

学位論文内容の要旨

愛知学院大学

論文提出者	松岡 鮎美
論文題目	モーフィング法により作成した三次元顔面表情運動モデルを用いたエピソードの試作

I. 緒言

顔面補綴治療においては、審美的改善を図るために、顔面皮膚の可動部分にエピテーゼの辺縁を設定することを余儀なくされる。そのため、顔面の表情変化によりエピテーゼの辺縁が浮き上がり、脱落してしまうことが問題となっていた。

一方、近年、デジタルテクノロジーが利用されるようになり、中でも顔合成技術の一つであるモーフィング法は、2つの実画像の中間像を作成することで顔合成するという特性から、実際の顔面形状を損なうことなく顔面の三次元の時系列形状を得ることが出来ると考えられる。

本論文は、モーフィング法を用いて作成した顔面の三次元の時系列形状を「三次元顔面表情運動モデル」と定義し、三次元顔面表情運動モデル上で製作されたエピテーゼは表情変化に対しても脱落しにくいのではないかという考えのもと、三次元顔面表情運動モデルの構築を試みた。さらに構築した三次元顔面表情運動モデル上にてエピテーゼを製作し、顔面運動時における適合性を無表情の模型上で製作したエピテーゼと比較し評価したものである。

II. 材料及び方法

1. テンプレートモデルの作成

テンプレートモデルは相同モデルの原型となるモデルである。テンプレ

ートモデルには平均的で凹凸が少ない顔立ちである被験者 1 名の顔面形状を 3D スキャナーにて採得し、その後左右対称かつ滑らかに編集し、テンプレートモデルを完成させた。

2. 健常被験者における三次元形状計測およびスキャンモデルの作成

顔面に欠損および変形を有さない 7 名の健常者を健常被験者とした。まず健常被験者には、無表情、笑顔、開口の 3 種類の表情を行わせ、各被験者の各表情時の顔面表面形状を 3D スキャナーにて採得した。採得したスキャンデータを編集し、スキャンモデルを完成させた。

3. 健常被験者における相同モデルの作成

モーフィング法を用いるには、同じ頂点数であり、さらに頂点ごとに対応関係を持つ、相同モデルをそれぞれ作成する必要がある。

まず、テンプレートモデルとスキャンモデルにおいて、瞳孔線およびフランクフルト平面およびモアレを参考に、三次元的位置合わせを行った。次に、テンプレートモデル上の 30 個のランドマークと同様に、スキャンモデルにもランドマークを設定した。設定したランドマークを指標にし、テンプレートモデルをスキャンモデルの形状に変形させ、相同モデルを作成した。

4. 健常被験者における三次元顔面表情運動モデルの作成

まず、無表情と笑顔、または無表情と開口の 2 つの相同モデルの位置合わせを行った後、モーフィング法を用いて、三次元顔面表情運動モデルを作成した。

5. 外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者における三次元形状計測およびスキャンモデルの作成

被験者は、外鼻欠損または変形を有する患者 7 名とした。その後、各被験者の顔面表面形状をスキャンし、健常被験者と同様にスキャンモデルを作成した。

6. 外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者における相同モデルの作成

健常被験者に用いたものと同じプレートモデルを、スキャンモデル上のランドマークを指標にしてスキャンモデルと同様の形態に変形させ、相同モデルを作成した。欠損・変形形態によっては、ランドマーク位置として規定された解剖学的位置が欠落していることがあるため、凹凸形状や他のランドマークからの距離と位置関係を考慮して選択した。次に、プレートモデルをスキャンモデルの形態に変形させ、相同モデルを作成した。

7. 外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者における三次元顔面表情運動モデルの作成

健常被験者と同様の方法で三次元顔面表情運動モデルを作成した。

8. 相同モデルの精度の計測

3D 計測ソフトウェアのベストフィット機能を用いて相同モデルとスキャンモデルの重ね合わせを行い、差異をカラーマッピングにて評価した。変位量は4つの群(0.1 mm 未満、0.1 mm 以上 0.3 mm 未満、0.3 mm 以上 1.0 mm 未満、1.0 mm 以上)に分け、計測した。

9. 作業用模型の製作

三次元顔面表情運動モデルは三次元形状の動画であるため、無表情の相同モデルにおける笑顔成分を0%、笑顔の相同モデルにおける笑顔成分を100%と規定し、0%、30%、50%、70%、100%の5つのデータを選択した。選択したデータを作業用模型として適した形状に編集し、3D インクジェットプリンターにて製作した。

10. エピテーゼの完成

鋳型に肌色のワックスを流し込み、ワックスパターンの外形を得た。全てのワックスパターンが同じ位置で装着される様に、ジグを用いた。埋没

後、流ろうして得られた鋳型にシリコンを填入し、1名の患者につき5つのエピテーゼを完成させた。完成したエピテーゼを、それぞれS0、S30、S50、S70、S100とした。

11. エピテーゼの適合性の評価

評価は、外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者の7名に対し、各5つのエピテーゼ(S0、S30、S50、S70、S100)を試適し、行った。試適したエピテーゼは、無表情時および笑顔時における適合度をエピテーゼ製作経験のある歯科医師3名が視診にて評価した。

次に、表情運動時におけるエピテーゼの脱落しやすさを評価するため、脱落試験を行った。脱落試験とは、外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者に顔面皮膚を清拭し接着剤を完全に除去したのち、エピテーゼを被験者に試適し、頭部を正面の位置で一定に保ちながら、被験者に一定の顔面運動を連続して行ってもらい、エピテーゼが落下するまでの時間を計測する方法である。得られた測定結果に対し、被検者間の差を補正するためデータを標準化し、S0を基準として比率で表したのち、Kruskal-Wallis検定およびWilcoxon符号付順位和検定を行った。

III. 結果

1. 健常被験者および外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者における

三次元顔面表情運動モデルの作成

全被験者において三次元顔面表情運動モデルの作成に成功した。円滑で自然な表情変化が確認された。

2. 相同モデルの精度の評価

モデル間の差異が 1mm 未満であった領域は、健常被験者において無表情が 98.2%、笑顔が 97.7%、開口が 94.9%であった。被験者においては無表情が 98.3%、笑顔が 97.6%、開口が 96.2%であった。カラーマッピングでは眼、口唇、鼻孔、口腔において 0.1mm 以上の差異が認められた。

4. エピテーゼの適合度

無表情時および笑顔時の両方において、エピテーゼ辺縁部分の浮き上がりが少なかったエピテーゼは、S30 が 2 個、S50 が 5 個、S70 が 1 個であった。

5. 脱落試験

S0-S30 間、S0-S50 間、S0-S70 間に有意差が認められた。

IV. 考察

1. 本研究の意義

本研究にて構築した三次元顔面表情運動モデルを用いたことで、無表情の作業用模型上で製作したエピテーゼと比較して、無表情時において全体が適合し、表情変化時にもなう皮膚と辺縁の間隙量は少なく、脱落しにくいエピテーゼが製作可能となった。本研究にて確立した手法を用いることで、デジタルワークフローにおいても表情変化時でも適合性の良いエピテーゼを製作することが可能となることから、三次元顔面表情運動モデルは、デジタルテクノロジーを応用したエピテーゼ製作に大きく寄与できたと考えられる。

また、本モデルは顔面のあらゆる部位に応用可能であり、あらゆる表情を取り入れることが可能である。例えば、開口時に顎関節の動きによりエピテーゼとの間に生じる間隙を補償する耳介エピテーゼ製作にも、本モデルは大変有用であると考えられる。

3. 相同モデルの精度

顔面エピテーゼに要求される精度は、1.0mm以下と考えられており、本研究で作成した三次元顔面表情運動モデルは、エピテーゼ製作に十分応用可能な高い精度を有している。

眼、口唇、鼻孔、口腔において相同モデルとスキャンモデル間の差異が大きかった理由は、湿潤状態であったかアンダーカットを有していたためであった。しかしながら、このような眼、口唇、鼻孔、口腔におけるデータ

の荒れは、エピテーゼ製作範囲から大きく外れていることから、エピテーゼの精度に影響を及ぼすことは少ない。

4. 三次元顔面表情運動モデル上に製作したエピテーゼの表情変化時における適合性

視診の結果から、S30、S50、S70 は、S0 と比較して無表情時においても表情変化時にも適合が良いことが示唆された。

また、脱落試験の結果から、S30、S50、S70 においては S0 と比較して脱落しにくいことが確認された。

以上のことから、三次元顔面表情運動モデルを用いて製作したエピテーゼは、無表情のモデル上で製作したエピテーゼと比較して、辺縁に間隙が生じず、脱落しにくいことが示された。

V. まとめ

三次元顔面表情運動モデル上に製作されたエピテーゼは、従来法である無表情のモデル上に製作されたエピテーゼと比較して、皮膚と辺縁との間隙量を最小限にすることで浮き上がりを抑制することが可能となるため、審美性が良好となり、脱落も生じにくいことが示唆された。本研究から、三次元顔面表情運動モデルはエピテーゼ製作に有用であることが明らかとなった。