衛星画像で見る世界大河のフラクタル性評価

長崎大学工学部　正員　後藤恵之輔
長崎大学大学院　学生員　○川内　透
基礎地盤ｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ(株)　正員　内田　篤志

1．はじめに

フラクタルとは、マンデルブローが提唱した理論であり、自己相似性を持つ図形を意味する。今まで取り扱えなかった複雑な図形の中に、彼はフラクタルという一つの数学的捉え方を発見した[1]。不規則な海岸線や山の起伏、雲の形などはフラクタル性を持つと言われている[2]。近年では医学、気象学、地形学などの様々な分野にも応用されるようになった[3]。しかし、フラクタルを我々が考える複雑さとより一致させるためには、自然界の複雑な構造をフラクタルを用いて解析するため、フラクタル次元という新しい物理量を定義して、簡単に定量化することができるようになった[4]。そこで本研究では、世界の主たる河川の形状をフラクタル理論により評価し、その特徴を捉えるものである。

2．測定方法及びデータ

2.1　ボックスカウンティング法[5]

図形Ｘが一辺ｄの正方形Ｎ(ｄ)個で覆われたとする。ここである定数ｋにおいて、様々な大きさの一辺ｄに対し正方形の個数Ｎ(ｄ)を測定したところ、Ｎ(ｄ)とd^{-k}の間に比例関係

$$N(d)=\mu d^{-k}\quad(\mu は正の定数)$$

があるとき、この式の自然対数をとれば、

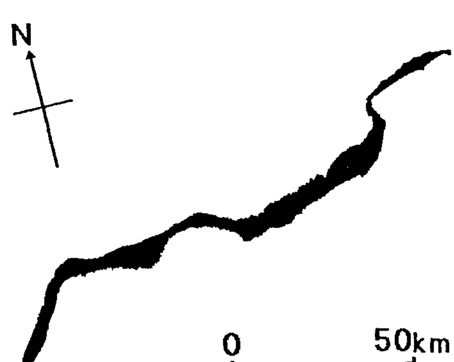
$$\log N(d)=-k\log d+\log\mu$$

となり、log Ｎ(ｄ)と log ｄの関係は直線の式を意味している。したがって、一辺の長さｄとその正方形の個数Ｎ(ｄ)を測定し、log Ｎ(ｄ)と log ｄの間に傾き－ｋの直線関係があれば、ｋをフラクタル次元とする。

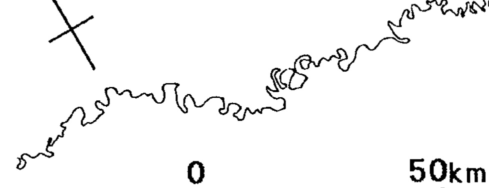
本研究では、フラクタル次元の測定にボックスカウンティング法を用いることとした。これは衛星リモートセンシングデータを使用する場合、衛星データが元々正方形メッシュデータである性質上、いちいち対象物（又は対象地）を正方形で細分する必要がなく、かつ極めて容易にその個数をコンピュータで計算できる利点があるためである。

2.2　測定に用いたデータ

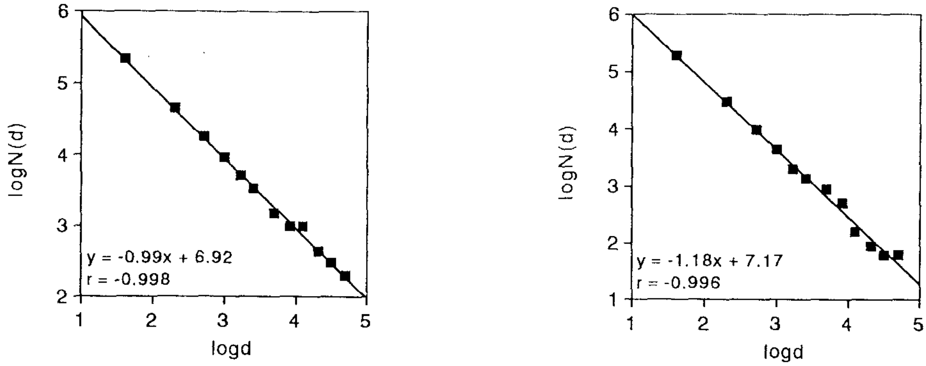
今回の測定では、LANDSAT 画像集及び衛星リモートセンシングデータを用いた。また、測定の対象としたのはそれぞれの河川の本流のみであり、河岸線と川幅も含めた河川全体のフラクタル次元を求める。測定に用いた河川の例としてアマゾン川（マナウス付近）の河岸線を図－１に、西シベリアのイルチシ川のそれを図－２に示す。



図－１　アマゾン川(アマゾン・マナウス付近)の河岸線



図－２　イルチシ川(西シベリア)の河岸線



（a）アマゾン川　　（b）イルチシ川

図－3　右岸の log d－log N（d）関係

3．測定結果及び考察

見た目に単純そうな河岸線であるアマゾン川の右岸のフラクタル次元は、図－3（a）より 0.99 であり1に近い値が得られた。逆に見た目に複雑そうな西シベリアのイルチシ川の右岸のフラクタル次元は、図－3（b）より 1.18 であった。理論上、直線のフラクタル次元は1であり、また平面全体のフラクタル次元は2であるため、曲線のフラクタル次元は1から2の間であると考えられる。アマゾン川の右岸は1より小さい値が得られているが、フラクタル次元が1に近い値であったため、測定時の誤差が影響して本来の値より小さくなり1をわずかに切ったと考えられる。イルチシ川のように複雑と思われる河岸線のフラクタル次元も、それほど大きくなかった。

表－1　世界の河川のフラクタル次元の数例

河川名	左岸	右岸	全体
アマゾン(ブラジル・マナウス)	0.98	0.99	1.34
ユーフラテス(トルコ・ケバン)	1.05	1.03	1.05
セーヌ(フランス・パリ)	1.08	1.06	1.12
スモーキー(カナダ・アルバータ州)	1.05	1.02	1.10
モスクワ(ロシア・モスクワ)	1.08	1.14	1.15
イルチシ(ロシア・ハンチマンシースク)	1.16	1.18	1.15

同様に、その他の河川についての測定結果のいくつかを表－1に示す。表－1より、左岸と右岸のフラクタル次元には大きな差はなく、それぞれ同じような値が得られている。すなわち、同じ河川では左岸、右岸は同じような複雑さであった。ほとんどの河岸線は 1.00～1.20 の範囲に集中していたため、河川の河岸線はそれほど複雑な曲線ではないことが言える。したがって、河川の河岸線のフラクタル次元は 1.00 程度の値から大きくても 1.20 程度になると考えられる。また、川幅を含めた河川全体のフラクタル次元は、川幅が広いほど大きな値が得られる。

4．おわりに

複雑そうに見える河岸線もフラクタル理論からはそれほど複雑でなく、河川の河岸線のフラクタル次元は 1.00～1.20 程度にあると考えられる。河川の線形はフラクタル次元により特徴づけることができ、フラクタル次元は今後の近自然型川づくり等の河川改修及び工事の評価方法の一つの指標になり得ると考えられる。

参考文献

1）佐藤文隆, 蔵本由紀：イミダス９６, 集英社, p. 962, 1996.

2）石村貞夫, 石村園子：フラクタル数学, 東京図書, p. 238, 1990.

3）高安秀樹, 高安美佐子：フラクタルって何だろう, ダイヤモンド社, p. 88, 1988.

4）同上, p. 64.

5）前出２）, pp. 246～254.