

学 位 論 文 題 名

テンプレート法を応用した頭部X線規格写真による
顎顔面形態の立体表示

学位論文内容の要旨

【目 的】

頭部X線規格写真については、正面および側面の写真を用いた種々の分析が行われ、矯正診断や矯正治療による顎顔面の形態の変化の評価、あるいは経年的成長発育に関する研究などにおいて広く応用されている。しかしながら、その撮影法は単純撮影でありX線管焦点から照射されるX線は平行でなく拡散するため、投影像はすべて実際の被写体よりも拡大され、さらに部位によって拡大率も異なるため歪みも生じている。それゆえこのような一方の頭部X線規格写真では、治療や成長発育にともなう複雑な形態変化をとらえることは極めて難しいと言える。

そこで本研究では、顎顔面部の骨格の解剖学的形態をより実体に近い状態をとらえるために、日常の臨床でよく用いられる頭部X線規格写真の複数方向のトレースを画像入力し、画像処理により従来では扱うことのできなかった大量の計測点に基づく顎顔面形態の立体表示方法を開発することを目的に実験を行った。さらにその臨床応用として外科矯正治療を行った顎変形症患者の術前術後の三次元的形態変化についての評価を試みた。

【資 料】

研究資料として顎顔面部の骨格形態に特に異常が認められず、かつ正常な咬合を有する成人男女各三名の正面、側面、第一、第二斜位の4方向の頭部X線規格写真および頭部のX線CT画像を用い、両者から骨辺縁のトレースを行った。撮影に際しては、後の位置合わせのため各被験者の口腔内に直径1mmの金属球を埋め込んだレジン製の頬面部コアを装着した。X線CTについては、各断層面が被験者のフランクフルト水平面に平行でかつ顔面正中に直交するように設定し、被験者のオトガイから眼窩上方前頭結節付近まで断層幅2mmで約80枚の断層写真を撮影した。

【方法および結果】

（実験 1）一次計測点の抽出

正面および側面頭部 X 線規格写真では頭蓋冠外形線，側頭窩近心壁相当部（蝶形骨大翼），眼窩，頬骨，梨状孔，頬骨下稜，上顎骨齒槽突起後縁，正中線，下顎骨外形線，下顎骨外斜線とその延長線を，また第一および第二斜位頭部 X 線規格写真では頬骨前縁，上下顎犬歯齒冠，同齒槽部をトレースした。次に各トレースをそれぞれ，イメージスキャナを用いて 0.5mm のサンプリングピッチで画像入力し，細線化の後，正面と側面および第一斜位と第二斜位の二つの組み合わせにより，それぞれの線画像を構成する点の三次元座標値（一次計測点）を算出した。さらに，抽出された一次計測点の妥当性を検討するために X 線 CT 画像より作成した各断面形態のトレース画像との重ね合わせを行った。そこで両者の位置関係を評価するために，各断面ごとに両者の間の距離を実測した。計測の結果，6 症例いずれも 2 画素以内に一次計測点の約半数が含まれ，4 画素以内には 7 割以上と大多数の点が含まれていた。

（実験 2）二次計測点の設定

顎顔面形態をより実体に近く立体表示するために，各断面形態の構成にさらに必要と思われる計測点（二次計測点）の位置を検索した。X 線 CT 画像における各断面を解剖学的部位，外形線の形態，さらに重ね合わせた一次計測点の数および位置をもとに分類したところ，下顎骨下縁より眼窩上方までを 12 のパターンに分類することができた。各パターンにおける二次計測点の位置については，X 線 CT 画像外形線と一次計測点の位置を検討し，補間により断面形態の再現が良好となるように外形線の変曲点等に相当する点をパターン別に設定した。さらに多変量解析法を用いて，各断面における一次計測点と二次計測点に相当する位置の関係をもとめ，二次計測点を目的変数，一次計測点を説明変数とした重回帰方程式（代数学的テンプレートと呼ぶ）により二次計測点を算出する方法を開発した。

（実験 3）断面形態の構成および立体表示

実験 1，実験 2 にて求めた一次，二次両計測点間を三次元スプラインを用いて補間し，これにより各断面形態を再構成した。さらにこれらを上下的に積み重ねていくことで三次元構築し，顎顔面部の骨格を立体表示した。

【考 察】

1) 一次計測点の位置，点数については，6 症例いずれにおいてもトレースした部位のほとんどが三次元座標をもつ点として出力されていたが，水平方向に延びた部位（例えば眼窩上下縁，

頬骨弓など)では、三次元座標として算出された点数が少ない傾向にあった。これは、2枚のトレース画像上で情報量に著しい差があるためと考えられる。しかしながらこのような傾向は後の各断面形態再現に際しては、ほとんど問題となるものではなかった。

2) 一次計測点の評価のためにX線 CT 画像より作成した各断面形態のトレース画像との重ね合わせを行ったところ、上顎骨、下顎骨など治療に大きくかかわる部位については、大多数の計測点が重ね合わせの際に起こり得る誤差の範囲内であった。さらにそれ以外の計測点も7 mm以下の誤差であり顎顔面形態の表示に際しては、視覚的に大きな影響は無いものと思われた。

3) 本研究における代数学的テンプレート法とは、ある特定の型を用いるわけではなく、頭部X線規格写真より抽出した一次計測点を用いて、断面形態を再現するために必要な二次計測点を求める手法を意味する。本法では二次計測点の算出のために多変量解析法を用い、各二次計測点に応じた重回帰方程式すなわち代数学的テンプレートが用意された。これは大きさや幅、奥行き(深さ)について個体間変動がある場合にも、それに対応して二次計測点を求めることができ、個体に合わせて調整が可能なテンプレートである。

4) X線 CT 画像トレースを用いた立体表示との比較から、本法は、上顎骨、下顎骨など矯正治療前後の変化を視覚的に把握する上で重要な部位については特に形態の再現性が高いことが確認された。また本法を顎変形症患者に対し応用したところ、下顎骨の変形の状態やその部位的問題を容易にとらえることができた。さらに同部の手術による三次元的変化を視覚的に把握することも可能であった。これらのことから日常の臨床に十分応用できるものと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 村 進 治

副 査 教 授 山 崎 岐 男

副 査 教 授 吉 田 重 光

審査は山崎、吉田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。

矯正歯科治療にとって、顎顔面部の骨格の成長による変化や治療による変化を分析することは非常に重要なことである。そのため頭部X線規格写真を用いた分析が種々行われているがほとん

どが二次元情報であり、より実体に近く適確に分析するための三次元情報が必要とされている。

医用画像の三次元情報処理法としてはCTやMRIがあるが、いずれも設備が大きく矯正歯科臨床において日常用いることは困難である。

本論文はテンプレート法を応用して従来から用いられている頭部X線規格写真の複数方向のトレースを画像入力し、画像処理により顎顔面形態の立体表示を行う方法を開発したものである。その結果以下の知見を得ている。

1) 画像入力したトレースの正面と側面および第一斜位と第二斜位の二つの組み合わせにより、それぞれの線画像を構成する点の三次元座標値（一次計測点）を算出した。その結果、トレースした部位のほとんどが三次元座標をもつ点として出力されていた。また水平方向に延びた部位では、算出された点数が少ない傾向にあったが、各断面形態再現に際してはほとんど問題となるものではなかった。

2) 一次計測点の評価のためにX線CT画像より作成した各断面のトレース画像との重ね合わせを行ったところ、上顎骨、下顎骨など治療に大きくかわる部位については、大多数の計測点が重ね合わせの際に起こり得る誤差（2mm）の範囲内にあった。さらにそれ以外の計測点も7mm以下の誤差であり、顎顔面形態の表示に際しては視覚的に大きな影響は無かった。

3) 顎顔面形態をより実体に近く立体表示するために、各断面形態の構成にさらに必要と思われる計測点（二次計測点）の位置を検索した。X線CT画像をもとに顎顔面の各断面を解剖学的部位、外形線の形態、さらに重ね合わせた一次計測点の数および位置をもとに分類したところ、下顎骨下縁より眼窩上方までを12のパターンに分類することができた。各パターンにおける二次計測点の位置については、X線CT画像外形線と一次計測点の位置を検討し、補間により断面形態の再現が良好となるように外形線の変曲点等に相当する点をパターン別に設定した。さらに多変量解析法を用いて、各断面における一次計測点と二次計測点に相当する位置の関係をもとめ、二次計測点を目的変数、一次計測点を説明変数とした重回帰方程式（代数学的テンプレートと呼ぶ）により二次計測点を算出する方法を開発した。

5) 一次、二次両計測点間を三次元スプラインを用いて補間し、これにより各断面形態を再構成した。さらにこれらを上下的に積み重ねていくことで三次元構築し、顎顔面部の骨格を立体表示した。またX線CT画像のトレースを用いた立体表示との比較から、本法は、上顎骨、下顎骨など矯正治療前後の変化を視覚的に把握する上で重要な部位については特に形態の再現性が高いことが確認された。

6) 本法を顎変形症患者に対し応用したところ、下顎骨の変形の状態やその位置的問題を容易

にとらえることができた。さらに同部の手術による三次元的変化を視覚的に把握することも可能であった。

本論文は日常の矯正歯科臨床に応用可能な顎顔面部の骨格の立体表示システムを開発しさらにその臨床応用についても検討を加えた点で、今後の歯科矯正学の発展に大いに役立つものと考えられる。よって申請者は博士の学位を授与される資格をもつものと認められる。