

実在都市の複雑な粗度がもたらす境界層乱流への影響
Effects of Complex Roughness over an Actual Urban Area on Turbulent Boundary Flows

○吉田敏哉・竹見哲也

○Toshiya YOSHIDA, Tetsuya TAKEMI

To reveal characteristics of turbulent flows over an urban area is important for an estimation of atmospheric dispersion over the area and the parameterization for mesoscale meteorological models. By experiments over surfaces with block arrays, previous studies demonstrated that variability of building height influences on turbulent flows significantly. In this study, variability of building height on an actual urban city is investigated with large-eddy simulations (LESs) for Kyoto in Japan. We conduct a sensitivity experiment with no variability of building height to reveal effects of variability of building height. The difference between the control experiment and the sensitivity one is shown in turbulent statistics profiles plotted against a roughness parameter.

1. はじめに

都市の構造物はその配置・形状が非常に複雑であることから、大気境界層の流れ場に大きな影響を与える。都市における汚染物質の拡散や気象モデルに使用される都市パラメタリゼーション向上のためにも、都市構造物がもたらす乱流への影響を明らかにすることは重要である。

先行研究では主に規則的に配置されたブロック列を用いて、流れ場と構造物の関係が調べられてきた。Nakayama et al. (2011) はブロックの高さにばらつきを与えた場合、平均風速やレイノルズ応力がばらつきの大さに応じて変化することを示した。しかし、実在する都市における個々の構造物の高さは非常にばらついているため、流れ場への影響は十分明らかにされてない。そこで本研究では、実在都市における建物高さのばらつきの影響を明らかにするため、数値モデルの中に実在都市として京都市を再現し、乱流と都市構造物の関係を調べた。

2. 方法

本研究では、構造物を陽に扱うことが可能な large-eddy simulation を用いて、中立成層下の大気境界層乱流の数値シミュレーションを行った。建物高さのばらつきの影響を評価するため、京都市の構造物を再現した実験(CTL)に加え、すべての建物の高さを領域内平均高さ h_{all} にした感度実験 (UNI) を実行した。

対象とした解析領域は、京都駅を含む京都市内

の南北 11 km、東西 2 km の領域である。構造物の影響を定量的に評価するため、解析領域を 1 km 四方毎に分割して plan area index λ_p (建物面積と建物を含む総面積の比) と乱流統計量を算出し、それらの関係を調べた。

3. 結果

図 1 は λ_p とレイノルズ応力 $-\overline{u'w'}$ による CTL と UNI の比較を示す。ここで、 u は主流風速、 w は鉛直風速であり、上線は時間平均、プライムは時間平均からの偏差を意味する。高度 $0.5h_{all}$ では、CTL と UNI の差はほとんど見られない。一方、 $2.5h_{all}$ では、 λ_p の増加に伴い CTL のレイノルズ応力は大きくなる。CTL の場合、 h_{all} 以上の高度に構造物が存在しており、それによって乱れが強められていることを示唆している。

レイノルズ応力は u' と w' の符号により 4 象限に分類でき、 $u' < 0, w' > 0$ のとき ejection (S_2)、 $u' > 0, w' < 0$ のとき sweep (S_4) と呼ばれる。境界層内ではレイノルズ応力への寄与として、 S_2 と S_4 が卓越することが知られており、これらの比 S_2/S_4 は乱流の性質を示す指標となる。図 2 は λ_p と S_2/S_4 の散布図である。 $2.5h_{all}$ では、CTL の場合、 λ_p の増加に伴い S_4 の寄与が高まっていることがわかる。この結果はブロックを使用して行われた実験 (Kanda 2006) の結果と整合的である。

参考文献

- Kanda (2006): Bound.-Layer Meteor. 118, 151-168
- Nakayama et al. (2011): J. Appl. Meteor. Climatol., 50(8), 1692-1712

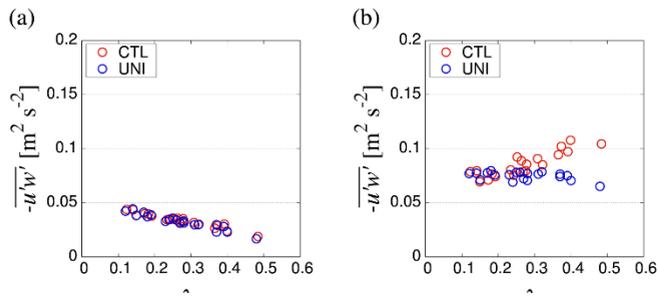


図 1: λ_p とレイノルズ応力 $-\overline{u'w'}$ の散布図. (a)高度 $0.5h_{all}$, (b)高度 $2.5h_{all}$.

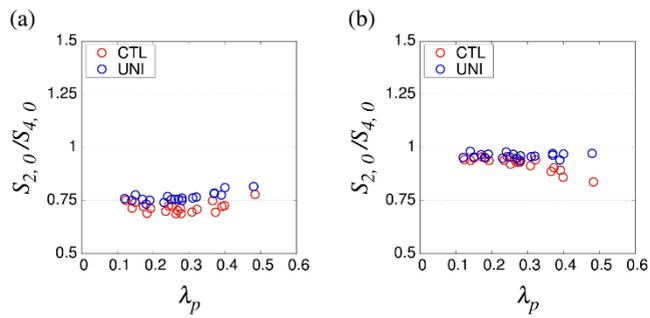


図 2: λ_p と S_2/S_4 の散布図. (a)高度 $0.5h_{all}$, (b)高度 $2.5h_{all}$.