

レーザ・ノンインパクト・プリンタへの 濃淡画像印刷に関する一考察

川 添 容 宏*

A Study for Printing of Half-Tone Images
by Laser Nonimpact-Printer

Yasuhiro KAWAZOE

Abstract

Printing of images is very important for image processing, since the results of image processing are necessary to be given as visual images. This paper considers for printing of half-tone images by the NEC N7384-21 laser nonimpact-printer of ACOS computer system. The fixed-pattern methods, the dither methods and the extended dither methods are tested using GIRL and MOON SURFACE images in SIDBA. As results of evaluation, the fixed-pattern methods with dot-concentrated type are efficient for printing images of large size, and the dither and the extended dither methods with dot-concentrated threshold matrix are very convenient for printing images of small size, 27×27 (mm²) or 54×54 (mm²). It has been shown to be necessary to take the exponential (absorption) scale translation to get easy image output to see.

1. ま え が き

リモート・センシング, 医療, 気象をはじめ広い分野で画像処理の重要性が増大しつつある。画像処理では, 濃淡画像やカラー画像, 不可視画像を計算機に入力し種々の処理を施し, 中間結果や最終結果を画像として表示する。このような画像処理の大きな目的の中で, 画像の復元, 強調は重要なテーマで, 活発な研究が行われている^{1), 2)}。

画像の復元, 強調問題を取り扱う場合, 人間にとって見やすい画像を表示することが必要である。研究用に使用する画像データには, 標準画像データ・ベース SIDBA³⁾ に納められている各画像がある。SIDBA は磁気テープの形態で提供され, 磁気テープ記憶装置を有する計算機システムでは容易に使用することができる。ここで問題になるのが画像表示である。

計算機システムの画像出力装置としては, 大別してハード・コピー用出力装置とソフト・コピー用出力装置がある。前者は永久的な画像記録装置でありプリンタがこれに相当する。一方, 後者は一時的に画像を表

示することが可能なもので, CRT ディスプレイ等がある。多くの画像処理では, 最終的な画像出力を保存したいという要求が強いため, ハード・コピー用出力装置が必要不可欠になっている。

さて, このような目的のためにかつてはラインプリンタがよく用いられた。これは, 他に適当な画像出力装置がないからというのが主たる理由であった。この方法は適切な文字の選択や重ね打ちで32程度の階調表示が可能なものの, 画像が粗雑で十分な階調性が得られないという欠点を有している。

ところで, 最近, 各大学の情報処理センターでは標準出力装置として日本語出力や図形出力を目的としたノンインパクト・プリンタが導入されるようになってきた。本学情報処理センターの計算機システムでは, N7384-21 ページ・プリンタがこれに相当し, 1(mm)長当たり9.4ドットのプリントが可能であり, 画像印刷装置としての期待も大きい。

本稿では, このレーザ露光ノンインパクト・プリンタを使用して, 固定パターン法, ディザ並びに拡張ディザ法による画像印刷について考察する。実験結果では, 適当な階調補正により十分実用可能な印刷画像が得られた。各方式により小印刷画像から大印刷画像

* 工業短期大学部情報理工学科

までの出力が可能である。そのため、特に、小画像印刷が可能なることから、写真縮小などの間接作業が不要になり、画像処理を効率的に実施する上で極めて有意義であると思われる。

2. ノンインパクト・プリンタの概要

本学情報処理センター設置のノンインパクト・プリンタ（以下 NIP という）は N7384-21 ページ・プリンタと呼ばれ、中央処理装置とはページ・プリンタ処理装置により接続されている。以下、本装置の概要について述べる⁴⁾。

NIP の用途としては主として日本語情報処理、図形処理や本稿で取り扱っている画像処理の分野が考えられる。

画像印刷に関連した本装置の主な性能を Table 1 に掲げる。

Table 1 Performance of NEC N7384-21 nonimpact printer

Development	Dry type
Fixing	Hot pressing type
Print speed	5000 (col/min)
Dot density	240 (dot/25.4 mm) 9.4 (dot/mm)
Available printing size	345.4 (mm)

次に主な印刷動作について説明する。まず、基板表面が主帯電され、印刷データ信号を変調してドットにするレーザ露光により感光ドラム上に潜像が行われる。続いて、現像、用紙への転写、熱圧着による定着が行われ、その他、感光ドラム面上の残留トナーの清掃や除電などの動作が付随する。

NIP の最大の 特徴として 高速性と高品位性を挙げることができる。240ドット/25.4 (mm) という黒点の密度は実用的なファクシミリに相当する。難点を挙げれば、熱圧着による定着方式を採っていることで、黒点がつぶれ気味になることである。

3. 2値表示装置による画像の階調表示法

多くのプリンタでは黒、白の2値表示しかできない。そのため、画像印刷には画像の濃淡を黒点の密度で表現する密度変調方式を使用しなければならない。

密度変調方式には固定パターン法とディザ法があり主としてファクシミリ用に研究が行われている⁵⁾。本稿では17階調の画像印刷を基本にとり、固定パターン

法とディザ法並びに拡張ディザ法により考察を進めていく。

3.1 固定パターン法

固定パターン法は1画素の濃淡値を $N \times N$ ブロックの適当に定められた黒点配置で表現する方法である。

黒点配置の型を大別すれば、ドット集中型とドット分散型に分けられる。本稿では、ドット集中型3種類、ドット分散型1種類について検討する。ブロックの大きさ N は4で、濃淡値0が白、17が 4×4 ブロック全部黒点に対応する。なお、階調レベル数を増すには、例えば、 8×8 ブロックでは原理的には65階調になる。

Fig. 1 に固定パターン法の原理を、また、Fig. 2 に濃度パターン・マトリクスを示す。(a) ドット集中型 I は正方形ブロックの一角から黒点の集合が拡大していつているので太らし型とも呼ばれている。(b) ドッ

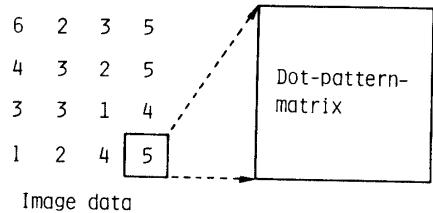


Fig. 1 Fixed-pattern method.

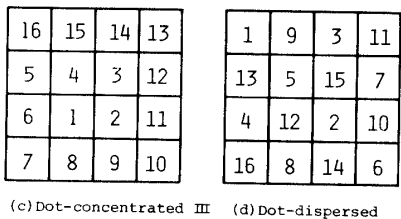
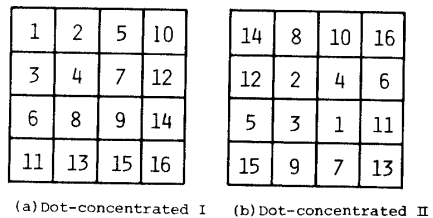


Fig. 2 Dot-pattern matrix for fixed-pattern method and dither threshold matrix for dither method and extended dither method.

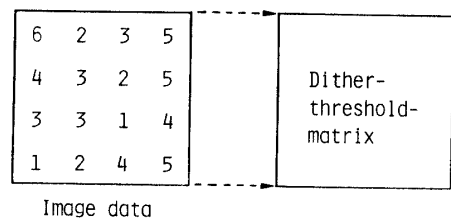


Fig. 3 Dither method.

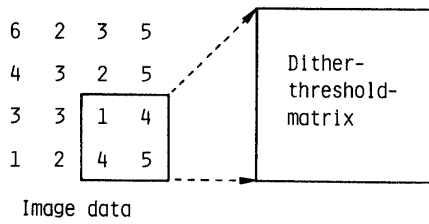


Fig. 4 Extended dither method.

ト集中型 II は網点法に近似しており、ブロック中心より円に近い型で四方に拡張する黒点配置を有している。(c) ドット集中型 III はブロックの中心から渦巻状に黒点が配置されており渦巻型と呼ばれている。(d) ドット分散型はベイヤー型と称され、連続した階調のドットが幾何学的に等間隔に配置される。

3.2 ディザ法

ディザ法は組織的ディザ法とランダム・ディザ法に

分類できるが、後者は雑音成分が目立つ画像となるため、組織的ディザ法（以下単にディザ法）についてのみ考察する。

ディザ法の原理は Fig. 3 に示すように $N \times N$ 画素の濃淡値を $N \times N$ ディザ・スレッシュールド・マトリクスに対応させる。即ち、両者の要素値を比較し、画素側の濃淡値が対応するディザ・マトリクスの要素のスレッシュールド値より大きければドットを打つ。使用するディザ・スレッシュールド・マトリクスは Fig. 2 に示すように固定パターン法の場合と同一のものである。

3.3 拡張ディザ法

新しく拡張ディザ法を提案する。本法の原理は、ディザ法が1画素の濃淡値をディザ・スレッシュールド・マトリクスの1要素の値と比較するのに対し、Fig. 4 に示すように1画素濃淡値をディザ・スレ

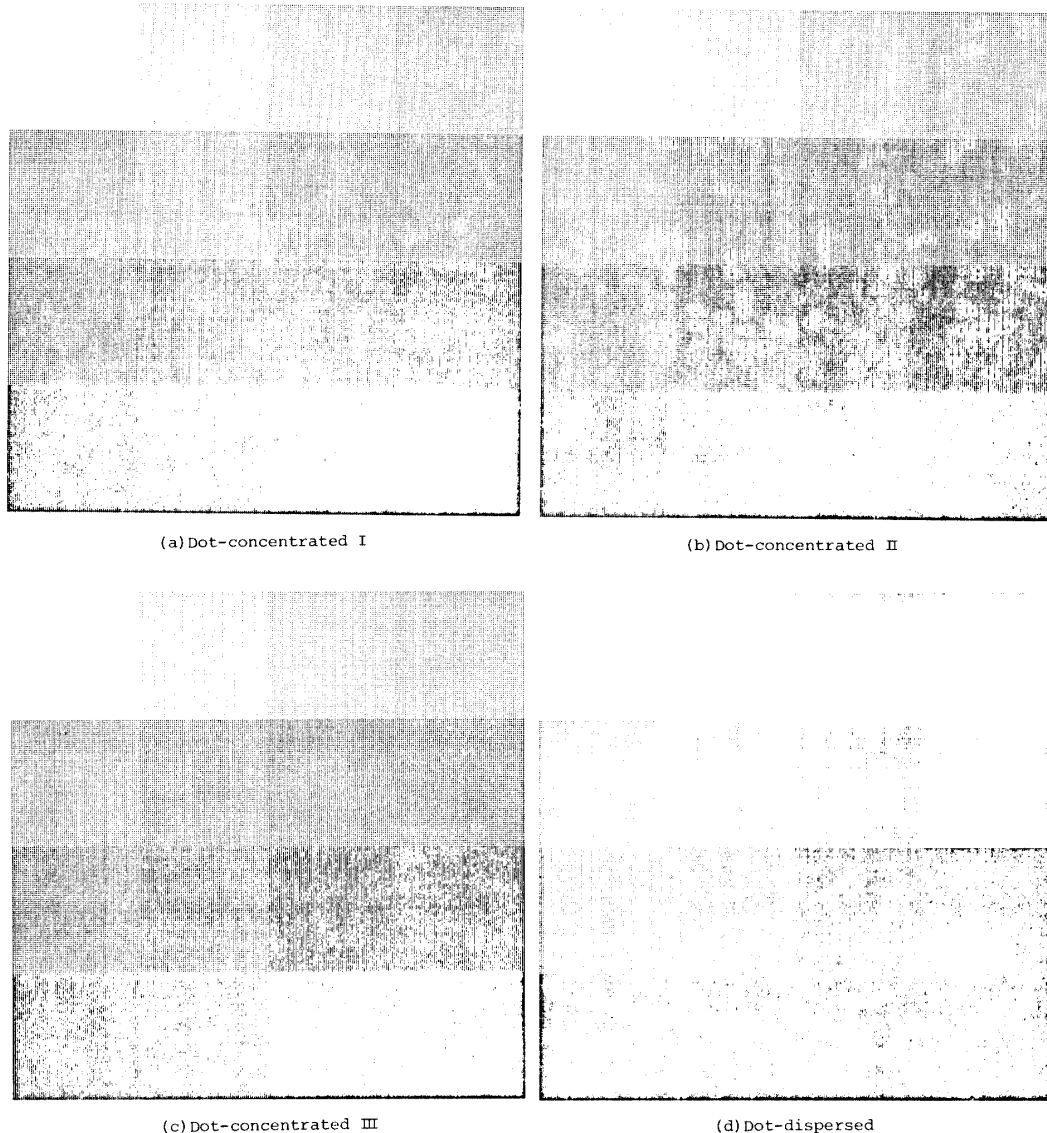


Fig. 5 Half-tone test pattern images by fixed-pattern methods.

シヨールド・マトリクスの子・マトリクスに対応させる。本稿では、1画素を2×2子・マトリクスに対応させている。本法の特徴は、NIPのドット密度が240ドット/25.4(mm)だから、256×256画像の印刷の場合、画面のサイズが54×54(mm²)と適当な大きさになることである。このとき、ディザ法では27×27(mm²)となり、やや小さすぎる。一方、固定パターン法では108×108(mm²)の印刷画面になる。

4. 画像の印刷

4.1 濃度テスト・パターン画像とSIDBA画像による階調性の検討

各方式によるNIP印刷画像の階調性を調べるために、濃度テスト・パターンの印刷結果から検討を始める。このパターン画像はソフトウェア的に合成したもので、0~16の濃淡値を有している。各方式による印

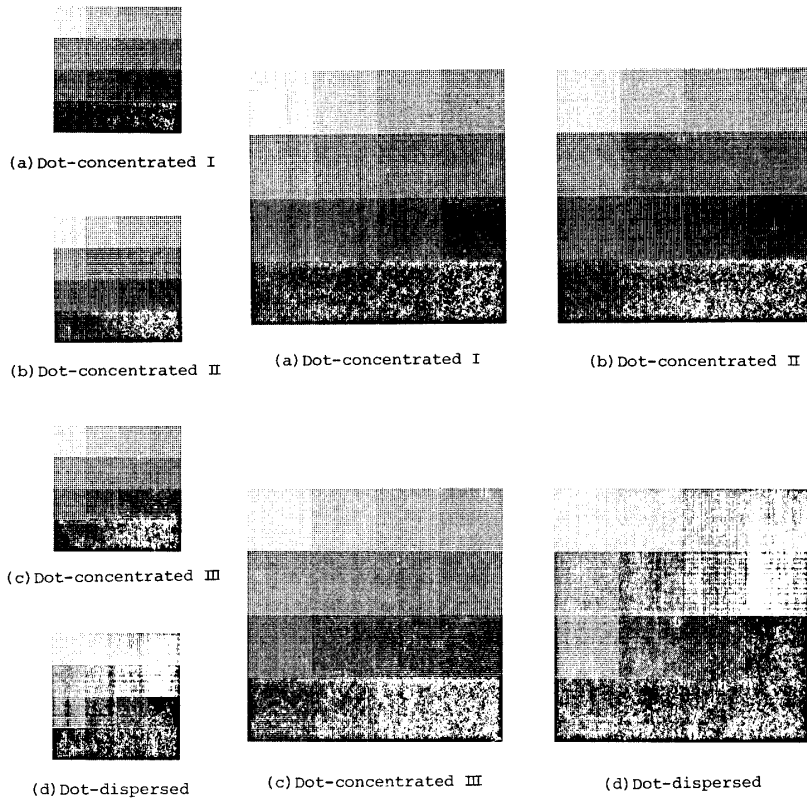


Fig. 6 Half-tone test pattern images by dither methods (small) and extended dither methods (large).

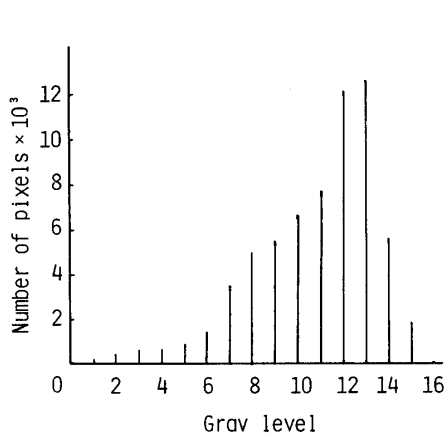


Fig. 7 Histogram of GIRL.

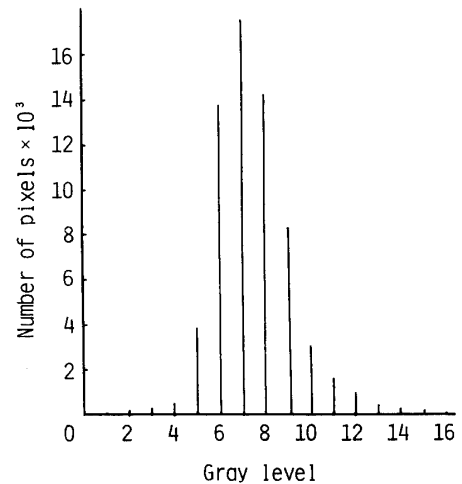
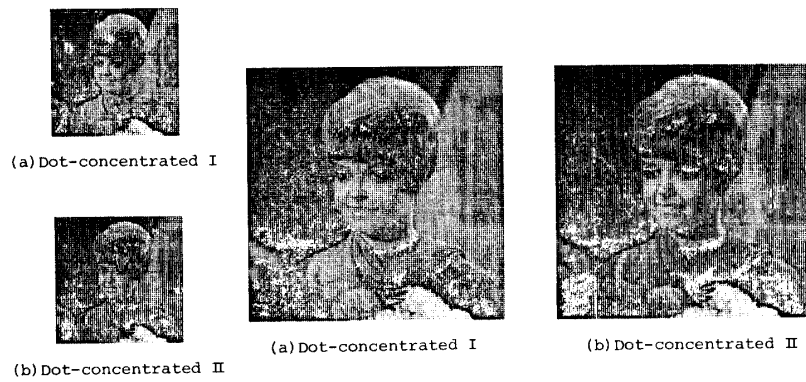


Fig. 8 Histogram of MOON SURFACE.



Fig. 9 GIRL images by fixed-pattern methods.



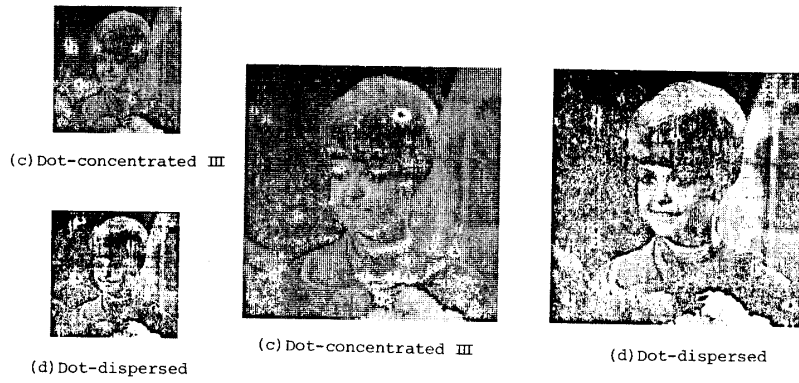


Fig. 10 GIRL images by dither methods (small) and extended dither methods (large).

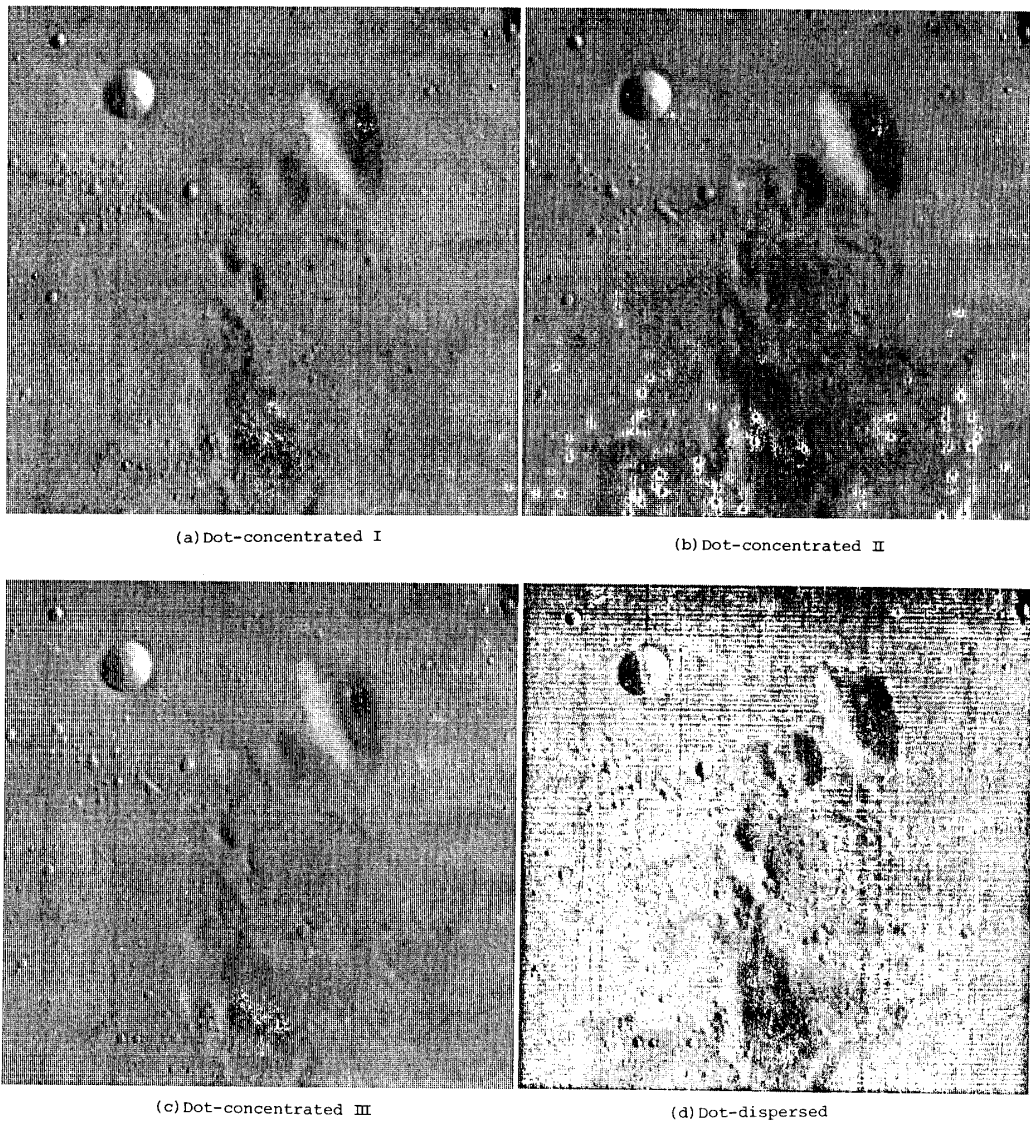


Fig. 11 MOON SURFACE images by fixed-pattern methods.

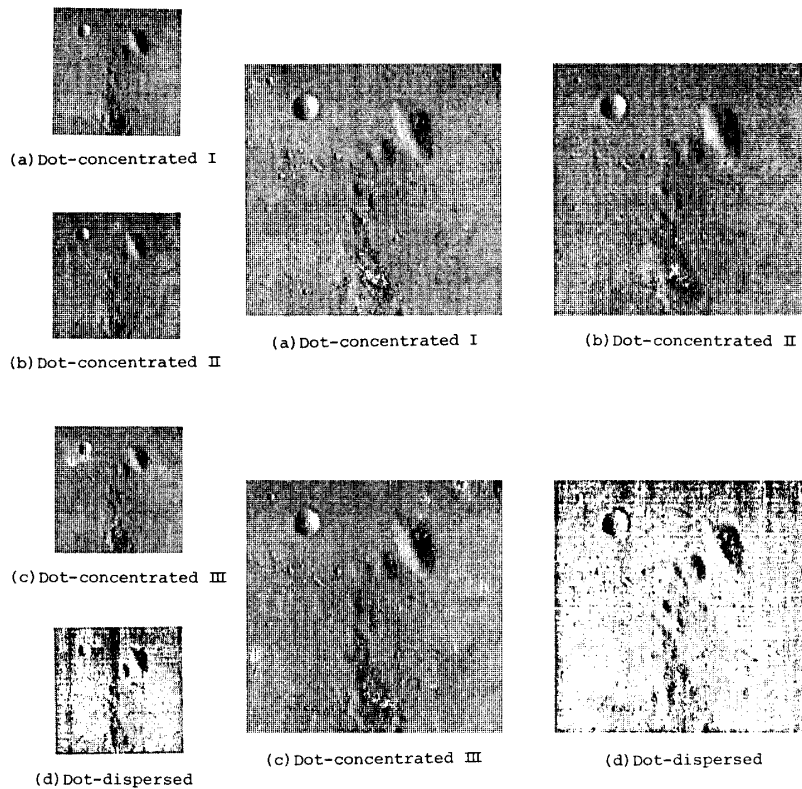


Fig. 12 MOON SURFACE images by dither methods (small) and extended dither methods (large).

刷結果を Fig. 5 と Fig. 6 に示す。各画像からは全体的に黒っぽい印象を受ける。また、最大濃度では、いわゆる真黒になることが望まれるが、エッジのみ黒が濃く、内部が淡くなっている。これは熱圧着定着方式に原因があると思われる。ドット集中型では、中、高濃度における階調差があまり感じられない。一方、ドット分散型は中、高濃度での飽和が少いものの、階調性に不自然さが見られる。なお、Fig. 5 に見られるような白い円状の欠損部分は NIP の保守調整上の不備に起因するものと思われる。

次に、SIDBA に登録されている GIRL と MOON SURFACE の 2 画像について検討する。両画像とも 256×256、階調レベル 257 である。本稿での各方式に適用するために階調を 0～16 に線形変換したときの濃度ヒストグラムを Fig. 7 と Fig. 8 に示す。GIRL 画像は中、高濃度の画素が多く、MOON SURFACE は中濃度の頻度が高い。

Fig. 9～Fig. 12 は SIDBA 画像の各方式による NIP への印刷結果である。GIRL はヒストグラムから予想されるように全体的に黒っぽい画像になっている。この中では、ドット分散型が比較の見やすい画像になっているが、若干不自然さがある。MOON SURFACE の場合、やや黒っぽい感じはするものの GIRL ほどではない。ここでも、ドット集中型とドット分散型で

は画質に差が認められる。但し、ドット集中型の 3 方式間には視覚上の差異はなく、すべて滑らかな階調性を持っていることがわかる。これに対し、ドット分散型は空間高周波成分を多く含んでおり、このことが原因で画像にぎすぎすした感じを与えている。

以上考察してきた結果、NIP 画像印刷では中、高濃度での飽和現象があるため、一般の画像では全体的に黒っぽい画像になってしまう。従って、ある程度の階調補正が必要となる。

4.2 指数型階調補正による画像の印刷と画質の評価

中、高濃度の飽和を軽減するために、本稿では、次のような階調補正を考える。

$$y = A[\exp(ax) - 1] \quad (1)$$

ここに、

$$a = (1/g) \times \ln(g/A + 1) \quad (2)$$

上式で、 x と y はそれぞれ入力濃淡値（補正前）と出力濃淡値（補正後）である。また、 g は最大濃淡値で、いまの場合、16 である。 A は階調補正の程度を表すもので、大きな値にとれば線形変換に近くなる。逆に、小さくとれば、高濃度の頻度が減少して、黒っぽさが和らぐ画像になる。 A の値を 1 と 10 に選んだときの階調補正特性を Fig. 13 に示す。

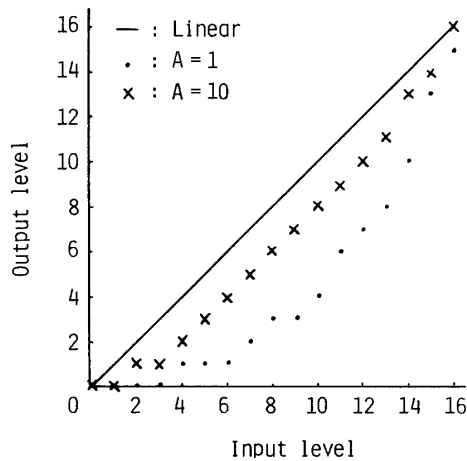


Fig. 13 Half-tone characteristic translated by exponential scale.

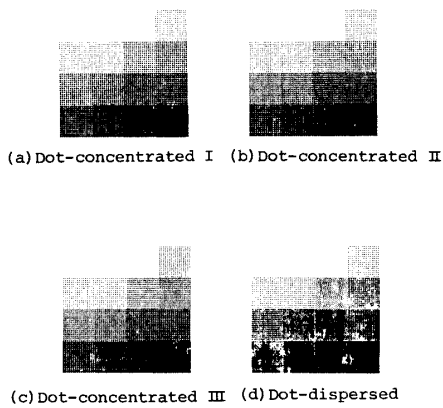


Fig. 14 Half-tone test pattern images by dither methods.

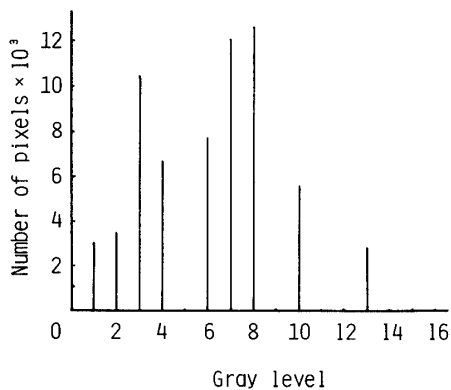


Fig. 15 Histogram of GIRL translated by exponential scale.

次に、 $A=1$ のときの濃度テスト・パターン画像のディザ法による印刷結果を Fig. 14 に掲げる。低濃度領域は別にして、補正前に比較しコントラストがよく表れている。他の方式でもほぼ似たような傾向を示している。

補正後のヒストグラムは Fig. 15, Fig. 16 のように

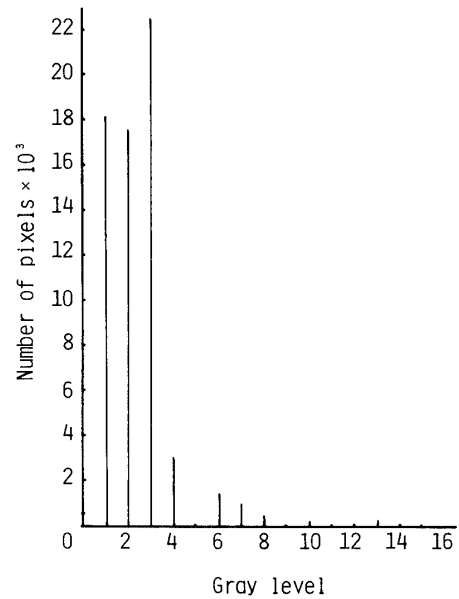


Fig. 16 Histogram of MOON SURFACE translated by exponential scale.

なる。MOON SURFACE の場合、元来、中濃度に頻度の分布が集中していたので、 $A=1$ では補正がやや過剰になっている。

さて、 $A=1$ として実際の画像印刷を行った結果を Fig. 17~Fig. 20 に示す。GIRL に関して、固定パターン法のドット集中型の3方式ともほとんど差異が認められない。強いていえば、(b) ドット集中型 II の階調性が優れているようである。ドット分散型の場合では、明らかに補正過剰であり、自然さが失われている。ディザ法や拡張ディザ法についても固定パターン法と同様なことがいえる。また、MOON SURFACE については、Fig. 16 のヒストグラムでも見たように、濃度分布が低濃度に集中している。そのため、固定パターン法、ディザ法とか、また、ドット集中型、ドット分散型のいかに問わず、ほぼ同じような結果が得られている。

以上の考察から結果を要約すると次のようになる。

- (1) 固定パターン法、ディザ法、拡張ディザ法による画質上の差は少く、必要とする印刷画像の大きさによりこれらの方式を使い分ければよい。

256×256画像の場合だと、27×27(mm²) でディザ法、54×54(mm²) で拡張ディザ法、108×108(mm²) 以上で固定パターン法を使えばよい。

- (2) ドット・パターンもしくはスレッシュールド・マトリクスについては、一般に、ドット集中型の方が自然な階調を得るのに適している。一方、ドット分散型の場合は空間高周波特性に優れているので精細な画像の表現に向いていると思われる。一般の用途

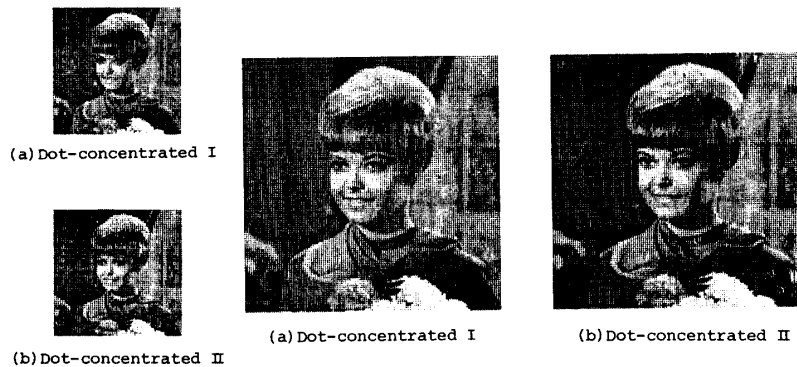
には、ドット集中型の方が無難と考えられる。

(3) 画像印刷の前にヒストグラムをとることは重要である。特に、中、高濃度の分布に注意しなければならない。必要に応じて階調補正を施した方がよい。なお、計算機 CPU 時間については、固定パターン

法の2画面印刷で約7分、ディザ法4画面印刷で2分弱であった。また、NIPの印刷時間は1.5分程度であった。処理形態はACOS-800のリモート・バッチで、言語はFORTRAN-Vである。



Fig. 17 GIRL images translated by exponential scale.
(Fixed-pattern methods)



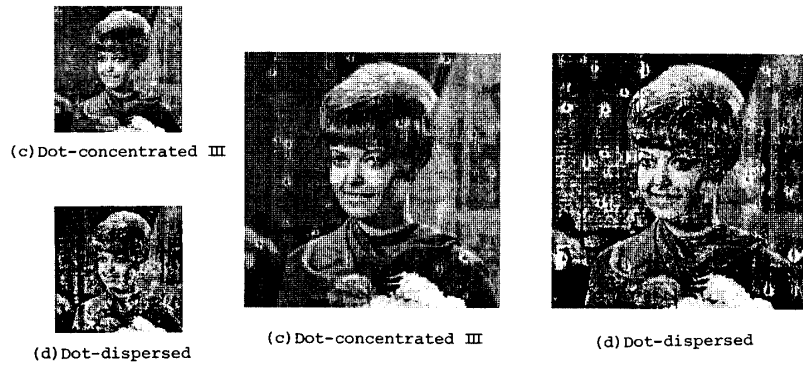


Fig. 18 GIRL images translated by exponential scale.
(Dither methods (small) and extended dither methods (large))

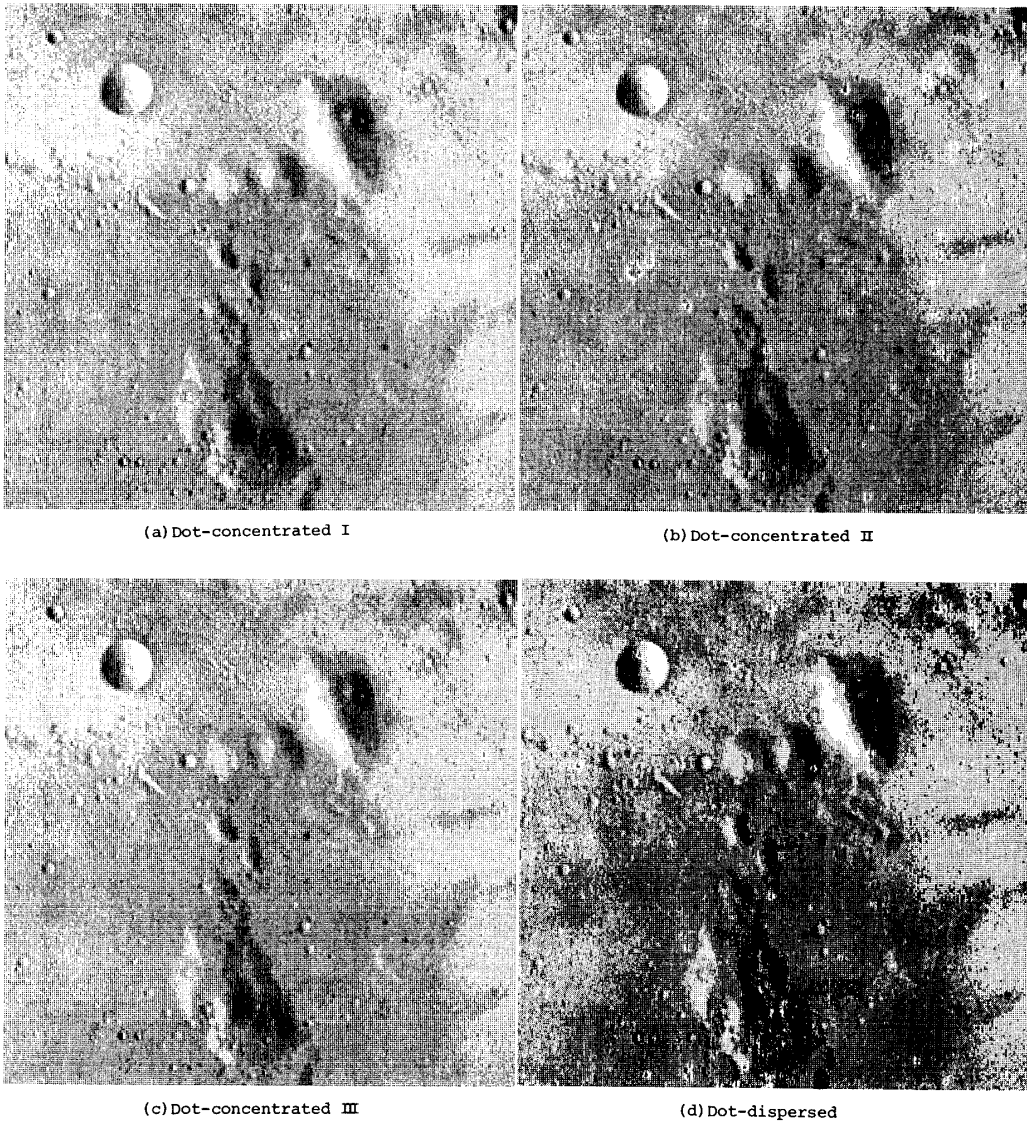


Fig. 19 MOON SURFACE images translated by exponential scale.
(Fixed-pattern methods)

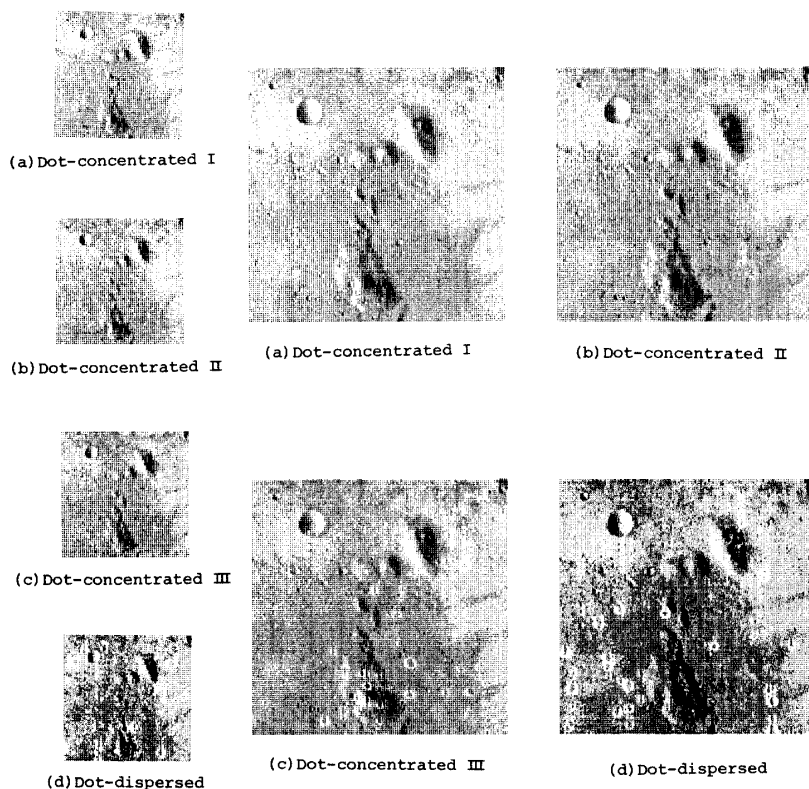


Fig. 20 MOON SURFACE images by exponential scale.
(Dither methods (small) and extended dither methods (large))

5. おわりに

NIP による画像印刷について考察した。本稿では、主に画像の復元、強調を行う場合のシミュレーション用の画像としてどのような印刷方式をとればよいかという見地から、見やすい画像出力の方式について検討した。種々の実験結果から、NIP 印刷画像は、中、高濃度での階調性が不十分だが、階調補正を行うことによって実用上ほとんど問題にならなくなった。

最後に、SIDBA 画像の磁気テープを御提供下さった東京大学生産技術研究所多次元画像処理センターの

関係各位に謝意を表する。また、図面等の作成に御援助を戴いた渡部由子さんに感謝する。

参 考 文 献

- 1) T. S. Hung: "Two-Dimensional Signal Processing I" Springer-Verlag, N.Y. (1981) p. 155
- 2) 川添容宏: 電学論 C, **102**, 239 (1982)
- 3) M. Onoe, et al.: MIPC REPORT, **791**, 1 (1979)
- 4) 日本電気: "ACOS 周辺装置取説 N 7384-21 ページプリンタ (HAA14-1)", p. 1 (1983)
- 5) 小林 誠: 信学技報, **82**, No. 236, p. 41 (1983)
(昭和 58 年 10 月 15 日 受理)