

2019年度藤原賞の受賞者決まる

受賞者：新野 宏（東京大学大気海洋研究所）

業績：大気中の渦・乱流等メソスケール気象に関する
先駆的研究ならびに気象学・気象業務発展への
貢献

選定理由：

大気中の渦は、温帯低気圧や台風から竜巻、塵旋風に至るまで、様々なスケールの気象擾乱として人間活動に深く関わっており、災害をもたらす顕著現象の要因ともなっている。また、大気中の乱流運動は、潜熱・顕熱・運動量などの輸送や境界層雲の生成を通して、気象擾乱の時間発展から大気の平均的温度構造の形成、気候変動にまで深く関わっている。

新野 宏氏は、地球流体力学的アプローチにより、大気中の多様な渦・対流・乱流および湿潤過程が関わるメソスケール現象の先駆的研究を行ってきた。東京大学大学院生時代から気象研究所在籍中の1990年頃までは、大気・海洋中の基本的力学過程である順圧不安定の非線形発展について室内実験と理論により明らかにした(Niino and Misawa 1984)ほか、海陸風の空間・速度スケールを決める機構(Niino 1987)や海洋の熱塩前線中の水平貫入現象の発生機構(Niino 1986)を理論的に解明した。1990年に栃木県壬生町と千葉県茂原市で強い竜巻が発生したのを契機に、竜巻に関する詳細な現地調査やドップラーレーダーに基づく解析や包括的な統計解析(Niino *et al.* 1993; Niino *et al.* 1997; Suzuki *et al.* 2000)を行った。

さらに1995年に東京大学海洋研究所（現大気海洋研究所）に異動した後は、大学院生や共同研究者と共に、竜巻の高解像度数値シミュレーション(Mashiko *et al.* 2009)やアンサンブル再現実験(Yokota *et al.* 2018)に取り組み、竜巻の発生機構と内部構造、竜巻を生ずる温帯低気圧(Tochimoto and Niino 2016)や台風の構造・環境場を解明してきた。また、冬季に高緯度海洋上で生ずるメソスケール低気圧(Yanase and Niino 2007; Yanase *et al.* 2016; Watanabe *et al.* 2017)、地球や火星の裸地上で発生する塵旋風(Ito *et al.* 2013)、台風境界層に生ずるロール状渦構造(Nakanishi and Niino, 2012)など、大気境界層やメソスケールの多様な現象について先駆的な研究成果を数多く発表している。

数値予報の分野では、数値モデルの予測性能を確保する上で、信頼できる乱流境界層モデルの構築が重要

な課題の1つとなっている。新野氏は、防衛大学校の中西氏とともに、LESモデルの開発とそれを用いたMellor-Yamadaクロージャーモデルの改良に取り組み、計算安定性が高くクロージャーレベルの切り替え可能な湿潤境界層乱流モデル“MYNNスキーム”を考案した(Nakanishi and Niino 2004; 2006; 2009)。MYNNスキームは、2007年に気象庁の現業数値予報モデルであるMSMに世界初のLevel 3クロージャーモデルの現業実用化として導入され、両氏は2009年度の日本気象学会賞を受賞している。さらに、MYNNスキームは、大気・海洋結合気候モデルMIROCや、非静力学正20面体格子大気モデルNICAMにも導入され、気象・気候研究モデルの性能向上に大きく貢献するとともに、世界に多数のユーザーを持つ米国の数値モデルWRFやNOAAの現業同化予報サイクルにも導入されている。これら大気境界層の力学と乱流過程に関する研究により、中西氏とともに平成29年度文部科学大臣表彰（科学技術賞）を受賞している。

新野氏は、長年にわたり東京大学の教員として数多くの若手研究者・専門家を育成したほか、2011年4月から4年間は東京大学大気海洋研究所の所長を務め、同研究所の管理・運営に尽力した。また、2007年から10年間日本気象学会理事長を務め、学会の公益法人化を成し遂げるなど気象学の発展に貢献するとともに、日本学術会議等の学協会・各種委員会で要職を務めて、学術及び科学技術の振興・発展に寄与してきた。近年では交通政策審議会気象分科会会長として、科学技術を見据えた気象業務のあり方の提言をまとめるとともに、気象庁の数値予報モデル開発懇談会においても会長を務め、現業数値予報モデル開発の方向性や大学等研究機関との連携のあり方を取りまとめている。

このように新野 宏氏は大気中の渦・乱流等メソスケール気象に関する先駆的研究を推進し、ならびに気象学・気象業務の発展に多大な貢献をしてきたので、ここに2019年度日本気象学会藤原賞を贈呈するものである。

主な関連論文

- Niino, H. and N. Misawa, 1984: An experimental and theoretical study of barotropic instability, *J. Atmos. Sci.*, 41, 1992-2011.
- Niino, H., 1986: A linear stability theory of double-diffusive horizontal intrusion, *J. Fluid Mech.*, 171, 71-100.

- Niino, H., 1987: The linear theory of land and sea breeze circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 901-921.
- Niino, H., O. Suzuki, H. Nirasawa, T. Fujitani, H. Ohno, I. Takayabu, N. Kinoshita, Y. Ogura, 1993: Tornadoes in Chiba Prefecture on 11 December 1990, *Mon. Wea. Rev.*, 121, 3001-3018.
- Niino, H., T. Fujitani and N. Watanabe, 1997: A statistical study of tornadoes and waterspouts in Japan from 1961 to 1993, *J. Climate*, 10, 1730-1752.
- Suzuki, O., H. Niino, H. Ohno and H. Nirasawa, 2000: Tornado producing mini supercells associated with Typhoon 9019, *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1868-1882.
- Nakanishi, M. and H. Niino, 2004: An improved Mellor-Yamada Level-3 model with condensation physics: Its design and verification, *Bound.-Layer Meteor.*, 112, 1-31.
- Nakanishi, M. and H. Niino, 2006: An improved Mellor-Yamada Level-3 model: Its numerical stability and application to a regional prediction of advection fog, *Bound.-Layer Meteor.*, 119, 397-407.
- Yanase, W. and H. Niino, 2007: Dependence of the polar low development on baroclinicity and physical processes: An idealized high-resolution numerical experiment, *J. Atmos. Sci.*, 64, 3044-3067.
- Nakanishi, M. and H. Niino, 2009: Development of an improved turbulence closure model for the atmospheric boundary layer, *J. Meteor. Soc. Japan*, 87, 895-912.
- Mashiko, W., H. Niino, and T. Kato, 2009: Numerical simulation of a tornadogenesis in a mini-supercell in an outer rainband of Typhoon Shanshan on 17 September 2006, *Mon. Wea. Rev.*, 137, 4238-4260.
- Nakanishi, M., and H. Niino, 2012: Large-eddy simulation of roll vortices in a hurricane boundary layer, *J. Atmos. Sci.*, 69, 3558-3575.
- Ito, J., H. Niino, and M. Nakanishi, 2013: Formation mechanism of dust devil-like vortices in idealized convective mixed layers, *J. Atmos. Sci.*, 70, 1173-

1186.

- Tochimoto, E. and H. Niino, 2016: Structural and environmental characteristics of extratropical cyclones that cause a tornado outbreak in the warm sector: A composite study, *Mon. Wea. Rev.*, 144, 945-969.
- Yanase, W., H. Niino, S.I. Watanabe, K. Hodges, M. Zahn, T. Spengler and I.A. Gurvich, 2016: Climatology of polar lows over the Sea of Japan using the JRA-55 reanalysis, *J. Climate*, 29, 419-437.
- Watanabe, S.I., H. Niino, and W. Yanase, 2017: Structure and environment of polar mesocyclones over the northeastern part of the Sea of Japan, *Mon. Wea. Rev.*, 145, 2217-2233.
- Yokota, S., H. Niino, H. Seko, M. Kunii, and, H. Yamauchi 2018: Important factors for tornadogenesis as revealed by high-resolution ensemble forecasts of the Tsukuba supercell tornado of 6 May 2012 in Japan, *Mon. Wea. Rev.*, 146, 1109-1132.

受賞者：林 祥介（神戸大学理学研究科惑星学専攻・惑星科学研究センター）

業績：地球流体力学・惑星気象学の推進ならびに関連知見集積のための情報基盤の構築

選定理由：

林 祥介氏はこれまでおもに地球流体力学・惑星気象学の分野において世界を先導する研究業績をあげるとともに、同分野における科学的知見や研究推進に必要な計算機・情報関連の諸資源を、インターネット上に集積・開発する活動を長年にわたって提唱し主導してきた。また並行して、同分野の研究教育、情報交換のため研究会・セミナー等の場を立ち上げ、継続的に実施することで若手研究者の育成にも尽力してきた。

地球流体力学分野における林氏の業績の第一は、全地球が海洋で覆われた「水惑星」設定での大気大循環モデル(GCM)実験の発案により、本質的に非線形で数理的扱いが困難であった湿潤対流とその組織化に関する体系的な研究を可能にしたことである。世界初の「水惑星」GCM 実験を行い、赤道域においてクラウドクラスタとマッデン・ジュリアン振動(MJO)的な変動構造の間に「スーパークラウドクラスタ」という新たな階層が存在することなど、熱帯湿潤対流の階層的構造

に関する新奇性あふれる知見を得た (Hayashi and Sumi 1986)。この予言的な研究は、「ひまわり」データの解析により観測的に確かめられた。また、この研究を契機として国内外の研究者による多数の水惑星 GCM 実験がおこなわれ (Numaguti and Hayashi 1991 など)、さらに「国際水惑星大気大循環モデル比較実験」(APE) (2013 年の気象集誌特集号)を経て (Blackburn et al. 2013; Nakajima et al. 2013)、気候モデル比較実験の基本設定の一つとして定着するに至っている。

第二は、流体における波動伝播と不安定問題の統一的理解である。すなわち、従来、機械的に定義されてきた「基本場」と「擾乱」の区別、およびそのエネルギーや運動量に関して徹底的な再吟味を行うことにより、シア不安定が複数の波の相互作用として解釈できることを明確に示した (Hayashi and Young 1987)。この研究で案出された枠組みは、明快かつ一貫した物理的構造を備え、かつ、多様な設定に適用可能であり、その後の研究に強力な指導原理を与えた (Takehiro and Hayashi など)。

林氏は、上記したような研究業績をあげる一方で、地球流体力学の研究・教育の礎となる情報基盤の重要性をいち早く認識し、その基盤構築を企画・先導し、様々な活動を展開・深化させて来ている (林 1995)。1980 年代終盤より志を同じくする研究者らと開発した可視化ライブラリは、日本の多くの気象学研究者に利用され、今日に至っている。さらにその後も、より柔軟なオブジェクト指向の解析可視化ライブラリの開発を強力に支援した。科学の第 3 のパラダイムの勃興ともいわれた、理論から数値実験・シミュレーションへの変化、あるいは科学的手法の拡大にあっては、検証可能性担保のために誰もが使え追試計算できることの重要性を認識し、時代を先取りしてオープンソースの数値モデル群とライブラリの構築を主導した。多くの研究者の協力を得て開発されてきたソフトウェアはすべて、林氏が運営の中心を担う「地球流体電脳サーバ」で公開され、同分野の研究者に利用されてきた (Takehiro *et al.* 2006; <http://www.gfd-dennou.org/>)。さらに林氏は、地球流体力学・惑星科学に関する数多くのセミナーを企画・先導して、その資料をアーカイブ・公開している (<http://www.gfd-dennou.org/seminars/>)。従来、知の集積は論文や書籍によって実現されてきたが、それを補完するインターネット・情報化時代の「生きたサイエンス」の記録として大きな意味を持つ。

こういった地球流体力学及び情報基盤構築に関する深い洞察力に基づき、近年、林氏はより広く惑星の大気や内部流体の研究にも大きな貢献を果たしている。地球シミュレータや「京」などの最先端計算機資源で上記数値モデル群を駆使した大規模計算を通して、火星・金星・木星・系外惑星など多種多様な惑星における大気や内部コアの循環に関する研究(Sugiyama *et al.* 2006; Sasaki *et al.* 2011; Nishizawa *et al.* 2016; Noda *et al.* 2017)を主導してきた。これらの研究を通して我が国における惑星大気・惑星内部研究に携わる多くの研究者を育成するとともに、神戸大学の惑星科学研究センター設立にも中心的な役割を果たした。現在では、ポスト「京」の重点的研究開発の萌芽的課題にも取り組んでおり、次世代の地球流体力学・惑星大気数値シミュレーションの発展にも中心的な役割を果たしている。さらに、「あかつき」を始めとする惑星探査における観測的研究と理論的数値的研究を融合した研究を推進している(Nakamura *et al.* 2016; Kashimura *et al.* 2019)。

このように林 祥介氏地球流体力学・惑星気象学の独創的研究を推進し、ならびに関連した知見を集積するための情報基盤の構築に多大な貢献をしてきたので、ここに 2019 年度日本気象学会藤原賞を贈呈するものである

主な関連論文

- Hayashi, Y.-Y. and Sumi, A., 1986: The 30-40 day oscillation simulated in an "aqua-planet" model. *J. Met. Soc. Japan*, 64, 451-467.
- Hayashi Y.-Y. and Young, W.R., 1987: Stable and unstable shear modes of rotating parallel flows in shallow water. *J. Fluid Mech.*, 184, 477-504.
- Numaguti, A. and Hayashi, Y.-Y., 1991: Behavior of cumulus activity and the structures of circulations in an "Aqua Planet" model. *J. Met. Soc. Japan*, 69, 541-561. https://doi.org/10.2151/jmsj1965.69.5_541.
- Takehiro, S. and Hayashi, Y.-Y., 1992: Over-reflection and shear instability in a shallow-water model. *J. Fluid Mech.*, 236, 259-279.
- 林祥介, 1995: 地球流体電脳倶楽部 (GFD-DENNOU Club) 大学現場でのインターネット・情報計算環境の発展史と問題点を交えて. *天気*, 545-558.
- Takehiro, S., Odaka, M., Ishioka, K., Ishiwatari, M.,

- Hayashi, Y.-Y., and SPMODEL Development Group, 2006: SPMODEL: A Series of Hierarchical Spectral Models for Geophysical Fluid Dynamics. Nagare, 25, Nagare multimedia 2006.
- Sugiyama, K., Odaka, M., Kuramoto, K., and Hayashi, Y.-Y., 2006: Static stability of the Jovian atmospheres estimated from moist-adiabatic profiles. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L03201, doi:10.1029/2005GL024554.
- Sasaki, Y., Takehiro, S., Kuramoto, K., and Hayashi, Y.-Y., 2011: Weak-field dynamo emerging in a rotating spherical shell with stress-free top and no-slip bottom boundaries. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 188, 203-213. doi:10.1016/j.pepi.2011.06.019
- Blackburn, M., Williamson, D.L., Nakajima, K., Ohfuchi, W., Takahashi, Y.O., Hayashi, Y.-Y., Nakamura, H., Ishiwatari, M., McGregor, J., Borth, H., Wirth, V., Frank, H., Bechtold, P., Wedi, N.P., Tomita, H., Satoh, M., Zhao, M., Held, I.M., Suarez, M.J., Lee, M.-I., Watanabe, M., Kimoto, M., Liu, Y., Wang, Z., Molod, A., Rajendran, K., Kitoh, A., and Stratton, R., 2013: The Aqua Planet Experiment (APE): CONTROL SST Simulation. *J. Met. Soc. Japan*, 91A, 17-56.
- Nakajima, K., Yamada, Y., Takahashi, Y.O., Ishiwatari, M., Ohfuchi, W., and Hayashi, Y.-Y., 2013: The variety of spontaneously generated tropical precipitation patterns found in APE Results. *J. Met. Soc. Japan*, 91A, 91-141.
- Nishizawa, S., Odaka, M., Takahashi, Y.O., Sugiyama, K., Nakajima, K., Ishiwatari, M., Takehiro, S., Yashiro, H., Sato, Y., Tomita, H., and Hayashi, Y.-Y., 2016: Martian dust devil statistics from high - resolution large - eddy simulations. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 4180-4188. DOI: 10.1002/2016GL068896.
- Nakamura, M., Hayashi, Y.-Y. (32 人目), 他 50 人, 2016: AKATSUKI returns to Venus. *Earth, Planets, and Space*, 68, art.num. 75, DOI:10.1186/s40623-016-0457-6.
- Noda S., Ishiwatari, M., Nakajima, K., Takahashi, Y.O., Takehiro, S., Onishi, M., Hashimoto, G.L., Kuramoto, K., and Hayashi, Y.-Y., 2017: The

circulation pattern and day-night heat transport in the atmosphere of a synchronously rotating aquaplanet: Dependence on planetary rotation rate. *Icarus* 282, 1-18, doi:10.1016/j.icarus.2016.09.004.

Kashimura, H., Sugimoto, N., Takagi, M., Matsuda, Y., Ohfuchi, W., Enomoto, T., Nakajima, K., Ishiwatari, M., Sato, T.M., Hashimoto, G.L., Satoh, T., Takahashi Y.O., and Hayashi, Y.-Y., 2019: Planetary-scale streak structure reproduced in high-resolution simulations of the Venus atmosphere with a low-stability layer. *Nature Comm.*, 10:23, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07919-y>.