

# 河川空間の環境・景観シミュレーション モデルの研究開発

## 要 旨

1. 景観設計の必要性
  - 1.1 既往の研究
  - 1.2 景観設計の必要性
2. 河川空間の基本的な捉え方
  - 2.1 河川空間の概念
  - 2.2 河川空間の機能と景観構成要素
  - 2.3 景観設計の理念
3. 河川景観の設計
  - 3.1 河川空間の景観設計の基本方針
  - 3.2 景観シミュレーションのアルゴリズム
  - 3.3 景観シミュレータのシステム構成
  - 3.4 景観シミュレーション事例
4. まとめ

東京大学 工学系研究科土木工学専攻 河原能久・松崎浩憲



## 要 旨

景観工学で河川環境がいかに取り扱われているかをレビューした後、河川景観設計のための基準となる考え方をまとめた。つまり、河川空間を防災、生息、景色、利用の場として包括的にとらえ、景観設計ではこのすべてに配慮しなければならないことを述べた。この4つの機能には、優先順位があり、第一義に防災機能、次に動植物の生息機能を優先させなければならないということを述べた。

河川空間は治水・利水の場であり、しかも生物の生息の場でもあるという特殊な空間であるという観点から、河川の景観設計アルゴリズムを考案した。すなわち、景観防災機能評価サブモデル、生息機能評価サブモデルおよび利用・景色機能評価サブモデルを、水理量を媒介にフィードバック検討し、経過を3次元CGによる景観シミュレータで表示するシステムである。そして、開発したプロトタイプシステムを多摩川での定点写真撮影をもとにしたデータベースによって、事例紹介した。

開発したプロトタイプはこれまで巷にあふれた単なる景観シミュレータではない。つまり、河川空間を景色空間としてのみ意匠デザイン的に捉えず、多面的に考慮することによって、河川管理者、地域住民、自治体の為政者・行政者、生態学者などの利害関係者すべてが納得のいくかたちで景観設計プロセスを踏むことができ、多自然型川づくりが具体的、実際的な河川整備手法として位置づけられる。また、河川の水理量のデータが治水対策以外にも活用されることになり、河川環境管理のための、データベース整備のための指針が得られる。都市景観などと異なり、自然が共存する河川空間では四季を通じた景観モデルの構築が重要である。

### 1. 景観設計の必要性

改正河川法では、環境への配慮と同時に必要に応じた地域住民および自治体の参加を謳っている。実際に、荒川下流の改修計画では住民の意向が実際に組み込まれている。このような河川環境に対する住民の意識の高まりは、従来、河川管理者が独占していた河川情報や、河川改修計画決定のプロセスの情報公開におよぶと考えられる。また、こうした趨勢こそが河川行政を健全なものとしていくと考えられるし、情報公開法の成立も近い。

しかしながら、実際に河川環境を創造するにしても、河川管理者を含めた河川技術者と住民では、その知識や経験が異なり、必ずしも議論の土俵が同一でないことが容易に予想される。したがって、河川環境に対する共通の認識と適切な評価基準および評価手法の確立が望まれる。とくに、都市構成要素の一部として、憩いの場としての河川景観への欲求は強く、その整備に対して利害関係者の意見を調整することが必要である。最近は、計算機上での図化システム（以後、CGと呼ぶ）を利用した景観シミュレーションも安価に容易に行えるようになってきたため、意思決定支援のための有力な手段のひとつとして景観シミュレータが注目されてきている。ここで、景観シミュレーションとは、景観設計の代替案の比較検討をすることである。景観シミュレーションはCGを表現できるコンピュータシステムを仲介

とするが、ソフトウェアを含めたこのシステム全体を景観シミュレータと呼ぶ。つまり、景観シミュレータとは、景観設計を支援するためのひとつ体系を具現化した装置であり、代替案を視覚的に比較検討できる。

## 1.1 既往の研究

ここでは、景観工学と総称される分野で河川環境がその対象としてどのようにとらえられているかを概観した。

中村（1989）は景観工学の立場から河川空間を総合的にとらえてその景観計画方法をまとめている。その骨子は、テーマの決定（何を見せるか）、ディスプレイ計画（どう見せるか）、景観対象設計（川らしさの道具立てと演出）、視点場のディテール設計（見る場所のしつらえ）であるとしている。これは視覚的デザイン論の域を出ていない。

多摩川では、昭和56年の河川審議会答申「河川環境管理のあり方について」にもとづいて、先駆的で詳細な河川環境調査がなされている（河川環境管理財団編、1985）。ここで行われた調査は、植生調査、水生生物調査、魚類生態調査、河川景観調査である。とくに河川景観調査においては、撮影方法を統一した多摩川の各地点の写真をもとにインタビュー調査を行い、風景をランクづけしている。さらに、数量化理論によって景観構成要素を抽出・評価し、河川区間ごとの景観ゾーニングを行っている。しかし、このゾーニングには他の三つの調査結果がまったく反映されていない。

また、伊藤ら（1987）、中村ら（1987）および原田（1987）は河川空間をレクリエーションの場としてとらえ、人間活動とその場を提供する河川空間の形態を提案している。

最近では、東京都（1991）やリバーフロント整備センター（1993）から景観設計ガイドラインが示されているが、もっぱら人間が利用する立場での河川空間のデザインに終始しており、視覚デザインの領域を出ていない。

以上のような景観設計論に対して、島谷（1994）は河川空間の構成要素に水理量や動植物を取り入れるべきだとしている。

## 1.2 景観設計の必要性

現状では、潜在自然で具現された河川景観が多くの河川で実現可能な最大限に生息環境を充足・維持する河川景観であると考えられる（玉井、1997）。当然ながら、生息空間としての機能は、防災空間としての機能と景色・利用空間としての機能と対立する場合が生じる。それをありのままに受け入れ、各機能の評価を正当に行い、相反する事項においては妥協点を見つけ、目指すべき河川景観が達成されなければならない。

本研究の目的は、河川空間の景観設計のためのアルゴリズムを構築することによって設計支援と河川計画の合意形成に寄与することである。これらの現代的な意義は次のようにまとめられる。

**設計支援**：一般に景観設計は、経験豊かな技術者によるところが大きい。なぜなら、設計指針のよ

うな明確な基準があるでもなく、対象ごとのきめ細かい一意対応を必要としているからである。また、模型でも作成しない限り、机上では完成イメージを把握するのが困難である。しかし、コンピュータシステム化すれば机上での景観シミュレーションが容易であるし、システムの発展の仕方によっては仮想現実的な使い方も可能となるし、若年技術者の設計力の向上にも役立つ。

**合意作成**：これまで河川計画の意思決定は国や地方自治体などの河川管理者に委ねられてきた。しかし、改正河川法が施行された今後は、地域住民や利害関係のない第三者が意思決定に参加する方向にある。このような状況で求められるのは、意思決定のプロセスが公明正大で、そのために検討された事項や評価基準などの情報を公開することである。そのためにもコモンセンスを得るためのビジュアルな共通プラットフォームを提供することは重要である。

## 2. 河川空間の基本的な捉え方

### 2.1 河川空間の概念

河川空間は自然の一要素であるので、自然現象の攪乱に見舞われる。このような洪水と渇水という自然の作用に曝される場であることを理解する必要がある。これ以外に河川空間あるいは河川環境を構成する代表的なものにはいわゆる「景観」がある。景観にはさまざまな定義がある。「いいながめ」とか「きれいな風景」として用いられるように、単に「景色」としての限定された審美的な意味から、「景観生態学」、「景観地理学」に代表されるように、その土地あるいは地域の合理的な土地評価の意味あいまでと幅広い。また、河川空間は通常の都市景観などと趣が異なる。また、異なるからこそ、人々は河川空間に日常生活とは次元の違った憩いやレクリエーションを求めて集うのである。つまり、利用空間としての機能ももっている。また都市においては、数少ない貴重なビオトープのひとつでもある。

このように河川空間は単なる景色、つまり装飾空間ではなく多次元的な捉え方が必要である。したがって、景観設計もこのような立場を前提に行わなければならない。

### 2.2 河川空間の機能と景観構成要素

河川区間を機能ごとに考察し、それらの機能に関連した景観要素を取り上げる。

#### 1) 防災空間

これまでがそうであったように、これからも河川行政の第一の目的は国民の生命・財産を洪水から守ることである。したがって、洪水防御を無視した景観設計は何の意味も持たない単なる意匠に過ぎない。たとえば、洪水時に破堤の危険のある狭窄部など、流速が大きくなる箇所で、自然石や植生を配した護岸を設置するといった事例が見受けられる（リバーフロント整備センター、1992）。計画洪水時の河川の水理量を的確に反映した景観設計が望まれる。景観構成要素としては、流速、水位（流量）、水深、水質、河川幅があげられる。

## 2) 景色空間

ここでいう「景色」とは最も狭義での「景観」を意味していて、単に「風景」、「ながめ」とか「眺望」の意味あいである。これまで見てきた河川景観の設計は、河川工学や生態学の視点から離れていて、建築デザイン的にもっぱら修景技法に腐心している。景観構成要素としては、既往の研究成果やガイドラインに見られる事項、たとえば河川構造物とか、橋梁などである。

## 3) 利用空間

利水、河川敷での耕作などの他に人間が河川空間を休息やレクリエーションの場として利用する場合である。景観構成要素としては、公園機能としての緑地面積・利便施設、親水性護岸、河川マリーナなどである。

## 4) 生息空間

河川空間は河川敷を含めて植物、底生生物、昆虫類、魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類まで生息するひとつのまとまった生息環境である。また、河川は水質の自然浄化機能を持っている。このような生態学的機能に配慮して景観設計を行わなければならない。たとえば、景観上好ましいからといって、河川敷にその河川の生態系を無視した植生を配置すると、植物相ひいてはそれを餌とする昆虫類の変異が食物連鎖をめぐって河川生態系を崩すことになる（たとえば、横山、1995）。また、洪水時の水中生物の避難場所となる水制や魚道の設置は生物に配慮した構造物であるが、機能優先で景観の配慮まで至っていないのが現状である。

河川空間におけるすべての動植物に配慮して、景観設計することは、実際には困難である。したがって、水中生物の食物連鎖の頂点に位置する魚類を代表させて景観設計に活かす。魚類の生息環境が満たされていれば、その下位の生態系も健全であると判断する。植物は高水敷の分布を景観設計に活かす。

景観構成要素としては、魚類の生息環境評価手法、すなわち、PHABSIM (Physical Habitat Simulation) で取り上げられる環境因子、たとえば流速、底質、植生カバーなどである (Matsuzaki, et al., 1996)。植物は冠水頻度との関係から水面からの比高と稠密性に着目する。

## 2.3 景観設計の理念

意匠に偏らない河川の景観設計をこころがけねばならない。まず、河川空間の4つの機能のうち、防災機能を何よりも優先させる。次に生物多様性を前提とした生息機能、人間にとつての景色・利用の機能の順である。しかし、絶滅危惧種のような動植物が河川空間に存在するような場合には、防災機能を担保しつつ、生息機能を確保する代替案が経費増を伴うとしても、これらを両立させなければならない。以上のことを念頭において景観設計を進める。図1に4つの機能の相互関係の概念図を示す。

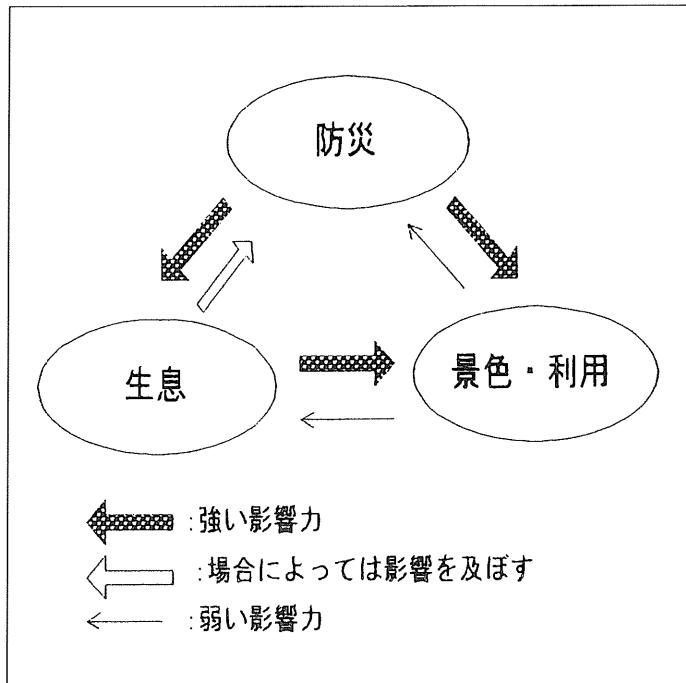


図1 河川の景観設計の基本概念

### 3. 河川景観の設計

ここでは、河川空間の景観設計に際して検討すべき事項や優先順位をまとめ、景観設計の考え方のフレームを示し、次に具体的なアルゴリズムを示す。

#### 3.1 河川空間の景観設計の基本方針

意匠に偏らない河川の景観設計をこころがけねばならない。まず、防災機能を何よりも優先させる。次に生物多様性を前提とした生息機能、人間にとつての利用・景色の機能の順である。しかし、絶滅危惧種のような動植物が河川空間に存在するような場合には、他の機能の一部を損なっても生息機能を優先させなければならない。以上のこと念頭において景観設計を進める。

景観設計の総合的な評価のために、河川空間を機能別のサブモデル、すなわち、防災機能評価サブモデル、利用・景色機能評価サブモデルおよび生息機能評価サブモデルに分けて作成し機能別に評価を行う。各々のサブモデルで出力される情報が、他のサブモデルにおいても関係する場合は、そのサブモデルにおいても検討し、必要であれば、条件を変更してフィードバック検討を繰り返す。そして、すべてのサブモデルを満足する最適な情報を出力する。このとき、各サブモデルで検討・出力された情報はその都度、CG化する。人間の感性に依存する割合が多い河川景観の最終的な評価や意思決定は、この景観シミュレーションをとおして行われる。このとき各サブモデルで評価に際して必要となる最も基礎的

な情報は水位、流速などの水理学的な条件である。つまり、水理条件を媒介にしてサブモデル間でフィードバック検討を行いながら、各サブモデル内において個別の条件を評価していく。防災機能評価サブモデル以外のサブモデルでは、専門家や河川水辺の国勢調査などの知見や各地の事例をデータベース化したものを利用する。以上の相互関係を図2に示す。

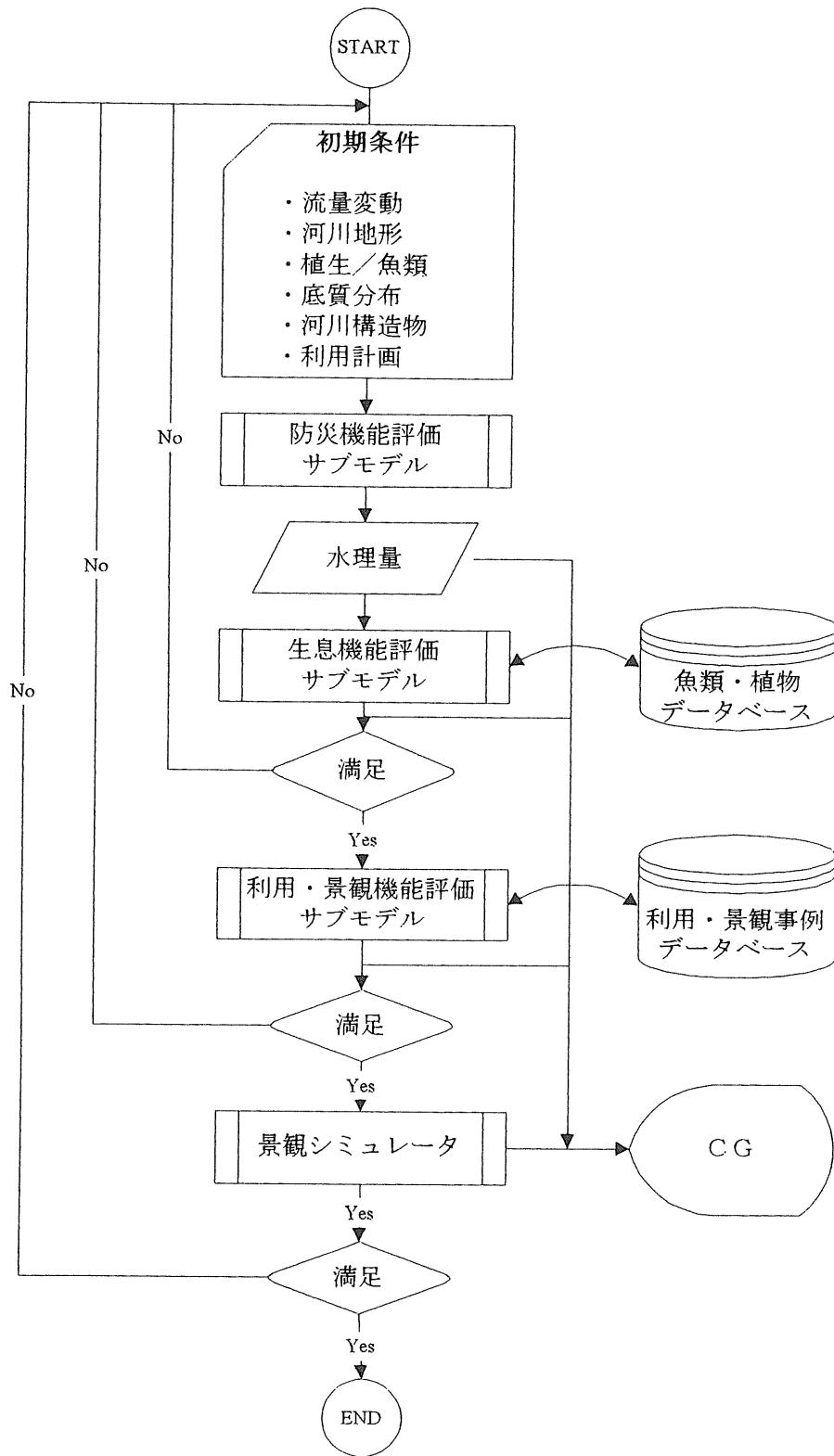


図2 河川空間の景観設計の基本フレーム

## 3.2 景観シミュレーションのアルゴリズム

### 3.2.1 サブモデルの要件

各サブモデル内で検討すべき要件は以下のとおりである。

#### 1) 防災機能評価サブモデル

河川行政の第一の目的は国民の生命・財産を洪水から守ることである。洪水防御を無視した景観設計は何の意味も持たない単なる意匠に過ぎない。北村ら（1997）は特に河道地形の変化が景観に与える影響が大きいことを指摘している。計画洪水時の河道の流下能力、水衝部への衝撃力、河床・河岸の洗掘度合いを水理学的に検討する。出力情報は、流速、水位、流量、せん断力である。

#### 2) 生息機能評価サブモデル

河川空間におけるすべての動植物に配慮して、景観設計することは、実際には困難である。したがって、水中生物の食物連鎖の頂点に位置する魚類の生息環境が適切であれば、餌となる底生生物、昆虫、ソウ・コケ類の生息環境をも同時に満足すると考えて、つまり、魚類の生息環境が満たされていれば、その下位の生態系も健全であると判断して、魚類の生息環境評価を代表させて景観設計に活かす。また、河畔植生の有無は景色を大きく左右する大切な要素のひとつであるので、水辺植物の種類や生育状況についても検討すべきである。魚類も植物も地域、季節によってその特性が異なることに注意しなければならない。また、生物多様性に逆らったり、生態学でいうエコトープ（Troll, 1966）を無視したりする景観創出は行うべきではない。出力情報としては、地域特性を考慮した魚類の生息ポテンシャル、河畔植生の種類と分布状況およびそれぞれの季節変動がある。

#### 3) 利用・景色機能評価サブモデル

ここでいう「利用」とは人間が取水したり、休息やレクリエーションの場として利用したりする場合に限っている。また、「景色」とは最も狭義での「景観」を意味していて、単に「風景」、「ながめ」とか「眺望」の意味あいである。「利用」としての出力情報は水位、水深、河岸形状が取水口やボートなどの河川レクリエーションに適しているかどうかである。「景色」の好ましさは、判断する人間によって異なる。そうであるからこそ、本研究ではCGを用いた景観シミュレーションを基本としているわけである。したがって、出力情報としては、対象とする河川空間の画像情報としての色、形、見え方などの数値情報を呈示するのみであって、これらが防災機能評価サブモデルのように、絶対的な評価基準値になるわけではない。

### 3.2.2 サブモデルのアルゴリズム

次に各サブモデルのアルゴリズムについて検討する。

#### 1) 防災機能評価サブモデル

流下能力の検討手法は建設省（1977）によって定められており、通常は1次元の不等流計算によって出力される水位と堤防高の比較によって行われる。しかし、植生豊かな高水敷を有する複断面河道のような場合には、2次元平面的な分布を知る必要がある（たとえば、福岡ら、1992a）。さらに、水制など

の河川構造物が設置されている場合は、局所的な洗掘などの水理現象を3次元的に知り、構造物の安定性や河川地形の変動特性を把握する必要がある（たとえば、福岡ら、1992b）。水制周りの実験（中川ら、1995）や3次元数値解析（河原ら、1996）の研究成果を利用して、このサブモデルのアルゴリズムを構築した。図3に防災機能評価サブモデルのアルゴリズムを示す。

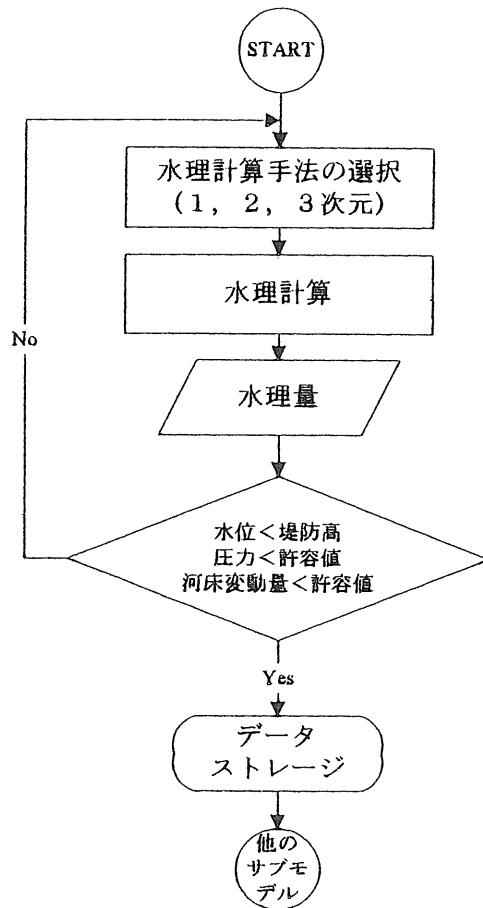


図3 防災機能評価サブモデルのアルゴリズム

## 2) 生息機能評価サブモデル

建設省（1977）は正常流量として、動植物の生息に必要な最低限の河川流量を確保しなければならないと定めている。また、1989年には通達によって、発電ダムの水利権更新時に魚類に対しては必要な河川流量を確保するよう指摘している。しかし、実際には対象となる河川の個性によって個別に評価することが重要である。魚類の生息環境を評価する手法はPHABSIM（1989）をはじめ、多数あるが、生息環境の物理因子のひとつとして水理量を取り上げて生息ポテンシャルを評価する手法を採用して、サブモデルを構築した。このような魚類の生息環境評価手法には市販パッケージも存在する。これを対象とする河川地域のデータベースや実際のサンプル調査などとリンクさせモデルを構築することも可能である。また、市販パッケージは水理計算部分が1次元であるものがほとんどがあるので、このモジュールを割愛して、防災機能評価サブモデルの出力を利用したほうがよい。

奥田ら（1996）によれば、人間活動、気候などの地域特性および冠水頻度によって、ほぼ河畔植生

を分類予測することが可能である。したがって、これらの知見のデータベースと防災機能評価サブモデルから出力される水位の時系列変化にもとづく冠水指数（たとえば、倉本、1984）から、植生の状況が評価できる。図4に生息機能評価サブモデルのアルゴリズムを示す。ここでは魚類生息環境評価手法にPHABSIMを採用した例を示す。

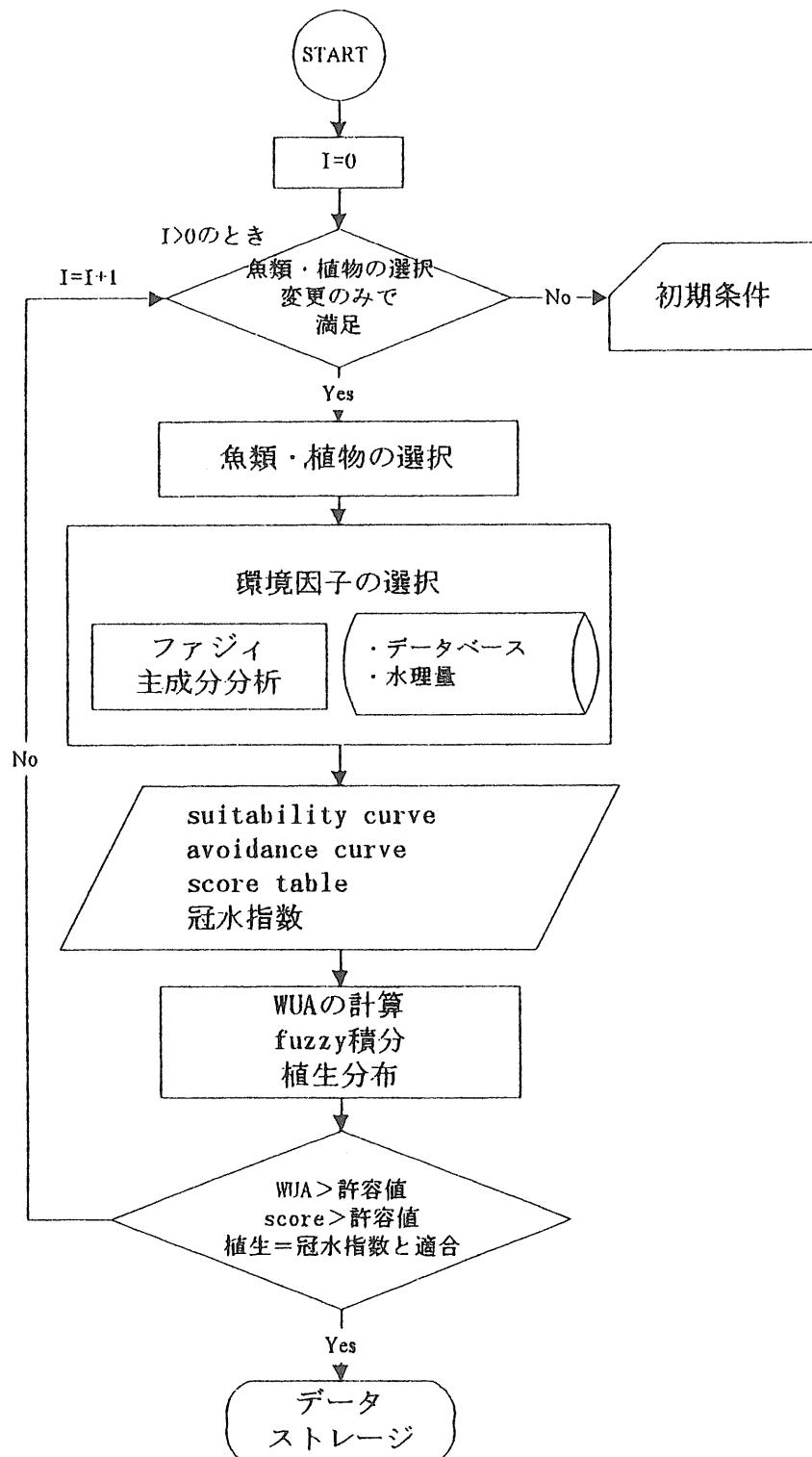


図4 生息機能評価サブモデルのアルゴリズム

### 3) 利用・景色機能評価サブモデル

利用は取水によるインテークと輸送、漁船、レジャー・ボートなどの舟運によるものに分けられる。河川水位は取水施設のインテーク部分より高くなくてはいけないし、舟運や船着き場などの利用があれば、必要な喫水を確保しなければならない。

河川景観の特性や景観評価を試みた研究は数多くあるが、景色の評価ほど困難なものはない。なぜなら、景色に対する好き、嫌いの感情は見る人の心象、原体験や生活史などによって、大きく左右されるからである。したがって、評価そのものはCG表示装置を利用する関係者に委ねることを前提とし、ここでは人間の感情に大きな影響を与える色彩（たとえば近藤、1986）と形（たとえば小川、1983）を画像情報としての特性値を計算するサブモデルを構築した。特性値とは、色相、明度、彩度、灰色度を表す美度係数（千々岩、1983）、空間周波数スペクトル（武者、1980）、フラクタル次元（関ら、1977）、河道の蛇行度、瀬と淵の割合、河畔植生率、人口構造物率、視点場（北川ら、1989）、太陽高度、河川堤防と水面幅の比率である。図5に利用・景色機能評価サブモデルのアルゴリズムを示す。

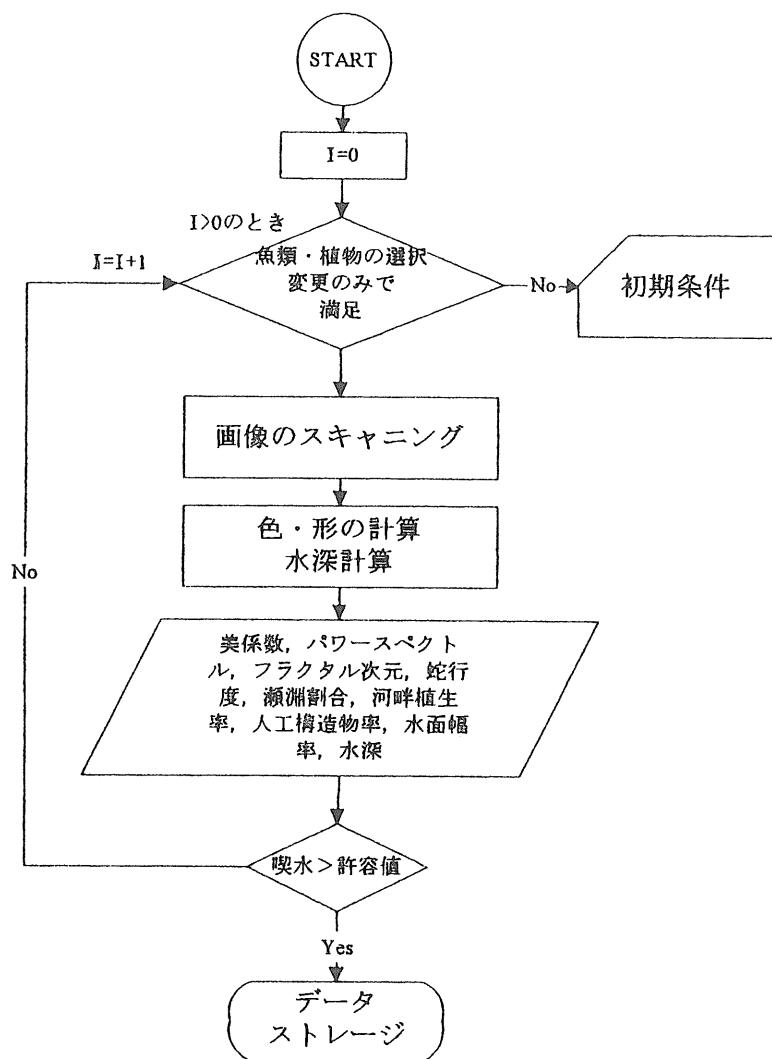


図5 利用・景色機能評価サブモデルのアルゴリズム

### 3.3 景観シミュレータのシステム構成

#### 3.3.1 必要な機能

景観シミュレータに必要な機能を以下に列挙する。

- ① 視点の移動：視点場が自由に移動できる。
- ② テクスチャの編集：護岸、堤防のり面などの素材表面を編集する機能。
- ③ 光源の設定：太陽高度や雲量から光のトーンを計算する機能。
- ④ 季節の設定：植生の状況、川面の色の計算機能。
- ⑤ 素材部品の配置編集：人口構造物、植生などの貼り付け・移動機能。
- ⑥ 背景の編集：背景の貼り付け・移動機能。
- ⑦ 原始図形の生成：データベースに必要な素材がない場合などには、基本的な図形を描画できる。
- ⑧ シャッター・アニメーション機能：任意の景観を2次元的に出力したり、視点を移動した場合の変化などをアニメーションとして記録する機能。
- ⑨ 情報提供：各サブモデル評価結果を映像のみでなく、数値として表示する機能。

これを画像データベースのもとにして、プロトタイプの開発を行った。ここで開発されるものは、オブジェクト指向のアプリケーションであり、GUI（Graphic User Interface）で対話形式のものを目標としている。システム全体は、データ入力と基本情報を設定する過程と、結果の出力情報を加工する過程の2つに分類できる。

#### 3.3.2 システム要件と構成

景観シミュレータに必要とされる機能を前提条件に、システムの要件について説明し、具体的な構成について述べる。

##### ① 3次元グラフィック表示

景観から受ける印象は、視点場によってかなり異なる。パース、フォトモンタージュなどによって、いろいろな視点場の景観予測を行うことには多大の労力を要する。河川の場合には測量データが充実しているし、最近は写真から3次元座標を計算する市販アプリケーションも比較的安価に入手可能があるので、視点場の移動が容易な3次元グラフィック表示を行うアルゴリズムを採用する。

通常、一般利用者が3次元グラフィック表示を行うには、「GL」、「PHIGS」、「OpenGL」などのグラフィックライブラリを利用して、利用者が自らプログラムを組む必要がある。2次元表示まではプログラミングが比較的容易であり、これまでも景観CGを構築した例は多数ある。しかし、3次元表示となるとかなりのプログラミング経験が必要であり多大な時間を要する。最近、建設省土木研究所と同建築研究所の共同開発によって、3次元の景観シミュレータがソースコードを公開してフリーソフトとして提供された（小林、1997）。これらの開発ツールやソースコードを利用すれば、前述の必要な機能を備えた3次元グラフィック表示が比較的容易に可能となる。

## ②実時間可視化技術（リアルタイム・ビジュアライゼーション）

河川景観の印象は川面の表情、つまり河川の水理量によって、大きく左右される。たとえば、流速、水位、川面の反射などである。したがって、水理計算の結果を如実にグラフィック表示させる必要がある。

また、水理計算結果の可視化は数値流体力学の分野においても、重要な課題である。とくに3次元非定常の水理計算は、計算が終了するまでに膨大な時間がかかる。通常この種の計算はバッチジョブで処理し、計算がすべて終了するまで待つから、膨大な計算結果のポスト処理を行うのが普通である。しかし、技術者や研究者としてはそれまで待てないことが多い。また、非定常の計算に限らず計算を行っている途中の結果をみることは様々な利点がある。たとえば、計算がうまくいっているかどうかをモニターすることで計算を途中で終了させたり、そのモニター結果からジョブに積極的にコマンドを送ってパラメータの変更をしたりすることで、計算を効率的に行うことが可能となる。

また、設計作業の手段として、数値シミュレーションを考えた場合、ポスト処理の結果をみて河川構造物や河床の形状を修正したり、計算条件を設定し直したりすることが必要となる。それには、計算結果を容易な操作で直接にかつ実時間で表示できなければならない。

2次元リアルタイムビジュアライゼーションの事例（たとえば、葛生ら、1995）はあるが、3次元リアルタイムビジュアライゼーションは、かなりのプログラミング経験と多大な時間を要求する。河川工学の技術者や研究者の目的は、流れを研究・分析することであり、可視化はその手段でしかない。つまり、可視化作業にかける時間はできる限り本来の目的に使われるべきである。近年、3次元表示ができる映像化手段が徐々に販売されてきている。その中のひとつに「AVS/Express」がある。これは可視化実用ソフトウェアという側面と強力な実用ソフトウェア開発環境という2つの側面をもっていて、利用者の個別設定が容易で、前述のフリーソフトと同様に「OpenGL」を採用しているために、計算機言語「C++」を用いて、これをサブモジュールとして融合することができる。

また、コンピュータのOSには、「Windows NT」を採用する。これは、「UNIX」のように複数プロセスからのファイルの入出力が可能である。

## ③処理の流れ

以下に示す2)、3)、4)のプロセスが同時にリアルタイムに起動する。これをディスプレイで確認しながら、計算過程を確認したり、中止・継続の判断をする。5)、6)のプロセスは非定常データなどのアニメーション表示用である。時間がかかるので、計算終了後に行うプロセスである。景観シミュレータには、この6)のプロセス結果のみを利用する。**図6**に全体の処理の流れを示し、以下に各プロセスを説明する。

- 1) Data I/O：数値計算のソルバーから得られたアウトプットを、まず3次元表示が可能となるデータフォーマットに変換する。そして、計算終了後にパーティクル表示などのアニメーション表示のために必要となるデータを適宜、間引きながらストックするプロセス。
- 2) Contour image generate：流速、圧力、渦度などのスカラ値に対して、塗りつぶしのコンター図を表示するプロセス。GIF、JPEG、TIFFなどの標準画像フォーマットに出力可能であるため、計算条件の異なる複数の可視化画像を画像演算すれば、差異が直感的に認識できる。

- 3) Isosurface image generate : 上記2)のスカラ値に対して、その等しい値が存在する場所を面でつなぎ3次元表示するプロセス。
- 4) Vector plot : 流速などのベクタ値に対して、その方向を矢印によって表現するプロセス。
- 5) Particle/flow-line generate : 計算終了後に流線やパーティクルを表示させるプロセス。
- 6) Render : 計算終了後にレンダリング表示をさせるプロセス。洪水時の河川水位や波浪の高さなどは

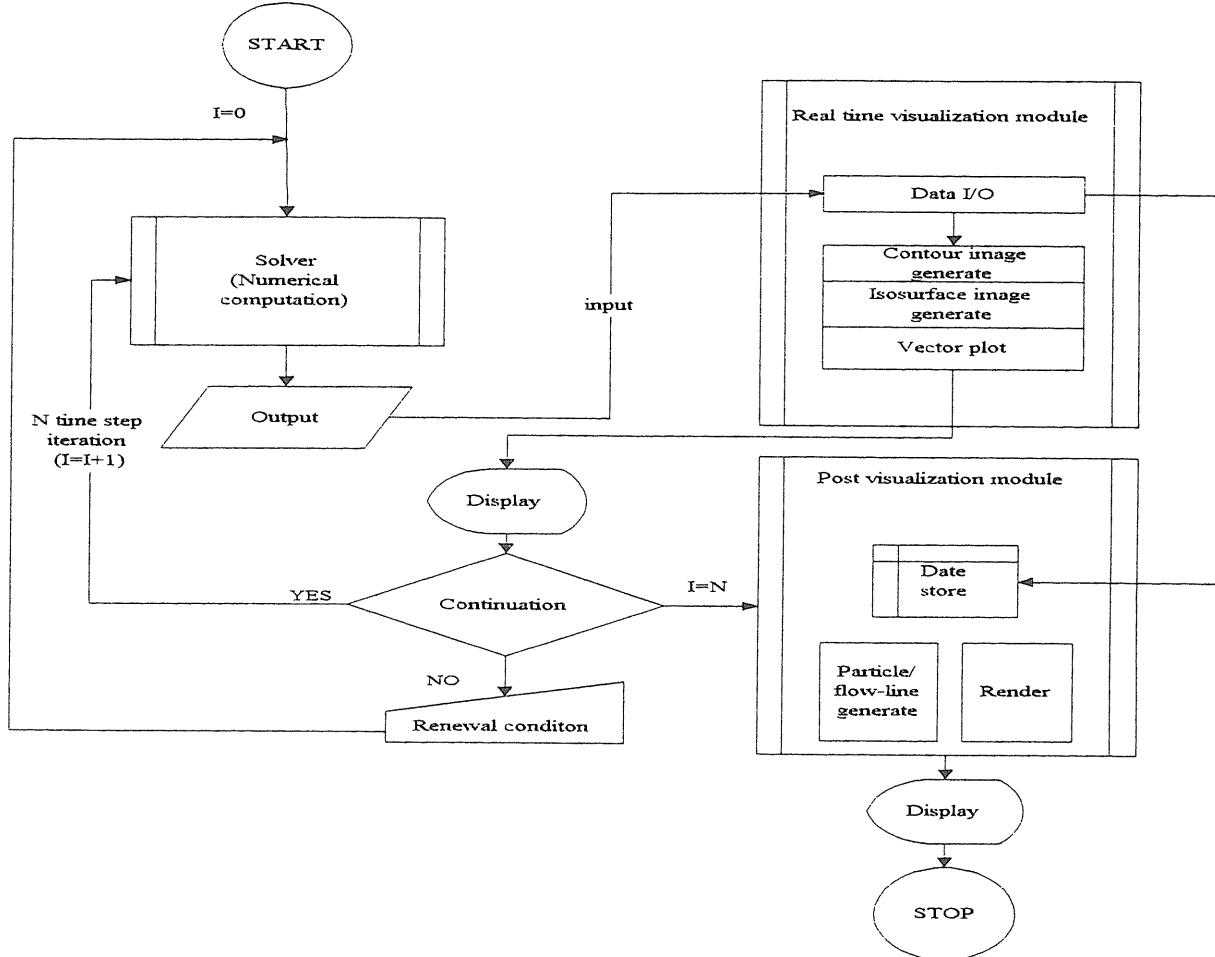


図6 水理計算結果の可視化処理の流れ

### 3.3.3 プレ処理過程

プレ処理とはCG描画のための基礎データ、つまり座標値や現地写真の入力設定を行う過程である。

#### ①地形データを作成する場合

地形データを作成するには、ステレオ写真から標高を自動解析したDTMデータ、CADデータであるDXFファイルなどから、コンバータでLSS-Gデータを生成し利用します。LSS-Gデータとは、オブジェクトの形状、使用材料等、状況に依存しない景観要素を記述している。図7に画面例を示す。

時刻、光源、視点、背景等、状況に依存する景観要素のための基礎データを、入力設定した太陽方位、初期視点をもとに自動計算したものをLSS-Sデータとして保存する。

また、河川の基本形状を生成する機能があるので、単純な河川であればとくに測量成果などの地形データを必要としない。図8に画面例を示す。

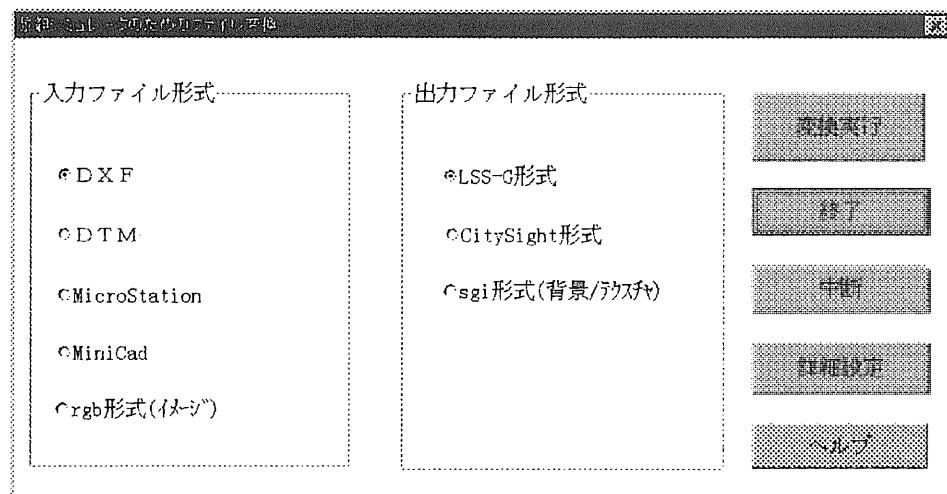


図7 地形データのコンバート画面

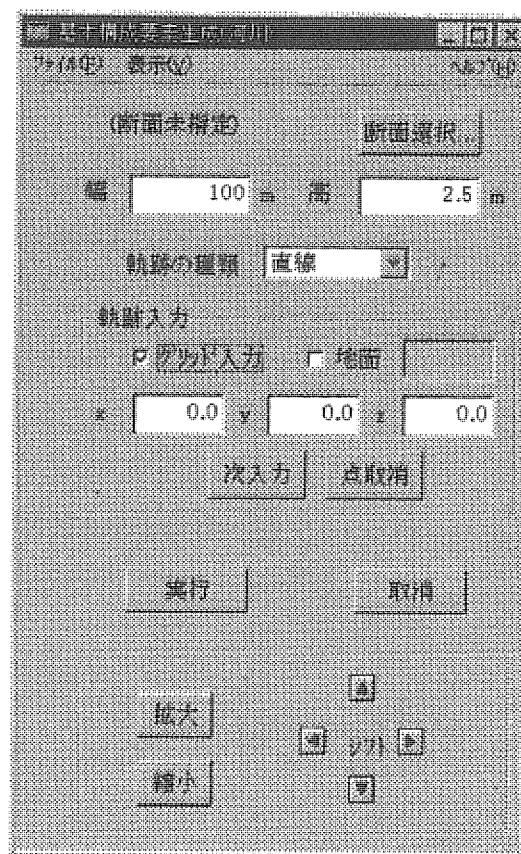


図8 基本的な河川形状生成機能の画面

## ②写真合成を行う場合

対象となる河川空間の現場写真に、対象施設のデータを上書きすることにより、手軽に景観シミュレーションを行う方法である。写真是スキャナーなどで入力し、ファイルコンバータによりSGI形式のファイルにする。河川構造物、河畔植生など付加したい対象施設は、景観データベースから検索した過去の類例、CADデータからコンバータで作成したLSS-Gデータ、あるいは景観シミュレータの形状生成機能で作成したデータが利用できる。対象施設を写真上の正しい位置に描くために、視点抽出を行う必要がある。

視点抽出機能は背景写真を、透視図と見なして、その中に写っている、座標値を明らかにできる対象物を手掛かりに、写真を撮影した視点位置、注視方向、視野角、傾斜角等を標定する。これと同じパラメータで対象施設の3次元データの透視図を作成し、上書きすれば、正確な位置に貼り付けることができる。数学的には最低4点指定する必要があるが、多くの点を与えた方が良い結果が得られる。図9に画面例を示す。

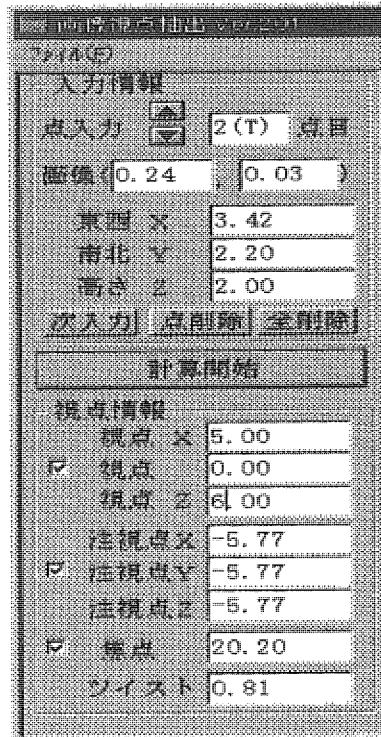


図9 画像視点抽出の画面

### 3.3.4 ポスト処理過程

ポスト処理とは、描画したCGの視点、光源や経年変化など質感を設定する過程である。おもな過程を以下に説明する。

#### ①視点設定

視点移動を行うためには、画面下部の回転・拡大縮小・シフトのボタンを操作する。視点位置・注

視方向等のパラメータを数値入力する場合には、[編集] – [視点座標] メニュー画面を開く。視点位置制御機能を起動すると、地図の補助画面を開き、可視範囲の解析、移動経路の設定（アニメーション）が行える。ただし、この機能を用いるためには、地形データが用意されている必要がある。

歩行者、子供、自動車運転者等の地面からの任意の高さからの視点高さで、地図上で指定した位置から対象物を眺めた景観を指定する機能である。これにより、正確な地点から眺めた景観を検討することが可能になり、利用者が指定した範囲から、対象物が見えるかどうか、また見えるとすればどの程度見えるかがわかる。図10に画面例を示す。

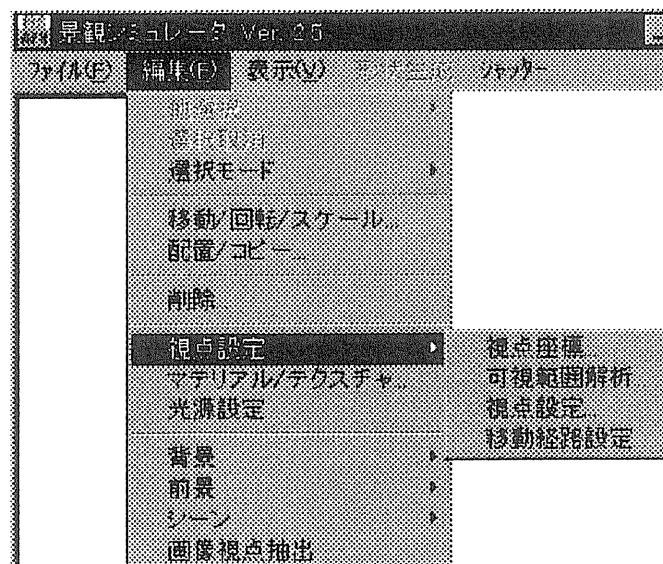


図10 視点設定の画面

## ②質 感

・経年変化：河川構造物、植生、水位の気節変化などを予測しCG画像に反映する。河川構造物、植生などはデータベースを利用し、水位は水理計算もしくは平年流況のデータベースを利用する。図11に画面例を示す。

・光源選定（レイトレーシング）：経度、緯度、月日、時刻を入力して、自動的に太陽位置を計算して、光源を生成し、軌跡計算を行い、さらに、物の濃淡、遮蔽物の陰、水面への周辺風景の写り込みと反射量を計算しCG画像に反映する。図12に画面例を示す。

・仕上材料選択編集（テクスチャ・マッピング）：対象物の表面仕上げの色彩、テクスチャ等を編集する。対象物は、画面中の対象物をマウス・クリックで選択することにより強調表示される。仕上選択は、マテリアル・テクスチャ機能により指定する。この機能では、補助のウィンドウを開いたまま、次々と対象を替えて編集することができる。原始図形の形状生成機能を用いて作成した任意の形状素材に貼り付けることも可能である。景観素材のデータベースを利用すると便利である。

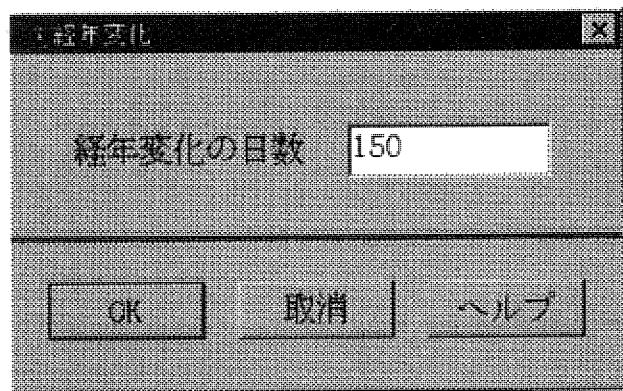


図11 経年変化設定の画面

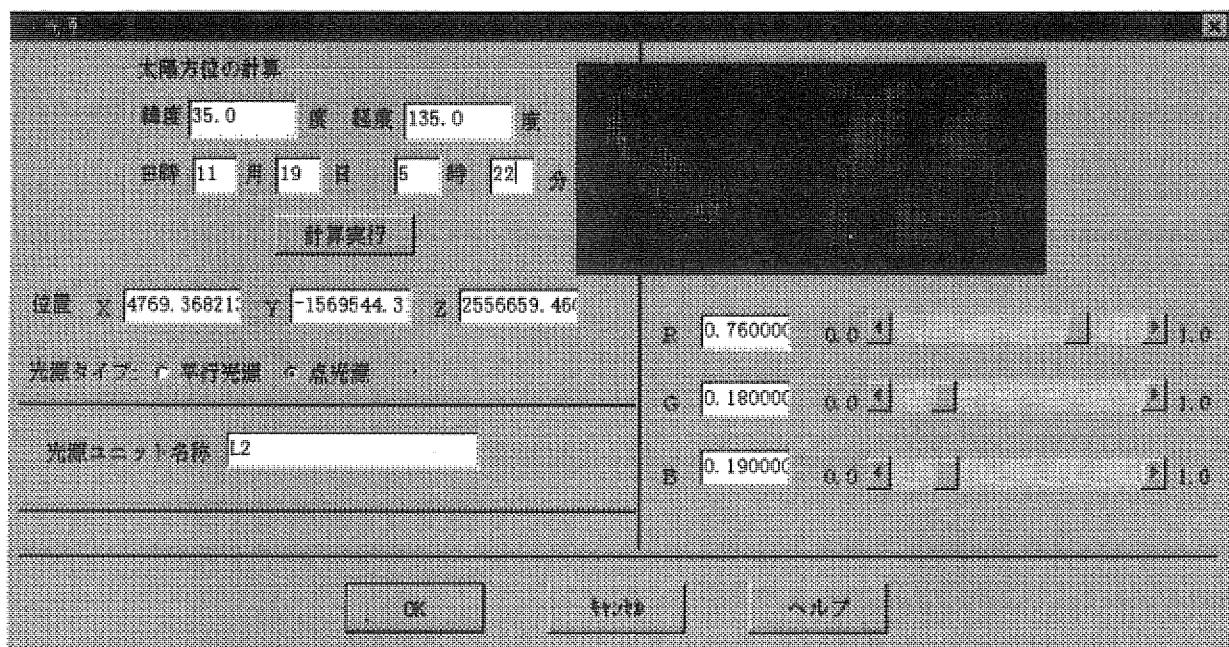


図12 光源設定の画面

#### ④景観データベースの利用

景観データベースを検索・登録する機能があり、これによって、景観素材を増やしていけば、充実したシミュレータになる。図13にデータベース登録画面例を示す。

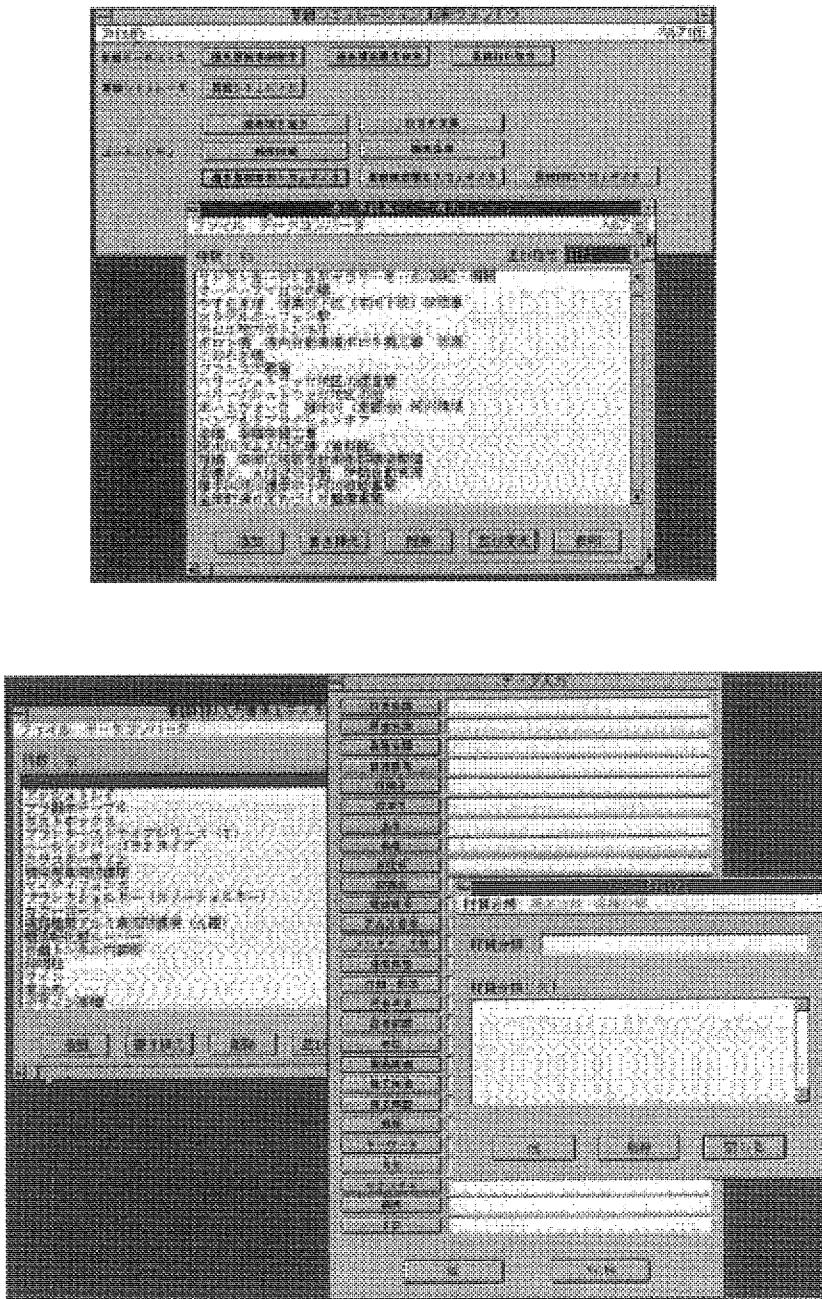


図13 景観データベースの登録画面例

### 3.4 景観シミュレーション事例

#### 3.4.1 定点写真撮影

多摩川の3カ所において、一年を通して一週間程度間隔の定点写真撮影を、A地点（野川公園内）、B地点（国道246号線との交差部）、C地点（環状8号線との交差部）で行った。四季別の代表的な風景を図14に示す。



図14(1)  
撮影した風景写真の例(A地点)



図14(2)  
撮影した風景写真の例(B地点)



図14(3)  
撮影した風景写真の例(C地点)

これを画像データベースのもとにして、プロトタイプの開発を行った。このモデルを用いて行った景観シミュレーションの事例を紹介する。

ここで開発されるものは、GUI (Graphic User Interface) で対話形式のオブジェクト指向のアプリケーションである。利用者が直接、操作するところは、データ入力と基本情報を設定するプレ処理過程と、計算処理結果の出力情報を加工するポスト処理過程の 2 つである。

### 3.4.2 景観シミュレーション事例

図15に標準画面例を、図16に経年変化の処理を行ったときの比較を、図17に光源設定の処理を行ったときの比較を、図18に視点を移動した場合の比較を示す。



図15 標準画面の例



図16 経年変化の設定の差異による比較事例



図17 光源設定の差異による比較事例



図18 視点の差異による比較事例

## 4.まとめ

平成2年の「多自然型川づくり」の通達以降、環境に配慮した河川整備が進められてきている。しかし、これらの河川整備の中には、画一的で、視覚デザインに重きをおいた景観設計の事例が多い。すなわち、物理的な形状を変えたり、自然材料を用いるだけの段階に止まり、生物の生息数の予測や出来上がった作品が住民にどのように受け入れられるかという景観工学的評価に踏み込んだ成果はない。また、水理学的な配慮はほとんどなされていないのが現状である。河川に対する治水対策がなされて、安全が確保された上でこそその景観であることが忘れ去られていることが多い。つまり、一部景観を損なっても水理的に強度が必要な箇所には、コンクリートなどによる補強が必要であるという理念が喪失している。

本章では、以上のような現状を踏まえて、まず、景観工学で河川環境がいかに取り扱われているかをレビューした後、河川景観設計のための基準となる考え方をまとめた。つまり、河川空間を防災、生息、景色、利用の場として包括的にとらえ、景観設計ではこのすべてに配慮しなければならないことを述べた。この4つの機能には、優先順位があり、第一義に防災機能、次に動植物の生息機能を優先させなければならない。

つぎに、河川空間は治水・利水の場であり、しかも生物の生息の場でもあるという特殊な空間であるという観点から、河川の景観設計アルゴリズムについて述べた。すなわち、景観防災機能評価サブモデル、生息機能評価サブモデルおよび利用・景色機能評価サブモデルを、水理量を媒介にフィードバック検討し、経過を3次元CGによる景観シミュレータで表示するシステムである。そして、開発したプロトタイプシステムを多摩川での定点写真撮影をもとにしたデータベースによって、事例紹介した。

開発したプロトタイプはこれまで巷にあふれた単なる景観シミュレータではない。つまり、河川空間を景色空間としてのみ意匠デザイン的に捉えず、多面的に考慮することによって、河川管理者、地域住民、自治体の為政者・行政者、生態学者などの利害関係者すべてが納得のいくかたちで景観設計プロセスを踏むことができ、多自然型川づくりが具体的、実際的な河川整備手法として位置づけられる。また、河川の水理量のデータが治水対策以外にも活用されることになり、河川環境管理のための、データベース整備のための指針が得られる。都市景観などと異なり、自然が共存する河川空間では四季を通じた景観モデルの構築が重要である。

### 参考文献

- ・Daniel, T.C. (1989) : Perceived Scenic Beauty and Contingent Valuation of Forest Campgrounds, Forest Science, vol.35, No1, pp.76-90
- ・Hironori MATSUZAKI and Nobuyuki TAMAI (1996) : A Study on the method of evaluating fish habitat environment by PCA under various river environmental factors, Proc. Int' Symp. on Ecohydraulics 2000, vol.B, pp.B27-B32

- John M. Nestler, Robert T. Milhous, and James B. Layzer(1989) : Instream Habitat Modeling Techniques, James A. Gore and Geoffrey E. Petts editors, Alternative in Regulated River Management, CRC Press, Boca Raton, Florida
- Nobuyuki TAMAI and Hironori MATSUZAKI(1997) : ESTIMATE OF FISH HABITAT FOR DETERMINATION OF ECOLOGICAL INSTREAM FLOW, Proc. of 27th IAHR Congress, San Francisco, Proc. Theme B, pp.444-449
- Troll, C.(1966) : Landschaftsökologie als geographisch-synoptische Naturbetrachtung, Erdkundliches Wissen, No 11, pp.1-13
- 伊藤登、長谷川智也, 瀬尾潔, 武田裕 (1987) : 河川風景主義からみた河川活動空間と景観設計手法, 土木計画学研究・論文集, No5, pp.107-114
- 岡敏弘(1995) : 環境の経済的評価, 水環境学会誌, vol.18, No5, 10-13
- 小川泰(1983) : 形の物理学—科学研究のあり方を考えるー, 海鳴社
- 奥田重俊, 佐々木寧編(1996) : 河川環境と水辺植物—植生の保全と管理ー, ソフトサイエンス社
- 葛生和人, 橋口真宜, 桑原邦郎(1995) : Open GLを使った流れ場のリアルタイムビジュアライゼーション, 第9回数値流体力学シンポジウム講演論文集, pp.129-130
- 河川環境管理財団編 (1985), 河川環境研究会監修 : 解説河川環境, 山海堂
- 河原能久, 彭 静(1996) : 越流型水制周りの流れの数値解析, 第10回数値流体力学シンポジウム, 日本数値流体力学会, pp.318-319
- 北川明, 島谷幸宏, 小栗幸雄, 渡辺裕二, 千田庸哉(1989) : 河川の視点場に関する研究, 土木研究所資料, 第2758号, 建設省土木研究所都市河川研究室
- 北村忠紀, 辻倉裕喜, 辻本哲郎(1997) : 河川景観の概念とその管理のための河川水理学, 第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, pp.159-166
- 建設省河川局監修, 社団法人日本河川協会編(1977) : 改訂建設省河川砂防技術基準(案)調査編, 山海堂
- 小林英之(1997) : 3次元フリーソフト「景観シミュレータ」ができるまで, 季刊ランドスケープデザイン, 8月号, マルモ出版, pp.42-71
- 近藤恒夫(1986) : 景観色彩学—醜彩から美観ー, 理工図書
- 倉本宣(1984) : 多摩川川辺植物群落の帶状分布とその人間活動による変化, 造園雑誌, vol.47, No5, pp.24-31
- 小池俊雄, 玉井信行, 岡村次郎(1989) : 河川を軸とした都市空間の評価と認知, 第33回水理講演会論文集, pp.619-624
- 島谷幸宏(1994) : 河川風景デザイン, 山海堂
- 千々岩英彰(1983) : 色彩学, 福村出版
- 関克己, 佐々木春喜, 鈴木輝彦, 大野博之(1997) : 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, 555/IV-34, pp.51-60

- ・玉井信行(1996)：潜在型自然川づくりの体系化にむけて，河川，No598，日本河川協会，pp.61-66
- ・東京都建設局河川部計画課(1991)：東京都河川景観ガイドライン（案），東京都情報連絡室都政情報センター管理部センター管理室
- ・中川研造・河原能久・玉井信行(1995)：ワンド内の流れの水理特性に関する実験的研究，水工学論文集，vol.9, pp.595-600
- ・中村良夫(1989)：河川景観計画の発想と方法，河川，No407, pp.23-34
- ・中村良夫，岡田一天，吉村美毅(1987)：河川空間における人の動きのパターン分析とその河川景観設計への適用，土木計画学研究・論文集，No5, pp.115-122
- ・原田聰：親水空間の計画的デザイン手法に関する研究，都市公園，No90, pp.69-73, 1987
- ・福岡捷二，藤田光一，新井田浩(1992a)：樹木群を有する河道の洪水位予測，土木学会論文集，447／II-19, pp.17-24
- ・福岡捷二，渡邊明秀，西村達也（1992b），水制工の配置法の研究，土木学会論文集，443／II-18, pp.24-31
- ・松崎浩憲，玉井信行(1997)：河川環境行政の歴史的変遷と自然回復型河川工事への提言，第17回土木史研究，pp.543-550
- ・松崎浩憲，河原能久(1996)：河川空間の景観設計に関する基礎的研究，第10回環境情報科学論文集，pp.123-126
- ・松崎浩憲，河原能久，玉井信行(1996)：3次元流れ場のリアルタイムビジュアライゼーション，第10回数値流体力学講演論文集，pp.370-371
- ・松崎浩憲，河原能久，玉井信行(1997)：河川空間の景観設計アルゴリズム，第11回環境情報科学論文集，pp.43-48
- ・武者利光(1980)：ゆらぎの世界—自然界の1／fゆらぎの不思議—，講談社ブルーバックス
- ・リバーフロント整備センター(1992)：まちと水辺に豊かな自然を，山海堂
- ・リバーフロント整備センター(1993)：川の風景を考える—景観設計ガイドライン（護岸）—，山海堂
- ・山下三平，元永秀，坂本紘二，平野宗夫，天本豊子(1989)：河川環境イメージの形成過程と河川利用行動特性，第33回水理講演会論文集，pp.631-636
- ・横山秀司(1995)：景観生態学，古今書院