

氏名	そう ま かず よし 相 馬 一 義
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2741 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 都 市 環 境 工 学 専 攻
学位論文題目	降 水 短 期 予 報 に お け る 詳 細 な 地 表 面 状 態 量 の 導 入 と そ の 夏 季 の 熱 雷 に 対 する 影 響 評 価
論文調査委員	(主 査) 教 授 池 淵 周 一 教 授 中 北 英 一 助 教 授 田 中 賢 治

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、数値気象モデルを用いた降水短期予報において詳細な地表面状態量、とりわけ土壌水分量について考慮する手法を提案するとともに、夏季の熱雷の再現に与える地表面状態量の影響が大きいことを評価したものであって、第1章～第7章よりなっている。

第1章は序論であり、本研究における背景として、夏季の熱雷による被害の実態と、それに対して地表面状態量が影響を与える可能性について、既往の研究に基づき概述した。また、熱雷を予測する手段である降水短期予報における地表面状態の表現の現状と問題点について概述した。

第2章では、本研究で構築したメソスケール大気陸面結合モデル ARPS-SiBUC についてその枠組みを概述するとともに、ARPS-SiBUC の基となるメソスケール数値気象モデル ARPS と陸面過程モデル SiBUC の構成および、ARPS (Advanced Regional Prediction System) と SiBUC (Simple Biosphere Model including Urban Canopy) の結合方法について具体的に論述した。

第3章では、水平一様な土壌水分量を ARPS-SiBUC に与えた理想実験を行い、土壌水分量の日々変動が熱雷に与える影響を検討した。まず、実験の対象とした2001年8月15日に琵琶湖北東の両白山地から濃尾平野北部にかけて発生した降水について、観測値の解析によりその発生原因を検討した。次に設定した2つの土壌水分量状態について琵琶湖流域における観測値と比較し、それぞれが2001年8月におけるもっとも湿った状態ともっとも乾燥した状態に相当することを確認した。それら2つの実験結果の比較から、土壌水分量が乾燥した状態では湿った状態と比較して山地域における積算降水量が増大することを見出した。大気の静的安定度を用いて考察した結果、地表面加熱の違いに起因する局地循環の違いが降水量に差が生じる原因であることが明らかになった。その結果、これまで地表面状態の影響がほとんど検討されてこなかった日本のような湿潤地域における短時間強雨の中でも夏季の熱雷については、土壌水分量の日々変動の影響を十分大きく受けることが示された。

第4章では、陸面過程モデル SiBUC と現業の気象観測データを用いて、日本における地表面状態量分布を推定する手法を提案した。ここでは特に、陸面過程モデルへ与える大気境界条件を現業の気象観測データを用いて推定する方法に焦点を当てて論述した。

第5章では、第4章で提案した手法を実際に1999年8月から25ヶ月間適用し、推定された地表面状態量と熱収支特性について、6月から8月にかけての夏季について検討を行った。まず大気境界条件作成手法及び地表面フラックス推定値について、岐阜県高山市の東方約15 km に位置するタワー観測と比較して、その妥当性を検討した。また、推定値における2000年6月から8月までの地表面状態及び熱収支特性の日々変動とその空間分布を解析した結果、積算降水量が小さな地域ほど土壌水分量が小さくなるなど観測事実と矛盾しない結果が得られた。このことから、日本のような湿潤地域における降水短期予報に対して地表面状態量の初期値を与える目的で、本研究で提案した手法を使用可能であることが確認できた。また、今回の推定結果から、2000年夏季には、山地域はほぼ湿潤な状態に保たれ、ほぼ一様に湿潤な分布か、平野部の一部が乾燥し

ている状態のいずれかが現れることがわかった。2001年についても検討した結果、土壌水分量分布は2000年と同様の傾向を示し、この土壌水分量分布パターンが2000年にもみられるものでなく、日本の夏季における典型的な分布パターンであることを確認した。

第6章では、第5章でみられた日本の夏季における典型的な土壌水分量分布における熱雷の発生・発達の違いを、ARPS-SiBUCを用いた数値実験により検討した。具体的には、土壌水分量がほぼ一様に湿潤であった日と平野の一部が乾燥していた日を2001年夏季から選び、それぞれにおける土壌水分量分布を初期条件として用いて、琵琶湖北東に位置する両白山地から濃尾平野にかけて2001年8月15日に観測された熱雷を対象とした数値実験を行った。その結果、平野の一部が乾燥している場合では水平一様な土壌水分量分布と比べて琵琶湖北東の山地域における降水量が小さくなり、山地域と平野部の間で見られる降水についてはより平野側へ移動した。このことから、土壌水分量の空間分布と日々変動が降水に十分大きな影響を与えうることが確認されたといえる。

次に、数値実験の対象とする降水が発生した当日の土壌水分量分布を用いた実験を行い、観測値及び前述の数値実験と比較した。その結果、ほぼ一様に湿潤な分布では発達が十分でなかった濃尾平野で見られる降水帯について、当日の土壌水分量分布を用いた実験では改善がみられた。

しかし、本研究で行った数値実験では濃尾平野における降水帯が観測値と比べて南側に現れていることから、地表面状態を詳細に表現することと同時にデータ同化手法の改良等によって大気場の初期条件及び境界条件を改良することが熱雷の予測精度向上のために必要なことが示唆された。

第7章は結論であり、各章で得られた成果について要約するとともに、今後の降水短期予報における地表面状態の取扱について提言を行った。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、数値気象モデルを用いた降水短期予報において詳細な地表面状態量、とりわけ土壌水分量について考慮する手法を提案し、それが夏季の熱雷の再現に与える影響を評価したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 降水短期予報で用いられるメソスケール数値気象モデルに詳細な陸面過程モデルを組み込み、地表面状態量を詳細に考慮可能なモデルを構築した。
2. 琵琶湖北東に位置する両白山地から濃尾平野北部にかけて発生・発達した熱雷を対象に、前述のモデルに対して2001年8月に琵琶湖流域で観測された最も乾燥した状態と最も湿潤な状態の土壌水分量を領域一様に与えた理想実験を行った。その結果、これまで地表面状態の影響がほとんど検討されてこなかった日本のような湿潤地域における短時間強雨の中でも夏季の熱雷については、土壌水分量の日々変動の影響を十分大きく受けることが示された。
3. 衛星リモートセンシングによる地表面状態量推定手法の適用が困難である日本の地表面状態量を推定するために、密な気象観測データと陸面過程モデルを用いた推定手法を提案した。加えて岐阜県高山市近くで行われた微気象観測データと推定結果を比較し、推定手法が夏季における地表面状態量の日々変動を議論できるだけの妥当性を持っていることを確認した。
4. 前述の手法を用いた土壌水分量分布推定結果について検討を行った結果、夏季日本における典型的な土壌水分量分布として、一様に湿潤な分布と山地域は湿潤だが平野部は乾燥した分布がみられることを見出した。
5. 上述の夏季日本における典型的な土壌水分量分布をメソスケール数値気象モデルに与え、琵琶湖北東に位置する両白山地から濃尾平野北部にかけて発生・発達した熱雷を対象に現実的な土壌水分量分布を考慮した数値実験を行った。その結果、山地域は湿潤だが平野部は乾燥した分布では、一様に湿潤な分布と比較して山地域における降水量が減少し、平野部における降水量が増加した。このことから夏季の熱雷が現実的な土壌水分量分布の影響を十分大きく受けることが示された。

本論文は、降水短期予報における地表面状態量の重要性とそれを導入する具体的手法を示したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年1月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。