

景観設計のための四万十川下流部の平面形状の定量的把握

A Study on the shapes of water front in lower reach
of Shimantogawa Rive of Landscape design

皆川朋子** 島谷幸宏***

by Tomoko MINAGAWA, Yukihiro SHIMATANI

1. はじめに

河川は本来、地形・地質や流水・流砂による侵食・運搬・堆積作用等により形づくられている。従って河川の自然景観を創造するための基本的な考え方の一つは、河川の自然の原理やこれによって形づくられている自然の形を理解し、真似るということであるだろう。しかも、一般解ではなく、その川固有の形(河川の平面形状や横断形状、構造物等)を理解し、設計に応用するというのである。

筆者らの既往の研究¹⁾においては、具体的な設計を念頭におき、自然的な河川として一般に認識され、また、典型的な下流部の河岸形態の特徴とは印象的に異なる(むしろ、これが個性のある景観を形づくっていると考えられる)四万十川下流部を対象に、平面形状、横断形状、構成材料(粒径及び植生)を明らかにすることにより、自然の形を見出し、これを基本とした設計論について言及した。しかしながら、平面形状については定性的な記述にとどまり、さらに具体的な整備へ反映させるためには、定量的な把握が課題として残った。

これまで自然の形態については、多くの研究において、そのフラクタル性(自己相似性を有する不規則な形態の図形)が示されている(例えば2)など。河川においても、水際線形状、河床の石の配列・大きさ、河岸の樹木の配置や大きさにもフラクタルの特徴が見られること、また、これらの要素は、流域の違いや河川の違いなど、その場の特性を反映したフラクタル次元を持っていることが示され、これを設計に応用する試みが検討されている^{3)~5)}。このように既往の研究では、平面形状を定量化している。確かに、フラクタルを用いることにより、形状の特徴はフラクタル次元により表現されることになるが、設計のための線形の理解に役立つ、より直感的な情報として、曲がりの程度(蛇行が流軸方

向にどのくらいの周期で出現しているか等)もあわせて把握しなければならない項目であると考えられる。そこで、河川の平面形状の曲がりの程度を表現する方法として、スペクトル解析が有効であると考えられる。

2. 河川法線形の階層性と研究の目的

河川の線形は着目するスケールにより、それを形づくっている要素(例えば、地形が形づくっている大きな法線形としての線形、植物や河床材料による入り組み等)に分解でき、これらの組み合わせで線形が成立していると考えられる。筆者らの既往の研究¹⁾においては、河川の平面形状はスケールによって以下の3つの要素に区分できることを示した。

①スケールⅠ：地形に起因する河道法線形としての要素で、対象となるスケールのオーダーは数 $1 \times 10^2 \sim 10^5$ mである。

②スケールⅡ：微地形に起因される線形要素で、対象となるスケールのオーダーは $1 \times 10 \sim 10^2$ mである。

③スケールⅢ：河床材料や植生などによる微妙な入り組みによる線形要素で、対象となるスケールのオーダーは $1 \times 10^{-1} \sim 10$ mである。

上記のように平面形状を階層的にスケール区分し捉えることは、線形の理解及びこれを反映した設計を行う際、有効であると考えられる。

これまで自然の形に基づいた景観設計の観点から、河川の平面形状を対象とした研究には、スケールⅠについては、自然状態の河川の形態について屈曲数と線形を扱った進士の研究⁶⁾、スケールⅡについては、前述した大野らのフラクタルを用いた研究³⁾、スケールⅢについては、河岸、寄州を対象に形態的特徴を分析・類型化し、それらに基づいた景観設計の基本形を提示した篠原らの研究⁷⁾がある。このように、あるスケールの形を対象とした研究はあるが、いくつかのスケールの異なる視点からトータル的に捉えた

*キーワード：自然、河岸、形態、護岸、景観

**正員、工学修士、建設省土木研究所環境部河川環境研究室

***正員、工学修士、同上室長

〒305 茨城県つくば市旭1番地

TEL0298-64-2587, FAX0298-64-7183

ものはない。

そこで本研究では、河川の自然景観設計に資するため、自然の形を理解し、真似るという考えに基づき、既に構成材料及び横断形状が明らかになっている四万十川の下流部¹⁾を対象に平面形状をスケールにより区分し、それらの線形をスペクトル解析を用いることにより定量的に把握することを目的とする。

3. 解析方法

スペクトルとは、「複雑な組成をもつものを単純に分解して、その成分を、それを特徴づけるある量の大小の順に従って並べたもの」⁸⁾であり、地震の波の解析など幅広く用いられている解析手法である。ここでは、河川の平面形状を波として捉え、流軸方向に出現する曲がりの周期とその大きさを見い出す。なお、スケールⅢについては、砂州の堆積や植生の繁茂等、自然に形造られるものであり、操作性は低いと考えられることから、ここでは解析対象としないこととする。

(1) 対象

下流部区間として、河口から上流13km地点までとする(河床勾配:1/2,200~1/1,300、川幅:160m~700m、図-1)。この区間より上流は準平原状をなす台地上を深く削り取るように穿入し、蛇行を繰り返している(穿入蛇行)。なお、スケールⅠについては、下流部の線形を明白にするため、その上流区間(河口から24kmまで)も含めて解析対象区間とする(図-1)。

①スケールⅠ

スケールⅠでは、上流端を河口から24km付近とし、下流端は中筋川が合流する河口から3km付近とする(区間Ⅰ)とする。なお、スケールⅠで着目するオーダーでは左岸・右岸で平面形状はほぼ同様と考えられることから右岸で代表させる(図-1)。

②スケールⅡ

スケールⅡは、護岸を設ける必要性が高い水衝部(洪水時に流水が河岸に集中する区域)であり、かつ自然材料で構成され、スケールⅡが明瞭である区間として、山付きで岩塊により線形が形成されている区間Ⅱ(河口から12km~13km付近)を対象とする(直線距離750m)(図-2)。

なお、対象区間においてスケールⅢを構成している自然材料は主に、岩塊、岩塊の前面に山腹から落下した転石、砂州を形成する砂等である。

(2) 解析方法

線形の判読対象は、スケールⅠは空中写真(撮影:1995.11、図-1)、スケールⅡは、より詳細な読み取りが必要になることからラジコンヘリコプターを用いて低高度空中写真の撮影(撮影:1996.11)を行い、これを用いる。

①スペクトル解析

線形のx、y座標をデジライザーを用いて読み取る(図-1、2)。読み取りピッチは可能な限り詳細になるようスケールⅠ、Ⅱでそれぞれ12.5m、1.67mとした。読み取ったx、yデータについて以下のスペクト

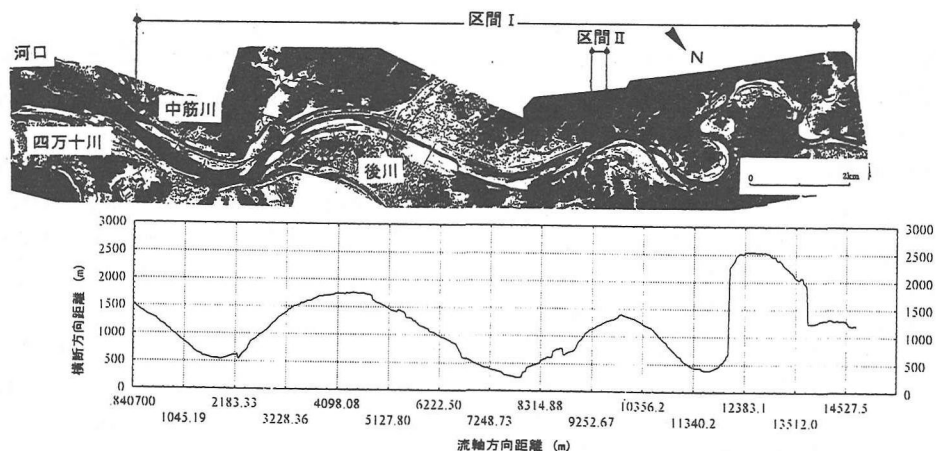


図-1 解析対象区間

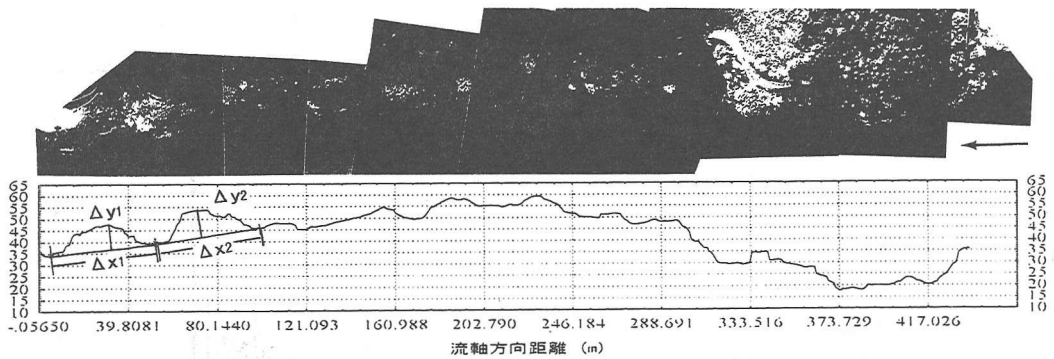


図-2 区間Ⅱの低高度写真及びその線形

ル解析を適用する。

- (a)フーリエ振幅スペクトル
- (b)フーリエ位相スペクトル
- (c)パワースペクトル

②読み取りによる測定

スケールⅠ、Ⅱにおいて、「流軸方向の曲がりの周期」: Δx とその曲がりの「横断方向の大きさ」: Δy を図-2のように測定する。 Δx は、曲がりの凸から凸までの直線距離とし、 Δy は、その曲がりの横断方向における凹凸が最大になる地点から流軸方向(Δx)への垂線の大きさとする。

4. 解析結果

スペクトル解析結果を図-3～6に示す。区間Ⅰ右岸で解析手法の違いをみると、位相スペクトル(図-4)は他の2つ(図-3、5)とは傾向が異なっていることがわかる。振幅スペクトルおよびパワースペクトルでは、ある波長域で大きなピークを持つのに対して、位相スペクトルは振幅スペクトルやパワースペクトルの大きなピークの周波数域で小さな値を示しているが、あまり明瞭ではない。また、パワースペクトルは、フーリエスペクトルの縦軸を大体2乗したような関係にあるのでよりピークが強調されているが、逆にスペクトルの小さい値を隠す結果となっている。よって、スケールⅡについては振幅スペクトルで結果を代表させて以下に示す。

①スケールⅠ(図-3)

区間Ⅰでは約2,500～7,000mで大きなピークがみられる。図-1から、読み取ると流軸方向の周期は約6,000m、その横断方向の大きさは約1,600mであり、 Δx は図-3のピークとほぼ一致している。それ

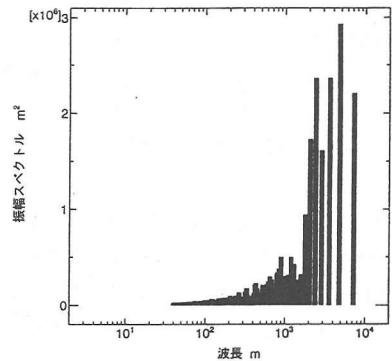


図-3 区間Ⅰ右岸 フーリエ振幅スペクトル解析結果

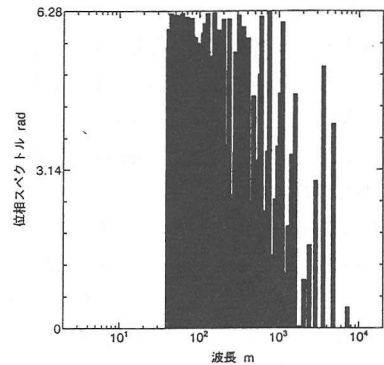


図-4 区間Ⅰ右岸 フーリエ位相スペクトル解析結果

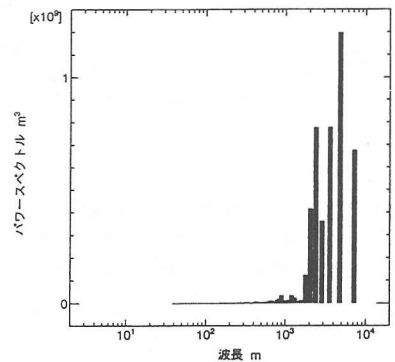


図-5 区間Ⅰ右岸 パワースペクトル解析結果

以下の値は下流部より 上流の区間のスケールⅠの曲がりやスケールⅡ及Ⅲのものであると考えられる。

②スケールⅡ(図-6)

区間Ⅱでは約400mに大きなピークが見られ、40～120mに小さなピークの山がみられる。前者のピークはスケールⅠにあたるものと考えられ、後者がスケールⅡにあたるものと解釈される。

表-1 に Δx 、 Δy 、 $\Delta y/\Delta x$ の平均値及び標準偏差を示す。 Δx の平均値は72.1m、標準偏差は18.6、 Δy の平均値は12.7m、標準偏差は5.4であり、 $\Delta y/\Delta x$ の平均値は0.17、標準偏差は0.06であり、標準偏差は大きくない。 Δx については、スペクトル解析の結果(図-6)とほぼ同様であり、このような簡易な手法によっても曲がりの大きさを定量的に把握することができる。

図-7 はそれぞれ読み取った曲がりの流軸方向の大きさと横断方向の大きさの関係を示したものである。縦断方向の大きさが大きいほど横断方向の凹凸も多くなる傾向にあることが読み取れる($r=0.65$)。

5. まとめ

本研究では、河川の自然景観設計に資するため、自然の形を理解し、真似るという考えに基づき、四万十川下流部を対象に平面線形の曲がりの周期をスペクトル解析や読み取りにより定量的に把握した。また、線形を定量化する際、スケールにより線形を区分し把握する方法を提案した。

河川の自然景観設計を行うためには、なんらかの規範が必要になると考えられる。その規範はこの川の形であり、それを見出し設計に反映することが、個性ある河川の風景を形成していく上で役立つものと考えられる。

謝辞: 本研究を進める上で、四万十川の空中写真を提供して頂いた建設省中村工事事務所の方々、解析にあたりご協力頂いた大野博之氏(応用地質(株))に心から謝意を表する次第であります。

引用・参考文献:

- 1) 皆川朋子・島谷幸宏: 四万十川の水衝部の形について、土木計画学研究・講演集19(1)、pp.141-144、1996。
- 2) Benoit B Mandelbrot 著・広中平祐監訳: フラクタル幾何学、日経サイエンス社、1985。
- 3) 関克己・佐々木春喜・鈴木輝彦・大野博之: 自然のフラクタル性を利用した景観設計の検討、環境情報科学24-2、pp.87-94、1995。

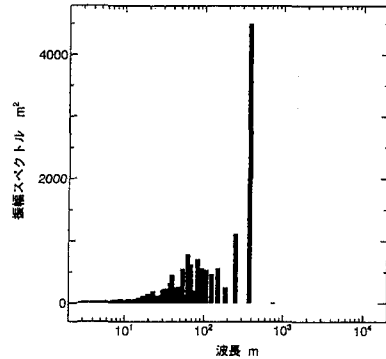


図-6 区間Ⅱ フーリエ振幅スペクトル解析結果

表-1 スケールⅡにおける曲がりの大きさ

	平均値(m)	標準偏差
Δx	72.1	18.6
Δy	12.7	5.4
$\Delta y/\Delta x$	0.17	0.06

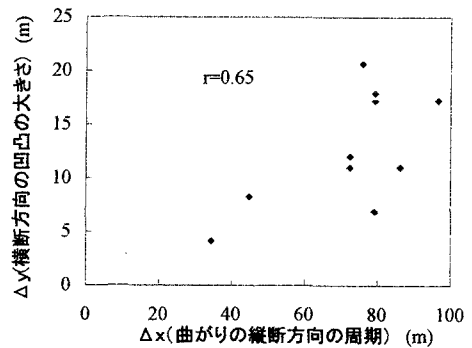


図-7 区間Ⅱにおける曲がりの大きさ

- 4) 関克己・佐々木春喜・鈴木輝彦・大野博之: フラクタルを用いた河川景観の設計支援、土木学会論文集 No.555/IV-24、pp.51-60、1997。
- 5) 大野博之・安田実・丹沢純: 河川構成にみられるフラクタル特性の分析、環境情報科学 26-1、pp.68-78、1997。
- 6) 進士五十八: 水辺のリハビリテーション、ソフトサイエンス、1993。
- 7) 篠原修・武田裕・伊藤登・岡田一天: 河川微地形の形態的特徴とその河川景観設計への適用、土木計画学研究・論文集 No.4、pp.197-205、1986。
- 8) 日野幹雄: スペクトル解析、朝倉書店、1977。
- 9) 大崎順彦: 地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会、1976。