

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 9 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26460724

研究課題名(和文) 変形画像照合による積算線量分布の有用性を向上させる新たな部分的精度・信頼性の開発

研究課題名(英文) New metric, Local Uncertainty for assessment of dose accumulation in radiation therapy

研究代表者

武村 哲浩 (TAKEMURA, Akihiro)

金沢大学・保健学系・教授

研究者番号：70313674

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、まず変形レジストレーションの特性を評価するためデジタルファントムを作成した。更に、変形レジストレーションの結果を評価する新たな評価指標である部分的・信頼性指標(Local Uncertainty)を開発し、作成したデジタルファントムを用いてLocal Uncertaintyの評価を行った。また、直接線量積算を想定した評価を行うためその実験に適切なゲル開発を行った。そのゲル線量計を用いて実際に積算された線量と変形レジストレーションを用いて計算された積算線量を比較する実験を行う予定である。

研究成果の概要(英文)：In this study, first, digital phantoms were created to evaluate the characteristics of a deformable image registration method. Then, the Local Uncertainty, a new metric for the assessment of deformable image registration results, was developed. The Local Uncertainty was validated by using the digital phantoms. To assess accuracy of accumulated dose, an applicable type of a polymer gel dosimeter was developed. The Local Uncertainty for dose accumulation will be validated by using the polymer gel dosimeter.

研究分野：放射線治療技術

キーワード：変形レジストレーション ゲル線量計 放射線治療

1. 研究開始当初の背景

近年、適応放射線治療で変形画像照合による線量分布積算が行われ始めた。適応放射線治療とは、従来とは異なり治療期間中の腫瘍サイズの変化に合わせ放射線治療計画を高頻度に再計画を行う治療方法である。適応放射線治療では、複数回の治療計画を立てられるが、その都度患者さんの体位や体型、腫瘍のサイズや形状、周辺臓器/組織の位置などが変わる。そこで画像処理技術の変形画像照合技術が用いられる。変形画像照合により歪ませ積算した積算線量分布は実際の臨床では参考程度にしか使われていない。その理由は各臓器/組織の位置精度が不明であり、ゆえに積算された線量も信頼性が保証できないためである。しかし世界的に変形画像照合による線量分布積算に対してその精度評価が重要であることが認識されており研究が進められている。そのため、積算線量分布が臨床の場で有効に使われるためには、積算線量分布に対し信頼しうる新たな精度指標もしくは信頼性の指標が必要と判断し本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

変形画像照合による積算線量分布を臨床的に有用な物とするため変形画像照合により得られた積算線量分布の精度もしくは信頼性を評価する新たな指標を考案し臨床応用することを目的とする。

3. 研究の方法

1) 部分的精度・信頼性を計算するソフトウェアの作成

考案した部分的精度・信頼性の計算手法は、周辺の特徴的な画素からある一点を指すベクトルを考え、変形画像照合後にそのベクトルが指す位置がばらつくことから、その空間的バラツキ度合いを部分的精度・信頼性の指標となる。考案した部分的精度・信頼性の計算手法を、医用画像を用いて計算できるソフトウェアとして開発する。開発の中で、既存の変形画像照合ソフトウェアを用いて変形画像照合結果が必要であり、またその特性を把握する必要がある。そのためコンピュータ上に人のCT画像を模したデータを作成し、シミュレーションデータによりその特性を把握する。

2) 部分的精度・信頼性の正確性を確認

ゲル状放射線線量計は名前の通りゲル状の物質であり容器に密封し使用する。ゲル状放射線線量計に放射線を照射すると、MRI画像で照射された部分のコントラストが変化するためその変化から線量へ変換することができ、また3次元的にMRI画像を得ることで立体的な線量分布も得られる。ゲル状であることから変形させることが可能であり、物体を歪めた場合の正しい積算線量を測定でき、部分的精度・信頼性マップの評価に使

用できる。

このゲル状放射線線量計を用いて、放射線治療計画を立て、実際にその治療計画通り放射線を照射する。その後ゲルを変形させ、その状態で再度CT撮影および放射線治療計画を行い、治療計画に基づき照射を行う。2つの治療計画を変形画像照合を用いた線量分布積算を行い、その結果とゲル状放射線線量計から得られる立体的な線量分布を比較し、さらに本手法で求めた部分的精度・信頼性マップと比較し、積算線量と実測の線量間の違いと部分的精度・信頼性マップとの相関を確認する。

3) 臨床画像データを用いた検証

代表的な放射線治療対象部位(骨盤部、頭頸部等)の臨床画像データを収集し、変形画像照合による線量分布積算とその線量分布の部分的精度・信頼性マップを作成し、様々な部位への適応が可能かどうか柔軟性を検証する。放射線治療は様々な部位が対象となるため、部位を限ったものでは臨床的有用性が低いと考える。また、放射線治療による有害事象事例と積算線量分布および部分的精度・信頼性マップを照らし合わせ部分的精度・信頼性分布を併用した積算線量分布の有用性を評価する。放射線治療による有害事象は主に放射線治療時の部分的な線量過多が原因である。変形画像照合による線量分布積算で参考となる積算線量分布は計算できるが、その積算線量分布で線量過多と表示されたところに有害事象が起こらなければ、その線量過多とした積算線量分布の精度もしくは信頼性が低いと言える。積算線量分布の精度・信頼性マップで同様の部位が精度・信頼性が低くなっているかを検証することで部分的精度・信頼性マップの評価を行う。

4. 研究成果

1) 部分的精度・信頼性を計算するソフトウェアの作成

まず、既存の変形画像照合ソフトの性能を評価する実験において、骨盤領域を模したデジタルファントムを作成し、そのファントム画像を用いて変形画像照合の精度を測定した。その結果、変形画像照合の精度は画像のノイズ、fiducial markerの有無によって左右されず、逆に画像コントラストや体積変化によって左右されることを明確にした。

同時に部分的精度・信頼性を計算するソフトウェアを作成し、上記のデジタルファントムを用いた画像照合結果を用いて、作成した部分的精度・信頼性を計算するソフトウェアの整合性を検討した。結果では、不正確な変形がある部分に対して高い不確かさを示す結果となり、部分的精度・信頼性を計算するソフトウェアの計算結果の妥当性を示した。

2) 部分的精度・信頼性の正確性を確認

この実験ではポリマーを用いたゲル線量計を使用し、変形のある場合の線量積算を検証し、同時に部分的精度・信頼性の結果と比較することで、部分的精度・信頼性の正確性を確認することが目的である。ただし、ポリマーゲル線量計は温度に弱く常温でも解けてしまい、線量が測れない場合がある。そのため、高温に強いゲルの作製からまずは取り掛かった。まずゲル化剤であるゼラチンの種類を複数用意しそれぞれでゲル線量計を作成し感度等を比較した。その結果、感度や線量に対する反応の直線性は通常使われているゼラチン (Type A, Sigma-Aldrich) と大きく変わらなかった。ただし、コスト削減が見込めるゼラチン (PS-21, 新田) を見出した。更に、高温でも融解しないゲル線量計を目指し、ゼラチンに加えゲル化剤としてカラギーナン (東京化成工業株式会社) を添加した。その結果、カラギーナンを添加することで、低線量に対する感度が下がり、全体として直線性が上がることがわかった。また、カラギーナンの濃度は 1.0 - 1.5 % とすることで顕著に直線性の向上が見られることを明らかにした。(図 1)。更には、ゼラチンなしカラギーナンのみをゲル化剤にしたゲル線量計の可能性も見出した。カラギーナンを用いたことで高温でも融解しないゲル線量計を作成出来た。また、ゲル線量計は酸素に弱く、酸素にさらされると徐々に感度を失う。そのため、変形ができ、酸素を遮断できる容器/包装で変形が可能な形態のゲル線量計が必要である。現在、検討を重ね直腸エコーカバーを用い、グリセリンに浸すことで対応が来ている。今後、これを用いて部分的精度・信頼性の正確性を確認する。

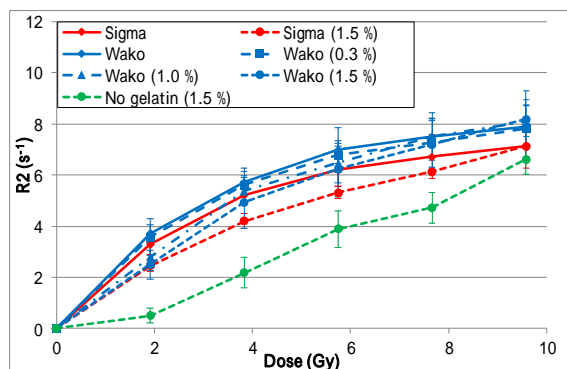


図 1 カラギーナンを添加したゲル線量計の感度特性

ゲル線量計の読み取り装置として、光 CT の開発も行った。現在まだ開発中であるが、使用時間に制限がある MRI の使用に頼らず測定ができるようになる。現状、ゲルを撮影した画像を出力することが出来ており、今後値の直線性や整合性を検討することになる。

3) 臨床画像データを用いた検証

臨床画像データを用いた検証では、頭頸部の症例を用いて部分的精度・信頼性計算ソフトウェアを検証した。変形量が大き部位には部分的精度・信頼性が低くなる結果を得ており、現在論文投稿中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Akihiro Takemura, Hironori Kojima, Shinichi Ueda, Naoki Isomura, Kimiya Noto, Tomohiro Ikeda, A metric for evaluation of deformable image registration. Proc. SPIE, 9415, 941520:1-6, 2015 (査読あり)

[学会発表](計 10 件)

横山 仁臣, 池田 知広, 武村 哲浩, 塚本 康典, 小島 礼慎, 能登 公也, 上田 伸一, 前立腺がんに対する高線量率組織内照射と IMRT を併用した際の変形レジストレーションを使用した線量合算評価, 第 9 回中部放射線医療技術学術大会, 2016.11.5-6, 鈴鹿医療科学大学千代崎キャンパス (三重県鈴鹿市)

石原 翔太, 大井 健光, 武村 哲浩, 磯村 直樹, 室井大志, 能登公也, 上田伸一, ゼラチンの種類がポリマーゲル線量計に与える影響の評価, 第 9 回中部放射線医療技術学術大会, 2016.11.5-6, 鈴鹿医療科学大学千代崎キャンパス (三重県鈴鹿市)

和田 拓也, 武村 哲浩, 中山 和也, 大井 健光, 小林 長功, 石原 翔太. 光学 CT を用いたポリマーゲル線量計の撮影条件の検討, 第 9 回中部放射線医療技術学術大会, 2016.11.5-6, 鈴鹿医療科学大学千代崎キャンパス (三重県鈴鹿市)

大井健光, 武村 哲浩, 上田伸一, 能登公也, 小島礼慎, 磯村直樹, 室井大志. カラギーナンを添加したポリマーゲル線量計の基礎的検討. 第 44 回日本放射線技術学会秋季学術大会, 2016.10.13-15, ソニックシティ (埼玉県さいたま市)

T. Ikeda, A. Takemura, U. Shinichi, H. Kojima, K. Noto, Characterization of Deformable Image Registration for the Pelvic Region Based On Prostate Shifting, Image Noise and the Existence of Implanted Fiducial Markers. AAPM2016, Washinton DC, USA, 2016.7.31-8.4

T. Ikeda, A. Takemura, S. Ueda, H. Kojima, K. Noto, N. Isomura, and A.

Nagano, Characterization of deformable image registration for the pelvic region regarding changes in contrast, noise, and prostate shifting, 第 72 回日本放射線技術学会総会学術大会, 2016.4.14-17, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)

金武建佑, 武村哲造, 大井健光, 上田伸一, 能登公也, 小島礼慎, 磯村直樹, 室井大志, ゲル線量計を用いたアイソセンタの位置精度評価の試み. 第 8 回中部放射線医療技術学術大会, 2015.11.7-8, AOSSA (福井県福井市)

長野 晃, 武村哲造, 池田知広, 大井健光, 金武建佑, 首藤由衣, 宮田洋平. Deformable Image Registration に対する新しい評価指標. 第 8 回中部放射線医療技術学術大会, 2015.11.7-8, AOSSA (福井県福井市)

池田知広, 武村哲造, 上田伸一, 小島礼慎, 磯村直樹, Deformable Image Registration の移動方向の依存性評価. 第 71 回日本放射線技術学会総会学術大会, 2015.4.16-19, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)

池田 知広, 武村 哲造, 小島 礼慎, 上田 伸一, 磯村 直樹, DIR < deformable image registration > の特性評価. 第 7 回中部放射線医療技術学術大会, 2014.11.1-2, 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)

〔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
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武村 哲造 (TAKEMURA, Akihiro)
金沢大学・保健学系・教授
研究者番号：70313674

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

上田 伸一 (UEDA, Shinichi)
能登 公也 (NOTO, Kimiya)