

氏名	にし のり ゆき 西 憲 敬
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論理博第 1479 号
学位授与の日付	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	熱帯域上部対流圏における大気擾乱の構造に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 余田成男 教授 淡路敏之 助教授 里村雄彦

論 文 内 容 の 要 旨

熱帯域対流圏は、活発な積雲活動を通して大気循環を駆動するとともに、様々な大気擾乱の励起源となる重要な領域であり、中高緯度や成層圏より上の大気循環にまで大きな影響を与えている。近年、特別観測や新しい観測機器の導入、衛星観測データの飛躍的增加などにより、従来観測の少なかった熱帯域における気象データの質および量は急速に向上した。本研究は、それらの新しいデータ・測器を積極的に用い、詳細なデータ解析を行うことによって得られた、熱帯域対流圏の主に上部でみられる大規模波動の形態と、その励起に関係の深いメソスケール雲システム内の鉛直流分布に関する新たな知見を詳述したものである。

申請者は、熱帯海洋全球大気研究計画の特別観測に参加したのを契機として、赤道域に捕捉されたケルビン波の解析的研究を行った。1992年12月から1993年2月にかけての TOGA-COARE 特別観測期間中の質の高い全球客観解析データで、この期間中に西太平洋域で大きな振幅となったケルビン波の3つの事例を見出した。この大振幅の赤道捕捉ケルビン波は、高さ方向には圏界面付近に局在し、経度数十度の領域でのみ大きく増幅していること、そして、その経度帯がそれぞれの事例で異なることを明らかにした。また、1月の2例については、そのような経度で見ると、東風から西風への時間変化率と温度上昇率が、それぞれ西風から東風への時間変化率と温度下降率よりも大きく、時間変化に非対称性があることを指摘した。このような特徴が、客観解析のみならず、一次データであるゾンデ観測の時系列データでも検出されることを確かめるとともに、これが波の非線形効果による突っ立ちの特徴を持つことを示した。

次に、長期間の均質なデータであるヨーロッパ中期予報センターの再解析データを用いて、事例解析において検出されたようなケルビン波の増幅やその結果として起きる波の突っ立ちの発生頻度の季節と経度に対する依存性を統計的に解析した。100 hPa 面での東西風について、この種の突っ立ちに見られるはずの東風から西風への急激な時間変化が、その逆の変化より多いかどうか注目して解析したところ、東半球の11-3月にかけては西風への急変のほうが多く、その中でも1-3月の東経90度-180度に限定すると西風への急変のほうが非常に多く、しかも大規模なものを多く含んでいた。また、急変域が経度方向に大きな広がりをもち東進するもののみを取り出すと、両者の差はさらに明瞭となった。このような両者の出現頻度の非対称性は100 hPa 面付近に独特なもので、それより下の200 hPa 面などでは、ケルビン波の振幅が大きく急変事例も多発するが、両者の差はほとんどみられない。このような西風への急変事例が、ケルビン波の増幅の結果起きた波の突っ立ちであり、その発生頻度の季節・経度依存性はケルビン波の励起・伝播特性の季節・経度変化によるとすると、上部対流圏における背景風の東風が大規模な突っ立ちの多発域に卓越している事実と力学的に整合的であることを指摘した。なお、大規模な突っ立ちを示すときの擾乱の南北構造は、西風位相領域での偏差が東風位相領域よりも赤道付近にのみ局在していることを示したが、これは従来のケルビン波の理論では説明できない観測事実である。

このような赤道波の励起源となる積雲活動の中での鉛直流分布を明らかにするために、2001年にインドネシア、スマトラ島西部に設置された赤道大気レーダーを用いて観測的研究を共同して行った。この種の VHF ドップラーレーダーは、現時点で鉛直流を測定できるほとんど唯一の観測機器である。メソスケール雲クラスター内の層状降水域に着目し、乱層雲内の

弱い鉛直流分布も観測できるように、鉛直流だけを集中的に測定する観測モードを新たに設定した。数 cm/s の精度で、かつ、時間間隔 3 分、高度間隔 150 m の高分解能でデータを取得した 2003 年 11 月の 3 つの事例について解析を行い、メソスケール雲クラスター内の鉛直流分布についての新たな知見を得た。まず、併設されている気象レーダーおよび光学雨量計によって、雲クラスター内で層状の降水が卓越する領域・時刻を同定し、その層状降水域がレーダー上を通過していく時の鉛直流分布を詳細に解析した。その結果、通過時の後半 2-3 時間には、時間変動の小さい穏やかな上昇流が上部対流圏の数 km にわたる高度領域で継続して存在することが初めて明らかとなった。この期間中、鉛直流は連続的に小さな正の値を持ち、下降流や 40 cm/s 以上の強い上昇流はほとんど観測されなかった。

論文審査の結果の要旨

赤道捕捉ケルビン波の解析においては、擾乱が大きく増幅している経度帯が数十度に限られていること、そこには波の突っ立ちと考えられる東風から西風への東西風の急変があることを特別観測期間中の事例解析で明瞭に示した。これら 2 つの知見は本研究で初めて指摘されたものであり、圏界面付近でのケルビン波の構造および励起・伝播を考えるうえでも重要な事実である。この波動は他の擾乱と比べてエネルギーも大きく、また対流圏と成層圏の結合部分という重要な領域で卓越することから、その特性を明らかにした意義は大きい。また、波の突っ立ちに関しては、さらに東西風の急変に関する統計的解析を行って、その発生頻度の季節・経度依存性を初めて明らかにした。客観的な記述が難しい現象に対して、各地点の数日スケールでの風速変化率という指標を採用し、西風への急変と東風への急変の事例数を比較するという工夫によって、両者の出現頻度の非対称性の抽出に成功している。このような統計的研究はこれまでなく、本研究結果は貴重である。また、この波の碎波に伴う物質混合を考えるうえでも、重要な示唆を与えるものである。

熱帯域の積雲クラスターの中で層状降水域は大きな領域を占め、より大規模な運動に対しても大きな役割を果たしているが、その主要な構成要素である乱層雲の中の鉛直流分布についてはほとんどわかっていなかった。多くの研究がある中緯度の擾乱とは形態が大きく異なる熱帯域の積雲クラスター内で、大型 VHF レーダーという新しい観測機器を用いて、乱層雲中の鉛直流分布を初めて明示した本論文の価値は大きい。特に、層状降水域が通過した後半部 2-3 時間に見いだされた「非常に穏やかな上昇流の継続」は、熱帯域のメソスケール雲システムでははじめての観測的事実であり、本研究独自の結果として高く評価できる。雲域の平均値としてではなく、高い時間・高度分解能で示したこの結果は、現在開発段階にある氷過程を含む積雲解像モデルの数値実験結果を評価するうえで観測的な制約条件を与えるものである。

これら一連の観測的研究は、現象の比較的素朴な記述ではあるが、これまで解析されてこなかった 2 つの対象について、全く新しい視点からの結果を提示しており、申請者の力量の高さを立証するものである。また、これからの熱帯気象学の発展にとって価値の高い観測事実を提示したものであり、高く評価できる。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行った結果、合格と認めた。