

学 位 論 文 題 名

Stereophotogrammetry による顔面形態三次元解析
システムの開発と外科矯正治療への応用

学位論文内容の要旨

【目 的】

顔面の審美性の改善は、矯正歯科治療の大きな目標の一つであり、顔面軟組織形態の三次元情報は診断および治療効果の評価に際し非常に重要である。このような顔面軟組織の三次形態をより実体に近く計測するためには、精度および再現性が高く、また非接触で短時間に計測でき、被験者に為害作用や極端な負担がかからないデータ採得が要求される。

そこで、データ採得方法に stereophotogrammetry を利用し、解析図化機にて三次元計測を行い、マイクロコンピュータにより種々の分析を行う顔面形態三次元解析システムを開発した。さらにその臨床応用として、外科矯正症例の顔面軟組織変化の分析を行った。

【方 法】

I. 顔面形態三次元解析システムの開発

本システムは、ステレオ写真撮影装置と基準点フレーム付き頭部固定装置からなる撮影装置、点刻機、解析図化機とイメージングスキャナからなる計測装置、およびパーソナルコンピュータと出力装置からなる画像解析装置で構成される。計測方法については、まず左右2枚の顔面ステレオ写真を撮影し、これをもとに解析図化機にて三次元メッシュデータと目、鼻、口唇の輪郭線データを計測する。このメッシュデータは、イメージングスキャナにて読み取られた顔面濃淡データと共にマイクロコンピュータで三次元構築され、これをもとに各種の立体画像表示や形態分析を行う。

II. 本システムで計測された三次元座標値の評価

成人男性10名を被験者として、咬合位にて顔面石膏模型を作製し、その上に52点の計測点を設定した。これらの三次元座標値を本システムおよび接触型三次元座標測定装置 XYZAX S400A（東京精密社製）により計測した。さらに、両者から得られた座標値の差を算出し、全資料を用

いた各計測点ごとの差の平均と標準偏差，また全資料の全計測点を用いた各軸ごとの差の平均と標準偏差を求めた。

Ⅲ．外科矯正症例の顔面軟組織変化の分析

本システムの臨床応用として，外科矯正症例の術前術後における顔面軟組織の形態変化を分析した。

研究対象として，北海道大学歯学部附属病院に来院した成人の骨格性反対咬合者で，下顎枝矢状分割法により外科的咬合改善術を行った8症例を選択した。資料として，術直前および術後約5カ月に撮影されたステレオ写真と，正面および側面頭部X線規格写真を用いた。

まず外科手術による硬組織の変化について，下顎骨の後退量，上下的回転量，側方移動量を，術前後の頭部X線規格写真から分析した。つぎに本システムを用いて，術前後のステレオ写真をもとに軟組織変化の分析を行い，手術による硬組織の変化と軟組織の変化との関連性について検討した。

【結 果】

I．本システムの計測誤差について

接触型三次元座標測定装置は非常に精度が高いのでこれを基準として本システムの計測誤差を分析した。

各計測点における差の平均は，X軸で $-0.49 \sim 0.34\text{mm}$ ，Y軸で $-0.48 \sim 0.17\text{mm}$ ，Z軸で $-0.76 \sim 0.45\text{mm}$ の範囲であり，標準偏差は，X軸で $\pm 0.23 \sim \pm 0.52\text{mm}$ ，Y軸で $\pm 0.29 \sim \pm 0.71\text{mm}$ ，Z軸で $\pm 0.30 \sim \pm 0.82\text{mm}$ であった。これにより差の平均，標準偏差ともに極めて小さな値であり，さらに計測点の部位による差異もほとんど認められなかった。

全計測点を用いた各軸ごとの差の平均と標準偏差は，X軸で $-0.06\text{mm} \pm 0.41\text{mm}$ ，Y軸で $-0.16 \pm 0.42\text{mm}$ ，Z軸で $-0.25\text{mm} \pm 0.63\text{mm}$ であり，各軸方向ともほぼ一定の範囲内にあった。

Ⅱ．外科矯正症例の顔面軟組織変化について

外科手術による下顎の後退量の増加にともなって，軟組織後退部は下顎部軟組織から上顎部軟組織へと徐々に大きく広がり，後退量も増加していくのが認められた。また下顎の後退に上下への回転が加わると，下唇より下方の軟組織に後退部位が限局しており，上唇部では前方移動を認めるものがあつた。さらに，下顎の後退に側方への移動が加わると，偏位側軟組織の後退が大きく認められ，特にオトガイ部においてその傾向が強かった。

【考 察】

I. 本システムについて

本システムでは、生体から非接触でかつ瞬時にデータの採得を行うため、被験者への為害作用や負担のない計測を行うことができた。また、解析図化機にて計測された三次元データとイメージングスキャナより得られた顔面の濃淡データとをマッチングさせたところ、自然感のあるきわめて実貌に近い立体画像表示が得られた。

II. 計測誤差について

誤差の分析においていずれも平均と標準偏差がともに極めて小さかった。したがって、計測点の部位による差異はなく、また各軸とも誤差の範囲はほぼ一定であり、顔面の広範囲にわたって安定したデータ採得が行われていた。このことから、本システムの画像解析では各種の補正が有効にはたらいっているため、変形の少ない三次元画像を構築しているものと考えられる。

III. 外科的咬合改善術による顔面軟組織変化について

1) 下顎の後退のみの場合には、後退量が小さいと上顎部軟組織の変化は上唇部のみの限定した領域にとどまっていたが、これは、下唇や下顎前歯により押しあげられていた上唇が、下顎の後退により支持を失い後下方に移動したためと考えられる。下顎の後退量が大きいと、下顎骨面に起始をもつ口角下制筋や頬筋などを介して、上唇、口部上方および頬部軟組織の後退をも惹起するものと推測される。

2) 下顎の後退に上方への回転が加わった場合には、下唇より下方の軟組織に後退部位は局限しており、上唇は後退せず、むしろ前上方への移動が認めれた。これは、下顎の上方への回転が必要な症例においては、術前に上唇が下唇や下顎前歯と離れた位置にあるが、術後には下唇との接触により押し上げられるため、前上方へ移動したのと考えられる。

3) 下顎の後退に側方移動が加わった場合には、オトガイ部の位置の変化に加え、偏位側軟組織においてもより大きな後退が認められた。また口唇の偏位の改善については、下顎の側方移動に伴う下唇下制筋や頬筋の筋付着の移動が口唇の側方移動を引き起こし、さらに、口角下制筋、口角挙筋、大頬骨筋などの口角部に集中する筋のバランスを改善し、口角の左右の位置が対称的になったのと考えられる。

4) 本システムを用いて外科矯正症例に対する顔貌変化の予測を試みた。症例は、骨格性反対咬合と診断され下顎枝矢状分割法による外科的咬合改善術が計画された22才の男性であった。顔貌変化の予測は、手術による下顎の移動様相が本症例と類似した症例を参考に行った。術後の顔面写真と予測顔貌を比較したところ、口唇部、オトガイ部および頬部などが極めて類似しており、

良好に顔貌変化が予測されたものと思われる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 村 進 治

副 査 教 授 戸 塚 靖 則

副 査 教 授 内 山 洋 一

審査は内山、戸塚および中村審査員全員の出席のもとに、申請者に対し口頭試問により提出論文の内容とそれに関連する学科目につき行われた。

最近、外科矯正治療法の進歩と普及により歯列のみならず顎骨に及ぶ治療が多く行われるようになってきた。そのような状況のもとで、審美性の改善を客観的に評価できる顔面軟組織形態の三次元情報は矯正診断および治療効果の判定に際し非常に重要であり、精度および再現性が高く、また非接触で短時間に計測でき、被験者に為害作用や極端な負担がかからないデータ採得が要求されている。

そこで本論文は stereophotogrammetry を利用して顔面形態の三次元解析システムを開発し、臨床応用として外科矯正症例の顔面軟組織変化の分析を行っている。

本システムは、ステレオ写真撮影装置と基準点フレーム付き頭部固定装置からなる撮影装置、点刻機、解析図化機とイメージングスキャナからなる計測装置、およびパーソナルコンピュータと出力装置からなる画像解析装置で構成される。計測方法については、まず左右2枚の顔面ステレオ写真を撮影し、これをもとに解析図化機にて三次元メッシュデータと目、鼻、口唇の輪郭線データを計測する。このメッシュデータは、イメージングスキャナにて読み取られた顔面濃淡データと共にマイクロコンピュータで三次元構築され、これをもとに各種の立体画像表示や形態分析が行われる。これらより、本システムでは生体から非接触でかつ瞬時にデータの採得を行うため、被験者への為害作用や負担のない計測を行うことができた。また、解析図化機にて計測された三次元データとイメージングスキャナより得られた顔面の濃淡データとをマッチングさせることにより、自然感のあるさわめて実貌に近い立体画像表示が得られた。

本システムの計測誤差については、顔面石膏模型上の計測点の三次元座標値を本システムおよび接触型三次元座標測定装置により計測し、両者から得られた座標値の差を算出して検討した。

その結果、計測誤差は極めて小さく、また計測点の部位による差異はなく、顔面の広範囲にわたって安定したデータ採得が行われており、変形の少ない三次元画像を構築しているものと考えられた。

つぎに、本システムの臨床応用として、外科矯正症例の術前術後における顔面軟組織の形態変化の分析が行われた。まず外科手術における硬組織の変化について、下顎骨の後退量、上下的回転量、側方移動量を、術前後の頭部X線規格写真から分析した。次に本システムを用いて、術前後のステレオ写真をもとに軟組織変化の分析を行い、手術による硬組織の変化と軟組織の変化との関連性について検討した。その結果、外科手術による下顎の後退量の増加にともなって、軟組織後退部は下顎部軟組織から上顎部軟組織へと徐々に大きく広がり、後退量も増加していくことが認められた。また、下顎の後退に上方への回転が加わると、下唇より下方の軟組織に後退部位が限局しており、上唇部では前方移動を認めものがあつた。さらに、下顎の後退に側方への移動が加わると、偏位側軟組織の後退が大きく、特にオトガイ部においてその傾向の強いことが認められた。

さらに本システムを用いて外科矯正症例に対する顔貌変化の予測が試みられた。症例は、骨格性反対咬合と診断され下顎枝矢状分割法による外科的咬合改善術が計画された22才の男性であつた。顔貌変化の予測は、手術による下顎の移動様相が本症状と類似した症例を参考に行つた。術後の顔面写真と予測顔貌を比較したところ、口唇部、オトガイ部および頬部などが極めて類似しており、良好に顔貌変化が予測されたものと思われた。

本システムは、一般歯科医院でも導入可能なステレオ写真撮影装置とマイクロコンピュータを用いて顔面軟組織変化の分析が容易にできる方法を開発し、今後のデータベースの蓄積により、治療後の顔面変化を予測し患者に提示できる道を開いた点、歯科臨床診断法の発達に大いに寄与するものと考えられる。よって申請者は博士（歯学）の学位を授与される資格をもつものと認める。