

第 10 回熱帯気象研究会
（名古屋大学）

口頭講演 要旨集

A Mechanism for the Maintenance of Sharp Tropical Margins

Hirohiko Masunaga¹ and Brian Mapes²

1) ISEE, Nagoya University, 2) RSMAS, University of Miami

The deep tropics characterized by moist air and deep convection are separated from the dry, quiescent subtropics often by a sharp horizontal gradient of moisture only loosely tied to SST or other geographical constraints. Mapes et al. (GRL, 2018) showed that this margin of the moist tropics is a true PDF minimum (a regime separatrix), along a column water vapor (CWV) contour around 48 mm in instantaneous data. Quasi-meridional statistical composites of observations across the poleward-most excursion of this sinuous contour retain the sharpness of the margin while increasing signal to noise ratio. Observations primarily from a suite of the A-Train satellites show the meridional structure of thermodynamic state and budget terms across the margin of the moist tropics. Composites are computed around the PDF-minimum CWV value of 48 mm as well as a range of other thresholds from 35 mm to 60 mm for comparison.

Major findings are summarized as follows. (1) CWV increases equatorward from the subtropics for all CWV thresholds but eventually converges to ~48 mm deep into the tropical side. Precipitation abruptly intensifies on the tropical side of the margin but declines equatorward to ~3 mm/d regardless of the CWV thresholds. (2) The diabatic forcing to the atmosphere (radiative heating plus surface heat flux) changes its sign across the CWV=48 mm border, being positive on the tropical side and negative on the subtropics. This contrast is owing to the meridional gradient of radiative heating, principally the longwave effect of high clouds. (3) Vertical mode decomposition applied to vertical moisture advection implies that the second -mode moistening is sharply enhanced on the subtropical side of the margin, suggesting that an efficient “congestus moistening” process may be at work as inflowing lower-tropospheric air masses approach the margin. This second-mode moistening changes abruptly to weaker first-mode advective moistening (with a modest fraction of the drying due to the abrupt jump of precipitation) once the air mass enters the tropics. These observed features are interpreted in terms of a simple theory from the moisture and heat budget perspectives.

Diurnal Variation of Simulated Cumulus Convection in Radiative–Convective Equilibrium

○Tomoro Yanase and Tetsuya Takemi

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

In this study, we investigate the representation of the diurnal variation and the trimodal characteristics of cumulus convection in radiative–convective equilibrium states by using the non-hydrostatic Weather Research and Forecasting model. In order to understand how the representation of individual clouds affect the interaction between mean states and cumulus ensembles, we conducted experiments with several horizontal grid spacings from 200 m to 1600 m in an area of $(200 \text{ km})^2$.

The experiment with the horizontal grid spacing of 200 m successfully reproduced the diurnal variability of the trimodal characteristics of cumulus convection. With the decrease in the horizontal resolution, intermittent deep convection accompanied by the strong updraft and rainfall becomes dominant. The middle-to-upper troposphere appears to become more stable and drier with the decrease in the horizontal resolution. It is suggested that the differences of the thermodynamic mean states (e.g. static stability and water vapor) among the experiments are mainly caused by the interaction between convective clouds and its environment. In order to elucidate the interaction, we further investigate three-dimensional clouds structure by using a cloud detection algorithm. It is suggested that entraining processes coupled with microphysics play important roles.

Pacific Meridional Mode とインド洋の SST が

北太平洋の熱帯低気圧活動に与える影響

石山尊浩¹， 佐藤正樹¹

1) 東京大学大気海洋研究所

全球非静力学モデル NICAM を用いた研究で、2015 年と 1997 年の 50 メンバーアンサンブル再現実験を行い、アンサンブル平均では観測と異なり、強い熱帯低気圧の発生数は 2015 年より 1997 年の方が顕著に多くなることを示した。また、他の先行研究でも両年間で北西太平洋の熱帯低気圧の発生位置に差異があることが示されている。このような 2015 年と 1997 年の熱帯低気圧活動の相違の原因を解明するために、NICAM を用いた Perpetual 実験により熱帯低気圧活動と環境場の関係を調べた。そして、2015 年と 1997 年の熱帯低気圧活動の差異の存在を確かめ、その差異に北西太平洋ではモンスーントラフ、北東太平洋では鉛直シアの差異が関与していることがわかった。また、これらの環境場に Pacific Meridional Mode とインド洋の SST が関連していることも感度実験の結果から明らかになった。

NICAM-isotope による水の安定同位体比と熱帯降水特性に関する研究

高野雄紀¹, 芳村圭², 高薮縁¹

1) 東京大学大気海洋研, 2) 東京大学生産技術研

降水同位体比と熱帯降水システムの対応を理解するために、雨域平均降水同位体比に(1)雨域の降水特性と(2)雨域よりも大きな空間スケールの影響を評価した。このために観測データ(TRMM PR, GNIP)および開発した全球同位体高解像度モデル NICAM-isotope を用いた解析を行った。0 ‰程度高い雨域平均降水 δD は孤立積雲に、低い降水 δD (-50 ~ -80 ‰)は MCS に対応する。また、最も低い (~-150 ‰程度)の雨域平均降水 δD は、領域内に複数の MCS が存在する場合に生じることが分かった。

全球衛星データ解析にもとづく積乱雲ライフサイクルの地域特性

巢原 夢加¹, 増永 浩彦²

1) 名古屋大学大学院 環境学研究科 2) 名古屋大学宇宙地球環境研究所

強い雨を伴う熱帯の積乱雲は、一般的に発達、成熟、衰退のライフサイクルをたどるが、環境場や地形の影響でその様態が異なることが知られている。このような、降水システムの形状や規模の研究は、今までも、気象レーダやフィールドワークによって観測がなされていた（[1]）。また、近年では特に、気象観測衛星を用いることによって、あらゆる場所で詳細な観測が行われるようになった。例えば、低軌道衛星と静止気象衛星などのデータを組み合わせることで、雲の変化を時間的に追跡する研究などがある（例えば[2]）。低軌道衛星は、静止気象衛星ではわからない雲の内部のデータを立体的に得ることができる一方、その高度や軌道の性質から、降水システムを時間的に追跡するには適していない。本研究では、2 つの低軌道衛星データを工夫して用いることで、この欠点を補うことができる手法を用いて解析を試みる。この解析手法を利用して、詳細な内部構造の進化に着目した積乱雲の時間的発達を、統計的に明らかにすることが目標である。

使用した 2 つの低軌道衛星は TRMM と CloudSat である。TRMM（熱帯降雨観測衛星）は、2A25 データの降雨強度（Ver. 7）を用いる。また、CloudSat は 2B-GEOPROF_P_R04 データのレーダ反射強度と、CPR Cloud Mask を使用する。確実に雲が存在するデータのみを解析に使用するため、レーダ反射強度は、CPR Cloud Mask の値が 30 以上のデータを扱った。これらのデータを用いて積乱雲を伴う降水システムを解析するため、格子点間隔を $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ （鉛直方向は 250m 解像度）に統一して、解析に使用した。

また解析手法は、先行研究 [3] を参考に行った。TRMM の降雨強度データが 10mm/hr 以上の強い雨を観測し、周辺を CloudSat が通過したときを考える。この条件を満たす事例を集め、TRMM が観測した強い雨の時間を $t=0$ として、CloudSat のデータを時間でコンポジットする。すると、強い雨を伴う雲の内部構造の時間変化を、気候学的に解析することができる。本講演では、この解析手法をもとに海洋上、陸上、あらゆる場所における、降水システムの詳細な内部構造の変化と、その性質の違いを紹介する。

[1] Igel, M. R., and S. C. van den Heever, 2015, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 4304–4322.

[2] Takahashi, H., and Z. J. Luo, 2014, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 112–121.

[3] Masunaga, H., 2012, *J. Atmos. Sci.*, 69, 150-167.

YMC-Sumatra 2017 で観測された 4-6 日周期の大気擾乱と MJO との関係

高須賀 大輔^{1,2}, 佐藤 正樹¹, 横井 寛²

1) 東京大学大気海洋研究所, 2) 海洋研究開発機構

2017 年 11 月から 2018 年 1 月にかけて、スマトラ島西岸域では海大陸強化年 (Years of the Maritime Continent; YMC) における集中観測のうちの 1 つである “YMC-Sumatra 2017” が実施され、その期間中には 2 つの MJO の発生・東進およびそれと関連した総観規模擾乱が顕在化した。特に、観測領域が MJO の対流活発位相から抑制位相への遷移過程にあっていた 12 月上旬以降、対流圏中下層における 4-6 日周期の力学変動と水蒸気変動が観測された。この変動は基本的には MJO の対流システムから伝播する混合ロスビー重力波 (MRG) によるものとして理解できるが、一部には MRG に伴う循環とスマトラ島の地形に沿う流れによって局所的に形成された下層渦擾乱の寄与も含まれていた。また、MRG の鉛直構造は MJO の位相遷移に伴って第 1 傾圧モードから特に中層に捕捉された構造へと変化しており、MJO に伴う大規模場の変調の影響を受けていたと考えられる。これらの結果は、海大陸域の水蒸気変動に MJO-MRG-地形間の相互作用が重要であることを観測的に示唆するものである。さらに、観測された MRG の 1 つが西方伝播して西インド洋に到達すると同時に、MJO の降水域の遅い東進が開始している点に着目し、MRG が MJO の発生に影響した可能性についても議論する。

Background SST and moist processes for realizing the MJO

末松 環^{1,2,3}, 三浦 裕亮¹

1) 東京大学, 2) 北海道大学, 3) 海洋研究開発機構

The Madden-Julian Oscillation (MJO) is prominent intraseasonal variability in the tropics which is now widely accepted to be an eastward proceeding envelope of convective activity coupled with circulation. However essential factors for the realization of the MJO and what modulates their properties are still controversial. This study hypothesizes that for an MJO-like large-scale atmospheric circulation to develop and to persist on an intraseasonal timescale, a background state longer than the intraseasonal timescale should provide long-standing conditions that support the development of MJO convection. Based on this hypothesis, we investigated for an environment favorable for the development of the MJO and analyzed how MJO properties are affected by the differences in the environment that they develop in.

An environment favorable for the development of the MJO was investigated by classifying MJO-like atmospheric patterns as MJO and regionally confined convective (RCC) events. Comparison of MJO and RCC events showed that even when preceded by a major convective suppression event, convective events did not develop into an MJO when large-scale buildup of moist static energy (MSE) was inhibited. The difference in the MSE accumulation between MJO and RCC is related to the contrasting low-frequency basic-state sea surface temperature (SST) pattern; the MJO and RCC events were associated with anomalously warm and cold low-frequency SSTs prevailing over the western to central Pacific, respectively. Differences in the SST anomaly field were absent from the intraseasonal frequency range of 20–60 days. The basic-state SST pattern associated with the MJO was characterized by a positive zonal SST gradient from the Indian Ocean to the western Pacific, which provided a long-standing condition that allowed for sufficient buildup of MSE across the Indian Ocean to the western Pacific via large-scale low-level convergence over intraseasonal and longer time scales. The results of this study suggest the importance of such a basic-state SST, with a long-lasting positive zonal SST gradient, for enhancing convection over a longer than intraseasonal time scale in realizing a complete MJO life cycle.

北半球夏季季節内振動の北進と SST の関係

中江 寛大¹, 佐藤 正樹¹

1) 東京大学大気海洋研究所

熱帯では、30-60 日ほどの周期を持つ季節内振動 (ISO) と呼ばれる現象が発生する。北半球の夏の時期に発生する ISO (Boreal Summer ISO: BSISO) はインド洋から亜熱帯域にかけての北進が顕著に見られるが、独立した北進だけでなく MJO のような東進を伴った北進も見られ、その複雑な構造から北進のメカニズムについて様々な議論がなされている。今回の研究では、Fu et al. (2003) で示唆されている SST のリーディングによる北進の説明について調べるために、非静力学大気モデル NICAM を用いた BSISO の再現実験とその結果の解析を行った。

全球雲システム解像モデルを用いた北半球夏季季節内振動の

予測可能性

澁谷亮輔¹, 中野満寿男¹, 小玉知央¹, 那須野智江¹, 佐藤正樹², 宮川知己², 三浦裕亮³,

1) 海洋研究開発機構, 2) 東京大学 大気海洋研究所, 3) 東京大学大学院 理学系研究科

北半球夏季季節内振動 (BSISO) は周期 25 日～90 日にスペクトルピークを持つ大振幅の振動現象である。本研究は全球雲システム解像モデル NICAM を用いた 2007 年～2012 年の 8 月の各日を初期値とする 30 日間の予測実験のデータを用いて、モデルによる BSISO の予測スコアを定量的に評価した。詳しい解析の結果、NICAM は BSISO phase 7, 8 の構造を初期値とする予測実験において、約 4 週間の予測スキルを持つことが示された。また NICAM の持つ予測スコアの初期 phase 依存性について、BSISO の伝播理論を通じて力学的に考察を行った。

A preliminary study on reproducibility of rainfall characteristics in CMIP5-GCMs over the tropics

Hiroshi G. Takahashi^{1,2}

1) 首都大学東京, 2) JAMSTEC

This study investigates the reproducibility of rainfall characteristics in CMIP5-GCMs over the tropics, in terms of a relationship between rainfall characteristics and water vapor. Takahashi (2018, JMSJ) showed a common dry bias in CMIP5-GCMs over the tropics, which may be related to the reproducibility of rainfall characteristics. In several CMIP5-GCMs, a probability density function of daily rainfall intensity is different from the GPCP observation. In addition, temporal changes in precipitable water before and after rainfall events are also discussed.

大規模アンサンブル実験による夏季アジアモンスーン降水量の年々変動と その極値の将来予測

神澤 望¹, 高橋 洋¹²

1) 首都大学東京都市環境科学研究科, 2) 海洋研究開発機構

本研究では, 単一気候モデルによる大規模アンサンブル実験結果である地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) を用いて, 夏季アジアモンスーン (ASM) 降水量の年々変動とその極値の将来変化を調べた. d4PDF のマルチアンサンブル平均の平均 ASM 降水量の将来変化は, 第 5 期結合モデル相互比較計画 (CMIP5) のマルチモデル平均の結果と異なり, モンスーントラフ上で減少を予測していた. 一方で, ASM 降水量の年々変動が ASM 域で増加することや, wet 極値の平均場からの相対的な拡大と dry 極値の平均場の長期変化に対応する相対的な極値の拡大・縮小傾向の空間パターンは CMIP5 の結果と共通していた.

**A study on future projections of precipitation characteristics around Japan in
early summer combining GPM DPR observation and CMIP5 large-scale
environments**

Chie Yokoyama¹, Yukari N. Takayabu¹, Osamu Arakawa², Tomoaki Ose³

1) Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo,

2) Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology,

3) Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

This study estimates future changes in early-summer precipitation characteristics around Japan with those in large-scale environments, combining Global Precipitation Measurement (GPM) precipitation radar observation and Coupled Models Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) climate model large-scale projections. Analyzing satellite-observed rainfall events (REs), we first relate precipitation in three (small, organized, and midlatitude) types of REs to large-scale environments. Two environmental fields are chosen to determine large-scale conditions for precipitation: sea surface temperature and mid-level large-scale vertical velocity. Consequently, favorable conditions are found to differ among the three types of precipitation in terms of the two environmental fields.

Using these precipitation-environment relationships, we then reconstruct precipitation distributions for each type with reference to the two environmental indices of climate models in the present and future climates. Future changes in reconstructed precipitation are found to vary widely among the three types in association with large-scale environments. More than 90% of models project that the region affected by organized-type precipitation will expand northward, leading to a substantial increase in this type of precipitation in the area of Japan along the Sea of Japan, and the northern and eastern Japan in the Pacific side, where its present amount is relatively small. This result suggests an elevated risk of heavy rainfall in those regions, since the maximum precipitation intensity is more intense in the organized type than the other two types.

第 10 回熱帯気象研究会
（名古屋大学）

ポスター講演 要旨集

熱帯域東インド洋における地域による水蒸気変動特性の違い

*飯田大晴¹・安永数明²

1)富山大学大学院 理工学教育部, 2)富山大学理工学研究

熱帯域東インド洋において、降水分布の極大は赤道から南側に位置している。Back and Bretherton (2009)では、線形化した MLM を用いて、降水帯の形成における海面温度 (SST) の重要性を指摘している。しかし、MLM で診断される下層の水平風の収束帯と降水帯の位置を詳細に比較すると、熱帯域東インド洋においては、収束帯は降水帯よりも若干南側に位置する。また Bretherton (2004)では、「降水量は大気中の水蒸気量の増加に伴って指数関数的に増大する」事を指摘している。しかし気候学的な可降水量を調べると、熱帯域東インド洋において、その分布と降水の分布は非常に良い一致とはいえなかった。一方で、高可降水量（ここでは可降水量が 60mm 以上で定義）の頻度分布を調べると、降水の極大と良く一致した。以上から、本研究では、熱帯域東インド洋の降水分布を説明することを目的に、赤道上で高可降水量の頻度が極小となるメカニズムを水蒸気収支式を用いて詳細に調べた。その結果、赤道域においてその南北と比較して高可降水量を解消しようとする働きが強い要因として、MSE の水平移流の寄与が大きいことが考えられることが分かった。

SCALE-RM を用いたスマトラ島西岸の沿岸降水帯に関する数値実験

奥川棕介¹, 安永数明², 濱田篤²

1) 富山大院理工学教育部, 2) 富山大院理工学研究部

スマトラ島西岸にみられる沿岸降水帯をターゲットに、領域モデル SCALE-RM を用いて様々な数値実験をおこない、その再現性を調べた。標準実験では、降水量の極大は陸上にあり、時間とともに領域全体の水蒸気の減少傾向がみられた。そこで、雲微物理過程に関する感度実験として、雨・雪・霰の切片パラメータを 1/10-10 倍のファクターで変更した感度実験、氷雲の落下速度を遅らせた感度実験をおこなった。切片パラメータに関する感度実験では、いずれもほとんど感度が無かったが、氷雲の落下速度を遅らせる感度実験では、水蒸気の減少傾向が緩和され、降水量は海上（陸上）で増加（減少）した。以上の感度実験の結果は、直接的に降水には関わらない氷雲が、沿岸降に降水が集中する鍵の 1 つである可能性を示唆する。

ひまわり 8 号高頻度観測から同定した熱帯域雲システムの日変化

内木詩歩¹, 安永数明², 濱田篤²

1) 富山大学大学院理工学教育部, 2) 富山大学大学院理工学研究部

熱帯対流の時間変化は様々なスケールで起こり、太陽による放射強制から生じる日周期は最も基本的な周期の 1 つである。本研究では、高解像度・高頻度観測を行うひまわり 8 号の輝度温度データを用いて雲システムを同定し、その数の日変化を調べた。海上において、面積が 100km^2 より小さい雲システム数は、12-15LT に極大を持つ日周期を示し、面積が 100km^2 から $10,000\text{km}^2$ のシステム数は、00-03LT と 12-15LT に 2 つの極大を持つ半日周期を示していた。面積が $10,000\text{km}^2$ より大きくなると、再び日周期を示した。半日周期に関しては、元々の時系列において実際に半日周期が卓越する期間も見られ、日周期のハーモニクスとして半日周期の極大が得られたわけではないことが分かった。

GPM-DPR を用いた浅い対流の統計的解析

大類 大地¹, 高薮 縁¹

1) 東京大学大気海洋研究所

浅い対流による降水特性が環境場などどのような関係を示すかについては観測に基づく理解が不足している。そこで本研究では GPM-DPR を用いて浅い対流と環境場などの関係について、より詳細な理解をすることを目的とした解析を行っている。まず、熱帯の海上や陸上の特定の領域で降水頂高度 (PTH) の季節別頻度分布を見ると、領域ごとに PTH の頻度分布の形や季節変化に違いが見られた。次に、陸上と海上に分けて PTH の頻度分布を見ると、特に熱帯・亜熱帯付近で頻度分布について海陸の違いが見られた。また、層状/対流比の結果から熱帯域においては PTH4~10km の範囲においては、雄大積雲による雨量の割合が全体の約 50 パーセントほどをしめることがわかった。