

花粉の体内侵入に与える気流環境の影響予測

○中根 一郎 (神奈川工科大学 工学部 機械工学科)

井手 武 (奈良県立医科大学 医学部 化学教室)

1. 目的

衆知のように、花粉は風により運ばれ、身体に付着し、体内に侵入する。このため、例えば、風速や顔に対する風向きは花粉の侵入量に多大な影響を与えることが予測され、花粉症問題において重要な因子であると推察できる。しかしながら、このような気流環境が花粉の体内侵入に与える影響に関しては、未だ明らかにされていない。そこで本研究では、このような気流環境の影響を数値計算 (CFD) により予測することを目的とした。

また本研究においては、数値計算により得られた結果の信頼性を担保するため、人体頭部ファントムモデルを用いた実験も行い、その結果により数値計算手法を評価することとした。

2. 数値計算手法ならびに実験方法

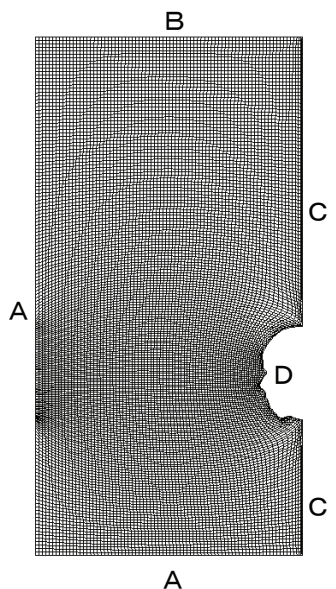
支配方程式は、2次元ナビエ・ストークス方程式、連続の式、気流の抗力のみを考慮した粒子の運動方程式である。ただし、計算対象場に顔の輪郭が含まれるため、境界適合曲線座標系を用いることとした。このため、これらの支配方程式を有限体積法により一般曲線座標系で差分化し、TDMA法を用いて解いている。

次に、数値計算手法を評価する計測データを得るため、閉じた空間 (高さ約1.5m、幅と奥行き約1.1m) に頭部ファントムモデルを配置し、その上部より実物のスギ花粉を一樣に落下させ、この際の体内侵入挙動を定量的に可視化計測した。なお、ファントムモデルは鼻孔において人とほぼ同じ呼吸を行っており、可視化のためのレーザシートはファントムモデルの顔の対称面に対して照射した。この場の概略を、数値計算に用いた格子・境界条件により図1に示す。ただし、図1の計算格子は、ポアソン方程式を解くことで得ている。

3. 数値計算結果と計測結果の比較

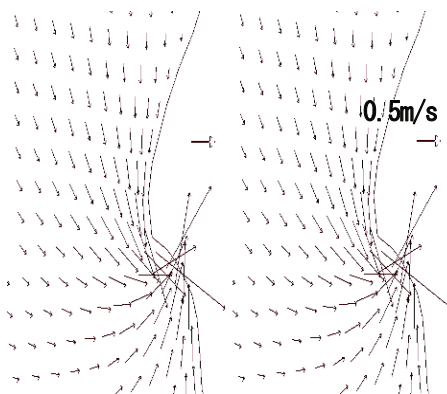
数値計算手法の評価のため、数値計算と可視化計測 (PTV) により得られた頭部ファントムモデル鼻孔周りの速度ベクトルの比較を、図2に示す。この図より明らかなように、両者は定性的にはよく似た傾向を示しているものの、定量的には数値計算結果の方が速く、速度最大の点においては1.5倍程度にもなっている。この主な原因としては、数値計算が2次元であるのに対し、実際には3次的に鼻孔に吸い込まれているためであると考えられる。

加えて、数値計算では、スギ花粉を均一な粒径の球体として仮定しているが、厳密にはそのようにならないことも、この違いに影響していると予測される。このため、この程度の量的な違いがあったとしても、相対的な比較・評価により、花粉の体内侵入に与える気流環境の影響を予測することは可能であると考えられる。そこで、この手法により気流環境の影響予測を試みる予定である。

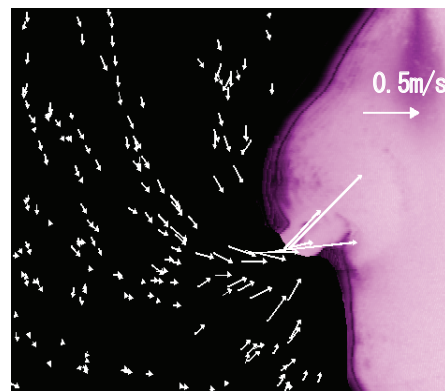


A : 滑りの無い壁 B : 一樣流入
C : 対称面 D : 鼻孔のみ一樣吸気、他は滑りの無い壁

図1 計算格子と境界条件
(高さ : 1.5m、幅 : 0.8m)



(a) 数値計算結果



(b) 可視化計測結果 (PTV)

図2 吸引時の鼻孔周りの速度ベクトル