

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)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

台風の大きさは台風の強さとともに台風を特徴付ける重要な性質である。しかし、台風の大きさの変化について調べた研究は、台風の強さや進路などについて調べた研究と比較して少なく、大きさの変化メカニズムの解明は不十分である。

本研究では、台風の大きさの変化メカニズムを明らかにするために、まず、積雲加熱を模した加熱強制と台風を模した渦の大きさの変化の対応関係を明らかにすることを目的とした理想化数値実験を f 面プリミティブ方程式系モデルを用いて行った。数値実験では、加熱の位置、幅、強さの渦の大きさの変化への感度と初期渦の構造が渦の大きさの変化に与える影響、及び加熱を二ヶ所の領域に与えた場合の渦の大きさの変化を調べた。その後、理想化実験で得られた結果に基づき現実の台風の大きさの変化と降水分布の関係を衛星観測データを用いて調べた。大きさは、風速が 15 m s^{-1} 以上の領域の半径(R15) で定義した。R15 は理想化実験ではモデル最下層における風速を用いて、現実の台風のデータ解析では衛星搭載のマイクロ波散乱計(QuikSCAT/SeaWinds) による風速データを用いて、それぞれ計算した。データ解析における降水分布は Tropical Rainfall Measuring Mission Microwave Imager (TRMM/TMI) による観測データと、Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) のデータを用いた。

理想化数値実験の結果から、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し、加熱の幅には依存しないことが明らかになった。加熱強制を中心付近に与えた場合の渦の大きさの変化は小さく、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、R15 の外に加熱を与えると渦は縮小する。加熱の強さは強いほど渦は大型化する。また、二ヶ所に加熱を与えた場合の渦の大きさの変化は、それぞれの加熱が渦の大きさに与える影響の足しあわせで基本的に理解できることも明らかになった。ただし例外として外側の加熱を R15 のすぐ外側に与えた場合、R15 の変化率は途中で増加する。この時、外側の加熱は R15 の外にあるにもかかわらず渦の大型化に寄与する。初期渦の構造も渦の大きさの変化に影響を与えており、接線風の動径勾配が小さい初期渦のほうが、動径勾配が大きい初期渦よりも、同じ加熱強制に対して渦が大型化しやすいことも明らかになった。

理想化実験の結果は、加熱が励起する二次循環(Secondary Circulation, SC)、および、それによる絶対角運動量(Absolute Angular Momentum, AAM)の輸送を考慮することで説明できる。R15 で定義した渦の大きさの変化には、R15 における接線風の時間変化と接線風の動径勾配が寄与する。このうち前者は R15 における AAM の動径移流によって主に担われる。R15 における AAM の動径移流の大きさは、加熱位置と加熱の強さに関係する。加熱の位置が中心に近い場合、慣性安定度

が高いために加熱が誘起する循環の水平スケールが小さく、R15 付近で内向きの流れが強まらない。そのため、R15 における AAM の動径移流は小さく、渦の大きさの変化も小さい。R15 の内側で中心から離れた位置に加熱を与えた場合、慣性安定度が低いために加熱が誘起する循環の水平スケールが大きく、R15 付近で内向きの流れが強くなる。そのため、R15 における AAM の動径移流は大きく、渦は大型化する。R15 の外に加熱を与えた場合、加熱が誘起する循環は R15 において流れは外向きとなるので、R15 における AAM の動径移流は負となり、渦は縮小する。強制位置が同じであれば、動径風は加熱が強いほど強いので、強制の強さが強いほど渦は大型化する。一方で加熱の強さが同じであれば加熱域の幅を変えても渦の大きさの変化量は変わらない。加熱と加熱が誘起する循環の強さが線形対応するので、AAM の勾配が変わらなければ加熱を二ヶ所に与えた場合の渦の大きさの変化は個々の加熱の寄与の足しあわせによって理解できる。ただし、渦の内側と外側に加熱を与えた場合で、外側の加熱が R15 のすぐ外側に位置する場合は、AAM の動径移流の非軸対称成分の寄与により、接線風の増加傾向が途中で変化するので、R15 の変化は個々の加熱の寄与の足しあわせにならず、個々の加熱の寄与の和より大型化する。AAM の動径移流と R15 の変化は接線風の動径勾配を通して関係している。AAM の動径移流が同じでも、接線風の動径勾配が小さいほうが、R15 の増加効率が高く渦は大型化する。

衛星データを用いた解析の結果から、衛星データを用いて計算した R15 の変化を用いて定義した台風の大きさが増加する期間と変化しない期間それぞれにおける降水分布の間には、理想化実験の結果で説明可能な違いが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い。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く、一見すると理想化実験で R15 の外側に加熱を与えると渦は縮小するという結果と整合的でない。これは、二ヶ所に加熱を与えた実験に見られた二つの特徴、すなわち、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大きいこと、および、R15 のすぐ外側の加熱は R15 の内側にも加熱がある場合には渦の大型化に寄与することを考慮に入れると、理想化実験の結果から説明ができる。こ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。

上記に示す本研究のこれらの成果は、従来の多くの研究で行われている台風の中心近傍の構造への降水分布の影響の議論と合わせることで、台風の大きさの変化や強さの変化を含む台風全体の構造変化と降水分布の関係を明らかにできる可能性を持っている。