

Tensor Voting を用いた DEM に基づく地形特徴からの リニアメントの自動抽出

中村 公亮・根本 達也・ベンカテッシュ ラガワン

Automatic Lineament Extraction from DEM-Derived Terrain Features Using Tensor Voting

Kosuke NAKAMURA, Tatsuya NEMOTO and Venkatesh RAGHAVAN

大阪公立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University,
3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-5858, Japan. E-mail: sg24108q@st.omu.ac.jp

キーワード: Geomorphon, Tensor Voting, 数値標高モデル, リニアメント

Key words: Geomorphon, Tensor Voting, Digital Elevation Model, Lineament

1. はじめに

リニアメントは、地質構造の弱点が反映された線状の地形であり、谷地形や山麓地形として地表に形成され、空中写真や陰影図から抽出される。リニアメントの抽出は、活断層の予察的調査や原子力発電所の建設の指標に用いられており、地質災害評価などにおいて重要な調査基準である（原子力土木委員会地盤部会・地質・地盤の調査・試験法標準化分科会, 1985）。

リニアメント抽出手法として、Raghavan *et al.* (1995) は、衛星画像や DEM (Digital Elevation Model) から作成した陰影図を用い、反射強度の変化量に基づいて線素を追跡する Segment Tracing Algorithm (STA) を開発した。しかしこの手法では、反射強度が光の照射方位に依存するため、閾値の設定が照射条件によって変化してしまうという問題がある。また、Han *et al.* (2018) は、衛星画像および DEM に対してフィルタ処理を行うことで標高の変化を抽出し、それに対して Tensor Voting を適用することでリニアメントを抽出した。この手法は線構造の抽出精度に優れる一方、具体的な地形特徴を十分に考慮していない。中村ほか (2024) は、DEM から得られる地形特徴量を直線的に抽出し、それらを Hough 変換により統合することでリニアメントの抽出を試みた。この手法では、多数のパラメータ設定が必要であり、線構造としての連続性が十分に考慮されていない。

本研究では、DEM から Geomorphon を用いて谷や山麓などの地形特徴を直線的に抽出し、Tensor Voting により線構造の発達度合いを評価した上で Hough 変換することで、リニアメントを抽出する手法を提案する。

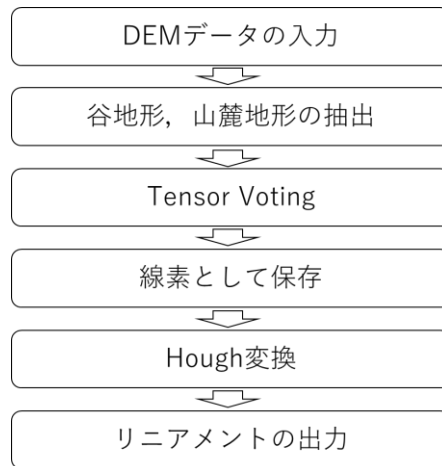
2. 手法

リニアメントは、連続性の高い地形特徴を線素として抽出し、これらを連結することで検出される (Raghavan *et al.*, 1995; 中尾ほか, 2019)。地形特徴は、谷・山麓・傾斜変換部・鞍部の 4 種に分類される (三箇ほか, 2005)。本研究では、Geomorphon による地形分類の結果から Footslope を山麓地形、Valley を谷地形として抽出した。抽出した地形特

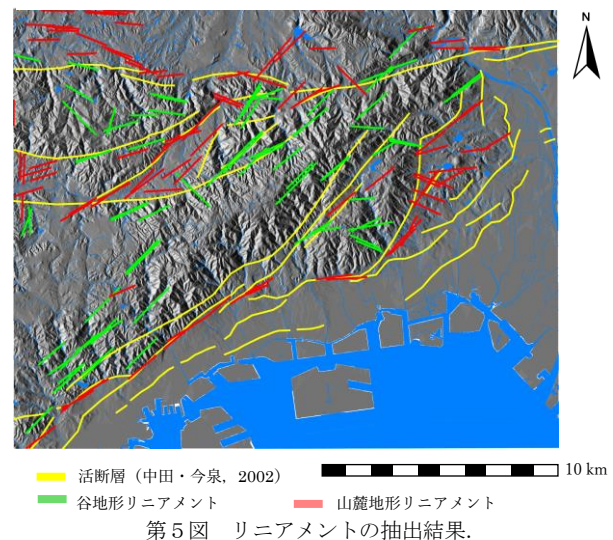
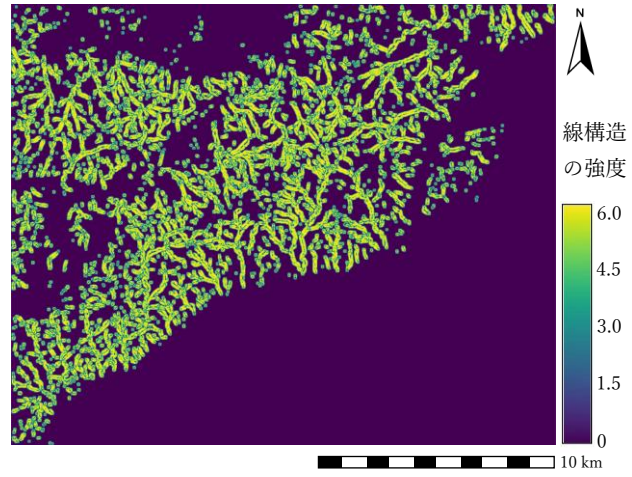
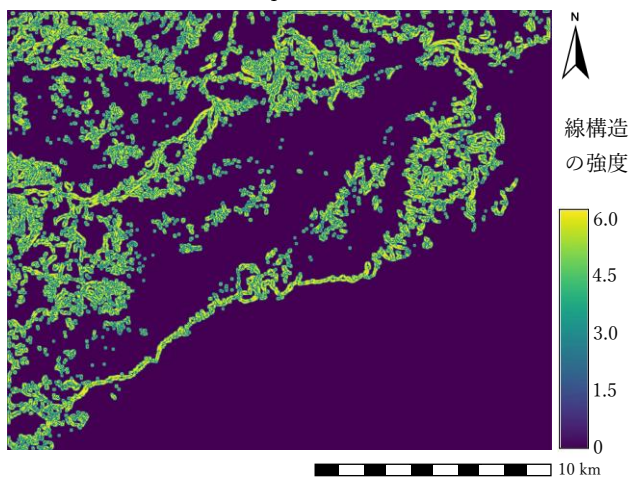
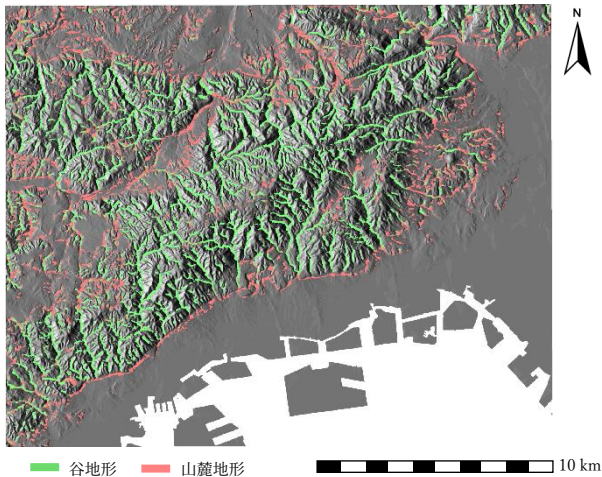
徴に対して Tensor Voting を適用し、線構造の強度を評価したうえで、閾値を決め、線素とした。得られた線素を Hough 変換で連結し、これをリニアメントとした。Geomorphon の処理には GRASS GIS を用い、Tensor Voting と Hough 変換は Python ライブラリを用いて実装した。処理の流れを第 1 図に示す。

3. リニアメントの抽出

本手法を用いて、基盤地図情報（数値標高モデル）10 m メッシュから、兵庫県南部の六甲山およびその周辺地域においてリニアメントを抽出した。対象地域の陰影図を背景とし、Geomorphon による地形分類結果を第 2 図に示す。赤色は Footslope であり、平野部と山地の傾斜変換部に多く分布している。緑色は谷地形であり、地形の凹部と概ね一致する。第 3 図および第 4 図に、Tensor Voting による線構造の強度分布を示す。強度は 0~6.2 の範囲で表されており、数値が高いほど、線構造が発達していることを意味する。リニアメントの抽出結果の一例を第 5 図に示す。



第 1 図 リニアメント抽出の流れ。



4. 考察

本地域は視認可能な谷地形や山麓地形、さらに複数の活断層が分布しており、リニアメント抽出手法の検討に適している。また、六甲―淡路構造線が北東―南西方向に存在し、これに平行するように断層が存在する。

第5図に示す活断層マップ（中田・今泉，2002）およびDEM から作成した陰影図を参照し、抽出結果を検証する。緑色は谷地形リニアメント、赤色は山麓地形リニアメントを表す。抽出されたリニアメントの一部は、六甲山地南部に位置する諏訪山断層などの活断層と一致している。特に北東―南西方向のリニアメントが顕著に抽出された。これは、Tensor Voting によって線構造の方向性が明瞭に強調され、連続的な構造が捉えられたことを示すものと考えられる。また、Tensor Voting に用いるパラメータの値によって、線構造の強度評価が変化するため、適切なパラメータ決定が必要と考える。

5. おわりに

本研究では、Geomorphon による谷地形、山麓地形の抽出、Tensor Voting による線構造の強調、および Hough 変換を組み合わせ、DEM からリニアメントを効率的に抽出する手法を提案した。抽出結果は活断層や地形とよく対応し、Tensor Voting の適用により線構造の方向性が明確になった。一方で、パラメータ設定が複数存在するため、今後は機械学習を用いた自動調整の方法を検討する必要がある。

文 献

- 原子力土木委員会地盤部会・地質・地盤の調査・試験法標準化分科会(1985)原子力発電所地質・地盤の調査・試験法。土木学会論文集, vol.358, no.3-3, pp.11-26.
- Han, L., Liu, Z., Ning, Y. and Zhao, Z. (2018) Extraction and analysis of geological lineaments combining a DEM and remote sensing images from the northern Baoji loess area. *Advances in Space Research*, vol.62, no.4, pp.2480-2493.
- 中田高・今泉俊文(2002)活断層デジタルマップ。東京大学出版会, 60p.
- 中村公亮・根本達也・ベンカテッシュラガワン(2024)Canny Edge 検出と Hough 変換を用いた地形特徴からのリニアメントの自動抽出。情報地質講演要旨集, pp.57-58.
- 中尾大樹・升本眞二・根本達也(2019)数値標高モデルを用いた地形特徴と Segment Tracing Algorithm (STA) 法に基づくリニアメント抽出法の開発。情報地質, vol.30, no.3, pp.87-100.
- Raghavan, V., Masumoto, S., Koike, K. and Nagano, S. (1995) Automatic lineament extraction from digital images using a segment tracing and rotation transformation approach. *Computer & Geosciences*, vol.21, no.4, pp.555-591.
- 三箇智二・荒川泰(2005)地形特徴によるリニアメント認識。情報地質, vol.16, no.2, pp.128-131.