

〔原 著〕

空中スギ花粉シミュレーション法を用いた花粉情報

¹⁾山形県衛生研究所, ²⁾農林水産省国際農林水産業研究センター高橋裕一¹⁾ 川島茂人²⁾ 相川勝悟¹⁾

我々は空中スギ花粉の分布状況を地図上に表示し、各自の生活場での状況を視覚的にとらえることができる手法（スギ花粉のシミュレーション法）の開発を行ってきた。この手法は情報提供に利用することが可能な段階となり、今シーズン（1995年）は実際にシミュレーション法を用いての情報を提供することができた。この情報が、現実の空中花粉分布状況をどの程度反映していたかを検証するため、空中花粉の実測値と比較したところ、日ごとの結果は比較的良く一致していた。パーソナルコンピュータで情報提供するに際して、パーソナルコンピュータ相互の互換性が問題となった。これは、MS-Windowsで動作するプログラムに換えるなり、互換性の高いフォーマットの画像ファイルにすることで解決できた。コンピュータネットワークを使うことで、これらの情報を地域住民、地域の医療機関の医師並びに待合室の患者等に提供できるものと考えた。

Key words: airborne pollen — *Cryptomeria japonica* — pollen information — pollen modelling — simulation

はじめに

方 法

空中花粉の飛散開始の時期、シーズン中の総飛散量および日々の花粉飛散状況を適時住民に知らせ、花粉症患者の発症を最小限に食い止める目的でスギ花粉情報が全国各地で行われるようになった。これは1987年頃から東京都¹⁾、京都市²⁾、仙台市³⁾などで開始されたものであるが、現在では全国の多くの地域で行われるようになった。これらの花粉情報は利用する側としては全国一律に統一されていることが望ましい。1993年に発足した「空中花粉測定および花粉情報標準化委員会」は情報提供の際の推奨事項を提示している⁴⁾。このような統一した情報に加え、我々は利用者各自の生活場での花粉量の分布状況を地図上で視覚的にとらえることができる方法⁵⁾⁻⁷⁾を検討してきた。この方法は1995年のシーズンには実際の花粉情報に応用することができた。得られた結果を評価するため実測した花粉数との関係を検討した。さらに今回の情報提供に際して生じた種々の問題点についても検討し考察した。

1. 空中スギ花粉分布量のシミュレーション法およびスギ開花状況推定法

毎時のアメダスデータ4要素（気温、風向・風速、日照、降水量）は（株）ウェザーニューズ社より購入した。このうち気温、風向・風速、降水量の3要素のデータを用いてシミュレーションを行った。計算の実行にはパーソナルコンピュータ（PC-9821AP, NEC社）を用いた。プログラム言語はMS-DOS版のN88 Basicを用いた。パーソナルコンピュータ法の詳細は既に前報⁵⁾⁻⁷⁾に記載したので、ここでは概略を述べる。

対象とした領域は山形県を中心とした東北地方南部の東西約200km、南北約220kmの領域である。国土数値情報の2次メッシュ（約10km）に区切りそれを基本単位とした。メッシュは東西20個、南北22個の合計440個からなる。まず各メッシュのスギ林割合を求めた⁸⁾。領域の中にはアメダス観測地点が66存在する。それぞれ該当メッシュには時間毎アメダスデータを入力した。実測データが得られないメッシュについては周囲のアメダスデータから補完した。海上は隣接したアメダスデータから外挿した。気温の変化量から発生するスギ花粉量を求め、空中に滞留した花粉を風ベクトルを用いて移送・拡散させた。当初、大型コンピュータを用いてのシミュレーションでは、花粉発生モデルと

Received: November 9, 1995

Accepted: January 22, 1996

して(1)式を用いた。その場合は気温および風速のある期間の平均値と現在値との差を用い花粉を発生させた⁶⁾⁻⁷⁾。その平均化する期間として19日を用いたが、今回は、リアルタイムでのパソコンによる情報提供を目的としたことから、(2)式に示すように、1時間前の気温と現在の気温との差を変数として用いた。

対象領域の1995年のスギ開花状況の推定は次のように行った。1991年および1992年に同一領域で得られた予測式(3)をもとに、各地に居住する植物観察者からの開花の報告、および山形市周辺での開花状況調査を参考に適時修正を加え予測した。

$$P = a\Delta T + b\Delta W + c \quad (1)$$

ここで、

$$\Delta T_i = T_i - (\sum_{j=1}^N T_{i-j})/N$$

$$\Delta W_i = W_i - (\sum_{j=1}^W W_{i-j})/N$$

$$P = a\Delta T \quad (2)$$

ここで、

$$\Delta T_i = T_i - T_{i-1}$$

$$\text{If } \Delta T_i < 0, \Delta W_i < 0 \text{ Then } \Delta T_i = 0, \Delta W_i = 0$$

$$Df = 0.0466H - 5.23T_k + 71.9^{(9)} \quad (3)$$

T は気温, W は風速, N は平均化期間, P は花粉発生量, a は気温変動の影響度の係数, b は風速変動の影響度の係数, c は気温, 風速によらない恒常的な発生量でいずれも定数

Df は開花日(1月1日からの日数), H は標高(m), T_k は1月の平均気温の平均

2. スギ開花情報

山形県では県内を庄内, 最上, 村上, 置賜の4地区に分けて, シーズン中の今日の花粉飛散数(8保健所で測定)並びに翌日の飛散予報(日本気象協会山形支部)を行ってきた。今シーズンはこれらの情報に加えコンピュータグラフィックス画面による, ①スギ林の開花状況推定結果および, ②空中スギ花粉分布状況シミュレーション結果を地元テレビ局を通じて提供した。情報は原則として月曜日, 木曜日の週2回行った。また厚生省, 衛生研究所および保健所は厚生行政総合情報システム(WISH-NET)で接続されているので, この既存のパソコンネットワークを利用して厚生省のセンターにデータを送付し, 保健所等でも情報を入手できるようにした。WISH-NETへのデータ送信は原

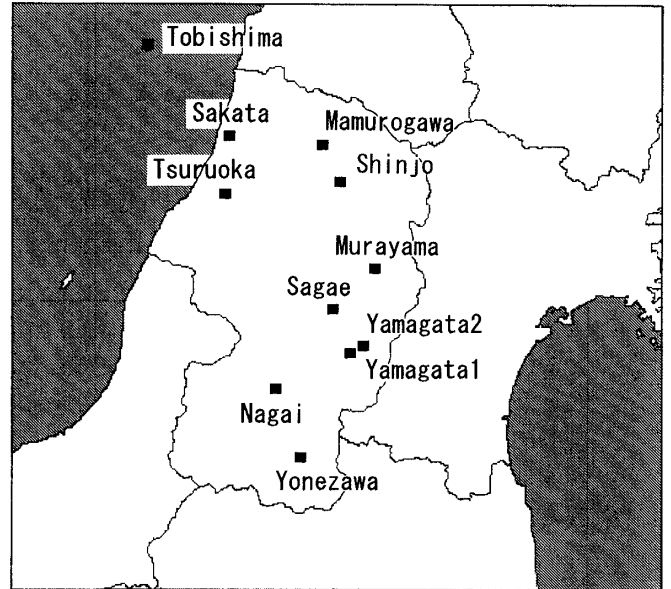


Fig. 1. Location of Durham samplers for counting airborne *C. japonica* pollen in 1995.

則として週1回行った。

コンピュータグラフィックス画面による情報提供の過程で, 受信に使用するパソコン相互の互換性の問題が生じた。利用層の拡大をはかるため, 表示プログラムをMS-Windowsで動作するプログラムに書き換えた。プログラムは一般向けのわかりやすい言語であるVisual Basicを用いた。またコンピュータ画像保存ファイル形式の一つであるBMPファイル形式で保存しアニメーションソフトで画像の連続表示を試みた。BMP画像をMacintosh(マック)にもって行ってマックで最も互換性の高い画像ファイル形式であるPICT画像に変換した後画像の連続表示も試みた。

3. 空中花粉調査

日ごと(24時間)の空中花粉測定はダークラムサンプラーを用いて行った。調査地点は飛島(A), 酒田市(B), 鶴岡市(C), 真室川町(D), 新庄市(E), 村山市(F), 寒河江市(G), 山形市(H, I), 長井市(J), 米沢市(K)の計11地点である(Fig. 1)。捕集後の試料はカルベラ液で染色し, 3.24cm²を計数し, 1cm²あたりの値とした。

結 果

1. 花粉情報提供

1995年のスギ花粉飛散シーズンの情報提供に用いた

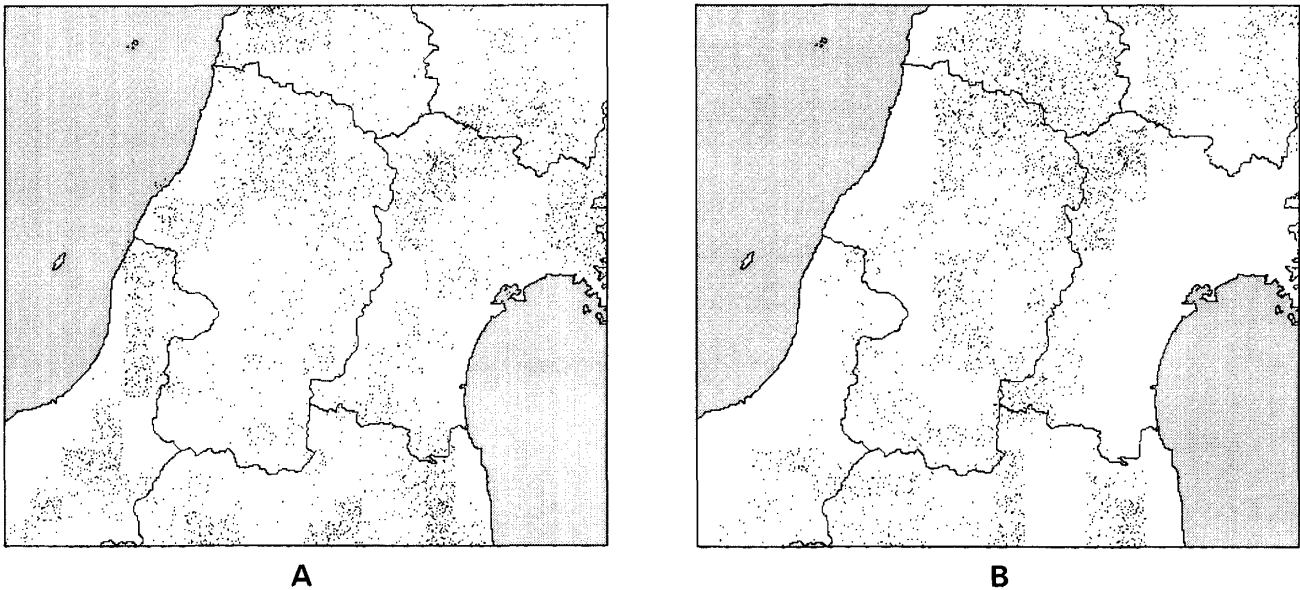


Fig. 2. Examples of flowering places of *C. japonica* forests at 27 March, 1995 (A) and 9 April, 1995 (B). The place where density of the flowered forest is higher, the more the area is densely dotted.

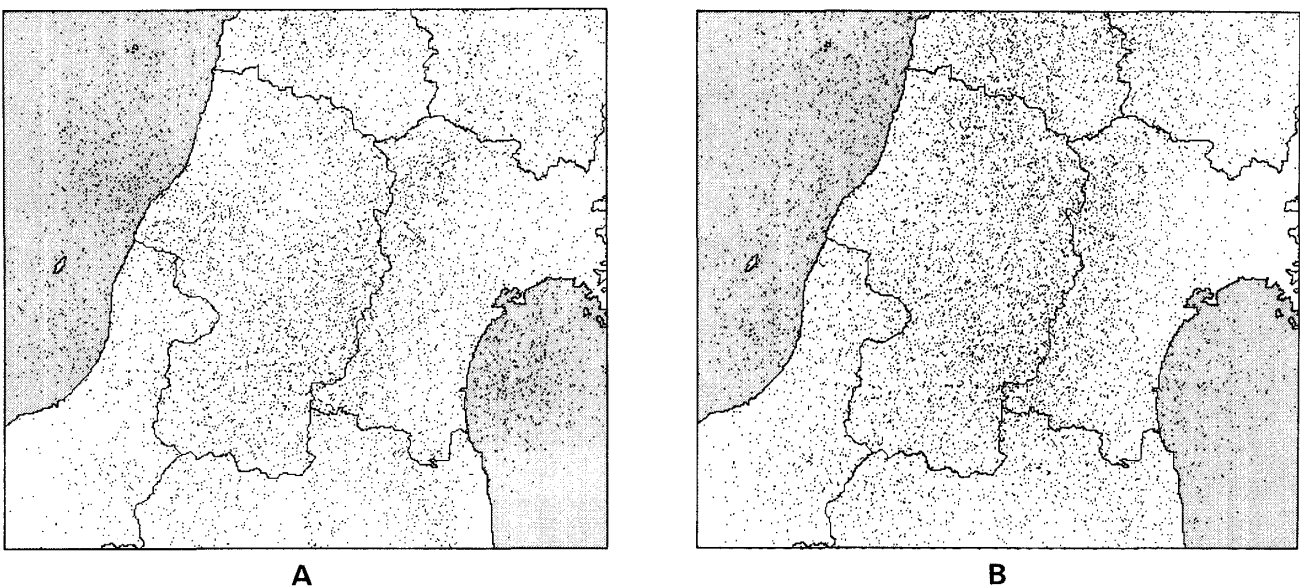


Fig. 3. Examples of spatial distribution of *C. japonica* pollen at 7 a.m. 9 April, 1995 (A) and daily averaged image between 5 p.m. 8 April and 4 p.m. 9 April, 1995 (B). The higher the concentration of pollen grains in the air, the more the area is densely dotted.

スギ林の開花状況とスギ花粉分布状況の例を Fig. 2 と Fig. 3 に示した。Fig. 2 はスギ林の開花状況の推定結果で、開花中のスギを点で表わした。点の数が多いほど、開花したスギ林の密度が高い地域を意味する。Fig. 3 は空中スギ花粉分布状況のシミュレーション結果で、実際は「少ない」(0～9個/cm²)を青色、「やや多い」(10～29個/cm²)を黄色、「多い」(30～49個/cm²)を紫色、「非常に多い」(50個/cm²以上)を赤色で表示した。Fig. 3A は4月9日7時の結果で、Fig. 3B は4月8日16時から4月9日15時までの24時間の平均を示した。シミュレーションに要する時間は、アメダスデータ入手に45分～1時間、そのデータをフォーマット変換しシミュレーションを行うのに約30分、合計約1.5時間であった。テレビ局では午後6時の放映に

cm²)を紫色、「非常に多い」(50個/cm²以上)を赤色で表示した。Fig. 3A は4月9日7時の結果で、Fig. 3B は4月8日16時から4月9日15時までの24時間の平均を示した。シミュレーションに要する時間は、アメダスデータ入手に45分～1時間、そのデータをフォーマット変換しシミュレーションを行うのに約30分、合計約1.5時間であった。テレビ局では午後6時の放映に

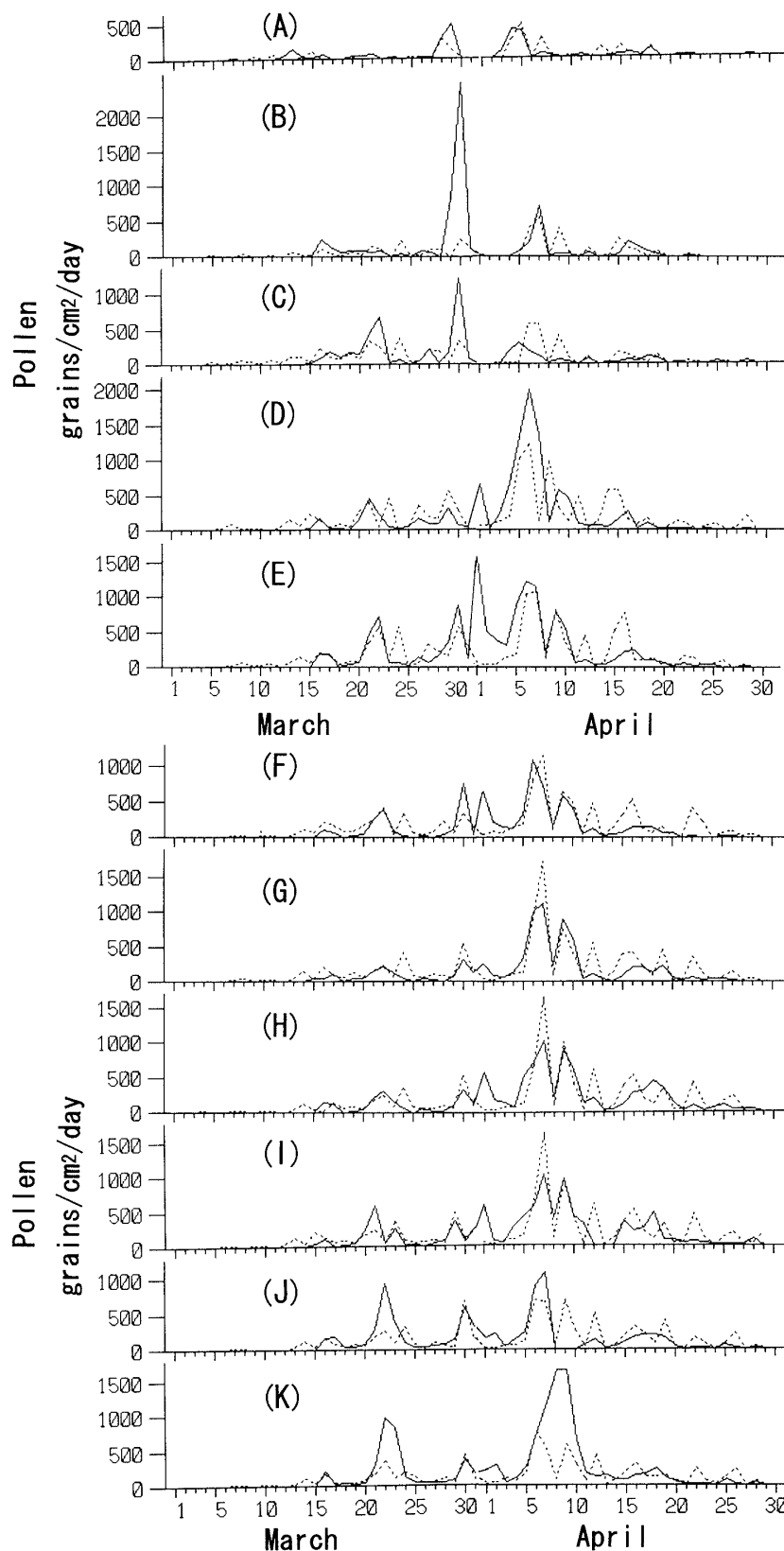


Fig. 4. Comparison of the daily observed values (solid lines) and calculated values (dotted lines) in 11 places in Yamagata prefecture in 1995.

The capital letter in each graph is as follows:

A; Tobishima, B; Sakata, C; Tsuruoka, D; Mamurogawa, E; Shinjo, F; Murayama, G; Sagae, H; Yamagata 1, I; Yamagata 2, J; Nagai and K; Yonezawa.

使用するには、午後3時までにデータが欲しいとのことであったので逆算すると計算結果の画像を得る作業は午後1時には開始しなければならなかった。そのため使用したデータはその日の午前中(12時)に限られた。厚生省のWISH-NETへの送信は原則として週1回行ったが、それに要した時間は1～2時間であった。

2. 空中スギ花粉の実測値とシミュレーション値との比較

日ごとの実測値とシミュレーション法による計算値の関係をみると(Fig. 4)実測で得られた多くのピークは計算値にも再現された。酒田市の最多飛散日(3月30日)の大きなピークや県南部の米沢市、長井市での大きなピークは計算上は小さなピークでしかなかった。内陸部の村山市、寒河江市、山形市では実測値と計算値が比較的良好一致した。3月1日から4月28日までの総飛散数についても県南部の米沢市、長井市では実測値が計算値を上回った。総飛散数については、実測値、計算値ともに飛鳥が最も少なかった。一方、実測値では新庄市が最も多かったが計算値では山形市が最も多くなった(Table 1)。

3. パーソナルコンピュータのデータ互換性の検討

種々のパーソナルコンピュータで広く利用できるようにするため表示プログラムをMS-Windows上で動作するプログラムに書き換えた。実際に使用してみるとMS-Windows上のVisual Basicでは動作が遅いことが明らかになった。また、NECのPC-98専用の簡易プログラム言語であるN88Basicでは2つの画面を同時に使用できるため、アニメーション的表示ができたのが、MS-Windowsではこの手法が使えなかった。

Table 1 Comparison of *C. japonica* counts between Durham sampler and simulation from February to May, 1995

Places	(grains/cm ²)	
	Durham sampler	Simulation
(A) Tobishima	2,731	2,365
(B) Sakata	6,270	3,832
(C) Tsuruoka	5,360	5,591
(D) Mamurogawa	10,114	10,736
(E) Shinjo	12,312	10,585
(F) Murayama	7,197	9,703
(G) Sagae	7,253	10,356
(H) Yamagata 1	9,368	10,860
(I) Yamagata 2	8,901	10,149
(J) Nagai	11,106	8,419
(K) Yonezawa	11,568	7,268

そこで得られた画像をBMPファイルに画像化し、アニメーションソフトの連続表示を試みた。この方法はいくつかの点でN88Basicよりもすぐれていた。すなわち、N88Basicでは大量に飛散した時間の画面の表示には時間がかかるなど表示時間が一定していなかったが、画像化することで一定間隔での連続表示が可能となった。また、画像化ファイルはマックなどでも利用できるように利用層を拡大できた。アニメーションソフトは様々なものが利用できたが、我々の目的にはPICT形式画像を簡易に連続表示することができる「PICTショー」というソフトが最適であった。

考 察

我々が開発したシミュレーション法を評価するには、この手法で得られた結果と実際の空中花粉分布状況を比較しなければならない。それには多くの地点で同時に調査した信頼のできる実測データが必要となる。空中花粉量を定量的に捕らえるにはバーカードサンプラーのような体積法による花粉測定装置で測定した結果が理想的である。しかし、今回はバーカードサンプラーを多地点で使用できなかったため、重力法のダラムサンプラーの結果と比較せざるを得なかった。シミュレーション法による計算値と重力法による実測値とを比較すると、日ごとの飛散ピークは比較的良好一致したものの、実測で高いピークがみられた日(酒田市:3月30日、米沢市4月7～9日等)に計算法では、それに相応した高いピークが得られなかった。このことは実測値にダラムサンプラーの値を用いたことに問題がある可能性もある。現に体積法捕集器のロトロッドサンプラーでの酒田市の3月30日の捕集数は、232個/m³で計算値に近かった。

シミュレーション法では地図上の各メッシュごとのスギ林の割合と、それぞれのメッシュのスギの開花状況などからスギ花粉の発生量を計算している。その際、雄花芽の付着の程度を数値化し総飛散数を見積り¹⁰⁾、発生モデル(2)の式中の気温影響度の係数であるaの値を決めている。aの値は平年並の飛散規模の場合には9を用いたが、1995年は大量飛散が見込まれたためaの値として一律30を用いた。しかし、米沢市と長井市では実測値が計算値を上回ったことから考えると、雄花芽の付き具合により、aの値を地域ごとに変える必要があるのかもしれない。仮にaの値を50にすると米

沢市と長井市の計算値は実測値と良く一致するようになった。従って a の値を地域ごとに变えることで推定精度を高めることができる考える。

以上の情報を広く利用できるようにするためにはパーソナルコンピュータ相互の互換性の問題を解決しなければならない。これには表示プログラムを MS-Windows にすれば利用可能で、さらに画像化すればマックなどでも表示できるようになった。画像化ファイルの欠点はファイルのサイズが大きくなる点にある。N88Basic のデータは 1.2MB のフロッピー 1 枚で 2 カ月分のデータを供給できたのが、MS-Windows の BMP ファイルでは 1 つの画像ファイルが 0.183MB を要した。しかしファイルサイズを小さくすることができるソフトを用いて画像ファイルに圧縮をかけることで 0.014MB まで縮小できた。このようにすれば 1.44 MB のフロッピーに約 100 個の画像ファイルを納めることができた。ユーザへ圧縮ファイルを転送し、各ユーザがハードディスク上で圧縮のかかったファイルを元の利用可能なファイルにもどした後に利用することにすれば問題はないと考える。

今回のシミュレーション結果を検証した結果、日ごとの結果は比較的良く一致した。患者は今日の花粉分布状況よりは明日の分布状況を知りたいので、将来は GPV (Grid point value) など明日を予測した気象データを入手し、同一手法でシミュレーションすることによって、明日のスギ花粉の分布状況を提供するのが望ましいと考える。

本研究を推進するにあたり各方面の方々にご協力を賜った。空中飛散花粉の実測は真室川町は小野 静氏、県内主要都市は各保健所検査室、山形市 (No. 2 地点) は日本気象協会山形支部、飛島は本間 清氏に試料交換いただいた。本手

法による計算結果のテレビ放映に際しては、山形放送、安藤 勲氏並びに佐藤充彦氏に協力いただいた。以上の各位に感謝する。本事業は山形県環境保健部事業として実施された。

文 献

- 1) 東京都衛生局医療福祉部公害保健課：花粉症対策に係る基礎的研究総合解析報告書, 1989年, 保文社, 東京。
- 2) 竹中 洋, 昌子 均, 楠見妙子, 水越 治：京都府におけるスギ花粉飛散状況とその情報化。アレルギー 36, 591-591, 1987。
- 3) 石垣元章, 柴原義博, 佐竹充章, 佐藤礼子, 米本裕美子, 高坂知節：スギ花粉飛散予報の実施と展望。アレルギー 36, 666-666, 1987。
- 4) 長野 準：空中花粉測定および花粉情報の標準化委員会活動報告。アレルギー 23, 44-45, 1994。
- 5) 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 (I)—。日花粉会誌 37, 11-21, 1991。
- 6) 川島茂人, 高橋裕一：開花日を考慮したスギ花粉拡散シミュレーション—スギ花粉の拡散過程に関する研究 (III)—。日花粉会誌 37, 137-144, 1991。
- 7) Kawashima, S. and Takahashi, Y.: Modelling and simulation of mesoscale dispersion process for airborne cedar pollen. *Grana* 34, 142-150, 1995。
- 8) Takahashi, Y., Tokumaru, K. and Kawashima, S.: Distribution chart of *Cryptomeria japonica* forest through data analysis of Landsat-TM. *Jpn. J. Palynol.* 38, 140-147, 1992。
- 9) 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 (IV)—。日花粉会誌 39, 121-128, 1993。
- 10) 高橋裕一：雄花着花量の観測に基づく来シーズンの空中スギ花粉の総飛散数の推定。日花粉会誌 38, 172-174, 1992。

POLLEN INFORMATION OF AIRBORNE JAPANESE CEDAR
POLLEN USING A SIMULATION METHODYuichi Takahashi¹⁾, Shigeto Kawashima²⁾ and Shogo Aikawa¹⁾¹⁾*The Yamagata Prefectural Institute of Public Health*²⁾*Japan International Research Center for Agricultural Science*

We have developed a simulation method of airborne *Cryptomeria japonica* pollen distribution on a map displayed visually on a TV screen. Each patient can be available the information where the place he or she lives. The pollen season in 1995, we served the information about airborne pollen distribution on a map and *C. japonica* flowering areas on a map to local resident through TV broadcasting. To verify the simulation method, comparison was made between the result from actual pollen counting and from simulation. It was clarified that both results were comparatively agreed on daily basis. Problem about compatibility among personal computers were solved to rewrite the program of displaying the image using Visual Basic for MS-Windows and create image files. The files can be read continuously by animation software. We think the information can be offered to local resident, local clinicians and patients waiting at the clinics by use of computer networks.
