

第 13 回熱帯気象研究会

講演 要旨集

発達ハリケーンの上層アップシア―左象限で観測される強い上昇流について

○嶋田宇大¹, Paul Reasor², Robert Rogers², Michael Fischer², Frank Marks²,
Jonathan Zawislak², and Jun Zhang²

¹気象研究所 ²NOAA/HRD

ハリケーンの発達 (IN) 事例は定常 (SS) 事例に比べ、アップシア― (鉛直シア―ベクトルの後方側) 左象限 (USL) でより強い上昇流を持つことが近年の観測でわかってきた。本研究では米国の航空機観測データを用いて、その理由と役割を調査した。個別事例の調査では、IN 事例の半数以上で、高度 12 km の USL に波数 1 の上昇流ピークが存在した。また鉛直流の CFAD (高度別の頻度分布) を調べると、IN 事例は SS 事例に比べダウンシア―から USL 上層にかけて上昇流頻度が高かった。この事実から、IN 事例では強い対流がダウンシア―側で SS 事例より多く発生・発達し、強い接線風で移流しながら USL で対流活動の最終段階を迎えると推測できる。コンポジット解析からは、強い対流の発達につながりうる二つの特徴を IN 事例で見出した。一つは、眼領域に存在する、眼の壁雲のダウンシア―側に向かう下層アウトフローで、眼の中の湿潤気塊を対流域に供給可能にする。もう一つは眼の壁雲外側の下層インフロー域での強い反射強度で、インフロー域の湿潤環境が示唆される。渦度解析の結果、USL の強い上昇流は中上層の渦度増加に大きく寄与していた。以上から、USL 上層の強い上昇流は、ハリケーンの発達シグナルであり、ダウンシア―側下層で起こる強い対流活動の結果であり、ハリケーンを深い渦に発達させる役割を持つと考えられる。

赤道 Rossby 波・Kelvin 波の結合過程と降水特性

○中村雄飛, 高薮縁

東京大学大気海洋研究所

赤道 Rossby 波・Kelvin 波と対流活動との結合過程を、TRMM と CloudSat/CALIPSO による観測プロダクトを複合的に用いることで、定量的かつ詳細に調査した。

対流結合性 Rossby 波は、最下層の収束と鉛直に直立した構造が大きな CWV の偏差をもたらし、このような場が対流活動を支持する。このとき、深い対流と MCS は同期して発達し、エネルギー生成に役割を持つ。放射加熱はエネルギー生成を 30%増加させる役割を持つ。

対流結合性 Kelvin 波は、鉛直に傾いた構造となることで top-heavy な加熱と上層の高温偏差が同期し、エネルギーの生成を通じて擾乱が維持される。湿潤偏差の発展と tri-modal な対流活動の変遷が対応する。放射加熱はエネルギー生成を 42%増加させる役割を持ち、エネルギー生成のピークをわずかに上層にシフトさせる効果も見られた。湿潤対流との結合過程が対照的な総観規模擾乱であるにもかかわらず、MCS による加熱が擾乱を維持する働きを持つことは共通する。このことは等価深度の共通性を説明できるかもしれない要素である。放射加熱は生成項のピークの高度を変化させることで等価深度にも影響する可能性が示唆された。他方、擾乱の構造や結合過程によって降水イベントの変遷は異なり、これが結合擾乱の位相速度・等価深度に与える影響について今後の調査が必要と考えられる。

Mechanisms of deep and shallow convection in the tropical atmosphere from ERA5 and TRMM Precipitation Radar data

○Yi-Chien Chen and Hiro Masunaga

Nagoya University

The convection processes play a crucial role in maintaining the tropical large-scale circulation. It has not been fully understood how the tropical atmospheric environment becomes either favorable or unfavorable for the development of convection and hence controls the large-scale circulation. In this study, reanalysis and satellite data are utilized together to investigate different types of convective systems in the tropics, seeking observational evidence for the link between tropical convection and large-scale circulation. Empirical orthogonal functions (EOFs) are applied to carry out vertical mode decomposition to the vertical wind field of the ERA5. EOFs are also examined to interpret the convective dynamics in the context of the moist static energy (MSE) budget of the tropical atmosphere. In addition, the TRMM 2A25 precipitation data and TRMM 2H25 heating data are analyzed to investigate the diabatic heating profiles associated with the development of convective systems for comparison with the vertical velocity profiles. Based on the GSMaP satellite data, composite time series are constructed around precipitation peaks to explore the development process of deep convection and shallow convection in search of the possible tropical convection mechanism. The composite time series of vertical velocity and latent heating demonstrated a tilting structure, which suggests three steps of the convection process - shallow convection at the early stage, deep convection at the mature stage, and stratiform rain at the decaying stage. Generally, shallow convection occurs around -18h before the convection peak and tends to mature at -6h before finally entering the decaying stage at 6h. On the other hand, through the composite evolution of the vertical MSE and moisture advection, the variation of the MSE transport in the convection process can also be explored. Moreover, these properties of the composite time series exhibit systematic regional differences. Lastly, in order to better understand the convection process, the characteristic dependence on the intensities of peak precipitation will be explored in the composite time series to delineate the differences in the convective evolution between shallow

unorganized convection and deep organized systems.

成層圏赤道 QBO の 海洋大陸対流活動の季節進行に及ぼす影響

○小寺邦彦（気象研・気候），那須野智江（JAMSTEC），SON Seok-Woo（ソウル大）、
江口菜穂（九大・応力研），原田やよい（気象研・気候）

マデン・ジュリアン振動に対する成層圏準2年振動（QBO）の影響が近年明瞭になってきた：北半球冬季において下部成層圏 QBO が東風位相の場合は MJO の対流中心はインド洋から海洋大陸を横断して太平洋に東進するが、西風位相の場合は MC で弱化してしまう。しかし、QBO にともなう成層圏の気温変化は対流圏界面遷移層（TTL）までは届かず、どの様な機構によって成層圏の変動が MJO に影響するのかわからない。ここでは、MJO でなく熱帯対流活動の季節進行に対する QBO の影響について調べた結果を報告する。季節進行にともない北半球冬季の赤道域の対流はモンスーンオンセットに従って、インド洋から海洋大陸を横断して太平洋に東進する。この季節進行に伴う対流活動が QBO の位相によりどのように異なるかを調べた。12 月にはスマトラ、ボルネオ島の非常に深い対流は対流圏界面付近にケルビン波類似応答を誘起するが、それは QBO の位相により大きく異なる。下部成層圏の QBO が東風位相の場合にはスマトラ島の深い対流の東方に形成されるケルビン波類似応答によって TTL に低温域が形成される。この低温域が QBO の東西風の鉛直シアーに伴う気温偏差に重畳し、海洋大陸東部でより大きな気温の低下が生じる。この事によりニューギニア域の深い対流活動が活発化し、海洋大陸東部への対流の東進が促進される。

衛星・再解析データに基づく Iris 仮説の評価

○伊藤誠人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

熱帯アンビル雲による負の雲放射フィードバックを提唱する Iris 仮説には、その素過程を説明する上で2つの異なる立場がある（以下では Lindzen Iris 仮説と Stability Iris 仮説と呼ぶ）。Lindzen Iris 仮説は SST 上昇による対流雲の降水効率（本研究ではその観測的指標として「雲降水比」を使用）の増加を予想する。一方 Stability Iris 仮説では、安定度の増加に伴ってアンビル雲が減少し、効率的に長波放射の冷却が行われると考えられている。しかし、これらの仮説を包括的に検証した観測研究はほとんど存在しない。本研究では A-Train 衛星の観測データと再解析データを用いて2つの Iris 仮説に基づく雲放射フィードバックの検証を試みる。2007年1月1日から2010年12月31までのデータを使用し、熱帯海洋上に発生した深い対流雲を抽出してコンポジット解析を行った。

Lindzen Iris 仮説に基づく解析の結果、雲降水比の上昇に伴う上空の雲量変化は認められなかったが、中下層雲量の増加とそれに起因する雲放射強制力の弱い冷却効果が確認された。一方 Stability Iris 仮説に基づく解析の結果、安定度増加に伴い上空のアンビル雲量が減少する傾向になり、夜間の雲放射強制力は Stability Iris 仮説を支持する結果が得られた。しかし昼夜を合わせた日平均の正味雲放射強制力は、アンビル雲量によらず短波放射と長波放射を打ち消しあう中立的な変動を示した。この結果は、Iris 仮説が雲放射フィードバックにおいて果たす役割について、さらなる注意深い定量的検討が必要であることを示唆する。

気候モデルにおけるダブル ITCZ 問題はどうしたら緩和できるか？

○川合秀明、神代剛、行本誠史

気象庁気象研究所

ダブル ITCZ 問題は、気候モデルにとって共通する長年の問題であり、その原因について長い間議論がなされてきている。気候モデルにおけるダブル ITCZ 問題はどうしたら緩和できるだろうか？

CMIP5 で使用されていた気候モデル MRI-CGCM3 では、放射バイアスは非常に深刻で、特に南大洋ではそのバイアスが大きかった。しかし、CMIP6 の参加モデルである MRI-ESM2 (Yukimoto et al. 2019) は、雲に関する様々な改良などにより (Kawai et al. 2019)、こうした放射バイアスはかなり小さくなっている。一方、MRI-ESM2 では、ダブル ITCZ も、CMIP5 で使用されていた MRI-CGCM3 に比べて改善している。この放射バイアスの減少は、ダブル ITCZ 問題の緩和の原因なのだろうか？

MRI-ESM2 の放射バイアスの軽減に寄与したそれぞれのスキームの変更がダブル ITCZ 問題にどう影響したかを調査するため、それぞれの変更を一つずつ旧モデルの扱いに戻していく実験を行った。実験の結果、南大洋の短波放射入射バイアスが増加していくにつれ、南半球熱帯の降水が増加していき、ダブル ITCZ 問題が悪化していくことが示された (Kawai et al. 2021)。この結果は、気候モデルのダブル ITCZ 問題は、南大洋などの放射バイアスを減少させることで、少なくともある程度は緩和されることを示唆している。