

# 京都の桜満開日記録による歴史時代の気候復元

青野 靖之

- I. はじめに
- II. 京都におけるヤマザクラの満開日データ
- III. 復元方法のキャリブレーション
- IV. 歴史時代における気温の復元結果

## I. はじめに

日本で記録されてきた古日記には、毎日の天気の情報に加えて、植物の開花・萌芽・落葉・果実の成熟や収穫などの植物季節現象に関する記録が残されていることが多い。特に春のサクラの満開時期や、その際に行われた花見に関する記述は極めて多く残っている。サクラの開花時期は主として温度条件によって変動するので、これらの記録を気温の推定へ応用することも可能になる。ここでは、サクラの満開時期に関するデータを京都で書かれた古記録類から調査し、それをもとにした春季気温の復元結果について報告する。

## II. 京都におけるヤマザクラの満開日データ

京都で書かれた日記を中心とした史料の中から、満開の状態、花見・観桜、サクラの花のついた枝の進上・献納などに関する記録が見られた日付を収集し、関西で一般的な自生種ヤマザクラの満開日を示すデータとして整理した。調査の結果、満開の状態に関しては286年分、花見について453年分、枝の進上では30年分、サクラにちなむ和歌の題に関連して39年分のデータが得られた。また Aono

and Saito<sup>1)</sup> が見いだした関係式を用いてフジの満開日による推定値が11年分、また青野<sup>2)</sup> が示した関係式とヤマブキの満開日による推定値が3年分、ヤマザクラの満開日データとして加えられた。これら春季に咲く他の植物の満開日データによるヤマザクラの満開日の推定方法は、同じ年に記録された古記録中の植物季節的記録同士の比較に基づいて求められた回帰式によるものである。最終的にデータ数は、弘仁3(812)年から2010年までで合計822年分に上った。

図1は、こうして収集したデータを時系列的に並べて示したものである。気温復元の精度は満開日データ数の多さに左右される。たとえば15～20世紀では80%以上の年の満開日が判明したのに対し、10, 11世紀では30%程度しか判明しなかった。満開日はおよそ200年の周期で早晩を繰り返していた。

## III. 復元方法のキャリブレーション

満開日から気温への読み替えには、温度変換日数法と呼ばれる気温を使った指数の積算モデルを用いた。まず、気温を用いて図2のように満開日を高い精度で推定できる計算条件を求めた後、その条件を満開日から3月平均気温への計算方法へ組み入れた。復元方法のキャリブレーションには1911～1940年の気温と満開日を用いて行った。その結果、31年区間回帰曲線を用いた平滑化処理後の気温は、図3に示すように実際の気温と同様の推

キーワード：満開日、気候復元、植物季節、ヤマザクラ

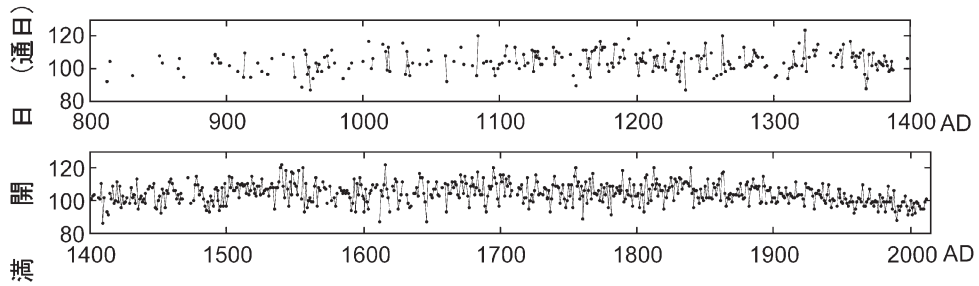


図1 京都におけるヤマザクラの満開日の年々変化

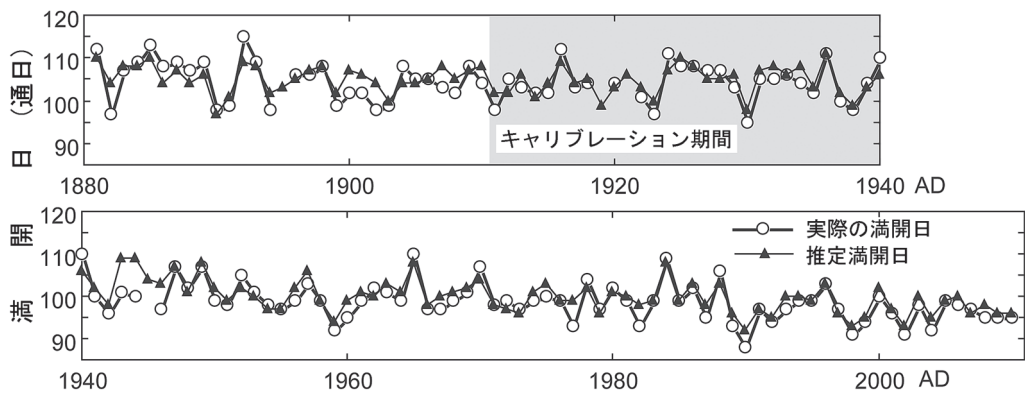


図2 京都におけるヤマザクラの満開日の推定結果

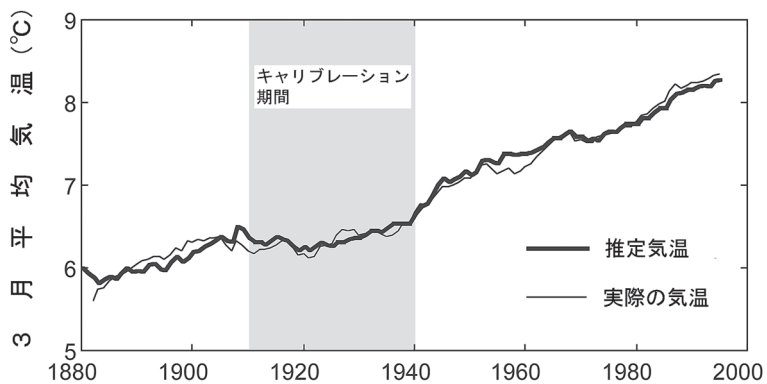


図3 3月平均気温の推定値と実際の値との比較  
いずれも31年区間回帰処理により平滑化した値。

移を示した<sup>3)</sup>。気温の推定誤差は、キャリブレーション期間の内・外をとわず、二乗平均平方根誤差 (RMSE) で0.1℃であり、高い推定精度が認められたことから、この方法を歴史時代の気温の復元に応用することにした。

#### IV. 歴史時代における気温の復元結果

図4に京都における3月平均気温の復元結果を示す。満開日の推移によって、寛平2(890)年以降の3月平均気温の推移が現在まで連続して判明した。9世紀から19世紀までの間で最も気温の復元値が高かったのは10世紀前半～中ごろで、全般的には7℃以上と、現在に匹敵する気温の高さであったと考えられる。これ以後、正安2(1300)年以降になると総じて気温が現在よりも低めに転じた。とくに元徳2(1330)～正平5(1350)年、永正17(1520)～天文19(1550)年、寛文10(1670)～元禄13(1700)年、文政3(1820)～文政13(1830)年はいずれも5℃程度の値、すなわち現在より気温が3℃ほど寒冷な時代であったことがわかった。

得られた復元気温の推移を、太陽活動の指

標である太陽黒点数の復元推移<sup>4)</sup>と比較すると、黒点数の増減と同期した復元気温の推移が認められる。とくに、上に示した4つの寒冷期は、いずれも約200年ごとに訪れた太陽活動の不活発になる極小期(古い順にウォルフ、シュペーラー、マウンダー、ドルトン極小期)とほぼ重なる。また、それぞれの寒冷期の、特に気温が最も低くなった年代は、太陽活動の各極小期の後半ないしは直後にあたるとみられ、太陽活動に対して十～数十年程度の気候応答の遅れが存在することも示唆された。

日本を含む西太平洋周辺における太陽活動に対する気候応答の遅れについては、Waple *et al.*<sup>5)</sup>が14年、Shindell *et al.*<sup>6)</sup>が20年、Wang and Zhang<sup>7)</sup>が13年としている。そこで、京都における復元気温の推移と、黒点周期の短期的な増減の周期(約11年周期)の長さを比較した。比較に用いた復元気温からは、小元・鯉谷<sup>8)</sup>の方法により都市温暖化の影響を取り除いた。この処理は、京都市西郊の亀岡における気温を田園気温の対照データとして用いるもので、京都と亀岡の元からある気温差を考慮しながら都市バイアスの年々変化を

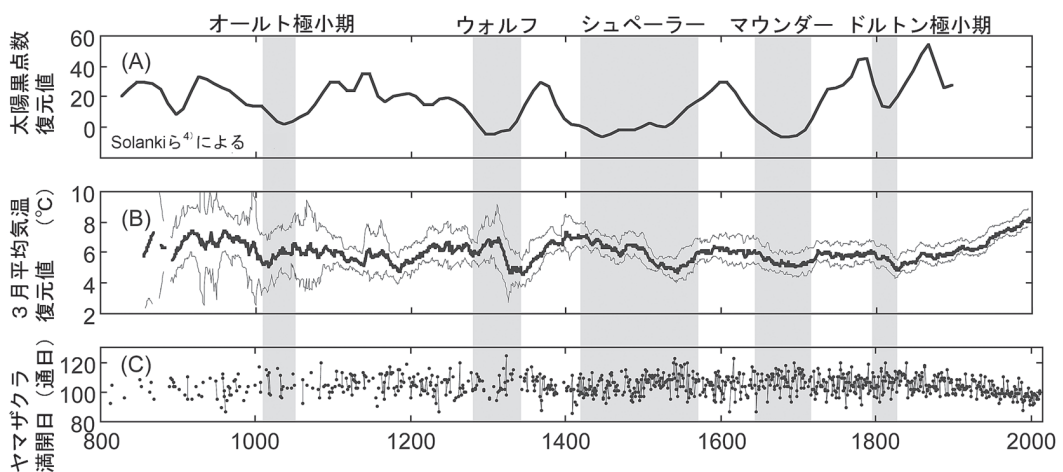


図4 京都における3月平均気温ほかの復元結果

- (A) Solanki *et al.*(4) による太陽黒点数の復元値の推移
- (B) 31年区間回帰曲線を用いて平滑化した、京都における3月平均気温の復元推移
- (C) ヤマザクラの満開日の年々推移

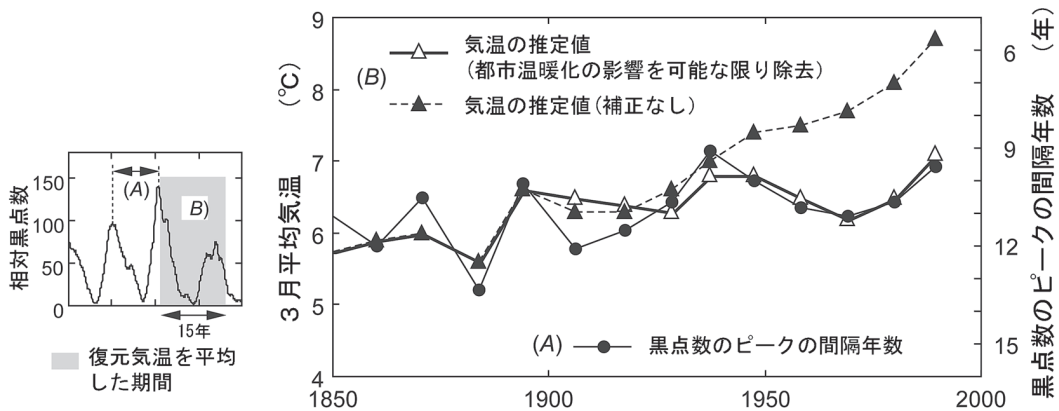


図5 太陽黒点周期の長さ、気温の復元値(15年平均値)の推移同士の比較

推定するものである。解析の結果、都市温暖化の影響を取り除いた復元気温を比較対照に用いた場合に、およそ15年の遅れを考慮すると、気温と黒点周期の長さの相関が極めて高くなった(図5)。

現在、京都については他の植物季節現象に関する調査も並行して進めており、それをを用いた他の季節の気温復元も試みている。太陽活動が気候に大きく影響する過程は季節によって異なると考えられる。複数の季節の気温復元値を比較することによって、太陽活動などがもたらす気候変動への影響に対してアプローチすることを目指しているところである。(大阪府立大学)

〔付記〕

この研究は、科学研究費(基盤研究(C)、平成23~25年度、研究代表者:青野靖之、課題番号23501247)の助成を受けたものの一部である。

〔注〕

- 1) Aono, Y. and Saito, S., "Clarifying springtime temperature reconstructions of the medieval period by gap-filling the cherry blossom phenological data series at Kyoto, Japan" *International Journal of Biometeorology*, 54, 2010, pp.211-219.
- 2) 青野靖之「史料による春の開花記録の特徴

と気候復元への応用の有効性」時間学研究 4, 2011, 17-29頁。

- 3) Aono, Y. and Kazui, K., "Phenological data series of cherry tree flowering in Kyoto, Japan, and its application to reconstruction of spring-time temperatures since the 9th century" *International Journal of Climatology*, 28, 2008, pp.905-914.
- 4) Solanki, S. K., Usoskin, I. G., Kromer, B., Schüssler, M. and Beer, J., "Unusual activity of the Sun during recent decades compared to the previous 11,000 years" *Nature*, 431, 2004, pp.1084-1087.
- 5) Waple, A. M., Mann, M. E. and Bradley, R. S., "Long-term patterns of solar irradiance forcing in model experiments and proxy based surface temperature reconstructions" *Climate Dynamics*, 18, 2002, pp.563-578.
- 6) Shindell, D. T., Schmidt, G. A., Mann, M. E., Rind, D. and Waple, A., "Solar forcing of regional climate change during the Maunder minimum" *Science*, 294, 2001, pp.2149-2152.
- 7) Wang, X. and Zhang, Q.-B., "Evidence of solar signals in tree rings of Smith fir from Sygera Mountain in southern Tibet" *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 73, 2011, pp.1959-1966.
- 8) 小元敬男・鱧谷 憲「気象官署のデータからの都市気候効果の消去の試み」*農業気象* 35, 1979, 93-96頁。

# Climate Reconstruction by Using of Cherry Blossom Phenological Data in Kyoto

AONO Yasuyuki

The change in March mean temperature in Kyoto was reconstructed, using cherry blossom phenological data deduced from many historical documents. Calibration enabled accurate estimation of temperature after smoothing (RMSE of temperature estimates fell within 0.1°C). Phenological data for 822 years is now available to applying climate reconstruction.

The continuous temperature series since the 9th century were reconstructed. The reconstructed 10th century March temperatures were around 7°C, which was similar to present normal level. After 1300 A.D. the reconstructions suggested the existence of four cold periods, 1330–1350, 1520–1550, 1670–1700, and 1820–1830, during which periods the estimated temperature was 4–5°C. These cold periods coincided with the less extreme periods, known as the Wolf, Spörer, Maunder and Dalton minima, in the long-term solar variation of the Suess cycle.

**Key words:** full-blossoming date, climate reconstruction, plant phenology, *Prunus jamasakura*