

II-230 都市大気の対流に及ぼす平均風と地形の効果及びその相互作用について

東京大学工学部 正 員 玉井 信行

○ 東京大学大学院 学生員 福濱 方哉

東京大学工学部 正 員 中井 正則

1 はじめに

都市域に生じるヒートアイランド現象は、平均風の存在や、地面形状等によって複雑に変化する。本研究では、ヒートアイランド現象に対する平均風、地面形状の影響ならびにその相互作用を、流体力学的な手法により、理論的に解明することを試みた。

2 解析モデルの概要

本研究では、一樣風存在下における2次元定常状態の安定成層系を下方より局所的に加熱した場合を対象とする。解析において2方向のNavier-Stokes方程式、連続方程式、熱拡散方程式を用い、適当な境界条件のもとで、理論解を求めた。具体的には、最初に速度成分を平均流速成分と対流により生じる流速成分に分離し、対流による成分に関する基礎方程式を誘導した。つぎに、基礎方程式系を座標変換し、摂動法とフーリエ変換を用い、一樣風の強さにより地面形状が対流に及ぼす影響度の変化を調べるモデルを構築した。なお、一樣風の強さは密度フルード数 $Fd (= U/\delta \cdot (\alpha g r)^{1/2})$ をパラメーターとして表している。ここに、 U ：一樣風速、 δ ：鉛直方向長さスケール、 α ：熱膨張係数、 g ：重力加速度、 r ：周囲流体の温度勾配である。

3 解析結果

本研究では、平均風の存在ならびに地面形状が対流に及ぼす影響度について表1に示す4ケースを比較することによって考察を行った。ここで密度フルード数 $Fd=2.0$ は実スケールでは約4m/s程度の風速に、また、摂動パラメーター $A=0.5$ は約100mのくぼみに対応している。図1～4は各々RUN1～4に対する流線図である。図1, 2に示される平均風が存在しない場合の結果においては左右対称な対流セルが形成される。また、都市が窪地に存在するRUN2の場合にはRUN1と比較して対流セルは立ち上がる傾向を示す。図3, 4は平均風が左から右へ吹く場合である。図3より風下側の対流セルは消滅し、風上側のセルの高さが高くなり対流の強さは弱くなることがわかる。図4はさらに地形の効果が加わった場合であり、対流セルは立ち上がり、一層対流セルが高くなる一方、対流幅は小さくなり都市上空に対流の高温の空気が集中することを示唆している。

図5に都市域中心部における温度の上昇分(θ)の鉛直分布を示す。同図より、RUN1, 2において温度の上昇分が負になるpenetrated-zoneが明瞭に現れるのに対し、RUN3, 4においてはpenetrated-zoneは確認されない。また、RUN3, 4からは地表面付近 ($z < 2.5$)において温度上昇分は急激に小さくなり、下方への熱輸送が大きいことがわかる。さらに、RUN4は、対流セルの立ち上がりによる都市上空への熱の集中が顕著であることを示している。図6に、平均風および地形が対流に及ぼす効果ならびにその相互作用をみるために、RUN2, 3, 4のRUN1からの温度上昇分の差($\Delta\theta$)を示した。RUN2の場合は地表面付近で地形の効果による温度の上昇が認められ、その結果温度の上昇領域がより上空に及ぶことがわかる。RUN3の場合、平均風によって逆に地表面付近で温度が減少する傾向がみられる。しかし、 $z=2.5$ よりも上方では、RUN1と比較して温度上昇は大きなものとなっている。また、RUN4の場合には、平均風の効果と地形の効果が共存するケースであるが、RUN2, 3の結果を重ね合わせたような結果となっており、平均風と地形の効果の相互作用は比較的小さいことがわかる。

4 おわりに

都市域に平均風が存在し、さらに、地形に起伏が存在する場合には、各々の効果が重なり合うために対流は複雑な様相を呈する。特に、本研究で取り扱ったケースでは都市中心部では平均風は温度を減少させる方

向に作用し、逆に、窪地の効果は温度を上昇させる方向に作用しているという結果が得られた。

なお、本研究は財団法人鹿島学術振興財団研究助成金により行われた。

表1 解析条件

A \ Fd	0	2.0
0	RUN 1	RUN 3
0.5	RUN 2	RUN 4

