

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：37128

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24791349

研究課題名(和文) 仮想スリット画像を使用した簡便で高精度なMTF解析法の開発

研究課題名(英文) Development of new simplified practical method for measuring the presampled MTF of digital radiographic systems using a virtual slit image from an edge image

研究代表者

川路 康之(Kawaji, Yasuyuki)

純真学園大学・保健医療学部・講師

研究者番号：00512039

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円、(間接経費) 630,000円

研究成果の概要(和文)：Digital Radiography (DR)の解像特性は、一般的にPresampled Modulation Transfer Function (MTF)で表わされる。DR画像においてエッジ法は、画像取得が容易で世界的にも主流となっている。しかしながらエッジ法は、解析の手法が煩雑なため高い精度を持ってMTF測定を行うのは難しい。

本研究では、エッジデバイスを使用したMTF測定において、従来とは異なるアプローチによる“仮想スリット”画像を使用した簡便で高精度なMTF解析法の開発を行った。この新しい解析法は、DRシステムの性能評価ならびに保守、管理などが簡便に行える。

研究成果の概要(英文)：We are proposing a new simplified practical method for measuring the presampled MTF of digital radiographic systems using a virtual slit image from an edge image. The basic concept of our approach is the combination of the edge and slit methods.

The accuracy and uncertainty of the new method was investigated using simulated images (whose true MTFs are known) and a clinical indirect flat panel detector (FPD). In the simulations, the new method had a higher accuracy than the IEC method. In the clinical system, both the MTFs of the new and the IEC methods are in good agreement for frequencies up to the Nyquist frequency limit (within 0.0028). The standard deviation (SD) of the MTF using the new method was comparable with that of the IEC method.

In our method, we can calculate the LSF from a virtual slit image and obtain a precise presampled MTF much more easily than in previous methods.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：放射線科学

キーワード：presampled MTF edge method slit method digital radiography image property resolution

1. 研究開始当初の背景

(1) X線画像はデジタルシステムに移行しているが、解像特性を評価するのにMTFの解析が行われる。

(2) 様々な理由から、デジタル画像のMTF測定では、比較的アライメントの精度が要求されない薄い金属板を使用するエッジ法が国際的に主流となりつつある。

(3) デジタルX線撮影システムを使用して得られるエッジ画像には、たくさんノイズが含まれており、エッジ法で使用する微分によるノイズ強調はMTF値に影響を与え問題となる。

(4) これまでのアルゴリズムは(1)エッジの角度の決定、(2)Edge Spread Function (ESF)の生成、(3)ESFを微分することによりLSFを得て、(4)そのLSFをフーリエ変換することでMTFを得るという4つの基本的な手順からなっており、この煩雑な手順(特に(2)(3)の手順)が、異なるMTF値を導き出す原因であると考えられる。

(5) (3),(4)の理由によりエッジ法は、臨床病院で高い精度を持ってMTF測定を行うのは困難である。

2. 研究の目的

本研究では従来のアルゴリズムとは異なる“仮想スリット”画像を使用した手法を考案した。この方法は、ESFを求めることなく、すなわち微分によるノイズ強調を引き起こすことなく、簡単にLSFを求めることが出来る。

本研究では、エッジデバイスを使用したMTF測定において、従来の方法とは異なるアプローチによる“仮想スリット”画像を使用した簡便で高精度なMTF解析法の開発を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 新しいMTF解析法(仮想スリット画像)

本研究では、シミュレーションやデジタルX線撮影システムを使用した実測からこの新しい解析方法の問題点の抽出を行い、簡便で高精度をもったMTF解析法の開発を目指す。Fig. 1に新しい解析法の手順を示す。(a)まずエッジ画像を取得し、(b)次にその画像を複製する。(c)そして元画像より複製した画像を1ピクセルずらし、差分を行う。(d)得られた仮想スリット画像よりLSFを求め、フーリエ変換によりMTFを求める。得られたMTFは仮想スリットの幅で補正される。

(2) 測定手順と理論の確立

測定方法と理論を確立するために、シミュレーションを行う。デジタルX線撮影システムによる実測より先にシミュレーションを

行う理由は、実測のデータにはMTFに影響する様々な因子が存在しており、それらの因子を切り分けて解析することが困難なためである。シミュレーションには、指数関数を用いて作成したエッジ像の数値データを利用する。このエッジ関数のMTFは、指数関数を微分し得られたLSFをフーリエ変換してローレンツ関数によって表される。次にこの1次元数値データをシフトしながら2次元に配置し、少し傾いたエッジの2次元数値画像を作成した。最も有効な手順や方法を探るために、様々なパラメータ(エッジ角度、サンプリングピッチなど)を変化させ、検討を行った。

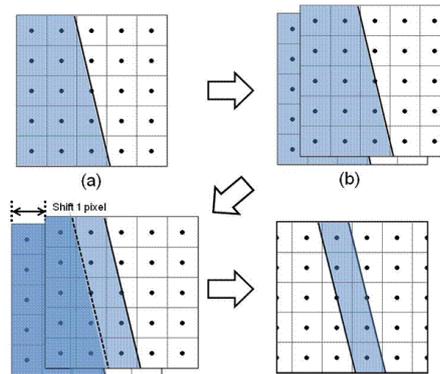


Fig. 1 Procedures for generating a virtual slit image: (a) an edge image was obtained and (b) is replicated and (c) shifted by one pixel in the horizontal direction. By subtracting the shifted image from the original image, (d) the virtual slit image is generated.

(3)実測による検討

シミュレーションの結果より、測定手順や理論を確立したらデジタルX線撮影システムのFPDならびにCR装置でデータ収集を行い解析する。

4. 研究成果

(1) シミュレーションによる解析

数値画像から作成したエッジ画像をしようして検討を行った。Fig. 2に新しい方法を使用して得られたMTFと理論値の比較を示す。両者のMTFは、0 cycle/mmからナイキスト周波数まで非常によく一致した。両者の最大の差は0.26%(2.1 cycles/mm)であった。Fig. 3に仮想スリット法より得られたMTFとIEC法より得られたMTFと理論値とのそれぞれの相対的な誤差を示す。仮想スリット法の相対的誤差は最大で0.39%で0~5 cycles/mmまでの平均では0.022%ならびに5~10 cycles/mmまでの平均では0.06%であった。反対にIEC法の相対的誤差は最大で-0.72%で0~5 cycles/mmまでの平均では0.023%ならびに5~10 cycles/mmまでの平均では-0.4%であった。仮想スリット画像を使

用した新しい方法のほうが IEC 法と比較して誤差が小さくなった。特に 5~10 cycles/mm の高空間周波数領域での誤差が小さくなった。これらの結果より、新しい方法はエッジ法の測定精度を改善できることが示された。

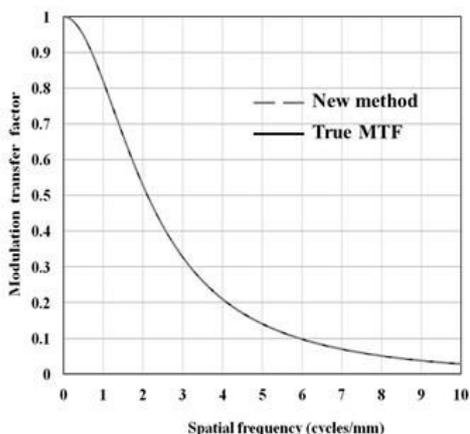


Fig. 2 The MTF for the simulated edge image determined using the new method. The true MTF is known and is also shown in the plot.

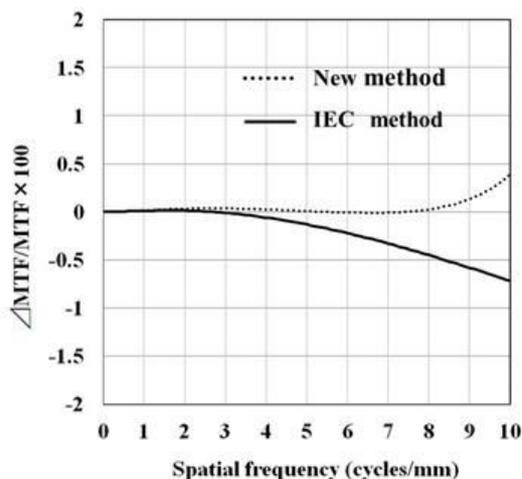


Fig. 3 Relative difference of the MTF determined using the new and IEC methods for the simulated edge image, relative to the true MTF.

(2) 実測による検討

臨床のシステムでの仮想スリット法ならびに IEC 法で得られた MTF を比較した。それぞれの MTF は、3 回の独立した撮影により得られたエッジ像を使用して得た MTF の平均である。両者の MTF は、0 cycle/mm からナイキスト周波数まで非常によく一致した。仮想スリット法より得られた MTF と IEC 法より得られた MTF との差を比較すると 0.0028 (ナイキスト周波数) でよく一致した。Table 1 にそれぞれの解析法で得られた MTF の SD (標準偏差) を示す。0 cycle/mm からナイキスト周波数までの平均した SD は、IEC 法、シングル法 (1 本の LSF) ならびにアベレージ法 (複数の LSF) でそれぞれ 0.0011、0.0016

ならびに 0.0012 であった。また最大 SD はそれぞれ 0.0021、0.0036 ならびに 0.0027 であった。IEC 法はたくさんの ESF を平均するのに対し新しい方法はシングル法 (1 本の LSF) からでも比較的高い精度で MTF が取得できることを示した。これは仮想スリット画像を作成する手順が、空間周波数上でローパスフィルタとして作用するためこの効果により雑音が高減できるためである。また、測定の不確かさ (SD) をさらに小さくするために数本の LSF を平均する方法 (アベレージ法) も合わせて比較した。同じ画像から取得した 3 本の LSF を平均したのから得られた MTF は、IEC 法より得られた MTF とほぼ同等の SD になった。

Table 1 Average and maximum standard deviation of the MTF of indirect FPD measured for each method.

	IEC method	Virtual slit method (Single LSF)	Virtual slit method (Mean LSF)
Average S.D	0.0011	0.0016	0.0012
Maximum S.D	0.0021	0.0036	0.0027

(3) まとめ

エッジデバイスを使用した IEC 法は、LSF を求める際に微分が位相エラーやノイズの増加を引き起こすため、たくさんの ESF を平均しなければならず、解析に多大な労力を要していた。

本研究では、エッジデバイスを使用した MTF 測定において、従来の方法とは異なるアプローチによる“仮想スリット”画像を使用した簡便で高精度な MTF 解析法の開発を行った。本研究の結果より以下のことを示した。

新しい方法は従来のスリット法の手法で合成 LSF を簡単に作成でき、少ない労力で MTF を求めることができる。

エッジ画像からスリット画像を作成するため LSF の裾のデータに対して外挿などの手法を用いる必要がない。

仮想スリット画像を作成する手順は、空間周波数上でローパスフィルタとして作用するため雑音に強い。

実測による検討では、測定の不確かさ (SD) を小さくするためには数本の LSF を平均したほうが良かった。

しかしながら 1 本の LSF からでも、十分に高い精度を持って MTF を求めることができ、臨床病院でも簡単にしかもデジタル X 線撮影システムの性能評価ならびに保守、管理などに利用できる。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

Yasuyuki Kawaji and Fukai Toyofuku.

Simulation of presampled MTF measurements in computed radiography for different scan directions. SPIE proceedings 査読有 Volume 8313 Medical Imaging 2012: Physics of Medical Imaging (February 2012)
DOI:10.1117/12.911138

Yasuyuki Kawaji, Fukai Toyofuku, Tadimitsu Ideguchi and Yoshiharu Higashida. Influence of readout process on presampled modulation transfer function in computed radiography system. Optical Engineering 査読有 51(11) PP 1132021 1-9 (2012)
DOI:10.1117/1.OE.51.11.113202

Yasuyuki Kawaji, Fukai Toyofuku, Tatsuhiko Gotanda and Tetsunori Shimono. A new simplified practical analysis for measuring the presampled MTF using a "virtual slit" image from an edge image. XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing. IFMBE Proceedings 査読有 (in press)

[学会発表](計4件)

川路康之、豊福不可依、井手口忠光、東田善治 エッジデバイスを使用した仮想スリット画像による MTF 解析法 第 68 回 日本放射線技術学会総会学術大会 2012 年 4 月 12 日 ~ 15 日 (横浜)

Yasuyuki Kawaji, Fukai Toyofuku. A new simplified practical method for measuring the presampled MTF using an edge device. ICMP on QA for digital radiology modalities September 1st - 4th, 2013. Brighton Center, UK

川路 康之、眞正 浄光、古場 裕介、玉津 早駿、若林源一郎、福田 茂一。 組織等価熱蛍光スラブ線量計システムの解像特性 第 107 回放射線医学物理学学会総会 2014 年 4 月 10 日 ~ 13 日 (横浜)

Yasuyuki Kawaji, Fukai Toyofuku, Tatsuhiko Gotanda and Tetsunori Shimono A new simplified practical analysis for measuring the presampled MTF using a "virtual slit" image from an edge image. 6th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering (MBEC2014) to be held in Dubrovnik, Croatia on September 7 -11, 2014.

[図書](計 0 件)

[産業財産権]
出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川路 康之 (KAWAJI, Yasuyuki)
純真学園大学 保健医療学部放射線技術
科学科 講師
研究者番号: 00512039

(2) 連携研究者

豊福 不可依 (TOYOFUKU, Fukai)
九州大学 医学系学府 保健学専攻 教授
研究者番号: 10117179