

原 著

日本人正常咬合者の三次元的平均顔
——作成方法および再現性の検証——

宮下 渉 中原リザ子*

日本歯科大学歯学部附属病院小児・矯正歯科

*日本歯科大学歯学部歯科矯正学講座

MIYASHITA Wataru and NAKAHARA Rizako*

Department of Orthodontics & Pediatric Dentistry, The Nippon Dental University Hospital at Tokyo

*Department of Orthodontics, School of Dentistry at Tokyo, The Nippon Dental University

キーワード：三次元，平均顔，正常咬合，顔面形態

抄録：本研究の目的は，矯正歯科治療における顔面形態の指標を得るために，男女正常咬合者の三次元的平均顔を作成するとともに，その作成方法の再現性を検証することである。

選出された男女各 26 名の正常咬合者の被験者に対して，三次元形状計測装置を用いて顔面形態を計測した。そして，得られた三次元データをもとにして，ワイヤーフレームテンプレートモデルを用いたモーフィング技術により，男女正常咬合者の三次元的平均顔を作成した。さらに，被験者のなかから無作為に選出された 10 名をもとに作成した 2 つの平均顔を用いて，再現性の検証を行った。再現性の検証は，2 つの平均顔を内眼角点の midpoint で重ね合わせ，各部位における差の大きさを色で表示したカラーマップにより視覚的に示すとともに，各部位における差の大きさの平均値と標準偏差を算出することにより数値として示した。

その結果，本法により作成された三次元的平均顔は，良好な鮮明度を示し，カラーマップにより確認された誤差は，顔面の大部分において 1 mm 以内に収まり，さらに，各部位における差の大きさの平均値±標準偏差は， $0.89\text{ mm}\pm 0.53\text{ mm}$ となった。

以上のことから，本研究で作成された平均顔は，正常咬合者の顔面の平均形態を把握する際に正確な三次元情報を提供し，歯科矯正治療における顔面形態の指標となりうる可能性が示唆された。

(Orthod Waves-Jpn Ed 64(1) : 36~43, 2005)

Three-dimensional average faces
in Japanese with normal occlusion
——Evaluation of construction method
and reproducibility——

Abstract : The purposes of this study were to construct three-dimensional average faces in Japanese with normal occlusion for a standard of facial form in orthodontic treatment, and to evaluate the reproducibility of this method.

To obtain the three-dimensional data, subjects comprising 26 men and 26 women with normal occlusion were measured by the three-dimensional laser scanner.

Three-dimensional average faces for male and female were constructed with the output data using the morphing technology based on the wire frame template model. Average faces were constructed twice using the data of same 10 randomly selected subjects. Those two average faces were superimposed on each other. The reproducibility of this method was evaluated by the color map which indicated the differences at every points of the face, and by the mean and standard deviation of the differences of all points.

The three-dimensional average faces made in this study had a distinct definition. The differences showed by the color map were within 1 mm in the most part of the face, and the mean and standard deviation were $0.89\text{ mm}\pm 0.53\text{ mm}$. These results suggest that this constructing method of the three-

dimensional average face has clinically acceptable reliability, and might be available as a diagnostic tool

in orthodontic treatment.

(Orthod Waves-Jpn Ed 64(1) : 36~43, 2005)

緒 言

矯正歯科治療において、顔貌の改善は咬合や咀嚼機能の改善とともに重要な目標の1つである¹⁻⁷⁾。また、顔貌による影響は心理的問題および社会的問題にまで及ぶ^{2,8-11)}ため、診断や治療計画の立案に際して詳細な顔貌の評価が重要である。それに伴い、矯正歯科治療において基準となる顔面形態の指標が必要となろう。

正常咬合者の骨格、顔面、および歯・歯列の形態的特徴を矯正歯科治療の指標とし、診断や治療計画の立案に応用する試みは古くから行われており^{1,3,12-15)}、正常咬合者の顔面形態を分析した研究^{6,13,14,16)}は多数存在する。しかしながら、それらの分析は頭部 X 線規格写真や顔面写真などの二次元的な資料で行われており、得られた顔面形態の指標は計測点間の線計測値、または角度計測値がほとんどである。したがって、二次元の情報で三次元の顔面形態を表現することに起因する限界¹⁷⁾や、計測点間の形態情報の欠落¹⁸⁻²⁰⁾といった問題が否めない。また、日常の社会生活において他者から受ける顔面の評価は、特定の方向からなされるわけではなく、実際の三次元の顔面を通じて、さまざまな角度からなされることが一般的である⁴⁾ことを考慮しても、二次元的な資料から導かれた顔面形態の指標では不十分であり、三次元的な顔面形態の指標が不可欠であると思われる。

本研究の目的は、矯正歯科治療における顔面形態の指標を得るために、三次元形状計測装置から得られたデータを用いて、男女正常咬合者の三次元的平均顔をモーフィング技術により作成するとともに、その作成方法の再現性を検証することである。

資料ならびに方法

I. 資 料

1. 被験者

日本歯科大学歯学部倫理委員会の承認のもと、同歯学部の学生、同歯学部附属病院の臨床研修医、歯科衛生士専門学校5校の学生、および歯科技工士専門学校2校の学生のなかから、下記の条件を満たす男性26名、女性26名、計52名の被験者を選出した。

- 1) 上下顎第一大臼歯の近遠心関係がアングル I 級であること。
- 2) 第三大臼歯を除き、歯の欠損および形態異常がないこと。
- 3) 咬頭を被覆するような修復物がないこと。

表 1 被験者の内訳

	人数 (名)	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI
男性	26	20 歳 7 か月 ±1 歳 11 か月	170.3 ±4.7	61.5 ±7.2	21.2 ±1.9
女性	26	19 歳 11 か月 ±1 歳 5 か月	155.9 ±4.4	49.5 ±5.8	20.4 ±1.9
					平均値 ±標準偏差

4) Arch length discrepancy が ±3.0 mm 以内であること。

5) Overbite および overjet が +1.0 ~ +4.0 mm であること。

6) 矯正歯科治療の既往がないこと。

7) 顎顔面頭蓋形態の異常、およびその既往歴がないこと。

8) Body mass index (以下 BMI とする) が標準範囲内 (18.5 以上 25.0 未満)²¹⁾であること。

なお、被験者の選出は視診、問診によるスクリーニングの後に、口腔内診査、歯列模型、口腔内写真、および顔面写真を参考にして行った。被験者の年齢、身長、体重、BMI の平均値と標準偏差を表 1 に示す。

2. 計測装置

顔面計測は、三次元形状計測装置 (VOXELAN HEV-300 M, 浜野エンジニアリング (株), 川崎) を用いて行った (図 1)。本装置は、約 10 秒で物体の三次元形状を非接触で計測できる。その仕組みの概要は、物体にレーザースリット光を照射し、測定対象表面の凹凸によって生じるレーザースリット光の歪みを 2 台の CCD カメラで撮影し、ここで得られた画像を画像合成装置イメージエンコーダーおよびパーソナルコンピュータを使って処理することにより、物体表面の三次元形状を計測するというものである。出力データは、XY 座標上に Z 方向の高さ情報をもつ Z-map 形式の高さデータ (形状データ)、ならびに XY 座標上に 8 ビットモノクロ輝度情報をもつ輝度データ (テクスチャ) であり、約 76,800 点からなる。測定視野のサイズは縦 296 mm × 横 222 mm であり、測定精度は約 0.5 mm である。計測された顔面データは、制御ソフトウェアにより不要部分およびノイズ部分の削除、欠損部分の穴埋めを行われた後、合成ソフトウェア (Vox 2 Rgl, メディックエンジニアリング (株), 京都) を用いて合成された。なお、合成後の計測データの修正および加工には、三次元形状解析プログラム (3D-Rugle, メディックエンジニアリング (株), 京都, 以

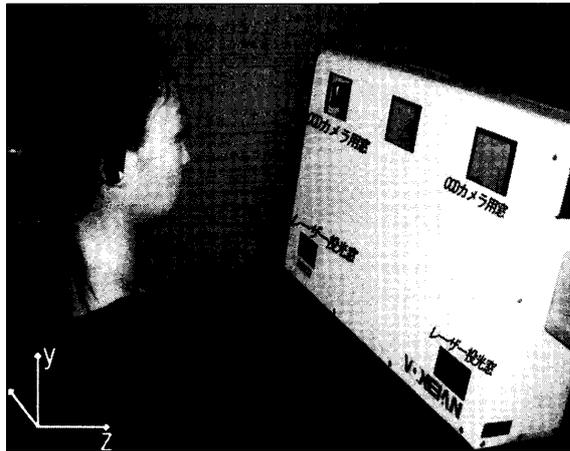


図1 三次元形状計測装置, 座標軸, および計測風景

下 Rugle) を用いた。

3. 顔面計測

まず, 計測頭位の決定の参考とするために, Martin法を基本とし²²⁾オルビターレ(眼窩下縁の最下点, 以下 Or), トラギオン(耳珠軟骨の上縁に接して耳眼面に引いた線と, 耳珠軟骨の前縁に接して前記の線に直角に引いた線との交点, 以下 T)を視診, 触診にて決定し, Or 相当部に化粧用水性着色料(ライニングカラー, 三善, 東京)を用いて直径約 1.0 mm の印を付けた。さらに, 合成樹脂塗料(Spray, アサヒペン, 大阪)を塗布した直径 0.5 mm, 長さ 20.0 mm のステンレススチール製ワイヤー(stainless steel round wires, S. D. S. ORMCO, USA)を, Or と T を通過するように照射したレーザースリット光に沿うように, かつ, 可及的に皮膚表面に適合するように T の前方部に接着し, フランクフルト平面決定の参考とした。その後, 前頭部の計測のためにヘアバンドで被験者の頭髪をまとめ, 椅子に座らせ, 頭部をイヤードで固定し, さらに, フランクフルト平面が床面と平行になるように眼点指示棒ならびに水準器(ミニレベル D 平型, シンワ, 三条)を用いて計測頭位を決定した(図1)。計測中における注意として, 視線を水平に保ち前方を見ること, 軽く咬合すること, 口唇はリラックスすること, 頭部および顔面の各部位を静止させること, 以上を各被験者に指示し計測を行った。なお, 初めの2回の計測は被験者には告げずに練習の計測とし, 3回目以降の計測のなかからデータ欠損の有無やデータの連続性を基準に, 良好な計測が得られたものを各被験者において採用した。そして, 計測前に顔面に付与した Or を示す印, フランクフルト平面を示すワイヤー, および解剖学的形態を参考にして, Rugle によりモニター上に表示されたグリッドを用いてフランクフルト平面と XZ 平面が平行になるように計測データの回転を行い, さらに, 正面観における顔面の輪郭および頭髪の生え際に沿って不要部分を削除した。最後に, すべて

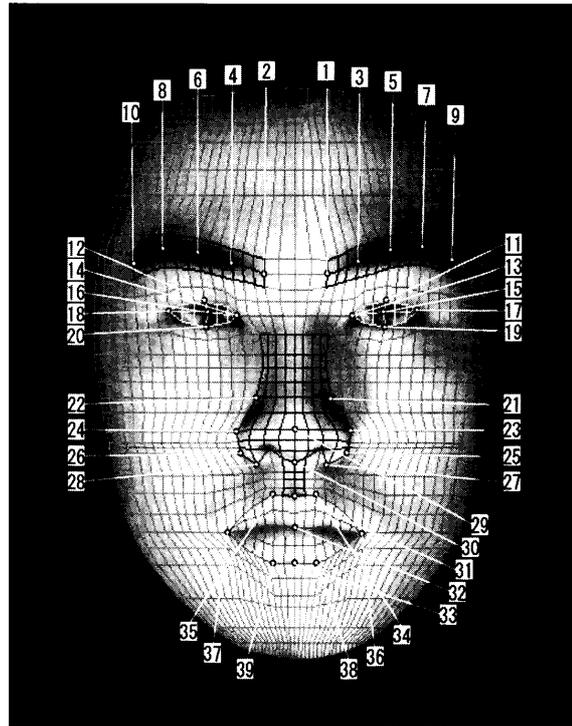


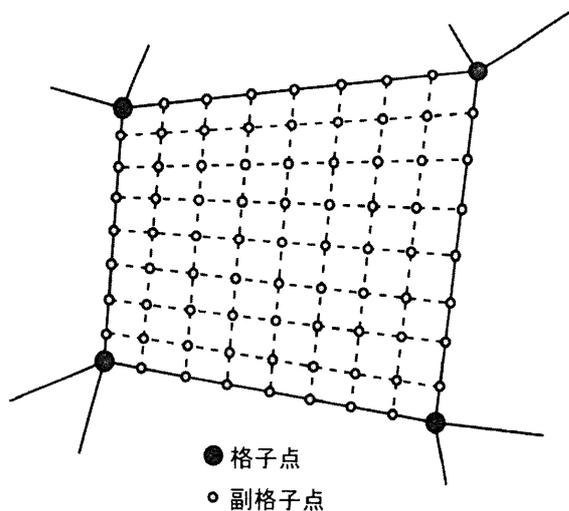
図2 ワイヤーフレームの適合ならびに代表格子点

1, 2: 眉毛の最内側点. 3, 4: 眉毛を4等分する点の内側点. 5, 6: 眉毛の midpoint. 7, 8: 眉毛を4等分する点の外側点. 9, 10: 眉毛の最外側点. 11, 12: 上眼瞼の最上方点. 13, 14: 内眼角点. 15, 16: 瞳孔の midpoint. 17, 18: 外眼角点. 19, 20: 下眼瞼の最下方点. 21, 22: 鼻翼溝の最上方点. 23, 24: 鼻翼溝の最外側点. 25, 26: 鼻翼溝において, 鼻翼溝の最外側点(23, 24)と鼻翼基部(27, 28)との間を2等分する点. 27, 28: 鼻翼基部. 29: 鼻尖点. 30: 鼻下点. 31: 赤唇上縁の正中心点. 32: 口裂の正中心点. 33: 赤唇下縁の正中心点. 34, 35: 赤唇上縁の最上方点(Cupid's bowの頂点). 36, 37: 口角点. 38, 39: 赤唇下縁において, 赤唇上縁の最上方点(Cupid's bowの頂点)(34, 35)の下方に位置する点

の被験者の計測データにおいて, 左右内眼角点間の midpoint が同一座標点になるようにそれぞれ平行移動し, 本研究における資料とした。

II. 平均顔作成方法

Rugle 付属ソフトウェアを用いて, 男女各 26 名の平均顔を作成した。この平均顔作成原理は, 36本の縦軸と 37本の横軸で構成される 1,332個の交点(以下格子点)を有する顔面形状のワイヤーフレームテンプレートモデル(以下ワイヤーフレーム)を, モニター上で各被験者の顔面に適合するように変形させたのち(図2), すべての被験者のワイヤーフレームにおける, 各格子点の X, Y, Z 座標の平均値を左右内眼角点間の midpoint に位置する格子点(以下基準格子点)を中心に算出するというものである。ワイヤーフレームの適合は,



● 格子点
○ 副格子点

図3 格子点間の自動補間

各格子点間のX, Y座標が8等分され、自動補間(副格子点)の位置が決定される。その点におけるX, Y座標に最も近似する点のZ座標が、オリジナルデータから付与される。

まず、ワイヤフレームを自動的に変形させる機能をもつ39の代表格子点(図2)をそれぞれ対応箇所に移動させ、ワイヤフレームの形態を決定して、その後、全体的に均等な格子となるように代表格子点以外の各格子点を移動させて微調整を行った。なお、各格子点のX, Y, Z座標の平均値算出の際に、X, Y座標における8等分線の交点(以下副格子点)が自動補間(図3)されることにより、滑らかな曲面をもつ平均顔面形態が作成される。つまり理論上、基準格子点を中心として、各被験者のすべての格子点および副格子点のX, Y座標の平均値を算出したものに、それぞれ対応するZ座標の平均値(高さデータの平均値および輝度データの平均値)を付与したデータセットが平均顔である。

III. 再現性の検証方法

まず、被験者のなかから無作為に選出された10名(男性5名、女性5名)において、平均顔作成の手順を2度行い、平均顔を2つ作成した。次に、2つの平均顔を基準格子点で重ね合わせ、対応する格子点または副格子点の間の距離を求め、2mm間隔で表示するカラーマップを作成した。なお、カラーマップにおいて、正の符号は1つ目の平均顔の外側に2つ目の平均顔の格子点または副格子点が位置することを示し、負の符号は1つ目の平均顔の内側に2つ目の平均顔の格子点または副格子点が位置することを示す。また、2つの平均顔において、対応するすべての格子点間距離の平均値と標準偏差を算出した。

結 果

作成された男女平均顔の輝度データならびに高さデータを図4に示す。

また、カラーマップを用いた再現性の検証結果を図5に示す。顔面の大部分における距離差は1mm以内(輝度データ)であったが、顔面の輪郭周辺において、1~3mm(緑色、黄色)の距離差が認められた。また、鼻部および上下口唇部の周囲においても、1~3mm(緑色、黄色)の距離差がわずかに認められた。3~5mm(水色、山吹色)の距離差は、顔面の輪郭線に沿ってわずかに見られるのみであり、5mmを超える距離差は確認されなかった。なお、対応するすべての格子点間距離の平均値±標準偏差は、 $0.89\text{ mm} \pm 0.53\text{ mm}$ であった。

考 察

I. 資料ならびに方法について

1. 資料について

1) 被験者

矯正歯科治療における顔面形態の指標を報告する研究は多数存在するが、被験者の選出基準は、正常咬合を有すること^{6,13,14,16,18~20,23,24}、審美的顔貌を有すること^{2,7,10,11,25,26}、およびその両者をともに有すること¹⁶、などさまざまである。正常咬合者の顔貌が常に審美性を有するとは限らない^{4,5,13,14}ため、被験者の選出条件に審美的な基準を組み込むことは妥当であると思われるが、審美性を有しているか否かの判断は、評価者の主観による判定が避けられず^{8,9}、客観性に欠ける。したがって、本研究における選出基準では審美的な基準を設けずに、正常咬合を有することと規定し、古くから矯正歯科治療の指標とされてきた^{1,3,12~15}正常咬合者の顔面形態を把握することに主眼をおいた。なお、被験者を正常咬合者に限定したにもかかわらず、顔面形態に大きな変動が存在する^{2,7,13,14}と予測されたため、その一因となる体格や皮下脂肪による影響^{14,27}を規定する目的で、身長および体重から簡便に算出することができ、さらに体脂肪量と相関が高い²¹とされるBMIによる選出条件を追加した。

2) 計測装置ならびに顔面計測

顔面形態の計測資料の多く^{2,4,7,11,13,14,16}は二次元的な資料であり、三次元的な顔面形態を評価する資料としては不十分である¹⁷と思われる。一方、顔面形態の三次元的な計測を行う方法として、顔面印象法^{3,28}、生体の直接計測法²⁵、モアレトポグラフィ法²⁴、立体写真法²⁹、CT^{30,31}などの多くの方法が用いられてきたが、これらの方法は、精度ならびに再現性の問題、煩雑性、

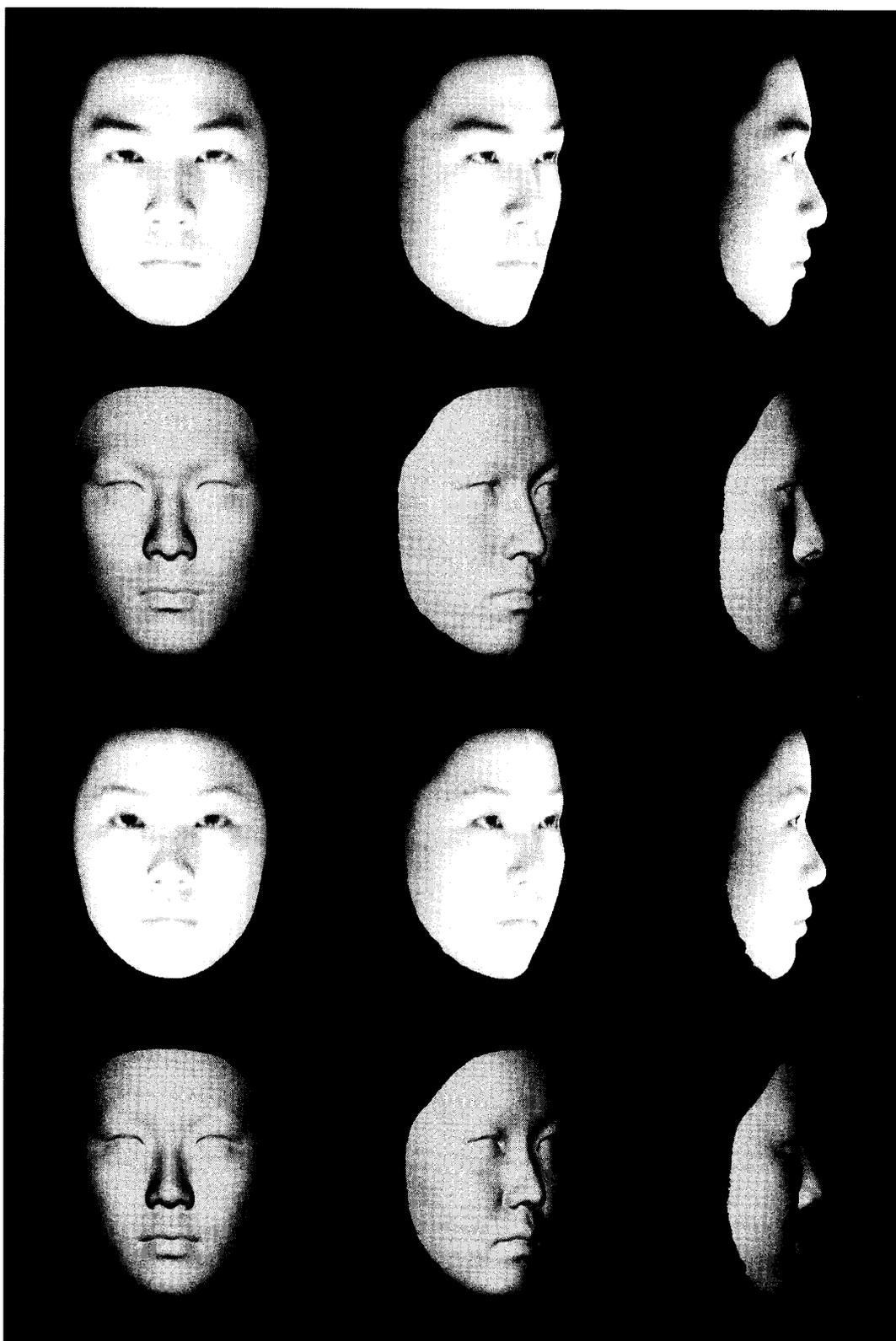


図 4 作成された男女平均顔の輝度データならびに高さデータ
 上段から、男性輝度データ、男性高さデータ、女性輝度データ、女性高さデータ、の順で示す。

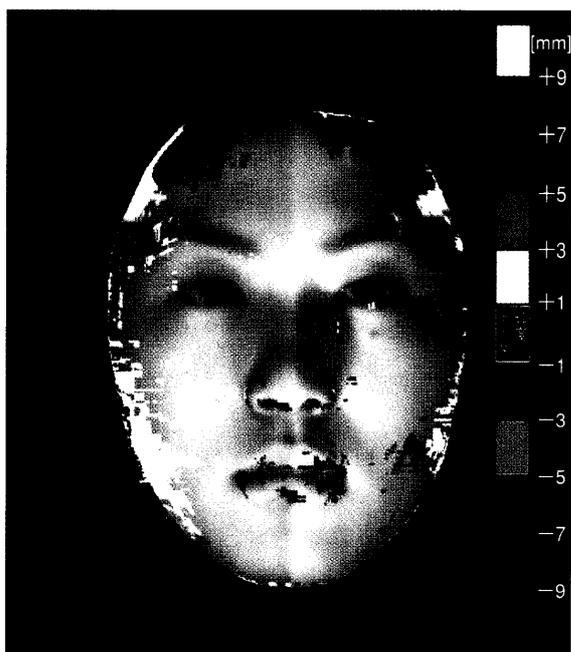


図5 カラーマップを用いた再現性の検証結果
-1~+1 mmの距離差を示す領域は、カラー情報
ではなく輝度データを表示した。

定量データ入手の困難さ、費用対効果の低さ、使用条件の制限、人体への為害性などから広く普及するには至っていない^{10,17,29,32}。それに対して、本研究において採用した三次元形状計測装置は、近年のコンピュータ技術の進歩に伴い、上記の問題を解決しうる方法として広く用いられている^{10,18~20,23,26,32}。

なお、計測の精度ならびに再現性を高めるために、計測と資料の作成は1人の術者によって行われ、レーザースリット光を吸収してしまう傾向がある頭髪部のデータは削除した。また、耳介や頸部などの輪郭より後方のデータに関しても、計測装置からの死角が生じやすく、データ欠損を生む可能性があるため、同様に削除した。

さらに、被験者の計測に対する恐怖心の軽減や慣れを目的に、初めの2回の計測を練習とすることなどの配慮を払った。

2. 平均顔作成方法ならびに再現性の検証方法について

森ら³¹)は、本研究と同様にワイヤースケームを用いた日本人成人男女の三次元的平均顔を作成しているが、CTから得られたデータをもとにしているため、計測時の被曝量の問題が否めず、被験者数に制限を受けている。それに対して、三次元形状計測装置から得られたデータを用いて、三次元的な顔面形態の指標を求める試みは、Ferrarioら^{18,23,26})、Mossら¹⁰)、およびMcCanceら^{19,20})によって報告されている。Ferrarioらの方法は、各被験者の顔面上に定義された特徴点における線計測、角度計測およびそれらの比率の計測に関

する平均値の算出が中心である²⁶)。三次元特有の試みとして、体積¹⁸)や三次元のmesh diagram²³)を求めているが、やはり特徴点同士の直線的位置関係のみを示したデータであり、特徴点間の形態は把握できない^{18~20})。したがって、たとえ三次元的な計測がなされたとしても、特徴点間の分析だけでは、さまざまな曲面を呈する顔面形態の特徴を表現しえない^{25,26})と思われる。一方、MossらならびにMcCanceらは、本研究と同様に三次元的平均顔を作成している。さらに、McCanceらは作成された顔面同士の重ね合わせによる比較も行っている。しかしながら、MossらならびにMcCanceらの研究では、平均顔の算出や重ね合わせによる比較は、顔面上に定義した多数点におけるbest fit法により顔面データ同士を単純に重ね合わせて、それぞれの座標の平均値や差を算出するというものである。そして、頭部の中心付近から顔面上の点データまでの各距離を求める極座標系を採用している。したがって、平均顔の算出ならびに重ね合わせによる比較は、同一座標上に顔面同士の同一部位が位置するとは限らない^{30,33})ため、平均値の算出ならびに重ね合わせによる比較は、同一部位ごとに行っているとはいえない。さらに、個々の顔面の大きさや形態によって正確性が左右されると思われる。それに対して、本研究で採用したワイヤースケームを用いたモーフィング技術による平均顔の作成方法は、同一部位ごとの高さデータならびに輝度データの平均値を算出するものであり、個々の被験者の顔面の大きさも平均化するものである。さらに、再現性の検証で用いた重ね合わせも、対応する同一の格子点または副格子点同士を比較しているため、同一部位ごとの正確な比較が可能となると思われる。

なお、計測ならびに資料の作成と同様に、ワイヤースケームの適合は1人の術者によって行われた。

本法により作成された平均顔や、再現性の検証に用いた格子点間距離およびカラーマップの臨床応用例として、矯正歯科治療における顔面形態の指標としての平均顔と、個々の患者の顔面とを比較することにより、顔面各部位の詳細な症例分析に用いることなどが考えられるが、作成された平均顔の指標としての正当性を検討することが必要となる。

II. 結果について

作成された男女正常咬合者の平均顔(図4)は、輝度ならびに高さの両データにおいて良好な鮮明度を示し、正常咬合者の顔面の平均形態を把握するのに際して、三次元的に有用な情報を与えられる。また、比較的審美性を有した顔面であると思われ、平均顔を作成することにより審美的な顔貌が得られると報告する研究^{34~36})との関連性を明らかにすることが今後の

課題となろう。

カラーマップを用いた再現性の検証(図5)において、顔面の輪郭周囲における比較的広い領域の誤差と、鼻部および上下口唇部におけるわずかな領域の誤差が視覚的に確認された。この分布状況は、Mossら¹⁰⁾ならびに McCanceら^{19,20)}と同様の方法を用いて再現性の検証を行っている McDonaghら³²⁾の結果とほぼ等しいが、先に述べたように平均顔作成方法ならびに重ね合わせ方法が、全く異なることを考慮に入れる必要がある。顔面の輪郭周囲における差は、計測データの不要部分の削除作業における誤差により生じたと思われる。顔面の輪郭および頭髪の生え際の決定は、相当部位をモニター上で拡大し注意深く行ったが、正面観における同部位は急な勾配を示すために誤差が生じたと推測される。さらに、本法による重ね合わせは基準格子点の1点で行っているため、そこから離れた輪郭周囲において誤差が明確となった可能性も考えられる。また、鼻部および上下口唇部も、顔面の輪郭および頭髪の生え際と同様に顔面において急な傾斜を示すため、ワイヤーフレーム適合の誤差が露呈しやすい部位となったと思われる。しかしながら、顔面の大部分においては良好に適合していることや、すべての格子点間距離の平均値により表された誤差は1.0 mm未満であったことから、臨床応用に耐えうると判断した。

結 論

矯正歯科治療における三次元的な顔面形態の指標を得る目的で、成人男女の正常咬合者における平均顔を作成し、その作成方法の再現性を検証した結果、以下の結論が得られた。

1. 本法による平均顔の作成では、輝度ならびに高さの両データにおいて良好な鮮明度を示す男女正常咬合者の三次元的平均顔が作成された。
2. 本法による平均顔の作成に関する再現性の検証では、距離による比較カラーマップによって顔面の大部分における誤差は、1 mm以内に収まることが視覚的に示された。なお、対応するすべての格子点間距離の平均値±標準偏差は、0.89 mm±0.53 mmであった。
3. 以上のことから、本研究で作成された平均顔は、正常咬合者の顔面の平均形態を把握する際に正確な三次元情報を提供し、歯科矯正治療における顔面形態の指標となりうる可能性が示唆された。

稿を終えるに臨み、本研究に多大なご協力を頂いた(株)メディックエンジニアリング谷尻豊寿氏に謹んで感謝の意を表します。また、被験者各位、ならびにご援助くださった矯正学講座、診療科の医局員の各位に厚く御礼申し上げます。

ます。

なお、本論文の一部は、第61回日本矯正歯科学会大会(平成14年10月、名古屋)、第62回日本矯正歯科学会大会(平成15年10月、新潟)において発表した。

文 献

- 1) Angle, E. H. : Treatment of malocclusion of the teeth, 7th ed., Philadelphia, 1907, The S. S. White Dental Manufacturing Co.
- 2) Burstone, C. J. : The integumental profile, Am J Orthod 44 : 1-25, 1958.
- 3) Case, C. S. : A practical treatise on the technics and principles of dental orthopedia and prosthetic correction of cleft palate, Chicago, 1921, C. S. Case.
- 4) Cox, N. H. and van der Linden, F. P. : Facial harmony, Am J Orthod 60 : 175-183, 1971.
- 5) Ricketts, R. M. : Planning treatment on the basis of the facial pattern and an estimate of its growth, Angle Orthod 27 : 14-37, 1957.
- 6) Riedel, R. A. : Esthetics and its relation to orthodontic therapy, Angle Orthod 20 : 168-178, 1950.
- 7) Riedel, R. A. : An analysis of dentofacial relationships, Am J Orthod 43 : 103-119, 1957.
- 8) Mantzikos, T. : Esthetic soft tissue profile preferences among the Japanese population. Am J Orthod Dentofacial Orthop 114 : 1-7, 1998.
- 9) Mew, J. : Suggestions for forecasting and monitoring facial growth, Am J Orthod Dentofacial Orthop 104 : 105-120, 1993.
- 10) Moss, J. P., Linney, A. D. and Lowey, M. N. : The use of three-dimensional techniques in facial esthetics, Semin Orthod 1 : 94-104, 1995.
- 11) Peck, H., and Peck, S. : A concept of facial esthetics, Angle Orthod 40 : 284-318, 1970.
- 12) Downs, W. B. : Variations in facial relationships : Their significance in treatment and prognosis, Am J Orthod 34 : 812-840, 1948.
- 13) Hellman, M. : Some facial features and their orthodontic implication, Am J Orthod Oral Surg 25 : 927-951, 1939.
- 14) Neger, M. : A quantitative method for the evaluation of the soft-tissue facial profile, Am J Orthod 45 : 738-751, 1959.
- 15) Howes, A. E. : A polygon portrayal of coronal and basal arch dimensions in the horizontal plane, Am J Orthod 40 : 811-831, 1954.
- 16) McNamara, J. A., Jr., Brust, E. W. and Riolo,

