

PRESS RELEASE (2025/10/14)

盛夏期に出現するモンスーンジャイアの実体を解明

～台風の外側循環が巨大な渦を形成～

ポイント

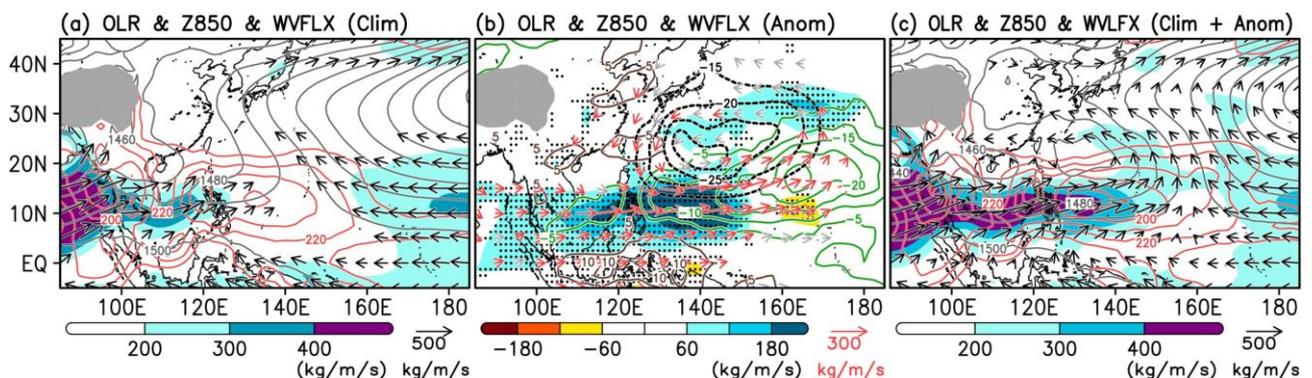
- ① 総観スケール（数日のスケール）でみられるモンスーンジャイア（モンスーン渦）は主として熱帯低気圧（台風）の外側循環（水平規模～2500km）によって形成されている。
- ② 新しい台風の外側循環に交替することでモンスーンジャイアは持続し、水蒸気コンベアベルトがその外側循環の交替に大きく寄与している。
- ③ 10日平均や月平均場では、モンスーンジャイアは積雲対流加熱に対するロスビー波（※1）応答の性格が強まる。このように多重時間スケールの構造がモンスーンジャイアの本質である。

概要

盛夏期（特に8月）の日本の南方海上に出現する巨大な反時計回りの渦はモンスーンジャイア（モンスーン渦）と呼ばれ、アジアモンスーン活動や台風の発生との関連などこれまで多くの研究がなされてきましたが、モンスーンジャイア自体の形成要因については混沌としていました。

本研究で、九州大学大学院理学研究院の川村隆一教授、理学府修士課程2年の丸野航輔大学院生（研究当時）、同課程2年の吉田尚起大学院生（研究当時）、藤原圭太技術専門官（高松地方気象台）の研究グループは、高解像度数値シミュレーションと大気再解析データを併用して、モンスーンジャイアの二つの側面（総観スケールと月平均のスケール）に注目することで、モンスーンジャイアの発生・持続メカニズムの全容を明らかにしました。解析結果から、①総観スケールでは、水平規模が2500kmに及ぶ台風の外側循環（outer circulation）がモンスーンジャイアの主要な形成要因であること、②複数の台風による外側循環の交替が水蒸気コンベアベルトの発達を介して繰り返され、交替が繰り返されることでモンスーンジャイアは持続すること、③長周期の時間スケールではモンスーンジャイアは積雲対流加熱に対するロスビー波応答の特徴が顕在化することを明らかにしました。これらの知見は、時として日本に甚大な豪雨災害をもたらす台風の遠隔降雨の発生メカニズムの解明とその予測、台風の発生環境場の形成要因と台風の発生予測などに大きく貢献するものです。また、豪雨災害ハザード（危険度）予測の観点のみならず、モンスーンジャイアと台風活動の近未来予測も益々重要な課題になると考えられます。

本研究成果は、2025年9月27日（土）に国際学術誌「Atmospheric Research」にオンライン掲載（早期公開）されました。また本研究はJSPS科研費補助金（JP24H00369）の助成を受けました。



【参考図】

8月の月平均850hPa高度（黒実線）、外向き長波放射量（色実線）、水蒸気フラックス（矢印と陰影）の合成図。左から気候平均分布、偏差分布、気候平均+偏差の分布。

偏差分布（中央図）において、日本の南方海上に巨大な低気圧の渦が見られ、モンスーンジャイア（モンスーン渦）に対応する。

【研究の背景と経緯】

盛夏期に日本の南方海上に出現する対流圏下層の巨大な反時計回りの渦（参考図参照）はモンスーンジャイア（モンスーン渦）と呼ばれ、その水平規模は 2500km に及び、日本列島をすっぽり覆うほどのスケールです。その寿命は一般的には 4 日以上で、時には 3 週間も持続すると考えられています。モンスーンジャイアは巨大な低気圧性循環なので、台風発生に好適な環境場を形成するという意味で、台風活動に与える影響が詳しく調べられてきました。一方で、エルニーニョ・ラニーニャ現象などの経年変動やマッデン・ジュリアン振動などの季節内変動がどのようにモンスーンジャイアを変調させるのかについてもこれまで注目されてきました。

ところが、過去の数多くの研究にもかかわらず、なぜモンスーンジャイアの空間スケールが 2500km 程度にならなければいけないのか、なぜ 1 週間以上も持続する傾向が強いのか、なぜ盛夏期（特に 8 月）に出現しやすいのか、そもそもモンスーンジャイア自体の形成要因は何か、等の本質的な問いに対して納得のいく解答を与える論文はほとんどなく混沌としていました。

そこで本研究では、モンスーンジャイアのプロセスは二つの側面（総観スケールと月平均のスケール）で互いに異なる特徴を持っていることに注目して、大気再解析データを用いた月平均場から盛夏期に出現しやすい理由を考察する一方、総観スケールにおいては理想化された背景場の下で擬似的な台風の再現実験などを行なうことで、モンスーンジャイアの空間スケールと時間スケールを支配している要因の解明を目指しました。

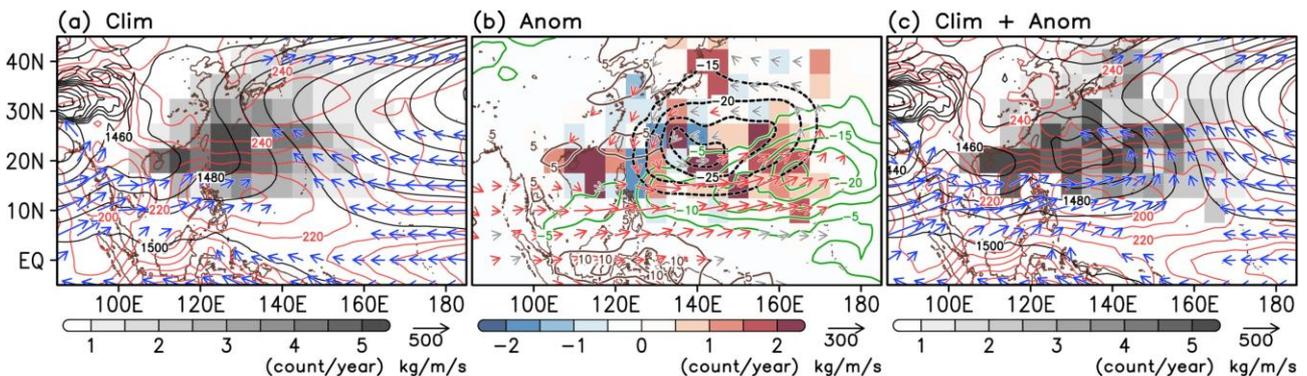


図 1

(a) 8月の月平均 850hPa 高度（黒実線）、外向長波放射量（色実線）、鉛直積算水蒸気フラックス（※2）（ベクトル）、台風経路の密度（陰影）の気候平均分布図。(b) 図 1a と同じ、ただし気候平均からの偏差分布。(c) 図 1a と同じ、ただし気候平均+偏差の分布。

盛夏期の 8 月の月平均場について、850hPa 流線関数からモンスーンジャイア指数を定義して、モンスーンジャイアが卓越した年の合成図と合成偏差図を示したのが図 1 です。8 月はアジア大陸からフィリピン海に延びる気圧の谷（モンスーントラフ）が最も顕著な時期です（図 1a）。モンスーンジャイア顕著年ではフィリピン東方海上で積雲対流が活発化して、対流活発域の北西方向に大規模な低気圧偏差が生じます（図 1b）。この現象は対流加熱に対するロスビー波応答であると力学的に解釈できます。図 1c は両図を重ねたもので、日本の南方海上に閉曲線で囲まれた低気圧の渦（モンスーンジャイア）が出現していることがわかります。注目すべきは台風経路の密度分布（緯度 5 度×経度 5 度の格子内を台風が通過した回数をカウント）との関係です。モンスーンジャイア周辺で台風活動が活発になっています（図 1b）。過去の研究で指摘されてきたように、モンスーンジャイアが台風活動に影響を与えていると考えがちですが、そのような一方的な関係ではなく、両者の相互作用の結果として捉えることがより適切であるというのが本研究の主な趣旨の一つです。

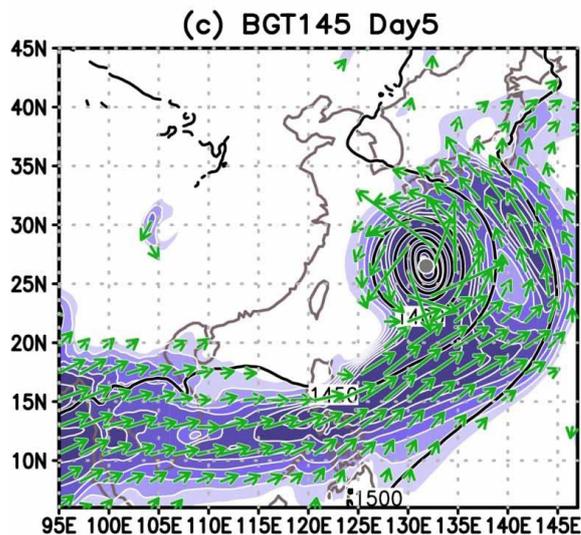


図 2
鉛直積算水蒸気フラックス（ベクトル）とその大きさ（陰影）の分布（台風ボーガス実験^[1]）。850hPa ジオポテンシャル高度（等値線）分布も併せて示す。

ベンガル湾・南シナ海上のアジアモンスーン下層西風とフィリピン海付近の台風との相互作用で形成される大規模な水蒸気の流れを「水蒸気コンベアベルト（Moisture Conveyor Belt: MCB）」と呼んでいる。台風は MCB を介して遠方の海域から多量の水蒸気を集積する^[2]ことができる。

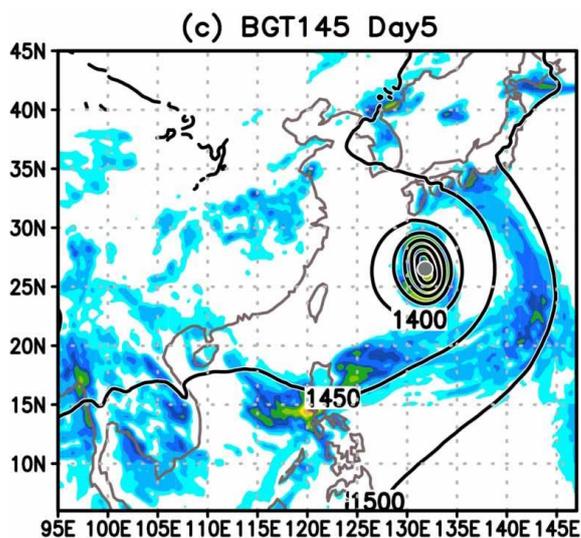


図 3
降水量（青色の陰影）および 850hPa ジオポテンシャル高度（等値線）の分布（台風ボーガス実験）。

台風コア降水とは別に、MCB に沿うように明瞭な降水帯が再現されている。この降水帯の西端のフィリピン北部と北端の日本太平洋沿岸部では大雨となり、台風の遠隔降雨^[3]と同定される。また、台風の存在がモンスーントラフ（図 1a）を歪めている様子が見てとれる。

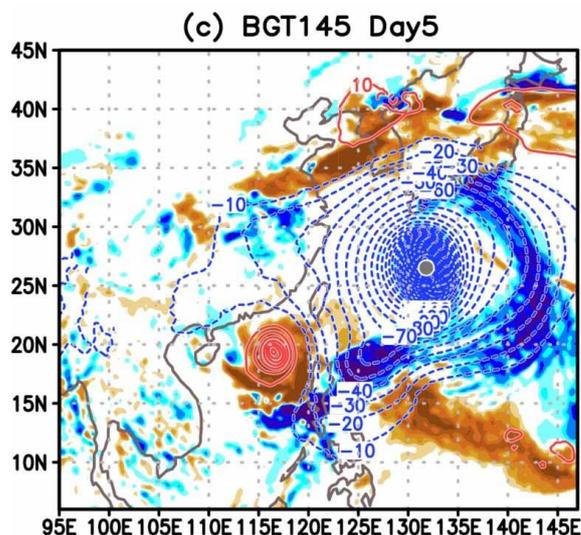


図 4
降水量（陰影）および 850hPa ジオポテンシャル高度（等値線）の偏差分布（台風ボーガス実験とコントロール実験との差）。青色の陰影は降水量が増加している地域、点線は低気圧偏差を指す。

点線で示される低気圧偏差は台風の外側循環（outer circulation）に対応する。その空間規模はおよそ 2500km に達する。外側循環の外縁部に沿って台風の遠隔降雨をもたらす降水帯が形成されている。

【研究の内容と成果】

そこで本研究では総観スケールのモンスーンジャイアの実体を明らかにするために、8月の気候平均場をもとに典型的なモンスーントラフが再現されている背景場を創り上げました。次に台風ボーガス（※3）と呼ばれる手法で、発生位置を経度方向に一定間隔でずらした複数の台風を背景場に埋め込み、台風の強度・サイズ・移動速度がほぼ同じで経路だけ東西方向に異なるような数値シミュレーション（台風ボーガス実験^[1]）を実施しました（初期位置が緯度 15 度・経度 145 度の疑似台風のシミュレシヨ

ン結果のみ図 2～図 4 に示す)。また併せて、複数の台風の外側循環の交替が明瞭にみられた 2021 年 7 月下旬の典型事例について領域気象モデルを用いた再現実験を行いました。本研究で明らかになった主な知見は以下の通りです。

- ① 台風ボーガス実験の解析から、総観スケール（数日のスケール）でみられるモンスーンジャイア（モンスーン渦）は熱帯低気圧（台風）の外側循環（水平規模～2500km）によって形成されており（図 4）、モンスーンジャイアの空間スケールと一致します。また外側循環の外縁部では水蒸気コンベアベルト（MCB）（図 2）が発達しており、台風の遠隔降雨（図 3）の発生要因となっています。
- ② 単一の台風では台風コアがほぼ消滅しても外側循環の残滓がしばしばみられますが、一週間を超えるようなモンスーンジャイアの寿命をほとんど説明できません。複数の台風による外側循環の交替が MCB の発達を介して繰り返されることで初めてモンスーンジャイアは一週間以上持続することが可能になります（図 5）。
- ③ 10 日平均や月平均場では、モンスーンジャイアは積雲対流加熱に対するロスビー波応答の性格が強まります（参考図）。月平均場でみられるモンスーンジャイアは気候平均のモンスーントラフとロスビー波応答による低気圧性循環の誘起の重ね合わせと解釈できますので、盛夏期に出現しやすい理由も説明できます。

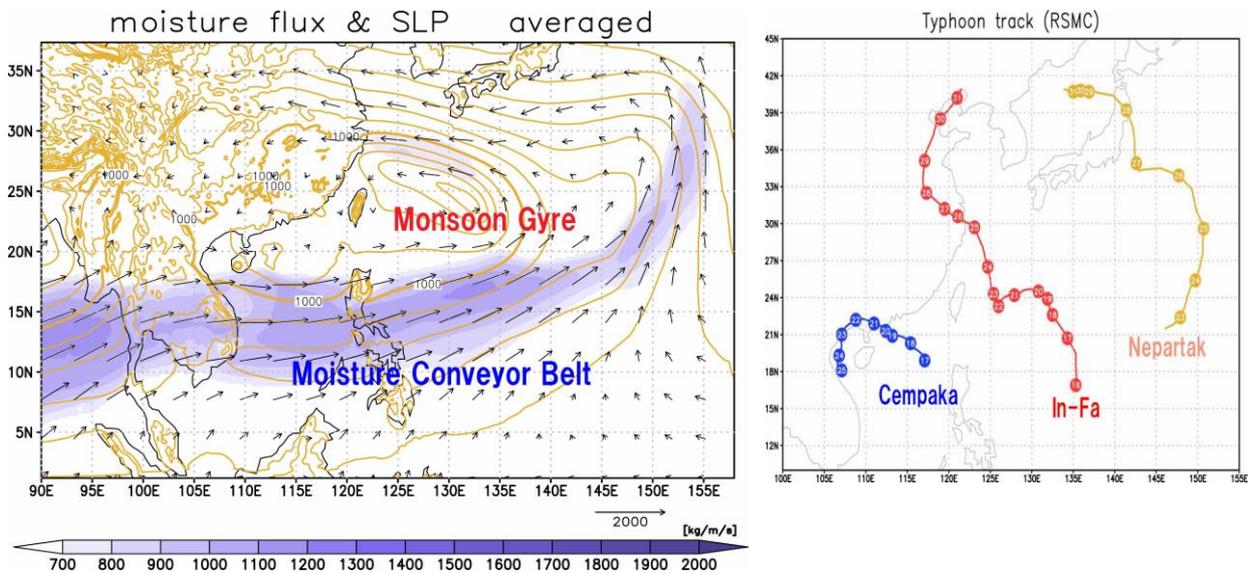


図 5

左図は 10 日平均の海面更正気圧（等値線）と鉛直積算水蒸気フラックス（ベクトル）の分布図。2021 年 7 月 18 日から 27 日までの期間平均。陰影は $700 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を超える強い水蒸気の流れを表し、水蒸気コンベアベルト（MCB）に対応する。右図は当該期間内に発生した三つの台風の経路図。

台風 In-Fa の外側循環から台風 Nepartak の外側循環への交替が起こっており（図略）、左図の 10 日平均場にみられるモンスーンジャイアは総観規模現象（ここでは三つの台風）の変調を反映している。

【今後の展開】

本研究から、多重時間スケールの構造がモンスーンジャイアの本質であることがわかります。また、台風の眼の壁雲（eyewall）近傍の詳細な内部構造の調査・研究に比べて、台風コアに付随する外側循環（outer circulation）はこれまでほとんど注目されてきませんでした。台風コアのサイズとは異なり、台風全体のサイズを推定するための海上風の衛星観測データが限られていたのも理由の一つです。しかしながら、本研究の結果から、台風の外側循環と水蒸気コンベアベルトの発達は密接に関連しており、両

者の精度の高い予測が日本に甚大な豪雨災害をもたらすポテンシャルを持っている台風の遠隔降雨の予測に必須であることが示唆されます。勿論、台風の発生環境場の形成要因と台風の発生予測などにも重要な知見を与えます。

あくまで本研究で定義されたモンスーンジャイア指数に基づきますが、今世紀に入って盛夏期のモンスーンジャイアの出現は抑制傾向にあります（図略）。太平洋 10 年規模変動などの長期変動との関連性も示唆されますが、台風活動とモンスーンジャイアの近未来予測は、台風による豪雨災害ハザード（危険度）予測の観点からも益々重要な課題になると考えられます。

【用語解説】

注 1) ロスビー波

惑星規模の大气波動で、コリオリ力（転向力）の緯度による違いが波の復元力になります。

注 2) 鉛直積算水蒸気フラックス

水蒸気フラックスを地表面から大気上端まで鉛直積分した値を指します。ここでの水蒸気フラックスは水平方向の水蒸気輸送の大きさと向きを表しています。

注 3) 台風ボーガス

一般的には、典型的な台風の 3 次元構造をモデル化した疑似的なデータを作成して数値モデルの初期場に埋め込む手法を指します。低解像度の客観解析値を初期値にした場合、現実の台風の発生・発達を予測することが難しいため、その問題を解決するために用いられます。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費補助金（JP24H00369）の助成を受けて行われました。

【参考文献】

[1] Yoshida et al. (2023): <https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100578>

[2] Fujiwara et al. (2017): <https://doi.org/10.1002/2017JD027557>

[3] Wu et al. (2024): <https://doi.org/10.1016/j.wace.2024.100714>

【論文情報】

掲載誌：Atmospheric Research

タイトル：Monsoon gyres over the western North Pacific in mid-summer on monthly and synoptic scales

著者名：Keita Fujiwara, Kosuke Maruno, Naoki Yoshida, and Ryuichi Kawamura

D O I : 10.1016/j.atmosres.2025.108517

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門 教授 川村 隆一（かわむら りゅういち）

TEL : 092-802-4233

Mail : kawamura.ryuichi.130@m.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学広報課

TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp