

三次元模型計測システムによる日本人小児の歯列 および咬合の形成過程に関する研究

海 原 康 孝

A Study on the Development Process of Dentition and Occlusion in the Japanese Children with the Three Dimensional Measurement System of Dental Casts

Yasutaka Kaihara

(平成7年1月16日受付)

緒 言

小児歯科学の目的は、小児の口腔領域の成長発育を正常に誘導することであり、このため各発育段階における小児の歯列および咬合について把握することは重要である。

歯列および咬合は、小児の成長発育に伴い相互に影響し形成されて行く。従来、歯列の成長発育に関するもの¹⁻¹¹⁾や咬合に関するもの^{1,12-27)}等、多くの研究がなされているが、いまだに成長発育に伴った形成過程については明らかにされていない。

一方、歯列および咬合の立体的な情報は、レーザーを応用したもの²⁸⁻³⁰⁾、Reflex Metrograph³¹⁻³⁴⁾、ダイレクトメソッド^{27,35-40)}等様々な三次元計測システムにより、それらを数量化して客観的に研究されてきている。

しかしながら、小児の歯列および咬合について三次元計測法により検討されたものは少なく、また、実際に臨床応用され得る結果も得られていない。

著者は小児の歯列および咬合の成長発育の経過的形成過程を三次元的に把握することを目的とし、臨床的に正常歯列と判断された各発育段階における日本人小児の口腔内印象模型を対象とした三次元計測を行い、歯列の立体的形態変化およびそれに伴う咬頭嵌合位における咬合接触部位の変化について研究を行い、以下の結果および考察を得た。

広島大学歯学部小児歯科学講座（主任：長坂信夫教授）本論文の要旨は平成5年5月の第31回日本小児歯科学会大会、平成5年6月の第26回広島大学歯学会総会において発表した。

研究 方 法

I. 三次元模型計測システムについて

1. 計測システムの構成

本計測システムは、入力部とインターフェイスからなる計測機およびデータ処理を行うパーソナルコンピュータにより構成されている。計測機は高さ約29 cm、重さ約2.5 kgと小型で軽量であるため移動可能である。計測にあたっては、模型を模型台に固定し、各計測点に計測端子を軽く接触させ、フットスイッチによりデータを逐次入力して行く。

入力部のセンサーにより出力された移動パルスはインターフェイスにより数量化されたデータとなる。そして、パーソナルコンピュータに入力された後、プログラムによりデータ解析、グラフィック処理などを行う。また、計測点の設定、処理を行うデータ量などはパーソナルコンピュータにより自由に設定することができる。

なお、計測機を制御するパーソナルコンピュータは、NEC PC-9801 FA/U7である。プログラムはN88BASIC (MS-DOS版)⁴¹⁾およびS (S-PLUS)⁴²⁻⁴⁴⁾を用いて独自に開発した。これによりデータの入力や保存、グラフィック処理などを行う。また、ワイヤフレームモデルによるグラフィック表示を行うことにより、計測データをパーソナルコンピュータのディスプレイ上で観察することが可能である。

2. 計測機

本計測機の入力部は機構部にGC社製サベヤーKM-1を用いており、回転軸、上下軸、水平軸からなっている。各軸には移動センサーとして小野測器社

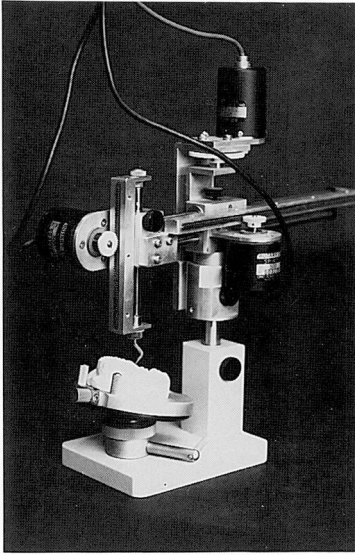


図1 三次元模型計測機

製インクリメンタル型ロータリーエンコーダーを配している(図1)。回転軸の動きは円形ギアにより4倍され、1回転14,400パルスの出力を得、分解能は0.025度である。上下軸および水平軸はラック・アンド・ピニオンにより伝達され、分解能は0.025 mmである。また、上下軸下端に回転可能なL字型の測定端子を有し、これによりアンダーカット部の測定も可能である。計測機は円筒座標系入力装置であり、回転軸の有効測定角度は約90度、上下軸および水平軸の有効測定長はそれぞれ約50 mm、約70 mmである。X、Zの座標値は回転軸および水平軸により回転中心からの距離*l*および回転角 θ を算出し、それぞれ $l \cos \theta$ 、 $l \sin \theta$ で表される。Y座標値は上下軸上の移動値より直接算出される。

インターフェイスはマイクロコンピュータを応用したもので、計測機からの移動パルス信号を数量化すると共に、パーソナルコンピュータとのデータ伝達機構も備えている。

各軸の計測精度は、X軸およびZ軸では約0.1 mm、Y軸では誤差値の最大値は0.04 mmである⁴⁵⁾。

II. 模型計測時および咬合の再現性について

1. 模型計測時の再現性

計測機の模型計測時の再現精度は、当講座所有の上顎乳歯列模型を用い、模型上に計測点を7点設定し、同一験者により10回計測を行い、同一計測点におけるX、Y、Z各座標値のレンジを求めた。

なお、設定した計測点は、左側乳中歯近心隅角 IC、

右側乳犬歯尖頭 URC、左側乳犬歯尖頭 ULC、右側第2乳臼歯近心舌側咬頭頂 URE、左側第2乳臼歯近心舌側咬頭頂 ULE、乳犬歯間口蓋最深点 PL1、および第2乳臼歯間口蓋最深点 PL2 である。

2. 模型の咬合状態の再現方法

本計測システムでは容易に計測でき、かつ十分な精度が得られる歯列の咬合状態を再現する方法として、アフィン変換による非線形モデルを用い、その最適化に特異値分解による最小二乗法を用いたコンピューターのシミュレーションにより咬合を再現した。すなわち、

① 模型上に設定した計測点を上顎、下顎それぞれ別個に全て入力する。

② 上下顎模型を咬合させた状態に固定し、上下顎の唇側歯頸部最深点を再度入力する。

ここで、模型を剛体と見なし、咬合させる前と咬合させた時とは模型が位置移動したと解釈する。すると咬合させる前の上顎の唇側歯頸部最深点のデータ行列を p_u 、下顎の唇側歯頸部最深点のデータ行列を p_l とし、咬合させた時の上顎の唇側歯頸部最深点のデータ行列を p'_u 、下顎の唇側歯頸部最深点のデータ行列を p'_l とすると、 p_u 、 p_l と p'_u 、 p'_l との間には、計測誤差 N_u 、 N_l を加えると、

$$p'_u = R_u p_u + T_u + N_u$$

$$p'_l = R_l p_l + T_l + N_l$$

(R_u 、 R_l : Rotation matrix, T_u 、 T_l : Translation vector)

の2つの関係式が成立する。

この場合、①、②の結果により模型の咬合状態の位置を推定することは、回転行列と平行移動のベクトルと、ノイズベクトルによる誤差モデルを最適化する問題に帰着する^{44,46-49)}。そこで回転行列と平行移動のベクトルの推定値を求めるためにユークリッド・ノルムの二乗和による汎関数を定義し、その誤差モデルの最適化に特異値分解を用いた最小二乗法⁴⁹⁾を採用した。以下に最小二乗法のアルゴリズムを示す。

<Problem>

Two 3-D point sets $\{p_i\}$, $\{p'_i\}$ ($\{p_i\}$, $\{p'_i\}$: 3×1 column matrices)

$$\Sigma^2 = \sum_{i=1}^N |p'_i - (Rp_i + T) + N|^2$$

(R : Rotation matrix T : Translation vector

N : Noise vector)

↓
minimize Σ^2

↓
finding \hat{R} and \hat{T}

<Algorithm for finding Rotation and Translation>

A. Finding \hat{R}

- ① calculate $q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i$ and $q' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p'_i$
- ② calculate $r_i = p_i - q$ and $r'_i = p'_i - q'$
- ③ calculate $H = \sum_{i=1}^N r_i r'_i$
- ④ Find the singular value decomposition of H

$$H = U \Lambda V^t$$

- ⑤ calculate $\hat{R} = VU^t$

B. Finding \hat{T}

$$\text{calculate } \hat{T} = q' - \hat{R}q$$

3. 咬合の再現性について

本計測システムでは唇側歯頸部最深点のデータ行列により座標変換行列を推定し、咬合を再現した。その再現性について以下の方法により検討を行った。

a) 計測点

乳歯列石膏模型上に計測点を40点設定し、座標変換行列の最適化に上顎および下顎の唇側歯頸部最深点を用いた。以下設定した計測点を示す。

上顎

URAC: 右側乳中切歯切端中央

URBC: 右側乳側切歯切端中央

URCC: 右側乳犬歯尖頭

URDC: 右側第1乳臼歯近心頬側咬頭

UREC: 右側第2乳臼歯近心頬側咬頭

ULAC: 左側乳中切歯切端中央

ULBC: 左側乳側切歯切端中央

ULCC: 左側乳犬歯尖頭

ULDC: 左側第1乳臼歯近心頬側咬頭

ULEC: 左側第2乳臼歯近心頬側咬頭

UREG-ULEG: 唇側歯頸部最深点

下顎

LRAC: 右側乳中切歯切端中央

LRBC: 右側乳側切歯切端中央

LRCC: 右側乳犬歯尖頭

LRDC: 右側第1乳臼歯近心頬側咬頭

LREC: 右側第2乳臼歯近心頬側咬頭

LLAC: 左側乳中切歯切端中央

LLBC: 左側乳側切歯切端中央

LLCC: 左側乳犬歯尖頭

LLDC: 左側第1乳臼歯近心頬側咬頭

LLEC: 左側第2乳臼歯近心頬側咬頭

LREG-LLEG: 唇側歯頸部最深点

b) 咬合の再現誤差

上顎模型、下顎模型を別個に各5回計測し、その後咬合状態に固定し5回計測を行い、それぞれの座標値の平均値を求め、座標変換によるコンピューターのシ

ミュレーションにより咬合を再現した。これを5回繰り返し、得られた5つの歯列の咬合状態の座標値と、咬合させて直接5回計測したデータ行列を比較することにより、その再現誤差について検討した。

c) 模型の咬合状態の安定度

同一の乳歯列模型の上下顎を咬合させた状態を設定し、唇側歯頸部最深点を5回入力を行った。これを5回繰り返し、得られた結果を重心が一致するように座標変換を行い、その座標値、標準偏差およびレンジを求め、模型計測時における上下顎の模型の位置関係の再現性、すなわち模型の咬合状態の安定度について検討した。

Ⅲ. 歯列および咬合の形成過程について

1. 資料および材料

本研究では以下の資料および材料を用いて模型上に設定した計測点と咬合接触部位について三次元計測を行った。

資料は1984年2月から1994年3月まで広島大学歯学部附属病院小児歯科に来院した日本人小児のうち、歯列ならびに咬合関係が正常であると判断された男子43人、女子45人各合計88名の口腔内印象模型および咬合採得したワックスバイトである。印象材についてはアルギン酸塩印象材、石膏については硬石膏、ワックスバイトについてはパラフィンワックスを使用した。模型の選択基準は以下の通りである。

- ① 個々の歯の形態異常および位置異常がないもの
- ② 臼歯部の咬合関係が Terminal plane が vertical, Angle の分類で Class I であるもの
- ③ 前歯部の被蓋関係が正常であるもの
- ④ 実質欠損がなく、咬合および歯列の形態に影響を与える可能性が考えられるような修復処置のないもの
- ⑤ 問診により習癖がなく、また矯正治療の既往がないもの

歯列および咬合の形成過程を把握するため、資料は歯牙の萌出状態を反映している Hellman の咬合発育段階⁵⁰⁾ および性別により分類した。表1に資料の分布および平均年齢を示す。

2. 計測点および計測方法

a) 計測点の設定

計測点は各歯牙、歯列や咬合を表す上で特徴があると考えられる解剖学的に名称がつけられている部位を極力入力するようにした。すなわち、切端、尖頭、咬頭頂、近遠心最大豊隆部、小窩、分界溝、および唇側歯頸部最深点、下顎第1乳臼歯トリゴニード切痕、および下顎第1大臼歯頬側溝最下点を入力した。設定し

表1 各咬合発育段階における資料の分布および平均年齢

DENTAL AGE	II A	II C	III A	III B	III C
MALE	10 (4Y1M)	10 (6Y4M)	10 (8Y4M)	10 (9Y11M)	3 (11Y9M)
FEMALE	10 (4Y1M)	10 (6Y4M)	10 (7Y5M)	10 (9Y5M)	5 (11Y9M)
TOTAL	20 (4Y1M)	20 (6Y4M)	20 (7Y9M)	20 (9Y8M)	8 (11Y9M)

(平均年齢)

た計測点は最大352点である。

b) 計測方法

(1) 計測点の入力

歯列上の計測点の入力および咬合状態の再現は以下の方法で行った。

① 上顎および下顎の模型を別個に全ての計測点の入力を行う。

② 上下顎の模型の咬合関係を決定するために、模型を咬合採得したワックスバイトにより咬合させ、上下顎の唇側歯頸部最深点を入力する。

③ 上顎、下顎の歯列のデータ(①)を模型を咬合させた座標系(②)に座標変換する。

(2) 咬合接触部位の採得

咬合接触部位を採得する材料は、感圧フィルムとして開発された富士写真フィルム社製デンタルプレスケール30タイプW[®] 51-54)を用いた。咬合状態の位置の決定には模型の印象採得と同時に咬合採得したワックスバイトを基準とした。プレスケールとワックスバイトとの間にGC社製ポリエチレンフィルム[®]を挟み、上下顎の模型をワックスバイトにより咬合させ、モリタ東京製作所社製JMフラスコプレスにより3kgの過重を30秒間模型にかけ、咬合接触部位を記録した。

赤色発色された咬合接触部位の中心部および唇側歯頸部最深点を入力し、模型の咬合状態の座標系へ座標変換を行った。

3. 検討項目

IIAからIIIAの資料のデータに関しては、上顎両側乳犬歯の midpoint から上顎両側第2乳臼歯の midpoint を結んだ直線に下した垂線の足を原点とし、IIIBとIIICの資料のデータに関しては、上顎両側中切歯の midpoint から上顎両側第1大臼歯の midpoint を結んだ直線に下した垂線の足を原点として、それぞれの点を通る平面を基準平面とした座標系に座標変換し、検討を行った。

a) 各咬合発育段階における歯牙および歯列の計測

本研究で用いた方法が三次元計測であるため、歯列および咬合について数値化および視覚化されたデータによる検討を行うことが可能である。まず、歯牙および歯列に関して数値的な検討を行った。

(1) 歯冠近遠心幅径

藤田が記載した計測基準⁵⁵⁾により歯冠近遠心最大豊隆部間を歯冠近遠心幅径として算出した。数値の算出は歯冠が萌出したものを対象とした。

(2) 歯列弓幅径

以下に示す上下顎における両側の計測点間距離を歯列弓幅径として算出した。

計測点

C : 乳犬歯または犬歯尖頭

BC : 頬側咬頭頂または近心頬側咬頭頂

LC : 舌側咬頭頂または近心舌側咬頭頂

B : 近心頬側分界溝

L : 近心舌側分界溝

LG : 舌側歯頸部最深点

(3) 歯列弓長径

上下顎とも両側乳中切歯または中切歯の近心最大豊隆部の midpoint から以下の計測点を結んだ線への垂線の長さを歯列弓長径として算出した。

計測点

A : 両側乳犬歯または犬歯尖頭

B : 両側乳犬歯または犬歯舌側歯頸部最深点

C : 両側第1乳臼歯または第1小臼歯舌側歯頸部最深点

D : 両側第2乳臼歯頬側分界溝

E : 両側第2乳臼歯遠心最大豊隆部

F : 両側第1大臼歯近心最大豊隆部

G : 両側第1大臼歯舌側歯頸部最深点

(4) overbite

上顎左側乳中切歯または上顎左側中切歯切端中央より下顎左側乳中切歯または下顎左側中切歯切端中央の基準平面に対する垂直距離を overbite として算出した。

(5) overjet

上顎左側乳中切歯または上顎左側中切歯切端中央より下顎左側乳中切歯または下顎左側中切歯切端中央の基準平面に対する水平距離を overjet として算出した。

(6) 切端咬頭頂連続曲線

上下顎の前歯切端中央、犬歯尖頭および頬側咬頭頂の基準平面からのY座標値を連ねた曲線を切端咬頭頂連続曲線と定義した。

(7) 歯列弓高径

上下顎各歯牙の唇側歯頸部最深点の基準平面からのY座標値の差の絶対値を歯列弓高径として算出した。

b) 各咬合発育段階別の咬合のプロフィログラム数値のみならず視覚的に歯列分析を行う手法として、ワイヤーフレームモデルによる咬合のプロフィログラムを作製した。プロフィログラムは正面、側面、上面の3方向から歯列を捉えたものとし、各咬合発育段階ごとに作製した。以下に結んだ計測点を示す。

(1) 正面図

前歯は切端中央、犬歯は尖頭、臼歯部は近心頬側咬頭頂と、歯冠近心最大豊隆部、唇側歯頸部最深点、歯冠遠心最大豊隆部を結んだ。さらに、唇側歯頸部最深点、切端、尖頭および近心頬側咬頭頂を結んだ。

(2) 側面図

前歯は切端中央、犬歯は尖頭、臼歯部は近心頬側咬頭頂と、歯冠近心最大豊隆部、唇側歯頸部最深点、歯冠遠心最大豊隆部を結んだ。さらに、唇側歯頸部最深点、切端、尖頭および近心頬側咬頭頂を結んだ。

(3) 上面図

各歯の歯冠近心最大豊隆部、唇側歯頸部最深点、歯冠遠心最大豊隆部および舌側歯頸部最深点を結び、また、歯冠近遠心最大豊隆部を結んだ。さらに、各歯の唇側および舌側歯頸部最深点を結んだ。

c) 各咬合発育段階における咬合接触部位の分布状態

咬合接触部位の出現した位置を指摘するにあたり、宮村¹⁵⁾の方法に準じて、歯面を咬頭頂、辺縁隆線、斜面を基準にした小範囲に分類した。図2に分類した範囲を示す。

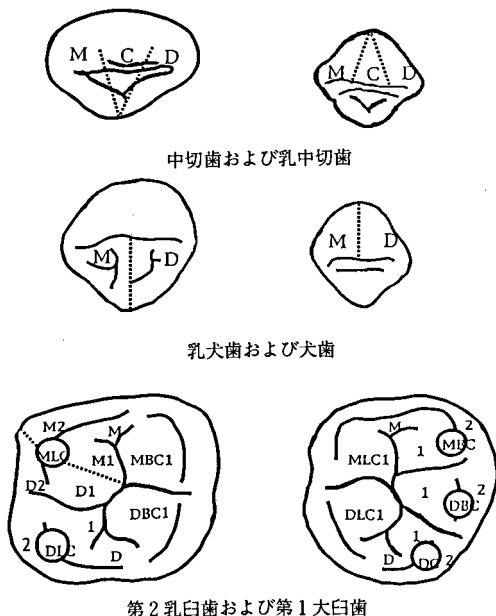


図2 歯面の分類

範囲内に出現した咬合接触部位の数を出現数、範囲内に出現した咬合接触部位の数の全試料数に対する割合を出現率として算出した。検討は以下の歯牙について行った。

(1) 乳中切歯および中切歯

乳中切歯および中切歯は最大豊隆部の近心を3等分し、近心部をM、中心部をC、遠心部をDとした。

(2) 乳犬歯および犬歯

乳犬歯および犬歯は最大豊隆部間を2等分し、近心部をM、遠心部をDとした。

(3) 第2乳臼歯

第2乳臼歯には、近心頬側咬頭頂MBC、近心舌側咬頭頂MLC、遠心咬頭頂BC、遠心頬側咬頭頂DBC、遠心舌側咬頭頂DLC、近心辺縁隆線部M、遠心辺縁隆線部Dに分類し、各咬頭における内斜面には1を、外斜面には2を咬頭頂の記号の後に付けて表にした。上顎の近心舌側咬頭については、内斜面および外斜面をさらに2等分し、内斜面の近心部をM1、遠心部をD1、外斜面の近心部をM2、遠心部をD2とした。範囲を分類する際、臼歯部の咬頭頂の範囲は咬頭頂の座標値から半径1mm以内とした。

(4) 第1大臼歯

第1大臼歯は第2乳臼歯と全く同じ範囲に分類した。

結 果

I. 模型計測時および咬合の再現性に関する検討

1. 模型計測時における再現性

表2は全計測点の座標値の平均値(MEAN)、標準偏差(S.D.)、およびレンジ(RANGE)を示す。X値のレンジの分布は、最大値0.13mm、最小値0.02mmであり、全計測点におけるレンジの平均値は0.08mmであった。Y値のレンジの分布は、最大値0.08mm、最小値0.02mm、平均値は0.05mmであった。Z値のレンジの最大値は0.10mm、最小値0.03mm、平均値は0.08mmであった。

2. 咬合の再現性に関する検討

a) 咬合の再現誤差

表3は座標変換行列の最適化に用いた上顎唇側歯頸部最深点のデータを、表4に上顎切端・尖頭・咬頭頂のデータを示す。これは模型を咬合させて直接計測したデータと座標変換により得られた歯列の咬合状態のデータを比較したものである。上顎唇側歯頸部最深点はURBGおよびURDGのZ座標値を除くすべての座標値において誤差値の平均値は0.1mm未満であった。上顎切端・尖頭・咬頭頂のデータは全ての座標値において誤差値の平均値は0.1mm未満であった。

表5は座標変換行列の最適化に用いた下顎の唇側歯

表2 模型計測における再現性

	X			Y			Z		
	MEAN	S.D.	RANGE	MEAN	S.D.	RANGE	MEAN	S.D.	RANGE
URE	16.23	0.03	0.09	24.48	0.03	0.08	92.21	0.04	0.09
URC	15.27	0.04	0.10	22.94	0.02	0.05	108.72	0.04	0.10
IC	-0.37	0.05	0.13	23.67	0.03	0.07	116.19	0.03	0.10
ULC	-14.82	0.02	0.08	23.77	0.03	0.05	108.65	0.04	0.09
ULE	-16.52	0.04	0.11	24.60	0.02	0.05	93.94	0.02	0.07
PL1	0.13	0.01	0.02	28.58	0.01	0.02	108.32	0.03	0.07
PL2	-0.19	0.02	0.06	38.12	0.02	0.05	91.97	0.01	0.03

(mm)

表3 唇側歯頸部最深点部の計測誤差 (上顎)

	ULEG	ULDG	ULCG	ULBG	ULAG	URAG	URBG	URCG	URDG	UREG
MEAN	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.03	0.04	0.05	-0.01	-0.05	0.02
X S.D.	0.05	0.04	0.06	0.06	0.03	0.04	0.06	0.06	0.06	0.04
RANGE	0.14	0.10	0.16	0.16	0.06	0.11	0.13	0.16	0.14	0.10
MEAN	-0.05	0.01	0.00	0.00	0.06	0.05	-0.04	0.01	0.03	-0.05
Y S.D.	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.06	0.07	0.03	0.03
RANGE	0.09	0.05	0.08	0.10	0.06	0.06	0.14	0.18	0.08	0.07
MEAN	0.06	-0.06	-0.05	0.03	-0.02	0.00	0.10	0.04	-0.11	0.01
Z S.D.	0.05	0.03	0.03	0.04	0.06	0.04	0.05	0.03	0.05	0.05
RANGE	0.13	0.07	0.09	0.12	0.13	0.09	0.12	0.08	0.12	0.14

(mm)

表4 切端・尖頭・咬頭頂の計測誤差 (上顎)

	UREC	URDC	URCC	URBC	URAC	ULAC	ULBC	ULCC	ULDC	ULEC
MEAN	-0.05	0.08	0.05	0.06	0.00	0.01	0.06	0.03	0.01	-0.07
X S.D.	0.04	0.01	0.12	0.08	0.08	0.06	0.05	0.08	0.07	0.06
RANGE	0.11	0.03	0.31	0.21	0.22	0.13	0.13	0.19	0.19	0.14
MEAN	-0.01	0.01	-0.05	-0.05	0.00	0.00	-0.04	-0.09	-0.09	-0.06
Y S.D.	0.04	0.07	0.09	0.04	0.08	0.04	0.07	0.09	0.05	0.04
RANGE	0.11	0.19	0.22	0.11	0.19	0.09	0.16	0.19	0.13	0.08
MEAN	-0.09	0.02	-0.07	-0.04	-0.06	-0.02	-0.05	-0.07	-0.05	-0.02
Z S.D.	0.08	0.06	0.06	0.04	0.05	0.04	0.03	0.07	0.03	0.03
RANGE	0.21	0.13	0.17	0.11	0.11	0.08	0.08	0.17	0.06	0.07

(mm)

頸部最深点のデータの誤差値を示す。これも上顎同様咬合させて直接計測したデータと座標変換により得られたデータを比較したものである。LLEGのX座標およびLLCGのY座標を除くすべての座標値において誤差値の平均値は0.1mm未満であった。

表6は下顎の切端・尖頭・咬頭頂のデータを示す。

これは座標変換により再現された5回の計測結果の座標値の分布を検討したものである。レンジの平均値はX座標が0.13mm, Y座標が0.12mm, Z座標が0.10mmであり, 標準偏差はLLCCのX座標およびY座標, LLECのY座標を除きすべて0.03mmから0.07mmであった。

表5 唇側歯頸部最深点部の計測誤差 (下顎)

	LLEG	LLDG	LLCG	LLBG	LLAG	LRAG	LRBG	LRCG	LRDG	LREG
MEAN	-0.11	-0.02	-0.08	0.00	0.03	0.04	0.03	0.02	0.04	0.05
X S.D.	0.03	0.04	0.08	0.10	0.06	0.07	0.03	0.06	0.03	0.05
RANGE	0.06	0.11	0.20	0.27	0.14	0.18	0.08	0.17	0.08	0.12
MEAN	-0.02	-0.01	-0.10	0.03	0.07	0.05	0.04	0.01	-0.05	-0.02
Y S.D.	0.03	0.03	0.08	0.02	0.05	0.05	0.02	0.03	0.03	0.04
RANGE	0.06	0.07	0.16	0.06	0.11	0.13	0.05	0.06	0.08	0.09
MEAN	0.00	-0.04	0.06	-0.01	0.01	-0.01	-0.02	0.01	0.02	-0.01
Z S.D.	0.04	0.06	0.04	0.03	0.03	0.07	0.04	0.03	0.05	0.03
RANGE	0.10	0.13	0.09	0.06	0.09	0.18	0.10	0.07	0.13	0.08

(mm)

表6 切端・尖頭・咬頭頂の計測誤差 (下顎)

	LREC	LRDC	LRCC	LRBC	LRAC	LLAC	LLBC	LLCC	LLDC	LLEC
MEAN	-18.07	-15.24	-11.34	-7.20	-2.40	1.90	6.42	12.43	16.17	15.43
X S.D.	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06
RANGE	0.07	0.09	0.09	0.11	0.10	0.15	0.13	0.19	0.17	0.16
MEAN	9.05	2.10	-3.14	-5.52	-6.43	-6.74	-5.89	-2.42	2.31	9.37
Y S.D.	0.02	0.05	0.02	0.03	0.04	0.07	0.05	0.10	0.06	0.07
RANGE	0.05	0.14	0.05	0.07	0.09	0.16	0.12	0.24	0.13	0.18
MEAN	1.32	0.66	-1.28	-0.63	-0.56	-0.50	-0.61	-0.31	0.86	1.64
Z S.D.	0.04	0.04	0.03	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05
RANGE	0.09	0.09	0.06	0.14	0.07	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11

(mm)

b) 模型の咬合状態の安定度

同一の模型の固定状態を5回設定し計測を行ったデータを、重心で重ね合わせた結果得られた全計測点の座標値およびレンジである。

表7は上顎、表8は下顎の計測点のデータを示す。URBGのZ座標以外の全ての座標値において、標準偏差は0.09mm未満であった。また、レンジの平均値は上顎はX座標が0.10mm、Y座標が0.09mm、Z座標が0.12mm、下顎はX座標が0.09mm、Y座標が0.07mm、Z座標が0.10mmであった。

II. 歯列および咬合の形成過程に関する検討

1. 各発育段階における歯牙および歯列の計測について

a) 歯冠近遠心幅径

表9は乳歯、表10は永久歯の歯冠近遠心幅径の値を示す。平均値は上顎第2乳臼歯で男子9.37mm、女子9.41mm、上顎犬歯で男子7.83mm、女子7.91mm、下顎第1小臼歯で男子7.41mm、女子7.42mmと男

子より女子が大きい値を示したが、その他の歯種については、男子が女子よりも大きな値を示した。上顎第1大臼歯の平均値が男子11.07mm、女子10.58mmであり、男女間で統計的に有意差 ($p < 0.05$, Student's *t*-test) が認められた。

b) 歯列弓幅径

表11は男子、表12は女子の上顎歯列弓幅径の値を示す。上顎の犬歯尖頭間、および各歯牙近心舌側咬頭頂間距離の値を比較すると、咬頭頂間距離はIIAとIII Cの値の差は男子は乳犬歯または犬歯尖頭間(以下3(C)と略す)で5.49mm、第1乳臼歯または第1小臼歯頬側咬頭頂間(以下4(D)と略す)で2.00mm、第2乳臼歯または第2小臼歯近心頬側咬頭頂間(以下5(E)と略す)で2.83mm、第1大臼歯近心頬側咬頭頂間(以下6と略す)で2.04mm、女子は3(C)で7.29mm、4(D)で3.21mm、5(E)で4.79mm、6で3.28mmであり、男女共に3(C)、5(E)、6、4(D)の順に大きかった。

3(C)の値を発育段階別にみると、男子はIICから

表7 模型の固定状態の安定度 (上顎)

	ULEG	ULDG	ULCG	ULBG	ULAG	URAG	URBG	URCG	URDG	UREG
MEAN	25.81	21.18	15.84	8.85	2.35	-4.10	-11.09	-17.16	-21.44	-25.16
X S.D.	0.07	0.04	0.06	0.00	0.03	0.04	0.03	0.00	0.00	0.03
RANGE	0.16	0.08	0.15	0.10	0.07	0.11	0.07	0.09	0.06	0.07
MEAN	11.54	4.41	-0.54	-4.40	-5.98	-6.20	-3.67	1.05	5.90	15.43
Y S.D.	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.06
RANGE	0.07	0.10	0.07	0.06	0.05	0.07	0.09	0.12	0.10	0.16
MEAN	-1.91	-3.52	-4.77	-5.71	-6.31	-6.28	-6.31	-5.48	-4.06	-2.36
Z S.D.	0.04	0.01	0.04	0.03	0.04	0.05	0.09	0.08	0.07	0.04
RANGE	0.10	0.04	0.10	0.08	0.09	0.14	0.22	0.19	0.16	0.08

(mm)

表8 模型の固定状態の安定度 (下顎)

	LLEG	LLDG	LLCG	LLBG	LLAG	LRAG	LRBG	LRGG	LRDG	LREG
MEAN	23.68	18.49	13.74	7.27	2.34	-2.12	-7.31	-12.17	-17.15	-21.86
X S.D.	0.05	0.01	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.02
RANGE	0.13	0.03	0.11	0.13	0.10	0.11	0.12	0.06	0.09	0.05
MEAN	10.21	0.070	-3.92	-6.45	-7.66	-7.82	-6.75	-4.82	-0.09	9.06
Y S.D.	0.02	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04
RANGE	0.05	0.12	0.10	0.05	0.04	0.05	0.06	0.08	0.04	0.09
MEAN	4.70	5.73	5.36	3.93	3.86	4.02	4.36	5.12	5.28	4.39
Z S.D.	0.05	0.07	0.05	0.05	0.02	0.02	0.05	0.02	0.03	0.02
RANGE	0.14	0.19	0.11	0.14	0.05	0.07	0.09	0.05	0.08	0.06

(mm)

表9 乳歯歯冠近遠心幅径

TOOTH	A		B		C		D		E		
	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	
N	21	14	21	21	29	26	21	18	21	18	
MAXILLA	MEAN	6.64	6.61	5.50	5.44	6.51	6.39	7.28	7.10	9.37	9.41
	S.D.	0.30	0.37	0.34	0.37	0.37	0.42	0.33	0.31	0.41	0.45
	MAX	7.32	7.23	6.25	6.22	7.62	7.41	8.07	7.55	10.13	10.17
	MIN	5.92	5.76	4.64	4.65	5.91	5.23	6.63	6.46	8.50	8.34
N	12	14	20	16	28	25	16	15	18	15	
MANDIBLE	MEAN	4.31	4.16	4.91	4.79	5.77	5.67	8.21	8.03	10.25	9.94
	S.D.	0.24	0.37	0.28	0.37	0.29	0.42	0.40	0.31	0.51	0.54
	MAX	4.81	4.55	5.42	5.34	6.50	6.30	8.94	8.51	11.26	10.70
	MIN	3.77	3.85	4.32	4.14	5.25	5.09	7.41	7.47	9.43	9.17

(mm)

III A の値の差が 3.15 mm, 女子は III A から III B の値の差が 2.46 mm であった。

表13は男子, 表14は女子の下顎歯列弓幅径の値を示

す。下顎の犬歯尖頭間, および各歯牙近心舌側咬頭頂間距離の値を比較すると, II A から III C の値の差は男子は 3(C) で 4.58 mm, 4(D) で 1.62 mm, 5(E) で

表10 永久歯冠近遠心幅径

TOOTH	1		2		3		4		5		6		
	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	
MAXILLA	N	19	17	15	11	6	7	8	7	6	6	20	18
	MEAN	8.60	8.46	7.01	6.92	7.83	7.91	7.61	7.49	6.98	7.03	11.07	10.58
	S.D.	0.65	0.59	0.68	0.54	0.53	0.62	0.45	0.36	0.53	0.62	0.80	0.56
	MAX	9.69	9.66	8.12	7.90	8.69	8.61	8.55	8.38	7.49	8.13	12.43	11.43
	MIN	7.50	7.19	5.84	6.16	6.97	7.17	6.84	7.00	5.92	6.20	9.41	9.17
MANDIBLE	N	26	23	19	18	6	9	6	7	6	7	15	11
	MEAN	5.45	5.35	6.02	5.87	7.00	6.97	7.41	7.42	7.26	7.21	11.01	10.91
	S.D.	0.35	0.38	0.46	0.45	0.39	0.64	0.43	0.40	0.39	0.64	0.69	0.56
	MAX	6.13	6.23	6.77	6.70	7.55	7.55	7.98	8.51	7.88	8.23	12.09	12.38
	MIN	4.60	4.43	4.98	4.62	6.50	6.41	6.71	6.93	6.61	6.15	9.44	10.22

(mm)

表11 上顎歯列弓幅径 (男子)

DENTAL TOOTH AGE	3(C)		4(D)			5(E)					6					
	C	LG	BC	LC	LG	BC	LC	B	L	LG	BC	LC	B	L	LG	
II A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	
	MEAN	30.44	25.03	39.48	31.70	27.93	45.03	36.32	47.02	37.01	30.25					
	S.D.	1.24	0.80	1.77	1.32	1.15	2.06	2.11	1.83	1.72	1.62					
	MAX	31.96	26.22	42.06	33.78	30.32	47.76	39.58	49.83	39.21	32.81					
	MIN	28.53	23.64	37.55	29.53	26.28	41.93	32.79	44.85	34.69	28.41					
II C	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	6	5	3	6	
	MEAN	31.48	25.70	40.64	32.42	28.75	45.71	36.75	47.78	37.58	31.42	51.77	40.18	53.45	40.73	35.03
	S.D.	1.77	1.30	1.26	1.13	1.42	1.55	1.50	1.43	1.46	1.74	1.83	0.86	1.59	1.12	2.21
	MAX	34.79	27.71	42.64	35.10	31.58	48.68	40.22	50.89	41.06	34.54	53.53	41.58	54.76	42.00	38.85
	MIN	28.28	23.44	38.97	31.13	26.83	43.96	35.21	46.49	35.90	29.39	48.98	39.02	50.79	39.84	32.99
III A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	MEAN	34.63	28.23	42.63	33.98	30.52	47.40	37.36	49.02	38.57	32.64	54.13	42.06	55.31	42.84	35.15
	S.D.	1.87	2.00	1.87	1.78	1.75	1.95	1.76	1.58	1.52	1.62	1.34	1.32	1.12	1.74	1.79
	MAX	37.31	31.36	45.88	37.03	33.02	50.11	41.18	51.04	40.58	36.01	56.11	44.59	57.66	45.65	38.01
	MIN	32.77	26.25	39.80	32.06	28.00	43.93	35.19	46.72	36.44	30.89	52.08	40.26	53.50	40.10	32.69
III B	N	8	8	10	10	10	9	4	4	4	4	10	10	10	10	10
	MEAN	34.24	27.44	42.68	33.60	30.27	49.27	38.29	49.36	39.19	33.83	53.84	42.21	55.28	43.20	35.32
	S.D.	2.73	1.23	3.31	2.06	2.61	2.63	2.14	2.67	1.82	3.06	3.20	2.81	3.13	2.57	2.66
	MAX	37.02	29.54	46.84	37.92	35.50	52.88	40.94	51.66	41.39	36.55	58.76	47.63	60.02	48.14	39.72
	MIN	29.86	25.77	35.62	31.26	27.03	44.73	35.69	46.15	37.19	30.84	49.58	38.53	50.25	39.24	31.28
III C	N	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3
	MEAN	35.93	27.45	44.17	33.70	30.67	50.35	39.15	36.31			53.72	42.22	55.57	43.76	36.47
	S.D.	3.85	1.52	2.82	3.13	2.98	2.39	2.18	2.57			3.77	1.61	2.63	1.36	2.41
	MAX	39.12	28.54	46.55	36.76	33.35	51.99	41.35	38.61			56.48	43.25	57.20	44.54	38.86
	MIN	31.66	25.72	41.05	30.50	27.47	47.60	36.99	33.54			49.42	40.37	52.53	42.19	34.05

(mm)

2.42 mm, 6で1.02 mmで, 女子は3(C)で4.96 mm, 4(D)で2.81 mm, 5(E)で4.45 mm, 6で1.88 mmであり, 男女共に3(C), 5(E), 4(D), 6の順に大きかった。

3(C)の値を発育段階別にみると, 男子はIICからIIIAの値の差が2.42 mm, 女子はIIIAからIIIBの値の差が2.46 mmであった。

c) 歯列弓長径

表15は上顎, 表16は下顎の歯列弓長径の値を示す。上顎については, 犬歯の計測部位であるAおよびBは, IICからIIIBで男女共に発育段階に伴い値の増加が認められ, IICからIIIBの値の差はAが男子3.13 mm, 女子2.94 mm, Bが男子3.02 mm, 女子2.36 mmであった。第1乳臼歯あるいは第1小臼歯の計測

表12 上顎齒列弓幅徑 (女子)

DENTAL TOOTH AGE	3(C)		4(D)			5(E)					6					
	C	LG	BC	LC	LG	BC	LC	B	L	LG	BC	LC	B	L	LG	
II A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	
	MEAN	29.51	24.12	38.45	30.12	26.63	43.32	34.72	45.62	35.59	29.05					
	S.D.	0.84	0.87	1.05	0.98	1.02	1.14	1.15	1.35	1.34	1.03					
	MAX	31.37	25.29	40.70	32.47	28.39	45.75	36.53	48.54	37.41	30.74					
	MIN	28.74	22.93	37.01	29.20	24.93	41.95	33.05	43.48	33.20	27.70					
II C	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	4	4	2	2	4	
	MEAN	30.35	24.62	39.44	31.31	27.89	44.60	35.82	46.81	36.55	30.57	51.02	40.41	53.42	41.11	34.88
	S.D.	1.34	1.60	1.54	1.33	1.27	1.16	1.22	0.83	0.94	1.11	1.06	0.98	0.45	1.15	0.52
	MAX	33.09	28.89	43.29	34.32	31.08	46.77	37.49	48.93	37.62	33.29	51.73	41.06	53.74	41.93	35.33
	MIN	28.25	23.05	37.49	29.47	26.73	43.19	33.59	46.08	35.09	29.16	49.44	38.96	53.11	40.30	34.40
III A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	MEAN	32.15	26.13	39.90	32.09	28.56	45.12	36.12	46.95	37.03	31.23	51.17	40.47	52.85	41.01	33.65
	S.D.	2.05	1.78	1.95	1.32	1.28	2.08	1.33	1.93	1.16	1.74	2.33	2.08	2.75	1.79	1.84
	MAX	35.09	29.89	43.62	35.11	31.20	48.69	38.14	50.02	39.16	34.35	53.79	43.28	55.96	43.77	35.75
	MIN	29.26	23.56	37.21	30.35	26.56	40.98	33.45	42.85	34.90	28.23	46.58	37.37	48.03	38.22	30.41
III B	N	5	5	8	7	8	10	10	9	9	10	10	10	10	10	
	MEAN	35.71	28.04	42.55	32.61	29.37	48.07	37.93	49.87	38.57	33.87	54.21	42.40	55.41	43.24	35.79
	S.D.	1.23	2.53	1.96	2.83	1.88	1.85	1.85	1.68	1.93	1.93	1.70	1.11	1.62	1.76	1.45
	MAX	37.30	30.50	44.33	36.88	32.81	50.20	41.27	51.54	41.12	36.21	56.87	44.09	58.02	45.39	38.29
	MIN	34.47	24.41	39.34	28.40	26.91	45.11	35.52	47.02	35.59	30.92	51.86	41.13	53.35	40.90	34.10
III C	N	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5	5	5	5	5	
	MEAN	36.79	27.28	44.79	33.33	29.98	50.22	39.51			35.92	55.72	43.69	56.89	44.55	36.82
	S.D.	1.87	1.43	1.00	1.09	1.85	1.50	1.41			1.51	2.46	1.68	1.84	1.33	1.05
	MAX	39.42	28.76	45.74	34.64	32.54	51.97	41.16			38.36	58.89	45.88	59.51	46.35	38.52
	MIN	34.76	25.55	43.09	32.04	28.12	48.51	37.92			34.50	53.01	41.50	54.52	43.58	35.78

(mm)

表13 下顎齒列弓幅徑 (男子)

DENTAL TOOTH AGE	3(C)		4(D)				5(E)					6						
	C	LG	BC	LC	B	L	LG	BC	LC	B	L	LG	BC	LC	B	L	LG	
II A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	
	MEAN	23.18	19.38	30.60	27.77	33.71	27.70	25.15	37.26	31.45	39.49	31.07	29.46					
	S.D.	1.16	1.12	0.88	1.02	1.03	1.08	1.23	1.41	1.44	1.46	1.78	1.35					
	MAX	25.54	20.98	31.47	28.96	35.13	29.81	26.66	39.08	33.22	41.72	33.44	31.60					
	MIN	21.90	17.75	29.10	26.06	31.78	26.16	23.20	34.90	28.88	36.99	28.17	27.08					
II C	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	4	4	4	4	4	
	MEAN	25.34	20.29	31.24	27.74	34.33	28.15	25.17	38.21	31.68	40.47	31.55	29.79	44.47	36.11	46.34	35.27	33.68
	S.D.	1.27	0.88	1.47	1.34	1.39	1.52	1.36	1.55	1.40	1.57	1.31	1.81	1.42	1.15	1.41	1.32	1.83
	MAX	27.45	21.66	32.98	29.68	36.31	30.89	27.59	40.78	34.74	43.64	34.69	33.24	45.64	37.57	47.33	36.58	36.01
	MIN	23.53	18.81	28.59	25.81	31.69	25.75	23.23	35.76	30.24	38.28	30.10	27.61	42.44	34.98	44.30	34.10	31.82
III A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	MEAN	27.76	22.53	33.39	29.36	35.97	28.68	26.33	39.48	32.30	41.40	32.22	30.74	46.04	36.49	48.08	35.84	34.33
	S.D.	1.64	1.50	2.07	1.70	1.42	1.74	1.60	1.90	1.61	1.70	1.68	1.73	1.40	1.66	1.44	1.63	1.55
	MAX	31.05	24.67	36.22	32.09	38.03	31.15	28.63	41.83	35.13	43.67	35.04	33.33	48.13	38.99	50.55	38.84	36.81
	MIN	25.27	20.53	30.18	27.29	33.85	26.04	23.80	36.61	30.34	38.37	30.06	27.97	43.91	34.18	46.56	33.58	31.97
III B	N	7	7	10	10	3	3	10	8	8	4	4	4	10	10	10	10	
	MEAN	26.69	21.20	34.53	29.04	35.68	28.23	27.26	39.62	33.20	42.21	32.95	31.38	45.70	37.01	47.81	35.80	34.72
	S.D.	1.26	1.14	1.93	1.35	1.88	1.78	1.28	2.38	1.75	2.76	1.72	1.66	2.80	2.83	3.08	2.24	1.72
	MAX	28.31	22.43	37.21	30.81	37.32	29.39	29.85	42.97	36.69	44.44	34.14	33.04	51.01	42.27	53.57	39.43	37.31
	MIN	25.09	19.07	30.62	26.71	33.63	26.18	25.17	36.57	30.87	38.53	30.41	29.07	42.03	33.61	43.78	32.54	32.61
III C	N	3	3	3	3	0	0	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3	
	MEAN	27.39	21.74	34.82	29.24			27.82	40.03	33.87			32.40	45.17	35.99	47.19	35.71	34.66
	S.D.	2.71	1.45	2.84	2.10			1.60	2.76	1.92			1.53	2.09	1.18	2.32	2.44	1.40
	MAX	29.82	23.14	37.91	31.35			29.21	42.93	35.98			33.87	46.97	37.13	49.25	37.86	35.78
	MIN	24.46	20.26	32.34	27.14			26.08	37.43	32.22			30.83	42.88	34.77	44.68	33.05	33.09

(mm)

表14 下顎齒列弓幅徑 (女子)

DENTAL TOOTH AGE	3(C)		4(D)						5(E)						6				
	C	LG	BC	LC	B	L	LG	BC	LC	B	L	LG	BC	LC	B	L	LG		
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
II A MEAN	23.03	18.67	29.90	27.00	33.11	27.08	23.98	36.26	30.03	38.39	29.73	27.73	44.24	40.50	46.50	35.06	33.43		
S.D.	1.03	0.67	1.21	1.03	1.39	1.22	0.91	1.30	0.96	1.28	1.03	0.72	1.11	1.11	0.35	0.92	2.02		
MAX	24.85	20.17	31.69	28.96	36.00	29.04	25.47	38.64	31.74	40.20	31.09	28.68	45.66	42.31	47.08	35.97	37.39		
MIN	20.67	17.93	28.00	26.12	31.52	25.67	22.70	34.41	28.76	36.88	28.03	26.80	42.45	39.62	46.21	33.90	30.80		
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
II C MEAN	23.26	19.55	30.87	27.37	33.80	27.21	24.66	37.50	31.10	39.69	30.82	28.83	44.24	40.50	46.50	35.06	33.43		
S.D.	1.24	1.56	1.37	1.35	1.29	1.39	1.25	0.99	1.15	0.85	1.34	1.28	1.11	1.11	0.35	0.92	2.02		
MAX	25.59	22.98	33.10	30.10	36.42	30.09	27.53	39.24	33.41	41.21	33.33	31.89	45.66	42.31	47.08	35.97	37.39		
MIN	21.55	17.97	28.58	25.92	32.52	25.27	23.54	36.21	29.80	38.94	29.28	27.40	42.45	39.62	46.21	33.90	30.80		
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
III A MEAN	25.46	20.49	31.27	27.82	34.30	28.43	25.22	37.94	31.12	39.88	31.09	29.48	44.21	35.24	46.01	34.94	33.21		
S.D.	2.61	1.71	1.40	1.37	1.32	1.32	1.39	1.88	1.61	1.67	1.38	1.29	1.96	1.55	1.90	1.44	1.24		
MAX	28.68	23.01	33.21	29.82	36.69	30.88	27.31	40.30	34.12	41.74	33.81	31.51	47.09	37.57	48.22	37.01	34.88		
MIN	21.73	16.98	29.26	25.61	32.24	26.56	22.79	34.80	28.81	36.70	29.32	27.28	40.31	32.21	42.06	33.01	30.40		
N	8	8	6	6	2	2	8	9	9	7	7	7	10	10	10	10	10		
III B MEAN	27.92	22.51	34.49	29.18	35.23	28.66	27.05	39.92	32.77	41.72	32.43	31.50	46.36	36.70	48.37	36.44	34.98		
S.D.	1.97	2.35	1.84	1.54	2.80	3.41	1.32	1.82	1.71	1.46	1.84	1.45	1.76	1.39	1.42	1.04	0.93		
MAX	31.04	25.66	36.16	31.56	37.21	31.07	28.46	42.62	35.28	43.82	34.59	33.45	49.22	39.12	50.45	37.92	36.20		
MIN	25.04	18.70	30.60	27.16	33.26	26.26	24.83	37.22	30.22	40.02	30.40	29.72	43.89	34.85	46.33	34.90	33.89		
N	5	5	5	5	0	0	5	5	5	0	0	5	5	5	5	5	5		
III C MEAN	27.99	21.51	35.52	29.81			27.93	42.24	34.48			32.87	46.93	37.12	48.76	36.97	35.79		
S.D.	1.52	0.98	1.30	1.81			1.34	0.42	1.02			1.61	1.89	1.31	1.17	1.48	1.63		
MAX	29.14	22.86	36.73	32.12			28.97	42.76	35.68			34.92	49.64	38.50	50.26	38.57	37.29		
MIN	25.77	20.37	33.45	27.55			25.72	41.86	33.60			30.49	44.97	35.56	47.31	35.43	33.65		

(mm)

表15 齒列弓長徑 (上顎)

DENTAL AGE	A		B		C		D		E		F		G	
	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0
II A MEAN	7.16	6.82	10.36	9.95	17.21	16.54	21.76	21.04	26.94	26.24				
S.D.	0.70	0.93	0.63	0.78	0.71	0.92	1.00	1.38	0.99	1.46				
MAX	8.35	8.12	11.06	11.27	18.15	17.71	23.91	23.18	28.90	28.44				
MIN	6.03	5.00	8.99	8.24	16.12	14.46	20.22	18.48	25.16	23.89				
N	10	8	10	8	10	8	10	8	10	8	0	0	6	2
II C MEAN	6.37	6.35	10.03	9.92	16.50	16.36	20.71	20.64	26.06	26.27			31.39	30.43
S.D.	0.76	0.87	0.88	0.71	1.33	1.02	1.36	0.99	1.42	0.96			1.52	0.17
MAX	7.37	7.95	11.08	11.19	18.07	18.44	21.99	22.21	27.90	27.62			32.75	30.55
MIN	4.99	5.15	8.35	8.80	14.36	15.25	18.05	19.08	23.46	25.04			28.55	30.31
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
III A MEAN	9.05	7.47	12.06	10.61	18.54	17.11	23.38	21.37	28.74	26.92	28.46	26.74	34.44	32.53
S.D.	1.41	0.95	1.60	0.75	1.78	0.82	1.63	1.07	1.73	1.23	1.79	1.10	2.19	1.06
MAX	11.36	8.60	14.75	11.49	21.17	18.53	25.90	22.66	31.14	28.83	30.87	28.64	37.09	34.25
MIN	6.66	5.82	9.59	9.22	15.72	15.76	21.41	20.10	26.66	25.28	28.06	25.35	30.97	31.10
N	8	6	8	6	10	8	4	9	4	9	10	10	10	10
III B MEAN	9.50	9.29	13.05	12.28	19.77	18.61	23.90	22.84	29.49	28.47	27.84	28.56	34.78	34.05
S.D.	1.21	1.88	1.16	1.63	1.95	1.59	2.25	2.10	2.00	1.94	1.93	2.03	2.11	1.88
MAX	11.24	10.88	14.35	13.98	22.55	20.77	27.23	26.00	32.34	31.38	31.10	31.99	38.03	36.94
MIN	7.60	5.62	11.39	9.24	16.17	16.35	22.28	19.80	27.66	25.60	24.98	24.61	31.46	31.62
N	3	5	3	5	3	5	0	0	0	0	3	5	3	5
III C MEAN	9.44	8.94	13.49	13.22	20.04	19.88					27.67	27.55	34.42	33.60
S.D.	1.86	1.89	2.04	1.83	2.25	2.30					3.24	2.63	3.14	2.45
MAX	11.43	10.93	15.02	14.84	21.82	22.28					30.44	31.05	37.35	36.03
MIN	7.75	6.48	11.17	10.92	17.52	17.00					24.10	24.58	31.10	30.31

(mm)

表16 齒列弓長徑 (下顎)

DENTAL AGE	A		B		C		D		E		F		G		
	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	
II A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0
	MEAN	4.64	3.61	7.92	7.17	14.13	12.64	18.70	17.46	22.94	23.87				
	S.D.	1.04	0.48	0.69	0.55	0.75	0.83	1.12	0.79	3.69	0.87				
	MAX	6.56	4.38	9.07	8.06	15.15	13.60	20.72	19.11	26.91	25.27				
	MIN	3.47	2.99	6.83	6.29	12.41	11.25	16.45	16.64	17.20	23.01				
II C	N	9	10	9	10	9	10	9	10	9	10	0	0	4	7
	MEAN	3.87	3.48	7.49	7.46	13.28	12.70	17.66	17.39	24.60	23.82			30.32	29.20
	S.D.	0.61	0.81	1.18	0.53	1.11	0.89	1.42	0.84	1.57	0.76			1.55	1.03
	MAX	4.80	4.66	8.78	8.20	14.56	13.83	19.42	18.14	26.31	24.72			32.22	30.49
	MIN	2.80	2.12	5.18	6.62	11.36	11.08	14.49	16.12	21.17	22.68			28.60	27.91
III A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	MEAN	4.75	4.48	8.62	8.38	14.51	13.98	19.23	18.19	26.08	24.37	26.20	24.59	33.00	30.78
	S.D.	1.02	0.91	1.09	0.75	1.09	1.08	1.26	1.36	1.48	1.40	1.54	1.34	1.96	1.78
	MAX	6.42	5.64	10.61	9.38	16.57	15.94	20.92	20.38	27.75	26.59	27.91	26.97	35.20	35.02
	MIN	3.37	2.41	6.73	7.08	12.98	11.91	16.86	15.80	23.71	21.73	23.85	22.33	29.40	28.82
III B	N	7	7	7	7	10	10	4	7	4	7	10	10	10	10
	MEAN	5.68	6.05	9.85	10.33	15.51	15.35	18.40	18.87	25.15	25.78	25.32	25.04	31.71	32.24
	S.D.	0.77	0.72	0.65	0.69	1.24	1.57	0.41	1.69	0.37	1.87	1.84	1.74	2.01	1.92
	MAX	6.82	6.85	10.65	11.36	17.72	17.19	18.90	21.34	25.47	28.52	28.62	28.53	36.52	35.46
	MIN	4.80	4.77	9.06	9.36	14.28	12.57	17.93	16.47	24.78	23.23	23.00	21.73	28.90	29.60
III C	N	3	5	3	5	3	5	0	0	0	0	3	5	3	5
	MEAN	6.08	5.46	10.73	10.72	16.00	15.74					24.02	23.82	31.03	31.31
	S.D.	1.38	1.83	1.40	1.39	1.92	1.94					2.88	2.78	3.42	1.78
	MAX	7.20	8.29	12.32	12.77	17.87	19.14					26.55	27.91	33.63	33.52
	MIN	4.53	3.75	9.66	9.38	14.03	14.21					20.89	20.85	27.15	28.87

(mm)

表17 overbite

DENTAL AGE	UA-LA		UA-L1		U1-L1		TOTAL		
	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	
II A	N	10	10	0	0	0	0	10	10
	MEAN	0.94	0.72					0.94	0.72
	S.D.	0.67	0.49					0.67	0.49
	MAX	2.27	1.53					2.27	1.53
	MIN	0.31	0.02					0.31	0.02
II C	N	2	4	6	3	0	0	8	7
	MEAN	0.66	0.61	0.64	1.33			0.65	0.92
	S.D.	0.04	0.45	0.42	1.07			0.35	0.79
	MAX	0.69	1.04	1.24	2.29			1.24	2.29
	MIN	0.63	0.02	0.06	0.17			0.06	0.02
III A	N	0	1	0	2	8	5	8	8
	MEAN		1.76		0.92	1.67	2.46	1.67	1.99
	S.D.				0.27	0.43	0.43	0.43	0.78
	MAX		1.76		1.11	2.15	2.88	2.15	2.88
	MIN		1.76		0.73	1.02	1.75	1.02	0.73
III B	N	0	0	0	0	10	10	10	10
	MEAN					2.34	2.53	2.34	2.53
	S.D.					0.68	1.11	0.68	1.11
	MAX					3.68	4.29	3.68	4.29
	MIN					1.68	1.13	1.68	1.13
III C	N	0	0	0	0	3	5	3	5
	MEAN					2.18	2.03	2.18	2.03
	S.D.					0.18	0.72	0.18	0.72
	MAX					2.39	2.86	2.39	2.86
	MIN					2.06	1.13	2.06	1.13

(mm)

部位であるCは、IICとIIICで男女共に発育段階に伴い値の増加が認められ、IICからIIICの値の差は男子3.54mm、女子3.52mmであった。第1大臼歯の計測部位であるFおよびGにおいて、IIIBとIIICの値を比較すると、Fは男子が0.17mm、女子が1.01mm、Gは男子が0.36mm、女子が0.45mm IIIBよりIIICの方が小さい値を示した。

下顎については、AおよびBはIICからIIIBで男女共に発育段階に伴い値の増加が認められ、IICとIIIBの値の差はAが男子1.81mm、女子2.57mm、Bが男子2.36mm、女子2.87mmであった。CはIICからIIICで男女共に発育段階に伴い平均値の増加が認められ、IICとIIICの値の差は男子2.71mm、女子3.04mmであった。Fは男子が1.30mm、女子が1.22mm、Gは男子が0.68mm、女子が0.93mm IIIBよりIIICの方が小さい値を示した。

d) overbite

表17はoverbiteの値を示す。UAは上顎乳中切歯、LAは下顎乳中切歯、U1は上顎中切歯、L1は下顎中切歯を表す。TOTALは乳中切歯と中切歯を区別せずに集計した結果を表す。overbiteはIIIAよりIIIBが男子が0.67mm、女子が0.54mm大きい値を示し、

IIIBよりIIICが男子が0.16mm、女子が0.50mm小さい値を示した。

e) overjet

表18はoverjetの値を示す。UAは上顎乳中切歯、LAは下顎乳中切歯、U1は上顎中切歯、L1は下顎中切歯を表す。TOTALは乳中切歯と中切歯を区別せずに集計した結果を表す。overjetはIIIAよりIIIBが男子が0.19mm、女子が0.42mm大きい値を示し、IIIBよりIIICが男子が0.39mm、女子が0.94mm小さい値を示した。

f) 切端咬頭頂連続曲線

切端咬頭頂連続曲線は切端、尖頭および各咬頭頂の基準平面からのY座標値を連ねた曲線とした。計測点の上下的な位置関係は、Y座標値が小さくなるほど計測点が下方にある。

表19は男子、表20は女子の上顎の切端・尖頭・咬頭頂の基準平面からのY座標値の値を示す。IIAで最大値を示したのは、男女共に第2乳臼歯遠心頬側咬頭頂で男子が-4.34mm、女子が-3.84mm、最小値を示したのは男女共に乳犬歯尖頭で男子が-5.67mm、女子が-5.27mmであり、最大値と最小値の差は男子が1.33mm、女子が1.43mmであった。IICでは第

表18 overbite

DENTAL AGE	UA-LA		UA-L1		U1-L1		TOTAL		
	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	
IIA	N	10	10	0	0	0	0	10	10
	MEAN	2.03	2.15					2.03	2.15
	S.D.	0.60	0.58					0.60	0.58
	MAX	3.17	3.14					3.17	3.14
	MIN	1.21	1.24					1.21	1.24
IIC	N	2	4	6	3	0	0	8	7
	MEAN	2.35	1.69	2.11	2.51			2.17	2.04
	S.D.	0.19	0.47	0.41	1.93			0.37	1.24
	MAX	2.48	2.02	2.43	4.66			2.48	4.66
	MIN	2.22	1.02	1.30	0.93			1.30	0.93
IIIA	N	0	1	0	2	8	5	9	8
	MEAN		1.88		1.89	2.77	2.89	2.77	2.51
	S.D.				0.56	0.28	0.66	0.28	0.75
	MAX		1.88		2.29	3.14	3.61	3.14	3.61
	MIN		1.88		1.50	2.29	2.05	2.29	1.50
IIIB	N	0	0	0	0	10	10	10	10
	MEAN					2.96	2.93	2.96	2.93
	S.D.					0.64	1.01	0.64	1.01
	MAX					3.98	4.55	3.98	4.55
	MIN					2.12	1.25	2.12	1.25
IIIC	N	0	0	0	0	3	5	3	5
	MEAN					2.57	1.99	2.57	1.99
	S.D.					0.34	0.64	0.34	0.64
	MAX					2.95	2.68	2.95	2.68
	MIN					2.30	0.95	2.30	0.95

(mm)

表19 上顎切端・尖頭・咬頭頂のY座標値 (男子)

DANTAL	AGE	(1)(A)C	(2)(B)C	(3)(C)C	(4)(D)BC	(5)(E)MBC	(E)DBC	(6)MBC	(6)DBC
II A	N	10	10	10	10	10	10	0	0
	MEAN	-5.29	-4.84	-5.67	-5.20	-4.58	-4.34		
	S.D.	0.99	0.78	0.67	0.44	0.49	0.58		
	MAX	-3.69	-3.35	-4.37	-4.56	-3.84	-3.35		
	MIN	-6.81	-5.95	-6.93	-5.93	-5.57	-5.37		
II C	N	10	10	10	10	10	10	7	7
	MEAN	-5.00	-4.66	-4.83	-4.97	-4.56	-4.19	-1.87	-1.00
	S.D.	0.63	0.53	0.36	0.32	0.32	0.43	0.55	0.61
	MAX	-3.69	-3.75	-4.15	-4.43	-4.01	-3.39	-0.91	-0.01
	MIN	-5.89	-5.35	-5.51	-5.59	-5.29	-5.39	-2.33	-1.73
III A	N	10	9	10	10	10	10	10	10
	MEAN	-5.02	-4.43	-4.91	-4.97	-4.75	-4.46	-3.00	-2.40
	S.D.	1.48	1.16	1.10	0.70	0.68	0.70	0.71	0.77
	MAX	-1.14	-1.92	-3.36	-4.10	-3.43	-3.29	-1.67	-1.18
	MIN	-7.67	-6.19	-7.33	-6.69	-6.06	-5.47	-3.94	-3.99
III B	N	10	10	10	10	5	5	10	10
	MEAN	-9.47	-8.51	-7.74	-8.03	-7.16	-6.72	-5.21	-4.30
	S.D.	0.75	0.82	1.77	1.05	0.69	0.80	0.94	1.08
	MAX	-8.12	-7.22	-3.36	-6.88	-6.12	-5.74	-3.99	-2.19
	MIN	-11.21	-10.03	-11.02	-10.78	-8.21	-7.92	-6.99	-6.13
III C	N	3	3	3	3	3	0	3	3
	MEAN	-9.89	-8.83	-9.06	-8.49	-7.22		-5.34	-4.55
	S.D.	0.21	0.25	0.49	0.45	0.77		1.00	1.07
	MAX	-9.67	-8.48	-8.16	-7.95	-6.47		-4.70	-3.61
	MIN	-10.16	-9.12	-9.61	-9.20	-8.31		-6.49	-5.98

(mm)

() = 歯種 C=切端・尖頭・咬頭頂 M=近心 D=遠心 B=頬側

表20 上顎切端・尖頭・咬頭頂のY座標値 (女子)

DANTAL	AGE	(1)(A)C	(2)(B)C	(3)(C)C	(4)(D)BC	(5)(E)MBC	(E)DBC	(6)MBC	(6)DBC
II A	N	10	10	10	10	10	10	0	0
	MEAN	-5.17	-4.75	-5.27	-4.85	-4.14	-3.84		
	S.D.	0.73	0.65	0.54	0.42	0.51	0.55		
	MAX	-3.86	-3.69	-4.04	-4.11	-3.41	-2.98		
	MIN	-6.23	-5.85	-5.99	-5.60	-5.02	-4.74		
II C	N	8	10	10	10	10	10	6	4
	MEAN	-5.26	-5.01	-5.36	-5.07	-4.49	-4.24	-1.87	-1.15
	S.D.	0.64	0.59	0.46	0.35	0.46	0.50	0.68	1.01
	MAX	-4.25	-4.08	-4.59	-4.52	-3.53	-3.29	-1.31	0.26
	MIN	-6.29	-6.09	-6.18	-5.89	-5.14	-5.06	-3.05	-2.55
III A	N	10	8	10	10	10	10	10	10
	MEAN	-5.11	-4.18	-5.08	-4.81	-4.48	-4.27	-2.63	-1.84
	S.D.	0.94	1.14	0.64	0.42	0.48	0.59	0.45	0.69
	MAX	-3.08	-2.13	-3.90	-4.06	-3.52	-3.30	-1.70	-0.16
	MIN	-6.70	-6.02	-6.21	-5.69	-5.44	-5.48	-3.10	-3.07
III B	N	10	10	8	9	9	9	10	10
	MEAN	-9.30	-8.40	-7.60	-5.95	-6.90	-6.50	-4.89	-4.01
	S.D.	0.75	0.58	1.44	1.51	0.55	0.59	0.65	0.85
	MAX	-7.90	-7.16	-4.35	-4.10	-5.72	-5.71	-4.20	-2.36
	MIN	-10.21	-9.27	-9.71	-8.52	-7.79	-7.88	-6.32	-5.52
III C	N	5	5	5	5	5	0	5	5
	MEAN	-9.45	-8.56	-8.56	-8.07	-6.87		-5.21	-4.67
	S.D.	0.53	0.45	0.55	0.58	0.81		0.65	0.65
	MAX	-8.80	-7.90	-7.78	-7.07	-5.04		-4.31	-3.64
	MIN	-10.36	-9.07	-9.49	-8.77	-7.68		-6.11	-5.64

(mm)

() = 歯種 C=切端・尖頭・咬頭頂 M=近心 D=遠心 B=頬側

1 大白歯を除いた歯に関する最大値と最小値の差は男子が 0.81 mm, 女子が 1.12 mm であった。III A 以降の最大値と最小値の差は男女共に増大した。

表21は男子, 表22は女子の下顎の切端・尖頭・咬頭頂の基準平面からの Y 座標値の値を示す。II A で最大値を示したのは男子が乳犬歯尖頭で -3.66 mm, 女子が第2乳臼歯遠心咬頭頂で -3.28 mm, 最小値を示したのは男女共に第1乳臼歯遠心頬側咬頭頂で男子が -4.78 mm, 女子が -4.53 mm で, 最大値と最小値の差は男子が 1.12 mm, 女子が 1.25 mm であった。II C では第1大白歯を除いた歯に関する最大値と最小値の差は男子が 0.94 mm, 女子が 1.15 mm であった。III A 以降の最大値と最小値の差は男女共に増大した。

g) 歯列弓高径

表23は歯列弓高径の値を示す。乳中切歯, 中切歯において, II A は男子で 8.68 mm, 女子で 8.45 mm, II C は男子で 9.12 mm, 女子で 9.00 mm, III A は男子で 15.10 mm, 女子で 11.91 mm, III B は男子で 15.07 mm, 女子で 14.44 mm, III C は男子で 16.07 mm, 女子で 15.00 mm であり, 発育段階に伴い値が大きくなる傾向が認められた。乳歯の側方歯は, II A から III A の値の最大値と最小値の差は乳犬歯が男子で 0.04 mm, 女子で 0.41 mm, 第1乳臼歯が男子で 0.28 mm, 女子で 0.46 mm, 第2乳臼歯が男子で 0.43 mm, 女子

で 0.42 mm であった。第1大白歯は, II C は男子で 6.45 mm, 女子が 7.01 mm, III A で男子が 8.99 mm, 女子で 7.97 mm, III B は男子で 9.08 mm, 女子で 8.85 mm, III C は男子で 9.60 mm, 女子で 9.58 mm であり, 発育段階に伴い値が大きくなる傾向が認められた。

2. 咬合のプロフィログラムについて

a) 正面図

図3は男子, 図4は女子の各発育段階における歯列を正面から捉えたプロフィログラムを示す。正面図では主に前歯部に関する情報が得られた。すなわち, 前歯は切端中央, 犬歯は尖頭, 臼歯は近心頬側咬頭頂と, 歯冠近心最大豊隆部, 唇側歯頸部最深点, 歯冠遠心最大豊隆部を結んだことにより歯冠の大きさを, 唇側歯頸部最深点, および切端咬頭頂を直線で結んだことにより, 前歯部の被蓋関係や歯の萌出状態等を把握することが可能であった。

b) 側面図

図5は男子, 図6は女子の各発育段階における歯列を側方から捉えたプロフィログラムを示す。前歯は切端中央, 犬歯は尖頭, 臼歯は近心頬側咬頭頂と, 歯冠近心最大豊隆部, 唇側歯頸部最深点, 歯冠遠心最大豊隆部を結ぶことにより, 歯冠近遠心幅径, 臼歯部の咬合関係, 上下の犬歯間の関係等がみられた。また, 切端咬頭頂を直線で結んだことにより前歯部の被蓋関係

表21 下顎切端・尖頭・咬頭頂の Y 座標値 (男子)

DANTAL	AGE	(1)(A)C	(2)(B)C	(3)(C)C	(D)MBC	(D)DBC	(4)C	(E)MBC	(E)DBC	(E)DC	(5)C	(6)MBC	(6)DBC	(6)DC
II A	N	10	10	10	10	10	0	10	10	10	0	0	0	0
	MEAN	-4.32	-4.18	-3.66	-4.36	-4.78		-4.31	-3.80	-3.83				
	S.D.	0.74	0.68	0.66	0.65	0.58		0.65	0.61	0.68				
	MAX	-3.27	-3.26	-2.66	-3.21	-3.98		-3.48	-3.06	-2.92				
	MIN	-5.73	-5.48	-4.67	-5.61	-6.10		-5.84	-5.36	-5.23				
II C	N	9	10	10	10	10	0	10	10	10	0	5	5	3
	MEAN	-4.52	-4.43	-4.23	-4.45	-4.61		-4.23	-3.89	-3.67		-2.26	-1.32	-1.63
	S.D.	0.71	0.42	0.50	0.53	0.56		0.51	0.54	0.56		0.73	0.72	0.93
	MAX	-3.24	-3.58	-3.20	-3.16	-3.46		-3.11	-2.84	-2.32		-1.01	-0.22	-0.32
	MIN	-6.05	-5.34	-5.03	-5.19	-5.39		-4.99	-4.71	-4.49		-3.02	-2.32	-3.03
III A	N	10	10	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	9
	MEAN	-3.82	-3.74	-3.97	-4.47	-4.69		-4.28	-4.07	-4.06		-2.91	-2.20	-2.68
	S.D.	0.99	1.05	0.80	0.73	0.74		0.69	0.63	0.77		0.73	0.90	1.25
	MAX	-2.13	-1.87	-2.11	-3.39	-3.47		-3.00	-2.71	-2.65		-1.60	-0.55	-1.05
	MIN	-5.38	-5.75	-5.22	-6.60	-6.83		-5.96	-5.28	-5.45		-4.11	-3.90	-5.57
III B	N	10	10	10	10	3	3	3	3	3	7	10	10	10
	MEAN	-7.21	-7.16	-7.62	-7.54	-7.37	-6.73	-7.06	-6.67	-6.53	-6.75	-5.18	-4.08	-4.27
	S.D.	0.60	0.52	1.56	0.60	0.67	1.01	0.57	0.65	0.66	1.27	1.14	1.21	1.32
	MAX	-6.02	-6.12	-5.71	-6.74	-6.63	-5.34	-6.18	-5.57	-5.37	-4.97	-3.25	-1.84	-1.82
	MIN	-8.18	-7.86	-10.54	-8.30	-8.27	-9.23	-7.67	-7.37	-7.47	-8.76	-7.27	-6.03	-6.50
III C	N	3	3	3	0	0	3	3	0	0	3	3	3	3
	MEAN	-7.78	-7.53	-6.07			-6.28	-6.14			-6.14	-5.44	-4.15	-4.19
	S.D.	0.13	0.17	0.19			0.32	0.69			0.69	0.98	1.43	1.74
	MAX	-7.61	-7.30	-5.89			-5.95	-5.31			-5.31	-4.29	-2.64	-2.38
	MIN	-7.98	-7.74	-6.40			-6.76	-7.16			-7.16	-6.89	-6.02	-6.36

(mm)

() = 歯種 C = 切端・尖頭・咬頭頂 M = 近心 D = 遠心 B = 頬側

表22 下顎切端・尖頭・咬頭頂のY座標値(女子)

DANTAL	AGE	(1)(A)C	(2)(B)C	(3)(C)C	(D)MBC	(D)DBC	(4)C	(E)MBC	(E)DBC	(E)DC	(5)C	(6)MBC	(6)DBC	(6)DC
II A	N	10	10	10	10	10	0	10	10	10	0	0	0	0
	MEAN	-4.52	-4.39	-3.89	-4.43	-4.53		-4.00	-3.47	-3.28				
	S.D.	0.85	0.94	0.78	0.51	0.40		0.44	0.42	0.51				
	MAX	-3.27	-3.02	-2.86	-3.64	-4.01		-3.40	-2.66	-2.36				
	MIN	-5.64	-5.86	-5.17	-5.55	-5.45		-5.17	-4.29	-4.09				
II C	N	9	8	10	10	10	0	10	10	10	0	7	6	5
	MEAN	-4.52	-4.75	-4.04	-4.54	-4.61		-4.19	-3.73	-3.60		-2.80	-1.91	-2.28
	S.D.	0.78	1.17	0.60	0.56	0.60		0.53	0.63	0.70		0.84	0.61	0.60
	MAX	-3.10	-3.27	-2.96	-3.19	-3.13		-2.74	-2.29	-1.77		-1.71	-0.99	-1.46
	MIN	-5.63	-8.00	-5.14	-5.47	-5.46		-4.93	-4.55	-4.54		-4.69	-3.14	-3.25
III A	N	10	10	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	9
	MEAN	-3.63	-4.11	-3.72	-4.22	-4.51		-4.25	-3.80	-3.71		-2.64	-1.80	-2.16
	S.D.	0.86	1.23	0.55	0.48	0.51		0.53	0.54	0.51		0.62	0.64	0.57
	MAX	-2.38	-2.43	-2.78	-3.32	-3.59		-3.03	-2.62	-2.62		-1.10	-0.47	-1.25
	MIN	-5.33	-8.02	-4.92	-5.11	-5.61		-5.03	-4.61	-4.53		-3.54	-2.72	-3.45
III B	N	10	9	10	5	4	3	7	7	7	3	10	10	10
	MEAN	-6.75	-6.64	-7.31	-7.11	-6.84	-6.61	-6.61	-6.21	-6.20	-6.55	-4.82	-3.88	-4.08
	S.D.	1.31	1.15	1.80	0.83	0.40	0.98	0.77	0.84	0.84	1.19	0.86	0.83	0.95
	MAX	-5.13	-5.04	-5.06	-6.09	-6.10	-5.34	-5.45	-5.10	-5.02	-4.97	-3.58	-2.51	-2.85
	MIN	-8.90	-8.77	-11.06	-8.50	-7.25	-9.23	-8.38	-8.34	-8.44	-8.76	-6.71	-5.62	-5.99
III C	N	5	5	5	0	0	5	1	1	1	5	5	5	5
	MEAN	-7.46	-7.37	-6.44			-6.21	-6.63	-6.10	-6.18	-5.95	-5.39	-4.39	-4.50
	S.D.	0.93	0.83	0.95			0.91				0.73	0.83	0.56	0.48
	MAX	-6.38	-6.11	-5.25			-4.74	-6.63	-6.10	-6.18	-5.06	-4.16	-3.45	-3.77
	MIN	-8.68	-8.46	-8.03			-7.63	-6.63	-6.10	-6.18	-6.95	-6.75	-5.32	-5.08

(mm)

()=歯種 C=切端・尖頭・咬頭頂 M=近心 D=遠心 B=頬側

表23 歯列弓高径

DENTAL	AGE	1-1		2-2		3-3		4-4		5-5		6-6	
		MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE
II A	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0
	MEAN	8.68	8.45	8.91	8.87	9.61	9.50	9.37	9.30	8.23	7.63		
	S.D.	0.67	1.00	0.67	0.93	1.01	1.10	0.93	0.79	0.73	0.85		
	MAX	10.05	10.63	10.10	10.47	11.40	11.26	10.60	10.74	9.74	9.18		
	MIN	7.54	6.90	7.55	7.48	7.73	7.73	7.91	8.01	7.24	6.31		
II C	N	10	8	10	9	10	10	10	10	10	10	6	7
	MEAN	9.12	9.00	8.72	9.06	9.57	9.91	9.09	9.54	7.92	8.05	6.45	7.01
	S.D.	1.34	1.29	0.88	1.24	0.70	0.81	0.86	0.87	0.74	0.76	1.65	1.37
	MAX	11.32	10.86	10.71	10.90	10.61	11.71	10.93	10.66	9.12	9.12	8.81	9.24
	MIN	6.90	6.45	7.42	7.34	8.18	8.25	7.89	7.86	6.45	6.55	2.77	5.11
III A	N	10	10	9	8	10	10	10	10	10	10	10	10
	MEAN	15.10	11.91	12.10	9.81	9.57	9.53	9.18	9.08	8.35	8.05	8.99	7.97
	S.D.	1.22	2.05	2.42	1.79	1.47	0.78	1.36	0.77	1.11	0.74	1.31	1.04
	MAX	17.06	15.30	15.73	12.91	13.43	11.19	13.02	10.06	11.10	9.24	11.79	9.41
	MIN	13.30	8.73	7.02	6.77	7.53	8.00	6.91	7.45	6.46	6.63	7.42	5.65
III B	N	10	10	10	10	9	9	10	9	10	10	10	10
	MEAN	15.07	14.44	13.79	13.06	11.82	12.64	11.24	11.08	9.08	8.67	9.08	8.85
	S.D.	0.90	1.44	1.36	1.41	1.79	3.53	1.64	2.14	1.38	1.15	1.47	0.94
	MAX	16.27	16.81	15.91	15.56	15.17	19.88	14.13	13.92	11.46	10.98	11.54	10.88
	MIN	13.33	11.70	11.77	10.57	8.85	7.64	8.42	7.47	6.55	7.02	6.13	7.03
III C	N	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5
	MEAN	16.07	15.00	15.44	14.58	15.07	15.19	12.64	12.40	10.01	9.64	9.60	9.58
	S.D.	0.40	1.55	0.70	1.29	1.17	1.60	0.70	1.02	0.77	1.17	1.16	1.07
	MAX	16.51	16.91	16.41	16.65	16.92	17.42	13.44	14.16	10.91	12.02	11.04	11.63
	MIN	15.52	12.23	14.41	12.23	13.95	13.04	11.56	10.78	8.83	8.14	8.28	8.35

(mm)

や切端咬頭頂連続曲線を、唇側歯頸部最深点を結んだことにより歯列弓高径等を把握することが可能であった。

c) 上面図

図7は男子、図8は女子の各発育段階における歯列を上面から捉えたプロフィログラムを示す。正面図と

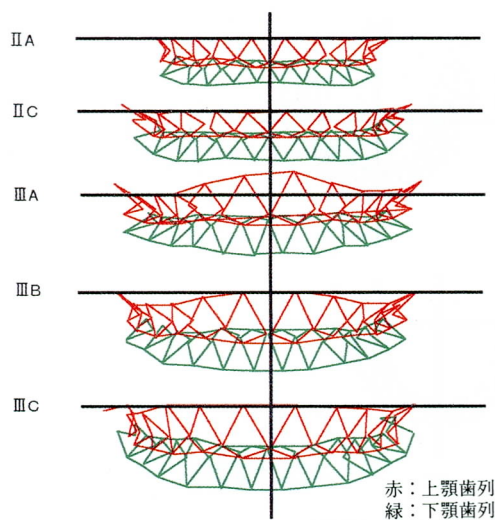


図3 咬合のプロフィログラムの正面図 (男子)

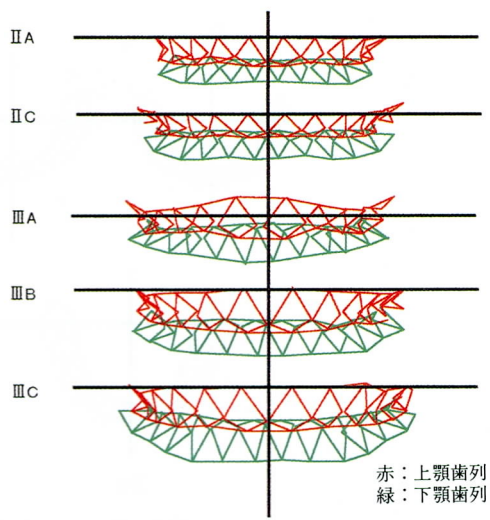


図4 咬合のプロフィログラムの正面図 (女子)

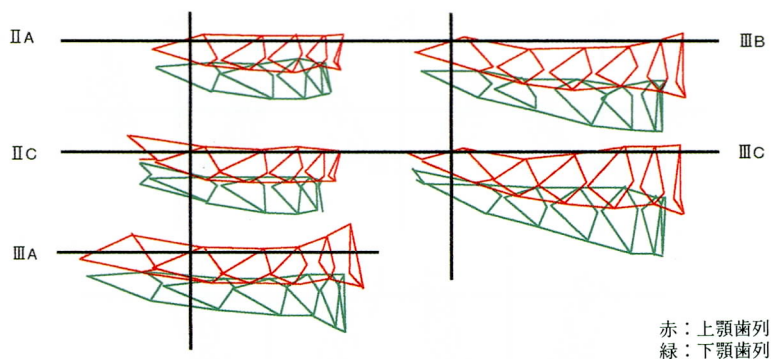


図5 咬合のプロフィログラムの側面図 (男子)

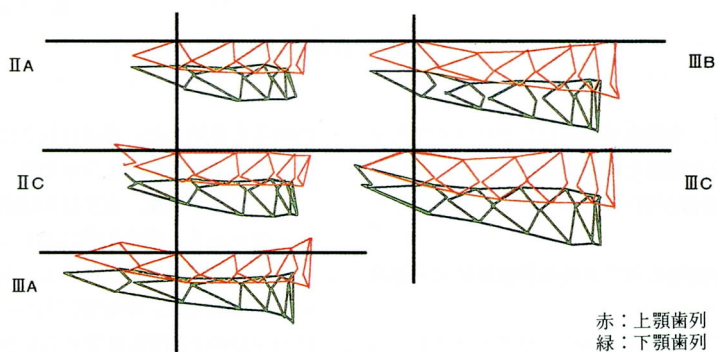


図6 咬合のプロフィログラムの側面図 (女子)

側面図では、前歯は切端中央・犬歯は尖頭、臼歯は近心頬側咬頭頂と、唇側歯頸部最深点、歯冠近遠心最大豊隆部を結んでできる四角形として出力することにより、個々の歯牙が表現されたが、上面図ではさらに

個々の歯の配列状態が明解に表現された。また、唇側および舌側歯頸部最深点を結んだことにより、上下顎の歯列の形態、左右対称性、上下顎の歯列の大きさの前後的なバランス等を把握することが可能であった。

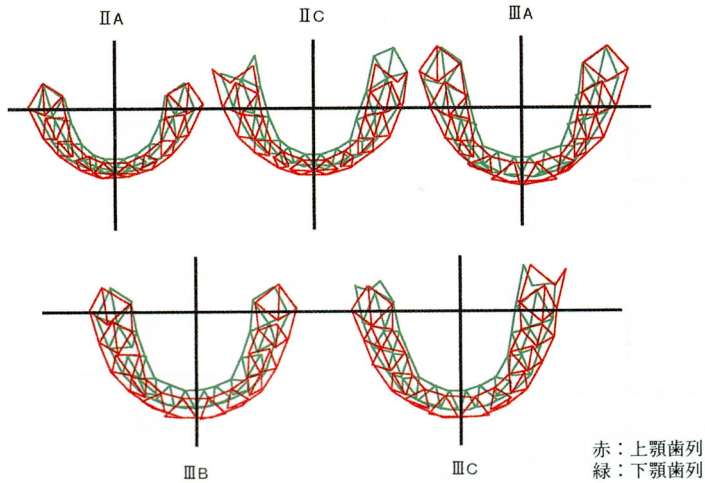


図7 咬合のプロフィログラムの上面図 (男子)

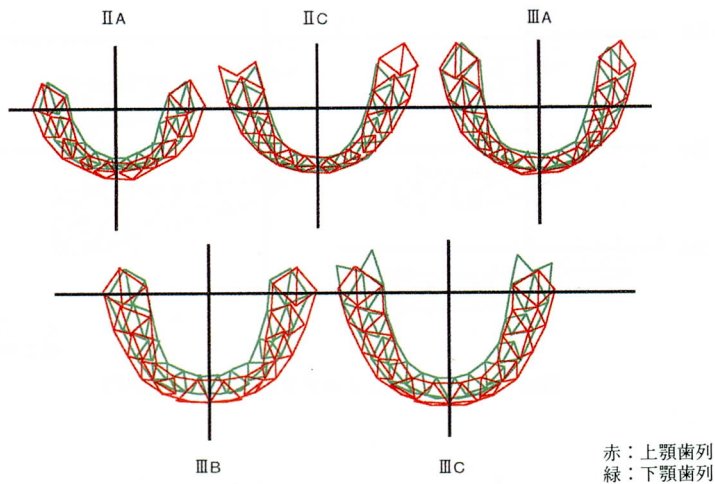


図8 咬合のプロフィログラムの上面図 (女子)

以上の結果より、本研究で作製したプロフィログラムは歯列および咬合状態を視覚的に把握でき、なおかつ、全ての発育段階が画一したパターンで観察できる。

3. 各咬合発育段階における咬合接触部位の分布状態

対象とした全ての資料について、ワイヤーフレームモデルによるグラフィック表示を行った。その結果、咬合接触部位に関してその数および歯列上における三次元的位置が確認された。また、歯牙別に接触面数を求め、それに対して Student's *t*-test による統計的検討を行った結果、男女差および左右差が認められなかったため、男女と左右の区別をせずに出現数および

出現率を算出した。結果は以下の通りである。

a) 乳中切歯および中切歯

表24は乳中切歯、表25は中切歯の出現数および出現率の値を示す。乳中切歯において、II A では上下顎ともC部の出現率が最も大きく、上顎は35.0%、下顎は40.0%であった。中切歯において、III A からIII C では出現数が上顎で0.62個から1.06個、下顎で0.39個から0.81個と増加する傾向が認められた。出現部位に関してはM部が最も多く、III A からIII C ではM部の出現率は上顎で23.7%から81.3%、下顎で18.4%から68.8%まで増加した。

b) 乳犬歯および犬歯

表26は乳犬歯、表27は犬歯の出現数および出現率の

表24 咬合接触部位の出現数および出現率（乳中切歯）

咬合発育 段階	範囲	上 顎						下 顎					
		D	C	M	合計	平均	資料数	D	C	M	合計	平均	資料数
II A	出現数	0	14	11	25	0.63	40	6	16	3	25	0.63	40
	出現率(%)	0.0	35.0	27.5		20.8		15.0	40.0	7.5		20.8	
II C	出現数	0	11	9	20	0.56	32	1	7	1	9	0.60	12
	出現率(%)	0.0	30.6	28.1		18.5		8.3	46.7	8.3		20.0	
III A	出現数	1	1	0	2	0.33	6	0	1	0	1	0.50	2
	出現率(%)	16.7	16.7	0.0		11.1		0.0	50.0	0.0		16.7	

表25 咬合接触部位の出現数および出現率（中切歯）

咬合発育 段階	範囲	上 顎						下 顎					
		D	C	M	合計	平均	資料数	D	C	M	合計	平均	資料数
II C	出現数	0	0	0	0	0.00	23	1	7	3	11	0.48	23
	出現率(%)	0.0	0.0	0.0		0.0		4.3	0.0	13.0		15.9	
III A	出現数	5	7	9	21	0.62	38	1	7	7	15	0.39	38
	出現率(%)	13.2	20.6	23.7		20.6		13.2	18.4	18.4		13.2	
III B	出現数	3	2	20	25	0.63	40	0	2	20	22	0.55	40
	出現率(%)	7.5	5.0	50.0		20.8		0.0	5.0	50.0		18.3	
III C	出現数	4	0	13	17	1.06	16	0	2	11	13	0.81	16
	出現率(%)	25.0	0.0	81.3		17.7		0.0	12.5	68.8		13.5	

表26 咬合接触部位の出現数および出現率（乳犬歯）

咬合発育 段階	範囲	上 顎					下 顎				
		D	M	合計	平均	資料数	D	M	合計	平均	資料数
II A	出現数	7	40	47	1.18	40	40	1	41	1.03	40
	出現率(%)	17.5	100.0		58.8		100.0	2.5		51.3	
II C	出現数	9	40	49	1.23	40	40	2	42	1.05	40
	出現率(%)	22.5	100.0		61.3		100.0	5.0		52.5	
III A	出現数	9	39	48	1.20	40	39	2	41	1.03	40
	出現率(%)	22.5	97.5		60.0		97.5	5.0		51.3	
III B	出現数	1	1	2	0.20	10	1	0	1	0.13	6
	出現率(%)	10.0	10.0		10.0		12.5	0.0		6.3	

表27 咬合接触部位の出現数および出現率（犬歯）

咬合発育 段階	範囲	上 顎					下 顎				
		D	M	合計	平均	資料数	D	M	合計	平均	資料数
III B	出現数	2	7	9	0.69	13	8	1	9	0.30	30
	出現率(%)	15.4	53.8		34.6		26.7	3.3		15.0	
III C	出現数	2	13	15	0.94	16	10	2	12	0.38	16
	出現率(%)	12.5	81.3		46.9		62.5	12.5		18.8	

値を示す。乳犬歯において、上顎ではM部、下顎ではD部の出現率がIIAとIICでは100%、IIIAが97.5%であり、接触部位に変化はほとんど認められな

かった。犬歯の出現数は上顎ではIIIBが0.69個、IIICが0.94個、下顎はIIIBが0.30個、IIICが0.38個であり、上下顎共にIIIBの値よりIIICの値の方が大

表28 咬合接触部位の出現数および出現率（上顎第2乳臼歯）

咬合発育段階	範囲	DBC1	MBC1	MLCM1	MLCM2	MLC	MLCD1	MLCD2	DLC1	DLC	DLC2	D	M	合計	平均	資料数
II A	出現数	27	12	14	4	34	23	1	6	24	0	2	25	172	4.30	40
	出現率(%)	67.5	30.0	35.0	10.0	85.0	57.5	2.5	15.0	60.0	0.0	5.0	62.5		36.5	
II C	出現数	32	17	24	2	30	28	3	3	13	0	1	17	170	4.25	40
	出現率(%)	80.0	42.5	60.0	5.0	75.0	70.0	7.5	7.5	32.5	0.0	2.5	42.5		35.4	
III A	出現数	26	17	28	1	26	32	5	13	12	1	1	14	176	4.40	40
	出現率(%)	65.0	42.5	70.0	2.5	65.0	80.0	12.5	32.5	30.0	2.50	2.50	35.00		36.7	
III B	出現数	10	13	10	0	9	12	0	5	4	0	0	6	69	3.14	22
	出現率(%)	40.7	49.0	35.4	0.0	35.4	48.0	0.0	19.2	18.6	0.0	0.0	22.8		27.8	

きかった。

c) 第2乳臼歯

表28は上顎第2乳臼歯の出現数および出現率の値を示す。出現数はII Aで4.30個、II Cで4.25個、III Aで4.40個、III Bで3.14個であり、III Bは他のステージに比べて小さい値を示す傾向が認められた。発育段階ごとに出現率の増加が顕著に認められた部位はMLCM1およびMLCD1であり、出現率はMLCM1ではII Aで35.0%、II Cで60.0%、III Aで70.0%であり、MLCD1ではII Aで57.5%、II Cで70.0%、III Aで80.0%であった。発育段階ごとに出現率の減少が顕著に認められた部位はMおよびDLCで、出現率はMではII Aで62.5%、II Cで42.5%、III Aで35.0%であり、DLCではII Aで60.0%、II Cで32.5%、III Aで30.0%であった。

表29は下顎第2乳臼歯の出現数および出現率の値を示す。出現数はII Aで4.40個、II Cで4.35個、III A

で4.53個、III Bで3.67個であり、III Bは他のステージに比べて小さい傾向が認められた。出現率の変化が顕著に認められたのはDLC1およびDBCであり、出現率はDLC1ではII Aで25.0%、II Cで37.5%、III Aで50.0%、DBCではII Aで20.0%、II Cで27.5%、III Aで50.0%とそれぞれ増加した。

d) 第1大臼歯

表30は上顎第1大臼歯の出現数および出現率の値を示す。出現数はII Cで0.47個、III Aで3.28個、III Bで4.00個、III Cで4.25個であり、II CからIII Cにかけて増大した。発育段階ごとに出現率の増加が顕著に認められた部位はMBC1、DBC1およびMLCD1であり、出現率はMBC1ではII Cで5.0%、III Aで22.5%、III Bで32.5%、III Cで68.3%であり、DBC1ではII Cで22.9%、III Aで50.0%、III Bで60.0%、III Cで63.3%であり、MLCD1ではII Cで5.0%、III Aで45.0%、III Bで75.0%、III Cで81.7%であった。

表29 咬合接触部位の出現数および出現率（下顎第2乳臼歯）

咬合発育段階	範囲	DC1	DC	DC2	DBC1	DBC	DBC2	MBC1	MBC	MBC2	MLC1	DLC1	D	M	合計	平均	資料数
II	出現数	12	9	10	33	8	21	19	13	11	13	10	16	1	176	4.40	40
	出現率(%)	30.0	22.5	25.0	82.5	20.0	52.5	47.5	32.5	27.5	32.5	25.0	40.0	2.5		33.8	
II C	出現数	7	6	8	22	11	28	31	10	5	16	15	14	1	174	4.35	40
	出現率(%)	17.5	15.0	20.0	55.0	27.5	70.0	77.5	25.0	12.5	40.0	37.5	35.0	2.5		33.5	
III A	出現数	8	12	6	30	20	22	18	13	3	6	20	15	8	181	4.53	40
	出現率(%)	20.0	30.0	15.0	75.0	50.0	55.0	45.0	32.5	7.5	15.0	50.0	37.5	20.0		34.8	
III B	出現数	1	3	3	15	5	11	13	3	5	4	5	7	2	77	3.67	21
	出現率(%)	6.3	8.8	17.7	63.5	19.6	51.0	51.7	8.8	26.5	20.2	22.7	28.3	5.0		27.5	

表30 咬合接触部位の出現数および出現率（上顎第1大臼歯）

咬合発育段階	範囲	DBC1	MBC1	MLCM1	MLCM2	MLC	MLCD1	MLCD2	DLC1	DLC	DLC2	D	M	合計	平均	資料数
II C	出現数	3	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	8	0.47	17
	出現率(%)	22.9	5.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	11.3		4.1	
III A	出現数	20	9	20	4	21	18	2	4	8	0	0	25	131	3.28	40
	出現率(%)	50.0	22.5	50.0	10.0	52.5	45.0	5.0	10.0	20.0	0.0	0.0	62.5		27.3	
III B	出現数	24	13	21	3	21	30	3	8	12	0	0	25	160	4.00	40
	出現率(%)	60.0	32.5	52.5	7.5	52.5	75.0	7.5	20.0	30.0	0.0	0.0	62.5		33.3	
III C	出現数	10	11	5	0	11	13	2	5	3	1	2	5	68	4.25	16
	出現率(%)	63.3	68.3	35.0	0.0	68.3	81.7	13.3	28.3	18.3	5.0	16.7	28.3		35.6	

表31 咬合接触部位の出現数および出現率（下顎第1大臼歯）

咬合発育段階	範囲	DC1	DC	DC2	DBC1	DBC	DBC2	MBC1	MBC	MBC2	MLC1	DLC1	D	M	合計	平均	資料数
IIC	出現数	0	0	0	2	1	3	0	2	0	0	0	0	0	8	0.31	26
	出現率(%)	0.0	0.0	0.0	8.3	4.2	13.1	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		2.4	
IIIA	出現数	4	4	0	22	11	16	24	13	6	18	5	5	3	131	3.28	40
	出現率(%)	10.0	10.0	0.0	55.0	27.5	40.0	60.0	32.5	15.0	45.0	12.5	12.5	7.5		25.2	
IIIB	出現数	6	2	3	28	12	26	26	13	14	9	15	10	2	166	4.15	40
	出現率(%)	15.0	5.0	7.5	70.0	30.0	65.0	65.0	32.5	35.0	22.5	37.5	25.0	5.0		31.9	
IIIC	出現数	4	4	5	15	5	11	6	0	3	1	7	6	0	67	4.19	16
	出現率(%)	23.3	20.0	38.3	91.7	31.7	71.7	36.7	0.0	18.3	5.0	43.8	37.5	0.0		32.2	

表31は下顎第1大臼歯の出現数および出現率の値を示す。出現数はIICで0.31個、IIIAで3.28個、IIIBで4.15個、IIICで4.19個であり、IICからIIICにかけて増大した。発育段階ごとに出現率の増加が顕著に認められた部位はDBC1およびDBC2であり、出現率はDBC1ではIICで8.3%、IIIAで55.0%、IIIBで70.0%、IIICで91.7%であり、DBC2ではIICで13.1%、IIIAで40.0%、IIIBで65.0%、IIICで71.7%であった。

考 察

I. 模型計測および咬合の再現性に関する検討

1. 模型計測における再現性

これまで報告されている三次元計測機の誤差評価の共通点として、松田⁵⁶⁾は実際に使用する場合にできるだけ近付けた形で行うべきであるという考え方を基本としていることを指摘している。実際三次元計測機の誤差評価は研究者によりその方法は多様である^{38,39,56)}。本計測機の機械的精度に関しては、すでに鍋島ら⁴⁵⁾が検討しており、本研究では計測時に計測対象（模型）の「繰り返し測定」が計測精度に与える影響について検討した。その結果、全ての計測点が計測可能であり、各計測点のX, Y, Z値は0.06 mm以上0.1 mm未満のレンジを示したものが最も多く、各レンジの平均値はX座標が0.10 mm, Y座標が0.09 mm, Z座標が0.09 mmといずれも0.1 mm未満であった。以上より、本計測機の計測時の精度は十分良好であり、本計測機が様々な計測に応用することができる。

2. 歯列の咬合状態の再現方法およびその再現性

a) 再現方法について

模型を咬合させると、咬合面や舌側の部位を計測かつ観察することができない。そこで、同時に上下の歯列の位置関係を観察することを可能にするために、上下の模型を別々に計測し、次に歯列の咬合状態を再現する手法を考えた。その際、著者は本研究で用いたダイレクトメソッドによる三次元計測法の次の点に着目

した。ダイレクトメソッドの三次元計測法による計測結果は計測対象が何であっても常に点の集合である。具体的に言うと、本計測機により計測点を1点入力することは(3, 1)型行列が1つできることである。よって、歯列上に設定した計測点をn点入力することは単に(3, n)型行列ができることにすぎない。そこで、上下顎を別々に計測し咬合を再現する過程を行列およびベクトルを用いた式によりモデル化することを考えた。モデル化にあたり、模型を剛体と見なし、上下顎の模型が咬合する状態を上下顎の模型が位置移動したと解釈した。次に模型という幾何学的対象を解析的に扱うため、上顎、下顎に設定した座標系をそれぞれ上顎座標系、下顎座標系と定義し、模型を咬合させた座標系を咬合座標系と定義した。すると、3つの座標系は全て三次元ユークリッド空間とみなし得る。一般に、三次元ユークリッド空間に対して2つの不変性、すなわち、平行移動に対する不変性ならびに回転に対する不変性が成立することが知られている⁴⁸⁾。平行移動に対する不変性からは一様性が、回転に対する不変性からは等方性が表現される⁴⁸⁾。したがって、咬合させる前と咬合させた後の座標系では2つの不変性が成立している。それゆえそれぞれの座標系を座標変換式で関係づけることが可能である。上顎座標系、下顎座標系と咬合座標系を座標変換の関係式で結びつけるためには、咬合させる前と咬合させた後で同一の計測点を入力すればよい。

よって、咬合させる前に計測点を入力した計測点の集合を $\{p_i\}$ ($i=1, 2, 3, \dots, n$)、咬合させた後に入力した計測点の集合を $\{p'_i\}$ ($i=1, 2, 3, \dots, n$)とすると、 $\{p_i\}$ と $\{p'_i\}$ の間を回転行列 R と平行移動のベクトル T の2つの変数を用いて、

$$p'_i = R p_i + T \quad \dots(1)$$

(R : 回転行列 T : 平行移動のベクトル)

と記述できる。

本来、咬合させる前と咬合させた後で同一の計測点を計測したとしたら、両者を重ね合わせた結果は同一

でなくてはならない。ところが実際は計測誤差が伴うと推察される。そこで、(1)に計測誤差 N_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) を加えて

$$p'_i = R p_i + T + N_i \quad \dots(2)$$

となる。

以上より、模型の咬合状態を再現することは $\{p_i\}$ と $\{p'_i\}$ より計測誤差を最適化し、 R と T を推定することと同値となった。そこで、(2)を最適化するため、Arun ら⁴⁹⁾が記述した特異値分解による最小二乗法を適用した。この方法は頑健性が強いと考えられる。したがってそのことが臨床的に安定したデータを得ることにつながると判断した。

次に、座標変換行列の推定のため、同一の計測点を2回入力する計測点として、萌出している全ての歯の唇側歯頸部最深点を使用した。その理由は歯頸部最深点は模型を咬合させた際に入力可能な点であり、また、その形態的特徴により計測点の設定が容易であるため、誤差を小さくできると考えたためである。また、唇側歯頸部最深点を全部入力したのは、座標変換行列を最適化を行うために、少なくとも同一平面上にない4点以上の計測点が必要であるが、最適化に用いる計測点が多い方が誤差値をより小さくすることができることと、研究対象が乳歯列期以降の小児の模型であるため、萌出している歯牙の数から考えて、まず計測不可能にはならないということを考慮したためである。この方法では上下顎を重ね合わせるのに特別な労力や装置を必要とせず、計測時の模型の固定状態が安定してさえいればよく、また、未萌出歯を欠損値として扱うことができるため、性別や歯牙の萌出状態や発育段階に関わらず画一した方法により歯列の咬合状態を再現することが可能であった。それゆえこの手法は小児の歯列および咬合の形成過程を把握することに有用であると提言する。

b) 再現性について

本研究で用いた手法がコンピューターのシミュレーションであるため、計測点の入力を行い、座標変換を行って再現した歯列の咬合状態がいつも安定していることが必要である。そこで以下の2点について検討を行った。

(1) 咬合の再現誤差

上下顎の模型を咬合させた状態を座標変換式により記述したため、座標変換行列の最適化に用いるアルゴリズムが本計測システムに適切であるかどうかを確認する必要がある。そのため、最適化による咬合の再現誤差について検討を行った。

まず、上下の模型を別々に各咬頭頂および唇側歯頸

部最深点を5回ずつ計測点を入力し、それぞれの5回の平均値を求めた。次に、上下顎の咬合させた状態を設定し、唇側歯頸部最深点および上顎の各咬頭頂を5回入力し、5回の平均値を求め、座標変換により咬合を再現した。座標変換により咬合を再現した行列と咬合させて直接入力した5回の唇側歯頸部最深点および、上顎の各咬頭頂のデータの平均値との差を求めた。さらにこれを5回繰り返して、5回の実験結果について、唇側歯頸部最深点および上顎の各咬頭頂の誤差値の平均値、標準偏差、最大値、最小値、およびレンジを求めた。下顎の咬頭頂については再現された咬合状態の座標値のバラつきを検討することにより再現性を確認した。その結果、座標変換行列の最適化に用いた上下顎の唇側歯頸部最深点における誤差値は上下顎の殆どの計測点で0.1 mm未満であった。

座標変換行列の最適化に用いなかった咬頭頂の誤差値に関しては、上顎の咬頭頂は全ての座標値で誤差は0.1 mm未満であった。下顎の咬頭頂の座標値の分布は2箇所を除いて標準偏差は0.07 mm未満であった。したがって、唇側歯頸部最深点のみで座標変換行列を最適化し、咬合を再現しても、歯列上に設定した全ての計測点の再現性は十分良好であることが示唆された。

(2) 模型の咬合状態の安定度

本研究では、模型を咬合させて唇側歯頸部最深点を入力した点のデータ行列を座標変換行列の最適化に用いるため、模型を咬合させて唇側歯頸部最深点を入力する際の模型の咬合状態がいつも安定していることが必要である。そこで、模型計測時における上下顎の模型の位置関係の再現性、すなわち模型の咬合状態の安定度について、同一の乳歯列模型を上下顎の咬合させた状態に設定し、唇側歯頸部最深点を5回入力した。これを5回繰り返して得られた結果を、重心が一致するように座標変換を行うことにより得られた座標値およびそのレンジについて検討した。

その結果、ほとんどの計測点において標準偏差は0.07 mm以下にとどまった。このことから計測時において模型の咬合状態が常に安定していることが示唆された。

以上、上下顎の模型を別々に計測し、唇側歯頸部最深点を入力し、座標変換により咬合を再現するまでに誤差になると考えられる因子、すなわち、模型計測時の再現性、座標変換による咬合の再現性、模型の咬合状態の安定度に関して、使用者の立場に立った方法により検討を行った。その結果、計測精度が全て0.1 mm未満であることから、本計測システムは歯列の立体的情報のみならず歯列の咬合状態を客観的にかつ高

い精度で提供できる。

II. 歯列および咬合の形成過程に関する検討

1. 各咬合発育段階における歯列の咬合状態の三次元的形態について

a) 歯冠近遠心幅径

歯冠近遠心幅径に関して最近報告されたものとしては、乳歯では1993年の日本小児歯科学会⁵⁸⁾が報告した標準値が、永久歯では1990年に石田ら⁵⁹⁾が報告した標準値がある。それらの値と本研究の値を比較した結果、乳歯については標準値との間に危険率5%で有意差は認められなかった。永久歯については、男子の上顎犬歯、および上下の第1大臼歯に関して危険率5%で有意差が認められたが、数値としては、上顎犬歯に関しては、本研究の数値が7.83 mm、石田ら⁵⁹⁾のものが8.24 mmであり、上顎第1大臼歯に関しては、本研究の数値が11.07 mm、石田ら⁵⁹⁾のものが10.64 mm、下顎第1大臼歯に関しては、本研究の数値が11.01 mm、石田ら⁵⁹⁾のものが男子11.52 mmであった。比較した数値はノギスにより計測されたもので、本研究と計測方法が異なり、歯種によってはやや数値に違いがあるが、本研究で選択された資料の歯冠近遠心幅径は過去の報告と類似した値を示していると考えられる。

b) 歯列弓幅径

上顎の歯列弓幅径について、IIAとIIICの犬歯尖頭間(以下3(C)と略す)、第1乳臼歯または第1小白歯間(以下4(D)と略す)、第2乳臼歯または第2小白歯間(以下5(E)と略す)、第1大臼歯間(以下6と略す)咬頭頂間距離の値の差を比較すると、男女共に3(C)、5(E)、6、4(D)の順に大きかった。本研究の結果と実際の臨床で良く用いられている大坪ら⁷⁾6歳から13歳までの小児の正常歯列を観察した結果と比較してみると6歳から13歳までの全増加量は3(C)が5.06 mm、4(D)が1.99 mm、5(E)が3.08 mm、6が2.24 mmであり、本研究同様3(C)、5(E)、6、4(D)の順であった。

下顎の歯列弓幅径については、本研究のIIAとIIICの最大値と最小値の差は男女共に3(C)、5(E)、4(D)、6の順に大きかった。また、大坪ら⁷⁾の結果によると6歳から12歳までの全増加量は3(C)が3.64 mm、4(D)が3.13 mm、5(E)が3.16 mm、6が1.68 mmであり、本研究同様3(C)、5(E)、4(D)、6の順であった。このことから、咬頭頂間距離においては、上下顎共に3(C)が最も大きな成長を示す部位であることが示唆された。

ここで、最大の増加を示した3(C)についてさらに

検討を加えると、増加を示す時期について本研究の発育段階ごとの数値を比較すると、男子はII CからIII Aの数値の差が最大であり、III AからIIIBの数値の差が最大であった。犬歯間が最も大きい発育を示す時期について、大坪ら⁷⁾は6歳から8歳としている。また、望月⁸⁾は、3歳から10歳の小児の研究において、犬歯間は永久歯萌出期が最も著明な増加が認められると述べている。また、計測部位が違うが、坂井¹⁰⁾は3歳から14歳までの小児の乳犬歯の舌側歯頸部最深点を計測し、乳犬歯間は乳歯列期には大きな変化を示さないが、永久歯列の萌出期に著明な変化を示し、上顎では10歳、下顎では8歳以後は変化がなかったと述べている。本研究で選択した資料の平均年齢がII Cが男子6.3歳、女子6.3歳、III Aが男子8.3歳、女子7.4歳、III AからIIIBが男子9.9歳、女子9.4歳であり過去の報告された増大の時期と一致すると考えてよいと思われる。このように男女間で数値の差異が認められたのは、男女間の永久歯の萌出時期に差が認められること⁶⁰⁾や、資料を分類した方法がHellmanの咬合発育段階であったことなどが原因であると考えられる。

c) 歯列弓長径

犬歯の計測部位であるAおよびBは、II CからIIIBで男女上下顎共に発育段階に伴い平均値の増加が認められた。

犬歯の計測部位の歯列弓長径の成長変化の時期に関して、3歳から10歳の小児について調査した望月⁸⁾は、自身の研究結果より永久前歯萌出期に長径の最も顕著な増加が見られ、その後も増加すると述べている。また、坂井¹⁰⁾の3歳から14歳までの小児を対象とし検討を行った研究結果の、本研究のII Cの平均年齢とIIIBの平均年齢である部分、すなわち6歳から10歳までの数値を比較検討すると、男子は上顎で8歳から9歳の間で0.54 mm、女子は下顎で9歳から10歳の間で0.04 mm値が小さくなっているが、それ以外は男女上下顎共に年齢に伴い数値が多くなっていく。この原因としては佐々⁹⁾の指摘しているように、乳歯と永久歯の歯軸の差、乳中切歯と中切歯の萌出位置の差、および永久中切歯の前方への移動量などが関与していると考えられる。

また、第1大臼歯の計測部位であるFおよびGにおいて、II CとIIIBの数値の差は男女共に上顎が下顎よりも大きい値であった。また、男女上下顎共にIIIBよりIIICの方が小さい値を示した。

この時期に第1大臼歯の計測部位における歯列弓長径の数値が減少した結果を得た研究は過去にもある。大坪ら⁷⁾の研究結果では6歳頃より9歳ないし10歳頃

まで増大し、以後増加率は減少を示し、11歳頃にいたってその増加率はマイナスとなると述べている。また、坂井¹⁰⁾の研究結果では、7歳から8歳では上顎は男子が0.72 mm、女子が0.23 mm、下顎は男子が0.43 mm、女子が0.08 mm 増加し、11歳以降の数値は男女上下顎共全て8歳のものより小さい。また、加藤¹¹⁾の3歳から11歳までの小児を対象とした研究結果では、上顎は男子が9歳、女子が10歳の数値が最大値で、最大値と11歳の数値との差は男子が0.06 mm、女子が0.49 mm 小さく、下顎は男子が9歳、女子が8歳の数値が最大で、最大値と11歳の数値との差は男子が0.76 mm、女子が0.72 mm 小さい値である。この原因としては大坪ら⁷⁾の指摘する咬合形態、乳歯脱落と永久歯萌出の時期、第1大臼歯の近心移動などが考えられる。

よって、本研究の結果および過去の報告より、第1大臼歯の計測部位における歯列弓長径は混合歯列期から永久歯列に変化する時期に減少する傾向があることが強く示唆された。

以上、歯冠近遠心幅径、歯列弓幅径、歯列弓長径の数値的検討から、上顎永久前歯の交換が完了した時期は、歯の萌出スペースに関係する問題の将来的な予測をする上で重要な時期であることが示唆された。また、本研究で選択された資料は過去に報告された標準値と類似した値を示していると考えられる。

d) overjet

overjet は男女共に IIIA から IIIB にかけては増大したが、IIIB から IIIC にかけては減少する傾向が認められた。

overjet に関して加藤¹¹⁾の研究によると、7歳から8歳であるいは9歳で大きな増加が起こり、9歳あるいは10歳で一旦減少する症例が多かったとなっている。この時期の overjet は成長発育の過程において、多少の増減が認められると考えられる。

e) overbite

overbite は男女共に IIIA から IIIB にかけては増大したが、IIIB から IIIC にかけては減少する傾向が認められた。これは IIIB は側方歯の交換期であり、IIIB から IIIC にかけて第1大臼歯のおよび側方歯の萌出に伴い、咬合接触が増え、咬合が拳上したと考えられる。

f) 切端咬頭頂連続曲線

Proffit⁶¹⁾によると、ほとんどすべての不正咬合者は少なくとも何本かの歯は不正配列をしており、さらに大部分の者が下顎歯列の強いスピーの彎曲と上顎歯列の逆スピーの彎曲が組み合わされて生じる overbite の過大を示すと述べている。また、鈴木⁶²⁾は永久歯

のみならず乳歯においても、骨格性の不正咬合の診断に切端咬頭頂連続曲線は意義があると主張している。これらは切端咬頭頂連続曲線の診査項目としての重要性を指摘したのものであると考えられる。一般に臨床応用されているノギスによる計測では、切端咬頭頂連続曲線を計測するのは困難であると考えられるが、ダイレクトメソッドの三次元計測法では、必要な点の三次元座標値を自由に抽出し数値化かつ視覚化することが容易にできるため、切端咬頭頂連続曲線を数値的には切端および咬頭頂の基準平面からY座標値として、また、視覚的には側面から見たプロフィールグラムで把握することが可能であった。すなわち、本計測システムは切端咬頭頂連続曲線を歯列分析の診査項目に加えることを可能にした。

IIA と IIC の第1大臼歯を除く切端および咬頭頂の基準平面からのY座標値の最大値と最小値の差は男女上下顎共に1 mm 前後であった。

乳歯列の切端咬頭頂連続曲線について、鈴木⁶²⁾は上顎では中切歯から側切歯で上昇し、乳犬歯で最下点を取り、第1乳臼歯、第2乳臼歯にかけて滑らかに上昇し、下顎は中切歯、側切歯、乳犬歯と上昇し、第1乳臼歯、第2乳臼歯と下降すると述べている。さらに乳歯列においても切端咬頭頂連続曲線は永久歯列と比較して緩やかではあるが、彎曲傾向は似ていると結論している。この研究結果は上下顎共に1 mm 以下である。また、上顎の切端咬頭頂連続曲線に関して、野坂ら⁶³⁾は切端咬頭頂より咬合平面に対する距離を計測し、乳歯列の上顎の切端咬頭頂連続曲線は有意差を持った曲線を描くと述べている。この研究の乳歯列の最大値は乳犬歯で2.12 mm、最小値は乳側切歯で1.46 mm であり、その差が0.66 mm である。一方、一色ら^{23,24)}は乳歯列の正常咬合の切端と咬頭頂を結んだ線は、flat なパターンを示すと指摘している。

以上より、正常歯列を有する小児の乳歯列における切端咬頭頂連続曲線は視覚的には直線的であり、咬合の異常の早期発見に本研究の数値が有用であると考えられる。また、側方からのプロフィールグラムによりパターンを把握できることを付言する。乳歯列以外の発育段階においても、咬合の異常あるいは不正咬合の診断、例えばレベリングを行う場合などの一つの指標として、本研究の結果が生かされると推察する。

g) 歯列弓高径

本研究では歯列の上下的なスペースの指標として、上下の唇側歯頸部最深点のY座標値の差を歯列弓高径と定義した。

唇側歯頸部最深点を連ねた線に関して、一色ら²³⁻²⁵⁾は乳歯列と永久歯列の比較、乳歯列の正常咬合と不正

咬合の比較、さらに、歯冠崩壊の大きいものと正常のものとの比較に、上下唇側側歯頸部最深点数値および唇側歯頸部最深点を連ねた線のパターンを用いて検討し、それぞれ咬合状態の数値および視覚的なパターンの違いについて言及している。これは唇側歯頸部最深点が修復物や歯冠の崩壊などの影響を受けず数値的ならびに視覚的に診断を行うことができる部位であることを指摘するものと思われる。

歯列弓高径の値は、前歯部に関してはIIAからIIIAにかけて増加した。これは永久歯の萌出と永久歯と乳歯の歯冠の高さの違いによるものと思われる。乳歯の側方歯に関しては、IIAからIIIAの数値の最大値と最小値の差は乳犬歯で男子が0.04mm、女子が0.41mm、第1乳臼歯で男子が0.28mm、女子が0.46mm、第2乳臼歯で男子が0.43mm、女子が0.42mmであった。また、本研究における第2乳臼歯の咬合接触部位の出現率の結果から、上下の咬合関係に変化が認められることが推察されるが、歯列弓高径をみると、男女共にIIAからIIIAの第2乳臼歯の最大値は男子はIIIA、女子はIICの値であった。このことから、唇側歯頸部最深点の座標値の差をとった結果ではIIAからIIIAでの咬合高径の変化については判断できない。したがって、本研究の歯列弓高径の数値ならびにプロフィールグラムは、咬合の異常の診断の際に役立つ情報となると思われる。

2. ワイヤフレームモデルによる咬合のプロフィールグラムの作製について

歯列および咬合に関する診断をする際に、それらの情報を数値的のみならず視覚的に捉えることができれば、より臨床診断が的確になると考えられる。そこで、過去にも歯列を視覚化して捉える試みが数多く報告されてきた。具体例としていくつか挙ると、①歯列を側方から捉え、唇側歯頸部最深点と切端・咬頭頂を連ねて咬合の一つのパターンを表現したものの²³⁻²⁵⁾、②関数曲線を歯列に適合させることを試みたもの^{37,64,65)}、③歯冠近遠心部を直線で結んでグラフィック表示したもの^{36,66)}等がある。

日常の小児歯科臨床では、歯列および咬合の診断にあたり、複雑な歯の形態の情報もちろん重要であるが、それ以上に個々の歯の大きさや配列状態、後継永久歯のためのスペースの有無、歯列の左右対称性といった咬合誘導処置を行う際に必要とされる情報の方が優先される場合が多い。また、その時点の咬合状態のみならず、治療前、治療後、あるいは成長変化の追跡が常に必要とされるが、このような情報を得るのに上下顎を同時に把握することが重要である。さらに、このような情報は短時間で得られなければ実用的とは

言い難い。以上のようなことから、歯列の咬合状態に関する診断に必要な情報を的確かつ迅速に得るためには、複雑な歯列の形態の情報から必要な情報のみを視覚化した方がよいと考えられる。そこで、歯列の咬合状態をプロフィールグラム^{23-25,39,40,67-70)}により表現することにした。作製にあたり、個々の症例のもつ問題点が迅速に把握できること、歯列の咬合状態が一つのパターンとして捉えられること、全ての咬合発育段階の症例が同じパターンで表現されることに留意した。そのため計測点として乳歯と永久歯に共通した計測点、すなわち、唇側および舌側歯頸部最深点、各咬頭頂、歯冠最大豊隆部をグラフィック表示する点として選択した。必要な計測点のみグラフィック出力したプロフィールグラムを作製することにより、小窩や裂溝や隆線の形といった歯列分析にあまり必要でないと考えられる情報を削除し、必要な情報のみを抽出して歯列の咬合状態を捉えることが可能であった。また、ワイヤフレームモデルにより複雑な歯列の形態を単純なパターンとして捉えることができ、さらに、上下の模型を咬合させた場合に隠れて観察することができない部分も把握することができた。また、一方向のみならず、多方向から観察したものを表示することにより、診断に対する視覚的な支援がさらに強力になったと考えられる。正面図においては、前歯は切端中央、犬歯は尖頭、臼歯部は近心頬側咬頭頂と、歯冠近心最大豊隆部、唇側歯頸部最深点、歯冠遠心最大豊隆部を結んだことにより歯冠の大きさを、唇側歯頸部最深点、および切端・尖頭・咬頭頂を直線で結んだことにより、前歯部の被蓋関係や歯の萌出状態等を把握することが可能であった。側面図からは前歯は切端中央、犬歯は尖頭、臼歯部は近心頬側咬頭頂と、歯冠近心最大豊隆部、唇側歯頸部最深点、歯冠遠心最大豊隆部を結ぶことにより、歯冠近遠心幅径、臼歯部の咬合関係、上下の犬歯の関係等を把握することが可能であった。また、切端・尖頭・咬頭頂を結んだことにより前歯部の被蓋関係や切端咬頭頂連続曲線が、唇側歯頸部最深点を結んだことにより歯列弓高径等を把握でき、なお切端咬頭頂連続曲線と唇側歯頸部最深点を結んだ線とで囲まれた領域が正常咬合の一つのパターンを示すことが示唆された。上面図では、各歯牙の舌側歯頸部最深点、歯冠近遠心最大豊隆部を結び、さらに歯冠近遠心最大豊隆部、個々の歯の配列状態が明解に表現された。また、唇側および舌側歯頸部最深点を結んだ線は、上下顎の歯列の形態、左右対称性、大きさの前後的なバランス等を明らかにし、正常咬合の一つのパターンを示すものと推察される。

3. 各咬合発育段階における咬合接触部位の分布状態に関する検討

a) 咬合接触部位の採得のための材料および方法について

(1) 材料について

本研究では、歯列と咬合接触部位を同時に検討するため、口腔内印象模型および咬合採得資料は歯列に関して検討したものと同一のものである。また、咬合接触部位の採得には富士写真フィルム社製デンタルプレスケール30タイプW[®] (厚み:0.09mm)^{51,54)} (以下プレスケールと略す)を用いた。これは感圧フィルムとして開発されたものであり、圧力の強くかかった部位のみが明らかに赤色発色するため、咬合接触部位の指摘が的確であった。プレスケールは形態がU字型で、大きさが大 (SIZE L), 中 (SIZE M), 小 (SIZE S) と3サイズあり、歯列の形態に応じて使い分けことが可能であった。GC社製ポリエチレンフィルム[®] (厚み:0.02mm)を用いたのは、プレスケールは表面がワックスで覆われているため、ワックスバイトとプレスケールが互いに吸着しないようにするためである。上下顎の模型を咬合させる場合に、上下の模型の間に介在物が存在しない方が望ましいが、プレスケールとポリエチレンフィルムの厚みの合計が両方で約0.11mmであり、これは前述の模型計測時および咬合の再現性が約0.1mmであることから許容範囲内であと考えられる。圧力をかける材料としてはプレスケールが感圧フィルムであることと、模型の破折を防止するため、荷重の調節が可能であることを考慮して、モリタ東京製作所社製JMフラスコプレス[®]を用いた。その結果、全ての症例について咬合接触部位の採得が可能であった。

(2) 計測データの処理方法について

咬合接触部位と歯列の形態との三次元的な位置関係を明らかにするために、採得した咬合接触部位のデータをすでに計測された歯列の咬合状態の座標系に座標変換した。歯列上で咬合接触部位を指摘するためには、歯列の立体的情報をできるだけ多くした方がよいと考え、設定した全ての歯列上の計測点および咬合接触部位のデータをワイヤーフレームモデルによるグラフィックデータとしてコンピューターのディスプレイ上および紙面への出力を行い、咬合接触部位の位置を確認した。

咬合接触部位の数が歯種別に求められ、咬合接触部位の出現について、咬頭頂、辺縁隆線、裂溝を基準にした小範囲に分類し咬合接触部位を指摘した。その際、本研究で入力された計測点は全て歪みのない三次元座標値であることから、臼歯部の咬頭の範囲は、歯

列の計測時に入力した咬頭頂の座標値から半径1mm以内の範囲というように、数値により歯面を分類することが可能であった。

このように歯牙をいくつかの範囲に分類し、咬合接触部位を指摘する方法は過去の研究においても報告されている。尾花²⁶⁾の咬合小面の分類に準じた分類を行った中尾¹⁴⁾は、その意義について、定性的ではあるが場所を指摘できるとしている。また、咬合小面よりやや簡素で明解な解剖学的形態に基づく分類を行って報告した宮村¹⁵⁾はその理由として次の点を挙げている。すなわち、分類を細分化しすぎることにより詳細に解析できる反面、分類基準が不明瞭になり、結果が一般性に乏しくなるのを防げる点と、全歯牙の咬合面を機械的に分類でき、データの処理および知見の把握が明解である点である。本研究で行った分類は、入力した計測点の数および部位から宮村¹⁵⁾の分類よりもさらに簡素な分類であり、しかも実験結果の明解化につながった。

b) 各咬合発育段階における咬合接触部位の分布状態

(1) 乳中切歯および中切歯

乳中切歯の咬合接触部位に関して過去に報告されたものとしては、小国¹⁶⁾による乳歯列正常咬合を対象とし、モデリング板を用いて咬合接触状態を接触面数および接触部位を調べた報告がある。それによると接触面が最も多く認められた部位に関しては、本研究の結果と同じ歯面の中央部であった。しかし、接触面数の平均値は上顎では右側が1.73個、左側が1.83個、下顎では右側が1.23個、左側が1.37個とあり、本研究の結果と比較して大きな値であった。これは小国¹⁶⁾が咬合接触部位の記録にモデリング板 (厚さ0.4mm)を用いており、これが本研究で用いた材料と比べて厚みが約0.3mmも大きいためであると考えられる。また、歯列に関する検討項目により得られた数値と合わせて考えると、数値的に正常な乳歯列の乳中切歯の接触部位は歯面の中央部に存在することが示唆された。

中切歯の出現数は IIIA から IIIC にかけて増加した。これは歯牙の萌出現象、overbite および overjet の値の変化、中切歯の歯軸の変化^{9,68-70)}等が原因として考えられる。また、出現率は IIIA から IIIC においてM部の値が最も大きかった。このことから、形態的に正常な歯列を持つ小児の中切歯の咬合接触が始まる部位は歯面の近心部であることが示唆された。

(2) 乳犬歯および犬歯

乳犬歯については、IIA から IIIA において、ほとんど100%の資料が上顎ではM部、下顎ではD部で接触しており、ステージ間で接触部位に変化は認められ

なかった。このことからIIAからIIIAの形態的に正常な歯列を有する小児の接触部位は、上顎では近心部、下顎では遠心部である。

この時期の乳犬歯の咬合接触に関しては、竹中ら²⁰⁾が第1大臼歯萌出前から第1大臼歯萌出後の二つの時期において正常咬合を有する小児の乳歯咬合小面の三次元的推移を観察した結果、乳犬歯において咬合小面は上顎では近心部、下顎では遠心部に存在し、出現率は両者とも100%であったと述べている。これは咬頭嵌合位における咬合接触部位の報告ではないが、本研究と同様の結果であった。

IIAからIIIAは前歯の交換期であり、この時期において、黒田⁷¹⁾は下顎側切歯の萌出に伴い、下顎犬歯が唇側へ押され、その結果、下顎乳犬歯間幅径増大に関与する。さらに、この変化が上顎乳犬歯を側方へ押し出し、上顎乳犬歯間を増大させ、同じ時期の中切歯の萌出により、さらに上顎乳犬歯間の増大が見られると述べている。IIAからIIIAの全ての発育段階において乳犬歯部の接触が認められることから、この前歯の交換期前後に見られる犬歯間幅径の増大には、顎顔面の幅の成長発育の影響⁶⁷⁾のみならず永久切歯萌出の直接的影響、およびそれに伴う乳犬歯、とりわけ上顎の乳犬歯に与える機械的刺激の影響も共に関与していると考えられる。

犬歯はIIIBよりIIICの出現数の値が大きく、上顎はM部、下顎はD部の出現率が増加する傾向が認められた。これは犬歯の萌出に伴った現象であると考えられる。

(3) 第2乳臼歯

本研究の第2乳臼歯の出現数は、上顎がIIAで4.30個、IICで4.25個、IIIAで4.40個で、下顎の出現数はIIAで4.40個、IICで4.35個、IIIAで4.53個であり、IIAからIIIAにかけて大きな差は認められなかった。

第2乳臼歯の咬合接触面数に関して、緒方²²⁾のHellmanの咬合発育段階別の検討によると、接触面数の平均値はIIAで上顎右側が3.1個、左側が2.9個、下顎右側が3.2個、左側が3.3個、IICで上顎右側が4.3個、左側が3.7個、下顎では右側が4.5個、左側が3.8個、IIIAで上顎右側が2.8個、左側が2.3個、下顎右側が2.9個、左側が2.1個、IIIBでは上顎右側が2.0個、左側が3.3個、下顎右側が1.7個、左側が2.7個であり、IICからIIIAにかけて接触面数の減少傾向を認めている。これは本研究の出現数の結果とは一致しないものである。

その理由として、Hellmanの咬合発育段階により資料を分類する際に、本研究では第1大臼歯が咬合接触

した段階でIIIAと見なしたのに対し、緒方²²⁾は臼歯部では咬合面全部、前歯では切縁全部が咬合平面に達したものをIIIAと見なしていることが原因の一つではないかと考えられる。

咬合接触部位は歯牙の形態の影響が大きいのと思われるが、IIAからIIIAの時期における歯牙の形態変化の一つの特徴として、加齢による歯牙の咬耗が挙げられる。佐々ら⁷²⁾は7歳から12歳迄の小児から抜去された健全な乳犬歯64症例の咬耗状態を調べた結果、象牙質の一部露出したものが43例、近遠心最大豊隆部まで象牙質が露出したものが11例であったと報告している。また、小野⁷³⁾が述べているように、乳歯の咬耗は乳犬歯よりも第2乳臼歯の方が少なく、エナメル質の厚さは乳犬歯より第2乳臼歯のほうが大きい、そのことを考慮してもこの時期の咬耗は生理的にごく自然なものと考えられ、咬合接触部位の位置に変化をきたす一つの原因であると考えられる。歯列に関する数値的検討の際に算出したIIAからIIIAの歯冠近遠心幅径を除く全ての項目において、第2乳臼歯に関する数値を各咬合発育段階別に比較検討すると、項目や計測部位により数値に違いが認められる。このことは上下の第2乳臼歯の三次元的な位置関係が、成長発育に伴い常に変化していることを実証するものであり、咬合接触部位の出現部位に影響を及ぼしている因子の一つであると考えられる。さらに、第1大臼歯の出現数が、上顎ではIICで0.47個、IIIAで3.28個、下顎ではIICで2.37個、IIIAで3.28個であり、IICからIIIAにかけて第1大臼歯の咬合に対する参加が認められ、このことも原因の一つであると思われる。

(4) 第1大臼歯

本研究の第1大臼歯の各発育段階における出現数は、上顎ではIICで0.47個、IIIAで3.28個、IIIBで4.00個、IIICで4.25個であり、下顎ではIICで2.37個、IIIAで3.28個、IIIBで4.15個、IIICで4.18個であり、上下顎共にIICからIIICにかけて増大する傾向が認められた。

第1大臼歯の接触面数について、緒方²²⁾はIICで上顎右側が1.8個、左側が2.1個、下顎右側が1.7個、左側が2.1個、IIIAで上顎右側が3.1個、左側が3.3個、下顎右側が3.0個、左側が3.6個、IIIBで上顎右側が3.3個、左側が3.3個、下顎右側が3.7個、左側が4.0個であるとしている。本研究のIIIAとIIIBに関する数値は上下顎共に緒方²²⁾の報告した数値と類似しているが、IICにおける緒方²²⁾の数値が本研究のものより大きい値であるのは、本研究と緒方²²⁾の研究のIIIAに対する解釈の違いと考えられる。

発育段階ごとに出現率の増加が顕著に認められた部

位は、上顎は MBC1, DBC1, および MLC1D1 であり、下顎では DBC1 および DBC2 であった。これは佐藤⁷⁴⁾や落合⁷⁵⁾が述べているように、第1大臼歯が上顎は頬側方向に、下顎は舌側方向に向いて萌出を開始し、次第に第2乳臼歯の遠心面にそって方向を変化させるためであると思われる。

結 論

日本人小児の歯列および咬合の形成過程を把握することを目的とし、本講座考案の三次元模型計測システムにより、模型計測時における再現性および咬合の再現性を検討し、さらに日本人小児の口腔内印象模型を対象とした三次元計測を行い、以下の結果を得た。

1. 本計測システムにおける模型計測時の再現性は、各計測点の X, Y, Z 各座標値において、そのレンジはほとんどの計測点で 0.1 mm 未満であった。

咬合の再現性は、上下顎の各計測点の X, Y, Z 各座標値において、ほとんどの計測点で誤差は 0.1 mm 未満であった。

2. 各咬頭頂間の歯列弓幅径は、男女上下顎共に最も大きな増加を示した部位は犬歯尖頭であり、その時期は前歯の交換期であった。歯列弓長径は、第1大臼歯の計測部位において、男女上下顎共に III B から III C にかけて減少する傾向が認められた。overjet および overbite は、男女共に III A から III B にかけては増大するが、III B から III C にかけては減少する傾向が認められた。切端咬頭頂連続線は、男女上下顎共に II A から II C までは直線的であるが、III A 以降では次第に彎曲が増大する傾向にあった。歯列弓高径は、前歯および第1大臼歯では発育段階に伴い増加した。

3. 本計測システムによって多方向から歯列を捉えたワイヤーフレームモデルによる咬合のプロフィログラムを各咬合発育段階別に作製することができた。

4. 咬合接触部位の計測により、形態的および数値的に正常である歯列の各咬合発育段階における標準的な咬合接触部位の分布が明らかになった。

乳中切歯は II A において上下顎とも歯面の中央部の出現数が最大であった。中切歯の咬合接触が開始する部位は歯面の近心部であった。乳犬歯の II A から III A における接触部位は上顎は近心部、下顎は遠心部であった。犬歯は咬合発育段階により出現数が増大した。第2乳臼歯は、II A から III A で出現数に大きな変化は認められなかった。第1大臼歯は、側方歯の交換期から永久歯列になる時期に出現数および出現率の変化が最も大きく現れた。

以上より本研究の成果は小児の歯列および咬合を把握する上で有用であることが示唆された。さらに本研

究で開発された三次元模型計測システムは、小児の歯列および咬合の形成過程が診査・診断でき、小児歯科臨床に大いに役立つものと考えられる。

謝 辞

本研究に際し、御懇篤なる御指導及び御高閲を賜った広島大学歯学部小児歯科学講座長坂信夫教授に深厚なる謝意を表します。

また、本研究に対し貴重な御教示、御高閲を賜りました本学歯学部口腔解剖学第一講座前田憲彦教授並びに本学歯学部歯科矯正学講座丹根一夫教授に深謝致します。

また、本研究を進めるに際し、終始御協力並びに御助言を戴いた本学歯学部小児歯科学講座天野秀昭講師に感謝致します。

さらに、本研究を行うにあたり終始御協力、御援助を頂いた本学歯学部小児歯科学講座三浦一生助教授、香西克之講師並びに小児歯科学講座教職員各位に感謝致します。

最後に、物心両面にわたって支えてくれた家族および友人に感謝します。

文 献

- 1) Baume, L.J.: Physiological teeth migration and its significance for the development of occlusion. *J. Dent. Res.* 29, 123-132, 331-337, 338-348, 440-447, 1950.
- 2) Moorrees, C.A.: The dentition of the growing child. Harvard Univ. press, Cambridge, Massachusetts, 1959.
- 3) Sillman, H.J.: Dimensional changes of the dental arches: Longitudinal study from birth to 25 years. *Am. J. Orthod.* 50, 824-841, 1964.
- 4) Sillman, H.J.: Some aspect of individual dental development. *Am. J. Orthod.* 51, 1-25, 1965.
- 5) 小野博志, 落合靖一, 佐藤 博: 歯列の成長変化に関する研究 第1報 乳歯列の成長変化について. *口病誌* 27, 361-367, 1960.
- 6) 小野博志: 乳歯および永久歯の歯冠近遠心幅径と各歯列内におけるその相関について. *口病誌* 27, 221-234, 1960.
- 7) 大坪淳造, 石川富士郎, 桑原洋助: 歯列弓の累年の成長変化に関する研究 — 6歳から13歳までの歯列弓の平均成長変化について —. *日矯歯誌* 23, 182-190, 1964.
- 8) 望月清之: 歯列の成長変化に関する経年的研究. *口病誌* 32, 357-367, 1965.
- 9) 佐々竜二: 歯列弓長の方前成長に対する永久中切歯の歯軸傾斜ならびにその位置移動の関与に関する経年的研究. *口病誌* 38, 519-532, 1971.
- 10) 坂井正彦: 歯列弓と歯槽基底の成長変化におけ

- る関連性 — 3歳から14歳までの平均成長による研究一. 歯学 67, 481-489, 1979.
- 11) 加藤敬介: 日本人小児期における歯列弓の成長発育に関する研究 — 3歳児乳歯列より永久歯列に至る経年石膏模型による検討一. 歯科学報 79, 991-1027, 1979.
 - 12) Hellman, M.: Variation in occlusion. *Dent. Cosmos.* 63, 608-619, 1921.
 - 13) Friel, S.: Occlusion-observations on its development from infancy to old age. *Int. J. Orthodont. Surg. & Radiog.* 13, 322-343, 1927.
 - 14) 中尾勝彦: 正常天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する研究 (咬頭嵌合位). 補綴誌 14, 1-21, 1970.
 - 15) 宮村一弘: 上下顎歯列の対向関係に関する研究 (咬頭頂の対向位置について). 補綴誌 15, 322-348, 1972.
 - 16) 小国征哉: 各咬合位における乳歯列の対合接触状態についての研究. 小児歯誌 12, 77-90, 1974.
 - 17) Berry, C.D. and Singh, P.B.: Daily variations in occlusal contacts. *J. Prosthet. Dent.* 50, 386-391, 1983.
 - 18) Molligoda, A.M., Abuzar, M., Phil, M. and Berry, C.D.: Measuring diurnal variation in the dispersion of occlusal contacts. *J. Prosthet. Dent.* 60, 235-238, 1988.
 - 19) Writght, S.P.: Image analysis and occlusion. *J. Prosthet. Dent.* 68, 487-491, 1992.
 - 20) 竹中 稔, 山崎要一, 緒方哲朗, 小田 博, 早崎治明, 阿部和久, 中田 稔: 第一大臼歯萌出前後における乳歯咬合小面の三次元的推移に関する研究. 小児歯誌 28, 313-326, 1990.
 - 21) 大久保由紀子: 咬合接触の3次元解析システムの開発. 補綴誌 36, 53-63, 1992.
 - 22) 緒方哲朗: 小児における咬合接触状態の歯年齢による推移. 小児歯誌 30, 817-827, 1992.
 - 23) 一色泰成, 兼松一幸, 伊藤れい: 咬合の Proflogram について—乳歯列と永久歯列の比較—(いわゆる正常咬合者について). 歯科学報 70, 1456-1464, 1970.
 - 24) 一色泰成, 谷田部賢一, 山口秀晴, 北総征男: 3歳児乳歯列の咬合に関する諸問題—第Ⅱ編—その1「乳歯咬合の Proflogram」について その2 乳犬歯の咬合及び Termination について その3 Terminal plane 応用の乳歯咬合の一分類法. 歯科学報 70, 558-567, 1970.
 - 25) 一色泰成, 兼松一幸, 井口広昭: 5歳児の歯列・咬合に関する諸問題. 歯科学報 71, 1175-1183, 1971.
 - 26) 尾花甚一: 歯牙咬合小面の傾斜角度について. 口病誌 24, 40-59, 1957.
 - 27) 永原邦茂: 経年歯列石膏模型による乳歯反対咬合者の咬合の推移に関する研究. 日矯歯誌 48, 275-303, 1989.
 - 28) Yamamoto, K., Member, IEEE, Hayashi, S., Nishikawa, H., Nakamura, S. and Mikami, T.: Measurements of dental cast profile and three-dimensional tooth movement during orthodontic treatment. *IEEE. Trans. Biomedical Engineering.* 38, 360-365, 1991.
 - 29) 原田良一: 歯列模型形状測定装置を用いた歯の三次元移動量計測. 日矯歯誌 44, 50-58, 1985.
 - 30) 木村 博, 莊村泰治, 渡辺隆司: 歯牙形状の三次元計測 (第一報) —高精度レーザー変位計による計測—. 歯材器 7, 552-557, 1988.
 - 31) Pryputniewicz, J.R., Burstone, J.C. and Bowley, W.W.: Determination of arbitrary tooth displacements. *J. Dent. Res.* 57, 663-674, 1978.
 - 32) Takada, K., Lowe, A.A. and DeCou, R.: Operational performance of the Reflex Metrograph and its applicability to the three-dimensional analysis of dental casts. *Am. J. Orthod.* 83, 195-199, 1983.
 - 33) Richmond, S.: Recording the dental cast in three dimensions. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 92, 199-206, 1987.
 - 34) Jones, L.M.: The Barry project - A three-dimensional assessment of occlusal treatment change in a consecutively refereed sample: The incisors. *Brit. J. Orthod.* 17, 1-19, 1990.
 - 35) Van der Linden, M.G.P.F., Boersma, H., Zelders, T., Peters, K.A. and Raeben, J.H.: Three-dimensional analysis of dental casts by means of the optocom. *J. Dent. Res.* 51, 1100, 1972.
 - 36) 鈴木 暁: 電子計算機システムの三次元模型分析への応用. 日矯歯誌 39, 208-228, 1980.
 - 37) 河原 茂: 歯頸点による歯列模型の三次元分析について. 歯科医学 49, 1-42, 1986.
 - 38) 山田晃弘, 永原邦茂, 湯浅真司, 池森由幸: 口腔石膏模型の三次元計測における信頼度に関する検討. 日矯歯誌 46, 18-31, 1987.
 - 39) 天野秀昭: コンピュータシステムを応用した顎・顔面・歯列の三次元生体計測法に関する研究. 広歯誌 21, 305-333, 1989.
 - 40) Amano, H., Miura, K. and Nagasaka, N.: A three-dimensional anthropometric method of the dento-maxillo-facial complex using computer-generated wire frame models. *Ped. Dent. J.* 1, 81-87, 1991.
 - 41) NEC 編: N88-日本語 BASIC (MS-DOS版) ユーザーズリファレンスマニュアル. 日本電気, 東京, 1-271, 1986.
 - 42) Becker, A.R., Chambers, M.J. and Wilks, R.A. (渋谷政昭, 柴田里程訳): S言語Ⅰ. 共立出版, 東京, 1-444, 1991.
 - 43) Becker, A.R., Chambers, M.J. and Wilks, R.A. (渋谷政昭, 柴田里程訳): S言語Ⅱ. 共立出版, 東京, 1-391, 1991.
 - 44) 渋谷政昭, 柴田里程: Sによるデータ解析. 共

- 立出版, 東京, 1-228, 1992.
- 45) 鍋島耕二, 森尾善子, 天野秀昭, 三浦一生, 長坂信夫: マイクロコンピューターを応用した三次元模型計測装置の試作. *小児歯誌* 24, 534, 1986 (抄).
 - 46) 熊田禎宣, 木谷 忍: 計画のための最適化数学, 井上書院, 東京, 1-270, 1986.
 - 47) 粟屋 隆: データ解析 —アナログとデジタル— [改訂版]. 学会出版センター, 東京, 1-263, 1983.
 - 48) 柳井晴夫, 竹内 啓: 射影行列, 一般逆行列, 特異値分解. 東京大学出版会, 東京, 1-214, 1983.
 - 49) Arun, H.K., Huang, T.S. and Blostein, D.S.: Least-squares fitting of two 3-D point sets. *IEEE. Trans. Pattern Anal. Machine Intell.* PAMI 1-9, 698-700, 1987.
 - 50) Hellman, M.: Some facial features and their orthodontics implication. *Am. J. Orthod.* 25, 927-951, 1939.
 - 51) 二川芳人, 牧田 亨, 宮地清文, 吉田博子, 新井 高, 中村治郎: プレスケール® の歯科領域への応用について. *日歯評論* 448, 92-100, 1980.
 - 52) 福島俊士, 戸代原孝義, 神山範子, 榎本通典, 山本鉄雄, 花村典之, 平野 進, 平澤 忠: 圧力測定用シート「プレスケール」に関する基礎的研究. *補綴誌* 24, 337-344, 1980.
 - 53) 緒方哲朗, 中田 稔: オクルーザルプレスケールを用いた咬合接触面積測定システムの改良とその有効性について. *小児歯誌* 32, 160-171, 1990.
 - 54) 緒方哲朗, 峰松清仁, 中田 稔: デンタルプレスケールを用いた小児の咬合接触状態解析の再現性に関する研究. *小児歯誌* 32, 480-487, 1994.
 - 55) 藤田恒太郎: 歯の計測基準について. *人類学誌* 61, 27-32, 1950.
 - 56) 松田次郎: 三次元座標測定機の国際標準化をめぐる動きと誤差評価. *標準化と品質管理* 38, 43-50, 1985.
 - 57) Crawford, F.S. Jr. (高橋秀俊訳): パークレー物理学コース1 力学. 丸善, 東京, 15-16, 1973.
 - 58) 日本小児歯科学会: 日本人の乳歯歯冠並びに乳歯列弓の大きさ, 乳歯列咬合状態に関する調査研究. *小児歯誌* 31, 375-388, 1993.
 - 59) 石田良介, 三島賢郎, 足立ちあき, 宮本充子, 大嶋 隆, 甘利英一, 神山紀久男, 檜垣坦夫, 赤坂守人, 吉田定宏, 長坂信夫, 西野瑞穂, 中田 稔, 祖父江鎮雄: 歯牙硬組織の発育と障害に関する研究. *小児歯誌* 28, 466-485, 1990.
 - 60) 日本小児歯科学会: 日本人小児における乳歯・永久歯の萌出時期に関する調査研究. *小児歯誌* 21, 1-18, 1986.
 - 61) Proffit, R.W. (作田 守訳): プロフィットの現代矯正歯科学. クインテッセンス, 東京, 402, 1989.
 - 62) 鈴木西史: 乳歯列における切端咬頭頂連続曲線 (いわゆる Curve of Spee) に関する研究一. *日大歯学* 50, 131-138, 1976.
 - 63) 野坂久美子, 金子信一郎, 金子裕二, 大川静子, 佐々木仁弘: 乳歯列, 混合歯列, 永久歯列の咬合平面と切端咬頭頂連続曲線との関係について—特に上顎歯について—. *小児歯誌* 14, 76-82, 1976.
 - 64) BeGole, A.E.: Application of the cubic spline functions in the dental arch form. *J. Dent. Res.* 59, 1544-1556, 1980.
 - 65) Pepe, S.H.: Polynomial and catenary curve fits to human dental arches. *J. Dent. Res.* 54, 1124-1132, 1975.
 - 66) BeGole, A.E., Cleall, F.J. and Gorny, C.H.: A Computer system for the analysis of dental casts. *Angle Orthod.* 51, 252-257, 1981.
 - 67) Pradopo, S.: 三次元生体計測による日本人の顎・顔面の成長に関する研究. *廣大歯誌* 25, 262-284, 1993.
 - 68) 坂本敏彦: 日本人顎顔面頭蓋に関する研究—Sella Turcia を基準として—. *日矯歯誌* 18, 1-17, 1959.
 - 69) 飯塚哲夫: 頭部X線規格写真法による日本人小児の顔の成長に関する研究. *口病誌* 25, 260-272, 1958.
 - 70) 大西 馨: 学童期における上下顎歯槽底部と中切歯傾斜度との関係 —頭部X線規格写真による経年的研究—. *日矯歯誌* 28, 12-32, 1969.
 - 71) 黒田康子: 歯列の成長変化および叢生の変化; 歯科矯正臨床シリーズ3 叢生 その基礎と臨床 (滝本和男監修). 医歯薬出版, 54-55, 1981.
 - 72) 佐々公人, 長坂信夫: 乳歯の咬耗と第2象牙質の形成に関する研究. *小児歯誌* 13, 305-306, 1976.
 - 73) 小野博志: 乳歯の咬耗について. *歯界展望* 62, 659-668, 1983.
 - 74) 佐藤貞勝: カラーアトラス 永久歯の萌出. 医歯薬出版, 26, 1986.
 - 75) 落合靖一: 第一大臼歯の意義; 第一大臼歯 (落合靖一, 栗山純雄編). 医歯薬出版, 5, 1986.