

第 11 回熱帯気象研究会 in 富山

日時：2019 年 12 月 26-27 日

会場：富山大学理学部 C104 講義室

12 月 26 日(木)

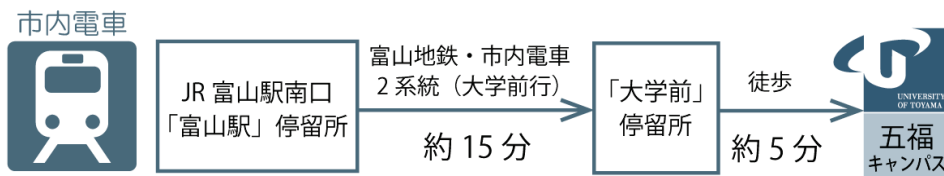
13:00-13:10	(開会)	
13:10-13:50	中村 雄飛 (東京大学)	赤道 Kelvin 波・Rossby 波に結合する対流の統計解析
13:50-14:30	浜口 佑也 (東京大学)	対流圏上層のトラフ後面における TD 型擾乱の発生過程
14:30-15:10	石山 尊浩 (東京大学)	2018 年 7 月における太平洋・大西洋の海面水温と台風発生環境場の関係
15:10-15:50	高須賀 大輔 (東京大学)	季節内-長周期変動の相互関係に伴う MJO の発生領域の変調要因
15:50-16:10	(休憩)	
16:10-16:50	内木 詩歩 (富山大学)	ひまわり 8 号高頻度観測から同定した熱帯海上の雲システムの日周期
16:50-17:30	斉藤 和雄 (東京大学/気象業務支援センター/気象研究所)	2018 年 12 月ベトナム中部域の豪雨とベトナム気象水文局の QPE/QPF
17:30-18:10	神澤 望 (首都大学東京)	2018 年 7 月に日本で起きた高温現象に対する太平洋・日本パターンの役割と夏季アジアモンスーンの季節進行との関係性

12 月 27 日(金)

09:00-09:40	安永 数明 (富山大学)	The relationship between the ITCZ and moisture accumulation over the eastern Indian Ocean
09:40-10:20	末松 環 (東京大学)	A question on the closure of the moist static energy budget equation
10:20-10:40	(休憩)	
10:40-11:20	三浦 裕亮 (東京大学)	全球・領域雲解像モデルの解像度依存性について
11:20-12:00	末木 健太 (理化学研究所)	大気モデルの格子間隔に対する深い湿潤対流の収束性
12:00-13:30	(昼食)	
13:30-14:10	奥川 棕介 (富山大学)	スマトラ島西岸における沿岸降水帯に関する数値実験
14:10-14:50	松岸 修平 (東京大学)	全球放射対流平衡実験における循環と組織化の SST 依存性
14:50-15:30	佐藤 正樹 (東京大学)	Inter-comparison of the global cloud resolving models DYAMOND and beyond
15:30-15:40	(閉会)	

会場案内

富山駅～富山大学五福キャンパス



富山地鉄・市内電車：https://www.chitetsu.co.jp/?page_id=656

五福キャンパスマップ



会場は理学部棟 1F の C104 講義室：理学部棟の正面玄関に入って左へ、階段の手前を右です。

赤道 Kelvin 波・Rossby 波に結合する対流の統計解析

○中村 雄飛・高藪 縁

東京大学大気海洋研究所

対流活動と赤道波の結合過程は未だ完全には明らかになっていない。様々な理論研究が不安定メカニズムを提唱しており、その過程で異なる赤道波モードは異なる結合メカニズムを持つことが示唆されている。本研究では赤道 Kelvin 波・Rossby 波に着目し、衛星レーダ観測を用いて、結合する対流とその特性を定量化する。また対流特性と赤道波擾乱の関連を検討することで、対流と赤道波の結合過程を考察する。

Kelvin 波では、浅い対流が半波長程度先行し、続いて深い対流を経て、組織化した降水システムへと遷移する。これは、鉛直に傾いた構造をとる Kelvin 波擾乱とよく対応する。Rossby 波では、浅い対流の先行は少なく、引き続いてすぐに組織化した降水システムが発達する。これは、鉛直に直立した構造をとる Rossby 波擾乱とよく対応する。

Rossby 波は正負の CWV 偏差を持つのに対し、Kelvin 波では CWV の負偏差は非常に小さい。これは、輝度温度の偏差が正負の偏差を持つことと対照的であり、Kelvin 波と CWV との結合が弱いことを示している。擾乱の構造と CWV との結合の違いは、Kelvin 波は‘gravity mode’、Rossby 波は‘moisture mode’にそれぞれ対応することを示唆している。

今後は、対流活動の変遷に着目し、非断熱過熱や水蒸気収支の解析を通じて、結合過程への考察を進めたい。

対流圏上層のトラフ後面における TD 型擾乱の発生過程

○浜口 佑也¹・高藪 縁²

¹東京大学大学院 理学系研究科

²東京大学大気海洋研究所

TD 型擾乱は太平洋を西方伝播する総観規模擾乱として知られており、西太平洋で発生する台風のおよそ 50% は TD 型擾乱から形成されたものであるとされている。擾乱の発生過程や特徴を規定する因子については未だ十分に解明されていないが、こうした擾乱の発生過程について、発表者は過去の事例的な研究において西～中央太平洋の対流圏上層のトラフ(いわゆる Mid-Pacific Trough)が TD 型擾乱の発生に関与している可能性を示した。このような擾乱の発生機構は「TD 型擾乱は対流圏下層の渦活動を起源とする擾乱活動である」という従来の認識と異なるものである。本研究では上層のトラフがどのように、また、いかなる頻度で TD 型擾乱の発生を促進し得るのか統計的な検証を試みた。TD 型擾乱に対応した時空間フィルタを適用した輝度温度データを用いて擾乱発生イベントの抽出を行ない、上層トラフの関与の有無を調査した結果、西～中央太平洋の 10N~20N の緯度帯において発生する TD 型擾乱のうちおよそ 3 割が上層トラフの南風偏差領域で発生したものであることが確認された。また、合成図解析を行った結果、上層トラフによる持続的な上昇流の強化と水蒸気の収束場の形成により対流活動が促進されている様相が示唆された。さらに、このような場の形成について、Piecewise Potential Vorticity Inversion (PPVI)を行うことで上層トラフの寄与率の定量的な推定も行った。本発表ではこれらについて簡単に紹介する予定である。

2018年7月における太平洋・大西洋の海面水温と台風発生環境場の関係

○石山 尊浩・佐藤 正樹

東京大学大気海洋研究所

2018年の北西太平洋における台風は、発生数が29個、日本への上陸数は5個など平年を上回り、猛烈な強さになった台風は7個と過去最多記録を更新するなど、活動が活発であった。ENSOのフェーズはニュートラルであったが、北太平洋では正のフェーズのPacific Meridional Mode(PMM)が存在し、北大西洋のSSTにおいて負偏差が見られた。近年の研究で、上記二つは北西太平洋の台風活動に影響し、正のPMMと北大西洋のSSTの負偏差は北西太平洋の台風活動を活発にすると報告されている。

本研究では、大気モデルNICAMを用いたPerpetual実験によって、PMMと北大西洋のSSTの負偏差が2018年7月の台風活動に与える影響を調べた。その結果、PMMと北大西洋のSSTの負偏差は2018年7月の台風活動に活発にする方に関わり、それはモンスーントラフの変調によって引き起こされていた事が分かった。しかし、2018年のPMMの領域は日付変更線をこえており、PMM領域は日付変更線を越えた領域を含むか含まないかで、台風活動へ与える影響に差異があることも分かった。

季節内一長周期変動の相互関係に伴うMJOの発生領域の変調要因

○高須賀 大輔・佐藤 正樹

東京大学大気海洋研究所

熱帯域で支配的な季節内振動であるMJOの発生はインド洋で頻繁に観測されており、そのプロセスを説明するべく、主に季節内の時間スケール以下の変動に着目した数多くのメカニズムが提唱されてきた。一方で、MJOは海大陸域や西太平洋でも発生することが報告されており、こうした発生領域の多様性は既存のメカニズムでは説明できない側面である。そこで本研究では、MJO発生に好都合な環境の包括的解釈に有用な知見を与えることを目的として、MJOの発生領域の変調要因について、特に季節内--長周期変動の相互関係の観点から、観測に基づく統計解析および全球大気モデルNICAMによる数値実験を通じて調査した。その結果、SSTの長周期変動によって強制された背景循環場に応じて、主に季節内の時間スケール以下での東西循環の卓越範囲が変化し、その循環に伴う水平移流による持続的な湿潤化が起きやすい場所も変化することがMJOの発生領域の変調に貢献していることがわかった。具体的な背景場の状況として、海大陸域(西太平洋)への発生領域の変調は、長周期成分のSSTがEP El Niño型(CP El Niño型 + インド洋南部の双極型)を伴った際、MJOに対して背景場と見なせる時間スケールでの対流活動が海大陸東部で不活発(西太平洋付近で選択的に活発)傾向にある時に促進されることが示された。

ひまわり8号高頻度観測から同定した熱帯海上の雲システムの日周期

○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富山大学学術研究部

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。海上の日周期は昔からの研究課題であるが、まだメカニズムについては分かっていないことが多い。本研究では、高解像度・高頻度という特徴を持つひまわり 8 号の輝度温度データを用いて雲システムを同定し、その数の日周期を調べた。雲システムの大きさ別に日周期を調べると、面積が 100km² より小さい雲システム数は、12-15LT に極大となる日周期を示し、面積が 100km² から 10,000km² の雲システム数は、00-03LT と 12-15LT に極大となる半日周期を示した。面積が 10,000km² より大きい雲システム数は、早朝から日中に極大となる日周期を示した。特に半日周期に関しては、対流活発期の早朝に発達する雲システムと、対流抑制期の日中に発達する雲システムの重ね合わせではなく、大気潮汐にコントロールされたものであることが強く示唆された。雲システムの雲頂高度において、半日周期を示す実際の比湿偏差と、ジオポテンシャル高度の鉛直変位によって推定される比湿偏差を比較すると、日中ではよく一致するが、早朝では差が大きい。このことから、雲システムが、早朝には大気潮汐に関連する鉛直変位と放射冷却の影響を受ける一方で、日中には断熱過程によって単独で変調されると推測される。

2018 年 12 月ベトナム中部域の豪雨とベトナム気象水文局の QPE/QPF

○齊藤 和雄¹, Mai Khanh Hung², Nguyen Viet Hung², Nguyen Quang Vinh², Du Duc Tien²

¹ 東京大学大気海洋研究所/気象業務支援センター/気象研究所

² ベトナム気象水文局

2018 年 12 月 9 日、ベトナム中部域ではダナン市で 24 時間に 972mm を記録する大雨が降った。ベトナム気象水文局では、国内約 1100 箇所のベトナム気象水文局の AWS による前 3 時間雨量、国内 11 か所（2018 年 12 月当時は 9 か所）のレーダー反射強度からの推定雨量、衛星からの推定雨量を組み合わせリアルタイムでの 3 時間解析雨量を作成している。この大雨をもたらした降水系は地表付近に北東から相対的に気温の低い空気が入りその上を南東からの暖かく湿った空気が上昇する場で発生した。深い対流を伴っておらず、暖かい雨によりもたらされた大雨であった。講演では、この事例について紹介し、2018 年から始まっている JICA 有償勘定技術支援「ベトナム国気象予測及び洪水早期警報システム運営能力強化プロジェクト」の一環として行ったベトナム水文気象局の解析雨量改善の試み（衛星推定雨量への GSMaP の適用と AWS データによる検証）、およびベトナム気象水文局の数値予報を中心とする降水予測システムの現状について紹介する。

2018 年 7 月に日本で起きた高温現象に対する太平洋・日本パターンの役割と 夏季アジアモンスーンの季節進行との関係性

○神澤 望・高橋 洋

首都大学東京

2018 年の 7 月中旬から下旬にかけて、日本の広範囲で高温現象が発生した。本研究では、モンスーントラフを含めた夏季アジアモンスーンの循環場の季節進行に着目してこの高温現象について調べた。この高温現象の発生には、熱帯からのテレコネクションである太平洋・日本パターン (PJ パターン) が部分的に寄与していた。日本で高温現象が発生した時期は、フィリピン周辺域の擾乱活動と太平洋高気圧がそれぞれ平年より強かった。特に 7 月中旬の北西太平洋上のモンスーントラフでは擾乱活動が非常に活発で、熱帯低気圧や熱帯擾乱が多く発生していた。気候学的に夏季アジアモンスーンの大規模循環場は 7 月に著しく変わる。太平洋高気圧は西へ張り出し、北西太平洋上の熱帯低気圧活動の活発化に伴ってモンスーントラフは深まる。2018 年 7 月は気候学

的な背景場と年々変動が共に日本で高気圧性循環が強まる相であったことが日本で極端な高温現象が発生することに繋がった。また、PJ パターンの空間パターンによると、7 月下旬はフィリピン周辺の対流活動の応答が高気圧性偏差として日本上空に現れやすい時期であった。

The relationship between the ITCZ and moisture accumulation over the eastern Indian Ocean

○安永 数明

富山大学学術研究部

Tropical eastern Indian ocean is one of the heaviest precipitation regions around the world. The climatological precipitation maximum (ITCZ) is located near the 5° S over the tropical eastern Indian ocean. The climatological distributions of sea surface temperature (SST) show a maximum around the equator, and the reason for the disagreement between the peaks of SST and precipitation remains unclear. The previous study has suggested that the SST gradient and associated horizontal wind convergence are responsible for the formation of the enhanced precipitation region, making use of a linearized simple model (e.g., Back and Bretherton 2009). However, the convergence of the SST-driven horizontal winds slightly shifts to the north, compared with the peak of precipitation. Bretherton (2004) finds that precipitation increases exponentially with amounts of column-integrated water vapor (CWV). Therefore, the present study focuses on moisture budgets in order to explain the southward shift of the ITCZ over the tropical eastern Indian ocean. However, column-integrated moist static energy (CMSE) budget equation is employed instead of the CWV budget equation, under weak temperature gradient assumption.

The analysis domain of the present investigation covers the areas of 84°E–93°E and 9.75°S–3.75°S (South region), 84°E–93°E and 3°S–3°N (Equator region), and 84°E–93°E and 3.75°S–9.75°S (North region). The analysis period ranges over 15 years (from 1998 to 2012). Reanalysis datasets (ERA-Interim) are used to evaluate the contributions of each term in the CMSE budget equation.

Results reveal that high CWV (> 60 mm) occurs more frequently in the south region than in equator and north regions, and that the probability of positive tendency of CMSE (or CWV) is higher in the high CWV cases. In the CMSE budget equation, the source term, which includes radiative heating and surface heat fluxes, tends to accumulate more CMSE (or CWV) around the equator. However, advection of the MSE more significantly decreases CMSE around the equator region than in the north and south regions.

A question on the closure of the moist static energy budget equation

三浦 裕亮¹・○末松 環²

¹ 東京大学理学系研究科

² 東京大学大気海洋研究所

Moist static energy (MSE) is an atmospheric variable that serves as a measure of the potential energy of an air parcel and is conserved along moist adiabatic processes under the hydrostatic balance. Therefore, it has been considered to be a useful quantity for understanding moist convection in the tropics, where the basic state of the atmosphere is characterized by a moist adiabat and a hydrostatic balance to the first order of approximation. Indeed, Neelin and Held (1987) demonstrated that a simple model of the time-mean flow over the tropics can be derived

solely from consideration of the MSE budget equation. Ever since, the MSE budget analysis has been used extensively to assess the energetics of moist convective processes over the tropics, such as the Madden-Julian Oscillation. However, we indicate from an examination of the formulation of the MSE budget equation that the cancellation of latent heating terms could trivialize the effect of latent heating, and as a result, overemphasize the effect of radiative heating. Thus, we are compelled to question and call for an open debate on the validity of the assessment of relative contribution from each of the MSE budget terms to the time changes of the MSE and the atmospheric circulation.

全球・領域雲解像モデルの解像度依存性について

○三浦 裕亮

東京大学理学系研究科

大気モデルの格子間隔に対する深い湿潤対流の収束性

○末木 健太¹・山浦 剛¹・八代 尚²・西澤 誠也¹・吉田 龍二³・梶川 義幸¹・富田 浩文¹

¹理化学研究所 計算科学研究センター

²国立環境研究所

³NOAA Earth System Research Laboratory

深い湿潤対流は、組織化した雲システムへと発達し、気候システムに大きな影響を与えうる。気候システムにおける深い対流の役割を定量的に理解するには、組織化した雲システムを正確に表現する高解像度シミュレーションが必要である。しかしながら、モデルの格子間隔に対する深い対流表現の数値的収束の問題は未だ解決していない。我々は、深い対流のシミュレーションに必要なモデル解像度を明らかにするため、数値的収束性を調べる実験を行った。その結果、組織化した雲システムの上昇流群の構造は、格子間隔が小さくなるにつれ、大きなスケールから小さなスケールへと次第に収束することが分かった。格子間隔が上昇流コア半径の1/20~1/40になると、隣接する上昇流コア間の距離は、特定の長さに収束した。また、乱流の terra incognita 領域の格子間隔において、レイノルズ平均ナビエ・ストークス系のシミュレーションとラージ・エディ・シミュレーションとの間で、上昇流コア間距離の収束値に大きな違いがないことも分かった。

スマトラ島西岸における沿岸降水帯に関する数値実験

○奥川 椋介¹・安永 数明²・濱田 篤²

¹富山大院理工学教育部

²富山大学学術研究部

スマトラ島における気候学的な降水分布は、西岸の沿岸海上に極大を持つことが知られている。このメカニズムに関しては、この領域で卓越する日周期海陸風循環が関係していると考えられているが、詳しいメカニズムは分かっていない。本研究では、このような分布を形成するメカニズムを考えるため、領域モデル SCALE-RM を用いていくつかの数値実験を行いその再現性について調べた。再現実験では、沿岸海上でのピークは再現さ

れず、スマトラ島西岸の海上で CWV のドライバイアスが確認された。そこで、水蒸気に着目し FMSE の収支式に基づいた感度実験をいくつか行った。その結果、雲氷の落下速度を遅らせ、さらに、大気下端境界としての SST データを沿岸でより高温であった OISST に変更した感度実験で沿岸降水帯としての再現性が最も改善された。特に、陸上の日周期対流由来の上層雲の沿岸海上への移流が、沿岸海上にピークを形成する上で重要である可能性が示唆された。

全球放射対流平衡実験における循環と組織化の SST 依存性

○松岸 修平・佐藤 正樹

東京大学大気海洋研究所

放射対流平衡実験において雲の自己組織化の研究が雲解像領域モデル・全球モデルの双方で盛んに行われている。モデルにおいて対流の自己組織化が起こると、領域平均の乾燥化と外向き長波放射の増加が生じ、劇的に環境場が変化する。自己組織化の海面水温 (SST) 依存性は複数のメカニズムが指摘されている。本研究では全球スケールの放射対流平衡において、各空間スケールの「組織化」の SST 依存性について考察した。放射対流平衡実験には NICAM を用いた。SST は一定値で 290K から 5K 毎に上げ、310K までの 5 種類を行った。回転なし、短波放射一様である。最も大きいスケールとして、局所的な放射対流平衡が成り立つ空間スケール (RCE スケール) を導入した。RCE スケールは SST 昇温に伴い拡大した。これは降水量の増加と放射冷却の勾配の増加から要請されている。次に大規模な上昇流となる湿潤領域の面積 (湿潤面積) を求めた。この変化は SST に依らず小さかった。RCE スケールの変化と併せて考えると、個々の湿潤面積は拡大しているといえる。一方、湿潤面積に対する上昇流面積の割合は縮小している。SST 昇温に伴い、上昇流は湿潤領域の中に散発的に存在していることが想定される。そこで OLR の面積やコールドプール面積、組織化の幾何学的指標を解析したところ、これを支持する結果であった。よってメソスケールの組織化は減少していることが推定された。

Inter-comparison of the global cloud resolving models DYAMOND and beyond

○佐藤 正樹

東京大学大気海洋研究所

2018 年に全球雲解像モデル比較実験 DYAMOND を提案したところ、9 機関のモデルが参加して最近その最初の比較結果のレビュー論文が Stevens et al. (2019) として発表した。NICAM は km 格子スケールでの全球実験についてすでに 15 年程度の実績があるが、ようやく世界の他の研究機関でも同程度の解像度の全球実験が計算可能になった。全球雲解像モデルの名称の由来やレビューについて Satoh et al. (2019) にまとめており、その中で top 10 の形式で全球雲解像モデルの利点についてまとめている。本公演ではこれらの論文を踏まえて、今日的な観点から、今後の全球雲解像モデルの方向性・活用法について議論したい。

Satoh, M., Stevens, B., Judt, F., Khairoutdinov, M., Lin, S., Putman, W.M., Düben, P. (2019) Global Cloud-Resolving Models. *Curr. Climate Change Rep.*, 3, 172-184.

Stevens, B., Satoh, M., Auger, L., Biercamp, J., Bretherton, C., Chen, X., Duben, P., Judt, F., Khairoutdinov, M., Klocke, D., Kodama, C., Kornblueh, L., Lin, S.-L., Putman, W., Shibuya, R., Neumann, P., Rober, N., Vannier, B., Vidale, P.-L., Wedi, N., Zhou, L. (2019) DYAMOND: The DYnamics of the Atmospheric general circulation Modeled On Non-hydrostatic

Domains. Prog. Earth Planet. Sci., 6, 61.