

Deformable Image Registrationを用いたDose-warpingに生じる線量誤差の検討

東北大学病院放射線治療科 ○ 伊藤 謙吾 (Ito Kengo)

角谷 倫之 藤田 幸男 松下 晴雄 神宮 啓一

東北大学大学院医学系研究科 新井 一弘 武田 賢 土橋 卓

東北大学病院診療技術部 岸 和馬

【背景・目的】

放射線治療では、積算線量を用いて腫瘍の治療効果や正常組織の毒性評価を行っている。しかし、治療が進行するにつれて腫瘍の縮小や組織の位置変化が生じるため、正確な積算線量を算出することは困難となっている。Deformable Image Registration (DIR) を用いたDose-warpingでは、線量分布を変形させることが可能であるため組織の位置変化、形状変化を考慮した積算線量を算出することができると報告されている¹⁾。本研究では、線量分布を変形させた際、DIRの位置合わせ誤差によって変形後の線量分布にどのような線量誤差が生じているのかを明らかにする。

【方法】

DIRソフトウェアは、elastix²⁾を用いて、2step-IMRTを施行した頭頸部癌患者1名を研究対象とした。また、線量分布の算出には治療計画装置Eclipse (Varian medical systems)、線量計算アルゴリズムはAAA ver.8、解析にはMATLAB (Math Works社)を使用した。DIR後の画像の各ボクセルに生じた位置合わせ誤差は、以下に示すstep1~3の手順で算出した。Step1: はじめに治療開始前のCT画像 (CT1) を再計画時のCT画像 (CT2) に近づくようにDIRを行い変形画像 (Dir1) を算出する。次にDir1をCT1に近づくように再度DIRを行いDir2を算出する。そして、Dir2をCT2に近づくようにDIRを行いDir3を算出する。このようにDIRの結果得られた変形画像を目標とする画像をCT1、CT2と交互に変えながら繰り返しDIRを行う。本研究では、DIRを10回繰り返し行い、CT1に類似した画像5枚とCT2に類似した画像5枚をそれぞれ算出した。次のStep2にはCT1に類似した画像5枚を使用する。Step2: DIRのパラメータを固定して繰り返しDIRを行った場合、誤差はDIRを行った回数分だけ蓄積される。DIRの誤差がガウシアン分布に従い、各画像に生じた位置合わせ誤差が同じ平均値を有するガウシアン分布で表される場合、本来一致するはずの5つ点の分散 (σ_N^2) は以下の式から算出される。

$$\sigma_N^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 2n\sigma_0^2$$

式中のMはDIRを行った回数を表しており、本研究の場合N=10となる。また、式中の σ_0 は1度のDIRで生じる位置合わせ誤差を表している。点の分布と上記の式から σ_0 をx, y, zの3方向でそれぞれ算出し、 σ_0 を半径とした楕円体の関心領域をボクセルごとに算出した。Step3: 楕円体の関心領域内の線量のバラつきから変形後の線量分布に生じている線量誤差を算出した。

【結果・考察】

Fig.1にDir1と線量誤差分布を重ね合わせた画像を示す。線量誤差分布のカラースケールは、1~9 [Gy]と設定している。画像上、胸骨左側でDIRによって過変形が生じている。この領域に一致して数 [Gy] 程度の線量誤差が生じていることがわかる。また、比較的良好に位置合わせが行われていた気管右側の血管付近では9 [Gy] 程度の線量誤差が生じていた。これは、もともとこの領域に付与されていた線量が大きかったため、わずかな位置合わせ誤差によって大きな線量誤差が生じているためであると考えられる。

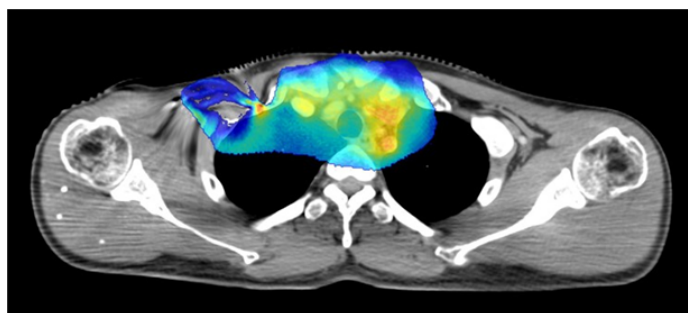


Fig.1 Dir1と線量誤差分布を重ね合わせた画像を示す。

【まとめ】

繰り返しDIRを行うことでDIRを用いたDose-warpingの際にDIRの位置合わせ誤差によって生じる線量誤差を明らかにすることができた。また、画像としてどの領域にどの程度の線量誤差が生じているのかということも明らかにすることができた。本研究により、Dose-warpingを行う際、変形後の線量分布の精度を確認することが可能となった。

【参考文献】

- 1) J. S. Francisco., K. S. Nahla., et al., Estimation of three-dimensional intrinsic dosimetric uncertainties resulting from using deformable image registration for dose mapping, Med Phys. 38(1), 343-353 (2011).
- 2) S. Klein., M. Staring., et al, elastix: a toolbox for intensity based medical image registration, IEEE Trans. Med. Imaging 29. 196-205 (2010).