

学位論文の全文に代えてその内容を要約したもの

愛知学院大学

甲 第 号	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テーゼの試作	

I. 緒 言

腫瘍、外傷、炎症、先天奇形などが原因で生じた顔表面を含む実質欠損を有する患者に対する治療の選択肢の一つに、エピテーゼ治療が存在する。エピテーゼとは、実質欠損を非観血的に、あるいは手術との併用により人工装置で補填修復し、その形態的、審美的改善とともに、発語などの失われた機能の回復をはかる補綴装置である。エピテーゼ治療は患者の社会復帰やQOL回復において重要である。

エピテーゼ治療においては、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必要がある。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、最終的には脱落してしまうことがあった。通常、エピテーゼは、無表情の模型上にて製作されるため、顔面皮膚の動きを考慮することが難しい。そこで顔面の変形量を想定して可動部におけるエピテーゼの辺縁部分を削合することにより、表情変化によるエピテーゼの不適合を補償する方法が提案された。しかし表情による複雑な変形を三次元的に把握することは困難であり、臨床応用は限定されていた。

近年、人間の体や顔の情報をコンピューターが取得し、その情報を用いて円滑なコミュニケーションを目指す研究が行われている。コミュニケーションにおいて、顔は非言語的な情報を相手に効果的に伝達できるメディアとして重要な役割を担っており、Mehrabianの報告では、コミュニケーションにおいて相手に伝わる情報は、言語が7%、声が38%であるのに対して、顔の表情は55%であった。このことから、コンピューターを介在させた円滑なコミュニケーション実現のため、顔の表情の情報交換を容易にするヒューマンインターフェースを実現することが期待されている。

ヒューマンインターフェース分野の一つに顔合成技術がある。顔合成技術とは、顔の実画像から表情を抽出することで表情を持った顔を作成する技術である。顔合成技術の主流である筋肉パラメータを指定し顔表情を生成する方法は、単純な形状を持つ顔モデルで生成されているため、パラメータによって指定されていない部位の三次元的形状までを正確に再現することは難しく、さらに、指定した表情しか生成できなかった。一方、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は少ないと考えられている。モーフィング法とは、ある形状から別の形状へ徐々に変化していく様子を動画で表現するために、その中間を補うための画像を作成する手法であるが、モーフィング法を用いて、顔面の三次元の時系列形状を作成する研究はされていなかった。そこで、我々は、モーフィング法を応用して顔面の三次元の時系列形状の作成を試みた。また、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た。

モーフィング法を用いるには、各モデルの頂点数が一致し、さらにそれぞれのモデルが互いに対応している必要がある。しかしながら、スキャンしたデータ同士は頂点数が異なり、対応関係も得られていないためモーフィングを行うことが不可能であった。そこで、それぞれの相同モデルを作成する必要がある。相同モデルとは、テンプレートとなるモデルを、スキャンしたデータと同じ形状に変形させたモデルのことである。どの相同モデルも同一のテンプレートモデルから作成するため、相同モデル同士は、形状が異なっても同じ頂点数であり、さらに頂点ごとに対応関係を持つ。相同モデルは、人間の切歯の形状を相同モデル化することによって被験者の個々の切歯の形状を客観的に分析したり、人体の表面性状を相同モデル化し、個々の体型にあっ

た靴をモデル上にデザインすることを可能にするなど、様々な分野で用いられている。本研究において、我々は、モーフィング法を用いて作成した三次元顔面表情運動モデルは、どのような表情においても脱落することなく維持するエピテーゼ製作を可能にするのではないかと考え、表情変化を持つ顔面の時系列形状である「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。

II. 対象および方法

1. テンプレートモデルの作成

本研究は愛知学院大学倫理委員会承認のもと、同意の得られた 15 名の被験者に対し行った。

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は、平均的で凹凸の少なく滑らかな形態である必要があった。それゆえ、本研究に同意の得られた、平均的で凹凸が少ない顔立ちである 26 歳の女性を選択した。被験者の顔面形状を 3D スキャナー (3dMD face System, 3dMD LLC, Atlanta, GA, USA) にて採得し、OBJ 形式で出力した。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

本研究に同意の得られた、顔面に欠損および変形を有さない 7 名の健常者 (男性 : 4 名、女性 3 名) を健常被験者とした。平均年齢は 26.9 (±2.4) 歳であり、皺やたるみなどの余分な情報の少ない若年の健常者を用いた。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 OBJ 形式にてエクスポートし、相同モデル作成支援ソフトウェア (mHBM, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology [AIST], 東京, 日本) および人体形態分析ソフトウェア (HBM-Rugle, Medic Engineering, 京都, 日本) にて編集し、STL 形式に変換することで、スキャンモデルを完成させた。

3. 相同モデルの適用

それぞれのスキャンモデルは頂点数が異なり、各頂点同士が対応していないことから、モーフィング法を適用することは出来ない。そこで、相同モデルを作成した。相同モデルとは、スキャンモデルとほぼ同じ形状であるが、1 つのテンプレートモデルから作成されたものである。相同モデル同士は、形態が異なっても、頂点数が等しく、各頂点同士が対応関係にあるため、モーフィング法を応用することが可能となる。

4. 健常被験者における相同モデルの作成

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、手動にて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手動で設定した。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。このようにして、スキャンモデルと同形態でありながら、頂点数が等しく、頂点同士が対応関係にある相同モデルを完成させた。相同モデルは各表情に1つずつ作成した。

5. 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。位置合わせには、表情変化によって形状が変わらない部位を20箇所ほど手動で選択し、指標とした。表情変化によって形状が変わらない部位は健常被験者によって異なるため、健常被験者それぞれに対し手動で選択した。その後、mHBM および HBM-Rugle のモーフィング機能を用いて、三次元顔面表情運動モデルを作成した。これらのソフトウェアは以下に示すオリジナルのアルゴリズムを用いている。物体Aのn%の成分と、物体Bの(100-n)%の成分からなる三次元顔面表情運動モデルを作成する場合において、三次元顔面表情運動モデルにおける1つの頂点は、以下に示す3つの式を用いて計算された。

$$x1 * \frac{100-n}{100} + x2 * \frac{n}{100} = x \quad (1)$$

$$y1 * \frac{100-n}{100} + y2 * \frac{n}{100} = y \quad (2)$$

$$z1 * \frac{100-n}{100} + z2 * \frac{n}{100} = z \quad (3)$$

x、y、zは頂点の位置を示している。

これらの式を全頂点に応用し、三次元顔面表情運動モデルを作成した。

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

被験者は、既に当院にてエピテーゼを製作したことがありその鋳型が残っている、悪性腫瘍による外鼻欠損または変形を有する患者7名(男性3名、女性4名)とした。平均年齢は75.9(±5.0)歳であった。本研究は愛知学院大学歯学部倫理委員会承認のもと、同意の得られた被験者に対し行った。

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。まず、被験者1人につき無表情と笑顔の2種類の顔面形状を3Dスキャナー、3dMDface system (3dMD)®を用いてスキャンした。スキャンしたデータをOBJ形式にてエクスポートし、相同モデル作成支援ソフトウェアmHBM および HBM-Rugle にインポートした。これらのソフトウェアにて、瞳孔線、フランクフルト平面、左右対称性およびモアレを参考にし、テンプレートモデルと一致するように、スキャンデータの三次元的な位置合わせを行った。さらに、スキャンデータの不要部分のトリミングを行い、スキャンモデルを作成した。

7. 外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者における相同モデルの作成

健常被験者に用いたものと同じテンプレートモデルを、mHBM および HBM-Rugle にて、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

していたり大きくずれ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、ランドマークとして規定された解剖学的位置と異なるポイントをランドマークとして選択した。次に、テン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。変形させる際、設定したランドマークを変形の指標とした。

8. 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
まず、無表情の相同モデルと同一被験者の笑顔の相同モデルに対し、位置合わせを行った。位置合わせは、mHBM および HBM-Rugle にて、相同モデルの表情変化により形状の変化が殆どない部位を 20 箇所ほど手動で選択し行った。次に、mHBM および HBM-Rugle にて、2 つの相同モデルにモーフィング法を応用し、三次元顔面表情運動モデルを作成した。

9. 相同モデルの精度の計測
作成した相同モデルと、同被験者で同表情のスキャンモデルとを三次元的に比較し、差異を分析した。3D 計測ソフトウェア (Geomagic Control, Geomagic, Cary, NC, USA) 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。ベストフィットとは、両データから偏差量を求め、その二乗和が最小になる座標系を求めて、設計データに対して測定データを重ね合わせる処理のことである。ベストフィット機能を用いた重ね合わせの後、カラーマッピングにてモデル同士の差異を、プラスおよびマイナスのベクトルを統合して表した。歯肉の被圧変位量は約 0.3mm、最大 1.0mm と報告されており、顔面皮膚の被圧変位量は口腔内の歯肉と比較して大きいことから、変位量を 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、その分布を分析した。それぞれの表情における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間での分布の違いの分析には、マンホイットニー U 検定を用いた。全ての統計処理には、統計解析ソフト (SPSS, version 18, IBM, Chicago, IL, USA) を使用した。

10. 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、エピテーゼ製作のための作業用模型を製作するにあたり、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、すなわち、正面かつ中央に外鼻相当部が位置する四角柱の形状に加工し、さらにシリコン填入後、上輪を同位置に戻すことができるように、球状のインデックスを計 6 個付与した。このとき、アンダーカットが出来ないように注意した。こうして作成した作業用模型のデータを 3D インクジェットプリンター、Z650 printer® (Z Corporation, USA) にて製作した。材料は hybrid plaster を用いた。作業用模型の乾燥後、コーティング剤、TB7761 (ThreeBond, JPN) に含浸させ、強化した。

11. ワックスパターンの製作およびジグの製作

まず、研究対象患者である被験者が現在使用しているエピテーゼの鋳型を用意した。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。無表情 (笑顔成分 0%) の作業用模

型上に鋳型から製作したワックスパターンを合わせ、辺縁の形態を移行的に整えた。次に、ワックスパターンを乗せた作業用模型上に、スプリントレジン LC を用いて、位置合わせ用のジグを製作した。

12. ワックスパターンの位置合わせ

全てのエピテーゼが同じ位置で装着される様にするため、ワックスパターンの外形を、残りの30%、50%、70%、100%の模型上に合わせる際、ワックスパターンの位置がずれないように、製作したジグを用いて位置合わせを行った。その後、ワックスパターンの辺縁の形態を移行的に整えた。

13. エピテーゼの完成

模型の周囲にボクシングを行い、作業用模型に分離材を塗布し、硬質石膏にて埋没した。硬化後、流ろうして得られた鋳型に、シリコーンを填入し、20gf で加圧した。シリコーンは、Silfy fast(GC)に Functional intrinsic skin colors(略:FI-SK)の honey 色 (Factor II、Incorporated) を内部彩色したものを用いた。硬化後、取り出して余剰部分をトリミングして、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。

14. 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 A~G 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。まず、外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者の顔面の皮膚の接着剤や汚れを拭き取ったのち、エピテーゼが脱落しないように接着面に防湿剤 (ジユラコート、GC、JPN) を塗布したエピテーゼを外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者に試適した。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、Kruskal-Wallis 検定および Wilcoxon 符号付順位和検定を行った。

III. 結 果

1. 健常被験者における三次元顔面表情運動モデルの作成

7名の健常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。健常被験者におけるコンピューターシュミレーションにおいて円滑で自然な表情変化が確認された。

2. 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

7名の外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者において、三次元顔面表情運動モデルの作成に成功した。外鼻欠損または外鼻変形を有する被験者におけるコンピューターシュミレーションにお

いて、円滑で自然な表情変化が確認された。

3. 相同モデルの精度の評価

作成した相同モデルの精度は、スキャンモデルと比較することで評価した。モデル間の差異が 0.1mm 未満であった領域は、無表情の健常被験者において 93.0%、無表情の被験者において 93.2%、笑顔の健常被験者において 93.6%、笑顔の被験者において 93.5%、開口の健常被験者において 77.4%、開口の被験者において 82.6%であった。モデル間の差異が 1mm 未満であった領域は、無表情の健常被験者において 98.2%、無表情の被験者において 98.3%、笑顔の健常被験者において 97.7%、笑顔の被験者において 97.6%、開口の健常被験者において 94.9%、開口の被験者において 96.2%であった。どの表情においても、健常被験者と被験者間に有意差は認められなかった。健常者と患者間における 0.1mm より大きい差異は、カラーマッピングにおいて眼、口唇、鼻孔、口腔に認められた。

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、被験者 A は S30、S50、S100、被験者 B は S50、S70、S100、被験者 C は S30、S50、S70、S100、被験者 D は S50、S70、S100、被験者 E は S50、S100、被験者 F は S70、S100、被験者 G は S50、S70、S100 であった。無表情時および笑顔時の両方において、鼻根を含むエピテーゼ全体の浮きが確認されなかった上で、さらにエピテーゼの尾翼部分の浮きが多かったエピテーゼは、被験者 A は S30、S50、被験者 B は S50、被験者 C は S30、被験者 D は S50、被験者 E は S50、被験者 F は S70、被験者 G は S50 であった。

5. 脱落試験

脱落試験により得られた測定結果に対し、被験者間の差が大きい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。その結果、S0-S30 間、S0-S50 間、S0-S70 間に有意差が認められた。

IV. 考 察

1. 本研究の意義について

通常のエピテーゼ製作過程で用いる作業用模型は、たとえデジタルワークフローを用いたとしても無表情であるため、笑うなどの表情変化時にエピテーゼの辺縁に間隙が生じてしまうという問題点があった。しかしながら、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。さらに、Kubon の提唱した、表情変化時の間隙を補償するために模型を改造する技工操作が必要ないため、表情変化時にも適合したエピテーゼがより簡便かつ正確に製作可能となった。本研究の成果は、エピテーゼ製作のデジタル化が進む中で大変有意義なことである。従来デジタルワークフローにてエピテーゼを製作する場合、コンピュータ上にて表情変化を三次元的に考慮したエピテーゼを製作することは不可能であった。しかし、本研究にて確立した手法を用いることで、

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、外鼻エピテーゼだけでなく、顔面のあらゆる部位のエピテーゼに適用することが可能であり、笑顔以外の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、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。

2. 三次元顔面表情運動モデルの有用性について

本研究において、三次元顔面表情運動モデルの作成に成功した。外鼻エピテーゼ製作の際には、笑うなどの表情変化時に辺縁に間隙が生じる傾向があった。そこで、Kubon によって提案された模型を修正する方法が広く用いられてきたが、顔面の複雑な三次元的変形を補償することは難しかった。一方、近年では研究が盛んなデジタルテクノロジーの一つである 3D モデリングシステムが顎顔面補綴治療に用いられ、エピテーゼをより簡単に製作できるようになった。本研究では、モーフィング法を応用し作成した三次元顔面表情運動モデルをエピテーゼ製作に応用することで、顔面の複雑な三次元的変形を正確に把握することが可能となり、表情変化時におけるエピテーゼの適合性が向上した。

3. 相同モデルの精度について

相同モデルとスキャンモデルの差異は、ほぼ 0.1mm 以下であり、本研究において相同モデルの高い精度が示された。1.0mm の精度の 3D プリンティングにて製作された顔面モデル上で製作されたエピテーゼは、良好な適合が確認されており、従来法では顔面エピテーゼに要求される精度は、1.0mm 以下と考えられている。よって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精度を有していると考えられる。

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、その部位が濡れているかアンダーカットを有しており、採得したデータのポリゴンが荒くなっていたためであり、また、開口量が全被験者間で多様だったことにより、開口状態の口腔内の荒れたデータは他の表情のデータと比較し大きく逸脱した。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と考えられる。

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について

製作したエピテーゼを視診にて適合を確認した評価において、辺縁のみ適合していたエピテーゼは、S0 が 0 個、S30 が 2 個、S50 が 6 個、S70 が 5 個、S100 が 7 個であった。鼻根を含むエピテーゼ全体の浮き上がりがなく、鼻翼辺縁の間隙が少なかったエピテーゼは、S0 が 0 個、S30 が 2 個、S50 が 5 個、S70 が 1 個、S100 が 0 個であった。すなわち、笑顔時にエピテーゼ鼻翼部に間隙が生じないように製作すると、鼻翼以外のエピテーゼ全体が浮き上がる傾向があることが確認された。また、エピテーゼ全体が浮き上がってはならず、鼻翼の間隙がない、あるいは間隙

が少ないものは、S0 以外であることがわかった。以上のことから、三次元顔面表情運動モデルを用いることによって笑顔の顔面表情を考慮したエピソードは、無表情の模型上で製作したエピソードに比べ、無表情時でも適合が良く、表情変化して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ソードは、無表情の模型上で製作したエピソードと比較して、辺縁に間隙が生じず、脱落しにくいことが示された。

5. 三次元形状計測法について

本研究で用いたフォトグラメトリ型の三次元形状計測装置である 3dMD face system は、エラージオメトリが 0.2mm と精度が高い。また、撮影時間は 1.5 秒と短く、体動によるデータ変形・荒れの危険性が低い。さらに、190° の顔面と頸部の範囲を撮影することが可能であり、撮影回数は 1 回で良いため、複数の撮影データを合成する必要があるものと比較して、データが変形する可能性は低い。以上の理由から、本研究においては、3dMD を選択した。

6. 相同モデルについて

相同モデルは様々な分野で用いられている。加藤らは、相同モデルを人体の切歯の相同モデルを作成し、被験者の切歯を分析するのに用いた。一方、山崎らは個々にフィットした衣服のデザインをするため、人体の相同モデルを作成した。

本研究において作成したすべての相同モデルは、1 つのテンプレートモデルから作成されるため、頂点数が等しく各頂点同士が対応関係にあり、スキャンモデルとほぼ等しい形態を有しているため、モーフィング法を用いた三次元顔面表情運動モデルの作成を可能にした。

7. テンプレートモデルについて

テンプレートモデルは、相同モデルを作成するため本研究で作成した。テンプレートモデルは、形態学的に平均的で左右対称であり、滑らかで凹凸の少ない必要があった。本研究では、平均的で凹凸の少ない 1 名の女性の顔面がテンプレートモデルに用いられた。

テンプレートモデルから相同モデルを作成するため、30 個のランドマークをスキャンモデルおよびテンプレートモデル上にプロットした。欠損や変形により、ランドマークを規定した解剖学的位置にプロットできない場合は、本来のランドマーク位置から近く、Z 軸に正方向の位置にランドマークを設置した。この場合としては、本来のランドマークから離れた位置にプロットした場合、相同モデル作成時にサーフェスが伸びることによりポリゴンに荒れが生じることとなる。さらに、Z 軸に対してマイナス方向の位置にランドマークを設置した場合には、相同モデルのサーフェスが収縮して、皺が寄った形態となり、適切なスキャンモデルの形態を再現できなくなるためである。

8. データの選択について

作業用模型は、三次元顔面表情運動モデルにおける 0%、30%、50%、70%、100%の時点を選択し製作した。そして比較検討を行う為に、従来法で用いられる印象採得時の表情である無表情と、外

鼻欠損または外鼻変形を有する被験者の笑顔の時点、すなわち 0%および 100%のデータを選択した。次に、中間の時点である 50%を選択し、さらに三次元顔面表情運動モデルの有用性をより明確にするために、30%および 70%を選択した。50%に近い時点を選択することで、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の適合性の評価をより明確にできると考えた。

Kubon の研究では、表情変化による顔面表面の変化の最大値を二次元的に計測し、その計測量分をエピテーゼ辺縁の外側および内側に彫り込んでいたことから、本研究においては最大値である 100%のモデルで製作したエピテーゼの適合性が最も良いことが考えられた。

9. 脱落試験について

評価方法として用いた脱落試験は、本研究にて考案したエピテーゼの評価方法であり、脱落試験を用いることでエピテーゼの表情変化による脱落のしやすさを数値で評価することが可能となった。評価を行うにあたり行ってもらった一定の顔面運動は、口を「あ」「い」「う」する動きと、「顔面を中心に寄せる」動きの、合計 4 つの動きを繰り返し行ってもらった。「あ」は、出来る限り大きく開口する動きで、「い」は、口角を左右に引き伸ばす動きであり、「う」は口輪筋を収縮し口唇を突出させる動きで、最後の「顔面を中心に寄せる」動きは、鼻根筋および上唇鼻翼挙筋を収縮させる動きである。これらの全ての動きは、エピテーゼの脱落に大きく影響する動きである。患者に指定した顔面運動を練習させ、指定した顔面運動をリズムよく再現することが可能となってから、測定を行った。

脱落試験においては、エピテーゼが全く皮膚面に維持できず計測不能という事態を防ぐため、エピテーゼの皮膚面に防湿剤を用いた。エピテーゼを装着する患者の日常生活においては、表情変化にともない時間が経過するにしたがって、辺縁に間隙が生じてくる。本研究においては、接着剤を使用すると実験時間中に辺縁に生じる間隙の差を算出して評価を行うことが困難となるため、接着剤ではなく防湿剤を選択した。

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。