

配信資料に関する技術情報第 593 号

～ 解析積雪深・解析降雪量及び降雪短時間予報の改良に伴う精度向上について ～
(配信資料に関する仕様 No.12301、No.12302 関連)

概要

解析積雪深・解析降雪量及び降雪短時間予報の作成において積雪の深さを推定する積雪変質モデルを、気象研究所が開発したモデル (Snow Metamorphism and Albedo Process, SMAP) に変更します。合わせて、降雪短時間予報における降水量予測値 (降水短時間予報) を入力する際の補正手法及び降雪量の推定に適用する補正手法を改良します。これにより、解析積雪深・解析降雪量及び降雪短時間予報の精度が向上します。

なお、今回の変更に伴う解析積雪深・解析降雪量及び降雪短時間予報 GPV の配信資料のフォーマット等に変更はありません。

1 開始日時

令和 4 年 10 月前半を予定しています。

具体的な日時は決まり次第「配信資料に関するお知らせ」によりお知らせします。

2 改良の概要

解析積雪深は、解析雨量や局地数値予報モデルなどの降水量、気温、日射量などを積雪変質モデルに与えて積雪の深さを計算した後、積雪深計の観測値で補正することで作成しています。解析降雪量は、解析積雪深が 1 時間前から現在までに増加した量から作成しています。降雪短時間予報は、降水短時間予報の降水量や局地数値予報モデルの気温、日射量などの予測値から積雪変質モデルを用いて積雪の深さを計算した後、積雪の深さの増加量を統計的に補正し作成しています。この度、解析積雪深・解析降雪量及び降雪短時間予報の作成処理において次の改良を行います。

積雪変質モデル SMAP の導入

積雪変質モデルでは、新たに積もる雪の量、融ける雪の量、時間の経過により積雪が沈み込む深さ等を計算することで積雪の深さを求めます。従来は山崎ら (1991)¹を参考に開発した積雪変質モデルを使用してきましたが、気象研究所

¹ 山崎剛・櫻岡崇・中村亘・近藤純正 (1991): 積雪の変成過程について:I モデル. 雪氷, 53, 115-123.

が開発した積雪変質モデル (SMAP; Niwano et al., 2018²) に変更します。これにより、積雪の物理過程をより詳細に考慮して積雪内部の時間変化を計算できるようになります。

降雪短時間予報の各種補正手法の改良

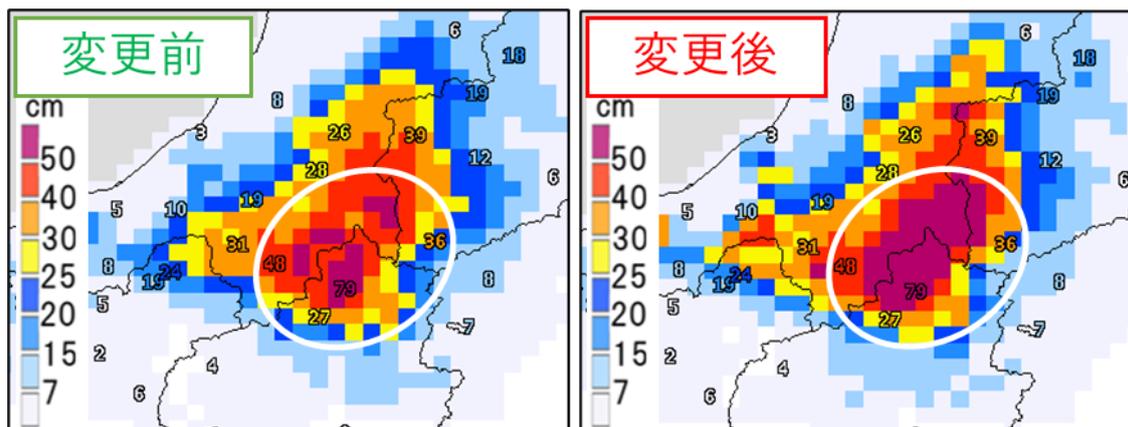
降水量予測値 (降水短時間予報) を積雪変質モデルに入力する際に、従来は標高による降水量バイアスを補正していましたが、予報後半の降水量予測特性の変化も加味して降水量バイアスを補正するように改良します。

また、降雪量の推定に適用する補正手法についても改良します。従来の積雪変質モデルでは、積雪の深さの増加量を統計的に補正していましたが、圧密等の影響により積雪の深さが増加しない弱い雪は補正できていませんでした。今回の改良では、圧密等を受ける前の新雪に対して統計的な補正を行うよう改良します。これにより、弱い雪についてもより正確に補正できるようになります。

² Niwano, M. et al. (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, doi:10.5194/tc-12-635-2018.

3 改良の効果（解析積雪深・解析降雪量）

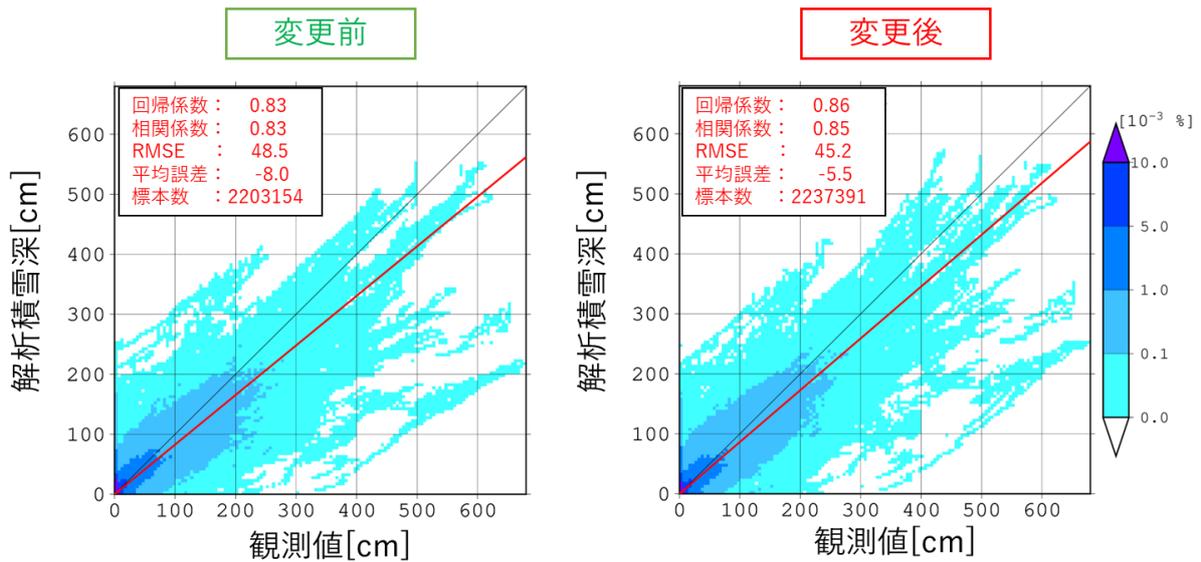
今回の変更により、解析積雪深の過小傾向が改善するとともに、多量の降雪があった場合の解析降雪量の過小傾向も改善します。第1図に令和2年12月15日23時（日本時間）の強い冬型の気圧配置による大雪事例について、変更前後の解析結果を示します。変更前の12時間解析降雪量は、新潟県・群馬県・福島県の県境付近の高標高域で実際より少なく解析されていると考えられますが、変更後は50cm以上の降雪量が解析される範囲が広がり、分布の表現が改善しています。



第1図 令和2年12月15日23時（日本時間）の（左）変更前と（右）変更後の12時間解析降雪量。数字はアメダスの観測値。

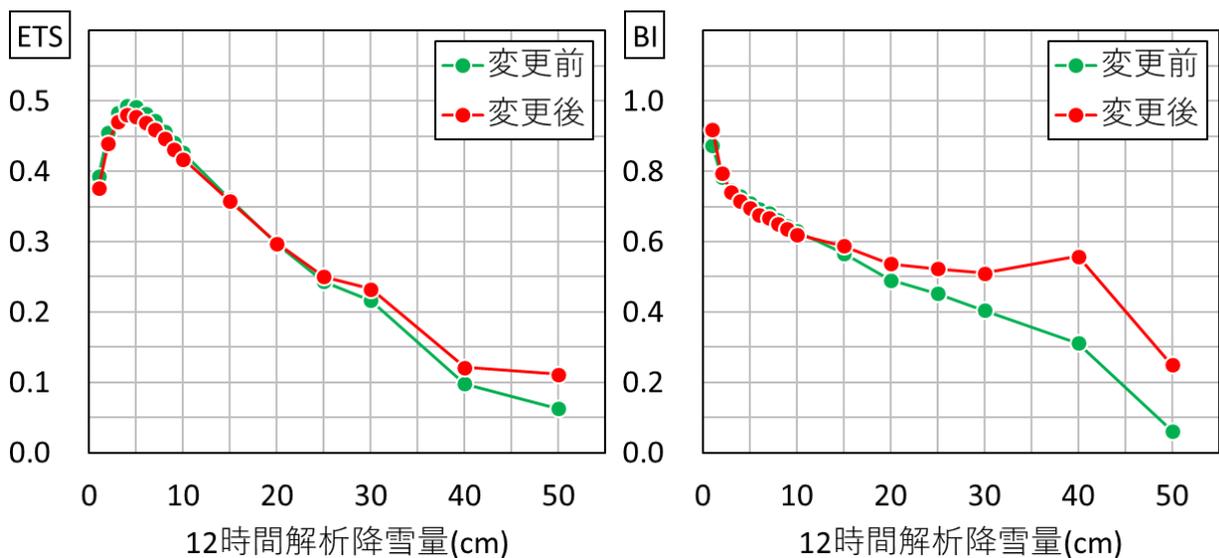
第2図に、2017/18年、2018/19年、2019/20年、2020/21年、2021/22年の10月～5月における解析積雪深と気象庁以外の機関が設置している積雪計の観測データ³（以下「庁外観測値」という。）を比較した積雪の深さの確率分布図を示します。変更前、変更後とも観測値と比較して全体的に少なめの傾向が見られますが、変更後は平均誤差が0に近づいて過小傾向が改善し、平方根平均二乗誤差（RMSE）が減少しています。

³ 気象庁が気象庁以外の機関から収集し、品質管理を行った観測データのうち、毎時のデータのある地点のものを利用した。



第2図 (左) 变更前と(右) 変更後の解析積雪深と庁外觀測値の確率分布図。
 RMSE、平均誤差の単位はcm。プロットは5cm刻みでの存在確率を示し、赤線は原点を通る回帰直線、黒線は $y = x$ の直線を表す。

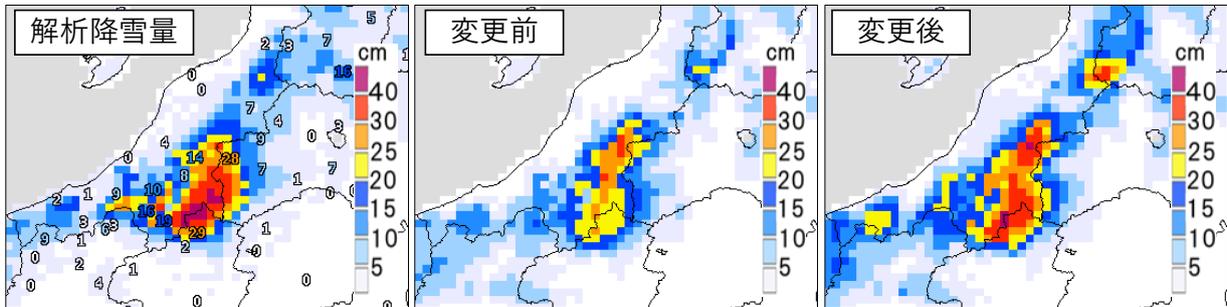
第3図に、第2図と同期間における变更前と変更後の12時間解析降雪量のエクイタブルスレットスコア (ETS) とバイアススコア (BI) を示します。12時間降雪量が少ない場合はETSがやや減少しますが、25cm以上ではETSが増加することから精度が向上していることがわかります。また、12時間降雪量が15cm以上になるとBIが1に近づき、降雪量が多くなるにつれてその傾向が顕著となることから、降雪量が多い場合の精度が向上することがわかります。



第3図 12時間解析降雪量の庁外觀測値に対する(左) エクイタブルスレットスコア (ETS) と(右) バイアススコア (BI)。

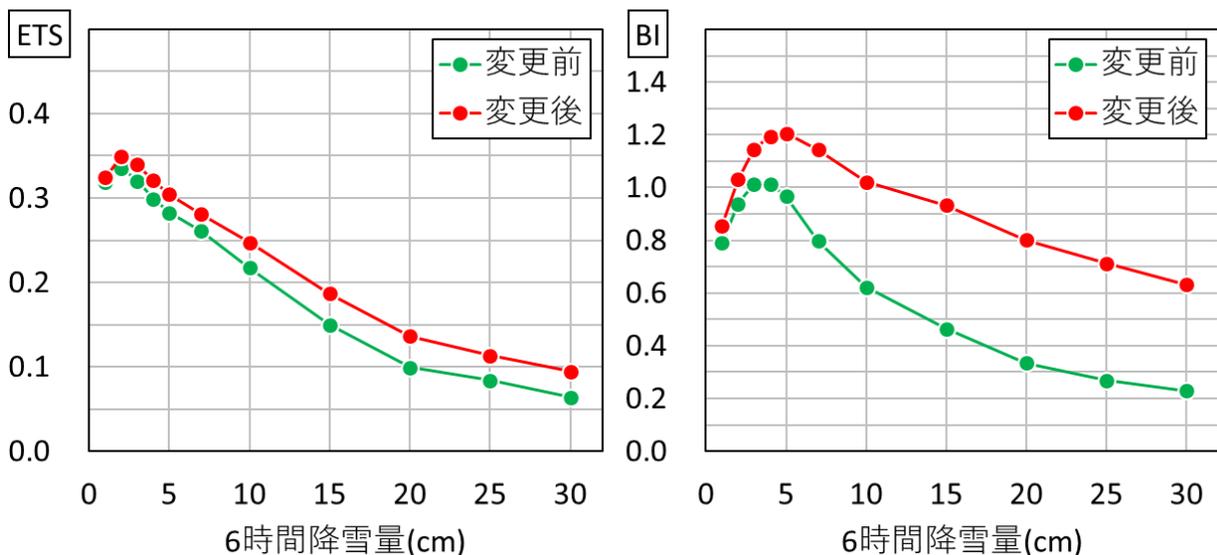
4 改良の効果（降雪短時間予報）

今回の変更により降雪短時間予報の予測精度が向上し、特に大雪時の過小傾向が大きく改善します。第4図に、令和2年12月15日14時までの6時間降雪量について、解析降雪量と変更前後の降雪短時間予報を示します。中央に示す変更前の降雪短時間予報では過小傾向が見られますが、右に示す変更後の降雪短時間予報ではアメダスや解析降雪量に近い値を予測することができています。



第4図 降雪短時間予報の例（令和2年12月15日14時までの6時間降雪量。日本時間）。（左）解析降雪量とアメダス降雪量、（中）変更前の降雪短時間予報、（右）変更後の降雪短時間予報。なお、解析降雪量は本変更を適用したもの。

第5図に、2020/21年、2021/22年の11月～3月におけるアメダスの観測値に対する6時間降雪量のETSとBIを示します。ETSは全ての階級で増加しており、予測精度が向上することがわかります。また、BIは変更前では降雪量が多くなると1を大きく下回っていましたが、変更後では低下が抑えられており、大雪時の過小傾向が改善しています。



第5図 2020/21年、2021/22年の11月～3月における6時間降雪量のアメダス観測値に対する（左）エクイタブルスレットスコア（ETS）と（右）バイアススコア（BI）。

※精度評価で用いた評価指標について

- 平均誤差 (ME)

予測値 y_i の実況値 x_i からの偏りの平均。0 のとき予測が正にも負にも偏っていないことを示す。

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i)$$

- 平方根平均二乗誤差 (RMSE)

予測の誤差の大きさを評価する指標。最小値の 0 に近いほど予測が実況に近いことを示す。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}$$

- エクイタブルスレットスコア (ETS)

カテゴリ検証では、対象となる現象の有無（ここでは、しきい値以上の降雪の観測、あるいは予測の有無）に基づき評価を行う。それぞれのカテゴリに分類される事例数は表 1 の分割表の通りである。

		実況		計
		あり	なし	
予測	あり	FO	FX	FO+FX
	なし	XO	XX	XO+XX
計		M	X	N

表 1 精度評価で用いる分割表。FO、FX、XO、XX はそれぞれ事例数を表す。

ETS は、気候学的な確率で「現象あり」が的中した頻度を取り除いて、予測または実況で「現象あり」の場合の予測適中事例数に着目して予測精度を評価する指標。1 に近いほど予測精度が良いことを示す。

$$ETS = \frac{FO - S_f}{FO + FX + XO - S_f} \quad \left(-\frac{1}{3} \leq ETS \leq 1\right)$$

$$\text{ただし、} S_f = P_c(FO + FX), \quad P_c = \frac{M}{N}$$

- バイアススコア (BI)

予測頻度の指標を示し、1 のとき予測頻度が実況頻度と一致、1 より小さいとき予測頻度が実況頻度より低く、1 より大きいとき予測頻度が実況頻度より高いことを示す。

$$BI = \frac{FO + FX}{M} \quad (0 \leq BI)$$