

傾斜屋根を有する2次元配列における交換係数の分布 —都市域における各構成面別の交換係数に関する風洞実験（その1）

正会員 ○森岡 勲*
同 成田健一**

ヒートアイランド 都市キャノピー 対流熱伝達率
市街地風 熱収支 風洞実験

1. 研究目的

ヒートアイランドのモデル化において、現在 TEB に代表されるキャノピーモデルの検証が焦眉の課題となっている。とりわけ、都市表面を構成する各構成面別の交換係数の把握が重要なテーマとして注目されている。本研究では熱移動と物質移動のアナロジーを利用した濾紙面水分蒸発による交換係数の把握を風洞模型実験で行っている。この手法は、放射や伝導によるフラックスが存在する熱現象とは異なり、対流フラックスのみを容易にかつ高精度に測定できるのが特徴である。アナロジーを利用した同様な実験方法として、ナフタレン昇華法が知られているが、試料作成の容易さや安全性の面で、濾紙法の方がはるかに取り扱いが簡便である。

これまで、基本的な形状については実験が行われてきたが、屋根の有無およびその勾配と交換係数については検討されていない。現在、欧州をはじめ世界各都市で継続されているモデル検証のための観測データからも、屋根形状の違いが都市の乱流構造に大きく影響していることが指摘されて始めている。そこで、本報では2次元配列における屋根勾配の差異による面内交換係数分布の測定を行った。屋根形状は切妻屋根とし、街路空間の縦横比と屋根勾配を系統的に変化させて測定を行い、各面における交換係数分布を把握した。

2. 実験方法

本研究では、飛鳥建設技術研究所所有の密閉回流型境界層風洞を使用した。測定洞にスパイヤーおよび3種類の大きさのラフネスを配置し、乱流境界層を発達させた (Fig.1)。べき指数 $\alpha=0.2$ 、乱れ強さは床上 50mm までの平均で約 15% である。

風洞内の基準となる風速は、床上 1.4m のピトー管の値で 3m/s とした。また、ターンテーブル中心から風上 3m・高さ 40mm の位置で、アプローチフローの温湿度を測定した。

交換速度の算出式を Table1 に示す。測定に使用する試料は、アクリル板に 1mm 厚のろ紙を貼り付けたもので、試料の側面にはコーティングを施し表面以外からの蒸発を防い

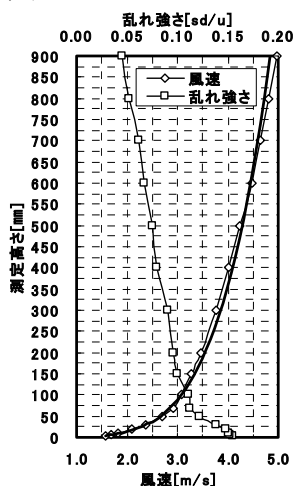


Fig.1 プロファイルと乱れ強さ

Table 1 交換速度 算出式

蒸発速度 [g/m ² ·s]	$E = \frac{\Delta w}{A \cdot h}$	Δw : 水分蒸発量 [g]	A : ろ紙表面積 [m ²]	h : 測定時間 [s]
物質交換速度 [m/s]	$k = \frac{E}{\rho_s - \rho_a}$	ρ_s : 蒸発面飽和絶対湿度 [g/m ³]	ρ_a : 空気絶対湿度 [g/m ³]	

だ。ろ紙を十分に湿らせた後、ろ紙の表面直下に表面温度測定用として $\phi=1\text{mm}$ のサーミスタ (1/100°C 精度) を挿入し、風洞に 30 分設置し、その間の水分蒸発量を電子天秤 (0.1mg 精度) で秤量した。秤量中は、試料を密閉容器に入れた。本風洞は温湿度の制御ができないため、ターンテーブル中心から風上側 1.7m の位置に基準として 5cm の立方体模型を置き、その屋上面の交換速度 (以下 k_s と表示) を全ケースについて同時に測定した。以下の解析では、測定点 (k) と基準点との比 (k/k_s) を用いることにより、異なる温湿度環境下にて得られたデータの比較が行えるようにしている。

3. 測定条件

屋根勾配は 4 種類とし、屋根なしを合わせた計 5 ケースとした。ろ紙の表面積は 10mm×50mm とし、模型のその他の部分は乾燥面としている。濾紙の位置を順次移動させ、各面の分布を把握した (Fig.2)。屋根勾配は、この濾紙巾で面分割が可能ないように、斜面長を 30mm、40mm、50mm、60mm とするよう設定した。勾配 θ に直すと 33.6 度、51.3 度、60 度、65.4 度である。なお、軒高は 50mm で一定である。測定面は風上面 (F)、風下面 (B)、路面 (G)、そして屋根面の風上面 (RF) と風下面 (RB) の計 5 面である。以上の分割測定とは別に街路縦横比を系統的に変化させた場合の鉛直壁面の交換係数変化を、50mm 四方の濾紙を貼った全面試料で比較した。なお、傾斜屋根を有する場合、基準高さ H をどう定義するかという問題が生じる。今回の実験では①屋根を除いた軒高、②棟高、そして③軒高と棟高の平均高さ、

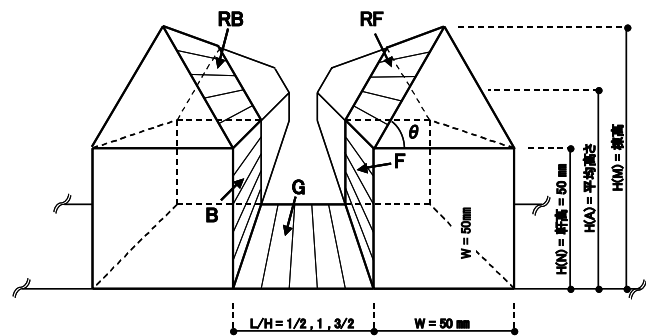


Fig.2 建物基準高さ及模型間隔および測定対象面

の3種類で測定を行った。街路縦横比 L/H としては、以上の3種の H に対し、それぞれ 1/2、1、3/2 の3種類について行った。模型配列範囲は 1820mm 四方である。

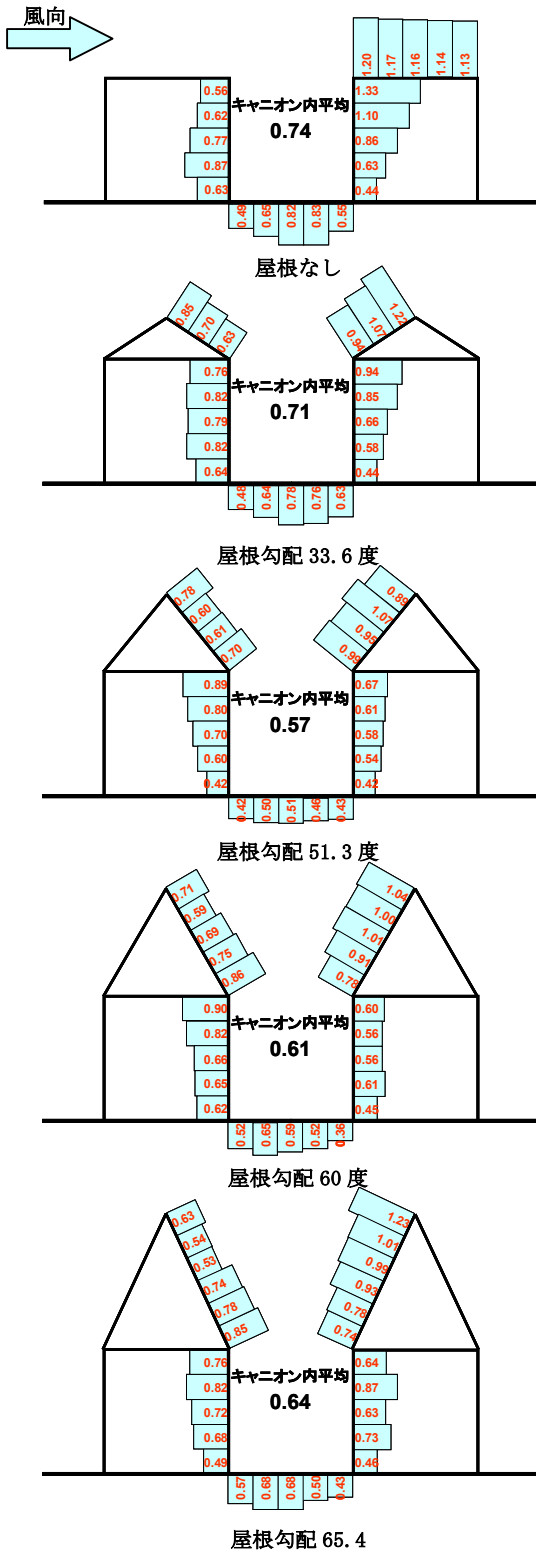


Fig. 3 傾斜屋根を有する2次元街路における交換係数分布

謝辞：本研究は、科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究(CREST)、研究代表者：東工大・神田学、および文部科学省の科研費（基盤研究(C), 15560516）の援助を受けた。ここに記して謝意を表します。

* 株式会社 當木工事

**日本工業大学工学部建築学科・教授・工博

4. 測定結果

分割測定の結果を Fig.3 に示す。屋根なしと比較すると、屋根の付加によって、風上面では上部の交換係数が減少し、高さ方向の分布が一様化する。風下面では中央部にあったピークが消滅し、上部ほど交換係数が大きくなる分布に変化する。路面については、中央より風下側にあったピーク位置が、風上側に移動する変化が認められる。屋根を除いたキャニオン内の平均値は、単調な変化ではなく、屋根勾配 51.3 度で最小となった。以上の変化は、屋根面による剥離でキャニオン内の循環流が崩れ、閉鎖的環境になるが、さらに傾斜が大きくなると街路内への上層風の取り込みが促進され、再び混合が増大するという気流場の変化に対応しているものと思われる。

Fig.4 は、3種類の高さを基準高さとした場合の、鉛直壁面の交換係数と街路縦横比(L/H)の関係を示したものである。プロットのまとまり具合から、風上面は棟高基準、風下面は軒高基準が、交換係数の変化をよく説明している。風上面の変化は建物トップの高さが支配要因となるが、風下面は屋根形状には鈍感で、キャニオン部分の縦横比で値が決まってくるという差異があるといえる。

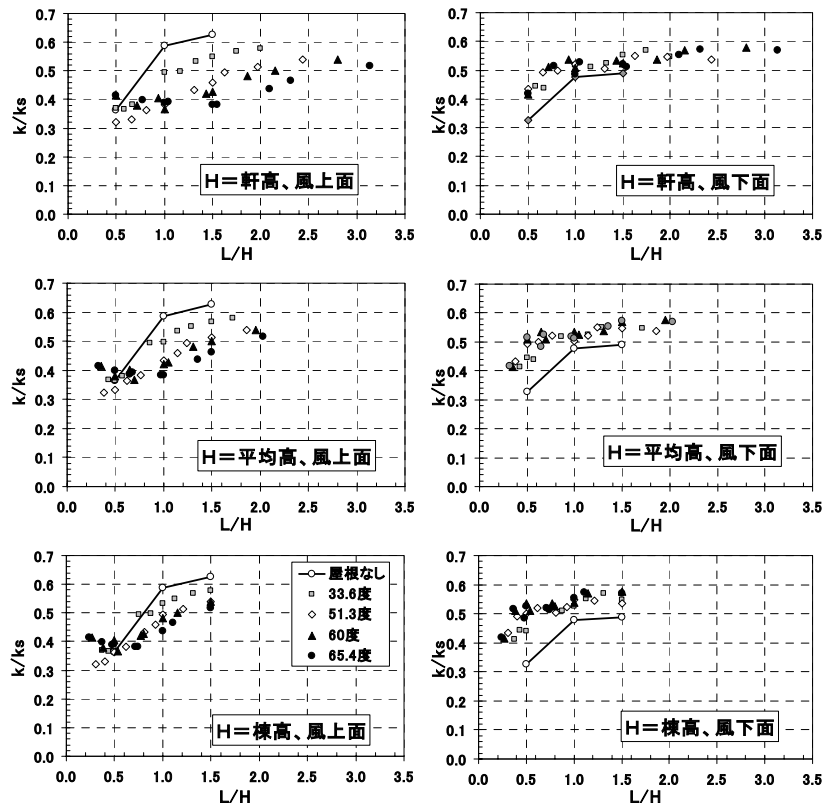


Fig. 4 基準高さの取り方の違いによる交換係数と街路縦横比との関係の変化

5. まとめ

傾斜屋根を有する建物列に関して各面の交換係数分布を把握し、また各面の変化の支配要因について考察した。

文献：成田健一・他：日本建築学会計画系論文集，527，69-76，2000.1

* ATSUKI-KOUJI, M. Eng.

**Nippon Institute of Technology, Prof., Dr. Eng.