

Ⅶ-151

都市接地境界層における熱収支と乱流計測

東京工業大学工学部

正会員

森脇亮

東京工業大学工学部

正会員

神田学

東京工業大学大学院理工学研究科 学生会員

鈴木讓

Univ. of British Columbia

M.Roth

Univ. of British Columbia

T.R.Oke

Univ. of British Columbia

A.Soux

Univ. of Western Ontario

J. Voogt

1. はじめに

都市の接地境界層における熱放射収支や乱流統計量の特性は、ヒートアイランドなど都市の大気環境のモデル化にとって大変重要な課題である。そこで本研究では東京都世田谷区下北沢にある低層住宅地でクレーン車を用いた現地観測を行い、シンチロメーター2台を用いた熱収支測定、超音波風速温度計を用いた乱流計測を行った。その結果、熱収支、ソースエリアの違い、乱流統計量の相似関数、都市キャノピーにおけるゼロ面変位、について検討を行った。

2. 現地観測

観測場所の世田谷区新代田6丁目は南北方向それぞれ約数kmにわたってほぼ均一で密で様な低層住宅街(平均的な建物高さは8m)が広がっている。コンスタントフラックス層(CFL)の基本的成立条件を満たすため、高所作業車(図-1中のA)を導入し地上34mで3次元超音波風速温度計(KAIJO製)を用いて乱流特性を測定した。シンチロメーター(SLS20, Sintec社)はパスを図-1中のA-B(パスの距離は250m)に設置し、地上34mと19mの二高度で測定を行った。この測定法により都市キャノピーのゼロ面変位(以下d)を推定した。

3. 熱収支結果

図-2に熱収支の時間変化を示す。純放射量に対して顕熱とキャノピーへの貯熱量の占める割合が大きく、住宅街の熱収支特性が示されている。潜熱は純放射量の10%以下であり、商業都市銀座で測定されたような空調システムによる大量の人工潜熱とは対照的な結果が得られた。またシンチロメーターで測定された顕熱は渦相関法によるものと良好に対応していることが確認された。

4. ソースエリア

計測点に90%の影響を及ぼす風上側の地表面領域(ソースエリア)を代表的な大気安定度別に示したもの(機器の設置高度が34mの場合)が図-1中の楕円である。大気が安定になるにつれてソースエリアは大きくなり、その代表径は数100m~1km程度である。この高さに機器を設置すれば、不均一性の強い都市形状を十分に平均化できることがわかる。シンチロメーターのソースエリアは超音波風速計と比べて、不安定時で約2~3倍、安定時で1.1~1.4倍程度となっており、大気が不安定化しソースエリアが減少するほど空間代表性の点でシンチロメーターが有利となる。

5. 顕熱の分散値

ソースエリアの代表径に対する測定スパン長の比と、1分毎に計測された顕熱の分散値を30分平均値で自己正規化したものの関係を比較する。その結果を代表的な大気安定度別に図-3に示す。シンチロメーターの顕熱分散

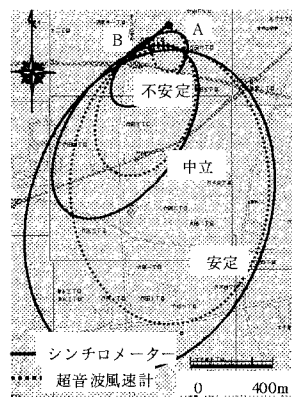


図-1 観測地点(A,B)と大気安定度別のソースエリア

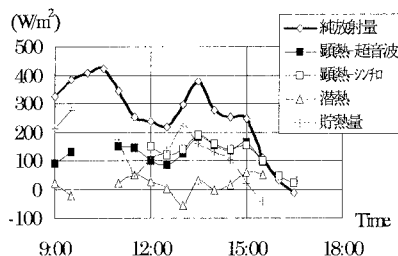


図-2 熱収支の時間変化
(1998年10月10日)

キーワード: 都市境界層, 熱収支, 乱流統計量, シンチロメーター, 相似関数

連絡先: 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL. 03-5734-2597 FAX. 03-5734-3577

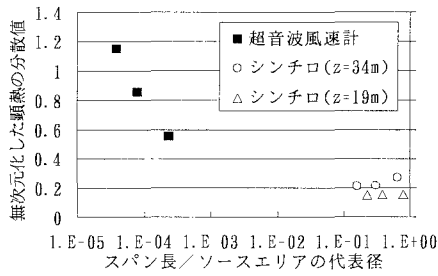


図-3 顕熱の分散値と（測定スパン長／ソースエリアの代表径）の関係

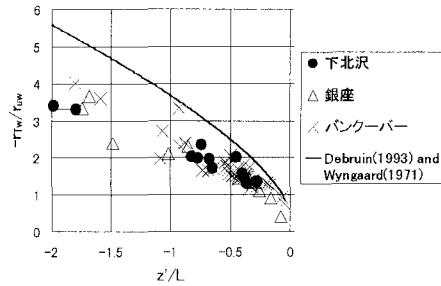


図-4 $-r_{tw}/r_{uw}$ と大気安定度の関係

値は超音波風速計に比べて小さくまた大気安定度によらずほぼ一定である。測定スパン(250m)がソースエリアに比べて大きい時はこれに起因する様々な乱れの影響を十分に空間平均できていることを示している。一方渦相関法による分散量はソースエリアが大きいほど値は大きくなる。超音波風速温度計の測定スパン(5cm)がソースエリアに比べて著しく小さい時はこれに内在する非一様性がそのまま分散の増加に対応すると考えられる。

6. 乱流相似関数

運動量と熱の鉛直輸送効率比($-r_{tw}/r_{uw}$)を例に挙げて議論する。これを大気安定度と比較したものを図-4に示す。図では比較のため都市形状の異なる他都市の結果も載せた(表-1)。都市で得られた $-r_{tw}/r_{uw}$ は、通常モーニンオブコフ則として用いられる相似関数の値(実線)と比べて小さく、運動量輸送が熱輸送よりも効率的に行われている。このことは都市境界層のモデル化の際に既存の相似関数は不適當であり、都市での実測に基づく新たな相似関数を用いる必要があることを示唆している。幾何形状の凹凸が激しい都市キャノピーでは、建物が作り出すWakeによる形状抵抗が卓越し、表面摩擦が支配的な草地などの平坦面に比べてより効率的に運動量交換が行われていると考えられる。

7. ゼロ面変位d

2組のシンクロメーターから推定されたdを図-5に示す。図中の点線は、都市の幾何形状から経験的に求める手法による値であり、建物高さや建蔽率(表-1参照)を用いたところ7.02mが得られた。シンクロメーターから求めたdは全データ平均で7.74mとなり、形態学的手法とほぼ一致しその有効性が確認できる。また大気不安定化とともにdが漸減していく傾向が読みとれる。dの大気安定度依存性は過去の研究ではほとんど触れられていない。不安定時は熱対流による乱流混合が卓越するため建物の形状抵抗が相対的に軽減されdが下がり、安定時には形状抵抗の効果が卓越しdが上がるのが考えられる。

8. まとめ

都市の接地境界層において熱・乱流計測を行い以下の結果が得られた。(1)住宅街の熱収支特性を示した。(2)ソースエリアを算出し、計測値の空間代表性を定量的に示した。またシンクロメーターと超音波風速計の代表性の違いについても検討した。(3)測定スパンとソースエリアの代表径を用いて、測定された顕熱のばらつきについて議論した。(4)都市の乱流相似関数が従来用いられている関数計と合致しないことを指摘した。(5)2組のシンクロメーターからdを求める新手法を提案し形態学的手法と比べて良好な結果が得られた。またその結果について大気安定度に依存性があることを指摘した。

表-1 都市の種類と幾何形状

場所	分類	建物高さ	建蔽率	空気通率
下北沢	住宅街	8.0	0.70	0.31
銀座	商業地域	36.0	0.60	0.62
(神田他, 1997)				
パンクーパー	住宅街	8.5	0.36	0.18
(M. Roth, 1995)				

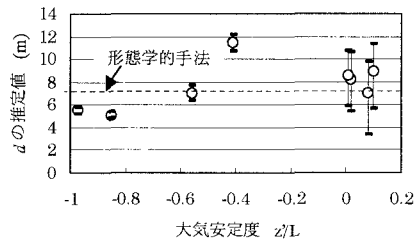


図-5 dの推定値と大気安定度の関係