HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	わが国の桜の開花日に対する北半球規模の気候変動の影響
Author(s)	見延, 庄士郎
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 68, 65-70
Issue Date	2005-03-15
DOI	10.14943/gbhu.68.65
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/14361
Type	bulletin (article)
File Information	68_p65-70.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan
No. 68, March 2005, pp. 65－70

わが国の桜の開花日に対する北半球規模の気候変動の影響

見延　庄士郎
北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

(2004年12月15日受理)

Influence of Climate Variability over the Northern Hemisphere on Cherry Bloom Date in Japan

Shoshiro MINOBE
Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

(Received December 15, 2004)

Relation between fluctuations of bloom dates of cherry, mainly *Prunus yedoensis* and partly *Prunus jamasakura*, over Japan and 1000 hPa geopotential height anomalies over the Northern Hemisphere is investigated using Singular Value Decomposition (SVD) analysis. The 1 st SVD mode captures the overall lead and delay of bloom dates and explains 22% of bloom date variance. Corresponding pattern of 1000 hPa correlations indicates that the warm southerly wind anomalies cause early blossom. Interestingly, the 1000 hPa height anomalies exhibit hemispheric scale pattern, somewhat reminiscent of North Atlantic Oscillation and/or Arctic Oscillation.

I. はじめに

菊と並びわが国の国花でもあり，別れと出会いの季節を彩る桜は，日本人に最も親しまれている花であろう．花の開花日の遅速は，我々人間が気候変動の影響を実感する現象の一つであり，桜についても様々な研究がなされてきた．例えば，春季の気温と開花日の関係は詳しく調べられている(例えば，青野・小元，1990；青野・守屋，2003)．また，その関係を用いて，古記録資料に記された桜の記述から，測器観測が導入される以前の春季の気温推定もなされている(青野・小元，2004)．さらに，地球温暖化が生物活動に与える影響の指標としても，桜の開花時期は調査されており，ソメイヨシノの開花日がこの50年間に全国平均で5日早まっていることが知られている(増田ら，1999；原沢，2001)．

しかし，わが国の桜の開花日と関係する全球規模の気候変動がどのような空間構造を持っているかは，従来検討がなされていない．一方海外では，例えば北米西部のライラックの開花日が，

北太平洋十年変動(Mantua et al., 1997)と強い関係を持ち，1970年代の気候レジーム・シフト以後早くなったことが知られている(Cayan et al., 2000)．なお，レジーム・シフトには50−70年変動(Minobe, 1997)と20年変動(例えば, Minobe et al., 2002)の両方が寄与しているという観点(Minobe, 1999)からは，ライラックの開花日の変化に寄与したのは，Cayan et al. (2000)が示した時系列から50−70年変動であると推定できる．これは，北米西部では50−70年変動は春季の，20年変動は冬季の気温に影響するという結果(Minobe, 2000)と整合的である．

そこで本研究では，わが国の桜の代表であるソメイヨシノの開花日が，北半球規模の気圧変動とどのような関係を持っているかを，特異値分解解析によって明らかにする．

II. データと解析手法

桜の開花日のデータは，気象庁で行われた102官署での生物季節観測の一部として観測されたもので，1953年から2002年までの50年のデータを気象協会からCD-ROMで入手した．さくらの開花日とは、標本木で5～6輪以上の花が開いた状態となった最初の日である．上の102観測点のうち，ソメイヨシノまたはその代替の桜について40年以上の観測があり，かつ30°N以北に位置する86点のデータを解析に用いた．代替の樹種は，北海道の8点でエゾヤマザクラ，根室ではチシマザクラとなっている．なお，沖縄や南大東島などでは，ヒカンザクラの開花日が観測されているが，これらの南方の観測点はまばらで，かつ40年以上のデータを有するのが南大東島と石垣島の2点のみであり，さらに他の観測点の3月から5月という平均的な開花日に対して，これら2点は1月に開花を迎えるという相違から，今回の解析には含めなかった．解析は偏差データについて行い，例年よりも早く開花するものを，正偏差と定義する．

一方気圧データとしては，NCEP/NCAR再解析データの1000 hPa等圧面高度の偏差を用いた(Kalnay et al., 1996)．これは，桜の開花時期に合わせて，3月から5月の平均値を解析に利用した．

解析手法として，特異値分解解析を用いた．この手法は，二つの多変量場の共分散の二乗を最大にする関係を見つけ出すものである(例えば，Bretherton et al., 1992)．

III. 結　　果

桜の開花日の偏差と20°N以北の北半球の1000 hPaの等圧面高度との特異値分解解析の二乗共分散寄与率は，第一モードが86.9%と大部分を占めるので，第一モードのみを記述する．このモードが説明する桜の開花日の分散は，22%である．第一モードの空間分布を，異質相関図で示す(Fig. 1)．異質相関とは，特異値分解解析では二つの多変量場それぞれの(今の場合は，桜の開花日と1000 hPa等圧面高度)時系列が得られるが，一方の多変量場の時系列と他の多変量場との相関係数である．

桜の開花日の相関係数は，87%の観測点が0.4から0.6の間の値を取っている(Fig. 1 a)．おおむね九州北部から北海道までまんべんなく高い相関係数が分布しているが，緯度が高い方がやや

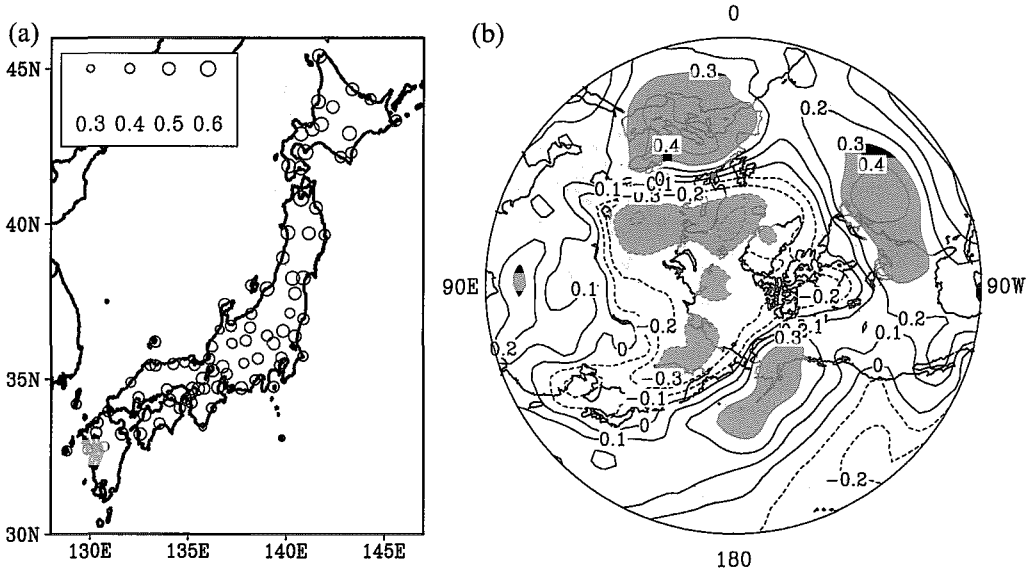

Fig. 1. Heterogeneous correlation map for cherry bloom date (a) and 1000 hPa geopotential height (b). For the panel (b), contour interval is 0.1, and absolute correlations larger than 0.3 are shaded.

相関係数が高い傾向がある(Fig. 2). 5％の有意水準で有意な相関係数は，各年を独立とした場合で0.28, 2年間に一つ独立なデータがあるとする場合で0.39であり，大多数の点で統計的に有意な相関係数を持っていると結論できる.

一方1000 hPaの等圧面高度は，日本付近では等高線が南方から北東に走っており，おおむね南から暖気が移流される場合に，開花が早まるという合理的な関係を意味している(Fig. 1 b). この等圧面高度の傾きは，シベリア東部の負の相関係数およびアラスカ・北太平洋の正の相関係数と関係している. また興味深いことに，シベリア東部およびアラスカ・北太平洋におけるよりも絶対値の大きな相関係数が，北大西洋と北極からロシア西部にかけて分布している. この北極から大西洋にかけての相関係数の分布は，北大西洋振動(たとえばWalker and Bliss, 1983 ; Hurrell, 1995)を，思わせるものである. また，北半球全体で一つのパターンと見れば，北極振動(Thompson and Wallace, 1998)とある程度似通っている. 従って，わが国の桜の開花日の変化は，北半球規模の気候変動と密接に関係していることが，強く示唆される.

特異値分解解析で得られた開花の相関係数が全国的に高かったことから，開花日偏差の平均がこのモードでよく説明されることが期待される. 実際，開花日偏差の全国平均時系列とSVDで得られた開花日時系列との相関係数は0.998であり，両者は定性的にほぼ同一である. 別な言い方をすれば，全球気候変動との関連で表現される桜の開花日の変化は，全国平均の開花日偏差である. なお，Fig. 3の右の軸は両者の回帰関係から，平均開花日偏差を示したものである.

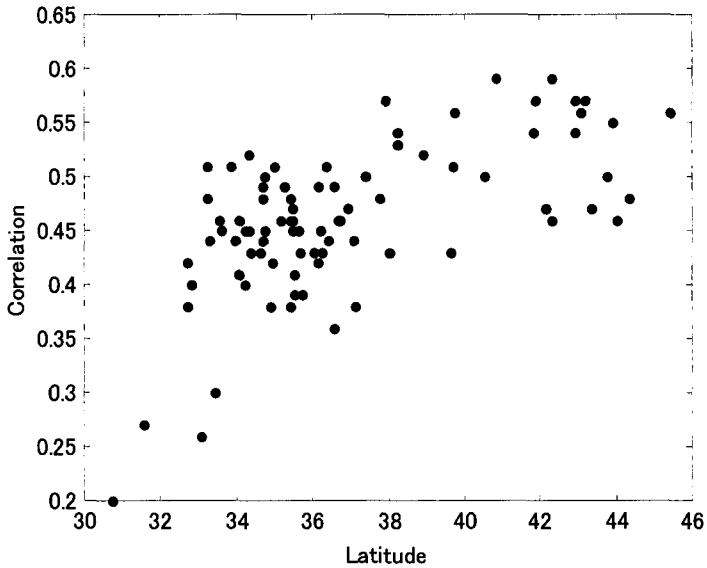

Fig. 2. Heterogeneous correlations of cherry bloom date for the 1st SVD mode as a function of latitudes.

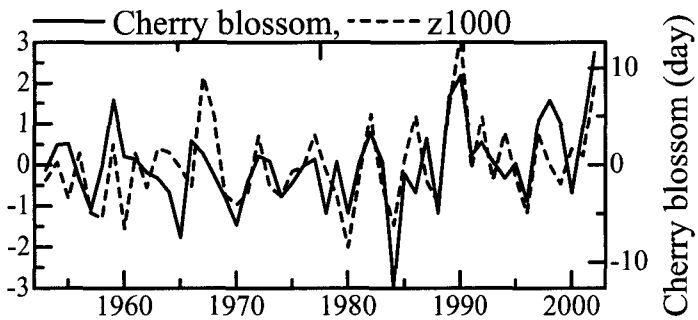

Fig. 3. SVD time series for cherry blossom (solid line) and 1000 hPa geopotential height (dashed line) for the 1st SVD mode. The SVD time series for cherry bloom date is almost identical to average cherry bloom date over Japan (correlation is 0.998), and hence the 1st SVD mode captures the anomalies of average cherry bloom date. The right axis indicates the scale for average cherry bloom date.

IV. 議　　論

北半球の 1000 hPa 等圧面高度変動との関連で表わされる桜の開花日の変化が，全国平均の開花日偏差であり，等圧面高度と開花日との関係で後者の全分散のうち 22%が説明され，異質相関係数で各地点の開花日について 0.4 から 0.6 の相関係数が得られた．北半球規模のパターンとしては，北極振動あるいは北大西洋振動との関係が示唆される．このことは，これらの変動が予測

できるのであれば，全国平均の桜の開花もある程度予測できることを含意している．北極振動は，成層圏から季節内スケールで下方伝播することが知られており(Baldwin and Dunkerton, 2001)，この伝播から桜の開花日偏差にも一定の予測可能性が期待される．

ソメイヨシノの開花日と北大西洋振動あるいは北極振動との関係は，地球温暖化が開花に及ぼす影響を考える上でも興味深い．Wang and Schimel (2003)は，1980年から2000年にかけての北半球の温暖化は，太平洋十年変動と北大西洋振動のトレンドに関係することを指摘し，地球温暖化の影響が力学的に主要な気候変動モードを通じて発現する可能性を述べている．従って，北大西洋振動や北極振動と桜の開花日との関係をより明らかにすることは，地球温暖化の開花日への影響を評価する上でも有用な情報を与えるであろう．

謝辞 本研究は文部科学省21世紀COEプログラム新・自然史科学創生（プログラムリーダー岡田尚武）の助成による．

文　献

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によるソメイヨシノの開花日の推定，農業気象，**45**，243－249．

青野　靖之・小元　敬男，1994．サクラの開花史料による11世紀以降の京都の気温の推定，農業気象，**49**，263－272．

青野　靖之・守屋　千晶，2003．休眠解除を考慮したソメイヨシノの開花日推定モデルの一般化，農業気象，**59**，165－177．

Baldwin M. P. and T. J. Dunkerton, 2001. Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes, *Science*, **294**, 581－584.

Bretherton, C. S., C. Smith and J. M. Wallace, 1992. An intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data, *J. Climate*, **5**, 541－560.

Cayan D. R., S. A. Kammerdiener, M. D. Dettinger, J. M. Caprio and D. H. Peterson, 2001. Changes in the onset of spring in the western United States, *Bull. Am. Met. Soc.*, **82**, 399－415.

原沢　英夫編，2001．地球温暖化による生物圏の脆弱性の評価に関する研究，平成１３年度環境省地球環境研究総合推進費報告書，pp. 155.

Hurrell, J. W., 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation, *Science*, **269**, 676－679.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne and D. Joseph, 1996. The NCEP/NCAR 40－year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437－472.

Mantua, N. J., S. R. Hare, Y., Zhang, J. M. Wallace and R. C. Francis, 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production, *Bull. Am. Met. Soc.*, **76**, 1069－1079.

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.

Minobe S., 1997. A 50－70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America, *Geophys. Res. Lett.*, **24**, 683－686.

Minobe, S., 1999. Resonance in bidecadal and pentadecadal climate oscillations over the North Pacific: Role in climatic regime shifts, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 855－858.

Minobe, S., 2000. Spatio-temporal structure of the pentadecadal variability over the North Pacific, *Prog. in Oceanogr.*, **47**, 99−102.

Minobe, S., T. Manabe and A. Shouji, 2002. Maximal wavelet filter and its application to bidecadal oscillation over the Northern Hemisphere through the 20th century, *J. Climate*, **15**. 1064−1075.

Thompson, D. W. J. and J. M. Wallace, 1998, The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields, *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 1297−1300.

Walker, G. T. and E. W. Bliss, 1932. World Weather V, *Memoirs of the Royal Meteorological Society*, **4**, 53−84.

Wang G. L. and D. Schimel, 2003. Climate change, climate modes, and climate impacts, *Annu. Rev. Env. Resour.* **28**, 1−28.