マスク接顔形状設計のための人頭モデリング手法

○大西洋一、橋本昭夫（防衛省技術研究本部）

Modeling method of facial region for mask lip design
Yoichi Onishi, Akio Hashimoto (Ministry of defense)

1. はじめに

大気中の粒子状浮遊物質の呼吸器官等への侵入を防ぐため、または、酸素等の気体を効率的に呼吸器に供給するために、マスクが利用される。清浄な気体を供給すると同時に、マスクと顔面の形状を適合させてマスク内の気密性を確保する必要があり、統計学的根拠をもって最大数の装着者に適合することが望まれる。従来から、気密性の確認にはJIS等に規定されているような、模擬雰囲気中での実員及び人頭模型の漏れ粒子数カウント或いは官能検査が行われている。主に実員試験からは意見聴取や統計調査等によって、人頭模型試験からは粒子カウント数や隙間測定値等によって気密性の評価が行われ、設計にもフィードバックされている。

構造・形状・物性等の異なる数種類のマスクについて気密性を比較評価するためには、個々のマスクの設計で考慮した顔面形状の特徴（パラメータ）の種類や個数を把握し、統計的に有意な結果を得るのに必要な被験者のタイプ別の構成人数を計画して試験することが望ましい。しかしながら、そのようなパラメータは設計ノウハウの集成であるため、既製品の情報を得るのは難しい。

そこで、当研究室にある立体的体形のデータベースを用いてマスク形状の設計と評価を繰り返すプロセスの中から、パラメータを探る試みを行うことにした。これは、主にコンピュータ上で頭部の立体形状を直接処理してマスク形状を仮想的に作成するので、従来の金型を起こす手法に比べて、安価・迅速・簡便にマスク形状を検討でき

る。また、マスク形状と体形データベースを併用することで、コンピュータ上で可能な評価手法については比較的容易に実施可能となる。

上記の試みの第一歩として、マスクの設計コンセプトを仮定し、そのマスクの構造を考慮した方法で顔面形状をモデリングし、その顔面モデルデータによるマスク形状の設計について検討したので報告する。

2. 方法

(1) 形状データ

体形は三次元形状計測装置(Voxelan (浜野エンジニアリング製))で取得された。当装置の計測所要時間は約6秒、約2m×1.2mの範囲の奥行き距離データを1152×690点で表現するものである。被験者の計測姿勢は図1に示す。18歳から55歳までの健常男性被験者約2000名が計測されたが、計測中に体が揺れて歪んだ形状データは先行研究で定義された歪みの大きさの指標値で分別され、最も歪みの少ない約200名のデータを抽出し利用することとした。また、頭部形状は全身形状データから切り出され、垂直40個、水平180個の点群データに変換された。

(2) マスクの設計コンセプト

簡易着用式の全面形マスクを検討対象とした。また、気密性に着目するため、ゴーグル、吸収缶等の部品は便宜的に考慮せず、接顔する部分の形状を検討した。接顔部分は、図2に示されるように、頭部の骨格とマスク

図1 体形データ

図2 接顔部の断面

図3 構造の例

図4 設計の基準点

の構造的強さによって、それらの間にある軟組織とマスクの弾性部分を密着させる仕組みでになっている。そこで、マスクの構造の違いによる人頭モデルの相違を検討するために、2種類の構造のマスクの設計コンセプトを仮定した。一つ目は、検討を容易にするために、マスクの構造的な強さを剛体、接顔部を弾性体と設定し、中央部は弾性体とした。(図3参照。黒色が剛体、白色が弾性体。)二つ目は、全面ゴムびきとして、構造的な強さはゴムの張力の分力から得ることとした。以後、前者をマスク α 、後者をマスク β と呼ぶ。

(3) 人頭形状の分類

鼻根点とオトガイ点の距離(図4)と顔面の凹凸具合で分類された。顔面の凹凸具合は、曲率分布(図5)をヒストグラム化し、その分布の形の尖度を指標として定義された。

3. 結果

図6は、人頭形状の分布である。横軸は尖度(X)、縦軸は鼻根-オトガイ距離(Y)である。各軸方向のヒストグラムを、プロットの各軸に隣接して示している。マスクの接顔部は帯状の閉面であるので、その内輪郭を大きいYの群(図6のA群)で、外輪郭を小さいXの群(図6のB群)で作成することとした。

図5 曲率分布の一例

図6 特徴量の分布

次にマスク α の人頭モデリングを例として図7に示す。左はA群、右はB群の平均である。図3の構造を考慮し、頭部点群について鼻根-オトガイ線からの距離と方位角で集計したものである。色の濃さは距離のばらつきの大きさであり、灰色の曲線は接顔部のエッジである。このエッジは距離のばらつきが少なく、両エッジの幅を太く取れるよう試行して設定した。図8はこれらのエッジから作製したマスク α である。

4. 考察

マスクの構造に適した方法で人頭のモデリングを試み、マスク α を造形した。マスク α と異なる構造であるマスク β からは異なる人頭形状が得られたが、マスク β は形状・素材の面で製造が難しいため、今後はその完成を待って両コンセプトのマスクを比較実験する予定である。なお、素材の力学的特性及び顔面の大変形による接触状況の変化については、今後の大きな課題である。

5. まとめ

マスク設計コンセプトに従って人頭をモデリングし、設計パラメータについて検討した。この結果を踏まえて、次段階の設計コンセプトの検討につなげる予定である。

図7 マスク α の集計結果及び接顔部のエッジ

図8 造形品写真