

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：82706

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2010～2014

課題番号：22106006

研究課題名（和文）黒潮続流循環系の形成・変動メカニズムと大気・海洋生態系への影響

研究課題名（英文）Mechanisms for the formation and variability of the Kuroshio Extension system and its influences on the atmosphere and the marine ecosystem

研究代表者

野中 正見（NONAKA, Masami）

独立行政法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・グループリーダー代理

研究者番号：90358771

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 137,520,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、本新学術領域研究で注目した中緯度域の大気海洋相互作用の鍵となる海洋前線帯の形成・変動機構の理解を深め、その大気場や生態系への影響を解明することを目的とした。高解像度モデル等を駆使した研究により、日本南岸の黒潮の大蛇行や、その下流となる黒潮続流の形成・変動のメカニズム、また海洋中規模渦の形成やそれが生態系に及ぼす影響に関する理解に顕著な進展が得られた。一方、亜寒帯前線帯の十年規模変動が北太平洋海盆規模の大気場に影響を与えることを明確に示した他、夏季の海洋上層の熱容量が従来考えられていたものより遥かに大きいことを示し、中緯度域の大気海洋相互作用の理解を大きく進展させた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on mechanisms for formation and variability in oceanic frontal zones, which can be a key of air-sea interaction in midlatitude, the main theme of this “climate hotspot” project. Our studies have made significant improvements in our understanding of the formation and variability mechanisms in the Kuroshio and Kuroshio Extension, for example, mechanisms for the Kuroshio Large Meander to the south of Japan, and roles of submesoscale and mesoscale phenomena in the ocean and its ecosystem. Also, basin-scale atmospheric response over the North Pacific to decadal variability in the subarctic frontal zone in the western North Pacific is clearly shown in observed and simulated data. Further, heat capacity in the upper ocean in summer is revealed to be much larger than that has been considered. This finding can improve our understanding of the basic relationship between ocean and atmosphere in summer.

研究分野：海洋物理学、気候力学

キーワード：中緯度大気海洋相互作用 黒潮・黒潮続流 海洋前線帯 海洋大循環モデル Argoフロート 海洋生態系

1. 研究開始当初の背景

日本沿岸を流れた黒潮、親潮は日本東岸で離岸し、それぞれ黒潮続流、親潮続流と呼ばれる東向きジェットを形成し、それらの変動は大きな水温変化をもたらす。この水温変化が大気場にも変動をもたらす日本を含む北太平洋の十年規模の気候変動や海洋生態系変動に寄与すると考えられている。それ故、これらの海流系の変動の理解は、海洋学や気候学のみならず社会的にも重要な課題である。しかしながら、変動機構のみならず、平均的構造の決定機構さえも未だ十分には明らかでない。その根本的な原因はデータ不足であったが、近年の技術発達により、高解像度の海洋観測と海洋モデリングが可能となってきた。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、高解像度の海洋観測や海洋モデリングを活用した解析・実験から、黒潮続流・親潮続流循環系の形成・変動機構を総合的に理解し、その大気場や生態系への影響を明らかにすることである。

黒潮・親潮続流域で活発に見られる海洋中規模渦が、集団としてその循環系に及ぼす影響、又それによる表層変動が中緯度大気海洋相互作用に果たす役割の理解には、海盆規模で高頻度・高解像度データが得られる観測や数値モデルが不可欠である。本研究グループは既に、海洋渦を表現可能な高解像度海洋大循環モデルと、それに組み込む海洋生態系モデル、更に大気海洋結合モデルを持つ。これらの数値モデルを用いる研究者と理論研究や観測データ解析を行う研究者によって研究グループを組織し、更に本研究領域内の海洋観測や大気科学の専門家グループとの連携により、多角的に上記の目的に挑戦する。

3. 研究の方法

以下の4テーマを定め、その連携により黒潮・親潮続流循環系の変動とその影響を理解する。

(1)黒潮・親潮続流循環系の形成・変動メカニズム:(1a)平均的循環場形成、(1b)風系変動に対する応答を、理論研究を基盤に高解像度海洋モデル実験等で解明する。更に(1c)変動の不確定性(風系変動に依存せず海洋内部で勝手に生じる自励的変動)をモデル実験から同定し、黒潮続流循環系変動の総合的理解を図る。

(2)海洋生態系への影響:特に1cの不確定性や海洋渦のプランクトン等に対する影響に注目し海洋生態系モデルと観測データから調べる。

(3)海洋表層の変動の大気場への影響:特に海洋から大気への熱放出分布等に注目し、本新学術領域研究A02-6班との観測研究と連携すると共に、海洋大循環モデル、大気海洋結合モデルを用いて調べる。

(4)海盆規模の混合層分布とその変動:観測

データと大気海洋結合モデル出力等から調べる。

4. 研究成果

(1)黒潮大蛇行のメカニズム

日本の南を流れる黒潮には、大きく分けて2種類の安定した流路パターンがあることが知られている(これを流路の多重性と言う)。ひとつは、東海沖で大きく南方へ迂回する「大蛇行流路」、もう一方は本州南岸にほぼ沿って流れる「非大蛇行流路」と呼ばれるもので、共に1年から数年程度の持続性がある。このような流路の多重性、特に大蛇行流路の存在は、北大西洋の湾流等、他の海流には見られない黒潮独自の特徴であり、これまで大蛇行の発生のおもひは大きな謎であった。

しかし、近年の海洋観測網の充実や海洋シミュレーションの高精度化により、徐々に黒潮大蛇行の発生のおもひについて理解が進んできた。通常、大蛇行が発生するときは、その前兆となる小さな蛇行(小蛇行)が九州南東沖で発生し、小蛇行が数か月かけて発達しながら東進し、東海沖に大蛇行が形成される。人工衛星による観測から、この小蛇行は、九州の遙か東から西に移動してきた直径数100kmの渦が九州沖の黒潮に衝突することにより発生することが分かってきた。

ところが、小蛇行は必ずしもその後大蛇行になるわけではなく、実はそのほとんどはその後発達せずに消滅するか、発達したとしても東海沖で一時的な蛇行を作るにすぎない。では、大蛇行が形成されるときの小蛇行は、他の場合となりが違うのか?本研究では2004年に発生した大蛇行のケースや、数値シミュレーションで再現された大蛇行について詳しく調べ、大蛇行に発達するような小蛇行は、東からの渦の寄与だけでなく、黒潮の上流域からの寄与もあることを示した。この上流域とは具体的には、台湾沖までさかのぼることができ、台湾の東でやはり東から移動してきた強い時計回りの渦が黒潮に衝突することにより生じた黒潮流路の乱れが、九州沖の小蛇行の発達に寄与することが分かった。さらに、この台湾沖の渦の影響を詳しく調べると、時計回りの渦の内部に含まれる周囲よりも暖かい水が、黒潮を通じて九州沖まで運ばれ、小蛇行の南側に発達した時計回りの循環を作ることが分かった。その結果、九州沖では小蛇行とその南側の時計回りの渦が形成される。小蛇行の内側(陸側)では、反時計回りの循環が作られるので、時計回りと反時計回りの「渦のペア」が作られることになる。その後の小蛇行から大蛇行への発達過程について詳しく調べると、この「渦のペア」がお互いの渦を強め合うことにより、大蛇行が形成されることが示された。

大蛇行がどのようにして安定に維持されるのか、どのようにして消滅するのかについて明らかになりつつある。大蛇行流路が停滞しているときの運動のバランスを調べると、

黒潮の流れ自体により蛇行を東に移動させようとする作用と、蛇行が波として西に進もうとする作用が釣り合うことにより大蛇行が長期間維持されることが分かった。一方、大蛇行が消滅するときは、蛇行が徐々に東に移動し伊豆諸島のあたりまで来ると、南北に連なる海底山脈（伊豆海嶺）の影響を受けて蛇行が弱まり、やがて消滅に至ることが分かった。このことは、黒潮が強くなると蛇行が東に流れやすくなり大蛇行が維持されにくい、ということを示唆する。この考えに基づき、過去に生じた大蛇行の継続期間とその期間の平均の黒潮の強さ（流量）を風のデータから見積もると、流量が小さいときほど大蛇行が長期間安定に維持されるという明瞭な関係があることが分かった。

では、大蛇行の発生のしやすさも大きなスケールの風の間と関係があるのか？ 上述のように、大蛇行が生じるしくみは、直接的には直径数 100km 程度の渦の作用により生じた小蛇行がきっかけであることを考えると、渦が「たまたま」九州沖や台湾沖に到達したことにより大蛇行が発生した、と見ることもできる。しかし、2004 年の大蛇行のきっかけを作った渦の起源を時間をさかのぼって調べると、九州沖に到達する数年前に生じた北太平洋中央部の風の変動と関係していることが示唆された。また、過去の大蛇行と非大蛇行流路の履歴を見ると周期性があるように見える。例えば、1970 年代後半から 1980 年代にかけては、大蛇行が頻繁に発生していたが、その前後の 10 年程度は逆に非大蛇行期となっており、過去の研究からは約 20 年の周期性があることが指摘されている。上述の「たまたま」が起こりやすい時期と起こりにくい時期がある、と解釈することも可能かもしれない。このような長周期変動の存在も、大蛇行の発生に大きなスケールのゆっくりとした変動が関与していることを示唆している。この黒潮流路の長期的な振舞いを説明するため、観測データと海洋シミュレーションを統合して得られた長期間の海洋データセット（再解析データ）を用い、大蛇行の発生に深く関わりがあると考えられる要因を指標化し、大蛇行の発生のしやすさの診断を試みた。上述のように、大蛇行が生じるためには、そのきっかけとなる九州沖の小蛇行とその後の発達に重要な「渦のペア」が作られなくてはならない。そのためには、九州沖と台湾沖に顕著なシグナルを伴った渦が到達することが好条件となる。さらに、大蛇行の発生条件として、下流側の黒潮（黒潮統流）の状態も重要であることを指摘した。大蛇行は、単に黒潮の蛇行の振幅が大きくなれば良いというものではなく、蛇行が安定的に維持されるためには、蛇行が九州から伊豆海嶺までの間に収まる必要がある。そのためには、大蛇行の発生に先立って、伊豆海嶺上において黒潮が三宅島の辺りにある水路（黒潮が伊豆海嶺を通過する際は、三宅島あたりの水路、

または遙か南の八丈島南方の水深の深い部分のどちらかに限定される）に予め位置していなければならず、この条件が満たされるか否かは下流側の黒潮統流によって決まることを見出した。黒潮統流では、流路が安定する時期と不安定化する時期が 10 年程度の時間スケールで交互に出現することが知られているが、安定期には伊豆海嶺上で黒潮が三宅島付近の水路に固定され、大蛇行の発生に好都合な条件を作り出すことが分かった。以上の、九州沖、台湾沖、および黒潮統流に着目した 3 つの要因をもとに、大蛇行の生じやすさを表す指標の時系列を作ると、過去に生じた大蛇行がこれらの要因で概ね説明できることが明らかとなった（図 1）。

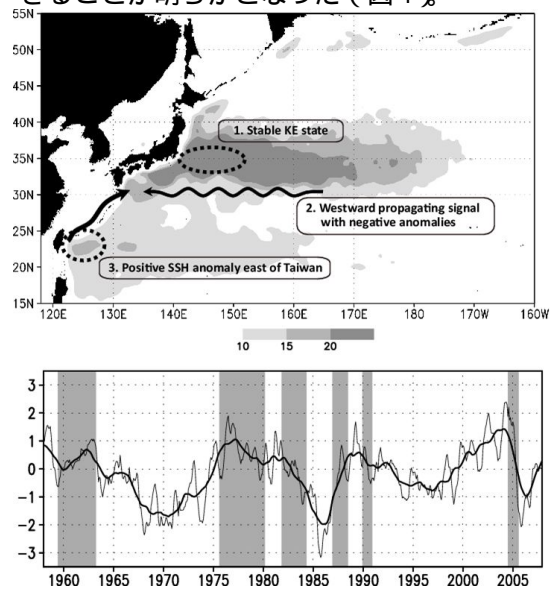


図 1: (上)大蛇行の発生に深く関わっていると考えられる 3 つの要因と、(下)それに基づく大蛇行の生じやすさの時系列。灰色は現実に大蛇行が生じていた期間を表す。見積もられた時系列は観測された大蛇行期・非大蛇行期と良く対応することがわかる。

(2) 微小な海洋渦の影響の解明

海洋では、黒潮など強い海流の周辺で直径 100km から 300km の「中規模渦」の活動が活発で、海流とともに熱や様々な物質を輸送し、全球規模の熱輸送や水産資源の形成に大きな役割を担っている。一方、地球観測衛星で撮影された画像には、渦と渦が互いに干渉してできた幅の狭い筋状構造の流れや、中規模渦より小さな微小渦など 1~50km スケール規模の更に小さな現象が世界中の様々な海域で観測される。これらの小さな現象を総称して「サブメソスケール現象」と呼ぶ。近年の研究から、これらの海洋サブメソスケール現象は、大気が海洋を冷却する冬季に海洋の表層で密度一様の混合層と呼ばれる層が厚くなると、その混合層の内部で活発になり、さらにサブメソスケール現象に伴う強い鉛直の流れが海洋の表層と内部との熱交換、物質交換を促進し、海洋循環に大きな影響を

及ぼすと考えられるようになってきた。しかし、サブメソスケール現象を捉える高解像度で高頻度の現場観測は困難で、またコンピュータの計算能力の制約から1,000kmスケールの大規模な海洋循環とサブメソスケール現象を同時に再現できるシミュレーションは行われてきていなかった。

そこで、本研究では北太平洋域に領域を絞りながらも黒潮などの大規模循環とサブメソスケール現象を同時に再現可能な解像度3km(1/30度)の高解像度海洋シミュレーションを実施した。その結果、冬季に海洋が冷やされて混合層が厚くなる黒潮続流の周辺で活発になり、夏季に海洋が暖められて混合層が薄くなると穏やかになるサブメソスケール現象の季節変動が再現された。

これまでの研究からサブメソスケールの微小渦や筋状構造は、互いに干渉して結合、分離、または減衰し、中規模渦などとも干渉し合い複雑に相互作用していると考えられている。そこで、シミュレーション結果を用い、サブメソスケール(10~100km)、中規模渦などのメソスケール(100~200km)、更に大きなスケール(200~300km)に分けて、それぞれの活動度の2年間の変化を調べた。その結果、活動が活発になる時期はスケールが大きくなるほど遅れている様子が明確に示された。では、なぜこのような遅れが生じるのか?冬季に厚い混合層内でサブメソスケール現象が活発になり、春から夏にかけて大気が海洋を暖めて混合層が薄くなると、サブメソスケールの活動は弱くなる。一方、サブメソスケール現象は互いに干渉し合い、また中規模渦と絡み合いながら、渦同士が結合してサブメソスケールからより大きなスケールへエネルギーが運ばれる。これらのプロセスが同時に進行することにより、冬季から初夏の数ヶ月の比較的長い期間、活動が活発なスケールが徐々に大きくなることが明らかになった。また、サブメソスケール現象から中規模渦を含むメソスケール(1~200km)の活動度は、夏季に比べ晩冬はほぼ2倍の大きさであった。これらの結果から、大気が海洋を冷却する冬季の厚い混合層内で活発になるサブメソスケール現象の活動が、相互にまた中規模渦などと干渉し合いながら、中規模渦など大きなスケールの現象に多大な影響を及ぼしていることが明らかになった。

(3) 海洋亜寒帯前線帯の大気への影響

北海道から東北地方沿岸を南下した親潮は、その後北東へ向きを変え北太平洋へ続く海流となる。この海流に沿って、海面水温が南北方向に大きく変化する「亜寒帯前線帯」と呼ばれる水温前線が形成される。この海面水温の強い勾配が海上の気温にも勾配を作ること、また、それがその上空を通過する移動性高低気圧の発達に強く寄与することが、領域代表者らのこれまでの研究から示されてきた。

このような知見を踏まえ、ここでは同じメカニズムを通じて海洋の経年~十年規模変動が大気の変動へ及ぼす影響を詳しく調べた。過去50年弱の観測データを用いて、「亜寒帯前線帯」での海面水温と、海面気圧や上空の気圧の変化の関係を調べた結果、初冬(10月、11月)の海面水温が温かいときに12月と1月にアリューシャン低気圧が弱くなる傾向が見られた(図2)。

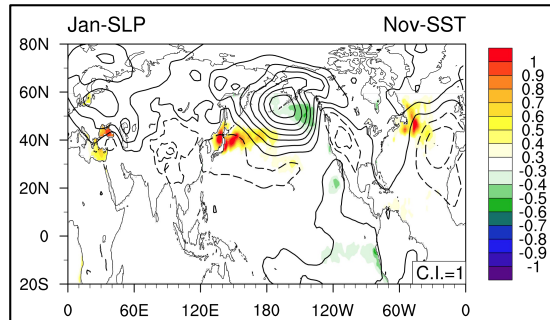


図2: 11月の亜寒帯前線帯での海面水温偏差(色)に対する翌1月の海面気圧の回帰係数(等値線)の分布。11月に亜寒帯前線帯で海面水温が高いとき2ヶ月後(1月)にアリューシャン低気圧が弱くなる傾向が見られ、大気変動が遅れることから海洋変動が大気変動に影響しているものと考えられる。海面気圧だけでなく対流圏全体にその影響が見られる(図略)。

風が強いと水温が下がる、というように大気の変動も海洋に強く影響するため、両者の変動の因果関係を明確にすることは大変困難である。しかし、ここでは、海面水温の変化が先に起き、それに1,2ヶ月遅れて大気の変化が起きることから、海洋の変動が大きなスケールの大気変動へ影響する、という関係が明確になった。

興味深いことに、このような傾向は2月には殆ど見られなくなり、同じ冬という季節の中でも大気の振る舞いが大きく異なることも分かった。大気の状態の年々の変動に関する研究では、多くの場合に季節平均した場(例えば冬季なら12月~2月の平均)を用いる。このため、季節内での相違を考慮することが重要であることを示した点でも、この結果は今後非常に重要なものになる。50年弱の観測データは十年規模変動の議論には不十分であるが、亜寒帯前線帯を表現できる大気海洋結合モデルを用いた120年間のシミュレーション結果からも、この結果を確認することができたことから、信頼性が高い結果と考えられる。

(4) 初夏の海洋表層から下層への熱の浸透

冬が明け春から夏になると、中緯度海洋は強い日射によって加熱され海面付近に水温の高い軽い水が出来る。これにより、海中十数メートル~数十メートルの深さに、冬季に形成された冷たい海水と日射で温められた海水との間に非常に大きな温度差が生じ、上層の浅い混合層と下層がはっきりと分かれる。

これを「季節躍層」と呼ぶ。これまでは、この季節躍層によって海にフタがされたような状態になるために、その層を挟んで熱や物質の交換が行われにくくなり、春から夏の時期には、熱や物質交換は上層の浅い混合層の中だけで行われていると考えられていた。したがって、大気シミュレーションを行う際にも、海については海面水温のみ或いは数十メートルの板状の浅い混合層だけを考慮すればよいと考えられがちであった。

本研究では、春から夏の強い日射に伴う加熱が海洋表層へ及ぼす影響を調べるために、10年以上蓄積された高精度の観測データ「Argoデータ」に基づく月平均格子化水温・塩分データセットを作成し、解析した。海洋表層の水温季節変化を詳しく調べた結果、北太平洋の大部分の海域で春から夏にかけて季節躍層が発達した状態であっても、季節躍層より下層でも水温が上がるのが分かり、水温が最高になる時期も、海面での8月~9月から下層に行くにつれ遅くなり、100m以深では年始以降に最高水温になることが明らかになった。

これを更に詳しく見るため、春から夏にかけての日射による加熱の効果がどの程度の深さにまで及ぶのか、衛星観測データに基づく月平均の正味熱フラックスと水温上昇率から見積った。晩冬季の最も冷たく重い海面水温を基準にし、その後表層に蓄えられた熱の増加量と加熱の効果から「熱浸透深度」を算出する。この熱浸透深度は加熱によって生じた浅い混合層深度や季節躍層より明らかに深く、春から夏の強い日射の影響が、季節躍層を突き抜けて下層に浸透している。これは、従来考えられていたように、春夏季の大気海洋間の熱交換は浅い混合層だけを考慮すれば良いのではなく、下層への熱の浸透を考えなければならないことを示す。なお、この熱浸透には、過去の研究から、大気擾乱によって発生する内部波が影響していると推定されるが、そのメカニズム解明には更に詳細な分析が必要である。

上の熱浸透深度は、海流や拡散などの影響が小さい、北太平洋中緯度の広い海域で定義することができ、夏季には数十メートルから百数十メートルにまで達する。これは、同時期の混合層深度の数倍程度に相当する。そして、春から夏にかけて強い日射によって北太平洋の亜熱帯・亜寒帯域の海に入った熱の約3分の2は季節躍層より下層に熱が貯まっていることが示された。

もし仮に、従来の考え方のように、春から夏の日射による加熱の影響が浅い混合層内に限定されると海面水温の変化量は大きいところで10 /月を超えることになる。これは、実海域での海面水温上昇(2 /月)の5倍程度の非現実的な数値となる。無論、大気海洋間の熱交換は相互に作用しあっているため、現実と異なるこの状態では海面加熱の量も変化する。しかし、このことから、季節躍

層を超えて下層に及ぶ熱浸透のメカニズムが、海面付近の海水の熱バランス、また海水温の変動に非常に大きな影響を与えていることが明らかに分かる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計69件)

Sue, Y., and A. Kubokawa, 2015: Latitude of Eastward Jet Prematurely Separated from the Western Boundary in a Two-Layer Quasi-geostrophic Model. *Journal of Physical Oceanography*, DOI: 10.1175/JPO-D-13-058.1, in press. 査読有

Hosoda, S., M. Nonaka, T. Tomita, B. Taguchi, H. Tomita, and N. Iwasaka, 2015: Impact of downward heat penetration below shallow seasonal thermocline on sea surface temperature. *Journal of Oceanography*, DOI: 10.1007/s10872-015-0275-7 査読有

Sasaki, H., P. Klein, B. Qiu, Y. Sasai, 2014: Impact of oceanic scale-interactions on the seasonal modulation of ocean dynamics by the atmosphere. *Nature Communications*, DOI: 10.1038/ncomms6636 査読有

Taguchi, B., and N. Schneider, 2014: Origin of Decadal-Scale, Eastward-Propagating Heat Content Anomalies in the North Pacific. *Journal of Climate*, 27, 7568-7586. DOI: 10.1175/JCLI-D-13-00102.1 査読有

Nakano, H., H. Tsujino, and K. Sakamoto, 2013: Tracer transport in cold-core rings pinched off from the Kuroshio Extension in an eddy-resolving ocean general circulation model. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 118, 5461-5488, DOI: 10.1002/jgrc.20375 査読有

Tsujino, H., S. Nishikawa, K. Sakamoto, N. Usui, H. Nakano, G. Yamanaka, 2013: Effects of large-scale wind on the Kuroshio path south of Japan in a 60-year historical OGCM simulation. *Climate Dynamics*, 40, DOI: 10.1007/s00382-012-1641-4 査読有

Usui, N., H. Tsujino, H. Nakano, and S. Matsumoto, 2013: Long-term variability of the Kuroshio path south of Japan. *J. Oceanography*, 69, 647-670. DOI: 10.1007/s10872-013-0197-1 査読有

Taguchi, B., H. Nakamura, M. Nonaka, N. Komori, A. Kuwano-Yoshida, K. Takaya, and A. Goto, 2012: Seasonal evolutions of atmospheric response to decadal SST anomalies in the North Pacific subarctic frontal zone: Observations and a coupled model simulation. *Journal of Climate*, 25, 111-139. DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00046.1 査読有

Nonaka, M., H. Sasaki, B. Taguchi, and H. Nakamura, 2012: Potential predictability of interannual variability in the Kuroshio Extension

jet speed in an eddy-resolving OGCM. Journal of Climate, 25, 3645-3652. DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00641.1 査読有

Usui, N., H. Tsujino, H. Nakano, Y. Fujii, and M. Kamachi, 2011: Decay mechanism of the 2004/05 Kuroshio large meander. Journal of Geophysical Research, 116, C10010, DOI: 10.1029/2011JC007009. 査読有

〔学会発表〕(計144件)

Sasaki, H., P. Klein, B. Qiu, and Y. Sasai: Impact of oceanic scale-interactions on the seasonal modulation of ocean dynamics by the atmosphere, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, Dec 17, 2014. 招待講演

Taguchi, B., M. Nonaka, N. Schneider, H. Nakamura, Response of atmosphere-ocean system to latitudinal shifts of the North Pacific Subarctic frontal zone: A coupled GCM experiment, AOGS 2014 annual meeting, Sapporo, Japan, July 29, 2014 招待講演

Nonaka, M., S. Hosoda, Y. Sasai, H. Sasaki, Subsurface ocean temperature structure change in association with negative Pacific Decadal Oscillation since the late 2000s, AOGS 2014 annual meeting, Sapporo, Japan, July 29, 2014 招待講演

Nonaka, M., Y. Sasai, H. Sasaki, B. Taguchi and, H. Nakamura: Uncertainty and predictability in the Kuroshio Extension jet in an eddy-resolving OGCM, Second international symposium on boundary current dynamics, Lijiang, China, July 9, 2013 招待講演

Nonaka, M.: Interannual to decadal variations in the Kuroshio-Oyashio Extension region in an eddy-resolving OGCM, XXV International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) General Assembly, Melbourne, Australia, 30 June 2011 招待講演

〔その他〕

ホームページ等

http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/spot/jpn/organization/a02_5.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野中 正見 (NONAKA, Masami)

独立行政法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・グループリーダー代理

研究者番号：90358771

(2) 研究分担者

久保川 厚 (KUBOKAWA, Atsushi)

北海道大学・地球環境科学研究所・教授

研究者番号：00178039

佐々木 英治 (SASAKI, Hideharu)

独立行政法人海洋研究開発機構・アプリケ

ーションラボ・主任研究員

研究者番号：50359220

中野 英之 (NAKANO, Hideyuki)

気象庁気象研究所・海洋・地球化学研究部・主任研究官

研究者番号：60370334

細田 滋毅 (HOSODA, Shigeki)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境観測研究開発センター・グループリーダー代理

研究者番号：60399582

田口 文明 (TAGUCHI, Bunmei)

独立行政法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・主任研究員

研究者番号：80435841

(3) 連携研究者

安田 一郎 (YASUDA, Ichiro)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：80270792

辻野 博之 (TSUJINO, Hiroyuki)

気象庁気象研究所・海洋・地球化学研究部・主任研究官

研究者番号：50343893

碓氷 典久 (USUI, Norihisa)

気象庁気象研究所・海洋・地球化学研究部・主任研究官

研究者番号：50370333

笹井 義一 (SASAI, Yoshikazu)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境観測研究開発センター・グループリーダー代理

研究者番号：40419130

相木 秀則 (AIKI, Hidenori)

独立行政法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・主任研究員

研究者番号：60358752

高谷 康太郎 (TAKAYA, Koutarou)

京都産業大・理学部・准教授

研究者番号：60392966