

ザイキ マスミ
財城 真寿美

共同研究者

Gunther P. Können

(オランダ王立気象研究所・主任研究員)

Phil D. Jones

(イーストアングリア大学気候研究所・所長)

塚原 東吾

(神戸大学国際文化学部・助教授)

略 歴

2001年3月 東京都立大学理学研究科 修士課程 修了
2004年3月 東京都立大学理学研究科にて博士(理学)
の学位取得

2001年4月～2004年3月 日本学術振興会特別研究員(DC1)

2004年4月～2005年3月 東京都立大学理学部 研究生

2005年4月～ 神戸大学国際文化学部 日本学術振興会
特別研究員 (SPD)

東アジア地域における19世紀気象観測記録のデータベース化と その長期気候変動解析への応用

Database of the 19th Century Instrumental Meteorological Records in East Asia and its Application for Studying Past Climate Variability

We have recovered instrumental temperature and pressure observations from Sapporo, Hakodate, Niigata, Tokyo, Yokohama, Osaka, Kobe, and Okinawa. The newly recovered records contain data before the 1870s, which is a period where until recently no instrumental data in Japan were believed to exist. Their addition to the previous backward extension of Japanese series, as based on the recently recovered intermittent Dejima/Nagasaki series 1819-1878, implies that the 19th century extension of the Japanese instrumental record no longer contains major temporal gaps. Now the corrected and homogenized monthly temperature and pressure data of Tokyo, Yokohama, Osaka, Kobe, and Nagasaki are available for scientific use.

The recovered data were used for a preliminary calculation of the West-Japan Temperature (WJT) series, which is a representative temperature series for the area. The existence of a warm epoch in the 1850s over W-Japan and a downward temperature trend till the early 20th century, as previously inferred from documentary data, is confirmed from the WJT data.

1. はじめに

近年、地球規模の急激な気温上昇に関する問題が、現代社会の重要な課題として認識されて

いる。その問題解決にむけ、気候モデルによる将来の気候変動予測と既存の気象データによる最近100年程度の動向把握が盛んに行われている。そして、その解析の基礎データとなる全球規模の気候データセットの整備が行われてきた。長期気象観測データにもとづく過去の気候変動研究は、将来の気候変動を予測する上で大変重要であるにもかかわらず、日本ではもっぱら大気大循環モデル（GCM）による温暖化予測に焦点が置かれ、観測データにもとづく過去の気候変動の解明に取り組んだ研究例は少ない。一方で、全球規模の気候データの基盤となる地域ごとの長期気候データベースの構築と、その解析を行うプロジェクトがヨーロッパ諸国を中心に行われている。これらの先駆けとなったのは、Manley（1953, 1974）によるCentral Englandを代表する月平均気温（CET:1659-1973年）を算出する試みである。

日本では、これまで気象庁（JMA）による公式観測開始（1870年代）以前の気象データが得られず、長期の気候変動を知るには、古文書天候記録や樹木年輪分析などから推定する以外に手段がなかった。しかしながら最近、オランダ王立気象研究所の協力によって、長崎の出島における1818-1883年の気象観測記録の所在が判明し、筆者らはその補正均質化とデータベース化を共同で行った（財城ほか 2002, Können *et al.* 2003）。その後の追跡調査で、さらに東京・横浜（横須賀）・大阪・神戸での気象観測記録の所在が明らかになった（Zaiki *et al.* 2006）。また断片的ではあるが、札幌・函館・新潟・沖縄での気象観測記録も入手することができた。こうした19世紀の観測記録を気象庁の公式観測記録と連結させることができれば、より長期にわたる気候変動の解析が可能となる。さらに、全球・半球レベルのデータセットの算出を行う場合、1880年代以前のデータの空白域となっていた日本および東アジア地域に、実測の数値データを新たに与えることが可能となり、データセットの精度向上にもつながる。

本稿では、日本における19世紀気象観測記録の補正均質化作業とデータベース化について紹介する。続いて、断片的な19世紀の観測記録のデータをうまく利用して、1880年代以降の気象庁の気象データと連結させ、約200年間の日本の気候変動解明に関する取り組みを紹介する。

2. 日本における19世紀の気象観測記録

これまでに行った資料の追跡調査の結果、1870年代の気象庁による観測開始以前の日本各地において、気象観測が行われていたことが明らかになった（図1）。本稿では、筆者による補正均質化とデータのクオリティチェックが完了している東京・横浜（横須賀）・大阪・神戸・長崎の5地点における気象観測記録について詳しく取り上げる。

上記5地点の中でもっとも古い観測記録が、長崎の出島における記録（1819-1828年：図2）である（財城ほか 2002, Können *et al.* 2003）。この観測は、当時のオランダ商館長のブロンホッフ（J. Cock Blomhoff）によって開始され、1825年にオランダ商館医師であったシーボルト（P. F. von Siebold）によって継続された。この観測記録の原簿は、ドイツ・ルール大学付属図書館にシーボルトコレクションとして保存されている。その後空白期間があるものの、1845年からオランダ商館の医師らによって気象観測が続けられ、1858年の開国以降も当時の長崎病院（現在の長崎市立佐古小学校）で観測が続けられ、1878年に長崎の気象台が設立されるまで

だ測器を使用していたと思われる。

1858年の開港以降は、日本進出を狙う列強各国の思惑がうかがわれ、横浜でアメリカ人宣教師のヘボン (J. C. Hepburn) やフランス人医師のムーリエ (P. Mourier) らが、神戸では神戸港長のイギリス人マーシャル (J. Marshall) とマールマン (J. J. Mahlmann) らが気象観測を行っていた。彼らは、当時の英字新聞に気象情報を掲載したり、本国の気象学会誌に観測記録を報告したりしていた。

3. 19世紀気象観測データの補正均質化

1) 「補正」作業では、現在の気象観測データと補正のレベルをそろえる。まず、気温・気圧データ双方について、現在の使用単位 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{hPa}$) に換算し、統一した。オリジナルの観測記録では、気温はセルシウス (Celcius: $^{\circ}\text{C}$) ではなく、ファーレンハイト (Farenheit: $^{\circ}\text{F}$) やレオミュール (Reaumur: $^{\circ}\text{R}$) で記録されているものが多い。また気圧は、インチ (inch) で

記録されているが、当時はイングリッシュインチ (1 English inch = 25.4 mm) とフレンチインチ (1 French inch = 27.07 mm) の両方が主流であったため、単位の換算にはどちらのインチを使っているのかを同定する必要もある。

さらに気圧に関しては、それぞれの観測記録の記述を参考にして、温度補正・重力補正・海面更正が必要かどうかを検討し、必要に応じてそれぞれの補正を行った。さらに、測器の不具合などによって観測データに一定のバイアスが認められる期間についても補正式を算出し、データの補正を行った (Zaiki *et al.* 2006)。

2) 「均質化」とは、観測地点の高度移動や、観測ごとに異なる1日の観測頻度・時刻などによって生じる月平均値レベルでのデータ間の差を修正し、データ同士を連結したり比較したりできるようにするためのプロセスである。高度の移動に関しては (気圧データの高度補正は1) の段階で海面更正として行っているの、ここでは気温データのみについて扱う。) 、 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の気温減率を用いて、それぞれの地点で現在の気象官署の高度に合わせて均質

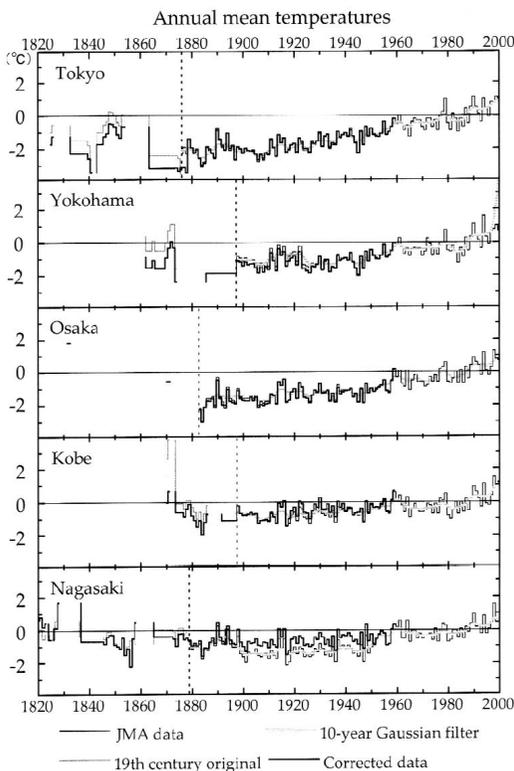


図3 1820 - 2000年までの東京・横浜・大阪・神戸・長崎における年平均気温(1971-2000年気候値からの偏差)の時系列。灰色細線は19世紀観測記録のオリジナルの値。黒細線はJMAデータ。黒太線は補正均質化後の値。灰色太線は10年ガウシアンフィルターの値。(Zaiki *et al.* 2006)

化した。

また、19世紀の気象観測のほとんどが1日3・4回程度しか行われていなかったため、現在の1日24回観測したデータから得られる平均値とは直接比較ができない。よって、観測頻度と時刻の違いによって生じる差をそれぞれの観測記録ごとに算出し、均質化を行った。

3) 「クオリティチェック」では、補正均質化後のデータの異常値と時系列データの不連続の判定を行う。データの異常値は、JMAの観測値との比較やWMO（世界気象機関）の品質管理基準に従って判定し、今回は異常値として該当する値がないことを確認した。また、19世紀から20世紀まで連結させた時系列データが統計的に連続しているかを検定する均質性テスト（Homogeneity Test：Wijngaard *et al.* 2003）を行い、有意な不連続は検出されなかった。

5地点それぞれの補正均質化前後の気温・気圧の年平均値時系列を図3に示す。

ここで日記の天候記録から復元された長崎（1月）の気温データ（Mikami *et al.* 2000）との比較を試みた。両者のデータの変動傾向は類似しており、同様に東京の気温を比較した場合にも、日記天候記録からの推定値ともよく整合していた（Zaiki *et al.* 2006）。

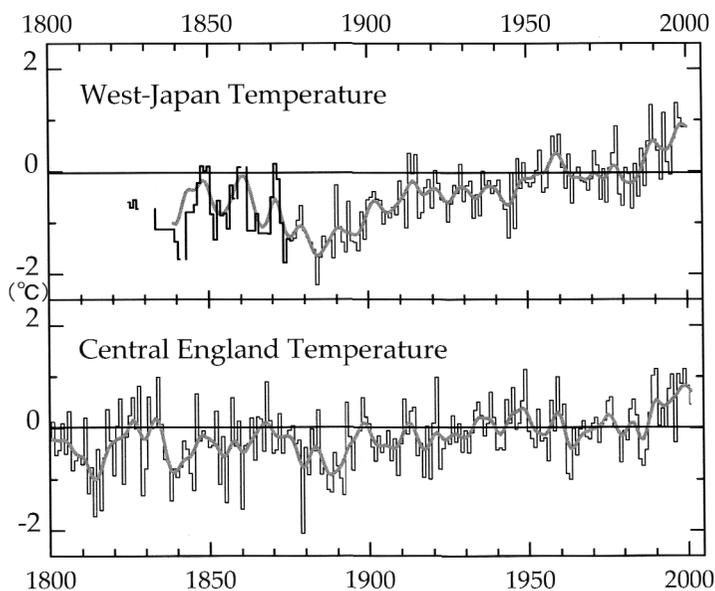


図4 1800年以降のWest Japan TemperatureとCentral England Temperatureの年平均値（1971-2000年気候値からの偏差）時系列。West Japan Temperatureの1875年以前の黒太線は、本研究の成果によるもの。その他の黒細線は、既存のデータから算出した値。灰色太線は10年ガウシアンフィルターの値。

4. West-Japan Temperature シリーズの算出

断片的な19世紀の観測データを重ね合わせることによって、それを連続した日本（西部）の平均的な値（West-Japan Temperature：WJT）として解析に用いる。ある空間を代表する平均的な気温を算出するという試みは、Manley（1953, 1974）によってCentral Englandを代表する月平均気温（Central England Temperature：CET）算出の研究に派生したものである。CETデータは1659年にまでさかのぼり、世界でもっとも長期にわたる気候データであるといわ

れ、現在もイギリス気象庁によってアップデートされている。また、ベルギーやオランダにおいても長期気象データの収集・整備プロジェクトにおいて同様の平均値（Central Belgium Temperature : CBT (1767年-), Labriijn/de Bilt シリーズ (1706年-) を算出する試みが報告されている (Demaree *et al.* 2002, Labriijn 1945)。

1901年以降のWJTの算出には、JMAの平年値算出にも使われており日本西部に位置する11地点（伏木・長野・水戸・飯田・銚子・境・浜田・彦根・長崎・宮崎・多度津）のデータを、1900年以前は、東京・横浜・大阪・神戸・長崎の5地点のデータを使用した。なお、1900年以前のサンプル数による分散の違いについては、CETの算出に用いられているParker *et al.* (1992) の方法を適用して調整済みである。

WJTの年平均値とCETの年平均値を図4に示す。日本では19世紀中頃がやや温暖で、19世紀末にやや寒冷な傾向であったことが分かる。季節別にみると、夏・秋季にその特徴が顕著であった。Lamb (1977) で小氷期終了が1850年代頃と定義されているように、WJTの変動においても類似した傾向が実証された。さらに、温暖な19世紀中頃→寒冷な19世紀後半の特徴は、日記による推定結果からも同様な傾向が論じられていたが、実際の観測値からも実証することができた。

5. おわりに

公式観測開始以前の19世紀日本において測器を用いて観測された気象記録の収集を行った成果とその観測記録を紹介した。当時の気象観測はオランダから持ち込まれたヨーロッパ自然科学である蘭学に大いに影響を受けていたと言える。本研究では、収集したオリジナルの観測記録のデジタル化を行い、現在のJMAによる公式観測データと接続・比較が可能となるような確かな補正均質化を行い、一般に使用可能なデータベースとして整備した。さらに断片的な19世紀の気象データを重ね合わせて、日本西部における平均的な気温の時系列データ（WJT）を算出した。

本研究の成果の一部である19世紀日本での気象観測データは、イギリスのイーストアングリア大学Climatic Research Unitのウェブサイトで一般に公開している。またイギリス気象庁が作成する全球気圧グリッドデータHadSLP2 (1850年-、2006年公開予定) にも使用されており、東アジア地域のデータセット向上にも貢献している。また筆者は現在、イギリスイーストアングリア大学のPhil Jones教授と、全球気温グリッドデータ (1820年-) の作成作業を行っている。

日本における長期気候データベース構築によって、19世紀以前の気象データの空白域となっている東アジア地域に、新しい情報を与えることが可能となった。19世紀は寒冷な小氷期から温暖傾向へシフトしていった時期でもあり、当時の東アジア地域の気候を復元する上で、本研究の成果は重要な手がかりになる。また、多くの観測記録が時間的・空間的に高精度になることは、地球規模の気候変動解析に使用されている全球スケールのデータセットの精度向上に大きく貢献するであろう。今後も19世紀以前の日本を含む東アジアの気象観測記録の収集とデータベースの整備を進めていく予定である。

参考文献

- [1] Demaree, G. R., Lachaert, P. J., Verhoeve, T. and Thoen, E. (2002) The long daily Central Belgium Temperature (CBT) series (1767-1998) and early instrumental meteorological observations in Belgium. *Climatic Change*, 53, 269-293.
- [2] Können, G. P., Zaiki, M., Baede, A. P. M., Mikami, T., Jones, P. D. and Tsukahara, T. (2003) Pre-1872 extension of the Japanese instrumental meteorological observation series back to 1819. *Journal of Climate*, 16, 118-131.
- [3] Labrijn, A. (1945) *The climate of the Netherlands during the last two and a half centuries*, KNMI Mededeelingen en Verhandelingen 49 (KNMI No. 102), 14 pp.
- [4] Lamb, H. H. (1977) *Climate: Present Past and Future*. Methuen and Co., London, 433 pp.
- [5] Manley, G. (1953) The mean temperature of Central England, 1698 to 1952. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 79, 242-261.
- [6] Manley, G. (1974) Central England temperatures, monthly means 1659 to 1973. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 100, 389-405.
- [7] Mikami T., Zaiki, M., Können, G. P., Jones, P. D. (2000) Winter temperature reconstruction at Dejima, Nagasaki based on historical meteorological documents during the last 300 years, *Proceedings of the International Conference on Climate Change and Variability*, Tokyo Metropolitan University 13-17 September 1999, International Geographical Union, 103-106.
- [8] Parker, D. E., Legg, T. P. and Folland, C. K. (1992) A new daily Central England Temperatures series, 1772 - 1991. *International Journal of Climatology*, 12, 317-342.
- [9] Wijngaard, J. B., Klein Tank, A. M. G. and Können, G. P. (2003) Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology*, 23, 679-692.
- [10] Zaiki, M., Können, G. P., Tsukahara, T., Jones, P. D., Mikami, T. and Matsumoto, K. (2006) Recovery of 19th century Tokyo/Osaka meteorological data in Japan. *International Journal of Climatology*, 26, 399-423.
- [11] 財城真寿美・塚原東吾・三上岳彦・G. P. Können (2002) 出島（長崎）における19世紀の気象観測記録. *地理学評論*, 75, 901-912.