

学 位 論 文 の 要 旨

専攻名	工学	ふりがな 氏名	えとうみちひろ 衛藤路弘 
学位論文題目	X線撮影検査における再撮影の削減を目的とした放射線技術支援システムの研究 (Research on a Radiologic Technology Support System to Reduce Re-exposure for X-ray Examinations)		
<p>本論文では、放射線技術を向上させることで再撮影を防止し、患者の被ばく線量ならびに再撮影に伴う医療技術者の負担を軽減できるシステムを提案する。</p> <p>第1章では、X線撮影検査の背景に触れ、日本における医療被ばくの現状、および、医療被ばく低減のための取り組みについて説明し、本研究の目的および必要性を明確にした。また、各章についての概要と論文の構成を説明した。</p> <p>第2章では、人体の骨格を推定する深層学習モデルと深度 (Depth) カメラを組み合わせ、撮影部位の推定と被写体の厚みを取得することで、適正化された X 線撮影条件を提示するシステムを提案した。その結果、撮影部位の認識率は、距離 100 cm で深度カメラが 15.38 %、RGB カメラが 84.62 % となり、距離 120 cm で深度カメラが 42.31 %、RGB カメラが 100 % となった。被写体厚の計測精度は、一部を除き誤差 ± 10 mm 以下の結果となり、被写体厚に適正化された X 線撮影条件を示した。この結果より、X 線装置に実装することで、X 線撮影条件の自動設定の可能性が期待できる。また、X 線撮影条件の設定ミスで生じる線量過多による被ばく線量の増大や線量不足による画質低下を防ぐことができると結論付けた。</p> <p>第3章では、RGB カメラで X 線撮影検査時の患者の姿勢をモニタリングし、体のふらつきや呼吸時の体動を検出することで、再撮影を防止し被ばく線量の低減を図る手法を提案した。体動検知には、解像度が 1,280×720、60 fps の動画像を用い、画像処理技術としてフレーム間差分法またはオプティカルフロー推定法を適応させた。その結果、フレーム間差分法では、体動時に 179.8–1222.2 画素を検出し、オプティカルフロー推定法では、特徴点が 5.5–26.6 mm (4.2–20.3 画素) 移動していることを確認した。また、呼吸運動の検出では、フレーム間差分法により 82–585 画素が検出され、オプティカルフロー推定法により、特徴点が 5.2 mm (2–4 画素) 移動していることを確認した。この結果より、X 線撮影検査中の体動を検出し、体のふらつきや呼吸停止不全による再撮影を防ぐことができ、患者の被ばく線量を低減できる可能性が示唆された。</p> <p>第4章では、動画像から人間の姿勢を推定する技術 (以下、姿勢推定手法) と RGB 画像を取得できる 2 台のカメラを組み合わせ、ポジショニング時の体位を取得することで、頭部 X 線撮影をシミュレートするシステムを提案した。提案手法は、カメラで撮影したポジショニング後の正面と側面の画像から姿勢推定手法を用いて正中矢状面 (Median sagittal plane: MS)、体軸断面 (Axial plane: AX)、眼窩耳孔線 (Orbitomeatal base line: OM) の角度を取得し、結果に応じた X 線画像を表示する。その結果、姿勢推定手法で取得した特徴点の座標データをもとに、ポジショニング時の頭部の傾きを判定することができた。人体を模擬患者とした撮影実験では、頭部の傾きが大きくなると測定誤差は大きくなったが、正しくポジショニングされた時の各軸の測定誤差の平均値は、MS 0.9°、AX 0.8°、OM 1.5° であった。この結果より、姿勢推定手法を用いることで、X 線撮影時のポジショニング精度を評価でき、シミュレータシ</p>			

テムとしての可能性が期待できると結論付けた。

以上、X線撮影検査における被ばく線量の低減と、再撮影の削減が期待できる手法について検討した。これらの手法により、撮影条件や体位、撮影タイミングといった放射線技術が最適化され、人為的ミスによる再撮影の削減が期待できる。また、放射線技術の最適化によってX線画像の画質が向上し、それに伴い診断能が高まる。さらに、再撮影の削減により検査効率が向上し、患者の待ち時間が短縮する効果も期待できる。

今後の課題としては、各手法において精度の向上を図ることや、X線撮影装置への実装を想定したユーザーインターフェースの開発が挙げられる。今後、本研究が被ばく線量の低減に役立ち、日本の医療被ばくの低減に貢献できることを期待する。

【1566文字（語）】

(注) 和文 2,000 字又は英文 800 語以内

続紙 有 無

学位論文審査結果の要旨

専攻	工学専攻	氏名	衛藤 路弘
論文題目	X線撮影検査における再撮影の削減を目的とした放射線技術支援システムの研究		
主査	畑中 裕司		
審査委員	古家 賢一		
審査委員	高見 利也		
審査委員	大竹 哲史		
審査委員			
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>本論文では、X線撮影検査における再撮影の削減を図るための2種類のシステムと、医療技術者の技術向上によって再撮影の削減に繋げるシステムの計3つのシステム開発について論じている。</p> <p>1つめのシステムは、X線撮影時の設定条件を提示するシステムである。RGBカメラ映像から人体の骨格を深層学習モデルで推定し、撮影対象部位の厚みを深度カメラによる計測で実現している。論文では骨格を84.62%の精度で推定し、被写体厚を±10mm以内の精度で計測する実験結果を示しており、医療従事者の撮影業務を支援する目的においては十分な精度が得られている。</p> <p>2つめのシステムは、X線撮影検査時の患者の姿勢をRGBカメラでモニタリングし、体のふらつきや呼吸時の体動を画像認識によって検出することで、再撮影を防止する手法を提案している。実験の結果、X線撮影検査中の体動を検出し、体のふらつきや呼吸停止不全による再撮影を防ぐことができる可能性を示している。</p> <p>3つめのシステムは、頭部X線撮影時の被写体ブレをシミュレーションし、医療技術者の技術向上を図るシステムを提案している。RGBカメラで撮影した被検者のポジショニング後の正面と側面の画像から姿勢推定手法を用いて、正中矢状面、体軸断面、眼窩耳孔線の角度を取得し、結果に応じたX線画像を表示する手法について述べている。実験の結果、3方向の角度計測において、何れも誤差1.5度以内であり、人間が目視で判断できる角度差よりも小さい水準であると考えられる。</p> <p>以上の3つのシステムにより、被曝線量の削減が期待される。また、システムの活用により、撮影条件、被検者の体位、撮影のタイミングなどの放射線撮影技術が最適化され、撮影時間の短縮効果および撮影されるX線画像の安定化が期待できる。よって学術的価値は高く、博士(工学)の学位に値するものと判断する。</p>			