

氏名	ほん だ みち たか 本 田 道 隆
学位の種類	博 士 (情報学)
学位記番号	論 情 博 第 44 号
学位授与の日付	平成 15 年 5 月 23 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	循環器 X 線診断における被曝低減技術の研究

論文調査委員 (主査) 教授 英保 茂 教授 松田 哲也 教授 酒井 英昭

論 文 内 容 の 要 旨

現在のインターベンショナルラジオロジーでは、透視 X 線による患者被曝問題が深刻化している。本論文では、この問題解決を目的とし、主として X 線線質の適性化のためのビームフィルタ材料の検討を行うとともに、画像の信号対雑音比を向上させる実時間透視画像処理に対する研究について述べたもので全 6 章より構成される。

第 1 章は緒言で、X 線エネルギースペクトルの適正化と、リアルタイム画像処理による信号対雑音比の技術向上が必要性と本論文の課題を説明している。

第 2 章では本論文で取り上げている被曝低減研究に必要な循環器 X 線診断装置の構成素子とそれらの要素に関する必要事項を信号対雑音比と被曝線量低減の観点から詳しく論述している。

第 3 章では X 線画像の画質測定を通して、インターベンショナルラジオロジーで最も重要な識別対象物であるガイドワイヤの識別能について述べ、被曝低減を目的とした研究の背景にある問題点を明らかにしている。特に X 線画像の信号対雑音比や振幅伝達関数の実測に基づき、透視画像上における直径 0.2mm のステンレス製ガイドワイヤの識別能を分析し、厚さが 30cm を超すような被写体では、透視 X 線条件を最適に設定したとしても、許容されている透視被曝線量のもとでガイドワイヤを識別することが困難であり、インターベンショナルラジオロジーでの被曝問題が発生する本質的な原因となることを示している。

第 4 章では被写体に照射する X 線のエネルギースペクトルをビームフィルタによって適正化することにより、信号対雑音比が改善され、その結果被曝を低減することができることを述べている。本研究では、K 吸収端以上の高エネルギー成分を低減させ、散乱線を減少させ、高電圧で厚みの厚い被写体を対象としたときに有効な効果が得られる材料とその厚みを求めている。まず、シミュレーションにより、被曝線量に対する信号対雑音比をいくつかのビームフィルタ材料の間で比較し、低エネルギー成分の濾過作用と適正な K 吸収端の位置を調べ、約 67keV の K 吸収端をもつタンタルが適正であるとの結論を導き出している。X 線画像実験により比較した結果、同一の被曝線量条件下で信号対雑音比はタンタルが優れており、必要とする管球負荷も小さい。散乱線成分を測定した結果、散乱線は銅よりも少なく、迷 X 線による医療従事者への被曝線量の低減にもつながることも明らかにした。

第 5 章ではインターベンショナルラジオロジーにおける最も重要な識別対象物はガイドワイヤであるので、細い線状陰影を「信号」として取り扱い、この信号対雑音比を向上させることにより、間接的に被曝を低減させる手法について述べている。信号検出リカーシブフィルタ法で、画像上で線状陰影と背景を分離し、背景領域にはノイズ低減効果の大きいリカーシブフィルタを、信号領域にはノイズ低減効果は小さいが信号のコントラスト劣化を抑えるリカーシブフィルタを適用する手法を開発している。臨床検査で評価した結果、標準的な透視においてガイドワイヤの信号対雑音比の向上効果は明らかであり、臨床評価の結果も良好であった。また、検出器に入射する透視線量を下げると、背景領域の偽像とガイドワイヤ影上の途切れが発生してくるので、線状陰影の走行している方向と指向性の強さを局所毎に検出し指向性が強い領域では、線状陰

影の走行方向に沿ってノイズ低減作用のある空間フィルタを適用し、逆に弱い領域では等方性の空間フィルタで背景ノイズを低減させる走行方向検知法が有効であるとしている。

第6章では結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、X線透視でのガイドワイヤなどの識別対象物の視認向上のためX線線質の適正化および画像処理による信号対雑音比向上について検討したもので、得られた成果は以下のように要約される。

1. インターベンショナルラジオロジーにおける透視問題を定量的に明確化し、許容された透視被曝線量下で、厚さ約30cmの水に相当する被写体でガイドワイヤを識別することは困難であることを画像分析により明らかにした。
2. ビームフィルタの材料として、タンタルが、これまで最適と言われてきた銅と同等の低エネルギー成分濾過効果に加え、K吸収端による高エネルギー成分の濾過効果があり、適正材料であることを理論と実験から明らかにした。
3. 信号と背景を分離して、それぞれ個別にリカーシブフィルタを適用する実時間透視画像処理により、ガイドワイヤのコントラストを損なわずに背景ノイズを低減させる手法を開発し、さらに臨床検査に適用してその効果を明らかにした。
4. 透視画像に含まれる線状陰影の走行方向と指向性の強さを検出するため、局所画像濃度分布を2次元統計量の分布として取り扱い、分散・共分散行列の固有ベクトルと固有値を用いる手法を導き、その検出能力と原画の信号対雑音比との関係を定量的に明らかにした。また、その方向に沿って指向性の強さに応じた低域フィルタを適用させることにより、偽像を発生させず線状陰影のコントラストを失うことなく背景ノイズを低減させ得ることが確認された。

以上 本論文は、循環器X線診断における被曝低減技術について実際の診断機器への適用を考えた実用的な手法の提案を行っており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また平成15年3月26日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。