

II-210

河道網の統計的性質について

長岡技術科学大学 正員 ○陸 旻皎
 長岡技術科学大学 正員 小池俊雄
 長岡技術科学大学 正員 早川典生
 長岡技術科学大学 学生員 木村憲司

1. はじめに

地理情報システム及びリモートセンシング技術より得られる各種水文情報、例えばレーダー雨量計雨量、数値化された地形、地質、植生情報などの充実に伴い、河川流域の諸特性をより忠実に反映した流出解析が可能となってきた。その中で、流域内の各小面積の流出量の集中経路としての河道網の役割が分布型流出モデルの開発や、スケールとランピングの問題において、近年再認識されつつあり、その特性を明らかにする必要がある。本研究は、Horton-Strahler の河道位数の決定法を拡張し、それに基づいて実河道網と擬河道網の統計的性質について検討を行う。

2. 擬河道網の地形則

河川流域の地形則は Horton の法則と呼ばれ、以下ようになる。

$$\text{河道数則} \quad N_i = R_B^{k-i} \quad \dots (1) \quad \text{集水面積則} \quad A_i = R_A^{i-1} \times A_1 \quad \dots (3)$$

河道長則 $L_i = R_L^{i-1} \times L_1 \quad \dots (2)$ 河道勾配則 $S_i = R_S^{i-1} \times S_1 \quad \dots (4)$
 ただし、 k は流域の位数、 i は位数、 R_B, R_L, R_A, R_S はそれぞれ、分岐比、河道長比、面積比、勾配比で、 N_i, L_i, A_i, S_i は位数 i の河道数、平均河道長、平均集水面積、平均勾配である。ここで河道位数は Horton(1945) が提案し、Strahler(1952) が改良を加えた河道位数の決定法に基づいている。表-1 がその河道位数の決定法である。しかし、この方法は 3 本以上の河道の合流を考慮しておらず、DEM から得られる擬河道網に直接適用することはできない。本研究ではその解決策として表-1 の河道位数の決定法を表-2 のように拡張する。この方法を魚野川、安曇川、永源寺川と高時川に適用して求めた実河道網と擬河道網の分岐比、河道長比、面積比、勾配比が表-3 に示されている。実河道網と擬河道網のいずれに対しても、河道則が成り立つことが分かった。表-3 に示されている擬河道網の分岐比、河道長比、面積比、勾配比値が実河道網の値にかなり近いことから、擬河道網が実河道網をよく表現していると言える。また、これらの相対的な特性値が擬河道網のメッシュサイズにあまり依存しないことが魚野川のデータから読み取れる。

表-1 Horton-Strahler の河道位数決定法

1. 最上流河道の河道位数が 1 である。
2. 2 本の同位数河道の合流によってできる河道の位数は合流前の河道の位数より一つ上がる。
3. 低位数河道と高位数河道の合流によってできる河道の位数は高位数河道の位数と等しい。

表-2 拡張後の河道位数決定法

1. 最上流河道の河道位数が 1 である。
2. 流入河道の中に最高位数をもつ河道が 2 本以上なら合流でできる河道の位数がその最高位数より一つ上がる。
3. 流入河道の中に最高位数をもつ河道が 1 本だけなら合流でできる河道の位数はその最高位数と等しい。

3. 集水面積、河道長と河道勾配の相互関係

前節では、各位数の河道の平均値と河道位数との関係を示したが、ここでは表-3 の全ての河道網について集水面積、河道長と河道勾配の関係を示す。図-1 が魚野川流域の 100m メッシュ擬河道網について、集水面積、河

表-3 魚野川、安曇川、永源寺川と高時川の河道網特性

流域	メッシュサイズ	位数	分岐比	河道長比	面積比	勾配比
魚野川 355.3km ²	1/25000 地形図	4	4.219	2.073	4.312	2.000
	100m	7	4.917	1.759	4.721	1.621
	141m	7	4.431	1.610	4.297	1.517
	国土数値情報	6	4.396	1.531	4.394	1.736
	500m	6	4.344	1.671	4.611	1.885
安曇川 187.0km ²	1/25000 地形図	4	4.509	2.961	5.439	2.928
	100m	7	4.991	2.019	5.037	1.760
永源寺川 129.5km ²	1/25000 地形図	4	3.317	2.418	4.116	1.928
	100m	7	4.986	2.036	5.125	1.876
高時川 100.9km ²	1/25000 地形図	4	4.123	3.346	5.399	2.505
	100m	7	4.770	1.892	4.998	1.639

道長と河道勾配の関係を河道位数別に示したもので、前節の地形則からも分かるように、各河道位数の平均値の間に比較的によい相関関係がある。しかし、同位数の河道については、河道長と集水面積の間に高い相関が見られるが、勾配と河道長及び集水面積の間にはほとんど相関が見られない。また、河道長と集水面積

の関係が位数の増大にともない、平行にシフトする傾向は主河道長と河道長の違いによるものと考えられる。

4. 集水面積、河道長と河道勾配の確率分布特性

本研究では、さらに同位数の河道の集水面積、河道長と勾配をそれぞれ同じ母集団からの標本と見なし、その確率分布特性を調べる。まず、個々の標本値を降順に並べ変え、順位 i の値 x_i の非超過確率 $P(x_i)$ を、Hazen のプロットングポジション公式(式(5))を用いて求める。一方、母集団の分布は正規分布と対数正規分布とを用いて、式(6)で値 x_i の非超過確率 $\hat{P}(x_i)$ を求め、両分布の適合性を検討する。

$$P(x_i) = 1 - \frac{i - 0.5}{N} \dots\dots\dots (5) \quad \hat{P}(x_i) = \int_{-\infty}^{x_i} f(x) dx \dots\dots\dots (6)$$

ただし N はデータ数、 $f(x)$ は正規分布または対数正規分布の密度関数を表わす。なお、計算に必要なパラメータは標本からの推定値を用いた。図-2 は魚野川流域の 100m 擬河道網 3 次河道についての計算結果であり、河道長と集水面積に対数正規分布、勾配に正規分布がよく適合していることが分かる。

5. 考察

魚野川、安曇川、高時川と永源寺川に対する検討により、拡張した Horton-Strahler の河道位数決定法で実河道網と擬河道網の河道位数を定めた場合に、異なる位数の河道の河道長、集水面積及び勾配の平均値の間に流域地形則が成立し、同位数の河道の河道長、集水面積、勾配がランダムに変化していることが示された。また河道長と集水面積が対数正規分布、河道勾配が正規分布で表現できることも明らかにされた。

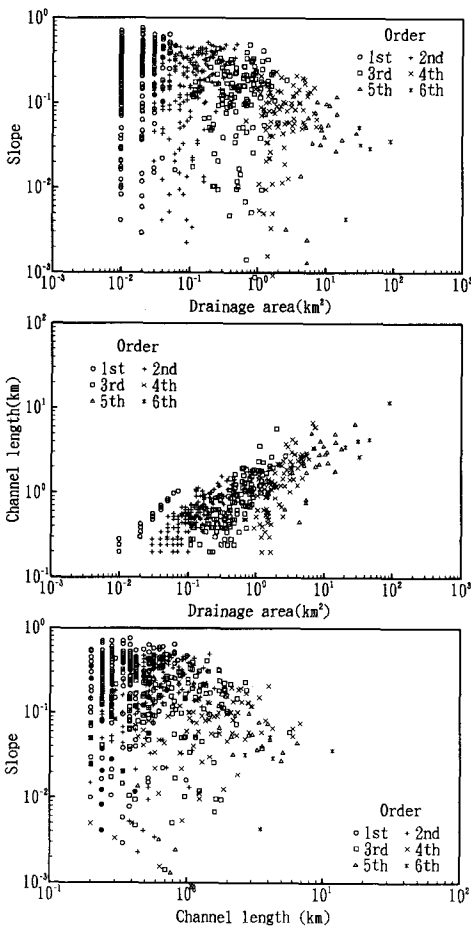


図-1 河道長、集水面積と河道勾配の関係

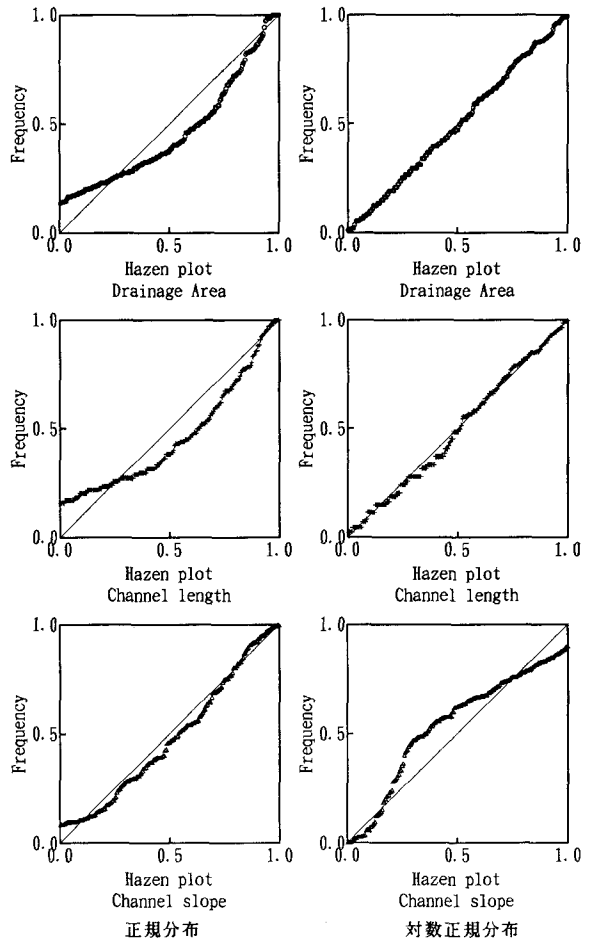


図-2 分布関数の適合性の比較