

京都大学	博士 (工学)	氏名	蔡 典修
論文題目	X線エネルギー分解コンピュータ断層撮影法の臨床応用に向けた研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文はX線エネルギー分解コンピュータ断層撮影法の性能改良，臨床応用に向けた検証実験及び関連の諸問題の考察をまとめたものであり，全6章で構成されている。</p> <p>第1章は緒言であり，本論文の研究背景及び研究目的を説明している．X線エネルギー分解撮影法の実現案として，原子核工学専攻中性子工学研究室では過去の研究でtransXend検出器技術を開発し，コンセプト検証実験でその効果を証明した．医療現場での撮影状況では，透過X線の強度が低くかつ散乱X線の影響も強いため，撮影データの解析がさらに困難と予想される．臨床へ応用するには，transXend検出器の性能の改良及び臨床撮影に近い状況での検証が必要であることを述べている．</p> <p>第2章では，X線透過撮影及びコンピュータ断層撮影技術の概要と既存の問題点を述べ，問題の対策としてのエネルギー分解撮影技術の原理を説明した．さらに，本研究の中で作成した，X線のエネルギー情報に基づく物質分解アルゴリズムの説明を行った．</p> <p>第3章では，平面型transXend検出器のフィルタ性能の改良を行った．平面型transXend検出器の性能は付加フィルタに大きく依存し，良い性能を得るためには，付加フィルタの最適化が必要である．実験のみでのフィルタ性能比較は非効率的かつ難しいため，ノイズを考慮した数値的な性能評価法を提案し，適切なフィルタの組み合わせ及び最適厚さを計算した．本評価法で推定した性能傾向は実測結果の傾向と良く一致した．本研究で想定した撮影状況では，評価の結果はフィルタなしと0.5 mmの錫フィルタが良い組み合わせと示唆した．ただし，最適なフィルタは被検体や管電圧などの撮影状況によって変化することも判明しており，実際の運用状況に沿って評価することが重要である．</p> <p>第4章は，エネルギー分解撮影における散乱X線の影響に関するシミュレーション研究である．X線撮影における散乱X線の発生は画質の劣化に繋がる．しかし，臨床での大面積コーンビーム撮影では散乱X線の発生は避けられない．予めその影響を知るべく，モンテカルロ・シミュレーションを実行し，調べた．結果により，散乱の影響は解析のエネルギー範囲に依存し，かつ撮影用のX線線質に影響されることが分かった．特に，低エネルギー範囲のエネルギー分解画像は散乱の影響を受けやすく，かつ撮影線質から受ける影響が従来の非エネルギー分解撮影と異なる傾向を示している．そのため，K吸収端が比較的低エネルギーにあるヨウ素造影剤を用いる場合，注意が必要である．高エネルギーのK吸収端を持つ造影剤が実用化されれば，少ない散乱アーチファクトと良好なコントラストの両立が可能になる．また，被検体内部の微小な構造変化は散乱の状況に大きい影響を与えないことも観測された．これに基づき，第5章で簡易</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	蔡 典修
<p data-bbox="162 271 497 302">な散乱補正を試行した。</p> <p data-bbox="162 360 1410 875">第5章は、臨床X線撮影装置を用いたファントム実験、及び関連の各課題の考察である。人体程度の厚い被検体では、X線の透過量が少なくなり、撮影及び解析が難しくなる可能性があるため、人体のサイズに近いファントムで撮影検証を行った。ファントム撮影実験の結果では、まだノイズの低減などの課題が残っているが、理論値に近い物質分解結果が得られた。実験中に、散乱X線の物質分解への悪影響も確認された。対策として、モンテカルロ・シミュレーション方式の簡易な散乱補正を試行し、これによる改善の効果が認められた。他に、線質の空間的变化、検出器の応答の飽和問題などの課題も観測され、それぞれに対し考察、対策した。今後の実用化では、これらの課題は顕著化すると思われるため、対策の更なる改良は今後の課題である。また、臨床現場で効率的に運用するために、従来の応答関数測定法を改良し、新しい補正モデルを提案した。この改良により、応答関数を求めるための実験測定回数が旧方法の数の一になり、大幅の時間短縮を実現した。</p> <p data-bbox="162 934 1410 1010">第6章は結論であり、各章の内容と結果を要約したと共に、今後の研究課題について述べている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は X 線エネルギー分解コンピュータ断層撮影法(CT)の臨床応用に向けた性能改良, 検証実験及び関連の諸問題の考察をまとめたものである. 本研究によって得られた主な成果は次のとおりである.

1. フィルタ式 X 線エネルギー分解撮影の性能改良のために, フィルタ性能評価法を提案し, 複数種類のフィルタの組み合わせの性能評価を行った. 提案した方法は検出器ノイズを考慮し, ノイズ耐性の観点から付加フィルタの性能を比較し, 適切なフィルタの組み合わせ及び厚さを予測することができる. また, ファントム撮影実験を用いて, 提案した評価法の有効性を示した.
2. モンテカルロ・シミュレーションを用いて X 線エネルギー分解 CT 撮影における散乱 X 線の影響を調べ, カッピングアーチファクト及び画像コントラストについて通常非エネルギー分解撮影との比較を行った. 研究の結果は, エネルギー分解撮影の低エネルギー範囲では散乱の影響が強く, X 線線質の影響も通常撮影と異なる傾向を持つことを示し, これについての注意点及び造影剤に関する提言を述べた.
3. 臨床 X 線撮影装置を用いて, 人体サイズに近い大型ファントムの撮影実験を行い, フィルタ式エネルギー分解 CT 撮影の定量的な正確性を検証した. 実験の結果, 被検体の物質分解において良好な結果が得られた他, 撮影結果から観測した X 線線質変化, 及び散乱 X 線の影響とその補正の試行結果などの考察が行われた. また, 臨床現場での運用を考慮した応答関数測定法の改良案を提案し, 従来の方法より必要な測定回数が減り, 実験時間の大幅な短縮を実現した.

以上のように, 本論文は, X 線エネルギー分解撮影の性能評価法を提案し, 臨床応用を考慮した検証と考察を行ったものである. 得られた知見は, X 線エネルギー分解 CT 撮影技術の発展及び臨床応用の実現において有益なものであり, 学術上, 實際上寄与するところが少なくない. よって, 本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める. また, 平成 30 年 5 月 18 日, 論文内容とそれに関連した事項について試問を行って, 申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し, 合格と認めた.

なお, 本論文は, 京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し, 公表に際しては, 当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める.