

科学研究費助成事業「新学術領域研究（研究領域提案型）」 研究概要
〔令和3年度中間評価用〕

令和3年6月30日現在

機関番号：82706
領域設定期間：令和元年度～令和5年度
領域番号：6102
研究領域名（和文）変わりゆく気候系における中緯度大気海洋相互作用 hotspot
研究領域名（英文）Mid-latitude ocean-atmosphere interaction hotspots under the changing climate
領域代表者
野中 正見（NONAKA Masami）
国立研究開発法人海洋研究開発機構・付加価値情報創生部門（アプリケーションラボ）
・グループリーダー
研究者番号：90358771
交付決定（予定）額（領域設定期間全体）：（直接経費）1,138,000,000円

研究の概要

中緯度の海洋は大気変動に受動的に変動するだけという従来の気候力学の常識を覆し、強い暖流域と水温前線域は能動的に大気に影響する「気候系の hotspot」であるという我々が確立した新パラダイムを、観測研究と数値モデリングの融合により更に深化させる。同時に「大気・海洋変動の予測の可能性」や「地球温暖化」の分野にまで応用し、格段に進展させる。

研究分野：海洋科学・大気科学・気候力学

キーワード：中緯度大気海洋相互作用（海流の変動と大気の循環が互いに影響し合い平均的な構造や変動を作る現象）、異常気象・異常天候（数日規模の豪雨や豪雪等や、冷夏や暖冬等の季節規模の大気の異常な状態）

1. 研究開始当初の背景

2020年も豪雨が九州や西日本を襲い、甚大な被害をもたらした。最近、豪雨や豪雪が毎年のように日本列島を襲い、人々の生命・財産を脅かしている。従来、このような異常気象・異常天候は長期的な温暖化に加え、エルニーニョ現象等の熱帯域の海洋・大気変動が遠隔的に影響したものであり、中緯度域の海洋は大気変動にただ受動的に反応するだけと考えられてきた。今日でも気候の季節予測はこうした気候学的な「常識」の下で行われている。

ところが、近年の高分解能な海洋・大気データの解析により、中緯度域の海洋も大気との構造・変動に影響することが明らかとなってきた。我々は中緯度域の海洋から大気への影響の鍵となる黒潮やメキシコ湾流等の強い暖流域とそれに伴い水温が水平方向に急に変わる海域（図1）を「気候系の hotspot」と捉え、そこで海洋と大気が相互に作用するメカニズムの多角的な研究から従来の「常識」を覆し、「中緯度海洋の気候学的能動性」という新パラダイムを確立した。

2. 研究の目的

このような研究の進展から、その知見を豪雨・豪雪や気候変動の数値的「予測」にどう反映させるかという更に新しい重要課題が浮上した。そこで、(1) 先端的な観測技術と数値モデリングとの融合研究により、中緯度大気海洋相互作用に特有の多階層的な過程とその間の相互作用の理解を更に深めると同時に、それを基盤として、

(2) 台風や爆弾低気圧等の極端気象現象や異常天候をもたらす持続的な大気循環異常などの大気・海洋現象の予測の可能性や、(3) 地球温暖化に伴う気候系の将来予測、それらの中での中緯度海洋の能動的役割を明らかにする。このように、先に確立した新パラダイムを更に深め、その科学的・社会的な重要性・有用性を提示することが本研究領域の目的である。

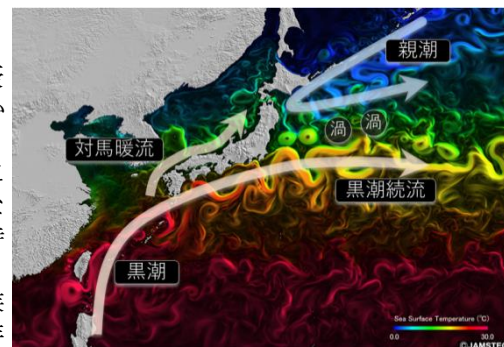


図1 日本付近の海流と水温分布

3. 研究の方法

上記(1)においては、本州のすぐ風上側に位置し、日本の天候への直接的影響も大きい気候系 hotspot である対馬暖流(図1)において先端的な観測機器も駆使した大気・海洋同時集中観測を展開する。さらに、大気と海洋の相互作用を、物質を介したものと広く捉え、大気海洋間の微粒子(エアロゾル)と熱の交換が中緯度海域の下層雲形成や海洋表層の生態系へ与える影響等へと研究を拡張させる。

(2)、(3)においては海洋からの能動的影響が異常気象や災害をもたらす大気循環異常や豪雨・豪雪などの予測の改善、あるいは不確実性拡大に与える寄与の評価にまで研究対象を拡張する。また、温暖化した気候下における気候系 hotspot の役割や将来気候の予測にもたらし得る不確実性について包括的知見を得ることを目指す。

4. 研究の進展状況及び成果

上記の様に、多くの観測航海に基づく研究を計画しているが、それぞれ COVID-19 の影響を強く受けている。航海の延期を余儀なくされているが、それぞれ既存のデータ或いは数値モデルデータの解析を優先して推進するなど、可能な形で対応を進め、目標へ向けて推進している。以下に、主要な成果を示す。

・黒潮大蛇行が極端気象・極端天候へ及ぼす影響【応募時の計画外の成果】

申請時には発生後1年程度であった黒潮の大蛇行が R3 年6月現在も継続し、観測史上2番目の長さとなっている。これを受け、その海洋構造とそれに対する大気応答について様々な角度から研究を展開している。大蛇行に伴い、伊豆半島から遠州灘、紀伊半島付近まで高海面水温偏差が分布することを、近年利用可能になった超高解像度の海面水温データから解明し、更にそれが沿岸の気温、特に関東域の夏季の気温を上げ得ることを示した。加えて、この高水温が紀伊半島の豪雨に及ぼした影響や、公募課題として、黒潮大蛇行の爆弾低気圧の発達への影響に関する研究も推進中である。これらの研究は総括班に設けた「黒潮大蛇行サブワーキンググループ(WG)」を通じ、項目間を越えた連携として推進している。このサブWGでの議論を基に、計画外であったが観測航海の提案に至り、R3年5月にこの海域での海洋と大気の現場観測を実施した。計画以上のデータ取得に成功し、今後その解析を推進する。

・日本周辺の複雑な海面水温分布の時空間的な変動と極端気象現象の予測への影響

北海道・東北沖では、海面の異常高温(海洋熱波)が2010-2016年の毎夏に継続的に発生していたことが明らかになった。これは近年のブリの漁獲量増加とも関係する可能性が高く、当初の計画にはない水産学への波及も期待される成果である。更に、この海域の海面の異常高温が、令和元年東日本台風と前線に伴う大雨を東北沿岸域にもたらした要因になっていたことを明らかにした。十年規模の海洋変動から台風に伴う大雨に繋がる現象であり、「顕著現象WG」を通じ領域を横断した連携の成果である。

・黒潮・黒潮続流域の高温化や大気場の長期的な変化の下でのストームの変調の解明

典型的な秋台風が南西諸島付近を北上中に黒潮の海面水温偏差の影響を受ける事を見出し、近年の黒潮・黒潮続流域の海面水温上昇は日本に接近する秋台風の強度に有意に影響している事が示唆された。更に、北太平洋爆弾低気圧活動の長期変化を解析し、近年の北西太平洋の海面水温上昇が北太平洋中央部での爆弾低気圧活発化の要因であることを明らかにした。一方、令和元年東日本台風に関し、1980年以降の日本周辺の広範囲の気温と海面水温の長期的な上昇が、大気中の水蒸気量の増加と台風強度の維持にそれぞれ影響し、関東・甲信地方の雨量を10%以上増加させたことを示した。

・海洋前線帯や微細構造の形成・変動機構と予測の可能性

海洋グライダーによって観測された溶存酸素や塩分の詳細な分布と高解像度の海洋モデルを用いた解析から、海洋渦に伴う海洋微細構造によって、黒潮続流を横切って東北沖から日本南方へ低塩・高酸素の海水の輸送が起きていることが示された。数値モデルとの融合により詳細観測が大きなスケールの海洋循環の理解に繋がった。一方、北太平洋西部亜熱帯域で冬季に活発な微細現象の要因と、その十年規模の変動が海面水温の太平洋十年規模変動と相関することを解明し、更にその微細現象からより大きな海洋現象への新たなエネルギー遷移を示唆した。また、黒潮続流の下流域での海洋渦の活動度の経年変動の潜在的な予測の可能性を示した。

・中緯度の海流や海洋渦の変動が大気循環の持続的異常を如何に強制するか

中緯度の強い暖流沿いに平均的に見られる海上風の収束の形成機構について、暖流に伴う水温前線に沿って頻繁に発達する低気圧の背後での寒気の吹出し時に暖流からの水蒸気・熱放出がもたらす中程度に強い海上風の収束に伴って浅い対流性の降水系が組織化されることが本質的なことを見出した。気候系 hotspot に特有の現象を解明し、近年の中緯度大気海洋相互作用の中心的課題を前進させる成果である。

・変わりゆく気候における中緯度気候の変動や極端現象の中長期的な変化・変調傾向の解明

高解像度大気シミュレーションを用いて日本の極端降水の発生確率の潜在的な予測の可能性を調査した。梅雨期の九州西部や台風襲来時の九州東部で極端降水の頻度の予測の可能性を実証するとともに、熱帯域の海面水温変動との結びつきを明らかにした。

5. 今後の研究計画

「中緯度海洋の気候学的能動性」の科学的・社会的な重要性・有用性を提示することが本領域の目指す「格段の発展・飛躍的な展開」である。これへ向けた方針を記す。

(1) 中緯度大気海洋相互作用に特有の多階層的な過程とその間の相互作用の理解の飛躍的深化
COVID-19 の影響で観測研究が 1-2 年遅れているが、多階層の大気海洋相互作用の理解の深化
に向け、当初の計画に基づいて研究を推進するが、これまでの成果から一部計画を拡大する。

・日本海：集中観測を中心にした日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) 等との双方向作用研究

2021 年度と 2022 年度冬期の船舶観測を軸に数値的研究も融合させて進める。

・東シナ海：海洋の長期変化と豪雨への影響

「極端現象 WG」を中心に連携し、東シナ海の黒潮の長期変化に関する調査を進め、海面水温
の上昇をもたらす陸棚上の亜表層水温の昇温への黒潮の寄与を明らかにする。

・黒潮大蛇行：海洋の極端現象から大気への影響

黒潮大蛇行サブ WG」を核に連携し、黒潮大蛇行やにそれに伴う海洋構造とそれがこの地域の
気象、特に豪雨に及ぼす影響を明らかにする。

(2) 大気・海洋現象の予測の可能性

急速に温暖化する日本周辺海域の海面水温が豪雨・豪雪などの極端気象の予測に及ぼす影響
を解明し、領域の目標を目指す。

・豪雨、豪雪等

予測に対する中緯度海洋の役割の評価のために、領域気象モデルから前線上の降水の海面水
温依存性を調査し、海面水温の近接・遠隔作用の観点で整理する。

・異常天候に繋がる持続的な大気循環変動

暖流や水温前線の変動に伴う大気変動の予測の可能性・不確実性に注目し、海面水温を与え
た高解像度大気モデル実験の評価を行う。

・海洋現象

準全球の海洋渦を解像可能な海洋予測システムを開発し、その結果から海洋渦等の予測の可
能性を統計的に明らかにする。

(3) 地球温暖化に伴う気候系の将来予測

日本や東アジア域の極端現象や季節進行における中長期変化変動、変化変動を与えうる極域
や熱帯域からの影響と中緯度大気海洋結合に注目する。解析の焦点を予測の可能性の探求に拡
げることが今後の研究のポイントになる。高解像度モデルデータの収集が重要であり、A03-9 班
の主導で進行中である。

6. 主な発表論文等 (受賞等を含む)

【主な論文】 全て査読有。*は corresponding author を示す。

・ *Iizuka, S., R. Kawamura, H. Nakamura, and T. Miyama, (2021): Influence of warm SST in the Oyashio
region on rainfall distribution of Typhoon Hagibis (2019). **SOLA**, 17A, 21–28.

・ Kawasaki, K., *Tachibana Y., T. Nakamura, and K. Yamazaki (2021): Role of the cold Okhotsk Sea on
the climate of the North Pacific subtropical high and Baiu precipitation, **J. Climate**, 34, 495-507.

・ *Oka, E., H. Nishikawa, S. Sugimoto, B. Qiu, and N. Schneider (2021): Subtropical Mode Water in a
recent persisting Kuroshio large-meander period. Part I: Formation and advection over the entire
distribution region. **J. Oceanography**, in press.

・ *Takaya, Y., Y. Kosaka, 他 2 名 (2021): Skilful predictions of the Asian summer monsoon one year
ahead. **Nature Communications**, 12, 2094.

・ *Deser C., ..., S. Minobe 他 (20 人中 16 番目) (2020): Insights from Earth system model initial-
condition large ensembles and future prospects. **Nature Climate Change**, 10, 277-286.

・ *Fujiwara, K., R. Kawamura, and T. Kawano (2020): Remote thermodynamic impact of the Kuroshio
Current on a developing tropical cyclone over the western North Pacific in boreal fall. **J. Geophysical
Research: Atmospheres**, 125, e2019JD031356.

・ Hotta, H., *Suzuki, K., Goto, D., and Lebsock, M. (2020): Climate impact of cloud water inhomogeneity
through microphysical processes in a global climate model, **J. Climate**, 33, 5195-5212.

・ *Masunaga, R., H. Nakamura, B. Taguchi, T. Miyasaka (2020): Processes shaping the frontal-scale time-
mean surface wind convergence patterns around the Kuroshio Extension in winter. **J. Climate**, 33, 3-25.

・ *Nonaka, M., H. Sasaki, B. Taguchi, and N. Schneider (2020): Atmospheric-driven and intrinsic
interannual-to-decadal variability in the Kuroshio Extension jet and eddy activities. **Frontiers in Marine
Science**, 7, 547442.

【受賞等】

茂木 信宏 (2021): 日本地球惑星科学連合 第 4 回西田賞

小坂 優 (2021): 日本地球惑星科学連合 第 4 回西田賞

茂木 信宏 (2021): 日本気象学会賞

高薮 縁 (2021): American Meteorological Society Fellow

中村 尚 (2020): 日本気象学会藤原賞

川瀬 宏明 (2020): 日本気象学会正野賞

ホームページ等: <http://www.jamstec.go.jp/apl/hotspot2/>