

DEM ベースのストリームチューブ分割手法の構築と斜面崩壊解析への応用

信州大学大学院 ○今峰祥暉, 堤大三, 福山泰治郎
京都大学防災研究所 山野井一輝

1. はじめに

近年、気候変動に伴う豪雨の激甚化により、地すべりや深層崩壊、土石流などの土砂災害リスクが高まっている。これらを高精度に予測するには、降雨流出や斜面安定性を物理法則に基づいて計算する分布型モデルが重要である。

従来、この計算基盤には DEM をそのまま用いた正方形格子 (グリッド) が広く使われてきたが、流向を離散的な 8 方向に限定するため、実際の斜面上の連続的な水の流れを十分に表現できず、集水面積や流下距離に誤差が生じやすい。

これに対し、等高線とそれに直交する流線で斜面を分割するストリームチューブ (以下、ST) は、水の流れを地形に即して表現でき、水文学的に合理的である。しかし、既存の ST 生成アルゴリズム (Moore and Grayson, 1991) は低解像度地形を前提としており、高解像度 DEM では等高線曲率の大きい地形や微小地形ノイズの影響で流線交差が生じる等の不具合があるため、事前の手作業による平滑化や補正が必要である。

そこで本研究では、高解像度 DEM に対応し、事前の作業を行わなくても不適切な流線生成を回避できる新たな ST 分割アルゴリズムを Python 環境で開発することを目指した。

2. 方法

新たに開発した ST 構築アルゴリズムについて述べる。本手法は、従来手法と比較して大きく 3 つの点で異なる。第一に、従来手法では谷部で下流側、尾根部で上流側の等高線に直交して流線を描いていたのに対し、本手法では原則としてすべての流線を上流側の等高線に直交するように描くこととする。第二に、従来手法では流線の交差や等高線横断が生じると計算を終了していたが、本手法では流域全体の

描画を継続しつつ、問題のある流線区間のみを逐次除外することで、計算を停止させずに ST 分割を行う。第三に、従来手法では等高線上の新点挿入間隔と ST 幅の基準間隔を同一としていたが、本研究ではこれらを分離し、新点挿入間隔を狭く設定することで、より正確に直交する流線の描画を可能とした。

本研究の有効性を従来のプログラムによる生成結果との比較検証を行うため、解析対象には既往研究 (堤ら, 2019) で対象とされた伊豆大島の一流域を設定した。

3. 結果

伊豆大島の流域を対象に、既往の手法と本手法のプログラムによって生成された ST 分割図を図-1 に

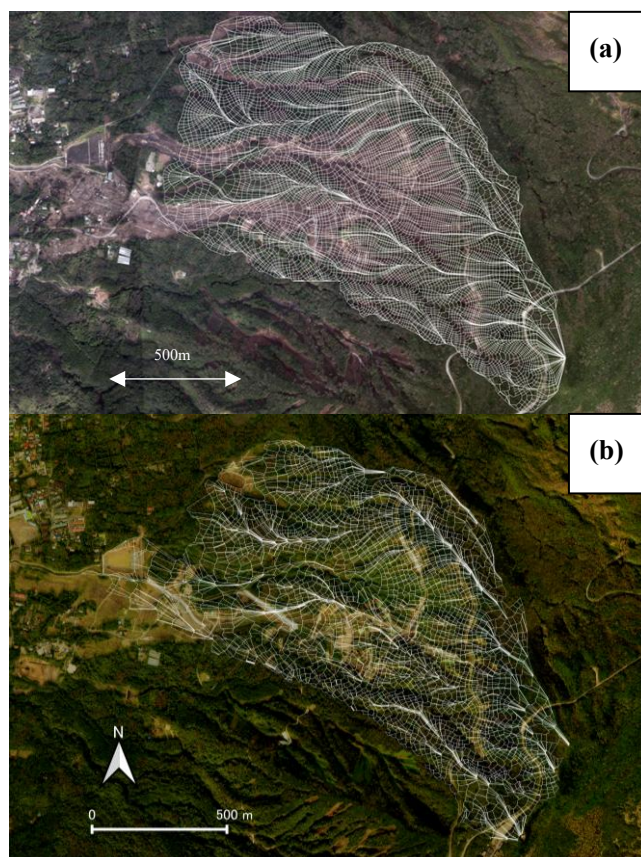


図-1 伊豆大島における ST 分割結果の比較:
(a)従来の手法, (b)本手法

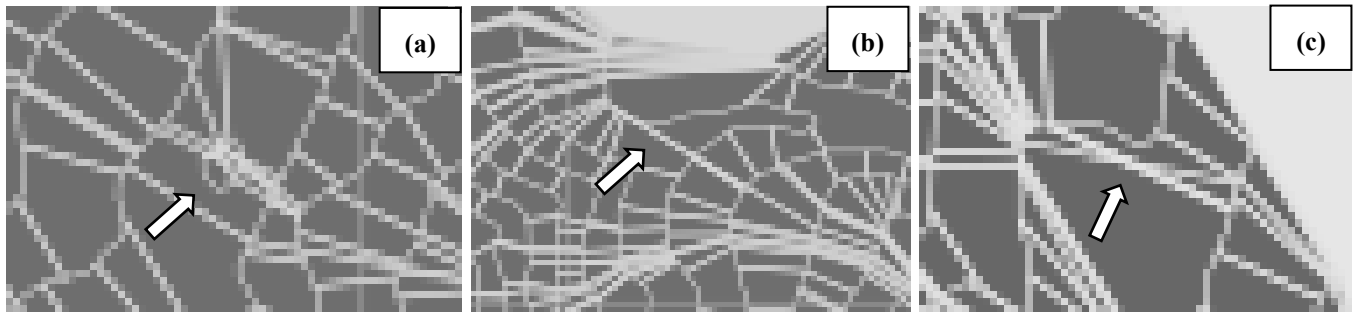


図-2 除外する前の不自然な流線: (a)インサイドピーク, (b)複雑な微小地形, (c)流線の交差

示す。図-1a に示す通り、一般に水の流れが集中する谷部では幅の広いエレメントが形成され、尾根部では細かなエレメントが形成されるが、本手法でも同様傾向を示す ST 分割となっていることを確認した（図-1b）。さらに、両手法ともに谷部から尾根部にかけて地形に応じた ST の集中・分散傾向がみられ、本手法においても従来法と整合的な ST 配置特性を再現できることが確認された。一方で、本手法による出力結果には一部不自然な流線（図-2）も確認された。

4. 考察

本手法による出力結果を詳細に確認したところ、不自然な流線は主に 3 つのパターンに分類された。第一は、インサイドピークに起因するものである。第二は、等高線曲率の大きい尾根部や谷部などの複雑な地形において、流線が等高線を跨ぐものである。第三は、隣接する流線同士が交差するものである。

これらの問題を解消するため、上流側の等高線以外と交差した流線を削除する方法を試みた。しかし、この方法では局所的なエラーの除去にとどまらず、ST 全体の構造が大きく破綻し、適切な解決策とはならなかった。

そこで、各パターンに応じた個別の対応が必要であると考えた。まず、インサイドピークについては、通常のピークと同様に、その地点で流線の生成を停止させる方法が有効と考えられる。次に、尾根部のように曲率の大きい複雑な微小地形に対しては、新たに尾根筋を導入し、上流側の等高線または尾根筋のうち近い方へ流線を接続し、尾根筋に到達した場合にはそこで停止させる方法が考えられる。さらに、流線同士の交差については、交差後の上流側の点の中

点を基準とし、その両側に微小な幅を持たせることで、交差を回避しつつ近接した流線配置を維持する方法が考えられる。

以上より、不自然な流線の発生は主として高解像度 DEM に由来する局所的な微小地形に起因しており、一律な削除処理ではなく、発生要因に応じた生成・停止ルールを導入することが、今後のアルゴリズム改良において重要であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、高解像度 DEM に対応した ST 分割アルゴリズムを Python 環境で開発した。その結果、伊豆大島の一流域において、地形に応じた ST の集中・分散特性を従来法と整合的に再現できることを確認した。一方で、インサイドピークや曲率の大きい尾根部、流線同士の交差に起因する不自然な流線も認められた。したがって、本手法は高解像度 DEM への適用性向上に有効であるものの、今後は発生要因に応じた個別の生成・停止ルールを導入し、さらなる改良を進める必要がある。

【参考文献】

Moore, I.D. and Grayson, R. B. (1991): Terrain-based catchment partitioning and runoff prediction using vector elevation data, *Water Resources Research*, Vol. 27, No. 6, pp. 1177-1191

堤大三・孝子 編 図・山野井一輝・藤田正治 (2019): ストリームチューブによる地形分割を基にした表層崩壊解析手法, *砂防学会誌*, Vol. 72, No. 2, pp. 3-13