

## 第II部門

### 流域地形分析のための新たな流出場モデルの構築

大豊建設株式会社 正員 ○ 榊原哲由 京都大学防災研究所 正員 椎葉充晴  
京都大学防災研究所 正員 立川康人 京都大学大学院工学研究科 正員 高棹琢馬

1 はじめに 流域の斜面形状は谷型や尾根型などさまざまな形状をとり、その形状が降雨や土砂の流出形態に影響を及ぼすと考えられる。よって、流出現象をモデル化するにあたり、流域場を実地形に即した形で表現することが重要である。

本研究では、河川流域地形のモデルとして、格子点(グリッド)で標高が与えられる形のモデルを基礎とした表現を新たに提案する。

格子点で標高が与えられる形のモデルを基礎とした河川流域地形の表現形式として、落水線による方法がある。落水線は、各格子点を最急勾配で下る方向の格子点と結ぶことにより作成される。この方法では、発散型の地形にはうまく対応できない。

そこで、本研究では、雨水流下方向を決める処理として、最急勾配方向に下る処理だけでなく、最急勾配方向に上る処理を加えて発散型の地形に対応する。

また、各格子点を結んだ流水線を実際には線としてではなく、斜面素片として、すなわち、面として取り扱うこととして、斜面流のモデルに適用できるようにする。地形の統計的な解析や地形の特徴を抽出できるように、流域斜面地形を多数の斜面群に分解する方法も提案する。

2 流域地形の数理表現手法 今回、流域場をモデル化するために、ノード、エッジという概念を導入する。ノードとは、流域上に配置された点のことである。エッジとは、両端がノードである、つまり、ノードとノードを連結している線(面)のことを意味する。ノードとエッジはそれぞれ属性をもつ。ノードについては、河道網を構成している点(以下河道点と呼ぶ)、斜面を構成する点(以下流域点と呼ぶ)の2つの属性をもつ。エッジについては、河道点と河道点を結ぶエッジ、河道点と流域点を結ぶエッジ、流域点と流域点を結ぶエッジ(斜面素片)の3つの属性をもつ。

流域場は、それぞれ属性の異なるノードとこれらノードとノードを結んだエッジの集合により表されることになる(図1)。

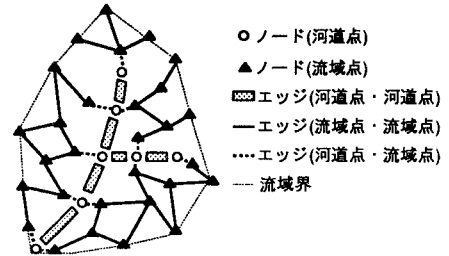


図1 ノードとエッジの概念図

一般の流域点は、自分周りの4辺形それぞれの面積の4分の1を合計した値をもっているとする。河道点には、河道を挟んで同一の $x, y$ 座標をもつ2つの流域点を設け、それぞれの受け持つ面の割合による値をもつことにする。これら流域点の面積を流水線に配分することによって、流水線に面積をもたせて、斜面素片と呼ぶことにする。

### 3 流域場モデルの実現手法

3.1 流域場を表現するためのデータとそのデータ構造 本研究では、ノードとエッジの集合により流域場を表現する。よって、流域場を表現するために、最終的に生成されるデータセットは次の2つである。

- ノードに関する情報を記録するデータセット
- エッジに関する情報を記録するデータセット

ノードの情報を記録するデータセットには、ノード番号、ノードの属性番号、属性ごとのノードの情報が記録される。属性ごとのノードの情報とは、そのノードの属性により記録される内容が異なる。ノードの属性が流域点を表していた場合、属性ごとのノードの情報部分には、 $x$ 座標、 $y$ 座標、 $z$ 座標、そのノード(流域点)が代表する面積が記録され、ノードの属性が河道点を表していた場合には、 $x$ 座標、 $y$ 座標、 $z$ 座標が記録される。エッジに関する情報を記録するデータセットには、エッジ番号、エッジを構成するノードの番号(2つ)、エッジの属性番号、属性ごとのエッジの情報が記録される。属性ごとのエッジの情報を記録する部分には、流域点と流域点を結ぶエッジ

(斜面素片)の場合は、その斜面素片の長さで斜面素片がもつ面積を記録する。流域点と河道点を結ぶエッジの場合は、何も記録しない。河道点と河道点を結ぶエッジの場合は、そのエッジの長さを記録する。

**3.2 基礎とするデータセット** 数値地図の標高データと流路位置データから、流域場を表現する基礎とするデータセットを生成する。必要なデータセットは、

- グリッドの頂点を記録するデータセット
- グリッドの情報を記録するデータセット
- 流路位置の点の情報を記録するデータセット

の3つである。グリッドの頂点を記録するデータセットには、頂点の番号、 $x$ 座標、 $y$ 座標、 $z$ 座標が1つの頂点について1行ごと記録される。グリッドの情報を記録するデータセットには、グリッドの頂点によって構成される4辺形の番号、4辺形の位置、4辺形を構成する頂点の番号が1つの4辺形について1行ごと記録される。4辺形の位置は、4辺形が何行何列目にあるかを表す。流路位置の点の情報を記録するデータセットには、流路位置の点1つに対して、図郭番号、河道区分の始終点の情報、 $x$ 座標、 $y$ 座標、 $z$ 座標が1行に記録される。

**3.3 河道網の再構成** 先に述べた3つのデータセットを用いて、グリッドをもとに河道網を再構成する。河道網を構成している流路位置の点が格子点上になるように流路位置の点を再設定することにより、河道網を再構成する。

**3.4 斜面要素の作成** 山頂から河道に至るまでの雨水の流下経路は斜面素片の組合せにより表現される。これを斜面要素と呼ぶことにする。グリッドの各頂点は、斜面要素を構成するための点(流域点)となる。各流域点は、自分自身に隣接する点へ流入もしくは流出する水の流れの線(流水線)を必ずもつことにする。斜面要素作成の主な手順を以下に示す。

1. 河道点には、河道を挟んで同一の $x, y$ 座標をもつ2つの流域点を設け、隣接する流域点同士を仮接続する。
2. 各流域点から、隣接する流域点の中で最急勾配で下る流域点に至る流水線を登録する。
3. 各流域点から、隣接する流域点の中で最急勾配で上る方向にある流域点を取り、そこから考えている流域点に向かう流水線を登録する。
4. 流水線に面積を配分して斜面素片とし、結果をノードとエッジに関するファイルに出力する。

**3.5 合流あるいは分流する斜面素片の細分手法** 合流の場合、流出する面を流入する面上流側の流域面積の比に応じて分割し、それぞれを流入する面に割り当て、分流の場合は、流入する面を流出する面の個数分に分割し、それぞれを流出する面に割り当てることにする。このように斜面素片を細分することにより、流域斜面を多数の斜面群に分解する。

**4 実流域への適用** 本研究で提案した流域場モデルを大戸川上流部流域に適用し、斜面特性の抽出を試みた。標高データは、50mメッシュの数値地図を用いて、流路位置データは、国土数値情報KS-272をもとに作成した。大戸川上流部の1河川流域を抽出した図を図2に示す。図2に示した大戸川上流部流域を対象に、斜面長さで河道下流端からの高さの関係を示した図が図3である。

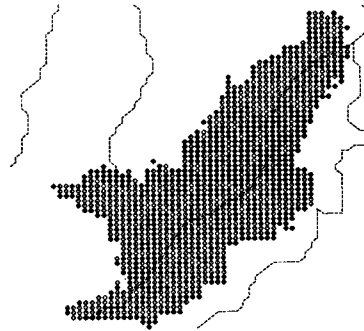


図2 大戸川上流部流域の抽出

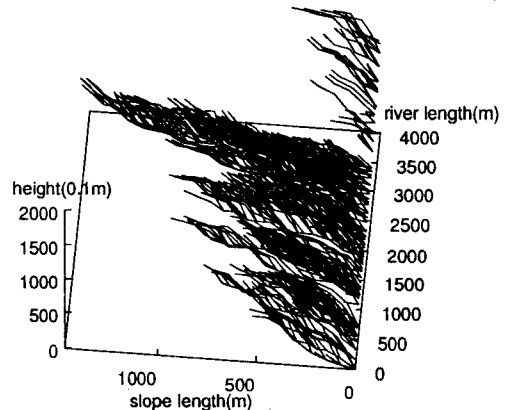


図3 大戸川上流部流域の斜面の高さと長さの関係

**5 おわりに** 本研究では、グリッド形式で与えられる標高データと流路位置データをもとにした河川流域地形表現を新たに提案した。今後は、今回提案した流域場モデルを流れのモデルと結合することや、地形の統計的解析を試みる必要がある。