

3次元立方体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2）

正会員 同 ○鈴木直人* 正会員 成田健一**
森岡 勲***

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

前報に引き続き、濾紙面蒸発を利用した交換係数に関する風洞実験結果について報告する。

都市キャノピーモデルの代表例とされる Masson¹⁾のTEBでは、壁面や路面、屋上面からの flux が抵抗ネットワークの形で表現されている。しかし、彼の論文ではこれらの抵抗が上空風から経験式で推定されたキャニオン内風速を用いた一次式で与えられており、風向依存性も考慮されていない。放射過程に比べ、このような乱流輸送にかかわるパラメータの不確かさが、現在モデルの精緻化のネックとなっている。このような都市表面を構成する表面毎の flux 寄与率が建物密度との関係でどのように変化するか、また風向依存性はどのようになるのか、さらには構成面内の分布を考慮せずに一律の値を用いることによる誤差はどの程度になるのか、などを明らかにする必要がある。Barlow ら²⁾は、ナフタレン昇華法を用いた風洞実験で抵抗ネットワークの検討を試みているが、2次元キャノピーに限られた内容となっている。本報では、立方体3次元正方配列に関して、面別の寄与率の把握、風向変化と密度変化の影響、さらに壁面における高さ方向分布について検討した。

2. 実験方法

使用した風洞、気流プロファイル、および交換速度の算出式に関しては、前報を参照。実験風速は 3m/s で一定であるため、風速で無次元化した交換係数の実験ケース毎の相対変化は交換速度の相対変化と等しい。使用した立方体試料を Fig.1, Fig.2 に示す。面平均の比較には全面測定用試料、分割測定用試料は高さ分布の検討に用いた。なお、解析では、前報同様、風上に設置した基準用模型の値(以下 k_s と表示)を用いて、基準化している。模型の配列範囲は 1820mm 四方で、中心位置の模型を測定対象とした。

3. 壁面交換係数の風向変化

Fig.3 は鉛直壁面の交換係数の風向変化を街路縦横比

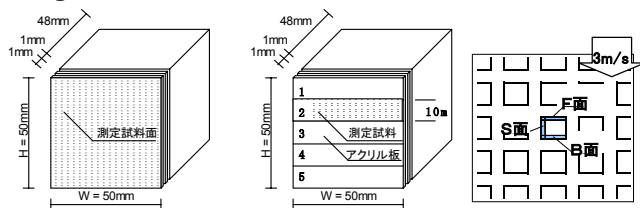


Fig.1 全面測定用と分割測定用試料

Fig.2 測定面の呼称

(L/H)別に示したものである。風向 0 度では街路が狭くなるほど交換係数が減少しているのに対し、風向 180 度では、L/H =1/5 以外はほぼ同じ値を示している。Wake 領域となる風下面の気流性状は、L/H >1/2 では変化が小さい。風向に伴う変化も、これらのケースではほぼ類似しているが、街路幅が広いケースでは風向 90 度以降も減少するのに対し、狭い街路では 90 度以降の変化が乏しくなるという差異がみられる。一方非常に狭い L/H =1/5 については、風向依存性がほとんど見られず、他のケースに比べ極端に小さい値となっている。この街路幅では、もはや上空からの流入がほとんど無くなることを意味している。

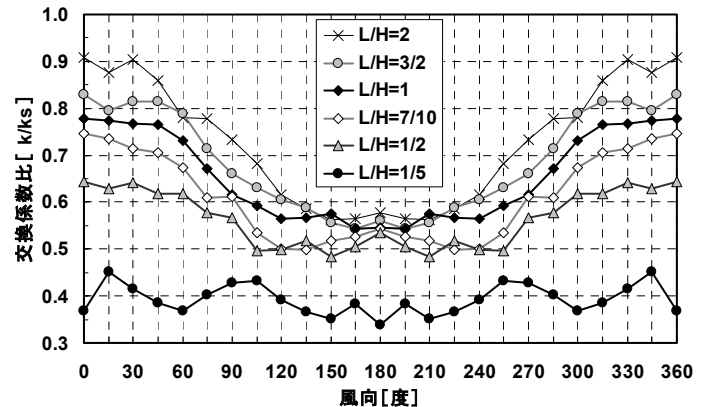


Fig.3 壁面交換係数の風向変化

4. 構成面別の交換係数の比率とその風向変化

L/H =1 については、床面についても他の面と試料寸法をそろえた測定が可能なので、屋根面・床面（模型間の2箇所と交差点部分）について風向 15 度ごとに測定を行い、構成面別の交換係数の比率を算出した (Fig.4)。交換係

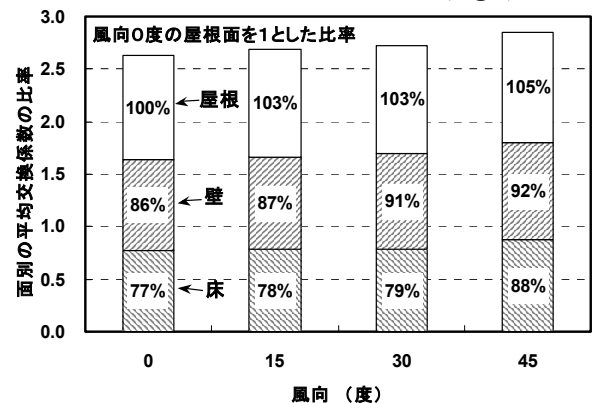


Fig.4 構成面別の平均交換係数の比率 (L/H=1)

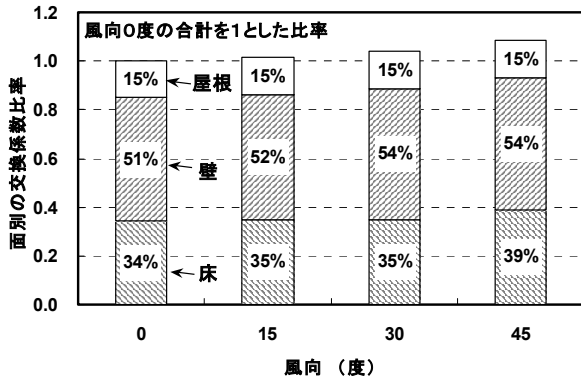


Fig.5 構成面別の合計交換係数の比率 (L/H=1)

数の値は、風向が0度からずれるに従って漸増し、45度で最大となるが、その変化は小さい。壁面の平均値は屋根面を基準とした比率で86%、床面は同77%（風向0度）で、この配列密度では屋根>壁>床の順となっている。この比率は、風向が変化してもほぼ一定で、壁面85~89%、床面76~84%であった。Fig.5は構成面の面積比率を掛けて全体の比率を求めた結果で、表面温度が等しいとしたときの顕熱フラックスの寄与率を表している。

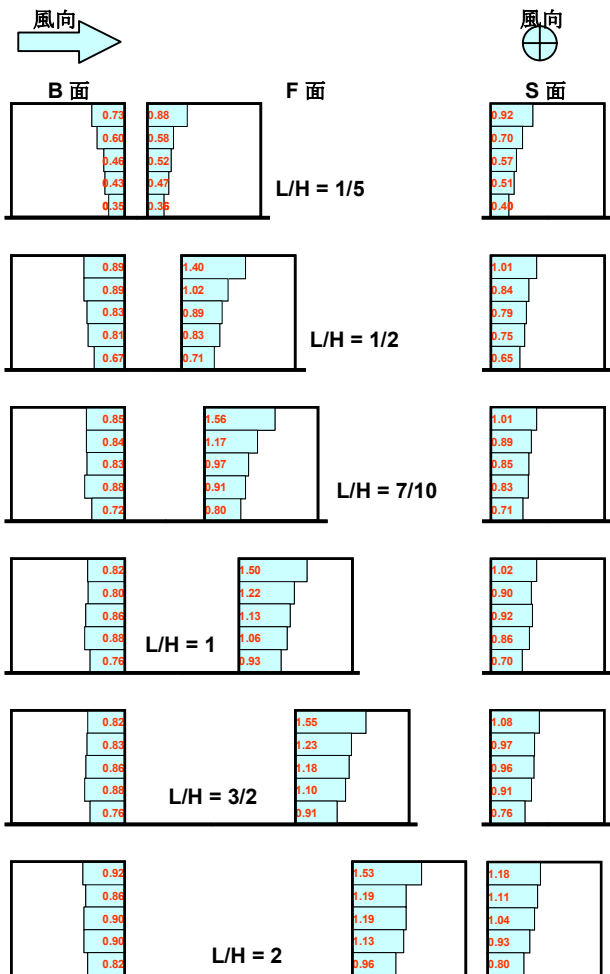


Fig.6 各面における面内交換係数分布 (風向0度)

5. 鉛直壁面内の交換係数の高さ方向分布

Fig.6は、分割測定による風向0度の場合の鉛直壁面内交換係数分布を、風上面(F面)風下面(B面)および側面(S面)について示したものである。風上面は常に上部ほど大きい分布であるのに対し、風下面はL/H=1/5を除いてほぼ様な分布である。側面については両者の中間的な変化となっている。3次元配列では、2次元キャビティ³⁾

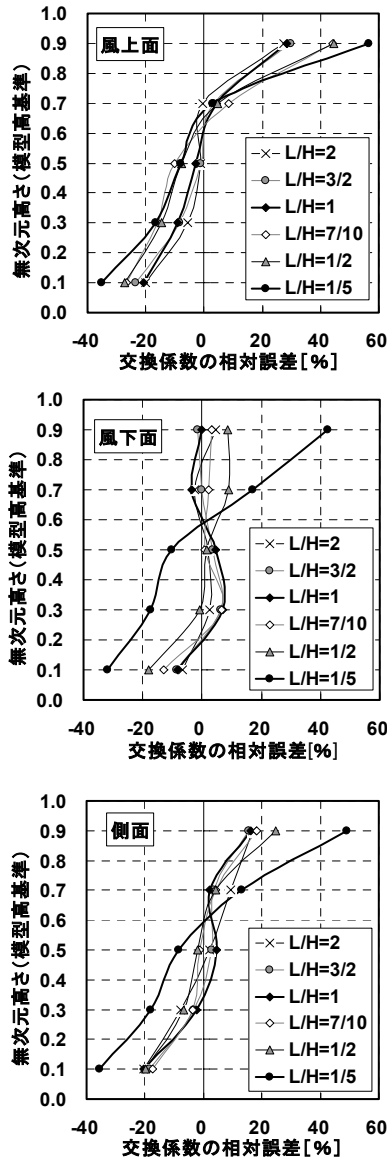


Fig.7 壁面全体を一定値とした場合の交換係数の相対誤差 (風向0度)

で見られた循環流による風下面における中間高さの交換係数のピークがほとんど認められない。

キャノピー内の交換係数のモデル化を考えた場合、風向を考慮して、面ごとに一定値を与えるというのが当面現実的な方針と考えられる。

Fig.7は、面平均値を一律に与えた場合の交換係数の相対誤差を示したものである。風下面では小さいが、側面では20%程度、風上面では30~40%の誤差が上下端部で生じることが分かる。

6. まとめ

3次元の立方体正方配列の交換係数について、風洞実験にて系統的に検討を加えた。空間全体では風向による変化は比較的小さいが、局所的にはかなりの分布が存在することが明らかとなった。

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。

- 文献：1) Masson, V., : *Boundary-Layer Meteorol.*, **94**, 357-397. 2000.
 2) Barlow, J.K. and Belcher S. E., : *Boundary-Layer Meteorol.*, **104**, 131-150. 2002.
 3) 成田健一・他：日本建築学会計画系論文集, **527**, 69-76, 2000.1

* 日本工業大学大学院

** 日本工業大学工学部建築学科・教授・工博

***株式会社 富木工事

*Graduate student, Nippon Institute of Technology

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

*** ATSUKI-KOUJI, M. Eng