

領域略称名：中緯度海洋と気候
領域番号：2205

平成27年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る事後評価報告書

「気候系の hot spot：熱帯と寒帯が近接する
モンスーンアジアの大気海洋結合変動」

(領域設定期間)

平成22年度～平成26年度

平成27年6月

領域代表者 (東京大学・先端科学技術研究センター・教授・中村 尚)

目 次

1. 研究領域の目的及び概要	4
2. 研究領域の設定目的の達成度	6
3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況	11
4. 審査結果の所見及び中間評価で指摘を受けた事項への対応状況	12
5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	13
6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）	18
7. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	25
8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	27
9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度	31
10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況	33
11. 総括班評価者による評価	34

研究組織

研究項目	課題番号 研究課題名	研究期間	代表者氏名	所属機関 部局 職	構成員数
X00	22106001 中緯度大気海洋結合系 研究の推進と統括	平成22年度～ 平成26年度	中村 尚	東京大学・ 先端科学技術研究センター・教授	10
A01 計(1)	22106002 縁辺海の海洋構造に励起さ れる大気海洋相互作用と海 洋生態系への影響	平成22年度～ 平成26年度	磯辺 篤彦	九州大学・応用力学研究所・教授	9
A01 計(2)	22106003 縁辺海が大気の擾乱・雲 形成・大規模循環に果た す役割	平成22年度～ 平成26年度	立花 義裕	三重大学・生物資源学研究科・教授	11
A02 計(3)	22106004 雲・放射エネルギーを介 したモンスーンアジアの 大気海洋相互作用	平成22年度～ 平成26年度	早坂 忠裕	東北大学・理学研究科・教授	8
A02 計(4)	22106005 東アジアモンスーン変動 と黒潮・黒潮続流との双 方向作用のメカニズム	平成22年度～ 平成26年度	川村 隆一	九州大学・理学研究院・教授	8
A02 計(5)	22106006 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	平成22年度～ 平成26年度	野中 正見	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	12
A02 計(6)	22106007 黒潮・親潮続流域におけ る相互作用の現場観測	平成22年度～ 平成26年度	川合 義美	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・ 主任研究員	14
A03 計(7)	22106008 大洋スケール大気海洋 相互作用	平成22年度～ 平成26年度	見延 庄士郎	北海道大学・理学研究院・教授	8
A03 計(8)	22106009 モンスーン・アジアにおけ る大気海洋雪氷系の鉛 直結合変動	平成22年度～ 平成26年度	中村 尚	東京大学・ 先端科学技術研究センター・教授	15
A03 計(9)	22106010 オホーツク海・北極域に おける大気海洋海氷相 互作用	平成22年度～ 平成26年度	三寺 史夫	北海道大学・低温科学研究所・教授	11
計画研究 計 10 件					
A01 公(1)	23106506 非静力大気海洋結合モ デルを用いた台風等の 数値的研究	平成23年度～ 平成24年度	相木 秀則	独立行政法人海洋研究開発機構・ 地球環境変動領域・主任研究員	1
A01 公(2)	23106504 縁辺海の大気海洋相互 作用が海洋生態系に及 ぼす影響の評価	平成23年度～ 平成24年度	吉江 直樹	愛媛大学・ 沿岸環境科学研究センター・講師	1
A01 公(3)	23106505 成熟期の台風の強度・構 造変化と海洋との相互 作用の解明	平成23年度～ 平成24年度	和田 章義	気象庁気象研究所・台風研究部・ 主任研究官	1
A01 公(1)	25106703 日本周辺に発生するポー ラーロウの統計	平成25年度～ 平成26年度	柳瀬 亘	東京大学・大気海洋研究所・助教	1
A01 公(2)	25106707 ローカールスケールの大気海 洋相互作用が海洋生態系 に及ぼす影響の評価	平成25年度～ 平成26年度	吉江 直樹	愛媛大学・ 沿岸環境科学研究センター・講師	1
A01 公(3)	25106708 中緯度における台風や大気 擾乱の予測可能性と海洋の 相互作用に関する研究	平成25年度～ 平成26年度	和田 章義	気象庁気象研究所・台風研究部・ 主任研究官	3

A01 公(4)	25106709 北太平洋亜寒帯域の海洋酸性化の要因解明	平成25年度～ 平成26年度	脇田 昌英	独立行政法人海洋研究開発機構・ むつ研究所・技術研究員	2
A02 公(4)	23106501 黒潮親潮混合域における海面乱流熱フラックス変動に果たす海面水温変動機構の解明	成23年度～ 平成24年度	杉本 周作	東北大学・理学研究科・助教	1
A02 公(5)	23106502 黒潮続流南方海域海洋混合層長期変動の研究	平成23年度～ 平成24年度	岩坂 直人	東京海洋大学・ 海洋科学技術研究科・教授	1
A02 公(6)	23106503 大気海洋間の運動量交換過程に対する波浪とエネルギー散逸の影響に関する研究	平成23年度～ 平成24年度	根田 昌典	京都大学・理学研究科・助教	1
A02 公(5)	25106704 混合層厚の変動が黒潮続流域の海洋前線帯の形成と海面水温変動に果たす役割	平成25年度～ 平成26年度	東塚 知己	東京大学・理学系研究科・准教授	1
A02 公(6)	25106705 突風率と波浪場の影響に関する観測研究	平成25年度～ 平成26年度	早稲田卓爾	東京大学・新領域創成科学研究科・ 准教授	5
A02 公(7)	25106706 海洋前線帯とエアロゾル・雲相互作用	平成25年度～ 平成26年度	小池 真	東京大学・理学系研究科・准教授	2
A03 公(8)	25106701 大気・海洋・海氷相互作用系の変動による北日本の冬季降水への影響	平成25年度～ 平成26年度	佐藤 友徳	北海道大学・地球環境科学研究院・ 准教授	1
A03 公(9)	25106702 東部混合域での大気海洋間の熱交換に果たす黒潮分岐流の役割解明	平成25年度～ 平成26年度	杉本 周作	東北大学・ 学際科学フロンティア研究所・助教	1
公募研究 計 15 件					

1. 研究領域の目的及び概要（2ページ程度）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、応募時までの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

【学術的背景】 海洋と大気は、熱帯域で太陽から過剰に受取った熱エネルギーを高緯度域へ運ぶ気候学的に重要な役割を担う。海流が運んできた熱は、地球自転の効果で中緯度大洋の西で強まる黒潮やメキシコ湾流など暖流に沿って集中的に大気へ放出される。この気候学的重要性は予てから示唆されていたが、その研究を本格化させたのは地球シミュレータなど計算機性能の飛躍的向上や高解像度衛星観測データなど近年の技術革新であり、総括班メンバーらはこれらを活用して中緯度の大気海洋相互作用研究に新潮流を起こし、世界をリードしてきた。

亜熱帯・中高緯度で黒潮が海上風に及ぼす影響を見出した野中の研究を皮切りに、暖流が海上風の分布に及ぼす影響が續々と示された。見延・吉田らは、メキシコ湾流からの莫大な熱放出がその直上での強い対流性降水など対流圏全層に及ぶ大気応答を誘起する事実を *Nature* 誌に発表し、国際的に大きな影響を与えた。一方、立花らが見出した対馬暖流からの蒸発量の変化が日本海側の降雪に与える影響や、見延らが沖縄近傍の黒潮沿いに見出した降水帯など、暖流からの熱・水蒸気供給が地域気象に影響する可能性も認識されつつあった。一方、川村は、南方の黒潮近傍で発生した台風や日本近海で発達する爆弾低気圧が、黒潮の続流域上空で大規模な波動を励起し、その影響が遥か北米まで及ぶ可能性を指摘した。中村・野中は、暖流が寒流と合流する海洋前線帯での強い南北水温差が低気圧の頻繁な発達を促し、それら大気渦が集団で維持する中緯度西風ジェット気流の”ゆらぎ”こそが、中高緯度域の気候に影響する「北極振動」という大気の固有振動の実体である事を示し、大気大循環の新概念を提示した。更に中村らは、日本東方海上で黒潮の続流が親潮の続流と共に南北変位して、海洋前線帯の水温に顕著な長期変動を生み、大気への熱放出を変える事を見出した。この再現に初めて成功した野中・中村らの地球シミュレータでの高解像度海洋循環モデル実験では、黒潮続流の振舞が大規模な海洋波動と小規模な海洋渦との相互作用を介して変化することが示され、そこに数年程の予測可能性が見出された。

このように本領域申請時に我々は、中緯度域で海洋から大気への熱力学的影響が集中する”気候系の hot spot”は黒潮等の強い暖流・寒流域であり、そこでの顕著な水温変動が大気にも影響し得る事を世界に先駆けて訴えていたのである。今日の季節予報の主たる根拠が、エルニーニョ現象など熱帯気候系の変動が誘起する全球的な大気循環変動にあるように、従来の気候研究のパラダイムは熱帯主導であり、「熱帯からの影響に中緯度海洋は受動的に応答するだけ」というのが当時の世界の気候学者の常識であった。だが我々は、中緯度海洋は決して受動的ではなく、強い暖流・寒流域では寧ろ能動的に大気に影響し得ると主張し、気候研究の新潮流を作ろうとしていたのである。一方、欧米でも、我々の成果に触発され、中緯度大気海洋相互作用の重要性を見直す動きが目立ってきていた。メキシコ湾流域や黒潮続流域での海洋現場観測が共に米国主導で既に実施された。また、世界気象機関(WMO)傘下の全球気候変動研究計画(WCRP)の海洋と対流圏に関するプログラム(CLIVAR)の米国国内委員会に「西岸境界流作業部会(WG)」が発足してその委員に領域代表者(中村)が招かれた。WGが米国気象学会専門誌(*J. Climate*)に企画した特別セクションが領域発足の半年前に開始され、この分野の研究が世界的に一気に加速を始める状況にあった。こうした中、我が国の研究者が創出した気候研究の新潮流を自らの手で一層本格化させ、世界の気候研究を引き続きリードするために、国際的に活躍する中堅・若手の大気・海洋科学研究者を全国から集結させ本領域を22年度に発足させたのである。

【領域の学術的目的】 本領域の目的は、我々が萌芽させた「気候系の形成と変動における中緯度海洋の能動的役割」という新パラダイムを、それが全球で最も顕著に現れる東アジア・北西太平洋域を主な研究対象域として高度に発展・深化させ、未解明の課題を追究し、気候研究の新概念を確立する事である。中高緯度の大気海洋・表層環境の変動や異常気象の予報精度向上への貢献を見据えて、従来顧みられなかった中緯度海洋から大気への熱力学的強制に着目した研究の進展を企図したのである。その際、全球随一の中緯度”hot spot”が日本近傍に位置するという地理学的優位性を活かし、関連する熱帯的現象から寒帯的現象まで包括的に研究するのが本領域の特色である。それは、黒潮という強い暖流や対馬暖流が、広く冬季に極寒のシベリア・極域からの強烈な季節風(モンスーン)に晒され続けるからである。この季節風でオホーツク海は中緯度にも拘らず結氷する。黒潮は夏季にも大量の水蒸気を供給して日本付近に梅雨をもたらす。南方では台風を頻繁に発達させて、夏季アジアモンスーンの降雨中心の1つを形成する。さらに、黒潮と親潮の合流は海洋や大気の渦活動を特に活発化させる。

領域の具体的研究対象は、以下の通りである(図 1-1)。

①黒潮・親潮と東アジアモンスーンの熱輸送がもたらす「**熱帯と寒帯のせめぎ合い**」に伴う大気・海洋の不安定性と、それが生み出す海洋渦、雲・降水を伴う大気擾乱と大規模な海流系・気流系との多階層相互作用、及びそれを介した海洋から大気への莫大な熱や水の供給過程、海洋生態系を含む表層環境への影響。

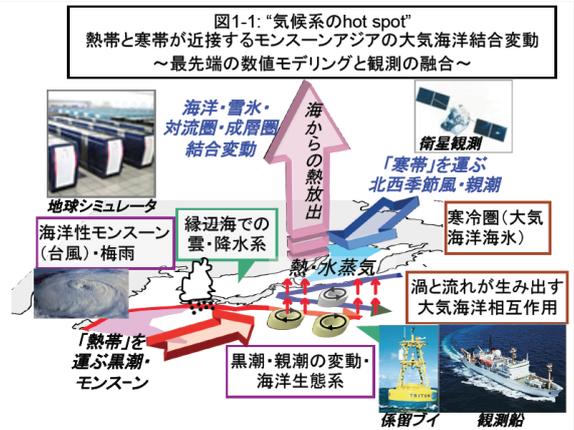
②モンスーンに伴い太平洋とアジア大陸との海陸熱コントラストがもたらす「**東西の熱的せめぎ合い**」の気候系への影響。特に、冬季の大陸上の強い冷却と黒潮からの熱放出が励起する大規模な大気波動と、それに伴う海洋から対流圏・成層圏までの鉛直結合変動とその北半球各地や熱帯までのグローバルな影響。

③夏冬のモンスーン・対馬暖流など大規模循環系が縁辺海(東シナ海・日本海・オホーツク海)を含めた北西太平洋の水温・海水分布に与える影響。逆に、集中豪雨をもたらす梅雨前線の雲・降水系や台風、並びに豪雪をもたらす小低気圧・降水系の発生や温帯低気圧の急発達に対して水温・海水分布が与える影響。

こうして、従来看過されてきた中緯度海洋の役割に着目し、「**熱帯⇔寒帯**」・「**大陸⇔大洋**」の 2 系統の「**熱的せめぎ合い**」をもたらす熱帯的な現象から寒帯的な現象まで包括的に扱い、その実態把握から中高緯度気候・表層環境システムの成立ちを解明することが本課題の究極的目標であった。これは気候学研究で未開拓の枠組であり、温暖化の影響も受けつつ変動する地球環境システムの深い理解に不可欠な極めて重要な研究課題なのである。

その実態解明には、大気海洋の状態を広域で長期にわたり高い時空間分解能でカバーするデータが必要だが、そうした大規模かつ稠密なサンプリングは現場観測からでは不可能であり、地球シミュレータ上での超高解像度モデリングや人工衛星観測データの解析等の効果的併用が不可欠である。一方、現場観測データによる数値モデルの結果の点検も常に必要である。特に、海面付近の大気境界層の構造の把握は衛星観測では容易ではなく、海洋の水温前線や渦に伴う微細構造の再現は海洋モデルでも未だ不十分であり、現場観測により新たな現象の発見の可能性すらある。そこで、本領域では、黒潮・親潮統流域で集中現場観測を実施するとともに、海洋係留ブイによる連続観測も行なう事で、**観測研究と最先端の数値モデリング研究との融合**を図った(図 1-1)。

【本領域の発展と学術水準の向上・強化】 本領域では多様な現象を多彩な手法で研究すべく、公募研究を含め約 70 名の中堅・若手研究者が集い、気候系の相互作用研究の在り方として 21 世紀の規範となるような体制を築き、斬新な成果を挙げる事を目指した。その際、気候系を 1 つのシステムとして捉える観点から、大気海洋力学や雲・降水系気象学の研究者を核にして、大気放射や海氷、水産・海洋生態系、地球化学の研究者も含めた連携へと公募研究も含めて拡大させた。こうして気候学の様々な分野の中堅・若手研究者が連携し、最先端のモデリング研究と観測研究とを融合させた本領域の推進により、中緯度大気海洋相互作用研究の分野で急速に追いつける欧米に対する優位性を確立し、CLIVAR や全球水・エネルギー循環研究計画(GEWEX)等に関わる多くの分野で新しい貢献が可能となる。その中で、ポスドク研究員や博士課程の大学院生が多様な研究者と切磋琢磨することで、複眼的で広い視野をもち、目的に応じた手法を複数身につけ、世界で活躍できる次世代のリーダーたる若手研究者へと育成させること強く意識した。こうした人材育成を通じても我が国の学術水準向上を企図した。



2. 研究領域の設定目的の達成度（3ページ程度）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、どの程度達成できたか、また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らしての達成度合いについて、具体的に記載してください。必要に応じ、公募研究を含めた研究項目ごとの状況も記述してください。

前頁には、応募時に本領域が研究期間内に明らかにしようとした3つの研究対象を掲げた。この5年間、総括班のリーダーシップの下、全ての計画研究班と公募研究が緊密に連携し(図7-2も参照)、以下の通り、3つの研究対象全てが予定通りかそれ以上達成され、更に関連する成果には当初の想定にはなかった重要なものも含まれる。

なお、これら一連の研究成果の多くは、海流に伴う水温前線が大気に影響する3つのメカニズム、即ち、1)水温の南北勾配が大気下層の気温勾配を維持して温帯低気圧の発達を促す「傾圧性強化」、2)こうした気温勾配を反映し、密度の低い(高い)暖気(寒気)に伴い海面の気圧が低い(高い)傾向が生じる「気圧調整」、3)水温前線の暖水側で、海面からの熱供給で大気成層が不安定化し対流による鉛直混合が活発化するため、約1km上空の強い風の運動量が下方輸送され海上風が加速する「運動量混合」をその理論的背景としている。なお、水温の高い暖流近傍では下層大気中で水蒸気が豊富なため、過程2)による大気応答として海面気圧が低下して境界層内で摩擦収束が起これば、上昇運動に伴って積乱雲が形成され易い状況が実現する。

①黒潮・親潮と東アジアモンスーンの熱輸送がもたらす「熱帯と寒帯のせめぎ合い」に伴う大気・海洋の不安定性と、それが生み出す海洋渦、雲・降水を伴う大気擾乱と大規模な海流系・気流系との多階層相互作用、及びそれを介した海洋から大気へ莫大な熱や水の供給過程、海洋生態系を含む表層環境への影響

この研究対象については予定を上回る達成度と考える。特筆すべきは、24年7月に房総沖の黒潮続流沿いの水温前線を3隻の観測船が相互の南北距離を保ったまま、数日間往復横断しつつ2時間毎のラジオゾンデ観測や海洋表層の観測を行う世界初の試みを成功に導き(図2-1)、大気境界層や下層雲分布の詳細な構造やそれに伴う海面放射エネルギー収支について、水温前線を挟んでの顕著な南北差とその時間発展の実態を初めて捉え、かつ従来知られていなかった水温前線の急激な北上を発見し(図5-3)、数値モデルや衛星と併せた解析によりそのメカニズムを明らかにしたことである。水中グライダーや係留ブイを駆使した特色ある観測からも、海洋のジェットや渦に付随するサブメソスケール(1~50km規模)の微細構造の把握なども含め、高解像度数値モデルによる再現等を通じて、将来メカニズムを解明すべき現象に関する貴重な観測データを取得できた。

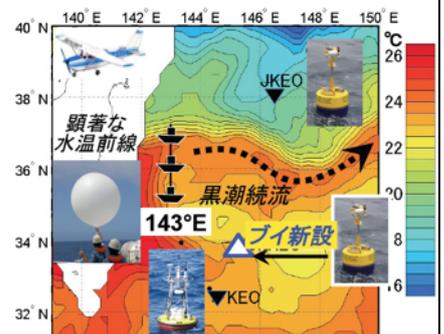


図2-1. 本領域が黒潮続流域で実施した集中観測の概要。143°Eの3隻同時観測は24年7月、航空機・船舶同時観測は25年7月に実施。背景は7月の海面水温分布。

黒潮続流域と隣接する亜寒帯前線帯における大気海洋相互作用の解明は、最新の観測・衛星データの解析によって大きく進展した。この海域は寒気の吹出しに伴って暖かい海面から莫大な熱や水蒸気が大気へ放出される気候系随一のhot spotだが、下層大気の状態や経年変動は冬季モンスーンが支配すると考えられてきた。しかし、A02・03の成果として、黒潮続流からの莫大な熱供給への局所的「気圧調節」として海面気圧が低下し、平均場に明瞭な気圧の谷が形成される事、その北方に位置する親潮前線の暖水側のジェットに沿っても熱供給が極大となり、対応して弱い気圧の谷が形成される事を発見した。これら気圧の谷では海上風の摩擦収束により上昇流があり(図2-2)、雲量や降水量も局所的に極大となる事を衛星データから見出した。また、親潮・黒潮続流に伴う各水温前線を挟んでは気温勾配の顕著な地表傾圧帯が形成されるが、その要因が異なる事も明らかになった。即ち、摩擦収束の弱い親潮前線近傍では海面からの顕熱供給差で気温勾配が維持されるのに対し、黒潮続流近傍では気圧の谷に強く収束する北風が気温勾配を強化するのである。

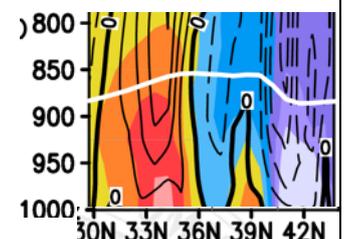


図2-2. 150°Eに沿った平年冬季の鉛直運動(実線は上昇、破線は下降)、水温南北分布を反映した仮温度(湿度の効果を含む気温; 暖色系は南北平均より温暖)、大気境界層の上端(白線)。縦軸は気圧(850hPaは高度約1.5kmに対応)。黒潮続流前線(36°N)、親潮前線(39.5°N)の暖水側は、境界層が暖かく上昇運動がある。

黒潮続流域、亜寒帯前線帯ともに、東方の大規模な海上風変動で駆動される大規模な海洋波動(ロスビー波)の影響で十年規模変動が卓越する事が知られている。A03の成果として、この海洋ロスビー波は3~4年かけて黒潮続流域に達すると南北に狭い海洋ジェットに捕捉され、黒潮続流の緯度と強度を十年規模で変動させることが示された(図2-3, 5-10)。これに伴って続流ジェットの力学的不安定性も変化し、その北方へ切離される暖水渦の活動にも大きく影響することが分かった(A03公募)。即ち、続流ジェットが強く、蛇行の弱い「安定期」に比べ、続流ジェットが弱まって大きく蛇行する「不安定期」には、続流北方へ数多くの暖水渦が切離され、それらから大量の熱・水蒸気が大気へ放出されるのである。これにตอบสนองして、「安定期」には親潮・黒潮続流沿

いに形成されていた 2 つの気圧の谷と雲・降水極大が、「不安定期」には1つになる傾向も見出された(A03). 更に、暖水渦の影響で亜寒帯前線帯の水温が上昇し、大気への熱・水蒸気供給が増えるという熱強制への応答として、移動性高低気圧の活動とフィードバック強制的持続的変化を介して、地表アリューシャン低気圧の強弱をもたらす大洋規模の停滞性大気循環応答が強制されることが、長期観測データと大気海洋結合モデル実験、更には大気循環モデル実験から初めて明瞭に捉えられ(A02・03, 図 5-11), 海洋ジェットの不安定性から生ずる海洋渦が集団として局所的にも大洋規模でも大気応答を強制し得る事を明示した(図 2-3).

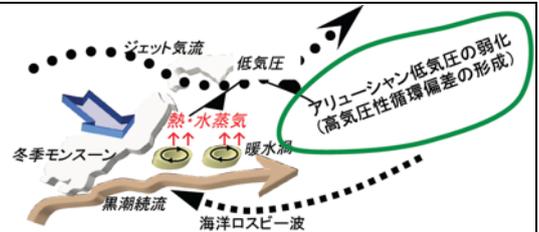


図 2-3. 海上風変動で駆動された海洋ロスビー波が黒潮続流に捕捉されて、暖水渦の活動を変化させ、その影響で増加する大気への熱供給。これに対する応答として大洋規模のアリューシャン低気圧が弱化する。

上記の大気海洋相互作用と海洋生態系との関係も明らかにされた。黒潮続流から分岐して東方海上を北東に暖水を運ぶ準定常ジェットは、東流する親潮(亜寒帯海流)と合流して、顕著な水温勾配を持つ親潮前線を形成しつつ、親潮から栄養塩を取り込むことで暖かく栄養塩に富んだ生物生産に最適な環境が醸成され、北西太平洋亜寒帯前線帯が生物的にも hot spotとなっている事を、現場観測や衛星データに基づき明らかにした(A02・03)。一方、東シナ海を流れる黒潮に沿っては、海洋亜表層に 10 日弱の間隔で発生する渦が通過する際、栄養塩に富む中層水が日射の届く表層まで湧昇することで、大型ケイ藻類が優占するサバ・アジ等の主要産卵場となることを明らかにした(A01 公募; 図 5-2)。また、日本海では植物プランクトンの春季増殖による海色変化が、表層海洋の日射吸収率を変えて海面水温を最大 0.8℃も上昇させ得ることが衛星データから示され、それが日本南岸における低気圧の発達過程に統計的に有意な遠隔影響を及ぼし得る事も領域大気モデル実験から示唆された(A01)。

日本近海の黒潮の研究も大きく進展した。黒潮は通常本州南岸に沿って流れる(非大蛇行流路)が、時折東海沖で大きく南方へ迂回する(大蛇行流路)。この大蛇行発生仕組みは謎であったが、観測とシミュレーションを統合して得られた長期海洋データから、九州沖、台湾沖、及び黒潮続流域の状況を表す 3 要因を同定し、これらを組み合わせることで大蛇行の発生し易さを指標化することで、過去に起きた大蛇行を概ね説明することに初めて成功した(A02; 図 5-5)。更に、長期の観測データから、冬季の南岸低気圧の移動経路が黒潮の流路に敏感に応答し、黒潮の大蛇行時には低気圧経路も南下して首都圏で降雪の確率が高まる事が明らかとなった(A01・03; 図 5-9)。この傾向は高解像度大気海洋結合モデルでも再現され、大蛇行に伴う海面蒸発の抑制と下層大気の大気傾圧性の弱体化が低気圧の発達を抑制するよう働くことも見出され、低気圧活動への黒潮の能動的影響が確認された(A02)。

このように、水温前線や海洋渦、雲・降水を伴う大気擾乱と大規模な海流系・気流系との多階層相互作用と、それを通じた大気への熱・水蒸気供給過程や海洋生態系への影響に関する実態解明が予定以上に大きく進展した。加えて、以下の当初想定しなかった重要な成果も得た。①海洋(捕捉)ロスビー波による黒潮続流の南北変位が日本沿岸の海水位に影響することを見出した(A03, 図 5-10)。②集中観測でも捉えられたサブメソスケール現象と北太平洋域の大規模循環とを同時に表現する超高解像度海洋シミュレーションを地球シミュレータで初めて実現し(図 5-4)、冬季の深い混合層内で活発化するサブメソスケール現象が相互に、かつ中規模渦などとも干渉し合いつつ、より大きな現象に多大な影響を及ぼす様相を明らかにし、サブメソスケール現象が熱や物質の鉛直輸送に果たす役割の解明への第一歩を築いた(A02)。③黒潮続流域に新設した係留ブイによる風波・うねりの計測から波高 20m 超の巨大波を確認した他、波群中最大波の軌道速度の測定に初めて外洋で成功し、流体粒子の波浪に伴う加速を実証した(A02 公募)。④25 年 7 月に三陸沖で実施した日本初の船舶と航空機による下層雲の同時観測から(3.IIIも参照)、エアロゾルからの雲粒生成効率に対し、海面水温が海上大気の成層安定度を通じて広範な条件下で影響し得る事が明確化された。更に、南方海上からの清浄な気流が流入する境界層に形成された雲の頂部にて、放射冷却で生じた対流により、アジア大陸起源のエアロゾルが上空から雲層内に取り込まれ得る状況だった事も見出され(図 5-7)、「エアロゾル・雲相互作用」の新側面を示唆する興味深い結果を得た。

②モンスーンに伴い太平洋とアジア大陸との海陸熱コントラストがもたらす「東西の熱的せめぎ合い」の気候系への影響。特に、冬季の大陸上の強い冷却と黒潮からの熱放出が励起する大規模な大気波動と、それに伴う海洋から対流圏・成層圏までの鉛直結合変動とその北半球各地や熱帯までのグローバルな影響。

この研究対象については予定通り達成できたと考える。冬季に大陸上の強い冷却と黒潮からの熱放出が励起する惑星規模の大気波動が、地表ではシベリア高気圧とアリューシャン低気圧として現れ、東アジアモンスーンを司ることは従来から知られていた。A03 の成果として、日本北方に停滞性ブロッキング高気圧を形成し、モンスーンの異常な強化をもたらす対流圏循環異常「WP パターン」が、この惑星規模波動の秋から冬への季節的な増幅の異常な強化の現れであり、かつ北半球の他地域に現れるブロッキング高気圧とは対照的に、北極上空の成層圏を寧

る寒冷化させて成層圏オゾン減少にも寄与し得ることを見出した(図2-4). この WP パターンの形成には、対馬暖流の強弱やモンスーンの影響を介して関わる可能性も示された(A01). これらの結果は、東アジアモンスーンが日本海・WP パターンを介したフィードバック過程を内包する可能性を示唆する大変興味深いものである. 更には、中高緯度に卓越する循環変動「北極振動・北大西洋振動」の影響が、冬季モンスーンの変動を介して、エルニーニョ現象の発生に影響する可能性も示唆された(A01).

なお、前述の通り(図 2-3)、モンスーンの影響下で黒潮続流・亜寒帯前線帯からの熱放出の長期変動が励起する大洋規模の大気波動が、地表のアリュージョン低気圧を変化させるだけでなく、上空のジェット気流の蛇行を通じて北米の天候にまで影響することも確認した(A02・03). なお、亜寒帯前線帯域の水温変動が近年弱化した傾向に伴い、こうして励起される大規模な大気波動も弱まったため、その遠隔影響としてのアラスカの冬季気温の変動も弱化したことも見出した(A02・03).

一方、アリュージョン低気圧の十年規模変動を反映した海上風強化が、北太平洋の表層と中層をつなぐ子午面循環を強めた結果、オホーツク海から亜熱帯循環への低塩水の輸送が増えたことも明らかとなった(A02・03; 図5-8). モンスーンに伴う大気海洋相互作用の影響で亜寒帯域に形成された水塊が、混合を経ながらもサブメソスケールの輸送過程により亜熱帯海洋にまで達する可能性は係留ブイ観測でも確認されている(A02). 中高緯度大気循環に卓越する「北極振動」の関与の下、オホーツク海で 3 月の海氷被覆面積の経年変動が、その半年前(9月)の北極海東シベリア沖の海氷被覆の変動と有意な正相関を示すことが観測データから発見され、大気海洋結合モデルで検証された(A02・03).

このように、モンスーンに伴う「東西の熱的せめぎ合い」が大気波動を介して北極成層圏へ、また海洋循環を通じて亜熱帯へ影響する過程を予定通り明確にできた. 但し、海洋循環により熱帯域に達した水塊が如何に海面水温を変化させ、大気に影響するかは今後検証されるべきである. また、冬季モンスーンの変動が大気循環を経て熱帯の大気海洋系に与え得る影響についても今後の探求が必要である.

③夏冬のモンスーン・対馬暖流など大規模循環系が縁辺海(東シナ海・日本海・オホーツク海)を含めた北西太平洋域の水温・海水分布に与える影響. 逆に、集中豪雨をもたらす梅雨前線の雲・降水系や台風、並びに豪雨をもたらす小低気圧・降水系の発生や温帯低気圧の急発達に対して水温・海水分布が与える影響

この研究対象については予定以上の達成度と考える. まず、水深の浅い黄海・東シナ海は冬季モンスーンで強く冷却されるが、モンスーンの強化で中国大陸沿岸の冷却が進むと、それへの「気圧調整」応答として海上風が変化し海面からの熱放出を緩和させる負のフィードバックをもたらす事を見出した(A01). この冬季の強い冷却効果が梅雨期前半まで残る影響として、黄海上で下層高気圧の形成が促され、それが梅雨前線の季節的北上に抑制的に働く事(A01)や(図 2-5)、梅雨末期に梅雨前線が黄海・日本海北部まで北上すると、そこでの低水温が前線沿いの積雲対流活動を抑制して梅雨明けに寄与する事も見出された(A02・03). 一方、初夏から盛夏期にかけて東シナ海は急速に温暖化する. 5~6月に梅雨前線に向けて吹く熱帯からの暖湿な南西季節風が東シナ海南部を吹き渡ると、発達した積乱雲群が水温の特に高い黒潮沿いに組織化されて易く、気候学的にも6月に降水量の極大域を形成する事を明らかにした. 7月になると東シナ海は九州西方まで温暖化するため、梅雨前線に向けて吹く南西季節風が九州に近づいてもその対流不安定性が保たれるようになる. このことが、九州西部の平年雨量が6月下旬に最大なものにも拘わらず、災害史上記録的な集中豪雨を梅雨末期(7月中・下旬)に限定させることを明らかにした(A01・02・03; 図 2-5, 5-1). このように、水深が浅く、季節風の強い影響で水温の季節変化が大きな東シナ海・黄海が、暖候期において雲・降水系の組織化や梅雨前線の季節進行のレギュレータとしてダイナミックに働く様相が明らかになってきた.

より北方に位置するオホーツク海では暖湿な夏季モンスーンの影響は弱い. 代わりに、低い水温が夏季に下層

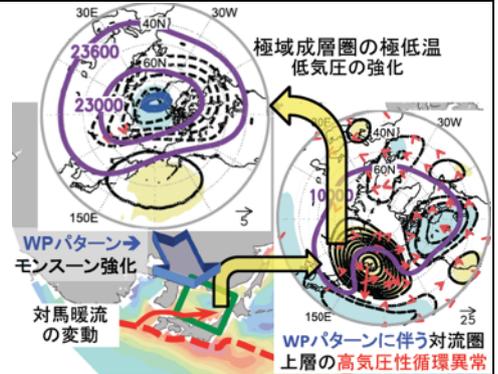


図2-4. 冬季モンスーンの強化に伴うWPパターンに伴う対流圏プロッキング高気圧が北極成層圏に与える影響. 対馬暖流の影響も示唆される.

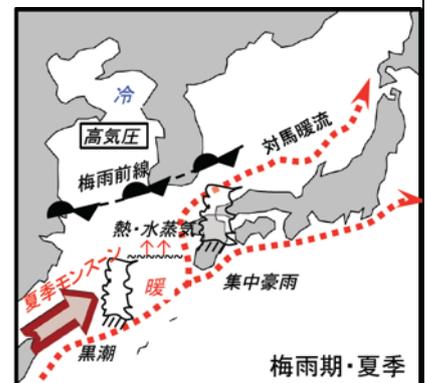


図 2-5. 夏季モンスーンの影響下で、東シナ海・黄海が大気に及ぼす影響.

雲や霧の形成を促す一方、雲頂からの放射冷却の影響が海面に及んで低水温保持に寄与するという正のフィードバックが働くことを数値実験から明示した(A01・03)。大規模循環系が与える影響としては、寒候期にアリューシャン低気圧の持続的強化とともに北太平洋上の風応力が強まると、亜熱帯からの高塩分水の輸送強化がオホーツク海での高塩化と寒候期中層への沈込み強化をもたらすことを見出した(A02・03)。この影響とは別に、「北極振動」の関与の下、オホーツク海で3月の海水被覆面積の経年変動が、その半年前(9月)の北極海東シベリア沖の海水被覆の変動を受ける可能性が見出され、大気海洋結合モデルで検証された(A02・03)。こうしてオホーツク海特有の大気海洋海水相互作用が明らかとなった。

日本海では冬季モンスーンの弱化傾向を反映した顕著な温暖化傾向が蒸発を促し、北日本の日本海側の降水(降雪)を増加させた事を数値実験で明確にした(A03 公募)。同様に、晩秋・初冬の日本海の水温が例年より高ければ、北西季節風が強化されても日本海からの熱供給が増え、日本の気温低下を緩和するよう働くことも分かった(A01)。さらに、日本海側に大雪をもたらす「ポーラーロウ(寒気内小低気圧)」の形成時に日本海からの顕熱・潜熱放出が増加することが多くの事例から初めて確認された(A01 公募)。一方、夏季の瀬戸内海では、小潮期に比べ潮汐混合が強化される大潮期に海面水温・海上気温ともに低く、大気下層の成層安定度が高まる結果、上空との運動量混合が抑制されて海上風が弱まる傾向を見出した(A01)。

日本付近での「爆弾低気圧」の急発達にも冬季モンスーンと海洋が深く関わる事が明確にされた(A02)。即ち、モンスーンが強いと水温勾配の影響が顕在化し、水温前線を挟んだ下層の南北気温差の強化と海面からの熱・水蒸気供給の増加とを通じて、「爆弾低気圧」の黒潮とその続流域への集中化が顕著になる傾向が見出された(図5-6)。また、関東に記録的大雪をもたらした「爆弾低気圧」の急発達には、温暖前線に沿って低気圧中心へ向かう冷湿な気流(cold conveyor belt)への黒潮からの大量の熱・水蒸気供給が本質的に重要なことも明らかにした。

加えて、超高解像度の数値実験から海洋と台風の相互作用についても重要な知見を得た。即ち、台風中心を取り巻く発達した積乱雲群近傍で生じた水平規模僅か数 km の渦が台風中心と一致したタイミングで中心気圧が急降下するという過程が数値モデルで再現され、この過程が海面水温に敏感なことを明らかにした(A01 公募)。

こうして、縁辺海や黒潮と雲・降水系や梅雨前線、(爆弾)低気圧、台風との多様な相互作用の実態解明が予定以上に進展した。加えて、以下の当初想定していなかった重要な成果も得た。①領域大気海洋・物理化学結合モデル実験の世界初の台風への適用から、台風通過直後に係留ブイが捉えた海洋表層でのCO₂分圧の急激な変動に対する、塩分や化学要素の乱流混合による変動の寄与を明らかにした(A01 公募)。②海上風が海面波浪を介して海洋表層流を生成する過程を理論的に解明し、それに基づき雲解像領域大気モデル、超高解像度領域海洋モデル、波浪モデルを結合したシステムを構築した(A01 公募)。③「九州北部豪雨」を領域大気モデルで再現し、最新のIPCC評価報告書による東シナ海と上空大気温暖化予測結果を加味した上で再実験を行い(擬似温暖化実験)、今世紀末に同様な事例が発生した際の降水量増加とその不確実性を評価した(A01・02・03)。

以上を総合すると、「従来看過されてきた中緯度海洋の役割に着目し、「熱帯⇄寒帯」・「大陸⇄大洋」の2系統の「熱的せめぎ合い」をもたらす熱帯的な現象から寒帯的な現象まで包括的に扱い、その実態把握から中高緯度気候・表層環境システムの成立ちを解明する」という本課題の「究極の目標」には、かなりのレベルに到達することはできた。特に、従来大気変動に対して受動的に応答するだけと考えられてきた中緯度海洋ではあるが、気候系の随一のhot spotである北西太平洋とその縁辺海では、様々な時空間規模の現象を介して海洋が能動的に大気に影響することが初めて明確に示された。さらに、主にA03の成果として、メキシコ湾流や(南西インド洋の)アガラス海流域など他のhot spot域でも海洋からの大気への能動的影響が見出された。この普遍化に関して、海面水温分布に対する海上風応答を支配する各メカニズムの寄与を定量的に見積もる手法を開発し、海上風の回転成分には「鉛直混合」、収束・発散成分には「気圧調整」の各メカニズムが支配的で、後者は他のhot spot域でも普遍的に見られる事を明らかにした。だが、解明すべき点はまだ残されている。1つは、本課題により大気・海洋間に様々な時空間規模で働く多様な双方向フィードバック過程が見出されたが、それらのうち連鎖的に起こり得るものがその地域の気候状態の予測可能性にどの程度寄与するかの評価である。また、これらフィードバック過程が、IPCC評価報告書に用いられた各全球気候モデルでどれ程再現されているかの評価も残されている。さらに、本領域の成果として新たに見出された過程・現象についての全容解明へ向けた研究にも継続的発展が求められる。

A03の成果として、各大洋西部のhot spot域が過去100年全海洋平均よりも2~3倍も速く昇温してきた事を見出した。長期的な温暖化に伴った亜熱帯・中緯度の海上風変化の影響が、海洋循環の強化や高緯度側への僅かな拡張として暖流域に集中的に顕れたものと考えられる。この傾向は、我々が「気候系のhot spot」として着目する中緯度暖流域の大気海洋相互作用の重要性が将来に向けて益々増大しつつある事を示す結果であり、上記の残された課題も含め、本領域が推進してきた研究を今後一層発展させる必要性を訴える結果である。

ここまで、領域全体の目標に対する達成度を説明してきたが、以下各研究項目の達成度を簡潔に記す。なお、領域全体の達成度が各研究項目の達成度よりやや高めなのは、項目間の垣根を越えた領域内連携が活発であったことの証左である。

[A01] モンスーンアジア縁辺海における大気海洋相互作用（計画研究 A01-1・2; 公募研究延べ 7）

- i) モンスーン・対馬暖流など大規模大気海洋循環が縁辺海の複雑な水温分布に与える影響。
- ii) 東シナ海・日本海の水温分布が、集中豪雨をもたらす梅雨前線や前線上の雲・降水系の発達に及ぼす影響、並びに豪雪をもたらす沿岸小低気圧や急発達する温帯低気圧の雲・降水系に与える影響。

これらの研究対象については予定通り達成できたと考える。他研究項目との連携も含め、対象 i) については、モンスーンや対馬暖流等の海流、更には潮汐が東シナ海・黄海・オホーツク海、さらには瀬戸内海の水温分布に与える影響について、従来知られていない新たな側面を複数見出した。達成度が予定以上に高いのは対象 ii)である。関連公募研究や他研究項目との連携により、縁辺海規模や沿岸規模（本州南岸の黒潮や瀬戸内海）の海洋過程でさえも、熱や水蒸気供給を通じて大気過程（海上風、雲・降水系、台風、梅雨前線、温帯低気圧・高気圧）に干渉するという重要な成果を幾つも挙げ、その中には双方向の結合過程すら成立する可能性を示すものもあった。更に、日本海における植物プランクトン増殖が海面水温を変化させ、これが日本南岸の低気圧の発達過程に影響を与える可能性は、「大気=海洋=海洋生態系」結合過程が存在し得る事を示唆している。

[A02] 北西太平洋における大気海洋相互作用とモンスーンシステム（計画研究 A02-3~6; 公募研究延べ 6）

- i) 海洋渦の集団との相互作用やモンスーンとの相互影響に着目した、黒潮・親潮系の海洋前線帯の形成力学とその長期変動メカニズム、及びそれに関連する大気・海洋間の水・エネルギー交換と海洋生態系への影響

この研究対象については、関連公募研究や他研究項目との連携により、予定通りか、それ以上達成できたと考える。現場観測から、海洋前線帯・ジェット構造・維持過程とそれに伴う大気・海洋間の水・熱エネルギー交換（放射過程を含む）の実態を捉えただけでなく、上記前線帯が気候学のみならず、生物学的 hot spot たる所以を明らかにした。また、南岸沖の黒潮やその続流の変動メカニズムを解明するとともに、その海域での循環形成や物質輸送、大気への熱・水蒸気供給に根本的な役割を果たす海洋渦の発達についての基盤的理解が大きく進んだ。更に、海洋渦やジェットが下層大気の大気構造や循環、雲・降水系の組織化に与える影響を明らかにした。特に、「爆弾低気圧」への冬季モンスーンと海洋からの影響に関する理解が大きく前進した。加えて、船舶・航空機同時観測を通じ、海洋前線帯の水・エネルギー交換研究にエアロゾルに関わる物質科学を新たに導入できた。

[A03] 大規模気候系における大気海洋雪氷相互作用（計画研究 A03-7~9; 公募研究延べ 2）

- i) 黒潮・親潮系の大規模海流やオホーツクの海水と東アジアモンスーンとの多階層相互作用による海洋から大気への莫大な水・エネルギー供給が、hot spot として大洋・半球規模の気候系の形成や変動に果たす役割

この研究対象については、関連公募研究や他研究項目との連携も含め、予定通り達成できたと考える。まず、海洋からの能動的な大気への影響が他の暖流域でも普遍的な事や、それら暖流域が全球平均を上回って温暖化している事実を見出した。そして、黒潮・親潮の続流を変動させる大規模な海洋ロスビー波の伝播力学を明らかにし、続流の変動に伴う熱・エネルギー供給の変動が低気圧の活動に影響し、そのフィードバック強制の下でアリューシャン低気圧の強弱を伴う大洋規模の大気循環異常を強制する事を明らかにした。一方、冬季モンスーンの変動をもたらす循環異常が、対流圏のみならず、成層圏の気温にも半球規模の影響を及ぼす事を見出した。更に、半球規模の大気循環変動「北極振動」を介して、オホーツク海の海水変動が北極海の海水変動と連動することを発見した。一方、南半球の hot spot 関連の成果としては、南半球対流圏循環に卓越する環状モード変動（南極振動）、並びに南極成層圏オゾンホール形成の対流圏循環への影響に対する中緯度水温前線の重要性を見出したことや、南半球中緯度水温前線の長期変動の実態解明が挙げられる。なお、黒潮大蛇行が南岸低気圧に与える影響、東シナ海の黒潮や温暖化が対流性降水系の組織化に与える影響、オホーツク海の海洋・霧相互作用、他の hot spot 域における海上風応答やなど、A01・A02 との緊密な連携から、大規模現象との連関を踏まえた地域的な大気海洋相互作用の解明に向けて予定以上の達成度を挙げた。

3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況（1ページ程度）

研究推進時に問題が生じた場合には、その問題点とそれを解決するために講じた対応策等について具体的に記述してください。また、組織変更を行った場合は、変更による効果についても記述してください。

I. 東日本大震災の影響

- ① 東北大では所有する放射計が破損した他、停電により1か月ほど研究活動がほぼ完全に停止した後も、研究設備が完全復旧するまでA02-3班関連の研究が半年遅滞した。破損した設備は運営費交付金等で修理した。
- ② 震災に伴う電力不足により地球シミュレータの稼働率が低下する中、「気候変動に関する政府間パネル、(IPCC)」第5次評価報告書向けの膨大な気候モデル実験が実施されたため、当領域の数値実験遂行が深刻な影響を被った。また、A03-8班と気象庁の連携で進めている高解像度海面水温データを境界条件とした全球大気再解析追加データの作成も含め、気象研究所における数値実験も計画停電の影響で遅延が生じた。
- ③ 23年3月に予定されていた「白鳳丸」による黒潮統流域観測航海が震災のため中止されたが、代替航海が与えられず、公募研究(根田)に特に深刻な影響を及ぼした。この研究の要は高波浪時における大気海洋双方での乱流との同時観測であるが、研究に適した観測事例が想定よりも大幅に不足した。繫留ブイに設けられたGPS波高計による測定も加えるなどしてデータを補うよう努めたが、影響は深刻であった。
- ④ 震災の影響で23年度予算の当初配分が減額される可能性が通達されたため、ラジオゾンデ自動放球装置の購入を早々に諦め、大幅に安価な簡易放球装置とともに、高解像度3次元の海洋観測が可能な水中グライダーを購入した。26年前半に実施した水中グライダー観測からサブメソスケールの高酸素水塊の沈み込みが見出され、現在高解像度(1/30°)海洋循環モデル実験と比較解析から、従来看過されてきた水塊形成・輸送過程について解明を進めている。
- ⑤ 23年3月下旬に開催予定であった本領域主催の日本海洋学会国際シンポジウムは、震災により海洋学会自体が中止されたため、24年5月の日本地球惑星科学連合大会での国際セッションに順延した。

II. 繫留ブイの機器故障と漂流の影響

当領域の活動として、24年夏季に黒潮統流の流軸付近に係留ブイを1基新設し、既存の2基と合わせて翌年夏まで3基体制でモニタリングを実施する予定であった。ところが、新設したブイと黒潮統流北側のJKEOブイでほぼ同時に、搭載の気象測器の電源系統に異常が生じ、8・9月以降の気象データ取得が非常に困難になった(原因は不明だが、漁業操業者の漁具の接触による損壊と考えられる形跡があった)。特に、風向・風速データが取得できず、黒潮統流に伴う水温前線を挟んで海面からの乱流熱フラックスがどれ程異なるかの評価が不可能になった。更に、25年3月には新設ブイの係留索が破断されて漂流したため、係留期間が9カ月弱と短縮せざるを得なかった。加えて、新設ブイの近辺に位置すると見込まれた水温前線が係留期間を通じて平年より大きく北偏したため、南方のKEOブイとともに水温前線の暖水側に入ったまま推移したため、両ブイ間の水温差と気圧差との関係を調べるといふ試みにも適さなかった。これら不可抗力のトラブルのため研究遂行に支障が生じたものの、新設ブイで計測された海面水温が24年に打ち上げられた人工衛星センサーAMSR2の精度検証に活用された(Tomita et al. 2015)ほか、追加搭載したGPS波浪計や溶存酸素センサーにより、外洋での波浪及び海中溶存酸素の高時間分解能定点連続データの取得に成功した。これら世界的にも稀少な非常に貴重なデータを活用し、黒潮統流域の波浪計測(Waseda et al. 2014)及びサブメソスケールの水塊輸送(Nagano et al. 投稿中)に関する研究成果を挙げることができた。

III. 船舶・航空機同時観測時の下層雲消失の影響

25年7月には、日本では初となる船舶と航空機による下層雲の同時観測を実施したが、2回の観測機会ともに同時観測予定地点で下層雲が急に消失するという不運に見舞われ、好条件での観測は実現しなかった。それでも、観測機は予定観測地点から南下して下層雲が形成されていた海域で観測を実施した一方、船舶も多少遅れを伴いつつもほぼ同じ海域で観測を実施できた。この時の観測データに基づき、船舶から捉えた下層雲の立体構造と航空機観測で得られた雲微物理量との対応を解析し、海面水温(SST)と海上気温(SAT)との差が2°C以下と小さかった今回の夏季の観測でも、研究チームが従来の寒候期の航空機観測から示唆した「エアロゾルからの雲粒生成割合の海面温度差(SST-SAT)依存性」と整合的な結果を得た。これは、SSTが「エアロゾル・雲相互作用」により広範な条件下で影響し得ることを明確に示す重要な成果である。更に、境界層内は南方海上からの清浄な気流によりエアロゾル数濃度が低かったのに対し、その上空にはアジア大陸からエアロゾルに富むが輸送されたため、物質的な「前線面」が形成されたことを航空機観測から発見した。境界層上端では雲頂での放射冷却による対流で上空のエアロゾルが境界層内に取り込まれれば雲粒形成に影響する可能性がある。これは、海面水温分布を通じた新たな「エアロゾル・雲相互作用」を示唆するものである。

4. 審査結果の所見及び中間評価で指摘を受けた事項への対応状況（2ページ程度）

審査結果の所見及び中間評価において指摘を受けた事項があった場合には、当該コメント及びそれへの対応策等を記述してください。

＜審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況＞

当領域採択時の所見は以下の通りであり、特に指摘を受けた点はなかった。所見に示された期待に添うよう5年間研究を推進した。

「本研究領域は、アジアモンスーンと黒潮、親潮がもたらす熱輸送の強い影響が及ぶ北西太平洋域において、中緯度気候系の"hot spot"と称される海洋から大気への莫大な熱及び水蒸気の放出に焦点をあて、中緯度における大気海洋間の相互作用が地球全体の気候に及ぼす影響とそのメカニズムの解明を目指すものである。黒潮続流域での現場観測、地球シミュレータを用いた数値モデリング、最新の人工衛星観測データ等の解析を有機的に融合して気候研究の新しい概念の確立を目指す計画は大変意欲的であり、新しい気候学の創成が期待できる。気候系の"hot spot"という概念は日本発の研究テーマであることから、我が国主導の研究によって世界をさらにリードすべきものであり、その必要性は高い。また、気象学や海洋学分野における多くの中堅・若手研究者をうまく束ねており、分野融合による研究の促進が期待できる。本研究領域の設定によって、気候系における中緯度の役割に関する理解が格段に進展することが期待される。」

＜中間評価で指摘を受けた事項への対応状況＞

H24年度の中間評価では、当領域は「A」、即ち「研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる。」との評価を得た。具体的には、「本研究領域は、アジアモンスーンと黒潮・親潮がもたらす熱輸送の強い影響が及ぶ北西太平洋域において、中緯度気候系の"hot spot"と称される海洋から大気への莫大な熱及び水蒸気の放出に焦点をあて、中緯度における大気海洋間の相互作用が地球全体の気候に及ぼす影響とそのメカニズムの解明を目指すもので、現場観測や地球シミュレータを用いた数値モデリング、最新の人工衛星データ解析等を融合する共同研究を促進する研究体制を設け、大気と海洋という2つの主要なコミュニティ間の連携が実現していると認められる。データ解析と数値モデリングの連携によって、日本の東海上の水温前線の変動が北太平洋域の大気循環に変動をもたらすことを発見するなど、中緯度海洋が気候変動に果たす役割について多角的な解明が着実に進んでいる。また、特色ある観測研究と最先端数値シミュレーションを組み合わせる研究からも優れた成果が得られつつある。コミュニティ間・手法の異なるグループ間の連携をさらに深めるとともに、洋上観測の特色を活かした研究を進めることで今後の進展が期待される。」との評価であった。こうした良好な評価を得て、25・26年度においても領域内での協力体制を尚一層緊密なものとし、若手が一層積極的に参画できるよう取り計らった。

5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理する]

（3 ページ程度）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果（発明及び特許を含む）について、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。

【A01】 モンスーンアジア縁辺海における大気海洋相互作用（計画研究 A01-1・2 + 公募研究延べ 7）

本研究項目の対象は「モンスーン・対馬暖流など大規模大気海洋循環が縁辺海の複雑な水温分布に与える影響」、及び「東シナ海・日本海の水温分布が、集中豪雨をもたらす梅雨前線や前線上の雲・降水系の発達に及ぼす影響、並びに豪雪をもたらす沿岸小低気圧や急発達する温帯低気圧の雲・降水系に与える影響」である。加えて、海洋生態系への影響も調査を広げることが特色である。

【計画研究の主な研究結果】

I. 潮汐が瀬戸内海の水温・海上風に与える影響の解明 [記者発表実施]

衛星・現場観測データの解析や領域大気モデル実験から、夏季の瀬戸内海では、潮汐混合が強化される「大潮」期に海面水温が低下して大気下層の成層安定度が高まる結果、大気乱流による上空との運動量混合が抑制されて海上風が弱まる傾向を見出した。反対に、潮汐混合の弱い「小潮」期には海面水温が高まって、海上大気に鉛直対流が発達して上空の強風との混合が進む結果、海上風が加速される事が示された。これは沿岸域にて海洋潮汐の影響が大気に与える影響を示した興味深い結果である。 [Iwasaki et al. 2015, *Scientific Reports*]

II. 日本海における植物プランクトン春季増殖による水温変化の評価と大気への影響の可能性

日本海では植物プランクトンの春季増殖による海色変化が、表層海洋の日射吸収率を増大させて海面水温を最大 0.8℃も上昇させ得ることが衛星データから示された。その水温変化が、日本南岸における低気圧の発達過程に統計的に有意な遠隔影響を及ぼし得る事も領域大気モデル実験から示唆された。これは、「大気=海洋=生態系」結合過程の可能性を示唆する結果である。 [Isobe et al. 2014, *J. Climate*]

III. 冬季モンスーンにより冷却された黄海・東シナ海からの大気を介したフィードバックの発見

水深の浅い黄海・東シナ海は毎冬モンスーンにより強い冷却を被るが、モンスーンが例年になく強化され、中国大陸沿岸で水温低下が極端に進むと、それへの「気圧調節」応答として海上風が変化し、海面からの熱放出を緩和させる負のフィードバックを発見した。 [Iwasaki et al. 2014, *J. Climate*]

IV. 東シナ海の季節的・長期的温暖化が九州の豪雨に与える影響の解明 [A02・03 との共同; 記者発表実施]

6 月から 8 月にかけて東シナ海北部は急速に温暖化するため、7 月半ばになると梅雨前線に向けて吹く南西季節風が九州に近づいてもその対流不安定性が保たれるようになる。24 年 7 月中旬に起きた「九州北部豪雨」の再現を、水平解像度 3km の領域大気モデルで成功させ、海面水温を他の時期の場に差し替える感度実験から、東シナ海北部の水温の季節性が、九州西部にて平年雨量の最大が 6 月下旬なのにも拘わらず、記録的な集中豪雨を梅雨末期(7 月中・下旬)に限定させる重要な要因である事を明らかにした (A01・02・03; 図 5-1)。加えて、最新の IPCC 評価報告書による東シナ海と上空大気温暖化予測結果を加味した上で再実験を行い(擬似温暖化実験)、今世紀末に同様な事例が発生した際の降水量増加とその不確実性を評価した。即ち、7 月であれば雨量 30%程も増加し、今世紀末には 6 月下旬にも記録的豪雨が発生し得ることを示唆した [Manda et al. 2014, *Scientific Reports*]

【公募研究の主な研究結果】

V. 黒潮沿いの渦活動による栄養塩輸送の水産学的影響の発見

東シナ海を流れる黒潮に沿っては、海洋亜表層に 10 日弱の間隔で発生した渦が通過する際、栄養塩に富む中層水が日射の届く表層まで湧昇することで、本来なら貧栄養状態の海域が、大型ケイ藻類が優占するサバ・アジ等の主要産卵場へと劇的に変化することを、2 回の現場観測と数値モデル実験から明らかにした(図 5-2)。 [Yoshie et al. 2015 投稿中]

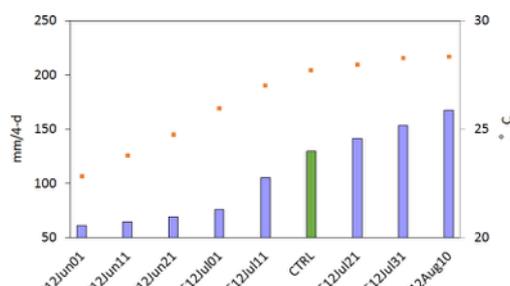


図 5-1 領域大気モデル実験に基づく、九州で平均した 4 日降水量 (mm, 左軸, 棒グラフ) の東シナ海の水温 (°C, 右軸, 赤点) 依存性。「CTRL」は「九州北部豪雨」再現実験。 [Manda et al. 2014].

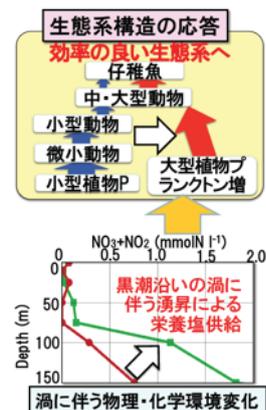


図 5-2 東シナ海の黒潮沿いに発生する中規模渦が回答生態系に与える影響。

VI. 寒気内小低気圧(ポーラーロウ)に関わる大気海洋相互作用研究の進展

モンスーンに伴う寒気吹き出し時に日本海に発生して日本海側に大雪をもたらす「ポーラーロウ(寒気内小低気圧)」について、過去に無い多くの事例から、低気圧形成時に日本海からの熱・水蒸気放出が増加する傾向が見出され、大気海洋相互作用の重要性を示唆する結果を得た。[Yanase et al. 2015 投稿中]

※その他、台風と波浪・海洋との相互作用に関する理論的・数値的研究において大きな進展があった(p.9)。

【A02】北西太平洋における大気海洋相互作用とモンスーンシステム(計画研究 A02-3~6; 公募研究延べ 6)

本研究項目で扱う対象は「海洋渦の集団との相互作用やモンスーンとの相互影響に着目した、黒潮・親潮系の海洋前線帯の形成力学とその長期変動メカニズム、及びそれに関連する大気・海洋間の水・エネルギー交換と海洋生態系への影響」である。本項目は縁辺海の地域的現象と大規模結合変動との橋渡し役を務め、かつ黒潮統流での集中観測や係留ブイ新設による特徴的な現場観測研究の中核も成す。

【計画研究の主な研究結果】

I. 黒潮統流域で実施した集中観測による発見(A01・03 との共同)

24年7月上旬に黒潮統流域にて集中観測航海を実施し、143°Eに南北に配置された3隻の研究船が相互の南北距離を保ったまま、顕著な水温前線を数日間往復横断しつつ、2時間毎のラジオゾンデ観測や海洋表層の観測を行う世界初の試みを成功に導いた(図 2-1)。これにより、水温前線を挟んでの大気下層及び海洋表層の南北構造とその時間変化の両方を捉えた前例の無い貴重なデータを取得できた。南寄りから北寄りの風が変わって約半日で、下層雲高度に明瞭な南北コントラストが形成される事や、水温前線の南北で下向き長波放射が平均で約20W/m²異なる事、更には初夏でも海面水温勾配が「気圧調節」を通じて水平気圧勾配を形成する事などを見出した。加えて、観測された下層雲高度の南北差が水温前線に起因する事を領域大気モデル実験から裏付けた他、水温前線が数日で50kmも北上した事実を初めて捉えた(図 5-3)。このメカニズムは高解像度海洋モデルと併せた解析から明らかとなった。更に重要な発見は、一般に利用されているどの客観解析データも、この観測された海面水温勾配の強度や時間発展の急速さをきちんと表現できていない事で、既存の水温データが海洋物理学・水産学の解析のみならず、高解像度領域大気モデルの境界条件としても不十分な事が判った。[Kawai et al. 2015, *J. Oceanography*; Kobashi et al. 2015 投稿中]

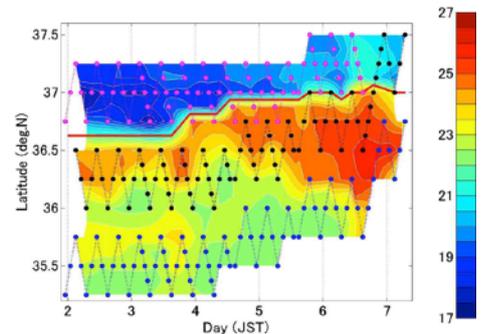


図 5-3 24年7月上旬(横軸に日付)に3隻同時観測で捉えられた黒潮統流近傍 143°E における海面水温(色)の南北分布(縦軸に緯度)の時間発展。顕著な水温前線(赤線)の急速な北上が明瞭である。丸印は各研究船からのラジオゾンデの放球緯度・時間を示す。[Kawai et al. 2015]

II. 海洋サブメソスケール現象の循環場への影響

黒潮やその統流の周辺では直径 100~300km 程度の「中規模渦」が活発に形成されるが、それらに加えて微小な渦やストリーマなど 1~50km 規模の更に小さな現象も衛星観測から捉えられている。これら「サブメソスケール現象」は、海洋の表層と内部との間の熱や物質の交換を促進し、海洋の循環や生態系にも大きく影響し得るが、それらを大規模な海洋循環と同時に再現するシミュレーションは計算資源の制約から困難であった。A02 では「地球シミュレータ」の計算能力を活かして北太平洋域の大規模循環とサブメソスケール現象を同時に再現する超高解像度海洋シミュレーションを実現させ(図 5-4)、冬季の深い混合層内で活発化するサブメソスケール現象が相互に、かつ中規模渦なども干渉し合いつつ、より大きな規模の現象に多大な影響を及ぼす様相を明らかにした。更に、黒潮統流域で実施した海洋グライダー観測から、深さ 800m 付近でのサブメソスケール現象の実態を捉える事にも成功し、上記シミュレーションとの比較からその頻度や空間分布の特徴が示唆された。こうしてサブメソスケール現象の実態解明への第一歩を築いた。[Sasaki et al. 2014, *Nature Comm.*; Nagano et al. 2015 投稿中]

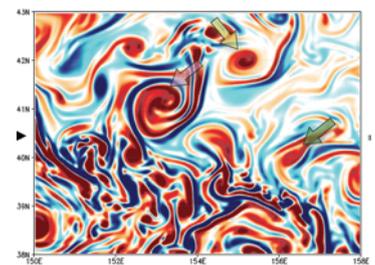


図 5-4 超高解像度海洋モデルにおける 3 月のある日の渦度分布 [Sasaki et al. 2014].

III. 亜寒帯海域における準定常ジェットによる水塊輸送・栄養塩変動メカニズムの解明 (A03 との共同)

衛星データや船舶、係留系、及び水中グライダーによる現場観測データに基づく包括的な調査から、黒潮統流から分岐して北東に暖水を運ぶ準定常ジェットが、東方海上を東流する親潮(亜寒帯海流)と合流して、顕著な水温勾配を持つ親潮前線を形成するとともに、親潮から栄養塩を取り込むことで暖かく栄養塩に富んだ生物生産に最適な環境が醸成する事が明らかとなった。こうして、北西太平洋亜寒帯前線帯が気候学的にも生物学的にも hotspot で

ある事が明確となった。A03 の成果も総合すると、準定常ジェットやそれに伴う海洋表層の生物生産が、黒潮続流の十年規模変動から影響される可能性が示唆される。[Wagawa et al. 2014, *J. Physical Oceanography*; Okunishi et al. 2012, *Fisheries Oceanography*]

IV. 黒潮大蛇行の発生要因の特定

黒潮は通常本州南岸に沿って流れる(非大蛇行流路)が、時折東海沖で大きく南方へ迂回すると(大蛇行流路)、本州南岸の海洋環境のみならず、後述のように冬季の南岸低気圧の移動径路に大きく影響する(図 5-5)。にも拘わらず、大蛇行の発生の仕組みは大きな謎であったが、観測データとシミュレーションを統合して得られた長期海洋データから、大蛇行発生に関わる 3 要因を以下の通り特定し、これらを組み合わせて大蛇行の発生し易さを指標化することで、過去に起きた大蛇行を概ね説明する事に初めて成功した(A02; 図 5-5)。即ち、**① 東方海上の黒潮続流の状態**、**② 東方から九州沖へ伝播してくる偏差**、及び**③ 台湾沖黒潮近傍の偏差**である。[Tsuji et al. 2013, *Climate Dynamics*; Usui 2011ab, *J. Geophysical Research, J. Oceanography*]

V. 冬季東アジアモンスーン変動と爆弾低気圧活動

冬季モンスーン変動と海洋が日本近海で急発達する「爆弾低気圧」の活動に深く関わる事を、観測及び領域大気モデルの再現実験から明らかにした。即ち、モンスーンが強いと水温勾配の影響が顕在化し、水温前線を挟んだ下層の南北気温差の強化と海面からの熱・水蒸気供給の増加とを通じて、「爆弾低気圧」の黒潮とその続流域への集中化が顕著になる傾向が見出された(図 5-6)。[Iizuka et al. 2013, Shiota et al. 2011, *Scientific Online Letters on the Atmosphere*]

【公募研究の主な研究結果】

VI. 下層雲の航空機・船舶同時観測(日本初)

25 年 7 月に三陸沖で実施した日本初の船舶と航空機による下層雲の同時観測から(3.IIIも参照)、雲凝結核として働くエアロゾルから雲粒への生成効率に対し、海面水温が海上大気の成層安定度を通じて広範な条件下で影響し得る事が明確化された。更に、南方海上からの暖湿で清浄な気流に支配される境界層に形成された雲の頂部にて、放射冷却で生じた対流により、アジア大陸起源のエアロゾルが上空から雲層内に取り込まれる状況が実現していた事も見出され(図 5-7)、「エアロゾル・雲相互作用」の新たな側面を示唆する興味深い結果を得た。[Koike et al. 2015 投稿準備中]

VII. 係留ブイによる巨大波の観測

黒潮続流域に新設した係留ブイによる風波・うねりの計測から、波高 20m 超の巨大波の存在を確認した他、平均波長約 200m の波群中における最大波の軌道速度の測定に初めて外洋で成功し、流体粒子の波浪に伴う加速を観測から実証した。[Waseda et al. 2014, *Ocean Dynamics*]

【A03】大規模気候系における大気海洋雪氷相互作用 (計画研究 A03-7~9; 公募研究延べ 2)

本研究項目の研究対象は「黒潮・親潮系の大規模海流やオホーツクの海水と東アジアモンスーンとの多階層相互作用による海洋から大気への莫大な水・エネルギー供給が、hot spot として大洋・半球規模の気候系の形成や変動

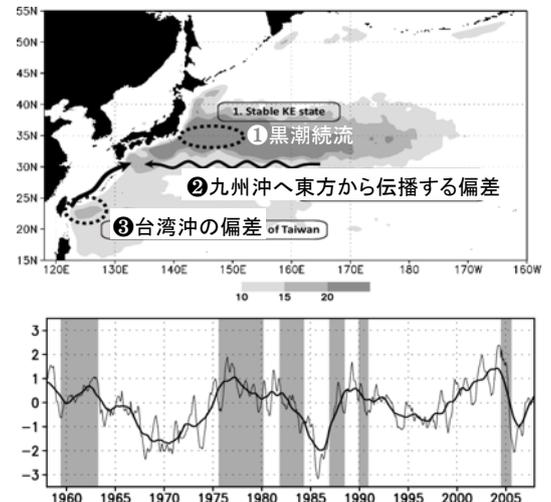


図 5-5 (上)黒潮大蛇行の発生に深く関わる 3 つの要因と、(下)それらに基づく大蛇行の生じやすさの時系列。現実に大蛇行が発生した期間(灰色)で、この指標が増大している。[Tsuji et al. 2013].

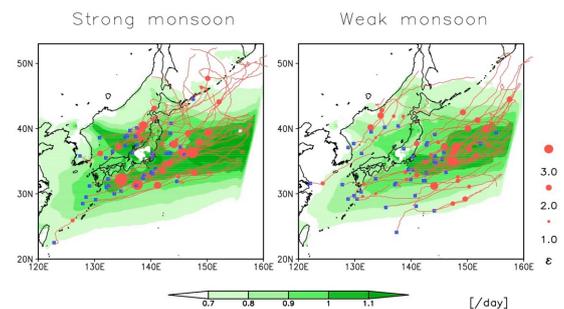


図 5-6 領域大気モデルで再現された「爆弾低気圧」の経路(赤線)と中心気圧低下量(赤丸)。冬季モンスーンが平年より(右)弱い場合に比べ、(左)強い場合の方が、南岸の黒潮沿いと日本海中部の水温前線近傍とに経路がより明瞭に分かれ、気圧低下も大きい。背景の色は、各々の平均的な気温南北勾配と成層安定度から評価された理論上の低気圧発達率(1/day; 700~850hPa 面の Eady 成長率)。[Shiota et al. 2011]

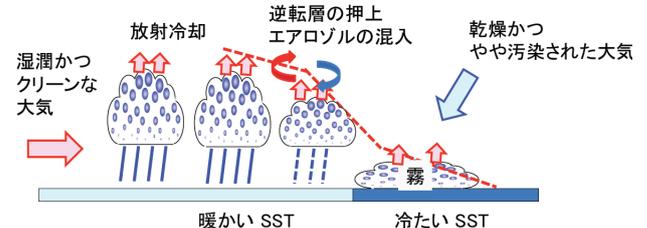


図 5-7 25 年 7 月上旬に実施した日本初の下層雲の船舶・航空機同時観測で捉えられた「エアロゾル・雲相互作用」の新たな側面。南方海上からの暖湿で清浄な気流が流入する黒潮続流上で、混合層内に形成された対流性下層雲(層積雲)の上端が放射冷却で冷やされ、上空の大陸起源の気流から凝結核となるエアロゾルが雲層内に取り込まれる。

に果たす役割」である。他海域の海洋前線帯での相互作用との共通性・相違性も調査する他、温暖化に伴う冬季モンスーンの弱化や雪氷域の変動が中緯度気候系に及ぼし得る影響にも着目する。

[計画研究の主な研究結果]

I. 北極振動を介した北極の海氷変動からオホーツク海氷変動への遠隔影響の発見 (A02 と共同)

オホーツク海で海氷被覆面積が最大となる 3 月と北極海で海氷被覆面積が最小となる 9 月における両海域の海氷変動が連動する傾向が発見された。即ち、オホーツク海の 3 月の海氷被覆面積の変動と、その半年前(9 月)の北極海東シベリア沖の海氷被覆の変動との間に有意な正相関が観測データから発見され、その相関関係に中高緯度大気循環に卓越する「北極振動」が関わる事が分かった。また、この結果は大気海洋結合モデルによる予測再現実験からも検証された。[Ogi et al. 2015, *J. Climate*]

II. オホーツク海から亜熱帯への低塩水輸送の長期変動のメカニズムの解明 (A02 と共同)

1970 年代半ば以降のアリューシャン低気圧の十年規模の強化を反映した北太平洋における海上風強化が、北太平洋の表層と中層をつなぐ子午面循環を強めた結果、オホーツク海からの低塩水輸送の増加し、亜熱帯循環域での塩分低下をもたらした事を明らかにした(図 5-8)。モンスーンに伴う大気海洋相互作用の影響で亜寒帯域に形成された水塊が、混合を経ながらもサブメソスケールの輸送過程により亜熱帯海洋にまで達する可能性は係留ブイ観測でも確認されている。[Nakanowatari et al. 2015, *J. Physical Oceanography*; Matsuda et al. 2015, *J. Geophysical Research*]

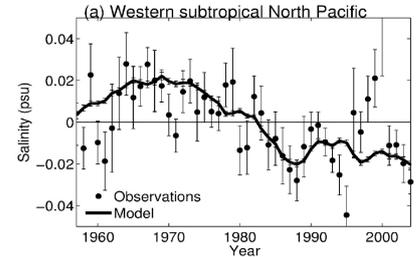


図 5-8 日本南東方で観測された表層下の塩分偏差(黒丸)の長期変動と、北太平洋の海上風のみ観測された変動を与えて駆動した海洋循環モデルによる塩分変動の再現(太線)。[Matsuda et al. 2015]

III. 黒潮続流・亜寒帯前線帯域における海洋から大気への影響 (A02 と共同)

黒潮続流域・亜寒帯前線帯は、寒気の吹出し時に暖かい海面から莫大な熱・水蒸気が大気へ放出される気候系の hot spot だが、下層大気の状態や経年変動は冬季モンスーンが支配すると考えられてきた。しかし、黒潮続流からの熱供給による局所的「気圧調節」として海面気圧が低下し、長期平均として明瞭な気圧の谷が形成される事、その北方にある親潮前線の暖水側でも熱供給が極大となり、対応して弱い気圧の谷が形成される事を発見した。これら気圧の谷では海上風の摩擦収束により上昇流があり、雲量や降水量も局所的に極大となることが衛星データから見出された。また、親潮、黒潮続流に伴う各水温前線を挟んでは気温勾配の顕著な地表傾圧帯が形成されるが、その形成要因が異なることも明らかになった。即ち、摩擦収束の弱い親潮前線近傍では海面からの顕熱供給差で気温勾配が維持されるのに対し、黒潮続流近傍では気圧の谷に強く収束する北風が気温勾配を強化するのである。そして、これらの大気応答が、黒潮続流の十年規模変動に敏感であることも見出された。[Masunaga et al. 2015, Tanimoto et al. 2011, *J. Climate*]

メキシコ湾流や南西インド洋アガラス海流域など他の hot spot 域でも海洋から大気への能動的影響が確認された。この普遍化にて、海面水温分布に対する海上風応答への各過程の寄与を定量化する手法を開発し、海上風の回転成分には「鉛直混合」、収束・発散成分には「気圧調整」の各寄与が支配的で、後者は他の hot spot 域でも普遍的である事を見出した。[Shimada, Minobe 2011, *Geophysical Research Letters*; Takatama et al. 2011, *J. Climate*]

IV. 黒潮大蛇行が南岸低気圧経路と関東の降雪に与える影響の発見 [A02・03 との共同; 2012 年記者発表実施]

A02 により要因が特定された東海沖の黒潮の大蛇行の影響で、冬季の「南岸低気圧」の経路が敏感に変化する傾向を長期観測データから発見した(図 5-9)。黒潮が南に蛇行して東海沖の水温が低下すると、対応して低気圧経路も南下する傾向が統計的有意性を以て認められ、非蛇行期に比べ関東平野で降雪が起き易いことが確認された。この低気圧経路の敏感性は高解像度大気海洋結合モデルでも再現されており、大蛇行に伴う海面蒸発の抑制と下層大気傾圧性の弱体化が低気圧の発達を抑制するよう働くことも見出され、低気圧活動への黒潮の能動的影響が確認された。更に、高解像度領域大気モデル実験から、蛇行に伴い水温が低下した東海沖では強い降水が減り、弱い降水が増える傾向が示された [Murazaki et al. *J. Meteorological Society of Japan*; Hayasaki et al. 2013, *Geophysical Research Letters*; Nakamura et al. 2012, *J. Climate*]

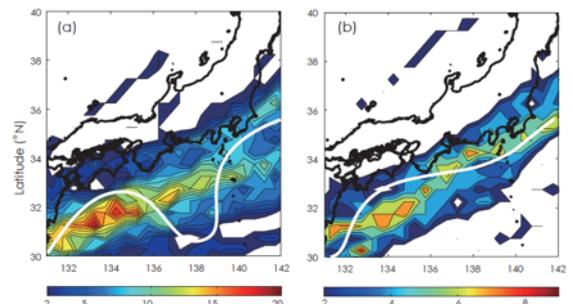


図 5-9 黒潮流路(白線)の(左)蛇行期と(右)非蛇行期における冬季の南岸低気圧の頻度分布(各 1/4 度格子内の個数)。1969~2006 年の統計 [Nakamura et al. 2012].

V. ジェット捕捉ロスビー波がつなぐ大洋規模変動と北西太平洋・日本沿岸変動の同定

東方の大洋規模の海上風変動で駆動される大規模な海洋波動(ロスビー波)が3~4年かけて黒潮続流域に達すると、南北に狭い海洋ジェットに捕捉され、黒潮続流の緯度と強度を十年規模で変動させ、更に東海地方沿岸の潮位も長期変動させる事を発見した(図 5-10). [Sasaki et al. 2014, *J. Geophysical Research*; Sasaki et al. 2013; Sasaki, Schneider 2011, *J. Physical Oceanography*].

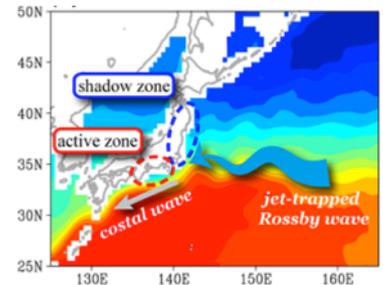


図 5-10 東方から伝播する海洋のジェット捕捉ロスビー波により、東海沿岸の潮位が変動する事を示す模式図. [Sasaki et al. 2014]

VI. 黒潮続流・亜寒帯前線域の持続的水温偏差に対する大洋規模大気応答の明確化(A02 と共同)

暖水渦等の海洋循環の変動に伴い、日本東方海上の亜寒帯前線帯の水温が上昇して前線帯がやや北方へ変位した状況では、暖かい海洋から大気への熱・水蒸気供給が増えるという熱強制への応答として、地表アリューシャン低気圧の強弱をもたらす大洋規模の停滞性大気循環応答が強制されることが、長期観測データと大気海洋結合モデル実験、更には大気循環モデル実験から初めて明瞭に捉えられた(図 5-11). 移動性高低気圧の活動とフィードバック強制的持続的変化を介して、北太平洋 10 年規模変動に関わる中緯度海洋変動から大気循環異常へのフィードバックを初めて明確に捉える事に成功した(図 2-3). なお、この大規模応答は上空のジェット気流の蛇行を通じて北米の天候にまで影響することも確認した. そして、亜寒帯前線帯域の水温変動の近年の弱体化傾向に伴い、こうして励起される大規模な大気波動も弱まったため、その遠隔影響としてのアラスカ冬季気温の変動も弱化した事も見出した. [Okajima et al. 2014, *J. Climate*; Miyasaka et al. 2014, *Geophysical Research Letters*; Taguchi et al. 2012, *J. Climate*]

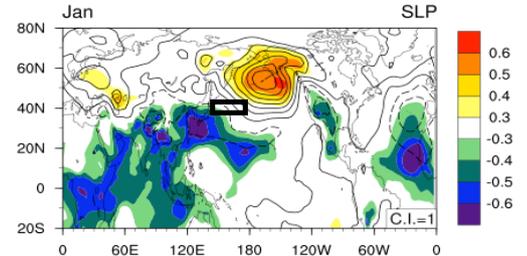


図 5-11 亜寒帯水温前線帯(太線)で観測された11月の海面水温異常に対する翌1月の海面気圧の相関(色)及び線型回帰(等値線;水温異常 1°C 当り 1hPa 毎)係数分布. 11月に三陸沖で水温が高いと、2ヶ月後にアリューシャン低気圧が弱くなるという傾向は、海洋変動が大洋規模の大気循環に及ぼす影響と考えられる.

VII. 冬季モンスーンの変動に伴う成層圏・対流圏結合変動の解明(A01 と共同)

日本北方に停滞性ブロッキング高気圧を形成し、冬季モンスーンの異常な強化をもたらす対流圏循環異常「WP パターン」が、惑星規模波動の秋から冬への季節的な増幅の異常な強化の現れであり、かつ北半球の他地域に現れるブロッキング高気圧とは対照的に、北極上空の成層圏を寧ろ寒冷化させて成層圏オゾン減少にも寄与し得ることを見出した(図 2-4). この WP パターンの形成には、対馬暖流の強弱やモンスーンの強弱を反映した冬季日本海の水温変動が影響する可能性も示された [Takaya, Nakamura 2013, *J. Climate*; Dörnbrack et al. 2012, *Atmospheric Chemistry & Physics*; Nishii et al. 2011, *J. Climate*; Yamamoto, Hirose 2011, *Geophysical Research Letters*]

VIII. 黒潮が対流組織化に果たす役割の発見(A01・02 と共同)

5~6月に梅雨前線に向けて吹く熱帯からの暖湿な南西季節風が東シナ海南部を吹き渡ると、発達した積乱雲群が特に水温の高い黒潮沿いに組織化されて易く、気候学的にも6月に降水量の極大域を形成する事を明らかにした. [Miyama et al. 2012, *Tellus A*; Sasaki et al. 2011, *J. Climate*]

IX. 世界の気候系”hot spot”における温暖化の顕在化の発見

複数の異なる観測データセットから、5大洋西部の中緯度暖流域が全海洋平均よりも2~3倍も速く昇温してきた事実を発見した. 長期的な温暖化に伴った亜熱帯・中緯度の海上風変化の影響が、海洋循環の強化や高緯度側へ拡張として暖流域に集中的に顕れたものと考えられ、「気候系の hot spot」としての中緯度暖流域の大気海洋相互作用の重要性が益々増大しつつある事を示す結果である. [Wu et al. 2012, *Nature Climate Change*]

[公募研究の主な研究結果]

X. 北西太平洋亜寒帯前線帯における水温変動の形成要因の同定

観測データの解析から、冬の黒潮続流・亜寒帯水温前線帯での海面からの顕熱供給の変動の主因が海面水温変動である事を突き止め、海面水温変動の要因が東西で異なることを見出した. 即ち、水温前線帯の東部では黒潮続流からの分岐流による黒潮系水(高温・高塩水)輸送、西部では黒潮続流から切離した直径 300km 程度の暖水渦により、水温の変動がそれぞれもたらされることを発見した. [Sugimoto et al. 2014, 2011, *J. Climate*]

XI. 日本海の長期温暖化が北日本の日本海側の降雪増加に与えた影響の同定

日本海では冬季モンスーンの長期弱体化傾向を反映した顕著な温暖化傾向が海面からの蒸発を促して気団変質が強化され、その結果、1980年代以降の東北地方日本海側の降水(降雪)を統計的に有意に増加させた事を数値実験で明らかにした. [Sato, Sugimoto et al. 2013, *Water Resource Research*]

6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5ページ程度）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果の公表の状況（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。論文の場合、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に*印を付してください。また、一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。また、別添の「(2) 発表論文」の融合研究論文として整理した論文については、冒頭に◎を付してください。

I. 査読付き論文 計 401 編から以下に抜粋。なお、PD の著者には[†]印を付した。

【A01 計画研究】

- *Kida, S., H. Mitsudera, S. Aoki, X. Guo, S. Ito, F. Kobashi, N. Komori, A. Kubokawa, T. Miyama, R. Morie, H. Nakamura, T. Nakamura, H. Nakano, H. Nishigaki, M. Nonaka, H. Sasaki, Y. N. Sasaki, T. Suga, S. Sugimoto, B. Taguchi, K. Takaya, T. Tozuka, H. Tsujino, N. Usui: Oceanic fronts and jets around Japan: a review, **J. Oceanography**, 71 (2015), in press.
- ◎Nakamura, H., R. Hiranaka, D. Ambe, T. Saito: Local wind effect on the Kuroshio path state off the southeastern coast of Kyushu, **J. Oceanography**, 71 (2015), in press.
- ◎[†]Iwasaki, S., A. Isobe, [†]Y. Miyao: Fortnightly atmospheric tides forced by spring and neap tides in coastal waters, **Scientific Reports**, 5 (2015), 10167.
- ◎[†]Kida, S., Y. A. Yamashiki: A layered model approach for simulating high river discharge events from land to the ocean, **J. Oceanography**, 71 (2015), 125-132.
- ◎[†]Isobe, A., S. Kako, [†]S. Iwasaki: Synoptic scale atmospheric motions modulated by spring phytoplankton bloom in the Sea of Japan, **J. Climate**, 22 (2014), 7587-7602.
- ◎[†]Iwasaki, S., A. Isobe, S. Kako: Atmosphere-ocean coupled process along coastal areas of the Yellow and East China Seas in winter, **J. Climate**, 27 (2014), 155-167.
- ◎[†]Manda, A., H. Nakamura, N. Asano, S. Iizuka, T. Miyama, Q. Moteki, M. Yoshioka, K. Nishii, [†]T. Miyasaka: Impacts of a warming marginal sea on torrential rainfall organized under the Asian summer monsoon. **Scientific Reports**, 4 (2014), 5741.
- ◎[†]Yamamoto, M.: Meteorological impacts of sea surface temperature associated with the humid airflow from Tropical Cyclone Talas (2011), **Annales Geophysicae**, 32 (2014), 841-857.
- Guo, X., ^{*}X.-H. Zhu, Y. Long, D.-J. Huang: Spatial variations in the Kuroshio nutrient transport from the East China Sea to south of Japan, **Biogeosciences**, 10 (2013), 6403-6417.
- *Kida, S., B. Qiu: An exchange flow between the Okhotsk Sea and the North Pacific driven by the East Kamchatka Current, **J. Geophysical Research**, 118 (2013), 6747-6758.
- *Moteki, Q., A. Manda: Seasonal Migration of the Baiu Frontal Zone over the East China Sea: Sea Surface Temperature Effect, **Scientific Online Letters on Atmosphere**, 9 (2013), 19-22.
- *Nakamura, H., A. Nishina, Z. Liu, F. Tanaka, M. Wimbush, J.-H. Park: Intermediate and Deep Water Formation in the Okinawa Trough, **J. Geophysical Research: Oceans**, 118 (2013), 6881-6893.
- *Yamamoto, M.: Effects of a semi-enclosed ocean on extratropical cyclogenesis: the dynamical processes around the Japan Sea on 23-25 January 2008, **J. Geophysical Research**, 118 (2013), 10391-10404.
- Isobe, A., S. Kako, X. Guo, H. Takeoka: Ensemble numerical forecasts of the sporadic Kuroshio-water intrusion (kyucho) into shelf and coastal waters, **Ocean Dynamics**, 62 (2012), 633-644.
- *Isobe, A., S. Kako: A role of the Yellow and East China Seas in the development of extratropical cyclones in winter, **J. Climate**, 25 (2012), 8328-8340.
- *Kodama, Y.-M., T. Sagawa, S. Ishida, T. Yoshikane: Roles of the Brazilian Plateau in the formation of the SACZ, **J. Climate**, 25 (2012), 1745-1758.
- *Nakamura, H., A. Nishina, K. Tabata, M. Higashi, A. Habano, T. Yamashiro: Surface velocity time series derived from satellite altimetry data in a section across the Kuroshio southwest of Kyushu, **J. Oceanography**, 68 (2012), 321-336.
- *Nakamura, H., A. Nishina, S. Minobe: Response of storm tracks to bimodal Kuroshio path states south of Japan, **J. Climate**, 25 (2012), 7772-7779.
- *Yamamoto, M.: Rapid merger and recyclogenesis of twin extratropical cyclones leading to heavy precipitation around Japan on 9-10 October 2001, **Meteorological Applications**, 19 (2012), 36-53.
- *Yamamoto, M.: Mesoscale structures of two types of cold-air outbreaks over the East China Sea and the effect of coastal sea surface temperature, **Meteorology and Atmospheric Physics**, 115 (2012), 89-112.
- *Hirose, N.: Inverse estimation of empirical parameters used in a regional ocean circulation model, **J. Oceanography**, 67 (2011), 323-336.
- *Kako, S., A. Isobe, M. Kubota: High-resolution ASCAT wind vector data set gridded by applying an optimum interpolation method to the global ocean, **J. Geophysical Research**, 116 (2011), D23107.
- *Moteki, Q., K. Yoneyama, R. Shirooka, H. Kubota, K. Yasunaga, J. Suzuki, A. Seiki, N. Sato, T. Enomoto, T. Miyoshi, S. Yamane: The influence of observations propagated by convectively coupled equatorial waves, **Quarterly J. Royal Meteorological Society**, 137 (2011), 641-655.
- *Yamamoto, M., N. Hirose: Possible modification of atmospheric circulation over the northwestern Pacific induced by a small semi-enclosed ocean, **Geophysical Research Letters**, 38 (2011), L03804.
- *Yamamoto, M., T. Ohigashi, K. Tsuboki, N. Hirose: Cloud-resolving simulation of heavy snowfalls in Japan for late December 2005: Application of ocean data assimilation to a snow disaster case, **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 11 (2011), 2555-2565.

【A01 公募研究】

- *Aiki, H., K. Takaya, R. J. Greatbatch: A divergence-form wave-induced pressure inherent in the extension of the Eliassen-Palm theory to a three-dimensional framework for all waves at all latitudes, **J. Atmospheric Sciences**, (2015), in press.
- *Aiki, H., M. K. Yoshioka, M. Kato, A. Morimoto, T. Shinoda, K. Tsuboki: A coupled atmosphere-ocean-surface-wave modelling system for understanding air-sea interactions under tropical cyclone conditions, **Bulletin on Coastal Oceanography**, 52 (2015), 139-148.
- *Aiki, H., R. J. Greatbatch: A new expression for the form stress term in the vertically Lagrangian mean framework for the effect of surface waves on the upper ocean circulation, **J. Physical Oceanography**, 44 (2014), 3-23.
- ◎Wada, A.: Unusually rapid intensification of Typhoon Man-yi in 2013 under preexisting warm-water conditions near the Kuroshio front south of Japan, **J. Oceanography**, 70 (2014).

- ©*Wada, A., T. Uehara, S. Ishizaki: Typhoon-induced sea surface cooling during the 2011 and 2012 typhoon seasons: observational evidence and numerical investigations of the sea surface cooling effect using typhoon simulations, **Progress in Earth and Planetary Science**, 1 (2014), 1.
- *Aiki, H., R. J. Greatbatch: The vertical structure of the surface wave radiation stress for circulation over a sloping bottom as given by thickness-weighted-mean theory, **J. Physical Oceanography**, 43 (2013), 149-164.
- *Wada, A., N. Usui, M. Kunii: Interactions between Typhoon Choi-wan (2009) and the Kuroshio Extension system., **Advances in Meteorology**, 2013 (2013).
- *Wada, A., M. F. Cronin, A. J. Sutton, Y. Kawai, M. Ishii: Numerical simulations of oceanic pCO₂ variations and interactions between Typhoon Choi-wan (0914) and the ocean. **J. Geophysical Research: Oceans**, 118 (2013), 2667-2684.
- *Wakita, M., S. Watanabe, M. Honda, A. Nagano, K. Kimoto, K. Matsumoto, H. Kawakami, T. Fujiki, M. Kitamura, K. Sasaki, K. Sasaoka, Y. Nakano, A. Murata: Ocean acidification from 1997 to 2011 in the subarctic western North Pacific Ocean, **Biogeosciences**, 10 (2013), 7817-7827.
- *Aiki, H., R. J. Greatbatch: Thickness-weighted-mean theory for the effect of surface gravity waves on mean flows in the upper ocean, **J. Physical Oceanography**, 42 (2012), 725-747.
- *Wada, A., N. Usui, K. Sato: Relationship of maximum tropical cyclone intensity to sea surface temperature and tropical cyclone heat potential in the North Pacific Ocean, **J. Geophysical Research**, 117 (2012), D11118.
- *Yoshie, N., X. Guo, N. Fujii, T. Komorita: Ecosystem and nutrient dynamics in the Seto Inland Sea, Japan, *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry*, **Modeling and Analysis of Marine Environmental Problems**, 5 (2011), 39-49.
- 【A02 計画研究】**
- *[†]Aoki, K.: A constraint on the thickness weighted averaged equation of motion deduced from energetics, **J. Marine Research**, 73 (2015), in press.
- ©*Hosoda, S., M. Nonaka, T. Tomita, B. Taguchi, H. Tomita, N. Iwasaka: Impact of downward heat penetration below the shallow seasonal thermocline on the sea surface temperature, **J. Oceanography**, 71 (2015), in press
- Hosoda, S., M. Nonaka, Y. Sasai, H. Sasaki: Early summertime interannual variability in surface and subsurface temperature in the North Pacific. **J. Oceanography**, 71 (2015), in press.
- ©*Kawai, Y., T. Miyama, S. Iizuka, A. Manda, M. Yoshioka, S. Katagiri, Y. Tachibana, H. Nakamura: Marine atmospheric boundary layer and low-level cloud responses to the Kuroshio Extension sea surface temperature front in the early summer of 2012: Three-vessel simultaneous observations and numerical simulations, **J. Oceanography**, 71 (2015), in press
- *Enomoto, T., S. Yamane, W. Ohfuchi: Simple sensitivity analysis using ensemble forecasts, **J. Meteorological society of Japan**, 93 (2015), 199-213.
- *Kawamoto, K., K. Suzuki: Distributional correspondence of 94-GHz radar reflectivity with the variation in water cloud properties over the northwestern Pacific and China, **J. Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer**, 153 (2015), 38-48
- ©*Tanimoto, Y., K. Shimoyama, S. Mori: Continuous daily observation of the marine atmospheric boundary layer over the Kuroshio by a helicopter shuttle service, **J. Atmospheric & Oceanic Technology**, 32 (2015), 3-21
- *Tomita, H., Y. Kawai, M. F. Cronin, T. Hihara, M. Kubota: Validation of AMSR2 sea surface wind and temperature over the Kuroshio Extension region, **Scientific Online Letters on Atmosphere**, 11 (2015), 43-47.
- *Eguchi, N., T. Hayasaka, M. Sawada: The maritime--continental contrasts in the properties of low-level clouds: a case study of the summer 2003 Yamase cloud event, **Advances of Meteorology**, 2014 (2014), 548091.
- *Hayasaka, T., G.-Y. Shi: Effects of Clouds on Surface Shortwave Irradiance in China: Estimation by Surface Radiation Measurements and Satellite Data, **J. Meteorological Society of Japan**, 92A(2014), 141-156.
- *Ito, S., I. Yasuda, H. Ueno, T. Suga, S. Kakehi: Regeneration of a warm anticyclonic ring by cold water masses within the western subarctic gyre of the North Pacific, **J. Oceanography**, 70 (2014), 211-223.
- *Iwasaki, T., T. Shoji, Y. Kanno, M. Sawada, M. Ujiie, K. Takaya: Isentropic analysis of polar cold air mass streams in the northern hemispheric winter, **J. Atmospheric Sciences**, 71 (2014), 2230-2243..
- ©*Kawai, Y., H. Tomita, M. F. Cronin, N. A. Bond: Atmospheric pressure response to mesoscale sea surface temperature variations in the Kuroshio Extension: In situ evidence, **J. Geophysical Research**, 119 (2014), 8015-8031.
- ©*Kuroda, H., D. Takahashi, H. Mitsudera, T. Azumaya, T. Setou: A preliminary study to understand the transport process of the eggs and larvae of Japanese Pacific walleye pollock *Theragra chalcogramma* using particle-tracking experiments based on a high-resolution ocean model, **Fisheries Science**, 80 (2014), 127-138.
- *Nagano, A., K. Uehara, T. Suga, Y. Kawai, H. Ichikawa, M. F. Cronin: Origin of near-surface high-salinity water observed in the Kuroshio Extension region, **J. Oceanography**, 70 (2014), 389-403.
- *Oka E., K. Uehara, T. Nakano, T. Suga, D. Yanagimoto, S. Kouketsu, S. Ito, S. Katsura, L. D. Talley: Synoptic observation of Central Mode Water in its formation region in spring 2003, **J. Oceanography**, 70 (2014), 521-534.
- ©*Sasaki, H., P. Klein, B. Qiu, Y. Sasai: Impact of oceanic scale-interactions on the seasonal modulation of ocean dynamics by the atmosphere, **Nature Communications**, 5 (2014).
- ©*Taguchi, B., N. Schneider: Origin of Decadal-Scale, Eastward-Propagating Heat Content Anomalies in the North Pacific, **J. Climate**, 27 (2014), 7568-7586.
- *Uehara, H., A. A. Kruts, H. Mitsudera, T. Nakamura, Y. N. Volkov, M. Wakatsuchi: Remotely propagating salinity anomaly varies the source of North Pacific ventilation, **Progress in Oceanography**, 126 (2014), 80-97.
- ©*Watanabe, M., Y. Kamae, M. Kimoto: Robust increase of the equatorial Pacific rainfall and its variability in a warmed climate, **Geophysical Research Letters**, 41 (2014), 3227-3232.
- *[†]Aoki, K., S. Minobe, Y. Tanimoto, Y. Sasai: Southward eddy heat transport occurring along southern flanks of the Kuroshio Extension and the Gulf Stream in a 1/10° global Ocean General Circulation Model, **J. Physical Oceanography**, 43 (2013), 1899-1910.
- *Enomoto, T., T. Miyoshi, Q. Moteki, J. Inoue, M. Hattori, A. Kuwano-Yoshida, N. Komori, S. Yamane: Observing-system research and ensemble data assimilation at JAMSTEC, *Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic & Hydrologic Applications*, II (2013), 509-526.
- Iizuka, S., M. Shiota, *R. Kawamura, H. Hatsushika: Influence of the monsoon variability and sea surface temperature front on the explosive cyclone activity in the vicinity of Japan during northern winter, **SOLA**, 9 (2013), 1-4.
- *Kubokawa, A.: Linear Response of a Ventilated Thermocline to Periodic Wind Forcing, **J. Physical Oceanography**, 43 (2013), 1811-1820.
- *Nagano, A., K. Ichikawa, H. Ichikawa, M. Konda, K. Murakami: Volume transports proceeding to the Kuroshio Extension region and recirculating in the Shikoku Basin, **J. Oceanography**, 69 (2013), 285-293.
- *Nakano, H., H. Tsujino, K. Sakamoto: Tracer transport in cold-core rings pinched off from the Kuroshio Extension in an eddy-resolving ocean general circulation model, **J. Geophysical Research**, 118 (2013), 5461-5488.

- *Sasaki, H., B. Taguchi, N. Komori, Y. Masumoto: Influence of local dynamical air-sea feedback process on the Hawaiian Lee Countercurrent, **J. Climate**, 26 (2013), 7267-7279.
- *Tomita, H., S.-P. Xie, H. Tokinaga, Y. Kawai: Cloud Response to the Meandering Kuroshio Extension Front, **J. Climate**, 26 (2013), 9393-9397.
- *Tomita, T., T. Yamaura, Y. Kuwazuru: Decadal-scale modulation of atmospheric circulation change at the onset of the western North Pacific summer monsoon, **Scientific Online Letters on Atmosphere**, 9 (2013), 161-165.
- *Tsujino, H., S. Nishikawa, K. Sakamoto, N. Utsui, H. Nakano, G. Yamanaka: Effects of large scale wind on Kuroshio path south of Japan in a 60-year historical OGCM simulation, **Climate Dynamics**, 40 (2013), 1-40.
- *Utsui, N., H. Tsujino, H. Nakano, S. Masumoto: Long-term variability of the Kuroshio path south of Japan, **J. Oceanography**, 69 (2013), 647-670.
- *Watanabe, M., H. Shiogama, Y. Imada, M. Mori, M. Ishii, M. Kimoto: Event attribution of the August 2010 Russian heat wave, **SOLA**, 9 (2013), 64-67.
- *Iizuka, S., K. Dairaku, W. Sasaki, N.N. Ishizaki, S.A. Adachi, H. Kusaka, I. Takayabu: Assessment of ocean surface winds and tropical cyclones around Japan by RCMs, **J. Meteorological Society Japan**, 90B (2012), 91-102.
- *Kawamoto, K., K. Suzuki: Microphysical transition in water clouds over the Amazon and China derived from space-borne radar and radiometer data, **J. Geophysical Research**, 117 (2012), D05212.
- *Kobashi, F., S.-P. Xie: Interannual variability of the North Pacific Subtropical Countercurrent: Role of local ocean-atmosphere interaction, **J. Oceanography**, 68 (2012), 113-126.
- *Kobashi, F., A. Kubokawa: Review on north Pacific subtropical countercurrents and subtropical fronts: Role of mode waters in ocean circulation and climate, **J. Oceanography**, 68 (2012), 21-43.
- *Nagano, A., H. Ichikawa, Y. Yoshikawa, S. Kizu, K. Hanawa: Variation of the southward interior flow of the North Pacific subtropical gyre, as revealed by a repeat hydrographic survey, **J. Oceanography**, 68 (2012), 361-368.
- *Nonaka, M., H. Sasaki, B. Taguchi, H. Nakamura: Potential predictability of interannual variability in the Kuroshio Extension jet speed in an eddy-resolving OGCM, **J. Climate**, 25 (2012), 3645-3652.
- *Nonaka, M., S.-P. Xie, H. Sasaki: Interannual variations in low potential vorticity water and the subtropical countercurrent in an eddy-resolving OGCM, **J. Oceanography**, 68 (2012), 139-150.
- *Oka, E., B. Qiu: Progress of North Pacific mode water research in the past decade, **J. Oceanography**, 68 (2012), 5-20.
- *Oka, E., B. Qiu, S. Kouketsu, K. Uehara, T. Suga: Decadal seesaw of the Central and Subtropical Mode Water formation associated with the Kuroshio Extension variability, **J. Oceanography**, 68 (2012), 355-360.
- *Sasai, Y., K.J. Richards, A. Ishida, H. Sasaki: Spatial and temporal variability of the chlorophyll distribution in the Northeastern Tropical Pacific: The impact of physical processes on seasonal and interannual time scales, **J. Marine Systems**, 96-97 (2012), 24-31.
- *Sasaki, H., S.-P. Xie, B. Taguchi, M. Nonaka, S. Hosoda, Y. Masumoto: Interannual variations of the Hawaiian Lee Countercurrent induced by low potential vorticity water ventilation in the subsurface, **J. Oceanography**, 68 (2012), 93-111.
- *Sasaki, H., P. Klein: SSH wavenumber spectra in the North Pacific from a high-resolution realistic simulation, **J. Physical Oceanography**, 42 (2012), 1233-1241.
- *Taguchi, B., R. Furue, N. Komori, A. Kuwano-Yoshida, 他 3 名: Deep oceanic zonal jets constrained by fine-scale wind stress curls in the South Pacific Ocean: A high-resolution coupled GCM study, **Geophysical Research Letters**, 39 (2012), L08602.
- *Taguchi, B., H. Nakamura, M. Nonaka, N. Komori, A. Kuwano-Yoshida, K. Takaya, A. Goto: Seasonal evolutions of atmospheric response to decadal SST anomalies in the North Pacific subarctic frontal zone: Observations and a coupled model simulation, **J. Climate**, 25 (2012), 111-139.
- *Iwasaki, T., C. Kodama: How does the vertical profile of baroclinicity affect the wave instability? **J. Atmospheric Sciences**, 68 (2011), 863-877.
- *Iwabuchi, H., P. Yang: Temperature-dependence of ice optical constants: Implications for simulating the single-scattering properties of cold ice clouds, **J. Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer**, 112 (2011), 2520-2525.
- *Kawamoto, K., T. Hayasaka: Cloud and aerosol contributions to variation in shortwave surface irradiance over East Asia in July during 2001 and 2007, **J. Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer**, 112 (2011), 329-337.
- *Nakano, H., H. Tsujino, M. Hirabara, T. Yasuda, T. Motoi, M. Ishii, G. Yamanaka: Uptake mechanism of anthropogenic CO₂ in the Kuroshio Extension region in an ocean general circulation model, **J. Oceanography**, 67 (2011), 765-783.
- *Tanimoto, Y., T. Kanenari, H. Tokinaga, S.-P. Xie: Sea level pressure minimum along the Kuroshio and its extension, **J. Climate**, 24 (2011), 4419-4434.
- *Tomita, T., T. Yamaura, T. Hashimoto: Interannual variability of the Baiu season near Japan evaluated from the equivalent potential temperature, **J. Meteorological Society of Japan**, 89 (2011), 517-537.
- *Tomita, H., S. Kouketsu, E. Oka, M. Kubota: Locally enhanced wintertime air-sea interaction and deep oceanic mixed layer formation associated with the subarctic front in the North Pacific, **Geophysical Research Letters**, 38 (2011), L24607.
- *Tsujino, H., M. Hirabara, H. Nakano, T. Yasuda, T. Motoi, G. Yamanaka: Simulating present climate of the global ocean-ice system using the Meteorological Research Institute Community Ocean Model (MRI.COM): simulation characteristics and variability in the Pacific sector, **J. Oceanography**, 67 (2011), 449-479.
- *Utsui, N., H. Tsujino, H. Nakano, Y. Fujii, M. Kamachi: Decay mechanism of the 2004/05 Kuroshio large meander, **J. Geophysical Research**, 116 (2011), C10010.
- *Eguchi, N., K. Kodera: Impacts of stratospheric sudden warming event on tropical clouds and moisture fields in the TTL: A case study, **Scientific Online Letters on Atmosphere**, 6 (2010), 137-140.
- *Hosoda, S., T. Ohira, K. Sato, T. Suga: Improved description of global mixed-layer depth using Argo profiling floats, **J. Oceanography**, 66 (2010), 773-787.
- *Okamoto, H., K. Sato, Y. Hagihara: Global analysis of ice microphysics from CloudSat and CALIPSO: incorporation of specular reflection in lidar signals, **J. Geophysical Research**, 115 (2010), D22209.
- *Tomita, T., M. Nonaka, T. Yamaura: Interannual variability in the subseasonal northward excursion of the Baiu front. **International J. Climatology**, 30 (2010), 2205-2216.
- 【A02 公募研究】**
- Nishida, T., T. Waseda: The impact of the winter monsoon on marine surface-layer turbulence, **Boundary-Layer Meteorology**, (2015), in press.
- *Koike, M., N. Moteki, P. Khatri, T. Takamura, N. Takegawa, Y. Kondo, H. Hashioka, H. Matsui, A. Shimizu, and N. Sugimoto: Case study of absorption aerosol optical depth closure of black carbon over the East China Sea, **J. Geophysical Research**, 119 (2014), 122-136.
- ©*Tozuka, T., M. F. Cronin: Role of mixed layer depth in surface frontogenesis: The Agulhas Return Current front, **Geophysical Research Letters**, 41 (2014), 2447-2453.

- *Waseda, T., M. Sinchi, K. Kiyomatsu, T. Nishida, S. Takahashi, S. Asaumi, Y. Kawai, H. Tamura, and Y. Miyazawa: Deep water observations of extreme waves with moored and free GPS buoys, **Ocean Dynamics**, 64 (2014), 1269-1280.
- *Koike, M., N. Takegawa, N. Moteki, Y. Kondo, H. Nakamura, K. Kita, H. Matsui, N. Oshima, M. Kajino, T. Y. Nakajima: Measurements of regional-scale aerosol impacts on cloud microphysics over the East China Sea: Possible influences of warm sea surface temperature over the Kuroshio ocean current, **J. Geophysical Research**, 117 (2012), D17205.
- *Sugimoto, S., K. Hanawa: Relationship between the path of the Kuroshio in the south of Japan and the path of the Kuroshio Extension in the east, **J. Oceanography**, 68 (2012), 219-225
- *Sugimoto, S., K. Hanawa, T. Yasuda, and G. Yamanaka: Low-frequency variations of the Eastern Subtropical Front in the North Pacific in an eddy-resolving ocean general circulation model: Roles of central mode water in the formation and maintenance, **J. Oceanography**, 68 (2012), 521-531
- *Sugimoto, S., K. Hanawa: Roles of SST anomalies on the wintertime turbulent heat fluxes in the Kuroshio-Oyashio Confluence Region: Influences of warm eddies detached from the Kuroshio Extension, **J. Climate**, 24 (2011), 6551-6561
- *Sugimoto, S., K. Hanawa: Quasi-decadal modulations of NPIW area in the cross section along the 137°E meridian: Impact of the Aleutian Low activity, **J. Oceanography**, 67 (2011), 519-531
- 【A03 計画研究】**
- *Aoki, S., G. Mizuta, H. Sasaki, Y. Sasai, S. R. Rintoul, N. L. Bindoff: Atlantic-Pacific asymmetry of subsurface temperature change and frontal response of the Antarctic Circumpolar Current for the recent three decades, **J. Oceanography**, 71 (2015), in press
- ◎*Murazaki, K., H. Tsujino, T. Motoi, K. Kurihara: Influence of the Kuroshio large meander on the climate around Japan based on a regional climate model, **J. Meteorological Society of Japan**, 93 (2015), in press
- *Sasaki, Y. N., S. Minobe: Climatological mean features and interannual to decadal variability of ring formations in the Kuroshio Extension region, **J. Oceanography**, 71 (2015), in press
- *Inatsu, M., N. Nakano, S. Kusuoka, H. Mukougawa: Predictability of wintertime stratospheric circulation examined by non-stationary fluctuation dissipation relation, **J. Atmospheric Science**, 72 (2015), 774-786
- ◎*Minobe, S., S. Takebayashi: Diurnal precipitation and high cloud frequency variability over the Gulf Stream and over the Kuroshio, **Climate Dynamics**, 44 (2015), 2079-2095
- ◎Nakamura, T., K. Yamazaki, K. Iwamoto, M. Honda, J. Ukita, Y. Miyoshi, Y. Ogawa: A negative phase shift of the winter AO/NAO due to the recent Arctic sea-ice reduction in late autumn, **J. Geophysical Research**, 120 (2015), 3209-3227
- ◎*Nakanowatari, T., H. Mitsudera, T. Motoi, I. Ishikawa, K. I. Ohshima, M. Wakatsuchi: Multidecadal-scale freshening at the salinity minimum in the western part of North Pacific: Importance of wind-driven cross-gyre transport of subarctic water to subtropical gyre, **J. Physical Oceanography**, 45 (2015), 988-1008
- *Nakanowatari, T., T. Nakamura, K. Uchimoto, H. Uehara, H. Mitsudera, K. I. Ohshima, H. Hasumi, M. Wakatsuchi: Causes of the multidecadal-scale warming of the intermediate water in the Okhotsk Sea and western subarctic North Pacific, **J. Climate**, 28 (2015), 714-735
- *Nishii, K., H. Nakamura, Y. J. Orsolini: Arctic summer storm track in CMIP3/5 climate models, **Climate Dynamics**, 44 (2015), 1311-1327
- *Kuwano-Yoshida, A.: Using the local deepening rate to indicate extratropical cyclone activity, **Scientific Online Letters on Atmosphere**, 10 (2014), 199-203
- ◎*Miyasaka, T., H. Nakamura, B. Taguchi, and M. Nonaka: Multidecadal modulations of the low-frequency climate variability in the wintertime North Pacific since 1950, **Geophysical Research Letters**, 41 (2014), 2948-2955
- *Nakamura, T., Y. Takeuchi, K. Uchimoto, H. Mitsudera, and M. Wakatsuchi: Effects of temporal variation in tide-induced vertical mixing in the Kuril Straits on the thermohaline circulation originating in the Okhotsk Sea, **Progress in Oceanography**, 126 (2014), 135-145
- *Ohshima, K. I., T. Nakanowatari, S. Riser, Y. Volkov, and M. Wakatsuchi: Freshening and dense shelf water reduction in the Okhotsk Sea linked with sea ice decline, **Progress in Oceanography**, 126 (2014), 71-79
- *Sasaki, Y. N., S. Minobe, Y. Miura: Decadal sea level variability along the coast of Japan in response to ocean circulation changes, **J. Geophysical Research: Oceans**, 119 (2014), 1-10
- *Aoki, S., Y. Kitade, K. Shimada, K. I. Ohshima, T. Tamura, C.C. Bajish, M. Moteki, and S.R. Rintoul: Widespread freshening in the seasonal ice zone near 140°E off the Adelie Land Coast, Antarctica, from 1994 to 2012, **J. Geophysical Research: Oceans**: 118 (2013), 6046-6063
- *Inatsu, M., N. Nakano, H. Mukougawa: Dynamics and practical predictability of extratropical wintertime low-frequency variability in a low-dimensional system, **J. Atmospheric Sciences**, 70 (2013), 939-952
- *Inatsu, M., S. Amada: Dynamics and geometry of extratropical cyclones in the upper troposphere by using a neighbor enclosed area tracking algorithm, **J. Climate**, 26 (2013), 8641-8653
- *Kimura, N., A. Nishimura, Y. Tanaka and H. Yamaguchi: Influence of winter sea ice motion on summer ice cover in the Arctic, **Polar Research**, 32 (2013), 20193
- *Kuwano-Yoshida, A., T. Enomoto: Predictability of explosive cyclogenesis over the northwestern Pacific region using ensemble reanalysis, **Monthly Weather Review**, 141 (2013), 3769-3785
- *Kuwano-Yoshida, A., B. Taguchi, S.-P. Xie: Baiu rainband termination in atmospheric and atmosphere-ocean models, **J. Climate**, 26 (2013), 10111-10124
- *Sampe, T., H. Nakamura, A. Goto: Potential influence of a midlatitude oceanic frontal zone on the annular variability in the extratropical atmosphere as revealed by aqua-planet experiments, **J. Meteorological Society of Japan**, 91A (2013), 243-267
- *Takaya, K., H. Nakamura: Interannual variability of the East Asian winter monsoon and related modulations of the planetary waves, **J. Climate**, 26 (2013), 9445-9461
- *Inatsu, M., K. Terakura: Wintertime extratropical cyclone frequency around Japan, **Climate Dynamics**, 38 (2012), 2307-2317
- *Inatsu, M., Y. Satake, M. Kimoto, N. Yasutomi: GCM bias of the Western Pacific summer monsoon and its correction by two-way nesting system, **J. Meteorological Society of Japan**, 90B (2012), 1-10
- *Miyama, T., M. Nonaka, H. Nakamura, A. Kuwano-Yoshida: A striking early-summer event of a convective rainband persistent along the warm Kuroshio in the East China Sea, **Tellus A**, 64 (2012), 18962
- *Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, S. Yukimoto, 他 8名: Climate simulations using MRI- AGCM3.2 with 20-km grid, **J. Meteorological Society of Japan**, 90A (2012), 233-258
- *Mizuta, R.: Intensification of extratropical cyclones associated with the polar jet change in the CMIP5 global warming projections, **Geophysical Research Letter**, 39 (2012), L19707
- *Na, H., K.-Y. Kim, K.-I. Chang, J. J. Park, K. Kim, S. Minobe: Decadal variability of the upper ocean heat content in the East/Japan Sea and its possible relationship to northwestern Pacific variability, **J. Geophysical Research**, 117 (2012), C02017

- *Nakamura, T., J. P. Matthews, T. Awaji, and H. Mitsudera: Submeso-scale eddies near the Kuril Straits: Asymmetric generation of clockwise and counterclockwise eddies by barotropic tidal flow, **J. Geophysical Research**, 117 (2012), C12014
- *Nakamura, H.: Future oceans under pressure, **Nature Geoscience**, 5 (2012), 768-769
- *Nishii, K., T. Miyasaka, H. Nakamura, Y. Kosaka, S. Yokoi, Y. N. Takayabu, H. Endo, H. Ichikawa, T. Inoue, K. Oshima, N. Sato, Y. Tsushima: Relationship of the reproducibility of multiple variables among global climate models, **J. Meteorological Society of Japan**, 90A(2012), 87-100.
- *Sasaki, Y. N., S. Minobe, T. Asai, M. Inatsu: Influence of the Kuroshio in the East China Sea on the early summer (Baiu) rain, **J. Climate**, 25 (2012), 6627-6645.
- *Yukimoto, S., Y. Adachi, M. Hosaka, T. Sakami, 他 13 名: A new global climate model of the Meteorological Research Institute: MRI-CGCM3 –Model description and basic performance–, **J. Meteorological Society of Japan**, 90A (2012), 23-64.
- *Kimura, N., M. Wakatsuchi: Large-scale processes governing the seasonal variability of the Antarctic sea ice, **Tellus A**, 63 (2011), 828-840.
- *Kosaka, Y., S.-P. Xie, H. Nakamura: Dynamics of interannual variability in summer precipitation over East Asia, **J. Climate**, 24 (2011), 5435-5453.
- *Kosaka, Y., H. Nakamura: Dominant mode of climate variability, inter-model diversity and projected future changes over the summertime western North Pacific simulated in the CMIP3 models, **J. Climate**, 24 (2011), 3935-3955.
- *Mitsudera, H., K. Uchimoto, T. Nakamura: Rotating stratified barotropic flow over topography: Mechanisms of the cold belt formation off the Soya Warm Current along the northeastern coast of Hokkaido, **J. Physical Oceanography**, 41 (2011), 2120-2136.
- *Mizuta, R., M. Matsueda, H. Endo, S. Yukimoto: Future change in extratropical cyclones associated with change in the upper troposphere, **J. Climate**, 24 (2011), 6456-6470.
- *Nishii, K., H. Nakamura, Y. J. Orsolini: Geographical dependence observed in blocking high influence on the stratospheric variability through enhancement or suppression of upward planetary-wave propagation, **J. Climate**, 24 (2011), 6408-6423.
- *Sasaki, Y. N., N. Schneider: Decadal shifts of the Kuroshio Extension jet: Application of thin-jet theory, **J. Physical Oceanography**, 41 (2011), 979-993.
- *Sasaki, Y. N., N. Schneider: Interannual to decadal Gulf Stream variability in an eddy-resolving ocean model, **Ocean Modelling**, 39 (2011), 209-219.
- *Kosaka, Y., H. Nakamura: Mechanisms of meridional teleconnection observed between a summer monsoon system and a subtropical anticyclone. Part II: A global survey, **J. Climate**, 23 (2010), 5109-5125.
- *Kosaka, Y., H. Nakamura: Mechanisms of meridional teleconnection observed between a summer monsoon system and a subtropical anticyclone. Part I: The Pacific-Japan pattern, **J. Climate**, 23 (2010), 5085-5108.
- *Kuwano-Yoshida, A., S. Minobe, S.-P. Xie: Precipitation response to the Gulf Stream in an atmospheric GCM, **J. Climate**, 23 (2010), 3676-3698.
- *Kuwano-Yoshida, A., T. Enomoto, W. Ohfuchi: An improved PDF cloud scheme for climate simulations, **Quarterly J. Royal Meteorological Society**, 136 (2010), 1583-1597.
- *Minobe, S., M. Miyashita, A. Kuwano-Yoshida, H. Tokinaga, S.-P. Xie: Atmospheric response to the Gulf Stream: Seasonal variations, **J. Climate**, 23 (2010), 3699-3719.
- *Nakanowatari T., K. I. Ohshima: What determines the maximum sea ice extent in the Sea of Okhotsk? Importance of ocean thermal condition from the Pacific, **J. Geophysical Research**, 115 (2010), C12031.
- *Nakamura, H., T. Miyasaka, Y. Kosaka, K. Takaya, M. Honda: Northern Hemisphere extratropical tropospheric planetary waves and their low-frequency variability: Their vertical structure and interaction with transient eddies and surface thermal contrasts, **AGU Geophysical Monograph** (American Geophysical Union), 189 (2010), 149-179.
- *Nishii, K., H. Nakamura, Y. J. Orsolini: Cooling of the wintertime Arctic stratosphere induced by the Western Pacific teleconnection pattern, **Geophysical Research Letters**, 30 (2010), L13805.
- *Ohshima K. I., T. Nakanowatari, S. Riser, M. Wakatsuchi: Seasonal variation in the in- and outflow of the Okhotsk Sea with the North Pacific, **Deep-Sea Research II**, 57 (2010), 1247-1256.

【A03 公募研究】

- *Sugimoto, S., N. Hirose: Variations in Latent Heat Flux over the Eastern Japan Sea in December, **Scientific Online Letters on Atmosphere**, 10 (2014), 1-4
- *Sugimoto, S., K. Hanawa: Influence of Kuroshio path variation south of Japan on formation of subtropical mode water, **J. Physical Oceanography**, 44 (2014), 1065-1077
- ◎Sugimoto, S.: Influence of SST anomalies on winter turbulent heat fluxes in the eastern Kuroshio-Oyashio Confluence region, **J. Climate**, 27 (2014), 9349-9358
- *Sugimoto, S., N. Kobayashi, K. Hanawa: Quasi-decadal variation in intensity of the western part of the winter subarctic SST front in the western North Pacific: The influence of Kuroshio Extension path state, **J. Physical Oceanography**, 44 (2014), 2751-2760
- *Sato, T., S. Sugimoto: A numerical experiment on the influence of the interannual variation of sea surface temperature on terrestrial precipitation in northern Japan during the cold season, **Water Resources Research**, 49 (2013), 7763-7777
- ※この他、査読のない論文・解説・総説が 92 編出版されている(詳細は領域HPを参照のこと)。

II. 書籍 以下の英文書籍 10 編を含め、計 36 編の主著・共著を発表した。

- Nakamura, H., K. Nishii, L. Wang, Y. J. Orsolini, K. Takaya: Cold-air outbreaks over East Asia associated with blocking highs: Mechanisms and their interaction with the polar stratosphere (第 21 章 Predictability of Large-Scale, High-Impact Weather and Climate Events), Cambridge University Press (2015), in press.
- Minobe, S., B. Qiu, M. Nonaka, and H. Nakamura: Climate Changes: Multidecadal and Beyond, World Scientific (2015), 410pp.
- Matsuura, T., R. Kawamura, and S. Iizuka: Climate Change and Environment (第 1 章 Impact of Deforestation in Indochina on Pacific-Indian Tropical Areas Simulated in CGCM), Scientific Publishers (2013), 286pp.
- Enomoto, T., T. Miyoshi, Q. Moteki, J. Inoue, M. Hattori, A. Kuwano-Yoshida, N. Komori, S. Yamane: Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic and Hydrologic Applications Vol. II (第 21 章 Observing-system research and ensemble data assimilation at JAMSTEC), Springer (2013), 730pp.
- Onishi, T., H. Mitsudera, K. Uchimoto: **Global Environmental Studies Part 3, The Dilemma of Boundaries** (第 9 章 Numerical Simulation of Dissolved Iron Production and Transport in the Amur River and the Sea of Okhotsk), Springer (2012), 275pp.
- Wada, A. I. Yucel: Atmospheric Model Applications (第 3 章 Numerical study on the effect of the ocean on tropical-cyclone intensity and structural change), In Tech (2012), 306pp.
- Hayasaka, T., and K. Nakamura, E. Im (eds.): Remote Sensing of the Atmosphere, Clouds, and Precipitation IV, Proceedings of SPIE, The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (2012), 318pp.
- Iizuka, S., and T. Matsuura: Cyclones: Formation, Triggers and Control (第 2 章 Analysis of tropical cyclone activity in the southern

hemisphere using observation and CGCM simulation), Nova Science Publisher Inc. (2012), 284pp.
 Omori, K., X. Guo, N. Fujii, I. C. Handoh, A. Isobe, S. Tanabe: Modeling and analysis of marine environmental problems, TERRAPUB (2011), 278pp.
 Nakamura, H., T. Miyasaka, Y. Kosaka, K. Takaya, M. Honda: Climate Dynamics: Why Does Climate Vary? (Chap. 6 Northern Hemisphere tropospheric planetary waves and their low-frequency variability: Their vertical structure and interaction with transient eddies and surface thermal contrasts), American Geophysical Union (2010), 216pp.

III. 国際会議・学会招待講演

国際会議・学会における領域構成員による基調講演・招待講演は計 113 件に昇る。そのうち、計画研究・公募研究代表によるものが計 51 件で、内訳は中村(尚)21 件、見延 11 件、野中・三寺各 4 件、相木 3 件、川村 2 件、立花・川村・川合各 1 件である。研究分担者によるものは計 56 件で、内訳は渡部 19 件、浮田 7 件、田口 5 件、伊藤 4 件、佐々木(英) 3 件、須賀 2 件、郭・児玉・木田・石坂・稲津各 2 件、広瀬・中村(啓)・万田・佐々木(克)・中村(知)・木村 1 件である。加えて、連携研究者によるものが計 5 件(榎本・小坂各 2 件、岡本 1 件)と、大学院生(小川)によるものも 1 件あった。詳細は領域 HP を参照のこと。

IV. 国内の学会・研究会招待講演

領域内部の会合を除き、国内の学会・研究会における領域構成員による招待講演は計 70 件に昇る。そのうち、計画研究・公募研究代表によるものが計 30 件で、内訳は、立花 7 件、中村(尚)5 件、野中・見延・三寺・小池各 3 件、相木 2 件、早坂・杉本・脇田・和田各 1 件である。研究分担者によるものは計 33 件で、内訳は、高谷・中村(知)各 5 件、児玉・茂木各 4 件、久保川・谷本・渡部各 2 件、伊藤・佐々木(英)・佐々木(克)・青木(茂)・田口・石坂・稲津各 2 件、広瀬・中村(啓)・佐藤(尚)・伊藤・細田・吉田・佐々木(克)・青木(茂)・田口・木村 1 件である。加えて、連携研究者によるものも計 7 件(碓井・西井各 2 件、榎本・岡本・辻野各 1 件)あった。詳細は領域 HP を参照のこと。

V. 国際シンポジウム・会議・研究集会・セッション主催・共催(40 件)

1. 中村尚, 野中正見, 田口文明: The role of salinity in Indo-Pacific ocean and climate (in JpGU Meeting 2015), 2015 年 5 月, 幕張メッセ(千葉), 約 30 名
2. 見延庄士郎: "Regional models for predictions of climate change impacts: methods, uncertainties and challenges" in 3rd international symposium Effects of Climate Change on the World's Oceans, 2015 年 3 月, Mendez Plaza Hotel, Santos, Brazil, 約 30 名
3. 見延庄士郎: "Upwelling Systems Under Future Climate Change" in Third international symposium Effects of Climate Change on the World's Oceans, 2015 年 3 月, Mendez Plaza Hotel, Santos City, Brazil, 参加約 100 名
4. 中村尚: Town Hall meeting "The Hotspot project: What can we learn and what's next?" in The 95th American Meteorological Society Annual Meeting, January 2015, Phoenix (USA). 参加約 40 名
5. 三寺史夫: The East Asian Marginal Seas as a Linkage Between the Land and the Pacific Ocean I: Physical Processes. AOGS 11th Annual Meeting, 2014 年 8 月, Royton Sapporo Hotel, Japan, 約 50 名
6. 中村尚, 見延庄士郎, 谷本陽一: 2014 Hot Spot Workshop, Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 2014 年 7 月, 約 78 名
7. 見延庄士郎: "Mechanisms of change: processes behind climate variability in the North Pacific" in 2014 PICES FUTURE Open Science Meeting, 2014 年 4 月, Hapuna Beach Prince Hotel, Kahala Coast, Hawaii (USA), 約 50 名
8. 見延庄士郎: Identifying mechanisms linking physical climate and ecosystem change: Observed indices, hypothesized processes, and "datadreams" for the future. PIPICES013, October 2013, Vancouver Island Conference Centre, Nanaimo (Canada)
9. 三寺史夫: Atmosphere-ice-ocean interaction in the Sea of Okhotsk and the Arctic Region, the 28th international symposium on the Okhotsk Sea and sea ice, 2013 年 2 月, Mombetsu City Center (Japan), 約 30 名
10. 中村尚: Stratosphere-troposphere-hydrosphere-cryosphere coupling in weather and climate including Sun-Earth connection processes, IAMAS-IACS Joint Assembly (DACA-13), Jul. 2013, Davos (Switzerland).
11. 中村尚: Advances in Atmospheric Dynamics, and Mountain Weather and Climate, IAMAS-IACS Joint Assembly (DACA-13), Jul. 2013, Davos (Switzerland).
12. 早坂忠裕: SPIE Asia-Pacific Remote Sensing Conference (Session AE101, Remote Sensing of the Atmosphere, Clouds, and Precipitation IV), 29 October - 1 November 2012, Kyoto, 参加者約 380 名(発表 73 件)
13. 見延庄士郎, 須賀利雄: Challenges in understanding Northern Hemisphere ocean climate variability and change. PICES 2012, October 2012, International Conference Center, Hiroshima
14. 中村尚: ICDM Workshop on "Dynamics and Predictability of High-impact Weather and Climate Events", August 2012, Kunming (China).
15. 早坂忠裕: International Radiation Symposium 2012 (Session 7, Surface Measurements), 6-10 August 2012, Berlin (Germany), 参加者約 500 名(発表 54 件)
16. 中村尚, 見延庄士郎, 川村隆一, 野中正見: Frontiers of Atmospheric Science: Extratropical air-sea interaction and Earth climate. Japan Geoscience Union Meeting 2012, May 23 2012, Makuhari Messe (Chiba), 参加約 100 名
17. 和田章義: Typhoon-Ocean Interaction in the Western North Pacific Ocean and Neighbouring Seas. Japan Geoscience Union Meeting 2012, May 2012, Makuhari Messe (Chiba), 参加数 40 名
18. 吉江直樹: 2nd ICES/PICES Conference for Early Career Scientists "Oceans of Change", April 2012, Majorca (Spain), 参加 130 名
19. 中村尚, 見延庄士郎: Air-Sea Interactions in Western Boundary Current Systems and Marginal Seas. Ocean Science Meeting 2012, February 23 2012, Salt Palace Convention Center, Salt Lake City (USA)
20. 中村尚: Advances in Atmospheric Dynamics, XXV IUGG General Assembly, 26-27 Jun. 2011, Melbourne (Australia), 参加約 200 名(発表 52 件).
21. 三寺史夫: Nutrients, biogeochemistry and acidification in a changing climate, ESSAS 2011 Open Science Meeting, May 2011, Seattle (USA) 約 30 名
22. 中村尚: Wallace Symposium, 26-27 Sep. 2010, Seattle (USA), 参加約 200 名(発表 18 件).
23. 佐々木英治: Workshop on Perspectives in Computational Climate Science and 7th OFES International Workshop, 2014 年 10 月, Aizu University (Fukushima), 約 35 名
24. 佐々木克徳: Ocean Circulation Variability and Associated Sea Level Changes in the Mid-latitude Pacific Ocean, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting, 2014 年 7 月, Sapporo, 約 50 名
25. 田口文明: WGOMD Workshop on High Resolution Ocean Climate Modeling, 2014 年 4 月, Kiel (Germany), 約 55 名
26. 佐々木英治: 6th OFES International Workshop and 3rd ESC-IPRC Joint Workshop on Computationally-Intensive Modeling of the Climate System, 2013 年 12 月, East-West Center, Honolulu (USA), 参加者: 約 30 名

27. 谷本 陽一: Renhe Zhang, Hong, Jinkyu: Atmosphere-Ocean-Land Interaction, Sixth China-Korea-Japan Joint Conference, October 23-25, 2013, Nanjing (China), 参加約 140 人。
28. 河本和明: The 3rd International Symposium on Atmospheric Light Scattering and Remote Sensing, Nagoya, Jul.-Aug. 2013.
29. 榎本 剛, 小守信正: AICS International Workshop on Data Assimilation. February 2013, RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS), Kobe
30. 美山 透: IPRC discussion, Case studies of precipitation/cloud formation over the Kuroshio/Kuroshio Extension using the IPRC atmospheric regional model, February 19, 2013, Honolulu, USA, 2013/2/19, 参加者 20 名
31. 佐々木英治: 5th OFES International Workshop: 10-year progress of GCMs for the ES and future strategic perspective, 2013年1月, GODAC, Nago (Okinawa), 参加約 30 名
32. 渡部雅浩: Session AS22 “Climate Model Evaluation and Assessment for IPCC AR5”, AOGS-AGU (WPGM) joint assembly, August 2012, Singapore
33. 田口文明: Pacific Western Boundary Currents and Air-sea Interaction (AOGS – AGU (WPGM) Joint Assembly 2012), August 2012, Singapore
34. 渡部雅浩: 2012 summer ENSO workshop at the University of Hawaii, June 2012, Honolulu (USA)
35. 須賀利雄: 2012 Ocean Science Meeting, February 2012, Salt Lake City(USA) 参加 31 名
36. 広瀬直毅: The 10th Japan-Korea Joint Seminar on Physical Oceanography, January 2012, Kyushu Univ. (Fukuoka), 参加約 60 名
37. 田口文明: Beta-Plane Dynamics: Jets, Eddies, Waves, and Plumes (AGU Fall Meeting 2011), December 2011, San Francisco (USA) 参加約 70 名
38. 須賀利雄: WCRP Open Science Conference, October 2011, Denver (USA) 参加 36 名。
39. 渡部雅浩: Joint Yonsei CTL-AORI-Hanyang-KORDI workshop on climate change and variability, February 2011, Gangwondo (Korea)
40. 青木 茂: Antarctic Sea Ice Production and Dense Water formation -Observation and modeling-, July 2010, CSIRO Hobart (Australia) 参加約 40 名

VI. 国内学会シンポジウム・セッション・研究集会主催・共催

領域内部の会合を除き、国内学会でのシンポジウム・セッションや研究集会の領域構成員による主催・共催は計 52 件に昇る。このうち、課題別WGが日本海洋学会・気象学会の大会で主催したものは 10 件である。詳細は領域HPを参照のこと。

VII. アウトリーチ活動

領域の成果を広く社会に周知・還元するため、アウトリーチ活動も以下の通り積極的に実施した。

【ホームページ】領域ホームページ <http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/hotspot/index.html> を通じ、国内外に成果を発信した。また、研究代表者の殆どが各自のホームページから自身のチームの研究成果・アウトリーチ等を発信した。加えて、領域代表者(中村)は、NHKウェブサイト「そなえる防災」に異常気象に関する解説を3編掲載するなど計 6 件発信した。

【一般向け講演会・セミナー】以下の3件の一般向け講演会を本領域が主催した。特に、「海と大気のはなし」2件の主催には若手研究者連絡会が主体的に関わっている。

1. 一般公開シンポジウム「気候系の Hot Spot」: 2015年3月7日(東京大学駒場第2キャンパス)参加約 60 名
2. 「海と大気のはなし2」: 2015年1月(東北大学片平キャンパス)参加 53 名
3. 「海と大気のはなし」: 2013年12月(岩手大学教育学部)参加 31 名

この他、領域構成員が実施した催しは計 67 件に昇る。内訳は、立花 13 件、中村(尚)・児玉各 8 件、佐藤(友)・茂木・渡部・須賀・佐藤(尚)各 3 件、川合・三寺・根田・伊藤・細田・青木(茂)・高谷各 2 件、川村・野中・見延・吉江・和田・万田・岡・小守・青木(邦)各 1 件である。詳細は領域 HP を参照のこと。

【小・中・高校生向け授業】計 43 件実施した。内訳は立花 24 件、中村(尚)・岡各 4 件、青木(茂) 2 件、見延・三寺・東塚・山本(勝)・万田・茂木・伊藤・榎本・西井各 1 件である。詳細は領域HPを参照のこと。

【サイエンスカフェ】立花、茂木、田口、青木(茂)が各1件、計4件実施した。詳細は領域HPを参照のこと。

【プレスリリース】本領域の成果に関して、以下 3 件の記者発表を実施した。

1. 中村啓彦, 見延庄士郎: 黒潮大蛇行の低気圧と降雪への影響を発見, 2012年9月
2. 万田敦昌, 中村尚, 飯塚聡, 西井和晃: 東シナ海の水温上昇が梅雨期に九州で起こる集中豪雨の発生に影響 — 「九州北部豪雨」の事例と今後の水温暖上昇に伴う将来の見通し—, 2014年7月
3. 岩崎慎介, 磯辺篤彦: 夏季の瀬戸内海上の気温や風は海洋潮汐と同期し、大潮期(満月・新月時)には気温が低く、風が弱くなることを発見! 気象予報の精度向上に期待, 2015年5月

【新聞・雑誌・広報誌掲載】上記プレスリリース関連を含め、異常気象・気候変動に関連して93件を数える。内訳は、中村(尚) 35 件、磯辺 14 件、中村(啓) 12 件、立花 8 件、川村 7 件、児玉 6 件、三寺 3 件、茂木・佐々木(英)各 2 件、細田・佐藤(尚)・佐藤(友)・岡本各 1 件である。詳細は領域HPを参照のこと。

【テレビ・ラジオ出演】上記プレスリリース関連を含め、異常気象・気候変動に関連して59件を数える。内訳は、中村(尚) 36 件、立花 7 件、児玉 5 件、万田 3 件、見延・茂木各 2 件、中村(啓)・細田・脇田・岩崎(慎)各 1 件である。詳細は領域HPを参照のこと。

来の PDV の影響研究の対象が北太平洋の海洋生態系・水産資源や北米の天候に偏る中、日本など極東域の天候への影響に関する研究を、夏季・冬季モンスーン WG とも連携して推進してきた。具体的には、PDV のメカニズムとして提案されている様々な作業仮説を整理して領域 HP 上に公開した。ここで得られた知見は、領域代表者(中村)や計画研究班代表(見延)が米国研究者らと執筆中の PDV レビュー論文にも活かされている。

③夏季・冬季モンスーンWG: 北西太平洋域の気候系 hot spot を特徴付けるアジアモンスーンと海洋との相互作用研究について領域内の連携を強化するため、夏季・冬季各モンスーンを対象とした 2 つの WG を設けた。両 WG は連携して海洋・雪水分野の研究者を取り込みつつ、モンスーン研究の新たな展開を企図した。その第一歩として、夏季 WG が主導して情報交換のための専用メーリングリストを立ち上げ、各領域班・公募研究等で進行中の関連研究の情報集約・共有化を行い、空白の研究テーマを洗い出す作業を実施した。その中で、「秋雨前線」研究の立ち後れが指摘され、海洋との相互作用も含めた研究を推進すべき事を提言した。また、両 WG 合同で 23 年秋と 24 年春の日本気象学会で、スペシャルセッションと専門分科会を夫々主催した。さらに、冬季モンスーンの変動に関わる大気循環変動「WP パターン」に関する研究会を 25 年に主催し、モンスーンとの関連に加え、海洋・海水変動や成層圏循環との関連など、包括的理解と新たな方向性の模索した。

※これら 4WG の活動成果は全て日本気象学会刊行「気象研究ノート」に記載し、コミュニティに公開予定である。

②研究支援: 現場観測と数値モデリング研究を領域全体で推進するため、総括班に以下の支援チームを設けた。

①観測研究支援チーム: A02-6 班(川合代表)を核として総括班に組織され、米国 NOAA やハワイ大学、中国海洋大学等の研究者と連携を取りつつ、集中観測(24・25 年度)や各計画班や公募研究が行う現場観測が効果的に実施できるよう領域内外の協力体制を築くため、総合的計画立案とそれに基づく観測船や物品の手配、航海参加人員の効率的な配置などを、計画研究班・公募研究課題の枠を越えて実施した。そして、24 年 7 月の集中観測では、黒潮続流沿いの強い水温前線を 3 隻の観測船が南北間の距離を保ち、数日間往復横断しつつ 2 時間毎にラジオゾンデ観測を行うという世界初の試みを成功に導き、領域評価者から極めて高い評価を得た。特に、現場観測で得られた大気境界層や下層雲分布の詳細な構造やそれに伴う海面放射エネルギー収支、更には従来知られていなかった水温前線の急激な北上、それに伴うジェットや渦に付随するサブメソスケール(1~50km 規模)の微細構造など、今後高分解能数値モデルによる再現を通じてメカニズムを解明すべき現象について貴重な観測データを取得できた。その成果の一部は、既に J. Oceanography に論文(Kawai et al. 2015)掲載された。更に、25 年 7 月の集中観測では関連プロジェクト(基盤研究 S: 近藤豊代表)との連携で、船舶と航空機との我が国初の同時観測を日本東方海上の下層雲を対象に実現させ、海面水温が「エアロゾル・雲相互作用」に広範な条件下で影響し得ることや雲頂におけるエアロゾルの取り込みを通じた新たな相互作用を示唆する貴重なデータを得た。その他、25 年 4 月には、亜寒帯海洋前線帯に沿って白鳳丸を往復させ、強い水温前線と渦活動が大気境界層に与える影響や水塊(中央モード水)形成の解明に資する貴重なデータを得た他、26 年 2~3 月には、黒潮続流南方での水塊(亜熱帯モード水)形成を対象に現場観測を実施した。その他、科研費基盤研究 A(代表: 見延庄士郎)等との連携を通じ、東シナ海の黒潮が雲・降水系の組織化に果たす役割を対象とした現場観測も実施した。

②モデリング研究支援チーム: リーダーの吉田(総括班分担者)を始め、海洋研究開発機構(旧)地球シミュレータ(ES)センターに属する 6 名により構成され、ES 上の高解像度大気海洋モデル実験を実施し(現場観測データの同化実験も含む)、その膨大な出力データやその検証必要な高解像度の観測データを管理し、研究者に提供するための大規模なデータ集積装置(RAID)とデータサーバの構築と運用・管理を行ってきた。RAID は 22 年度に導入の後(320TB)、24 年度初めに増強を実施した。同時に、実験の実行支援や CPU 時間量、データ保存量の調整を実施し、本領域の予算で確保した ES 資源の効率的な利用を可能とした。一方、集中観測時に得られた貴重な現場観測データの有無がその後の大気場の時間発展に如何なる影響を与えるかの評価は、当支援チームが ES の全球大気モデル(AFES)同化実験を実施した他、公募研究(和田)が高解像度領域大気モデル(気象研)による同化実験も並行して実施し、領域内の研究者へその結果が最近公開され、利用が始まった。

③若手育成: 若手研究者の育成は本領域の重要な目的の 1 つである。そこで、若手研究者連絡会(YHS)を総括班に組織し、東京大と北海道大の若手研究者 2 名(西井・佐々木)をリーダーとして、各計画研究班・公募研究課題相互間で若手研究者・大学院生との緊密な連携を図り、既存の気象学会・海洋学会の垣根を越えて気候系を広い視野で俯瞰できる人材の育成を企図した。その活動内容と成果については 10.にて報告する。

8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）（1ページ程度）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について総括班研究課題の活動状況と併せて記述してください。

前述のように、本課題では総括班内に2つの研究支援チームを組織し、領域内の現場観測研究と数値モデリング研究が円滑に遂行でき、かつ設備等の有効活用が可能となるよう配慮し、研究費の効果的使用に努めた。

①観測研究：観測航海に際して、領域全体で大量に使用する使用するGPSラジオゾンデや海洋観測用のXCTD等の観測消耗品に関しては、「観測研究支援チーム」の主体となるA02-6班で一括購入することにより経費の節減を図った。この際、A02-6班研究代表者(川合)が所属する海洋研究開発機構で単価契約を結ぶことにより単価を抑え、かつ物品を一元管理することで無駄を極力減らすことを可能とした。一方、GPSラジオゾンデ受信機については、A01-1班、A01-2班、A03-7班の各研究代表者が所有する複数の受信機をその都度共用し合うことで、新たな受信機を購入することなく、領域全体の全ての観測航海でのラジオゾンデ観測を効率的に実施することができた。同様に、放射計や雲底観測用のシーロメータに関しても、雲や放射の研究を主に担当するA02-3班が所有していた機器を有効活用することで、新たに購入する測器の数を最小限に抑えることができた。これらの機器に精通した各班のメンバーが観測航海やその準備に参加することで、運用も滞りなく行うことができた。一方、亜寒帯前線域の観測研究に際しては、A02-6班の研究分担者が実施する航海にA03-9班のメンバーが相乗りし、互いに協力し合うことで効果的に研究を推進した。

また、若手研究者連絡会(YHS)と協同して、観測航海で取得した全データを集約し、それに領域関係者限定でアクセスできるデータ共有用のウェブページを作成・運用した。これにより、本領域に参加している研究者なら誰でも観測データを利用できる環境を整えられた。

黒潮続流域に新設した係留ブイに設置する測器や関連する消耗品の購入には多額の経費を要したが、それでも係留ブイの開発・運用を行っている海洋研究開発機構が所有する予備の備品等を活用し、かつ既存のブイと一緒に準備・製作を進めることで、係留ブイにかかる費用を大幅に削減できた。更に、公募研究代表者の早稲田が所有するGPS波浪計をこの係留ブイに設置することで外洋域での波浪の定点連続データを取得することに成功し、公募研究の推進に大きく貢献した。また、公募研究代表者の根田はA02-6班が購入した海洋流速観測用計測機器を共有することで効率的に研究を推進した。

②数値モデリング研究：総括班内に「モデリング研究支援チーム」を組織し(リーダー:吉田聡)、各研究領域で実施するシミュレーション実験設定の調整やモデルチューニング情報の共有を実施し、効率的な研究推進を実現した。そして、地球シミュレータを利用した大気・海洋および大気海洋結合シミュレーションの出力データや同化実験データの保存・解析と領域内共有のために、大規模RAIDシステムを備えた外部公開サーバ・解析サーバ群を海洋研究開発機構内に設置・構築した。まず22年度に260TBのRAIDシステムを備えた解析サーバ1式、次いで24年度には200TBのRAIDシステムを備えた外部公開用サーバ1式をそれぞれ構築・運用した。総構築費用は13,252千円で、総保守費は4,404千円であった。これらのサーバ群に各計画研究班で実施された大量のシミュレーションデータを集約することで、ストレージ資源の効率化と各計画研究班内、複数の計画研究班相互間のデータ共有と研究連携を強化・促進した。

一方、外部公開サーバは、ログインすることなしにネットワーク越しに直接各自の端末でデータを可視化・解析可能なGDSサーバで構築することで、データダウンロードの負担を軽減し、容易なデータアクセスを実現した。この外部公開用サーバは、本課題の研究期間中においては研究領域内のみの限定公開としているが、研究期間終了後は利用者の限定を解除し、本領域研究の成果を広く一般にも公開できるシステムとなっている。

・研究費の使用状況

(1) 主要な物品明細 (計画研究において購入した主要な物品 (設備・備品等。実績報告書の「主要な物品明細書」欄に記載したもの。) について、金額の大きい順に、枠内に収まる範囲で記載してください。)

年度	品名	仕様・性能等	数量	単価 (円)	金額 (円)	設置(使用)研究機関
2 3	酸素センサー付水中グライダー	EdgeTech 社・8242XS	1 式	19,425,000	19,425,000	海洋研究開発機構
2 4	RAID	㈱ニューテック・NSPU3T16SA3U/OP8	1 式	8,400,000	8,400,000	海洋研究開発機構
2 2	雲底高度測定装置 (シーロメータ)	VAISALA 社・CL51	1 台	6,007,417	6,007,417	東京海洋大学
2 4	流速計及び溶存酸素センサー付自動昇降型中層フロート	EM-APEX 社・アンデラ OPTPDE 酸素センサー	1 式	5,355,000	5,355,000	海洋研究開発機構
2 2	大規模海洋モデル解析装置	日本ヒューレットパカード(株)・DL380 G6Xeon-5600	1 式	4,235,469	4,235,469	気象庁気象研究所
2 2	酸素センサー付きプロファイリングフロート	Teledyne Webb Research 社・IRIDIUM-APEX (AANDERAA OPTODE)	1 台	4,095,000	4,095,000	東北大学
2 4	GNSS 受信システム	ニコン・トリンブル社・TrimbleNetR9	1 台	3,675,000	3,675,000	海洋研究開発機構
2 4	サーバー	リアルコンピューティング(株)・RC C-Server Xeon 4way	1 式	2,989,350	2,989,350	北海道大学
2 2	サーバー	Dell(株)・Poweredge710	1 台	2,982,000	2,982,000	三重大学
2 2	RAID	㈱ニューテック・NSPU3T16SA3U/OP8	1 式	2,753,255	2,753,255	北海道大学
2 3	音響切離装置	EdgeTech 社・8242XS	1 台	2,520,000	2,520,000	海洋研究開発機構
2 2	AltixUV100 Blade Computer System	㈱SGI・12core 32GB memory	1 式	2,428,125	2,428,125	北海道大学
2 2	ハイパフォーマンス・コンピュータ	HPC システム(株) HPC5000-XW218R2S-SIP	1 式	2,402,386	2,402,386	愛媛大学
2 3	水中切離装置	日油技研工業・MODEL-LTi	1 台	2,334,150	2,334,150	水産総合研究センター東北区水産研究所
2 4	サーバー	Dell(株)・Poweredg620	1 台	1,932,000	1,932,000	長崎大学
2 2	RAID	システムワークス(株)・Power Master Raid B1842	1 台	1,872,045	1,872,045	三重大学
2 4	RAID	㈱ニューテック・NSPU4T16SA3U/OP8	1 台	1,786,411	1,786,411	海洋研究開発機構
2 3	係留ブイ用ワイヤーケーブル	東京製網・被覆ワイヤーロープ 13mm×700m	1 式	1,785,000	1,785,000	海洋研究開発機構
2 3	係留ブイ用長波放射計	Star engineering 社・ASIMET LWR	1 台	1,785,000	1,785,000	海洋研究開発機構

(2) 計画研究における支出のうち、旅費、人件費・謝金、その他の主要なものについて、年度ごと、費目別に、金額の大きい順に使途、金額、研究上必要な理由等を具体的に記述してください。

【平成22年度】

・旅費

- ① 2010 AGU Fall Meeting(サンフランシスコ・米国)に出席(3名) 980,000円 研究成果発表のため。
- ② PD 研究員雇用のための赴任旅費(フランス→日本) 758,600円 研究推進・若手材育成のため優秀な海外研究員を雇用するため。
- ③ Jet Propulsion Laboratory(パサデナ・米国)にて研究打合わせ(1名) 600,000円 共同研究推進のため。

・人件費・謝金

- ① PD の雇用(5名) 5,787,000円 研究推進・若手材育成のため。
- ② 研究支援員の雇用(3名) 2,338,000円 研究支援・推進のため。
- ③ RA の雇用(3名) 536,200円 若手人材育成・研究推進のため。

・その他

- ① 地球シミュレータ利用料(3機関) 19,847,500円 最先端の数値シミュレーション実施のため。
- ② 投棄式水温塩分計(65本) 2,787,750円 海洋現場観測のため。
- ③ GPS ラジオゾンデ(65個) 1,995,000円 大気現場観測のため。
- ④ 投棄式流速計(5本) 1,181,250円 海洋現場観測のため。
- ⑤ 新学術領域 HP 製作費(日本語版・英語版) 953,400円 研究成果・活動情報の発信と領域内コミュニケーション促進のため。
- ⑥ 論文投稿費(4編) 904,340円 研究成果発表のため。

【平成23年度】

・旅費

- ① 2012 OSM(ソルトレイクシティ・米国)に出席(20名) 5,852,980円 セッション主催・研究成果発表のため。
- ② 新学術領域第1回全体会議(北海道大学・札幌)に出席(16名) 1,540,000円 各計画研究の進捗状況を領域全体で確認し、領域内コミュニケーションを促進するため。
- ③ XXV IUGG General Assembly(メルボルン・オーストラリア)に出席(4名) 998,000円 セッション共催・研究成果発表のため。
- ④ WCRP Open Science Conference(デンバー・米国)に出席(3名) 943,070円 研究成果発表のため。

・人件費・謝金

- ① PD の雇用(7名) 32,583,000円 研究推進・若手材育成のため。
- ② 研究支援員の雇用(2名) 5,550,000円 研究支援・推進のため。
- ③ RA の雇用(6名) 2,575,700円 若手人材育成・研究推進のため。

・その他

- ① 地球シミュレータ利用料(2機関) 14,780,000円 最先端の数値シミュレーション実施のため。
- ② GPS ラジオゾンデ(400個) 9,254,000円 大気現場観測のため。
- ③ 投棄式水温塩分計(104本) 4,729,725円 海洋現場観測のため。
- ④ 論文投稿費(10編) 1,911,775円 研究成果発表のため。
- ⑤ 投棄式流速計(5本) 1,207,500円 海洋現場観測のため。
- ⑥ 計算機使用料(2機関) 1,005,678円 大規模数値シミュレーション実施のため。

【平成24年度】

・旅費

- ① 2012 AGU Fall Meeting(サンフランシスコ・米国)に出席(16名) 4,234,040円 研究成果発表のため。
- ② AOGS -AGU (WPGM) Joint Assembly(シンガポール)に出席(5名) 1,287,430円 研究成果発表のため。
- ③ International Radiation Symposium 2012(ベルリン・ドイツ)(2名) 694,780円 研究成果発表のため。

・人件費・謝金

- ① PD の雇用(6名) 29,024,100円 研究推進・若手材育成のため。
- ② 研究支援員の雇用(3名) 2,419,000円 研究支援・推進のため。
- ③ RA の雇用(2名) 751,100円 若手人材育成・研究推進のため。

・その他

- ① 地球シミュレータ利用料(3機関) 26,236,400円 最先端の数値シミュレーション実施のため。
- ② GPS ラジオゾンデ(302個) 7,329,458円 大気現場観測のため。

- ③ 投棄式水温塩分計(91本) 3,921,750円 海洋現場観測のため。
- ④ 論文投稿費(6編) 1,203,559円 研究成果発表のため。
- ⑤ ラジオゾンデ用ヘリウム(41本) 1,068,900円 大気現場観測のため。
- ⑥ MODIS データ収集・整理作業委託 927,160円 研究支援・推進のため。

【平成25年度】

・旅費

- ① 2014 OSM(ホノルル・米国)に出席(15名) 3,791,100円 セッション共催・研究成果発表のため。
- ② DACA-13(ダボス・スイス)に出席(12名) 3,879,580円 セッション主催・研究成果発表のため。
- ③ 2013 AGU Fall Meeting(サンフランシスコ・米国)に出席(7名) 1,946,630円 研究成果発表のため。
- ④ Frontal Scale Air-Sea Interaction Workshop(ボルダー・米国)に出席(4名) 941,252円 研究成果発表、海外研究協力者との共同研究打ち合わせのため。
- ⑤ AOGS 10th Annual Meeting(ブリスベン・オーストラリア)に出席(3名) 674,380円 研究成果発表のため。

・人件費・謝金

- ① PDの雇用(7名) 29,721,200円 研究推進・若手材育成のため。
- ② 研究支援員の雇用(6名) 10,384,700円 研究支援・推進のため。
- ③ RAの雇用(2名) 432,300円 若手人材育成・研究推進のため。

・その他

- ① 地球シミュレータ利用料(3機関) 13,569,400円 最先端の数値シミュレーション実施のため。
- ② 論文投稿費(16本) 5,300,078円 研究成果発表のため。
- ③ GPS ラジオゾンデ(158個) 3,600,072円 大気現場観測のため。
- ④ 備船料(千島列島ロシア海域の表層低水温帯の観測) 2,000,000円 海洋現場観測のため。
- ⑤ 水中グライダーバッテリー交換及びクロロフィルセンサー点検業務 1,627,500円 海洋現場観測のため。
- ⑥ 投棄式水温塩分計(25本) 1,295,700円 海洋現場観測のため。
- ⑦ ラジオゾンデ用ヘリウム(40本) 1,295,700円 大気現場観測のため。

【平成26年度】

・旅費

- ① 95th AMS Annual Meeting(フェニックス・米国)に参加(9名) 2,449,810円 Town Hall Meeting 主催・研究成果発表のため。
- ② Hot Spot Workshop(北海道大学)と AOGS 11th Annual Meeting(ロイトン札幌ホテル)に参加(20名) 2,384,800円 海外研究者をも交えての新学術領域研究の国際WS開催と研究成果発表と国際連携に関する議論、引き続き AOGS 会議でセッション主催・研究成果発表のため。
- ③ 2014 AGU Fall Meeting(サンフランシスコ・米国)に参加(5名) 1,720,250円 研究成果発表のため。
- ④ EGU General Assembly 2014に参加(3名) 881,240円 研究成果発表のため。

・人件費・謝金

- ① PDの雇用(6名) 27,483,000円 研究推進・若手材育成のため。
- ② 研究支援員の雇用(4名) 13,361,200円 研究支援・推進のため。
- ③ RAの雇用(2名) 948,000円 若手人材育成・研究推進のため。

・その他

- ① 論文投稿費(18編) 6,018,508円 研究成果発表のため。
- ② 地球シミュレータ利用料(2機関) 2,394,700円 最先端の数値シミュレーション実施のため。
- ③ RAID 保守費 890,000円 データ記憶装置の維持・管理のため。
- ④ シンポジウム開催費用;「新学術領域研究一般公開シンポジウム」(東京大学・先端科学技術研究センター), 「2014 Hot Spot Workshop」(北海道大学), 「海と大気の話2」(東北大学)計3件; 704,000円 研究成果を広く一般社会に発信・還元するため。

(3) 最終年度(平成26年度)の研究費の繰越しを行った計画研究がある場合は、その内容を記述してください。

A03-7班: 海洋から低気圧への影響解析に関する論文を投稿したが、H26年12月に査読者から当初想定していなかった複数の本質的なコメントが届いた。いずれも成果論文の質の向上や更なる発展に繋がるものであり、これらにきちんと対応するため別途データ解析を追加する必要が生じたことから、H27年9月末まで6ヶ月研究費を繰り越して、研究実施期間を延長した。

9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度（1 ページ程度）

研究領域の研究成果が、当該学問分野や関連分野に与えたインパクトや波及効果などについて記述してください。

【当該学問分野への貢献】既に、2.において詳述したように、本領域の挙げた成果により、気候系の随一の hot spot である北西太平洋・縁辺海を始め、各大洋西部の中緯度暖流・寒流合流域（海洋前線帯）に形成される hot spot においては、様々な時空間規模の現象を介して海洋が能動的に大気に影響する事は今や揺るぎないものとなった。これは、本領域に刺激を受けた海外の研究者らの成果によって更に堅固なものとなっている。既に、中国では本領域に対応する大型プロジェクトが2つ進行中であり、26年3月には黒潮続流域の直ぐ南方で船舶観測を実施し、28年6月には黒潮続流を横切るような船舶観測と近傍へのブイの設置を計画している。米国では、豊富な計算資源を活かして、高解像度の全球大気・気候モデルによる長期シミュレーションや超高解像度の領域大気・海洋結合モデルによる様々な実験が進行中である。欧州では、メキシコ湾流やその続流が低気圧活動や降水系に与える影響を高分解能データや数値実験から再検証する研究や、中緯度の水温・海水変動による異常天候の予測可能性に関する研究が活発に行われている。

これら一連の国際的な研究の活発化への本領域からの影響は大きい。本領域の成果として既に400編もの査読付き論文を発表（受理）し、その多くは Nature Climate Change, Nature Communications, Scientific Reports, J. Climate, J. Physical Oceanography, J. Geophysical Research, Geophysical Research Letters, Climate Dynamics など主要国際誌に掲載されている。特に、米国気象学会専門誌のバーチャル特集号（special collection）の1つ「Climate implications of frontal-scale air-sea interaction」（世話人の1名は領域代表者）では、現在収録中の論文の大半が本領域の成果で占められている。実際、J. Climate 誌には、中緯度大気海洋相互作用やアジアモンスーンに関する論文の投稿が急増し、それに対応するため28年から領域代表が日本人初のエディタ就任を要請された。

学術論文に加え、本領域が主催・共催する国際会議の影響も重要である。6.に記載したように、本領域が国内で主催した3つの国際会議や国際セッションには、延べ30名以上の海外研究者が参加した。また、本領域は海外の学会で毎年のようにセッションを主催・共催しており、毎回多くの参加者がある。27年1月の米国気象学会年会では Town Hall meeting を主催し、本領域の成果を紹介し、今後への発展を議論した。海外の研究者からは本領域の終了を惜しむ声が多数寄せられ、今後も中緯度大気海洋相互作用に関する国際セッションを毎年開催することや、草の根レベルでの国際共同研究を継続・拡大することで合意した。こうした国際連携に寄与する動きとして、計画班代表（見延）が CLIVAR プログラムの執行部に入り、大気海洋相互作用のパネルを創設した事が挙げられる。

一方、国内コミュニティへの貢献も顕著である。最も重要なことは、海洋学会と気象学会の垣根を越えた交流が活発化したことである。既に、本領域構成員は、どちらかの学会に軸足を置きつつも、他の学会にも参加する者が増えており、中堅・若手では特にこの傾向が著しい。これは、本領域構成員が海洋学会でシンポジウムや特別セッションを主催して大気科学寄りの研究者を招待したり、気象学会で専門分科会やスペシャルセッションを主催して海洋寄りの研究者の参加を促したりすることの積み重ねの結果でもある。勿論、領域の集中観測に両学会の若手研究者や大学院生が一緒に参加した効果や、両学会の関係者が毎年領域全体会議で一堂に会する効果も重要である。

【関連学問分野への貢献】領域計画書には、本領域が推進する「中緯度海洋の気候学的能動性」という新パラダイム確立により期待される周辺分野への波及効果を列挙した。5年の成果を踏まえ、その波及効果について以下に紹介する。まず、本領域で得られた多くの成果が『(ii)今日の異常気象や気候の自然変動の予測可能性の向上に貢献』する事は論を待たない。特に、雲・降水系への海面水温の影響は豪雨の予測に、持続的な水温偏差への大気応答は季節予報の予測可能性向上に各々寄与する。但し、24年7月の集中観測が捉えた水温前線の急速な時間発展を既存のどの高解像度水温データも捉えていない事実は、局地的豪雨の数値予測に適した高解像度海面水温データを今後整備する必要性を訴えるものである。また、本領域の成果は『(iii)温暖化に伴う将来の大気海洋循環や表層環境の将来変化予測に対し、その妥当性の評価や解釈のための物理学的・気候学的指針を提供する』観点からも重要な意味を持つ。最新の IPCC 評価報告書に用いられた気候モデルの1つが日本付近の「爆弾低気圧」の振る舞いを良く再現する事は確認できたが、現 IPCC クラスの気候モデルはいずれも海洋モデルの空間解像度が不十分なため、本領域でその重要性が指摘された水温前線の表現は非現実的で、海洋渦に至っては表現されていない。その欠点を踏まえつつ、最新の IPCC 評価報告書による東シナ海と上空大気温暖化予測結果を加味した上で領域大気モデル実験を行い、今世紀末に「九州北部豪雨」と同様な事例が発生した際の降水量増加とその不確実性を評価できた。更に、日本海の近年の温暖化の冬季日本海側の降雪増への寄与の発見も将来予測の観点から重要である。一方、海洋前線帯とストームトラック（低気圧活発域）と下層西風ジェット3者の結合は、各気候モデルの中緯度におけるバイアスを生む可能性がある。同時に、こうした気候モデルや大気循環システムに

関する知見は、今後『氷期・間氷期サイクルや大陸移動に伴う(iv)地球気候の変遷を理解する上で古気候学・地球史学に新しい指針を提供』し得るものであり、古気候分野の今後の数値モデル研究に有意義なものとなる。

本領域は、『(v)大気海洋物理学と海洋生態系・水産学・地球化学(物質科学)との新たな融合が生』むという観点からも大きく貢献した。複数の計画研究班や公募研究が、海洋生態系・水産学と大気海洋物理学とを関連づけた成果を挙げた。三陸沖の亜寒帯前線帯が「海洋生物学的 hot spot」である要因の解明、日本海での植物プランクトンの春季増殖による海面水温上昇とその大気への影響可能性、東シナ海黒潮近傍の亜表層渦による栄養塩汲み上げを反映したアジ・サバ産卵場形成などである。また、第2期公募研究には海洋酸性化や大気エアロゾルを扱う課題が2つ加わり、大気化学・物質科学と大気海洋相互作用との融合も実現した。一方、『(vi)非線型複雑系科学と地球環境科学の連関』のうち、地球環境科学への貢献の大きさは論を待たない。また、海洋のサブメソスケール現象と渦・ジェットとの相互作用や雲・降水システムとメソ循環、移動性高低気圧、ジェット気流間の相互作用の理解は非線型複雑系科学の進展に貢献するものである。これらの多スケール間の大気海洋相互作用を気候モデル内で表現するには更なるモデル高解像度化が必要で、その多メンバーアンサンブル長期実験には計算機性能とデータ収容能力の格段の飛躍が求められ、『(vii)次世代の数値計算科学と大気海洋科学との新たな相互発展を促す』必要性を示す結果を得たのも事実である。そして、本領域の究極の目標である『(i)教科書の基本的記述が書き換えられるような気候研究の新パラダイムの確立』に向けては相当に大きな進展があったが、それでも実際に教科書の記述が書き換わるにはまだ時間を要するであろう。本領域の成果の更なる発展が不可欠である。

【本領域のレガシー】 上記の達成度への貢献として、本領域の成果として既に400編の査読付き論文を発表(受理)した。これに加えて、今後の大気海洋相互作用研究の進展のための活用を期待して、以下のようなデータや刊行物を国内外のコミュニティに遺すことができる。

①**日本東方海上での集中観測で得られた大気海洋の実測データ**。海洋内部や大気境界層の観測データは衛星による取得が困難である。これら貴重なデータを国内外のユーザーの利用に供することができる。

・南北に整列した3隻の観測船が黒潮続流沿いの強い水温前線を数日間往復横断するという世界初の観測(24年7月):その際のラジオゾンデやシーロメータ、XCTD等による観測から下層大気や海洋表層の南北構造とその時間変化とを共に捉えた前例の無いデータ。

・「白鳳丸」による亜寒帯前線域集中観測(25年7月):寒候期の亜寒帯水温前線近傍の現場観測例は数少なく、水温前線を挟んでの境界層の気温や風速の明瞭な差異や暖水ストリーマへの下層大気の応答が捉えられた。

・我が国初の船舶と航空機による下層雲の同時観測(25年7月):船舶からラジオゾンデやシーロメータから得られた下層雲の立体構造と航空機観測で得られた雲微物理量との比較が可能なデータセット。

②**日本東方海上での係留ブイで得られた海洋の実測データ**。僅か9ヶ月足らずだが、GPS波浪計データ、並びに亜熱帯モード水(深度200m)及びその下部(深度400, 600m)における溶存酸素の定点連続データを得た。

③**集中観測時(25年7月, 26年7月)の大気実測データを加味した大気同化データ**:局所的な大気状態の遠隔影響を捉えられる全球大気モデル(AFES)による同化実験と、近傍の詳細な影響を評価できる高解像度領域大気モデル(気象研究所)による同化実験。

④**気象庁全球大気再解析データ追加プロダクト**:気象庁から公開されている最新の全球再解析データJRA-55においては、観測データを数値予報モデルに同化する際に境界条件として与える海面水温データの解像度がモデル水平解像度(60km)よりかなり粗かったが、これを衛星観測に基づく高分解能(25km)データに差し替えて1985年以降のみ再計算した追加プロダクト(JRA-55HS)を気象研究所と共同で作成し、公開予定である。水温場の高解像度化により、水温前線等に伴う局所的に強い水温偏差が大気への熱・水蒸気供給や対流性降水に与える影響の表現が変容したことが既に確認されている。

⑤**日本海洋学会国際学術誌 J. Oceanography 特別セクションと spin-off book**: 2015年10月号に本領域の成果論文を8編程度掲載見込み。それらを抜き刷りした書籍を2016年に国内外の関連研究者に配布する。

⑥**日本気象学会気象研究ノート**:国内のコミュニティ向けの本領域の和文総合報告として2016年刊行予定。

⑦**米国気象学会専門誌 special collection**:本領域の初期の成果は「US CLIVAR western boundary current」の collection, それ以降の成果は「Climate implications of frontal-scale air-sea interaction」の collection にそれぞれ収められている。後者の世話人には領域代表者が加わっている。

⑧**関係学会の機関誌での成果紹介記事**:本領域の成果概要と公開データの紹介記事を、海洋学会機関誌「海の研究」、気象学会機関誌「天気」、米国気象学会機関誌「AMS Bulletin」へ投稿予定である。

10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況（1ページ程度）

研究領域内での若手研究者育成の取組及び参画した若手研究者の研究終了後の動向等を記述してください。

[若手研究者連絡会(YHS:Young Hot-Spotters)] 領域の重要な目的の1つである次世代を担う若手研究者育成のため、本連絡会を総括班の下に組織した。東京大と北海道大の(当時)助教を世話人として、領域に参加する30歳代半ば以下の若手教員・研究員や博士課程大学院生で構成されるYHSは、若手研究者同士の交流、同世代の視点からの領域全体の研究活動に関する意見交換や議論、及びそれを通じた将来の共同研究計画の立案、そしてアウトリーチ活動を推進した。具体的には、①年に1度、若手研究者のみの合宿を行い、若手研究者同士の交流と将来の研究計画の立案やプロジェクトへの提言のための議論を行った。②この合宿を通じて議論された提言を本領域HPに公開した。特に、最終の領域全体会議(27年3月)では、若手の視点からプロジェクト全体を総括の上、今後の展望を提示し、参加した領域評価者からも高い評価を得た。③観測・同化データやデータ解析のためのプログラムを本研究領域に参加する全ての研究者間で共有するためのデータサーバの整備を行った。加えて、④領域全体会議の際には修士課程院生や学部4年生も交えた会合を開催し、日頃は別々の学会で活動している海洋・気象関係の若手が一堂に会して相互連携を深めた。⑤博士・修士論文の共有や、領域全体会議における優秀な学生ポスター発表への顕彰を通じて、相互啓発や研究活動の奨励を行った。なお、学生ベストポスター賞はYHSが企画し、参加者からの投票に基づいてYHSから推薦した候補者に、領域代表が研究奨励金を授与した。

また、YHSは本領域の意義と成果を一般向けに広く紹介する活動も積極的に実施した。⑥領域HP(<http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/hotspot/jpn/group/young.html>)において、高校生や大学学部生向けに、自らの船舶観測体験、学会への参加報告や、専門用語の解説を作成し、若手の視点からのプロジェクトの平易な解説を行った。また、⑦研究成果を社会へ発信すべく、小・中・高校の教員や大学生向けの講演会「海と大気のはなし」を企画・運営した。第1回は25年12月に岩手大(参加者31名)で、第2回は27年1月に東北大(参加者54名)で開催し、司会者と講演者の半数を若手研究者が務めた。例えば、第2回講演会では宮城県と仙台市の教育委員会、日本気象学会、日本海洋学会からの後援の下、9割の参加者から十分な内容だったとの評価を受けた。この講演会の一部はHPの動画サービスにアーカイブされ現在でも自由に見ることができる。⑧以上の活動をまとめた報告を日本海洋学会広報誌「JOS ニュースレター」に投稿した。こうしたYHSの多彩な活動を通じて築かれた若手研究者間の繋がりが、中高緯度の気象海洋相互作用研究を今後一層発展させる事が期待できる。

[若手研究者による研究連携の取り組み] 計画研究班間の研究連携の促進のため、木田(A01-1 分担)は海洋前線・ジェットWGの幹事を務め、海洋前線に関するレビュー論文を主著者として発表した。また、吉田(A03-7 分担)が総括班モデリング研究支援チームを、茂木(A01-2 分担)が夏季モンスーンWGをそれぞれ率いた。

[若手研究者の業績] 若手研究者の成長の証である顕著な業績は、若手研究者が主著である査読付き国際論文67編に結実している。このほか専門書を6冊執筆している。国内外での学会発表も活発に行われ、研究者による発表は144件(うち国際学会67件;招待講演13件)、学生による発表は323件(国際学会86件、うち招待講演1件)にも昇った。顕彰も多く、大学外が9件、大学内が19件である。前者には、佐々木(A03-7 分担)の2015年度日本海洋学会岡田賞(若手優秀業績賞)、辻野(名古屋大)・升永(東京大)への日本地球惑星科学連合2012年大会「学生優秀発表賞」等が含まれる。一方、若手研究者によるシンポジウムやセミナーの主催も4件あり、本研究領域の若手研究者らが気象及び海洋に関する研究分野の主導性を築く上での一翼を担っている事が分かる。

[若手研究者の研究終了後の動向] 本研究領域で雇用した博士研究員は11人(外国人2名含む)であり、そのうち2名が常勤職(講師と助教)を得ており、残りも博士研究員、あるいは特任助教として研究を続けている。その他に1名の若手研究者が常勤職を得た。プロジェクト期間中の博士号の取得者は7名、修士号の取得者は40名に昇る。なお、博士号取得者のうち、2名が海外著名研究者のポスドク研究員に就いた事を付記したい。更に、本領域に参加したポスドク研究員のうち2名が外国人であったことも、将来の国際連携にとって大変有意義な事である。

[博士課程院生の動向] 計画研究班代表らの複数の研究室(北海道大・東北大・東大・三重大・九州大)において、本領域の発足時の22年度と最終年度の26年度に在籍した博士課程の院生数を比較した(代表に異動があった場合は旧大学との比較)。すると、22年度には9名だったものが26年度には21名と、博士課程の院生数が大幅に増加した事実が判明した。本領域の活動が如何に大学院生を惹きつけたかを物語る数字である。

以上の事実は、近年博士課程進学者の減少が深刻な問題となる中、本研究領域の取り組みは将来を担う人材の育成において着実に成果を挙げている事を顕示している。

11. 総括班評価者による評価（2ページ程度）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

【今脇資郎氏（22~26年度総括班評価者；研究開発法人海洋研究開発機構 特任参事）】

科研費の新学術領域「中緯度海洋と気候」では、西部北太平洋を主な対象領域として、中緯度域の海洋が大气に及ぼす影響を明らかにする研究を実施した。得られた成果は、この書類の「2. 研究領域の設定目的の達成度」に、極めて上手に整理され、系統立てて示されている通り、当初の目標を超えるものである。特に、海洋物理学が専門の筆者には、(a) 東北沖の黒潮続流に伴う水温前線が大气境界層や下層雲分布に及ぼす影響が明らかになったこと、(b) はるか東方から海洋ジェットに捕捉された波動が黒潮続流まで到達し暖水渦などの変動を引き起こしていること、(c) 本州南岸の黒潮の流路位置が、冬季の南岸低気圧の活動に能動的に影響していること、(d) 日本海では、植物プランクトンのブルーミングによって表層海洋の日射吸収が変化し海面水温が摂氏1度近くも上昇することなどの結果が極めて興味深い。

(A) この新学術領域が成功した要因

- (1) これまでは、中緯度域では、主に大气から海洋への影響が研究されてきたが、今回、世界に先駆けて、これまであまり注目されてこなかった、海洋から大气への影響をターゲットにするという、目標設定が優れていた。
- (2) 東北沖での水温前線に関して、三隻の調査・観測船による、海洋と大气に関する同時観測を実施できたこと（もう一隻の観測船は事前観測を実施）。調査・観測船の運航は、通常1, 2年前から決っていて、しかも時期・海域を調整することは難しく、3~4隻が同時観測できるのは極めて希なことである。今回はそれが実現した。
- (3) 気象学者と海洋学者が、実際に共同して研究する体制・雰囲気にあった。これまでも、プロジェクトとして気象と海洋の両方の研究者が参加しているものは数多くあったが、実質的に共同して研究できたのは少なかったのではないか。この新学術領域で形成された気象・海洋研究グループが、今後も継続して活動できる具体的な場が設定されることを強く期待する。
- (4) 研究班の間の連携を図るために、四つのテーマのワーキンググループを編成したこと、次世代の研究者を育てるために若手研究者連絡会を作ったこと、観測支援チームやモデリング支援チームを設けて研究者の支援を図ったことなど、研究が円滑に進む体制を、最初から作り上げていた。
- (5) 観測を基にした研究と数値モデルを基にした研究を、上手に組み合わせて目標達成に向かったこと。公募研究を募集して、計画研究を補完すると同時に、公募と計画の二つの研究の「相互作用」を引き起こして、より高いレベルに到達したこと。

(B) この新学術領域が遺したもの

- (1) 国際誌での論文発表。米国気象学会の special collection “Climate implications of frontal-scale air-sea interaction” に多数収録されているほか、日本海洋学会の英文誌 “Journal of Oceanography” の特別セッションなどに多数掲載。
- (2) 本州東方での水温前線付近での集中観測のデータや、数値モデルの出力などが、今後の研究のために広く公開される。観測データの公開はコミュニティにとって極めて重要である。

【安成哲三氏（22~26年度総括班評価者；総合地球環境学研究所 所長）】

この新学術領域研究では、地球気候系の特に中緯度での hot spot である日本付近を含む北西太平洋とその縁辺海での、様々な時空間スケールでの大気・海洋相互作用の実態解明とその機構解明を、特別観測、衛星データ解析、数値モデリングなどを組み合わせて明らかにした。その中には、黒潮や親潮といった暖流・寒流系が低気圧活動に果たす役割や、逆に、モンスーン循環系がこの地域の海流・海況変動に与える影響など、これまで現象としても指摘されていなかった多くの新しい事実とその機構を、中堅・若手を中心とする気象学・海洋学の研究者による共同研究で明らかにしている。また、領域代表者や計画班代表者のリーダーシップによる、多くの若手研究者や大学院生が育ち、彼等の研究能力やプロジェクト研究や計画立案を進める能力が培われた人材育成への努力も高く評価される。この研究を通して、大气から海洋、また海洋から大气への相互作用とフィードバック過程や、近年の地球規模の気候変動とこの地域の大气海洋系との相互作用など、新たな課題も提起されたが、これらの新しい課題に対し、この研究で育てられた若手研究者が、今後果敢に挑戦することを期待したい。

【新野 宏氏(24~26 年度総括班評価者;東京大学大気海洋研究所 教授・前所長)】

「中緯度の大気と海洋の相互作用」は、本研究領域の提案者達が世界に先んじて研究の端緒を開いた課題であるが、これまでは一部の研究者を除いて、気象学・海洋学それぞれの分野で比較的独立して研究されていたものが、この5年間で、両分野から60余名の研究者が参加することにより、大洋西部における hot spot 域をターゲットとして両分野が真に融合した新しい研究領域が創出されたことは高く評価される。特に、若手研究者連絡会が自主的に活発な活動を行ない、両分野の大学院生や若手研究者が積極的な相互作用を行なって、この新しい研究領域の担い手としての自覚を持ったことは、この研究領域の今後の発展に強い期待を抱かせる成果となっている。

研究は、モンスーンアジア縁辺海における大気海洋相互作用(A01)、北西太平洋における大気海洋相互作用とモンスーンシステム(A02)、大規模気候系における大気海洋海水相互作用(A03)の3研究項目が、総括班の総括のもと、密接な連携をとりながら行なわれ、その成果は Nature Climate Change や Scientific Report を始めとする主要国際誌を中心に400編の査読付論文として発表されており、当初の期待に応えた達成度が得られた。特に、黒潮続流沿いの水温前線周辺における、前例のない3隻の観測船による海洋表層と下層大気の集中観測データの取得、雲・降水系の組織化や梅雨前線の季節進行に東シナ海や黄海の水温の季節変化がレギュレータの役割を演じていることの発見、爆弾低気圧や台風に果たす黒潮等からの海面フラックスの役割の解明、北西太平洋の亜寒帯前線帯の10年規模変動の実態とメカニズムおよびそれが生物的にも hot spot になるしくみの理解、hot spot 域における過去100年の昇温が全海洋平均より2-3倍速いことの発見など、限られた紙面への列挙が困難な多くの成果が得られた。研究を通して得られた貴重な観測データや解析データをアーカイブして広く研究コミュニティに提供する準備も進められており、気象学・海洋学コミュニティの発展に大きく貢献したと評価される。

【若土正曉氏(22 年度総括班評価者;北海道大学低温科学研究所 名誉教授)】

本研究は、今までの常識とは逆の「海から大気へ」という、海を能動的な立場から見つめ、特に中緯度における気候系の成り立ちに焦点を当てた初の本格的な試みであった。多くの既に国際的に高い評価を得ている研究者を中心に適材適所にうまく配置した、組織構成で極めて意欲的でチャレンジングな研究が進められた。ただ、期待が大きかった分だけ、当初は、限られた優れた研究者が元々もっているポテンシャルの高さから生み出された成果が目立つのみで、総合的に見て、全体的にこれといった画期的な成果はそれほど多くは見当たらなかったのは、正直のところ、残念だとの印象を受けた。

しかし、中間評価が終了した頃から、各計画班間や公募研究などとの有機的な連携を積極的に展開していくことにより、それまでとは明らかに異なった、「新学術研究」に相応しい、本来求められていた、異種分野間の枠を越えた総合的な、全く新しい研究成果が具体的な形として続々と出されるようになってきた。特に、船舶三隻による現場観測の成果は圧巻であった。本新学術が当初掲げた目標を実際の「観測」で証明してみせたからである。このような、波及効果という見地からも、今後さらに世界が注目するであろう研究がいくつか輩出したことも高く評価できる。

最後に、忘れてならないのは、数多くの、しかも様々な分野からの研究者が集まったの大きなプロジェクトを牽引してきた研究代表者のリーダーシップを高く評価したい。

【花輪公雄氏(22・23 年度総括班評価者;東北大学 理事)】

「気候系の hot spot:熱帯と寒帯が近接するモンスーンアジアの大気海洋結合変動」は中村尚領域代表者の強いリーダーシップの下に、各計画研究課題・公募課題とも順調に研究が進み、当初の計画に沿って進捗し、多くの研究成果を世界に向けて発信したと判断する。とりわけ、本課題独自に計画した集中現場観測を行ってきたことは、荒天候で思い通りに行かない観測があったにしても、重要事項として取り組んだ点は高く評価できる。また、学生も含めて若手研究者の育成に力を入れた点や、各課題間の連携・融合を、「夏季モンスーン」や「冬季モンスーン」などのテーマ別ワーキンググループを設置して意識的に行った点は高く評価でき、そのことにより研究の進展にも若手研究者育成の面にも、大変有効であったと判断する。本課題の研究成果で、我が国を含む北西太平洋域での大気海洋結合現象は、気象と気候の形成にキイとなる大きな役割を担っていることが明瞭となった。今後のこの分野のますますの研究の進展が大いに期待できる。