

医用レーザープリンタ画像濃度むら評価装置の開発

Development of Density Evaluation Equipment for Medical Laser Printing Images

大石 篤* 大野 浩一* 前田 元治*
Ohishi, Atsushi Ohno, Hirokazu Maeda, Motoharu

We developed a precision density evaluation equipment for medical laser printing images. Density measurement repeatability of less than 0.002D for about 1.0D images was realized by stabilization of its optical system and an effective calibration technique. This repeatability makes it possible to evaluate density variations around visible threshold. A measured density distribution signal can be analyzed to derive the laser beam scanning pitch and each beam power for evaluation of the printing machine. And in comparison with density variations, estimation of the sources of image artifacts is obtained.

1 はじめに

CT、MRI等の医用診断装置の画像出力装置として写真フィルムを使ったレーザープリンタが利用される。医用画像は中間調を再現するため高い階調表現力が求められており、従ってプリンタとしては画像濃度むらが重要な品質課題でその正確な評価が必要となっている。濃度むらの品質評価は通常人が視認可能かどうかを基準としてなされる。その視認境界値はむらの空間周波数や画像濃度に依存するがむらに対応する濃度変動値として最小では0.004 D程度におよぶ。これまでこのレベルの濃度を正確に測定する手段がなく評価は目視で行われていた。そのため品質基準が感覚的で曖昧であったり、濃度むらの発生を抑制するための技術検討も試行錯誤の要素が拭えなかった。今回我々は品質基準の明確化及び濃度むら発生の直接原因の解析の実現を目的としそれが可能な医用プリンタ画像の高精度濃度評価装置を開発したのでその内容を報告する。

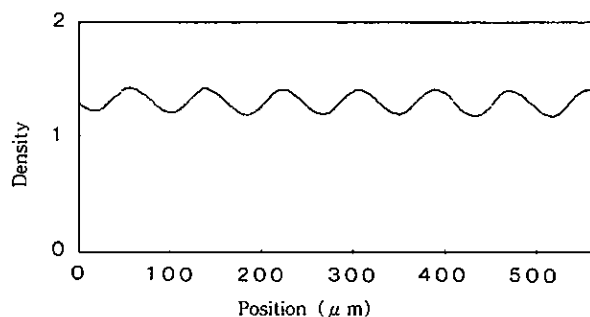


Fig. 1 Micro - trace density pattern

2 評価方法と技術開発目標

2.1 評価方法

画像上の濃度1程度の均一濃度部分を書き込み走査線に垂直な方向にミクロ的に濃度測定するとすると Fig.1のような波形が得られる。各々の山は走査線に対応する。視認される濃度むらは各山の高さの変動すなわち走査線を書き込むレーザービームの強度の変動と各山の間隔の変動すなわち走査線ピッチ変動によってもたらされる。従ってこのようなマイクロレース信号を正確に検出し、濃度むらとむらを引き起こす変動量を求め、その変動量をプリンタ各部性能に対応させて比較することで目的の評価が可能となる。具体的には以下の処理結果を比較評価する。

(1) 濃度むら評価処理

むらの視認限界値の空間周波数特性を考慮し走査線周期の濃度変動成分を減衰するためマイクロレース信号のサイクル平均を行う。

(2) 走査線ピッチ評価処理

マイクロレース信号の各山の間隔で走査線ピッチを測定する。また回転ミラー各面間に対応するピッチデータを平均化処理し回転ミラー起因のピッチむらを求める。さらに最初の走査線ピッチデータから回転ミラー起因のピッチむらを引きフィルムの搬送むらや振動等に起因するピッチむらをもとめる。

(3) 走査線強度評価処理

走査線を書き込むレーザービーム強度をとらえるためマイクロレース信号の各山のピークの包絡線をとる。

2.2 技術開発目標

視認境界レベル付近の濃度むらも評価可能な様に視認境界値の最小値とその値に対応するプリンタの各部の性能を考慮し以下を目標とした。

- (1) 濃度測定 (サイクル平均) 再現性 $\pm 0.002 D$

* 感材生産本部 生産技術センター

- (2) 濃度むら再現性 $\pm 0.001D$
- (3) 走査線ピッチ測定再現性
回転ミラー周期で0.1ミクロン
- (4) 走査線強度測定再現性
マイクロトレース信号再現性で $\pm 0.001D$

3 装置構成

目的とする評価を実現するために Fig.2 のような構成の装置を開発した。画像試料は高分解能の移動ステージ上にセットされその試料にレーザーが照射される。ステージをステップ的に移動させながらレーザーの透過光量より濃度をまた測長器で位置を計測する。これらをパソコンに取り込み処理する。ここで照射ビームは20*1000ミクロンのスリット光に整形し照射することでフィルムの粒状性ノイズを抑制している。またこの照射ビームによる透過光を広面積のフォトダイオードで受光することにより拡散透過濃度のマイクロトレースを可能にしている。

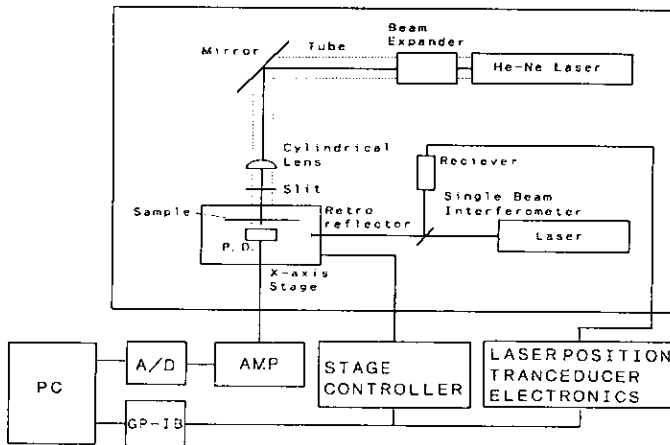


Fig. 2 Schematic diagram of evaluation equipment

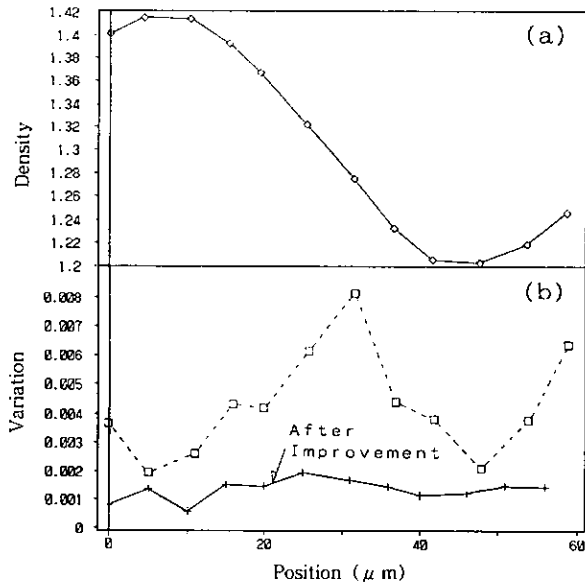


Fig.3 Repeatability of micro-trace density measurement
(a) density pattern (b) p-p variation at N=10

4 高精度化技術

濃度測定に於いて目標の各種再現性を達成するにはマイクロトレース信号の再現性が基本となる。Fig.3 (b)の破線は開発初期のマイクロトレース信号に対応した測定再現性を示す。マイクロ計測では濃度勾配の大きな部分の再現性がポイントであることがわかる。この再現性の乱れはビーム照射位置の変動とビーム光量の変動によるものの2つが原因している。前者に於て目標をクリアするレベルは0.3ミクロンと高い安定性が必要である。我々は装置振動の減衰とビームパスに筒を設けパス上の空気揺らぎを抑制し目標を実現した。後者に於ては単純だが高精度な測定が可能な校正方法を検討し採用した。一般に汎用のHeNeレーザーの光量変動は2%程度に及ぶ。目標をクリアするレベルは0.5%であり校正が必要となる。HeNeレーザーはキャビティ長のドリフトにより周期的な光量変動パターンを示す。このパターンより測定時に光量モニタすべき必要時間間隔を決め、その時間間隔毎画像試料を移動し測定光を測定用のフォトダイオードで直にモニタする。これにより例えばNDフィルターを用いたときの経時変化やモニタに専用フォトダイオードを用いたときの機差による光量検出誤差を防ぐとともに光量変動が大きくなるタイミンで校正するので高精度測定が可能となる。これらの検討により Fig.4 に示す再現性が得られた。Fig.3 (b)の実線に示す様にマイクロトレース信号での再現性も $\pm 0.001D$ 以内であり、濃度測定に関する技術目標を達成した。また走査線ピッチ測定における再現性は回転ミラー周期で0.02ミクロン以下が得られた。

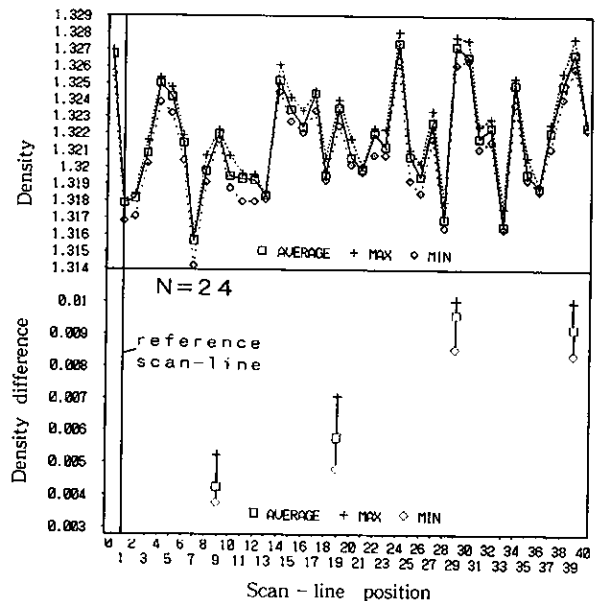


Fig. 4 Repeatability of (cycle average) density measurement

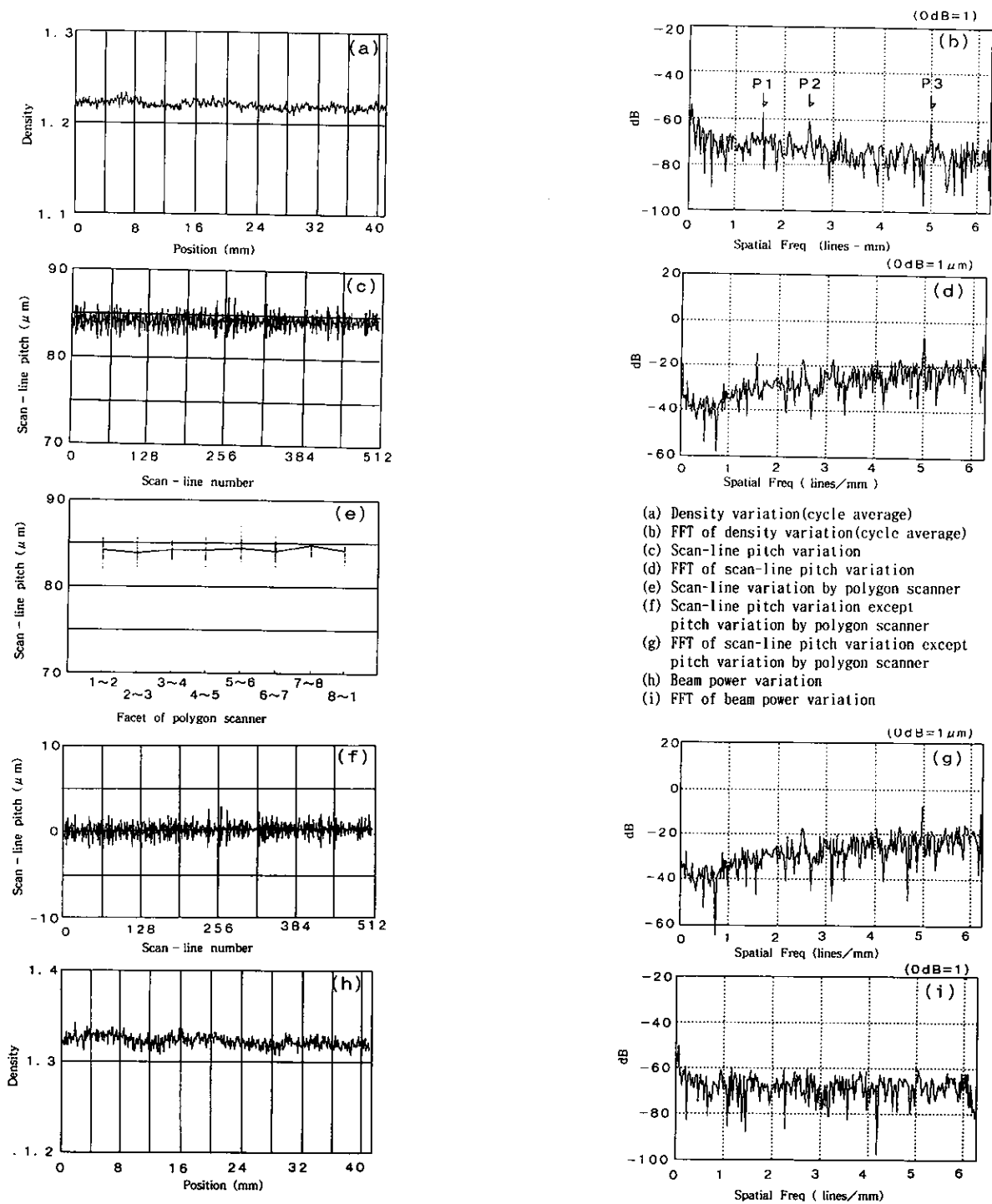


Fig. 5 Example of evaluation result

5 評価結果例

本装置を使用した評価例として約40ミリ幅の試料の測定例をFig.5に示す。まず(a)(b)で濃度むらの定量値とそのむら周波数が把握できる。次に(b)(d)(g)(i)の比較より(P1)のむらは回転ミラー、(P2)(P3)のむらはフィルム搬送むらや振動が原因であることがわかる。更に(e)により回転ミラー起因のピッチむらの量も定量的に把握できる。このように濃度むらの正確な測定と同時にその原因を解析できる。

6 まとめ

医用プリンタ画像の重要品質課題の濃度むらに対し、視認境界付近のむらをも評価可能の高精度濃度測定技術を確立し、むらの定量的把握とむらの原因解析が可能な装置を開発した。

●参考文献

- 1) 小野耕治, 丸山則治: Konica Tech. Rep., 4, (1991)
- 2) Paul C. Schubert: Appl. Opt., 25 (21), 3880(1986)