

II-38

都市河川のフラクタル次元解析

東京都土木技術研究所 正会員 ○小川 進
 正会員 和泉 清

1. はじめに

流域の都市化により河川の流出特性が変化するが、その主たる要因として、①流域の不浸透域面積率、②下水道の整備率、③河川の改修率等の変化が指摘されている。ところで、非整数次元の幾何学としてフラクタル(Fractal)という概念がある¹⁾。フラクタルとは不規則な形態の図形という意味で、河川の線形はその典型である。そこで、河川ならびに下水道に対しフラクタル次元解析を行い、都市化の過程でそれぞれがいかなる線形の変化をもたらしたか、考察した。

2. フラクタル次元

不規則な形態の図形であるフラクタルを特徴づけるパラメータとしてフラクタル次元Dがある。平面にえがかれる曲線は一般に、1から2の範囲にあり、1に近いほど直線的であるといえる。フラクタル次元Dを求めるには幾つもの方法があるが、被覆法はそのひとつである。すなわち、1辺rの正方形で曲線を被覆し(図1)、その数Nと辺rとの関係を両対数プロットでえがき、その勾配よりDを求めるものである(図2)。ところで、河川の流域面積Aと河道長Lとの関係式にHackの式がある²⁾。

$$L = 1.89A^{0.6} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、フラクタルの考え方を適用すると、フラクタル次元Dにより同式は次のように表現できる。

$$L \propto A^{D/2} \dots\dots\dots (2)$$

すなわち、Hackの式で扱った河川のフラクタル次元はD=1.2ということになる。一般には主河道ではD=1.1-1.3であることが分かっている。都内の34の中小河川にこの式を適用すると、

$$L = 1.30A^{0.62} \dots\dots\dots (3)$$

となり、Hackの式より河道長が短いことがわかる。

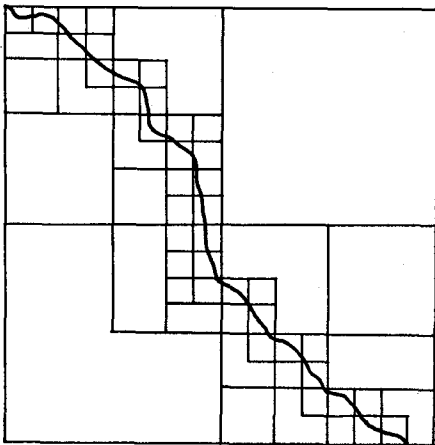


図1 被覆法によるフラクタル次元解析

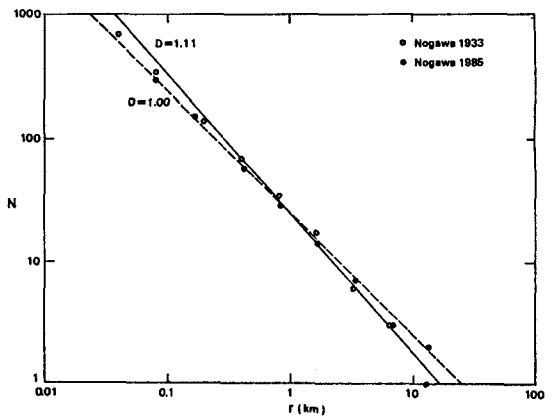


図2 Nとrの両対数プロット(野川)

3. 次元解析

都内の中小河川に対して、フラクタル次元解析を行った。対象河川として、野川（1933、1985）、目黒川（1933）、石神井川（1933）、秋川（1981）、さらに下水道の石神井幹線、新宿区戸山の下水管路網を選んだ（カッコ内の数字は地図の作成年）。図3-5に示すように、区部の野川、目黒川、石神井川は古くより改修されており、秋川は自然の状態がほぼ保存されている。また下水管路網は河川の線形とは全く異にしている。

4. 結果

表1にフラクタル次元の結果を示す。野川は1933年当時、主河道長が約30kmもあったが、現在では18.3kmに短縮されている。フラクタル次元Dも1.11から1.00に変化し、より直線的になってきている。石神井川とその下水道幹線でも前者の1.06に対し後者が1.03とわずかに減少している。秋川では本線が1.12に対し、支線が1.23で、現在の区部の中小河川よりも大きい。ところが、下水管路網は、1.39と自然河川よりも大きく、逆の結果となっている。

5. 結論

都内の中小河川にフラクタル次元解析を試みた。あわせて、Hackの式も検討した。この結果、以下の結論に達した。

- (1) 区部中小河川のフラクタル次元はほぼ1に近く、下水道幹線と同様に直線的かつ短い。
- (2) 下水管路網のフラクタル次元は1.4程度で、自然河川の支線よりも面的になっている。
- (3) 都市河川は、自然河川と比べてフラクタル次元が本線と支線とで分裂した構造になっている。

6. 参考文献

- 1) B. マンデルブロ（1985）「フラクタル幾何学」日経サイエンス社
- 2) A. E. シャイデッガー（1980）「理論地形学」古今書院

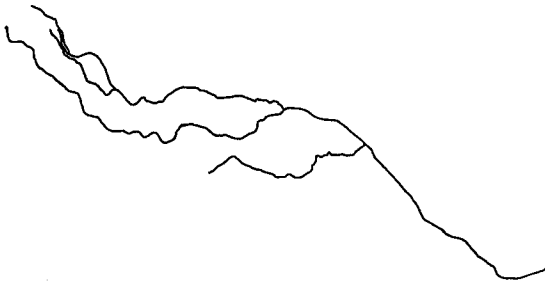


図3 目黒川流域



図5 下水管路網

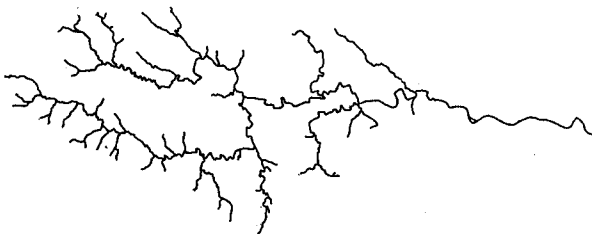


図4 秋川流域

表1 都市河川のフラクタル次元

目黒川（1933）	1.01
野川（1933）	1.11
野川（1985）	1.00
秋川本線（1981）	1.12
秋川支線（1981）	1.23
石神井川（1933）	1.06
石神井下水道幹線	1.03
新宿戸山下水管路網	1.39