

2025 年度堀内賞の受賞者決まる

氏名:庭野匡思（気象庁気象研究所）

研究業績:日本の季節積雪とグリーンランド氷床を対象とした大気―雪氷相互作用研究の推進

選定理由:

地球上に広く分布する季節積雪、氷床、氷河などに代表される雪氷圏は、地球表層システムの中でも極めて重要な構成要素である。その変動は、他の陸面と同様、主として地上の気象場や大気環境の変化によって駆動される。近年、地球温暖化の進行に伴い、雪氷圏の質量や面積が急速に減少している。雪氷圏の後退は、単なる寒冷圏における局地的現象にとどまらず、アルベド変化によるフィードバックを通じて全球的な気温上昇を加速し、融解水の海洋流出を介して海水準上昇や海洋循環変化を引き起こすなど、地球全体の気候システムに重大な影響を及ぼし得る。また、日本においては、季節積雪が春先の重要な水資源であると同時に、豪雪、雪崩、吹雪などの災害を引き起こす要因ともなり、気象防災の観点からも極めて重要なモニタリング対象と位置づけられる。このような観点から、雪氷圏における大気―雪氷相互作用研究は、気象学と雪氷学の協力が不可欠であり、気象学の発展に資する極めて本質的な研究課題であるといえる。

庭野匡思氏は、雪氷圏で生起する多様な物理過程を高度に再現することを目指し、積雪変質モデル SMAP (Snow Metamorphism and Albedo Process) の開発に取り組んだ。庭野氏は札幌や長岡において多角的な観測によるモデルの精度検証を行い、その妥当性を実証した（業績 1, 2）。これまで積雪変質モデルの開発は、主に雪崩予測を目的としてヨーロッパアルプス地域において進められてきたが、庭野氏はこのモデルの応用可能性をより広範に捉え、大気―雪氷相互作用研究への応用を見通してその発展に尽力した。さらに、庭野氏は、気象庁の領域非静力学大気モデル NHM (Non-Hydrostatic atmospheric Model) と SMAP モデルを結合し、雪氷圏に特化した領域気候モデル NHM-SMAP を開発した。このモデルはグリーンランド氷床に適用され、地上気象場や積雪の物理状態に関して高い計算精度を示した（業績 3）。とくに、NHM-SMAP を用いた研究において庭野氏は、2012 年 7 月に発生したグリーンランド氷床の記録的広域表面融解イベントに注目し、雲放射が表面融解に果たす役割を、自らも取得に関わった北西グリーンランド氷床上観測地点 SIGMA-A サイトにおける現地観測結果（業績 4）と照合しつつ再検討した（業績 5）。その結果、雲は週間スケールでは氷床表面の長波加熱を促進し融解を加速させるが、夏季を通じたスケールでは短波放射の減少によって逆に融解を抑制する機能を有することが明らかとなり、雲と雪氷圏の相互作用に関する理解の深化に大きく貢献した。庭野氏は、そこで見出された新たな知見に基づき、氷床表面融解に対する雲の影響に関するより体系的かつ包括的な解説記事を公表した（業績 6）。また、近年の北極温暖化増幅を受けてグリーンランド氷床上における降雨が 1980 年以降増加し、降雪は逆に減少していることを世界で初めて示した（業績 7）。さらに、2018 年北西グリーンランド氷床上をトラバースして雪氷現地観測データを取得したり（業績 8）、また 2023 年には、北極温暖化増幅の影響を受けて雪氷物理状態が急変している SIGMA-A サイトに新しい自動気象観測装置をリーダーとして設置して今後のモデル検証のための長期モニタリングを可能なものとしたりするなど（業績 9）、先進的な取り組みを続けている。

さらに庭野氏は、この大気―雪氷結合モデリングの枠組みを日本の季節積雪研究にも展開し、気象庁の現業予報で運用されている局地モデル LFM (Local Forecast Model) と SMAP を結合させた日本域モデル LFM-SMAP を開発した（業績 10）。これにより、季節積雪に蓄えられた「天然のダム」とも呼ばれる水当量を定量化することに成功し、日本の水資源管理や気象業務

に対する応用可能性を提示した。近年では、気象庁が提供する各種気象・環境情報の更なる高度化・高精度化に寄与すべく、領域気象・化学モデルと SMAP モデルを結合する研究にも取り組んでいる（業績 11）。

庭野氏の開発した NHM-SMAP は、IPCC 第 6 次評価報告書（AR6）第 1 作業部会（WG1）第 9 章において当該成果（業績 3, 5）が引用されるなど、国際的にも高く評価されている。さらに、グリーンランド氷床の表面質量収支を計算するモデルの国際相互比較プロジェクトに貢献し（業績 12, 13, 14, 15, 16）、同モデルは精度の高い 4 モデルの一つとして評価された（業績 13）。庭野氏は、日本気象学会の英文速報誌 SOLA やヨーロッパ地球科学連合（EGU）が刊行する The Cryosphere の編集委員、日本学術会議の FE・WCRP 合同分科会 CliC 小委員会委員、北極域研究加速プロジェクト ArCS II サブ課題代表などを歴任し、国内外の学術的活動にも貢献している。

以上のように庭野匡思氏は、卓越した研究能力と国際連携を活かして、日本の季節積雪及びグリーンランド氷床における大気―雪氷相互作用研究の新たな地平を切り拓くとともに、現業気象業務の高度化にも貢献し、気象学とその周辺分野の発展に極めて顕著な業績を挙げている。これらの業績は、気象学と気象技術の発展・向上に大きな影響を与えているものと認められる。

以上の理由により、日本気象学会は庭野匡思氏に 2025 年度堀内賞を贈呈するものである。

業績一覧

Niwano, M., T. Aoki, K. Kuchiki, M. Hosaka, and Y. Kodama, 2012: Snow Metamorphism and Albedo Process (SMAP) model for climate studies: Model validation using meteorological and snow impurity data measured at Sapporo, Japan, J. Geophys. Res., 117, F03008, <https://doi.org/10.1029/2011JF002239>.

1. Niwano, M., T. Aoki, K. Kuchiki, M. Hosaka, Y. Kodama, S. Yamaguchi, H. Motoyoshi, and Y. Iwata, 2014: Evaluation of updated physical snowpack model SMAP, Bull. Glaciol. Res., 32, 65-78, <https://doi.org/10.5331/bgr.32.65>.
2. Niwano, M., T. Aoki, A. Hashimoto, S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, K. Fujita, A. Tsushima, Y. Iizuka, R. Shimada, and M. Hori, 2018: NHM-SMAP: spatially and temporally high-resolution nonhydrostatic atmospheric model coupled with detailed snow process model for Greenland Ice Sheet, The Cryosphere, 12, 635-655, <https://doi.org/10.5194/tc-12-635-2018>.
3. Niwano, M., T. Aoki, S. Matoba, S. Yamaguchi, T. Tanikawa, K. Kuchiki, and H. Motoyama, 2015: Numerical simulation of extreme snowmelt observed at the SIGMA-A site, northwest Greenland, during summer 2012, The Cryosphere, 9, 971-988, <https://doi.org/10.5194/tc-9-971-2015>.
4. Niwano, M., A. Hashimoto, and T. Aoki, 2019: Cloud-driven modulations of Greenland ice sheet surface melt, Sci. Rep., 9, 10380, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46152-5>.
5. Niwano, M., 2022: Roles of clouds in the Greenland ice sheet surface energy and mass balances. In: Akimoto, H., Tanimoto, H. (eds) Handbook of Air Quality and Climate Change. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2527-8_37-1.

6. Niwano, M., J. E. Box, A. Wehrlé, B. Vandecrux, W. T. Colgan, and J. Cappelen, 2021: Rainfall on the Greenland ice sheet: present-day climatology from a high-resolution non-hydrostatic polar regional climate model, *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2021GL092942, <https://doi.org/10.1029/2021GL092942>
7. Niwano, M., S. Yamaguchi, T. Yamasaki, and T. Aoki, 2020: Near-surface snow physics data from a dog-sledge traverse expedition in the northwest Greenland ice sheet during 2018 spring. *Polar Data Journal*, 4, 133-144, <http://doi.org/10.20575/00000019>.
8. Niwano, M., M. Nishimura, R. Shimada, T. Yamasaki, N. Ohkawara, S. Sunako, T. Aoki, A. Hashimoto, T. Tanikawa, S. Matoba, and S. Yamaguchi, S., 2024: Field activities at the SIGMA-A site, northwestern Greenland ice sheet, 2023, *Bull. Glaciol. Res.*, 42, 61-68, <https://doi.org/10.5331/bgr.24R03>
9. Niwano, M., M. Suya, K. Nagaya, S. Yamaguchi, S. Matoba, I. Harada, and N. Ohkawara, 2022: Estimation of seasonal snow mass balance all over Japan using a high-resolution atmosphere-snow model chain, *SOLA*, 18, 193-198, <https://doi.org/10.2151/sola.2022-031>.
10. Niwano, M., M. Kajino, T. Kajikawa, T. Aoki, Y. Kodama, T. Tanikawa, and S. Matoba, 2021: Quantifying relative contributions of light-absorbing particles from domestic and foreign sources on snow melt at Sapporo, Japan during the 2011-2012 winter, *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2021GL093940, <https://doi.org/10.1029/2021GL093940>
11. Box, J. E., Nielsen, K. P., Yang, X., Niwano, M., Wehrlé, A., van As, D., Fettweis, X., Køltzow, Morten A. Ø., Palmason, B., Fausto, R. S., van den Broeke, M. R., Huai, B., Ahlstrøm, A. P., Langley, K., Dachauer, A., and Noël, B., 2023: Greenland ice sheet rainfall climatology, extremes and atmospheric river rapids, *Meteorol. Appl.*, 30(4), e2134, <https://doi.org/10.1002/met.2134>.
12. Fettweis, X., S. Hofer, U. Krebs-Kanzow, C. Amory, T. Aoki, C. J. Berends, A. Born, J. E. Box, A. Delhasse, K. Fujita, P. Gierz, H. Goelzer, E. Hanna, A. Hashimoto, P. Huybrechts, M.-L. Kapsch, M. D. King, C. Kittel, C. Lang, P. L. Langen, J. T. M. Lenaerts, G. E. Liston, G. Lohmann, S. H. Mernild, U. Mikolajewicz, K. Modali, R. H. Mottram, M. Niwano, B. Noël, J. C. Ryan, A. Smith, J. Streffing, M. Tedesco, W. J. van de Berg, M. van den Broeke, R. S. W. van de Wal, L. van Kampenhout, D. Wilton, B. Wouters, F. Ziemen, and T. Zolles, 2020: GrSMBMIP: intercomparison of the modelled 1980-2012 surface mass balance over the Greenland Ice Sheet, *The Cryosphere*, 14, 3935-3958, <https://doi.org/10.5194/tc-14-3935-2020>.
13. Krinner, G., C. Derksen, R. Essery, M. Flanner, S. Hagemann, M. Clark, A. Hall, H. Rott, C. Brutel-Vuilmet, H. Kim, C. B. Ménard, L. Mudryk, C. Thackeray, L. Wang, G. Arduini, G. Balsamo, P. Bartlett, J. Boike, A. Boone, F. Chéruiy, J. Colin, M. Cuntz, Y. Dai, B. Decharme, J. Derry, A. Ducharne, E. Dutra, X. Fang, C. Fierz, J. Ghattas, Y. Gusev, V. Haverd, A. Kontu, M. Lafaysse, R. Law, D. Lawrence, W. Li, T. Marke, D. Marks, M. Ménégoz, O. Nasonova, T. Nitta, M. Niwano, J. Pomeroy, M. S. Raleigh, G. Schaedler, V. Semenov, T. G. Smirnova, T. Stacke, U. Strasser, S. Svenson, D. Turkov, T. Wang, N. Wever, H. Yuan, W. Zhou, and D. Zhu, 2018: ESM-SnowMIP: assessing snow models and quantifying snow-related

climate feedbacks, *Geosci. Model Dev.*, 11, 5027–5049,
<https://doi.org/10.5194/gmd-11-5027-2018>.

14. Ménard, C. B., R. Essery, A. Barr, P. Bartlett, J. Derry, M. Dumont, C. Fierz, H. Kim, A. Kontu, Y. Lejeune, D. Marks, M. Niwano, M. Raleigh, L. Wang, and N. Wever, 2019: Meteorological and evaluation datasets for snow modelling at ten reference sites: description of in situ and bias-corrected reanalysis data, *Earth Syst. Sci. Data*, 11, 865–880, <https://doi.org/10.5194/essd-11-865-2019>.
15. Ménard, C. B., R. Essery, G. Krinner, G. Arduini, P. Bartlett, A. Boone, C. Brutel-Vuilmet, E. Burke, M. Cuntz, Y. Dai, B. Decharmem, E. Dutra, X. Fang, C. Fierz, Y. Gusev, S. Hagemann, V. Haverd, H. Kim, M. Lafaysse, T. Marke, O. Nasonova, T. Nitta, M. Niwano, J. Pomeroy, G. Schädler, V. Semenov, T. Smirnova, U. Strasser, S. Swenson, D. Turkov, N. Wever, and H. Yuan, H., 2021: Scientific and human errors in a snow model intercomparison. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 102, E61–E79, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0329.1>.