

原 著

日本人正常咬合者における Spee の彎曲の三次元的分析

小林美也子 新井一仁 石川晴夫

日本歯科大学歯学部歯科矯正学教室

Miyako KOBAYASHI, Kazuhito ARAI and Haruo ISHIKAWA

Department of Orthodontics, School of Dentistry at Tokyo, The Nippon Dental University

キーワード: depth of the curve of Spee, normal occlusion, non-contact three-dimensional shape measuring system, computer aided design software, graphic workstation

本研究の目的は、抜歯・非抜歯の診断や頭蓋下顎機能障害との関連において注目され、歯科矯正診断における重要な指標のひとつである Spee の彎曲の深さについて三次元的に分析し、日本人正常咬合者の咬合の形態的特徴を一層明らかにすることである。

教室で開発した非接触三次元形状計測システムを用いて、本学の学生および教職員約 3,500 名の中から選択した正常咬合者 30 名(男女各 15 名、平均年齢 23.2 歳、標準偏差 3.5 歳)の矯正用診断模型について計測を行った。

水平基準平面は切歯点と左右側の第一および第二大臼歯の遠心頬側咬頭頂を通過する咬合平面とし、両咬合平面に対する切縁中央と咬頭頂の垂直的な距離を Spee の彎曲の深さと定義した。各歯における Spee の彎曲の深さおよび Spee の彎曲に最も適合した球を算出し、平均値と標準偏差を求めた。Spee の彎曲が最も深かったのは第二大臼歯を後方基準点とした基準平面に対する第一大臼歯の近心頬側咬頭頂で平均 1.28 mm、標準偏差 0.60 mm であった。また球の半径は 72.4 mm から 3498.9 mm の範囲、中央値は 158.2 mm であった。

以上のことから、本研究で選択した日本人正常咬合者の Spee の彎曲の深さは、以前の報告よりも平坦であること、Spee の彎曲は第二大臼歯で個人差が最も大きいこと、左右側差は認められないこと、第二大臼歯近心頬側咬頭頂においては、女性は男性に比較して統計学的に有意に深いこと ($p < 0.01$)、ならびに Spee の彎曲に最も適合した球の半径には大きい個人差が認められることなどの特徴が明らかとなった。

(日矯歯誌, Orthod. Waves 57(4): 258~267, 1998)

A three-dimensional analysis of the curve of Spee in Japanese normal occlusions

The purpose of this study was to examine, in three dimensions, the characteristics of the curve of Spee in Japanese normal occlusions.

It is commonly accepted that the curve of Spee in normal occlusion is relatively flat. Although little research has been dedicated to the three-dimensional examination about depth of the curve of Spee.

For this study, thirty sets of orthodontic casts (15 males and 15 females with a mean age of 23 years and 2 months) represented the most ideal occlusions were selected from a total population of approximately 3,500 Nippon Dental University students and the staff. A non-contact three-dimensional orthodontic cast measuring system developed by our research unit was used as a measuring tool. The horizontal planes were defined as planes of occlusion passing through the incisor point and the disto-buccal cusp tips of left and right first and second molars. Vertical distances between the occlusal planes and centers of incisal edges, and cusp tips were measured and defined as the depths of the curve of Spee. Mean values and S. D. s of the depth of curve of Spee as measured on each tooth, as well as the radius of the best-fit sphere on the curve of Spee were computed. The maximum depth of the curve of Spee was found to be 1.28 mm $\pm$ 0.60 mm on mesio-buccal cusps of first molars to the occlusal plane which was on the second molars. Females had

more excessive curves of Spee ($p < 0.01$) than males.
Median value of the radii of the best-fit spheres was

158.2 mm.

(Orthod. Waves 57(4): 258~267, 1998)

緒 言

現代の歯科矯正学の治療目標は、個性正常咬合の達成におかれており¹⁾、この考え方は歴史的にも重要視されている^{2~4)}。正常咬合の形態学的特徴のひとつに Spee の彎曲が比較的平坦であることが知られており⁵⁾、一般に歯科矯正治療では深い彎曲が平坦化されている。この平坦化によって歯列弓周長が増加するという考え^{6~9)}から、Spee の彎曲の深さは抜歯・非抜歯の判定基準のひとつとなると考えられており診断において重要な診査項目のひとつである。一方、深い Spee の彎曲は顎機能障害の原因のひとつとして注目され、三次元的な分析の重要性が高まっている^{10~12)}。しかしながら最近の三次元的な分析^{13,14)}からの検討は少なく歯科矯正治療で Spee の彎曲を平坦化する意義を裏づけるような客観的情報を提供した研究報告は少ない。

本研究の目的は、教室で開発した非接触三次元形状計測システム¹⁵⁾を用いて、歯科矯正診断における指標のひとつである Spee の彎曲の深さについて、現代の歯科矯正学の立場から具体的な日本人正常咬合者を選択し、三次元的に検討することである。

方 法

I. 被験者

本学歯学部、附属歯科衛生士専門学校、ならびに歯科技工士専門学校の学生および教職員約 3,500 名の中から下記の条件を満たす 81 名の被験者を視診にて一次的に選んだ。

以下、81 名の正常咬合者の判定基準を示す。

- 1) 矯正治療を受けた経験がないこと。
- 2) 適正な overjet と overbite を有し、大臼歯関係は Angle I 級で、咬合線²⁾の不均衡が少ないこと。
- 3) 歯列弓形態に非対称性が認められないこと。
- 4) 補綴物や咬頭を被覆するような修復物がなく、第三大臼歯以外に欠損歯がないこと。
- 5) 開咬障害、顎関節部の疼痛、ならびに異常な咬耗が認められないこと。
- 6) 歯周組織に歯肉炎や歯肉の退縮などの異常が認められないこと。
- 7) 顔貌形態に異常が認められないこと。

さらにこれらの被験者について矯正用診断模型を作製し、それらの模型から最も歯列に連続性を有していると考えられる被験者 30 名（男女各 15 名、平均年齢 23.2 歳、標準偏差 3.5 歳）を最終的に選択し、本研究

の正常咬合者の資料とした。

II. 計測方法

1) 矯正用診断模型の三次元形状計測について

(1) 非接触三次元形状計測システムの構成

本システムは、非接触三次元形状測定装置/VMS-250 R (UNISN 社)、グラフィックワークステーション/Indigo 2 (Silicon Graphics, Inc.)、ならびに三次元 CAD ソフトウェア/Surfacar (Imageware, Inc.) で構成される。

(2) 測定の原理

測定の原理は、半導体レーザー（波長 670 nm、出力 3 mW）から発生するレーザー光を 24 面体のポリゴンミラーの回転（7,500 rpm）によってスリット光として測定対象物に投影し、2 台の CCD カメラ（水平 768 画素×垂直 493 画素の合計約 38 万画素）を使用して測定する光切断法¹⁶⁾である。

(3) 測定条件の設定

測定条件は、測定ピッチを X 方向（近遠心的方向）に 0.20 mm、Y 方向（頬舌的方向）は 0.25 mm に設定した。また、Y 方向については測定幅を各 40 mm に 3 等分し、3 回に分割計測した。この 40 mm の範囲の約 256 点についてはほぼ同時に測定を行った。CCD カメラのレーザースリット光の取り込みは同一の部位に関して 5 回行い、その測定座標値の平均値が Z 方向の座標値として 0.001 mm 単位で出力される。また、模型を接着し、回転させる R-table の計測角度は模型の左右側面（0°と 180°）、咬合平面に垂直な角度（90°）、ならびにそれらの中間の角度（60°と 120°）に 5 分割に設定した。これらの 5 方向から測定されたデータを 1 つの連続した点群データとしてイーサネット・ネットワークを介して Indigo 2 に転送し分析した。

2) 基準平面の設定と点群データの座標変換による移動

Spee の彎曲¹⁷⁾の深さの計測の基準として下顎歯列弓上に基準平面を設定した（図 1）。前方基準点としては下顎両側中切歯の切縁の中央の点を結んだ線分の中点とし、後方基準点としては左右第一大臼歯の遠心頬側咬頭頂¹⁸⁾と左右の下顎第二大臼歯の遠心頬側咬頭頂を後方基準点とした^{13,19)}。

測定した矯正用診断模型の点群データを Surfacar を用いて上記の各基準平面が Z 軸と垂直になるように三次元的な座標変換を行った。

3) Spee の彎曲の深さの分析方法

(1) Spee の彎曲の深さ

後方基準点として第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を用い

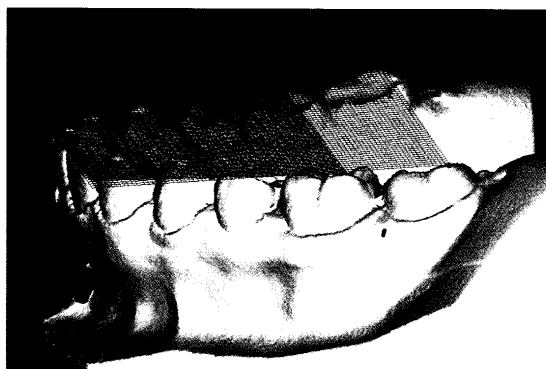


図 1 基準平面の設定方法

赤色の点は、前方および後方基準点を、空色の平面は第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点とした場合の咬合平面、緑色の平面は第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点とした場合の咬合平面をそれぞれ示す。

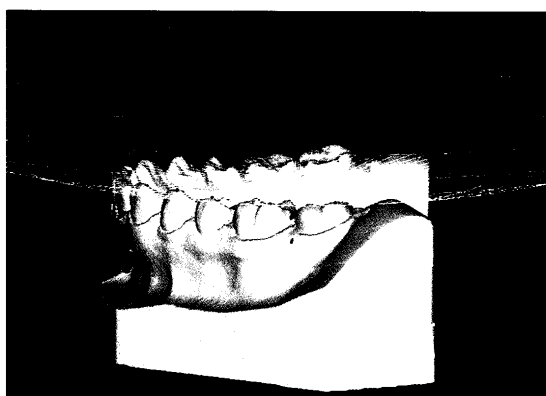


図 3 最小自乗法により作図した球をワイヤーフレーム表示した。赤色の点は、切縁中央、尖頭、ならびに咬頭頂を示す。

た基準平面に下顎矯正用診断模型の点群データを座標変換し、下顎側切歯切縁中央点、犬歯尖頭、第一小臼歯頬側咬頭頂、第二小臼歯頬側咬頭頂、第一大臼歯近心頬側咬頭頂、第二大臼歯近心頬側咬頭頂、第二大臼歯遠心頬側咬頭頂の各計測点を設定した。これらの各計測点の垂直的な座標値を算出し、Spee の彎曲の深さとした(図 2)。また同様に後方基準点として第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を用いた基準平面に点群データを座標変換し、下顎側切歯切縁中央点、犬歯尖頭、第一小臼歯頬側咬頭頂、第二小臼歯頬側咬頭頂、第一大臼歯近心頬側咬頭頂、第一大臼歯遠心頬側咬頭頂、第二大臼歯近心頬側咬頭頂の各計測点について垂直的座標値の計測を行った。なお、基準平面よりも上方をプラス、下方をマイナスとした。

これらの Spee の深さの垂直的座標値の各歯における平均値と標準偏差を、左右側別、男女別、ならびにそれらの合計の各項目についてそれぞれ算出した。加

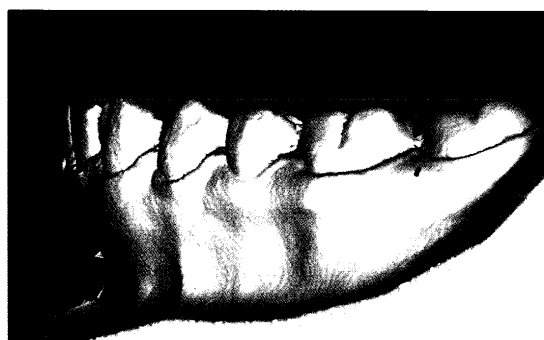


図 2 Spee の彎曲の深さの測定方法

空色の線は第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点とした咬合平面を、赤色の点は、切縁中央、尖頭、ならびに咬頭頂を示す。

えて、左右側間については対応のある差の検定、男女間については対応のない差の検定を行った。

(2) 最小自乗法による球と半径の算出

各被験者の左右側の下顎側切歯切縁中央点、犬歯尖頭、第一小臼歯頬側咬頭頂、第二小臼歯頬側咬頭頂、第一大臼歯近心頬側咬頭頂、第一大臼歯遠心頬側咬頭頂、第二大臼歯近心頬側咬頭頂、ならびに第二大臼歯遠心頬側咬頭頂の各計測点の三次元座標値に最も適合する球を Surfacar により最小自乗法を用いて作図し、その球の半径を算出した(図 3)。ついで全被験者の度数分布図を作成し、最小値と最大値および中央値を求めた。

結 果

I. Spee の彎曲の深さの計測結果について

後方基準点として第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を用いて基準平面を設定した場合の Spee の彎曲の深さの計測結果を表 1 と図 4 に、第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を用いた場合の計測結果を表 2 と図 5 に示す。第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点とした場合に、最も低い位置にあったのは第一大臼歯の近心頬側咬頭頂で基準平面よりも下方にあり平均 -0.53 mm 標準偏差 0.27 mm、30 名の左右 60 側中最深値は -1.29 mm であり、次いで第二小臼歯咬頭頂の平均 -0.30 mm 標準偏差 0.37 mm であった。その他の計測点は基準平面よりも上方にあった。また、第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点とした場合に、最も低い位置にあったのは第一大臼歯の近心頬側咬頭頂で基準平面よりも下方にあり平均 -1.28 mm 標準偏差 0.60 mm、30 名の左右 60 側中最深値は -2.56 mm であり、次いで第一大臼歯遠心頬側咬頭頂の平均 -0.89 mm 標準偏差 0.54 mm、第二小臼歯咬頭頂の平均 -0.85 mm 標準偏差 0.58 mm、第二大臼歯近心頬側咬頭頂の平均 -0.57

表 1 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差 (n=60) (mm)

	平均値	標準偏差
側 切 歯	0.21	0.32
犬 歯	0.47	0.56
第一小臼歯	0.19	0.49
第二小臼歯	-0.30	0.37
第一大臼歯近心頬側咬頭	-0.53	0.27
第二大臼歯近心頬側咬頭	0.55	0.62
第二大臼歯遠心頬側咬頭	1.25	0.72

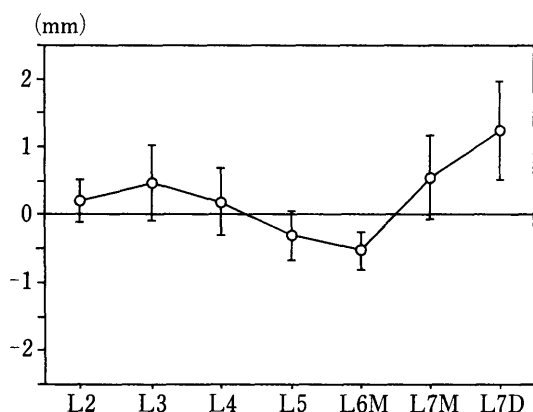


図 4 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差

L 2 : 下顎側切歯, L 3 : 下顎犬歯
L 4 : 下顎第一小臼歯, L 5 : 下顎第二小臼歯
L 6 M : 下顎第一大臼歯近心頬側咬頭
L 7 M : 下顎第二大臼歯近心頬側咬頭
L 7 D : 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭

表 2 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差 (n=60) (mm)

	平均値	標準偏差
側 切 歯	0.16	0.33
犬 歯	0.31	0.62
第一小臼歯	-0.15	0.60
第二小臼歯	-0.85	0.58
第一大臼歯近心頬側咬頭	-1.28	0.60
第一大臼歯遠心頬側咬頭	-0.89	0.54
第二大臼歯近心頬側咬頭	-0.57	0.42

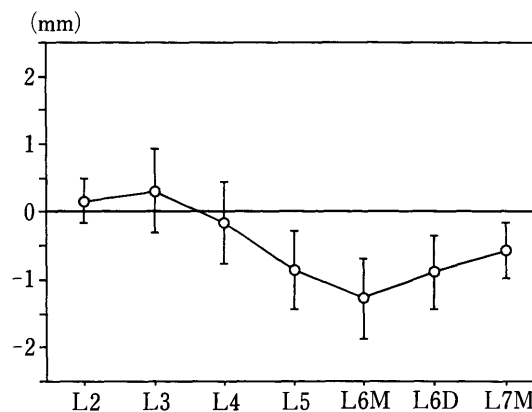


図 5 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差

L 2 : 下顎側切歯, L 3 : 下顎犬歯
L 4 : 下顎第一小臼歯, L 5 : 下顎第二小臼歯
L 6 M : 下顎第一大臼歯近心頬側咬頭
L 6 D : 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭
L 7 M : 下顎第二大臼歯近心頬側咬頭

mm 標準偏差 0.42 mm, 第一小臼歯咬頭頂の平均 -0.15 mm 標準偏差 0.60 mm の順であった。犬歯尖頭と側切歯切縁中央の各計測点は基準平面よりも上方にあった。

1) 左右側間の差異について

各計測点の左右側間について対応のある差の検定を行った結果、すべての項目について有意差が認められなかった。(表 3, 4 と図 6, 7)

2) 男女の差異について

各計測点の男女間について対応のない差の検定を行った結果、第一大臼歯遠心頬側咬頭頂および第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点とした場合の両方で第二大臼歯近心頬側咬頭頂は女性の方が男性に比較して下方にあり、有意差が認められた。(表 5, 6 と図 8, 9)

II. Spee の彎曲に最も適合した球の半径について
最小自乗法により Spee の彎曲に最も適合した球と半径を算出した結果、最小値は 72.4 mm, 最大値は 3498.9 mm, 中央値は 158.2 mm であった。半径の度数分布図を図 10 に示す。

考 察

I. 方法について

1) 被験者について

一般に、どの範囲を正常咬合とみなすかについては定説をみていない²⁰⁾。歯科矯正学分野では正常咬合者の中にも個人差を認めた個性正常咬合³⁾の獲得が治療目標であると考えられている¹⁾。したがって、研究対象になる正常咬合者にも個人差があることを考慮して、実験計画に際しては、研究目的に沿って選択条件を明らかにする方法が採られている。

表 3 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの左右ごとに算出した各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差 (n=30) (mm)

	左側		右側	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
側切歯	0.14	0.32	0.27	0.31
犬歯	0.39	0.58	0.55	0.54
第一小臼歯	0.12	0.46	0.26	0.52
第二小臼歯	-0.34	0.34	-0.27	0.41
第一大臼歯近心頬側咬頭	-0.51	0.27	-0.54	0.28
第二大臼歯近心頬側咬頭	0.61	0.57	0.48	0.66
第二大臼歯遠心頬側咬頭	1.17	0.68	1.33	0.76

表 4 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの左右ごとに算出した各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差 (n=30) (mm)

	左側		右側	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
側切歯	0.20	0.33	0.13	0.33
犬歯	0.35	0.60	0.27	0.65
第一小臼歯	-0.11	0.56	-0.19	0.65
第二小臼歯	-0.85	0.56	-0.85	0.60
第一大臼歯近心頬側咬頭	-1.36	0.62	-1.20	0.57
第一大臼歯遠心頬側咬頭	-0.96	0.58	-0.81	0.51
第二大臼歯近心頬側咬頭	-0.60	0.46	-0.54	0.36

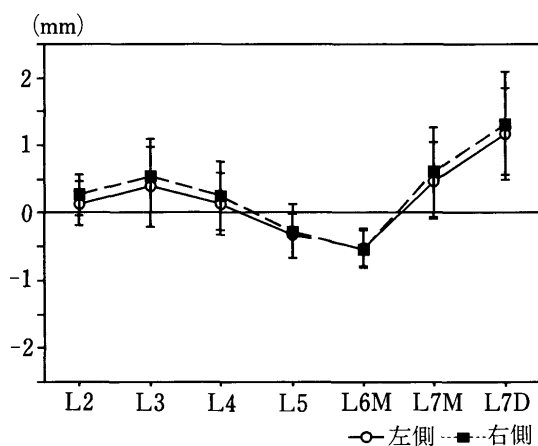


図 6 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの左右ごとに算出した各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差

L2: 下顎側切歯, L3: 下顎犬歯
 L4: 下顎第一小臼歯, L5: 下顎第二小臼歯
 L6M: 下顎第一大臼歯近心頬側咬頭
 L7M: 下顎第二大臼歯近心頬側咬頭
 L7D: 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭

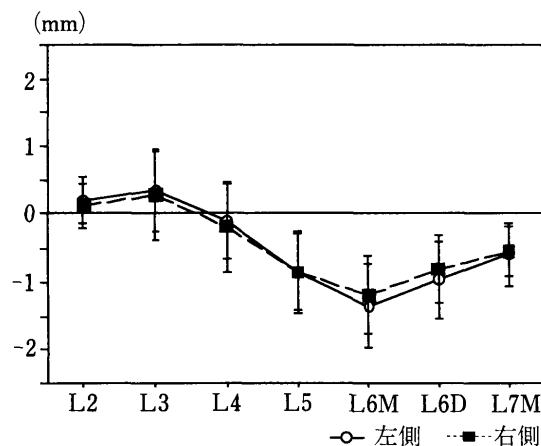


図 7 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの左右ごとに算出した各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差

L2: 下顎側切歯, L3: 下顎犬歯
 L4: 下顎第一小臼歯, L5: 下顎第二小臼歯
 L6M: 下顎第一大臼歯近心頬側咬頭
 L6D: 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭
 L7M: 下顎第二大臼歯近心頬側咬頭

正常咬合者の被験者を選択する場合, より理想咬合に近い被験者を得るためには母集団を大きくする方法が有効である¹⁸⁾. しかしこの方法では多数の被験者を

同時に診査することが実際には不可能で長期間にわたる診査を必要とし, 同一条件下で診査することがむずかしいために結果として診査の信頼性の低下を招く恐

表 5 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの男女別に算出した各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差 (n=30) (mm)

	男性		女性	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
側切歯	0.24	0.31	0.17	0.32
犬歯	0.48	0.54	0.46	0.59
第一小臼歯	0.16	0.51	0.22	0.48
第二小臼歯	-0.29	0.33	-0.32	0.42
第一大臼歯近心頬側咬頭	-0.46	0.17	-0.59	0.34
第二大臼歯近心頬側咬頭	0.73	0.54	0.37	0.65
第二大臼歯遠心頬側咬頭	1.21	0.66	1.29	0.78

表 6 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの男女別に算出した各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差 (n=30) (mm)

	男性		女性	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
側切歯	0.16	0.32	0.17	0.34
犬歯	0.33	0.59	0.30	0.66
第一小臼歯	-0.12	0.60	-0.18	0.61
第二小臼歯	-0.18	0.49	-0.91	0.65
第一大臼歯近心頬側咬頭	-1.16	0.45	-1.39	0.70
第二大臼歯近心頬側咬頭	-1.39	0.47	-0.93	0.61
第二大臼歯遠心頬側咬頭	-0.39	0.36	-0.74	0.40

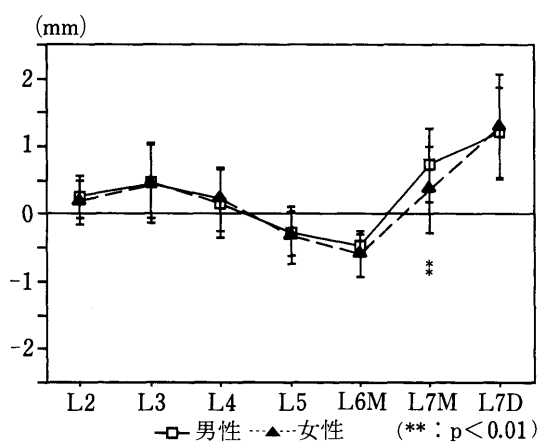


図 8 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの男女別に算出した各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差

L2: 下顎側切歯, L3: 下顎犬歯
 L4: 下顎第一小臼歯, L5: 下顎第二小臼歯
 L6M: 下顎第一大臼歯近心頬側咬頭
 L7M: 下顎第二大臼歯近心頬側咬頭
 L7D: 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭

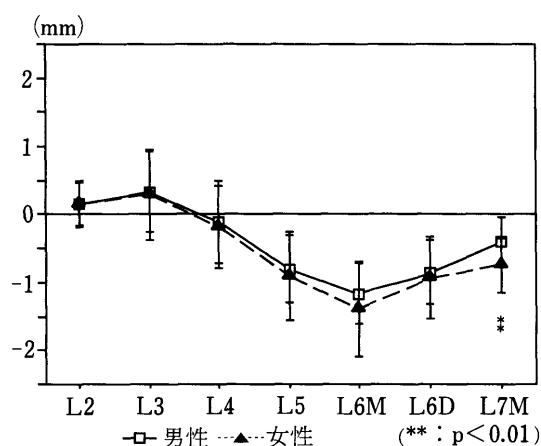


図 9 下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を後方基準点としたときの男女別に算出した各歯における Spee の彎曲の深さの平均値と標準偏差

L2: 下顎側切歯, L3: 下顎犬歯
 L4: 下顎第一小臼歯, L5: 下顎第二小臼歯
 L6M: 下顎第一大臼歯近心頬側咬頭
 L6D: 下顎第一大臼歯遠心頬側咬頭
 L7M: 下顎第二大臼歯近心頬側咬頭

れがある。この問題を解消するために本研究では、顔貌、咬合状態などについて前述の選択基準を明示した上で約 3,500 名を臨床的に診査し、81 名の正常咬合者

を一次的に選択して矯正用診断模型を作製し、さらに模型上で最も優れた咬合を有する正常咬合者を最終的に選択する方法を採用した。

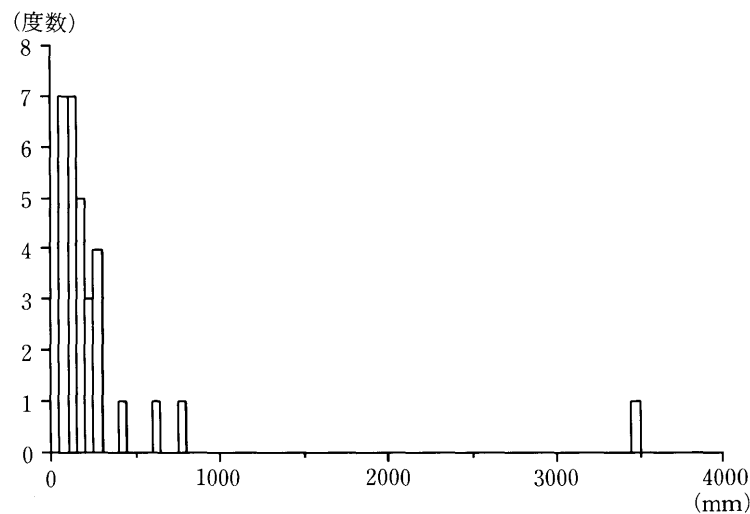


図 10 Spee の彎曲に適合した球の半径

2) 非接触三次元形状計測システムについて

(1) 非接触三次元形状測定装置の歯科矯正分野への応用

三次元形状測定装置には接触式と非接触式の2つの方式がある¹⁶⁾。接触式三次元座標測定装置は、高い精度を有するが、計測の際に被測定物の表面を傷つける恐れや測定時間が長いなどの欠点を有する¹⁶⁾ことなどから、歯科領域では、咬頭頂などの解剖学的な計測を行った研究^{14,21)}はみられるものの、矯正用診断模型などの豊富な診断情報を分析するには適していないと考えられている^{22~27)}。

一方、非接触式三次元座標測定装置は、矯正用診断模型などの石膏模型を傷つけないという利点にもかかわらず歯科領域では応用されてこなかった。その理由として、診断模型などの形状は複雑であり、非接触の計測には不可視領域が生じること^{28~31)}や多数の測定点を処理できる高速かつ大型のコンピュータ・システムが必要であったことなどをあげることができる。しかし、石川ら¹⁵⁾は工業界でめざましい進歩を遂げているCADシステム³²⁾を応用し、矯正用診断模型を計測、分析できる非接触三次元形状計測システムを開発して応用している。今後本システムは、一層の改良が進み、歯科矯正領域への応用の可能性はますます広がることが期待されている。

(2) 計測点設定の信頼性

本システムを用いて矯正用診断模型のCADデータ上の咬頭頂に計測点を設定する際の信頼性について詳細に検討した小林ら³³⁾は、水平面上における計測誤差を0.059 mmから0.072 mm、それに対し垂直方向の計測誤差を0.006 mmであったと報告している。このことから本システムで咬頭頂を設定した場合には、特

に垂直方向の計測に優れていることが明らかであり、本研究遂行上に十分な信頼性を有するものと考えられる。

3) 計測方法について

(1) Spee の深さの計測方法

Spee の彎曲は頭蓋骨において歯列の排列状態を側方から観察したときに下顎の小白歯および大臼歯の頬側咬頭頂を連ねる線が円弧を示すこと、さらにその線は下顎頭の前縁を通過し、その円弧の中心点は後涙囊稜の後方に位置すると報告したことに基づいている¹⁷⁾。しかし、最近では下顎犬歯¹³⁾を加えた研究や解剖学の成書³⁴⁾においても前歯まで含めた曲線として捉えている。歯科矯正学の分野では、Angle の line of occlusion²⁾を側方から観察した時に下顎咬頭頂を連ねた円弧で下顎頭の前縁を通過する³⁶⁾との定義があるが、臨床的にはこれらの歯に中切歯^{6,7,19,35)}あるいは中切歯と側切歯^{6,7,19)}を加え、下顎歯列弓全体の垂直的な彎曲を指す用語として用いられている。

一般的に矯正治療においては過蓋咬合の症例ではSpee の彎曲が深く、治療中に平坦化されること^{36,37)}、Spee の彎曲の深さが増減すると上下顎歯列弓の空隙の量の差が変化し不調和の原因となりうること⁴⁾、さらにSpee の彎曲を治療中に除去すると下顎歯列弓周長が増加すること^{6~9)}などSpee の彎曲の深さは、臨床的な治療術式との関わりから診断に与える影響が大きい。

しかしながら、前述のごとくSpee の彎曲の定義はさまざまで、Spee の彎曲の深さ^{6,8,38)}を計測する際の基準平面については、犬歯尖頭と下顎第二大臼歯遠心頬側咬頭頂^{9,13)}、切歯の切縁と第一大臼歯の遠心頬側咬頭頂³⁸⁾、下顎切歯の切縁と第二大臼歯の遠心頬側咬頭

頂^{5-8,19)}が用いられ、意見の一致がみられない。

そこで本研究においては、計測結果を同じ日本人の正常咬合者の計測結果と比較する目的で岩沢ら¹⁹⁾が設定した2通りの基準平面から各計測点までの垂直的距離を計測する方法に従った。

(2) Speeの彎曲に最も適合した球の半径について

前述のように一般にSpeeの彎曲は円弧を描き、Monsonが矢状面においても前頭面においても咬頭頂が円弧を描くことから、三次元的には半径4インチの球面を描くという仮説を立てたことで知られているが、正常咬合者を用いて三次元的に球面を算出し検討した研究がみられず、この球の大きさは明らかではない。

本研究の非接触式三次元形状計測システムは、従来から用いられている矢状面に投影して二次元的にSpeeの彎曲を評価する方法^{7,19)}とは異なり、Speeの彎曲についても三次元的な検討が可能である。そこで、Speeの彎曲の深さの表現方法のひとつとして診断に応用する目的で最も適合する球を作図し、その半径について分析を行った。

II. 結果について

1) Speeの彎曲の深さについて

本研究で選択した正常咬合者の歯列弓の垂直的な形状について客観的に検証する目的でSpeeの彎曲の深さを計測した。その結果、平均値1.28 mm、標準偏差0.60 mmで、最大で2.56 mmと従来の報告^{5,19)}に比較して小さく、個人差も少ないことが明らかとなった。

岩沢ら¹⁹⁾の日本人正常咬合者に関する報告との比較では、本研究の方が明らかに平坦に近い傾向が認められ、基準平面を第二大臼歯遠心頬側咬頭頂に設定した場合の第一大臼歯の近心咬頭頂で約0.6 mmの差異が認められ、本研究の結果の方が小さかった。また、第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を基準とした場合には比較的差異が少ないことから、両研究における被験者では下顎第二大臼歯の垂直的な位置に差異があり、岩沢らの被験者の第二大臼歯がより挺出した位置にあったことが推察できる。本実験の被験者は前述したような選択基準の明確なものであり、岩沢らの被験者には14歳の女性を含むなど選択基準がかならずしも明確ではないことが問題としてあげられよう。

Andrews⁵⁾は、正常咬合者の選択条件のひとつとしてSpeeの彎曲の深さ⁴⁾をあげて120例を調べた結果、平均値や標準偏差については触れていないが、最大で2.5 mmと報告している。これに対して本研究ではSpeeの彎曲の量を考慮せずに正常咬合の選択を行いSpeeの彎曲の深さを計測した結果、最大値は2.56 mmでありAndrews⁵⁾の結果と近似していた。このことは本研究で設けた正常咬合者の選択基準が十分に妥

当であることを示し、同時にAndrewsの正常咬合の条件にも合致していることを示しているものと考えられる。

個人差については、後方基準点として第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を用いた場合の第二大臼歯遠心頬側咬頭頂で標準偏差が最も大きく、個人差が大きいことが明らかとなった。両基準平面を用いた場合の側切歯、後方基準点として第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を用いた場合の第一大臼歯近心頬側咬頭頂、ならびに後方基準点として第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を用いた場合の第二大臼歯近心頬側咬頭頂のように、基準平面を設定するための基準点に隣接する計測点では標準偏差が小さくなっている。このことを考えあわせると、後方基準点として第一大臼歯遠心頬側咬頭頂を用いた場合の第二大臼歯では明らかに標準偏差が大きく、Speeの彎曲の深さの個人差は第二大臼歯で最も大きいことが推察される。

以上のことから、本研究結果は、治療目標としての日本人正常咬合者の歯列弓の垂直的な状態を定量的かつ客観的にとらえるためにSpeeの彎曲の平均値と標準偏差を明示し、矯正歯科臨床に新たな診断基準を提供するものである。

(1) 左右差について

本研究では、被験者の選択条件のひとつとして歯列弓形状に非対称性が認められないことをあげているが、一般に歯列弓形状の対称性とは水平関係を意味している。それにもかかわらず本研究の結果では歯列弓の垂直関係であるSpeeの彎曲の深さにおいても左右差が認められなかった。このことから本研究で設定した正常咬合者の選択条件は歯列の対称性の点で水平関係のみならず垂直関係においても十分に適正であったことを示しているものと考えられる。またこの知見は正常咬合者では左右側差が認められないとする岩沢ら¹⁹⁾結果を支持するものであった。

(2) 男女差について

岩沢ら¹⁹⁾は統計学的にみて有意差はないが一般に男子より女子の方がSpeeの彎曲が深かったと述べ、Ferrarioら¹³⁾は被験者の人種や計測方法は異なるものの男性の方が平坦で大きな彎曲を示し統計学的に有意であったと報告している。本研究でも同様の傾向が認められ、特に第二大臼歯では統計学的に有意差が認められた。この原因として岩沢ら¹⁹⁾は性差の他に被験者の年齢の差をあげているが、本研究では岩沢らに比較して明らかに年齢の差は小さく、岩沢らの年齢の差が原因であると考えられる仮説は覆されたものといえる。したがって、日本人正常咬合者の女性では男性に比較して第二大臼歯の近心咬頭が低い位置をとっていることを示しており、第二大臼歯が近心傾斜している可能性が考えられた。以上の知見^{13,19)}を顎運動時の平衡側

の干渉と関連して考えると, 男性に比較して女性で顎関節症が多発する原因のひとつであることも推察でき, きわめて興味ある結果であるといえよう. 今後は歯列弓の形状のみならず顎運動の三次元的な分析との関連について検討する必要があると考えられる.

2) Spee の彎曲に最も適合した球の半径の算出結果について

球の半径は, 度数分布図から分布に偏りがありかつ個人差が大きいことが明らかとなった. 度数分布図に示すように, 分布のピークは 100 mm 付近にあり, また中央値は 158.2 mm であり, Monson の仮説³⁹⁾に近似した結果であったとも考えられる. 本研究では計測点として前歯を含めて球を算出しており, これを除いた場合について再検討する必要性が示唆された.

本論文の要旨は, 1997 年 Thailand International Orthodontic Congress (Bangkok, Thailand), および 1998 年 76th General Session of the International Association for Dental Research (Nice France) において発表した.

なお, 本研究の一部は平成 7 年度文部省科学研究費助成金, 基盤研究 (A) 課題番号 07407061 の補助によるものである.

文 献

- 1) 榎 恵: 歯科矯正学, 第 2 版, 東京, 1979, 医歯薬出版, 7.
- 2) Angle, E. H.: Treatment of malocclusion of the teeth. Angle's system, Philadelphia, 1907, The S. S. White Dental Manufacturing Co., 21-24.
- 3) Johnson, A. L.: Lecture III, Occlusion, Basic principles of orthodontia, Dent Cosmos 65: 503-510, 1923.
- 4) Andrews, L. F.: The six keys to normal occlusion, Am J Orthod 62: 296-309, 1972.
- 5) Andrews, L. F.: Straight-wire, The concept and appliance, San Diego, 1989, L. A. Wells Co., 13-33, 137-221.
- 6) Braun, S., Hant, W. P. and Johnson, B. E.: The curve of Spee revisited, Am J Orthod Dentofacial Orthop 110: 206-210, 1996.
- 7) Germane, N., Staggers, J. A., Rubenstein, L. and Revere, J. T.: Arch length considerations due to the curve of Spee: A mathematical model, Am J Orthod Dentofacial Orthop 102: 251-255, 1992.
- 8) Baldrige, D. W.: Leveling the curve of Spee, J Pract Orthod 3: 26-41, 1969.
- 9) Garcia, R.: Leveling the curve of Spee: A new prediction formula, J Tweed fund 13: 65-72, 1985.
- 10) 櫻井直樹, 野村修一, 水野 亨, 他: 顎関節内障患者の歯列形態の特徴に関する研究—咬合平面の傾斜と歯列彎曲について—, 補綴誌 36: 1125-1132, 1992.
- 11) 河野正司, 鳥山秀行, 吉田恵一, 小林 博: 平衡側咬頭障害の発現機構に関する一考察, 補綴誌 32: 505-513, 1988.
- 12) 伊藤博子, 坂田真司, 北條陽太郎, 他: 咬合彎曲と顎口腔機能の関連性に関する臨床的研究, 顎機能誌 1: 133-139, 1994.
- 13) Ferrario, V. F., Sforza, C., Miani Jr., A., et al.: Mathematical definition of the curve of Spee in permanent healthy dentitions in man, Arch Oral Biol 37: 691-694, 1992.
- 14) 江田博幸: 矢状面における上下顎犬歯尖頭および臼歯咬頭頂の位置関係について—三次元座標測定機による研究—, 歯学 70: 36-56, 1982.
- 15) 石川晴夫, 新井一仁, 村本睦司, 川崎弘司: 非接触高速三次元計測システムの歯科矯正学への応用 第 1 報 システムの概要, 歯学 83: 503, 1995.
- 16) 吉澤 徹: 三次元工学 1—光三次元計測—, 東京, 1993, 新技術コミュニケーションズ, 1-4.
- 17) Spee, F. G.: Die Verschiebungsbahn des Unterkiefers am Schädel, Archives fur Anatomie und Physiologie. Leipzig: Verlag Veit und Comp., 285-293, 1890.
- 18) 瀬畑悦子: 日本人正常咬合者における歯牙・歯列弓形態の矯正学的研究, 歯科学報 80: 945-969, 1980.
- 19) 岩沢忠正, 納村晋吉: 正常咬合者における curve of Spee と咬合平面について, 日矯歯誌 23: 13-21, 1964.
- 20) 保母須弥也, 可知和之, 長畑栄一: 咬合学事典, 東京, 1978, 書林, 240-241.
- 21) 稲葉 繁, 是沢恵三, 萩原重一, 他: 三次元座標測定機の歯学研究への応用, 補綴誌 25: 110-115, 1981.
- 22) van der Linden, F. P. G. M., Boersma, H., Zelders, T., et al.: Three-dimensional analysis of dental casts by means of the Optocom, J Dent Res 51: 1100, 1972.
- 23) 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.
- 24) BeGole, E. A., Cleall, J. F. and Gorny, H. C.: A computer system for the analysis of dental casts, Angle Orthod 51: 252-258, 1981.
- 25) 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.
- 26) Richmond, S. : Recording the dental cast in three dimensions, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 92 : 199-206, 1987.
- 27) 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.
- 28) 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.
- 29) 齊藤 彰, 林 豊彦, 石岡 靖 : レーザ変位計を応用した 3 次元形状測定機の曲面計測における測定精度, *下顎運動機能と EMG 論文集* 9 : 53-58, 1990.
- 30) 友近 晃, 中村進治, 林 俊輔, 他 : 矯正治療における咬合接触状態の変化, *下顎運動機能と EMG 論文集* 8 : 59-62, 1990.
- 31) 友近 晃, 石川博之, 中村進治 : 歯列模型形状計測システムを用いた歯列歯槽部の三次元分析法の開発, *日矯歯誌* 54 : 264-273, 1995.
- 32) 日経 CG 編 : CAD の基礎知識, 東京, 1995, 日経 BP 社, 1-25, 56-127.
- 33) 小林美也子, 新井一仁, 石川晴夫, 他 : 非接触高速三次元計測システムの歯科矯正学への応用 第 5 報 咬頭頂における計測点設定法の信頼性 (その 2), *歯学* 83 : 970, 1995.
- 34) Ash Jr., M. M. : *Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion*, 7 th ed., Philadelphia, 1993, W. B. Saunders Co., 88-89, 420-423.
- 35) Salzmann, J. A. : *Practice of orthodontics*, Philadelphia and Montreal, 1966, J. B. Lippincott Co., 194-195, 768-769.
- 36) Moyers, R. E. : *Handbook of orthodontics* 4 th ed., Chicago, 1988, Year Book Medical Publishers Inc., 432-435.
- 37) Burzin, J. and Nanda, R. : The stability of deep overbite correction. in : *Retention and stability in orthodontics*, ed. Nanda, R. and Burstone, C. J. : Philadelphia, 1993, W. B. Saunders Co., 61-202.
- 38) Sondhi, A., Cleall, J. F. and BeGole, E. A. : Dimensional changes in the dental arches of orthodontically treated cases, *Am J Orthod* 77 : 60-74, 1980.
- 39) Monson G. S. : Occlusion as applied to crown and bridge-work, *J Natl Dent Assc* 7 : 399-413, 1920.

主 任 : 石川 晴 夫 教授 1998 年 1 月 10 日 受付

連絡先 : 新 井 一 仁

日本歯科大学歯学部歯科矯正学教室

〒 102-8158 東京都千代田区富士見 2-3-16