

2019年秋季「気候形成・変動機構研究連絡会」の報告

植田 宏 昭*¹・前 田 修 平*²・谷 本 陽 一*³・立 花 義 裕*⁴

1. はじめに

本研究連絡会は、気候変動・変化研究の基盤である気候形成に着目し、様々な時代や地域における素過程について、専門分野や学会間の垣根を超えて議論・整理するプラットフォームの構築を目指し、2019年1月に発足した(植田 2019)。気候変動研究の根幹である気候諸現象の発現・変動機構を、最新の知見を援用し、今日的な気候科学のフレームワークの中で整理・統合することは、喫緊の課題である自然災害のリスク管理に科学的根拠を与えることが期待される。今回は気候形成に関する素朴な疑問について2019年10月30日(秋季大会第3日)に福岡国際会議場中会議室にて、植田、前田が講演を行った上で、本会の世話人(第1図)を含め約50名の参加者との活発な質疑、意見交換が行われた。講演に対しては、日本の気候に関わる気候諸現象として、オホーツク海高気圧、太平洋中央トラフ、アリューシャン低気圧などに関する基礎的な理解も整理する必要があるとの指摘があった。今後は熱帯中高緯度結合系の観点から、メソ気象、気候システム、中高緯度大気力学、熱帯気象、モンスーンなどの専門分野を横断する研究が必要であり、関連する研究連絡会との連携も視野に活動していくことを確認した。以下に講演内容の抄録を示す。

担当世話人：植田宏昭(筑波大学)

<http://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~iccv/index.html>

*¹ (連絡責任著者) Hiroaki UEDA, 筑波大学生命環境系. ueda.hiroaki.gm@u.tsukuba.ac.jp

*² Shuhe MAEDA, 気象研究所.

*³ Youichi TANIMOTO, 北海道大学.

*⁴ Yoshihiro TACHIBANA, 三重大学.

© 2020 日本気象学会

2. 梅雨前線を規定する熱帯・中高緯度、ラージ気候・メソ気象相互作用

植田宏昭(筑波大学)

梅雨前線がどのような環境で出現し消滅していくのか、なぜ日本付近に形成されるのか、また年による雨の降りかたの違いをもたらす要因は何かという、梅雨前線の形成と変動に関する学術的な問いに対して、専門家はどこまで的確に答えることができるであろうか。梅雨前線を取り巻く気候・気象システムに関する最新の知見を統合することは、梅雨前線を介して表裏一体の関係にある豪雨や猛暑の予測のみならず、温暖化予測の信頼性を担保する科学的根拠の整理という観点からも待った無しの研究テーマであり、専門分野の壁を超えた議論が必要である。

梅雨前線の出現と維持においては、大規模な大陸と海洋間の温度コントラストに駆動される大陸性アジアモンスーンの役割(Sampe and Xie 2010)、西太平洋上の海洋性モンスーンに伴う水蒸気供給(Ueda and Yasunari 1996)、さらに偏西風の南北分流やブロッキング現象に関係するチベット高原の寄与(Yoshikane



第1図 世話人の集合写真。連絡会終了後にて。

et al. 2001; Kitoh 2004) などの観点から様々な研究が提出されているが、個々のプロセスがどのように影響を及ぼしあいながら季節進行していくのかという連鎖的相互作用は必ずしも明らかになっておらず、研究者の間でも意見が分かれている。梅雨前線の消滅（梅雨明け）についても、7月中下旬に西太平洋上で生じる対流ジャンプ（Convection jump）現象の影響（Ueda *et al.* 1995）、および亜熱帯上に東に伝播する定常ロスビー波（シルクロード強制; Enomoto *et al.* 2003）の寄与が指摘されているが、両者を定量的に比較・検証した研究は行われていない。気象庁は1995年から梅雨の季節が過ぎた後に、春から夏にかけての天候経過を考慮して、「旬の初め」、「旬の半ば」、「旬の終わり」等の表現を用いて梅雨明けを天候情報として公表するようになった（磯部 1995）。その一方で、梅雨明け宣言を待ち望む世間の要望も依然として大きく、気候監視の現場においても、力学的な解釈に基づく梅雨明けの客観的な特定への期待は大きい。2019年の夏の天候は、7月の中旬までは冷涼・湿潤な天候が続いたが、7月の下旬から8月中旬にかけては一転して高温偏差が全国的に出現した（気象庁 2019）。2019年の夏は、エルニーニョが2019年6月に終息した後あたり、西部熱帯太平洋における海面水温には顕著な偏差が見られなかった。しかしながら、フィリピン東方海上の対流活動は平年に比べて活発な状態が続いた。この理由については、寒冷渦と考えられる大きな渦位が高緯度から移流してきたことが要因の一つではないかという見解もあり（前田 2019.8, 私信）、中高緯度熱帯結合系の視座に立った研究が必要である。

梅雨前線の季節進行の変調は夏の降水量の多寡を考える上で重要である。Kitoh and Uchiyama (2006) はCMIP3のマルチモデル解析に基づき、地球温暖化に伴って台湾から日本にかけて雨期の終了が遅くなることを指摘した。梅雨明けの遅延は領域気候モデルを用いたダウンスケーリング研究でも梅雨前線の南偏として認識される（Kawase *et al.* 2009）。温暖化時のエルニーニョ型の海面水温の昇温に呼応して季節的な対流ジャンプ現象が南東方向へシフトすることが、西太平洋から日本への定常ロスビー波強制の変調を介して、梅雨前線の南偏や梅雨明けの遅延を引き起こしているという研究も提出されている（Inoue and Ueda 2011）。近年、高解像度化された気候モデルにおいては、梅雨明けの遅延を確認できないという報告もあり（Kusunoki 2018）、その理由を解像度や積雲パラメタリゼー

ションに求めると同時に、気候システムの観点から検討する必要がある。

3. 気候系監視・季節予報の現場の視点から

前田修平（気象研究所）

私が長年にわたって気象庁の気候系監視や季節予報の現場で働きながら感じた、気候場の形成要因に関する疑問を数例示し、その理解の深まりに向けての当研究会への期待を述べた。

第一の疑問は、帯状平均からのずれで定義される気候平均の定常波の生成要因である。岸保（1982）の教科書にあるように、冬季を中心に古くから多くの研究があるが、依然として不明なことも多い。Held *et al.* (2002) は、非線形定常波モデルを用いて、帯状平均場に山岳による力学的な定常強制と積雲対流や地表面の加熱冷却などによる熱的な定常強制を与えることで、定常波がある程度再現できることを示した。興味深いのは、再現される海洋上のアリューシャン低気圧の振幅が、加熱強制と山岳強制の個々の線形の強制応答の合計よりも、両者の非線形応答の方がかなり大きいことである。このことは、加熱と山岳という別の要因で強制される定常波が相互作用することによって大きく増幅するというを示唆しているが、いったいどういったメカニズムで両者が相互作用するのであろうか？ 夏季には、チベット高気圧に重なったアジアジェット気流沿いの波長の短い定常波、すなわちシルクロードパターンがあり、その形成メカニズムはEnomoto *et al.* (2003) により調べられている。この定常波の波長は秋にかけて長くなり、日本の秋雨の形成に影響を与えるが、なぜ波長が長くなるのであろうか？ 季節進行とともにジェット気流が南下して定常ロスビー波の波長が長くなるためであらうか？ ここで例示したような気候平均の定常波の形成要因の解明を通して、それらの年々変動を引き起こす理解の深化が期待される。

第二の疑問は、地上付近の偏東風と偏西風の境界の季節変化が小さいことである。気候平均の帯状平均場に見られる対流圏上層の亜熱帯ジェット気流の軸やハドレー循環の下降域の緯度は季節ともに大きく変動するが、地上付近の偏東風と偏西風の境目の緯度は30度から大きく外れない。その理由は、亜熱帯ジェット気流に比べてストームトラックの緯度が季節とともにあまり大きく変わらないため、亜熱帯ジェットがより低緯度側に位置する冬季には、移動性擾乱が東向きの角

運動量を亜熱帯ジェットから高緯度側かつ下向きに運び、亜熱帯ジェットがより高緯度側に位置する夏季には、角運動量をジェット軸からより下向きに運ぶことが関係している可能性がある。ではなぜストームトラックの緯度の季節変化は小さいのか？これは、擾乱の生成に大きな影響を与える海洋前線帯 (Sampe *et al.* 2010) の緯度が、ジェット軸の緯度に比べて大きくは季節変化しないことが関係しているのであろう。このことは、気候平均場の形成において、移動性擾乱の生成を通して海洋が大きな影響を与えていることを示唆している。

第三の疑問は、夏季に日本の南の下部成層圏に形成される高渦位域の対流圏の擾乱に与える影響である。夏季、特に8月には、チベット高気圧の南東の縁にあたる日本の南海上の下部成層圏の気候平均場には、東方から西方にかけて大きく伸びる高渦位域が見られる。平均風は東風で渦位は東方の方が大きいので、渦位移流に対して温度風バランスを保つための上昇流が期待される。このことが直接あるいは間接的に対流圏の(熱帯擾乱を含む)対流活動の気候平均値に影響を与えている可能性がある。また、この高渦位域は東西に長く伸びており、南北幅もロスビー変形半径より大きい大規模な渦位の南北逆転域でもあるので、順圧不安定性で擾乱が成長する必要条件を満たしている。そのため、このプロセスで成長する成層圏の擾乱が対流圏における対流活動や擾乱に影響を与える可能性もある。このような成層圏起源の擾乱による対流圏での対流活発化は、テレコネクションを介して日本の天候にも大きく影響することが考えられ、熱帯中高緯度・成層圏対流圏結合の観点から包括的な研究が必要である。

謝辞

当連絡会の発足を承認いただきました理事会の皆様、また会場の準備をしていただいた大会実行委員の皆様にご挨拶いたします。

参考文献

- Enomoto, T., B. J. Hoskins and Y. Matsuda, 2003: The formation mechanism of the Bonin high in August. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **129**, 157-178.
- 岸保勘三郎, 1982: 準定常プラネタリー波. 大気科学講座 4, 東京大学出版会, 194-218.
- Held, I. M., M. Ting and H. Wang, 2002: Northern winter stationary waves: Theory and modeling. *J. Climate*, **15**, 2125-2144.
- Inoue, T. and H. Ueda, 2011: Delay of the first transition of Asian summer monsoon under global warming condition. *SOLA*, **7**, 81-84.
- 磯部英彦, 1995: 気象庁の梅雨に関する業務の見直しについて. *グロースペクター*, (33), 61-69.
- Kawase, H., T. Yoshikane, M. Hara, F. Kimura, T. Yasunari, B. Ailikun, H. Ueda and T. Inoue, 2009: Intermodel variability of future changes in the Baiu rainband estimated by the pseudo global warming downscaling method. *J. Geophys. Res.*, **114**, D24110, doi:10.1029/2009JD011803.
- 気象庁, 2019: 気候系監視速報 (2019年8月). <https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/diag/sokuho/sokuho201908.pdf> (2019.11.1閲覧)
- Kitoh, A., 2004: Effects of mountain uplift on East Asian summer climate investigated by a coupled atmosphere-ocean GCM. *J. Climate*, **17**, 783-802.
- Kitoh, A. and T. Uchiyama, 2006: Changes in onset and withdrawal of the East Asian summer rainy season by multi-model global warming experiments. *J. Meteor. Soc. Japan*, **84**, 247-258.
- Kusunoki, S., 2018: How will the onset and retreat of rainy season over East Asia change in future? *Atmos. Sci. Lett.*, **19**, doi:10.1002/asl.824.
- Sampe, T. and S.-P. Xie, 2010: Large-scale dynamics of the Meiyu-Baiu rainband: Environmental forcing by the westerly jet. *J. Climate*, **23**, 113-134.
- Sampe, T., H. Nakamura, A. Goto and W. Ohfuchi, 2010: Significance of a midlatitude SST frontal zone in the formation of a storm track and an eddy-driven westerly jet. *J. Climate*, **23**, 1793-1814.
- 植田宏昭, 2019: 「気候形成・変動機構研究連絡会」の発足について. *天気*, **66**, 630.
- Ueda, H. and T. Yasunari, 1996: Maturing process of the summer monsoon over the western North Pacific - A coupled ocean/atmosphere system. *J. Meteor. Soc. Japan*, **74**, 493-508.
- Ueda, H., T. Yasunari and R. Kawamura, 1995: Abrupt seasonal change of large-scale convective activity over the western Pacific in the northern summer. *J. Meteor. Soc. Japan*, **73**, 795-809.
- Yoshikane, T., F. Kimura and S. Emori, 2001: Numerical study on the Baiu front genesis by heating contrast between land and ocean. *J. Meteor. Soc. Japan*, **79**, 671-686.