



多様な時空間スケールの先進的気象学・気候学・大気科学/
北太平洋の変動と極端現象

総論：
多様な時空間スケールの先進的気象学・気候学・大気科学 / 北太平洋の変動と極端現象

川上雄真¹⁾
伊藤純至²⁾
田中潔³⁾

**Review of the Otsuchi Symposium 2024:
Advanced meteorology, climatology, and
atmospheric science on diverse spatio-
temporal scales/Variations and extremes in
the North Pacific**

**Yuma Kawakami, Junshi Ito, Kiyoshi
Tanaka**

-
- 1) 気象庁気象研究所
2) 東北大学大学院理学研究科
3) 東京大学大気海洋研究所

東京大学大気海洋研究所大槌沿岸センター共同利用研究会（通称、大槌シンポジウム）が2024年8月5日から7日にかけて開催された。その概要を報告する。

1. はじめに

大槌シンポジウムは、岩手県上閉伊郡大槌町で毎年開催される大気海洋分野の研究会である。昭和56年（1981年）の開始以降、40年以上にわたり様々な組織・機関（大学、公官庁、国立研究開発法人、一般財団法人、民間企業など）に所属する研究者・専門家・学生が参加し、大気海洋研究に関わる様々な議論を交わしてきた。大槌シンポジウムは大気海洋分野の研究コミュニティにとって重要な議論・交流の場となっており、これまでに多くの研究プロジェクトや研究成果がここの議論をきっかけに生まれている。

大槌シンポジウムの特徴の一つは、気象学・気候学・大気科学に関する研究会（大気パート）と海洋学に関する研究会（海洋パート）が連続して開催されることである。大気・海洋の両研究分野から専門家が集まる研究会となっており、研究コミュニティを横断する議論・交流の場として親しまれている。

2024年の8月5日から7日にかけて、44回目となる大槌シンポジウムが開催された。「多様な時空間スケールの先進的気象学・気候学・大気科学」と題された大気パート（コンピーナ：伊藤純至、田中潔）及び「北太平洋の変動と極端現象」と題された海洋パート（コンピーナ：川上雄真、田中潔）に、総勢60名以上の参加があった。大気パートでは34件、海洋パートでは19件の研究発表があり、白熱した議論が交わされた。学生を含む若い世代からの参加も多くあり、世代を超えた交流も活発に行われた。本稿では、この集会について報告する。

2. 大気パート

大気パート1日目の午前中は11件の一般口頭発表があった。放射対流平衡下において顕れる湿潤

対流の自己集合化について、水蒸気量の時空間発展を表現する単純な数値モデルを提案し解析により、加熱と循環場の非局所結合効果と拡散効果のバランスによって湿潤クラスタの発生と空間スケールが決定されることを明らかにした [柳瀬]。近年頻発した広域長期間豪雨の事例で熱帯～中緯度の大気・水蒸気場で共通した特徴が存在し、その中でもオホーツク海高気圧の寒気移流によって相当温位勾配が強化されたケースが増加していることを確認した [山田]。新潟県で発生した顕著な里雪・山雪イベントを対象に、長周期・短周期成分に分けた大気場についてコンポジット解析を行い、里雪は長周期成分で見られる東アジアの低温化を前提に、短周期変動成分による冬型気圧配置の強化がみられることがわかった [木村]。2018年西日本豪雨では、対流圏上層のトラフによる力学的な上層流が豪雨形成に重要な役割を果たしており、QG系のPV inversion解析によってトラフの影響を評価し、トラフが果たした力学的な効果について考察した [上野]。熱帯海水温と関係ない秋の熱帯大西洋の対流活動がテレコネクションを励起し、冬の北極域の海水に影響することを示した [平賀]。東北地方の線状降水帯の指標を作成し、抽出を行った。日本海側の北側の事例の合成図解析から、対流圏上層では樺太付近で寒冷渦・トラフの存在が示唆された [津守]。冬季における亜熱帯ジェット上の波列に対する北大西洋振動と熱帯西インド洋-海洋大陸の対流活動の複合影響を調査し、両者の位相の組み合わせによって、東アジアへの波列が明瞭になる場合とそうでない場合があることが明らかとなった [朝妻]。再解析データおよび大気大循環モデルによる感度実験のデータ解析を通じて、この地域的温暖化に対する大西洋海面水温の数十年規模変動に伴う海面水温と海水の変動による顕著な影響を示した [小川]。北太平洋における温帯低気圧の発達に対する下層の背景場の影響をコンポジット解析により調べ、背景の流れ場に対して発達する場所で低気圧を分類したところ、風速の大きい領域の風上合流域で最も低気圧が発達しやすいことがわかった [栃本]。

中国・四国・九州地方のうち山陽に最も降水のあった日について解析を行った。総観スケールの水蒸気輸送の特徴や大気擾乱の原因を整理した。また、メソスケールにおいて大気の三次元的な挙動を調査することで地形の影響を調査した [鹿野]。台風が熱帯低気圧の特徴を失った後も、低気圧として残り続ける場合に、熱帯低気圧と比較して特徴的な経路や発生位置となった [原]。

1日目午後は、初めに招待講演があり、情報理論を季節予報可能性の評価へ利用するため、情報理論の基礎とともに新たに用いた指標を紹介し、実際の季節予報の精度評価した例を示した [高谷]。その後、前半のセッションでは3件の一般口頭発表があった。熱帯インド洋で卓越する気候学的季節内振動 (CISO) の出現・維持メカニズムを調査した。CISO と位相の近い年を用いた合成図解析から、CISO は太陽放射の極大となる3月下旬のアラビア海で開始し、浅い海洋混合層により季節内時間スケールで生じる cloud-radiation-SST feedback によって維持されることが示唆された [坂本]。2022年12月に秋田で行ったブラックカーボンの観測結果と GEOS-CF データを比較し、期間中の高濃度イベントでは、冬型の気圧配置に伴う日本海の北東～東よりの風により、越境輸送による BC が中国東北部から秋田県付近に到達している可能性が高いことがわかった [山下]。夏季アジアジェット出口付近の RWB・高渦位気塊の貫入と西部北太平洋モンスーンの季節進行の関係について両者の相互作用に着目して解析を行い、RWB の頻度および位置・特徴がモンスーン季節進行と同調するように変化することを示した [中西]。その後、休憩およびポスターセッションを挟み、一般口頭発表が2件あった。近年の日本周辺の夏の長期化が特異であることが示し、海洋からの影響を受けやすい気象場となっていることを示唆する結果であった [滝川]。1959年9月の台風について NICAM を用いて極端現象の原因を探ったところ、インド洋・北太平洋の海面水温の変動が、モンスーンや太平洋高気圧に影響したことを示した [陳]。

2日目午前中に、6件の一般口頭発表と1件の招待講演があった。オホーツク海は中緯度にありながら「極」の性格を持つ海で、地球の冷源とみることができ、寒冷渦指標によれば1年を通じて対流圏上層を中心に寒気中心が存在するため、季節を問わず寒気の供給源として日本の気象・気候に影響を及ぼすことを示した [本田]。新潟市における大雪事例について、周辺の風況に着目して解析を行い、降雪量が多い事例では南寄りと北西の風が卓越する頻度が高いことを確認した [阿部]。FourCast Net モデルを用いてアンサンブル実験を行うために、その学習方法の検討を行った。AFNO モデルでは長期予報時に問題が出るため、SFNOを用いるべきであること、また sigma-p 座標データを用いることが可能であることが分かった [上条]。全球嵐解像モデルの相互比較実験の結果を示し、現実によく対応する結果が得られている。次のステップとして、1年間へ延長したシミュレーションと、2024年5月に打ち上げられた EarthCARE 衛星との比較検証実験を提案した [佐藤]。平均降水量の増加を超えるメソ対流系について、システムの構造や大気安定度が安定時に極端降水がもたらされる可能性やタイプ分類による環境場の解析を行った結果を紹介した招待講演があった [高藪]。地表面顕熱輸送の改変が、夏季晴天日の都市部で短時間に発達する降水に与える影響を、領域気象モデル WRF を用いて調査し、顕熱輸送量を改変した実験と改変しない実験を用意し、顕熱輸送の改変による降水抑制の可能性が示された [入江]。220m の全球大気シミュレーションを実施し、km 解像度のモデルと解像度間で雲、降水等の比較を行った [松岸]。

本年度は発表申し込み件数が多かったこともあり、1日目にポスターセッションをロビーにて実施した。台風に人工的なコールドプールを作成した感度実験を NICAM でを行い、地上気圧の顕著な低下がみられた [Lee]。2023年夏の富山県における猛暑と局地循環の関係を調べた [塚田]。東アジア冬季モンスーンの予測可能性を現業の気象庁季節アンサンブル予報モデル (CPS3) を用いて検証し、その

要因をコンポジット解析により調査した [坂本]. 発達期を含めた台風全域・全期間 LES を実施した. 一般的な雲解像モデルの解像度 2km のシミュレーションと比べ, LES では発達が遅れた. これには水平シア由来メソ渦の発生から混合・消滅過程の違いが影響したと考えられる [櫻井]. 様々な成層における SCALE-LES をもとに MYNN モデルのパラメータの検討した結果を紹介した [尾前]. 球面モデルの球面調和関数変換 (SHT) の変換ルーチンの比較とそれらのルーチン群で実装した浅水波モデルの特性を示した [野村]. 質量加重付帯平均 (MIM) により, 全球大気エネルギーの季節変化を半球ごとに調べ, 北半球に比べ南半球の方がエネルギーの変換効率が悪いことを示した [小原]. 全球非静力学大気モデル NICAM とその海洋結合版である NICOCO を用いて, 北西太平洋モンスーントラフの季節内変動に大気海洋相互作用が果たす役割を調査し, 大気海洋結合がモンスーントラフに伴う対流の北進速度に寄与することを示唆した [葦澤]. 北陸地方に局地的豪雪をもたらす環境場の階層構造を示した [藤原]. 降水や蒸発が台風全体の質量に与える影響をシミュレーションにより示した [Janina]. MJO の持続 / 衰退型の季節性と背景場との関係について調査した. その結果, 背景場が MJO の持続 / 衰退に与える影響は 11, 12 月に顕著であることを明らかにした [杉浦].

以上のように, 本研究集会では, 様々なスケール・プロセス・手法を用いた大気科学の研究発表が行われた. 学会のセッションや他の研究会では分野の細分化が進んでおり, なかなか他の研究会では得られないような, 分野を広くまたいだ研究交流の大変素晴らしい機会となった. また, 1 日目夜には意見交換会にも多数の参加があり, 大植ならではの趣向のもと, 普段は縁が無い幅広く大気科学に関わる学生・研究者の間で, 交流を深める貴重な機会であった.

3. 海洋パート

海洋パートは「北太平洋の変動と極端現象」の

課題名のもと, 海洋の変動現象に関する議論が行われた. 計 19 件の研究発表があり (そのうち, 学生発表は 8 件), 7 つのセッションで 2 日間にわたり議論が行われた (表 1). 各セッションの座長は, 学生・若手が務めた.

1 日目は, 東京大学大気海洋研究所の岡英太郎氏による招待講演から始まった. 岡氏には, 2024 年度から始まった研究プロジェクト「ハビタブル日本」について講演して頂いた. 近年の海流異常, 猛暑・豪雨・豪雪の頻度増加, 水産資源の変化などを受け, ハビタブル日本では「日本に住む我々の生存基盤をなしてきた温和な気候, 豊かな水・水産資源は, 今後も持続するのだろうか」という問への解答を目指すことが紹介された. 岡氏の講演に続いて, 初日は 9 件の研究発表が行われた. まず, 黒潮統流に関する研究が発表された. 近年の黒潮統流の異常北偏流路や暖水移流強化によって三陸沖の海面水温が上昇し, 海洋から大気への熱放出が増加しているという報告があった [藤島, 菅原]. また, 黒潮統流の変動に伴う海面水温の変化が, 関東地方の降雪現象に影響することも指摘された [山口]. さらに, 黒潮と黒潮統流の流路変動の関係について渦解像の長期シミュレーションで調査した結果が報告された [田村]. 近年の異常北偏を含め黒潮統流の振る舞いには未知の点が多いが, こうした研究によりその背景要因や大気海洋場への影響の理解が進むと期待される. 次に, 北太平洋に分布する水塊に関連した研究発表が行われた. 日本南東沖に広がる亜熱帯モード水に関して, その量が今世紀末までに最大で半分程度まで減少することがモデルによる予測から示され, こうした変化が表層循環や成層に影響すると指摘された [杉本]. また, 中央部を中心に広く分布する中央モード水に関しては, 季節変動及び経年変動に関する解析結果が報告された [上山]. 水塊は表層海洋の代表的な物理構造であり, その変動及び変化は海洋場と大気場に大きく影響する. 今回発表された結果は, 北太平洋における海洋変動・気候変動の更なる理解に貢献する重要なものである. 加えて, 海面水温や大気海洋相互作用, 及び

表1 海洋パートの講演内容.

8月6日	8月7日
<p>川上 雄真 (気象庁気象研究所) 北太平洋の変動と極端現象 (趣旨説明)</p> <p>セッション1 (座長: 西川 はつみ) 岡 英太郎 (東京大学大気海洋研究所) 【招待講演】 学術変革「ハビタブル日本」(Hotspot3)の紹介</p> <p>藤島 遼人 (東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科) 黒潮大蛇行に伴う黒潮統流上での冬季海面熱フラックス強化</p> <p>菅原 茉穂 (東京大学大気海洋研究所) 蛇行する黒潮で局所的に強化される海洋から大気への水蒸気フラックス</p> <p>セッション2 (座長: 桂 将太) 山口 陽生 (東北大学大学院理学研究科) 黒潮大蛇行に伴う海面水温変動が関東の降雪に与える影響</p> <p>Hou HungChun (東北大学大学院理学研究科) 西部北太平洋の海面水温異常と大気海洋相互作用</p> <p>上山 竜輝 (東北大学大学院理学研究科) 中央モード水の形成・循環のさらなる理解に向けて</p> <p>セッション3 (座長: 木戸 晶一郎) Kim Jeongho (名古屋大学大学院環境学研究科) 中規模渦の統計解析に基づく北西太平洋の大気海洋相互作用の理解</p> <p>澤 悠夏 (筑波大学理工情報生命科学術院) エルニーニョ年およびラニーニャ年から見るオホーツク海の海水</p> <p>田村 優樹人 (東京大学大学院理学系研究科) 500年間の渦解像結合モデルにおける黒潮と黒潮統流の流路変動-初期解析-</p> <p>杉本 周作 (東北大学大学院理学研究科) 減りゆく亜熱帯モード水? ~表層海洋へのその影響~</p>	<p>セッション4 (座長: 田村 優樹人) 坂本 圭 (気象庁大気海洋部) 【招待講演】 気象庁「海洋の健康診断表」とそれを支える「MOVE-JPN」システム</p> <p>川合 義美 (海洋研究開発機構) 2022/23年の親潮域海洋熱波と垂表層の溶存酸素濃度への影響</p> <p>セッション5 (座長: 菅原 茉穂) 山田 広大 (気象庁大気海洋部) 北西太平洋における海洋中の貧酸素化の監視と将来予測</p> <p>奥西 武 (水産研究・教育機構) 三陸沖における冬季海面水温の経年変動</p> <p>印 貞治 (日本海洋科学振興財団) 津軽海峡の潮汐変動が青森県東方海域に与える影響について</p> <p>セッション6 (座長: 藤島 遼人) 豊田 隆寛 (気象庁気象研究所) 津軽暖流の季節モードの形成過程について</p> <p>坂本 天 (株式会社オーシャンアイズ) 津軽海峡周辺のダウンスケーリングによるモデリング</p> <p>セッション7 (座長: 川上 雄真) 木戸 晶一郎 (海洋研究開発機構) SynObs観測インパクト評価実験の概要および北太平洋に注目した初期的な結果の紹介</p> <p>桂 将太 (東北大学大学院理学研究科) BGCフロートを用いた北太平洋亜熱帯モード水の生物地球科学への役割に関する研究</p> <p>総合討論</p>

海水分布に関する研究発表があった。北西太平洋の海面水温が他の海域に比べて急速に上昇していること [Hou], 中規模スケールの暖水渦・冷水渦が特徴的な海面水温偏差を形成することにより大気海洋相互作用に影響していること [Kim], 及びオホーツク海の海水分布がエルニーニョ年とラニーニャ年で異なる特徴を有すること [澤] が示された。

2日目は、気象庁の坂本圭氏による招待講演から始まった。坂本(圭)氏には、気象庁の海洋情報やその基盤となっている「日本沿岸海況監視予測システム(MOVE-JPN)」についてご紹介いただいた。坂本(圭)氏の招待講演に続いて、8件の

研究発表が行われた。まず、東北地方近海の海洋現象について様々な発表があった。三陸沖に関しては、中規模渦の活動と関連する冬季海面水温の経年変動 [奥西] や、近年の海洋熱波に伴う海中溶存酸素量の変化 [川合] が報告された。津軽海峡近海に関しては、日周期の沿岸捕捉波の振幅の変化に関する研究 [印] や、ダウンスケールによる水平解像度 500m モデル構築の試み [坂本(天)], 及び津軽暖流の季節モードの形成過程に関する解析研究 [豊田] が発表された。これらは東北地方近海の海洋変動を理解する上で重要なものである。加えて、北太平洋における海中溶存酸素量の将来予測や海洋表層における栄養塩輸送に

関する研究の成果が発表された。北太平洋の上層では今後溶存酸素が減少するであろうこと[山田]及び北太平洋の西部亜熱帯域では亜熱帯モード水の上端部で栄養塩の鉛直上向きの輸送があること[桂]が報告された。また、海洋予測における各海洋観測プラットフォームのインパクト評価の成果も発表された。マルチシステム観測インパクト実験の初期的な解析に基づき、北太平洋の海面高度や水塩塩分場を正確に推定するにはアルゴフロートや人工衛星による観測データが必要不可欠であることが報告された[木戸]。

以上のように、今年度の海洋パートでは、日本近海における沿岸スケールの現象から北太平洋全体をカバーする海盆規模の現象まで、様々な海洋現象の研究発表が行われた。研究手法も多様であり、観測に基づく研究もあれば、数値モデルを用いた研究もあった。様々な視点からの議論があり、海洋変動の理解を一層深める機会になった。また、今年度は幅広い世代から参加者があり、世代を超えた交流が昼夜を問わず活発に行われた。学生・若手は中堅・ベテランの参加者から多くを学んだに違いない。一方、中堅・ベテランの参加者も学生・若手から刺激を受けたのではないだろうか。全ての参加者にとって、有意義な時間であったと思う。

4. おわりに

2024年度の大槌シンポジウムは、例年に変わらず大変盛況な集会となった。60名を超える参加者があり、分野や世代を横断した議論・交流が昼夜を問わず活発に行われた。大槌シンポジウムで生まれた繋がりや交わされた議論が、今後様々な共同研究や研究成果に結びつき、大気海洋の研究を発展させる力になることを期待したい。今年度の大槌シンポジウム開催に際しては、東京大学大気海洋研究所の皆様と大槌町の多くの方々が大変お世話になった。ここに深く感謝を申し上げたい。

大槌シンポジウムは昭和56年(1981年)に開始されて以来、一度の中止もなく毎年開催されてきた。途中、東日本大震災(2011年)や台風の岩

手県上陸(2016年)、及び新型コロナウイルス感染症の拡大(2020-2021年)などの影響で開催が難しい年もあったが、コンビナーの尽力や東京大学大気海洋研究所及び大槌町の多大な協力により大槌町中央公民館での開催(2011-2017年)や延期開催(2011年、2016年)、及びオンライン形式(一部現地参加のハイブリッド形式)での開催(2020-2021年)が実現し、現在まで途切れることなく続いている。現在も毎年恒例の集会として大槌シンポジウムを開催できるのは、困難な状況さえも乗り越えて大槌シンポジウムを継続されてきた歴代コンビナーの皆様と、これまでの開催を支えてくださった東京大学大気海洋研究所と大槌町の皆様のおかげである。深く感謝を申し上げたい。大槌シンポジウムは、2025年度も開催される予定である。2025年度も幅広い分野と世代から研究者・専門家・学生が集い、議論・交流が深められることを期待したい。

☐