

成蹊学園のソメイヨシノ標準木の開花日予想について

染谷 有紀*・宮下 敦**

要 旨

成蹊学園で観測されている1927年からのソメイヨシノ開花日（二分咲）データのうち、最近の約30年間について、簡便法と、より精密な方法について、気温データに基づく開花日予測の可能性を調べた。両者の方法とも、ある程度の精度で開花日予測が可能である。これを用いて、身近な市民レベルでの観測により、東京のヒートアイランド現象あるいは地球温暖化の影響についての桜の開花日の観測をSDGsやESD教材として利用できる可能性を示した。

キーワード：成蹊気象観測所，ソメイヨシノ，開花日予測，ヒートアイランド現象，地球温暖化

I はじめに

SDGsの目標13「気候変動に具体的対策を」は、気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を目指している。この目標を達成するためには、行政や経済的な対策のほかに、それを支持する市民一人一人が対応することを求められる。一人一人の市民が気候変動対策の必要性を実感するためには、身近な自然の中から気候変動の影響を感じ取ってもらう必要がある。気候変動に関係するような身近な自然の長期的な変化を感じるためのデータとして、従来から生物季節観測が行われてきた。しかし、生物季節観測は観測者による目視によるため、気象観測の無人化とデジタル化が進む中で、データの取得が途切れつつあるものが増えている。

生物季節観測のうち、ソメイヨシノ (*Prunus yedoensis*) の開花は春の到来を示す代表的な観測項目である。ソメイヨシノは遺伝子解析でほぼ同一とみなせる生物群集であり (Inan et al., 1995),

*元・成蹊気象観測所サポートスタッフ

**成蹊学園サステナビリティ教育研究センター

開花日と気象要素間の応答もほぼ同じものと考えられる。気象庁では、1953年以降、生物季節観測の一環として、全国46都道府県で48か所の桜標準木が指定され、統一された方法で目視観測が行われており (気象庁, 2021), そのデータは気象庁ホームページで公開されている。

また、地球温暖化に対するソメイヨシノの開花日については、2100年までに、日本列島で開花しない、あるいは満開に達しない地域が出るほか、九州や太平洋海岸域では開花日が遅く、東北や日本海側あるいは標高の高い地域では開花日が早くなることが指摘されている (丸岡・伊藤, 2009)。一方、塚原・林 (2012) は満開日に着目し、開花から満開までの期間が約2.1日短くなることを推定している。気象庁データを用いたり、長期的な観測を市民の手で行ったりすることにより、ソメイヨシノの開花日を地球温暖化進行の身近な指標とすることも可能であると考えられる。

成蹊気象観測所は、1926 (昭和元) 年の正式観測公表開始以来、90年以上にわたって、成蹊学園内で教育用の観測データを取得してきている。学校気象観測所として、中学生や高校生に分かり

やすい身近な観測方法を指向しており（宮下・山崎, 2022）, 生徒たちだけでなく市民にとっても身近な自然の変化を知ることができるものになっている。そのような試みとして, 成蹊中学校自然科学部の中学生が, 成蹊学園の標準木を用いて, ソメイヨシノ開花日予測を蕾の重さを測定する方法を使って試みたことがある（成蹊気象観測所, 2001）。本稿では, SDGsにおいて市民が自然環境変化を知ることができる例として, 成蹊学園で行われてきているソメイヨシノの開花日データと気温を用いて調べる方法について解析を試みる。

II 成蹊気象観測所のソメイヨシノ観測

成蹊気象観測所におけるソメイヨシノの開花日および満開日の観測は1927年（昭和2年）から開始され, 現在も継続している。この観測データは, 気象観測所年報等で公表されるほか, 2010年ころまでは東京管区气象台に報告していた。

成蹊気象観測所で1927年から観測しているソメイヨシノは, 成蹊学園内の成蹊中学高等学校校舎と400mグラウンド（けやきグラウンド）の間にある桜並木の1本を標準木として定め, これが二分咲になった日を開花日としている（図1, A, B）。また, 満開日については, 開花の遅い樹冠部分をのぞいて全体の約八割が開花しているときとしている。

第二次世界大戦前の資料で, 桜開花日を二分咲とする例としては, 早水（1930）があるが, その根拠は述べられていない。成蹊学園においても, 二分咲を開花日とする理由についての資料はないが, 歴代の観測所長のあいだの引継ぎでは, 数輪の開花をもって開花日とすると1本の標準木では狂い咲きなどの影響がぬぐえないためだったとされている。また, 二分咲の目視判定については, 木全体の開花状況を見て判断し, 観測者が変わる場合は前任者と二人で見て, 条件をそろえることで個人差を減らすようにしている。この標準木は, 成蹊学園が武蔵野市に移転した大正期の末頃に植えられたものと推定され, 樹齢は100年近いと考えられるが, 専門業者による枝剪定などの保全が

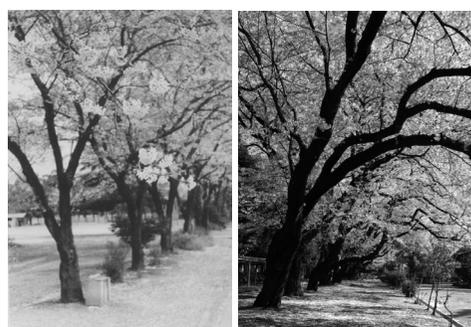


図1 成蹊学園のソメイヨシノ標準木

A：昔のソメイヨシノ標準木。一番手前の木。撮影年は不明だが, 成蹊中学高等学校校舎がないため, 少なくとも50年以上前で, 1963年（昭和38年）以前の写真と考えられる。

B：現在のソメイヨシノ標準木。2012年撮影。幹が大きくなり, 枝が東側（画面右手）に曲がっているが, 同じ木であることが分かる。

はかられ, 樹勢はよい状態である。

表1に1995年から2022年までの各年におけるソメイヨシノ開花日（二分咲）, 2月1日から開花までの「平均気温積算値」および「最高気温積算値」, また, 気温の上昇具合（地球温暖化）をみるため各年の「平均気温年間平均値（1月～12月）」, 休眠期を想定した前年11月から当年1月の「平均気温積算値」を, それぞれ示す。

III ソメイヨシノ開花日の推定法

1. 気温積算を用いる簡便法

ソメイヨシノの開花日には休眠期（冷え込む時期）が必要で, そのあと, 気温があがるにつれ成長期に入り開花することが知られている（勝木, 2018）。

東京のソメイヨシノの開花日については, 2月1日以降の平均気温積算が400℃に達すると開花するという説と, 同じく2月1日以降の最高気温積算が600℃に達すると開花するという説があるとされている（檜山, 2017）。これは, 「400℃の法則」「600℃の法則」と呼ばれることがあるが, 筆者らの管見の範囲内では, 根拠となる科学的なレポートは見出すことができず, おそらく天気予報などの報道の中で経験則的に成立したものと推

表1 1995年～2022年までの、2月1日以降の日平均気温の積算値、日最高气温の積算値、年平均気温

	開花日	2月1日～開花までの平均気温積算(°C)	10年ごとの平均値(°C)	2月1日～開花までの最高气温積算(°C)	10年ごとの平均値(°C)	平均気温年間平均(°C)	前年冬季(11月～1月)平均気温積算(°C)
1995年	4月2日	409.4		681.7		15.3	-
1996年	4月2日	404.9		676.8		14.8	733.8
1997年	3月29日	434.2		706.3		15.8	718.1
1998年	3月29日	410.6		700.7		15.8	738.8
1999年	3月27日	392.3		551.8		16.0	777.4
2000年	3月31日	367.0		686.8		15.6	640.1
2001年	3月24日	330.8	8年間平均	606.4	8年間平均	15.3	672.7
2002年	3月18日	357.7	388.3	587.4	649.7	15.4	672.7
2003年	3月28日	337.9		583.6		15.1	535.3
2004年	3月21日	376.7		658.2		16.5	769.4
2005年	4月4日	415.9		726.1		15.4	808.1
2006年	3月25日	362.0		631.6		15.7	588.9
2007年	3月26日	433.2		704.6		16.2	812.9
2008年	3月23日	340.9		590.8		15.8	723.9
2009年	3月26日	415.1		661.6		16.0	767.5
2010年	3月26日	379.7		632.4		16.4	775.3
2011年	4月2日	411.8		722.0		16.0	746.1
2012年	4月4日	413.2	388.6	703.8	661.5	15.8	704.2
2013年	3月18日	326.6		577.5		16.6	640.1
2014年	3月28日	377.7		637.2		16.1	715.4
2015年	3月26日	368.9		614.0		16.3	712.0
2016年	3月23日	398.4		645.9		16.3	805.3
2017年	3月24日	351.9		608.8		15.7	711.1
2018年	3月21日	326.5		568.0		16.6	607.4
2019年	3月23日	399.2		639.6		16.3	765.2
2020年	3月19日	380.6		607.2		16.2	792.0
2021年	3月18日	380.9		630.1		16.3	724.9
2022年	3月24日	343.0	365.3	614.2	614.3	16.0	700.4

定される。ただ、この方法は気温データを足し合わせるだけでよいいため、誰でも簡単に計算ができる利点がある。このため、この経験則が成立するか、成蹊学園のソメイヨシノ開花日データで検証してみた。

表1が示すように、2月1日から開花までの平均気温積算値については、28年間平均では380°C程度であり、400°Cに到達していないが、おおよそ400°Cという経験則に1～2日程度の誤差で合致するようである(表2)。また、1995-2012年までと、2013年からの10年間を比較すると、両方で23°C程度低下がみられる。1981-2010年の30年間の2月平均気温平年値は5.2°C、3月が8.5°Cであることを考えると、最近10年は、それ以前と比べて3～4日ほど早く開花することになる。これは開花日の平均も、1995-2002年の8年間では3/28、2003-2012年の10年間では3/27で、

表2 解析した期間での10年毎の2月1日から開花まで積算気温(°C)の変化

期 間	日平均気温	日最高气温
1995-2002年(8年間)	388.3	649.7
2003-2012年(10年間)	388.6	661.5
2013-2022年(10年間)	365.3	614.3
1995-2022年(28年間)	380.2	641.3

2013-2022年の10年間では3/22となっており、2013年以降は、それ以前よりも開花日が早いことが説明できる。いずれにしても、数日程度の誤差はあると考えられる。

また、2月1日から開花までの最高气温積算値における経験則については、最高气温積算値は600°Cをかなり超えたあたりで開花する傾向にあった(表2)。開花までの最高气温積算値についても、平均気温積算値と同様に、2013年から2022年は2012年以前の積算値より値が45°Cほど

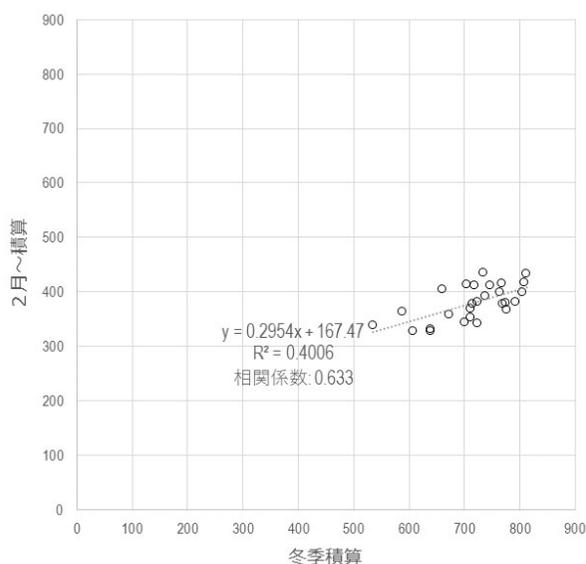


図2 前年11月から当年1月（冬季積算）の平均気温積算値と2月1日から開花まで（2月～積算）の平均気温積算値の相関

小さくなっている。2012年以前は開花日が4月にかかることもあったが、2013年以降は、最も遅い開花日は3月28日と4月に入ることがなかったため、開花までの積算値が低くなった可能性が考えられる。3月最高気温平均値13.5℃、4月最高気温平均値が約19℃であることを考えると、45℃の差は2～3日分の差に相当する変化といえる。

積算日数による簡便法は開花日に関するものだけで、満開日についての推定には適用できないが、粗い見積もりでは、2月1日から満開日までの平均気温と最高気温の積算値においても、開花日予測と同様の变化傾向がみられるようである。

また、前年冬季（前年11月から当年1月）の平均気温積算値と2月1日から開花までの平均気温積算値には弱い相関があり（図2、相関係数0.63）、前年冬季の平均気温積算値が高くなると、2月1日から開花までの平均気温積算値も高くなり、開花が遅くなる傾向があるかもしれない。例えば、冬季を通じての平均気温積算値が800℃近い、もしくは超えている年の次の開花は、平均気温積算値が400℃近くになっていて、平均の

380℃前後よりも高くなっており、冬季に十分に冷え込まないと2月から開花するまでに温度が必要になるように見える。しかし、2012年のように前年冬季積算値が700℃程度でも、開花までの積算値が400℃を超える年もあって、法則といえるほどの確度はないと考えられる。

2. より精密なソメイヨシノ開花日予測

ソメイヨシノの開花日に関しては、1)の簡便法に加えて、より精密な方法が示されている。例えば、生体の活性の温度に伴う変化を表す指標である温度変換日数（the number of days transformed to standard temperature 以下DTSと略す）（金野・杉原, 1986）を用いる方法がある。小元・青野（1989）は、開花日と平均気温との相関係数を見て、負の相関が最も高くなる部分をDTSの起算日とする方法を提案した。休眠打破に向けた進行速度を気温に応じて指標化したチルユニット（Richardson et al., 1974）とDTSを組み合わせる地域により起算日を変更しない方法（青野・小元, 1990a）もあるが、ここでは2月1日以降のDTS積算を試みた。DTSは次式で求められる（青

表 3 各温度特性値 Ea における成蹊学園のソメイヨシノ開花日の温度変換日数

温度特性値	温度変換日数 (平均/日)			
	1995-2022	1995-2002	2003-2012	2013-2022
71.1	24.3	24.9	24.7	23.3
70.0	24.5	25.1	25.0	23.6

表 4 70.0Ea(kJ/mol) における日平均気温積算値と温度変換日数の関係

	2月1日～開花までの平均気温積算 (°C)	10年ごとの平均値 (°C)	温度特性値 70kJ/mol における温度変換日数	10年ごとの平均値 (日)
1995年	409.4	8年間平均 388.3	26.1	8年間平均 25.1
1996年	404.9		26.9	
1997年	434.2		27.3	
1998年	410.6		26.2	
1999年	392.3		25.7	
2000年	367.0		24.1	
2001年	330.8		22.2	
2002年	357.7		22.7	
2003年	337.9	388.6	22.3	25.0
2004年	376.7		23.9	
2005年	415.9		27.0	
2006年	362.0		23.3	
2007年	433.2		26.6	
2008年	340.9		22.6	
2009年	415.1		26.2	
2010年	379.7		25.1	
2011年	411.8	365.3	26.3	23.6
2012年	413.2		27.0	
2013年	326.6		21.7	
2014年	377.7		25.1	
2015年	368.9		23.8	
2016年	398.4		25.8	
2017年	351.9		22.1	
2018年	326.5		21.7	
2019年	399.2	25.3		
2020年	380.6	380.2	23.6	24.5
2021年	380.9		23.8	
2022年	343.0		23.0	
28年間				

野・小元, 1990b).

$$DTS = EXP(Ea(T1-Ts)/(R*T1*Ts))$$

Ea 温度特性値 71.1 kJ/mol
 T1 日平均気温 K
 Ts 標準温度 15 °C = 288 K
 R 気体定数 8.134 J/(K・mol)

例えば、気温が 5°C であれば、成長量は 0.3 日、15°C であれば成長量は 1 日となる。上記式において、適切な起算日から、ソメイヨシノの開花に至る平均積算値は 21.5 日とされている(青野・小元, 1990b)。

また、自発休眠期を考慮したより簡便な推定式も提案されており(青野・村上ら, 2017)、温度

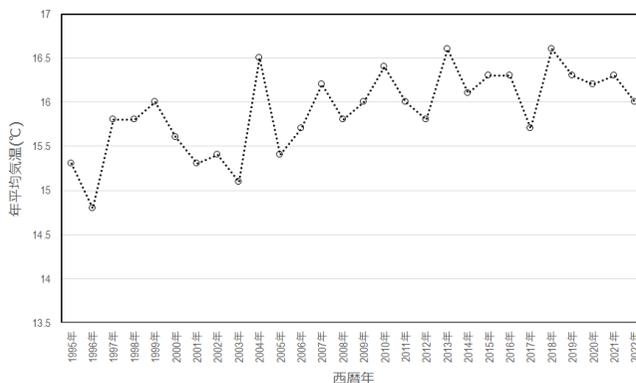


図3 成蹊気象観測所における1995年～2022年の年平均気温の変化

特性値 E_a を 70kJ/mol とした場合、全国平均の最適値は 23.8 日としている。各温度特性値 E_a における成蹊学園のソメイヨシノ開花日の温度変換日数を表 3 に、 E_a を 70kJ/mol とした場合の平均気温積算値と温度変換日数の関係を表 4 に、それぞれ示す。

起算日を 2 月 1 日とした結果だが、28 年間平均はどちらの温度特性値でも 24 日ほど（標準偏差 1.77-1.79）であり、さらに、 E_a を 70kJ/mol とした場合、2013-2022 年の 10 年間平均においては 23.6 日と、文献における 23.8 日に近い値が求められた。休眠期を考慮し、起算日を調整すれば、この変換日数の計算から、成蹊学園の開花日が精度よく予想できる可能性がある。

IV 考 察

成蹊学園（2016）のデータで、過去 28 年間の気温上昇は右肩上がりであり上昇している（図 3）。宮下（2017）も、戦前に比べ近年の開花時期が早まりつつあることを指摘し、地球温暖化と東京周辺のヒートアイランド現象による高温化の影響と考えた。

前述のように、2013 年～2022 年の 10 年間で、開花まで平均気温積算値自体が低くなっている。ソメイヨシノの寿命はデータがない（勝木、2018）ため、老化による開花期の変化については

はっきりしないが、中高の標準木は樹齢 100 年近いことから、気温上昇に加え、樹齢による開花時期の早まりも影響している可能性は否定できない。この点についての解析は、今後の研究を待ちたい。

ソメイヨシノは、江戸末から日本各地にひろまったとされ、江戸期以降（Aono, 2014）や明治期から大正期についての開花季節のデータマイニングも行われている（永井ほか、2022）。成蹊学園におけるソメイヨシノの開花時期分析を、永井ほか（2022）らの解析と連結し、気象庁データと接続することで、明治期以降現在までのコヒーレントな解析も可能であると考えられる。

桜開花日は、年齢等によらず誰でも観測ができるものである。本稿では、気象庁の専門家による観測ではないが、学校気象観測の記録を用いて開花日と気温データの関係を明らかにすることができた。児童・生徒や、広く一般の市民がソメイヨシノの開花日を調べることで、ヒートアイランド現象の状況や、これが地球温暖化と複合して起こる気温変化について、身近な観測データを用いてモニターできる可能性を示すことができた。シチズン・サイエンスとして普及することができれば、SDGs や ESD の教材として広く活用できるものになると考えられる。

文 献

- 青野靖之・小元敬男 (1990a) : チルユニットを用いた温度変換日数によるソメイヨシノの開花日の推定. 『農業気象』 45 : pp. 243-249.
- 青野靖之・小元敬男 (1990b) : 温度変換日数を用いたサクラの開花日の簡便推定法. 『農業気象』 46 : pp. 147-151.
- 青野靖之・村上なつき (2017) : 自発休眠期の気温を考慮したソメイヨシノの開花日の簡便な推定法. 『生物と気象』 17 : pp. 25-33.
- 早水逸雲 (1930) : 熊本市御幸坂に於ける櫻の開花及満開期日の豫想. 『気象集誌第二輯』 8 : pp. 203-208.
- 檜山靖洋 (2017) : 気象キャスターが解説! 天気のみカタ, 桜開花に寒さも大切. 『水とともに』 2017年3・4月号 : pp. 22-23.
- 勝木俊雄 (2018) : 『桜の科学』 SBクリエイティブ.
- 金野隆光・杉原 進 (1986) : 土壤生物活性への温度影響の指標化と土壤有機物分解への応用. 『農業環境技術研究所報告』 (1) : pp. 51-68.
- 気象庁 (2021) : 『生物季節観測指針 (令和3年12月2日改正)』 気象庁. (<https://www.data.jma.go.jp/sakura/data/shishin.pdf>)
- 丸岡知浩・伊藤久徳 (2009) : わが国のサクラ (ソメイヨシノ) の開花に対する地球温暖化の影響. 『農業気象』 65 : pp. 283-296.
- 宮下 敦 (2017) : 成蹊気象観測所の歴史. 『成蹊学園史料館年報』 2017年度 : pp. 116-144.
- 宮下 敦・山崎 悠 (2022) : 成蹊中学高等学校の気象教育—学校気象観測所を中心として—. 『気象研究ノート』 (245) : pp. 39-44.
- 永井 信・小谷亜由美・丸谷靖幸 (2022) : 跡見花蹊日記を用いた明治・大正期における東京のサクラの開花季節記録のマイニング. 『日生気誌』 59 : pp. 89-99.
- 小元敬男・青野靖之 (1989) : 速度論的手法によるソメイヨシノの開花日の推定. 『農業気象』 45 : pp. 25-31.
- 成蹊学園 (2016) : 『90 箇年気象観測報告』 成蹊学園.
- 成蹊気象観測所 (2001) : 桜の開花日. (https://www.seikei.ac.jp/obs/pwork/sakura_j.htm, 最終閲覧 2023/8/31)
- 塚原あずみ・林 陽生 (2012) 温暖化がサクラの開花期間に及ぼす影響. 『地球環境』 17 : pp. 31-36.
- Aono, Y.(2014) : Cherry blossom phenological data since the seventeenth century for Edo (Tokyo), Japan, and their application to estimation of March temperatures. *Int. J. Biometeorol.*, DOI 10.1007/s00484-014-0854-0.
- Inan, H., Terauchi, R., Miyashita, N.T. and Tsunewaki, K.(1995): DNA fingerprinting study on the intraspecific variation and the origin of *Prunus yedoensis*. *Jpn. J. Genet.*, 79: pp. 185-196.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D. and Walker, D.R.(1974) : A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Eelberta' peach trees. *HortScience*, 9: pp.331-332.

Cherry Blossom Phenological Data for the Standard 'Someiyoshino' (*Prunus yedoensis*) Tree at Seikei Family of Schools

Yuki SOMEYA* and Atsushi MIYASHITA**

Abstract

The possibility of predicting the blooming period of 'Someiyoshino' cherry trees (*Prunus yedoensis*) for the last 30 years, which has been observed at Seikei Family of Schools since 1927, was investigated using a simple method and a more precise method. Both methods are capable of predicting the blooming period. We show the possibility of these methods for teaching materials for SDGs and ESD to realize the heat island phenomenon in Tokyo or global warming through familiar observations at the citizen's science level.

Keywords: Seikei Meteorological Observatory, 'Someiyoshino' (*Prunus yedoensis*), blooming period prediction, heat island phenomenon, global warming

* Former support staff of Seikei Meteorological Observatory

** Seikei Education and Research Center for Sustainable Development / Faculty Science and Technology