

流域場情報システムの開発 - 流域地形を対象として -

京都大学工学部	正員	高棹琢馬
京都大学工学部	正員	椎葉充晴
京都大学工学部	正員	立川康人
西松建設(株)	正員	○大江郁夫
安田火災(株)		中村浩二

1. はじめに 本研究は

- 流域地形形状に即した雨水流出のモデル化を図るためには、流域場(流域地形)をいかに表現すべきか。
- そのような流域の表現形式を得るためには実際にどのようなシステム(計算機プログラム)を構築する必要があるか。
- 本研究で提案する流域場(流域地形)の表現手法を用いると、どのような地形量が算定できるか。

という問題設定のもとに流域場情報システム(Basin Geomorphic Information System:BGIS)の構築を図った。Fig 1 に BGIS の全体構想を示す。システム全体として地質、土地利用も含めた流域場全体の情報を一元管理し、分布型流出モデルに必要な情報を提供するシステムをイメージしているが、本研究では流域地形に着目して Fig 1 の網掛け部分に相当する部分をシステム化した。

2. 流域地形情報編集・加工システムの構築 地形形状をモデル化する手法として、等高線図モデル、グリッドモデル、三角形網モデルが提案されている。本研究では、雨水の流出方向が限定されない点、モデルの地形形状と実地形の形状が異なった場合に新たな点を設けて三角形網を再構成することにより地形形状に即したモデル化が可能である点より三角形網モデルを採用した。流域地形情報編集・加工システムの全体構成を Fig 2 に示す。このシステムの入力データセットは一つの流域に対して、対象流域を覆うメッシュ格子点の座標を収めたメッシュ標高データセット、メッシュの辺と河道の交点により河道網を表現する流路位置データセットの2つである。この2つのデータセットは国土数値情報などをもとに前処理システムにより作成される。最終的な出力データセットは、頂点の座標を記録するデータセット、三角形要素の情報を記録するデータセット、河道網構造を記録するデータセットの3つである。仮想的な流域(Fig 3)に対して流域地形情報編集・加工システムを適用した最終的な出力データセットの例を Table 1 に示す。すでに高棹¹⁾はこのデータ形式で流域を表現すること、及びデータ作成手法を提案したが、完全に計算機上で実現したわけでない。本研究ではこの3つのデータセットを次のサ

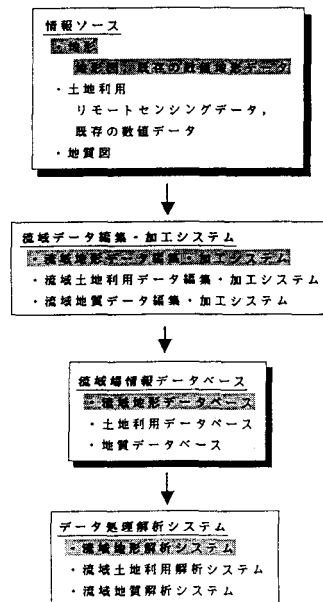


Fig 1. BGIS の全体構想

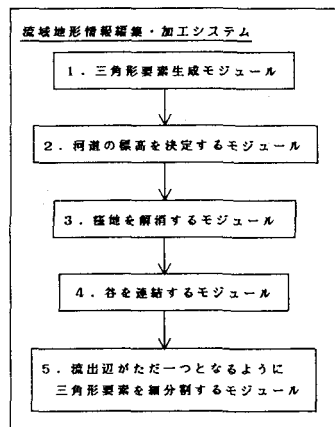


Fig 2. 流域地形編集・加工システム

Table 1. 流域地形情報編集・加工システムによって作成されるデータセット

(a) 三角形要素のデータセット

三角形	メッシュ番号	頂点番号	隣接三角形番号	辺の性質	辺の属性	法線ベクトル
a	1	1 2 10	NULL b e	3 1 2	0 2 4	-0.71 0.71 0.07
b	1	2 11 10	a f c	2 1 3	4 1 4	-0.71 0.71 0.07
c	1	11 5 10	b m d	1 3 3	4 5 4	-0.89 -0.41 0.09

辺の性質: 1 流出辺, 2 流れに平行な辺, 3 流入辺

辺の属性: 1 谷, 3 河道, 4 斜面, 5 尾根, 0 メッシュをかけた範囲の境界

(b) 頂点座標のデータセット

頂点番号	座	標
1	25.00	301.25
2	50.00	287.55
3	75.00	288.69

(c) 河道網のデータセット

リンク番号	下流リンク番号	上流リンク番号	河道を構成する頂点番号
1	NULL	2 3	10, 11, 12
2	1	NULL	12, 13, 14
3	1	NULL	12, 15

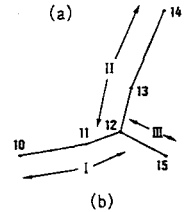
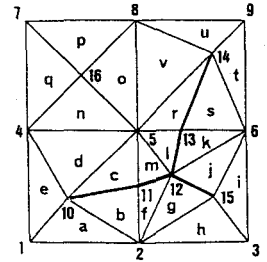


Fig 3. 三角形要素による流域の表現
(a) 流域の三角形要素表現
(b) 河道網構造

ブシステムを用いて作成する。①三角形要素生成モジュールではメッシュの格子点と河道とメッシュの辺の交点を用いて三角形要素を作成する。メッシュに河道が通過するパターンが簡単な場合は計算機が自動的に三角形要素を生成させ、複雑な場合は計算機が検出してオペレータが三角形要素を作成させる。②河道の標高を決定するモジュールでは本来谷となる河道を構成する辺が谷となっていない場合や、上流側の点の下流側の点より低いといった矛盾が生じないように河道を構成する頂点の標高を調整する。ここで谷とは、二つの三角形要素が共有する辺の流出入の可能性が Fig 4 のようにどちらの三角形要素からみても流入辺となる辺である。③窪地を解消するモジュールでは実地形では窪地でないのにデータ上では窪地となる点を計算機が検出してオペレータが実地形と照らし合わせながら窪地を解消する。Fig 5 は実際に計算機が検出した窪地となる点である。オペレータが新たに対象とする窪地 P より低い点 N を設け、計算機が三角形要素網を再構成する。新たに設けた点 P がその周りにある点より低いか、新たに設けた点 P が河道上に達すれば窪地が解消されたとする。なお、新たな点 P が河道上に達して窪地を解消した場合、河道の標高に矛盾が生じた可能性があるため、もう一度河道の標高を決定するモジュールに通す必要がある。④谷を連結するモジュールでは孤立した谷の最下端より最急勾配方向に下った結果、河道に到達すれば、その谷及び河道網に到達するまでの経路を河道網の一部として考え河道網を再構成する。⑤三角形要素を細分割するモジュールでは流出辺がただ一つとなるように三角形要素を細分割する。このように三角形要素が分割されていれば、河道を辺に持つ三角形要素からはじめて、各三角形要素にその雨水が流れ込む三角形要素を次々たどることにより、その河道を構成する辺への斜面流出に寄与する地域を求めることができる。

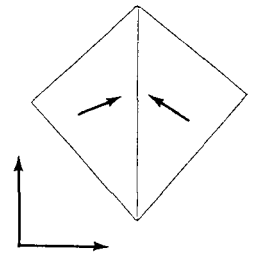


Fig 4. 谷の例

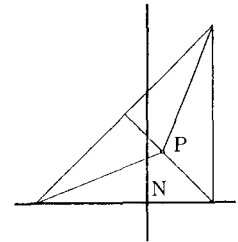


Fig 5. 計算機が検出した窪地

3. 流域地形解析システムの構築 本システムは、流域地形編集・加工システムで作成される流域地形データベースをもとに、流域界の特定及び、流域内の地形諸量を解析して、データとして蓄積し、目的に応じて

地形量の分布を主題図やグラフで表示するシステムである。本システムで解析する流域地形諸量としては、流域面積・流下距離・勾配・方位・標高・起伏である。それぞれの地形量について、プロセスを説明していく。

流域界 対象としている河道の最下流端より上流にある、河道を構成する三角形要素の辺をもつ三角形要素に流入する可能性のある三角形要素を次々とたどることにより特定する。表示用プログラムとして、流域界を特定した主題図、河道区分ごとに寄与する流域を色分けした主題図を用意している。またこの作業は以下の諸量を求める前にまず最初に行うものである。

流域面積 流域界を特定した後に流域界内の三角形要素の面積の和を求める。面積は水平面上に投影し求めたもの、空間上で求めたものを用意している。

流下距離 ある流域内の三角形要素の重心から最急勾配方向に下りていき、河道に到達するまでの距離を求める。

勾配, 方位 三角形要素の情報を記録するデータセットに収められている、三角形要素の法線ベクトルより求める。

標高 流域内の全ての三角形要素の重心の標高を計算する。

起伏 流域内の三角形要素とそれに隣接する三角形要素の 4 つの三角形要素の重心での標高を求め、最大値と最小値の差の絶対値を求める。

4. 適用 本研究で提案した 2 つのシステムを野洲川支川荒川試験地流域梅ヶ谷流域（流域面積 0.184 km²）に適用した。流域地形情報編集・加工システムの入力データであるメッシュ標高データセット、流路位置データセットは、国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図をもとに等高線と河道をデジタイザーで読み取った。流域地形情報編集・加工システムの各モジュールによる加工後の頂点数と三角形要素数を Table 2 にまとめた。三角形要素生成モジュールでは、総メッシュ数 510 個のうち対話的に三角形要素を分割しなければいけないメッシュ数は 10 個と少なくオペレータの負担は少なかったといえる。また窪地を解消するモジュールにおいては総頂点数 1118 個のうち窪地は 2 個と少なくこれもオペレータの負担は少ないといえる。Fig 6 に荒川の細分割後の三次元表現したものを示す。このデータをもとに流域地形解析システムを適用した結果を Fig 7 ～ Fig 10 に示す。紙数の関係上掲載したのは、流域分割図（Fig 7）、流下距離の分布図・グラフ（Fig 8・Fig 9）、標高の分布図（Fig 10）である。

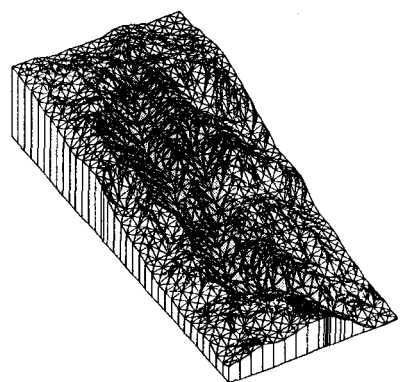


Fig 6. 荒川試験地流域の三次元表示

Table 2. 各モジュールによるデータ加工後の
頂点数と三角形要素数

モジュール	頂点数	三角形要素数
三角形要素生成モジュール	1105	2103
窪地を解消するモジュール	1118	2129
谷を連結するモジュール	1166	2230
三角形要素を細分割するモジュール	3490	6856
メッシュサイズ	28m	
窪地数	2個	

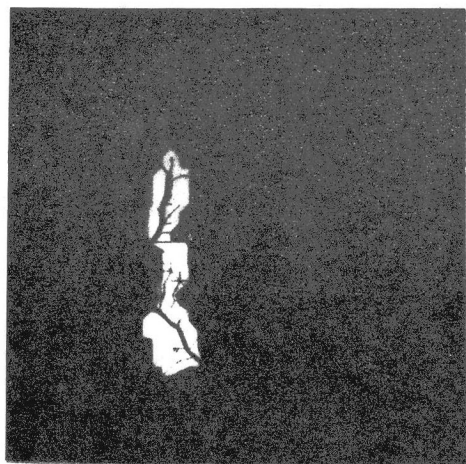


Fig 7. 流域分割図

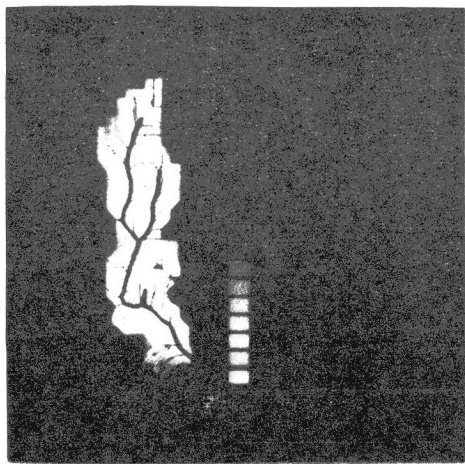


Fig 8. 流下距離の分布図

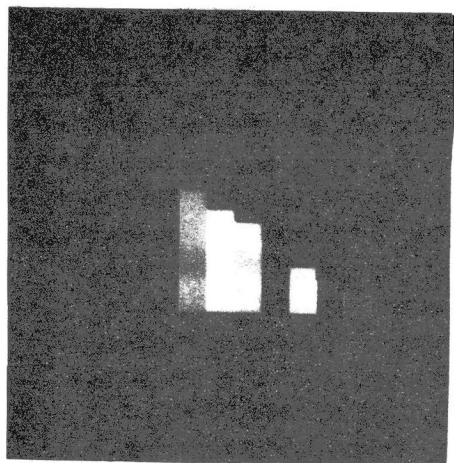


Fig 9. 流下距離のグラフ

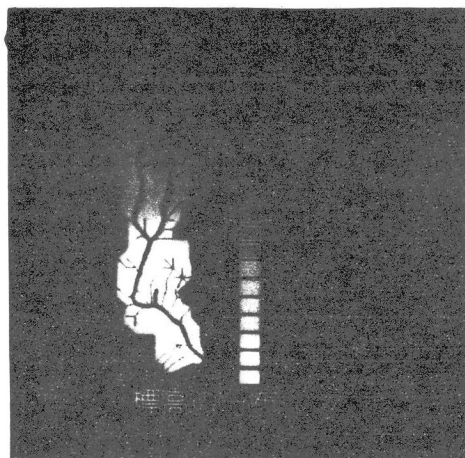


Fig10. 標高の分布図

5. まとめ 本研究では、分布型流出モデルのための地形情報を提供する流域場情報システムのうち地形形状に関する部分をシステム化し、さらに斜面の様々な特性を算定する地形解析ツールを開発して流域地形の特性を抽出することを試みた。

参考文献 1) 高棹琢馬・椎葉充晴・立川康人・山口昌利・大江郁夫：TIN-DEM データ形式による流域地形の表現について、平成 3 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集
2) 高棹琢馬・椎葉充晴・立川康人・大江郁夫：TIN-DEMデータ形式を用いた流域場情報システムの開発、1992 年 水工論文集