

|             |                                                                                                                |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名         | ありむらひでたか<br>有村秀孝                                                                                               |
| 学位(専攻分野)    | 博 士 (工 学)                                                                                                      |
| 学 位 記 番 号   | 博 甲 第 119 号                                                                                                    |
| 学位授与の日付     | 平成 8 年 3 月 25 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 | <b>X-ray tube voltage and density dependence of radiographic mottle made using medical screen-film systems</b> |
| 審 査 委 員     | (主査)<br>教 授 金森仁志<br>教 授 吉田靖夫    教 授 久保田敏弘                                                                      |

## 論文内容の要旨

医療用スクリーン-フィルム系を使って作成した X 線写真の粒状はフィルム粒状とスクリーンモトルから成り、スクリーンモトルは量子モトルと構造モトルから成る。本論文は粒状のウィナースペクトルを三つの構成要素に分離する方法とそれらの濃度(光学濃度)依存性及び管電圧依存性について論じたものである。

本研究では、まず、クロスオーバー効果を含まないスクリーンモトルを量子モトルと構造モトルに分離する新しい方法を提案した。この方法を使って、低感度と高感度のスクリーン-フィルム系の片面乳剤の構造モトルと量子モトルを求め、それぞれの原因を研究した。さらに、クロスオーバー効果を含む構造モトルの新しい式を提案し、その式を使って、スクリーンモトルを分離する新しい方法を提案した。この方法を使って、量子モトルと構造モトルを求め、クロスオーバー効果を含まないデータと比較してクロスオーバー効果の影響について研究した。そして、両面乳剤の三つの構成要素を求め、両面乳剤の粒状を研究した。最後に、高周波数領域のウィナースペクトルを研究した。

本研究の成果は医療用 X 線写真粒状とその構成要素の撮影条件への依存性の原因を究明したもので、画質の向上(粒状の低減)及び被曝線量の低減に大きく寄与するものである。

本論文は 9 章から成ってる。

第 1 章では、物理的画質評価に関するこれまでの研究を要約し、本論文の目的と概略を述べた。

第 2 章～第 7 章では、低周波数領域( $10\text{ mm}^{-1}$  以下)のウィナースペクトルについて述べる。

第 2 章では、まず、低周波数領域に対する X 線写真粒状のウィナースペクトルの測定方法を述べた。次に、スクリーンの構造に起因する蛍光強度の相対的な空間的ゆらぎは濃度に依存しないことに着目して、構造モトルのウィナースペクトルの濃度依存性の新しい式を提案した。この式を使って、スクリーンモトルを量子モトルと構造モトルに分離するための新しい方法を提案した。

第 3 章では、低感度のスクリーン-フィルム系を使って、クロスオーバー効果を含まない片面乳剤の構造モトルを研究した。これまで、X 線写真粒状を研究するのに構造モトルはしばしば無視されてきた。しかし、低感度の系の構造モトルは量子モトルに比べてほとんどの濃度、管電圧で優勢で、それを無視できないことを示した。構造モトルの原因としてスクリーンの空間的な厚さのゆらぎと light photons のランダムな散乱と吸収を考えて、構造モトルの管電圧依存性を説明した。

第 4 章では、高感度のスクリーン-フィルム系を使って、クロスオーバー効果を含まない片面乳剤の量子モトルを研究した。量子モトルがスクリーンに対する信号とノイズの伝達効率に関係する detective

quantum efficiency (DQE) に依存することに着目し、量子モトルの式を DQE を使って表現した。ここで提案した量子モトルの新しい式と第 2 章で提案した構造モトルの式を使って、第 2 章の分離法の中に出てきた定数の意味を明らかにし、DQE を求める新しい方法を提案した。この新しい方法を利用し、DQE を決定し、スクリーンモトルを分離した。その結果、DQE と量子モトルの管電圧依存性を理論的なデータから説明できた。

第 5 章では、まず、クロスオーバー効果を含む蛍光強度の相対的な空間的ゆらぎを考慮して、構造モトルのウィナースペクトルの新しい式を提案した。新しく提案した構造モトルの式と第 4 章で提案した量子モトルの式を使って、クロスオーバー効果を含む片面乳剤のスクリーンモトルを分離する新しい方法を提案した。

第 6 章では、第 4 章で用いた高感度のスクリーン-フィルム系を使って、片面乳剤の量子モトルと構造モトルへのクロスオーバー効果の影響を研究した。第 5 章の方法を使って求めたクロスオーバー効果を含むデータと第 4 章で求めたクロスオーバー効果を含まないデータと比較した。この結果、クロスオーバー効果は鮮鋭度を悪くするが、一方では被曝線量を低減できるだけでなく、粒状性を良くする効果があることを示した。

第 7 章では、まず、片面乳剤のデータから両面乳剤のフィルム粒状と構造モトルのウィナースペクトルを求めた。それから、両面乳剤の量子モトルを求めた。両面乳剤の濃度依存性、管電圧依存性は片面乳剤の結果とはほぼ同じであった。両面乳剤の量子モトルと構造モトルの結果は第 6 章の結果から求めたフロントとバック乳剤の量子モトルの合計と構造モトルの合計よりそれぞれ大きかった。これは次の現象に起因する結果だとわかった。(1)両面乳剤から求めたデュアルスクリーンの NEQ が第 6 章で求めたフロントとバックのスクリーンの NEQ の合計にほぼ等しい；(2)両面乳剤フィルムの特性曲線のグラディエントの自乗は片面乳剤のグラディエントの自乗より約 4 倍大きい。

第 8 章では、まず、光学系を使った高周波数領域のウィナースペクトルの測定方法を述べた。高周波数領域の X 線写真粒状のウィナースペクトルの絶対値を求めるために、光学系を使って求めた相対値のウィナースペクトルを第 2 章の方法で求めた低周波数のスペクトルと接続した。この方法を使って周波数  $200 \text{ mm}^{-1}$  までのウィナースペクトル値の絶対値を求めることができた。その結果、周波数  $30 \text{ mm}^{-1}$  以上ではフィルム粒状だけになることがわかった。

第 9 章では、本研究の結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

申請論文では、まず、クロスオーバー効果を含まないスクリーンモトルを量子モトルと構造モトルに分離する新しい方法を提案した。この方法を使って、低感度と高感度のスクリーン-フィルム系の片面乳剤の構造モトルと量子モトルの濃度依存性と管電圧依存性を求め、それぞれの依存性の原因を研究した。次に、クロスオーバー効果を含むスクリーンモトルを分離する新しい方法を提案し、この方法を使って求めた濃度依存性と管電圧依存性とクロスオーバー効果を含まないデータと比較してクロスオーバー効果の影響について研究した。そして、両面乳剤の粒状を研究した。最後に、高周波数領域の X 線写真粒状のウィナースペクトルを研究した。

本研究は医療用 X 線画像の研究の基礎となる重要なテーマを扱い、いくつかの新しい提案をし、これまで求められていなかった重要な多くのデータを求めた極めて独創性の高いものである。また、論文の内容の要旨の展開、及び論文の構成も的確であると判断できる。X 線写真粒状は臨床で著しく診断能を低下させる。その粒状の撮影条件への依存性の原因を究明し、粒状を低減させて、しかも被曝線量を低減させることは極めて重要な課題であり、本論文はこれに大きく貢献するものである。

本論文の内容は、Journal of Photographic Science に 2 編、Journal of Imaging Science and Technolo-

gy に 1 編、Optical Review に 1 編掲載し、SPIE Proceedings に 2 編掲載、1 編掲載決定、Optical Engineering に 1 編掲載決定している。以上、8 編の内 7 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。

本論文は画質の向上と被曝線量の低減を目的として医療用 X 線撮影システムを設計するための研究であるから、付記する専攻分野として「工学」が適当である。