

2020年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

調査研究報告書(公開版)

【研究題目】モンテカルロ計算に深層学習を組み合わせた放射線線量分布の計算アルゴリズムの開発

【整理番号】TK20-058

【代表機関】産業技術総合研究所

【調査研究代表者(氏名)】森下雄一郎

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】東北大学：土橋卓、高エネルギー加速器研究機構：岩瀬広

【TIA 外連携機関】国立がん研究センター中央病院

【報告書作成者】森下雄一郎 【報告書作成年月日】2021/3/31

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

モンテカルロ法(MC)による人体のCT画像をもとにした放射線の輸送計算は、KEKで開発されているEGS5のボクセルプログラムを使用した。このプログラムは汎用性に重点が置かれているため、実行に大量のメモリを消費し、マルチスレッド(最大で128スレッド)で並列実行する上で障壁になったので、KEKと協力して不必要な変数を洗い出し、使用しないようにした。この結果、計算結果を変えることなく、1/10以下のメモリ消費量で実行できるようになった。

CTデータを取り扱うためのDICOM規格(Digital Imaging and Communications in Medicine)についての情報交換を行い、CTデータからボクセルの物質とその密度を決定する方法について文献調査などを協力して行った。現在、国立がんセンターの人体模擬ファントムのCTデータをMCコードに移植するためのプログラムを作成している。

本連携には、当初、機械学習の初心者が集まったが、機械学習のプログラム中のネットワークの変形・工夫の仕方や、細かいプログラムのテクニックなど、わからないことが多かった。このため、産総研で医療画像の機械学習を研究している研究員3名と連携を取り、幅広くプログラムを拡張できるようになりつつある。

【調査研究内容(実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果)】

放射線によるがん治療は、体内に存在する腫瘍に正確な線量を処方することで達成される。このため放射線治療の前にCT画像を撮影し、その画像を利用して放射線を照射したときにどの程度の線量が腫瘍に届くかをあらかじめ計算している。この計算はモンテカルロ法(MC)を使った計算が最も正確と考えられるが、大量の計算機資源と時間が必要なため、実際には簡易的な計算が行われている。本プログラムでは機械学習を利用し、MC計算に匹敵する線量分布を放射線治療計画の段階で利用できるようにするのが目的である。

今年度は機械学習を使うとどのようなことができるかを確認することに主眼を置き、もっとも単純な系に対して計算を行った。一辺が30cmの様な水ファントムに、3MeVの光子ビームを入射位置、入射角、ビーム広がりなど入射条件を様々変えて線量分布を多数作成した。この線量分布を教師データとして3つの機械学習プログラムを作成した。

①：隣り合うボクセルの線量を足し合わせることで、解像度の粗いデータを作り、粗い線量分布から精密な線量分布を推定するネットワーク(超解像と呼ばれる)を作った。これは入力として二次元線量分布の場合と三次元線量分布の場合を両方試したが、どちらもうまく行くようであった。②：次にMCで計算する入射光子の数を10倍以上少なくし、低統計の画像から高統計の画像を推定するネットワークを試し、これもうまく行くことが分かった。その後、解像度と統計を同時に高めるプ

プログラムを作った。図 1(左)は解像度と統計が低い入力画像で、図 1(右)は入力画像に対応した高解像・高統計の線量分布である。図 1(中央)は別のデータで最適化された機械学習のプログラムが図 1(左)から計算した線量分布で、図 1(右)とよく一致した結果が得られた。

③：最後に、この線量分布を先に述べたビームの入射条件(入射方向などのビームパラメータ)から生成するネットワークについても試したが、うまく行かなかった。これは一つのビームを記述するのに 10 個のパラメータを使っている、そのビームを多数組み合わせることで線量分布を作っているためデータが複雑すぎるということと、用意した教師データが 1000 しかなかったことが原因なのかもしれない。パラメータの数を 3 つまでに制限し、一つのファントムに一つのビームを入射するような条件で同様の計算をすると比較的よく再現できた。

現在、人体模擬ファントムの CT データを MC コードに移植するコードを作っているところで、このファントムに対しても同様に放射線を入射して上記したような機械学習が可能であるかを来年度以降に試す予定である。

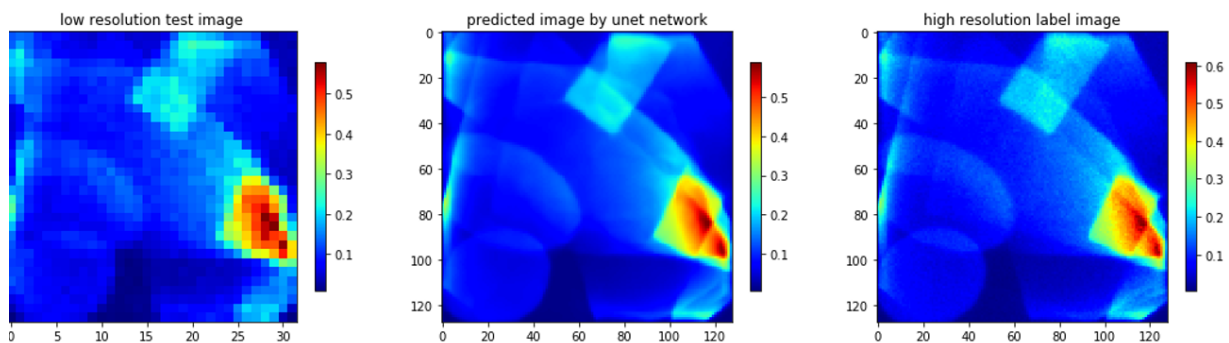


図 1：水ファントムに作った(左)低解像・低統計線量分布と(右)高解像・高統計線量分布と左図から機械学習のプログラムが推定した高解像・高統計線量分布(中央)

【今後の活動予定】

本プログラムの続きについては、産総研と KEK が中心となって次年度以降最長 3 年の計画で継続する予定である。東北大学と国立がん研究センターの共同研究は解消されるが、それぞれの機関で放射線治療に関する機械学習について取り組むことになっており、折を見て情報を交換する予定である。

今年度より産総研内に設置された領域融合プロジェクトの次世代治療・診断技術研究ラボにおいて、本プログラムの内容を発展させた課題を提案し、研究が開始されている。研究には機械学習を専門とする研究者と MRI を専門とする研究者が新たに加わっており、研究の加速と研究内容の広がりも期待できる。

以上