

(様式第5号)

## 実施課題名※表面処理チタンインプラント周囲歯槽骨のシンクロトロン放射光による解析

English Synchrotron tomography study of newly formed bone around titanium implant with surface modification

著者・共著者 氏名 宮本郁也、鶴岡祥子、田中達郎、神保良、内藤禎人、高橋和敏  
English Ikuya Miyamoto, Shoko Tsuruoka, Taturou Tanaka, Ryo Jimbo, Naito Y, Kazutoshi Takahashi

著者・共著者 所属 九州歯科大学、スウェーデン・マルメ大学、佐賀大学  
English Kyushu dental university, Malmö University, Saga University

- ※1 先端創生利用（長期タイプ、長期トライアルユース、長期産学連携ユース）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※2 利用情報の開示が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後二年以内に研究成果公開（論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表）が必要です。（トライアルユース、及び産学連携ユースを除く）

### 1. 概要（注：結論を含めて下さい）

歯科用インプラントは、近年その成功率の高さから急速に普及した治療法である。骨とインプラントの結合を促進するためインプラント表面に様々な表面処理が施行されている。しかし骨とインプラントがどのように結合しているのかは、解析が進んでいない。解析を困難にする理由の一つに、レントゲンなどの画像診断時、光が透過する際、インプラント金属のハレーションが起これ、画像の質が悪くなることがあげられる。エネルギーの高い光を用いることでハレーションが低減できると思われる。今回、シンクロトロン放射光にて標本を測定することにより、インプラント-金属間の構造を解析できるかどうかを検討した。シンクロトロン放射光施設にて、30Kevのエックス線を用いて回折強調イメージング像(DEI)を得た。これを病理標本と比較検討した。CCDカメラのピクセルサイズは7.4 $\mu$ mであった。結果は、金属のハレーションによる画像の乱れはほとんどなく、良好な画像を得た。しかしながら、CCDカメラの限界にて10 $\mu$ m以下の画像は不明瞭であった。DEIで得られた像はインプラント-骨界面を良好に描出し、アーチファクトはほとんど認められなかった。トルイジンブルーで染まっていない、組織構造がDEI像で確認できた。DEIによる画像は組織学的所見に遜色のない詳細な形態を描出できた。非脱灰研磨標本組織像とDEI像は大まかな組織像は同等であるが、詳細部位で相違がみられた。今後、サンプル数を増やし更なる有用性を検討する予定である。

結論として、インプラント-骨界面を観察するのにシンクロトロン放射光を用いた回折強調イメージング像は金属のハレーションが少なく、シャープな画像が得られることがわかった。しかし、CCDカメラの限界もあり、光学顕微鏡よりは画像解像度が低いことがわかった。

### **(English)**

In recent years, a dental implant spread quickly from the reasons of higher survival rate. In order to promote the bonding between bone and implant, various surface modifications are developed. However, analysis of interface between bone and implant has not yet performed enough. When light such as X rays penetrates into metallic objects, the halation of metal would occur. And it would be difficult to diagnose the bone-implant interface. It seems that high-energy light source can reduce that halation.

With synchrotron radiation, it was examined by measuring whether the interfacial structure between implant and metal using undecalcified specimens.

With the synchrotron radiation, the diffraction emphasis imaging (DEI) was obtained using the X-rays of 30Kev. The specimens were observed with the resolution that the pixel size of the CCD camera was 7.4 micrometers.

The disorder of the picture by metal halation was not observed, and the good picture was observed. However, a picture of 10 micrometers or less was ambiguous due to the limit of the resolution of CCD camera. The image obtained by DEI describes an implant bone interface satisfactorily. The structure, which has not observed in the specimens that were stained with toluidine blue, has checked by the DEI image. The picture by DEI has described the detailed form, which does not have inferiority in histological finding. Although the histology and DEI image was almost similar images, but the difference was found in the detailed part.

From the results, the further usefulness should be studied with increasing samples. The diffraction emphasis imaging with synchrotron radiation is promising technique for observation of interface between implant and bone, however, there is a limitation of CCD camera and it turned out that image resolution is lower than an optical microscope.

## **2. 背景と目的**

インプラント周囲骨の評価は主に組織学的、生体力学的、画像診断学的に行われている。インプラントと骨の界面が主な関心領域ではあるものの、上記の方法それぞれに一長一短がある。今回シンクロトロン放射光を利用して、インプラント周囲の骨組織を画像診断学的に観察した。回折強調イメージング法(Diffraction Enhanced Imaging: DEI)は、位相イメージング法と呼ばれるエックス線撮像法の一つで、近年注目を集め開発が進められている。DEIでは試料透過後の像をアナライザー結晶を用いて分析することで、屈折によるコントラストを結像し、位相シフトを可視化する。明瞭な像を得ることが困難な高分子材料や生体資料を可視化する。この研究は、シンクロトロン放射光を利用しDEIによるインプラント - 骨界面の解析の有用性を検討することである。

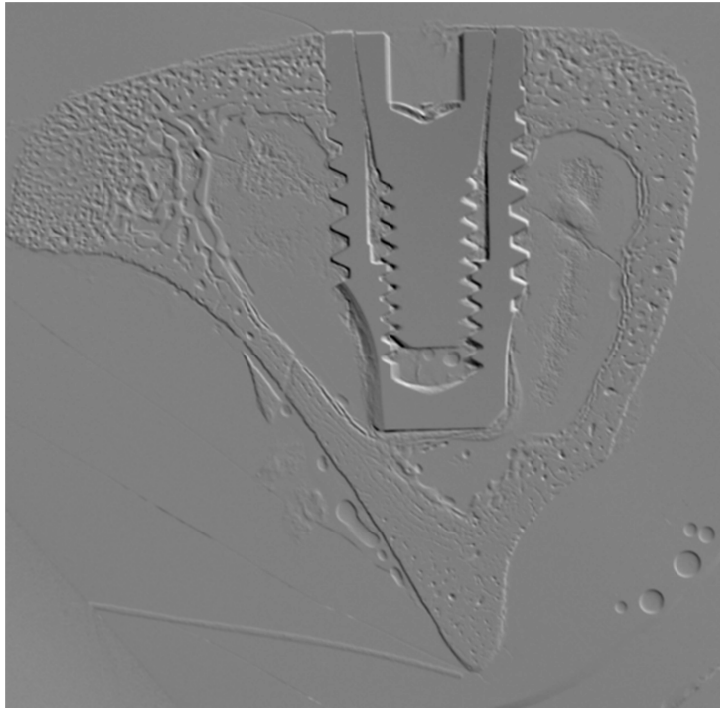
## **3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)**

ウサギ脛骨にインプラント (3.5×10 mm) を埋入、3 週間後に安楽死させた。通法に従ってレジン包埋し、約 30 μmの厚さに非脱灰研磨標本を作製、トルイジンブルーにて染色した。得られた標本を九州シンクロトロン光研究センターにおいて超電導ウィグラーを光源に用いた高エネルギーエックス線ビームライン(BL07)にて、30KeVのエックス線を利用し撮像した。CCDカメラのピクセルサイズは7.4 μmであった。



#### 4. 実験結果と考察

インプラントと骨は組織学的に良好に治癒し、インプラント - 骨界面は新生骨にて満たされていた。骨は骨内膜より骨髄方向へ新生していた。一方、DEIにて得られた像はインプラント - 骨界面を良好に描出し、アーチファクトはほとんど認められなかった。骨組織は通常の組織学的所見とは異なった組織像が観察できた。



#### 5. 今後の課題

骨組織の画像診断学的評価には通常 CT を用いるが、インプラント周囲骨は金属アーチファクトのため評価が困難な場合が多い。マイクロ CT を用いた評価も同様の問題がある。一方、組織学的評価では、非脱灰研磨標本が頻用されている。研磨標本は作製に極めて時間とコストがかかり、作製途中のアーチファクトと組織学的所見の判別が難しいことが問題であった。シンクロトロン放射光を用いた DEI による解析では上記の問題が最小化された。また、DEI の像は物質の密度の変化を撮像できるという特徴がある。このことを勘案すると今回得られた像は組織学的所見では判別のできない、組織の硬さを描出している可能性がある。今後、サンプル数を増やし更なる有用性を検討する予定である。シンクロトロン光を用いた DEI はインプラント - 骨界面の解析に有用な方法と

思われた。

結論として、インプラント-骨界面を観察するのにシンクロトン放射光を用いた回折強調イメージング像は金属のハレーションが少なく、シャープな画像が得られることがわかった。しかし、CCDカメラの限界もあり、光学顕微鏡よりは画像解像度が低いことがわかった。

#### 6. 参考文献

特になし。

#### 7. 論文発表・特許 (注：本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

現在執筆中。

#### 8. キーワード (注：試料及び実験方法を特定する用語を2～3)

チタンインプラント、DEI、インプラント骨界面

#### 9. 研究成果公開について (注：※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文(査読付)発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください(2013年度実施課題は2015年度末が期限となります。))

長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

- |                |             |   |    |
|----------------|-------------|---|----|
| ① 論文(査読付)発表の報告 | 現在執筆中(報告時期： | 年 | 月) |
| ② 研究成果公報の原稿提出  | (提出時期：      | 年 | 月) |