

2023 年度正野賞の受賞者決まる

受賞者： 坂崎貴俊（京都大学理学研究科）

研究業績：大気潮汐と自由振動に関する先端的研究

選定理由：

大気中には様々な周期・スケールの変動が存在するが、坂崎氏はその中でも対流圏・成層圏における大規模かつ高周波な大気潮汐と自由振動に焦点を当てた研究を行ってきた。これらについての基本的な理論は 1970 年代にほぼ完成し 1990 年ぐらゐまでに観測的な研究も進んだが、その後の発展的な研究は停滞気味であった。このような背景において坂崎氏は、最新の観測データや数値モデリングを駆使し、斬新で独創的な研究を行った。

大気潮汐のうち太陽（熱）潮汐は、対流圏・成層圏の加熱の日変化により励起され、地上気圧の変動に明瞭に表れる一方で、上層にも伝播し中層大気で卓越する現象である。坂崎氏はこれについて、観測およびモデリングにより研究を行い[業績 1,2 等]、2015 年度気象学会山本賞を受賞した。また同時期に、衛星観測よりオゾンの日周変化を明らかにした[業績 3]。その後坂崎氏は、半日周期の大気潮汐（太陽熱潮汐・太陰重力潮汐）を中心に潮汐に関する研究を展開し[業績 4-8 他共著論文にて]、自由振動に着目した[業績 9,10]。

熱帯の地上気圧の日周期変動において、半日周期成分が一日周期成分より大きな振幅を持つことは良く知られている。1970 年代の「古典潮汐論」の完成により、その原因は一日・半日周期成分の鉛直伝播特性の違いによっておよそ説明できることが明らかになった。一方で、その考察が、複雑な非線形過程を含む現実大気にどこまで適用できるのかは自明ではない。そこで坂崎氏は、現実的な地形・物理過程を含む数値モデルを用いた感度実験を実施し、一日・半日潮汐の励起メカニズムを網羅的に考察した。その結果、一日潮汐では地表面加熱や対流圏加熱が重要であるのに対し、半日潮汐では成層圏加熱が対流圏加熱と同等に重要であることを示した。また、半日潮汐における潜熱加熱と地上摩擦の重要性も見出した[業績 5]。

熱帯域では、地上降水にも半日周期変動が存在する。この降水変動を生み出す要因として、ローカルな熱的要因に加え、グローバルな半日潮汐に伴う力学的要因も指摘されてきた。しかし両者の分離は難しく、長年未決着であった。そこで坂崎氏は、半日潮汐が成層圏内で強く励起されることに着目し、数値モデルを用いて両者を分離した理想化実験を行うことで、成層圏起源の半日潮汐が、力学強制として熱帯降水システムに作用して降水変動を生み出すことを明瞭に示した[業績 6]。

さらに半日太陰潮汐という現象に関して、熱帯の数十地点の海洋ブイの長期間観測データより、地上気温データに太陰潮汐シグナルを明瞭に見出すことに成功した[業績 7]。これは、およそ一世紀前の一地点での地上観測データの解析例(Chapman, 1932)に次ぐ二例目の

検出である。以上の研究のほか、中層大気における熱潮汐について総合的な報告を出版した[業績 8]。

大気潮汐は強制振動であるが、坂崎氏は最近、自由振動であるノーマルモードにも研究の幅を拡げている。その存在は古典潮汐論により理論的に示されているが、観測的な同定は、5 日波や 10 日波といった比較的周期の長いモード数例にとどまっていた。そこで最新の大気再解析データ ERA5 の 1 時間出力地上気圧データを解析し、短周期成分を中心に、これまで知られていたものよりも遥かに多くの自由振動モードを見出した。それがデータ同化に使ったモデルの中だけでなく現実に存在すること、またその定量的な評価から大気の減衰過程に関する知見が得られることを提唱した[業績 9]。さらに、自由振動モードが降水の変動を伴うことを見出した[業績 10]。以上のような潮汐と自由振動の研究に加え、最近の研究では、赤道域準二年周期振動の西風・東風ジェット内に停滞性波動が存在することを見出した[業績 11]。

以上のように、坂崎氏は、独自の視点と丹念な解析により次々に新しい知見をもたらしている。国際的にも高く評価されており、関連分野の再活性化も期待させる。以上の理由により、日本気象学会は坂崎貴俊氏に 2023 年度正野賞を贈呈するものである。

主な論文リスト：

1. Sakazaki, T., M. Fujiwara, X. Zhang, M. E. Hagan, J. M. Forbes, Diurnal tides from the troposphere to the lower mesosphere as deduced from TIMED/SABER satellite data and six global reanalysis data sets, *J. Geophys. Res.: Atmospheres*, 117(D13108), 2012. doi:10.1029/2011JD017117
2. Sakazaki, T., K. Sato, Y. Kawatani, S. Watanabe, Three-dimensional structures of tropical nonmigrating tides in a high-vertical-resolution general circulation model, *J. Geophys. Res.: Atmospheres*, 120(5), 1759-1775, 2015. doi:10.1002/2014JD022464
3. Sakazaki, T., M. Fujiwara, C. Mitsuda, K. Imai, N. Manago, Y. Naito, T. Nakamura, H. Akiyoshi, D. Kinnison, T. Sano, M. Suzuki, M. Shiotani, Diurnal ozone variations in the stratosphere revealed in observations from the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) on board the International Space Station (ISS), *J. Geophys. Res.: Atmospheres*, 118(7), 2991-3006, 2013. doi:10.1002/jgrd.50220
4. Sakazaki, T., T. Sasaki, M. Shiotani, Y. Tomikawa, and D. Kinnison, Zonally uniform tidal oscillations in the tropical stratosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 42(21), 9553-9560, 2015. doi:10.1002/2015GL066054
5. Sakazaki, T., and K. Hamilton, Physical Processes Controlling the Tide in the Tropical Lower Atmosphere Investigated Using a Comprehensive Numerical Model, *J. Atmos. Sci.*, 74(8), 2467-2487, 2017. doi: 10.1175/JAS-D-17-0080.1

6. Sakazaki, T., K. Hamilton, C. Zhang, and Y. Wang, Is there a stratospheric pacemaker controlling the daily cycle of tropical rainfall?, *Geophys. Res. Lett.*, 44(4), 1998-2006, 2017. <https://doi.org/10.1002/2017GL072549>
7. Sakazaki, T., and K. Hamilton, Discovery of a lunar air temperature tide over the ocean: A diagnostic of air-sea coupling, *npj Climate and Atmospheric Science*, 1(25), 2018. <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0033-9>
8. Sakazaki, T., M. Fujiwara, and M. Shiotani, Representation of solar tides in the stratosphere and lower mesosphere in state-of-the-art reanalyses and in satellite observations, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(2), 1437-1456, 2018. doi:10.5194/acp-18-1437-2018
9. Sakazaki, T., and K. Hamilton, An Array of Ringing Global Free Modes Discovered in Tropical Surface Pressure Data, *J. Atmos. Sci.*, 77(7), 2519-2539, 2020. doi:10.1175/jas-d-20-0053.1
10. Sakazaki, T., Tropical Rainfall Variability Accompanying Global Normal Mode Oscillations, *J. Atmos. Sci.*, 78(4)1295-1316, 2021. doi:10.1175/JAS-D-20-0288.1
11. Sakazaki, T., and Hamilton, K. (2022). Discovery of quasi-stationary equatorial waves trapped in stratospheric QBO westerly and easterly jets. *J. Geophys. Res: Atmospheres*, 127, e2021JD035670. doi:10.1029/2021JD035670.