原 著

青森県弘前市におけるスギ花粉飛散開始日の予測方法の再検討

高畑 淳子¹⁾, 三國谷由貴¹⁾, 松原 篤¹⁾,
大北 翔吾²⁾

¹⁾弘前大学大学院医学研究科耳鼻咽喉科学講座

²⁾弘前大学医学部医学科

スギ花粉の飛散開始日の予測は、花粉症患者のセルフケアやメディカルケアの開始時期を決定するために重要な情報である。しかし、花粉の飛散開始時期は気候の違いから地域によって異なる。青森県では1993年から2003年のデータ解析から、地域独自の方法を用いて花粉飛散開始日の予測を行ってきた。すなわち、1月21日を基準日にまた日最高気温の3°Cを基準温度と定めて、日最高気温が基準温度を超えた日数を有効日数、および基準温度を超えた温度の積算を有効積算温度として、それらが一定の日数と温度に達した時期に花粉の飛散が開始すると予測する方法である。しかし、近年になり予測と乖離する年があるようになったため、飛散開始日の予測精度向上を目的として、2004年から2016年のデータを用いて起算日および基準温度について再検討を行った。その結果、起算日は1月21日で基準温度4°Cが飛散開始日予測に最適な条件と考えられた。

キーワード：スギ花粉，花粉症，飛散開始日予測，基準日，基準温度

Prediction of the First Day of Japanese Cedar Pollen Dispersion in Hirosaki City in Aomori Prefecture

Junko Takahata¹⁾, Yuki Mikuniya¹⁾, Atsushi Matsubara¹⁾, Syougo Ookita²⁾

¹⁾Department of Otorhinolaryngology, Hirosaki University Graduate School of Medicine

²⁾Hirosaki University School of Medicine

Prediction of the timing of Japanese cedar pollen dispersion is important for patients with a Japanese cedar pollen allergy. However, pollen dispersion begins in different periods in each area because of difference in climate. We predicted the first day of Japanese cedar pollen dispersion using an area-specific original method based on analysis of data from 1993 to 2003 in Aomori. The initial date was defined as January 21st and a temperature of 3°C was used as the reference daily maximum temperature. The effective days were defined as the number of days on which the daily maximum temperature exceeded the reference temperature after the initial date, and the effective accumulated temperature was defined as the temperature above the reference temperature after the initial date. Pollen dispersion was predicted to begin at the time when the effective date and effective accumulated temperature reached particular values. One recent year deviated from this prediction, and therefore, we reexamined the initial date and reference temperature using data from 2004 to 2016 for the purpose of improving the prediction accuracy for Japanese cedar pollen dispersion. As a result, we concluded that the most appropriate initial date and reference temperature were January 21st and 4°C.

Key words: Japanese cedar pollen, Japanese cedar pollinosis, prediction of pollen dispersion, initial date, reference temperature

(2017年3月1日受稿, 2017年7月10日受理)

はじめに

スギ花粉の飛散開始日の予測は、花粉症患者のセルフケアやメディカルケアの観点から重要な情報である。一般的には、1月1日からの日最高気温の積算温度を用いて予測が行われるが¹⁻³⁾、青森県では1月から2月にかけては日最高気温が氷点下の場合が多く、この方法では予測が困難であるのが実情であった⁴⁾。そのため、われわれは地域独自の方法として、有効日数と有効積算温度を用いた予測を行っている^{5,6)}。この方法は、1996年から2003年までのデータを解析することにより、起算日を1月1日ではなく1月21日に、また積算する温度の目安となる基準温度を3°Cと設定して、1月21日以降で日最高気温が3°Cを超えた日数を有効日数、3°Cを超えた温度の積算を有効積算温度として、この二つのデータを用いて、一定の日数と温度に達した時期に花粉の飛散が開始すると予測する方法である。

この方法を用いてから、飛散開始日の予測精度は向上したものの、近年は暖冬の影響のためか予測の日よりも早く飛散する年が散見されるようになった。そこで、2004年以降のデータを用いて、有効日数と有効積算温度を決定するための起算日および基準温度について再検討を行った。

方 法

1. スギ花粉飛散数の測定、飛散開始日の観測

弘前大学医学部臨床研究棟屋上にダラム型補集機を設置し、ワセリンを塗布したプレパラートを毎朝9時ごろに交換した。プレパラートに付着したスギ花粉の数をカルベラ液で染色後に計測して一日分の飛散数とした。花粉の飛散開始日は1個/cm²以上の花粉が連続2日以上観測された最初の日とした。

1996年から2016年までのスギ花粉飛散開始日と総飛散数についてグラフに図示して検討を行った。飛散開始日、総飛散数の変化については、正規分布とならないため、スピアマンの相関係数を用いて評価した。 $p < 0.05$ をもって統計学的有意とした。

2. 起算日、基準温度の解析

2004年から2016年までの花粉観測データと気象データを用いて解析を行った。起算日は、1月1日から10日ご

とに2月11日まで5箇所を設定した。また、基準温度は0°Cから5°Cまで1°Cごとに設定し、各々の基準温度における起算日から飛散開始日まで基準温度を超えた日数を有効日数、基準温度を超えた温度の積算を有効積算温度として算出し、各々の平均値、標準偏差、変動係数(標準偏差/平均値)を算出し、検討した。日最高気温は青森気象台発表の弘前市の気温を用いた。

3. 散布図による飛散開始日の検討

起算日、基準温度の組み合わせの中で、有効日数と有効積算温度の標準偏差および変動係数の両者がバランスよく小さくなる設定を選び、起算日から花粉飛散開始日までの有効日数、有効積算温度の分布を散布図として表示し、従来の設定との比較を行った。なお、飛散開始日予測の目安として、2004年～2016年の起算日から飛散開始日までの有効日数、有効積算温度の平均値から標準偏差を引いたものを飛散開始予測ラインとした。

結 果

1. 花粉飛散開始日と総飛散数(1996～2016年)

弘前市における花粉飛散開始日は2月下旬から3月下旬まで幅広く、有意な早期化はないが、2007年以降は3月上旬に飛散が開始する年が多くなっている(図1)。スギ花粉総飛散数については、年により変動はあるものの有意な増加傾向を認めた(図2)。

2. 起算日、基準温度の解析

(1) 起算日から飛散開始日までの有効積算温度(2004～2016年)

基準温度ごとの標準偏差については、すべての基準温度において1月21日を起算日とした場合に有効積算温度の標準偏差が最小となった。起算日ごとの標準偏差と変動係数については、基準温度が高いほど標準偏差は小さくなり、変動係数は大きくなった(表1)。

(2) 起算日から飛散開始日までの有効日数(2004～2016年)

基準温度ごとの有効日数の標準偏差が最小となる起算日は、基準温度ごとにより異なっていた。基準温度を0°Cと設定すると起算日の標準偏差は1月11日と1月21日が最小となり、5°Cでは2月1日と2月11日が最小となっていた。また、起算日が1月21日の条件では、4°Cの場合の標準偏差は4.0で、5°Cの場合の標準偏差3.9とほ

図1 弘前市のスギ花粉飛散開始日の推移。1996年から2016年までのスギ花粉飛散開始日を図示した。2007年以降は2月下旬から3月上旬の早期飛散がしばしばみられた。

図2 弘前市のスギ花粉総飛散数の推移。1996年から2016年までのスギ花粉総飛散数を図示した。総飛散数は有意な増加傾向が認められた。

とんだ差が認められず、基準温度が4℃の条件で変動係数を検討すると、起算日が1月21日の場合に最小となっていた（表2）。

3. 散布図による飛散開始日の検討

起算日を1月21日、基準温度4℃と設定し、2004年から2016年までのデータを用いて、起算日から飛散開始日までの有効日数、有効積算温度の分布を散布図として図3に表示した。新しい設定での有効日数は9日から25

日まで16日間の開きが認められたが15日から20日の間に集中していた。多くの年で、飛散開始予測ラインの範囲内となった。

従来の設定（1月21日起算日、基準温度3℃）では、有効日数は19日から25日までの間に集中しているものの、最小値が14日で最大値が34日と、新しい設定に比し、有効日数の幅がさらに大きく広がっていた（図4）。

表1 起算日から飛散開始日までの有効積算温度 (2004~2016年)

温度	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C
1.1-	194.3 ± 38.2 (0.20)	145.7 ± 32.6 (0.22)	105.9 ± 26.8 (0.25)	74.0 ± 21.0 (0.28)	50.5 ± 17.1 (0.34)	33.4 ± 13.5 (0.40)
1.11-	172.4 ± 33.5 (0.19)	130.5 ± 29.2 (0.22)	96.3 ± 24.5 (0.25)	68.5 ± 19.9 (0.29)	47.6 ± 16.9 (0.35)	32.0 ± 13.6 (0.42)
1.21-	157.1 ± 29.1 (0.18)	120.3 ± 25.4 (0.21)	90.0 ± 21.6 (0.24)	65.1 ± 17.8 (0.27)	45.8 ± 15.3 (0.33)	31.2 ± 12.8 (0.41)
2.1-	133.7 ± 30.0 (0.22)	104.1 ± 25.8 (0.25)	79.1 ± 21.7 (0.27)	58.1 ± 18.1 (0.31)	41.4 ± 15.3 (0.37)	28.3 ± 13.0 (0.46)
2.11-	113.3 ± 37.4 (0.33)	89.5 ± 31.6 (0.35)	68.9 ± 26.3 (0.38)	51.2 ± 21.8 (0.43)	36.9 ± 18.0 (0.49)	25.7 ± 14.8 (0.58)

上段：平均値±標準偏差，下段：変動係数（標準偏差/平均値）

黄：各温度で最も標準偏差が少ない起算日

いずれの基準温度でも1月21日起算日で最も標準偏差が小さい。

表2 起算日から飛散開始日までの有効日数 (2004年~2016年)

日数	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C
1.1-	52.2 ± 6.1 (0.12)	43.5 ± 7.3 (0.17)	35.5 ± 7.4 (0.21)	27.5 ± 6.4 (0.23)	19.2 ± 5.6 (0.30)	14.8 ± 5.0 (0.34)
1.11-	45.1 ± 4.6 (0.11)	37.4 ± 5.9 (0.16)	30.8 ± 6.4 (0.21)	24.1 ± 5.6 (0.23)	17.6 ± 4.9 (0.28)	13.4 ± 4.7 (0.35)
1.21-	39.5 ± 4.6 (0.12)	32.9 ± 4.7 (0.14)	27.4 ± 5.3 (0.20)	22 ± 4.6 (0.21)	16.5 ± 4.0 (0.24)	12.7 ± 3.9 (0.31)
2.1-	31.8 ± 5.7 (0.18)	26.8 ± 5.1 (0.19)	22.8 ± 4.8 (0.21)	18.8 ± 4.1 (0.22)	14.5 ± 4.0 (0.27)	11.5 ± 3.4 (0.30)
2.11-	25.1 ± 7.6 (0.30)	22.1 ± 6.2 (0.28)	18.8 ± 5.8 (0.31)	16.2 ± 5.0 (0.31)	14.5 ± 4.0 (0.37)	11.5 ± 3.4 (0.40)

上段：平均値±標準偏差，下段：変動係数（標準偏差/平均値）

黄：各温度で最も標準偏差が少ない起算日

基準温度ごとの有効日数の標準偏差が最小となる起算日は、基準温度によって異なる。起算日が1月21日の条件では、基準温度ごとの標準偏差は0°C、1°C、4°Cの場合に最小となり、4°Cの場合の標準偏差は4.0で、5°Cの場合の標準偏差3.9とほとんど差が認められなかった。基準温度が4°Cの条件で変動係数を検討すると、起算日が1月21日の場合に最小となっていた。

考 察

青森県のような降雪地域においては、一般的に行われている1月1日からの気温積算を用いた方法では、日最高気温が氷点下の日をどう扱うによりデータが大きく異なり、適切なスギ花粉飛散開始日の予測が困難であった。そこで、安田らは青森県弘前市における飛散開始の状況を詳細に調査することで、初観測日から飛散開始日までの日数と日最高気温の積算値には相関が認められ、飛散開始日予測に有用であるとの報告を行った⁴⁾。しかし、初

観測日と飛散開始日の間隔が短いために、この方法では十分な花粉対策を講じるためには情報の有用性としては不十分であるといわざるを得ないのが実情であった。また、目覚めの日を想定して予測を行う方法も報告されているが⁷⁾、青森県では1月から2月の日最高気温が氷点下の日が多く、この方法も青森県の実情にはそぐわないものであった。

そのため、青森県のような降雪地域で飛散開始日を予測するために、飛散予測に適した起算日と、温度を積算するための基準の温度の解析が行われ、統計学的な解析

図3 2004年から2016年のスギ花粉飛散開始日の分布(起算日1月21日, 基準温度4°C)。赤線: 飛散開始日予測ライン 起算日から飛散開始日までの有効日数, 有効積算温度の(平均値-標準偏差)を示した。起算日を1月21日, 基準温度4°Cと設定し, 2004年から2016年までのデータを用いて, 起算日から飛散開始日までの有効日数, 有効積算温度の分布を図示した。新しい設定での有効日数は15日から20日の間に集中していた。また, 多くの年では, 飛散開始日は予測範囲内となった。

図4 2004年から2016年のスギ花粉飛散開始日の分布(起算日1月21日, 基準温度3°C)。赤線: 飛散開始日予測ライン 起算日から飛散開始日までの有効日数, 有効積算温度の(平均値-標準偏差)を示した。従来の1月21日を起算日, 基準温度3°Cとする設定では, 有効日数は19日から25日までの間に集中しているものの, 最小値が14日で最大値が34日と, 新しい設定に比し, 有効日数の幅が大きい。

から1月21日を起算日, 基準温度3°Cとして有効日数と有効積算温度の二つのデータから飛散開始日を予測する方法が考案された^{5,6)}。

この方法は青森県独自の予測方法として, 青森県花粉情報研究会のホームページ (<http://www.kafun-aomori.jp>) を用いて公開されてきたが, 近年になり予測よりも早期に飛散が開始する年が散見されるようになったため, そ

の原因を解明して予測方法を再検討する必要が求められるようになってきた。以前の解析は, 1996年から2003年のデータを用いて行われたため, 本検討では, 2004年から2016年のデータを用いて起算日, 基準温度の再検討を行った。その結果, 有効積算温度の観点からは1月21日を起算日と設定すると標準偏差が最小となるため, 以前の解析と同様に1月21日が飛散開始日予測に最適な起算日と考えられた。また, 1月21日を起算日と設定した場合に, 有効日数の標準偏差と変動係数の両者がバランス良く少ない値をとるのは基準温度が4°Cの条件であり, 現時点での予測に適した条件であると考えられた。

1996年から2003年のデータでは, 弘前市における飛散開始日予測の基準温度を3°Cとした場合の有効日数の平均は24.6日であったが, 今回の検討では基準温度を4°Cとした条件で有効日数の平均は16.5日となっており, 以前の解析よりも基準温度が1°C高くなり有効日数が短縮化したことは興味深い事実である。その原因としては, 気温などの気象条件やスギ樹木の生育などの生理的条件が関係していると思われる。弘前市のスギ花粉飛散開始日の検討では, 2007年以降では, 3月上旬から飛散開始となる年が明らかに増加しており, 暖冬の影響があると考えられる。気象台発表のデータでは, 弘前市の2月の日最高気温平均値は1996~2003年が1.96°Cであったものが, 2004~2016年では2.54°Cと明らかに上昇しており, 日最高気温が4°Cを超える日も増えたことが基準温度の上昇につながった可能性がある。

近年の花粉飛散開始の早期化の一因としては, 花粉総飛散数の増加も挙げられる。近年の温暖化やスギ樹木の成熟に伴い, 弘前市のスギ花粉飛散数は増加を続けている。スギ花粉総飛散数の増加は大気中の花粉の濃度上昇につながるため, 花粉が早期から観察され, 今回の検討でみられた有効日数の短縮化に寄与したものと思われる。以前の検討で, 花粉飛散数が2000個以上の年の有効日数は, 2000個未満の年より短縮が認められた⁸⁾。

その他のスギ花粉飛散開始日予測として, 湯田らは, 11月中旬の平均最高気温による花粉飛散日予測が多くの地域で有用と報告している⁹⁾。しかし, 降雪地域の北日本や日本海側では有用ではないとも述べている。同様に, 大分でも11月からの日平均気温による飛散開始日予測が行われている¹⁰⁾。また, 降雪地域の福井県では, 地域ごとの起算日を定め, 有効積算温度に基づいた花粉飛散開始日予測が行われている¹¹⁾。地域ごとに気候やスギ樹木の条件は異なるため, 花粉飛散予測にあたっては, 地域の実情にあわせた予測方法の検討が必要と思われる。また, スギ樹木の樹齢によっても花粉飛散の状況は変化する

るため、定期的に予測方法を再検討することも必要であると考えられた。

本論文の要旨は第55回日本鼻科学会総会・学術講演会で発表した。

参考文献

- 1) 齊藤洋三, 竹田英子: 東京都文京区における1988年のスギ・ヒノキ科空中花粉調査. 日本花粉誌 1988; 17: 149-152.
- 2) 王 主英: スギ花粉産生量および飛散開始日と気象の関係. JOHNS 1988; 4: 185-190.
- 3) 橋詰隼人: 林木の交配に関する基礎的研究 (V). 鳥取大農演報 1973; 25: 81-96.
- 4) 安田 京, 松原 篤, 王子佳澄, 他: 降雪地帯におけるスギ花粉飛散状況とその予測—弘前市における検討—. 日耳鼻 2003; 106: 135-142.
- 5) 松原 篤, 白崎理喜, 王子佳澄, 他: 降雪地域におけるスギ花粉飛散開始日の予測. 耳鼻と臨床 2005; 51: 220-225.
- 6) 王子佳澄, 松原 篤, 白崎理喜, 他: 青森県におけるスギ花粉飛散開始予測. 日耳鼻 2006; 109: 813-820.
- 7) 平 秀彰, 寺西秀豊, 劔田幸子: スギ花粉飛散開始日の予測について—植物生理の観点から—. アレルギー 1992; 41: 86-92.
- 8) 高畑淳子, 松原 篤: 青森県弘前市におけるスギ花粉飛散開始日予測の検証. 日鼻誌 2014; 53: 491.
- 9) 湯田厚司, 荻原仁美, 宮本由起子, 他: 11月中旬の気温によるスギ花粉飛散開始日予測. 日鼻誌 2011; 50: 13-18.
- 10) 渡辺哲生, 鈴木正志: 大分大学医学部 (大分県由布市狭間町) におけるスギ花粉飛散予測の検証. 日耳鼻 2016; 119: 1210-1219.
- 11) 酒井忠彰, 泉 宏導, 花粉情報提供システム推進チーム: 福井県におけるスギ・ヒノキ花粉の飛散観測. 福井大学地域環境研究教育センター研究紀要 2013; 20: 49-54.