

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14391

研究課題名(和文) 日本付近特有の温帯低気圧概念モデル構築に向けた統計的・数値的研究

研究課題名(英文) Statistical and Numerical Study to Construct Conceptual Model of Extratropical Cyclones around Japan

研究代表者

栃本 英伍 (Tochimoto, Eigo)

東京大学・大気海洋研究所・特任研究員

研究者番号：40749917

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：日本付近で発達する温帯低気圧特有の構造を明らかにするために、日本付近の温帯低気圧構造を統計的に調査し、さらに北西大西洋で発達する低気圧(A0)と比較した。その結果、日本付近では、日本海やオホーツク海で発達する低気圧(OJ)と北西太平洋で発達する低気圧(P0)の構造に違いが見られた。OJは寒冷前線が温暖前線よりも発達しやすいが、P0は温暖前線、寒冷前線共に発達する。P0とA0を比較すると、P0は温暖前線がより南東方向で発達する構造を持つのに対し、A0はより北東方向で発達する構造を持つ。これらの違いは環境場の温度構造の違いに起因することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、日本付近で発達する温帯低気圧構造の海域間の違いや北西大西洋の温帯低気圧との違いは十分に理解されておらず、本研究の成果によりこれらの違いを明確に示すことが出来た。また、海陸分布や水温分布の違いに起因する環境場の温度分布の違いが低気圧構造の違いをもたらしていることを示唆した。低気圧構造の違いを理解することは、それに伴う降水分布や風の分布の違いを理解することに繋がり、防災の観点から重要である。また、低気圧の構造を理解することで、より大規模な大気循環に対する影響の理解に貢献することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Structures of extratropical cyclones(ECs) developing around Japan are examined statistically and those are compared with those developing over the Northwestern Atlantic (A0). ECs developing over the Sea of Japan and Okhotsk Sea are accompanied by strong cold fronts and relatively weak warm fronts, while ECs developing over Northwestern Pacific (P0) are accompanied by both strong warm and cold fronts. A comparison between A0 and P0 shows the differences in warm fronts. The warm fronts in the A0 tend to extend northeastward, whereas those in the P0 extend more southeastward. Composite analysis of their environments shows that the low-level baroclinicity in the A0 extends northeastward to the east of the EC center, whereas that in the P0 extends eastward, suggesting that the difference in the structure of the warm fronts between the A0 and P0 is caused by the structure of the environmental low-level temperature field.

研究分野：気象学

キーワード：温帯低気圧 前線

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

温帯低気圧は、中高緯度で発生・発達する総観規模スケールの大気現象である。温帯低気圧構造の発達に関する概念モデルは、北西大西洋で発生・発達する温帯低気圧に関する研究成果を基に提案されてきた (Bjerkness and Solberg 1922, Shapiro and Keyser 1990)。日本海や北西太平洋といった日本付近でも、しばしば温帯低気圧が発生・発達するが、地形や海陸分布が異なる北西大西洋の低気圧モデルを全て当てはめられるとは考えにくい。したがって、日本付近特有の低気圧概念モデルを構築する必要がある。しかしながら、北西大西洋で発達する温帯低気圧と日本海や北西太平洋で発達する温帯低気圧の構造の違いは十分に理解されていなかった。

2. 研究の目的

(1) 日本付近特有の温帯低気圧概念モデル構築に向けて、まずは日本海や北西太平洋で発達する温帯低気圧と、北西大西洋で発達する低気圧の構造の違いを明らかにし、その原因を理解することを目的とする。

(2) また、竜巻等突風などのシビア気象現象を引き起こす低気圧の構造の違いも理解する。

3. 研究の方法

統計的な低気圧構造の違いを明らかにするために、まず、長期再解析データ (JRA-55; Kobayashi et al. 2015) を用いて 1979-2016 年までの温帯低気圧を客観的に抽出した。続いて、温帯低気圧に伴う前線構造の違いを調べるために、前線を客観的に抽出した。

海域ごとの低気圧構造の違いを明らかにするために、日本海およびオホーツク海で発達する低気圧を OJ、北西太平洋で発達する低気圧を PO、北西大西洋で発達する低気圧を AO としてそれぞれの前線構造を比較した。低気圧構造の違いを明らかにするために、低気圧の中心を合わせて平均操作を行うコンポジット (合成平均) 解析を行った。

4. 研究成果

(1) 日本海及びオホーツク海と北西太平洋の温帯低気圧構造の違い

日本付近で発達する低気圧の海域による違いを明らかにするために、OJ と PO の構造の違いを調べた。OJ は、発達期において寒冷前線がより発達するのに対し、温暖前線は比較的発達が弱かった。一方、PO は発達期においては温暖前線・寒冷前線共に発達していた。最盛期になると、PO に伴う温暖前線は、低気圧の中心から南東方向に発達する傾向があることがわかった。また、PO は後屈温暖前線と呼ばれる、低気圧の中心から西方に伸びる前線が発達する傾向があることが統計的に示された。OJ でも後屈前線のような構造は見られるが PO よりも弱かった。

(2) 北西太平洋と北西大西洋の温帯低気圧構造の違い

PO と OJ の構造の違いをコンポジット解析によって調べた。(1) で記述したように、PO は最盛期において温暖前線が南東方向に発達する傾向があった。一方で、AO は最盛期において温暖前線が低気圧の北東で発達する傾向があることがわかった。また、後屈温暖前線の特徴にも違いが見られることがわかった。北西大西洋で発達する低気圧の方が、後屈温暖前線がより強く発達していた。一方寒冷前線の構造には大きな違いは見られなかった。温暖前線構造に違いが見られる原因を明らかにするために環境場における大気下層の温度分布の違いを調べたところ、PO は環境場の水平温度勾配が大きい領域が東西に分布しているのに対し、AO は低気圧の東側で北東方向に傾いて分布していた。この環境場の違いが AO と PO の間の温暖前線構造の違いを生じていると考えられる。

(3) ジェット気流の構造と温帯低気圧構造の関係

温帯低気圧の構造と環境場のジェット気流の関係が Schultz et al. (1998) や Wernli et al. (1998) 等

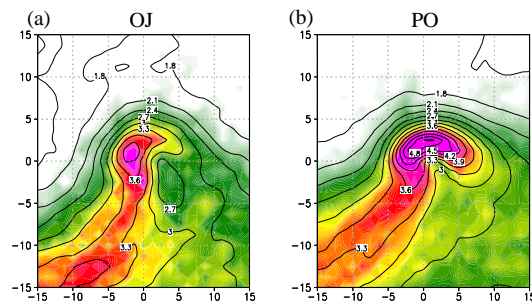


図 1 (a) OJ と (b) PO における温帯低気圧に伴う前線の頻度分布と相当温位の水平勾配 (コンター; $K / 100 \text{ km}$)

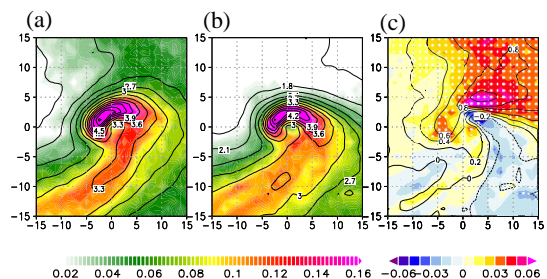


図 2 (a) AO と (b) PO における温帯低気圧に伴う前線の頻度分布と相当温位の水平勾配 (コンター; $K / 100 \text{ km}$)、(c) AO と PO の差。

(3) ジェット気流の構造と温帯低気圧構造の関係

温帯低気圧の構造と環境場のジェット気流の関係が Schultz et al. (1998) や Wernli et al. (1998) 等

の研究により指摘されてきた。そこで、環境場のジェット気流と低気圧構造の関係を調べた。その結果、環境場のジェット気流の流軸に対して低気圧が発達する場所によって、低気圧構造が異なることがわかった。特にジェット気流の出口左側と、ジェット気流の入口右側で構造が大きく異なっていた。PO, AO 共に、ジェット気流の出口左側で発達する低気圧は、20 世紀前半に提案されたノルウェー学派の低気圧モデルに近い構造を持っていた。一方で、ジェット気流の入口右側で発達する低気圧は、1990 年代に Shapiro and Keyser (1990)によって提案された低気圧モデルに近い構造を持っていた。一方で、PO と AO の間で見られた温暖前線の構造の違いはジェット気流に対する低気圧の位置に関係なく見られた。

(4) 竜巻を生ずる温帯低気圧の構造の日米の違い

竜巻を生ずる温帯低気圧構造の日米の違いを調べた。温帯低気圧の暖域で竜巻が発生しやすいことが知られているが、暖域内における竜巻発生環境場が日本と米国で大きく異なっていた。温帯低気圧の暖域内における、ストームに相対的なヘリシティ (SREH) と呼ばれる鉛直シアに関係するパラメータや対流有効位置エネルギー (CAPE) と呼ばれる大気の安定度に関するパラメータの分布を比較すると、米国における温帯低気圧の方が SREH, CAPE とともに大きくなっていた。このことから、日本よりも米国の方が温帯低気圧の暖域で竜巻が発生しやすい環境場であることがわかった。また、これらのパラメータの違いは、米国では低気圧が大陸上で発達するのに対して、日本では海洋で発達するため地表面状態の違いによって説明されることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tochimoto Eigo, Yokota Sho, Niino Hiroshi, Yanase Wataru	4. 巻 147
2. 論文標題 Mesoscale Convective Vortex that Causes Tornado-Like Vortices over the Sea: A Potential Risk to Maritime Traffic	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 1989～2007
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1175/MWR-D-18-0302.1	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 Eigo Tochimoto, Kenta Sueki, and Hiroshi Niino	4. 巻 147
2. 論文標題 Entraining CAPE for better assessment of tornado outbreak potential in the warm sector of extratropical cyclones	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 913-930
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1175/MWR-D-18-0137.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokota, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Mesoscale Convective Vortex that Causes Tornado-Like Vortices over the Sea: A Potential Risk to Maritime Traffic	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1175/MWR-D-18-0302.1	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 Eigo Tochimoto and Hiroshi Niino	4. 巻 96
2. 論文標題 Structure and environment of tornado-spawning extratropical cyclones around Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Meteorological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.2151/jmsj.2018-043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 栃本英伍	4. 巻 42
2. 論文標題 複数同時発生する竜巻をもたらす温帯低気圧と梅雨前線上の低気圧	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本風工学会誌	6. 最初と最後の頁 23-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.5359/jawe.42.23	査読の有無 無
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20件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Eigo Tochimoto and Hiroshi Niino
2. 発表標題 Structures of Extratropical Cyclones Developing in Pacific Storm Track
3. 学会等名 19th Cyclone Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栃本英伍、新野宏
2. 発表標題 日本付近で発達する温帯低気圧の構造と環境場のジェットとの関係
3. 学会等名 日本気象学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eigo Tochimoto and Hiroshi Niino
2. 発表標題 A Numerical Case Study on a Tornado that Formed in a Quasi Linear Convective System
3. 学会等名 Japan Geoscience Union
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokota, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2 . 発表標題 Ensemble Experiments on a Maritime Meso- -scale Vortex that Spawned Tornado-like Vortices causing shipwrecks
3 . 学会等名 European Conference on Severe Storms
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Eigo Tochimoto and Hiroshi Niino
2 . 発表標題 Differences in Extratropical Cyclone Structures between Northwestern Pacific and Northwestern Atlantic Oceans
3 . 学会等名 99th American Meteorological Society Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Eigo Tochimoto, Kenta Sueki, and Hiroshi Niino
2 . 発表標題 Entraining CAPE for Better Assessment of Tornado Outbreak Potential in the Warm Sector of Extratropical Cyclones
3 . 学会等名 29th Conference on Severe Local Storms
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokota, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2 . 発表標題 Fine-scale Structures of Meso- -scale Vortices that Cause Tornado-like Vortices
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokota, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2. 発表標題 Numerical Simulations of Meso-Beta-Scale Vortices that Spawned Tornado-like Vortices
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokta, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2. 発表標題 Structures and Evolutions of Meso- -scale Vortices that Spawned Tornado-like Vortices
3. 学会等名 29th Conference on Severe Local Storms (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokta, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2. 発表標題 Ensemble Experiments of Meso-beta-Scale Vortex that Caused a Sudden Gusty Wind over the Sea
3. 学会等名 99th American Meteorological Society Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栃本英伍、横田祥、新野宏、柳瀬亘
2. 発表標題 2015年9月1日に対馬海峡で突風を生じたメソ スケール渦のアンサンブル実験
3. 学会等名 2018年日本気象学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栃本英伍、新野宏
2. 発表標題 日本付近で発達する温帯低気圧構造の統計的特徴
3. 学会等名 2018年日本気象学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokota, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2. 発表標題 Numerical Simulations of Meso- -scale Vortices that Spawned Tornado-like Vortices.
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 15th annual meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栃本英伍、横田祥、新野宏、柳瀬亘
2. 発表標題 2015年9月1日に対馬海峡で突風を生じた メソ スケール渦のアンサンブル実験
3. 学会等名 日本気象学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栃本英伍
2. 発表標題 北西太平洋で発達する温帯低気圧構造の統計的特徴 -北西大西洋で発達する温帯低気圧との比較-
3. 学会等名 日本気象学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokota, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2. 発表標題 Multi-Scale Structure of Meso-Beta-Scale Vortex Associated with a Maritime Extratropical Cyclone
3. 学会等名 18th Cyclone Workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokota, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2. 発表標題 Multi-scale Structure of Meso-beta-scale Vortex Associated with a Maritime Extratropical Cyclone: A Numerical Study
3. 学会等名 17th Conference on Mesoscale Processes (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Eigo Tochimoto, Sho Yokota, Hiroshi Niino, and Wataru Yanase
2. 発表標題 Tornado-like Vortices in a Meso- -scale Vortex Associated with a Maritime Extratropical Cyclone: A Numerical Study
3. 学会等名 9th European Conference on Severe Storms (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竜巻の環境場におけるEntrainment を考慮したCAPE の有効性 - 温帯低気圧に伴う竜巻大発生における検証
2. 発表標題 栃本英伍、末木健太、新野宏
3. 学会等名 日本気象学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 栃本英伍、横田祥、新野宏、柳瀬巨
2. 発表標題 2015 年9 月1 日対馬海峡で突風を生じたメソ スケール渦の発生・発達機構
3. 学会等名 日本気象学会春季大会
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
--	---------------------------	-----------------------	----