

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 災害予測シミュレーションの高度化

2. 研究代表者： 高橋 桂子 ((独)海洋研究開発機構地球シミュレータセンター グループリーダー)

3. 研究概要

本プロジェクトは、夏季の降雨に着目し、予測シミュレーション高度化を目的として以下の(1)から(3)を最終目的とする。本プロジェクトは、シミュレーションと実験とを密接に連携して推進しているところがユニークな点であり、高度化に必要な不可欠な計算手法と実験を基盤とした基礎的研究開発と位置づけることができる。

- (1) 降雨過程の高精度の予測シミュレーションに不可欠な高解像度化、大気境界層における 3 次元乱流効果、新しい大気海洋相互作用モデルの導入とそのインパクトの解析
- (2) 非線形項移流項への高精度の計算手法の導入とそのインパクトの解析
- (3) 都市型気象に影響を与える都市キャノピーモデルの高度化とインパクト解析

(1)は高橋・小森・矢部グループの共同研究、(2)は矢部グループを中心に、(3)については高橋・足永グループの共同研究として推進する。現時点までに、各グループは以下の成果を挙げることができた。

高橋グループでは、物理的性能と計算性能を備えた非静力学・大気海洋結合モデル (Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment: MSSG)を開発し、非常に高い計算性能を達成した(理論ピーク性能比:52.1%、並列化率:99.9973)。MSSG を使用して、全球では水平解像度 1.9km、1000 km スケールの現象である台風については、水平解像度 500m での予測シミュレーションが ES 上で可能であることを示した。

小森グループでは、海水面を通しての水の移動機構と雲粒の成長機構に着目し、そのメカニズム解明とモデル化を推進した。風波気液界面における顕熱および潜熱(水分)の輸送速度を風波乱流水槽において測定し、輸送量評価モデルを提案した。降雨に起因する大気・海洋間でのスカラ交換量の評価、加えて雲粒の乱流による衝突成長促進効果を導入した新しい雲微物理モデルを開発し、山岳降雨現象における雲内乱流の効果を明らかにした。

矢部グループでは、力学過程に計算精度の高い CIP 系の計算手法の新たな導入、およびその精度検証を行うと共に、環境流体力学において一つの難問である気・液界面における乱流構造及び物質とエネルギーの輸送機構を解明することを目的とした大規模かつ高速な数値シミュレーションモデルを開発し、その物理的な性能を評価した。

足永グループでは、都市型気象特性メカニズムを解明するために、建物群と人工排熱による熱的メカニズムを考慮した都市キャノピー層のモデル化、および温度成層風洞実験によるモデルの検証を推進した。風洞実験では1万点を超える計測点から詳細な3次元気温分布を調べた。シュリーレン装置と高速カメラを用いて熱拡散状況を可視化し、建物群が存在する場合、地表面や建物屋上近傍において密度差が大きいことを明らかにした。

プロジェクトの後半では、上記の各成果を統合し、基盤となる成果のインパクト解析と評価を推進する。また、今後必要となる新しい展開の検討も合わせて行う。

4. 中間報告結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

CIP 法の改良と Yin-Yang 格子適用、および実験装置による海面上での、物質/エネルギー輸送についての検討等、当初の計画のとおり研究は順調に進んでいる。

新たな展開の観点からは、矢部グループにおいて計算手法に新しい展開があったようであるが、研究推進の

過程での通常の発展の一つとみなせる範囲であり、研究チームの方向性を変えるような新たな展開が生じているとまではいいがたい。

類似研究との比較では、非常に精度の高いシミュレーション手法であり、その適用に当たってはマルチスケール問題が直面する課題に世界的にも前例の無い手法で取り組んでおり、また、実験グループとの連携による、シミュレーションの信頼度の向上が見られる点において優れている。

研究実施体制については、従来の手法の高度化、新しい方法論の試みとしての CIP 法の取り入れ、実験との連携、と適切なチーム構成になっている。特に、シミュレーショングループと実験グループが連携している本研究の実施体制は、シミュレーション研究に新たな切り口を示すものとして、大いに評価できる。

研究費の執行については、特に大きな問題は無い。

現在までの研究成果としては、①地球シミュレータにあわせて高速化されていた、全球大気海洋結合モデルのプログラム MSSG を、更に 100 倍高速化、②実験との連携によるモデルの精密化、③Dynamical adaptive mesh の採用、④CIP による全球大気・海洋モデルへの対応を目指したダイナミカルコアの構築、が挙げられる。

4-2. 今後の研究に向けて

今後は、全球気候モデルへの CIP 法の適用が課題である。

実験との連携、新しい計算手法の取り込み等、研究の方向性は優れていると評価出来、目標へ向けての各グループ間の一層の協調と、リーダーシップの発揮が期待される。

新しい座標系を使用した全球モデルについては、重要な成果である。今後、他のモデルとの比較検討が望まれる。

CIP 法を用いて得られたシミュレーション結果について、例数を増やした検討を行うことが必要である。

風波水槽実験によって得られた大気海洋相互作用の実験結果は非常に優れており、一層の実験結果の蓄積に期待する。

なお、足永グループの研究計画に関しては、“都市型集中豪雨”の成果達成見通しを明確にした上で、目標達成困難と判断される場合には、“ヒートアイランド”に特化することも視野に入れた取り組みが望まれる。

雲粒の衝突成長機構の研究に関しては、雲物理関係の実験観測グループとの連携を図り、実験観測データとの比較検討により詳細に考察されることが望まれる。

なお、本研究課題は基礎的研究として位置づける方が良く、防災の効果をあまり前面に出さない方が好ましいとの意見もあった。

4-3. 総合評価

地球シミュレータにあわせて高速化されていた、全球大気海洋結合モデルのプログラム MSSG を、更に 100 倍高速化し、実験との連携によるモデルの精密化を進め、Dynamical adaptive mesh の採用、CIP による全球大気・海洋モデルへの対応を目指したダイナミカルコアの構築を行ったことは、高く評価できる。今後は、気象・災害に関するコミュニティと連携を図り、期待できる成果を実際に適用できるよう努めるべきである。

本課題は、高精度の災害予測を可能とするものであり、成果の社会的なインパクトは極めて大きく、期待が出来る。