

論文審査の結果の要旨

氏名 荒金 匠

台風を含む熱帯低気圧(Tropical Cyclone, 以下 TC)は、暖かい赤道近くで発生し、発達しながら極方向に移動することで、経路上の地域でさまざまな気象災害の原因となることが多いため、その力学を解明することは気象学における重要な問題のひとつである。気候平均場や周辺環境場が TC の発生・発達・経路等に与える影響は以前から研究されている。しかし、TC が逆に気候平均場や環境場にどのような影響を与えるかは未だに理解が不足している。TC が環境場に与える影響としては、発達した TC が遠隔的に下流の大気場を変調する事例が報告されているものの、研究事例数は不十分である。また、TC は他の気象擾乱と異なり、対になる高気圧が存在しないため、時間平均場には TC の痕跡が含まれるはずであるが、それを定量化することは簡単ではなく、力学的に整合性のある TC 除去手法は確立されていない。申請者は、このような状況を踏まえ、TC が周辺環境場に与える影響および気候場への痕跡を定量化する新たな手法を開発し、それを用いて TC を除去した再解析データセットを作成した。その上で、自ら作成したデータを詳細に解析し、TC と背景場の相互作用を理解するための研究を行った。

環境場が TC に与える影響および、TC が逆に環境場や気候平均場に作用する可能性について、先行研究の結果をレビューした第 1 章に続き、第 2 章では、TC が周辺環境場に影響した事例として、2017 年 6 月に台湾北部で発生した豪雨を解析した。この時期にベンガル湾に存在した TC が豪雨の発生要因として重要であったことを、高解像度全球大気モデルを用いたハインドキャスト実験で明らかにした。5 月末の客観解析値でモデルを初期化してアンサンブルシミュレーションを行ったが、その際、標準実験に加え、ベンガル湾の TC を初期値から除去して感度実験を行った。その結果、ベンガル湾の TC は下層境界層ジェットを強化し、湿潤空気を台湾北部へ流入させるとともに、上層トラフの変調を通じて台湾付近で下降する北風を強化していたことが分かった。これらの暖湿な南風と冷乾な北風が合流し、変形・発散過程を経て強い前線が形成された結果、台湾北部で豪雨が引き起こされた。この TC の遠隔影響は、初期値から TC を除去した数値実験により明確に示されたものである。

第 3 章では、前章の数値実験から着想を得て、渦位逆転法(potential vorticity inversion, PVI)を用いて、力学的にバランスした TC の場を同定する方法を考案した。従来の手法では TC に伴う場が力学的バランスを満たさないため、TC を除去した後の流れの場が非現実的であったが、PVI を用いると風速場と質量・温度場が整合するため、TC を除去した後の流れの場も現実的であった。この手法を気象庁長期再解析データに適用し、2004 年夏季の北西太平洋 (Western North Pacific, 以下 WNP)において TC を除去した大気データを作成した。元

のデータと TC を除去したデータを比較解析することで、TC による季節平均場への効果を調査した結果、TC は季節内変動と季節平均場に対して、先行研究で示されたよりも大きな痕跡を残すことが示された。

第 4 章では、さらに長期間（1958～2019 年）の TC 除去データを作成し、WNP における気候平均場および季節内変動に対する TC の痕跡を調査した。その結果、TC は気候平均場だけでなく、様々な時間スケールの大気変動に痕跡を残していることがわかった。TC の存在により、気候平均場の亜熱帯高気圧は強まる一方、モンスーントラフは弱まっていた。これは、TC が環境場に付加的な擾乱ではなく、WNP のモンスーンシステムの重要な要素とみなされるべきであることを示す。また、TC は季節内・経年変動の分散に対して最大 70% の寄与を示した。20～80 日周期で定義される北半球夏季季節内振動は WNP 上の TC 発生の重要な要素と考えられているが、TC は逆に季節内振動の伝播に影響を与えていることが示唆された。さらに、多くの台風が発生した年に着目して、下層渦度場を解析した結果、TC 活動がその後の TC 発生を引き起こす可能性が示された。

本研究では、TC が気候の場に残す痕跡を、TC のない仮想的な、しかし力学的には整合する大気データセットを作成し、それを解析することで定量化に成功した点に新規性がある。本研究の結果は、WNP における気候平均場や季節内変動に TC の集団が有意な痕跡を残すことを明快に示している。TC を除去したデータセットは、WNP 領域に限定されているが、本研究で開発された手法は他の海域にも適用可能であり、将来的には、全球で TC を除去したデータセットの作成と活用が期待される。本論文第 2～4 章の内容は、Huang-Hsiung Hsu 氏ほか共同研究者らとの共著論文として一部を除き公表済みであるが、これらはすべて申請者が筆頭著者であり、主体となって計算および解析をおこなったものであるため、申請者の寄与が十分であると判断される。

上記の理由から、博士（理学）の学位を授与できると認める。