

## マイクロ波放射計による水蒸気鉛直分布と降雨到達速度の関係

千葉工業大学 学生会員 ○白川 尚樹  
 千葉工業大学 正会員 小田 僚子  
 前・千葉工業大学 非会員 青柳 光彰  
 防災科学技術研究所 非会員 清水 慎吾

## 1. 目的

日本各地で降雨による災害が頻発し防災の観点から高精度な降雨予測が必要とされている。これに対し、可降水量が増加した後に降水量が増大していることが指摘されており<sup>1)</sup>、現在では水蒸気情報を豪雨予測に活用する取り組みが行われている<sup>2)</sup>。本研究では、一般的な気象レーダーよりも細かい時間・空間分解能を持つマリナーレーダーとマイクロ波放射計を用い、上空で雨粒が確認されてから地上に到達するまでの時間（速度）と可降水量および水蒸気鉛直分布の関係について評価することを目的とした。

## 2. 観測概要

千葉工業大学新習志野キャンパス12号館に設置されているマリナーレーダー（図-1 左、光電製作所、MDC-2920）を用いて降雨鉛直断面の観測を行った。また同津田沼キャンパス4号館屋上に設置されているマイクロ波放射計（図-1 右、RPG社製、RPG-HATPRO-G4）で可降水量と比湿プロファイルの観測を行った。

マリナーレーダーで観測された層状性降雨の一例を図-2に示す。図中の上空4km付近にブライトバンド（融解層）が確認でき、この層より下で雨粒となる。ブライトバンドの出現高度は気温の高い夏季に高く、冬季に低い季節変化が見られる<sup>3)</sup>。本研究では層状性降雨の事例が多くみられ、ブライトバンド高度が概ね3~4km付近にあった2016年と2017年10月の結果に着目した。対象期間に層状性降雨が確認された事例は13事例であった。ここで、1事例とはレーダー画像上で降雨エコーが確認されてから消えるまでと定義した。

## 3. 可降水量と降雨到達速度の関係



図-1 マリナーレーダー（左）とマイクロ波放射計（右）

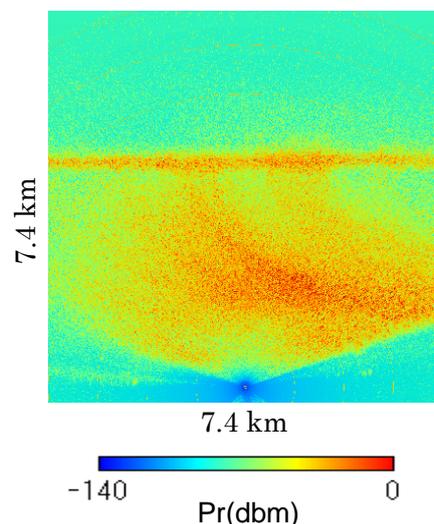


図-2 マリナーレーダーで観測した層状性降雨の例

これまでの層状性降雨の鉛直観測結果から、上空で降雨が確認されてから地上に到達するまでには数分~100分を超える時間を要していることが指摘されている<sup>4)</sup>。雨滴（ブライトバンド高度）が上空で現れてから地上に到達するまでの時間を「降雨到達時間」と定義すると、降雨到達時間はブライトバンドの発生高度に依存するため、以下に示す式で「降雨到達速度」を算出した。

$$\text{降雨到達速度} = \frac{\text{ブライトバンド高度}}{\text{降雨到達時間}} \quad (\text{式 1})$$

対象事例の降雨到達速度の平均は7.2m/sであった。

図-3 は上空で雨滴が確認される直前 1 時間の高度 10km までの平均可降水量と、降雨到達速度の関係を示したものである。両者には弱い正の相関関係（相関係数 0.44）が見られ、大気が湿潤なほど雨滴は早く地上に到達する傾向にあると考えられる。

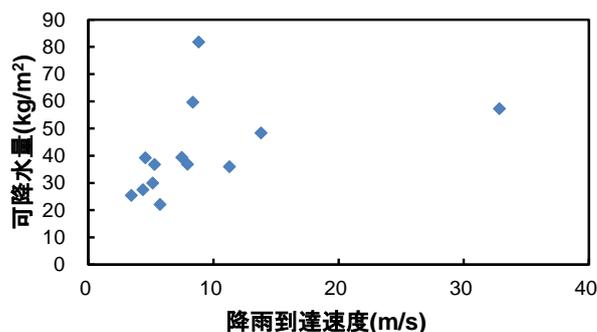


図-3 可降水量と降雨到達速度の関係

#### 4. 水蒸気鉛直分布と降雨到達速度の関係

3. では可降水量と降雨到達速度に相関が見られることが示された。しかしながら、可降水量がほぼ同じであっても降雨到達速度に相違が見られる事例が存在する。そのため、比湿の鉛直分布に着目した。可降水量とブライトバンド高度がほぼ等しく、降雨到達速度が顕著に異なる 2 ケースの降雨事例の概要を表-1 に示す。また、これらの比湿鉛直分布を図-4 に示す。上空で雨滴となるブライトバンド高度よりも下層（高度約 4,000m 以下）のプロファイルに着目すると、比湿が高い方が降雨到達速度も速い傾向にあることがわかった。ブライトバンド高度付近の上空で水蒸気量が多いほど、併合過程により雨滴が大きく成長しやすいと考えられる。大きい雨滴ほど落下速度（終端速度）が速くなるため、降雨到達速度も速かったと考えられる。

表-1 事例の概要

	case1		case2	
ブライトバンド高度(km)	4.2	3.9	3.9	3.8
可降水量(kg/m <sup>2</sup> )	36.8	36	39.3	39.4
降雨到達速度(m/s)	5.3	11.3	4.6	7.5
降雨到達時間	0:13:15	0:05:46	0:14:16	0:08:29
水平風速(m/s)	1	1.9	1.4	1.5
月/日	10/15	10/28	10/17	10/13

#### 5. まとめ

上空で確認された雨滴が地上に到達する過程の速度を「降雨到達速度」と定義し、可降水量および水蒸気鉛直分布との関係性を評価した。その結果、降雨到達速度と降雨直前 1 時間の高度 10km までの平均可降水量には弱い正の相関が見られたが、可降水量がほぼ同じでも降雨到達速度に違いが見られる事例も存在した。これら事例に対して比湿の鉛直分布に着目すると、ブライトバンド高度（高度約 4,000m）よりも下層の比湿が高い方が降雨到達速度が速い傾向にあった。これは、上空での水蒸気量が多いほど併合過程により雨滴が大きく成長しやすく、終端速度が速くなるために降雨到達速度が速かったと考えられる。ブライトバンド高度以下の大気が湿潤なほど、上空で生成された雨滴が地上に早く到達する傾向にあることが示された。

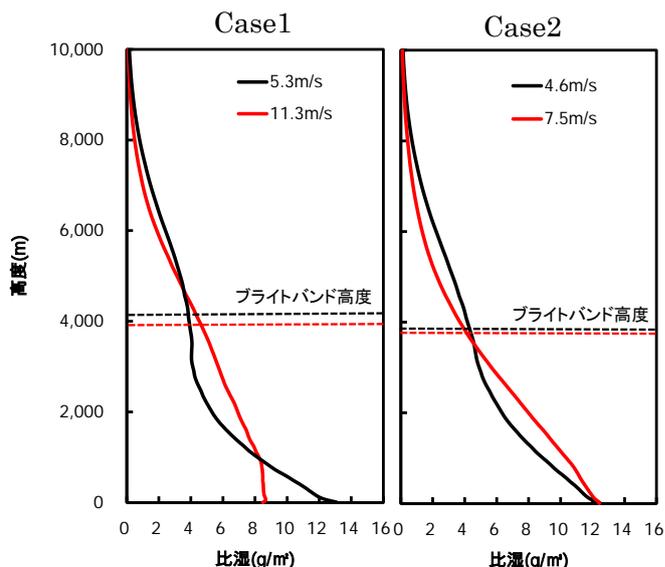


図-4 降雨到達速度が異なる事例の比湿鉛直分布

にあたり千葉工業大学都市環境工学科の辛川文彬氏にご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 神田ほか, 首都圏における局地的対流性豪雨と GPS 可降水量の時空間変動, 2000, 天気, 47, pp.7-15.
- 2) 小司ほか, GPS 水蒸気情報システムの構築と気象学・測地学・水文学への応用に関する研究, 2009, 測地学会誌, 55, pp.17-38.
- 3) 小田ほか, マイクロ放射計による可降水量と降雨到達速度の関係, 2019, 日本気象学会 2019 年度秋季大会講演予稿集, P444.
- 4) 松井, マリンレーダーを用いた降雨鉛直観測と降雨速度の解析, 2017, 千葉工業大学大学院修士論文.

#### 謝辞

マリンレーダーの設置に際し、北海道大学の藤吉康志名誉教授にご指導いただきました。また、データ解析