学　位　審　査　報　告　書

（ふりがな） 氏　　名	（　みやもと　よしあき　） 宮　本　佳　明
学位（専攻分野）	博　　士　（　理　学　）
学　位　記　番　号	理　　博　　第　　号
学位授与の日付	平成 23 年　3 月　23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研　究　科　・　専　攻	理学研究科　地球惑星科学　専攻

（学位論文題目）

ROLES OF SEA SURFACE FLUXES ON THE MAINTENANCE AND INTENSIFICATION OF TROPICAL CYCLONES

（熱帯低気圧の維持･強化過程における海面フラックスの役割）

論　文　調　査　委　員	（主査）　竹見　哲也　准教授 里村　雄彦　教授 余田　成男　教授

理　学　研　究　科

（ 続紙 １ ）

京都大学	博士（理学）	氏名	宮本　佳明
論文題目	ROLE OF SEA SURFACE FLUXES ON THE MAINTENANCE AND INTENSIFICATION OF TROPICAL CYCLONES （熱帯低気圧の維持・強化過程における海面フラックスの役割）		

（論文内容の要旨）

大気海洋相互作用の基礎となる海面での抵抗（運動量フラックス）および海面・大気間の熱フラックスの輸送係数は風速に依存して変化し、観測によればその係数の数値は特に強風時において大きくばらつき、確定的な定量化はなされていない。熱帯低気圧の強化や維持にはこれら運動量および熱のフラックス（海面フラックス）の果たす役割が極めて重要である。それにもかかわらず、観測の困難さから熱帯低気圧発達時の海面フラックスの役割には未解明な点が多い。そこで本研究では、熱帯低気圧の維持・強化過程における海面フラックスの役割を軸対称非静力学モデルおよび３次元非静力学モデルの２種類の大気モデルを用いた数値実験を行うことにより調べた。

海面フラックスの輸送係数の不確定性の幅を考慮し、輸送係数の風速依存関係を様々な組み合わせで設定し、３次元モデルを用いた２００６年台風 Ioke の再現実験および軸対称モデルを用いた典型的な熱帯大気条件での熱帯低気圧の数値実験を行った。軸対称モデルは本研究において独自に開発したものである。その結果、熱帯低気圧の成熟段階および発達段階における海面フラックスの多面的な役割を示した。すなわち、運動量フラックスについては、成熟段階においては海面抵抗の強化による運動量散逸という負の効果が作用して熱帯低気圧強度を弱め、発達段階においては海面付近での風の収束の強化という正の効果が作用して熱帯低気圧の発達速度を強めることを示した。一方、熱フラックスについては、熱帯低気圧の成熟強度・発達速度を常に強化するように作用し、眼の壁雲の対流活動は熱フラックスが大きいほどその活動域が外側に広がるという熱フラックスに対する強い感度を持つことを示した。

熱帯低気圧の中心からある距離以上では熱フラックスをゼロにするという仮想条件での数値実験を行い、熱帯低気圧の強度維持にはどの領域までの熱フラックスが有効に作用するかについて調べた。その結果、強度維持のために有効に作用する半径が存在することを明らかにした（海面エンタルピーフラックス有効半径）。有効半径は最大風速半径の 7-8 倍に位置し、実験で与えた環境条件では約 100 km であった。

次に、熱帯低気圧が急発達段階に遷移する過程を調べた。熱帯低気圧の構造の軸対称性をエネルギー解析により調べた結果、急発達段階に入る直前に壁雲領域での軸対称性が急速に高まることが分かった。軸対称化により壁雲領域での流れの慣性安定度が増し、そのことで壁雲領域での空気塊の滞在時間が長くなることを軌跡解析により示した。滞在時間が長いことにより海面から多量の熱フラックスを獲得でき、大気成層が不安定化する。これにより壁雲域での対流活動が持続的に発達することが分かった。さらに、急発達段階に入る前に存在していた境界層の上空の外向き流が、軸対称化による２次循環の強化（すなわち下層での流入風の強化）により、徐々に減衰してやがて内向き流に変化する。流れ方向が内向きに変わり、大気下部での内向き流が強化された時が急発達段階の開始に相当することを示した。熱フラックスによる大気の不安定化と運動量フラックスによる内向き流の強化という熱力学・力学構造の両者の変化により、熱帯低気圧が急発達段階に遷移することを明らかにした。

（続紙　２　）

（論文審査の結果の要旨）

熱帯低気圧は、台風・ハリケーン・サイクロンといった顕著な気象擾乱に発達し、しばしば甚大な災害をもたらす。そのため気象予報では熱帯低気圧は重要な予報対象のひとつであり、これまで多くの努力が捧げられてきた。その結果、台風などの進路予報の精度は常に向上してきた。しかしその強度予報の精度はあまり向上していない。熱帯低気圧の発達における大気海洋間の相互作用過程の役割、特に海面・大気間の運動量・熱の輸送が強風条件の時に熱帯低気圧の発達にどのように作用するのかという熱帯低気圧の強化過程に関する基礎的な理解が進んでいないことが問題である。

申請者は、大気モデルを用いた数値実験というアプローチにより、熱帯低気圧の維持および発達における海面フラックスの役割を調べた。海面フラックスの輸送係数が強風時に示す数値の不確定性の幅を考慮して、輸送係数の風速依存関係を様々な組み合わせで設定し、系統的な実験群により感度を調べるという方針を取った。よって、効率よく自在に実験設定を可能とするため申請者は独自に軸対称モデルを開発した。

熱帯低気圧の発達には熱フラックスが主な役割を果たすことが分かっている。しかし熱帯低気圧の中心からどの距離までのフラックスが発達に実質的に寄与するのかということは分かっていない。申請者は、熱帯低気圧の発達に有効に作用する熱フラックスの領域として海面エンタルピーフラックス有効半径という今までにない新しい概念を提案した。この概念は、熱帯低気圧の発達における熱フラックスの役割を明確にしたという点で高く評価できる。また、運動量・熱フラックスが熱帯低気圧に及ぼす影響を発達速度の違いにより整理した点も新しい視点として評価できる。

熱帯低気圧のこれまでの研究では発達・成熟段階に関するものが多い中で、本研究では急発達段階に遷移する先行過程に注目し、３次元モデルによる数値実験を行った。急発達開始の直前に熱帯低気圧の構造の軸対称性が急速に高まるということに着目し、空気塊の軌跡解析という手法を用いて、壁雲領域内における空気塊の滞留による熱フラックスの獲得という新しい観点から熱帯低気圧の強化過程を明らかにした。熱帯低気圧が軸対称化すると、壁雲領域での大気成層が不安定化し、２次循環の強化に伴い大気下部での内向き流が強化され、熱帯低気圧は急発達の段階に遷移するという先行過程の存在を初めて示した。この研究は、熱帯低気圧の急発達過程に関する新しいメカニズムを提唱したという点で独創性の高いものと評価できる。

以上を要するに、本研究は、熱帯低気圧の強度維持に必要な有効半径という新しい概念を提案し、熱帯低気圧の発達段階においては急発達に遷移する先行過程が存在することを初めて示し、熱帯低気圧の維持と強化における海面フラックスの役割に関する新しい知見を提示したという点で、熱帯低気圧の基礎研究において貢献するところが大きい。本研究で得られた知見は、熱帯低気圧の強化過程の理解の進展および熱帯低気圧の強度予報の精度向上に繋がる成果であると言える。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、平成２３年１月２４日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った。その結果合格と認めた。