

IV-322

衛星マルチスペクトルデータを適用した斜面崩壊予測モデルへのフラクタル特徴量の適用可能性

東京理科大学 正会員 大林成行、正会員 藤田圭一

同上 正会員 小島尚人、学生員 藤井松幸

1. はじめに：著者らは従来から社会的な問題として注目され、早急な技術的対応が叫ばれている「斜面崩壊の予知・予測技術の開発」を研究課題として設定し、過去数カ年にわたって積極的に研究を展開してきた。その成果として「衛星データを適用した斜面崩壊予測モデル」を構築し、多くの適用事例を通じて本予測モデルの有効性を検証するに至った¹⁾。斜面崩壊タイプの違いや使用する地理データと斜面崩壊現象との因果関係の分析を含めて斜面崩壊予測の精度論的な検証も進めてきたが、予測モデルの開発からパソコンシステムの構築等に予期せぬ時間と労力を要したため、衛星データそのものの有効性については未だ模索段階にある。斜面崩壊予測に衛星データを利用しようとする研究アプローチの代表的なものは、衛星データから算出される特徴量の一つとして植生指標を適用することである。しかし、衛星データから算出される植生指標には様々な種類があり、影の影響や衛星データの観測時期の違い等の問題を含めて斜面崩壊現象と植生指標との因果関係については未だ多くの議論が交わされている。どのように利用していくにしても衛星データの画像濃度値の持つ意味を考え直すとともに、物理的な裏付けができるような全く新しい概念に基づく研究の展開も求められつつある。そこで、本研究では画像濃度曲面の複雑さを定量化する特徴量として、近年様々な画像処理／解析の分野で注目されている「フラクタル」を取り上げ、衛星データの画像濃度値を直接的に斜面崩壊予測に利用できるか否かについて検討した。斜面崩壊予測モデルへのフラクタルの応用として新たな試みであり、衛星データの実利用化を目指す点においても興味ある課題と考えている。

2. 本研究におけるフラクタル特徴量の適用概念：フラクタル次元を算出する場合には種々の方法が提案されているが、本研究では画像濃度曲面を記述する上で有効であると報告されている「フラクタルブラウン関数」を採用した²⁾。この関数を基に定義・算出されるフラクタル特徴量として「自己相似パラメータH」と「標準偏差 σ 」がある。以下、それぞれについて斜面崩壊予測問題に適用する際の物理的意味を述べる。

(1) 自己相似パラメータH：図-1に示すようにユークリッド空間内の点Xの実数値関数 $f(x)$ を仮定する。一定の変位 $|\Delta X|$ だけ離れた全ての点対について計算した関数値の差の絶対値の平均を $E[|f(X+\Delta X)-f(X)|]$ とすると、自己相似パラメータHは式-1から算出される。

$$\log E[|f(X+\Delta X)-f(X)|] - H \cdot \log |\Delta X| = \log C \quad \dots\dots \text{式-1}$$

HとCは定数であり $\log |\Delta X|$ を横軸にとり、 $\log E[|f(X+\Delta X)-f(X)|]$ を縦軸として値をプロット(フラクタルプロットと呼ばれる)したとき、それらの点が傾きHの直線上に乗っていることを意味する。この自己相似パラメータHは0~1に正規化され、値が大きい程画像濃度曲面はなだらかな状態を表す特徴量である。地表面の被覆状態や地形の複雑さは、それぞれ直接的あるいは間接的に画像濃度値に反映していると考えられることから、自己相似パラメータHは斜面崩壊現象を説明付ける上で適用の可能性が期待できる。

(2) 標準偏差 σ ：自己相似パラメータHとともに画像濃度曲面の形状を定量的に表す特徴量である。フラクタルブラウン関数に基づく σ の定義については割愛するが、通常使用されている統計指標の標準偏差とは性質を異にする。この値が大きい程、垂直方向の画像濃度曲面の変化が大きいことを表す。つまり斜面崩壊予測問題では、斜面の急峻な箇所あるいは起伏量の大きい領域等での画像濃度値の変化を反映したパラメータとなることが期待できる。本研究で

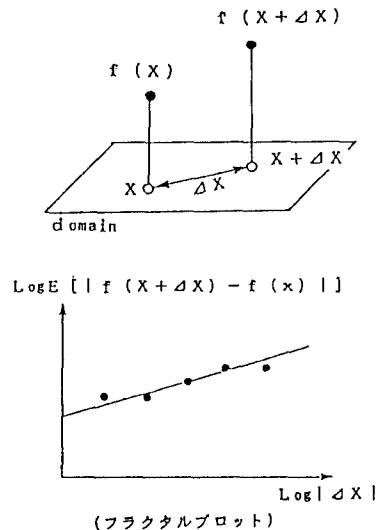


図-1 フラクタルブラウン関数

はHと σ それぞれを8ビットに量子化し、予測モデルに使用する素因の一つとした。

3. 処理結果および考察：本研究では、1989年7月～8月の集中豪雨によって多数の斜面崩壊が発生した房総半島中部の丘陵地帯を検討対象領域とした。数量化Ⅱ類による処理結果を表-1に整理する。ここでは紙面の都合上、自己相似パラメータHに対する処理結果を示す。なお、フラクタル特徴量以外の素因データは従来までの研究で有効性が示されているものを採用している¹⁾。レンジによって推察するとバンド6の自己相似パラメータ以外はすべて4番目に寄与する素因となっている。偏相関係数を見るとバンド2の自己相似パラメータを除いてすべて3番目に寄与しており、自己相似パラメータは斜面崩壊現象を説明

する上で比較的重要な素因であることが伺える。的中率も地理データのみを利用した場合に比べて全て高くなっており、いずれのバンドにおいても判別区分点の値が負極側、すなわちトレーニングデータ側に移行している。自己相似パラメータはトレーニングデータの性質を説明付ける上で有用となる。さらに自己相似パラメータを付加することによって崩壊危険地域として判定される画素数が少なくなる傾向

にあることが判る。崩壊危険箇所を絞り込みたい場

表-1 数量化Ⅱ類の分析結果

フラクタル特徴量	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7	ケース8
なし	バンド1	バンド2	バンド3	バンド4	バンド5	バンド6	バンド7	バンド7
植生	1.672	1.598	1.593	1.638	1.706	1.688	1.700	1.552
土壌	0.620	0.610	0.614	0.599	0.591	0.606	0.626	0.635
表層地質	0.420	0.424	0.432	0.427	0.368	0.391	0.418	0.414
レンジ	2.836	2.776	2.824	2.761	3.102	2.755	2.739	2.728
傾斜区分	0.602	0.618	0.593	0.591	0.585	0.596	0.568	0.590
土地被覆	0.576	0.492	0.545	0.600	0.516	0.558	0.661	0.655
植生指標	5.246	5.131	5.264	5.191	5.107	5.113	5.256	5.065
フラクタル-II	-----	0.744	0.641	0.678	1.044	0.959	0.542	1.196
植生	0.046	0.044	0.045	0.046	0.049	0.048	0.046	0.045
土壌	0.038	0.039	0.039	0.038	0.038	0.038	0.040	0.040
表層地質	0.027	0.030	0.029	0.028	0.025	0.025	0.028	0.026
偏相関係数	0.151	0.151	0.152	0.151	0.152	0.150	0.148	0.149
傾斜区分	0.036	0.037	0.037	0.036	0.036	0.036	0.035	0.036
土地被覆	0.030	0.029	0.030	0.029	0.030	0.031	0.030	0.031
植生指標	0.136	0.135	0.135	0.136	0.138	0.135	0.136	0.136
フラクタル-II	-----	0.051	0.038	0.046	0.065	0.048	0.047	0.051
外的崩壊地	-3.234	-3.312	-3.276	-3.298	-3.36	-3.303	-3.299	-3.312
内生的崩壊地	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
判別区分点	-1.117	-1.441	-1.163	-1.347	-1.069	-1.631	-1.255	-1.676
崩壊→未崩壊	22	22	22	22	21	22	22	22
崩壊→未崩壊	2	2	2	2	3	2	2	2
未崩壊→崩壊	577	470	568	496	585	430	531	422
未崩壊→未崩壊	4,399	4,506	4,408	4,480	4,391	4,546	4,445	4,554
的中率(%)	88.1	90.4	88.5	89.9	88.0	91.1	89.1	91.4

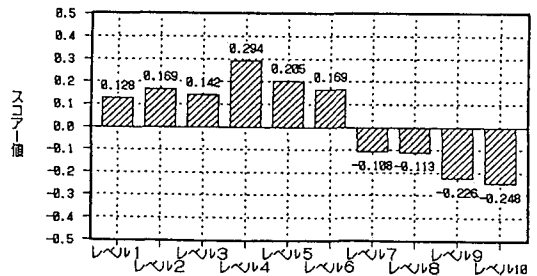


図-2 特徴の見られたスコア値 (TM: バンド6)

合等にフラクタル特徴量の適用効果が期待できる。斜面崩壊予測モデルにおける一つの利用指針として重要な事項と言える。さらに、スコア値の分析では特にバンド6の自己相似パラメータについて興味ある結果が得られた。図-2のようにレベル7を境界としてスコア値が正から負へと規則的に変化し、近赤外域の情報（地表面温度情報等）が斜面崩壊現象を説明する上で有意であることが推察される。従来から着目されている植生指標や地表面の温度情報と斜面崩壊現象との因果関係の分析において新たな研究の展開が期待できる。

4. まとめ：本研究では衛星データの持つ画像濃度値の複雑さを定量的に記述するフラクタルを新たな画像特徴量として斜面崩壊予測問題に適用した。近赤外データの持つ情報は言うまでもなく、画像特徴としてのフラクタルの物理的意味については研究の途についたばかりではあるが、本研究の検討の結果からフラクタル特徴量の適用可能性が示唆されたと考えている。斜面崩壊の予知・予測問題においては完全な解は存在しない。本研究のアプローチは著者が開発した斜面崩壊予測モデルから得られる解の範囲にとどまるものであり、今後は現地との照合を継続的に進めつつ、斜面崩壊・災害問題等に寄与できる解を得るべく地道な基礎研究を展開したいと考えている。多くの分野にわたる専門家の方々のご批判、ご叱正を仰ぐ次第である。

【参考文献】1)大林成行、小島尚人、笠博義：斜面崩壊予測を対象とした衛星マルチスペクトルデータの実利用化について、土木学会論文集、第415号/IV-12、pp.65～pp.74、1990年3月

2)Nina Siu-Ngan Lam: Description and Measurement of Landsat TM Images Using Fractals, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.56, No.2, pp.187～pp.195, 1990.