

令和 4 年 5 月 25 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K18618

研究課題名(和文) マイクロCTと新規測定器を用いた新たな破壊強度試験および非破壊的測定法の確立

研究課題名(英文) Establishment of new fracture resistance testing and non-destructive measurement methods using micro-CT and new measuring devices

研究代表者

本田 順一 (HONDA, Junichi)

日本大学・歯学部・助教

研究者番号：50800942

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：新規試験用測定器について、測定器内面にネジ切を付与し、荷重部を回転させ応力を負荷することで荷重が解放することなく、micro-CTでの撮影が可能な設計とし製作した。さらに、荷重計で負荷されている荷重を記録した。新規試験用測定器を用いて測定を行った結果、陶材前装ジルコニア補綴装置では、上部構造に変形などの大きな変化を認めない状態で破壊に至っていた。一方、間接修復用コンポジットレジン前装ジルコニア補綴装置では、破壊に至る前に前装材料内にクラックの発生が確認され、進展や応力による前装材料の変形など、前装材料の違いにより破壊に至るメカニズムが異なる可能性が観察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で製作した新規試験用測定器を用いた測定法によって、従来の万能試験機を用いた破壊強度試験では観察することができなかった、補綴装置内部に生じるクラックや前装材料の変形が観察された。さらに、micro-CTを応用した測定法より、非破壊的に補綴装置の内面性状を観察することが可能となった。これは、今までの基礎的研究に新たな知見を加えるものである。本研究で評価された補綴装置は臨床応用可能な破壊強度を有しており、内面性状を観察できる測定方法と合わせて評価することで、安定した補綴装置の設計および製作が可能となり、良好な治療結果および口腔環境の維持に役立つことが期待される。

研究成果の概要(英文)：A new measuring device for the test was designed with a threading on the inner surface of the measuring device to allow micro-CT imaging without releasing the load by rotating the load part and applying stress. In addition, the applied load was recorded by a load cell.

The results of the measurements using the new test device showed that the ceramic-prepared zirconia prosthetic device had reached fracture with no deformation or other significant changes in the superstructure. On the other hand, in the case of the composite resin-applied zirconia prosthetic device for indirect restorations, the mechanism leading to fracture was observed to differ depending on the material used, such as the development of cracks in the prosthetic material before fracture and deformation of the prosthetic material due to stress.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：マイクロCT ジルコニア インプラント上部構造 破壊強度試験 間接修復用コンポジットレジン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

口腔インプラント治療において、インプラント上部構造のフレームワーク材料としてジルコニアが用いられる機会が多くなってきたが、臨床研究において前装陶材の微小破折が報告されており、それに起因する咬合接触の変化や下顎位の変位によりインプラント治療の予後に大きく影響することが懸念される。しかし、従来の破壊強度試験では、試験後に荷重が解放されてしまい、破壊に至る亀裂の起点や進展を経時的に観察することはできない。そこで、補綴装置の内面を非破壊的に撮影および観察が可能な *in vivo* micro-CT 装置 (以下、micro-CT) と荷重を負荷したまま破壊強度試験が可能な新規試験用測定器を用い、破壊に至る亀裂の起点と進展を経時的に観察する試験法を考案した。

### 2. 研究の目的

ジルコニアを応用したインプラント上部構造における微小破折を防止するには、その発生機序を解明し、適切な設計や製作方法を明らかにする必要がある。一方で、従来の万能試験機を用いた破壊強度試験は、試料の破壊後に荷重応力が解放されてしまい、破壊後の断面の観察は可能であるが、破壊に至る亀裂の進展を観察することは不可能である。このため本研究はインプラント上部構造がなぜ破折するのか、そのメカニズムを解明するとともに、破折を予防する設計や製作方法を明らかにすることを目的としている。

### 3. 研究の方法

令和2年度は、荷重を負荷したまま破壊強度試験を行い、同時に修復物の内面状態の観察を行う測定方法を確立するため、荷重を負荷したまま破壊強度試験を行う新規試験用測定器 (図1)を開発し、これまでの破壊強度試験との比較を検証することとした。新規試験用測定器を用いることで、応力を解放することなく非破壊的な観察方法である micro-CT での撮影が可能となり、微小破折の発生部位や亀裂の進展程度および内面状態の観察を行い、破壊に至るメカニズムを解明する。新規試験用測定器については、測定器内面にネジ切を付与し、直径6mmのスタイラス (図2)を付与した荷重部を回転させ負荷することで荷重が解放することなく、micro-CTでの撮影が可能となるよう製作した。また、試料体保持部をエックス線透過性の高いチタンで製作することにより、より正確な観察が可能となるよう設計した。

下顎第一大臼歯欠損に対してのインプラント治療を想定し、インプラント体をポリエステル樹脂に植立後、上部構造を製作した。上部構造は、ジルコニアフレームに陶材および間接修復用コンポジットレジンの前装したスクリー固定式上部構造とした製作した試料を試験用測定器に装着し、荷重を負荷したまま *in vivo* micro-CT 装置 (R<sub>m</sub>CT、Rigaku)を用いて撮影を行った。測定器を半回転ずつ回転し、破壊するまで繰り返し撮影を行った。撮影倍率は6.7倍、voxel sizeは30×30×30μmとし、撮影条件は管電圧90kV、管電流200μA、撮影時間2分間とした。撮影後、3次元データを画像構築し、その後、画像再構成処理ソフト (i-view-R、Rigaku)を使用して画像を再構成し、評価した。試料体に負荷された圧縮荷重値は外付けの荷重表示計 (図3)に表示されるため、記録した。荷重値と得られた画像データをもとに、破壊に至る亀裂の進展の分析を行い、新規試験用測定器と測定方法を検証した。

令和3年度は、令和2年度の研究で検証した新規試験用測定器および測定方法を用いて、ジルコニアフレームに陶材および間接修復用コンポジットレジンの前装したスクリー固定式およびセメント固定式上部構造を製作し、測定した。

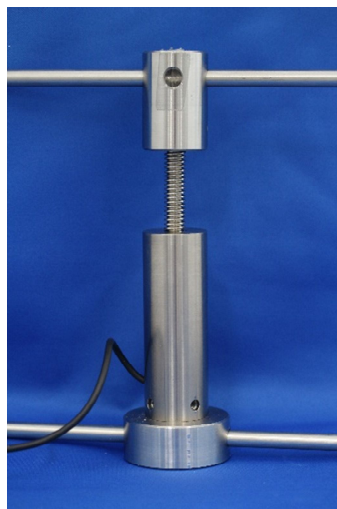


図1 新規試験用測定器

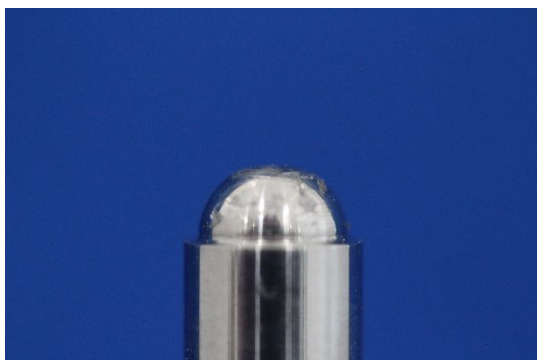


図2 スタイラス



図3 荷重計

#### 4. 研究成果

ジルコニアフレームに陶材および間接修復用コンポジットレジンを用いたスクリー固定式およびセメント固定式インプラント上部構造を製作し、新規試験用測定器を用いて測定を行った。表示計に記録された破壊強度は、従来の破壊強度試験で測定された値と近似していた。陶材前装ジルコニア補綴装置では、スクリー固定式はまずアクセスホールを封鎖しているコンポジットレジンの変形および破壊が観察された。その後、スタイラスが咬頭内斜面に接すると、荷重は増大するが、上部構造全体に大きな変化は認められず、その後前装材料とフレームワークの界面での破壊が観察された（図4）。

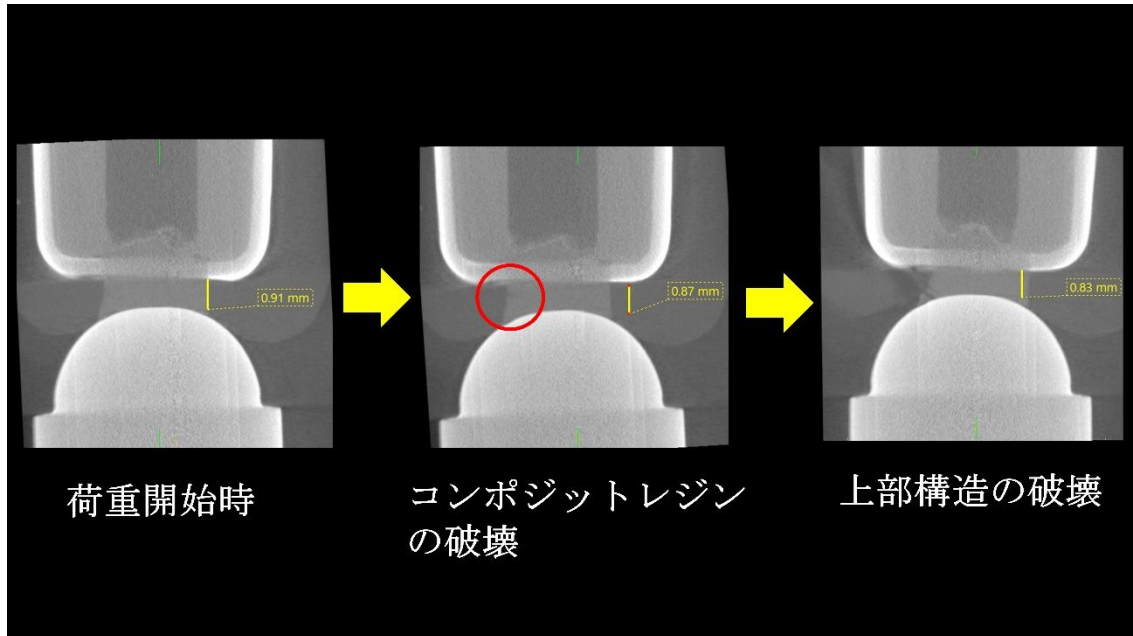


図4 スクリュー固定式陶材前装ジルコニア上部構造の破壊メカニズム

セメント固定式は上部構造全体に大きな変化は認めない状態で荷重が増大し、フレームワークにおよぶ破壊が確認された（図5）。

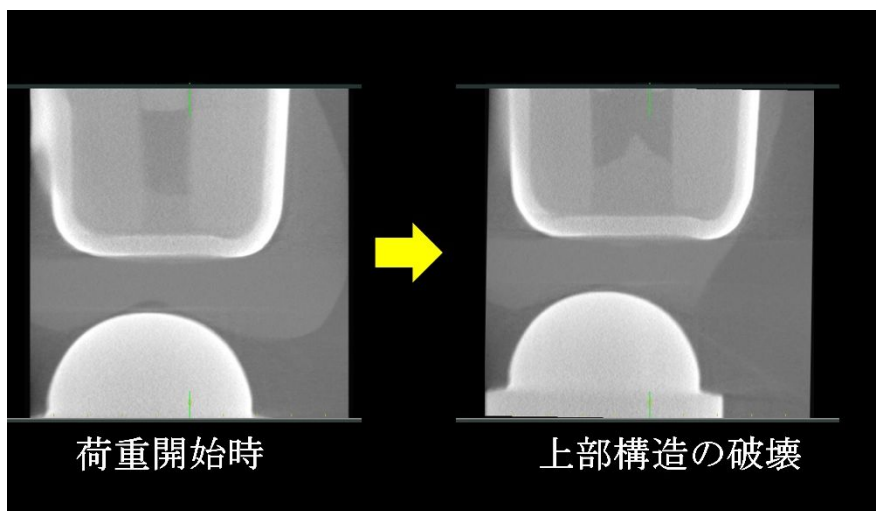


図5 セメント固定式陶材前装ジルコニア上部構造の破壊メカニズム

一方、間接修復用コンポジットレジン前装ジルコニア補綴装置では、スクリー固定式は一度破裂音が生じ、アクセスホール周囲のフレームワークと前装材料の界面に微小なクラックの発生を認めた。しかし、上部構造全体の破壊には至らず、前装部が応力を緩和し、クラックの進展を防止している可能性が観察された。その後、二度目の破裂音が確認された。二度目の破裂音時には、前装材料内の大きなクラックが観察されたが、補綴装置全体の破壊は認めなかった。さらに荷重を負荷していくと、前装材料内に生じたクラック部を含むように前装材料とフレームワークの界面での破壊が観察された（図6）。

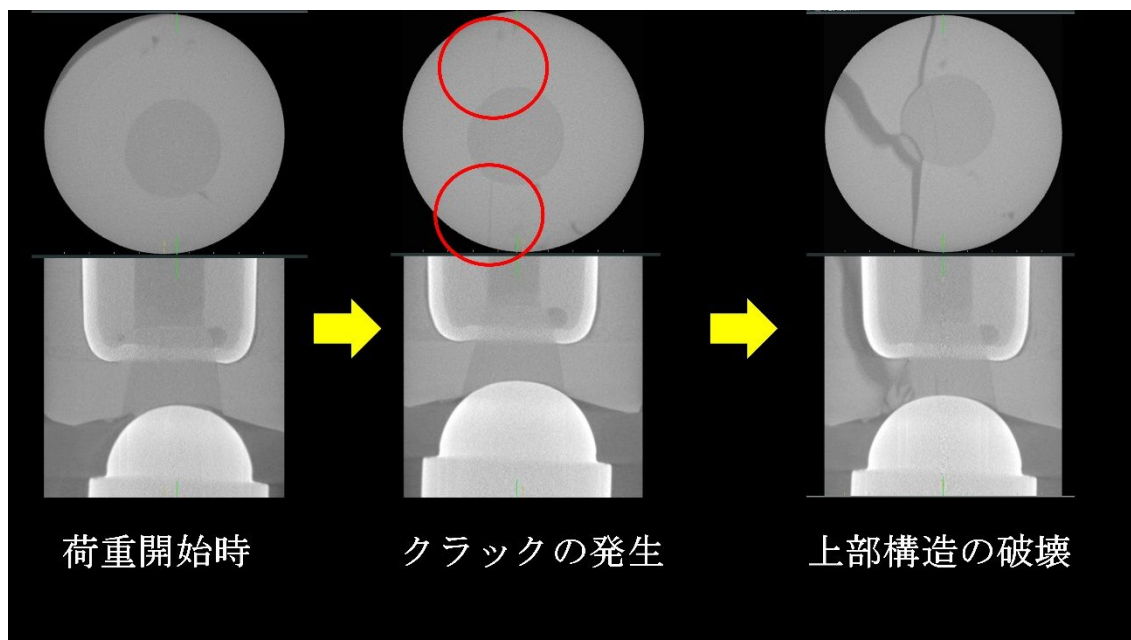


図6 スクリュー固定式間接修復用コンポジットレジン前装ジルコニア上部構造の破壊メカニズム

セメント固定式においても、スクリー固定式上部構造と同様に、荷重を負荷していくと破裂音を認め、前装材料内のクラックが確認できた。しかし、上部構造全体に大きな変化は認めなかった。また、荷重を負荷していくことで、前装材料が圧縮し、変形していく像が観察されたことから、前装部が応力を緩和し、破折の進展を防止している可能性が示された（図7）。

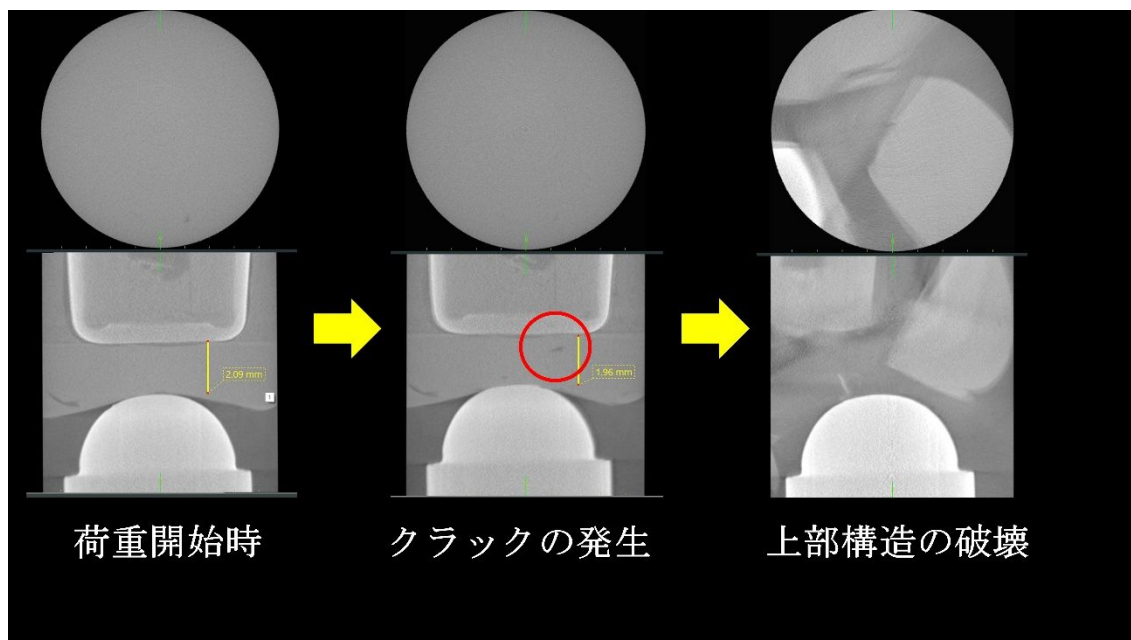


図7 セメント固定式間接修復用コンポジットレジン前装ジルコニア上部構造の破壊メカニズム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 守屋雄太, 本田順一, 小峰 太, 藤井 宏, 牟田 成, 村松 透, 堤 光仁, 松村英雄
2. 発表標題 装着材料がインプラント支持ジルコニア補綴装置の破壊強度に及ぼす影響
3. 学会等名 公益社団法人日本補綴歯科学会第129回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本田順一, 守屋雄太, 高野了己, 小林達郎, 牟田 成, 小泉政幸, 村松 透, 小峰 太, 松村英雄
2. 発表標題 小白歯部インプラント支持セラミック補綴装置に推奨される装着材料の検討
3. 学会等名 令和3年度公益社団法人日本補綴歯科学会東京支部第25回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高野了己, 本田順一, 小林達郎, 小峰 太, 松村英雄
2. 発表標題 小白歯部ハイブリットアバットメントクラウンの破壊強度
3. 学会等名 第73回 日本大学歯学会総会・学術大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------