

## 特集 : 高精細デジタル画像を支えるテクノロジー 解説

## エネルギー制御による新サーマルプリント方式の紹介

## Introduction of New Intelligent Thermal Technology with an Improved Print Head System

福島 格\*

Itaru FUKUSHIMA\*

**要 旨** 昨今のデジタルイメージングの進歩は目覚ましい。その印刷方式としてサーマルヘッドを使用する昇華プリント方式、溶融転写方式などは従来から履歴制御方式と呼ぶ推測制御方式が使われている。しかし所詮、推測をもとにする方式であるので正確な階調表現は実現しにくい問題があった。今般、新しい方式として温度検出素子を発熱体とし、時々刻々、ヘッドの各発熱素子に発生する発熱エネルギーを計測することで、メディア上の発色を高精細で制御する方式を確立したので報告する。

この印刷方式はその印刷時の発熱エネルギーの変化を実測し制御するが、サーマルプリンタの発熱体の発熱状況が目視できるおそらく世界初のケースとおもわれる。

この結果、新しい印刷メディアの開発評価にも本技術は応用できると考えられる。

**Abstract** The recently progress of digital imaging is very noteworthy. From long ago the printing method by using thermal head is adopted mainly history heating control. But the degree of printing accuracy of the method was low-level tone reproduction. Because, this historical control is a just speculate method. Now we developed new printing method by using temperature measuring parts and detecting its heat energy. This may be first case in the world that we can know the energy of heating element just during printing. And by feedback control we can control adding heating energy. This method will be able to development for new printing material too.

**キーワード** : 省エネ, 熱フィードバック制御, サーマルカラープリンタ, リライトプリンタ, ホログラムプリンタ

**Key words**: energy saving, heat feed back control, thermal color printer, rewrite printer, hologram printer

## 1. はじめに

数年前ブームとなったプリクラ写真もサーマルプリンタを使った昇華方印刷方式であるが、このプリンタのサーマルヘッドの発熱体には微小固定抵抗体を使用されるのが通常であって、その印刷中はその発熱体が何度で発熱しているかはヘッドの発熱体と印刷メディアが接している以上、検知が困難であった。従って、計算による推定温度をもって、発熱制御を行うのが通常であった。しかし所詮、推測であるから、制御を高精度にすることは望めなかった。近年の高精細の印刷画質を要求されるカラープリンタにおいてはこの方式はもはや制御に限界がある。やはり正確な制御には発熱体自体の時々刻々の実際の温度を知り、その結果を利用してフィードバック制御により発熱エネルギーの制御を行う発想で筆者らは研究を続け、今般、大規模集積回路とそれに適したサーマルヘッドを開発し、その性能を確認したので報告する。

## 2. 本研究開発の成果

1) おそらくは世界初の発熱制御についてフィードバック制

御が確立でき、高精細カラープリントの道が開けた。なぜなら各ドットは1ラインの印刷中に40回近くもの温度測定が行われ、その測定をもとに目標の温度エネルギー値に達するよう時々刻々駆動制御される。従来の1ラインにつき1回だけ制御エネルギーを決めるだけの制御に比し、格段に制御精度が向上した。

- 2) 適正な加熱制御となり、余剰な発熱が無くなった。したがって従来、不可欠であった空冷ファンやフィンなどでサーマルヘッドの余剰熱を除去する必要がなくなり、大幅な省エネルギー印刷となった。
- 3) 従来の固定値ヘッドはその発熱素子の抵抗値が時間経過とともに変化したため、寿命が短かったがこの方式ではその経時変化を自動検知し、抵抗値変化への自動修正が可能となり、約2~3倍ヘッドの寿命が延びた。
- 4) 地域や季節によってプリンタの周囲温度条件は変化するが本方式では発生エネルギーを目標値に達するべく制御するので、その変化にも自動追従できる。従来のサーマルヘッドではその対応が困難で、印刷ムラが生じやすかつ

平成 15 年 9 月 15 日受付 平成 15 年 9 月 30 日改訂 平成 15 年 10 月 2 日受理

Received 15th, September 2003, Revised 30th, September 2003, Accepted 2nd, October 2003

\*サイバーイメージング株式会社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 3-4 藤和神田錦町ビル 4F  
Cyber Imaging Co., 4F Towa Bldg., 3-4 Kanda, Nishikicho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0054, Japan

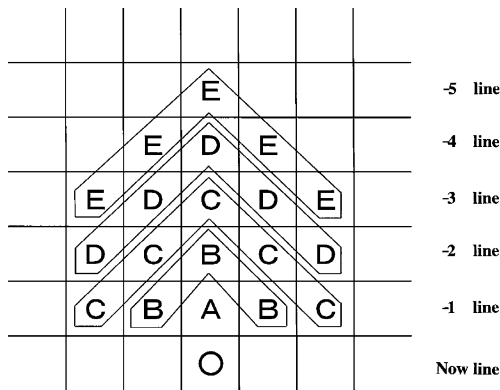


Fig. 1 Historical control sample with adding weight

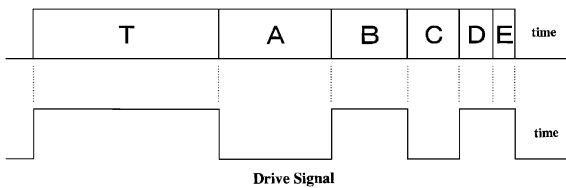


Fig. 2 Historical control timing chart

た。

- 5) 常に発熱状況を測定できるからもしも発熱体が断線故障しても即座に自動検出できる。従来ヘッドでは断線検知は困難であって、たとえば駅の切符の発券面の黒地に白線が入ってしまうトラブルなども除去できる。
- 6) 印刷中の目標とする加熱温度や加熱エネルギーはソフトウェアで自由に変化でき、また加熱した結果の測定もできるので加熱中の各素子のエネルギー変化もパソコンでグラフ化して、目視できるようになった。

参考までに従来の熱制御はどのように行われているかについて一例を記す。たとえば、上記 Fig. 1 は履歴制御と呼ばれる方式例であって、印刷の 5 ライン前からの印刷内容が、これから印刷する第 6 ラインの○印のドットにどのように影響するかを配慮する制御方式である。すなわちいま、○のドットの 1 ライン前の同じビット位置を A とし、以下同様に B から E のエリアを図のごとく定義すると、もしも 1 ライン前の A が発色していたならばその○の温度は上がっているはずであるからそれだけ駆動をかけないほうがよい。そのため Fig. 2 の B に示すごとく加熱駆動信号の A の区間だけ駆動を落とす。同様にももしも、C のエリアで過去に発色させていたならば区間 C だけ駆動を落とす。他に発色させたドットがないなら区間 B, D, E は駆動する。ただし、A から E まで加熱の影響度を考慮してその幅は変わっている。すなわち重み付けをしているわけである。区間 T は発色させるときには駆動の区間となり、もしも発色させないときは T, A, B, C, D, E すべてが駆動されないことになる。筆者は 16 年前にこの手法で当時、サーマルヘッドは 2 cm/秒程度の印刷速度であったものを 50 cm/秒に引き上げることができたが、この重み付けの量が環境条件や印刷枚数により変化してしまうため安定して正確な制御が行えなかった<sup>1)</sup>。

これはやはりヘッドの発熱体の発熱温度やエネルギー量

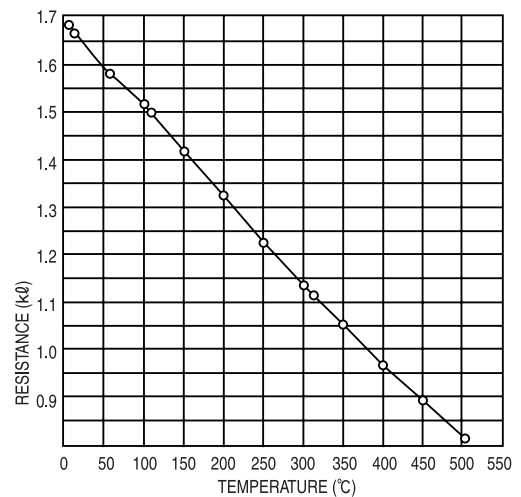


Fig. 3 The relationship between resistor value of heat element and its heating temperature

そのものを検知できないことに起因しており、これはサーマルヘッドを使うこの業界のすべてのプリンターに共通した大問題であった<sup>2) 3)</sup>。近年のロボット制御、ファジー制御、ニューロンコンピュータ当の先進の制御はみなセンサーの情報をその制御の入力情報とするフィードバック制御をしているが従来のインクジェット、レーザープリンタ等のどの制御もまたオープンループでの駆動制御であり、センサーは使われていない。

### 3. 本方式の動作原理

本方式では発熱体として、固定抵抗ではなく、発熱温度によりその抵抗値が Fig. 3 のごとくに変化する 100 μm ほどのサーミスタ素子を一列に並べて使用している。そしてそれらの時々刻々変化する抵抗値が検知できればその発熱温度検知が可能となることを応用する。このためにこれらの抵抗値のばらつきを小さく抑え、かつ、そのばらつきをあらかじめ検知し、補正する手法を考案し、調整に複雑な手間のかかる製品製造を避けることを可能とする手法を考案している。Fig. 4 に制御回路の一例を載せる。

実際の今回開発した制御回路はカスタム LSI として、印刷中はヘッド上の一発熱素子あたり、75 ns 秒という超高速でかつ、256 素子を一まとめでその温度を測定することが可能となり、結果として、ヘッド上の各発熱体の温度変化は 45 μ 秒にて読み出すことが可能となった。これはたとえば秒速 2 インチで走行する紙面上を 300 DPI のヘッドが走行する際、一ラインについて 37 回温度測定することが可能となることを意味する。従来のサーマルヘッドでは一ラインの印刷前に計算で得られた 1 回の制御量でのみ駆動し、かつ、印刷中のフィードバック制御がありえないことを考えるとき、飛躍的に制御精度が上がっていることを意味する。ところで我々は当初、ヘッドの全発熱体の時々刻々の温度変化を調べ、目標温度に到達したならばその発熱体の加熱をやめる制御で良質の印刷濃度が出ると考えていた。しかしこれは印刷濃度と、ヘッドの発熱体の発熱温度は比例する前提であって、それは必ずしも

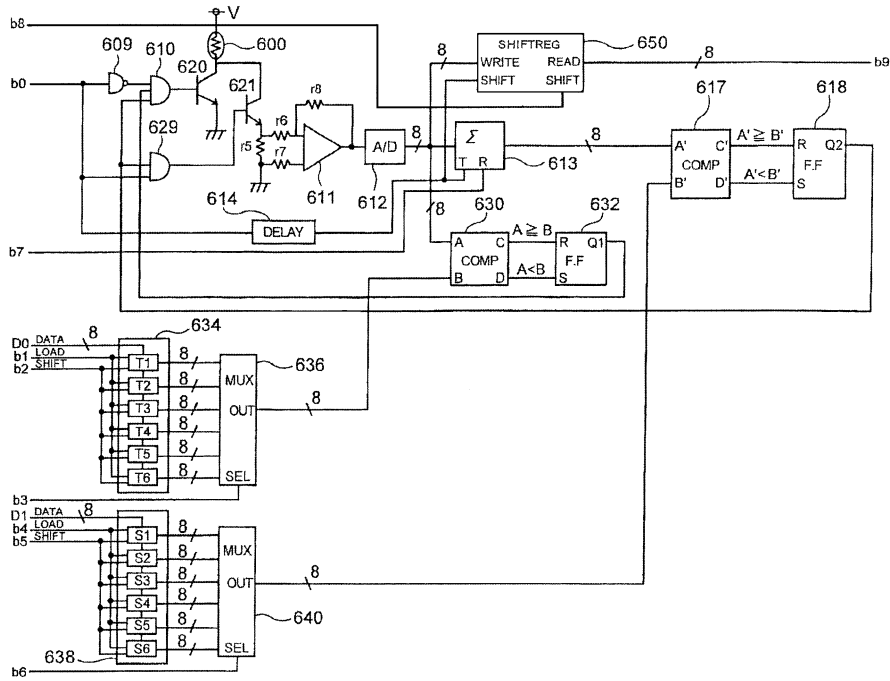


Fig. 4 The sample of control circuit

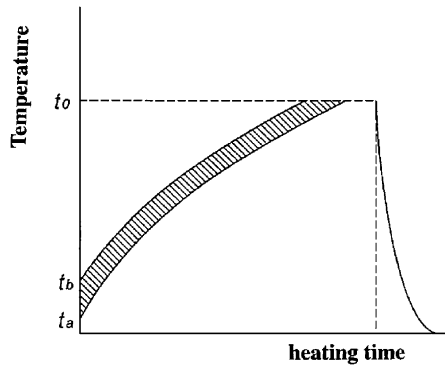


Fig. 5 The relationship between the starting temperature and the added thermal energy

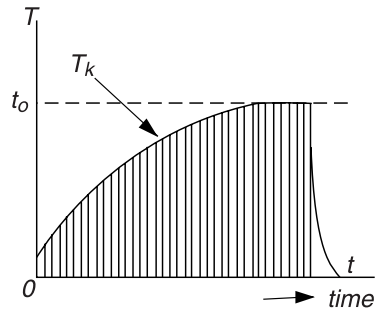


Fig. 6 Heat energy calculated from temperature curve

一般的に言えることではないことに気づいた。すなわち、冬の北海道と、真夏の沖縄では印刷開始前の環境温度にしても 50°C 近い差があるという事実から、目標の発色の濃度をコンスタントに得るにはどうするかについて考慮する必要性が出てきた。

これは高温から加熱するときと低温から加熱するときとでは Fig. 5 の斜線部分だけ発生エネルギーに差がでて来る結果、濃度差が出ることに起因している。

このため、Fig. 6 のごとく、温度曲線の下での「面積」が発熱エネルギーに比例することを利用し、目標の発色濃度がこの面積に比例するとして、単に加熱温度を目標とするのではなく所定の面積となるよう目標制御量を変えた結果、きわめてよい結果が得られた。

この「必要な濃度を得るには、加熱エネルギーが関与する」ということは製紙メーカーから出されている感熱紙の Fig. 7 の特性表でもいえることである。この図の横軸は温度ではなくエネルギー値であることに注目したのである。

Fig. 6 において温度曲線の下でのハッチング部分の面積が発

熱エネルギーに比例すると述べたが、ここでこの算出した「面積」値が発熱エネルギー値に比例する理由について以下に述べる。

いま、ヘッドの微小発熱体の質量を  $m$ 、その比熱を  $C$ 、任意に時刻でのその発熱体の温度を  $T$  とし、微小時刻を  $\Delta t$  とすると、その微小時刻における発熱エネルギー  $\Delta E$  は次のとおりとなる。

$$\Delta E = mcT\Delta t$$

よって加熱開始から終了までの総エネルギー  $E$  は次のごとくになる。

$$E = \int \Delta E = \int mcTdt$$

$m$  と  $c$  は定数なので、結局  $E=mc\int Tdt$  となる。これから時々刻々の温度  $T$  を積分すると、それは結局ハッチング部分の面積に比例し、発熱エネルギー  $E$  に比例することが判明するのである。実際は時々刻々の温度  $T$  が測定でわかると、測定の時間間隔  $\Delta t$  が一定であれば、1 ラインにつき  $n$  回測定するとすれば、

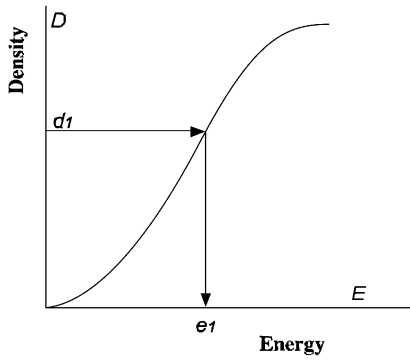


Fig. 7 The relationship between the printing density and heating energy in thermal paper

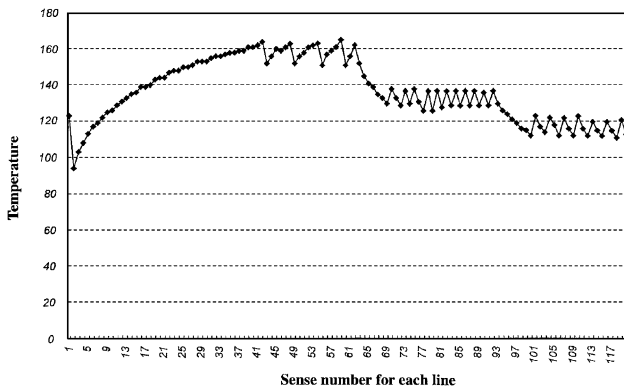


Fig. 8 An example of multi-steps heating control

$$E = mcn\Delta\tau\Sigma T = K\Sigma T \quad (\text{ここで } K = mcn\Delta t \text{ で定数である})$$

したがって、印刷時に時々刻々温度を測定し、加算器で加算することで、エネルギーEが求められる。したがって同面積値(すなわちエネルギーEに比例する値)を計算できると Fig. 7 で明らかごとくその数値を使って所望の印刷濃度を得ることができるのである。

Fig. 8 は本方式で1ラインドットを印刷中に3段階の目標温度と目標エネルギーを変えて制御する制御をした事例である。このように、印刷時に1ラインごとにプログラムで目標温度と目標エネルギーを多段に自由に変化させることができるわけがこのような高度の熱制御は従来の履歴制御方式では不可能なことであった。さらにこの制御中に読み取った温度変化が記憶できるので、パソコンで Fig. 8 のごとく、実際はどのような温度変化をしたか我々は検知できるようになったのである。

これは温度制御結果の実際の加熱エネルギーの変化が目に見える形で確認できた最初の事例ではないかと思われる。モノクロ感熱紙に対して本方式で階調印刷した事例を Fig. 9 に載せる。

#### 4. まとめ

今回、開発した本方式の集積回路とサーマルヘッドを使用して実験した結果、次の用途に応用できることが判明した。

- 1) 300 DPI の L 判サイズの昇華カラープリントが 3.5 秒 / 枚



Fig. 9 The sample of density print picture by this study with an hologram printed on at the upper area

の速度で印刷できる見通しを得た。他の方式が 15 秒・枚程度の従来のオープンループ制御プリンタに比し、加熱制御をしてフィードバック制御の効果が判明した。

- 2) 感熱紙プリントでリニアな 256 階調の写真画像のプリントが得られた。
- 3) 大きな加熱エネルギーが必要なため金型によるホットスタンプ方式で転写が行われていたホログラム印刷が本方式で、熱制御を適切に行う結果、プリンタで印刷が可能となった。従来ヘッドによるプリントではヘッド寿命が極めて短かく、ホログラムプリンタは実現できていなかったが本ヘッドはその寿命問題がなくなった。結果として上記、金型転写では不可能であった1枚ごとに印刷パターンを変えられるオンディマンドのホログラム印刷が可能となった。(Fig. 9)
- 4) 用紙を繰り返し使うリライト印刷方式において従来の、ヒーターによる印刷内容の消去後にサーマルヘッドでデータを印刷する2段階方式に対し、本ヘッド1本で消去、印刷を同時に行うことが可能となった。大幅な省エネとヒーター削除による小型化が実現した。

筆者は過去 19 年間サーマルプリント方式について研究を続けてきたが今回、単なる温度制御でなく、加熱エネルギー測定によるフィードバック印刷方式によって高精細、省エネプリンタの実用化に目途が立った。本方式は今後、多方面で活用されると思われる。

#### 5. 謝辞

最後に昇華カラープリンタへの本方式の応用について終始、適切なアドバイスをいただいた大日本印刷株式会社の竹田秀一郎様に御礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 福島 格, NEC RESEARCH & DEVELOPMENT, **33**, 55 (1992).
- 2) 日本画像学会・日本写真学会編, “ファインイメージングとハードコピー”, コロナ社, 東京, 1998, p. 85.
- 3) 阿部隆夫, 日本画像学会誌, **37**, 560 (1998).