

原 著

マルチブラケット装置装着前後の顔軟組織形態の三次元的変化

平 岡 紗世子¹⁾ 向 井 陽 祐¹⁾ 川 端 淳 司¹⁾ 勝 又 明 敏²⁾
藤 下 昌 己²⁾ 北 井 則 行¹⁾

Three-Dimensional Changes in Facial Soft Tissue
Before and After Bonding Brackets

HIRAOKA SAYOKO¹⁾, MUKAI YOUSUKE¹⁾, KAWABATA ATSUSHI¹⁾, KATSUMATA AKITOSHI²⁾,
FUJISHITA MASAMI²⁾ and KITAI NORIYUKI¹⁾

本研究の目的は、ブラケットを装着した前後で口唇周囲の顔軟組織形態を調べ、その三次元的変化について検討することにある。健康成人10名の顔軟組織上に、セファロ分析に準じた基準点（Na, 左右Po, 左右Or）へマーカーを貼付した。その後、上下顎前歯部12本の唇側歯面にブラケットを装着し、装着前後での安静時、口唇閉鎖時、スマイル時の顔軟組織画像を非接触型三次元表面計測装置（Danae 100SP, NEC エンジニアリング, 東京）を用いて撮影し、撮影した顔画像データを三次元画像計測ソフトウェアを用いて計測した。座標系を設定後、人類学的計測点に準じた計測点（上唇点, 下唇点, 左右口角点）の三次元位置座標を求め、ブラケット装着前後の安静時, スマイル時, 口唇閉鎖時における各計測点の座標の変化を検討した。ブラケット装着により安静時では下唇が下がることがわかった。また、ブラケット装着前後の比較では、スマイル時に装着前より装着後に上唇が上がるが、下唇には上下方向の有意差が認められなかった。口角点においては、ブラケット装着前後で有意差が認められなかった。ブラケット装着により、安静時では下唇が下がって口唇が閉じにくくなり、スマイル時では上下方向へのスマイルの大きさに影響を与えるが、側方方向へのスマイルの大きさには差が認められないことが明らかになった。

キーワード：顔軟組織形態, 三次元的変化, ブラケット

The purpose of this study was to examine the three-dimensional (3D) changes in facial soft tissue around the lips before and after bonding brackets. The subjects of this study consisted of 10 healthy adults. Anatomical landmarks of the face were defined based on cephalometric analysis (Nasion, Orbitale and Porion). Markers were attached to the landmarks on the faces of the subjects. Surface images of the facial soft tissue were recorded using a non-contact 3D image scanner (Danae, 100SP, NEC Engineering, Tokyo) at rest, while smiling, and with closed lips. The image data were analyzed using 3D image analyzing software. The 3D coordinates of measurement points (labrale superius, labrale inferius, and right and left chelion) were identified in accordance with anthropometric standards. We examined changes in the coordinates of each measurement point at rest, while smiling and with closed lips before and after bonding brackets. The lower lip moved inferiorly after bonding brackets in the rest position. The upper lip moved superiorly while smiling after bonding, compared with data before bonding. However, there was no significant difference in the vertical position of the lower lip. There was no significant difference in the corners of the mouth before and after bonding brackets. The results suggest as follows: the lower lip is inferiorly positioned at rest and it is difficult to close the lips because of bonding brackets. While smiling, bonding brackets have an influence on the vertical size of the smile.

¹⁾朝日大学歯学部口腔構造機能発育学講座歯科矯正学分野
²⁾朝日大学歯学部口腔病態医療学講座歯科放射線学分野
501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851

¹⁾Department of Orthodontics, Division of Oral Structure, Function and Development

²⁾Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Division of Oral Pathogenesis and Disease Control
Asahi University School of Dentistry
Hozumi 1851, Mizuho, Gifu 501-0296, Japan
(平成23年8月25日受理)

緒 言

矯正歯科臨床において、診断・治療計画の立案・治療方針の決定・治療結果の評価など、さまざまな治療の段階で顔面形態を評価する必要がある。顔面形態の評価については、従来、頭部 X 線規格写真（以下、セファロ写真と記す）を用いた二次元的な硬組織の評価が主流であった¹⁻⁵。また、近年ではコンピュータ断層法（以下、CT と記す）の普及により、三次元的な評価が可能になってきた⁶⁻¹¹。CT を用いて行われる硬組織の三次元顎顔面形態の評価は、セファロ分析に準じた基準平面を設定し、分析方法の規格化が進んでいる⁹。

一方、軟組織に関しては、治療計画の立案・治療結果の評価などのために、顔面規格写真などの二次元の資料が主に用いられてきた¹⁻⁵。また、セファロ写真を用いて治療前後の顔軟組織の変化を比較した報告もなされている¹⁻⁵が、これらは側貌だけの評価であるため、軟組織形態の把握は限定的であった。近年、顔貌の改善を主訴とした患者が増加しており、そのような主訴のために外科的矯正治療の適応となった患者では、治療前後の顔軟組織形態の三次元的変化を分析することは急務であると考えられ、これまでも三次元表面形状計測装置を用いた報告が多くなされてきた¹²⁻¹⁴。

顔の三次元形態分析において、どのような計測装置を用いて撮影した場合でも、分析・評価を行い、矯正歯科臨床に応用することを考慮すると、基準平面・分析法・標準値などが確立されているセファロ分析と関連づけて評価するのが実用的である。しかしながら、顔表面にはセファロ分析に準じた解剖学的基準点が少ないことから、これまでの顔軟組織形態の分析に関する報告には、人類学的計測点を用いて評価を行ったものが多い^{15,16}。さらに、三次元計測を行うための基準平面、座標系も確立されていないため、得られた三次元顔表面画像をどのように矯正歯科臨床に活用するかについての報告も少ない¹⁷。これまで、われわれの研究グループでは、顔軟組織表面上で、セファロ分析に準じた基準点に貼付したマーカーを、非接触型三次元表面形状計測装置にて撮影し、撮影後、パーソナルコンピュータ上で三次元座標系を構築して、その三次元座標から顔軟組織形態を定量的に解析するという顔面マーキング法を考案した。これまでに、マーカー貼付および座標計測の再現性については、すでに報告し

た¹⁷。

現代の矯正歯科臨床では、マルチブラケット装置（以下、ブラケットと記す）を用いた包括矯正歯科治療を行う機会が多い。そのため、ブラケットを装着した前後の安静時の顔軟組織の変化について検討することは、同装置についての特徴を患者に説明するという観点から重要である。また、実際にブラケットを装着した後に、口元の突出感や口唇閉鎖の困難を訴える患者が多くみられることから、ブラケット装着により、安静時に、口唇閉鎖不全が生じるかどうかを知ることが重要である。

また、顔軟組織形態の特徴を表す場合、安静時、すなわち静的な顔軟組織形態だけではなく、動的な顔軟組織形態も調べることは興味深い。動的な顔軟組織形態で代表的なものに、スマイルがある。矯正歯科臨床において、スマイルは安静時とともに治療前後の顔面写真で撮影され、きれいなスマイルが治療目標のひとつでもある¹⁸⁻²⁴。一方、ブラケット装着時には、ブラケットの凹凸によって、スマイルが損なわれる可能性も否定できない。そのため、ブラケット装着のスマイルへの影響は、患者としても、知りたい点であると考えられる。

しかし、これまでに、矯正歯科治療後にブラケットを外した場合の顔軟組織の変化に関する報告はある²⁵が、ブラケットを装着することによる安静時とスマイル時の顔軟組織の変化に関する報告はない。

本研究の目的は、唇側面にブラケットを装着した前後で非接触型三次元表面形状計測装置を用いて顔軟組織を撮影し、安静時とスマイル時において、ブラケット装着による顔軟組織形態の三次元的変化について検討することである。

方 法

1. 被検者

オーバージェット、オーバーバイトが2.0~3.0mmで個性正常咬合を有し、安静時に口唇が閉鎖している健常成人10名（男性7名、女性3名、平均年齢：27歳9か月；年齢範囲：26歳3か月~30歳0か月）を被検者とした。被検者はすべて、明らかな骨格の不調和を認めず、顔の手術あるいは外傷の既往のない者とした。

被検者に対して、本研究の目的と方法について十分な説明を行った上で研究へ協力することへの同意を得た。本研究は朝日大学歯学部倫理委員会の承認（受付

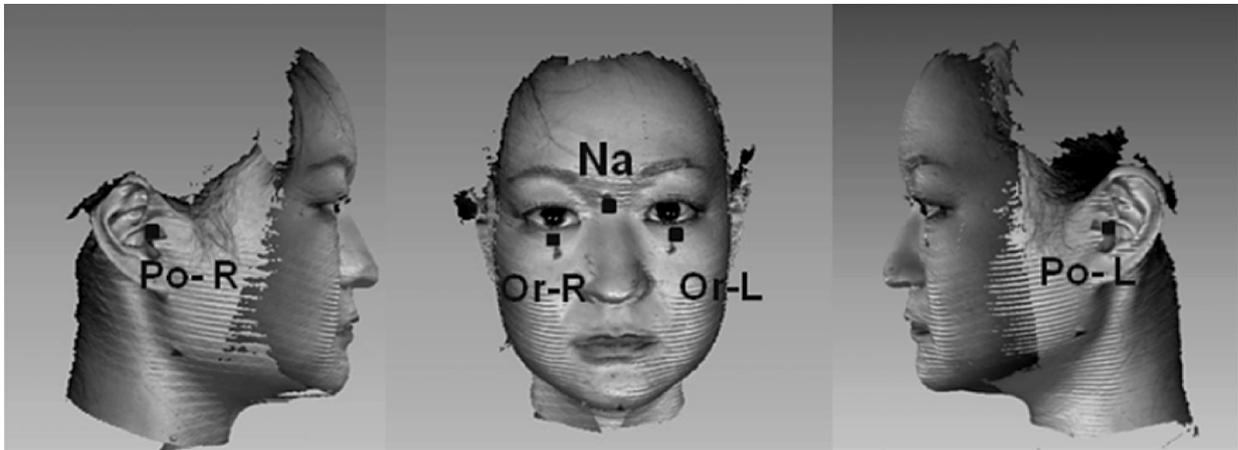


図1 基準点の定義

Na：鼻根点，Or-L：左側眼窩下縁・左側瞳孔中心の下方，Or-R：右側眼窩下縁・右側瞳孔中心の下方，Po-L：左側耳珠上縁の最上点，Po-R：右側耳珠上縁の最上点

番号第22091号)を得て行った。

2. 撮影方法

1) 基準点の設定

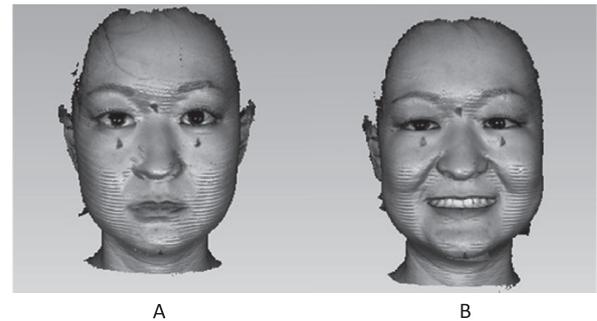
顔軟組織の基準平面を決定するために、各被検者の顔表面上で、セファロ分析に準じた基準点 (Na：鼻根点，Or-L：左側眼窩下縁・左側瞳孔中心の下方，Or-R：右側眼窩下縁・右側瞳孔中心の下方，Po-L：左側耳珠上縁の最上点，Po-R：右側耳珠上縁の最上点) へ、マーキング材を貼付した (図1)。マーキング材は、厚さ2.0mmの銅板を長さ8.0mm、幅5.5mmの扇型に加工し、色情報により識別が容易になるように、銅板の表面に緑色のシールを貼ったものを使用した。マーキングの際は、セファロ分析の基準点 (ナジオン・オルビタレ・ポリオン) を想定しながら、軟組織表面から内部の骨を触知して、その基準点に相当する軟組織上の点が扇型の頂点に一致するように貼付することとした¹⁷⁾。

2) 撮影時の顔の状態

被検者の顔について、静的な状態と動的な状態を調べるために、安静時とスマイル時の撮影を行った (図2)。安静時は口唇、咀嚼筋の力を抜いた状態、スマイル時は「chee...」と発音した状態とした。

3) ブラケットの装着

被検者の上下顎前歯部、すなわち左側犬歯から右側犬歯まで計12本の唇側歯面にセラミック製ブラケット (MBT クリアティ、3M社、東京) を装着した。ブラケットベース面からスロットまでの厚さが、上顎中切歯は2.02mm、上顎側切歯は2.51mm、上顎犬歯は2.74mm、下顎中切歯・側切歯は2.23mm、下顎犬歯は2.33mmであった。ブラケットは Andrews の FA



A B

図2 撮影時の顔の状態

A：安静時 (口唇，咀嚼筋の力を抜いた状態)
B：スマイル時 (“chee...”と発音した状態)

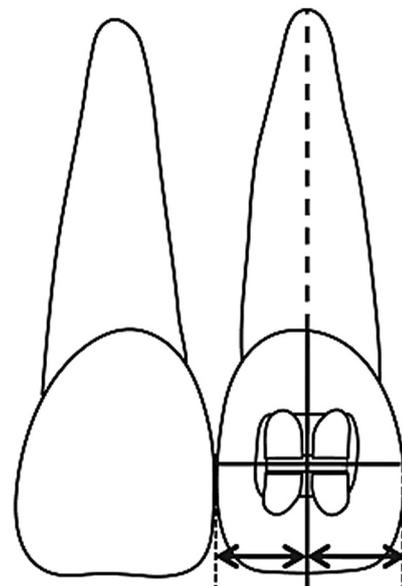


図3 Andrews の FA ポイント

歯冠の近遠心的・上下的中点にブラケット中央を合わせて、ブラケット近遠心縁が歯冠長軸と平行になるように装着する。

ポイント²⁶⁾を参考に臨床歯冠の中央に装着した(図3)。

4) 画像データの採得

被検者の顔軟組織について、口唇の安静時とスマイル時でのデータを非接触型三次元表面形状計測装置(Danae 100SP, NECエンジニアリング, 東京)にて撮影した。撮影は、被検者の12歯の唇側表面にブラケットを装着する前と直後で行った。全被検者においてブラケット装着後の安静時で上下口唇の離開が認められたため、ブラケット装着後は、口唇閉鎖時の撮影を追加して行った。口唇閉鎖時は、上下の歯は離開した状態で口唇を閉じた状態とした。

この非接触型三次元表面形状計測装置は、光源にハロゲンランプを採用し、撮影時間は0.6秒、メーカー公表の計測精度は0.18mmであった¹⁷⁾。撮影条件としては、被検者の頭部がカメラの撮影可能空間の中心に位置付けられるようにし、被検者の軟組織ナジオンとカメラとの距離を60cmに設定し、被検者のフランクフルト平面と床とを平行にした状態で撮影した(図4)。撮影は、カメラのハロゲン光の死角となりやすい顎角部の画像を補い顔全体の画像を得るために、正面の撮影に加えて右斜め45度、左斜め45度の撮影を追加した。得られた3セットの三次元画像データをパーソナルコンピュータ(XW4400, 日本ヒューレットパカード, 東京)上で三次元画像解析ソフトウェア(Rapidform2006, INUS Technology, Seoul, Korea)により合成し、顔軟組織表面の三次元画像を得た。

3. 解析方法

得られた画像を三次元画像計測ソフトウェア(Rapidform2006, INUS Technology, Seoul, Korea)を用いて、まず、基準平面と座標系を設定した。基準平面の設定は、Po-L, Po-R, Or-Lの3点を通る平面

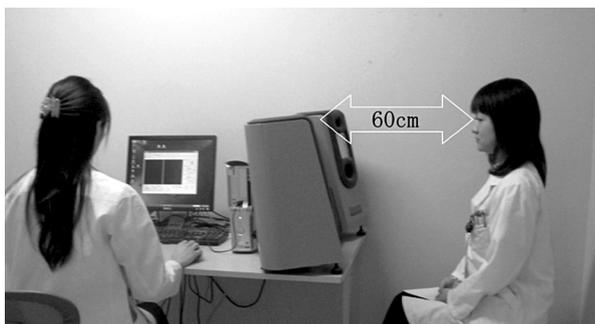


図4 撮影風景

被験者の頭部がカメラの撮影可能空間の中心に位置付けられるようにし、被検者の軟組織ナジオンとカメラとの距離を60cmに設定し、被検者のフランクフルト平面と床とを平行にした。

を軸位平面(XZ平面)とした。Po-LとPo-Rを結ぶ線分の中点とNaを通り軸位平面に直交する平面を正中矢状平面(YZ平面)とし、Po-LとPo-Rを結ぶ線分の中点を通り軸位平面と正中矢状平面に直交する平面を冠状平面(XY平面)とした。Po-LとPo-Rを結ぶ線分の中点を原点とし、側方方向をX軸、上下方向をY軸、前後方向をZ軸とした。また、被検者に対して、X軸では左方向、Y軸では上方向、Z軸では前方向を正(+)とした(図5)。

次に、人類学的計測点に準じた計測点(上唇点、下唇点、左右側口角点)を同定し、それぞれの計測点の

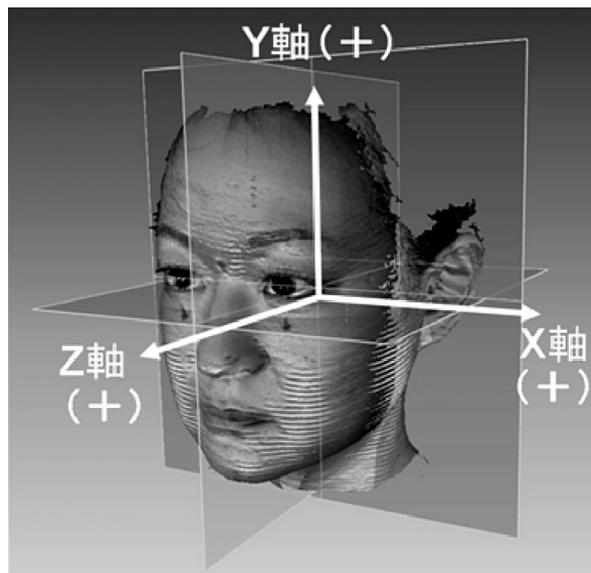


図5 座標系

X軸：側方方向、Y軸：上下方向、Z軸：前後方向
被検者に対して、X軸では左方向、Y軸では上方向、Z軸では前方向を(+)とした

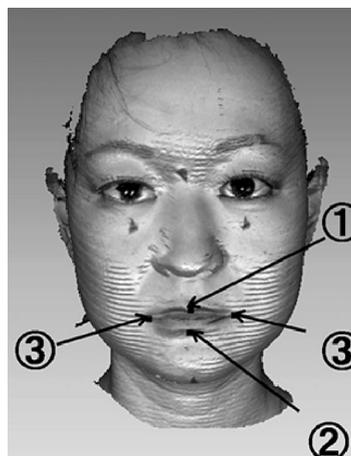


図6 計測点

①上唇点：上赤唇の上縁と正中矢状平面との交点、②下唇点：下赤唇の下縁と正中矢状平面との交点、③左右口角点：上赤唇が下赤唇に移行する点

原点からの三次元位置座標を測定した(図6)。上唇点を上赤唇の上縁と正中矢状平面との交点, 下唇点を下赤唇の下縁と正中矢状平面との交点, 口角点を上赤唇が下赤唇に移行する点とした。

4. 統計処理

設定したこれらの基準平面と座標系を用いて, 以下の状態間のすべての変量を比較した。ブラケット装着前の安静時とスマイル時, ブラケット装着後の安静時とスマイル時, ブラケット装着後の安静時と口唇閉鎖時, ブラケット装着前後の安静時, およびブラケット装着前後のスマイル時を比較し, 両者の間に有意の差が認められるかどうか, Wilcoxonの符号付き順位検定を用いて統計処理を行った。算出には統計解析用ソ

フトウェア (SPSS14.0, エス・ピー・エス・エス, 東京) を用いて, 有意水準は5%とした。

結 果

ブラケット装着前の安静時・スマイル時, ブラケット装着後の安静時・スマイル時・口唇閉鎖時それぞれにおける計測点の, X座標値, Y座標値およびZ座標値を示す(表1)。

ブラケット装着前において, スマイル時は安静時と比較して, 上唇点は有意に上方向・後方向に, 下唇点は下方向・後方向に位置し, 口角点は両側とも有意に上方向・後方向・側方向に位置していた(表2)。ブラケット装着後においても, ブラケット装着前と同様に, スマイル時は安静時と比較して, 上唇点は有意

表1-1 上唇点の三次元座標

		上唇点		
		X座標	Y座標	Z座標
装着前	安静時	0.37±2.69	-54.95±4.41	102.03±7.19
装着前	スマイル時	0.71±3.04	-50.55±4.07	99.49±6.98
装着後	安静時	0.86±2.46	-54.67±4.78	100.97±8.05
装着後	スマイル時	1.74±2.49	-47.80±3.59	96.75±6.78
装着後	口唇閉鎖時	0.57±2.05	-55.81±5.49	100.48±7.61

数値は平均±標準偏差, 単位: mm

表1-2 下唇点の三次元座標

		下唇点		
		X座標	Y座標	Z座標
装着前	安静時	-0.26±2.86	-72.13±6.80	94.10±7.96
装着前	スマイル時	0.26±4.38	-76.52±7.81	90.08±9.89
装着後	安静時	0.29±2.91	-75.90±5.73	95.00±9.56
装着後	スマイル時	1.38±3.47	-78.83±6.63	87.79±9.63
装着後	口唇閉鎖時	0.44±2.73	-73.05±6.46	95.32±8.75

数値は平均±標準偏差, 単位: mm

表1-3 左口角点の三次元座標

		左口角点		
		X座標	Y座標	Z座標
装着前	安静時	24.74±2.99	-61.79±4.15	83.04±6.47
装着前	スマイル時	32.28±3.63	-53.35±4.52	75.03±8.29
装着後	安静時	24.22±2.93	-62.48±4.31	81.87±9.25
装着後	スマイル時	32.58±3.84	-54.70±3.33	73.64±7.62
装着後	口唇閉鎖時	24.50±3.32	-62.01±4.21	81.92±8.66

数値は平均±標準偏差, 単位: mm

表1-4 右口角点の三次元座標

		右口角点		
		X座標	Y座標	Z座標
装着前	安静時	-24.71±2.76	-62.35±3.87	85.10±6.49
装着前	スマイル時	-30.71±4.18	-54.91±4.22	76.02±9.34
装着後	安静時	-22.99±3.29	-63.57±4.50	84.11±8.26
装着後	スマイル時	-28.89±3.14	-55.72±3.76	75.39±7.54
装着後	口唇閉鎖時	-23.38±3.33	-62.99±4.95	84.44±6.94

数値は平均±標準偏差, 単位: mm

表2 各変量間の有意差

		ブラケット装着 前の安静時と スマイル時	ブラケット装着 後の安静時と スマイル時	ブラケット装着 後の安静時と 口唇閉鎖時	ブラケット装着 前後の安静時	ブラケット装着 前後の スマイル時
上唇点	X座標	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	Y座標	**	**	n. s.	n. s.	*
	Z座標	*	*	n. s.	n. s.	*
下唇点	X座標	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	Y座標	*	*	*	*	n. s.
	Z座標	*	**	n. s.	n. s.	*
左口角点	X座標	**	**	n. s.	n. s.	n. s.
	Y座標	**	**	n. s.	n. s.	n. s.
	Z座標	**	**	n. s.	n. s.	n. s.
右口角点	X座標	**	**	n. s.	n. s.	n. s.
	Y座標	**	**	n. s.	n. s.	n. s.
	Z座標	**	**	n. s.	n. s.	n. s.

(n. s. : not significant, **p<0.01, *p<0.05)

に上方向・後方向に、下唇点は下方向・後方向に位置し、口角点は両側とも有意に上方向・後方向・側方向に位置していた。ブラケット装着前とブラケット装着後のスマイル時をそれぞれの安静時と比較した結果は、スマイルによって上唇は後上方へ、下唇は後下方へ、口角は後上側方へ位置していた。また、ブラケット装着後の口唇閉鎖時には安静時と比較して、下唇点は有意に上方向に位置していた（表2）。このことから、ブラケット装着後は口唇が閉じにくいことが示された。

ブラケット装着後にはブラケット装着前と比較して、安静時に下唇点は有意に下方向に位置していた。これは、ブラケット装着により安静時では下唇が下がることを示していた。スマイル時に上唇点は有意に上方向・後方向に位置しており、下唇点は有意に後方向に位置していたが、下唇の上下方向には有意の差が認められなかった。このことから、スマイル時、ブラケット装着後は装着前より上唇が上がるが、下唇の上下方向には有意の差がないことが示された。スマイル時の口角点には両側ともにブラケット装着前後でどの方向にも有意の差が認められなかった（表2）。

考 察

本研究では、セファロ分析に準じた基準点にマーカーを貼付した顔軟組織表面を非接触型三次元表面形状計測装置にて撮影し、データ解析の際に基準点を利用して三次元座標系を構築した。この顔面マーキング法により、顔軟組織形態を三次元座標から定量的に解析することができる。このように、絶対的な

基準平面を設定したことから、本研究において、安静時とスマイル時あるいはブラケット装着前後に撮影したふたつの三次元画像を容易に比較することができた。この方法を応用すれば、将来、セファロ分析と同様に矯正歯科治療前後の顔軟組織を三次元的に重ね合わせるができると考えられる。

また、顔軟組織の動的な状態を調べるために、スマイルを用いた。本来、個人の自然なスマイルを評価できれば一番良いと考えられるが、自然なスマイルは再現性に問題があるといわれている²⁷⁾。これまでもスマイルを用いた研究がされており、いかに再現性をよくするかが論じられてきた。これらの研究には、被検者の自然なスマイルを用いる方法²³⁾以外に、posed smileを用いた方法^{19-21, 24)}、スマイルと似た動きをする「cheese」の「chee」を発音（以下、「chee」スマイルと記す）させる方法²²⁾などが用いられてきた。「chee」と発音した際の状態と自然なスマイルでは口唇の動きに違いがあるという報告¹⁸⁾もあるが、「chee」と発音する動きは日常の写真撮影の際にも用いられる馴染みの深い動作で、使用する機会が多いため再現性が高いと考えられる。また、動きが規定されたスマイルは自然なスマイルよりも再現性が高いという報告²⁷⁾もあり、理想的な口唇と歯の位置関係を表すスマイルとして、本研究では「chee」スマイルを選択した。以上のことより、本研究は動作を経時的に動画として評価するのではなく、静止画として評価するために、再現性が高いとされる「chee」スマイルを用いて撮影を行った。

本研究により、ブラケット装着前も装着後も、スマ

イル時には安静時と比較して、上唇は後上方へ、下唇は後下方へ、口角は後上側方へ位置していた。「chee」と発語すれば、上唇は後上方へ、下唇は後下方へ、口角は後上側方へ動く。これらのことから、被検者が「chee」スマイルを適切に行っていたことが推測される。また、ブラケット装着後に、安静時では全被検者が口唇を閉じていなかったため、口唇閉鎖時を撮影したところ、安静時より下唇点は有意に上方に位置していた。このことから、ブラケット装着後には、意識しないと口唇を閉じることができないことが分かった。

本研究のブラケット装着前後の比較では、ブラケット装着により安静時では下唇が下方へ移動することが示されたが、下唇の前後方向への変化は認められなかった。ブラケット除去後に下唇が後方へ変化したと報告されている²⁵⁾ことから考えると、ブラケット装着により口唇が前方へ押し出される形となり、口唇が前方へ位置するのが妥当であるとも言える。しかし、本研究の結果はブラケット装着により、口唇が押し出されたのではなく、下唇が下方へ動いたことで口唇閉鎖不全が生じたことを示唆している。これは、矯正歯科臨床において、患者がブラケット装着直後に口唇閉鎖の困難を訴えることが多いことを支持するものである。

また、ブラケット装着前後のスマイル時の比較では、ブラケット装着後は装着前より上唇が上がるが、下唇の上下方向には有意差が認められないことが示された。このことから、ブラケット装着により上唇が上がることで上下方向へのスマイルが大きくなることが分かった。これは、上唇の方が下唇よりブラケットに近いために、ブラケット装着の影響を受けやすく、ブラケット装着の影響が下唇より上唇に出たのではないかと考えられる。ブラケットを装着すると徐々に口唇を前方へ押し出すのではなく、ブラケットが急に口唇を押し出すために、口唇がブラケットにひっかかり、スマイル時に上唇が上がるのではないかと考えられる。しかし、口角点には両側ともにブラケット装着前後で有意差が認められなかった。このことより、ブラケットの装着は側方方向へのスマイルの大きさには影響しないと考えられる。スマイルは“頬を持ち上げる”、“口角を上げる”、“上下口唇を離す”の組み合わせで構成されていると言われている²⁶⁾。スマイルは口角の動きが主体であると考えられるため、本研究の結果では、スマイルの主要動作は損なわれていないと考えられる。

今回の研究では、唇側歯面へのブラケット装着直後の状態を検討しているが、矯正歯科臨床では、ブラケッ

ト装着後、1年ないしは2年ブラケットを装着し続けることになるため、長期にわたる変化も観察する必要があると考えられる。

結 論

上下顎前歯部の唇側歯面に装着されたブラケットにより、安静時では下唇が下がることで口唇が閉じにくくなること、スマイル時では上唇が上がることで上下方向へのスマイルが大きくなるが、側方方向へのスマイルの大きさには差が認められないことが明らかになった。

文 献

- 1) Hershey HG and Smith LH. Soft-tissue profile change associated with surgical correction of the prognathic mandible. *Am J Orthod.* 1974; 65: 483-502.
- 2) Mansour S, Burstone C and Legan H. An evaluation of soft-tissue changes resulting from Le Fort I maxillary surgery. *Am J Orthod.* 1983; 84: 37-47.
- 3) Radney LJ and Jacobs JD. Soft-tissue changes associated with surgical total maxillary intrusion. *Am J Orthod.* 1981; 80: 191-212.
- 4) 伊藤隆三, 浦野茄和雄, 市川和弘, 川越 仁, 中川幹夫, 藤田信義, 松本光生, 伊藤隆利, 伊藤武嗣. 下顎前突に対する外科的矯正治療前後の軟組織側貌の変化—水平距離計測による検討—. *日矯歯誌.* 1983; 42: 178-185.
- 5) 吉野清吉, 木村浩司, 香川国和, 井藤一江, 山口和憲, 丹根一夫. 下顎前突症患者における下顎枝矢状分割術後の軟組織側貌の予測とその説明変数の検討. *日顎変形誌.* 1995; 5: 16-30.
- 6) Hayashi I. Morphological relationship between the cranial base and dentofacial complex obtained by reconstructive computer tomographic images. *Eur J Orthod.* 2003; 25: 385-391.
- 7) Kwon TG, Park HS, Ryoo HM and Lee SH. A comparison of craniofacial morphology in patients with and without facial asymmetry—a three-dimensional analysis with computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006; 35: 43-48.
- 8) Lascala CA, Panella J and Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). *Dentomaxillofac Radiol.* 2004; 33: 291-294.
- 9) Muramatsu A, Nawa H, Kimura M, Yoshida K, Maeda M, Katsumata A, Arijii E and Goto S. Reproducibility of maxillofacial anatomic landmarks on 3-dimensional computed tomographic images determined with the 95% confidence ellipse method. *Angle Orthod.* 2008; 78: 396-402.

- 10) Ono I, Ohura T, Narumi E, Kawashima K, Matsuno I, Nakamura S, Ohhata N, Uchiyama Y, Watanabe Y, Tanaka F and T K. Three-dimensional analysis of craniofacial bones using three-dimensional computer tomography. *J Craniomaxillofac Surg.* 1992; 20: 49-60.
- 11) Park SH, Yu HS, Kim KD, Lee KJ and Baik HS. A proposal for a new analysis of craniofacial morphology by 3-dimensional computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129: 623-634.
- 12) 稲見佳大, 森田修一, 中川公貴, アルカムラ・バシヤレ, 寺田員人, 花田晃治. 上下顎移動術による中顔面軟組織の三次元表面形状変化 非接触型レーザー三次元形状計測装置を用いて. *日顎変形誌.* 2003 ; 13 : 35-43.
- 13) 太田剛史. 正常咬合者顔面の三次元表面形状計測 外科矯正治療のための基準値構築の試み. *口科誌.* 2001 ; 50 : 191-201.
- 14) 比地岡浩志. 下顎前突症患者の下顎後方移動術前後における顔面形態の三次元的分析. *日顎変形誌.* 1998 ; 8 : 157-169.
- 15) Ferrario VF, Sforza C, Miani AJ and Serrao G. A three-dimensional evaluation of human facial asymmetry. *J Anat.* 1995; 186: 103-110.
- 16) Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE and Tartaglia G. Distance from symmetry: a three-dimensional evaluation of facial asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg.* 1994; 52: 1126-1132.
- 17) 向井陽祐. 顔面マーキングを用いた顔軟組織三次元画像計測法の確立 (学位論文). 朝日大学. 2009.
- 18) Ackerman MB, Brensinger C and Landis JR. An evaluation of dynamic lip-tooth characteristics during speech and smile in adolescents. *Angle Orthod.* 2004; 74: 43-50.
- 19) Havens DC, McNamara JAJ, Sigler LM and Baccetti T. The role of the posed smile in overall facial esthetics. *Angle Orthod.* 2010; 80: 322-328.
- 20) Hideki I, Shunsuke N and Amy LC. Comparison of the influences of buccal corridors on smile esthetics between Koreans and Japanese. *Orthod Waves.* 2009; 68: 166-170.
- 21) Van Der Geld P, Oosterveld P, Berge SJ and Kuijpers-Jagtman AM. Tooth display and lip position during spontaneous and posed smiling in adults. *Acta Odontol Scand.* 2008; 66: 207-213.
- 22) Zachrisson BU. Esthetic factors involved in anterior tooth display and the smile: vertical dimension. *J Clin Orthod.* 1998; 32: 432-445.
- 23) 石川貴子, 齊藤陽子, 村岡史麻, 北原 亨, 五百井秀樹, 中島昭彦. 正常咬合者および顎変形症患者のスマイル動作の三次元解析. *Orthod Waves-Jpn Ed.* 2007 ; 66 : 92-105.
- 24) 村上由見子. 日本人若年成人女子における Posed Smile の審美性について. *松本歯学.* 2008 ; 34 : 48-65.
- 25) 荒川忠博, 渡辺和也, 末石研二, 古賀正忠, 谷田部賢一, 一色泰成. 固定式矯正装置(エッジワイズブラケット)が軟組織側貌にあたえる影響について. *歯科学報.* 1999 ; 99 : 303-311.
- 26) Proffit WR. Contemporary orthodontics. 3rd ed. St. Louis: Mosby Year Book Inc; 2000: 465-469.
- 27) Johnston DJ, Millett DT, Ayoub AF and Bock M. Are facial expressions reproducible?. *Cleft Palate Craniofac J.* 2003; 40: 291-296.
- 28) 坂口龍己, 森島繁生, 大谷 淳, 岸野文朗. 3次元計測に基づく顔面表情変化の分析と合成. *信学技報.* 1994 ; 93 : 61-68.