

# 平成 31 年度 卒業論文

西日本を西進した台風の経路を変える寒冷渦との双方向作用  
**Two-way interaction between a typhoon vortex and an upper cold  
vortex shifts the course of the typhoon**

三重大学 生物資源学部  
共生環境学科 地球環境学プログラム  
気象・気候ダイナミクス研究室  
516364 峯大誠  
指導教員： 立花義裕 教授

# 目次

第1章 序論.....	4
1.1 研究背景.....	4
第2章 解析手法.....	6
2.1 使用データ.....	6
2.1.1 GSM.....	6
2.1.2 RTGSST.....	6
2.1.3 気象庁ベストトラック.....	6
2.2 使用モデルの概要.....	7
2.2.1 WRF Version 3.4.1.....	7
2.2.2 WRF の計算の流れ.....	7
2.2.3 Moving Nest.....	8
2.2.4 Two-way Nesting.....	8
2.2.5 物理オプション.....	8
2.3 実験の条件設定.....	10
2.3.1 実験 1.....	10
2.3.2 実験 2.....	11
第3章 結果.....	12
3.1 実験 1.....	12
3.1.1 再現性の確認.....	12
3.1.2 Normal と Two way の寒冷渦付近の鉛直流の比較.....	15
3.1.3 Normal と Two way の寒冷渦付近の潜熱加熱.....	16
3.1.4 Normal と Two way の台風-寒冷渦間の水平発散・収束.....	17
3.1.5 Normal と Two way の台風-寒冷渦間の風の流れの比較.....	18
3.1.6 Normal と Two way の寒冷渦が作る風の間.....	19
3.2 実験 2.....	20
3.2.1 CTL と Rough の進路.....	20
3.2.2 CTL と Rough の風の間.....	21
第4章 考察.....	22
4.1 台風 12 号の進路.....	22
4.2 台風が寒冷渦に及ぼす影響.....	22

4.3 寒冷渦が台風に及ぼす影響 .....	23
4.3.1 日本上陸前の東への大回り .....	23
4.3.2 日本上陸後の進路 .....	23
第5章 まとめ.....	24
参考・引用文献.....	25
謝辞 .....	26
付録1 スムージング .....	27

# 第 1 章 序論

## 1.1 研究背景

台風の進路は周囲の気象状況の影響を受けて決まる。日本に接近する台風は、太平洋高気圧の縁を沿うように進み、時計回りの進路で北上して日本付近を通過することが一般的である。しかし中には複雑な進路を取る台風もある。2018 年台風 12 号 (JONGDARI) は反時計回りの進路で日本に接近し、7 月 28 日 16UTC 頃に三重県伊勢市付近に上陸した。上陸後は西日本を西向きに進み、九州付近でさらに進路を南に変えループを描くような進路で最終的には中国に到達した (図 1)。紀伊半島に東から上陸し、西日本を西向きに進んだのは 1951 年の統計開始以降初めてであった。台風自身は北西に向かう流れを持つが、その効果は非常に弱い (Chan and Williams, 1987) <sup>[1]</sup>。気象庁の報道<sup>[2]</sup>では、台風 12 号がこのような特異な進路を取った要因の 1 つとして、日本の南に南下してきた寒冷渦の影響が挙げられている。

寒冷渦とは寒気を伴った上空の低気圧であり、地上天気図には表れないことが多い。今回の事例では上空 300~200hPa に明瞭な低温・低圧部が見られた。

台風 12 号は、日本に接近する前の予想よりも東に大きく回った。また、上陸後は日本海に抜けると予想されていたが、実際にはより急激に進路を変え、日本海に進むことはなかった。2018 年の数個の台風の予測精度に関する研究 (Lei et al. 2019)<sup>[3]</sup>では、台風 12 号の予測精度は低かったと述べられている。なおこの先行研究では、台風が特異な進路をとった要因についての議論はされていない。

2 つ以上の熱帯低気圧がお互いに影響を及ぼし合って、それぞれが複雑な進路を取りうることは藤原の効果として知られている。今回の事例では、寒冷渦も低気圧性の渦であるため、卓越する高度は異なるが台風と寒冷渦の間で相互作用が働いた可能性がある。すなわち、台風が寒冷渦に何らかの影響を及ぼすことによって、寒冷渦が台風に及ぼす影響が大きくなったのではないかと考えた。寒冷渦は台風よりも大きなスケールであったため、大きな寒冷渦が台風の進路に影響を及ぼすであろうことは一般的に知られている。しかし、小さなスケールの台風が寒冷渦にどのような影響を与えるか、さらに寒冷渦が台風の影響を受けることによって台風に及ぼす影響に変化があるかを考察した研究は無い。そこで、本研究では台風 12 号が複雑な進路を取った要因を台風と寒冷渦との双方向作用に着目して考察することを目的とする。

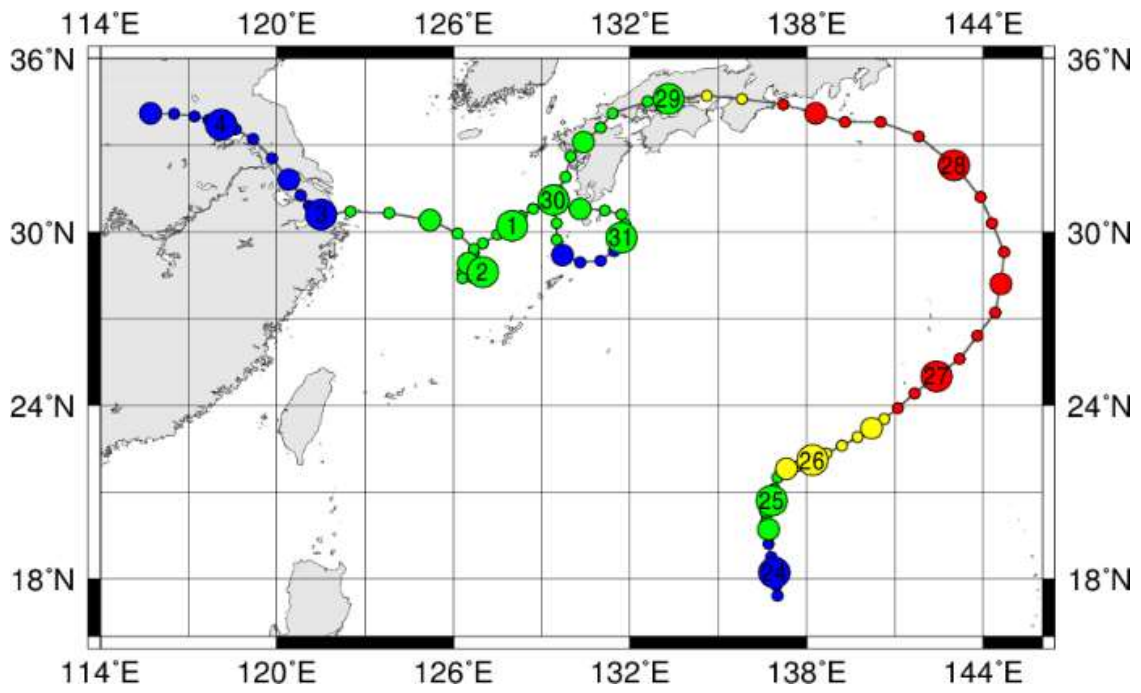


図 1 台風 12 号の経路図

数字は日付，色は最大風速（10 分平均）を表す．赤：33m/s 以上，黄：25-32m/s，緑：28-24m/s，青：17m/s 以下  
 (デジタル台風より引用) <sup>[4]</sup>

## 第2章 解析手法

### 2.1 使用データ

#### 2.1.1 GSM

本研究では、気象庁が提供する客観解析データである GSM (Global Spectral Model) <sup>[5]</sup>を大気場データとして用いた。GSM は、2007 年 11 月 21 日から現在までの月毎、6 時間間隔でデータが提供されている。データの水平解像度は経度 0.25 度×緯度 0.2 度、鉛直層は 16 等圧面、地表面のデータがある。地表面データには東西、南北成分の 10m 風、地上 2m の気温などが含まれている。

#### 2.1.2 RTGSST

本研究では、海面水温データとして NCEP (National Centers for Environmental Prediction) が作成する RTGSST<sup>[6]</sup>を使用した。RTGSST は 1 日毎に作成され、水平解像度は 0.085°×0.085°である。

#### 2.1.3 気象庁ベストトラック

台風は重要な気象現象であることから、世界各地の気象関係機構は、台風に関する詳細な記録を残している。この記録は、一定時間 (3 時間から 6 時間) ごとの台風の中心位置や中心気圧・最大風速などを、専門家が後日に解析してまとめたもので、一般にはベストトラック (最終解析結果) と呼ばれる。(デジタル台風より引用)

本研究では、気象庁台風センター (RSMC Tokyo-Typhoon Center) による RSMC Best Track Data から台風 12 号 (JONGDARI) の中心位置 (緯度・経度) を使用し、台風 12 号の実況を示している。

## 2.2 使用モデルの概要

### 2.2.1 WRF Version 3.4.1

本研究では、数値予報モデルの WRF(Weather Research and Forecast)Version3.4.1 を使用した。WRF はアメリカ大気研究センター(NCEP:National Center for Atmospheric Research), アメリカ海洋大気庁(NOAA:National Oceanic and Atmospheric Administration), 空軍気象局(AFWA:Air Force Weather Agency), 海軍研究試験所(Naval Research Laboratory), オクラホマ大学, 連邦航空局(FAA:Federal Aviation Administration)によって、気象研究及び実務予報のために共同開発された、次世代メソスケール数値予報システムである。(THE WEATHER RESEARCH & FORECASTING MODEL Website より)

WRF は、計算範囲が数千 km から数十 m まで幅広く対応していることや、放射、乱流、雲物理、地表面モデルなどの物理モデルが導入されており、データ同化システムが利用可能であることが特徴として挙げられる。また、解像度の粗い領域内に解像度の細かい領域を設定(Nest)し、粗い領域の計算値を細かい領域の境界値として計算する手法(One-way Nesting)や、さらに細かい領域内の計算値を外側の粗い領域に反映させ、粗い領域を再度計算する手法(Two-way Nesting)が利用できる。これにより、再解析データでは分からない局所的気象現象のシミュレーションが可能である。さらに、Nest した領域を台風などの低気圧の渦の移動と共に追従させる(Moving Nest)も可能である。これらの手法の複合的な利用によって擾乱現象を緻密に計算できるため、海洋の波浪研究の分野や都市部のヒートアイランド現象の研究分野などでも用いられている。

### 2.2.2 WRF の計算の流れ

図 2 に WRF における計算の流れを示す。まず、大気場データと、アメリカ地質調査所(USGS)が提供している標高、土地利用データなどの地形データをそれぞれ WPS (WRF Preprocessing System) 内の `ungrib.exe`, `geogrid.exe` によって `namelist.wps` で設定した領域にマッチングさせる。次に、それらを `metgrid.exe` で合成し、`real.exe` で初期値を決定する。その際、観測地等を WRF-DA (WRF Data Assimilation) によってデータ同化することもできる。そして、`namelist.input` で雲物理過程や放射過程などの物理スキームや計算間隔等を設定し、`real.exe` で出力された初期値を用いて ARW (Advanced Research WRF) で計算する。この際、理想化実験も可能である。出力結果を解析するための ARWpost 等の処理ツールも実装されている。

本研究では、地形データには USGS の 30 秒メッシュデータを、大気場データには気象庁 GSM を、海面水温データには RTGSST を用いている。

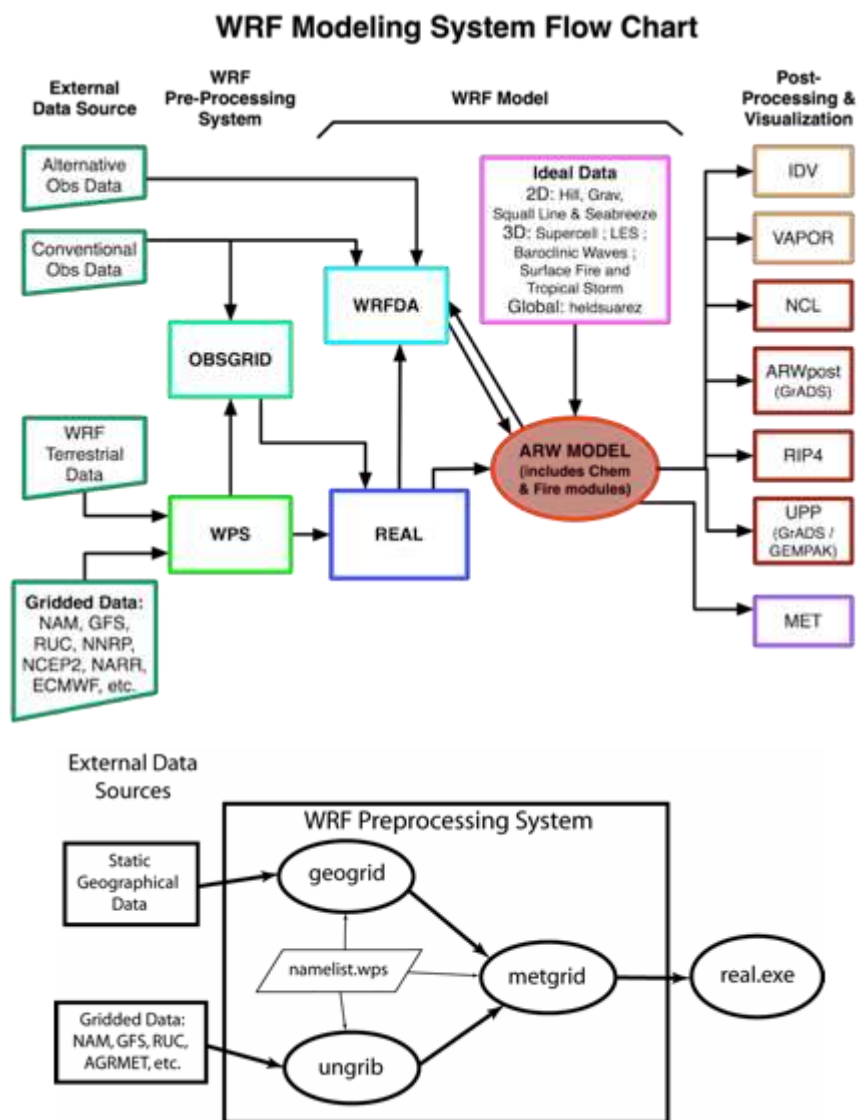


図 2 WRF モデルシステムのフローチャートと WPS のシステムフロー  
(ARW Version 3 Modeling System User's Guide(2012)より引用) [7]

### 2.2.3 Moving Nest

本研究では、台風を追従する Moving Nest を使用している。これにより、台風が移動しても常に解像度の細かい領域が台風を囲うことになり、台風構造をより細かく計算することができる。

### 2.2.4 Two-way Nesting

本研究では、Two-way Nesting を使用している。これにより、台風を囲う解像度の細かい領域で計算された値を外側の解像度が粗い領域へ返すことになり、台風が周囲の大気場を与える影響を見ることができる。

### 2.2.5 物理オプション

本研究で行った実験で使用した主要な物理オプションを示す (表 1)。



表 1 WRF で使用した主な物理オプション

物理スキーム項目	使用スキーム
mp_physics	WSM 6-class graupel scheme
ra_lw_physics	rrtmg scheme
ra_sw_physics	rrtmg scheme
sf_surface_physics	Thermal Diffusion scheme
bl_pbl_physics	YSU scheme
cu_physics	Kain-Fritsch scheme

本研究ではデータ同化は行っていない，また，海面水温を 6 時間毎に外挿している．

## 2.3 実験の条件設定

本研究では台風が予想より東に大きく回った前半部分と、日本上陸後進路を南に変えた後半部分についてそれぞれ実験を行った。前半は台風の発達に寒冷渦の強度に影響を及ぼし、その寒冷渦によって台風の進路が決められたという仮説を立てた。後半は、台風が日本上陸後に予想より寒冷渦の影響を強く受けたため、予想より台風が南下したという仮説を立てた。前半と後半の2回の実験をそれぞれ実験1、実験2とする。実験1は台風が北上を始めた頃の7月26日00UTCを初期値としたもの、実験2は7月27日12UTCを初期値としたものである。実験1では、台風が発達しながら日本に接近した部分に焦点を当てて解析する。台風が予想よりも大きく東に回ったことについて、台風の再現度を変えた2種類の実験を行い寒冷渦との双方向作用に着目して考察する。実験2では、上空の鉛直解像度が異なる2種類の実験を行い、寒冷渦が台風に及ぼす影響について考察する。台風の水平解像度と計算領域は実験1、実験2で同じである。

### 2.3.1 実験1

実験1では2種類の実験を行った。一方は水平解像度が25kmの領域（以下D01と記す）のみを設定して計算を行う実験で、これを本論文ではNormalとする。もう一方は、D01の中に水平解像度が5kmの台風を囲う領域（以下D02と記す）を設定し、Moving nestおよびTwo-way Nestingを施した実験で、これを本論文ではTwo wayとする。Two way実験ではD02で台風をより詳細に計算し、その結果をD01に反映しているため、台風が周囲の大気場に与える影響がNormalよりも正確に表れることになる。

D01, D02の水平格子間隔、鉛直層数は以下のとおりである。

表2 水平格子間隔, 鉛直層数

	D01	D02
水平格子間隔	25km	5km
鉛直層数	80層	80層

D01は東経120.2度から東経149.8度、北緯20.3度から北緯44.9度に位置する。

計算期間はNormal, Two wayともに2018年7月26日00UTCから8月1日00UTCとした。

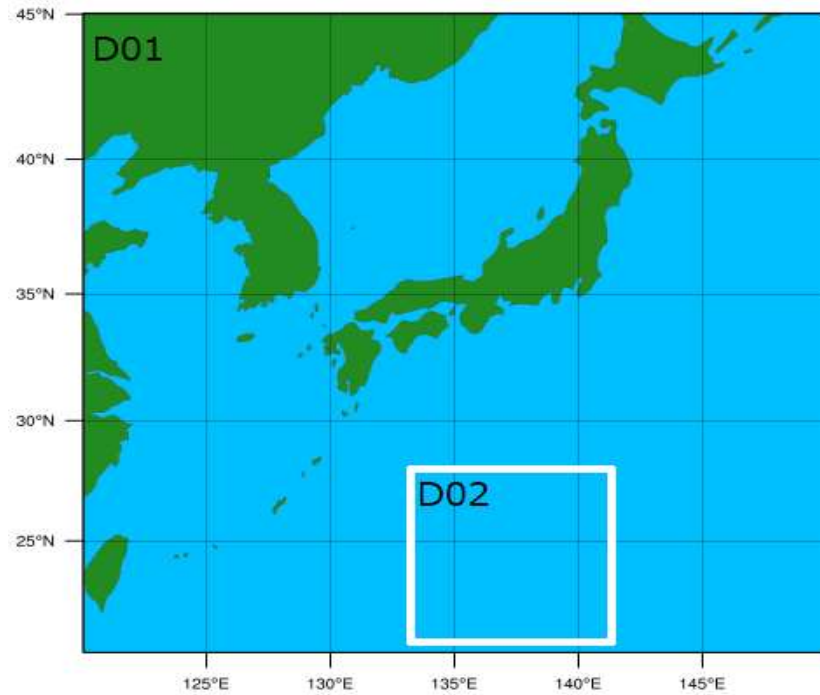


図 3 WRF における D01, D02 の計算領域

### 2.3.2 実験 2

実験 2 では鉛直層の解像度が異なる 2 種類の実験を行った。一方は実験 1 の Normal と同じ条件で、鉛直層は 80 層である。これを CTL とする。もう一方は、寒冷渦が存在する上空の鉛直解像度を粗くしたもので、Rough とする。鉛直層は 61 層である。Rough では寒冷渦の高度の鉛直解像度を粗くすることによって、台風が寒冷渦から受ける影響が小さいとどのような進路を取るかを検討することを目的とした。

計算領域は実験 1 と同じ、計算期間は 7 月 27 日 12UTC から 8 月 1 日 00UTC とした。

## 第3章 結果

### 3.1 実験1

#### 3.1.1 再現性の確認

Normal, Two way の台風, 寒冷渦の再現性の確認をする. 台風の強度については, 両モデルともに台風の最発達期の中心気圧を過小評価しているが, Two way の方が観測値との差は小さく, Normal よりも再現性が高かった (図 4). また, 7月29日00UTC以降はモデル上で台風と寒冷渦が重なって再発達したため観測値よりも中心気圧が低くなっている (図 4). 台風の進路は, 7月28日00UTCまでは Two way の再現性が高い. Normal では, 台風が日本に接近する前の進路予想のように実際よりも小さく回る進路となった (図 5). 以上より, 実験1では7月28日までを対象とする.

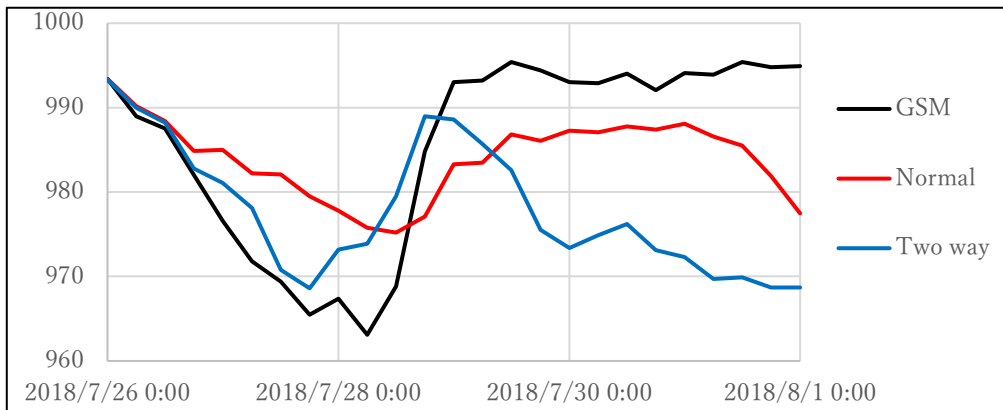


図 4 台風の中心気圧 (hPa)

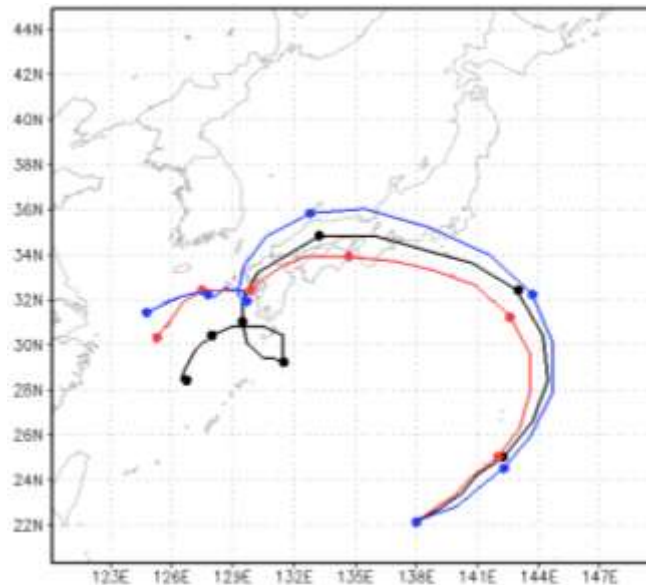


図 5 台風の進路. 黒線: ベストトラック 赤線: Normal 青線: Two way

寒冷渦の進路は、両モデル間での差は小さく、台風と重なるまでは実際の進路とも大きな差は無かった(図6). 寒冷渦の強度の確認には300hPaのジオポテンシャル高度を比較した. 寒冷渦の強度についても Two way の方が精度よく再現した. Normal の寒冷渦は、台風の強度が両モデルで差が出ると同時にジオポテンシャル高度が上がった(図7). 7月30日以降は台風と同様に特に Two way で再発達が見られる. また, Normal ではジオポテンシャル高度の上昇と同時に寒冷渦中心付近の温度の上昇も見られた(図8). Normal の寒冷渦の衰弱は7月28日00UTCまでの6時間で顕著であったため、以降の解析は7月28日00UTCに着目した.

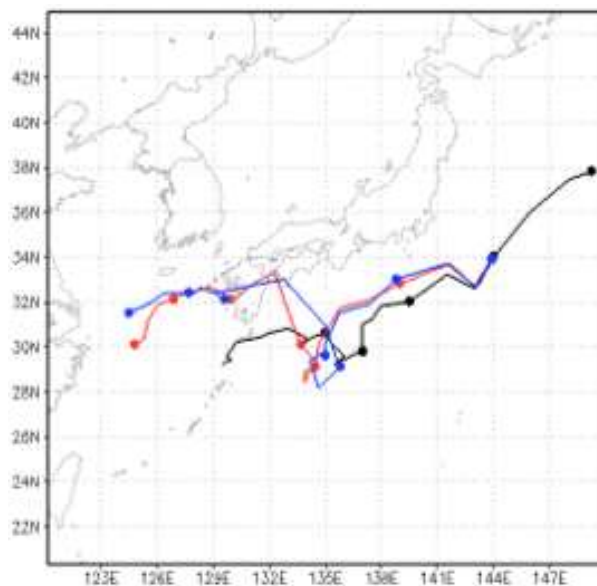


図6 寒冷渦の進路. 黒線 : GSM 赤線 : Normal 青線 : Two way

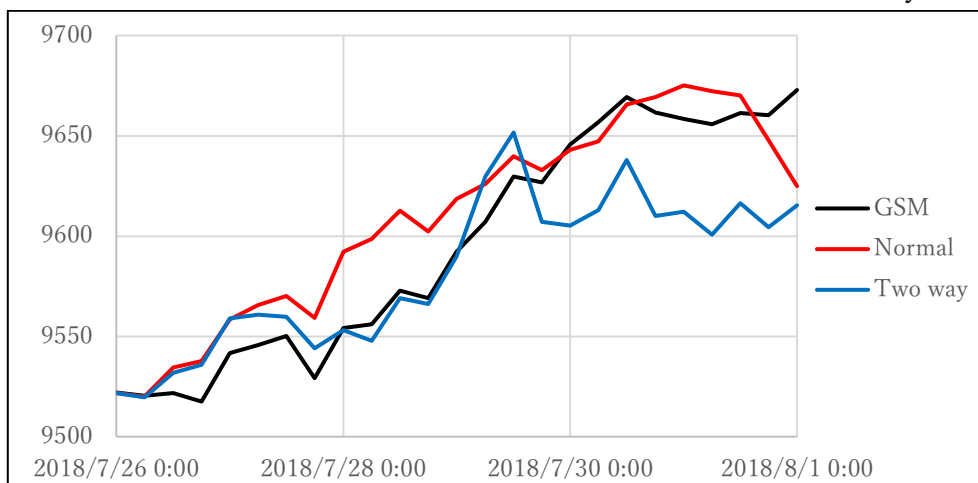


図7 寒冷渦中心の300hPa面のジオポテンシャル高度 (m)

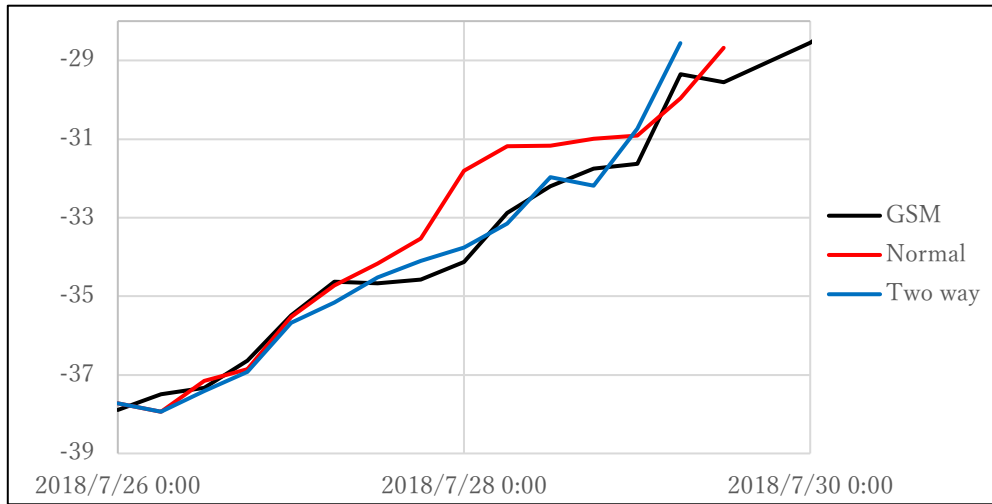


図 8 寒冷渦中心の温度 (°C)

### 3.1.2 Normal と Two way の寒冷渦付近の鉛直流の比較

図 9 に寒冷渦付近の鉛直流を示す。300hPa 面の鉛直流を確認すると、Two way では寒冷渦の中心付近には目立った鉛直流は見られず東に弱い下降流が見られる一方、Normal では寒冷渦中心のすぐ東に上昇流が生じていることが分かる。図 10 に寒冷渦中心のすぐ東の東経 135.3° の北緯 28~32° の 700~150hPa 面の鉛直流の断面図を示す。Normal では大気の中層から上層にかけて上昇流が生じているのに対して、Two way では顕著な上昇流は確認できなかった。

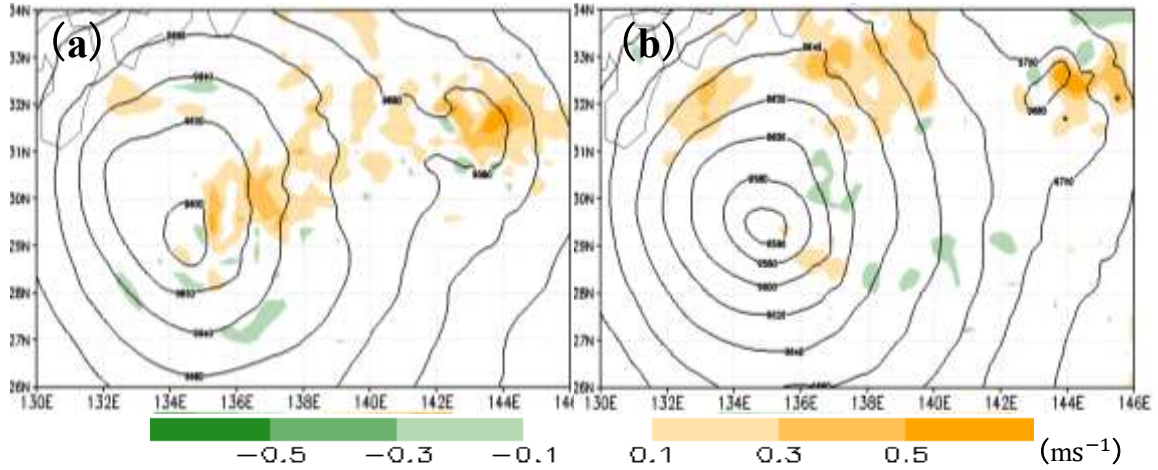


図 9 鉛直流の断面図

橙色が上昇流，緑色が下降流を表す。(a) が Normal, (b) が Two way

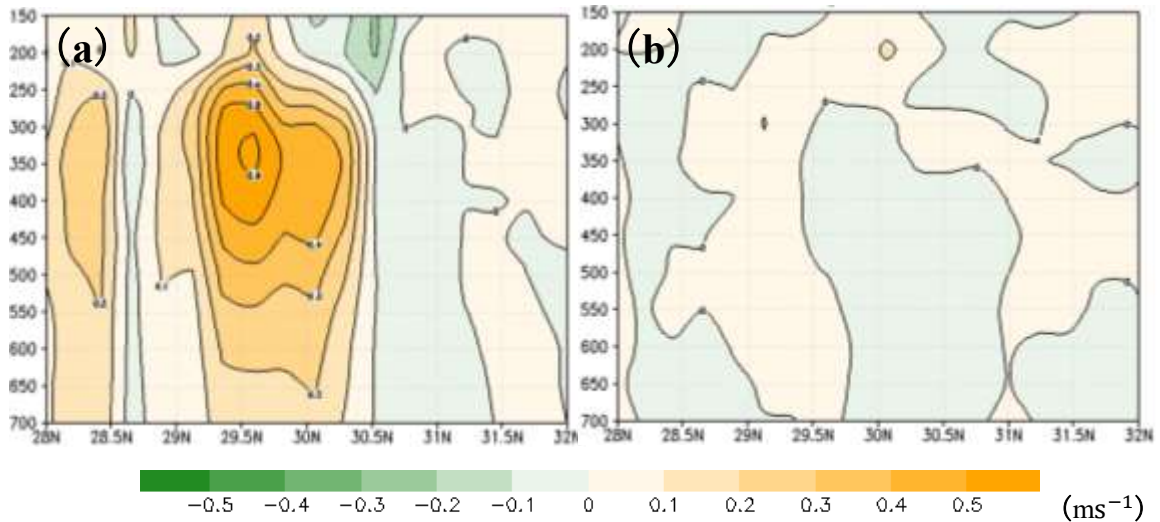


図 10 寒冷渦付近の 300hPa 面の鉛直流

寒冷渦の中心の東である東経 135.3° で北緯 28~32° , 700~150hPa の鉛直流を表す。橙色が上昇流，緑色が下降流。(a) が Normal, (b) が Two way

### 3.1.3 Normal と Two way の寒冷渦付近の潜熱加熱

図 11 に図 10 と同様の範囲の潜熱加熱を示す。黒線が上昇流、緑線が雲比率、色は潜熱加熱を表す。図より、Normal では上昇流が生じている位置で雲比率が高く、寒冷渦が存在する 300~200hPa 面では潜熱による加熱があることが分かる。また、Normal の雲底では冷却が見られるが、この部分では降水が発生している可能性がある。一方、Two way では雲比率が高い部分と潜熱加熱はあるが Normal に比べるとどちらの値も非常に小さい。

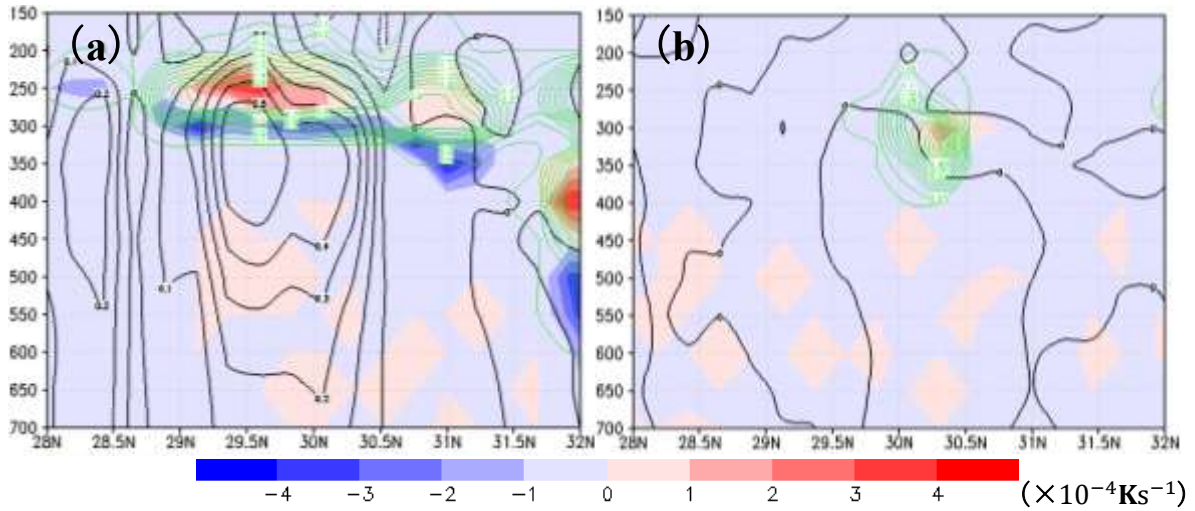


図 11 寒冷渦付近の潜熱加熱と雲比率

(a) が Normal, (b) が Two way. 色：潜熱加熱 ( $\times 10^{-4} \text{Ks}^{-1}$ ), 黒線：鉛直流 ( $\text{ms}^{-1}$ ), 緑線；雲比率



### 3.1.4 Normal と Two way の台風-寒冷渦間の水平発散・収束

図 12 は台風と寒冷渦の中心を結ぶ線の断面の水平方向の収束・発散を示した図である。Normal は北緯 28°, 東経 129°の点と、北緯 32.6°, 東経 147°の点の間, Two way は北緯 28°, 東経 129°の点と北緯 33°, 東経 147°の点の間の断面図である。また, この図での寒冷渦の位置は Normal, Two way とともに高度が 300~200hPa 面, 東経 135°付近である。台風は Normal では東経 143°, Two way では東経 144°付近に存在する。これらを比較すると, Two way では台風の位置の下層の収束と上昇の発散が Normal よりも明確であることが分かる。また, Two way の寒冷渦の位置では収束, その下層では弱い発散が確認できる。一方 Normal では寒冷渦の位置で発散, 下層では弱い収束となっている。

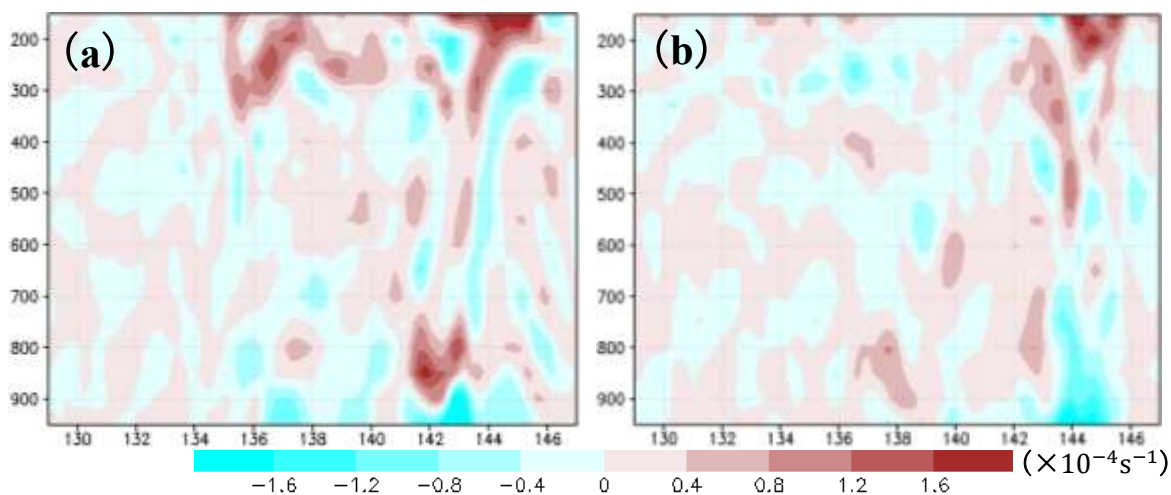


図 12 台風-寒冷渦間の水平発散・収束

(a) が Normal, (b) が Two way. 茶色が発散, 水色が収束を表す

### 3.1.5 Normal と Two way の台風-寒冷渦間の風の流れの比較

図 13 に上層と下層の風の流れを示す。A は 300, 250, 200hPa 面の風の平均, B は 10m 風, 950, 900hPa 面の風の平均で, それぞれ Two way から Normal を引いたものである。(a) より台風と寒冷渦の間の上層では, Two way で台風から寒冷渦に向かう成分を持つ風が吹いていたことが分かる。また, (b) より下層では逆に Two way で寒冷渦から台風に向かう成分を持つ風が確認できる。

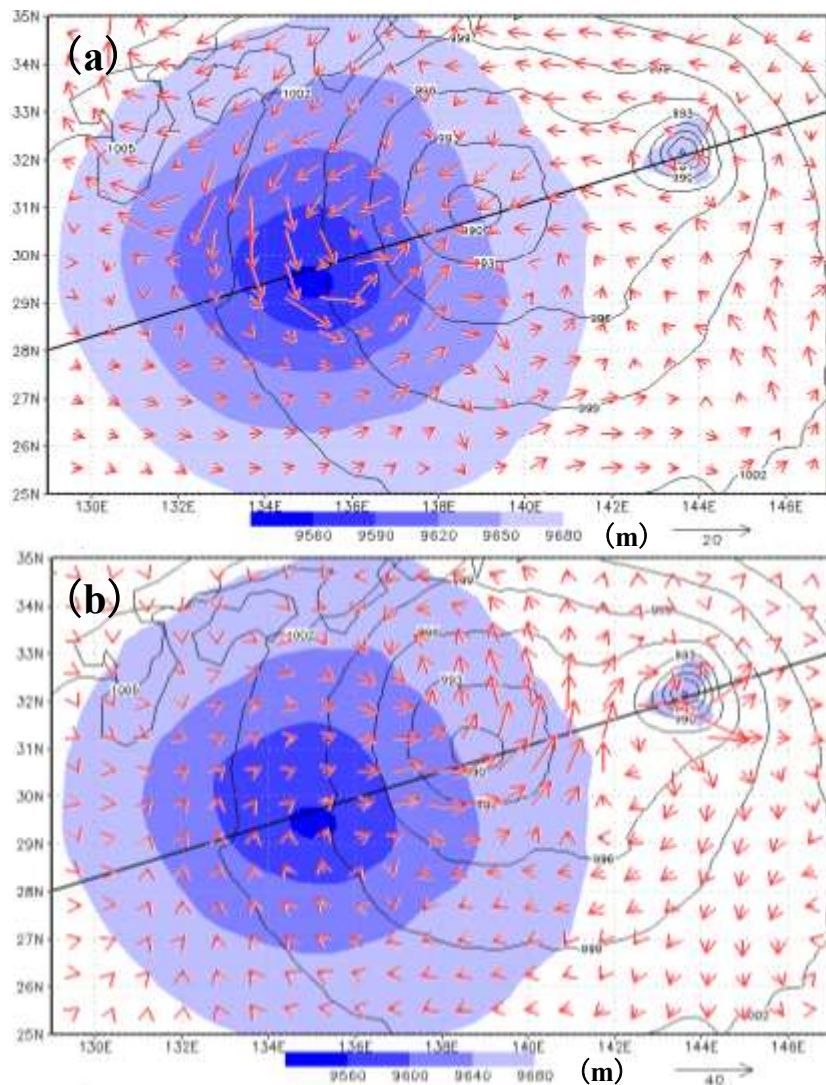


図 13 色と黒線はそれぞれ Two way における 300hPa 面のジオポテンシャル高度と海面更正気圧, 矢印は Two way から Normal を引いた風。(a) は 300, 250, 200hPa 面の風, (b) は 10m, 950, 900hPa 面の平均の風。斜めの直線は図 11 (b) の断面図の位置。

### 3.1.6 Normal と Two way の寒冷渦が作る風の間

強度が維持された寒冷渦が台風にどのような影響を及ぼしたのかを考察するため、2モデル間で台風上空の風を比較する。ここでは、台風を動かす要因である指向流を確認する。また、対流圏中層の500hPa面の風を対象とした。

図14に2モデルの風の間を示す。ここでは、風の間のベクトルを1.5°間隔で表示している。また、台風自身の渦成分を消すため、スムージングを行っている。

図14はTwo way からNormalの風を引いた結果である。色はTwo wayの300hPa面のジオポテンシャル高度、実線はTwo wayの海面更正気圧を表す。中心の低圧部が寒冷渦を表し、その東側に台風が存在する。図より、Two wayの台風の上空では、Normalに比べて東向きの成分を持つ風が存在していたことが分かる。

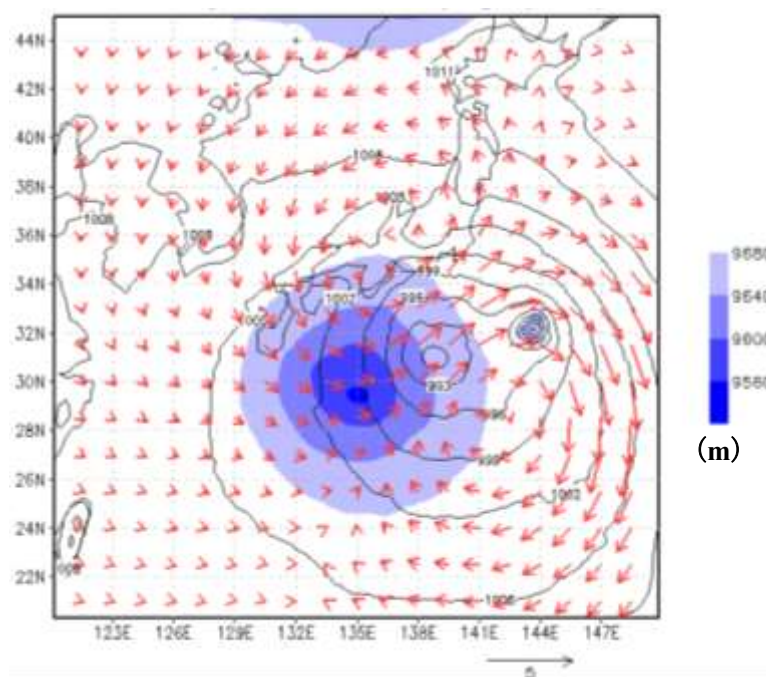


図14 500hPa面の風の差 (Two way-Normal)

風はスムージングしてTwo wayからNormalを引いた結果。色はTwo wayの300hPa面のジオポテンシャル高度、実線はTwo wayの海面更正気圧。

## 3.2 実験 2

実験 2 では、実験 1 で考察できなかった 7 月 28 日以降の進路を考察することを目的とする。台風が日本を西進した期間の進路は、水平解像度や計算開始時間を変えても計算結果の差は小さかった。そこで、この期間で台風が寒冷渦に与えた影響は小さいと考え、寒冷渦が台風に与える影響に着目した。

### 3.2.1 CTL と Rough の進路

図 15 にベストトラックと CTL, Rough, 7 月 27 日 12UTC 時点の GSM の予報値の進路を示す。CTL の進路は、台風が九州に達する辺りまではベストトラックの進路を精度良く再現している。一方、Rough の進路は日本海に抜けた直後までは GSM 予報値の進路と非常に近い。

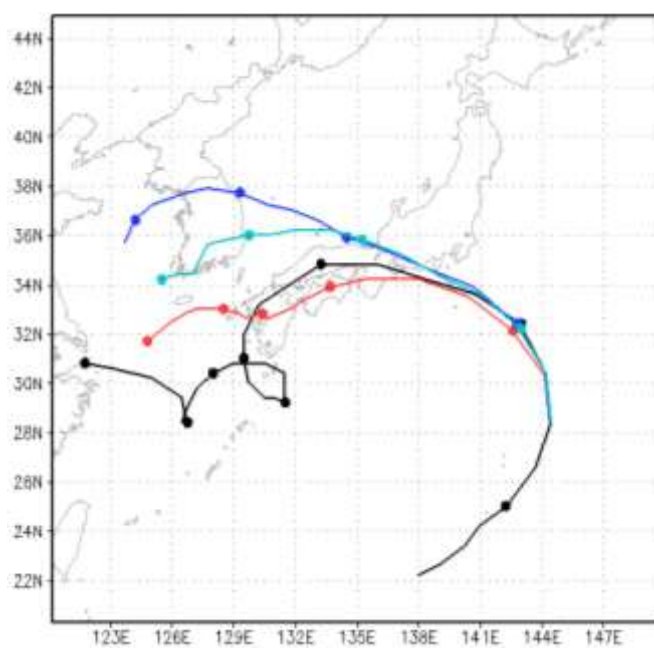


図 15 台風の進路. 黒線 : ベストトラック 赤線 : CTL 青線 : Rough 水色線 : GSM 予報値 (7 月 27 日 12UTC 初期値).

### 3.2.2 CTL と Rough の風の間

図 16 に図 14 と同様の手法で表した 7 月 29 日 00UTC の CTL と Rough の風の差を示す。なお風の高度は 600hPa 面とした。図 16 は CTL から Rough を引いたものである。図より寒冷渦が存在する CTL では、台風上空で南向きの成分を持つ風が卓越していたことが分かる。

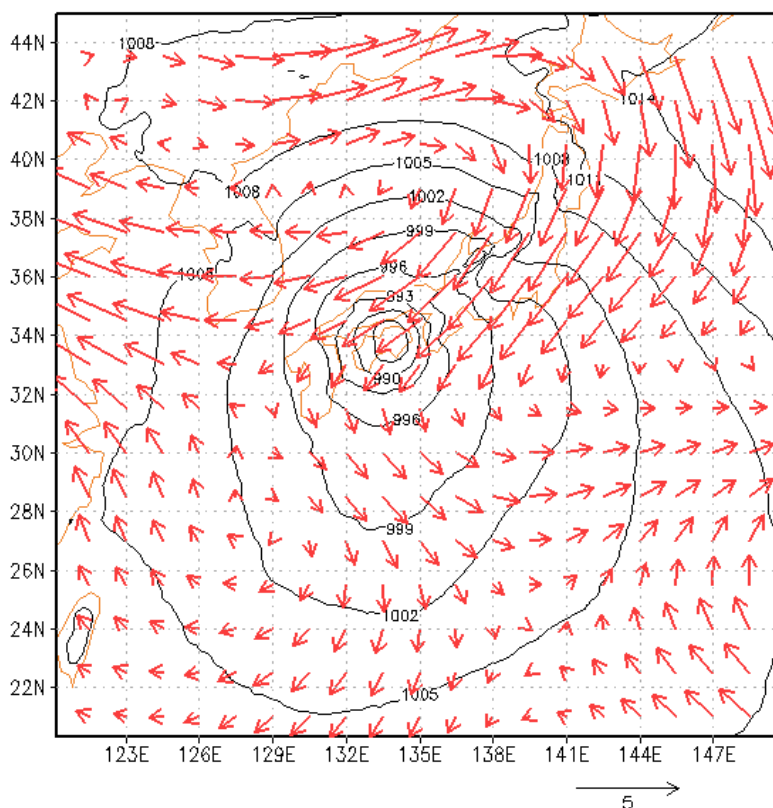


図 16 600hPa 面の風の差 (CTL-Rough)  
実線は CTL の海面更正気圧(hPa).



## 第4章 考察

実験1では台風が東に大きく回った要因を探る。2種類の実験 Normal と Two way を行った結果、Two way で台風の進路と強度、寒冷渦の強度が精度よく再現された。以上より、2つの Run を比較して、台風の進路を寒冷渦との双方向作用に着目して考察する。実験2では台風が日本海に進まなかった要因を考える。この実験では寒冷渦が存在する上空の鉛直解像度を変えた実験を行うことによって、寒冷渦が台風の進路に及ぼす影響について考察する。

### 4.1 台風12号の進路

まず、実験1について考察する。どちらの Run も台風が反時計回りの動きをしていることから、台風は寒冷渦が作る低気圧性の大気の流れに流されたと考えられる。Normal, Two way の台風の進路を比較した結果、Two way の方がより東に大きく回るような進路となったことが確認できた(図5)。また、Two way は日本上陸前の7月28日までは実際の台風の進路を精度よく再現した。したがって、実験1の結果では日本上陸前の7月28日までを解析対象とし、再現性が高かった Two way を現実場として Normal と比較することで台風と寒冷渦の双方向作用について考察する。また、以下では Normal の寒冷渦の衰弱が特に顕著であった7月28日00UTCの大気場に着目して考察する。実験1で再現できなかった7月28日00UTC以降の台風の進路については、実験2より考察する。また、7月28日00UTC以降は台風が寒冷渦に与えた影響は見られなかったため、実験2では寒冷渦が台風の進路にどのような影響を及ぼしたかを考察する。

### 4.2 台風が寒冷渦に及ぼす影響

本研究で行った計算結果では、台風の強度を大幅に過小評価した Normal で寒冷渦の衰弱が見られた(図7, 8)。寒冷渦の中心の状況を確認すると、Normal では中心付近で Two way には見られない上昇流が生じていたことが分かった(図9, 10)。さらに寒冷渦の鉛直構造を確認すると、Normal では上昇流に伴った潜熱加熱が確認できた(図11)。この潜熱加熱は、寒冷渦が卓越する300~200hPa面で特に顕著に見られたため、潜熱加熱によって Normal の寒冷渦は衰弱したと考えられる。

Two way では台風の上層の水平発散と下層の収束が Normal よりも明確であった(図12)。また、台風と寒冷渦の間で、Two way から Normal の風を引くと、Two way では上層で台風から寒冷渦に、下層で寒冷渦から台風に向かう成分を持つ風が吹いていたことが確認できた(図13)。したがって、台風が発達することにより以上のような流れが形成され、寒冷渦付近での上昇流の発生が抑制されたことが示唆された。

Normal と Two way を比較することによって、台風が発達することで寒冷渦の衰弱に繋が

る上昇流を抑制していたことが分かった。以上より、台風の発達には寒冷渦の強度に影響を及ぼしたと考えられる。

### 4.3 寒冷渦が台風に及ぼす影響

#### 4.3.1 日本上陸前の東への大回り

台風は寒冷渦が作る上空の風に流されたと考えられる。そのため、Normal,と Two way でスムージングした上空 500hPa 面の風を比較した。Normal, Two way とともに台風を反時計周りに動かすような風の場合が確認できた。さらに Two way から Normal の風を引くと Two way では台風の上空に東向きの成分を持つ風が吹いていたことが分かった (図 14)。以上より、台風の発達によって強度を維持した寒冷渦は、台風をより大きく回すような風を作っていたことが示唆された。

#### 4.3.2 日本上陸後の進路

実験 2 より、実験 1 で考察できなかった 7 月 28 日 00UTC 以降の進路について考察する。まず、7 月 27 日 12UTC 時点での予想進路には、実際の進路との間に大きな差があったことを確認した。実験を行ったところ、CTL の台風は実際の進路を精度よく再現した一方で、鉛直解像度を粗くした Rough では GSM の予報値と近い進路となった (図 15)。Rough では寒冷渦が存在する上空の鉛直解像度を粗くしている。そのため、Rough の台風が寒冷渦から受ける影響は CTL より小さくなると予想できる。以上より、台風が寒冷渦から受ける影響が小さいと急激に曲がることはなく、比較的直線的な進路をとることが示唆された。また、この実験より当初の予想では台風が寒冷渦から受ける影響の大きさを予想するのが難しかったため、進路の予測精度が低かったと考えられる。

## 第5章 まとめ

台風12号が当初の予報よりも急激に進路を変え、前例の無い特異な進路となった要因を台風と寒冷渦との双方向作用に着目して考察することを目的として、数値予報モデルのWRFで解析を行った。その結果を以下にまとめる。

1. 台風と寒冷渦の双方向作用を考察するため、WRFで実験1として2種類の実験を行い、それぞれをNormal, Two wayとして比較した。WRFの計算結果は以下であった。
  - (ア) 台風は、Two wayではNormalより外側を回る進路となった(図5)。
  - (イ) Normalの寒冷渦では中心付近で潜熱加熱を伴う上昇流が発生(図11)。
  - (ウ) Two wayでは台風と寒冷渦の間で、寒冷渦の上昇流を抑制するような流れができていた(図12, 13)。
  - (エ) Normalでは寒冷渦の衰退が見られ(図7, 8)、Two wayでは強い寒冷渦が台風を大きく回すような風場が形成されていた(図14)。
2. Two wayでは台風が発達することによって、台風上層の発散と下層の収束がNormalよりも明確となった。上層での台風から寒冷渦への流れと、下層での寒冷渦から台風へ向かう成分を持つ風の流れが寒冷渦付近の上昇流の発生を抑制した。その結果、寒冷渦の強度が維持された。強い寒冷渦は台風をより外側に回すような風の流れを形成した。
3. 7月28日00UTC以降の台風の進路について考察するため、7月27日12UTCを初期値として実験2を行い、それぞれCTL, Roughとして比較した。計算結果は以下であった。
  - (ア) CTLの台風の進路は実際の進路を精度よく再現した。
  - (イ) Roughの台風の進路は、7月27日12UTCを初期値としたGSMの予報値と近い進路となった。
4. 本研究では2018年台風12号の進路を、台風と寒冷渦との双方向作用に着目して考察した。実験結果より、台風は寒冷渦の強度に影響を与え、台風の影響を受けた寒冷渦は台風の進路に影響を及ぼすことが分かった。また、台風が寒冷渦から受ける影響の大きさを考慮することが難しく、予測精度が低かったことが示唆された。



## 参考・引用文献

- [1] Chan, C. L., and R. T. Williams, 1987: Analytical and numerical studies of the beta-effect in tropical cyclone motion. Part I: Zero mean flow. *J. Atmos. Sci.*, **44**, 1257-1265.
- [2] 気象庁報道発表資料 (2018年7月27日)  
<https://www.jma.go.jp/jma/press/1807/27d/kaisetsu2018072714.pdf>
- [3] Lei L, Ge Y, Tan Z, Bao X. 2020. An evaluation and improvement of tropical cyclone prediction in the western North Pacific basin from global ensemble forecasts. *Science China Earth Sciences*, **63**: 12–26.
- [4] 北本朝展/国立情報研究所：デジタル台風  
<http://www.digital-typhoon.org/>
- [5] 気象業務支援センター：トップページ  
<http://www.jmbc.or.jp/jp/offline/cd0760.html>
- [6] Gemmill et al. 2007 Daily real-time global sea surface temperature *NOAA/NWS/NCEP/MMAB Office Note* **260**, 1-39, 2007
- [7] WRF model organization : The Weather Research & Forecasting Model  
<https://www.mmm.ucar.edu/wrf-user-support-contributor-information>

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教員である立花義裕教授には一貫してご指導して頂き、研究手法や気象学の専門知識、発表方法など研究を進める上で重要な知識をご教授して頂きましたこと、そして、特定事業研究員の小松謙介博士には研究に対する助言、内容に対する数多くのコメントやアドバイスを頂きましたことを深く感謝申し上げます。

地球環境学プログラムの先生方には合同ゼミなどを通して貴重なご意見を頂いただけでなく、授業では大気、海洋、森林、植生、景観、統計といった地球環境のあらゆる分野の知識をご教授くださいました。深く感謝しております。気象・気候ダイナミクス研究室の先輩方には、研究手法や内容に対する助言、要旨の添削、発表方法のアドバイスなどを頂き大変お世話になりました。そして、安藤雄太氏には WRF に関する知識や使い方を丁寧に教えて頂きましたことを深く感謝申し上げます。

皆々様へ重ねて心より感謝を申し上げまして、謝辞といたします。

## 付録1 スムージング

寒冷渦が作る台風を動かす背景風を確認するために、スムージングを行った(図14)。台風を動かす背景風として上空の風の図を作ると、台風自身の渦成分が表れる。背景風を見るためには、台風の渦成分が見えないスケールの大きな風場を確認する必要がある。本研究では各格子点とその周囲8格子の重みつき平均を行うことで台風の背景風を確認した。方法は以下のとおりである。

- ・各格子点と周囲8地点において、中心点に1、上下左右の点に0.5、斜め上と下の点に0.3をかけ、合計する。
- ・合計値を重みの和(4.2)で割る
- ・以上を10回繰り返す。

この方法によって、台風自身の渦成分を取り除いた大きなスケールの風場を確認した。

