

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2013～2016

課題番号：25287120

研究課題名（和文）亜熱帯・中高緯度の気温構造の季節的遷移が大気循環・降水帯の形成と変動に果たす役割

研究課題名（英文）Influence and its seasonality of the extratropical thermal structure on the formation and variability of atmospheric circulation and associated precipitation bands

研究代表者

中村 尚（Nakamura, Hisashi）

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号：10251406

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：冬季東アジアモンスーンを変動させる気圧の南北振動「西太平洋パターン」が特徴的な気温異常を持ち、西風ジェット気流に伴う南北気温差、並びにアジア大陸と太平洋との東西気温差を調整して自身の気温異常を効率的に維持できることを解明した。また、関東沖の東流する黒潮続流の変動に伴う水温変動が海上風の分布や冬季の雲・降水帯を変動させる傾向を発見した。さらに、南半球では暖流と寒流の境界である水温前線に沿って、移動性高低気圧が繰り返し発達し、その効果で維持される海上の偏西風が水温前線の影響を強く受ける状態とそうでない別の状態との間を揺らぐことが、南半球で最も卓越する循環変動の本質であることを見出した。

研究成果の概要（英文）：Dynamics of the “Western Pacific” pattern, a persistent pressure seesaw that modulates the East Asian winter monsoon has been revealed as a baroclinic dynamical mode. Evidence has been found that different dynamical regimes of the Kuroshio Extension can modulate surface wind and cloud/precipitation bands east of Japan. A new interpretation on the Southern Annular Mode has been proposed as a wobble of an eddy-driven westerly jet between the two states where the jet is under strong influence of oceanic fronts and not.

研究分野：数物系科学

キーワード：気候 ジェット気流 梅雨前線 秋雨前線 冬季モンスーン

1. 研究開始当初の背景

温室効果気体の増加につれ、気候状態の変化やそれに伴う極端な異常気象の発現が世界各地で顕在化しつつある。一方、そうした外的強制の有無にも拘らず、大気・海洋は内包する様々な過程の多階層相互作用に伴い多様な時空間規模で常に変動し、(自然)気候変動とそれに付随する天候異常を各地にもたらしている。温暖化の顕在化につれ各季節で大気循環の平均状態がどう変化し、それに重畳する大気循環の自然変動(特に、移動性高低気圧など波動擾乱やより大規模な準停滞性の循環異常)の振幅や構造、発現の季節性がどの様な変調を被るかを予測し、それに合理的な根拠・解釈を与えることは、気候研究の担う重大な使命の1つである。特に、大気循環や擾乱が集団として組織化する降水帯の平均状態や変動が如何なる変化を被るかの予測は、水資源や防災という社会的観点からも極めて重要である。

2. 研究の目的

最新の気候循環データの解析や大気モデル実験から、極東・北西太平洋域で夏冬の大気循環変動に卓越する気圧の南北双極子変動(PJ・WP 両パターン)を、従来見過ごされてきた循環偏差と平均場の傾圧性に着目しつつ、力学モードの観点からその構造や力学特性を比較・対照するという従来無い探求を行う。また、梅雨前線に比べて研究量の少ない秋雨前線の形成・変動について、亜熱帯ジェット気流による暖気移流の役割に着目して両者を比較・対照する。亜熱帯ジェット気流沿いに組織化される「暖候期型降水帯」とストームトラック(即ち、極前線ジェット気流)が組織化する「寒候期型降水帯」との転換期と、PJ⇔WPの転換期との対応付けは初めての試みで、これを通じ、通年存在する亜熱帯ジェット気流の気候系における2面性、即ち地表の亜熱帯高圧帯の形成と降水帯形成、とその季節性の探求と言う根源的、かつ斬新なテーマに挑む。

3. 研究の方法

極東・北西太平洋域に卓越する南北双極子状の持続的循環偏差の形成・維持過程、3次元構造とその季節性、関連する降水帯の変動過程について、循環偏差や平均場の傾圧性に着目しつつ、最新の気候循環再解析データと新しい解析・診断手法に基づき再検証した。循環偏差の調査には、力学的に中立な循環偏差が何故卓越し得るか、「力学モード」と言う斬新な概念を含め、エネルギー論的視点から考察した。降水帯の形成・変動においては、寒候期は極前線ジェット気流を伴うストームトラック、暖候期は亜熱帯ジェット気流による暖気移流の役割に着目した。そして、寒候期・暖候期とも、水蒸気供給に重要な海面水温分布にも着目した。

なお、最新の気候再解析データとしては、

当初の計画通り気象庁作成の JRA-55 を利用したのに加え、欧州中期予報センター再解析(ERA-Interim)も活用した。ERA-Interim の特徴は、大気観測データを同化する際に予報モデルに与える海面水温データの解像度が2001年末・2002年初を境に大幅に高まったことである。これは JRA-55 にはない特徴であり、取り分け2002年以降のデータは幅の狭い暖流やそれに付随する水温前線が降水帯の形成や変動に果たす役割を評価するのに最適である。

4. 研究成果

冬季東アジアモンスーンを変動させる「西太平洋(WP)パターン」の力学特性を観測データに基づき解析し、高さとともに気圧偏差軸が南西に傾くという特徴的な傾圧構造や、それに由来する気候平均場からの有効位置エネルギーの高い変換効率とそれによる循環偏差の効率的な維持過程を明らかにし、米国気象学会専門誌 Journal of Climate に発表した(Tanaka et al. 2016)。亜熱帯の降水帯の偏差や海洋との熱交換が WP パターンにとっては熱的減衰として働くことを確認し、極東・東アジア域固有の気温分布を反映した力学モードの性質、特に気温偏差に伴う傾圧的な過程の本質的重要性が示された。

また、2002年以降の ERA-Interim の解析から、東海上の黒潮続流に伴う水温前線が降水帯を局所的に維持することに寄与しており(Masunaga et al. 2015)、かつこの降水帯の変動が黒潮続流の変動への応答として解釈できることを明確に示し(Masunaga et al. 2016)、いずれも Journal of Climate に発表した。

さらに、JRA-55 データの解析と数値モデル実験から、南半球では暖流と寒流の境界である水温前線に沿って、移動性高低気圧が繰り返し発達し、その効果で維持される海上の偏西風が水温前線の影響を強く受ける状態とそうでない別の状態との間を揺らぐことが、南半球で最も卓越する循環変動の本質であることを見出した(Ogawa et al. 2015, 2016)。

一方、日本周辺に秋雨をもたらす大気大循環場の特徴を調査し、梅雨期に伴う場との詳細な比較を行った。関連して、亜熱帯・暖候期中緯度に現れる降水帯の形成に関わる力学を調べるため、2012年7月の梅雨前線に伴う大雨について、領域モデルを用いた SST 感度実験を実施し、Scientific Reports 誌に発表した(Manda et al. 2014)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計22件)

S. Tanaka, K. Nishii, H. Nakamura:

- Vertical structure and energetics of the Western Pacific teleconnection pattern: Inter-basin differences in the Southern Annular-Mode signature, *Journal of Climate*, 查読有, 29 (2016), pp.6597-6616.
DOI:10.1175/JCLI-D-15-0549.1
- Ogawa, F., H. Nakamura, K. Nishii, T. Miyasaka, and A. Kuwano-Yoshida: Importance of mid-latitude oceanic frontal zones for the annular-mode variability: Inter-basin differences in the Southern Annular-Mode signature, *Journal of Climate*, 查読有, 29 (2016), pp.6179-6199.
DOI:10.1175/JCLI-D-15-0885.1
- Masunaga, R., H. Nakamura, T. Miyasaka, K. Nishii, and B. Qiu: Interannual modulations of oceanic imprints on the wintertime atmospheric boundary layer under the changing dynamical regimes of the Kuroshio Extension, *Journal of Climate*, 查読有, 29 (2016), pp.3273-3296.
DOI: 10.1175/JCLI-D-15-0545.1
- Ogawa, F., N.-E. Omrani, K. Nishii, H. Nakamura, and N. Keenlyside: Ozone-induced climate change propped up by the Southern Hemisphere oceanic front, *Geophysical Research Letters*, 查読有, 42 (2015), pp.10056-10063.
DOI: 10.1002/2015GL066538
- Masunaga, R., H. Nakamura, T. Miyasaka, K. Nishii, and Y. Tanimoto: Separation of climatological imprints of the Kuroshio Extension and Oyashio fronts on the wintertime atmospheric boundary layer: Their sensitivity to SST resolution prescribed for atmospheric reanalysis, *Journal of Climate*, 查読有, 28 (2015), pp.1764-1787.
DOI:10.1175/JCLI-D-14-00314.1
- K. Nishii, H. Nakamura, and Y.J. Orsolini: Arctic summer storm track in CMIP3/5 climate models, *Climate Dynamics*, 查読有, 44 (2015), pp.1311-1327.
DOI:10.1007/s00382-014-2229-y
- M. Feng, H. H. Hendon, S.-P. Xie, A. Marshall, A. Sciller, Y. Kosaka, N. Caputi, A. Pearce: Decadal increase in Ningaloo Niño since the late 1990s, *Geophysical Research Letters*, 查読有, 42 (2015), pp.104-112.
DOI : 10.1002/2014GL062509
- Manda, A., H. Nakamura, N. Asano, S. Iizuka, T. Miyama, Q. Moteki, M. Yoshioka, K. Nishii, T. Miyasaka: Impacts of a warming marginal sea on torrential rainfall organized under the Asian summer monsoon, *Scientific Reports*, 查読有, 4(2014), p5741.
DOI:10.1038/srep05741
- A. Laine, H. Nakamura, K. Nishii, T. Miyasaka: A diagnostic study of future evaporation changes projected in CMIP5 climate models, 查読有, 42 (2014), pp.2745-2761.
DOI : 10.1007/s00382-014-2087-7
- N. Shi, H. Nakamura: Multi-decadal modulations in the Aleutian-Icelandic Low seesaw and the axial symmetry of the Arctic Oscillation signature, as revealed in the 20th century reanalysis, *Tellus A*, 查読有, 66 (2014)
DOI : 10.3402/tellusa.v66.22660
- J.-Y. Lee, B. Wang, K.-H. Seo, J.-S. Kug, Y.-S. Choi, Y. Kosaka, K.-J. Ha: Future change of Northern Hemisphere summer tropical-extratropical teleconnection in CMIP5 models, *Journal of Climate*, 查読有, 27(2014), pp.3643-3664.
DOI : 10.1175/JCLI-D-13-00261.1
- Okajima, S., H. Nakamura, K. Nishii, T. Miyasaka, and A. Kuwano-Yoshida: Assessing the Importance of Prominent Warm SST Anomalies over the Midlatitude North Pacific in Forcing Large-Scale Atmospheric Anomalies during 2011 Summer and Autumn, *Journal of Climate*, 查読有, 27 (2014), pp.3889-3903.
DOI:10.1175/JCLI-D-13-00140.1
- T. Miyasaka, H. Nakamura, B. Taguchi, M. Nonaka: Multi-decadal modulations of the low-frequency climate variability in the wintertime North Pacific since 1950, *Geophysical Research Letters*, 查読有, 41 (2014), pp.2948-2955.
DOI: 10.1002/2014GL059696
- J.-Y. Lee, B. Wang, K.-H. Seo, J.-S. Kug, Y.-S. Choi, Y. Kosaka, K.-J. Ha: Seasonal prediction of distinct climate anomalies in the summer 2010 over the tropical Indian Ocean and South Asia, *The Journal of the Meteorological Society of Japan*, 92 (2014), pp.1-16.
DOI: 10.2151/jmsj.2014-101
- Y. Kosaka, S.-P. Xie: Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling, *Nature*, 查読有, 501 (2013), 403-407,
DOI: 10.1038/nature12534
- N. Oshima, M. Koike, Y. Kondo, H. Nakamura, N. Moteki, H. Matsui, N. Takegawa, K. Kita:N. Takegawa, K.

Takegawa, K. Kita: Vertical transport mechanisms of black carbon over East Asia in spring during the A-FORCE aircraft campaign, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 査読有, 118 (2013), pp.13175-13198.

DOI: 10.1002/2014GL059696

N. Hirasawa, H. Nakamura, H. Motoyama, M. Hayashi, T. Yamanouchi: The role of synoptic-scale features and advection in prolonged warming and generation of different forms of precipitation at Dome Fuji station, Antarctica, following a prominent blocking event, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 査読有, 118 (2013), pp.6916-6928.

DOI: 10.1002/jgrd.50532

Takaya, K. and H. Nakamura:

Interannual variability of the East Asian winter monsoon and related modulations of the planetary waves, *Journal of Climate*, 査読有, 26 (2013), pp.9445-9461.

DOI:10.1175/JCLI-D-12-00842.1

T. Sampe, 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, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 査読有, 91A (2013), pp.243-267.

DOI: 10.2151/jmsj.2013-A09

Williamson, D. L., M. Blackburn, K. Nakajima, W. Ohfuchi, Y. O. Takahashi, Y.-Y. Hayashi, H. Nakamura, M.

Ishiwatari, J. McGregor, H. Borth, V. Wirth, H. Frank, P. Bechtold, N. P. Weldi, H. Tomita, M. Satoh, M. Zhao, I. M. Held, M. J. Suarez, M.-I. Lee, M. Watanabe, M. Kimoto, Y. Liu, Z. Wang, A. Molod, K. Rajendran, A. Kitoh, and R. Stratton: The Aqua Planet Experiment (APE): Response to changed meridional SST Profile, *The Journal of the Meteorological Society of Japan*, 査読有, 91A (2013), pp.57-89.

DOI: 10.2151/jmsj.2013-A03

[学会発表](計60件)

中村尚, 高解像度海面水温データを与えた全球大気再解析 JRA55 追加プロダクト, 2016年日本海洋学会春季大会(招待講演), 2016年3月15日, 東京大学(東京都文京区)

Nakamura, H.: Potential Importance of Midlatitude SST Fronts for the Annular-Mode Variability, and Inter-Basin Differences in the

Southern Annular-Mode Signature, AGU Fall Meeting (招待講演), 2015年12月18日, サンフランシスコ(米国)

Nakamura, H.: Multi-decadal modulations in the variability of the East Asian summer monsoon, AGU Fall Meeting (招待講演), 2015年12月17日, サンフランシスコ(米国)

Nishii, K.: Persistent cooling of the polar stratosphere in 2011 winter and spring: 26th General Assembly of IUGG, 2015年6月26日, プラハ(チェコ)

Nakamura, H.: Multi-scale impacts of midlatitude oceanic frontal zones on the atmosphere, The 95th American Meteorological Society Annual Meeting (招待講演), 2015年1月5日, フェニックス(米国)

Nakamura, H.: Extreme amplification of cold continental anticyclones associated with wintertime blocking highs, Polar-Lower Latitudes Linkages Workshop (招待講演), 2014年12月10日, バルセロナ(スペイン)

Nakamura, H.: Global and regional aspects of extreme weather events, 2014 International Symposium on Convergence Technologies (招待講演), 2014年11月28日, 水原市(韓国)

Kosaka, Y.: Current hiatus of global warming tied to equatorial Pacific surface cooling, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting (招待講演), 2014年7月29日, ロイトン札幌ホテル(北海道札幌市)

Nakamura, H.: Potential influence of the future warming of the East China Sea on the occurrence of heavy rainfall events over western Japan in the Baiu/Meiyu season, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting (招待講演), 2014年7月29日, ロイトン札幌ホテル(北海道札幌市)

Nakamura, H.: Multi-scale climatic impacts of midlatitude oceanic frontal zones, Workshop on Predictability of Climate in the North Atlantic Sector (招待講演), 2014年6月13日, ベルゲン(ノルウェー)

Nakamura, H.: Potential importance of a midlatitude oceanic frontal zone in the annular variability of the westerlies and its vertical connectivity, European Geosciences Union General Assembly 2014 (招待講演), 2014年5月1日, ウィーン(オーストリア)

Kosaka, Y.: Current hiatus of global warming tied to equatorial Pacific surface cooling, European Geosciences Union

General Assembly 2014 (招待講演), 2014年5月1日, ウィーン(オーストリア)
Nakamura, H.: Multi-scale impacts of the midlatitude ocean on the atmosphere: Roles of the western boundary currents and associated frontal zones as revealed in the "hotspot project", Frontal Scale Air-Sea Interaction Workshop (招待講演), 2013年8月5日, ボルダー(アメリカ合衆国)
Nakamura, H.: The Western Pacific teleconnection pattern: Its structure, dynamics and influence on the East Asian winter monsoon. 2013 AOGS Assembly (招待講演), 2013年6月26日, ブリスベン(オーストラリア)
Nakamura, H.: Multi-scale impacts of the extratropical ocean on the atmosphere: Roles of the western boundary currents and associated frontal zones, 50th Anniversary Spring Meeting, Korean Meteorological Society (招待講演), 2013年4月18日, ソウル(韓国)

〔図書〕(計8件)

Nakamura, H., Isobe, A., Minobe, S., Mitsudera, H., Nonaka, M., Suga, T.: "Hot Spots" in the Climate System, Springer, 2016, p170.

中村 尚:日本の四季のなくなる日～連鎖する異常気象～, 小学館, 2015, 222pp.

小川勇二郎, 家 正則, 丸山茂徳, 中村尚, 中野孝教, 高橋正樹, 平野弘道, 八木勇治, 浅野俊雄, 武田康男, 吉田二美, 田中浩紀, 林 美幸:もういちど読む数研の高校地学, 数研出版, 2014, 400pp.

倉本 圭, 田近英一, 高橋正樹, 中村 尚, 浜野洋三:ニュートンムック別冊「奇跡の惑星地球の科学」, ニュートンプレス, 2014, 159pp.

小坂 優, 近本喜光, 尾形友道, 謝 尚平:気象研究ノート 228, 日本気象学会, 2013, pp.97-113.

小川勇二郎, 家 正則, 丸山茂徳, 中村尚, 中野孝教, 高橋正樹, 平野弘道, 八木勇治, 浅野俊雄, 武田康男, 吉田二美, 田中浩紀, 林 美幸:高等学校教科書「地学」数研出版, 2013, 383pp

家 正則, 小川勇二郎, 高橋正樹, 中野孝教, 中村 尚, 平野弘道, 丸山茂徳, 八木勇治, 吉田二美, 浅野俊雄, 池田宜弘, 磯村恭朗, 田中浩紀, 林 美幸:高等学校教科書「地学基礎」, 数研出版, 2013, 199pp.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/nakamura_lab/index.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

中村 尚 (NAKAMURA HISASHI)

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号:10251406

(2)研究分担者

三瓶 岳昭 (SANPE TAKEAKI)

会津大学・先端情報科学研究センター・准教授

研究者番号:50571775

西井 和晃 (NISHII KAZUAKI)

三重大学・生物資源学研究科・准教授

研究者番号:50623401

(3)連携研究者

小坂 優 (KOSAKA YU)

東京大学・先端科学技術研究センター・准教授

研究者番号:90746398