

ALERA2-WRF アンサンブルダウンスケールを用いた 2013年台風4号の発生環境場について

*吉岡大秋（横浜国立大学）・筆保弘徳（横浜国立大学）・勝俣昌己（海洋研究開発機構）
山崎哲（海洋研究開発機構）・横井覚（海洋研究開発機構）・辻野智紀（名古屋大学）
舩田あゆみ（横浜国立大学）・城岡竜一（海洋研究開発機構）

1. はじめに

台風は、日本に様々な影響を及ぼす気象現象であり、総観スケールからメソ対流スケールまで様々な空間スケールの現象が関連しあって発生する。台風の卵であるクラウドクラスターは、熱帯において数多く発生、存在しているが、その全てが台風に発達するわけではない。Hennon et al. (2013) は、世界中に熱帯で発生したクラウドクラスター（初期擾乱）のうち、およそ7%が台風に発達するとしている。大規模環境場に焦点を当てると、台風の周りの大規模環境場が、初期擾乱が台風に発達するのに好都合な条件を与えているか、もしくは不都合な条件を与えているかが、台風発生時には重要であると考えられる。すなわち、大規模環境場が初期擾乱の発達の促進もしくは抑制にどのような影響を与えているかを調べることは、台風発生予測精度の向上にも繋がると考えられる。そこで、本研究では、観測プロジェクトPacific Area Long-term Atmospheric observation for Understanding climate change 2013 (PALAU2013) で観測された台風を事例とし、後に台風に発達する初期擾乱の周りの大規模環境場が、台風発生の数値予報にどのような影響を与えているかを、ALERA2-WRF アンサンブルダウンスケール実験を用いて解明することが目的である。

PALAU2013 は、西部熱帯太平洋における海洋と大気の変動を詳細に計測し、北半球夏季季節内振動の観測研究を主目的として実施された、西太平洋域における広域集中観測プロジェクトである。PALAU2013 の一環として実施された JAMSTEC の海洋地球研究船「みらい」MR13-03 観測航海による、北緯12度、東経135度付近における定点観測期間中（2013年6月13日から7月1日）に、後に台風に発達するいくつかの初期擾乱が定点観測地点付近を通過した。本研究では、このうちの1

つである2013年台風4号を対象としている。気象庁発表のベストトラックによると、台風4号は、その初期擾乱が2013年6月16日06UTCに熱帯低気圧、18日00UTCに台風に発達した。最盛期の最低中心気圧は994hPa、最大風速は20m/sであった。みらい搭載のドップラーレーダーで捉えた台風4号の初期擾乱の様子を、図1に示した。

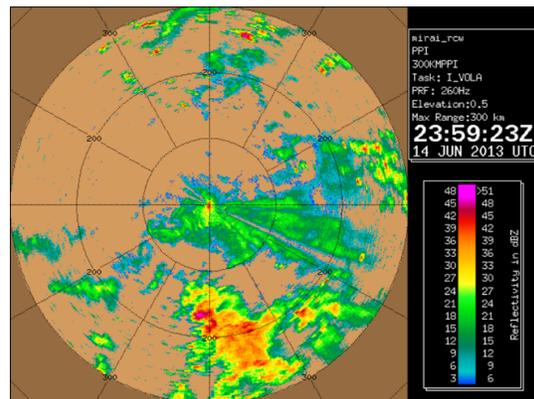


図1:みらいドップラーレーダーによる台風4号の初期擾乱の観測結果

2. 研究手法

2.1 ALERA2-WRF アンサンブルダウンスケール実験

本研究では、ALERA2-WRF アンサンブルダウンスケール実験（以下ダウンスケール実験）を行った。再解析データ ALERA2 アンサンブルメンバーを初期値として、非静力学モデル WRF を用いてダウンスケール実験を行う手法である。この手法を用いると、同じ計算初期時刻でもメンバーによって台風が発生するものと発生しないものに分かれる結果が得られた。これらを、ダウンスケール実験の結果や、その数値シミュレーションの初期値である ALERA2 の6時間予報値を使い、これらの環境場の違いを統計的に検出していくことで、台風発生時の環境場の特徴を解析した。

2.2.1 再解析データ ALERA2

ALERA2 (AFES-LETKF Experimental Ensemble Re-Analysis 2, Enomoto et al. 2013) は、大気モデル AFES (AGCM For the Earth Simulator)、データ同化手法 LETKF (Local Ensemble Transform Kalman Filter) を用いて作成された 63 メンバーの全球アンサンブル再解析データである。水平解像度 1.25 度、鉛直層数 18 層、6 時間インターバルで、63 メンバーの気象要素、およびその平均値とアンサンブルスプレッドがパラメータとして得られる。本研究では、6 時間予報値を利用した。

2.2.2 WRF モデル計算条件・計算設定の概要

ALERA2 の時空間分解能では、初期擾乱が台風が発達する過程を正確に解析することが出来ない。そこで、数値モデル WRF を用いたダウンスケール実験を実施した。

ALERA2 の 6 時間予報値アンサンブルメンバー (メンバー数 63) から作成した初期値を使用し、WRF モデルを用いて、初期擾乱から台風発生までの期間について、その過程を詳細に解析できる細かな時空間分解能にするダウンスケール実験を行った。ダウンスケール実験条件を表 1 に示した。

表 1: ダウンスケール実験条件

モデル	WRF-ARW ver3.4.1
計算領域中心座標	15° E; 135° N
水平格子サイズ	20km × 20km
水平格子数	220 × 220
鉛直格子数	40
計算開始時刻	2013 年 6 月 13 日 00UTC から 17 日 00UTC まで 6 時間毎
計算終了時刻	2013 年 6 月 18 日 00UTC
計算積分時間	1 日間から 5 日間
タイムステップ	60 秒
積雲対流パラメタリゼーション	Kain-Fritsch scheme

本研究のダウンスケール実験では、気象庁発表のベストトラック、及び NCEP/CPC 4km Global (60N - 60S) IR Dataset を用いて台風 4 号の初期擾乱の位置の位置を同定して

作成した TBB トラックを組み合わせたトラックが覆われるように計算領域を設定した。計算領域、および台風 4 号のトラックを図 2 に示した。

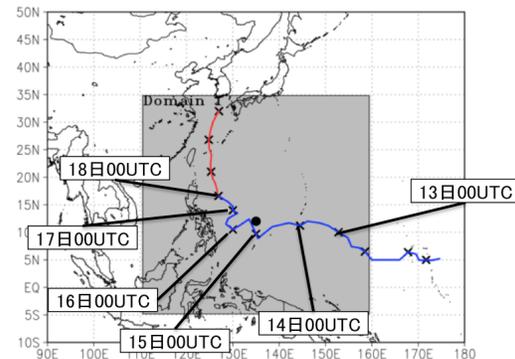


図 2: 2013 年台風 4 号トラック (赤線: 台風期間、気象庁発表、青線: 熱帯低気圧以前の期間、気象衛星データより作成。1 日ごとに×をプロット。●: みらい観測地点) とダウンスケール実験計算領域。

本研究のダウンスケール実験では、台風発生以降の気象庁発表のベストトラックと、台風発生以前の NCEP/CPC 4km Global (60N - 60S) IR Dataset を用いて実際の台風 4 号の初期擾乱の位置を同定して作成した TBB トラックが覆われるように計算領域を設定した。トラック、計算領域を図 2 に示した。

計算開始時刻は、台風発生 5 日前の 13 日 00UTC から発生 1 日前の 17 日 00UTC まで、6 時間おきに 17 種類を設定した。これらの計算開始時刻に対して、それぞれ ALERA2 6 時間予報値 63 メンバーから作成した初期値を利用し、18 日 00UTC までのダウンスケール実験を 1071 ケース実施した。

2.3 台風発生定義

本研究では、初期値に存在している台風 4 号の初期擾乱が、ダウンスケール実験により気象庁発表の台風 4 号発生時刻 (18 日 00UTC) に台風が発達するかどうか焦点を当て、その時刻に台風が発生しているか、発生していないかを海面校正気圧を用いて判定した。

図 2 のトラックより、計算開始時刻の初期擾乱の位置を決定し、その位置から半径 100km 以内の領域で最も平均接線風速が強くなる位置を、実験結果におけるその時刻の初

期擾乱の位置と定義し直した。それ以降の時刻は、1時間前の位置から半径100km以内の領域で最も平均接線風速が強くなる位置を、実験結果におけるその時刻の初期擾乱の位置と定義した。6月18日00UTCにおける初期擾乱の位置から半径100km以内の領域の最低海面気圧が局地的に1000hPaを下回っており、その位置付近にまとまった正渦度域と雨域を伴って存在しているものを、台風発生ケース（以下発生ケース）、海面校正気圧が1000hPaを下回っていないものや正渦度域や雨域が伴って存在していないものを、台風非発生ケース（以下非発生ケース）と定義した。

3. 結果

3.1 実験結果

3.1.1 ダウンスケール実験結果

本研究で行ったダウンスケール実験1071ケースの結果を表2に示した。

表2：ダウンスケール実験結果

初期時刻	発生数	非発生数
13日00UTC	16	47
13日06UTC	35	28
13日12UTC	41	22
13日18UTC	6	57
14日00UTC	0	63
14日06UTC	46	17
14日12UTC	0	63
14日18UTC	50	13
15日00UTC	28	35
15日06UTC	43	20
15日12UTC	7	56
15日18UTC	54	9
16日00UTC	31	32
16日06UTC	62	1
16日12UTC	61	2
16日18UTC	60	3
17日00UTC	58	5
合計	598	473

全1071ケースのうち、発生ケースは598ケース、非発生ケースは473ケースで、全体の約45%が非発生ケースとなった。この結果より、計算開始時刻が18日00UTCに近づくほど、発生ケースが多くなることが分かった。本事例では、台風発生42時間前の16日06UTC

以降を計算初期時刻にするとほとんど全てのケースが発生ケースとなった。また、6月14日のように台風が発生しやすい計算開始時刻(06UTC・18UTC)と、発生しにくい計算開始時刻(00UTC・12UTC)が交互にくるような結果が得られた。

3.1.2 ダウンスケール実験結果事例解析

6月13日12UTCを計算初期時刻とした、発生ケースの1つと非発生ケースの1つを事例として、計算初期時刻から台風発生時刻までの擾乱の振る舞いを詳しく見てみる。発生ケース、非発生ケースの例を図3に示した。

どちらのケースも、計算初期時刻の初期擾乱の位置のほか、大規模環境場の分布にほとんど違いがないことが分かる。しかし、発生ケースの初期擾乱は、その渦域が雨域を伴いながらまとまり、気圧が低下し台風が発達している。一方、非発生ケースの初期擾乱は、その渦域がまとまらず、雨域との重なりも無く、気圧が深まらず台風が発達していないことが分かる。

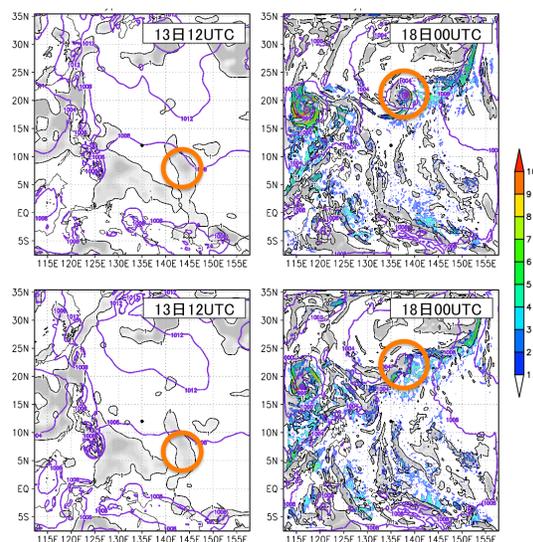


図3：ダウンスケール実験事例解析結果（上：発生ケース、下：非発生ケース、紫コンター：海面更正気圧(hPa)、レインボー：時間降水量(mm/hr)、シェイド：正渦度域($s^{-1} \times 10^5$)、●：「みらい」観測地点、○：擾乱の位置)

3.1.3 初期値解析

3.1.2で示したように、発生ケースと非発

生ケースでは、その初期擾乱の振る舞いに大きな違いがある。これは、初期値で表現されている大規模環境場が影響していると考え、13日12UTCのALERA2 6時間予報値の発生ケース41ケースと非発生ケース22ケースにおいて、それぞれコンポジット解析を行い、その大規模環境場の違いを検出した。図4に発生ケース、非発生ケースの高度700hPaの比湿のコンポジット解析の結果を示した。

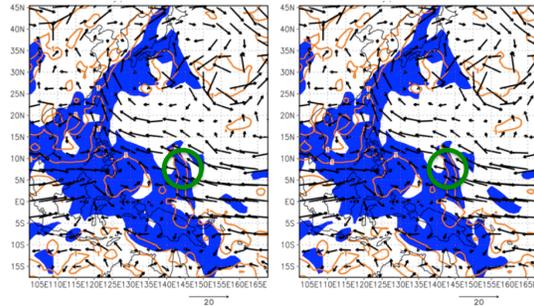


図4:13日12UTCのALERA2 6時間予報値高度700hPaのコンポジット解析結果(左:発生ケース、右:非発生ケース、橙コンター:正渦度($1.0 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$)、青カラー:比湿(0.008 (kg/kg))、ベクトル:風、●:「みらい」観測地点、○:擾乱の位置)

図2のダウンスケール実験結果で示したように発生環境場の平均値と、非発生環境場の平均値を比べても、水蒸気の分布についても大きな違いは見られなかった。どちらのケースも初期擾乱付近は湿潤な空気が中層に流入していることが分かる。発生ケースと非発生ケースの比湿の差を図5に示した。

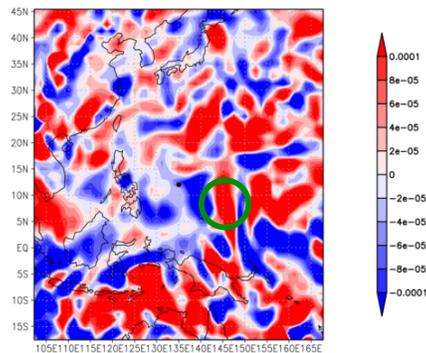


図5:13日12UTCのALERA2 6時間予報値高度700hPaのコンポジット解析結果の差(カラー:比湿の差(kg/kg)、赤:発生ケース湿潤、青:非発生ケース湿潤、●:「みらい」観測地点、○:

擾乱の位置)

初期擾乱の付近の中層は、発生ケースのほうが非発生ケースよりも湿潤である結果が得られた。つまり、初期擾乱の中層が乾燥していることは、その発達を抑制するため、台風発生に繋がらないことが考えられる。

4. まとめ・今後の展望

本研究では、ALERA2-WRF アンサンブルダウンスケール実験を用いて、PALAU2013で観測された台風4号の発生環境場の解析を行った。ダウンスケール実験によって得られた1071ケースの結果を、海面気圧での基準を用いて判別すると、全体のおよそ45%の473ケースが非発生ケースとなった。事例解析により、発生ケースでは、初期擾乱が組織化しながら発達し台風に成長する一方、非発生ケースでは初期擾乱がまとまらず、台風には発達しなかったことが分かった。この結果は、初期値による大規模環境場の違いが影響していると考え、発生ケース、非発生ケースでコンポジット解析を行いその差を求めたところ、発生ケースのほうが、初期擾乱付近の中層が湿潤である結果が得られた。すなわち、初期擾乱の周りの中層の大規模環境場が乾燥していることが、その発達を抑制し台風発生に不都合な条件であることが考えられる。

今後は、これらの環境場の相違点の検出を様々な視点で行っていき、台風発生環境場の特徴をより詳しく理解する。また、この事例について、どの地点のどの気象要素が台風発生に強く影響しているのかを解明し、台風発生の予測可能性の向上にどのような観測を実施すべきか客観的に求めることを目指す。