

画像情報から放射線治療中の臓器の動きを予測する支援技術を開発

放射線治療においては、治療時の臓器の動きを正確に予測することが重要です。リアルタイムで患部付近の断面を撮影し、この画像情報から臓器の三次元的な動きを計算する技術を開発しました。これにより、周辺臓器との位置関係から、脾臓などの動きを高精度に予測することが可能となります。

がんなどに用いられる放射線治療は、体にメスを入れることがなく、また、通院治療が可能のため、社会復帰が早いという特徴があります。しかし、周辺の健康な臓器にも放射線の影響が及ぶ可能性があります。動きのある病変組織に対して、強い放射線を当てるのが難しいという問題があります。呼吸のように規則正しい動きは予測が容易ですが、周辺臓器との接触などによる不規則な動きは予測が困難です。そこで本研究では、放射線治療中にリアルタイムで3方向から患部付近の断面（二次元画像）を撮影し、周辺臓器との位置関係から、各臓器の三次元的な動きを予測する技術、および、どの断面情報を用いればより正確な結果が得られるかを判断するための断面選択手法を開発しました。

この技術を検証するため、20症例の公開MRIデータについて脾臓の位置を計算した結果、3方向の断面情報のうち1方向のみを用いた場合には5.11 mm、3方向すべてを用いた場合には2.13 mmの誤差で、脾臓の位置を特定できることが分かりました。また、一部の結果で、三次元情報があらかじめ得られている理想的な場合と同等の精度の結果が得られました。

本研究成果は、周辺の健康な臓器への放射線照射を避け、より安全な放射線治療につながる技術として実用化が期待されます。

研究代表者

筑波大学システム情報系

黒田 嘉宏 教授

研究の背景

がんなどに用いられる放射線治療は、体にメスを入れることがなく、また、通院治療が可能なため、社会復帰が早いという特徴があります。しかし、周辺の健康な臓器にも放射線の影響が及ぶ可能性があり、動きのある病変組織のみに対して強い放射線を当てることは容易ではありません。呼吸のように規則正しい動きは、機械学習などを用いて予測できますが、周辺臓器との接触などによる不規則な動きは、予測が困難です。近年、リアルタイムで患部付近の断面情報（二次元画像）を MRI 撮影しながら放射線治療を行う装置（MR-Linac など）が実用化され、膵臓などに対する高い線量の照射が期待されます。しかし、治療中に撮影できる断面は数枚程度であり、臓器の三次元的な動きまで計算するにはデータが不足しています。

研究内容と成果

本研究では、放射線治療中に撮影可能な断面情報をもとに、周辺臓器との位置関係から臓器の三次元的な動きを計算、予測する技術を開発しました。具体的には、治療前に、患者本人の三次元画像から対象臓器および周辺臓器を含む三次元モデルを構築しておき、リアルタイムで撮影した断面情報から断面内の臓器の移動を計算し、接触シミュレーション^{注1)}により三次元的な動きを予測します。この技術を、上述のような断面情報を撮影できる放射線治療装置と併用することで、患部の位置をより正確に把握できます（図 1）。

また、本技術の性能を十分に発揮するためには、リアルタイムで撮影する断面の位置と、計算の対象とする臓器を適切に選ぶことも重要です。そこで、典型的な臓器の変形パターンに対して、ある断面を選んだときの推定の正確さを計算し、これらに対応付けるモデルを作りました（図 2）。これにより、高い割合（決定係数 0.9 以上）で、最適な断面情報を選択できることを確認しました。

さらに、MRI データが公開されている 20 症例について、本技術により膵臓の位置を求めたところ、その誤差が、3 方向の断面（体軸・矢状・冠状断面）のうち 1 方向（体軸断面）のみを用いた場合には 5.11 mm、3 方向すべての断面を用いた場合には 2.13 mm であったことから、より多くの断面情報を用いるほど、正確に動きを計算できることが分かりました。

今後の展開

本技術は、周辺の健康な臓器への放射線照射を避け、治療効果を高める技術として実用化が期待されます。体内での臓器は常に動いており、そのような動きを正確に捉えることは、放射線治療をはじめとする、より正確で安全な治療技術の確立につながると期待されます。

参考図

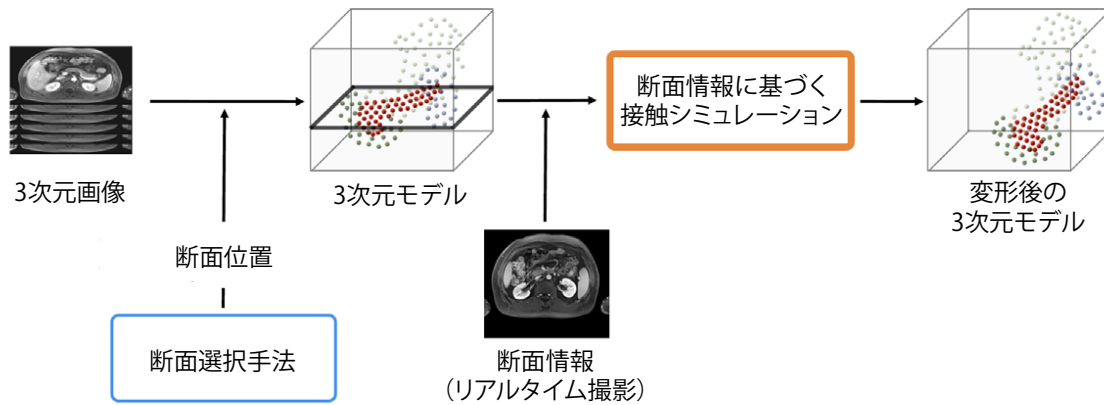


図1 本研究で開発した手法の概要

まず、治療前に三次元画像から対象臓器および周辺臓器に対する三次元モデルを構築する。次に、治療中にリアルタイムで撮影した断面情報の中から、最適な断面位置を選択し、これを用いて断面内の臓器の移動を計算し、接触シミュレーションにより三次元的な動きを予測する。これに基づいて、対象臓器のみに高い放射線を当てることで、安全で効果的な放射線治療が実現される。

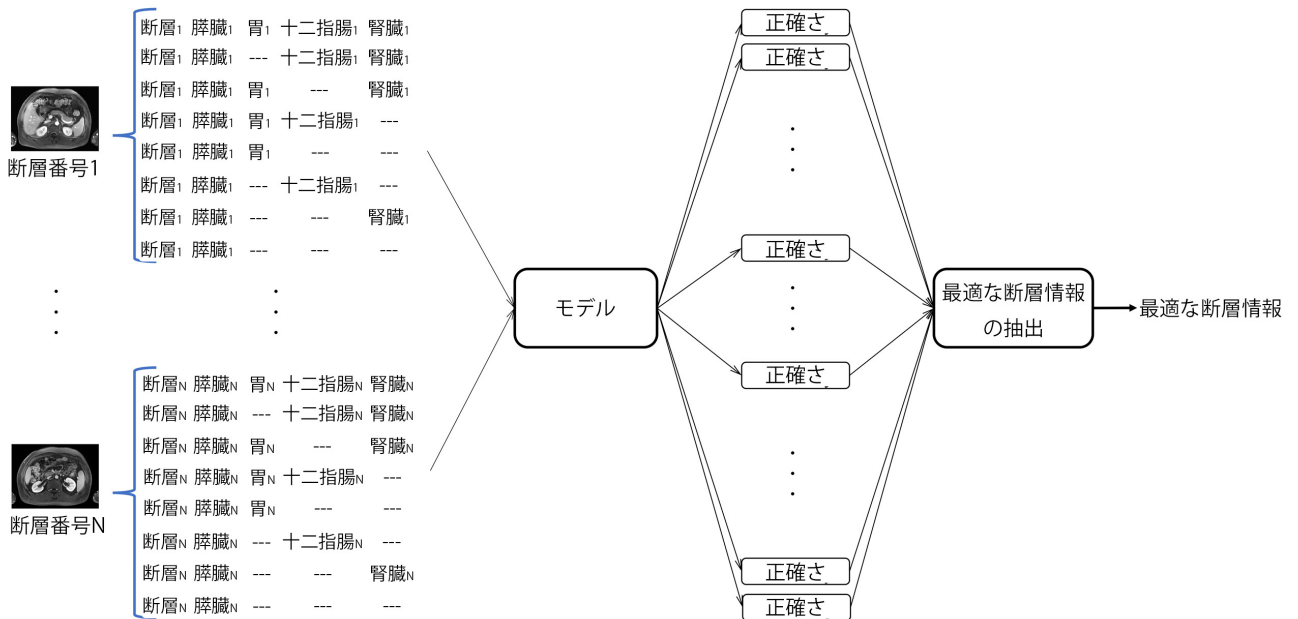


図2 断面選択手法の概要

ある断面やシミュレーションに含める臓器を選んだときの推定の正確さを計算し、これらに対応づけるモデルを構築する。それによって、高い正確性が得られる断面情報およびシミュレーション対象臓器を知ることができる。

用語解説

注1) 接触シミュレーション (contact simulation)

コンピュータを用いた物理シミュレーションにおいて、対象臓器と周辺臓器との接触を考慮すること。

研究資金

本研究は、AMED の研究プロジェクト（JP23ym0126803）の一環として実施されました。

掲載論文

【題名】 2D Slice-driven Physics-based 3D Motion Estimation Framework for Pancreatic Radiotherapy.

(膵臓放射線治療のための二次元スライス駆動の物理ベース三次元運動推定フレームワーク)

【著者名】 Y. Hara*, N. Kadoya**, N. Mitsume*, N. Ienaga*, R. Umezawa**, K. Jingu**, and Y. Kuroda*

* University of Tsukuba

** Tohoku University

【掲載誌】 *IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences*

【掲載日】 2023年9月8日

【DOI】 10.1109/TRPMS.2023.3313132

問合わせ先

【研究に関すること】

黒田 嘉宏（くろだ よしひろ）

筑波大学 システム情報系／サイバニクス研究センター 教授

URL: <https://www.llelab.jp>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp