

論文の内容の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 後藤隆男

(2,000字程度とし、1行43文字で記入)

近年、MRIにおける画像化技術の進歩により、MRIの操作も年々複雑化している。しかしながら、検査自体には従来通りの時間的制約があるため、操作の自動化のニーズが年々高まっている。このようなMRIワークフローの改善は、検査を効率化するとともに、技師による操作のばらつきを抑えることができるという利点がある。本論文ではこうした背景を受けて、上記ワークフローの改善を実現するため、肝臓検査に関する三つの項目を検討する。第一の項目は、肝臓の撮像面を自動で計画する手法である。肝臓の撮像面は殆どが軸位断面であるが、肝臓上部端から下部端までをカバーするように撮像断面位置を設定する。MRIを操作するオペレータは肝臓の全体像が含まれるように何度も予備的な撮像画像を見て撮像断面位置を設定しており、これを自動化する意義は大きい。第二の項目は、肝臓造影検査におけるボーラストラッカーの自動設定である。ボーラストラッカーは、造影剤の到達を検知するマーカーであり、マーカー内のMR信号を常に検出している。このトラッカーの設定は三次元的な構造を持つ大動脈内に設定する必要があるが、手間を要する作業となっている。第三の項目は、肝臓の動き補正に用いられるナビゲータトラッカーの自動設定である。このトラッカーは、呼吸に伴う肝臓の動きをMR信号でモニターする領域を設定するもので、肝臓の最上位位置付近に設定する必要がある。ボーラストラッカーと同様、ワークフローを低下させる作業の一つである。以上の三つの項目は腹部検査において特に時間をかけて行っているものであり、これらを改善することによってワークフローを大幅に改善できると考えられる。

本論文は「序論」から「結論」までの6章で構成される。

第1章は「序論」として本論文の目的および全体の構成についてまとめている。まず、MRIの画像化技術の進歩が、MRIワークフローにどのような影響を与えているか、肝臓検査のみならず、他のMRI検査も含めて具体的に述べる。さらにMRI検査のワークフロー改善についてこれまで提案されてきた手法について述べ、肝臓検査に関するワークフロー改善の意義と本研究の位置付けを明らかにする。

第2章では、肝臓の撮像面を自動で計画する方法について、本研究で提案する第一の手法について述べる。撮像断面の自動設定については、肝臓のセグメンテーションを行えば容易に上部端と下部端の位置が求まるが、現状ではMRI画像から肝臓を正確にセグメンテーションする技術は確立されていない。また、三次元処理のため計算時

間は数分をはるか越えたものとなる。そこで、本研究では、三次元の予備的撮像画像から投影画像を作成し、これを利用することを考える。投影画像には肝臓の上部と下部の端が含まれているので、この画像から肝臓の輪郭を抽出することによって撮像断面位置の自動設定が可能になる。本法では、この輪郭の抽出には統計的モデル手法一つであるActive Shape Model (ASM)を適用した。

第3章では、肝臓の撮像面を自動で計画する第二の提案手法について述べる。第一の手法では、ASMによりある一定の肝臓の形の変化には追従できるが、手術後や疾患による肝臓の大きな変形には対応することが困難である。そこで、変形した肝臓にも適用可能なようにMAP推定法 (Maximum a posteriori estimation method)を用いた手法を新たに提案し、実際の患者データにより本手法の効果を確認した。

第4章では、ボーラストラッカーの自動設定を実現する手法について、本研究で提案する手法について述べる。ボーラストラッカーの自動設定のためには、大動脈の位置を同定することが必要である。提案法では、大動脈が軸位面において、上から下へ脊椎の周りに反時計周りで回転するように配置されることを利用し、アンサンブル機械学習手法のひとつであるAdaBoostを識別器としてその位置を検出した。計算時間を短縮するために探索範囲を一個前の断面の大動脈検出位置から扇状に設定して、スライス毎に探索範囲を変えていった。また、解析画像は既存の予備的な撮像画像を利用し、解析画像を得るために新たな撮像を追加しないようにした。

第5章では、ナビゲータトラッカーの自動設定を実現する手法について、本研究で提案する手法について述べる。ナビゲータトラッカーを設定するためには、肝臓の輪郭を正確に求めなければならない。提案法では、微分画像のエッジ点を抽出し、肝臓形状上のエッジ条件を満足するエッジ点を求めた。さらに、偽陽性のエッジ点を減らすために、エッジ点の上下近傍画像からなるSub-windowを設定しAdaBoostを適用して識別を行った。最終的に求めたエッジ点を動的計画法で接続し、二次曲線にフィッティングし肝臓形状を求めた。

第6章は「結論」として論文全体の統括と今後の課題について述べている。