

【原著論文】

# 水理解析を目的とした流域 GIS データのオブジェクト構造化と応用

小山 潤・小川茂男・吉迫 宏・島 武男

## GIS data of drainage basin for object-oriented structure modeling and its application to hydraulic analysis

Jun KOYAMA, Shigeo OGAWA, Hiroshi YOSHISAKO and Takeo SHIMA

**Abstract:** Considering the concept of object-oriented GIS, the mutual relationship of GIS data for hydraulic analysis was considered, and GIS data of drainage basin was constituted for object-oriented structure model. To facilitate the processing and representation of GIS object data, a GIS software program with the customized functions was developed. Customized functions were 1) auxiliary editing, 2) automated functions for elucidating relationships between objects and others, and 3) automatic generation and display functions for the results of hydraulic analysis. The program was applied to the hydraulic analysis in a river basin with 191 reservoirs and 211 channels, and hydraulic analysis data in this basin was automatically generated. As a result, large labor saving was enabled. The program was also applied to a multiphase functional evaluation of an agricultural waterway, and was proved useful for assessing the continuity of a fish habitation network divided by weirs or pumps.

**Keywords:** オブジェクト指向 GIS (object-oriented GIS), 水理解析 (hydraulic analysis), 不定流計算 (unsteady flow analysis)

### 1. はじめに

河川や水路の水理計算を不定流計算のシミュレーションで行う場合、シミュレーションを実行するためには、シミュレーションプログラムに応じたデータを作成することが必要である。次元不定流計算を行う場合、次のような手順が必要となる。

- ①計算対象となる水路の平面図や縦断図を用いて差分格子にしたがって分割を行う。
- ②個々の差分格子点に番号を付ける。
- ③番号に基づいて、水路の分合流や水理構造物の

データを作成する。

こうした方法でデータを作成する方法では、複雑な水路網を対象とすると、多くの労力が必要となり、水理構造物の位置を変えるとといった修正を行うことも容易でなくなる。

一方 GIS による河道や流域界の入力は、元になる地図を判読できれば、比較的容易に行うことができるので、GIS で入力されたデータを用いて、シミュレーションのためのデータを作成することが可能になれば、シミュレーションを実行する作業を格段に簡略化することができる。

GIS データに基づいてシミュレーションを行うためには、いくつかの条件が必要となる。例えば、河道データを考えた場合、GIS データでは、河道は線（ポリライン）データとして入力される。GIS デー

小山：〒 140-0013 東京都品川区南大井 6-24-14  
ハイドロシステム株式会社  
Hydro Systems Corp.  
6-24-14 Minami-Oi, Shinagawa-ku, Tokyo, 140-0013

小川, 吉迫, 島：  
(独)農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所

タを単に画面上で表示するだけであれば、河道の上下流関係は、画面上で判断すれば十分である。

シミュレーションでは、合流する河道や、合流位置を特定することが重要であり、接続関係のデータなくしては、計算を進めることはできない。GISデータを水理解析に活用するためには、データ相互の関係が明確に定義され、定義に基づいた処理を行うプログラムが必要になる。

本研究では、一次元水理解析に必要な、GISデータを整理し、それらのデータをオブジェクト指向GISの考え方の下に、データ相互の関係を考察し、オブジェクト構造を構成した。

また、オブジェクト構造に基づいたGISデータを処理するために、GISソフトウェアの機能を利用したカスタマイズプログラミングを行った。カスタマイズの内容は、①編集機能の補助機能、②接続関係等の自動生成機能、③水理解析データの自動生成機能、結果の表示機能である。

なお、本研究で用いたGISソフトウェアは、米国ESRI社のArcGIS9.0日本語版である。

## 2. オブジェクト指向GIS

GISは、レイヤ構造モデルを用いたオーバーレイによる重ね合わせ分析から、個々の空間データの特徴、相互関係を分析するオブジェクト指向GISに発展してきている(碓井, 2003)。

国土地理院では、2002年までに「地理情報標準」の規格を策定し、さらに、2005年には、その中から最小限の部分を取り出して体系化した「地理情報標準プロファイル Ver.1.0」(JPGIS)を策定した(国土交通省国土地理院, 2005a)。

地理情報標準では、河川、道路、建物などの事物、事象を「地物」と称し、地物を定義するために用いられる概念と、これらの概念がどのように関連するかを「一般地物モデル(GFM)」で定義する。GFMは、オブジェクト指向GISにおける基本的な概念であり、GFMで記述され応用分野に適用されたものが応用スキーマである。

流域水理解析のGISオブジェクト構造を提示した例として、Texas大学の"Arc Hydrology Data

Model"(Davis et al., 2000)がある。"Arc Hydrology Data Model"のオブジェクトモデルは、ESRI社のArcGISオブジェクトを拡張したもので、ArcGIS上でそのまま利用できるという利点があり、実用的には価値の高いものであるが、一般的な応用スキーマではない。

オブジェクト指向GISをより実用的なものとするためには、応用スキーマを提示するだけでなく、実際のGISデータベースやGISソフトウェアの上で、利用可能なものにする必要がある。現状においては、一般的なGFMと利用可能なGISソフトウェア機能との間には、乖離があるので、実用性を重視すると"Arc Hydrology Data Model"のようなアプローチも価値の高いものであると考えられる。本研究においては、スキーマをJPGISに基づく定義で提示し、GISソフトウェアのカスタマイズを使ってスキーマを実体化することを試みた。

## 3. 流域GISデータのオブジェクト構造

### 3.1. オブジェクト構造の表現法

GFMは、概念スキーマ言語(UML)で表現される。本稿ではJPGISで採用されているUML記述にできるだけ準拠するようにした。UMLの詳細については、JPGISの解説書(国土交通省国土地理院, 2005b)や、一般的な解説書(例えばオブジェクト指向研究会, 2000)などにある。概略は以下の通りである。

・クラス

3段に分けた長方形で表す(図1~図5参照)。1段目はクラス名で《》で囲まれた中には、ステレオタイプを示す。ここで用いたステレオタイプは、"Feature", "Abstract", "Enumeration"である。

"Feature"はJPGISで定義されたもので、地物に適用される。"Abstract"は、直接地物を表さない抽象クラスを表し、その性質は他の地物に継承される。

"Enumeration"は、型のクラスで列挙型を示す。2段目には、属性を記入する。左端の記号は、プログラミングで使用されるprivate属性の場合"- "記号とするが、ここでは全て"+ "である。": "の左側が属性名、右側が型である。型はJPGISの表記

に従った。"Real" は、浮動小数点型の数値を示し、GM\_Point, GM\_Curve, GM\_Surface は、それぞれポイント、曲線（ポリライン）、曲面（ポリゴン）の幾何図形を示す。3段目には、操作を記入するがJPGISでは操作は記さないことになっている。

・関連

クラス相互は、関連または汎化・継承で結ばれる。関連には、「弱い関連（Association）」、「強い関連（集成 Aggregation）」、「最も強い関連（合成 Composition）」の3種類がある。Association は、片方が他方を参照する場合に用いられ、参照する方向に矢印を付す。Aggregation は全体と部分という関係を表し、白いひし形で示すが、本論文では使用していない。Composition は、黒いひし形で表し、さらに強い関係で全体のクラスがなくなった場合、部分のクラスもなくなるという関係であり、例えば、GIS の編集機能で、ある河道を削除した場合、削除された河道の始終点も削除されることになる。

汎化・継承は三角形の矢印で示され、矢印が指すクラスの性質を矢印の元のクラスが継承する。元のクラスから見たときには、矢印の先のクラスは、汎化（抽象化）されたクラスとなる。

なお、全ての地物クラスは、他と一意に区別可能な識別名（文字列）を属性値を持つ抽象クラスを継承するものとする。

本稿では、自然河川の河道網で構成される場合だけでなく、農業水路等の人工水路網を対象とする場合にも適用可能な構造を提示した。煩雑さを避けるため、図中及び文中では「河道」と記述するが、内容としては「河道及び水路」を示すものとする。

### 3.2. 河道

河道は、水理解析の中心になるクラスである。本研究では、一次元水理解析を目的としているので、幅を持つ河川でもその中心線だけを河道クラスとして扱う。河道は、河道網を形成しており、他の河道と合流する。人工水路や自然河川の下流部では、分流する場合もある。河道を上流端を始点、下流端を終点とする一組の始終点を持つ折線とし、始終点に河道節点クラスを定義する。一つの河道クラスに複

数の枝は含まないものとする。分合流がある場合には、河道節点クラスの接続河道属性で一つの河道を参照するとともに、接続先における接続点の河道上距離を属性に持つ。河道のオブジェクトモデルを図1に示す。河道始点クラスと河道終点クラスは、河道節点クラスから派生したクラスであり、河道節点クラスと同じ属性を有するが、UMLでは、派生クラスの属性を記載しないので、図1の河道始点、河道終点クラスの2段目は空欄となっている。

河道クラスと河道節点クラスは、強い関係を持つので河道の空間位置を編集した場合、河道節点の空間位置も自動的に移動されることが必要となる。

これらの構造定義により、河道網上の任意の地点から上流にある河道を順にリストアップするといった処理が可能になる。

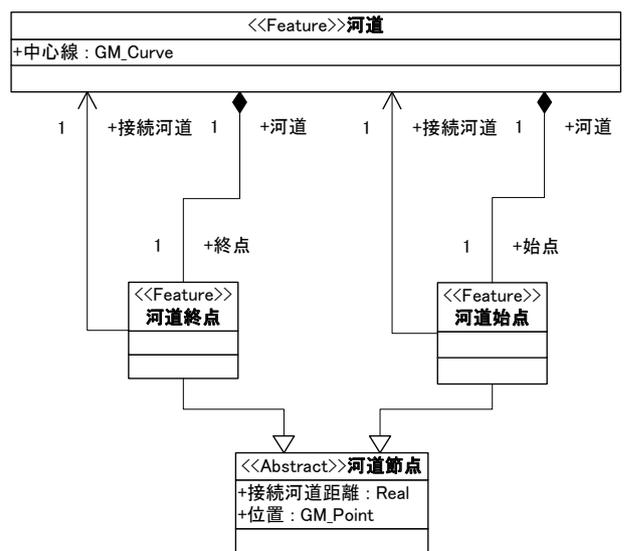


図1 河道のオブジェクトモデル

### 3.3. 河道縦横断形状

水理計算を行うためには、河道の縦横断形状を定義する必要がある。人工水路であれば縦横断形状は、設計資料から比較的容易に得られる場合も多いが、河川、特に中小河川では、資料を得にくい場合が多い。河道の横断形状は、河道クラスの属性として扱うことも考えられるが、同一河道内でも複数の異なる横断形状を持つので、別個のクラスとして表現することが妥当である。

河道横断は、河道への参照と河道上距離を属性と

して持つ。人工水路の場合には、同一の断面が一定区間継続することが多いので、適用範囲の属性で与えた横断形状を適用する範囲を属性として加えてある。また、水理計算で使用する粗度係数についても属性とした。

横断形状は、図2には、矩形断面と台形断面について示したが、河川の横断測量で得られた横断方向と鉛直方向の座標点列で構成される一般断面や、トンネル水路で用いられる馬蹄形断面などのクラスを、河道横断クラスから継承させることもできる。

縦断形状は、測量が実施されている河川の場合には、横断測量で得られた最深河床高を使用するが、中小河川の場合には、測量値が得られないことが多いので、地形図から推定した標高点と、標高点を河道上に投影した河道標高クラスを別個に定義した。河道標高クラスは、地図上の等高線が河道を横切る任意の地点に複数定義される。

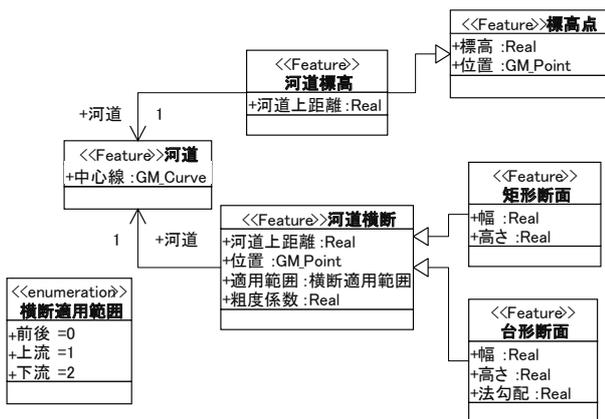


図2 河道縦横断のオブジェクトモデル

### 3.4. 水理構造物、ため池

河道上にはさまざまな構造物が存在するが水理解析にとって必要なものは、堰、ゲートなどの水理構造物である。また、流域内には、ため池などの池が存在し、それらの池を組み込んだ水理計算を行うためには、池についても定義を行う必要がある。本研究の応用例で、ため池群を含んだ流出解析を行ったので、ため池について特に詳しく扱った。

水理構造物は河道上に位置するので、属性として河道への参照と河道上の位置を持つ。水理構造物は河道を遮断するように設置されているものと、取水

用ゲートなどのように河道の河岸に設置されているものがある。この区別を河道との関係属性で表現する。水理構造物の種類は、属性値として列挙型の属性で表現することも考えられるが、より汎用的な表現としては、図3にあるように抽象クラス「水理構造物」を継承する堰等の個々の水理構造物クラスが存在する構造となる。

ため池は、地図上では拡がりを持つ多角形で表現できるが、一次元水理計算では一つの点としての表現となる。ため池には、通常満水を越えるときに機能する越流式の余水吐が設置されている。

余水吐からの流れは、河道に合流するので、合流点にため池流出点クラスを定義することができ、ため池流出点クラスは、河道の参照と河道上距離属性を持つ。ため池流出点クラスは、ユーザ入力で与えることも考えられるが、ため池に最も近い河道上の点という定義をすれば、自動的に作成することが可能になる。

山間部のため池等では、しばしば直列上にため池が配置されていることが多い。直列ため池を表現す

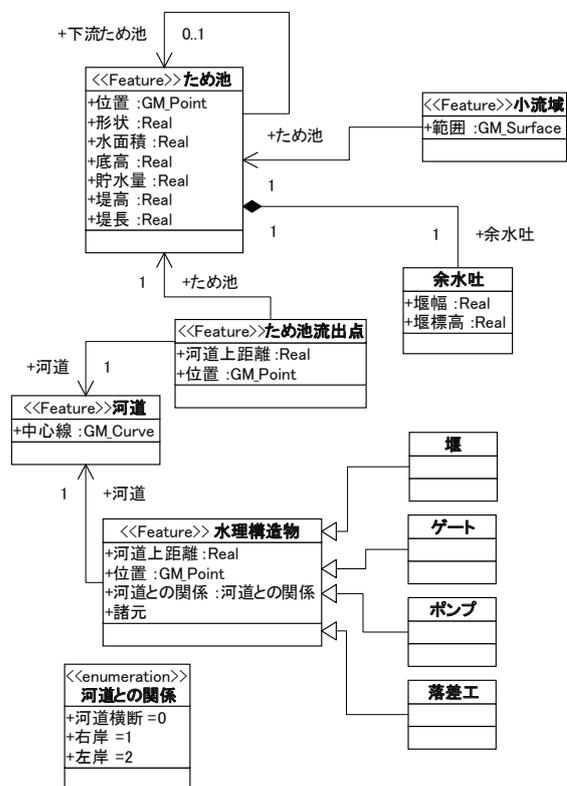


図3 水理構造物・池のオブジェクトモデル

るため、下流ため池属性で直列の下流側ため池を参照する。

これ以外に、かんがい用水を解析する場合は、ため池からのかんがい用水を取水する樋管、樋管からつながる水路への参照を加える必要がある。

### 3.5. 流域分割

流域流出計算を行う場合には、流域から河川への流出量を計算に入れる必要がある。流域は、対象とする全流域（対象流域クラス）を分割した小流域クラスから成る。小流域クラスの空間表現は、JPGISのGM\_Surfaceクラスで表現されるが、隣接する小流域は、共通の流域界を共有するという性質を有するので、正確には、GM\_Surfaceのインスタンス表現としては、隣接流域界の折線を共有するような形で与えることになる。

流域から河川への流出は、流域内の河道全体に生じるが、計算上は一点への流出として扱うので、流域流出点クラスを定義し、河道及び小流域への参照を持つ構造となる。流域流出点クラスは、流域内に存在する河道のうち、最下流点に存在するとルールを決めれば、自動生成することが可能である。

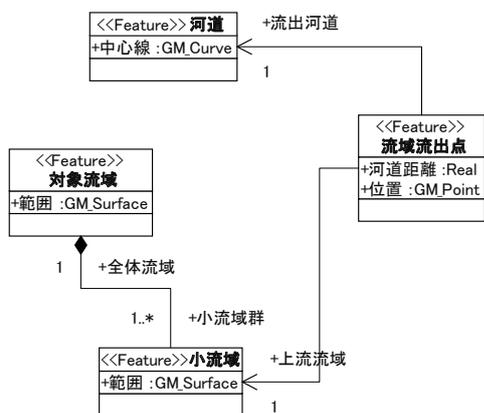


図4 流域のオブジェクトモデル

### 3.6. 土地利用

流域からの流出量を計算するとき、土地利用により降雨から流量への変換が異なるので、小流域クラスから、土地利用面積属性を加えたクラスを派生させる必要がある。

土地利用クラスは、ポリゴン領域と値のペア

で示されるので、JPGISのCV\_DiscreteSurfaceCoverageクラスで表現できる。土地利用クラスと流域土地利用クラスとは、直接的な関連は持たないが、土地利用種類の個数分だけ流域土地利用クラスの土地利用面積属性が存在することになる。

図5の土地利用面積属性に付した[1..\*]は、土地利用面積属性が複数存在することを表す。

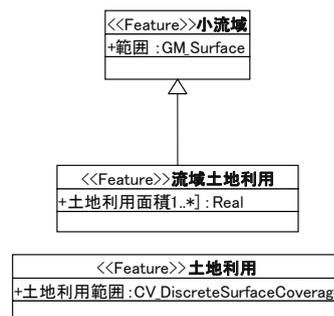


図5 流域土地利用のオブジェクトモデル

## 4. 自動化プログラムの作成

### 4.1. プログラムの作成方針

近年のGISソフトウェアでは、オブジェクト指向への対応も進んできている。例えば、ArcGISでは、従来のデータ形式である「シェープファイル」に加えてデータベースエンジンと組み合わせた「ジオデータベース」が採用され、データごとに特別な性質を持たせる拡張機能が可能になっている。また、「ジオメトリックネットワーク」や「トポロジー」といった機能が付属し、オブジェクト間の関連を自動的に処理できるようになっている。

しかしながら、これらの機能を使用するためには、拡張ライセンスや、拡張機能を必要とすること、機能が一般的であり、必ずしも応用スキーマに適合するものではないことから、本研究では、シェープファイルデータ形式を使用し、最小限のライセンスで使用可能な機能でカスタマイズを行うことを試みた。

使用したプログラミング言語は、Microsoft Visual Basic 6.0である。

### 4.2. 編集補助機能

GISソフトウェアの編集機能をカスタマイズして、オブジェクト間の関連を自動的に作成するプロ

グラムを開発した。このカスタマイズにより、利用者は河道の位置を入力するだけで、接続河道の参照、接続点の河道上距離はプログラムにより自動的に入力されることになる。

オブジェクトごとのカスタマイズ内容を表1に示す。

表1に示したものの以外に、オブジェクト追加時に識別名を入力する機能、識別名が一意であることを検査する機能、識別名が変更された場合、変更された識別名を参照する側も修正する機能など識別名の編集に関する機能もプログラム化した。

自動編集機能により河道を移動した場合に、接続する河道が移動する例を図6に示す。

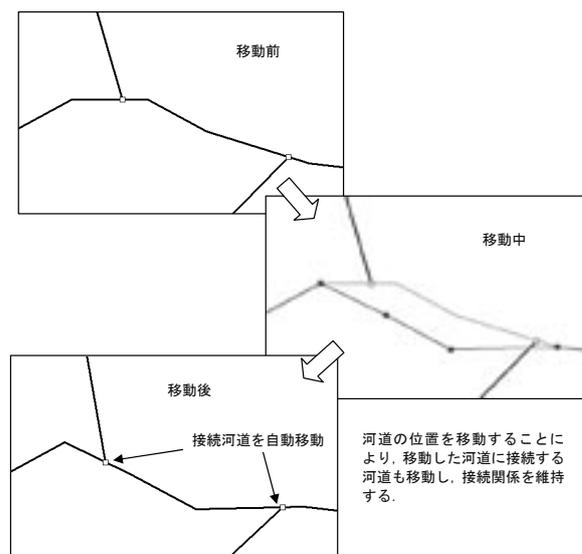


図6 編集機能カスタマイズの例

### 4.3. 流出点の自動作成

流域から河道への流出点など、河道への流出に関しては、データ入力後にプログラムにより一括して求めるようにした。

作成した機能は以下の通りである。

#### ①流域から河道への流出点

小流域内に存在する河道のうち最も下流側の点

を流域流出点とし、流域流出点オブジェクトを自動生成する。

#### ②ため池から河道への流出点

ため池に最も近い河道上の点をため池流出点とし、ため池流出点オブジェクトを自動生成する。

#### ③ため池の上下関係の判定

上記②で求めたため池流出点から河道に沿って下流方向に辿ったときに、別のため池流出点が存在した場合、ため池の上下流関係が成立するものとし、ため池オブジェクトの下流ため池属性を自動生成する。

#### ④ため池流域の判定

小流域内にため池が存在する場合、当該流域はため池に流出するものとし、小流域オブジェクトのため池属性を自動生成する。

これらの機能により流域ごとの流出点を求めて示したものが図7である。図では、わかりやすくするため、小流域の重心点と流出点を結ぶ線から構成される流域流出レイヤを作成して表示している。丸印はため池であり、色を付けたものは、直列ため池の上流側である。実線で結ばれた流域が河道流出流域であり、破線でため池と結ばれた流域がため池流出流域である。

表1 編集機能カスタマイズ内容

河道オブジェクトの場合	
編集アクション	カスタマイズ内容
追加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・始点、終点に河道節点を生成する。</li> <li>・始点または終点が他の河道と接している場合、河道節点の接続河道参照と距離属性を入力する。</li> </ul>
削除	<ul style="list-style-type: none"> <li>・始点、終点の河道節点を削除する。</li> <li>・削除された河道に接続する河道の河道節点から接続情報を削除する。</li> <li>・削除された河道上にある河川横断、水理構造物を削除する。</li> </ul>
移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・始点、終点の河道節点を移動する。</li> <li>・移動された河道に接続する河道の位置を移動する。</li> </ul>
河川横断オブジェクト、水理構造物オブジェクトの場合	
編集アクション	カスタマイズ内容
追加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河道を選択してから入力することを強制し、河道上に河川横断、水理構造物を追加し、河道参照を入力する。</li> </ul>
移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他の河道上への移動を禁止する。</li> <li>・河道上距離を修正する。</li> </ul>



図7 流域流出点, ため池流域の表示

#### 4.4. 流域土地利用の算定

流域土地利用は、小流域オブジェクトと土地利用オブジェクトの空間的な交差（インターセクト）の面積を計算することにより作成できる。プログラム上は、小流域ごとに土地利用面積を独立テーブルに作成し、小流域オブジェクトとテーブル結合を行うことにより流域土地利用オブジェクトを作成した。

#### 4.5. 不定流水理解析データの作成

一次元不定流計算は、偏微分方程式を差分法で近似することにより実行される。利用した差分スキームは、「Leapfrog」スキームであり、流速計算点と水位計算点が交互に配置されるスキームである(中村・白石, 1971)。本稿では、隣接する2個の流速計算点に挟まれた区間を、「セル」と称する。一つのセルは、同一の横断形状を持つ必要があるため、横断形状の変化点に流速計算点を配置する必要がある。また、堰などの水理構造物も流速計算点上におく必要がある。

プログラムでは、与えられた任意の差分格子間隔と、河道横断、水理構造物の河道上距離から、不定流セルを生成した。各セルには、標高(最深河床高)を与える必要があるが、与えられた標高点を、河道上に垂直投影した河道標高を求め、内挿及び外挿により求めた。ため池を考慮する場合には、ため池を一つのセルとして、河道につなぐデータとした。

図8は生成された不定流セルの例である。河道に交差する線がセルの区切りである。四角で囲まれた

数値は、与えた標高点であり、河道の脇に示した数値は、求められた最深河床高である。最深河床高は、標高点から補間により求められた値から、河道横断から決まる堤防高を差し引いた値とした。

不定流計算データは、Microsoft Excelのワークシート上に作成され、Excelから計算ライブラリを呼び出して実行される。

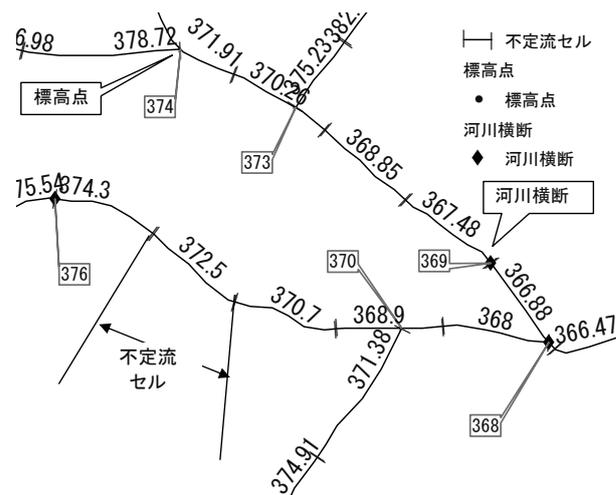


図8 不定流セルの生成

また、セル作成時に、河道ポリラインをセルごとに分割した不定流セルオブジェクトをGIS上で作成した。不定流セルオブジェクトには、計算結果の流量、水位等を格納する属性を用意し、計算終了後計算値を読み込むためのプログラムも作成した。

水理構造物については、さまざまな諸元が必要となるので、GISデータだけで全てを作成できない。そのため、Excel上で、諸元を追加する方法とした。

流域からの流出量を与える場合には、降雨量データを別途用意し、貯留関数法により土地利用ごとの単位流域流出量を算定し、小流域の面積を乗じて不定流計算の境界流量データとした。

#### 4.6. データ作成手順

自動化プログラムにより利用者が入力が必要とするオブジェクトと、プログラムにより自動生成されるオブジェクトを整理すると表2の通りとなる。

表下段の「自動生成されるもの」の中で、位置の欄に○印を付したものは、位置についてもプログラ

ムで自動生成されることを表す。また、上段と下段の双方に示したものは、一部の属性値が自動生成されることを表す。例えば、河道に関しては、位置は入力作業が必要であるが、始点、終点の河道節点は自動生成されることを表す。

なお、小流域については、精度の良いDEM（数値標高データ）が得られる場合には、自動生成も可能と考えられる。

表2 入力形態から見たオブジェクトの分類

入力が必要とするもの		
オブジェクト	位置	属性
河道	○	
ため池	○	諸元
小流域	○	
水理構造物	○	河道との関係、種類、諸元
標高点	○	標高
河道横断	○	適用範囲、粗度係数、諸元
土地利用	○	
自動生成されるもの		
オブジェクト	位置	属性
河道		始点、終点
河道節点	○	河道、接続河道、河道上距離
ため池		下流ため池
小流域		ため池流出
水理構造物		河道、河道上距離
河道横断		河道、河道上距離
ため池流出点	○	河道、河道上距離
流域流出点	○	河道、河道上距離
河道標高	○	河道、河道上距離
流域土地利用	○	土地利用面積率

基本的なデータの空間上の位置や、諸元等は入力作業を必要とするが、接続関係や流出点については、プログラムにより生成されるため、データ作成作業が容易になる。

## 5. 応用例

### 5.1. 流域流出解析

ここでは、ため池群を含む流域の流出解析に、自動化プログラムを応用した例を示す。流域にため池が存在する場合、ため池の貯留効果により下流への流出が抑制される。流域内に多数のため池が存在す

る場合には、流域全体としての流出抑制効果が期待される。しかしながら、多数のため池が存在する場合には、データの作成に多くの労力を必要とすることもあり、解析が行われた例は少ない。

河道のデータは、数値地図25000地図画像を使用し、地図上で河川が表示されているものと、地形から流路が推定される箇所を判読して作成した。作成した河道は211本、流路総延長は約23.9km、小流域の個数は850である。河道の不定流セルは、長さ200mを基本に作成し、作成されたセル数は1024である。土地利用は、地図画像から水田、畑地、樹園地を判読し、それ以外を林地とした。

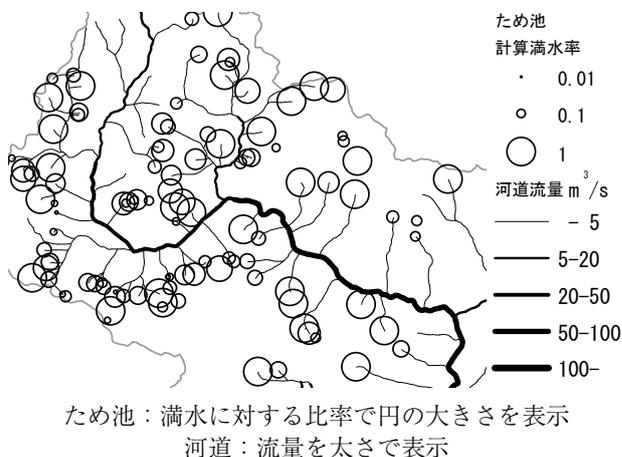


図9 不定流計算結果の表示例

流域からの流出量は、土地利用ごとに別個の貯留関数モデルを使用して求め、流域流出点及びため池に流出するように与えた。このように広い対象にもかかわらず、自動化プログラムにより、不定流計算データ作成作業は大幅に省力化することができた。

この例の場合、仮に不定流計算データの作成に自動化プログラムを使用しない場合、データ作成に要する時間は、数10時間以上に達すると推定される。自動化プログラムを利用すると、コンピュータの性能にもよるが30分以内で作成が可能になる。結果として、自動化しない場合の1%位の時間で作成できると推定される。

作成されたデータを用いた解析の詳細については、別稿（吉迫ほか、2006）に示した。別稿では、流域流出モデル、計算値と観測値との整合を示すと

ともに、降雨パターン、ため池初期水位の違いによるピーク流量軽減効果を検討し、ため池群の存在による流出抑制効果が認められる結果が得られたことを示した。

図9は、計算結果をGISに読込表示した例の一部である。

## 5.2. 農業水路の多面的機能評価

農業水路は、農地にかんがい用水を送ったり、農地からの排水を流すといった本来の機能があるが、それ以外に、水質浄化機能、生態保全機能、親水機能といった多面的な機能がある。多面的機能により、農業水路は、単に農業生産に寄与するだけでなく、非農家を含めた地域全体の環境にとってさまざまに寄与している。これからの農業水路の整備においては、多面的機能がより効率的に発揮できるような計画が求められており、そのための評価手法が必要となる。

農業水路の多面的機能の評価する場合、農業水路をシステムとしてとらえることにより、より明確に評価することが可能になる(鳥ほか, 2005)。水路システムとは、取水施設、用水路、排水路などで構成される系全体である。

多面的機能評価のための一つの手段として、GISは有効な手段となる。GISの表現法により視覚的にすぐれた定性評価が可能になるが、GISを水理解析に結びつけることにより定量的な評価も可能になる。

生態保全機能の中で水路に生息する魚類の生息ネットワークに着目した場合、堰やポンプなどの構造物は、生息ネットワークの分断要因となる。

生息ネットワークがどのような配置になっているかを知るためには、水路の接続関係が定義されていること、構造物と水路の関係が明確になっていることが必要であり、本稿で示したオブジェクト構造化されたGISデータが有効に活用できる。さらに、機能評価のために、ハビタット(生息空間)といった評価のためのオブジェクトを、水路との位置関係を明確にして追加することにより、さらに別の視点からの評価も可能になる。

こうした評価は、本稿で示したオブジェクト構造と自動化プログラムを拡張することにより比較的容易に実現できる。図10は、堰やポンプによる分断から、連続したネットワークを求め、個々の連続したネットワークごとに記号を変えて表示した例である。

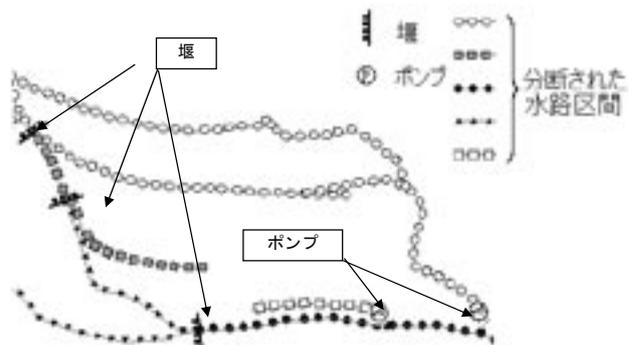


図10 水路分断で分類した水路

魚類の生息には、水路の連続性だけでなく、流速や水深といった要素も重要である。水路GISデータから水理解析を行い、地点ごとの流速、水深分布を求めることにより、より進んだ評価が可能になる。

## 6. おわりに

本研究では、GISデータから水理解析を行うことを目的として、オブジェクト指向GISの考え方にに基づき、水理解析に関係する流域GISデータ相互の関連を考慮したオブジェクト構造を提示した。次に、オブジェクト構造に基づきGISソフトウェアのカスタマイズを行い、入力処理の効率化を図るとともに水理解析データの自動作成を行った。作成したプログラムを使用して、ため池群を含む流域の水理解析に応用し、さらに、農業水路の多面的機能評価への応用を検討した。

本研究により次に示す効果が得られた。

- ①水理解析に関連する流域GISデータの構造が明らかになり、今後のデータ作成に寄与できる。
- ②カスタマイズプログラムにより、オブジェクト構造に基づいたGISデータの入力 became 容易になった。
- ③水理解析のためのデータ作成が省力化され、

GIS上で計算結果を表示することも容易となった。

本研究で採用したGISソフトウェアのカスタマイズ方法には、いくつかの課題が残されていると考えられる。最も大きな課題は、提示したオブジェクト構造モデルとプログラムが1対1に対応していないことである。

オブジェクト指向GISは、提示した応用スキーマが、オブジェクト指向プログラミング言語のソースコードに翻訳されることが理想的な姿である。近年では、XMLスキーマで記述されたものをプログラムコードに変換するユーティリティも開発されており（例えばMicrosoft, 2005）、オブジェクト指向開発が容易になってきている。今回の方法は、ArcGISの標準的な機能だけを使用したこともあり、応用スキーマとプログラムコードが十分に整合しているとは言えない部分がある。今後は、応用スキーマとプログラムの整合につき研究を進める必要がある。

本研究では、オブジェクト構造に基づくGISソフトウェアのカスタマイズは、GISデータから水理解析データを自動作成することを主眼として行ったが、応用例に示した多面的機能評価にも見られるように、目的に応じたオブジェクトを追加することにより、農業水利施設の管理など、多方面への応用が可能になる。

農業分野だけでなくさまざまな分野で、水路などの施設資産をGISデータとして整備し管理する試みが行われているが、データ相互間の関連を考慮せずに整備した場合、整備されたデータは、単に見るだけのデータになってしまう。本研究で示したような方法で、オブジェクト指向の立場で、相互関連を考慮し、オブジェクト構造を考えて整備することにより、高機能GISソフトウェアの解析機能を生かすことが可能になる。

## 謝辞

本研究は、農林水産省から(独)農業工学研究所(現(独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所)に委託された委託研究「広域防災機能等検討－広域防災機能発揮に向けたため池群管理のあり方」の中で、行われた研究を中心にまとめたものである。委託事業の中心となられた同研究所大西亮一元部長、高橋順二部長のご指導と、研究の機会を与えていただいたことに深く感謝いたします。

## 参考文献

- 碓井照子(2003) GIS革命と地理学－オブジェクト指向GISと地誌学的方法論.「地理学評論」, **76**, 687-701.
- オブジェクト指向研究会(2000)『オブジェクトモデリング表記法ガイドUML1.3』, ピアソン・エデュケーション.
- 国土交通省国土地理院(2005a)『地理情報標準プロファイルVer1.0』, 国土地理院技術資料 A・1 - No.304.
- 国土交通省国土地理院(2005b)『地理情報標準プロファイル(JPGIS) Ver. 1.0 解説書』, 国土地理院技術資料 A・1 - No.305.
- 島 武男・田中良和・向井章恵・中 達雄(2005) システムとしての農業水路魚類生態環境の評価・表記手法の開発.「システム農学」, **21**, 113-123.
- 中村 充・白石英彦(1971) 数理モデルによる非定常現象の解析－湾, 河川, 湖におけるシミュレーション－.「農業土木試験場報告」, **9**, 137-158.
- 吉迫 宏・小川茂男・小山 潤・中西憲雄(2006) 谷池型ため池群の持つ洪水ピーク軽減効果－広島県椋梨川流域における事例.「農業土木学会論文集」, (投稿中)
- Davis, K. M., Whiteaker, T. L., Maidment, D. R., Honeycutt, D. M. (2000) Definition of the Arc hydrology data model.  
<<http://www.crrw.utexas.edu/giswr/resources/library/archydro.pdf>>.
- Microsoft (2005) XMLスキーマ定義ツール(Xsd.exe).  
<[http://msdn2.microsoft.com/ja-jp/library/x6c1kb0s\(VS.80\).aspx](http://msdn2.microsoft.com/ja-jp/library/x6c1kb0s(VS.80).aspx)>.