

収集データ量の削減に基づくMRI撮像高速化の研究

竹島, 秀則

<https://hdl.handle.net/2324/4475146>

出版情報：九州大学, 2020, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

氏 名 : 竹島 秀則

論 文 名 : 収集データ量の削減に基づく MRI 撮像高速化の研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

MRI (Magnetic Resonance Imaging)は現在、様々な臓器の画像診断に利用されている。MRI は多様なコントラストを可視化できる、放射線による被ばくがないといった優れた点を持つ反面、カメラや X 線 CT(Computed Tomography)による撮像と比べて撮像に時間がかかる欠点がある。このため、撮像の高速化に多くの工学的な研究が行われてきた。

MRI では、Readout と呼ばれる 1 次元収集を繰り返すことで、3 次元の情報を収集する。撮像を高速化するための主な戦略は、Readout 1 回あたりの収集時間を短縮する、Readout 1 回あたりで収集量を増やす、Readout の回数自体を間引いて減らす、の 3 つに分類できる。

本論文の目的は MRI の撮像を高速化することであり、そのために、Readout の回数自体を間引いて減らす戦略に着目した、3 つの新しい手法を提案する。

本論文の第 1 の手法として、心臓の拍動を対象とした 2 次元動画撮像の高速化手法を提案する。この手法は、撮像高速化のために、従来必要とされていたキャリブレーション撮像を不要とする点が特徴である。

第 1 の手法では、キャリブレーション撮像をしなくてもその結果が予測できるように、対象を心拍の息止め撮像に限定し、撮像中のデータ自身からキャリブレーション相当の情報を算出した。心拍の息止め撮像では、MRI 装置の撮像対象となる人体は固定され、また、息止めにより呼吸の影響も抑えられるため、時間方向の変化は少ない。第 1 の手法は、この点に着目し、キャリブレーション撮像にかかっていた時間を短縮した。

本論文の第 2 の手法として、自由呼吸下の腹部を対象とした 3 次元動画撮像の高速化手法を提案する。この手法は、撮像高速化のために、変化する対象物を収集する際に発生する時間分解能と空間分解能のトレードオフを、CNN(Convolutional Neural Network)を用いて自動的に調整する点が特徴である。

第 2 の手法では、まず処理時間の短い再構成手法を用いて複数の時間分解能で時系列画像を生成し、それらに CNN を適用して最終画像を生成することで、短い再構成遅延時間と高い時間分解能を両立させた。従来、3 次元を対象とした腹部の撮像には、圧縮センシングに基づく手法が用いられてきた。従来の手法では、空間分解能を維持しながら時間分解能を高めるために多くの画像フレームを同時に利用するため、再構成の開始までに長時間のデータを待つ必要があり、撮像の遅延時間が長い。第 2 の手法は、利用する画像フレームの枚数が圧縮センシングと比べ少なくてすむため、再構成遅延時間を抑えられる。

本論文の第 3 の手法として、間引きにより動画あるいは静止画の撮像で生じやすいアーティファクトを、CNN を用いて低減する手法を提案する。MRI の撮像高速化では間引きが用いられるが、この間引きにより、離れた位置に偽の被写体が映るという MRI に特有のアーティファクトを生じ

ることがある。CNN の対象である一般的な画像(例えば、カメラ撮影画像)では、このアーティファクトは生じない。したがって、一般的な CNN にはその対策も含まれておらず、このアーティファクトを抑制できないことが多い。

第 3 の手法では、偽の被写体の位置が予測できることを利用し、CNN で用いられる畳み込み演算において予測位置を考慮した演算を行う。また、この種のアーティファクトを抑制できることを実験的に示した。

今後の展望として、演算量よりも撮像高速化の効果を重視した画像再構成の研究が進むと筆者は考えている。本論文で提案した 3 つの手法は、いずれも演算量を抑えることを重視した手法である。産業界の研究者である執筆者は、画像再構成の実行時間があまり長くないように、繰り返し演算を用いない手法のみを検討してきた。

実現コスト、特に演算量の問題はハードウェアの進歩により解決することが多い。例えば、繰り返し演算を必要とする再構成手法の 1 種である圧縮センシングは、撮像時間を短縮できるものの、実現コストが非常に高いことで知られていた。しかし、手法の提案から 10 年以上経過した現在、実現コストの高さで知られた圧縮センシングは製品化された。このことは、産業界の努力により、現在では実現コストが高すぎる手法もいずれ利用可能になることを示唆している。

今後は筆者も、効果を重視した再構成技術の研究を進めていきたい。