

Title	Feasibility of synthetic computed tomography generated with an adversarial network for multi-sequence magnetic resonance-based brain radiotherapy
Author(s)	小池, 優平
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/76438
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>を ご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨
Synopsis of Thesis

氏名 Name	小池 優平
論文題名 Title	Feasibility of synthetic computed tomography generated with an adversarial network for multi-sequence magnetic resonance-based brain radiotherapy (MR単独放射線治療へ向けた敵対的ネットワークを用いてマルチシーケンスMR画像から生成した仮想CT画像の実行可能性)
論文内容の要旨	
〔目的(Purpose)〕 放射線治療の治療計画においてMRI画像は軟組織コントラストが高く、臓器描出能を向上させる一方で、ピクセル値に電子密度との相関がないため線量計算をすることができない。そのため通常では、CT画像とイメージレジストレーションを行い、MRI画像上で臓器を描出し、CT画像で線量計算を行う。MRI画像で線量計算を行うことができれば、イメージレジストレーションに関わる不確かさを低減でき、計画CTにおける被曝も省くことが可能となる。本研究では、MRI単独放射線治療を目指し、深層学習、なかでも敵対的生成ネットワークを用いることで複数のMRIシーケンス画像から仮想CT画像 (synthetic CT: sCT) を作成する。また実際に線量分布を真のCT画像と比較することで、その線量計算に与える影響を評価することを目的とする。	
〔方法ならびに成績(Methods/Results)〕 膠芽腫である15名を対象とし、MRI画像としてT1強調画像、T2強調画像、FLAIR画像を使用した。前処理として、MRI画像のピクセル値の標準化および非剛性イメージレジストレーションを用いてMRI画像をCT画像に合うように変形させた。深層学習モデルとして、条件付き敵対的生成ネットワーク (conditional generative adversarial network: cGAN) を使用し、3種類のMRI画像からCT画像 (sCT _{multi}) を生成した。モデルの精度は5分割交差検証により評価した。複数シーケンス画像の効果を検討するため、T1強調画像のみを用いて訓練したモデル (sCT _{single}) との比較を行った。画質評価として、sCTと真のCT画像のピクセル値の平均絶対誤差 (mean absolute error: MAE) を算出した。sCT _{multi} およびsCT _{single} のMAEの値は、 108.1 ± 24.0 、 120.1 ± 20.4 HUと、sCT _{multi} で優位に小さい値 ($p < 0.001$) となった。また治療計画として、3次元原体照射および強度回転放射線治療 (volumetric modulated arc therapy) のプランを真のCT画像を用いて立案した。その線量分布をsCT画像上で再計算することでsCT _{multi} の線量分布を得た。真のCT画像に対して、sCT _{multi} の線量指標および線量分布、水等価深さを比較した。真のCT画像を用いた治療計画と比較すると線量指標の相対誤差はすべて1%未満であり、臨床的に許容される範囲内であった。また水等価深の平均誤差は、 0.6 ± 1.9 mmであった。線量分布の一致度をガンマ解析により評価したところ、1%/1mmの判定基準に対して、sCT _{multi} 、sCT _{single} でそれぞれ $95.3 \pm 4.7\%$ 、 $94.2 \pm 4.9\%$ とsCT _{multi} でパス率が優位に高い結果となり ($p = 0.002$)、sCT _{multi} の線量分布がより真の線量分布に近いことが示唆された。	
〔総括(Conclusion)〕 本研究では、条件付き敵対的生成ネットワークを用いて複数のMRIシーケンス画像から仮想CT画像を生成する手法を開発した。複数のシーケンス画像を用いることで、T1強調画像のみから予測した場合よりも、MAEおよび線量誤差が小さくなり、より真のCT画像と近い仮想CT画像生成が可能となることが明らかとなった。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

(申請者氏名)		小池 優平	
論文審査担当者	(職)	氏名	
	主査	大阪大学教授	小川 邦子
	副査	大阪大学教授	田中 壽
	副査	大阪大学教授	小泉 雅彦
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>MRI画像は軟組織コントラストが高く、放射線治療において臓器描出能を向上させる一方で、電子密度との相関がないため線量計算に用いることができない。そのため通常は、CT画像との間でイメージレジストレーションを行い、MRI画像上で臓器を描出し、CT画像で線量計算を行うが、不確かさの一因となる。本研究では、MRI単独放射線治療の基盤を構築するため、深層学習を使い、T1強調、T2強調、FLAIR画像の3種類のMRIシーケンス画像から仮想CT画像の生成を試みた。条件付き敵対的生成ネットワークと呼ばれるモデルを用い、真のCT画像と誤差、線量計算において生じる線量誤差を検証した。提案手法では、従来報告されているT1強調画像のみを用いた場合と比較し、高精度な仮想CT画像生成を実現し、CT値・線量誤差ともに低減することを示した。本研究は、深層学習により生成した仮想CT画像が放射線治療に応用できる可能性を新たに示した研究であり、博士（医学）の学位授与に値する。</p>			