

—原著—

臨床シミュレーションシステムへのコンピュータの導入

—自動ポイント追尾装置の開発とその評価—

富田文仁, 子田晃一, 岩久正明

新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻  
口腔健康科学講座う蝕学分野

An Introduction of Computer to Dental Simulation System

—Development of an auto-tracking system for evaluating operators' movements—

Fumihito Tomita, Kohichi Kota, Masaaki Iwaku

*Division of Cariology, Department of Oral Health Science, Course for Oral Life Science,  
Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences*

平成14年5月7日受付 5月7日受理

Key words : simulation system, computer, auto-tracking system, operators' movements, quantity

**Abstract:** While correct posture and good manual dexterity are of the utmost importance, during cavity preparation, evaluating the operators' movements is difficult, even in the best of circumstances. In order to simplify the task, we devised a computer-simulation that under-graduates and resident dentists alike can use. It allows operators to gauge their own progress, and is unique, in that it tracks the movements of both the operator's body, and the dental instrument(s) he is using, at a given moment. A trained dentist and a resident, who both took the "SATV" course advocated by World Society for pd Health Care were observed, while using the device. During the test, we set reference coordinates for the computer, on a dental mirror, a turbine-handpiece and the operators' heads. The SATV system was found to improve both the operator's posture, and hand/instrument coordination. Pre- and post-SATV test-results were evaluated quantitatively, for each operator, and presented to him/her. This computer-aided simulation was considered to be quite useful for obtaining and evaluating dental skills.

抄録：う蝕治療に際して、より正確に窩洞形成を行うため、歯の切削中の体全体の基本的な姿勢や動作が重要であるにも関わらず、術者の適正姿勢およびその動きの定量的評価に関する研究報告は、ほとんどない。当講座では、これまで、歯科シミュレーションシステムにコンピュータを導入し、実習者自ら実習効果を判定しフィードバックすることが可能となるシステムの構築を試みてきた。今回、筆者らは、身体や治療器具の位置的变化を経時的に定量記録することで、身体の動作の評価が可能となる自動追尾装置を開発し、これまでのシミュレーションシステムに応用した。臨床熟練者と臨床初心者のミラー、ハンドピース、頭部の位置に標点を設置し、コンピュータのモニター上で座標としてとらえ、その位置変化を経時的に記録し、比較した。また、SATVプログラムによる最適な診療姿勢、手指、治療器具のコントロールについて講習を受講させ、講習前後の違いについても定量的に評価した。その結果、各個人の身体の動作について経験的な表現ではなく、定量的に提示することで歯科技術を納得させ、修得させることが可能となった。

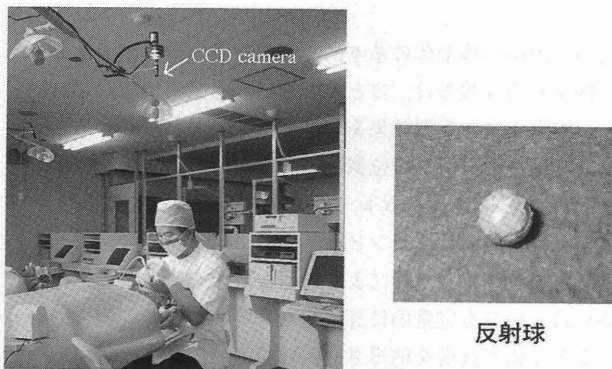
緒 言

う蝕治療に際して、より正確に窩洞形成を行うためには、歯の切削中の体全体の基本的な姿勢や動作が重要であるにも関わらず、これまで術者の適正姿勢およびその動きの定量的評価に関する研究報告は、ほとんどない。そのため、これまで指導者が臨床で初心者指導にあたる際も、正確な基準がなく、漠然とした経験的な表現法で説明してきたため、初心者に理解、納得させることは容易ではなく、その客観的に評価も困難であった。当講座では、これまで、歯科シミュレーションシステムにコンピュータを導入し、実習者自ら実習効果を判定しフィードバックすることが可能となるシステムの構築を試みてきた<sup>1-9)</sup>。今回、身体や治療器具の位置的变化を経時的に定量記録することで、身体の動作の評価が可能となる自動追尾装置を(株)モリタ製作所と共同で開発し、これまでのシミュレーションシステムに応用した。その記録したデータをコンピュータで、統計処理を行い、解析することで、歯の切削中の身体の動作について評価したので報告する。

材料及び方法

自動追尾システム

今回使用した自動追尾システムは、診療用チェアを模したシミュレーション装置に組み込まれており、実習者の頭上に置かれたCCDカメラで、実習者の計測したい部位を自動的に追尾し、コンピュータにリアルタイムで座標として記録、分析、評価が可能となるシステムである(図1)。このシステムの原理は、画像の輝点を追



実習ユニット

図1 実習ユニットと反射球

跡するものであり、実習者の計測したい部分に、反射マーカーを付け、カメラ側からのライティングで、計測部位を白い輝点として認識し、この輝点の面積の重心を計

測部位のデータとして保存するシステムである。反射マーカーは、反射テープを使用し、実習者の計測したい部位(標点)に直接、反射テープを貼るか、あるいは、直径約5mmの球に反射テープを貼って作製した反射球を(図1)両面テープで計測したい部位(標点)に固定する。実習者の頭上のCCDカメラのすぐ横に光源を設置し撮影すると、画面上に計測点が出る輝点として映る。モニター上の計測基準点をマウスで掴んで標点に合わせると認識を始め、輝点を追尾しながら軌跡を描く。この点をコンピュータにより、自動的にリアルタイムで追尾し、1/15秒毎に座標として記録を行う。図2は記録座標について示す。単位はピクセルで、モニター上の左上が

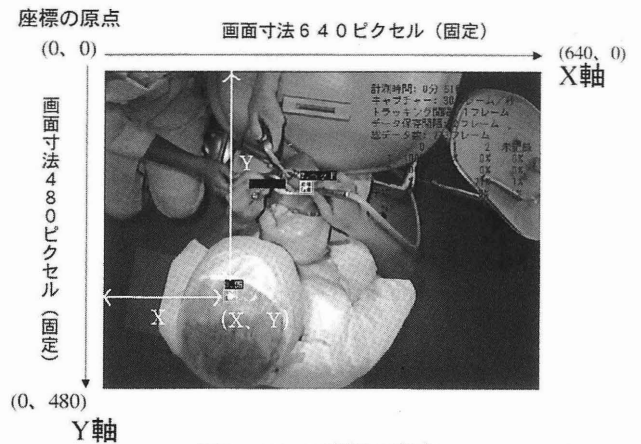


図2 X, Y座標の設定

原点(0,0), X軸は最大640ピクセルまで、Y軸は最大480ピクセルである。1ピクセルの実寸は、マネキンの胸部相当部で約1.35mmである。図3は記録した座標を表計算ソフト(EXCEL Microsoft社製)に取り込んだ例である。左は、術者やモデレーター、計測時間、キャプチャー、トラッキング間隔、データ保存間隔、総データ数等について示しており、右は各ポイントのXY座標値を示す。データをすべて記録しているので後で解析しなおすことが可能である。システムの主な特徴についてまとめたものを表1に示す。

1	A	B	C	D	E	F	7857	A	B	C	D
2	術者・モデレーター						7858	3標			
3	SF Set No.	20					7859	フレーム	X	Y	距離
4	片	15					7871	1	237	281	0
5	片	10					7872	2	237	280	0
6	片	10					7873	3	237	279	0
7	片	11					7874	4	237	278	0
8	片	1					7875	5	238	278	0
9	モデレーターIC	2					7876	6	238	276	0
10	モデレーターI	1					7877	7	239	276	0
11	データ間隔	1					7878	8	239	275	0
12	片	2001.7.23					7879	9	239	274	0
13	計測時間						7880	10	240	274	0
14							7881	11	240	274	0
15							7882	12	241	274	0
16	計測時間	4分		21秒			7883	13	242	274	0
17	キャプチャー	20フレーム/秒					7884	14	243	274	0
18	トラッキング間隔	1フレーム					7885	15	243	274	0
19	データ保存間隔	2フレーム					7886	16	244	274	0
20	総データ数	3916フレーム					7887	17	244	274	0
21							7888	18	244	274	0
22							7889	19	244	274	0
23	1	99%	0%	0%	1%		7890	20	244	274	0
24	2	3.4%	0%	2%	6.4%		7891	21	244	274	0
25	3	2%	0%	9%	1%		7892	22	244	274	0
26							7893	23	245	274	0
27	平均	45%	0%	33%	22%		7894	24	244	274	0
							7895	25	245	273	0
							7896	26	246	274	0

図3 記録した座標を表計算ソフトに取り込んだ例

表1 システムの主な特徴

- ① 特殊な装置やカメラを必要とせずに、既存のSATV-CCDカメラ及び市販パソコンで実現した。
- ② 最大8ポイントについて20分間という長時間にわたり、1/15秒毎に、追跡精度1~2mmでリアルタイムに連続記録ができる。
- ③ 実習内容や実習者に応じたスキルフレーム、すなわち標点の許容できる移動範囲を自由に設定することができる。
- ④ 測定、記録毎にスキルフレームのスタートポイントを位置付けすることができる。
- ⑤ 動作分析の評価を表示、記録することができ、また再現することができる。
- ⑥ 記録方法は画面上に軌跡として、また座標としての両方の方式で記録できるので後にエクセル等に取り込み、詳しく解析することが簡単にできる。

また本システムは、事前に、計測する標点の動きの大きさの許容できる移動範囲を決めておくと、その許容範囲の内外にあった時間の比率について表示される。この許容できる移動範囲をスキルフレーム(図4)と呼ぶ。図5にスキルフレームの設定画面を示す。Skill Frame 0は外枠のサイズ、Skill Frame 1は内枠のサイズを表し、座標入力で設定する。x0, y0には、スタートポジションの座標値を入力し、x1, y1には枠の左上の座標値を、x2, y2には枠の右下の座標値を入力する。Track Sizeにはマーカーを追跡する範囲を座標値単位で入力するようになっている。

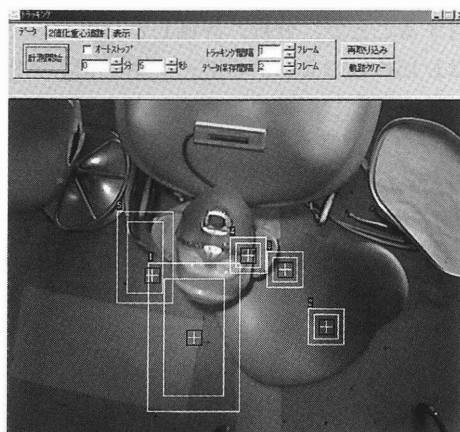


図4 スキルフレーム

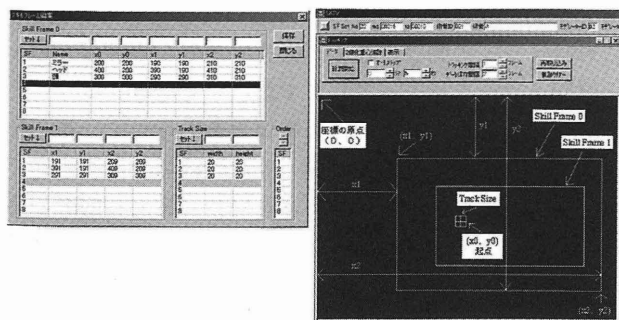


図5 スキルフレームの設定

実験1

当講座の臨床歴10年以上の熟練医局員Zと、入局1・2年目の医局員(A~E)の計6人により、松風カーバイドバー331L(松風)で人工歯(AIA-500エポキシ歯上顎右側第一大臼歯:ニッシン)にレジン充填用のMO窩洞の形成を試みた。今回は解析を容易にするため、窩洞は単純に遠心からバーの長さ半分程度の深さで咬合面形成後、近心隣接面をバーの長さ程度の深さのボックス形成を行った。その際、ミラーの柄の先端、ハンドピース、頭部に標点を設置し(図6)、追尾、記録した。今

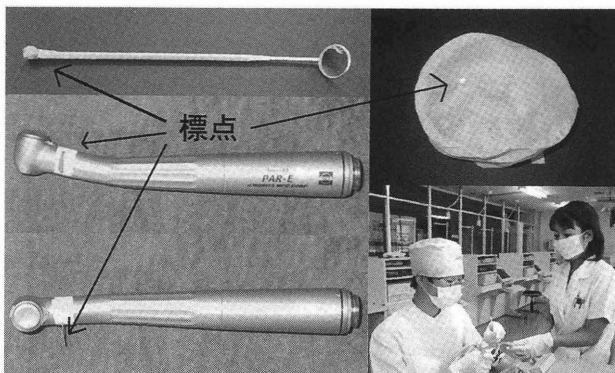


図6 標点の設定

回、ハンドピースの標点については、口腔という狭い範囲で、ハンドピースの角度や、また手指で標点が見えなくなることがあったため、術者毎に記録可能な部位に設置したため、術者が異なると同じ部位とは限らない。まず、1・2年目の医局員(A~E)にMO窩洞の形成をさせ、ミラー、ハンドピースや頭部についての動きや位置を記録した。その後、世界pdヘルスケアーソサエティのSATV実習プログラム<sup>10-14)</sup>による最適な診療姿勢、手指や治療器具のコントロールなどについての講習を行い、再度、形成を行い、講習前後のミラー、ハンドピース、頭部について動きや位置を比較、検討した。熟練医局員Zについては数年前に講習を受けているため、データ採取は1回のみとした。

実験2

スキルフレームを設定し、実験1と同様に初心者A~Eと熟練者Zのミラー、ハンドピース、頭部の標点のスキルフレーム内外の比率について講習前後で比較して検討した。今回、スキルフレームの設定については、基礎的なデータが無いため、Skill Frame 0とSkill Frame 1を同一にし、便宜的に単純な一つの枠になるように設定して、スキルフレームサイズは全て20ピクセル(1ピクセルは、長さにして約1.35mm)の正方形とした。

## 結果及び考察

## 実験 1

図7は、熟練医局員Zと、新入医局員(A~E)の講習前と講習後のミラー、ハンドピース、頭部の標点の軌跡を示す。ここに写っているミラー、ハンドピース、頭部の写真は形成終了直後の写真であり、必ずしも形成中の状態を反映してはいない。また、この図では、頭部の移動についてはおおよその動きがわかるが、ミラーやハンドピースについては動きが小さすぎて詳細は不明である。また、追尾中に、姿勢が悪く上体が大きく前屈みになったり斜めになったりして、頭部でミラーやハンドピースの標点が隠れてしまうとその後、追尾できなくなる。

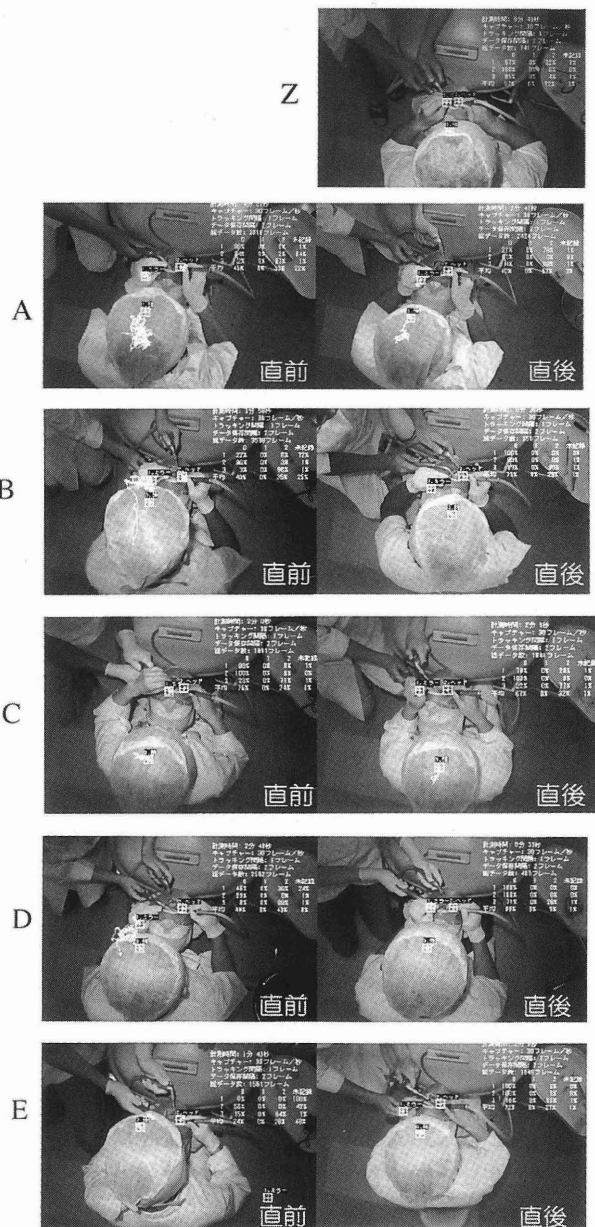


図7 軌跡の写真

講習前のEはその例で、切削時の姿勢が悪く、ミラーが頭部で隠れてしまい認識できていない。山本ら<sup>15)</sup>は、タービンヘッド、デンタルミラー、術者の右手第2指、術者の頭部の動きを画面上でトレースし、X方向Y方向の最大値をそれぞれの一辺とする長方形の面積を動きの面積として分析しているが、形成中の大部分を無駄のない理想的な動きをしていても、一瞬でも動けば大きな要素となり、実際の動きを反影しているとは言えない。また今回、筆者らが調べたところ、ハンドピースの動きは17インチのモニター上で、最大でも約1.3mm程度と極めて小さく手指で正確にトレースすることは困難であった。さらに、渡邊ら<sup>16)</sup>はミラーテクニックを学ぶためにCCDカメラ本体の液晶パネルに映し出された鏡像を見ながら形成を行い形成歯の評価を行っている。しかし、まず、見たい部位にミラーを動かすことが、初心者には容易ではないと考えられる。

そこで我々は、経時的に各部位の位置を座標としてとらえ、定量化して統計処理を行い、解析することで動きを評価した。初心者A~Eの講習前後の動きの違いや熟練医局員Zとの違いについて、まず、全体の動きのイメージを捉えるため、データポイントを折れ線でつないだ散布図として軌跡の再現を行い、動きの中心をX・Y座標の平均値で求め、動きの大きさの基準を一瞬の動きに惑わされない様に標準偏差で考えることとした。また、合わせて、動きの偏りを解析するためヒストグラムについて検討することで、分析、評価した。

図8は1/15秒毎のミラーのデータポイントを折れ線でつないだ散布図とし、軌跡を再現したものである。写真ではわからない複雑なミラーの動きが明らかになった。今回行った窩洞形成は、右上第一大臼歯に咬合面形成を行った後、近心隣接面にbox形成を行った。咬合面形成から近心隣接面形成に移動する際、ミラーは左右方向には動かず、矢状方向に移動するはずである。そのため、X軸は、ほとんど変化なく、Y軸に延びる軌跡が得られると考えられる。熟練者Zのミラーの軌跡では、Y軸に延びる直線上の軌跡が認められた。AとCのミラーの軌跡の講習前後を比較すると、Y軸に延びる直線に近づいており、講習による技術の進歩を推察することができた。講習前のBのミラーの軌跡は、2つに分離しているが、これはミラーの動きが速く、大きすぎて、時折コンピュータがミラーを見失ってしまったためである。

表2は、ミラーの座標の標準偏差をあらわす。初心者はミラーを上手く扱うのが難しいため、見える位置までミラーをもってくるのに時間がかかり、見える位置を見つけてから形成に入る場合もあり、単に動きの最大値では正確に評価できないため、今回、動きの大きさの指標として標準偏差を使用した。講習前後で、A~Eのミラー座標の標準偏差の平均は、Xが2.74ピクセルから1.47

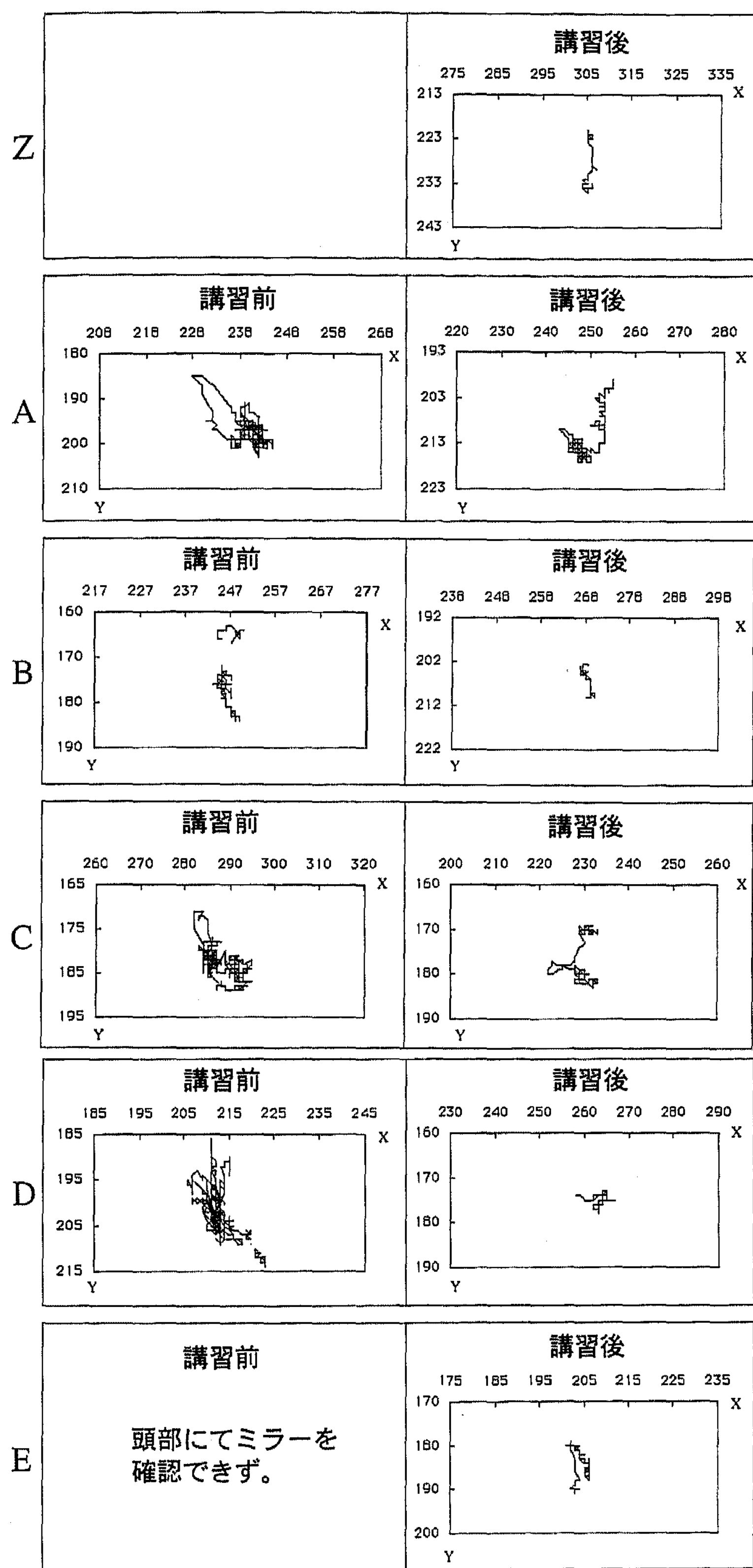


図8 ミラーの軌跡

表2 ミラーの動きの標準偏差

	時間 (秒)	総データ数	x(ピクセル)	y(ピクセル)	
講習前	A	261	3916	2.01	1.93
	B	238	3578	1.71	6.19
	C	120	1811	3.23	2.88
	D	166	2502	4.00	5.32
	平均	196.25	2951.75	2.74	4.08
	S.D.	64.97	970.49	1.07	2.00
講習後	A	161	2424	2.59	4.67
	B	36	551	0.75	2.22
	C	129	1941	1.51	4.71
	D	33	497	1.28	1.04
	E	129	1949	1.23	2.29
	平均	97.6	1,472.40	1.47	2.99
S.D.	59.07	887.79	0.68	1.63	
Z	49	741	0.49	5.51	

ピクセル、Yは4.08ピクセルから2.99ピクセルと共に小さくなっているが、ばらつきが大きく、t検定(対応2サンプル平均値検定)を行ったところ、X成分、Y成分ともに講習前後では有意差(危険率5%以内)は認められなかった。

図9から図14は、ミラーの座標のヒストグラムを示す。熟練した術者では咬合面形成と近心形成時、ミラーは、矢状方向に移動し、咬合面形成と近心隣接面形成の2つの位置でミラーの位置は固定されるものと思われ、X軸は一定で、Y軸は2つのピークが見られるはずである。熟練医局員Zのヒストグラムをみると、X軸に1峰性の、Y軸に2峰性のグラフの理想的な結果が得られていることが確認される。Aは、軌跡や標準偏差からミラーが良く動いているが、ヒストグラムを見ると、位置が安定しておらず、ミラーを適切に使いこなせていない。また、Dは軌跡、標準偏差やヒストグラムからミラーが動いておらず、盲目的に形成していることが推察できる。実際、形成終了後に、本人に確認したところ、窩底部は全く見えていなかったとのことだった。Cの講習後のミラーは、ヒストグラムで、Y軸に2峰性のグラフがえられており、ミラーの像を確認しながら形成していることがうかがえた。

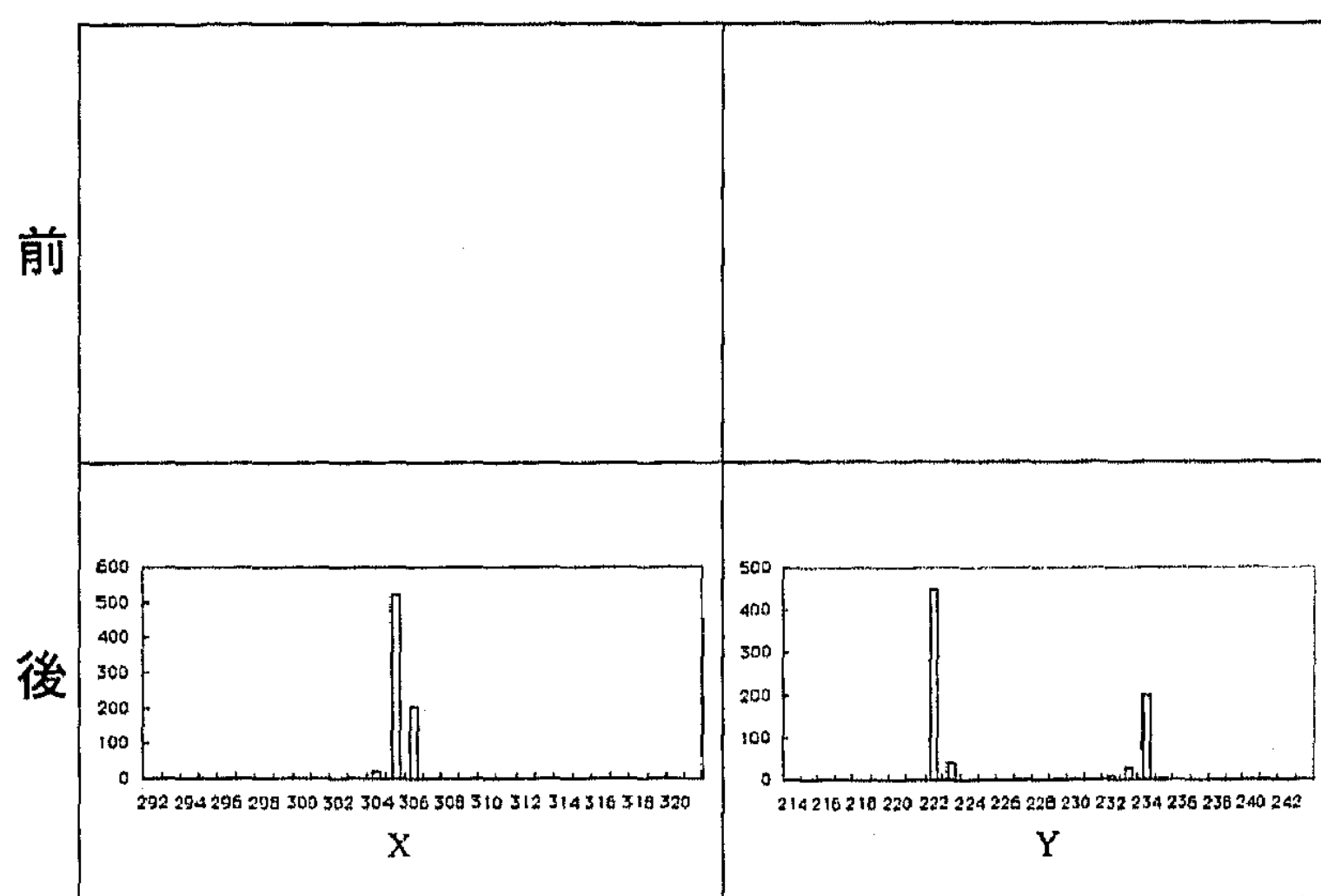


図9 ZのミラーのX, Y座標のヒストグラム

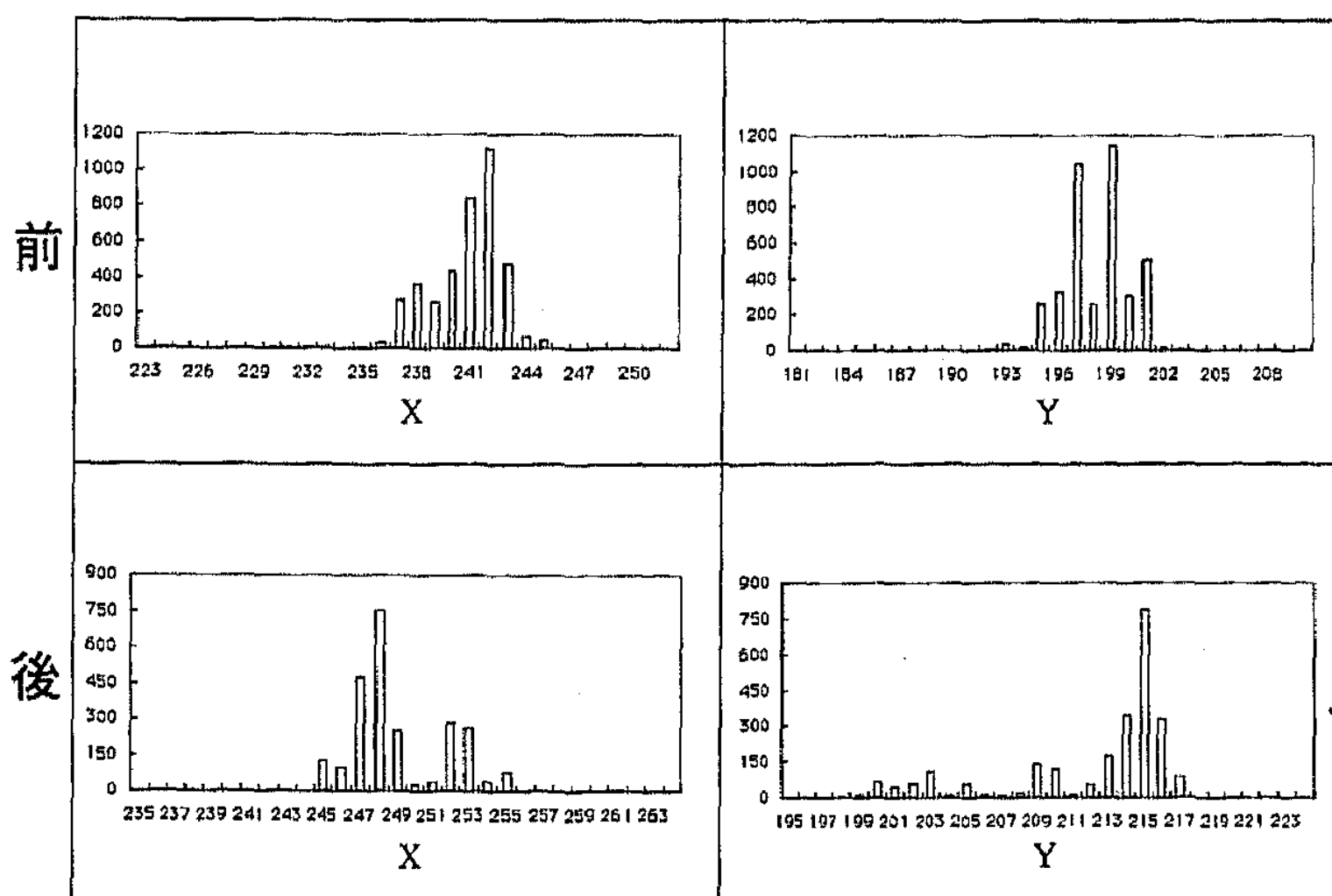


図10 AのミラーのX, Y座標のヒストグラム

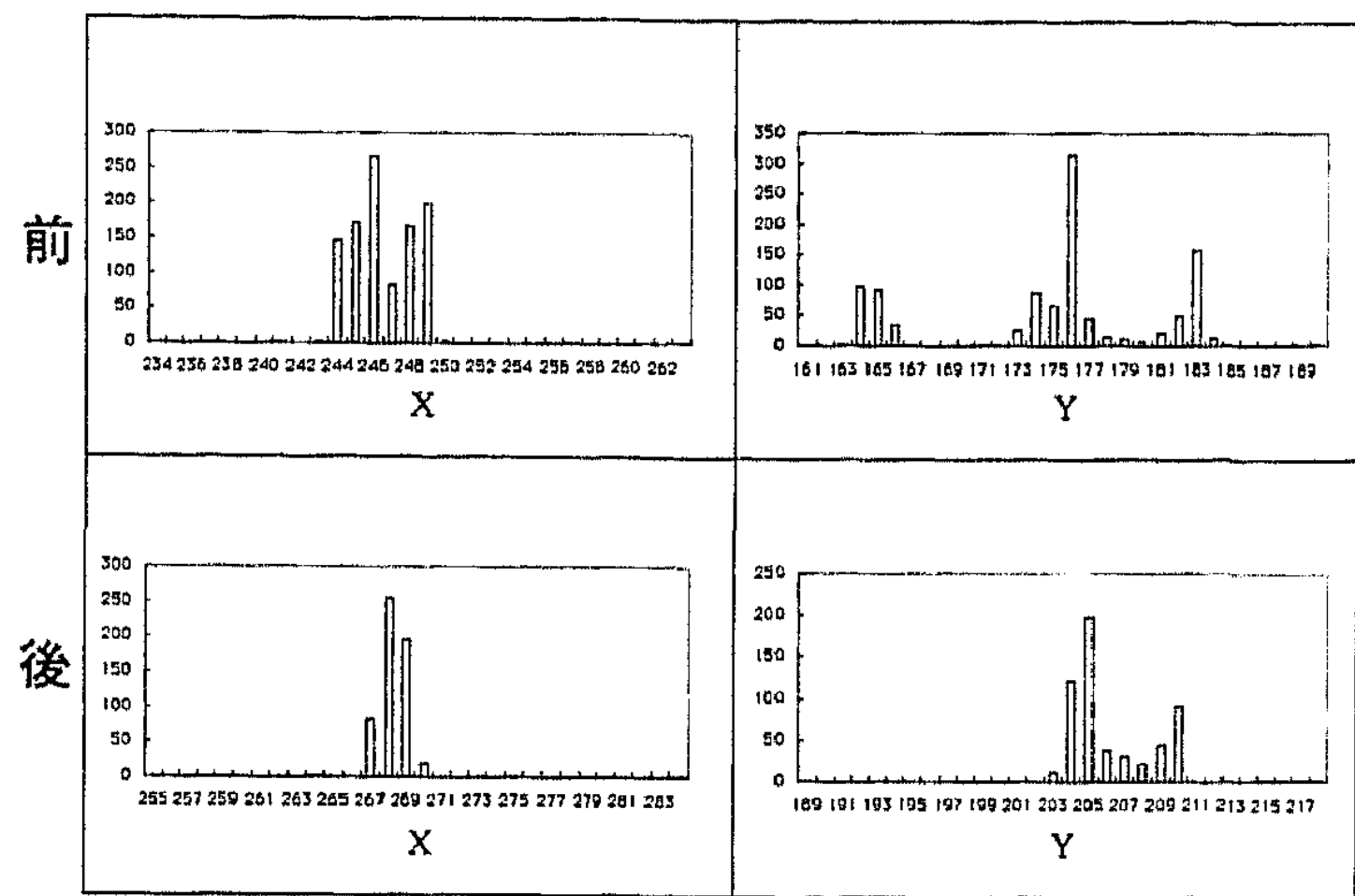


図11 BのミラーのX, Y座標のヒストグラム

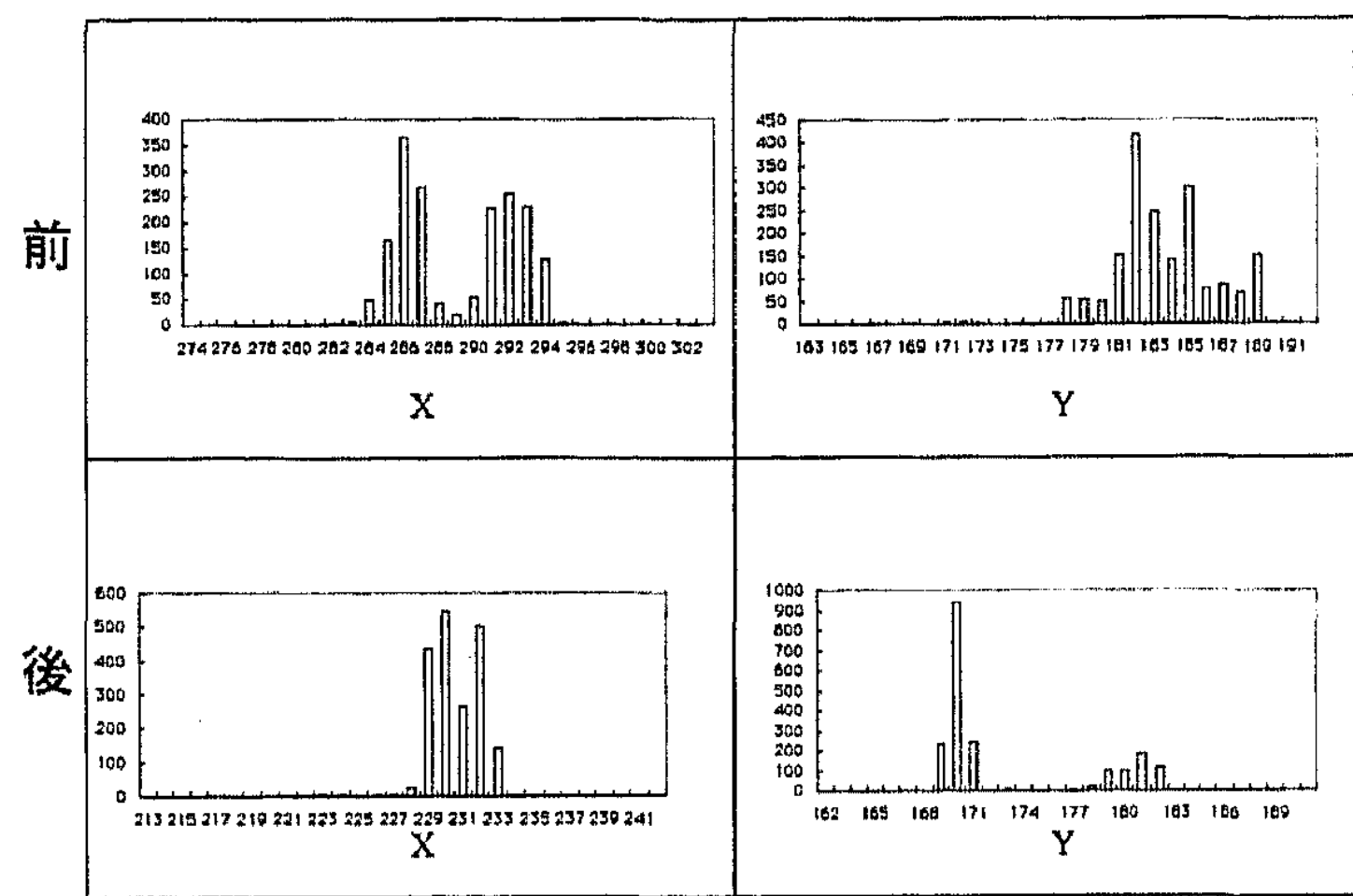


図12 CのミラーのX, Y座標のヒストグラム

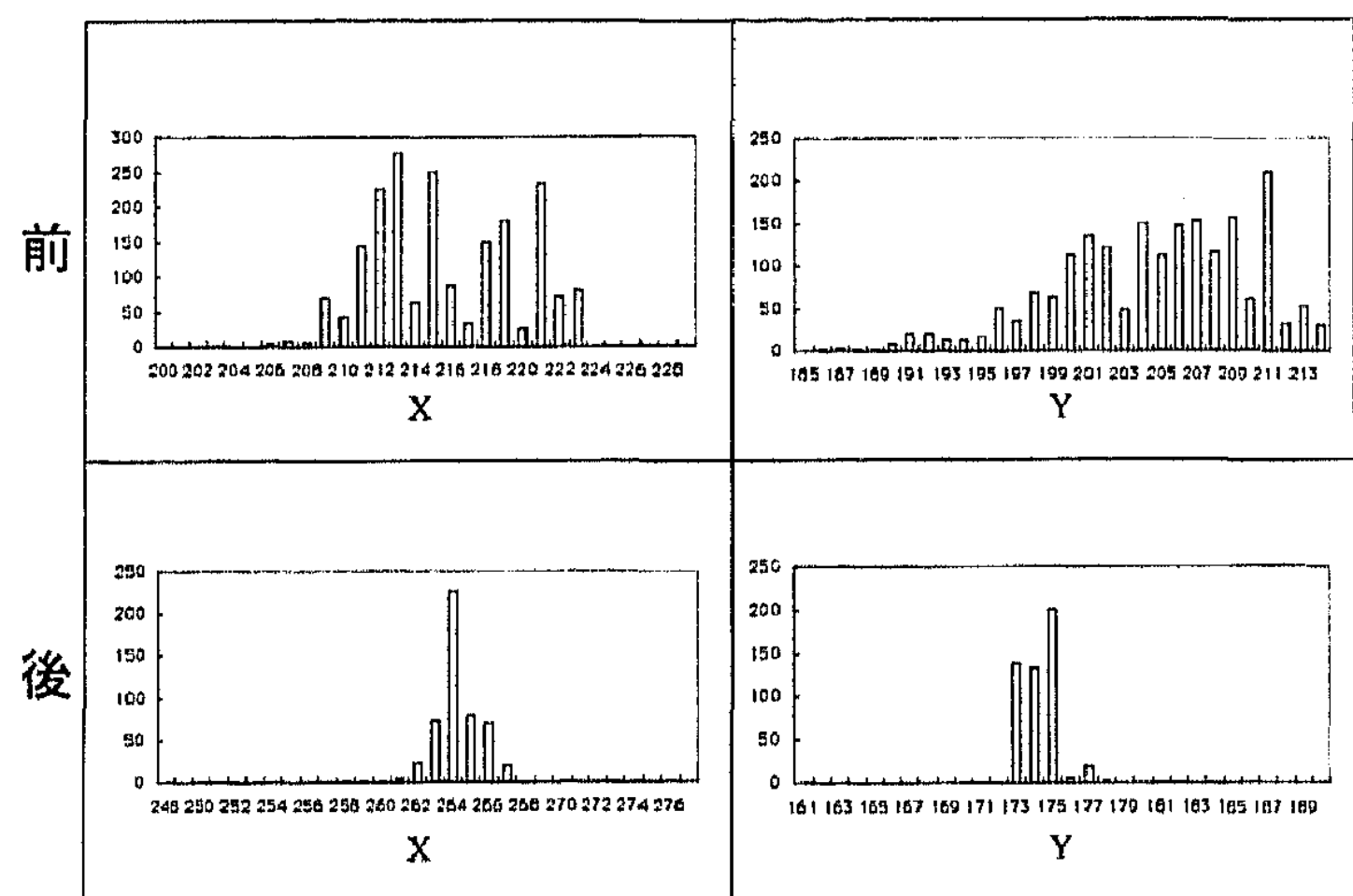


図13 DのミラーのX, Y座標のヒストグラム

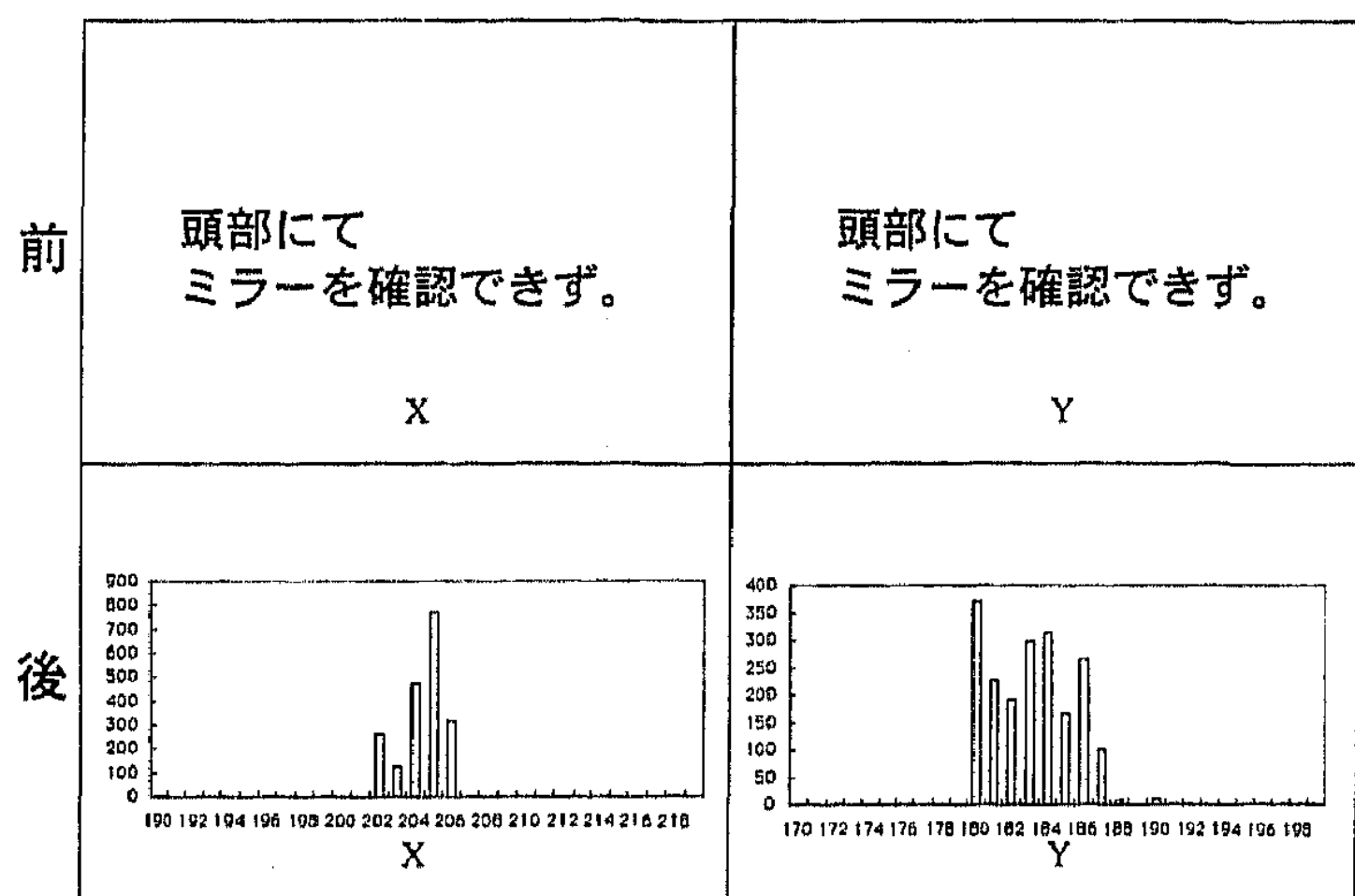


図14 EのミラーのX, Y座標のヒストグラム

図15はハンドピースのデータポイントを折れ線でつないで軌跡を再現したものである。写真ではわからなかったハンドピースの動きがよく分かる。全般に、初心者は、講習前には歯軸方向がつかめず、複雑な軌跡を描いているが、講習後は講習前と比べ歯軸方向がつかめてきたことで単純な形となっていることが確認できた。熟練者Zは初心者と比べ、歯軸方向をつかんでいるため、無駄な動きが少ない単純な軌跡であることが判明した。

表3はハンドピースの動きの標準偏差を表す。初心者では、CのX成分を除いて、講習前に比べ講習後では、大幅に小さくなった。A~Eの標準偏差の平均値を比較すると、講習前後で、Xは2.58ピクセルから1.14ピクセル

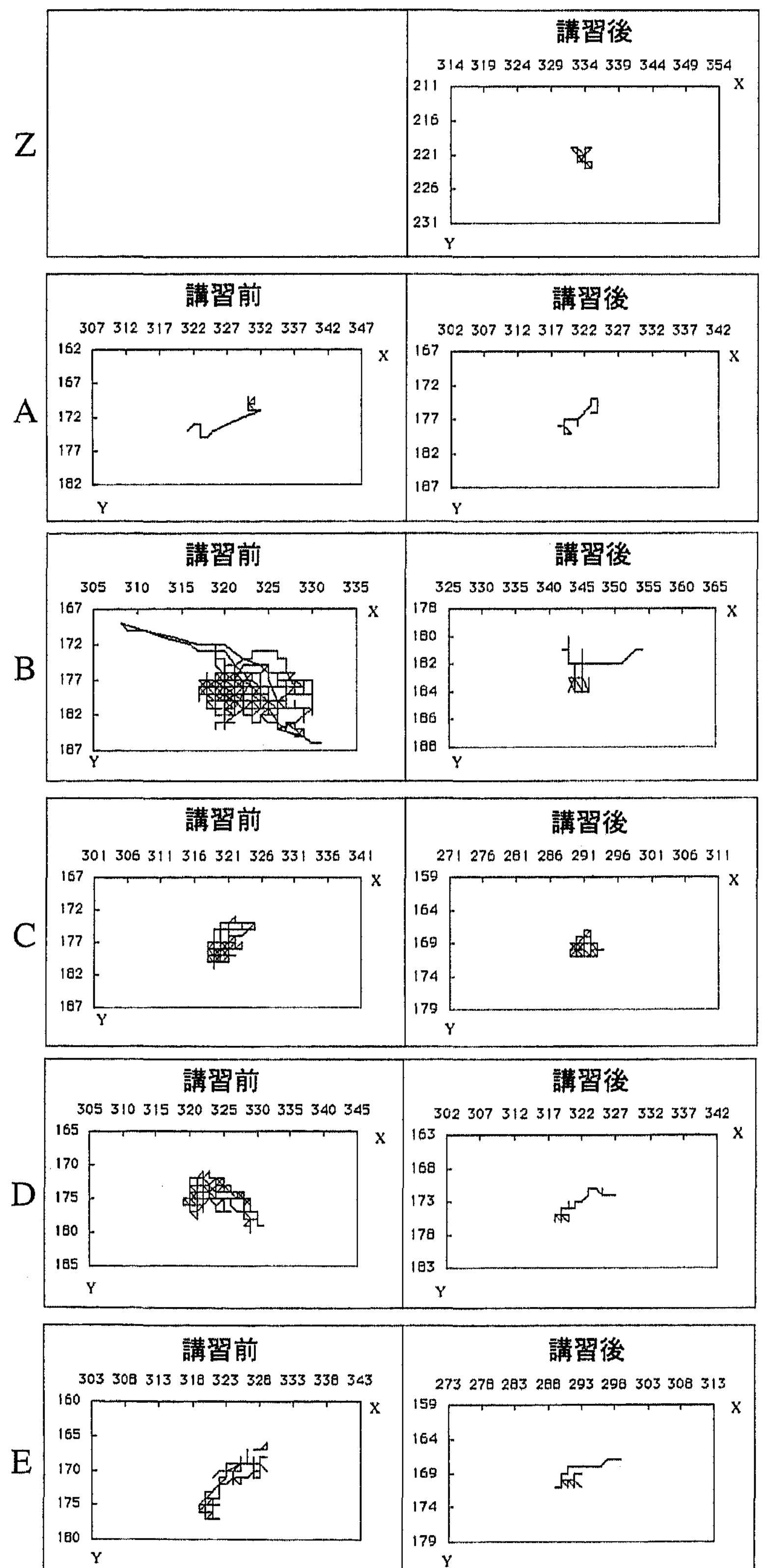


図15 ハンドピースの軌跡

表3 ハンドピースの動きの標準偏差

講習前

	時間 (s)	総データ数	x(ピクセル)	y(ピクセル)
A	261	3916	3.04	2.12
B	238	3578	3.00	1.91
C	120	1811	1.12	1.51
D	166	2502	3.03	1.36
F	103	1551	2.73	3.07
平均	177.60	2,671.60	2.58	1.99
S.D.	70.04	1,048.24	0.83	0.67

講習後

	時間 (秒)	総データ数	x(ピクセル)	y(ピクセル)
A	161	2424	1.09	1.19
B	36	551	1.13	0.99
C	129	1941	1.28	0.92
D	33	497	1.24	0.79
F	129	1949	0.96	0.57
平均	97.6	1,472.40	1.14	0.89
S.D.	59.07	887.79	0.13	0.23
Z	49	741	0.63	0.84

ル, Yは1.99ピクセルから0.89ピクセルと小さくなっていった。t検定 (対応2サンプル平均値検定) を行ったところ, X成分, Y成分ともに講習前後で有意差 (危険率5%以内) が認められた。このことから, 歯軸方向をつかみ, 動きの小さい安定した切削を行うことが可能となったことが明らかとなった。

図16は頭部のデータポイントを折れ線でつないで軌跡を再現したものである。初心者A~Eの講習前は, 左右前後と複雑な動きを示しているが, 講習後では講習前と比べ単純な動きとなっていることが認められた。

表4は頭部の座標の平均値を示す。今回, 頭部の標点の座標の平均値を頭部の動きの中心とした。X成分に関しては, Aは小さくなったが, B~Eは大きくなっていった。初心者A~EのX成分の平均値は, 講習前後で221.38ピクセルから260.92ピクセルと大きくなっていったが, t検定 (対応2サンプル平均値検定) で, 有意差 (危険率5%以内) は, 認められなかった。Y成分に関しては, Aは, ほとんど変わらないが, B~Eは大きくなっていった。初心者A~EのY成分の平均値は, 講習前後で255.96ピクセルから287.17ピクセルと大きくなっており, t検

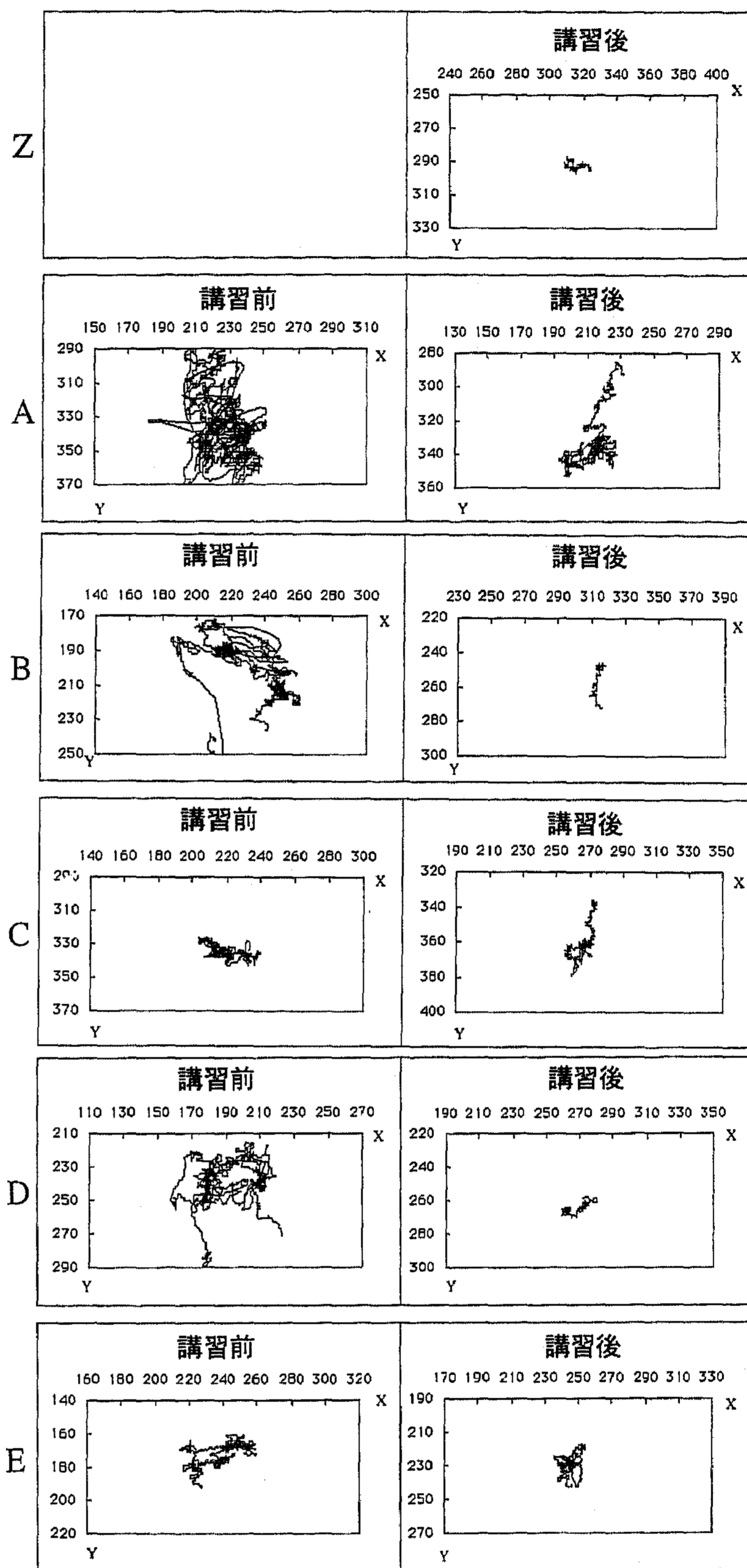


図16 頭部の軌跡

表4 頭部の座標の平均値

講習前

	時間 (秒)	総データ数	x (ピクセル)	y (ピクセル)
A	261	3916	227.12	332.30
B	238	3578	230.40	201.78
C	120	1811	220.92	334.55
D	166	2502	192.06	237.51
E	103	1551	236.38	173.67
平均	177.60	2,671.60	221.38	255.96
S.D.	70.04	1,048.24	17.32	74.25

講習後

	時間 (秒)	総データ数	x (ピクセル)	y (ピクセル)
A	161	2424	213.7	331.46
B	36	551	313.56	253.91
C	129	1941	267.17	357.39
D	33	497	265.57	265.37
E	129	1949	244.61	227.73
平均	97.6	1,472.40	260.92	287.17
S.D.	59.07	887.79	36.5	54.79
Z	49	741	314.88	292.09

定 (対応2サンプル平均値検定) で有意差 (危険率5%以内) が認められた。Y座標が大きくなったということは, 頭部が後方へ移動し背筋が伸びた無理のない姿勢に近づいたと言う事ができる。

表5は頭部の座標の標準偏差を示す。X成分に関しては, 講習前後で初心者A~E全て小さくなっていった。初心者A~Eの標準偏差の平均値は, 講習前後で13.50ピクセルから5.05ピクセルで著しく小さくなっており, t検定 (対応2サンプル平均値検定) で有意差 (危険率5%以内) が, 認められ, 頭部の左右方向の動きが著しく小さくなっていることが示された。Y成分に関しては, 講習前後で, Cを除く他はすべて小さくなっている。初心者A~Eの平均値は, 12.49ピクセルから7.68ピクセルで

表5 頭部の動きの標準偏差

	時間(秒)	総データ数	x(ピクセル)	y(ピクセル)	
講習前	A	261	3916	11.99	22.46
	B	238	3578	19.02	17.58
	C	120	1811	9.95	3.66
	D	166	2502	14.93	12.08
	E	103	1551	11.62	6.66
平均	177.60	2,671.60	13.50	12.49	
S.D.	70.04	1,048.24	3.57	7.71	
講習後	A	161	2424	8.97	14.72
	B	36	551	1.97	6.88
	C	129	1941	5.04	9.61
	D	33	497	5.1	2.35
	E	129	1949	4.19	4.84
	平均	97.6	1,472.40	5.05	7.68
	S.D.	59.07	687.79	2.53	4.75
Z	49	741	3.79	2.1	

小さくなっていたが、t検定(対応2サンプル平均値検定)では講習前後で有意差(危険率5%以内)が認められなかった。しかしCのY座標値が著しく大きくなってしまったため、Cを除けば、有意差が認められ、矢状方向でも、頭部の動きが、小さくなっていることが確認できた。

実験2

表6は今回、便宜的に設定したスキルフレームでのフレーム内外での割合を示す。ミラーに関しては、全般に講習後にフレーム外の割合が増えていた。ミラーの動きが小さすぎれば、ミラーを使用していないと言えるし、また動きが大きいだけで使いこなせているかわからないため、ミラーに関しては、スキルフレームで評価することは、有効ではないと考えられる。

ハンドピースと頭部の動きでは、講習後にフレーム内

表6 スキルフレームの内外の割合

Z	講習前			講習後		
	フレーム内	フレーム外	未記録	フレーム内	フレーム外	未記録
ミラー	67%	32%	1%	67%	32%	1%
ハンドピース	100%	0%	0%	100%	0%	0%
頭	95%	4%	1%	95%	4%	1%
A	講習前			講習後		
	フレーム内	フレーム外	未記録	フレーム内	フレーム外	未記録
ミラー	99%	0%	1%	21%	78%	1%
ハンドピース	34%	2%	64%	91%	0%	9%
頭	2%	97%	1%	6%	93%	1%
B	講習前			講習後		
	フレーム内	フレーム外	未記録	フレーム内	フレーム外	未記録
ミラー	22%	6%	72%	100%	0%	0%
ハンドピース	96%	3%	1%	99%	0%	1%
頭	3%	96%	1%	19%	80%	1%
C	講習前			講習後		
	フレーム内	フレーム外	未記録	フレーム内	フレーム外	未記録
ミラー	99%	0%	1%	79%	20%	1%
ハンドピース	100%	0%	0%	100%	0%	0%
頭	28%	71%	1%	22%	77%	1%
D	講習前			講習後		
	フレーム内	フレーム外	未記録	フレーム内	フレーム外	未記録
ミラー	46%	30%	24%	100%	0%	0%
ハンドピース	99%	0%	1%	100%	0%	0%
頭	0%	99%	1%	71%	28%	1%
E	講習前			講習後		
	フレーム内	フレーム外	未記録	フレーム内	フレーム外	未記録
ミラー	0%	0%	100%	100%	0%	0%
ハンドピース	58%	0%	42%	100%	0%	0%
頭	15%	84%	1%	16%	83%	1%

に収まる割合が増えていた。ハンドピースの動きが安定し、頭部の動きが小さい安定した診療姿勢に近づいたものと推察できた。

今回、スキルフレームの設定については全員同一のスキルフレームで評価した。そうした方法は、参加した被験者同志が興味を持ち、競い合ったことから考えて、学生実習に導入しても、学生は高い関心を持つだろうと予想できる。しかし動きの許容できる範囲は、個人によって違うものであり、実習者それぞれに適合したスキルフレームを設定して実習を行うのも一つの方法である。

今回の実験から、個人のデータを事前に記録してそれを術者に提示し、身体の動作の欠点を確認し、繰り返し実習を行うことの有効性が示された。

結論

今回、我々は、身体や治療器具の位置的变化をリアルタイムに定量的に記録することで、身体の動作の評価が可能となる自動追尾装置を開発し、これまでのシミュレーションシステムに応用した。臨床熟練者と臨床初心者のミラー、ハンドピース、頭部の位置に標点を設置し、コンピュータのモニター上で座標としてとらえ、その位置変化を経時的に記録し、比較した。また、SATVプログラムによる最適な診療姿勢、手指、治療器具のコントロールについて講習を受講させ、講習前後の違いについても定量的に評価した。ミラーについては、切削する部位や目的で、ミラーの位置は変わるものであり、事前に設定したスキルフレーム内に収まるかどうかで評価するのは、相応しく無く、軌跡や座標のヒストグラムで評価の方が適していた。初心者がミラーを上手に使用することは容易ではないが、講習により、正しいミラー使用が可能となった例も、座標を解析することで、確認された。ハンドピースは、スキルフレーム、座標の活用が、有効であり、講習によって、ハンドピースのぶれが著しく小さくなったことが確認された。頭部については、スキルフレーム、座標の活用が有効であり、特に、座標を解析することで、講習によって頭部が後方へ移動し背筋が伸びた無理のない姿勢に近づき、かつ、頭部の動きが著しく小さくなったことが、定量的に示された。開発した自動追尾装置は、初心者には歯の切削中の基本的な身体の動作を指導する際、診療姿勢、手指や治療器具の動きを経時的に座標として記録、表示できるため、指導者が実習者の動きを客観的に評価することができ、また定量的に実習者に提示することが可能となった。

謝辞

稿を終えるに臨み、(株)モリタ製作所には、本研究の遂



行に際して機材の共同開発をいただき、合わせて、暖かい御協力、御助言を戴きました。謹んで感謝の意を表し、心より厚く御礼申し上げます。また、本研究に対し御協力頂きました新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻口腔健康科学講座う蝕学分野の皆様には感謝の意を表します。

本研究の一部は、平成11～13年度科学研究費補助金(基盤研究(A)(1), 課題番号11357018)の補助により行われた。

## 文 献

- 1) 子田晃一, 岩久正明: 歯科臨床教育における効果的シミュレーションシステムの導入 第1報 コンピューターの応用. 日歯教育誌, 10(1): 61-65, 1994.
- 2) 岩久正明: 効果的臨床教育のための模索 シミュレーションシステムの導入とコンピューターの応用. 第7回デンタルシミュレーショントレーニングシステム研究会(DSTS)研究発表論文集: 5-11, 1997.
- 3) 岩久正明, 子田晃一: 歯科教育における効果的シミュレーションシステムの導入. Academy of Performance Logic for Oral Health: 8-11, 1995.
- 4) Kota, K., Ayukawa, Y., Makino, H. and Iwaku, M.: Effective simulation systems for dental clinical education. 基盤研究(A)(1)研究成果報告書: 119-128, 1999.
- 5) 川本達雄: 歯学教育におけるコンピューターの利用 講義への応用. 日歯教誌, 11: 97-100, 1995.
- 6) 子田晃一, 鮎川幸雄, 岩久正明: 臨床シミュレーションシステムへのコンピューターの導入 第1報 回転切削器具適正回転数および形成窩洞の評価法. 日歯保誌, 37(秋季特別号): 152, 1994.
- 7) 牧野久史, 鮎川幸雄, 今村麻枝男, 林敬人, 子田晃一, 岩久正明: 臨床シミュレーションシステムへのコンピューターの導入 第二報 歯内療法実習への応用. 日本歯科保存学会1997年度春季学会(第106回)日歯保存誌, 40(Spring Issue): 123, 1997.
- 8) 鮎川幸雄, 牧野久史, 林敬人, 子田晃一, 岩久正明: 臨床シミュレーションシステムへのコンピューターの導入 第二報 歯内療法実習への応用. 日本歯科人間工学会/日本人間工学会 口と健康部会第13回研究発表大会: 15, 1997.
- 9) 富田文仁, 牧野久史, 子田晃一, 岩久正明: 臨床シミュレーションシステムへのコンピューターの導入 臨床予備実習への応用とその評価. Niigata Dent. J., 31(2): 141-145, 2001.
- 10) 谷口敏雄, 溝部潤子, 子田晃一, 岩久正明: 臨床シミュレーションシステム 'SATVシステム' による実習の効果. 日本人間工学会歯科部会・日本歯科工学研究会第10回講演論文集: 16-24, 1995.
- 11) 谷口敏雄, 芝原健夫, 中村喜一: 固有感覚に基づく(pd) 歯科臨床実習における人体計測. 日本人間工学会歯科部会・日本歯科工学研究会第7回講演論文集: 12-14, 1992.
- 12) 吉原正晃, 川本雅行, 吉川一志: 固有感覚に基づいた診療姿勢の計測. 日歯保存誌, 43(2): 506-511, 2000.
- 13) 谷口敏雄, 芝原健夫: 歯科学習におけるpd法の応用(第1報). 日本歯科工学研究会第7回講演論文集: 13-16, 1990.
- 14) 芝原健夫, 谷口敏雄: 歯科学習におけるpd法の応用(第2報). 日本歯科工学研究会第7回講演論文集: 17-20, 1990.
- 15) 山本宏治, 近藤和生, 青野正男, ダリル・ビーチ: 自己評価のできる朝日大学型デンタルシミュレーターを用いた臨床前の学生実習について. 日教育誌, 9(1): 87-95, 1993.
- 16) 渡邊芳明, 熱田充: 視覚的シミュレーショントレーニングが支台歯形成に及ぼす影響. 日歯教育誌, 14(2): 17-24, 1999.