

# 航空機により観測された非常に強い台風の雲解像モデルを用いた高解像度シミュレーション

課題責任者

坪木 和久

名古屋大学 宇宙地球環境研究所

著者

坪木 和久\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup>名古屋大学 宇宙地球環境研究所/横浜国立大学 台風科学技術研究センター

キーワード：雲解像モデル、スーパー台風、航空機観測、高解像度シミュレーション

## 1. はじめに

名古屋大学を中心とする研究グループはこれまでスーパー台風などの非常に強い台風の航空機観測を実施してきており、台風の眼と内部コア周辺の観測データを取得してきた。この観測は 2021 年度に採択された科研費基盤研究 S で継続されており、この研究費により 2017 年から始まった台風の航空機観測プロジェクト T-PARCCII (Tropical cyclone- Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts) がサポートされている。これまでこれらの航空機で観測された非常に強い台風や、過去の顕著な台風、さらに気候変動予測実験で得られた台風について、雲解像モデル CReSS を用いて、地球シミュレータにより再現実験や感度実験を行ってきた。本研究ではこの雲解像モデル CReSS を用いて、航空機で直接観測された台風をはじめとして非常に強いスーパー台風についてシミュレーションや感度実験を行い、観測データを用いて再現性を検証し、非常に強い台風の眼と内部コアの構造、および強化プロセスを明らかにすることを目的としている。それとともに台風をより精度よくシミュレーションできるように、モデルの物理プロセスの問題点を検討し、その改良を行うために、地球シミュレータで CReSS を用いて実施してきた台風のシミュレーション実験の結果を解析した。

これまで T-PARCCII では、2017 年のスーパー台風 Lan、2018 年のスーパー台風 Trami、2021 年の台風 Mindulle、2022 年のスーパー台風 Nanmadol の観測を行い、これらの内部コアと眼内部の暖気核を高高度からのドロップゾンデにより観測し、これらの台風についての検証データとして利用できるようになった。

本研究で用いた雲解像モデルは、Cloud Resolving Storm Simulator (CReSS3.4.3m; Tsuboki and Sakakibara 2002 [1]) である。昨年度の研究では、2017 年 10 月のスーパー台風 Lan(2017)の結果について報告した。今年度は引き続き Lan のシミュレーションを行うとともに、2018 年の Trami、2022 年の Nanmadol、さらに記録の残る 1951 年以降で最も低い中心気圧を記録したスーパー台風 Tip (1979)を対象として実験を実施した。ここでは Trami(2018)と Tip (1979)についてのシミュレーシ

ン実験の結果をまとめる。

## 2. 数値モデルと実験設定

CReSS は 3 次元の領域非静力学モデルで、鉛直方向に地形に沿った座標系を用い、水平方向には緯度経度座標を用いている。雲に関わる物理量は雲物理のバルク法を用いており、積雲パラメタリゼーションは用いない。短波および長波による放射加熱・冷却は、Rapid Radiative Transfer Model (RRTM) によって計算される。

計算領域は、経度方向に約 40 度、緯度方向に約 35 度、高さは上部スポンジ層の下端が 24 km である。水平方向の格子間隔は、緯度経度ともに約 2km である。鉛直格子はストレッチングにより下層が細かい格子となっており、最下層での格子間隔は 100 m、鉛直層は 80 層である。初期値・境界値には気象庁の全球客観解析、および JRA55 のデータを用いた。

## 3. 結果

### 3.1 スーパー台風 Trami (2018)

台風 Trami は 2018 年 9 月 21 日にフィリピン東方海上で発生し、沖縄本島付近を通過し日本本土に上陸した。災害の規模の指標となる損害保険の支払額は 3061 億円で、風水害による支払額としては 8 番目に入る大きな災害をもたらした。Trami の特徴は 9 月 25 日～28 日にかけて沖縄本島の南東海上で停滞したことである。また、気象庁ベストトラックデータによると 9 月 25 日 03UTC に 915hPa に発達した後、9 月 26 日 09UTC には 950hPa となるほど急速な弱化を示した。このとき T-PARCCII の航空機観測では、9 月 25 日 04:52UTC で 920hPa、26 日 06:04UTC で 947hPa であった。

CReSS を用いたシミュレーション実験は、初期値を 2018 年 9 月 22 日 18UTC として、18 時間のスピニングアップを行った後、7.75 日間の積分を行った。初期にスピニングアップを行うことで、観測された急速発達に近い中心気圧の低下が再現され、観測された最低中心気圧に近い中心気圧に達したが、その後の急速な弱化は再現できなかった。強度変化については今後の改善が必要で、特に海洋の表現が問題となると考えられる。

一方で進路については、スペクトルナudging (Tsuji no and Tsuboki 2020 [2]) を用いることで、ほ

ば観測に対応した進路が得られた。図1は9月25日06UTCの結果で、このときの中心気圧は936hPaで、この時刻付近の航空機観測と比較すると16hPa程度高い。この時刻から4日間にわたってこの位置付近で停滞する特徴とその後の進路はよく再現された。今後、強度の時間変化の再現性を改善することが重要である。

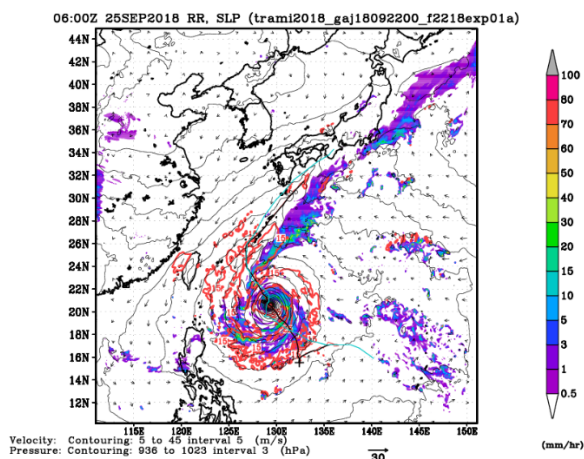


図1：スーパー台風 Trami (2018) のシミュレーション実験の2018年9月25日0600UTCの結果の水平表示。カラーは地上降水、矢印は地上風、黒等値線は地上気圧、赤等値線は地上風速で15、25m/s。黒実線は中心の経路、青実線は気象庁の台風ベストトラックデータの経路。

### 3.2 スーパー台風 Tip (1979)

台風 Tip は1979年10月6日にフィリピン東方海上で発生し、前節の Trami (2018) とよく似た経路をとり、紀伊半島付近に上陸した。上陸時は965hPaであったが、

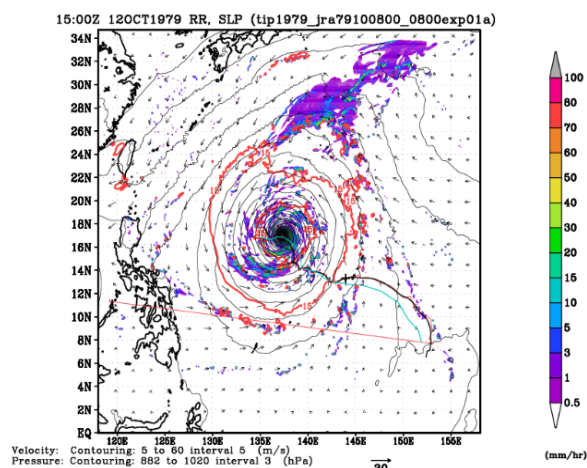


図2：スーパー台風 Tip (1979) のシミュレーション実験の1979年10月12日1500UTCの結果の水平表示。カラーは地上降水、矢印は地上風、黒等値線は地上気圧、赤等値線は地上風速で15、25m/s。黒実線は中心の経路、青実線は気象庁の台風ベストトラックデータの経路。

国内の死者111人という甚大な被害をもたらした。Tipの特徴は、台風、サイクロン、ハリケーンをあわせても地球上で最も中心気圧の低下した熱帯低気圧という点で、10月12日15UTCに870hPaを記録している。また、24時間の最大気圧低下量は-55hPaであった。

この史上最強のスーパー台風 Tip の再現実験を実施した。初期値・境界値はJRA55を用い、1979年10月8日00UTCを初期値として6日間の積分を行った。Tramiの実験と同様に、進路が観測と対応するようにスペクトルナッジングを用いた。

観測で Tip が最低中心気圧を記録した10月12日15UTCの時刻の結果を図2に示す。黒線のモデルの経路は、水色線の気象庁ベストトラックと非常によく対応しており、この時刻における中心気圧は、882hPaでほぼ観測値に対応している。図3は気象庁ベストトラックとシミュレーションの中心気圧および最大地上風速の時間変化を比較したものである。中心気圧の時間変化はほぼ観測に対応しており、9日から12日にかけての急速な中心気圧の低下がよく再現されている。気圧の低下については観測より若干の遅れが見られるが、低下率はほぼ観測と対応している。最大地上風速については、最初の2日間はモデルのほうが過大となっているが、10日以降は観測とよく対応しており、このシミュレーションでは台風の強度変化をよく再現しているといえる。このような非常に強い台風の強度と発達率を再現できたことは、スーパー台風などの非常に強い台風の強度予測にむけて、重要な結果といえる。

### 3. まとめ

昨年度に引き続いて本年度も航空機で観測されたスーパー台風および過去最低中心気圧を記録した台風についてシミュレーション実験を行い、観測と比較しつつ、その発達の再現性を調べた。Trami (2018) については、進路や停滞の特徴などはよく再現されたが、台風強度の時間発展は今後の改善が必要である。一方、スーパー台風 Tip (1979) については、中心気圧と最大地上風速の時間変化がよく再現され、観測された870hPaに近い中心気圧がシミュレーションされた。今後、このような強い台風について、再現性をより高めるとともに、強度をコントロールする物理過程の改良を行っていく予定である。

### 参考文献

- [1] Tsuboki, K., and A. Sakakibara, "Large-scale parallel computing of Cloud Resolving Storm Simulator", *High Performance Computing*, edited by H. P. Zima, K. Joe, M. Sato, Y. Seo, and M. Shimasaki, 243-259, Springer, New York, (2002)
- [2] Tsujino, S. and K. Tsuboki, 2020: Intensity change of Typhoon Nancy (1961) during landfall in a moist environment over Japan: A numerical simulation with spectral nudging. *J. Atmos. Sci.*, **77**, 1429-1454, doi:10.1175/JAS-D-19-0119.1.

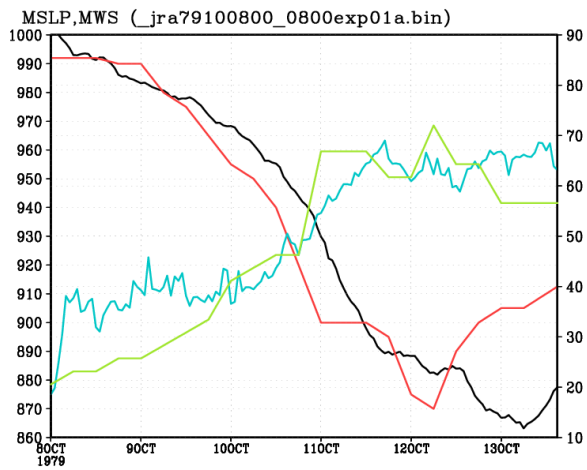


図3：スーパー台風Tip(1979)のシミュレーション実験から得られた中心気圧（黒線）、最大地上風速（水色線）と気象庁の台風ベストトラックデータの中心気圧（赤線）、最大地上風速（緑線）の時間変化。