

都市大気境界層における非定常な無次元速度分布の特性

千葉工業大学 学生員 ○白井 健
 千葉工業大学 正会員 小田 僚子
 東京工業大学 正会員 稲垣 厚至

1. 目的

都市地表面付近の大気環境は我々の生活に密接に関わっていることから、その特性を把握することは重要である。特に風環境は突風災害のような直接的影響のみならず、暑熱環境や汚染物質の動態に大きく影響する。これまでの研究では、都市のような地表面上においても対数則並びにモニンオブコフ則など相似法則が概ね成り立つことが分かってきた¹⁾。しかし本研究の都市大気観測結果では、対数則から大きく外れた非定常な速度分布を持つ時間帯が無視できない割合で生じていることが分かった。そこで本研究では、都市において対数則が成り立つ条件について最下層風速・大気安定度・風向との関係性について検討することを目的とした。

2. 観測概要

東京工業大学大岡山キャンパス（東京都目黒区）に設置してある三次元走査型ドップラーライダー（LR-02A；三菱電機）を用いて都市大気境界層内の風観測を実施した（図-1）。観測測器設置高度は55mであり、観測高度は地上55～4,035mである。なお、解析対象期間は2016年12月2日0：00～27日17：00までとし、降雨があった日を除いた日（18日間）を使用した。その際、降雨の有無を確認するために

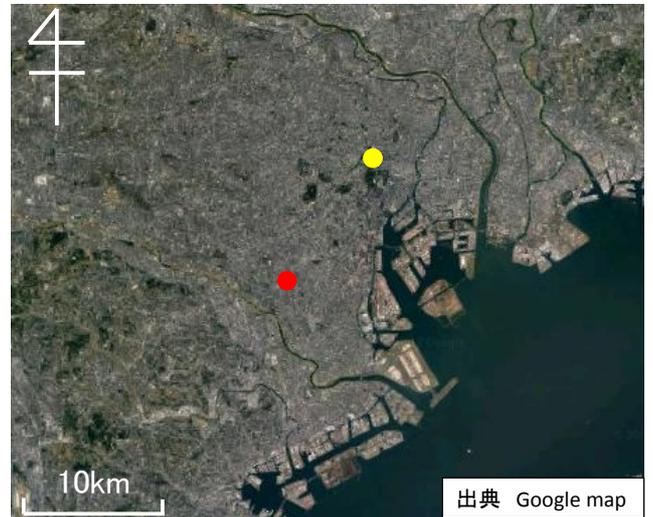


図-1 観測地点周辺の写真
 (図中の赤丸が観測地点、黄丸が気象庁)

気象庁（東京）の降雨量データを使用した²⁾。観測スケジュールとして1時間に2回直交方向のRHIスキャンを実施し、そのデータを用いて高度別視線風速のベクトル合成から平均風速の鉛直分布を算出した。

3. 無次元風速の日変化

大気安定度が中立のとき、対数則は以下の式で計算される。

$$\frac{U}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right) \quad (1)$$

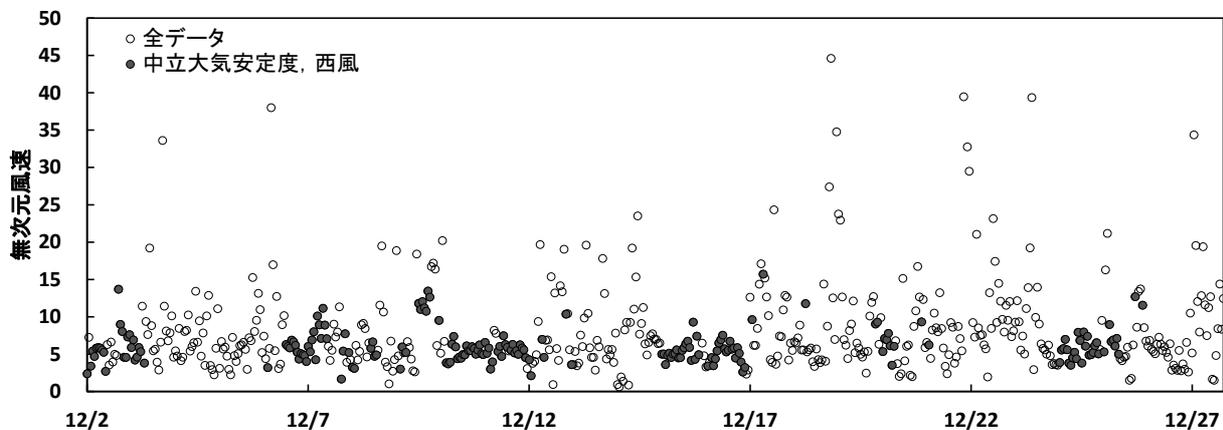


図-2 無次元風速の時間変化 白：全データ、灰：西風かつ中立大気安定度のデータ

キーワード 対数則, 大気境界層, 都市

連絡先 〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学大学院 工学研究科 生命環境科学専攻

ここで、 U は高さ z における平均風速、 u_* は摩擦速度、 d はゼロ面変位、 z_0 は運動量粗度である。なお、最下層風速を摩擦速度で無次元化した値 (U/u_*) を無次元風速とする。今回、対数則が成り立ちやすいと考えられるドップラーライダーでの最下層風速 (高度55m) を解析に用いた。摩擦速度及び大気安定度は超音波風速計を用いて同時刻に計測した値を用いる。

算出された無次元風速の日変化を図-2に示す。対数則に従うならば、フェッチの地表面条件が同じ(風向一定)かつ中立大気安定度における無次元風速は一定値となるが、ある程度のばらつきが確認できる。これについて以下検討を行う。

4. 中立のときの無次元風速と大気安定度の関係

無次元風速はモニンオブコフ則に従うとすると、大気安定度による補正を受ける。そこで大気安定度依存性について見てみる。対数則は粗度の関数であり、都市のように地表面が水平一様ではない場合は風向によって変化するため、本解析では解析対象期間中の卓越風向である西風 ($225^\circ \sim 315^\circ$, 全体の7割以上) のデータのみに着目する。

図-3に無次元風速と大気安定度 (-0.1~0.1) の関係を示す。図-3より大気安定度が不安定より(負側)のとき無次元風速が大きく、安定より(正側)のとき小さい傾向にあるように見える。これは大気安定度が不安定なほど鉛直混合が大きくなり上空の速い風速が最下層風速の高度に輸送され、安定なほど混合が行われないので上下の運動量交換が行われなかったためだと考えられる。しかしながら、依然として大きなばらつきが見て取れる。

5. 無次元風速と最下層風速の関係

無次元風速の風速依存性について見てみる。図-4に無次元風速とドップラーライダーで観測される最下層風速の関係を示す。プロットの色は大気安定度の違いを示している。図-4から最下層風速が 3 m s^{-1} 以上ではほぼ中立大気安定度のデータが占めており、ばらつきもやや小さくなっていることから対数則のような法則に従いつつあることが分かる。しかし最下層風速が 3 m s^{-1} 以下では大気安定度に依らず大きくばらつきがあり、相似則が満たされていない可能性を示唆している。

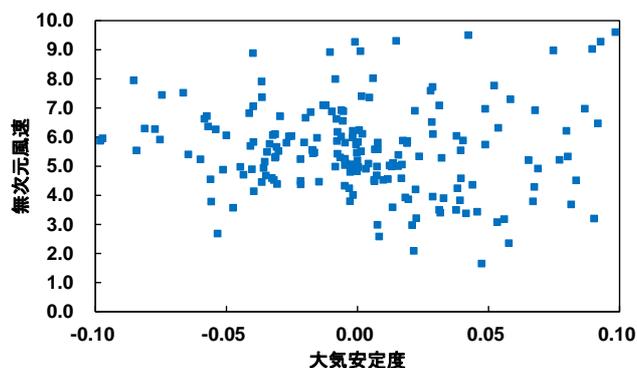


図-3 無次元風速と大気安定度の関係

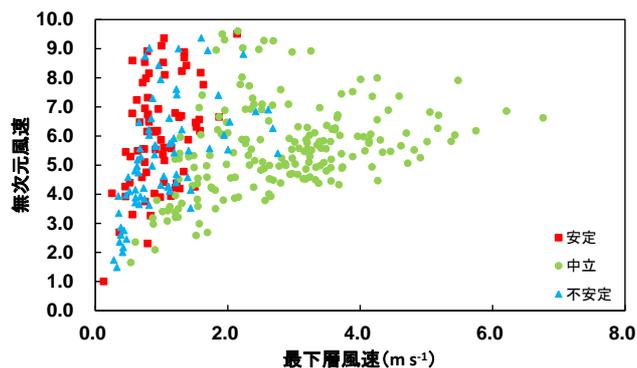


図-4 無次元風速と最下層風速の関係
赤：安定，緑：中立，青：不安定

6. まとめ

都市において平均風速の相似性を確認する目的で無次元平均風速の特性について検討した。摩擦速度で無次元化された平均風速は、対数則(及びモニンオブコフ則)が成立する場合、ある高度での値は地表面粗度及び、大気安定度の関数として示されるが、本研究では依然として大きなばらつきを持っていることを示した。さらに、それは特に平均風速が小さい場合に値がばらつき、平均風速が大きくなるにつれてばらつきが減少し一定値に向かう傾向が見られた。

謝辞

本研究は科学研究費補助金基盤研究(A)(課題番号:25249066, 代表:神田学)の支援を受けた。

参考文献

- 1) Moriwaki, R. and Kanda, M., 2006: Flux-gradient profiles for momentum and heat over an urban surface, *Theoretical and Applied Climatology*, 84, 23-34.
- 2) 気象庁 <http://www.jma.go.jp>