

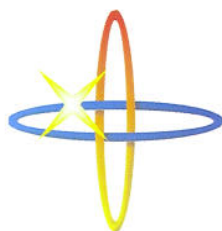
# International Journal of Computerized Dentistry

Official Publication of  
the International Society  
of Computerized Dentistry

Function and Application of  
Dental CAD/CAM "GN-1"

# 1/2002

Volume 5  
Number 1  
January 2002



# International Journal of Computerized Dentistry

January 2002 • Volume 5 • Number 1

## EDITORIAL

- 3 The Breakthrough?  
Der Durchbruch?  
O. Schenk

## SCIENCE

- 11 Function and Clinical Application of Dental CAD/CAM "GN-1"  
K. Hikita/Y. Uchiyama/M. Otsuki/K. Iiyama/F. Duret

## APPLICATION

- 25 Cerec 3 for Orthodontics: A Tool for Treating Deep Bite  
Cerec 3 in ortodonzia: un ausilio per i casi di morso profondo  
F. Muratore/G. Varvara/D. Tripodi/R. de Simone/C. Pascetta/F. Festa
- 33 Veneer or Anterior Partial Crown: Guidelines for Selecting the Right Program  
Veneer oder Frontzahnteilkrone: Hinweise zur Programmwahl  
H. Kölbach
- 43 Producing a Veneer with Correlation – A Case Report  
Herstellung eines Veneers mittels Korrelation – Eine Fallbeschreibung  
H. Kassak

## NATIONAL REPORTS

- 53 Trainer Course in Berlin sets standards for the 4th time
- 56 Austria: News from the ÖGCZ
- 58 Germany: Düsseldorf study group presents its results for the third time
- 61 US: Letter from the President
- 63 Report from San Antonio
- 66 Course Program
- 67 List of current Internationally Certified Trainers
- 69 ISCD and National Societies Address List



# International Journal of Computerized Dentistry

## Official Publication of the International Society of Computerized Dentistry

Academia Brasileira de Odontologia Computadorizada (ABOC) • Australasian Society of Computerised Dentistry (ASCD) • Accademia Italiana di Odontoiatria Computerizzata (AIOC) • Association Française d'Odontologie Restauratrice Informatisée (AFORI) • Australasian Society of Computerised Dentistry (ASCD) • British Society of Computerised Dentistry (BSCD) • Canadian Academy of Computerized Dentistry (CACD) • Danish Society of Computerized Dentistry (DSCD) • Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ) • Dutch Association for Computerized Dentistry (DACD) • Finnish Academy of Computerized Dentistry (FINACAD) • Georgian Computerized Dentistry Association "Infodent" • Österreichische Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (ÖGCZ) • Sociedad Chilena de Odontologia Computerizada (SOCHOCO) • South African Academy of Computerized Dentistry (SAACD) • Spanish Society of Computerized Dentistry (SEORI) • Swedish Association of Computerized Dentistry (SACD) • United States Academy of Computerized Dentistry (ACD)

## EDITORS

### Science

Dr Bernd Reiss

Hauptstraße 26  
D-76316 Malsch  
E-Mail: reiss@quintessenz.de

### Application

Dr Klaus Wiedhahn

Bendestorfer Straße 5  
D-21244 Buchholz  
E-Mail: wiedhahn@quintessenz.de

### National Reports

Dr Olaf Schenk

Hohenzollernring 26  
D-50672 Köln  
E-Mail: schenk@quintessenz.de

## EDITORIAL BOARD

Prof Dr Gerwin Arnetzl  
Prof Dr François Duret  
Dr Dennis J. Fasbinder  
Prof Dr Reinhard Hickel  
Dr Nicolas M. Jedynakiewicz  
Prof Dr Werner H. Mörmann  
Prof Dr Michael J. Noack  
Prof Dr Winfried Walther

Graz/Austria  
Fleury d'Aude/France  
Ann Arbor, Michigan/USA  
Munich/Germany  
Liverpool/UK  
Zurich/Switzerland  
Cologne/Germany  
Karlsruhe/Germany

## Subscription/Manuscript Information

Quintessence Publishing Co., Ltd., Grafton Road, New Malden, Surrey KT3 3AB, Great Britain  
Phone: +44(0)20 8949 6087 Fax: +44(0)20 8336 1484  
E-mail: info@quintpub.co.uk  
Germany, Austria, Switzerland  
Quintessenz Verlags-GmbH, Ifenpfad 2-4, D-12107 Berlin, Germany  
Phone: +49-30-761 80-5, Fax: +49-30-761 80-680,  
E-mail: central@quintessenz.de,  
Web site: <http://www.quintessenz.de>  
No. and So. America, Australia, New Zealand, Asia  
Quintessence Publishing Co., Inc, 551 Kimberly Drive, Carol Stream, Illinois 60188/USA  
Phone: (630) 682-3223, Fax: (630) 682-3288  
E-mail: quintpub@aol.com  
Web site: <http://www.quintpub.com>

**Publisher** H. W. Haase

**Journal Director** Linda Johnson

**Editorial & Production Manager** Gerda Steinmeyer

**Subscription Manager**

Angela Köthe Germany, Austria, Switzerland  
Teresa Forest All other countries

**Advertising Sales Manager** Sabrina Kwiatkowski

The International Journal of Computerized Dentistry is published quarterly by Quintessence Publishing Co., Ltd., Grafton Road, New Malden, Surrey KT3 3AB, Great Britain. Director: Linda Johnson. Court domicile and place of performance: London, Great Britain.

## Subscription rates

£ 70.00 per year; via air mail £ 86.00. Single copy £ 20.00.  
Germany, Austria € 88.-, Switzerland SFr 172.-, Single copy € 25.-/SFr 50.-  
America, Australia, New Zealand, Asia \$ 78.00; via air mail \$ 113.00; Single copy \$ 25.00.

Subscriptions may begin at any time; cancellations must be received one month prior to expiration date. Please allow 6 weeks for any change of address notification to be processed. Claims for missing issues will be serviced only within 6 months of publication date. Otherwise, single copy price will be charged on missing issues.

**Postmaster:** Send address changes to Quintessence Publishing Co., Ltd., Grafton Road, New Malden, Surrey KT3 3AB, Great Britain; or Quintessenz Verlags-GmbH, Ifenpfad 2-4, D-12107 Berlin, Germany.

**Copyright** © 1998 by Quintessence Publishing Co Ltd. All rights reserved. No parts of this journal may be reproduced in any material form (including photocopying or storing it in any medium by electronic means and whether transiently or incidentally to some other use of this journal) without the written permission of the publisher except in accordance with the provisions of the Copyright, Designs and Patents Act 1988 or under the terms of a licence issued by The Copyright Licensing Agency Ltd, 90 Tottenham Court Road, London, W1P 0LP. Application for the copyright owner's written permission to reproduce any part of this journal should be addressed to the publisher. The publisher assumes no responsibility for unsolicited manuscripts. All opinions are those of the authors.

**Permission to photocopy** items solely for internal or personal use and for the internal and personal use of specific clients is granted by Quintessence Publishing Co Ltd.

**Advertising Policy** All advertising appearing in the International Journal of Computerized Dentistry must be approved by the Editors/Editorial Board. The publication of an advertisement is not to be construed as an endorsement of approval by IJCD or its publisher.

ISSN 1463-4201

Printed in Germany

# Function and Clinical Application of Dental CAD/CAM "GN-1"

K. Hikita / Y. Uchiyama / K. Iiyama / F. Duret

## Introduction

The dental CAD/CAM system "Dental CAD/CAM GN-1" (Fig 1) was launched by the GC Corporation (Tokyo, Japan) in 1999, and we are expecting it to function as a really practical multi-purpose CAD/CAM system. The Measuring Machine (GN-1 scanner) and the design software (CAD) for the "GN-1" were developed by Nikon (Tokyo, Japan). The Milling Machine, a material for crowns and inlays, a bite-taking material developed especially for this system, and a die material were developed independently by the GC Corporation.

This is a multipurpose system which allows technicians to make crowns, copings, and inlays. There are two techniques that can be used in designing the morphology of the crown. One is total use of CAD in the design process and the other is reading the wax-up. According to the development concept of the CAD system developed especially for this system, the technician can design crowns by manipulating CAD as if he or she were doing waxup. Compared to other systems, it has the

## はじめに

歯科用 CAD/CAM システム「DENTAL CAD/CAM GN-1」(図1)は、1999年に株式会社ジーシーにより発売され、本格的な汎用 CAD/CAM システムとして期待されている。この「GN-1」システムの計測機と設計デザイン (CAD) 用ソフトは「株式会社ニコン」が開発し、加工機、歯冠用材料並びに専用の咬合採得材および模型材はジーシーが独自に開発している。

このシステムは、クラウン、コーピング、インレーを作製することが可能な多用途なシ

ステムであり、歯冠形態を設計する上で完全にCADを使用して設計する方法とワックスアップを読みとる方法の2種類の方法を使用することが可能である。そして、専用のCADシステムは開発のコンセプトにおいて「術者がワックスアップをする感覚で、CADを操作してクラウンの設計を行うことができる」ということを目指しており、他のシステムと比較して詳細な設計が可能であるという特徴をもっている。以下、このシステムを紹介する。

Fig 1 Dental CAD/CAM system (GC: Dental CAD/CAM GN-1).





advantage that it is possible to design crowns in detail. This system is described below.

### Structure of the system

This system is composed of three devices: a measuring machine (Fig 2, upper left), CAD – personal computer for design (Fig 2, bottom left), and a milling machine (Fig 2, right). In addition, standardized materials – a composite block (Fig 3, left), a ceramic block (Fig 3, middle), and a titanium block (Fig 3, right) – are available. A die material, GN-1 CAD stone, and a bite-taking material, GN-1 CAD silicone, which are necessary to run this system and were developed especially for it, are also available.

Figure 4 shows the flow of laboratory work for making crowns as compared to the conventional method. You will see that the laboratory work has been simplified by the CAD/CAM system.

### Measuring machine

#### 1) Components

The measuring machine is a noncontact point-laser, three-dimensional scanner and consists of the measuring section and power supply (see Fig 2).

#### 2) Measuring method

##### a) Measuring the abutment and adjacent teeth

The main measurement tool (Fig 5) is a laser sensor measuring displacement. As shown in Fig 6, the center of each removable die of abutment or adjacent teeth, which were made of GN-1 CAD stone and fixed on the XY table, is set. While rotating the dies on the  $\theta$  axis, the axial surface and occlusal surface

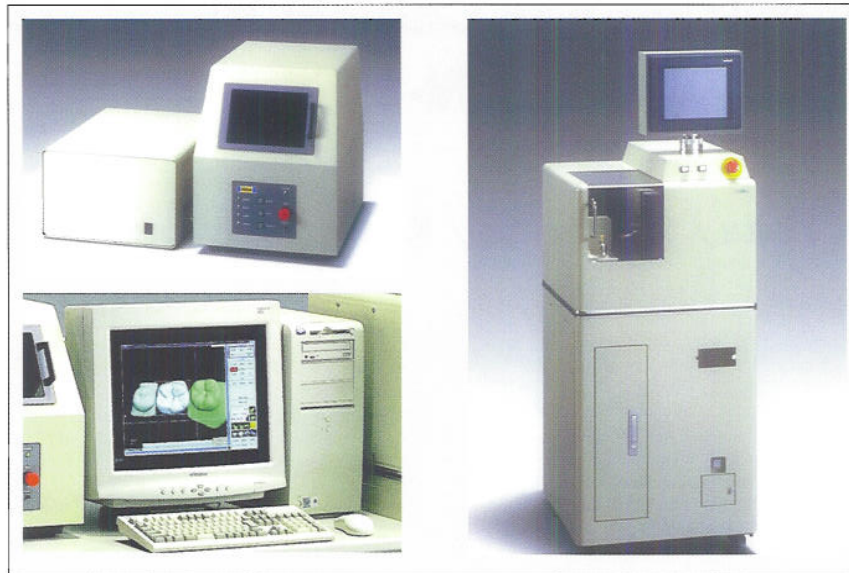


Fig 2 Structure of the Dental CAD/CAM GN-1 system.



Fig 3 Materials for processing: composite, ceramic, and titanium blocks.

are measured for each die. For scanning, the Z axis of the laser sensor for measuring displacement is moved up and down to determine the starting position of the cervical area, and the sensor is rotated 180° on the  $\alpha$  axis (Fig 7, left).

##### b) Measuring the antagonistic teeth

The morphology of only the occlusal surface of the antagonistic teeth is measured. This is done by an indirect method (Fig 8). The morphology of the antagonistic teeth, recorded with the bite-taking material and placed atop

the dental model including abutment teeth, is measured. To measure the morphology, the laser beam is fixed, and the XY table is moved in a comb shape along the dentition of the dental model (Fig 7, right).

#### 3) Measurement conditions

The measurement precision of the laser sensor for measuring displacement is about 20  $\mu\text{m}$ . The color of the superhard stone (GN-1 CAD stone), which is used to develop dies, is matte black, because accurate measurement cannot be obtained when laser reflects

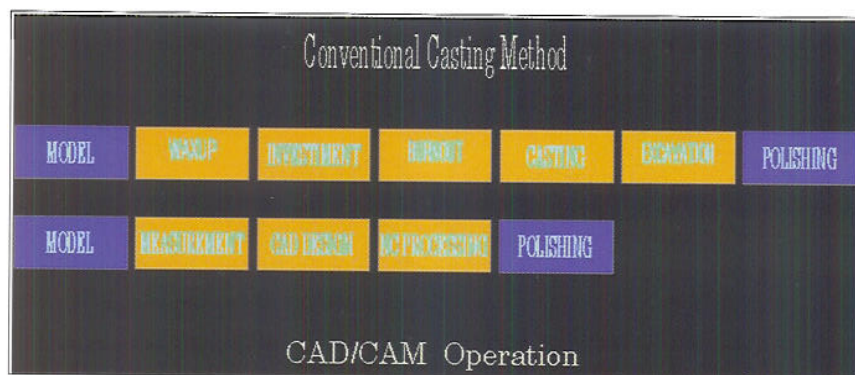


Fig 4 Comparison of laboratory procedures for making crowns conventionally and with CAD/CAM methods.

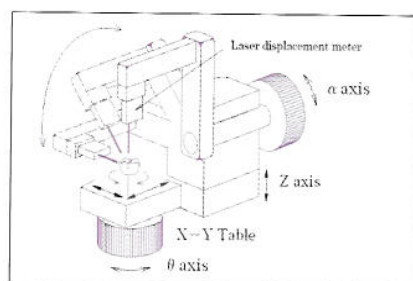


Fig 5 Mechanism of the scanner.

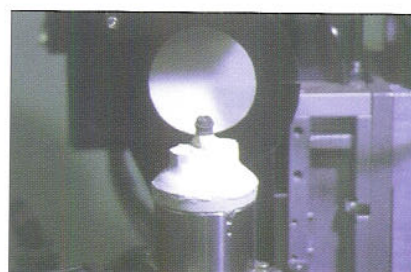


Fig 6 Scanning the abutment tooth.

Fig 7 Method of scanning the crown, including the abutment tooth, and the occlusal surface of the antagonist tooth.

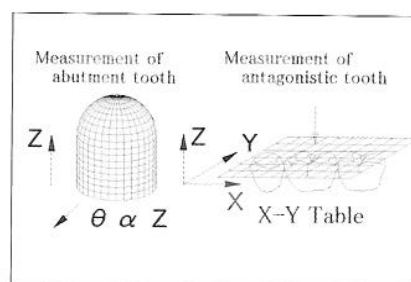
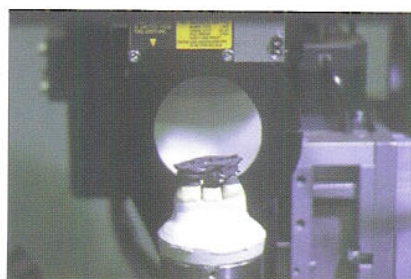


Fig 8 Scanning the antagonist tooth.



## 1. システム構成

このシステムは、「計測機(メジャーリングマシン)」(図2、左上)、「CAD(設計用パーソナルコンピュータ)」(図2、左下)、「加工機(ミリングマシン)」(図2、右)の三つの装置から成っている。その他、規格化された加工材料〔コンポジットブロック(図3、左)、セラミックブロック(図3、右中央)、チタンブロック(図3、右下)〕が用意されている。さらに、このシステムを運用する上で必要な器材として、専用の模型材(GN-I CADストーン)や咬合採得材(GN-I CADシリコン)が用意されている。

作業の流れを「クラウン」の作製について従来法と比較してみると、図4のようになり、CAD/CAMによる作業ステップが簡略化されていることが理解していただけたと思う。

## 2. メジャーリングマシン(計測機)

### a) 構成

非接触型ポイントレーザ3次元計測機で、計測部本体と電源部から成りたっている。(図2、左上)。

### b) 計測方法

#### ①支台歯および隣在歯の計測

計測の主体(図5)はレーザ変位計で、図6のようにXYテーブル上に固定した「GN-I CADストーン」で作られた支台歯または隣在歯の分割可撤式の各々の模型の中心を設定し、 $\theta$ 軸で回転させながら1歯各に軸面と咬合面を計測する。計測時、レーザ変位計はZ軸を上下させて歯頸部のスタート位置を決め、 $\alpha$ 軸で180°回転させて計測する(図7、左)。

#### ②対合歯の計測

対合歯は、咬合面の形状のみを計測するが、その方法は支台歯を含む歯列模型上に密着させた咬合採得材に印記された対合歯の形状を計測する間接的な方式である(図8)。その際、レーザビームは固定し、XYテーブルを歯列模型の歯列に沿ってX、Y方向に櫛の歯状に動かして計測する(図7、右)。

### c) 計測条件

計測精度は約 $\pm 20 \mu\text{m}$ である。その他、計測する模型の表面はレーザが乱反射すると正確な計測ができないため、模型に使用する超硬質石膏(GN-I CADストーン)の色調は艶消しの黒色になっている。



irregularly on the surface of the die to be measured.

The time required for measurement is about two minutes for each tooth. The measurement range is (X = 90 mm) x (Y = 60 mm) x (Z = 25 mm).

## PC (CAD) for design and software

### 1) Designing on the screen

The measured morphology of the abutment teeth, adjacent teeth, and antagonistic teeth is displayed on the screen as shown in Fig 9. As shown in Fig 10, CAD offers many functions for drawing in the design of the morphology.

### 2) Restoration options

At present, crowns, copings, and inlays can be designed using the CAD system.

### 3) Major functions

#### a) Memory storage of the standard crown model

When a crown is designed, the standard form of the crown is applied to the abutment, and the form of the crown is corrected on the screen, just as corrections are made in the laboratory by applying and removing wax.

The user can freely save the basic data on the morphology of the crown model in the computer's memory. In practice, when one selects the dentition number of the location of the abutment tooth to be restored with a crown, the standard crown model appropriate to the location is displayed on the abutment tooth. The crown is designed by correcting the morphology of the standard crown model (Figs 11 and 12).

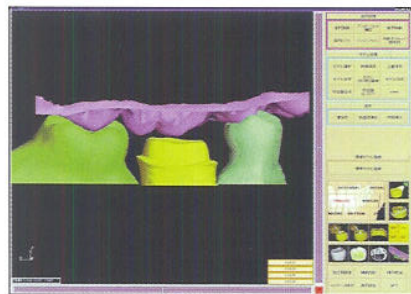


Fig 9 Display of scanning data on the screen.

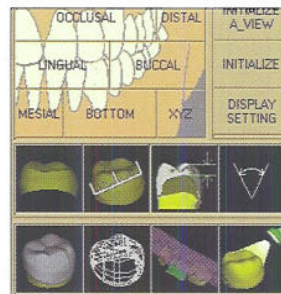


Fig 10 Detailed description of the function of designing on the screen.

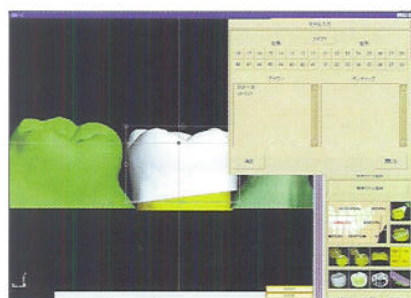


Fig 11 Selection and application of the standard crown model in the intended location (lingual view).

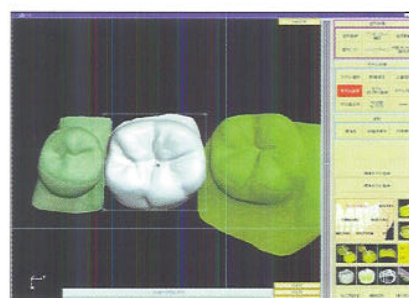


Fig 12 Selection and application of the standard crown model in the intended location (occlusal view).

b) *Automatic selection of the margin line*  
Taking advantage of the fact that measurement data change in the margin line, the area is recognized as the margin line of the prepared surface. In design, the margin of the standard crown model is aligned with the position of the margin line (Figs 13 and 14).

c) *Setting the contact point of crown model and adjacent tooth*

The position and size of the whole crown model are adjusted to the morphology of the crown model on the screen and the contact point where the crown model is adjusted to the proper position. By doing this, the crown

model comes into contact in the intended place, and the form of the crown can be shaped smoothly (Fig 15).

d) *Setting the contact point of crown model and antagonist tooth*

As with the adjacent tooth, the appropriate amount of contact (range of contact) between the crown model and the antagonist tooth is entered numerically. The occlusal surface of the crown model comes into contact in the intended place, and polishing and the range of contact can be adjusted automatically (Fig 16).

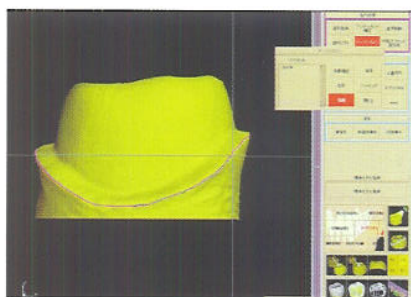


Fig 13 Automatic setting of the margin line.

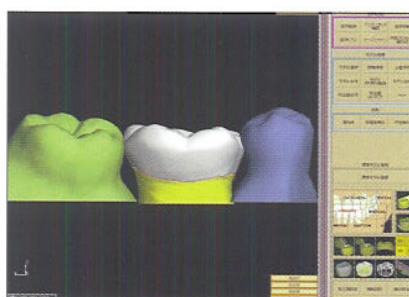


Fig 14 Automatic adaptation of the margin of the standard crown model.

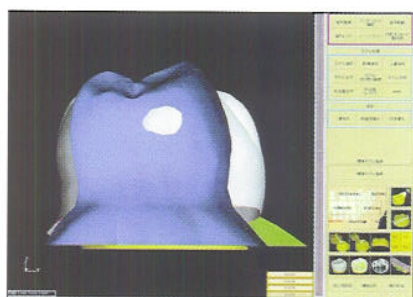


Fig 15 Determination and confirmation of the position and range of the contact point between crown model and the adjacent tooth.



Fig 16 Determination and confirmation of the position and range of the contact point between crown model and the antagonist tooth.

計測時間は1歯について約2分で、計測範囲は(X=90mm)×(Y=60mm)×(Z=25mm)である。

## 設計用PC(CAD)とソフトウェア

### 1. 画面上の描画機能

計測された支台歯、隣在歯および対合歯咬合面の形態は図9のように画面に表示されるが、形状設計を行う上で、図10に示すような多くの描画機能を持っている。

### 2. 設計可能な歯冠修復物

現在のところ、この設計用PCとソフトウェアでは「クラウン」、「コーピング」および「インレー」の設計が可能である。

## 3. 主要な機能

### a) 標準歯冠モデル登録機能

クラウンを設計する場合、その支台歯の該当部位の標準的な歯冠形態を支台歯に当てはめ、技工操作でワックスを盛ったり削ったりするように画面上で形態を修正する。また、その基本となる歯冠モデルの形態データをユーザーが自由に登録することも可能となっている。

実際には、クラウンを作製する部位の歯列番号を選択すると、支台歯上にその部位に適した標準歯冠モデルが表示され、その標準歯冠モデルの形状を修正することによって設計を進める(図11、12)。

### b) マージンライン自動抽出機能

計測データがマージンラインで変化することを利用してその部位を形成面のマージンラインとして認識させ、設計時に標準歯冠モデルの辺縁をその位置に合わせる(図13、14)。

### c) 隣在歯との接触部位設定機能

画面上で歯冠モデル全体の位置ならびに大きさを模型の形状に合わせて調整し、隣在歯との接触部位(コンタクトポイント)を適切な位置に合わせることによって、歯冠モデルがその部位に接触すると共に、歯冠形態をスムーズに移行させることができる(図15)。

### d) 対合歯との接触部位設定機能

隣在歯と同様、対合歯に対し歯冠モデルの適切な干渉量(接触範囲)を数値で入力することによって、歯冠モデルの咬合面がその部位に接触すると共に、研磨代と接触の範囲を自動的に調整することが可能である(図16)。

### e) セメントスペース設定機能

鋳造冠では通常、歯型に塗布するスペーサーや鋳造収縮量を調整して支台歯との間に30μm程度の合着用セメントの流出するスペースが設けられている。そこで、クラウンを設計するに当たって、そのためのスペースを設定できるようになっている(図17)。

### f) 形状修正機能

クラウンの設計において、豊隆部分の盛り上げや、裂溝の深さといった形態修正を、部位を指定することによって周囲の形態と移行させながら行うことができる(図18、19)。

その他、CADの特色として設計したクラウンの任意の断面形状を表示させることができる。これによって、咬合面の厚さなどを詳細に検討でき、裂溝の深さや隆線の形状を適切に調整することができる(図20)。

### g) 加工用データ作成機能

クラウンなどの形状設計が終了した後、加工のために必要な保持部(レスト)を付与するが、付与する位置は鋳造冠のスプルーと同様、咬合面や隣接面に関係のない部位に設定する。この保持部を含めた形状データを基にして加工機で加工用の材料を自動的に削り出すため、各々の使用材料に適した工具の選択や加工の手順などを組み込んだ加工用のデータを自動的に作成する(図22)。



#### e) Setting the space for cement

In restorations with a cast crown, generally a 30  $\mu\text{m}$  space is created between the cast crown and the abutment tooth (which allows luting cement to flow out) by adjusting the spacer applied to the die and the amount of shrinkage caused by casting. Therefore, this system makes it possible to set the space for cement in designing a crown (Fig 17).



Fig 17 Setting the space for cement.

#### f) Correction of the morphology

Morphological corrections, such as those of bulging and depth of fissures, can be made to blend with the morphology of the surrounding area by specifying the location to be corrected (Figs 18 and 19).

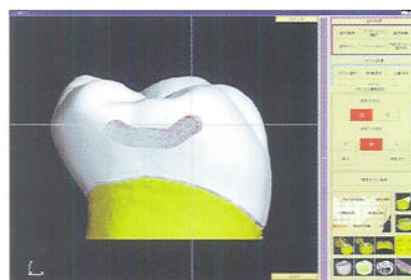


Fig 18 Local deformation of the standard crown model (the location is specified and the crown model can be manipulated in the same manner as application and removal of wax).

Another feature of CAD is that it can display the crown morphology in any cross section desired. Thanks to this feature, the thickness of the occlusal surface (among others) can be inspected meticulously, and the depth of fissures and the contour of ridges can be adjusted properly (Fig 20).

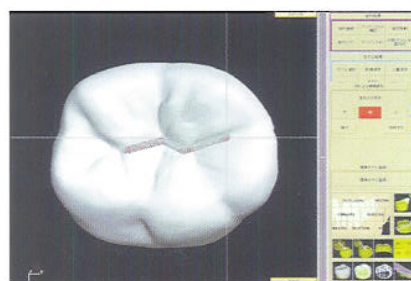


Fig 19 Adjustment of pits and fissures.

#### g) Preparation of data for processing

After finishing the design of the morphology of a crown, a remainder necessary for processing is provided with the crown. As with a sprue on the cast crown, the occlusal and proximal surfaces should be avoided.

The milling machine starts grinding the material for processing automatically, based on the morphological data, including the rest. Therefore, data for processing – which contain the information about the selection of tools suitable for each material used, procedures for processing and other items – are prepared automatically (Fig 21).

#### h) Data storage

All of the individual data used to make restorations such as crowns are stored and managed for later use, eg, for remaking if necessary.

#### Milling machine

The milling machine weighs 200 kg and is 1.6 m high. It uses common single-phase AC 100V (50/60 Hz) as a power supply (Figs 22 and 23).

There are a total of four processing axes: three axes of the tool – x, y, and z – and one rotating axis ( $\alpha$ ) of the object ground.

The rotating speed of the spindle is 50,000 rpm. The milling machine auto-

matically replaces the tool, corrects its length, and monitors its longevity.

Diamond tools for composite and ceramics and tools made of tungsten carbide for titanium are available. There are five forms for each tool (Fig 24).

These tools have been set in the "tool post" on the milling machine in advance. When processing, the tools are automatically changed and used according to the program (Fig 25).

#### Materials processed

Three kinds of restorative materials are available: especially developed composite, ceramic, and titanium

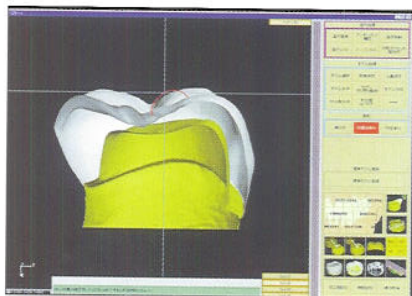


Fig 20 The thickness is confirmed in cross section and it is possible to adjust ridges and other anatomical features.

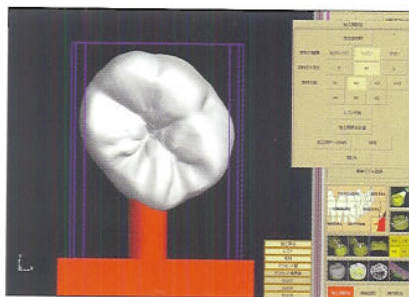


Fig 21 A remainder necessary for processing is provided with the crown form for which design has been completed. Data for processing are automatically prepared based on these morphological data.

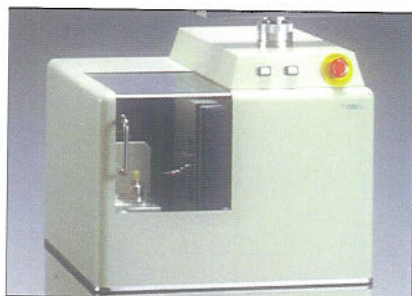


Fig 22 Milling machine (processor) of Dental CAD/CAM GN-1 (see Fig 2 as well).



Fig 23 Interior structure of the milling machine.

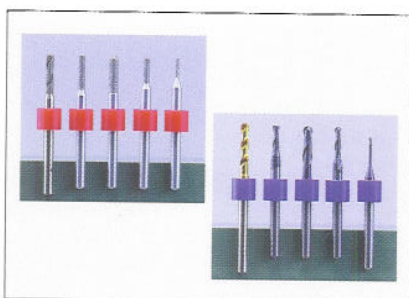


Fig 24 Tools used for processing.

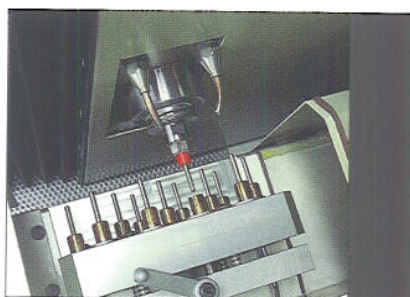


Fig 25 Tools which have been set in the tool post for automatic processing.

#### h) データ保存機能

クラウンなどの補綴物を作製するために使用した個別のデータの全てを保存して管理し、後での再製作などの要望に対応する。

#### ミリングマシン(加工機)

この加工機は重量が200kg、高さが1600mmで、電源は一般的な単相交流100ボルト(50/60ヘルツ)を使用する(図22、23)。

加工軸は、工具がX、Y、Zの3軸で被削体の回転軸( $\alpha$ 軸)を併せて4軸となっている。スピンドルの回転速度は最高50,000回転/分で、その他、工具交換、工具長補正、工具の寿命管理を自動的に行う機能を持っている。

工具はコンポジットおよびセラミック用のダイヤモンド工具と、チタン用の超硬合金(タングステンカーバイド)の工具が用意され、各々の工具には5種類の形態がある(図24)。

これらの工具は、あらかじめミリングマシンの「工具ポスト」にセッティングされ、加工時にプログラムに従って自動的に交換して使用される(図25)。

#### 加工用材料

加工用の材料としては、専用のコンポジットブロック、セラミックブロック、チタンブロックの3種類が用意してある(図26)。それぞれのブロックは規格化された支持台に固着され、その支持台を加工機のチャックで掴むことによって、ブロックはミリングマシンの規定された位置に固定される。

3種類の材料のブロックは各々について大、中、小の3種類の大きさがあり、予想される殆どの歯冠形態が加工できる。尚、コンポジットとセラミックのブロックは、ビタ・シェードに準じた色調のものが7種類用意されている。



blocks (Fig 26). Each block is fixed on the standardized support table. The block is fixed in the specified position of the milling machine.

There are three sizes – large, medium, and small – for each of the three kinds of blocks, which meet the requirements for the processing of almost all crown forms that are anticipated. Seven colors based on Vita Shade (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) are available for composite and ceramic blocks.

### Clinical application

The method of making crowns using GN-1, which is used routinely in our university hospital, is described here.

### Preparation of the abutment tooth

The three points for preparing the abutment tooth properly for making the crown using the CAD/CAM system are:

- 1) The abutment tooth should be prepared in a form that is as simple as possible.
- 2) A clear, continuous margin line should be created.
- 3) The line angle should be rounded.

These points are required in the conventional method as well, but are more strictly required in the CAD/CAM system.

The decisive difference between the CAD/CAM system and the lost wax casting method is that in the CAD/CAM system, data on the abutment tooth and crown must be prepared on the computer. To do this, the morphology of the abutment tooth, the basis data for obtaining, must be measured accurately; GN-1 employs

the noncontact laser measurement method. In order to measure the abutment tooth accurately, the measurement of the cylindrical coordinate system should be made so that the beam is as perpendicular to each surface of the abutment tooth as possible. In particular, the area corresponding to the margin of the crown should be measured with a small measurement pitch and high precision. It is important to prepare the abutment tooth in a form that is as simple as possible to prevent measurement error, and smooth the tooth surface as much as possible. The chamfer (thickness is different from material to material) is the most appropriate margin form of the crown.

### Impression taking and development of a model

In the development of a working model, a removable model is made using black stone (CAD stone), developed especially for this purpose. At present, silicone impression material is used due to its compatibility with stone.

### Measurement and CAD

When a crown is designed, the most appropriate crown form is selected from the data on several crown forms which have been stored in memory, and adjusted on the screen until it fits the abutment tooth (Fig 27). Usually this is done using the data of the standard crown (Fig 28). However, users can prepare their own data on crowns and store them in memory easily if they wish.

To make the design of a crown easier, it is most effective to use the patient's own data on the crown form. Therefore, we used the patient's data from the crown form of the corresponding tooth in the other quadrant of the



Fig 26 Crowns which have been processed using three kinds of processing materials (left: composite block; middle: ceramic block; right: titanium block).

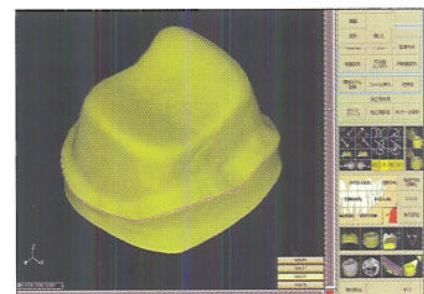


Fig 27 Measuring data of abutment tooth.



Fig 28 Designing of the crown.

## 臨床応用

今回は本大学病院において、「GN-I」により日常的に行っているクラウンの作製法についてご紹介する。

### 1. 支台歯形成

CAD/CAMシステムでクラウンを作製するための適正な支台歯形成は、次の3つのポイントにまとめられる。

- 1) できるだけ単純な形態にする
- 2) 連続した明確なマージンラインにする
- 3) 隅角を丸める

これらについては、従来の臨床でも当然のことであるが、CAD/CAM法では従来法以上に厳密に求められる。

CAD/CAM法とロストワックス鋳造法との決定的な違いは、支台歯やクラウンのデータをコンピュータ上で構築しなければならないことである。そのためにまず元になる支台歯形状が、正確に計測できなければならない。

GN-Iでは、レーザーを用いた非接触式計測を採用しており、支台歯を正確に計測するために各面に対して、できるだけ垂直になるように円筒座標系の計測方法を行う。特にクラウンのマージン相当部は他部位よりも計測ピッチを細かくして、高精度に計測する。そして、支台歯は計測エラーを防止するためにできるだけ単純な形態にし、表面もできるだけ平滑な面にすることが重要である。また、クラウンのマージン形態はシャンファー（材料により厚みが異なる）が最も適当である。

### 2. 印象採得～模型作製

作業模型は専用黒色石膏（CADストーン）を用い、分割可撤式模型を作製する（図27）。印象材は、現状では石膏との相性を考慮してシリコーン印象材を使用している。

### 3. 計測～CAD

クラウンの設計の場合、あらかじめ登録されているいくつかの歯冠形態データ（図28）の中から、最も適当なものを選択し、支台歯に適合させるために画面上で調整を行う。通常は登録されている標準歯冠データを引用して使用するが、術者が自分の好みで簡単にオリジナル歯冠データを作製、登録することができる。

クラウンの設計をより簡単に行うためには、患者本人の歯冠形態データを利用することが最も有効である。そこで、今回は患者の反対側同名歯の歯冠形態データを利用し、クラウンを設計し、臨床応用を行ってみた。例えば、右側の歯冠を修復する際、左側が健全歯で形態的に異常がなければ、左側の歯冠形状を計測し反転させて、右側の修復データに使用することができる。

患者は上顎右側第一大臼歯（図29）がフルクラウンでの治療を必要とされており、上顎左側第一大臼歯は天然歯として残存していた（図30）。最初に、支台歯、隣在歯、対合歯の計測を行った。そして、上顎左側第一大臼歯も歯冠形態の計測を行い、計測データを反転して上顎右側第一大臼歯のクラウン設計用標

準モデルとして登録した（図31）。このモデルデータを利用してクラウンの設計を行い、加工用データを作成して、クラウンを作製した（図32）。

### 4. 切削加工

加工データは、設計用コンピュータからLANあるいはフロッピーディスクを介して転送される。計測・CADシステムと加工機は別の場所に設置することも可能であり、本院においてもCADシステムは研究室に設置し、加工機はエアーが必要なため技工室にと設置場所を分けている。

また、ジーシー社では、計測機とCADシステムだけをサテライトラボパックとして販売し、国内2カ所にある加工システムを所有するコアラボがインターネット経由で送られてくる加工データからクラウンを作製して返送するサービスの展開を行っている。

クラウンの加工時間は、加工する材料ならびにクラウンの形態によって異なり、コンボジットクラウンで30～60分、セラミックスで60～120分、チタンで60分程度となっている。

### 5. 形態修正、研磨

よくCAD/CAMで作製したクラウンは、調整が殆どいらぬのではないかという期待を耳にする。技術的には十分に可能であるが、必要以上に精度を求めると今度は時間とコストが問題になってくる。本システムの基礎的な実験では、マージン部で50 μm以内の精度が確認されている。

現在のGN-Iでは作業模型を計測しているため、作業模型上である程度の形態修正、研磨を行う。しかし、使用している材料は理想的な状態で工場で作製されたブロックであるため加工性に優れ、特にセラミックスブロックやコンボジットブロックでは、最終研磨を非常に容易に行うことができる。

### 6. 合着

支台歯への合着は、接着性レジンセメントのLinkmax（ジーシー社製）を使用している。Linkmaxには金属、セラミックス、コンボジットレジン等の材料に応じた表面処理材（プライマー）が用意されており、取扱説明書に



same jaw, designed a crown, and applied it clinically. For instance, when the right crown is restored, it is possible to measure the morphology of the left crown, reverse the measurement data, and use them as data for restoration of the right crown, if the left crown is healthy and morphologically normal. The patient needed restoration of the right maxillary first molar (Fig 29) with a full crown. The patient's own left maxillary first molar remained (Fig 30). First, the abutment tooth, adjacent teeth, and antagonistic teeth were measured. The crown form of the left maxillary first molar was also measured. The measurement data were reversed and stored in memory as the standard model for the design of the crown of maxillary right first molar (Fig 31). Using the standard model data, a crown was designed, and data for processing were prepared to make a crown (Fig 32).

#### Milling

The data for processing are transferred from the computer through a LAN or floppy disk. It is possible to install the measurement/CAD system and the milling machine in separate places. In our hospital, the CAD system is in the laboratory, and the milling machine is in the laboratory workroom, because the milling machine requires ventilation.

The GC Corporation sells only the measuring machine and CAD system as a satellite lab pack. Their core laboratories, which are in two locations in Japan and have the processing system, are now providing the service of making crowns based on the data for processing (which are sent via the Internet) and returning them to their customers.

The time required for processing a



Fig 29 Maxillary right first molar.



Fig 30 Healthy maxillary left first molar.

crown depends on the material milled and the morphology of the crown; it is about 30 to 60 minutes for composite crowns, 60 to 120 minutes for ceramics, and about 60 minutes for titanium.

#### Correction of the contour and polishing

We often hear that people expect crowns made by the CAD/CAM system to need little adjustment. Technically, the CAD/CAM system can meet this expectation satisfactorily, but when we demand more precision than necessary, then time and cost will become problems. A basic experiment with this system showed precision within 50  $\mu\text{m}$  in the margin area. Because measurements are made on the working model in the current GN-1, it is necessary to correct the contour and polish to some degree on the working model. However, the blocks used have high workability, because they were manufactured in an ideal state at a factory. Especially for ceramic and composite blocks, the final polishing can be done easily.

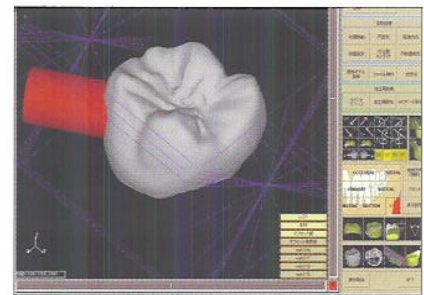


Fig 31 Standard model for designing crowns which has been stored in memory.

#### Cementation

The adhesive resin cement Linkmax (GC) is used to cement the crown to the abutment tooth. A different kind of primer, depending on the material, such as ceramics and composite resin, is supplied with Linkmax. It is necessary to treat the surface of each crown strictly according to the instruction manual.

Figures 33 and 34 show clinical cases. In clinical cases of composite resin and ceramics, the materials used in GN-1 have an esthetic disadvantage inherent to a single layer, because the pre-molded block is processed by grinding. In many clinical cases, however, the





Fig 32 Finished crown (left: model; right: patient).



Fig 33 Clinical cases of composite (#36).



Fig 34 Clinical cases of ceramic (#44, 45).

従ってそれぞれの材料に応じた表面処理を確実に行う必要がある。

図34、35臨床例を示す。コンボジットとセラミックスの臨床例においては、「GN-I」で用いられる材料は、あらかじめ成型加工されたブロックを切削加工するため、色調的にはブロックが単一構造と言う宿命的なデメリットがある。しかし、小白歯、大白歯部においてはこれまで、多くの臨床例で十分な審美性が認められ、患者の満足も得られている。中でもコンボジットブロックは物理的に優れた特性を持ち、耐摩耗性にも優れている。また、今後はクラウン表面の着色や合着用セメントの着色など、審美的な面ではさらに改善の余地があるものと考えられる。

### なぜ今CAD/CAMなのか？

これまで歯冠修復物の製法として長年に渡って築き上げてきたロストワックス鋳造法は歯科用金属の加工法として優れた技術であり、日本においても保険医療も含めて歯科医療の現場で広く用いられている。しかし、鋳造加工であるが故に使用材料が殆ど金属に限定されるなどのデメリットも存在する。

現在、この保険医療の中で大きな部分を占めるブリッジを含めた鋳造歯冠修復に用いる金属は特定の貴金属に依存する状況にあるが、この貴金属の価格は最近高騰を続け、先行きが全く見えない状況にあるように思われる。そこで、この際、歯冠修復治療に使用する材料の一部にCAD/CAMシステムで簡単に加工でき、生体に対する安全性でも有利な金属以外の歯冠色材料であるセラミックス(陶材)や強化型レジン(ハイブリッドセラミックスなど)を導入しては如何であろうか。

また、昨年から我が国は官民一体となってIT先進国家へと向かう状況にある。このような情報技術の革命は、間違いなく歯科界を取り巻く環境を一変させることが予想される。歯科界においても、このチャンスにIT革命を先取りしてCAD/CAMシステムを早急に普及させ、より高品質でリーズナブルな歯科医療をより多くの人達に提供する必要があるものと考ええる。



esthetics of materials is satisfactory in premolars and molars, and patients are satisfied. Materials used in GN-1 have excellent physical properties and have high wear resistance. We expect that esthetics can be improved by staining on the surface of the crown and appropriate use of cement color.

### Why do we need CAD/CAM now?

The long-established lost wax casting method is an excellent method of making crowns. It is not easy to establish a new and better production system. However, the lost wax casting method has limitations and disadvantages caused by casting. Under the current medical insurance in Japan, we have to depend on specified precious metals. The recent price of precious metals is extremely unstable, and we must continue to use materials about which we have no clear prospects in term of price. CAD/CAM may be a good substitute as one of the strategies to overcome this situation.

The Japanese government and the private sector are working together to move Japan toward becoming an advanced nation in the field of IT. It is anticipated that the information technology revolution will completely change the environment surrounding dentistry. In dentistry, it is necessary to use the CAD/CAM system effectively to keep up with the technical revolution and not become a victim of the digital divide (disparity in information).

The CAD/CAM system has many problems to be solved, such as preparation of data on dentition, integration of these data into data on mandibular movement, and analysis of occlusion. However, there is no doubt that the application of computers in dental dis-

ciplines will contribute to the development of dentistry as a whole in the 21st century. □

### Authors:

Kazuhiro Hikita, DDS, PhD  
Lecturer, Institute of Medical Science,  
Health Sciences University of  
Hokkaido, Japan.

Yoichi Uchiyama, DDS, PhD, Professor  
Emeritus  
Hokkaido University and Visiting  
Professor, Health Science University of  
Hokkaido, Japan.

Kenichi Iiyama, Chief Researcher,  
Research & Development Dept. of GC  
Corporation, Tokyo, Japan.

François Duret, Visiting Professor of  
the Nippon Dental University, Depart-  
ment of Dental Materials Science,  
School of Dentistry at Niigata, Japan.

### Address:

Kazuhiro Hikita, DDS, Ph.D  
Institute of Medical Science  
Health Sciences University of  
Hokkaido  
Ainosato 2-5, Kita-ku,  
Sapporo, Japan 002-8072  
Phone: +81-11-77-7558  
Fax: +81-11-770-5035  
E-mail: [hikita@hoku-iryo-u.ac.jp](mailto:hikita@hoku-iryo-u.ac.jp)

今回、紹介したCAD/CAMシステムはこれからのバージョンアップの目標として、歯列データの構築、顎運動データとの統合、咬合解析への応用などが考えられるが、まだまだ課題は多い。しかし、歯科界におけるコンピュータ技術の応用は一つの大きな学問体系として21世紀の歯科界を発展させる原動力の一つになることは間違いないものと思う。

Kazuhiro Hikita, DDS, PhD



Professor Emeritus Yoichi Uchiyama, DDS, PhD



Kenichi Iiyama



Professor Dr François Duret

