Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-08-03

1800年代前半の地球寒冷化：太陽・火山活動との関連（総特集 歴史時代の気候変動と自然災害：太陽活動,火山噴火との関連をさぐる）

三上, 岳彦
塚原, 東吾
財城, 真寿美

(Citation)
月刊地球,27(9):673-677

(Issue Date)
2005-09

(Resource Type)
journal article

(Version)
Version of Record

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/90005821

歴史時代の気候変動と自然災害
－太陽活動，火山噴火との関連をさぐる－

1800年代前半の地球寒冷化
－太陽・火山活動との関連－

三　上　岳　彦
塚　原　東　吾
財　城　真寿美

Global cooling in early 1800s - links with solar and volcanic forcing -

Takehiko Mikami・Togo Tsukahara・Masumi Zaiki

みかみ たけひこ：首都大学東京都市環境学部
つかはら とうご：神戸大学国際文化学部
ざいき ますみ　：神戸大学国際文化学部
日本学術振興会

1800年代前半は過去1000年間の中でも最も寒冷な時期であったと推定されるが，その主たる要因として太陽活動の低下と火山活動の活発化が揚げられる．古文書記録等から推定されるこの時期の世界的寒冷化について考察する．

1. はじめに

地球の気候は46億年の歴史の中で大きく変動してきたが，とりわけ人類の時代といわれる第四紀の約200万年間は，寒冷な氷期と温暖な間氷期が繰り返し訪れた点に特徴がある．現在は，最終氷期が終了した約11,000年前以降，比較的安定した温暖な気候の続く間氷期に相当するが，過去の氷期・間氷期サイクルを当てはめると，確実に次の氷期に向かって寒冷化が進むフェーズに入っていると考えるのが自然である．しかし現実には，過去1,000年の北半球平均気温の変動をグラフにえがくと，産業革命終了後の約150年間に顕著な温暖化を示しており，100年間の気温上昇率が0.7℃近くに達している（図1）．このグラフは，IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の2000年版報告書に掲載され，近年の温暖化がいかに急激であるかを全世界に周知するきっかけとなったが，オリジナルはMann *et al.*（1999）である．

過去1,000年間の北半球平均気温を算出するのは実はそれほど容易ではない．グローバルに気象観測記録が得られるのは過去150年足らずであり，大部分の期間については，代替データ（proxy data）から気温を推定することになる．樹木や珊瑚の年輪（幅や密度，同位体組成など）分析，極地や高山の氷床・氷河（酸素同位体比）分析，花粉分析，古文書解読など，北半球各地から得られた様々な代替データによる気温推定値は，当然のことながら大きな推定誤差（曲線の上下の網かけ部分）をともなう．しかし，最近の顕著な温暖化は推定誤差の上限を超えており，その意味でも過去にほとんど例のない気候変動と言えるが，このような急激な温暖化の始まる直前の数百年間は，現間氷期約11,000年間の中でも最も寒冷な時代の一つであり，小氷期（Little Ice Age）と呼ばれている．

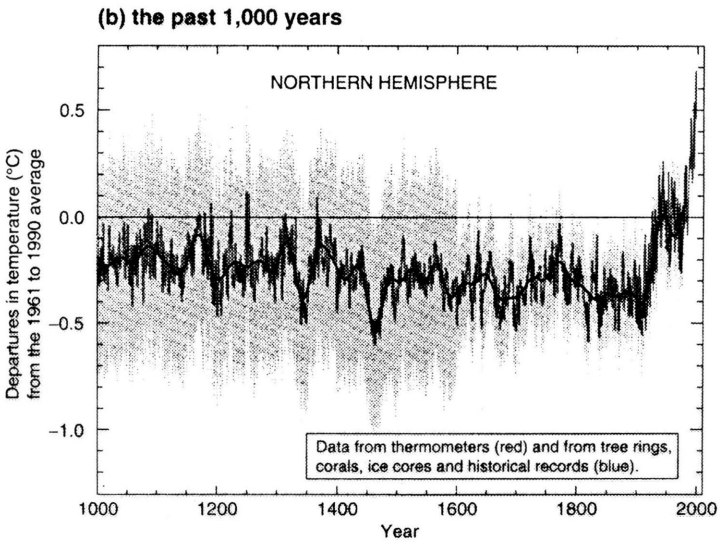

図 1　過去 1,000 年間の北半球平均気温の変動 (Mann *et al.*, 1999).

小氷期の気候変動に関しては，これまで数多くの研究がなされてきているが，その終了期の直前に位置する1800年代前半は，世界的にも寒冷化が進んだ年代であったと推定される（例えば，Mikami, 1999）．そこで，本稿では1800年代前半を中心に，数十年～数百年スケールの気候変動の実態とその要因について考察する．

2. 文書記録による歴史時代の気候復元と1800年代前半の寒冷化

気象観測記録の得られない歴史時代の気候変動を高精度・高分解能で知る手がかりとしてよく使われるのが，前述のように樹木の年輪幅・密度や極地氷床コアの酸素同位体比などの代替（proxy）データである．こうした自然の記録の他にも，様々な気象・気候情報を含む歴史文書記録があり，日本や中国を中心とする東アジアやヨーロッパ諸国では過去数百年から千年以上にわたる気候変動を解明するのに役立っている．ここでは，樹木年輪と文書記録を用いた数百年スケールの気候変動研究から，主として日本における歴史時代の気候変動の研究成果を紹介する．

樹木の年輪解析としては，年輪幅を測定してその長期変動から気温や降水量を復元するのが一般的であるが，最近は年輪内の成長期間の密度や年輪の炭素同位体比を分析して気候変動を推定する方法も開発されている．図 2 は北アメリカ北部の年輪分析から，1600 年以降の年平均気温を復元したものである（D'Arrigo and Jacoby, 1992）．この図から，1800 年代前半に明瞭な寒冷化が認められる．日本でも，図 3 に示すように，木曽ヒノキの年輪幅解析から過去 800 年間の冬季（12 ～ 4 月）気温変動を復元した研究成果がある（Sweda, 1994）．14 世紀から 19 世紀にかけて「小氷期」に対応する低温傾向が続いているが，100 年スケールの周期的変動や 10 年スケールの変動も認められる．このグラフで注目されるのは，1800 年代前半にみられる気温の低下である．1600 年代後半にも一時的な気温低下が認められるが，1800 年代前半の寒冷化は，より明瞭で，その後の急激な温暖化とは対照的である．1800 年代前半の低温化傾向は，前述の北アメリカ北部における年輪分析の変動曲線にも現れており，半球的スケールで生じた寒冷化であることを示唆している．

次に歴史文書記録に基づく気候復元について述べておきたい．日本や中国では歴史時代の天候や気象に関する記録が文書の形で数多く残されている．その中で長期間にわたり連続していて気候復元に有効と考えられるのが，15 世紀以降 550 年以上も続いている長野県諏訪湖の結氷記録である．

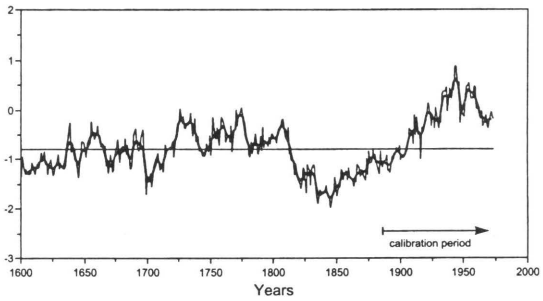

図2　北アメリカ北部の樹木年輪分析から復元した年平均気温の変動 (D'Arrigo and Jacoby, 1992).

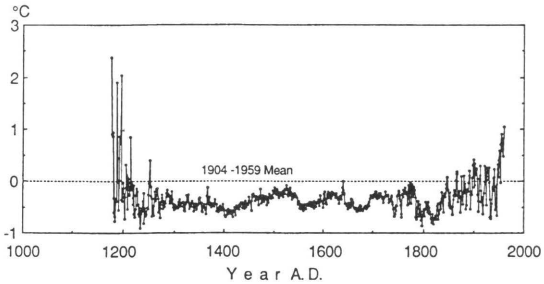

図3　樹木 (木曽ひのき) 年輪分析による過去800年間の気温復元 (Sweda,1994).

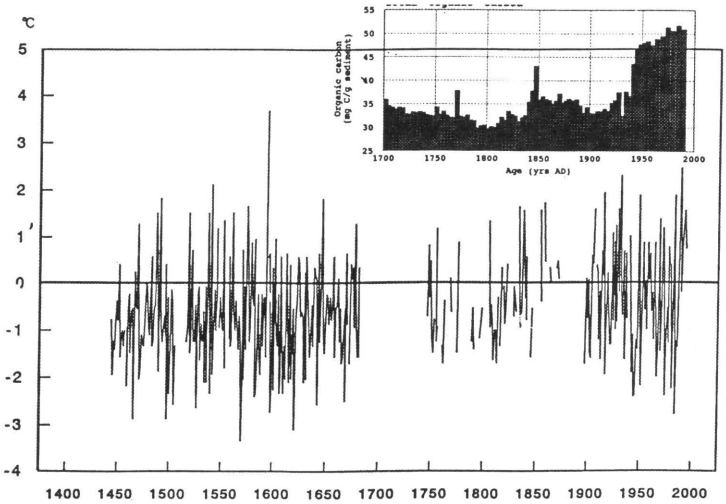

図4　諏訪湖結氷期日から推定した過去550年間の諏訪の冬季 (12月・1月) 平均気温 (三上・石黒, 1998).

この記録は，毎年冬季の諏訪湖全面結氷期日，お神渡り発生期日を含んでいるため，観測時代における冬季の結氷期日と平均気温の関係から導き出された直線回帰式を歴史時代の結氷期日にあてはめることにより，550年間に及ぶ長期の気候変動を明らかにすることができる（三上•石黒，1998）．図4は，諏訪湖結氷日から推定した諏訪の冬季（12及び1月）の平均気温の長期時系列グラフである．過去550年間で特徴的なのは，長期傾向よりも年々から数十年スケールの気候変動である．小氷期前半に相当する15世紀～17世紀の変動幅が大きいのに対して，後半の18世紀～19世紀では変動幅が小さい．16世紀に較べて18世紀後半から19世紀前半の方が低温となっているのは興味深い．諏訪湖で採取した湖底堆積物中の全有機炭素（TOC）の分析結果を同じ時間尺度で図上に棒グラフで表示してあるが，興味深いことに，全有機炭素濃度も1800年頃を中心とする時期に極小値を示している．TOC濃度の変動は，気温だけでなく，降水量や他の環境要因とも関連していると思われるが，1800年代前半のグローバルな寒冷化との関連についてさらに検討する価値がある．

日本に特有の歴史気象文書記録として，江戸時代の藩日記に記載された毎日の天候記録があげられる．筆者らの研究グループでは，これまでに全国約40地点で各種の日記天候記録を収集し，その大部分をデータベース化した．定性的な日記天候記録から，客観的に気候要素を復元する試みを例

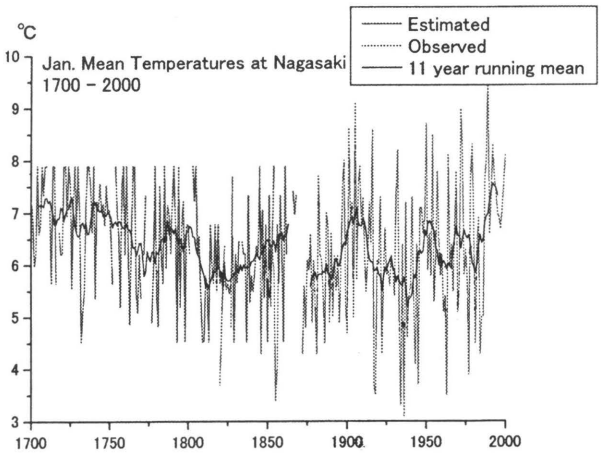

図5　日記天候記録と観測記録に基づく長崎地方の1月平均気温の変動 (Mikami *et al.*, 2000). 太線は, 11年移動平均値を示す.

示する．図5は，日記天候記録から冬季気温を推定復元した例で，観測時代の気象データから，1月の降雪率と平均気温の間に高相関（r=0.8）が認められることを利用して，長崎県諫早市の藩日記（1700-1868）の降雪率（降雪日数 / 降水日数）から長崎の1月平均気温を復元したものである（Mikami *et al.*, 2000）．推定誤差が約1℃あるが，1840～50年代に行われていた長崎出島のオランダ人医師らによる気象観測記録と日記天候記録による推定値とは比較的よく対応している．小氷期後半の気候の数十年変動が認められるが，特に1800年代前半の寒冷化が明瞭に現れている点が注目される．このグラフでも，1800年代前半に気温の低下傾向が現れており，諏訪湖結氷記録から推定した冬季気温の変動傾向とも相関が高い．

3. 1800年代前半の寒冷化と太陽・火山活動

これまで見てきた1800年代の寒冷化は，地球規模で起こっている可能性が高いことがわかった．数十年から数百年スケールの気候変動要因としては，前述のように，太陽活動や火山活動が考えられる．そこで，太陽活動の指標となる黒点数を用いて，その長期変動を1700年以降についてグラフ化したのが図6である．太陽黒点数は明瞭な11年周期変動をするので，11年の移動平均をして平滑化した曲線から数十年スケールの変動を読み取ることができる．1800年代前半に明瞭な黒点数の減少期が存在することがわかる．黒点数の変動に対応する日射量の変動は微少であることから，黒点数と気温の変動を関連づけることには懐疑的見方が多いが，これまで見てきた1800年代前半の気温低下期に黒点数の減少期が対応している点は注目される．数十年スケールの太陽活動と気温変動の関係については，そのメカニズム解明を含めて今後さらに研究が進展することを期待したい．

太陽活動と並んで，地球規模の気候変動に影響を及ぼすのが大規模な火山噴火である．一般に，大規模な火山噴火によって硫黄成分を含んだ火山ガスが，水蒸気とともに成層圏にまで達すると，二酸化硫黄と水蒸気が光化学反応を受けて，硫酸塩エアロゾルが生成されるため，地表に到達する日射量が減衰して一時的に気温を低下させると考えられている．気温低下の時間的・空間的な広がりは，火山噴火の起こった緯度や季節などにも大きく影響される．過去の事例では，1815年に大噴火したインドネシアのタンボラ火山の噴火した翌年（1816年）に，西ヨーロッパや北アメリカ東部で異常に気温が低下し，「夏の無い年」と呼ばれている．しかし，大規模な火山噴火であっても，その影響は噴火の直後から3年間程度と見積もられているため，単発の火山噴火だけで数十年スケールのグローバルな寒冷化が引き起こされることは考えにくい．Bradley and Jones（1992）は，著名な気候学者 Lamb の考案したダストベール指数

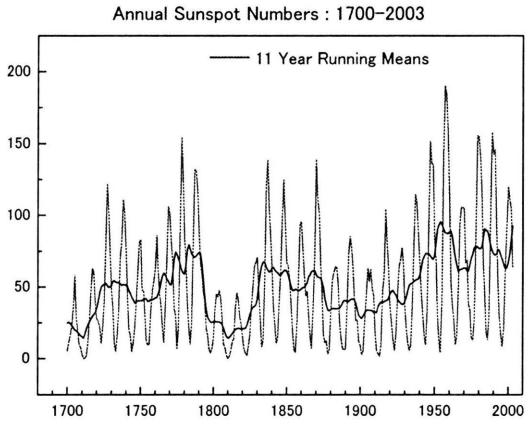

図 6　太陽黒点数の長期変動 (1700 ～ 2003 年). 太線は, 11 年移動平均値を示す.

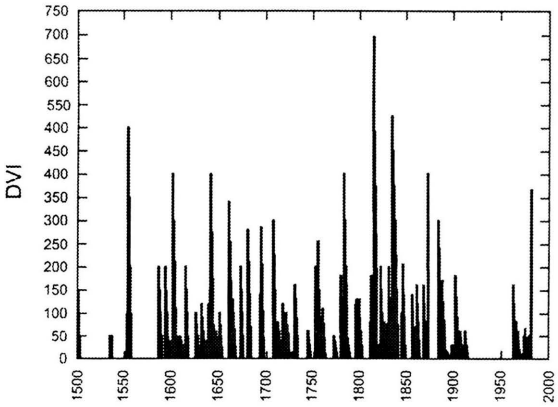

図 7　ダストベール指数 (DVI) の長期変動 (Bradley and Jones, 1992).

(DVI) を 1500 年以降について求めている (図 7). この図からも, 1800 年代前半に DVI の極大期間があり, 地球規模で火山活動が活発化していたことがわかる. DVI が高い時代は, 世界的に火山噴火が頻発した時期でもあると考えられるため, 複合的な火山噴火の影響で 1800 年代前半に地球規模の気温低下が起こった可能性は否定できない. おそらく, 太陽活動の低下と火山活動の活発化が同時期に起こったことが, 1800 年代前半の地球寒冷化につながったと考えることができる.

4. おわりに

以上, 1800 年代前半に地球規模で起こったと考えられる寒冷化に焦点を当て, その実態の時空間的特徴と変動要因に関する若干の考察を試みた. 近年の地球温暖化の主たる要因が人間活動による温室効果の強化であることはほぼ間違いないと考えられるが, 約 200 年前の 1800 年代前半に起こった地球規模の寒冷化に関しては, 従来あまり注目されてこなかった. 地球温暖化の開始時期が 1800 年代後半であるとすれば, 1800 年代前半は自然的要因で地球の気候が変動した最後の時期と言うことができる. 太陽活動と火山活動のいずれの効果が大きかったかは不明であるが, 両者の相反する要因が同時期に働いていたことが, この時代の寒冷化を引き起こした可能性を否定する根拠は現時点で見つからない. いずれにせよ, 数十年から数百年スケールの気候変動のメカニズムが解明されることを切に望みたい.

参考文献

[1] Bradley, R. S. and Jones, P. D. (1992) : Records of explosive volcanic eruptions over the last 500 years. In : Climate Since A. D. 1500 (R. S. Bradley and P. D. Jones, eds.). London, 606-622.

[2] D'Arrigo, R. D. and Jacoby, G. C. (1992) : Dendroclimatic evidence from northern North America. In : Climate Since A. D. 1500 (R. S. Bradley and P. D. Jones, eds.). London, 296-311.

[3] Mann, M. E., Bradley, R. S. and Hughes, M. K. (1999): Northern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations. Geophysical Research Letters, 26, 759-762.

[4] Mikami, T. (1999) : Quantitative climatic reconstruction in Japan based on historical documents. Bull. National Museum of Japanese History, 81, 41-50.

[5] Mikami, T., Zaiki, M., Konnen, G. P. and Jones, P. D. (2000) : Winter temperature reconstruction at Dejima, Nagasaki based on historical meteorological documents during the last 300 years. In: Proceedings of the International Conference on Climate Change and Variability, Commission on Climatology (T. Mikami eds.), IGU, 103-106.

[6] Sweda, T. (1994) : Dendroclimatological reconstruction for the last sub-millennium in central Japan. Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, 5, 431-442.

[7] 三上岳彦・石黒直子 (1998) : 諏訪湖結氷記録からみた過去 550 年間の気候変動, 気象研究ノート, 191, 73-83.