

都市近郊における大気境界層の観測  
—不安定時と中立に近い時の乱流構造の比較—

Observations of the Atmospheric Boundary Layer in the Suburbs of the City  
—Comparison of Turbulence Structures under Unstable and Near-Neutral Conditions—

○堀口光章

○Mitsuaki HORIGUCHI

Observations of turbulence in the atmospheric boundary layer have been made in the summer season 2013 using sonic anemometer-thermometers on a meteorological tower (55-m tall) of the Observation and Analysis System for Local Unusual Weather and a Doppler lidar in the Ujigawa Open Laboratory. Here, typical examinations under unstable and near-neutral conditions are presented. Large-scale structures at the lower level were observed under unstable conditions. This wind fluctuation is likely to be related to the plume structure forced by buoyancy in the heated lower layer. Large-scale structures were not observed under near-neutral conditions.

### 1. はじめに

科学研究費挑戦的萌芽研究「上空の強風層の降下による地上での災害の発生とその予測に関する研究」の一環として、防災研究所宇治川オープンラボラトリーにおいて2013年夏季(6~7月)に大気境界層乱流の観測を行った。

観測結果の一部はすでに報告しているが(堀口, 2014)、今回は主に接地層における安定度が不安定である時と中立に近い時の乱流構造を比較した結果を報告する。

### 2. 観測の概要

観測については、観測鉄塔の高さ25mと40mに設置された超音波風速温度計に加えて、ドップラーライダー(Leosphere社製WINDCUBE WLS7)により40mから200mまで20mおきの高さにおける風速3成分を測定した。このドップラーライダーの風の測定空間は各高度のプラスマイナス13mの高度幅を持ち、レーザーパルス発射角度は天頂より約15度傾けられ、約1秒ごとに北、東、南、西方向のサンプリングを行って、これが繰り返される。風速データについても約1秒ごとに風速3成分が出力されるが、4方向のサンプリングで一組のデータが計算されるので風速データの実質的な時間間隔は約4秒である。

接地層での安定度の指標 $z/L$ ( $z$ は測定高度、 $L$ はObukhovの長さ)は、高さ40mの超音波風速温

度計による測定から評価する。

### 3. 不安定時と中立に近い時での乱流構造の比較

不安定な時と中立に近い時とを比較するために、日中に不安定な状態( $z/L = -1.8 \sim -0.5$ )であった7月19日11時30分から15時まで(ケースA)と、同じ日に中立に近い状態( $z/L = -0.1 \sim 0.0$ )となった19時30分から23時までの時間帯(ケースB)の例を比較する(Fig. 1)。

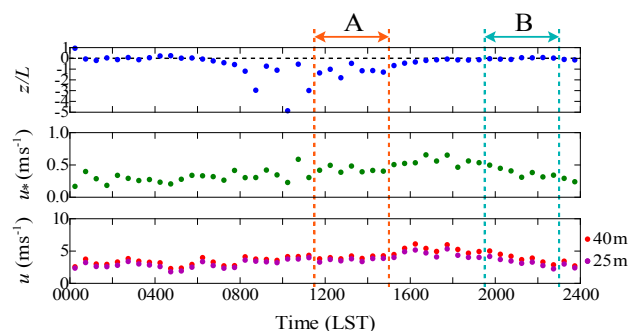


Fig. 1  $z/L$ , friction velocity ( $u_*$ ), and  $u$  velocity components at 40 m and 25 m on July 19, 2013. Periods for the analysis (case A during 1130–1500 and case B during 1930–2300) are also shown

宇治川での観測鉄塔の高さ40mの超音波風速温度計による平均風速は、不安定な時間帯で各パートについて $3.8 \text{ m s}^{-1}$ から $4.2 \text{ m s}^{-1}$ の範囲、中立に近い時間帯では $5.0 \text{ m s}^{-1}$ から $2.8 \text{ m s}^{-1}$ へと変化していた。またこの日は北寄りの風が続き、高さ

55 m の風車型風向風速計による 10 分間ごとの風向（毎秒の 16 方位の風向データから 10 分間での最多風向）は、西北西から北の範囲であった。

ドップラーライダーによる 10 分間ごとの平均風速の時間変化を見ると (Fig. 2)、午後おそく (15 時半頃) から風速が急に強くなっており、その後強風層が 21 時ごろまで上空に見られている。

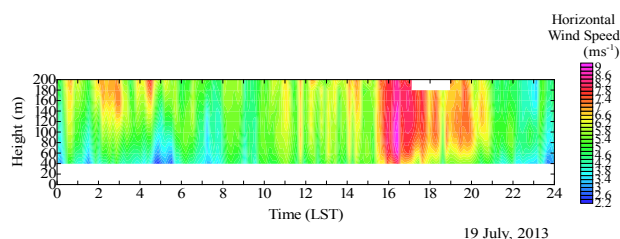


Fig. 2 Time-height cross-section of the 10-min average horizontal wind speed on July 19, 2013

風速変動のスケール分布を調べるために Mexican Hat 関数を用いたウェーブレット解析を行う。Fig. 3 は不安定な状態にあった時間帯 (11 時 30 分~15 時) について、ドップラーライダーによる平均流風速成分  $u$  に対するウェーブレット分散スペクトルである。スペクトルのピークは下層 (40m) では 168 秒の大きな時間スケールに見られるが、それより上空では 10 秒から 20 秒程度の非常に小さな時間スケールに位置している。地表付近の大气が暖められることにより生じる上昇流域であるプリュームの構造がこの時に見られており (堀口, 2014)、下層での大きな時間スケールの風速変動はその構造と関連していることが考えられる。

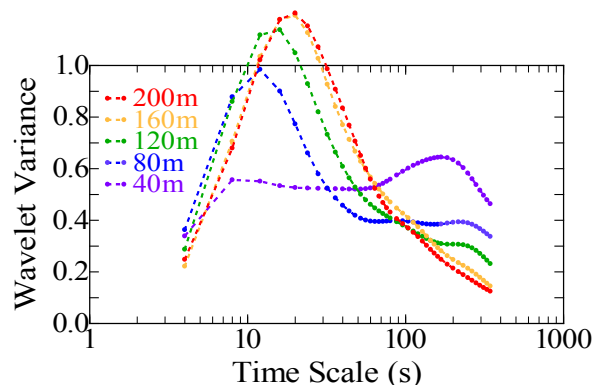


Fig. 3 Wavelet variance spectra for the  $u$  velocity component measured by the Doppler lidar as a function of the time scale. An unstable case during 1130–1500 on July 19, 2013 is examined. Graphs are depicted for the spectra every 40-m level

次いで、Fig. 4 は中立に近い状態にあった時間帯 (19 時 30 分~23 時) について、ドップラーライダーによる風速成分  $u$  に対するウェーブレット分散スペクトルである。不安定な時に見られた下層での大きな時間スケールにおけるピークがはっきりしなくなっている。上層でも同様であり、小さな風速変動が卓越している。これについては、中立に近い状態となって、プリュームの構造が見られなくなったことによるものと考えられる。

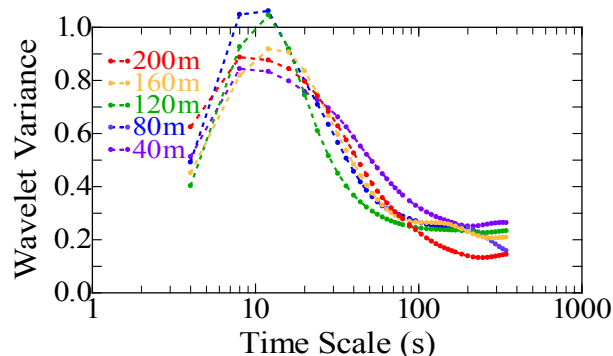


Fig. 4 Wavelet variance spectra for the  $u$  velocity component measured by the Doppler lidar as a function of the time scale. A near-neutral case during 1930–2300 on July 19, 2013 is examined. Graphs are depicted for the spectra every 40-m level

#### 4. おわりに

研究発表講演会では、その他の例も含めてより詳細に解析した結果を報告する予定である。

#### 謝 辞

本研究は JSPS 科研費 24651208 の助成を受けたものである。また、宇治川オープンラボラトリーでの観測については、京都大学防災研究所附属流域災害研究センター、気象・水象災害研究部門、技術室の方々のご協力、ご支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

堀口光章 (2014) : 都市近郊における大気境界層の観測—不安定時の乱流構造—, 京都大学防災研究所年報, 第 57 号 B, pp.239-247.