

都市キャノピー内及び上空の熱的機構に関する数値解析

一ノ瀬 俊明¹・足永 靖信²・河野 孝昭²・東海林 孝幸²
¹国立環境研究所地球環境研究センター、²建築研究所環境研究グループ

1. 研究目的

ヒートアイランド対策効果を定量的に把握するためには、ヒートアイランド現象のメカニズムを解明する必要がある。しかし、都市キャノピーモデルは解析事例が少なく、特に気温分布についてのモデル検証例は少ない。

本研究は、都市キャノピー内および上空での熱的気候を把握するために空間平均・レイノルズ平均された熱輸送方程式各項のオーダーを比較し、気温分布への寄与を考察する。

2. 研究概要

2.1 熱輸送方程式

空間平均・レイノルズ平均された熱輸送方程式を以下に示す。既往のモデルでは、右辺第2項を非常に小さいと見なしている。

$$\frac{\partial \langle \bar{T} \rangle}{\partial t} + \frac{1}{G} \frac{\partial G \langle \bar{T} \rangle \langle \bar{u}_j \rangle}{\partial x_j} = \frac{1}{G} \frac{\partial G \langle \overline{T u_j'} \rangle}{\partial x_j} - \frac{1}{G} \frac{\partial G \langle \overline{T''} \rangle \langle \bar{u}_j \rangle}{\partial x_j} + \frac{\langle \bar{H}_a \rangle}{C_p \rho_a} \quad (1)$$

都市キャノピー内及び上空の熱的機構を扱う本研究では上式各項についてオーダーを比較する。

2.2 数値モデルの概要

(1) 支配方程式・解析手法

支配方程式は質量・運動量・エネルギー保存の方程式を用いる。離散化は有限差分法により行い、スタガード格子を採用する。移流項は1次精度の風上差分、拡散項は2次精度の中心差分により離散化する。尚、風洞試験データは時間平均値であるため、時間積分には完全陰解法を用いた（定常流れを仮定）。乱流モデルは、 $k-\epsilon$ モデルを使用する。

(2) 解析領域、境界条件

解析領域を図1に示す。建物はx方向に長さ**b=60mm**、高さ**H=40mm**である。モデル検証用の気温実測データは建築研究所の温度成層風洞を用いて取得した。実験では床面を60℃に加熱した領域に都市キャノピーを模擬した木製ブロックを70個基盤目状に配列し、その領域に市街地上空の風速勾配に従う1/4乗則の鉛直プロファイルの風、及び、25℃一定のプロファイルを持つ気温を流入させている。

流入境界条件は、風洞試験の風速・乱れエネルギー分布等を補間して与える（最大風速は1m/s、気流温度 $\theta_0=25^\circ\text{C}$ ）。上空は対称境界条件、流出面は各諸量Neumann境界条件とする。また、風洞壁を模擬するため、側面は固体壁扱いとし速度に一般化対数則、温度にNeumann境界条件を与える。床面は、速度に一般化対数則を与え、床面温度 $\theta_b=60^\circ\text{C}$ に設定して熱伝達境界条件とする（上流部は25℃。図1参照）。

尚、建物ブロックは固体壁扱いとし、速度に一般化対数則を与える。

(3) 解析ケース

ブロックの配置間隔 L を以下のように設定した。
 ケース1：30 mm（108個=12個（X）×9個（Y））
 ケース2：50 mm（70個=10個（X）×7個（Y））
 ケース3：70 mm（54個=9個（X）×6個（Y））

3. 研究成果

図2にケース1における式(1)の各項を比較したグラフを示す。各項それぞれx、y、zの3成分について図示している。ただし、床面近傍の3点は誤差が大きいため参考値としている。図より水平方向（-）および鉛直方向（-）の移流成分がキャノピー内部、上空において卓越していることがわかる。また、キャノピー高さ程度までは(1)式の右辺第2項の鉛直成分（■）も熱輸送に寄与しており、数値モデルにおいて小さいとして通常無視されている上記第2項の寄与は無視できないと考えられる。

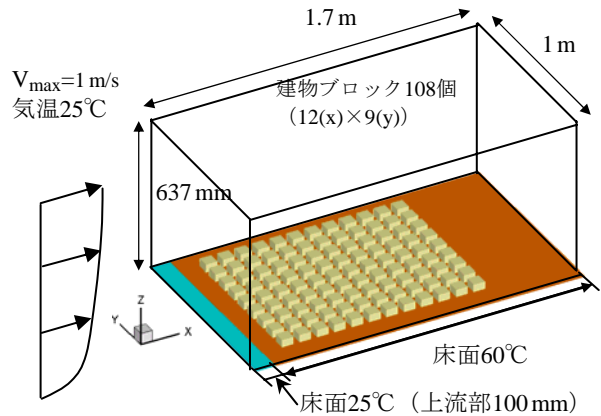


図1 解析領域

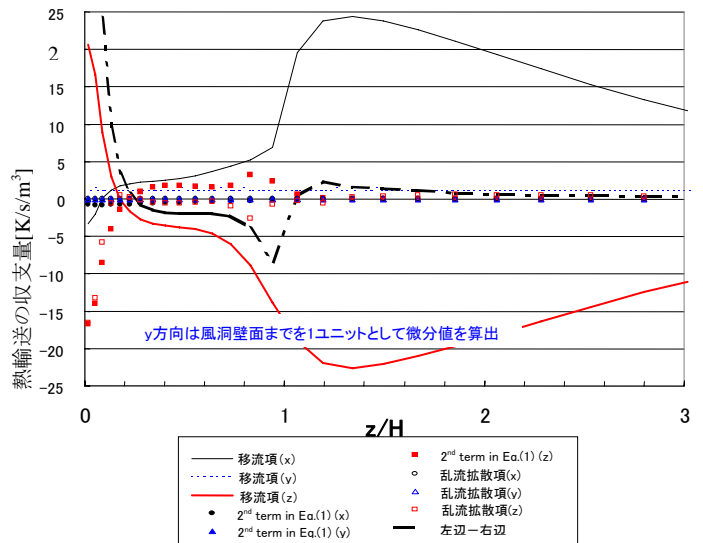


図2 ケース1における各項の比較