

# 論文審査の結果の要旨

氏名 大野 知紀

熱帯低気圧は、熱帯海洋上で発生し、しばしば暴風、大雨、高潮などの災害をもたらす直径約1000kmの激しい渦である。熱帯低気圧の構造は古くからレーダー、人工衛星、高層気球観測、航空機観測、数値シミュレーションなどにより調べられてきている。その結果、低気圧の中心から半径数10km程度のところには、壁雲と呼ばれるほぼ同心円状の積雲対流の強い領域、壁雲の内側には雲のない「目」の領域があり、目の上空には環境場より数度から十数度高温の暖気核構造があることなどが知られている。暖気核の形成は、中心気圧の低下と密接に関わっており、熱帯低気圧の力学にとって重要な過程であるが、その形成機構の理解は現在も十分でない。近年、強い熱帯低気圧の現実事例の再現シミュレーションから、従来観測で知られていた対流圏中層の暖気核とは異なり、対流圏界面付近に形成される「上層暖気核」の存在が指摘されており、その形成機構が注目を浴びている。

申請者は、非静力学領域大気モデルを用いて、水平一様な大気中で発生する熱帯低気圧の理想化実験を行ない、上層暖気核の再現に成功し、その形成機構を詳しく調べた。その結果、上層暖気核は、低気圧性の渦が地表面から対流圏上層まで伸び、高い慣性安定度のときに、壁雲の非断熱加熱によって生じた鉛直循環が成層圏に侵入し、その下降気流に伴う断熱昇温によって形成されることを明らかにした。申請者は、さらに、非静力学全球大気モデルによる1年間のシミュレーションで発生した熱帯低気圧の暖気核構造を調べ、中心気圧の低い低気圧ほど暖気核の高度が高いことなどを示した。本論文は4章で構成される。

第1章では、熱帯低気圧の強度や力学的平衡状態に関わる暖気核構造に関する包括的レビューが行われている。

第2章では、暖気核に関するさらに詳細なレビューの後、シミュレーションに用いた数値モデルの詳細が記述されている。数値シミュレーションの結果、初期には中層の暖気核が形成されるものの、やがて対流圏界面付近に上層暖気核が形成され始め、最終的には前者は弱まり、後者だけが残った。シミュレーション結果の温位収支とSawyer-Eliassen方程式にもとづく解析により、暖気核の形成には主として鉛直面内の循環の軸対称性成分が寄与しており、非断熱加熱によって壁雲の内側に強制された下降流による断熱加熱が重要であることが示された。続いて、上層暖気核の形成要因を探るため、壁雲で生ずる凝結加熱を仮

想的に与え、低気圧の渦が対流圏上層深くまで及ぶ場合と及ばない場合の鉛直面内の循環の違いを調べた。その結果、前者では対流圏上層で慣性安定度が増すため、鉛直循環が成層圏まで及ぶことが示された。さらに、上層暖気核の形成に及ぼす乱流混合の影響を調べる感度実験から、乱流混合による角運動量の上向き輸送が大きく、対流圏上層で慣性安定度が大きくなる場合には、上層暖気核が形成されることが示唆された。また、初期の環境場において海面温度や圏界面高度を変えた感度実験により、上層暖気核の形成がある程度普遍的な現象であることが確認された。

第3章では、非静力学全球数値モデルによる1年間の数値シミュレーションにおいて発生した85個の熱帯低気圧について、暖気核の高度と中心気圧の関係を調べている。解析の結果、弱い熱帯低気圧を除いて、中心気圧の低い熱帯低気圧ほど暖気核の高度が高い傾向が見られた。また、発達中（衰弱中）の熱帯低気圧の暖気核の高度は上昇（下降）する傾向が見られた。最後に、最大風速半径より内側の接線風速の分布を適切に仮定することにより、人工衛星で観測される輝度温度の傾きと温度風の関係から暖気核構造を推定できる可能性が示された。

第4章では結論が述べられている。

このように本論文は、強い熱帯低気圧に関する理想化数値シミュレーションで上層暖気核の再現に成功し、その形成機構が、壁雲における非断熱加熱と、圏界面近くまで達する接線風速の慣性安定度の効果により、成層圏内に及んだ鉛直循環の下降流による断熱昇温によることを明らかにした。多様な環境場や物理過程が、異なる高度での暖気核形成にどのように寄与するかなど、今後解明すべき点も残されているが、設定を単純化した理想化実験において上層暖気核の再現に成功し、その形成機構を明らかにしたことは、熱帯低気圧の暖気核の力学の本質的理解に繋がる研究として高く評価される。また、本論文で提案された、直接観測の難しい暖気核構造を人工衛星で観測可能な物理量から推定する手法は、気象業務における熱帯低気圧の予測の改善にも貴重な示唆を与えるものである。

なお、本論文は佐藤正樹氏(指導教員)との共同研究に基づくが、論文提出者が主体となって解析を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって、博士（理学）の学位を授与できると認める。