九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Remote Thermodynamic Impact of the Kuroshio on Tropical Cyclone Development Over the Western North Pacific in Boreal Fall

藤原, 圭太

https://hdl.handle.net/2324/4474945

出版情報：Kyushu University, 2020, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)

（様式６－２）

氏　　名	藤原　圭太
論　文　名	Remote Thermodynamic Impact of the Kuroshio on Tropical Cyclone Development Over the Western North Pacific in Boreal Fall （秋季北西太平洋における熱帯低気圧の発達に対する黒潮の熱力学的な遠隔影響）
論文調査委員	主　査　　九州大学　　教授　　川村　隆一 副　査　　九州大学　　教授　　廣岡　俊彦 副　査　　九州大学　　准教授　　望月　　崇 副　査　　九州大学　　准教授　　山本　　勝

論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

台風発達のエネルギー源は水蒸気の凝結に伴う潜熱であることは言うまでもない。そのため大気中に豊富な水蒸気が存在している熱帯海洋上で台風は発生・発達する。日本近海に接近してくる台風でも，台風システム内に継続的に水蒸気が供給されれば勢力を維持することが可能である。台風の発達理論は様々あるが，全て軸対称構造を仮定している。理想化実験などから台風の２次循環（動径方向の鉛直循環）内で海面から蒸発した水蒸気が台風の内部コアに輸送され，上昇流によって上空で凝結が起こり潜熱を解放することで上昇流をさらに強めるフィードバックが生じる一方，２次循環に伴う内向きの動径風（インフロー）によって外側から絶対角運動量が内部コアに輸送されるため，接線風速が加速されていくというプロセスはどの理論でも共通である。しかし現実大気においては，完全な軸対称構造をもった台風はほとんど存在しない。仮に発生初期に典型的な軸対称構造をもった台風でも，発達しながら移動していく過程でその構造が歪んだりすることは頻繁に観測されている。そのため，実際に観測される台風の２次循環の範囲を同定することはほぼ不可能といって良い。したがって，ある台風の発達をもたらす水蒸気は一体どのくらいの広さの領域（海域）から供給されているのかという本質的な問いに対する明快な答えはこれまで皆無であった。上述の問題を明らかにするために，本研究では最新の非静水圧・雲解像領域気象モデルを用いた水平解像度約 4km の高解像度シミュレーションを実施し，乱流潜熱フラックスの増減や海面水温改変等の各種感度実験を併用して，さらに詳細な力学解析・熱収支解析を行うことで上記のプロセス解明に取り組んだ。具体的な研究成果は以下にあげられる。

本研究では典型事例として主に台風 Chaba（2010 年台風 14 号）に焦点を当てた。Chaba が南西諸島の南方海上を北上している時の海面更正気圧をみると，日本付近の移動性高気圧と台風との間で気圧差が大きくなっており，黒潮上では北東風が強まることで黒潮からの海面蒸発が活発化する。熱フラックスとしては冬季並みの 500 W/m^2 を超えている。そこで雲解像領域モデルを用いて黒潮の海面潜熱フラックス（LHF）改変実験を実施した。具体的には LHF を 50%減少させた実験と LHF を 0%にした 2 種類の実験を再現実験（コントロール実験）と比較した。その結果，黒潮の LHF を人為的に減少させる，あるいは除去すると，LHF 改変領域から十分遠距離に台風が位置しているにもかかわらず，台風の発達が明らかに抑制されることが見出された。これは環境風による黒潮からの水蒸気流入フラックスが台風発達に重要であることを意味している。LHF 感度実験では，中緯度起源の

乾燥空気は黒潮からの水蒸気供給をほとんど受け取れないため，境界層のインフロー内の相当温位は減少傾向にあり，台風の壁雲付近の対流による上昇流・下降流の弱化を促進させることになる。そのような変化は台風発達の抑制因子として作用すると考えられる。もし総観場が好適な条件を満たせば，このように黒潮は北西太平洋の台風の強度に遠隔影響をもたらすポテンシャルをもっていることが初めて見出された。以上の知見の妥当性・信頼性を高めるために，LHF を 50%増加させた改変実験も併せて実施した。コントロール実験よりも台風の発達が強化されると予想されたが再び台風の発達が抑制され，一見すると矛盾した結果が得られた。しかし詳しい調査により，その力学的・熱力学的プロセスが明らかになった。再現実験では黒潮から台風本体へ向かって水蒸気の流れが見られているが，LHF 増加実験では東日本に近い黒潮上の弱い低気圧擾乱が過度に発達してしまい，その発達した低気圧に黒潮からの水蒸気が捕捉されると同時に，下層北東風も弱化した。結果として台風本体への水蒸気の流入が阻害されていた事が判明した。LHF 増加実験は黒潮からの水蒸気流入が台風の発達に遠隔的な影響を与えていることを改めて支持するものであった。

上述の LHF 改変実験は黒潮の存在自体が遠隔海域の台風発達に影響を与えるという受動的役割を強調するものであったが，黒潮はダイナミックに変動しており関連して海面水温（SST）も大きく変化する。そこで黒潮の能動的役割も評価するために，新たに SST 改変実験を実施した。±1℃までの昇温・降温実験から，SST 偏差に対応して黒潮から台風内部コアへ流入する水蒸気フラックスが系統的に変化しており，ほぼ線形的に台風中心気圧の強度が応答していることが見出された。このような LHF 及び SST を改変する同様な数値実験は他の複数の台風事例についても実施しており，矛盾のない結果を得ることに成功している。

一連の研究成果は台風の予測可能性に重要な示唆を与えるものである。たとえば，日本付近の移動性高気圧や黒潮上の低気圧擾乱が適切に予報されなければ，その予報誤差が水蒸気流入量の変化を介して台風の強度予報にも誤差を与えてしまう可能性が高い。また予報モデルにおいては，水蒸気流入量に直結する黒潮の SST や海面蒸発が精度良く見積もられる必要があることを示した。一方，今世紀に入って黒潮 SST の高温化が進行していることから，日本に接近する台風の強度の将来変化予測にも本研究の成果は重要な知見を与えるものである。

台風の巨視的描像の観点から，台風の２次循環と台風内部コアのメソスケール構造を解像可能とする高解像度数値シミュレーションを実施することによって，黒潮の遠隔影響の仮説を構築し検証した本研究は，総観気象学の主要課題の一つである熱帯低気圧の発達理論に新たな知見を与える学術的価値の高い業績であるのみならず，中緯度大気海洋相互作用の研究や台風起源の暴風・異常波浪等の気象・海象災害の減災・防災研究の発展にも大きく資するものである。

よって，本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。