

## CAD CAM SYSTEMS AND ACCURACY IN THE WORLD (OUT OF JAPAN)

Francois Duret DDS, MD, MS, PhD  
Research Professor and Chairman, Section of  
Restorative Imaging, USC School of Dentistry

There are currently several systems available on the market or under development. Very few deserve the name CAD/CAM.

The systems will be presented in an increasing order of complexity, which dose not necessarily correspond to an increasing order of functional capabilities.

The Celay System. This is a two-part system: the first part is for data acquisition using a mechanical sensor; the second part is for milling, using a manual milling system with 6 degrees of freedom. The current purpose of this device is to mill ceramic inlays, including the occlusal surface.

The Procera system is a duplicating and milling system which uses a mechanical sensor reading technique with a first milling process, using a pantograph, and a second milling process by electro-erosion. The purpose of this system is to produce a titanium coping for a conventional porcelain fused on titanium restoration.

The Titan System. It Combines a mechanical sensor reading unit, a conventional CAD workstation and a numerically controlled milling machine. The Titan System is specifically designed to produce titanium copings.

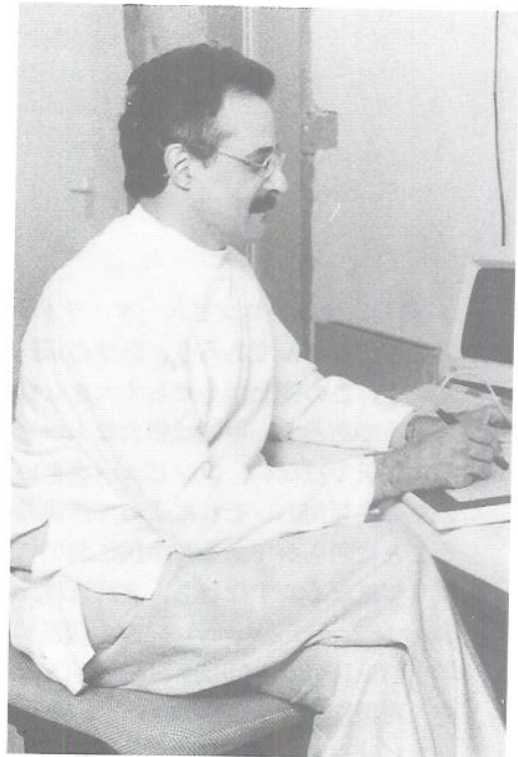
The Cerec System(Siemens) This is a compact chair side system.

The Sopha CAD CAM composed of a 3D camera(multi-impression) , a CAD station and a automatic numerically controlled machine tool. During four years, the accuracy of this system has been controlled in the University of Southern of California.

Several projects are currently in the development stage, though the results are not yet available for evaluation. It is difficult to determine their true level of progress, but it seems appropriate to mention them, since we can anticipate interesting results, given the reputation of the researchers involved.

The Cicero system, uses the three conventional CAD/CAM components: an optical reader; a CAD station; and a numerically controlled milling machine. This concept has an interesting concept of milling the die on the milling machine based on the reading of the model. A layer of metal is then hand-painted with a brush onto the die. A layer of ceramic (Carrara system) is then added, depending on the preparation, using the milling machine.

The Denti CAD system was made up of a Bego electro-mechanical probe, a CAD system using a semi-automatic program developed by the Research Consortium Company, and an industrial numerically controlled machine tool manufactured by Servo Products. The system is semi-automatic; the part being milled is turned by air pressure, while the tools are changed manually.



## 世界におけるCAD/CAMシステムとその精度 – 日本を除く国々の事情 –

紹介：Francois DURET博士は、歯学、医学生物学、および科学という3つの専門領域での研究に従事している。彼は歯学部を卒業した後、歯周病学の大学院課程で研修をおさめ、生理学および生化学の学位（PhD）、医学における学位（D'etat、PhD）を持つ。Dr. Duretは23年前にわたるレーザーホログラフィーとコンピュータ応用の経験を通じて、歯科医学におけるコンピュータの発展につながるであろうという先見の明を持っていた。彼は歯科用CAD/CAMシステムに関する世界的な権威で、この分野における「父」とされており、また南カリフォルニア大学（米国ロサンゼルス）の歯学部の主任教授でもある。

現在すでに市販、もしくは開発中のCAD/CAMシステムはいくつか存在する。しかし「CAD/CAM」という呼称にふさわしいものはほとんど存在しない。こうしたシステムはますます複雑さを増す様相を呈しているが、それが必ずしもシステム自体の機能性の向上に一致していない。

セレイ・システム（Celay System）は2つの部分からなるシステムである。そのひとつは、機械的な接触式センサーを用いてデータを収集する形状計測装置であり、他のひとつは6自由度をもつ手動式の研削システムである。現在この装置が目的とするところは、咬合面も含めたセラミックインレーを研削することである。

プロセラ・システム（Procera System）は、パントグラフを利用する、機械的なセンサーによる計測方式を備えた一次加工過程と、電蝕による二次加工過程から構成されている。このシステムの目的は、従来のポーセレン・チタン焼付補綴修復物のためのチタンコーピングを作成することである。

タイタン・システム（Titan System）は機械的センサーによる計測ユニット、既存のCAD用ワークステーション、および数値制御されるミリングマシンからなる。このシステムは特にチタンコーピングを作成することを目的として設計されている。

セレック・システム（Cerec System、シーメンス社製）はコンパクトなチェアサイド・システムである。

ソーファCAD/CAMシステム（Sopha CAD/CAM）は、3次元カメラ（多重光印象、multi-impression）、CAD用ワークステーション、および数値制御式の自動研削装置からなる。このシステムの精度について、過去4年間にわたり南カリフォルニア大学で検証が行われている。

現時点では評価のための結果がまだ得られていないものの、いくつかのプロジェクトが開発段階にある。それらについて正確な進捗状況を見極めることは難しいが、これらのプロジェクトに携わる研究者から得られた情報から興味深い結果を予想することができるので、ここで解説を加えることは妥当であろうと思われる。

シセロ・システム（Cicero System）も3部からなる従来のCAD/CAM構成要素、すなわち光学計測装置、CAD用ワークステーション、および数値制御式のミリング・マシンを持っている。このシステムの概念は、モデルの計測結果に基づき、ミリング・マシン上で歯型を研削成形するというユニークなものである。金属層については、歯型上において手で筆盛りされる。さらに歯牙形成面にしたがって、ミリング・マシンを利用して、陶材（Carraraシステム）の層が盛り上げられる。

デンティキャド・システム（Denti CAD System）は、ベゴ型電子機械式プローブ（Bego社製）、リサーチ・コンソーシアム社（Research Consortium Company）によって開発された半自動式プログラムを用いたCADシステム、およびサーボ・プロダクツ社（Servo Products）によって製造された工業用の数値制御式工作機械で構成されている。このシステムは半自動式であり、加工の終わった部分は空気圧で裏返されるが、研削用治具は手で交換する。



Aug. 8, 1994

Prof. Francois Duret  
CHATEAU DE TARAILHAN  
11 560 FLEURY D'AVDE  
FRANCE  
FAX: (033) 68-33-5498 (France)  
FAX: (001) 310-8377665 (U.S.A.)

Dear Duret:

How very much I enjoyed that we met again in Tokyo. Everything  
What we had talked are very interest, your trip planning in  
China, your suggestion of producing your CAD/CAM system in China.

After I returned Beijing from Hong Kong on July 18, 1994, I have  
contacted with the officers of U.N.D.P. and we made a schedule in  
detail for your trip in China:

Oct.2	Guang Zhou (I will meet you in airport).
Oct.3----Oct.5	Nan Ning and Gui Lin (Visiting, Lecturing of one hour in Guang Xi Medical University, Dental School).
Oct.6----Oct.8	Xi An (Visiting, lecturing of two hours in College of Stomatology, the Fourth Military Medical University).
Oct.9----Oct.14	Beijing (Visiting, Attending and lecturing of three hours at "The Second National Conference on Computers in Clinical Dentistry" on Oct.12--Oct.13, 1994 in Beijing medical University).
Oct.15	leaving

I will appreciate it if you let me know the proposed title and  
the manuscript of your lecture (the explain in detail of  
slides) and what equipments you need as soon as possible.

The official invitation and others related documents and  
airticket will be send to you in a few days by U.N. Development  
Programme in China.

In addition, both my cooperators and I are very interested in  
your suggestion about the possibility of producing your CAD/CAM  
system or some other productions of dental computing in China.

Although, we wonder if you have made a plan for this subject, I  
would like to tell you some necessary condition in our side:

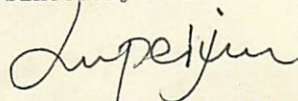
1. We can invest heavily in this enterprise.
2. We have many excellent software and hardware engineers.
3. We have lower production cost.
4. We can import some necessary equipments and materials.



We would appreciate it if you could let we know your whole idea about it, please feel free to tell me what is your plan. We also want to know what you need we to do more. It would be better that we discuss for this subject immediately.

I am looking forward to meeting you on Oct.2 in China.

Sincerely Yours



Dr. Lu Pei-Jun D.D.S., M.D., Ph.D.  
Associate Professor  
Dept. of Prosthodontics  
School of Stomatology  
Beijing Medical University  
Beijing 100081,  
China  
FAX: 086-01-8314665

*If this FAX don't clear enough*

*Please tell me by FAX: 086-01-8314665.*

*I will sent another one to you.*

photo  
+ 300 F  
+ 150-  
+ pure fuel

1736.00-2104 new



Aug. 20, 1994

Prof. Francois Duret  
CHATEAU DE TARAILHAN  
11 560 FLEURY D'AVDE  
FRANCE

FAX: (033) 68-33-5498 (France)

FAX: (001) 310-8377665 (U.S.A.)

Dear Duret:

I had send two Fax to your family in U.S.A., the one is the schedule in detail for your trip in China, the other is the copy of official invitation letter from Chinese government. The officers of U.N.D.P. told me that they will connect directly with you to arrange the air-ticket and other incidental expenses. I don't know whether they have already got in touch with you or not. Of course I will call to them as quickly as possible.

I am eager to get your reply on my first Fax, if you have any suggestion or plan please inform me by FAX 086-01-8314665 immediately.

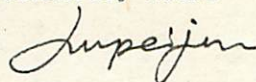
Enclosed herewith is the original official invitation letter. As indicated in the letter, you have to get your visa at the Chinese Embassy or Consulate General in Paris. I hope you could get your visa with it smoothly.

By the way, I have tried several times to call your home in France, according to the phone number (33) 68 33 8399 and the FAX (33) 68 33 5498, but failures. Today I will sent the letter to your home in France according to the address you wrote to me, I hope you will receive it soon in France.

I'm waiting to hear from you and looking forward to meeting you on Oct.2 in China.

Please remember me to your family.

Sincerely Yours



Dr. Lu Pei-Jun D.D.S., M.D., Ph.D.  
Associate Professor  
Dept. of Prosthodontics  
School of Stomatology  
Beijing Medical University  
Beijing 100081,  
China



时间、因果逻辑关系等方面的整合,使一些因过于微观或宏观而不能被我们肉眼所看到的物体,或是一些抽象的科学原理或规律,能以直观的图象,图形形式,有时还是动态地加以表达,从而使人易于理解并而留下深刻印象。这些计算机技术对于增进教学效果,对于向群众普及口腔保健知识都具有很重要的意义。特别是近年来兴起的计算机虚拟现实技术,能通过眼镜式屏幕形成逼真的三维视觉,将人带入一个由计算机虚拟的世界中去。特别是浸入式虚拟现实技术,可以通过与操作者身体相连接的传感器的作用,使操作者的各种动作能对虚拟现实中的景物产生影响,例如通过操作一个虚拟的钻对虚拟的牙齿进行牙体预备等、这对于口腔医学教学训练模式可能起到彻底变革的作用。

#### 四、专家系统

近年来,通过口腔医学各分支领域中的领域专家和知识工程师的合作,建成了多个具有临床实用价值的专家系统,如颞下颌关节病的诊断专家系统,义齿设计专家系统等。专家系统是本领域中大量背景知识和精心设计的规范原则和推理策略所构成的,与人的头脑相比,计算机专家系统的记忆更精确,并能在极短时间内穷举推演有关的大量因素,得出合乎逻辑的结论,但人脑的一些目前尚未完全明确其实质过程的能力,如联想、顿悟、模糊推理等,由计算机实现还存在很大困难。目前对计算机专家系统发展前景有不同观点,有的专家认为通过人工智能技术的进展,计算机能越来越成功地模拟人脑的通过学习扩大知识,自行产生新的规则、联想、模糊推理等功能,向人类智能水平逐渐逼近。也有专家认为计算机将很难成为名符其实的专家,所谓计算机专家系统的作用将类似于专家的秘书,协助专家记忆大量数据资料,在必要时以可视图形图象形式提供有关材料供专家作参考,而最终仍需由专家作出决策。

#### 五、口腔修复体的计算机辅助设计和辅助制作:

义齿 CAD/CAM 的情况,已由国际著名专家 Durat 教授作了精采的报告,也一定给到会的各位留下了深刻的印象,相信在世纪之交,传统的义齿制作工艺将面临一次非常深刻的变革。除义齿外,口腔种植体、人工骨、人工关节的设计制做中也正越来越多地采用 CAD/CAM 技术,以取得最佳的生物力学效果。

以上所列举的,还不是口腔医学领域中使用电子计算机的全部场合,我们现在还很难预料,计算机还将在口腔医学领域中创造出哪些奇迹,但可以肯定的是,到本世纪末,所有的口腔医师都将以不同的形式与计算机实现某种联系与合作,正如我们今天在许多发达国家已经看到的那样。因此我们可以想像,有多少工作在等待着中国的口腔医务工作者和电子计算机工程人员去做。



## 口腔医学计算机学会发展纲要

各位专家、各位代表：

在这两天的会议上，中华医学会口腔科学会，北京医科大学，北京医科大学口腔医学院的领导亲临我们的会场，并对我们的工作作了重要的指示，这体现了各级领导对我们这项事业的重视和关怀。

国际著名口腔医学计算机专家 Francois Durat 教授，和吕培军医师等给我们作了精采的学术报告，使我们得到许多新的信息和学术动态，让我们对此表示由衷的感谢！

电子计算机是本世纪末席卷全球的最汹涌的技术浪潮之一，它不仅能协助人们更深入地认识客观世界和改造客观世界，也已经或正在改变着人们自身的思维模式和行为模式。因此可以毫不夸张地说，电子计算机正在对我们的生活作出彻底的变革。

口腔医学界同样面临着这场变革带来的机遇和挑战。从国内外的实践情况看，这些挑战可以归纳为以下几个主要的方面：

一、信息管理：这其中包括：患者的病历管理，医疗统计，药品器材管理，医院职工人事管理，技术资料管理，收费和财务管理等。在国外，上述信息管理已实现网络化，智能化。不仅仅以文字图表的形式出现，也通过 Windows 操作系统和多媒体技术提供直观方便的图像资料，不仅被应用于大型医院，也广泛地应用于小的诊所，并可通过网络在异地间交换信息资料，例如进行国际间的文献资料检索，疑难病例会诊等。这些无疑都为提高临床质量和诊疗效率提供了可贵的支援手段。

二、图像处理：口腔医学领域中涉及大量形态学的研究和临床操作，X线、超声波、照像等技术很久以来就对口腔医师的检查、诊断、治疗工作起到不可缺少的辅助作用。计算机技术以图像信息作输入、输出、生成、平滑、增强、复原、编码、识别、分析等处理的结果，使得临床医师能更容易辨认理解图像所包含的各种信息。现在为人们熟知的CT、磁共振、B超等仪器中都包含着计算机图象技术，针对口腔医学特点，又需要对上述技术手段作深一步的开发，例如根据颌弓的曲线特点，对CT资料作颌弓法线方向断层层析的专用软件 Dental Scan 等。

三、科学可视化和虚拟现实：计算机图象技术不仅可成为人类视觉的自然延伸，使我们能从任意角度透视到深层的组织结构，还能对现实中的事物作空间、



我们的口腔医学计算机学会在这个时刻应运而生，既肩负了艰巨的历史使命，也为有志于此的同志们提供了施展才华的机遇。我们希望学会在未来的年代中发挥以下作用：

一、成为口腔医务工作者和计算机工程技术人员之间的良好“界面”，协助信息的交流和形成合作关系，共同开发这一边缘领域。

二、在口腔医务工作者中普及计算机知识，开展国内外学术交流活动，传递国际学术动态，组织各类软硬件技术培训班及最终设立常设的培训中心。

三、承担计算机技术应用于口腔医学领域的开发、咨询工作。

四、积极筹备将目前不定期的学术信息通讯资料向正规的定期学术刊物过渡。

我们希望来自各地区、各单位的代表回到岗位上以后在继续深入开展自己的课题时，利用学会这一新的渠道更多地开展横向联系，互通信息和实现优势互补，学会将在不久的将来设立技术咨询部，专职协助会员和联系单位之间的沟通工作。

学会将通过募集、资助、有偿开发、咨询等形式筹集经费，其中部分将用于资助会员的科研项目，因此会员如确有有理论，实用价值的课题而缺乏经费支持时可考虑向学会提出资助申请。

作为国际牙科计算机学会的中国分会，我们的学会将与其保持密切的学术联系，在明年五月于芝加哥召开的第五届年会上，我们仍将组织代表团，带着有较高学术水平的论文赴会去展示中国的实力，我们还计划争取第七届或第八届年会的主办权。所有这一切都需要我们更努力地工作，迎头赶上世界先进水平。

各位代表，我们的口腔医学计算机学会随着全国口腔医学领域中计算机应用的日益普及和技术的提高，也将日益发展壮大和完善。我们必须充分依靠全体代表和全体会员来参加学会的管理、组织和活动，真正地使学会成为一个群众性的学术团体。我相信，这将是一个生气蓬勃的领域。让我们共同努力，辛勤耕耘，多做实事，作出更大的贡献。



