

II-547

都市のストリートキャニオンにおける街路樹の暑熱緩和効果の見積り

鹿島建設技術研究所 正員 稲垣 聡
 中央大学総合政策学部 正員 日野 幹雄
 山梨大学工学部 正員 神田 学

1. はじめに

都市の街路は一般に図-1¹⁾に示す様なストリートキャニオンの形態をとることが多い。その内部では上空の風速の減衰により混合が抑えられ熱が籠り安く、ストリートキャニオンは都市のヒートアイランド化を助長する一つの要因ともなっている。本研究ではこのキャニオン内の暑熱緩和手段として街路樹の効果を考える。Yamazakiら²⁾は植生が水平方向に無限に広がるとした場合の植生内外の微気象を一層あるいは二層モデルにより表現し、実測との良好な一致を得ている。ここではストリートキャニオンの閉鎖性に着目した簡単なモデルを提案し、熱環境の解析を行う。ストリートキャニオンは都市を構成する一つの単位と考えられ、そのキャニオンとしての効果を簡単な形で表現できればより大スケールでのヒートアイランド解析に応用が可能であると言う点からも、このような単純なモデルが有効であると考えている。

2. モデルの概要

図-2の様な鉛直二次元のストリートキャニオンを考える(奥行き方向は一樣とする)。ここでは上面でのみ外気とのつながりがあり、他は閉じた空間となっている。この空間を一つのBOXと考え、定常状態で熱・水蒸気の流入と流出がバランスしていると考え、次の関係が成り立つ。

$$H_1S_1 + H_2S_2 + H_3S_3 + H_4S_4 + H_5S_5 + H_6S_6 = 0 \quad (1)$$

$$E_1S_1 + E_2S_2 + E_3S_3 + E_4S_4 + E_5S_5 + E_6S_6 = 0 \quad (2)$$

ここに H_i ($i=1\sim6$): 図-2のI~VIの各面の熱フラックス、 E_i : 水蒸気フラックス、 S_i : 各面の面積、但し奥行き方向は単位幅とする。I~IVの固体面の区別は面の水平・垂直と街路樹の陰になるか否かの違いである(街路樹の高さに応じてII又はIIIの面の何れかが存在する)。Vは植生すなわち葉の表面を表し、VIはキャニオン上面の建物と同じ高さの仮想的な面を表す。VI面における熱の移動はバルク法の考えにより、キャニオン内外の平均的な流速差、温度差、そして無次元の交換係数の積で表す。ここで交換係数が問題となるが、ここでは後述の乱流モデルでの結果を基に0.02という値で計算を進めることとする。簡単のため各面内でフラックスの分布は一樣とし、短波・長波の多重反射の効果も考慮していない。またキャニオン内風速は外部風速の2割で固定し、さらに植生内では外部風速の1割とする。固体面の水蒸気量はキャニオン内水蒸気量 q に等しいとし(すなわち潜熱がゼロ)、葉面では葉面温度で飽和しているとする、未知数は $T, q, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$ (図-2)の7つに対し方程式は(1), (2)式とI~Vのそれぞれの面における5本の熱収支式計7本であり、全ての解が求まることになる。

3. 解析結果

テストケースとして、道路幅及び建物高さがともに20mで等しい正方形キャニオンにおいて、表-1の様なパラメータの時に上記のBOXモデルを用いて解析を行った。結果を図-3に示す。街路樹の存在の有無により平均気温に6℃以上の差が出来ることが示される。これについて、筆者らの乱流モデルを用いた水文気象プログラム³⁾により運動量・熱・水蒸気場の非定常計算から求めた結果を図3-4(a)(b)に示す。水文気象プログラムではキャニオン内風速・温度が分布として求まるが、BOXモデルと水文気象プログラムとで平均気温はほぼ等しい値となっており、BOXモデルがキャニオン内の熱環境を簡便に表現出来ていることが分かる。

街路樹の大きさを変化させて、キャニオン内気温との関係を調べた。樹高と外部風速・外部相対湿度を除く諸元はテストケースと同じである。結果を図-5に示す。外気の基準温度(30℃)を下回らせるには風速が4m/s以上、湿度が60%以下の場合でも10m程度以上の樹高が必要な様である。

参考文献

1) Oke, T. R.: Boundary Layer Climates, Methuen & Co Ltd, London, 1978. 2) Yamazaki, T., Kondo, J., and Watanabe, T.: A Heat-Balance Model with a Canopy of One or Two Layers and its Application to Field Experiments, J. Appl. Meteor., vol. 31, pp. 86-103, 1992. 3) 稲垣・日野・神田: 都市のストリートキャニオンにおける風速場と熱環境に対する街路樹の効果, 水工学論文集, vol. 37, pp. 355-360, 1993.

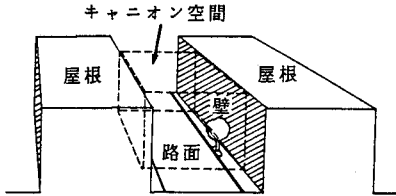


図-1 都市のストリートキャニオン (Oke¹⁾より引用)

表-1 テストケースの計算諸元

基準風速	5.0 (m/s)
樹高	16 (m)
基準(外気)温度	30 (°C)
基準相対湿度	40 (%)
葉面積密度	5.0 (m ² /m ³)
日射量	800 (W/m ²)
日射天頂角	26.6°

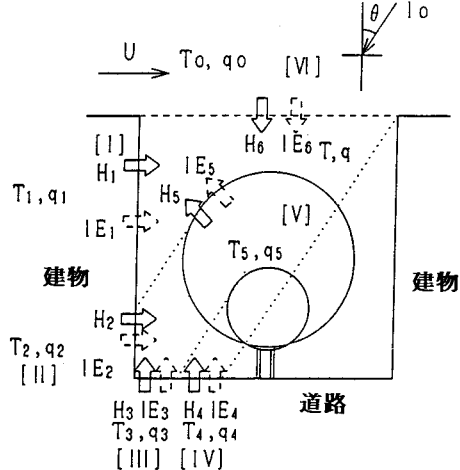


図-2 BOXモデルの概要

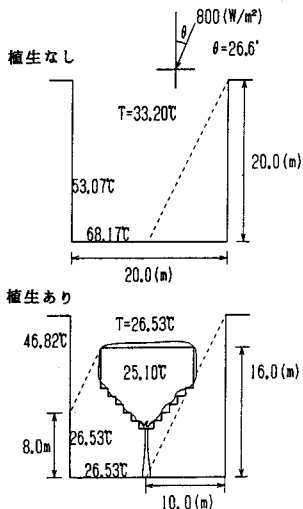


図-3 BOXモデルによる計算例 (テストケース)

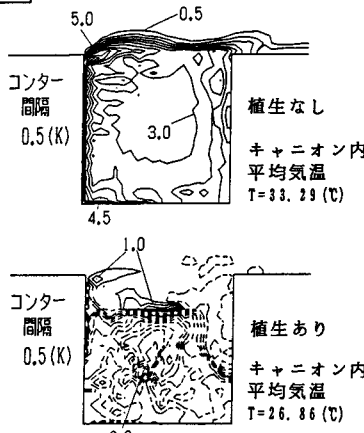


図-4 (a) 水文気象プログラムによる計算結果 (基準温度からの変動分、点線は負を示す)

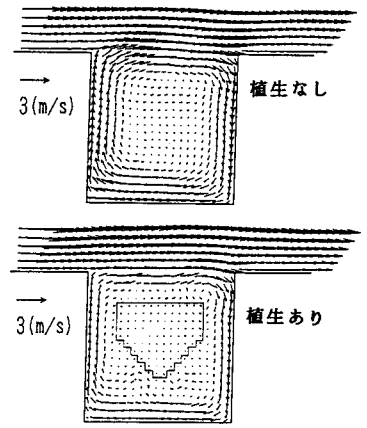


図-4 (b) 水文気象プログラムによる計算結果 (風速分布)

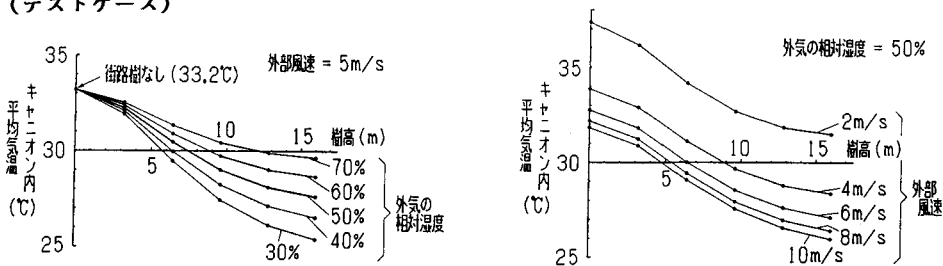


図-5 街路樹高とキャニオン内平均気温 (BOXモデルによる)