

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500385

研究課題名(和文)

屈折コントラスト・トモシンセシス再構成アルゴリズムの開発と評価

研究課題名(英文)

Development and Assessment of tomosynthesis reconstruction algorithm based on refraction contrast

研究代表者：湯浅 哲也(TETSUYA YUASA)

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30240146

研究成果の概要(和文):

軟部組織を撮像するための新しい屈折トモシンセシス撮像方式を提案した。本方式は、ラウエ結晶を用いるために、屈折と吸収の情報を分離するためのデータ取得は1回の計測で行える。このため、従来のDEI(Diffraction Enhanced Imaging)法と比較して、1/2の被曝量で計測可能である。さらに、得られた角度偏差からトモシンセシス画像を得るための再構成アルゴリズムを開発した。本アルゴリズムは、得られた角度偏差からなる投影に対して簡単な関数をコンボリューションしてバックプロジェクションを行うだけの非常に簡単なものであるため、高速に処理が可能である。提案方法の有効性を実証するために、高エネルギー加速器研究機構のPFBL14-Cに撮像システムを構築し、生体サンプルの撮像を行った。投影数は約1/10にも関わらず、形態描画に限ればCT画像と同程度の描出能があることが示された。

研究成果の概要(英文):

A novel tomosynthesis imaging system for soft tissues using Laue-case analyzer is described. Since the imaging system obtains angular deviation by refraction from the projections simultaneously acquired in forwardly diffracted and diffracted directions, the measurement time as well as the radiation dose required decreases by one half compared to the conventional diffraction enhanced imaging (DEI) method. In addition, the proposed reconstruction algorithm derived from the quantitative relationship in measurement process produces images in no way inferior to refraction-contrast CT images from the viewpoint of morphological imaging in spite of one tenth the radiation dose of refraction-contrast CT imaging. We *ex vivo* imaged a lung tissue sample excised from a human using the system constructed at the vertical wiggler beamline PF-BL14C in KEK to demonstrate the efficacy of the proposed imaging protocol.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,000,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：X線イメージング

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：放射光X線，屈折コントラスト，トモシンセシス

1. 研究開始当初の背景

単一方向からのX線吸収のコントラストにより画像を取得する単純X線撮影は、RoentogenのX線発見以来、臨床医学に計り知れない恩恵を与えてきた。しかし、その撮像方式の有する特性より、(1)軟部組織に対しては、X線の吸収は非常に小さいため高いコントラストが得られないこと、(2)投影像では奥行き情報が欠落すること、という2つの困難に直面する。

(1)の問題はX線の特性による。すなわち、X線の吸収は軟部組織を構成するC, H, Oのような低原子番号の元素に対しては著しく弱い。したがって、軟部組織においては従来の吸収コントラストによる撮影では陰影がつきにくい。そのため、医師の読影の際、病変の見落としが著しく多いことが指摘されている。これに対して、本研究で用いる硬X線領域では、屈折現象は吸収の約1000倍の感度があるため、高いコントラストが期待される。(2)の問題は、従来の単純X線撮影は単一方向からの投影像を得るため、奥行き情報を復元できないことによる。この欠点を克服するために、多方向からの撮像した投影像を計算機により処理し奥行き情報を復元するCT(Computed Tomography)技術が開発され、臨床の現場で不可欠な診断技術になったことは周知のとおりである。

2. 研究の目的

上記問題点(1)を克服するために、屈折現象を利用した撮像原理を利用する。また、(2)を克服するために、Tomosynthesisを利用する。すなわち、生体軟部組織をコントラストよく、低被曝で撮像する画像化方法を放射光X線を用いて実現することを目的とする。

3. 研究の方法

Si単結晶の薄板(厚さ:約1mm)を用いたLaue型アナライザーを用いて、屈折情報を取得することに成功した。これを用いて、従来に比べ1/2の放射線被曝で撮像可能な屈折撮像方法を開発した。さらに、この撮像方法で得られる投影に対して、トモシンセシスを実行する際に有効なコンボリューション法に基づく再構成方法を考案した。本方法は、取得された角度偏差の投影に対して、コンボリューションを行い、逆投影を施すことにより再構成を行う。

4. 研究成果

高エネルギー加速器研究機構において、放射光X線を用いた生体資料の撮像実験を行った(入射エネルギー37 keV, 投影数91)。得られた屈折トモシンセシス画像は、CTの約

1/10の投影数で、CT像と遜色ない画質を有することを示した。これにより、本研究の当初の目標を達成することができた。現在、研究成果について論文を執筆中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計14件)査読有

[1] N. Sunaguchi, T. Yuasa, Q. Huo, and M. Ando: Convolution reconstruction algorithm for refraction-contrast computed tomography using a Laue-case analyzer for dark field imaging, *Optics Letters*, Vol. 36, No. 3, pp. 391-393 (2011).

[2] N. Sunaguchi, T. Yuasa, Q. Huo, S. Ichihara, M. Ando: X-ray refraction-contrast computed tomography images using dark field imaging optics, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 97, 153701 (2010).

[3] D.V. Rao, M. Swapna, R. Cesareo, A. Brunetti, Z. Zhong, T. Akatsuka, T. Yuasa, T. Takeda, G.E. Gigante: Use of synchrotron-based diffraction-enhanced imaging for visualization of soft tissues in invertebrates, *Applied Radiation and Isotopes*, Vol. 68, Iss. 9, pp. 1987-1993 (2010).

[4] N. Sunaguchi, Y. Sasaki, N. Maikusa, M. Kawai, T. Yuasa, and C. Otani: Depth-resolving THz imaging with tomosynthesis, *Optics Express*, Vol. 17, No. 12, pp. 9558-9570 (2009).

[5] D.V. Rao, M. Swapna, R. Cesareo, A. Brunetti, T. Akatsuka, T. Yuasa, T. Takeda, G. Tromba and G.E. Gigante: Investigation of the distribution of elements in snail shell with the use of synchrotron-based, micro-beam X-ray fluorescence spectrometry, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, Vol. 23, Iss. 4, pp. 251-257 (2009).

[6] 砂口尚輝, 湯浅哲也: 屈折コントラストによるCT画像形成理論, *Medical Imaging Technology*, Vol. 28, No. 2, pp. 96-101 (2010).

[7] Q. Huo, H. Sato, T. Yuasa, T. Akatsuka, T. Takeda, J. Wu, Thet-Thet-Lwin, and K. Hyodo: First experimental result with fluorescent x-ray CT based on sheet-beam geometry, *X-Ray Spectrometry*, Vol. 38, Iss. 5, pp. 439-445 (2009).

[8] D.V. Rao, M. Swapna, R. Cesareo, A. Brunetti, T. Akatsuka, T. Yuasa, T. Takeda,

G. Tromba and G.E. Gigante: Synchrotron-induced X-ray fluorescence from rat bone and lumber vertebra of different age groups, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, Vol. 267, Iss. 3, pp. 502-505 (2009).

[9] J. Wu, T. Takeda, Thet-Thet-Lwin, A. Momose, N. Sunaguchi, T. Fukami, T. Yuasa, and T. Akatsuka: X-ray phase-contrast microtomography for visualizing renal microstructures of hamsters, *Kidney International*, Vol. 75, Iss. 9, pp. 945-951 (2009).

[10] M. Ando, H. Bando, T. Endo, S. Ichihara, E. Hashimoto, K. Hyodo, T. Kunisada, G. Li, A. Maksimenko, K. Mori, D. Shimao, H. Sugiyama, T. Yuasa, and E. Ueno: Refraction-based 2D, 2.5D and 3D medical imaging: Stepping forward to a clinical trial, *European Journal of Radiology*, Vol. 68S, pp. S32-S36 (2008).

[11] Q. Huo, T. Yuasa, T. Akatsuka, T. Takeda, J. Wu, Thet-Thet-Lwin, K. Hyodo, F.A. Dilmanian: Sheet-beam geometry for in vivo fluorescent x-ray computed tomography: proof-of-concept experiment in molecular imaging, *Optics Letters*, Vol. 33, Iss. 21, pp. 2494-2496 (2008)

[12] Thet-Thet-Lwin, T. Takeda, J. Wu, Q. Huo, T. Yuasa, K. Hyodo, and T. Akatsuka: Visualization of age-dependent cardiomyopathic model hamster obtained by fluorescent X-ray computed tomography using I127-IMP, *Journal of Synchrotron Radiation*, Vol. 15, Part 5, pp. 528-531 (2008).

[13] T. Yuasa, E. Hashimoto, A. Maksimenko, H. Sugiyama, Y. Arai, D. Shimao, S. Ichihara, and M. Ando: Highly sensitive detection of the soft tissues based on refraction contrast by in-plane diffraction-enhanced imaging CT, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, Vol. 591, pp. 546-557 (2008).

[14] S. Ichihara, M. Ando, E. Hashimoto, A. Maksimenko, H. Sugiyama, C. Ohbayashi, T. Yuasa, K. Yamasaki, Y. Arai, K. Mori, and T. Endo: 3-D Reconstruction of High-Grade Ductal Carcinoma In Situ of the Breast with Casting Type Calcifications using Refraction-Based X-Ray CT, *Virchows Archiv*, Vol. 452, No. 1, pp. 41-47 (2008).

〔招待講演〕(計2件)

[1] Tetsuya Yuasa: Reconstruction Algorithm of Refraction-Based Computed Tomography from Viewpoint of X-Ray Optics,

International Forum on Medical Imaging in Asia 2011, Jan/21/2011, Naha, Japan.

[2] 湯浅哲也:世界に先駆けた屈折型 CT 技術開発と今後, 2010 年秋季第 71 回応用物理学学会学術講演会, Sep/15/2010, 長崎.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

湯浅 哲也 (TETSUYA YUASA)

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号: 30240146

(2) 連携研究者

安藤 正海 (Masami Ando)

東京理科大学・教授

研究者番号: 30013501