

CAD/CAMシステムによる歯科セラミックス加工

CAD/CAM System and Process for Dental Ceramic Restorations

前田 康孝* 菅田 文雄*
Yasutaka Maeda Fumio Sugata

当社グループ独自のセラミックス材料である「ナノジルコニア」は、従来のジルコニアに比べ、優れた機械特性（曲げ強度と破壊靱（じん）性）と生体親和性などの特徴を有しており、医療応用へ期待される材料である。当社は、ナノジルコニアから歯科用加工物を高精度かつ高効率に加工する技術を開発し、CAD（Computer Aided Design）/CAM（Computer Aided Manufacturing）システムによる歯科セラミックス加工を事業化レベルに引き上げた。

Panasonic's ceramic material "Nano-Zirconia" has excellent mechanical properties (flexural strength and fracture toughness) and biocompatibility compared with conventional Zirconia, and is expected to be used in the medical field. We developed a new processing technique for high-accuracy and efficient fabrication of dental ceramic restorations from Nano-Zirconia, and achieved the level needed for commercialization of a process for dental ceramic restorations using a CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing) System.

1. CAD/CAMシステムによるセラミックス加工

歯科補綴（ほてつ）材料は、金属アレルギーの発症リスク低減や審美性の観点から、従来のメタルに代わってセラミックスが使用されはじめており、欧米を中心に注目を集めている。

このような材料の変化に伴い、歯科補綴装置（歯の修復・欠損を補うものの総称）の製作手段も、歯科技工士による鋳造といった手作業から、CAD/CAMシステムによる加工へと変化してきている。

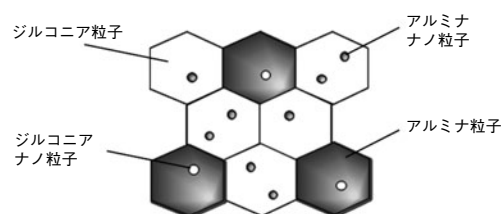
筆者らは、当社グループ独自の特徴的なセラミックス材料「ナノジルコニア」を用いて歯科用加工物の製作を行うCAD/CAMシステムを構築した。

2. ナノジルコニア材料

ナノジルコニアはその構造から優れた材料特性を有しており、歯科用のセラミックス材料として適している。

2.1 ナノジルコニアの構造

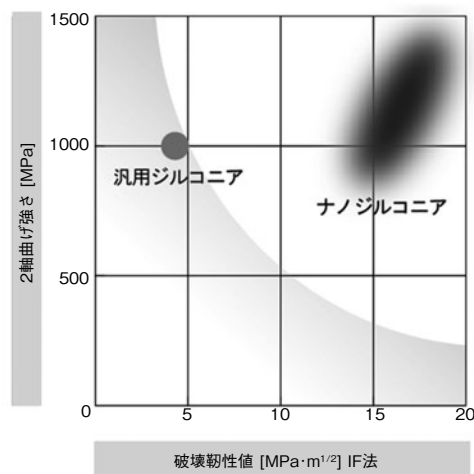
ナノジルコニアは、セリア安定化正方晶ジルコニアの結晶粒内にナノメートルサイズの微細なアルミナ粒子が、また同時にアルミナの結晶粒内にもナノメートルサイズの微細なジルコニア粒子がそれぞれ取り込まれたナノ複合化構造をとっている（第1図）[1]。



第1図 ナノジルコニアの構造模式図 [1]
Fig. 1 Structure pattern diagrams of Nano-Zirconia [1]

2.2 ナノジルコニアの材料特性

ナノジルコニアは、ナノ複合化構造をとることで高い破壊靱性を保ちながら曲げ強度を飛躍的に高めることができる（第2図）[2]。また、優れた生体親和性と口



第2図 曲げ強度と破壊靱性値
Fig. 2 Relation between fracture toughness and biaxial flexure strength

* パナソニック ヘルスケア（株）医療機器・システムビジネスユニット
Medical Instruments & Hospital System Business Unit, Panasonic Healthcare Co., Ltd.

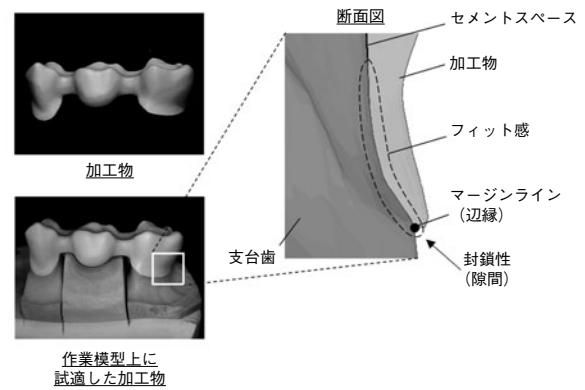
腔内のような湿潤な環境下での安定性も有している[3][4]。そのため、歯科補綴材料に利用することで多くの価値を患者に提供することができる。

〔1〕歯を長持ちさせる

高い破壊靱性と強度により、厚みの薄い歯科補綴装置を製作できる。これは、患者の支台歯（歯科補綴装置を被せるための土台となる歯）の研削量の低減になり、自分の歯を長持ちさせることにつながる。

〔2〕陶材破損の危険性を低下させる

口腔内環境下での安定性により、口腔内に露出させることができる。それにより、加工物のデザインの工夫で陶材（天然歯の色調を再現する歯冠（しかん）修復用材料）を補強する構造にできるため、陶材破損の危険性を低下させることができる。



第4図 歯科用加工物

Fig. 4 Dental ceramic restoration

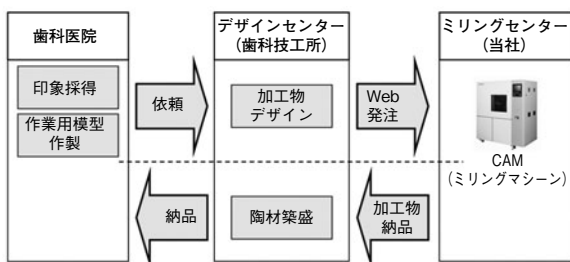
3. CAD/CAMシステムによる加工

CAD/CAMシステムによる加工では、高精度加工と加工の効率化が求められる。

3.1 CAD/CAMシステム構成

デザインセンターで設計されたデータをもとに当社ミリングセンターで加工を行い、作製した加工物を、デザインセンターを通して納品するシステムを構築した（第3図）。

ミリングセンターで加工物を製作することで、歯科技工所は設備投資を抑えることができる。また、歯科技工士本来のスキルが生かせる陶材築盛（とうざいちくせい）や調整などの作業に徹することができる。



第3図 CAD/CAMシステムによる加工物製作フロー

Fig. 3 Dental restoration processing flow by CAD/CAM system

3.2 高精度加工

加工物と支台歯との適合性が悪いと、加工物の破損や、隙間（すきま）にブラックなどが停滞し、う蝕の再発などの恐れがあるため、加工物と支台歯の間には高い適合性が必要である。適合性の指標として、加工物を支台歯に試適したときの、マージンライン（辺縁）部分にて

きる隙間の大きさ（封鎖性）や加工物のがたつき度合い（フィット感）がある（第4図）。今回、加工物の形状に合わせて加工方式と加工条件を最適に設定することで工具負荷を軽減させるとともに、ナノジルコニアの加工に適した工具を開発することで、精度を確保した。

〔1〕工具の開発

ナノジルコニアの加工は、ダイヤモンドを砥粒とした工具を使用した研削方式で行う。その際、工具に大きな研削抵抗がかかるため、その抵抗に十分に耐えうる強度を確保する必要がある。

ダイヤモンドを砥粒とした工具として、主に長時間の荒取り工程で使用するメタルダイヤモンド工具と、加工精度にかかわる仕上げ工程で使用する電着ダイヤモンド工具を用意した。加工部位や加工方式に応じてこれらの工具を適切に組み合わせることで、必要な精度を確保することができた。

また、今回のターゲットとなる加工条件での研削抵抗は、荒取り工程で使用するメタルダイヤモンド工具が最も大きく、ラジアル方向49 N、およびスラスト方向29.4 Nの繰り返し応力が発生する。そのため、メタルダイヤモンド工具の軸と砥石との接合部分を研削抵抗に耐えうる軸形状とし、最適なメタルボンドを採用した。さらに電着ダイヤモンド工具でも、低摩耗ダイヤモンドを使用し、かつニッケルメッキ層の調整により砥粒保持力を向上させることで、研削抵抗に耐えうる強度を確保した。

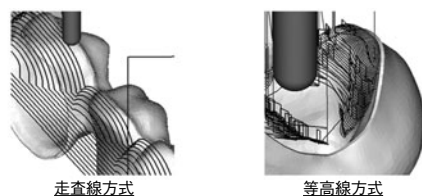
〔2〕加工条件の最適化

加工条件（送り速度、ピッチなど）を工程ごとに最適化することで、加工物の欠けや割れを防止するとともに、適合性を向上させることができた。

〔3〕加工方式の組み合わせ

荒取りを行う荒加工領域と、仕上げを行う仕上げ加工

領域を加工物の形状に合わせて最適に設定し、さらに走査線方式や等高線方式などを適切に組み合わせることで、工具への負荷軽減や加工時間の短縮を達成でき、また必要な精度も確保できた（第5図）。



第5図 加工物の加工方法
Fig. 5 Processing method of dental ceramic restoration

3.3 加工の効率化

ナノジルコニアはその機械的特性により、加工時の工具負荷、磨耗が非常に大きくなる。それらを軽減するために、研削量の多い荒加工工程に回転加工方式を導入し、効率的な加工を行った。

〔1〕回転加工方式

加工物の外形形状を削りだす荒加工工程を、第6図（A）に示すように、材料を回転させながら先端から後方へと加工していく方式とした。これにより、従来の走査線加工などよりも工具先端の磨耗量を軽減することができ、また、全加工領域の約60%をこの工程で研削できるようになり、加工時間を短縮することができた。

〔2〕最大投影面積での加工

回転加工方式で終端方向へ加工していく際には、第6図（B）に示すように、加工物を、先端側から見て終端面に投影したときの最大投影面積で加工を行う。第6図（B）の点線に沿って加工することで、加工途中で工具が回転軸方向へ掘り込むことを防止でき、工具にかかる負荷を軽減させることができる。



第6図 回転加工方式
Fig. 6 Rotary forming system

4. 動向と展望

ナノジルコニアは、優れた機械的特性と安定性により、従来は金属などでしか実現できなかった、強度を要するさまざまな症例へ適用できる可能性を有している。今後は、ナノジルコニアの特性を生かす症例の加工を実現するべく、さらなる加工の高精度化・高効率化に取り組んでいく。

参考文献

- [1] 名和正弘 他, “新しい双方向ナノ構造を持つ耐衝撃性に優れたセリア系ジルコニアナノ複合セラミックスの開発,” セラミックス, vol.34, no.5, pp.393-396, 1999.
- [2] S. Ban, “Reliability and properties of core materials for all-ceramic dental restorations,” Japanese Dental Science Review, vol.44, pp.3-21, 2008.
- [3] 栗副直樹 他, “ナノ複合セラミックスの強靱性メカニズム,” パナソニック電気技報, vol.59, no.1, pp.71-75, 2011.
- [4] 中西秀雄 他, “ジルコニアナノ複合セラミックス歯冠修復材料,” 松下電気技報, vol.54, no.3, pp.78-83, 2006.