35 mm カメラによる三次元形態測定システム

第2報 全部床義歯の床内面積の測定

安藤 秀二

Three Dimensional Measurement System by 35 mm Non-metric SLR Camera

Part 2. Measurement of Complete Denture Base Surface Area

Shuji Ando

Abstract : A three dimensional measurement system by 35 mm non-metric SLR camera was developed (Part 1).

The purpose of this study was to examine the propriety of the application of the above mentioned system with addition of one other instrument, for clinical prosthodontics, especially in the measurement of complete denture base surface area.

In this experiment, three dimensional concave and convex curved metal test pieces were used to evaluate the accuracy of measuring curved surface.

Additionally, this system was applied to the measurement of complete denture base surface area and edentulous cast model surface.

And then the measurements were compared with one previous measurement system for accuracy.

From the three dimensional data obtained from this system, three dimensional color photographic representations of measured objects were also attempted.

Results were as follows :

1. Measurement errors of the test piece surfaces were -1.6% on the average.
2. This system was applicable to measure the denture base surface area.
3. Measured objects could be represented by three dimensional color photographs (Photo. 6~11).

Key words : photogrammetry, stereo photogrammetry, denture base surface area, three dimensional measurement

I. 緒 言

全部床義歯の床内面積は、義歯の維持および床下粘膜

東京医科歯科大学歯学部第3歯科補綴学教室(指導:長尾正憲教授)

The 3rd Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Director : Prof. Masanori Nagao)

昭和60年8月19日受付

組織の咬合力負担に関係して歯科補綴学的に重要な要素である。そのため義歯床内面積の測定法には、今日まで種々の方法が開発され、応用されてきている¹⁻⁵⁾。しかし、従来の測定法は、ほとんどが接触型の測定法であり、資料作製に長時間を要するため患者から義歯を預かなければならないなどの欠点がある。

著者は歯科領域への応用を目的として、解析写真測量の原理を利用した35mmカメラによる簡便な三次元形態測定システムを開発し、臨床応用の基礎的検討を加

え、先に第1報⁶⁾として報告した。今回は、このシステムを利用して全部床義歯の床内面積の測定を試みたので、その結果を報告する。

II. 測定方法

全部床義歯床内面積の測定には、すでに第1報⁶⁾で報告した 35 mm カメラによる三次元形態測定システムを用いた。しかし、そのままでは複雑な形状をした義歯床内面の表面積を測定することは困難なので、さらに微小格子スライドを組み込んだ小型のスライドプロジェクター (CABIN 社製 Color CABIN III) を図1のように取り付け、測定対象物に微小格子を投影しその格子ごとに面積を算出して求める測定方法を考案した。なお、測定の手順は第1報⁶⁾で報告したとおりであり、測定用架台には立体架台を使用し、入力は微小格子の交点中央とした。また三次元座標の算出に際し、単写真標定は第1報⁶⁾同様、各標定ケースごとに演算処理を行った。

III. テストピースによる検討

すでに第1報⁶⁾において、単純な平面形状テストピースを用いて基礎的検討を行い、その結果を報告したが、ここでは、義歯床内面の複雑な形状を考慮して図2に示す起伏の異なる3種類3組の曲面形状テストピースを工作精度 ± 0.01 mm で真鍮にて製作した。各テストピースの曲面形状部分を測定対象として使用し、本測定法により算出した表面積と製作寸法から計算して求められる計算値 ($1,571 \text{ mm}^2$) とを比較し検討を加えた。

図3は撮影した立体写真の例で、上が低型凹型テストピース、下が低型凸型テストピースを撮影したものである。

表1は、各テストピースの各標定ケースにおける曲面形状部分の表面積の測定値および計算値との差を百分率で示したものである。その結果、全ケースでは、テストピースの表面積の測定値は $1,508 \sim 1,576 \text{ mm}^2$ であり、計算値との差は最小 -0.1% 、最大 -4.0% 、平均 -1.6% であった。また各標定ケースでみると、第1報と同様、外部標定要素のみを考慮した標定1においても測定に利用可能な値 (最小 -1.8% 、最大 -4.0% 、平均 -2.7%) を示しているが、やはり内部標定要素を考慮した標定2, 3, 4のほうは最小 -0.1% 、最大 -3.8% 、平均 -1.2% と精度の良い測定が可能であり、内部標定要素をすべて考慮した標定4をみると、計算値との差が最小

図1 撮影装置

(曲面部分面積 $1,571 \text{ mm}^2$)

図2 曲面形状テストピース

-0.5% 、最大 -3.8% 、平均 -2.1% であった。また、テストピースの凹凸や起伏の相違による著しい差はみられず、義歯床内面の複雑な形状にも十分対応できる結果であった。

IV. 測定結果

全部床義歯の床内面積を測定するには、義歯床の内面を直接測定する方法²⁻⁵⁾と無歯顎作業用模型表面を測定する方法¹⁾が考えられる。そこで今回、義歯床および模型の両方から表面積の測定を試みた。

測定対象として NISSIN 社製無歯顎スタディモデル 402-U, L と、その模型を用いて通法により製作した上下顎全部床義歯を使用した (図4)。なお、製作した義歯

図 3 テストピースの立体写真

床と模型の外形線が一致するように、全部床義歯製作前に作業用模型の歯肉頬移行部最深縁に楔状に外形線を掘り込み、義歯床辺縁に外形線が描かれるように製作し、その外形線の内側を全部床義歯の床内面積の測定対象とした。また、義歯床や模型が複雑な形状でアンダーカットなどがあり、投影微小格子が写らない場合は測定領域の分割マーキングを行って撮影および測定を行うことにした。今回の測定に際しては、上顎全部床義歯は分割を行わず、上顎作業用模型は 2 分割、下顎全部床義歯および下顎作業用模型は 3 分割して測定を行った。

図 5 は、上顎全部床義歯と上顎作業用模型に微小格子を投影して撮影を行った立体写真の例である。

表 2 は、上下顎の全部床義歯および作業用模型から測定した表面積の結果を各標定ケースおよび各分割領域ごとに示したものである。その結果、今回測定に使用した全部床義歯および作業用模型の表面積は、全標定ケースでみると、上顎は $3,504 \sim 3,651 \text{ mm}^2$ 、下顎は $2,581 \sim 2,746 \text{ mm}^2$ であった。また理論的に最良と思われる内部標定要素をすべて考慮した標定 4 についてみると、上顎では、義歯床計測で $3,602 \text{ mm}^2$ 、模型計測で $3,651 \text{ mm}^2$ であり、下顎では、義歯床計測で $2,666 \text{ mm}^2$ 、模型計測で $2,742 \text{ mm}^2$ であった。

V. 測定対象物の視覚表現

本システムにより求められた測定対象物の格子点の三次元座標値を用いて、測定対象物の形態を画像として再現し、視覚的にとらえることを試みた。つまり測定対象物を連続する微小平面群で構成される三次元数値モデルとして表し、任意の角度からみることができるようになった。以下にその出力例を示す。

図 6, 7 は凹凸型曲面形状テストピースを表したものである。

図 8~11 は上顎全部床義歯の床内面の形態を表したものであり、図 8, 10 は格子点を結んだワイヤーフレームによる透視図である。図 9, 11 は床内面をピンク色とし、その裏面を青色として表現したものである。なお図 8, 9 は後上方から、図 10, 11 は前方からみた場合である。

VI. 考 察

全部床義歯の床内面すなわち粘膜面は、床下粘膜に直接接触する部分で、その表面積を知ることが義歯の維持力および咬合圧などの負担の上で重要なことである。

表 1 曲面形状テストピースの測定値と計算値 (1,571 mm²) に対する百分率

ケース	格子点数	標 定	面 積	(%)
凹	209	1	1,543	-1.8
		2	1,576	0.3
		3	1,575	0.3
		4	1,529	-2.7
低 型	209	1	1,527	-2.8
		2	1,557	-0.9
		3	1,550	-1.3
		4	1,511	-3.8
凹	209	1	1,515	-3.6
		2	1,551	-1.3
		3	1,551	-1.3
		4	1,551	-1.3
中 型	209	1	1,537	-2.2
		2	1,564	-0.4
		3	1,565	-0.4
		4	1,563	-0.5
凹	190	1	1,508	-4.0
		2	1,536	-2.2
		3	1,540	-2.0
		4	1,542	-1.8
高 型	190	1	1,541	-1.9
		2	1,576	0.3
		3	1,569	-0.1
		4	1,534	-2.4

林⁷⁾, Boucher⁸⁾, Watt⁹⁾ らは, 全部床義歯の維持は, 一般に義歯床により被覆される面積に左右され, その面積が大きいほど効果的であると述べている。また, 森谷¹⁰⁾, 岡根ら⁴⁾ は義歯床面積と咬合力の関係について, 柳田ら¹¹⁾ は義歯床面積と咀嚼筋との関係についての報告を行っており, 義歯床の内面積を把握することは, 歯科補綴学的に重要な問題である。そのため, 従来より種々の測定方法が報告されている。その第1は, 最も一般的な方法で, 金属箔やビニールシートなどを模型表面や義歯床内面に圧接し, それらの面積を方眼紙やプランメーター, デジタイザを利用して測定する方法であり, 三浦¹⁾, 岡根ら⁴⁾, 新倉ら⁵⁾ の報告がある。第2は, 重量換算法によって義歯床内面積を測定する方法であり, 塩化ビニール被膜を利用した佐々川ら²⁾ の報告がある。第3は, 義歯床内面に圧接した金属箔を腐食させ, 光学的面積測定装置によって測定する方法であり, 阪上³⁾ の報告がある。

これら従来の測定方法は, いわゆる接触型の測定法といえる。本研究における測定方法は, それらの方法とは

図 4 測定に使用した上顎の全部床義歯と作業用模型

全く異なるもので, 立体写真から測定する非接触型の方法であり, すでに, 第1報において模型の計測や義歯床内面積の測定をも考えた基礎的な検討を行ったところ良好な結果を得ているものである。さらに, ここでは実際の全部床義歯の床内面積の測定を考慮, 第1報で報告したシステムに若干の装置を追加し, 曲面形状テストピースについて検討を加え, 上下顎の全部床義歯および無歯顎作業用模型の表面積の測定結果について検討することとした。

なお, 本システムの三次元座標の測定精度については, 第1報で報告しているが, 今回撮影したケースにおける三次元座標の測定精度は標定4において表3に示すとおりであった。

1. 曲面形状テストピースの測定

第1報における平面形状テストピースを用いた基礎的な検討の結果では, 計算値との差は $\pm 3\%$ 以内であった。ここでは, 義歯床内面の形状を想定し, 3種類3組の曲面形状テストピースを用いて検討したが, 凹凸や起伏による違いはみられず, 全ケースをとおして計算値との差は最小 -0.1% , 最大 -4.0% , 平均 -1.6% であった。したがって, 模型表面や義歯床内面の複雑な形状にも十分対応できることが確認された。

2. 全部床義歯の床内面積の測定

上下顎全部床義歯の床内面積の測定を義歯床および作業用模型の両方から行ったが, 1つの参考として従来最も一般的な測定法として利用されている圧接法で上下顎の表面積を求め, 比較, 考察を加えた。圧接法として, 0.01 mm の錫箔 (松風社製) を義歯床内面に圧接し, それを展開してデジタイザにて計測する方法を用い, 20枚を圧接し1枚につき10回の計測を行った。その結果を

図 5 上顎の全部床義歯と作業用模型の立体写真

表 2 上下顎全部床義歯および作業用模型からの測定値

ケース	標 定	面 積 (単位: mm ²)			合 計
		領域-1	領域-2	領域-3	
上顎全部床義歯 格子点数 402	1	3,504			3,504
	2	3,604			3,604
	3	3,603			3,603
	4	3,602			3,602
上顎作業用模型 格子点数 454	1	3,080	541		3,621
	2	3,088	558		3,646
	3	3,088	559		3,647
	4	3,092	559		3,651
下顎全部床義歯 格子点数 397	1	1,212	708	661	2,581
	2	1,246	731	679	2,656
	3	1,246	734	686	2,666
	4	1,256	731	679	2,666
下顎作業用模型 格子点数 393	1	1,313	671	684	2,668
	2	1,344	698	704	2,746
	3	1,343	701	701	2,745
	4	1,344	701	697	2,742

本システムによる測定値と比較したものが表 4 である。
その差は -1.5% (上顎作業用模型の標定 4) ~ -8.7%
(下顎全部床義歯の標定 1) の範囲にあり, 平均では -3.9
% であった。圧接値と測定値間の差は, 錫箔圧接時に

生じる避けられない箔のしわによるオーバーラップ部分
によるためと考えられる。

以上の結果から非接触型の本測定法は十分臨床的に使用
できるものと考えられる。

表 3 標定4における三次元座標の平均誤差および
相対精度

CASE	Vx (mm)	Vy (mm)	Vz (mm)	Dz (%)
低 型 凹	0.34	0.40	0.36	0.897
凸	0.26	0.43	0.31	0.794
中 型 凹	0.04	0.04	0.17	0.376
凸	0.08	0.09	0.14	0.320
高 型 凹	0.03	0.07	0.14	0.313
凸	0.21	0.76	0.30	0.688
上顎全部床義歯	1 0.04	0.04	0.12	0.262
上顎作業用模型	1 0.06	0.05	0.20	0.441
	2 0.06	0.04	0.24	0.551
下顎全部床義歯	1 0.05	0.06	0.25	0.554
	2 0.07	0.06	0.23	0.519
	3 0.14	0.20	0.35	0.777
下顎作業用模型	1 0.11	0.11	0.27	0.624
	2 0.04	0.03	0.11	0.236
	3 0.14	0.11	0.18	0.440

表 4 鋸箔圧接値に対する百分率

ケース	圧接値	標 定	(%)
上顎全部床義歯	3707	1	-5.5
		2	-2.8
		3	-2.8
		4	-2.8
上顎作業用模型	3707	1	-2.3
		2	-1.6
		3	-1.6
		4	-1.5
下顎全部床義歯	2828	1	-8.7
		2	-6.1
		3	-5.7
		4	-5.7
下顎作業用模型	2828	1	-5.7
		2	-2.9
		3	-2.9
		4	-3.0

3. 測定対象物の視覚表現

今日、コンピュータによる画像処理はさまざまな分野で応用されている。そこで本システムの特徴の1つとして、測定対象物の形態を画像として視覚的に表現することを試みた結果、図6～11に示したとおり、測定対象物の三次元的形態を再現することができた。また、任意の角度からみることができるので、測定対象物の形態の特徴を把握するのに役立つと考えられる。

VII. 総 括

本報では、第1報における全部床義歯床内面積の測定に関する臨床応用の基礎的検討の結果を踏まえ、曲面形状テストピースを用いてさらに検討を加え、実際の全部床義歯の床内面積の測定を義歯床および作業用模型の両方から行い、その結果と従来の方法との考察をも加え、以下の結果を得た。

1. 曲面形状テストピースを用いた表面積の測定の結果、製作寸法による計算値との差は平均 -1.6% であり、曲面形状の表面積も十分測定可能であることが確認できた。

2. 非接触型でしかも簡単な装置で組み込まれた本測定システムは、実際の全部床義歯の床内面積の測定に対しても信頼し得る成果を上げることが可能であることが確認できた。

3. 本システムにより得られた三次元座標のデータを用いることで、測定対象物を画像として再現し、その三次元形態を把握することができる。

稿を終るに臨み、終始ご懇篤なご指導とご校閲を賜りました長尾正憲教授に深甚なる謝意を表します。また専門的立場から適切なご助言、ご指導をいただきました東京大学生産技術研究所村井俊治教授に深く感謝の意を捧げるとともに、画像処理に関するプログラミングをはじめ種々ご教示をいただきました東京大学生産技術研究所松岡龍治博士に厚くお礼申し上げます。併せて、本研究にご協力下さいました教職員各位に謹んで感謝の意を表します。

本論文の要旨の一部は、昭和59年5月、日本写真測量学会年次学術講演会、ならびに昭和59年10月、第72回日本補綴歯科学会学術大会において発表した。

文 献

- 1) 三浦英造：作業顎模型における総義歯床座面積の測定に関する研究，日大歯学，39：174～183，1965。
- 2) 佐々川明，森谷良彦：義歯床の面積測定法の新考案，補綴誌，10：57～59，1966。
- 3) 阪上隆則：義歯床面積測定法の一考案，（講演抄録）補綴誌，21：183～184，1977。
- 4) 岡根秀明，橋田博文，津島隆司，佐々木元，長沢 亨，津留宏道：総義歯の床面積が咬合力の発現に及ぼす影響に関する実験的研究，補綴誌，23：428～435，1979。
- 5) 新倉久市，蓮池敏明，柳生嘉博，嶋田 淳，山本美朗：総義歯の応力解析に関する研究，第2報，粘膜面の面積測定

- 法の開発について, 補綴誌, 25 : 200~206, 1981.
- 6) 安藤秀二: 35 mm カメラによる三次元形態測定システム, 第 1 報, システムの開発と臨床応用のための基礎的研究, 補綴誌, 29 : 1388~1402, 1985.
- 7) 林都志夫編: 全部床義歯補綴学, 1~111, 医歯薬出版, 東京, 1982.
- 8) Boucher, C.O., Hickey, J.C. and Zarb, G.A.: Prosthodontic Treatment for Edentulous patients, 133~157, The C.V. Mosby Co., Saint Louis, 1975.
- 9) Watt, D.M. and Macgregor, A.R.: Designing Complete Dentures, 79~80, The W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1976.
- 10) 森谷良彦: 総義歯の咬合力に関する研究 補遺, 補綴誌, 11 : 1~23, 1967.
- 11) 柳田尚三, 加藤 亘, 松本清子: 義歯設計の差による咬筋の筋電図と咀嚼能率, 補綴誌, 3 : 48~51, 1959.

図 6

図 7

図 8

図 9

図 10

図 11