

# 論文審査の結果の要旨

氏名 林 未知也

本論文は5章からなる。

西・中央熱帯太平洋赤道域において強い表層西風偏差が数日から数週間持続する現象は西風イベント(WWE)と呼ばれ、エルニーニョ発生時に頻繁に観測される。個々のWWEの継続期間は短い、約3-7年周期のエルニーニョ・南方振動(ENSO)に対して重要な役割を担うと考えられている。WWEは中央・東部熱帯太平洋の海面水温(SST)を上昇させ、一方、暖かいSSTはWWEの発生を促進する。これは、WWEとENSO間の正のフィードバックを示唆する。しかし、この相互作用の詳細なメカニズムはまだ十分に明らかにされていなかった。林未知也氏は、階層的な大気海洋結合モデルと観測データを用いて、(i) WWEに対する大気と海洋の応答過程の季節依存性、(ii) WWEと東風イベント(EWE)の環境場依存性と非対称性、(iii) WWE発生時の環境場依存性がENSOの複雑化に果たす役割について調べ、WWEとENSOの結合の理解を進展させた。

第1章のイントロダクションでは、ENSOについての古典的な理論、WWE等の短時間スケール現象とENSOとの相互関係、多様なENSO発生へのWWEの効果について、これまでの知見を要約し、取り組むべき問題点を明らかにした。

第2章では、大気海洋結合全球モデル(CGCM)を用い、異なる季節や場所に単一のWWEを与えたアンサンブル実験から、大気海洋の応答がWWE発生時の季節に強く依存することを示した。それは海洋の温度躍層の構造と東太平洋の降水帯の分布の季節依存性による仕組みを解明した。また、続く冬のエルニーニョへのWWEの効果を最大化する季節と場所の組み合わせを特定した。エルニーニョとラニーニャの年に対応する海洋初期値を用いたアンサンブル実験から、WWEはエルニーニョをより効率的に増幅させるが、ラニーニャを減衰させる役割は小さいことも示した。

第3章では、WWEとEWEの特性、環境場依存性と非対称性を大気・海洋の観測データを用いて調べた。赤道太平洋上での1982-2013年の表層東西風偏差から、101事例のWWEと23事例のEWEが抽出された。双方とも、深い対流が発生しやすい太平洋暖水域上で発生し、NINO4領域(160E-150W, 5N-5S)のSST偏差と共に頻度が増す。マッデン・ジュリアン振動の位相への依存性も確認した。EWE発生頻度はWWEより遥かに少なく、この非対称性は下層西風の季節内周期成分に伴

う局所的な発達過程の相違に起因していた。さらに線形傾圧モデルによる実験により、局所的な対流偏差だけでなく、遠方の対流偏差もイベントを引き起こすのに同等に重要であることを実証した。

第4章では、中程度に複雑な大気海洋結合モデルを用いた調査により、WWE 発生の環境場依存性が、現実の ENSO の非対称性や多様性を生み出すのに重要な役割を持つことを示した。モデルは温度躍層フィードバックの効率を制御するパラメータ( $\gamma$ )を調整することで ENSO に似た振動を生じさせる。WWE は第3章の観測的結果に基づき、環境場依存の確率的な大気ノイズとして表層東西風応力偏差にパラメータ化して与えた。実験は3通りである：(1)ノイズを含まない参照実験(実験 NO)、(2)付加的な確率的ノイズを西部太平洋の決まった経度域に与える(実験 AD)、(3)環境場(暖水塊の広がりと NINO4 SST)に依存するノイズを組み込む(実験 SD)。その結果、NO では6年周期の規則的振動しか見られなかったが、AD や SD のノイズを加えると変動の不規則性が増した。また、NO では現実に見られる東太平洋(EP)型と中央太平洋(CP)型エルニーニョのような ENSO の多様性は見られないが、AD や SD のノイズを加えると、2タイプの発生が促進された。ただしいずれも AD では $\gamma$ 依存性があった。

第5章は結論である。本研究は、ENSO の複雑な振る舞いにおいて、WWE 発生の季節性と環境場依存性が重要な役割を果たすことを示した。また、WWE と EWE は同様の環境場依存性を示すが発生確率は異なり、ENSO に対して WWE が相対的に重要であることを示した。現実においても WWE と SST のフィードバックが ENSO の非対称性と CP 型の発生を促進すると考察した。上記の結果から、ENSO のメカニズムは季節周期と環境場依存の高周波大気擾乱、それらの相互作用から大きな影響を受けることは明らかであり、これらの要素の再現性が、CGCM を用いるエルニーニョの予測技術や ENSO の将来変化に強く影響することを指摘した。

なお、本論文第2-4章は、渡部雅浩准教授との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。