

氏 名	たなか けんじ 田 中 賢 治
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3817 号
学位授与の日付	平 成 17 年 1 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model (流域水管理および数値気象モデルに広く適用可能な陸面過程スキーム SiBUC の開発)
論文調査委員	(主 査) 教 授 池 淵 周 一 教 授 椎 葉 充 晴 教 授 中 北 英 一

論 文 内 容 の 要 旨

第1章は序論であり、研究背景として陸面過程モデルの発展の歴史を振り返りながら、新たなモデル開発の必要性を述べるとともに、論文全体の構成を示している。第2章から第9章まではモデル開発を示した第1部、第10章から第13章まではモデルの実流域への応用や気象モデルとの結合を示した第2部、第14章から第16章までは土壌水分データ同化手法開発を示した第3部である。

第2章では本論文で提案している新たな陸面過程モデル SiBUC (Simple Biosphere including Urban Canopy) の基本概念、すなわち、地表面構成要素として、都市、水体、植生地を同時に取り扱うことを提示している。第3章では建物高さの分布を考慮した新たな都市キャノピーモデルを提案している。様々な深さの都市キャニオンにおいて天空率を基にして放射過程を定式化するとともに、高さの違う建物の分布情報から、高さ別の断面積と表面積をパラメータとして、乱流輸送過程を表現している。第4章では琵琶湖での熱収支観測データをもとに、水体の熱収支における貯熱項の大きさを示すとともに、アルベドをモデル化し、強制復元モデルを用いた水体モデルを提案している。また、様々な深さの湖の熱収支特性の再現性をモデルパラメータの感度実験により示している。第5章では植生モデル SiB をベースとした緑地のモデルを解説している。第6章では生育段階に応じた灌漑・排水の操作をモデル化することにより、水深予報を可能にした水田モデルを提案している。さらに作物別、生育段階別の維持土壌水分量の表をもとに、様々な農地での灌漑を緑地モデル上で実現している。第7章では積雪水当量を予報する比較的単純な積雪モデルを提案している。第8章では GAME および琵琶湖プロジェクトの観測データを活用し、本論文で提案している陸面過程モデルを様々な気候・植生においてポイント検証している。第9章では局地循環モデル LCM による数値実験により、面積率パラメタリゼーションの有効性と限界を示し、大スケールにおいて精度良く領域平均フラックスを算定する手法を提案している。

第10章ではモデルをオフラインで琵琶湖流域に適用している。流域を 3 km メッシュで分解し、2 年分の水・熱収支の再現をしている。現地観測データをもとにポイント検証を行うとともに、琵琶湖の水位変化から水収支の妥当性を示している。第11章ではモデルをオフラインで中国淮河流域に適用している。衛星データ解析により、農地判別をするとともに、農事暦データセットを作成し、灌漑水を考慮した形で淮河流域の水熱収支を算定している。第12章では大気陸面結合モデル JSM-SiBUC が開発され、梅雨前線の再現性によりモデル性能を確認し、植生が降水システムの形成に及ぼす影響を見る感度実験が実施されている。また、GAME-HUBEX 集中観測期間の 1 月分について領域 4DDA が実行された。

第13章では全球土壌水分プロジェクトのデータを用いて10年分のオフライン実験を実施し、地表面水収支、熱収支、状態量の各成分を全球 1 度グリッド、日単位で算定している。またこの結果の様々な応用面への可能性を示している。第14章ではモデル感度実験を通じて、各種状態量、フラックス、その他関連する物理量の間の関係を詳細に分析し、土壌水分量と地表面温度との関連性を示している。第15章では温度と土壌水分の予報方程式に拡張カルマンフィルターを導入し、地表面温度の観測値から土壌水分量を逐次更新するシステムが提案されている。なお、システムノイズとして放射フラックスが用い

られている。第16章では受動型マイクロ波センサー TRMM/TMI と植生指標 NDVI を用いた表層土壌水分量推定アルゴリズムが提案されている。放射伝達理論をベースにしながら、異なる周波数帯における輝度温度の水平垂直偏波比からそれぞれに対する土壌射出率の比を対応付けている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、国内外の様々な観測プロジェクト（琵琶湖プロジェクト、GEWEX/GAME）における地表面水・熱収支の現地観測データをベースとした新たな陸面過程モデルの開発・改良、そのモデルの様々な流域への適用、それに伴う地表面パラメータの整備、開発した陸面過程モデルとメソスケール数値気象モデルとの結合、さらには土壌水分データ同化手法の開発を行ったものであり、以下のような成果を得ている。

- (1) これまでに全くない新しい発想の陸面過程モデル SiBUC の概念を提示し、従来のモデルで取り扱われていた植生に加え、都市や水体を陸面過程の一部として取り扱うことにより、非常に複雑な現実の流域条件の表現を可能にした。
- (2) 特に、農地における灌漑水の効果や、都市における人工排熱の効果を取り入れるなど、自然の水・熱循環に加え、人間活動の影響を含めた水・熱循環系を扱えることが、本モデルの独自性であり、本モデルを用いて様々な流域での水・熱収支の推定を可能にした。
- (3) とりわけ琵琶湖流域では水田灌漑、積雪の効果を取り込んだ通年の計算、中国淮河流域では衛星データ解析を交えて農耕地の作物分類、農事暦の作成により、様々な農地における灌漑水の効果を含めた水・熱収支の算定を実現している
- (4) メソスケール数値気象モデル JSM に SiBUC を組み込んだ大気陸面結合モデルを開発し、梅雨前線の活動に伴う降雨現象など、短期の数値気象予測において陸面過程が果たす役割の重要性を議論している。
- (5) 数値気象予測における陸面境界条件に大きく影響を与える土壌水分について、熱赤外リモートセンシング情報を活用した新たなデータ同化手法を提案している。本手法は、陸面過程モデルを構成している個々の物理過程のつながりを利用した新たな手法であり、特に地上観測データに依存しない形で同化システムが構成されていることが特徴であり、実用段階に進むにはまだいくつかの問題を残しているものの、受動型マイクロ波センサーを併用することで、その発展の可能性は極めて高いといえる。

以上本論文では、現実の様々な流域条件を表現可能な陸面過程モデルが開発され、学術上、實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16年12月16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。