

II-209

圃場整備された河川流域とフラクタル次元の関係

建設技研 正員 伊 藤 豊
 宇都宮大学 正員 桑 川 高德
 宇都宮大学 正員 長谷部 正彦

1. はじめに

河川はフラクタルであるということは、かなり以前から知られている。そして、いろいろな河川のフラクタル次元は求められているが、それを実用化した例はまだそう多くはない。そこで、圃場整備と河道の関係フラクタルを通して着目してみる。つまり、圃場整備によって、河道の線形の変化する様をフラクタル次元を通して表そうとするものである。

2. フラクタル

自己相似性という言葉に集約される。簡単に言えば、大きく見ても小さく見ても、その構造が変化しないものを指す。図-1にフラクタルであるコッホ曲線を示す。数学的に定義すれば次式で表される、ハウスドルフ測度

$M^k(X)$ が、0から無限大に遷移するときのDをハウスドルフ次元とよび、これがフラクタル次元でもある。

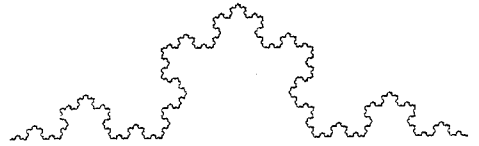


図-1

$$M^k(X) = \lim_{\rho \rightarrow 0} \inf \left\{ \sum_{i=1}^N d_i^k \mid d(U_i) = d_i < \rho, X \subset \bigcup_{i=1}^N U_i \right\}$$

3. 測定方法

(1) RD法 (Ruler Dividing 法)

河道をディヴァイダにより分割していき、折れ線で近似する方法である。折れ線の長さを r 、それにより分割された個数を $N(r)$ として計測する。両対数グラフで横軸に r 、縦軸に $N(r)$ をとりプロットし、最小自乗法により回帰直線をひく。その回帰直線の傾きの絶対値がフラクタル次元となるのである。つまり、 $N(r)$ と r との間に比例関係があれば次式が成立する。

$$N(r) = \mu \cdot r^{-D} \quad (\mu \text{ は正の定数})$$

両辺の対数をとれば、

$$\begin{aligned} \log N(r) &= \log \mu \cdot r^{-D} \\ \log N(r) &= -D \log r + \log \mu \end{aligned}$$

となり、直線の式になる。このDを、フラクタル次元とするわけである。

(2) BC法 (Box Counting 法)

河道に正方形メッシュをかけて、面積で近似する方法である。正方形の一辺の長さを d 、河道を含む正方形の個数を、 $N(r)$ として計測する。あとは、RD法と同様にして両対数グラフにプロットして、回帰直線をひく。その回帰直線の傾きが、フラクタル次元となる。式はRD法の場合と同様にして得られる。

図-2、3に、RD法およびBC法の説明図を示す。

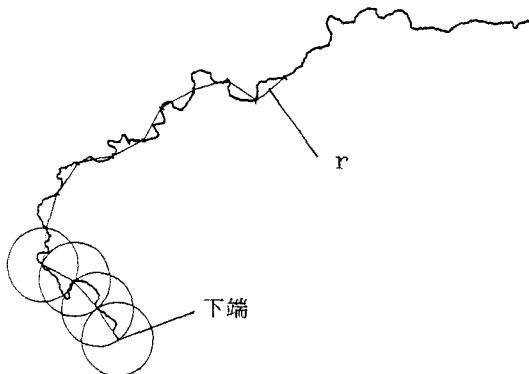


図-2 RD法

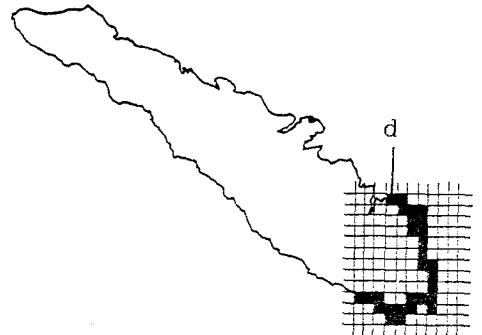


図-3 BC法

4. 結果

今回測定したのは小貝川流域である。この流域は、圃場整備されているところとそうでないところとの比較がしやすい地区となっている。実際に測定した値を表-1に示す。

得られた値については、直線の次元が1であることを利用して過去から現在にかけて1に近づいているか遠くなっているかで判断する。これは、河道は整備により直線化するという前提に基づいている。なお今回は圃場整備に着目しているの、整備事業の始まった昭和40年を境に過去と現在に分けた。

結果から分かることは、河道について言えば五行川で変化している以外はほとんど変化が見られなかったことである。河道網全体を見てもさほど変化はない。ただし、すべてにおいて減少の傾向にあることは確かめられた。これは流域全体で河道が直線化の傾向にあること、つまり整備が進んでいることが現れていると考えられる。小貝川本川で変化が少ないのは、もともと蛇行の度合が少ない河川であり、今回の対象流域では、山地を流れている部分が多く整備の対象となっていないことがその原因である。

地区毎でみた場合、真岡、下館地区で変化が大きくその他（特に山地を含む地区）では、あまり変化がなかったことが注意深い。真岡、下館は都市部を含んでいるため整備の加わるケースが多いためと考えられる。

対象河川、地区（測定法）	フラクタル次元 過去	フラクタル次元 現在
小貝川本川（RD法）	1.04	1.04
五行川本川（RD法）	1.06	1.01
大羽川（RD法）	1.03	1.03
桜川（RD法）	1.03	1.02
大川（RD法）	1.02	1.00
小貝川全河道網（BC法）	1.15	1.12
真岡地区（BC法）	1.12	1.06
下館地区（BC法）	1.23	1.11
茂本地区（BC法）	1.17	1.17
祖母井地区（BC法）	1.07	1.06

表-1 測定結果

※ 主なプロット結果を図-4～図-6に示す

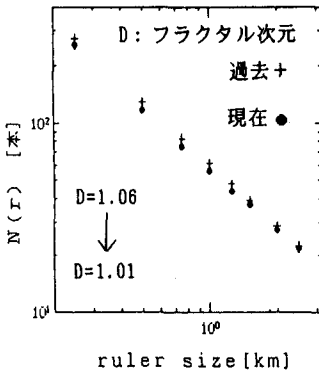


図-4 五行川の過去と現在の比較

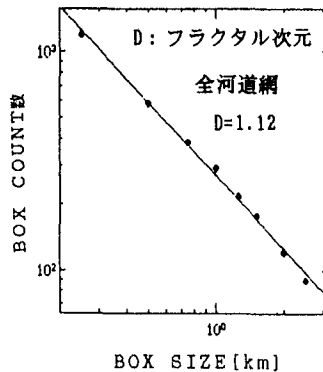


図-5 BC法適用結果

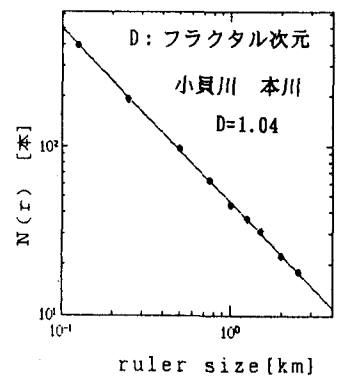


図-6 RD法適用結果

5. 結論

圃場整備されている地域では、河道網が変化していることがフラクタル次元によって表された。そして地形的な特徴も同時に表していることが分かった。また、効果的に整備状況を知るためには対象区域をさらに細かく分割して、各地区毎にBC法を適用するのがよいことが判明した。以上をまとめれば、河道のフラクタル次元の推移によって、整備・地形的特徴・都市化の影響を表せることが分かった。

《参考文献》

- 1) 宝 馨、高 棹 琢馬、杉原 宏明：数値地形情報に基づく河川流域のフラクタル次元について、水工論文集 第35巻、1991
- 2) 高安 秀樹：フラクタル、朝倉書店、1986
- 3) 石村 貞夫、石村 園子：フラクタル数学、東京図書、1990