

論文内容の要旨

博士論文題目 Respiratory Motion Tracking and Correction Simulation
for Coronary Magnetic Resonance Angiography
(冠動脈磁気共鳴画像のための呼吸運動トラッキングと
補正シミュレーション)

氏 名 Punzalan Florencio Rusty

(論文内容の要旨)

MR I による冠動脈撮影法は非侵襲的であり、冠動脈の可視化手法として有用である。この技術の特長は、造影剤を用いずに撮像できることにある。加えて、高い組織コントラストが得られ、冠動脈内の血栓を定量的に検出することが可能である。しかし、画質が呼吸など動き由来のアーチファクトに影響されることからその補正方法が重要な課題になっている。臨床的には、横隔膜の上下動にある係数をかけて心臓の上下動を推定することによって、撮像時に呼吸運動を補正する方法が使われているが、心臓の部位や被験者によって最適な係数が変動する点が問題であった。

本研究では、被験者固有の呼吸運動がMR I 冠動脈造影像にあたえる影響を、3次元の心臓モデルを用いて検証するとともに、心臓部位と被験者間で異なる最適な補正係数を推定するためのシミュレーション環境を提案している。

シミュレーションでは、被験者により異なる呼吸運動の影響を再現するために、高分解能の3次元心臓モデル画像に対して、横隔膜の上下動に伴って心臓の上部や下部で生じるそれぞれ異なった伸縮を表現する人工的な変形を加える。このモデルに対して、k空間内でのMR I データ取得をシミュレーションするシステム開発して、伸縮の影響を考慮した3次元冠動脈造影像を作成した。また、シミュレーションで得られた画像を、元画像と定量的に比較して、その妥当性を確認した。そして、係数の選びかたによる動き補正の効果をシミュレーションによって評価し、適正な補正係数を定める方法を開発した。

(論文審査結果の要旨)

平成24年12月20日に開催した公聴会の結果を参考に、平成25年2月20日に本博士論文の審査を実施した。

以下に述べる通り、本博士論文は、本学位申請者が情報科学の医療応用分野で研究開発活動が続けていくために必要十分な素養を備えていることを示すものである。

Punzalan Florencio Rusty は、本博士論文において、MR I 冠動脈造影のための呼吸運動トラッキングと補正シミュレーション法を提案した。この手法は3次元心臓モデルとその変形およびk空間内のデータ取得シミュレーションから構成されている。論文では、このシミュレーションでえられた結果と真値画像との定量的比較を複数の評価方法で実施して、その妥当性を確認している。これらの研究は、MR I 冠動脈造影の臨床的実用化に際して従来看過されてきたモーションアーティファクトの問題に切り込むものであって、その新規性は高く評価できる。

また、被験者間および心臓対象部位によって異なる呼吸運動の補正係数選択についても、このシミュレーション法を用いて、定量的評価環境を実現した。これによって最適画像を求めて補正係数を変えながら複数回の撮像を繰り返すことなく、適切な画像を得るための補正係数を前もって推定することが可能になり、MR I 冠動脈造影検査の実用性向上に対する寄与は大きい。

本論文で提案された、MR I 冠動脈造影のための呼吸運動トラッキングと補正シミュレーションの枠組みは、情報科学と臨床医学の境界領域における医用画像工学の発展に大きく貢献するものである。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認める。