

建物高さが不均一な街区の交換速度

- 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4)

正会員 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

本研究の目的は、濾紙面蒸発法を用いた風洞実験¹⁾⁻³⁾を用いて TEB⁴⁾に代表される都市キャノピーモデルにおける乱流輸送 flux の抵抗ネットワークのモデル化を行うことである。ここではメソスケールモデルへの適用を念頭に、キャノピー上空の reference 点と各構成面を直接つなぐネットワークを想定している(図1)。本報では、これまで報告例が少ない建物高さが不均一な街区を対象に、全表面の輸送係数について考察した。今回測定対象とした配列は、建蔽率 25%の立方体均等配列(高さ H)をベースにし、それを 0.5H と 1.5H のモデルで交互に置換えたものである(図2)。

2. 実験方法

使用した測定試料を図3に示す。今回は高さ 0.5H の模型を含むため、基準となる立方体を四分割した大きさの試料サイズ(25×25mm)で全ての構成面を測定した。使用した風洞、気流プロファイルに関しては、前報⁵⁾を参照のこと。輸送速度(Wt)および交換係数(C_E)の算出は下式による。

$$Wt = C_E U = E / (\rho_s - \rho_a) \quad (1)$$

E は蒸発速度[kgm⁻²s⁻¹], ρ_s および ρ_a は蒸発面温度の飽和絶対湿度と空気絶対湿度[kgm⁻³], U は境界層上端(高さ 1400mm)の風速[ms⁻¹](3ms⁻¹一定)である。温湿度条件はコントロールできないため、同一サイズ立方体単体の屋上面の値(Wt₀)を参照値として同時測定し、それとの比率(Wt/Wt₀)で相互比較を行っている。模型の配列範囲は 1820mm 四方(17×17 列)で、中心付近を測定対象とし、風向 15 度毎に測定した。

3. 実験結果

図4に鉛直壁面の輸送係数と風向の関係を高さ別に示す(左右2測定面の平均値)。風向による変化は、建物の上部で顕著である。1.5H の上段では、同じ高層模型の風下となる風向 45 度付近で明確に減少する。下層部の変化は概して小さいが、0.5H では低層建物が見通せる風向 45 度付近で明確な極大値を示す。

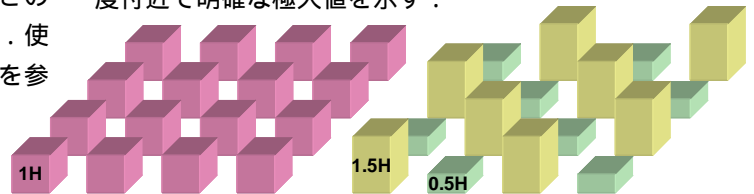


図2. 均一高さ配列(左)と不均一高さ配列(右)

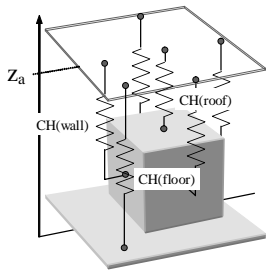


図1. 抵抗ネットワークモデル

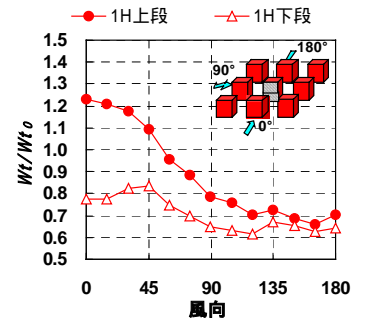
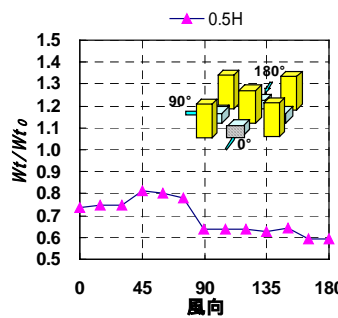
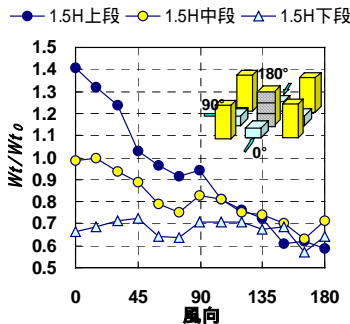


図4. 鉛直壁面(Wall)の輸送速度比と風向の関係 - (左・中:不均一配列, 右:均一配列)

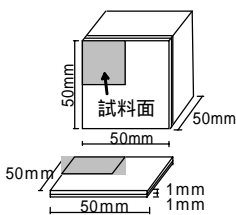


図3. 測定対象模型

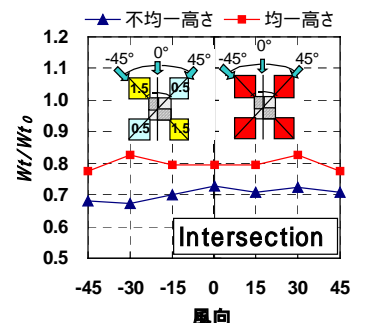
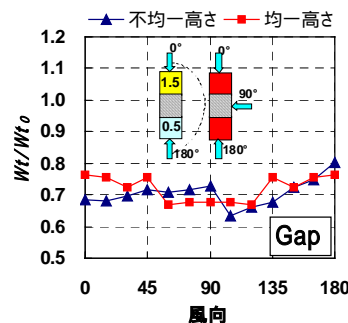
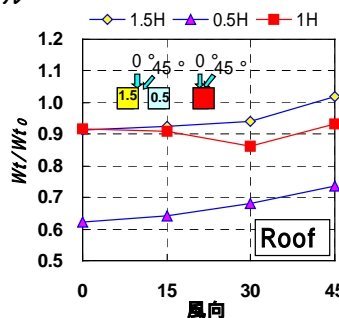


図5. 屋上面(Roof)・建物間面(Gap)・交差点面(Intersection)の輸送速度比と風向の関係

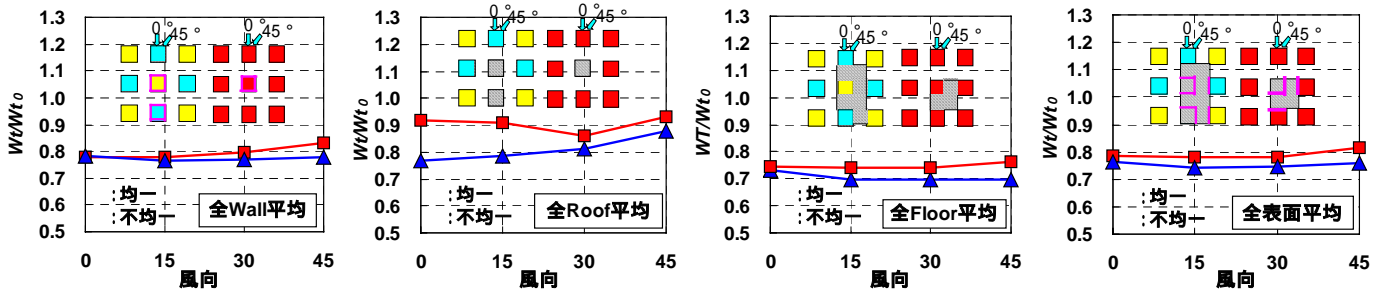


図6．均一高さ配列と不均一高さ配列の輸送係数の比較 (左から, 全壁面・全屋上面・全床面および全表面平均)

図5は、鉛直壁以外の水平面の輸送速度と風向の関係である(各々4測定面の平均値)。屋上面に関しては、1.5Hと1Hの差が予想以上に小さい。建物間面では、不均一高さの場合には高層建物の風上側となる場合(風向180度)に吹き降ろしの影響で大きくなるのが特徴であるが、全体として均一高さ配列との差は大きくない。交差点では、全ての風向で均一高さ配列の値が10~15%程度大きく上がっている。

以上の結果を集計し、風向0~45度における各構成面の輸送速度平均値を算出し、均一高さ配列と不均一高さ配列の両者を比較した(図6)。壁面(測定面数:均一=16・不均一=32)・屋上面(同:均一=4・不均一=8)・床面(同:均一=12・不均一=24)のいずれに関しても、全ての風向で均一高さの値が上回っており、結果として全表面(同:均一=32・不均一=64)でも、不均一高さの方が平均で5%程度輸送速度は小さいという結果となった。

図7は、風向0度における、平均風速プロファイルを両配列で比較したものである。不均一高さ配列では速度境界層が厚くなるため、例えば2H高さの風速で比較する

と、不均一高さ配列では風速が83%程度に弱まっている(図8)。図9はキャノピー層内・高さ0.2Hの平均風速分布で、不均一高さ配列ではエリア平均でやはり83%(0.139/0.168=0.827)に風速が減少している。

4. まとめ

塩分濃度法による実験⁸⁾によれば、不均一高さ配列では床面平均の輸送速度が40%程度大きくなるという結果が示されている。今回の実験とは建蔽率や模型配列数が異なっており、またスカラー(ここでは湿度)境界層の条件(湿面の範囲)も大きく異なっている。これらの違いを考慮した、更なる検討が必要と思われる。

文献

- 1) 成田健一・他: 日本建築学会計画系論文集, 527, 69-76, 2000
- 2) 成田健一・他: 日本建築学会環境系論文集, 594, 69-76, 2005
- 3) Narita, K.: *Boundary-Layer Meteorol.*, 122, 293-320. 2007.
- 4) Masson, V.: *Boundary-Layer Meteorol.*, 94, 357-397. 2000.
- 5) 森岡 勲・他: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 843-844, 2004
- 6) 鈴木直人・他: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 845-846, 2004
- 7) 鈴木直人・他: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 527-528, 2006
- 8) 成田健一・他: 日本建築学会計画系論文集, 366, 1-11, 1986

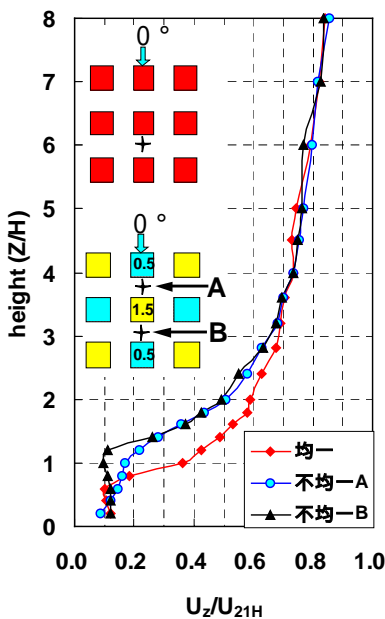


図7．平均風速プロファイルの比較

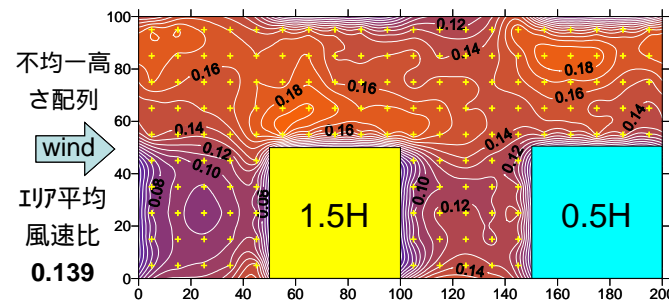
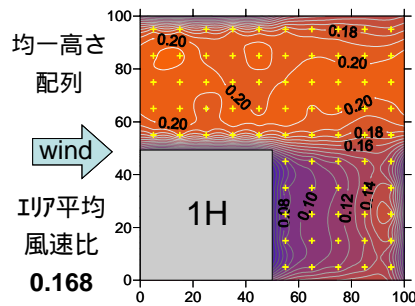


図9．キャノピー層内(高さ0.2H)の風速比 U_z/U_{20H} の分布

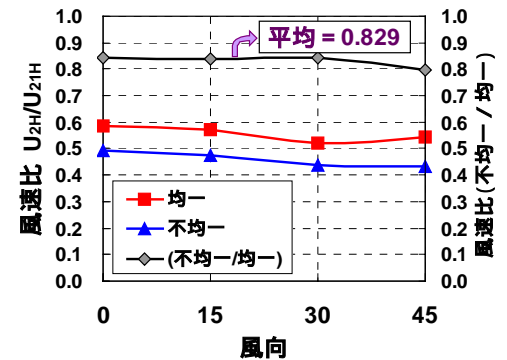


図8．高さ2Hにおけるエリア平均風速比

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), 18560580)の援助を受けた。実験では、鍋久保一樹君ほかの学生諸氏に協力いただいた。ここに記して謝意を表します。