

ドップラーライダーで検出した Dust devil の特徴

Features of dust devils in the urban area detected by a 3-D scanning Doppler lidar

- 藤原忠誠, 北大環境科学, 札幌市北区北 19 条西 8 丁目北大低温研, chuchu@lowtem.hokudai.ac.jp
 山下和也, 北大環境科学, 札幌市北区北 19 条西 8 丁目北大低温研, yk@lowtem.hokudai.ac.jp
 中西幹郎, 防衛大地球海洋, 横須賀市走水 1 丁目 10 番 20 号, naka@nda.ac.jp
 藤吉康志, 北大低温研, 札幌市北区北 19 条西 8 丁目北大低温研, fujiyo@lowtem.hokudai.ac.jp
 Chusei Fujiwara, Graduate School of Environmental Sci., Hokkaido Univ., Sapporo, 060-0810, Japan
 Kazuya Yamashita, Graduate School of Environmental Sci., Hokkaido Univ., Sapporo, 060-0810, Japan
 Mikio Nakanishi, National Defense Academy, Yokosuka, 239-8686, Japan
 Yasushi Fujiyoshi, Institute of Low Temperature Sci., Hokkaido Univ., Sapporo, 060-0810, Japan

Using a three-dimensional scanning coherent Doppler lidar (3D-CDL), we conducted atmospheric boundary layer (ABL) observation in an urban area, Sapporo, Japan, from April of 2005 to June of 2007. During this period, we succeeded in detecting more than one hundred “invisible dust devils” in 7 days, which is the first detection of such a dust devil in urban areas. They appeared only in the daytime under relatively weak wind conditions with superadiabatic lapse rate near the ground surface, when the “fish net” pattern of wind fields in ABL scale was also detected by the 3D-CDL. Characteristics of relatively strong dust devils having vertical vorticity of more than 0.1s^{-1} are summarized as follows: the diameter ranged from 30m to 120m, the maximum vorticity was 0.26s^{-1} , and the number ratio of cyclonic to anti-cyclonic rotation was 2:1 on the average. Vertical vortices were also detected along sea-breeze fronts. This fact suggests that horizontal shear associated with the sea-breeze front would play an important role in their formation.

1. はじめに

晴天弱風日の対流混合層中には、Dust devil (以下 D.D) と呼ばれる小スケール (直径 $\sim 100\text{m}$) の鉛直渦が存在し、砂漠や平坦地では、砂塵によって可視化される。近年 Large Eddy Simulation (LES) を用いた研究によると、鉛直渦度形成過程には、網目状構造が形成する水平渦度の tilting⁽¹⁾、網目状構造が形成する上昇流域の両側の非対称な水平流に伴う水平シア⁽²⁾などが考えられている。

我々は、3次元走査型コヒーレントドップラーライダー (以下 3D-CDL) を用いて、札幌で D.D を観測した。確立した検出方法を用いて、観測期間に適用したところ、多数の D.D が検出され、様々な気流構造の中で発生することが分かった。網目状構造中で発生する D.D の事例に着目し、D.D の特性、発生環境場、及び D.D が検出された気流構造を明らかにし、D.D の発生条件を議論する。

2. Dust devil の検出

Fig. 1 は、ドップラー速度水平分布図及び検出された D.D である。拡大図をみると、D.D は比較的ランキン渦に近く、反時計回りであった。LES⁽³⁾を用いた網目状構造再現実験を行い、観測と比較を行ったところ、LES の計算結果は極めて、観測結果の特徴を再現していた⁽⁴⁾。

3. Dust devil の特性と発生環境場

観測期間内に、Fig. 4 で示したような網目状構造中で D.D が多数発生する事例が 7 事例 (50 個) 存在した。D.D の特性は、直径 30–120m、最大渦度 $0.15\text{--}0.26\text{s}^{-1}$ であり、回転方向は、3 分の 2 が反時計回りだったものの両方の回転方向が存在した。

網目状構造に伴う D.D は、風が極めて弱く (2ms^{-1} 以下)、境界層高度 (z_i) が高い日中 (9–13JST) に発生した。また地表面付近では、超断熱層が存在した。これらの特徴は、過去の観測、及び網目状構造が発生しやすい環境場とも一致する。定性的には境界層安定度パラメータ ($-z_i/L$, L : オブコフ長) が大きい、つまり強不安定において、D.D が発生しやすいことを示唆している。

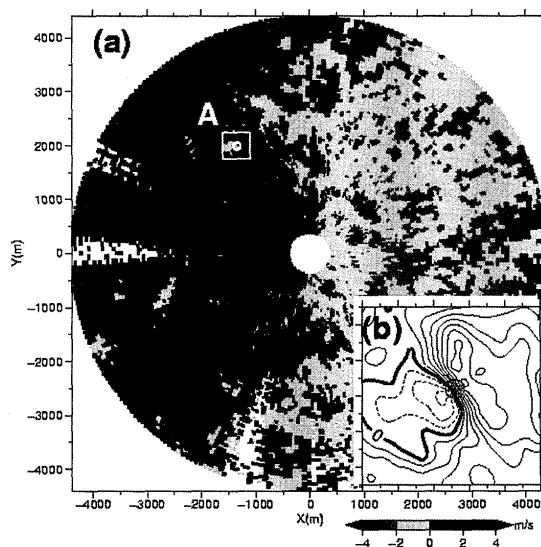


Fig. 1. (a) Doppler velocity at elevation angle 2.2° in PPI scan at 09:18JST on 24 June 2005. The square box enclosing “dust devil A” is expanded as shown in (b). (b) Detailed Doppler velocity of dust devil A. Contour intervals

参考文献

- (1) Kanak, K. M., Lilly, D. K., Snow, J. T., 2000. The formation of vertical vortices in the convective boundary layer, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 2789–2810.
- (2) Kanak, K., 2005. Numerical simulation of dust devil-scale vortices. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 131, 1271–1292.
- (3) Nakanishi, M., 2000. Large-eddy simulation of radiation fog, *Boundary-Layer Meteor.*, 94, 461–493.
- (4) 藤吉康志, 山下和也, 藤原忠誠, 中西幹郎, 2008: 雲科学と LES-ドップラーライダーを用いた大気の流れの観測, 気象研究ノート, 219, 141–165.