

画像解析を適用した数値地形モデルの河谷地形抽出の試み

(独) 土木研究所 ○清水武志, 森田耕司, 石塚忠範

1. はじめに

格子型地形モデルは、領域に対して一定間隔の分割線を格子上に張り、その中心あるいは交点に対して標高を与えるモデルである。同モデルによる数値地形（以下、DEM）は、扱いやすいデータ構造であることなどの理由から、地形を離散的に扱う際の表現方法のひとつとして従来から使用されている。土砂災害の分野においては、地形解析や水文解析、土砂流等の氾濫解析などの基礎的なデータとして使用されている。本稿では、2次元の土砂が混入した氾濫解析（以下、土石流氾濫解析）の効率的な前処理を行う手法を検討することを目的として、河谷地形（河流による谷およびその谷壁斜面からなる地形¹⁾）およびその下流の低地を抽出する地形解析の手法について検討する。複数手法で同じ結果を得ることができる場合、なるべく少数の与条件から同様の情報を抽出する方法をより良い方法と判断する。

2. 問題設定

土石流氾濫解析に用いるDEMに対する前処理に関する問題には以下のようなものがある：

- 1) 土石流氾濫解析を実施する領域を絞ること（計算資源の活用や計算速度の向上等のため）、
- 2) 数値上の窪地や平坦地に対する処理（実際と流れの挙動が異なるため）、
- 3) 数値上の河道の切断に対する処理（格子間隔より幅が狭い河道が格子線に斜交するように流下していると河道が数値上せき止められ、流れが寸断あるいは貯留する場合があるため）、
- 4) 構造物等の精査。

時間制約等によって、実施すべき処理内容が異なると考えられる。1) から順に時間を要する可能性が高い。比較的時間や計算資源が制約された状況下において、1), 2), 3)の前処理を実施することを想定した場合、解析者による手順が簡単なこと及び処理結果の確からしさ、再現性が重要である。本稿では、1)に対する検討結果を報告する。なお、4)は、DEM以外の多くの資料との照合などを要するため、後述する演算体系では処理できない要素が多い。

3. 適用する方法の概説

本稿では、空間統計学における集合モデルのひとつである数理形態学（モルフォロジともいう；Mathematical Morphology；以下MM）による手法を用いて解析を行う。MMは、非幾何学的な空間構造を有する対象に対して、観測可能な構造を仮定せず

（ランダム閉集合に対して）、観測者が操作を施すことで構造に関する情報を抽出できる立場に立って構築された集合演算の操作体系である。その操作は有界な順序集合（完備束）上で行われる一種の非線形平滑化（フィルタ）である。MMは、鉱物等を計測することが目的で成立した背景から画像解析（2次元信号処理）に適用されることが多い。1次元や3次元の信号解析やMMの集合演算体系を様々な対象に拡張する研究もある。

各種操作は、Structuring Element（構造要素）と呼ばれる集合(SE)と対象集合Aに対する操作として定義されるdilation（膨脹；ずらし重ね）、erosion（侵食；掻き出し）、opening（開核）、closing（閉核）の基本演算、あるいは補集合(A^c)、複数集合間の上限(sup)・下限(inf)などによって、演繹される。MMの基本演算の概念図と典型的な処理例(a:ノイズ除去；b:粒状体分割)をそれぞれ図1と図2に示す。

DEMは個々のピクセルが標高のみを持つ集合(grey scale image)であり、MMの演算体系を適用できる（2次元画像解析）。今回使用した演算を記述するには、基本演算から演繹的に示す必要があり、紙数の関係から本稿では省略するが、詳細は例えばSoille²⁾などがある。

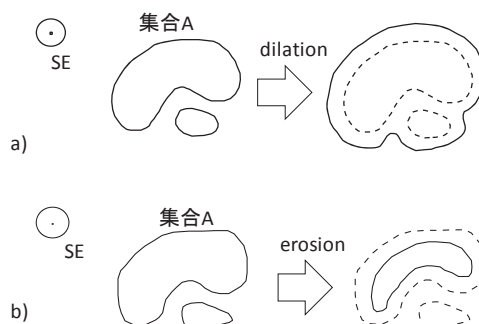


図1 (a)dilationと(b)erosionの概念図²⁾

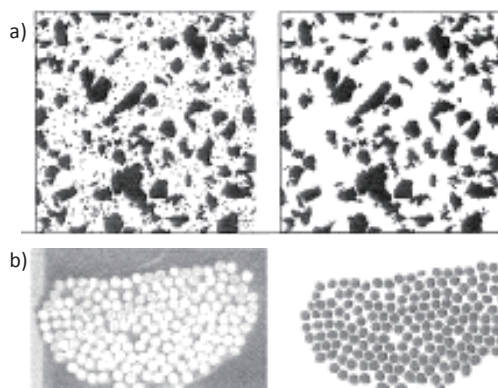


図2 MMによる(a)ノイズ除去と(b)粒状体分割²⁾

4. 検討結果

4.1 領域抽出の目的と検討目標

土石流氾濫解析の前処理のために、2. の1) 領域の抽出を対象とした検討を行う場合には、氾濫開始地点が存在する河谷地形から下流の低地までを容易に抽出できる手法を使えば、計算資源の活用や計算速度の観点から効率がよい。そのため、領域をDEMから無駄なく効率的に抽出する方法を検討する。

4.2 結果

MMによる結果は、Open Source GISであるGRASS GISを用いて処理した結果と比較対照し、検証する。

一般にGISを用いて、4.1. の領域を抽出する場合、氾濫開始地点を確認して氾濫すると考えられる領域を覆うマスク画像（ポリゴン）を作成しDEMとの共

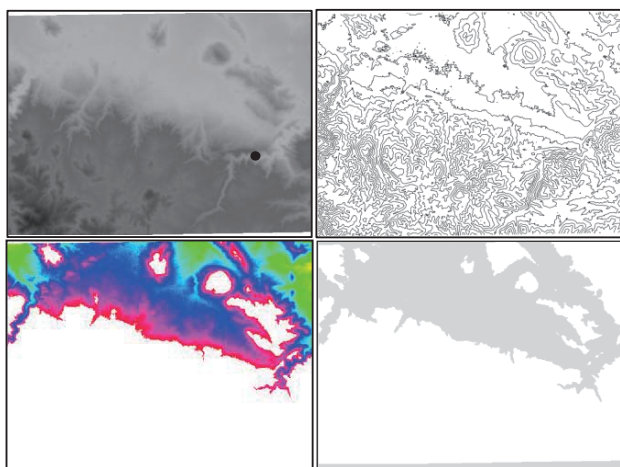


図3 DEMと領域抽出結果。下流域の低地がひと続きの場合。DEM（左上），GISによる等高線（右上；参考），GISによる結果（左下），MMによる結果（右下）

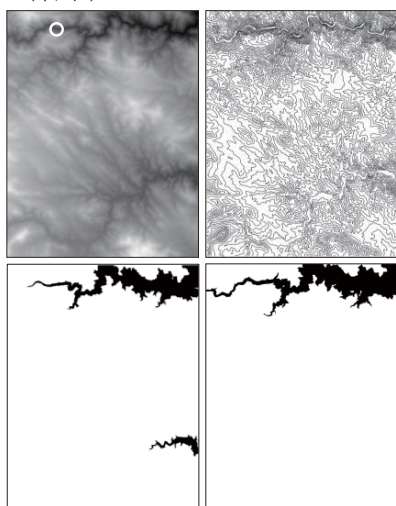


図4 DEMと領域抽出結果。複数の河谷地形が離れている場合。DEM（左上），GISによる等高線（右上；参考），GISによる結果（左下），MMによる結果（右下）

通部分を抽出する、あるいは、マスク画像を用意せずに氾濫開始地点を設定しその点より低い標高の領域を抽出する等の操作が行われる。この処理手順を比較すると、前者は氾濫開始地点を決定した後に対話的に領域を確定する複数点を選択して領域抽出処理を実行する必要があるのに対し、後者は1点のみを確定し処理を実行すればよい。そこで、後者の処理を、GISで実施した結果およびMMにおける領域分割操作を用いて実施した結果を図3に示す。DEMの右下の河谷地形中の黒丸を氾濫開始地点と想定して領域抽出を行った。結果をみると、GISではgrey scale imageであるのに対し、MMではbinary scale imageであるが、抽出された範囲は同様である。この場合、両者の手法に違いは見られない。

次に、画像内に複数の大きな谷がある場合について検討する。図4にDEMと解析結果を示す。DEMの上の河谷地形中の白丸を氾濫開始地点と想定する。この時、GISでは北の河谷地形と同時に南も抽出しているのに対し、MMでは北の河谷地形のみ抽出することが可能である。従って、この結果を土石流氾濫解析の前処理として考えた場合、処理手順が同様であるにも関わらず抽出できる領域はMMの方がよいと判断できる。

5. おわりに

MMは数学的に演算が体系化されているため、各種演算の関係や特徴を検討しやすく、対象に応じた演算を演繹的に考えることができる。逆に、基本演算から演繹するため、体系を知識として理解すると同時に対象集合のパターンにより適切な演算が何か経験を積む必要がある。一方、GISに実装されている手法は、それぞれの関連性は乏しい場合が多いが、特定の問題解決のために提案されたものである。MMやGISの手法は、一般的な画像解析でもdilationやerosionが他の手法と同時に使用されるように、特定の問題を解決するために選択すればよい。

今回提示した問題においては、解析者の処理回数が少なくGISと同様の結果を得ることが可能であるMMの有効性をある程度示すことができたと考えている。今後、種々の条件下での適用性についてさらなる検討を行い、問題解決のための適切な手法を見つけることが重要であると考えている。2. で提示した2) と3) の問題についても、検討を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 鈴木隆介：建設技術者のための地形図読図入門 第3巻，p.692，古今書院，2000
- 2) Soille, P.: Morphological Image Analysis, pp.392, Springer, 2003