

環オホーツク地域の大気－海洋－海水－陸面結合モデルの開発

中村 知裕 [北海道大学／講師]

背景・目的

オホーツク海を中心とした「環オホーツク地域」は、東西にユーラシア大陸と北太平洋、南北に北極圏と日本(温帶)その南の熱帯太平洋西岸域と、非常に特徴の異なる地域をつなぐ位置にある。この地理的配置のため、環オホーツク地域では独特の気候が形成され、同時に環オホーツク地域は北半球の気候形成・変動に重要な役割を果たすと考えられている。こうした環オホーツク地域特有の気候形成・変動には、大気、海洋、海水、陸面それぞれにおける過程に加えて、それらの間の相互作用が重要となる。しかしながら、これまで環オホーツク地域の研究は、大気や海洋、海水や陸面を独立に調べる段階に止まっている。そこで、環オホーツク地域特有の気候形成・変動のメカニズムの総合的な理解と予測向上を最終的な目的として、先ずはそのための基盤となる大気－海洋－海水－陸面結合モデルを構築した。

内容・方法

構築する結合モデルの大気／海洋コンポーネントは、環オホーツク地域に焦点を当てるためどちらも静力学領域モデルとした。大気コンポーネントには、雲過程のパラメタ化で優れた結果を出している国際太平洋研究センター(IPRC)の領域モデルを採用し、海洋コンポーネントには、世界最高レベルの大循環モデルである東京大学気候システム研究センター(CCSR)で開発されたCOCOを採用した。陸面および海水モデルはそれぞれ上述の大気・海洋モデルに組み込まれている。今年度はこれらの大気モデルを環オホーツク地域に適用するに当たっての計算速度向上(高速化)、大気・海洋モデルのテストとスピナップ、そしてこれらのモデルを元にした結合モデルの構築を行った。これらの詳細は、次の結果および成果において順に述べる。

結果・成果

まず、大気モデルについて高速化のための簡単なチューニングとx方向の領域分割を行った。その結果、並列化効率が、簡単なチューニングにより約3%向上しx方向に分割することで約21%向上した(15cpu使用時。グリッド数は100×60×28)。このことは、cpu数をさらに増やしたときに速度向上が頭打ちになるcpu数が増えることを示唆している。

次に、結合モデルを動かす準備として、大気・海洋モデルそ

れぞれ単体でのテストおよび海洋のスピナップを行った。モデル領域は、大気はオホーツク海を中心としシベリア高気圧・アリューシャン低気圧の大部分が含まれるよう設定し、海洋は北太平洋亜寒帯・亜熱帯循環を含む海域とした。水平分解能は結合時の計算時間を考慮し、共に $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ とした。初期・境界条件には、大気はECMWF再解析データを、海洋はWorld Ocean Atlas 2001を用いた。

大気モデルのテストは夏季と冬季の例について行った。夏季については、オホーツク高気圧やヤマセの発達に影響する霧(下層雲)-SSTフィードバックの再現可能性を探るため、ヤマセのときを選んだ。オホーツク海中央部・千島列島と言った海面水温の低い海域でモデル最下層(海面からおよそ100m前後)においても雲または霧が再現された。冬季については、オホーツク海における海水を介した大気・海洋相互作用の再現可能性をみるために、オホーツク海および日本海に寒気が吹き出しているときを選んだ。大陸から寒気が吹き出し下流へ進むにつれて境界層が発達し、下層に雲ができ、本州の日本海側に雪をもたらす様子が再現された。このように、定量的な再現性の評価はまだ行っていないものの、定性的な特徴を再現するに十分なポテンシャルは持っていると期待される。

海洋については、気候学的大気境界条件(日平均)を用いてスピナップを行ったところ、夏季および冬季の海面水温および、亜寒帯・亜熱帯循環等の海盆スケールの循環は分解能からして妥当な範囲で良好再現された。オホーツク海周辺の表層流速場についても定性的特徴は再現されていた。パラメタの調整等で改善すべき点があるものの重要な特徴は再現されており、今後具体的な年のシミュレーションを行う際にも各年の定性的特徴は再現できるものと期待される。

最後に、以上の大気・海洋モデルを元に結合モデルを構築するため、先ず大気モデルに海水の取り扱いを組み込み、次に両コンポーネントを繋ぐカップラーを作成し、そして、海洋のスピナップ途中の結果を用いて動作確認を行った。大気モデルに海水の取り扱いを組み込むにあたって、放射および乱流フラックスの計算を一部変更した。結合モデルの計算手順としては、海洋モデル単体でのスピナップを大気の気候値および特定の期間の再解析データを用いて行い、その後、注目する年の積分を開始する。今年度は作業効率を上げるため、注目する年の積分を開始する前にスピナップと平衡して結合モデルの動作確認も行ったところ、特に問題なく動作した。詳細なパラメタのチューニングは、特定年を対象に結合してから行うことになる。

今後の展望

これまで、環オホーツク地域を対象とした観測データの蓄積および大気・海洋・陸面単体での過程解明について成果が上

げられてきた。本研究課題で構築した結合モデルは、解明された各現象とその機構を結合モデルで再現ないしパラメタ化で考慮することで、各現象・機構が、環オホーツク地域の大気－海洋－海氷－陸面結合システムにおいてどの様な役割を果たすのか、その結果、どの様に全体のシステムが構成されているのかを調べるのに利用できる。こうした研究が進めば、オホー

ツク海周辺の日本の気候形成・気候変動の理解とそれに伴う予測向上や環オホーツク地域が全球の気候形成・気候変動に果たす役割の理解につながっていくだろう。また、環オホーツク地域における栄養物質循環解明のための計画も動き出した。このように、本研究課題で構築した結合モデルは、今後、様々な研究の基盤として有効利用されていく予定である。