

不安定時の都市大気乱流観測と熱輸送に関するモニン・オブコフ相似則の適用可能性

○湯浅早希(兵庫県立大学)、 河野仁(兵庫県立大学)

1. はじめに

新世代の大気拡散モデル (OML, HPDM, UKADMS, IFDM) では、個々の建物の影響を直接受けない Inertial sublayer ($z > 3 \sim 5h$) 内の乱流予測にモニン・オブコフ相似理論を使用している。しかし、都市上空における乱流観測例は少なく、郊外の接地層において検証されているモニン・オブコフ相似理論が都市の接地層においても成立するかに関しては、大気安定度の広い範囲にわたっては検証されていない。2011年春の気象学会発表に引き続き、今回の研究では都市大気乱流を観測し、大気安定度の不安定側の広い範囲 ($-3.0 < z/L < 0$) におけるモニン・オブコフ相似理論の都市での適用可能性について検討を行った。

2. 方法

姫路河川国道事務所内にあるタワーの $z=54\text{m}$ 地点で、超音波風速計 (SAT-550) を用いて観測した乱流データを解析に使用した。サンプリング間隔は 50Hz で、サンプリング時間は 60 分である。観測期間は 2006 年 4 月～8 月と 2007 年 6 月～7 月の間であり、解析に使用したデータはタワー本体や周囲の山の影響を受けない風向が南寄り ($170^\circ \sim 230^\circ$) のデータ延べ 80 時間である。この風向の範囲の上流 5km の平均建物高さは $h=8.5\text{m}$ 、地表面粗度 $z_0 \approx 1.5\text{m}$ である。また、タワーの 18m と 70m 地点にサーミスタ温度計 (Espec RT-30S) を設置し温度勾配の観測を行った。

本研究ではモニン・オブコフ長 L の計算に使用する摩擦速度は森脇ら (2004) の提案に沿って、屋根面高さ付近の値 u_{*0} を使った (surface scaling)。 u_{*0} は国立環境研究所の風洞実験 (Uehara et al., 1997) や野外観測のデータ (Oikawa, 1993) から次のように推定した。

$$u_{*0} = 1.5 u_*$$

3. 結果と考察

L の推定に $z=54\text{m}$ における u_* を使った local scaling では乱流強度の鉛直成分 σ_w / u_* の観測データ (u_* は local 値) は Panofsky et al. (1977) の普遍関数の実験式と比べて過小となったが、surface scaling で L を求めた場合は、Panofsky et al. の普遍関数の実験式とほぼ一致した (図 1)。これは Oikawa (1993) の野外観測データの結果にも一致しており、このことは、本観測データの信頼性を裏付ける一つの根拠になると考える。

都市 (姫路) と郊外 (Kansas) の熱の普遍関数 ϕ_h をそれぞれ計算し、 ϕ_h の郊外の実験式 (Businger 実験式) との比較を行った (図 2)。郊外と比べ、都市はばらつきが大きい、アンサンブル平均を取ると、その値は Businger 実験式よりもやや大きな値を示すものの、全体的には郊外の値と一致した。この結果は、Kanda (2006) とも一致していることから、都市の ϕ_h の特徴と言える。また、都市と郊外の母平均の差の検定を行った結果、 $-0.8 < z/L < 0$ では有意差がなく、 $-3.0 < z/L < -0.8$ では有意差があるという結果を得た。これについてはさらなるデータの蓄積が必要と考えられる。以上の結果から、不安定時に都市でも ϕ_h に関してモニン・オブコフ相似理論が適用できる可能性があると言える。

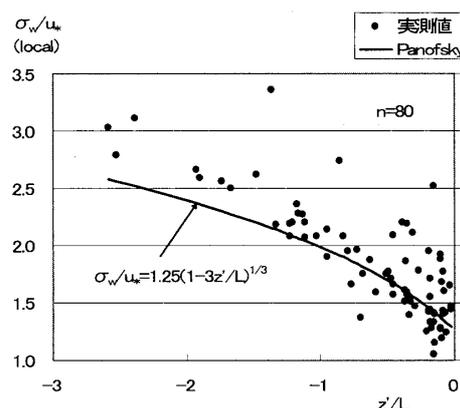


図 1 σ_w / u_* (姫路 $z/h=6$, h : 平均建物高さ)

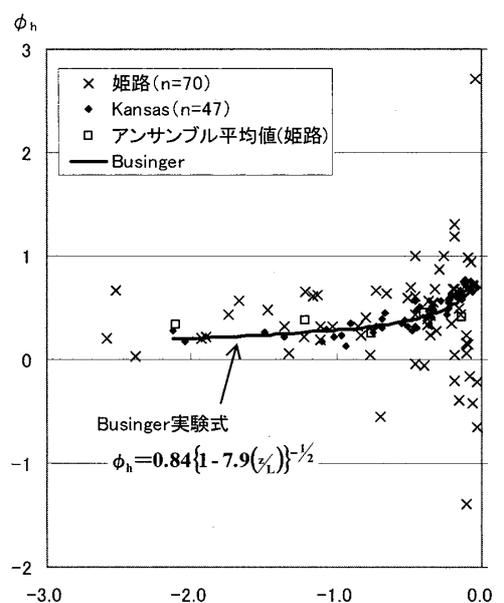


図 2 都市と郊外の ϕ_h の比較