

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	DENG JUNPING (でん じゅんぴん)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1010 号
○授与年月日	2015 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Statistical Analysis of Shape and Texture in 3D Medical Images for Computer-Aided Diagnosis (3次元医用画像における形状とテクスチャの統計解析及び計算機 支援診断への応用)
○審査委員	(主査) 陳 延偉 (立命館大学情報理工学部教授) 徐 剛 (立命館大学情報理工学部教授) 田中 覚 (立命館大学情報理工学部教授)

<論文の内容の要旨>

近年、医療機器の著しい進展により、人体内部三次元構造に関する様々な高精細画像が得られるようになり、画像に基づく計算機支援診断(CAD)が注目されるようになってきた。CAD システムでは、画像化された臓器の形状変化および濃淡(以降、テクスチャ)変化の定量的評価・それぞれの変化に対する機械学習を用いた疾患レベル推定に基づいて、医師へ第 2 見解として提供する。これまで、特徴表現として主成分分析(PCA)が広く用いられているが、大域的变化の記述のみであり、局所的な変化または変化箇所の特定は困難である。また、PCA を画像のテクスチャ解析へ適用する場合、画像を 1 次元ベクトルに展開する必要があり、画像の構造特徴が失われる。本研究では、上記の問題点の解決法として、新たに三次元医用画像における形状とテクスチャの統計解析手法を提案し、以下の成果が得られた: (1) 多重線形代数の枠組で線形テンソル符号化法(Linear Tensor Coding: LTC)を用いた医用三次元画像の統計テクスチャ解析法を開発した。本手法では、多次元データは 1 次元ベクトルに展開する必要がなく、一つのテンソルとして取り扱うことができる。先行研究で提案された一般化 N 次元 PCA に比べ、同じ次元をもつテンソル基底の線形和での表現が可能となり、病気に寄与する成分を特定することができることから、計算機支援診断に有効であることを示した: (2) Sparse and Low Rank Matrix Decomposition (SLRMD) 法による局所形状解析法を提案し、観測された三次元形状から局所的

に変形する箇所を特定・分離することができ、変形やノイズなどを含む三次元臓器形状同士でも精度よく位置合わせ(正規化)が可能になった。また、肝硬変症による肝臓の変形を定量的に評価することができ、肝硬変症の支援診断に有効な手法であることを示した。

<論文審査の結果の要旨>

本論文は以下の問題に着目した。計算機支援診断システムにおいて、三次元医用画像における形状とテクスチャの統計解析法として主成分分析(PCA)が広く用いられているが、大域的变化の記述であり、局所的な変化または変化箇所の特定は難しい。また、PCAを画像のテクスチャ解析に適用する場合、画像を1次元ベクトルに展開する必要があり、画像の構造特徴を失ってしまう。

本論文では、上記の問題点を克服するために、新たに三次元医用画像における形状とテクスチャの統計解析手法を提案し、コンピュータ支援診断への有効性を示した。以下の成果が評価に値する。

1. 多重線形代数の枠組で線形テンソル符号化法(Linear Tensor Coding: LTC)を用いた医用3次元画像の統計テクスチャ解析法を開発した。本手法では、多次元データは1次元ベクトルに展開する必要がなく、一つのテンソルとして取り扱うことができる。また、先行研究で提案された一般化N次元PCAに比べ、同じ次元をもつテンソル基底の線形和で表現できるため、病気に寄与する成分を特定することができ、計算機支援診断に有効であることを示した。本手法は多次元信号を効率よく表現する手法であり、様々な分野に応用できる。

Sparse and Low Rank Matrix Decomposition (SLRMD) 法による局所形状解析法を提案し、観測された3次元形状から局所的に変形する箇所を特定・分離することができるようになった。よって、以下の二つの成果が得られた：(a)本手法を3次元臓器形状の位置合わせに適用し、変形やノイズなどをもつ形状同士でも精度よく位置合わせ(正規化)を可能にした；(b)局所変形箇所の特定・分離することで、肝硬変症による肝臓の形態変形が定量的に評価でき、肝硬変症の支援診断への応用として有効であることを示した。また、オンラインでの支援診断の可能性も示し、異常箇所の特定と定量解析が同時に行えることは評価できる。

本論文の審査に関して、2014年10月31日(金)14時40分～15時40分クリエーションコア5階メディア情報学科会議室において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 DENG Junping に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より実験データに使用したデータ、パラメータの選択、今後の拡張性などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第 18 条第 1 項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。