

医療用 X 線画像の画質特性と その応用に関する研究

平成 9 年 1 月 (1997 年)

杜 下 淳 次

氏 名(本 籍)	杜 下 淳 次(京都府)
学 位 の 種 類	博 士(工学)
学 位 記 番 号	乙 第 4 号
学位授与年月日	平成 9 年 3 月 25 日
専 攻	電子情報システム工学専攻
学 位 論 文 題 目	医療用X線画像の画質特性とその応用に関する研究
学位論文審査委員	(主査)教 授 藤 田 廣 志 (副査)教 授 山 本 和 彦 教 授 田 中 嘉津夫

論文内容の要旨

レントゲン博士によるX線の発見以来、X線を用いた人体の画像は病気の診断や治療に広く用いられており、現代の高次医療において益々その重要性を増してきている。医療用X線画像には、増感紙/フィルム系に代表されるアナログX線画像だけではなく、最近ではデジタルX線画像が急速に普及しつつあり、その応用範囲も多様化している。アナログ、デジタルを問わず、医療用のX線画像の目的はできるだけ少ない被曝線量で、診断や治療に有用な多くの情報を含んだ画像を提供することである。このためには、X線に対する感度が高く、かつ、高画質のX線画像システムの開発が必要である。増感紙/フィルム系に代表されるアナログX線画像は、1900年代のはじめ頃から現在まで長年にわたって使用されており、多くの改良によって、システムの高感度化と高画質化が図られている。このような進歩には、新しい放射線の受光系の開発が重要となるが、これにはまず、X線画像の画質特性を正しく理解することが必要である。アナログX線画像の画質特性に関しては、現在までに多くの研究がなされており、基本的な画質特性として、コントラストは特性曲線、解像特性はmodulation transfer function (MTF)、ノイズ特性はWiener spectrumを用いて正確に評価できることが知られている。一方、デジタルX線画像はその歴史も浅く、画質特性の評価方法もアナログX線画像ほど確立されていない。しかし、デジタルX線画像では、アナログX線画像で困難であった画像処理が比較的簡単に行える利点があるので、X線画像の定量的な解析の可能性をもっている。

本論文の内容は、著者が現在までに行ってきたアナログX線画像とデジタルX線画像の基本的な画質特性に関する研究、および、画質特性を考慮することで大幅に性能が改善した胸部X線における間質性肺疾患に関するコンピュータ支援診断の研究を含んでおり、いずれも医療用X線画像の画質特性が軸となっている。以下に、本論文の主な内容(第2章～第5章)の概要を述べる。

第2章では、アナログX線画像の画質特性(1)として、American National Standards Institute (ANSI)における増感紙/フィルム系のMTFの測定法の標準化の目的のために行った増感紙/フィルム系の解像特性の評価に用いるMTFの二つの異なった測定法(スリット法と矩形波チャート法)に関する研究について述べる。この研究を通じて、両測定法によるMTF測定の正確度と再現性に影響する技術的な因子を明らかにした。さらに、異なった施設で測定したMTFの変動の大きさについて触れ、二つの異なっ

た測定方法で得られた実験結果がどの程度一致したかについて述べる。

第3章では、アナログX線画像の画質特性(2)として、胸部X線写真用に新しく開発された非対称な増感紙/フィルム系の画質特性を測定し、新しいシステムの有用性について述べる。このなかで、非対称な増感紙/フィルム系の解像特性の評価に関する問題点を明白にし、新しい評価方法を提案する。

第4章では、デジタルX線画像の画質特性に関して、近年、急速な勢いで普及している、輝尽性蛍光体をX線検出器に用いたコンピューテッド・ラジオグラフィ(Computed Radiography, CR)システムの基本的な画質特性の測定法を示し、CRシステムの基本的な画質特性について解析する。具体的には、システムに存在する各コンポーネントの入出力応答、解像特性、ノイズ特性などについて述べ、デジタルX線画像システムの評価法と問題点について触れる。ここで示した測定法は、MRIやデジタルガンマカメラなど他のデジタル画像システムの解析にも応用が可能な手法である。

第5章では、デジタル画像の特徴のひとつである画像処理技術を活かして、放射線画像診断の正確度と再現性の向上に役立てようとするコンピュータ支援診断の手法について述べる。このなかで、画質特性の応用として、撮影に用いたX線フィルムのコントラストや、撮像システムに固有のノイズなどの画質特性を考慮することで性能が大幅に改善されたコンピュータ支援診断の手法について述べる。

最後に第6章では、各章で得られた結論を全体的な立場からまとめる。

論文審査の結果の要旨

本論文は、医療用のX線画像の基本的な画質特性の評価法や、コンピュータ支援診断の手法について述べたものであり、アナログX線画像とデジタルX線画像に関して、いくつかの画質特性の問題点を明確にし、さらに、新しい画質評価法を提案している。また、デジタルX線画像に付加価値を与えると考えられるコンピュータ支援診断システムの開発においては、画質特性を考慮に入れた新しい手法について述べている。本論文により得られた成果は以下のとおりである。

(1) 代表的なアナログX線画像である増感紙/フィルム系に関して、現在までに不明な点として残されてきた増感紙/フィルム系に対する二つの異なったMTFの測定法(スリット法と矩形波チャート法)の、正確度と再現性に影響を及ぼす技術的な因子について、系統的な実験を行い、各測定法の問題点を明確にした。さらに、スリット法と矩形波チャート法を用いて測定したMTFがどの程度良く対応するのかについて結論を導き、これらの結果は、American National Standards Institute (ANSI)における増感紙/フィルム系のMTFの測定法の標準化のために重要な指針を与えるものとして価値が高い。

(2) 新しい増感紙/フィルム系として注目されている、非対称な増感紙/フィルム系の基本的な画質特性の測定と視覚による評価を行い、従来から用いている対称な増感紙/フィルム系と比較することで、その有用性を示している。このなかで、非対称な両面乳剤システムの解像特性の評価方法の問題点を明確にし、実用的な解像特性の評価方法を示している。

(3) デジタルX線画像のなかで、輝尽性蛍光体をX線検出器に用いたコンピューテッド・ラジオグラフィ(CR)システムを対象として、デジタル画像の基本的な画質特性の評価を行う際に注意すべきいくつかの問題点を明確にし、システムの各

コンポーネントに存在するさまざまな入出力特性、解像特性、ノイズ特性などの有効な測定方法を示している。これらのなかで、入出力特性に関しては、タイムスケール法の有効性や、レーザープリンタとCRTイメージングカメラで使用するフィルムの有効な特性曲線の測定法を示している。また、解像特性では、有効なプリサンプリングMTFの測定法を提案している。また、ノイズ特性に関しては、ディジタル・ウィナースペクトルやオーバーオール・ウィナースペクトルを用いた解析を行っている。これらの測定法は、基本的に、他のディジタル画像システムの評価にも有効であり、その価値は高い。

(4) 胸部X線写真のなかで、最も診断が困難とされている間質性肺疾患を対象に、空間周波数解析を用いて肺野のテクスチャを調べている。とくに本論文のなかでは、フィルムコントラストとシステムノイズなどの画質特性を考慮したコンピュータ支援診断の手法を開発しており、この新しい手法を用いることで、有病正診率を低下することなく、大幅に無病正診率を向上させ、コンピュータ支援診断の手法をさらに性能の高いものとしている。このような画質を考慮した手法は、他の病変に対するコンピュータ支援診断の手法の開発にも応用が可能であり、工学的な価値が認められる。

以上、本論文は、医療用X線画像の基本的な画質特性、および、それらの測定法と応用について多くの新しい知見と成果を得たものであり、工学的に、学術上の価値が高い。よって、本論文は博士(工学)の学術論文として価値あるものと認める。