

A novel algorithm for comprehensive quality assessment of clinical magnetic resonance images based on natural scene statistics in spatial domain

幾嶋, 洋一郎

<https://hdl.handle.net/2324/7182334>

出版情報 : Kyushu University, 2023, 博士 (保健学), 課程博士
バージョン :
権利関係 : © 2022 Elsevier Inc. All rights reserved.



氏 名 : 幾嶋 洋一郎

論 文 名 : A novel algorithm for comprehensive quality assessment of clinical magnetic resonance images based on natural scene statistics in spatial domain
(画像空間上での natural scene statistics に基づいた、臨床 MR 画像の総合的画質評価アルゴリズム)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging, MRI) には撮像時間と画質のトレードオフ関係がある。そのため、限られた検査時間の中で高い画質を得なければならない臨床現場では時間と画質の最適化が重要であり、そのためには MRI 撮像で得られる画質を定量的に評価することが不可欠である。医用画像の画質評価として、観察者による主観的な評価法が広く用いられている。しかし、これには多くの時間と労力が必要になるため、近年、自動的かつ客観的な画質評価法がいくつか報告されている。特に 2018 年に Jang らによって提唱された quality evaluation using multidirectional filters for MRI (QEMDIM) は、MRI の画質評価に特化した自動画質評価法であり、主観的な画質と高い相関を示している。QEMDIM で画質スコアを算出するためには、画質を評価しようとしている画像 (評価画像) の他に、画質の比較対象となる高画質の画像群 (参照画像群) が必要である。この QEMDIM の画質スコアは、参照画像群の画質に依存してしまう可能性がある。QEMDIM を改良し、参照画像群の画質に依存せずに評価画像の画質を評価できるようになれば、臨床的有用性が高まり普及しやすいと考えた。

本研究の目的は、QEMDIM を改良し MR 画像に特化した新しい自動画質評価アルゴリズムを提案することである。さらに、臨床応用を想定した時の、QEMDIM と提案手法の画質評価パフォーマンスを評価・比較した。

QEMDIM では、MR 画像を mean-subtracted contrast-normalized (MSCN) マップに変換し、さらに MSCN マップからヒストグラムを作成する。このヒストグラムの形状に関する 20 の特徴量を画質評価に用いる。評価画像の特徴量ベクトル $\mathbf{f}_a$ と参照画像群の特徴量ベクトル $\mathbf{f}_r$ から、式 (1) により画質スコア S_Q が得られる。

$$S_Q = \sqrt{(\mathbf{f}_r - \mathbf{f}_a)^T (\mathbf{f}_r - \mathbf{f}_a)} \quad (1)$$

一方、本研究の提案手法では、式 (2) を用いて画質スコア S_{mod} を算出する。

$$S_{\text{mod}} = \|\mathbf{f}_r\| - \frac{\mathbf{f}_a \cdot \mathbf{f}_r}{\|\mathbf{f}_r\|} \quad (2)$$

健常ボランティアに対して、頭部 T1 強調横断画像と T2 強調横断画像を、さまざまな画質で撮像した。画質を変化させるために、加算回数と位相エンコード数を調整した。これらの画像に対し、10 名の診療放射線技師による観察実験を行い、シェッフエの一対比較法を用いて主観的な画質スコアを求め、これを画質のゴールドスタンダードとした。また、これらの画像に対して、参照画像群の画質を変化させて、QEMDIM と提案手法を用いて、客観的な画質スコアを算出した。QEMDIM で得た画質スコア S_Q と提案手法で得た画質スコア S_{mod} それぞれの、主観的画質スコアとの相関を

求め、参照画像群の画質による相関係数への影響を調べた。さらに、参照画像群と評価画像の画質を同一にした時の S_{mod} の変動も調べた。

QEMDIM で得た画質スコア S_Q と主観的画質スコアとの相関は、参照画像群の画質によって有意に変動した。一方、参照画像群の画質の提案手法の画質スコア S_{mod} への影響に、有意差は見られなかった。参照画像群と評価画像の画質を同一にした時の S_{mod} の変動は、主観的画質評価の変動と同等であった。

本研究の結果から、提案手法の頭部 MR 画像に対する画質評価パフォーマンスは臨床的に許容できるものであり、提案手法が主観的画質評価の代替手法となり得ることが示唆された。