

東京理科大学 正会員 大林成行、小島尚人

東京理科大学 学生員 藤井克史、宮川 充

1. はじめに：10年程前に創り出された「フラクタル」という新しい概念は、自然科学の様々な分野だけでなく社会科学にまで影響をおよぼしている。そして、最近では衛星リモートセンシングデータ等を扱う画像処理／解析や自然界の複雑な現象や形状の解析等においてもフラクタルの概念を利用した基礎的な研究が展開されるようになってきた。この様な状況の中、著者らは、古くから社会問題の一つとして早急な技術対応が叫ばれている「斜面崩壊の予知・予測技術の開発」に取り組むとともにフラクタルの斜面安定性評価への適用可能性についての検討へと研究を進めている^{1)・2)}。フラクタルを適用する対象としては、既往の研究で斜面崩壊現象の説明に利用している衛星リモートセンシングデータとDTMの2つが考えられる。一昨年度には、衛星リモートセンシングデータから算出されるフラクタル特徴量を検討対象に取り上げ、斜面安定性評価への適用の糸口を得るに至ったが²⁾、フラクタル特徴量の斜面安定性評価への適用方法や有効性の評価等に多くの労力と時間を費やした。したがって、もう一方のDTMについての検討は今後の課題として言及するには至っていなかった。そこで、本研究ではDTMから算出されるフラクタル特徴量を地形の複雑さを表す素因として斜面安定性評価モデルに適用し、斜面崩壊現象とフラクタルとの因果関係を含めた多角的な検討へと展開する。地形の形状と斜面崩壊現象とが密接な関係にあることは言うまでもなく、全く新しい概念を導入したフラクタル特徴量は地形の複雑さを定量化した素因として期待できる。

2. フラクタル特徴量の適用概念：本研究では、入念な研究調査を通じて代表的なフラクタル次元の算出方法であるフラクタルブラウン関数、ボックス近似法を採用した。紙面の都合上これらの手法の詳細については割愛するが、フラクタルブラウン関数によって自己相似パラメータと標準偏差、ボックス近似法によってボックス次元が算出される。また、斜面安定性評価におけるフラクタル特徴量の物理的意味は表-1に示すように解釈できる。地形の複雑さはDTMに直接反映しているものと考えられることから、算出されるフラクタル特徴量は、斜面の急峻な箇所あるいは起伏の大きい領域における地形の変化を反映したパラメータとして期待できる。本研究では、DTMを用いて手法別に上記した自己相似パラメータ、標準偏差とボックス次元をそれぞれ算出し、既往の研究で有効性が示された素因との相関について数量化Ⅲ類から得られる相関係数を用いて分析した。数量化Ⅱ類の信頼性を保つ上で重要な分析となる。その結果を基に、標準偏差とボックス次元を斜面安定性評価の素因データのの一つとして選定し、以降の検討で用いることとした。

3. DTMから算出されるフラクタル特徴量の有効性評価：本研究では、対象領域として1989年7月から8月の集中豪雨によって多数の斜面災害が発生した房総半島中部の丘陵地帯を設定した。検討ケースとしてフラクタル特徴量を使用しない場合と使用する場合の2ケースを算出手法別に設定した（計3ケース）。

（1）統計指標による分析：表-2に斜面安定性評価モデルの中核をなす数量化Ⅱ類の処理結果を示す。レンジを見ると標準偏差とボックス次元はそれぞれ3、4番目に位置し、その値の大きさからフラクタル特徴量は植生と同程度に崩壊現象に寄与する素因であることが判る。偏相関係数では、フラクタル特徴量はともに3番目に位置しているが、標準偏差は特に大きな値を示している斜面方位、植生指標以外の素因と近い値であるの対して、ボックス次元は大きな値を示している。ボックス次元が標準偏差よりも崩壊現象を説明する上で重要な素因であることが伺える。次に判別精度について見てみると、的中率はボックス次元を使用した場合に約2%の向上がみられるのに対して、標準偏差を使用した場合には0.5%の向上にとどまっている。判別区分

表-1 フラクタル特徴量の物理的意味

算出手法	フラクタル特徴量	DTMの曲面
フラクタル ブラウン関数	自己相似パラメータ→大きい	ゆるやか
	標準偏差 →大きい	垂直方向の変化が大きい
ボックス近似法	ボックス次元 →大きい	変化が激しい

表-2 数量化Ⅱ類の処理結果

検討ケース		ケース1	ケース2	ケース3
フラクタル特徴量		なし	標準偏差	ボックス次元
レ ジ	植 生	1.674	1.572	1.239
	土 壌	0.615	0.628	0.653
	表 層 地 質	0.427	0.384	0.439
	斜 面 方 位	2.827	2.733	2.657
	傾 斜 区 分	0.604	0.738	0.590
	土 地 被 覆 分 類 図	0.578	0.615	0.571
	植 生 指 標	5.250	5.039	4.611
偏 相 関 係 数	フラクタル特徴量	—	1.587	1.180
	植 生	0.045	0.041	0.049
	土 壌	0.038	0.040	0.043
	表 層 地 質	0.028	0.027	0.028
	斜 面 方 位	0.151	0.151	0.152
	傾 斜 区 分	0.036	0.042	0.037
	土 地 被 覆 分 類 図	0.030	0.035	0.028
外 的 基 準	植 生 指 標	0.135	0.134	0.133
	フラクタル特徴量	—	0.056	0.083
判 別 区 分 点	崩壊グループ	-3.233	-3.317	-3.429
	未崩壊グループ	0.016	0.016	0.017
的 中 率 (%)		88.1	88.6	90.3
トレーニングデータ → 崩 壊		22	22	22
トレーニングデータ → 未崩壊		2	2	2
評価対象データ → 崩 壊		578	556	478
評価対象データ → 未崩壊		4398	4420	4498

点の変化についても同様に、ボックス次元を使用した場合の方が標準偏差を使用した場合と比較して負局側、すなわちトレーニングデータ側へ大きく移動していることが判る。トレーニングデータを説明付ける上でもボックス次元は有用な素因であることが示された。

(2) フラクタル特徴量の有効性: 表-2から判るようにフラクタル特徴量を付加することによって崩壊危険箇所が減少する傾向にある。図-1に示した評価図上に現れる違いを見てみると、図中○印で示した箇所減少の傾向が顕著に現れていることが判る。このことは斜面安定性評価の立場から見れば「危険側評価」となるが危険箇所を絞り込む上でフラクタル特徴量そのものの有用性が示唆された。また算出手法別に比較してみると標準偏差よりもボックス次元の方が崩壊危険箇所を減少させる適用効果大きいことが確認された。さらに本研究では、フラクタル特徴量の使用の有無によって評価図上に現れる違いを利用した差画像を作成した。得られる情報の意味解釈を含めて評価者にとって重要な支援情報として位置付けることができる。

4. 研究の成果: 本研究の成果は、以下の2点である。

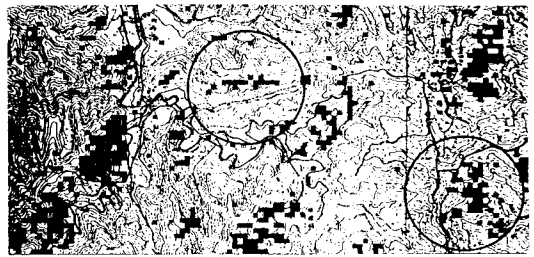
①フラクタルブラウン関数から算出される標準偏差よりボックス近似法から算出されるボックス次元の方が斜面安定性評価において有用な素因であることが判った。

②フラクタル特徴量の使用の有無によって斜面安定性評価図上に現れる違いを利用した差画像を作成した。この差画像による分析の手順は、技術者支援型の分析アルゴリズムとして実用性の高いことを示した。

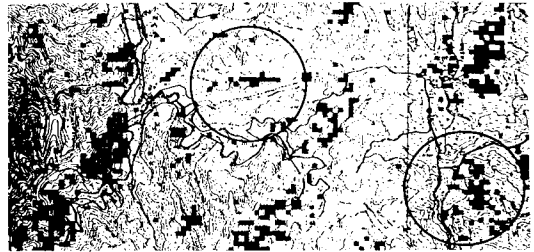
今後の展望として、方向性・依存性を考慮して算出されるフラクタル特徴量が評価結果におよぼす影響について検討することを考えている。本研究の結果は、あくまでも著者らが開発した斜面安定性評価モデルから得られる解の範囲にとどまるものである。現地との照合を継続的に進めるとともに、フラクタル特徴量の物理的な意味解釈について今後とも鋭意研究を展開したいと考えている。

【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、No.415/VI-12、pp.71~pp.80、1990年3月

2)大林成行、藤田圭一、小島尚人、藤井松幸: 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の適用、土木学会第47年次学術講演会、1992年9月



(a) ケース1 (フラクタル特徴量を使用しない)



(b) ケース2 (標準偏差を使用)



(c) ケース3 (ボックス次元を使用)

図-1 斜面安定性評価図上に現れる違い