

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月5日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16349

研究課題名(和文) 過去55年間の日本における豪雪長期変化の地域性と近年の豪雪事例の急増

研究課題名(英文) Long-term changes in seasonally-accumulated snowfall depth and in the frequency of heavy snowfall event on the Sea of Japan side of Japan over the past 55-year period

研究代表者

高橋 洋 (Takahashi, Hiroshi)

首都大学東京・都市環境科学研究科・助教

研究者番号：50397478

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、日本における雪変動と、近年の豪雪について、その地域性を明らかにした。気象官署データを用いて、過去51年間の雪変動を調べた。特に、降雪変動に影響が大きい、降水に対する降雪の割合 $R(s/p)$ 、降水量に着目した。その結果、地球温暖化や自然変動に起因する気温変動により、 $R(s/p)$ が日本海側のはほぼ全域で統計的に有意に減少していた。一方で、降水量変動によって、降雪量の長期変動が複雑になり、減少が見られない地域もあった。また、過去上位10位の豪雪イベントを解析した結果、豪雪の増加は今のところ現れていなかった。今後は、豪雪という用語の定義などを含めてさらなる研究が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的な意義は、既存のデータの統計的な解析により、日本海側の雪の平均的な減少傾向の地域性を明らかにし、豪雪の増加が今のところは見られていないことを示した点にある。また、雪の減少傾向に地域性には、総降水量の変動がある程度重要であることも示した。社会的な意義としては、日本海側は、少子高齢化・過疎化などの日本の社会問題が強く見られる地域のため、自然科学的な視点からは豪雪は増加していないものの、「社会問題として豪雪」はより重要な問題になっている可能性を提起したことが挙げられる。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the long-term changes in seasonally-accumulated snowfall depth and in the frequency of heavy snowfall event on the Sea of Japan side of Japan over 51 winter seasons from 1962 to 2012. We focused on the changes in the ratio of snowfall day to total precipitation day $R(s/p)$ and total precipitation, which are likely to be associated with the changes in snowfall depth. It was found that the long-term changes in $R(s/p)$ were observed on most of observation stations of Japanese Meteorological Agency, which can be explained by the increase in surface air temperature. However, the changes in precipitation modified the long-term changes in snowfall, which likely complicated the long-term changes in snowfall. In addition, the result of the recent increase in heavy snowfall events was not obtained so far. Moreover, the definition of heavy snowfall should be reconsidered for further discussions because the term "heavy snowfall" is used in many ways.

研究分野：気象学・気候学・気候システム学

キーワード：豪雪 気候変動 地球温暖化 アジアモンスーン 降雪 積雪 日本海側 気象

1. 研究開始当初の背景

日本において、雪の長期的な減少傾向が指摘されており、その背景には、地球温暖化があると考えられる(気象庁 2013, IPCC 第 5 次報告書 2013)。日本では、冬季の地上平均気温が 0 付近の降雪地域が多いため、気温上昇の影響を受けやすい(気象庁 2013)。地球温暖化の影響は地域ごとに異なる。特に日本のように地形が複雑な地域では、その空間分布が複雑になる。さらに、地球温暖化に伴い全球平均では降水量が増えるが、降水量変化には地域性があるため、その影響も考慮する必要がある。しかしながら、実際の観測データによる雪の気候変動とその詳細な地域性の研究は、ほとんどないのが現状である。

日本海側の地域では、大陸からの冷たく乾いた気流が吹き出し、日本海上で加熱・加湿され(気団変質)それが降雪の源となる。つまり、寒気の吹き出しと、日本海上での潜熱の供給が、降水・降雪を変える主要な要因である。寒気の吹き出しと降水量変動が対応することは以前からよく知られていたが、最近海面水温も降水量に影響を及ぼすことが、観測データ解析から新たに示された(Takahashi and Idenaga 2013(図 1))。さらに、観測データ解析結果を支持する結果が領域気象モデルシミュレーション実験からも得られている(Takahashi et al. 2013(図 2))。図 2 にみられるように、南北に長く、地形が複雑な日本列島では、降水量と降雪量の地域性は極めて大きい。よって、長期変化においても、地域性を詳しく調べることが極めて重要であると考えられる。

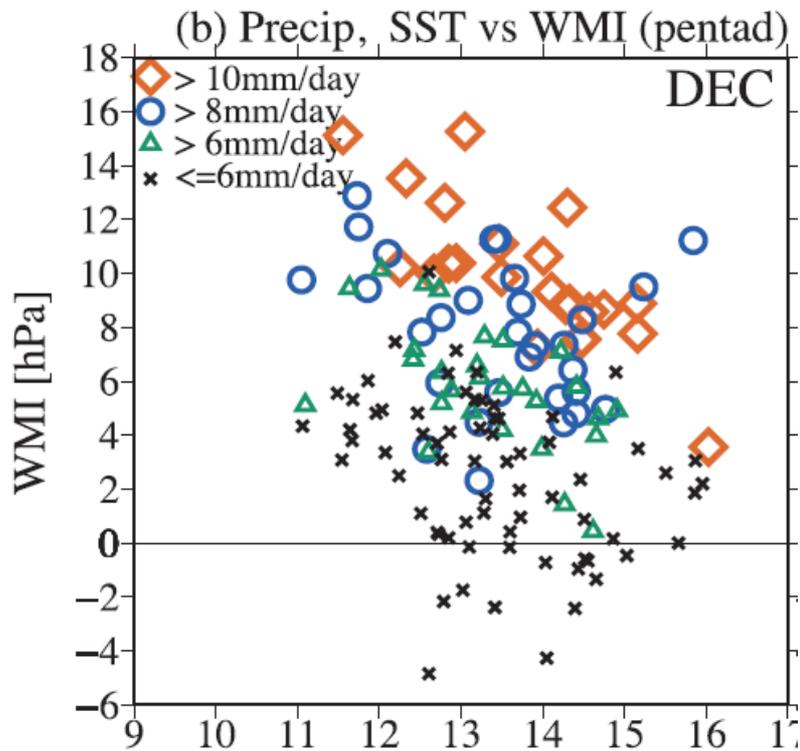


図 1: 海面水温と寒気の吹き出しによる降水量の違い(Takahashi and Idenaga 2013; Fig. 8b より一部引用)

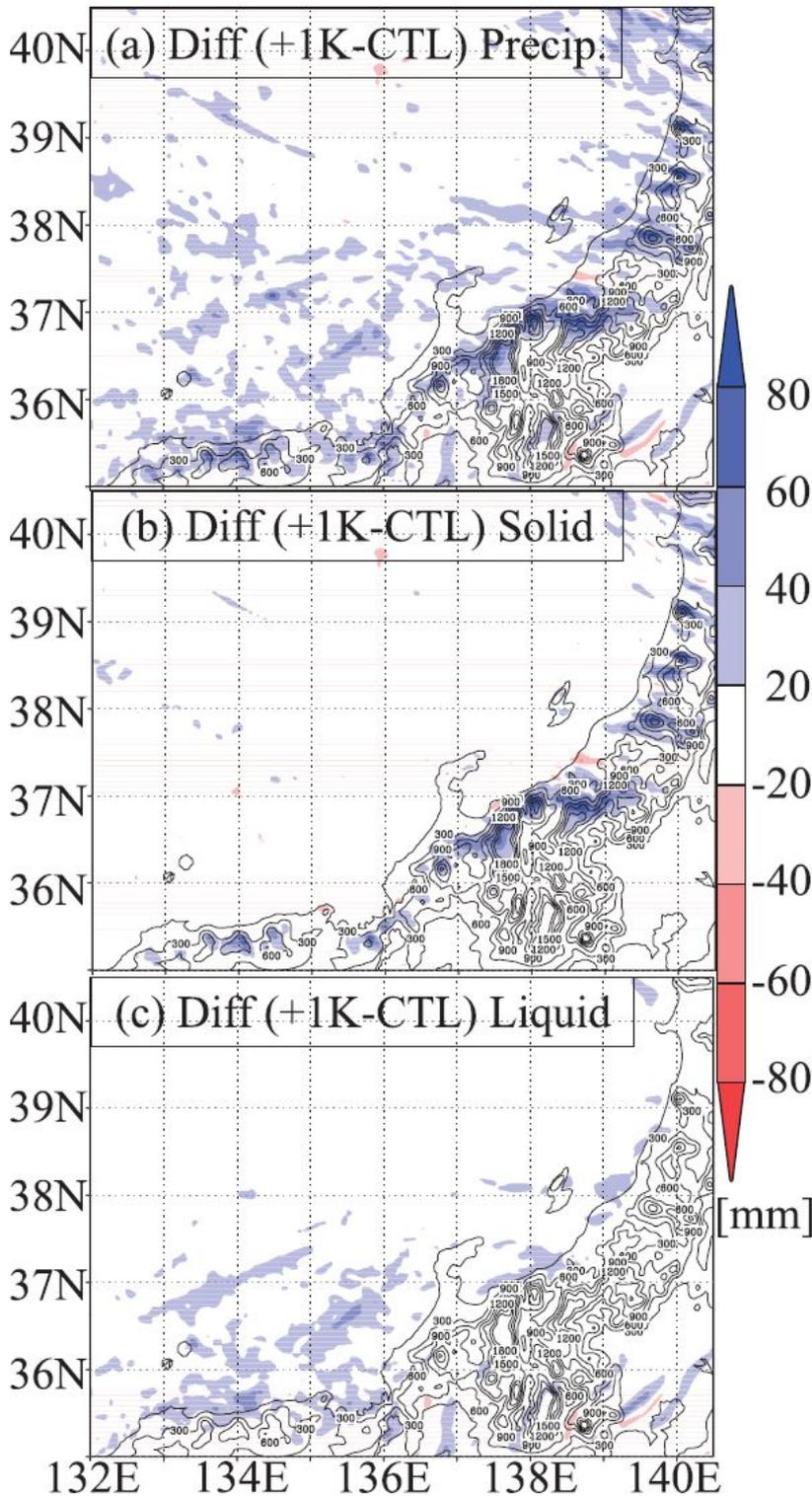


図 2：領域気象シミュレーションによる海面水温変化に対する降水量（上）、降雪量（中）、降雨量（下）の変化 (Takahashi et al. 2013; Fig. 3 より引用)

2. 研究の目的

本研究では、日本における、過去 55 年間の降積雪の長期変動と近年の豪雪の頻発傾向を地域性の観点から統計的に示すことを目的とする。世界の降雪地域の中で、日本は地球温暖化の影響を受けやすい地域であるため、世界に先駆けて研究する必要がある。また、これまでの研究では、最深積雪が豪雪やシーズンごとの雪の指標として使われていた。しかしながら、最深積雪は、豪雪のイベントによる影響が大きいと考えられ、統計的に不安定であろう。また、雪の変動として重要であるにも関わらず、これまでほとんど検討されてこなかった総降水量の変動も考慮に入れる。さらに、長期的な豪雪頻度の変化をどのように調べれば良いか、その手法を検討する。豪雪頻度などの長期変動を解析する手法は、対象とする気象・気候現象を豪雪のみに限定せず、様々な場合に利用できるような統計的手法を検討する。

3. 研究の方法

日本における、過去 55 年間の降積雪の長期変動と近年の豪雪の頻発傾向を地域性の観点から統計的に調べるために、気象庁の気象官署の約 120 地点のデータを使用した。過去 51 年間、1962 年から 2012 年までの長期間のデータが使用できる地点に限り使用した。目的に沿って、季節積算降雪深、季節最新積雪深、季節降水量、を用いて、降水変動と降雪変動を様々な面から解析した。また、関連する大気循環場のデータに関しては、気象庁の JRA-55 データセットなどを用いた。また、豪雪頻度の解析には、日降雪深データを用いた。また、領域気候モデルとして、WRF を使用した。

4. 研究成果

過去 51 年間の季節積算した降雪深の時系列を示す（図 3）。札幌(JMA412)や秋田(JMA582)では明確な長期トレンドは見られず、高田(JMA612)と福井(JMA605)では、減少トレンドがみられた。この減少トレンドは、ジャンプにもみえる。この長期変動がトレンドかジャンプかという問題を統計的に検討したが、統計的にはトレンドとみる方が良さそうであった。

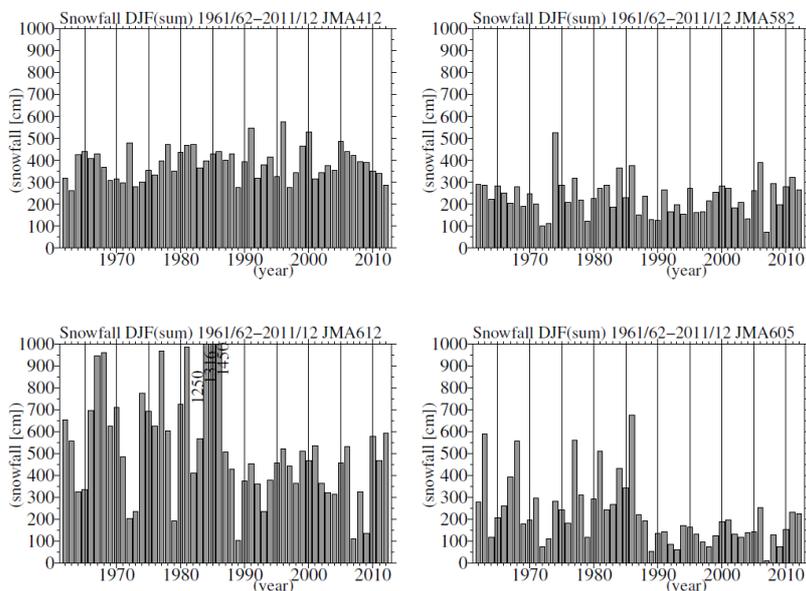


図 3: 札幌(JMA412)、秋田(JMA582)、高田(JMA612)、福井(JMA605)の季節積算（12月から翌年2月まで）の降雪深の時系列。1961年12月から1962年2月までの積算値は、1962年のデータとして表示している。

北海道と東北北部以外の地域では、以下のような特徴がみられた。

- (1) 降水日と降雪日の比 ($R(\text{snow}/\text{pr})$) の長期傾向を計算すると、図 4 のように、北海道と東北北部以外の地域は、降水日に対する降雪日の割合が統計的に有意に減少していた。
- (2) 降雪深や季節最大積雪深の長期トレンドについては、図 4 ほどの明瞭な地域性はみられず、統計的に有意なトレンドを示す地点も限られていた（図なし）。

この雪の長期変化は、降水量変動により、複雑化していることがわかった（図なし）。

一方で、北海道は、降雪深や季節最大積雪深が増加トレンドの地点がいくらかみられた。この変化については、温暖化の影響で、相対湿度一定の条件下で、水蒸気量が増え、それにより降水量も増え、さらに降雪深も増えるという、期待される結果ではなく、降水日が増減していることが関係しているようにみえる。ただし、地域性は明瞭でなく、単純な答えは得られなかった。また、北海道で、 $R(\text{snow}/\text{pr})$ が増加トレンドであるが、温暖化する中での降水日に対する降雪日の割合が増加トレンドである理由はよくわからない。

どの地域でも、降雪深変動は複雑であり、原因の理解にはさらなる研究が必要である。領域気候モデル実験では、観測と似たような降雪深変動をおおむね再現できるが、気温や海面水温、大気循環場の変化が複雑に影響しているため、結果を単純化することが難しかった。

また、多くの過去の研究で用いられている季節最大積雪深は、降雪イベントの影響が大きく、気候変動を理解するには難しいかもしれない。例えば、連続で 2 回寒気の吹き出しイベントがあるのと、同程度のイベントが少し時間をおいて 2 回あるのでは、季節最大積雪深が大きく異なる傾向がありそうである。目的次第であるが、季節最大積雪深を用いる場合は、その点に気

を付ける必要がある。

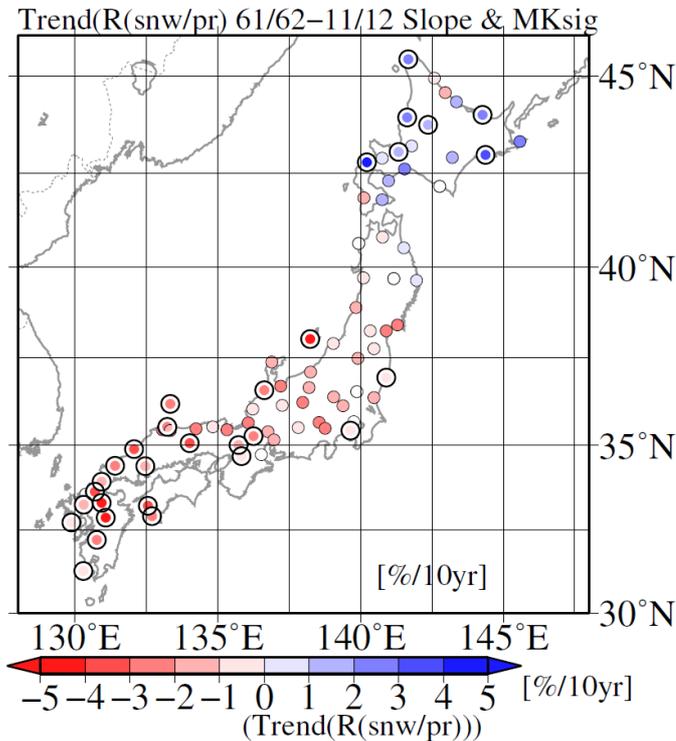


図 4 : 降水日と降雪日の比 (R(snow/pr)) の長期傾向。黒い縁取りは、95%で統計的に有意。

最後に統計的な解析手法について、2つ検討した。

- (1) 季節スケールでの豪雪の頻度が増えるかどうかについては、20年程度の移動分散や移動変動係数を計算し、そのトレンドを統計検定することで得られることを確認した。その場合に注意すべきことは、同じサンプルを何度も使うため、隣同士の移動分散値(移動変動係数値)が無相関ではないため、各分散値(変動係数値)を独立のサンプルとはみなせない。そこで、有効サンプル数を計算し、自由度を再検討する必要がある。基本的には、自己相関がゼロになる時間スケールを考慮したサンプル数が有効サンプル数である。結果として、自由度は大きく減少する。
- (2) 領域モデルなどの感度実験をする際に、2つの実験の差ではなく、複数の段階的な実験を行うことで、より統計的にロバストな結果を得ることができることを確認した。さらに、少し多めに段階的な実験(例えば、海面水温を0.5度ずつ変える)を行うことで、感度がある値を境に変化するなどの情報も得られる場合もある。感度実験の分だけ計算量が増えるので、計算資源に余裕がある場合には、有用である。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2 件)

- (1) Takahashi, H. G., and J. Polcher, 2019: Weakening of rainfall intensity on wet soils over the wet Asian monsoon region using a high-resolution regional climate model. *Progress in Earth and Planetary Science*, **6**, 26, doi:10.1186/s40645-019-0272-3.
- (2) Kamizawa, N., and H. G. Takahashi, 2018: Projected Trends in Interannual Variation in Summer Seasonal Precipitation and Its Extremes over the Tropical Asian Monsoon Regions in CMIP5. *J. Climate*, **31**, 8421-8439, doi:10.1175/JCLI-D-17-0685.1.

[学会発表](計 6 件)

- (1) Takahashi, H.G., 2018: Long-term trends in snowfall over Japan The 11th International Atmospheric Circulation Reconstructions over the Earth(国際学会)
- (2) Yamazaki, T. and H.G. Takahashi, 2018: An oceanic impact of the Kuroshio path on snowfall on the Kanto region of Japan in the cold season, 5th International Workshop on

Non-hydrostatic Models.

- (3) Kamizawa, N. and H.G. Takahashi 2018: Projected changes in the Asian summer monsoon precipitation using a large ensemble AGCM experiment. American Geophysical Union Fall Meeting 2018(国際学会)
- (4) 星亮輔, 高橋洋, 2018: 冬季の AO と続く夏季の気候の関係性の長期変化, 日本気象学会 2018 年度秋季大会(仙台)
- (5) 神澤 望, 高橋洋, 2018: d4PDF における夏季アジアモンスーン降水量の将来変化, 日本気象学会 2018 年度秋季大会(仙台)
- (6) Konduru, R.T. and H.G. Takahashi, 2018: Continental-scale convection permitting simulation of the Indian summer monsoon: Model simulation dependency on convection or grid resolution. The 2nd GEWEX (Global energy and water exchange) Convection-Permitting Climate Modeling(国際学会)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://camo.geog.ues.tmu.ac.jp/index.html>(研究室の HP)

http://camo.geog.ues.tmu.ac.jp/research_topic.html#top_of_research_topic(研究内容の紹介)

6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：神澤 望

ローマ字氏名：Kamizawa Nozomi

研究協力者氏名：星 亮輔

ローマ字氏名：Hoshi Ryouzuke

研究協力者氏名：山崎 拓弥

ローマ字氏名：Yamazaki Takuya

研究協力者氏名：二宮 大輝

ローマ字氏名：Ninomiya Daiki

研究協力者氏名：安孫子 悟

ローマ字氏名：Abiko Satoru

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。