

[別紙2]

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 亀卦川 幸浩

都市の熱環境は、人為的な地表面の改変、建築物の建設、人工排熱の排出によって人間活動の影響を受けており、都市部のは気温が周辺に比較して上昇するヒートアイランドの形成はその典型的な現象である。このような都市熱環境はとりわけ夏季に問題をおこす。すなわち、単に快適性を損なうだけではなく、空調用のエネルギー消費の増大をもたらし、地球環境に対する都市の負荷を増大する結果となる。空調用のエネルギー消費の増大は人工排熱の増大を通じて更なる都市の温度上昇につながるという悪循環が生じる。しかし、このような悪循環については、定性的に指摘されることはあっても定量的には解析されていないのが現状である。

これらの問題はヒートアイランド問題として、あるいは都市からの二酸化炭素排出問題として、現代の都市が抱える大きな環境問題になっている。

本論文はこのような問題意識の元に行われたもので、「熱環境と空調エネルギー需要の相互作用を考慮した都市高温化対策の評価」と題し、7章からなる。

第1章は序論であり、研究の背景を示すと共に都市の高温化に関する既往の研究をまとめている。

第2章は「都市高温化対策評価数値モデルの開発」である。空調用のエネルギー消費と都市の高温化の相互関係を評価するために、スケールの異なる複数のモデルを接続するモデルシステムを構築した。このモデルはメソスケール広域気象モデル、比較的簡易な1次元街区キャノピー気象モデル及びビルエネルギー・排熱解析モデルから構成される。これらのモデルを組み合わせることにより、メソスケール広域気象モデルによって与えられた気象条件の下でのビルエネルギーの消費とその排熱によるキャノピー内の気温を予測することを可能にした。さらに、都市の高温化に対するさまざまな対策の効果をこのモデルによって評価できるのである。

第3章は「数値モデルの検証」である。前章で示したモデルの検証を東京の中心部と住宅地の両地点において行った。その場合、街区規模での気象が再現できるかどうかを焦点にし、良好な現象の記述が可能であることが示された。

第4章は「夏季23区を対象とした街区スケール高温化対策の評価」である。前2章で開発し検証したモデルを用い、建築物によって形づくられる形状と構成する建物用途が異なる街区に対してモデルを適用し、高温化対策の効果を評価した。その結果、事務所街では空調の排熱削減が、一方宅地では側壁の緑化がそれぞれ気温上昇の抑制に有効であることが定量的に示された。また天空率が高温化と相関が高い指標であることも示された。

第5章は「都市スケールでの広域対策評価に向けた数値モデルの改良」である。前章までで用いられたモデルではメソスケールでの気象条件を所与のものとしていた。

しかし、大規模に高温化対策を導入した場合、メソスケールの気象状態にも影響が生じると考えられる。そこで、前章までのモデルを改良し、各対策がメソスケール規模で与える効果を評価するようにした。このように作成したモデルは双方向の連結を行ったモデルになり、既往の研究に比べ新たな境地を開拓するものである。アメダスのデータや実測データとこれらのモデル結果を比較した。緑地を確保して観測されているアメダスのデータは、それぞれの地点でのメソスケール規模での気象状態を示すものと考えられ、実際の街区内の気象はそれにキャノピー層内での効果が加わったものである。モデルの計算結果はこれらのデータをよく説明するものであった。

第6章は「夏季対策導入が都市スケールの広域気象とエネルギー需要に及ぼす影響の評価」である。ここでは、東京の地理情報データを用いて、東京23区全体で削減可能なエネルギー消費を評価している。

第7章は「結論と今後の展望」である。

人間活動に伴って排出される熱や、建物周辺の空間・キャノピーでの熱の挙動を表すモデルと広域のメソスケールモデルは、従来独立に用いられていた。そのため、人間スケールで行うさまざまな対策の効果を大規模に評価することができていなかった。これら異なる現象規模のモデルを結合する試みはなされていたが、計算時間の制約などから実際には広域に対してその計算を行うことができない状況にあった。それに対して本研究では、比較的簡易な鉛直1次元のキャノピーモデルを利用することによって、建物単位の規模からメソスケール規模までの現象を双方向で結合するモデルを開発し、実用に供した。この開発されたモデルは、都市に対して行われるさまざまな対策の効果を評価する上で非常に有効であり、本研究の成果が大いに評価される。

また今回の研究は、理学、工学にまたがる研究成果をモデルとして組み上げていったという点でも評価される。

以上、都市の高温化対策とその効果の評価に焦点を当てた本研究において得られた成果には大きなものがある。本論文は環境工学の発展に大きく寄与するものであり、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。