

原 著

非接触 3 次元デジタイザを用いた歯型彫刻実習作品の評価について

木暮ミカ, 植木一範, 伊藤圭一

明倫短期大学 歯科技工士学科

Evaluation of Dental Carving Works Using Non-contact 3 D Digitizer for Undergraduate Students in Practical

Mika Kogure, Kazunori Ueki and Keiichi Ito

Department of Dental Technology, Meirin College

歯型彫刻実習において、学生が製作した実習作品の形態を客観的に評価することを目的に、非接触3次元デジタイザを用いて計測した3次元データからコンピュータ画像を作成し、これを応用した新しい指導方法を試みた。

その結果、本指導方法は視覚的に削合の過不足部位が明確に表示されるため、言葉だけの指導では十分に理解し得なかった学生が容易に納得することができた。

キーワード：歯科口腔解剖学，歯型彫刻実習，非接触3次元デジタイザ，実習評価

The purpose of this study was to objectively evaluate dental carving techniques by students in one of the basic practical classes for Oral Anatomy. Computer graphics images were produced from 3 D data measured using a non-contact 3D digitizer. These images were then used to aid instruction of students. Consequently, students who could not fully understand the verbal instructions were able to readily grasp the process, as they could clearly observe the effect of over- or under-grinding parts.

Key words : Oral anatomy, Dental carving practical, Non-contact 3 D digitizer, Evaluation of practical

緒 言

近年、歯科技工士養成の教育改革に伴い、新しい教育方法の導入が試みられるとともに、教育効果の評価方法についてもさまざまな指摘がなされている¹⁻⁴⁾。特に実習の進捗状況に応じた学生の技能をより客観的に評価し、その後の実習にフィードバック可能な教育システムが望まれている⁵⁾。現在、本学の種々の実習における技能評価は、教員の主観が大半を占める方法を採用しており、従来、客観的評価方法が確立しなかったため、実習作品の形態への指摘や指示事項が教員間で異なることがあり、学生の理解を混乱させる要因の一つになっていると思われる。

そこで歯型彫刻実習において、学生が製作した実習作品を客観的に評価することを目的に、最近歯科分野

にも応用されている⁶⁻⁹⁾非接触3次元デジタイザを用いて計測した3次元データからコンピュータ画像を作成し、これを応用した指導法を試み、その有効性について学生にアンケート調査を行ったところ、概ね良好な結果が得られたので報告する。

研究方法

1. 歯型彫刻評価システム

著者は、これまでに口腔解剖学の歯型彫刻実習における客観的かつ効果的な指導方法として、デジタルカメラとフォトタッチソフトウェアAdobe PhotoShop ver6.0®を利用したコンピュータ画像を作成し(図1)、従来通りの主観的アドバイスの補助ツールとして学生指導に取り入れてきた。しかし、これは2次元画像の重ねあわせでしかないため(図2)、大まかな外形の違

いや溝の位置のずれを指摘できても、削合の過不足を正確に指導するのは難しかった。そこで、歯型彫刻実習作品を精度良くコンピュータ上に3次元再構築するための非接触3次元デジタイザ、歯牙標本モデルと学生実習作品の形態比較評価のための3次元CADソフトウェア、および学生が評価結果を閲覧するための出力装置により構成されている評価システムを開発した。

1) 非接触3次元デジタイザ

本評価システムでは、高速・高精度の非接触（レーザー式）3次元デジタイザであるミノルタ社製VIVID900®を用いた。この装置の仕様は表1に示す。1スキャンあたり2.5秒で、レンズより0.6mの位置における111mm×84mm×40mmの対象をX: ±0.22mm, Y: ±0.16mm, Z: ±0.19mmの高精度、かつ640×480ポイントの高解像度3次元データとして測定することが可能である。同時に、対象のデジタルカラー画像も取得し、3次元データの表面にテクスチャーとして貼付し、3次元のイメージ像として取り扱うことができる。

本評価の対象である歯型彫刻実習では、天然歯牙の1.2倍大を取扱うため測定領域はX: 20mm×Y: 20mm×Z: 20mm以内が必要となる。その領域に対する精度は約X: ±0.04mm, Y: ±0.04mm, Z: ±0.09mm以下が保証されている。また、本システムはレーザー式のため、光の

届かないアンダーカット部分に関しては回転テーブルとキャリブレーションチャートにより複数回測定し、後にソフトウェア処理による合わせ込み処理を行った(図3)。

2) 3次元CADソフトウェア

非接触3次元デジタイザにより得られた計測データは、VIVID用3次元編集ソフトウェア（ミノルタ, Polygon Editing Tool® ver.1.3）を用いて、回転テーブルによる各ショットの位置合わせと合成、データ欠損に対する穴埋め処理、および平滑化処理によりノイズ除去等を行った(図4)。平滑化処理は、計測対象モデル全てに共通の係数を用いて行った。作成された実習物の3次元データは、汎用3次元CADソフトウェア（Rapid Form 2000®）により、歯牙標本モデル教材（ニッシン社製1.2倍大歯牙模型C13-AT31）の3次元データと歯軸と方位を基準に重ね合わせを行い、3元的に回転することにより視覚的に評価した(図5-AB)。

3) 閲覧システム

3次元CADを用いて作成された評価結果は、学生がソフトウェア操作を負担に感じないように、頬側面、近心面、咬合面の3方向からの画像(図5-C)を予め作成しておき、ノート型コンピュータ（Apple社iBook FireWire®）の12.1 inch液晶画面に表示して閲覧させた。

デジタルカメラCanon EOS D30（総画素：約325万画素 有効画素：約311万画素）およびCanon EF LENS EF180mmF3.5L マクロレンズにて標本模型と実習作品を咬合面方向より撮影

フォトタッチソフト「Adobe Photoshop®」に標本模型と実習作品の画像を読み込ませ、溝や咬頭の位置などをマーキングする

フォトタッチソフト「Adobe Photoshop®」のレイヤー機能を利用して標本模型と実習作品の画像を重ね合わせる

図1. 2次元画像の作成過程

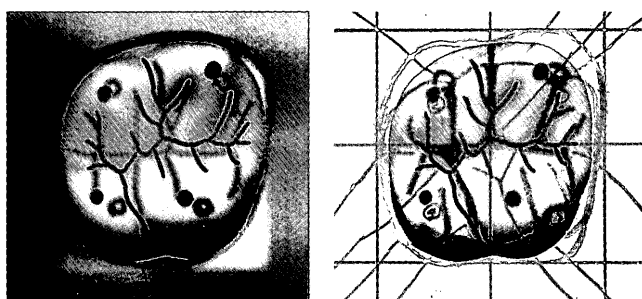


図2. Photoshop®による2次元的重ね合わせ画像

2. 教育効果の評価方法

今回開発した評価システムの有効性を検討するために、以下のようなアンケート調査を行った。

表1. VIVID900の仕様

型名	非接触型3次元デジタイザ VIVID 900
測定方法	三角測量 光切断方式
スキャニング距離	0.6~1.2m
レーザースキャン方式	ガルバノミラー方式
入力時間	0.3~2.5sec

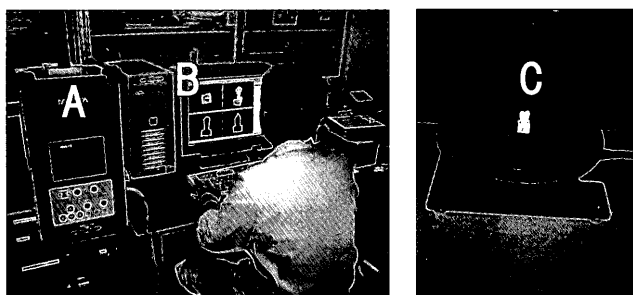


図3. 非接触3次元デジタイザの概観

A: 非接触3次元デジタイザ ミノルタVIVID900®
B: 解析用コンピュータDELL Dimension420
C: 回転テーブル

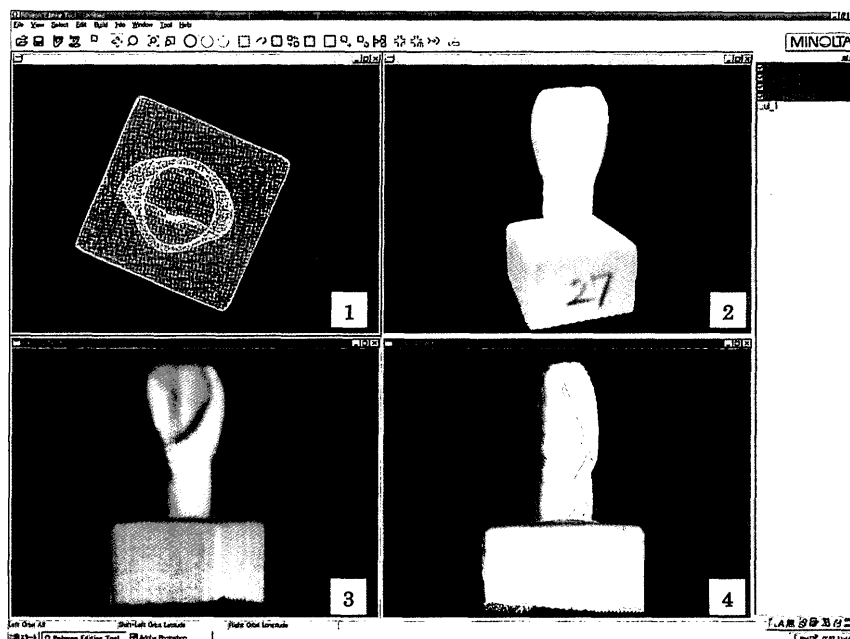


図4．3次元CGデータ処理画面（上顎右側中切歯）

- 1：咬合面観（ワイヤーフレーム） 2：唇側面観（レンダリング処理）
3：舌側面観（シェーディング） 4：隣接面観（多色シェーディング）

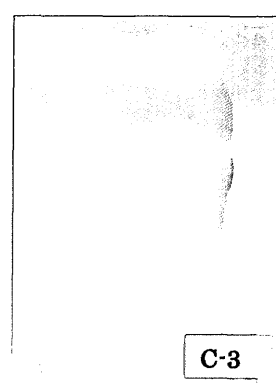
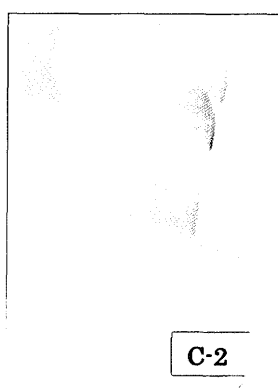
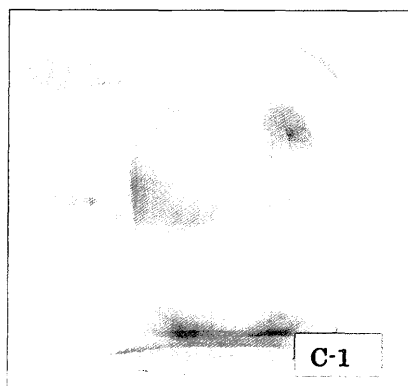
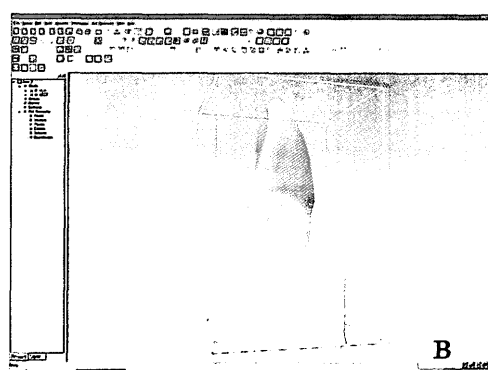
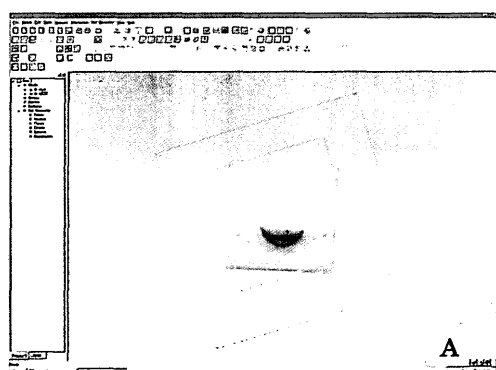


図5．Rapid Form 2000®による実習作品とモデルの重ね合わせ（淡色＝実習作品・濃色＝標本模型）
A、B：Rapid Form 2000®操作画面 C-1：咬合面観 C-2：頬側面観 C-3：近心面観

1) 対象

平成13年4月より歯型彫刻の基本的な動作および全顎28歯の形成手順を一通り習得した明倫短期大学歯科技工士学科の第1学年学生34名とした。今回は、各学生の作製した上顎右側第一大臼歯の作品を対象とした。

2) アンケート内容

本システムによる実習作品評価の理解度と指導方法に対する感想を、平成13年11月にアンケート形式で調査した。アンケートの内容は表2に示す。

結果および考察

アンケートは全対象学生より回答率100%にて回収した。

1) 評価の理解度

各自の実習作品が歯牙標本モデルに比べてどこが削

りすぎ・削り不足であったかについては「よくわかった」、「わかった」が82%であるのに対して「わかりにくかった」「わからなかった」は5%であった(図6-1)。この2名の学生の感想を見てみると、「わかりにくかった」と回答した学生は「印刷してほしかった」と記載していることより(表3)、実習時間内での短時間の指導では形態の微妙な差異について納得のいくまで認識できなかったと考えられる。また「わからなかった」と回答した学生は、「形成ができていないと、何も指導されないのこまる」と感想を述べていたが、この学生の実習進捗が他学生と比較してかなり遅れており、実習作品自体が標本模型と比較するレベルにまで至っていなかったことに起因するものと思われる。また、実習作品に対する指導に関して理解できたかについては、「よく理解できた」が14%、「理解できた」が

表2. 三次元形状の重ね合わせによる歯型彫刻評価に関するアンケート調査票

1. 指導結果について

①モデルの歯牙標本に比べてどこが削りすぎ・削り不足であったかわかりましたか?

a. よくわかった b. わかった c. 普通 d. わかりにくかった e. わからなかった

②あなたの形成した歯型彫刻に対する指導は理解できましたか?

a. よく理解できた b. 理解できた c. 普通 d. 理解しにくかった e. 理解できなかった

2. 指導方法について

①今回のような指導方法は、インストラクターによる口頭での指導と比べ、どう思いますか?

a. 非常に良かった b. 良かった c. どちらでもよい d. 悪かった e. わからない

②今回のような指導方法をどう思いますか?

a. 非常に良かった b. 良かった c. 普通 d. 悪かった e. わからない

3. 今後、このような指導方法を望みますか?

a. 望む b. 望まない c. わからない

4. 今回の指導方法について、気付いたことや感じたことを何でも自由に書いて下さい。

表3. 今回の指導方法について、気づいたことや感じたこと(原文のまま)

- ・ 実際の大きさや削り不足がわかるので、口頭で指導されるよりいいと思います。
- ・ 削り不足がよくわかったのでよかった。
- ・ とても正確でわかりやすく、いいとおもいます。
- ・ 自分の形成したものとの比較がはっきりできるのですごいいいと思う。
- ・ 少し、大きめだったとか、削りすぎた部分とか教えてくれたので良かった。
- ・ 口頭で言うのに比べてとてもわかりやすくてよかった。
- ・ 3Dの指導方法は、すごくよかったけれど、すぐに復習できたらもっといいのかもとおもった。
- ・ わかりやすくてよかった。
- ・ 良かったと思います。
- ・ わかりやすかった。
- ・ その映像を見たときは分かりやすく、理解もしやすいけど、すぐに忘れてしまったりするので、ぶりんとおかししてほしい。アドバイスも加えて。あと各歯の中切歯、犬歯、臼歯のほりかた(基本的な)やり方をくわしくおしえてほしい。
- ・ コンピューターでの指導もわかりやすくていい。それに付けたして、コンピューターの画面をプリント(個人の)にして、先生のコメントを書いてほしい!!その場だけだと忘れてしまうことが…。
- ・ 印刷してほしかった。
- ・ 細かい部分の彫り方をもっと教えてほしい。
- ・ なんでもいい。
- ・ 形成ができていないと、何も指導されないのこまる。
- ・ 削る時間中に指導されるので一時中断しなければならない。
- ・ 画面が見にくい。明るさとか。(線とかがびみょう)
- ・ 画面が見にくかったです。
- ・ コンピュータが見づかった。

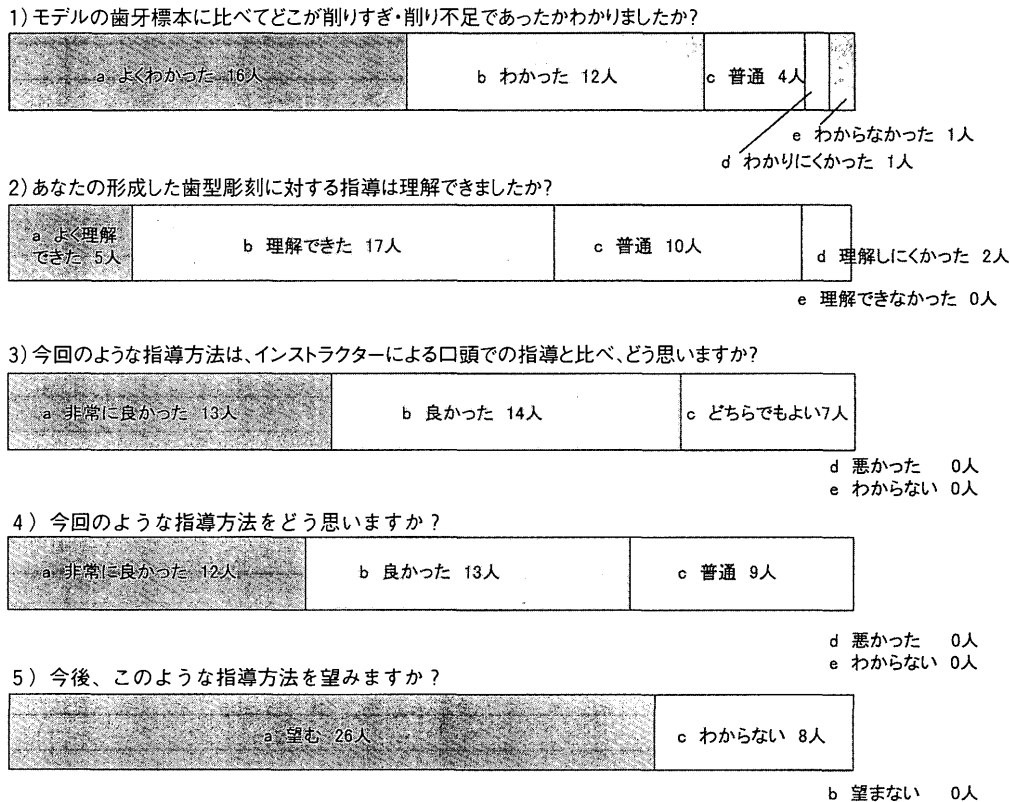


図6. アンケート調査結果について

50%、「普通」が29%であった。これに対して「理解しにくかった」は5%であり、「理解できなかった」と答えた学生はいなかった(図6-2)。これは、先に述べたように1方向からの重ね合わせ画像(図5)は歯根部分が歯冠と重複するため歯冠部分が観察し難く、微妙な差が認識出来なかったことが原因と考えられる。

今回は静止画のみの指導であったが、本来の3次元データとして重ね合わせた画像を任意の方向から閲覧できるようにすれば、上記の欠点は改善されるので、学生はより理解を深められると思われる。

2) 指導方法についての感想

今回のような指導方法を従来通りのインストラクターによる口頭での指導と比較した場合の評価は、「非常に良かった」が38%、「良かった」が41%であったのに対して、「悪かった」「わからない」と答えた学生がいなかったことから(図6-3)、3次元画像を用いた指導方法が、インストラクターの主観的な口頭による指導方法に比べ、納得できる方法であることが伺えた。また、指導方法についても、「非常に良かった」が35%、「良かった」が38%であったのに対して、「悪かった」「わからない」が0%であり(図6-4)、今後もこの指導法を望んでいる学生が76%、望まない学生が0%であったことから(図6-5)、今回のような視覚的か

つ客観的な評価・指導法が学生に非常に好意的に受け入れられたことを示している。

3) 今後の改善点について

表2は今回の指導方法についての感想である。概ね好評であったのだが、「細かい部分の彫り方をもっと教えてほしい」、「なんでもいい」、「削る時間中に指導されるので一時中断しなければならない」といった回答をした学生もいた。しかし、これらの学生もアンケート結果をみると画像評価すなわち削合の過不足部位については理解できていたので、インストラクターのコメントの仕方や実習時間の配分等に対する不満が原因と思われる。この点については今後改善する必要性が認められた。また、パソコンの画面が見にくかったと回答した学生が3名いたが、これは単純にノートパソコンの液晶の性能が悪かったことが原因であるので、指導用パソコンの機種の変更を検討せざるを得ないと思われる。

結 論

今回考案した3次元データを活用した指導法は、目視にて明確に削合の過不足部位が表示されるため、言葉だけの指導では十分に納得できなかった学生を容易に納得させることができた。今後は3次元理解を得やすいように学生がコンピュータを操作して、回転しな

がら閲覧できるようなシステムや点数評価システムなどを構築していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 加藤壽彦, 鈴木直人, 春日井君代, 荒木章純, 伊藤裕: 実技教育の評価について. 日歯教誌, **12**: 252-261, 1998.
- 2) 江島賢一郎, 新井嘉則, 鈴木ひとみ, 本田和也, 里見れい子, 荒木正夫, 岩井一男, 橋本光二, 篠田宏司: パソコン学習システムを取り入れた歯科放射線学臨床教育の試み. 日歯教誌, **15**: 75-82, 1999.
- 3) 平田健一, 中嶋正人, 井村清一, 田口尚幸, 山本宏治, 関根一郎, 森脇豊: 窩洞形成評価システムの運用評価. 日歯教誌, **14**: 205-211, 1999.
- 4) 川本雅行, 北野忠則, 川人照美, 恩地美弥, 河見忠雄, 井上正義, 成川公一, 藤井弁次: 効果的な学習教材への三次元的コンピュータグラフィックスの応用 (第一報). 日歯教誌, **11**: 101-107, 1995.
- 5) 橋本弘一, 鴨井久一, 山縣健祐, 工藤逸郎: 歯科医師の卒後臨床研修の技術的評価に関する研究 (その1), 日歯教誌, **12**: 141-148, 1998.
- 6) 荒木孝二, 須田英明: 歯内療法模型実習教育内容の評価について. 日歯教誌, **12**: 169-176, 1997.
- 7) 平田健一, 中嶋正人, 井村清一, 山本宏治, 関根一郎, 森脇豊, 吉田定宏: 非接触高速三次元計測システムの歯科保存領域への応用 (第1報). 日歯保存誌, **40**: 287-293, 1997.
- 8) 平田健一, 中嶋正人, 井村清一, 山本宏治, 関根一郎, 森脇豊, 吉田定宏: 非接触高速三次元計測システムの歯科保存領域への応用 (第2報). 日歯保存誌, **41**: 320-336, 1998.
- 9) 平田健一, 中嶋正人, 井村清一, 山本宏治, 関根一郎, 森脇豊: 非接触高速三次元計測システムの歯科保存領域への応用 (第3報). 日歯保存誌, **41**: 337-342, 1998.