


## 学 位 論 文 の 要 旨

専攻名	物質生産工学	ふりがな氏名	はらだ よしとみ 原田 義富	
学位論文題目	胸部 X 線画像の対側差分のための位置合わせ法 (Image registration methods for contralateral subtraction of chest radiographs)			
<p>初期の小さな肺がんは無症状であり、自覚症状からは見つけにくい。現状では、病院や検診センターにおいて、肺がん検出の初期診断手法として、胸部単純 X 線写真を使い、経験ある医師によって診断されている。一方、胸部 X 線写真には、小さい淡い肺がんがあっても、その多くは摘出されているが、肺がん部分は、骨など、周りの正常な組織にカモフラージュされて、発見、区別が付きにくい。そのため、目視での判別では熟練を要し、的確な診断を行うことは医師の経験と技量に委ねられている。それ故、肺がんの見落としを防ぐためには、胸部 X 線写真から骨などの正常構造物を除去した画像を作成することが重要である。以後、胸部単純 X 線写真を胸部 X 線像と呼ぶ。</p> <p>胸部 X 線像から骨などの正常構造物を除去した画像を作成するための方法として、経時差分と対側差分がある。経時差分システムはすでに商品化されており、臨床に应用されているが、差分画像を作成するために、同一被検者の異なる時期に撮影された 2 枚の画像を必要とする。一方、対側差分は撮影した 1 枚の画像のみで差分処理を行えるため、経時差分と比較して、リアルタイムでの結節検出が可能であり、また、過去画像を保存しておく必要がないという利点をもつ。</p> <p>本論文では対側差分法における元画像と左右反転像の位置合わせのための新たな手法を提案する。提案する位置合わせ法は、従来の対側差分法と同様、大局的位置合わせと局所的位置合わせ（左右反転像のワーピング）を用いるが、本論文ではこれらに対して新たな手法を提案する。</p> <p>提案する大局的位置合わせ法は、後部肋骨の内側部下縁が強調された画像を用いて、胸郭中心軸の傾きを求め、胸郭中心軸が画像中心軸に平行になるように元画像を回転する。その後、後部肋骨の外側部下縁が強調された画像を用いて、胸郭中心軸の水平方向の位置を求め、胸郭中心軸が画像中心軸に一致するように、画像を水平方向に平行移動する。そして、このようにして得られた画像を画像中心軸で左右に折り返して左右反転像をつくる。</p> <p>提案する局所的位置合わせ法は、まず元画像の上に胸郭内部領域を包含する長方形を配置する。その後、長方形領域の上に 2 次元格子を配置し、各格子点に制御点を置く。そして、制御点の値のテンソル積 B スプライン曲面によって、長方形領域内部の画素のシフトベクトルを与える。実験の結果、2 次元格子のサイズとしては、10×10 が最適であることが確かめられた。</p> <p>提案手法は、制御点の値を変化させながら、制御点の値のテンソル積 B スプライン曲面によって元画像中の画素のシフトベクトルを与え、左右反転像をワーピングする。そして、元画像とワーピング後の左右反転像の間の類似度を次の方法で与える。まず、元画像の上に等間隔に ROI を配置し、これらを <math>R_k</math> で表す。そして、各 <math>R_k</math> と左右反転像上の対応する ROI の間で正規化相関係数 <math>C_k</math> を計算し、元画像と左右反転像の間の類似度 <math>SC</math> を <math>C_k</math> の和で与える。提案手法は、類似度 <math>SC</math> を最大にする制御点の値を求めるために、局所探索法を用いる。</p> <p>本論文では、提案した対側差分法によって得られる差分画像の画質を実験により評価した。実験には、JSRT データベースの腫瘍画像 154 枚の中で、結節検出の難易度が 2 (非常に困難)、3 (困難)、4 (比較的容易) である 117 枚の画像から、結節が心臓、肝臓、横隔膜に隠れている画像 10 枚を除いた 107 枚の画像を用いた。差分画像の画質の評価は一人の放射線科医が行なった。</p> <p>まず、差分画像の画質を肋骨除去の観点から評価し、3 (adequate or better)、2 (poor)、1 (very poor) の評点を与えた。この結果、評点3が与えられた画像の割合は92.5%であった。従来の対側差分法でも、差分画像の画質を、肋骨除去の観点から評価し、本論文と同様に、放射線科医による主観的評価で、差分画像</p>				

の画質に評点を与えている。そして、評点3が与えられた画像の割合は、91%であったと報告している。

従来法も、本論文と同様に、JSRTデータベースの画像を用いて実験を行っているが、右肺、左肺で肋骨の形状が極端に非対称な画像を除いた後、ランダムに100枚の画像を選び、実験を行っている。また、本論文と異なり、従来手法では、実験に用いられた100枚の画像がどの画像であったかは示されていない。本論文の実験で用いた画像の中には、右肺、左肺で肋骨の形状が相当非対称な画像が9枚含まれている。それにもかかわらず、差分画像の肋骨除去の観点からの評価で、評点3が与えられた画像の割合が、本論文の対側差分法で92.5%、従来手法で91%であったことは、提案手法の有効性を示す結果といえる。

従来法は、差分画像の画質を肋骨除去の観点からのみ評価しているが、本論文では提案手法によって得られた差分画像の画質を、結節描出の観点からも評価した。評価は、前もって知らされた位置に、結節が明確に描出されているかを1人の放射線科医が判定することによって行った。評価結果は、3 (clearly depicted), 2 (subtly depicted), 1 (not depicted) の3段階の評点で与えた。この結果、評点3が与えられた画像の割合は73.8%であり、評点2が与えられた画像の割合は7.5%であった。また提案した対側差分法の実行時間は、2.2GHzのPCでサイズ512×512の画像1枚当たり平均19.4秒であった。

## 学位論文審査結果の要旨

専攻	物質生産工学専攻	氏名	原田 義富
論文題目	胸部X線画像の対側差分のための位置合わせ法		
主査	川口 剛		
審査委員	伊藤 哲郎		
審査委員	末田 直道		
審査委員	越智 義道		
審査委員	西野 浩明		
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>初期の小さな肺がんは無症状であり、自覚症状からは見つけにくい。現状では病院や検診センターにおいて、肺がん検出の初期診断手法として胸部単純X線写真(胸部X線像)を使い、経験ある医師によって診断されている。胸部X線像を用いる診断で、肺がんの見落しを防ぐためには、胸部X線像から骨などの正常構造物を除去した画像を作成することが重要であるが、このための方法として経時差分と対側差分がある。前者はすでに商品化されており臨床に応用されているが、差分画像を作成するために同一被検者の異なる時期に撮影された2枚の画像を必要とする。一方、対側差分は撮影した1枚の画像のみで差分処理を行えるという利点をもつ。</p> <p>対側差分法は、胸郭中心軸を検出し、この軸で元画像を左右に折り返して左右反転像を求めた後、左右反転像をワーピングし、元画像と左右反転像の差分画像を作成するが、本論文では新たな胸郭中心軸検出法、および、新たな左右反転像のワーピング法を提案した。そして提案手法によって得られた差分画像の画質を実験により評価した。実験にはJSRTデータベースの腫瘍画像154枚の中で、結節検出の難易度が2(非常に困難)、3(困難)、4(比較的容易)である107枚の画像を用いた。差分画像の画質の評価は一人の放射線科医が行なった。まず差分画像の画質を肋骨除去の観点から評価し、3(adequate or better)、2(poor)、1(very poor)の評点を与えた。この結果、評点3が与えられた画像の割合は92.5%であった。従来法でも差分画像の画質を肋骨除去の観点から評価しているが、評点3が与えられた画像の割合は91%であった。さらに従来法も本論文と同様にJSRTデータベースの画像を用いて実験を行っているが、右肺、左肺で肋骨の形状が極端に非対称な画像を除いた後、ランダムに100枚の画像を選び実験を行っており、どの画像を用いたかが示されていない。一方、本論文の実験で用いた画像の中には右肺、左肺で肋骨の形状が相当非対称な画像が9枚含まれている。</p> <p>従来法は差分画像の画質を肋骨除去の観点からのみ評価しているが、本論文では提案手法によって得られた差分画像の画質を、結節検出の観点からも評価した。評価は1人の放射線科医が行い、評価結果を3(clearly depicted)、2(subtly depicted)、1(not depicted)の3段階の評点で与えた。この結果、評点3が与えられた画像の割合は73.8%であり、評点2が与えられた画像の割合は7.5%であった。また提案した対側差分法の実行時間は、2.2GHzのPCでサイズ512×512の画像1枚当たり平均19.4秒であった。</p> <p>このように、本論文は画像診断システムの分野に寄与するところが大きい。また、論文審査会や論文公聴会における著者の説明は明確であり、質問に対して的確に回答がなされた。よって本論文は博士(工学)の学位に値すると認められる。</p>			