

## 2. スギ開花ステージ及び花粉飛散量の予測

### (5) スギ開花日の予測手法の開発

山形県立農業試験場 加藤 賢一\*

長谷川正俊

(\*：現・置賜総合支庁西置賜農業普及課)

#### 1. 緒言

スギ花粉情報はこれまでも様々提供されてきたが、スギ花粉症患者の増加に伴い更に的確な情報の提供（飛散開始時期、飛散量、飛散場所）が望まれている。そのためにはできるだけ早い時期に的確なスギ開花の予測を行う必要がある。開花日の予測は飛散開始日や飛散量等と関係し、花粉情報の精度に直接影響を与える重要なファクターである。そこで、本課題ではこれまでの予測手法の研究成果をもとに、更に精度の高いスギ開花予測手法の開発を行う。

#### 2. 研究方法

##### (1) ステージデータと気象データの収集

2001年、2002年の2カ年で県内の延べ29地点（表6）を調査した。

開花日は調査地点の調査木10本の半数以上から花粉の飛散が観察された日とした。

気温は調査木にデータロガーを設置し測定した。

##### (2) 予測手法

下記の4手法を用いて、開花期の予測値と観測値の誤差の標準偏差（以下、Eとする）の大小を比較検討した。

有効積算気温・・・基準温度：-3,0,3,6,9

起算日：11/1～3/1まで10日毎

基準温度以下は0とし、これを上回る日については、その値から基準温度を引いた値を所定の起算日から開花日まで積算し、その平均値を有効積算気温として各地点について予測した。

単回帰・・・月最高気温(11,12,1,2月)またはこの内の2～4ヶ月間の平均値と開花日との回帰曲線を求め、この関数式から各地点について予測した。

重回帰・・・重回帰1:目的変数を開花日、説明変数を月最高気温と調査地点の標高とし重回帰式を求め、この式から各地点について予測した。

重回帰2:目的変数を開花日、説明変数を日平均気温の最低値とその出現日とし重回帰式を求め、この式から各地点について予測した。なお、説明変数には実測値と実測値を3次曲線で近似した式により算出した値の2つを用いて検討した。

ノンパラメトリックDVR法・・・起算日のDVIを0とし、起算日から日別の発育速度DVRを積算し、開花日に積算値DVIが1に最も近くなるDVR値を算出する。発育速度と温度の関係はDVR(T)曲線で表され、これを用いて各地点について予測した。本方法を行うために「対話型ノンパラメトリックDVR法プログラム(登録番号P第7672号-1)」「(独)農業技術研究機構中央農業総合研究センター竹澤氏作成)を使用した。

### 3. 結果

現地調査地点の標高は20~770m、スギ開花日は2/26~4/10の44日間の幅であった。

有効積算温度について

Eは起算開始日が早いほど大きく遅くなるほど小さくなり、1月上旬から2月上旬の頃に最小値となり、その後再び増加する傾向にある。また、基準温度-3と0でEは小さく、この温度が高くなるにつれて大きくなった。

Eの最小値は起算日2/1で、基準温度-3と0の時に5.8日であった(表1)。

単回帰について

1月の最高気温と開花日との決定係数は最も大きく、Eは最も小さい5.1日であった(表2)。

複数月の平均値を用いた場合は、1月を含んだ場合にはやや決定係数は高まったが、1月単独の値は超えるものはない。

重回帰1,2について

重回帰1では1月の最高気温と標高を説明変数とした場合に決定係数が最も大きく、Eは最も小さい4.7日であった(表3)。最高気温に標高を加えることで単回帰と比べ予測精度は向上した。

表1 有効積算気温による開花日予測のE

起算日	基準温度				
	-3	0	3	6	9
11/1	11.9	17.7	30.8	38.3	53.4
11/11	10.9	13.9	24.7	32.5	41.7
11/21	10.5	12.1	14.4	25.5	26.7
12/1	9.5	10.6	10.7	19.0	19.9
12/11	8.3	9.2	8.7	12.2	18.1
12/21	7.5	8.1	7.0	6.7	7.7
1/1	6.8	7.3	6.6	6.3	7.3
1/11	6.4	6.9	6.5	6.7	7.3
1/21	6.0	6.3	6.3	7.0	7.6
2/1	5.8	5.8	6.3	7.2	7.7
2/11	6.2	6.1	6.3	7.1	7.8
2/21	6.5	6.3	6.6	7.1	7.8
3/1	7.0	6.6	6.6	6.8	8.0

気温は日最高気温を用いた。

E: 予測誤差の標準偏差

$$E = \{ (\text{予測値} - \text{観測値})^2 / n \}$$

表2 単回帰による開花期予測のE

月最高気温	決定係数R <sup>2</sup>	E
11月	0.169	9.0
12月	0.015	9.8
1月	0.733	5.1
2月	0.690	5.5
11月と12月の平均	0.067	9.6
12月と1月の平均	0.390	7.7
1月と2月の平均	0.723	5.2
11月~1月の平均	0.316	8.2
12月~2月の平均	0.552	6.6
11月~2月の平均	0.466	7.2

重回帰2では平均気温の最低値とその出現日を説明変数とした重回帰式から予測した。平均気温の実測値は日変動が大きいものの、近似式で求めた値を用いた場合より予測精度は高く、Eは4.2日となり本試験で検討した手法の中で最も小さかった(表4)。この時の観測値と予測値の散布図を図1に示した。

表3 重回帰1による開花期予測のE

説明変数	決定係数R <sup>2</sup>	E
11月, 標高	0.518	8.9
12月, 標高	0.225	8.7
1月, 標高	0.771	4.7 <sup>1)</sup>
2月, 標高	0.726	5.2
11月と12月の平均, 標高	0.184	8.9
12月と1月の平均, 標高	0.423	7.5
1月と2月の平均, 標高	0.766	4.8
11月~1月の平均, 標高	0.321	8.2
12月~2月の平均, 標高	0.643	5.9
11月~2月の平均, 標高	0.518	6.9

月最高気温を用いた。

1)式 $y(\text{JDAY}) = -5.542 \times \text{1月最高気温} - 0.012 \times \text{標高} + 87.257$

表4 重回帰2による開花期予測のE

説明変数	説明変数の算出方法	決定係数R <sup>2</sup>	E
日平均気温の最低値, 出現日	実測値	0.831	4.2 <sup>1)</sup>
日平均気温の最低値, 出現日	3次曲線のあてはめ	0.739	5.2

1)式 $y(\text{JDAY}) = -3.992 \times \text{日平均気温の最低値} - 0.125 \times \text{最低値の出現日} + 60.939$

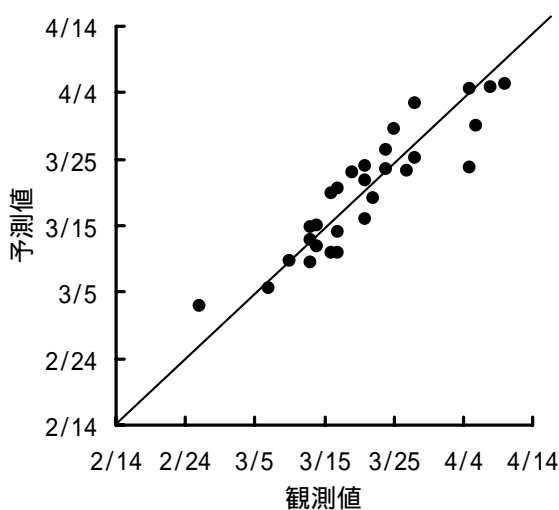


図1 重回帰2(実測値)による開花日予測

表5 DVR法による開花予測のE

起算日	平滑化パラメータ	E(日)
11/1	13,334	5.5
11/11	11,112	5.9
11/21	20,000	6.5
12/1	17,778	6.2
12/11	11,112	6.1
12/21	13,334	5.8
1/1	8,889	5.6
1/11	15,556	5.6
1/21	4,445	5.9
2/1	4,445	6.0
2/11	2,223	6.0

#### ノンパラメトリックDVR法について

Eに一定の傾向はみられず、起算日間の差も1日未満と小さかったが、起算日11/1、1/1、1/11の順で小さく、5.5日、5.6日、5.6日であった(表5)。しかし、11月中は気温の変動が大きいことから本法の最適な起算日を1/11とした。

~ の手法ごとに最も予測精度の高い設定で29地点の開花予測を行った結果が表6である。年次により誤差の大きい地点は異なるが、長井市草岡と鶴岡市水沢は両年と

も誤差が大きかった。原因として気温以外の気象的要因や調査木の生理的状态等が考えられるが不明である。

表6 調査地点と予測手法毎の予測誤差とE

No.	調査年	調査地点	標高 (m)	開花日 (月日)	予測誤差 (予測値 - 観測値) (日)				
					有効積算 温度 <sup>1)</sup>	単回帰 <sup>2)</sup>	重回帰 <sup>1)</sup>	重回帰 <sup>2)</sup>	DVR <sup>5)</sup>
1		寒河江市(森林研セ)	140	3/21	-3	-3	-1	3	3
2		新庄市仁田山	220	4/5	-2	-6	-3	0	-8
3		鮭川村上野	120	4/10	-12	-14	-11	-5	-16
4		山形市蔵王成沢	150	3/21	3	4	6	1	5
5		山形市蔵王上野	480	3/25	3	5	5	4	6
6		山形市蔵王堀田	640	3/28	8	7	6	5	7
7		山形市蔵王温泉	770	4/8	3	0	-2	-3	2
8	2001	山形市山王	230	3/27	0	1	3	-4	1
9		山形市門田	300	3/24	-1	0	1	2	2
10		山形市村木沢	490	4/6	-5	-6	-6	-7	-6
11		米沢市万世	280	3/19	12	10	11	4	7
12		長井市草岡	250	4/5	-12	-11	-9	-12	-10
13		八幡町北平沢	20	3/22	-3	-6	-4	-3	-1
14		鶴岡市水沢	30	3/16	4	-1	1	4	2
15		天童市寺津	90	3/24	-1	-1	3	0	0
16		寒河江市(森林研セ)	140	3/10	0	2	3	0	4
17		新庄市仁田山	220	3/21	5	-1	0	-5	-4
18		山形市蔵王成沢	150	3/13	-3	-2	-2	-3	0
19		山形市蔵王上野	480	3/14	4	2	-1	1	3
20		山形市蔵王堀田	640	3/17	9	6	2	3	4
21		山形市蔵王温泉	770	3/28	4	0	-5	-3	-2
22	2002	山形市山王	230	3/14	-3	-1	-2	-2	0
23		山形市古館	140	3/13	2	3	4	0	1
24		山形市門田	300	3/13	3	3	2	2	2
25		米沢市万世	280	3/17	1	1	0	-3	-3
26		長井市草岡	250	3/16	0	-2	-3	-5	-2
27		八幡町北平沢	20	3/7	4	-2	-2	-1	3
28		鶴岡市水沢	30	2/26	12	7	7	6	14
29		天童市寺津	90	3/17	-7	-4	-3	-6	0
2001,2002データから2001,2002を推定					5.8	5.1	4.7	4.2	5.6
E (日) 2002データから2001を推定					5.9	6.6	6.0	5.4	-
2001データから2002を推定					5.6	6.1	3.7	4.5	13.3

1): 基準温度0、日最高気温を起算日2/1から開花日まで積算し、その平均値212より推定

2): 1月の月最高気温と開花日の回帰式から推定

3): 開花日を目的変数、1月の月最高気温と調査地点の標高を説明変数として求めた重回帰式より推定

4): 開花日を目的変数、12月～翌年2月までの日平均気温の最低値とその出現日を説明変数として求めた重回帰式より推定

5): 日別最高気温を用い、起算日1/11、平滑化パラメータ15556の時の日別DVRを求め推定

#### 4. 考察

スギ開花日の予測について検討を行った結果、予測精度の高かった手法は日平均気温の最低値とその出現日（実測値）を説明変数とする重回帰2でEは4.2日であった。

また、同じ手法を用い、2002年のデータをもとに2001年の開花日を予測した場合とその逆の場合のいずれも重回帰2(実測値)による方法が比較的安定して予測精度が高かったことから(表6)、重回帰2の方法が適していると考えられる。

しかし、実用場面では予測の周知や花粉症対策のための投薬効果をみるまでに2週間程度要することを想定した場合、重回帰2の手法では最低値の出現日から開花日までの期間が短い場合は対応のための期間が確保できないことも考えられる。したがって、2月上旬の早い時期に予測できる重回帰1の方法や精度はやや劣るものの随時予測できる有効積算気温も併用しながら、スギ雄花の観察も踏まえて予測情報を提供していく必要があると考えられる。

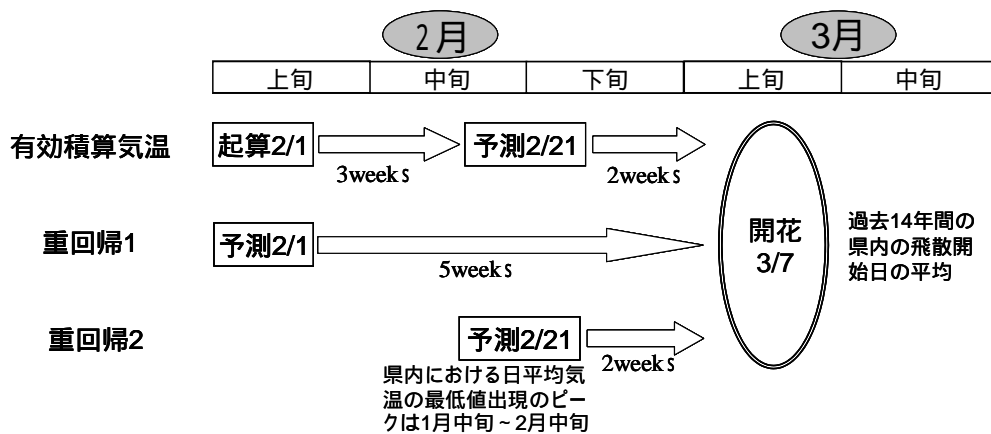


図2 手法ごとの予測スケジュールの一例

#### 5. 参考文献

1. 川島茂人、高橋裕一: 広域的なスギ開花日分布の推定手法 - スギ花粉の拡散過程に関する研究 ( ) -、日本花粉学会誌、39(2), 121-128, 1993