

IV-318 フラクタル特徴量の量子化レベルの違いに伴う土地被覆分類精度の検証

東京理科大学 正会員 大林成行

東京理科大学 正会員 小島尚人

東京理科大学 学生員 伊藤誠敏

1. はじめに：自然界のランダムな複雑さを表す特徴量としてフラクタル次元を適用する試みが注目されている。コンピュータビジョンの分野ではフラクタルを用いた自然形状の生成などで我々の目を楽しませてくれているが、画像特徴の解析という視点からフラクタルを用いる例はまだ少なく、フラクタルの物理的な意味／解釈と平行して実用的な利用方法を模索する段階にあると言える。衛星データの画像処理／解析精度の向上を目指した研究においてもフラクタルの利用は期待されている。このような状況の中、著者らは衛星データの画像濃度曲面に対するフラクタル特徴量を空間情報の一つとしてスペクトル情報に付加すれば、土地被覆分類精度を高められることを示した¹⁾。ここで利用したフラクタル特徴量は画像濃度値の複雑さを定量的に表すものであり、一種のテクスチャ特徴と言える。この種のテクスチャに類する空間情報をスペクトル情報に付加して分類する場合、量子化レベルの違いによる分類精度への影響も考える必要があるが、通常は情報保存の立場から8ビットに量子化して検討を進め、その他の低量子化レベルについては言及しないことが多い^{1)・2)}。しかし、空間情報として内包している情報が冗長である場合には、処理効率等を考慮に入れて量子化レベルを低く設定することが必要とも言われている。そこで、本研究では新たな空間情報の一つとしてフラクタル特徴量の量子化レベルの違いが分類精度に影響を及ぼすか否かについて検討した。

2. フラクタル特徴量：本研究では画像濃度曲面や自然形状を記述するための代表的なモデルとして報告されている「フラクタルブラウン関数」を採用した。紙面の都合上この関数の詳細については割愛するが¹⁾、画像濃度値 $f(X,Y)$ で表される曲面をこの関数で近似し、これを基に定義・算出されるフラクタル特徴には自己相似パラメータ H と標準偏差 σ の2つがある。それぞれの特徴量の物理的意味は以下のとおりである。

(1) 自己相似パラメータ H ：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。

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

ここで算出される自己相似パラメータ H は0~1に正規化され、この値が大きいほど画像濃度曲面がなだらかな状態を表し、その逆に小さいほど濃度曲面の起伏が激しいといった状態を定量的に表す特徴量である。

(2) 標準偏差 σ ： H とともに形状を特徴づけるのがフラクタルブラウン関数に基づく標準偏差 σ である。本研究では正規分布 $N(0, \sigma^2)$ を仮定するので、分布を決定づけるのは分散 σ^2 となる。つまり、式-1に $C=2\sigma/\sqrt{2\pi}$ を代入して得られる標準偏差 σ の値が一つのフラクタル特徴量となる。

3. フラクタル性の評価：実際の画像濃度曲面をフラクタルブラウン関数で記述するためには、フラクタル性の有無を評価しなければならない。そこで、本研究ではフラクタルブラウン関数による近似誤差を $\log |\Delta X|$ に対する $\log E[|f(X+\Delta X)-f(X)|]$ のプロットの直線性により評価する。具体的には「直線度 I ²⁾」という指標を用いてフラクタルプロットが成立する上限と下限を算出した。つまり直線度は $0 \leq I \leq 1$ の値をとり、1に近い程直線性が保証され、0に近い程点列が無相関であることを意味する。この方法はフラクタル次元の局所的変動を抽出する上で非常に重要であり、よく利用されるものである。バンド1を対象に全方向の変位 ΔX ($=1, 2, \dots, 12$ 画素)についてプロットした例を図-1に示す。直線

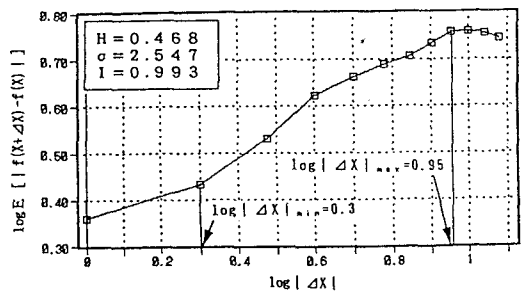


図-1 フラクタルプロット (HRV: バンド1)

度の値を見てもこの画像の局所的な濃度曲面はあるスケール範囲内（X軸）において統計的にフラクタル性を持っていると言える。以上の処理を全画素に対して行い、その都度自己相似パラメータHと標準偏差 σ を算出するとともに、それぞれの特徴量を量子化し局所の変動を画像として出力したものを分類に用いる空間情報とした。図-1を見ても判るように自己相似パラメータHや標準偏差 σ は、フラクタルプロ

表-1 分類精度の比較

評価指標	フラクタル特徴	6 (BIT)	7 (BIT)	8 (BIT)	原データ
区分精度 (%)	H	91.4	91.5	93.2	91.0
	σ	91.4	91.6	93.9	
誤分類率 (%)	H	18.1	17.8	14.3	19.0
	σ	18.0	17.8	12.2	
発散度 平均値 (無次元)	H	1.8	1.8	1.9	1.7
	σ	2.0	2.0	2.0	
PCC (%)	H	90.4	90.5	91.8	88.1
	σ	90.9	90.6	92.5	

ットが成立する範囲に左右されることから、量子化レベルの違いによる分類精度の影響について検討することは重要な要素と言える。なお、フラクタル性の成立するスケール範囲の決定問題について本研究では一般に利用されている「直線度」によって判断したが、厳密性の点で議論の余地は残される。この点に関する検討については本研究の範囲に含めず、今後の課題とした。

4. 検討ケースと土地被覆分類精度

(1) 検討ケース：本研究ではフラクタル特徴を量子化する際に、6、7、8ビットの3ケースを設定した。分類に使用するバンドは原データ・3バンドと空間情報・3バンドを併せた6次元のデータとした。

(2) 土地被覆分類精度の比較および考察：本研究で使用したデータは、1988年10月4日に観測されたHRVデータ（PATH331-ROW280）である。また、分類精度を評価する上で土地被覆分類項目がよく識別でき、詳細なグラントルースデータが収集・整備されている千葉県印旛沼周辺を対象領域として選定した。分類手法としては実用性を念頭に置き、広く一般に利用されている教師付最尤法を用いた。また、トレーニングデータの精度評価には①区分精度、②誤分類率、③クラス間発散度を採用し、さらに画像全体にわたる分類精度の評価にはPCC（Probability of Correct Classification）を用いた。表-1にこれらの評価指標の値を算出した結果を整理した。この表を見ると原データにフラクタル特徴量を付加して分類することにより、いずれのケースにおいても分類精度が向上することがわかる。区分精度に着目すると6ビットから8ビットにかけて精度が高くなる傾向にある。また、誤分類率においても量子化レベルが高い方がよい結果を示している。同様に発散度、PCCいずれの指標においても8ビットで量子化した場合が最もよい結果となった。特に標準偏差 σ を8ビットで量子化した場合の分類結果と原データのみで分類した結果を比較した場合、区分精度では約3%の向上、誤分類率では約7%程の減少を示し、有為な違いが認められた。以上の検討から衛星データの土地被覆分類に際しては、自己相似パラメータおよび標準偏差ともに高い量子化レベルで処理した後に空間情報として利用すれば分類精度の向上が期待できると言える。

5. まとめ：複雑な土地被覆の情報を内包した衛星データの濃度曲面に対するフラクタル性の有無の評価とともに、算出される特徴量の物理的な意味については議論が交わされるところではあるが、現在までの検討の範囲内においてフラクタル特徴量は空間情報として分類精度の向上に寄与することが示された。そして、自己相似パラメータ、標準偏差ともに8ビットで量子化して利用することが適切であると言える。今後の衛星データの高分解能化に伴ってより一層分類精度の向上が期待されている。今までに蓄積された多くの研究のノウハウと新しい概念を融合利用するアプローチには、本研究のような基礎的な検討も忘れてはならない。

【参考文献】 1) T. Tiyip, 大林成行、小島尚人、伊藤誠敏：衛星マルチスペクトルデータを用いた土地被覆分類図の精度向上について、第16回土木情報システムシンポジウム講演集、pp. 295～pp. 302、1991年10月
2) 新井康平：空間情報を用いたマルチスペクトル画像分類、日本リモートセンシング学会誌、Vol. 7, No. 4, pp. 17～pp. 24、1988年12月