

MJO の多様性における成層圏 QBO の役割

○小寺邦彦（気象研）・那須野智江（JAMSTEC）・

原田やよい(気象研)・江口菜穂（九大・応力研）

北半球冬季における MJO に対する QBO の影響を事例解析により調べた。成層圏 QBO が東風位相の場合はインド洋-スマトラ付近の積雲対流によるケルビン波応答として対流圏界面付近に大きな低温偏差が生成され、海洋大陸上東部で非常に深い対流活動が活発化する。一方、QBO が西風位相の場合にはケルビン波応答が小さい為、海洋大陸付近の対流の励起には、アジア大陸からの寒波の吹き出し、あるいは赤道ロスビー波の西方伝播などが必要であることが示唆される。

降水・雲レーダ衛星観測の複合利用による赤道 Kelvin 波・Rossby 波における 非断熱加熱量推定

○中村雄飛、高薮縁
(東京大学大気海洋研究所)

赤道波の位相上での統計解析を行うことで、本来独立な衛星観測である TRMM 降水レーダによる降水特性の分布と、CloudSat/CALIPSO の雲レーダ・ライダーによる雲被覆の分布はよく整合した結果を示した。これを踏まえて、降水レーダによる対流加熱推定と雲レーダ・ライダーによる放射加熱推定を組み合わせることによって、赤道波と結合する対流活動による非断熱加熱と、それによる有効位置エネルギー生成を推定した。放射加熱を加味することによって、対流加熱のみの時と比較して、Rossby 波では 19%、Kelvin 波では 40% のエネルギー生成増加が得られた。また長波放射は、降水システムの発展の違いに起因して、Rossby 波では負・Kelvin 波では正の役割を示した。

北太平洋熱帯域での降水季節進行を駆動する要因の研究

○日置真太郎¹、安永数明²、田口文明²、濱田篤²、岡島悟³、関澤徳温³

¹富山大学大学院理工学研究科 ²富山大学学術研究部 ³東京大学先端研

北半球熱帯での対流の活発化による降水は 5 月頃にインド亜大陸付近で発生し、海面水温の上昇、西風の加速や領域拡大に伴ってフィリピン海まで広がる(Ueda, 2005)。その後、極東アジアでの梅雨の終了とほぼ同期するようにフィリピン海の対流活発域は北東方向へジャンプし、東経 160° まで急激に移動することが対流ジャンプとして知られている(Ueda et al. 2009)。しかし対流の活発化による降水は、季節進行に伴い対流ジャンプ後も西経 120° まで熱帯太平洋上を東へ移動することが今回の解析からわかった。さらに、北半球冬季に西経 120° に到達した後には移動方向を西に変化させ、西に後退する様子も見られた。これら降水強度の増加と東西移動は、北半球中緯度の対流圏上層 Jet 気流の季節変化に呼応しているようである。さらに北半球低緯度の対流圏上層においても西風が強化されている結果が得られた。この結果は Wang and Xie(1996)で示された、対流圏上層でロスビー波のエネルギーを補足しやすい状況であることを示唆する。

太平洋熱帯収束帯の降水季節変化：衛星観測データによる解析

○野元涼司，高橋日出男，野津雅人

(東京都立大学)

衛星による降水レーダ観測データが20年以上にわたって蓄積されたことで，気候学的な議論が可能となった．このことを踏まえて，本研究では太平洋上の熱帯収束帯における降水分布の季節変化を TRMM/GPM Level 3 (Version 6) 月別データおよび GSMaP (Version 8) 日別データを用いて調べた．

降水量は東太平洋 ($120^{\circ}\text{W}\sim 90^{\circ}\text{W}$) では5～9月に多く，中央太平洋 ($170^{\circ}\text{W}\sim 130^{\circ}\text{W}$) では11～12月に多い．また，東太平洋では5～9月に降水頻度・強度と降水頂高度いずれも大きくなる一方，中央太平洋では11～12月に降水頻度が大きい，降水強度と降水頂高度は他の月と比べて明確に大きくならない．以上から，上記の降水量の多い時期は，(1) 東太平洋では他の月と比べて強い降水雲が多く生成・通過する一方で，(2) 中央太平洋では降水雲の生成・通過頻度の増加がより大きく貢献している，と考えられた．

熱帯沿岸域の降水日周期に及ぼす下層風の影響

青木 俊輔, 重 尚一

京都大学大学院理学研究科

熱帯沿岸域における降水は太陽放射による地表面加熱を駆動源とした日変化を伴う。近年、下層風の強さによって沿岸降水の日変化の振る舞いが変わることが指摘されているが、そうした報告の多くは特定の地域・季節に限定した解析に留まっていた。そこで、本研究では、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 降水レーダー (PR) による 17 年間の観測データを用いて、熱帯全域にわたる沿岸降水の日周期が、環境場の下層風によってどう変わるのか調べた。

解析の結果、降水の日変化パターンは、下層の風向・風速に応じて異なることが示された。降水量の日平均からの偏差を取って日変化成分を確認すると、いずれの場合においても、午前に海上で、午後に陸上で降水量のピークが存在し、両ピークは時間を経るにつれて、海岸から遠ざかる方向へ伝播していた。しかし、弱風時は海岸線を境に左右対称で位相が反対になった降水パターンを示す一方で、強風時は左右非対称なパターンを示すという違いが見られた。

海岸付近においては、海陸間の地表面加熱差によって励起された重力波の伝播により、鉛直流の日変化が現れる。一般風のある環境下での海陸風循環の線形理論(Qian et al. 2009)を用いた数値実験の結果、TRMM PR の降水伝播パターンの風依存性は、この重力波の応答が背景風の強さによって異なることにより説明できることが示された。

熱帯海洋上における上層雲の拡がりの地域特性

○山本俊輔¹ 安永数明² 濱田篤²

¹富山大学大学院理工学研究科 ²富山大学学術研究部

対流圏上層の雲は、地球の放射場に大きな影響を及ぼすことが知られている。短波放射に関しては、太陽光を反射し大気に冷やす負の強制力を持ち、地球からの長波放射に関しては吸収し、より低い温度で放射する正の強制力を持つ。気候モデルでは、これらの雲の放射に関する取り扱い方（パラメタリゼーション）に違いがあるため、将来の気候予測における気温上昇の大きな不確実性の一因となっている。このような予測の不確実性を低減には、対流圏上層の雲の変動特性を良く理解することが重要である。

本研究では、気象衛星ひまわりで観測された輝度温度のデータを用いて上層雲を定義し、雲域の大きさごとに地理的な分布、及び雲域の形成に係る環境場について調査した。その結果、メソ γ （2–20 km）、メソ β （20–200 km）、メソ α （200–1000 km）に分類されるような雲域は ITCZ や SPCZ といったいわゆる“収束帯”に沿って多く分布しているが、それより大規模な総観（1000 km⁻¹）に分類されるような雲域は SPCZ や南シナ海、フィリピン沖に分布が偏っており、雲域のスケールで形成される領域に違いがあることが示された。また、各スケールの雲域ごとに合成図解析を行ったところ、総観に分類される雲域の周囲には 200hPa 面の安定度が比較的低い領域が拡がっていることが確認された。この結果は、極端に大きな雲域の形成には大気上層の不安定化が重要であることを示唆する。

背が低い雨から大雨が生じるメカニズムについて

高知大学理工学部 村田文絵〇

これまでインド亜大陸北東部と高知という大雨が多い地域を対象に観測研究を行ってきた。最近レーダーを用いて雨雲の鉛直分布をみる機会が増えたため、大雨をもたらす雨雲の鉛直構造に興味がある。Hamada et al. (2015)等により大雨をもたらす雲は必ずしも背が高くないことがわかっている。しかし背が低い雲から大雨が降るメカニズムは十分わかっていないように思われる。

Takahashi et al. (2015)は大雨をもたらすメカニズムには2種類あるのではないかと提案している。1つは主に霰が形成されるメカニズム、もう1つは主に凍結した水滴が形成されるメカニズムである。彼らは融解層から -20°C 層までの間で急速に反射強度が減少する、相対的に雷が少ない大雨をもたらす雨雲は後者のメカニズムで形成されるのではないかと述べた。後者の過程について検討したい。

Thermodynamic budget imbalance between the large-scale vertical motion and diabatic heating over the life cycle of tropical convective systems

Yi-Chien Chen¹ and Hirohiko Masunaga²

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Nagoya, Japan

²Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Nagoya, Japan

The tropical atmospheric circulations are long known to be modulated by the diabatic heating imposed by moist convection, but the relationship of large-scale vertical motion with diabatic heating has not been extensively tested against observations on a global scale. In this study, the ERA5 reanalysis data and satellite measurements from the TRMM PR and GSMaP products are analyzed to examine the co-variability of the large-scale vertical motion and Q1 (apparent heat source) profiles over tropical oceans. Composite time series are constructed using the precipitation maxima identified with GSMaP rainfall as the reference for the evolution of the vertical motion, heating, and precipitation. It is investigated with the composite time series how the dynamic and thermodynamic processes vary over time in terms of the top-heaviness of vertical motion and Q1 profiles. A dry statics energy (DSE) budget analysis is then applied to quantify the thermodynamic balance between the vertical DSE advection and diabatic heating. The analysis result is found not to precisely support the close agreement between the vertical DSE advection and diabatic heating as theoretically expected. Reasons for the inconsistency are discussed in light of relevant physical processes.

When, Where and to What Extent Do Tropospheric Temperature Perturbations near Tropical Deep Convections Follow Convective Quasi Equilibrium?

Yi-Xian Li^{1,2,*}, Hirohiko Masunaga², Hanii Takahashi³ and Jia-Yuh Yu¹

¹*Department of Atmospheric Sciences, National Central University, Taoyuan, Taiwan*

²*Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Nagoya, Japan*

³*Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, USA*

In a large-scale context, tropical tropospheric temperature anomaly is expected to undergo adjustments driven by deep convection, as posited by the convective quasi-equilibrium (CQE) theory. While prior studies have explored CQE's constraint on temperature across various temporospatial scales, their spatial domains remained fixed. This study, possibly the first of its kind, endeavors to assess the proximity to moving convective systems. We identify tropical deep convections by collocating observed deep convective core from the CloudSat satellite with mesoscale convective system (MCS) generated by TOOCAN, an automated algorithm utilizing geostationary satellite data. Spatial vertical correlation between the CQE reference profile and a regression profile serves as an indicator of the validity of CQE. Regressions of temperature at each level against the temperature averaged over the free troposphere are calculated within a specific distance from the MCS mass center, all relative to the peak precipitation hour, using hourly ERA-5 reanalysis data.

In such a short-time scale, a CQE-like structure characterized by a positive correlation, can only be observed within a 1-degree range for 95% of the MCS cases, with correspondingly low correlations. However, when conditioning on the top 1% of peak-precipitation MCS cases, the highest correlation reaches ~ 0.87 and the CQE structure remains robust within an 8- and 7-degree radius at the peak and -1 hour, respectively. The robustness decreases to 3 degrees at +1 hour and diminishes to zero at most other hours. Such pattern suggests that temperature adjustments might occur just before precipitation peaks. These findings underscore the importance of conditioning convective intensity and defining relative hours at individual grid points to capture a pronounced CQE response induced by the top 1% of extreme convections.

MJOの東進事例と衰退事例における東西循環構造の違いと季節性

○杉浦 冬悟・高橋洋

東京都立大学

MJOの東進時に海洋大陸（MC）が時折“バリア”として働くことが知られているが、その物理過程は十分に理解されていない。MJOがMCを超える際にMJOに対するテレコネクション応答は最大となるため、太平洋まで東進できる事例（P事例）とMCのバリア効果により衰退する事例（D事例）の物理過程の違いを正確に理解することは重要である。そこで本研究では、P,D事例の差異に関する知見を与えることを目的に、両事例間に現れる東西循環構造の違いを季節性の観点からコンボジット解析によって調べた。解析対象期間は1985/86～2020/21年の11月1日～4月30日で、以下は時間フィルターを施した背景場の結果である。11,12月は背景場としてのWalker循環の上昇流域の経度が両事例間で異なっていた。具体的には、P事例では下層収束の中心が160°E付近、上層発散の中心が180°付近に存在する。一方で、D事例では背景場としての下層収束の中心が140°E～150°E、上層発散の中心が160°E付近に存在し、上昇流域はP事例の方が20°ほど東側に偏在していた。比湿の極大域の中心もP事例において東側に偏在している。また、Niño 3,3.4,4の各指数について、ENSOのフェーズごとに2ヶ月間のP,D事例の頻度をカウントしたところ、11,12月はいずれの指数でもEl Niño時にP事例が多く、La Niña時にD事例が多い傾向があった。この傾向は特にNiño 4で顕著であり、Niño 4の中心は前述した背景場の上昇流域に対応するため、P事例でよりEl Niño like（特にCP型的）であることは整合的である。1,2月については、11,12月のような顕著な違いは見られなかった。

太平洋赤道域に見られる季節内大気海洋相互作用の東西差

○高野雄紀・高藪縁・小玉知央・三浦裕亮

(東京大学 大気海洋研究所)

熱帯域の大気と海洋が相互作用しながら時間発展する様子を表現するため、筆者は海面水温 (SST) と可降水量 (CWV) の相空間上で時間変化率を合成解析する手法を提案した (2023 年度気象学会春季大会)。この解析から、西太平洋と東太平洋で、相空間上での時間変化率ベクトルの回転方向が異なることがわかった。しかし、この回転方向の違いがどのようなメカニズムで生じているのかの詳細は分かっていない。

本研究では OISST や ERA5 などの解析データに対して時間フィルタを適用し、時間発展サイクル内の変数間の位相関係を調べることで、赤道域 ($5^{\circ}\text{S} - 5^{\circ}\text{N}$) の西太平洋 ($100^{\circ}\text{E} - 180^{\circ}$; WPAC) と東太平洋 ($180^{\circ} - 80^{\circ}\text{W}$; EPAC) に見られる差を調査した。

WPAC と EPAC どちらも 90 日ローパス成分に伴う SST と CWV の変化率は小さく、元の時系列に見られた変化率のほとんどが、季節内よりも短い 90 日ハイパス成分の変動により説明された。90 日ハイパス成分について、WPAC では、SST 変化率と地表面加熱率が同じ符号をもつ。P-E が正である時に地表面加熱率が負であることから、雲・降水システムが放射を介して海洋の SST 変動を駆動していると解釈しうる。他方 EPAC では、SST 変化率と地表面加熱率の相関は小さく、SST 変化率と U10m の符号が一致している。このことは、東風の強化(弱化学)が赤道湧昇の強化(弱化学)を介して SST を減少(増加)させるプロセスが支配的であることを示唆する。