

II-11

フラクタル次元を用いた雨域の空間特性に関する研究

九州大学大学院 学生員○安道 竜也

九州大学工学部 正 員 森山 聡之

九州大学工学部 正 員 平野 宗夫

1. 目的 現在、多くの研究者により、レーダ雨量計等のリモートセンシング技術により得られる情報を用い、より精密な分布型流出モデルを基にした精度の高い水文量の予測推定が試みられているが、どれほどの時空間的スケールを流域要素の基準として設定すべきかという最も基本的問題が明らかでない。特に、雨域の時空間的特性をつかむことが重要であると思われる。本研究では、レーダデータを画像処理し、フラクタル次元解析を用いて雨域の形状解析を行う。なお、フラクタル幾何学を雨域に適用した例として、Lovejoy (1982)¹⁾ による熱帯の、衛星により観測された雲および降水レーダにより観測された雨域のフラクタル次元解析が挙げられる。

2. 内容 今回は物理量として、雨域の周囲長 P と面積 A に着目する。

(a)計算式 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 は、自己相似曲線の相似次元、すなわちフラクタル次元であり、 $D > 1$ であって、曲線の長さ L は

$$L = l \cdot N = l (L_{max}/l)^D \quad (1)$$

と表される。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 のスケール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、大きさの異なる島について、同じサイズの定規 l 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 $A \propto L_{max}^2$ であるので、

$$P \propto A^{D/2} \quad (2)$$

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。なお、本研究では、デジタルデータからの測定が容易なBox-Counting法を用いる。

(b)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。期間は1988年5月3日12時00分から23時55分であり、これは九州中北部豪雨の最盛期に当たる。

(c)測定方法 レーダで観測した雨域の周囲長 P と面積 A を正方形メッシュの一辺を η 、雨域全体を被覆するのに必要なメッシュの数を N 、周囲線を被覆するのに必要なメッシュの数を M として、

$$P = M \cdot \eta \quad (3)$$

$$A = N \cdot \eta^2 \quad (4)$$

と定義する。

(d)計算の手順 計算の手順を以下に示す。

- 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

前述のように、物理量としては周囲長 P と面積 A を採用し、各時間の00分から、55分までの観測を一区間として両対数紙にプロットしてフラクタル次元 D を求め、その時間的な変化を見た。なお、Box-Counting法では、周囲長の評価に関して、面積の大きい雨域に対してはほとんど問題はないが、小さい雨域に対して問題がある。よって、面積 45km^2 以下の面積の小さい雨域を除いた場合と、全ての雨域を採用した場合の計算を行った。

(e)計算結果と考察 計算の結果、 P と A は計算を行った全てのしきい値の場合で両対数上では直線にあった。その一例として、5月3日12時00分における P - A の関係を図-1および図-2に示す。他の P - A に関しても図-1および図-2と同様であったので、Lovejoyが熱帯性の雨域について解析を行ったのと同様に、温帯域においても $P \propto A^{D/2}$ の関係は成り立ち雨域の等値線はフラクタルであることがわかる。

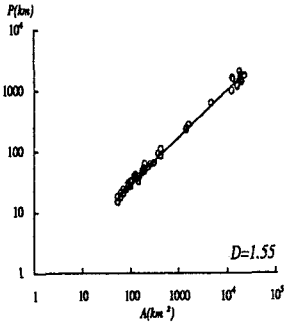


図-1 12:00 しきい値3mm/h 面積45km²以下の雨域を除いた場合
図-1 周囲長 P と面積 A のグラフ

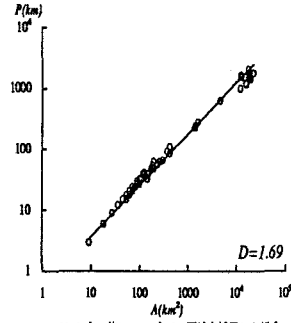


図-2 12:00 しきい値3mm/h 全ての雨域を採用した場合
図-2 周囲長 P と面積 A のグラフ

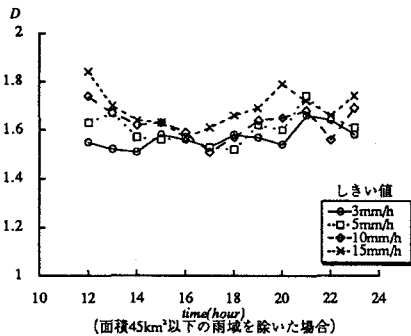


図-3 フラクタル次元 D の変化
(面積45km²以下の雨域を除いた場合)

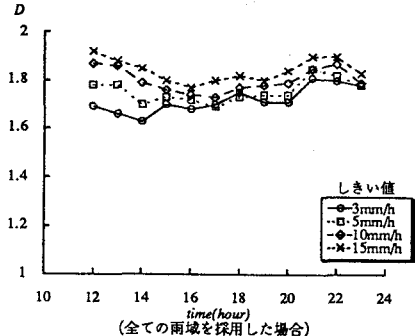


図-4 フラクタル次元 D の変化
(全ての雨域を採用した場合)

また、求められたフラクタル次元は、図-3および図-4のように $D=1.5 \sim 1.7$ となり、Lovejoyの結果($D=1.35$)と異なる。これは、Lovejoyが熱帯の対流性が主な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と思われる。しきい値が3, 5, 10および15mm/hの場合について D の変化を求めたが、面積45km²以下の雨域を除いた場合と全てを採った場合の両方ともに、10および15mm/hのしきい値の場合の変動の傾向がよく似ている。すなわち、 D の値が、12時から16時にかけて減少し、16~18時で極小値を取り、それから再び増加するというものである。これはちょうど、12時でレーダの定量域内一面に広がる層状性の雨域が主であったものが、16~18時には熊本県緑川付近の対流性の雨域が主となり、それから再び23時で層状性の雨域が主となったのと、同様の傾向である。すなわち、豪雨をもたらす対流性の雨域の割合が大きいたときには、層状性の雨域の割合が大きいたときに比べ、 D の値が小さくなると言えるようである。

3. 結論と今後の予定 温帯性(前線性)の雨域の周囲長 P と面積 A の間には $P \propto A^{D/2}$ という関係が成り立ち、フラクタルであることが明らかになった。さらに、 D の時間的変化から、対流性の雨域の割合が大きいたときには、層状性の雨域の割合が大きいたときに比べ、 D が小さくなるようである。今後の予定としては、三次元レーダデータの場合、雨量強度分布も考慮した場合のフラクタル次元解析などを考えている。

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、御礼を述べる次第である。

参考文献 1) Lovejoy, S.: Area-Perimeter Relation for Rain and Cloud Areas, Science, 216(1982) p185- 2) 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) 3) 高木幹雄・下田陽久監修: 画像解析ハンドブック: 東京大学出版会