

報道機関各位

国立大学法人北海道国立大学機構  
北見工業大学

**日本の積雪地域での過去 60 年間の積雪深および積雪期間の変動を解明  
—積雪深が減少している地域とともに増加している地域も存在—**

北見工業大学地球環境工学科の亀田貴雄教授らは、気象庁が日本の積雪地域（北海道、東北、北陸）の 48 地点で 1961 年 10 月 1 日から 2021 年 5 月 31 日に観測した日最深積雪データを用いて、過去 60 年間の積雪深の変動を明らかにしました。

この成果は、公益社団法人日本雪氷学会が刊行する学術雑誌『雪氷』の 2023 年 7 月号に掲載されました。

< 発表論文 >

掲載誌：雪氷

タイトル：日本の積雪地域における積雪深および積雪期間の長期変化

—1962 年から 2021 年までの 60 年間における 年平均積雪深と年最大積雪深による解析—

著者：亀田貴雄、桑迫拓哉、白川龍生

< 概要 >

従来、積雪深の変化は主として年最大積雪深を用いて調べられてきましたが、亀田教授らは、新たに「年平均積雪深」を導入し、それを用いて 48 地点での過去 60 年間での平均的な積雪深の変化を明らかにしました。

その結果、過去 60 年間の年平均積雪深のトレンドは北海道日本海側 3 地点、北海道オホーツク海側 1 地点、北陸 6 地点で減少を示し、北海道太平洋側 4 地点、東北太平洋側 1 地点で増加を示すことがわかりました。従来用いられていた年最大積雪深と比較すると、年平均積雪深を用いることで従来の年最大積雪深では検知されなかった長期トレンドを新たに 6 地点で検出することができました。また、年最大積雪深のトレンドは年平均積雪深の 1.6～3.4 倍であり、年最大積雪深を用いて平均的な積雪深を評価すると変動傾向は過大評価となることがわかりました。

また、雪が積もっている期間（積雪期間）の変動では、北海道日本海側 3 地点、北海道オホーツク海側 2 地点、東北日本海側 1 地点、北陸 2 地点で積雪期間が減少し、北海道太平洋側 3 地点で増加していることがわかりました。積雪初日が変化している地点は 3 地点のみでしたが、積雪終日は早くなった地点は 19 地点でした。これは積雪終日が起こる 2 月から 3 月の各観測地点での気温上昇率が積雪初日が起こる 11 月から 1 月の気温上昇率よりも大きいことが主な原因であることがわかりました。

一方、48 地点を冬期気象に基づき 6 つの地域に分類し、地域ごとの年平均積雪深と年最大積雪深の経年変化を調べ結果、年平均積雪深では北海道太平洋側では増加、北陸は減少のトレンドが

検出できました。年最大積雪深では北海道日本海側と北陸で減少のトレンドが検出できました。

このように地域により積雪深の変動が異なる理由として冬期の温暖化に伴う積雪深の減少とともに、太平洋沿岸を經由して発達する低気圧の影響が大きいことを指摘しました。

#### <研究の背景および研究の目的>

近年の温暖化に伴い、積雪深の経年変化が注目を集めています。ただし、従来の研究では、一冬の最大積雪深を意味する年最大積雪深（もしくは年最深積雪ともいう）の変化が主として報告されてきました。年最大積雪深は冬期の積雪深の多寡を示す重要な指標ですが、必ずしも冬期の平均的な積雪深は反映していません。このため、年最大積雪深の解釈には注意が必要です。

そこで、本論文では気候学的にも重要な冬期の平均的な積雪深を表す「年平均積雪深」を新たに導入し、それをを用いて観測地点の平均的な積雪深の経年変化を明らかにしました。また、年平均積雪深を用いると雪が積もっている期間（積雪期間）が定義できるため、積雪期間、積雪初日、積雪終日の経年変化も明らかにすることもできます。本論文ではこれらのことを解明するとともに、冬期の気温上昇の変化が積雪に与える影響を解明することも目的としました。

なお、本論文では北海道、東北、北陸を「日本の積雪地域」と記述し、年のみで示したときは寒候年（前年8月から当年7月までの期間であり、年を表す時に1月以降の年を使う）を使用しました。

#### <研究の成果1 過去60年間の積雪深の変化>

図1に過去60年間での年平均積雪深のトレンド<sup>1)</sup>の地理的分布を示します。北海道は増加と減少が混在していますが、太平洋側に増加傾向の地点（根室、帯広、苫小牧、室蘭）が多く存在し、日本海側に減少傾向の地点（稚内、北見枝幸、留萌、江差）が存在しました。特に稚内は $-3.4 \text{ cm}/10\text{yr}$ （ $= -20.4 \text{ cm}/60\text{yr}$ ）と大幅に減少していることがわかりました。東北地方はむつの1地点でのみ増加していました。新潟、高田、伏木を除く北陸6地点（相川、富山、輪島、金沢、福井、敦賀）はすべて減少傾向でした。特に敦賀は $-4.3 \text{ cm}/\text{yr}$ （ $= -25.8 \text{ cm}/60\text{yr}$ ）と大幅に減少していることがわかりました。

図2は年最大積雪深のトレンドの地理的分布を示します。北海道日本海側（稚内、留萌、江差）、北海道オホーツク海側（北見枝幸）、北陸（相川、高田、輪島、金沢、福井、敦賀）で減少となりました。北海道太平洋側の根室は増加となりました。

図3は年平均積雪深と年最大積雪深の過去60年間のトレンドを示します。ここでは2つの指標のどちらかが有意水準5%<sup>2)</sup>で有意であった地点のみを示しました。年平均積雪深は黒色、年最大積雪深は灰色で示し、Mann-Kendall検定<sup>3)</sup>で5%で有意であったトレンドは塗りつぶし、有意でないトレンドを白抜きで示しました。年平均積雪深と年最大積雪深との両方で有意なトレンドがあった11地点（稚内、北見枝幸、留萌、根室、江差、相川、富山、輪島、金沢、福井、敦賀）を比較すると、年最大積雪深のトレンドは年平均積雪深の1.6~3.4倍であることがわかりました。従って、年最大積雪深を用いてその地点の平均的な積雪深を評価すると変動傾向は過大評価となることがわかりました。これは年平均積雪深に比べると年最大積雪深は値が大きく、過去の豪雪年や大雪年に起因する極大値の影響を受けやすいためです。

<sup>1)</sup>トレンドとはデータを直線で近似した結果で、データの変化傾向を示す。

<sup>2)</sup>2つの変数の間に関係が存在するかどうかは、一般的には有意水準5%で判断される。ここで、有意水準5%とは2つの変数の間に関係が成り立つ確率が95%以上であることを意味する。

<sup>3)</sup>Mann-Kendall検定とはデータが正規分布でない場合に使われる一般的な検定方法。降水量の分布は正規分布でないことが知られているため、この方法が用いられた。

また、図 3 より年平均積雪深のトレンドは年最大積雪深より多くの地点で現れていることがわかります(年平均積雪深では 15 地点、年最大積雪深では 11 地点)。これは年平均積雪深では新たに 6 地点(帯広、苫小牧、室蘭、むつ、富山、輪島)でトレンドが検出でき、2 地点(羽幌、高田)でトレンドが検出できなくなった結果です。新たにトレンドが確認できた地点は年平均積雪深が 9.5~29.6cm と比較的少ない地点でした。このため、これらの地点では大雪年のデータが影響したため、年最大積雪深ではトレンドが検出できなくなったと考えられます。

このように、従来使われている年最大積雪深でトレンド解析を行うとその地点の平均的な積雪深でのトレンドを見逃す可能性があることがわかりました。

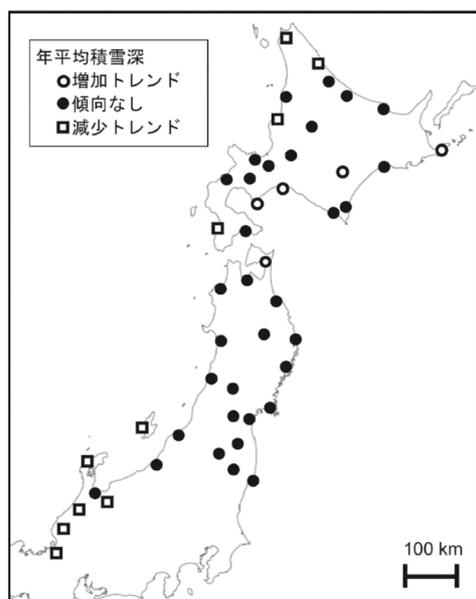


図 1 60年間の年平均積雪深のトレンドの地理的分布。48 地点の中で年平均積雪深が増加傾向の地点を白丸、減少傾向の地点を白四角、傾向が有意でなかった地点は黒丸で示した。



図 2 60年間の年最大積雪深のトレンドの地理的分布。48 地点の中で年最大積雪深が増加傾向の地点を白丸、減少傾向の地点を白四角、傾向が有意でなかった地点は黒丸で示した。

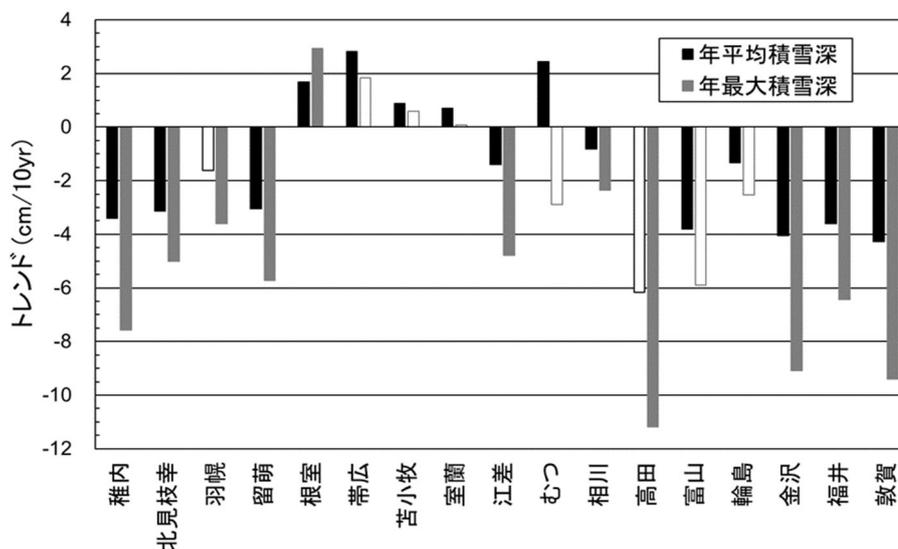


図 3 1962 年から 2021 年での 60 年間で年最大積雪深と年平均積雪深のトレンド (cm/10yr) 2 つの積雪深でどちらかのトレンドが 5% で有意な地点のみを示した。年平均積雪深を黒、年最大

積雪深を灰で示し、有意な地点は塗りつぶした。

<研究の成果2 過去 60 年間の積雪期間の変化およびその変化の原因>

図 4 は過去 60 年間で積雪期間、積雪初日、積雪終日のトレンド (day/10yr) を示します。48 地点の中で、積雪期間、積雪初日、積雪終日のいずれかの値で 5% で有意なトレンドが現れた地点のみを示しました (積雪期間 11 地点、積雪初日 3 地点、積雪終日 19 地点)。図 4 より、稚内、留萌、雄武、紋別、秋田、相川、敦賀では積雪終日が早くなるとともに、積雪期間が短くなっていることがわかりました。根室は積雪終日が遅くなるとともに積雪期間が長くなっていました。苫小牧は積雪初日が早くなるとともに、積雪期間が長くなっていました。

これらの変化の原因を調べるため、それぞれの地点での積雪期間、積雪初日、積雪終日と月平均気温との関係を調べました。その結果、積雪初日に対しては 12 地点 (札幌、仙台、酒田、福島、若松、白河、小名浜、相川、新潟、富山、金沢、敦賀) では、積雪初日が起こる月の月平均気温が上昇し、積雪初日が遅くなっていることがわかりました。一方、積雪終日に対しては全ての 48 地点で積雪終日が起こる月の月平均気温が上昇し、積雪終日が早くなることがわかりました。

また、積雪初日が遅くなっていた 12 地点に対して、積雪初日が起こる月の過去 60 年間の気温の平均上昇率は  $0.22 \pm 0.04^{\circ}\text{C}/10\text{yr}$  であったが、積雪終日が早くなっていた 48 地点では平均上昇率が  $0.37 \pm 0.08^{\circ}\text{C}/10\text{yr}$  であり、積雪初日が起こる時期よりも積雪終日が起こる月の気温上昇率が高かったことがわかりました。

つまり、このような気温上昇率の季節による差のため、積雪終日は積雪初日と比べると、早くなっている地点が多くなったと考えられます。

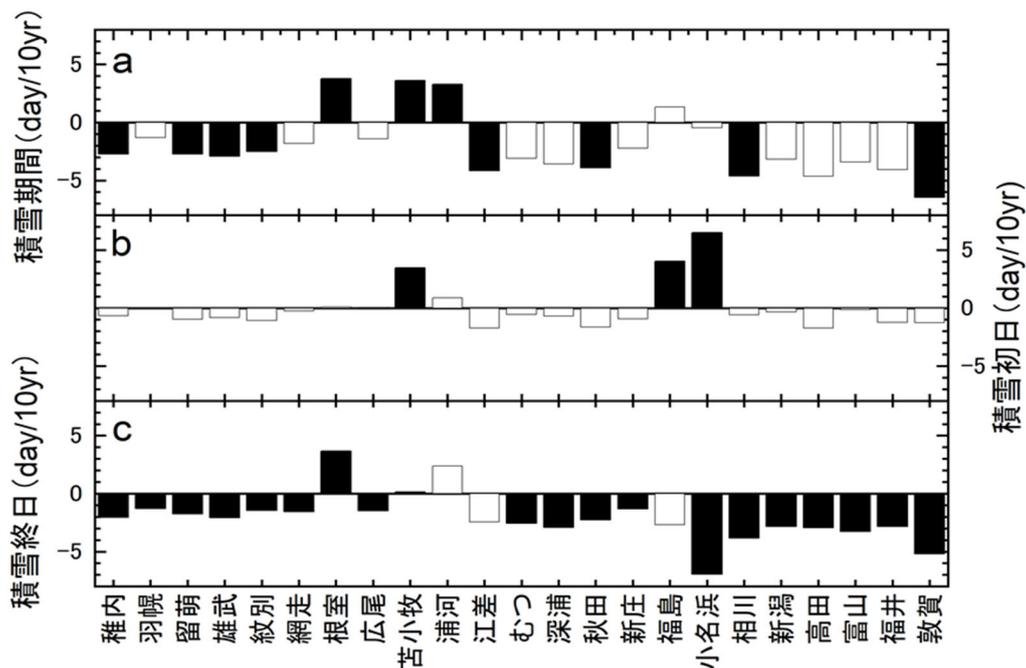


図 4 1962 年から 2021 年での積雪期間 (a)、積雪初日 (b)、積雪終日 (c) のトレンド。Mann-Kendall 検定 5% で積雪期間、積雪初日、積雪終日のいずれかに有意なトレンドが現れた地点のみを示した。5% で有意なトレンドは塗りつぶし、有意でないトレンドは白抜きで示した。小名浜は 1962 年から 2008 年までの 47 年間の結果。

<研究成果3 過去60年間での6つの地域の積雪深の変化>

地域ごとの積雪深の変化の特徴を調べるため、冬期気象に基づき48地点を6つの地域（北海道日本海側、北海道オホーツク海側、北海道太平洋側、東北日本海側、東北太平洋側、北陸）<sup>4)</sup>に分類し、それぞれの地域での年平均積雪深および年最大積雪深の変化を調べました。図5はこの結果を示します。ここでは、年平均積雪深と年最大積雪深のトレンドを黒と灰色で示し、Mann-Kendall検定の5%で有意であったトレンドは塗りつぶして示しました。年平均積雪深では、北海道太平洋側で+5.1%/10yr、北陸で-19.6%/10yrのトレンドがあり、年最大積雪深では北海道日本海側で-3.2%/10yr、北陸で-11.7%/10yrの有意なトレンドがあることがわかりました。年最大積雪深の結果は、対象とした地点が若干異なりますが、気象庁（2022）と同程度の結果となりました（気象庁での「北日本日本海側」は稚内、留萌、旭川、札幌、岩見沢、寿都、枝幸、倶知安、青森、秋田、山形、若松から計算され、トレンドは-4.2%/10yr。「東日本日本海側」は輪島、相川、新潟、富山、高田、福井、敦賀から計算され、トレンドは-12.4%/10yrと報告しています）。

図3に示すように地点ごとのトレンドでは、年最大積雪深は年平均積雪深より大きな値となりましたが、図5でのトレンドでは逆で、北陸では年平均積雪深のトレンドが年最大積雪深の1.7倍となりました。これは年最大積雪深では地点ごとのトレンドが顕著に異なるため、地域平均を取るとそのトレンドが小さくなる一方、年平均積雪深では同じ地域内の各地点でのトレンドは年最大積雪深でのトレンドと比べると相対的に類似しているためです。

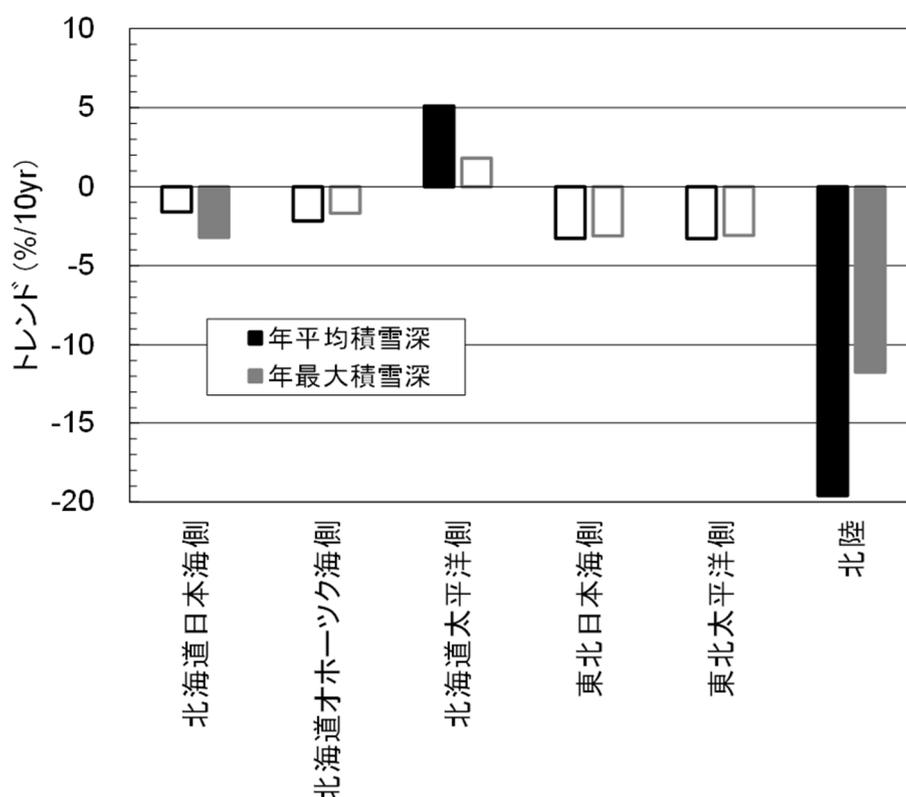


図5 1962年から2021年での6つの地域での年平均積雪深（黒）および年最大積雪深（灰色）のトレンド（%/10yr）。Mann-Kendall検定5%で有意なトレンドは塗りつぶし、有意でないトレンドは白抜きで示した。

<sup>4)</sup> 6つの地域区分は気象庁が地域季節予報で用いている地域区分を参考にした。

<研究成果4 過去60年間で6つの地域の積雪期間、積雪初日、積雪終日の変化>

図6は1962年から2021年での6つの地域の平均的な積雪期間、積雪初日、積雪終日のトレンド(day/10yr)を示します。5%で有意な地点は黒で塗りつぶして示しました。図6より、北海道オホーツク海側では積雪終日が早くなるとともに、積雪期間が短くなっていることがわかりました。北陸は積雪終日が早くなっていました。それ以外の地域では有意なトレンドはありませんでした。図5に示すように、北海道日本海側では年最大積雪深の減少傾向、北海道太平洋側では年平均積雪深の増加傾向、北陸では年平均および年最大積雪深の減少傾向のトレンドが検出されているので、図6の結果はこれらの結果と整合していることがわかりました。

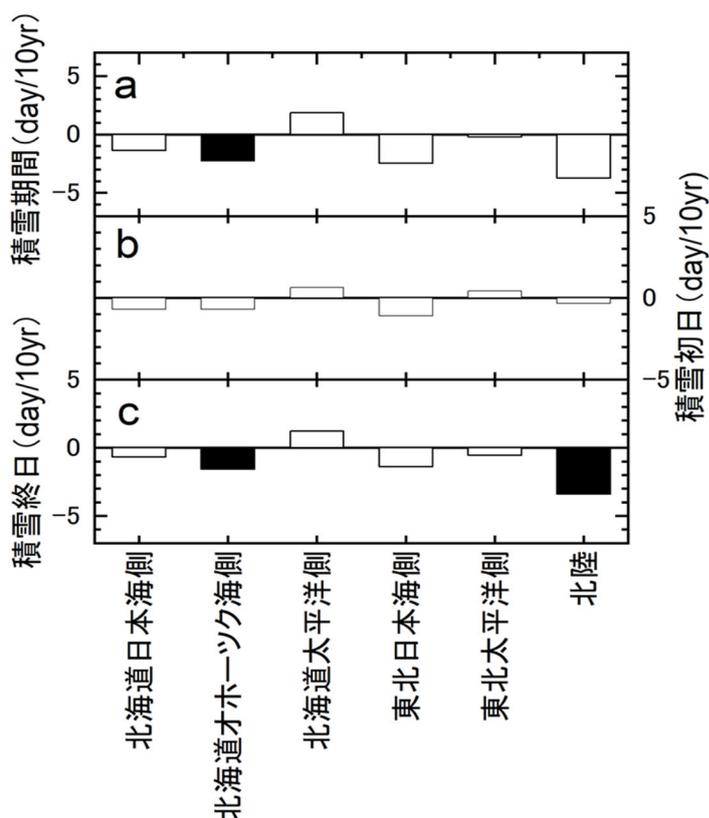


図6 1962年から2021年での60年間で6つの地域の積雪期間(a)、積雪初日(b)、積雪終日(c)のトレンド(day/10yr)。Mann-Kendall検定5%で有意なトレンドは塗りつぶし、有意でないトレンドは白抜きで示した。

参考文献

気象庁(2022): 気候変動監視レポート2021. 気象庁, 96pp.

<お問い合わせ先>

(研究内容について)

北見工業大学 工学部 亀田 貴雄 (かめだ たかお)

TEL: 0157-26-9506 E-mail: kameda@mail.kitami-it.ac.jp

(報道について)

北見工業大学 企画総務課広報戦略係

TEL: 0157-26-9116 E-mail: soumu05@desk.kitami-it.ac.jp