

高解像度台風モデルによる台風ハイエン（台風1330号）の再現実験

岐阜大学 学生会員 ○豊田 将也
岐阜大学 正会員 吉野 純
岐阜大学 学生会員 荒川 悟
岐阜大学 正会員 小林 智尚

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響により、海水面温度が上昇していると報告されている。IPCC第5次評価報告書（2013年9月発刊）によると、「世界規模で海洋の温暖化は海水面付近で最も大きく、1971年から2010年の期間において10年あたり0.11℃昇温した」と発表されている。一般的に、日本に襲来する台風は、その勢力が弱まった状態で接近・上陸するが多い。しかし、海水面温度の上昇は、台風強度を増加させるものと考えられ（Emanuel, 1995）、将来的には、現在よりも強化した台風が勢力を維持したまま日本に上陸する可能性が高まるものと懸念される。

その前兆ともいえる台風が、昨年11月にフィリピンを襲った台風ハイエン（台風1330号）である。この台風は、暖かい熱帯海上で発生し、最盛期には中心気圧895hPa、最大風速60m/s以上にまで発達し、勢力を維持したままフィリピンを横断したため、タクロバン等において少なくとも5mを超える高潮が発生したと推定されている。台風ハイエンによる台風災害メカニズムを十分に理解するためにも、また、将来迫りくる強化した台風による災害を防止するためにも、精度の高い高解像度台風モデルを構築する必要がある。

そこで本研究では、新たに独自の高解像度台風モデルを開発し、台風1330号の台風強度や内部構造の再現実験を行い、フィリピン中部における大規模災害の発生メカニズムを明らかにすることを目的とする。

2. 台風ハイエン（台風1330号）について

図-1の星印は、気象庁ベストトラックによる台風ハイエンの台風進路を、また、図-2の点（橙色）は、その中心気圧の時系列をそれぞれ示す。台風ハイエンは、2013年11月4日に発生し、発生後4日程度で急発達し、フィリピン上陸直前に最低気圧は895hPaに達するスーパー台風へと成長した。この台風の直撃により、死者6,190人、行方不明者1,785人、被災者数1,410万人以上（2014年1月現在）にも上った（有川, 2014）。現地の観測態勢の不備により、その災害発生メカニズムは十分に理解されていないのが現状である。

3. 高解像度台風モデルについて

本研究では現地観測に代わる手段として、MM5をベースとする高解像度台風モデルを利用する（吉野ら, 2013）。MM5は、完全圧縮・非膨張系・非静力学平衡プリミティブ方程式系からなり、雲微物理過程、積雲対流過程、大気境界層過程、大気放射過程などの重要な物理過程が考慮されている（Dudhia, 1993）。更に、MM5に対して、台風の強度に大きく関与する海面境界物理過程（海洋混合層過程、粘性散逸加熱過程、及び、波飛沫蒸発過程）を導入している。本研究では、台風強度において特に重要なパラメータである海洋混合層厚さの影響を確認するため、フィリピン以東の海洋混合層厚さの初期値を、10m（CASE1）、20m（CASE2）、30m（CASE3）、40m（CASE4）、及び、50m（CASE5）の5種類の計算を実施した（フィリピン以西は気候値に近い10mに固定した）。

また、台風内部を高効率かつ高解像度に計算するための自動移動ネスティングを導入することにより、現実的な台風強度の推定を可能にしている。本研究では、台風の周辺環境場を表現する27kmメッシュ領域（D1）の中に、台風の全体構造を解像する9kmメッシュ領域（D2）と台風の内部コア構造を解像する3kmメッシュ領域（D3）を置き、3段階のネスティング領域により構成される。D2とD3は

表-1 高解像度台風モデルの計算設定

計算領域	D1	D2	D3
対象台風	2013年台風30号(Haiyan)		
対象時間	2013年11月4日0時Zー2013年11月11日6時Z		
水平解像度	27km	9km	3km
水平格子数	250 × 250	91 × 91	31 × 31
時間間隔	90秒	30秒	10秒
鉛直解像度	24層(1000-70hPa)		
初期・境界・同化条件	NCEP Final Analyses (1° × 1° 格子間隔; 6時間間隔)	D1(27km)	D2(9km)
自動移動ネスティング	Off	On(15分毎)	On(15分毎)
台風ボーガス	風速17.2m/s ランキン渦		
ナッジング(4DDA)	On	Off	Off
積雲対流過程	Kain-Fritsch cumulus	Off	Off
雲微物理過程	Reisner graupel		
大気境界層過程	Mellor-Yamada Level2.5 Eta PBL		
放射過程	Cloud radiation		
陸上表面過程	5-layer soil		
海洋混合層過程	Shade and Emanuel(1999)		
波飛沫蒸発過程	Fairall et al.(1994)		
粘性散逸加熱過程	Jin et al.(2007)		

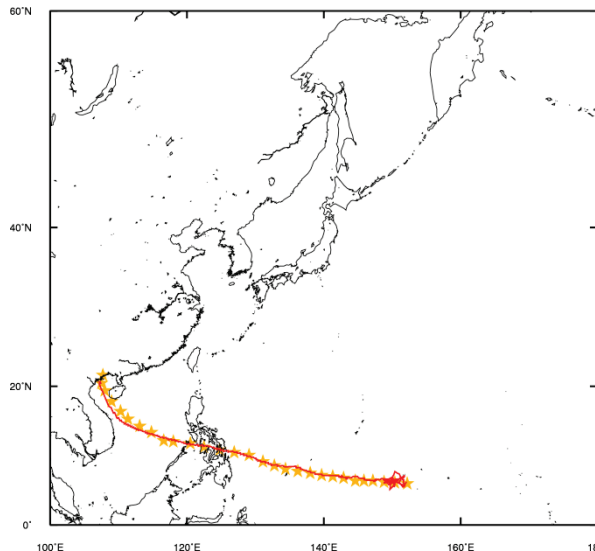


図-1 台風ハイエンの進路図（星印：気象庁ベストトラック，実線：CASE5）

台風の移動を自動追尾することで，台風の発生から消滅までの強度や内部構造を高効率かつ高解像度に表現できる．

初期値・境界値・同化値条件には， $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ メッシュのNCEP全球客観解析データ（6時間毎）を使用する．現実的な台風進路を表現できるよう，D1に対してのみ4次元データ同化の一種であるナッジングを適用する．その他，詳細な計算設定は，表-1に示す．

4. 結果と考察

新たに開発した高解像度台風モデルを用いて，台風ハイエンの発生から消滅までの高解像度再現実験を実施した．図-1は，台風ハイエンの発生から消滅までの高解像度台風モデルによる進路を示す．D1に対してナッジングを適用することにより，現実的な台風進路を再現できていることが見て取れる．これにより，台風周辺の現実的な気象場が，D2やD3の境界条件として与えられることで，現実的な台風強度を推定できるものと期待される．

図-2は，台風ハイエンの発生から消滅までの高解像度台風モデルによる中心気圧の時系列を示す．台風直下の海洋混合層厚さの違いの影響は極めて大きく，CASE1では最低気圧920hPa程度にとどまるが，CASE5では最低気圧900hPaを下回る勢力へと発達している．結果として，CASE5の海洋混合層厚さ50m程度が最も精度がよく，この事例では気候値に比べて海洋混合層厚さがより発達した状態にあったと考えられる．よって，海洋混合層厚さの観測データをこの高解像度台風モデルに入力できれば，精度の高いリアルタイム台風強度予測が可能になると期待される．

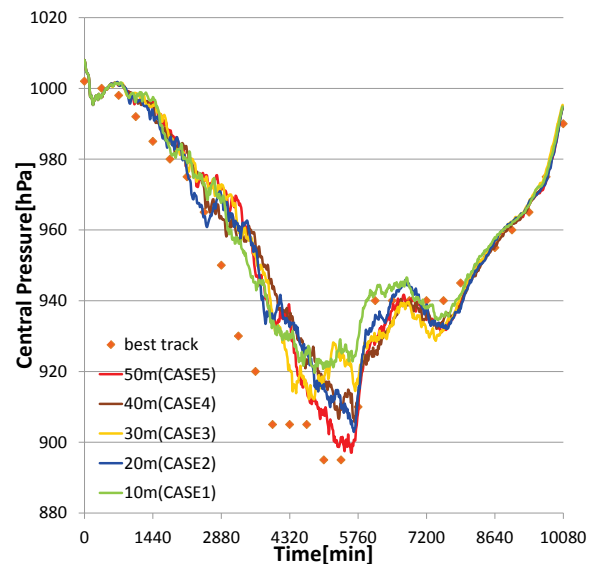


図-2 台風ハイエンの中心気圧の時系列（点線：気象庁ベストトラック，実線：CASE1～CASE5）

5. 結語

本研究では，独自に開発された高解像度台風モデルを用いることで，台風ハイエン（台風1330号）の台風強度変化に関する再現実験を行った．高解像度台風モデルは，自動移動ネスティングの採用により，895hPaにも達する猛烈な勢力の台風構造を表現できた．海水面温度のみならず海洋混合層厚さなどの正確な海洋観測情報を入力することで，台風ハイエンの発生から消滅までの台風強度変化を，高精度に再現できることが明らかとなった．

今後，地球温暖化の進行に伴い，日本近海の海水面温度が上昇し，海洋混合層厚さが発達することで，台風ハイエンのような猛烈な勢力を有する台風が日本列島にも襲来するようになるものと懸念される．今後，台風ハイエンによる台風災害メカニズムを考慮に入れた地球温暖化時代の中長期的防災対策を検討していく必要があると言えよう．

参考文献

- 1) Emanuel, K., 2005 : Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688.
- 2) 有川太郎, 2014 : フィリピンを襲った台風30号 (Yolanda)による高潮災害について，波となぎさ, No.192, 9-11.
- 3) 吉野純・小林智尚・荒川悟, 2013 : 軸対称2次元および領域3次元台風モデルによる2004年全台風の強度解析，土木学会論文集B2, Vol. 69, No. 2, I1256-I1260.
- 4) Dudhia, J., 1993 : A nonhydrostatic version of the Penn State-NCAR mesoscale model: Validation test and simulation of an Atlantic cyclone and cold front, *Mon. Wea. Rev.*, 121, pp. 1493-1513.