

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540434

研究課題名（和文） 熱帯低気圧のライフサイクルに伴う不確定性に関する研究

研究課題名（英文） Uncertainty associated with the lifecycle of tropical cyclones

研究代表者

榎本 剛 (ENOMOTO TAKESHI)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球シミュレータセンター・チームリーダー

研究者番号：10358765

研究成果の概要（和文）：熱帯低気圧の不確定性に関し、アンサンブル解析スプレッドの大きな領域が数日後の台風発生の予兆を示すことを明らかにした。次に、100 km 程度の解像度でも、台風中心付近の観測データを有効に取り込む手法を開発した。また、海面水温偏差の有無が台風の再現性に与える影響についてアンサンブル予測実験を行い、台風に伴う対流性降水を再現するためには、高解像度海面水温データセットが重要であること明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Uncertainty associated with tropical cyclones is investigated. First, we found that large analysis error indicates tropical cyclogenesis a few days later. Secondly, we developed a method to modify near core pressure observations to assimilate them into an atmospheric general circulation model of about a 100-km horizontal resolution. Finally, ensemble forecast experiments indicate importance of a high-resolution sea-surface temperature (SST) dataset to resolve fine SST anomalies and represent convective precipitation associated with a tropical storm.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：気象学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：熱帯低気圧、台風、竜巻、海面水温偏差、大気大循環モデル、アンサンブル予測、不確定性

1. 研究開始当初の背景

熱帯低気圧は、熱帯の海洋上で発生する大気擾乱である。西太平洋で一定の強さに発達したものは、台風と呼ばれ、接近・上陸すれば強い雨や風による気象災害をもたらす。熱帯低気圧の特徴は、主に海面からエネルギー供給を受けて発達することと、それを担う積

雲対流がそれよりも大きな空間スケールの場から見て、確率的な性質を持つことである。

地球シミュレータに象徴される計算機技術の進展により、熱帯低気圧のシミュレーションは近年飛躍的な発展を遂げた。高解像度の大気大循環モデルを用いることにより、熱帯低気圧はモデルの中で自然と発生する

様子が再現できるようになり、雲解像モデルによる熱帯低気圧のシミュレーションも多数行われるようになった。他方、熱帯低気圧に伴う不確実性については、あまり明らかになっていない。

2. 研究の目的

本研究では、熱帯低気圧に伴う気象場の不確実性の性質をあきらかにするとともに、それを低減するために台風中心付近の観測データの同化手法を開発する。さらに、熱帯低気圧の発達に重要な海面からのエネルギー供給に着目し、下部境界条件の不確実性の影響を明らかにする。

3. 研究の方法

気象庁予報部・海洋研究開発機構・千葉科学大学が地球シミュレータ用大気大循環モデル AFES とアンサンブル変換カルマンフィルタを用いて作成した実験的アンサンブル再解析データ ALERA を用いて、台風に伴う不確実性の構造や時間発展について調べる。

不確実性には、観測不足によるものと、現象に伴うものの二通りあると考えられるが、前者の影響を低減するために、台風中心付近の観測データを取り込む手法を開発する。台風中心付近のデータの代用として、ベストトラックデータ中の中心気圧及び位置を用い、アンサンブルデータ同化実験を行う。

さらに、海面水温偏差が台風に与える影響を調べるため、アンサンブル予測実験を行う。初期条件には ALERA、大気大循環モデルには AFES を用いる。

4. 研究成果

本研究の成果は、以下の3つである。

(1) 台風発生の予兆

解析アンサンブル・スプレッド（以下スプレッド）に着目した分析を行った。スプレッドは、時間とともに変化する解析誤差を示す指標であると考えられる。解析誤差は観測密度だけでなく、流れの影響も受けて時間変化する。台風中心付近では、観測が少ないことに加えて現象が顕著であることから、誤差が大きくなると考えられる。図 1a は 2005 年 7 月 17 日 12 UTC における 850 hPa 面における風（矢印）及び東西風のスプレッドである。東経 124 度北緯 23 度付近に、台風第 5 号（Haitang）があり、その中心付近でスプレッドが大きくなっている。これとは別に東経 142 度北緯 18 度付近にもスプレッドが大きい領域が存在する。この時点では、風の流れをみると、東風が南に向きを変えているが、孤立した渦にはなっていない。

2 日後の 7 月 19 日 12 UTC には、このスプレッドの極大はやや東南進し東経 139 度北緯 15 度付近に低気圧性の渦が形成されている

（図 1b）。7 月 21 日 18 UTC には、この渦は発達し台風第 7 号（Banyan）が発生した（図 1c）。

この例のように、台風発生の数日前で孤立した渦の形成に先行してスプレッドが大きくなる事例が複数認められる。一般に海上では観測が少ないため、陸上よりもスプレッドが大きいが、いつもどこでも大きい訳ではない。外向き赤外放射（OLR）と比較すると、対流活動の活発な領域に対応しているようである。対流の発生がメンバーごとにばらついていることがスプレッド増大につながっているものと考えられる。

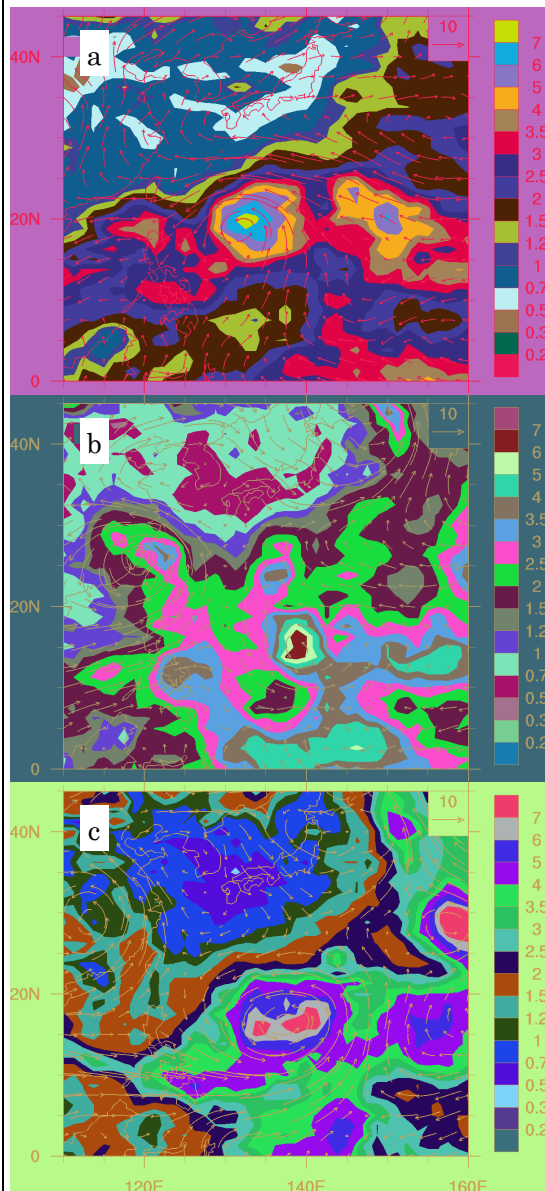


図 1 850 hPa面における風（矢印）と東西風のアンサンブル・スプレッド。2005 年 7 月 (a) 17 日 12 UTC、(b) 19 日 12 UTC、(c) 21 日 18 UTC。

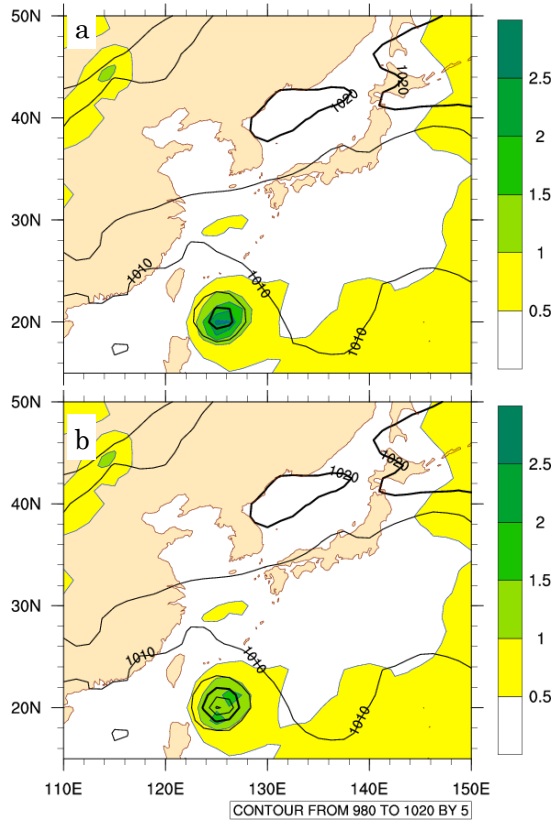


図2 2006年9月14日6 UTCにおける海面気圧 (hPa, 等値線) とそのアンサンブル・スプレッド (色)。(a) 台風中心付近のデータなし、(b) 修正した海面気圧を同化した場合。

スプレッドが示す予兆は、台風だけでなく、モンスーンや成層圏突然昇温など様々な現象に見いだされる (Enomoto et al. 2010)。

(2) 台風中心付近の観測データの同化手法

台風中心付近で追加の観測が得られれば、観測不足が原因の不確定性を低減することができる。しかしながら、得られた観測値が極端な値である場合、必ずしもモデルに同化できるとは限らない。本研究で用いた水平解像度 100 km 程度の気象大循環モデルでは、解像度の制約から台風の中心気圧は高めに最大風速は弱めにしか表現できない。通常、予測値と大きくかけ離れた観測値は問題があるものとして使用しないので、せっかく台風中心付近の観測が得られても活用されないことになる。そこで、モデルが表現できる範囲の値に修正しデータを活用する手法を開発した。

ここでは、ベストトラックデータの台風中心気圧を台風中心付近の観測の代用として用いる。衛星データから一定の仮定の下に計算された中心気圧は、モデルの予測値とはかけ離れている。中心気圧の修正方法のひとつとして、ベストトラック中心気圧 p_{bt} と予測されたアンサンブル平均中心気圧 \bar{p} からアンサンブル・スプレッド p_σ の2倍をから引いた値

のうち高い方を採用することとした。数式で表すと、

$$\max(p_{bt}, \bar{p} - 2p_\sigma)$$

となる。

この修正法の効果を確認するため、2006年台風第13号 (Shanshan) の事例で同化実験を行った。図2に2006年9月14日6 UTCにおける海面気圧 (等値線) とそのスプレッド (色) を示す。台風中心付近のデータがない場合、台風中心のやや南側にスプレッドの極大がある。無修正のベストトラック海面気圧データを追加しても、予測値とかけ離れており利用されないため、結果は追加しない場合と同じである。修正したデータを与えた場合は、台風中心付近でスプレッドが小さくなっている。追加のデータを与えない場合は、中心付近のインクリメント (解析-予測) は正であり、予測された台風は観測によりやや弱められている。これに対し、中心付近のデータを追加した場合は、インクリメントは負で観測により台風は強化されている。

今回は台風中心気圧データの修正を試みたが、風速などのデータを取り込み際にもこの手法は応用可能である。

(3) 海面水温偏差の影響

(2)の事例について、海面水温データの影

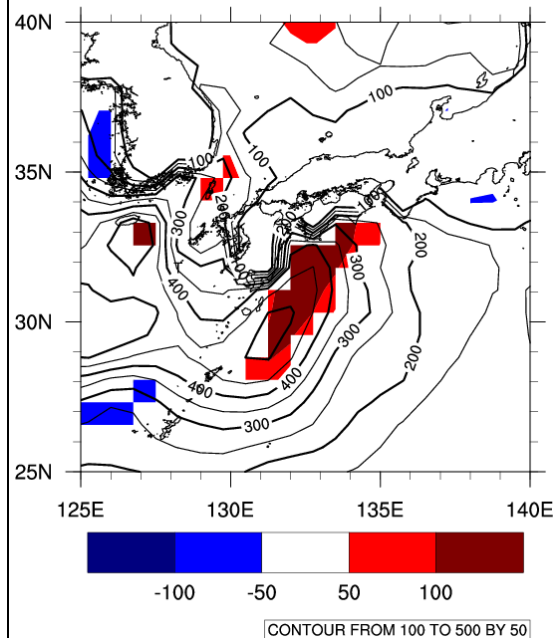


図3 2006年9月14日12 UTCにおける高解像度海面水温データを用いた場合の潜熱フラックス (Wm^{-2} , 等値線) 及び低解像度海面水温データを用いた場合との差 (Wm^{-2} , 色)。上向き (海洋から大気) が正。

響を調べた。9月17日にこの台風が九州に接近した際、九州の東、四国の南側には活発な降水帯が形成されていた。この降水帯で延岡などに被害をもたらした竜巻の親雲が形成されたと考えられている。この降水帯に対応して、海面水温の正偏差が存在していた。

海面水温偏差は高解像度データでは分解されているが、低解像度データでは十分に表現されておらず、気候値には存在しない。

海面水温偏差の影響を調べるため、大気大循環モデルを用いたアンサンブル予測実験を行った。海面水温偏差が分解されている高解像度データを境界条件に与えると、海面からの潜熱フラックスが 100 Wm^{-2} 程度強く出ている。この差は 95%水準で有意である。優位な領域は九州付近に狭まるものの、同様な差が対流性降水にも現れている。気候値との差はより明瞭である。これらの実験は、下層の安定性や対流性降水を適切に再現するためには、海面水温データが重要であることを示している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

① Enomoto, T., M. Hattori, T. Miyoshi, and S. Yamane, 2010: Precursory signals in analysis ensemble spread. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L08804, doi:10.1029/2010GL042723. 査読あり

② Enomoto, T., M. Hattori, T. Miyoshi, and S. Yamane, 2009: Precursory signals of significant weather events found in ensemble reanalysis ALERA. *Proc. 5th WMO Symposium on Data Assimilation*, 7pp. 査読なし

③ Enomoto, T., J. Inoue, T. Miyoshi, and S. Yamane, 2009: Observing system experiments using the AFES-LETKF data assimilation system. *Proc. Third THORPEX International Science Symposium (TTISS)*, 6pp. 査読なし

④ 榎本 剛, 2009: 台風の予測可能性研究, 平成 20 年度京都大学防災研究所共同研究 台風災害を防ぐ-気象学・風工学・土木学・災害情報学の間に橋を架ける-研究集会 (20K-06), 京都大学防災研究所・日本風工学会, 1-6. 査読なし

[学会発表] (計 12 件)

① 榎本 剛, 更新された地球シミュレータ上でのアンサンブル全球大気データ同化システムの構築, 日本気象学会 2011 年度秋季大会, 2010 年 10 月 27 日, 京都テルサ (京都府

京都市) .

② 榎本 剛, 2006 年台風第 13 号に伴う竜巻の発生ポテンシャル, 東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会 日本気象学会 THORPEX 研究連絡会第 4 回研究集会「太平洋・アジア域に影響を与える気象」, 2010 年 9 月 15 日, 東京大学大気海洋研究所国際沿岸研究センター (岩手県大槌町) .

③ 榎本 剛, アンサンブル大気再解析 ALERA2 (招待講演), 第 14 回データ同化夏の学校, 2010 年 8 月 23 日, むつ科学技術館 (青森県むつ市) .

④ Enomoto, T., Tornado potential associated with typhoon Shanshan in 2006 estimated from global ensemble simulation, 西太平洋地球物理学会議 2010, 2010 年 6 月 24 日, 台北国際会議場 (台湾台北市) .

⑤ Enomoto, T., AFES-LETKF experimental ensemble reanalysis 2, THORPEX Asia Science Workshop 2010, 2010 年 6 月 3 日, Hyatt Regency (大韓民国済州島) .

⑥ 榎本 剛, アンサンブル全球大気再解析, 地球惑星物理学連合 2010 年大会, 2010 年 5 月 27 日, 幕張メッセ国際会議場 (千葉県千葉市) .

⑦ Enomoto, T., Precursory signals of typhoon genesis in analysis ensemble spread, The Third International Workshop on Prevention and Mitigation of Meteorological Disasters in South East Asia (招待講演), 2010 年 3 月 2 日, 立命館アジア太平洋大学 (別府) .

⑧ Enomoto, T., Precursory signals of significant weather events found in ensemble reanalysis ALERA, Second OFES International Workshop and ESC-IPRC Joint Workshop on Computationally -Intensive Modeling of the Climate System, 2009 年 12 月 9 日, ハワイ大学 (米国ホノルル) .

⑨ Enomoto, T., Atmospheric uncertainty associated with typhoon genesis estimated in ensemble reanalysis ALERA, International Workshop on Advancement of Typhoon Track Forecast Technique, 2009 年 12 月 2 日, 日本財団ビル (東京) .

⑩ Enomoto, T., Precursory signals of significant weather events found in ensemble reanalysis ALERA, 2009 年 10 月 8 日, メルボルン会議・展示場 (豪州メルボルン) .

⑪ Enomoto, T., Observing system experiments using the AFES-LETKF data assimilation system, The Third THORPEX International Science Symposium, 2009 年 9 月 17 日, ポルトラホテル (米国モンテレー) .

⑫ 榎本 剛, 研究集会 台風災害を防ぐ-気象

学・風工学・土木学・災害情報学の中に橋を架ける，2008年12月17日，京都大学防災研究所（京都府宇治市）。

〔その他〕

ホームページ等

① 榎本 剛，複眼でとらえる気候システム，第8回地球シミュレータシンポジウム，秋葉原，2010/10/5.

② 榎本 剛，全球大気シミュレーション，横浜市高等学校教育研究会研修，横浜，2010/7/27.

③ 榎本 剛，大気のツボを探す，地球情報館公開セミナー110，横浜，2010/4/17.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎本 剛 (ENOMOTO TAKESHI)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球シミュレータセンター・チームリーダー

研究者番号：10358765

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

小守 信正 (KOMORI NOBUMASA)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球シミュレータセンター・研究員

研究者番号：80359223

(4) 研究協力者

三好 建正 (MIYOSHI TAKEMASA)

メリーランド大学・大気海洋科学部・研究
準教授