

# 原 著

## 上顎第一大臼歯歯冠形態の親子類似性 ——モアレ法とフーリエ解析を用いた分析——

曾 麗 紅 久保田悦生\* 一ノ瀬元史\*\* 中島 昭彦

九州大学歯学部歯科矯正学教室, \*久保田歯科医院 (福岡市), \*\*筑紫女学園短期大学家政科

*Li Hung TSENG, Etsuo KUBOTA\*, Motoshi ICHINOSE\*\* and Akihiko NAKASIMA*

Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Kyushu University, \*Kubota Dental Clinic, \*\*Department of Home economics, Chikushi Jogakuen Junior College

**キーワード:** 歯冠形態, 遺伝, フーリエ解析, モアレ法, 第一大臼歯

男女 89 名 (男子 46 名, 女子 43 名) とその両親 178 名を対象として, 上顎左側第一大臼歯歯冠形態の親子類似性をモアレ法とフーリエ解析を用いて, 大きさと形の両面から分析し以下の結果を得た.

1. 咬合面外形の親子類似性は, 遠心舌側咬頭と近心頬側咬頭付近に顕著に表れる傾向にあったが, 母一息子の組み合わせではその特徴は明瞭ではなかった.

2. 歯冠の大きさの指標とした咬合面外形面積, 歯冠部体積, およびフーリエ解析定数項では, 母一娘の組み合わせが最も相関が高く, 次いで父一娘であった. 一方母一息子, 父一息子の組み合わせには有意相関は認められず, 父一息子は最も相関が低かった. これらのことより上顎第一大臼歯歯冠の大きさの遺伝には X 染色体が関与している可能性が示唆された.

3. フーリエ解析から得られた咬合面外形パワースペクトルによって形を評価したところ, 父一息子, 母一娘, 母一息子, 父一娘の順で有意な親子相関がみられ, 大きさにおける親子類似性とは傾向が異なった.

4. 上顎第一大臼歯歯冠形態の遺伝的継承は大きさと形で一部異なる遺伝子 (群) が関与している可能性や, 両者の環境効果の受け易さは性によって違いがある可能性が考えられた.

5. 歯冠形態を大きさと形に分けて評価できることから, フーリエ解析はその親子類似性の分析に有効な方法であると思われた.

(日矯歯誌 56(1): 1~9, 1997)

### Study on familial similarity of morphology of the crown of upper first molar by moiré fringes method and Fourier analysis

Moiré fringes method and Fourier analysis were employed to investigate the familial similarity of the morphology of crown of the upper first molar in 46 boys, 43 girls and their parents. The following results were obtained:

1. Regarding the outline of the occlusal surface, parents-offspring resemblance was obvious at the disto-lingual and the mesio-labial cusps.

2. Correlation regarding size of crown was in the following descending order mother-daughter, father-daughter, mother-son and father-son. Accordingly, it can be said that the size of the upper first molar might be controlled by X-chromosomes.

3. Correlation regarding shape of occlusal surface was in the following descending order father-son, mother-son, mother-daughter, and father-daughter. The tendency here differed from that for the size.

4. Differences in tendency of correlation regarding size and shape might be due to influence of certain different chromosomes. On the other hand, sex might be responsible to susceptibility to environmental factors in size and shape.

5. Fourier analysis allowed us to investigate shape and size separately. Therefore, it is thought to be an effective method in investigating the morphological similarity of the tooth crown.

(J. Jpn. Orthod. Soc. 56(1): 1~9, 1997)

## 結 言

生物はすべて遺伝的影響を強く受けている。人も例外ではなくその表現型である顎顔面形態は親と子で類似していることは多くの研究者によって報告<sup>1~4)</sup>されている。小児歯科や矯正歯科臨床において顎顔面の成長予測はきわめて重要であるが、顔や顎の形は成長中に環境要因に暴露される期間が長いいためその影響が重なって形態は少なからず変化し、遺伝的背景を分離して成長の予測に利用することは容易ではない。一方、歯は胎生早期に形成が始まり、一度石灰化すれば出生後の磨耗や咬耗を除けば環境による変化は少ない。したがって形態形成における遺伝的背景をとらえるには都合のよい素材である。もし、歯と顎顔面に共通した親から子への形態継承のメカニズムがあるならば、歯における親子類似性の情報は顎や顔の遺伝学的背景を知る上に役立つものと思われる。

一般に形態は大きさ (Size) と形 (Shape) の2つの要因によって決定する。歯の大きさの遺伝的解析は歯冠の近遠心径や頬舌径を測定することが容易なこともあり、この方法を用いた報告<sup>5~7)</sup>は比較的多い。しかし、不定形でかつ立体的な歯の形を定量的にとらえさらに類似性を評価することは方法論的にも難しく、歯冠の特徴を分類して血族間の一致率をみるなど定性的評価による研究<sup>8,9)</sup>が散在するに過ぎない。本研究は上顎第一大臼歯を対象に、歯冠形態の定量的評価法のひとつとしてモアレ法とフーリエ解析を応用し歯の三次元的形態における親子の類似性を大きさと形の両面から分析することを目的とした。また、歯の形態の類似性評価法としてフーリエ解析が有用であるかを併せて検討した。

## 資料と方法

九州大学歯学部付属病院矯正科所蔵の約4,000組の患者およびその血縁両親の資料の中から、親子とも健全な左側上顎第一大臼歯が存在する年齢9~12歳までの男女患者89名(男子46名、女子43名)とその両親178名総計267名のアルジネート印象硬石膏歯列模型から複模型を作成しこれを資料とした。模型は両隣在歯を注意深く切断して上顎第一大臼歯単独模型とし、三次元方向に調節可能な自在固定台の上に固定した。そして、モアレ縞撮影装置(FM 3013, 富士写真光機㈱, 東京)に焼付法による0.2 mm格子フィルムと水平面規定板を設定し、歯牙模型の近心頬側咬頭頂(MB), 遠心頬側咬頭頂(DB), および近心舌側咬頭頂(ML)で構成される平面がモアレ縞撮影装置の水平規定板の水平面と一致するように自在固定台を調整、設置した。この水平面とビデオカメラの光軸を垂直にし、上顎第一大臼歯歯冠形態のモアレ画像を咬合面側より

規格撮影した。さらに頬側、舌側の二方向から歯冠の最大豊隆部の陰になった歯頸部がみえるように、規定した平面の垂直線から15°傾斜させて撮影した。撮影した画像はパソコンに取り込み、RGB演算処理をしてモノクロ変換を行った後、尖鋭化さらにノイズ除去を行ってフィルタリングをして曲線を抽出した。

まずコンピュータ上で三次元座標軸を設定した。すなわちMB, DB, MLの三咬頭が作る平面をXY平面、その三角形の重心gを原点としMB, DBの咬頭頂を結ぶ直線に平行で重心gを通る軸をX軸、それに直交する軸をZ軸とした。次に原点からMBに直線を引き、これと最大豊隆外形線との交点を起始点として8°おきに360°まで外形線上にn1, n2...n45の点の仮座標を入力した。(図1-a)。この原点(3咬頭の重心)は咬合面上のやや近心に位置するため、歯冠全体の形の評価やその親子相関を調べるには不都合と考えられる。したがって、n1-n45の点を用いて外形の重心Gを新たに設定し、再度8°おきにN1, N2...N45の座標点を外形線上に求め、これを計測点とした。このときの起始点は仮座標の起始点(n45)に一致させた(図1-b)。そして重心Gから各計測点までの距離を算出し、計測点ごとの父、母、息子、娘各群の平均の比較および親子相関係数の比較を行った。また45個の計測点で囲まれた図形のXY平面投影面積を咬合面面積とし、歯冠の二次元的大きさの指標にした。さらに頬側、舌側方向の画像から咬合面外形線と同様の手法を用いて歯頸部外形線を抽出して計測点を設定し、咬頭頂までの体積をモアレ縞から演算した。そして、これを歯冠の三次元的大きさの指標とした。

歯冠の大きさに加えて形の評価をすることを目的として、N1からN45までの360°45個の距離計測値行列を周期関数とみなし、フーリエ解析を行った。フーリエ解析は複雑な「波」を余弦波と正弦波に分解し、その特性を時間tの周期関数として表現する解析法である。一般式は、

$$f(t) = A_0 + \sum_{i=1}^n \left( a_i \cos_i \omega t + b_i \sin_i \omega t \right) \quad (1)$$

で示される。 $A_0$ ,  $a_i$ ,  $b_i$ はフーリエ係数でそのうち $A_0$ は定数項で、 $\omega$ は単位時間あたりの0°~360°までの角速度である。ここで定数項 $A_0$ は波の大きさ、すなわち平均振幅を表している。

フーリエ展開により咬合面外形を分解して得られた余弦波、正弦波成分を合成してパワースペクトルを求め、各周波数ごとのパワースペクトル値を求めた。親子ともパワースペクトルの周波数は6 Hzまでで寄与率が95%を越えたため7 Hz以後は分析より省いた。そして各周波数ごとの親子相関を調べ、さらに形の指標となる6個の変量の組が、親と子の間で有意な関係をもっているかどうかを知るため正準相関分析を行った。第二正準相関以下は相関係数はほぼ半減し、相関の有意性を失う場合が多く(図2)、また順次低くなっ

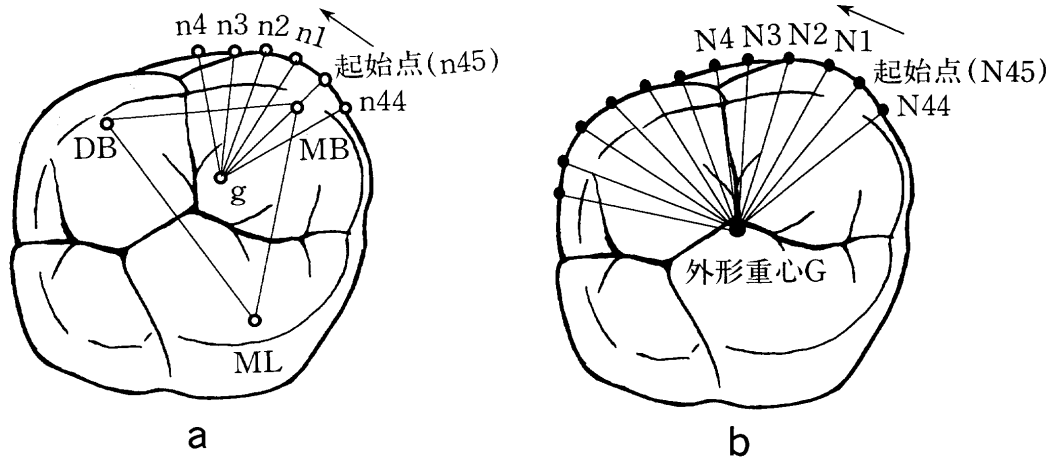


図 1 a : 咬合面外形線の仮座標入力  
b : 咬合面外形重心と計測点

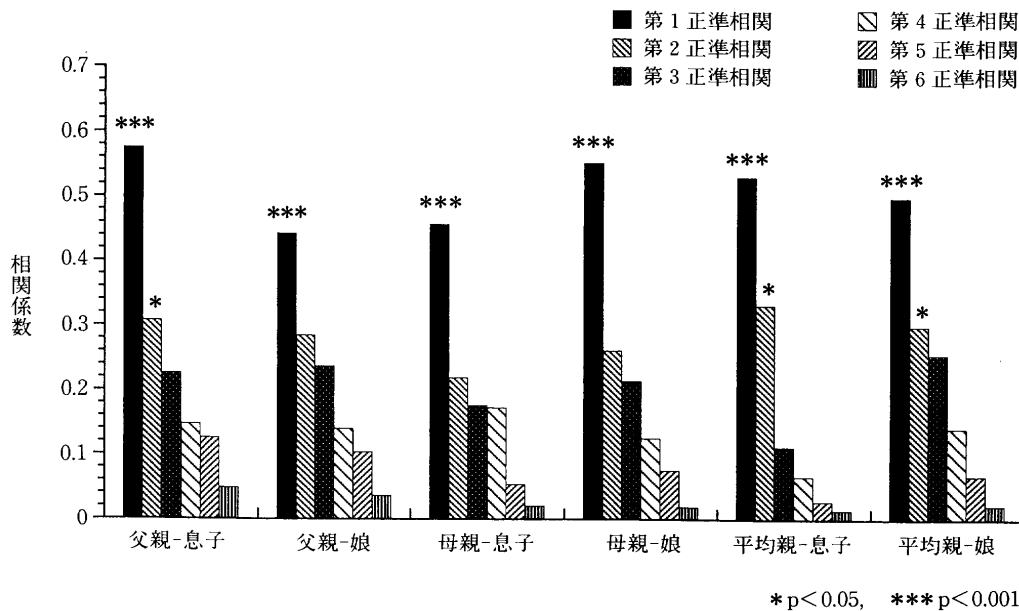


図 2 パワースペクトル (1~6Hz) の正準相関

てその大小を比較することは難しいと判断したので、第一正準相関係数の分析結果のみデータとして採用した。

モアレ縞画像の最大誤差は画像表示上で1ドット、すなわち実長に換算して0.115 mm以下であった。咬頭から遠心頬側咬頭までの距離、および近心頬側咬頭から近心舌側咬頭までの距離は1%レベルの有意水準で父は母より大きく性差がみられたので、歯の形態には性差があると判断し分析は男女に分けて行った。画像処理および演算処理はパーソナルコンピュータ (FM-Towns, 富士通㈱, 東京) を用いた。

## 結 果

### 重心—計測点間距離

咬合面外形重心Gから外形線上の45個の計測点(360°を8°ごとに分割した計測点)までのそれぞれの距離平均と分散をグラフにして図3に示した。いずれも170°~180°付近に高い山, 320°~330°付近に低い谷をもった波を示し、父、母および息子、娘の間には波のパターンに大きな差は認めなかったがいずれも男が女より波は上方に位置し、平均距離は男が女より大きかった。分散はいずれの群でも160°~180°付近が高い値を示した。

45計測点ごとの親子の相関を、縦軸に相関係数を目盛った折れ線グラフで図4に示した。父—娘、母—娘、

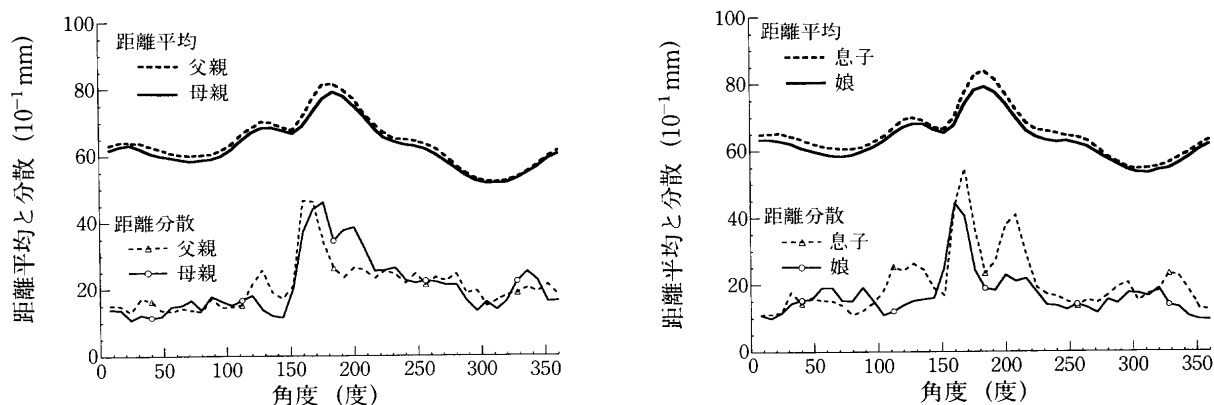


図 3 咬合面外形重心と計測点間距離の平均と分散

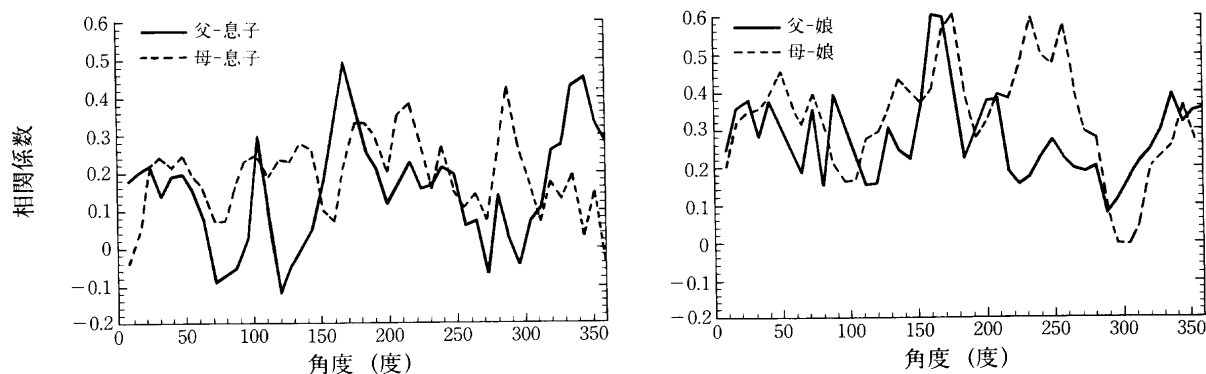


図 4 咬合面外形重心—計測点間距離の親子相関

父一息子の組み合わせでは相関の最も高い山が  $160^{\circ} \sim 180^{\circ}$  付近, 中等度の山が  $340^{\circ} \sim 350^{\circ}$  付近にみられた。母一娘の組み合わせではこの山の間にもうひとつ高い山が  $250^{\circ}$  付近にみられた。母一息子の組み合わせではそれらの波の特徴は明瞭でなかった。なお父と母との間には, 相関係数の最大値 0.18 でほとんどが  $\pm 0.1$  の範囲にあり有意相関は認められず, 上記のパターンもみられなかった。

#### 咬合面面積

計測点で囲まれた面積測定値を表 1 に, その親子相関を表 2 に示した。面積平均では親子ともに男が女より大きくその差は有意 ( $p < 0.001$ ) で性差が認められた。

咬合面積の親と子の関係は最も相関が高いのは母と娘 ( $r = 0.494, p < 0.001$ ), 次いで父と娘 ( $r = 0.357, p < 0.05$ ) で息子は父とも母とも相関は有意ではなかった。娘, 息子ともに片親へより両親平均値 (Midparent) との相関が高く両親平均値と娘の間には高い有意相関 ( $r = 0.528, p < 0.001$ ) がみられたが息子においては相関は有意水準に達しなかった。

#### 歯冠部体積

三次元的な大きさを表す歯冠部の体積は親子ともに男が女より大きくその差は有意 ( $p < 0.01$ ) であった。親子相関が最も高いのは母一娘 ( $r = 0.422, p < 0.01$ ),

で父一娘, 父と息子, 母と息子の間には有意相関がなかった。

また, 片親より両親平均値との相関が高く, 両親平均値と娘との相関 ( $r = 0.468, p < 0.01$ ) は息子との相関より高く, 息子における両親平均値との相関は有意でなかった。これらの結果は二次元的な大きさを表す咬合面積での知見と全く同様であった。

#### 咬合面形態のフーリエ解析

定数項は親子ともに男が女より大きくその差は有意 (親,  $p < 0.001$ , 子,  $p < 0.01$ ) であった。親と子の相関は母一娘 ( $r = 0.456, p < 0.01$ ), 父一娘 ( $r = 0.357, p < 0.05$ ) の順で相関が高く, 父一息子, 母一息子の間には有意相関を認めなかった。息子, 娘ともに片親との相関より両親平均値との相関が高かった。娘と両親平均値には高い有意相関 ( $r = 0.516, p < 0.001$ ) があったが息子には有意相関がなかった。これらの結果は二次元的な大きさを表す咬合面積での知見と全く同様であった。

パワースペクトル 1 Hz から 6 Hz までの平均を表 1 と図 5 に示した。周波数は 1 Hz が 6 Hz まで全体の 50% 以上を占め 2 Hz を含めると 80% を超えた。親, 子ともに男が女よりパワースペクトル値は高い傾向にあり 1 Hz でその差は有意 (親,  $p < 0.001$ ; 子,  $p < 0.01$ ) であった。さらに親では 6 Hz, 子では 2 Hz,

表 1 上顎第一大臼歯歯冠形態計測値

|                          | Father (N=89)  | Mother (N=89)  | Son (N=46)     | Daughter (N=43) |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                          | Mean±SD        | Mean±SD        | Mean±SD        | Mean±SD         |
| 咬合面面積 (mm <sup>2</sup> ) | 103.64±9.54*** | 98.22±9.06     | 105.13±9.41*** | 98.78±8.23      |
| 歯冠部体積 (mm <sup>3</sup> ) | 685.01±36.8*** | 614.28±40.0    | 690.03±40.8*** | 657.59±38.7     |
| フーリエ解析                   | 定数項 Ao         | 64.28±2.92***  | 62.63±2.90     | 64.82±2.86**    |
|                          | パワースペクトル 1Hz   | 82.22±28.51*** | 66.86±29.42    | 62.40±24.15**   |
|                          | 2Hz            | 34.17±16.51    | 31.44±17.21    | 32.34±18.43**   |
|                          | 3Hz            | 3.72±3.58      | 3.74±8.51      | 2.87±2.59       |
|                          | 4Hz            | 7.74±4.45      | 6.48±4.54      | 9.67±6.35       |
|                          | 5Hz            | 5.38±3.47      | 4.43±3.05      | 6.64±3.60**     |
|                          | 6Hz            | 2.85±1.94**    | 2.00±1.61      | 3.73±2.19**     |

\*: 親と子それぞれにおいて異性間の比較で有意に大きい方を示す. \*\*:  $P<0.01$ , \*\*\*:  $P<0.001$

表 2 上顎第一大臼歯歯冠形態における親子の相関

|              | Father        |                    |                     | Mother        |                    |                     | Mid-parent    |                    |                     |
|--------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------|--------------------|---------------------|
|              | Son<br>(N=46) | Daughter<br>(N=43) | Offspring<br>(N=89) | Son<br>(N=46) | Daughter<br>(N=43) | Offspring<br>(N=89) | Son<br>(N=46) | Daughter<br>(N=43) | Offspring<br>(N=89) |
| 咬合面面積        | 0.155         | 0.357*             | 0.276**             | 0.175         | 0.494***           | 0.318**             | 0.253         | 0.528***           | 0.402***            |
| 歯冠部体積        | 0.141         | 0.282              | 0.272**             | 0.192         | 0.422**            | 0.300**             | 0.203         | 0.468**            | 0.415***            |
| フーリエ解析       | 定数項 Ao        | 0.152              | 0.357*              | 0.168         | 0.456**            | 0.307**             | 0.246         | 0.516***           | 0.402***            |
|              | パワースペクトル 1Hz  | 0.220              | 0.200               | 0.220*        | 0.318*             | 0.151               | 0.213*        | 0.353*             | 0.277**             |
|              | 2Hz           | 0.128              | 0.216               | 0.172         | 0.523***           | 0.123               | 0.417***      | 0.431**            | 0.389***            |
|              | 3Hz           | 0.283              | 0.111               | 0.182         | 0.166              | 0.147               | 0.146         | 0.222              | 0.175               |
|              | 4Hz           | 0.124              | -0.105              | 0.065         | 0.151              | -0.093              | 0.088         | 0.199              | -0.149              |
|              | 5Hz           | -0.260             | 0.400**             | 0.075         | 0.414**            | 0.034               | 0.247*        | 0.062              | 0.278               |
|              | 6Hz           | 0.064              | 0.037               | 0.109         | -0.053             | 0.081               | -0.029        | 0.026              | 0.091               |
| パワースペクトル正準相関 | 0.575***      | 0.443**            | 0.369***            | 0.457**       | 0.552***           | 0.350***            | 0.530***      | 0.498***           | 0.425***            |

\*:  $P<0.05$ , \*\*:  $P<0.01$ , \*\*\*:  $P<0.001$  で相関係数が有意であることを示す.

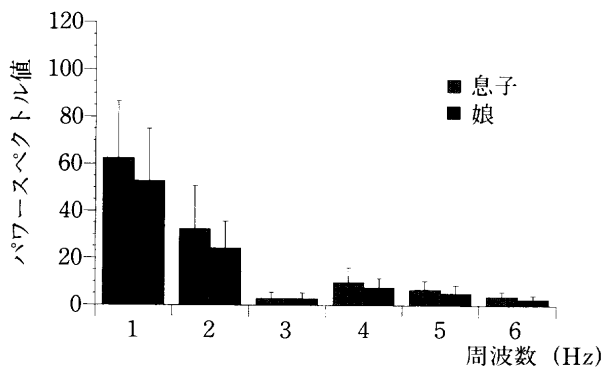


図 5 咬合面外形パワースペクトル

5 Hz, 6 Hz で有意 ( $p<0.01$ ) に男が高かった. 親子の有意相関は 1 Hz と 2 Hz に多くあらわれた. 最も高い相関は母—息子で 1 Hz ( $r=0.318$ ,  $p<0.05$ ), 2 Hz ( $r=0.523$ ,  $p<0.001$ ), 5 Hz ( $r=0.414$ ,  $p<0.01$ ) に有意相関がみられた. 父と娘は 5 Hz ( $r=0.400$ ,  $p<0.01$ ) に有意相関があったが, 父と息子, 母と娘の間には有意相関が認められなかった. 両親平均値と子の有意相関は息子において 1 Hz ( $r=0.353$ ,  $p<0.05$ ) と 2 Hz ( $r=0.431$ ,  $p<0.01$ ) に認められたが娘との間には有意相関がなかった.

1 Hz から 6 Hz までを総合して, 咬合面の形の親子の関係を正準相関分析で調べた. その結果, 正準相関係数は父—息子 ( $r=0.575$ ,  $p<0.001$ ), 次いで母—娘 ( $r=0.552$ ,  $p<0.001$ ), 母—息子 ( $r=0.457$ ,  $p<0.01$ ) 父—娘 ( $r=0.443$ ,  $p<0.01$ ) の順に高く, いずれも相関は

表 3 フーリエ解析定数項, 咬合面面積, 歯冠部体積の相関

|                 | Father<br>(n=89) | Mother<br>(n=89) | Son<br>(n=46) | Daughter<br>(n=43) |
|-----------------|------------------|------------------|---------------|--------------------|
| フーリエ解析定数項—咬合面面積 | 0.991            | 0.989            | 0.995         | 0.993              |
| フーリエ解析定数項—歯冠部体積 | 0.864            | 0.873            | 0.884         | 0.869              |
| 咬合面面積—歯冠部体積     | 0.912            | 0.920            | 0.927         | 0.908              |

有意であった。咬合面面積や歯冠部体積などとは逆に父—息子は最も相関が高く両親平均値と子の相関では娘より息子の方が親との相関は高い傾向にあった。すなわち、息子の両親平均値との正準相関係数 ( $r=0.530, p<0.001$ ) は娘 ( $r=0.498, p<0.001$ ) より高い値を示した。

## 考 察

歯科領域において歯や口蓋形態などの不定形物体の三次元的形態をとらえる方法として、等高線図化器を用いる方法<sup>10-13)</sup>、フェルマトロン法<sup>14)</sup>、モアレ縞法<sup>15-17)</sup>、さらに最近ではレーザースリット光と三次元曲面形状解析コンピュータを用いた方法<sup>18)</sup>などが報告されている。その中でモアレ法は高価な装置を必要とせず、操作が簡単で比較的高精度の画像データが得られる<sup>19)</sup>という特長をもっているため、多くの研究に使用されてきた。本研究ではこれらの利点に加え、モアレビデオ画像をコンピュータに入力することで計測点の測定や、これらの三次元座標データをそのまま用いてフーリエ解析ならびにその他の分析プログラムを作成することが可能であるという理由からモアレ法を採用した。

Sneath (1967)<sup>20)</sup> はトランスフォーメーショングリッドを用いて類人猿とヒトとの頭蓋形態の類似度計算法を発表し、Nakata ら (1973)<sup>21)</sup> はこれをヒトの血縁家族間の類似度の評価に用いた。これは比較したい2枚のレントゲントレース上の計測点を用いて大きさを基準化後、対応する計測点座標間距離が最小になるように座標回転をして、その平均距離を類似度の指標とする方法である。顎顔面骨格の場合、対象とする構造物に多くの対応する計測点が存在し、しかも二次元的に計測点が広く分布するためにこれは極めて有効な類似性判定法と考えられる。一方、歯牙咬合面外形線のように、類円形をしていて多くの解剖学的計測点が設定しにくいものの定量的評価には、フーリエ解析<sup>21)</sup>が有効である。尾崎ら (1977)<sup>22)</sup> は歯の咬合面形態の分析にこの解析法は極めて優れていることを報告し、累積寄与率が97%を超えることから本研究と同じく6 Hz までの周波数成分で十分な解析ができると述べている。また相馬ら (1980)<sup>23)</sup> (1981)<sup>24)</sup> は下顎下縁や下顎symphysisの形態分析にこれを用い、1) 情報の集約化

ができ、2) 多数の連続した曲線を統計的に処理し得ること、3) 形態のパターン分類への応用が可能であることなどの理由から歯科矯正分野の形態分析への有効性を示唆している。本来音や振動などの複雑な波の解析に用いられる本解析法は波を大きさと形のふたつの成分に分解することができるという特徴をもっている。大きさは波の平均振幅すなわち①式の定数項  $A_0$  で表される。本研究において、フーリエ解析定数項と歯の大きさを表す測定値との間にどのような関係があるかを調べ、その結果を表3に示した。定数項と咬合面外形面積とのあいだには、 $r=0.989\sim0.995$  のほぼ1に近い極めて高い相関が認められた。このことはフーリエ解析を咬合面外形の分析に用いる時、定数項はその二次元的大きさ(面積)の指標になることを示している。また歯冠部体積との間にも  $r=0.864\sim0.884$  の高い相関があることから定数項は三次元的な大きさ(体積)とも強い関係にある。言い換えれば咬合面外形の面積の大小は歯冠部の立体的大きさの指標にもなり得ると考えられ、両者には  $r=0.908\sim0.927$  の相関があった。

重心から外形線上の各計測点までの距離行列で作られた波の形(図3)は咬合面形態の特徴を表している。高いピークの  $170^\circ\sim180^\circ$  付近は重心より最も遠い位置にある遠心舌側咬頭に該当し距離の分散は大きく、性差や個人差が著しい部分であった。この遠心舌側咬頭部付近の外形線は図4に示す相関グラフでも高い値を示し、親との類似性が最も顕著に表れる領域だと推察される。また同様に父—息子、父—娘においては  $340^\circ\sim350^\circ$  付近、すなわち近心頬側咬頭部にもうひとつ相関の高い山がみられた。これらのことを考え合わせると遠心舌側咬頭から近心頬側咬頭へ至る斜めの線上に、上顎第一大臼歯形態の親との類似性が特徴的に表れると考えることもできる。図6は父と子の組み合わせについて、平均的な咬合平面外形上に各計測点の位置をおおまかに重ね合わせ、図4のデータを用いて相関の強弱を視覚的に表示したものである。相関係数を表す黒丸の印が左下から右上に細長く分布している特徴がうかがえる。しかしながら、母—娘ではさらに近心舌側咬頭部に該当する  $250^\circ$  付近にも相関の高い山があり、母—息子ではこれらの特徴は明瞭でないなど親子の組み合わせで差がみられた。父からと母からの歯冠形態の遺伝的継承のメカニズムは異なっている可

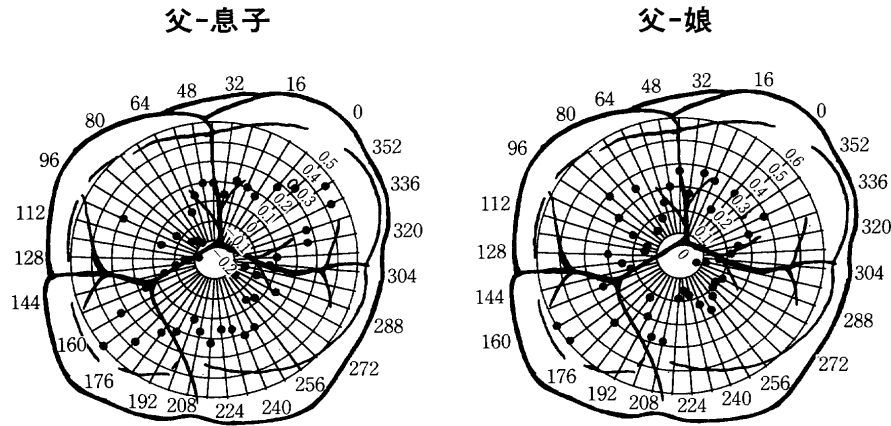


図 6 咬合面外形の親子相関 (父-子)

能性が考えられる。

最近 Sun ら (1996)<sup>25)</sup>は双生児の上顎第一大臼歯4咬頭の大きさを調べ、近心頬側咬頭の遺伝率が最も高く、遠心舌側咬頭が最も低いという本研究とは異なる知見を報告した。彼らは近心頬側咬頭は系統発生的に古く安定しており、これが遺伝的に強い関係を招いているのではないかと考察している。本研究では遠心舌側咬頭付近の外形に比較的高い親子相関がみられた。

上顎第一大臼歯遠心舌側咬頭は他の咬頭に比べて退化傾向にあり<sup>26)</sup>、変異も大きく、不安定である。しかし退化傾向の強い上顎側切歯や下顎第三大臼歯の形や欠如率に家族性類似がみられる<sup>27-29)</sup>という報告がある。これらは形の不安定さが必ずしも遺伝的要因が低いことには連がらないことを示唆している。Sun らは咬頭の大きさを本研究は歯冠外形の形をとらえている違いもあり、歯冠のどの部位に遺伝的要因が強く働いているかについてはさらに詳細な検討が必要であろう。

歯の大きさについて Sofaer ら (1972)<sup>9)</sup>は晩期に発育する歯種ほど血縁者間の類似の程度が低く、これは環境の効果を受けやすいためであろうと述べた。彼によると早期に発育する第一大臼歯は血縁間類似性が高い歯種であり、親子相関は  $r=0.54$  と報告した。中野ら (1993)<sup>30)</sup>も近遠心径と頬舌径を測って上顎第一大臼歯の大きさに 0.5 前後の有意な親子相関があることを報告しているが、親子の性の組み合わせによって必ずしも相関の強さは一定していなかった。すなわち、父-娘、母-息子、母-娘のペアにくらべて父-息子の頬舌径は最も相関が高く ( $r=0.573$ )、近遠心径では最も低い相関 ( $r=0.273$ ) を示した。歯がすべて相似形をしていない限り、大きさを一次元的な距離で評価することは難しい。本研究は面積 (二次元) と体積 (三次元) およびフーリエ解析定数項の 3 つの側面から歯の大きさを調べた。したがって一次元データから得られた結果と本研究結果をそのまま比較するのは適当ではないが、性を無視した親子 (Midparent-offspring) の相関は  $r=0.402\sim0.415$  で過去の報告よりやや小

な値を示した。また息子より娘の方が親との相関は高く、さらに子 (息子および娘) は父より母との相関が高い傾向にあった。これらのことから、歯の大きさの親子類似性には、性が関与した遺伝のメカニズムが働いていることが示唆される。

Garn ら (1965)<sup>31-32)</sup> (1967)<sup>33)</sup>や Lewis と Grainger (1967) ら<sup>34)</sup>は歯の大きさは X-染色体が関与した遺伝方式をとることを報告した。同様に Nakata ら (1974)<sup>35)</sup>は双生児と血縁家族の頭蓋顔面形態の多変量解析を行って、母-娘の相関が父-息子の相関より高いことを報告し、X-染色体の影響が考えられると考察している。母と娘の相関が最も高く、父と息子との相関が最も低かった本研究の結果は、歯の大きさは X 染色体が関与しているという知見を支持することになった。また Palomino (1979)<sup>36)</sup>は頭蓋形態や身長などの研究から、遺伝的影響は形により強く表れ大きさは環境要因の影響を受けやすいと述べた。歯の大きさにみられる母親類似の傾向は、いわゆる母体効果<sup>37)</sup>(maternal effect) が一部加わっていると推察することもできる。

形の親子類似性はフーリエ解析から合成したパワースペクトルにて検討した。咬合面外形の「波」は主として 1 Hz と 2 Hz の低周波によって構成されており (図 5)、これは咬合面外形が比較的大きな波の成分に分解できることを意味している。親子の有意相関もこの低周波成分に多く表れたが、5 Hz でもいくつか有意相関がみられた。したがって、親と子の 6 個ずつの変量の組の関係がどの程度あるのかを知るために正準相関分析を行った。結果は大きさで有意相関がみられなかった父-息子、母-息子をはじめとし、母-娘、父-娘においても大きさより高い相関がみられたが、両親平均値と子 (Midparent-offspring) の相関は  $r=0.425$  で、大きさ (面積、体積、フーリエ解析定数項) における同組み合わせとほとんど同じ値を示した。元来正準相関と単純相関は統計学上の概念が異なり比較は慎重でなければならない。その点をふまえると大きさより形の方が遺伝的な影響は大きいという

Palomino ら (1979)<sup>36)</sup>の知見に対し本研究から考察を加えることはできない。

しかし、大きさにおける親子相関とは逆に、形においては父—息子が最も相関は高く傾向が異なった。Liu (1996)<sup>38)</sup>は世界各地に生息する4種のショウジョウバエの生殖根後葉の形態をフーリエ解析と主成分分析を用いて比較検討した。その結果形と大きさを制御する遺伝子はほとんどが共通しているがその一部に、どちらか一方だけに関与する遺伝子が存在しているのではないかと考察している。本研究でみられた歯の形と大きさにおける親子相関の傾向の違いから、両者には一部異なる遺伝子(群)が関与している可能性が考えられる。また、一方では環境要因の影響の受けやすさ(感受性)が大きさとは違いがあり、さらにそれが性によって異なっている可能性も推察できる。これらについては他の歯種についてさらに詳細な検討を待つ必要があると思われる。

## 文 献

- Hunter, W. S., Balback, D. R. and Lamphiear, D. E.: The heritability of attained growth in the human face, *AM J ORTHOD* 58: 128-134, 1970.
- Nakata, M., Yu, P., Davis, B. and Nance, W. E.: The use of genetic data in the prediction of craniofacial dimensions, *AM J ORTHOD* 63: 471-480, 1973.
- Ichinose, M., Nakasima, A. and Hu, J. R.: Growth related changes in familial resemblance of maxillofacial morphology, *J Craniofac Genet Dev Biol* 13: 35-46, 1993.
- Kitahara, T., Nakasima, A. and Ichinose, M.: Quantitative evaluation of correlation of skull morphology in families in an attempt to predict growth change, *Eur J Orthodont* 18: 181-191, 1996.
- 荒井健一: 親子, 同胞間における歯冠の大きさの相関, *九州歯会誌* 30: 81-106, 1976.
- Townsend, G. and Brown, T.: Inheritance of tooth size in Australian aboriginals, *AM J ANTHROP* 48: 305-314, 1978.
- Potter, R. H., and Nance, W. E.: A twin study of dental dimension, *AM J PHYS ANTHROP* 44: 391-396, 1973.
- Staley, R. N. and Green, L. J.: Bilateral asymmetry in tooth cusp occurrence in human monozygomatic twins, dizygomatic twins, and non-twins, *J Dent Res* 50: 83-89, 1971.
- Sofaer, J. A., MacLean, C. J. and Bailit, H. L.: Heredity and morphological variation in early and late developing human teeth of the same morphological class, *Archs oral Biol* 17: 811, 1972.
- 若松 晋: 等高図表による日本人永久歯歯冠の形態学的研究 第I編 前歯, *歯科学報* 62: 487-494, 1962.
- 若松 晋: 等高図表による日本人永久歯歯冠の形態学的研究 第II編 小臼歯, *歯科学報* 62: 511-532, 1962.
- 若松 晋: 等高図表による日本人永久歯歯冠の形態学的研究 第III編 大臼歯 その1. 咬合面, *歯科学報* 63: 196-219, 1963.
- 若松 晋: 等高図表による日本人永久歯歯冠の形態学的研究 第IV編 大臼歯 その2. 頬面, 舌面, *歯科学報* 63: 272-294, 1963.
- 坂村友三: Formatoron (生体外形測定器) の紹介, *歯界展望* 37: 745-746, 1971.
- 前田隆秀: モアレ等高縞による小児の口蓋容積の研究, *小児歯誌* 15: 180-188, 1977.
- 尾崎 公, 川崎泰右: モアレトポグラフィの口腔領域の形態学への応用例, *映像情報* 8: 26-31, 1976.
- Kanazawa, E., Morris, D. H., Sekikawa, M. and Ozaki, T.: Three dimensional measurement of the occlusal surface of the upper first molar in South African Samples, *J Anthropol Soc Nippon* 96: 405-415, 1988.
- 緒方哲郎, 有馬克子, 中田 稔: 非接触型歯牙3次元形状測定システムによる咬合接触面の解析, *顎機能誌* 8: 157-160, 1990.
- 鈴木正根, 金谷成得, 鈴木喜義: モアレ縞による三次元計測, *精密機械* 40: 746-753, 1974.
- Sneath, P. H. A.: Trend surface analysis of transformation grids, *Journal of Zoology* 151: 65-122, 1967.
- Papoulis, A.: The Fourier integral and its applications, McGraw-Hill Book Company, New York, 1962.
- 尾崎 公, 上明戸芳光, 鈴木隆延, 他: 歯の形のフーリエ解析第1報: 上顎第一大臼歯, *歯基礎誌* 19: 554-560, 1977.
- 相馬邦道, 羽生みよ子: フーリエ級数の顎態分析への適用に関する検討, *口病誌* 47: 135-144, 1980.
- 相馬邦道, 黒田敬之, 羽生みよ子: 下顎 SYMPHYSIS 形態のフーリエ解析, *口病誌* 48: 76-83, 1981.
- Sun, X., KiKyo, T. and Ishikawa, M.: A three dimensional study on the morphological variation of the upper permanent central incisor and the first molars -Relationship with congenital missing of the adjacent teeth-, *Pediatric Dental*

- Journal 6 : 77-87, 1996.
- 26) 鈴木 誠, 酒井琢郎: 日本人上顎大臼歯の咬合面形態一特に遠心舌側咬頭の退化について, 人類学雑誌 65 : 54, 1956.
  - 27) 福原達郎: 上顎側切歯の矮小形態の遺伝学的考察, 歯科学雑誌 7 : 91-96, 1950.
  - 28) Woolf, C. M. : Missing maxillary lateral incisors : A genetic study, *Am J Hum Genet* 23 : 280-296, 1971.
  - 29) Garn, S. M. , Lewis, A. B. and Bonne, B. : Third molar polymorphism and the timing of tooth-formation, *Nature* 192 : 989, 1961.
  - 30) 中野誠之, 鈴木 陽, 村上照男, 高濱靖英: 叢生歯列における歯, 顎顔面形態の分析—家族資料による親子の比較—, 日矯歯誌 52 : 104-118, 1993.
  - 31) Garn, S. M. , Lewis, A. B. , Kerewsky, R. E. and Jegart, K. : Sex differences in intra individual tooth-size communalities, *J Dent Res* 44 : 476-479, 1965.
  - 32) Garn, S. M. , Lewis, A. B. and Kerewsky, R. S. : X-linked inheritance of tooth size, *J Dent Res* 44 : 439-441, 1965.
  - 33) Garn, S. M. , Lewis, A. B. , Swindler, D. R. and Kerewsky, R. S. : Genetic control of sexual dimorphism in tooth size, *J Dent Res* 46 : 963-972, 1967.
  - 34) Lewis, D. W. and Grainger, R. M. : Sex-linked inheritance of tooth size : a family study, *Oral Biol* 12 : 539-544, 1967.
  - 35) Nakata, M. , Yu, P. L. and Nance, W. E. : Multivariate analysis of craniofacial measurements in twin and family data, *AM J PHYS ANTHROP* 41 : 423-430, 1974.
  - 36) Palomino, H. , Mueller, W. H. and Schull, W. J. : Altitude, heredity and proportions in Northern Chile, *AM J PHYS ANTHROP* 50 : 39-50, 1979.
  - 37) Nonaka, K. and Nakata, M. : Genetic and environmental factors in the longitudinal growth of Rats : II Ventrodorsal craniofacial size, *J Craniofac Genet Dev Biol* 8 : 329-335, 1988.
  - 38) Liu, J., m Mercer, J. M., Stam, L. F., *et al.* : Genetic analysis of morphological shape difference in the male genitalia of *Drosophila simulans* and *D. mauritiana*, *Genetics* 142 : 1129-1145, 1996.

---

主 任 : 中 島 昭 彦 教授      1996 年 8 月 21 日 受付

連絡先 : 曾   麗 紅  
九州大学歯学部歯科矯正学講座  
〒 812-82   福岡市東区馬出 3-1-1