

氏 名	井 上 光 二
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 64 号
学位授与の日付	平成 6 年 7 月 21 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科・専 攻	工芸科学研究科情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	Effects of scattered x-rays on CT images (散乱 X 線の CT 画像に及ぼす影響)
審 査 委 員	(主査) 教 授 金 森 仁 志 教 授 吉 田 靖 夫 教 授 久 保 田 敏 弘 助 教 授 山 田 正 良

論 文 内 容 の 要 旨

ここ20年間に、2次元 X 線 CT スキャナが、人体の減弱係数の断層像を表示する目的で広く使用されている。中でも検査時間を短くするために開発された第3、第4世代2次元 CT 装置では、複数個の検出器と fan beam を用いるので、散乱線の影響が問題になってきた。一方、医学的見地から、患者の3次元断層像の有効性は、非常に高い。そのため2次元だけでなく3次元断層像を見る必要が近年高まってきた。現在は、多数の2次元断層像を組み合わせて3次元断層像を造っている。これに対して、撮影時間を短縮し、また被曝線量を減少させるために、直接的に2次元投影データを撮影し、その投影データから、直接3次元像を再構成する手法を、早急に実用化することが望まれている。このように直接3次元断層像を造る装置が、cone-beam 3次元 CT 装置である。この装置では、X 線源に cone-beam を用いるので、fan beam を用いる2次元 CT 装置よりも、散乱線の影響が大きいという欠点がある。

本論文は、上述の問題点をふまえて、散乱 X 線が CT 画像に及ぼす影響と、その対策を研究したものである。

第1章では、既往の研究の概要、本研究の背景と目的を述べている。

第2章では、2次元 CT 装置について、乱数を使って物理の問題を解く Monte Carlo 法を使って、計算機シミュレーションを行い、投影データに加わる散乱 X 線の含有率を求めている。その際、X 線の散乱を扱うには、角度分布の断面積として、Form factor と Incoherent scattering function を考慮することが必要不可欠であることを確かめた。また、散乱角などの乱数を使った計算を行うために、正確で高速なソフトウェアアルゴリズムを作成した。ここで、X 線質の硬化現象や統計的変動の影響を効果的に除去する手法を考案して、計算に取り入れた。X 線源として、単色 X 線と、連続 X 線の両方の場合を計算し、散乱 X 線の含有率を明らかにした。さらに、散乱 X 線のデータを使って断層像を再合成し、断層像に及ぼす散乱 X 線だけの影響を明らかにした。

第3章では、3次元 CT 装置について、2章の方法を拡張して、投影データに加わる散乱 X 線の含有率を求めた。被検体には球形の水ファントムを想定し、幾何学的対称性を利用して、計算するシミュレーションの回数を大幅に減らした。その結果、被検体・検出器間距離、被検体の直径、入射エネルギーと、散乱 X 線含有率との関係を、単色 X 線と連続 X 線について明らかにした。

さらに、散乱 X 線のデータを使って断層像を再合成して、3次元断層像に及ぼす散乱 X 線の影響を明らかにした。ここで画像再構成手法として、3次元空間フィルタと、3次元逆投影法を使用し、その手法の有効性を確認した。

第4章では、CT装置で散乱X線の影響を除去するための、計算機ソフトウェアアルゴリズムを提案した。特に3次元CT装置では散乱X線の影響で断層像にカップリング現象が出るため、画像の中央部で補正しても、周囲は補正しきれない。そのため、本研究では、画像再合成時に補正を行うのではなく、投影データを補正した後に画像再構成を行う方法を用いて、像の歪みを補正した。このアルゴリズムを確認するために、被検体として水の回転楕円体ファントムを想定した。回転楕円体の投影データが散乱X線を含む場合、その散乱X線の影響を除くために、あらかじめ計算しておいた球形の水ファントムの散乱X線データを使って補正し、散乱X線の除去効果を実証した。

論文審査の結果の要旨

申請論文は、2次元および3次元CTスキャナについて、散乱X線の含有率、及び散乱X線のCT画像に及ぼす影響を明らかにした。また、散乱X線の影響を除去するための計算機ソフトウェアを考案し、その除去効果の有効性を確かめたものである。2次元CT装置については、近い将来、撮影時間を今以上に短縮する必要があるが、その際には、本研究で開発した、散乱X線の影響を小さくするための、ソフトウェアが有効である。3次元CT装置での散乱X線の影響と、その除去ソフトウェアは、将来、装置を新設計する際に、有効に役立つものである。以上は、通常の、連続X線を使う場合である。一方では、シンクロトン放射光施設から単色X線を取り出して、医学診断用CT装置に利用する計画がある。その際には、ここで明らかになった単色X線についての散乱X線の影響を、単色X線CT装置でも効果的に除去して、画像の鮮明化に役立てることができる。

以上のことから、本研究は、扱ったテーマの重要性、本分野での極めて重要な問題点の解析、問題点を解決するための着眼点、および、新しい計算法を開発した独創性の点で優れていて、また、論文内容の論旨の展開、および、論文の構成も的確であると判断できる。医学診断分野では、3次元CT装置の早急な実用化を望んでおり、本研究はこれに対して極めて重要な役割を果たすものである。

論文の内容は学術誌に英文で5編、レフリーつき国際会議論文集中に1編が掲載された。以上6編のうち4編は申請者が筆頭著者である。また、国際学会と多くの学会発表を通じ、本研究は識者の注目するところとなっている。

結論として、申請論文は、3次元CTスキャナの実用化に関する技術的な問題を研究しているので、博士(工学)に値するものと判断する。