

審査の結果の要旨

氏名 鳩野 美佐子

地球温暖化に代表される気候変動をより精度良く予測するための取り組みが様々な研究機関で大規模に行われている。以前は、いわゆる結合全球大循環モデルによる、大気と海洋と陸面における運動量と水とエネルギーといった主に物理的な現象の挙動と相互作用を表現したもので予測するのが主流であったが、近年ではそれに、炭素循環、窒素循環、植生動態など、様々な生物地球化学的要素とその相互作用を組み込んだ地球システムモデルによって、より精緻かつ応用の効く予測に挑戦している。一方、陸域における河川は、大気から降ってきた水を主な媒体として、陸に貯められた或いは大気から降ってきた有機無機含む様々な物質を海洋まで輸送するという、地球の生物地球化学過程において極めて重要な役割を担っている。しかしながら、地球システムモデルにおける多くの陸域河川モデルでは、水を輸送する役割のみが表現されているのが現状である。

このような背景のもと、鳩野美佐子氏は審査対象の博士論文「全球土砂動態モデリングに関する研究」において、これからの地球システムモデルに用いられる陸域河川モデルを新たな段階に導くための一歩として、河道や氾濫域における土砂の生産・輸送・堆積といった動態を表現するモデルを作成し、河川を通じた全球土砂動態に関して、その時空間変動の要因解明を試みた。本論文は 6 章で構成されている。

第 1 章では研究の背景と目的、及び研究手段を述べている。上記のような地球システム解明の一助とする目的に加え、土砂動態の変化による地学的な影響、生態系への影響、社会への影響に触れ、その重要性を説いた。また、これまでの土砂動態研究では、その多くが特定の小流域を対象としたものであり、得られた知見の空間転用性が高くない点、全球を対象にしたものは研究例が少なく、観測されている激しい時空間変動を表現するには不十分なものである点を指摘し、本研究の必要性和発展性を述べた。

第 2 章では土砂濃度や輸送量の観測データ収集について述べている。これまでは、全球を対象とした土砂に関する観測値及びその付随情報を集めたデータ

ベースが存在していなかった。そのため鳩野氏は、全球で 4505 地点において、日単位および月単位の観測値及び付随情報を収集し、整理した。

第 3 章では、本論文で開発した全球土砂動態モデルの枠組みと、それぞれの物理過程が記述されている。本モデルでは、水とともに流下する浮遊砂と河床付近を滑動・転落などしながら流下する掃流砂の 2 種類の輸送形態を考慮し、砂・シルト・粘土の 3 種類の代表粒径を用いて混合粒径が表現されている。また本モデルには、計算の安定化のために指数関数による解析解から土砂流出量を求める工夫、流速等で変化する河道内の水理レジームに応じて変容する巻き上げ・沈降過程を表現する工夫などが実装されている。

第 4 章では実行したシミュレーションの計算設定及び結果について述べられている。1981-2000 年の 20 年間についての再現シミュレーションの結果を解析したところ、浮遊砂は大河川に沿って多く輸送され、上流から下流につれてその量が増えていくことが示された。また、河口付近での年間浮遊砂輸送量はアマゾン川や東南アジアでは観測値と似た傾向を示すものの、東アジアやアメリカ西海岸では過小評価となった。さらに、構築したモデルで使用した幾つかのパラメタについて感度実験を行ったところ、土砂生産過程と巻き上げ過程に相対的に大きな不確実性があることが判明した。

第 5 章では、開発した全球土砂動態モデルを用いた陸域全体における土砂動態の表現に必要な物理過程について議論している。特に、氾濫原での土砂動態・河床変動のフィードバック・土砂生産量の緻密化の 3 点について考察した。氾濫原での土砂動態の考慮により、アマゾン川流域では浮遊砂輸送量の季節変動幅が大きくなり、輸送量ピークのタイミングがより遅くなること、河床変動のフィードバックの考慮により、河道深・水深に影響を及ぼすため河床地形の時系列変動やそれに伴う洪水リスクの変化が表現可能となること、土砂生産量の緻密化としてサブグリッド地形パラメタを用いることにより、浮遊砂輸送量が増加し、全球輸送量の過小評価を解消する方向に働くことがわかった。

最後に第 6 章では全体をまとめて結論としている。

このように本論文は、地球システムの理解とその予測に向けた重要な要素である河川を介した土砂動態過程を、可能な限り物理的に整合性のとれた表現で全球を対象としてモデル化した、世界的に見ても極めて新規性の高い研究である。予測結果の精度検証には課題が残されているものの、本研究成果は、気候変動を考慮した社会基盤システムの設計の指針として役立つことが期待され、水文学を含む地球システム科学の進展にも大きく貢献するものである。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。