

## 雨滴分布のフラクタル次元解析について

九州大学工学部 ○学生員 田中啓之 正員 平野宗夫  
正員 森山聰之 学生員 田中克彦

### 1. はじめに

雨滴の粒径分布は、レーダ反射因子から降雨強度を求める際に使用されている。一般にはMarshallおよびPalmer<sup>1)</sup>が仮定した指數分布を用いることが多いが、分布を決定するパラメタの数が複数であることから、単一のレーダ反射因子の観測からはパラメタが容易に推定出来ず、降雨強度推定の際の誤差が過大であるという問題をはらんでいる。

一方、Lovejoy<sup>2)</sup>らは、濾紙による観測から、雨滴の位置のフラクタル解析を行ない、雨滴の空間分布がランダムであるという標準理論に修正を加え、レーダ反射因子のレンジ（体積）依存性を論じた。本論では、濾紙による観測から、さらに雨滴径の空間分布のフラクタル次元解析を行ない、雨滴の粒径分布の解明を試みたものである。

### 2. フラクタル解析

#### 2.1 データ

本論では、中央大学<sup>3)</sup>が行なった濾紙法による観測データを用いた。濾紙は図-1のような直径11cmの円形であり、計17例のサンプルについて解析を行なった。表-1にサンプルの観測日時、気象事例を示す。

表-1 測定濾紙サンプル

測定日	測定時間	No	気象事例
1993.2.17	11:18 ~ 11:35	1,2,3,4	前線性降雨
2.21	21:34 ~ 23:46	5,6,7	△
4.22	16: 29 ~ 17:28	8,9	△
8.26	9: 29 ~ 12:12	10,11,12,13,14,15,16,17	台風性(11号)

#### 2.2 降雨強度の空間分布

濾紙上において、半径Lの円内の降雨強度R(mm/h)は、単位時間当たりの通過雨滴体積の総和により次式で表せる。

$$R(L) = \frac{600 \times \sum d^3}{L^2 T} \quad (1)$$

ここで、d: 滴径(mm)、T: 濾紙をさらした時間(s)である。降雨強度Rが、Lの変化に依存するかどうかを、濾紙上のそれぞれの雨滴について、半径L内の降雨強度Rを算出し、平均する。図-2にその結果を示す。濾紙の関係上不十分ながらも、Rは $3.2 \leq L \leq 32$ mmにおいて一定値を示した。行った17例の計算とも類似した分布を示したので、Rは少なくともこの範囲では一定であると考えられる。Lの小さい領域および大きい領域は、省略した。これは、1)濾紙上において、2mm以下の小さいLの多くはより大きい雨滴痕跡に含まれてしまうこと、2)大きい円の多くは濾紙の外にはみ出してしまうことがn(L)を過少評価してしまう要因であると考えられる。

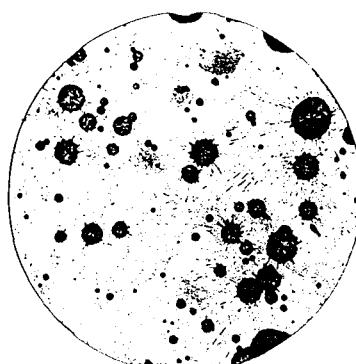


図-1 観測濾紙の一例(No.8)

### 2.3 適格の空間分布

雨滴の大きさの空間分布は、非整数ブラウン運動としてフラクタル次元 $D$ が算定できる。つまり、雨滴径を(1)式で示されるセミバリオグラムで評価し、その勾配が直線となれば、フラクタルであるといえ、(2)式で $D$ が求まる。

$$\langle (d(s) - d(t))^2 \rangle \propto |s - t|^{2H} \quad (2)$$

$$D=3-H \quad (3)$$

ここで、 $d$ : 滴径、 $s, t$ : 任意の2つの滴の位置、 $D$ : フラクタル次元である。これは、各々の雨滴間距離と、径差の2乗平均を両対数でプロットすれば、その傾きが $2H$ であることを意味する。雨滴径のセミバリオグラムを図-3に示す。図-2と同じ理由により、 $L$ の小さい領域は省略した。また、 $L$ の大きい領域については、 $L$ が雨滴間の距離であるため濾紙の範囲の制限を受けないことから、有義な値であるといえる。

セミバリオグラムの近似曲線を引くにあたって、 $L \geq 3\text{mm}$ とした。これは近似曲線を客観的にみるためにある。17例の平均は、 $2H \approx 0.187$ であった。直線の勾配は非常に小さく、これは粒径の空間分布がランダムであることを示している。

雨滴の個数 $N$ と、セミバリオグラムにより求められた $2H$ がどのように分布しているかを図-4に表す。 $N$ と $2H$ 間に相関性はないと思われる。しかし、前線性降雨のものは $2H$ が同一時系列では、ほぼ同じ値に分布しており、同じフラクタル次元を持つが、台風性であるものは、ばらつきがあると思われる。

### 3. おわりに

本論では、濾紙で観測できるスケールでの雨滴径の空間分布がランダムであること、前線性降雨の同一降雨時系列ではフラクタル次元がほぼ同じであるという結果を得た。今後は、より広範囲のスケールにおいて雨滴の空間分布のフラクタル次元解析を行い、濾紙のスケールでの解析結果との相関性を検証したい。

〈謝辞〉

本研究で用いたデータは、全て中央大学理工学部山田正教授、同大学日比野忠史助手、同大学大学院鈴木敦氏が行った観測によるものであり、貴重なデータを快く貸与して下さったことに対し、ここに深く謝意を表します。

〈参考文献〉

- 1) Marshall,J.S.,and W.M.Palmer:The distribution of raindrops with size.:J.of Meteorology,5,165-166,1948.
- 2) Lovejoy,S.,and Schertzer,D.:Fractals,Raindrops and Resolution Dependence of Rain Measurements.:J.of Applied Meteorology,29,1167-1170,1990.
- 3) 鈴木敦,日比野忠史,山田正:レーザ光を用いた雨滴計の試作とそれを用いた雨滴粒径分布の観測,水文、水資源学会1993年研究発表会要旨集,212-213.

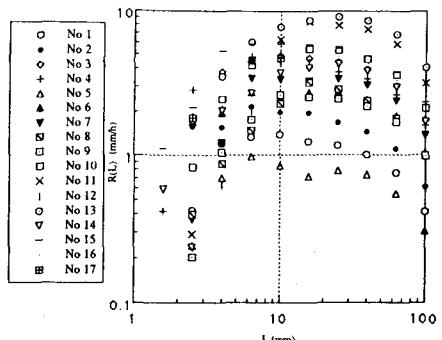


図-2 降雨強度 $R$ の空間分布

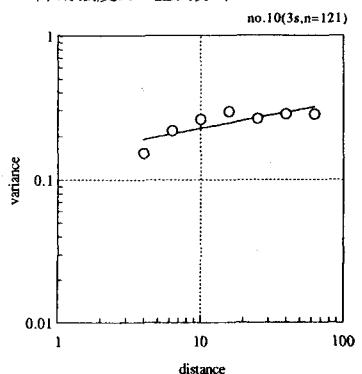


図-3 滴径のセミバリオグラムの一例(No.10)

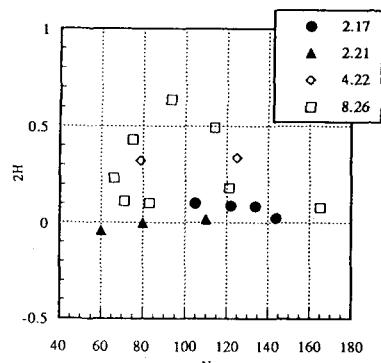


図-4  $N-2H$ の分布