

CS-169

降雨構造としての雨滴粒径分布の解析

- レーダー雨量推定精度向上のために -

京都大学大学院 学生員 ○中川勝広 京都大学防災研究所 正員 中北英一
 京都大学防災研究所 正員 池淵周一 京都大学工学部 佐藤 亨

1 はじめに 本研究ではレーダー雨量計による地上雨量の推定精度の向上をはかるために、地上における雨滴粒径分布の観測および鉛直方向の雨滴の落下速度のドップラースペクトルから雨滴粒径分布を推定できる京都大学超高層電波研究センターのMUレーダー(Middle and Upper Rader)による観測を行い、雨滴粒径分布を解析し、降雨タイプおよび降雨強度との関係から雨滴粒径分布の定式化を行いパラメーターを同定し、雨滴粒径分布の鉛直構造すなわち降雨の3次元構造を明らかにすることを目的としている。

2 観測概要 地上における雨滴粒径分布の観測は滋賀県甲賀郡信楽町の京都大学超高層電波研究センターのMUレーダー観測所においてMUレーダーによる雨滴粒径分布の鉛直方向の分布観測と地上同期観測を実施した。観測項目は以下のとおりである。

- Disdrometer による雨滴粒径分布の観測
- 光学式雨量計による降雨強度の観測
- 光学式雨滴分析器による雨滴粒径分布の観測
- 転倒マス式雨量計による降雨強度の観測

光学式雨滴分析器については、後で述べるが有意な雨滴粒径分布を得るために必要な蓄積時間の解析より得られた結果が、disdrometer 特有の性質であるか現象そのものが得られているのかを比較するためである。転倒マス式雨量計は光学式雨量計の精度確認のために用いる。

3 雨滴粒径分布の定式化 雨滴粒径分布 $N(D)$ をガンマ分布

$$N(D) = N_0 D^\mu \exp(-\Lambda D) \quad (1)$$

で近似する。なぜなら、MUレーダーで推定される雨滴粒径分布がガンマ分布であり、指数分布はガンマ分布の特別な場合 ($\mu=0$ のとき) であるためである。同定するパラメーターは N_0, μ, Λ でありそれを決定するために両辺に $\ln$ をとると

$$\ln N(D) = \ln N_0 + \mu \ln D - \Lambda D \quad (2)$$

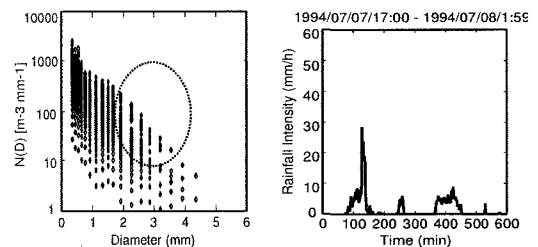
となる。これから最小自乗法を用いてパラメーター N_0, μ, Λ を同定する。同定されるパラメーターのうち

降雨種類の影響を受けるのは μ, Λ と考えられるので特にこれらのパラメーター μ, Λ について降雨別の同定を行う。

4 解析結果および考察 観測は1994年6月下旬より実施しており、光学式雨量計で観測されたデータを用いて降雨が観測されている期間を調査し、解析対象期間を決定した。解析に用いた降雨の期間および降雨タイプの一例を表1に示す。表1に示した期間に観測された雨滴粒径分布と降雨強度を図1、図2に示す。観測された雨滴粒径分布を比較すると降雨タイプが梅雨前線では粒径が4mm以上の雨滴が観測されているが、台風性では粒径が4mm以上の雨滴は観測されていない。雨滴粒径分布が平行に上方に分布しているのが図から明らかである。これは、降雨強度が10mm/h以上の時に観測された雨滴粒径分布である。

表1 解析対象期間

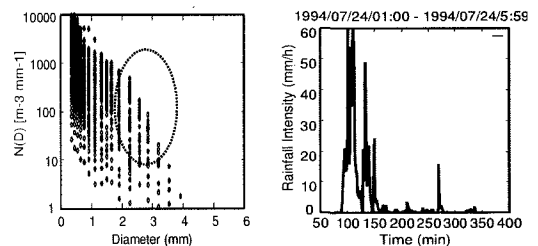
	開始時刻	終了時刻	時間	降雨タイプ
1	07/07/17:00	07/08/01:59	9	梅雨前線
2	07/24/01:00	07/24/05:59	5	台風性



(a) 雨滴粒径分布

(b) ハイエイトグラフ

図1 雨滴粒径分布とハイエイトグラフ(梅雨前線)



(a) 雨滴粒径分布

(b) ハイエイトグラフ

図2 雨滴粒径分布とハイエイトグラフ(台風性)

光学式雨量計の精度調査として、光学式雨量計、転倒マス式雨量計の観測データを時間雨量および全期間の総雨量について比較を行った。比較結果の一例を図3に示す。これより時間雨量ではわずかに差があるものの、総雨量はほぼ等しく、光学式雨量計による降雨強度のデータは精度的に問題ないと考えられる。

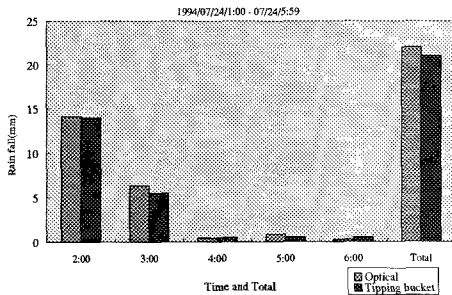


図3 光学式雨量計と転倒マス式雨量計の比較

Disdrometer による雨滴粒径分布は1分間のデータであるので、降雨タイプ別のパラメータ同定のためにはある程度の時間を蓄積させて平均をとり、パラメータを同定する必要がある。降雨タイプ別の雨滴粒径分布の定式化に必要な蓄積時間 (IAC) を明らかにするために、蓄積時間を1分から15分にしてそれぞれの期間の雨についてパラメータを同定し、パラメータの変動を調べた。降雨強度が1 mm/h以下の時同定されるパラメータの変動が大きくパラメータ同定の精度が悪くなる。これは、降雨強度が小さい時、すなわち雨滴がほとんど観測されていないサンプル数が少ない時にパラメータを同定しているためであると考えられる。そこで、本研究ではレーダー雨量計による観測精度向上を目的としているので、解析に用いるデータに1分間平均の降雨強度が1 mm/hという下限値を設けた。その結果、パラメータの同定に必要なパラメータの同定時間は最低5分間必要であることがわかった。

次に同定されたパラメータ $\Lambda, \mu, \ln N_0$ 間の関係を調べると、図4に示すように Λ と μ 、 $\ln N_0$ と Λ の間には線形関係が成立していることが明らかで、

$$\Lambda = a\mu + b \quad (3)$$

$$\ln N_0 = c\Lambda + d \quad (4)$$

において回帰分析を行うと、パラメータ a, b, c, d は表2に示すように降雨タイプ別に定まる。次に、式(3)、式(4)を式(2)に代入し整理すると

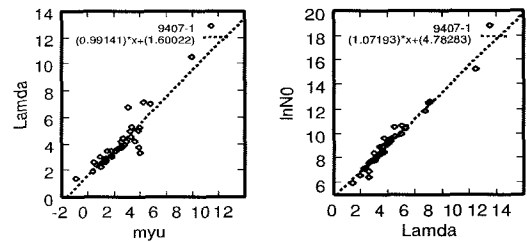
$$\ln N(D) = (c\Lambda + d) + \frac{\Lambda - b}{a} \cdot \ln D - \Lambda \cdot D \quad (5)$$

となる。 Λ については、降雨強度 15 mm/h 以上では降雨タイプ別に表2に示す値に収束しているためその値を用いる。したがって、降雨強度 15 mm/h 以上の降雨の地上の雨滴粒径分布は降雨タイプ別に式(5)で新たに定式化できる。

表2 パラメータ a, b, c, d, Λ の値

	a	b	c	d	Λ
梅雨	1.0	1.6~2.7	1.0	4.7	3~4
台風	1.3~1.4	-0.3~3.2	0.8~1.0	6.0~7.6	4~7
秋雨	0.6~1.3	2.2~3.2	1.0	5.3~6.5	4~6

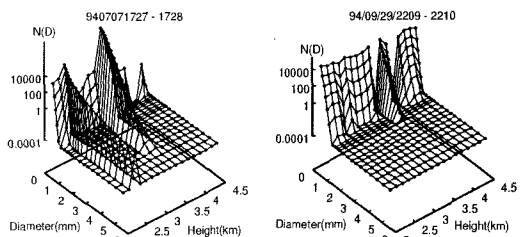
最後に雨滴粒径分布の鉛直分布を図5に示す。(a)の梅雨前線による降雨の雨滴粒径分布は、粒径の大きい雨滴も含み鉛直変化も大きい、(b)の台風性の降雨では粒径の小さい雨滴しかなく鉛直方向の変化もほとんどない。このように上空の雨滴粒径分布には降雨タイプ別の特徴がみられる。



(a) Λ と μ の関係

(b) $\ln N_0$ と Λ の関係

図4 パラメータ間の関係



(a) 梅雨前線

(b) 台風性

図5 雨滴粒径分布の鉛直分布

5 おわりに 今後の課題として、地上の雨滴粒径分布の定式化を式(5)で行ったが、パラメータの値には幅があり精度調査を行う必要がある。また雨滴粒径分布の鉛直分布については、降雨事例をさらに増やして降雨タイプ別の特徴を抽出し、地上と上空の雨滴粒径分布の関連を調べる必要がある。