

## 熱帯－中高緯度相互作用が日本に梅雨明けをもたらす

フィリピン東方海上の降水域が7月下旬に急激に北東方向へ拡大する対流ジャンプ現象は、関東以北の梅雨明けに深く関係しています。対流ジャンプが中緯度・対流圏上層からの影響を受けて発生するメカニズムを解明しました。夏の気候形成における熱帯と中高緯度の相互作用の重要性を示す成果です。

日本の関東以北の梅雨明けは、7月下旬にフィリピン東方海上の積雲対流活動が活発な領域（いわゆる降水域）が急激に北東方向に拡大する“対流ジャンプ（convection jump）”現象の影響を受けて生じることが知られています。この対流ジャンプ発生領域を含む西部北太平洋亜熱帯域では、中緯度の対流圏上層から低気圧性渦で安定度の低い空気塊（高渦位空気塊）が亜熱帯域へ侵入する影響を受けて、積雲対流活動が活発になることが指摘されてきました。しかし、対流ジャンプの発生時における中高緯度からの影響については、十分な議論が進んでいませんでした。

本研究では、過去に発生した20事例の対流ジャンプについて解析しました。その結果、対流ジャンプ発生時には日本の東海上で偏西風が大きく蛇行しており、発生領域付近の対流圏上層に中高緯度から持続的で大規模な高渦位空気塊の流入がみられました。低気圧性循環を検出・追跡可能な手法により、流入した大規模な高渦位空気塊は、中緯度の対流圏上層に存在する大規模な気圧の谷から切離したものと捉えられました。また、高渦位空気塊の流入は力学的に上昇流を強化・維持するように働き、対流ジャンプ発生領域での積雲対流活動の活発化に影響することが分かりました。

これらの結果は、対流ジャンプが、これまでの研究で指摘されてきた亜熱帯の高い海面水温に起因する大気と海洋の結合作用の効果に加え、対流圏上層の高渦位空気塊が中高緯度から亜熱帯へ侵入したことによる力学的な効果を受けて発生することを示しています。

梅雨期から盛夏期にかけてのこのような季節進行のメカニズムを、熱帯－中高緯度相互作用の視点から詳細に検討することで、季節予報の精度向上や現象理解に貢献することが期待されます。

### 研究代表者

筑波大学生命環境系

植田 宏昭 教授

## 研究の背景

7月下旬にフィリピンの東方海上で積雲対流活動が活発な領域（熱帯収束帯）が急激に北東方向へ拡大する現象を「対流ジャンプ」と呼びます。この現象は、大気のテレコネクション<sup>注1)</sup>を介して日本の関東以北に劇的な梅雨明けをもたらすことが知られています。対流ジャンプの発生メカニズムはこれまで、亜熱帯の高い海面水温に関係する大気と海洋の結合作用によって説明されてきました<sup>参考文献1)</sup>。しかし、それ以外の影響、特に中高緯度から流入する高渦位<sup>注2)</sup>空気塊の効果については十分に明らかにされていませんでした。

本研究では、対流ジャンプの発生時に中高緯度から対流圏上層の高渦位空気塊が流入して対流活動の活発化に影響するメカニズムを、観測値を反映させた長期再解析データや寒冷渦指標<sup>注3)</sup>、参考文献2)を用いて調査しました。

## 研究内容と成果

過去48年間の大気データから対流ジャンプ現象の発生が確認された20事例を抽出し、解析を行いました。図1には、対流ジャンプの発生日の対流圏上層における、同じ暦日の平年値からの低気圧/高気圧偏差の配置と渦位分布、寒冷渦指標の等圧面の凹み分布、鉛直流を示しています。偏西風が急激に減速する領域である日本の東海上に、低気圧偏差と高気圧偏差が南北に並んで形成され（図1a）、渦位がロスビー波の砕波<sup>注4)</sup>の特徴を示す「逆S字型」の分布を示していることが分かります（図1b）。紫枠で示されている対流ジャンプの発生領域の北東側には高渦位空気塊の流入がみられ、低気圧偏差と対応しています。図1cに示す寒冷渦指標の等圧面の凹み分布は、高渦位空気塊の流入や低気圧偏差と対応しており、ロスビー波の砕波に伴う高渦位空気塊の流入の一部が寒冷渦であると解釈できます。対流圏中層の上昇流は、流入する高渦位空気塊の南西側で強まっており、対流ジャンプの発生に伴い積雲対流活動が活発になっていることが分かります（図1c）。つまり、対流ジャンプが発生する時には中緯度対流圏上層でロスビー波の砕波が発生し、対流ジャンプの発生領域付近に寒冷渦などの高渦位空気塊が流入することが分かります。

さらに本研究では、ロスビー波の砕波に伴う高渦位空気塊の流入と対流ジャンプの発生に伴う積雲対流活動との関係性を調べるため、渦位収支解析<sup>注5)</sup>と、上昇流に対する力学効果を診断する物理量であるQベクトル<sup>注6)</sup>を用いた解析を行いました。図2aには、対流ジャンプの発生日における対流圏界面付近の渦位移流（渦位の流入量）の分布と、積雲対流活動によって主に作られる渦位の分布を示しています。対流ジャンプの発生領域には正の渦位移流が分布しており、重なるように負の渦位が作られていることが分かります。正の渦位移流はロスビー波の砕波によりもたらされたもの、負の渦位の生成は対流ジャンプの発生に伴う積雲対流活動の効果であると、解釈できます。図2bには、対流ジャンプの発生領域で平均したQベクトルの発散と対流圏中層の鉛直流を時系列で示しています。Qベクトルの収束と上昇流の強化が同調するように生じることから、対流ジャンプの発生に伴う上昇流の強化と対流圏上層の変動の間には、力学的に関係性があることが確認されました。つまり、ロスビー波の砕波に伴って対流ジャンプの発生領域に高渦位空気塊が持続的に流入することで力学的な上昇流が必要となる場が作られ、これが対流ジャンプの発生に伴う上昇流の強化とその後の維持に寄与することが示されました。

## 今後の展開

本研究で、日本の特に関東以北に梅雨明けをもたらす対流ジャンプは、亜熱帯の大気と海洋の結合作用に加えて、ロスビー波の砕波に伴い流入する高渦位空気塊（寒冷渦）の力学的な影響を受けて発生することが分かりました（図3）。今回の解析で明らかになった対流ジャンプとロスビー波の砕波の関係について

ては今後、6月（日本の梅雨期）にフィリピンの東方海上で積雲対流活動が活発化し、7月下旬に対流ジャンプが発生するまでの季節進行の枠組みの中で、詳細に検討する予定です。

参考図

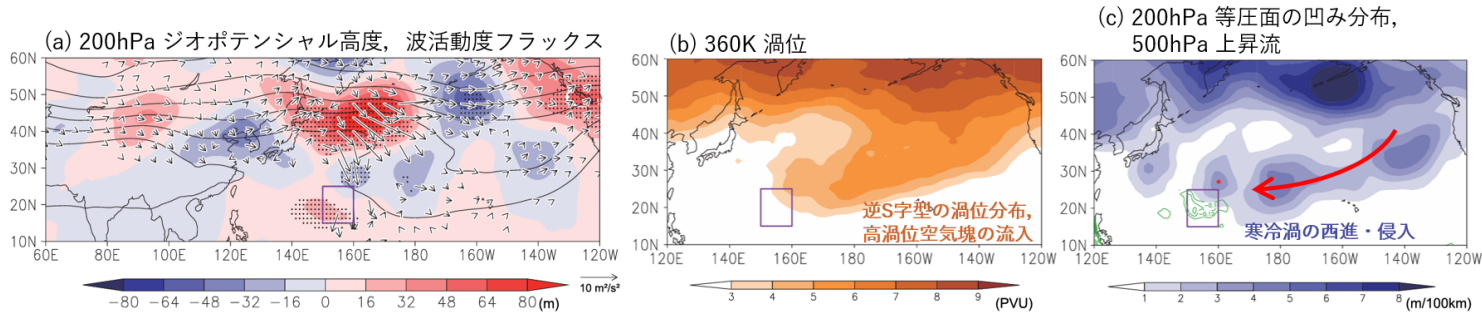


図 1：対流ジャンプ発生日における対流圏上層の合成図。(a) 200 hPa 面におけるジオポテンシャル高度の合成値（等値線）、同じ暦日の平年値からの偏差（陰影）、波の活動度フラックス（矢）を示した。点描は t 検定により信頼度 95% 以上で高度偏差が有意な領域である。(b) 360 K 面における渦位の合成値。(c) 200 hPa 面の寒冷渦指標における等圧面の凹み具合（陰影）、500 hPa 面における鉛直速度（負のみ、等値線）。赤点是对流ジャンプの発生に寄与したと考えられる寒冷渦に対応する凹みの中心を示す。紫枠是对流ジャンプの発生領域を示す。

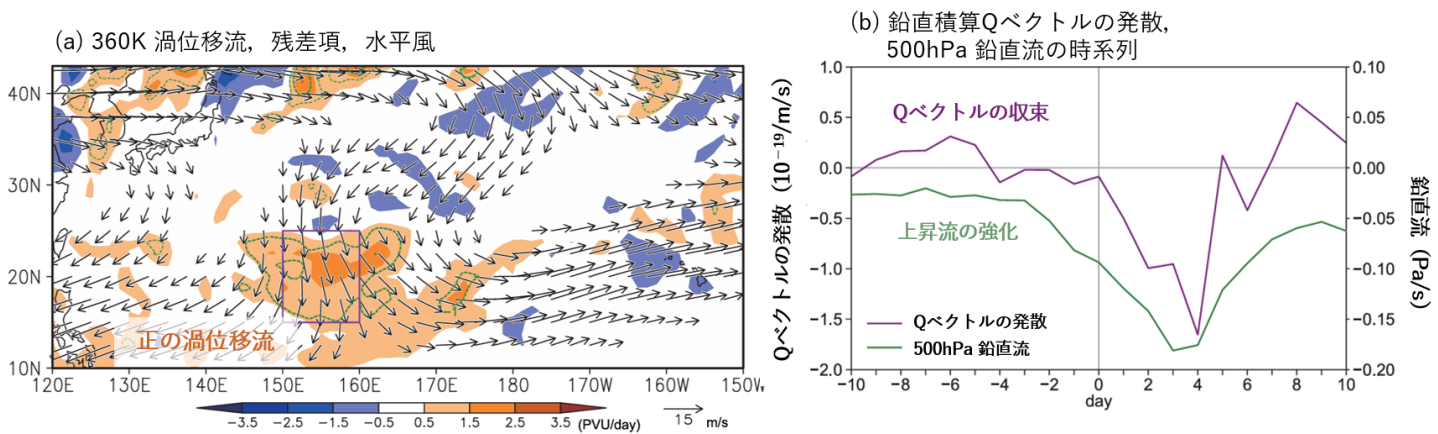


図 2：(a) 対流ジャンプ発生日における 360 K 面の渦位移流（陰影）、積雲対流活動などが作る渦位（等値線）、水平風（矢）。(b) 対流ジャンプ発生領域で平均した 850 hPa から 200 hPa で積算した Q ベクトルの発散（紫線）、500 hPa 面の鉛直流（緑線）の対流ジャンプ発生日前後における時系列。紫枠是对流ジャンプの発生領域を示す。

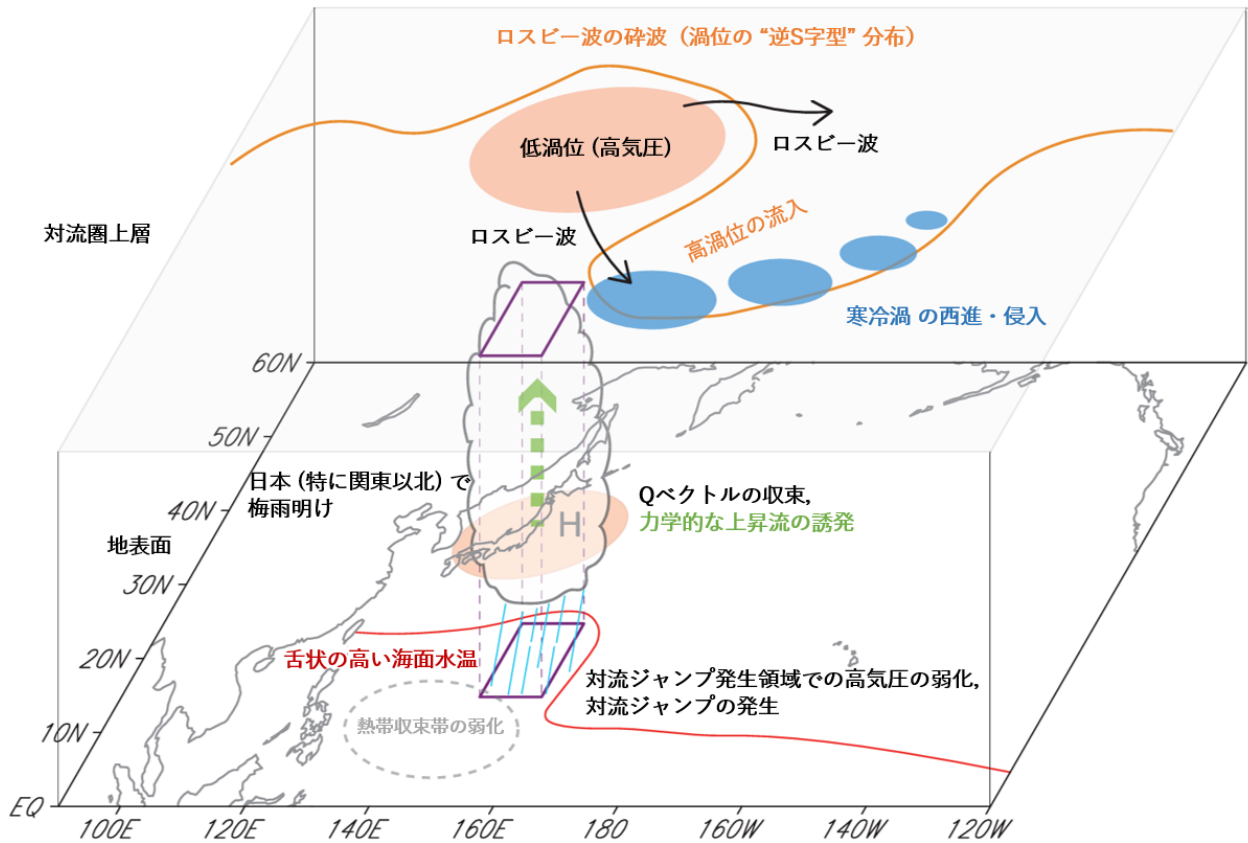


図3：これまでの研究と本研究の成果を踏まえた対流ジャンプの発生メカニズムの模式図。

### 用語解説

#### 注1) テレコネクション

遠隔影響とも言う。遠く離れた地域の気象要素が互いに相関をもって中長期的に変動する現象。対流ジャンプが発生すると、対流ジャンプの発生領域における低気圧からの影響を受けて関東以北に高気圧が作られるため、関東以北で梅雨明けが生じる。

#### 注2) 渦位

空気塊の渦の向きと安定性を示す物理量。惑星渦度と相対渦度の和である絶対渦度が大きく、空気塊の安定性が小さいほど高い値を持つ。対流圏界面付近の高渦位を持つ空気塊が亜熱帯へ流入すると、下層との結合作用を通じて積雲対流活動が活発になることがある。

#### 注3) 寒冷渦指標

大気の等圧面データから寒冷渦/トラフを検出する手法。Kasuga et al. (2021) により提案された。寒冷渦/トラフとは対流圏の中上層に発生する冷たい空気を伴った低気圧性の渦や気圧の谷のことを指し、高い渦位を伴う。この指標では等圧面データの幾何学的な凹み具合を用いてトラフやトラフから発達した寒冷渦を連続的に検出することができる。

#### 注4) ロスビー波の砕波

通常は高緯度側で大きい状態である渦位の南北勾配が、偏西風の大規模な蛇行によって反転する現象のことを指す。偏西風が急激に減速する日本の東海上では、高緯度側の高渦位と低緯度側の低渦位が時計回りに貫入して頻繁に発生する。このとき渦位は逆S字型の分布を示し、高渦位がフィリピンの東方海上付近まで流入する。

#### 注5) 渦位収支解析

本研究では、局所的な渦位の時間変化が、渦位の移流項と、主に積雲対流活動が渦位を作る効果を反



映した残差項の和で説明できるとして、それぞれの効果を示した。

#### 注 6) Q ベクトル

渦度や気温の変化と上昇流との力学的な関係性を診断することができる物理量。Q ベクトルの収束と大気鉛直流は比例関係にあり、Q ベクトルの収束は上昇流に対応し、Q ベクトルの発散は下降流に対応する。上昇流の強化が Q ベクトルの収束を伴っていると、渦度や気温の変化と上昇流との間に力学的な関係性があると解釈することができる。

#### 参考文献

- 1) 植田宏昭, 1998: 海洋性モンスーンの季節進行における大気海洋相互作用の役割 : 1997 年度山本・正野論文賞受賞記念講演 -日本気象学会山本・正野論文賞受賞記念講演-. 天気, **45**, 611-620.  
([https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/1998/1998\\_08\\_0611.pdf](https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/1998/1998_08_0611.pdf))
- 2) Kasuga, S., M. Honda, J. Ukita, S. Yamane, H. Kawase, and A. Yamazaki, 2021: Seamless detection of cutoff lows and preexisting troughs. *Monthly Weather Review*, **149**(9), 3119-3134.  
(プレスリリース : <https://www.niigata-u.ac.jp/wp-content/uploads/2021/09/210915rs.pdf>)

#### 研究資金

本研究は、文部科学省・科学研究費補助金「梅雨前線の形成・変動の理解に向けた新しい気団形成論の構築 (23K20542)」の支援を受け実施されました。

#### 掲載論文

- 【題名】 Nakanishi, R., M. Kuramochi, and H. Ueda, 2025: Summertime convection jump over the subtropical western North Pacific and its relation to Rossby wave breaking near the Asian jet exit region. *J. Meteor. Soc. Japan*, **103**, 5-15. (夏季西部北太平洋上の対流ジャンプとアジアジェット出口付近におけるロスビー波の碎波との関係)
- 【著者名】 中西亮太\* (筑波大学理工情報生命学術院)、倉持将也 (筑波大学理工情報生命学術院 = 研究当時、現気象庁)、植田宏昭 (筑波大学生命環境系) ※責任著者
- 【掲載誌】 *Journal of Meteorological Society of Japan*
- 【掲載日】 2024 年 12 月 10 日
- 【DOI】 <https://doi.org/10.2151/jmsj.2025-001>

#### 問い合わせ先

##### 【研究に関すること】

植田 宏昭 (うえだ ひろあき)

筑波大学生命環境系 教授

URL: <https://www.u.tsukuba.ac.jp/~ueda.hiroaki.gm/>

##### 【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: [kohositu@un.tsukuba.ac.jp](mailto:kohositu@un.tsukuba.ac.jp)