

平成 14 年度博士論文要旨（課程博士）

平成 11 年度入学（学生番号 99522308）大学院博士後期課程 システム情報工学専攻（知能機械システム講座）

学位論文公聴会（平成 14 年 8 月 28 日実施）

氏 名 銭 谷 勉（ZENIYA Tsutomu）

論文題目 放射光蛍光 X 線 CT による生体内微量元素分布イメージングの実用化に関する研究

英訳題目 Development of fluorescent X-ray CT using synchrotron radiation to detect tracer elements in human brain

- **Abstract**

Functional imaging is being recognized as quite important diagnostic tool, and it can early detect cancer and, Alzheimer's disease and so on. Fluorescent X-ray CT using synchrotron radiation (SR-FXCT) can describe the distribution of a small amount of specific elements in biomedical objects with high spatial resolution. SR-FXCT has to be a new diagnostic tool with better convenience and higher resolution than Positron Emission Tomography (PET) used as an important functional imaging system.

In this paper, actual problems to realize SR-FXCT imaging for human brain were discussed and an optimum system was designed. A method to reduce the amount of noise was proposed because it is essential to decrease the Signal-to-Noise ratio (SNR) to realize SR-FXCT for large object like human brain.

Chapter 1 clarifies characteristics of functional imaging system for clinical practice, and characteristics of SR as a light source for SR-FXCT. The problems to realize clinical SR-FXCT is discussed, and the scope of this thesis are described.

In Chapter 2, the possibility of depicting a small amount of tracer element in human brain was discussed. Under the condition without superposition of scattering X-ray, a few mg/ml iodine can be detected with a few mm spatial resolution.

In Chapter 3, several methods to improve the SNR were discussed. The SNR could not be improved by using filtering material to reduce scatter component but could be improved by the collimator. The experimental imaging has obtained with 2 mm spatial resolution for human brain phantom. In Chapter 4, an integrated presentation were performed with FXCT image, transmission X-ray CT image and Compton scattering X-ray CT image obtained simultaneously in this system and usability of such data fusion was discussed to understand the objects more exactly.

Concluding remarks and the scope for future are given in Chapter 5.

論文内容要旨（和文）

生体内の特定物質の分布を知ることによって、生理的機能が評価でき、病変の早期発見も可能となる。このとき、放射光 X 線の生体への照射によって励起される蛍光 X 線を観測すると、生体内の微量な特定物質の分布を高空間分解能で画像化することができる。この手法は、臨床の場で使用されている機能情報イメージング装置 PET よりも簡便で高分解能な新しい画像診断法となり得る。

本論文では、ヒトの頭部程度の大きさの撮像対象に対して、放射光撮像の実用的なシステムを実現するための課題を解決し、最適なシステムを設計する。撮像対象が大きいと、入射 X 線および蛍光 X 線の吸収が大きい。このとき、散乱線が大量に発生するため、小さな被射体に比べて S/N 比が低くなる。そこで、大きな被射体に対して有効な雑音低減法を考え、S/N 比良く蛍光 X 線を捉えられるシステムを設計し、これを評価した。さらに、この手法で同時に観測できる蛍光 X 線 CT 画像と透過 X 線またはコンプトン散乱 X 線 CT 画像という異種情報の統合表示を試み、対象の理解を深める診断支援システムとしての実用性について論じる。

本論文の構成は以下のとおりである。

第一章では、まず、臨床の場で用いられている画像診断法の中での機能イメージングの位置づけおよび有用性について整理し、放射光の特性を述べ、放射光イメージングの現状の概略を紹介する。ここで、蛍光 X 線 CT の光源に放射光を用いることの意義について述べ、放射光蛍光 X 線 CT システムについて、これまで明らかにされている点および残された課題を明確にし、本論文の目的について述べる。

第二章では、放射光蛍光 X 線 CT によって、ヒトの頭部程度大きさの撮像対象に対する微量物質分解能および撮像システム構成の各パラメータの関係について論じる。被射体の X 線吸収の影響のみを考慮した理論計算では、直径 200mm 程度の大きさの被射体内に分布する数 mg/ml のヨウ素を、数 mm の空間分解能で描出可能であった。また、推定被曝線量は従来の X 線 CT の数分の 1 程度であった。したがって、雑音となる散乱線の混入が無ければ頭部撮像の実現が可能であり、雑音低減が本システム実現の最大の課題となる。

第三章では、大きな被射体に対しての大幅な S/N 比の改善を目指し、散乱線混入を低減する手法を検討した。X 線フィルタを用いる手法とピンホールコリメータを用いる手法を取り上げた。

X 線フィルタを用いる手法では、フィルタに最適な元素を選択し、それを使用したときの効果について実験的に検討し、セシウムやバリウムがヨウ素検出には最適であることが分かった。しかし、大量の散乱線がフィルタに使用した元素を励起してしまい、フィルタからの蛍光 X 線が大量に検出器に混入したため、微量元素を検出できるほどの改善にはならなかった。

ピンホールコリメータを用いる手法では、数 mm 角の穴を通しての検出をポイントスキャン方式によって行い、蛍光発光物質の分布像を得る。このとき、被射体全体の情報を必ずしも必要としないため、撮像領域の選択が容易となり、用途に応じた撮像が実現できて、大きな対象の撮像を可能とする。また、放射光の偏向特性を利用した散乱線低減手法ともなっている。実際、核医学検査で使用される脳ファントムを撮像し、2mm の空間分解能で、微量なヨウ素の分布像を得ることができた。また、本撮像対象に最適なコリメータの形状について論じ、さらには、定量性を確保するための X 線の吸収補正、臨床上要求される短時間での撮像の可能性についても論じている。

第四章では、観測情報の効果的な利用を目的に、蛍光 X 線 CT 画像と透過 X 線 CT 画像あるいはコンプトン散乱 X 線 CT 画像との重ね合わせ表示を行い、処理が簡単で、対象の情報理解に有効であることを確認している。また、形態情報画像として透過 X 線 CT 画像とコンプトン散乱 X 線 CT 画像とで利用の優劣を検討し、実システム設計を示している。

第五章では、以上の議論を総括している。本論文では、大きな対象の撮像をピンホールコリメータによるポイントスキャン方式によって実現可能であることを明らかにした。さらに小動物などによって本撮像法の有効性を確認した上で、実用システムが実現できることを述べて結んでいる。

平成 14 年度「山形大学大学院理工学研究科博士後期課程学位論文公聴会」風景(銭谷勉)

論文題目：放射光蛍光 X 線 CT による生体内微量元素分布イメージングの実用化に関する研究

実施日：平成 14 年 8 月 28 日

会場：工学部 9 号棟会議室

論文審査委員：

主査 赤塚孝雄教授

副査 山口峻司教授

副査 平中幸雄教授

副査 田村安孝教授

副査 武田徹講師(筑波大学)

学位論文(課程博士)公聴会で熱心に論文発表する銭谷勉氏の公聴会風景

