印象採得法の基礎的検討

第2報 トレーのスペーサーとベントについて

星野 亨

Fundamental Studies of Impression Method

Part 2. Spacer and Vent in Impression Tray

Tohru Hoshino

第1章 緒 言

有床補綴学における印象採得法は、義歯調製の第一歩で義歯の予後を左右し、その比重は大きく今日まで数多くの研究がなされている。特に、被圧変位性を有する顎粘膜を印象対象とするとき、その印象採得法の相違は、義歯調製過程での作業模型の粘膜面形態に影響をおよぼし、その程度により、調製された義歯の適合不良および機能時の床下組織への障害などが考えられ基礎的および臨床的に検討されている。基礎的立場からは作業模型に影響を与える印象圧と、その分布について検討したもの^{1,2)}、レオロジーで検討したもの³⁾、および印象対象物としての顎粘膜の物理的性質について検討したもの⁴⁻¹⁶⁾がある。臨床的立場からは各種印象材と、トレーを用いて印象採得時にトレー内に生じる圧を測定したもの¹⁷⁾、各種印象材を用いて印象採得し、作業模型の寸法精度について検討したもの^{18,19)}および印象圧と顎粘膜形態との関係を検討したもの²⁰⁻²²⁾などがある。

しかし、それぞれの立場から検討されているにもかかわらず、印象採得については未だ明確な結論には至っていないようである。

著者ら²³⁾は床下組織に障害を与えず、機能を十分に発揮できる総義歯を調製するには、無歯顎々堤をいかなる状態で再現すべきかを基礎的立場から検討した。その結

果、印象対象物として無歯顎者の顎粘膜を想定したシミュレーションモデルを製作し、その印象採得によって得られた計測模型を三次元的に計測、比較する治具機構および計測対象物外に計測基準点を有する三次元位置再現装置を考案開発し、報告した²³⁾。

そこで、本研究では総義歯調製過程における印象採得を想定し、顎堤であるシミュレーションモデルを用いて、トレー（スペーサー、ベント）および印象材などの組合せを変え、それぞれの因子がシミュレーションモデルの再現性に及ぼす影響を三次元座標測定機で計測し、基礎的に検討したので報告する。

第2章 材料および方法

I. シミュレーションモデル

印象の対象物は、第1報²³⁾の無歯顎顎粘膜を想定した8種のシミュレーションモデルからシミュレーションモデルA-3タイプ（以下、モデルA-3と略す）とシミュレーションモデルCタイプ（以下、モデルCと略す）およびコントロールとしてシミュレーションモデルGタイプ（以下、モデルGと略す）の計3種を用いた（図1）。モデルA-3は、顎骨に相当したエポキシレジンに顎粘膜としてウレタンラバーを厚さ3.0mmで均一となるよう接着したもの、モデルCはエポキシレジンを中心円の凸状に成型し、厚さ3.0と2.0mmのウレタンラバーである。これらモデルA-3およびCと比較検討するために、モデルGは顎粘膜としてのウレタンラバーを接着せず平滑なエポキシレジンのみである。また、各ウレタンラバー厚さにおける常用荷重量¹⁰⁾下での局所被圧変位量¹⁰⁾を表1に示した。

日本大学大学院歯学研究科歯科臨床系専攻（指導：森谷 良彦教授）

Nihon University Graduate School of Dentistry at Tokyo (Major in Prosthodontics), (Director: Prof. Yoshihiko Moriya, D.D.S., D.D.Sc.)

昭和58年12月14日受付

図1 シミュレーションモデル

表1 ウレタンラバーの被圧変位量

ラバー厚さ	Mean	SD
2.0	0.82	0.12
3.0	1.10	0.08

unit : mm

常用荷重量 : 68g /mm²

II. 印象採得

印象採得は3種のシミュレーションモデルに対して、4種のトレーに3種の印象材を用いて、三次元位置再現装置と万能試験機（インストロン社，1123型）とで行った。

1. トレー

トレー（図2）はステンレススチール製で、ストッパーとベントの有無から4種類作製した。スペーサー無しをトレー SP (0)，ストッパー（長さ 10.0×幅 10.0×厚さ 2.0mm）板を対称的に4カ所設け、スペーサー 2.0mm を付与したものをトレー SP (2) とした。これらについて、ベント無しをトレー V (-)，ベント（直径 2.5mm）を 2.5mm 間隔でトレーの上および周縁部に設けたベント有りをトレー V (+) とした。

2. 印象材および模型材

印象材はアルジネート印象材（以下，ALG と略す），ポリサルファイドラバー印象材（以下，RUB と略す）およびビニルシリコーン印象材（以下，SIL と略す）をエルコミックス（エルコデント社，TYPE 2）にて練和し，模型材はコンビネーションユニット（ウィップミックス社，MODEL-D）にて真空練和して用いた（表2）。印象材の使用に関し，ALG でテクニコールボンド（而至社），RUB および SIL では専用の接着剤を使用した。

3. 印象採得および計測模型

シミュレーションモデル上面とトレー上面とが平行となるように，万能試験機のロードセル部に三次元位置再

図2 トレーおよびその構造図

現装置のヘッド上部を連結し，このヘッド下部にトレーを設定した（図3）。つぎに，シミュレーションモデル上方 27.0 mm のトレーに印象材（表2）を盛り，さらにシミュレーションモデル上面にも塗りつけ，トレー圧接速度 100 mm/min. でシミュレーションモデル 2.0 mm 上方まで圧接し，その後，直ちにトレーを圧接速度 0.05 mm/min.，0.51 g/mm² (1.0 kgf) の保持圧で印象材の硬

表 2 実験に用いた印象材と模型材

略号	製品名	製造会社名	製造番号	使用条件 (練和時間)
ALG	ALGIACE POWDER	Sankin Mfg.	117-344	Water/Powder 33.6ml/15g (45sec)
RUB	SURFLEX-F Regular type	G-C Mfg.	201011	Base/Catalist 10g/15g (45sec)
SIL	EXAFLEX Regular Type	G-C Mfg.	030331	Base/Catalist 12g/12g (30sec)
NEW PLASTONE		G-C Mfg.	820721	Water/Powder 19.2ml/80g(60sec)

図 3 各装置の位置関係

図 4 模型材の注入

図 5 三次元位置再現装置と計測模型

象採得および計測模型の作製は温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 10\%$ の環境下で行った。

III. 計測方法

1. 計測基準の設定

計測には三次元座標測定機²²⁻³¹⁾(東京精密社, XY ZAX, M-400)にミニコンピュータ(日本データゼネラル社, NOVA-4C 型)を組合わせたシステムを用いた。

シミュレーションモデルおよび計測模型外に計測基準を設定するため、三次元位置再現装置の本体表面にL字型の基準平板(図6-I)を取り付け、三次元座標測定機の計測基準とした。

計測基準は図7に示すごとく、基準平板上の Z1, Z2, Z3 から XY 平面を決定し、さらに Y1, Y2 を通り XY 平面と垂直に XZ 平面を定め、これら3平面からミニコンピュータ(NOVA-4C)にて X 軸, Y 軸, Z 軸および原点を定めた。これら計測基準軸および原点の設定はシミュレーションモデルおよび計測模型の計測時ごとに行い、設定に際しては一定の接触圧により作動する電子プローブ(東京精密社, TP-1, フィーラ先端半径 $500 \mu\text{m}$)を使用した。三次元座標測定機を用いて計測時ごとに計測基準軸と原点を設定して行うので、この原点のくり返し再現精度としての標準偏差は X, Y 方向で $4 \mu\text{m}$ および Z 方向で $3 \mu\text{m}$ であった。

化(ALG で 6 分, RUB で 20 分, SIL で 10 分)まで保持した。

印象材の硬化後、三次元位置再現装置のアーム各部をロックし、万能試験機より取り外した。そして、三次元位置再現装置のヘッド部と基底部からトレーとシミュレーションモデルを一体として取り外し、エアーシリンジを用いてトレーとシミュレーションモデルを分離し、トレーのみをヘッド部に再付着した。さらに、計測模型用座金を取り付け、基底部から模型材をパイプレーター(而至社, R-II)使用して注入し(図4)、相対湿度 100% 下で硬化させ計測模型を作製した(図5)。計測模型は各印象条件につき 5 個ずつ、計 180 個作製した。なお、印

A: 座金 B: 治具部 C: トレー D: アーム部 E: ヘッド部
F: スタンド G: 基底部 H: 本体部 I: 基準平面板

図6 三次元位置再現装置の構造図

上: 上面観
下: 側面観

なお、計測基準の設定および計測は温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の環境下で行った。

2. 計測

計測は第1報に従い、座金上に固定されたシミュレーションモデルあるいは計測模型を三次元位置再現装置の治具部(図6-B)に附着し、設定された計測基準軸と原点からの位置関係を第1報(座金取りはずし前と後において、X, Y および Z 方向の $SD=0.001 \sim 0.004$ である)に示すごとく、高精度に確保して行う。

計測断面は $Y=65,000$ から $105,000$ までの $5Y$ 断面において、X 方向 $1,0\text{ mm}$ ピッチで行い(図8-A)、各 Y 断面につき $X=50,000$ から $100,000$ までを $5,000\text{ mm}$ ピッチでミニコンピュータにより算出した Z 座標値を求めた(図8-B)。以後、X 断面の $X=50,000$ を X_1 , $X=$

図7 計測基準の設定

図8 計測断面(A)と標点(B)

表 3 シミュレーションモデルの各 Y 断面における計測値 (モデル G)

X	Y		
	3	4	5
1	44.348(0.001)	44.336(0.001)	
2	44.389(0.001)	44.375(0.001)	
3	44.428(0.001)	44.413(0.001)	44.332(0.000)
4	44.461(0.001)	44.448(0.000)	44.355(0.000)
5	44.486(0.000)	44.473(0.001)	44.377(0.001)
6	44.503(0.001)	44.491(0.001)	44.394(0.000)
7	44.511(0.000)	44.499(0.001)	44.401(0.001)
8	44.509(0.001)	44.496(0.001)	44.400(0.001)
9	44.498(0.000)	44.485(0.000)	44.401(0.001)
10	44.481(0.001)	44.466(0.001)	
11	44.475(0.003)	44.461(0.002)	

unit : mm
() : SD

表 4 シミュレーションモデルの各 Y 断面における計測値 (モデル A-3)

X	Y		
	3	4	5
1	44.572(0.003)	44.566(0.004)	
2	44.603(0.005)	44.593(0.003)	
3	44.640(0.003)	44.626(0.003)	44.527(0.008)
4	44.668(0.004)	44.648(0.004)	44.534(0.008)
5	44.677(0.002)	44.659(0.002)	44.540(0.006)
6	44.685(0.003)	44.656(0.004)	44.537(0.006)
7	44.687(0.005)	44.662(0.004)	44.532(0.008)
8	44.676(0.008)	44.642(0.003)	44.538(0.008)
9	44.640(0.005)	44.616(0.002)	44.503(0.007)
10	44.605(0.002)	44.581(0.004)	
11	44.553(0.004)	44.504(0.005)	

unit : mm
() : SD

表 5 シミュレーションモデルの各 Y 断面における計測値 (モデル C)

X	Y		
	3	4	5
1	44.665(0.001)	44.632(0.007)	
2	44.717(0.005)	44.671(0.002)	
3	44.745(0.003)	44.707(0.005)	44.516(0.005)
4	44.757(0.005)	44.712(0.004)	44.533(0.001)
5	44.748(0.003)	44.720(0.006)	44.545(0.003)
6	44.749(0.007)	44.715(0.004)	44.546(0.003)
7	44.746(0.005)	44.722(0.007)	44.549(0.004)
8	44.734(0.006)	44.706(0.006)	44.541(0.007)
9	44.716(0.004)	44.683(0.002)	44.505(0.001)
10	44.673(0.003)	44.649(0.003)	
11	44.616(0.001)	44.602(0.003)	

unit : mm
() : SD

55.000 を X2,……X=100.000 を X11 に, Y 断面の Y=65.000 を Y1, Y=80.000 を Y2,……Y=105.000 を Y5 と図 8 に示すごとく略した.

1) シミュレーションモデル

計測時, 三次元座標測定機の電子プローブは垂直方向で約 40 gf の接触圧があり, シミュレーションモデルの顎粘膜となるウレタンラバーに変位が予測される. その変位を避けるため, 導電性樹脂ドータイト (藤倉化成社, D-500) をエアブラシでシミュレーションモデル表面に噴霧し, プローブのフィーラとシミュレーションモデル表面に電極を貼り, フィーラとシミュレーションモデルとの接触による電氣的導通を電氣的信号として, 三次元座標測定機からミニコンピュータに入力し, 計測値を求めた. 使用したドータイトの平均被膜厚さは 14 μ m であった.

2) 計測模型

模型材注入 12 時間後, 三次元位置再現装置上の計測模型はシミュレーションモデルと同断面で計測した. 計測の結果, 各印象条件において Y3 断面を対称軸として対応する Y1 と Y5 および Y2 と Y4 の間に, t 検定でそれぞれ有意差 ($\alpha=0.05$) が認められなかったため, Y3, Y4 および Y5 の 3 断面について計測検討することとした.

第 3 章 成 績

無歯顎々粘膜を想定したシミュレーションモデルの印象採得によって得られた計測模型を, 三次元位置再現装

置と三次元座標測定機を用いて計測を行った結果, 以下の成績を得た.

各 Y 断面について, シミュレーションモデル (モデル G, モデル A-3 およびモデル C) と印象採得により得られた計測模型との差を Z 軸に示し, X 軸に X1~11 を示した (図 9~11).

I. モデル G (表 3, 6, 7, および図 9)

表 3 に示すごとく, モデル G の各 Y 断面は X6~8 で大きく, その両側で徐々に小となる傾向を示した.

ALG による計測模型 (図 9) の Y3 および Y4 において, 各トレーは X5~7 を頂としたゆるやかな凸状を示すが, Y5 断面において X3 から 9 までほぼ平坦であった. 計測模型の各 Y 断面において, トレー SP (2) V

図 9 計測模型の各 Y 断面における成績（モデル G）

(+) が最も小さく（約 $30\ \mu\text{m}$ ）、トレー SP (2) V (-)、トレー SP (0) V (+)、トレー SP (0) V (-) の順に大きくなる傾向を示した。

RUB による計測模型（図 9）の各 Y 断面において、各トレーは ALG とほぼ同じ傾向を示すが、ALG よりもゆるやかな凸状を示した。計測模型の各 Y 断面において、トレー SP (2) V (+) が最も小さく（約 $25\ \mu\text{m}$ ）、ALG とほぼ同じ傾向を示した。

SIL による計測模型（図 9）の各 Y 断面において、各トレーは RUB よりもさらに平坦となり、ほとんど凸状を示さなかった。計測模型の各 Y 断面において、各トレーはほぼ同じ値（ $25\sim 30\ \mu\text{m}$ ）を示した。

各印象材についてトレー間で t 検定を行った結果、Y 断面でそれぞれ有意差（ $\alpha=0.05$ ）を認めなかった（図 6）。

各トレーについて印象材間で t 検定を行った結果（表 7）、それぞれ有意差（ $\alpha=0.05$ ）を認めなかった。

II. モデル A-3（表 4, 8, 9, 図 10, 12 および 13）

表 4 に示すごとく、モデル A-3 の各 Y 断面は X4~7

で大きく、その両側で徐々に小となる傾向であった。

ALG による計測模型（図 10）の Y3 および Y4 断面において、トレー SP (2) V (+) は X3~9 で X5~7 を頂とする著明な凸状（約 $20\ \mu\text{m}$ ）を示すが、X3 から X1 および X9 から X11 となるに従い著明な凹状（約 $-35\ \mu\text{m}$ ）を示した。しかし、他のトレーはほぼ平坦であり、トレー SP (2) V (-) が最も小さく（約 $35\ \mu\text{m}$ ）、トレー SP (0) V (-) とトレー SP (0) V (+) はほぼ同程度であった。Y5 断面において、トレー SP (2) V (+) は X6 を最深とした V 字形な凹状（約 $-35\ \mu\text{m}$ ）を示したが、X3, 4, 8 および 9 ではほぼ平坦（約 $5\ \mu\text{m}$ ）であった。トレー SP (2) V (-) が最も小さく（約 $10\ \mu\text{m}$ ）、トレー SP (0) V (+) とトレー SP (0) V (-) はほぼ同程度であった。

RUB による計測模型（図 10）は ALG とほぼ同じ傾向を示し、Y3 および Y4 断面において、トレー SP (2) V (+) は X3~9 で X5~7 を頂とする著明な凸状（約 $30\ \mu\text{m}$ ）を示すが、X3 から X1 および X9 から X11 となるに従い著明な凹状（約 $-35\ \mu\text{m}$ ）を示した。しかし、

表 6 各種印象材におけるトレー間の t 検定 (モデル G)

ALG				RUB			
SP(0)		SP(2)		SP(0)		SP(2)	
V(-)V(+)		V(-)V(+)		V(-)V(+)		V(-)V(+)	
-		-	-	-		-	-
		-	-			-	-
			-				-
			V(-)				V(-)
			V(+)				V(+)
			SP(0)				SP(0)
			V(-)				V(-)
			V(+)				V(+)
			SP(2)				SP(2)
SIL							
SP(0)		SP(2)					
V(-)V(+)		V(-)V(+)					
-		-	-				
		-	-				
			-				
			V(-)				
			V(+)				
			SP(0)				
			V(-)				
			V(+)				
			SP(2)				

注: SP(0): スペーサー無し ALG: アルジネート印象材 -: 有意差無し ($\alpha=0.05$)
SP(2): スペーサー 2.0mm RUB: ポリサルファイドラバー印象材 +: 有意差有り ($\alpha=0.05$)
V(-): ベント無し SIL: ビニルシリコーン印象材 #: 有意差有り ($\alpha=0.01$)
V(+): ベント有り

表 7 各種トレーにおける印象材間の t 検定 (モデル G)

SP(0)V(-)				SP(2)V(-)			
ALG	RUB	SIL		ALG	RUB	SIL	
	-	-	ALG		-	-	ALG
		-	RUB			-	RUB
			SIL				SIL
SP(0)V(+)				SP(2)V(+)			
ALG	RUB	SIL		ALG	RUB	SIL	
	-	-	ALG		-	-	ALG
		-	RUB			-	RUB
			SIL				SIL

注: 表 6 下注参照

-: 有意差無し ($\alpha=0.05$)
+: 有意差有り ($\alpha=0.05$)
#: 有意差有り ($\alpha=0.01$)

他のトレーはほぼ平坦であり, トレー SP(2)V(-) が最も小さく (約 35 μm), トレー SP(0)V(-) とトレー SP(0)V(+) はほぼ同程度であった. Y5 断面においても, トレー SP(2)V(+) は X6 を最深とした V 字

形な凹状 (約 -35 μm) を示したが, X3~5 および X7~9 ではほぼ平坦 (約 15 μm) であった. トレー SP(2)V(-) が最も小さく (約 50 μm), トレー SP(0)V(-), トレー SP(0)V(+) はほぼ同程度であった.

ALG					
$\frac{SP(0)}{V(-)V(+)}$		$\frac{SP(2)}{V(-)V(+)}$			
-	-	+	V(-)	{	SP(0)
	-	+	V(+)		
		-	V(-)	{	SP(2)
			V(+)		

RUB					
$\frac{SP(0)}{V(-)V(+)}$		$\frac{SP(2)}{V(-)V(+)}$			
-	-	#	V(-)	{	SP(0)
	-	#	V(+)		
		-	V(-)	{	SP(2)
			V(+)		

SIL

$\frac{SP(0)}{V(-)V(+)}$		$\frac{SP(2)}{V(-)V(+)}$			
-	-	#	V(-)	{	SP(0)
	-	#	V(+)		
		-	V(-)	{	SP(2)
			V(+)		

- : 有意差無し ($\alpha=0.05$)
 + : 有意差有り ($\alpha=0.05$)
 # : 有意差有り ($\alpha=0.01$)

RUB による計測模型 (図 11) は ALG とほぼ同じ傾向を示し、Y3 および Y4 断面において、トレース SP (2) V (-) とトレース SP (2) V (+) は X3~8 で X5 を頂とする著明な凸状 (65~85 μm) を示すが、X3 から X1 および X9 から X11 となるに従い著明な凹状 (-25~-80 μm) を示した。トレース SP (0) V (-) とトレース SP (0) V (+) は X2~10 でトレース SP (2) V (+) よりもゆるやかな凸状 (25~40 μm) を示し、X2 から X1 および X10 から X11 となるに従ってもゆるやかな凹状 (0~-15 μm) を示した。Y5 断面においてトレース SP (2) V (-)

注 図 9 下注参照

図 10 計測模型の各 Y 断面における成績 (モデル A-3)

とトレー SP (2) V (+) は X6 を最深とした V 字形な凹状 ($-25 \sim -80 \mu\text{m}$) を示したが, X3~5 および X7~9 ではほぼ平坦 ($-10 \sim 5 \mu\text{m}$) であった。トレー SP (0) V (-) とトレー SP (0) V (+) は X3~9 ではほぼ平坦 ($-10 \sim 5 \mu\text{m}$) であった。

SIL による計測模型の各 Y 断面において, 各トレーは RUB とほとんど同じ傾向を示した。

各印象材についてトレー間で t 検定を行った結果 (表 10), ALG においてそれぞれ有意差 ($\alpha=0.05$) を認めなかった。RUB および SIL において (表 10), トレー SP (0) V (-) およびトレー SP (0) V (+) はトレー SP (2) V (+) と図 14 に示した Y 断面で有意差 ($\alpha=0.05$) を認めた。これらのトレー間におけるその差は $70 \sim 80 \mu\text{m}$ であった (図 11)。

各トレーについて印象材間で t 検定を行った結果 (表 11), 各 Y 断面においてそれぞれ有意差 ($\alpha=0.05$) を認めなかった。

第 4 章 総括および検討

口腔内に装着された総義歯に加わる咬合力, および咀嚼力は人工歯から義歯床を介し顎堤 (粘膜, 顎骨) で負担される。そのため, 無歯顎々堤をいかなる状態で作業模型に再現するかは, 床下組織に障害を与えず, かつ機能を十分に発揮できる総義歯を調製する上で重要なことである。著者は無歯顎々堤と顎粘膜を想定したシミュレーションモデル²³⁾と三次元位置再現装置²³⁾を用いて, 総義歯調製過程における印象採得時に顎堤, トレーおよび印象材の相違が計測模型におよぼす影響について三次元的に検討した。

I. 材料および方法について

1. シミュレーションモデル

第 1 報で報告したなかより, ウレタンラバーをエポキシレジンに接着したモデル A-3 とモデル C を選択した。しかし, これらの印象採得により調製した計測模型は印

図 11 計測模型の各Y断面における成績 (モデルC)

注 図9下注参照

図 12 トレーの組合せにより有意差を示した部位

表 9 各種トレーにおける印象材間の t 検定 (モデル A-3)

SP(0)V(-)				SP(2)V(-)			
ALG	RUB	SIL		ALG	RUB	SIL	
	-	-	ALG RUB SIL		-	-	ALG RUB SIL
SP(0)V(+)				SP(2)V(+)			
ALG	RUB	SIL		ALG	RUB	SIL	
	-	-	ALG RUB SIL		-	-	ALG RUB SIL

注：表 6 下注参照

-：有意差無し ($\alpha=0.05$)
+：有意差有り ($\alpha=0.05$)
#：有意差有り ($\alpha=0.01$)

表 10 各種印象材におけるトレー間の t 検定 (モデル C)

ALG				RUB			
SP(0) V(-)V(+)		SP(2) V(-)V(+)		SP(0) V(-)V(+)		SP(2) V(-)V(+)	
-	-	-	V(-) V(+)	-	-	#	V(-) V(+)
	-	-	SP(0)		-	#	SP(0)
		-	V(-) V(+)			-	V(-) V(+)
			SP(2)				SP(2)
SIL							
SP(0) V(-)V(+)		SP(2) V(-)V(+)					
-	-	#	V(-) V(+)				
	-	#	SP(0)				
		-	V(-) V(+)				
			SP(2)				

注：表 6 下注参照

-：有意差無し ($\alpha=0.05$)
+：有意差有り ($\alpha=0.05$)
#：有意差有り ($\alpha=0.01$)

象材を盛ったトレーの圧接速度と、印象材の硬化までトレーを定位置に保持する保持圧が、印象材におよぼす影響と顎粘膜を想定したウレタンラバーの被圧変位による影響が複合されている。そこで、顎粘膜としてのウレタ

ンラバーを接着せず平滑なエポキシレジンモデルGを用いて、印象材およびトレーの相違が計測モデルの寸法精度におよぼす影響を把握するため、コントロールとして用いた。

表 11 各種トレーにおける印象材間の t 検定（モデル C）

SP(0)V(-)				SP(2)V(-)			
ALG	RUB	SIL		ALG	RUB	SIL	
	-	-	ALG		-	-	ALG
		-	RUB			-	RUB
			SIL				SIL
SP(0)V(+)				SP(2)V(+)			
ALG	RUB	SIL		ALG	RUB	SIL	
	-	-	ALG		-	-	ALG
		-	RUB			-	RUB
			SIL				SIL

注：表 6 下注参照

-：有意差無し（ $\alpha=0.05$ ）

+：有意差有り（ $\alpha=0.05$ ）

#: 有意差有り（ $\alpha=0.01$ ）

モデル A-3

RUB, SIL

SP(0)V(+) ↔ SP(2)V(+)
SP(0)V(-)

注 図 9 下注参照

図 13 トレーの組合わせにより有意差を示した部位

本研究で使用したシミュレーションモデル A-3 および C を生体の顎堤および口蓋粘膜と比較検討してみると、シミュレーションモデルの常用荷重量における局所被圧変位量は生体の顎粘膜でその顎粘膜厚径の約 1/3 と報告した岸³²⁾に近似していた（表 1）。しかし、常用荷重量までの荷重量—変位量は図 15 に示すように、無歯顎顎粘膜を測定した宮下¹⁰⁾と異なった曲線を示した。特に、荷重量が小さいとシミュレーションモデルは小さい

値で、トレー保持圧（0.51 g/mm², 1.0 kgf）において、シミュレーションモデルのウレタンラバーの変位は小さな値となった。そのため、シミュレーションモデルは生体の顎粘膜と直接比較はできないが、これら常用荷重量下での局所被圧変位量と常用荷重量までの局所被圧変位量の相違点（図 15）を考慮すれば、これらシミュレーションモデルで十分と考え本研究に使用した。

図14 トレーの組合せにより有意差を示した部位

図15 局所被圧変位量の比較

2. トレー

トレーに設定したスペーサー、ストッパーおよびベントが模型の寸法精度に影響を与えるとの報告は多くある。

クラウンブリッジや局部床義歯の印象採得は残存歯にストッパーを設定し、トレーの位置および印象材のスペーサーを付与できる。しかし、被圧変位性を有する顎粘膜で覆われている無歯顎々堤の印象採得はストッパーを顎粘膜上に設定し、スペーサーを付与したトレーを用いなければならない。そのため、ストッパーはトレーの位置確保に役立つが、口腔内に挿入し、顎堤の所定位置に圧接するまでのトレー圧接速度とトレーを介したストッパー部へのトレー保持圧は顎粘膜に変位をおこし、作業模型の形態に影響を与えられられる。ストッパーとスペーサーを設定しないトレーに印象材を盛り、顎堤に圧接するときのトレー圧接速度と保持圧は未硬化の印象材

を顎堤に沿って流動させる。その一方、圧接までのトレー圧接速度と保持圧によって生じる印象材の内圧は、顎粘膜および硬化後の印象材に影響を与えるものと思われる。ストッパーとスペーサーについて有床義歯を対象とした報告は少なく、藤城³³⁾は無歯顎々堤として金属原型を使用し、ストッパーを顎堤外に設定し、スペーサー(3mm)を付与しているため、ストッパーと被圧変位性を有する顎粘膜の関係は検討していない。

著者は無歯顎々堤を検討対象とするためには、顎粘膜上にストッパーを設定し、トレーの位置関係を定め、トレー圧接速度と保持圧がトレーを介して印象材と顎粘膜に与える影響を検討すべきと考えた。そのため、本研究ではストッパーとスペーサーの有無が、印象採得から得られた作業模型に与える影響を検討するため、シミュレーションモデル(モデルA-3, C)上にストッパー(長さ10.0mm×幅10.0mm×厚さ2.0mm)を設定したトレーとストッパー無トレーを用いた。

ベントについて、溝上³⁴⁾はラバーベース印象材のインジェクションタイプを用い、ベントの直径2.5mm以下では印象材がトレーから落下しないと述べ、三間³⁵⁾はシリコン連合印象においてスペーサー(2.0mm)とベント(直径1.0mm)を併用すると印象材の残留応力が減少し、寸法変化が小さくなると述べ、印象採得時にトレーのベントの影響が考えられる。そこで、著者はトレーのベントの有無が印象採得から得られた計測模型に与える影響を検討するためトレーにベントを直径2.5mm、その間隔を2.5mmで配置したベント有りトレーとベン

ト無しトレーを用いた。

3. 印象採得

日常臨床ではトレーを口腔内の所定位置に圧接すると、トレー内の印象材は口腔内の顎堤および歯肉頬移行部など全般的に広がり、その後、トレー圧接時ほどの圧は必要とせず、ほぼ一定の保持圧で印象材の硬化を待つことになる。従来、印象採得についてトレーの口腔内圧接時にトレーが受ける印象圧から観察が多く行われ、この印象圧に影響をおよぼす因子として顎堤形態、トレー形態、トレー圧接速度および印象材の流動性があげられる^{1,2,36)}。そして、トレー圧接速度に関して、関根ら²⁾は金属円板トレーを用い、圧接速度を 1~5 mm/sec. と変えて各種印象材を介してトレーが受ける圧を測定し「トレー圧接速度が速くなるに伴って、印象材の内圧は大きくなる傾向が認められた」と報告している。塩川ら³⁶⁾もアクリルレジン製の円柱を印象材の入った有孔管状トレーに 10, 50 および 100 mm/min. の押し込み速度で行い「押し込み速度が速くなると押し込み力の増加も急になる傾向がある」と述べている。これらの報告はトレー圧接速度の重要性を述べているが、トレーの圧接速度については臨床検討を行っていない。そこで、著者は臨床でのトレー圧接速度を検討するため、トレーハンドル部に LED を取り付け、本研究に使用した印象材を盛ったトレーを口腔内に挿入し、所定位置まで圧接するときのトレー圧接速度をサホンビジトラーナー（東京歯材社、CII）で測定したところ平均 118.0 (SD: 24.8) mm/min. であった。この値を参考としてトレー圧接速度を 100 mm/min. に設定した。トレー圧接後のトレー保持について、松元³⁷⁾は「通常の臨床において、患者の口腔内でどれくらいの指圧でトレーを保持しているかを大略測定してみたところ、約 1 kgf であった」と述べている。この報告を参考とし、トレーの保持圧は 0.51 g/mm² (1.0 kgf) とし、保持トレー速度を 0.05 mm/min. に設定したが、トレーの保持時間内の位置変化はほとんどないと思われる。

以上から、印象採得はトレーの圧接と保持を分けて観察するために、トレーを一定速度 (100 mm/min.) で所定位置まで圧接し、その後、印象材の硬化まで一定の保持圧でトレーを保持する臨床操作を考慮した方法で行った。

4. 計測方法

印象採得から得られた模型の寸法変化について、金属原型上に標点を設け模型上に再現された標点間距離の比較を行ったもの^{33,38~47)}および Master casting 法で行っ

たもの^{48~53)}があり、これらは相対比較および全体的な膨縮変化率で検討している。しかし、無歯顎々堤の印象採得から得られた模型を検討するには不十分と考えられる。そのため、第1報²³⁾に報告したごとく、計測基準をシミュレーションモデル、および計測模型外に設定した三次元位置再現装置と三次元座標測定機を用いることとした。

II. 計測模型について

1. モデル G

顎粘膜としてのウレタンラバーを接着していない G タイプの印象採得によって得られた計測模型は、印象材とトレーの影響を観察するためにコントロールとして用いた。

ALG による計測模型の Y3 および Y4 において、各トレーは中央部を頂としたゆるやかな凸状を示した。この傾向を金属原型を用い、アルジネート印象材、トレー形態および模型材が上顎模型寸法精度におよぼす影響を検討した藤城³⁹⁾と比較すると、前頭断面における前歯部であまり差を認めなかった。しかし、臼歯部で顎堤が内側に傾斜し、顎堤間の中央部がやや凹状で著者の成績と逆の傾向を示した。藤城は凹状になった理由として「模型の寸法精度に対する最も大きな因子は模型材の各方向への膨張とその抑制によるもの」としている。著者の計測模型の厚さはほぼ均一であるが、藤城の模型は顎堤部と中央部で差があり、この形態の相違が模型材硬化時に影響したと考えられる。スパーサーとベントの影響をみると、トレー SP (2) V (+) がシミュレーションモデルに最も近い値を示し、トレー SP (2) V (-), トレー SP (0) V (+), トレー SP (0) V (-) の順であり、スパーサーとベントとが模型の寸法精度におよぼす影響を検討した藤城と同様な傾向を示した。これはトレーのスパーサーにより、トレー内に生じたアルジネート印象材の内圧が緩和されたためと考えられる。

RUB による計測模型は各 Y 断面において、各トレーは ALG よりもゆるやかな凸状となり、トレー間による差は ALG ほど認められず、スパーサーとベントの影響は認められなかった。この理由として、ポリサルファイドラバー印象材は、内部応力に対する緩和能力が高いと報告した川上⁵⁴⁾のとおり、この印象材を用いると印象採得時のトレー圧接速度と保持圧により、トレー内の印象材の内部応力を緩和したためと考えられる。

SIL による計測模型は各 Y 断面において、RUB よりもさらに平坦であり、トレー間による差は認められず、ス

ペーサーとベントの影響も認められなかった。金属原型を各種トレーでシリコン連合印象し、印象材の内圧と模型の寸法精度を検討した三間³⁵⁾は、スパーサーの影響が大きく、特に両者の併用による模型の寸法精度が、最も良好であったと述べている。この理由として、三間は金属原型周囲の高いトレー密接性を実験条件としているため、ベントおよびスパーサーの影響が著明であったものと推察される。しかし、臨床において、トレー辺縁と顎堤周縁粘膜とは必ずしもこれほど密接していないため、このように著明な影響はないものと思われる。

各種印象材についてトレー間で有意差 ($\alpha=0.05$) は認められず、また、各トレーについて印象材間でも有意差 ($\alpha=0.05$) は認められなかった。トレー形態と印象材の影響を検討した藤城³³⁾は、模型間の一部に有意差 ($\alpha=0.05, 0.01$) を認めたと報告している。しかし、藤城はトレー辺縁形態の相違による影響を主として観察していたためと推察される。

最もシミュレーションモデルに近い計測模型が得られた印象材はシリコン印象材であり、ポリサルファイドラバー印象材、アルジネート印象材の順であった。

以上から、平坦で被圧変位性が無く硬い印象対象物を印象採得するとき、印象材の種類 (アルジネート印象材、ポリサルファイドラバー印象材およびシリコン印象材) およびトレー (スパーサーおよびベントの有無)などを考慮する必要性がないことを示唆している。

4. モデル A-3

モデル A-3 は印象採得によって、無歯顎顎粘膜がいかなる状態で再現されるかを検討するために、被圧変位性を有するウレタンラバーを厚さ 3.0 mm で均等に接着したものである。

ALG による計測模型の各 Y 断面において、トレー SP (2) V (+) はストッパー設定部位に著明な凹状を示した。これらはスペースを確保するストッパーの影響が著明に認められ、シミュレーションモデルよりマイナスの値を示した。また、シミュレーションモデルにより近い傾向を示し、スペースの影響から認められた。ベントの影響についてみると、スパーサー無しのトレーでは影響を認めなかったが、スパーサー有りのトレーにベントを付与すると、計測模型はシミュレーションモデルに近くなる効果を認めた。これまで被圧変位性を有するシミュレーションモデルを用いて、印象採得時の諸条件が模型の寸法精度におよぼす影響について、基礎的に検討したものは見当たらない。部分欠損の被験者に 2 種のトレーを用いて、印象圧 (約 9 kgf) と印象面形態の関係を臨

床検討した平井²¹⁾は、スパーサー無しの強密接様式のトレーが、スパーサー有りの弱密接様式よりも 2~4 倍の変位量を示し、著者の成績と同様にスペースの影響を報告した。トレー SP (0) において、ALG, RUB および SIL の平均値はほぼ等しかった。

各印象材についてトレー間では、トレー SP (2) V (+) とトレー SP (0) V (-) およびトレー SP (2) V (+) とトレー SP (0) V (+) 間でストッパー設定部位にのみ (図 12, 13) 有意差 ($\alpha=0.05, 0.01$) が認められた。ベント有無による有意差 ($\alpha=0.05$) は認められなかったが、スパーサー有りのトレーでは、印象材間でストッパー設定部位に 40~50 μm の差を示した。この理由として、トレーを圧接し、一定の保持圧でトレー保持を行うと、保持圧はストッパー部、印象材を介してシミュレーションモデルに加わる。しかし、溝上ら³⁴⁾の報告のごとく、印象材はフローを有する間、その圧に応じて主にベントから流出するので、ストッパーがシミュレーションモデルを変位させるものと考えられる。一方、ベント無しのトレーでは、ストッパーとその周囲の差は小さかった。これは、印象材の流出が妨げられ、トレー内の印象材の内圧が大きくなり、シミュレーションモデルのストッパー以外の部位を変位させたと考えられる。

最もシミュレーションモデルに近い計測模型が得られたトレーはトレー SP (2) V (+) で、ついでトレー SP (2) V (-)、トレー SP (0) V (+) とトレー SP (0) V (-) はほぼ同じ値を示した。

各トレーについて印象材間では、有意差 ($\alpha=0.05$) は認められなかった。最もシミュレーションモデルに近い計測模型が得られたのはアルジネート印象材であり、他の印象材はほぼ同程度であった。

以上から、平坦で均一な被圧変位性を有する印象対象物を印象採得するとき、ストッパー設定部の変位を考慮してスパーサー有りのトレー使用が最も好ましいことを示唆している。

3. モデル C

モデル C はモデル A-3 と同じ平坦な表面形態を有するが、顎骨を想定したエポキシレジンに凸型に成型し、ウレタンラバーを厚さ 3.0 および 2.0 mm として被圧変位量を変えたものである。

ALG による計測模型の各 Y 断面において、トレー SP (2) は中央部でモデル A-3 より著明な凸状 (40~50 μm) を示し、ストッパー設定部位でモデル A-3 より著明な凹状 (-25~-80 μm) を示した。これは顎骨を想定したエポキシレジンが凸型のため、ストッパー設定部位へ

の加圧が顎粘膜を想定した被圧変位性の高いウレタンラバーを凹状に変位させ、さらにシミュレーションモデル中央部をプラス方向へ凸状に変位させたと考えられる。モデルCではベントによる影響は認められなかった。そのため、モデル A-3 ではスパーサー有りトレーにベントを付与すると、その効果が認められるので、顎粘膜の被圧変位性および顎堤形態によりベントの効果が異なると推察される。

トレー SP (0) は各 Y 断面において、シミュレーションモデル周縁にゆるやかな凹状を示しシミュレーションモデルよりもマイナスの値であった。

臨床的に検索した平井²¹⁾が報告したごとく「印象材による加圧によって粘膜が変位する場合に中央部の組織の側方移動性は少なく、周縁部に移るに従って側方移動性が多くなる」ためではと推察される。この傾向がモデルCでモデル A-3 より著明に現れた。これはモデルCの中央部が小さい被圧変位量のためにトレー圧接時および保持時にトレーから加わる圧は大きな圧となり、トレー中央部の印象材を被圧変位量の大きな周縁部へと流動させ、変位させたと考えられる。この傾向はベントを付与しない場合、やや大きかった。トレー SP (0) ではベントの有無による著明な差は認められず、ともにシミュレーションモデルに近い値が得られた。

RUB および SIL による計測模型はほぼ同じ値で ALG よりも 5~25 μm 大きな値を示した。しかし、ALG と同様の傾向を示した。モデル A-3 において、ALG は他の2種印象材間に差が認められなかったことから検討すると、シミュレーションモデルの形態の相違が、トレー圧接時に流動性の少ない ALG において著明であったと考えられる。

各印象材についてトレー間では、トレー SP (2) V (+) とトレー SP (0) V (-) およびトレー SP (2) V (+) とトレー SP (0) V (+) 間でストップパー設定部位にのみ (図 14) 有意差 ($\alpha=0.05$) が認められた。ベント有無による有意差 ($\alpha=0.05$) は認められなかったが、スパーサー有りのトレーでは、印象材間でストップパー設定部位に約 50 μm の差を示した。これはモデル A-3 の場合と同じ理由によると思われる。

各トレーについて印象材間では、有意差 ($\alpha=0.05$) は認められなかった。最もシミュレーションモデルに近い計測模型が得られたのはアルジネート印象材であり、他の印象材はほぼ同程度であった。モデル A-3 同様アルジネート印象材とビニルシリコーンおよびポリサルファイドラバー印象材間にやや差が認められた。これは印

象材の流動性とシミュレーションモデルの相違によると考えられる。

以上から、トレー中央部に相当する顎粘膜の被圧変位量が周縁部と比べて小さい印象対象物を印象採得するとき、スパーサー無しのトレー使用が好ましいことを示唆するものである。

第5章 結 論

無歯顎顎堤と顎粘膜を想定したシミュレーションモデルと三次元位置再現装置を用いて、総義歯調製過程における印象採得時にシミュレーションモデル、トレー (スパーサー、ベント) および印象材の相違が作業模型におよぼす影響について三次元的に検討した結果、以下の結論を得た。

1. 被圧変位性の無いシミュレーションモデル G タイプより得られた計測模型はトレーおよび印象材の相違による影響は認められなかった。

2. 均等な被圧変位量を有するシミュレーションモデル A-3 タイプより得られた計測模型は、トレーの相違による影響を認めたが印象材では認められなかった。最もよい組合せはスパーサーおよびベント有りのトレーにアルジネート印象材を用いた場合であった。

3. 部位により被圧変位量が異なるシミュレーションモデル C タイプより得られた計測模型は、トレーの相違による影響を認めたが、印象材では認められなかった。最もよい組合せは、スパーサーおよびベント無しのトレーにアルジネート印象材を用いた場合であった。

4. 以上から、有床補綴臨床の印象採得において、被圧変位性の少ない軟組織のときはトレーおよび印象材を考慮する必要が少ない。しかし、被圧変位性の大きい軟組織のときは、印象材への配慮よりもトレーへの考慮を十分に行う必要がある。

本研究の要旨は、昭和 57 年度日本補綴歯科学会関東支部学術例会 (昭和 57 年 6 月)、第 69 回日本補綴歯科学会学術大会 (昭和 57 年 11 月) において発表し、会誌に抄録を掲載した。

稿を終わるにあたり、本研究に際し終始ご懇篤なるご指導およびご校閲を賜りました日本大学歯学部 森谷良彦教授、またご専攻の立場からご指導を賜りました日本大学歯学部 大木一三教授、小野瀬英雄教授、大橋正敬教授、五十嵐孝義教授に深く感謝の意を表します。

あわせて、日頃ご助言ご鞭撻を頂きました日本大学歯学部 総合歯学研究歯科材料研究室 土生博義助教授、歯科補綴学第

1 講座 祇園白信仁助手, 山本克之助手, 医局員ならびに大学院生各位に対し感謝の意を表するとともに, 本研究に多大なるご協力を頂いた(株)デンテック木村 誠氏, 角田富夫氏に厚くお礼申し上げます。

Summary

An impression in denture prosthodontics is the first step for the construction of full denture.

An impression is in clinic so important that the prognosis for denture is depended upon. Therefore, a considerable amount of reaserch has been reported. Especially, the soft tissue as an impression objectives can be displaced under pressure so that the method in edentulous impression making has influence on contour variations of the master cast.

According to the impression, it is supposed that the adaptability to denture goes down and the basal soft tissue is injured in function. Basic and clinical studies on the edentulous impression have been considered, however, it seems not to arrive at evidence conclusion.

The basic study (Part. 1) was designed for the sake of how to make impression for the functional denture without injury to edentulous patient. As the result of this study, the simulation model supposed edentulous alveolar ridge and three dimensions repositioner were made. Then, three dimensional measurement system to compare simulation model with master cast was reported and published.

In this study, the three dimensional measurement system and simulation model as the alveolar ridge are used for impression in denture construction. It is investigated with the three dimensional measurement system that impression tray (spacer, vent), impression material and these combination are influenced on the reproductivity of simulation model.

The conclusions are follows:

1. The cast from the simulation model type G without displaceability, is not influenced by impression tray and impression material.
2. The cast from the simulation model type A-3 with constant displaceability, is not influenced by impression material but by the impression tray. The best cast is produced by the impression used the tray (spacer, vent) with alginate impression material.
3. The cast from the simulation model type C with difference displaceability in part, is only influenced by

impression material. The best cast is produced by the impression tray without spacer and vent using alginate impression material.

4. From these conclusions (1-3), when the impression for the denture construction is made of the soft tissue with the poor displaceability, the impression tray and material are not so important. However, for the soft tissue with the rich displaceability, it is necessary that the impression tray is more considerable than material.

文 献

- 1) 関根 弘, 田島篤治, 海洲馨一, 遠藤義弘, 溝上隆男, 平井泰征: 有床義歯のための印象方法に関する基礎的ならびに臨床的研究 (第1報), 印象材の内圧および流動状態について, 補綴誌, 10: 107~113, 1966.
- 2) 関根 弘, 田島篤治, 溝上隆男, 海洲馨一, 平井泰征, 前田佳英, 大沢一博: 有床義歯のための印象方法に関する基礎的ならびに臨床的研究 (第2報), 印象材の内圧とトレー圧接速度および流動路との関係について, 歯学報, 71: 2161~2166, 1971.
- 3) 佐久間孔毅: 無歯顎印象採得のレオロジーによる検討, 歯材器誌, 12: 79~124, 1965.
- 4) 大島健嗣: 顎粘膜の被圧縮の荷重と圧縮量の測定器の新考案, 日大歯学, 40: 231~232, 1966.
- 5) 大島健嗣: 顎粘膜の被圧縮の荷重と圧縮量の新開発の測定装置, 補綴誌, 10: 51~56, 1966.
- 6) 大島健嗣: ヒトの顎粘膜の被圧縮の荷重と圧縮量に関する研究 (第3報), 日大歯学, 41: 335~336, 1967.
- 7) 大島健嗣: 総義歯床座粘膜の被圧縮時における荷重量および圧縮量に関する研究, 補綴誌, 12: 245~286, 1968.
- 8) 佐藤 裕: 改良を施した顎粘膜被圧縮度測定装置, 補綴誌, 8: 60~66, 1964.
- 9) 平田幹男: 無歯顎粘膜の被圧縮度に関する臨床的研究, 補綴誌, 3: 14~27, 1959.
- 10) 宮下恒太: 顎粘膜の局所被圧変位度と咬合力による義歯床の沈下度とに関する研究, 歯学報, 70: 38~68, 1970.
- 11) Boucher, C.O.: Studies of Displacement of Tissues Under Dentures, J. Amer. dent. Ass., 27: 1476~1478, 1940.
- 12) Sohm, H.: Untersuchungen über die Kompressibilität der Gaumenschleimhaut bei senkrechter Druckeinwirkung, Zschr. Stomatol., 32: 202~217, 1934.
- 13) 田中資郎: ロ蓋粘膜のクリープに関する研究, 補綴誌, 16: 358~379, 1973.

- 14) 三輪英則: 断続荷重による口蓋粘膜のクリープ, 補綴誌, 20: 399~422, 1976.
- 15) 佐藤志貴: 口蓋粘膜のクリープと荷重量との関係: 補綴誌, 23: 103~125, 1979.
- 16) 中島俊郎: 口蓋粘膜の応力緩和に関する研究: 補綴誌, 19: 391~410, 1975.
- 17) Frank, R.P.: Analysis of Pressures Produced during Maxillary Edentulous Impression Procedures, J. prosth. Dent., 22: 400~413, 1969.
- 18) 梅原正年: 各種印象材による口蓋粘膜の圧縮変形を立体写真測量法によって観察する, 歯学報, 63: 1~25, 1963.
- 19) Woelfel, J.B.: Contour Variations in Impressions of One Edentulous Patient, J. Prosth. Dent., 12: 229~254, 1962.
- 20) 黒田昌彦: 義歯床下粘膜の負担圧の分布状態に関する実験的研究, 歯学報, 71: 1445~1474, 1971.
- 21) 平井泰征: 有床義歯における印象時の粘膜の被圧状態が印象形態に及ぼす影響に関する実験的研究, 歯学報, 71: 1835~1868, 1971.
- 22) 田中 淳: 印象圧の相違が顎粘膜形態および咬合力に及ぼす影響に関する研究—下顎片側性遊離端義歯について—, 補綴誌, 26: 455~471, 1982.
- 23) 星野 亨, 潤米宏仁, 久保田幸生, 泉田一蔵, 田島直孝, 山田博明, 山本克之, 祇園白信仁, 森谷良彦: 印象採得法の基礎的検討, 第1報 シミュレーションモデルと三次元位置再現装置について, 補綴誌, 27: 759~766, 1983.
- 24) 岩尾 徹: 三次元測定器による中型間接法模型の膨縮精度に関する研究 (第1報), 三次元測定機の有用性の検討, 歯材器誌, 34: 136~147, 1977.
- 25) 稲葉 繁, 是沢恵三, 荻原重一, 鐘ヶ江修, 川名孝義, 亀沢範之: 三次元座標測定機の歯学研究への応用, 補綴誌, 25: 55~60, 1981.
- 26) 川名孝義: 下上顎歯牙の Overlap 量と側方位歯牙接触様式について—三次元座標測定機による研究—, 歯学, 68: 763~787, 1981.
- 27) 亀沢範之: 上下顎臼歯における咬頭頂と咬合面窩の対向関係について—三次元座標測定機による研究—, 歯学, 68: 788~805, 1981.
- 28) 棧 淑行, 石塚 享, 小泉政幸, 羽田京太郎, 富田 豊, 長島信也, 松本幸士, 崔 大均, 庄司喜則, 牟田 成, 八木庸行, 五十嵐孝義: 診療姿勢が支台歯形成面形態へ及ぼす影響について (第1報), 補綴誌, 26: 311~322, 1982.
- 29) 土生博義, 平口久子, 小林孝誌, 田辺直紀, 茂木孝之, 三次元座標測定システムの歯科材料研究への応用 (第1報), 装置の概要と測定精度, 日大歯学, 56: 914~920, 1982.
- 30) 鈴木 章: 歯列模型の寸法精度に関する基礎的研究, 歯学, 71: 449~474, 1983.
- 31) 羽田京太郎, 富田 豊, 守屋義雄, 津江明伸, 行田克則, 高橋章浩, 中沢 清, 東風 巧, 大島修一, 牟田成, 五十嵐孝義: 歯科ろう着に関する研究 (第4報), 補綴誌, 27: 943~956, 1983.
- 32) 岸 正孝: 歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面の面積と変位量との関係についての実験的研究, 歯学報, 72: 1042~1071, 1972.
- 33) 藤城鉄英: 顎模型の寸法精度に関する研究, 補綴誌, 18: 382~402, 1975.
- 34) 溝上隆男, 小平 崇, 名波智章, 林 甫, 西 孝一, 梅安秀樹, 田中 彰, 竹内良一: 義歯床基礎面の印象に関する臨床的考察 (第1報), 一各個トレーの通出孔の大きさについて, 歯学報, 78: 133~140, 1978.
- 35) 三間清行: シリコーン印象法における印象圧の寸法精度に及ぼす影響について, 補綴誌, 21: 579~602, 1977.
- 36) 塩川延洋, 宮川 修, 中野周二: 印象採得法と印象材の粘弾性, DE, 20: 1~15, 1972.
- 37) 松元 誠: 遊離端義歯咬合構成の臨床, 初版, 151~170, 医歯薬出版, 東京, 1980.
- 38) 草刈 玄, 村山正史, 高瀬和喜, 塩屋雅晴, 水落 功, 吉田 薫: シリコーン連合印象の寸法精度, 第1報 印象方法および印象材による検討, 補綴誌, 17: 214~222, 1973.
- 39) 草刈 玄, 高瀬和喜, 村山正史, 塩屋雅晴, 吉田 薫, 綿谷修一: シリコーン連合印象の寸法精度, 第2報 シリコーン印象材の理工学的性質との関連, 補綴誌, 17: 454~461, 1974.
- 40) 松代清明, 佐野敏一, 松代隆良, 奥野善彦: 印象撤去速度がアングーカットの印象精度に及ぼす影響, 阪大歯誌, 17: 134~142, 1972.
- 41) 金沢俊文: 歯列模型ならびに欠損歯列模型の寸法変化に関する研究, 補綴誌, 22: 385~406, 1978.
- 42) 大輪正昭, 西山 實, 成松賢二, 豊間 均, 小谷 誠, 氏家賢明, 砂川 孝, 小山田勝彦, 大木一三: 印象材の厚さおよび支台歯形態の相違が模型用埋没材の硬化膨張に及ぼす影響について, 補綴誌, 20: 13~23, 1976.
- 43) 大輪正昭: 冠・架橋義歯調製時における模型用埋没材の硬化膨張に関する研究, 一各個トレー形態の相違による影響について, 日大歯学, 51: 357~382, 1977.
- 44) 川和忠治: シリコーン印象の精度に関する研究, 第2報 支台歯の寸法精度に対する隣在歯の影響, 補綴誌, 19: 158~169, 1975.
- 45) Harris, W.T. Jr.: Water Temperature and Accu

- racy of Alginate Impressions, J. prosth.Dent., 21 : 613~617, 1969.
- 46) Podshadley, A.G., Dilts, W.E., Neiman, R. and Ellison, E. : Accuracy of Relined Mercaptan-Rubber Impressions, J. prosth. Dent., 24 : 503~511, 1970.
- 47) Skinner, E.W. and Hoblit, N.E. : A Study of the Accuracy of Hydrocolloid Impressions, J. prosth. Dent., 6 : 80~93, 1956.
- 48) 野川 勇 : 間接法作業模型の寸法精度に影響する因子について, チオコール・ラバー印象材ならびにシリコーン・ラバー印象材による方法, 歯学, 56 : 148~166, 1968.
- 49) 野田 敬 : 間接法作業模型の寸法精度に影響する因子について, アルギン酸塩印象材による方法, 歯学, 57 : 181~199, 1969.
- 50) 初道守久 : 架工義歯製作時における間接作業模型の寸法精度に影響する因子について, 歯学, 61 : 350~371, 1973.
- 51) 川和忠治 : シリコーン印象の精度に関する研究, 第1報 単独支台歯の寸法精度, 補綴誌, 19 : 138~157, 1975.
- 52) Stackhouse, J.A. Jr. : The Accuracy of Stone Dies made from Rubber Impression materials, J. prosth. Dent., 24 : 377~386, 1970.
- 53) Mitchell, J.V. and Damele, J. J. : Influence of Tray Design upon Elastic Impression Materials, J. prosth. Dent., 23 : 51~57, 1970.
- 54) 川上道夫, 長谷川二郎, 太田克子 : チオコールゴム印象材の圧接時に発生する応力とその緩和, 歯理工誌, 6 : 17~20, 1966.