

## 2023年度山本賞の受賞者決まる

**受賞者：**岩切友希（気象庁気象研究所）

**研究業績：**多年性 ENSO 現象のメカニズムに関する研究

**選定理由：**

エルニーニョ・南方振動（ENSO）は熱帯大気海洋系における数年規模の卓越変動であり、全球各地で異常天候の発生要因となるため、そのメカニズムを理解することは気候科学としてだけでなく社会的にも重要である。ENSO の両位相であるエルニーニョとラニーニャの振動サイクルは不規則性を伴い、しばしば 2 年間持続する多年性（multi-year あるいは double-dip）イベントが発生する。

岩切氏は、多年性 ENSO 現象のメカニズムを明らかにするため、大気・海洋の再解析データ、最新の気候シミュレーションデータ、および理論的 ENSO モデルを用いて様々な解析を行った。まず、多年性 ENSO 現象を観測データおよび再解析データを用いて調べ、1961～2016年に発生した ENSO のうち多年性イベントが全体の約40%を占めていることや、現象の時空間構造の特徴を明らかにした。また、多年性 ENSO イベントでは、1 年目の ENSO が最盛になる時期の海面水温（SST）偏差の前後で、位相反転の指標である赤道太平洋の海洋蓄熱量偏差の符号が反転せず、海洋温度躍層の状態が維持されたままであることが、翌年に同位相の ENSO イベントを引き起こす主要因となっていることを明らかにした。とりわけ、海洋上層の熱収支解析から、赤道北側の海上東西風偏差が駆動する海洋エクマン輸送が、地衡流による海洋質量再充填（recharge）過程を阻害することが、蓄熱量偏差の維持に重要であることを見出した。

従来の ENSO 理論ではエクマン輸送の効果は赤道南北で打ち消し合う（南北方向のエクマン輸送が収束しない）が、多年性 ENSO イベントに伴う SST 偏差は単年性イベントに比べて南北幅が広く、それが赤道対称な海上東西風偏差を強制することで、正味のエクマン輸送の効果を無視できない大きさにしていた。SST 偏差の南北幅の変調は、ENSO 自身の非線形性に加えて、太平洋十年規模変動や太平洋南北モードなど ENSO 以外の要因により生じ得ることが示された。岩切氏は、さらに第 6 次結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP6）に参画した地球シス

テムモデル群による長期気候シミュレーションも解析し、上記のメカニズムを支持する結果を得ている。

多年性 ENSO の本質的なメカニズムを明らかにするため、岩切氏は、再充填放出振動子（recharge-discharge oscillator）理論に基づく低次元数理モデルを構築し、力学的考察を行った。解の成長率に影響する背景場の季節性を加えた上で、振動数に影響する再充填効率のパラメータを変化させることで、あるパラメータ範囲で多年性 ENSO に似た解があること、再充填効率が低いほど多年性 ENSO 解が頻発することを明らかにした。再解析データを用いてパラメータを推定した結果、地衡流のみの効果では多年性 ENSO 解が発生せず、再充填効率を低下させるエクマン輸送の効果を加えることで、観測データに見られる多年性 ENSO の発生頻度を、再充填放出振動子モデルを用いて再現することに成功している。この結果は、多年性 ENSO 発生に対するエクマン輸送の重要性を確認するだけでなく、現象の本質が背景場の季節性とエクマン輸送を含む太平洋大気海洋結合系の力学で説明できることを示している。

この研究は、エルニーニョ・ラニーニャに共通する不規則性の 1 つである多年性という特徴を包括的に説明した点に新規性がある。特に、複数のアプローチに基づき、海洋表層のエクマン輸送による海洋蓄熱量の充填再放出過程の阻害が多年性 ENSO の力学において本質的な役割を果たしていることを明らかにした点は重要な成果である。

以上の理由により、日本気象学会は岩切友希氏に優秀な論文を発表した新進の研究者・技術者に対する顕彰として2023年度山本賞を贈呈するものである。

**授賞対象論文：**

1. Iwakiri, T. and M. Watanabe, 2022: Multiyear ENSO dynamics as revealed in observations, climate model simulations, and the linear recharge oscillator. *J. Climate*, 35, 7625–7642, doi:10.1175/JCLI-D-22-0108.1.

**受賞者：**柳瀬友朗（理化学研究所開拓研究本部）

**研究業績：**放射対流平衡実験による湿潤対流の自己集合化メカニズムの解明

### 選定理由：

地球の気象・気候システムにおいて、雲は力学的にも熱力学的にも重要な役割を果たしている。とりわけ、湿潤対流の一部を成す対流性の雲は、しばしば集団化して組織構造を形成し、大気の循環や熱的構造を特徴づけている。このように湿潤対流を組織化させる要因として、周囲の安定度や鉛直シアーなどの外的条件だけでなく、湿潤対流が自発的に組織化する自己集合化も重要な過程である。

柳瀬氏は、湿潤対流の自己集合化メカニズムを明らかにするため、水平解像度と計算領域をパラメータとした、放射対流平衡の大規模数値実験を多数実施し、詳細な解析を行った。従来、水平解像度が高いほど自己集合化は生じないとされてきたが、柳瀬氏が行った一連の数値実験により、湿潤対流の自己集合化にはメソ $\alpha$ スケールの臨界長さが存在し、計算領域が500km四方以上と十分広ければ、水平解像度に依らず自己集合化が生じることが世界で初めて示された。湿潤対流の初期発達段階において、先行研究では、雲が存在する湿潤域と晴天の乾燥域とに大気が徐々に分離し、放射加熱場の変化を介してこの分離が明瞭化して自己集合化に至るとされていたが、実際の大気循環との関係性については不明であった。これに対して柳瀬氏は、可降水量の等値線に基づく準3次元流線関数を独自に定義し、水蒸気変動と関連した大気循環を解析できる新しい手法を開発した。この手法に基づき解析した結果、自己集合化が発生しない場合には、湿潤域下層の蒸発冷却に伴う浮力の水平勾配によって、湿潤域から乾燥域に向かう下層循環が卓越するが、自己集合化が発生

する場合には、乾燥域下層での放射冷却により生じる浮力の水平勾配によって、乾燥域から湿潤域に向かう下層循環が強化され、水蒸気の水平勾配が大きくなり、乾燥域と湿潤域のコントラストが明瞭化して自己集合化に至ることが明らかとなった。また、この下層循環は、乾燥域自由対流圏における下降流の惑星境界層への貫入がトリガーとなり、作り出されていることも分かった。このような、下層循環と対流圏全層の循環との競合により湿潤対流の自己集合化が決まるという描像は、柳瀬氏が世界で初めて示した概念であり、極めて独創的な結果を創出した論文と評価できる。

このように柳瀬氏は、放射・対流に伴う加熱分布に起因する大気循環を水蒸気変動に結び付けて理解することを可能とする新たな解析手法を開発し、自ら実施した多数の大規模な放射対流平衡実験を解析することで、湿潤対流の自己集合化の物理過程とメカニズムに新たな描像を示した。これらの成果はメソ降水系の更なる理解への貢献、および気象学の更なる発展に資するものである。

以上の理由により、日本気象学会は柳瀬友朗氏に優秀な論文を発表した新進の研究者・技術者に対する顕彰として2023年度山本賞を贈呈するものである。

### 授賞対象論文：

1. Yanase, T., S. Nishizawa, H. Miura, T. Takemi and H. Tomita, 2022: Low-level circulation and its coupling with free-tropospheric variability as a mechanism of spontaneous aggregation of moist convection. *J. Atmos. Sci.*, 79, 7625–7642, doi:10.1175/JCLI-D-22-0108.1.