

フラクタル次元を用いた降雨形状の解析

九州大学 工学部 正 員 森山 聡之
 九州大学 工学部 学生員 ○安道 竜也
 九州大学 工学部 正 員 平野 宗夫

1. はじめに

建設省のレーダ雨量計は、観測ステップ5分間隔・直交座標に変換したときのメッシュの大きさが3 km四方程度である。これは、建設省が管理している一級河川の流出計算をするには十分の解像度である。実際著者らはリアルタイムのレーダ雨量を用いて洪水位の予測に用い、満足すべき結果を得ている¹⁾。しかし都市河川や下水道網においては、その流域面積が狭く、洪水到達時間が短い上に舗装などの影響もあって、短時間の流出が小流域で発生し局所的な溢水現象を生じることが多い。このような小流域で短時間の流出を計算するには、レーダにより降雨域の挙動を監視し降雨予測を行い一分一秒でも早く流出予測を行う必要がある。一方、フラクタル次元解析を雨域に適用した例としては Lovejoy²⁾ (1982) が熱帯における衛星により観測された雲とレーダにより観測された雨域の、フラクタル次元解析を行ったことが挙げられる。本研究では、画像処理手法及びフラクタル次元解析を用いて、2次元レーダ情報から温帯域における前線性の降雨域の形状特性を抽出し、短時間流出予測への一助とするものである。

2. 計算式

トポロジカル次元が1のフラクタル曲線、例えば海岸線などでは、測定に使うスケールのサイズによって見かけ上の長さ変る。最大サイズが L_{max} の自己相似曲線を、 $L = rL_{max} (r < 1)$ のサイズの小さい定規で測ると、曲線は $N = 1/r^D$ 個の線分 L で構成される。ここで、 $D \geq 1$ であり、曲線の長さは

$$\text{長さ} = LN = L (L_{max}/L)^D \propto 1/L^{D-1} \quad (1)$$

で表される。また、島の海岸線などのように、平面上に分布した形状に対しては、周囲長 P と、面積 A のスケーリング関係からフラクタル次元を求めることができる。いま同じフラクタル次元 D を持ち、大きさの異なる大きさの異なる島について、同じサイズ L の定規で測定することを考える。島の周囲長 P は、(1) 式から $P \propto L_{max}^D$ と表される。また、海岸線の次元は $D < 2$ であり、それぞれの島の面積 A は $A \propto L_{max}^2$ となるので、
 $P \propto A^{D/2}$ (2)

である。海岸線を雨量強度の等値線図に置き換えて考えると、雨域の形状のフラクタル次元解析を行うことができる。

3. 使用データ

建設省九州北部レーダにより観測されたレーダ情報を用いることにする。実際に観測されたデータは5分ステップの極座標データであるが、これを3km四方のメッシュに変換して使用した。1988年5月3日18時から18時55分のものであり、これは九州西北部豪雨の最盛期に当る。

4. 計算の手順

- 1) しきい値処理を行う
- 2) セル毎の領域分割とラベル付けを行う
- 3) ラベル付けを行った領域の物理量を測定する
- 4) 測定した物理量を用いてフラクタル次元解析により形状を解析する

今回は、物理量としては、周囲長 P と、面積 A を採用し、両対数でプロットした。

5. 計算結果と考察

以上の計算結果を図2～5に示す。これより、 P と A はいかなるしきい値の場合でも、両対数紙上ではほぼ直線上にある事がわかる。従って、雨域の降雨強度の等値線はフラクタルであることがわかる。

また、求められたフラクタル次元は $D=1.55 \sim 1.65$ となり、Lovejoyの結果 ($D=1.35$) と異なる。これは、Lovejoyが熱帯の雨域と雲からフラクタル次元を求めたのに対し、本研究では温帯の前線性の降雨域を対象としたため形状が異なっていたためではないかと思われる。

雨域の降雨強度の等値線はフラクタルであるとすれば、降雨域の形状をもとに、降雨域の追跡を行う場合は

1988年5月3日18:00 観測



図1 レーダ雨量の分布例

周囲長と面積のどちらか片方を注目すべきパラメタとして採用すれば良いことがわかる。

本研究に用いた降水レーダによる降雨データは、実際の3次元の降雨域を、XY平面にはば並行な面で切ったものであるから、もし、降雨域の垂直断面の稜線がフラクタルであれば、3次元でもフラクタルであるといえる。次回は、3次元のレーダデータ又は垂直断面と水平断面の同時に観測したデータを入力して解析したい。また今回は形状のみで次元解析を行ったが、次回は雨量強度の分布もフラクタルになっているかを解析したい。あるいは、解像度の異なるレーダデータや前線性以外の降雨域の解析も興味あるところである。

謝辞

貴重な示唆を頂いた東京都土木研究所小川進研究員に厚く御礼を述べる次第である。

参考文献

- 1) 森山・平野・中山・松尾・鐵谷：レーダ雨量計を用いた洪水位の短時間予測：第33回水理講演会論文集(1989)
- 2) Lovejoy,S.:Area-Perimeter Relation for Rain and Cloud Areas,Science,216(1982) p185-
- 3) Heizen-Otto Peitgen and Dietmar Saupe・山口昌哉監訳：フラクタルイメージ：シュプリングァーフェアラク東京(1990) (原著は1988に発行の The science of Fractal Images)

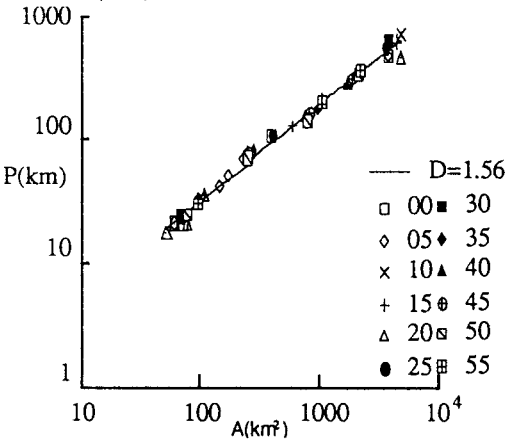


図2 しきい値 3mm/hour における周囲長と面積の関係

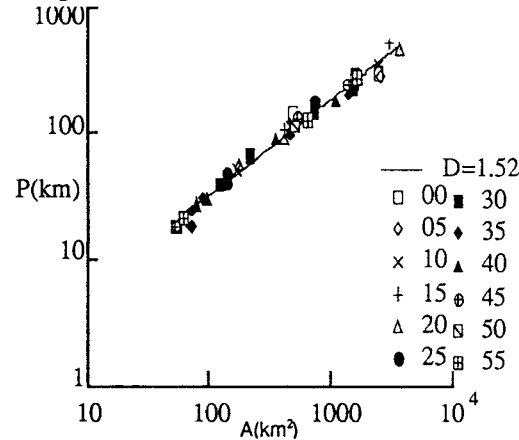


図3 しきい値 5mm/hour における周囲長と面積の関係

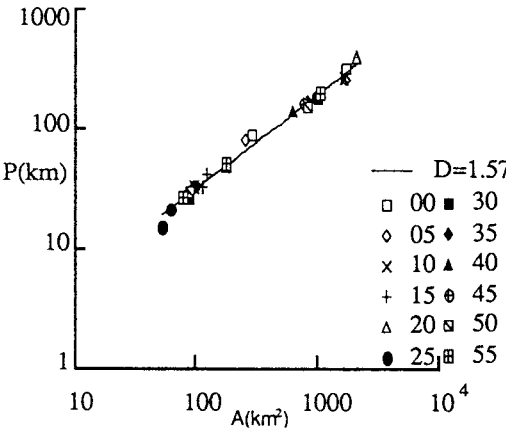


図4 しきい値 10mm/hour における周囲長と面積の関係

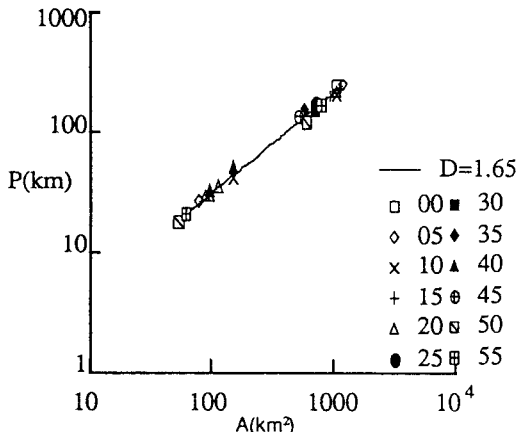


図5 しきい値 15mm/hour における周囲長と面積の関係