

令和元年6月10日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05550

研究課題名(和文) 新しい渦位診断による気象力学の深化

研究課題名(英文) Atmospheric dynamics with new potential-vorticity analysis

研究代表者

堀之内 武 (Horinouchi, Takeshi)

北海道大学・地球環境科学研究所・准教授

研究者番号：50314266

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、これまで我々が開発してきた渦位を用いた診断法をさらに発展させ、人工衛星データや客観解析データを用いた解析や、数値シミュレーション結果の解析に適用することで、より良い気象の診断を可能にすること、また、それによって気象の理解を深めることを目的に実施した。その結果、東アジアから北西太平洋にかけての夏季の総観的の降水帯の形成と変動を駆動する上層擾乱の役割が、より良く説明できるようになった。さらに、それが気候モデルによる予測の理解に活用できることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、気象、気候の新しい診断法の有用性が示された。その成果により、降水過程をよりよく説明できるようになった。将来的には、天気予報において現在よりも正確でわかりやすい説明をすることにつながると思われる。また、渦位とジェットに着目することで、気象から気候へ、シームレスな診断が可能になることが示された。それは、地球温暖化に伴う中緯度のローカルな応答を診断、説明するのに役立つため、気候予測にも資する。

研究成果の概要(英文)：This study was conducted to advance the methodology to analyze meteorological data such as satellite data, objective analysis data and numerical simulation data and further to advance our understanding of weather systems by advancing potential vorticity-based analysis that we had developed. We elucidated the mechanism of upper-tropospheric driving of summertime synoptic precipitation over East Asia and the Northwestern Pacific. It was also revealed that such meteorological knowledge and methodology help explain climate projection by climate models.

研究分野：気象学，地球流体力学

キーワード：気象 気候 降水システム 地球流体力学

1. 研究開始当初の背景

気象学的な診断において渦位 (ポテンシャル渦度) を利用することの有用性は広く知られている。中緯度の総観規模擾乱 (温帯低気圧等) の発達過程は、対流圏の上・下層の渦位擾乱の相互作用による増幅として記述される。また、局所的渦位逆解析により、あるところの渦位偏差が離れたところに引き起こす流れが診断でき、複雑な現実大気における渦の作用を定量的に示すことができる。

申請者は、本研究の開始までに、渦位解析の新しい手法を開発し、夏季の東アジア・西太平洋域の気象の解析に応用した (Horinouchi, 2014)。この解析では、準地衡の渦位をなんらかの基本場とそれからのずれ (擾乱) に分ける。すると、擾乱のポテンシャルエンストロフィー (渦位の2乗) の支配方程式における強制項が、遠隔地の渦位擾乱が引き起こす流れと、その場での渦位擾乱ならびに基本場との相互作用として表せることを利用する。この研究では、人工衛星による降雨観測と、客観解析 (再解析) による大気場の情報を利用した統計解析を行い、さらに、上記の解析法などを用いて、夏季の東アジア・西太平洋域の日々の降水帯の形成と移動のメカニズムを明らかにした。それは図 1 のような概念図にまとめられる。上部対流圏のアジアジェット上をユーラシア大陸から東向きに伝播するロスビー波は、対流圏下層の水蒸気輸送の経路をまげ、中層に上昇流を誘起する。これらの過程が一体となることで、(上層駆動のもとで) 夏季東アジア・西太平洋上の下層の水輸送と降雨域が形成され、日々変動することが明らかになった。

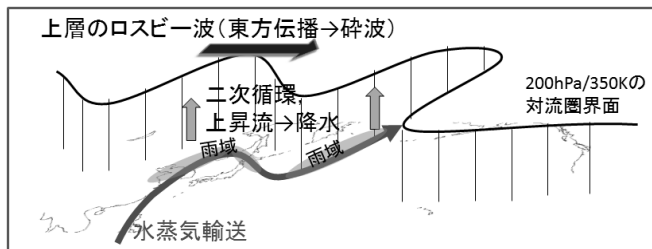


図 1 Horinouchi(2014)に基づく概念図

2. 研究の目的

本研究は、渦位を用いた診断法をさらに発展させ、人工衛星データや客観解析データを用いた解析や、数値シミュレーション結果の解析に適用することで、より良い気象の診断を可能にすること、また、それによって気象の理解を深めることを目的とする。本研究ではさらに、気候学的な時間スケールの現象の理解への応用も開拓する。

3. 研究の方法

人工衛星による降雨観測データ (TRMM/TMPA 3B42 や GSMaP)、客観解析データ (JRA-55 等) を用い、主に暖候期における降雨に関わる力学過程を解析する。さらに、大気大循環モデルによる数値実験を行い、また CMIP5 気候モデルデータベースに収められた大気海洋結合モデルのデータを使用した解析を行う。

4. 研究成果

上部対流圏 (から成層圏にかけて) の移動性擾乱として現れる Rossby 波の位相は、温位 350 K、渦位 2 PVU などの等温位等渦位線により捉えることができる。本研究では、コンジット解析により、その擾乱の位相に応じてどこで降水が強化されるかを定量化した (図 2)。すると、同線 (図中の赤い曲線) の南側に沿って降水が強化されること、また、従来の総観気象学から期待される上層のトラフの「前

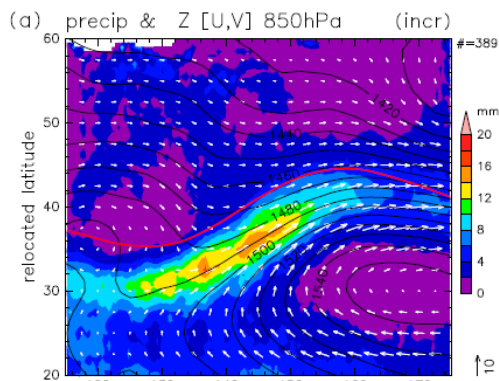


図 2 日々の降水の、上層の渦位擾乱の位相依存性の例(Horinouchi & Hayashi, 2017)

面」(東側)だけでなく、どの位相においても(前面ほどではないものの)強化が起こることが明らかになった。トラフの後面や南北のピーク位置においても降水が強化されるメカニズムを、準地衡渦位を用いた理論モデル(理想化された渦位分布を与えて診断計算を行う数値計算モデル)を開発して、調べた。その結果、上層のトラフの後面の下層において南からのジェット状の(幅の限られた)流れの流入があるときに上昇流が誘起されやすくなり、降水が生じやすい(生じれば潜熱によって強化される)ことが明らかになった(図3)。上層の擾乱はこのような下層の流れ

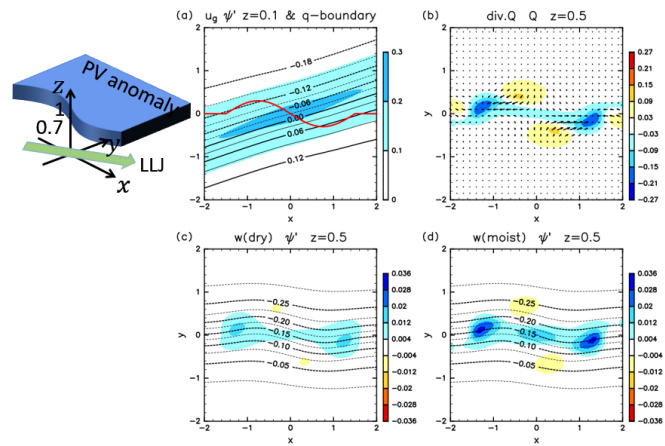


図3 準地衡渦位に基づく理論モデル計算の図(Horinouchi & Hayashi, 2017)に、設定を説明する模式図を加えたもの。

を誘起する傾向があるので、これも上層擾乱の作用の一環として理解される。このような例を通して、渦位を用いた診断によって明快な理解がもたらされることが明らかになった。(Horinouchi and Hayashi, 2017)

本研究ではさらに、渦位による解析を「平成27年9月関東・東北豪雨」に適用し、全球アンサンブル予報における上層の渦位アノマリの位置の予報のずれによる豪雨予報への影響を明らかにした(津口ら, 日本気象学会2016年秋季大会)。また、解析対象を全球、そして寒候期にも広げた解析を行った(館野・堀之内, 日本気象学会2017年春季大会)。

さらに、IPCC第5次評価報告書作成に用いられた、気候予測のための大気海洋結合モデル群を用いた研究を行った。このモデル群の出力はCMIP5データベースより提供されている。本研究では、それを統一的に2.5格子に補間したデータを用いた(日平均および月平均データを使用)。その結果、これまで客観解析データと衛星降水データから得られた夏季の気象学的な(総観的時間空間スケールでの)ジェットと降水の位置関係を含む関係性が、各気候モデル中で基本的に再現されていることが明らかになった。そして、それはモデル毎の気候値にも反映されていた。すなわち、平均的なジェットの位置や降水分布はモデル毎に異なるが、両者には相関があり、そしてそれは、気象学的な時間スケールで最もタイトな関係が、より長い時間スケールにも残ると考えると良く説明できることが明らかになった。さらに、これは地球温暖化に伴う変化を説明する上でも役に立つことが示された(図4)。(Horinouchi et al., 2019)

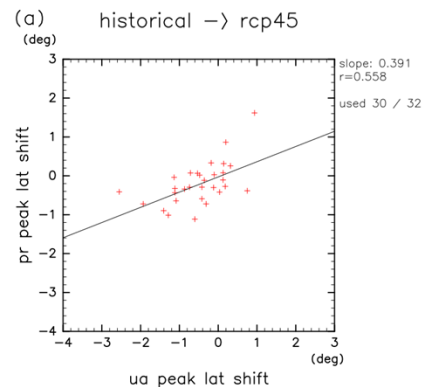


図4 CMIP5データベース中の個々の大気海洋結合モデルにおける、ジェット軸と梅雨降水ピークの緯度の将来変化の間の関係(Horinouchi et al., 2019)。

気候学的な研究は、大気大循環モデルを用い、設定を様々に変えて行う数値実験でも実施した。この研究では、年間を通じたジェットの変化とその力学に着目した(Matsumura and Horinouchi, 2019)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

(1) Matsumura, S., Ueki, S., & Horinouchi, T. (2019). Contrasting responses of

midlatitude jets to the North Pacific and North Atlantic warming. *Geophys. Res. Lett.*, 46. <https://doi.org/10.1029/2019GL082550> (査読有)

- (2) Horinouchi, T., S. Matsumura, T. Ose, and T. N. Takayabu (2019). Jet-precipitation relation and future change of the Mei-yu-Baiu rainband and subtropical jet in CMIP5 Coupled GCM simulations. *J. Climate.*, 32, 2247-2259. DOI:10.1175/JCLI-D-18-0426.1 (査読有)
- (3) Horinouchi, T. and A. Hayashi, (2017) Meandering subtropical jet and precipitation over summertime East Asia and the northwestern Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 74(4), 1233-1247. DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/JAS-D-16-0252.1> (査読有)

[学会発表] (計 9 件)

- (1) Horinouchi T., Dynamical UTLS control on summertime precipitation from weather to climate, SPARC General Assembly 2018, Oct 1-5, 2018, Kyoto
- (2) 堀之内武・松村伸治・尾瀬智昭・高薮縁, CMIP5 CGCM 群におけるジェットと降水の関係と梅雨の南北シフト, 日本気象学会 2018 年秋季大会, 10 月 29 日-11 月 1 日 (発表は 10 月 31 日), 2018, 仙台国際センター (仙台市)
- (3) T. Horinouchi, Y. Takayabu, C. Yokoyama, T. Ose, S. Matsumura, East Asian summertime jet and precipitation in CMIP5 models, The 3rd International Workshop on "Climate Change and Precipitation in the East Asia", Tokyo, Japan (2017), 22-23 Feb, 2018
- (4) 松村伸治・堀之内武, 夏季北太平洋における亜熱帯ジェットの将来変化, 日本気象学会 2017 年秋季大会, 10 月 30 日-11 月 2 日 (発表は 11 月 2 日), 2017, 北海道大学 (札幌)
- (5) 堀之内武・館野愛実, ジェット・渦位分布と降水分布, 日本気象学会 2017 年春季大会, 5 月 25 日-28 日, 2017, 国立オリンピック記念青少年総合センター (東京)
- (6) 館野愛実・堀之内武, 中緯度の対流圏上層の渦位擾乱と降水の総観規模変動の関係, 日本気象学会 2016 年秋季大会, 10 月 26-28 日, 2016, 名古屋 (名古屋大学東山キャンパス)
- (7) 津口裕茂・堀之内武・加藤輝之・北畠尚子, 「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」の発生要因について (その 2) - 上空の環境場と豪雨発生との関係 -, 日本気象学会 2016 年秋季大会, 10 月 26 日-28 日, 名古屋 (名古屋大学東山キャンパス)
- (8) Horinouchi T., Jet and precipitation over summertime East Asia and the northwestern Pacific: from day-to-day variability to climatological understanding, AOGS 2016, 31 Jul to 5 Aug, 2016, China National Convention Centre, Beijing, China
- (9) 堀之内武, 夏季の大陸東岸から洋上にかけての降水帯とその日々の分布の概念モデル, 日本気象学会 2016 年春季大会, 5 月 18 日-21 日, 2016, 東京 (国立オリンピック青少年総合センター)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者
なし

(2) 研究協力者
研究協力者氏名 : 松村 伸治
ローマ字氏名 : Shinji Matsumura

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。