

Relationship between image information content and observer performance in digital intraoral radiography

寶部, 真也

<https://hdl.handle.net/2324/6787540>

出版情報 : Kyushu University, 2022, 博士 (学術), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (2)

氏 名 : 寶部 真也

論 文 名 : Relationship between image information content and observer performance in digital intraoral radiography (デジタル口内法 X 線画像における画像情報と観察者パフォーマンスの関係)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

目的: デジタル口内法 X 線画像システムの画質評価に receiver operating characteristic (ROC) 解析から得られる area under curve (AUC) が広く利用されている。しかし、ROC 解析などの観察評価は十分な数の観察者が必要であり、時間のかかる複雑な手法である。Weerawanich et al.は観察者不要の cone-beam CT (CBCT) の画質評価法である cluster signal-to-noise (CSN) 解析を開発し、その結果は観察者パフォーマンスと非常に高い相関を示した。しかし、CSN 解析から得られる CSN 曲線は横軸に false positive rate (FPR)、縦軸に true positive rate (TPR) を示し、ROC 曲線と類似しているにも関わらず、AUC を計算できなかった。その理由は、CSN 解析では、信号を含む陽性画像のみを使用して TPR と FPR を計算するためである。そこで本研究では、CSN 解析で使用したソフトウェアに信号を含む陽性画像と信号のない陰性画像を適用することで CSN 解析を改良し、観察者不要の ROC 解析を行った。本研究の目的は、CSN 解析を改良し、デジタル口内法 X 線画像システムに応用することで観察者不要の ROC 解析を実行し、その有用性を確認するために、ROC 解析から得られた結果と観察者の信号検出パフォーマンスの関係を評価することである。

方法: ステップの厚さの間隔が 1.0 mm で合計 12 mm 厚の 2 つのアルミニウムステップファントムを使用した。一方のファントムには各ステップに深さが増す直径 1 mm のホール (信号) (0.05 から 0.35 mm) が 7 つ (合計 84) あり、もう一方にはホールのないものを用いた。これらのファントムは軟部組織の散乱をシミュレートするためにアクリル板で覆って使用した (図 1)。

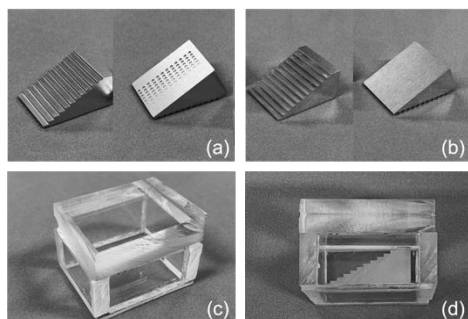


Fig. 1 A depiction of the self-made step phantoms. (a) Front and back of the aluminum step phantom with holes. (b) Front and back of the aluminum step phantom with no holes. (c) Acrylic blocks enclosing the aluminum step phantom. (d) Lateral view showing an aluminum block placed in the acrylic box

口内法 X 線撮影装置、photostimulable phosphor プレート及びスキャナーシステムを使用して、さまざまな撮影線量 (0.43, 0.64, 0.86 mGy) と画質特性の異なる 3 種類の画像キャプチャモード (High speed (HS), High resolution (HR), Super high resolution (SHR)) でファントム画像を取得した。これらのファントム画像を ImageJ ソフトウェアの FindFoci プラグインを使用して、観察者を用いずに ROC

解析を行い、その結果と観察者の信号検出能の相関を調べた。まず、先行研究をもとに、取得画像に FindFoci を適応させるための前処理を行なった。次に、前処理を行なったホールのあるファントム画像とホールのない画像に FindFoci を用いた信号検出を行い、TPR と FPR を計算した。さらに、TPR を FPR に対してプロットすることで ROC 曲線を作成し、AUC を計算した。最後に、前処理を行う前のホールのあるファントム画像を使用して、8 名の観察者が検出可能なホールの数を評価した。実際に存在するホール数に対して、検出されたホール数の割合を観察者の信号検出能 (TPR_{obs}) と定義し、AUC の間の相関を単回帰分析により評価した。

結果：AUC は、すべての画像キャプチャモードにおいて撮影線量の増加とともに増加した (図 2)。HS モードと HR モードの両者において、0.43 と 0.86 mGy および 0.64 と 0.86 mGy の撮影線量の間で AUC の統計的有意差が認められた。SHR モードでは、撮影線量の間には統計的有意差は認められなかった。各画像取得条件の AUC と TPR_{obs} の相関係数は $r = 0.76$ であり、高い相関を示した (図 3)。

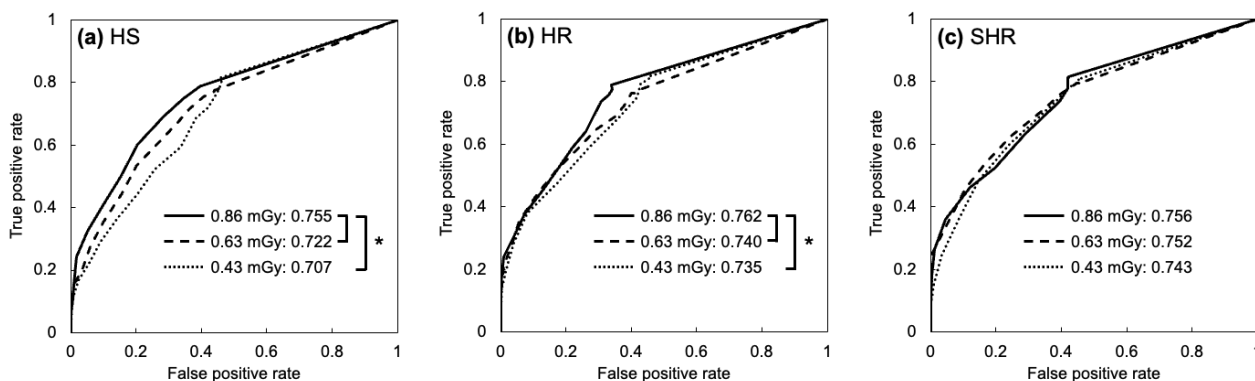


Fig. 2 Receiver operating characteristic (ROC) curves with different exposure dose and area under curve (AUC) values. (a), (b), and (c) show ROC curves acquired within high-speed (HS), high-resolution (HR), and super-high-resolution (SHR) imaging modes, respectively. Asterisks indicate statistically significant differences in AUCs ($p < 0.05$)

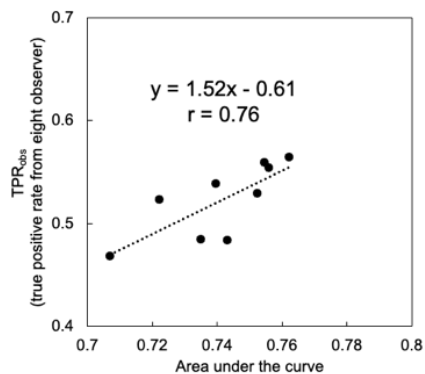


Fig. 3 Relationship between the area under the curve (AUC) derived from receiver operating characteristic (ROC) curves and true positive rates from eight observers (TPR_{obs}). The equations are regression equations; the correlation coefficients were calculated using simple regression analysis

結論：ROC 解析から得られた AUC 値はデジタル口内法 X 線画像の画質を示し、さらに観察者の信号検出能を推定できる指標であった。CSN 解析を改良した ROC 解析から得られる AUC 値を用いることで、観察者に代わってデジタル口内法 X 線画像の画質評価が可能であることが示唆された。