

中央大学理工学部 学生員 〇土屋 修一 中央大学大学院 学生員 後藤 友博
中央大学理工学部 正会員 志村 光一 中央大学理工学部 正会員 山田 正

はじめに 近年,局地的かつ突発的に発生する集中豪雨によって,都市域における水害が増えている.このような集中豪雨のメカニズムは明らかにされていない部分が多い.そこで本研究は局地的な集中豪雨を引き起こし,予測が困難な対流性降雨における風の場の構造と雨域の関係を把握することを目的とする.

観測概要 降雨の観測には中央大学理工学部設置したドップラーレーダを用い,著者らが開発した折り返し補正の手法を用いて VAD(Velocity Azimuth Display)法からレーダ上空の風向・風速の鉛直分布を推定した.対象にした降雨は 1999 年,2000 年の夏季に観測された約 70 降雨のうち VAD 解析した対流性降雨を 6 事例,層状性降雨を 3 事例である.

VAD 法 VAD 法とはドップラーレーダが雨粒の落下速度のうち,動径方向の速度成分(ドップラー速度 V_r)を測定できることを用い,一台のドップラーレーダのみでレーダ上空の風向・風速を推定する方法である.

成因が異なる降雨の風向・風速分布の比較

図-1(左)は 1999/08/27 の前線通過に伴う層状性降雨におけるレーダ画像である.レーダ画像によるとこの雨域の移動方向はおおよそ西から東であり,**図-2**の VAD 法より求めた風向・風速の鉛直分布から高度 5~6km 付近の風向と一致していた.風向の鉛直分布はほぼ一様で,なだらかに変化していた.層状性降雨の移動方向は雲頂高度の風向と一致する傾向があった.**図-1(右)**は 2000/08/09 の雷を伴った対流性降雨のレーダ画像である.**図-3**はこの降雨時の VAD 法による風向・風速の鉛直分布である.高度 2.5~3km 付近で風向が大きく変化していた.この降雨の移動方向はレーダ画像より西から東であり,VAD 法から求めた高度 2.5km より上層の風向と一致していた.対流性降雨では風向が大きく変化する高度が存在し,雨域内の風の場は 2 層構造である降雨が解析した 6 降雨すべてにあった.層状性降雨として解析した 3 降雨すべてと夏季以外の降雨において風向が大きく変化する高度は存在せず,単層構造であった.

降雨衰退時における上層の風の場についての考察 **図-4**は 2000/08/16 の雷雨時における VAD 法により求めた風向・風速の鉛直分布である.高度 2km に風向が大きく変わる高度が存在し,2km より上層では風向が定まらず鉛直方向に変化する.この現象は 6 降雨中 3 降雨でみられた.この原因はレーダ画像を見ると雨域の衰退期にみられたため,2km より上層に上昇流と下降流が共存していることが原因だと思われる.以上より対流性降雨の上層では雨粒は蛇行するように落下していると考えられる.

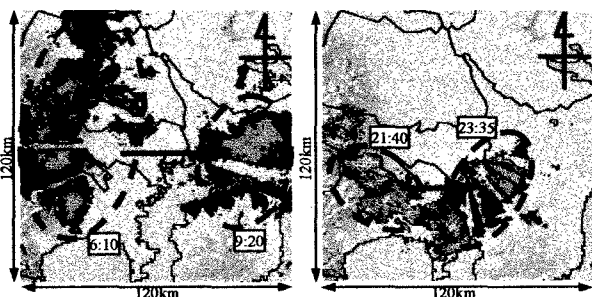


図-1 1999/08/27 の層状性降雨時のレーダ画像(左)と 2000/08/09 の対流性降雨時のレーダ画像(右)
(どちらの雨域も東から西へ移動した)

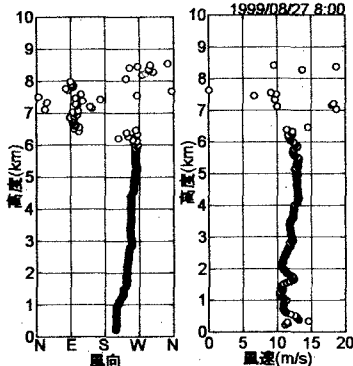


図-2 1999/08/27 層状性降雨の風向(左)・風速(右)の鉛直分布
(風向・風速とも鉛直方向にほぼ一様でなだらかな変化をしていた)

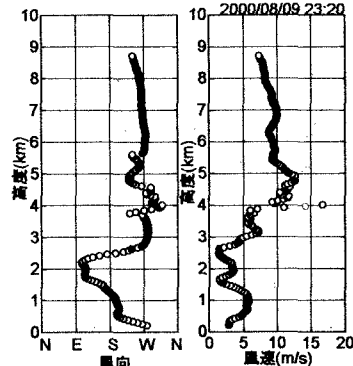


図-3 2000/08/09 対流性降雨の風向(左)・風速(右)の鉛直分布分
(高度 2.5~3km で風向が大きく変化していた)

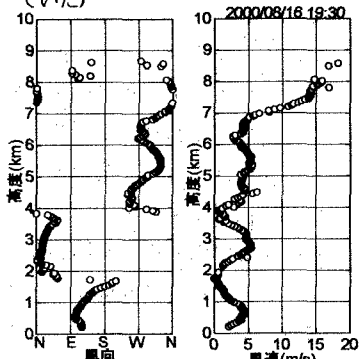


図-4 2000/08/16 風向(左)・風速(右)の鉛直分布 (高度 4km 付近から風向が定まらず鉛直方向に変化していた)

キーワード: ドップラーレーダ, 風の場, 対流性降雨, VAD 法

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 Tel.03-3817-1895 Fax.03-3817-1803

VAD 法によりとらえた冷気外出流 図-5 は

2000/08/07 の雷雨時の VAD 法により得られた地上から高度 1km までの風向・風速の鉛直分布である。18:00~18:10 にはレーダの北に発達中の降水セルがある、そこへ向かって南からの風が吹き込んでいることが風向の鉛直分布からわかった。18:20~18:30 にはレーダの直上は雨域に覆われ、地上付近の風向の鉛直分布はばらついていて、18:40~18:50 には雨域がレーダ上空を通過後、風速 7~12m/s の南風が観測された。図-6 にレーダから南へ約 3km 離れた大手町のアメダスの風向・風速・気温・降水量を示す。この時降水による地上の温度減率が減少した後に 18:50 から再び地上の温度減率が大きくなり 18:50~19:00 の間に約 2℃低下している。風速も 3m/s から 7m/s に変化している。以上のことから 18:40~18:50 に観測された南風は冷気外出流であると考えられる。地上付近の風速分布の変化からこの降雨についての冷気外出流の鉛直高度は約 400m であることがわかった。

風向・風速分布と降雨の移動方向についての考察 対流性降雨において、上層の風向と同一方向へ移動する降雨が 6 降雨中 3 降雨、風向が大きく変化する高度における上層と下層の風ベクトルの差と法線方向に移動する降雨が 6 降雨中 3 降雨にみられた。図-7(右)は 1999/08/03 の対流性降雨のレーダ画像である。雨域は東へ移動している。図-8 はその時の風向・風速の鉛直分布である。高度 1~2km の間で風向が大きく変化していた。雨域の移動方向は高度 1~2km より上層の風向と同一方向であった。このとき上層の風速は高度が増すにつれて増加していた。図-7(左)は 2000/08/07 の対流性降雨のレーダ画像である。雨域は南東へ移動している。図-9 はその時の風向・風速の鉛直分布である。高度 3km で風向が大きく変化していた。雨域の移動は上層と下層の風ベクトルの差と直交方向であった。この時、高度 3km より上層では高度による風速が 1999/08/03 の上層の風速と比べて小さかった。

まとめ 1) 対流性降雨の風の場合には風向が大きく変わる高度が存在し、2 層構造をしているのに対して、層状性降雨では風向が大きく変わる高度は存在せず単層構造であった。2) 雨域の衰退期において上層では上昇流と下降流が共存し、雨粒が蛇行するように落下していると考えられる。3) VAD 法より得られた風向・風速分布から冷気外出流を観測することができた。4) 対流性降雨では上層の風速が大きいとき上層の風向と同一方向へ雨域が移動する傾向と上層での風速の変化が小さく上層の風が弱いときは上層と下層の風ベクトルの差とほぼ直交する方向へ雨域が移動する傾向がある。

謝辞: 本研究の遂行に際し、中央大学情報教育研究センターより助成を受けた。ここに記して深甚なる謝意を表す。

参考文献: 山田正ら: ドップラーレーダを用いたメソ β スケール降雨特性の解析, 水工学論文集第 41 巻, pp.147-154, 1997.

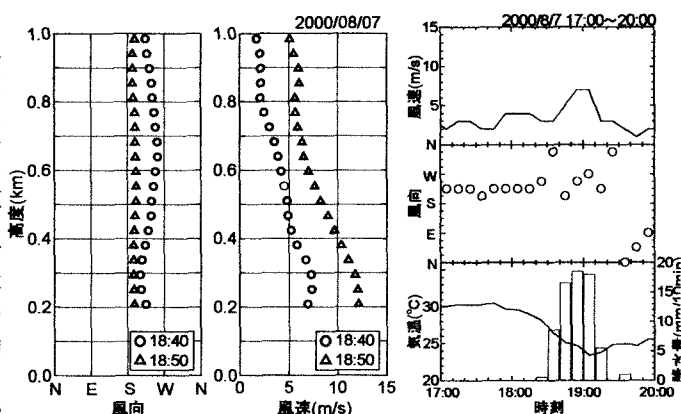


図-5 2000/08/07 高度 1km までの風向(左) 風速(右)の鉛直分布。
(高度 400m に風速の変曲点が見られた。冷気外出流の高度が約 400m であることがわかる)

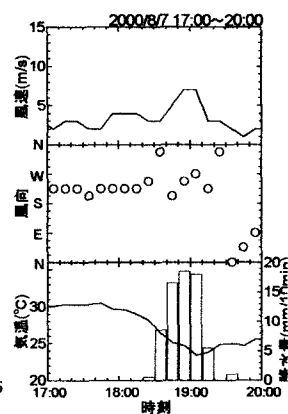


図-6 2000/08/07 大手町(アメダス)における風向・風速・気温・降水量。
(19:00 前後に気温の低下と風速の増加が見られた)

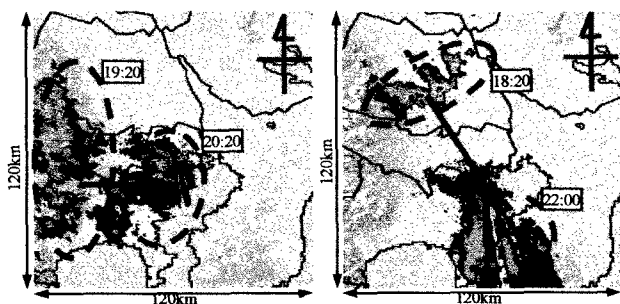


図-7 1999/08/03 対流性降雨時のレーダ画像(左), 2000/08/07 対流性降雨時のレーダ画像(右)
(1999/08/03 雨域は東へ移動, 2000/08/07 雨域は南東へ移動)

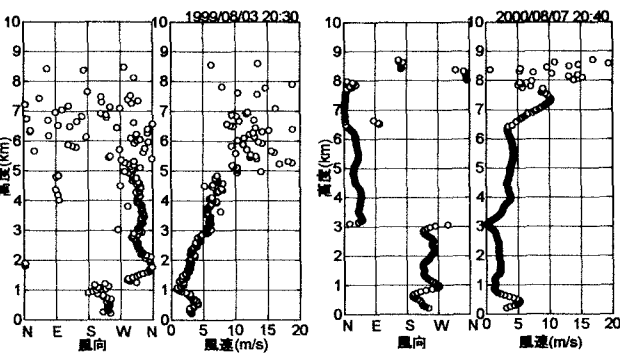


図-8 1999/08/03 風向(左)・風速(右)の鉛直分布
(上層で風速が増加していた。このときの雨域の移動方向は東であった。上層の風向と雨域の移動方向が同一方向であった)

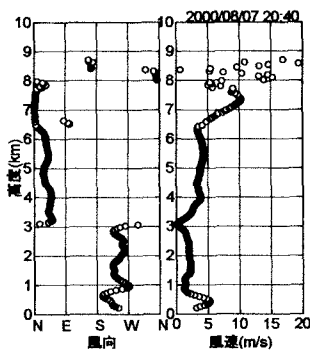


図-9 2000/08/07 風向(左)・風速(右)の鉛直分布
(雨域の移動方向は南東であった。上層の風向と下層の風向の差と直交する方向と雨域の移動方向が同一方向であった)