

ノイズを低減したスキャナの MTF 測定法

A MTF Evaluation Method for Scanners by Decreasing Noise

滝澤 成温*
Takizawa, Naruo

洪 博哲*
Hung, Po-Chieh

A Modulation Transfer Function (MTF) evaluation method for scanners is proposed in order to reduce aliasing effect and noise. Plural Line Spread Functions (LSF) are extracted and composed from a slit image based on the Composite LSF technique, and are averaged in frequency domain. A simulation is performed to find the optimum number of LSFs used for the composition and the average when one slit image is used. It is found that an average of the composite LSFs from a slit image is efficient to obtain a stable MTF curve.

1 はじめに

スキャナの MTF 測定では、スリットやナイフエッジチャートを用いた手法が一般的である。しかし、これらの手法では、エイリアシングとノイズによる測定誤差が大きな問題となる。そこで本研究では、藤田らが提案した Composite 法¹⁾を用いてエイリアシングを除去し、また、測定値の平均化によりノイズを低減した測定法を開発した。本報告では、効率的に平均化を行うためのスリット角度について考察し、本手法の有効性を実験により示した。

2 Composite 法とその問題点

Composite 法では、複数の LSF を合成し、仮想的にサンプリングピッチを短くすることにより、エイリアシングのない MTF を求めている。これを Fig. 1 で説明する。

Fig. 1 に示すようにスリットをある角度で傾けて、その光学像から複数の Line Spread Function (LSF) を得る。そして、各ラインのサンプルを合成し、スキャナのサンプリングよりも短いピッチで LSF を構成する。これを Composite LSF と呼ぶ。Composite LSF を離散フーリエ変換すると MTF が求められる。ここで、合成する LSF の数 N とスリット角度 θ には次の関係が成り立つ¹⁾。

$$\tan \theta = 1/N \dots\dots\dots(1)$$

従って、スリット角度は合成する LSF の数により一意に決定される。

しかしながら、実際の測定では、スリット角度を厳密に合わせることは困難であるため式 (1) は成り立たない。このとき、Composite LSF のサンプリングピッチは Fig. 2 のように不等間隔になる。従って、Composite LSF がサンプリング定理を満たしても、スリットの位置が異なると MTF は一致しない。

* 技術研究所

また、スキャナで読み込んだ画像には、様々なノイズが重畳するため、この影響を低減しなければ安定した測定値は得られない。そこで、Composite LSF を最適化しノイズを低減した測定法を開発した。

3 ノイズを低減した MTF 測定

前章の問題点において、サンプリングの不等間隔は、合成する LSF の数を増加させると縮小する。また、画像に混入するノイズは大部分が加法性ノイズであるから、平均化により低減できる。ここで、効率的に平均化を行うには、1つのスリットから複数の Composite LSF を求めればよいが、合成 LSF の数 \times Composite LSF の数は一定であるから、両者を最適化する必要がある。そこで、シミュレーションにより、測定の際のばらつきを小さくする LSF の数と平均回数との関係を調べた。

以下にシミュレーションの手順を示す。

- (1) Fig. 3 に示すようにスリット像をガウス関数で仮定し、スキャナの画素幅で積分する。
- (2) これを 1 画素の出力信号として LSF を求める。
- (3) 1 ラインごとにガウス関数を $\tan \theta = 1 / (N = 0.5)$ だけずらし、各ラインの LSF を作る。
- (4) 各 LSF に白色ノイズを SN 比 13 dB で重畳させる。
- (5) Composite LSF を位置を変えて複数作り、周波数領域で平均を行い MTF を計算する。
- (6) サンプリングが等間隔の Composite LSF を作り、平均化を行った MTF に対して誤差を計算する。

Fig. 4 にシミュレーション結果を示す。図中では誤差の等高線とスリットの画素数の等高線を示している。この図から、誤差が小さくなる平均回数と合成 LSF の数の組み合わせを求めると、およそ図中の直線で表される。これを式で表すと次式となる。

$$y = 2(x - 50) / 3 + 50 \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 x, y は平均回数と合成 LSF の数を表す。

4 実験

次に、本手法の有効性を、汎用の透過型スキャナを用いた実験により示す。

解像度 600 dpi のスキャナに幅 $5\mu\text{m}$ のスリットを使い測定を行った。528 画素のスリットに対し、合成 LSF の数を 32、平均回数を 15 とした。これを Fig. 5 に示す。細線は平均に使った MTF のうちの 5 本を示し、太線は平均値を示す。

この図より、本手法は明らかに安定した測定値が得られることがわかる。

5 まとめ

Composite 法を用いたスキャナの MTF 測定において、サンプリングの不等間隔とノイズによる測定値のばらつきを低減するために、1 つのスリット像から Composite LSF の最適化と平均化を行った。これにより、安定した測定値が得られるようになった。

●参考文献

- 1) H. Fujita, D.-Y. Tsai, T. Itoh, K. Doi, J. Morishita, K. Ueda, and A. Ohtsuka : "A Simple Method for Determining the Modulation Transfer Function in Digital Radiograph", IEEE Trans. Medical Imaging, 11, 1, pp34-39 (1992)

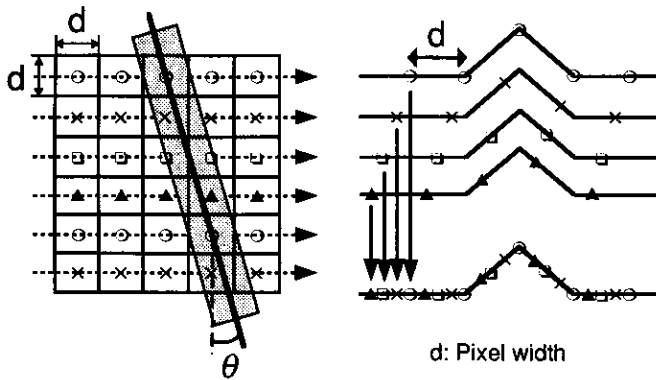


Fig. 1 Generation of a composite LSF

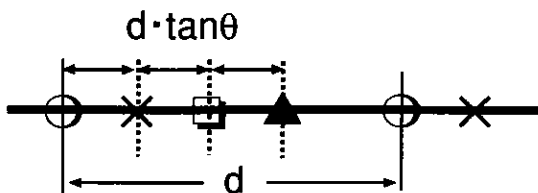


Fig. 2 Inequality sampling pitch

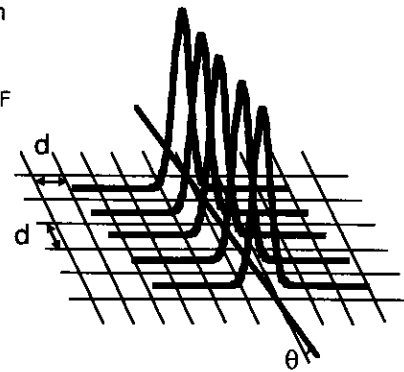


Fig. 3 Simulation model

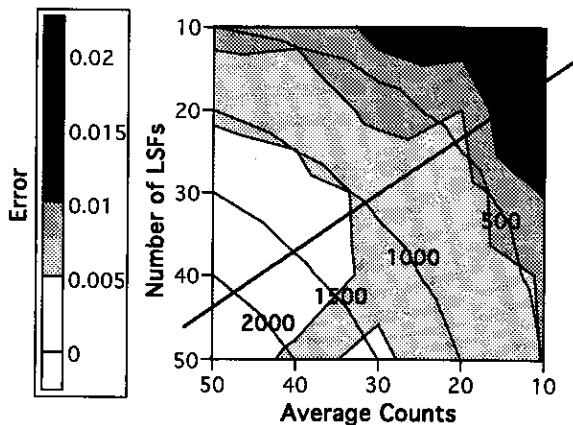


Fig. 4 Relationship between the number of LSFs and average counts

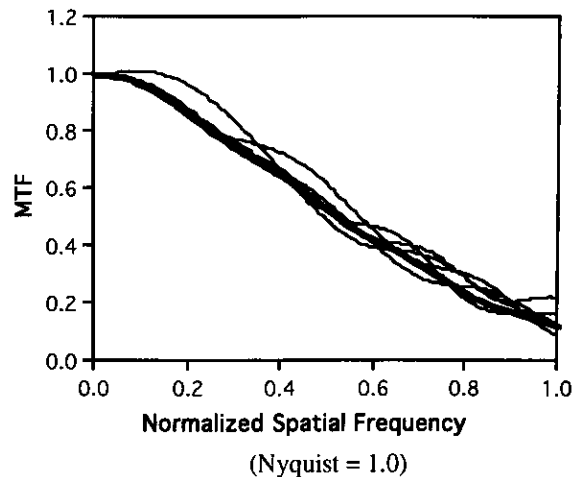


Fig. 5 Comparison of MTF