

領域略称名：中緯度海洋と気候  
領域番号：2205

平成24年度科学研究費補助金「新学術領域研究  
(研究領域提案型)」に係る研究経過等の報告書

「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～平成26年

平成24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	3
2. 研究の進展状況	4
3. 研究を推進する上での問題点と今後の対応策	5
4. 主な研究成果	6
5. 研究成果の公表の状況	15
6. 研究組織と各研究項目の連携状況	23
7. 研究費の使用状況	29
8. 今後の研究領域の推進方策	30
9. 総括班評価者による評価の状況	31

## 1. 研究領域の目的及び概要

### (1) 領域の概要

- ・課題名：「気候系のhot spot：熱帯と寒帯が接するモンスーンアジアの大気海洋結合変動」
- ・研究期間：平成22年度～26年度
- ・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<sup>なかむら</sup> 尚<sup>ひさし</sup>
- ・補助金交付額(直接経費；23・24年度は公募研究を含む，25・26年度は内定額)：  
22年度：181,000千円；23年度：253,258千円(追加配分10,608千円を含む)；24年度：203,350千円；  
25年度：173,600千円；26年度：113,500千円

### (2) 領域の目的と推進の計画

本領域の究極の研究目標は，中緯度随一の”hot spot”である日本近傍を主な研究対象域とし，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を包括的に扱うことで，中緯度海洋が大気循環の形成・変動に果たす役割を同定，その実態とメカニズムを解明し，気候研究の新パラダイムを確立することである．具体的には：

- ・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．
- ・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．
- ・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，水温・海水分布が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与える影響．

これら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モニターする必要がある．だが，これは現場観測では不可能なため，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を効果的に併用する一方，現場観測データによる数値モデルの検証を常に心掛ける．特に24・25年度には，房総沖を東に流れる黒潮の続流の近傍において，3隻の観測船による集中観測を夏2回，冬1回実施する予定である．これにより，数値モデルにおいてその表現に不完全さが残る海上1~2km厚の大気境界層内の小規模な循環や熱的構造，下層雲の形成の実態把握を進める．また，24年夏~25年度夏の期間，黒潮続流の近傍に繫留ブイを新設し，その南北に既設の2基のブイと共に，暖流を3基のブイで観測する世界初の試みを行ない，大気よりもずっと観測が少ない海洋混合層の詳細な構造やその時間変化の実態を把握する．こうして，観測研究と最先端の数値モデリング研究との融合を図りつつ研究を遂行する．

領域を構成する9計画研究班と6公募研究課題を，それらの主研究対象の空間規模により，以下の3研究項目にグループ化した上で，総括班が全体を統括する(詳細は「6. 研究組織」を参照のこと)．

- ・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 + 3公募研究)
- ・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+2公募研究)
- ・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 + 1公募研究)

これは，グローバルな観点から，我が国の気候に直接絡む北太平洋，そしてhot spotである黒潮・親潮の合流帯(海洋前線帯)や縁辺海へとzoom inしてゆき，小規模な地域的な現象までグローバルな視点を保持して扱うという枠組である．一方，これを逆に辿れば，各海域の数十km規模の渦やより小さな積乱雲が，集団として大規模海流やモンスーン，グローバルな現象に及ぼす影響を見通すことができる．なお，本領域には日頃別々の学会で活動する海洋研究者と気象研究者がほぼ同数属しており，その連携を円滑にするため，4つの「課題別ワーキンググループ」を設け，計画班・公募研究の垣根を越えた連携を活性化している．また，総括班は「モデリング研究支援チーム」を統括して計算機資源の有効活用を図るとともに，「観測研究支援チーム」を統括し，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構築する．また，さらに，次世代を担う研究者育成を企図して若手教員・研究員や博士課程院生で「若手研究者連絡会」を組織し，若手の班を越えた連携をもって領域の研究推進への積極的な提案や関与を促している．

## 2. 研究の進展状況

本領域では既に168編の査読付き論文を公表(受理)し、その多くはNature Climate Change, J. Climate, J. Physical Oceanography, J. Geophysical Research, Geophysical Research Letters, Climate Dynamicsなどの主要国際誌に掲載されている。こうした成果は、課題別ワーキンググループや研究支援チームなど総括班による領域内相互連携の活性化の下、最先端の数値モデリング研究と最新の衛星データの活用も含む観測研究との融合が実現した賜である。国内外のコミュニティーとも連携し、引き続きこの分野での主導性を築くために、国際研究集会22件(うち18件を海外で実施)、全国規模の研究集会を18件の実施に関わっている。先日新規投入した海洋ブイや今夏以降に実施される集中観測により、研究の更なる進展が期待できる。

### 研究項目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 + 3公募研究)

衛星観測データや領域大気モデル・雲解像領域モデル等を駆使して、縁辺海特有の大気海洋相互作用の解明に向け順調に成果が挙っている。重要な成果として、日本海の異常低温がオホーツク海上での低気圧発達を促して日本列島への寒気南下を強める可能性や、冬季の黄海・東シナ海の水温異常が日本海のそれと連動して低気圧発達に及ぼす影響を見出した。一方、梅雨前線の動向が東シナ海の黒潮からの水蒸気供給だけでなく、冬季の強い冷却の影響が残る黄海上に形成される高気圧にも影響されることも見出した。縁辺海に特化した海洋・海上風データセット作成や大気海洋結合モデルの構築、公募研究と連携した生態系モデリングの推進等により、今後の広範な研究進展が期待できる。さらに、公募研究を中心とした高分解能大気海洋結合モデリングによる台風・海洋相互作用研究は特筆すべき進展を見せた。なお、当初計画に無かった進展として、冬季日本南岸での低気圧活動が黒潮蛇行の有無に依存する傾向の発見や、東シナ海にて台風中心近傍で60分間隔の船上ラジオゾンデ観測を世界で初めて成功させた事が挙げられる。

### 研究項目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+2公募研究)

モンスーンの影響下にある”hot spot”北西太平洋域の大気海洋相互作用の解明へ向け、船舶・ブイ・衛星観測データや高分解能の全球大気海洋モデル・領域大気モデル等を有効活用し、予想以上のペースで研究が進展している。特筆すべき成果として、①東海上の黒潮続流からの膨大な熱放出への下層大気の応答として、日本南東海上の平年海面気圧場に「谷(低圧部)」が形成されること、②黒潮続流の変動による水温異常が東海上で降水量変動を増大させる効果、③冬季モンスーンの変動と海面水温勾配との相互作用が日本付近の「爆弾低気圧」の経路に及ぼす影響、④三陸沖の水温前線の南北変位で生じた持続的な水温異常への大規模大気応答による地表アリューシャン低気圧の変動、⑤既設のブイにより黒潮続流に見出された強い鉛直混合や台風への表層海洋応答の新側面の発見がある。⑤については、高解像度大気海洋モデル実験との照合や、24年夏のブイの新設や船舶5隻に依る集中観測で更なる進展が期待される。加えて、⑥日本近傍における冬季下層雲の雲粒特性の緯度依存性や⑦冬季に活発な大気海洋相互作用による黒潮続流域での水塊(モード水)形成過程とその長期変動の解明へ向けて大きな進展があった。さらに、⑧高解像度海洋モデル実験から黒潮続流の内部変動に起因する予測の不確定性を見出したが、これが海洋生態系予測や降水予測に与える影響に関する研究の進展が期待される。なお、当初計画には無かった重要な進展として、⑨水産業や海運、南岸低気圧の活動にも影響する日本南岸の黒潮大蛇行についての本質的理解の深化、⑩南日本沿岸での初冬降水量の増加傾向と低気圧活動の活発化の発見が挙げられる。

### 研究項目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 + 1公募研究)

衛星・船舶観測データや高分解能の全球大気海洋モデル・領域大気モデル等を有効活用し、黒潮・親潮やオホーツクの海水とモンスーンとの多階層相互作用とその大洋・半球規模の影響について、他海域の hot spot との比較も交え、予想以上のペースで研究が進展している。特筆すべき成果として、①中緯度の強い暖流に沿った対流性降水の組織化や暖流からの熱放出への海面気圧場・海上風応答の普遍性の発見、②三陸沖の水温前線の南北変位に伴う水温異常への大規模大気応答の特異な季節性の発見、③中緯度の水溫前線が移動性高低気圧活動や偏西風ジェット気流の形成やその卓越変動「環状モード」に果たす役割の同定、④冬季モンスーンを変動させる対流圏の循環異常がオホーツクの海水変動に与える寄与や成層圏循環に及ぼす特異な影響の発見、⑤ベーリング海の表層変動とそのオホーツク海内部への影響の発見、⑥梅雨前線の変動におけるジェット気流の変動の役割とそれをもたらす大気の卓越変動モードの力学特性と海洋の役割の解明が挙げられる。なお、当初予期しなかった重要な進展として、⑦黒潮続流の長期変動をもたらす大規模海洋波動の新理論の構築、⑧日本近海で発達した低気圧が放射性物質の広域輸送に果たした役割の同定、⑨5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の発見が挙げられ、特に⑨は暖流域の hot spot の重要性が益々増大しつつある事を示す結果である。

### 3. 研究を推進する上での問題点と今後の対応策

#### I. 東日本大震災の影響と対策

- 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、半年後に研究設備が完全復旧するまでA02-3班関連の研究が遅滞した。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次報告書に向けた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かなり影響を被った。代替措置として、A02-4班では全球気候モデルMIROCによるIPCC用の高解像度実験結果を解析した他、A02-5班では科研費交付前使用を活用し比較的混雑の少ない年度前半に実験を進めた。同様に、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」による黒潮続流域観測航海が震災のため中止となったものの、代替航海が与えられなかったため、25年度冬季の航海で計画していた観測をまとめて行うこととした。こうした観測計画の変更は、公募研究(根田)に特に深刻な影響を及ぼした。この研究の要となるの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、著しい高波浪時には観測自体が回避されてしまうため1回でも多くの航海が必要とされたが、「白鳳丸」航海の中止の影響もあって、研究に適した観測事例が当初計画よりも不足している。今後の観測時には波浪ブイの放流時間を延長する他、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、データを補う予定である。
- ④ 23年3月下旬に開催予定であった当研究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になったため合わせて中止とし、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。そのため、22年度予算で計上した海外研究者の招聘費用の繰越手続に煩わされた。
- ⑤ 福島県公立大所属のA03-8班の連携研究者は、福島第一原発事故への対応関連業務に追われた。
- ⑥ 震災の間接的影響として、A02-3班が東北大で雇用していた助教が23年7月に九州大に転出後、後任の着任が24年4月にずれ込み、人件費を繰越せざるを得なかった。
- ⑦ 震災の影響で23年度予算の当初配分は7割支給で、残り3割も予算状況により減額措置もあり得るとの通達により、当領域で雇用していた助教・研究員の人件費の確保のために苦しい予算運営を強いられた。
- ⑧ 同じく23年度予算措置(当初7割支給)により、A02-6班で集中観測用に装備予定のラジオゾンデ放球装置については、当初予定の高価な自動型ではなく大幅に安価な簡易型に変更した。代わりに、当初他機関から借用予定であった水中グライダーを新規購入し、海洋側の観測を更に充実させることとした。

#### II. その他の問題点と対策

- ① A02-6班による係留ブイの新規投入(24年夏～25年夏;房総沖)に対し一部の漁業団体から懸念が表明されたが、研究の意義や社会貢献について領域代表と班代表から直々に説明し団体からの同意を得た。
- ② 北海道大の大型計算機更新に伴う並列計算環境導入時に生じた種々の技術的問題により、A03-7班の大気大循環・領域大気結合モデル開発が数ヶ月間停滞を余儀なくされたが、23年度内にその問題が概ね解決し、現在最終の確認作業を行っている状況である。
- ③ A01-2班では当初観測は計画されていなかったものの、分担者所属大学の練習船による梅雨期東シナ海航海が実施可能となったため、観測の実施に踏み切った。その際、ラジオゾンデなど観測機器購入費用を賄うため、A01-2班の計算機使用料等の節約やA02-6班など領域内の他班の購入機器の共通利用を図ることで対応した。幸い観測は成功し、沖縄西方沖の黒潮上での梅雨前線降水帯の強化過程や台風中心近傍の詳細構造を捉えることができ、予期せぬ成果をもたらした。

## 4. 主な研究成果

当研究領域では、大気変動に対して受動的に応答するのみと従来考えられてきた中緯度海洋が、気候系にて能動的に果たす役割に着目した新しい大気海洋相互作用研究の開拓を目指している。よって、以下では中緯度海洋が大気に与える影響に重点を置きつつ、公募研究も含めた領域全体の研究成果を概説する<sup>1)</sup>。これら一連の研究の多くは、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、数百m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。

### 研究項目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+3公募研究)

当研究項目は、モンスーンや対馬暖流など大規模大気海洋循環が縁辺海の水温分布に影響する過程、及び縁辺海の水温分布が集中豪雨などの災害をもたらす梅雨前線や雲・降水系や豪雪をもたらす小低気圧や温帯低気圧の発達に与える影響の解明を目指し、以下のような研究成果を得た。

#### ①縁辺海の水温が冬季の低気圧活動に及ぼす影響

A01-1・2両班は連携して、縁辺海(日本海、東シナ海、黄海)の水温異常が極東域の大気循環に与え得る影響を調査している。観測に基づき冬季日本海の水温が全般に高い場合と低い場合の水温分布を各々、領域大気モデルの下方境界条件とし、両実験結果の差を水温異常への大気応答と見なした。季節風の強化

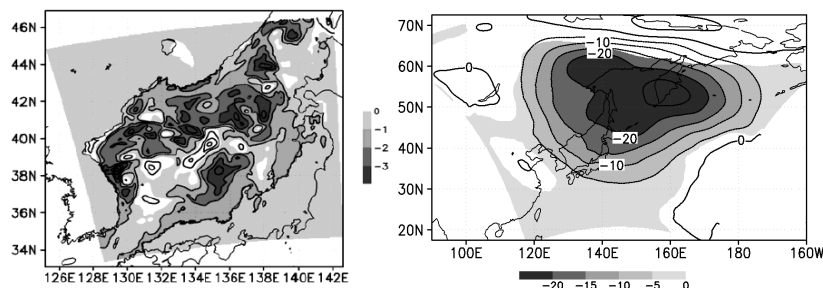


図 1-1 (左) 領域大気モデルの下方境界に与えた日本海の水温異常(°C)。(右) 水温異常へ応答としてのモデル対流圏中層500hPa気圧面高度変化(5m毎)。いずれも低水温実験と高水温実験の差(低温-高温)として表示。日本海の低温時にオホーツク海上空で気圧面が低下し、平年の低気圧性循環が強化されている。

等による日本海北部の低温化は、低気圧経路に当たる日本海中部で下層の南北気温差を強めるため、低気圧の発達に有利である。実際、数値実験から、日本海の水温が異常に低くなると、オホーツク海上空で500hPa気圧面(対流圏中層)の高度が低下し、平年の低気圧性循環がさらに強化される傾向を見出した(図1-1)[Yamamoto & Hirose 2011, Geophysical Research Letters]。地表付近の応答としてのオホーツク海上での低気圧性循環異常の形成は、日本列島への北西季節風と寒気移流を強め、それが日本海の水温偏差を維持・強化させるというフィードバック過程の存在を示唆する興味深い結果である。

さらに、A01-1班では、衛星風データと領域大気モデルを用いて、冬季の黄海・東シナ海の水温分布の異常が、温帯低気圧の発達に及ぼす効果も調査した。黄海・東シナ海においても、日本海と時期を合わせて下層気温の南北勾配を強める環境が整えば、日本周辺で温帯低気圧の発達が一層促される傾向を明らかにした [Isobe & Kako 2012, J. Climate]。

②縁辺海の水温分布が梅雨前線に及ぼす影響 大陸棚上に広がる浅い黄海・東シナ海は、冬季モンスーンで強く冷却され周囲の海よりも低温になる。「冬季の強い冷却の影響が梅雨期前半まで残ることで、黄海上で地表高気圧の形成が促され、それが梅雨前線の季節的な北上に影響する」という仮説を、A01-2班が海洋混合層の熱収支解析に基づき提唱し、この高気圧を「黄海高気圧」と名付けた。さらに、後述の船舶観測と領域大気モデル実験から、沖縄西方沖を流れる黒潮上で運動量の鉛直混合が活発化して海上風が強化されると黒潮からの水蒸気蒸発が増え、それにより梅雨前線に伴う降水が一層強化されるという過程を検証した。この成果を広く社会へ普及するべく、「梅雨前線の正体」という書籍を研究分担者が著した[茂木 2012]。

③縁辺海特有の大気海洋相互作用と海洋生態系への影響 縁辺海特有の大気海洋相互作用研究を広く加速させるため、A01-1班では現象の空間規模に即した解像度のデータセットを構築した。その1つは、日本海や黄海・東シナ海で精度を高めた海洋同化データDREAMSで [Hirose 2011, J. Oceanography]、海面水

<sup>1)</sup> 研究項目の規模(属する計画研究班の数)に応じて費やす頁数を調整したが、平均して各項目約3頁となるようにした。



温の日変化が表現できるまでに高度化された。また、縁辺海が十分解像できる空間分解能1/4度の衛星風データASCATも整備した [Kako et al. 2011, J. Geophysical Research]. さらに、縁辺海に特化した大気・海洋結合モデルを構築する一方、瀬戸内海の水温分布が海陸風の強度や空間分布に与える影響を領域大気モデル実験から明らかにした(図1-2) [Shi et al. 2011, Boundary-Layer Meteorology]. 更に、公募研究(吉江)はA01-1班と連携して、海洋生態系・物質循環モデルNEMURO内の生物地球化学的過程を表す方程式の改良・パラメータ調整を行い、瀬戸内海西部や東シナ海における生態系構造・栄養塩循環の季節変化の再現を試みた [Yoshie et al. 2011, Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry].

#### ④高解像度数値モデルによる台風と海洋の相互作用研究

研究項目A01に関連する2つの公募研究は高分解能の領域数値モデルにより台風と中緯度海洋の相互作用を探究している [Wada et al. 2012, J. Geophysical Research]. いずれも、台風に伴う低気圧性の強い海上風の効果により海面水温の低下が引き起こされると、それが台風の発達に抑制的にフィードバックすることを見出している。例えば、和田による水平解像度6kmの大気波浪海洋結合モデルを用いた実験においては、2009年9月に黒潮続流域を通過した台風に起因する海面水温低下が現実的に再現され(図1-3上)、それが台風の温暖核を弱化させたことが示された [Wada 2012, Atmospheric Model Application]. 但し、台風の軸対称構造の崩れへの寄与は比較的小さいことも分かった。さらに、台風通過の際に繫留ブイで観測された大気海洋間のCO<sub>2</sub>分圧差の変化は、海洋表層での分圧上昇と海面気圧の低下の効果によりかなり良く再現されたが(図1-3下)、海洋表層でのCO<sub>2</sub>分圧の時間変化は観測ほど急激ではなかった。一方、相木は、従来の海洋数値モデルに波浪の効果を組込んだ際、海洋混合層に如何なる力学的変化が生じ得るかを包括的に考察した [Aiki & Greatbatch 2012, J. Physical Oceanography].

※以上が領域計画書等示された研究計画に添った成果のハイライトである。以下に、当初予期しなかった展開による重要な成果について紹介する。

##### ①黒潮の蛇行が冬季低気圧活動に及ぼす影響

関東平野での降雪の有無は、南岸を通過する低気圧の位置に敏感である。A01-1班では、冬季日本南岸沖を移動する低気圧活動と黒潮流路との関連を調べた。過去37年に各時刻の地上低気圧中心の位置と気圧を、黒潮流路の蛇行期と非蛇行期各々について集計し、各地点での頻度分布を比較したところ、移動経路と発達率に統計的に有意な差異が認められた。黒潮が南岸から離れて蛇行すると、対応して低気圧経路も南下し、陸地から離れて通過する傾向が認められた(図1-4)。

##### ②東シナ海における船舶観測：梅雨前線と台風

A01-2班では当初現場観測は計画していなかったものの、分担者の所属大学の練習船による東シナ海航海が梅雨期に実施可能となり、23年5~6月に梅雨前線近傍にてラジオゾンデの高頻度連続観測を実施した。さらに幸運にも台風が中心が観測船50km以内にまで接近し、中心近傍での60分毎の船上ラ

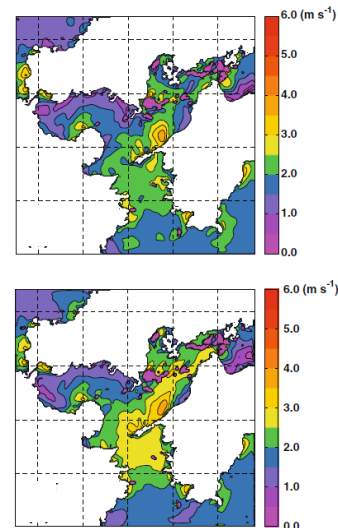


図1-2 領域大気モデルで再現された瀬戸内海西部での海上風の日変化の振幅分布(色、暖色系ほど大)。モデル下方境界の海面水温場を(上)現実の8月平均分布とした方が、(下)一様に27℃とした場合よりも海陸風が弱い。

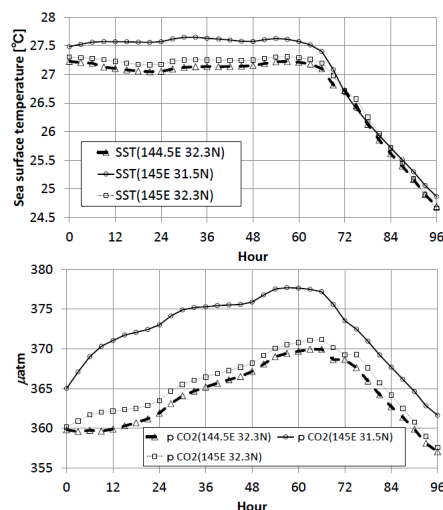


図1-3 高解像度台風海洋波浪結合モデルによる台風Choi-wan再現実験。黒潮流流域のKEOブイ近傍3地点における(上)海面水温(°C)と(下)海洋表層のCO<sub>2</sub>分圧(μatm)の時系列。台風通過は積分開始から約62時間後。

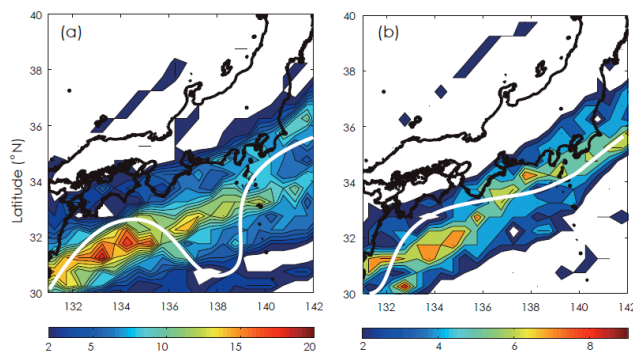


図1-4 黒潮流路(白線)の(左)蛇行期と(右)非蛇行期における冬季(11~3月)の南岸低気圧の頻度分布(各1/4度格子内の個数)。1969~2006年の統計に基づく。

ジオゾンデ連続観測を世界初めて成功させた。得られた貴重なデータは、研究項目A02や公募研究(和田・相木)で実施された雲解像数値モデルによる同一台風の再現実験データとも照合され、本格的な解析が進行中である。

## 研究項目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+2公募研究)

本研究項目では、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、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の解明を目指し、以下のような研究成果を得た。

### ①黒潮とその続流域の水温分布が大気の平均状態に及ぼす影響

日本南岸を流れる黒潮と房総沖を東に流れるその続流域は、冬季の北西季節風による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海洋から大気へと放出される気候系の”hot spot”である。これまで、この地域の大気の平均状態やその年々変動には冬季東アジアモンスーンの影響が支配的と考えられてきたため、海洋の力学過程に因る水温分布やその変動が大気に及ぼす影響については未解明の点が多々あった。A02-6班では、長期にわたり蓄積された船舶観測データの解析から、暖かい黒潮とその続流に集中する海洋からの熱供給による

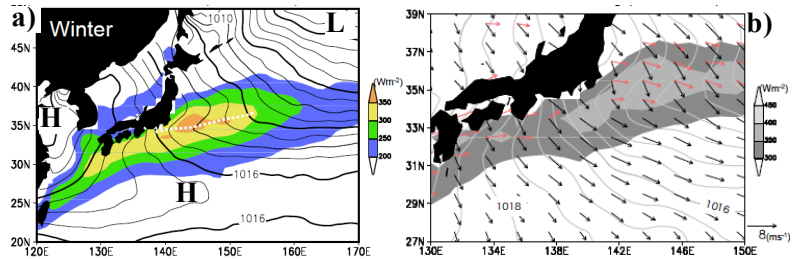


図2-1 長期船舶観測データに基づく冬季(1~3月)気候平均場。(a)海面気圧(等値線、1hPa毎;太線は4hPa毎)と、微小渦に伴う乾燥・湿潤対流に伴う海面からの熱放出( $W/m^2$ ;暖色ほど大)。熱放出最大の黒潮続流のやや南方に「気圧の谷(低圧部)」(白点線)が等圧線の「くびれ」として現れている。(b)日本付近の拡大図。海面気圧(等値線、0.5hPa毎)と海面熱供給(陰影; $W/m^2$ )。黒矢印は実際の海上風ベクトル。赤矢印は、等圧線に沿って吹くべき地衡風からのずれ(非地衡風成分)で、通常は海面での摩擦効果が現れるが、黒潮とその続流に沿っては、活発な微小渦による鉛直混合により上空から西風運動量が輸送される寄与が特に大きい。黒潮続流の近傍では地衡風は北東風だが、下方輸送された西風運動量の寄与で実際は北風となっている。

局所的「気圧調節」として海面気圧が低下し、長期平均としての海面気圧場にも明瞭な気圧の谷が形成されることを発見した(図2-1a)[Tanimoto et al. 2011, J. Climate]。この気圧の谷は、寒気移流が最大となる冬季に最も顕著であり、衛星観測に基づく高分解能水温データを境界条件として与えた領域大気モデル実験では再現されるものの、水温分布を人為的に平滑化して黒潮とその続流の水温を下げた実験では再現されない事も確認された。冬季北西季節風の移流効果により、気圧の谷は暖流のやや南方に形成されるが、暖流上では熱放出によって大気成層状態が不安定で、境界層内で乱流による鉛直混合が活発化して、上空の西風運動量が海面付近に効果的に輸送される。その寄与と海面摩擦の効果により(図2-1b)、暖流に沿っては海上風は北風となり、等圧線を横切って気圧の谷に吹込んで雲の形成を促す事も分かった。現在、A03-8・A02-4班と連携して、冬季モンスーン経年変動の気圧の谷への影響や、海上気温南北勾配の強化(地表傾圧帯)との関連性について、大気再解析データや領域大気モデル実験も含めて、研究を進めている。

黒潮続流域の気圧の谷は春季にやや弱まった後、梅雨期に再び顕在化するが [Tanimoto et al. 2011, J. Climate]、これにより黒潮続流のすぐ北側では、摩擦効果による上昇運動(エクマン湧昇)が海洋表層に誘起され海面水温の上昇が妨げられる可能性がある。漂流型Argoブイによる観測データをA02-4班が解析した結果、6~7月にかけて黒潮続流北側で、冷水が表層に持ち上げられる傾向を確認した。こうした低水温状態が維持は、亜熱帯からの湿潤な気流を冷却して下層雲の形成も促し、梅雨前線に伴う気温南北差の維持にフィードバックし得る。これは東方海上の梅雨前線と海洋との未解明の相互作用である。

### ②黒潮続流域の変動が大気に及ぼす影響

黒潮続流域の水温変動が大気に及ぼす影響についても未解明の点が多い。A02-4班では、領域大気モデルの境界条件として、衛星観測に基づく高

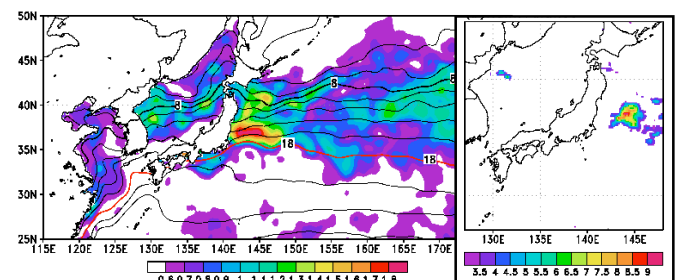


図2-2 (左)衛星観測に基づく海面水温の冬季平均場(等値線;3°C毎)と経年変動の標準偏差(色;°C)。(右)経年変動を含む海面水温を与えた領域大気モデル実験と平年値の水温を与えた実験との間の降水量の経年変動分散比の分布(95%水準のF検定で有意な領域のみ表示)。水温変動が最大となる黒潮続流域のやや東方で降水量変動が顕著に増大している。



分解能の水温場を与えた実験と年々変動成分のみを除去した水温場を与えた実験との比較から、黒潮続流域の蛇行や渦活動によって生じる水温の年々変動が、その直ぐ風下の降水量変動に寄与し得ることを初めて捉えた(前頁の図2-2)。この降水量の変化は、黒潮続流域で水温が高い年に蒸発が増し、風下への水蒸気輸送が増えることに因る [Iizuka 2010, J. Geophysical Research]。こうした海面水温と降水量変動との関係は衛星データからも確認できることから、黒潮続流域の変動が冬季の大気状態に影響する可能性を強く示唆する重要な成果である。

### ③海面水温勾配が冬季低気圧発達に与える影響

海洋前線帯などの中緯度海面水温の南北勾配が低気圧の発達に寄与することが本領域の研究で分かってきたが、A02-4班の行なったデータ解析から、冬季モンスーンの強い場合は弱い場合に比べ、低気圧の経路が黒潮に伴う水温勾配の強い海域に、より強く集中化する傾向が見出された [Shiota et al. 2011, SOLA]。同様な集中化は急速に発達する「爆弾低気圧」にも見出せる事が観測データや領域大気モデル実験で確認された(図2-3)。これは、強い寒気移流の下で海面からの熱や水蒸気供給が活発化し、その水温依存性が顕在化したため、下層の南北気温勾配も強化されたためと解釈できる。

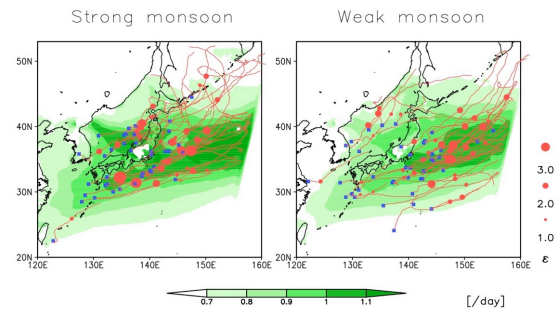


図2-3 領域大気モデルで再現された「爆弾低気圧」の経路と中心気圧低下強度(赤丸)。冬季モンスーンが平年より(右)弱い場合に比べて(左)強い場合の方が、南岸の黒潮沿いと日本海中部の水温前線近傍とに経路がより明瞭に分かれ、気圧低下も大きい傾向が認められる。背景の色は、各々の平均的な気温南北勾配と成層安定度から評価された理論上の低気圧発達率 [1/day; 700~850hPa面でのEady成長率]。

### ④亜寒帯前線帯の変動の大規模大気循環への影響

三陸沖を北東に流れる親潮に沿って、海面水温の南北差が局所的に特に強い「亜寒帯前線帯」が形成される。太平洋10年規模変動に伴う前線帯の南北変位は、三陸沖に顕著で持続的な海面水温異常をもたらす。A02-5班はA03-8班と連携し、過去50年の観測データを季節進行に留意して解析し、亜寒帯前線帯の北上(南下)に伴い晩冬・初冬に海面水温が平年より高い(低い)と、大気への顕熱・水蒸気供給が増え(減り)、12~1月に大洋規模の停滞性低気圧(地表のアリューシャン低気圧)が明瞭に弱まる(強まる)傾向を見出した(図2-4)。三陸沖での移動性低気圧の活動やそれに伴う降水も変化していた。同様な傾向は、亜寒帯前線帯を再現する大気海洋結合モデル(CFES)の120年積分でも確認された。観測・数値モデルとも三陸沖の水温変動と熱帯域の水温変動との同時相関は殆どなく、熱帯からの直接的な影響とは解釈できない。よって、中緯度海洋前線帯の変動が大洋規模の大気循環異常をもたらし得る事が初めて明確に示された [Taguchi et al. 2012, J. Climate]。

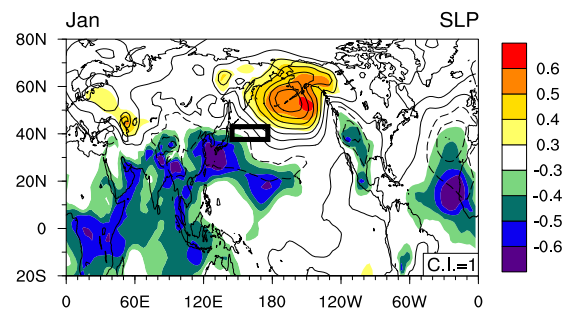


図2-4 亜寒帯前線帯(太線)で観測された11月の海面水温異常に対する翌1月の海面気圧の相関(色)及び線型回帰(等値線;水温異常1℃当り 1hPa毎)係数分布。11月に三陸沖で水温が高いと、2ヶ月後にアリューシャン低気圧が弱くなる傾向が見られ、海洋変動が大洋規模の大気循環に及ぼす影響の現れと考えられる。大気応答は海面気圧だけでなく対流圏全体に及ぶ(図3-3)。

### ⑤黒潮続流変動の不確定性

黒潮続流ジェットの経年変動も降水や海洋生態系への影響を考える上で重要である。海洋変動には大気外力の変動が支配的だが、黒潮続流ジェットでは外力と直接関係せずに変動する成分の存在も示唆されている。そこで、

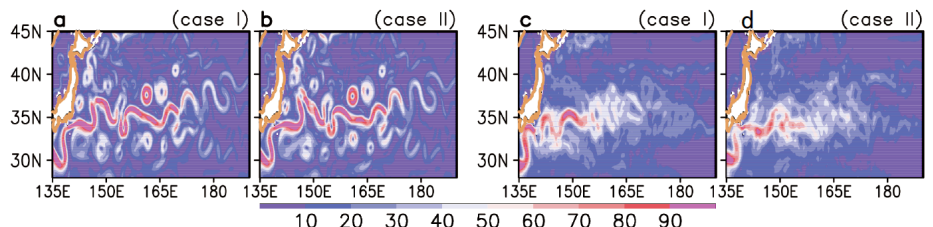


図2-5 渦解像海洋大循環モデルでの黒潮続流域100m深流速分布。(a, b)ほぼ同一の初期状態(積分開始直後の1ヶ月平均)から、同一の大気強制の下で時間積分しても、内部変動の影響により、(c, d)4年後には渦の影響の少ない年平均場においても黒潮続流に顕著な相違が見られる(dではcよりも明らかに流速が弱く、蛇行の様子も大きく異なる)。

A02-5・A03-8班が連携し、その成分も含め、極めて現実的な状況下での予測可能性研究を初めて行った [Nonaka et al. 2012, J. Climate]。更に、僅かに異なる初期値から経年変動する同一の大気強制の下で、地球シミュレータの渦解像海洋大循環モデルを駆動したところ、黒潮続流のその後の時間発展が両者で大きく

異なり、4年後の年平均流速場には明瞭な相違が確認された(前頁, 図2-5)。これは、そこに含まれるカオス的な内部変動とそれに起因する不確定性とを様々な外部強制の下で評価することが、黒潮続流の経年変動の力学やその予測可能性の理解に不可欠な事を意味する重要な結果である。更に、黒潮続流の内部変動が海洋生態系(プランクトン)の予測可能性にどう反映されるかも数値モデリングにより調査を進めている。

## ⑥放射を介した大気海洋間のエネルギー交換と雲の影響

A02-3班では、放射を介した大気海洋間の熱エネルギー交換過程について、雲の役割に着目して探究している。CALIPSO/CloudSat衛星による観測データに雲粒子タイプの識別アルゴリズムを適用し [Hagihara et al. 2010, J. Geophysical Research], 冬季日本周辺の下層雲において30°N以南で水滴, それ以北では過冷却水の雲粒が主であり, 氷晶は少ない傾向を見出した(図2-6) [Okamoto et al. 2010, Geophysical Research Letters; Yoshida et al., 2010; Sato & Okamoto 2011, 共にJ. Geophysical Research]. 但し, 赤外線・マイクロ波に対する氷粒子の吸収率の温度依存性には依然不確定性があり [Iwabuchi & Yang 2011, J. Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer], アルゴリズムの更なる改良を目指している。

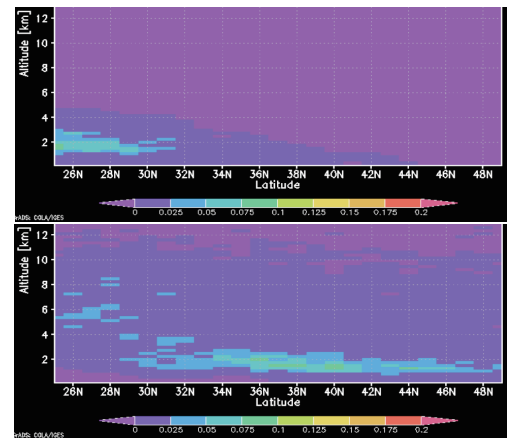


図2-6 CALIPSO/CloudSat衛星に基づく、日本周辺の冬季下層雲の(上)水雲粒子と(下)過冷却水雲粒子の緯度・高度分布。

一方、夏の下層雲による降水過程については、CloudSat/MODIS衛星のデータと雲解像モデルによる数値実験に基づき、光学的厚さや雲粒有効半径と雲水量との関係を中国とアマゾンにおける下層雲で比較した。その結果、雲凝結核の性質と衝突併合によるdrizzle(霧雨)粒子の成長が降水形成に重要なことを明らかにした [Kawamoto & Suzuki 2012, J. Geophysical Research]. 同様な解析を三陸沖のヤマセ雲に対しても実施中である。一方、夏季に特に重要となる海面での太陽放射フラックスの変動を左右する要因として、雲量や雲・エアロゾルの光学的厚さの平均値に加え、それらの相対的な変化の重要性を明らかにした [Kawamoto & Hayasaka 2010, Atmospheric Research; 2011, J. Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer].

## ⑦黒潮続流域における「モード水」の形成過程

A02-6班では、冬季黒潮続流域における激しい大気海洋相互作用の下でモード水(水塊)が形成される過程を、漂流型Argoブイデータ等に基づき探究した。三陸沖の親潮ジェットに沿う水温前線の南側では、寒気吹き出しの下で大気への熱放出が局所的に強化され(図2-7)、これによる海洋混合層の深化がモード水の形成に重要なことを見出した [Tomita et al. 2011, Geophysical Research Letters]. その南方の黒潮続流域では、活発な海洋中規模渦、取り分け高気圧性暖水渦がモード水形成に重要な役割を果たすこと [Kouketsu et al. 2012, J. Oceanography], 続流の流路安定性や近傍の渦活動の10年規模変動が、モード水形成域の西側で形成量を大きく変動させる傾向 [Oka et al. 2012, J. Oceanography] 等を見出した。この変動は、その南方を流れる亜熱帯反流への影響 [Kobashi & Kubokawa 2012; Kobashi & Xie 2012, 共にJ. Oceanography] を介して、大気へフィードバックを及ぼす可能性がある。

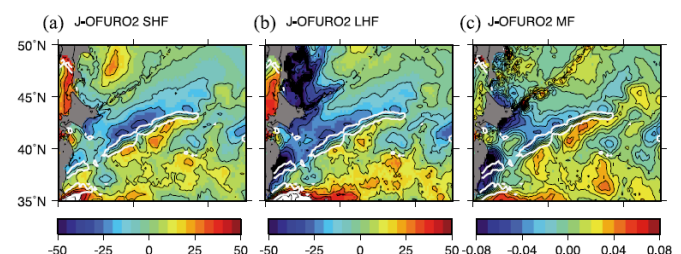


図2-7 J-OFURO2データに基づく2002~7年1~4月平均の海面での乱流フラックス(空間的な高波数成分の寄与のみ)。(a) 顕熱、(b) 蒸発潜熱(共にW/m<sup>2</sup>, 上向き正), 及び(c) 水平運動量(N/m<sup>2</sup>)。白線で囲まれた海域が水温前線。

⑧黒潮続流域における現場観測 当領域による黒潮続流域における新規の観測ブイ投入は24年夏に実施されるが、それに先立ちA02-6班では既設の繫留ブイによる観測データを解析した。黒潮続流のやや南方(32.4°N, 144.6°E)に米国大気海洋庁(NOAA)が2004年設置したKEOブイのデータから、海洋表層混合層の熱収支では局所的な大気との熱交換の寄与が支配的であるものの、春季には表層海流による

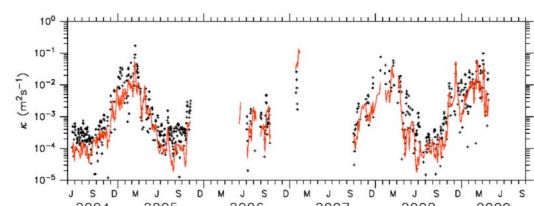


図2-8 KEOブイ観測データに基づく海洋混合層底部における鉛直拡散係数の推定値(m<sup>2</sup>/s, 黒点, 5日平均値)と推定誤差(赤線)。



水平熱移流により日射加熱が強まる前から表層の密度成層の強化が始まることを見出した。また、混合層底部の拡散係数が、ブイデータから夏季は $3\sim5\times10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s、冬季にはその約2倍と見積もられた(図2-8)[Cronin et al. 2012, Deep-Sea Research]. この値は乱流の直接観測から得られる値より1桁以上も大きく、大気擾乱に励起された近慣性波動からの寄与の重要性が示唆される。

2009年9月に台風Choi-WanがKEOブイのごく近傍を通過した際に得られたデータからは、風と近慣性流との共鳴が起きない台風の左側においても、海洋表層に強い近慣性流が生じ、等密度面の大きな鉛直変位が1週間以上も持続したことが発見された(図2-9)[Bond et al. 2011, J. Geophysical Research]. 黒潮続流北側に設置したJKEOブイのデータと比較からは、冬季の低気圧通過時に励起される近慣性波の振幅が黒潮続流の南側より北側の方が顕著に大きいという傾向も見出されている。24年夏に3基目のブイを設置することで、大気擾乱に対する中緯度海洋の応答過程の新たな知見が得られるものと期待される。また、公募研究(相木・和田)による高解像度数値モデル実験との照合や別の公募研究(根田)の海面における運動量交換過程の現場観測との連携から、台風や強い温帯低気圧の通過時の表層海洋の応答過程の理解が一層深まるものと期待される。

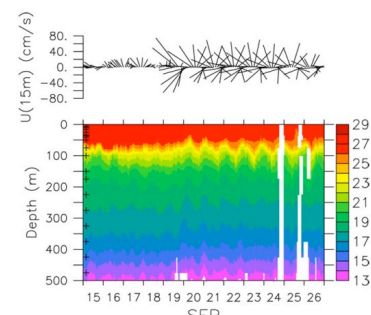


図2-9 台風Choi-Wan通過時にKEOブイで観測された(上)15m深の流向・流速と(下)水温(°C)の鉛直分布の時間変化。水温躍層(水温鉛直勾配の極大; 橙色領域に相当)が台風通過(19日)後に大きく上下している。

### ⑨雲解像数値モデルによる台風の再現と海洋との相互作用

研究項目A02では、A01や公募研究(相木)と連携して、雲解像領域モデルCReSSによる台風の再現実験を実施し [Akter & Tsuboki 2012, Monthly Weather Review], さらにそれを高解像度領域海洋モデルNHOESと結合させることで、台風と表層海洋との相互作用について探究を続けている。

※以上が領域計画書等に掲げられた研究計画に添った研究成果のハイライトである。以下に、当初予期しなかった研究の展開による重要な成果について幾つか紹介する。

#### ①黒潮大蛇行の長期変動の理解

日本南岸で黒潮が大蛇行を起こすと、海運や水産業に影響するのみならず、研究項目A01が見出したように低気圧の経路や発達率の変化を通じて日本の天候にも影響し得る。未解明であった黒潮大蛇行の発生・維持機構の考究に、A02-5班は高解像度海洋モデル・データ同化システムを用いた長期再解析データや感度実験から取り組んでいる [Usui et al. 2011, J. Geophysical Research]. 海洋モデルに与える風応力を変えた感度実験から、黒潮の流量が少ないと大蛇行が持続する傾向が明瞭に見られ(図2-10)、長期変動再現実験の結果とも合致した。但し、これは黒潮大蛇行の安定性に関する性質であり、過去の黒潮大蛇行は必ずしも黒潮の低流量時に発生していた訳ではない。そこで、黒潮続流及び台湾沖の渦活動の状態との関係も調べた結果、黒潮続流の強く安定した状態、並びに台湾沖の海面高度の高い状態、いずれもが黒潮大蛇行の発生条件となり得ることが示され、これら3要素の兼ね合いで過去の大蛇行の履歴が概ね説明可能なことが分かった。この成果は黒潮大蛇行の本質的理解に繋がる画期的なものである。

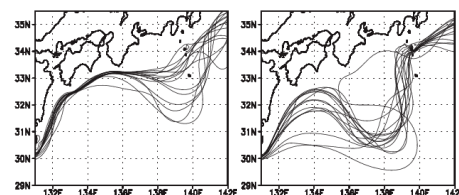


図2-10 高解像度海洋モデルに、観測値の(左)1.2倍と(右)0.8倍の風応力を与えた場合の黒潮流路。(右)流量が少ないと、黒潮の大蛇行が安定し、伊豆海嶺(140°E)の西側に長期間維持されるのに対し、(左)流量が多いと、蛇行が生じても黒潮はすぐ伊豆海嶺を越えてしまい蛇行は持続しない。

#### ②南日本における冬季降水量の増加傾向

A02-4班では過去30年にわたるアメダス降水量データを解析し、関東以西の太平洋沿岸を中心に、12・1月の降水量が2000年代に入って明瞭に増加した傾向を見出した(図2-11)。これは、南岸低気圧の活発化と亜熱帯からの水蒸気輸送の増大傾向に因るもので、日本上空における亜熱帯ジェット気流の近年の北上傾向に伴うことも分かった。黒潮等の海洋変動が水蒸気供給の変化にどの程度寄与したか、現在調査中である。

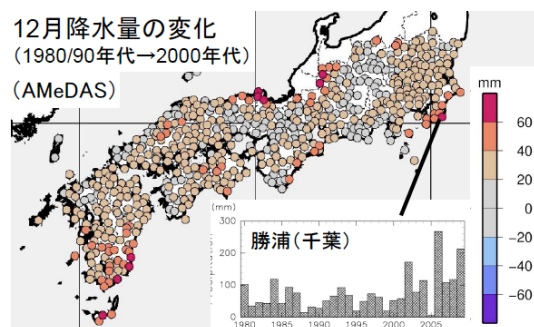


図2-11 アメダス各観測点における12月降水量の1980・90年代平均と2000年代平均との差(mm; 暖色系は増加傾向)と増加の顕著な勝浦の時系列。

## 研究項目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 + 1公募研究)

本研究項目では、黒潮・親潮やオホーツクの海水と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・エネルギー供給に着目し、それが気候系の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の解明を目指し、他海域のhot spotとの比較も通じて、以下のような研究成果を得た。

① 中緯度の強い暖流に伴う水温前線への大気境界層の応答 A03-7班は、メキシコ湾流など中緯度の強い暖流に沿って対流性降水が組織化される傾向を見出した [Minobe et al. 2010, Kuwano-Yoshida et al. 2010, 共にJ. Climate]. 降水帯の組織化には海上風分布の海面水温分布への応答に関わるが、その理解のためには大気境界層が強い水温勾配に如何に応答するかを把握する必要がある。その主要なメカニズムとしては、境界層内の乱流混合による運動量の下方輸送と大気海洋間の熱交換を反映した「気圧調整メカニズム」とが提案されている。前者の全球的評価は、衛星観測で得られる海上風と風下方向の海面水温勾配との関連性の調査から既になされてきたが、衛星観測から気圧を直接評価できないため後者の評価は船舶観測が豊富な黒潮やメキシコ湾流域に限られていた。そこで、Aqua衛星搭載のAtmospheric Infrared Sounder (AIRS)データに基づき、境界層の気温変化を反映した下層大気(1000~850 hPa)の層厚の評価を通じ、気圧調整メカニズムの全球的評価を世界で初めて試み、全ての主要な中緯度暖流域において気圧調整メカニズムが普遍的に働くことを見出した(図3-1)[Shimada & Minobe 2011, Geophysical Research Letters].

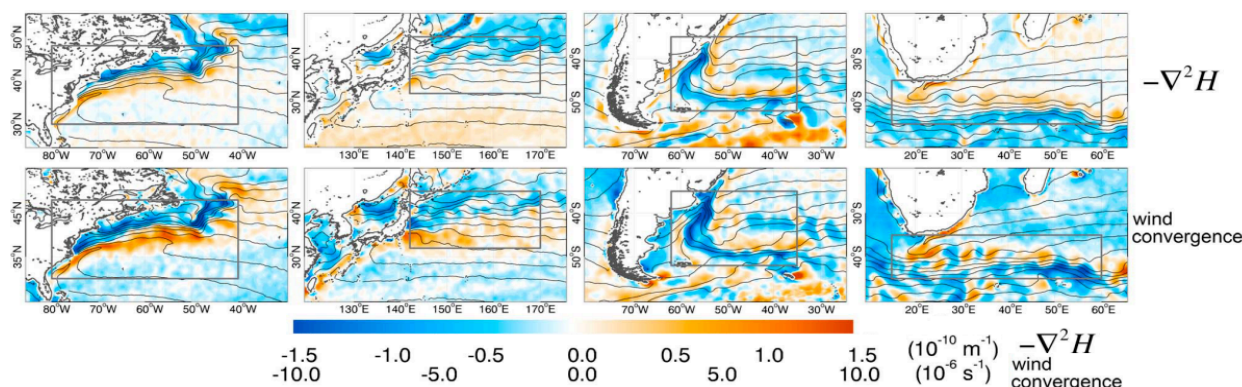


図3-1. 各大洋西縁の強い暖流域(左より、湾流域、黒潮続流域、ブラジル海流域、アグラス反転流域)における年平均の(上)下層大気層厚の水平ラプラシアン( $-\nabla^2 H$ )と(下)海上風収束(赤が収束、青が発散). 等値線は海面水温分布. 暖流に沿って熱供給により下層大気が膨張して層厚が極大となり、対応して海面気圧は極小となるため $-\nabla^2 H > 0$ となる。

上記の各メカニズムがどれほど海上風分布に寄与するか定量的に評価するための診断方程式を開発した。領域大気モデルで再現された場にその診断式を適用し、湾流上では海上風の収束・発散に圧力調整メカニズムが主に寄与することを見出した(図3-2)[Takatama & Minobe 2011, Atmospheric Science Letters]. なお、こうした下層大気の循環・熱構造や雲形成への海流の影響は、気象予報モデルに高解像度海面水温を与えて作成する全球大気再解析データ(A03-8班が気象庁と連携して作成中)により、一層解明が進むものと期待される。

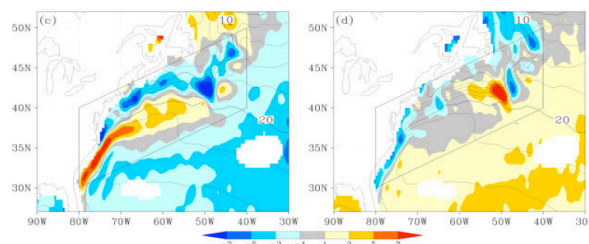


図3-2 海面直上100 m厚の大気層での水平風の質量収束への(左)気圧調整と(右)乱流による運動量下方輸送による寄与( $10^{-6}$  kg/s). 領域大気モデル年平均場に基づく評価. 北米東岸沖のメキシコ湾流に沿っては、気圧調整のみが収束(赤)をもたらす。

## ②水温前線の南北移動に伴う水温変動がアリューシャン低気圧に与える影響

A03-8班ではA02-5班と連携して長期観測データと大気海洋結合モデルの長期積分データを解析し、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ことに成功した。即ち、黒潮・親潮続流域の亜寒帯海洋前線の南北変位に伴う晩秋からの持続的水温異常が大気への熱放出を変え、この熱強制に対して移動性高低気圧の活動とそれらからのフィードバック強制的持続的变化を介して、地表アリューシャン低気圧の強弱をもたらす海盆規模の停滞性大気循環応答を強制することを、双方のデータから整合的に見出したのである [Taguchi et al. 2012, J. Climate]. この大気応答は、水温異常の近傍の浅い応答と対流圏上層にまで及ぶ大洋中部の深い応答とから成り(図3-3)、熱強制に対する



中緯度大気の大規模応答(ロスビー応答)の理論と整合的に見えるが、その特徴的な鉛直構造(傾圧構造)の力学的重要性について解析を進めている。なお、この大気応答が1月にピークに達した後に急激に減衰するという特異な季節性も発見され、これが偏西風ジェット気流の分流域で出現し易い大気循環異常(力学モード)のジェット気流の分布への敏感性の現れか探究を進めている。従来の大気循環の経年変動に関する研究の殆どは季節平均場や年平均場に基づくものだが、この結果は季節進行の位相に固定された大気応答の時間発展の重要性を浮彫りにした。

上記の解析と整合的に、公募研究(杉本)では観測データに基づき、黒潮親潮続流域での海面水温変動の主因が、下層大気の微小な渦に伴う海面からの熱放出量の年々変動であり、水温が高いほど大気への熱放出が増大するという傾向を捉えた。また、高解像度衛星観測データから、続流域の海面水温異常は、黒潮続流から切離した暖水渦の分布を反映することも見出した [Sugimoto & Hanawa 2011, J. Climate]. 今後は、別の公募研究(岩坂)が作成した、より長期の続流変動データも含めた解析へと発展させる。

### ③「北極振動」に伴う成層圏・対流圏・海洋結合変動と冬季モンスーン

A03-8班は、南半球を意識し、大気大循環モデルの下方境界条件から陸地を排して東西一様な海面水温場を全球に与える「水惑星」実験を通じて、中緯度の海面水温分布が中高緯度の気大循環の平均状態やその周りの卓越変動である「環状モード変動(南極振動・北極振動)」に及ぼす影響という、従来顧みられなかった根源的課題を探究している。異なる緯度に水温前線帯を置いた一連の「水惑星」実験から、移動性高低気圧が頻繁に発達する「ストームトラック」やそうした波動擾乱が駆動する中緯度偏西風(海上偏西風を伴う亜寒帯ジェット気流)の平均的緯度が、擾乱とジェットとの力学的相互作用と水温前線帯による熱力学的強制効果との兼合いで決まることを見出し、後者が効果的な対流圏下層ではストームトラックや偏西風が水温前線近傍に形成される傾向が判明した(図3-4) [Ogawa et al. 2012, Geophysical Research Letters]. また、水温前線を挟んだ海洋からの熱供給の南北差が、低気圧の発達に不可欠な気温南北勾配を効率的に維持させることが渦駆動される中緯度偏西風の維持に重要であり [Hotta & Nakamura 2011, J. Climate], その卓越変動である「環状モード」の形成に本質的なことを提示した [Sampe et al. 2012, J. Meteorological Society of Japan]. さらに、全球大気海洋結合モデルで再現された「北極振動」に伴う長周期大気変動が、全球大気大循環モデルによるものよりも明白に強い傾向から、海洋との相互作用が北極振動の長期変動を増幅させる可能性が示唆された [Yukimoto et al. 2012, J. Meteorological Society of Japan].

A03-8班は、冬季東アジアモンスーンに年々変動をもたらす2つの主要な循環偏差パターンのうち、極東上空の南北双極子状の対流圏循環異常(WP pattern)が、北半球の他地域の循環異常とは対照的な影響を成層圏に及ぼすことを見出した [Nishii et al. 2011, J. Climate]. 即ち、地表シベリア高気圧の異常増幅に与る極東上空のブロッキング高気圧が、北極上空の成層圏を寧ろ寒冷化させ(図3-5) [Nishii et al. 2010, Geophysical Research Letters], 成層圏オゾンの減少にも寄与し得ることを発見した [Dörnbrack et al. 2012, Atmospheric Chemistry & Physics]. A03-9班は、衛星観測に基づく推定により、オホーツク海

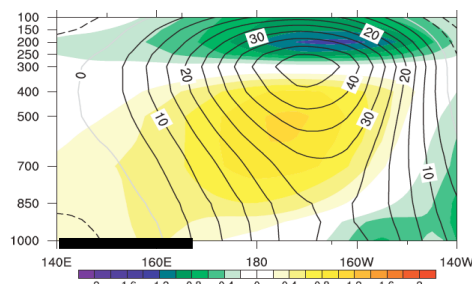


図3-3 親潮に伴う亜寒帯海洋前線帯が北偏した際の11月の異常な暖水(太線域)に対する2ヵ月後(1月)の大気応答の鉛直構造(南西・北東断面). 各等圧面高度の平年からの偏差(等値線, 5m毎)と気温の異常(0.2℃毎, 暖色系が暖気異常). 高気圧性の循環異常(実線)の西側は、循環異常の等位相線が高さと共に西傾する傾圧構造が見られる。

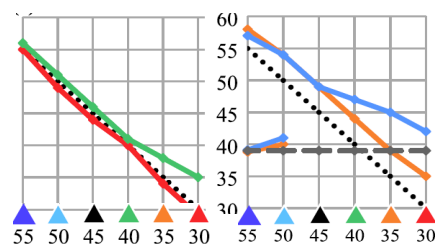


図3-4 「水惑星」実験で再現される平均循環場の水温前線の緯度(横軸)に対する依存性。(左)地表傾圧帯(赤; 気温南北経度の最大緯度)と下層ストームトラック(緑; 移動性高低気圧波による極向き熱輸送最大緯度)の緯度(縦軸)。(右)高低気圧波による海上偏西風加速の最大緯度(橙)と海上偏西風の最大緯度(青)(縦軸)。亜寒帯の水温前線に対しては偏西風が分流し、低緯度側の軸は水温前線が無い場合の偏西風の緯度に一致する。

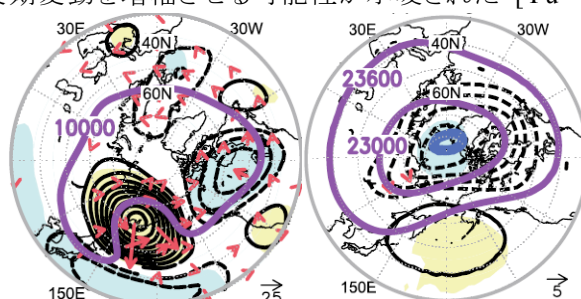


図3-5 (左)最盛期のWP patternに伴って観測される上部対流圏250hPa気圧面高度の典型的な異常(50m毎)。(右)その20日後に観測される中部成層圏30hPa気圧面高度の典型的な異常(50m毎)。対流圏では高気圧性循環(実線)が発達し、紫線(250hPa面等高線)に沿って吹く偏西風が極東上空で大きく蛇行し、日本上空は寒気を伴う低気圧性循環異常(破線)に覆われる。対流圏循環異常が成層圏へ伝播する惑星規模波動を弱めるため、北極上空では低温の低気圧性循環が強化される。

北西部の陸棚域では海水生成量が年間積算で10m以上にも達し、その経年変動がシベリアからの初冬の寒気移流に強く影響されることを示した [Nihashi et al. 2012, J. Climate]. そのオホーツクの海水変動と夏・秋の北極海東シベリア沿岸の海水変動との関連に、東シベリア上空に形成される大気循環異常が関わること、こうした関連が大気海洋結合モデルCFESの長期積分でも再現されることも見出した。

#### ④オホーツク海周辺における海水・海洋・大気間のフィードバック過程

オホーツク海の海水変動をもたらすもう1つの重要な要因として、A03-9班はオホーツク海に流入するベーリング海起源の比較的高温・高塩分の水にも着目し、流入水の11・12月の表層水温とその後観測される最大海氷面積との間に強い相関を見出した [Nakanowatari et al. 2010, J. Geophysical Research]. これは、流入水による融解の促進が海氷域の拡大を抑制する効果の反映と解釈できる。さらに、ロシア水文気象研究所との協力の下、ロシア経済水域内の多くの未公開観測データを含めたオホーツク海・ベーリング海の海洋データセットを作成した [Uehara et al. 2012, J. Oceanography]. その解析から、過去50年にオホーツク海の表層塩分が0.08psuも低化した事実や、ベーリング海西部の表層(中冷水)を起源としてオホーツク海中層(約150~300m深)に潜り込む塩分の10年規模変動を発見し(図3-6)、この海洋変動をアリューシャン低気圧の変動が数年先行して駆動する傾向も見出した。

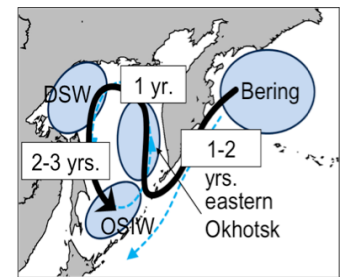


図3-6. アリューシャン低気圧の変動の影響で形成されるベーリング表層水偏差とそのオホーツク海への流入のラグ関係を示す概念図。

#### ⑤夏季のオホーツク海の低水温の維持機構と付随する大気海洋相互作用

北日本の夏季の天候に

大きく影響するオホーツク海高気圧と下層雲の相互作用を、A03-9班はA01-2班と連携して領域大気モデルと大気海洋結合モデルにより再現した。地表のオホーツク海高気圧下で下層雲が発達すると日射が遮蔽されるとともに、雲頂から赤外線放射で下層大気が冷却されると海面も冷やされるため、夏季においても低水温が効果的に維持されることが示された [Koseki et al. 2012, J. Geophysical Research].

#### ⑥梅雨前線を伴う大気循環系の形成・変動過程と海洋の役割

A03-8班は、過去30年の観測データの解析

から、梅雨前線の降水帯の経年変動が亜熱帯ジェット気流による対流圏中層の暖気移流の変動と強く連動する事を見出した(図3-7) [Kosaka et al. 2011, J. Climate]. これは、気候学的に南西から北東に吹くジェット気流による暖気移流が大規模な上昇気流と降水帯を維持し、そのジェット気流の南北変動を反映したシグナルと解釈できる。このジェット気流の変動は、地表の小笠原高気圧とフィリピン近海での台風活動の変調と関連している。「PJパターン」と呼ばれるこの大規模な大気循環異常が、亜熱帯ジェット気流から効率的にエネルギーを変換して自らを維持するだけでなく、海上風と海面蒸発の異常を介して台風等の対流性降水活動を変化させることで、大気加熱に伴う循環エネルギー生成を促すという自励振動的特性を有することを発見した [Kosaka & Nakamura 2010, J. Climate]. こうした「湿潤力学モード」的特性を反映したPJパターンは、北西太平洋域の夏季大気循環場の変動に最も卓越するのみならず、IPCC第4次評価報告書の各気候モデルにおいて同地域の夏季循環場の再現性を最も大きく左右することも判明した [Kosaka & Nakamura 2011, J. Climate].

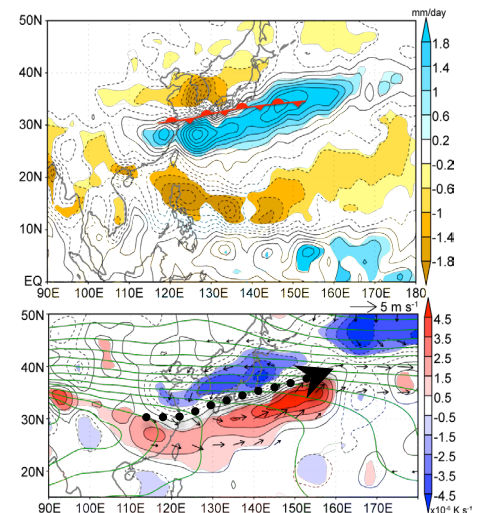


図3-7. 過去30年に梅雨期北西太平洋域で最も卓越した降水量とジェット気流による暖気移流との共変動パターン。(上)降水量異常(mm/day)は平年の梅雨前線(赤線)を挟んだ南北双極子状。(下)ジェット気流による対流圏中層500hPa面における温度移流の異常(°C/day; 緑線は平年の等温線; →は水平風偏差)も、平年の亜熱帯ジェット気流(太破線)を挟んだ南北双極子状。図示された位相では、ジェット気流と暖気移流領域が平年より南下したのに伴い、降水帯も南下する傾向を示す。

さらに、A03-7班とA03-8班は連携して、水平格子解像度50 kmに相当する大気大循環モデルや大気海洋結合モデルを地球シミュレータ上で長期積分し、海洋前線の再現性がジェット気流や梅雨前線の季節進行の再現性に影響し得ることを見出した。海洋からの水蒸気供給がジェット気流と水温前線との相対位置関係に依存し、それが梅雨明けにも影響する可能性が示された。

※以上が領域計画書に掲げられた研究計画に添った研究成果のハイ

ライトである。以下に、当初予期しなかった展開による重要な研究成果について幾つか紹介する。



①「thin-jet理論」の海洋波動への適用 A03-7班では、A02-5班が地球シミュレータで実施した高解像度海洋大循環モデルの実験結果に、南北方向に狭いジェットとして海流を表現するthin-jet理論を適用して、海上風変動により強制される大規模波動(ロスビー波)の伝搬特性や波動に伴う黒潮続流・メキシコ湾流の長期変動の特性を矛盾なく説明することに成功した [Sasaki & Schneider 2011, J. Physical Oceanography].

②夏季北極海の海水変動と大気循環変動 東シベリア沖からカナダ海盆にかけての北極海で夏季に観測されている海水の多寡が、夏季の大気循環変動の影響に因ることをA03-9班が突き止めた [Ogi & Wallace 2012, Geophysical Research Letters]. 加えて、夏季の海水面積の変動は直前の冬の海水運動に起因する海水の厚薄にも依存することも分かった. こうした2つの要因による北極海の(季節進行の変調としての)海水変動と冬季アジアモンスーンとの関連性の探究がA03-9班とA03-8班の連携で進展している.

③地球温暖化に伴う移動性高低気圧活動の変化 高解像度大気大循環モデルの下方境界条件として、気候モデルの温暖化実験から得られた海面水温分布を与えたA03-8班の実験から、温暖化に伴って強い低気圧の頻度が冬季太平洋・大西洋のストームトラックの北側・下流側で増加する可能性が示された [Mizuta et al. 2012, J. Meteorological Society of Japan].

#### ④放射性物質の輸送に果たす低気圧の役割

2011年3月の東日本大震災により被災した福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の北米・欧州方面への広域輸送に、3月15~16日に日本近海で発達した低気圧に伴う上昇気流が本質的役割を果たしたことをA03-8班が明らかにした [Takemura et al. 2011a, SOLA; 2011b, EOS Transaction]. また、同じ低気圧に伴う地表付近の南東風が、発電所北西方へ特に多量の放射性物質を輸送したことも明らかにした.

⑤温暖化が顕在化する気候系の”hot spot” 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A03-8班が見出した(図3-8) [Wu et al. 2012, Nature Climate Change]. 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現れたものと考えられる. これは、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益々増大しつつある事を示す結果である.

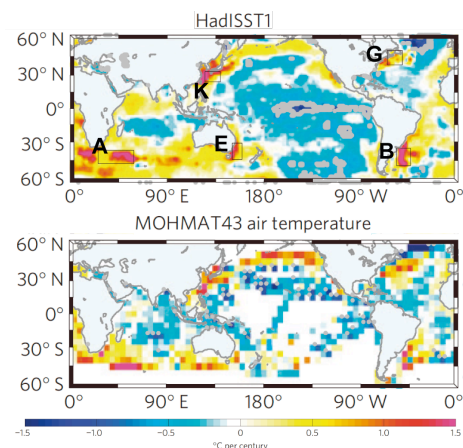


図3-8. 1900~2008年の観測データに見られる各地点のトレンド. 海洋全体の平均トレンドからのずれとして表示. (上)海面水温, (下)海上気温. 赤色は、全球平均よりも100年当り1℃も速いペースで温暖化している海域で、各大洋西縁の強い暖流域(上図:K 黒潮;G メキシコ湾流, B ブラジル海流;E 東オーストラリア海流;A アガラス反転流)が該当する.

## 5. 研究成果の公表の状況

(1)主な論文等の一覧 [全リストは領域HPに記載]

①査読付き論文一覧 24年6月までの24ヶ月間に公表・受理された計168編のうち、主要なものを以下に掲げる [計画研究班・公募研究課題代表, 分担者, 連携研究者, PD<sup>†</sup>, corresponding author<sup>\*</sup>].

- Isobe, A.<sup>\*</sup>, S. Kako: A role of the Yellow and East China Seas in the development of extratropical cyclones in winter, **J. Climate**, 25 (2012), in press.
- Cronin, M. F.<sup>\*</sup>, N. A. Bond, J. T. Farrar, H. Ichikawa, S. R. Jayne, Y. Kawai, M. Konda, B. Qiu, L. Rainville, H. Tomita: Formation and erosion of the seasonal thermocline in the Kuroshio Extension recirculation gyre, **Deep-Sea Research II**, 59 (2012), in press.
- Oka, E.<sup>\*</sup>, 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), in press.
- Otomi, Y., Y. Tachibana<sup>\*</sup>, T. Nakamura: A possible cause of the AO polarity reversal from winter to summer in 2010 and its relation to hemispheric extreme summer weather, **Climate Dynamics**, 38 (2012), in press.
- Roxy, M.<sup>\*</sup>, Y. Tanimoto: Influence of sea surface temperature on the intraseasonal variability of the South China Sea summer monsoon, **Climate Dynamics**, 38 (2012), in press.
- Sampe, T.<sup>\*</sup>, 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**, 90D (2012), in press.
- Sasaki, H.<sup>\*</sup>, P. Klein: SSH wavenumber spectra in the North Pacific from a high-resolution realistic simulation, **J. Physical Oceanography**, 42 (2012) in press.

- Uehara, H.<sup>†\*</sup>, A.A. Kruts, Y.N. Volkov, T. Nakamura, T. Ono, H. Mitsudera: A new climatology of the Okhotsk Sea derived from the FERHRI database, **J. Oceanography**, 68 (2012), in press.
- Yamaura, T., T. Tomita<sup>\*</sup>: Covariability between the Baiu precipitation and tropical cyclone activity through large-scale atmospheric circulations, **J. Meteorological Society of Japan**, 90 (2012), in press.
- Aiki, H.<sup>\*</sup>, 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.
- Akter, N.<sup>\*</sup>, K. Tsuboki: Numerical simulation of Cyclone Sidr using cloud resolving model: Characteristics and formation process of an outer rainband, **Monthly Weather Review**, 140 (2012), 789-810.
- Chen, G.<sup>\*</sup>, W. Sha, T. Iwasaki, K. Ueno: Diurnal variation of rainfall in the Yangtze River Valley during the spring-summer transition from TRMM measurements, **J. Geophysical Research**, 117 (2012), D06106.
- Dörnbrack, A.<sup>\*</sup>, Pitts, M. C., Poole, L. R., Orsolini, Y. J., K. Nishij, H. Nakamura: The 2009/2010 Arctic stratospheric winter –General evolution, mountain waves and predictability of an operational weather forecast model, **Atmospheric Chemistry & Physics**, 12 (2012), 3659-3675.
- Hayasaki, M.<sup>\*</sup>, R. Kawamura: Cyclone activities in heavy rainfall episodes in Japan during spring season, **SOLA**, 8 (2012), 45-48.
- Iizuka, S.<sup>\*</sup>, K. Dairaku, 他5名: Assessment of ocean surface winds and tropical cyclones around Japan by RCMs, **J. Meteorological Society of Japan**, 90B (2012), 91-102.
- Inatsu, M.<sup>\*</sup>, K. Terakura: Wintertime extratropical cyclone frequency around Japan, **Climate Dynamics**, 38 (2012), 2307-2317.
- Inatsu, M.<sup>\*</sup>, 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.
- Inoue, J.<sup>\*</sup>, M. E. Hori, K. Takaya: The role of Barents Sea ice in the wintertime cyclone track and emergence of a warm-Arctic and cold-Siberian anomaly, **J. Climate**, 25 (2012), 2561-2568.
- Isobe, A.<sup>\*</sup>, 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.
- Kawamoto, K.<sup>\*</sup>, 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.<sup>\*</sup>, 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.<sup>\*</sup>, 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.
- Koseki, S.<sup>\*</sup>, T. Nakamura, H. Mitsudera, Y. Wang: Modeling low-level clouds over the Okhotsk Sea in summer: Cloud formation and its effects on the Okhotsk high, **J. Geophysical Research**, 117 (2012), D05208.
- Kouketsu, S.<sup>\*</sup>, H. Tomita, E. Oka, S. Hosoda, T. Kobayashi, K. Sato: The role of meso-scale eddies in mixed layer deepening and mode water formation in the western North Pacific, **J. Oceanography**, 68 (2012), 63-77.
- Mizuta, R.<sup>\*</sup>, 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.
- Nakamura, H.<sup>\*</sup>, 他5名: Surface velocity time series derived from satellite altimetry data in a section across the Kuroshio southwest of Kyushu, **J. Oceanography**, 68 (2012), 321-336.
- Nihashi, S.<sup>\*</sup>, K. I. Ohshima, N. Kimura: Creation of a heat and salt flux dataset associated with sea-ice production and melting in the Sea of Okhotsk, **J. Climate**, 25 (2012), 2261-2278.
- Nishikawa, S.<sup>\*</sup>, A. Kubokawa: Mixed layer depth front and subduction of low potential vorticity water under seasonal forcings in an idealized OGCM, **J. Oceanography**, 68 (2012), 53-62.
- Nonaka, M.<sup>\*</sup>, 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.<sup>\*</sup>, 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.
- Ogi, M.<sup>\*</sup>, J.M. Wallace: The role of summer surface wind anomalies in the summer Arctic sea ice extent in 2010 and 2011, **Geophysical Research Letters**, 39 (2012), L09704.
- Ogawa, F.<sup>\*</sup>, H. Nakamura, K. Nishij, T. Miyasaka<sup>†</sup>, A. Kuwano-Yoshida: Dependence of the climatological axial latitudes of the tropospheric westerlies storm tracks on the latitude of an extratropical oceanic front, **Geophysical Research Letters**, 39 (2012), L05804.
- Oka, E.<sup>\*</sup>, B. Qiu: Progress of North Pacific mode water research in the past decade, **J. Oceanography**, 68 (2012), 5-20.
- Sugimoto, S.<sup>\*</sup>, 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.
- Taguchi, B.<sup>\*</sup>, 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.
- Takatama, K.<sup>\*</sup>, S. Minobe, M. Inatsu, J. R. Small: Diagnostics for near-surface wind convergence/divergence response to the Gulf Stream in a regional atmospheric model, **Atmospheric Science Letters**, 13 (2012), 16-21.
- Yamamoto, M.<sup>\*</sup>: Mesoscale structures of two types of cold-air outbreaks over the East China Sea and the effect of coastal sea surface temperature, **Meteorology & Atmospheric Physics**, 115 (2012), 89-112.
- Yamashita, Y., R. Kawamura<sup>\*</sup>, S. Iizuka, H. Hatsushika: Explosively developing cyclone activity in relation to heavy snowfall on the Japan Sea side of central Japan, **J. Meteorological Society of Japan**, 90 (2012), 275-295.
- Yukimoto, S.<sup>\*</sup>, 他 16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.



- 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.
- Wu, L.\*, W. Cai, L. Zhang, H. Nakamura, A. Timmermann, 他7名: Enhanced warming over the global subtropical western boundary currents, **Nature Climate Change**, 2 (2012), 161-166.
- Bond, N. A.\*, M. F. Cronin, C. Sabine, Y. Kawai, 他3名: Upper-ocean response to typhoon Choi-Wan as measured by the Kuroshio Extension Observatory (KEO) mooring, **J. Geophysical Research**, 116 (2011), C02031.
- Fujisaki, A.\*, H. Mitsudera, H. Yamaguchi: Dense shelf water formation process in the Sea of Okhotsk based on an ice-ocean coupled model, **J. Geophysical Research**, 116 (2011), C03005.
- Hirose, N.\*: Inverse estimation of empirical parameters used in a regional ocean circulation model, **J. Oceanography**, 67 (2011), 323-336.
- Hotta, D.\*, H. Nakamura: On the significance of sensible heat supply from the ocean in the maintenance of mean baroclinicity along storm tracks, **J. Climate**, 24 (2011), 3377-3401.
- Iwabuchi, H.\*, P. Yang: Temperature-dependence of ice optical constants: Implications for simulating the single-scattering properties of cold ice clouds, **J. Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer**, 112 (2011), 2520-2525.
- 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.
- 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 & Radiative Transfer**, 112 (2011), 329-337.
- 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.
- Kuriyama, K., M. Yamamoto\*: Interannual and synoptic-scale features of two types of cold-air outbreaks over the East China Sea during 1988-2006, **Theoretical & Applied Climatology**, 103 (2011), 291-304.
- 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.
- Nakano, H.\*, H. Tsujino, 他5名: Uptake mechanism of anthropogenic CO<sub>2</sub> in the Kuroshio Extension region in an ocean general circulation model, **J. Oceanography**, 67 (2011), 765-783.
- Nihashi, S.\*, K. I. Ohshima, H. Nakasato: Sea-ice retreat in the Sea of Okhotsk and the ice-ocean albedo feedback effect on it, **J. Oceanography**, 67 (2011), 551-562.
- 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.
- Saito, H., T. Suga\*, K. Hanawa, N. Shikama: The Transition Region Mode Water of the North Pacific and its rapid modification, **J. Physical Oceanography**, 41 (2011), 1639-1658.
- 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.
- Sato, K.\*, H. Okamoto: Refinement of global ice microphysics using spaceborne active sensors, **J. Geophysical Research**, 116 (2011), D20202.
- Shi, R.\*, X. Guo, H. Takeoka: The influences of tidal front on the summer winds in an Inland sea, **Boundary-Layer Meteorology**, 138 (2011), 299-319.
- Shimada, T., S. Minobe: Global analysis of the pressure adjustment mechanism over sea surface temperature fronts using AIRS/Aqua data, **Geophysical Research Letters**, 38 (2011), L06704.
- Shiota, M., R. Kawamura\*, H. Hatsushika, S. Iizuka: Influence of the East Asian winter monsoon variability on the surface cyclogenesis over the East China Sea in late winter, **SOLA**, 7 (2011), 129-132.
- 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.
- Suzuki, K.\*, A. Kuwata, N. Yoshie, 他3名: Population dynamics of phytoplankton, heterotrophic bacteria, and viruses during the spring bloom in the western subarctic Pacific, **Deep Sea Research I**, 58 (2011), 575- 589.
- Takemura, T.\*, H. Nakamura, M. Takigawa, T. Miyasaka†, 他3名: A numerical simulation of global transport of atmospheric particles emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, **SOLA**, 7 (2011), 101-104.
- Takemura, T.\*, H. Nakamura, T. Nakajima: Tracing airborne particles after Japan's nuclear plant explosion, **EOS Transactions**, 92 (2011), 397-398.
- 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.
- Uchimoto, K.\*, T. Nakamura, H. Mitsudera, 他4名: Simulations of chlorofluorocarbons in and around the Sea of Okhotsk: Effects of tidal mixing and brine rejection on the ventilation, **J. Geophysical Research**, 116 (2011), C02034.
- Ueda, A.\*, M. Yamamoto, N. Hirose: Meteorological influences of SST anomaly over the East Asian marginal sea on the subpolar and polar regions: A case of an extratropical cyclone on 5-8 November 2006, **Polar Science**, 5 (2011), 1-10.

- Usui, N.\*, H. Tsujino, H. Nakano, Y. Fujii, M. Kamachi: Decay mechanism of the 2004/05 Kuroshio large meander, **J. Geophysical Research**, 116 (2011), C10010.
- 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.
- Yoshie, N.\*, X. Guo, 他2名: 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.
- Akter, N.\* , K. Tsuboki: Characteristics of supercells in the rainband of numerically simulated Cyclone Sidr, **SOLA**, 6A (2010), 25-28.
- Hagihara, Y.\* , H. Okamoto, R. Yoshida: Development of a combined CloudSat/CALIPSO cloud mask to show global cloud distribution, **J. Geophysical Research**, 115 (2010), D00H33.
- Hattori, M.\* , K. Tsuboki, S. Mori: Contribution of tropical cyclones to the seasonal change patterns of Precipitation in the western North Pacific: Estimation based on JRA-25/JCDAS, **SOLA**, 6 (2010), 101-104.
- 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.
- Kawaguchi, Y.\* , H. Mitsudera, S. Nihashi, K.I. Ohshima: Formation mechanism of huge coastal polynyas and its application to Okhotsk Northwestern Polynya, **J. Physical Oceanography**, 40 (2010), 2451-2465.
- 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.
- Kwon, Y.-O.\* , M. A. Alexander, N. A. Bond, C. Frankignoul, H. Nakamura, 他2名: Role of Gulf Stream and Kuroshio-Oyashio systems in large-scale atmosphere-ocean interaction: A review, **J. Climate**, 23 (2010), 3249-3281.
- 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.
- Nakada, S.\* , Y. Sasajima, N. Hirose, Y. Yoshikawa, J.-H. Yoon: A study of the dynamic factors of the summer-time upwelling in the Tsushima Warm Current region, **Deep-Sea Research Part II**, 57 (2010), 1799-1808.
- 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, **Geophysical Monograph (AGU)**, 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.
- 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.
- 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 Part II**, 57 (2010), 1247-1256.
- Sasajima, Y.\* , Y. Hasumi, T. Nakamura: A sensitivity study of the dense shelf water formation in the Okhotsk Sea, **J. Geophysical Research**, 115 (2010), C11007.
- Sugisaki, H.\* , M. Nonaka, 他7名: Status and trends of the Kuroshio region, 2003-2008, Marine Ecosystems of the North Pacific Ocean, 2003-2008, **PICES Special Publication**, 4 (2010), 330-359.
- Tomita, T.\*, M. Nonaka, T. Yamaura: Interannual variability in the subseasonal northward excursion of the Baiu front, **International J. Climatology**, 30 (2010), 2205-2216.

※他に、査読なしの解説・総説が計51編出版(予定)されている。

## ②図書の一覧 24年6月までの24ヶ月間に出版(予定)された計17編のうち、主要なものを以下に掲げる[計画研究班・公募研究課題代表, 分担者, 連携研究者].

- 筆保弘徳, 芳村 圭, 茂木耕作, 加藤輝之, 吉野 純, 稲津 将, 三好建正: 気象学のススメ(第3章 梅雨), ベレ出版 (2013), 180pp.
- 三寺史夫・内本圭亮・中村知裕・西岡純・三角和弘・津旨大輔: オホーツク海および親潮域における物質循環のモデリング: 第4章 オホーツクの生態系とその保全, 北海道大学出版会, (2012).
- Onishi, T., H. Mitsudera, K. Uchimoto: Numerical Simulation of Dissolved Iron Production and Transport in the Amur River and the Sea of Okhotsk: The Dilemma of Boundaries, *Global Environmental Studies*, Part 3, Springer (2012), 87-105pp.
- Wada, A.: Numerical study on the effect of the ocean on tropical-cyclone intensity and structural change, *Atmospheric Model Applications*, InTech (2012), 43-68pp.
- 茂木耕作: 梅雨前線の正体, 東京堂出版 (2012), 168pp.
- Shi, R., X. Guo, H. Takeoka: Tracing Dynamics of Organic Material Flow in Coastal Marine Ecosystems: Results from Manila Bay (Philippines) and Kyucho Intrusion (Japan), **TERRAPUB** (2011), 278pp.
- 青木 茂: SUPERサイエンス 南極海ダイナミクスをめぐる地球の不思議, C&R研究所 (2011), 256pp.
- 谷本陽一: 地球惑星科学入門, 北海道大学出版会 (2010), 323-333.

③**構成員の顕彰** 上記のような研究成果に対し、何人かの構成員が以下のような顕彰を受けた。

- ・吉江(公募研究代表): Best Presentation Award, PICES 2011 Annual Meeting (2011年).
- ・渡部(A02-4分担): 日本気象学会賞(最高学術賞)(2012年)
- ・岡(A02-6分担): 日本海洋学会 日高論文賞(2011年)
- ・谷本(A02-4分担): 日本気象学会 気象集誌論文賞(2010年)
- ・佐々木(A02-5分担)・木田(A01-1分担)・田口(A02-5分担): 第17回計算工学講演会 グラフィックスアワード最優秀賞(2012年); 第6回科学技術の「美」パネル展 優秀賞(2012年); 第25回数値流体力学シンポジウム ベストCFDグラフィックス・アワード 第1位(2011年)
- ・岡本(A02-3連携): 日本気象学会賞(最高学術賞)(2011年)
- ・安田(A02-5連携): 日本海洋学会賞(最高学術賞)(2011年)
- ・三瓶(A03-8連携): 日本気象学会 山本・正野論文賞(若手優秀論文賞)(2011年)
- ・本領域に参画する大学院生2名(東大・名大)が、日本地球惑星科学連合2012年大会「学生優秀発表賞」に輝いた。
- ・相木(公募研究代表)が海洋研究開発機構「研究開発功労賞」を受けた(2012年)他、本領域に参画する現修士課程1年生8名(弘前大1・東大1・富山大1・三重大4・長崎大1)が各々の卒業研究に対して学内表彰を受けた。

## (2) 領域ホームページ(HP) [<http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/hotspot/>]

本領域では、その活動と成果を国内外のコミュニティに広く紹介するため和文・英文のHPを開設している(上記URL)。HPには領域の設立の背景・意義・研究目標の他、各計画研究班・公募研究課題の目標や構成員、領域の研究成果(論文・図書・招待講演・一般講演)一覧を掲載している。表紙には、領域の全体会議や拡大総括班会議、さらには領域構成員が主催する国内外の研究集会やシンポジウムの情報を表紙に掲載している。特筆すべきは、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「若手研究者連絡会(YHS)」の専用ページで、修士博士課程大学院生や学部4年生も含めた若手の活動や研究成果を掲載している。対象とする閲覧者を高校生や大学教養課程・学部の学生と想定し、本領域が取り組む気候・気象・海洋の分野に興味を抱いてもらえるよう、若手の海外での学会への出張記や船舶観測の体験記などが、若手の視点から親しみ易く書かれている。また、領域の設立の背景・意義・研究目標やそれに関わる気候・気象・海洋の分野の基礎知識も、若手の言葉で平易に解説されている。なお、24年6月までの総アクセス数は約5200件である。

上記領域HPとは別に、A01-1班では研究コミュニティに対して、縁辺海の現象に即した解像度のデータセットを構築し、HP上で無償配布している。その1つは、水温の日変化までもが表現できる海洋同化データDREAMS [[http://dreams-i.riam.kyushu-u.ac.jp/~dr\\_m/](http://dreams-i.riam.kyushu-u.ac.jp/~dr_m/)]、もう1つは縁辺海での細かな海上風分布が解像できる分解能1/4度の衛星風データASCAT [<http://mepl1.cmes.chime-u.ac.jp/~kako/ASCAT/NetCDF/>]である。

## (3) 公開発表

### 1. シンポジウム・セミナーの開催状況 [22年7月以降に主催・共催(が確定)したもの計42件]

#### ①国際会議 [22年7月以降に主催・共催(が確定)したもの計22件]

- ・中村(領域・A03-8代表): Stratosphere-troposphere-hydrosphere-cryosphere coupling in weather and climate including Sun-Earth connection processes, IAMAS-IACS Joint Assembly (DACA-13), Jul. 2013, Davos (Switzerland).
- ・中村(領域・A03-8代表): Advances in Atmospheric Dynamics, and Mountain Weather and Climate, IAMAS-IACS Joint Assembly (DACA-13), Jul. 2013, Davos (Switzerland).
- ・早坂(A02-3代表): SPIE Asia-Pacific Remote Sensing Conference (AE101: Remote Sensing of the Atmosphere, Clouds, and Precipitation IV), 29 Oct. ~1 Nov. 2012, 京都, 参加者約380名(発表73件).
- ・見延(A03-7代表)・須賀(A02-6分担): "Challenges in Understanding Northern Hemisphere Ocean Climate Variability and Change", PICES 2012 Annual Meeting, Oct. 2012, 広島.
- ・中村(領域・A03-8代表): ICDM Workshop on "Dynamics and Predictability of High-impact Weather and Climate Events", 6~9 Aug. 2012, Kunming (China), 参加者約200名.
- ・早坂(A02-3代表): International Radiation Symposium 2012 (Session 7: Surface Measurements), 6-10 Aug. 2012, Berlin (Germany), 参加者約500名(発表54件).
- ・中村(領域・A03-8代表)・見延(A03-7代表)・川村(A02-4代表)・野中(A02-5代表): Frontiers of Atmospheric Science: Extratropical air-sea interaction and Earth climate, Japan Geoscience Union Meeting 2012, 23 May 2012, 千葉, 参加者概数100名(発表30件).
- ・和田(公募研究代表): Typhoon-Ocean Interaction in the Western North Pacific Ocean and Neighbouring Seas, Japan Geoscience Union Meeting 2012, 22 May, 2012, 千葉, 参加者数約40名.

- ・吉江(公募研究代表): 2<sup>nd</sup> ICES/PICES Conference for Early Career Scientists “Oceans of Change”, Apr. 2012, Majorca (Spain), 参加者数約130名.
- ・中村(領域・A03-8代表)・見延(A03-7代表): Air-Sea Interactions in Western Boundary Current Systems and Marginal Seas, Ocean Science Meeting 2012, 20~21 Feb. 2012, Salt Lake City (USA), 参加者約150名(発表57件).
- ・中村(領域・A03-8代表): Advances in Atmospheric Dynamics, XXV IUUGG General Assembly, 26~27 Jun. 2011, Melbourne (Australia), 参加者概数200名(発表52件).
- ・三寺(A03-9代表): Nutrients, Biogeochemistry and Acidification in a Changing Climate, ESSAS 2011 Open Science Meeting, May 2011, Seattle (USA), 参加者数約30名.
- ・中村(領域・A03-8代表): Wallace Symposium, 26~27 Sep. 2010, Seattle (USA), 参加者概数250名(発表18件).
- ・渡部(A02-4分担): Climate Model Evaluation and Assessment for IPCC AR5, AOGS 9th Annual Meeting, Aug. 2012, Singapore.
- ・田口(A02-5分担): Pacific Western Boundary Currents and Air-sea Interaction, AOGS 9th Annual Meeting, Aug. 2012, Singapore.
- ・渡部(A02-4分担): 2012 Summer ENSO Workshop, Jun. 2012, Honolulu (USA).
- ・須賀(A02-6分担): Ocean Science Meeting 2012, Feb. 2012, Salt Lake City (USA), 参加者約31名.
- ・広瀬(A01-1分担): 10th Japan-Korea Joint Seminar on Physical Oceanography, Jan. 2012, 福岡, 参加者約60名.
- ・田口(A02-5分担): Beta-Plane Dynamics: Jets, Eddies, Waves, and Plumes, AGU Fall Meeting 2011, Dec. 2011, San Francisco (USA), 参加者約70名.
- ・須賀(A02-6分担): WCRP Open Science Conference, Oct. 2011, Denver (USA), 参加者36名.
- ・渡部(A02-4分担): Joint Yonsei CTL-AORI-Hanyang-KORDI workshop on climate change and variability, Feb. 2011, Gangwondo (Korea).
- ・青木(A03-8分担): Antarctic Sea Ice Production and Dense Water formation –Observation and Modeling–, Jul. 2010, Hobart (Australia), 参加者約40名.
- ②国内会議 [22年7月以降に主催・共催(が確定)したもの計20件]
- ・根田(公募研究代表): 大気海洋相互作用研究会, 2012年11月, 京都.
- ・児玉(A01-2分担)・富田(A02-4分担)・中村(A03-9分担)・立花(A01-2代表)・高谷(A03-8分担)・中村(領域・A03-8代表): 日本気象学会2012年度春季大会専門分科会「東アジアモンスーンと黒潮 (II) -中緯度大気海洋相互作用に着目した新たな研究のパラダイム」, 2012年5月, つくば, 参加者約200名.
- ・和田(公募研究代表): 日本気象学会2012年度春季大会専門分科会「2011年の台風 一台風研究・技術の現状と課題」, 2012年5月, つくば, 参加者約200名.
- ・川合(A02-6代表): 日本地球惑星科学連合2012年大会セッション「海洋科学の未来を切り拓く大型研究計画の創成に向けて」, 2012年5月, 千葉, 参加者約20名.
- ・川合(A02-6代表)・野中(A02-5代表)・川村(A02-4代表): 2012年度日本海洋学会春季大会シンポジウム「黒潮・親潮とその続流域での海洋変動と大気海洋相互作用」, 2012年3月, つくば, 参加者数約100名.
- ・立花(A01-2代表): 三重大学大学院生物資源学研究科主催シンポジウム「2011年大震災害に立ち向かった科学者たちと大災害を振り返る」, 2012年2月, 津, 参加者約100名.
- ・立花(A01-2代表): 大気海洋相互作用研究会, 2012年1月, 京都, 参加者約50名.
- ・三寺(A03-9代表)・安田(A02-5連携): 北海道大学低温科学研究所共同研究集会「北太平洋の生物地球化学過程に果たす環オホーツク圏の海洋循環・物質循環の役割」, 2011年12月, 札幌, 参加者約100名.
- ・立花(A01-2代表)・川村(A02-4代表): 日本気象学会2011年度秋季大会スペシャルセッション「東アジアモンスーンと黒潮 一中緯度大気海洋相互作用の再発見へ向けて」, 2011年11月, 名古屋, 参加者約200名.
- ・磯辺(A01-1代表)・石坂(A01-1分担): 2011年秋季海洋学会沿岸海洋シンポジウム「東アジア縁辺海における大気海洋相互作用と海洋生態系への影響」, 2011年9月, 春日, 参加者約100名.
- ・細田(A02-5分担): 公開講演会「アルゴ・シンポジウム」, 2012年12月, 東京, 参加予定者約300名.
- ・岡(A02-6分担): シンポジウム「アルゴ時代の海洋物理船舶観測」, 2012年8月, 東京.
- ・高谷(A03-8分担)・榎本(A02-6・A03-8連携): 日本気象学会2012年度春季大会専門分科会「波と平均流との相互作用」, 2012年5月, つくば, 参加者約100名.
- ・茂木(A01-2分担): 「地球環境関連データセット展覧会」, 日本地球惑星科学連合大会, 2012年5月, 千葉.
- ・青木(A03-8分担): 日本海洋学会2012年春季大会シンポジウム「南極海洋研究の進展と近未来の研究計画の立案に向けて」, 2012年3月, つくば, 参加者約50名.
- ・児玉(A01-2分担): 河川情報センター講演会「アジアの梅雨・世界の梅雨」, 2012年2月, 青森.
- ・小守(A03-7分担)・茂木(A01-2分担): 第2回データ同化ワークショップ, 2012年1月, 横浜, 参加者約30名.
- ・中村(A03-9分担): 「オホーツク海を起源とする熱塩・物質循環システムとその変動」, 2010年度日本海洋学会秋季大会シンポジウム, 2010年9月, 網走, 参加者約70名.
- ・榎本(A02-6・A03-8連携): 「週間及び1か月予報における顕著現象の予測可能性」, 2012年11月, 宇治.



## II. 学会での招待講演 [22年7月以降に実施(が確定)したもの計49件]

### ①国際会議 [22年7月以降に講演(が確定)したもの計35件] ※発表者・会議名・開催時期・場所のみ記載.

- ・中村(領域・A03-8代表): AGU Chapman Conference on “The Agulhas System and its Role in Changing Ocean Circulation, Climate, and Marine Ecosystems”, October 2012, Western Cape (South Africa).
- ・見延(A03-7代表): CLIVAR/WCRP Workshop on “Decadal and Multi-decadal Variability in Pacific and Indian Ocean”, September 2012, Qingdao (China).
- ・中村(領域・A03-8代表): AOGS 9th Annual Meeting, August 2012, Singapore.
- ・中村(領域・A03-8代表): ICDM Workshop on "Dynamics and Predictability of High-impact Weather and Climate Events", August 2012, Kunming (China).
- ・三寺(A03-9代表): 4<sup>th</sup> International Workshop on Modeling the Ocean, June 2012, Yokohama (Japan). ※2件
- ・見延(A03-7代表): International Symposium on Climate Variations –From Basic Research to Rich Applications–, April 2012, Tokyo (Japan).
- ・中村(領域・A03-8代表): International Symposium on Climate Variations –From Basic Research to Rich Applications–, April 2012, Tokyo (Japan).
- ・見延(A03-7代表): PICES 2011 Annual Meeting, October 2011, Khabarovsk (Russia).
- ・中村(領域・A03-8代表): AOGS 8th Annual Meeting, August 2011, Taipei (Taiwan).
- ・川村(A02-4代表): AOGS 8th Annual Meeting, August 2011, Taipei (Taiwan).
- ・和田(公募研究代表): AOGS 8th Annual Meeting, August 2011, Taipei (Taiwan).
- ・磯辺(A01-1代表): 3rd International Workshop on Modeling the Ocean, June 2011, Qingdao (China).
- ・野中(A02-5代表): XXV IUUGG General Assembly, June 2011, Melbourne (Australia).
- ・三寺(A03-9代表): 26<sup>th</sup> Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice, February 2011, Mombetsu (Japan).
- ・中村(領域・A03-8代表): Wallace Symposium, September 2010, Seattle (USA).
- ・渡部(A02-4分担): AOGS 9th Annual Meeting, August 2012, Singapore. ※2件
- ・渡部(A02-4分担): 2012 LASG summer symposium, July 2012, Xi'ning (China).
- ・佐々木(A02-5分担): 4<sup>th</sup> International Workshop on Modeling the Ocean, June 2012, Yokohama (Japan).
- ・渡部(A02-4分担): WCRP Workshop on Coupled Model Intercomparison Project Phase5 (CMIP5) Model Analysis, March 2012, Honolulu (USA).
- ・小橋(A02-6分担): 2011 AGU Fall Meeting, December 2011, San Francisco (USA).
- ・渡部(A02-4分担): 12th Joint Meeting for the Seasonal Prediction of the East Asian Winter Monsoon, November 2011, Tokyo (Japan).
- ・渡部(A02-4分担): Workshop on "Hierarchical Modeling of Climate", July 2011, Trieste (Italy).
- ・郭(A01-1分担): XXV IUUGG General Assembly, June 2011, Melbourne (Australia).
- ・渡部(A02-4分担): XXV IUUGG General Assembly, June 2011, Melbourne (Australia).
- ・伊藤(A02-6分担): CMOS 2011, June 2011, Victoria (Canada).
- ・渡部(A02-4分担): Joint Yonsei CTL-AORI-Hanyang-KORDI Workshop on Climate Change and Variability, February 2011, Gangwondo (Korea).
- ・浮田(A03-9分担): 2nd International Symposium on the Arctic Research, December 2010, Tokyo (Japan).
- ・須賀(A02-6分担): PICES 2010 Annual Meeting, October 2010, Portland (USA).
- ・佐々木<sup>\*</sup>(A03-9連携): PICES 2012 Annual Meeting, October 2012, Hiroshima (Japan).
- ・岡本(A02-3連携): International Radiation Symposium 2012, August 2012, Berlin (Germany).
- ・榎本(A02-6・A03-8連携): AOGS 8th Annual Meeting, August 2011, Taipei (Taiwan).

### ②国内会議 [22年7月以降に講演(が確定)したもの計14件] ※発表者・会議名・開催時期・場所のみ記載.

- ・中村(領域・A03-8代表): スペシャルレクチャー, 2012年日本地球惑星連合大会, 2012年5月, 千葉.
- ・立花(A01-2代表): 日本海洋学会西南支部・海洋気象学会・水産海洋学会合同シンポジウム, 2011年12月, 長崎.
- ・見延(A03-7代表): 2011年度水産海洋シンポジウム, 2011年度日本海洋学会秋季大会, 2011年9月, 春日.
- ・三寺(A03-9代表): 2011年度日本海洋学会秋季大会, 2011年9月, 春日.
- ・立花(A01-2代表): 熱測定学会全国大会, 2010年9月, 津.
- ・三寺(A03-9代表): 沿岸海洋シンポジウム, 2010年度日本海洋学会秋季大会, 2010年9月, 網走.
- ・渡部(A02-4分担): 日本気象学会賞受賞記念講演, 日本気象学会2012年度春季大会, 2012年5月, つくば.
- ・谷本(A02-6分担): 専門分科会, 日本気象学会2012年度春季大会, 2012年5月, つくば.
- ・佐藤(A02-4分担): 2012年度海洋学会春季大会, 2012年3月, つくば.
- ・高谷(A03-8分担): 2012年度海洋学会春季大会, 2012年3月, つくば.
- ・谷本(A02-6分担): 日本気象学会2010年秋季大会シンポジウム, 2010年10月, 京都.
- ・中村(A03-9分担): 2010年度日本海洋学会秋季大会, 2010年9月, 網走.

- ・西井<sup>\*</sup>(A03-8連携):専門分科会,日本気象学会2012年度春季大会,2012年5月,つくば.
- ・岡本(A02-3連携):日本気象学会賞受賞記念講演,日本気象学会2011年度春季大会,2011年5月,東京.

※上記のうち,佐々木,西井は35歳以下の若手である<sup>(\*)</sup>.

※この他,国際学会での一般発表(口頭・ポスター)が計166件(代表32,分担80,連携43,PD11),国内学会での一般発表(口頭・ポスター)が計170件(代表41,分担89,連携34,PD6)ある.加えて,大学院生や若手研究協力者による一般発表(口頭・ポスター)が国際学会で計58件,国内学会で計101件ある.

#### (4)「国民との科学・技術対話」

当初計画通り,本領域がその成果を広く国民に解り易く紹介するシンポジウムは最終(26)年度に開催する.しかし,構成員は日頃からアウトリーチ活動を強く意識している.22年7月以降の活動を以下に紹介する.

- ①「2012年日本地球惑星科学連合大会」の大気海洋環境科学セクションの24年度「スペシャルレクチャー」講師に中村(領域代表)が招かれ,大学院生・学部学生・高校生や地球科学の多様な分野に関心を持つ研究者に向けて「異常気象と気候変動の科学」に関する講演を行った(5月25日).講演では中緯度大気海洋相互作用にも触れた.参加者(166名)へのアンケート調査では,71%(91名中65名)が「講演内容がとても・かなり解りやすい」と回答し,83%(93名中77名)が「気象学・気候学に興味を持った」と回答した.
- ②本領域の活動の一環として中村(領域代表)が行った国際共同研究の成果論文がNature Climate Changeに発表され(Wu et al. 2012),毎日新聞全国版で紹介された(24年2月16日).これを機に,中村の一般向け研究・人物紹介が小学館ネット人物辞典Japan Knowledge Who's Who(24年3月)や(株)リバネスの高校生向け研究者紹介(24年7月)に掲載された.また,「江戸川区こども未来館」での講演も行なう予定(24年8月).
- ③福島第一原子力発電所からの放射性物質の広域輸送に果たした日本近海の低気圧の本質的役割を見出した論文[Takemura et al. 2011]について,中村(領域代表)が共同記者発表を行ない(23年6月),テレビ3局の全国ニュースや6全国紙で紹介された.低気圧の役割については,東京大学理学部主催の講演会(23年5月)においても,140名の小中高校の教諭や大学教員向けに解り易く説明した.
- ④中村(領域代表)は,爆弾低気圧や梅雨前線による豪雨,猛暑・異常寒波等について,テレビ・ラジオで計11回,全国紙や一般向け雑誌・書籍・ネットニュース等でも計15回解説を行った.さらに,東京大学大気海洋研究所主催の公開講座(22年11月)や気象キャスターネットワーク総会(23年2月)でも講演を行った.
- ⑤房総沖の繫留ブイの科学的意義や社会貢献について,中村(領域代表)と川合(A02-6班代表)が宮崎県漁連の幹事会で解り易く説明した(24年2月).
- ⑥立花(A01-2班代表)は,スーパーサイエンスハイスクールなど学校での講演・出前授業を計11件,その他の一般向け講演を計5回行っており,各回数十名の参加者があった.さらに,異常気象や台風等の解説をテレビ全国向けニュース(1回)や全国紙(計5回)で行った.
- ⑦野中(A02-5班代表)は,海洋研究開発機構主催の一般向け講演会で講演した(23年12月).参加者(231名)へのアンケート調査では,93%(115名中95名)が「講演内容が興味深い」と回答した.
- ⑧この他,一般向け公開講演会を川村(A02-4班代表)が1回,三寺(A03-9班代表)が2回実施した他,見延(A03-9班代表)が高校での講演会を予定している.
- ⑨一般向け講演会を見玉(A01-2班分担)が2回,渡部(A02-4班分担)が4回,細田(A02-5班分担)・小守(A03-7班分担)・高谷(A03-8班分担),榎本(A02-6・A03-8連携)は各1回実施した.なお,田口(A02-5班分担)が一般向け公開サイエンスカフェ(海洋研究開発機構主催)で行った講演に対するアンケート調査では,78%(41名中32名)が「講演内容が面白い・かなり面白い」と回答した.
- ⑩見玉(A01-2班分担)が高校生向けの模擬授業(23年9月)や学部生・大学院生向け講演会(23年9月)を実施し,青木(A03-8班分担)が高校への出前授業を行った(23年9月).
- ⑪本領域の研究成果に関連し,佐藤(A02-4班分担)・細田(A02-5班分担)が各々全国紙で解説を行った.
- ⑫若手では,杉本(公募研究代表)が爆弾低気圧についてテレビで解説(24年4月)した他,青木(A02-5班PD)が一般向け講演を行った(24年6月).さらに,西井(A03-8班連携)が「江戸川区こども未来館」での講演した(24年4月).

## 6. 研究組織と各研究項目の連携状況

### (1) 研究組織

**総括班** X00: 中緯度大気海洋結合系研究の推進と統括

【代表】中村 尚(東京大学・教授;領域代表, A03-8班代表)【分担者】磯辺篤彦(愛媛大学・教授; A01-1班代表), 立花義裕(三重大学・教授; A01-2班代表), 早坂忠裕(東北大学・教授; A02-3班代表), 川村隆一(九州大学・教授; A02-4班代表), 野中正見(海洋研究開発機構・チームリーダー; A02-5班代表), 川合義美(海洋研究開発機構・チームリーダー; A02-6班代表, 観測研究支援チームリーダー), 見延庄士郎(北海道大学・教授; A03-7班代表), 三寺史夫(北海道大学・教授; A03-9班代表), 吉田 聡(海洋研究開発機構・研究員; A03-7班分担者, モデリング研究支援チームリーダー)

**計画研究** (\*海洋学で学位所得; #気象学で学位所得; \*水産学で学位所得; 下線は本領域での被雇用者)

**A01-1. 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** [計9名]

【代表】磯辺篤彦<sup>\*</sup>(愛媛大学・教授)【分担】郭 新宇<sup>\*</sup>(愛媛大学・准教授), 中村啓彦<sup>\*</sup>(鹿児島大学・准教授), 広瀬直毅<sup>\*</sup>(九州大学・准教授), 石坂丞二<sup>\*</sup>(名古屋大学・教授), 木田新一郎<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・研究員)【連携】中村知裕<sup>\*</sup>(北海道大学・講師), 万田敦昌<sup>\*</sup>(長崎大学・准教授)【PD】岩崎慎介<sup>\*</sup>(愛媛大学・研究員)

**A01-2. 縁辺海が大気の擾乱・雲形成・大規模循環に果たす役割** [計10名]

【代表】立花義裕<sup>#</sup>(三重大学・教授)【分担】山本 勝<sup>#</sup>(九州大学・准教授), 万田敦昌<sup>\*</sup>(長崎大学・准教授), 茂木耕作<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・研究員), 児玉安正<sup>\*</sup>(弘前大学・准教授)【連携】吉田 聡<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・研究員), 坪木和久<sup>\*</sup>(名古屋大学・教授), 中村知裕<sup>\*</sup>(北海道大学・講師), 小田巻 実<sup>\*</sup>(三重大学・特任教授), 吉岡真由美<sup>#</sup>(東北大学・特任助教)

**A02-3. 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** [計10名]

【代表】早坂忠裕<sup>#</sup>(東北大学・教授)【分担】岩崎俊樹<sup>#</sup>(東北大学・教授), 村山利幸<sup>#</sup>(東京海洋大学・教授), 河本和明<sup>#</sup>(長崎大学・准教授), 江口菜穂<sup>#</sup>(九州大学・助教), 坪木和久<sup>#</sup>(名古屋大学・教授)【連携】岡本創<sup>#</sup>(九州大学・教授), 岩淵弘信<sup>#</sup>(東北大学・准教授), 吉岡真由美<sup>#</sup>(東北大学・特任助教)

**A02-4. 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** [計8名]

【代表】川村隆一<sup>#</sup>(九州大学・教授)【分担】飯塚 聡<sup>#</sup>(防災科学研究所・主任研究員), 佐藤尚毅<sup>#</sup>(東京学芸大学・講師), 富田智彦<sup>#</sup>(熊本大学・准教授), 渡部雅浩<sup>#</sup>(東京大学・准教授)【連携】谷本陽一<sup>\*</sup>(北海道大学・准教授), 松本 淳<sup>#</sup>(首都大学東京・教授), 早崎将光<sup>#</sup>(九州大学・特任助教)

**A02-5. 黒潮続流循環系の形成・変動のメカニズムと大気・海洋生態系への影響** [計12名]

【代表】野中正見<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・チームリーダー)【分担】久保川 厚<sup>\*</sup>(北海道大学・教授), 佐々木英治<sup>\*</sup>, 田口文明<sup>\*</sup>, 細田滋毅<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・研究員), 中野英之<sup>\*</sup>(気象庁気象研究所・主任研究官)【連携】碓氷典久<sup>\*</sup>(気象庁気象研究所・研究官), 辻野博之<sup>\*</sup>(気象庁気象研究所・主任研究官), 笹井義一<sup>\*</sup>, 笹岡晃征<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・研究員), 安田一郎<sup>\*</sup>(東京大学・教授)【PD】青木邦弘<sup>\*</sup>(北海道大学・研究員)

**A02-6. 黒潮・親潮続流域における相互作用の現場観測** [計14名]

【代表】川合義美<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・チームリーダー)【分担】須賀利雄<sup>\*</sup>(東北大学・教授), 谷本陽一<sup>\*</sup>(北海道大学・准教授), 伊藤進一<sup>\*</sup>(水産総合研究センター・グループ長), 岡 英太郎<sup>\*</sup>(東京大学・准教授), 植原量行<sup>\*</sup>(東海大学・准教授), 小橋史明<sup>\*</sup>(東京海洋大学・准教授)【連携】永野 憲<sup>\*</sup>, 小林大洋<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・研究員), 榎本 剛<sup>#</sup>(京都大学・准教授), 黒田 寛<sup>\*</sup>(水産総合研究センター・研究員), 富田裕之<sup>\*</sup>(名古屋大学・研究員), 立花義裕<sup>#</sup>(三重大学・教授)【PD】Vincent Faure<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・研究員)

**A03-7. 大洋スケールの大気海洋相互作用** [計8名]

【代表】見延庄士郎<sup>\*</sup>(北海道大学・教授)【分担】稲津 将<sup>#</sup>(北海道大学・准教授), 小守信正<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・主任研究員), 吉田 聡<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・研究員)【連携】大淵 済<sup>#</sup>(海洋研究開発機構・グループリーダー), 磯口 治<sup>#</sup>(リモート・センシング技術センター・副主任研究員), 河本和明<sup>#</sup>(長崎大学・准教授), 佐々木克徳<sup>\*</sup>(北海道大学・特任助教)

**A03-8. 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** [計14名]

【代表】中村 尚<sup>#</sup>(東京大学・教授)【分担】青木 茂<sup>\*</sup>(北海道大学・准教授), 行本誠史<sup>#</sup>(気象庁気象研究所・室長), 高谷康太郎<sup>#</sup>(海洋研究開発機構・主任研究員)【連携】小守信正<sup>\*</sup>(海洋研究開発機構・主任研究員), 美山 透<sup>\*</sup>, 吉田 聡<sup>\*</sup>, 田口文明<sup>#</sup>(海洋研究開発機構・研究員), 榎本 剛<sup>#</sup>(京都大学・准教授), 三瓶岳昭<sup>#</sup>(会津大学・准教授), 釜堀弘隆<sup>#</sup>(気象庁気象研究所・室長), 水田 亮<sup>#</sup>(気象庁気象研究所・研究官), 西井和晃<sup>\*</sup>(東京大学・助教)【PD】宮坂貴文<sup>#</sup>(東京大学・研究員)

#### A03-9. オホーツク海・北極域における大気海洋海水相互作用 [計14名]

【代表】三寺史夫\* (北海道大学・教授) 【分担】中村知裕\* (北海道大学・講師), 小木雅世# (海洋研究開発機構・研究員), 木村詞明# (東京大学・助教), 浮田甚郎\* (新潟大学・教授), 金子正美 (酪農学園大学・教授) 【連携】大島慶一郎\* (北海道大学・教授), 川島正行# (北海道大学・助教), 小守信正\*・高谷康太郎# (海洋研究開発機構・主任研究員), 矢吹哲夫 (酪農学園大学・教授), 田口文明# (海洋研究開発機構・研究員) 【PD】中野渡拓也\*・上原裕樹\* (北海道大学・研究員)

公募研究(23・24年度)([ ]は属する研究項目)

[A01] 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 吉江直樹 (愛媛大学・講師)

[A01] 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

和田章義 (気象庁気象研究所・主任研究官)

[A01] 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

相木秀則 (海洋研究開発機構・主任研究員)

[A02] 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

根田昌典 (京都大学・助教)

[A02] 黒潮続流南方海域混合層長期変動の研究 岩坂直人 (東京海洋大学・教授)

[A03] 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

杉本周作 (東北大学・助教)

#### (2) 各研究項目の連携

I. 研究支援チーム 上記9計画研究班・6公募研究課題相互間の研究活動を支援し連携を促すために、総括班の下に2つの研究支援チームを組織した。領域内の数値モデリング研究の支援を目的とした「数値モデリング支援チーム」は、地球シミュレータ(ES)センター研究員で構成されている。同チームは、ESを用いた各種シミュレーション実験からの膨大な出力データの保存と共有のために、大規模RAIDサーバ(320TB)システムを22年度に構築し、利用者への効率的なデータ提供を開始した。その後、データの利用を希望する研究参画者と連携して出力変数の種類や出力頻度の調整をしつつ、必要なデータの切り出しと配布を実施した。同時に、本領域の予算で確保したES資源の効率的な利用のために、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た。

一方、総括班とA02-6班を核として組織された「観測研究支援チーム」は、領域内で実施される現場観測、特に24・25年度に予定されている集中観測の総合的企画とそれに基づく具体的な計画立案を行い、観測船や観測用物品の手配、及び観測航海への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ている。領域発足直後の22年9月にチーム会合を開き、本領域や関連する他の研究課題で計画されている現場観測を把握し、相互協力体制の構築を開始した。23年6月のチーム会合で震災後の各研究機関や船舶の被災状況を踏まえた上で集中観測・航海計画を具体化させ、7月の拡大総括班会議にて公募研究(23・24年度)が計画する現場観測との調整を行った後、8月の領域全体会合で24・25年度に実施する集中観測における使用船舶の最終調整し、具体的な実施時期を確認した。これを踏まえ、「白鳳丸」・「淡青丸」の公募利用申請と東北水研・三重大学所有の船舶の航海計画調整を実施した後、24年3月の領域全体会合にて24年夏季集中観測時の4隻の船舶の配置・運航法・観測内容などを決定し、5月のチーム会合で物品・人員の配置や緊急時の対応の最終確認の上、船舶へ送信する気象・海況の最新情報を選定した。第1回の集中観測は24年6月に開始された。その間、23年6月には別の研究会にて領域外の研究者にも参加を呼びかけた他、9月にはハワイ大学にて同大学やNOAAの協力研究者数名に観測計画を紹介して更なる連携や観測内容の提案を呼びかけた。更に、24年2月米国Salt Lake Cityで開催された国際会議では、中国の研究者と25年度冬季に実施予定の集中観測における連携に向けて話し合った。

#### II. 課題別ワーキンググループ

領域全体で取り組むべき重要な4つの課題について、9計画研究班・6公募研究課題相互間の研究連携を促すため、以下の課題別ワーキンググループ(WG)を設け活動が続いている。特に、領域全体会議の際にはWG別の会合を設定し、多くの研究者・大学院生が議論に参加した。

①海洋前線・ジェットWG 本WGは中緯度の気象海洋相互作用に中心的役割を果たす海洋前線・ジェットの理解を領域全体で深め、共有することを目的としている。WGメンバーが研究対象とする海洋前線は10以



上にも及ぶが、それらの有する様々な時空間規模や形成要因、大気との相互作用の特徴を領域全体で共有し議論するために、海洋前線のメトリック表の作成に取り組んでいる。完成したメトリック表は最終的にはコミュニティに公開する予定である。

②太平洋10年規模変動(PDV)WG 日々の気象擾乱や年々変動に対しては受動的に応答する中緯度海洋も、より長い時間スケールではその大気へ影響が顕在化すると考えられる。本WGは日本に影響の大きいPDVに関連する研究を領域全体で推進するために活動し、社会貢献に繋げることを目指している。その第一歩として、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、黒潮・親潮続流域の海洋前線帯とそこで活発な中規模渦に伴う海洋から大気への影響過程の解明に、現場観測・数値モデリング・データ同化実験を効果的に組み合わせ、海洋前線・ジェットWGとも連携して取り組むべきことを訴えた。特に、海洋前線帯にて海洋から大気への影響過程に集団として寄与する時空間規模の小さな現象の実態把握と数値モデルでの再現性の評価のために、黒潮続流域における集中観測に領域全体で取り組む重要性を訴えた。また、従来の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ゆく。

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の研究について領域内の連携を強化するため、夏季・冬季各々のモンスーンを対象とした2つのWGを設けた。両WGが連携して海洋・雪氷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ている。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、空白研究の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領域全体で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」に関する研究会を冬季WGが主催し、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、多様なテーマに取り組む多くの研究者が班の垣根を越えて一同に会し、包括的理解と新たな方向性の模索した。

III. 若手研究者連絡会 本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の育成のため、総括班の下に「若手研究者連絡会」を組織した。東京大と北海道大の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連絡会は、上述のように、領域HPにて自らの国際会議や観測航海への参加についての紹介記事を掲載する他、高校生や大学学部生向けに気候に関する基礎知識を解りやすく説明した記事を掲載した。さらに、24年1月には若手研究者の合宿を催した他、領域全体会議(23年8月、24年3月)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。そこでの論議を基に、本領域の今後研究の発展のために若手が主体となって行う研究活動への提案を行った。詳細は領域HPに掲載されているが、若手の主導の下、領域に関連した複数の現場観測から得られるデータや最新の衛星観測データを可能な限り集積し、その解析を通じて北太平洋の水温フロント上で生起する大気対流や雲形成に関する総合的な理解を目標とする研究を提案している。但し、観測で得られたデータの扱いに関する統一合意が未だ為されいない現状を鑑み、若手研究者連絡会が統一データフォーマットを作成し、データ共有サーバの整備にも主体的に携わる事とした。

IV. 計画班・公募研究相互間の連携 総括班では、9計画班・6公募研究相互間の連携を強化するため、23年8月(北海道大)・24年3月(東京大)で領域全体会議(各3日間)を開催し、領域評価者や海外協力者の一部を含めて各回100名程が参加した。その際、大学院生や学部4年生を中心に研究成果を発表してもらうよう十分なポスターセッションを設けた。加えて、領域の主要メンバー30名ほどで拡大総括班会議を22年10月、23年3月・7月に東京で開催し、領域の研究推進・連携方針を議論した。なお、23年3月の会合は当初領域全体会合として開催の予定だったが、震災の影響で急遽日程を短縮したものである。その他、領域内で自発的に、以下のような相互連携が進んでいる。

①現場観測における連携 黒潮・親潮続流域や東シナ海での現場観測では、A02-6班を核として全計画研究班や公募研究課題(特に、吉江・根田・岩坂)との間で、各種観測用物品やラジオゾンデ観測・放射観測・

海水採取のノウハウの共有、互いの観測航海への人員派遣などの面で、緊密な連携関係が築かれている。こうした連携には、上述の「観測研究支援チーム」が主導的役割を果たしている。

②数値モデリングに関する連携 上述の「数値モデリング研究支援チーム」の下で連携が図られている。

③研究会主催における連携 「5. 研究成果の公表 (3)公開発表」の項目を参照されたい。

④若手の連携 上述の「若手研究者連絡会」を通じた連携に関連し、A01-2班では23年度に三重大で学生主体の研究集会を開催し、領域内の学生同士のネットワーク作りを支援した。

#### ⑤その他の研究連携

- ・A01-1・2班は定期的に共同会合を持ち、縁辺海特有の大気海洋相互作用の共同研究を進めている。
- ・A01-1班は公募研究(吉江)と連携して、衛星海色データを用いた海洋生態系モデルの更正を実施した。
- ・A02-3班では公募研究(杉本)と連携して、海面での放射・熱収支を評価している。
- ・A02-4・5両班は毎年1回共同会合を持ち、黒潮からの大気影響について共同研究を進めている。
- ・A02-5・6・8班はほぼ3ヵ月毎に会合を開き、研究連携を深めている。
- ・A02-6班は、公募研究(相木)が必要とする高時間分解能の海洋観測データ提供のため、24年度に設置する係留ブイの水中センサーのサンプリング間隔を当初の60分から10分に縮小することとした。また、3公募研究課題(相木・和田・吉江)に、台風通過に伴う海面水温低下量のデータを提供した。
- ・A03-7班は、A01-2班と連携して東シナ海を陸地にした高解像度全球大気モデル感度実験を実施し、その出力データの解析ではA03-8班とも連携する。また、A02-3班とは衛星データの解析、A02-5班とは海洋循環モデル出力の解析で夫々連携している。
- ・A03-8・9班は毎年1回共同会合を持ち、冬季モンスーンの変動に伴う海水・海洋・対流圏・成層圏相互作用に関する研究の相互連携を図っている。また、A03-9・A01-2両班は、オホーツク海域のロシア船による観測データの解析や領域モデル研究で連携を進めている。
- ・台風と海洋の相互作用に関する2つの公募研究課題(相木・和田)は、2009年台風Choi-Wanの数値シミュレーション結果の相互比較を実施した他、A01-2・A02-3・A03-8班とも連携を進めている。
- ・台風等強風下の波浪観測についての連携を、2つの公募研究(根田・相木)で実施している。
- ・黒潮続流の長期変動について衛星観測と船舶観測に基づく解析を融合するため、2つの公募研究課題(杉本・岩坂)が連携を進めている。

#### VI. 国内外の研究者も含めた連携

本領域では、従来の気候研究で殆ど顧みられなかった中緯度海洋の気候系における能動的役割に焦点を当て、新しい気候研究の開拓を目指しており、欧米の研究者とともに世界をリードしてきた。このテーマにてこれほど大規模な研究プロジェクトが動き出したのは我が国が初めてで、本領域に触発されて中国とフランスでも大型プロジェクトがようやく立ち上がった他、米国でも有力研究者が予算の獲得を獲得した。こうした世界的な流れを引き続きリードするため本領域は以下のような国際連携を推進する他、研究対象が重なる2つの科学研究費補助金基盤研究(S)とも、費用が嵩む現場観測などで有機的な連携を図っている [オホーツク海(代表:若土正暁);エアロゾルと雲・降水(代表:近藤 豊)]。

- ・米国大気海洋庁NOAAや大気科学研究所NCAR、ハワイ大の協力研究者数名と毎年ハワイ大で会合を開いている。第2回目の23年9月の会合では、24・25年度の集中観測での協力体制を協議した。
- ・23年8月の領域全体会議(札幌)には、米国の協力研究者(Xie, Qiu)を招いて、今後の協力体制を協議した。24年2月には、米国の協力研究者(Cronin, Xie)と共同でOcean Sciences Meeting (米国Salt Lake City)にて中緯度大気海洋相互作用に関するセッションを主催し、関連する広範な研究の最新の知見を集めた。同様の目的で、24年5月には日本惑星科学連合(JpGU)大会で国際セッション主催して海外から6名の協力研究者を招聘し、翌日に別途東京で開催した会合において今後の国際連携について具体的に協議した。
- ・22年9月には領域代表がNOAA太平洋海洋環境研究所(PMEL)を訪問した。PMELと海洋研究開発機構は連携して、黒潮続流域での繫留ブイ2基体制での観測を維持しており、引き続き24年夏に本領域で新規投入する繫留ブイ観測でも緊密な連携を行なう。既に、ブイ観測データの解析についてはA02-6班とPMEL研究者(Cronin, Bond)との共同研究の成果が論文発表されており、現在は公募研究(和田)も交えた共同研究に拡張されている。さらに、25年夏の第2回集中観測時に関連プロジェクト(エアロゾルと雲・降水)と合

同で計画中の雲の航空機観測についてもPMELと協同実施の予定である。

- ・25年度冬季に房総南東沖で実施予定の第3回集中観測は中国のプロジェクトと共同実施の予定である。
- ・米国エネルギー省 (DOE) からの予算でNCARの研究者 (Small) が推進する高分解能の全球大気海洋数値モデル実験の結果と、本領域で実施する同様な数値モデリング実験の結果とを比較・検証する国際共同研究を実施することとなり、25年度前半に米国で合同会合を開催する予定である。また、同様のテーマではフランスのプロジェクトリーダー (Klein) とも緊密の連携することを申し合わせた。さらに、ドイツのキール大やノルウェーのベルゲン大とも、大学院生の派遣などを通じた共同研究を推進している。

なお、本領域の海外協力研究者からは、以下のような激励のコメントが届いている。

**M. F. Cronin (NOAA, PMEL):** Congratulations on the accomplishments of the Hot-Spot experiment! As I write, the Hot-Spot KEO mooring is about to be deployed between the NOAA-KEO and JAMSTEC-KEO buoy sites. This deployment will provide unprecedented detail of the air-sea heat exchanges and the ocean influence on air temperature, barometric pressure, and surface winds across the Kuroshio Extension front. These measurements, in combination with the oceanic and atmospheric profiler measurements collected as part of the Hot-Spot program, are providing important information about the vertical and regional extent of the air-sea interactions. As a measure of success, I note that you have organized two very popular sessions on Hot-Spot research at international conferences in just the past four months. In particular, the “Air-Sea Interactions in Western Boundary Current Systems and Marginal Seas” session at the Ocean Sciences conference held in Salt Lake City, UT USA in February 2012 was one of the largest sessions at the conference with 39 talks and 28 posters. More recently, in May 2012, you organized the excellent “Extratropical Air-Sea Interaction” session at the Japan Geosciences Union meeting. This session had 20 speakers and 8 posters, and was followed by a well-attended informal science meeting at JAMSTEC. Talks at these sessions described Hot-Spot research based on observations, numerical models, and theory, that is bringing new insights into processes that organize the clouds and precipitation in the northwest Pacific and marginal seas, processes that organize and modulate the storm track on synoptic to decadal time scales, and processes that affect the ocean heat content and mode water formation, among other topics. These conferences are drawing large numbers of participants not only because the Hot-Spot experiment has focused our attention on this subject, but also because progress is being made and it’s exciting. My sincere congratulations for your achievements!

**R. J. Small (NCAR):** We continue to be very interested in your MEXT project on “Hot spot in climate system”. In May 2012 I was happy to be invited to participate in the JPGU session on “Air-sea Interaction and climate” followed by an informal discussion meeting at the Tokyo office of JAMSTEC. At these meetings researchers gave a number of presentations on mechanisms whereby western boundary currents can influence the overlying atmosphere, through the boundary layer and up to the upper troposphere. A key question remaining is how and whether this local, deep influence can give rise to remote responses in the atmosphere. This question is being pursued by the “Hot Spot” members, as well as by community members in the USA from institutes such as the NCAR, NOAA, Woods Hole Oceanographic Institute, as well as by other international groups. A strong effort is being made in numerical climate modelling to study this topic, but it is equally important to have observations with which to test models and to develop new theories. I see the observational program in the “Hot Spots” project as a vital part of the long-term research into the role of the midlatitude oceans in influencing climate and weather. We plan to continue collaboration with the “Hot Spot” and other groups to identify mechanisms of air-sea interaction at western boundary currents, using high-resolution models and detailed observational datasets.

**H. Seo (Wood Hole Oceanographic Institute, USA):** The “hot spot” project covers a wide range of air-sea interaction problems in the mid-latitudes with emphases on theoretical, numerical and observational studies all aimed at improving our predictive capability of weather and climate. This ambitious multi-institutional effort seems well coordinated by the group of PIs, with impressively fast progress being made in recent years. It seems that scientists involved in this projects have already gained a vital reputation as leaders in frontal scale air-sea interaction. The presentations delivered by the Japanese colleagues at the international meetings are usually well attended and in fact are among the most popular ones. Likewise, the publications are well accepted in the highly respectable international Journals, and they are also highly cited by the climate community. It seems almost certain that the endeavor by this group of scientists is leading the state-of-the-art understanding of the mid-latitude air-sea interaction.

**R. Lu (Chinese Academy of Science):** I strongly believe that your on-going project “hot-spot in climate system” is extremely helpful for both better understanding of mechanisms for climate variability in East Asia and western North Pacific and more reliable seasonal forecasts in this region. We have known much about the climate variability in this region through various studies during the past several decades, but most of these studies were focused on the atmospheric processes. So I was happy to see that so many excellent atmospheric and oceanic scientists in your project are focusing together on the air-sea interaction in this region, and making a great achievement!

**M. A. Alexander (NOAA, ESRL):** I am writing to you to express my enthusiastic support for the “Multi-Scale Air-Sea Interaction under the East-Asian Monsoon: A “Hot Spot” in the Climate System” project, which will soon

undergo a midterm evaluation. I attended the one-day session on Air-Sea Interactions in Western Boundary Current Systems held at the 2012 Ocean Sciences meeting in Salt Lake City, USA, and a full day session at the JpGU Meeting 2012 titled "Extratropical air-sea interaction and Earth climate" held in Chiba Japan. Research from the Hot Spot project including observational analyses, theoretical studies and model experiments was featured prominently at both meetings and is clearly at the forefront of the field. We should also gain a great deal of knowledge from Hot Spot field campaigns planned for the Kuroshio-Oyashio region over the next several years. The outcome from the entire project will advance our knowledge of key features of the extratropical climate system and its variability and potential future changes. The project also involves many fruitful international collaborations.

**S.-P. Xie (Univ. Hawaii):** It is a great pleasure to participate in the Hot-Spot workshop last August in Sapporo and JpGU special session in Chiba. At these meetings, it is obvious to me that your project has formed a critical mass to study extratropical ocean-atmosphere interaction, an important area of research that holds the great promise to improve our understanding and prediction of climate variability. More precisely, the Hot-Spot project is the current center of action in this area worldwide. The Sapporo workshop was especially impressive, assembling more than one hundred participants from around Japan including many students and postdocs. Sitting through these meetings, I felt that Hot-Spot is making great progress in the understanding extratropical ocean's role in Baiu, low clouds/fog, and storm tracks. I strongly support the continued effort the Hotspot project is embarking on, at an increased funding level if possible.

## 7. 研究費の使用状況

領域全体として成果を挙げるために、23年度の追加予算も含め、研究予算を以下の通り効率的に活用した。

①**人件費** 次世代を担う若手研究者の育成をその主要目的の1つとする本領域では、人件費の大部分を各計画研究班における特任助教やポストドク研究員の雇用に充てた（「5. 研究組織と連携状況」参照のこと；各班で年間500万前後）。A02-6班ではフランス人研究員を雇用した。全員が前述の「若手研究者連絡会」に所属し、領域全体の研究活動に主体的に取り組んで重要な成果を挙げつつあり、かつ今後の研究発展に繋がる提案を行なった。また、領域の研究活動に関わる多くの大学院生への助言や、領域HPを通じて学部生や高校生への発信を行なっている。但し、A01-2班ではポストドク研究員を雇用する代わりに、若手研究者の卵として多くの大学院生をResearch Assistantとして短期雇用し、学生の強い自覚と自立精神を育てている。他の計画研究班でも大学院生や学部4年生への謝金補助を行なった。その成果として、大学院生2名が24年度日本地球惑星科学連合大会で「学生優秀発表賞」に輝いた他、7名の学生が学部卒業研究に対する学内表彰を受けた。この他、領域代表の所属するA03-8班では事務補佐員雇用費の一部にも充てられた。

②**計算費用** 地球シミュレータに本領域専用の利用枠を設け、23年追加予算も含めた領域予算から、各班の予算状況に応じて利用費を拠出した（24年度までに総額2,500万超）。利用枠は領域全体で共通とし、どの班の予算で実施された数値実験の出力も他班の利用者が自由に利用可能とし、資源の有効活用を図った。

③**物品費I** ほぼ全ての計画研究班と公募研究課題は、地球シミュレータ等で実行された高解像度の数値モデル実験の出力データや衛星観測データなど膨大なデータの保存と活用のため、大規模データ集積装置（RAID装置；32~64TBクラス）やデータサーバを購入した。また、オホーツク域の領域大気・海洋モデル実験を行なうA03-9班では、計算用サーバ（12コア）も購入した。さらに、地球シミュレータを用いた各種数値実験からの膨大な出力データの保存と領域内での効率的な共有のために、総括班の下の数値モデリング研究支援チームは大規模RAIDサーバ（320TB）システムを22年度に構築し、集中現場観測に関連した再編実験・同化実験が多数実行される24年度後半に増備を予定している。

④**物品費II** 現場観測を主導するA02-6班では、先日房総沖に新規投入した繫留ブイ用の各種測器、固定用ワイヤー、音響切離装置等の購入に多くの予算を費やした。現場観測に直接関わるA01-2・A02-3班や公募研究（根田）でも、船舶観測用の雨量計や雲底高度計測用のシーロメータ、大量のラジオゾンデ、海洋乱流測定用投下式流速測定装置（XCP）等を購入し、集中観測などに活用する。なお、23年度予算の当初配分は7割支給で、残り3割の減額措置もあり得るとの通達により、A02-6班では集中観測用に装備予定のラジオゾンデ放球装置について、当初予定の自動型ではなく大幅に安価な簡易型に変更した代わりに、当初他機関から借用予定であった水中グライダーを新規購入し、海洋側の観測を更に充実させることとした。

⑤**旅費** 旅費の過半は、構成員（大学院生や協力研究者を含む）が研究成果を積極的に海外で発表するための国外旅費に充てられた。本領域が米国で主催した国際セッションも含め、国際会議では計35件の招待講演（うち1件はA03-7班の特任助教）の他、学生も含め計224件もの一般発表（口頭・ポスター）が行なわれた。また、国際連携を強化してこの分野での国際的主導性を確立するため、24年春に日本地球惑星科学連合大会で主催した国際セッションに海外から6名の協力研究者を招聘した費用にも充てられた他、22・23年にハワイ大で開催した海外の協力研究者との連携打ち合わせ会合への主要メンバーの参加費にも充てられた。さらには、領域構成員の相互連携を深めるために開催した領域全体会議や拡大総括班会議や各班別の会合への参加、さらには成果発表のための国内の学会への参加のための旅費にも充てられた。

⑥**論文投稿・印刷費** 追加予算も含めて本領域に配分された予算を、上記のように有効活用し、得られた成果を積極的に論文発表するため、各計画研究班や公募研究課題で論文投稿・印刷費を計上した。関連する別予算から投稿・印刷費を賄ったものも含め、168編の査読付き論文が国際学術誌に受理・印刷された。



## 8. 今後の研究領域の推進方策

(1)黒潮続流域における現場観測と関連した数値モデル実験 本領域の中核的研究活動の1つとして、全体の連携の下、24・25年夏と25年度冬の計3回の集中現場観測を、房総沖を東に流れる黒潮の続流の近傍で実施する。続流の北縁には水温が急低下する顕著な前線が形成されている。24年7月上旬には、この水温前線を3隻の観測船で挟み、両端の2隻がジグザクに航行しつつ、高頻度(1~2時間毎)でのラジオゾンデ観測や連続的な放射・雲底高度観測を通じて、水温前線の南北での大気構造の差異を捉える世界でも類を見ない観測を実施する。これにより、海上1~2km厚の大気境界層内の小規模な循環や気温分布、梅雨期の下層雲の形成の実態把握を進める。これらの詳細は衛星観測でも十分捉えきれず、数値モデルではその表現に不完全さが残っており、現場観測が不可欠である。25年夏の集中観測では、「エアロゾルと雲・降水」に関する科研費基盤研究(S)と共同で、観測船・航空機による同時観測を計画しており、エアロゾルからの雲粒生成やその粒径分布、それを反映した日射への雲の反射率に水温分布が及ぼす影響の同定を試みる。

加えて、24年6月に黒潮続流の近傍に新設した繫留ブイにより、その南北に既設の2基のブイと共に、暖流近傍を3基のブイで観測する世界初の試みが25年夏まで実現できる。これにより、大気よりもずっと観測が少ない海洋混合層の詳細な構造やその時間変化の実態が把握できる。さらに、上記の集中観測では、水中グライダーや漂流型アルゴフロート装置、投下型水温・塩分鉛直分布プローブ(XCTD)等の集中展開により、海洋の水温前線や渦の構造、大気との熱・運動量の交換、それを介した水塊形成過程等の解明を目指す。

測定された貴重なデータは、「若手研究者連絡会」が作成する統一フォーマットに従い、彼らが主体的に整備に関わるサーバに集積され、解析用に領域全体で共有されるのみならず、複数の領域大気モデルや高解像度の海洋循環モデル、大気海洋結合モデルによる再現実験の検証にも活用される。さらに、観測データは、大気モデルによる同化実験にも供される。地球シミュレータで稼働中のシステム(ALERA2)にて、下層大気の実測データの有無に依って、大気モデルで再現される大気状態が観測点近傍の下層から3次元的にどの程度の範囲まで如何なる影響を受けるかを評価する。こうした数値データは将来の公開用にも有用である。

(2)データ解析・数値モデリング研究の更なる推進 「2. 研究の進展状況」「4. 主な研究成果」に紹介の通り、データ解析や数値モデリング研究においては当初の計画に添って順調に成果が挙っており、かつ当初予期しなかった重要な成果も幾つか挙っている。殊に、従来大気変動に対して受動的とされてきた中緯度海洋が大気に及ぼす影響については、様々な時空間規模のシグナルが捉えられ、そのメカニズムの解明も進んでいる。引き続き、観測・数値モデリングの両支援チームや4つの課題別ワーキンググループを介した領域内の相互連携を通じて、観測研究と数値モデリング研究の融合を進め、海洋・海氷が大気に及ぼす多様な影響の解明へ向けて研究を加速するとともに、その大気応答が逆に海洋・海氷に如何なるフィードバックをもたらすかを探究し、究極の目標である大気海洋(海氷)間の双方向相互作用の解明へ向けた研究を展開する。さらに、社会貢献を念頭に、こうした相互作用が我が国や他地域の天候・気候や水産資源に関わる海洋生態系に及ぼす影響に関する研究を推進する。その主なものは以下の通りである。

- ・生物生産性の高い縁辺海における大気・海洋・生態系間の相互作用、特に植物プランクトンが海洋表層の日射吸収を高め水温を上昇させる効果を通じ、大気に熱的強制を与える可能性の検証。また、黒潮続流や自励的内部変動やそれに関わる渦活動が生態系予測の不確定性に与え得る影響の評価。
- ・日本南岸の黒潮や東方沖の続流の持続的変動が低気圧活動や降水系に与える影響、これらがアリューシャン域の大規模低気圧へ与える影響とそれが北太平洋海洋循環に及ぼすフィードバックの解明。また、黒潮続流域の水温異常が海霧や下層雲に及ぼす影響と水温異常へのフィードバックの同定。
- ・縁辺海を含む日本近海の水温分布やその変動が梅雨前線・秋雨前線や付随する雲・降水系の振舞に及ぼす影響の同定。これには、高解像度大気モデルによる「黄海・東シナ海埋立て実験」も活用。
- ・台風と海洋の相互作用、特に台風の経路や構造、大気海洋間のCO<sub>2</sub>交換に及ぼす影響の同定。
- ・オホーツクの海氷と冬季極東モンスーンの結合変動と日本への影響の解明。それに関わる北極海の海氷変動や成層圏循環変動の同定。

こうした研究活動に若手研究者や大学院生、学部4年生が積極的に関わることで、海洋学・気象学の枠を越えた複眼的視野を持つ次世代を担う人材の育成も企図する。

## 9. 総括班評価者による評価の状況

### ・今脇資郎(22~24年度評価者:海洋研究開発機構地球情報研究センター長・九州大学名誉教授)

本研究領域は2年間の準備研究を終って、いよいよフル稼働状態に入りつつある。すでに、データ解析や数値モデル研究によって、日本南岸の黒潮の位置の違いによる南岸低気圧の特性の違いや、海洋が梅雨前線に与える影響、黒潮続流に補足されたロスビー波の海洋フロントへの影響など、多くの興味深い成果が得られている。特に、本年6~7月に予定されている三陸沖の黒潮続流域での大気・海洋観測は、係留ブイ観測の他に、同時に4隻の調査・研究船を参加させるという大変意欲的な観測であり、大いに注目される。現場観測の目的は、海面水温フロントの低温側と高温側で大気に対する海洋の影響にどの程度の差があり、その結果大気側にどのような循環や気質変化が引き起こされるかを明らかにしようとするものである。これまでの予備的な解析から、既に低水温域側では海面気圧が高く、高水温域側で低くなる傾向を確認しており、この希有な観測で得られた新たなデータを基にして、中緯度での大気海洋相互作用に関する研究が大きく発展することを期待したい。

### ・安成哲三(22~24年度評価者:名古屋大学地球水循環研究センター 特任教授)

全体としてproductivityの高い研究者が多く集まっており、短期間にも拘らず論文としての業績が多く出されている。ただし、シニアな研究者の多くが複数の研究プロジェクトに関わっており、研究対象が重なる他のプロジェクトの成果との切り分けが必ずしも容易でない場合がある。また、大気循環系と海洋循環系との相互作用の新しい側面を探究しつつも、現時点では大気・海洋のそれぞれのプロセスの側面に重点が置かれた論文が少なくない。今後は、気象学・気候学と海洋学の相互乗り入れと学際的共同研究という本プロジェクトのミッションの完徹に資する新しい研究成果が多く生まれることを強く期待している。なお、大学院生(学部生)も含む若手研究者の育成という側面は、かなり意識的に進めていると感じられる。今後は、観測への参加などに留まらず、このプロジェクトの趣旨に沿った学際的研究への関心を高めるための方策もさらに積極的に推進してほしい。

### ・花輪公雄(23年度評価者:東北大学理事・大学院理学研究科教授;日本海洋学会会長)

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捗していると判断する。とりわけ、本課題独自に集中観測を重要事項として取り組んでいる点、学生も含めて若手研究者の育成に力を入れている点、各課題間の連携・融合を意識的に行っている点は、高く評価できる。これまでの研究成果で、既に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鍵となる大きな役割を担うことが明らかとなりつつある。今後の研究成果が大いに期待できる。

### ・若土正暁(22年度評価者:北海道大学名誉教授)

独創的で説得力のある研究目標を定め、我が国の現状からこれ以上無いと思われる観測・理論の専門家からなるメンバー構成で、その目標突破を果たそうとの意気込みは高く評価される。既に、黒潮続流域に関する興味深い新知見をはじめ数多くの成果が得られている。さらに、本研究の骨格とも言える「黒潮変動の大気への影響評価」が具体的な形でもたらされつつあり、さらなる研究発展が大いに期待される。今後は、現在進めている研究のより一層の深化とともに、当研究対象域が気候システム全体の中で果たしている役割についての明確な評価がなされることを希望する。

※新野 宏氏(24年度評価者:東京大学大気海洋研究所長・教授;日本気象学会理事長)からは評価を頂いていない。