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

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

The Fundamental Study of Impression Taking

Part 1. Simulation Models and Three Dimension Repositioner

Tohru Hoshino, Hirohito Urume, Yukio Kubota, Kunio Izumita, Naotaka Tajima,
Hiroaki Yamada, Katsuyuki Yamamoto, Nobuhito Gionhaku and Yoshihiko Moriya

第1章 緒 言

歯科補綴学，なかでも有床補綴学において，装着した義歯の予後を考えると，義歯床下組織特に顎堤の形態を適切に把握することは不可欠の事項である．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及ぼし，調製された義歯の適合不良を招いたり，さらに生理的な咬合力および咀嚼力が害的な力として作用し，鉤歯や義歯床下組織に障害を与えることとなる．

従来，印象採得より得られた作業模型の寸法精度は基礎的に検討した報告が多く認められる¹⁻²⁶⁾．しかし，それらのほとんどは印象対象物として金属製原型を採用し，有床補綴学の立場から被圧変位性を有する顎粘膜面の形状変化は僅かに検討されているにすぎない．それ以上に，これら報告は作業模型に設定した標識点間距離を計測し，その相対的な変化を検討しているものである．

そこで，著者らは有床補綴学において，十分に機能を発揮し得る局部床あるいは総義歯を調製するために，いかなる印象採得法が最適であるかを解明する目的で本研究を行った．そのために，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た．また，シミュレーションモデルと，その印象採得によって得られた作業模型の粘膜面形状の変化を，互いに三次

元的に計測，比較するために治具機構と，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あわせて考案開発した．

今回，シミュレーションモデルおよび三次元位置再現装置とそれらの有用性について報告する．

第2章 材料および方法

第1節 シミュレーションモデル

無歯顎者の顎粘膜を想定したシミュレーションモデルは過去に関根²⁷⁾，黒田²⁸⁾らの報告があり，その材料は顎骨相当部にベークライトあるいは金属，粘膜相当部にスポンジラバーあるいは塩化ビニルペーストレジンを用いている．著者らはこれらの報告を参考とし，特に生体顎粘膜の被圧変位量²⁹⁾および印象材との分離性をシミュレーションモデルに十分に得られるように下述のように配慮し，製作した．

第1項 シミュレーションモデルの材質および形態

シミュレーションモデルの顎骨相当部にエポキシレジン，粘膜相当部に日本ポリウレタン社製ウレタンラバー（基剤として N-4032，硬化剤としてトリレンジイソシアネート）を使用した．その形態は黒田²⁸⁾の報告を参考に直径 50.0 mm，厚さ 15.0 mm にエポキシレジン成型し，ウレタンラバーを 1.0，2.0，3.0 mm 各厚さで接着したものをフラットタイプ（基本形態）とした．さらに，顎粘膜表面形態を同一として顎骨の隆起，陥没などを想定した5種類のバリエーションとして作製

図 1 シミュレーションモデル

図 2 各厚さにおけるウレタンラバーの被圧変位量

した (図 1)。

第 2 項 シミュレーションモデルの性状

シミュレーションモデルのウレタンラバー厚さ 1.0, 2.0, 3.0 mm に対する局所被圧変位量²⁹⁾を本学大島^{30,31)}の抵抗線歪計応用の昭和測器社製きね型トランスデューサーで測定し、その結果を図 2 に示した。また、常用荷重量³²⁾における局所被圧変位量はウレタンラバー厚さ 3.0 mm で 1.10 mm, 2.0 mm で 0.82 mm および 1.0 mm で 0.64 mm であり、各ウレタンラバー厚さの約 1/2~1/3 の値を得た。

印象材との分離性について、アルジネート、モデリングコンパウンド、チオコールラバー、シリコンラバーおよび酸化亜鉛ユージノールの各種印象材を検討した。その結果、これら各種印象材はシミュレーションモデルと分離後、ウレタンラバーとの付着は肉眼的に全く観察さ

れず、また、印象後にウレタンラバー表面に荒れなどの変化も認めなかった。

第 2 節 三次元位置再現装置

シミュレーションモデルを用いて有床義歯の印象採得法を検討するにあたり、以下の(1)~(3)を考慮し、三次元位置再現装置を考案開発した。(1) 被圧変位性を有する粘膜面上に形状変化計測の基準点を設定することは不適當である。(2) 印象採得による変化をシミュレーションモデルと作業模型間で同一断面の形状比較ができる。(3) 印象採得時のトレー挿入方向の違いが作業模型に与える影響を観察できる。以上から、計測基準を計測対象物外に設定し、印象採得時のシミュレーションモデルに対するトレーの位置関係を作業模型に再現する治具機構と、さらに印象採得角度検討のため、トレーを任意で保持できるアームを有する三次元位置再現装置を製作した。

第 1 項 三次元位置再現装置の構造

三次元位置再現装置は座金 (A) と、その位置を規定する治具 (B)、トレー (C)、トレーの三次元位置を確保するアーム (D)、トレーを取りつけるヘッド (E)、スタンド (F) および基底部 (G) から構成されている (図 3, 4)。

座金 (A) は治具 (B) により三次元位置関係を規定される。これにより、シミュレーションモデルの印象採得時と作業模型の作製の各操作とで座金の交換を行っても、常に一定位置関係で保持することができる。なお、座金はシミュレーションモデル取付用と模型材注入用の孔を有する作業模型用の 2 種類を作製した (図 5)。

アーム (D) は 3 カ所にボールジョイントを内蔵し、印象採得時にトレーを各方向とも任意な位置関係に動か

図 3 三次元位置再現装置

A: 座金, B: 治具, C: トレー, D: アーム
E: ヘッド, F: スタンド, G: 基底部

すことができる。そしてこれらボールジョイントをロックすることにより、トレーの印象採得終了時における三次元位置関係を正確に作業模型を位置付けることができる。アーム先端のヘッドも治具機構をもち、各種のトレーが規定の位置に着脱できる。

スタンド (F) は本体隅角部に可撤性のネジで止められ、作業模型作製時に装置の天地を返して、その基底部から模型材を注入する際にスタンドとして使用する。なお、アームおよびスタンドは計測時に撤去する。

さらに、装置基底部上面にポンチングプローブ ($\phi 1.0$ mm) を用いてポンチング標識を3カ所に設け、計測基準点とした。

本装置の材質は座金を除く各部に炭素鋼 SK-3 種、座金には SK-4 種を使用した。

図 4 三次元位置再現装置構造図
上: 上面観, 下: 側面観

図 5 シミュレーションモデル取付用座金 (A) と作業模型用座金 (B)

図 6 計測装置

第2項 三次元位置再現装置の精度

三次元位置再現装置の精度検定は以下の項目について行った。

(1) トレーの着脱に伴う位置再現性

本装置で、トレーを用いてシミュレーションモデルを印象採得し、作業模型を調整する過程でシミュレーションモデルを取付けた座金を作業模型用の座金に交換する必要がある。その際に、トレーをヘッド部から取外し、トレーの再装着を行うので再現性を検討した。

検討にあたり、トレーの任意な部位にポンチング標識を設定し、トレー着脱前後での移動量を求めた。計測装置は東京精密社製三次元座標測定機 XYZAX M-400 に日本データゼネラル社製 NOVA 4C 型ミニコンピューターを連動したシステムを用いた (図 6)。

その結果、表 1 に示すごとくトレーの着脱 5 回繰り返し精度は平均 5 μm 以下であった。

(2) 治具の位置再現精度

治具により定位置に規定された座金は、作業模型の調製時と計測時において装置より取りはずされ、そして再装着を行う。そのために、この座金の着脱による移動量を項目(1)の方法で検討した。標識点は座金に一体として取りつけたエポキシレジンブロック上の任意点とした。

その結果、表 2 に示すごとく 5 回繰り返し精度は平均 4 μm 以下であった。

(3) アームおよびヘッド部のボールジョイントの保持力について

本装置は印象採得し、作業模型を調製する際に、アームおよびヘッド部をロック固定し、そのトレーの着脱を行う必要がある。そのために、アームおよびヘッド部ジョイントのロック固定が不十分であると、シミュレーションモデルと印象採得で得られた作業模型との位置を同一にすることが不可能となり、両者間をより高い精度で

表 1 座金取りはずし前と後における治具位置再現精度

	$X_2 - X_1$	$Y_2 - Y_1$	$Z_2 - Z_1^*$
1	0.004	0.002	0.002
2	0.002	0.006	0.002
3	0.002	0.004	0.000
4	0.000	0.002	0.000
5	0.004	0.004	0.000
Mean	0.002	0.004	0.001
SD	0.002	0.004	0.001

unit : mm

X_1, Y_1, Z_1 : 座金取りはずし前

* X_2, Y_2, Z_2 : 座金再装着後

表 2 トレー着脱における位置再現精度

	$X_2 - X_1$	$Y_2 - Y_1$	$Z_2 - Z_1^*$
1	0.004	0.007	0.002
2	0.005	0.005	0.000
3	0.002	0.004	0.002
4	0.003	0.005	0.002
5	0.003	0.004	0.003
Mean	0.003	0.005	0.002
SD	0.001	0.001	0.001

unit : mm

X_1, Y_1, Z_1 : トレー取りはずし前

* X_2, Y_2, Z_2 : トレー再装着後

比較することはできない。そこで本装置のジョイント部の保持力について検討を行った。

アームおよびヘッド部の 3 カ所にジョイント構造を付けた本装置は、ヘッド部に負荷を加えるとアーム基部に荷重力が加わる。すなわち、本装置の基底部に最も近いジョイント部へ最大の負荷が加わるので、このジョイント部の負荷重に抵抗する力を理論的に算出した³³⁾。ジョイント部はボールジョイント機構を有しており、ボールジョイント部摩擦維持力として求める計算式は、ジョイント部のロックによりボールジョイントが受ける力として、

$$T = Q \frac{d_2}{2} \times \frac{L + \mu' \pi d_2}{\pi d_2 - \mu' L} + Q \mu_1 \frac{B + dh}{4} \quad \text{より}$$

$$Q = \frac{T}{\frac{d_2}{2} \times \frac{L + \mu' \pi d_2}{\pi d_2 - \mu' L} + \mu_1 \frac{B + dh}{4}} \quad \text{.....①}$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}$$

Q: 軸方向引張荷重

T: トルク

d₂: ねじの有効径

L: ねじのリード

μ_1 : ナットと座面との間の摩擦係数

μ' : 三角ねじの摩擦係数

B: ナットの対辺距離

dh: ねじ穴の径

β : ねじのリード角

μ : 摩擦係数

で表される。

レンチの長さを 70 mm、力を 5 kg とし、ねじは JIS M 4 並目なので、

$$T = 70 \times 5 = 350 \text{ Kgmm}$$

$$d_2 = 3.545 \text{ mm}$$

$$L = 0.7$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$\mu, \mu' \text{ (共に } 0.3 \text{)}$$

$$B = 3, dh = 0 \text{ (ねじの先端部で押している)}$$

$$\mu' = \frac{0.3}{\cos 30^\circ} = 0.346$$

以上を①に代入すると

$$Q \approx 206 \text{ Kgs}$$

よってボールジョイントのボールには約 200 Kg の押しつけ力が加わる。

200 Kg の押しつけ力が働いたときにボールの中心から距離 l mm なる作用点でボール中心と作用点を結ぶ線と直角に働く力 F Kg を加えた時、ボールに作用するトルクは、

$$T = F \times l \text{ (Kgmm) で表される。}$$

ボールの直径 $D = 12.5$ mm だから摩擦維持力は、

$$T = \frac{D}{2} \times P \times \mu_2$$

P: ねじの押しつけ力

μ_2 : ボールとねじ先端プラスチック間の摩擦係数

$\mu_2 = 0.1$ とすると、

$$T = \frac{12.5}{2} \times 200 \times 0.1 = 125 \text{ Kgmm}$$

すなわち、ボールの中心から作用点までの距離 $l = 50$ mm とすれば、

$$T = F \times l$$

$$F = \frac{T}{l} = \frac{125}{50} = 2.5 \text{ Kg}$$

以上からアーム基部のボールジョイントはヘッド部に加わる 2.5 Kg の負荷重に対しその位置を確保することができる。

第3章 計測装置

義歯床粘膜部の印象採得によって得られた作業模型を比較する方法としては、距離計測よりも連続した形状変化として観察することが優れていると著者らは考える。そこで、工業製品の寸法計測に汎用され、歯科領域においても計測装置としての有用性が高い³⁴⁻³⁹⁾、東京精密社製三次元座標測定機 XYZAX M 400 に日本データゼネラル社製 NOVA 4C 型ミニコンピュータを組合わせた計測システムを用いた。この三次元座標測定機は検出部にモアレ縞スケールを応用し、座標値を X, Y, Z のデジタル表示で行い、連動したコンピュータによりデータを短時間で処理することができる。さらに本測定機 X, Y, Z のいずれか 1 軸をクランプし、形状測定処理モードを使用することにより、一定座標軸における断面形状の計測値が得られる。また、インターフェースによって接続された XY プロッターで描記させることができる利点を有する。

第4章 考察および検討

今日、歯科補綴領域における補綴物調製は印象採得を行い、作業模型を製作する間接法が汎用されている。そのため、作業模型の表面あらさおよび寸法精度に大きな関心が寄せられ、なかでも寸法精度は補綴物の適合性や形態に大きな影響を与えるので、印象材および模型材を基礎的立場から、また印象採得法を臨床的立場から多くの研究^{1-28, 39-44)}がなされている。

著者らは有床補綴学における印象採得法の相違が顎粘膜にいかん影響を与え、その結果としていかなる表面形状の作業模型が得られるかを基礎的に解明する目的でシミュレーションモデルと三次元位置再現装置を考案開発した。

1. シミュレーションモデルについて

印象採得法と顎粘膜の関連性について、多くの研究^{29, 30, 32, 40-54)}が行われているが、まだ不十分である。この現状において、基礎的立場からの検討は散見するにすぎず、著者らはシミュレーションモデルを用いて基礎的

検討を行うこととした。本研究に用いるシミュレーションモデルは生体の顎粘膜部の粘弾性を考慮し、その厚さに対する被圧変位量を生体に近似させ、作製した。生体の顎粘膜厚さに対する被圧変位量について岸³²⁾は常用荷重量下における局所被圧変位量は顎粘膜厚径の約 1/3 に近い値を示すと述べている。著者らが用いたシミュレーションモデルの常用荷重量において局所被圧変位量は図 2 に示すごとく、ウレタンラバー厚径に対し、約 1/2~1/3 mm の値を示し、岸の報告と近似している。さらに、シミュレーションモデルと印象材の分離性および荒れは作業模型に影響を与えるので、肉眼的観察を行い、その結果を検討したところ、それらの分離性および表面性状ともに良好な結果を得た。これらを総合的に検討すると、著者らのシミュレーションモデルは本研究に用いるに相当と考え、本研究に使用することとした。

2. 三次元位置再現装置について

作業模型の寸法精度を基礎的に検討する方法は計測点の設定法と計測法とに数多くの報告がみられる。基礎的検討として Mastercasting 法^{9,12,19,22,26)}、作業模型上に再現された計測点あるいは作業模型上に金属標識点を埋入する方法^{4-6,8,10,11,14,16)}などが報告されている。計測装置として万能投影機^{4,5,16-18,20,24)}、読みとり顕微鏡^{9,10,12,14,23)}などが主に使用されている。しかし、従来の方法および装置では膨縮変化あるいは相対的距離変化の検討に終結し、本研究における粘膜面の形状変化検討には適当ではないと考える。一方、臨床的検討として、口腔内の印象採得で得られた作業模型において、その断面形状の比較検討を行っているが^{34,46,47,54)}、断面形状比較部位の正確性にやや疑問点を残している。

計測基準を計測模型外部に設定した検討としては鈴木⁵⁵⁾の報告がある。鈴木は計測基準平面を印象トレー上に設定し、シリコーン印象材の寸法精度を三次元座標測定機で計測し、各作業模型の相互断面比較精度を向上させている。

著者らは印象対象物であるシミュレーションモデルと印象採得によって得られた計測模型を比較検討するためには三次元的な形状として観察することが適当と考えた。そこで、計測基準をシミュレーションモデルおよび計測模型の外部に設定した三次元位置再現装置を考案開発した。本装置の作業模型作製までの各過程における再現精度は表 1, 2 に示すごとく、全過程をととして 10 μm 以下と判明し、高精度で同一断面の比較ができる。さらに、操作過程中的トレー着脱時に生ずる負荷重に対して、アームの各ジョイント部の抵抗力は 5 Kg であっ

た。さらに、トレー着脱時、ヘッド部に加わる力を検討すると 1 Kg 以内であった。これら両者から、十分な三次元位置関係の保持力(抵抗力)を有するものと判断した。

これらを総合的に検討すると、著者らの三次元位置再現装置の精度は本研究に使用するに何ら問題は生じないものと判断し、使用することとした。

第 5 章 ま と め

有床補綴学における印象採得法を解明する目的で、著者らは今回、印象対象物として無歯顎顎粘膜を想定したシミュレーションモデルと計測模型を形状として計測および比較する三次元位置再現装置を考案開発し、以下の結果を得た。

1. シミュレーションモデルの被圧変位量は、無歯顎顎粘膜に近似していた。

2. 三次元位置再現装置の計測基準点は計測模型外、すなわち本装置の基底部上面に設定した。その結果、三次元座標測定機にて各計測基準点から基準平面と原点を決定でき、三次元座標系を定め、一定座標の断面でシミュレーションモデルと作業模型との形状変化を比較できる。この相互比較断面精度は約 10 μm である。

3. シミュレーションモデルは、無歯顎顎粘膜に近い性状の印象対象物として使用できることが判明した。また、三次元位置再現装置は高精度の位置再現性を有し、三次元座標測定機と組合わせて印象採得法による顎粘膜の形状変化を三次元的に検討できることが判明した。

稿を終るにあたり、本研究に多大なるご協力をいただいた(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。

また、専攻の立場からご助言を賜った材料科学研究室土生博義助教授に深く感謝の意を表します。

なお、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において発表し、会誌に抄録を掲載した。

文 献

- 1) 吉田恵夫：金属原型による弾性印象材の精度試験について、歯界展望，14 (11)：62~71，1957。
- 2) 吉田恵夫：弾性印象材による歯型の実用的精度について、歯界展望，15 (1)：74~91，1958。
- 3) 細田裕康：弾性印象材による硬石膏模型の精度に関する

- 研究, 齒材器誌, 3 (1): 32~46, 1959.
- 4) 藤城鉄英: 顎模型の寸法精度に関する研究, 補綴誌, 18 (2): 20~40, 1975.
- 5) 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 (2): 155~176, 1978.
- 6) 森谷良彦, 金本愛道, 高木勝憲, 志田啓二, 桑田晋作: 間接模型の寸法精度, 補綴誌, 17 (1): 72~78, 1973.
- 7) 中尾勝彦, 田中伐平, 田中貴信: 石膏歯列模型の寸法精度, 補綴誌, 15 (1): 178~185, 1971.
- 8) Skinner, E.W. and Hoblit, N.E.: A Study of the Accuracy of Hydrocolloid Impressions, J. Pros. Dent., 6: 80~93, 1956.
- 9) Stackhouse, Jr. J.A.: The Accuracy of Stone Dies made from Rubber Impressions, J. Pros. Dent. 24: 377~386, 1970.
- 10) Shippee, R.W.: Accuracy of Impression with Elastic Impression Materials, J. Pros. Dent., 10: 381~386, 1960.
- 11) Phillips, R.W., Price, R.R., and Reinking, R.H.: The Use of Alginate for Indirect Restorations, J.A.D.A., 46: 393~403, 1953.
- 12) Mitchell, J.V. and Damele, J.J.: Influence of Tray Design upon Elastic Impression Materials, J. Pros. Dent., 23: 51~57, 1970.
- 13) Brown, D.: Factors Affecting the Dimensional Stability of Elastic Impression Materials, Journal of Dent., 1: 265~274, 1973.
- 14) Harris, W.T.: Water Temperature and Accuracy of Alginate Impressions, J. Pros. Dent., 21: 613~617, 1969.
- 15) Podshadley, A.G., Dilts, W.E., Neimann, R. and Ellison, E.: Accuracy of Relined Mercaptan-Rubber Impressions, J. Pros. Dent., 24: 503~511, 1970.
- 16) 松代浩明: アンダーカット印象精度に関する実験的研究, 阪大歯誌, 17 (1): 28~44, 1972.
- 17) 草刈 玄, 村山正史, 高瀬和喜, 塩屋雅晴, 水落 功, 吉田 薫: シリコ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 (2): 94~102, 1973.
- 18) 草刈 玄, 高瀬和喜, 塩屋雅晴, 水落 功, 吉田 薫: シリコン連合印象の寸法精度, 第2報, シリコン印象材の理工学的性質との関連, 補綴誌, 17(4): 82~90, 1974.
- 19) 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(2): 350~371, 1973.
- 20) 川和忠治: シリコ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(1): 138~157, 1975.
- 21) 川和忠治: シリコ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 (1): 158~169, 1975.
- 22) 野川 勇: 間接作業模型の寸法精度に影響する因子について, 歯学, 56 (3): 148~166, 1968.
- 23) 総山孝雄: 間接法歯型の膨縮変形に関する総合的研究, 口病誌, 20: 229~252, 1953.
- 24) 秀 守生: 弾性印象材による全顎模型の精度に関する比較研究, 歯科学報, 74 (10): 1423~1434, 1974.
- 25) 立石直樹: 各種市販印象材および各種模型材の特性ならびにそれらを組み合わせて作製した模型の物性変化に関する研究, 齒材器誌, 27 (1): 15~35, 1972.
- 26) 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, 歯学, 57 (2): 37~55, 1969.
- 27) 関根 弘, 田島篤治, 溝上隆男, 岡田京子, 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3報) 粘弾性を有する被印象体の印象時における変位状態について, 歯科学報, 71(11): 43~48, 1971.
- 28) 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, 歯科学報, 71 (6): 1445~1474, 1971.
- 29) 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, 歯科学報, 70(1): 38~68, 1970.
- 30) 大島健司: 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 (2): 31~72, 1968.
- 31) 大島健司: 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 (1): 51~56, 1966.
- 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, 歯科学報, 72 (6): 18~72, 1972.
- 33) 小栗富士雄: 機械設計図表便覧, 18~20, 共立出版, 東京, 1979.
- 34) 岩尾 徹: 三次元測定機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, 齒材器誌, 34 (2): 136~147, 1977.
- 35) 稲葉 繁, 是沢恵三, 萩原重一, 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(1): 55~60, 1981.
- 36) 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, 歯学, 68 (5): 788~805, 1981.
- 37) 川名孝義: 上下歯牙の Overlap 量と側方位歯牙接触様式について, 歯学, 68 (5): 763~787, 1981.
- 38) 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 茂, 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 (2): 89~100, 1982.
- 39) 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(5): 914~920, 1982.
- 40) 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, 歯科学報, 63 (1): 1~25, 1963.
- 41) 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.
- 42) 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 (2): 7~13, 1966.
- 43) 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, 歯科学報, 71 (11): 37~42, 1971.
- 44) 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面形態に及ぼす影響に関する実験的研究, 歯科学報, 71 (1): 1~34, 1971.
- 45) 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, 補綴誌, 26 (3): 1~17, 1982.
- 46) Woelfel, J.B.: Contour Variations in Impressions of One Edentulous Patient, J. Pros. Dent., 12: 229~252, 1962.
- 47) Lytle, R.B.: Soft Tissue Displacement Beneath Removable Partial and Complete Dentures, J. Pros. Dent., 12: 34~43, 1962.
- 48) Addison, P.I.: Mucostatic Impressions, J. Amer. Dent. Ass., 31: 941~946, 1944.
- 49) Swenson, M.G.: Anatomy in Relation to Edentulous Impression, J. Amer. Dent. Ass., 20: 1078~1082, 1933.
- 50) Height, F.M.: Simple Technique to Obtain Maximum Retention and Stability in Lower Impressions, J. Amer. Dent. Ass., 12: 778~783, 1925.
- 51) Brown, A.H.: Denture Impression Under Controlled Pressure, J. Amer. Dent. Ass., 14: 1209~1212, 1927.
- 52) Frank, R.P.: Controlling Pressures During Complete Denture Impressions, Dent. Clin. Nor. Amer., 14: 453~470, 1970.
- 53) Frank, R.P.: Analysis of Pressures During Maxillary dentulous Impression Procedures, J. Pros. Dent., 22: 400~413, 1969.
- 54) Lytle, R.B.: The Management of Abused Oral Tissues in Complete Denture Construction, J. Pros. Dent., 7: 27~42, 1959.
- 55) 鈴木 章: 三次元座標測定機応用による歯列模型の寸法精度に関する基礎的研究, 26(1): 192, 1982.