

氏 名	つのおたかのり 角 尾 卓 紀
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 202 号
学位授与の日付	平成11年 7 月 26 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	工学科学研究科 情報・生産科学専攻
学位論文題目	医療診断画像の画質改善に対する散乱X線除去の研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 吉 田 靖 夫 教 授 山 田 正 良 教 授 中 山 純 一 助教授 中 森 伸 行

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はX線撮影で散乱線除去に使用されているグリッドの性能評価および散乱線で劣化したX線CT(コンピュータ断層撮影)の画質改善を扱っている。医用画像診断で使用されているX線撮影やX線CTでは、散乱線が画像劣化の大きな要因である。散乱線が含まれた画像はコントラストや鮮鋭度が低下する。この散乱線除去に関する研究は、医用画像の画質改善、しいては医療診断の能力向上につながる重要な研究分野である。散乱線を解析するには散乱線を画像情報に必要な一次線から分離する必要があるが、実験では散乱線と一次線を区別することが難しい。本論文は実験では評価しにくい散乱X線を計算機シミュレーションで解析し、散乱線除去に使われる集束グリッドの特性評価とコーンビーム型3次元X線CTスキャナでのデジタル画像処理の散乱線除去の方法について述べている。

第1章は序論で、医療画像診断分野での散乱線除去に関する研究の背景について述べている。この中で散乱線除去に使うグリッドとX線CTの3次元再構成の方法について紹介している。

第2章では著者が開発したX線散乱のモンテカルロ法を用いたシミュレーションの方法を示し、X線散乱を解析するのに有効な方法であることを示している。X線と物質との相互作用やX線の物質内の軌跡をシミュレーションの中でどのように表現しているかを記している。そして水ファントムにX線が照射されたときの光子としてのX線の振舞をシミュレーションで追跡し、散乱線の様子を定量的に解析している。水ファントム透過後の散乱線の様子から、どのような撮影条件であれば散乱線の発生がしやすく、散乱線がX線画像の劣化にどのような影響を与えるかを考察している。第3章、第4章の集束グリッドの散乱線除去能力の解析と第5章で使う散乱線を含んだ投影強度分布と一次線の投影強度分布は、この計算機シミュレーションを用いている。

第3章では医療での散乱線除去によく使われる集束グリッドの散乱線除去の特性をシミュレーションにより解析している。グリッドの散乱線除去の性能を示す指数であるグリッド露出倍数とコントラスト改善度において、測定実験の結果とシミュレーション計算の結果はよく一致している。様々な撮影条件での集束グリッドの散乱線の様子をシミュレーションから調べ、集束グリッドの性能が最も活用できるのはどのような条件であるかを、被曝線量も考慮して述べている。

第4章では集束グリッドの設置位置がずれたときの散乱線除去能力の低下について解析している。集束グリッドで問題になるのは設置の仕方である。集束グリッドは正しく設置されていない場合、一次線の損失があるために散乱線除去能力も低下する。設置がずれたときの集束グリッドの性能をあらかじめ知っておくことで、X線撮影の失敗の低減に役に立つと考えている。様々な設置のずれによる性能低下をシミュレーションにより解析し、集束グリッドの設置の注意点について述べている。

第5章ではコーンビーム型3次元X線CTスキャナでの散乱線の影響について調べている。投影強度分布に散乱線が含まれると正確なCT値が得られなくなる。散乱線を除去するのにグリッドを使う方法では、被曝線量の増加につながるのでは適切ではない。投影強度分布に含まれる散乱線の情報をウェーブレット変換の多重解像度解析を使って抽出する。散乱線を含んだ投影強度分布のどのレベルの波形に散乱線の影響があるかを調べ、その成分に重み係数を加えて散乱線情報の削減をする。この解析をまずシミュレーションで作成した投影強度分布で行い、その後実際に実験で撮影した投影強度分布に応用する。その結果、ほぼ正しいCT値が得られる3次元再構成像を作ることが可能になった。

第6章で本論文の結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

審査の対象となった学位論文は、医療画像診断で用いられているX線写真やX線CT装置で大きな問題となっている散乱X線の除去を対象にしている。この散乱X線が診断画像に含まれると、診断画像のコントラストが低下したり、また、CT装置では再構成画像を劣化させる。その結果、医師の誤診や患部の見落としを引き起こす原因となるため、扱ったテーマは社会的にも重要な意味を持つ。

論文の内容は大きく3つに分けられる。ひとつは、X線写真撮影で用いられているグリッドの散乱線除去効果を新しく開発したシミュレーションアルゴリズムで定量的に解析したこと。二つ目は、実際の現場でのグリッドの使用に際しその設置ミスから生じる散乱線除去性能の低下を定量的に示したこと。三つ目がグリッドを使用できない3次元CT装置での散乱線をウェーブレット変換を用いてソフトウェア的に除去する手法を提案したことである。

1、2番目に対しては、実際のグリッドを使用したX線撮影条件をシミュレーションするため、アルゴリズムの中に申請者の工夫したアイデアが提案されている。それによるグリッドの散乱線除去性能の解析結果は、関係者に非常に有意義なデータを提供できるものである。その結果、患者の被曝線量の低減や写真の画質の向上に寄与できる。

3番目の、コーンビーム3次元CT装置の投影データの散乱線除去アルゴリズムの開発は、ウェーブレット変換という比較的新しい手法を画像処理に取り入れ、ウェーブレット分解後の成分から散乱線だけを除くといった新しい考えを提案している。その結果、コーンビームCT画像の画質の改善を図ることを可能にした。これは、将来の画像診断装置として期待されているコーンビームCT装置の早期実現を可能にする有意義な方法である。

本論文の基礎となったのは、下記に示す、審査のある国内学会誌に掲載された2編の論文と、審査のある国際学会の論文誌に掲載された1編の論文の計3編の学術論文である。これら3編の論文はいずれも申請者が筆頭著者である。

1. 角尾卓紀、中森伸行、滝川厚、金森仁志：モンテカルロ計算でのX線グリッドの散乱線除去効果、医用画像情報学会誌、13、pp. 11-19 (1996)
2. T. Tsunoo, N. Nakamori, H. Kanamori and Y. Yoshida: The influences of incorrect placement of the focused grid on an X-ray image formation, SPIE Proceedings, 3336, pp. 651-659 (1998)
3. 角尾卓紀、中森伸行、金森仁志、吉田靖夫：傾いた集束グリッドでの一次線の損失とグリッド密度・管電圧の依存性、放射線医学物理学学会誌、18、pp. 288-296 (1998)

以上の検討結果から、本論文の内容には新規性、有用性を十分認めることができ、学術的価値が高いと判断できるので、本論文を学位論文に値すると判定する。