

審査の結果の要旨

氏名 チャタクリ リトゥ ブーサル

本研究は、ダイナミック画像予測アルゴリズムと、治療に先立って撮像される 4D-CBCT(cone beam CT)による位相認識技術を用いて、マーカー材を利用せずに腫瘍位置を追尾することに焦点をあてている。腫瘍位置の追尾には、2つの予測方法が用いられた。1つ目は、主に静的なガントリーシステムから得られる画像向けに設計されている画像予測アルゴリズムで、2つ目は、Elekta Synergy システムを利用して、事前に撮像された 4D-CBCT 画像に基づいた位相認識アルゴリズムである。

第一章は、本研究の概略紹介である。癌そしてその治療法、幾つかの放射線治療の技術について説明しており、そして肺癌の放射線治療に於ける動作にいかにして注目しているかについて解説している。またこの章は、本研究の動機として放射線治療における動作操作、マークを用いたゲーティングといったようないくつかの動作操作技術についての文献調査を含む。

第二章では、本研究の初めの部分を詳細に説明している。具体的には、PCA(principal component analysis)や MSSA(multi-channel singular spectral analysis)を用いた動態イメージ予測アルゴリズムである。このイメージ予測は東京大学附属病院の患者データから得られた 4DCT イメージや北海道大学附属病院で得られたファントムイメージを用いて行われた。このアルゴリズムは PCA を用いた主成分を含んだイメージデータ獲得、MSSA を用いた係数予測、そして最終的に PCA を用いたイメージ再構成を含む。結果として、どのケースにおいても 0.99 以上の相関係数を示した予測イメージを得ることができた。

第三章は、第 2 部分の詳細を示し、従来の 4D-CBCT 画像を用いたリアルタイム呼吸相の認識研究である。直線駆動ファントムと四次元ファントム(4ファントムファントム)を用いて複数の実験が行われ、患者のデータも分析されている。なお、4D-CBCT を含めた位相認識アルゴリズムは、エレクタシナジー社内のソフトウェアを使用した。次に、アルゴリズムは再構築アルゴリズムを利用して、取得した 4D-CBCT を再構築した。これらのステップは治療前に得られた。ステップ 3 で治療の投影画像の取得し、ステップ 4 で投影画像と予測画像

を比較することとなる。その結果、計算時間が 0.1sec 内であり、計算した結果が実際の位相認識と一致することを示している。

最終章では、構築システムの内容に関する結論と、最終的な目標である医療の実用化の可能性を議論している。

また、PCA を用いた主成分を選択する際の比較分析は付録 A で詳細に議論している。この研究の実現性を評価するために行った放射線医療システムのタイムラグ評価については、付録 B で説明されている。

以上のように、本論文はダイナミック画像予測アルゴリズムと、治療に先立って撮像される 4D-CBCT(cone beam CT)による位相認識技術を用いて、マーカー材を利用せずに腫瘍位置を追尾できる X線がん治療計画手法の構築を述べたものである。構築システムは東京大学病院放射線治療科の装置に近く実装見込みである。本論文は今後の高精度・安全放射線治療、バイオイメージング、バイオエンジニアリングの高度化につながる非常に意義のある論文といえる。

よって本論文は、バイオエンジニアリング専攻での、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。