

令和元年6月5日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K19233

研究課題名(和文) 計画時輪郭情報とマルチモダリティ画像を用いた高精度放射線治療最適化システムの開発

研究課題名(英文) Development of optimization system for high-precision radiotherapy using by structure data of planning and image of multi-modality

研究代表者

吉留 郷志 (Yoshidome, Satoshi)

九州大学・大学病院・診療放射線技師

研究者番号：70419612

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：3次元kV-CBCT画像内の腫瘍位置自動推定方法を開発し、その精度を解析・検証した。解析の結果、提案手法はkV-CBCT画像内の腫瘍領域を2.0 mm以内の精度で推定できることが示された。これらの成果は論文にまとめ、「医用画像情報学会雑誌」にて報告した。提案手法を腫瘍領域の回転や形状変化へ対応させる方法について検討した。また、提案手法の対象をリスク臓器に拡張して適応するために機械学習アルゴリズムによる支援に基づいて提案手法を発展させることを検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究における提案手法を用いて、実際に放射線治療を行っている際の腫瘍位置を自動的に推定することは、その放射線治療の精度を確認することに繋がり、放射線治療の適切な対象に十分な放射線を投与する一助となる。また、提案手法を基礎として、治療時の腫瘍の位置や状態によって日々の放射線治療を最適化できる可能性が示され、それが実現することで局所腫瘍制御率の向上や正常組織障害の低減につながると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Author developed the automated estimation method of the location of tumor in kV-CBCT images. In the results, the proposed method could estimate the location of tumor less than 2 mm in kV-CBCT images. These results were reported in the magazine of medical imaging and information sciences.

Author examined that the proposed method apply to tumor region with rotation and form change. In addition, author considered that the proposed method was supported by machine learning algorithm for applying to organ at risk.

研究分野：放射線治療

キーワード：高精度放射線治療 画像誘導放射線治療 kV-CBCT画像 体幹部定位放射線治療 テンプレートマッチング技術

1. 研究開始当初の背景

放射線治療は様々な面において著しく進歩している。中でも高精度放射線治療と呼ばれる手法は、照射領域を厳密に設定し、その領域に対して高精度に線量を投与することで、高い腫瘍制御率と低い正常組織障害を両立するものであり^{1,2)}、手術療法に匹敵する治療成績も報告されている。高精度放射線治療では、放射線治療計画時と実施時における腫瘍やリスク臓器の領域を一致させることが重要な要素となるが、現在の高精度放射線治療には以下の問題点がある。

- ① 放射線治療実施時の3次元的な腫瘍領域の位置を直接的かつ定量的に特定することが難しい。現在、多くの施設では、放射線治療実施時に得られた画像に対して、(1) 骨構造を基準とした自動初期セットアップ、(2) 腫瘍領域と比較した手動による主観的な腫瘍領域の調整、という二段階の手順によって腫瘍領域を特定している。
- ② 腫瘍の周囲に軟部組織の多い領域（頸部や前立腺など）の治療においては取得された画像の質が低く、主観的に腫瘍領域を特定することが困難な場合がある。
- ③ 放射線治療実施時の3次元的な腫瘍・リスク臓器領域を特定できないため、治療時の線量分布を確認できず、照射条件を評価することができない。

研究代表者らのグループは、肺癌に対する体幹部定位放射線治療（stereotactic body radiotherapy, SBRT）において、放射線治療計画時に作成された腫瘍の輪郭情報を用いて、治療実施時に取得された megavoltage (MV)-CBCT 画像内の腫瘍領域を自動的に推定する手法を開発してきた³⁾。研究代表者は筆頭でこの研究を行い、図1に示すように腫瘍を強調するフィルタを用いることによって、ファントム実験において1mm以下、臨床症例において2mm以下の精度で腫瘍領域を推定可能なシステムを開発した。

- 1) 遠藤真弘，大西洋，他：体幹部定位放射線治療ガイドライン．日本放射線腫瘍学会雑誌 18， 1-17， 2006.
- 2) 奥村雅彦，熊崎祐，小島徹，他：詳説 強度変調放射線治療物理・技術的ガイドラインの詳細．中外医学社，2010.

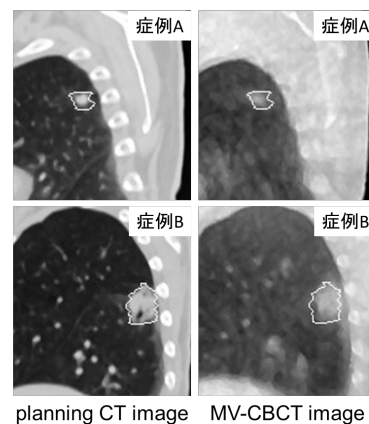


図1. 申請者らが開発した手法によって推定された肺癌に対するSBRTにおける腫瘍領域の一例

2. 研究の目的

本研究では、高精度放射線治療において、複数のモダリティの画像における腫瘍領域やリスク臓器、正常組織領域を自動的にかつ定量的に推定し、それらの情報を統合して放射線治療実施時の患者体内の線量分布を取得する。更に、その線量分布を評価し、照射条件を最適化するシステムを構築することを目的とする。

3. 研究の方法

- [1] 放射線治療計画時に作成された輪郭情報に基づいて、放射線治療実施時に取得した kV-CBCT 画像における腫瘍・リスク臓器領域を自動的に推定する手法を開発する。
- [2] 放射線治療計画時に作成された輪郭情報に基づいて、事前に取得された MRI, PET 画像における腫瘍・リスク臓器領域を自動的に推定する手法を開発する。更に、kV-CBCT 画像と MRI, PET 画像を照合することで、kV-CBCT 画像内に推定された各領域に詳細な解剖学的・臨床的情報を反映させる。
- [3] GPU (graphical processing unit) を用いて [1] と [2] の手法を実装し、マルチモダリティ画像を用いて放射線治療実施時に即時的な仮想 CT 画像を作成し、線量分布を得るシステムを構築する。
- [4] [3] で構築したシステムによって得られた放射線治療実施時の線量分布と計画時の線量分布を比較評価し、放射線治療の照射条件（各ビームにおける線量、照射領域、照射角度など）を最適化するシステムを開発し、ファントム・臨床症例を用いてその有用性を検証する。

4. 研究成果

研究代表者は先行研究において「3次元 MV-CBCT 画像内の腫瘍位置自動推定方法」を3次元 kV-CBCT 画像に適用し、その精度を解析・検証した。図2に提案手法を用いて推定された腫瘍位置の残余誤差を、画像に適用した画像処理フィルタごとに示す。解析の結果、提案手法を用いることで、kV-CBCT 画像内の腫瘍領域を 2.0 mm 以内の精度で推定できることが示された。これらの成果は論文にまとめ、「医用画像情報学会雑誌」にて報告した。

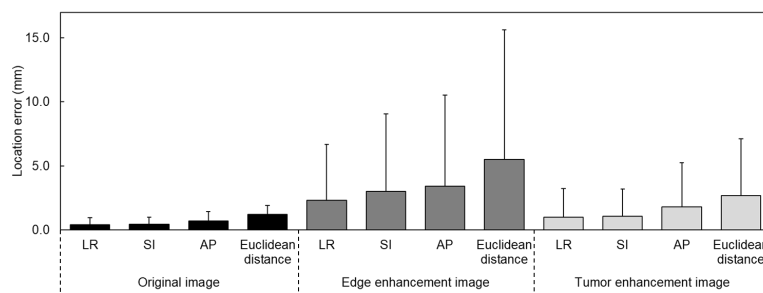


図2. 提案手法によって推定された腫瘍位置の残余誤差

先行研究における提案手法はテンプレートマッチング技術を用いた腫瘍領域の探索であり、腫瘍の平行移動のみを考慮していた。しかし、生体内で腫瘍領域は平行移動だけではなく回転や変形を伴いながら移動する可能性がある。また、放射線治療は比較的長期に渡って行う治療方法であり、治療中に腫瘍領域の形状自体が変化する可能性もある。そこで、腫瘍の回転性移動や形状変化に対応した腫瘍領域を推定するために、非線形レジストレーション技術を用いて提案手法を発展させることを検討し、必要な技術の習得と環境整備を行った。

また、提案手法の対象を腫瘍だけでなくリスク臓器に拡張して適用することを検討した。しかし、リスク臓器は腫瘍よりも更に位置や形状などの変化が大きく、提案手法や非線形レジストレーションを用いて発展させた手法では、高い精度で推定することが難しいと判断した。そこで、機械学習アルゴリズムによる支援に基づいて提案手法を発展させることで、リスク臓器の領域自動推定を行うことを検討し、必要な技術の習得と環境整備を行った。

さらに、複数のモダリティの画像 (MRI・PET 画像) に先行研究の提案手法を応用し、各画像内の腫瘍やリスク臓器領域を推定する手法を検討し、今後の課題とした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

Satoshi Yoshidome, Hidetaka Arimura, Kotaro Terashima, Masakazu Hirakawa, Taka-aki Hirose, Junichi Fukunaga, Yasuhiko Nakamura, Hiroshi Honda, Automated and robust estimation framework for lung tumor location in kilovolt cone-beam computed tomography images for target-based patient positioning in lung stereotactic body radiotherapy, 医用画像情報学会雑誌, 査読あり, 35 巻, 2018, pp.48-54, DOI: <https://doi.org/10.11318/mii.35.48>

[学会発表] (計 1 件)

Satoshi Yoshidome, Hidetaka Arimura, Kotaro Terashima, Masakazu Hirakawa, Taka-aki Hirose, Junichi Fukunaga, Yasuhiko, Nakamura, Automated estimation framework for lung tumor location in kilovolt cone-beam computed tomography images for target-based positioning in lung stereotactic body radiotherapy, the 18th Asia-Oceania Congress of Medical Physics (AOCMP) (国際学会), 2018 年

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者
なし

(2) 研究協力者
研究協力者氏名：有村 秀孝
ローマ字氏名：(ARIMURA, Hidetaka)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。