

Title	Imaging of fine structure of bone sample with high coherent X-ray beam and high spatial resolution detector
Author(s)	平野, 雅嗣
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45370
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	平野 雅嗣
博士の専攻分野の名称	博士 (医学)
学位記番号	第 18512 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科生体統合医学専攻
学位論文名	Imaging of fine structure of bone sample with high coherent X-ray beam and high spatial resolution detector (干渉性の高い X 線と高空間分解能検出器を用いた骨標本微細構造のイメージング)
論文審査委員	(主査) 教授 田村 進一 (副査) 教授 中村 仁信 教授 畑澤 順

論文内容の要旨

〔目的〕

非常に干渉性の高い X 線と高空間分解能 ($0.7\mu\text{m}$) 検出器 (X 線顕微鏡) を用いてマウスの骨標本の微細構造を観察する。

従来の吸収イメージングでは、吸収率の低い物体 (生体に多い軽元素) の観察には限界がある。そこで X 線の屈折を利用し、物質の密度差を反映した、よりコントラストの高いイメージングが、高い干渉性を持つ線源 (放射光) により可能となった。我々は放射光 X 線による被曝量の低減効果や空間分解能の向上を示してきたが、この屈折コントラストイメージングは物質の境界で明暗線を生み、ビジビリティを向上させ、より微細な構造を観察することができる。

〔方法ならびに成績〕

実験は理研・干渉 X 線光学アンジュレータ長尺 (1 km) ビームライン (Spring-8、BL29XU) で行った。X 線検出器はズーミング管 C5333 (浜松ホトニクス製) を用いた。空間分解能は 8 keV で $0.7\mu\text{m}$ (実験値) である。X 線エネルギーは分光器により 12.4 keV に設定した。サンプルはスリット (光源) の 990 m 下流、検出器の 1.6 m 上流に置いた。空間干渉長は、第 2 世代放射光施設のフォトンファクトリー BL-14C が $11\mu\text{m}$ であるのに対し、約 $200\mu\text{m}$ である。標本として骨組織の重なりを避け、鮮明に観察するために $300\mu\text{m}$ 径のマウス摘出ヒ骨を用いた。サンプル前方での X 線フラックスは、およそ 1.5×10^{11} 光子/秒であり、照射時間は 20 秒である。よって被曝量は約 18 Gy と推定される。

参照画像として得た Spring-8 偏向電磁石ビームラインで、サンプルをスリットの約 1 m 後方・検出器の約 2 m 前方に置いて、 $6\mu\text{m}$ ピクセルサイズ検出器画像と比べ、高空間分解能の画像が得られた。組織の中央に管状構造が観察され、径は $30 \sim 40\mu\text{m}$ であった。これはハバース管と思われる。盲端がハバース管に接続している様子が観察された。多角端を持った細胞様構造が盲端の末端に見られた。これらの構造は osteoclast と思われる。微細な管構造がハバース管と平行に走行し、これらは小血管もしくは小管と思われる。微細管の径は約 $3\mu\text{m}$ であった。この周りに $20 \sim 30\mu\text{m}$ サイズの、骨細胞と思われる錘構造が見られた。以上のサイズは成人に比べると小さいが、これは標本が

マウスの胎児から採られたものであるからである。今回得られた画像は、ハイコヒーレント X 線を用いた骨の微細構造の世界初の高空間分解能画像である。

〔総括〕

本研究でハイコヒーレント X 線を用いて骨の微細構造が観察された。画像のコントラストは干渉性の高い X 線により格段に向上した。骨イメージングは光顕や電顕でもなされているがサンプル作製の段階で多くの構造が失われてしまう。X 線顕微鏡は最小限のダメージですみ、ハイコヒーレントな X 線の使用により、構造の重なりが少ない薄い生体骨組織であれば高空間分解能で観察できることが示された。

論文審査の結果の要旨

非常に干渉性の高い X 線と高空間分解能 ($0.7\mu\text{m}$) 検出器 (X 線顕微鏡) を用いてマウスの骨標本の微細構造を観察し、ハパース管、骨細胞、osteoclast のイメージングに成功している。従来の吸収イメージングでは、吸収率の低い物体 (生体に多い軽元素) の観察には制限がある。高い干渉性を持つ線源 (放射光) の出現により X 線の屈折を利用し、コントラストの高いイメージングが可能となった。この屈折コントラストイメージングは物質の境界で明暗線を生み、ビジビリティを向上させることができる。このためコントラストは 2 桁改善し、被曝量は 4 桁低減させることができる。従来の吸収イメージングによる X 線顕微鏡では被曝によるサンプルのダメージが強く、これを避けるためにサンプルを冷凍する必要があったが、本法ではその必要はない。

骨のイメージングは光顕や電顕でもなされているがサンプル作製の段階で多くの構造が失われてしまう。本研究で開発された X 線顕微鏡は最小限のダメージですみ、構造の重なりが少ない薄い生体骨組織であれば高空間分解能で観察できることが示された。本研究は学位に値するものと認める。