

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462946

研究課題名(和文) CAD/CAM用ブランク評価に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Basically study of evaluating on ceramic blank for CAD / CAM

研究代表者

岩崎 直彦 (Iwasaki, Naohiko)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・助教

研究者番号：20242216

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、CAD/CAM用セラミックス材料の辺縁再現性を評価するブランクの評価基準の確立である。双円錐を組み合わせた試験片形態でCAD/CAM用ジルコニアブランクの辺縁再現性を評価したところ、辺縁のチッピング数は面間角度と辺縁部の厚さの増加によって減少した。また、単純に切削条件を統一した切削試験の結果でブロックの特性を評価することに問題があった。辺縁再現性と機械的特性との関連性は、靱性が曲げ強さよりも関連があると考えられた。異なったCAMソフトを用いると同一製品間での辺縁再現性に違いが見られ、辺縁再現性にはソフトの性能も要因と考えられた。以上を踏まえ、評価方法の開発を継続する予定である。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to establish criteria for comparing marginal reproducibility of dental ceramics materials for CAD/CAM. The marginal reproducibility of the zirconia blank for CAD/CAM was evaluated as a number of chippings using the experimental specimens consisting 3 bicones. A number of chippings decreased with increasing the base angle and disk thickness. It was difficult to evaluate the marginal reproducibility by one fabricating condition. The marginal reproducibility was considered to be more related to toughness rather than flexural strength. Moreover, the marginal reproducibility varied when different CAM software were used, therefore the performance of software is also considered to be a factor in the marginal reproducibility. The criteria for dental ceramics have not yet established in this study. Therefore, further research will require in the future.

研究分野：歯科理工学

キーワード：歯科CAD/CAMシステム 切削加工 ジルコニアブランク 辺縁再現性

1. 研究開始当初の背景

従来の歯科用セラミックスはメタルセラミックスに代表されるような粉末を盛り上げて焼成する方法や加熱して軟化圧入する方法などが用いられていた。しかし、最近では CAD/CAM 技術の進展により完全焼結体、半焼結体のセラミックブランクを切削して補綴物を製作する方法が一般的になってきている。CAD/CAM 加工に使用するセラミックブランクの作製は各メーカーによって独自の材料・システムが用いられており、その機械的性質もそれぞれ異なっていることが報告されているが、CAD/CAM は切削によって加工を行うために、機械的性質に加えて加工性の評価項目が必要となる。これまで、セラミックスの評価は最終的な修復物としての加熱処理等を行ったものに対してであり、CAD/CAM 用のセラミックブランクとしての必要な性質、すなわち切削のしやすさ(被削性)、切削による細部再現性、切削による機械的性質の影響など、従来の材料試験の評価方法には含まれていない事項についての評価はほとんど行われていない。

2. 研究の目的

CAD/CAM 用の半焼結体のセラミックブランクに必要な性質の中で、特に辺縁部などにチッピングによる欠損が生じると、修復物辺縁部の 2 次う蝕や辺縁性歯周炎を惹起するなどのおそれがあり、修復物の予後に影響するので、その再現性は重要な性質と考えられる。

これまで発表された論文には、セラミックブランクを用いた修復物の適合精度についてのはあるが、切削加工時のセラミックブランクの必要な物性について論じているものはない。新たに ISO/TC 106/SC 9 で提案された歯科用ジルコニアブランクの作業原案でも ISO 6872:2008 に記載している物性以外には焼成収縮量の測定、平面性の評価方法、低温劣化などであり、CAD/CAM 用セラミック

ブランクとしての加工に伴う物性評価はほとんど提案されていない。

切削加工時に最も問題になるのは被削性の良さと辺縁の薄い部分の再現性である。特にジルコニアブランクは完全焼結体と半焼結体で被削性が大きく異なり、また半焼結体でも製品化の違いが大きくあることが指摘されているが、どの程度異なるかを客観的に評価している論文はない。そこで本研究では、歯科 CAD/CAM 用セラミックブランクにおける辺縁再現性の評価方法を確立することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) CAD/CAM 用ジルコニアブランクの辺縁再現性評価用試験片の開発とその評価

辺縁再現性試験には、3 種類の切削加工用ジルコニアブランクを用いた。試験片形態は、切削加工における辺縁再現性を評価しやすい形態 すなわち、1 対の円錐の間に円柱を挟んで円錐の底面どうしを貼り合わせた双円錐を 3 個、中心を一致させそれぞれ直交させたものを考案した。円錐は、底面の直径を 12.0 mm、底角を 7.5°、15°、30°とし、間に挟む円柱の厚さは、0.2、0.3、0.4 mm の 3 種類として各底角の円錐とそれぞれ組み合わせ、3 次元形状設計ソフト (Free Form Modeling Plus V12.0、SensAble Technologies) を用いて設計した。

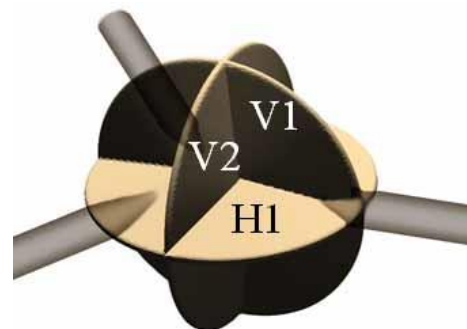


図1 双円錐の構成およびそれを組み合わせた試験片形状

この新たな試験片形態を用いて、CAD/CAM用ジルコニアブランクの辺縁再現性の評価を試みた。切削加工は、各製品のそれぞれの専用システムの切削加工機にて行った。計測は、双円錐の赤道面部を6等分し、連続性を技工用顕微鏡（S300II 8倍、菊池光学）及び、3D スキャナー（Dental Wings 7SERIES、データ・デザイン）にて観察し、辺縁の連続性が途切れた箇所数をチップング数として記録した。得られた結果は、それぞれのジルコニア製品ごとに双円錐の形態による違い、双円錐の配置位置を主要因とする二元配置分散分析と Tukey の多重比較を行った。

(2) 同一切削システムによる CAD/CAM 用ジルコニアブランクの辺縁再現性の評価

試験には、前試験と同じ3種類の切削加工用ジルコニアブランクを用いた。試験片形態は、双円錐を組み合わせた形状の試験片を、切削加工機（DWX-50、Roland DG）にて加工した。加工用 NC データはデンタル CAM ソフトウェア（GO2dental、松風）を用いて作成し、加工材料として BruxZir の条件を選択し、すべての製品を同じデータで切削した。計測は、双円錐の赤道面部の連続性を技工用顕微鏡（S300II 8倍、菊池光学）及び、測定顕微鏡（MM-60、Nikon）にて観察し、連続性が途切れた箇所数をチップング数として記録した。

(3) 辺縁再現性と加工用 NC ソフトウェアとの関係

切削用 NC ソフトウェアの違いによる辺縁再現性の違いの有無を明らかにするため、バージョンの異なる2種類の NC ソフトウェアで作成した NC データを用いて切削加工を行い、比較を試みた。

試験には、前試験に1製品を加えた4種類の切削加工用ジルコニアブランクを用いた。試験片形態は、前試験と同じものを用いたが、今回は円錐に挟む円板の厚さを 0.1、0.2、

0.3 mm の3種類とした。その双円錐を3個、中心を一致させそれぞれ直交させたものを試験片とした。NC データの作成は、2種類の NC ソフトウェア（GO2dental.V5、松風、GO2dental.V6.02、松風）を用いて作成し、それぞれの NC データにより切削を行い、比較検討を行った。切削加工は、すべての製品で同一条件として、切削は歯科用 CAD/CAM マシン（DWX-50、Roland DG）にて行った。計測は、双円錐の赤道面部の連続性を技工用顕微鏡（S300II 8倍、菊池光学）および測定顕微鏡（MM-60、Nikon）にて観察し、それぞれの双円錐の辺縁のチップング数を記録した。

(4) 辺縁再現性と機械的性質の関係

CAD/CAM 用ジルコニアブランクの辺縁再現性は機械的特性と関連があると考えられたため、被削性試験および3点曲げ試験を行い、それらの特性値と辺縁再現性の関係を検討した。

試験には、(3)と同じ4種類の切削加工用ジルコニアブランクを用いた。辺縁再現性の試験片は、前試験と同様のものを用いた。加工用 NC データは、CAM ソフトウェア（GO2dental.V6.02、松風）で作成した。切削加工は、歯科用 CAD/CAM マシン（DWX-50、Roland DG）にて行った。測定顕微鏡で双円錐の赤道面部の連続性を測定した。被削性試験は、試験片（3×3×25mm）をディスクから切り出し、研削して製作し、我々の開発した被削性試験機を用いてシリンダタイプ切削バー（WXL-LN-EDS OSG）を用いて一定荷重で切削を行った。切削量は、試験前後の重量変化より求めた。3点曲げ試験は、試験片（1.2×4×20mm）をディスクから切り出し、研削して製作し、万能試験機（AGS-5KNG 島津）を用いて、曲げ強さ、靱性を求めた。

4. 研究成果

本研究では、歯科 CAD/CAM 用セラミックブランクにおける辺縁再現性の評価基準を

確立することを目的とし、評価方法の検討、および材料の物性試験を行い、以下の成果を得た。

(1) CAD/CAM 用ジルコニアブランクの辺縁再現性評価用試験片の開発とその評価

CAD/CAM 用ジルコニアブランクの辺縁再現性評価のため新たな試験片形態を考案し、それを用いて試験片辺縁の角度および厚さを変化させて切削を行った。その結果、切削時のチップングは、試験した 3 製品のうち 2 製品ではチップングが多く見られ、1 製品ではほとんどチップングが観察されなかった。底角 7.5°と 15°で円板厚さ 0.2mm の形態では、他の形態よりも有意にチップングが多かった。底角 15°で円板厚さ 0.3mm の形態では、直交した垂直面の間で有意差が認められた。これらの結果により、辺縁再現性は、試験片形態の辺縁厚さを薄く、底角を小さくすると製品間でチップング数に差があることが認められ、製品間で差が見られたことから、開発した試験片を用いれば比較が可能であることがわかった。しかし 1 製品ではチップングがほとんど認められなかったのは、他の 2 製品とは加工システムが異なり専用のシステムで加工を行ったためと考えられるため、今後は同一切削システムにおいて切削を行い比較する必要があると考えられた。また、切削時のチップング発生の要因としては、被切削材であるブロックの性質のほかに、工具の回転数とその移動速度、被切削物に対する移動方向を制御するソフトウェア (CAM) による影響もあることが考えられた。

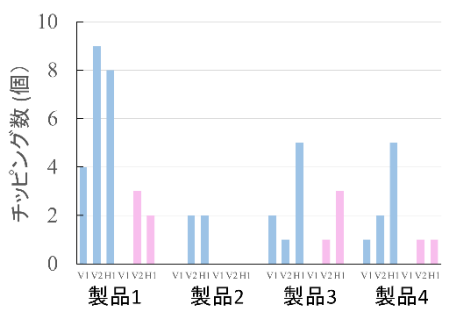


図2 各円板厚さにおけるチップング数

(2) 同一切削システムによる CAD/CAM 用ジルコニアブランクの辺縁再現性の評価

(1)の試験では試験条件において切削機と切削ソフトがすべての材料で同一ではなかったため、同一切削条件での比較ができなかった。この問題点を解決するため、共通の切削条件を設定し同一の切削加工機を用いて、すべての製品で同一の切削条件にて試験片を切削し、辺縁再現性の比較を試みた。切削時のチップングは前回と同様に円板厚さが薄いもので多く発生していた。前回専用システムで切削を行った製品では、専用システムではほとんどチップングが観察されなかったが、今回の同一切削システムで切削した試験片ではチップングが認められた。これは、専用システムではなかったため、ブロックに至適な切削条件ではなかったことが原因と考えられた。今回の試験のように同一切削条件で切削を行った場合の各製品の辺縁再現性は、それぞれの専用システムで行ったときとは若干異なっていた。このことにより、CAD/CAM 用ジルコニアブランクは単純に同一条件での切削試験の結果でブロックの特性を評価することには問題があることが示唆された。

(3) 辺縁再現性と加工用 NC ソフトウェアとの関係

(2)の試験では各製品でそれぞれメーカー指定の異なった切削システムを用いたところ、切削システムによっては切削時のチップングが観察されなかったが、各製品を同一システムで切削を行ったところ、切削条件の一部で切削ツールの折損が認められる場合があったため、ディスク材料間の比較が困難な場合があった。

今回、加工用 NC ソフトウェアが改良され、それを用いればこのような問題が生じなくなることが予想された。そこで改良された新たなソフトウェアを用いて作成した NC データを用いて切削加工を行い、旧バージョンのソフト

ウェアの結果と比較することで NC ソフトウェアの違いによる辺縁再現性の違いを明らかにすることを試みた。今回の切削では新たなソフトウェアで作成した NC データを使用して加工を行った。試験片の形態は、前報で多くの欠損が見られた頂角 7.5°とした。円板厚さは新 NC データでは 0.2mm でも欠損のない場合が多かったため、さらに薄い 0.1mm を加えた。

前回の試験においては、一部の試験片形態でツールの破折が見られ、またどの試験片形態においても欠損が確認されたが、今回の NC データでは円板厚さ 0.3mm においては欠損が認められなかった。そのため、切削時の欠損の発生が減少したのは、ソフトウェアの性能の違いによるものと考えられた。円板厚さ 0.2mm 厚さにおいては新旧データともわずかに欠損が認められ、円板厚さの違いにより欠損の発生頻度と部位に製品間で違いが見られた。

今回の結果から、辺縁再現性には NC ソフトウェアの性能も大きな要因となると考えられた。

(4) 辺縁再現性と機械的性質の関係

CAD/CAM 用ジルコニアブランクの被削性試験および 3 点曲げ試験を行い、それらの特性値と辺縁再現性との関係を調べた。

被削性は各製品で異なっており、削りやすいものと削りにくいものがあった。曲げ強さ、靱性も製品間で違いが見られ、大きなものと小さなものがあった。は他の製品と比較して小さかった。これらの特性とチップングとの関係を見ると、今回の試験においては被削性が大きいものが必ずしもチップングの発生が多いわけではなかった。曲げ強さおよび靱性とチップング数との関係では、曲げ強さと靱性が小さい製品においてはチップングが起りやすい傾向が見られたが、その関係は明瞭ではなかった。しかし、靱性の方が曲げ強さよりもチップングとの関連があると考えられ

た。今後は、これらの関係をさらに明瞭にするため、製品の種類と試験片数を追加しての試験が必要と考えられた。

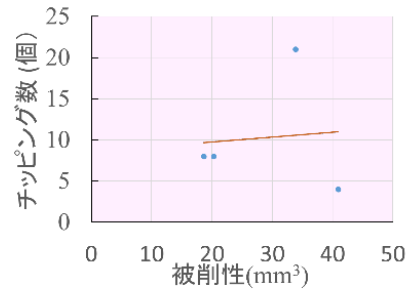


図3 円板厚さ0.2mmにおけるチップング数と被削性の関係

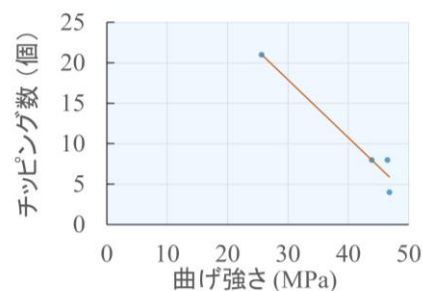


図4 円板厚さ0.2mmにおけるチップング数と曲げ強さの関係

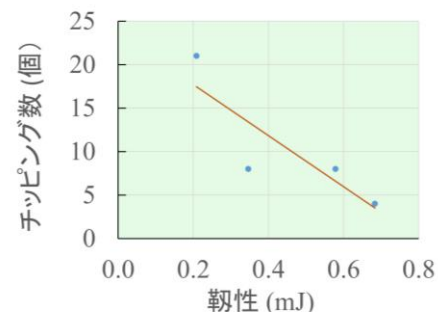


図5 円板厚さ0.2mmにおけるチップング数と靱性の関係

本研究が当初目的とした評価は、新たな評価基準によって各製品間の比較することにより、製品選択の基準にする、ということであった。今回行った試験では、評価の方法についてはほぼ確立されたと考える。しかし、実際の製品においてはそれぞれに専用のシステムが用意され切削条件が異なっている。また加工用 NC データ作成ソフトの性能も辺縁再現性に影響するため、すべての製品に適用できる試験方法、試験条件につ

いては、現在の項目に更なる要素を加味した方法を確立することが必要であると考えられた。そのため、本研究では明確な評価基準を確立するまでには至らなかった。しかしながら、この評価基準の最終的な目標は辺縁形態の欠損のない製品を得るために必要な最低条件を確認することであり、製品間の優劣を明らかにすることが主目的ではないとも考えられる。現在、ISO/Tc106/SC9 Dental CAD/CAM system で Zirconia Blocks に関する規格が提案されているが、今回得られた結果を元に、さらにその評価方法に寄与できる試験条件、評価方法の開発を継続している。

5. 主な発表論文等 〔学会発表〕(計6件)

①岩崎直彦, 松平和樹, 安江透, 高橋英和, 鈴木哲也. CAD/CAM用ジルコニアブランクの辺縁再現性と加工性の評価 日本デジタル歯科学会第7回学術大会 2016/5/28 北海道立道民活動センター(北海道札幌市)

②岩崎直彦, 安江透, 高橋英和. NCソフトウェアの違いによる市販 CAD/CAM用ジルコニアブランクの辺縁再現性の評価 第67回日本歯科理工学会学術講演会 2016/4/16 九州大学医学部百年講堂(福岡県福岡市)

③岩崎直彦, 高橋英和, 鈴木哲也. 同一切削システムによる CAD/CAM用ジルコニアブランクの辺縁再現性の評価 第66回日本歯科理工学会学術講演会 2015/10/3 タワーホール船堀(千葉県船堀市)

④岩崎直彦, 高橋英和, 鈴木哲也. 歯科用ジルコニアブランクの加工性の評価方法について 第30回日本歯科産業学会学術講演会 2015/8/1 東京医科歯科大学(東京都文京区)

⑤岩崎直彦, 高橋英和, 鈴木哲也. CAD/CAM用ジルコニアブランクの辺縁再現性の評価

第65回日本歯科理工学会学術講演会
2015/4/11 仙台市情報・産業プラザ(宮城県仙台市)

⑥Takahashi H, Iwasaki N, Yuzaki K. New Evaluation Model for Marginal Edge Reproducibility of CAD/CAM Blanks.2015 IADR/AADR/CADR General Session, 2015/3/11 Boston, USA

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩崎 直彦 (Iwasaki Naohiko)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・助教
研究者番号：20242216

(2)研究分担者

高橋 英和 (Takahashi Hidekazu)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・教授
研究者番号：90175430

(3)連携研究者

(4)研究協力者

鈴木 哲也 (Suzuki Tetsuya)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・教授
研究者番号：60179231

勇崎 圭翔 (Yuzaki Keisyo)

東京医科歯科大学 歯学部・口腔保健工学専攻・学生

松平 和樹 (Matsudaira Kazuki)

東京医科歯科大学 歯学部・口腔保健工学専攻・学生