

# フラクタルを用いた河川景観の設計支援

関 克己<sup>1</sup>・佐々木春喜<sup>2</sup>・鈴木輝彦<sup>3</sup>・大野博之<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 (財)リバーフロント整備センター 研究第二部 (〒102 東京都千代田区三番町3-8)  
現 建設省河川局 河川計画課

<sup>2</sup>建設省荒川上流工事事務所 調査課 (〒350 埼玉県川越市新宿町3-12)  
現 建設省関東地方建設局 企画部 企画課

<sup>3</sup>正会員 (財)リバーフロント整備センター 研究第二部 (〒102 東京都千代田区三番町3-8)  
現 鉄建建設株式会社 エンジニアリング本部 技術営業部

<sup>4</sup>正会員 工博 応用地質株式会社 川本地盤工学研究所 (〒330 埼玉県大宮市土呂町2-61-5)

ふるさとの川づくり等多くの河川において自然的な景観設計への取り組みと工夫がなされている。この中で客観的・合理的な景観設計の手法の確立が大きな課題となっている。このために、自然景観の「形の法則性」を検討し、河床の石や樹木の配置・大きさ、水際線の形状がフラクタルであることが示されてきた。

ここでは、この景観構成エレメントの持つフラクタルの性質を利用した景観設計のための支援方法について検討した。その結果、景観設計支援モデルによって、石や樹木の配置・大きさ、水際線の形状を表わす平面図を作成できることが示された。また、河川景観の調査・解析からイメージパース図の作成までの一連の設計支援の方法の概要を示した。

**Key Words :** fractal of river landscape elements, river landscape design, estimation of naturalness, supporting method of design

## 1. はじめに

近年、人々が気楽に足を向けられ、身近で自然とじかに接することのできる貴重な「場」として、河川のもつ価値が見直されてきている。これに対応して、人々の河川に対する期待は多様化し、質の高い河川景観の保全・創出が求められている。

こうした中で、河川の景観設計においては、自然を模範とし、より自然的で周辺環境と調和を保たせようとする川づくりが多くなっている。しかし、近自然的な景観の設計は、設計者の熟度や自然観に依存していたり、出来上がった構造物に対する評価が人によって異なるなど様々な課題がある。

良好な河川景観を創出する方法の一つには、自然景観を構成するエレメントの持つ特徴を取り入れた設計が考えられるが、現在のところ十分に自然の良さを反映するまでには至っていない。

このため、関ほかりは、一定の自然条件の基で、景観の持つ「形の法則性」を見いだすためにフラクタル理論を適用し、河川景観の構成エレメントである、河床の石や河岸等の樹木の配置・大きさ、水際線の形状に一定の法則性が見られることを示した。

この結果から、自然の河川景観に見られるフラクタル性といった自然の一定の法則性に基づいて、景観設計の

諸元となる形状や数量を客観的に提示できる可能性が生まれてきた。

一方、これとは別に自然や人工も含めた一般の景観を評価する方法も試みられている<sup>2)</sup>。これは、操作性・実用性に優れた景観シミュレータと景観データベースからなり、これらを用いて現状の景観と構造物施工後の景観とを現場サイドで評価しやすいようにすることを目的として開発が進められている。この景観評価支援システムと呼ばれるものは、あらゆる景観を対象とするが、設計に必要な大きさや数量といった定量的な根拠を与えるものとは異なる。現状、定量的な根拠を与えるといった設計支援に関する研究は十分であるとは言えない。

以上の観点から、本論文では、フラクタルの適用可能な河川構造物として落差工や護岸工などを念頭におき、具体的な河川景観設計のための支援方法について述べる。

## 2. フラクタル解析

### (1) フラクタル

複雑でこれまでの科学が無視してきたもの、例えば、「雷がどうしてあのような形でおちるのか?」「樹木の枝分かれはどうしてあのような形になるのか?」などわかりそうでわかっていないことが我々の身の回りには沢山

ある。

一方、これまでの科学は、細部に分解することで周りに起きる現象、例えば、水の流れや地盤の動きを解明してきた。これはこれでももの大枠の現象を捉えることに役立ってきたが、それは平均的なものの理解であり偏った現象の理解には役立ってこなかった。

例えば、「どうしてこの壺はここだけにひび割れが生じたのか?」「どうしてこの石だけが落石して他の石は落ちなかったのか?」など、平均的なものの考え方(微分や積分を用いるものの考え方といってもよい)では取り扱えない現象も沢山ある。

フラクタルは、部分と全体との関わりで扱うことのできる図形、構造、現象、分布を指す言葉で、その概念は、複雑な現象や偏った現象を解明する道具として用いることができる(図-1)。フラクタルという言葉自体は、マンデルブローの造った造語である<sup>4)</sup>が、この概念の示す特徴は様々な科学分野でそれ以前からある程度示されていた。

例えば、地震の大きさと頻度を表したグーテンベルグ-リヒターの式、河川の枝分かれのホートンの法則なども言葉こそ「フラクタル」とは言っていないがフラクタルの概念そのものを意味している。

従って、フラクタルとは古くて新しいものの概念であると言える。

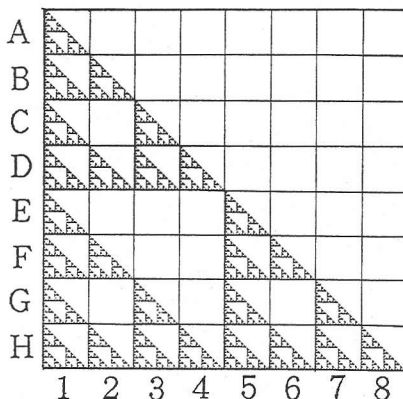
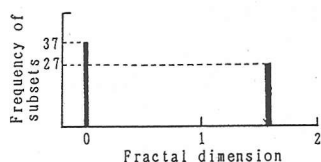
マンデルブローは、このフラクタルの概念をコンピュータに利用してリアルに自然現象を描いてみせた。このことは、様々な自然の情景を構成する要素にもフラクタルの適用が可能であることを示唆していた。そこで、本論では、河川景観にもこの概念を応用し、景観設計のための支援方法を検討した。

## (2) 水際線形状の指数の捉え方

関ほかは、河川景観を構成するエレメントのうち、水際線の形状、河床の石の配置と大きさにフラクタルの特徴が見られることを示し、河岸等の樹木の配置と大きさがフラクタルである可能性を示唆した<sup>1)</sup>。

これらの結果は、フラクタルを用いた景観設計支援のためのモデルを構築できる可能性を示している。しかし、景観設計支援を行うためのモデルにおいて、石や樹木は関ほかの示したフラクタル次元をそのまま利用することができるが、水際線の凹凸形状をコンピュータ上で再構築するには、ディバイダー法<sup>5)</sup>と呼ばれる方法で求めた水際線の凹凸形状の容量次元を用いたのでは表現ににくい。そこで、本論ではモデル化を行う上での指数として、川の中心線と川幅から求められるものを用いることにした。

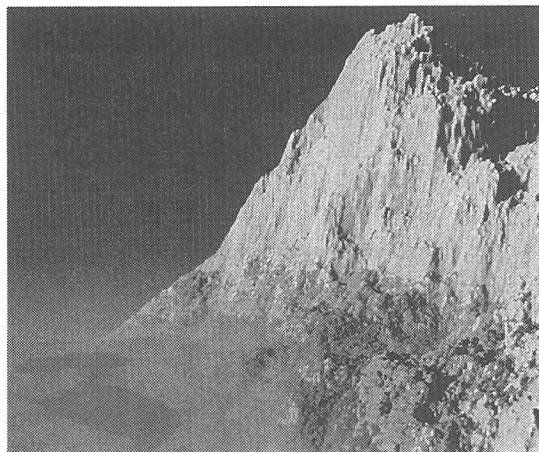
水際線の凹凸形状は、左右両岸の水際線を端点とした線分の中点の集まりとこの線分の長さである川幅の集ま



(a) An example of the Sierpinski's gasket made with the computer.

The fractal dimensions  $D_g$  of the universal set and the similar subsets (these subsets number is 27) are  $\log 3 / \log 2 \approx 1.585$ . On the other hand, the fractal dimensions  $D_g$  of other subsets (these subsets number is 37) such as E3 and B4 are equal to zero.

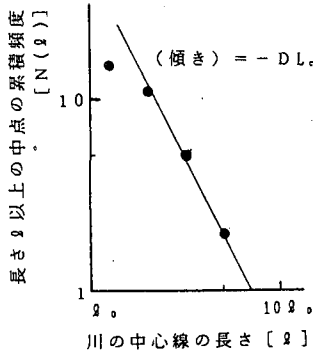
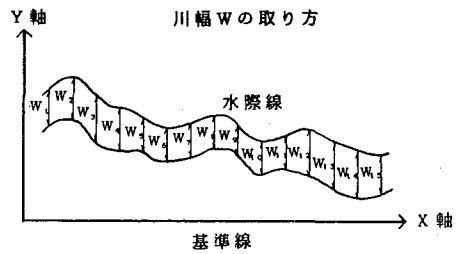
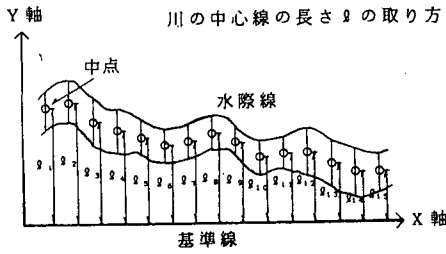
(a) フラクタル図形の偏り(大野, 小島<sup>3)</sup>より)



(b) フラクタルで表現した山と湖(Mandellrot<sup>4)</sup>より)

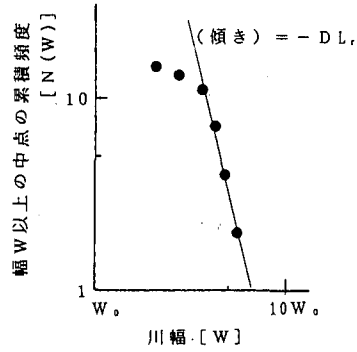
図-1 フラクタル図形の例

りによって構成されていると考える。この考え方に従って、川の中心線の指数  $DL_c$  と川幅の指数  $DL_r$  を求め、モデルの入力値として利用する。



$l_0$ : ある任意の基準の長さ

(a) 川の中心線の長さの指数の捉え方



$W_0$ : ある任意の基準の幅

(b) 川幅の指数の捉え方

図-2 水際線形状の指数の求め方

表-1 高麗川及び越辺川の水際線形状の指数

	指数値	解析範囲	相関係数
高麗川 (水際線の分割による測定個数: 52)			
川の中心線の指数 $DL_c$	1.79	70-10%	-0.999
川幅の指数 $DL_r$	4.13	55-5%	-1.000
越辺川 (水際線の分割による測定個数: 70)			
川の中心線の指数 $DL_c$	1.76	75-5%	-0.983
川幅の指数 $DL_r$	3.18	90-5%	-0.986

実際には、図-2のように川の流れにある程度平行な方向に基準線を設け、これをX軸とし、これに直交する方向にY軸をとる。Y軸に平行な方向に水際線を分割し、左右両岸の水際線とこの分割線との交点を二つの端点とする線分の集合を考える。この線分の中点から基準線までの長さを川の中心線の長さとし、その累積分布を捉える。また、この線分を川幅とし、その累積分布を検討する。これらの累積分布の両対数グラフ上の傾きを指数とし、モデルに利用する。

解析対象とした河川は、関ほ<sup>かり</sup>の調査した荒川水系高麗川上流と荒川水系越辺川中流のデータを用いること

にした。

図-2に示すような方法で求めた指数の解析結果を表-1に示す。なお、こうした分布関数の解析範囲は、全個数に占める累積頻度の割合である超過確率にして、最低50%~10%の範囲で検討すればよいことが示されている<sup>6)</sup>。ここでは、これに従い、これ以上の超過確率の範囲で検討した。結果をみると、高麗川も越辺川もその相関性は比較的良好。従って、モデル作成にはこの値が有効と思われる。

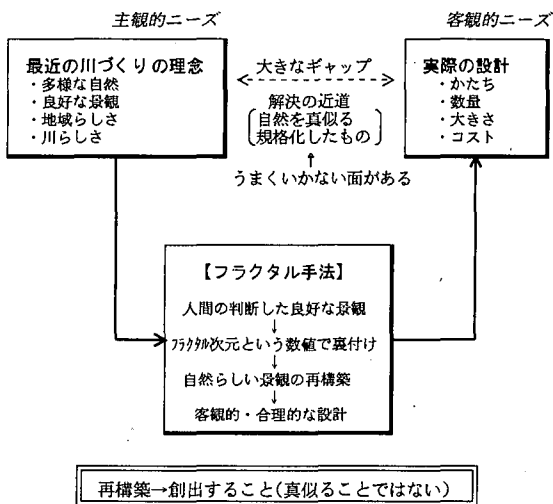
### 3. 景観設計へのフラクタルの適用

#### (1) 適用の位置付け

最近の川づくりは、河川本来がもつ多様な自然を回復させるために、河道特性、生物生息、利用、景観というトータルな視点のもとに良好な河川環境の保全・再生を図ることを目指している。

しかし、実際の設計においては、図面に描かれた形状、数量が、上記の視点に対して納得のいく説明に足りうる根拠をもつことは極めて希である。自然や景観という極めて扱いにくい一見して「抽象的」なものを、「具象的な対象」として捉えようとする研究や技術開発はようやく始まりつつある。

しかし、多自然型川づくりは現実的に始まっており、



図一 フラクタルを用いた景観設計の位置付け

事業推進のためには少しでも理想と現実のギャップを埋めていく必要がある。また、そのために具体的な設計の諸元となる形状や数量などの根拠を明確にしておく必要がある。その一つの方法として、それぞれの川毎に理想とする形を作り、設計においてはその理想に似せて作図する手法が考えられる。

これに対して、フラクタルを利用した河川景観設計では、設計の諸元となる景観構成要素の数量・大きさや形状・配置を自然の一定の法則に沿って客観的に示すことができる。

ここでフラクタルを用いるのは、単に良好な自然景観を模倣するのではなく、人間の判断した良好な自然景観というものをフラクタル次元という数値で裏付け、その景観の持つ形状をフラクタル次元に基づいて再構築することを意味している。つまり、我々は新たに景観を創出しているのであり、どこかにある景観を真似しているのではない。

## (2) 設計支援可能な河川構造物

河川景観は、河道の形状やその周りの植生状況、水面の状態や遠くに見える山などの遠景といった様々なエレメントで構成されている。河川構造物の多くは、堤外地に位置し、近景を構成するエレメントである。また、「豊かな自然」の良さを取り入れたふるさとの川づくり等に見られる構造物の多くは、この河道内の構造物である。

河床の石、水際線、河岸等の樹木には、フラクタルの特徴が見られるので、これらのエレメントに関連した河川構造物に対しての設計支援が可能となる。

河川構造物の内、建設省河川局<sup>7)</sup>が示した多自然型河川工法が対象とする構造物は、表一に示すような水際

表一 設計支援可能な河川構造物の例

	工種	景観構成エレメント
護岸工	巨石張工	水際線・石
	巨石積工	水際線・石
	籠マット工	水際線
	雑割石張工	水際線・石
	柳枝工	樹木・(水際線)
	植栽工	樹木・(水際線)
	玉石階段工	水際線・石
護床工	木工沈床工	水際線
根固め工	ふとん籠工	水際線
	巨石根固め工	水際線・石
	巨石据付工	水際線・石
落差工	巨石植石工	石
その他	低水路法線	水際線
	ワンド	水際線
	捨て石工	石

線、樹木、石といったエレメントで構成されている。そのため、フラクタルによる景観設計の支援が可能である。

この他にも、水際線については低水路法線やワンドが、河床の石については捨て石工が適用可能な構造物として挙げられる。

## 4. 設計支援モデル

設計支援を行うためには、設計の諸元となる形状や数量がわからなければならない。そのために、二次元平面の線画による石や樹木の配置と大きさ、水際線の形状を表したモデルを作成する。ここでは、このモデルの作成方法について述べる。

### (1) 石・樹木のモデル

自然の石や樹木の配置と大きさにフラクタルの特徴が見られるのであれば、各種のフラクタル次元に従ってモデルを作成することが可能となる。この作成手法として、カスケードモデル<sup>8)</sup>と呼ばれる方法を用いた。

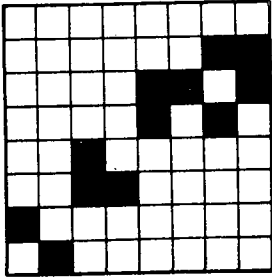
一般に、フラクタルである図形は、E次元のユークリッド空間内に偏って分布する。そのため、その図形の容量次元  $D_0$  は、 $E > D_0$  の関係を示す。

カスケードモデルは、このように空間に偏りがある場合に、それをどの様に表現すれば良いかということで考え出されたモデルである。このモデルを作成するのに必要な諸元は、関係の示した中心点の配列の容量次元  $D_c$  と大きさのフラクタル次元  $D_r$  である<sup>9)</sup>。

本設計支援モデルは、図一に示されるように、①中心点ボックスの設定、②中心点の設定、③大きさの設定からなる。

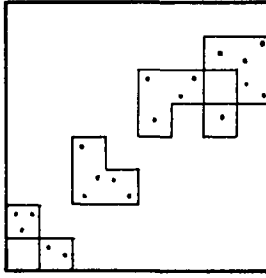
まず、中心点ボックスの設定で、容量次元より中心点を発生させるための領域を任意に決定し、中心点をその

中心点の配列の容量次元  $D_{co}$  を用いて、中心点発生用ボックスの位置をランダムに抽出する。



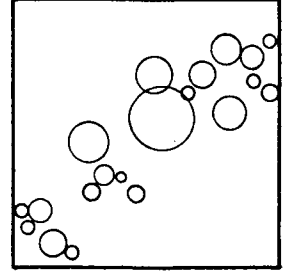
(a) 中心点ボックスの設定

中心点発生用ボックスの中に、設定した個数分の点をランダムに発生させる。



(b) 中心点の設定

大きさのフラクタル次元  $D_r$  を用いて、中心点から半径  $r$  の円をモンテカルロ法により設定する。



(c) 大きさの設定

図一四 石・樹木の設計支援モデルの作成概要

領域内だけに任意に発生させる。これによって通常の一様乱数による発生点とは異なり、偏りを持たせた分布にすることができる。

さらに、大きさについては、モンテカルロ法を用いて、ある半径  $r$  を持った円に近似して考える。

一般に、モンテカルロ法では、累積分布関数  $F(x)$  の逆関数  $F^{-1}$  を用いて  $[0, 1]$  上の一様分布から一つの乱数を選び、逆関数に代入することで累積分布関数  $F$  に従った乱数を発生させる方法がとられる。従って、この場合は、次式によって逆関数  $F^{-1}$  が定義される。

$$r = r_{\min} \times \{(-\text{一様乱数})^{(-1/D_r)}\}$$

ここで、 $r_{\min}$  : 発生させる最小半径

$D_r$  : 石や樹木の大きさのフラクタル次元

この式を用いて、径  $r$  の石や樹冠幅  $2r$  の樹木が平面上に設定される。

## (2) 水際線のモデル

水際線については、川の中心線の指数  $DL_c$  と川幅の指数  $DL_r$  を用いて、モンテカルロ法による累積分布関数の逆関数  $F^{-1}$  を次式のように定義する。

$$L = L_{\min} \times \{(-\text{一様乱数})^{(-1/DL_c)}\}$$

$$W = W_{\min} \times \{(-\text{一様乱数})^{(-1/DL_r)}\}$$

ここで、 $L_{\min}$  : 発生させる最小の中心線の長さ

$W_{\min}$  : 発生させる最小の川幅

これらの式を用いて、中心線の長さ  $L$  と川幅  $W$  を設定する。

ただし、上記のモンテカルロ法だけでは、凹凸形状が激しくなる。そこで、次の段階で、凹凸形状が激しくなる箇所については、スムージングを行い緩やかな形状にし、水際線モデルを作成する。

このスムージングは、蛇行の波長  $L_r$  と振幅  $W_r$  を考慮した制約条件を与える部分と、角になる箇所を取り除く部分との二つの段階で構成される。

制約条件は、川の中心線の形を規制するものである。これには、これまでの理論地形学に示された河川の屈曲形状についての波長と振幅の関係をを用い、以下のように設定した<sup>9)</sup>。

$$W_r/L_r \leq 3.00 \quad (\text{比較的蛇行する場合})$$

$$W_r/L_r \leq 1.25 \quad (\text{比較的直線的な場合})$$

この式によって、中心線の形状を制約し、中心線レベルで極端な凹凸がないようにする。

次に、川幅の設定による水際線の極端な凹凸を防ぐために角取りを行う。これは、水際線を構成する3つの点で作られる角が鋭角である場合に、その鋭角の凸部が無くなるような座標変換を施す。

以上のような方法で水際線の凹凸形状をモデル化する。

## (3) 設計支援モデルの例

ここでは、以上のような考え方で作成する設計支援モデルの例を示す。

設計支援モデルを作成するには、以下のフラクタル次元及び指数が必要となる。

河床の石 : 石の中心点の配列の容量次元 = 1.25

石の大きさのフラクタル次元 = 1.34

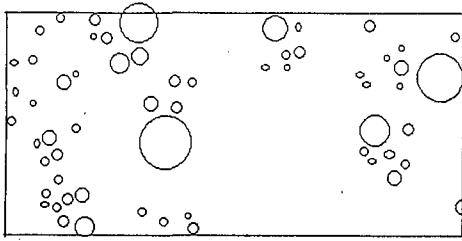
水際線 : 川の中心線の指数 = 1.79

川幅の指数 = 4.13

樹木 : 樹木の中心点の配列の容量次元 = 1.28

樹木の大きさのフラクタル次元 = 3.74

ここで、河床の石のフラクタル次元は関ほか<sup>1)</sup>の示し



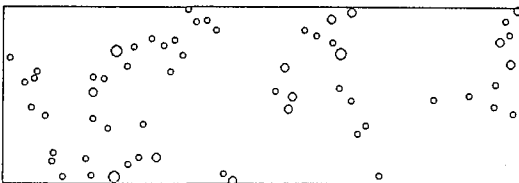
発生させた石の数 = 60  
 中心点の配列の容量次元 = 1.25  
 大きさのフラクタル次元 = 1.34  
 石の最小半径 = 2.5

(a) 石の設計支援モデル例



水際線の分割数 = 100  
 川の中心線の指数 = 1.79  
 川幅の指数 = 4.13  
 川幅の最小値 = 20

(b) 水際線の設計支援モデル例



発生させた樹木の本数 = 60  
 中心点の配列の容量次元 = 1.28  
 大きさのフラクタル次元 = 3.74  
 樹木の最小半径 = 2.0

(c) 樹木の設計支援モデル例

図一五 各景観要素の設計支援モデルの例

た高麗川の値を樹木のそれは同じく越辺川の値を用い、水際線の指数については表一の高麗川の値を用いた。

河床の石、樹木、水際線といった景観構成エレメント毎のモデル結果の例を、図一五に示す。

これらの図に見られるように、水際線については今一つの感はあるが、その他の石や樹木についてはほぼ旨く描写していると思われる。特に、これらのモデルは、石や樹木の空間的な偏りを十分に表現していること、極端な凹凸形状が無い水際線を表現できることといった利点がある。この他にも、それぞれが座標データとして示さ

れており、断面図や平面図、鳥瞰図等が定量的に作成できる。

## 5. 設計支援システム

### (1) 景観設計支援の流れ

景観設計支援にあたっては、基本的に以下のような流れで支援する(図一六)。

①資料収集や景観現地調査により、現況の河川景観の状況や施工対象河川周辺の自然な景観の状況などを把握する。

②撮影した写真や資料を基にフラクタル解析を行い、景観設計支援モデルに必要なフラクタル次元や指数を求める。

③求められたフラクタル次元や指数を用いて、景観設計支援モデルにより大まかな平面図を作成する。

④景観設計支援モデルにより作成した平面図や収集した資料を基にして、イメージパース図の作成や具体的な設計を行う。

### (2) 設計支援の例

ここでは、設計支援の例を前述のフローに従って示す。設計支援対象河川は、石狩川水系の真駒内川と茂漁川とした。尚、これら2河川は、既に多自然型河川工法で施工がされている箇所であるが、ここではフラクタルによって景観がどう変化するかを見るために設計支援を実施した。また、今回は直接これらの河川のフラクタル次元が求められなかったため、代わりに高麗川と越辺川のフラクタル次元を用いた。

#### ①資料収集

- ・観光ガイドマップや人伝の情報の収集(良好な景観地の情報の入手)
- ・現地風景資料の収集

#### ②景観現地調査

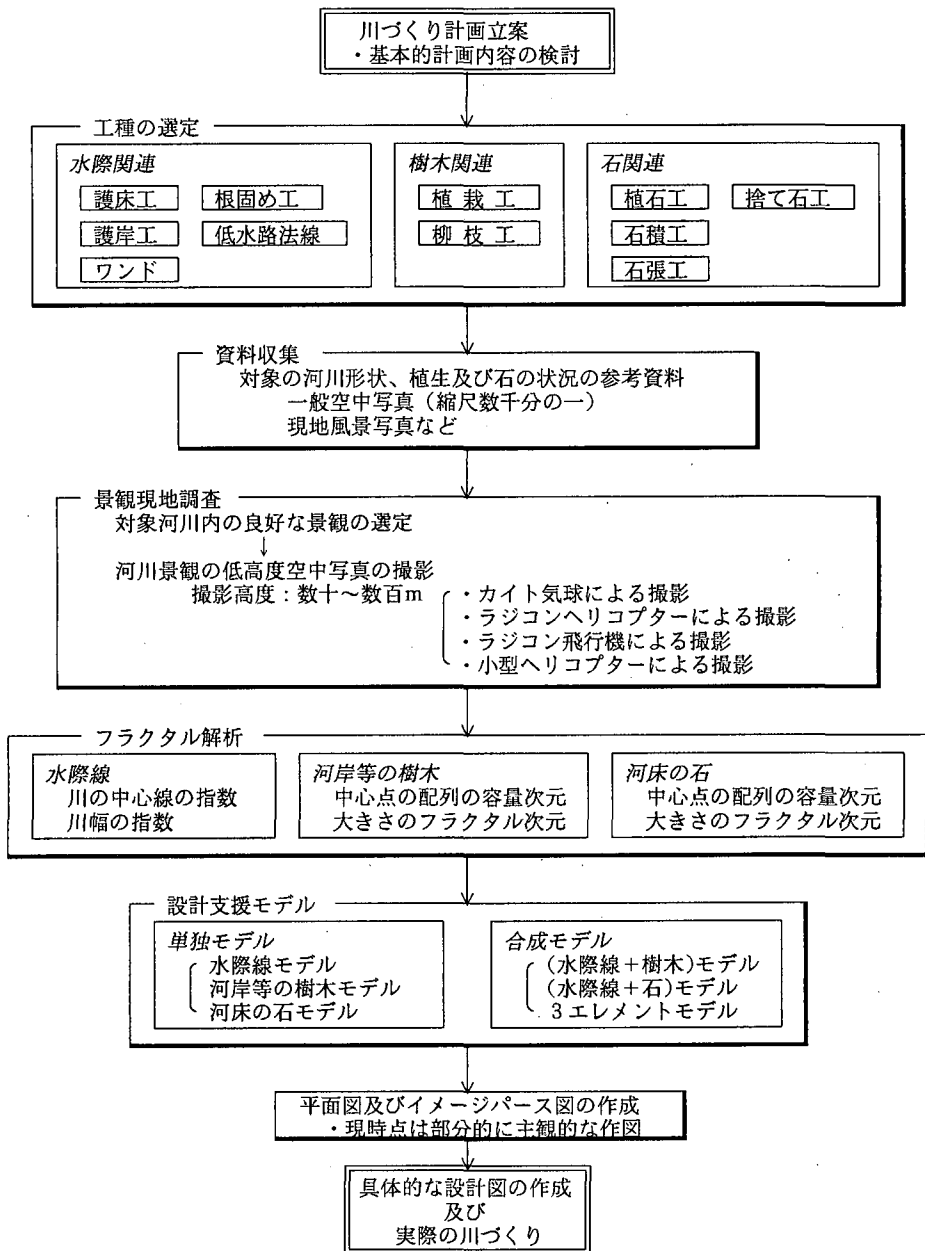
- ・河川沿いに景観を眺めて回り、自然に近い状態の景観を選定する。ここでは、高麗川上流の祥雲橋～諏訪橋の景観と越辺川中流の天神橋付近の景観を選定した。

- ・カイト気球<sup>10)</sup>を用いて、低高度空中写真を撮影する。高麗川上流では百分の一程度の鉛直写真を越辺川中流では千分の一程度の鉛直写真を撮影した。

#### ③フラクタル解析

- ・鉛直写真について任意の原点をとり、各景観対象についての座標値を求める。

- ・水際線の中心線の指数及び川幅の指数を求めるにあたっての中心線の長さや川幅の測定個数は50以上とした。川の中心線の指数及び川幅の指数は表一に示す値であった。

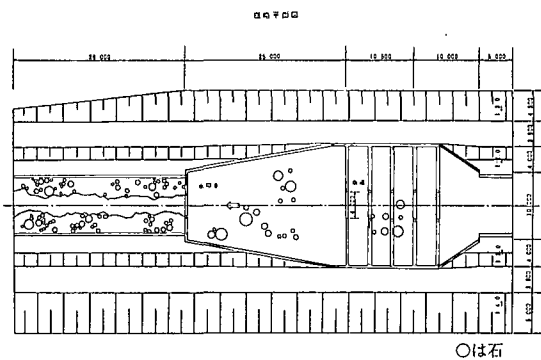


図一六 設計支援の流れ図

- ・河岸等の樹木は、樹木の中心点の座標と樹冠幅より、中心点の容量次元及び大きさのフラクタル次元を求める。越辺川の樹木の中心点の配列の容量次元は1.28、大きさのフラクタル次元は3.74であった<sup>1)</sup>。
- ・河床の石は、石の中心点の座標と石の半径より、中心点の容量次元及び大きさのフラクタル次元を求める。高麗川の石の中心点の配列の容量次元は1.25、大きさのフラクタル次元は1.34であった<sup>1)</sup>。

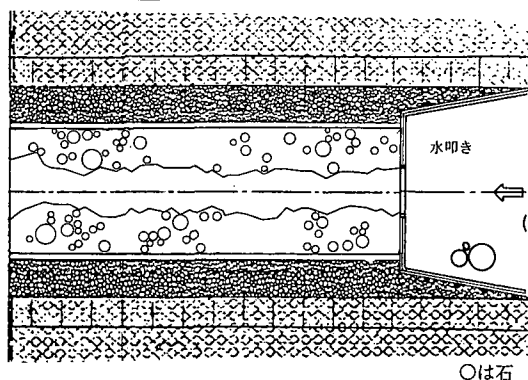
④設計支援モデル

- ・設計支援モデルを作成するにあたってのフラクタル次元は、高麗川及び越辺川の値を用いることとし、「4-(3)設計支援モデルの例」で示したフラクタル次元を用いた。
- ・各景観対象のスケールは、現状の真駒内川及び茂漁川の平面図や写真などの状況より、以下のように設定した。

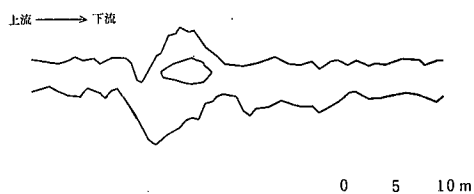


部分拡大図

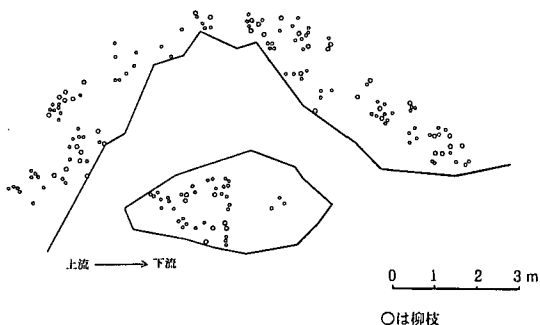
0 5 10 m



(a) 真駒内川の例 (河床の石と水際線)



部分拡大図



(b) 茂漁川の例 (水際線と樹木)

図-7 フラクタルを用いた設計支援システムにより作成した平面図

水際線：川幅の最小値を2～3mとした。

樹木：樹冠幅の最小を5cmとした。

河床の石：石の最小の半径を50cmとした。

・個々のエレメントを合成させるときの留意点としては、大きさのバランスは上記のままとし、樹木は蛇行部の内側の岸に多く配置させるようにし、河床内の石は、川幅の広がる部分に多く配置させるようにした。これによって、各河川景観構成エレメント間のバランスの傾向を定性的に反映させることができる。

#### ⑤平面図及びイメージパース図

・平面図は、実際の多自然型川づくりの施工で用いられた平面図に設計支援モデルを組み込んで作成した(図-7)。

・実際の多自然型川づくりの施工事例の現況の景観写真を基にして、上記の平面図よりイメージパース図を作成した(図-8及び図-9)。

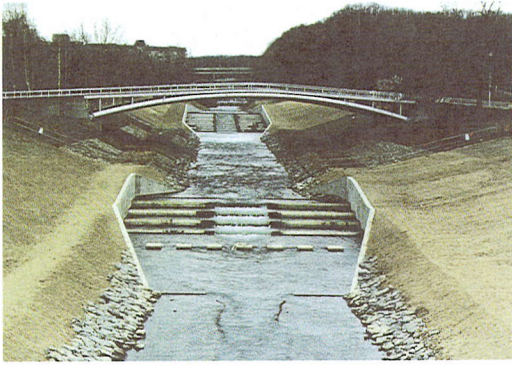
図-8には、実際の真駒内川の落差工(植石工)の写真とフラクタルで設計した河床の石と水際線のイメージパース図を、図-9には、実際の茂漁川の護岸工の写真とフラクタルで設計した水際線と柳枝工のイメージパー

ス図を示した。これらの図に見られるように、実際の河川構造物とフラクタルによる景観設計とを比べてみると、フラクタルによるものの方が自然を考慮した分景観のイメージが柔らかいものになっている。

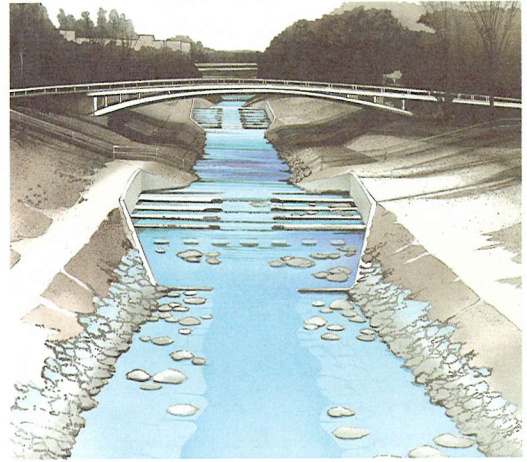
「我々の山水は、其成立が既に獨自であり、また人間との交渉に於て、我國限りのかはつた展開を示して居る」と述べた柳田國男の言葉のごとく、日本の自然河川は独自の景観を示している。河川と人間との交わりは北と南では異なっており、個々の河川も異なった景観を形成している。つまり、フラクタル次元等が個々の河川によって異なる可能性を秘めている。

ここで示したイメージパースによる景観は、実際の真駒内川や茂漁川のフラクタル次元を用いていないという点で主観的な部分がある。今回は、便宜上、高麗川と越辺川のフラクタル次元を用いたが、実際には、その対象とする河川のフラクタル次元を用いた方がより周辺環境と調和のとれた景観になると考えられる。





(a) 実際の落差工の状況写真



(b) フラクタルを用いた設計支援による落差工のイメージパース図

図一八 実際の真駒内川の落差工との比較



(a) 実際の護岸工の状況写真



(b) フラクタルを用いた設計支援による護岸工のイメージパース図

図一九 実際の茂漁川の護岸工との比較

## 6. おわりに

本論文では、自然の河川景観の持つフラクタルの性質を用いて、景観設計に必要な緒元となる数量や形状を求めるための平面モデルの検討を行い、それが設計支援のためのモデルとして有効であることが示された。

しかし、自然的な景観設計において、具体的にイメージパース図を作成したり、設計の数量等を決める場合についていくつかの問題が生じる。

イメージパース図を作成するときの色彩の問題がその一つである。フラクタルはもともと幾何学的な取り扱い

のできる分野に応用されるものである。従って、フラクタルからだけでは、景観の重要な要因の一つである色彩は取り扱うことができず、任意に決めなければならない。この点は、フラクタルとは別の考え方を取り入れる必要がある。

また、景観設計は視覚的要素が重要となる。この観点からは立体図やモンタージュ写真によるイメージ化などが今後の課題として残る。

その一方で、作成したモデルが、常に自然のフラクタル特性に従っているのかという点についての検討は不十分であり、今後、水際線を中心にモデル作成手法について

ての詳細な検討が必要となろう。

さらに、こうしたグラフィックの問題だけでなく、各景観構成エレメント間のバランスについては、現段階では検討が不十分であり設計者の任意性が入る。従って、この景観設計支援の目的である「客観的」な設計には不十分な状況である。この点も解決しなければならない重要な課題である。

今後は、景観設計に自然の持つフラクタルの特徴を応用する試みを進展させ、それと共に、様々な角度・分野からの議論を踏まえた、より実用的な設計支援システムの構築を行っていくつもりである。

謝辞：カスケードモデルの作成にご助言を戴いた東京大学工学部の小島圭二教授に深く感謝の意を表す。また、本研究内容にご助言を下された（財）リバーフロント整備センターの唐裕一元主任研究員並びに応用地質（株）の大塚康範博士及び福嶋健次氏に感謝する。

#### 参考文献

- 1) 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,

Vol. 24, No. 2, pp.87-94, 1995.

- 2) 竹林征三編著: 実務者のための建設環境技術, 山海堂, pp.395-401, 1995.
- 3) 大野博之, 小島圭二: 岩盤割れ目のフラクタル(その1) -フラクタル分布-, 応用地質, Vol. 33, No. 3, pp. 133-146, 1992.
- 4) Mandelbrot, B.B.: *The fractal geometry of nature*, W.H. Freeman & Co., San Francisco, 468p., 1983.
- 5) 高安秀樹: フラクタル, 朝倉書店, pp.7-25, 1986.
- 6) 大野博之, 小島圭二: 岩盤中の割れ目系にみられるフラクタル, 応用地質, Vol. 29, No. 4, pp.11-18, 1988.
- 7) 建設省河川局治水課: 多自然型河川工法設計施工要領【暫定案】平成5年度版, 山海堂, 83 p., 1993.
- 8) 山本肇, 小島圭二: 岩盤割れ目系の空間的集中特性・カスケードを用いた表現一, 第2回地下き裂のキャラクターリゼーションワークショップ論文集, 資源・素材学会, pp.75-79, 1992.
- 9) A.E.シャイデッガー(奥田節夫監訳): 理論地形学, 古今書院, pp.11-17, 1980.
- 10) 小泉俊雄, 村井俊治, 真鍋弘道: カイト気球を用いた空中写真による崩壊地調査法, 千葉工業大学研究報告(理工編), 第32号, pp.135-145, 1987.2.

(1995.8.14 受付)

## STUDY FOR SUPPORTING METHOD OF LANDSCAPE DESIGN OF RIVER UTILIZING FRACTAL

Katsumi SEKI, Haruki SASAKI, Teruhiko SUZUKI and Hiroyuki OHNO

Recently, the production of reasonable landscape design method is one of the most principal problems on river. The authors had presented that fractal objects have been found out in the location and size of elements in landscape, such as stones or trees, and shape of waterfront.

In this paper, the authors have examined the applicability of landscape design utilizing fractal of landscape elements. Consequently, the reasonable plane models of location and size on stones or trees, and shape of waterfront are produced by this supporting method. And, it is shown that river landscape design in consider of fractal can be one of objective design methods to reflect the naturalness of each river.