

|           |                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------|
| 氏 名       | くは た ひで あき<br>窪 田 英 明                                 |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (学 術)                                             |
| 学 位 記 番 号 | 博 乙 第 29 号                                            |
| 学位授与の日付   | 平成 6 年 11 月 28 日                                      |
| 学位授与の要件   | 学位規則第 4 条第 2 項該当                                      |
| 学位論文題目    | 医用画像用 X 線スペクトルの測定                                     |
| 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 金 森 仁 志<br>教 授 熊 尾 章 宏      教 授 久 保 田 敏 弘 |

## 論文内容の要旨

1895年に Röntgen が X 線を発見して以来、医学診断では X 線画像を広く利用してきた。一方では、放射線被曝が有害であることが判明したので、蛍光板、増感紙、フィルム、等の画像記録系の研究者は、被曝線量を減少させるために記録系の感度を上げる努力を続けてきた。しかし、感度を上げると画質の劣化が問題になってきた。以上の理由で、現在の医用画像研究の目的は、被曝線量を減少させて画質を向上させることである。このような研究の基礎的データは、被写体透過前後の X 線スペクトルである。

本論文では、まず、X 線スペクトルを精度よく測定する手段を確立させた後、二つの電気的条件、すなわち管電圧脈動率と管電流モードが、直接線スペクトルにどのように影響するかを究明する。つぎに、散乱線スペクトルの新しい測定法を確立し、種々の条件について測定して、散乱線除去法の一つである air gap 法の有効性を論じる。また、それぞれの結果について、画質と被曝線量との関連を述べる。

論文は 5 章から成っており、各章の内容は次の通りである。

第 1 章では、本研究の歴史的背景と研究テーマの重要性をまとめ、目的と内容を述べた。

第 2 章では、X 線スペクトルを精度よく測定する方法を説明した。まず、X 線スペクトルの測定で重要なビーム軸合わせを、精密に再現性よく行うために、X 線と可視光を用いた 2 重露光法で X 線管焦点の位置を精度よく測定する方法を考案した。次に、Ge 結晶に単色 X 線を当てたときに、一部のエネルギーが逃げることを考慮して、測定スペクトルを補正する方法を示した。

第 3 章では、管電圧脈動率と管電流モードが直接線に及ぼす影響について研究した結果を示した。まず、実験装置について、新しく工夫した点を示した。第 1 は、管電圧脈動率と管電流値、管電流モードを変化させる方法を考案し、第 2 は、広範囲な被写体に対して、光子計数率の変化を 1 桁以内に抑え、効率よく、多量のデータを取得できるようにしたことである。

この実験結果と、理論計算結果とを交えて、以下の成果をあげた。

管電圧脈動率を 0 % から 100 % に増加していくと、線質が軟らかく、線量が少なくなるのが今迄の常識であった。しかし、結果として、脈動率がある値以上増加すると逆に線質が少しずつ硬くなり、管電流の非飽和電流モードでは線量が増加することを見出して、原因を究明した。

線量の逆転に付随して、被曝線量についても逆転現象が現れることを予想し、新しく写真感度減弱曲線を提案して、この現象を究明した。その結果、同じ写真濃度を得るために、短時間大電流を用いて撮影すると、画質が向上するだけでなく、被曝線量も減少することを見出した。

第 4 章では、散乱線スペクトルの研究結果を示した。まず、入射角  $45^{\circ}$  以内で入射する散乱線スペクトルを小さな誤差で、垂直入射する直接線と同時に合計して測定する装置を製作した。これを用いて直接線 (P) と散乱線 (S) の合計 (S+P) のスペクトルを、ビームストッパを被写体の前面に置いて散乱線

(S) だけのスペクトルを測定した。一方、従来の方法で、直接線 (P) だけのスペクトルを測定した。その結果、S のスペクトルと P のスペクトルの合計が S+P のスペクトルと一致することを確認して、直接線と散乱線のスペクトルの分離測定に成功した。

散乱線除去法の一つとして、air gap 法の効果を、スペクトルの測定データを用いて究明した。その結果、照射野が小さければ air gap の効果は大きい、照射野が大きくなるとほとんど効果がないことを、定量的に確かめた。測定した X 線スペクトルと増感紙・フィルム系の感度スペクトルを用いて写真コンテストを求め、mAs 値から被曝線量比を求め、スペクトルを画質と被曝線量とに結びつける方法を示した。

第 5 章では、本研究の結果を総括した。本研究では、X 線を用いた医用画像研究の最も基礎的なデータとなる直接線と散乱線のスペクトルの新しい測定法を確立し、従来の常識に反するいくつかの結果を得た。また、直接線と散乱線のスペクトルを分離測定する有効な方法を示し、スペクトルを画質と被曝線量に結びつける方法を示した。

### 論文審査の結果の要旨

申請論文では、医用画像作成で使用する光子エネルギー範囲の直接線スペクトル測定法を確立させて、理論計算も交えて、X 線管電圧脈動率と管電流モードの直接線への影響とを研究し、従来の常識に反する二つの現象を見出して、画質と被曝線量への効果を究明し、実用上極めて重要な事項を見出した。次に、散乱線と直接線のスペクトルの分離測定法を確立させて、air gap 法で散乱線を除去する効果を定量的に究明し、画質と被曝線量とをバランスさせて最適な撮影条件を見出す方法を示した。

本研究は、医用画像研究の基礎となる重要なテーマを扱い、新しいいくつかの実験手法を開発し、今迄の研究者が避けてきた問題点をいくつか解決した、極めて独創性の高いものである。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。医用 X 線画像作成時に必要な情報を失わずに被曝線量を減少させることは、極めて重要な研究課題であり、本論文はこれに大きく貢献するものである。

論文の内容は、Medical Physics に 3 編、Medical and Biological Engineering and Computing に 1 編掲載され、1 編印刷中である。以上 5 編のうち 3 編は申請者が筆頭著者である。

結論として、申請論文は学位論文に値するものである。