

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月30日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21740348

研究課題名（和文） アンサンブル同化データと全球大気モデルを用いた爆弾低気圧の予測精度研究

研究課題名（英文） Predictability analysis of explosive cyclones using ensemble assimilation data and an atmospheric general circulation model

研究代表者

吉田 聡 (KUWANO-YOSHIDA AKIRA)

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：90392969

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は誤差情報を含むアンサンブル大気再解析データを用いて、爆弾低気圧の予測精度の検証とその要因を解析した。日本海上で発達する爆弾低気圧は上層渦度移流の過大評価により進路が北にずれる傾向があり、太平洋上で発達する爆弾低気圧は潜熱加熱の過小評価により中心気圧を高く予測し、予測のばらつきも大きいことを見出した。また、この傾向が環境場による低気圧の発達メカニズムと関係していることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We analyzed predictability and its mechanism of explosive cyclones around Japan using an ensemble reanalysis data involving model and analysis error information. The explosive cyclones developed over the Sea of Japan tend to be predicted further northward than analysis, while those developed over the northwestern Pacific Ocean tend to be underestimated cyclone deepening with large analysis spread. The difference is due to major process of cyclone development influenced by large-scale environment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

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：アンサンブル予報、データ同化、予測可能性、爆弾低気圧、THORPEX、大気大循環モデル

1. 研究開始当初の背景

爆弾低気圧とは24時間に24hPa以上中心気圧が低下するような急激に発達する低気圧であり、日本付近では秋から冬、春にかけて竜巻や暴風雨、波浪などの気象災害をもたらす。研究代表者の研究を含むこれまでの研究により、日本海上で発達する低気圧と太平洋上で発達する低気圧では環境場によって、発達要因が異なることが明らかになってい

たが、日本付近の爆弾低気圧の進路や中心気圧の予測精度の検証や発達メカニズムとの関係は明らかではなかった。一方で、アンサンブルデータ同化を使った再解析データALERAが作成され、THORPEXプロジェクトでの集中観測も予定されており、爆弾低気圧の予測精度解析に必要な環境が整いつつあった。

2. 研究の目的

本研究では、モデルと初期値の誤差情報を解析可能なアンサンブル再解析データを用いて、日本付近の爆弾低気圧の短時間予測精度を検証するとともに、発達メカニズムと予測精度との関係について明らかにし、爆弾低気圧の予測精度向上に必要な指標を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、海洋研究開発機構地球シミュレータセンターで開発された全球大気モデル AFES の予測結果に局所アンサンブル変換カルマンフィルタ LETKF を適用したデータ同化手法により、海洋研究開発機構、気象庁、千葉科学大学の共同研究で作成された実験的アンサンブル大気再解析データ ALERA を用いた。このデータは通常の再解析データ

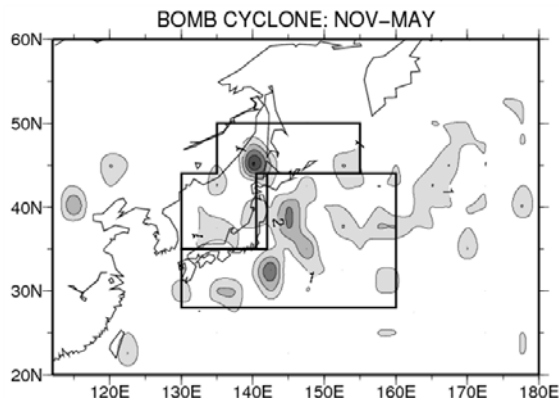


図 1. 爆弾低気圧の急発達位置頻度分布。北側枠内が日本海型、南側枠内が太平洋型低気圧。

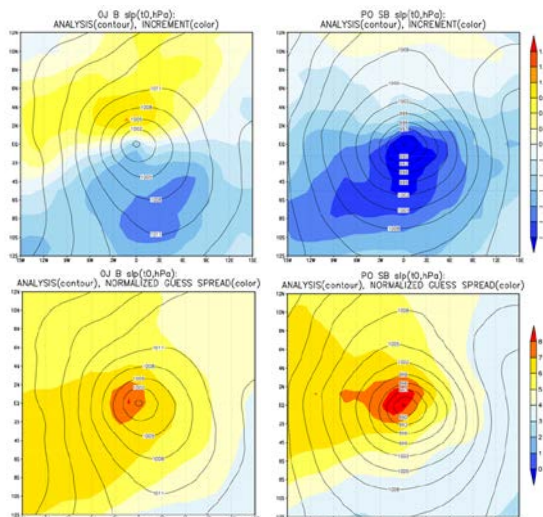


図 2. 急発達時の爆弾低気圧の海面気圧(実線)とインクリメント(上, カラー), 解析スプレッド(下, カラー). 左: 日本海型, 右: 太平洋型。

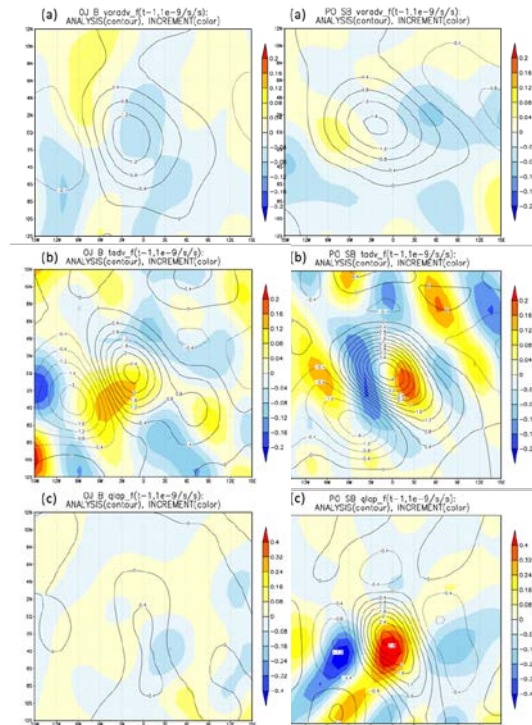


図 3. 急発達時の爆弾低気圧の渦度移流項(上, 実線), 温度移流項(中), 潜熱加熱項(下)とインクリメント(カラー). 左: 日本海型, 右: 太平洋型。

で得られる解析値のほかに、インクリメント(観測データを同化した解析値とモデルで6時間毎に予測した第一推定値との差)とアンサンブルスプレッド(40メンバーのアンサンブル解析値、第一推定値の標準偏差)が提供されており、モデルと初期値の持つ誤差が予測精度に与える影響を調べることができる。本研究では、爆弾低気圧の急発達時における予測精度と誤差の3次元分布を ALERA データから見積もり、爆弾低気圧予測精度とその不確定性を調査した。

4. 研究成果

ALERA 解析期間内の 2005 年 11 月から 2007 年 1 月までの寒候期(11月~3月)について、ALERA 解析値の海面気圧に低気圧自動追跡プログラムを適用して低気圧を抽出し、日本海上で急発達した低気圧と、太平洋上で急発達した低気圧に分類した(図 1)。結果、日本海型爆弾低気圧 24 事例、太平洋型爆弾低気圧は 62 事例抽出された。さらに最大発達率によって分類した「強い爆弾低気圧」、「爆弾低気圧」、および「通常の低気圧」ごとにインクリメントとアンサンブルスプレッドについて急発達期における低気圧中心に相対的な合成図解析を行い、低気圧の急発達時における予測精度と初期値が異なることによる予測のばらつき(不確定性)を解

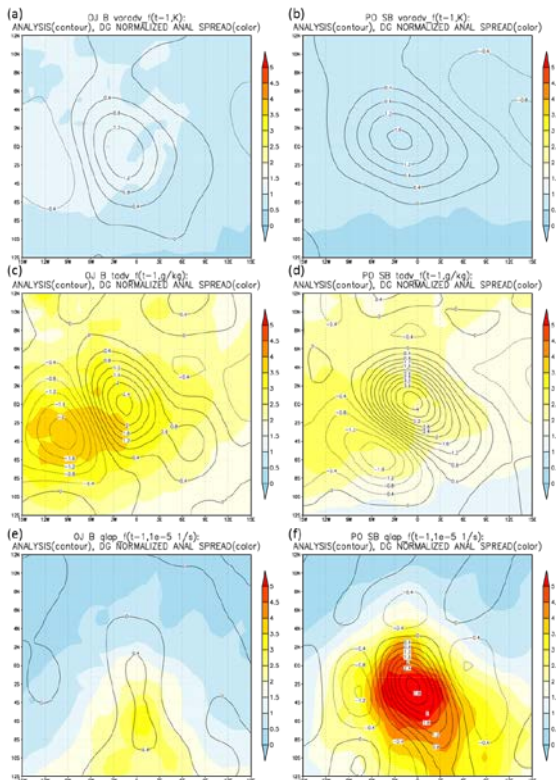


図4. 急発達時の爆弾低気圧の渦度移流項 (上、実線), 温度移流項 (中), 潜熱加熱項 (下) と解析スプレッド (カラー). 左: 日本海型, 右: 太平洋型.

析した。

図2は日本海型爆弾低気圧と太平洋型の強い爆弾低気圧の急発達時における海面気圧とそのインクリメントおよび解析スプレッドの合成図である。日本海上で発達した爆弾低気圧は低気圧の北側でインクリメントが正、南側で負になっている。これはモデルが低気圧を北よりに予測する傾向があることを示している。上層のジオポテンシャル高度についても同様の解析を行い、この傾向は上層トラフをより深く予測する傾向と対応していることが明らかになった。また、海面気圧のスプレッドは低気圧の南西象限で大きく、上層の正渦度付近と下層の寒冷前線付近でも大きい傾向が見られた。一方、太平洋上で発達した爆弾低気圧では、低気圧の中心から南側でインクリメントが負になり、低気圧位置の予測精度はよいが、その発達強度を過小評価する傾向が見られた。上層渦度予測のスプレッドは日本海上のものよりも小さく、中下層の寒冷前線付近の気温やジオポテンシャル高度の不確かさが大きかった。さらに通常の低気圧のインクリメントとスプレッド分布を比較したところ、これら日本海型、太平洋型爆弾低気圧それぞれに特徴的な誤差分布は通常の低気圧でも同様に現れる一

方で、通常の低気圧の予測誤差の大きさは爆弾低気圧に比べて大幅に小さく、急発達する低気圧の方が予測誤差が大きいことがわかった。

この日本海型爆弾低気圧と太平洋型爆弾低気圧の予測精度の違いの原因を明らかにするため、渦度移流、温度移流、非断熱加熱、断熱加熱の各項から成る力学的診断方程式を用い、各項のインクリメントとアンサンブルスプレッドを算出した。図3は急発達時の各項とそのインクリメントの合成図である。日本海上で発達した爆弾低気圧では上空の渦度移流と温度移流による渦度強化が低気圧の北側で過大になる傾向を示し、予測した低気圧が観測よりも北側に位置し、上空のトラフが深すぎるといった結果と整合的であった。一方、太平洋上で発達した爆弾低気圧では、上層の渦度移流に目立ったインクリメントは見られなかったが、降水形成に伴う潜熱加熱のインクリメントが低気圧中心付近で大きく、潜熱加熱の過小評価が低気圧発達の過小評価につながっていることが明らかになった。これらの結果は、過去の統計的研究で示されている、日本海上で発達する低気圧は上層の渦度移流が主な発達要因であり、太平洋上で発達する爆弾低気圧は中心付近での潜熱加熱が重要な発達要因であるという結果と整合的であった。つまり、低気圧を急発達させる主要因の予測精度が低気圧発達の予測精度につながっていることが初めて明らかになった。

さらに、アンサンブルスプレッドに関して各項を実際の渦度発達率のアンサンブルスプレッドの時間標準偏差で規格化し、各項の相対的な不確かさを解析した(図4)。この解析は実際に低気圧予測精度の改善を図る際にどの過程を精緻化するべきかという指標を得られる。この結果、日本海型、太平洋型ともに上層の渦度移流の不確かさは他の項に比べて非常に小さいことをわかった。これはモデルバイアスを改善すれば、現状の観測網でも予測精度が向上することを意味している。一方、日本海型では低気圧南西方向に位置する対流圏中下層での温度移流、太平洋型では低気圧中心および南象限での潜熱加熱の不確かさが相対的に大きかった。これは、これらの過程が初期値の誤差に敏感であり、より正確な初期値を得ること、つまり、急発達直前の低気圧南西域や中心付近での密な観測が予測精度の向上に必要なことを示唆している。

以上の解析によって、低気圧の発達環境によって、予測可能性を左右するメカニズムが異なること、より急激な発達をする低気圧ほど予測誤差も大きくなることが明らかになり、今後の爆弾低気圧の予測精度向上に必要なモデルおよび観測の改良に必要な指標と

なる成果が得られた。

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 8 件)

- ① Teixeira, J. 他 38 名の 14 番目, Tropical and subtropical cloud transitions in weather and climate prediction models: the GCS/WGNE Pacific Cross-Section Intercomparison (GPCI), Journal of Climate, 査読有, 24, 2012, 5223-5256, DOI: 10.1175/2011JCLI3672.1
- ② Kuwano-Yoshida, A., T. Enomoto and W. Ohfuchi, An improved PDF cloud scheme for climate simulations, Quarterly Journal of Royal Meteorological Society, 査読有, 136, 1583-1597, DOI: 10.1002/qj.660
- ③ Kuwano-Yoshida, A., A., S. Minobe, and S.-P. Xie, 2010: Precipitation response to the Gulf Stream in an atmospheric GCM. Journal of Climate, 査読有, 23, 3676-3698, DOI: 10.1175/2010JCLI3261.1

[学会発表] (計 37 件)

- ① Kuwano-Yoshida, A., and T. Enomoto, Predictability analysis of explosive cyclones in the North Pacific storm track using an ensemble reanalysis data, XXV IUGG General Assembly, 2011 年 7 月 2 日, Melbourne, Australia.
- ② 吉田 聡, 榎本 剛, 大淵 済, Emanuel 対流スキームへの可変エントレインメント率の適用, 日本気象学会 2010 年度秋季大会, 2010 年 10 月 29 日, 京都
- ③ 榎本 剛, 三好 建正, 茂木 耕作, 吉田 聡, 山根 省三: 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 2010 年度秋季大会, 2010 年 10 月 27 日, 京都
- ④ Enomoto, T., and A. Kuwano-Yoshida, Tornado potential associated with typhoon Shanshan in 2006 estimated from global ensemble simulation, 2010 年 6 月 24 日, Western Pacific Geophysics Meeting 2010, Taipei, Taiwan
- ⑤ 吉田 聡, 榎本 剛, アンサンブル再解析データを用いた爆弾低気圧の予測精度検証. 日本気象学会 2010 年度春季大会, 2010 年 5 月 25 日, 東京
- ⑥ 吉田 聡, 見延 庄士郎, 謝 尚平, AFES におけるメキシコ湾流 SST 勾配に対する降水応答, 日本気象学会 2009 年度秋季大会, 2009 年 11 月 25 日, 福岡
- ⑦ 前島 康光, 榎本 剛, 吉田 聡, 榎原 篤志, 坪木 和久, 全球静力学-雲解像非斉一結

合モデルの開発, 日本気象学会 2009 年度秋季大会, 2009 年 11 月 25 日, 福岡

- ⑧ Kuwano-Yoshida, A., S. Minobe and S.-P. Xie, Atmospheric response to the Gulf Stream in an AGCM, IAMAS/IAPSO/IACS Joint Assembly 2009 (MOCA-09), 2009 年 7 月 24 日, Montreal, Canada

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 聡 (KUWANO-YOSHIDA AKIRA)
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: 90392969