

第 16 回 熱帯気象研究会 (The 16th Tropical Meteorology Workshop)

2026 年 9 月 14~15 日 (September 14~15, 2026)

東京大学柏キャンパス 大気海洋研究所 (AORI, Kashiwa campus, The University of Tokyo)

<September 14 (Mon)>

12:30-13:00 Registration

13:00-13:05 Opening Remarks

Session 1

13:05-13:35 杉浦冬悟、高橋洋

“海洋大陸での MJO の伝播・衰退に影響する要因の月ごとの違い”

13:35-14:05 党躍豪、堀之内武

“夏の天候に影響する太平洋-日本パターンと北半球夏季季節内振動の関係”

14:05-14:35 前田優樹、佐藤正樹

“BSISO と WNPSH にみられる状態依存的予測可能性：深層学習による診断と潜在空間への拡張”

14:35-14:40 Group Photo

Poster Session

14:40-15:30

田中 実

“Climatological Boreal Summer Intraseasonal Oscillation の日本とインドに対する影響”

山本幹太、鈴木健太郎

“EarthCARE とひまわりを組み合わせた雲のライフステージと鉛直構造の関係の解析”

横山千恵、辻宏樹、幾田泰醇、高菰縁

“LFM シミュレーションデータを用いた台風の潜熱加熱解析”

Session 2

15:30-16:00 小寺邦彦、那須野智江、江口菜穂

“多様な伝播様式を持つ MJO に対する成層圏 QBO の影響に関する一考察”

16:00-16:30 金丸佳矢

“GPM と FY-3G 衛星降水レーダー観測の統合利用に向けた検討”

16:30-17:00 宮川知己、Roman Nuterman、松岸修平、八代尚、Markus Jochum

“python/JAX 版 NICAM”

<September 15 (Tue)>

Session 3

- 9:30-10:00 伊藤誠人、増永浩彦**
“静止気象衛星ひまわりを用いた全天候 CWV 推定アルゴリズム開発”
- 10:00-10:30 Jin-De Huang, Woosub Roh, Tomoki Miyakawa, Masaki Satoh**
“EarthCARE Observations of Vertical Motion and Cloud Microphysical Structure in Tropical Cyclones”
- 10:30-11:00 Woosub Roh, Masaki Satoh**
“Investigation of Clouds and Precipitation Systems over the Atlantic Ocean Using ECOMIP Simulations”
- 11:00-11:30 Kei Ueyoshi, Kazuaki Yasunaga**
“Thermodynamic phase regimes of convectively coupled equatorial wave disturbances”
- 11:30-12:45 Lunch Break**

Session 4

- 12:45-13:15 Yi-Xian Li, Yusuke Hiraga, Martin Singh, Hirohiko Masunaga, Yi-Hung Kuo, Wei-Ming Tsai**
“Distinct Convective Evolution of Eastward- and Westward-Propagating Tropical Extreme Precipitation Systems”
- 13:15-13:45 Yi-Chien Chen, Hirohiko Masunaga**
“Contrasting Characteristics and Lifecycle Evolution of Mesoscale Convective Systems between the Western and Eastern Pacific”
- 13:45-13:55 Break**

Session 5

- 13:55-14:25 杉正人**
“高解像度 GCM の積雲対流スキーム”
- 14:25-14:55 横井寛**
“船舶特別観測データを用いた大気境界層熱・水蒸気・質量収支解析”
- 14:55-15:25 青木俊輔、久保田拓志、重尚一**
“EarthCARE・GPM 衛星による鉛直流と非断熱加熱率の比較解析”
- 15:25-15:30 Closing Remarks**

第 16 回 熱帯気象研究会

2026 年 9 月 14 日(月)～15 日(火)

東京大学 大気海洋研究所

講演要旨集

海洋大陸での MJO の伝播・衰退に影響する要因の月ごとの違い

Monthly variations in factors affecting MJO propagation and decay over the Maritime Continent

○杉浦冬悟¹・高橋洋¹

1. 東京都立大学

マッデン・ジュリアン振動 (MJO) は、東西数千 km 規模の対流雲群がインド洋から西部太平洋へ東進する季節内変動である。半数以上の MJO イベントでは、対流が海洋大陸を越えて西部太平洋まで持続する (伝播型) が、対流が海洋大陸上で弱まる衰退型も一定数存在する。MJO の海洋大陸付近での衰退は、海洋大陸の複雑な地形に関連する地形的「バリア効果」に起因すると考えられてきた。また、熱帯の低周波な SST 分布の影響を受ける背景の大気循環や水蒸気場、季節内変動スケールで西進する乾燥シグナル (Transient Dry Precursor: TDP) との確率論的な遭遇なども、MJO の衰退に影響する要因として挙げられている。しかし、あるイベントが伝播型になるか衰退型になるかを決定づける上で、これらの要因の相対的な重要性は、まだ体系的に評価されていない。MJO はその東進経路や対流の強度、伝播型と衰退型の出現割合において強い季節性を示すため、MJO イベントが海洋大陸を越えて伝播するか減衰するかを決定づける支配的な要因は月によって異なる可能性がある。本研究では、OLR データを用いて MJO イベントを伝播型と衰退型に分類し、(i) 背景の大気循環および水蒸気、(ii) インド洋上での初期の対流強度、(iii) MC および西太平洋上での TDP との遭遇、という 3 つの要因の影響を月ごとに評価した。

その結果、11 月には Walker 循環と低周波な水蒸気場の違いが伝播・衰退型間で顕著に異なり、ENSO の位相が伝播・衰退の結果に影響していた。また、TDP の影響を受けた事例の割合も高かった。一方で 1、2 月には、背景の大気循環や水蒸気場にタイプ間で明瞭な差は見られなかったが、TDP による影響は 2 月に最大となった。また、季節進行の遷移期にあたる 12 月には初期強度の弱さ、3 月には初期強度の弱さと TDP の双方が影響した可能性がある。

夏の天候に影響する太平洋-日本パターンと

北半球夏季季節内振動の関係

Relationship between the Pacific-Japan pattern and the boreal summer intraseasonal oscillation

○党躍豪¹・堀之内武^{1,2}

1. 北大院環境, 2. 北大院地球環境

太平洋-日本(PJ)パターンは、フィリピン付近の対流活動偏差に伴い日本へ延びる夏季のテレコネクションパターンである(Kosaka and Nakamura 2010)。一方、北半球夏季季節内振動(BSISO)は周期 30–60 日で北東進する熱帯対流変動であり、その位相指標には Kikuchi et al. (2012) と Lee et al. (2013) の二種類が広く用いられているが、両指標の異同、およびそれぞれと PJ との関係は明らかでない。本研究では、三者の相互関係を調べた。

大気場には JRA-3Q、対流活動には NOAA OLR を用い、日平均・2.5°格子で気候値を除いた。PJ は Kosaka and Nakamura (2010) に従い 850 hPa 渦度の EOF、BSISO は Kikuchi et al. の EEOF と Lee et al. の MV-EOF により抽出し、各パターンへの射影から PC 時系列を得た。いずれも EOF1 と 2 が約 1/4 周期ずれた組をなすため、PC1-PC2 平面上の角度から位相 1–8 を定義し、PJ にも同様に適用した。

時間スケールを比較するため、各 PC 時系列のパワースペクトルを求めたところ、三者とも 25–60 日の季節内成分が卓越した。この周期帯で PC1 と PC2 の二乗コヒーレンスにより伝播性を評価すると、BSISO-Kikuchi は明瞭な伝播性を示した一方、PJ と BSISO-Lee では低かった。また位相の対応関係を三組で比較したところ、PJ と BSISO-Lee の対応は、二つの BSISO 指標どうしの対応よりも近かった。PJ と BSISO の関係の評価は、用いる指標に依存する。

BSISO と WNPSH にみられる状態依存的予測可能性：

深層学習による診断と潜在空間への拡張

State-Dependent Predictability of the BSISO and WNPSH: Deep-Learning-Based Diagnosis and Extension to Latent Space

○前田優樹¹・佐藤正樹¹

1. 東京大学大気海洋研究所

季節内 (S2S) 予測では、熱帯の季節内変動と大規模循環の初期状態に応じて予測スキルが大きく変動する。そのため、予測スキルがいつ、なぜ高まるかを特定することが重要である。本研究では、深層学習を用いて「予測可能な窓 (windows of opportunity)」を診断する枠組みを検討する。北半球夏季季節内振動 (BSISO) の予報では、スキルが位相と活動度に強く依存し、年々変動に伴う BSISO 活動の変調が、この依存性に寄与する可能性を示す。さらに、北西太平洋亜熱帯高気圧 (WNPSH) の確率予報では、予測の成功イベントに先行して明瞭な前駆シグナルが現れ、予測分布と誤差構造に符号非対称性が生じる。これは、BSISO との結合に加え、中緯度波列の影響が交差する熱帯—中緯度相互作用における予測可能性の状態依存性を示唆する。最後に、こうした状態・遷移・不確実性を低次元で統合的に捉えるため、深層生成モデルの潜在空間表現を用いる予備的検討と、全球深層学習予報モデルへの展開を議論する。

Climatological Boreal Summer Intraseasonal Oscillation の

日本とインドに対する影響

Impacts of Climatological Intraseasonal Oscillation on Summer weather in Japan and India

田中 実 無所属

Climatological Boreal Summer Intraseasonal Oscillation(CBSISO)の日本とインドの夏の 10 日平均降水量に対する影響を調査した。資料は NCEP/NCAR Reanalysis の海面気圧と OLR、それに気象庁の平年値である。調査によると 40 日周期の CBSISO が 6 月から 9 月まで卓越していることが判明したので 10 日平均平年値 (1991-2020 年) で解析した。さらに季節変化を除外し 40 日周期を保持するため 10 日前と 10 日後の値の平均を第一平年値と定義しさらに 1-2-1 移動平均で短周期のノイズを除外しこれを第二平年値と定義した。元の 10 日平均データと第二平均平年値との差が CBSISO による偏差である。アラビア海から南シナ海・西太平洋まで 20 日で偏差が東進することが判明したので両地域の偏差は逆になりやすい。6 月から 9 月までに 3 回の 40 日周期の CBSISO が解析された。まず 6 月は年々の BSISO と似た変動が解析され、1-10 日と 21-30 日で逆の偏差であつた。

1-10 日はインドの Kerala でモンスーンが始まり北インドと南シナ海で乾燥、沖縄で梅雨の多雨、北陸で雨季前の乾燥であつた。21-30 日は北インドと南シナ海で多雨、沖縄で梅雨明け、九州で梅雨の降水の極大であつた。日本の南の正の OLR 偏差はミンダナオ島東沖から北に伝播してきた CBSISO の一部である。8-9 月はアラビア海と北インド・西太平洋が逆の偏差であつた。8 月 1-10 日はフィリピンの北東で多雨で PJ パターンで関東東部で乾燥であつた。9 月 11-20 日は 8 月 1-10 日と似ているが西太平洋の対流は 5 度南下していた。対流からのロスビー波は 30N,150E 付近で高気圧偏差でアラスカ方面に伝播していた (MP パターンと命名)。PJ パターンの仲間は真夏以外でも存在する。6 月 1-10 日のアラビア海と 8 月 1-10 日のフィリピンの北東はいずれも海面水温が年の最高の時期で強い対流が観測され海洋の影響が climatological oscillation を強化している。

EarthCARE とひまわりを組み合わせた雲のライフステージと鉛直構造の関係の解析 Combining EarthCARE and Himawari-9 to Characterize Life-Cycle-Dependent Cloud Vertical Structure

○山本幹太¹・鈴木健太郎¹

1. 東京大学大気海洋研究所

単独の積乱雲は 30 分から数時間と寿命は短いものの、ライフステージに応じて鉛直内部構造は大きく変化する。特に、雲を構成する粒子の鉛直方向の成長は降水や放射を決める重要な要素であるものの、こうした微物理過程と力学の相互作用に関する観測的理解は限られており、モデルの雲表現にも不確実性をもたらしている。

EarthCARE 衛星は軌道の直下に存在する雲を構成する粒子の落下速度やレーダー反射因子などの物理量について、瞬間的な鉛直分布の観測が可能である。一方で、静止衛星であるひまわりは鉛直解像性を持たないものの、雲に関する物理量の水平分布を高頻度で観測している。そこで、本研究では EarthCARE とひまわり 9 号を組み合わせた雲の時間発展と鉛直構造を結びつけた解析を行った。

ひまわりが観測した輝度温度の水平分布を用いて雲の移動方向および速度を推定し、EarthCARE が観測した雲についてラグランジュ的に追跡を行ったのち、EarthCARE の観測時刻を挟む 2 つの時刻におけるひまわりのデータを用いて雲頂輝度温度の変化を計算し、その値を基準にライフステージを分けた。さらに、ISCCP の分類方法に基づいた雲タイプを用いたより細かい分類を行った。

その結果、粒子の平均的なドップラー速度の鉛直構造についてはライフステージによらずほぼ等しいものの、値のばらつきに違いがみられた。その一方で、レーダー反射因子についてはライフステージに応じて異なる鉛直分布が得られた。

LFM シミュレーションデータを用いた台風の潜熱加熱解析 Analysis on latent heating of tropical cyclones using LFM simulation data

○横山千恵¹・辻宏樹²・幾田泰醇³・高薮縁¹

1. 東京大学大気海洋研究所, 2. RESTEC, 3. 気象研究所

台風を対象としたスペクトル潜熱加熱推定アルゴリズム (SLH) の開発を目的として、気象庁局地予報モデル (LFM) による北西太平洋上の 7 事例の台風シミュレーションデータを用いて降水と潜熱加熱の解析を行った。動径分布を調べた結果、半径毎に特徴の違いが見られた：半径 0-100km (inner core) では目の壁雲による傾いた強い対流性加熱、100-250km (inner rainband) の層状域下方の浅い対流加熱の共存、250-500km (outer rainband) では上層加熱と下層冷却を伴う熱帯層状的な構造が特徴的であった。

対流域に関して、inner coreでは、降水頂高度 (PTH) の増加と共に加熱ピーク高度の上昇が見られた。非常に背が高くなると、下層に明瞭な冷却が生じる。これらの特徴は傾いた目の壁雲の構造に由来する。一方、inner/outer rainbandでは背が低いものは PTH と加熱ピーク高度との対応関係が見られるが、ある程度の高さになると、非常に背の高いものを除いて加熱ピークは高度 4km 付近に存在し PTH に依らない。これらの特徴は熱帯対流性降水と類似する。また、outer rainbandの方が inner rainbandより対流域上部の冷却が強く、より乾燥した場を示唆している。

層状域は、その下層における対流の共存が特徴的であった。そこで、融解層以下の降水プロファイルの傾きによって深い層状性タイプを downward increasing (DI) と downward decreasing (DD) とに分類し、下層の状況を整理した。深い層状性 DD および DI はいずれも 0°C 高度での降水強度 (POC) の増加と共に上層加熱が強まる。DD では、inner core で多少の下層対流加熱が見られるが、基本的に DI より明瞭な下層冷却を示す。これに対し、DI は下層対流加熱が顕著であった。

以上の解析で得られた降水特性と潜熱加熱との関係をもとに、台風 SLH アルゴリズムで用いる参照テーブルを作成中である。

多様な伝播様式を持つ MJO に対する成層圏 QBO の影響に関する

一考察

Influence of the stratospheric QBO on the MJO with multiple propagation regimes: A consideration.

○小寺邦彦¹・那須野智江^{2,3}・江口菜穂⁴

1. i-SPES・九州大学, 2. JAMSTEC, 3. TRC・横浜国立大学, 4. 応力研・九州大学

熱帯域の大気変動における主要モード「マッデン・ジュリアン振動 (MJO)」は、エルニーニョ・南方振動 (ENSO) だけでなく、成層圏の準 2 年周期振動 (QBO) から影響を受けている。しかし気候モデル実験では、成層圏循環を現実の QBO に近づける緩和を行っても、QBO が MJO に与える影響を再現できていない。本発表では、QBO が熱帯対流圏界面遷移層 (TTL) を変化させ、それが MJO の東進の多様性に影響を与えるプロセスを議論する。

QBO の MJO に対する影響は、北半球の冬季 (12 月～2 月) に海洋大陸 (MC) 域で最も顕著になる。MJO の活動域はインド洋から太平洋へ移動する際に多様な伝播様式を示すため、QBO の影響を理解するには、この多様性を考慮することが不可欠である。特に MC 域は複雑な地形を持つため、MJO の東進が阻まれやすく、その結果として「阻止 (blocked)」 「跳躍 (jumping)」 「継続 (continuing)」 という 3 つの異なる伝播モードが生じる。QBO はこれらの発生確率を左右しており、西風相 (QBO-W) では阻止型やジャンプ型が、東風相 (QBO-E) では継続型が発生しやすい。本分析では、季節的な環境条件が MJO の東進に最も適している 12 月に焦点を当てる。QBO-E の時期は、スマトラ島付近の対流活動が TTL にケルビン波応答を引き起こす。この応答に伴う寒冷化によって、MC の陸上では圏界面へ貫入するような深い対流活動が活発化する。この活発化が水蒸気の収束をもたらすことで、MJO はインド洋から西太平洋へと東進を「継続」しやすい。一方、QBO-W の時期は TTL のケルビン波応答が抑制されるため、MC 東部での対流活動が誘発されない。この先行する対流がないため、MJO は MC 域で「停滞」するか、あるいは太平洋から西進してくる赤道ロスビー波などの擾乱によって対流が誘発される事で太平洋側へと「跳躍」する傾向を示す。

上述のように、QBO と MJO の相互作用には、TTL におけるケルビン波的応答と、陸域上の深い対流活動の双方が不可欠である。しかし、現在の全球モデルでは、MC の陸上で TTL にまで達するメソスケール対流を正確に再現することが難しい。このモデルによる対流の表現力不足が、気候モデルにおいて QBO の MJO への影響を十分にシミュレートできない主要因と考えられる。

GPM と FY-3G 衛星降水レーダー観測の統合利用に向けた検討

Investigation of a Combined Use Between the GPM DPR and FY-3G PMR Observations

○金丸佳矢¹

1. 情報通信研究機構

衛星搭載降水レーダーによる全球降水観測は、1997 年から 2015 年まで運用された Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) 衛星に搭載された Precipitation Radar (PR) と、2014 年から運用されている Global Precipitation Measurement (GPM) 主衛星に搭載された Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) によって継続されてきた。さらに、これらの観測を発展的に継承するものとして、Ku-band Doppler Precipitation Radar (KuDPR) を搭載する Precipitation Measuring Mission (PMM) 衛星の開発が進められている。これら衛星搭載降水レーダーは日本が開発したもので長い間日本の独壇場であったが、近年その様相が変化している。中国は独自の降水観測ミッションとして FengYun-3G (FY-3G) 衛星を打ち上げ、Precipitation Measurement Radar (PMR) の運用を開始した。PMR は DPR とほぼ同じ(あるいは少し高い)性能をもつとされる衛星搭載降水レーダーである。FY-3G と GPM の観測は既に 3 年近く重複している。将来、GPM と PMM が重複して運用される場合に、軌道上データ比較の知見を蓄積するだけでなく、複数の衛星搭載降水レーダー観測の統合利用が可能となりつつある。

本研究では、GPM DPR と FY-3G PMR のデータ整合性を評価し、両観測の統合利用可能性について検討した。FY-3G データを整備するとともに、GPM と FY-3G の交差観測事例の抽出と直接比較を行った。さらに、Global Change Observation Satellite - Water (GCOM-W) 衛星に搭載された Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2) から推定された海上風データを基準として DPR および PMR の地表面後方散乱断面積を比較した。

解析の結果、DPR と PMR の降水エコー強度や地表面エコー強度には系統的な差異が存在するものの、その差はほぼ一定であり、オフセット補正によって調整可能であることが確認された。また、レーダー仕様や降水判定アルゴリズムの違いに起因して最小検出感度にも差異が認められるが、両レーダーの検出閾値を調整することによって、降水検出に関して整合性が向上した。

これらの解析を通して、PMR データの性質を熟知することが出来た。当日の発表では、DPR と PMR の同時観測を活かした初期解析を紹介する予定である。

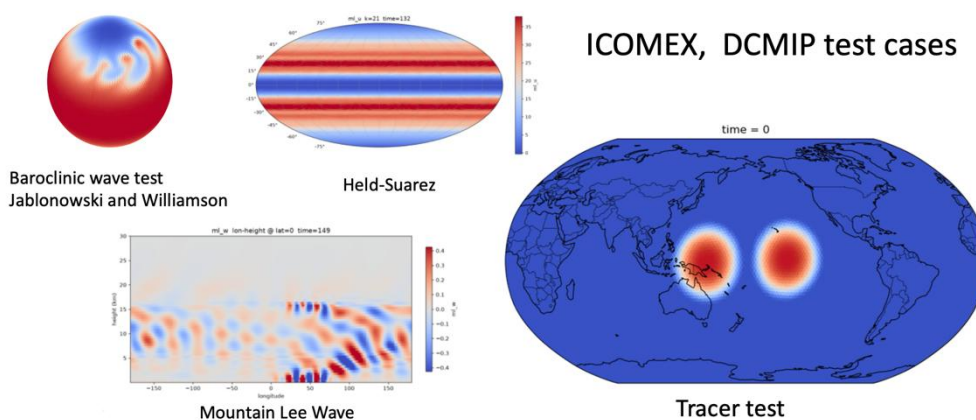
Python/JAX 版 NICAM

Python/JAX NICAM

○宮川知己¹・Roman Nuterman², 松岸修平¹, 八代尚³, Markus Jochum²

1. 東京大学, 2. コペンハーゲン大学, 3. 国立環境研究所

全球で雲を解像することをテーマに開発・利用の進められてきた NICAM は、大型計算機の進化とともに高解像度設定においては数 100m 間隔の水平格子を実現するとともに、海洋との結合、気候の入り口と言える 10 年規模の計算における再現性向上などが進み、その適用範囲は拡大しつつある。世界的にもこうしたいわゆる「全球 km-scale モデル」の開発と研究が活発化している。こうしたモデルには高速に実行可能で過去のプログラム資産も豊富な MPI/Fortran が長年用いられてきたが、計算機アーキテクチャの急変と AI 予測技術の台頭、そしてモダンな言語の登場により、必ずしも今後のモデリング研究基盤として最適ではない面が出てきている。本研究では、GPU を含む多様なハードウェアへの可搬性, AI スキームとの親和性、プログラミング言語のシェアを鑑み、Python をベースとした NICAM の開発を試みている。Python は汎用性が高くシェアが大きい一方で、コードを行ごと解釈して進めていくインタプリタ言語であるために実行速度が遅いという難点がある。JAX というライブラリは、実行時に繰り返し実行されるループをコンパイルすることで高速化する機能があり、これを活用することによって、Python の汎用性とコンパイル型言語の高速実行性のいいとこ取りをするという狙いである。NICAM の力学コアの Python/JAX 化はほぼ完成し、ノート PC から MIYABI, Jupiter など大型の GPU スーパーコンピュータまでのテストが進んでいる。本発表では、Python/JAX の開発の進捗と今後の計画を紹介する。



静止気象衛星ひまわりを用いた全天候 CWV 推定アルゴリズム開発

All-sky CWV estimation using HIMAWARI-8 satellite data

○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

熱帯海洋上の降水と水蒸気量の関係性は着目する時間スケールに応じて複雑に変化することが知られているが、その詳しいメカニズムは未解明である。更なる理解のために、全天候の鉛直積算水蒸気量 (CWV) の広域かつ高頻度観測の実現が望まれる。この条件を満たす観測手段は、「ひまわり」に代表される静止気象衛星がとくに適している。ひまわり衛星に搭載された可視赤外放射計 (AHI) は、対流圏中・上層の水蒸気に感度のある 6 μm 帯や窓チャンネル (10 μm 帯) 等の輝度温度を 10 分間隔でフルディスク観測する。そのため静止衛星から CWV が推定可能に思われるが、この観測特性を活かした CWV プロダクトは普及していない。本研究では、ひまわり 8 号の赤外観測から雲域内外を問わず CWV を導出する全天候アルゴリズムを開発する。

可視赤外放射計による CWV 推定の最大の課題は、雲域における推定である。雲は水蒸気以上に赤外放射を吸収するため、水蒸気に起因する赤外放射の吸収量のみを抽出することは非常に困難とされる。本研究では雲が水蒸気に比べて変動が早い特性と、静止気象衛星の高時間分解能を利用することで、この課題を克服し雲の影響を最小限にする手法を考案する。すなわち CWV 推定対象時刻が雲域の場合、その前後の時刻における晴天域の輝度温度を利用し雲域を含めた全天候の CWV 推定を行う。具体的には、CWV 推定対象時刻の前後 2 時間に着目し、その時間内の AHI 輝度温度をアルゴリズムの入力値とする。入力値から晴天域のみの輝度温度を抽出し、その値を用いて対象時刻における CWV を推定する。ただし「晴天域のみの輝度温度の抽出」は非常に複雑なプロセスであるため、CWV 推定には機械学習を使用する。

機械学習の教師データには、強雨域を除く全天候の CWV 推定が可能な低軌道衛星搭載のマイクロ波放射計「AMSR2」の観測値を用いる。入力値は、6 μm 帯と 10 μm 帯の合計 8 チャンネルの AHI の輝度温度を使用する。なお水蒸気が豊富な領域では、10 μm 帯も CWV 推定に最適であることが確認された。従ってこれらの輝度温度に加え、赤外放射の大気下端境界条件に代わる観測情報として Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OI SST) を入力値として使用する。

2016 年の熱帯域の観測値で学習モデルを作成し、2017 年の全天候 CWV 推定値を AMSR2 の CWV で初期検証を実施した結果、CWV 推定値の全球分布は季節に依存し変動する特徴的な推定バイアスパターンが確認された。このバイアスを軽減するために、各地点における輝度温度、OI SST、CWV の月平均と年平均を観測値と併せて学習に組み込む補正を行った。その効果によってバイアスは低減され、高時間分解能な全天候 CWV 推定の実現が期待できる結果となった。

EarthCARE Observations of Vertical Motion and Cloud Microphysical Structure in Tropical Cyclones

Jin-De Huang¹ · Woosub Roh¹ · Tomoki Miyakawa¹ · Masaki Satoh^{1,2}

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo,
Chiba, 277-8564, Japan,

2. Typhoon Science and Technology Research Center, Institute for
Multidisciplinary Sciences, Yokohama National University, Yokohama, 240-
8501, Japan

The Earth Cloud, Aerosol and Radiation Explorer (EarthCARE) provides the first spaceborne Doppler radar measurements of clouds and precipitation. We construct a tropical cyclone (TC) dataset by collocating 16 months of EarthCARE observations with the International Best Track Archive for Climate Stewardship, comprising 101 intercepts of 28 TCs. The inner-core region exhibits enhanced reflectivity, stronger and more variable upward air motion, and a broader Doppler velocity distribution. Although based on only two independent intercepts, inner-core results show consistent Doppler and air velocity structures. In the rainband region, the Doppler velocity distribution shifts toward more negative values, accompanied by more negative particle terminal velocities and a bright band near the melting level. Particle classifications show small ice dominates the upper troposphere, whereas snow extends toward more negative Doppler velocities between 5 and 12 km. These results show that regional variations in Doppler velocity reflect differences in both air motion and particle sedimentation. We conduct a preliminary single-case comparison for Hurricane Humberto using the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model with two common microphysical configurations. Both configurations underestimate TC intensity and produce narrower distributions than observed. Compared with K21, T24 more closely reproduces observed upper-level structure, with gradual changes in radar reflectivity and Doppler velocity, and a broader cloud ice distribution. Because the comparison is limited to one case, it demonstrates sensitivity to the microphysical configurations rather than a general evaluation of model performance. Overall, EarthCARE provides complementary constraints on vertical air motion, condensate properties, and particle sedimentation for evaluating TC microphysics.

Investigation of Clouds and Precipitation Systems over the Atlantic Ocean Using ECOMIP Simulations

○Woosub Roh¹ · Masaki Satoh¹

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Clouds and precipitation over the tropical Atlantic play an important role in the regional and global climate system through their interactions with atmospheric circulation and radiation. However, their representation remains challenging even in global storm-resolving models (GSRMs), particularly because of large uncertainties in convective dynamics and cloud microphysical processes.

The EarthCARE–ORCESTRa Model Intercomparison Project (ECOMIP) provides a unique framework for investigating these processes by combining multi-model simulations with observations from the EarthCARE satellite and the ORCESTRa (Organized Convection and EarthCARE Studies over the Tropical Atlantic) field campaign. ECOMIP includes simulations from various global and regional high-resolution atmospheric models for the tropical Atlantic during the ORCESTRa campaign. EarthCARE provides detailed observations of the vertical structure of clouds and precipitation, including Doppler velocity measurements, while ORCESTRa provides complementary observations from research aircraft, a research vessel, and ground-based instruments.

In this presentation, we investigate the characteristics of tropical clouds and precipitation systems over the Atlantic using ECOMIP simulations together with EarthCARE and ORCESTRa observations. We compare the spatial and vertical distributions of clouds and precipitation among the participating models and observations, with particular emphasis on radar reflectivity, Doppler velocity, and vertical air motion.

Thermodynamic phase regimes of convectively coupled equatorial wave disturbances

○Kei Ueyoshi¹ • Kazuaki Yasunaga¹

1: Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama

Equatorial waves accompanied by moist convection are referred to as convectively coupled equatorial waves (CCEWs). These waves significantly influence tropical precipitation by promoting the development and organization of mesoscale convective systems. However, CCEWs exhibit characteristics that differ substantially from those of equatorial waves predicted by the linear theory for a dry atmosphere.

This discrepancy remains a source of uncertainty in current numerical models. To improve our understanding of CCEWs, numerous observational and analytical studies have investigated the structure and propagation mechanisms of westward inertia–gravity waves (WIGs), a type of CCEW. Recent studies have focused particularly on the effective static stability and precipitation characteristics associated with WIGs. However, multiple mechanisms may be responsible for the coupling between waves and convection.

In fact, previous studies have suggested that the relationship between equatorial waves and convection varies with the equivalent depth of the waves, based on budget analyses of column-integrated moist static energy in spectral space. Therefore, this study aims to elucidate the detailed structures of convectively coupled WIGs.

Distinct Convective Evolution of Eastward- and Westward-Propagating Tropical Extreme Precipitation Systems

○Yi-Xian Li¹ • Yusuke Hiraga¹ • Martin Singh² • Hirohiko Masunaga³ •
Yi-Hung Kuo⁴ • Wei-Ming Tsai⁵

¹ Department of Civil and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Japan

² School of Earth, Atmosphere and Environment, Monash University, Australia

³ Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan

⁴ Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of California, Los Angeles, USA

⁵ Ocean Center, National Taiwan University, Taiwan

Tropical extreme precipitation is closely linked to both the vertical structure and strength of atmospheric motion, yet how these characteristics vary with propagation direction remains poorly understood. In this study, we focus on tropical extreme precipitation systems exhibiting coherent propagation. Propagating systems are selected based on the continuous migration of the meridional-mean rainfall maximum in a single zonal direction. Eastward-propagating systems remain predominantly bottom-heavy throughout their evolution, whereas westward-propagating systems follow the conventional evolution from bottom-heavy to top-heavy vertical structures. Furthermore, the strongest upward motion most frequently precedes the precipitation peak in both types, with a stronger pre-peak preference in eastward-propagating systems. Eastward-propagating systems also exhibit a greater dominance of pre-peak over post-peak precipitation than westward-propagating systems. In addition, eastward-propagating systems are predominant in the subtropics, whereas westward-propagating systems occur more frequently near the equator. Our results demonstrate that separating tropical extreme precipitation systems by their propagation characteristics reveals fundamentally different modes of tropical convective evolution.

Contrasting Characteristics and Lifecycle Evolution of Mesoscale Convective Systems between the Western and Eastern Pacific

Yi-Chien Chen • Hirohiko Masunaga

Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Mesoscale convective systems (MCSs) are major contributors to tropical precipitation and play a vital role in the redistribution of heat and moisture. However, their characteristics and lifecycle evolution can vary substantially across tropical oceans. This study investigates the contrasting characteristics and lifecycle evolution of MCSs between the Western Pacific (WP) and Eastern Pacific (EP) using the PyFLEXTRKR MCS tracking dataset (Feng et al., 2021), ERA5 reanalysis, and satellite precipitation products (GSMaP and IMERG). MCS events are classified into three lifetime groups: Short-lifetime MCS (SMCS; 6–12 hr), Moderate-lifetime MCS (MMCS; 13–24 hr), and Long-lifetime MCS (LMCS; ≥ 25 hr). Lifetime is normalized to directly compare MCS lifecycle evolution across systems of varying lifetimes.

Results show that WP MCSs are systematically larger in area than their EP counterparts, while EP MCSs exhibit a relatively higher proportion of long-lifetime systems. Composite analysis of vertical velocity indicates that EP MCSs exhibit stronger upward motion than WP MCSs throughout their lifecycle. Moreover, the period of intense ascent in EP MCSs appears to begin earlier and persists longer compared to WP MCSs.

Energy and moisture budget analyses reveal distinct regional differences in the thermodynamic evolution of MCS. EP MCSs exhibit stronger vertical and horizontal advection of dry static energy and moisture compared to WP MCSs throughout their lifecycle. Notably, the vertically integrated export of moist static energy advection in EP MCSs exceeds that of WP MCSs in the later lifecycle stages, while the reverse is true in the early stages. Physical implications for these regional characteristics are discussed.

高解像度 GCM の積雲対流スキーム

Cumulus convection scheme for high resolution GCMs

杉 正人
元気象研究所

Arakawa and Wu (2013) は、高解像度 GCM の積雲対流スキームとして unified parameterization を提案した。Sugi (2025) は、unified parameterization の問題点を指摘し、問題解決のために、雲解像モデルによる熱帯の積雲対流のシミュレーションにもとづく積雲対流の新しい概念モデルを提案した。この概念モデルの二つの重要な特徴は：1) 積雲上昇流の moist static energy は、環境場の saturation moist static energy とほぼ等しい。2) 積雲上昇流のマスフラックスは、積雲の面積 σ に比例するので、格子平均の上昇流に比例する。

本発表では、上述の積雲対流の概念モデルにもとづいて、高解像度 GCM の積雲対流スキームを提案する。1) 積雲上昇流の moist static energy から、エントレインメント率が計算できるので、それからマスフラックスの鉛直プロファイルを計算する。2) 雲底のマスフラックスが雲底における格子平均上昇流に比例するようにすることにより、積雲上昇流のマスフラックスが積雲の面積 σ に比例するようする。既存の積雲スキームのうち、Chikira スキームでは、概念モデルの 1) が成り立っている (Chikira and Sugiyama 2010)。従って、Chikira スキームで、雲底のマスフラックスを雲底における格子平均上昇流に比例するようにすれば、高解像度 GCM に適した積雲スキームが実現できる。

Arakawa, A., and C.-M. Wu, 2013: A unified representation of deep moist convection in numerical modeling of the atmosphere. Part I. J. Atmos. Sci., 70, 1977–1992, doi:10.1175/JAS-D-12-0330.1.

Chikira, M., and M. Sugiyama, 2010: A cumulus parameterization with state-dependent entrainment rate. Part I: Description and sensitivity to temperature and humidity profiles. J. Atmos. Sci., 67, 2171–2193, doi:10.1175/2010 JAS3316.1.

Sugi, M., 2025: Cumulus parameterization for gray zone: A conceptual model. SOLA, 21, 310–318, doi:10.2151/sola.2025-038.

船舶特別観測データを用いた大気境界層熱・水蒸気・質量収支解析

Heat, moisture, and mass budget analyses in the tropical marine atmospheric boundary layer revealed by shipborne special observations

○横井 寛

(国) 海洋研究開発機構

熱帯海上での積雲対流活動は主に大気境界層からの暖湿な上昇流によってもたらされ、一方で降水に伴う冷氣外出流は境界層を冷却・乾燥化させる。本研究では、こういった相互作用の大きさとその総観・季節内スケールでの変動について定量的に見積もるため、(国) 海洋研究開発機構が太平洋ーインド洋暖水域にて海洋地球研究船「みらい」を用いて長年実施してきた定点観測データを解析した。境界層準平衡が成立する時空間スケールにおける境界層内の熱・水蒸気・質量収支解析を通して、対流上昇流フラックスや冷氣外出流の強さを見積もることができた。主な結果は以下の通りである。

(1) 対流上昇流フラックスは発達中の熱帯低気圧の通過に伴って 1 桁以上増加し、大規模水平収束の増加と局地的な鉛直循環の強化が同程度の役割を果たしていた。

(2) 冷氣外出流と境界層上端からのエントレインメントはどちらも境界層の湿潤静的エネルギー (MSE) を低下させるが、積雲対流活動が活発な暖水域においてもエントレインメントの効果の方が概ね大きかった。

(3) 冷氣外出流による境界層 MSE の低下量は、対流活動の強さに加え、背景場の湿度や対流性／層状性雨域比に依存していた。

EarthCARE・GPM 衛星による鉛直流と非断熱加熱率の比較解析

Comparative analysis of vertical air motion and diabatic heating rates using EarthCARE and GPM satellites

○青木俊輔¹・久保田拓志¹・重尚一²

1. JAXA/EORC, 2. 京都大学大学院理学研究科

雲・降水過程に伴う潜熱・放射加熱は、多様なスケールの大気循環を駆動し、地球大気の鉛直エネルギー輸送において重要な役割を果たす。熱帯降雨観測衛星 (TRMM) や全球降水観測計画 (GPM) ミッションでは、衛星搭載の Ku 帯降水レーダ観測を用いて、降水システム内での潜熱加熱率の 3 次元プロファイルが推定されてきた。また、W 帯レーダ・大気ライダー・多波長イメージャを組み合わせた観測を行う A-Train 衛星群や雲エアロゾル放射 (EarthCARE) ミッションにおいては、放射加熱率プロファイルが推定されてきた。しかし、これらは直接観測量ではなく、雲・降水物理量のリトリバルやモデルに依存する不確実性を含む。EarthCARE 衛星に搭載された雲プロファイリングレーダ (CPR) は世界初の衛星搭載ドップラーレーダであり、観測された鉛直ドップラー速度から雲内部の大気鉛直流が推定されている。大気鉛直流と非断熱加熱は熱力学的収支を介して結び付くと期待される。そこで本研究では、CPR のドップラー速度観測から推定された大気鉛直流と、GPM 潜熱加熱プロダクト (SLH) で推定された潜熱加熱率、EarthCARE 4 センサ複合プロダクト (ALL_RAD) で推定された放射加熱率の 3 者を用い、異なる観測原理から独立に推定されたこれらの物理量が相互に整合するかを調査した。EarthCARE-GPM 同時観測データセットを用い、約 2 年間の衛星軌道交差事例を用い、地域・降水タイプごとに分類した統計解析を行った。層状性降水では、潜熱加熱率と鉛直流から評価した加熱率の双方に、融解層上方の加熱と下方の弱い冷却という共通した鉛直構造が現れた。また対流性降水では、対流圏全層にわたる深い加熱構造が双方で確認できたが、加熱プロファイルの高度分布は異なっていた。放射加熱率は潜熱加熱率より約 1 桁小さいが、雲上部やアンビル域では鉛直流との対応が示唆された。このように、独立に得られる衛星プロダクトを熱力学的整合性という共通の尺度で照合することで、直接検証が困難な物理量推定の不確実性を診断し、信頼性評価と改善に新たな制約を与えられる可能性を示す。