

衛星画像を用いた流域スケールでのリニアメントの推定

清水裕太^{*1} 小野寺真一^{*1} 於保幸正^{*1} 平山恭之^{*1}
小寺浩二^{*2} 高橋英博^{*3}

^{*1} 広島大学大学院総合科学研究科

^{*2} 法政大学文学部地理学教室

^{*3} (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター

Estimation of lineaments in catchment scale, using satellite image

Yuta Shimizu^{*1}, Shin-ichi Onodera^{*1}, Yukimasa Oho^{*1}, Yasuyuki Hirayama^{*1},
Koji Koderu^{*2} and Hidehiro Takahashi^{*3}

^{*1} Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University.

^{*2} Faculty of Letters, Department of Geography, Hosei University.

^{*3} National Agricultural Research Center for Western Region.

Abstract

In order to confirm the automatic extraction of lineament by satellite image analysis, we analyzed a Landsat TM image in Chugoku region of western Japan by image processing according to Kageyama et al, 2002. The results are summarized as follows, lineaments were extracted and they were similar to the active fault lines and geological boundaries in a scale of 1/500,000. However, lineaments were not drawn enough in a scale of 1/50,000. This result suggests the utility to the regional groundwater flow and water resource analysis and regional geological and topographical analysis. However, we need to upgrade the analysis and use image to apply to disaster sciences and hillslope hydrology.

1. はじめに

リニアメントとは、画像上に現れる自然界の直線状もしくは直線に近いパターンのことで、一般に、直線谷、屈曲谷、屈曲尾根、鞍部、孤立丘、段差地形、直線崖などの独立した地形形状が直線上に配列する場合にリニアメントとして判読される(井上ら, 1992)。これらのパターンは、周囲の地形パターンと区別され、断層などの構造的な運動を反映している場合が多い。すなわち、そうでない地域に比べて、地下の割れ目系が集中して

いるなど、地下の特殊な構造も示唆している可能性がある。その点で、リニアメントの抽出は、学術的(地質学や地形学)に重要なだけでなく、応用科学的(災害科学、水資源学など)にも重要といえる。特に、土木地質分野における活断層や断裂系調査、また資源エネルギー分野における石油・非鉄金属や地熱などの探査において活用されている(井上ら, 1992)。

リニアメントの解析は、従来から地形図の目視判読によって行われてきた(鈴木, 1978; 於保, 2001)。しかし、この判読にはある一定以上の熟

練が必要であり、汎用性が十分にあるとはいえない。これに対して近年は、リモートセンシングやデジタル標高データ (DEM) を活用した手法が検討されてきた (井上ら, 1992)。初期の段階としては、画像をフィルタ等によってエッジを強調した後、目視判読によって抽出されてきたが、近年では、衛星画像データを用いた自動抽出法の研究が進んでいる。これまで開発されてきた自動抽出アルゴリズムとしては、Koike et al. (1998) が用いているSTA (Segment Tracing Algorithm) や大地ら (1987) が用いているDSDA (Directional Segment Detection Algorithm) 等があるが、線素としての抽出は行われているものの、その抽出結果が地質特性を考慮していない可能性が残されている。そのため、これらのアルゴリズムをDEMに適用した事例 (小竹, 1989; 隈元ら, 2002) や、衛星画像とDEMの組み合わせによる自動抽出 (上堀内, 2002) が検討され、衛星画像だけでなく、複数の情報と組み合わせることにより、リニアメント抽出方法の改良が進んできた。現在の段階では、東北地方の山地地域を対象としたリニアメント解析を行った景山ら (2002) の提案している解析方法が既存の目視判読結果と比較して最も良好な結果を得ている。

本研究では、景山ら (2002) の解析方法を取り入れ、中国山地を流下する芦田川流域を対象に衛星画像によるリニアメント自動抽出を行うことを目的とした。特に、抽出に使用したパラメータが、地形的に類似する中国山地にも普遍性があるかどうかについて、またスケールアップへの可能性についても検討することとした。

2. 方法

2. 1. 使用したデータとソフトウェア

解析に使用したデータは、米国メリーランド大学のGlobal Land Cover Facility Earth Science Data Interfaceより、学術研究目的として無料で入手した。LANDSAT TM画像の福山を中心とした範囲 (Path111, Row036) の中間赤外域 (Band5: 1.55 ~ 1.75 μ m) 画像データを用いた。中間赤外を選定した理由は、TMセンサは受動センサであるため、

雲や植生の影響を受けやすいが、中間赤外域は雲などの影響の少ないという特徴を持つためである。解析には、リモートセンシングデータ用解析・可視化ソフトウェア ENVI ver.4.1と、Multispec ver.12.20.2007を用いた。また、ハフ変換には、FAST Vision ActiveX for Windows用サンプルプログラム集に含まれる直線検出ハフ変換プログラムを使用した。

2. 2. 解析手法

本研究における解析手法は景山ら (2002) に準拠している。以下にその手順を示す。

2. 2. 1. 前処理

元画像を前処理として、一定の領域内のピクセルを輝度値でソートし、その中央のピクセルの値を領域の中心の値とする画像処理であるMedianフィルタによる画像のノイズ除去を行った。その後、空間1次微分を計算し、輪郭を検出するフィルタであるSobelフィルタ (4方向) による画像の輪郭強調を行った。

2. 2. 2. 2値化

0 (不感領域) ,1,255 (飽和領域) の値の画素はリニアメント構成要素になりにくいとされているが、画像中に出現する頻度が高いことから、これらを除く高頻度順に20番目までの画素値と頻度の加重平均を閾値Tとした。

$$T = \frac{\sum_{j=1}^{20} n_j \times f_j}{\sum_{j=1}^{20} f_j}$$

ここで、 n_j は頻度の高い画素から順にj番目の輝度値である。

2. 2. 3. 尾根線の削除とスコア化

4方位 (N-S, E-W, NW-SE, NE-SW) について抽出方向および垂直方向の画素値の和を比較し、尾根に相当するエッジを削除した。その後、リニアメントの基本要素になると思われる7 \times 7サイズのテンプレート (図1) と、輪郭強調フィルタを組

み合わせるによりスコア値を算出した。

0	0	0	0	0	0	0	1	0	0					
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0		
1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0		
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0		
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0					

図1 スコア値化に用いたテンプレート

2. 2. 4. メッシュ分割とハフ変換

衛星画像をメッシュサイズが512×480 pixel となるように縦15横16に等分割した。

その後、FAST Vision ActiveX for Windowsプログラムを用いてハフ変換を施し線素の作成を行った。ハフ変換のパラメータを以下のように設定した(表1)。一画像あたり3本の直線を検出するように設定した。エッジ点と判定するための閾値は200とした。Rgnは似たような直線を検出しないようにするためのパラメータで、RgnRは距離、RgnQは傾きを示し、前者は20に、後者は10に設定した。辺幅は、ハフ変換における投票の角度の範囲の辺幅であり10に設定した。角度範囲は直線検出の対象となる角度であり、-179～180°と設定した。

表1 ハフ変換に用いたパラメータ

直線本数	3
エッジ閾値	200
RgnR	20
RgnQ	10
辺幅	10
角度範囲	-179～180

3. 結果と考察

3. 1. 自動抽出結果

図2に、リニアメントの抽出結果の方位別出現頻度を示す。全体的に西南西-東北東方向の線素が多く抽出された。吉備高原面上では、南西-北東方向の線素が分布している。これは従来から指摘されている本地域の構造的な方向と一致する。図3に抽出したリニアメントと50万分の1地質図を示す。木村(1985)は、西南日本内帯においては、一般的に北東-南西、北西-南東のハの字型の断層または節理系が存在していると藤田(1976)をも

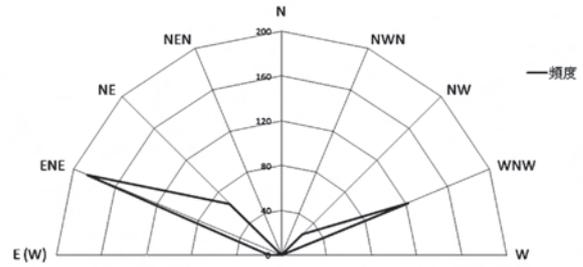


図2 抽出結果の方位別出現頻度

と述べており、それが再現できている場所もあるが、俯瞰すると一致している割合は低い。

本研究の結果により、岩盤流域での地下水の広域卓越流動方向の解析や地下水貯留場・水資源管理などのために必要となるリニアメント分布を自動抽出するなど、実用的な用途が拡大してきた。また、GIS情報として全国レベルでデータベースを格納できるようになれば、さらにその用途も増していくと思われる。

3. 2. 今後の課題

表2に本研究で用いたLandsatTMデータの波長別の閾値と他文献での値の比較を示す。それぞれ、異なる地域を対象としているため、用いる画像データも異なることから、閾値の若干の差はあるものの、本研究で算出された閾値は、解析に使用したBand5では大幅に異なっている。

また、景山ら(2002)が行った手法は、10万分の1程度の地域スケールにおける解析手法であるため、本研究の50万分の1スケールへの適用では、リニアメントが十分に抽出できていない可能性もあり、今後は自動抽出結果と手動による判読結果を比較して検証すると共に、設定を変化させて様々なパターンで解析する予定である。

流域を対象とした本研究のスケールでは、広域的な評価に対する用途はある程度拡大したと言えるが、LandsatTMデータからの抽出結果では、詳

表2 使用した閾値と他文献との比較 (景山ら, 2002に加筆)

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
本研究の値	82	33	27	52	44	17
景山らの値	15	24	17	179	164	91
大津らの値	20	27	39	161	146	91

Bandとはそれぞれ異なる波長のことである。

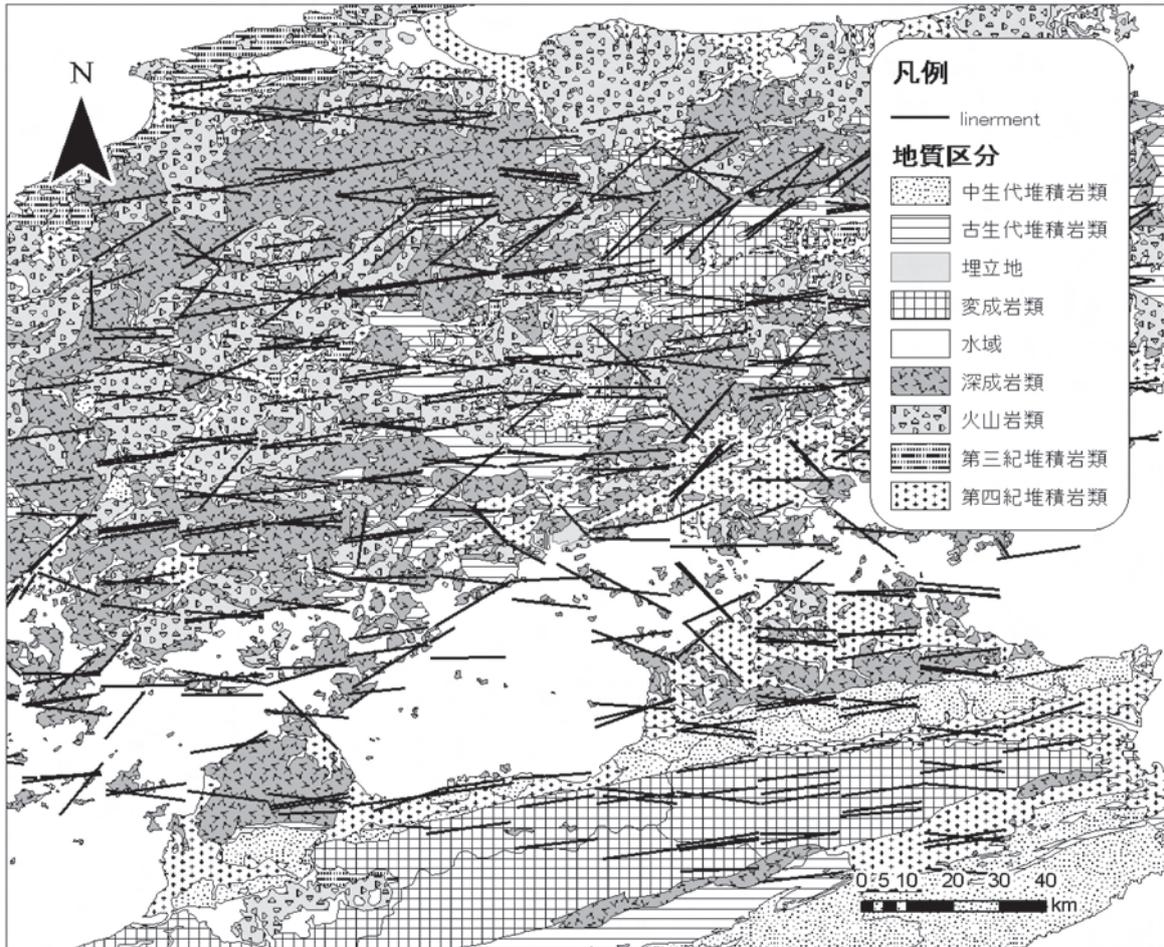


図3 抽出したリニアメントと50万分の1地質図

(国土交通省 国土調査課作成 50万分の1 土地分類基本調査表層地質図を使用した)

細な部分を評価しきれず、詳細スケールでの災害科学や斜面水文分野における議論には適応できるものではなく、今後のさらなる改良が必要である。しかし、そのような場合、LandsatTM画像のみの判読では、分解能の問題からリニアメントとして判読される地形形状の不連続点の地形要素すべてを識別できず、太陽光による陰影によって立体感が得られているが、あくまでも2次元平面の情報であることから(井上, 1992)、斜面スケールでの抽出には不十分である可能性があることも示唆され、他のデータと併せて議論することが必要である。

4. まとめ

本研究では、従来のレーダー画像解析のために開発された解析手法を用いて、中国山地のLandsat TM画像を解析し、リニアメントを抽出した。その結果、従来から指摘されている卓越する構造的な地形方向が十分抽出できた。その一方で、50万分の1スケールでの抽出には適するものの、5万分の1スケール(地形図レベル)での抽出には不十分であることも示された。今後、さらなる改良が広域必要である。

参考文献

井上大榮・水落幸広・桜田裕之(1992):リニアメントの断裂系としての特性とその評価, 応用地質, vol.33, no.3, pp. 147-156.

於保幸正(2001):巖島の地形とフラクタル次元, 日本研究「巖島」特集号, pp.3-11.

景山陽一・西田真・内海富博(1998):SAR画像を用

- いたリニアメントの自動抽出法の検討, 電気学会論文誌C, Vol.118-C, No.11, pp. 1555-1561.
- 景山 陽一・西田 眞・大井 貴文 (2002) : リモートセンシングデータを用いたリニアメント抽出のための線分要素解析, 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌, Vol.122, No.4, pp.639-64.
- 上堀内利通・小池克明 (2002) : 衛星画像とDEM陰影図との組み合わせによるリニアメント解析, 情報地質, vol.13, no.2, pp.64-65.
- 木村敏雄 (1985) : 日本列島—その形成に至るまで (第3巻・下), pp.1964-1965.
- 隈元崇・中山大地・田中靖・鈴木康弘 (2002) : 活断層研究への数値標高モデルの応用, 活断層研究, 21, pp.5-16.
- Koike, K., Nagano, S., and Kawaba, K. (1998) : Construction and analysis of interpreted fracture planes through combination of satellite-image derived lineaments and digital elevation model data, Computers & Geosciences, vol.24, no.6, pp.573-583.
- 小竹美子 (1989) : 地形データから活断層を抽出する試み, 活断層研究, 6, pp.3-8.
- 鈴木隆介 (1978) : 建設技術者のための地形図判読入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図.
- 大地正高・駒井次郎・新井勝男・藤岡洋介・徳尾貴昭・大谷健二 (1987) : 衛星MSSデータからのリニアメント自動抽出とその地質学的評価, 鉱山地質, 37 (2), pp.99-108.
- 高木幹雄・下田陽久 (1991) : 「画像解析ハンドブック」, 東京大学出版会, p.775.