

Denoising PET Images for Proton Therapy Using a Residual U-Net

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-06-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 佐野, 碧 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.20780/00032819

学位論文の要約

Denoising PET Images for Proton Therapy Using a Residual U-Net
(Residual U-Net を用いた陽子線治療における PET 画像のノイズ除去)

東京女子医科大学大学院
内科系専攻医学物理学分野
(指導：西尾禎治教授) ④

佐野 碧

Biomedical Physics & Engineering Express 誌受理済み

【目的】

高度放射線治療の一種である陽子線治療の利点は高い線量集中性であるが、陽子線の飛程の不確定性が患者体内の線量分布に大きく影響し、陽子線治療の利点を制限している。陽子線照射によって生成されたポジトロン放出核からの消滅ガンマ線を測定することで、陽子線の照射領域に応じた positron emission tomography (PET) 画像を得ることができる。PET 画像のノイズ除去には種々の平滑化手法が利用されるが、空間分解能の低下や、急峻な分布の劣化などの課題がある。本研究では、生成ポジトロン放出核の PET (pPET) 画像について、Residual U-Net と呼ばれるディープラーニングの一手法を用いたノイズ除去法を提案する。また、陽子線の飛程推定精度と画像類似度の評価を行い、提案手法の有用性を示す。

【対象および方法】

水ターゲット、および人体模擬ファントムへの陽子線照射を模擬したモンテカルロシミュレーションを実施した。また、人体模擬ファントムに対して陽子線の照射を行い、PET 計測の実験を行った。シミュレーションデータから得られた統計ノイズを含んだ画像とノイズの少ない画像のペアを用いて Residual U-Net の学習を行った。シミュレーションデータ、および実験データから pPET 画像を再構成し、Residual U-Net によるノイズ除去を行うとともに、比較対象としてガウシアンフィルタ、メディアンフィルタ、block-matching and 3D

filtering (BM3D)、および total variation (TV) フィルタによるノイズ除去を行った。ビーム軸方向の各ラインの最大値の 50% fall-off 位置で飛程推定精度を評価した。また画像の類似度をピーク信号対雑音比で評価した。

【結果および考察】

Residual U-Net を利用したノイズを除去により、陽子線の飛程推定誤差を低減することが可能であった。シミュレーションデータから作成した 60 秒間、2 秒間の計測に相当する画像では、 1σ で誤差 1mm 以内を達成した。治療計画における線量計算のグリッドサイズが 2mm 程度であることを考えると、十分な精度であると言える。ガウシアンフィルタ、メディアンフィルタを適用した場合、飛程を過大評価する傾向がある。BM3D と TV フィルタを適用した場合、推定範囲の標準偏差は残留 U-Net よりも大きくなる傾向がある。PSNR については、ガウシアンフィルタ、メディアンフィルタ、BM3D、TV フィルタを適用した場合と同等であった。実験データについては、シミュレーションデータと同様の傾向で画質が改善された。また、推定飛程位置のばらつきも小さくなった。シミュレーションから得られた画像で学習を行ったモデルが、実験データに適用可能であることを示した。

【結論】

本研究では、Residual U-Net を利用した pPET 画像のノイズ除去手法を、飛程推定精度と画質によって評価した。人体ファントムに対する照射のシミュレーションデータ、実験データに対して Residual U-Net を利用することで、飛程推定精度と画質の向上が見られた。本手法を活用することで、治療の検証精度の向上と、検証に必要な PET 計測時間の短縮に寄与することが期待される。