

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 陽 坤

本論文は「A Numerical Weather Prediction Model with Urban Surface Processes and Its Application to the Kanto Region (都市地表面過程を考慮した数値気象予測モデルの開発と関東地方への適用)」と題し、河川流域において降雨予測を行なうための基礎的なモデルを構築したものである。日本の河川流域は狭く、洪水警報を住民に知らせる為には、降雨の予測まで遡って作業を行わないと十分な事前時間をとることが出来ない。このような観点から、本論文の成果は総合的な洪水予警報に貢献できるものであり、災害軽減のために大きな意義を持っている。

本研究では都市化の圧力が高い日本の現況を考え、土地利用の変化を十分反映した都市表面過程評価法(USPM)を開発し、地域気象システムと結合させている。都市表面過程評価法は、放射量予測、乱流による物質輸送量予測、土壌面でのエネルギー並びに水分収支予測という三つの下部構造から成り立っている。

全天日射を求めるために、二つの手法を提案した。一つは、USPMを独自に用いて全天日射量を計算するための手法であり、日照時間と地表面気象データを用いて計算する。もう一つは、USPMを気象システムと連立して計算するときのものであり、大気湿度の鉛直分布を用いる方法である。都市域においては放射フラックスを都市の粗度要素の関数として表現できる形式を新しく導入し、また、アルベドが天頂角により変化する要因も考慮した。本論文で提案された手法は、日本全国に対して同一の様式を用いて観測値を正確に予測できることが分かった。

乱流輸送過程の解析においては、都市地表面層を都市キャノピー、粗度底層、慣性力層に分解して分析した。慣性力層においてはモーニン・オブコフの相似則が成り立つが、粗度底層ではこの相似則を利用できないので、平均量と乱流項のパラメーター化に際しては新しい相似則を導いている。本論文では、都市化域における運動量交換容量が非都市化域のそれよりも大きく、熱交換容量は非都市化域のそれに非常に近いことが示された。

土壌面のエネルギー収支と水分収支予測は強制復元法に基づいて開発された。水蒸気輸送の表面抵抗を決定する際には、植物生理学の基本的な特性が考慮されている。

USPMの計算例では地表面温度が地表面の被覆形式、太陽の天頂角、および気象に支配されている事が示された。日中の快晴時の都市地表面では顕熱流束がエネルギー収支式の支配的な項である。しかし、降雨直後は潜熱流束が急激に増加し、都市キャノピーによる遮断降水量がすべて蒸発すると、潜熱流束は急速に減少することが確認され、USPMは都市地表面におけるエネルギー配分

を合理的に表現できていることが分かった。

降雨現象における地表面過程の役割を調べるために、USPM とオクラホマ大学で開発された地域気象システム(Advanced Regional Weather System)と結合させ関東地方の降雨特性を検討した。関東地方と周辺の海洋の間では地表面過程の差異のために、日中には強い海風が生じるが、夜間に生ずる陸風は非常に弱いことが明らかとなった。さらに海風の継続時間は陸風のそれより長い。予測結果は日中の観測結果によく合致しているが、夜間の弱い風は局地的な影響を受けるため、予測結果は観測結果の周辺にかなり散乱している。関東地方のヒートアイランドの中心位置は、都市地表面過程や人為起源の熱にみならず、土壌水分量に敏感に反応することが分かった。土壌が湿潤状態であれば、熱の中心は人口稠密域にあるが、土壌が乾燥してくると熱の中心は東京の北西部に移動する。これは観測結果と一致している。

関東地方において豪雨が記録された場合と類似の境界条件を設定して、地形や都市化が豪雨に及ぼす影響を検討した。この結果によると、関東北西部の山地と、東京湾の東方の二カ所で激しい降雨が生じる。得られた気象要素の分布から、こうした豪雨の発生原因は三つあると考えられた。関東北部と西部の山地は風向と風速を変える壁の役割を果たしている。山地における豪雨は、地形性の上昇気流によるものであり、これが第1の原因である。平野部の豪雨発生域は、都市化に関連して旋風が発生する地域に見られ、これが第2の原因である。第3の原因としては山地を乗り越える流れである。この空気塊の温度が平野上の空気塊の温度より低いときは、平野の空気塊は侵入してくる空気塊の境界に沿って持ち上げられる。大気が条件付き不安定であれば、上昇気流が層を乱し、対流性の雲が形成され降雨をもたらす。さらに、都市化により降雨の頻度は増加する傾向にあるが、弱い降雨が多くなることが推測された。顕熱流束が都市域と海において異なるので、日中は強い水平方向の温度勾配が発生し、それが空気塊の収束を促し、陸上で局所低気圧が発達する。これが降雨の発生頻度を上昇させている。本論文で得られた解析手法は、都市の地表面過程と気象との関係を追跡できるので、このような内部機構を明らかにすることが可能となった。

本論文で開発された予測手法は都市化の影響の考慮、内部過程の精密化などから多くの点で従来の手法を凌ぐものである。これにより流域での降雨予測の基礎が築かれたと言える。以上要するに、本論文で得られた成果は洪水被害軽減、流域管理に対して有力な解決手法を与えるものであり、河川工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。