

スギ花粉の発生と拡散過程のモデル化 —メッシュ化手法を用いたスギ開花日の予測 (II) —

高橋裕一¹⁾, 川島茂人²⁾, 大江栄悦³⁾, 片桐 進¹⁾

¹⁾山形県衛生研究所 〒990 山形市十日町一丁目6-6

²⁾農林水産省農業研究センター 〒305 つくば市観音台3-1-1

³⁾山形県立農業試験場 〒990-02 山形市みのりが丘6060-27

Modeling of Outbreak and Distribution Process of
Airborne Pollen of *Cryptomeria japonica*
—Studies on the Forecast of Flowering Time of *Cryptomeria*
japonica by the Mesh Meteorological Intelligence—

Yuichi TAKAHASHI¹⁾, Shigeto KAWASHIMA²⁾, Eietsu OE³⁾ and
Susumu KATAGIRI¹⁾

¹⁾*Yamagata Prefectural Institute of Public Health*

²⁾*National Agriculture Research Centre*

³⁾*Yamagata Prefectural Agricultural Experiment Station*

(1991年4月18日受理)

We have attempted a forecast of regional *Cryptomeria japonica* flowering time using mesh meteorological intelligence. First, vegetation map of *C. japonica* in Yamagata Prefecture was made from Vegetation Maps prepared by the Environmental Agency and was divided into 1 km² mesh. On the other hand, the integration value of daily maximum temperature was calculated during the period of January 1st to the flowering time at the two meshes of central parts of Yamagata City in every year of 1983-1987, and that was done 210°C. Second, in order to examine the validity of the integration value, 210°C, the observations of *C. japonica* flowering time at six points in 1990, and airborne pollen observation at nine points in 1988, 1989 and 1990 were carried out. Calculated and observed flowering times were almost coincided with in Yamagata and Sakata, but not in Shinjo and Yonezawa. The suitable integration value in Shinjo and Yonezawa was 50-60°C lower than that of Yamagata. The integration value at the same point was also differed from year to year. 210°C was suitable for the value in 1988 and 1990, on the other hand, 282°C in 1989. The results suggested that rough forecast of regional *C. japonica* flowering time was possible in the errors less than a week using mesh meteorological intelligence and the suitable integration value of daily maximum temperature from January 1st.

Key words : Airborne pollen, *Cryptomeria japonica*, Flowering time, Mesh meteorological intelligence.

緒 言

スギ花粉症が全国的に急増し、社会問題となってきている。その対策の一つとして、各地で様々なスギ花粉飛散情報がマスメディアを通して報じられるようになってきた。このような情報の中で、日々の飛散数の面的な予報は全国各地で行われているが、県単位かあるいはせいぜい1つの県を数地域に分けた区切りで、飛散数が特に多い、多い、普通、少ないのような大まかな表現で行われているにすぎない。そこで、本研究では、花粉の飛散状況をリアルタイムに、かつ面的な分布として視覚的に把握し、さらに予測を行う手法の開発を検討している。そのための基礎となる花粉発生・拡散モデルの概要については前報⁽¹⁾において述べた。しかしながら、その結果のなかで、花粉飛散開始時期あるいは終了時期において、花粉飛散数の計算値が実測値を上回る傾向が認められた。その原因として、スギの開花時期を考慮していないことが考えられた。飛散開始時期の予測手法を確立することは、予防医学的見地からも重要な問題であることから、本報では、スギの開花日を予測する手法を開発し、これをモデルに組み込むための第一歩として、メッシュ化手法^(2,3)を用いたスギ開花日の予測方法について検討した。花粉飛散開始日(スギ開花日)の予測手法は種々試みられているが、ここでは、その年の1月1日からの各日最高気温の累積による方法を用いた。⁽⁴⁾

解析データと方法

1) スギ花粉捕集数データ

捕集数の調査地点(9地点)は県内各都市の保健所構内、衛生研究所構内あるいは著者らの自宅である(Fig. 1参照)。飛散花粉は毎日朝9時から24時間ごとに捕集した。例外として山形市地点Ⅲ(Table 2, EⅢ)では午前7時、真室川町(Table 2, D)では午前6時にスライドグラスを交換した。測定には、全地点において、ダーラム式捕集器を用いた。

2) スギ森林分布データ

データ処理のために全县を縦、横それぞれ1kmの格子で区切り、その1kmメッシュを単位とした。1kmメッシュは緯度39°20'00"、経度138°59'15"を原点座標とし縦179個、横92個で構成されている。対象領域は行政区画上の山形県内に対応している。これに、環境庁の自然環境保全調査報告書、植生図(1/20万)を用いて選び出した県内のスギ植林地とを重ね合

わせ、植生図上の各メッシュ面積の50%以上がスギ植林地で占められている場所をスギ森林メッシュとみなしスギ森林分布図を作成した。その結果を、コンピュータ(N5200-mk II 05)の表計算用ソフト(LANPLAN3)上に書き込んだものがFig. 1である。

3) 気象データ

1kmメッシュごとのスギ開花予想日を求めるために用いた各メッシュの気温データは(株)ウェザーニューズ社より購入した。1983年から1990年までの日別の気象データは山形県公害センター(山形市地点Ⅰと同一場所)の測定データを用いた。

4) スギ開花日予測のためのメッシュデータ作成方法

1kmメッシュごとのスギ開花日予測日は、山形県立農業試験場で開発された「山形県農業気象情報システム⁽⁵⁾⁽⁶⁾」を用いて求めた。まずスギ森林分布データを用いてスギ森林メッシュを選び出し、それらの各メッシュについて、起算日を1月1日として毎日の最高気温の積算値(以下、気温積算値)が設定した値に到達した時にスギが開花するという条件で検索した。

5) 実際のスギ開花日の観察方法

スギの開花時期はスギの木個体間あるいは個体内でも雄花芽の着生部位により異なることがわかった。そこで、6地点について特定の樹木を定め数日おきに同一樹木について観察を行った。観察樹木としては、雄花芽を良く付ける20林齢以上の樹木で南(東南から南西)に面した林の外輪樹(37本)、あるいは孤立木(15本)、並木(8本)のうち太陽がよく当たる胸高直径14-33cm(平均21cm:林齢20-100年生、樹高10-25m)で枝打ちをしてない樹木を選んだ。⁽⁷⁾開花日の判定は、太陽が良く当たる面の雄花芽の付いた枝に衝撃を与えた際の花粉飛び出しの有無を、各地点10樹木前後について調べ、その半数以上で花粉放出を認めた日をその地点のスギ開花日とするという基準で行った。

結 果

1) 開花日を予測するための気温積算値の設定

その年の1月1日からの各日最高気温の累積による方法を用い、スギ開花日を予測するための気温積算値を求めたところ210℃が得られた。すなわち、山形市地点Ⅰにおける花粉飛散開始日までの気温積算値は年ごとに大きく異なるものの、その5年間の平均値は

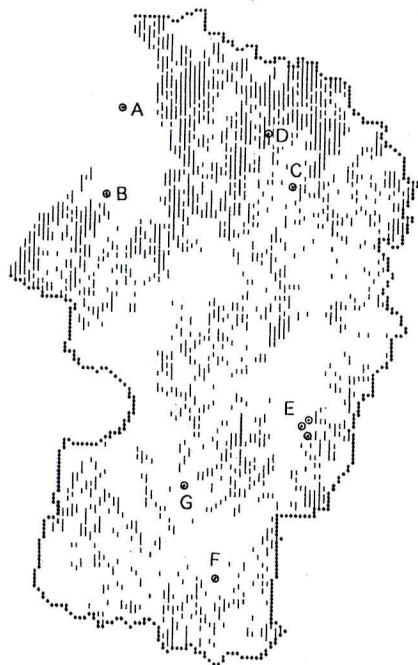


Fig. 1. Distribution of *C. japonica* forests in Yamagata Prefecture.

! : forests exist within a mesh (more than 50%). Symbols A to G are as follows: A, Sakata ; B, Tsuruoka ; C, Shinjo ; D, Mamurogawa ; E, Yamagata ; F, Yonezawa ; and G, Nagai ; respectively.

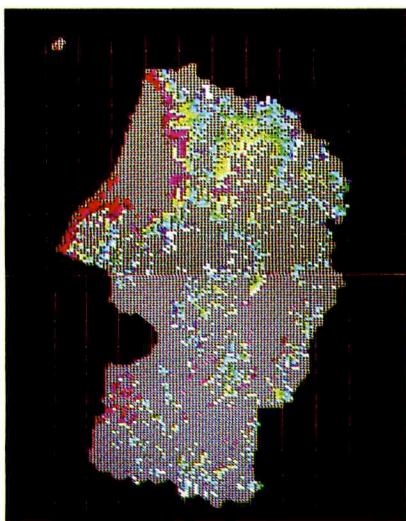


Fig. 2A . 1988 : red 33-49, pink 50-58, yellow 59-67, green 68-76, blue 77-85, white ≥ 86
(Numbers are implied flowering time from Feb. 2)

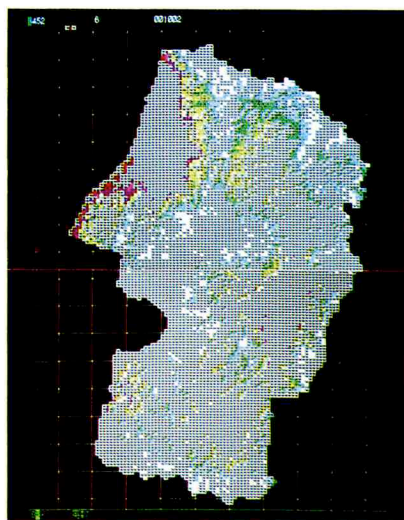


Fig. 2B . 1989 : red 16-25, pink 26-36, yellow 37-48, green 49-60, blue 61-72, white ≥ 73
(Numbers are implied flowering time from Feb. 2)

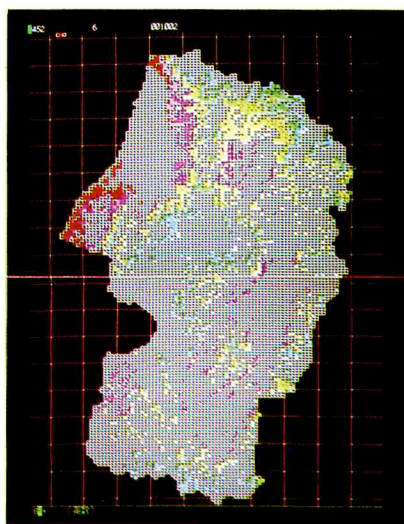


Fig. 2C . 1990 : red 18-27, pink 28-38, yellow 39-52, green 53-64, blue 65-76, white ≥ 77
(Numbers are implied flowering time from Feb. 2)

Fig. 2. Forecasting results of flowering time of *C. japonica* trees in Yamagata Prefecture. Flowering time is distinguished with the colors of each mesh, and the classification is shown in each figure.

217°Cであった(Table 1)。また、山形市郊外(山形市地点Ⅲ周辺)の定点観測樹で観察した各年の開花日(Table 1 右端)までの気温積算値は207°Cであった。山形市地点Ⅰにおける花粉飛散開始日までの気温積算値(217°C)と山形市周辺のスギ林において実測した開花日までの気温積算値(207°C)とから210°Cをスギ開花日を予測するための気温積算値とした。

2) 設定した気温積算値210°C到達日とスギ花粉飛散開始日との関係

設定した気温積算値(210°C)の妥当性を検証するために、1988年-1990年の各年における設定積算値到達日と実測した花粉飛散開始日との関係を調べた(Table 2)。

花粉飛散開始日は積算値が210°Cに到達した日(積算値到達日)に比べ地点間であまり差がみられなかった。すなわち、花粉飛散開始日は1990年では19(2月19日)から28(2月28日)と9日の違いであるのに対し、積算値到達日は20(2月20日)から39(3月11日)と19日も異なっていた。内陸部各観測地点(地点C-G)に限って比較すれば、花粉飛散開始日は2日(26-28)の違いであるのに対し積算値到達日は13日(26-39)の違いがみられた。同様の傾向は1988年と1989年でもみられた。また1990年と1988年では山形市(E)と日本海沿岸(AとB;1990年のみ)では花粉飛散開始日と積算値到達日(開花予想日)がほぼ一致したが、米沢市(F)と新庄市(C)

では開花予想日が花粉飛散開始日より1-2週間遅れた。1989年では山形市での開花予想日が花粉飛散開始日より11-12日早かった。これはスギ開花日を予測するのに用いた気温積算値が年ごとにまた地域により異なるためと考えられる。そこで、1989年に実測した各地点における花粉飛散開始日をもとに気温積算値を再度設定し直した(Table 2, 右端)。その結果、山形市(E)と酒田市(A)、鶴岡市(B)では積算値として280°Cを、新庄市(C)と米沢市(F)では220-230°Cを用いると花粉飛散開始日が一致することがわかった。

3) 県内全域の開花予想日の推定

上述のように、地域ごとに開花予想日までの気温積算値が異なることが予想されたことから地域ごとに気温積算値を設定し、それをコンピュータにファクターとして入力することが必要であるが、今回は起算日を1月1日として積算値が210°C(1988年、1990年)あるいは282°C(1989年)に到達した時に県内いずれの地域(メッシュ)のスギも開花すると仮定し県内全体について検索した(Fig. 2)。いずれの年も日本海沿岸およびその周辺の平野に接した低地のスギがまず開花し次第に高地に移行していく傾向がみられた。

4) 開花予想日と開花観測日との関係

一方、山形市地点Ⅲ周辺から蔵王山にかけてのスギ林を1990年の花粉飛散期に調査し、開花予想日と観測結果(開花実測日)とを比較した(Table 3)。標

Table 1. Integration of Maximum temperature (MT) during the period of January 1st to the initiation day of *C. japonica* pollen dispersion or its flowering time at point III of Yamagata city, and *C. japonica* flowering time at the outskirts of Yamagata City

Year	Integration values of maximum temperature		<i>C. japonica</i> flowering time at point III
	until initiation day of pollen dispersion at point I	until flowering time at point III	
1983	255.8°C	315.8	March 26 (54)*
1984	95.3	166.0	April 11 (71)
1985	155.9	156.1	March 22 (50)
1986	163.3	190.5	March 27 (55)
1987	412.8	—**	—

* indicates the number of days counted from February 1st.

** flowering could not detect due to lack of male flower buds.

Table 2. Relationship between initiation day of *C. japonica* pollen dispersion at airborne pollen observation points and the data of destination of integration value to 210°C (1988-1990)

Survey point	Mesh number		Initiation day of pollen dispersion (days from Feb. 1st)			The date of destination of integration value (days from Feb. 1st)			Integration value of MT until pollen dispersion in 1989
	ordinate	abscissa	1988	1989	1990	1988	1989	1990	
A Sakata	52	68	—	23	22	33	9	20	291°C
B Tsuruoka	73	66	—	27	19	34	9	22	285
C Shinjo	70	105	—	27	28	52	31	38	220
D Mamurogawa	57	99	—	—	28	59	—	39	—
E Yamagata I	131	108	33	27	27	41	15	27	282
" II	130	108	—	27	27	41	16	26	—
" III	134	109	39	27	26	42	16	28	—
F Yonezawa	171	90	39	27	26	52	21	34	229
G Nagai	146	84	39	29	27	48	25	34	—

— : don't observed, MT : maximum temperature

Table 3. *C. japonica* flowering times observed at the outskirts of Yamagata City and the values from calculation

Mesh number		Above sea level (m)	Flowering time (days from Feb. 1st)	
ordinate	abscissa		observed value	calculated value
134	109	220	40	34
133	110	280	43	35
135	109	300	45	38
138	111	690	53	56
141	111	720	60	64
142	112	880	64	63

高 220-300 m (山形市) では計算値が観測値より約一週間早く、標高 700-900 m の地点では計算値とは、ほとんど同じか、あるいは観測値は計算値より早いという結果が得られた。

考 察

最高気温の積算値がある値に到達した際にスギは開花すると想定し、広域のスギの開花開始時期を推定した。今回は山形市で得られた開花日と積算値との関係をもとに、県内いずれの地域のスギもこれと同様に同

一積算値に到達した日に開花すると仮定し検索した。しかし、山形市で得られた値を用いると新庄市や米沢市などでは、花粉飛散開始日が積算値到達日より早くなった。山形市に比べて気温が低い新庄市や米沢市では実際の開花日までの積算値が山形市よりも小さい値であった (Table 2 参照)。このような気温の低い所では開花日までの積算値が小さく、個別に積算値を設定する必要があるかも知れない。しかし、今回用いたコンピュータシステムでは到達値として一定の値を入れざるを得なかったために、山形市の値を用いたが、将来精度を高めるには、地域ごとに積算値を設定する

必要があろう。これらのことから、山形のように盆地が点在する領域においては、気温積算値として同一到達値を用いて開花時期を精度良く推定することは難しいのかも知れない。また、同一地点においても、年ごとに開花日までの積算到達値を変える必要があろう。

このようにスギの開花開始は気温に対してかなりの可塑性をもつと考えられるが、加えて日照時間や降水量など気温以外の要因によっても影響されると推測される。まだ改良の余地が残されているものの、今回検討した方式を用いれば、各地点のスギの開花時期のおおまかな傾向を把握することができると思われる。また、この方式をさらに改良すれば地域に密着したリアルタイムの花粉飛散情報を提供できると考える。

謝 辞

山形県農業気象情報システムについて指導協力いただいた山形県立農業試験場、小笠原和博研究員、横山克至研究員、木村和則研究員、山形県地点Ⅰの気象データを提供いただいた山形県公害センター各位、および調査に協力いただいた鶴岡保健所小野静検査係長、山形県衛生研究所相川勝悟生活疫学部部長、佐藤和美主任専門研究員に深謝する。

引用文献

- (1) 川島茂人：スギ花粉の発生と拡散過程のモデル化—スギ花粉の拡散過程に関する研究（1）—，花粉誌，37（1），11-12（1991）。
- (2) 川島茂人：農業環境研究におけるメッシュデータと気象情報の利用〔3〕3．メッシュデータおよびアメダスデータによる局地気象の評価（1），農業および園芸，65，1054-1058（1990）。
- (3) 川島茂人：農業環境研究におけるメッシュデータと気象情報の利用〔4〕3．メッシュデータおよびアメダスデータによる局地気象の評価（2），農業および園芸，65，1169-1176（1990）。
- (4) 高坂知節：スギ花粉症と気象条件—飛散予報への可能性を探る，日本医事新報，3275，121-121（1987）。
- (5) 小笠原和博，荒垣憲一，北野文雄：メッシュ気象情報の利活用，第1報基本システムの開発，山形農試研報，23，65-76（1988）。
- (6) 山形県立農業試験場：昭和61年度農業気象情報利用システム開発調査報告書（第1年次）農業気象情報利用システムの開発と今後の方向，山形農試研究資料No.61-16，2-49
- (7) 金指達郎，横山敏孝，金川侃：スギ人口林における雄花生産量，花粉誌，36，49-58（1990）。