

Numerical study on the evolution of tropical cyclone size: Sensitivity to the radial distribution of latent heating

辻, 宏樹

<https://doi.org/10.15017/1806820>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名	辻 宏樹			
論 文 名	Numerical study on the evolution of tropical cyclone size: Sensitivity to the radial distribution of latent heating (熱帯低気圧の大きさの変化に関する数値実験: 潜熱加熱の動径分布に対する感度)			
論文調査委員	主 査	九州大学	助教	中島 健介
	副 査	九州大学	教授	廣岡 俊彦
	副 査	九州大学	教授	川村 隆一
	副 査	琉球大学	助教	伊藤 耕介

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

地球の低緯度海洋上で好適な条件が整うと、大気の渦運動、海面からの水蒸気と熱の供給、水蒸気の凝結による加熱が相互作用して低気圧が発生し、ときに顕著に発達する。これら「熱帯低気圧」は経路にあたる領域の海上海岸を中心にしばしば甚大な被害をもたらすことから古来注目され、北西太平洋の「台風」、北大西洋の「ハリケーン」、インド洋の「サイクロン」など固有に呼称されてきた。個々の熱帯低気圧は様々な強さと大きさを持っており、発生する災害の程度や範囲は強さと大きさの組み合わせにより異なる。過去の研究から強さと大きさの相関は弱いことが示されており、両者は独立なパラメタであるといえる。これらに関連する研究のうち、熱帯低気圧の発達に関わる研究は 1950 年代から数多く蓄積されてきたが、大きさの変化に関わる研究は少なく、その重要性にも関わらずメカニズムの解明は遅れていた。辻宏樹氏はこの状況に注目し、本論文において理想化数値実験と衛星観測データの分析の両面からのアプローチを組み合わせ、熱帯低気圧（以下では「台風」と表記する）の大きさの変化メカニズムに迫っている。

主論文の前半では、台風を模した渦の特定の場所に積雲加熱を模した加熱強制を与え、渦の大きさ（風速 15m/s 以上の領域の半径 R15 で定義している）の変化を系統的に調べる一連の理想化数値実験を行っている。この制御された実験設定の動機は、実際の台風や現実的な数値モデル実験で不可避免的に発動する渦と積雲加熱の相互作用に纏わる複雑さを抑制すること、および、現実的設定における積雲加熱として実現し得るパラメタ範囲の外を含めて調査を行うことにある。使用したモデルは f 面プリミティブ方程式系モデルである。調査で想定した加熱の位置、幅、強さ、および、初期渦の構造の多様性は、広範で徹底したものである。一部のパラメタ実験は、渦の中の二つの領域に加熱を置いて行われている。

一連の理想化パラメタ実験の結果、大枠として以下の 3 つのことが明らかになった。第一に、渦の大きさの変化は、加熱強制を与える位置と強さに依存する。すなわち、加熱強制を渦の中心付近に与えた場合は渦の大きさの変化は小さく、初期 R15 の内側で中心から離れた位置に与えると渦は大型化し、初期 R15 の外に加熱を与えると渦は縮小する。この結果は、加熱が駆動する軸対称鉛直循環の構造に慣性安定度分布を与える影響、および、鉛直循環による絶対角運動量の輸送特性を考察することで説明できる。第二に、初期渦の構造も渦の大きさの変化に影響を与えており、接線風動径勾配が小さい初期渦の方が大型化しやすいことが明らかになった。この結果は、絶対角運動量の増分と R15 の変化の関係において、接線風の動径勾配の大小が関わることから説明できる。第三

に、加熱に対する渦の大きさの変化の応答は基本的に線形的である。すなわち、加熱の強さが強いほど渦は大型化し、また、二ヶ所に加熱を与えた場合の渦の大きさの変化は個々の加熱が渦の大きさに与える影響の足しあわせに近くなる。これは加熱と軸対称鉛直循環の間の線形性、および、台風内の角運動量分布の変化特性によって説明できる。ただし例外として、加熱の一方を初期 R15 の内側に、他方を初期 R15 のすぐ外側に置いた場合の応答は非線形的であり、外側の加熱は渦の大きさの増大に寄与していた。これは、加熱領域付近で流れの不安定により生じる非軸対称擾乱による絶対角運動量輸送に起因していた。

主論文の後半では、前半の理想化数値実験に見出された積雲加熱と渦の大きさの変化との関係が現実の台風においても見出されるかどうかを、衛星観測に基づく風と降水のデータの解析から統計的に調べている。解析では、まず個々の台風について R15 が増加する期間と増加しない期間を見出し、次にそれぞれの期間について降水量の動径分布を求め、さらに台風中心からの距離を、その時点の R15 で割って規格化した動径座標に対してマップした標準化動径降水分布を抽出したうえで、R15 の増大期の全台風事例の標準化動径降水分布のコンポジットと、同じく R15 の非増大期の全事例のコンポジットを作成して比較している。

解析の結果、サイズが増加する期間と増加しない期間のコンポジット降水動径分布には有意な差異があること、そして、その差異は、理想化実験の一連の結果と整合的であることが明らかになった。すなわち、R15 の内側で中心から離れた位置においては、大きさが増加する期間のほうが変化しない期間と比べて降水が多かった。一方、R15 の外側においても、大きさが増加する期間のほうが変化しない期間よりも降水が多かった。これは一見すると、R15 の外側に加熱を与えると渦は縮小するという理想化実験の結果と整合的でないが、R15 の外側の加熱が渦を縮小させる効果よりも R15 の内側の加熱が渦を大型化する効果のほうが一般に大きいことと、2ヶ所を加熱した理想化実験で R15 のすぐ外側の加熱が渦を大きくすることに寄与していたことを勘案すると、理想化実験の結果と矛盾しない。また、衛星データから見出された台風の大きさ変化と降水の関係は、台風の強度や強度変化の有無には依存しないことも明らかになった。

上記のように、本論文で行われた研究は、台風の大きさ変化メカニズムについて、研究の現状に関する独創的な着眼点から出発し、理想化設定の徹底したパラメータ数値実験と総合的な衛星観測データの解析から相補的に迫ったものである。結果は、過去および将来の現実的な数値的研究の再解釈やデザイン、および、観測やデータ解析の方針策定のために、シンプルかつ強固な枠組みを提供しており、総合的に見て本研究は、台風の構造変化に関する将来の幅広い研究の確かな土台としての有用性が極めて高いものであると評価できる。

よって、辻宏樹氏は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。