

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：82109

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14390

研究課題名（和文）冬季日本周辺海上で発生する渦状擾乱の気候系との相互作用とその将来変化

研究課題名（英文）Interaction between climate system and polar mesocyclones over the Japan Sea in winter and its future change

研究代表者

渡邊 俊一（Watanabe, Shunichi）

気象庁気象研究所・気象予報研究部・研究官

研究者番号：60785195

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,300,000円

研究成果の概要（和文）：冬季の日本海上に発生する渦状擾乱に対して、高解像度のデータセットと独自に開発した客観的抽出手法を用いることで、その長期的な変動と気候系との関連、将来変化予測を行った。その結果、渦状擾乱は極域での気候のレジームシフトに伴って、1987年を境に減少していることが明らかになった。また、その発生数は、全球的な気候場と関連しており、日本付近に寒気が流入しやすい時に増加することを明らかにした。また、将来は冬季の季節風が弱化し、渦状擾乱が発生しやすい環境場の形成頻度が減少することで、渦状擾乱の発生数も減少することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではこれまで十分に調べられてこなかった、日本周辺の渦状擾乱について長期的な解析を行った。日本周辺の海域は、海面から大気に熱や水蒸気が大量に供給されることより、気候系に対する影響も大きい。本研究で得られた結果は今後渦状擾乱と気候系の関連を調査するうえで、基盤となる知見である。また、本研究の手法を今後日本海以外の海域に適用することで、世界的な渦状擾乱の研究の促進が期待される。渦状擾乱は、気象災害をもたらすなど社会生活と関連が深く、その長期的傾向や将来変化は社会にとっても重要な情報である。

研究成果の概要（英文）：The statistical characteristics including long-term variability and future change of polar mesocyclones over the Sea of Japan were analysed using high-resolution dataset and a new objective tracking algorithm. Polar mesocyclones were decreased after 1987 due to a regime shift in the polar region. The number of the polar mesocyclone is associated with the global climate, where the number increases in the climate situation that is conducive to cold air outbreak over Japan. In the future climate, the number of the polar mesocyclone is likely to decrease due to the weakening of the winter monsoon.

研究分野：気象学

キーワード：渦状擾乱 ポーラーメソサイクロン 統計解析 気候変動

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

冬季の高緯度海上ではしばしば水平スケールが数十～数百 km の渦状擾乱が発生する。渦状擾乱に伴う大雪や強風はしばしば大きな災害をもたらす。また、渦状擾乱よってもたらされる多量の降雪は、水資源の観点からも重要である。このように社会生活との関りを考えるうえで、渦状擾乱の発生頻度や分布などの長期的な統計的特徴とその将来変化は重要な情報である。近年の研究により、渦状擾乱と、季節単位や年単位といった長い時間スケールを持つ全球規模の気候系との関連や、将来気候における変化など、気候系が渦状擾乱に与える影響が明らかにされてきた。一方で、日本海の渦状擾乱は空間スケールが比較的小さく、検出が難しいため、これまで十分な長期的な調査は行われてこなかった。

渦状擾乱の長期的な統計的調査を行う上で問題となるのが、渦状擾乱の検出である。天気図や衛星画像を用いた検出では大量のデータを扱うことができない。一方、従来の再解析データなどでは解像度が不十分で、日本周辺で多く観測される水平スケール 200km 以下の渦状擾乱の検出は難しかった。しかしながら、近年、小スケールの渦状擾乱まで表現できるような高解像度数値モデルによるデータセットが整備されてきた。これにより、渦状擾乱の長期的な統計的調査が可能になった。

### 2. 研究の目的

本研究では、特に日本海で発生する渦状擾乱に着目し、その長期的な統計的調査を行い、以下について明らかにすることを目的とする。

1. 過去の渦状擾乱の発生頻度・分布・移動経路・発生環境場などの統計的特徴
2. 過去の渦状擾乱の長期的な変動とそれに対する気候系の影響
3. 将来気候における渦状擾乱の統計的特徴の変化とそのメカニズム

本研究で対象とする日本の周辺海域は、海洋と大気の間で大量の熱交換が起っており、気候系への影響の大きな領域である。そのため、本研究によって得られる渦状擾乱の統計的情報は、今後渦状擾乱の気候系への影響を評価する上で重要な情報となる。

### 3. 研究の方法

高解像度数値モデルによるデータセットに対して、独自に開発した客観的追跡手法を適用することで、渦状擾乱の長期的な統計的特徴を調べるとともに、その特徴と気候系の特徴を比較することで、渦状擾乱と気候系の関係を明らかにする。具体的には以下を行う。

1. 過去の渦状擾乱の統計的調査のため気象庁メソ解析 (MA) を用いて、日本海の渦状擾乱の発生分布を調べ、総観スケールの環境場との関連性を調べる。
2. 気象庁 55 年長期再解析 (JRA55) からの領域ダウンスケーリング (DSJRA55) を用いて、長期の渦状擾乱の統計的調査を行い、その親モデルである JRA55 との比較により、気候系との関連性を評価する。
3. 地球温暖化予測情報第 9 巻データセットなど高解像度の将来予測データを用いて、渦状擾乱の将来変化を調べ、親モデルとの比較によりその原因を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### 1. MA を用いた解析

ここでは特に日本海西部の渦状擾乱に着目して、発生環境場の解析を行った。その結果、渦状擾乱は、下層は西高東低の気圧配置が強化され、ユーラシア大陸からの寒気の吹き出しが強まる環境場の中で発生していた。このとき上層には寒気を伴うトラフが東進していた。このような環境場の中で下層に日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) が形成され、その中で渦状擾乱が発生・発達していた。

また、渦状擾乱の発生位置や移動経路・JPCZ の位置などが総観スケールの上層トラフの移動経路によって、予測できることを明らかにした。上層トラフが朝鮮半島の北方に存在するとき (図 1a) 下層寒気の吹き出しに伴って JPCZ が形成され、渦状擾乱は JPCZ の付け根付近の日本海北西部で形成される。上層トラフの前面の日本海上の下層では、気候場としての北西風に上層トラフに関連する南東風が重なることで西風となり、これに平行に JPCZ も東西方向に伸びて、渦状擾乱も東進する。一方、上層トラフの中心が日本海上に進むと (図 1b) 下層に誘起される低気圧性循環は日本海西部では北西風となる。これにより、下層の風向は北西風となり、JPCZ は南東方向に伸び、渦状擾乱は南東進する。上層トラフの中心が南側の経路を通過する場合 (図 1c) 下層に誘起される低気圧性循環は日本海上に南東風の成分をもたらす。これが気候場の北東風が重なることで日本海西部は北風となり、JPCZ も南北に伸びる。この状況で、上層トラフが JPCZ に接近することで、日本海南西部に渦状擾乱が形成される。

さらに、この時得られた環境場に関する知見をもとに渦状擾乱の発生場となる収束帯の形成要因について、解析モデルと理想化数値実験を用いて解析を行った。日本海周辺の海陸分布や山岳によって、寒気吹き出し時の気団変質に非一様性が生じることで、収束線が形成されることを明らかにした。

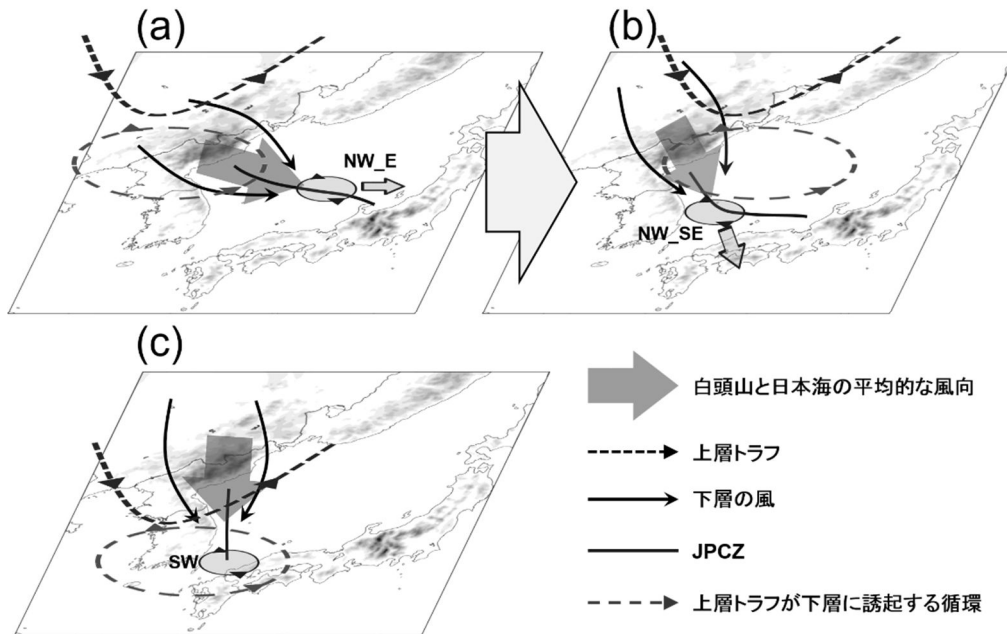


図1 上層トラフとJPCZ・渦状擾乱の関係の模式図

## 2. DSJRA55 を用いた解析

1958-2012年までの54冬季について渦状擾乱の長期的な渦状擾乱の統計的調査を行った。まず、DSJRA55から得られた渦状擾乱の分布をMAから得られた分布と比較することにより、DSJRA55でも渦状擾乱が再現されていることを確認した。渦状擾乱の年々変動を調べると、1987年を境に1冬季あたりの発生数が減少していることを明らかにした。これは、極域での気候のレジームシフトに対応していると考えられる。また、渦状擾乱の発生数と全球スケールの気象場との関連を調べるため、それらの中で相関解析を行った。海面気圧との相関を見ると、日本の東の海上に負の相関、ユーラシア大陸上に正の相関がみられた。一方、上層では日本やヨーロッパ、北米上空に負の相関がみられた。これらの構造は日本付近に寒気が流入しやすい構造に対応しており、このような大規模場の構造と渦状擾乱の発生との関連が明らかになった。また、全球規模の変動との関連を調べ、北極振動が負フェーズのときに渦状擾乱の発生数が多くなっていた。これは、日本への寒気の流入傾向と整合的である。日本海を海域ごとに分けた解析では、北海道西方海上の渦状擾乱の発生数は北極振動に加えて、太平洋十年規模振動とも関連していることを明らかにした。

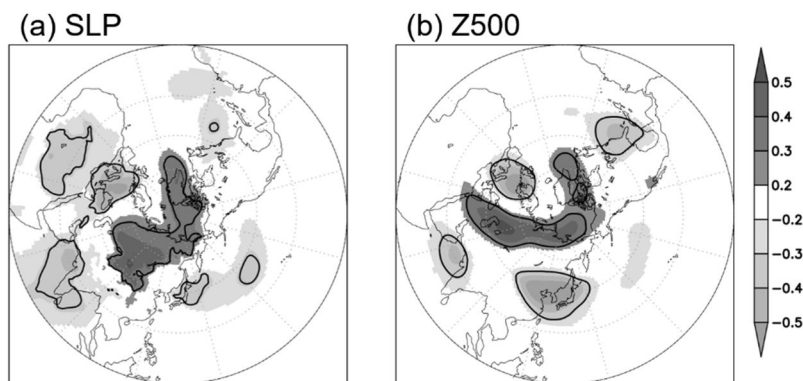


図2 渦状擾乱の発生数との相関係数。有意水準 5%の領域のみシェード。コンターは有意水準 1%。(a) 海面気圧、(b) 500hPa ジオポテンシャル高度

## 3. 渦状擾乱の将来予測についての解析

地球温暖化予測情報第9巻データセットを用いた解析ではまず、現在気候実験・将来気候実験ともに渦状擾乱が現実的に表現されていることを確認した。続いてこれらの比較により、渦状擾乱の発生数が将来の温暖化によって減少することを示した。この減少は、冬季の季節風が弱化することで、渦状擾乱が発生しやすい環境場の形成頻度が減少することが主な要因であった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Annick Terpstra Shun-ichi Watanabe	4. 巻 -
2. 論文標題 Polar Lows	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oxford Research Encyclopedia of Climate Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Shun-ichi I., Niino Hiroshi, Yanase Wataru	4. 巻 146
2. 論文標題 Composite Analysis of Polar Mesocyclones over the Western Part of the Sea of Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 985 ~ 1004
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1175/MWR-D-17-0107.1">https://doi.org/10.1175/MWR-D-17-0107.1</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Shun-ichi I., Niino Hiroshi, Yanase Wataru	4. 巻 145
2. 論文標題 Structure and Environment of Polar Mesocyclones over the Northeastern Part of the Sea of Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 2217 ~ 2233
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1175/MWR-D-16-0342.1">doi.org/10.1175/MWR-D-16-0342.1</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shun-ichi I. Watanabe, Hiroshi Niino, Thomas Spengler
2. 発表標題 The Role of Coastline and Orography in the Formation of Convergence Zones in Cold Air Outbreaks
3. 学会等名 14th European polar low working group meeting（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shun-ichi I. Watanabe, Hiroshi Niino, Thomas Spengler
2. 発表標題 Formation of Convergence Zones in Cold Air Outbreaks
3. 学会等名 POLAR 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊俊一、新野宏
2. 発表標題 DSJRA55を用いた冬季日本海上の渦状擾乱の長期変動の解析
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊俊一、新野宏
2. 発表標題 ポーラーメソサイクロンの長期変動の解析
3. 学会等名 高低気圧ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊俊一、新野宏
2. 発表標題 日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) の理想化実験:Part I JPCZの形成と構造
3. 学会等名 日本気象学会2017年度春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊俊一、新野宏
2. 発表標題 日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) の理想化実験:Part II 渦状擾乱の形成過程
3. 学会等名 日本気象学会2017年度春季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	新野 宏  (Niino Hiroshi)	東京大学・大気海洋研究所・名誉教授  (12601)	