

令和元年6月17日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26247079

研究課題名(和文) 熱帯大気海洋系変動と日本の異常天候に関する数値的研究

研究課題名(英文) Numerical study on coupled atmosphere-ocean variability in the tropics and its influence to hot summers over Japan

研究代表者

渡部 雅浩 (Watanabe, Masahiro)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：70344497

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,600,000円

研究成果の概要(和文)：日本の夏の猛暑の増加メカニズムおよび、重要な背景要因である熱帯太平洋大気海洋系の長期変化の原因究明のため、全球気候モデルを用いた大規模な数値シミュレーションを実施した。例として2013年の猛暑を取り上げ、温暖化に伴う低緯度の海面水温上昇がその発生確率を増加させていたことを明らかにした。北半球全体でも猛暑の頻度は増加しており、第一の要因がCO2濃度上昇による陸上の昇温であることを解明した。また、近年の西部熱帯太平洋の海洋昇温や台風の発生頻度変化をもたらした貿易風の強化は、温暖化に加えてエアロゾルによる放射強制が原因であったことを発見した。4年間で、上記の成果を含む31本の研究論文を公表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

異常天候と地球温暖化の関係は、日本の社会にとって今後ますます重要な課題となる。本研究で確立された要因分析やメカニズム解明の手法は、2018年夏の猛暑にも適用されて成果を挙げており、気象・気候研究コミュニティの社会に対するアカウンタビリティとして重要な意義をもつ。学術的には、異常天候にとって重要な熱帯太平洋の海面水温長期変化の要因究明を進めたことで、今後の全球的気候変化の予測と理解に貢献できた。本研究の成果は、2021年公開に向けて本格化しているIPCC第6次評価報告書にも盛り込まれる見込みである。

研究成果の概要(英文)：Motivated by understanding recent increases in extreme hot summer over Japan and associated long-term changes in the tropical atmosphere-ocean system, we performed a large ensemble simulation using global climate models. For the 2013 hot summer, taken as an example, it was clarified that the human induced warming in the tropical sea surface temperature (SST) has significantly increased the occurrence probability. The increasing frequency of hot summer is observed over the Northern Hemisphere, where land warming directly induced by increasing CO2 concentration was found the primary cause. Over the last two decades, equatorial trade winds have been intensified, leading to increases in SST and frequency of tropical cyclones over the western Pacific. We found that this enhancement of trade winds was caused not only by global warming but also by recent change in aerosol radiative forcing. During the four years, we published 31 peer-reviewed papers including the works described above.

研究分野：気候力学

キーワード：気候変動 異常天候 全球気候モデル テレコネクション エルニーニョ・南方振動

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

2013年7~8月、日本は記録的な猛暑に見舞われた。数多くの報道で取り上げられた通り、143地点で日最高気温の記録更新となり、高知県四万十市では8月に国内最高となる41.0を観測した。また、東北や山陰など各地で猛烈な大雨が発生した。この2013年猛暑の直接的な要因は、強い下層の太平洋高気圧が西へ張り出すと同時に、ジェット気流の北偏蛇行に伴い上層のチベット高気圧が東へ伸びて日本列島にかかっていたことで下降気流が強まったことにある。どちらも、数千キロメートルにおよぶ大気大循環の変動によるものであり、遠隔地からの作用でこうした異常天候が生じることをテレコネクションと呼んでいる。日本の暑夏は2010年にも発生しており、統計を見ると1990年代後半以降、猛暑日数が明らかに増加していることが分かる。一方、地球全体の地表気温は過去100年で上昇を続け、最も高温だった年のうち9割は2000年以降に発生している。前者は異常気象として解釈され、後者は地球温暖化に伴う変化であると考えられるが、両者の関係はよく分かっていない。

通常、異常気象は「30年に一度程度の大きな大気のゆらぎ」として定義され、決定論的に外部の要因が特定の異常気象を発現させることは考えにくい。しかし、観測データに見られるような猛暑の頻発傾向については、より長い時間スケールでの気候の変化が関係している可能性がある。地球温暖化と日本の異常気象は、時空間的に異なるスケールの現象であるため、短絡的に「温暖化したから日本の猛暑が増えた」と結論付けることはできないが、防災の観点からも近年の猛暑の増加の原因を究明することは喫緊の課題である。さらに、2013年夏の猛暑は熱帯西部太平洋の高い海面水温が背景にあったと考えられるが、これは1990年代後半以降、熱帯太平洋で強いエルニーニョが発生せず、ラニーニャ的な状態(西部で水温が高く東部で低い)が持続していたことによる。エルニーニョ・ラニーニャは自然の気候変動であるため、2000年代の日本の猛暑頻発には長周期で変動する気候システムの内部変動も関わっている可能性がある。地域的な異常天候に地球温暖化が関与し始めている傾向は、IPCC第5次評価報告書(以下、AR5)でも触れられているが、まだまだ不確実性が大きい。

これまで、申請者はさまざまなテレコネクションの力学的過程の研究を行い、熱帯から中緯度大気への影響、および中緯度の気候変動のメカニズムなどの解明に貢献する成果を挙げた。さらに、異常気象分析検討委員として、近年の個々の異常気象現象に関する診断に関わり、詳細な知識を得ている。そこで、これらの発展として、近年の日本の異常天候、特に盛夏期の猛暑の増加がどのようにもたらされたのかという疑問を解明することが、社会的に、および気象学の研究として重要な課題であると認識することになった。また、申請者の最近の研究を含む複数の報告で、2000年代の熱帯西部太平洋の高い海面水温が、地球温暖化の停滞現象(いわゆるハイエイタス)と関わっていることが議論されており、日本の夏の猛暑、熱帯太平洋の気候変動、地球温暖化の間のリンクを明らかにすることは、より広い意味で大きな意味をもつ。これが、本研究開始当初の背景である。

## 2. 研究の目的

本課題は、2000年以降の夏のアジア域天候変動に焦点を当て、猛暑の増加メカニズムを調べるとともに、熱帯太平洋大気海洋系の変動(地球温暖化および気候の内部変動を共に含む)の理解と、日本の異常天候に対する影響経路の探求を目的とする。これにより、異常気象のメカニズム理解に役立つ成果を得ることを目指すと同時に、近未来の気候変化予測の信頼性向上に繋がる研究を推進する。研究期間を4年に設定し、2021年公開に向けて本格化するポストAR5の指針に貢献する新たな展開を視野に入れる。

本研究課題は、研究手法と研究体制に特色がある。異常天候のメカニズム理解は関心の高い問題だが、長期の気候変動や気候の変化との関連を定量的に解明するには、異常気象の力学、温暖化の要因解析双方の専門家が協力して研究を展開する必要がある。また、複雑な気候・気象システムに内在する因果関係を明らかにするには、観測データの解析だけでは限界があり、現実に近い気象や気候の場をシミュレートできる気候モデルを活用したさまざまな数値実験が不可欠である。この2点において、本課題では気象力学、大気海洋相互作用、温暖化研究、気候モデリングなどの専門家からなる少人数のチームを組み、研究参加者を含むより大きなグループでこれまで開発されてきた全球気候モデルを自在に用いた数値シミュレーションを行った。

## 3. 研究の方法

本研究課題では、1.日本域の猛暑出現メカニズムの理解、2.熱帯太平洋の大気海洋系変動の理解、および3.日本の猛暑増加に対する温暖化および大気海洋変動の寄与推定、という3つのサブ課題を設け、各々に対して申請者らのグループで開発されてきた気候モデルMIROC5を用いたアンサンブル数値実験を実施して解析する。目的に応じて、海面水温をデータから与える大気モデル実験と、海面水温を予報変数を含む大気海洋結合系のシミュレーションを使い分ける。3つのサブ課題の成果を組み合わせることで、「近年、日本ではなぜ猛暑が頻発するのか」という疑問に対して、包括的かつ学術的に確かな理解を図る。猛暑発生メカニズム研究では、適宜現業機関と連携して研究を推進する。具体的には、サブ研究課題に応じて異なる仕様のアンサンブル(多数のシミュレーションの集合)を生成し、観測データと比較解析を行う。以下の数値シミュレーションには、申請者らを含む研究グループが文科省21世紀気候変動予測革新プログラム(H19-23)および気候変動リスク情報創生プログラム(H24-28)で開発を行ってきた全球気候モ

デル MIROC5 を用いる。MIROC5 はエルニーニョなどの気候再現性に優れており、AR5 の将来予測でも引用されている世界トップクラスの気候モデルである。

#### サブ課題 1. 日本域の猛暑出現メカニズムの理解

猛暑の発生要因には、大気循環のカオスの性質に起因する大気自身の内部変動と、海面水温などの大気にとっての外部要因の偏差が、対流活動の変調を介して決定論的に大気循環の変動をもたらす 2 つの過程が存在する。前者を調べるには、大気大循環モデル(以下、AGCM)を用いた多数の初期値アンサンブルが、後者には AGCM で海面水温を変えた感度実験が必要である。従って、本サブ課題の目的達成のために、2000 年代の猛暑頻発を再現するべく、観測された海面水温などの外部条件を与えた 100 メンバー程度の AGCM アンサンブル実験(再現実験)を実施する。1990 年代以前との比較を行うため、各実験は少なくとも 1970 年代頃から開始する必要がある。このアンサンブル実験の解析から、例えば 2013 年の猛暑がどの程度特異な事象であったのかを確率的に定量化する。また、猛暑に寄与した大気の内変動を特定する。

#### サブ課題 2. 熱帯太平洋の大気海洋系変動の理解

2000 年以降の熱帯西部太平洋の高い海面水温は、東部太平洋の低温、北太平洋の高温を伴う大きな偏差パターンの一部であり、太平洋十年規模変動(Pacific Decadal Oscillation, PDO)が負の位相にあるためであると解釈されることが多い。しかし、年ごとの熱帯の水温データを見ると、年々変動の時間スケールでラニーニャがエルニーニョに遷移しようとする過程が阻害されていることが分かる。従って、熱帯域における PDO の負位相は、エルニーニョの成長が度々抑制された結果である可能性もある。また、熱帯西部太平洋には、エルニーニョ・ラニーニャのサイクルとは独立な大気海洋系変動が存在することも指摘されている。一方、これらの自然変動とは別に、地球温暖化に伴う熱帯インド洋の昇温が太平洋域の海面水温分布を変え得ることがモデル実験から報告されている。従って、2000 年代の西部太平洋の海面水温偏差が自然変動起源か温暖化の応答であるかという疑問を含めて、MIROC5 の大気海洋結合系実験で調べる。

既に触れた革新・創生プログラムで、モデルを観測値で初期値化した近未来気候変動予測システムが構築されているので、本課題ではこれを利用し、1990~2000 年代にかけての熱帯太平洋における海面水温長期変動のメカニズムを探る。初期値化した事後予測実験だけでなく、モデルの一部領域のみを観測値で同化するハイブリッドな結合モデル実験や、温室効果気体の増加のみを変える感度実験を行い、太平洋外部からの影響や温暖化の影響を個別に特定する。

#### サブ課題 3. 日本の猛暑増加に対する温暖化および大気海洋変動の寄与推定

AGCM の再現実験で観測された猛暑の頻度変化に関する再現性が確認できたら、2000 年代の海面水温の変動がどの程度日本の猛暑頻度増加に寄与していたかを、さらに AGCM の感度実験で調べる。ここではアトリビューションと呼ばれる手法を用いる。すなわち、観測された海面水温の履歴から、温暖化の放射強制および気候フィードバックに対する応答と、PDO のような自然の長期変動の成分を推定して各々除去し、それぞれの仮想的な海面水温で再度 100 メンバーのアンサンブルを作成することで、猛暑発生に対する熱帯海面水温の寄与を評価する。同様のアトリビューションは、結合モデルを用いた季節予測モードの実験でも実施する。サブ課題 1-2 が達成されていれば、これらの結果から「日本の近年の猛暑頻発がどうして生じたのか」という疑問に対する包括的な説明が可能になる。

## 4. 研究成果

上記の研究目的のため、大気大循環モデル(AGCM)と大気海洋結合モデル(CGCM)を組み合わせたシミュレーションを実施、結果を解析した。特に、2000年代の全球的な気温上昇の停滞(ハイエイタス)と、東アジア域の夏季の猛暑出現の関連性に着目して解析を進めた。

初年度であるH26には、AGCMによる過去の天候のアンサンブル再現実験を実施し、2013年の猛暑を対象とした要因分析を行った。その結果、温暖化に伴う低緯度の海面水温上昇が猛暑の発生確率を有意に増加させていたことが分かった(論文1)。この成果は、米国気象学会の特別号において公表された。また、北半球全体で過去数十年における猛暑の頻度が増大している観測事実が、上記のシミュレーションでよく再現されていることを確認し、さらにそのアトリビューションを試みた。具体的には、海面水温や大気中二酸化炭素濃度などを変えた仮想的なアンサンブルを別途作成し、それらを組み合わせて解析することで、CO2濃度上昇による直接的な温室効果が陸上を温暖化させていることが猛暑増加に対する第一の要因であることが分かった(論文2-4)。

課題2年目となるH27には、CGCMを用いた長期気候再現実験の実施と解析および、同じCGCMを初期値化して行った事後予測実験、季節予測実験の実施と解析を実施した。前者の実験においては、熱帯太平洋域の十年規模変動がどのような要因で生じているのかを調べるための要因切り分けを目的とした研究を進め、熱帯大西洋およびインド洋からの影響伝播のメカニズムを明らかにした(論文5, 10)。さらに、放射強制の要因切り分け実験の結果から、最近20年の西部太平洋の海洋昇温や海水準上昇をもたらした貿易風の強化に、硫酸性エアロゾルによる強制が効いていたことを見出した(論文8, 13)。この成果は、プレスリリースを通じて広く情報発信された。一方、予測実験を用いた研究では、熱帯太平洋域の海面水温変動のメカニズム理解および予測可能性を探求した。2014年から2015年にかけて、熱帯太平洋の状態はエルニーニョに向かって変化してきたにもかかわらず、2014年にはエルニーニョが発現しなかった。事後予測実験を用いて調べた結果、南太平洋からの冷水の貫入がエルニーニョの成長を阻害し

たということが分かった(論文11)。

課題3年目となるH28では、前年度に実施したCGCM実験から得られた解析結果を論文として公表するとともに、H26から延長して継続してきたAGCMのアンサンブル実験データの解析を行った。CGCMを用いた長期気候再現実験および要因分析実験の実施と解析からは、最近20年の熱帯西部太平洋の昇温状態や関連する台風発生頻度の増加の要因に関する知見が得られ、結果を論文としてまとめた(論文18)。また、AGCMを用いた100メンバーのアトリビューション実験の解析を進め、2000年代の日本の猛暑に対する自然変動と温暖化による熱帯海面水温偏差の寄与を評価した(論文21, 22)。また、観測史上初(当時)となるような猛暑の出現が長期的にどう変化しているかを解析し、論文として公表した。

最終年度にあたるH29は、CGCMを用いた熱帯太平洋大気海洋系変動のメカニズムおよび要因切り分け実験の解析をさらに進め、結果を論文としてまとめた。特に、温室効果ガスやエアロゾルなどの人間活動による外部強制と大気海洋系の力学の相対的な役割の理解を進めることができた。2015~2016年の非常に強いエルニーニョの発現に、熱帯大気擾乱と赤道海洋の相互作用が重要であることを数値実験から明らかにした(論文15)。初年度から継続して計算を実施している、AGCMを用いた100メンバーのアトリビューション実験については、予定通りの計算を終了し、膨大なデータの解析を進め、日本の夏季の天候に大きな影響を与える西部熱帯太平洋域の海面水温の変動に着目し、近年の西部太平洋の高温状態が熱帯域の強い降水活動や日本の夏季の猛暑頻度にどの程度寄与していたかを明らかにした(論文14, 16, 19, 21)。最終年度の成果のうち、温暖化による熱帯降水の変化(論文20, 23)および、2015~2016年エルニーニョの天候影響に関する研究成果を公表すべく、国際会議のセッションを企画したが、共同研究者の都合により延期されたため、半年間の繰り越しを行った。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 31件)

1. Imada, Y., H. Shiogama, M. Watanabe, M. Mori, M. Ishii, and M. Kimoto, 2014: The contribution of anthropogenic forcing to the Japanese heat waves of 2013. In "Explaining extreme events of 2013 from a climate perspective", Herring, S. C., et al. (Eds.), Bull. Amer. Meteor. Soc., 95, S52.
2. Kamae, Y., M. Watanabe, H. Shiogama, and M. Kimoto, 2014: Summertime land-sea thermal contrast and atmospheric circulation over East Asia in a warming climate. Part I: Past changes and future projections. *Clim. Dyn.*, 43, 2553-2568, doi:10.1007/s00382-014-2073-0.
3. Kamae, Y., M. Watanabe, H. Shiogama, and M. Kimoto, 2014: Summertime land-sea thermal contrast and atmospheric circulation over East Asia in a warming climate. Part II: Importance of CO2-induced continental warming. *Clim. Dyn.*, 43, 2569-2583, doi:10.1007/s00382-014-2146-0.
4. Kamae, Y., H. Shiogama, M. Watanabe, and M. Kimoto, 2014: Attributing the increase in Northern Hemisphere hot summers since the late 20th century. *Geophys. Res. Lett.*, 41, 5192-5199, doi:10.1002/2014GL061062.
5. Mochizuki, T., M. Kimoto, Y. Chikamoto, M. Mori, M. Watanabe, and M. Ishii, 2014: Error sensitivity to initial climate states in Pacific decadal hindcasts. *SOLA*, 10, 39-44, doi:10.2151/sola.2014-009.
6. Watanabe, M., H. Shiogama, H. Tatebe, M. Hayashi, M. Ishii, and M. Kimoto, 2014: Contribution of natural decadal variability to global-warming acceleration and hiatus. *Nature Climate Change*, 4, 893-897, doi:10.1038/nclimate2355.
7. Imada, Y., H. Tatebe, M. Ishii, Y. Chikamoto, M. Mori, M. Arai, M. Watanabe, and M. Kimoto, 2015: Predictability of two types of El Niño assessed using an extended seasonal prediction system by MIROC. *Mon. Wea. Rev.*, 143, 4597-4617.
8. Kamae, Y., H. Shiogama, M. Watanabe, M. Ishii, H. Ueda, and M. Kimoto, 2015: Recent slowdown of tropical upper-tropospheric warming associated with Pacific climate variability. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 2995-3003, doi:10.1002/2015GL063608.
9. Hayashi, M., and M. Watanabe, 2016: Asymmetry of westerly and easterly wind events: Observational evidence. *SOLA*, 12, 42-45, doi:10.2151/sola.2016-009.
10. Chikamoto, Y., T. Mochizuki, A. Timmermann, M. Kimoto, and M. Watanabe, 2016: Potential tropical Atlantic impacts on Pacific decadal climate trends. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 7143-7151, doi:10.1002/2016GL069544.
11. Imada, Y., H. Tatebe, M. Watanabe, M. Ishii, and M. Kimoto, 2016: South Pacific influence on the termination of El Niño in 2014. *Sci. Rep.*, 6, doi:10.1038/srep30341
12. Mochizuki, T., M. Kimoto, M. Watanabe, Y. Chikamoto, and M. Ishii, 2016: Inter-basin influence of the Indian Ocean on the Pacific decadal climate change. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 7168-7175.
13. Takahashi, C., and M. Watanabe, 2016: Pacific trade winds accelerated by aerosol forcing over the past two decades. *Nature Climate Change*, 6, 768-772, doi: 10.1038/nclimate2996.
14. Takahashi, C., M. Watanabe, H. Shiogama, Y. Imada, and M. Mori, 2016: A persistent Japanese heat wave in early August 2015: Roles of natural variability and human induced warming. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 97, 107-112.

15. Hayashi, M., and M. Watanabe, 2017: ENSO complexity induced by state dependence of westerly wind events. *J. Climate*, 30, 3401-3420.
16. Kamae, Y., H. Shiogama, Y. Imada, M. Mori, O. Arakawa, R. Mizuta, K. Yoshida, C. Takahashi, M. Arai, M. Ishii, M. Watanabe, M. Kimoto, S.-P. Xie, and H. Ueda, 2017: Forced response and internal variability of summer climate over western North America. *Clim. Dyn.*, 49, 403-417, doi:10.1007/s00382-016-3350-x.
17. Oka, A., and M. Watanabe, 2017: The post-2002 global warming hiatus caused by the subtropical Southern Ocean heating acceleration. *Geophys. Res. Lett.*, 44, 3319-3327, doi:10.1002/2016GL072184.
18. Takahashi, C., M. Mori, and M. Watanabe, 2017: Significant aerosol influence on the recent decadal decrease in tropical cyclone activity over the western North Pacific. *Geophys. Res. Lett.*, 44, 9496-9504, doi:10.1002/2017GL075369.
19. Takahashi, C., H. Shiogama, Y. Imada, Y. Kosaka, M. Mori, M. Arai, Y. Kamae, M. Watanabe, 2017: The effects of natural variability and climate change on the record low sunshine over Japan during August 2017. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, S67-71.
20. Ham, Y. G, J. S. Kug, F.-F. Jin, and M. Watanabe, 2018: Inverse relationship between present-day tropical precipitation and its sensitivity to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 8, 64-69, doi:10.1038/s41558-017-0033-5.
21. Imada, Y., H. Shiogama, C. Takahashi, M. Watanabe, M. Mori, Y. Kamae, and S. Maeda, 2018: Climate change increased the likelihood of the 2016 heat extremes in Asia. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 99, S97-S101.
22. Imada, Y., S. Maeda, M. Watanabe, H. Shiogama, R. Mizuta, M. Ishii, and M. Kimoto, 2018: Recent enhanced seasonal temperature contrast in Japan from large ensemble high-resolution climate simulations. *Atmosphere*, 8, 57, doi:10.3390/atmos8030057.
23. Toda, M., and M. Watanabe, 2018: Linear and nonlinear hydrological cycle responses to increasing sea surface temperature. *Geophys. Res. Lett.*, 45, 1551-1558. <https://doi.org/10.1002/2017GL076745>.

ほか 8 件

〔学会発表〕(計 54 件, うち招待講演 23 件)

1. Imada Y, Shiogama H, Watanabe M, Mori M, Ishii M, Kimoto M, 2014: Event attribution of the Japanese heat wave in summer 2013. Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting (AOGS2014), 28 July-1 August 2014, Sapporo, Japan.
2. Watanabe, M., 2014: Global warming hiatus: Its mechanisms and role of internal decadal variability. Second East Asian winter seasonal outlook forum, 29-30 November 2014, JMA, Tokyo (Invited).
3. Imada, Y., 2015: MIROC5 seasonal prediction system: focusing on the ENSO prediction in 2014. Tropical Precipitation Systems Workshop 2015, 3-4 September 2015, JAMSTEC, Yokohama, Kanagawa, Japan (Invited).
4. Mochizuki, T., 2015: Decadal Climate Prediction Project (DCPP) for CMIP6 and IPCC-AR6. SICCM international workshop, 11 August 2015, Seattle, USA (Invited).
5. Shiogama, H., 2015: Attribution of the June-July 2013 heat wave in the southwestern United States. Our common future under climate change, 7-10 July 2015, Paris, France.
6. Watanabe, M., 2015: Model-based climate research on global change: Challenges for the future. Japan Geosciences Union Meeting 2015, 27 May 2015, Makuhari, Chiba, Japan (Invited).
7. Watanabe, M., 2015: Sulphate aerosol impacts on 20th century multidecadal climate variability. WCRP/FP7 EMBRACE workshop on CMIP5 Model Analysis and scientific plans for CMIP6, 20-23 October 2015, Dubrovnik, Croatia (Invited).
8. Mochizuki, T., M. Kimoto, M. Watanabe, Y. Chikamoto, M. Ishii, 2016: Inter-basin influence of the Indian Ocean on the Pacific decadal climate change. CLIVAR open science conference 2016, 21 September 2016, Qingdao, China.
9. Watanabe, M., 2016: Recent intensification of the Pacific trade wind: A possible linkage to Atlantic multidecadal variability. ICTP workshop on teleconnection in the present and future climate, 24-28 October 2016, Trieste, Italy (Invited).
10. Watanabe, M., 2017: Causes of recent intensification of the Pacific trade winds. Fourth Santa Fe conference on global and regional climate changes, 6-10 February 2017, Santa Fe, USA (Invited).
11. Imada, Y., 2018: Influence of Subsurface Advection in the off-Equatorial South Pacific Ocean on El Nino evolution. International conference on subseasonal to decadal prediction, Boulder, USA.
12. Mochizuki, T., 2018; Tropical Atlantic impacts on subdecadal variability in the Pacific. International conferences on subseasonal to decadal prediction, Boulder, USA.
13. Watanabe, M., 2019: Weather extremes in a warming climate. PyeongChang Forum, 14-15 February 2019, Pyeong Chang, Korea (Invited).
14. 今田由紀子, 2015: 高解像度 AGCM アンサンブル実験による日本域の過去の 10 年規模イベ

- ントの要因分析. 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月 28 日, 京都テルサ, 京都.
15. 塩竈秀夫, 2015: 気候変化の検出と要因分析. 日本気象学会 2015 年春季大会シンポジウム, 2015 年 5 月 21-24 日, つくばエポカル, つくば (招待講演).
  16. 渡部雅浩, 2015: 地球温暖化の「停滞」: 温暖化研究における意味. 日本気象学会 2015 年春季大会シンポジウム, 2015 年 5 月 21-24 日, つくばエポカル, つくば (招待講演).
  17. 望月崇, 木本昌秀, 渡部雅浩, 2016: 今世紀初めの 10 年規模気候変動とその予測の再考. 日本海洋学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 9 月 4 日, 鹿児島大学, 鹿児島(招待講演).
  18. 渡部雅浩, 2016: 近年の気候変化のメカニズムと要因分析. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016 年 5 月 23 日, 幕張メッセ, 千葉, (招待講演).
  19. 今田由紀子, 2018: 2017 年 7 月九州北部豪雨に対する地球温暖化の寄与. 2018 年度日本気象学会秋季大会, 2018 年 10 月 27 日, 仙台国際会議場, 仙台.

ほか 35 件

〔図書〕(計 4 件)

1. 塩竈秀夫, 2014: 地球温暖化 そのメカニズムと不確実性 (分担執筆), 朝倉書店, 162pp.
2. 渡部雅浩, 2014: 地球温暖化 そのメカニズムと不確実性 (分担執筆), 朝倉書店, 162pp.
3. 塩竈秀夫, 2014: 地球温暖化の辞典 (分担執筆), 丸善, 435pp.
4. 渡部雅浩, 2014: 地球温暖化の辞典 (分担執筆), 丸善, 435pp.

〔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

研究分担者氏名：塩竈秀夫 (SHIOGAMA HIDEO)

所属研究機関・部局名：独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター

職名：室長

研究者番号 (8 桁) : 30391113

研究分担者氏名：望月崇 (MOCHIZUKI TAKASHI)

所属研究機関・部局名：独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域

職名：特任主任研究員

研究者番号 (8 桁) : 00450776

研究分担者氏名：今田由紀子 (IMADA YUKIKO)

所属研究機関・部局名：気象研究所・気候研究部

職名：主任研究官

研究者番号 (8 桁) : 50582855

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：釜江陽一 (KAMAE YOUICHI)

研究協力者氏名：高橋千陽 (TAKAHASHI CHIHARU)

研究協力者氏名：Fei-Fei Jin

研究協力者氏名：林未知也 (HAYASHI MICHIIYA)

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。