

増感紙フィルム系の物理的特性への情報量基準の適用

学位論文内容の要旨

増感紙フィルム系の利用が始まったのは1918年であり、現在に至るまで新製品の開発と幾多の改良がなされてきている。近年、X線CTやMRIが脚光をあびているが、空間分解能の良さと取り扱いの簡便さから、増感紙フィルム系は今後とも発展を続けていくであろう。増感紙フィルム系の画質評価は、物理的特性を調べる方法が代表的である。物理的特性としては通常、X線写真コントラスト、鮮鋭度、粒状性の3つが選ばれる。このうち、X線写真コントラストは特性曲線を作成して評価される。また、鮮鋭度はMTFを作成して評価される。一方、粒状性を評価する簡便な量はRMS粒状度である。このように本論文の研究対象は、特性曲線、MTF、RMS粒状度の3つである。

ところで、実験で得られたデータを統計的モデルで表す場合、通常は統計的仮説検定でモデルの良否を判定する。いわゆる、帰無仮説と対立仮説の設定であり、それを有意水準5%で判定している。しかし、この数字には客観的根拠はなく、主観的な検定法とみなしても間違いではない。一方、近年、赤池弘次の提唱した情報量基準(AIC)は、実験データのみから計算され、複数個の統計的モデルが存在するとき、AICの値の大小だけでモデルの良し悪しを検定するものであって、主観の入る余地はない。このようにAICは統計的モデルの優れた検定法であるが、まだ広く行き渡ってはいないようである。しかし、AICの文献引用率を調べた報告では、多くの分野で徐々に使われ始め、その有効性が認識され始めている。

ところで、増感紙フィルム系の物理的特性の研究に、AICを適用した報告は未だ見あたらない。本論文では、増感紙フィルム系の物理的特性の諸問題に、AICを適用する。

第1章は序論である。増感紙フィルム系とは何かの説明から始め、他のモダリティと比較して、その現代における重要性を述べるとともに、研究対象となる3つの物理的特性の概略について簡単に記す。また、AICはどのようにして導かれるのかの概略も述べる。なお、AICは統計的モデルによって、それぞれ異なった数学的表現がされるので、2章以後でも繰り返しふれる。

第2章は、増感紙フィルム系の特徴を表すのに、最も基本的な特性曲線を扱う。特性曲線はX線量とそれに対応する写真濃度のデータ点を曲線で結んだものである。曲線を得るためには、手書きや曲線定規を用いる方法もあるが、最近のパソコンの普及で、関数近似が簡単に行えるようになった。良い関数近似が行われれば、特性曲線から種々の必要な量

を引き出すことができる。特性曲線のような形状には、多項式が良く当てはまるので、本研究でも多項式を用いた。ところで、データ点に最もよく当てはまる多項式は、次数を変えながらCRT画面上で視覚的判断によって決定している。しかし数値的目安があれば、作業が格段に能率良く行うことができる。この章では、AICを使って、数値的目安を決め、実際の当てはめの良さと比較することが行われる。

第3章は、矩形波チャート法によるMTFの測定において、マイクロデンシトメータからの濃度読み取りの方法について考察する。チャート像の濃度読み取りは、いままで、直感的判断力で行われてきた。これを従来法と呼ぶことにする。しかし、濃度読み取りに不慣れな人や、疲労が重なった状態の人では、読み取りに人為的ミスが起こることも考えられる。この章では、単一余弦関数による最尤法を使って、実験データだけに依存し、人間の判断を排除して、チャート像を計算機で読み取らせる方法を展開する。結果は、空間周波数の大きいチャート像では、従来法と完全に一致したが、空間周波数の小さいチャート像では、従来法との乖離が大きかった。この問題には新しい数学モデルが必要であり、次章でAICを使って、これらの問題の解決を図る。

第4章は、第3章で未解決の問題をAICを用いて解決するものである。矩形波チャートから得られたチャート像の統計的モデルとして、有限フーリエ級数を考える。ここで問題になるのは、有限フーリエ級数の項数をどのようにして決めたら、チャート像を良く近似できるかということである。チャート像にはゆらぎの成分が含まれるので、やみくもに項数を多くしても解決にはならない。ここでは、統計的モデルが有限フーリエ級数なので、これよりAICの式を導出して、AIC最小の条件から、級数の項数を決定した。以上により求められた有限フーリエ級数から、矩形波レスポンスを算出したところ、全空間周波数で従来法の結果と良く一致した。また、最終的なMTFも、両方法で一致した。

第5章では、RMS粒状度を扱った。一様な黒さのフィルムをマイクロデンシトメータで走査すると、濃度分布が記録されるが、これらの濃度分布は正規分布に従うものと考えられてきた。また、正規分布を前提にして、種々の統計量を算出することも行われてきた。本章では、濃度分布に、正規分布と本研究で考案した平行移動ガンマ分布モデルの2つを考え、拡散光濃度の異なる10種類のフィルム試料で、正規分布モデルの適合性をしらべた。その結果、低濃度域では濃度分布が正規分布にならないことを、AICを使って検証した。

第6章では、増感紙フィルム系の物理的特性の実験に不可欠のマイクロデンシトメータの、走査スリットの大きさと濃度分布の関係を調べた。MTFやRMS粒状度の測定にマイクロデンシトメータを使用する場合、走査スリットの大きさの選択に基準がなく、経験に頼ってきた。第5章で考案した平行移動ガンマ分布モデルを用いて、正規分布の成立する走査スリットの大きさを求めた。

第7章は、本論文で得られた結果の総括を記した。

以上により、増感紙フィルム系の物理的特性の解明に、AICが有効であることを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主査	教授	朝倉利光
副査	教授	北島秀夫
副査	教授	山本克之
副査	教授	山本 強

学位論文題名

増感紙フィルム系の物理的特性への情報量基準の適用

近年、X線CTやMRIの技術的發展にはめざましいものがあり、それらの研究も盛んに行われている。しかし、空間分解能の良さと取り扱いの簡便さから、増感紙フィルム系は依然としてX線画像診断の分野で最も重要なシステムであり、今後ともその技術的發展が続いて行われることが期待される。増感紙フィルム系の画質評価は、物理的特性を調べる方法が代表的である。一般的に物理的特性として、X線写真コントラスト、鮮鋭度、粒状性の3つが選ばれる。これらの量的表現としては、特性曲線、MTF、RMS粒状度があり、本論文の研究対象になっている。

一方、赤池の提唱した情報量基準は、実験データのみから計算され、情報量基準の値の大小だけで複数の統計的モデルの良し悪しを決定することができ、現在広く使われている統計的仮説検定のようにある意味での主観の入る余地はなく、優れた検定法である。しかし、増感紙フィルム系の物理的特性の研究に情報量基準を適用した報告は未だなく、本論文が初めて特性曲線、MTF、RMS粒状度に対する情報量基準の適用の研究を行っており、ここではその成果がまとめられている。

第1章は、増感紙フィルム系と情報量基準の説明を行い、さらに本論文の目的と概要を述べている。

第2章は、増感紙フィルム系で最も基本的な特性曲線を扱っている。ここでの特性曲線とは、X線量とそれに対応する写真濃度のデータ点を曲線で結んだものである。この曲線より重要な物理量がいくつか導き出されるので、曲線近似の問題は重要なものとなっている。本論文ではルジャンドル多項式による近似を考え、情報量基準を使って多項式の最適次数を決定し、データ点の当てはめの良さとの比較を行って、上記の最適次数の多項式がデータ点をよく近似していることを明らかにしている。

第3章は、矩形波チャート法によるMTFの測定において、マイクロデンシトメータからの濃度読み取りの方法について考察している。従来法では、濃度読み取りは人為的に行われており、従って読み取りの際に人為的誤差が起こりやすい。それ故に本章では、実験

データだけを使って単一余弦関数による最尤法により、計算機で最大濃度と最小濃度を得ている。しかし、矩形波レスポンスが高空間周波数では従来法と一致するが、低空間周波数では一致せず、完全な解決は次章にゆだねられている。

第4章は、チャート像の統計的モデルとして有限フーリエ級数を考えている。チャート像にはゆらぎの成分が含まれているので、有限フーリエ級数の項数は多ければ多いほど良いということにはならず、そのために情報量基準を用いて最適な有限フーリエ級数の項数を決定している。これらの有限フーリエ級数より、最大濃度と最小濃度を得て、最終的なMTFを計算したところ、従来法の結果とほとんど完全に一致し、本章の方法が優れていることが明らかにされている。

第5章は、マイクロデンシトメータの特定のスリットサイズにおいて、RMS粒状度の基になる濃度分布が正規分布を呈する拡散光濃度の範囲について述べている。従来はすべての拡散光濃度の範囲で正規分布を呈すると考えられてきたが、本章で考案した修正ガンマ分布モデルを用いて正規分布モデルと情報量基準で比較した結果、低濃度域では濃度分布が正規分布にならないことを明らかにしている。

第6章は、マイクロデンシトメータのスリットサイズと濃度分布の関係を調べている。MTFやRMS粒状度の測定にマイクロデンシトメータを使用する場合、スリットサイズの大きさの選択に定まった基準がなく、今までは経験に頼ってきている。本章では、前章で考案した修正ガンマ分布モデルを用いて、濃度分布が正規分布を呈するスリットサイズの大きさを明らかにしている。

第7章は、本論文で得られた結果の総括を記している。

これを要するに、著者は、増感紙フィルム系の物理的特性について情報量基準を適用する研究を行い、その結果として増感紙フィルム系の評価に関して種々の新知見を得たものであり、放射線画像工学および医工学の進歩に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。