

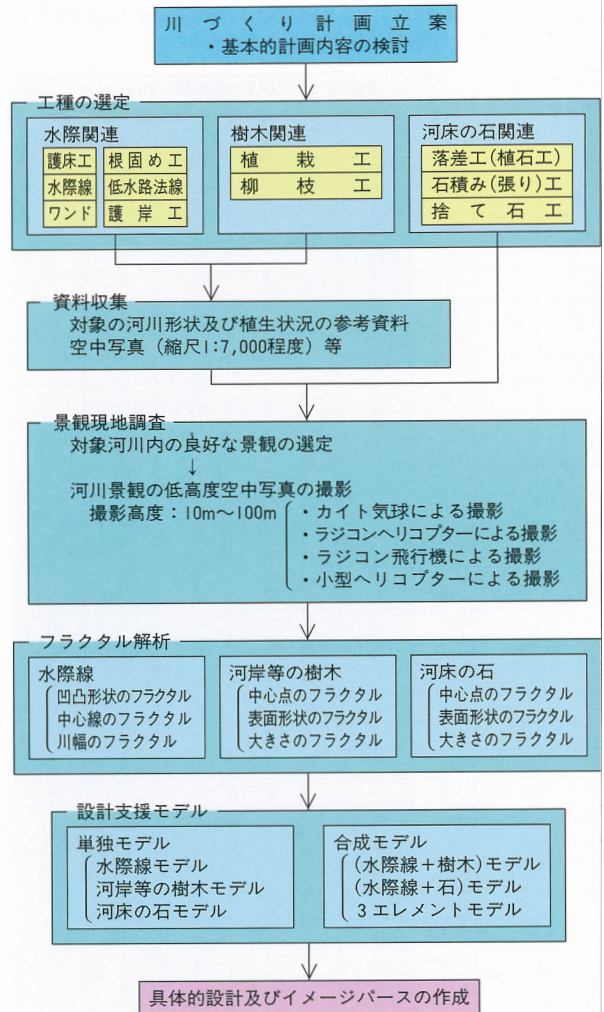
# フラクタルによる河川景観の設計支援手法

## 1. はじめに

近年の河川の整備では、親水性や生態系への配慮などを始めとして、多くの分野の様々な技術を用いた設計が行われるようになった。今回、ここで紹介するフラクタルによる河川景観の設計手法は、フラクタル数学を使用し、景観を構成する主要な自然の要素の中で「かたちの法則性」(例えば、河川では河床の石、河岸の樹木、水際線等に「かたちの法則性」がある)を見だし、景観設計に反映させる手法である。(フラクタル [Fractal] とは、半端などという意味の造語)。

ところで、景観設計に自然性を反映させるには、河川で言えば、植生や河道特性などの一見ランダムな自然の構成要素の特性を取り入れることが必要である。このようなランダムと思われがちな自然的要素に、何らかの「かたちの規則性」を見出す方法に、フラクタル数学があるが、近年、CGを利用して、CADによるアニメーション芸術、医療用のCTスキャナ、人工衛星による天気予報、TVの画像処理など、様々な分野で使用されている。

これまでの研究成果から、河川の景観を構成する要素では、河床の石、河岸の樹木や水際線などに「かたちの法則性」があることが判明している。この成果をもとに、実際に河川景観の設計の支援を行うことになるが、設計の可能なものとして、護床工、根固め工、護岸工、植石工、捨て石工、石積工、石張り工などの構造物や植栽工、柳技工等があげられる。以下にフラクタル手法による景観設計の概要について述べる。



図一 設計支援のフロー

## 2. フラクタル解析

まず、景観設計に自然性を反映させるには、フラクタル数学により設計対象地域の付近で、自然の美観が見られる地点の河床の石、河岸の樹木、水際線などについて調査を行い、フラクタル解析の準備を行う必要がある。実際に景観設計を行うには、図一1の景観設計支援のフローにより行う。

### (1) 調査地点の選定

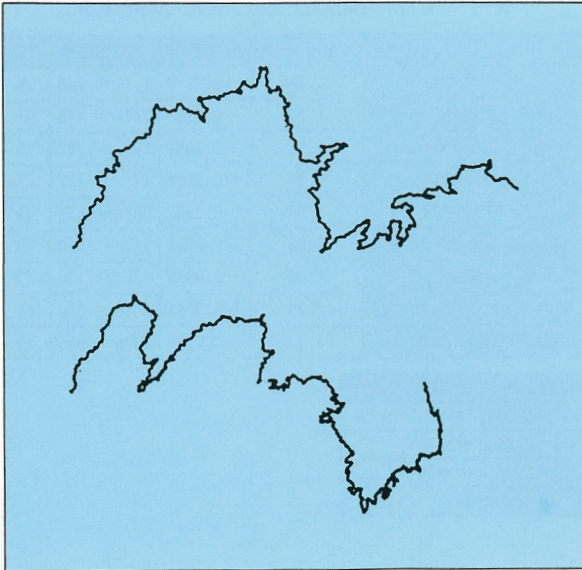
調査地点の選定は、現地の景観調査や航空写真により、予めデータ収集を行う調査地点を決め、その地点で気球、小型ヘリコプターやラジコン等による低高度の空中写真撮影を行い、河床の石、水際線、河岸の樹木等の分布状況のより詳細な資料を得る。

### (2) 平面座標の作成

(1)項で得た調査資料について、コンピュータによりフラクタル解析を行い、河床の石、河岸の樹木、水際線などのデータを得る。解析にあたっては、河床の石、水際線、河岸の樹木等は、平面座標に点あるいは線の分布としてプロットし、座標データとして使用する。

### (3) フラクタル数学と解析の概要

フラクタルとは、図形や構造について部分と全体が関わりのある、すなわち自己相似性の成立する要素を対象として取り扱うが、完全に自己相似でなくても、特徴的な長さを持たない図形や尺度を持たない構造などに対しても適用できる。



海岸線の形の例. 下の図の一部を拡大したものが上の図になっている

図-2 自己相似性の図形

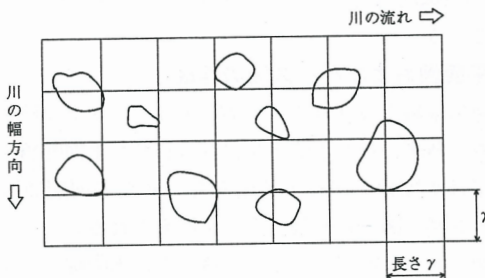


図-3 格子メッシュ

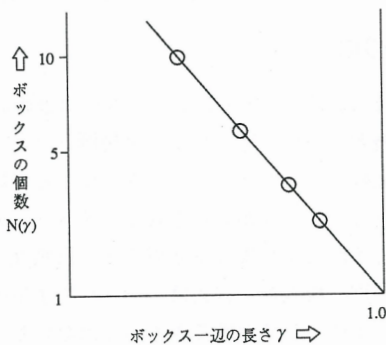


図-4 フラクタル次元

例えば、図-2 に示すように、大きなスケールでも小さなスケールでも同じように見える性質を持つ要素が対象となる。海岸線や等高線の形状を見ると、1/50000の地形図でも1/10000でも同じように見えるが、こうした性質を河川景観の主要な構成要素に見だし、数学的に自然性を景観に表現することが、本設計支援手法である。

(2)項で、調査データの平面座標について触れたが、これについては以下のとおりである。フラクタル手法では、ある集合図形の要素  $a$  が、その要素に関連した個数  $N$  との間で次の関係式が成立する。誠に簡単な式であるが、複雑な図形の解析は、パソコンレベルで可能である。

$$\log N = c - D \log a$$

ここに、 $D$ ：フラクタル次元

$a$ ：ある集合図形の要素

$N$ ：要素  $a$  に関連した個数

$c$ ：常数

具体的な解析は、図-3 に示すように1辺  $r$  の正方形の格子メッシュを作成し、要素の配置がいくつ存在するかについて  $r$  の長さと格子の数との関係を両対数に示し、図-4 に示す直線を得るが、この直線の勾配に逆符号をつけたものがフラクタル次元である。

フラクタル次元は自己相似性を定量的に計る指標であり、整数ではない半端な値の次元となり、一般的にフラクタル次元が高いほど複雑な図形である。格子で点の解析を行う場合をボックスカウンティング法といい、曲線などの次元を図る方法をディバイダー法と言い、主に両方法を使用する。

### 3. フラクタル手法による景観設計の考え方

#### (1)設計支援の考え方

より自然的な景観設計に取り組むにあたっての設計理念は、「多様な自然の保全・再生」や「良好な河川景観の保全・創出」により、安全で快適な生活空間を創出することにあるが、このような設計理念に基づいた景観設計の問題点としては、

- ①現状の設計は、設計者の主観的な判断によるところが多いこと。
  - ②経済性や安全性が基本であるため設計理念と相反する場合があること。
- があげられる。

①項については、フラクタル手法を用いて客観的な設計



## 設計支援の考え方

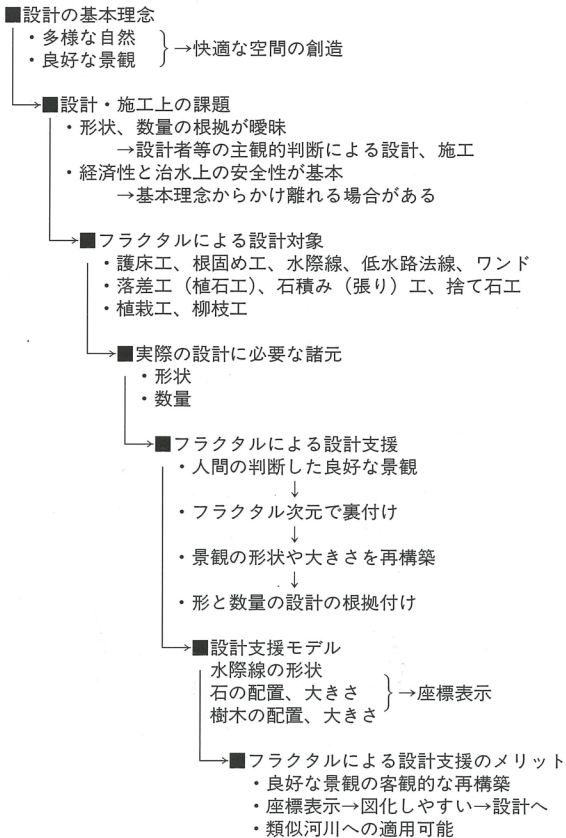


図-5 設計支援の考え方

が可能となるが、②項については、フラクタル手法による経済性（費用）等について今後明らかにする必要がある。

フラクタル手法を適用する主な目的は、上記①項の解消と現状の景観設計における設計業務を支援することである。

## 4. フラクタルによる河川景観の設計例

フラクタルによる河川景観の設計例として実際の落差工と護岸の例を紹介する。落差工については河床の石と水際線をフラクタルで配置し、護岸については水際線と柳枝工をフラクタルで配置した。それぞれの設計例に用いたフラクタル次元は、次のとおりである。

水際線：中心線のフラクタル次元

川幅のフラクタル次元

河床の石：石の中心点の配列の容量次元

石の大きさのフラクタル次元

表-1 荒川水系高麗川上流のフラクタル解析結果

		フラクタル次元	相関係数	解析範囲	評価
石の中心点の配列	容量次元Drco	1.25	-0.9872	1/1 ~ 1/8	△
	情報次元Drcl	1.23	-0.9977	1/1 ~ 1/8	◎
石の表面形状を含めた配列	容量次元Drpo	1.32	-0.9961	1/1 ~ 1/32	◎
	情報次元Drpi	1.35	-0.9996	1/1 ~ 1/32	◎
石の大きさのフラクタル次元Drr		1.34	-0.9972	80% ~ 5%	◎
水際線の凹凸形状	容量次元DL <sub>o</sub> (左岸)	1.09	-0.9998	1/2 ~ 1/100	◎
	容量次元DL <sub>o</sub> (右岸)	1.09	-0.9996	1/2 ~ 1/100	◎
川の中心線のフラクタル次元DL <sub>c</sub>		1.79	-0.9991	70% ~ 10%	◎
川幅のフラクタル次元DL <sub>r</sub>		4.13	-0.9996	55% ~ 5%	◎

相関係数 $x$	相 関 性	評 価
$x \leq -0.995$	良 い	◎
$x \leq -0.990$	やや良い	○
$x \leq -0.985$	やや悪い	△
$x > -0.985$	悪 い	×

柳枝工：樹木の中心点の配列の容量次元  
樹木の大きさのフラクタル次元

ここで、参考として荒川水系高麗川上流のフラクタル解析結果の例を示すと表-1のとおりである。相関係数で $k \leq -0.995$ となるほど、一般的にフラクタル性が良好と判断できる。

### (1) 平面図およびパース図の作成

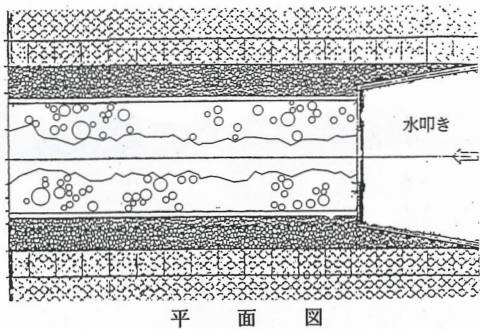
河川景観の設計例では、落差工はフラクタル解析により求めた河床の石と水際線を組み合わせた平面配置図から、護岸は水際線と柳枝工を組み合わせた平面配置図からイメージ図（図-6～図-7）が作成される。

図-8は実際の落差工と、落差工に水際線と河床の石をフラクタルで設計した図である。図-9は実際の護岸と護岸に水際線と柳枝工をフラクタルで設計した図である。（ただし、現時点ではイメージ図は写真等を参考に描いた）

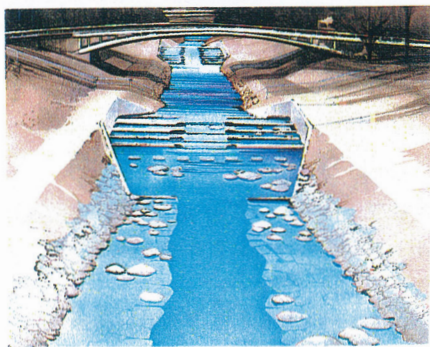
## 5. おわりに

以上のように、「フラクタルによる河川景観の設計支援手法」の概要について述べたが、実施例とフラクタルによる景観を比較してみると、フラクタルによる景観は、自然的でソフトなイメージが感じられる。イメージの善し悪しは、人それぞれにより異なると思うが、自然性を反映できることは、別の観点から言えば、少なからず生態系に無理のない設計手法として評価できるのではないだろうか。

今回、ここで紹介させて頂いた設計手法は、現在、実用

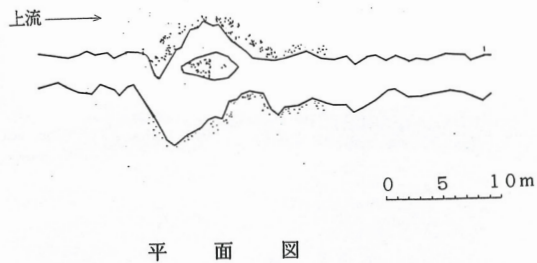


↓作成



イメージパース図

図一六 落差工の河床の石と水際線の配置



↓作成

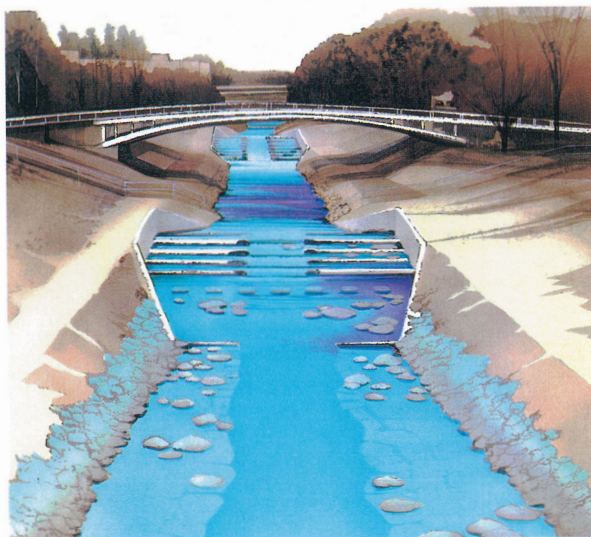


イメージパース図

図一七 護岸の水際線と柳技工の配置



実際の落差工



フラクタルにより河床の石と水際線を配置した落差工

図一八 落差工の例





実際の護岸



フラクタルにより水際線と柳技工を配置した護岸

図一 9 護岸の例

化に向けさらに充実させる必要があり、今後、イメージ図の作成は、CG等によるシステム化を図る予定である。なお、本手法については、荒川上流工事事務所のご協力により、都幾川、越辺川、高麗川などを中心に、河床の石、水際線、河岸の樹木等のフラクタル解析データを得ることができ、景観設計例に適用させて頂いた。

#### 参考資料

- フラクタル科学入門 三井秀樹 (日本実業出版社)  
 フラクタルって何だろう 高安秀樹、高安美佐子 (ダイヤモンド社)  
 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 1995