



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Separation methods of the internal climate variability and externally forced response, and their applications to the decadal climate variability in the tropical ocean-atmosphere. [an abstract of entire text]
Author(s)	宮地, 友麻
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第15222号
Issue Date	2022-12-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/87953
Type	doctoral thesis
File Information	MIYAJI_Yuma_summary.pdf



学 位 論 文 の 要 約

氏 名 宮地 友麻

学位論文題名

**Separation methods of the internal climate variability and externally forced response,
and their applications to the decadal climate variability in the tropical ocean-atmosphere.**

(外部強制応答と内部気候変動の分離手法とその熱帯大気海洋系における10年周期気候変動
への応用)

数十年以上にわたる全球規模の気象観測データには、大気-海洋系における内部気候変動と、放射強制力の変化による外部強制の影響が含まれる。内部気候変動を解析するために観測値から外部強制応答成分を取り除く際、多くの研究では時系列における線形トレンドを外部強制応答成分として扱う。しかしながら、このような簡易な方法では適切に外部強制応答を表現できない可能性があり、その場合に見積もられる内部気候変動はみかけの変動を含むことになる。このような見かけの変動は、インド-太平洋域における十年規模気候変動の海盆間関係の解釈に影響を与える事が知られている。そこで本研究は、観測データからインド-太平洋海域における外部強制応答成分および内部気候変動を見積もる手法を比較した上で、適切に抽出された内部気候変動を解析することで、インド-太平洋域における十年規模気候変動の海盆間関係の背景メカニズムを解明することを目的とした。

本論文の第2章では、観測データから外部強制応答成分および内部気候変動を見積もる手法として、以下の3つを比較した。①MG法 : Coupled Model Intercomparison Project (C

MIP) 5から得た、全球平均気温のマルチモデル平均(MG)を外部強制応答成分の指標とする。各変数、各グリッドにおいて、観測値をMGに回帰させることで外部強制応答成分を求め、観測値から取り除いた残差成分を内部気候変動とする。②LT法：従来の研究でよく利用される、簡易的な手法である。各変数、各グリッドにおいて、観測データの時系列の線形トレンド(LT)を外部強制応答成分とし、観測値から取り除いた残差成分を内部気候変動とする。③ML法：各変数、各グリッドのマルチモデルアンサンブル平均を外部強制応答成分とし、同変数、同グリッドの観測値から取り除いた残差成分を内部気候変動とする。これら3つの手法に、観測データのまま抽出を行わない④NEを加え、比較を行った。

従来の研究では、海面水温(SST)の観測データから内部気候変動及び外部強制応答成分を見積もる手法について議論されてきたが、SST変動の背景メカニズムを調査するためにはSST以外の変数についても、外部強制応答成分と内部気候変動の切り分けが必要になる。そのため本研究では、SSTに加えて海面更正気圧(SLP)の観測データから外部強制応答成分を除去し、残差成分における現実的な熱帯の大規模大気-海洋相互作用の再現性を手法間で比較した。残差成分が現実的な熱帯の大規模大気-海洋相互作用を表現する場合、適切に内部気候変動として抽出されていると評価した。

太平洋における手法間の比較では、結果に大きな違いはみられなかった。一方、インド洋ではMG法が最も適切に地球温暖化のシグナルを取り除いていた。結果として、MG法によるSSTとSLPの残差成分は、どの海域においても有意な相関関係を示し、内部気候変動として適切に大規模大気-海洋相互作用を表現していることが示唆された。LT法のインド洋におけるSSTとSLPの残差成分は相関関係を示さず、大気-海洋結合モードとしては解釈できない。ML法のインド洋におけるSSTの残差成分は、NEと類似したトレンド成分を含み、この点から適切に外部強制応答成分が除去されていないことが示唆された。内部気候変動における海盆毎の関係性を調べた結果、MG法による残差成分では、大気海洋相互作用に加え、インド-太平洋間の海盆間相互作用が統計的に示された。このようなインド-太平洋間で結合した気候変動モードの卓越は、他の手法では表現されなかった。これらの結果から、MG法

によって最も適切に観測データからインド-太平洋海域における内部気候変動が抽出されると結論付けられた。

第3章では、Model for Interdisciplinary Research on Climate version 6 (MIROC6) 50メンバーの大規模アンサンブルシミュレーションを活用し、各手法で見積もられた外部強制応答成分の比較を行った。このように1つのモデルの大規模アンサンブルを利用することで、モデルと現実、またはモデル間での気候感度の違いを考慮する必要がなく、メンバー間の違いは内部気候変動によるものであると考えられ、手法間の違いを生む要因を詳しく調べる事が出来た。

手法ごとに見積もられた東部熱帯太平洋のSSTにおける外部強制応答成分を比較した結果、50メンバーのアンサンブル平均は各メンバーの内部気候変動を十分に打ち消すことができず、外部強制応答成分として扱うには無視できない誤差を含むことがわかった。一方、MG法を利用した場合、少ないメンバー数で各メンバーの内部気候変動が抑制され、外部強制応答成分はより適切に見積もられた。このようなMG法の特性は他の手法に比した優位点であり、第2章における手法の比較でMG法が適切に作用した一つの要因であると考えられる。

さらにアンサンブルメンバー数と各手法によって見積もられる外部強制応答成分の誤差の関係を調べた結果、50メンバー以下では常にMG法はアンサンブル平均より小さな誤差を示した。これらのメンバー数と誤差の関係から近似式を求め外挿することで、172メンバー以上のアンサンブル平均の誤差はMG法より小さくなることが見積もられた。そのため少なくとも172メンバー以上のシミュレーションを用いることが出来る場合、各グリッドでアンサンブル平均を求めることによって、MG法に比べて外部強制応答成分の誤差を軽減することが示唆された。

第2章、第3章で示されたMG法の優位性を踏まえ、第4章ではMG法によって観測データから抽出された内部気候変動を解析することで、太平洋数十年規模振動(IPO)がインド洋の表層水温に与える影響を調べた。その結果、IPO指数とインド洋のSSTとの間に正の相関関

係が示された。IPO指数と水温の正の相関関係は、インド洋の海面から150m深程度まで連続してみられた。

正(負)のIPO時にインド洋の海面から150m深までみられる正(負)の水温偏差の形成要因を明らかにするために、Ocean GCM for the Earth Simulator (OFES)のデータを用いて熱収支を計算した。その結果、水平方向の水温移流効果が、IPOに伴うインド洋表層の水温偏差形成に大きく寄与していることが示された。正(負)のIPO期間には、インド洋上の風速が強まる(弱まる)ことで、インド洋の南北鉛直循環が強化(弱化)されることが示唆された。インド洋の平均的な南北循環は、インド洋北部の比較的暖かい表層水を南へ移流するため、この移流の強化(弱化)は表層水温の上昇(低下)に寄与する。一方、海面熱フラックスはこの水温偏差を抑制する働きを示した。経年スケールの気候変動では、しばしば大気プロセスの大きな寄与が示されるが、本研究は十年規模気候変動における海洋プロセスの相対的重要性を示した。

本研究は、観測データから外部強制応答及び内部気候変動を切り分ける手法の選択の重要性と、MG法の有用性、他の手法に対する優位点を示したものである。このような結果は、気候力学コミュニティ全体において、解析時の手法の選択に影響を与える事が予想される。観測データやモデルデータから適切に見積もられた外部強制応答及び内部気候変動は、地球温暖化に伴う気候変化、十年規模気候変動のメカニズム、またそれらのモデルによる再現性などに対する理解を深める事に寄与する事が期待される。