

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 原 太一  
学位 博士 (歯学)  
学位記番号 新大院博 (歯) 第465号  
学位授与の日付 令和2年3月23日  
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当  
博士論文名 Comparison of three-dimensional facial morphologies acquired by digital stereophotogrammetry imaging and computed tomography  
デジタル立体写真計測法と CT における三次元顔貌形態の比較

論文審査委員 主査 教授 林 孝文  
副査 教授 小林 正治  
副査 教授 齋藤 功

### 博士論文の要旨

#### 【背景と目的】

三次元画像は顔貌形態の客観的分析、治療計画、顎矯正手術または顎顔面再建の術後評価に役立ち、軟組織形態の分析評価は患者の満足度を決定するうえで重要である。三次元画像の撮影方法は、体積画像である多列検出器型コンピュータ断層撮影 (MDCT) およびコーンビーム CT (CBCT) と表面画像であるデジタル立体写真計測法、レーザースキャン法などがある。MDCT や CBCT はコストが高く放射線被曝を伴うため頻回の撮影は困難である。一方デジタル立体写真計測法やレーザースキャン法は低コストで被曝もなく、機動性もよいという利点を有し頻回の撮影が可能である。本研究では顎変形症患者を対象として MDCT およびデジタル立体写真計測法で撮影した三次元画像を治療計画や顎矯正手術の術後評価のため、同一座標上で正確に統合および分析できるかどうかを検討した。

#### 【対象と方法】

対象は当科において顎矯正手術を予定している顎変形症患者 20 名 (男性 10 名、女性 10 名) とした。全ての患者は術前に CT 撮影と非接触型三次元形状撮影装置での撮影を行い、それぞれのデータを三次元構築し STL 形式に変換した。2 つの STL データを 4 つの基準点 (両側の内眼角、外眼角) と額・鼻領域で最適なアルゴリズムを用いて重ね合わせを行い、X,Y,Z 座標上で基準平面 (フランクフルト平面、冠状平面、中央矢状平面) を設定した。鼻下点を基準点とする縦横 2 cm 間隔の 10 個の計測点での Z 座標の差を計測した。さらに下顔面の中央および両側に幅 4 cm 高さ 2 または 4 cm の 6 領域を設定し体積差 (cm<sup>3</sup>) および平均差 (体積/ XY 面積) (mm) を計測した。

#### 【結果】

対象患者のすべてのデータで男性と女性間に統計的に有意な差は認めなかったため、統合し分析を行った。MDCT と非接触型三次元形状撮影装置で得られた三次元画像上で計測した 10 点のうち正中の下唇オトガイ部領域の 2 点を除くすべての計測点で、MDCT 上の計測点の Z 座標は非接触型三次元形状撮影装置上の Z 座標より後方に位置していた。2 つの画像の Z 座標値の差は中央の計測点で 1 mm 以内であり、側部および下部領域では大きく差を認めた。2 つの三次元画像で計測した 6 つの領域の体積では、中央の測定領域の体積の差は 1 cm<sup>3</sup> 以内であった。一方、両側方部の体積の差は 1.6 cm<sup>3</sup> から 3.5 cm<sup>3</sup> と比較的大きかった。同様に、2 つの画像間での平均体積差 (体積/ XY 面積) の平均は中央の測定エリアでは 1.0 mm 以内であったが、両側方部

では 2.0 mm から 3.0 mm であった。

### 【考察】

外科的矯正治療のために病院を訪れる顎変形症患者は顔貌の審美性に対して敏感である。したがって、治療計画や患者とのコミュニケーションを向上させるには、より正確で三次元的な顎顔面形態の評価と信頼性の高い治療後の予測が重要である。しかし、従来の二次元的な顎顔面形態分析で複雑な三次元顔貌形態を評価するには限界がある。近年、容積測定法である MDCT や CBCT、表面画像法であるデジタル立体写真計測法やレーザースキャンによる顔面形態分析が評価されている。各方法には長所と短所がある。3DCT 画像は、軟組織および骨組織の形態の評価と顎矯正手術の予測に適しているが、高コストと放射線被曝のため頻りに撮影することはできない。一方、デジタル立体写真計測法は操作が容易であり、低コストで放射線被曝がないため頻りに撮影することができるが、表面構造のみの画像である。これらの三次元画像は、各特性を活かして組み合わせる必要がある。

本研究で使用した Vectra H1 はポータブルで低コストのデジタル立体写真計測システムであるが、異なる角度からの複数の連続キャプチャを取得する必要がある。Vectra H1 の検証に関する以前の研究ではほとんどの臨床および研究で十分に正確で信頼できることが報告されている。本研究では、顎変形症患者の MDCT と Vectra H1 の三次元画像をポリゴン編集ソフトウェアを用いて 4 つの基準点と額と鼻の領域を使用した最適なアルゴリズムによって正確に重ね合わせることができた。さらに、Z 軸方向の 10 個の測定ポイントの差と 6 領域の体積差を計測でき、中央部での 2 つの画像の平均差は両側部よりも小さいことが明らかになった。MDCT は水平位で撮影されるのに対し Vectra H1 は座位での撮影であるため、画像取得中の頭部の位置に応じて重力が顔の軟部組織に変化を引き起こし、異なる方向に作用すると考えられる。特に頬領域での重ね合わせの差が大きく、中央測定領域では差が小さかったことより、中央領域のランドマークが外側領域のランドマークよりも安定していることが示唆された。水平位で撮影する MDCT に対して CBCT は立位で撮影されるため、デジタル立体写真計測と統合するのに適していると思われる。

本研究では撮影体位が顎顔面計測評価に重要な影響を及ぼし、これらのデータが異なる体位から得られたデータを比較するためのガイドラインとして使用できることが示唆された。

### 審査結果の要旨

近年、コンピュータ技術の進歩に伴い、物体の三次元形態画像を容易に取得できるようになった。顔貌形態の分析においても、三次元画像から客観的分析や治療計画の立案、顎矯正手術や顎顔面再建の術後評価が行われるようになり、患者の満足度を決定するうえで重要な手法となっている。三次元画像の撮影方法には、体積画像を取得できる多列検出器型コンピュータ断層撮影 (MDCT) やコーンビーム CT (CBCT) などと表面画像のみのデジタル立体写真計測法やレーザースキャン法などがある。これらの撮影方法はそれぞれに長所と短所があり、うまく組み合わせる利用することが肝要である。本研究では、顎変形症患者を対象として MDCT およびデジタル立体写真計測法で撮影した顔貌の三次元画像を、同一座標上で統合・分析し、両画像による形態の差について検討している。

対象は当院口腔再建外科において顎矯正手術を予定している顎変形症患者 20 名 (男性 10 名、女性 10 名) で、術前に MDCT 撮影と非接触型三次元形状撮影装置 (Vectra H1) での撮影を行った。2 つの手法で得られたデータをそれぞれ STL 形式に変換して画像解析ソフト上で重ね合わせ、X,Y,Z 座標上に基準平面を設定し、鼻下点を基準点とする 10 個の計測点での Z 座標の差と、さらに下顔面の中央および両側に 6 領域を設定し体積差 (cm<sup>3</sup>) および平均差 (体積/XY 面積) (mm) を計測している。その結果、男女間に統計的有意な差は認められず、10 個の計測点のうち正中の下唇オトガイ部の 2 点を除くすべての計測点で、MDCT を用いた画像上の Z 座標は Vectra H1 を用いた画像上の Z 座標より後方に位置していたという結果であった。2 つの画像の Z 座標値の差は中央部と比較し、外側部および下部領域では比較的大きな差が認められ、6 つの領域の体積と平均体積差でも中央の体積の差より両側方部の体積の差が大きいう結

果であった。MDCTは水平位で撮影されるのに対しVectra H1は座位での撮影であるため、画像取得中の頭部の位置に応じて重力が異なる方向に作用することにより顔の軟部組織形態に変化を引き起こし、特に骨の裏打ちのない頬領域での差が大きく、中央測定領域では差が小さかったことより、異なる体位での撮影条件の場合、重力の影響の少ない中央領域のランドマークが外側領域のランドマークよりも安定していることが示唆されている。

本審査では、本研究を行うに至った背景と目的、三次元画像解析法ならびにデータ重ね合わせ精度の妥当性、CTの被曝線量、顔面中央より外側領域で軟組織形態の差が大きくなった理由と意味、MDCTとCBCTの相違、本研究結果の臨床的意義と今後の臨床応用について質問を行ったが、いずれも妥当な回答を得た。以上より、本研究で示された内容は、データ取得時の頭位の違いが顎顔面の軟組織形態に影響を及ぼすことが示されており、異なる頭位から得られたデータを比較するための有用な指標になるものであるため、本研究を学位論文として価値のあるものと認めた。