

令和 5 年 6 月 17 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H01389

研究課題名（和文）全国の湖沼・河川凍結と降積雪の連続記録による過去300年間の冬春季気候変動解明

研究課題名（英文）Winter/spring climate changes during the past 300 years based on the continuous records of lake/river freezing and snowfall

研究代表者

三上 岳彦（Mikami, Takehiko）

東京都立大学・都市環境科学研究科・客員教授

研究者番号：10114662

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：18世紀以降の継続的な記録のある十三湖の結氷データ、および古日記に記載された毎日の天候記録から、弘前と長崎における冬季の降雪率（降雪日数/降水日数）を算出して冬春季の気温変動を復元し、過去300年間の気候変動の実態解明を試みた。その結果、18世紀から19世紀中頃にかけて、東北日本では温暖化傾向が認められたのに対して、西南日本では逆の寒冷化傾向にあったことが明らかになった。また、西南日本では1850～60年代に温暖化のピークがあり、その後1950年代と1980年代に不連続的な気候変動（レジームシフト）が起こっていることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気象観測データのない冬春季の気候変動を復元・推定する手法として、長期的な湖の結氷記録や古日記に記載された天候記録による降雪率が統計学的に有意であることが実証されたことは、過去数百年間の冬季気候変動の解明に大きく貢献し、学術的意義が高いと言える。また、冬春季の気候変動が、長期的に緩やかに温暖化するのではなく、数十年～百年の時間スケールで不連続的な階段状の変化をすることが明らかになったことは、冬春季の気候変動に関連する産業や人々の生活にも影響するため、社会的にも意義が高い。

研究成果の概要（英文）：Continuous records of freezing at Lake Jusan since the 18th century revealed long-term winter climate variations. Also, based on daily weather records in historical diaries during the 1700s and 1860s, we calculated winter snowfall ratios (number of snowfall days/number of precipitation days) in Hirosaki and Nagasaki to reconstruct winter/spring temperature variations and clarified climatic changes over the past 300 years. The results show that while a warming trend was observed in northeastern Japan from the 18th to the middle of the 19th century, the opposite trend was observed in southwestern Japan. In southwestern Japan, the warming peaked in the 1850s and 1860s, followed by discontinuous climate change (regime shift) in the 1950s and 1980s.

研究分野：気候学

キーワード：気候変動 温暖化 諏訪湖 十三湖 結氷記録 降雪率 古日記

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、冬季・春季の温暖化が進行しており、日本海側地方の降雪日数の減少や積雪深の低下、湖沼や河川の凍結日数の減少に加えて、桜の開花日の早期化や紅葉時期の遅れなど、生物季節にも気候変動の影響が出ている。従来、夏季の高温化に関しては、高頻度の猛暑日発生による熱中症患者数の増加や、海面水温の上昇による台風勢力の強化、都市部を中心とする気温上昇が引き金となりやすいゲリラ豪雨発生頻度の増加など、災害や健康に関わる課題として数多くの研究がなされてきたが、冬季・春季の気候変動に関しては社会の関心もあまり高くないため、特に長期的な時間スケールでの気候学的研究はほとんどなされていない。

しかし、将来の温暖化問題という観点からは、例えば冬季の日本海側地方の降積雪量の減少は、中部山岳地域での積雪深の低下を意味しており、それによる春季の融雪水の減少が夏季の水不足を招くことになり、大きな社会問題となる可能性が高い。同様に、冬季の温暖化は、スキー場でのゲレンデ積雪面積の減少や湖面の不凍結を引き起こして、スキーやスケート等の観光産業に打撃となるだろう。したがって、過去数百年スケールの冬春季気候変動を明らかにすることは、将来の的確な気候変動予測のためにも必要である。

2. 研究の目的

- (1) 公式気象観測記録の得られない江戸時代後半から観測データのある現在までの約 300 年間(1700 年～2020 年)の冬春季における気候変動の実態を、藩日記や寺社史料に記載された湖沼(諏訪湖、十三湖など)の長期連続した結氷解氷記録と気象観測データをもとに明らかにすることである。
- (2) それらを、同じく複数地点における江戸時代の藩日記等の天候記録(弘前、長崎)から求めた降雪率と近接気象観測所の気温データを連結した時系列と比較することにより、約 300 年間の長期的な冬春季の気候変動を客観的・定量的に解明することである。特に、弘前を中心とする東北日本と長崎を中心とする西南日本で、過去 300 年間の冬春季気候変動特性に差異が認められるか否かを、復元データの分析から明らかにし、その要因を解明することである。

3. 研究の方法

- (1) 本研究に使用した長期的なデータは以下の通りである。① 湖沼の結氷記録として、青森県十三湖の 1705 年～1860 年の結氷・解氷記録を用いる。この記録は、弘前藩日記に記載されたものを、福眞吉美氏(元秋田気象台長)がデータベース化し、研究代表者(三上)に個人的に提供されたものを使用する。また、長野県諏訪湖の 15 世紀以降の結氷記録についても、Arakawa(1954)のデータベースから 1700 年以降のデータを使用する。② 降雪率については、弘前藩日記(東北日本)と長崎・諫早藩日記(西南日本)に記載された毎日の天候記録から、寒候期(11 月～4 月)の降雪率(降雪日数/降水日数)を算出する。
- (2) 東北日本と西南日本に分けて、過去 300 年間の気候変動を復元する。東北日本については、十三湖の結氷記録から結氷日、解氷日、および両者の差から求められる結氷日数と諏訪湖の結氷日の経年変動を比較する。また、弘前の降雪率と十三湖の結氷日数の変動についても相互比較を行って、18 世紀～19 世紀前半の東北日本における気候変動の実態解明を試みる。
- (3) 次に、西南日本の長崎に残されている諫早藩日記(1700 年～1868 年)の天候記録から求めた降雪率の長期変動を分析する。長崎(出島)では、1840 年代～1860 年代の気象観測記録(非公式)が残されている。観測時代の長崎の降雪率と冬季の気温の間には有意な相関があり、直線回帰式に基づいて 18 世紀～19 世紀前半の冬季気温を復元し、観測気温時系列と連結して過去 300 年間の長期的な冬季気候変動を明らかにする。

4. 研究成果

- (1) 十三湖(東北日本)と諏訪湖(中部日本)の結氷日の時系列を比較した(図1)。諏訪湖の結氷日記録は断続的であるが、両者の長期変動傾向は比較的よく対応している。とくに、1790年代から1820年代にかけての変動傾向は類似している。ただし、1830年代以降、諏訪湖の結氷日は遅くなる傾向(温暖化)を示すが、十三湖の結氷日は早まる傾向(寒冷化)を示しており、変動傾向は一致していない。

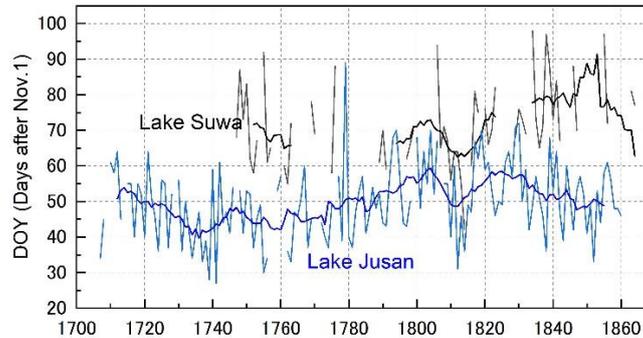


図1 十三湖(青線)と諏訪湖(黒線)の結氷日長期変動. 太線は11年移動平均.

- (2) 東北日本の冬春季気候変動を明らかにするため、十三湖の連続結氷記録から求めた結氷期間(解氷日－結氷日)と弘前の降雪率の長期変動について分析した(図2)。(1)と同じく、諏訪湖の断続的結氷日記録による変動との関連も分析した。ただし、観測時代のデータによる降雪率と冬季気温との相関は有意であったが、弘前(AMeDAS)の観測データは1977年以降に限定されるため、本研究では結氷記録の得られる1860年までの期間を主たる分析対象とした。図2に示すように、18世紀初頭から1820年頃にかけて、年々変動を繰り返しながら弘前の降雪率が低下する傾向(温暖化)が認められる。一方、十三湖の結氷期間は年々変動が大きいですが、1820年頃に最も短くなった(温暖化)後は、徐々に長くなる傾向(寒冷化)を示している。諏訪湖の結氷日についても、1820年頃までは変動傾向が対応している。これらのことから、東北日本では、1700年代から1820年頃にかけて年々変動を繰り返しながら徐々に温暖化したが、1820年頃～1860年頃は寒冷化傾向となったことがわかる。ただし、諏訪湖の結氷日は1840年頃にもっとも遅くなっており、中部日本では温暖化のピークとなった可能性が高い。

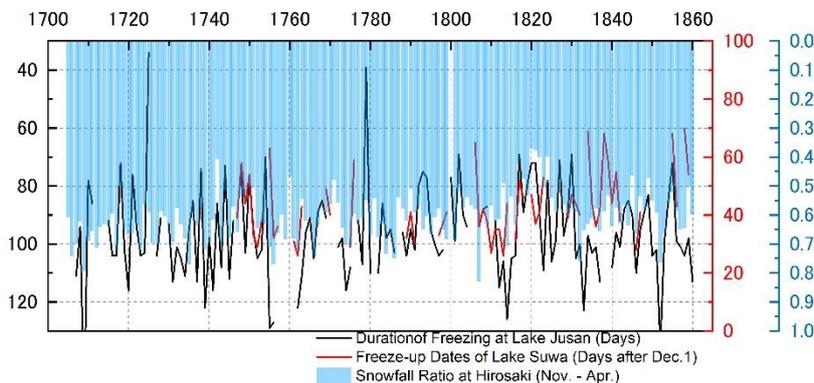


図2 十三湖結氷期間(黒線)、諏訪湖結氷日(赤線)、および弘前降雪率(青棒グラフ)の長期変動

- (3) 次に、西南日本の冬季気候変動を明らかにするため、日本海型天候が出現しやすい長崎の降雪率データを用いて、日記天候記録の得られる1700年～1868年の冬季平均気温の復元を試みた。まず、観測時代(1971-2000)の長崎気象台の観測データに基づいて、冬季の降雪率と平均気温の

関係を求めた(図 3)。両者の間には統計学的に有意な相関があることがわかり、直線回帰式に歴史時代の降雪率を代入して冬季平均を算出(復元)し、1879年～2021年の観測記録と連結した長期変動時系列グラフを作成した(図 4)。

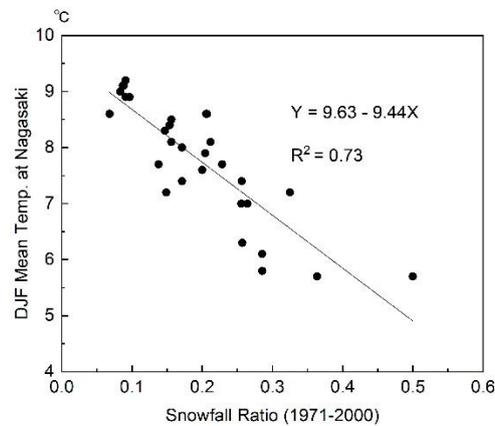


図 3 長崎の降雪率と冬季平均気温の関係

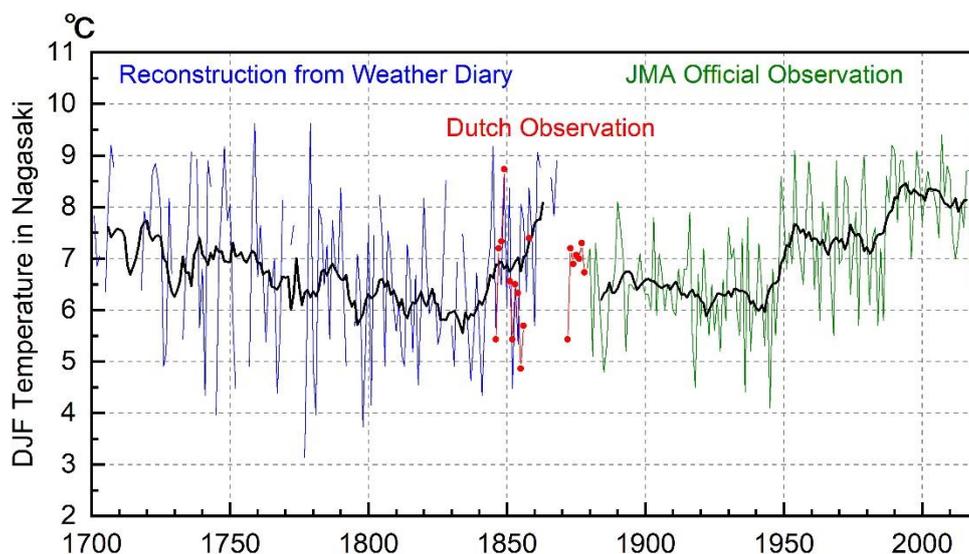


図 4 長崎における冬季平均気温の長期変動(1700年～2021年). 太線は、11年移動平均

図 4 から明らかなように、西南日本の冬季気温は 18 世紀初めから 1840 年頃にかけて緩やかな低下傾向を示すが、1840 年代に入って不連続的に温暖化し 1850～60 年代をピークに、その後 1940 年頃まで低下傾向に転じた。さらに、1950 年代初頭と 1980 年代末のレジームシフトに対応する不連続的な温暖化を経て現在に至っている。また、1850 年代～70 年代にかけて断続的に得られる観測気温とも整合しており、日記による降雪率から復元した冬季気温時系列がかなり正確であることが実証された。

図 2 と図 4 を較べると、18 世紀前半から 19 世紀前半にかけての冬季気候変動傾向が大きく異なることがわかる。このことは、東北日本と西南日本における冬季気候変動の形成要因が異なることを意味しており、今後さらにその要因を検討・考察する必要がある。

<引用文献>

Arakawa H (1954) Fujiwhara on five centuries of freezing dates of Lake Suwa in the central Japan. Arch Meteorol Geophys und Bioklimatologie B6:152-166

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Kubota Hisayuki, Matsumoto Jun, Zaiki Masumi, Tsukahara Togo, Mikami Takehiko, Allan Rob, Wilkinson Clive, Wilkinson Sally, Wood Kevin, Mollan Mark	4. 巻 164
2. 論文標題 Tropical cyclones over the western north Pacific since the mid-nineteenth century	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Climatic Change	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10584-021-02984-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Hirano Junpei, Mikami Takehiko, Zaiki Masumi	4. 巻 18
2. 論文標題 Analysis of early Japanese meteorological data and historical weather documents to reconstruct the winter climate between the 1840s and the early 1850s	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Climate of the Past	6. 最初と最後の頁 327 ~ 339
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/cp-18-327-2022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hoshi Ryosuke, Takahashi Hiroshi G.	4. 巻 126
2. 論文標題 Role of Oceanic Memory Effects in the Barents Sea in the Seasonal Linkage Between the Winter and Summer Arctic Oscillation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2021JD034799	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sugawara Hirofumi, Narita Ken-ichi, Mikami Takehiko	4. 巻 35
2. 論文標題 Vertical structure of the cool island in a large urban park	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Urban Climate	6. 最初と最後の頁 100744 ~ 100744
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.uclim.2020.100744	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 財城 真寿美	4. 巻 41-1
2. 論文標題 長崎港をとりまく自然条件と近代科学窓口としての役割	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地図情報	6. 最初と最後の頁 4-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi, HG.	4. 巻 41
2. 論文標題 Long term trends in snowfall characteristics and extremes in Japan from 1961 to 2012.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Climatology	6. 最初と最後の頁 2316-2329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/joc.6960	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kubota,H., Matsumoto,J., Zaiki,M., Tsukahara,T., Mikami,T., Allan,R., Wilkinson,C., Wilkinson,S., Wood,K. and Mollan,M.	4. 巻 164
2. 論文標題 Tropical cyclones over the western north Pacific since the mid-nineteenth century.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Climatic Change	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10584-021-02984-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計17件(うち招待講演 2件/うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Mikami,t., Hasegawa,N., Hirano,J. and Batten,B.
2. 発表標題 Winter/spring Climatic Changes in Northern Japan during 1705-1860 Reconstructed from Snowfall/Precipitation Ratios and Lake-freezing Records
3. 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junpei Hirano, Takehiko Mikami, Masumi Zaiki
2. 発表標題 Combined Analysis of Early Instrumental Data and Historical Daily Weather Documents for Winter Climate Reconstruction in Japan
3. 学会等名 The Sixth Biennial Conference of East Asian Environmental History (EAEH 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masumi Zaiki
2. 発表標題 Characteristics of rainfall variability and the abnormal condition in the dry year in Java based on the 1901-1916 Indonesian rainfall data
3. 学会等名 The 11th European Association for Southeast Asian Studies Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junpei Hirano
2. 発表標題 Data rescue of Japan data in the 19th century
3. 学会等名 ACRE2021 Virtual Workshop (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永田玲奈, 三上岳彦, 平野淳平
2. 発表標題 過去70年間に関東地方に來襲した台風の経路と強さの変化
3. 学会等名 日本地理学会2021春季学术大会
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Mikami,T.
2 . 発表標題 Recent progress in the historical climatology of Japan
3 . 学会等名 PAGES CRIAS 3rd Workshop (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Mikami,T., Hirano,J., Hasegawa,N., and Batten,B.
2 . 発表標題 Long-term winter/spring climatic changes in Northern Japan reconstructed from snowfall rates and lake-freezing records
3 . 学会等名 AGU 2020 Fall Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Hasegawa,N., Mikami,T., Hirano,J., and Batten,B.
2 . 発表標題 Newly discovered long-term record of freezing/breaking-up dates of Lake Jusan in Northern Japan during 1705-1860 as compared with those of Lake Suwa
3 . 学会等名 AGU 2020 Fall Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Hirano,J. and Mikami,T.
2 . 発表標題 Comparison of winter daily weather patterns in Japan reconstructed from old diaries and 20th century reanalysis data during the 19th century
3 . 学会等名 AGU 2020 Fall Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Hasegawa,N., Mikami,T., Hirano,J. and Batten,B.
2. 発表標題 Re-examination of original documents of freezing and Omiwatari dates for Lake Suwa
3. 学会等名 PAGES CRIAS 3rd Workshop (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirano,J. and Mikami,T.
2. 発表標題 Comparison of winter daily weather patterns in Japan reconstructed from old diaries and 20th century reanalysis data during the 19th century
3. 学会等名 PAGES CRIAS 3rd Workshop (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 財城真寿美, 三上岳彦
2. 発表標題 観測地点の移動と天候が気温日変化に及ぼす影響
3. 学会等名 日本地理学会2020秋季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三上岳彦, 長谷川直子, 平野淳平
2. 発表標題 弘前の冬春季・降雪率の長期変動と十三湖の結氷期間との関係
3. 学会等名 日本地理学会2020秋季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷川直子, 三上岳彦, 平野淳平
2. 発表標題 諏訪湖の結氷・御神渡り記録の出典ごとの精査
3. 学会等名 日本地理学会2020秋季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平野淳平, 三上岳彦
2. 発表標題 日記天候記録から復元した19世紀冬季の天候分布と20世紀再解析データの比較
3. 学会等名 日本地理学会2020秋季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 市野美夏, 増田耕一, 三上岳彦, 高槻泰郎
2. 発表標題 19世紀日本の天候と市場経済の連関 - 歴史資料からの日射量推定と米価による解析 -
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mikami, T.
2. 発表標題 A unique website JCDP that aims to disseminate scientific information on historical climate data
3. 学会等名 International Symposium "Global Collaboration on Data beyond Disciplines" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中塚 武 監修（平野淳平・財城真寿美 分担執筆）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 臨川書店	5. 総ページ数 288
3. 書名 気候変動から読みなおす日本史 第2巻（第4章 分担執筆）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

JCDP (Japan-Asia Climate Data Program) https://jcdp.jp/ JCDP (Japan-Asia Climate Data Program) https://jcdp.jp/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	高橋 洋 (Takahashi Hiroshi) (50397478)	東京都立大学・都市環境科学研究科・助教 (22604)	
研究 分 担 者	財城 真寿美 (Zaiki Masumi) (50534054)	成蹊大学・経済学部・教授 (32629)	
研究 分 担 者	長谷川 直子（石黒直子） (Hasegawa Naoko) (60433231)	お茶の水女子大学・基幹研究院・准教授 (12611)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	平野 淳平 (Hirano Junpei) (80567503)	帝京大学・文学部・准教授 (32643)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関