

II-140 起伏比のスペクトル解析

岐阜大学工学部 正員 増田重臣
 岐阜大学工学部 正員 河村三郎
 岐阜大学工学部 正員 ○久保田絵

1. 緒論

この報告は第25回年次学術講演会で発表した研究の続報であって、高周波部分において、 $-5/3$ 乗則が成立することを明らかにし、また、この高周波部分における次元解析的考察により、起伏比のパワースペクトルを得たので報告する。

前回の報告では、解析に用いた地形は五万分ノ一の地形図全面を使用し、個々の流域について起伏比を解析せず、また、起伏比の方向をも考慮に入れなかった。したがって今回は流域として蒲田川流域を採用し、また、微小面積内での起伏比の方向をも考慮して解析を行なった。使用した流域の位置と流域面積は図1に、またそれぞれの流域地形図は図2～5に示した。

それぞれの流域下流端を原点とし、 10° 間隔に放射線を引き、その放射線上を3mm方眼に分割し、その方眼内の最高点と最低点との高度差をその二点間の距離で割ったものをその点の起伏比とし、なおこの起伏比が放射線と交わる角 α を読み、 $\cos\alpha$ を掛け、放射線上へ投影したものを今回は解析に使用した。

$\cos\alpha$ を掛けることにより、

起伏比に正負が生じるが、

負の方向は起伏比が原点方向へ向いているものとした。

なおこの起伏比の頻度分布図は正規分布をしていると見なせた。

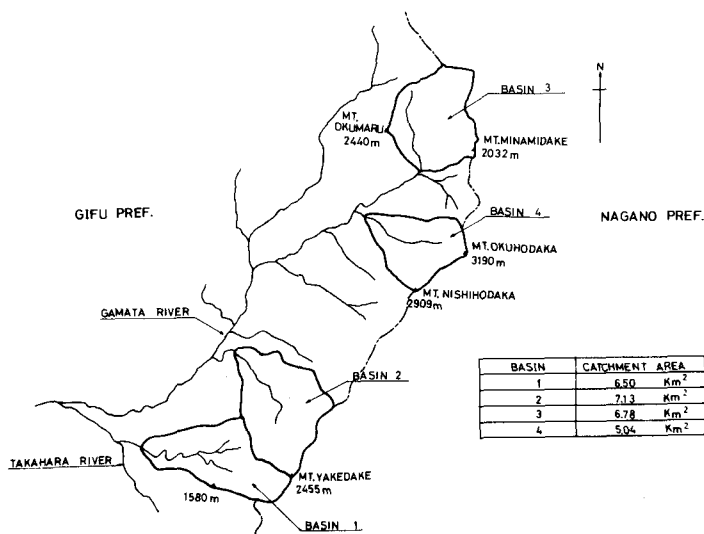


図1

2. 解析

著者はこの起伏比をBlackman-Tukeyの方法によりスペクトル解析を行なった。その結果は面対数座標によって図6～7に示した。これらの図から、高周波部分において $-5/3$ 乗則が成立していることが知られる。

一方、起伏比の方向も考慮せずに解析した結果を両対数座標によって図8に示す。

このスペクトルは、高周波部分において -1 乗則が成立しており、日野¹⁾が次元解析的考察によって求めた、砂連の勾配のパワースペクトル

$$S_{\eta\eta} \propto k^{-1}$$

を満足している。

また、それぞれの放射線上における起伏比の分数と、その放射線上に乗っている山崩れの総延長とを片対数座標で書くと、図9に示されている様に、分数が大きくなるにしたがい、山崩れ総延長が大きくなること、また、個々の流域により、山崩れの起る度合が違ふことをある程度推察できる。

3. 考察

図7～8に示した様に、起伏比の方向も考慮した場合、高周波部分において $-5/3$ 乗則が成立する。したがって、起伏比のパワースペクトルは

$$F = C k^{-\frac{5}{3}}$$

を満足する。

河川の乱流において $-5/3$ 乗則が成立する領域では、乱流エネルギーは渦のカスケードの輸送が行われ、大きな渦から順次小さな渦へエネルギーが輸送される。このことから類推して、周波数 k より小さい部分から k より大きい部分に輸送されるエネルギー T_k は山崩れで消費されるエネルギー D_k に等しいと考えると、

$$T_k = D_k \quad (1)$$

次元解析により、 $T_k = T_k(F, R, W)$ と置くと、 $T_k = \alpha F^x R^{x+4} W$

一方、 $D_k = D_k(D_0, R, W, b^2)$ と置くと、 $D_k = \beta D_0^{x+4} R W^{-(x+3)} (b^2)^5$

ここに、 D_0 : 単位体積当りの山崩れによって消費される

エネルギー、

W : 単位体積当りの重量、

(1)式に代入して、

$$F = C \left(\frac{D_0}{W} \right)^{\frac{x+4}{x}} (b^2)^{\frac{5}{x}} k^{\frac{x-x+4}{x}}$$

を得る。 $(2-x+4)/x = -5/3$ であるから、 $(x+4)/x = -2/3$ 、また $\frac{x}{x} = 1$ と置くと、

$$F = C b^2 \left(\frac{W}{D_0} \right)^{\frac{2}{3}} k^{-\frac{5}{3}} \quad (2)$$

を得る。

各放射線上の CW/D_0 と、山崩れ総延長とを両対数で表わすと、図10～11に示されているように、

CW/D_0 が増加するにしたがって、山崩れ総延長が増加する傾向を持つことが知られる。このことは、ある程度次元解析的考察によるパワースペクトルの式(2)が妥当であることを示している。

また、これらの図11～12を図10と対照してみると、やはり、個々の流域において山崩れの発生頻度が違ふことを示している。

1) Mikio Hino, Equilibrium range spectra of sand waves formed by flowing water, J. Fluid Mech. (1968), vol. 34, part 3, pp. 565～573

4. 結論

- a) 放射線と起伏比とが交わる角度を考慮しないとき、スペクトルは-1乗則にしたがうが、角度を考慮すると-5/3乗則にしたがう。
- b) 放射線上の分散が大きいと山崩れも起りやすい、ただし、土質、林相等その流域特有の因子により、必ずしも分散によって山崩れを一義的に決定することはできない。
- c) 次元解析的考察により、起伏比のスペクトルは

$$F = Cb^2 \left(\frac{W}{D_0} \right)^{\frac{2}{3}} L^{-\frac{5}{3}}$$

により表わすことができる。

- d) CW/D_0 が増加すると山崩れが増加する傾向があるが、(b)と同様に、一義的に山崩れを決定することはできない。このことは、同一の CW/D_0 であっても土質、林相等諸条件によって山崩れが左左されていることを示している。

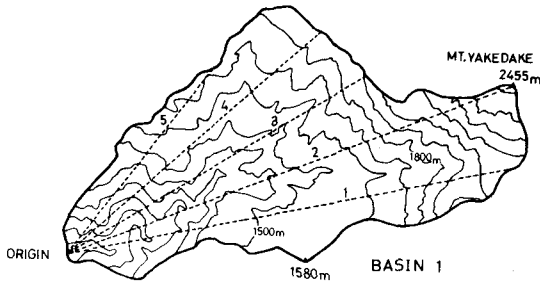


図 2

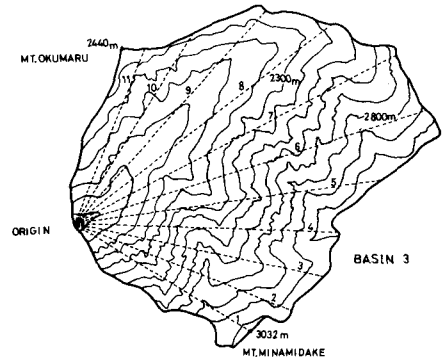


図 4

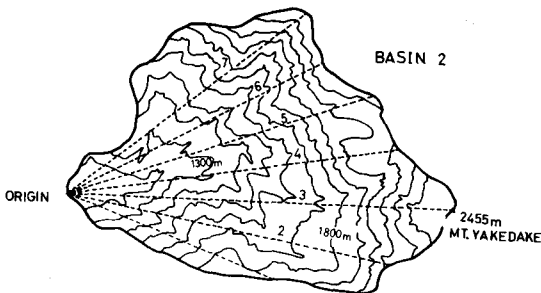


図 3

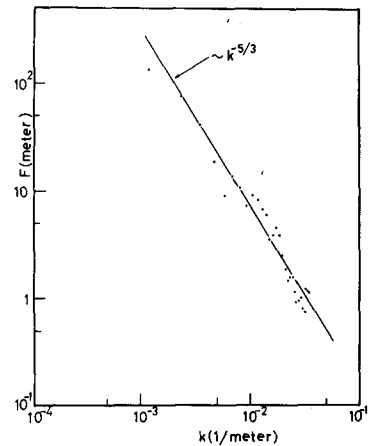


図 6

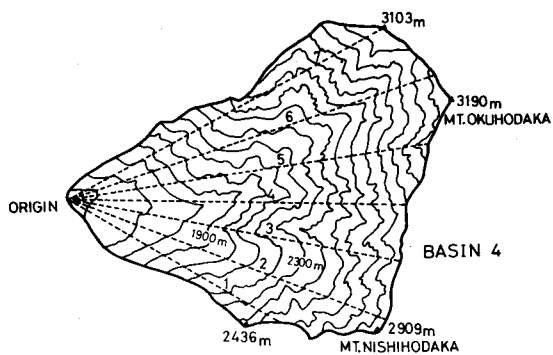


図 5

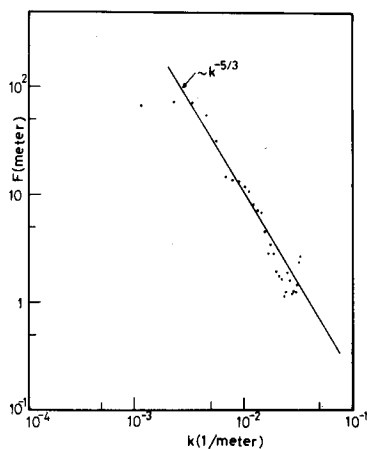


図 7

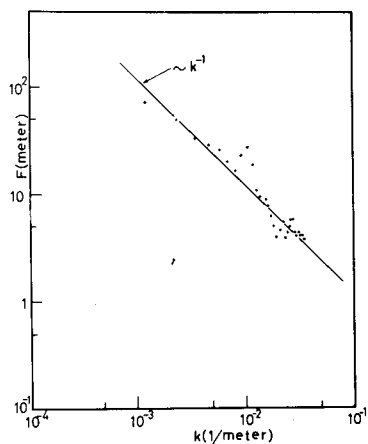


図 8

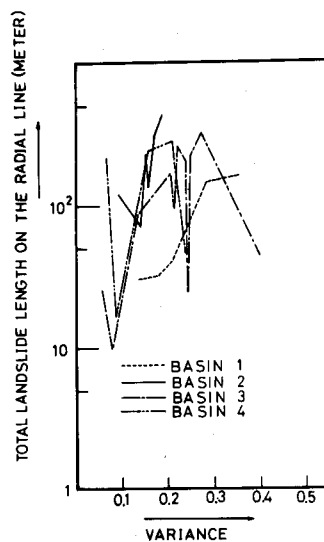


図 9

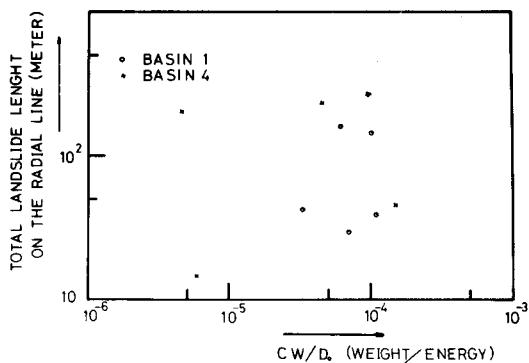


図 10

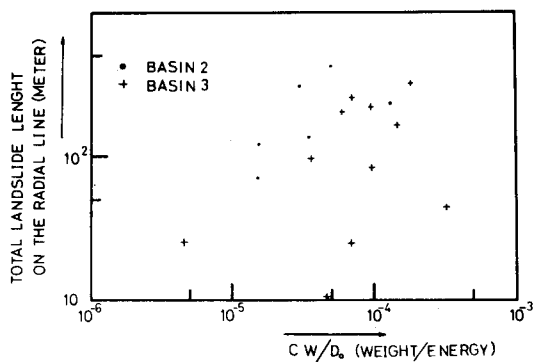


図 11