

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 全球雲解像大気モデルの熱帯気候予測への実利用化に関する研究

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名 (研究機関名・職名は研究参加期間終了時点)：

研究代表者

佐藤 正樹 ((独)海洋研究開発機構地球環境変動領域 チームリーダー)

主たる共同研究者

中島 映至 (東京大学大気海洋研究所 教授)

中澤 哲夫 (気象庁気象研究所台風研究部第二研究室 室長)(～平成 22 年 10 月)

3. 研究実施概要

本研究では、「全球雲解像モデル」NICAMを熱帯気象予測に実利用化するための問題点を明らかにし、その課題の解決を目的とする。特に、熱帯・モンスーン域の積雲が活発な領域の気象予測の妥当性を調べる。そのために、全球雲解像モデル実験を行い、シミュレーション結果の検証のために観測データとの比較を行う。熱帯気象予測の観点からは、マッデン・ジュリアン振動(MJO)等の季節内変動と台風の発生過程の予測は、従来のモデルにおける弱い点であり、全球雲解像モデルによる再現精度の向上が大いに期待される場所であった。

本研究では、地球シミュレータを駆使し、季節内変動と台風の事例実験をターゲットとした全球雲解像モデル実験を実施した。その結果、MJOに伴う大規模熱帯擾乱のマルチスケール構造を世界で初めてシミュレートすることができ、MJOを起源とした熱帯低気圧(台風)の発生を2週間以前に予測可能であることを示した。また、甚大な被害をもたらした熱帯低気圧Nargis(ミャンマー、2008年5月)のFengshen(フィリピン、2008年6月)の再現実験を行い、季節内変動と熱帯低気圧の予測可能性について研究を進めた。

最初に取り組んだMJOの再現実験は、北半球冬季の2006年12月に発生した事例である。MJOに伴う巨大雲集団の組織化、マルチスケール構造、東進伝播について、観測結果とよく一致する結果が得られた。従来の大気大循環モデルでMJOを現実的に再現することが難しかったため、本研究の結果は大きなインパクトをもたらした。特に、MJOに伴って雲集団の西側に発生した複数の熱帯低気圧をよく再現することができた。数値計算を開始後2週間後に発生した熱帯低気圧について、発生時期、進路とも、観測結果に非常に近い結果が得られ、全球雲解像モデルの高い可能性を示すものとして注目を集めた。

続いて、北半球夏季の季節内変動・台風の発生事例に取り組んだ。特に、ミャンマーに甚大な被害をもたらした2008年4-5月のサイクロンNargisの再現実験を行ったところ、インド洋上を北進する組織化した対流の季節内変動とそこから発生したNargisとの関係をよく再現することに成功した。

全球雲解像モデリングと現地観測との連携の観点から、インド洋でMJOの発生についての集中観測(MISMO)が行われた2006年11月の事例に取り組んだ。その結果、観測で得られた水蒸気分布の変化を数値シミュレーションでもよく再現することができ、このことがMJOの発生をコントロールしていることを示すことができた。この実験の成功により、大気海洋の現地観測と全球雲解像モデリングの連携を推進することとなり、準リアルタイム熱帯気象予測システムを構築した。2010年5-6月に行われたPALAU2010観測へNICAM予測結果の配信を実施し、飛行機観測等の現場観測へ貢献した。

季節内変動と台風の発生は強く関係しており、これらの再現性が高い全球雲解像モデルによる台風シミュレーションの信頼性を高めることとなった。将来予想される温暖化に伴う台風の変化についても、全球雲解像モデルにより信頼のおける予測結果を得ることができよう。

事例実験を推進するほか、全球雲解像モデルの改良、開発にも継続的に取り組んだ。格子系に関して、stretch 格子モデルや新格子モデルの開発を行い、領域ダウンスケーリングへの利便性を高めた。雲微物理スキーム等の物理過程スキームなどの改良を進め、人工衛星データ等による検証を行った。また、次世代スーパーコンピュータに向けた計算パフォーマンスの向上を進めた。

#### 4. 事後評価結果

##### 4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

本研究は、地球シミュレータ上で初めて可能になった数 km の解像度を持つ「全球雲解像モデル」を更に発展させ、それをを用いて次世代の気象・気候予測モデルとしての実利用を目指して、熱帯域における気象予測における課題解決を図ることによって大気モデルの新時代を開こうとするものである。

解像度 5km 以下の全球雲解像計算による積雲対流の効果解析、熱帯地方の台風の発生と進路予測、及び準リアルタイム予測システムの構築など、いずれも当初計画目標を達成し、従来のモデルでは出来なかった積雲対流の効果の解析を可能にしたこと、かなり正確な台風の進路予測の可能性を示したことなど、重要な成果が得られた。

当初計画には無かったが、主に以下のような展開がなされたか、或いは計画されつつある。

(1) 地球変動予測のための日本統一モデルとして、本研究で用いられたモデル(NICAM)と海洋モデルとの結合モデルの開発が進められる予定である。これに関しては、成果はこれからであるが、日本統一モデルに、本研究のモデルが組み込まれるということは、重要な展開である。

(2) 衛星観測データによる雲解像モデルの検証においては、従来のモデルでは解像度が十分でないため、衛星データとの直接の比較は困難であったが、本モデルのスケールは、衛星データとほぼ同程度であるので、直接的な比較が可能となった。これによって、モデルの改良が出来たこと、逆にモデルの出力値から衛星センサーのシグナル値を計算する「衛星シミュレータ」手法が開発されたこと、今後は衛星データの同化によるより正確な予報の可能性を示したことなど、大きな成果が得られ、日米英国際連携にまで発展した。

外部発表は、論文、講演とも良く行っていると判断する。特に、国際講演での招待講演が 50 件と非常に多い。このことは、本研究の成果が国際的に注目を浴びていることの証左であろう。Nature highlight、Science、朝日新聞、日経新聞、高校の教科書、JST news、数々の受賞など、この面に関しては群を抜いている。

モデル開発チームだけでなく、観測チーム等の異なる領域のチームとも良く連携して大きな成果を挙げた。頻繁にグループミーティングを開き、各グループの連携は十分に図られており、研究代表者のリーダーシップは十分に発揮されている。

##### 4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

気候や気象予測自体、社会的なインパクトは計り知れないものである。今日の環境問題の重要性を見るとき、本研究の雲解像モデルによって、従来予測を超えるより正確な予測が出来ることを示したことは、科学的なインパクト以上に、技術的・社会的なインパクトは極めて大きいと言える。既に幾つかの主要なメディアで取り上げられており、社会的な注目度も極めて高い。本研究の成果は、近い将来に実際の予報・予測に適用されていくものと予想され、社会的なインパクトは極めて大きいものがある。高校の教科書にシミュレーションの一例として取り上げられたことは、シミュレーションを高校生にアピールする良い機会となった。

国内外で類似研究はあるが、本研究の 5km 以下の解像度による雲解像モデルは世界に先駆けて行っているものである。また、本研究課題は気象モデルシミュレーションにおける最大の懸案であったパラメタリゼーションについて、画期的な知見を与えるものである。

今後は、日本統一モデルとして海洋を含めた地球変動予測により、IPCCへの貢献が大いに期待できる。更に実用化に向けて改良を加えることにより、わが国の気象予報の現業モデルとして、使われていく可能性が大いにある。京コンピュータによる戦略プログラムに参加し、更に解像度を高めた予測研究を実施する計画であり、その成果が大いに期待できる。

本研究領域における環境・気候関係の戦略目標は、「異常気象の原因と考えられる数年から数十年スケールの気候変動を予測する先進的な技術を創出。また、数時間から数日程度の気象現象の飛躍的な予測精度向上を実現する画期的なシミュレーション技術を創出」と言うものであり、この観点から、戦略目標は十分に達成し、今後の展開にも大いに期待できる。ただし、マルチスケール解析手法、計算科学手法としての新規性にはやや欠ける感があるので、今後予定されている、本研究で用いられたモデル(NICAM)と海洋モデルとの結合モデル開発を通して、これらの点においてのパワーアップを期待したい。

#### 4-3. 総合的評価

本研究の高解像度雲モデルは、世界的にも最先端の精度を持つモデルであり、研究そのものが世界をリードするものであると高く評価する。特に、MJO振動による熱帯の積雲対流を極めて正確に再現出来たことは、今後の中期・長期気象予報に大きな影響を与えるものである。

熱帯域における積雲群の再現に成功し、気象衛星による観測結果と比較できる結果が得られた。台風について、その発生予測、進路予測について成果が得られており、今後の台風研究に大きく貢献することが期待される。気象モデルシミュレーションにおける最大の懸案であったパラメタリゼーションについて、新たな知見を与えるものである。気候研究においても、温暖化時の台風予測等に成果が得られている。このように、期待された成果が挙げられた実用的研究と評価される。今後開発が進められる予定である本研究で用いられたモデル(NICAM)と海洋モデルとの結合モデル開発を通して、マルチスケール解析手法、計算科学手法としてのパワーアップを期待したい。

将来的には、わが国の海洋と結合した統合モデル開発の基になるモデルになること、京コンピュータ上での戦略プログラムに参加し、更に詳細なモデル開発の展開が見込まれること、気象予報の現業モデルへと発展する可能性があることなど、今後の展開も大いに期待できる。