



Title	CT画像における既存画質評価指標の評価と深層学習を用いた新たな画質評価手法の開発
Author(s)	大橋, 昂平
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105756
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (大橋 昂平)

論文題名 CT画像における既存画質評価指標の評価と深層学習を用いた新たな画質評価手法の開発

【背景】

CT画像における適切な画質評価 (image quality assessment: IQA) は、診断精度の維持と不必要な放射線被ばくの防止において極めて重要である。視覚品質に基づく客観的画質評価手法は、主に参照画像を用いるfull reference IQA (FR-IQA) と、参照画像を用いないno reference IQA (NR-IQA) に大別される。本論文は、CT画像を対象としたFR-IQAとNR-IQAに関する2つの研究から構成される。

【研究1】CT画像に対するFR-IQA手法の適用性評価

FR-IQAは参照画像と評価画像の比較を通じて画質を定量的に評価する手法であり、医用画像分野においても広く利用されている。しかし、既存のFR-IQA手法の多くは自然画像を対象に設計されており、自然画像とは異なる性質を持つ医用画像での適用性は十分に検証されていないのが現状である。本研究では、ノイズとボケの2種類の劣化を付加した210枚のCT劣化画像を作成し、9種類のFR-IQA手法から算出した客観的画質スコアと、主観的評価から得られた主観スコアとの相関関係 (ピアソンの積率相関係数 (PLCC)、スピアマンの順位相関係数 (SROCC)) を検証した。その結果、すべてのFR-IQA手法において主観スコアとの強い正の相関 (PLCCおよびSROCC ≥ 0.8) が確認された。これは、自然画像向けに設計されたFR-IQA手法がCT画像の画質評価においても有効であることを明確に示している。特に、visual information fidelity (VIF) は最も優れた性能 (PLCC: 0.967およびSROCC: 0.968) を示し、CT画像の画質評価における最も有効な手法であることが判明した。

【研究2】CT画像における深層学習を用いた新たなNR-IQA手法の開発

NR-IQAは参照画像を必要としないため、臨床現場での画質評価に最も適した手法である。しかし、参照情報を利用できないことからアルゴリズム設計が複雑化し、CT画像を対象とした一般的なNR-IQA手法は未だ確立されていない。このため、臨床現場での画質評価は依然として主観的評価が主流である。本研究では、大規模医用画像データベースRadImageNetによる事前学習を行った深層学習モデル (ResNet50、DenseNet121、InceptionV3、InceptionResNetV2) をベースとし、ノイズとボケの2種類の劣化を含む10,647枚のCT劣化画像を学習させた新たなCT-NR-IQAモデルを構築した。提案手法の評価には、学習に使用していない2種類のデータセット (人工劣化画像データセットおよび実臨床画像データセット) を用い、主観スコアとの相関関係を検証した。その結果、提案手法 (ResNet50モデル) は人工劣化画像データセットにおいてPLCC: 0.910およびSROCC: 0.920、実臨床画像データセットにおいてPLCC: 0.831およびSROCC: 0.821を達成し、いずれのデータセットにおいても主観スコアとの強い正の相関を示した。これは、提案手法が臨床画像の画質評価において主観的評価に代替し得る有力な手法となる可能性を示唆している。

【総括】

本研究は、CT画像の画質評価における既存FR-IQA手法の有効性を実証するとともに、深層学習を用いた新たなNR-IQA手法を提案し、その有用性を示した。これらの成果は、CT画像診断における客観的かつ効率的な画質評価の確立に大きく貢献するものである。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (大橋 昂平)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教授	石田 隆行
	副 査	教授	近江 雅人
	副 査	教授	大西 裕満

論文審査の結果の要旨

CT画像における適切な画質評価 (image quality assessment: IQA) は、診断精度の維持と不必要な放射線被ばくの防止において極めて重要である。視覚品質に基づく客観的画質評価手法は、主に参照画像を用いる full reference IQA (FR-IQA) と、参照画像を用いない no reference IQA (NR-IQA) に大別される。本論文は、CT画像を対象とした FR-IQA と NR-IQA に関する2つの研究から構成される。

【研究1】CT画像に対するFR-IQA手法の適用性評価

FR-IQAは参照画像と評価画像の比較を通じて画質を定量的に評価する手法であり、医用画像分野においても広く利用されている。しかし、既存のFR-IQA手法の多くは自然画像を対象に設計されており、自然画像とは異なる性質を持つ医用画像での適用性は十分に検証されていないのが現状である。本研究では、ノイズとボケの2種類の劣化を付加した210枚のCT劣化画像を作成し、9種類のFR-IQA手法から算出した客観的画質スコアと、主観的評価から得られた主観スコアとの相関関係 (ピアソンの積率相関係数 (PLCC)、スピアマンの順位相関係数 (SROCC)) を検証した。その結果、すべてのFR-IQA手法において主観スコアとの強い正の相関 (PLCCおよびSROCC ≥ 0.8) が確認された。これは、自然画像向けに設計されたFR-IQA手法がCT画像の画質評価においても有効であることを明確に示している。特に、visual information fidelity (VIF) は最も優れた性能 (PLCC: 0.967およびSROCC: 0.968) を示し、CT画像の画質評価における最も有効な手法であることが判明した。

【研究2】CT画像における深層学習を用いた新たなNR-IQA手法の開発

NR-IQAは参照画像を必要としないため、臨床現場での画質評価に最も適した手法である。しかし、参照情報を利用できないことからアルゴリズム設計が複雑化し、CT画像を対象とした一般的なNR-IQA手法は未だ確立されていない。このため、臨床現場での画質評価は依然として主観的評価が主流である。本研究では、大規模医用画像データベースRadImageNetによる事前学習を行った深層学習モデル (ResNet50、DenseNet121、InceptionV3、InceptionResNetV2) をベースとし、ノイズとボケの2種類の劣化を含む10,647枚のCT劣化画像を学習させた新たなCT-NR-IQAモデルを構築した。提案手法の評価には、学習に使用していない2種類のデータセット (人工劣化画像データセットおよび実臨床画像データセット) を用い、主観スコアとの相関関係を検証した。その結果、提案手法 (ResNet50モデル) は人工劣化画像データセットにおいてPLCC: 0.910およびSROCC: 0.920、実臨床画像データセットにおいてPLCC: 0.831およびSROCC: 0.821を達成し、いずれのデータセットにおいても主観スコアとの強い正の相関を示した。これは、提案手法が臨床画像の画質評価において主観的評価に代替し得る有力な手法となる可能性を示唆している。

本研究は、CT画像の画質評価における既存FR-IQA手法の有効性を実証するとともに、深層学習を

用いた新たなNR-IQA手法を提案し、その有用性を示した。これらの成果は、CT画像診断における客観的かつ効率的な画質評価の確立に大きく貢献するものである。

以上より、本研究は博士（保健学）に値すると評価した。