

第26回国際測地学・地球物理学連合総会 (IUGG2015・プラハ) の報告

—近年の大気海洋相互作用研究の進展—

升 永 竜 介*1・宮 本 歩*2

1. はじめに

IUGG General Assembly 2015がプラハの Prague Congress Center で2015年6月22日から7月2日まで開催された。本会議は4年に1度開催される国際会議であり、前はメルボルン（オーストラリア）、前回はペルージャ（イタリア）、2003年には札幌で開催された（木田ほか 2004；望月ほか 2004；宮崎ほか 2004）。次回は2019年7月8日から19日までモントリオール（カナダ）で開催される予定である。

IUGG は IAMAS や IAPSO など 8 つの協会から構成され、気象・気候学や海洋学のほか、地震学や地球電磁気学など地球科学全般に関わる国際機関である。本会議には90以上の国・地域から4000人以上が参加し、639のセッションにおいて5400件以上もの発表が行われた。そのうち、約2200件はポスター発表であった。セッションの内容も多様であり、気象・気候学に関わるものだけでも、ENSOに関するセッションや中層大気力学、極端現象、放射、雲微物理など様々なセッションが開催され、どのセッションでも活発に議論が行われた。本稿では、筆者らが主に聴講した、大気海洋相互作用に関わる講演を中心に報告する。なお、本会議では多くのセッションが同時進行で行われたため、幾つかのセッションは部分的な参加となった。そのため、本稿は各セッションの包括的な報告とは必ずしもなっていないことに留意されたい。

(升永竜介)

2. セッション・講演紹介

2.1 気候変動と地球システムモデリング (Climate Variability and Earth Systems Modeling)

本セッションでは、主に中高緯度の海洋、海水が大気へ及ぼす影響についての議論が行われた。招待講演者である P. Chang (テキサス A&M 大学, 米国) は、海洋渦の影響が評価できるほど高い水平解像度の領域大気モデルを用いて、黒潮続流付近の海洋渦活動の変動がストームトラック活動の変動を通じ、北米西岸の降水量に影響を与え得ることを示した。

その後の講演では、親潮付近における海面水温偏差が海盆規模の大気循環へ及ぼす影響について報告があった。岡島 悟 (東京大学) は大気大循環モデルを用いて、親潮前線付近の海面水温偏差の応答として北太平洋上に高気圧偏差が現れることを指摘した。その維持作用についてエネルギー論の観点から考察を行い、平均場からのエネルギー変換が重要であることを示した。一方、M. Newman (コロラド大学, 米国) は同様な海面水温偏差に対する大気の応答について、水平解像度0.25度と1.0度の数値モデル実験の結果の比較を行った。その結果、特にストームトラック活動の応答は大気モデルの水平解像度に強く依存し、高い水平解像度の気象モデルで表現された応答の方がより現実的であることを再解析データとの比較から指摘した。

メソスケール現象についての講演も行われ、N. Schneider (ハワイ大学, 米国) は海上風分布に海面水温前線が及ぼす影響について、線形化モデルを用いて詳細に議論した。また、山内 晃 (長崎大学) は最新の衛星観測データに基づき、黒潮上において雲粒径の増大や下-中層対流圏における降水の増加が見ら

*1 (連絡責任著者) Ryusuke MASUNAGA, 東京大学先端科学技術研究センター。

masunaga@atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp

*2 Ayumu MIYAMOTO, 東京大学先端科学技術研究センター。

れることを報告した。宮本 歩 (東京大学) は、南インド洋に見られる下層雲の顕著な季節性を調査し、亜熱帯高気圧やストームトラック、海面水温場の季節性との関連を議論した。なお、筆者は黒潮統流の十年規模変動に伴う海面水温の変動が海上風や雲・降水へ及ぼす影響について報告した。(升永竜介)

2.2 気候システムにおける放射 (Radiation in the Climate System)

本セッションは大気放射に焦点を当てたセッションであり、雲放射過程など大気循環の観点からも興味深い研究報告がいくつかあった。X. Dong (ノースダコタ大学, 米国) は、GISS モデルに対して AR6 に向けた新たな改良が行われた結果、南大洋の雲量が20%ほど増加したことを示した。CMIP5 モデル群において南大洋の雲放射バイアスが大きいことはよく知られており、中緯度ジェット的位置バイアスや double ITCZ バイアスとの関係も指摘されているため、南大洋の雲放射バイアスの改善が大気大循環バイアスの改善にも寄与することが期待される。また、温暖化した際の雲応答を理解する上でも雲が正しい過程で再現されているかについて、より詳細な評価が望まれる。W. Su (NASA ラングレー研究所, 米国) は、ENSO に対する雲放射過程の応答を観測及び CMIP5 モデル群の AMIP シミュレーションにおいて評価した。マルチモデル平均で、中央太平洋では雲頂高度の過大上昇バイアスと光学的に厚い上層雲の増加バイアスが存在し、西太平洋では光学的に薄い雲が減少しないバイアスが存在していた。こういった雲応答のバイアスが ENSO の再現性あるいはモデル間のバラツキに対してどう影響するのかということまで調査が進めば非常に興味深い研究となりそうである。(宮本 歩)

2.3 海洋が気候変動・変化・予測可能性に果たす役割 (The Ocean's Role in Climate Variability, Change and Predictability)

本セッションでは、気候形成に対して海洋が果たす役割についての講演が行われ、主に熱帯の現象について活発に議論が行われた。H.-H. Hsu (中央研究院, 台湾) は MJO の再現性が良い数値モデルを用いて、将来の温暖化気候においては、インド洋における海面水温の上昇に伴って、MJO の振幅が増大すると共により深い対流を伴うようになる可能性を指摘した。F. Xie (北京師範大学, 中国) は1980年代から見られる

CPTT の低下トレンドについて、IPWP の拡大が主な要因である可能性を指摘した。さらに、その経年変動にはエルニーニョモドキ現象が深く関わっていることを示した。

X. Perrot (LMD, フランス) は海洋渦を模したシンプルな海面水温偏差場に対する海上風の応答を、水平解像度 2 km という高解像度の領域大気モデル実験により調査した。従来指摘されてきたように、海上風収束と海面水温のラブラシアンは背景風が弱いほどよく対応する傾向にあるのに対し、海面気圧のラブラシアンと上昇流は背景風の強弱に関わらず、常に良い対応にあることを指摘した。(升永竜介)

釜江陽一 (筑波大学) は、近年の熱帯対流圏昇温の停滞が自然変動に伴う熱帯東太平洋の低温偏差によることを示し、結合モデルで昇温の停滞が再現できないことは温暖化予測の信頼性を下げるものではないことを示唆した。小坂 優 (東京大学) は結合モデルにおいて熱帯東太平洋の海面水温を観測に強くナッジさせるペースメーカー実験を行い、産業革命以後複数回生じた温暖化の停滞および加速がよく再現されることを示した。また、最近の温暖化の停滞が過去150年で最も長いものであることを示した。R. Farneti (ICTP, イタリア) は、熱帯太平洋における海面水温の正偏差がテレコネクションを通じて亜熱帯に風応力カールの偏差を生じ、その風応力カール偏差が海洋の亜熱帯セルを強化し熱帯太平洋の海面水温を低下させるという十年規模変動のメカニズムを提唱した。近年、太平洋十年規模変動が温暖化を相殺するほどの振幅を持ちうるということが明らかになった一方、十年規模変動の理解はまだ不十分であり、研究が今後ますます活発になりそうである。(宮本 歩)

2.4 海洋境界流システム (Oceanic Boundary Current Systems)

本セッションでは、海洋の境界流やその海域の環境に関わる内容全般について議論が行われた。発表内容は多岐に渡り、招待講演者である K. Kelly (ワシントン大学, 米国) は西岸境界流が気候の形成に果たす役割についてレビューを行い、田口文明 (海洋研究開発機構) は海洋表層貯熱量の変動について、西岸境界流との関わりに着目してレビューを行った。境界流と生態系との関わりも議論されており、例えば、小松幸生 (東京大学) は、日本東方海上の表層付近における

窒素の大部分は黒潮系水によってもたらされており、この海域における一次生産量の維持に重要な役割を果たしていることを指摘した。さらに、春季の観測データに基づく収支解析を通じ、黒潮による南西からの輸送が重要な役割を果たしていることを定量的に示した。

対象となる海域と空間スケールも多様であった。例えば、H. Seo (ウッズホール海洋研究所, 米国) は海洋中規模渦の活動が特に活発になる夏季のカリフォルニア海流域において、海洋渦に伴うメソスケールの海流に着目して調査を行った。水平解像度7 kmの高解像度結合モデルを用いて、海洋渦に伴う海流が風応力の水平分布に影響することで、そのような海流の寄与が無いときに比べて海洋渦自身の活動を有意に弱体化させていることを指摘した。また、N. Holbrook (タスマニア大学, オーストラリア) は渦解像モデルを用いて、オーストラリア東岸に位置する東オーストラリア海流の将来気候における様相を調査した。将来気候において、極向きに流れる東オーストラリア海流の輸送量は現在に比べてほぼ変化しないものの、分岐点から極向きへ流れる海流の流量が増加し、東向きへ流れる海流の流量が減少するという特徴的な変化をする可能性を示し、それは海盆規模の風応力分布の変化とも整合的であることを示した。M. Krebs (GEOMAR, ドイツ) は、南大西洋亜熱帯域の海面水温バイアスの改善には、アンゴラ海流とベンゲラ海流の合流緯度を再現することが重要であり、海洋モデルに少なくとも0.1度程度の解像度と現実的な強さの沿岸風を与える必要があることを示した。

これらの多種多様な研究成果には、近年の数値モデルの高解像度化と共に、衛星観測の充実やアルゴプロットの展開による観測網の充実が大きく貢献していると感じた。(升永竜介)

2.5 気候変化の下での ENSO と十年規模変動 (El Niño / Southern Oscillation and Decadal Variability under Climate Change)

最後は ENSO のセッションである。このセッションは日程のほぼ最後であったにもかかわらず聴衆が非常に多く、ENSO に対する関心の高さがうかがえた。まず M. McPhaden (NOAA, 米国) が2014-15年のエルニーニョ現象の突然の終焉と再発達について講演し、そのメカニズムについて活発な議論が行われた。なお、発表では、エルニーニョ (神の子) をキリスト

になぞらえて、birth (誕生)・resurrection (復活) などと表現し笑いを誘っていた。T. Li (ハワイ大学, 米国) はエルニーニョとラニーニャの時間発展の違いを説明するために、従来着目されてきた風応力などの力学的な側面だけでなく、海面乱流熱フラックスなどの熱力学的な側面が重要であると指摘した。林 未知也 (東京大学) は、大気海洋結合モデルを用いて西風バーストに対する大気海洋結合系の応答の季節性を調査し、5月の西風バーストがエルニーニョの発達に最適であることを示した。J.-S. Kug (POSTECH, 韓国) は ENSO テレコネクションに対する北西太平洋と中央太平洋の降水偏差の相対的役割を調査した。彼らは北太平洋の ENSO テレコネクションパターンが、それぞれの降水偏差に対する応答の線形形で理解できることを示し、降水偏差と ENSO テレコネクションパターンの季節性を議論した。ENSO テレコネクションという伝統的な問題が意外と今まできちんと理解されていなかったことは驚きであった。(宮本 歩)

3. おわりに

それぞれのセッションにおいて、各分野を代表する著名な方々の講演も多く、大変勉強になった。また、本会議ではセッション間の休憩時間も十分に確保されており、そこでも活発に意見交換を行うことができた。本稿では触れなかったが、ポスター発表においても興味深い発表が多く、活発に議論が行われていた。

(升永竜介)

本会議は、セッションが充実していたことはもちろんポスター発表にも十分な時間が割かれており活発な議論を行うことができた。また土地柄を反映してカビールやワインが豊富に用意されていたこともあり、ポスター発表の時間を過ぎてにもぎやかに議論・交流が行われていた。また、日本人の多さも印象的であった。

滞在中は天気にも恵まれ、プラハは多くの観光客で賑わっていた。また偶然、筆者らが日本に帰る頃にヨーロッパではブロッキングが発生し、幸運(?)にも記録的な猛暑を体感することができた(乗り継ぎのパリ・シャルルドゴール空港は夕方にもかかわらず気温が38°Cであった)。(宮本 歩)

謝 辞

本会議への参加に際して、日本気象学会国際学術交

流委員会より渡航費用援助を頂きました。深く感謝いたします。

略語一覧

AMIP : Atmospheric Models Intercomparison Project
大気モデル相互比較計画

AR6 : Sixth Assessment Report 第6次評価報告書

CMIP5 : Coupled Model Intercomparison Project
Phase 5 第5期結合モデル相互比較計画

CPTT : Cold-point Tropopause Temperature 寒気点
対流圏界面温度

ENSO : El Niño-Southern Oscillation エルニーニョ・
南方振動

GEOMAR : Research Center for Marine Geosciences
海洋地球科学研究センター

GISS : Goddard Institute for Space Studies ゴダード宇
宙科学研究所

IAMAS : International Association of Meteorology and
Atmospheric Sciences 国際気象学・大気科学協会

IAPSO : International Association for the Physical
Sciences of the Oceans 国際海洋物理科学協会

ICTP : International Centre for Theoretical Physics
国際理論物理学センター

IPWP : Indo-Pacific Warm Pool インド太平洋暖水
プール

ITCZ : Intertropical Convergence Zone 熱帯収束帯

IUGG : International Union of Geodesy and Geophysics
国際測地学・地球物理学連合

LMD : Laboratoire de Météorologie Dynamique 気象
力学研究所

MJO : Madden Julian Oscillation マッデン・ジュリア
ン振動

NASA : National Aeronautics and Space Administra-
tion 米国航空宇宙局

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Adminis-
tration 米国海洋大気庁

POSTECH : Pohang University of Science and Tech-
nology 浦項工科大学校

参考文献

木田秀次ほか, 2004 : 第23回国際測地学・地球物理学連合
総会 (IUGG2003・札幌) の報告 (1). 天気, 51, 175-
199.

宮崎雄三ほか, 2004 : 第23回国際測地学・地球物理学連合
総会 (IUGG2003・札幌) の報告 (3). 天気, 51, 375-
390.

望月 崇ほか, 2004 : 第23回国際測地学・地球物理学連合
総会 (IUGG2003・札幌) の報告 (2). 天気, 51, 241-
260.