

歯科矯正学における画像処理研究と臨床

寺田 員人 1), 稲見 佳大 2), 中川 公貴 2), 山崎 幸一 2), 花田 晃治 2)

1) 新潟大学 歯学部附属病院 特殊歯科総合治療部

2) 新潟大学大学院医歯学総合研究科咬合制御学分野

〒951-8514 新潟市学校町通り 2 - 5 2 7 4

E-mail : tera@dent.niigata-u.ac.jp

あらまし

歯科矯正治療によって、歯と歯槽骨の位置ならびに形態が変化し、その上にある軟組織も変化し、側貌、正貌、特に口元が変化し、表情も豊かになる。

歯科矯正治療前後の形態変化とその表情変化を調べている。また、外科的矯正治療後の形態変化について非接触型三次元表面形状計測装置を用いて研究している。これらのデータに診療で用いる、レントゲン写真、顔面・口腔内写真、歯列模型などの各種データを加えて治療後の3次元予測顔貌の開発を行っている。

Image Processing and Clinical Research in Orthodontics

Kazuto TERADA 1) , Yoshihiro INAMI 2) , Kouki NAKAGAWA 2) ,

Koichi YAMAZAKI 2) , Kooji HANADA 2)

1) Polyclinic Intensive Oral Care Unit, Niigata University Dental Hospital

2) Division of Orthodontics, Niigata University

Graduate School of Medical and Dental Sciences

2 Ban-cho, Gakkocho-dori, Niigata, 951-8514

E-mail : tera@dent.niigata-u.ac.jp

Abstract

Facial appearance is usually improved after orthodontic treatment and the effect of this are examined using average facial images. The changes on the surface of the face are examined after orthodontic treatment in combination with orthognathic surgery using optical surface scanner. The form of the lip and nose changed and the facial expressions became rich after orthodontics and those who underwent orthognathic surgery. The algorithm of the prediction of the face after the orthodontic treatment is developed and its accuracy is improved by repeating examination, prediction, treatment and evaluation.

1. はじめに

歯科矯正治療の目的は、歯列と咬合の異常によって引き起こされた障害を取り除き、今後生じるであろう障害を予防することにある。障害として考えられる主なものは、う蝕、歯周疾患、顎関節症、歯の脱臼・脱落、咀嚼能率の低下、発音障害、顎骨の偏位、審美性の低下などである。

歯科矯正治療により歯と歯を支持している歯槽骨の位置ならびに形態を変えることによって軟組織（皮膚や筋肉など）が変化する。ここで言う歯科矯正治療は、永久歯列の咬合を確立するためのマルチブラケット装置（エッジワイズ法）による治療である。

歯科矯正治療前後に撮影したセファログラム写真から硬組織と軟組織をトレースして、トルコ鞍の midpoint（原点）と nasion を結ぶ線を基準にして重ね合わせることによって歯科矯正治療による変化を知ることができる（図1）。この上顎前突の症例では、上顎前歯が舌側に移動し、また下顎骨が前方に成長した。それに伴って上唇がわずかに舌側に入り、オトガイが前方に出たことで上顎前突が改善された。このように、歯科矯正治療により歯ならびに顎骨の位置や形態が変化することにより、軟組織であるプロファイルが変化する。この側面顔での変化は、上顎前歯の後退量を1とすると口唇の後退量は0.6~0.9と報告されている[1]~[3]。また、上顎前突においては、歯科矯正治療前では口唇閉鎖時の筋の緊張により下唇部の凹凸が少なく、歯科矯正治療後、口唇閉鎖時の筋の緊張が和らぎ口唇の厚さ部分が薄く、薄い部分が厚く、厚みが均一の方向に変化する傾向がある[4]。図2は上顎前突症の治療前後において、側面セファログラムで調べた皮膚面から歯と骨までの最短距離の結果である。口唇の外形が歯と骨の外形に近

くなっていることが示された[5]。歯ならびに歯槽骨の外形が矯正治療後の口唇の外形を予測する上で参考になっている。さらに、歯科矯正治療によって、側面顔が変化するのと同時に正面顔も変化する[6]。

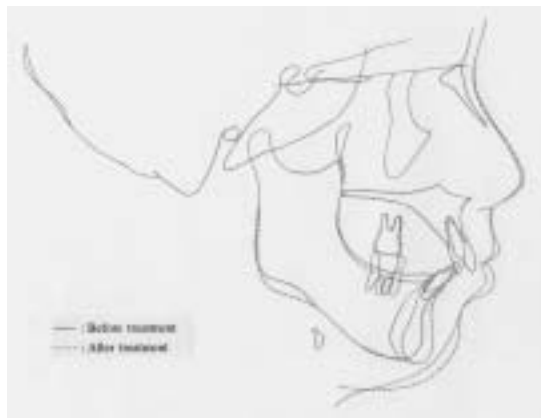


図1 歯科矯正治療前後のセファログラムトレースの重ね合わせ(1症例の結果)

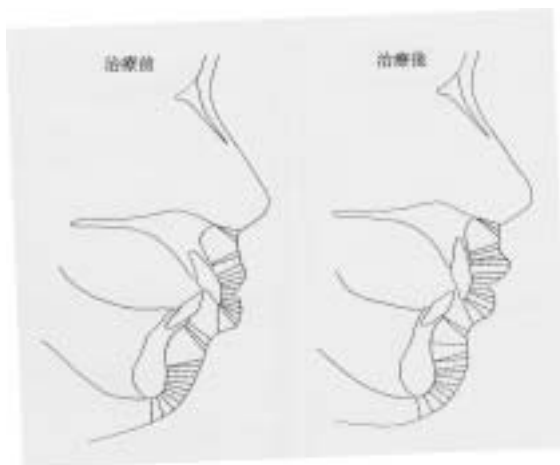


図2 皮膚表面から歯・骨までの最短距離となる点の表示(左:治療前、右:治療後)

2. 2次元平均顔の利用

咬合異常別に平均顔が形態的特徴を表出しているかを調べることを行った。

歯科矯正治療前後で撮影している顔面写真は、撮影用カメラから被写体を固定するイヤ

ーロッドまでの距離を 150cm に設定、撮影用装置に被験者を安静な状態で椅子に座らせ、イヤールードで外耳道を固定し、被験者の Frankrot 平面が床面と水平となるように頭位を設定し、150mm のレンズを装着した撮影用カメラを用い、撮影用カメラの左右方向上方約 60cm に固定したストロボを同調させ、35mm リバーサルフィルム ISO100 にて撮影している。写真は過度に緊張していない表情をした正面顔である。

歯科矯正治療前後で撮影した正面顔写真から、この研究の趣旨を理解し、研究協力の承諾が得られた患者の中から、叢生を有し矯正治療を行った成人女性患者、上顎前突症を有し矯正治療を行った女性患者、外科的矯正治療を行った顎変形症有する女性患者、各 5 名を選択して 3 群を作成した。この 3 群を構成する各患者の矯正治療前後に撮影した正面顔写真から平均顔画像を作成した（図 3）。

1) 平均顔の定量的、定性的特徴

平均顔の特性を調べるために、生体計測で行う計測項目を正面写真に当てはめて、元の正面顔写真、平均顔写真、それぞれを計測した。その結果、平均顔写真における計測値は、元の正面顔写真の平均値 ± 標準偏差内にあった。

定性的特徴となる咬合異常の持つ特有の口元、筋の緊張状態、赤唇部の形態の特徴が表出されていた。

2) 平均顔から作成した表情合成

歯科矯正治療前後で表情がどのように変化し、認識されるか平均顔画像を用いて調べることを行った。

上述した使用した平均顔から 6 表情を作成した。この画像に対する表情評価を矯正科医局員、美術学部学生、中国人歯科医師が行った。その結果が表 1 である。喜び、悲しみ、

嫌悪、恐れ、怒りの表情は、歯科矯正治療後の顔を選択する人が多かった。特に、喜びの表情は、半数以上の人の上顎前突症を有した患者の治療後の表情を選んだ。恐れについては個人の顔画像を用いた結果と類似していた[7]。驚きの表情、怒りの表情、悲しみの表情は、評価した群間で有意差を持っていた。



図 3 矯正治療前後の平均顔

a: 叢生を有した女性患者 5 名の矯正治療前の平均顔, b: 叢生を有した女性患者 5 名の矯正治療後の平均顔, c: 上顎前突を有した女性患者 5 名の矯正治療前の平均顔, d: 上顎前突を有した女性患者 5 名の矯正治療後の平均顔, e: 骨格性下顎前突を有した女性患者 5 名の外科的矯正治療前の平均顔, f: 骨格性下顎前突を有した女性患者 5 名の外科的矯正治療前の平均顔

表 1 最も印象が強いと感じた顔画像
名(%)

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	計
驚きの表情	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	計
矯正科医局員	4 (10)	2 (5)	23 (55)	8 (20)	2 (5)	2 (5)	41 (100)
美容学部学生	5 (9)	4 (7)	25 (43)	6 (11)	3 (5)	14 (25)	57 (100)
中国人歯科医	11 (28)	3 (8)	15 (36)	5 (13)	4 (10)	2 (5)	40 (100)
計	20 (14)	9 (6)	63 (47)	19 (14)	9 (6)	18 (13)	138 (100)
恐れ	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	計
矯正科医局員	16 (39)	16 (39)	2 (5)	1 (2)	1 (2)	5 (13)	41 (100)
美容学部学生	15 (26)	30 (52)	4 (7)	1 (2)	2 (3)	6 (10)	58 (100)
中国人歯科医	8 (21)	21 (53)	0 (0)	5 (13)	2 (5)	3 (8)	39 (100)
計	39 (28)	67 (49)	6 (4)	7 (5)	5 (4)	14 (10)	138 (100)
嫌悪	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	計
矯正科医局員	4 (10)	9 (22)	0 (0)	7 (17)	5 (12)	16 (39)	41 (100)
美容学部学生	7 (12)	20 (35)	0 (0)	7 (12)	10 (17)	14 (24)	58 (100)
中国人歯科医	3 (8)	13 (32)	0 (0)	5 (13)	7 (18)	12 (29)	40 (100)
計	14 (10)	42 (30)	0 (0)	19 (14)	22 (16)	42 (30)	139 (100)
怒り	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	計
矯正科医局員	3 (7)	0 (0)	12 (29)	8 (20)	10 (24)	8 (20)	41 (100)
美容学部学生	6 (10)	7 (12)	8 (14)	11 (19)	10 (17)	16 (28)	58 (100)
中国人歯科医	3 (8)	5 (12)	7 (17)	3 (8)	20 (50)	2 (5)	40 (100)
計	12 (9)	12 (9)	27 (19)	22 (16)	40 (28)	26 (19)	139 (100)
喜び	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	計
矯正科医局員	6 (15)	7 (17)	4 (10)	22 (54)	1 (2)	1 (2)	41 (100)
美容学部学生	6 (10)	9 (16)	5 (9)	32 (54)	1 (2)	5 (9)	58 (100)
中国人歯科医	3 (8)	9 (22)	3 (8)	21 (51)	3 (8)	1 (3)	40 (100)
計	15 (11)	25 (18)	12 (9)	75 (58)	5 (4)	7 (5)	139 (100)
悲しみ	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	計
矯正科医局員	6 (15)	25 (61)	2 (5)	0 (0)	3 (7)	5 (12)	41 (100)
美容学部学生	10 (17)	29 (50)	1 (2)	1 (2)	7 (12)	10 (17)	58 (100)
中国人歯科医	4 (11)	17 (44)	5 (13)	5 (13)	4 (11)	3 (8)	38 (100)
計	20 (15)	71 (51)	8 (6)	6 (5)	14 (10)	18 (13)	137 (100)

a: 叢生を有した女性患者 5 名の矯正治療前の平均顔, b: 叢生を有した女性患者 5 名の矯正治療後の平均顔, c: 上顎前突を有した女性患者 5 名の矯正治療前の平均顔, d: 上顎前突を有した女性患者 5 名の矯正治療後の平均顔, e: 骨格性下顎前突を有した女性患者 5 名の外科的矯正治療前の平均顔, f: 骨格性下顎前突を有した女性患者 5 名の外科的矯正治療後の平均顔

平均顔を用いることで、個人のプライバシー保護して、形態的特徴を表出できる利点を有している。

一方、作成した二次元平均顔は、同一条件で撮影しているために、形態的特徴によって生じる明暗は、一定の傾向があり、平均されることで強調され、定性的部分として表出されていると考える。しかし、動的な状態としては、現実との違いがでてしまう。すなわち、表情表出時の筋肉の作用による表面の陥凹である。図 4 は 2 次元平均顔画像から作成した画像である。一方、図 5 は骨格性下顎前突を有する患者の治療前後に撮影した笑顔の平均顔である。



図 4 骨格性下顎前突症を有する患者の正面顔から作成した笑顔
左: 治療前, 右: 治療後



図 5 骨格性下顎前突を有する患者の笑顔をした時の平均顔
左: 治療前, 右: 治療後

表情表出時の頬部のふくらみ、口唇部のしわの違いが明瞭である。これは、筋肉、骨の形態による影響である。このほかに、歯の

情報も大きく影響する。これらの情報が与えられるとより近い3次元画像となると考える。

3. 3次元非接触型表面形状装置の臨床応用
主に顎変形症を有する患者に対して治療前後、手術前後の顔面形状を三次元非接触型表面形状計測装置(VIVID 700、ミノルタ社製)と三次元解析ソフト(3D-Rugle、メディックエンジニアリング社製)にて、その変化の様相を知るために測定している。

計測に当たって、図6に示すような頭部固定装置を用いて被験者の頭部を固定すると同時に、被験者と計測装置との位置関係を一定にしている。具体的には、非接触型三次元表面形状計測装置から頭部固定装置のイヤードまでの距離を100cmに設定し、図6に示すように被験者を椅子に座った状態で、左右の耳孔にイヤードを挿入した状態で前方を向き、Frankfrot平面が床面と平行となるように設定している。



図6 顔面計測用3次元非接触型表面形状計測装置
A：装置の全体像、B：頭部固定装置

臨床研究例として外科的矯正治療を行った患者について、治療前後の変化を治療による影響が少ない glabella 付近で、治療前後で計測した3次元データを重ね合わせて、水平面、

垂直平面を設定して調べた。水平面は、Frankfrot平面と平行で、術前の右側外眼角を通る平面と右側鼻翼最外側点である alare を通る平面を設定し、10等分する平面と、その間隔で右側 alare の下方に5水平面を設定した。垂直面については、Frankfrot平面と垂直で、左右側それぞれについて、外眼角点を通る垂直面の alare を通る垂直面との間を6等分する垂直面と左右の alare 間を4等分する垂直面と中点を通る垂直面を設定した(図7)。

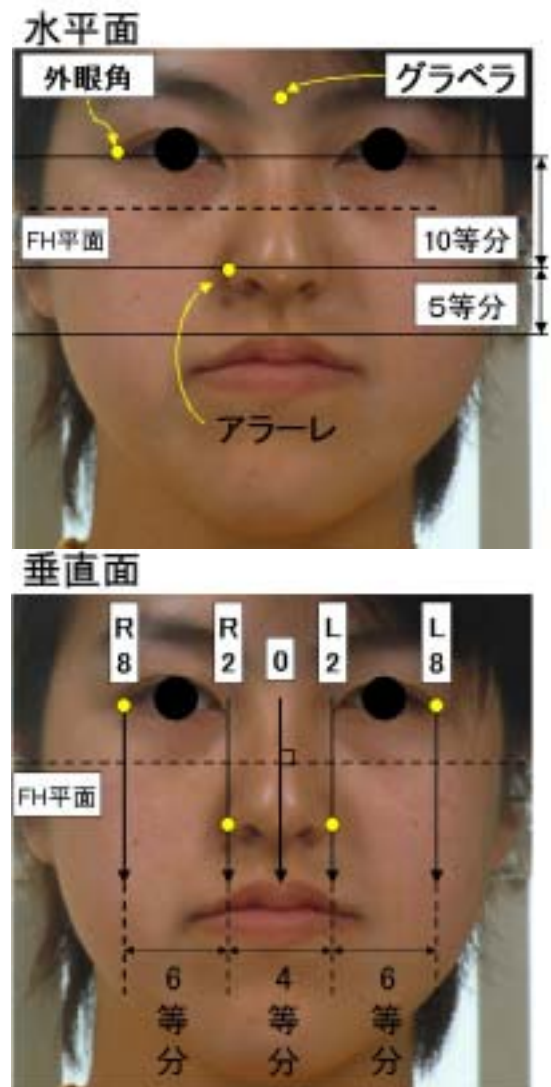


図7 治療前後の3次元変化を計測するために設定した平面

骨格性下顎前突症を有する患者において、上顎骨の前方移動と下顎骨の後方移動を行った患者で、手術前と手術後6か月以上経過した時点で計測した3次元データを用いて上唇より上方の表面形状を調べた。その結果、上顎骨の前方移動により鼻部の中央部分より下方が前方に移動していた。鼻尖部が上前方に移動していた(図8)。

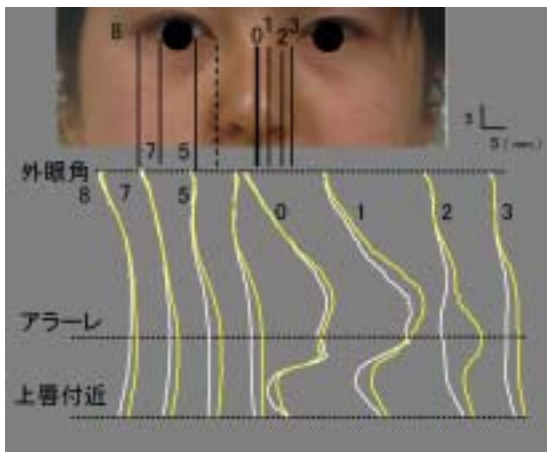
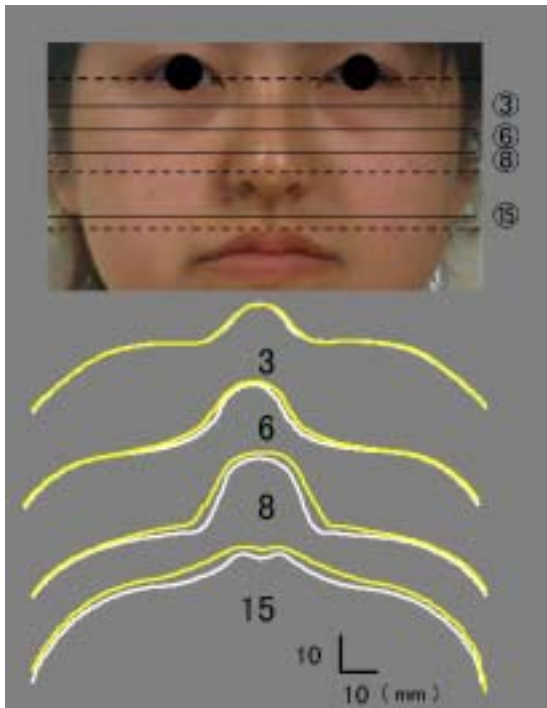


図8 顎矯正手術により上顎骨を前方移動したとき、水平面、垂直面上の変化

また、3次元解析ソフトを用いて骨格性下顎前突症を有し、上顎骨の前方移動と下顎骨の後方移動を行った患者5名の治療前後で計測した3次元データから3次元平均顔を作成した(図9)。さらに、この3次元平均顔データを重ね合わせて2面間の距離を色分けした結果が図10である。

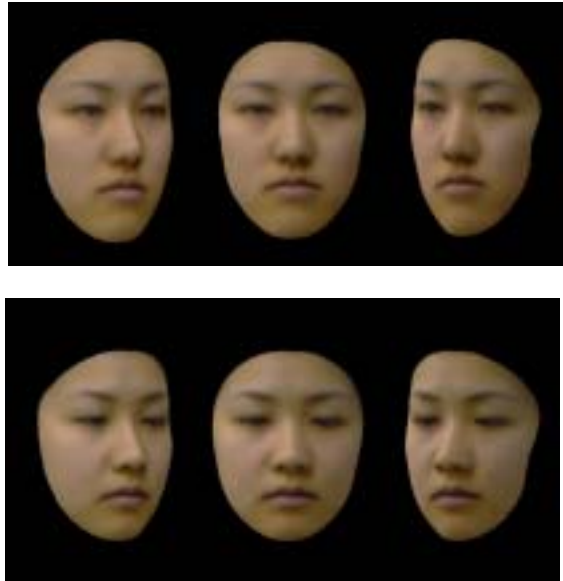


図9 外科的矯正治療前後の患者5名から作成した3次元平均顔
上：治療前、下：治療後

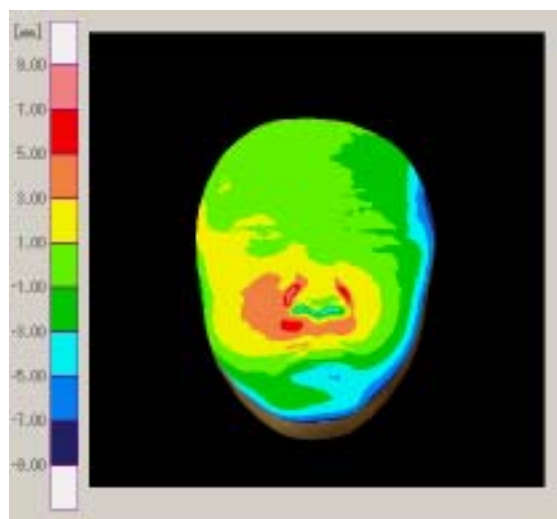


図10 治療前後の3次元平均顔の面間距離

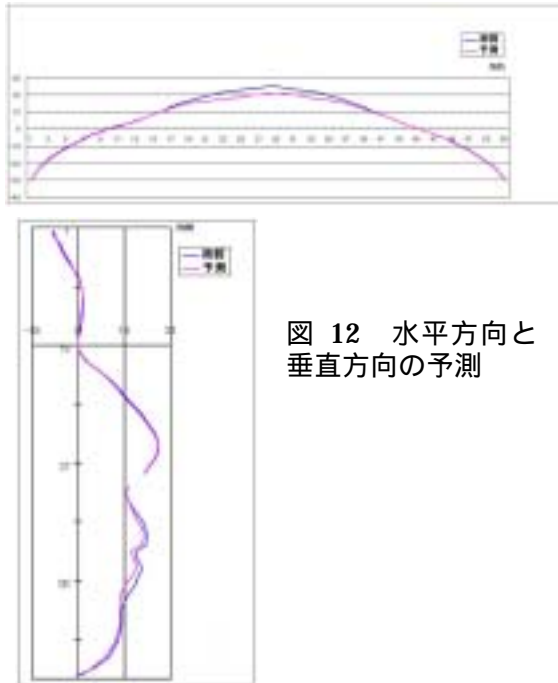


図 12 水平方向と垂直方向の予測

5. まとめ

歯科矯正治療によって、歯ならびに歯槽骨の位置ならびに形態が変化する。その上にある軟組織も変化し、側貌、正貌、特に口元が変化する。その変化について、顔面規格写真、レントゲン写真（正面・側面セファログラム）、口腔内模型、歯列模型などから診断・治療方針の決定、治療後の予測、治療評価を行っている。画像処理は、治療の評価、治療の効果、治療予測などを行う際に有効な役割を担っている。

6. 参考文献

[1] 伊藤敬一，日本人成人女性上顎前突者の側貌形態とその歯科矯正治療に伴う変化に関する研究，日矯歯誌 27：23-45，1968．

[2] 柘倉真由美，矯正治療の前後における側貌の変化に関する研究，歯科学報 95：53-93，1995．

[3] 石井一裕，森田修一，阿部裕子，他，成長期上顎前突者の矯正治療による Stomion-U1 の変化，日矯歯誌 53：675-682，1994．

[4] 与五沢文夫，頭部 X 線規格写真による側貌における硬組織と軟組織との関連性について，日矯歯誌，28：33-60，1969．

[5] 寺田員人，山添清文，花田晃治，矯正治療による口唇の変化，顎顔面バイオメカ 13：23-25，1997．

[6] 寺田員人，花田晃治，歯科矯正治療による正面顔の変化に関する研究，美術解剖学雑誌 4：29-35，1998．

[7] 寺田員人，宮永美知代，森島繁生，花田晃治，コンピュータグラフィックスを用いた矯正治療による表情変化，歯科審美 12：37-51，1999．

[8] 中川公貴，寺田員人，稲見佳大，他，非接触型顔面三次元表面形状計測装置の計測特性に関する検討，新潟歯学会誌 31：147-152，2001．

[9] Coombes, A. M., Moss, J. P., Linney, A. D. et.al., A mathematical method for the comparison of three-dimensional changes in the facial surface, European Journal of Orthodontics, Vol. 13, pp.95-110, 1991.