

日本各地のサクラの開花時期

Flowering time of cherry trees in Japan

小池 重人^{1*}・繁田 真由美²・樋口 広芳³

Shigeto KOIKE^{1*}, Mayumi SHIGETA² and Hiroyoshi HIGUCHI³

¹ 東新潟特別支援学校

² (株)野生生物管理

³ 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

¹Higashi-Niigata School for Handicapped Students

²Wildlife Managemanet Inc.

³Graduate School of Media and Governance Doctoral Program Shounan-Fujisawa Campus(SFC), Keio University

摘 要

ソメイヨシノをはじめとしたサクラの開花は、日本の各地で早まっている。早まりの程度は地域によって異なり、早まっている主要な地点では、10年あたり0.07日～4.01日(平均1.60日)変化している。気象庁の長期観測データの解析から、日本は全国的に早春の気温が上昇しており、それにもとないサクラの開花日が早まっていると言える。気温が年々上昇する率、年変化率が大きいほど、開花日が早くなる率、年変化率が大きい傾向がある。気温が年々上昇していることから、開花日から満開日までの日数が短くなると予想されるが、むしろ長くなっている例の方が多い。早春の気温上昇によって開花日が早くなり、逆に開花日以降の最高気温が年々低くなっていることが関係している。

キーワード：温暖化、開花日、サクラ、日本

Key words：climate change, flowering time, cherry tree, Japan

1. はじめに

近年、地球温暖化が生物種に与える影響が危惧されている^{1)–3)}。日本の年平均気温は、2010年までの100年で1.2℃上昇しており、特に1990年代以降、高温となる年が頻出している⁴⁾。地球温暖化によって動植物種の分布や出現時期、鳥の渡り時期などにいろいろな変化が出始めている^{5), 6)}。地球温暖化は生物の生態を変化させ、生存をおびやかす可能性がある。その影響は、自然や生きものの世界に依存している人間の生活にも及んでくる。そのため、生態の変化を詳しく調べ、保全に向けての方策を根本的に考え直す必要がある。しかし、影響は短期では認識しにくく、長期にわたる調査、研究が必要となる。

サクラの開花日や満開日は、気象庁によって長期に情報が集積され^{6), 7)}、日本の各地で開花が早まっていることが指摘されている^{6), 8)–17)}。ただし、開花の早まりが気温とどのような関係にあるのかについて詳しく解析した例は限られている(たとえば、Ibanez ほか¹⁷⁾、Miller-Rushing ほか¹²⁾。

われわれはこれまで、気象庁による長期観測の資料だけでなく、サクラの名所である特定地域や樹齢

のある特定樹にも注目し、独自のアンケート調査やその後の追跡調査によって各地の桜の開花傾向を明らかにしてきた^{14), 18)}。本稿では、その資料(以下、アンケートデータと呼ぶ)と気象庁によるサクラの開花情報(以下、気象庁データ)を合わせ、全国のサクラの開花傾向をまとめ、開花の早まりの実態を明らかにする。具体的には、開花時期の全国的な傾向、開花日と気温との関係、開花から満開になるまでの日数の年変化の3項目について述べる。アンケート調査やその後の追跡調査の対象地域や調査方法の詳細については、樋口・繁田¹⁸⁾に記述してある。各項目の記述にあたっては、関連する既存の研究結果も紹介する。開花の傾向などを述べるにあたって、本稿では2つの変数間の単純な相関、直線回帰の結果を報告する。より詳細な解析の結果は、別の論文で扱う予定である。

2. 開花時期の全国的な傾向

気象庁データによれば、全国のサクラの開花日は南の地域が早く、北の地域に向かって次第に遅くなっていく。日本のサクラ前線は、約40日間で南北(鹿

受付：2011年9月26日、受理：2012年2月10日

* 〒950-0804 新潟県新潟市東区本所2-6-53, e-mail: myna@syd.odn.ne.jp

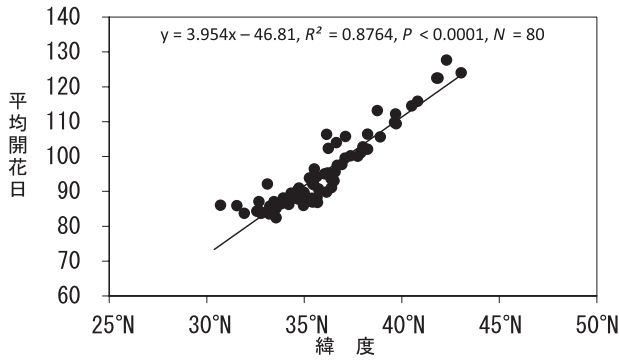


図1 緯度と各地のソメイヨシノの平均開花日との関係。
開花情報は1961年～2010年のもの。開花日は1月1日を1としている。緯度は北緯。気象庁データに基づいて解析。

児島－札幌)約1,250 kmを北上する¹¹⁾。1961年～2010年のソメイヨシノ *Prunus × yedoensis* の平均開花日を対象にすると、緯度が5度高くなるごとに開花日は19.8日遅くなる(図1)。

気象庁データでソメイヨシノを、アンケートデータで種々のサクラを対象に調べると、1961年～2010年の間の19年以上のデータのある101地域の開花日は、早まっている地域(回帰直線が右下がり)が98カ所96%で、早まっていない地域は3カ所3%である。なお早まっている地域の中で有意に早まっている地域は70カ所69%である(有意水準5%, 以下同じ)。早まっている98カ所では、10年あたり0.07～4.01日(平均1.60日)早まっている。満開日では、16年以上のデータのある100地域で、早まっている地域は95カ所94%、早まっていない地域は5カ所5%である。早まっている地域の中で有意に早まっている地域は71カ所70%である。

以上のことから、日本のほとんどの地域でソメイヨシノをはじめとしたサクラの開花日や満開日は早まる傾向にあると言える。年代で見ると、1980年代の中ごろから早くなってきている傾向がある(1961年～1985年: 0.29～-0.23日/年 [平均-0.03日/年], 1986年～2010年: 0.17～-0.41日/年 [平均-0.17日/年], $N=83$ 。この場合、-の値が早まることを示している)。

3. 開花日と気温との関係

東京都八王子市にある多摩森林科学園のサクラを対象にした研究では、種々のサクラの開花日や満開日と2月～4月の平均気温とに有意な相関が認められている。開花日では、気温1℃あたり3.9日～5.5日(平均4.9日)、満開日では、気温1℃あたり3.4日～4.8日(平均4.3日)早まっている¹²⁾。

本稿では、気象庁データでは全国の北海道から九州まで都道府県あたり1カ所、合計45カ所を対象に、またアンケートデータでは21カ所を対象に、開花日と気温の関係の解析を試みた。ここでは気温

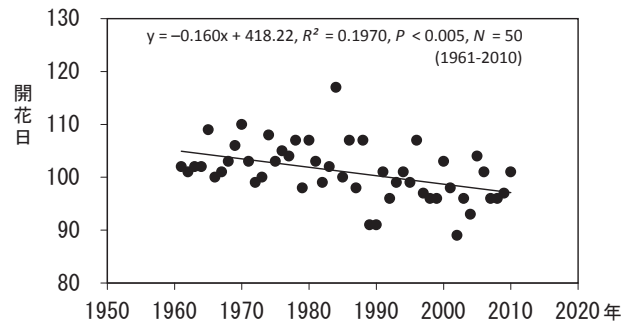


図2 新潟市におけるソメイヨシノの開花日の年変化。
開花日は1月1日＝1。気温は2月1日～平均開花日前日の0℃以上の平均気温。図3以降も同様。開花日と気温は気象庁データに基づく。

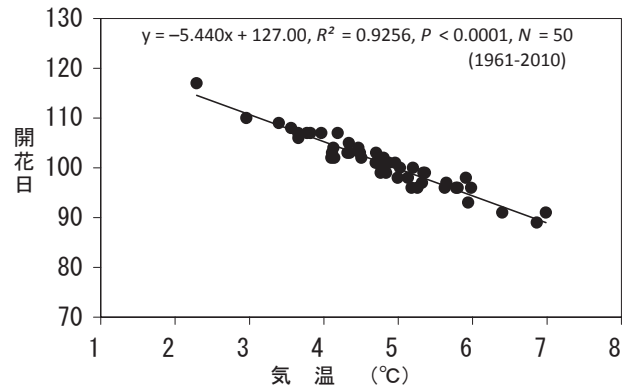


図3 新潟市におけるソメイヨシノの開花日と気温の関係。
気温は2月1日～平均開花日前日の平均気温。開花日と気温は気象庁データに基づく。

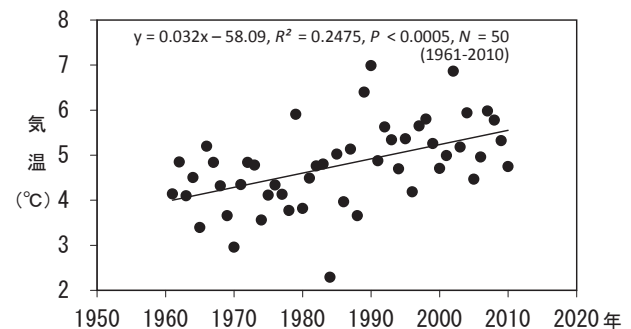


図4 新潟市における気温の年変化。
2月1日～平均開花日前日の平均気温。気温は気象庁データに基づく。

データの整合性をとるために、1961年以降のデータを対象に各地域のサクラの開花日と気温(2月1日～平均開花日前日の0℃以上の平均気温)との関係、開花日と気温の年変化を解析した。解析に使用した気温を「2月1日～平均開花日前日の0℃以上の平均気温」としたのは、気象庁データのソメイヨシノの開花日とさまざまな気温との関係でその時期の気温との相関係数が最も大きい地域が多数を占めていたからである。

解析の結果によると、開花日と気温の関係では、気温が高くなっているすべての地域で開花日は有意に早くなる傾向を示している(鹿児島市 $P<0.01$,

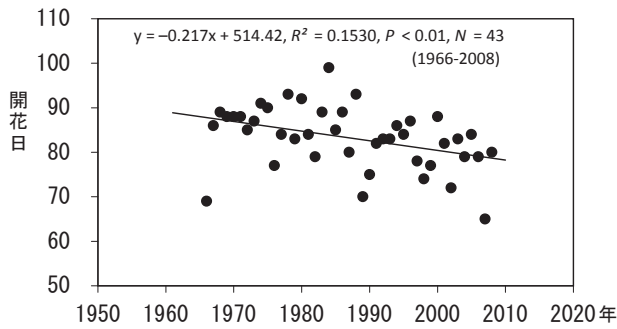


図5 京都市平安神宮におけるヒガンザクラの開花日の年変化。
開花日は1月1日=1。開花日はアンケートデータに基づく。気温は気象庁データに基づく、2月1日～平均開花日前日の平均気温。

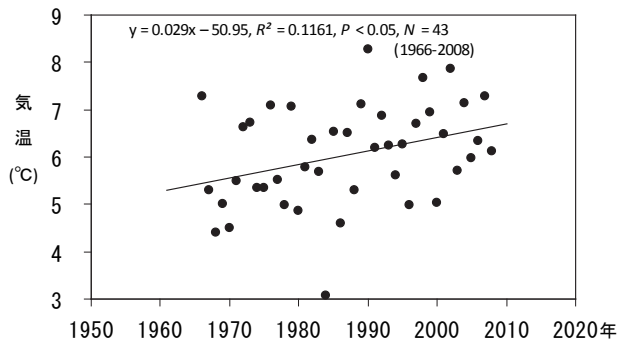


図6 京都市における気温の年変化。
気温は気象庁データに基づく、2月1日～平均開花日前日の平均気温。

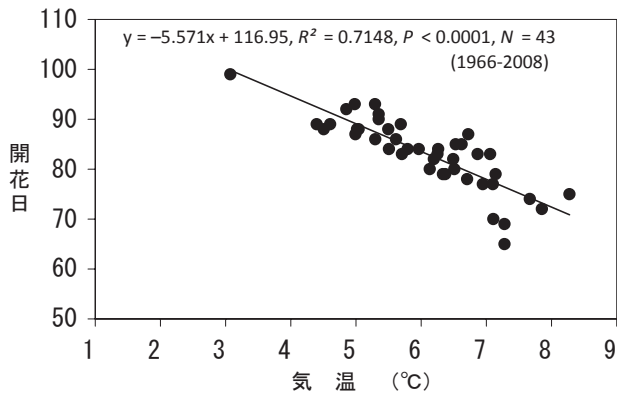


図7 京都市平安神宮におけるヒガンザクラにおける開花日と気温の関係。
開花日はアンケートデータに基づく。気温は気象庁データに基づく、2月1日～平均開花日前日の平均気温。

それ以外の地域 $P < 0.0001$ 。

気温の年変化では、調査地域の近隣の気温も含め、重複した地域を除く全55カ所で上昇傾向がある。その中の50カ所で有意に気温が上昇している ($P < 0.05 \sim P < 0.0001$, 91%)。

このことから、日本では全国的に早春の気温が年々上昇し、それにともないサクラの開花日が年々早まっていると言える。具体例を2カ所あげると、新潟市ではソメイヨシノの開花日は10年あたり1.6日早くなっており(図2)、開花日は気温が高いと早

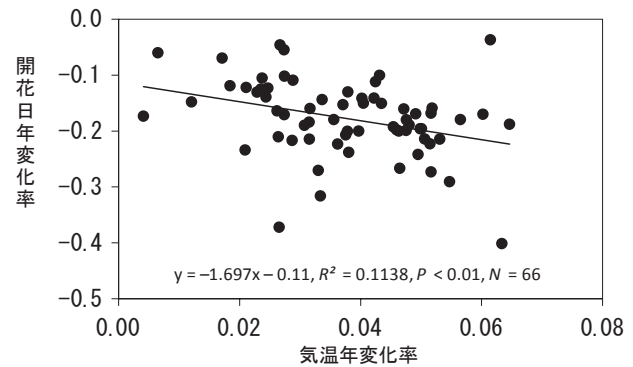


図8 気温が上昇する率(気温年変化率)に対する開花日が早くなる率(開花日年変化率)。
開花日年変化率では、一の絶対値の大きい方が早まる程度が大きいことを示している。気象庁データとアンケートデータに基づく。

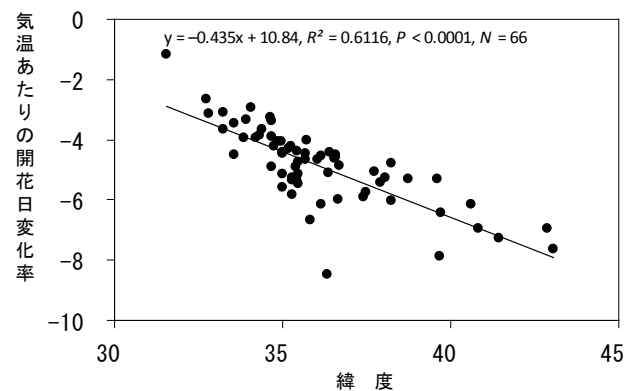


図9 緯度に対する気温あたりの開花日の早まる率(気温1℃あたりの開花日変化率)。
気温あたりの開花日変化率では、一の絶対値の大きい方が早まる程度が大きいことを示している。気象庁データとアンケートデータに基づく。

いという有意な傾向を示し(図3)、気温は10年あたり0.3℃上昇している(図4)。サクラの種が違う京都市平安神宮のヒガンザクラ *Prunus* × *subhirtella* の開花日は10年あたり2.2日早くなっており(図5)、気温は10年あたり0.3℃上昇し(図6)、開花日は気温が高いと早いという有意な傾向を示す(図7)。また、気温の上昇する率(年変化率)が高い地域ほど、開花日が早くなる率(年変化率)が高い傾向がある(図8)。

緯度との関係で見てみると、緯度が高くなるほど気温1℃あたりの開花日の早まり(変化率)が大きくなる(図9)。つまり、緯度が高くなると同じ気温変化でもより開花日が早くなる傾向がある。しかし、気温は緯度が高くなると年々上昇する率が小さい(図10)。そのため、開花日の早まりの年変化率が、緯度の高い地域は低い地域に比べやや小さくなっている(図11)。

なお、気温上昇は、地球の全体的な温暖化と都市部のヒートアイランドによる影響¹⁹⁾の両方の影響を受けている。しかし、観測地域によってどちらの影響をどの程度受けているのかははっきりしないので、

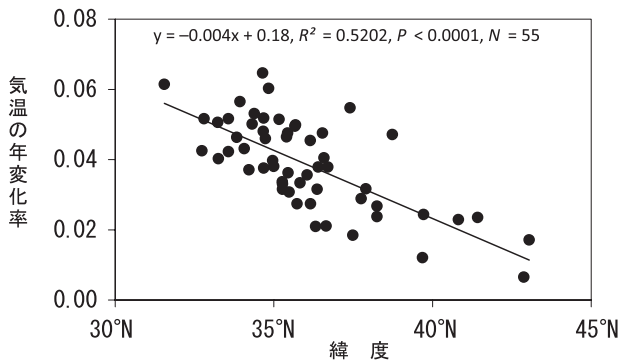


図 10 緯度に対する気温の上昇する率(気温の年変化率). 気象庁データに基づく.

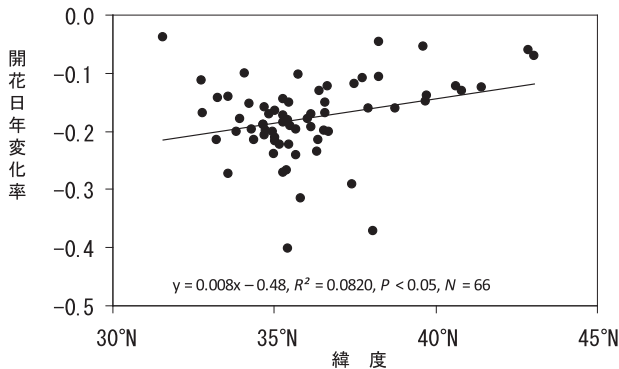


図 11 緯度に対する開花日の早まる率(開花日年変化率). 開花日年変化率では、-の絶対値の大きい方が早まる程度が大きいことを示している。気象庁データとアンケートデータに基づく。

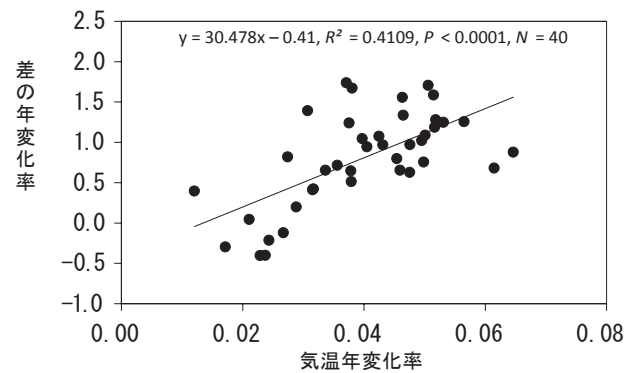


図 12 気温の年変化率に対する(満開日－開花日)差の年変化率. 気象庁データに基づいて解析.

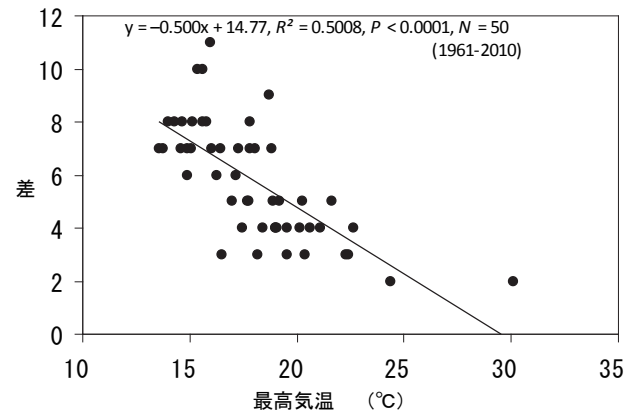


図 13 甲府市における開花日～満開日前日の最高気温と(満開日－開花日)差の関係. 気象庁データに基づいて解析.

本稿では区別して解析していない。

4. 開花から満開になるまでの日数の年変化

1961 年～2010 年の 50 年間の気象庁のソメイヨシノのデータのうち、開花日・満開日も欠測値のない 44 地域について、開花日から満開日までの日数(差)の年変化を調べてみた。その結果によると、差が短くなった地域は 9 ヶ所 20% (そのうち有意に短くなったのは 3 ヶ所 7%)、長くなった地域は 35 ヶ所 80% (そのうち有意に長くなったのは 21 ヶ所 48%) である。気温が年々上昇していることからすると、開花日後に急激に多くの花が開花するようになって差が短くなると予想されるが、むしろ長くなった方が多い結果となっている。ただし、1961 年～2008 年のアンケートデータの 18 年以上のデータがある 19 ヶ所を解析した結果では、長くなった地域は 7 ヶ所 37%、短くなった地域は 12 ヶ所 63% である。

データ数の多い気象庁データについてさらに検討してみると、気温データのある 40 地域では、35 ヶ所 88% (有意なもの 31 ヶ所 78%) で 2 月 1 日～開花日前日の 0℃ 以上の平均気温が高いと差が長くなる傾向があり、5 ヶ所で短くなる傾向がある。また、気温が高くなる率が大きい地域ほど差が長くなる傾

向がある(図 12)。このことは、開花日前の気温が開花してから満開になるまでの期間に影響することを示唆している。東京都八王子市にある多摩森林科学園のサクラを対象とした解析では、暖かい年には開花している期間が長くなり、寒い年には短くなるという特徴がさまざまな品種のサクラで示されている¹²⁾。また、開花日が早くなっている地域ほど差は有意に長くなる傾向があるが、これは気温の年間上昇率が高い地域ほど開花日の早まりが著しいことと関係していると思われる。

開花日から満開日までの差が年々長くなっている理由について、差が長くなっている地域の中で差の年変化の相関係数が最も大きい甲府市の例を考えてみる。甲府市では、各年の開花日から満開日前日までの最高気温の日平均が低ければ低いほど差は有意に長くなる傾向がある(図 13)。差と気温との関係では、最高気温が平均気温や最低気温よりも相関の程度が高く、日中の気温が大きく影響していることを示唆している。温暖化により 2 月 1 日から開花日前日までの気温は上昇している。開花日は 2 月以降の気温の積算に影響されるので、開花日は次第に早まっている。しかし、開花日が早くなるということは、より寒い時期に開花が始まることを意味している。近年の気温上昇にもかかわらず開花日から満開

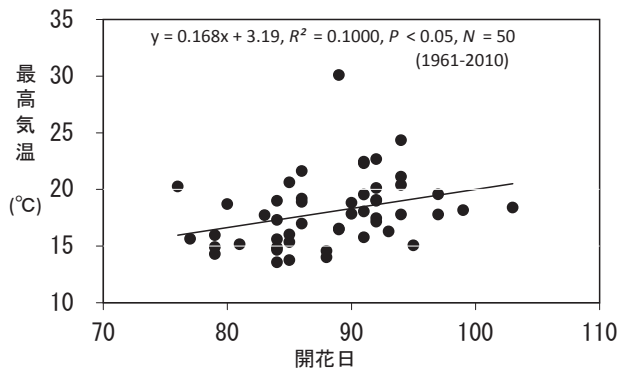


図 14 甲府市における開花日と開花日～満開日前日の最高気温の関係。
開花日は1月1日=1。気象庁データに基づいて解析。

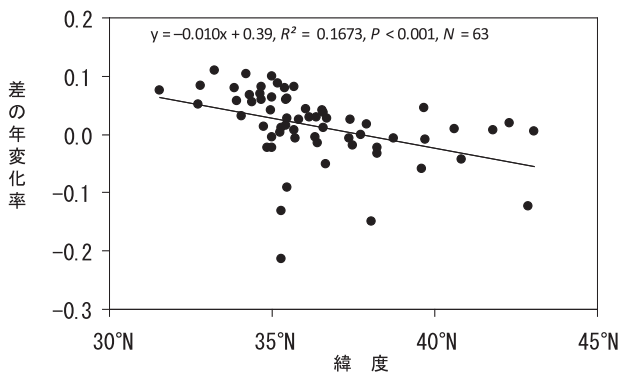


図 15 緯度に対する(満開日－開花日)差の年変化率。
1961 年以降の、気象庁データとアンケートデータに基づいて解析。

日前日までの最高気温はそれほど上がらず、この時期の最高気温は開花日が早ければ早いほど低いという有意な傾向がある(図 14)。また、この時期の最高気温は、10 年あたり 0.6℃ 年々低くなるという有意な傾向がある($y = -0.063x + 143.95$, $R^2 = 0.0889$, $P < 0.05$, $N = 50$, 1961-2010)。つまり、早春の気温が上昇して開花日が早まることにより開花日後の最高気温が年々低くなり、また最高気温が低いと満開日までの期間が長くなる傾向があるので、ソメイヨシノの開花日から満開日前日までの差が年々長くなると言える。なお、差が長くなっている京都市での気象庁データの解析でも同様なことが言え、開花日後の最高気温は 10 年あたり 0.7℃ 低くなっている。これらの地域では、開花期間の最高気温が 50 年間で約 3℃ 低くなっていることを意味しており、花見の時期の気温がやや肌寒く感じられるようになったとも言える。

一方、気象庁データとアンケートデータを合わせた 63 ヶ所の緯度に対する差の年変化率の回帰直線の傾きは右下がりになる(図 15)。これは、緯度が低い南の地域では差はより長くなることを示している。図 10、図 11 で示したように、低緯度地域では早春の気温上昇の程度が大きく、開花日がより早まっているので、それにともない緯度が低い南方地域ほど差が長くなるのかもしれない。

謝 辞

関連の研究を進めるにあたっては、米国ボストン大学のリチャード・ブリマック教授や筑波大学の吉野正敏名誉教授にいろいろ貴重な助言をいただいた。また、情報を収集する上では、数多くの自治体および関連施設の担当者の方々に多大なご協力をいただいた。厚くお礼申し上げたい。

引用文献

- 1) Coakley, S. M., H. Scherm and S. Chakraborty (1999) Climate change and plant disease management. *Annual Review of Phytopathology*, 37, 399-426.
- 2) Both, C., S. Bouwhuis, C. M. Lessells and M. W. Visser (2006) Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature*, 441, 81-83.
- 3) Climate Risk (2006) Bird Species and climate change, *The Global Status Report*, 74pp, Climate Risk Pty Ltd., Australia.
- 4) 気象庁 (2011) 気象統計情報。気象庁 HP。
(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)
- 5) 小池重人・樋口広芳 (2006) 気候変動が同一地域の鳥類、昆虫、植物の生物季節に与える影響。地球環境, 11, 27-34.
- 6) 樋口広芳 (2008) 地球温暖化と生物多様性の危機。科学, 78, 460-468.
- 7) 気象業務支援センター (2007) 生物季節観測値。気象情報 CD-ROM.
- 8) 青野靖之・小元敬男 (1990) チルユニットを用いた温度変換日数法によるソメイヨシノの開花日の推定。農業気象, 45, 243-249.
- 9) Aono, Y. and Y. Omoto (1993) Variation in the March mean temperature deduced from cherry blossom in Kyoto since the 14th century. *Journal of Agricultural Meteorology*, 48, 635-638.
- 10) 増田啓子・吉野正敏・朴恵淑 (1999) 生物季節による温暖化の影響と検出。地球環境, 4, 91-103.
- 11) 増田啓子 (2003) 温暖化の影響と対策－生物季節への影響。地球温暖化, 生物の科学「遺伝」別冊, 17, 101-108.
- 12) Miller-Rushing, A., T. Katsuki, R. Primack, Y. Ishii, S. Lee and H. Higuchi (2007) Impact of global warming on a group of related species and their hybrids: cherry tree flowering at Mt. Takao, Japan. *American Journal of Botany*, 94, 1470-1478.
- 13) Aono, Y. and K. Kazui (2008) Phenological data series of cherry tree flowering in Kyoto, Japan, and its application to reconstruction of springtime temperatures since the 9th century. *International Journal of Climatology*, 28, 905-914.
- 14) 樋口広芳・小池重人・繁田真由美 (2009) 温暖化が

生物季節，分布，個体数に与える影響．地球環境，14，189-198.

- 15) Primack, R., H. Higuchi and A. Miller-Rushing (2009) The impact of climate change on cherry trees and other species in Japan. *Biological Conservation*, 142, 1943-1949.
- 16) Primack, R., I. Ibanez, H. Higuchi, S-D. Lee, A. J. Miller-Rushing, A. M. Wilson and J. A. Silander (2009) Spatial and interspecific variability in phenological responses to warming temperatures. *Biological Conservation*, 142, 2569-2577.
- 17) Ibanez, I., R. B. Primack, A. J. Miller-Rushing, E. Ellwood, H. Higuchi, S-D. Lee, H. Kobori and J. A. Silander (2010) Forecasting phenology under global warming. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 3247-3260.
- 18) 樋口広芳・繁田真由美 (2007) 日本各地のサクラの開花情報に関する調査報告．自家資料．
- 19) 小元敬男・青野靖之 (1990) 都市昇温のサクラの開花に及ぼす影響について．農業気象 46, 123-129.



小池 重人

Shigeto KOIKE

専門的に研究しているのは、鳥類生態学。とくに巣箱を利用する鳥類の生態に関心があり、35年前よりコムクドリの調査を続けている。コムクドリの研究をしていくうちに産卵開始日が早まっていることに気づき、原因が地球温暖化であるという論文をまとめ発表した。産卵開始日が早くなることで、生態にどのような影響を及ぼしているのかを解明するために調査を続けている。また、地球温暖化によりコムクドリの食物となる昆虫や植物の生物季節がどのように変化しているのかについても関心があり、さまざまな生物のデータを解析している。
現在は、新潟県立東新潟特別支援学校、教諭。



繁田 真由美

Mayumi SHIGETA

2006年から約4年間、東京大学大学院農学生命科学研究科生物多様性科学研究室の技術補佐員として、樋口教授のもと、地球温暖化や野生動物と人間との軋轢の問題について資料収集整理にあたった。その際、日本各地のサクラ名所や一本校名所への開花情報に関するアンケート調査を担当し、多くの回答を得ることができた。サクラの開花情報は地域の観光産業を支える有用な情報として蓄積されており、日本人のサクラに対する深い想いを感じた。現在の所属は(株)野生生物管理で、日本の野生動物の保全に関わる調査研究を行っている。



樋口 広芳

Hiroyoshi HIGUCHI

慶應義塾大学大学院政策メディア研究科特任教授。生物多様性の進化、維持、保全・管理などに広く興味をもっている。20年ほど渡り鳥の衛星追跡にかかわる研究に従事してきており、最近はその成果を温暖化関連の研究と結びつけることに努力している。2012年3月に東京大学を定年退職した。まだまだやりたいことはたくさんあるので、しばらくの間は研究を続けたいと思っている。主著に『保全生物学』(編著、東京大学出版会)、『鳥たちの旅－渡り鳥の衛星追跡』(NHK出版)、『生命(いのち)にぎわう青い星－生物の多様性と私たちの暮らし』(化学同人)が、主訳書に『フィンチの嘴』(早川書房)がある。