

都庁屋上における渦相関法による顕熱フラックスの実測

正会員○成田健一

都市気候 熱収支 建物周辺気流

1. 序

筆者はこれまでアスファルト舗装面など、都市を構成する代表的な地表面を対象とした熱収支観測を行ってきたが、このような個々の地表面での顕熱フラックスの評価と、エネルギー消費から推定した排熱量の積み上げから評価された顕熱量が、都市の全体像を表わしているかどうかは明らかではない。そこで、今回は新宿新都心に建つ都庁屋上において、都市の広域エリアの状況を反映する上空の顕熱フラックスの測定を試みた。

2. 実測の概要

測器の配置状況を図1に示す。都庁第一庁舎北棟の屋上、その東側に立つ塔を利用して、屋上面(地上242.5m)から高さ10mの位置に3次元超音波風速温度計を設置した。建物エッジからセンサまでの水平距離は5.6mであった。観測期間は1998年7月30日～8月26日までの28日間で、サンプリング周波数10Hzで連続収録した。また全天日射・下向長波放射・気圧・温湿度を1分毎に収録した。なお、屋上面の中央部には空調排熱機器が設置されており、その影響が懸念されるため、西側の塔および機械室フロアの下となる階下屋外通路においても温湿度の測定を行った。

3. 実測結果

(1)建物周辺気流と空調排熱の影響の検討

以下の図は、すべて評価時間を30分とした結果である。図2は、建物周辺気流の影響を確認するため、3次元合成風速の平均値と鉛直成分の平均値から平均風の吹上角を検討した結果である。E～SEの風向を中心に最大で20度程度の吹上が現れており、10mという設置高さは十分ではないという結果となった。W風の場合にも吹上が見られる。

図3は、空調排熱の影響を検討するため、東塔と西塔の気温差を風向に対してプロットしたものである。西塔が風下となる東風時には、最大で3℃程度西塔の方が高温となっており、排熱の影響が明確に現れている。顕熱フラックスを測定している東塔は、風下となる西風がほとんど吹いていないため、この図では排熱の影響をどの程度受けているか明確ではない。

(2)渦相関法による顕熱フラックス

まず、全データに関して超音波風速温度計の平均気温を

通風シェルター内で測定した平均気温と比較し、一次回帰

Field Observation of Sensible Heat Flux by Eddy Correlation Method

at the Roof of Tokyo Metropolitan Government Office

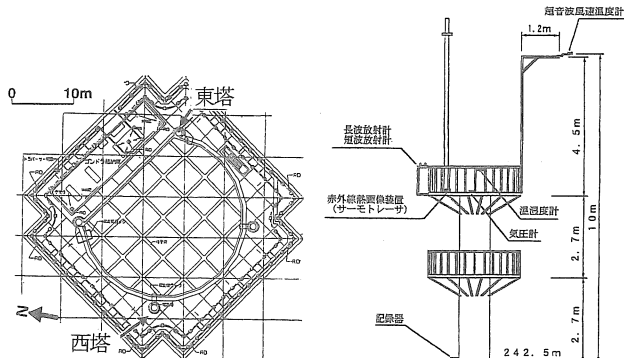


図1. 測器の配置状況(屋上平面図と東塔立面図)

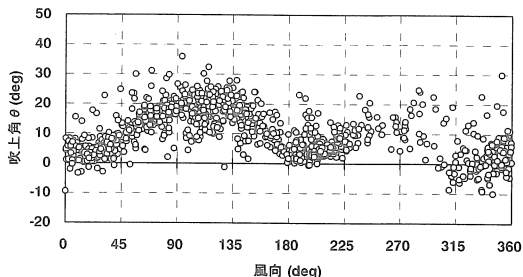


図2. 平均風の吹上角度と風向の関係

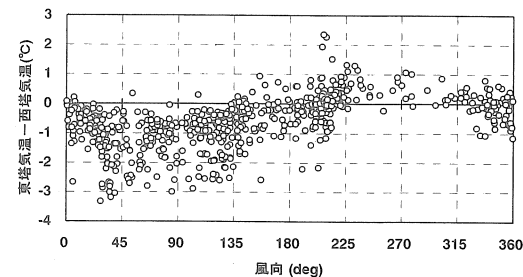


図3. 東塔と西塔の気温差と風向の関係

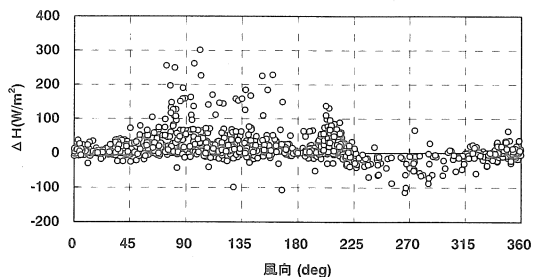


図7. 座標変換による顕熱の変化と風向の関係

NARITA Ken-ichi.

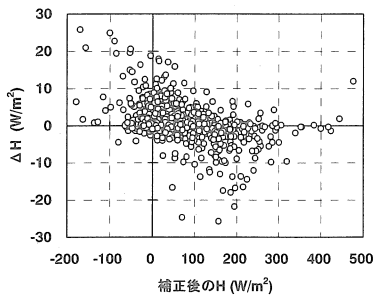


図4. 横風補正による顕熱の変化

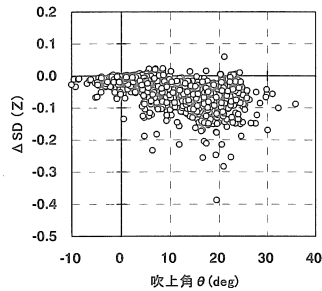


図5. 座標変換による鉛直成分変動の変化

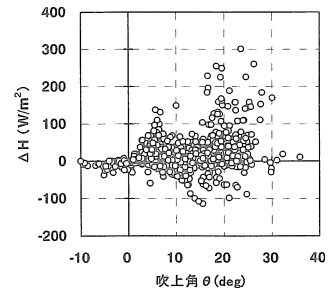


図6. 座標変換による顕熱の変化

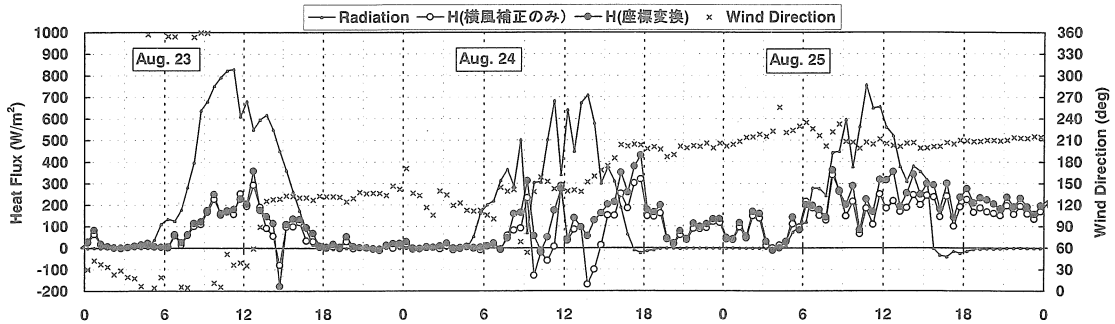


図8. 顕熱フラックスの時間変化の一例

式で補正を加えた後、鉛直成分のプロープで測定している温度データに対する横風補正を次式^{*)}により行った。

$$T = T_{\text{obs}} + V_n^2 / 403 \quad \text{-----①}$$

T: 気温(K), T_{obs} : 観測された気温(K), V_n : 水平風速(m/s)。
図4は、補正前後の顕熱フラックスの違いを調べたもので、最大で 20 W/m^2 程度の値となった。絶対値はそれほど大きくはないが、補正値は顕熱フラックスがゼロに近い場合でも小さくならないため、補正が必要と考えられる。

次に、建物周辺気流の影響を受けて鉛直成分の平均値がゼロになっていないため、座標変換を施した。図1に示した30分毎の吹上角度を用いて、鉛直成分の平均値がゼロになるように座標変換し、流線に対して垂直方向の乱流フラックスを求めた。図5は、座標変換による鉛直成分の標準偏差の変化量と吹上角度の関係を示したものである。座標変換により、鉛直成分の変動は小さくなっている。図6は、同じく顕熱フラックスの変化量と吹上角度の関係を示したものである。最大で 300 W/m^2 程度の補正による増加が生じており、吹上角度が大きいかほど補正量も大きくなる傾向がある。ただし補正量は必ずしも増加の方向とは限らず、補正によってむしろフラックスが減少するケースも見られた。図7は、顕熱フラックスの変化量と風向との関係を示したもので、負の補正量は西風時に多く現れている。

図8は、一例として8/23~25の3日間の顕熱フラックス

の変化を日射量・風向とともに示したものである。顕熱フラックスについては、横風補正のみの結果と座標変換を施した結果の両方を併示した。24日は特に座標変換の効果が大きく現れており、負の値が正に転じている。23日は風向がN~SEで排熱影響はないと思われるが、日中の顕熱フラックスは $200 \sim 300 \text{ W/m}^2$ となっている。夜間はほとんどゼロに近い値である。一方、24日夜と25日夜は、夜間にもかかわらず 200 W/m^2 程度の値が観測された。この間の風向はS~SSWで、排熱の影響を受けている可能性が高い。

4. まとめ 建物周辺気流による吹上の影響を考慮するため座標変換を施した渦相関法を適用したが、このような解析による結果が真の通過フラックスを表わしているかは議論の余地が残される。また250mという高度でのフラックスと地表面のフラックスとの関係把握も今後の課題である。

謝辞 本観測は、都立大学理学部地理学教室の三上先生、防衛大学地球科学の菅原先生と共同で実施したものの一部で、本報で使用した日射量・西塔と東塔の気温データは菅原先生の測定によるものである。また、屋上の使用にあたっては、東京都財務局庁舎管理部管理課に格段のご配慮をいただいた。これらの方々から感謝の意を表します。

参考文献
[1] Kaimal, J. C. and Finnigan, J. J. : Atmospheric Boundary Layer Flows, Oxford University Press, pp.289, 1994
[2] カイマル著 (光田・山田訳) : 微細気象学, 技報堂出版, 1993
[3] 玉川一郎 : 超音波風速温度計と赤外線湿度変動計を用いた渦相関法による乱流輸送量測定の解析法の検討, 水文・水資源学会誌, 12-2, p130-138, 1999