

## 論文審査の結果の要旨

氏名 三瓶 岳昭

本論文は全5章から成る。第1章は導入部で、中高緯度大気の大気対流圏大循環、特にストームトラック形成の研究に関する現状と問題点について述べられている。従来、移動性擾乱の発達には、中緯度偏西風ジェットの大気傾圧不安定が現れたものとしてとらえられ、近年行われた理想化された数値実験においても、亜熱帯ジェットが強い場合にストームトラックが亜熱帯に形成されるという結論が得られている。しかし一方で、最近の観測的研究や大気大循環モデルによる現実的数値実験からは、下層のストームトラックは、亜熱帯ジェットより中緯度の海面水温(SST)勾配との対応が良いという結果が得られている。

続く第2章では、この問題に対するアプローチの方法と問題設定が述べられている。大気大循環モデルで下方境界条件として東西一様な SST 分布を与えたいわゆる「水惑星」の設定の数値実験を行っているのであるが、SST 分布に海洋前線帯の構造がある標準実験の他に、比較実験として中緯度の SST 分布を緩やかな直線勾配で置き換えた実験と、熱帯 SST を人為的に上下させることでハドレー循環強度を変化させて亜熱帯ジェット気流の影響を評価する実験を行っている。

第3章はこれらの数値実験の結果が述べられている。標準実験では、冬半球に強い亜熱帯ジェットが形成されてその直下に大きな傾圧性が形成されたにも拘らず、ストームトラックはその下層には形成されずに、中緯度の海洋前線帯に沿って擾乱が発達し、これに対応して上層のストームトラック軸は海洋前線帯のやや極側に形成された。さらに、擾乱活動に伴う西風運動量輸送に対応して下層の西風軸は中緯度に形成され、現実には南半球で観測される循環の特徴が概ね再現された。これに対して中緯度の SST 勾配を緩めた実験では、下層の極向き熱輸送のピーク値が半減して擾乱発達が大幅に弱化するとともに、上層のストームトラック上の擾乱の振幅や中緯度の偏西風の速度も小さくなり、下層では偏西風ジェットや亜熱帯高圧帯軸が低緯度側へ移行した。この結果は、中緯度に海洋前線帯が存在することによってストームトラックとそれに伴う熱・運動量輸送が中緯度で活発になり、偏西風が中緯度に維持されていることを示している。一方、熱帯の SST を上下させた実験では、亜熱帯ジェットの大気傾圧性は十分に増減しているにも拘らず、中緯度のストー

ムトラック・西風ジェットへの影響はわずかであることがわかった。さらに、海洋前線帯によるストームトラック活動の強化は、擾乱による極向きに熱輸送で弱まった地表付近の大気傾圧帯が、海洋からの顕熱フラックスによって回復されるという形で行われていることが示された。

第4章では、第3章で調べてきた平均状態の周りの変動の解析を行っている。特に平均西風場の変動に対して経験直交関数解析を行い、海洋フロントの「環状モード」への影響を調べている。夏半球では、環状モードに伴う変動は東西平均西風風速の分散のピークによく対応して現実と同様に平均西風軸の周りの南北シーソーを表していること、擾乱による運動量フラックスの偏差は西風偏差を強化する向きであること、海洋前線帯の除去の影響は変動パターンの低緯度へ移動の形で見られることなどを示した。一方冬半球においては、環状モードに伴う低緯度側の西風変動が主に亜熱帯ジェットの強弱を表していて、変動の節が下層では観測同様に平均西風軸と一致しているが、海洋前線帯を除去した実験では中緯度側の西風変動の振幅が半減し、移動性擾乱活動とそれに伴う運動量フラックスの偏差が亜熱帯で西風偏差を強化するような分布になっていないなど、現実の環状モードの構造とは異なることがわかった。この点については、環状モードの持続性やスペクトルの長周期への集中が弱まったことに加えて、海洋フロント除去により擾乱活動・西風場の偏差の間のフィードバックが弱まることによって、観測に似た環状モード構造を再現できなくなったものと推測している。第5章ではこれらの成果の意義がまとめられてある。

以上のように、本研究は、中緯度における移動性擾乱の発達とストームトラックの形成には、従来着目されてきた亜熱帯ジェットに伴う対流圏中下層の傾圧性よりも、海洋前線帯の南北の海洋からの顕熱供給差によって維持される地表傾圧帯が本質的な役割を果たしていることを初めて明確に示したが、このことは、寒帯前線ジェットの形成やさらには中高緯度対流圏大循環の平均像に大きく影響を与えるものである。また、平均状態の周りの変動のうち最も卓越する「環状モード」の構造を、季節性の小さい現実的なものに保つ因子として本質的であることも初めて示すなど、これらの結果は、地球の中高緯度大気の循環の認識に対して大きなインパクトを与える画期的な成果であると言える。

なお、本論文の第2~4章は、中村尚氏(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数値実験および結果の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される。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。