

仙台市におけるソメイヨシノの開花進行過程と土地利用の関係

西城 潔*・和田枝里**

Relationship between Blooming Processes of *Prunus yedoensis* and Land Use in Sendai

Kiyoshi SAIJO and Eri WADA

要旨：仙台市街地中心部をほぼ東西に横断するように設定した7地点において、2007年4月にソメイヨシノの開花に関する調査を行った。その結果、開花は都心部（建物密集域）でもっとも早く、郊外部（都市化進行域・田園地帯）へと順次遅れることが確認された。また開花直前から満開日までの開花の進行過程を検討したところ、都心部ではほぼ一定の割合で開花が進行するのに対し、郊外部ではその進み方が日によって大きく変動するという違いがみられた。このような土地利用に対応した開花の遅速や開花進行過程の相違は、ヒートアイランドと密接に関係した、地点ごとの気温やその変動性の特徴を反映していると考えられる。

キーワード：植物季節、ソメイヨシノ、開花、土地利用、ヒートアイランド

1. はじめに

都市のヒートアイランド現象が生物に及ぼす影響の一つに植物季節の変化がある。たとえば都市中心部では、ヒートアイランドにより、サクラ（ソメイヨシノ）の開花が早まる（小元・青野，1990；増田ほか，1999；松本・福岡，2003）、イロハカエデやイチョウの紅葉（黄葉）が遅れる（松本・福岡，2002）といった変化が認められている。東京都区部を対象にソメイヨシノの開花調査を行い、開花前の気温との関係を検討した松本ほか（2006）は、都心部の高温域で郊外部よりも開花日が早いことからヒートアイランドの影響を指摘し、そのような開花日の分布（遅速）が3月の平均気温分布とよい対応を示すことを明らかにしている。

ところで、ソメイヨシノを対象に植物季節と気温との関係を検討した諸先行研究では、開花日に注目している場合がほとんどである。気象庁では、開花日を「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」、満開日を「標本木で80%以上のつぼみが開いた状態となった最初の日」とそれぞれ定義しており（気

象庁ホームページ）、一般に両者の間には数日の隔りがある^{註1)}。ヒートアイランドが都心部でソメイヨシノの開花日を早めるような効果をもたらしているのであれば、開花日を過ぎて満開日に到るまでの開花の進行過程に対しても、なんらかの影響が及んでいることは十分に予想できる。しかし従来の研究において、開花日から満開日に到る開花の進行過程と気温との関係や、それに対するヒートアイランドの影響を検討した例はほとんどない。

本研究では、都市化の程度が異なる仙台市内の7地点で行った、ソメイヨシノの開花の進行過程についての調査結果を報告する。また都心付近（建物密集域）と郊外の2地点において実施した開花季の気温観測の結果もふまえながら、場所による開花の遅速および開花進行過程の違いと気温との関係、それらへのヒートアイランドの影響について考察を試みる。調査を実施したのは、2007年の3～4月である。

*宮城教育大学教育学部社会科教育講座，**柗秀英予備校

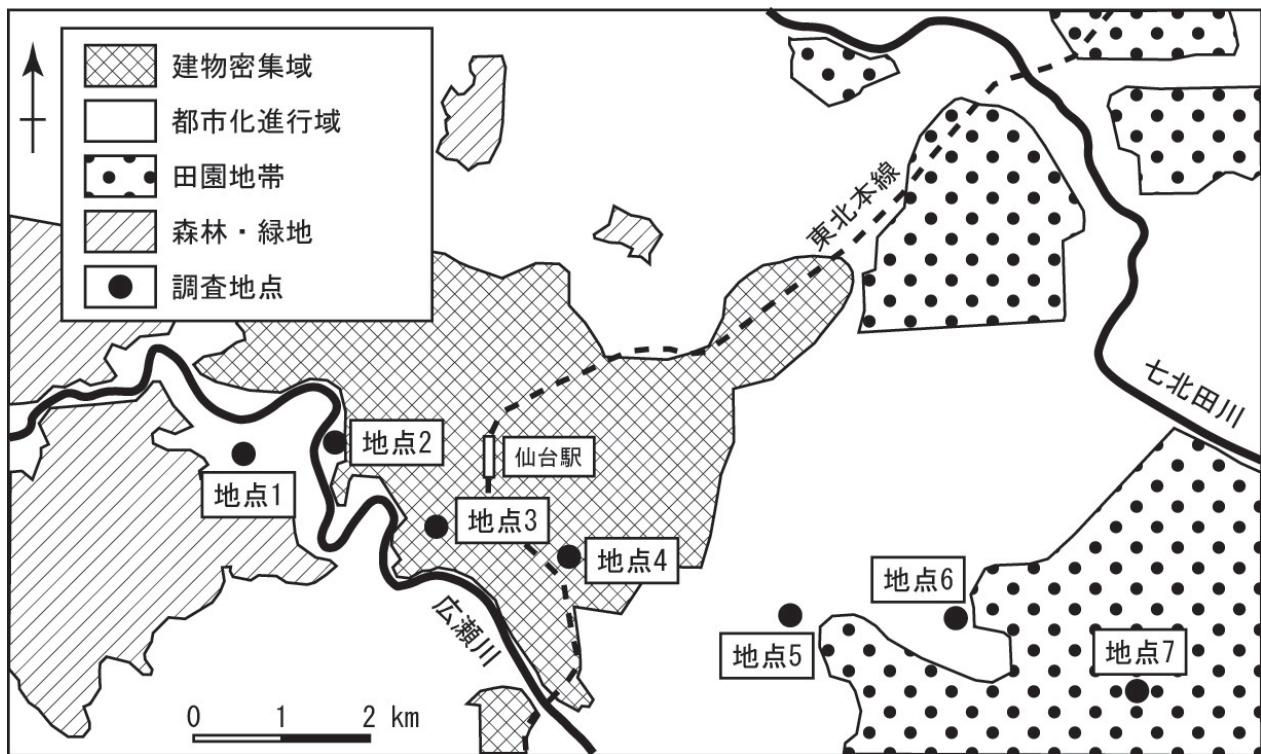


図1. 調査対象地域とその土地利用

2. 調査地点とその選定

図1には、調査対象地域とその土地利用を示した。土地利用は、国土地理院発行5万分の1地形図「仙台」をもとに、建物密集域（都心部）・都市化進行域（都市化の進行で建物が増えつつある地域）・田園地帯・森林または緑地の4種類に区分した。調査地点は、仙台市街中心部の建物密集域をほぼ東西に横断するように7地点選定し、西側に位置するものから順に1～7の番号を付した。うち地点1・3・4が学校（大学を含む）の敷地、地点2が公園、地点5が幹線道路の交差点、地点6が神社境内、地点7が農業園芸関係の施設である。上記土地利用との関係では、地点3・4が建物密集域、地点7が田園地帯、地点1・2・5・6が都市化進行域にそれぞれ位置している。また後述の通り、開花前後の約40日間、地点4と7において気温観測を行った。

3. 調査方法

(1) 観察木の選定

各調査地点において観察木を選定し、後述する方法で開花の状態（開花度）を観察した。観察木の選定に

際しては、日当たりの悪くない場所に生えていること、樹木全体をさまざまな方角から見渡せることといった条件を考慮した。観察木の本数は、地点3・6で4本、残りの5地点では5本とした。

(2) 「開花度」の観察

本研究では開花がどの程度進行しているかを評価するため、観察木全体を眺めた時に何割程度が開花しているかを10段階(1～10)で判断し、その値を「開花度」と定義した。一般によく使われる「〇分咲き」という言い方にはほぼ相当するもので、観察木全体で50%程度の花が開いていると判断されれば、開花度を5とする。図2に開花度判定の一例を示す。なお上記の気象庁の基準による開花（標本木で5～6輪の花が開いた状態）は、本稿の10段階評価による開花度判定では1未満とみなさざるを得ない。そこで気象庁の基準による開花の状態に対しては、便宜上0.5という開花度を与えることとした。個々の観察木について判定した開花度は調査地点ごとに平均し、その地点の平均開花度とした。このような開花度の判定法は、観察者の感覚に依存する面があるため、厳密さを欠くものであることは否めない。しかし同一観察者が継続的に調査

を行うことで、可能な限り判定に統一性を持たせるよう努めた。開花度の観察は、著者の一人和田が、2007年4月6日～18日の期間の偶数日と、4月21日の計8回行った。



図2. 「開花度」の判定例（開花度7と判断した）

(3) 気温観測

開花度とその進行過程についての考察材料とするため、2007年3月16日～4月23日の期間、地点4と7に温度計（Thermo Recorder おんどとり Jr. TR-51A）を設置し、気温観測を行った。温度計は、観察木の一本を選んで根元から約1.5mの高さの樹幹部に北向きに設置した。記録の時間間隔は10分とした。

4. 調査結果

(1) 開花度の推移

上記の通り、開花度の調査は、2007年4月6日～18日の期間の偶数日と4月21日に実施した。観察日ごとの各地点の開花度を図3～8に示す。初回観察日である4月6日には、個別にみれば開花状態（開花度0.5）に達している観察木もみられるものの、地点の平均開花度としてはいずれの地点でも0.5に満たない。なお、この日は仙台管区气象台発表の開花日であった。4月8日には地点3・4・5で平均開花度が2.0に達している。平均開花度がもっとも高いのは地点4、次いで3・5・2の順となる。4月10日には地点3・4で平均開花度はほぼ5.0に達し、そこから東西方向へ開花度は低くなる。4月12日にかけては、地点2・5・6で平均開花度が急激に増加し、それまで先行していた地点3・4に追いつくようになる。しかし、この時

点でも地点1と7の平均開花度は低く、とくに地点7では2.0に満たない。4月14日になると、地点2・3・4・5・6では平均開花度は8.0（気象庁による満開日）に達しており、地点1もほぼそれに近い状態に到達している。しかし地点7では未だ6.0未満である。4月16日には地点1が8.0に達し、4月18日には地点7も平均開花度7.6と満開に近い状態に達した（4月18日については図を省略）。

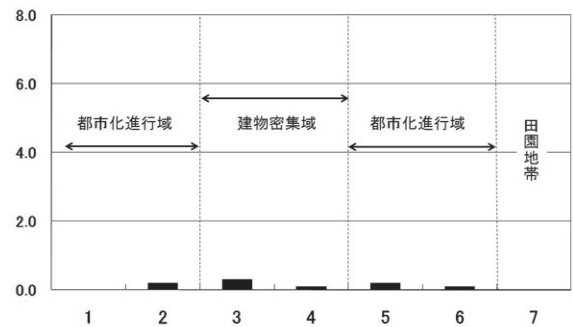


図3. 4月6日における平均開花度（縦軸は開花度、横軸は地点番号を示す。図4～8も同様）

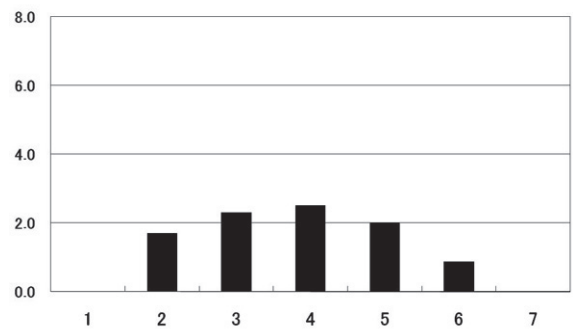


図4. 4月8日における平均開花度

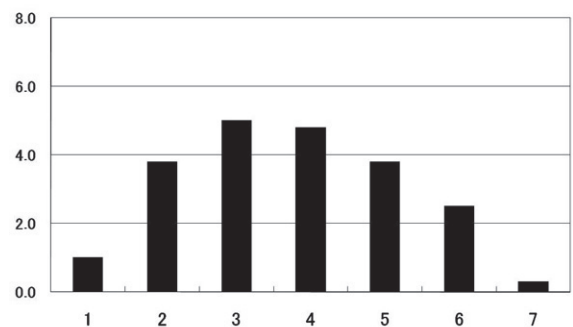


図5. 4月10日における平均開花度

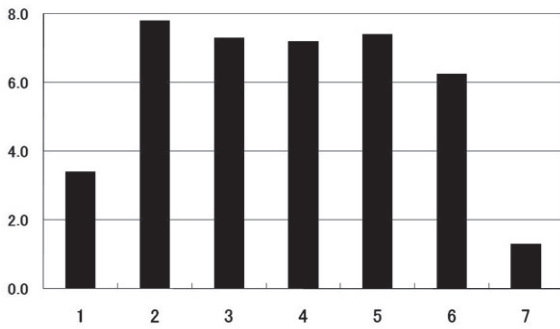


図6. 4月12日における平均開花度

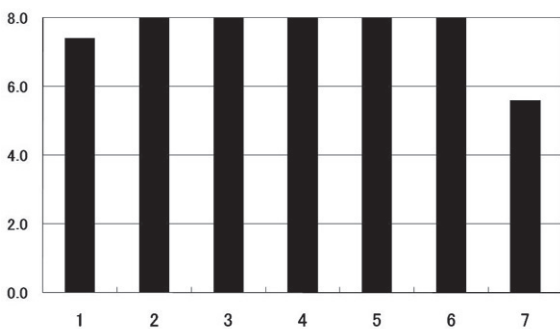


図7. 4月14日における平均開花度

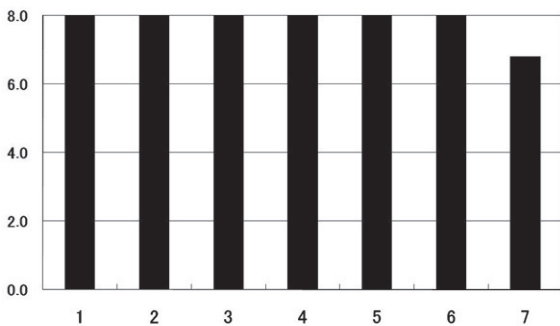


図8. 4月16日における平均開花度

各観察日における平均開花度の推移を地点ごとに示したのが図9である。この図から、地点7を除く6地点において、開花度0.0から開花度8.0までに要する日数が約8日間であることがわかる。つまり開花直前から満開日までの間、各調査地点では平均して1日につき1.0の割合で開花度が増加していたことになる。なお地点7のみ、開花直前(4月10日)から満開日(4月21日)まで他地点よりも長い11日間を要している^{注2)}。

ところで、地点1～6において開花度は平均的には

1.0/日の割合で増加していたことになるが、図9から明らかなように、開花度増加率(折れ線グラフの傾き)には、地点により違いがみられる。すなわち地点3と4では開花度がほぼ一定の割合で増加しているのに対し、地点1・2・5・6においては開花度の増加率が日によって大きく変動している。たとえば、4月12～14日にかけて地点1では開花度が4.0、すなわち平均的な増加率の2倍の速さで増加している。また4月10～12日の間に、地点2・5・6で、平均の2倍もしくはそれに近い増加率を示している。したがって、地点7を除く調査地点での開花度の増加率は平均的には1.0/日だが、その推移にも注目すると、増加率がほぼ一定である地点3・4のような場合と、増加率が大きく変動する地点1・2・5・6のようなパターンとがあることがわかる。

開花に関わる以上の特徴を土地利用との関係で整理してみる。開花は建物密集域(地点3・4)でもっとも早く始まり、そこを中心に東西方向の都市化進行域・田園地帯へと徐々に遅くなる傾向を示す(典型的には、図4・5)。開花直前から満開日までの日数は、地点1～6では約8日間であり、平均すると1.0/日の割

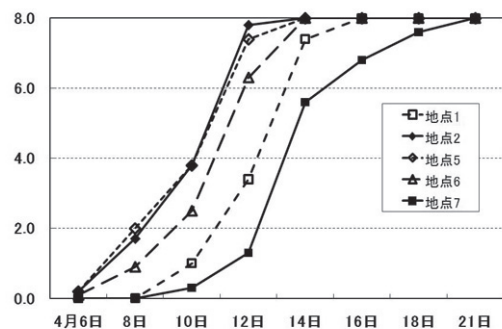
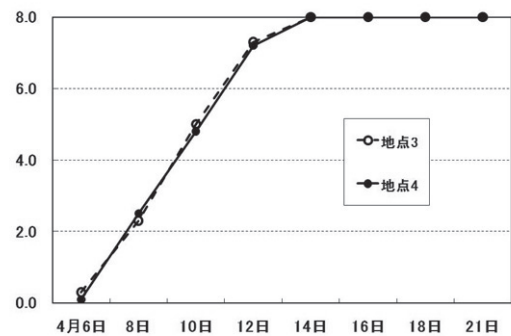


図9. 平均開花度の推移(縦軸は開花度、横軸は観察日を示す。)

合で開花度が増加していることになる。しかし建物密集域内の地点3・4では開花度の増加率がほぼ一定であるのに対し、都市化進行域の地点1・2・5・6では増加率が日によって大きく変動する。なお田園地帯に位置する地点7は全調査地点の中でもっとも開花が遅かった上、満開日までの日数も11日間と他地点より多くなっている。また開花度の増加率も日によって変動する。

(2) 地点4・7における気温の推移

上記の方法により地点4と7で行った気温観測の結果をもとに、両地点の日最高気温・日最低気温・日平均気温を求めた^{注3)}。

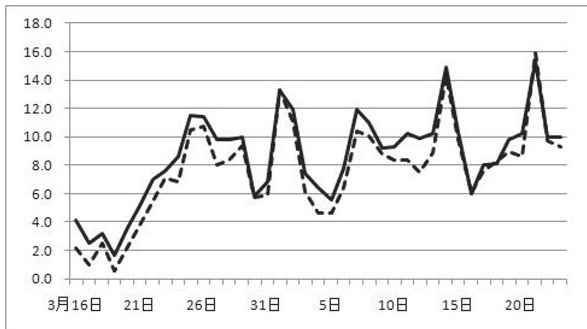


図10. 地点4・7における日平均気温の推移
(縦軸は気温(°C)、横軸は観測日を表す。
また実線が地点4、破線が地点7の気温を示す。)

両地点の日平均気温の推移を示したのが図10である。この図より、ほとんどの観測日で地点4の日平均気温が地点7のそれを上回っていることがわかる。とくに日平均気温が低めの日に両者の差が大きくなるような傾向が認められ、4月12日の日平均気温は、地点4が9.9°C、地点7が7.5°Cと、前者が後者を2.4°C上回っていた(この日の気温差が観測期間中の最大)。観測期間全体を通して平均すると、地点4は地点7よりも、日平均気温にして1.0°C、日最高気温・日最低気温でそれぞれ0.4°C、1.5°C高い気温を示している(表1)。さらに地点7では4に比べて日平均気温の変動がやや大きい。日最高気温と日最低気温とに分けてみると、前者の変動には両地点間でとくに差が認められないのに対し、日最低気温については地点7の変動が大きいことが特徴的である。

表1. 観測期間における地点4・7の気温

	地点4	地点7
日平均気温(°C)		
平均	8.6	7.6
標準偏差	3.2	3.4
日最高気温(°C)		
平均	13.1	12.7
標準偏差	3.5	3.5
日最低気温(°C)		
平均	4.0	2.5
標準偏差	3.5	4.1

5. 考察

仙台市街地をほぼ東西に横断するように設定した7つの地点でソメイヨシノの開花進行過程について調査を行った結果、①開花は都心部の建物密集域でもっとも早く、そこから東西に位置する郊外部(都市化進行域・田園地帯)へと順次遅くなる、②1地点を除いて開花直前から満開日までには約8日を要し、平均1.0/日の割合で開花度が増加する、③建物密集域ではほぼ一定の割合で開花度が増加するのに対し、都市化進行域・田園地帯では開花度の増加率が日によって大きく変動する、といった特徴が認められた。さらに、④もっとも東の田園地帯に位置する地点7は他地点に比べて開花日がとくに遅く、開花直前から満開日までの日数も11日間と長いことがわかった。以下、これら①~④の特徴について、気温観測の結果や土地利用との関係から考察を行う。

建物密集域の地点4、田園地帯に位置する地点7における気温観測結果から、観測期間内ではほぼ恒常的に、前者における日平均気温が後者のそれを1.0°C程度上回っていることが明らかとなった。こうした開花季における気温差が、①のような開花日の遅速をもたらしているのであろう。また両地点における気温差は、土地利用の違いから考えて、ヒートアイランドによるものと考えられる。地点3・4を中心に、東西に位置する地点へと開花が順次遅れるのは、ヒートアイランドの効果が郊外へ向けて次第に弱まるからであろう。

平均的には1.0/日の割合で増加する開花度である(②)が、その増加率は、都市化進行域では日によって激しく変動し、建物密集域においてほぼ一定である

(③)。この特徴には、以下のように気温（とくに日最低気温）の変動性が影響していると考えられる。三上(2005)によれば、ヒートアイランド強度は季節を問わず夜間から早朝にかけての時間帯に最大になる。つまり郊外に比べ、都心部ではヒートアイランドのために日最低気温が下がりにくい。その結果、地点3や4では日最低気温および日平均気温の日による変動が相対的に小さくなり、開花度が一定の割合で増加する。逆に郊外では、日最低気温や日平均気温が日によって大きく変動するため、開花度の増加率も安定しないのであろう。このように、土地利用と開花度の進行過程との間にみられる関係にも、ヒートアイランドが影響を与えていると考えられる。

なお地点7における例外的な開花進行過程については、土地利用に加えて、海風の影響を考慮する必要があるかもしれない。境田(1994)によれば、春季から夏季にかけて仙台都心部と海岸部との間には、海側が低温となるような気温の急変部がしばしば形成される。この急変部は住宅地と水田の境界（本研究の地点5・6付近）に出現することから、基本的には土地利用の違いが気温差を生み出しているとみなされるものの、海風前線が市街地と海岸の間に停滞した場合には、とくに気温差が大きくなりやすいという。こうした土地利用と海風の2つの影響が重なり、地点7では他地点と傾向の異なる開花過程を辿ったのではないだろうか。

本研究では、従来の研究でほとんど扱われることのなかった開花日から満開日までのソメイヨシノの開花進行過程に注目し、開花の進み方と気温・土地利用との関係を検討した。その結果、満開日までの間、開花は日平均気温の変動にほぼ対応しながら進行すること、この開花進行過程にもヒートアイランドが影響を与えていることがわかった。

本研究で用いた開花度は、観察者の感覚的判断によるものとはいえ、把握が容易であり、植物季節の変化と気温との対応関係を検討する上で有効な指標といえる。また観察に特別な器機類も要しないことから、学校教育または一般市民向けの環境教育への活用が可能であろう。

6. まとめと今後の課題

仙台市街地中心部をほぼ東西に横断するように設定した7地点において、2007年4月にソメイヨシノの開花に関する調査を行った。その結果、開花は都心の建物密集域でもっとも早く、その東西に位置する郊外部（都市化進行域・田園地帯）へと順次遅くなることが確認された。ほとんどの地点において、開花直前から満開日までに要する日数は約8日である。ただし建物密集域では開花度がほぼ一定の割合で増加するのに対し、郊外部ではその増加率が日によって大きく変動する。以上のような地点による開花の遅速や進行過程の相違は、それぞれの場所での気温およびその変動性を反映している。また、そうした気温条件の場所による差には、都市化の程度の違いによるヒートアイランドが関係していると考えられる。

注

注1) たとえば1971-2000年における仙台のソメイヨシノの平均開花日は4月12日、平均満開日は4月18日である（理科年表による）。

注2) 原則的に偶数日に観察を実施したが、地点7の満開を確認した日は4月21日（奇数日）であり、前の観察日（4月18日）とは3日間の隔りがある。その影響で、満開日までの日数の見積もりについても1日程度の誤差を含んでいる可能性はある。

注3) 通常は、10分間隔で観測した気温のうちの1日における最高値・最低値を、日最高気温および日最低気温として採用するべきであろう。しかしながら、今回の観測では、日最高気温を11:30～14:30の観測値の平均で代用することとした。その理由は、地点4・7ともに、午前8～9時台を中心にその前後の気温の推移とは明らかに不連続な急激な気温上昇がみられ、その時間帯に1日の最高気温が記録されることが多かったためである。このような結果は、日射除けの工夫が不十分で温度計が朝の直射日光を浴びたために生じたものと判断される。そこで、「晴れた日には太陽南中時より1～3時間おくれる」（青山, 1985）という日最高気温の出現時刻に関する知見を参考に、上記のような処理をした。なお日最低気温については、10分間隔で観測した気温のう

ちの1日における最低値をそのまま採用した。また日平均気温は、このような方法で求めた日最高気温・日最低気温の平均値とした。

謝辞

本稿は、著者の一人和田が2008年に宮城教育大学に提出した卒業論文をもとにまとめたものである。気温観測に際しては、宮城県仙台第一高等学校教諭平居高志氏、仙台市農業園芸センターの職員諸氏に多くの便宜をはかっていただいた。以上の機関と各位に厚くお礼申し上げます。

引用文献

青山高義, 1985. 日最高気温. 吉野正敏・浅井富雄・河村 武・設楽 寛・新田 尚・前島郁雄編: 気候学・気象学辞典. 二宮書店 : 397.
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.
気象庁ホームページ「生物季節観測の情報」.
<http://www.data.jma.go.jp/sakura/data/sakura.pdf>

境田清隆, 1994. 仙台の都市化が気象台の気温に及ぼす影響について. 田村俊和編: 地域開発に伴う環境改変の地理学的研究. 東北大学特定研究 : 93-101.
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.
松本 太・福岡義隆, 2002. 熊谷市における都市気候と植物季節の関係(第1報). 日本生気象学会誌, 3 : 3-16.
松本 太・福岡義隆, 2003. 植物季節に及ぼす都市の温暖化の影響—熊谷市におけるソメイヨシノ開花日を例として—. 地理学評論, 76 : 1-18.
松本 太・三上岳彦・福岡義隆, 2006. ソメイヨシノの開花に及ぼすヒートアイランドの影響—東京都区部を例として—. 地理学評論, 79 : 322-334.
三上岳彦, 2005. 都市のヒートアイランド現象とその形成要因—東京首都圏の事例研究—. 地学雑誌, 114 : 496-506.

