

新しい顔面3次元形状評価法の開発 —相同モデル化による顔面形状の特徴を定量化する試み—

九州大学大学院歯学研究院口腔顎顔面病態学講座口腔顎顔面外科学分野

森 悦 秀

Introduction: Recently, “homologous modeling” is frequently adopted as a new quantitative evaluation method of the face on the study field of human morphometry. In this research, three dimensional (3D) models of smile and straight faces from same persons were converted into homologous models and investigated to distinct smile and straight faces by the principal component analysis (PCAs).

Materials and Methods: Twenty-two volunteers (19 males and 3 females, 22 smile and 22 straight faces) who had no medical history cooperated with us for this research. The experimental protocol was approved by the ethics committee of Kyushu University medical campus. Volunteers were photographed to create smile and blank looks by the VECTRA 3D, and each data from them was converted into STL file and redundant regions, e.g. neck, hair and so on, was removed by an editorial software. Nine highly anatomic reproducible landmarks on the surfaces were plotted to trace changes in the expressions. Each homologous model was manufactured to lay over those with a generic face, which was a standard model depending on the 9 landmarks. Then, the PCAs was performed and its components that can distinguish between homologous models of smile and straight faces were searched.

Results: From 1st to 8th components of PCA could estimate over 78% in the all. The 2nd and 6th component showed significant differences between smile and straight faces. Both elements influenced homologous models in raising up or drooping of eyelid and cheilion. But the 2nd component seemed to influence in size of facial contour more.

Discussion: These findings showed that the 6th component of PCA influenced most strongly between smile and straight faces. It was suggested that the homologous models reconstructed by the single component of PCA would be useful to analyze the movement of landmarks’ quantitatively.

1. 緒 言

笑顔は人の印象に大きな影響を与えるため、“良い笑顔”は歯科治療の重要なゴールの一つである¹⁾。これまでの“良い笑顔”に関する研究では、正面からの写真等の材料を用いて解剖学的特徴点の垂直的および水平的距離の変化を、2次元あるいは3次元に計測されてきた²⁾。しかしながら、笑顔は表情筋等複数の構成要素が同時にかつ複雑に変化しており、これを解析するための明確な評価方法は確立されていない³⁾。

筆者の研究室では、これまでに下顎前突患者の笑顔を主成分分析し、性別による違いを報告してきた^{4,5)}。これによりこの解析法は、従来の解析法と比較してより詳細に顔貌の変化を評価できることが示された。近年、人体の3次元計測方法の一つとして、対象物の3次元モデルを相同モデル化して主成分分析を行う方法が開発された⁶⁻⁹⁾。この方法は、主成分分析の結果を視覚的に確認することができ、解析結果を直感的に捉えることができる非常に有用な方法である。



Development of new facial three dimensional evaluation method –Quantitative evaluation of facial morphology by homologous modeling–

Yoshihide Mori

Section of Oral and Maxillofacial Surgery, Division of Maxillofacial Diagnostic and Surgical Sciences, Faculty of Dental Science, Kyushu University

そこで、本研究では顔貌を相同モデル化し、主成分分析法を用いて“笑顔”と“真顔”の違いに関して検討を行った。

2. 方 法

2.1. 対 象

対象は、本研究の実施計画（九州大学医系地区臨床研究倫理委員会承認）を説明し、実施することに同意をした健康成人22名（男性19名、女性3名）とした。平均年齢は、24.8歳（23-28歳）であった。3D画像撮影解析装置（VECTRA H1, Canfield Scientific, Parsippany, NJ）を用いて、“笑顔”と“真顔”の撮影を行った。撮影時は、頭部の固定は行わず、2つの表情は撮影者の指示のもと複数回の練習の後に撮影し、1組の“笑顔”と“真顔”の3次元データを得た。すべての撮影は、1人の撮影者が行った。

2.2. 方 法

3D画像撮影解析装置で撮影した顔面データをもとに、3次元再構築ソフトウェア（Mimics, Materialize, Leuven, Belgium）を用いて3次元画像を作成し、STLデータで保存した。次に、これを相同モデル化支援ソフトウェア（HBM-Rugle, Medic Engineering Corporation, Kyoto）を用いて、画像のトリミングを行った。相同モデル化に必要な解剖学的ランドマークは、これまでの報告を参考に試行錯誤し、最適と考えられた9点を定義した（Fig. 1, Table 1）。また、相同モデル化に必要なプレートデータは、3次元CADソフトウェア（Geomagic Studio 9, 3D Systems,

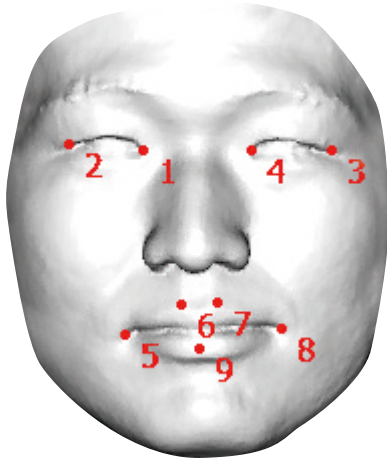


Fig. 1 Position of landmarks

Rock Hill, SC) を使用して顔のテンプレートモデルを生成した。顔面形状を構成する頂点数は 9,695 点であった。相同モデル化とは、テンプレートモデルを個別にスキャンされた顔面データの点群に自動的にフィットさせることであり、テンプレートモデルの頂点は最初に設定した解剖学的ランドマークと一致するように、フィッティングした。この作業を相同モデル化ソフトウェア (HBM, Digital Human Technology, Yokohama) および相同モデル化支援ソフトウェア (HBM-Rugle) を用いて各サンプルについて顔面データの相同モデル化を行った。

22 名、44 個の顔面相同モデルのデータを相同モデル化ソフトウェア (HBM) を用い、形状を構成する頂点の XYZ 座標 (9,695 点) を説明変数にして主成分分析し、“真顔”と“笑顔”の差を JMP5.1.2 (SAS Institute, Cary, NC) を用いて、paired-t 検定あるいは Wilcoxon 順位和検定を用いて分析した。

3. 結果

主成分分析の結果、第 1 主成分の寄与率は 21.6 %、第 1-8 主成分までで累積寄与率は、78 % を超えていた (Table 2)。“笑顔”と“真顔”の判別では、第 2 主成分および第 6 主成分で有意差を認めた (Wilcoxon 順位和検定, $p < 0.05$) (Table 3)。第 2 主成分および第 6 主成分で顔面データを可視化したところ、第 2 主成分は、顔の大きさの成分を含んでおり (Fig. 2)、“笑顔”と“真顔”の違いを主に表しているのは、第 6 主成分であると考えられた (Fig. 3)。第 6 主成分では、“笑顔”は、頬部が盛り上がり、鼻唇溝が深くなり、口角が挙上する違いがあることが明らかとなった (Fig. 3)。一方、第 2 主成分は顔の大きさ (特に垂直方向) 以外に口輪筋の動きを表しているように思われた (Fig. 2)。

4. 考察

本研究の目的である顔面形状の特徴を定量化するにあた

Table 1 Definition of landmarks

Landmarks	Category	Definitions
No. 1,4	Medial canthus	End point of medial canthus
No. 2, 3	Lateral canthus	End point of lateral canthus
No. 5, 8	Cheilion	Lateral commissure
No. 6, 7	Crista philtri	Edge of upper lip at cupid bow
No. 9	Labiale inferius	Midpoint of the lower vermillion line

Table 2 The result of principal component analysis

PCAs	eigenvalue	cumulative contribution ratio (%)
1 st	6339.6	21.67
2 nd	5080.9	39.05
3 rd	3568.6	51.25
4 th	2430.4	59.55
5 th	2015.5	66.44
6 th	1762.1	72.47
7 th	1201.6	76.57
8 th	953.28	78.83

Table 3 The result of principal component analysis between straight face and smile face

PCAs	average of sigenvalue		P value
	smile	straight	
1 st	26.046	18.954	0.0689
2 nd	30.136	14.864	<0.0001*
3 rd	26.136	18.864	0.0620
4 th	24.772	20.227	0.2453
5 th	25.136	19.864	0.1771
6 th	27.046	17.954	0.0195*
7 th	24.727	20.272	0.2549
8 th	24.500	20.500	0.3072

り、様々なパラメーターの関与が予想される。研究の第一歩として客観的に判別できる形状を明確にすることが必要であるため、同一人物の表情変化すなわち“笑顔”と“真顔”を解析することが有用と考えた。

スマイルはコミュニケーションを円滑に行う上で大きな影響を及ぼすといわれている。そのため、筆者のように顎顔面領域の治療を行う歯科医師にとって、“良い笑顔”を獲得させることは治療のゴールを設定する上で重要な因子の 1 つである。これまで“笑顔”に関する研究では、写真などを用いて 2 次元的に評価する方法や、模型や 3 次元画像を用いて 3 次元的に評価する方法が用いられてきた。しかしながら、3 次元的な評価であっても、解剖学的特徴点の距離や角度を計測して評価する方法が主流であり、複雑な形

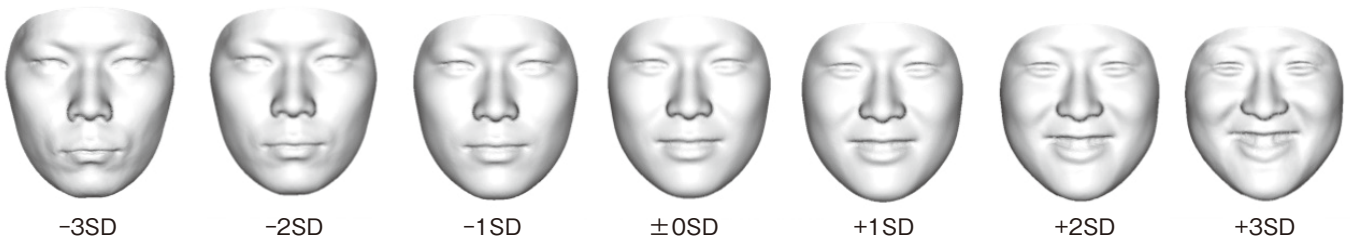


Fig. 2 Virtual shapes constructed by the 2nd component

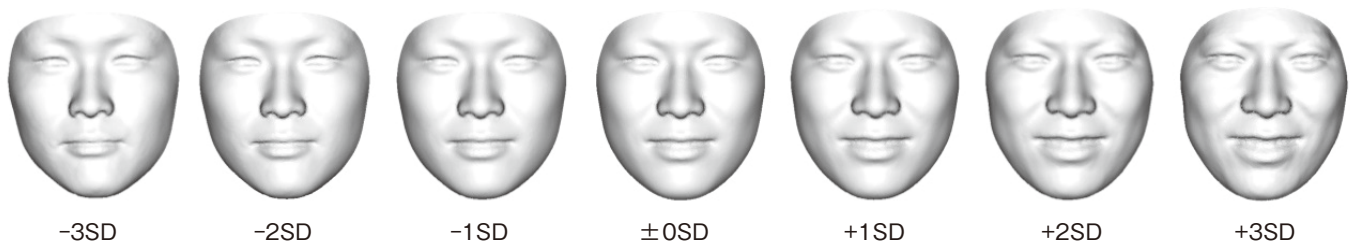


Fig. 3 Virtual shapes constructed by the 6th component

状を複合的かつ定量的に評価することは困難であった。近年、相同モデル化という概念が確立された。相同モデル化とは、人体形状データの統計処理を可能にするために、すべての個人の人体形状を解剖学的に対応づけられた同一頂点数、同一位相幾何構造のポリゴンで表現することであり、本技術は足、体型の計測やメガネフレーム作製などの産業技術の分野で用いられている^{6, 8, 9)}。筆者は、これまでにこの方法を用いて“笑顔”時の口唇の変化に関して主成分分析法を用いて検討し、口唇の動きは男女差があることを明らかにした⁵⁾。主成分分析法はデータ群の分散の大きな軸(主成分)を順に見つけていく解析法であり、データの特徴を解析するのに有用な方法である。しかし、筆者らが解析を始めた時点ではテンプレートデータの作成が難しく、口唇等の限局的な変化を評価することはできるものの、顔貌すべてを評価することは困難であった。

その後相同モデル化の技術は進歩し、テンプレートを free form deformation法を用いて、対象の物体形状に対応するように自動的に変形させる方法が開発され⁷⁾、Inoueらはこの方法を用いて、下顎骨の形状を詳細に評価する方法を確立した¹⁰⁾。この方法の利点は相同モデルを統計処理することによって、平均形状、分布の端に位置する個別の仮想形状等も計算し合成することができることである。このため、形状の違いを視覚的に捉えることが可能で、評価結果を可視化できる。これにより、様々な変化が複雑に生じていても、少しずつ変化させて可視化することにより主成分が示すデータの傾向を総合的に判断することができる。この方法を用いることにより、第6主成分が示す“笑顔”では、“真顔”と比較して口角が挙上するだけで

なく、同時に頬部の膨らみや、同時に鼻唇溝が深くなることが明らかとなった (Fig. 3)。すなわち、この手法を用いることにより、“真顔”から“笑顔”に変化する際の複合的な変化を定量的に評価することが可能であったと考えられる。一方、第2主成分が示す顔面の変化を観察すると、+3SDでは“笑顔”のように見えるが、-3SDでは口唇周囲が緊張し、“真顔”ではなく“緊張した顔”のように見える。±0SDが“真顔”に近いと判断し、顔面高の増大も見られたことから第6主成分が“笑顔”と“真顔”を判断する成分と判断した (Fig. 2, 3)。

今回表示した顔面データ (Fig. 2, 3) は被験者のデータすべてを用いて作成した平均顔であるが、それぞれ個々の顔面データの加工も可能であり、今後この手法を用いれば個々にあった笑顔を予測することが可能となり、われわれ歯科医師にとっては治療のゴールの設定の一助になると考えられる。また、精神的なトラウマなどの理由により“いい笑顔”を作ることができなくなった患者などの治療に用いることができるのではないかと考えている。本方法の用途はこれに止まらず、様々な顔面形状の解析に利用可能だけでなく、テクスチャマッピングを用いて各頂点の色情報を付与すれば化粧法の解析などにも応用できるのではと推測している。

5. まとめ

今回、われわれは顔面形状の特徴を定量化するために、“相同モデル化”を用いて主成分分析を行うことにより良好な結果を得た。

謝 辞

稿を終えるに当たり、本研究に助成を頂いた公益財団法人コスメトロジー研究振興財団に感謝致します。

研究計画の立案と実施に際し、ご支援いただいた九州大学大学院歯学研究院 口腔顎顔面病態学講座 口腔顎顔面外科学分野 山田朋弘准教授ならびに九州大学病院 顔面口腔外科 中野旬之講師に深謝致します。また、研究実施にご協力頂いた九州大学大学院歯学府 口腔顎顔面病態学講座 口腔顎顔面外科学分野 安田光祐学士に感謝致します。

(引用文献)

- 1) Shafiee R, Korn EL, Pearson H, et al. Evaluation of facial attractiveness from end of treatment facial photographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 133, 500-508, 2008.
- 2) Janson G, Branco NC, Fernandes TMF, et al. Influence of orthodontic treatment, middle position, buccal corridor and smile arc on smile attractiveness. *Angle Orthod* 81; 155-163, 2011.
- 3) Schabel BJ, Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr. Subjective vs objective evaluations of smile esthetic. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 135; S72-S79, 2009.
- 4) Mishima K, Nakano A, Umeda H, Shiraishi R, Ueyama Y. Gender differences in posed smiles using principal component analysis. *J Craniofac Surg* 43 (1): 144-148, 2015.
- 5) Mishima K, Shiraishi R, Kawai Y, Umeda H, Nakano H, Ueyama Y. Characteristics of Posed Smiles for Class 3 Female Patients Before and After Osteotomy Using Principal Component Analysis. *J Craniofac Surg* 27 (7) : 1754-1758, 2016.
- 6) Mochimaru M, Kouchi M, and Dohi M. Analysis of foot forms using the FFD method and its application in grading shoe lasts. *Ergonomics* 1999; 43: 1301-1313.
- 7) Kouchi M, Mochimaru M. Inter-individual variations in intra-individual shape change patterns. *SAE Digital Human Modeling for Design and Engineering Conference* 2006; 2006-01-2353.
- 8) Mochimaru M, Kouchi M. Statistics for 3D human body forms. *SAE Digital Human Modeling for Design and Engineering Conference* 2000; 2000-01-2149.
- 9) Kouchi M, Mochimaru M. Simulation of the body shape after weight change for health-care services. In: Duffy VG, ed. *Advances in Applied Digital Human Modeling*. Indiana: CRC Press, 2010: 217-222.
- 10) Inoue K, Nakano H, Sumida T, et al. A novel measurement method for the morphology of the mandibular ramus using homologous modeling. *Dentmaxillofac Radiol* 44(8); doi:10.1259/dmfr.20150062, 2015.