2024年度 12)航空機観測共同利用(ドロップゾンデ) 目次詳細

3 件

＊所属・職名は2025年3月現在

＊Affiliation and Department displayed are current as of March 2025.

研究代表者 Principal Investigator	所属機関* Affiliation	所属部局* Department	職名* Job title	研究課題名 Project Title	頁 Page	備考 Remarks
平野創一朗	京都大学	防災研究所	特任助教	台風の北東側に存在する前線の構造	343	
川村隆一	九州大学	大学院理学研究院	教授	ドロップゾンデ観測による黒潮から台風への水蒸気輸送の評価・検証	345	
榎本剛	京都大学	防災研究所	教授	ドロップゾンデ観測のアンサンブル同化	346	

（別紙様式12-2）

台風の北東側に存在する前線の構造
The structure of a front located to the northeast of a typhoon

平野創一朗、京都大学・防災研究所

・研究目的

台風が北上して日本に接近する際、台風の東側で吹く南風により、台風の北東側にしばしば前線が形成される。このような前線は、風・気温・湿度などの物理量の観測がほとんど行われていない海上で形成されることが多い（図1）。そのため、再解析やモデルにおける台風北東側の前線が、どの程度再現されているか確かめる手段がほとんどないのが現状である。台風北東側の前線周辺の物理量を観測するには、航空機によるドロップゾンデ観測は数少ない手段の一つである。そこで、本研究は台風北東側に存在する前線の構造を観測的に明らかにし、再解析やモデルでどの程度再現されているか評価することを目的とする。

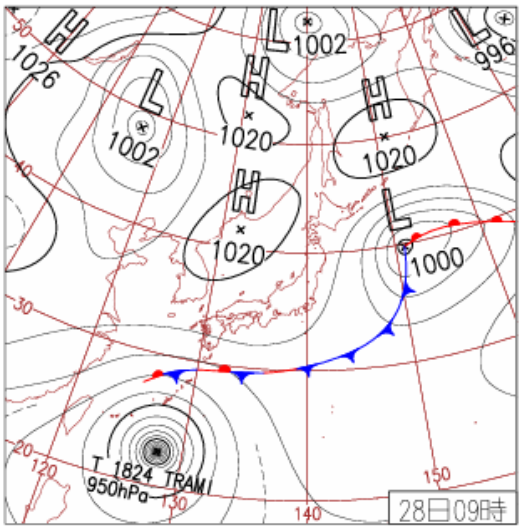

図 1：2018 年 9 月 28 日の地上天気図。台風第 24 号 Trami に対する航空機観測を行った。

・研究方法

台風観測を行う航空機を用いて、名古屋空港と台風の間に存在する前線を横切ってドロップゾンデを投下する。投下場所として想定しているのは、台風北東側の前線がよく形成される以下の2つの航空路上である。1つは、串本VOR（KEC、潮岬付近）からBUBDO（紀伊半島南方海上のウェイポイント）を経由して南大東島に向かう航空路上である。この経路は名古屋空港から南大東島に向かう際に使用する航空路である。航空機が台風の眼の貫通飛行を行う前には、ラジオゾンデとドロップゾンデの観測結果を比較するために南大東島でドロップゾンデを投下する。もう1つは、台風の中心付近から北上した後、BUBDOを経由して串本VORに向かう航空路上である。この経路は、航空機が台風観測を終え名古屋空港に戻る際に使用する航空路である。2018年9月に台風第24号Tramiに対する航空機観測を行った際には、これらの経路上に前線が形成された（図1）。

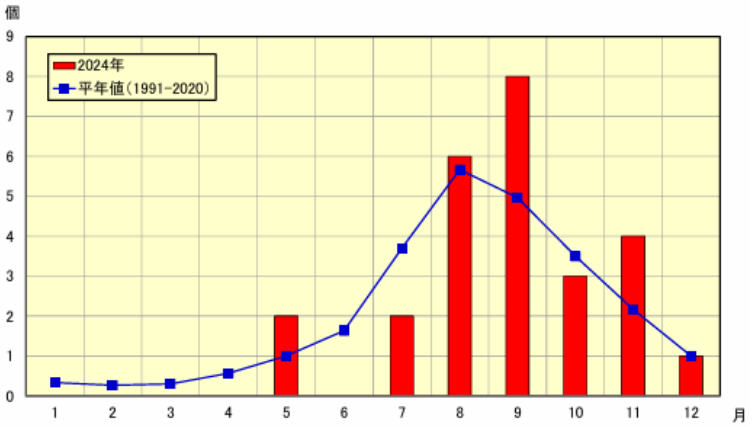

図 2：2024 年の月別台風発生数（赤棒）。青線は 1991～2020 年の平均値を表わす。https://www.jma.go.jp/jma/press/2503/26b/2024kakutei.pdf より出典。

・今年度の観測結果

2024年9月は、平年より多い9個の台風が発生したが（図2）、いずれの台風も観測可能領域に入らないか、もしくは観測可能領域に入っても発達しなかった。結果として、観測可能期間が終わる直前の10月に航空機観測を行った。このときは、前線の位置が陸に近く（図3）、前線を超えてからドロップゾンデを投下し始めたため、前線を横切ってドロップゾンデを投下することができなかった。

・まとめ、今後の展望

今年度の航空機観測では、前線の位置が陸に近く、前線を横切ってドロップゾンデを投下することができなかった。2024年度は、ドロップゾンデデータの検証が進み、特に相対湿度のデータの質が向上し、正確に前線の構造を明らかにするための土台ができつつある。来年度以降も、前線を横切ってドロップゾンデを投下することを狙う。

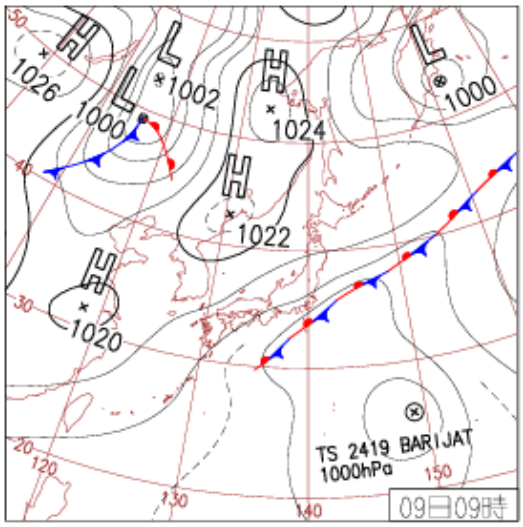

図 3：2024 年 10 月 9 日の地上天気図。台風第 19 号 Barijat に対する航空機観測を行った。

（別紙様式12-2）

ドロップゾンデ観測による黒潮から台風への水蒸気輸送の評価・検証
Estimation and validation of moisture import from the Kuroshio to a typhoon using dropsonde observations

川村隆一、九州大学・大学院理学研究院

【研究目的】
日本に接近する秋台風の中で、黒潮からの水蒸気が内部コアに流入している事例が少なくない。領域気象モデルを用いた各種感度実験から、水蒸気の流入を介した黒潮の遠隔影響が台風の強度に影響を与えていることが示唆されている。しかしながら、海上での水蒸気輸送に係る数値シミュレーション結果を観測で検証する所まで至っていない。ドロップゾンデ観測は貴重な検証データとなり、今後の台風強度予測における黒潮の遠隔影響のインパクトを定量的に評価できることが期待できる。

【研究内容・計画】
台風観測へ向かう航空機の往路または復路において、黒潮流軸近傍の測線に沿ってドロップゾンデを５発程度投下する。黒潮から台風本体への水蒸気輸送の鉛直構造を捉えると同時に、大気境界層内の気流の気団変質過程や鉛直安定度を評価するための検証データを得る。

【研究結果】
航空機ドロップゾンデ観測が実施された2024年10月10日において、台風Barijatは平年より約2℃高い海面水温の黒潮続流域を北上していた。そのような平年より温かい黒潮続流域が台風Barijatの境界層過程に与える影響を明らかにするために、WRFシミュレーション（CNTL）を実施した。シミュレートされた台風は、観測された台風の経路および中心気圧をよく再現した。本事例は、直接観測データのない海上を通過している台風のシミュレーションとは異なり、ドロップゾンデ観測データを用いて再現性を確認することができるというアドバンテージを持っている。ドロップゾンデ観測データより作成した水蒸気混合比の鉛直断面図とCNTLシミュレーションによる鉛直断面図を比較することにより、台風西側で水蒸気混合比17g/kg以上の湿潤層が地表から約950hPa高度まで達している境界層の水蒸気分布がWRFシミュレーションによって見事に再現されていることが確認された。
平年より温かい黒潮続流域が台風Barijatの境界層過程に及ぼす影響を調べるため、Barijatが通過する周辺の黒潮続流域の海面水温を平年値に置き換えたシミュレーション（CLM）を実施した。CLMシミュレーションでは、台風西側境界層の17g/kg以上の湿潤層は浅くなり、台風の発達も抑制された。このことは、平年より温かい黒潮続流域が台風西側の境界層水蒸気分布を変化させ、台風発達を促進させたことを示唆している。

【成果発表】
なし

（別紙様式12-2）

ドロップゾンデ観測のアンサンブル同化
Ensemble assimilation of Dropsonde Observations

榎本剛、京都大学・防災研究所

研究目的

台風や線状降水帯に代表される局地的大雨の予測には、必要な解像度を確保するため、全球モデルに領域モデルを埋め込んだネスティングが行われている。ネスティングされた領域モデルで観測を同化すると、全球モデルの力学的ダウンスケーリングよりも精度が下がることが知られている。その原因は、領域モデルの計算範囲が限定されているため、領域外の観測を含む大規模場の情報が反映されないためであると考えられている。この問題に対処するため、台湾や英国では、解析の際に大規模場の情報を混合するブレンディングと呼ばれる手法が用いられているが、大規模場と領域解析とを一定の割合で混合するため、解析値の力学的バランスが損なわれる。また、大規模場を観測のように扱うネスト3次元変分法（Guidard and Fischer, 2008）も提案されているが、背景誤差共分散が気候値に固定されているため、時空間的に変化が激しいメソスケール循環を適切に同化できない。そこで、本研究では、アンサンブル予報を利用して、動的に背景誤差共分散を推定し、ブレンディングを行うことにより、台風やメソ対流系の再現性を向上させ、ドロップゾンデ観測を効果的に行う手法を確立する。

研究方法

数値最適化にニュートン法を用いた最尤法アンサンブルフィルタに基づく、アンサンブル変分法データ同化システム（Nakashita et al. 2024, Enomoto and Nakashita, 2024）を構築した。これをLorenz (2005)のカオスモデルに適用した。Model IIIを用いた積分を真値とし、真値の1/4の解像度のModel IIを全球モデル、1/4周に真値と同じ解像度のModell IIIを領域モデルとした。領域モデルに様々な分布の観測とModel IIの情報を同化し、ダウンスケーリングと比較した（Nakashita and Enomoto 2025）。

研究結果

考案したネストアンサンブル変分法は、大規模場の情報を考慮しないアンサンブル変分法及びネスト3次元変分法よりも顕著にスキルスコアが改善する（表1）。既存の二つの手法では、スキルスコアに対して低波数（波数24以下）が精度を低下させている。高波数（波数24超）の寄与は、大規模場の情報の有無にかかわらずアンサンブル変分法が3次元変分法よりもやや大きく、流れに依存してメソスケールの再現性が向上していることを示唆している。

表1・密な移動観測を同化した場合の解析値の平均二乗誤差のスキルスコアとそれに対する低波数（波数24以下）及び高波数（波数24超）の寄与（Nakashita and Enomoto 2025のTable 4より抜粋）

手法	スキルスコア	低波数	高波数
アンサンブル変分法	0.15	−0.15	0.29
ネスト3次元変分法	0.13	−0.15	0.27
ネストアンサンブル変分法	0.40	0.11	0.29

考察

ネストアンサンブル変分法の精度が大幅に改善したのは、波数2～60までにわたる幅広い空間スケールで誤差が低下したためである。これは、ネストアンサンブル変分法が観測から得られる小スケールの情報だけでなく、大規模場を混合することにより得られる大スケールの情報を活用できていることを示している。

まとめ

ネストアンサンブル変分法では、ネスト3次元変分法と比べて、大規模場を混合することにより、解析に伴って領域モデルにおける低波数成分の精度が低下することを防ぐことができるだけでなく、流れに依存した予報誤差共分散を考慮することにより、領域モデルに与えられる観測から効果的に情報を得て、高波数の精度も向上させることができる。実際のモデルに適用するためには、インフレーションや局所

化について検討する必要があるが、領域モデルの低波数成分を改善することにより、メソ対流系の位置や強度を改善することが期待できる。

引用文献

Enomoto, T., and S. Nakashita, 2024: Application of exact Newton optimisation to the maximum likeliho od ensemble filter. *Tellus A*, **76**, 42–56.

Guidard, V., and C. Fischer, 2008: Introducing the coupling information in a limited-area variational assi milation. *Quar. J. Roy. Meteor. Soc.*, **134**, 723–735.

Lorenz, E. N., 2005: Designing chaotic models. *J. Atmos. Sci.*, **62**, 1574–1587.

成果発表

論文

Nakashita, S., T. Enomoto, and S. Ishii, 2024: Multi-scale uncertainty of mesoscale convective systems in the Baiu frontal zone: A case study from June 2022. *J. Meteor. Soc. Japan*, **102**, 599–631.

Nakashita, S. and Enomoto, T. 2025: Flow-dependent large-scale blending for limited-area ensemble data assimilation. *Tellus A*, **77**, 1–19.

口頭発表

Nakashita, S. and T. Enomoto, Introduction of global error covariance to nested ensemble variational assimilation., 12th Workshop on Meteorological Sensitivity Analysis and Data Assimilation, 23 May 2024, Lake George, NY, USA.

Nakashita, S. and T. Enomoto, MGI24-03 Introduction of global error covariance to nested ensemble variational assimilation（領域アンサンブル変分法への全球誤差共分散の導入）. M-GI24 Data assimilation: A fundamental approach in geosciences, Japan Geoscience Union Meeting 2024, 30 May 2024, Makuhari Messe, Chiba, Japan.

Nakashita, S. and T. Enomoto, AS47-A018 Introduction of Global Error Covariance to Nested Ensemble Variational Assimilation, AS47 - 17th Sasaki Symposium on Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic and Hydrologic Applications, Asia Oceania Geosciences Society 2024, 26 June 2024, Pyeongchang, Korea, poster.

Nakashita, S. and T. Enomoto: Flow-dependent large-scale blending for limited-area ensemble data assimilation. Second IMT-Atlantique & Kyoto University & RIKEN Joint Data Assimilation Workshop, 29 October 2024, Kyoto, Japan.

中下早織・榎本剛, P-3 Flow-dependent large-scale blending for limited-area ensemble data assimilation. 第 15 回データ同化ワークショップ, 2025/2/28, JAMSTEC 横浜研究所, 神奈川県横浜市.

Nakashita, S. and T. Enomoto, Flow-Dependent Large-Scale Blending for Limited-Area Ensemble Data Assimilation, ISDA online, 13 March 2025, online.