

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月29日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21740335

研究課題名（和文）新型気候モデルを用いた中緯度海洋前線の大気マルチスケールへの影響

研究課題名（英文）Influence of mid-latitude sea surface temperature fronts to atmospheric multi-scale phenomena by using a new type of climate models

研究代表者

稲津 将 (INATSU MASARU)

北海道大学・大学院理学研究院・准教授

研究者番号：80422450

研究成果の概要（和文）：黒潮域が作り出す海洋前線が寒候期の全球大気に及ぼす影響を新型気候モデル・双方向ネストモデルを開発して調べた。実験は安定な統計が得られる程度の十分な積分期間、海面水温前線が鋭い場合と緩やかな場合の二通りの実験を行った。その結果、前線のまわりには降水量に有意な変化を見ることができ、またその応答と整合的な大気応答も見られた。ただ、長期の双方向ネスト実験に影響によるとみられる気圧配置の気候値の歪みが目立っていた。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the influence of the oceanic front along the Kuroshio Current to the global atmosphere in the cold seasons by developing a brand-new climate model, say two-way nesting model. The model was integrated with sharp or smoothed sea surface temperatures given in the models for enough time to take stable statistics. The result revealed a significant signal of precipitation around the oceanic fronts and the corresponding atmospheric response. A prominent distortion was found in the climatological background flow in the long-time integration of the two-way nesting model, however.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	0	0	0
2013年度	0	0	0
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：大気海洋相互作用、双方向ネストモデル

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は科学研究費(若手(B) 課題番号 18730293)において、大循環モデルに領域モデルを埋め込み(ネストして)、両者の間でデータを相互作用させ、ある領域のメソスケールの気象現象あるいはある領域の小規模地形が全球気候に及ぼす効果を診断する新型気候モデル「インタラクティブ=ネステ

ィングモデル(INCL)」の実現に成功した。インタラクティブ=ネスティングのアイデア自体は気候モデル創成期よりあったが、これを気候問題に初めて適応し成功させたのは、本研究の成果を除くと1例(Lorenz and Jacob, 2005, GRL)があるのみである。Lorenz and Jacob (2005)ではインドネシア多島海付近に領域モデルを埋め込んで、双方

向ネスティング実験を行うことで気候の再現性が向上すると議論しているが、その理由について踏み込んだ言及はない。研究代表者は先述の科学研究費を用いて試行実験を繰り返し、INCLが中緯度大気のマルチスケール相互作用研究に利用できることを実証した(Inatsu and Kimoto, 2009)。

一方で、いま中緯度大気海洋相互作用研究は黎明期を迎えている。従来、中緯度海洋は大気の影響を受動的に受けるのみとされてきたが、1990年代に中緯度海洋の能動的役割の可能性が次々に指摘された。しかし、中緯度海洋の大気に及ぼす影響は大気に内在する変動と同程度のため、有意なシグナルの検出が難しいという考え方が近年まで趨勢であった(Kushnir et al., 2002, J. Climate)。このような閉塞感の中、新技術による衛星観測や領域モデル研究によって、従来型の気候モデルでは解像できないメソスケールで中緯度海洋が大気に及ぼす影響が顕著であることが指摘されはじめた(Minobe et al., 2008, Nature)。例えば、これまでも関東平野に雪害ともたらす南岸低気圧は、初期に小規模であっても黒潮および黒潮続流域に伴う海洋前線上で急発達することが多いことは知られていたが、近年、黒潮に伴う海面水温前線が温帯低気圧の発達に重要な役割を果たしていることが示唆された(Xie et al., 2002, GRL)。しかし、これまで中緯度海洋前線が及ぼすメソスケール現象の気候学的特徴への影響や惑星・総観規模への影響を調べることは、計算機資源の制約上、困難であった。

このような近年の国内外の研究動向をあわせて踏まえ、すでに実績のあるインタラクティブ=ネスティングモデル(INCL)を用いて小規模な中緯度海洋前線の大気へ及ぼす影響を調べることを着想した。

2. 研究の目的

現在、中緯度大気海洋相互作用研究における大きな問題は、小規模な中緯度海洋前線が大気メソスケール現象を介して、惑星・総観

スケールの大気へ、どの程度そしてどのように影響を与えるのか、である。本研究では海洋前線が明瞭な寒候期の黒潮および黒潮続流域が日本付近のメソスケール現象を介して惑星・総観スケール現象に及ぼす影響を調べる。そのための研究代表者がこれまで開発してきた双方向ネストモデルの調整を行い、長期積分実験を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

まず、研究の準備として、中緯度海洋前線が日本付近の急発達低気圧にどのような影響を及ぼすかを明らかにするため、既存の領域モデルを用いたアンサンブル実験を行った。急発達低気圧の気候学的特性に注目するため、水平格子間隔 40km の領域モデルによる長時間積分を実行する。

続いて、双方向ネストモデルを海洋前線のような高解像度の影響を調べられるように、調整を施す。この調整のため、北海道大学情報基盤センターの大型計算機を利用した。開発した双方向ネストモデルを用いて、中緯度海洋前線が温帯低気圧活動に及ぼす影響を調査した。

4. 研究成果

(1) 領域モデルにおける温帯低気圧動態の調査

中緯度大気海洋相互作用に伴う温帯低気圧の動態を調べるため、領域モデル実験を行った。そもそも温帯低気圧の活動度が大きい領域は北太平洋、北大西洋、およびインド洋である。近年、精緻化されてきたラグランジュ的な温帯低気圧活動度の見積もりによると、日本付近の冬季の温帯低気圧の経路には日本海側と太平洋側の2つの極大値があることが明らかになってきた。Inatsu (2009) は新たなトラッキング手法を用いて、日本海側と太平洋側のストーム高頻度域の合流地点で確かに温帯低気圧の併合が大きくなっていることが明らかにした。そこで、冬季の温帯低気圧の頻度に注目し、その平均場の関係を調べ、その結果を大気海洋相互作用研究

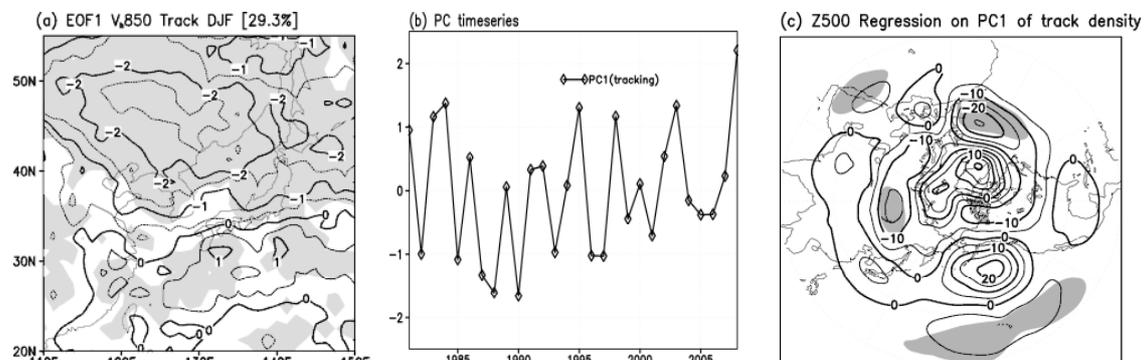


図1: JRA25/JCDAS 再解析データを用いた温帯低気圧頻度の経年変動の第1主成分の(a)空間構造図は同時変動に対する自分自身への回帰係数であり、陰影は5%有意な領域を示すおよび(b)時間変動(ただし規格化している)。(c) 500hPa ジオポテンシャル高度の第1主成分に対する回帰。

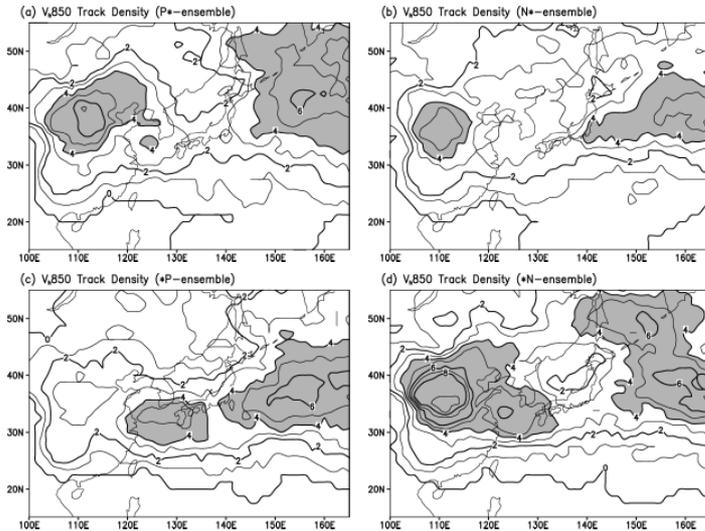


図2：「境界条件アンサンブル」各実験における温帯低気圧頻度。南岸低気圧が多い4冬と少ない4冬の気象場を月平均とそこからのずれの擾乱に分け、平均場と擾乱の任意の組み合わせの足し算により領域モデルの境界条件を構成した。南岸低気圧が(a)多いおよび(b)少ない平均場のアンサンブル平均と同(c)多いおよび(d)少ない擾乱のアンサンブル平均。

にどのようにフィードバックすべきかを、本研究の準備として考えた。

まず、温帯低気圧頻度の経年変動の主成分と平均場との関係をデータ解析により本主題を調べた。本研究で用いたデータは気象庁再解析データ JRA25/JCDAS の1979/80年から2008/09年までの12月から2月の冬季3か月間である。次に、新たに提案する領域モデルを用いた「境界条件アンサンブル」実験によって本主題を調べた。本研究で用いたモデルは、双方向ネストモデルの領域モデル・コンポーネントと同一の気象庁/気象研究所の非静力学モデルである。水平格子は50 km、鉛直38層で11月15日から翌年3月9日までの期間、東経100度から180度および北緯20度から60度の範囲を含む領域に対し計算を実行した。なお、データ解析および数値実験の結果とも温帯低気圧の頻度は、10日以下のハイパスフィルタを施した850hPaの南北風に対し、隣接閉領域トラッキング手法(Inatsu 2009)によって温帯低気圧の面的な軌跡を推定し、これをもとに線密度を計算した。以降、この線密度を温帯低気圧頻度と呼ぶ。

図1は日本付近(東経110度から150度、北緯20度から60度)における温帯低気圧頻度の経年変動に対する主成分分析の結果である。日本付近の温帯低気圧頻度の気候値は確かに日本海と太平洋にそれぞれ極大をもつ(図略)が、経年変動の第1主成分はその両極大のシーズンパターンとなっている(第1主成分の寄与率は29.3%であり第2主成分のそれは12%である)。その時間変動には有意ではないが近年の南岸低気圧の活発化を示唆するトレンドも見られた。しかし、実際、温帯低気圧頻度の経年変動は、時間平均基本場との間に有意な相関関係はみられなかった(図2c)。

図2は「境界条件アンサンブル」各実験における温帯低気圧頻度である。まず、南岸低気圧が多い4冬として2007/08、1983/84、2002/03、および1994/95を少ない4冬として1989/90、1987/88、1986/87、および1984/85を選ぶ(図2b)。次に数値フィルタを用いて大気場を月平均とそこからのずれの擾乱に分ける。領域モデルに与える境界条件はこの平均場と擾乱の任意の組み合わせの足し算により構成することができる。これより南岸低気圧の多寡は平均場が制御しているのかあるいはたまたまある擾乱が制御しているのかを理解することができる。「境界条件アンサンブル」平均とは平均場と擾乱の足し算に組み合わせで行った12の実験のうち、平均場が南岸低気圧の多い年のもの組み合わせなどにより行う。その結果(図2)、平均場を南岸低気圧の多い年にしようとして少ない年にしようとして、温帯低気圧頻度にはほとんど差がないのに対し、擾乱を南岸低気圧の多い年と少ない年とでは明らかに違いがみられた。

2007/08冬と1989/90冬の平均場と擾乱を用いた感度実験として、西側境界条件のみを同「境界条件アンサンブル」タイプにするものを実施した。その結果、2007/08冬の平均場と1989/90冬の擾乱の組み合わせよりも逆の組み合わせのほうが南岸低気圧頻度は多くなった。

したがって、データ解析と数値実験により、日本付近の温帯低気圧頻度は基本場によらず、初期擾乱に大きく影響されることが分かった。この初期擾乱の形成には海洋前線による影響が予想され、(2)の研究への展開となった。

(2) 双方向ネストモデルの調整とそれに基づく長期積分の解析

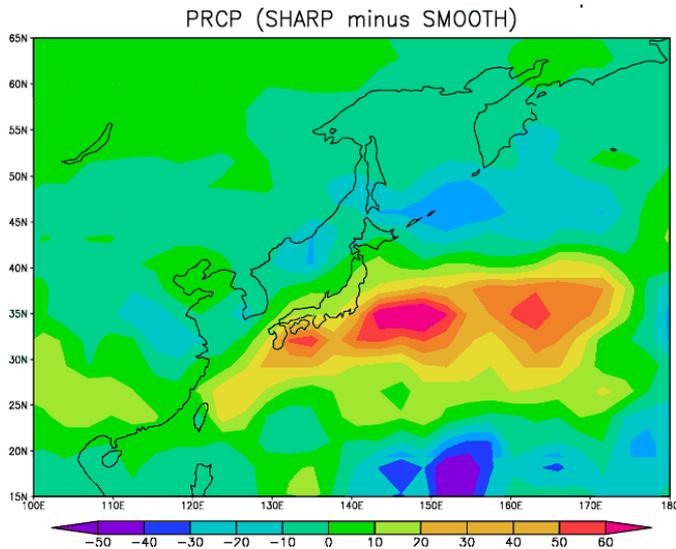


図3: 双方向ネストモデルを用いた海面水温分布を現実で与えた実験と平滑化して与えた実験の大循環モデル側の寒候期(11月から3月まで)の月降水の差(単位 mm)。

本研究では、事前の開発済みの大気海洋結合双方向ネストモデル(Inatsu and Kimoto, 2009, MWR)を大気単体の双方向ネストモデルに変更することである。したがって、開発した双方向ネストモデルは、大気大循環モデルMIROC4.0-AGCMと領域モデルJMA/MRI NHMを内包する。オフラインモードでは自動的な力学的ダウンスケーリングを行い、インタラクティブモードでは領域モデルの計算結果を大気大循環モデルに強制力として課すことができる。

別の研究予算で実験した例(Inatsu et al., 2012, JMSJ)を含め、これまでの双方向ネスト実験では、1年を超える長期の積分を実施してこなかった。本研究では、黒潮上の海洋前線の微細構造を改造した海面水温データをそのまま領域モデルの境界条件とした実験と、それを平滑化した実験を安定な統計が得られる程度の十分な時間、行った。

その結果、前線のまわりには降水量に有意な変化を見る(図3)ことができ、またその応答と整合的な大気応答も見られた。ただ、長期の双方向ネスト実験に影響によるとみられる気圧配置の気候値の歪みが目立っていた(図略)。これは今後の課題として提示される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

①Yoshi N. Sasaki, S. Minobe, T. Asai, and M. Inatsu, Influence of the Kuroshio in the East China Sea on the early summer (Baiu) rain, *Journal of Climate*, 査読有, 2012、印刷中, DOI: 10.1002/asl.355.

②Inatsu, M., Y. Satake, M. Kimoto, and N. Yasutomi, GCM bias of the Western P

acific summer monsoon and its correction by two-way nesting system, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 査読有, 90B, 2012, 1-10, DOI:10.2151/jmsj.2012-b01.

③Inatsu, M., and K. Terakura, Wintertime extratropical cyclone frequency around Japan. *Climate Dynamics*, 査読有, 2012, 印刷中, DOI: 10.1007/s00382-011-1152-8.

④Takatama, K., S. Minobe, M. Inatsu, and J. R. Small, Diagnostics for near-surface wind convergence/divergence response to the Gulf Stream in a regional atmospheric model. 査読有, 13, 2011, 16-21, DOI: 10.1002/asl.355.

[学会発表] (計12件)

①稲津 将・寺倉和敬、日本付近の冬季の温帯低気圧頻度、日本気象学会 2011年度秋季大会、2011年11月16-18日、名古屋大学(名古屋)。

②Inatsu, M., and M. Kimoto, A scale interaction study on East Asian cyclogenesis using a general circulation model coupled with an interactively nested regional model. WCRP, 24-28 Oct 2011, Denver, USA.

③稲津 将・寺倉和敬、日本付近の冬季の温帯低気圧頻度、日本気象学会北海道支部 2011年度第1回研究発表会 2011年6月8日、北海道大学(札幌)。

④Inatsu, M., T. Yamada, T. Sato, K. Nakamura, M. Saito and A. Komatsu, Development and application of comprehensive downscaling methods over Hokkaido. Workshop on the dynamical downscaling, 18 Jan 2011, Tsukuba.

⑤稲津 将、木本 昌秀、佐竹 祐哉、双方

向ネスト実験は GCM バイアスを低減できるか？-1997年夏の例. 日本気象学会2010年度秋季大会、2010年10月28日、京都テルサ(京都).

⑥ Inatsu, M., M. Kimoto, and Y. Satake, A scale interaction study on East Asian cyclogenesis using a general circulation model coupled with an interactively nested regional model. NHM International Workshop, 30 Sep 2010, Kyoto.

⑦ 稲津 将、木本 昌秀、佐竹 祐哉、双方向ネスト実験は GCM バイアスを低減できるか？-1997年夏の例. 日本流体力学会2010年会、2010年9月9日、北海道大学(札幌).

⑧ 稲津 将、木本 昌秀、佐竹 祐哉、双方向ネスト実験は GCM バイアスを低減できるか？-1997年夏の例. 日本気象学会北海道支部2010年度第1回研究発表、2010年6月8日、北海道大学(札幌).

⑨ Inatsu, M., and M. Kimoto, A scale interaction study on East Asian cyclogenesis using a general circulation model with an interactively nested regional model. EGU, 5 May 2010, Vienna, Austria.

⑩ Inatsu, M., and M. Kimoto, Combining GCM and regional model: A two-way nesting approach. Workshop on the dynamical downscaling, 27 Jan 2010, Tsukuba.

⑪ 稲津 将、隣接閉領域トラッキング. 日本気象学会北海道支部2009年度第1回研究発表会、2009年6月5日、北海道大学(札幌).

⑫ 稲津 将、木本 昌秀、北半球冬季の北東アジアにおけるスケール間相互作用研究(2) 亜総観規模山岳の効果、日本気象学会春季大会、2009年5月31日、つくば国際会議場(つくば).

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

なし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲津 将 (INATSU MASARU)
北海道大学・大学院理学研究院・准教授
研究者番号: 80422450

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし