



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

X線の物理的解析とX線CT画像のコンピュータ支援診断に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-02-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 津坂, 昌利 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/1833

氏名 (本籍)	津坂昌利 (愛知県)
学位の種類	博士 (工学)
学位記号番号	甲第 112 号
学位授与年月日	平成 11 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	X線の物理的解析とX線CT画像のコンピュータ支援診断に関する研究 (Studies on X-ray physical analysis and computer-aided diagnosis of X-ray CT images)
学位論文審査委員	(主査) 教授 藤田 廣 志 (副査) 教授 池田 尚 志 教授 田中 嘉津夫

論文内容の要旨

1895年レントゲンによって発見されたX線は医療において幅広く利用され、増感紙/フィルムシステムを用いたX線画像診断が進歩発展してきた。さらに1971年には Hounsfield によるX線CT装置の試作を初めとして、1980年にはX線透視をデジタル化した Digital Fluorography (DF)、1982年にはコンピューテッドラジオグラフィ (CR) 等のデジタル画像技術が開発され、X線はコンピュータの進歩と共に幅広く応用されるようになり、現在の医療においては不可欠なものになっている。

診断用X線は、医用X線装置を用いて発生されている。X線管から発生するX線は低エネルギーから高エネルギーまで連続したスペクトルを示す。このX線が人体に照射されると吸収、散乱され、透過したX線が増感紙/フィルム、あるいはX線検出器によって画像化される。この医用X線装置から放出されるX線の特性を解析することはX線撮影、画像工学等の研究に不可欠である。これにはX線検出器を用いた測定に加え、モンテカルロ法によるシミュレーション技術が有用である。このX線の物理的解析によって、X線画像に関する様々な問題を解決するための基礎データを得ることができる。また、最近ではX線CTなどのデジタル画像の特色を生かしたコンピュータ支援診断 (CAD: Computer-aided diagnosis) システムが開発されつつあり、医師の診断を補助する目的でその進歩が期待されている。CADは病巣のありそうな場所をコンピュータが検出、表示し、見落としがないように注意を喚起したり、病巣についての定量的尺度を求め、医師の画像診断の客観的判断のための情報を提供することを目的としたものである。本研究は、X線の物理的な解析からCADに至るまでの一連の研究成果についてまとめたものである。

まず、第2章では医療用X線のスペクトル測定について論じている。ここでは医療用X線のスペクトル測定法について、測定装置、測定方法、測定データの各種補正等について述べた。X線スペクトル測定は、X線の線質を評価するために最も有効な手段であるが、精度良く実測することは容易ではない。特にX線出力の安定性が測定精度に大きく影響を与える。スペクトル測定には高純度ゲルマニウム半導体検出器が用いられるが、再現性のあるスペクトルを精度よく測定するには、経時変化のない安定したX線ビームが必要である。X線出力を一定に維持するためには、測定中の管電圧、管電流、検出器からの出力を

モニタすることは言うまでもない。しかし、被写体やフィルタ等の物質の吸収スペクトルを正確に求めるには、これらをモニタするだけでは充分ではない。そこで第3章では、スペクトル測定結果に影響を与えることなく、連続してX線出力をモニタできるドーナツ型の平行平板型電離箱線量計の開発について述べた。

第4章では、高純度ゲルマニウム半導体検出器のゲルマニウム結晶の大きさと型式の違いがスペクトル測定結果に及ぼす影響を知るために、同一X線照射条件においてクローズドエンド同軸型（直径55mm、厚さ57mm）とプレーナ型（直径10mm、厚さ7mm）のゲルマニウムスペクトロメータを比較検討した。

第5章は、モンテカルロシミュレーションによる散乱X線の解析について述べた。X線撮影における増感紙／フィルム系の画質特性の中で、解像特性を評価する方法として Modulation Transfer Function (MTF)が広く用いられている。その測定方法として、わが国では、矩形波チャートを用いたコントラスト法が広く用いられている。しかし、チャート自身から出る散乱線の影響による MTFの低下等、測定値の精度に影響を与える因子などの問題点が指摘されている。本論文ではチャート自身から出る散乱線に着目し、散乱線が MTF 測定値へ及ぼす影響について、フィルムを用いた実測とモンテカルロシミュレーションによる計算結果の比較を基に解析した。また、モンテカルロシミュレーションによって矩形波チャートから発生する散乱線成分の解析を行った。

第6章は、胸部X線CT画像における肺がん患者の縦隔リンパ節を自動的に検出するコンピュータ支援診断について述べている。本研究ではウィンドウ処理を含めた画像表示、関心領域設定、縦隔領域自動抽出、血管、気管抽出を行い、縦隔領域のリンパ節を検出対象とした。リンパ節のCT値は脂肪組織に近く、単純なしきい値処理だけでは検出が困難である。そこで、しきい値処理に加え特徴量を用いたふるい落とし処理を行った結果、多くの症例についていくつかの偽陽性を含むリンパ節が検出された。しかし、しきい値処理、特徴量を用いたふるい落とし処理だけでは偽陽性数が多いため、更にスライス面の自動分類、リンパ節地図参照による解剖学的位置情報からリンパ節の位置を同定し検出する知識情報処理法を考案した。ここでは識別の難しいスライス面の自動分類に遺伝的アルゴリズム (GA) も取り入れた。検出された結果を専門医による診断結果と比較し検出能を評価した。

第7章は、X線のスペクトル測定、モンテカルロシミュレーションによる散乱線解析などの物理的解析からX線CTによる画像のコンピュータ支援診断に至るまでの本論文の結論をまとめ、今後の展望について述べた。

学位論文等審査結果の要旨

本論文は、X線の物理的解析に必要なX線スペクトル測定に関する研究とモンテカルロ解析による散乱X線の解析、およびX線CT画像のコンピュータ支援診断に関する研究成果について述べている。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、胸部X線CT画像を用いたリンパ節の自動検出について述べている。ここでは、X線CTのスライス面の分類に遺伝的アルゴリズムを取り入れ、リンパ節の同定に知識処理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) 高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いた医療用X線のスペクトル測定法について、再現性のあるスペクトルを精度よく測定するために、ドーナツ型の平行平板型電離箱線量計を開発し、X線出力をモニタしながら測定する方法を提案している。X線出力の安定性がスペクトルの測定精度に大きく影響を与えることから、ス

ペクトル測定に必要なX線ビームは線量計の中空部分を通過するようにし、ドーナツ部分でモニタできるように考案されている。これによって、スペクトル測定結果に影響を与えることなく、連続してX線出力をモニタできるようになり、測定精度が飛躍的に向上した。

- (2) 高純度ゲルマニウム半導体検出器のゲルマニウム結晶の大きさと型式の違いがスペクトル測定結果に及ぼす影響について、同一X線照射条件において、プレーナ型と同軸型の2種類のゲルマニウムスペクトロメータを比較し、入射面内における検出感度の均一性、入射面内での感度、エネルギー分解能を比較している。さらに同一X線照射条件でスペクトルを測定し比較した結果、管電圧 50kV では波高スペクトル形状にほとんど変化がみられなかったが、X線管の陽極物質であるタングステンの特性X線が見られる管電圧 80kV および 120kV では、同軸型はプレーナ型に比べてエネルギー分解能が悪く特性X線を分離できない。診断用X線のような低エネルギー領域のスペクトル測定には、エネルギー分解能が高く、かつ十分な検出効率を得られるプレーナ型の方が優れていることがわかった。
- (3) X線撮影における増感紙/フィルム系のMTFを測定する際に、矩形波チャートから散乱X線が発生する。チャート自身から出る散乱線の影響によるMTFの低下等、測定値の精度に影響を与える因子などの問題点が指摘されている。この矩形波チャートから出る散乱線をモンテカルロシミュレーションによって解析した。また、散乱線がMTF測定値へ及ぼす影響について、フィルムを用いた実測とモンテカルロシミュレーションによる計算結果の比較を基に解析した。シミュレーションの結果、散乱線成分はチャートの合成樹脂面だけでなく鉛面からも発生しており、チャートの鉛面から発生したL特性X線の存在も確認され、散乱線成分が定量的に評価されている。最近、希土類増感紙ではL特性X線の影響を受ける旨の報告があり、この研究結果がさらに発展的に応用できる。
- (4) 胸部X線CT画像における肺がん患者の縦隔リンパ節を自動的に検出するコンピュータ支援診断について述べている。本研究ではウィンドウ処理を含めた画像表示、関心領域設定、縦隔領域自動抽出、血管、気管抽出を行い、縦隔領域のリンパ節を検出対象とした。リンパ節のCT値は脂肪組織に近く、単純なしきい値処理だけでは検出が困難である。そこで、しきい値処理に加え特徴量を用いたふるい落とし処理を行った結果、多くの症例についていくつかの偽陽性を含むリンパ節が検出された。しかし、しきい値処理、特徴量を用いたふるい落とし処理だけでは偽陽性数が多いため、更にスライス面の自動分類、リンパ節地図参照による解剖学的位置情報からリンパ節の位置を同定し検出する知識情報処理法を考案した。ここでは識別の難しいスライス面の自動分類に遺伝的アルゴリズム(GA)も取り入れた。検出された結果を専門医による診断結果と比較し検出能を評価した。その結果、特徴量を用いたふるい落とし処理のみと比較して偽陽性数を大幅に削減することができ、正解率も2倍に向上し(検出率=76%、正解率=72%)、構築したアルゴリズムの有用性が実証された。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。