

審査の結果の要旨

氏名 瀬戸里枝

近年、世界的に短時間強雨の発生件数が増加し、規模の大きな日降水の発生日数も増加している。一方、無降水日が増加している地域も見られ、渇水被害の広域化が懸念されている。このように水災害の頻発・激甚化が懸念される中、効果的に被害を軽減する手法の確立が求められている。豪雨時の避難や水防活動、事前放流を含む最適なダム操作などのためには、河川流域や市町村単位における数時間から数日を対象とする短期の気象予測が有効であり、一方、今年の夏は多雨か少雨かという判断には、数週間から数ヶ月を対象とする地域規模の気候の季節予測が有効となる。したがって、気象予測や気候の季節予測を高度化し、これらの情報に基づく適切な社会の対応が必要となる。

短期の気象予測と気候の季節予測には時空間スケールに大きなギャップがあり、それぞれの手法の高度化には、これまで異なるアプローチがとられてきた。水災害軽減のための短期の気象予測においては、雨量の適確な予測に加えて、豪雨が河川流域内に生じるか、山地の住宅地側の斜面で生じるか反対側かという豪雨域の正確な予測が必要となり、そのためには豪雨をもたらす雲の位置の予測精度の向上が不可欠である。一方、気候の季節予測においては、これまで大気-海洋相互作用に焦点が与えられてきたが、陸域の土壌水分がもつ気候メモリーに直目した大気-陸面相互作用の長期で広域の正確な表現が重要となる。本論文は、短期の気象予測においては陸域での豪雨をもたらす雲の初期値の与え方に、気候の季節予測においては特徴的な大気-陸面相互作用が重要であることに着目して、両者の高度化に有効な手法として、衛星搭載マイクロ波放射計を用いた大気-陸面結合データ同化手法（CALDAS）を効果的に適用している。

本論文では、データ同化アルゴリズム、放射伝達モデル、大気モデル、陸面モデルの4つから構成される CALDAS に、近年広く用いられるコミュニティモデルの一つであり、より汎用性が高い WRF を取り込んだ結合データ同化システム（CALDAS-WRF）の開発に成功している。また一般に、複数のモデルや技術を統合的に使用するシステム開発においては、モデルやアルゴリズム、観測データの種別を選択、その改良、変更、追加が重要で、また並列計算の可能性の向上が必須となる。そこで、本論文では、モデルやデータ同化アルゴリズム、観測データの種別をメインプログラムであるカップラーにより、システム全体の初期化、時間コントロール、変数のやり取り、観測データの有無のチェックを統括的にコントロールする機能の開発し、CALDAS-WRF に取り込むことに成功している。

短期の気象予測において本論文が着目する雲については、マイクロ波リモートセンシングによって観測することが可能であるが、陸域では地表面からの射出が雲に比べて強く、不均一性も高いため、陸域での雲観測は困難で、現業の数値気象予測においても、衛星による雲の観測・同化は海域でしか行われていないのが現状である。本論文で開発した CALDAS-WRF は、陸面状態、特に射出を決定付ける土壌水分の不均一性を適切に表現した上で、地表面射出を背景情報として取り除くことで、その上の雲の微弱なシグナルを抽出するとともに、水蒸気と気温の同化を加えている。CALDAS-WRF を関東域で発生した豪雨事例に適用した結果、数値気象予測のみでは表現できていない雲をあるべき位置に生成し、また異なる場所に予測されている雲を除去している。その上で、同化による雲の生成と局地的に物理的整合性の取れた大気場を生成し、降水の位置の予測に成功しており、その時間変化の再現精度も向上している。これは、豪雨の数値予測の向上の上で極めて有用な成果と判断できる。

気候の季節予測の精度向上に向けて、本論文はアジアモンスーンならびに全球規模の気候と関連が強いとされる春先から夏季にかけてのチベット高原による大気加熱に着目し、CALDAS-WRF の陸面データ同化部分をチベット高原に適用し、大気加熱の鉛直構造と季節進行のメカニズムを解析し、潜熱加熱、鉛直移流、水平移流、放射による加熱のそれぞれの寄与を細かく明らかにしている。その結果、プレモンスーン期には下層の鉛直移流、中層の潜熱輸送、上層の水平移流の三層構造の存在を定量的に示し、それぞれが、対流による顕熱輸送、潜熱輸送、総観スケールの循環に伴う暖気の水平移流によるものであることを示している。更に、上空では雲の蒸発による大気の冷却が生じており、それが卓越することで上層の大気は正味で冷却されていること、気温の下降期の気候加熱の鉛直構造の反転は、偏西風の蛇行に伴う寒気の移動によること、また、モンスーン期には、総観スケールの大気場が変化し、チベット高原が形成されることに伴って、上層の水平移流が妨げられる一方で、対流活動が上層まで達し、加熱が顕熱と潜熱の二層構造になるということを明らかにしている。これらは、気候の季節予測に重要な役割を担うと考えられているチベット高気圧の予測精度の向上に貢献する地球物理学的に新たな知見と高く評価される。

以上、本論文は CALDAS-WRF を開発し、短期の気象予測ならびに気候の季節予測の精度向上に資する基礎研究として、科学的、社会的有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。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。