

〔原著〕

仮想歯列モデルを用いた歯と歯列弓形態の評価

林 一夫, 溝口 到

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 analysis of dental morphology using virtual model of dental arches

Kazuo HAYASHI, Itaru MIZOGUCHI

Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

Abstract

The aim of this study was to clarify the three-dimensional (3D) morphological characteristics of dentition using a virtual model of dental arches. Full-mouth dental cast sets were prepared from 217 volunteers (121 male and 96 female). Dental casts were scanned by optTOP-HE scanner. The 3D models were measured and analyzed with Rapid-form 2004 software. For the measurements of four morphological parameters(maxillary and mandibular arch lengths, width and first molar width), linear regressions were performed using each variable as the predictor and each other variable as the outcome. In all parameters, the male group showed higher values than the female groups. In the case of the combined and male groups, correlation coefficients of all items were statistically significant ($P<0.01$). The approach used in this study provides a reliable reference point definition and may provide basic information for dentistry.

Key words : Three-dimensional analysis, virtual model, dental casts

I. 緒 言

近年の計測技術の発展により、歯科においては歯列模型の三次元計測データからCAD/CAM技術を応用した補綴物の作成が精度良く行なえるようになってきた(正田ら, 2002)。歯科矯正学においても歯列模型の三次元計測から得られたデータは非常に有効であり、模型分析, セットアップモデルの作成, さらには治療計画の立案などにも応用されてきた(Negishi and Ishiki, 2000)。しかしながら, 基本的な歯の形態に関する三次元的な情報化は確立されておらず, また個々の歯の三次元形態と歯列弓形態との関係にはいまだ不明な点が多い。

第一大臼歯は最初に萌出する永久歯であり, しばしば最初に喪失する。そして, 口腔機能にはとても重要な歯である。二次元的な形態解析において第一大臼歯の近遠

心的幅径とその他の永久歯もしくは乳歯において高い相関関係は見出されていない(Bishara *et al.*, 1988; Moorrees and Reed, 1964)。従来, 歯の計測はノギスにより行われてきたが, ノギス自体の方向が計測値に大きく影響し, また計測可能な方向にも制限がある。二次元的投影による計測も, 投影の向きによって似たような制限が存在する。モアレ法は三次元計測に应用されているが, 垂直的な深さのみ計測可能であり, 方向的な制限が存在する(Sekikawa *et al.*, 1986)。

三次元スキャナとデータ解析用ソフトウェアの発展は目覚しく, 正確な歯科構造の仮想モデルを提供することができる(Brosky *et al.*, 2003; DeLong *et al.*, 2003; Hayashi *et al.*, 2003; Sohura *et al.*, 2000)。従来の手法では不可能であった複雑で洗練された計測が, 仮想モデル上では可能となる。従来型のノギスによる模型計測

受付: 平成19年10月31日

には、さまざまな定義が存在し (Proffit, 1989), これら特有の定義を三次元計測に適用することも可能である。しかしながら, 仮想モデルからより詳細で有効なデジタル情報を得るためには新たな定義を提唱することが効果的であり, それによってノギスでは計測不可能な仮想点や仮想平面間の計測が可能となると考えられる。

よって本研究では, 仮想モデルからより効果的に三次元情報を抽出できる新しい計測項目を提案し, 得られた計測データから歯 (第一大臼歯) と歯列弓形態の関係性を明らかにすることを目的とする。

II. 材料および方法

1. 歯列模型の準備と三次元形態計測

本研究では歯科補綴および矯正治療を経験していない217名の上下顎歯列石膏模型を解析対象とした (男性: 121名, 女性: 96名)。また, 重度の負のアーチレングスディスクレパンシー (6 mm以上) を有する被験者は除外された。その内, 167名は, 韓国ソウル大学歯学部学生ボランティアから採得された。残りの50名は北海道医療大学附属歯科衛生士専門学校の学生ボランティアから採得された。各歯列模型は非接触三次元形状計測器 (optoTOP-HE 3-D scanner, Breuckmann) で計測された。計測器の精度は $\pm 0.001\text{mm}$ であり, 解像度はXY方向で 0.04mm , Z方向で 0.002mm であった。非計測領域を最小にする目的で, 各歯列模型は異なった角度から10回計測され, データ処理ソフトウェア (Rapidform XO, INUS Technology) を用いて1つのデータに統合し三次元の仮想歯列模型を構築した。各三次元仮想歯列モデルの解析は, 三次元データ解析ソフトウェア (Rapidform 2004, INUS Technology) を用いて行った。

2. 計測項目

本研究では, 以下の計測項目を設定し, 三次元仮想歯列モデルの計測を行った。

- ①Second molar arch length (SMAL): 左右第二大臼歯の最遠心点を結ぶ直線から, 左右中切歯近心隅角を結んだ直線の中点までの最短距離。
- ②First molar arch length (FMAL): 左右第一大臼歯頬側側窩直下の点を結ぶ直線から, 左右中切歯近心隅角を結んだ直線の中点までの最短距離。
- ③First molar arch width (FMAW): 左右第一大臼歯頬側側窩直下の点の二点間距離。
- ④First molar width (FMW): 第一大臼歯遠心面から最近心点までの距離。

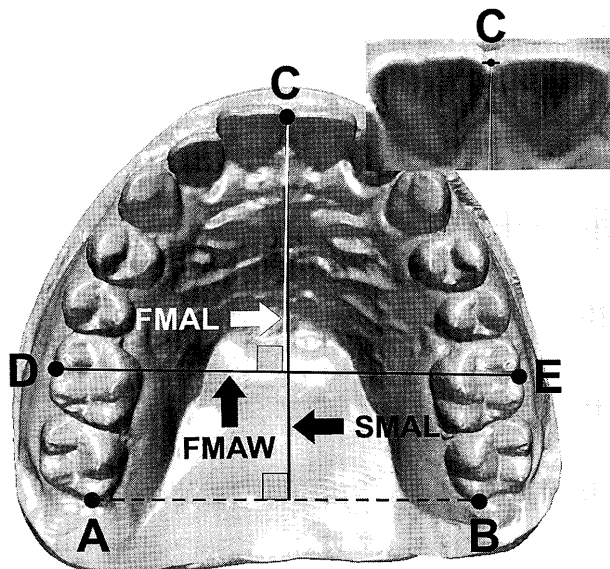


図1: 本研究で用いた計測点(特徴点)と計測項目。AおよびB点は, 第二大臼歯最遠心点を示す。C点は, 中切歯近心隅角を結んだ直線の中点を示す。DおよびE点は, 第一大臼歯頬側側窩直下の点を示す。A,BおよびC点から仮定の平面を設定し, 水平基準平面とした。

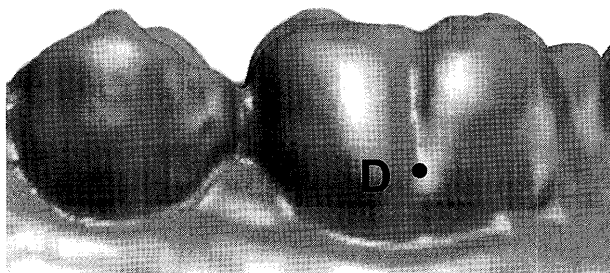


図2: 第一大臼歯頬側側窩直下の点を示す。

図1は, SMAL, FMALそしてFMAWを示す。図2は, 第一大臼歯頬側側窩直下の点を示す。図3は, 上下顎におけるFMWを示す。

3. 統計処理

計測された項目 (SMAL, FMAL, FMAW, FMW) に関し, 一つの計測項目を独立変数としその他の計測項目を従属変数とした線形回帰分析を行った。Intra-observer reproducibilityは, intra-class correlation (ICC) と計測誤差の標準偏差 (SDME) で評価した。

III. 結果

表1は, 今回計測された項目の平均値を群毎に示す。すべての計測値において男性群の値が女性群の値より大きく, 下顎のFMAL以外の計測項目で男性群の計測値が統計的に有意に大きかった。図4は, 上顎における相関係数と散布図を示す。図5は, 下顎における相関係数と散布図を示す。男性群と女性群を合わせた全体群での解析ではすべての項目において有意な相関が認められた。

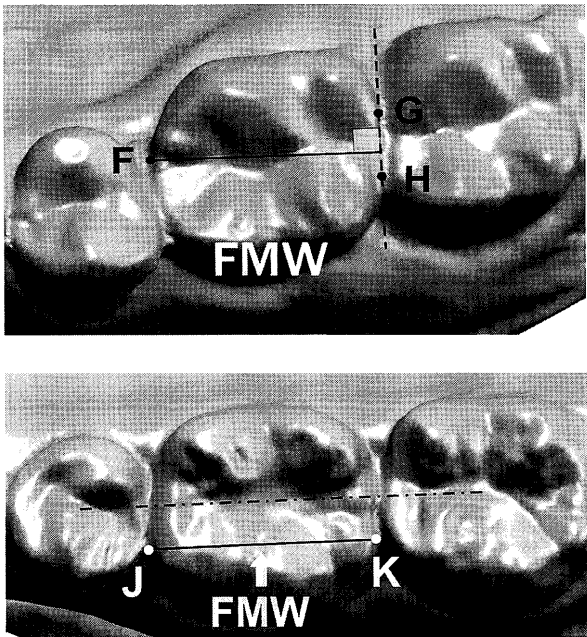


図3：本研究で用いた計測点を示す。FおよびJ点は第一大臼歯の最近心点を示す。GおよびH点は、上顎第一大臼歯の遠心面と平行であり基準水平面と垂直な平面を設定し、その平面が臼歯遠心面と接する二点を示す。K点は、下顎第一大臼歯の中心溝と平行な直線を設定し、その直線および基準水平面と垂直な平面が臼歯遠心面と接する点を示す。

表1. 本研究で計測された計測項目を示す。男性群と女性群とを比較して有意差を検討した。

	上顎			下顎			上下顎
	全体群	男性群	女性群	全体群	男性群	女性群	
SMAL	48.60±2.60	49.08±2.65**	47.27±2.30	44.49±2.66	44.76±2.76*	43.75±2.20	46.46
FMAL	32.20±2.97	32.45±2.30**	31.29±2.20	25.55±2.38	25.60±2.28	25.29±2.46	28.73
FMW	10.64±0.66	10.59±0.56*	10.48±0.55	11.60±0.56	11.66±0.55**	11.62±0.82	11.10
FMAW	60.11±2.50	60.47±2.57**	58.96±2.36	55.77±2.51	56.04±2.62	55.15±2.34	57.83

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$

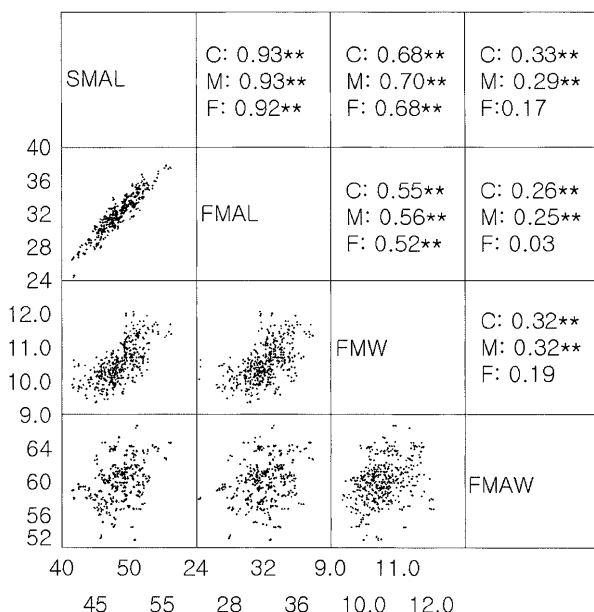


図4：上顎における計測項目と各項目の相関係数および散布図を示す。左下半分は計測項目間の散布図を示す。右上半分は全体群 (C), 男性群 (M) および女性群 (F) の相関係数をそれぞれ示す。

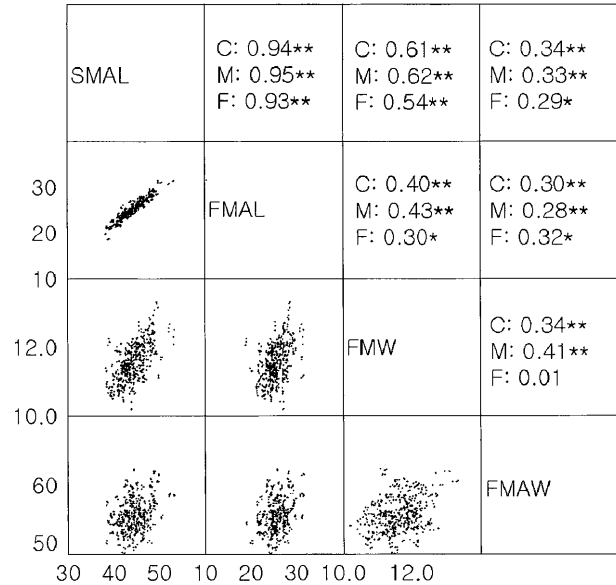


図5：下顎における計測項目と各項目の相関係数および散布図を示す。左下半分は計測項目間の散布図を示す。右上半分は全体群 (C), 男性群 (M) および女性群 (F) の相関係数をそれぞれ示す。

($P < 0.01$). しかしながら、女性群においてFMAWに関する相関はあまり認められなかった。上下顎において相関係数と散布図は類似していた。

Intra-observer errorを評価する目的でICCおよびSDMEの解析を行った。SMAL, FMALおよびFMAWのICCは上下顎において0.99以上であった。またFMWでは上顎で0.92, 下顎で0.96であった。SDMEは、0.11–0.21 mmの間であった。

IV. 考 察

信頼性があり再現性のある計測点 (特徴点) を定義することは歯列模型の計測に非常に重要である。しかしながら、計測点 (特徴点) の位置は模型の位置づけにより影響を受ける (Hillson et al., 2005; Robinson et al., 2002). 三次元解析においてもその定義づけは重要であり、多くの提案が行われている。咬頭頂 (Burris and Harris, 2000) や前歯切縁 (Braun et al., 1998) は特徴的な計測点として歯列弓長径や幅径の計測に用いられてきた。しかしながら、これらの計測点は機能的な咬耗などにより影響を大きく受け、正確な計測を行うには困難を要する場合がある。よって本研究では、この問題を解決する目的で、咬耗の影響を受けにくい解剖学的な計測点を選択した。またそれらの計測点は、計測の主観性を減少させる目的で、数学的な概念を用いて定義した。すべての計測点は、仮想歯列模型上の三次元空間で定義された。これは、模型の位置づけなど二次元的な投影による計測の問題点 (Braun et al., 1998; Kook et

al., 2004; Nojima et al., 2001) をキャンセルすることができる。また、二次元的な計測では、空間上に仮想平面を設定することは不可能であるが、仮想歯列模型を用いることによって、仮想的な基準平面を自由に規定することができる。一般的に計測されることの多い第一大臼歯の近遠心的幅径 (FMW) は、ノギスで計測した場合その方向や位置づけが非常に重要であり、計測者が異なれば値も大きく変化する (Kieser, 1990)。本研究で用いた仮想歯列模型上ではより客観的な計測結果を導くことができる。

ICC の範囲は、0.92～0.99、また SDME の範囲は、0.11～0.21mm であり、計測の再現性は非常に良いと判断できた。Zilberman (2003) らは FMW における intra-observer reproducibility を計測している。用いた計測機、ソフトウェア、計測点は違うものの、本研究における結果とはほぼ同様であった。

今回の計測結果において、下顎の FMAL 以外のすべての計測値において性差が認められた (表 1, $P < 0.05$)。アメリカ人を被験者とする研究において、今回の結果と同様の性差が上顎歯列弓長径と幅径において認められた (Burris and Harris, 2000)。上下顎の歯列弓幅径においてもクロアチア人の被験者で性差が認められている (Legovic et al., 2003)。本研究において最も高い相関を示した計測項目は、上下顎における SMAL と FMAL との関係であった (0.93)。この 2 つの計測項目が近い関係にあることは驚くべきことではない。SMAL とその他の計測項目において認められる相関は、FMAL との場合と比較して高い相関が認められた。このことは、今回用いた計測点である第一大臼歯頬側窩直下点が有効な特徴点ではないことを示唆している。本研究で用いた特徴点をより遠心方向に定義するほうが整合性のある結果が得られたと考えられる。第一大臼歯の近遠心的幅径と歯列弓長径とに認められた中等度からやや高めの相関関係は予想された結果であった。なぜなら、歯列弓長径は歯の近遠心的幅径を斜め方向に総和したものと考えることができるからである。歯列弓幅径における相関は低く、特に女性群において低かった。この結果も第一大臼歯において設定した特徴点の影響かもしれない。本研究における SMAL の平均値がアメリカ人の被験者における結果と比較して約 4 mm 大きかった (Braun et al., 1998)。これは今回より遠心の特徴点が計測点として用いられたためと考えられる。上下顎第一大臼歯の近遠心幅径 (FMW) は、過去の報告 (アメリカ人、クロアチア人) と比較してやや大きかった (Brace and Nagai, 1982; Legovic et al., 2003; Kieser, 1990)。人種以

外にも設定された基準点や模型の位置づけなど多くの要素がこの違いに影響していると考えられ、今回得られた大きさの違いが正確なものかどうかは重要に検討する必要がある。また、本研究では韓国人と日本人を同一の人種とみなして解析を行ったが、両国間においても歯および歯列弓に形態的な違いが存在すると考えられ、今後の解析課題としたい。

V. まとめ

1. 本研究で用いた仮想歯列モデルは、歯および歯列弓の新しい解析方法を提案し、従来の二次元的な模型計測と比較してより信頼性の高いデータを提供することが可能となった。
2. 第一大臼歯の近遠心幅径、歯列弓長径、歯列弓幅径に明確な男女差が認められた。またそれぞれの項目で相関関係が認められた。
3. 第一大臼歯の近遠心的幅径は、過去の報告と比較して大きかった。

文 献

- Bishara SE, Hoppens BJ, Jakobsen JR, Kohout FJ. Changes in the molar relationship between the deciduous and permanent dentitions : a longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 93 : 19-28, 1988.
- Brace CL, Nagai M. Japanese tooth size : past and present. *Am J Phys Anthropol* 59 : 399-411, 1982.
- Braun S, Hnat WP, Fender DE, Legan HL. The form of the human dental arch. *Angle Orthod* 68 : 29-36, 1998.
- Brosky ME, Major RJ, DeLong R, Hodges JS. Evaluation of dental arch reproduction using three-dimensional optical digitization. *J Prosthet Dent* 90 : 434-440, 2003.
- Burris BG, Harris EF. Maxillary arch size and shape in American blacks and whites. *Angle Orthod* 70 : 297-302, 2000.
- DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko CC, Douglas WH. Accuracy of a system for creating 3D computer models of dental arches. *J Dent Res* 82 : 438-442, 2003.
- Hayashi K, Uechi J, Mizoguchi I. Three-dimensional analysis of dental casts based on a newly defined palatal reference plane. *Angle Orthod* 73 : 539-544, 2003.
- 疋田一洋, 舞田健夫, 田中 収, 小林國彦, 依本卓見, 内山洋一, 大野弘機, 藤井健男. 反対側同名臼歯の反転データを利用した CAD/CAM クラウンの設計. 補綴誌 46 : 685-692, 2002.
- Hillson S, Fitzgerald C, Flinn H. Alternative dental measurements : proposals and relationships with other measurements. *Am J Phys Anthropol* 126 : 413-426, 2005.
- Kieser JA. Human adult odontometrics. Cambridge : Cambridge University Press, 1990.
- Kook Y-A, Nojima K, Moon H-B, McLaughlin RP, Sinclair PM.

- Comparison of arch forms between Korean and North American white populations. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 126 : 680-686, 2004.
- Legovic M, Novosel A, Legovic A. Regression equations for determining mesiodistal crown diameters of canines and premolars. *Angle Orthod* 73 : 314-318, 2003.
- Moorrees CF, Reed RB. Correlations among Crown Diameters of Human Teeth. *Arch Oral Biol* 115 : 685-697, 1964.
- Negishi F, Ishiki Y. Three-dimensional Computerized Stup of First Molars Based on Crown Forms. *Dent in Japan* 36 : 81-83, 2000.
- Nojima K, McLaughlin RP, Isshiki Y, Sinclair PM. A comparative study of Caucasian and Japanese mandibular clinical arch forms. *Angle Orthod* 71 : 195-200, 2001.
- Proffit W. Contemporary orthodontics, 2nd edn. Mosby, St Luis, 1989.
- Robinson DL, Blackwell PG, Stillman EC, Brook AH. Impact of landmark reliability on the planar Procrustes analysis of tooth shape. *Arch Oral Biol* 47 : 545-554, 2002.
- Sekikawa M, Akai J, Kanazawa E, Ozaki T. Three-dimensional measurement of the occlusal surface of lower first molars of Australian aboriginals. *Am J Phys Anthropol* 71 : 25-32, 1986.
- Sohmura T, Kojima T, Wakabayashi K, Takahashi J. Use of an ultra-high-speed laser scanner for constructing three-dimensional shapes of dentition and occlusion. *J Prosthet Dent* 84 : 345-352, 2000.
- Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod* 73 : 301-306, 2003.



林 一夫

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

略歴

- 平成7年3月 北海道医療大学歯学部卒業
- 平成11年3月 北海道医療大学大学院歯学研究科歯学専攻博士課程修了・学位取得
- 平成11年4月 北海道医療大学歯学部矯正歯科学講座 助手
- 平成15年10月 ミネソタ大学歯学部口腔科学科 客員研究員（平成17年9月まで）
- 平成18年1月 北海道医療大学歯学部矯正歯科学講座 講師（現在に至る）

所属学会

- 日本矯正歯科学会・認定医・指導医
- 日本顎関節学会