

# 台風の衰弱過程～圏界面変動の影響～

A weakening process of a typhoon ~impact of tropopause fluctuation~

気象・気候ダイナミクス研究室 金井惇平 (516M202) : 指導教員 立花義裕教授

Kanai Jumpei

Keywords : Typhoon, WRF, weakening, MERRA

## 1. はじめに

日本は台風が多数通過する国である。台風の一生は発生期、発達期、最盛期、衰弱期を経るが、日本付近では弱体化している傾向にある。台風に関する先行研究では特に台風の発生・発達に着目しており、数多くの研究が報告されている。発達する台風は日本に甚大な被害をもたらすため、予報精度の向上のため発達のプロセスの理解に焦点を当てることは必然である。一方で、台風の衰弱のプロセスの理解に関しても予報精度の向上において重要な情報である。日本付近では台風が衰弱期に最接近する頻度が多いことから、台風の強度の予報精度の向上のためにも衰弱期のプロセスの理解は重要である。

Jones (2003)<sup>1)</sup>によると、台風衰弱の条件として、低い海面水温への侵入、地形の効果、水平風の鉛直が挙げられている。鉛直シアにおいては、10m/s以上の鉛直シアで台風が衰弱する[Paterson et al. 2005]<sup>2)</sup>。しかしながら、北西太平洋域においてこれらの衰弱の要因では説明できない特殊な衰弱を経た台風が存在する。例えば、1997年13号WINNIEは上記3つの衰弱の要因は当てはまらない。このことから、台風の衰弱において台風内部で未知の衰弱プロセスが存在していることを示唆させる。

対流圏界面付近にまで台風の循環が達する強度の強い台風は上空に暖気を形成することが知られている[Ohno and Satoh 2015]<sup>3)</sup>。圏界面付近の暖気は上空の静的安定度を強化し、台風の強度を抑制することが考えられるが、それを示した研究は報告されていない。

本研究では、暖気による台風衰弱の影響を調査するため、台風北西太平洋域における特殊な衰弱を経たWINNIEと似た台風を抽出し、上空の暖気構造を確認する。また、詳細な台風の構造を解析するため、数値モ

デルを用いてWINNIE再現した(標準実験: CTL\_run)。この事例は、前述したように、海面水温、鉛直シア、大陸による影響が小さく、急衰弱をした台風であり、10事例を代表する台風である。シミュレーション結果を用いて台風の循環と強度の関係を調査する。

また、最後に上空の暖気が及ぼす台風の強度への寄与を調査するため、感度実験を行った。これらの結果を用いて、未だに解明されていない衰弱のプロセスを提唱する。

## 2. 解析手法

本研究では、1980年から2015年の夏期(7月~9月)を対象に、北西太平洋において特殊な衰弱をした台風を調査するため、デジタル台風データベース<sup>4)</sup>から台風の中心位置(緯度・経度)、最低中心気圧(MCP)を使用した。また、気象データとしてNASAが提供するMERRA再解析データ<sup>5)</sup>、海面水温(Sea Surface Temperature ; SST)データとしてOIst<sup>6)</sup>のデータを使用した。

低い海面水温への進入や地形の影響、鉛直シアの効果を除き、特殊な衰弱を経た台風を抽出するため、以下A~Dのフィルターを作成した。

- A. 緯度0° - 30°, 経度120° - 150°の海洋上の領域
- B. 領域内での強度変化(hPa/day)が $-2.0\sigma$ 以下の衰弱
- C. 衰弱から72時間前の鉛直シアが10m/s未満
- D. 台風衰弱時の12時間前のSST上位50%

これらのフィルターによって抽出された台風は10事例であった。

抽出された衰弱事例の構造の特殊性を調べるため、以下の3つのコンポジットを作成した。

composite① 抽出された10事例

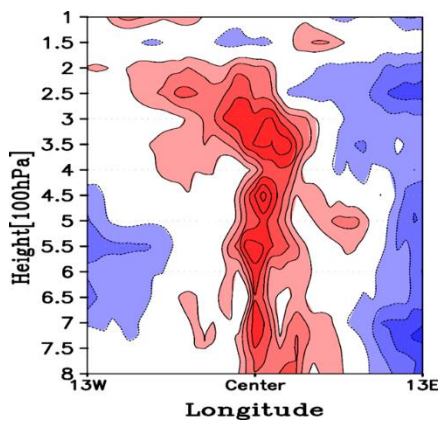


図1 composite①-composite②  
経度-高度断面図

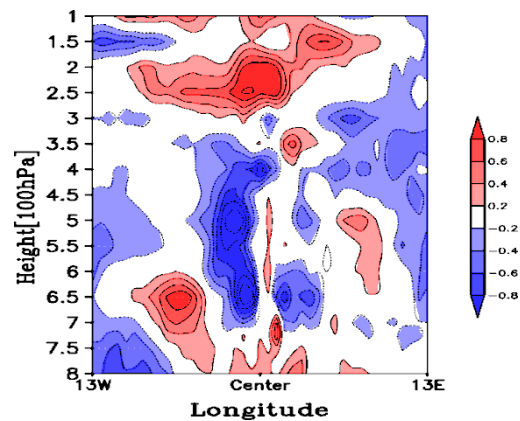


図2 composite①-composite③  
経度-高度断面図

composite② 衰弱期を経たすべての事例

composite③ 抽出された10事例台風と同様の台風強度(約920hPa)に達し、かつ1日以上920hPaを下回った12事例

いずれのコンポジットも台風を中心として緯度・経度方向20格子点の領域の気温を標準化した。composite①とcomposite②,composite③を比較し、特殊な衰弱を経た台風の構造を調べる。

暖気と台風強度の関係を詳細に調べるため、領域気象モデルWRFV3.4.1 (Weather Research and Forecasting)を用いて、2つの領域(DO1, DO2)を設定し、標準実験(CTL\_run)を行った。DO1は116-167°E, 1-37°Nに位置する水平格子間隔50km, DO2は水平格子間隔10kmの台風13号を囲う領域とし、台風の移動を追従する(Moving Nest)。初期値・境界値にはERA-interim<sup>7)</sup>を用いた。計算期間は1997年8月10日0時(UTC)から8月20日0時(UTC)とした。

また、暖気が台風の強度に及ぼす影響を解析するため、感度実験を行った。14日00UTCから $\sigma = 56$ (上空約12.5km)~ $\sigma = 75$ (上空約25.8km)の高度間の温度上昇率を70%カットする実験(COLD\_run)を行った。標準実験(CTL\_run)と比較することで、上空の暖気が台風の強度に与える影響を評価することができる。

### 3. 結果

#### 3-1. 特殊な衰弱事例の構造

図1はcomposite①からcomposite②を引いた鉛直断面図である。台風中心では、抽出された10事例は他の衰弱事例に比べ高度約200hPaまで暖気差がみられた。

図2はcomposite①からcomposite③を引いた鉛直断面図である。発達する台風に比べ、抽出された10事例は上空200hPa付近に暖気差が見られた。上空200hPa付近は圏界面に近い高度である(図省略)。以上の結果から、抽出された10事例の台風構造の特徴として、圏界面付近に暖気をもつ構造であることがわかった。

静的安定度の定義として、台風中心付近の200hPa面の温度と400hPa面との温度差として安定度の推移をみると(図3)、衰弱する直前に上空の安定度が急上昇していることがわかる。また、composite①で取り挙げられた10事例とcomposite③の12事例の台風それぞれの安定度と12時間後の台風のMCPの対応をみると(図4)、安定度の大きいcomposite①の10事例は台風強度が比較的弱く、安定度の小さいcomposite③の12事例は台風強度が強くなる傾向にあった。

#### 3-2. シミュレーション

##### a. 標準実験

特殊な衰弱を経た10事例の代表として、SSTが最も高い1997年13号WINNIEを再現した。再現された台風の構造を解析する。

図5は再現された台風の強度と実際の台風の強度である。実際の台風とは時間がずれているものの、再現された台風の強度は実際の台風の強度を良く再現していることが確認できる。また、鉛直シアは10m/sを下回り、海面水温は28度を越えた状況下で衰弱した(図

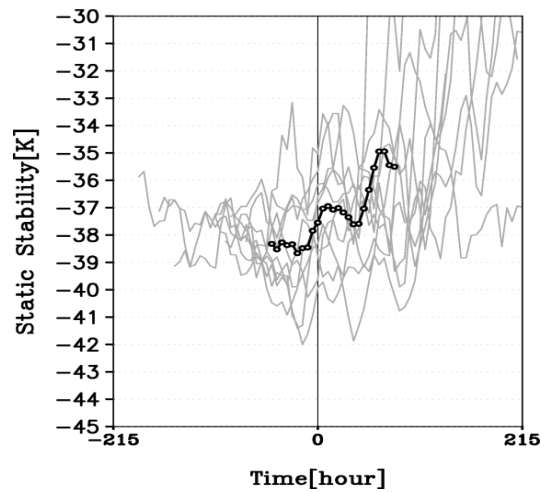


図3 抽出された10事例の安定度(K)  
縦線は衰弱開始時刻を表す

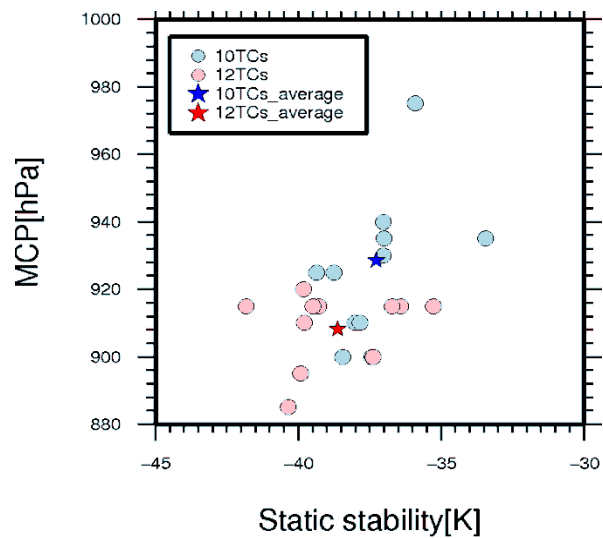


図4 MCPと安定度の散布図

10事例(青丸), 10事例平均値(青星)  
12事例(赤丸), 12事例平均値(赤星)

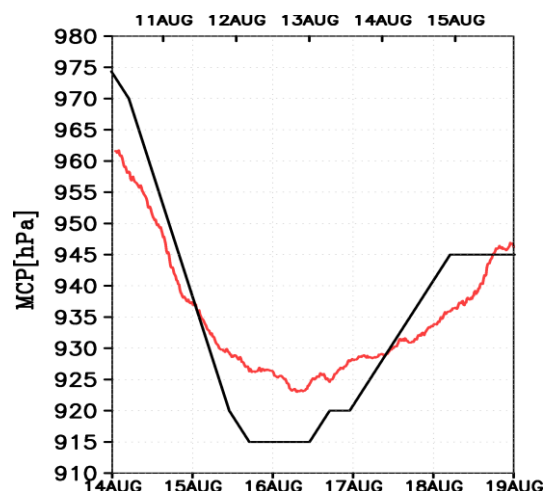


図5 実際の台風とシミュレーションで再現された台風のMCP (hPa)

黒線: 実際の台風

赤線: 再現された台風

上の時間軸は実際の台風

下の時間軸は再現された台風の時間を示す

省略)。

以上から、現実の台風をよく再現されている。シミュレーションで再現された台風はおよそ16日06 UTCで最盛期をむかえていたことから、シミュレーション内での発達期を15日06 UTC~16日06 UTC、衰弱期を16日06 UTC~17日06 UTCと定義する。

圏界面付近の暖気は、台風の渦が圏界面まで達した際、上空の循環に伴う下降気流によって発生すると報告されている [Ohno and Satoh 2015]<sup>3)</sup>。WINNIEの暖気形成のメカニズムを確認するため、シミュレーションで再現された台風と先行研究で報告された台風の特徴の類似性について検討する。

図6は台風の中心を軸に方位角で平均した断面図である。発達期、衰弱期それぞれの鉛直断面をみると、台風中心の圏界面付近(上空約17km)では下降気流であり、衰弱期では下降流がより卓越していた。台風を中心付近の気温と上昇流の対応みると、上空16km付近でみられる暖気差に対応して対流圏の上昇流が弱まっている。また、台風の循環は圏界面付近にまで到達していることがわかった(図省略)。先行研究の台風の特徴と類似していることから、上空の下降気流によって暖気が形成されたと考えられる。

図7は台風中心付近の温度差時系列である。ここで、台風中心付近の領域を台風中心に100kmの格子内の領域と定義し、温度差は各時間ごとの温度から15日06 UTC~17日06 UTCの平均温度を引いて計算した。およそ16日03 UTCになると、上空16 km付近で暖気差がみられた。その後、およそ16日06 UTCに対流圏内の上昇流が弱まっていることがわかる(図8)。

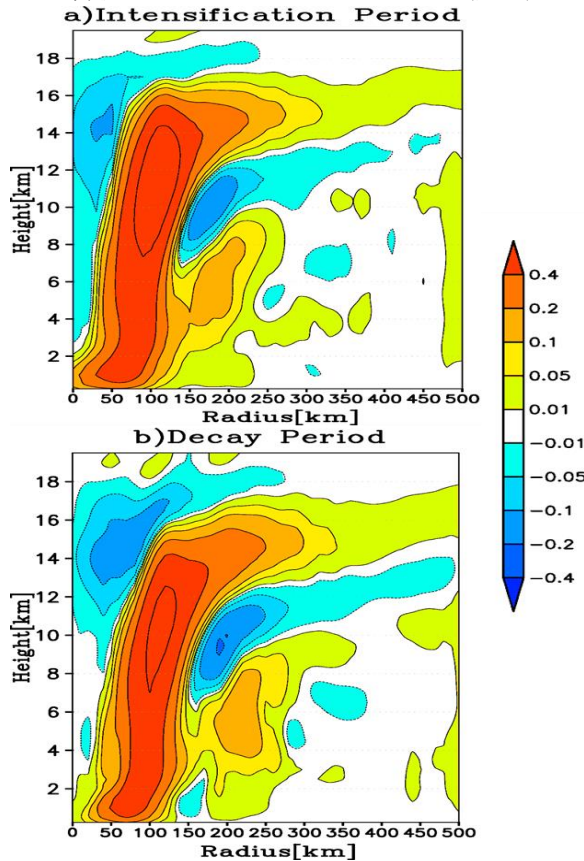


図6 上昇流 (m/s) の半径-高度断面図  
a)発達期 b)衰弱期

## b. 感度実験

CTL\_run と COLD\_run の地表面気圧 (SLP) を比較すると(図9), CTL\_run と COLD\_run で SLP 分布の差はほとんどみられなかった。また、鉛直シアの推移においても同様の変動をしていた(図10)。しかしながら、台風強度の変動をみると、16日00 UTC以降 CTL\_run と COLD\_run で大きな強度差がみられ、圏界面付近に暖気が存在する CTL\_run は比較的強度が弱かった(図11)。台風中心付近の気温差の時系列をみると、16日03 UTCから CTL\_run において上空16 km付近に暖気差がみられる(図12)。上空の暖気差がみられた後、16日06 UTCから CTL\_run で大きな下降流差がみられた(図13)。

## 4. まとめ

1980年から2015年の夏期7月~9月において、海面水温や鉛直シア、大陸による効果以外によって衰弱した台風は10事例存在していた。一般的な衰弱事例や、10事例と同じ強度に達したにも関わらず発達した台風と比較したところ、抽出された10事例は共通して上空約200hPaに暖気が形成されていた。上空の暖気は静的安定度を強めるため、静的安定度と12時間後の台風強度の対応をみたところ、安定度が大きいほど台風強度が弱まっていた。上空の暖気によって安定度が大きくなり、台風の対流を抑制して弱まったと考えられる。

圏界面付近の暖気と台風強度を詳細に調査するため、

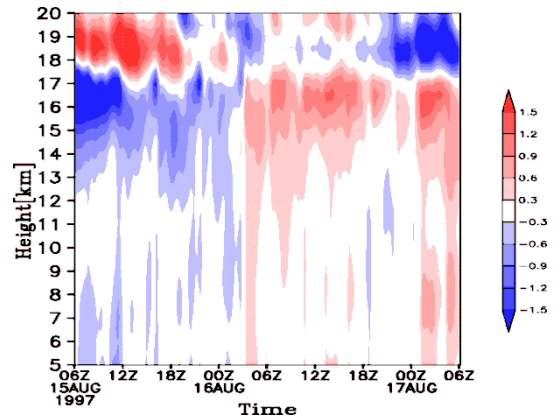


図7 台風中心付近の温度差時系列 (K)

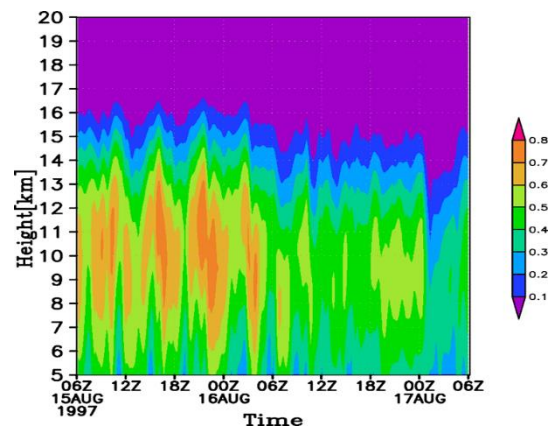


図8 台風中心付近の鉛直流差時系列 (m/s)