

レーザ・ドップラー法による鼻腔気流動態の測定

鹿児島大学医学部耳鼻咽喉科学教室

渡邊 荘 郁, 原 口 兼 明, 岩 淵 康 夫,
前 山 拓 夫, 大 山 勝

鹿児島大学工学部機械工学科機械工作

中 西 賢 二

鹿児島大学工学部機械工学科水力工学

野 崎 勉

はじめに

これまで、鼻内気流に関しては鼻腔の生理学的な機能や鼻内手術などに関連して数多くの実験が行われているが、前回、我々は独自の鼻腔・副鼻腔モデルを用いたレーザードップラー法による鼻内気流の計測を行い、その測定法の紹介を中心に報告した。今回、さらに、本法を用いて生理的な吸気状態での鼻腔内の気流動態をシミュレートし、若干の興味あるデータが得られたので報告する。

材料と方法

今回我々が用いたモデルは、成人男性の屍体頭部を元にして作製したポリエチレン製のモデルで、大きさは正常の約3.3倍大であり、内腔の骨の突出などはトリミングしてある。鼻中隔面はガラス板、上顎洞外側部は透明な樹脂にしてあり、鼻腔・副鼻腔内の気流を測定・観察できるようにしてある。

測定法であるレーザードップラー流速計のシステムの概略を図1に示す。使用機種はDAN

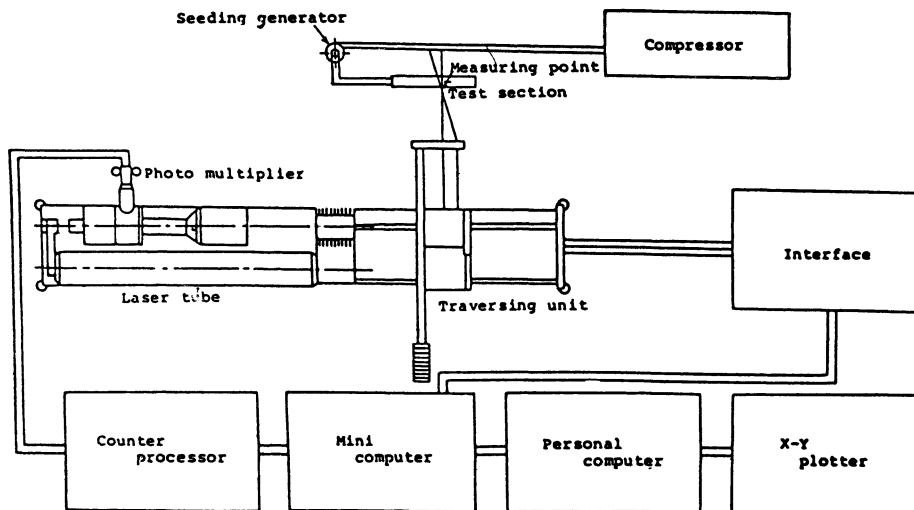
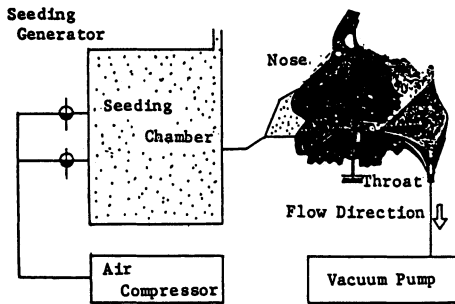


図1

レーザードップラー速度計および解析システム

TEC社製レーザ・ドップラー流速計解析装置55X型で、レーザ光源は2ワットのアルゴンイオンレーザーを使用しており、光学系、三次元移動装置、信号解析装置及びミニコンピューターから構成される。測定部位のプロープの大きさは1×0.5mmで楕円形をしている。原理については今回は省略するが、本法の特徴は、光によって測定するため、流れを乱さずに測定できるということである。

測定用の微粒子としては前回と同様、グリセリンと水を1：1で混合したものをを用いた。図2にその作製法の概略を示す。測定する微粒子



Test stand for inhalation
図2

の大きさは3～5ミクロンの範囲で、図の左端に示すシーディングジェネレーターで微粒子が作製された後、チェンバー内に導かれ、鼻腔モデルの咽頭部からの吸引による陰圧で鼻腔内を通過する。チェンバーには吹抜け口がありジェネレーターの陽圧が鼻腔内に伝わらないようになっている。

微粒子作製装置を含めて測定機は鹿児島大学の共同利用施設として鹿児島大学工学部に設置されており、今回の実験も前回と同様、鹿児島大学工学部との共同実験として行った。

結果及び考察

今回の実験結果を図3に示す。外鼻孔から0.8m/sの速さで定期的吸入している状態を鼻中隔面から見て、流速をベクトルで示したもの

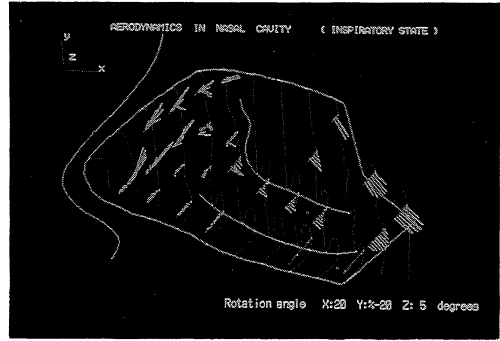


図3

である。オレンジ色の線は測定点を示しており、緑色は鼻中隔面より見た鼻腔内の構造を、黄色は各測定点での速度ベクトルを示す。この図からわかるように、鼻孔からの流れは大部分が嗅裂に向かって流れ、中鼻甲介の前にある鼻堤に突き当たる。ここで一部は中鼻道と総鼻道へと分かれる。また、下甲介の上部で小さな乱流を形成し、渦を巻いている様子が観察される。中鼻道に分かれた流れは中鼻道の外側にいくに従って遅くなっている。また下鼻道にはほとんど流れはない。

図4は、モデルを縦軸方向に40度回転させて

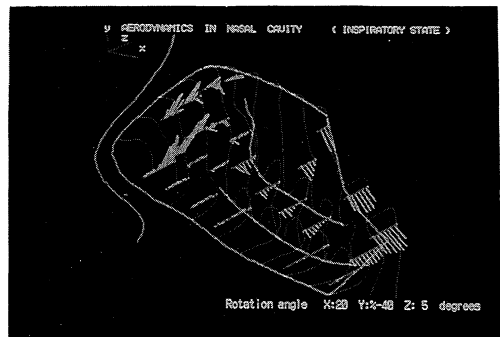


図4

みたものである。中甲介付近の流れが主に総鼻道にあり、中鼻道内ではほとんど流れていないことが観察される。

以上のレーザードップラー法による測定と直接的な観察を元に今回の結果をまとめると(図

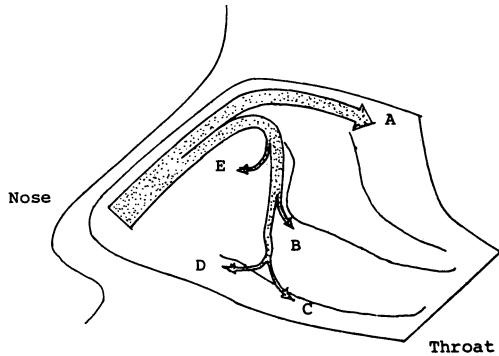


図5

5), 外鼻孔からの流れはまず鼻堤に突き当たり、50%から60%は嗅裂と上鼻道に流れる(A)。残りの大部分は中鼻道、総鼻道へと流れ、一部はEに示すように鼻堤の下部に回り込み、循環流を形成する。中鼻道・総鼻道への流れはB, C, Dであるが、この流れも大部分は鼻中隔面に近い総鼻道の部分の流れで、中鼻道・下鼻道内での流れはほとんどない。

鼻腔内の主流がどこにあるかということに関して、文献的には、総鼻道中部、あるいは中鼻道にあるという説や、総鼻道上部から嗅裂付近にあるという説など種々であるが、少なくとも今回の我々の結果では、主流は総鼻道上部から嗅裂にかけて存在した。

これまででも言われているように、鼻内気流に関する実験では、モデルの違いや流量の違いによる影響が大きいと思われる。今後、甲介の形状や流速を変化させて実験することにより更に詳しく検討していきたい。

討 論

質問；臼井（東邦大・大橋）

- 1) 鼻内気流モデル実験では出来るだけ生体の状態に近づけるということが大切だと思いますが、大きさを3倍にして実験した理由はどのようにしてでしょうか。
- 2) 同様に吸気のみで実験した理由はなぜでしょうか。鼻腔内圧はどのぐらいにしましたか。

応答；渡邊（鹿児島大）

- 1) 3倍大の大きさにしたのはなぜか。観察・測定を容易にするためである。
- 2) 呼気ではどうか。今後、検討したい。
- 3) 吸気に関して、どの程度の陰圧で引いたか。鼻孔での速度が0.8m/secになるようにとのことで、圧は測定していない。

質問；馬場（名市大）

嗅裂が粘膜腫脹などにより閉鎖しているような病態の時、主気流はどうなるのか。中鼻道に主流があると考えた方がよいと思うがどうか。

応答；渡邊（鹿児島大）

病態については、今後検討したい。中鼻道については、総鼻道に近い所は流れがあるが、少ないと思う。