

## 非静力学大気波浪海洋結合モデルを用いた台風-海洋相互作用の研究

坪木 和久 (名古屋大学宇宙地球環境研究所)

### 1. はじめに

台風の強度予測の精度を向上させるためには、台風を含む数千キロメートル以上の環境場を計算するとともに、雲を表現する解像度で計算を行い、さらに台風と海洋との相互作用や台風周辺の対流圏上部および成層圏下部の温度を正確に予測することが必要である。台風と海洋の相互作用は非線形性が強く、高解像度の大気海洋結合モデルを用いることが不可欠である。また、対流圏上部のような上層の温度は環境場だけでなく、台風から吹き出す巻雲により決められる。そこで本研究では雲を解像する大気モデル CReSS(Cloud Resolving Storm Simulator)と、海洋研究開発機構で開発された、海洋の小スケールの運動まで表現できる非静力学海洋モデル NHOES (NonHydrostatic Ocean model for the Earth Simulator) を結合し、台風の強度をコントロールする大気海洋相互作用と巻雲の台風強度予測に対するインパクトを明らかにすることが目的である。

本報告は地球シミュレータ特別推進課題の2015年3~5月期に実施した台風上部の巻雲に注目した研究と、6~9月期に実施した海洋上部貯熱量変動の台風に与えるインパクトを中心とした研究についてのものである。上層の巻雲については、それ自体が台風の強度に直接影響するのではなく、放射過程を通して台風の強度に作用する。また、海洋上で発生する台風は、そのエネルギーのほとんどを海から受け取るとともに、海洋は表面からの冷却、上部の混合、さらに台風に誘起された鉛直運動などで冷却を受け、それは台風の強度を制限するなど複雑な相互作用の結果、台風の強度が決まる。本研究ではこのような相互作用を高解像度の非静力学大気海洋結合モデルを用いてシミュレーションし、台風の強度の精度の高い予測を目指すものである。

### 2. 非静力学大気海洋結合モデル

本研究で用いる非静力学大気海洋結合モデル

(CReSS-NHOES) は、大気と海洋のそれぞれが独立に地球シミュレータで開発されたモデルであるが、非常に親和性が高く、大気と海洋ともに非静力学で高解像度のシミュレーションが可能である。また、地球シミュレータで最も効率よく実行できるモデルとなっており、新しい地球シミュレータでさらにその性能が発揮されることが期待される。また、台風のシミュレーションには高解像度大規模シミュレーションが不可欠で、地球シミュレータの性能が必要である。

シミュレーション実験の対象とする台風は、非常に強い台風で、伊勢湾台風、MEGI (2010)、HAIYAN (2013)、サイクロン PAM (2015) などである。低緯度の熱帯低気圧を対象とする理由は、地球上での最大強度のものが、低緯度で発生するからで、現在の気候における熱帯低気圧の到達最大強度を与えるからである。また、地球温暖化が進むと今世紀後半には、日本付近の海面水温が、現在の低緯度の海面水温ぐらいに昇温するので、将来の日本付近に達する台風の強度をシミュレーションにより推定できると考えられる。

### 3. 伊勢湾台風

戦後最大規模の台風災害をもたらした伊勢湾台風は、昭和34(1959)年9月26日、紀伊半島に上陸し東海地方に甚大な災害をもたらした。伊勢湾台風は台風のメカニズムの研究において重要であるだけでなく、最悪の経路をとった台風という点で、未来の最悪台風のシナリオとなる点で重要である。このため伊勢湾台風を調べ、さらに“未来の伊勢湾台風”を予測することは、学術的にも防災の観点からも大きな意義がある。そこで雲解像モデル CReSS を用いて、水平解像度 2km で上陸のおよそ2日前から上陸後までのシミュレーションを実施した。初期値は1959年9月24日12UTCである。シミュレーションは放射過程を入れた場合と入れない場合の2つを行った。

シミュレーション実験の結果から、上陸時でも眼と眼の壁雲が対称性のよい直立した構造をしている。このことは台風が強い勢力を維持していたことを示している。また、上層の厚い巻雲が眼の壁雲から周囲に広く広がっており、南西側は沖縄付近まで達している。図1は伊勢湾台風の中心気圧の時間変化を観測とシミュレーションについて比較したものである。シミュレーションの初期値では、ベストトラックと25hPaの差があったが、6時間程度で観測値にほぼ同じになっている。放射過程のないシミュレーションでは、そのまま中心気圧が下がり続けて、9月25日23UTCに最低中心気圧に達している。一方で放射過程のあるシミュレーションでは、9月24日18UTCに観測値と同じ程度の中心気圧に達した後、ほぼ観測値と同じ程度の中心気圧で、9月25日06UTCまで大きな変化なく推移している。この期間中にベストトラックとの中心気圧の差は最大でも10hPa以下で、放射過程のないシミュレーションでは最大で25hPaの差であったのに対して、観測に近いものとなっている。

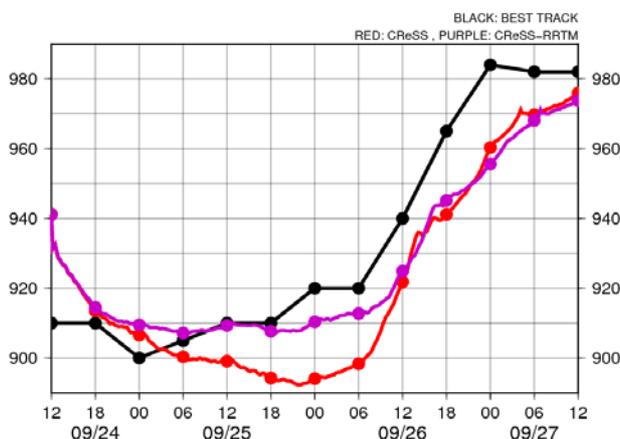


図1：伊勢湾台風の中心気圧の時間変化。黒実線は気象庁ベストトラック。赤実線は放射過程のないシミュレーション、紫実線は放射過程のあるシミュレーション。

#### 4. スーパー台風 HAIYAN(2013)

2013年11月に上陸し、レイテ島を中心とするフィリピンに甚大な被害をもたらした台風第30号 HAIYANは、上陸時の中心気圧895hPaに達した。台風 HAIYAN(2013)の強度の再現を目的として、海洋を1次元熱拡散モデルで表現した雲解像モデル CReSS による

実験と、非静力学大気海洋結合モデル CReSS-NHOES による実験を実施した。水平解像度2kmの実験では、海洋を1次元モデルで表現した実験では、海洋の格子数は同じで、格子間隔を0.5、1.42、5mの3とおりに変えてシミュレーションを実施した。格子数が同じであるので、計算される海の深さ、すなわち海の貯熱量が変わる。図2にシミュレーションから得られた中心気圧の時間変化を示した。まず、ベストトラックの中心気圧と比較すると、明らかに気圧低下時刻が観測に比べて遅れている。計算では、6日00~12UTC付近から急発達をはじめている。到達した最低中心気圧は、海が深いほど、すなわち海の貯熱量が大きいほど低くなっており、855hPaから908hPaまでの大きなばらつきがある。このことはスーパー台風 HAIYAN の最大強度は、海洋の貯熱量に大きく依存していることを示している。このため台風の強度を精度よく再現するためには、海洋モデルが必要であることが分かる。図2の黒実線は非静力学大気海洋結合モデル CReSS-NHOES による結果であり、これによる最低中心気圧は885hPaで観測の895hPaに比べて10hPaほど低いが、海洋を結合しないモデルに比べて十分観測に近いものとなっている。また、発達時期の遅れは改善されていないが、急発達は再現された。

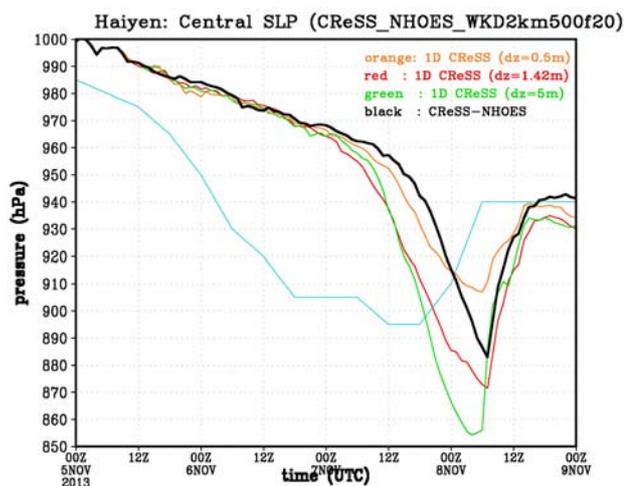


図2：HAIYAN(2013)のシミュレーションから得られた中心気圧の時間変化を気象庁ベストトラック（水色）と比較したもの。オレンジ、赤、緑の線は雲解像モデルによるもので、鉛直1次元の海洋の格子幅が、0.5、1.42、5mにしたもの、太い黒実線が非静力学大気海洋結合モデル CReSS-NHOES で行った結果。