

気温変動がもたらす森林の樹木フェノロジーへの影響の把握

2009年3月 自然環境学専攻 076747 米谷 法子
指導教員 准教授 斎藤 馨

キーワード：樹木フェノロジー、森林モニタリング映像、有効積算温量法、温度変換日数法

I、背景・目的

古来より、樹木の生物季節（フェノロジー）は、農作業や行事の開催に深く関係することから、社会的な関心も高く、人々の生活にとっての重要度は非常に高いものである。さらに近年では、IPCC などにより森林域における地球温暖化の影響の把握・評価が急務とされ、気温変動の生物指標として樹木フェノロジーへの注目が集まっている。

しかしながら、森林域の様々な樹木フェノロジーと気温との関係は十分に検討されていない。その主な原因は、10～30年分の「気象」と「樹木フェノロジー」の連続データを揃えることが難しい点にあったが、昨今、映像を使った森林モニタリング手法の開発により、現地に行くことなく、過去に遡っての樹木フェノロジーの観察が可能となった。

そこで本研究では東京大学秩父演習林内で自動記録されている森林モニタリング映像を用いて、樹木フェノロジーの経年変化を把握し、森林域における樹木フェノロジーと気温との関係を明らかにすることを目的とする。

II、対象・方法

秩父演習林は、周辺 20km 圏内に人口一万人以上の都市がなく、都市化による昇温の影響が少ないことから、地球温暖化の影響のみを把握するのに適している。森林モニタリング映像は、スギ・ヒノキの人工林、落葉広葉樹の二次林で構成される秩父演習林 31 林班（標高 900～1300m）の景観や環境音を、対岸 1km から午前 11 時半ごろ自動で約 40 ショットを記録している。その中でも、精度の高い観察が可能な Shot-09 の“ヤマザクラ満開日”（以下、“満開日”）を対象とし、映像から切り出した静止画（JPEG）の目視によって“満開日”を観察した。本研究では、花の割合・様子が変化しなくなる日の前日を“満開日”と定義し、この基準をもとに複数回の判定を行い（再現性の確保）、さらに、各年の“満開日”一覧表を作成することで確度を高め、“満開日”を決定した。気温－樹木フェノロジーの関係の解析には、1～5月の1カ月毎、2か月毎の平均気温と、森林樹木への適用が少ないもののフェノロジー研究で多用される、有効積算温量法（以下、A）と温度変換日数法（以下、B）を使用した。A・B内には、地域・樹種などによって値が定まる3つのパラメーター（A：起算日と限界温度と有効積算温量、B：起算日と温度特性値と有効温度変換日数）があり、それぞれを変化させたA：304通り、B：209通りの組合せを検討した。映像より得られた実際の“満開日”と、当該法による予測される“満開日”の平均二乗誤差の平方根；RMSEが最小となる、A・Bそれぞれのパラメーター組合せを算出した。なお、気温との解析の対象としたのは、日平均気温データと樹木フェノロジーデータが共に揃った1997年～2003年、及び2005年～2008年までの11年間である。

Ⅲ、結果および考察

ヤマザクラの開花から満開までは急激に変化することから、毎日の観察が可能である映像モニタリングは、“満開日”の決定に有効であることが示唆できた。映像の目視観察から得られた“満開日”の経年変化（1996～2008年）を図1に示す。この13年間において、“満開日”が有意に早く、遅くなる傾向は認められなかった。

“満開日”と気温との関係を把握するため、始めに1ヶ月毎・2ヶ月毎の月平均気温との解析を行った。その結果、“満開日”と3～4月平均気温には比較的高い相関 ($R^2=0.7248$, $P>0.001$) が認められたが、1998年などは“満開日”が4月中であることから、“満開日”以降の気温も解析対象に含まれてしまっていた。そこで、“満開日”までの日平均気温を使ったA、Bによる解析を行い、その結果を表1に示す。A・Bともに、既往研究と比べてもRMSEの値が同程度か小さい、すなわち、精度の高い“満開日”の予測が可能であり、“満開日”が気温に比較的良く応答する樹木フェノロジーとなりうることが示唆できた。Aでは、起算日1月15日からの限界温度1℃以上の温度の積算値が296.3℃を越える日を“満開日”とし、Bでは起算日2月1日からの温度特性値22.5 kcal mol⁻¹によって温度変換された日数の積算値が5.9日を越える日を“満開日”と設定すると、精度の高い予測が可能であり、気温と“満開日”がモデルによって表現できることが分かった。

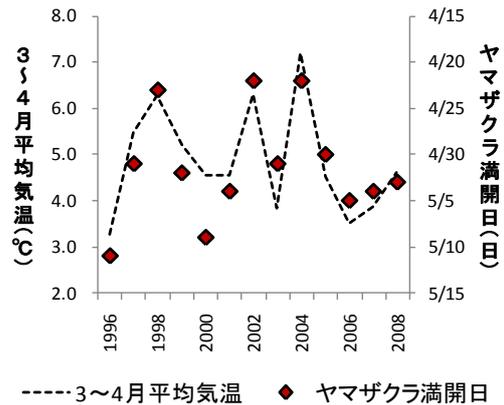


図1 ヤマザクラ満開日と気温の経年変化

Ⅳ、まとめ

森林モニタリング映像により、これまで情報の少なかった森林域の樹木フェノロジーの把握ができた。また、この情報と気温データを組み合わせることで、秩父演習林における“満開日”－気温との関係を示すモデルを提案でき、ヤマザクラ“満開日”が気温の指標としての有効であることが示

唆できた。森林モニタリング映像にはヤマザクラの他にも、1年を通じて多種多様なフェノロジーが記録されており、解析が進むことで、様々な事象が明らかになると考える。

近年、日本の都市での気温上昇が顕著であると報告されているが、秩父演習林内の38年間の気温データや13年間の“ヤマザクラ満開日”からは、秩父演習林内での地球温暖化の影響は読み取れなかった。しかし、本研究のデータが、今後、地球温暖化が進行した場合と比較・評価するために必要な基礎的データとなることが予想され、さらなる知見の収集のためにも、モニタリング映像の長期継続が望まれる。

表1 A・B手法におけるRMSE・パラメータの既往研究との比較

(A) 有効積算温量法

	RMSE (日)	起算日	限界温度 (°C)	有効積算温量 (°C)
Shot-09ヤマザクラ満開日、秩父演習林	2.15	1/15	1	296.3
ソメイヨシノ開花日、東京	2	2/13	1.8	

(B) 温度変換日数法

	RMSE (日)	起算日	温度特性値 (kcal mol ⁻¹)	有効温度変換日数 (日)
Shot-09ヤマザクラ満開日、秩父演習林	1.51	2/1	22.5	5.9
ソメイヨシノ開花日、東京	2.09	2/15	17.5	7.8

- ・下記式により、日平均気温 X_t を温度変換日数 $D(X_t)$ に変換する。

$$D(X_t) = \text{EXP}\{22.5 * 10^3 * (X_t - 25) / 1.987 * 298.15 * (X_t + 273.15)\}$$
- ・RMSE が小さいほど、気温との応答が良いことを示す

Search the Influence of air temperature variation for Tree Phenology in the Forest

March. 2009 Department of Natural Environmental Studies 076747 Noriko YONEYA
Supervisor; Associate Professor, Kaoru SAITO

Keywords : Tree Phenology, Forest Monitoring Video, Cumulative Temperature Method, DTS Method

I. Introduction

In recent years, there is a pressing need to comprehend and estimate the influence of global warming in the forest. The fluctuation of phenology as a bio-indicator of the air temperature variation focused on, which is related to IPCC efforts for stopping global warming.

However, it is not enough to examine the relation between various kinds of tree phenology in the forest and the temperature. The major cause of the difficulty was to collect of sequent meteorological and phonological data of 10-30 years. Yet, the development of the forest monitoring using by video in recent years makes it possible to observe forest changes without visiting the field every day.

Hence, this study aims to clarify the correlation between tree phenology in the forest and the temperature, with comprehending annual changes of phenology that have been captured continuously in the Tokyo University forest in Chichibu.

II. Study site and analytical methods

There is no city with more than ten thousands population around the university forest in Chichibu; thus, temperature rising by urbanization does not have to be considered. The forest monitoring video is automatically captured the landscape and the sounds, which consists of the artificial forest and of broad-leaved deciduous secondary forest, by 1 shot of 15 seconds by the 40 times on 11:30am everyday from 1 km of the opposite shore. This study observed the Shot-09 "Full-bloomed day of *Prunus jamasakura*" ,because it was highest accuracy of observation from monitoring video. "Full-bloomed day" was defined that the day before the day when ratio and appearance of *Prunus jamasakura* does not change, which was determined by visual inspection of JPEG files converted from the forest monitoring video, by repeated examination and listing up of "Full-bloomed day", with trying the correction of accident error from visual inspection.

Subsequently, analysis of the correlation between tree phenology in the forest and the temperature was done by using average temperature for one month and two month of January to May, using Cumulative Tempreture (CT) Method;A and the number of Days Transformed to Standard temperature (DTS) Method;B that are commonly-used in phenology studies. The method of A and B have three parameters to which value is decided by region and wood species, etc., the combination of parameter to minimize the RMSE (i.e., the square root of the error of mean square between the predict "Full-bloomed day" and the actual "Full-bloomed day") was calculated. The targeted years of analysis are eleven years from 1997 to 2003, and from 2005 to 2008, when the data set of temperature and phenology exists. The temperature data used for analysis was the daily

mean temperature from Koakasawa in the university forest in Chichibu.

III. Results and Discussion

The visual inspection of monitoring video can be effective for the decision on "Full-bloomed day", because it is possible to correspond to a rapid change of tree phenology. In these 13 years, the fluctuation of "Full-bloomed day" was not recognized significantly early or late(Fig.1). Analysis detected a significant correlation ($R^2=0.7248$, $P>0.001$) with "Full-bloomed day"

to mean temperature in March and April, however, the result had the problem that the temperature of over "Full-bloomed day" was contained in analysis object. Consequently, Table 1 shows the result of the analysis (CT method and DTS method) used the daily mean temperature. The predict error (RMSE) of this study is equivalent or small, in other words, parameter sets consisted of starting days and threshold temperatures (or DTS) minimizing RMSE which enable the realization of adequate methods to predict "Full-bloomed day". According to the result, suggested to become a tree phenology of which "Full-bloomed day" responded comparatively well for the temperature, clarified to be able to express the relation between temperature and "full bloom day" by methods.

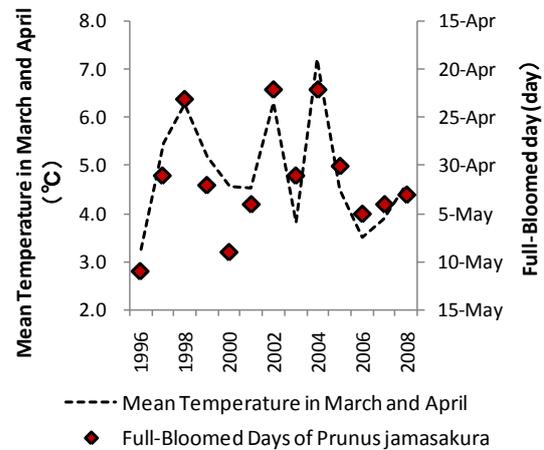


Fig.1 Interannual Variability; Full-Bloomed days of *Prunus jamasakura* and Mean Temperature

IV. Conclusion

By forest monitoring video, grasp of tree phenology fluctuation in the forest area with a little information was possible. This study could suggest a model to show relations with "Full-bloomed day" to the temperature in the university forest in Chichibu, the availability of "full bloom

day" as the index of the temperature. Various phenomena may become clear as the investigations proceed because various phenology has been recorded in the forest monitoring video through years. In late years the temperature rise was remarkable in the city in Japan, but was not able to agree the impact of global warming in the university forest in Chichibu from temperature date for 38 years and "Full-bloomed day" date for 13 years. However, as global warming worsening, these data will become the necessary fundamental data for understanding and comparison it. For enhancing the knowledge, continuation of the monitoring in the forest is expected.

Table.1 Comparison the Value of RMSE and Parameters with Previous Study (A) Cumulative Temperature Method

	RMSE (day)	Starting Days	Threshold Temperature (°C)	CT (°C)
"Full-bloomed day" <i>Prunus jamasakura</i>	2.15	1/15	1	296.3
bloomed day <i>Prunus yedoensis</i>	2	2/13	1.8	

(B) The Number of Days Transformed to Standard Temperature Method

	RMSE (day)	Starting Days	Temperature Characteristic (kcal mol ⁻¹)	DTS (day)
"Full-bloomed day" <i>Prunus jamasakura</i>	1.51	2/1	22.5	5.9
bloomed day <i>Prunus yedoensis</i>	2.09	2/15	17.5	7.8

- Convert daily mean temperature; X_t into DTS; $D(X_t)$ by the following expression $D(x_t) = \text{EXP}\{22.5 * 10^3 * (x_t - 25) / 1.987 * 298.15 * (x_t + 273.15)\}$
- The smaller RMSE is, the better the response with the temperature is.