



の範囲に  $M_i^*$  が入る確率は  $3/4$  以上となる。ここに(4)式を、河道リンク数則と名づける。

(4) マグニチュードと Strahler 位数の関係: Strahler 位数  $u$  の河道より上流の小流域に含まれるソース数の平均値を  $\bar{u}$  で表わせば、 $u=1$  の時  $\bar{u}=1$  であることを考慮して、次のように表わされる。

$$\bar{u} = \beta^{u-1}, \quad \beta \approx \bar{u} / \bar{u}_{u-1} \quad (u=2, 3, \dots, k) \quad (5)$$

ここで、 $\beta$  をソース数比と名づけることにする。このことは  $\bar{u}$  に対して、Horton の河道数則と同様の地形則が成立することを示している。また、無限トポロジ的にランダムな河道ネットワークに対して  $\beta$  はほぼ 4 である。

(5) 平均ソース高さおよび最大ソース高さ: マグニチュード  $i$  のリンクより上流の小河道ネットワークに対する平均ソース高さおよび最大ソース高さの平均値を、それぞれ  $\bar{e}_i$  および  $\bar{d}_i$  で表わせば次のようになる。

$$\begin{cases} \bar{e}_i = 1 & (i=1) \\ \bar{e}_i = 2 & (i=2) \\ \bar{e}_i = 1.78\sqrt{i-1} & (i \geq 3) \end{cases} \quad \begin{cases} \bar{d}_i = 1 & (i=1) \\ \bar{d}_i = 2 & (i=2) \\ \bar{d}_i = 3.56\sqrt{i-1} - (1 + \log i / \log R_b) & (i \geq 3) \end{cases} \quad (6)$$

(3) 河川流域の一次元的特性: 河道長に關係する地形量としては、対象流域内のマグニチュード  $i$  リンクより上流のソース数  $i$  の小流域に対する本川長  $L_i$ 、平均流域長  $EL_i$  およびその小流域に含まれる全リンク長  $TL_i$  が考えられる。同様に、Strahler 位数に対して、位数  $u$  の河道セグメントより上流の全河道長  $TL_u$ 、位数  $u$  の河道セグメント長  $Lu$  および Strahler 位数に対する本川長  $L_u'$  が考えられる。

$$(a) \text{全河道長則: } \overline{TL_u} = \overline{TL_i} R_{TL}^{u-1}, \quad \overline{TL_i} = l_e, \quad R_{TL} = R_b(1 + r_e)^{\frac{1}{k-1}} \quad (7)$$

$$(b) \text{本川長則: } \overline{L_u'} = \overline{L_i'} (R_{L'})^{u-1}, \quad \overline{L_i'} = l_e, \quad R_{L'} = \sqrt{R_b} (3.56 r_e)^{\frac{1}{k-1}} \quad (8)$$

$$(c) \text{河道長則: } \overline{L_u} = \overline{L_i} R_e^{u-1}, \quad \overline{L_i} = l_e, \quad R_e = R_{L'} (1 - 1/\sqrt{R_b})^{\frac{1}{k-1}} \quad (9)$$

ここに、 $R_{TL}$ 、 $R_{L'}$ 、 $R_e$  はそれぞれ全河道長比、本川長比、河道長比と呼ばれ、 $l_e$ 、 $l_i$  は対象流域内に含まれるすべての外部リンクおよび内部リンクの平均値であり、 $r_e$  は  $l_i/l_e$  でリンク長比と呼ぶ。

(4) 河川流域の二次元的特性: Strahler 位数に対する流域の二次元的特徴を表わす重要な地形量として、位数  $u$  の河道より上流の小流域の集水面積  $A_u$ 、この小流域の河川密度  $D_u$  が考えられる。

(4) 河川密度:  $\overline{D_u} = \overline{TL_u} / A_u$  で定義され、次式のように表わされる。

$$\overline{D_u} = \{ l_e (1 + r_e) R_b^{u-1} - r_e \} / \{ a_e (1 + r_a) R_b^{u-1} - r_a \} \quad (10)$$

$$(b) \text{集水面積則: } \overline{A_u} = \overline{A_i} R_a^{u-1}, \quad \overline{A_i} = a_e, \quad R_a = R_b (1 + r_a)^{\frac{1}{k-1}} \quad (11)$$

ここに、 $a_e$  は  $n$  個の外部分リンク面積の平均値であり、 $a_i$  は  $(n-1)$  個の内部リンク面積の平均値である。 $r_a$  は  $a_i/a_e$  で表わされ、リンク面積比と呼び、 $R_a$  は集水面積比と呼ばれる。

(5) 河川流域の三次元的特性: Strahler 位数に対する流域の三次元的特徴を表わす重要な地形量は、位数  $u$  の河道セグメントの高低差  $H_u$ 、そしてその勾配  $S_u$  および Strahler 位数に対する本川の高低差  $H_u'$  とその勾配  $S_u'$  が考えられる。

$$(a) \text{河道勾配則: } \overline{S_u} = \overline{S_i} R_s^{1-u}, \quad R_s = R_a^{-SF} \quad (R_s: \text{河道勾配比}, \quad SF: \text{河道リンク勾配係数})$$

$$(b) \text{本川勾配則: } \overline{S_u'} = \overline{S_i'} (R_{s'})^{1-u}, \quad R_{s'} = R_a^{-SB} \quad (R_{s'}: \text{本川勾配比}, \quad SB: \text{本川勾配係数})$$

$$(c) \text{河道高低差則: } \overline{H_u} = \overline{H_i} R_h^{u-1}, \quad \overline{H_i} = l_e \overline{S_i}, \quad R_h = R_s / R_a \quad (R_h: \text{河道高低差比})$$

$$(d) \text{本川高低差則: } \overline{H_u'} = \overline{H_i'} (R_{h'})^{u-1}, \quad \overline{H_i'} = l_e \overline{S_i'}, \quad R_{h'} = R_{s'} / R_{L'} \quad (R_{h'}: \text{本川高低差比})$$

(6) 結語: ここでは主要な地形則を列挙したが、この理論式の妥当性を、当日スライドを使って比較、検討する。なお、河川およびその流域の複雑な地形の全体を包括的に把握、表現することは、総合河川計画における基本的情報の一つであり、将来は、これら地形則に降水量および流量などの水文の諸量をも加えれば、個々の流域の流出現象、土砂流出過程を明らかにすることになる。

参考文献・Shreve, R. L.: Variation of Mainstream Length Basin Area, W. R. R. 1974.

・岩佐, 小林, 棚橋: 流域の地形形態に関する定量的研究, 京都大学防災年報 19B-2, 1976.