

# 東京大学北海道演習林における樹木の フェノロジーデータで元データが紛失した 1938~1950年の期間平均値の推定

鎌田直人

## Estimation of mean values of phenology data on woody plants at The University of Tokyo Hokkaido Forest for 1938-1950, when the original data have been lost

Naoto KAMATA

### 緒言

地球の気候変動の生態系への影響が指摘されるようになって久しい。しかし、IPCCが設立されたのが1988年であるように気候変動自体が指摘されるようになったのが1980年代以降であるため、利用できる長期データはきわめて限られている。

鎌田ら(2019)は、東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林(以下、北演)が、1930年9月から蓄積してきた樹木のフェノロジーデータの数値データを整理し公表した。しかし、1938~1950年の13年間分については野帳・台帳が紛失しており、元の数値データが不明である。

本報告では、紛失した期間の平均値を推定することにより、長期データの連続性を向上させることを目的とした。そのため、1930(開葉(芽)と開花データは1931)~1937年(中山・功力1940)および1952~1961年(鎌田ら, 2019)の各年の数値データに加え、紛失した期間を含む2つの平均値(功力, 1952; 功力・佐々木, 1961)を利用して、元データが紛失した1938~1950年の期間平均値を求めた。

なお、樹木の和名表記に関しては堀江ら(2013)にしたがった。

### 方法

#### (1) 材料

本研究で解析の対象としたフェノロジーデータは、各年・各樹種の開葉(芽)、開花、葉の変色・落葉の事象発生日(初日・盛日・終日)である。

使用したデータセットの概要は以下のとおりである。

1930~1937年については、中山・功力(1940)に各年の数値データが公表されている。但し、開葉と開花の観測は1931年から開始された。但し、1933年には、調査が行われなかった。

1938~1950年については、元データが紛失した。

1951年には、調査が行われなかった。

1952～1961年については、鎌田ら（2019）に各年の数値データが公表されている。

これらの他に、功力（1952）に1930～1950年、功力・佐々木（1961）に1930～1961年について、縦に各樹種を並べ、横軸に事象発生日（初日・盛日・終日）を手描きでプロットした図でそれぞれ期間平均値が公表されている。

本論文ではこれらのデータを用いて、データが紛失した1938～1950年の期間平均値を求めることを目的とした。

## (2) 予備解析

功力（1952）と功力・佐々木（1961）の手描きの図の値の信頼性について検証を行った。功力（1952）と功力・佐々木（1961）では、第1図（開葉（芽）期）と第2図（開花期と開葉（芽）期）で、開葉（芽）期の初日（20%日）・盛日（50%日）・終日（80%日）の値が重複して掲載されている。そこで、それぞれの文献内で開葉（芽）期を図から読み取った値を比較した。功力・佐々木（1961）では基本的には1930（開葉（芽））と開花は1931）～1961年の平均値が扱われているが、ヤマネコヤナギとエゾヤナギの2種は1952～1961年の調査が行われていない（鎌田ら，2019）。したがって、原著に記述はないが、これら2種に関して功力・佐々木（1961）の図で示されているのは、1930～1950年の平均値と考えられた。そこで、功力（1952）と功力・佐々木（1961）の間で、ヤマネコヤナギとエゾヤナギの1930～1950年の平均値を図から読み取り比較した。

## (3) 期間平均値の推定

(1) で示したデータを使い、以下の方法によって、データが紛失した1938～1950年の期間平均値を推定した。1952～1961年の調査が行われていないヤマネコヤナギとエゾヤナギの2種（鎌田ら，2019）については、解析の対象から除外した。以下の計算の際には、月日値を通日値に変換して用いた。

1900 +  $i$  年のデータを  $x_i$  とおく。1900 +  $i$  年から 1900 +  $j$  年の期間平均値  $y_{i \sim j}$  は以下の式で計算される。

$$y_{i \sim j} = \frac{x_i + x_{i+1} + \dots + x_j}{n_{i \sim j}} \quad (\text{但し、欠損年は除く})$$

ここで、 $n_{i \sim j}$  は欠損年を除いたデータ（年）数である。欠損年を除いて計算するために、欠損年の存在が誤った解析結果を導くことはない。

数値から直接計算される期間平均値は、中山・功刀（1940）からえられる1930～1937年の平均値  $y_{30 \sim 37}$  と、鎌田ら（2019）からえられる1952～1961年の平均値  $y_{52 \sim 61}$  である。

手描きの図から読み取られる期間平均値は、功力（1952）からえられる1930～1950年の平均値  $\bar{y}_{30 \sim 50}$  と、功力・佐々木（1961）からえられる1930～1961年の平均値  $\bar{y}_{30 \sim 61}$  である。

本論文で最終的に求めたいのは1938～1950年の平均値  $\bar{y}_{38 \sim 50}$  である。

上記5個の平均値の間には以下2つの関係式が成り立つ。

$$n_{30 \sim 61} \cdot \bar{y}_{30 \sim 61} \cong n_{30 \sim 50} \cdot \bar{y}_{30 \sim 50} + n_{52 \sim 61} \cdot y_{52 \sim 61} \quad (1)$$

$$n_{30 \sim 50} \cdot \bar{y}_{30 \sim 50} \cong n_{30 \sim 37} \cdot y_{30 \sim 37} + n_{38 \sim 50} \cdot \bar{y}_{38 \sim 50} \quad (2)$$

数値データから直接計算された  $y_{30 \sim 37}$  と  $y_{52 \sim 61}$  はもっとも信頼性の高い値である。それに対し、手描きの図から読み取った  $\bar{y}_{30 \sim 50}$  と  $\bar{y}_{30 \sim 61}$  は、予備解析の結果（後述）から示唆されるとおり、

誤差のために読み取った値を代入しても式 (1) が成り立たない場合がある。そこで、直接計算された  $y_{52\sim61}$  を定数、 $\hat{y}_{30\sim50}$  と  $\hat{y}_{30\sim61}$  を変数としてこれら 2 つの変数の最適解を次に示す方法で求めた。

式 (1) から次式 (1') が導かれる。

$$\hat{y}_{30\sim50} = \frac{n_{30\sim61} \cdot \hat{y}_{30\sim61} - n_{52\sim61} \cdot y_{52\sim61}}{n_{30\sim50}} \quad (\text{但し, } \hat{y}_{30\sim50}, \hat{y}_{30\sim61} \text{ は整数}) \quad (1')$$

但し、 $\hat{y}_{30\sim50}$  は整数であるため、式 (1') で得られた値を四捨五入した。

式 (1') において、 $\hat{y}_{30\sim61}$  を  $\bar{y}_{30\sim61} \pm |\bar{y}_{30\sim61} - \bar{y}_{30\sim50}|$  の範囲で変化させたときの  $\hat{y}_{30\sim50}$  を求め、図から読み取った値との差の平方和  $(\hat{y}_{30\sim50} - \bar{y}_{30\sim50})^2 + (\hat{y}_{30\sim61} - \bar{y}_{30\sim61})^2$  が最小となる  $(\hat{y}_{30\sim50}, \hat{y}_{30\sim61})$  を最適解とした。

計算には、フリーソフトウェア R version 3.4.0 (R Core Team 2017) を用いた。また、1938～1950 年の 13 年間については、すべての年に観察が行われたという条件 ( $n_{38\sim50} = 13$ ) のもとで計算を行った。

次に、式 (2) を変形した式 (2') に  $\hat{y}_{30\sim50}$  の最適解を代入することによって、1938～1950 年の平均値  $\hat{y}_{38\sim50}$  を求めた。

$$\hat{y}_{38\sim50} = \frac{n_{30\sim50} \cdot \hat{y}_{30\sim50} - n_{30\sim37} \cdot y_{30\sim37}}{n_{38\sim50}} \quad (\text{但し, } \hat{y}_{38\sim50} \text{ は整数}) \quad (2')$$

但し、 $\hat{y}_{38\sim50}$  は整数であるため、式 (2') で得られた値を四捨五入した。

最後に、 $\hat{y}_{30\sim50}$ 、 $\hat{y}_{30\sim61}$ 、 $\hat{y}_{38\sim50}$  を通日値から通常年の月日値に変換した。

### 結果と考察

各論文 (功力, 1952; 功力・佐々木, 1961) で 2 つの図に重複して掲載されていた開葉 (芽) 期の初日 (20% 日)・盛日 (50% 日)・終日 (80% 日) の値を図から読み取り比較した結果が表 - 1 と 2 である。功力 (1952) では 84 値のうち差分 0 が 38 値、差分 1 が 39 値、差分 2 が 5 値、差分 5 が 2 値であった (表 - 1)。功力・佐々木 (1961) では、93 値のうち差分 0 が 57 値、差分 1 が 28 値、差分 2 が 4 値、差分 4 が 1 値、差分 5 が 2 値、差分 6 が 1 値であった (表 - 2)。

次に、功力 (1952) と功力・佐々木 (1961) の両方で、1930～1950 年の平均値が示されていたヤマネコヤナギとエゾヤナギの 2 種の 4 事象について、両文献間の値を比較した (表 - 3)。開葉期については、表 - 1・2 からの再掲となる。その結果、4 事象の 20% 日・50% 日・80% 日の計 24 値の中で完全に一致したものは半数の 12 値で、残りの 12 値中 11 値で 1 日の差が、1 値で 2 日の差がみとめられた。

表 - 1～3 の結果、本来は同一であるべき値の間に高い頻度で不一致が認められた。これらの結果は、手描きの図から読み取った値に誤差が含まれている確率が高いことを示唆している。

1930～1950 年の期間平均値について、功力 (1952) の図から読み取った値  $\bar{y}_{30\sim50}$  と最適解  $\hat{y}_{30\sim50}$ 、これらの差分 ( $|\bar{y}_{30\sim50} - \hat{y}_{30\sim50}|$ ) を表 - 4 に示した。中山・功力 (1940)、功力 (1952)、功力・佐々木 (1961) のすべてのデータが存在する 26 種に対して、4 事象の 3 つの発生日 (初 (20%)・盛 (50%)・終 (80%)) について計算した 312 個の値のうち、両者が一致したデータ数は 108 個 (34.6%)、差分 1 ( $\pm 1$ , 以下同じ) が 159 個 (51.0%)、差分 2 が 40 個 (12.8%)、差分 3 が 2 個 (0.6%)、差分 28 が 1 個 (0.3%)、差分 29 が 2 個 (0.6%) であった。

同様に、1930～1961 年の期間平均値について、功力・佐々木 (1961) の図から読み取った値

表-1 功力(1952)の第1図と第2図における開葉期(20%日・50%日・80%日)の事象発生日のずれ(1931~1950年)  
 Table1 Differences in digitized dates of bud burst (20%, 50%, and 80%) in 1931-1950 between Figures 1 and 2 in Kunugi (1952)

樹種 Species	図番号 Figure ID	開葉期 (Bud burst)								
		初(20%)			盛(50%)			終(80%)		
		月	日	通日	月	日	通日	月	日	通日
		M	D	DOY	M	D	DOY	M	D	DOY
カラマツ <i>Larix kaempferi</i>	第1図 Fig. 1	5	5	125	5	15	135	5	21	141
	第2図 Fig. 2	5	5	125	5	16	136	5	22	142
	差分 Diff.			0			1			1
イヌエンジュ <i>Maackia amurensis</i>	第1図 Fig. 1	5	25	145	6	4	155	6	12	163
	第2図 Fig. 2	5	25	145	6	4	155	6	12	163
	差分 Diff.			0			0			0
キタコブシ <i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	第1図 Fig. 1	5	17	137	5	25	145	5	30	150
	第2図 Fig. 2	5	16	136	5	24	144	5	30	150
	差分 Diff.			-1			-1			0
ホオノキ <i>Magnolia obovata</i>	第1図 Fig. 1	5	22	142	5	30	150	6	4	155
	第2図 Fig. 2	5	22	142	5	29	149	6	4	155
	差分 Diff.			0			-1			0
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	第1図 Fig. 1	5	4	124	5	12	132	5	19	139
	第2図 Fig. 2	5	4	124	5	13	133	5	21	141
	差分 Diff.			0			1			2
アズキナン <i>Aria alnifolia</i>	第1図 Fig. 1	5	16	136	5	25	145	5	30	150
	第2図 Fig. 2	5	11	131	5	25	145	5	30	150
	差分 Diff.			-5			0			0
オオヤマザクラ <i>Cerasus sargentii</i>	第1図 Fig. 1	5	9	129	5	19	139	5	23	143
	第2図 Fig. 2	5	9	129	5	19	139	5	24	144
	差分 Diff.			0			0			1
シウリザクラ <i>Padus ssiroi</i>	第1図 Fig. 1	5	3	123	5	10	130	5	16	136
	第2図 Fig. 2	5	3	123	5	11	131	5	17	137
	差分 Diff.			0			1			1
ハルニレ <i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	第1図 Fig. 1	5	16	136	5	25	145	5	30	150
	第2図 Fig. 2	5	15	135	5	25	145	5	30	150
	差分 Diff.			-1			0			0
オヒョウ <i>Ulmus laciniata</i>	第1図 Fig. 1	5	14	134	5	21	141	5	29	149
	第2図 Fig. 2	5	13	133	5	21	141	5	30	150
	差分 Diff.			-1			0			1
ヤマグワ <i>Morus australis</i>	第1図 Fig. 1	5	20	140	6	4	155	6	10	162
	第2図 Fig. 2	5	20	140	6	3	154	6	10	161
	差分 Diff.			0			-1			-1
ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	第1図 Fig. 1	5	16	136	5	24	144	5	29	149
	第2図 Fig. 2	5	16	136	5	24	144	5	30	150
	差分 Diff.			0			0			1
オニグルミ <i>Juglans mandshurica</i> var. <i>Sachalinensis</i>	第1図 Fig. 1	5	17	137	5	28	148	6	7	158
	第2図 Fig. 2	5	15	135	5	29	149	6	2	153
	差分 Diff.			-2			1			-5
ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i> var. <i>hirsuta</i>	第1図 Fig. 1	5	6	126	5	15	135	5	21	141
	第2図 Fig. 2	5	4	124	5	16	136	5	22	142
	差分 Diff.			-2			1			1
ウダイカンバ <i>Betula maximowicziana</i>	第1図 Fig. 1	5	11	131	5	21	141	5	29	149
	第2図 Fig. 2	5	11	131	5	22	142	5	29	149
	差分 Diff.			0			1			0
シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	第1図 Fig. 1	5	8	128	5	15	135	5	21	141
	第2図 Fig. 2	5	9	129	5	15	135	5	21	141
	差分 Diff.			1			0			0
サワシバ <i>Carpinus cordata</i>	第1図 Fig. 1	5	14	134	5	21	141	5	27	147
	第2図 Fig. 2	5	14	134	5	22	142	5	28	148
	差分 Diff.			0			1			1
アサダ <i>Ostrya japonica</i>	第1図 Fig. 1	5	14	134	5	20	140	5	28	148
	第2図 Fig. 2	5	14	134	5	21	141	5	29	149
	差分 Diff.			0			1			1
ドロノキ <i>Populus suaveolens</i>	第1図 Fig. 1	5	10	130	5	20	140	5	24	144
	第2図 Fig. 2	5	10	130	5	20	140	5	25	145
	差分 Diff.			0			0			1
ヤマネコヤナギ <i>Salix caprea</i>	第1図 Fig. 1	5	3	123	5	10	130	5	17	137
	第2図 Fig. 2	5	5	125	5	10	130	5	17	137
	差分 Diff.			2			0			0
エゾヤナギ <i>Salix rorida</i>	第1図 Fig. 1	5	1	121	5	6	126	5	15	135
	第2図 Fig. 2	4	30	120	5	7	127	5	16	136
	差分 Diff.			-1			1			1
オオモミジ <i>Acer amoenum</i>	第1図 Fig. 1	5	15	135	5	25	145	5	31	151
	第2図 Fig. 2	5	15	135	5	27	147	5	30	150
	差分 Diff.			0			2			-1
アカイタヤ <i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mayrii</i>	第1図 Fig. 1	5	9	129	5	19	139	5	25	145
	第2図 Fig. 2	5	9	129	5	18	138	5	25	145
	差分 Diff.			0			-1			0
エゾイタヤ <i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mono</i>	第1図 Fig. 1	5	17	137	5	25	145	5	30	150
	第2図 Fig. 2	5	17	137	5	26	146	5	30	150
	差分 Diff.			0			1			0
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	第1図 Fig. 1	5	15	135	5	25	145	5	30	150
	第2図 Fig. 2	5	16	136	5	24	144	5	30	150
	差分 Diff.			1			-1			0
オオバボダイジュ <i>Tilia maximowicziana</i>	第1図 Fig. 1	5	19	139	5	26	146	6	1	152
	第2図 Fig. 2	5	19	139	5	27	147	6	2	153
	差分 Diff.			0			1			1
ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i>	第1図 Fig. 1	5	24	144	6	4	155	5	12	132
	第2図 Fig. 2	5	24	144	6	3	154	5	11	131
	差分 Diff.			0			-1			-1
ハリギリ <i>Kalopanax septemlobus</i>	第1図 Fig. 1	5	19	139	5	28	148	6	3	154
	第2図 Fig. 2	5	19	139	5	29	149	6	4	155
	差分 Diff.			0			1			1

DOY: Day of year.

差分=第1図の値-第2図の値。Diff. = difference in DOY values in Fig. 1 and Fig. 2

表-2 功力・佐々木(1961)の第1図と第2図における開葉期(20%日・50%日・80%日)の事象発生日のずれ(1931~1961年)

Table2 Differences in digitized dates of bud burst (20%, 50%, and 80%) in 1958-1961 between Figures 1 and 2 in Kunugi and Sasaki (1961)

樹種 Species	図番号 Figure ID	開葉期 (Bud burst)					
		初(20%)		中(50%)		終(80%)	
		月	日 通日 M D DOY	月	日 通日 M D DOY	月	日 通日 M D DOY
トドマツ	第1図 Fig.1	5	18 138	5	26 146	6	3 154
<i>Abies sachalinensis</i>	第2図 Fig.2	5	18 138	5	26 146	6	3 154
	差分 Diff.		0		0		0
カラマツ	第1図 Fig.1	5	5 125	5	14 134	5	21 141
<i>Larix kaempferi</i>	第2図 Fig.2	5	5 125	5	14 134	5	20 140
	差分 Diff.		0		-1		-1
エゾマツ	第1図 Fig.1	5	9 129	5	19 139	5	25 145
<i>Picea jezoensis</i>	第2図 Fig.2	5	10 130	5	19 139	5	25 145
	差分 Diff.		1		0		0
イヌエンジュ	第1図 Fig.1	5	27 147	6	6 157	6	14 165
<i>Maackia amurensis</i>	第2図 Fig.2	5	26 146	6	6 157	6	13 164
	差分 Diff.		-1		0		-1
キタコブシ	第1図 Fig.1	5	16 136	5	24 144	5	30 150
<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	第2図 Fig.2	5	16 136	5	24 144	5	30 150
	差分 Diff.		0		0		0
ホオノキ	第1図 Fig.1	5	22 142	5	29 149	6	5 156
<i>Magnolia obovata</i>	第2図 Fig.2	5	21 141	5	29 149	6	6 157
	差分 Diff.		-1		0		1
カツラ	第1図 Fig.1	5	4 124	5	13 133	5	19 139
<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	第2図 Fig.2	5	4 124	5	12 132	5	19 139
	差分 Diff.		0		-1		0
アズキナシ	第1図 Fig.1	5	15 135	5	24 144	5	29 149
<i>Aria alnifolia</i>	第2図 Fig.2	5	15 135	5	23 143	5	30 150
	差分 Diff.		0		-1		1
オオヤマザクラ	第1図 Fig.1	5	9 129	5	18 138	5	23 143
<i>Cerasus sargentii</i>	第2図 Fig.2	5	10 130	5	18 138	5	23 143
	差分 Diff.		1		0		0
シクリザクラ	第1図 Fig.1	5	4 124	5	9 129	5	16 136
<i>Padus ssiroi</i>	第2図 Fig.2	5	3 123	5	10 130	5	16 136
	差分 Diff.		-1		1		0
ハルニレ	第1図 Fig.1	5	16 136	5	23 143	5	30 150
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	第2図 Fig.2	5	15 135	5	24 144	5	30 150
	差分 Diff.		-1		1		0
オヒヨウ	第1図 Fig.1	5	13 133	5	21 141	5	28 148
<i>Ulmus laciniata</i>	第2図 Fig.2	5	13 133	5	21 141	5	28 148
	差分 Diff.		0		0		0
ヤマグワ	第1図 Fig.1	5	26 146	6	5 156	6	13 164
<i>Morus australis</i>	第2図 Fig.2	5	21 141	6	6 157	6	12 163
	差分 Diff.		-5		1		-1
ミズナラ	第1図 Fig.1	5	16 136	5	24 144	5	30 150
<i>Quercus crispula</i>	第2図 Fig.2	5	15 135	5	24 144	5	30 150
	差分 Diff.		-1		0		0
オニグルミ	第1図 Fig.1	5	22 142	5	28 148	6	6 157
<i>Juglans mandshurica</i> var. <i>sachalinensis</i>	第2図 Fig.2	5	16 136	5	27 147	6	5 156
	差分 Diff.		-6		-1		-1
ケヤマハンノキ	第1図 Fig.1	5	7 127	5	16 136	5	24 144
<i>Alnus hirsuta</i>	第2図 Fig.2	5	6 126	5	16 136	5	24 144
	差分 Diff.		-1		0		0
ウダイカンバ	第1図 Fig.1	5	11 131	5	21 141	5	29 149
<i>Betula maximowicziana</i>	第2図 Fig.2	5	11 131	5	21 141	5	29 149
	差分 Diff.		0		0		0
シラカンバ	第1図 Fig.1	5	5 125	5	15 135	5	20 140
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	第2図 Fig.2	5	9 129	5	15 135	5	25 145
	差分 Diff.		4		0		5
サワシバ	第1図 Fig.1	5	13 133	5	21 141	5	28 148
<i>Carpinus cordata</i>	第2図 Fig.2	5	13 133	5	21 141	5	28 148
	差分 Diff.		0		0		0
アサダ	第1図 Fig.1	5	14 134	5	19 139	5	28 148
<i>Ostrya japonica</i>	第2図 Fig.2	5	14 134	5	21 141	5	28 148
	差分 Diff.		0		2		0
ドロノキ	第1図 Fig.1	5	9 129	5	19 139	5	23 143
<i>Populus suaveolens</i>	第2図 Fig.2	5	8 128	5	19 139	5	23 143
	差分 Diff.		-1		0		0
ヤマネコヤナギ	第1図 Fig.1	5	4 124	5	10 130	5	16 136
<i>Salix caprea</i>	第2図 Fig.2	5	4 124	5	10 130	5	16 136
	差分 Diff.		0		0		0
エゾキナギ	第1図 Fig.1	4	30 120	5	6 126	5	15 135
<i>Salix rorida</i>	第2図 Fig.2	4	30 120	5	6 126	5	15 135
	差分 Diff.		0		0		0
オオモミジ	第1図 Fig.1	5	15 135	5	25 145	6	1 152
<i>Acer amoenum</i>	第2図 Fig.2	5	15 135	5	26 146	6	1 152
	差分 Diff.		0		1		0
トネリコバナカエデ	第1図 Fig.1	5	3 123	5	17 137	5	24 144
<i>Acer negundo</i>	第2図 Fig.2	5	3 123	5	17 137	5	23 143
	差分 Diff.		0		0		-1
アカイタヤ	第1図 Fig.1	5	10 130	5	17 137	5	23 143
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mayrii</i>	第2図 Fig.2	5	10 130	5	19 139	5	24 144
	差分 Diff.		0		2		1
エゾイタヤ	第1図 Fig.1	5	17 137	5	24 144	5	30 150
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mono</i>	第2図 Fig.2	5	19 139	5	26 146	5	30 150
	差分 Diff.		2		2		0
シナノキ	第1図 Fig.1	5	15 135	5	24 144	5	28 148
<i>Tilia japonica</i>	第2図 Fig.2	5	15 135	5	24 144	5	29 149
	差分 Diff.		0		0		1
オオハコダイジユ	第1図 Fig.1	5	17 137	5	25 145	5	30 150
<i>Tilia maximowicziana</i>	第2図 Fig.2	5	16 136	5	25 145	5	30 150
	差分 Diff.		-1		0		0
ヤチダモ	第1図 Fig.1	5	24 144	6	3 154	6	11 162
<i>Fraxinus mandshurica</i>	第2図 Fig.2	5	23 143	6	3 154	6	12 163
	差分 Diff.		-1		0		1
ハリギリ	第1図 Fig.1	5	20 140	5	27 147	6	4 155
<i>Kalopanax septemlobus</i>	第2図 Fig.2	5	20 140	5	27 147	6	4 155
	差分 Diff.		0		0		0

DOY: Day of year.  
 差分=第1図の値-第2図の値。Diff.=difference in DOY values in Fig.1 and Fig.2  
 但し、ヤマネコヤナギとエゾキナギは1952~1961年の調査がされていないため(鎌田ら, 2019), 1930~1950年の平均値  
 No observation for *Salix caprea* and *Salix rorida* from 1952 to 1961 (Kamata et al., 2019). The values of the two species indicates means from 1930 to 1950

表-3 功力 (1952) と功力・佐々木 (1961) の図における事象発生日 (20% 日・50% 日・80% 日) のずれ

Table3 Differences in digitized dates of four events (20%, 50%, and 80% date of bud burst, flowering, foliage coloration, and natural defoliation) between Kunugi (1952) and Kunugi and Sasaki (1961).

樹種 Species	資料 Source	開葉期 (Bud burst)						開花期 (Flowering)						変色期 (Foliage coloring)						落葉期 (Natural defoliation)																	
		初(20%)		盛(50%)		終(80%)		初(20%)		盛(50%)		終(80%)		初(20%)		盛(50%)		終(80%)		初(20%)		盛(50%)		終(80%)													
		月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日												
		M	D	DOY	M	D	DOY	M	D	DOY	M	D	DOY	M	D	DOY	M	D	DOY	M	D	DOY	M	D	DOY												
*1	ヤマネコヤナギ*	5	3	123	5	10	130	5	16	136	4	29	119	5	2	122	5	6	126	10	5	278	10	15	288	10	21	294	10	17	290	10	22	295	10	27	300
	差分 Diff.	5	4	124	5	10	130	5	16	136	4	28	118	5	2	122	5	7	127	10	5	278	10	14	287	10	21	294	10	16	289	10	21	294	10	28	301
	差分 Diff.	1			0			0			-1			0			0			-1			0			-1			-1			-1					
*2	エゾヤナギ	5	1	121	5	6	126	5	16	136	4	15	105	4	21	111	4	26	116	10	14	287	10	21	294	10	21	294	10	21	294	10	29	302	11	5	309
	差分 Diff.	4	30	120	5	6	126	5	15	135	4	15	105	4	21	111	4	25	115	10	14	287	10	21	294	10	21	294	10	28	301	11	4	308			
	差分 Diff.	-1			0			-1			0			0			0			0			0			0			-1			-1					

\*1:功力 (1952) Kunugi (1952)

\*2:功力・佐々木 (1961) Kunugi and Sasaki (1961)

DOY: Day of year.

差分=功力 (1952) の値-功力・佐々木 (1961) の値。Diff. = difference in DOY values in Kunugi (1952) and Kunugi and Sasaki (1961).

$\bar{y}_{30-61}$  と最適解  $\hat{y}_{30-61}$ 、これらの差分 ( $|\bar{y}_{30-61} - \hat{y}_{30-61}|$ ) を表-5 に示した。両者が一致したデータ数は 149 個 (47.8%)、差分 1 が 146 個 (46.8%)、差分 2 が 10 個 (3.2%)、差分 3 が 4 個 (1.3%)、差分 4 が 2 個 (0.6%)、差分 10 が 1 個 (0.3%) であった。

表-4・5 において、差分が 4 以上のものは、5 ないし 10 日、あるいは約 1 ヶ月のずれで、作図の際に目盛を勘違いしたことが原因のひとつと推測された。

これらのうち、差分 28 と差分 29 となったハリギリの開花について考察する。互いに排他的ではない以下の 2 つの仮説が考えられた。

ひとつめの仮説は、中山・功力 (1940) の表で、1936 年の値が 7 月と 8 月を間違えていた可能性である。もしこの仮説が正しければ、表-4 の差分は 2, 3, 2, 表-5 の差分は 0, 1, 1 となる。

ふたつめの仮説は、1938~1950 年にハリギリの開花データが取得された年が少なかった可能性である。樹木の中には豊凶の差が大きい種があることが知られているが (Shibata and Tanaka, 2002)、ハリギリも豊作年が不定期に訪れる (Iida and Nakashizuka, 1998)。1930~2010 年のうち数値データが残されている期間でも、76 観測機会中 27 データ、36% しかデータが取得されていない (鎌田ら, 2019)。もっとも極端なケースとして、1938~1950 年にハリギリの開花データがまったくなかったと仮定する。まず、1931~1950 年については、データが取得されたのは 1936 年のみということになる。その場合、20%、50%、80% 開花日の平均値は 1936 年のデータに等しくそれぞれ 7 月 15 日、7 月 19 日、7 月 23 日となる。功力 (1952) の図から読み取った 1931~1950 年の平均値は 7 月 14 日、7 月 20 日、7 月 25 日であるので (表-4)、差分は 1, 1, 2 である。同様に、1930~1961 年までの期間については、1938~1950 年を除くと元の数値データは 6 年分存在し、開花の初日 (20% 日)、盛日 (50% 日)、終日 (80% 日) の平均値は 8 月 6 日、8 月 12 日、8 月 19 日であった。それに対し、功力・佐々木 (1961) の図から読み取った 1931~1961 年の平均値は 8 月 12 日、8 月 18 日、8 月 24 日であったので (表-5)、差分は 6, 6, 5 となる。ひとつめの可能性で示された差分よりも大きい。

1936 年を除くと、1931~2010 年でハリギリが最も早く開花したのは 2009 年であった (鎌田ら, 2019)。この 2009 年の場合、3 個体の調査木のうち 2 個体の開花日が記録されており、開花の初日 (20% 日) が 7 月 21 日と 24 日、終日 (80% 日) が 7 月 28 日と 30 日であった。中山・功力 (1940) に記録された 1936 年の開花日は 2009 年よりもさらに 1 週間近く早かったことになる。また、1936 年と 2009 年以外には、7 月に開花したデータはみられなかった (鎌田ら, 2019)。

これらの結果から、1936 年のハリギリの開花日は 8 月であったのにも関わらず、中山・功力 (1940) には 7 月と誤記載された可能性が高く、さらには 1938~1950 年にはハリギリの開花データが取得されなかった年が存在したものと推測された。

最後に、式 (2') から求めた 1938~1950 年の初日 (20% 日)、盛日 (50% 日)、終日 (80% 日) の推定期間平均値 ( $\bar{y}_{38-50}$ ) を表-6 に示した。これにより、元データが紛失した 1938~1950 年の平均値を推定することができ、1930 年以降のフェノロジーデータの連続性を向上することができた。

## 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会研究拠点形成事業 (B. アジア・アフリカ学術基盤形成型) 「アジア森林圏の環境変動と生態系応答を把握する長期観測フィールドのネットワーク構築」(「コー



表-4 功力 (1952) の図から読み取った事象発生日と本研究によって求めた最適解およびこれらの差 (続き)

Table4 Dates of four events digitized from charts in Kumugi (1952), their estimates by this study, and differences between the digitized value and the estimates. (continue)

樹種 Species	値 Value	開葉期 (Bud burst)				開花期 (Flowering)				葉色期 (Foliage colour)				葉落期 (Natural defoliation)				
		初日 (20%) M	通日 (50%) D	終日 (80%) D	通日 (100%) M	初日 (20%) M	通日 (50%) D	終日 (80%) D	通日 (100%) M	初日 (20%) M	通日 (50%) D	終日 (80%) D	通日 (100%) M	初日 (20%) M	通日 (50%) D	終日 (80%) D	通日 (100%) M	
サワシバ <i>Carpinus cordata</i>	観測値	5 14 134	5 21 141	5 27 147	5 21 141	5 25 145	5 30 150	10 5 278	10 11 284	10 16 289	10 13 286	10 20 293	10 24 297					
	最適解	5 14 134	5 21 141	5 27 147	5 21 141	5 26 146	5 30 150	10 5 278	10 11 284	10 17 290	10 14 287	10 18 291	10 25 296					
アサダ <i>Ostrya japonica</i>	観測値	5 14 134	5 20 140	5 28 148	5 23 143	5 27 147	5 31 151	9 30 273	10 6 279	10 15 288	10 11 284	10 18 291	10 23 296					
	最適解	5 14 134	5 18 138	5 29 149	5 22 142	5 26 146	6 1 152	10 1 274	10 7 280	10 15 288	10 12 285	10 17 290	10 23 296					
ドロノキ <i>Populus suaveolens</i>	観測値	5 10 130	5 20 140	5 24 144	5 10 130	5 12 132	5 15 135	9 19 262	9 25 268	10 4 277	9 29 272	10 5 278	10 14 287					
	最適解	5 11 131	5 20 140	5 25 145	5 8 128	5 12 132	5 15 135	9 19 262	9 25 268	10 5 278	9 29 272	10 5 278	10 14 287					
オオモミジ <i>Acer amoenum</i>	観測値	5 15 135	5 25 145	5 31 151	5 28 148	6 2 153	6 7 158	9 30 273	10 10 283	10 15 288	10 17 290	10 23 296	10 30 301					
	最適解	5 15 135	5 26 146	5 31 151	5 29 149	6 3 154	6 6 157	10 1 274	10 10 283	10 15 288	10 15 288	10 23 296	10 30 301					
アカイタヤ <i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mayrii</i>	観測値	5 9 129	5 19 139	5 25 145	5 19 139	5 21 141	5 26 146	10 5 278	10 11 284	10 18 291	10 14 287	10 20 293	10 24 297					
	最適解	5 10 130	5 17 137	5 23 143	5 20 140	5 21 141	5 26 146	10 7 280	10 12 285	10 18 291	10 15 288	10 20 293	10 24 297					
エノイタヤ <i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mono</i>	観測値	5 17 137	5 25 145	5 30 150	5 26 146	5 29 149	6 4 155	10 1 274	10 9 282	10 15 288	10 12 285	10 16 289	10 21 294					
	最適解	5 18 138	5 24 144	5 31 151	5 27 147	5 30 150	6 4 155	10 2 275	10 9 282	10 14 287	10 12 285	10 17 290	10 22 295					
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	観測値	5 15 135	5 25 145	5 30 150	7 25 206	7 30 211	8 6 218	9 20 263	9 29 272	10 8 281	10 1 274	10 7 280	10 15 288					
	最適解	5 16 136	5 27 147	5 29 149	7 24 205	7 29 210	8 8 220	9 19 262	9 30 273	10 8 281	10 2 275	10 6 279	10 16 289					
オオバボダイジュ <i>Tilia maximowicziana</i>	観測値	5 19 139	5 26 146	5 31 151	7 17 198	7 20 201	7 26 207	9 23 266	10 2 275	10 10 283	10 3 276	10 10 283	10 15 288					
	最適解	5 18 138	5 25 145	6 1 152	7 18 199	7 20 201	7 26 207	9 22 265	10 2 275	10 10 283	10 2 275	10 8 281	10 14 287					
ヤチダモ <i>Fraxinus manshurica</i>	観測値	5 24 144	6 4 155	6 12 163	5 22 142	5 24 144	5 27 147	9 28 271	10 4 277	10 10 283	10 8 281	10 11 284	10 18 291					
	最適解	5 25 145	6 3 154	6 12 163	5 22 142	5 24 144	5 28 148	9 28 271	10 4 277	10 9 282	10 8 281	10 11 284	10 19 292					
ハリギリ <i>Katpanax septemlobus</i>	観測値	5 19 139	5 28 148	6 3 154	7 14 195	7 20 201	7 25 206	10 4 277	10 10 283	10 17 290	10 12 285	10 18 291	10 22 296					
	最適解	5 18 138	5 29 149	6 3 154	8 12 224	8 17 229	8 23 235	10 4 277	10 11 284	10 19 292	10 13 286	10 17 290	10 21 294					
差分 Dff.		1	-1	0	-29*	-28*	-29*	0	-1	-1	-2	0	-1					

DOY: Day of year  
 差分 = 図の値 - 最適解, Dff. = difference in DOY values in Fig. 1 (Kumugi, 1952) and values obtained by this study in this article.  
 \*: 功力 (1952)のプロットが傾きを誤っていた可能性が高い。Data in an original figure (Kumugi, 1952) were possibly plotted wrongly.

表-5 功力・佐々木 (1961) の図から読み取った事象発生日と本研究によって求めた最適解およびこれらの差  
 Table5 Dates of four events digitized from charts in Kumugi and Sasaki (1961), their estimates by this study, and their differences.

樹種 Species	値 Value	開葉期 (Bud burst)						開花期 (Flowering)						変色期 (Foliage coloring)						落葉期 (Natural defoliation)							
		初(20%)		盛(50%)		終(80%)		初(20%)		盛(50%)		終(80%)		初(20%)		盛(50%)		終(80%)		初(20%)		盛(50%)		終(80%)			
		月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日	月	日
カラマツ <i>Larix kaempferi</i>	観測値	5	125	5	14	5	21	5	127	5	11	5	15	10	19	10	26	10	29	10	30	10	30	10	29	10	30
	最適解	5	125	5	14	5	21	5	127	5	11	5	15	10	19	10	26	10	29	10	30	10	30	10	29	10	30
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
キタコソシ <i>Magnolia kobus</i>	観測値	5	16	5	24	5	30	5	127	5	12	5	19	10	7	10	14	10	14	10	15	10	15	10	16	10	16
	最適解	5	16	5	24	5	30	5	127	5	12	5	19	10	7	10	14	10	14	10	15	10	15	10	16	10	16
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ホノノキ <i>Magnolia obovata</i>	観測値	5	22	5	29	5	36	6	16	6	16	6	21	10	7	10	13	10	17	10	17	10	17	10	15	10	15
	最適解	5	23	5	29	5	36	6	13	6	16	6	23	10	4	10	12	10	16	10	16	10	16	10	13	10	13
	差分 Drift	-1	0	0	0	0	0	-2	-2	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	観測値	5	4	5	13	5	19	5	125	5	8	5	12	10	7	10	15	10	20	10	20	10	20	10	17	10	17
	最適解	5	5	5	13	5	20	5	124	5	4	5	12	10	6	10	15	10	20	10	20	10	20	10	17	10	17
	差分 Drift	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
イスエンジュ <i>Maackia amurensis</i>	観測値	5	27	5	34	5	41	7	20	7	25	7	30	10	2	10	11	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	最適解	5	26	5	34	5	41	7	20	7	25	7	30	10	2	10	11	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アズキヤシ <i>Aria alnifolia</i>	観測値	5	15	5	24	5	31	6	15	6	16	6	21	10	5	10	11	10	18	10	18	10	18	10	17	10	17
	最適解	5	14	5	24	5	31	6	15	6	16	6	21	10	5	10	11	10	18	10	18	10	18	10	17	10	17
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
オオヤマザクラ <i>Cerasus sargentii</i>	観測値	5	9	5	18	5	23	5	14	5	17	5	21	10	1	10	9	10	15	10	15	10	15	10	11	10	11
	最適解	5	9	5	18	5	23	5	14	5	17	5	21	10	1	10	9	10	15	10	15	10	15	10	11	10	11
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
シウリザクラ <i>Padus ssiiori</i>	観測値	5	4	5	10	5	16	6	15	6	16	6	21	10	1	10	11	10	18	10	18	10	18	10	17	10	17
	最適解	5	4	5	10	5	16	6	15	6	16	6	21	10	1	10	11	10	18	10	18	10	18	10	17	10	17
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ハルニレ <i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	観測値	5	16	5	23	5	30	5	121	5	6	5	10	10	5	10	13	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	最適解	5	16	5	23	5	30	5	121	5	6	5	10	10	5	10	13	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
オヒヨウ <i>Ulmus laciniata</i>	観測値	5	13	5	21	5	28	5	121	5	6	5	10	10	5	10	13	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	最適解	5	14	5	21	5	28	5	123	5	7	5	12	10	5	10	13	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	差分 Drift	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ヤマダウ <i>Morus australis</i>	観測値	5	21	5	27	5	34	6	15	6	16	6	21	10	2	10	13	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	最適解	5	21	5	27	5	34	6	15	6	16	6	21	10	2	10	13	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ミスナラ <i>Quercus crispula</i>	観測値	5	16	5	24	5	31	5	30	5	36	5	41	10	5	10	13	10	18	10	18	10	18	10	17	10	17
	最適解	5	15	5	24	5	31	5	30	5	36	5	41	10	5	10	13	10	18	10	18	10	18	10	17	10	17
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
オニグルミ <i>Juglans mandshurica</i> var. <i>sachalinensis</i>	観測値	5	16	5	27	5	34	6	15	6	16	6	21	10	2	10	13	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	最適解	5	16	5	27	5	34	6	15	6	16	6	21	10	2	10	13	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ケヤクハハノキ <i>Amygdalus hirsuta</i>	観測値	5	7	5	16	5	24	4	23	4	28	4	33	10	7	10	14	10	20	10	20	10	20	10	17	10	17
	最適解	5	6	5	16	5	24	4	23	4	28	4	33	10	7	10	14	10	20	10	20	10	20	10	17	10	17
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ウダイカンパ <i>Betula maximowicziana</i>	観測値	5	11	5	21	5	28	5	22	5	26	5	31	10	1	10	11	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	最適解	5	12	5	21	5	28	5	22	5	26	5	31	10	1	10	11	10	18	10	18	10	18	10	14	10	14
	差分 Drift	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
シラカバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	観測値	5	9	5	16	5	21	5	15	5	16	5	21	10	1	10	11	10	18	10	18	10	18	10	13	10	13
	最適解	5	9	5	16	5	21	5	15	5	16	5	21	10	1	10	11	10	18	10	18	10	18	10	13	10	13
	差分 Drift	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表-5 功力・佐々木 (1961) の図から読み取った現象発生日と本研究によって求めた最適解およびこれらの差 (続き)  
 Table5 Dates of four events digitized from charts in Kumugi and Sasaki (1961), their estimates by this study, and their differences. (continue)

樹種 Species	値 Value	開葉期 (Bud burst)				開花期 (Flowering)				葉色期 (Foliage colour)				落葉期 (Natural defoliation)																							
		初(20%) 月	通(50%) 日	終(80%) 日	DDOY	初(20%) 月	通(50%) 日	終(80%) 日	DDOY	初(20%) 月	通(50%) 日	終(80%) 日	DDOY	初(20%) 月	通(50%) 日	終(80%) 日	DDOY																				
サウシバ <i>Carpinus cordata</i>	観測値	5	13	133	5	20	140	5	24	144	5	29	149	10	5	278	10	12	285	10	19	292	10	13	286	10	18	291	10	23	296						
	観測誤差 Estimate	5	13	133	5	21	141	5	28	148	5	29	149	10	5	278	10	12	285	10	14	287	10	14	287	10	18	291	10	24	297						
アサダ <i>Ostrya japonica</i>	観測値	5	14	134	5	19	139	5	28	148	5	31	151	9	30	273	10	6	279	10	14	287	10	11	284	10	18	291	10	24	297						
	観測誤差 Estimate	5	14	134	5	19	139	5	29	149	5	31	151	9	30	273	10	7	280	10	15	288	10	12	285	10	17	290	10	23	296						
ドロノキ <i>Populus suaveolens</i>	観測値	5	9	129	5	19	139	5	23	143	5	8	128	5	12	132	5	16	136	9	21	264	10	7	280	9	21	264**	10	6	279	10	15	288			
	観測誤差 Estimate	5	10	130	5	19	139	5	24	144	5	8	128	5	12	132	5	15	135	9	21	264	10	7	280	10	1	274	10	7	280	10	16	289			
オオモミジ <i>Acer amoenum</i>	観測値	5	15	135	5	25	145	6	1	152	5	27	147	6	1	152	6	7	158	9	30	273	10	10	283	10	16	289	10	22	295	10	30	301			
	観測誤差 Estimate	5	15	135	5	25	145	6	1	152	5	27	147	6	2	153	6	6	157	10	1	274	10	10	283	10	16	289	10	16	289	10	23	296			
アカイタヤ <i>Acer pictum</i> subsp. <i>Moyrii</i>	観測値	5	10	130	5	17	137	5	23	143	5	17	137	5	21	141	5	26	146	10	5	278	10	10	283	10	17	290	10	14	287	10	19	292	10	23	296
	観測誤差 Estimate	5	10	130	5	17	137	5	23	143	5	18	138	5	21	141	5	26	146	10	5	278	10	10	283	10	17	290	10	14	287	10	19	292	10	23	296
エノイタヤ <i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mono</i>	観測値	5	17	137	5	25	145	5	30	150	5	25	145	5	29	149	6	4	155	10	2	275	10	9	282	10	11	284	10	16	289	10	21	294			
	観測誤差 Estimate	5	18	138	5	24	144	5	31	151	5	26	146	5	30	150	6	4	155	10	2	275	10	9	282	10	11	284	10	16	289	10	17	290	10	22	295
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	観測値	5	15	135	5	24	144	5	28	148	7	25	206	7	30	211	8	7	219	9	22	265	10	6	279**	10	14	287**	10	4	277	10	9	282	10	18	291
	観測誤差 Estimate	5	15	135	5	25	145	5	28	148	7	24	205	7	29	210	8	7	219	9	21	264	10	6	279**	10	14	287**	10	4	277	10	9	282	10	18	291
オオハボダイジュ <i>Tilia maximowicziana</i>	観測値	5	17	137	5	25	145	5	30	150	7	16	197	7	20	201	7	26	207	9	23	266	10	2	275	10	10	283	10	2	275	10	9	282	10	15	288
	観測誤差 Estimate	5	17	137	5	24	144	5	31	151	7	17	198	7	20	201	7	26	207	9	24	267	10	2	275	10	10	283	10	1	274	10	9	282	10	15	288
ヤチダモ <i>Fraxinus manshurica</i>	観測値	5	24	144	6	3	154	6	11	162	5	20	140	5	23	143	5	26	146	9	28	271	10	6	279	10	11	284	10	9	282	10	14	287	10	19	292
	観測誤差 Estimate	5	25	145	6	3	154	6	11	162	5	20	140	5	23	143	5	27	147	9	28	271	10	6	279	10	11	284	10	9	282	10	14	287	10	20	295
ハリギリ <i>Kalopanax septemlobus</i>	観測値	5	20	140	5	27	147	6	4	155	8	12	224	8	18	230	8	24	236	10	5	278	10	13	286	10	20	293	10	14	287	10	19	292	10	24	297
	観測誤差 Estimate	5	19	139	5	28	148	6	3	154	8	12	224	8	17	229	8	23	235	10	5	278	10	13	286	10	20	293	10	15	288	10	19	292	10	23	296

DOY: Day of year  
 差分=図の値ー観測値, Diff.= difference in DOY values in Fig. 1 (Kunugi, 1952) and values obtained by this study in this article.  
 \*\*: 功力・佐々木(1961)の図2の値を採り, Data in Fig. 2 in Kumugi and Sasaki (1961) were used.  
 \*\*: 功力・佐々木(1961)のプロットが間違えていた可能性が高い。Data in an original figure (Kunugi and Sasaki, 1961) were possibly plotted wrongly.

表-6 本研究によって求めた事象発生日の1938~1950年の期間平均値  
Table6 Mean values of four events for 1938-1950 estimated by this study.

標準和名 Japanese name	学名 Latin name	開葉期 (Bud burst)				開花期 (Flowering)				変葉期 (Foliage coloring)				落葉期 (Natural defoliation)																								
		初(20%) 月	初(50%) 日	終(80%) 月	終(80%) 日	初(20%) 月	初(50%) 日	終(80%) 月	終(80%) 日	初(20%) 月	初(50%) 日	終(80%) 月	終(80%) 日	初(20%) 月	初(50%) 日	終(80%) 月	終(80%) 日																					
カマツ	<i>Larix kaempferi</i>	5	3	12	132	5	8	28	5	12	132	5	15	135	10	18	291	10	24	297	10	29	302	10	30	303	11	3	307	11	12	316						
キタコブシ	<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	5	14	134	5	20	140	5	28	148	5	6	126	5	19	139	10	7	280	10	15	288	10	15	288	10	15	288	10	21	294	10	25	298				
ホオノキ	<i>Magnolia obovata</i>	5	22	142	5	26	146	6	2	153	6	14	165	6	19	170	10	3	276	10	11	284	10	15	288	10	11	284	10	20	293	10	21	294				
カツラ	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	5	4	124	5	9	129	5	20	140	5	4	124	5	7	127	10	4	277	10	14	287	10	21	294	10	15	288	10	21	294	10	30	303				
イヌエンジュ	<i>Maackia amurensis</i>	5	23	143	6	1	152	6	12	163	7	18	199	7	24	205	9	29	272	10	6	279	10	18	291	10	9	282	10	19	292	10	20	293				
アズキナシ	<i>Aria alifolia</i>	5	13	133	5	23	143	5	29	149	6	5	156	6	10	161	10	2	275	10	8	281	10	17	290	10	17	290	10	21	294	10	25	298				
オオヤマザクラ	<i>Prunus sargentii</i>	5	7	127	5	20	140	5	21	141	5	13	133	5	16	136	9	28	271	10	9	282	10	13	286	10	11	284	10	15	288	10	23	296				
シウリザクラ	<i>Prunus siori</i>	5	4	124	5	9	129	5	16	136	6	6	157	6	12	163	10	6	177	10	8	281	10	15	288	10	12	285	10	12	285	10	21	294				
ハルニレ	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	5	16	136	5	22	142	6	1	152	5	1	121	5	6	126	5	11	131	10	6	279	10	8	281	10	18	291	10	12	285	10	22	295	10	27	300	
オヒヨウ	<i>Ulmus laciniata</i>	5	14	134	5	20	140	5	29	149	5	5	125	5	8	128	9	25	268	10	4	277	10	9	282	10	1	274	10	14	287	10	24	297				
ヤマザクラ	<i>Morus australis</i>	5	19	139	6	3	154	6	12	163	6	1	152	6	6	157	10	2	275	10	6	279	10	16	289	10	9	282	10	16	289	10	23	296				
ミズナラ	<i>Quercus crispula</i>	5	13	133	5	24	144	5	27	147	5	30	150	6	4	155	6	11	162	10	2	275	10	12	285	10	14	287	10	20	293	10	27	300				
オニグルミ	<i>Juglans mandshurica</i> var. <i>sachalinensis</i>	5	13	133	5	29	149	6	6	157	6	8	159	6	9	160	9	22	265	10	2	275	10	11	284	10	5	278	10	10	283	10	17	290				
ケヤマハンノキ	<i>Alnus hirsuta</i>	5	3	123	5	14	134	5	23	143	4	24	144	5	1	121	5	12	125	10	7	280	10	8	281	10	13	286	10	11	284	10	14	287	10	18	291	
ウダイカンバ	<i>Betula maximowicziana</i>	5	11	131	5	20	140	5	29	149	5	21	141	5	24	144	5	30	150	9	26	269	10	7	280	10	16	289	10	10	283	10	19	292	10	28	301	
シラカンバ	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	5	9	129	5	16	136	5	22	142	5	13	133	5	17	137	9	28	271	10	9	282	10	17	290	10	10	283	10	18	291	10	23	296				
サウザン	<i>Carpinus cordata</i>	5	13	133	5	19	139	5	26	146	5	20	140	5	25	145	5	29	149	10	3	276	10	8	281	10	17	290	10	14	287	10	16	289	10	25	298	
アサダ	<i>Ostrya japonica</i>	5	13	133	5	15	135	5	29	149	5	21	141	5	25	145	5	31	151	10	1	274	10	7	280	10	15	288	10	14	287	10	17	290	10	23	296	
ヒロノキ	<i>Populus suaveolens</i>	5	12	132	5	20	140	5	26	146	5	7	127	5	11	131	5	14	134	9	19	202	9	24	267	10	5	278	9	29	272	10	6	279	10	16	289	
オオモミジ	<i>Acer amoenum</i>	5	14	134	5	24	144	5	29	149	5	29	149	6	3	154	6	4	155	9	28	271	10	9	282	10	14	287	10	14	287	10	22	295	10	29	302	
アカイタヤ	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mayrii</i>	5	9	129	5	16	136	5	22	142	5	17	137	5	20	140	10	3	276	10	3	276	10	4	277	10	16	289	10	12	285	10	17	290	10	22	295	
エノイタヤ	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>Mono</i>	5	17	137	5	22	142	5	30	150	5	27	147	5	29	149	6	4	155	10	1	274	10	9	282	10	14	287	10	11	284	10	17	290	10	23	296	
シナノキ	<i>Tilia japonica</i>	5	14	134	5	27	147	5	30	150	7	23	204	7	27	208	8	7	219	9	17	260	9	30	273	10	7	280	10	4	277	10	4	277	10	15	288	
オオバボダイジュ	<i>Tilia maximowicziana</i>	5	16	136	5	22	142	6	8	159	7	16	197	7	18	199	7	24	205	9	19	262	9	28	271	10	7	280	10	9	29	272	10	5	278	10	11	284
ヤチガモ	<i>Fraxinus mandshurica</i>	5	23	143	6	2	153	6	12	163	5	20	140	5	22	142	5	26	146	9	26	269	10	3	276	10	7	280	10	7	280	10	11	284	10	19	292	
ハリギリ	<i>Kalopanax septemlobus</i>	5	16	136	5	28	148	6	2	153	8	14	226	8	19	231	8	25	237	10	2	275	10	10	283	10	20	293	10	13	286	10	16	289	10	20	293	

DOY: Day of year.

ディネーター：鎌田直人教授)の補助を受けて行われた。

## 引用文献

- 堀江健二・宮本義憲・木村徳志・及川希 (2013) 北海道演習林維管束目録. 演習林 (東大) 54: 59-106.
- Iida, S. and Nakashizuka, T. (1998) Spatial and temporal dispersal of *Kalopanax pictus* seeds in a temperate deciduous forest, central Japan. *Plant. Ecol.* 135: 243-248.
- 鎌田直人・木村徳志・井口和信・福岡哲・小川瞳・笠原久臣・芝野伸策・高橋康夫・犬飼雅子・佐々木忠兵衛・功力六郎・佐々木与八 (2019) 東京大学北海道演習林における 1930～2010 年の長期樹木フェノロジーデータ. 演習林 (東大) 61: 45-63.
- 功力六郎 (1952) 季節調査に依る林木の変異現象と其の応用性. 日林北支講 1: 31-37.
- 功力六郎・佐々木忠兵衛 (1961) 主要樹木の季節調査資料. 日林北支講 10: 59-63.
- 中山正章・功力六郎 (1940) 樹木の開芽期・開花期・紅葉および落葉現象と気象因子との関係に就て. 演習林 (東大) 1: 29-82.
- R Core Team (2017) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Shibata, M. and Tanaka, H. (2002) Reproductive traits of trees in OFR. *In*: Nakashizuka, T. and Matsumoto, Y. (eds.) Diversity and interaction in a temperate forest community: Ogawa forest reserve of Japan. Springer, Tokyo, 95-108.

(2018 年 9 月 7 日受付)

(2018 年 11 月 14 日受理)

## 要旨

東京大学北海道演習林では 1930 年から開葉・開花・紅葉・落葉という樹木のフェノロジーを調査してきた。しかし、1938～1950 年の 13 年間については数値データを記載した野帳・台帳類が紛失した。そこで、本報告では、残存する前後期間の数値データと、手描きの図に印刷・公表された 2 つの異なる期間平均値から、紛失した 13 年間の期間平均値を求めた。その過程で、原図データのプロットに誤りと推測されるものが見つかった。本研究の結果により、1930 年から 2010 年までのデータをつなぐことができ、長期データとしての価値を高めることができた。

キーワード：フェノロジー，樹木，長期観測，開葉，開花，紅葉，落葉，欠損データ

## Summary

The University of Tokyo Hokkaido Forest (UTHF) has accumulated phenology data of woody plants since 1930: bud burst, flowering, foliage coloring, and natural defoliation. However, the original data for the 13 years from 1938 to 1950 have been lost. In this paper, means for the lost 13 years were estimated using original datasets from before and after the 13 years. Two different series of mean values, both including the 13 years were digitized from hand-drawn figures. In the process, some incorrect data in the original figures were detected. The results of this paper could enhance the value of the long-term plant phenology data by connecting data from 1930 to 2010.

**Keywords:** Phenology, Woody plants, Long-term observation, Bud burst, Flowering, Foliage coloring, Natural defoliation, Missing data