1km当りの山崩量から崩壊の程度と各地形要素間すなわち谷密度、起伏量、平均傾斜、合流比、ヒフツインテグラルとの相関係数を示した。まず崩壊土量と地形要素の関係では、全般にどの要素とも著しい相関性は認められず比較的關係の深いと言われる谷密度においても同様である。しかしインテグラルでは、特に土量の多い(1万m³以上)流域4および16とさらにインテグラルの大きい13, 14(それぞれ77, 69%)を除くと相関係数は四-五の間に-0.62とかなりインテグラルの大きさに満足な時期あるいは晩壮年期にある30〜50%の流域では崩壊土量は地形の開析がすすむにつれ増加する傾向が見られる。

次にひん度との関係では特に谷密度とは四-五に示すように強度の相関性が見られる。また起伏量、平均傾斜に對しても土量と場合によりかなり相関性が強い。その理由として資料のうちに崩壊進行中のものばかりあること、大崩壊その他特殊情況の全体に及ぼす影響が大きいこと、また測定土量の不確実、地質等に因ると考えられる。最後に流出土砂に多大の影響を与える大崩壊と標高との関係についてみてみる。全流域にわたる崩壊土量の平均値は593m³/haであるので対象土量として500m³以上ともの134ヶ所につき図6のように3段階に分けて解析した。これによれば全体の約70%の崩壊の標高300m以下に位置し丘阜地では尾根筋や谷頭部に崩壊の集中するという大石氏の報告と合致せ興味深い。

5. おわりに

以上の解析の結果気付いた点を述べる。

- (1) 対象河川にかかる流路長、流域面積に関してはRzhanitsynの法則は余りよい一致は見られず、
- (2) Order Analysisにおいて高次の流域をとるとその地形特性が明瞭のように表われない。従って適当な小流域に分けて必要があること。
- (3) Orderの取り方、特に1st Orderの決める方には更に検討の余地がある。流域の特性は1st Orderの決める方法によりある程度つかみうるように思われる。
- (4) 地形要素と山崩に関して土砂量よりもそのひん度により相関性が強いこと。

今後これら諸点に留意しつつ流域の地形解析の面からの災害生起度の推定、土砂流出あるいは洪水流出へのアプローチを試みたい。

最後に快く資料を提供下さり、大崎卓果河川課、砂防課の方々に適切な御助言を賜り、大石河助教授および地形解析に協力願った森谷昭君に心からの謝意を表します。

参考文献

- (1) Gidrometeoizdat Leningrad, 1960; Dr. N. A. Rzhanitsyn: Morphological and Hydrological Regularities of the Structures of the River Net.
- (2) 大石道夫、皆川真「砂防調査における地形解析について(第3報)」新砂防42 88 36-10