

論文審査の結果の要旨

氏名 和田 章義

台風は、2週間程度の寿命と1000kmを超える巨大な空間スケールを持ち、強風・豪雨・高波・高潮などの甚大な災害により構造物や人命の損失をもたらす、地球上で最も破壊力のある大気擾乱の一つである。台風は、海面水温が27°C以上の熱帯・亜熱帯海域で発生・発達するが、その一方で、伝播経路に沿って海水の混合や湧昇を生じ、直下の海面水温を低下させることにより、自らの発達に影響を与える。台風直下の海面温度の決定には、海洋表層の水温・塩分構造が強く影響している可能性が衛星観測などから示唆されているものの、現場観測データの不足もあり、その実態については十分に解明されていない。本研究は、台風予測の向上に向けて、台風との相互作用を通じてその発達をコントロールする海洋上層の役割に注目し、そこに蓄えられた熱ポテンシャル(TCHP)と台風発生時から最低中心気圧に達するまでの台風直下のTCHPの積算値(積算熱ポテンシャル: ATCHP)が台風の発達をコントロールする重要な指標となり得ること、さらに、強風下における波浪の砕波に伴って増加する海面抵抗係数と乱流混合強度が台風通過に伴う海面水温の低下と台風強度予測に本質的な役割を果たしていることを初めて定量的に明らかにしたものである。

本論文は5つの章から成立している。

まず、第1章は導入部であり、台風予測に関する研究の歴史と現状のレビューとともに、本論文の概要と目的が述べられている。

第2章では、海面水温、TCHPと台風の最低中心気圧との関係が統計的な観点から考察されている。すなわち、1998年から2004年までのすべての台風を対象に、気象研究所海洋データ同化システムによる水平解像度0.5度の海洋再解析データ、熱帯降雨観測衛星(TRMM)/TRMMマイクロ波放射観測装置(TMI)3日平均日別海面水温データ、および、地域特別気象センター(RSMC)東京台風センターのベストトラックデータに基づいて、台風最低中心気圧とATCHP、積算海面水温(ASST)および台風の持続時間との回帰相関が詳細に調べられ、その結果、台風の最低中心気圧はATCHPと最も相関の高いことが明らかにされた。しかしながら、この一方で、1998年から2004年までのすべての台風の衰退期において、中心気圧とTCHPの間には有意な相関は認められなかった。このことは、台風の中心気圧とTCHPとの関係は、そのライフステージによって異なることを示唆している。

第3章では、台風通過に伴う急激な海面水温低下の物理過程を解明するため、1998年の台風Rexに対する海洋応答を例として、表層にNoh and Kim(1999)の混合層乱流スキームを組み込んだ水平解像度0.25度・鉛直層54層の気象研究所共用海洋大循環モデル(MRI.COM)、および、Deardorff(1983)のエントレインメント式を組み込んだ水平解像度0.25度・鉛直層8層の海洋層モデルを用いて数値実験を行った。その結果、Rex通過時に実測された約3°Cの海面水温低下はMRI.COMを用いてよく再現できることが示された。さらに、このMRI.COMによる数値実験の結果に基づいて海洋

層モデルのエントレインメント式に Noh and Kim(1999)で考慮されている砕波による乱流混合の効果を加えるように修正したところ、台風 Rex の通過による約 3°C の海面水温低下がよく再現できるようになった。また、Rex の経路に沿った海域における海洋層モデルで計算された海面水温を TRMM / TMI の 3 日平均日別海面水温を用いて検証した結果、極めてよい一致が得られた。すなわち、台風通過時の強風下における波浪の砕波に伴う乱流運動エネルギーの生成が、海面水温の低下に本質的な役割を果たしていることが初めて明らかにされた。

第 4 章では、台風渦による海面水温の低下が、その渦の時間発展と強度にどのような影響を与えるかを調べるために、水平解像度 2km の高解像度非静力学大気モデル(NHM)と、NHM に海洋層モデルを結合した大気海洋結合モデルを用いて理想的な数値実験を行った。台風渦の発達率を 3 時間内の中心気圧の低下量で定義し、台風渦直下の海面水温との間の線形回帰を調べてみた結果、台風渦直下の海面水温が 26.3°C より下がると、台風渦の発達が著しく抑えられることがわかった。この 26.3°C という数値は、TCHP を算出する際の基準温度とほぼ等しく、第 2 章の統計解析によって得られた関係と整合的な結果となっている。さらに、この大気海洋結合モデルに波浪モデルを結合した大気波浪海洋結合モデルを用いて 2005 年の台風 Hai-Tang の強度予測の数値シミュレーションを行って見たところ、強風下における波浪の砕波に伴う海面抵抗係数の増加が直下の海面水温低下と台風渦の力学過程の変化を通じて台風強度予測に影響を与えることが確認された。

第 5 章では、本論文のまとめと今後の課題が述べられている。

以上、本研究は、台風の発達をコントロールする海洋上層の役割を理解する上で、そこに蓄えられた熱ポテンシャル(TCHP)、特に、台風発生時から最低中心気圧に達するまでの台風直下の TCHP の積算値(積算熱ポテンシャル: ATCHP)を重要な指標として初めて位置づけるとともに、従来あまり研究の行われてこなかった、強風下における波浪の砕波に伴って増加する海面抵抗係数と乱流運動エネルギーフラックスが、台風による海面水温の低下と台風の強化に大きな影響を与えることをデータ解析と数値シミュレーションを併用することで初めて定量的に明らかにした。この研究成果は、台風予測の研究のブレークスルーへと繋がる道を切り拓くとともに、今後の台風研究を明確に方向づけたものとして高く評価できる。

なお、本論文の第 2 章と第 4 章の一部は、気象研究所の 碓氷 典久 博士、第 3 章は、東京大学大気海洋研究所の 新野 宏 教授、気象研究所の 中野 英之 博士との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって研究を行ったもので、その寄与が十分であると判断できる。

従って、審査員一同は、論文提出者に博士(理学)の学位を授与できると認める。