

高度の異なる建物群、植生群が形成するキャノピー内外における
熱、水蒸気、運動量フラックスの予測モデル

豊橋技術科学大学 学生会員 岡村 聖
同 上 正会員 北田敏廣

1. はじめに 本研究は、例えば、1 km四方内で、高さ方向への分布を持った植生、高さの異なる都市建造物群等が様々な割合で混在する場合の熱、運動量、水蒸気輸送への影響をパラメタライズする方法を鉛直1次元のフレームで検討したものである。植物や建物の LAI はもちろん、植物の土壌水分の availability、建物の壁体への蓄熱効果、太陽高度の変化、キャノピーの短波、長波放射に対する応答もモデル化されている。これらのパラメータに対する感度解析を、キャノピーから上空大気に向かう各種フラックス等について行った。この報告での定式化は、むしろ空間多次元への拡張が可能である。

2. 数値モデル モデルは、筆者らの研究室で、従来から継続的に研究を行ってきたもの^{1,2,3)}に、キャノピーに関する項を考慮したもの⁵⁾である。Fig. 1に植生キャノピーと建物キャノピーの LAI を示す。

3. シミュレーションケース 本研究のモデル自身は、種々の高さの建物群や植生群とその混合体からなる地表面を取り扱える構造になっているが、第一ステップとして、地表は建築物か植生かどちらかの単一の地物で覆われており、しかもその高さは 20 m で一定とし、被覆の割合だけを 0 (C1: 基本ケース)、0.1、0.3、0.6 と変化したケースのシミュレーションを行った。Table 1に各ケース間の違いを示す。

Table 1 Simulation Case

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
植生被覆率	0	0.6	0.3	0.1	0	0	0
建築物被覆率	0	0	0	0	0.6	0.3	0.1

4. 結果および考察

4. 1 キャノピー層から上空大気へ向かう熱フラックスと土中の水分量の関係

高度 20 m での各ケースの顕熱フラックスを 2 日分プロットしたものである。図中、正の符号は大気上空へのフラックスをあらわす。

日中、1 日目よりも 2 日目の顕熱フラックスの方が概して大きい。Fig. 2b に示す潜熱フラックスはほぼ逆の変化を示すから、2 日目の顕熱フラックスの増大は、土壌の水分量の減少により潜熱フラックスが 2 日目に減少した分を補償するように生じていることが伺える。この 2 日目の日中の顕熱フラックスの増大は、建物が存在する C5 から C7 のケースでより鮮明であり、しかも建物による地表面の占有率が大きいほど大きい。

一方、植生が存在する C2 から C4 のケースでは、2 日目における急激な潜熱フラックスの減少も見られず、したがって顕熱フラックスの増加もない。この傾向は、地表の植被率が高い C2 でもっとも顕著である。植生がある場合に 2 日目でも潜熱フラックスが落ちないことは、土中のより深いところから植物が水分を吸い上げ気中に供給していることを意味する。実際、Fig. 3b に示すように、深部(13.86 cm)では C2 から C4 ケースの含水率が C5 から C7 ケースのそれに比べて低くなっている。一方、

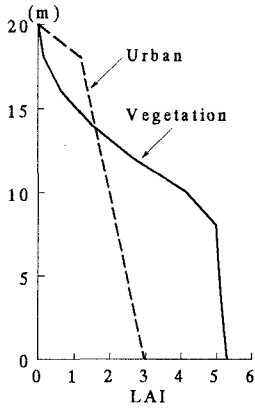


Fig. 1 Leaf Area Index

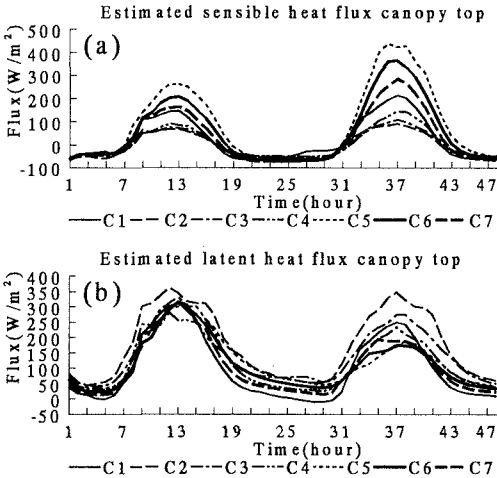


Fig. 2 地上 20m での各フラックスの日変化

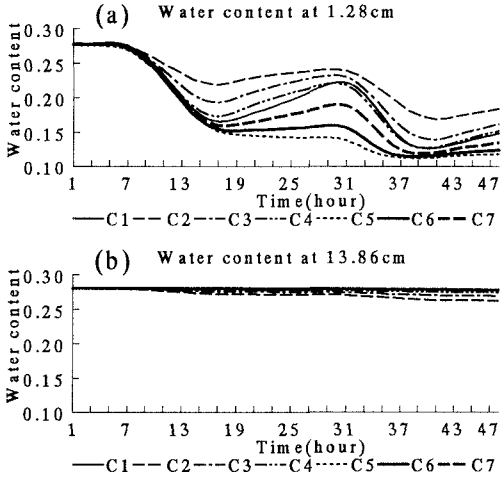


Fig. 3 各深さの Water content の日変化

浅い所(Fig. 3a: 1.28 cm)では逆に植生のあるケースの方が、含水率が高くなっている。

以上、建築物の存在は、大気への顕熱フラックスを増やすが、植生の存在は、逆にこれを減らすという、しごく妥当な結果が得られた。また、建築物がある場合には、降水のない状態が続くことにより、日に日に大気への顕熱フラックスが増えて行くが、植生の場合にはこの増加が緩やかであるかあるいは期間が短ければ増加がみられない。植生が存在することにより地下の深い部分に存在する水分も蒸発散に利用され気候緩和に役立つことが示されている。すなわち、植生のない場合は、地表近くの浅い部分の水分が蒸発により急激に失われた後、深部の水分を有効に利用するすべかないことが、気温の上昇に利いている。

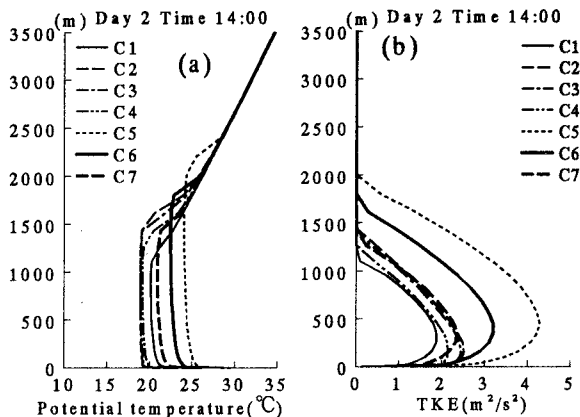


Fig. 4 1400LSTの各鉛直プロファイル

4.2 大気境界層の性状に及ぼす影響 Fig. 4a は 14 時における温位の鉛直分布であるが、ケース間で混合層の高さおよび層内の温位に大きな違いがあることを示唆する。混合層の温位がもっとも高いのは、C5 の場合で約 25℃、C1 が約 22℃、もっとも低いのが、C2 の場合で約 19℃であり最高と最低で 6℃の差がある。基本ケースにくらべ、建物

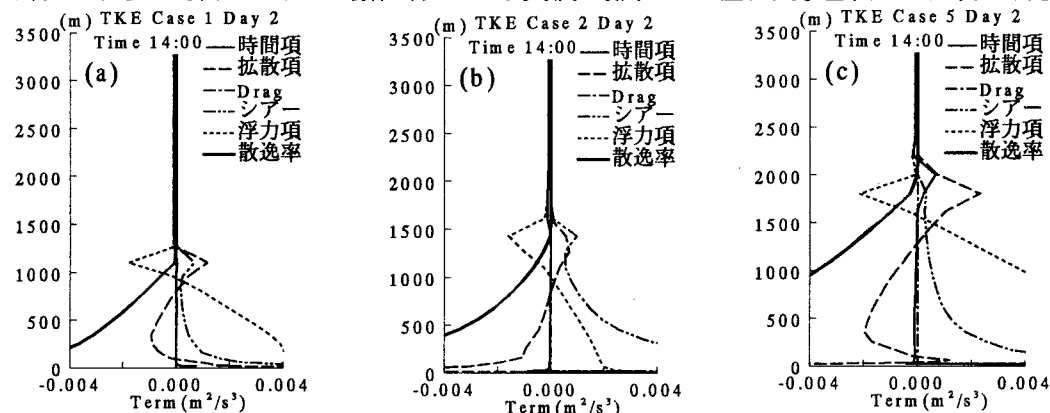


Fig. 5 1400LSTのTKE方程式の各項寄与分布

建てれば温位が上がり、植生を導入すれば温位が下がることを明瞭に示している。混合層高度の場合は、温位そのものの場合とは少し傾向が異なる。すなわち、混合層高度がもっとも高いのが建物キャノピーの場合であることは同じであるが、次に植生キャノピーのケースが続く、一番低いのが、基本ケースとなっている。乱れの運動エネルギーの鉛直分布 (Fig. 4b) と Fig. 4a の対比が示すように、混合層高度はTKEの鉛直分布と良い対応を示す。このTKE方程式の各項寄与分布 (Fig. 5a-C1; Fig. 5b-C2; Fig. 5c-C5) が、TKE鉛直分布 (Fig. 4b) の形成、したがって、混合層の形成に関するケース間の違いを明らかにしている。すなわち、C2の場合、TKEの浮力生成項は、三つのケース (C1, C2, C5) で一番小さいが、植生の大きなLAIに基づく流れに対する抗力とシアーによるTKE生成項が一番大きく、これが温位は低い、混合層高度は高いという状態を維持している。C5では、建物の屋根、側壁の加熱に基づく浮力生成項が極めて大きく、大きなTKE値と高い混合層高度の形成に寄与している。C1では、TKEの浮力生成項はC5にくらべて小さいがC2よりは大きい、ただし、キャノピー層を持たない小さなラフネスレングスのためにシアー生成項が地面の近くに押し付けられ、C2やC5に比べてこの項がはるかに小さいことが、C1の場合の混合層成長を妨げている。

参考文献 [1] Kitada, T., 1987: Boundary Layer Meteorology, 41, 217-239. [2] 北田敏廣、岡村聖、高木久之, 1995: $k-\epsilon$ / メソスケール気象モデルによる濃尾平野の局地風解析—様々なスケールの地形効果—, 環境工学研究論文集, 32, 241-252. [3] Kitada, T., K. Okamura, S. Tanaka, 1997: Effects of Topography and Urbanization on Local Winds and Thermal Environment in Nohbi Plain, Coastal Region of Central Japan, J. Appl. Meteor., to appear. [4] Yamada, T., 1982: A numerical model study of turbulent air flow in and above a forest canopy, J. of the Meteor. Soc. of Japan, 60, 439-454. [5] 岡村聖、北田敏廣, 1997: サブグリッドスケールの土地利用が大気境界層に与える影響のモデル化— $k-\epsilon$ モデルにおける都市化域のパラメタリゼーション—, 環境システム研究, 25, 593-597.