

# 地域気候モデルによる積雪の将来予測準備とバイアス評価

課題責任者

山崎 剛 東北大学 大学院理学研究科

著者

山崎 剛\*<sup>1</sup>, 高橋 直也\*<sup>1</sup>, 川瀬 宏明\*<sup>2</sup>, 山口 悟\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> 東北大学 大学院理学研究科, \*<sup>2</sup> 気象庁 気象研究所, \*<sup>3</sup> 防災科学技術研究所

積雪の将来変化の地域差を明らかにすることを目的とし、気象庁気象研究所の地域気候モデル NHRCM による 1km のダウンスケーリングを北信越と南東北の 2 地域について実施する準備として、5km の結果で過去気候、2℃上昇、4℃上昇それぞれについて少雪・平均・他雪の各 5 事例の選定を行った。過去実験について抽出した延べ 15 年分の 1km のダウンスケーリングを両地域について実施した。また、全球再解析 JRA-55 を 5km にダウンスケーリングしたデータをもとにした 1km ダウンスケーリングを実施した。この結果を、AMeDAS および防災科学技術研究所の山岳域での積雪深観測データと比較した。1km の積雪深は 5km に比べ地形をより反映したものになっていた。山岳域では 5km は顕著な過大評価であるが、1km はやや過小評価であった。日本海側平地で 5km に見られる負のバイアスは 1km でも解消されなかった。

**キーワード：**地域気候モデル、ダウンスケーリング、積雪、バイアス、山岳域

## 1. はじめに

温暖化に伴い積雪は減少すると考えられるが、中部日本の山岳域については大雪が増える可能性があり、極端化が起こると予測されている[1], [2]。積雪の分布は地域によって特性が異なるうえ、細かな地形の影響も強く受ける。積雪の将来変化の地域差を明らかにするため、1km のダウンスケーリングを北信越と南東北の 2 地域について実施する準備として、5km の結果で過去気候、2℃上昇、4℃上昇それぞれについて少雪・平均・他雪年の選定を行った。過去実験について 1km のダウンスケーリングを実施するとともに、全球再解析 JRA-55 を 5km にダウンスケーリングしたデータをもとにした 1km ダウンスケーリングも実施して、地域気候モデル NHRCM による積雪深のバイアスを山岳積雪のポイント観測データにより調べた。

## 2. 方法と使用データ

気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) によって作成された水平解像度 5km のシミュレーション結果 (SI-CAT DDS5TK) を気象庁気象研究所の地域気候モデル NHRCM により 1km までダウンスケーリングした。対象領域は図 1 に示す北信越と南東北の 2 地域である。なお、黒色で示される中部山岳域については、すでに SI-CAT で 1km のダウンスケーリングが実施されている。

SI-CAT DDS5TK は NHRCM により、d4PDF をもとに過去実験、4℃上昇実験および 2℃上昇実験について、東北地方から九州にかけての領域を 5km にそれぞれ 372 年分のダウンスケーリングしたデータである[3]。検証のために気象庁の全球再解析データ JRA-55 を初期値、境界値とした実験も行っている。

1km へのダウンスケーリングは、SI-CAT DDS5TK において、過去、2℃上昇、4℃上昇それぞれについて、少雪・平均・他雪の年を 5 年分ずつ抽出して実施することとした。

少雪・多雪年は北信越については標高 800m 以上、南東北では標高 500m 以上の領域について、年最大積雪深の領域平均値で決めた。今年度は過去実験 d4PDF (HPB) について、抽出した 15 年分の 1km ダウンスケーリング実験を北信越と南東北それぞれの地域で実施した。

一方、バイアス評価のための JRA-55 をもととする 1km へのダウンスケーリングを 2005-2006、2006-2007、2015-2016 年の 3 冬について実施した。比較検証には防災科学技術研究所で行われている山岳積雪観測データと AMeDAS の積雪深を用いた。防災科学技術研究所では 15 地点で積雪深と積雪相当水量の観測が行われており、このうち北信越地域に含まれる 8 地点と南東北に含まれる 2 地点の積雪深データをバイアス評価のために用いた。AMeDAS は積雪深を観測している地点のうち、NHRCM の格子と観測地点の標高差が 50m 以内である北信越 35 地点、南東北 37 地点を用いた。

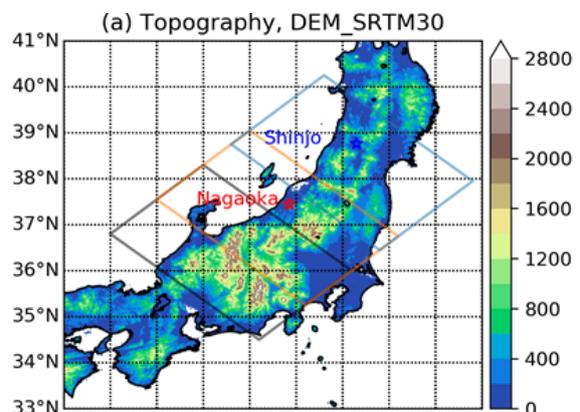


図 1 1km ダウンスケーリングの実行領域と地形標高 (m)。オレンジ色：北信越、水色：南東北。黒色は SI-CAT にて実施した中部地域。

### 3. 結果

以下に JRA-55 に基づく積雪深のバイアス評価の結果を述べる。図 2 と図 3 に 1km および 5km の JRA-55 をもととするダウンスケーリングの結果と観測値を比較したものを示す。多雪であった 2005-2006 年の冬と少雪であった

2006-2007 年の冬を示してある。両地域ともに 1km の積雪深は 5km に比べ地形をより反映したものになっている。山岳域では 5km では顕著な過大評価であるが、1km ではやや過小評価である。日本海側平地での負のバイアスは 1km でも解消されていない。

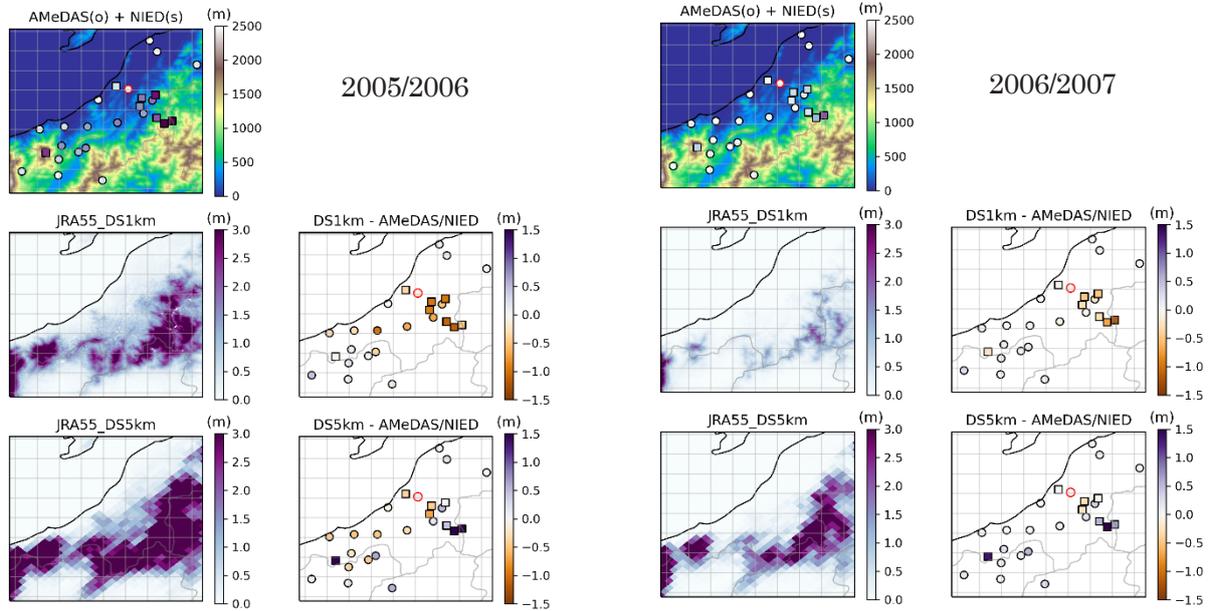


図 2 JRA-55 をもととしたダウンスケーリングによる積雪深 (12 月から 3 月までの平均) の観測値との比較 (北信越)。上段：地形と観測地点の標高。○は AMeDAS、□は防災科学技術研究所の観測点。赤丸は長岡。中段：1km での積雪深と観測との差。下段：5km での積雪深と観測との差。差は寒色系で実験が過大、暖色系で実験が過小。

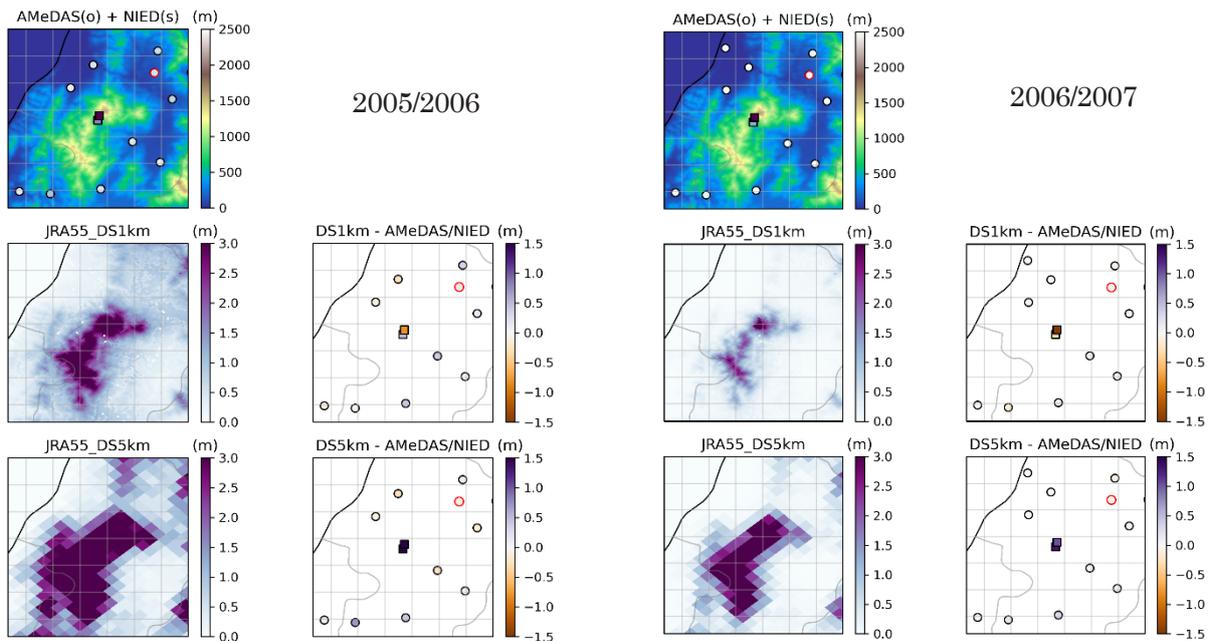


図 3 図 2 と同じ (南東北)。赤丸は新庄。

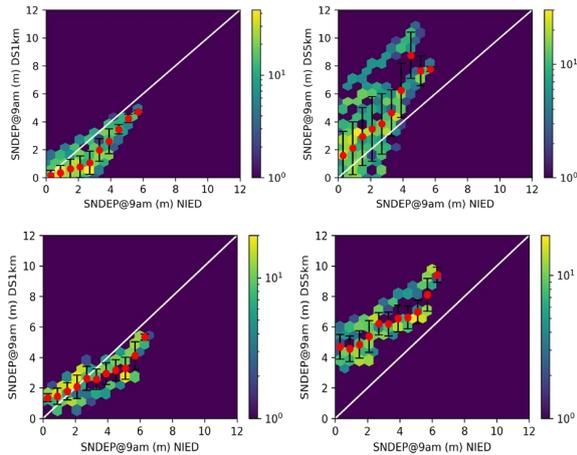


図4 JRA-55をもととしたダウスケーリングによる積雪深と防災科学技術研究所の観測データとの比較。3冬季分の12月から3月の日値をプロット。上段：北信越、下段：南東北。

図4は3冬季分のダウスケーリングと防災科学技術研究所の観測の積雪深日値をプロットしたものである。平均バイアス誤差 (MBE) と RMSE は表1のとおりであった。全体で見ると山岳域の積雪深バイアスは1kmでは5kmに比べて改善している。

表1 3冬季分のダウスケーリングの防災科学技術研究所によるバイアス評価。MBEは平均バイアス誤差。単位はいずれもm

水平解像度	北信越		南東北	
	1 km	5 km	1 km	5 km
MBE	-0.33	0.98	-0.18	3.04
RMSE	0.74	1.89	0.98	3.27

図5と図6にダウスケーリングによる積雪深と防災科学技術研究所の観測の時系列を示す。地点により違いはあるが、1kmは過小評価傾向、5kmは過大評価傾向であることがこれからもわかる。北信越は2005/2006年の結果のみを示したが、少雪の2006/2007、2015/2016年においても同様の傾向であった。図6左の月山志津などでは、1kmの結果は観測をほぼ再現し、5kmでの顕著な過大評価を改善していた。ただし、地点レベルでの詳しい比較には、その地点の細かい地形が影響する吹き溜まりや吹き払いの状況などを考慮する必要がある。

本報告の内容は、日本雪氷学会東北支部の「東北の雪と生活」に報告として掲載予定である。

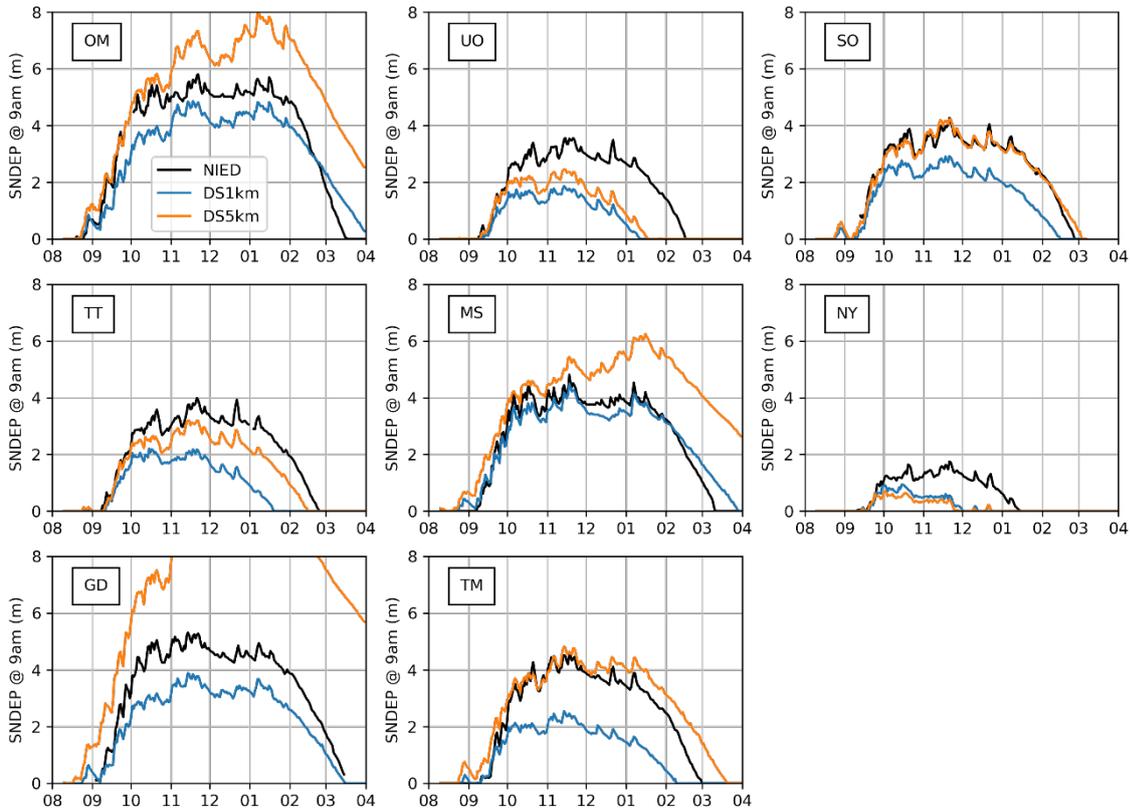


図5 北信越各地点での積雪深の時系列 (2005/2006)。青：1km、オレンジ：5km。黒：防災科学技術研究所の観測値で、OM：奥只見丸山、UO：魚沼大芋川、SO：守門大平、TT：栃尾田代、MS：妙高笹ヶ峰、NY：西山薬師、GD：銀山平、TM：栃尾又。

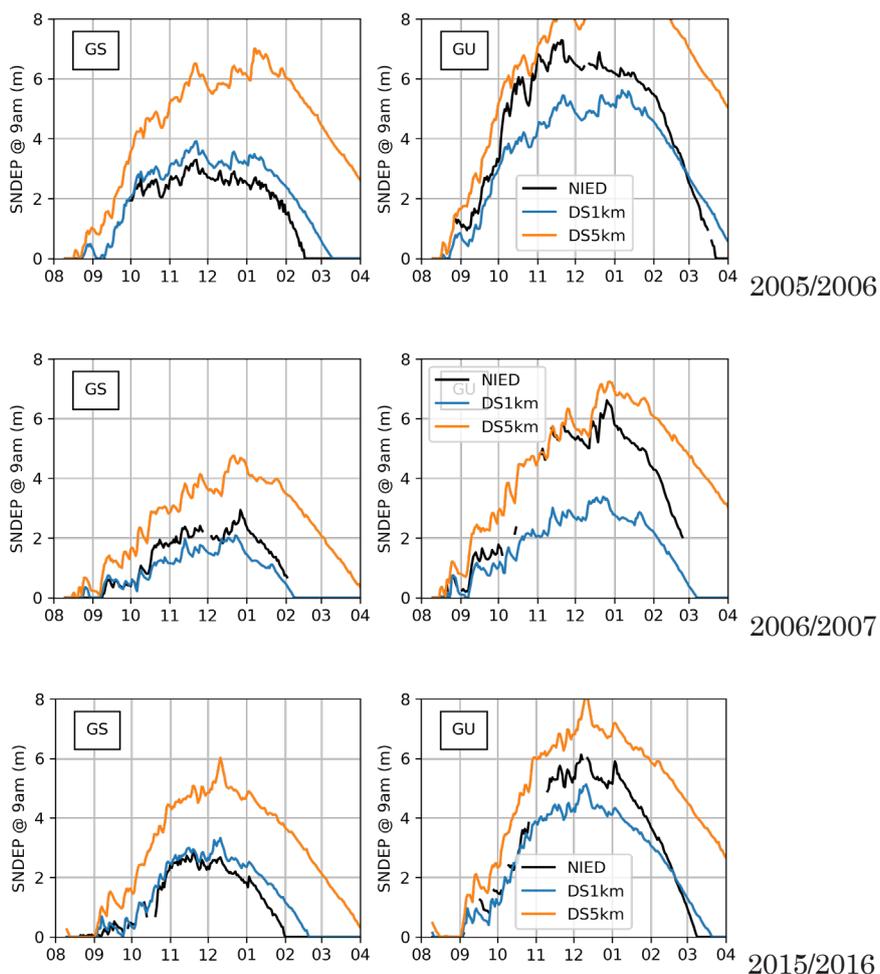


図 6 南東北各地点での積雪深の時系列 (3 冬季分)。青：1km、オレンジ：5km。黒：防災科学技術研究所の観測値で、GS：月山志津、GU：月山姥沢。

謝辞

本研究は文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム領域テーマC JPMXD0717935561 の助成を受けた。

文献

[1] Kawase, H., T. Yamazaki, S. Sugimoto, T. Sasai, R. Ito, T. Hamada, M. Kuribayashi, M. Fujita, A. Murata, M. Nosaka, and H. Sasaki, “Changes in extremely heavy and light snow-cover winters due to global warming over high mountainous areas in central Japan”, *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, 10, doi:10.1186/s40645-020-0322-x, March 2020.

[2] Sasai, T., H. Kawase, Y. Kanno, J. Yamaguchi, S. Sugimoto, T. Yamazaki, H. Sasaki, M. Fujita, and T. Iwasaki, “Future Projection in Extreme Heavy Snowfall Events with a 5-km Large Ensemble Regional Climate Simulation”, *J. Geophysical Research*, 124,

13, 975-13, 990. DOI : 10.1029/2019JD030781, December 2019.

[3] 山崎剛, 佐々井崇博, 川瀬宏明, 杉本志織, 大楽浩司, 伊東瑠衣, 佐々木秀孝, 藤田実季子, “5km 力学的ダウンスケールデータセット (SI-CAT DDS5TK) の概要, シミュレーション, 38(3), 145-149, 2019年9月.

# Preparations for Future Prediction of Snow Cover with Use of a Regional Climate Model and Bias Evaluation

Project Representative

Takeshi Yamazaki

Graduate School of Science, Tohoku University

Authors

Takeshi Yamazaki <sup>\*1</sup>, Naoya Takahashi <sup>\*1</sup>, Hiroaki Kawase <sup>\*2</sup>, Satoru Yamaguchi <sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup>Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>\*2</sup>Meteorological Research Institute, <sup>\*3</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

As the preparations to evaluate spatial differences of future snow cover change with 1 km downscaling using non-hydrostatic regional climate model (NHRCM), we selected 5 years of heaviest, median, and lightest snow cover in historical, 2K warmer, and 4K warmer experiments with 5 km grid spacing for Hokushinetsu and South-Tohoku regions. Downscaling simulations with 1 km grid spacing in historical experiments and global reanalysis JRA-55 have been conducted for both regions. The results have been compared with AMeDAS and snow depth data observed by National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience. The simulated snow depth was remarkably over-estimated in 5 km but slightly under-estimated in 1 km in mountainous area. Negative bias shown in plane area of districts along the Sea of Japan was not disappeared.

**Keywords :** Regional Climate Model, Downscaling, Snow cover, Bias, Mountainous area

## 1. Introduction

Although snow cover seems to decrease accompanying climate warming, heavy snowfall might increase in mountainous area in central Japan and heavy and light mid-winter snowfalls become more extreme [1], [2]. The characteristics of snow cover distribution are different among region, and affected by small scale topography. As the preparations to evaluate spatial differences of future snow cover change with 1 km downscaling using non-hydrostatic regional climate model (NHRCM), we selected 5 years of heaviest, median, and lightest snow cover in historical, 2K warmer, and 4K warmer experiments with 5 km grid spacing for Hokushinetsu and South-Tohoku regions. Downscaling simulations with 1 km grid spacing in historical experiments and global reanalysis JRA-55 have been conducted for both regions and investigated bias of snow depth simulated NHRCM with observation at sites located in mountainous area.

## 2. Methods and Data

The 5 km grid spacing dataset created by Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology (SI-CAT), SI-CAT DDS5TK [3], was downscaled to 1 km grid spacing using NHRCM. The target areas are Hokushinetsu and South-Tohoku indicated in Fig.1. The black framed area is already downscaled in SI-CAT program.

SI-CAT DDS5TK is data downscaled based on historical, 2K warming, and 4K warming experiments of d4PDF for Tohoku to Kyushu district over 372 years respectively. Also, the experiment from global reanalysis JRA-55 as initial and boundary condition was conducted to validate.

We planed that the downscaling to 1 km grid spacing will be conducted for selected 5 years of heaviest, median, and lightest

snow cover. The heaviest and lightest years are selected by annual maximum snow depth averaged over the area where the altitude is higher than 800 mASL for Hokushinetsu and 500 mASL for South-Tohoku, respectively.

The downscaling to 1 km grid spacing with JRA-55 has been conducted for three winters, 2005-2006, 2006-2007, and 2015-2016 to evaluate bias. The data to validate snow depth are snow cover observation in mountainous area by National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED) and AMeDAS by Japan Meteorological Agency. The number of sites of NIED used in comparison are 8 for Hokushinetsu and 2 for South-Tohoku, and of AMeDAS are 35 for Hokushinetsu and 37 for South-Tohoku.

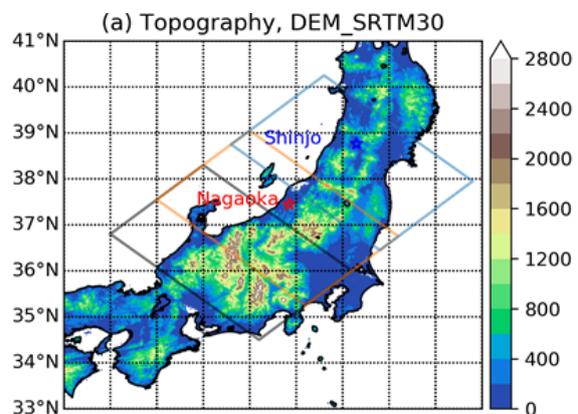


Fig.1 Simulating areas of 1 km downscaling and elevation. Orange: Hokushinetsu, Light blue: South-Tohoku. Black: Central district simulated in SI-CAT.

### 3. Results

The results of bias evaluation of snow depth are described. Figures 2 and 3 show downscaling of 1 km and 5 km grid spacing from JRA-55 compared with observation. The simulated snow depth in 1 km reflects topography than that in 5 km. The snow depth in 5 km is remarkably over-estimated but slightly underestimated in 1 km. Negative bias shown in plane area of districts along the Sea of Japan was not disappeared. The figures are only for 2005-2006 winter when it was heavy show but basic characteristics are similar for the other winters.

Table 1 shows mean bias error (MBE) and root mean square error (RMSE) using NIED data for three winters. In general, snow depth bias in mountainous areas of 1 km simulation is improved compared with 5 km simulation.

According to the comparison of snow depth in each NIED observation site, downscale simulation tends to be underestimated in 1 km grid spacing and overestimated in 5 km although site dependency is large. The effect of local scale topography, such as snow drift, should be considered.

### Acknowledgement

This work was supported by the Integrated Research Program for Advancing Climate Models (TOUGOU) Grant Number JPMXD0717935561 from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan.

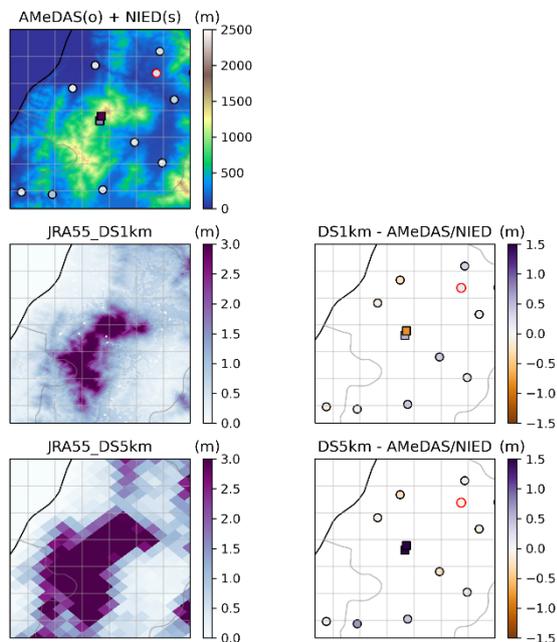


Fig.2 The comparison between snow depth simulated in downscaling based on JRA-55 and observation (Hokushinetsu). Top: topography and elevation of observation sites. ○ : AMeDAS, □ : NIED. Red circle: Nagaoka. Middle: simulated snow depth and difference from observation in 1 km. Bottom: simulated snow depth and difference from observation in 5 km.

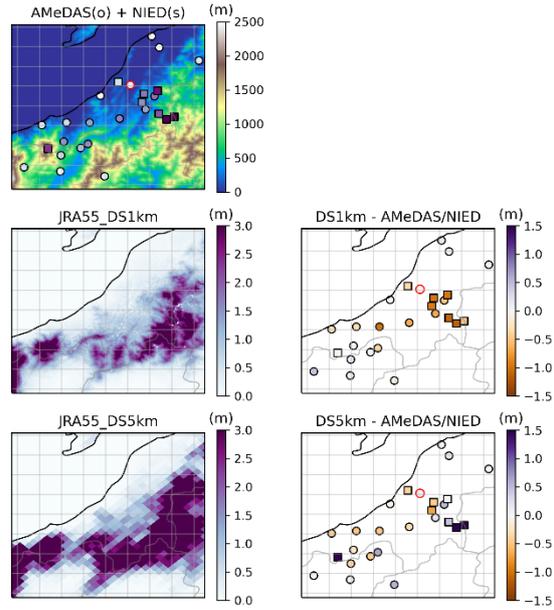


Fig.3 Same as Fig.2 but for South-Tohoku. Red circle: Shinjo.

Table 1 Bias estimation using NIED data for three winter downscaling. MBE is mean bias error. Units are m.

Grid spacing	Hokushinetsu		South-Tohoku	
	1 km	5 km	1 km	5 km
MBE	-0.33	0.98	-0.18	3.04
RMSE	0.74	1.89	0.98	3.27

### References

- [1] Kawase, H., T. Yamazaki, S. Sugimoto, T. Sasai, R. Ito, T. Hamada, M. Kuribayashi, M. Fujita, A. Murata, M. Nosaka, and H. Sasaki, "Changes in extremely heavy and light snow-cover winters due to global warming over high mountainous areas in central Japan", *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, 10, doi:10.1186/s40645-020-0322-x, March 2020.
- [2] Sasai, T., H. Kawase, Y. Kanno, J. Yamaguchi, S. Sugimoto, T. Yamazaki, H. Sasaki, M. Fujita, and T. Iwasaki, "Future Projection in Extreme Heavy Snowfall Events with a 5-km Large Ensemble Regional Climate Simulation", *J. Geophysical Research*, 124, 13,975–13,990. DOI : 10.1029/2019JD030781, December 2019.
- [3] Yamazaki, T., T. Sasai, H. Kawase, S. Sugimoto, K. Dairaku, R. Ito, H. Sasaki and M. Fujita, The outline of 5km-grid dynamical downscaling dataset, SI-CAT DDS5TK. Simulation, 38(3), 145-149, September 2019 (in Japanese).