

全球雲解像モデルを用いた熱帯シームレス予測のための基盤的研究

課題責任者

大内 和良 海洋研究開発機構 シームレス環境予測研究分野

著者

大内 和良^{*1}, Swadhin Behera^{*2}, 藤尾 秀洋^{*2}, 土井 威志^{*2}, 松岡 大祐^{*3},
Eric Maisonnave^{*4}, 谷口 博^{*5}, 菊地 一佳^{*6}, 荒川 隆^{*7}, 井上 孝洋^{*7},
三好 建正^{*8}

*1 海洋研究開発機構 シームレス環境予測研究分野

*2 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ

*3 海洋研究開発機構 地球情報基盤センター

*4 Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS)

*5 神戸市立工業高等専門学校

*6 ハワイ大学

*7 高度情報科学技術研究機構

*8 理化学研究所 計算科学研究機構

本プロジェクトは、これまで雲を直接計算する発想のもとで雲・降水現象のスケール間相互作用の表現や大気モデリング精度を格段に向上させた全球雲解像モデルを海洋モデルと結合させることで、世界初となる雲対流プロセス解像型の季節内-季節予測(シームレス予測)を実現するためのモデル基盤を構築することである。平成27年度の主な成果は、大気モデルNICAMと海洋モデルNEMOをカップラー(OASIS3-MCT)を介して結合させるための各要素モデルの編集・調整を行ったこと、地球シミュレータ上の計算のためのプログラムやスクリプト、ライブラリ環境等の調査・調整を経て、結合計算を地球シミュレータ上で実施したことである。

キーワード：熱帯シームレス(季節内-季節規模)予測, 全球雲解像海洋結合モデル

1. 研究目的

全球の雲・降水現象の季節内から季節規模の予測精度向上は、シームレス予測として気候と天気を統合的に扱う次世代モデル研究開発の重要課題とされている。本研究では、雲・降水現象のスケール間相互作用の理解を主軸とし、世界初となる雲対流プロセス解像型の熱帯季節内-季節予測を行うための大気海洋結合モデルの構築等の基盤的研究を行うことを目標とする。具体的には、以下の2つを行う。

1.1 季節内-季節規模予測モデル基盤構築

< 予測高度化に必要な大気海洋結合等の実現 >

数週間から数か月先までの数値天気予報の延長予測可能性や気候変動に関するメカニズムの理解を季節規模まで拡大させるためには大気海洋結合が必要となる。全球雲解像計算は、従来の全球モデルが直面している最大の困難である雲のパラメタリゼーションによる不確定性を抜本的に解決する手法であり、かつ大気の詳細なプロセスを解像することで、季節内規模の大気擾乱の計算に飛躍的な進歩をもたらした。本研究は、このモデルを海洋と結合させた大気海洋結合雲解像のプロトタイプモデルを開発することで、熱帯の季節規模への計算と予測の基盤構築に挑む。さらに、大気データ同化を実装し大気擾

乱の予測可能性の研究開発の準備を行うことで、次世代型のシームレス予測基盤を構築する。

1.2 国際プロジェクトとの連携

< 地球シミュレータの発展的活用と大気海洋研究の新たな価値創造 >

海洋モデルを結合させた全球雲解像計算において雲を精度よく再現し、関連するプロセスを解明することは、本研究の独自の特徴であり、世界最先端に位置づけられるブレイクスルーをもたらす可能性がある。実際、当グループで開発した大気モデルは、モデルの高度化や改善を重ね、着実に成果を上げてきており、昨年開始されたWMO S2S(季節内から季節規模)予測プロジェクトの一環として、本課題研究内容の貢献が要請されている。今後、機構内の季節内~季節予測の目標を共有するモデルとも連携し、シームレス型予測研究を軌道にのせ、機構内および国内外の関連研究開発の発展と国際プロジェクトへの貢献を目指す。本研究ではその基盤固めとして、モデル構築や調整、予測やデータ可視化技術等の検討を地球シミュレータを徹底的に活用して実施するものである。

2. 研究内容と目標

現在の計算機性能において可能な限り雲・降水過程を

正確に計算する全球大気モデルと高解像度の海洋モデルを結合させたモデルの構築と結合系の評価・調整を行う(目標とする水平解像度は大気 14km, 海洋 25km)。熱帯の季節内-季節規模の気候場や擾乱の予測を目指し、数日から季節内規模を対象とした試験計算と季節内規模の結合系の評価を行うことでプロトタイプ結合モデルの構築と予測やアプリケーション研究の準備を行う。具体的には、季節内規模の熱帯現象の予測精度向上をねらいとする技術開発(大気データ同化)と試験、および高解像度の全球大気データから高度な科学的情報を抽出するための可視化手法開発も行う。

見込んだ成果としては、地球の気候変動予測の要となる熱帯の擾乱(季節内変動/MJO、雲クラスター、台風など)や雲・降水現象を対象として、予測の根拠となるプロセス解明の飛躍的再現性向上をねらう。従来の研究により全球の雲を直接計算する雲解像モデルの有効性は知られていたが、全球雲解像大気海洋結合がこれらの現象に与える影響は未解明である。本研究グループでは全球雲解像モデル NICAM を用いて多数の熱帯擾乱再現に成功した実績があり、MJO や台風発生におけるスケール間相互作用メカニズムを解明したりすることを通じて、従来型の気候モデルで得られない科学的知見を示してきた。たとえば、MJO の発生や位相進行、台風強度予測における大

気海洋結合の重要性は断片的に指摘されているが、本課題で開発する全球雲解像大気海洋モデルの構築により包括的理解が可能となる。この新しいタイプのモデルから天気・気候予測の根拠を得ることは国際的プロジェクト WMO S2S における主要テーマとされており、NICAM からの貢献が期待されている。これらのプロジェクト課題にも沿う形で、季節内-季節規模予測の基盤構築を世界に先駆けて行い、将来的な運用をめざすにあたってのシームレス予測の科学的・技術的課題の明確化と高度な情報創生を実現することである。

3. 報告

現在、新 ES へ、大気海洋結合モデルの移植と調整を実施中である。結合に用いる海洋モデル(NEMO3.6)とカップラー(OASIS3-MCT)とも今年度更新された版を導入している。昨年度は旧 ES において動作調整を行ったが、新 ES への移植にあたり、新たにプログラムや動作環境の調整等が必要であることがわかった。

モデル移植が完了した際には、旧 ES の報告書に記述した版と比較して、計算性能の向上等が期待される。年度末までにモデルを動作させ、計算性能を中心とした測定結果や、海面温度などの物理場の分布等について、昨年度用いた結合版との比較結果が得られた。

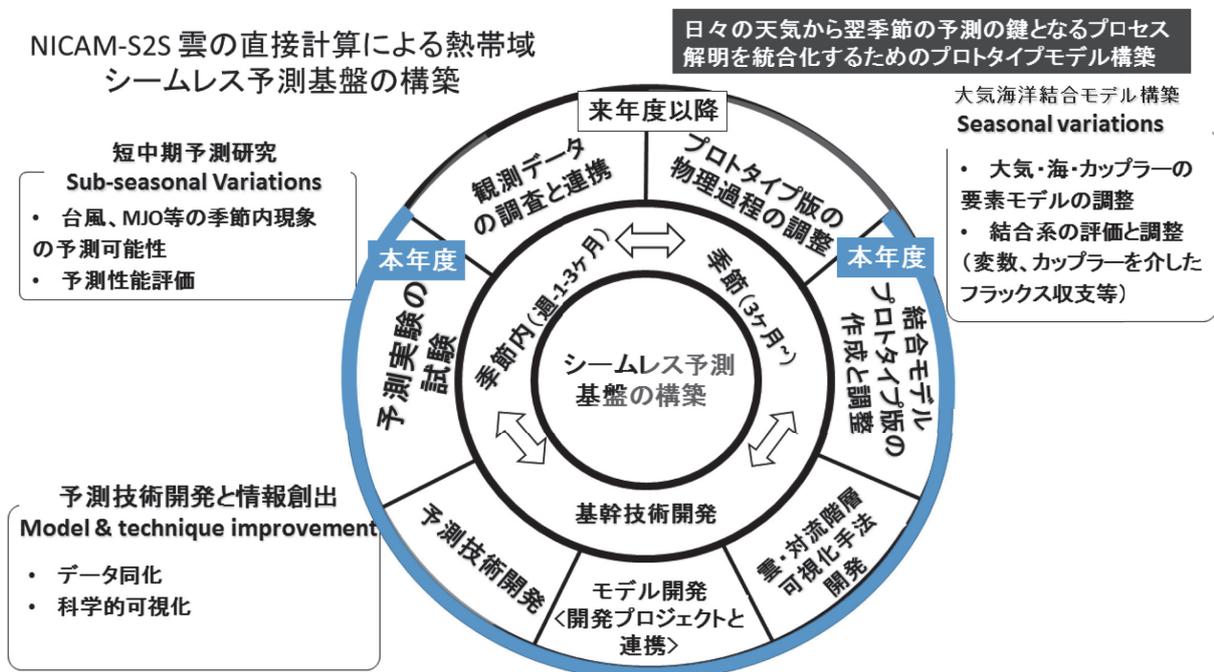


図1 本年度の研究範囲

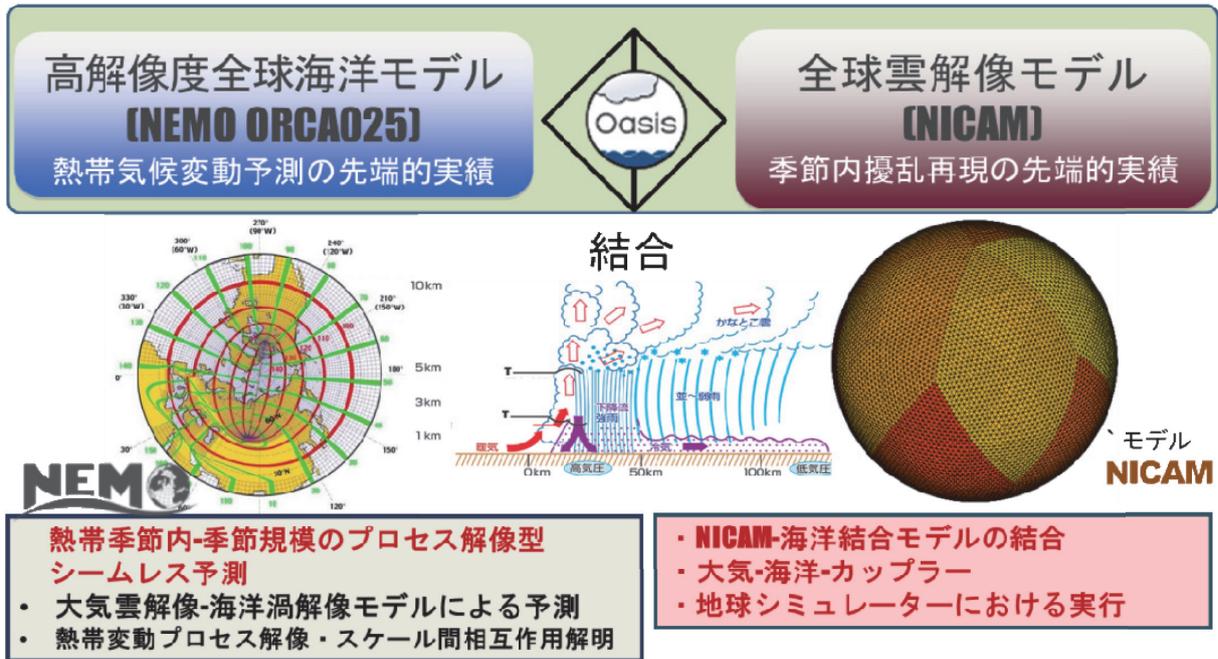


図2 大気海洋結合モデル

4. 謝辞

CEISTの地球シミュレーター技術部門のスタッフおよびNECの技術支援員には、計算環境についての調査、ESでのモデル計算のアドバイスおよび技術の面での協力を頂いたことに感謝する。

文献

- [1] M. Satoh, T. Matsuno, H. Tomita, H. Miura, T. Nasuno, and S. Iga, "Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) for global cloud resolving simulations," J. Comput. Phys., doi:10.1016/j.jcp.2007.02.006, the special issue on Predicting Weather, Climate and Extreme events. 2008.
- [2] E. Maisonnavé, S. Valcke, and M.A. Foujols, "OASIS Dedicated User Support 2009-2012: Synthesis Technical Report," TR/CMGC/13/19. SUC au CERFACS, France. 2013.
- [3] E. Maisonnavé, "Coupling an icosahedral model with OASIS," WN/CMGC/14/8, SUC au CERFACS, URA CERFACS/CNRS, No 1875, France. 2014.

Study for Tropical Climate Variability Prediction using Global Cloud-Resolving Model

Project Representative

Kazuyoshi Oouchi Department of Seamless Environmental Prediction Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Authors

Kazuyoshi Oouchi^{*1}, Swadhin Beheara^{*2}, Hidehiro Fujio^{*2}, Takeshi Doi^{*2}, Daisuke Matsuoka^{*3}, Eric Maisonnave^{*4}, Hiroshi Taniguchi^{*5}, Kazuyoshi Kikuchi^{*6}, Takashi Arakawa^{*7}, Takahiro Inoue^{*7}, and Tatemasa Miyoshi^{*8}

*1 Department of Seamless Environmental Prediction Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

*2 Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

*3 Center for Earth Information Science and Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

*4 Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS)

*5 Kobe City College of Technology

*6 Hawaii University

*7 Research Organization for Information Science and Technology

*8 Advanced Institute for Computational Science, RIKEN

The goal of this project is to create a seamless modeling platform for future Sub-seasonal-to-Seasonal (S2S) prediction research, with its main calculation framework consisting of global cloud-resolving model and high-resolution ocean model. Its notable characteristic is to serve as a new-type of process-resolving prediction in which dynamical and thermos-dynamical processes related to meso-scale cloud and precipitation in the atmosphere are explicitly calculated and evaluated responding to or interacting with the underlying ocean phenomena on wide-ranging scales. The one of the most important results in FY2016 is development the coupler OASIS3-MCT which connects between the atmosphere model NICAM and the ocean system model NEMO. To execute the coupler model simulation on the Earth Simulator, the sub programs, scripts, library environment are developed.

Keywords: sub-seasonal to seasonal (S2S) seamless prediction, global cloud-resolving atmosphere and ocean coupled model.

Recent drastic progress in the weather and climate research with high-resolution atmospheric models have matured to the extent that identification of extended predictability and more accurate magnitude and behavior of climate variability over meso- and synoptic-scale processes is necessary under atmosphere-ocean interactive framework. One facet of putting this issue into international collaborative project is WMO Sub-seasonal to Seasonal (S2S) project that is mainly driven by Operational communities for sharing and overcoming the common issues of interest.

In response to the movement and to exhibit originality of the specific strength of global cloud-resolving model (GCRM) that were demonstrated through many years of ES- and ES2-based project, we started a development of seamless prediction system that is based on a new coupled framework consisting of GCRM and global high-resolution ocean model. The aim of this project for FY2015 is to create the coupled model with the main efforts devoted to the adjustment of the codes for realizing a dynamically consistent coupling between atmospheric model (NICAM) and an interface of ocean model (NEMO v3.4) - coupler (OASIS3-MCT) combination on ES.

Many kinds of model adjustment and investigation of

the relevant environment setting for ES were needed for the coupling development and test runs. Some important works include: modifications of subroutine in NICAM and NEMO for controlling coupling variables that are supposed to be sent and received between atmosphere and ocean models to keep budget consistency, and interface configuration adjustments in the subroutines for the coupler (OASIS3-MCT) function; creation of job script for ES run; investigation of compiler options and library environment for the specific coupler and ocean model operation.

As a basic outcome for the model development, the performance of test run was checked by investigating if the dynamical coupling and coupling variables were processed and obtained as expected. As a first-step, the coupled model was found to work suitably.

The aim of the test calculation remains a preliminary check of the dynamical coupling, and we need further analysis to confirm if the coupling yielded the suitable physical budget through, for example, appropriate flux transport between the ocean and the atmosphere. In addition, it is important to improve the treatment of model-coupler interfaces or coupler-associated workflow options to assure more smooth and suitable spatial interpolation for consistent transport of variables.