

Title	Accurate Thickness Measurement of Two Adjacent Sheet Structures in CT Images
Author(s)	程, 遠志
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47518
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	藤 遠 志
博士の専攻分野の名称	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 0 1 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科未来医療開発専攻
学 位 論 文 名	Accurate Thickness Measurement of Two Adjacent Sheet Structures in CT Images (CT 画像における近接 2 薄面体厚みの高精度計測)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 田 村 進 一 (副査) 教 授 菅 本 一 臣 教 授 不 二 門 尚

論 文 内 容 の 要 旨

[目 的]

臨床医学研究においては、CT、MR 画像から関節軟骨などの近接した薄面体の厚み計測が行われており、その計測精度は重要課題である。股関節軟骨の厚み計測においては、骨頭側と臼蓋側の軟骨が近接している。従来提案されている厚み計測手法の一つとしては、2 次微分のゼロ交差点による厚みを計測する手法（ゼロ交差点手法）がある。しかし、従来のゼロ交差点手法は、2 つの薄面体が近接した場合、厚みの過小評価誤差が生じる。そこで本論文では、近接薄面体がある場合において、軟骨の厚み計測誤差を校正し、本質的な厚み計測精度の向上を目指す。

[方法ならびに成績]

In the first experiment three phantoms of sheet-like objects with known thickness were used. Each of the three phantoms consists of four pairs of acrylic plates, placed parallel with each other. We assume that two adjacent acrylic plates represent the femoral cartilage and acetabular cartilage. In the second experiment we imaged the clinical data from one normal volunteer without history of hip pain. MR imaging was performed on a 1.5-T MR system (Horizon, General Electric) using a unilateral surface coil. Imaging parameters were as follows : TR/TE, 24.4/5.7 ms ; flip angle 20° ; slice thickness, 1.5 mm ; in-plane resolution, 0.625 mm ; imaging matrix, 256×256 ; imaging direction, sagittal. The most widely used technique, zero-crossings method, estimated the cartilage thickness by determining the distanced between inner and outer cartilage edges with directional second-order derivatives. In order to correct the measurement error derived from zero-crossings method, we present a new method based on a model of the scanning process (called model-based method). We model the scanning process of the ideal two adjacent sheets, and then use this model to predict the shape of gray-level profiles along the sheet normal direction. The difference between the predicted profile and the actual profile observed in the MR data is minimized by refining the model parameters. The set of parameters that minimizes the difference between model and the data yields the thickness estimation of articular cartilage. In addition, an optimization technique based on the Levenberg-Marquardt algorithm is used to minimize the

difference between model and the actual data. One drawback for Levenberg-Marquardt algorithm is the fact that the initial values are required to start the optimization process. One-by-one search method was used to find the initial values.

The experimental results using phantom show Levenberg-Marquardt method gave measurements with less estimation bias than zero-crossings. In the second experiment using the clinical data, Levenberg-Marquardt and one-by-one search algorithms gave approximately the same measurement accuracy, while zero-crossings method gave underestimation errors compared with the two algorithms. Difference in method measurement accuracy (zero-crossing, and Levenberg-Marquardt) was assessed using both the standard paired t -test and the nonparametric Wilcoxon signed-rank test. The zero-crossings and the Levenberg-Marquardt were found to be significantly different ($p < 0.05$) when using both the standard paired t -test and the nonparametric Wilcoxon signed-rank test.

[総 括]

We have modeled the MR imaging processes of two parallel sheet structures separated by a small distance and use this model to predict the shape of the gray level profiles along the normal orientation of the sheet surface. Using this model, we show that in case of joint space width of less than 1.5 mm, when applying zero-crossings method for measuring thickness of two adjacent sheets, zero-crossings method can introduce considerable measurement biases. To correct the measurement error, a new approach based on the model of scanning process is presented to estimate the thickness of two adjacent sheet structures. The proposed approach estimates the thickness of sheet structures by matching a predicted profile with an actual profile observed in the actual data set. Both a one-by-one search (exhaustive combination search) technique and a nonlinear optimization technique based on the Levenberg-Marquardt technique are used to adjust the model parameters and to estimate the thickness of sheet structures. Using the phantom and the clinical MR data, the usefulness of the new model-based method was illustrated through comparing the model-based results with the results generated by using zero-crossings methods. We believe that model-based method is sufficiently accurate for estimating the articular cartilage thickness in the hip joint.

論文審査の結果の要旨

臨床医学研究において、CT、MR 画像から股関節の厚み計測を行いたいという要求がある。股関節軟骨の厚み変化と疾患の進行度の関連性が示唆されており、厚みの定量解析は初期の疾患の診断において有用である。本研究では、2つの薄面体が近接した場合の厚み計測精度を数値シミュレーションにより解析したのでその結果を報告する。本論文ではまず、股関節軟骨を想定して、近接した2つの薄面体（近接2薄面体）を、それらの法線方向に沿った1次元信号強度プロファイルにより数式として定義した。次に、薄面体の数式モデルを入力として、画像撮影過程、および、薄面体の法線方向に沿ったガウス2次微分のゼロ交差点によるエッジ検出と厚み計測を行なう画像解析過程をシミュレーションした。そして、単一薄面体と近接2薄面体のそれぞれの場合において計測値の比較を行い、近接薄面体が計測対象である薄面体の厚み計測精度へ与える影響を解析した。さらに、近接薄面体からの影響を排除するため、補正法を導いた。これにより、近接薄面体がある場合において、本質的な厚み計測精度の向上を目指した。

その結果、2つの薄面体の間隔が 1.5 mm 以下の場合に、近接薄面体の影響により厚み計測値が過小推定される傾向があることを確認した。これに対し、厚み計測精度を向上させる方法により本質的な厚み計測精度を向上させることができた。

本論文は、2つの薄面体が近接した場合、厚みの過小評価誤差を定量的に解析し、薄面体の厚み計測誤差を校正することにより、本質的な厚み計測精度を向上させることを示したものであり、医学的な意義は大きく、学位の授与に値すると考えられる。