

3次元 CT データ 6 自由度探索法を応用した下顎枝矢状分割術前後における硬組織・軟組織  
の変化に対する新たな定量的評価法：初期臨床経験

高岡昌男<sup>1)</sup>，森山茂章<sup>2)</sup>，立石国之<sup>2)</sup>，喜多涼介<sup>3)</sup>，松田道隆<sup>1)</sup>，大谷泰志<sup>1)</sup>，  
喜久田利弘<sup>1)</sup>

福岡大学 医学部 医学科 歯科口腔外科学講座<sup>1)</sup>

福岡大学 工学部 機械工学科<sup>2)</sup>

九州歯科大学 歯学部 歯学科 生体機能学 口腔内科<sup>3)</sup>

福岡大学医学部医学科歯科口腔外科学講座（主任：喜久田利弘教授）

福岡大学工学部機械工学科（主任：森山茂章教授）

九州歯科大学歯学部歯学科生体機能学口腔内科（主任：吉岡泉教授）

Running title: 3次元 CT での顔面硬・軟組織の新たな定量的評価法

A new three-dimensional evaluation of facial hard and soft tissue using 3D-CT before and after sagittal split mandibular ramus osteotomy: Initial clinical experiences

TAKAOKA Masao<sup>1)</sup>, MORIYAMA Shigeaki<sup>2)</sup>, TATEISHI Kuniyuki<sup>2)</sup>, MATSUDA Michitaka<sup>1)</sup>, KITA Ryousuke<sup>3)</sup>, OHTANI Taishi<sup>1)</sup>, KIKUTA Toshihiro<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Medicine, Faculty of Medicine, Fukuoka University (Chief: Prof. Toshihiro KIKUTA)

<sup>2)</sup> Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Fukuoka University (Chief: Prof. Shigeaki MORIYAMA)

<sup>3)</sup> Division of Oral Diagnostic and Surgical Science, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Kyushu Dental College (Chief: Prof. Izumi YOSHIOKA)

**【Purpose】**In order to provide appropriate treatment for patients with jaw deformities, it is essential to morphologically evaluate the facial bone and soft tissue based

on the perioperative assessment. Although facial X-ray cephalometric radiography is most commonly used for such patients, this modality does not provide information regarding a three-dimensional shape. We conducted a study of three-dimensional evaluations of the skeletal and facial soft tissue morphology using the six degrees of freedom search method based on 3D-CT images obtained before and after mandibular sagittal split ramus osteotomy, which is the most frequent surgical procedure performed in the field of orthognathic surgery.

**【Subject】** The subjects consisted of 10 patients who were diagnosed with mandibular prognathism at the Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Fukuoka University Hospital. We performed 3D-CT just before and both one and 12 months after surgery. We acquired all digital data under the same conditions.

**【Methods】** After setting the coordinate system, we superimposed the 3D images before and after surgery using the six degrees of freedom search method. The data were calculated by quantifying the 3D changes on the superimposed images obtained before and after surgery. The findings were assessed according to morphological and

positional changes in the mandibular bone and the facial soft tissues were also visually examined. The final data were obtained by quantifying the area and angle dimensional change from the superimposed image.

**【Results】** By using the six degrees of freedom search method, the 3D-CT image data were superimposed onto the 3D image obtained preoperatively and both at 1 month after surgery , and 12 months after surgery. The changes in the results were then shown using a different color. It was thus possible to evaluate the 3D images both visually and intuitively and to quantify the hard and soft tissue changes of the mandible and facial expression after sagittal split ramus osteotomy using this technique. We evaluated point B, which is the anterior limit of the mandibule alveolar base. Using this newly developed method, the three dimensions could thus be quantitatively demonstrated in all 10 cases.

**【Conclusion】** Using this new method the facial bone and soft tissue changes after the sagittal split ramus osteotomy could thus be successfully evaluated visually, intuitively and simultaneously.

Key words: three dimensional assessment of facial hard and soft tissue, six degrees of freedom search, superimposition, sagittal split mandibular ramus osteotomy

## 要旨

【目的】顎変形症の患者に対し適切な治療を提供するためには、術前後の顔面骨格形態や周囲軟組織の評価が不可欠である。その評価は顔面 X 線セファロ撮影による画像評価が一般的であるが、立体を評価することは不可能であった。そこで我々は 3 次元 CT データより 6 自由度探索法を応用した下顎枝矢状分割術の術前後における硬組織および軟組織の変化に対する新たな定量的評価法の確立を行った。

【対象】福岡大学病院歯科口腔外科の下顎前突症と診断された顎変形症患者 10 例を対象とし、術前、術後 1 ヶ月および術後 12 ヶ月時に同一条件で 3D-CT 撮影を行った。得られたデジタルデータは同一条件下に収集した。

【方法】座標系の設定後、術前後で 6 自由度探索法を使用し、重ね合わせを行った。評価方法は、重ね合わせた術前後の画像より形態変化を距離計測し、下顎骨と周囲軟組織の形態的、位置的变化を視覚的に表した。さらに重ね合わせ画像から三次元的変化を面積、角度で定量化して算出した。

【結果】6 自由度探索法を用いて 3D-CT 画像データを術前と術後 1 ヶ月および、術前と術後 12 ヶ月の画像を重ね合わせ、その変化をカラー表示し、視覚的に直感的に画像評価することが可能であった。また、本手法で下顎枝矢状分割術後の硬組織および軟組織の変化を下顎骨最前方歯槽基底部の B 点について定量的に評価可能であった。今回、新たに提案した方法により、10 例全例において 3 次元で定量的に示すことができた。

【結語】新しい評価方法を用いて下顎枝矢状分割術後の顔面骨格と周囲軟組織の変化を同時に視覚的、定量的に評価する事が可能であった。

キーワード：硬組織・軟組織の 3 次元評価法, 6 自由度探索法, 重ね合わせ法, 下顎枝矢状分割術

別刷請求先：〒814-0180 福岡市城南区七隈 7-45-1

福岡大学医学部医学科歯科口腔外科学講座 高岡昌男

TEL: (092)801-1011 内線 3535 FAX: (092)801-1044,

E-mail: [takaoka@minf.med.fukuoka-u.ac.jp](mailto:takaoka@minf.med.fukuoka-u.ac.jp)

## 緒言

顎変形症治療の目的は正常咬合の獲得のみならず、発音、咀嚼や表情機能の改善を得ることにもある。適切な診断と治療を患者に提供するには、術前の骨格形態や周囲顔貌軟組織を正確に評価し、術後における骨格および咬合の安定性と顔貌変化を予測することが必要不可欠である。

顎矯正手術における骨格形態の術前・術後の評価として、一般に X 線撮影による画像評価が用いられている<sup>1,2)</sup>。X 線画像は顔面骨格形態および機能咬合における治療方針の設定や患者への説明に極めて大切な要素となっている。単純 X 線写真、断層 X 線写真および頭部 X 線規格写真など多数の 2 次元画像を用いた手術前後の評価では、上下顎の形態評価や頭蓋骨と顎骨の位置関係、長さ、角度を定量的に求めることが出来る<sup>3)</sup>。しかし、X 線画像の上の拡大率は最大 10% 程度の差があり、そのため画像の歪みと解剖学的構造物の重複が生じ、計測点が特定困難となる場合がある。また、顔面非対称例においては、その左右差に基づく計測点の測定精度の著しい低下が生じうる<sup>4,5)</sup>。そこで、単純 X 線画像評価の欠点を改善するために、近年 CT などの 3 次元画像を用いた骨格形態評価の試みが検討されている<sup>1,2,6)</sup>。CT 撮影で得られた 3 次元画像から作成した 2 次元画像によるセファロ分析<sup>7)</sup>や顎骨骨切り前後の 3 次元セファロ分析が散見されているが、依然として 2 次元セファロ分析のように一般的な評価方法には至っていない。その理由として、顎顔面骨の複雑な構造を 2 次元画像から実際の頭蓋顔面骨の 3 次元形態を正確に予測し、術前診断や治療計画を行うことは必ずしも容易ではないことが挙げられる。

近年、主に顎顔面の解剖学的形態を評価する手段として CT 画像から 3 次元画像構築を行い術前後の評価を行うシステムの検討が始まっており<sup>1,2,4,7)</sup>、3 次元画像上で可視的な診査・診断が行えるようになり、詳細な評価が可能となってきている。反面、その一般的な評価方法については未だ検討の余地を残すところである。

われわれは、顎変形症患者の顎矯正手術の術前後に撮影した 3D-CT 画像において 6 自由度探索法を用いた三次元画像の重ね合わせ法を開発した。この方法を用いて顎矯正手術前後の上下顎骨の位置を正確に評価した<sup>8)</sup>。本法は 3 次元空間における剛体の自由度がある各位置および回転を 6 変数にて表現し、術前後の硬組織の 3 次元 CT 画像の重なりを全探索法で評価することが可能である。反面、対象を剛体と仮定して取り扱っているため、術前後の硬組織（顎骨）の移動および回転に対しては有効な手法であるが、その周囲顔面軟組織の変形に対応することは原理的に困難が生じる。

そこで本研究では、3D-CT 画像において 6 自由度探索法を用いた重ね合わせ法による硬組織および軟組織の 3 次元的評価法の確立を目指した。術前後の変化を評価するために三次元画像を術前後で重ね合わせし、硬組織および軟組織の三次元的変化を定量化する評価方法を検討した。今回、われわれは、顎矯正手術で最も多く用いられている下顎枝矢状分割術前後の下顎骨および下顔面部軟組織の形態変化の三次元画像を取得し、再構築して術前後の下顎骨の形態的・位置的变化と下顎骨に対応した顔面軟組織画像を評価した。また、提唱する評価方法を 10 例の患者に適用し、応用可能である事を確認した。

## 研究対象

### 1. 対象

対象は福岡大学病院歯科口腔外科で 2008 年 4 月から 2010 年 3 月までに下顎前突症（開咬, 非対称症例を含む）と診断した顎変形症患者において、下顎枝矢状分割法のみを施行した患者 10 例（男性 4 名, 女性 6 名）とした。

### 2. 下顎枝矢状分割手術術式

全例、（公社）日本口腔外科学会認定専門医を有する同一術者により下顎枝矢状分割術を行った。

手術方法は左右側とも頬粘膜から下顎 5 番部までの頬側歯肉粘膜, 頬筋に切開を行い, 骨膜を愛護的に剥離した。下顎小舌, 下顎角内外側骨表面を露出後, レシプロケーティングソーにて下顎小舌直上の内側皮質骨, 下顎枝前縁と下顎大白歯部の外側皮質骨を骨体部下縁舌側部まで骨切りした。分割は前方の骨切り部から開始し, 下顎小舌後方まで分割した。分割後, 内側翼突筋を剥離, 遠位骨片を正常咬合となるよう移動し, 下顎大白歯相当部の外側皮質骨に 4 穴のチタニウム製ミニプレート 1 枚と 2mm×6mm ロックスクリュー 4 本（DePuy-Synthes 社製）にてシャンピーライン上で骨片固定した<sup>9)</sup>。

## 研究方法と評価法

### 1. 3D-CT 画像の取得

CT 撮影は Aquillion64DAS (TSX-101A/4A) (東芝メディカルシステムズ社製) で行った。撮影条件は, 管電圧 120kV, 管電流 130mA, スライス厚 0.5mm, スキャン速度 1.0sec/rot, Pitch0.641 とした。撮影条件を合わせるために患者は仰臥位で閉口させ, 頭位は FH 平面が撮影台に対して垂直になるように設定し<sup>1)</sup>, ガントリチルト角は 0° と規定し



た<sup>10)</sup>。同撮影条件にて術前（手術計画）、術後 1 ヶ月（術後の骨形態、顎関節の位置確認）、術後 12 ヶ月（術後の骨形態、顎関節の位置、術後治癒の長期的変化の確認）時<sup>1)</sup>に 3D-CT 撮影を行い、Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) 形式で画像データを取得した。これらの画像データから目的とする領域（硬組織領域は CT 値+200HU から上限、軟組織領域は CT 値-200HU から上限の範囲とした）を抽出した。

## 2. 座標系の設定

術前の 3D-CT 画像において座標系を設定した（図 1）。原点は、左右の顔面骨外耳道上縁（左側：PoL 右側：PoR）の中点とした。PoL と PoR を結ぶ線を x 軸、原点と左右の眼窩骨縁最下点（左側：OrL 右側：OrR）の中点を結んだ線を y 軸、xy 平面に垂直で原点を通る線を z 軸と設定した。xy 平面に平行な面を水平面、zx 平面に平行な面を環状面、yz 平面に平行な面を矢状面とした。また、回転を表現するための角度表記をロール (roll)、ピッチ (Pitch)、ヨウ (Yaw) の角度を用いて z 軸、y 軸、x 軸回りの回転を表し、座標系は右手系とした。

## 3. 重ね合わせ

座標系の設定後、形状の変化がない頭蓋部を基準に 6 自由度探索法を用いて 3 次元画像の重ね合わせを行った<sup>8,11)</sup>。術前後の頭蓋の重なりについては、三次元可視化ソフトウェア (ZedView Ver. 6, レキシー社製) を用いて確認した。ここで得られる移動量および回転 (角度) を用いて、目的の下顎骨および同部周囲軟組織の座標変換を行った。

## 4. 評価法

骨格および軟組織の形態変化の評価

### 1) 距離計測評価

頭蓋部を重ねた術前後の画像において、目的の下顎骨のみにおける輪郭追跡処理を CT 画像に対して行い（図 2）、術前後の重ね合わせ後の下顎骨表面座標を抽出し（図 3）、各点の座標値を求めた。次に、ICP 法<sup>11)</sup>を参考に、術前後の下顎骨表面におけるすべての点のユークリッド距離を計算し、距離の総和が最小となる術前後の表面座標の組み合わせを求め、これを対応する点とした。実際の距離計測は、得られた重ね合わせ画像から術前と術後 1 ヶ月の下顎骨の表面座標を抽出し、対応する点を決定した。この対応する点の距離を使用し、青 (0mm) から赤 (6mm) までのカラー表示で変化部位を表すようにカラーマッピングを行った。代表症例 (No. 3) でのカラー表示を図 4a, b, c に示す。また、代表症例 (No. 3) で同一の手法での軟組織評価（図 5a, b）も併せて行った。同症例の軟組織評価は、下顎骨に対

応する下顔面部軟組織で、舌骨より前方で咬合平面より下方での区域での評価とした。軟組織評価に関しては、下顔面皮膚の対応点の術前と術後のそれぞれの座標点に線を結び、ベクトル評価も併せて行った(図 6 a, b)。

## 2) 面積, 角度計測評価

頭蓋の基準点に沿って重ね合わせを行った後、水平面、矢状面、冠状面において術前画像と術後1ヶ月画像、術前画像と術後12ヶ月画像を得た。その画像より面積、角度計測評価を、術前・術後1ヶ月と術前・術後12ヶ月で検証した。図7は面積および角度計測のイメージ図を示す。

術前後の重ね合わせにおいて、術前画像の重なりのない部分は青色、術後画像の重なりのない部分は赤色、術前後画像が重なる部分は紫色(エンジ色)の階調表現とした。面積は、術前後が重なった部位は変化がないため、術前後の画像が重なっていない部位の面積の平均を求めた。

角度計測は、以下の方法を用いて計測した。基準の点には、重心の概念を用い、術前画像の重なりのない部位(青色)の重心点および術後画像の重なりのない部位(赤色)の重心点をそれぞれ求め、青色の重心点から赤色の重心点への矢印にて角度方向を示し、それを術前後の移動方向とした。また右向きを0度とし、反時計方向に角度を示す、極座標で表現した。

術前から術後における骨および軟組織の断面における移動方向の大きさは術前および術後の重なりのない部位の面積の平均値とした。また、本法においてはいかなる点においても、術前・術後の対応する点を結ぶ方向を「移動方向」として定義可能である。以上を定義し、下顎枝矢状分割法臨床例の10例に適用した。

本手法において、今回は下顎枝矢状分割法症例に対する適用を目的としたため、下顎歯槽基底の前方限界を示す点B点(Point B, Supramentale)を検討した(図8)。軟組織評価は、下顎骨単体の中でも咬合平面より下方で舌骨最先端より前方部における軟組織に適用することとした。また、全例、下顎を後退させる手術症例を対象としているため、術前および術後の画像が存在する必要があることから、術後1ヶ月におけるB点における計測を基準と設定した(図9-1, 2)。

## 結果

### 1. 対象症例の背景

下顎枝矢状分割術症例は 10 例（男性 4 例, 女性 6 例）で, 平均年齢は  $21.4 \pm 3.7$  歳（男性  $22.5 \pm 1.5$  歳, 女性  $20.7 \pm 4.4$  歳）であった. 平均身長は  $164.3 \pm 5.9$ cm（男性  $170.9 \pm 1.7$ cm, 女性  $159.9 \pm 2.9$ cm）であった. 平均体重は  $56.6 \pm 8.4$ kg（男性  $63.6 \pm 9.3$ kg, 女性  $51.9 \pm 2.6$ kg）であった. 平均手術時間は  $196 \pm 50$  分であった.

## 2. 距離計測評価

### 1) 硬組織

図 4 a, b, c は距離計測を求めた代表症例 (No. 3) の下顎骨で, わずかな非対称を伴う下顎前突症である. 両側下顎枝矢状分割術で, 右は後方へ 4.5mm, 左は 9.5mm 後方移動させた. 術前と術後 1 ヶ月の重ね合わせから得られた移動は, 下顎骨を剛体として求めており, 全体の対応点の平均移動距離は 1.97mm 移動していた. この代表症例は, 0mm (青色) から 6mm (赤色) の範囲のカラースケール表記で, 正面像では, 左右下顎骨骨体部は青で示され, 骨表面の形状変化はないことが示された. オトガイ部や右筋突起から下方外斜線に続く右下顎枝前縁は黄色や赤で表示され, 骨表面形状の変化が大きくなっていることが示された. 右下顎頭の外側極, 左下顎頭内側極に 2mm 弱の変化を認めた. 右上方からの画像 (図 4 b) では, 正面の画像 (図 4 a) に加え, 右下顎骨体部や左内側骨外表面は青で示され, 形状変化がないことが示された. 右下顎角部, 右下顎 7 番の外斜線部の変化は同様に変化がないことが確認できた. また, 左筋突起から下方外斜線に続く左下顎枝前縁は赤で表示され, 骨表面形状の変化が大きくなっていることが示された. 後方からの画像 (図 4 c) では, 右側近位骨片の下顎小舌を含む内側皮質骨の表面形態が 3mm から 6mm 程度変化していた. 歯列における赤色で示される大きな変化は CT 撮影時のアーチファクトによるものと考えられた. 他の 9 症例に関しても同様に, 左右下顎骨体部は青で示され, 骨表面の形状変化がない部位を確認できた. 下顎骨表面形状の変化の多い部位は下顎後方移動を主としているためオトガイ部, 下顎枝前縁, 下顎頭の内外側極に見られた. 全 10 症例の術前と術後 1 か月の全ての下顎骨対応点の平均移動距離は,  $2.25 \text{ mm} \pm 0.693\text{mm}$  であった (表 1).

### 2) 軟組織

代表症例 (No. 3) の正面像は図 5 a, 側面像は図 5 b である. オトガイ部, 下顎骨体部に相当する頬部周辺に赤色の大きな形態変化が確認できる. この症例の全対応点の平均移動距離は 3.41mm であった. 図 6 a, b は対応点に対して術前から術後 1 ヶ月への移動をベクトル表記した画像である. これらのベクトル表示は, 理解しやすくするために, ベクトル長

を 10 倍としている。左頬部、顎下部の移動の確認ができた。全 10 症例の術前と術後 1 か月の全ての顔面軟組織対応点の平均移動距離は、 $3.39\text{mm} \pm 1.18\text{mm}$  であった（表 1）。

### 3. 面積および角度計測評価

#### 1) 硬組織

図 9-1, 2 に下顎前突, 下顎右方偏位の代表症例 (No. 3) を示す。水平断, 冠状断および矢状断上での術後の下顎骨の形態変化において, 図 9-2 d より下顎骨水平断の B 点が左側方および後方の 5 時方向へ移動しており, それを可視的に確認した。移動面積は  $478\text{mm}^2$ , 方向は  $288^\circ$  であった。図 9-2 e より冠状断では, B 点が左側方および上方の 1 時方向へ移動し, それを確認した。移動面積は  $405\text{mm}^2$ , 方向は  $61^\circ$  であった。また, 図 9-2f より矢状断では下顎骨が上方および後方の 10 時の方向へ変位し, それを確認した。移動面積は  $181\text{mm}^2$ , 方向は  $132^\circ$  であった。代表症例 (No. 3) は下顎非対称 (右方偏位) を伴う骨格性下顎前突のため, 図 9-2 d, e, f より B 点において下顎骨の後上方および左側方への変位を認め, また術前後のセファロ分析と比較しても一致した移動であった。

全 10 症例の術後 1 ヶ月における平均面積および平均角度は以下のとおりであった。水平面では, 平均移動面積は,  $589\text{mm}^2 \pm 242 \text{mm}^2$  で平均移動角度は,  $268^\circ \pm 37.9^\circ$  であった。冠状面では, 平均移動面積は,  $480\text{mm}^2 \pm 229 \text{mm}^2$  で平均移動角度は,  $108^\circ \pm 37.9^\circ$  であった。矢状面では, 平均移動面積は,  $223\text{mm}^2 \pm 99.4 \text{mm}^2$  で平均移動角度は,  $133^\circ \pm 36.2^\circ$  であった。術後 12 ヶ月では, 水平面では, 平均移動面積は,  $592\text{mm}^2 \pm 225 \text{mm}^2$  で平均移動角度は,  $262^\circ \pm 24.1^\circ$  であった。冠状面では, 平均移動面積は,  $529\text{mm}^2 \pm 174 \text{mm}^2$  で平均移動角度は,  $98^\circ \pm 18.3^\circ$  であった。矢状面では, 平均移動面積は,  $263\text{mm}^2 \pm 68.2\text{mm}^2$  で平均移動角度は,  $127^\circ \pm 34.3^\circ$  であった (表 2, 3)。

#### 2) 軟組織

下顎骨に相対する術前と術後 1 ヶ月, 術前と術後 12 ヶ月の頬部からオトガイ部 (咬合平面より下方で, 舌骨より前方部位とした) にかけての軟組織の形態変化を水平断, 冠状断および矢状断で示した。代表症例 No. 3 では, 水平断において移動面積は,  $390\text{mm}^2$ , 方向は  $273^\circ$  であった。冠状断において移動面積は,  $445\text{mm}^2$ , 方向は  $62^\circ$  であった。また, 矢状断において移動面積は,  $296\text{mm}^2$ , 方向は  $136^\circ$  であった。下顎骨の B 点の形態変化と軟組織の B 点の形態変化は同一方向への移動が確認できた。また, 変形量は, 下顎骨より軟組織の方が小さかった。

術後1ヶ月において、全10症例の平均面積および平均角度は以下のとおりであった。水平面では、平均移動面積は、 $309\text{mm}^2 \pm 73.2\text{mm}^2$ で平均移動角度は、 $236^\circ \pm 37.0^\circ$ であった。冠状面では、平均移動面積は、 $357\text{mm}^2 \pm 103\text{mm}^2$ で平均移動角度は、 $128^\circ \pm 49.9^\circ$ であった。矢状面では、平均移動面積は、 $254\text{mm}^2 \pm 72.9\text{mm}^2$ で平均移動角度は、 $152^\circ \pm 60.5^\circ$ であった。術後12ヶ月において、全10症例の平均面積および平均角度は以下のとおりであった。水平面では、平均移動面積は、 $394\text{mm}^2 \pm 86.7\text{mm}^2$ で平均移動角度は、 $232^\circ \pm 41.8^\circ$ であった。冠状面では、平均移動面積は、 $486\text{mm}^2 \pm 172\text{mm}^2$ で平均移動角度は、 $120^\circ \pm 51.6^\circ$ であった。矢状面では、平均移動面積は、 $358\text{mm}^2 \pm 137\text{mm}^2$ で平均移動角度は、 $136^\circ \pm 60.0^\circ$ であった(表4,5)。また、顔面軟組織の移動方向は臨床視覚的評価結果として示せた。術後1ヶ月および術後12ヶ月において移動方向は全例、同様の移動方向を示していることを確認した(表6,7)。

### 3)術前後の硬組織と軟組織の相関係数

術後1ヶ月後において、下顎骨硬組織面積と同部軟組織面積の相関係数(R)は、図10a～fに示す通り、水平面で0.656、冠状面が0.785、矢状面が0.718で、冠状面と矢状面に強い相関があった。術後1ヶ月後において、下顎骨硬組織と同軟組織の角度の相関係数は、水平面が0.341、冠状面が0.794、矢状面が0.482で、冠状面に強い相関があった。

## 考察

顎矯正手術は1849年のS. R. Hurlerによる不正咬合の外科的手術に始まり、H. Obwegeserによる下顎枝矢状分割術の一般的な手術に至るまで様々な進化を遂げてきた<sup>3)</sup>。当初、下顎枝矢状分割術時の固定はワイヤーによる固定が主流であり、骨片の十分な固定が得られないことから術後の安定性についての報告が多くなされた。顎変形症の術後咬合の安定は最大の目的であり、また、後戻りは最大の課題であった<sup>1)</sup>。その後の1970年代後半以降、骨片固定は強固な金属プレートに代わり、術後の安定性はほぼ改善された<sup>1)</sup>。現在は吸収性プレートでの固定も報告されており、金属ほどの強度はないが同等の固定がなされるようになってきた<sup>12,13)</sup>。

術後の骨格安定性の評価についての報告の多くは2次元セファロであり、この頭部エックス線規格写真による分析は1931年にBroadbentらによって導入された<sup>2,10,14)</sup>。セファロ分析は、頭蓋顔面の成長・顎変形症のための矯正や顎顔面手術の評価において非常に有用な方法であるが、反面、不正確な部分も持ち合わせていた。従来のセファロ分析は二次元画像

を使用しているため、様々な硬組織、軟組織が重ね合わさった状態になる。特に顎顔面非対称症例では、左右差があるため計測点の特定は困難で、分析者によって評価に差がでた<sup>4,5)</sup>。側方セファロでは、左右の解剖学的ランドマークや構造物が同一平面上に存在するため、左右非対称症例の評価では正面セファロの併用が必要となる<sup>14,15,16)</sup>。また、セファロ X線撮影における倍率、歪み、構造物の重なり合いにより頭蓋顔面症候群のような重度な奇形を伴う患者の構造物などは、信頼性の高い評価を行うことは困難である。

近年、CT 撮影技術は飛躍的に進歩を遂げた。最新の機種では、管電圧、管電流ともに以前に比べて低圧、低電流で、撮影スライス厚は薄く、撮影速度は速くなった<sup>10)</sup>。これにより断層間隔の縮小、撮影時間の減少、被曝線量の低減、空間分解能の向上が可能となり、複雑な構造物の重複がある顎顔面領域評価が可能となってきた。歯科口腔外科や矯正歯科領域においても臨床や研究での 3D-CT は広く用いられており<sup>6,17)</sup>、CT 撮影時の金属等のアーチファクトによる咬合平面周囲の正確な三次元再構築画像の取得は依然として困難ではあるが<sup>8)</sup>、二次元画像で見られる構造物の重複と倍率による諸問題を回避し、二次元画像より精度のよい詳細な頭蓋顔面の評価を行う事が可能となってきている<sup>2,6,7,8,14,15,16,17,18,19,20,21)</sup>。

三次元術前画像に術後画像を重ね合わせるためには、位置 3 変数と回転 3 変数の 6 変数が必要となり、画像の重ね合わせを手作業で行うことは大変難しい。そのため、術前および術後の画像において座標系を設定し、この座標系を一致させることにより重ね合わせを行う手法が考案された<sup>8,19)</sup>。

本研究では、独自に開発した三次元再構築画像を位置および回転の全 6 変数に対してそれぞれ座標変換し、術前後の骨の重なりを全ての位置および回転で調べる 6 自由度探索法を使用した<sup>8,14)</sup>。3D-CT の重ね合わせの基準平面の設定には、FH 平面や SN 平面を使用する方法が散見されており<sup>1,4,18,21,22)</sup>、FH 平面は顔貌から眼窩や外耳道が観察できるため臨床応用しやすい利点がある<sup>1,22,23)</sup>。本研究で使用している 6 自由度探索法における座標系は、左右の外耳孔上縁、左右眼窩下縁を基準点に設定し<sup>7)</sup>、簡便な使用が可能であった。

今回の顔面硬組織および軟組織三次元評価方法の開発における 3D-CT の DICOM データは、三次元可視化ソフトウェアにてオートレジストレーション後、アーチファクト等を手動にて微調整した。その後、術時の変化を距離で観察する目的で、術前と術後 1 ヶ月の重ね合わせを行った。

硬組織の距離計測点は、今回、対象を下顎前突症に対する治療症例としたため、全例下顎後退により変化した部位を示す計測点を多く認めた。非対称を含む症例では、偏位側の頬部

とオトガイ部が変化のない青色で示されていたのに対し、非偏位側の頬部とオトガイ部で赤色や黄色で表わされる突出変化が大きい計測点を認めた。これらの変化は、下顎枝矢状分割術による下顎骨の非偏位側への回転移動と平行移動によるものと考えられ、偏位を改善させる方向に硬組織が移動したことを示唆していた。また偏位側オトガイ部では、下顎骨の後方移動および非偏位側への回転移動により硬組織が後退変化するため、硬組織の突出変化は認められなかったものと考えられた。距離により分けられたカラーマッピングにおける表示は、変形した部分を視覚化され、下顎骨の手術前後の骨の形態変化を容易に理解することができた。反面、対照とする評価点の移動距離の情報しか得ることができなかった。

下顔面部軟組織の非対称を含む症例では、偏位側の頬部とオトガイ部が変化のない青色で示されていたのに対し、突出変化した計測点を多く認めたのは、非偏位側の頬部とオトガイ部で赤色や黄色で色分けされており、変化が大きいことを示していた。これらの変化は、硬組織同様、下顎枝矢状分割術による下顎骨の非偏位側への回転移動と平行移動によるものと考えられ、偏位を改善させる方向に軟組織も追従したことを示唆していた。

軟組織に関しても、評価点の距離を硬組織で扱った手法同様に評価点の距離を求め、変化を視覚化することが可能であった。軟組織画像においては、移動方向をベクトル表記することを試みたが、計算時間や表示に多くのコンピュータパワーを要するために実用的ではなかった。また、軟組織変化の定量的評価は困難であった。

したがって、本研究では、変化した部分の面積および角度計測による評価法を提案した。本評価法にて表記されている面積はピクセル数により算出し、また移動方向は、術前と術後1ヶ月、術前と術後12ヶ月、それぞれの重心点を求め極座標にて表記を可能にした。

今回の評価法においては、顔面の硬組織・軟組織のいかなる点でも評価対応は可能であった。しかし、口腔内に金属製の補綴物、矯正装置がある状態では、金属アーチファクトにより放射状のノイズが発生するため正確な咬合平面付近の画像の抽出は不可能であった<sup>24)</sup>。本研究では、金属アーチファクトの影響が少なく、最も咬合平面に近い点として、下顎骨のB点の変化を評価点として分析した。B点(Point B)における代表症例の変化の結果を検証すると下顎骨は左上方および後方へ変位していることが視覚的に確認でき、実際の症例と相違なかった。また、面積および方向も定量化することが出来た。

全10症例において、面積および角度評価を行った。面積は術前と術後1ヶ月、術前と術後12ヶ月の硬組織の重ね合わせでは、やや術後12ヶ月における面積が小さい値を示してい

たが、ほぼ同等の値を示していた。これは、術後の下顎骨自体の若干のリモデリングは起きているものの、大きな形態変化ではなく、術後変化はほとんどないことが示唆された。

軟組織においては、硬組織同様、術後 1 ヶ月と術後 12 ヶ月でほぼ同等の値を示してはいたが、術後 12 ヶ月時のほうが若干、値は大きかった。硬組織に追従して術後 12 ヶ月のほうが、面積が小さいと予測されたが、軟組織変化に対しては、頸部の伸展、重力など様々な事象が存在するため、それらを検討する必要があると考えられた。

硬組織における移動角度に関しては、術後 1 ヶ月および術後 12 ヶ月においてほぼ同じ方向に移動しているのを確認できた。軟組織移動角度に関しては、水平面、冠状面は、ほぼ同じ方向を指していると判断したが、矢状面角度で、方向のバラツキが認められた。これは、水平面、冠状面は、図 9g, h にみられるように下顎骨、同部軟組織以外の影響を受けないが、矢状面では、一部頸部の影響を受けやすいため数値にバラツキを認めたのではないかと推察された。

全症例の面積の平均値は、実際の手術における移動距離、方向が様々であるため、直接の比較は困難であるが、水平面および冠状面における軟組織の変化の大きさは硬組織の変化の大きさよりも小さく、矢状面においては、軟組織の変形が大きくなっていた。これは、矢状面における軟組織の評価において、一部に頸部が含まれるために、変化のない頭蓋部における重ね合わせを行っても頭位の影響が存在するためと考えられた。

一方、方向に関しては、硬組織の値の変化と軟組織の値の変化の方向は近い値となっており、また、硬組織と軟組織の変形量および方向の相関を見ると、硬組織冠状面、硬組織矢状面、軟組織冠状面で 0.7 以上の強い相関を認め、また他 3 項目も相関関係は有しており、適正な評価となっていることが確認された。

次に術後 1 ヶ月と術後 12 ヶ月の全体の平均面積、平均角度を比較すると、硬組織においては大きな変化が観察されなかったが、一方で、軟組織では様々な事象の影響を受けていると考えられ、変化が大きい部位もあった。

今回、6 自由度探索法による全探索法にて硬組織および軟組織評価を定量的、視覚的に評価することは可能であった。また、軟組織評価において、撮影時の体位が仰臥位であることから顔面形状の重力による影響、表情、呼吸による体動などを考慮すると、実際の軟組織とは若干の誤差が生じていると考えられるため、その評価法についても再検討の余地がある<sup>4, 22, 25)</sup>。今後の展望として、開発した評価方法は下顎骨表面形態の変化のみ<sup>26)</sup>でなく、上



顎骨を含む顔面骨各部位, 全身骨格などの表面形態の変化を含めた計測へと展開可能と考えている.

#### 結語

顎顔面骨を対象とした骨切り術への応用として, 3D-CT を用いた三次元画像から, 6 自由度全探索法にて術前後の画像重ね合わせを行い, 術前後の骨格および顔面軟組織の形態変化を可視的に評価可能となった. また, 術後の骨格安定度も評価できる有用な評価法と確信した.

6 自由度探索法を用いて 3D-CT 画像データを術前と術後 1 ヶ月, 術前と術後 12 ヶ月の画像を重ね合わせ, その変化をカラー表示し, 視覚的に直感画像評価する方法を呈示した. 本手法で下顎枝矢状分割術後のわずかな硬組織および軟組織の変化を視覚的に評価でき, その定量化も可能であった. また, 下顎骨体部の硬組織形態の術後変化は少ないことが明らかとなった. 本研究では B 点についてのみ評価をしているが, 顔面の全ての面のいかなる点でも評価可能で, 形状変化を扱う外科手術分野において臨床上大変有用な評価法になりうると思う.

本研究は顎変形症患者の顔面骨格と周囲軟組織の術前後の形態的变化を新たに提案した評価方法により, 初期の 10 例に適応した. 全例において 3 次元的に定量評価することができた. 今後, さらに精密に検証する必要があると考えている.

尚, 本論文要旨は第 45 回日本口腔科学会九州地方会 (2012. 11. 23, 福岡), 第 23 回顎変形症学会 (2013. 06. 22-23, 大阪), 第 46 回日本口腔科学会九州地方会 (2013. 11. 23, 長崎), 第 68 回 NPO 法人日本口腔科学会学術集会 (2014. 05. 07~09, 東京) において発表した.

## 引用文献

- 1) 金澤輝之, 黒柳範雄, 他 : 3D-CT 重ね合わせ法を用いた Le Fort I 型骨切り術術後の計測点の安定性についての検討. 愛院大歯誌 51(1):55-62, 2013.
- 2) 山本敦彦, 小坂正明 : 頭部 3D-CT 規格分析法の開発. 近畿大医誌, 30(3, 4):179-186, 2006.
- 3) E.W.Steinhauser : Historical development of orthognathic surgery. J Craiomaxillofac Surg, 24: 195-204, 1996.
- 4) 山崎幸一, 寺田員人, 他 : 顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症患者における顎矯正手術後の硬組織変化に対する軟組織変化の三次元分析. 日顎変形誌 15(2):87-94, 2005.
- 5) 高根ユミ, 一色泰成, 他 : 顔面非対称の X 線 CT3 次元画像診断における距離計測の信頼性. 歯科学報 101(12) : 1195-1206, 2001
- 6) Swennen G.R.J, Mollemans W, et al.: Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. J Oral Maxillofac Surg, 67(10):2080-2092, 2009
- 7) Ryosuke Kita, Shigeaki Moriyama, et al. : Availability of Cephalo- metric Radiographs Constructed from Three dimensional Computed Tomography: Transration research to three dimensional from two dimentional. Med. Bull. Fukuoka. Univ. 40(3/4), 129-140, 2013
- 8) 森山茂章, 古田治彦, 他 : 頭蓋顎顔面部の 6 自由度探索法による重ね合わせ法. 日顎変形誌 22:193-199, 2012.
- 9) Hiromasa Takahashi, Shigeaki Moriyama, et al: Three lateral osteotomy designs for bilateral sagittal split osteotomy: biomechanical evaluation with three-dimensional finite element analysis. Head & Face Medicine 2010, 6:4
- 10) 勝又明敏: 歯科CTの過去, 現在, 未来. (社) 日本口腔外科学会2012年口腔四学会合同研修会第37・38回教育研修会. 日口外誌58:706-717, 2012.
- 11) Paul J, Besl et al. : A method for Registration of 3-D Shapes. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 14: 239-256, 1992.
- 12) 阿部直樹, 古谷昌裕, 他 ; LeFortI型骨切り術におけるポリ-L-乳酸ポリグリコール酸共重合体プレートの安定性. 日顎変形誌23(3):198-201, 2013

- 1 3) J. M. Shand, A. A. C. Heggie: Use of a resorbable fixation system in orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 38(4):335-337, 2000.
- 1 4) 喜多涼介, 森山茂章, 他: 骨切り術におけるCT画像の三次元的評価. *福岡大医紀 (Med Bull Fukuoka Univ)* 39(1), 5-11, 2012.
- 1 5) Broadbent BH: A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod*, 1(2): 45-66, 1931.
- 1 6) 木村和男, 菅原準二, 他: ヒト乾燥頭蓋骨の正面頭部X線規格写真像について(第三報) 水平的基準線の安定性の検討. *東北大歯誌*, 8:99-106, 1989
- 1 7) 寺嶋雅彦, 遠藤みずき, 他: 顎口腔機能の四次元解析システム-顎変形症患者への応用-. *顎機能誌*, 12:100-109, 2006
- 1 8) A. Katsumata, M. Fujishita, et al.: 3D-CT evaluation of facial asymmetry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 99(2):212-220, 2005.
- 1 9) A. Kawamata, M. Fujishita, et al.: Three-dimensional computed tomography evaluation of postsurgical condylar displacement after mandibular osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 85(4):371-376, 1998.
- 2 0) 安井常晴, 久保諠修, 他: 顎変形症に対する3D-CTの利用-第1報 3D-CTの再現性の評価-. *日顎変形誌*, 7(1):18-23, 1997.
- 2 1) 大音博之: 下顎後方移動術後の口腔咽頭容積と上気道機能の変化について. *愛院大歯誌*. 45(1):111-127, 2007
- 2 2) 山田大輔, 東堀紀尚, 他: LeFort I型骨切り術を併用し上下顎移動術を行った骨格性下顎前突症例の外鼻形態変化に対する三次元的検討. *日顎変形誌*, 22(1):12-19, 2012
- 2 3) Downs WB: Variations in facial relationships; their significance in treatment and prognosis. *Am J Orthod*, 34(10):812-840, 1948.
- 2 4) 上地潤, 辻祥之, 他: コンピュータ支援診断・手術(CAD/CAS)のための仮想患者モデルの生成-画像位置合わせの検証-. *北医療大歯誌*, 29(1):73-81, 2010.
- 2 5) 辻祥之, 上地潤, 他: 表面形状基準法を用いた頭蓋顔面硬・軟組織の正中矢状平面の抽出とその一致度. *日顎変形誌*, 22(3):200-207, 2012.
- 2 6) L. K. de Paula, A. C. O. Ruellas et al: One-year assessment of surgical outcomes in Class III patients using cone beam computed tomography. *Int J Oral*

Maxillofac Sur, 42:780-789, 2013

## 図脚注

### 図1 座標系の決定

原点（青）：左右の顔面骨外耳道上縁（赤, 左側：PoL, 右側：PoR）の中点

x 軸：PoL と PoR を結ぶ線

y 軸：原点と左右の眼窩骨縁最下点（黄, 左側：OrL, 右側：OrR）の中点を結んだ線

z 軸：xy 平面に垂直で原点を通る線

水平面：xy 平面に平行な面

環状面：zx 平面に平行な面

矢状面：yz 平面に平行な面

B 点（紫）：下顎歯槽基底の前方限界を示す点（Point B, Supramentale）

### 図2 術前・術後1ヶ月の重ね合わせ画像（参考画像）

### 図3 表面座標抽出画像（参考画像）

### 図4 術前・術後1ヶ月の硬組織重ね合わせカラーマッピング画像

代表症例 No.3： a 正面 b 右上方 c 後方

### 図5 術前・術後1ヶ月軟組織重ね合わせカラーマッピング画像

代表症例 No.3： a 正面 b 側方

※下顎骨に対応した下顔面部軟組織で咬合平面より下方, 舌骨より前方を評価

### 図6 術前・術後1ヶ月の軟組織重ね合わせ形態変化ベクトル表記

代表症例 No.3： a 正面 b 側方

※下顎骨に対応した下顔面部軟組織で咬合平面より下方, 舌骨より前方を評価

### 図7 面積, 角度計測のイメージ図

面積の変化量： 青+赤

（青： 術前の面積, 赤：術後1ヶ月もしくは術後12ヶ月の面積）

角度：右向きを0度とし, 反時計方向に角度を測定

（緑+： 青もしくは赤の重心点）

（緑→： 術前から術後1ヶ月もしくは術後12ヶ月の移動方向）

### 図8 B点（下顎歯槽基底の前方限界）における術前・術後1ヶ月の

重ね合わせ後の硬組織面積および角度計測計算画像（サンプル図）

### 図9-1 代表症例（下顎前突, 下顎右方偏位）の術後のB点

a 水平面 b 前頭面 c 矢状面

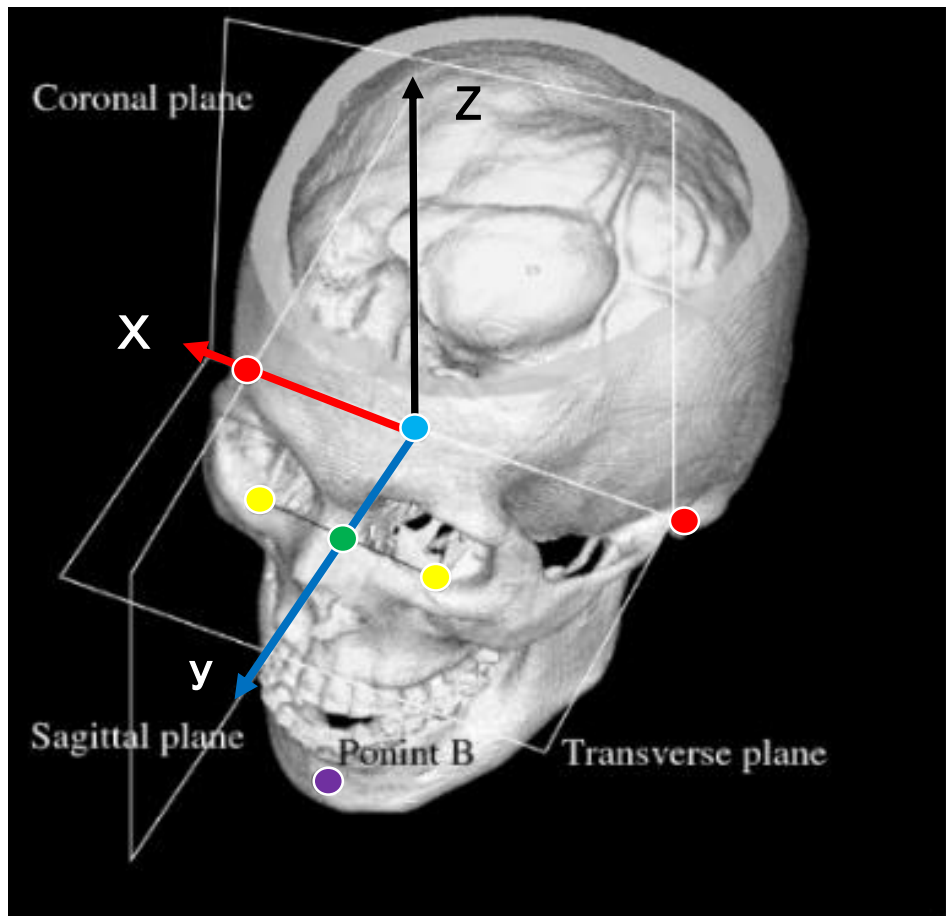
図 9-2 代表症例（下顎前突, 下顎右方偏位）の術後の B 点

B 点 - 極座標 - 術前・術後 1 ヶ月重ね合わせ硬組織（上段）・軟組織（下段）

d 水平面 e 冠状面 f 矢状面 g 水平面 h 冠状面 i 矢状面

図 10 硬組織面積と軟組織面積の相関係数（a 水平面 b 冠状面 c 矢状面）

硬組織角度と軟組織角度の相関係数（d 水平面 e 冠状面 f 矢状面）



- 原点（青）：左右の顔面骨外耳道上縁（赤, 左側：PoL, 右側：PoR）の midpoint
- x軸：PoLとPoRを結ぶ線
- y軸：原点と左右の眼窩骨縁最下点（黄, 左側：OrL 右側：OrR）の midpointを結んだ線
- z軸：xy平面に垂直で原点を通る線
- 水平面：xy平面に平行な面
- 環状面：zx平面に平行な面
- 矢状面：yz平面に平行な面
- B点（紫）：下顎歯槽基底の前方限界を示す点 (Point B, Supramentale)

図1 座標系の決定

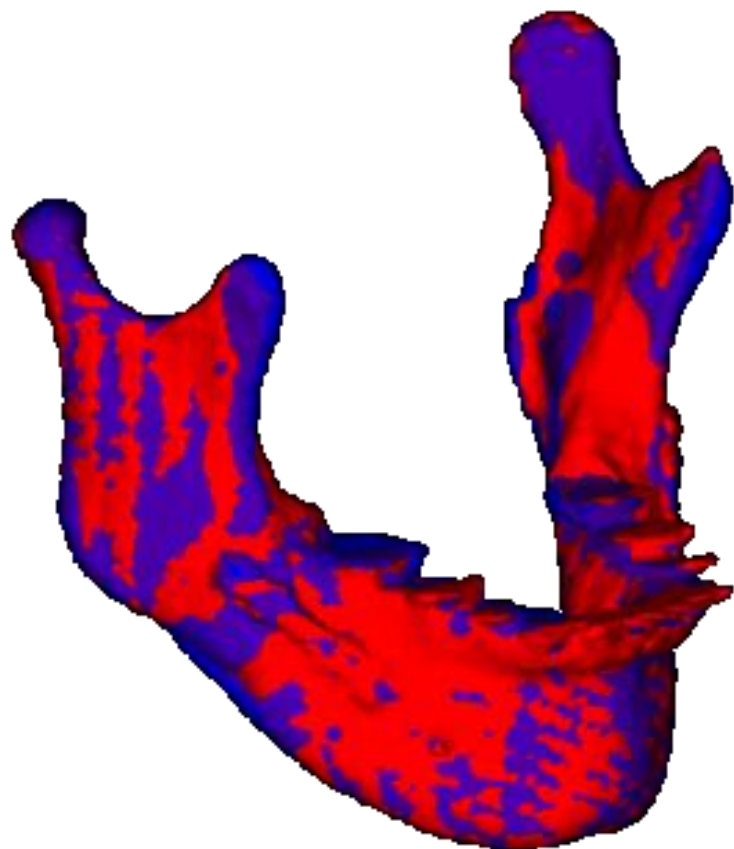


図2 術前・術後1ヶ月の重ね合わせ画像（参考画像）



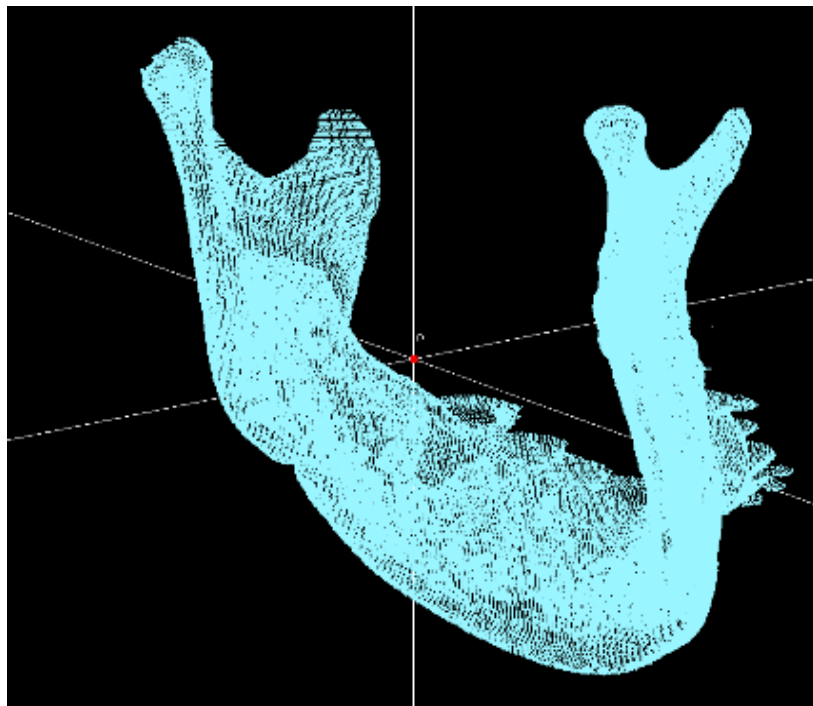


図3 表面座標抽出画像 (参考画像)

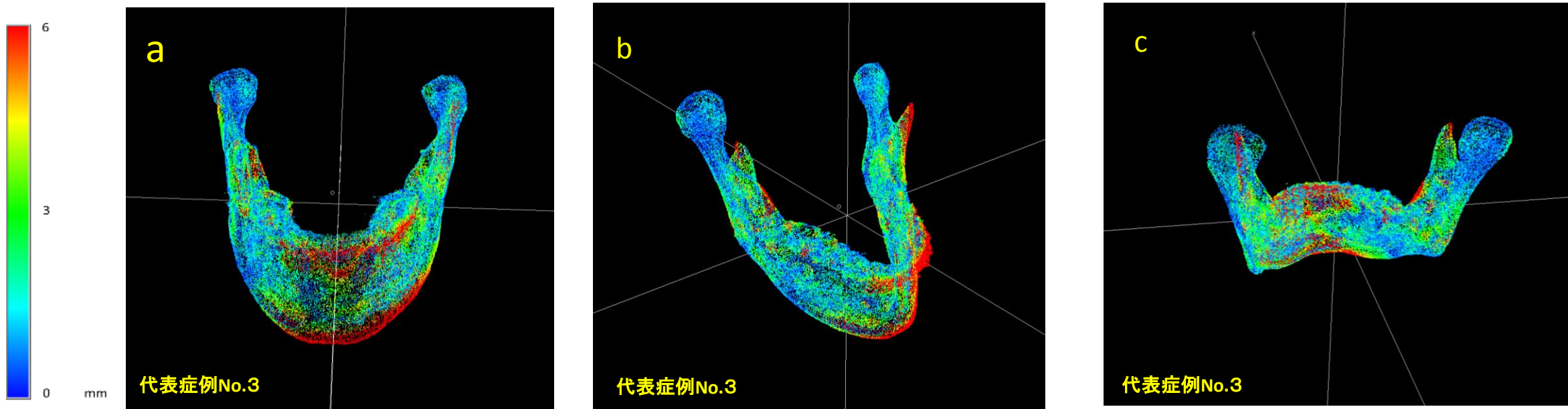


図4 術前・術後1ヶ月の硬組織重ね合わせカラーマッピング画像  
代表症例 No. 3 : a正面 b右上方 c後方

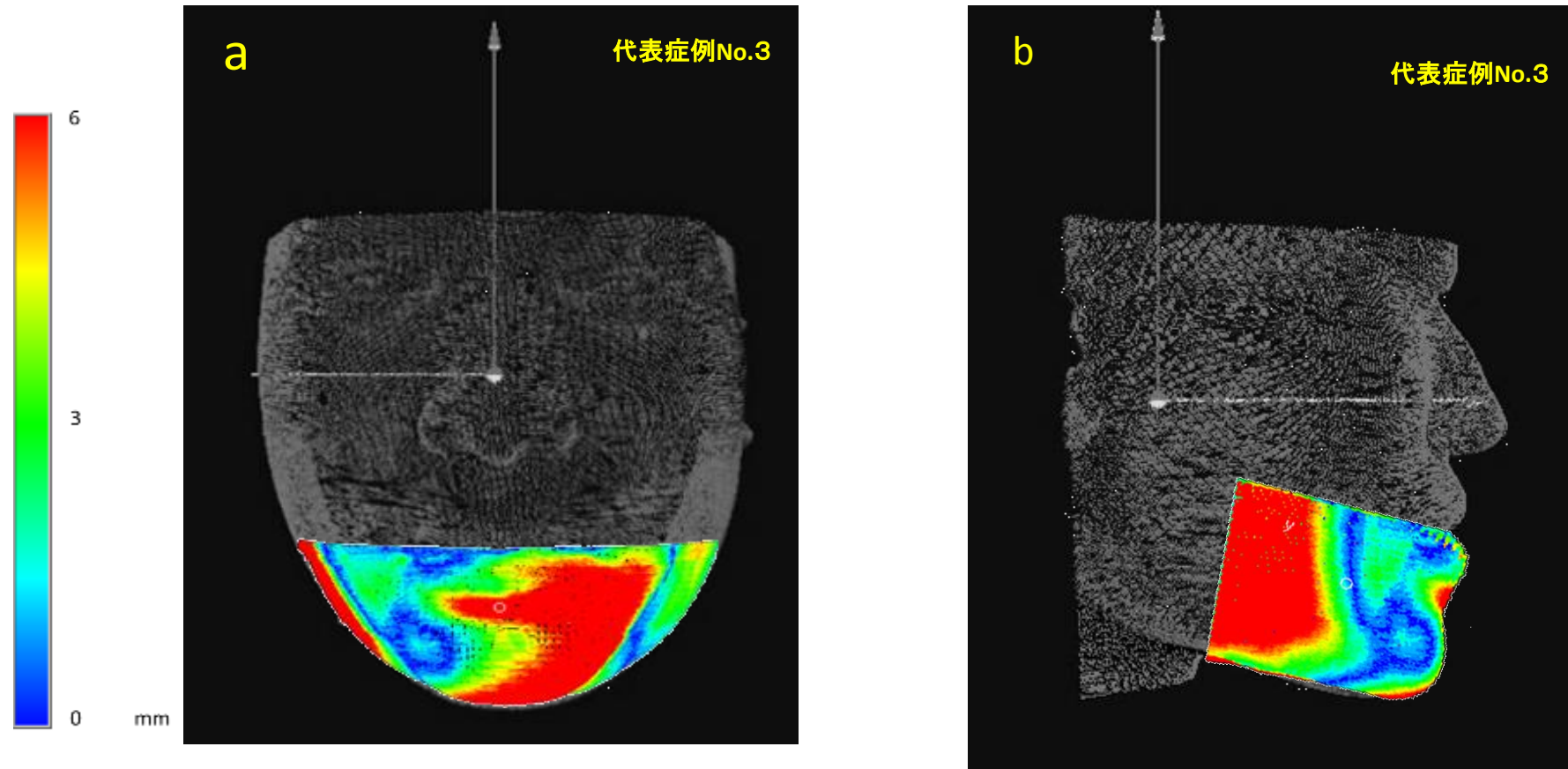


図5 術前・術後1ヶ月軟組織重ね合わせカラーマッピング画像  
 代表症例 No. 3 : a 正面 b 側方

※下顎骨に対応した下顔面部軟組織で咬合平面より下方, 舌骨より前方を評価

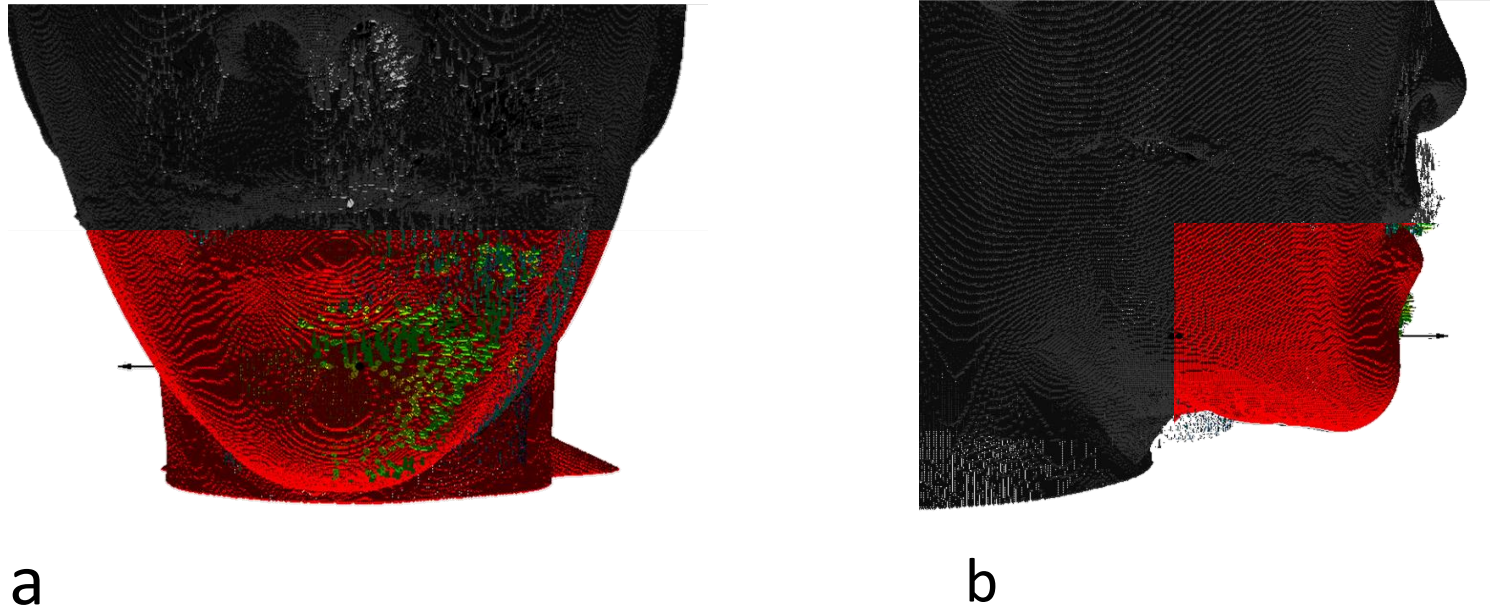


図6 術前・術後1ヶ月の軟組織重ね合わせ形態変化ベクトル表記  
代表症例 No. 3 : a 正面 b 側方

※下顎骨に対応した下顔面部軟組織で咬合平面より下方, 舌骨より前方を評価

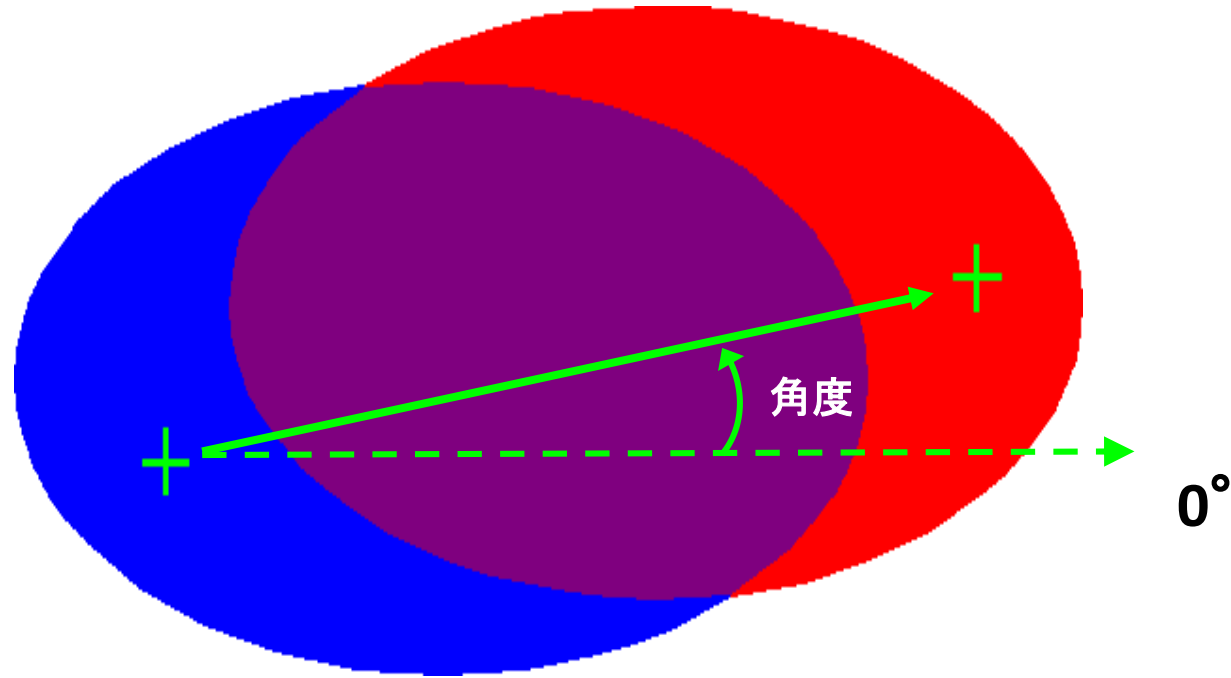


図7 面積, 角度計測のイメージ図

面積の変化量： 青+赤

(青： 術前の面積, 赤： 術後1ヶ月もしくは術後12ヶ月の面積)

角度： 右向きを0度とし, 反時計方向に角度を測定

(緑+： 青もしくは赤の重心点)

(緑→： 術前から術後1ヶ月もしくは術後12ヶ月の移動方向)

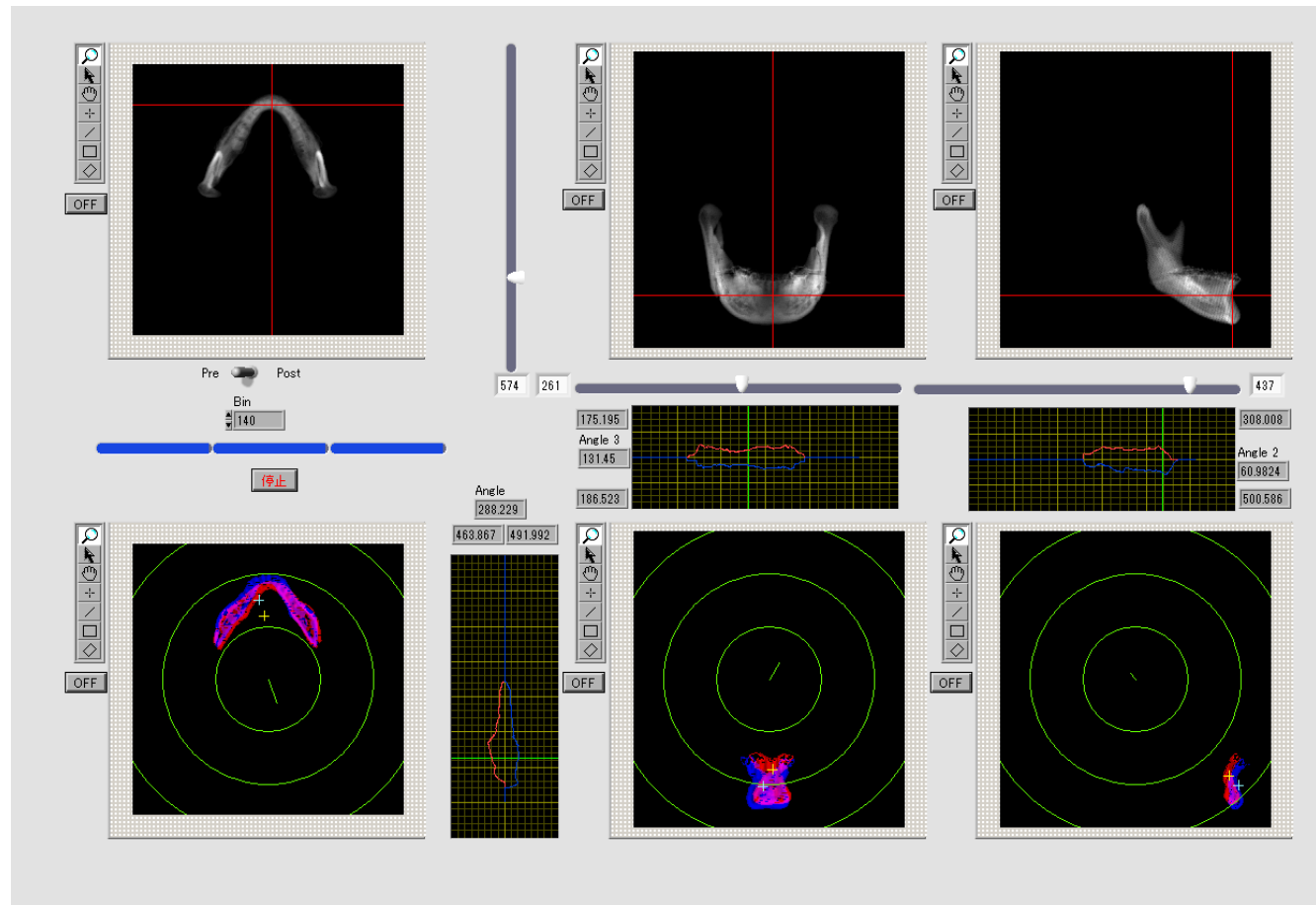


図8 B点（下顎歯槽基底の前方限界）における術前・術後1ヶ月の重ね合わせ後の硬組織面積および角度計測計算画像（サンプル図）

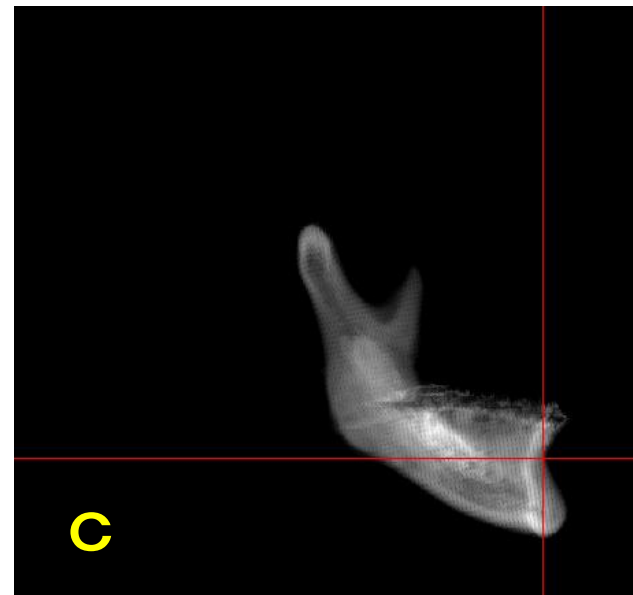
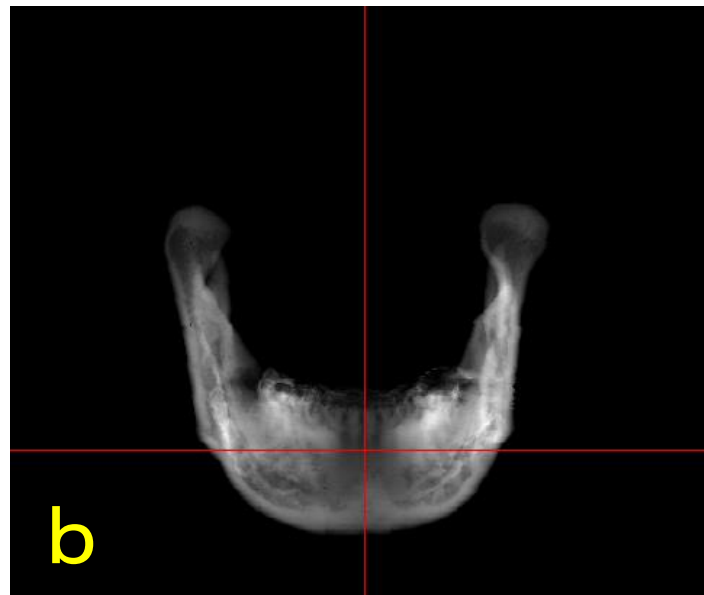
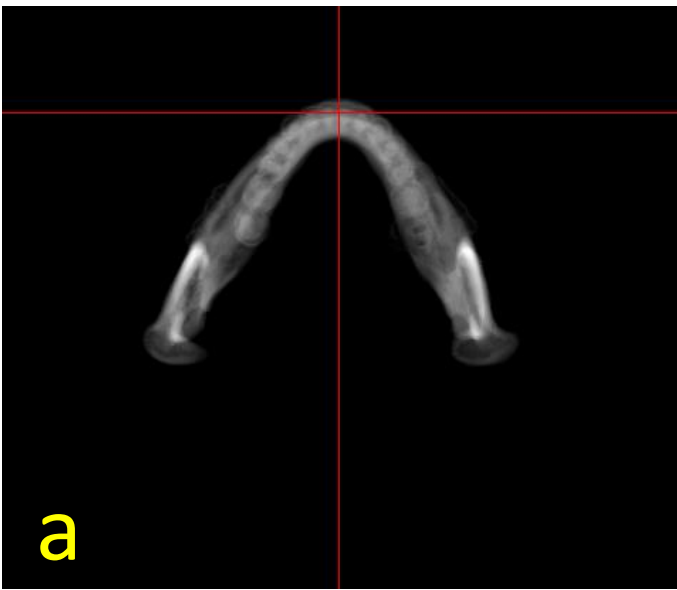
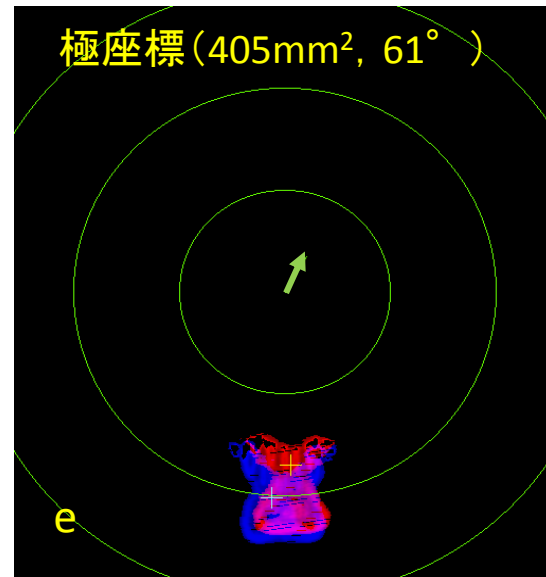
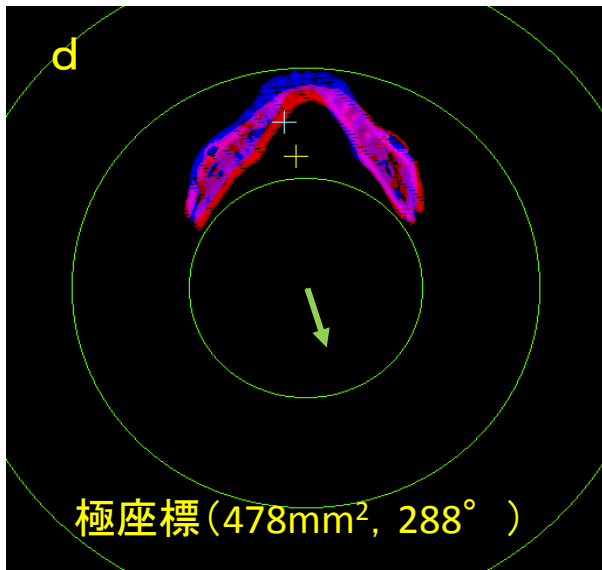


図9-1 代表症例（下顎前突, 下顎右方偏位）の術後のB点  
a 水平面 b 前頭面 c 矢状面





代表症例No. 3  
(下顎前突, 下顎右方偏位)

青: 術前  
赤: 術後1ヶ月  
緑矢印: 青の重心点から赤の重心点への  
移動方向

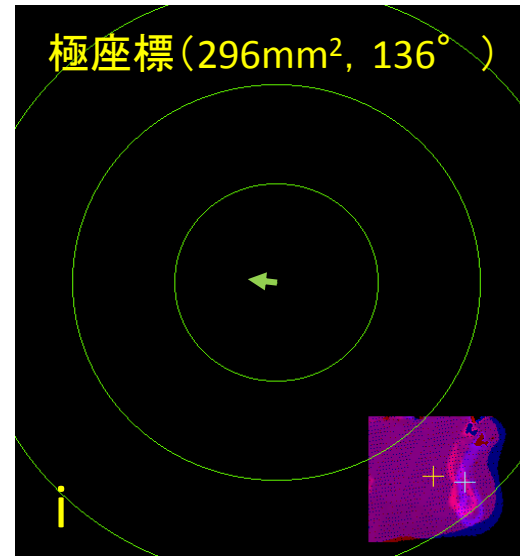
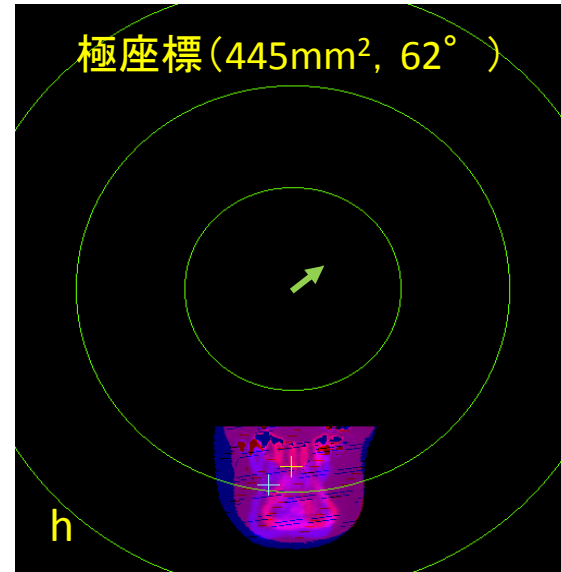
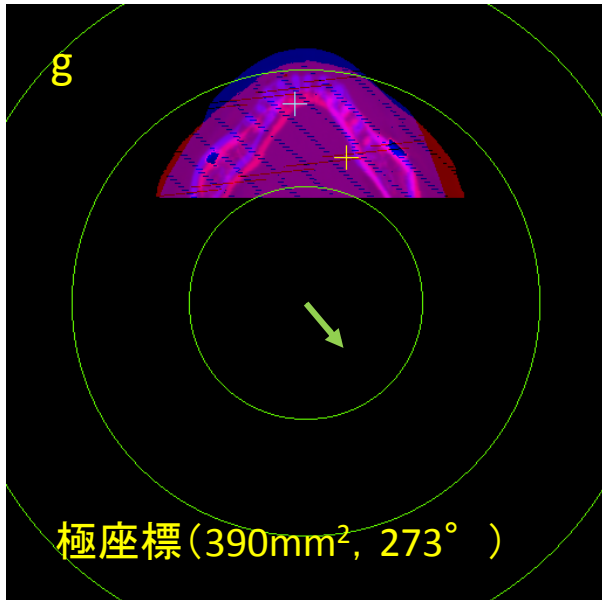


図9-2 代表症例 (下顎前突, 下顎右方偏位) の術後のB点  
B点 - 極座標 - 術前・術後1ヶ月重ね合わせ硬組織 (上段) ・軟組織 (下段)  
d 水平面 e 冠状面 f 矢状面 g 水平面 h 冠状面 i 矢状面



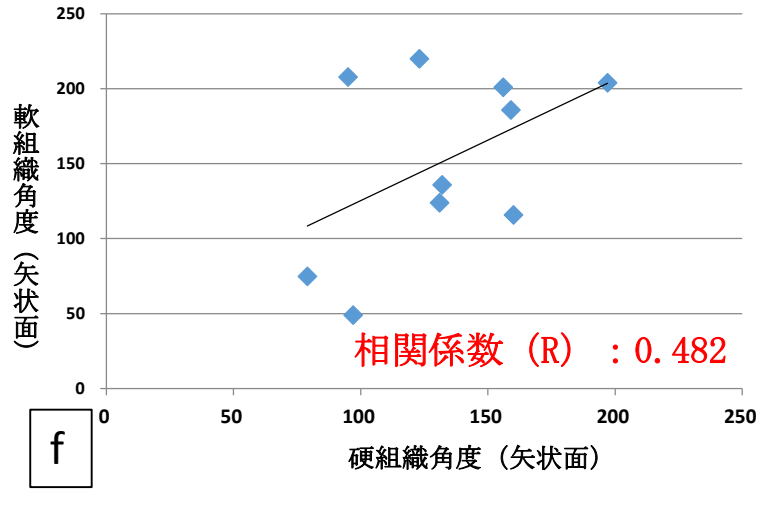
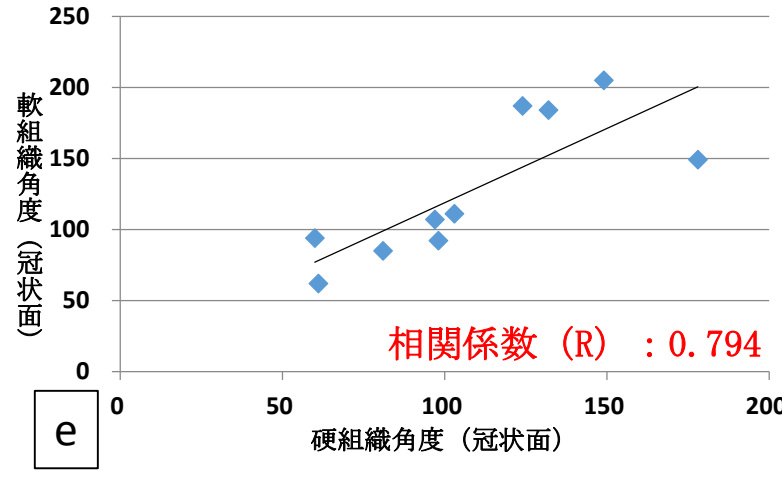
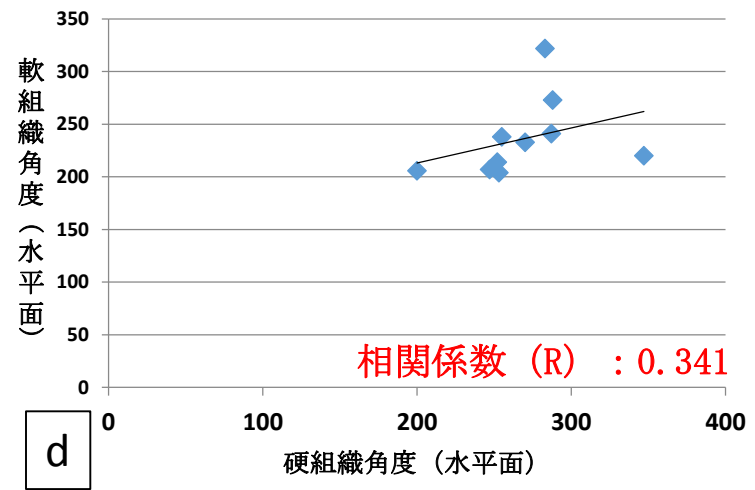
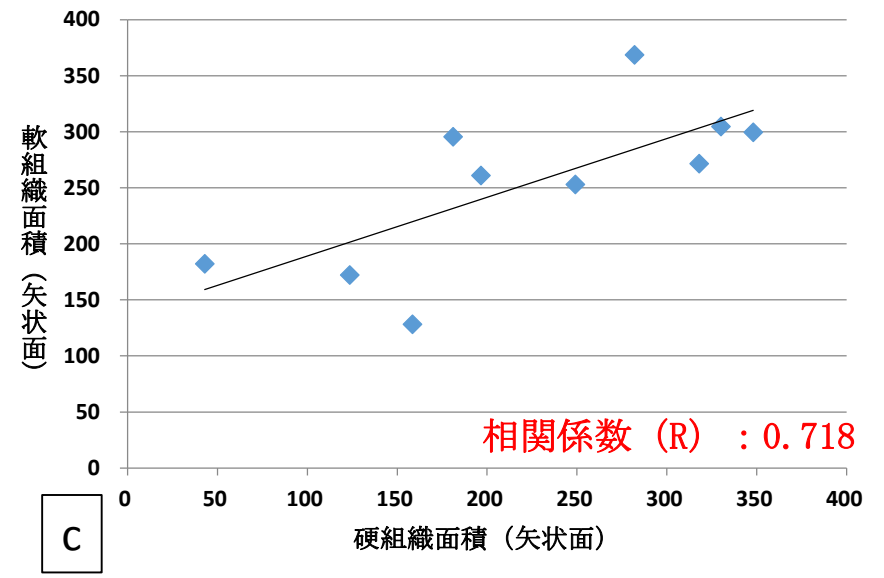
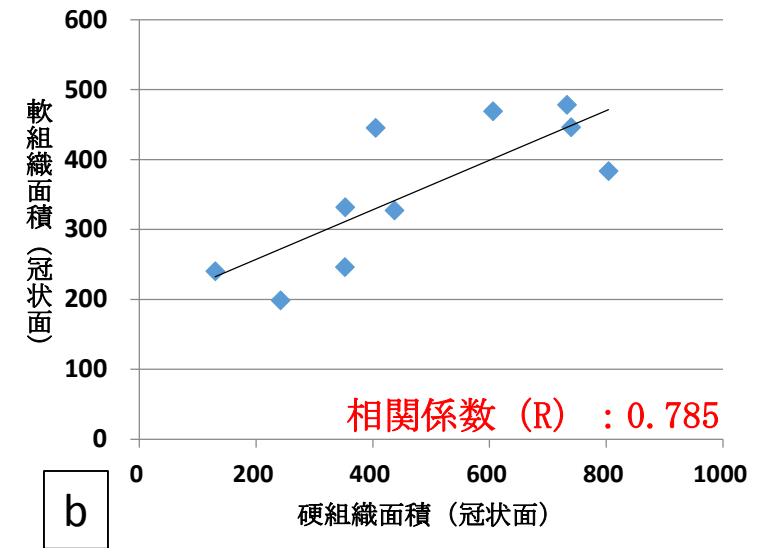
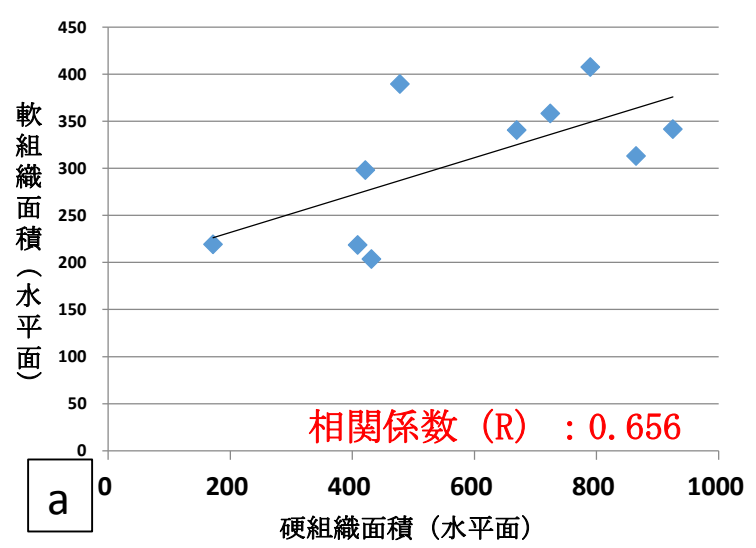


図10 硬組織面積と軟組織面積の相関係数 (a水平面b冠状面c矢状面)  
 硬組織角度と軟組織角度の相関係数 (d水平面e冠状面f矢状面)

表1 術前と術後1ヶ月の平均移動距離

No.	1month	
	mandible	soft tissue
	average distance	
	mm	
1	2.01	2.73
2	3.38	4.20
3	1.97	3.41
4	2.24	4.56
5	2.71	2.00
6	2.95	5.28
7	1.53	1.84
8	2.70	4.37
9	1.09	3.20
10	1.88	2.30
Mean	2.25	3.39
S. D.	0.693	1.18

表2 術前と術後1ヶ月の下顎骨の面積と角度

No.	1month					
	mandible					
	transverse		coronal		sagittal	
	area	angle	area	angle	area	angle
mm2	deg	mm2	deg	mm2	deg	
1	422	253	352	124	159	95.0
2	725	287	733	81.0	282	131
3	478	288	405	61.0	181	132
4	432	200	353	178	197	79.0
5	865	255	804	97.0	348	160
6	790	252	740	103	330	156
7	409	270	242	132	124	97.0
8	925	283	606	98.0	318	159
9	172	347	130	60.0	43.0	123
10	670	247	437	149	249	197
Mean	589	268	480	108	223	133
S. D.	242	37.9	229	37.9	99.4	36.2

**表3 術前と術後12ヶ月の下顎骨の面積と角度**

No.	12month					
	mandible					
	transverse		coronal		sagittal	
	area	angle	area	angle	area	angle
mm2	deg	mm2	deg	mm2	deg	
1	105	271	188	122	179	99.0
2	657	294	734	81.0	265	123
3	621	274	528	76.0	265	149
4	493	271	439	104	264	99.0
5	846	250	789	98.0	366	158
6	551	208	480	132	189	59.0
7	557	274	398	93.0	209	118
8	746	280	514	104	250	152
9	448	243	549	89.0	301	142
10	894	257	668	80.0	361	172
Mean	592	262	529	98.0	263	127
S. D.	225	24.1	174	18.3	68.2	34.3

表4 術前と術後1ヶ月の下顔面軟組織の面積と角度

No.	1month					
	soft tissue					
	transverse		coronal		sagittal	
	area	angle	area	angle	area	angle
	mm2	deg	mm2	deg	mm2	deg
1	298	204	246	187	128	208
2	358	241	478	85.0	369	124
3	390	273	445	62.0	296	136
4	204	206	332	149	261	75.0
5	313	238	384	107	300	116
6	408	214	446	111	305	201
7	219	233	199	184	172	49.0
8	342	322	469	92.0	272	186
9	219	220	240	94.0	182	220
10	341	207	327	205	253	204
Mean	309	236	357	128	254	152
S. D.	73.2	37.0	103	49.9	72.9	60.5

表5 術前と術後12ヶ月の下顔面部軟組織の面積と角度

No.	12month					
	soft tissue					
	transverse		coronal		sagittal	
	area	angle	area	angle	area	angle
	mm2	deg	mm2	deg	mm2	deg
1	246	213	226	169	140	173
2	445	232	642	86.0	442	112
3	390	273	445	62.0	342	136
4	422	246	685	110	483	93.0
5	553	248	736	108	622	120
6	392	183	454	147	312	59.0
7	307	261	443	97.0	296	84.0
8	368	276	311	95.0	374	170
9	472	143	587	238	404	272
10	341	243	327	89.0	253	142
Mean	394	232	486	120	358	136
S. D.	86.7	41.8	172	51.6	137	60.0