

〔学位論文〕

三次元Procrustes法に基づく日本人歯列弓の平均的三次元形態と主成分分析

齋藤 貞政

北海道医療大学歯学部口腔構造・機能発育学系歯科矯正学分野

Three-dimensional average shapes and principal component analysis about Japanese dental arches based on the three-dimensional Procrustes method

Sadamasa SAITO

Division of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Department of Oral Growth and Development, School of Dentistry,
Health Sciences University of Hokkaido, 1757 Kanazawa, Ishikari Tobetsu, Hokkaido

緒 言

歯科治療において歯列弓の形態を把握することは、欠損部の回復や矯正治療を行なう上で不可欠な要素である。そのため天然に生じた個性正常咬合をもたらす天然歯列弓の研究が行われ、理想の歯列弓形態の定義付けを試みているが、その最適な大きさと形状に関する同意は未だ得られていない。歯列弓に関する研究は、大きさに関しては人種差や性差などが明らかにされており、形態に関しては、肉眼的観察による類型分類や計測学的な報告がなされている。その計測学的研究には、一次的な距離の組み合わせから得られる指数や、歯に定めた計測点の座標値を用いて定量的な表現を行なったものなどが挙げられる。代数学もしくは幾何学的公式で歯列弓を数学的に解析しようとする研究では、歯列弓は楕円、懸垂曲線さらには円錐曲線といった関数で表現できるとしているが、これらの研究は単一の関数への適合性を強調したものが多く、形の個体変異や歯列弓形態に影響を与える各種要因との関連性を検討したものは少ない。また、スプライン関数や高次多項式などは歯列弓の形を精度よく再現するが、関数のパラメータ数が多くなるために、形の特徴を把握し相互の比較を行なうには適していないとされる。また、これらの分析に先立って行なわれる歯列弓の計測には、精密さと再現性が求められるが、ノギスや専用の工具を使用して歯列模型を直接計測する方法や、咬合面などを基準面とした歯列模型の写真撮影や二次元スキャンによって、歯列弓を二次元的に再現したも

のをノギス等で計測する方法が行なわれてきた。しかし、歯列模型計測においては、近年の著しいコンピュータ技術の進歩により、仮想歯列モデルを用いた三次元的計測が可能となっている。これにより計測の自由度やデータの再現性が向上し、従来のノギス等を使用する計測の限界を補うことや、仮想的に設定した基準を利用した計測が可能となり、口腔内形態診査において非常に有効な手段となっている。また、歯列の三次元仮想モデルを用いて、矯正治療のシミュレーションが可能なコンピュータ支援システムも実用化されつつある。より高精度の術後予測モデルをもとにした矯正治療は、より良い治療結果をもたらす。矯正治療の治療期間短縮にもつながる。よって、咬頭や切縁の三次元情報から平均的な三次元歯列弓形態を算出し、矯正治療のゴールとしての理想的な歯列弓形態を提案できれば、矯正治療の発展に大きく貢献できると考えられる。

本研究では、矯正歯科治療の一助となりうる日本人歯列弓の平均的三次元形態と歯列弓形態を特徴づける成分を明らかにすることを目的とし、歯列石膏模型の三次元情報を用いて三次元Procrustes法、主成分分析および薄板スプライン解析による定量的な解析を試みた。

研究 方法

本研究では、北海道医療大学歯科内科クリニック矯正歯科に保存されている初診時上下顎歯列石膏模型約2,000症例の上下顎歯列模型、およびかさい矯正歯科（旭川）に保存されている初診時上下顎歯列石膏模型の

受付：平成23年3月30日

中から、極端な叢生や狭窄歯列のない正常歯列として選定した男性上顎25, 下顎24, 女性上顎32, 下顎29の合計110症例を解析対象とした。対象となる歯列石膏模型を非接触三次元形状計測器 (vivid 910, KONICA MINOLTA) で計測し, 得られた三次元表面形状データを基にソフトウェア (rapidform 2006, INUS) を用いて仮想歯列サーフェイスモデルを構築した。このモデル上の咬頭頂, 切縁隅角などのランドマークを標識点として選択し, これらの三次元座標値を各歯列の点群データとして抽出した。

Procrustes法は相同な標識点が構成する2つ以上の図形を, 大きさなどの要素を除外した後, 最小二乗法によって重ね合わせを行う方法である。本研究では, 得られた点群データについて三次元Procrustes法を適用し, 上下顎・男女別および上下顎別による重ね合わせを行なった。重ね合わせによって得られた各点群データをもとに, 歯列弓形態の三次元的な平均形態を算出した。

主成分分析とは解析しようとする多次元のデータを, そこに含まれる情報の損失を可能な限り減らして数個のデータに縮約する方法である。本研究では, 各群の歯列弓形態に影響を及ぼす形態因子について主成分分析を用いた形態計測学的解析を行なった。さらに, 性別による歯列弓の形態差を視覚的に捉えること目的として, 男女上顎歯列弓の主成分分析で有意差のあった主成分に関して, 最大と最小の主成分スコアを持つ各2症例に対して薄板スプライン解析を行なった。

結果および考察

大きさや位置の要素を除外した三次元Procrustes法により, 日本人の男女を含めた平均的な三次元歯列弓形態および性別ごとの平均的歯列弓形態を算出することができた。

主成分分析においては, 上顎における第1主成分の寄与率は32.6%, 第2主成分の寄与率は11.1%であった。累積寄与率は, 第10主成分までで79.7%であった。第1

主成分は, 歯列弓全体の幅径と長径の比率を表しているが, 男女間では有意な差は認められなかった。第2主成分は, 歯列弓臼歯部の開大と中切歯の位置の影響によるV字形性を表し, 男女間で有意な差が認められた ($p < 0.001$)。また, 第4主成分は, 犬歯の頬舌的な位置の影響による歯列弓の方形性を表し, 男女間で有意な差が認められた ($p < 0.05$)。第7主成分はSpeeの彎曲の程度を表し, 男女間で有意な差が認められた ($p < 0.05$)。この形態的特徴は, 薄板スプライン分析でも同様に確認された。下顎における第1主成分の寄与率は37.9%, 第2主成分の寄与率は13.5%であった。累積寄与率は, 第7主成分までで80.2%であった。第1主成分は上顎と同様に歯列弓全体の幅径と長径の比率を表しているが, 男女間では有意な差は認められなかった。第4主成分は犬歯の頬舌的な位置の影響による歯列弓の方形性を表し, 男女間で有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

物質の形態に関する主成分分析からは, 得られる主成分スコアのうち2つを直交座標系の軸とすることで, 形態の傾向と連動したスコア分布図を得ることができる。本研究では三次元座標値をもとにした分析であるため, Speeの彎曲を特徴づける因子を解析することも可能となった。

特徴点の座標値を用いた形態解析の場合, 主成分分析を行なうと80%程度の情報を説明するために10数個から20個程度の主成分が必要となることが多い。本研究においても, 累積寄与率は第10主成分までで79.7%という値を示しており, 比較的多くの主成分が必要となった。

各群の歯列弓重心サイズと第1, 2主成分の間に相関関係は認められなかった。

結 論

歯列模型由来の三次元情報を用いて, 歯科矯正治療の一助となりうる日本人歯列弓の平均的三次元形態と, 歯列弓形態を特徴づける因子を明らかにすることができた。



齋藤 貞政

北海道医療大学歯学部口腔構造・機能発育学系歯科矯正学分野

平成10年3月 日本大学理工学部航空宇宙工学科卒業

平成18年3月 北海道医療大学歯学部卒業

平成18年4月 北海道医療大学病院臨床研修医

平成19年4月 北海道医療大学歯学部口腔構造・機能発育学系歯科矯正学分野入局

平成23年3月 北海道医療大学大学院歯学研究科博士課程修了