

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 22 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K19772

研究課題名(和文)4次元MRI画像から低ひばくの仮想4次元CTを作成する新たな画像融合技術の開発

研究課題名(英文)Development of new image fusion technology to create virtual low dose 4D-CT from 4D-MRI image

研究代表者

滝嶋 葉月(TAKISHIMA, Hazuki)

千葉大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：10568661

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、肺悪性腫瘍患者の4D-MRIを撮像し、得られた腫瘍の呼吸性移動をCT画像に組み合わせ、仮想4D-CT像を作成することを目的とした。6例の肺癌患者に対し4D-CTと4D-MRIを撮影し、呼吸による胸郭の動きや腫瘍の動きが確認できた。腫瘍は頭尾側方向の動きが最も大きかった。ほとんどの症例で、4D-MRIでも4D-CTと同等の腫瘍の動きが確認できた。MRIとCTとの融合については、撮影体位の違いも大きく、剛体の解析方法が不十分であった。そのため、研究期間内には仮想4D-CTのプログラムが開発は実現できなかった。今後はさらに仮想4D-CTのプログラムの開発に取り組む予定である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to create virtual 4D-CT image combined 4D-MRI with CT image by using respiratory movement of a lung tumor obtained from 4D-MRI. 4D-CT and 4D-MRI were performed for six lung cancer patients prior to radiotherapy. The movements of the thorax and associated tumor due to respiration were confirmed by these techniques. The tumor showed the greatest movement in the craniocaudal direction. In most cases, tumor movements shown by MRI were the same as those shown by 4D-CT. Because there was a large difference between the scanning positions in CT and MRI, the registration of CT and MRI was inaccurate. The development of a virtual 4D-CT program could not be completed within the research period. We aim to develop the virtual 4D-CT program and utilize the research results in practice.

研究分野：画像診断

キーワード：4D-MRI 肺癌 放射線治療

1. 研究開始当初の背景

肺など体幹部の腫瘍に対する放射線治療においては、呼吸によって腫瘍の位置が変化するため、腫瘍周辺に呼吸性移動を加味した十分なマージンをとって治療用放射線を照射することが必要である。このため、周辺の健常臓器も被ばくすることになる。この問題を回避するためには、臓器の呼吸性体動を正確に把握し、その情報を治療計画に反映して最適な治療計画を立てるとともに、放射線治療時も、動き情報を利用して不必要な被ばくを避けることが必要である。これまでは、X線透視などで体軸方向や左右方向の呼吸性移動を確認し、それを基に照射範囲を設定する工夫が行われてきた。しかし、腫瘍によっては腫瘍そのものの確認が透視下で困難である場合があり、この方法では十分とはいえない状態であった。

近年、CT 機器の進歩に伴い、空間的 3 次元情報と時間軸を併せた 4 次元の 4D-CT 撮影が実臨床でも行えるようになってきた。これにより、腫瘍や肺などの臓器の呼吸性移動が 3 次元的に把握できるようになった。放射線治療計画にも CT 画像を用いることから、腫瘍の CT 上の呼吸に伴う動態が、治療計画にも応用されている。しかし、CT 撮影に被ばくが多いのが欠点である。

一方、MRI を用いた 4 次元データを構築する研究も進められている。われわれも、独自の 4D-MRI 再構築法を考案している。4D-MRI では、被ばくは一切ない。この 4D-MRI を放射線治療に応用できれば、治療計画段階での X 線被ばくを著しく軽減できる。

2. 研究の目的

本研究では、4D-MRI を放射線治療に応用する研究を進める。4D-MRI から得られる呼吸性移動を利用し、これを呼気および吸気でのみ得られる CT 像に組み合わせて 4D-CT 像を仮想的に生成し、治療計画に利用可能であるこ

とを示す。線量計算に必要な吸収係数情報を高空間分解能の CT で収集し、これに、被ばくのない 4D-MRI から得られる動き情報を組み合わせて、本来の 4D-CT に匹敵する情報を取得することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 患者の選択

肺悪性腫瘍を有する患者のうち、定位放射線治療を行う予定の患者を選択する。4D-CT、4D-MRI を撮影することが可能な患者に対し、研究内容を患者に説明し、同意が得られた者を対象とする。

(2) データ収集

同意が得られた患者の治療計画に必要な 4D-CT 撮影を行う。その後、4D-MRI を撮像した。

4D-CT は呼吸波形の取得と CT 撮影を同時に行うことで画像と呼吸位相との関連付けを行い、各画像を時系列に並び替えることで任意の呼吸位相における画像が再構成できる手法である。

(CT の撮影条件)

機種：Aquilion LB、電圧：120KVP、電流：300mA で撮影した。2.0mm 厚で画像再構成を行った。浅い安静呼吸を指導し、自由呼吸下に、呼吸動態感知下で胸部 CT を連続で撮影した。

(MRI の撮像条件)

機種：Achieva 1.5T、コイル：Torso コイル、シークエンス：Balance FFE、TR：2ms、TE：9ms、冠状断をスライス厚 7.5mm、スライス間隔 7.5mm、浅い呼吸を指導し、安静呼吸で cine 画像を frame rate 7/sec で撮像する。体厚をカバーできる分だけ広範囲に多数の冠状断を撮像した。冠状断撮像後に、冠状断に直交する適当な位置の矢状断を撮像した。

4D-MRI 撮像後に、以前に榊田喜正らが報告した交差プロファイル法を用いて、撮像した

MRI 画像から 4D-MRI を作成した(参考文献：
梶田喜正他 交差プロファイル法による胸部
4D-MRI の構築 Medical Imaging
Technology, 27(2), 112-22, 2009.)

CT および MRI 撮影時に、放射線治療を行う
際に用いる、両側上肢を挙上し保持すること
のできるアームサポートを用いた。CT と MRI
撮影の際に同じものを用いて、同一姿勢と体
勢保持に務めた。

(3) アルゴリズム設計と実装

解析方法の机上検討およびアルゴリズム
設計を行う。得られた実際の 4D-CT や 4D-MRI
データを用いて、有効性を予測する実験を行
う。

具体的には、4D-CT から呼気および吸気の
2 位相の CT 画像を抽出し、これと 4D-MRI を
組み合わせて仮想 4D-CT の作成を行う。実際
に得られている 4D-CT と、4D-MRI 画像から得
られた仮想 4D-CT を用いて、両者を比較した
画像の精度予測を行い、評価する。

4. 研究成果

研究期間内に 6 例の患者に対し、4D-CT お
よび 4D-MRI を撮影した。全例が肺癌の患者
であった。男性 5 例、女性 1 例、年齢は 71-81
歳であった。全例で 4D-CT と 4D-MRI の撮影
が可能であった。

肺癌の大きさは CT で最大径 12-47mm(平均
24.8mm)であった。MRI で、全例で腫瘍が確
認できた。MRI で確認できた腫瘍の大きさは
15-49mm(平均 23.3mm)であった。CT と MRI
を比較して、CT の方が大きく見える症例が多
かった。1 例で CT よりも大きく認められる
症例があり、周囲の炎症を見ていると考えら
れた。MRI では、炎症と腫瘍の区別は、CT よ
りも困難と考えられる。

腫瘍は、呼吸によって頭尾側方向も最も大
きく動き、左右方向の動きが最も少なかった。

CT では、頭尾側方向に 0-54mm、平均 14.7mm

動いた。MRI では、頭尾側方向に 3-27mm、平
均 11.3mm 動いた。CT で最も大きく動いた症
例は、MRI でも最も大きな動きを示した。安
定した呼吸を行うのが難しい症例で、そのた
め腫瘍の動きも大きく、CT と MRI での動く距
離の違いも大きかった。それ以外の症例につ
いては、CT と MRI の頭尾側方向の動く距離に
ついてはほぼ差がなかった。

表 1 頭尾側方向への腫瘍の動き(単位:mm)

	症例 1	症例 2	症例 3	症例 4	症例 5	症例 6
CT	8	54	16	6	4	0
MRI	13	27	15	5	5	3

図 1 胸部の MRI 画像



腫瘍の動く距離については、呼吸の安定が
得られれば 4D-MRI でも 4D-CT と同等の情報
が得られることがわかった。

さらに、腫瘍の動きと MRI の胸郭や横隔膜
の動きの情報を利用して、4D-CT から呼気お
よび吸気の 2 位相の CT 画像を抽出し、4D-MRI
を組み合わせて仮想 4D-CT の作成を試みた。
しかし、CT と MRI の胸郭や横隔膜の位置は、
撮影体位の違いの影響が、レジストレーショ
ンの精度高が行えず、まだ研究途中にある。
今後もプログラムの開発にさらに取り組み、
研究の目的達成とその実用化を目指す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

滝嶋 葉月 (TAKISHIMA, Hazuki)
千葉大学・医学部附属病院・助教
研究者番号：10568661

(2) 研究協力者

堀越 琢郎 (HORIKOSHI, Takuro)
千葉大学・医学部附属病院・助教

羽石 秀昭 (HANEISHI, Hideaki)
千葉大学・フロンティア医工学センター・教授

榊田 喜正 (MASUDA, Yoshitada)
千葉大学・医学部附属病院・診療放射線技師
長