転写型感熱記録の現状

島 崎 良 一*

1. はじめに

感熱記録はノンインパクト記録の特長である無騒音やメンテナンスが容易であること、小型軽量化が可能、比較的ランニングコストが低い、マシンコストも低いなどの特長を生かし、最近ファクシミリ、コンピューター端末、レコーダーなどの各分野で多く用いられるようになっている。現在、これらの感熱記録装置の印字媒体としては主にロイコ染料とフェノール化合物を用いた発色型感熱紙が用いられているが、印字の耐熱性、耐光性、耐水性、耐薬品性などに問題があり、また経時変化による退色や変色があるため広く用いられていないのが現状である。近年上記のような欠点をなくすため永久保存のできる感熱紙の開発が各感熱紙メーカーによって行なわれているが、染料を用いるという原理的なものから耐光性、経時変化などの特性に劣り公文書や金融関係の文書などには使用できないとの見方のあるのも事実である。これらの欠点を解決するため近年注目されてきた記録方法に転写型感熱記録がある。これは熱溶融性のインクを薄紙やフィルムの片面に塗布し、他面より感熱ヘッドで加熱し、それに対面した普通紙に溶融または昇華により転写しようというものである。

表-1 に転写型感熱記録と他の記録方法との特性の比較を示す。この表より明らかなように転写型感熱記録は普通紙記録であるため印字の耐光性、耐熱性、耐水性、耐薬品性などに非常にすぐれ、一方感熱記録の特長である無騒音、メンテナンスフリー、低コスト、小型軽量化など他の印字方式に比べ数多くの長所を合わせ持っている。また、カラー化が可能なこともこの記録方法の大き

な特長の一つである。近年この記録方法は注目され発券機、ワードプロセッサ、ファクシミリ、コンピューターの端末などに採用されつつあり、現在そのいくつかは装置が市販されている。本稿ではこの転写型感熱記録についてその原理と応用について述べてみたい。

2. 転写型感熱記録の原理

2.1 転写型感熱記録媒体の構成

転写型感熱記録媒体（以下転写媒体という）には次の2つのタイプがある。

- a) 転写フィルムを用いる方法（記録は1枚）
- b) 感熱紙を併用した同時2枚記録法

上記 a) の方法は図-1 の A) に相当し、厚さ数 μm ～ 20 μm 程度の薄紙やフィルムに熱溶融性インク層（以下単にインク層という）を設けた転写フィルムを普通紙などに密着し、転写フィルムの上より記録ヘッドを圧着加熱しインク層を溶融転写させるものである。この方法の特長は表-1 に示した以外に鮮明な記録が得られる、高速印字が可能であるなどが挙げられる。

また、b) の方法は図-1 の B) に相当し発色型感熱紙の裏面にインク層を設け普通紙と重ね合わせたもので、転写媒体の表面には発色印字が得られ、同時に普通紙には転写印字が得られるので2枚同時複写が可能となる。しかも、転写印字は普通紙記録となるので表-1 に示した転写型感熱記録の特長がそのまま生かせるという長所がある。

2.2 転写フィルムの特性

転写フィルムによる記録特性を左右する要因としては

- a) 基材の厚さ
- b) 基材の材質
- c) 熱溶融性インクの物性
- d) 熱溶融性インク層の厚さ
- e) 普通紙の表面物性

などが挙げられる。

表-2 は著者らが主に経験的に得た記録特性をまとめ

昭和 56.10.19 受理

Recent Trends of Thermal Ink Transfer
Recording

Yoshikazu SHIMAZAKI

* 富士化学紙工業(株)研究室

大阪市西淀川区歌島4丁目8番43号(〒555)

表-1 特性比較表

項 目		転写型感熱	発色型感熱	インクジェット	ワイヤドット	放電破壊	静電記録	電子写真
機 械 体	ヘ ッ ド	感熱ヘッド	感熱ヘッド	ノズル	ワイヤー	放電ヘッド	静電ヘッド	光 線
	印 字 速 度	0.5~5mS	2~10mS	数10~300μS	μS	数100μS以上	数~20μS	μS
	騒 音	○	○	○	×	○	△	△
	印字エネルギー	○	○	△	○	○	△	△
	信 頼 性	○	○	×	△	○	×	×
	マシンコスト	○	○	△	△	○	×	×
	軽 量 小 型 化	○	○	△	△	○	×	×
	現 像 ・ 定 着	○	○	○	○	○	×	×
	メンテナンス	○	○	×	△	○	×	×
	直 視 性	○	○	○	○	○	×	×
用 紙		普通紙	特殊紙	特殊紙	普通紙	特殊紙	特殊紙	普通紙
媒 体		転写フィルム	不 要	液体インク	布リボン	不 要	トナーetc	トナーetc
印 字 特 性	耐 光 性	○	×	×	△	○	○	○
	耐 水 性	○	×	×	△	○	○	○
	耐アルコール性	○	×	×	△	○	○	○
	改ざん防止性	○	×	×	○	○	○	○
	耐 熱 性	○	×	○	○	○	○	○
	保 存 性	○	×	△	△	○	○	○
	地 色	白	白(普通紙様)	白	白	淡 灰	白(普通紙様)	白
	発 色 度	○	△	△	△	○	○	○
	解像度(本/mm)	10	20	10	6	5	10	10
	カ ラ ー 化	○	×	○	○	×	×	○

たものである。これによると基材厚みにより転写効率が左右され、厚みが増大するほど転写効率が低下するといことがわかる。

インクの物性では硬度が高いほど転写効率が低く、柔らかいほど地汚れや印字のぼけやにじみが生じる。また、熔融粘度は画質に影響を与え、低い場合は中抜け*1が起こり、高い場合には加熱時に流動性が生じるまで時間がかかるため転写不良となることがある。

インク層の厚みは転写媒体の総厚みに関係するため、薄いほど感度は良くなるが印字濃度の低下をまねき、しかも普通紙表面の凹凸にも影響されやすくなるので適当な厚みが必要となる。

*1: 加熱部分の中央部のインク層が周囲に流れ出し薄くなる現象で全体として印字濃度が低下する。

普通紙はかなり広範囲に使用できるが表面の凹凸や表面物性により影響を受け、凹凸が大きい場合くぼんだ部分にインク層が転写されず画質の低下をまねく。また表面物性によりインク層の接着力、浸透性などが変化するため、その用途に応じ適正なものを選ぶ必要がある。

2.3 インク転写特性

転写媒体のインク転写特性はまず加熱ヘッドによって基材表面が加熱され、転写媒体基材中を熱が伝達し、インク層が昇温、熔融流動することにより普通紙上に接着され転写媒体基材よりハク離されることにより転写されるという各課程で決定される。徳永ら¹⁾はインク転写効率 K_S (S^{-1}) を次のように求めている。

$$K_S = C_1 \exp(-Q/kT) \quad (1)$$

ここで k はボルツマン係数 ($1.38 \times 10^{-23} J \cdot K^{-1}$)

(A) 転写型感熱記録

(B) 転写型感熱記録による同時複写

図-1 転写型感熱記録媒体の構成

T はインク層温度 (°K)

Q はインク転写に要する活性化エネルギー (J)

C_1 はインク転写係数 (S^{-1}) である。

また、転写フィルムの加熱面積 S_0 (cm^2) とインクが転写された面積 S (cm^2) は加熱時間 t により変化し

$$\frac{dS}{dt} = K_S(S_0 - S) \quad (2)$$

となる。そこで $t=0$ の時に $S=0$, $t=\infty$ の時 $S=S_0$ とすると,

$$S = S_0 \{1 - \exp(-K_S t)\} \quad (3)$$

となる。印字の反射濃度 (optical density) D は $S=S_0$ の時 $D=D_0$ となり

$$D = D_0 \{1 - \exp(-K_S t)\} \quad (4)$$

で表される。ここで D_0 は飽和濃度であり $D=D_c$ (一定) とすると $K_S \cdot t$ が一定になり, t を加熱パルス幅 τ に置き換えると,

$$\frac{1}{T} = \frac{k}{Q} \{\ln \tau + \ln (C_1/D_c')\} \quad (5)$$

$$D_c' = \ln \{D_0/(D_0 - D_c)\}$$

となる。これは転写フィルムの等濃度特性式と呼ばれる。

図-2 は基材に厚さ $12 \mu m$ のポリエステルフィルムを用い。融点 $60^\circ C$, 熔融粘度 50 cps ($100^\circ C$) のインクを厚さ $3 \mu m$ に塗布した転写フィルムを用いた時の等濃度

表-2 画質に関する特性

項	目	内	容	備	考
インク	着色剤	種類によって記録の色調が決まる			
	硬さ (針入度)	柔	適正	硬	□=ヘッドの素点の大きさ
	転写状態				
	融点	低	適正	高	
	溶融粘度	低	中	高	断面図
インク	転写効率	良	←	不良	
	地汚れ	不良	→	良	
	転写状態				
基材	剝離強度	小	中	大	
	地汚れ	不良	→	良	
基材	厚さ	薄	→	厚	
被転写紙	表面平滑度	適正なものを用いる			
ひきはがし条件	時間角	300mm/sec以上では良好な濃度となる。 3mm/secの時は右図 $\theta = 135^\circ$ 以上が望しい。

図-2 転写型感熱記録の等濃度曲線

特性を表したもので $1,000/T (^{\circ}\text{K}^{-1})$ と加熱パルス幅の対数 $\log \tau$ との関係をプロットしたものである。これによると濃度 $D_c = 0.36$ 及び $D_c = 0.72$ の場合 (5) 式と非常に良い一致が見られ、 $Q/k = 1,960\text{K}$ が得られる。また、発色型感熱紙でも同様に (5) 式との一致が認められるが、図中破線で示されるように転写フィルムに比べ同じ加熱パルス幅で高いヘッド温度が必要になっている。たとえば $\tau = 5\text{ms}$ で $D_c = 0.72$ とすると、転写フィルムではヘッド温度が 200°C であるのに対し、感熱紙では 330°C が必要となる。また、ヘッド温度が 260°C の場合、転写フィルムで $\tau = 4\text{ms}$ であるのに対し、感熱紙では $\tau = 10\text{ms}$ となり転写フィルムがより低エネルギー印字、高速印字に向くことがわかる。

2.4 基材物性による転写特性

基材物性のうち特に印字特性に影響するものは次の通りである。

- 基材の厚さ
- 基材の表面状態 (平滑度)
- 基材の熱伝導性

転写フィルムにおいて基材表面より温度 T_0 で加熱した場合、インク層塗布面の温度を T とし、周囲の温度を T_s とすると次式が得られる。

$$T - T_s = C_2 (T_0 - T_s) \quad (6)$$

図-3 温度係数 C_2 と紙厚との関係
● = 感熱紙 ○ = 各種用紙

ここで C_2 は 1 より小さい定数である。図-3 は各種の紙および感熱紙について C_2 を測定し紙厚との関係をプロットしたものである²⁾。これによると紙厚が小さいほど C_2 の値が大きくなる。すなわち感度が高くなる事を示している。また、(5) 式と (6) 式より

$$\frac{1}{C_2(T_0 - T_s) + T_s} = \frac{k}{Q} \{ \ln \tau + \ln (C_1/D_c) \} \quad (7)$$

が得られる。

基材の表面状態は加熱ヘッドとの密着性、インクのハク離性能に影響する要因である。プラスチックフィルムの場合は、ほぼ完全な平滑面と考えられるが基材として紙を用いる場合は特に影響が出てくる。紙の表面状態は平滑度で表され、特に平滑度の低い紙を基材とした場合、ヘッドの密着性が悪くなり必要以上のエネルギーを消費することになる。また、インク層が転写後ハク離しにくくなり、部分的に基材面に残り転写率や印字品位を低下させる。

基材の熱伝導性は基材の材質によって決定されるが転写率などにはそれほど影響を及ぼさない。それは基材厚や平滑度の方がより大きな影響を与えるからであろう。しかし、基材が紙の場合には繊維間に空気層が存在することにより熱伝導率が著しく低下するため、ある程度密度を高くする必要があると考えられる。

2.5 インク物性について

転写フィルムに塗布される熱溶解性インクの基本的な成分と効果を表-3 に示す³⁾。これら基本成分の種類や配合量を変えたり適当な添加剤を加えたりすることによりインク物性をある程度自由に変えることができる。

インクは加熱転写される時、固態—液態—固態の相変化をするためその熱的性質、固体物性、熔融物性が転写

表-3 熱溶解性インク基本成分表

成 分	効 果	重 量 %
顔 料	着 色 剤	20
カルナウバワックス	バインダー剤	20
エステルワックス		40
オ イ ル	柔 軟 剤	10
そ の 他	添 加 剤	10

媒体の特性に大きく影響を与える要因となる。次にそれら物性を挙げる。

熱的性質

- a) 融点および軟化点
- b) 熱伝導率
- c) 熱容量
- d) 比 熱
- e) 融解熱

固体物性

- f) 密 度
- g) 硬 さ
- h) 引張強度またはハク離強度

溶融物性

- i) 溶融粘度

徳永⁴⁾は表-4 のような物性のインクを用い、物性値と転写特性を調べている。図-4 はインクが室温から融点に達するに必要な熱量と融点の関係を示したもので、当然のことながら融点が高いほど熱量は高くなる。図-5 はインク融点と転写率の関係をプロットしたもので融点 が 55~60℃ の間にピークが見られ、ヘッドの表面温度が高いほどピークの位置が高融点側へ移動している。融点が高いインクほど転写率が低いのは融点以上に加熱するのに必要な熱量が大きいためであろう。一方融点の低いインクの場合は、すべて融点以上に加熱されていると考えられるので転写率の低下は別の原因によるものと考えられる。図-6 はインク融点とハク離強度の関係を表わしている。ここで融点が高いほどハク離強度が小さい

図-4 インクの室温から融点に達するまでに必要な熱量と融点の関係

図-5 インク融点と転写率の関係

表-4 インク物性値

項目 試料番号	融 点 ℃	熱 伝 導 率 cal/cm·sec·℃	熱 容 量* cal/℃	比 熱 cal/g·℃	融 解 熱 cal/g	密 度 g/cm³	引張強度 kg/cm²
1	47	6.8×10^{-4}	0.68	0.73	44.1	0.93	8.4
2	52	7.2×10^{-4}	0.56	0.57	45.6	0.98	10.6
3	62	8.3×10^{-4}	0.57	0.58	51.9	0.98	15.2
4	67	6.2×10^{-4}	0.55	0.54	31.6	1.02	9.4
5	71	6.5×10^{-4}	0.57	0.58	29.5	0.99	4.5
6	73	8.8×10^{-4}	0.56	0.57	35.6	0.97	3.6

* 1 cm³ 当たりの熱容量

図-6 インク融点とハク離強度の関係

図-7 インクの溶融粘度曲線

ことがわかる。ハク離強度が低いと、一度は完全に溶融接着したインク層が基材から引きはがされる時基材より完全にハク離せず基材上に残留するためと考えられる。

インクの溶融粘度は転写率よりもむしろ印字品位に影響

すると考えられる。前にも述べたように溶融粘度による転写率への影響は粘度が高くなるほど、転写率が低くなる(表-2 参照)。しかし、これは基材厚さや融点ほどの効果に比べ小さく、むしろ地汚れ^{*2}や転写状態が不安定になり、印字の中抜けや濃度むらを生じる。これらは溶融粘度が低い場合起こりやすい。図-7 はインク溶融粘度とインク温度の関係を示すもので、1の曲線に相当するのは上記インク粘度が低い場合である。理想的には融点以上の温度で一定粘度となるものが好ましく、図中太い破線で示した粘度曲線が理想型であるといえる。これに最も近いものが2の曲線である。また、それ以上の粘度すなわち3~5の曲線になるに従って徐々に転写率が低下する傾向にあり、加熱パルス幅が短いほど大きく影響する(図-16 参照)。

以上述べたものが転写率などに大きく影響する要因であり、熱伝導率や比熱などはいずれのインクもほぼ一定であり、転写特性への影響は少ないと思われる。また、インクの硬さも使用目的に応じ適正值を選べば良い。

2.6 スティック防止について

スティックとは感熱記録において記録媒体が加熱ヘッドに融着し記録媒体の送りやヘッドの走行が妨げられる現象をいう。発色型感熱紙においても当初スティックが発生するものがあったが、発色層にワックスやタルクなどの滑剤や接着防止剤を添加することにより防止している。転写型感熱記録においても同様のスティックが起こる場合がある。特にプラスチックフィルムを基材として用いた場合に生じることが多い。スティックが起こる条件としては高速印字の場合、加熱ヘッドに高電圧が短時間かけられる場合や、ファクシミリなどに用いられるラインヘッドのようにヘッドに対する接触面積の大きい場合などであって、フィルム材質の軟化温度以上にヘッド表面が加熱され、フィルム表面に接着性が生じるとスティックが起こる。対策としては基材の材質を選択する。たとえばポリイミド、セロファンなどのような軟化点を持たないものが良いが、価格が高い、薄くするのが困難(強度が低下するため)という問題点もあり実用化には到っていない。また薄紙を用いる場合も良好でスティックはまったく起こらないが、強度的に問題があり幅の狭い転写媒体には向かない。そこで最も良く用いられるのがポリエステルフィルムであるが、軟化点が約 260°C であるためフィルム表面が 260°C 以上に加熱されるとスティックが生じるようになる。大野ら⁹⁾はポリエステルフィルムにアルミ蒸着層を設けた基材を用いてステ

*2: 地汚れ: 印字箇所以外の未加熱部分にもわずかな転写が生じる現象で印字品位を低下させる。

図-8 スティックに対するアルミ蒸着層の効果

図-9 記録とインクフィルム搬送のタイミング

ィックの起こる条件を調べている。図-8 はスティックが発生する電力を通電時間（加熱パルス幅）に対してプロットしたものでアルミ蒸着層によりスティックが防止できることを示している。著者ら⁶⁾は基材表面に耐熱性保護層を設けることを提案している。耐熱性保護層としては、シリコン樹脂、フッ素樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂およびニトロセルロースであって基材の軟化点以上になり基材は軟化しても保護層が軟化しないためヘッドとの接着はなくスティックが防止できる。

一方、以上のような保護層を設けなくともスティックを防止する方法も提案されている。それはヘッドの加熱パルスと駆動パルスのタイミングをずらすことにより基材表面が軟化し、それが冷却固化すると接着が起こるが、軟化しているうちにヘッドや転写フィルムを移動させてしまうことによりスティックを防止するという方法

である。図-9 は加熱パルスと駆動パルスのタイミングを表すタイミングチャートで、(A)と(B)で駆動パルスのタイミングを変えている。12 μm 厚のポリエステルフィルムに 4g/m² のインク層を設けた転写フィルムを用いた実験結果では、フィルム表面が冷却してから駆動する(A)の場合、1.2W の電力でスティックが発生しているのに対し、冷却前に駆動する(B)の場合 1.6W でもスティックが発生しないと報告されており、駆動のタイミングでスティックが防止できることがわかる。

3. 転写型感熱記録の応用

3.1 同時複写

2.1 項でもふれたが転写型感熱記録の応用としての同時複写について述べてみよう。従来感熱記録における複写紙としては、発色型感熱紙を 2 枚重ねたいわゆるマルチサーマルペーパーがある。これは感度の異なる 2 枚の感熱紙をマイクロクリスタリンワックスなどを用いて全面貼付したもので、下紙の感度に限界があり記録エネルギーが通常の感熱紙より多く必要であることや上紙と下紙が一体化しているためはがしにくいというような欠点があった。転写型感熱記録を用いた同時複写では上記の欠点は解消されている。図-10 は徳永ら²⁾が厚み 40 μm の黒発色の感熱紙の裏面に融点 53°C のインク層を 7 μm の厚さに塗布した転写媒体を試作し、市販の黒-黒発色のマルチサーマルペーパー及び黒-青発色のマルチサー

図-10 複写記録の等濃度特性

- : 転写型同時複写の場合
- △-: 黒-青 発色型同時複写の場合
- : 黒-黒 発色型同時複写の場合

マルペーパーとを用い印字エネルギーを複写物の等濃度曲線として比較したものである。これによると従来のマルチサーマルペーパーに比べ、低い印字エネルギーで同時複写が可能になることがわかる。このようにして得られた複写記録は、上紙が発色型感熱紙であるため印字の耐久性には乏しいが、下紙は普通紙印字となるため永久保存が可能であり転写型感熱記録の特長が発揮できる。

3.2 ワードプロセッサ用プリンタへの応用

近年、オフィスオートメーション (O. A.) 機器の一つとして注目されているものにワードプロセッサがある。これは和文や英文で書かれた文書をコンピュータ制御によって編集、印字するものである。ワードプロセッサ用プリンタは英文の場合文字種類が少ないため、現在活字インパクト方式であるボールタイプや花卉タイプのプリンタが多く用いられているが、和文の場合には漢字を印字する必要性からドットインパクトプリンタが多く用いられている。しかし、インパクトプリンタは信頼性や経済性では良いにもかかわらず騒音発生という欠点があり、近時ノンインパクトプリンタの採用が検討されている。文書作成には普通紙印字であることが重要視されることから、感熱記録は当初あまり注目されなかったが転写型感熱記録が提唱されて以来、インクジェットと並び注目されて来ている。転写型感熱記録方式を最初に採用し実用化したワードプロセッサはキャノンで開発したキャノワード 55 である。次いで横河電機がワーディクスを開発した。ワードプロセッサに転写型感熱記録が採用された主な理由は次のとおりである⁷⁾。

- a) 印 字 品 位: 6~10 ドット/mm 程度の印字が得られる。
- b) 無 騒 音: オフィスの環境を破壊しない。
- c) 普通紙印字: 従来よりオフィスで用いられている紙の大部分が使用できる。
- d) 保 存 性: 顔料系インクを用いて永久保存や改ざん防止が可能である。
- e) メンテナンス: 転写媒体の交換以外ほとんど不要である。
- f) 文 字 種: ドット構成によりあらゆる文字が印字できる。
- g) 文字サイズ: ある範囲で切替え可能である。
- h) 装置価格: 比較的安価である。
- i) 小型化: 小型軽量化が可能である。

図-11 はキャノワード 55 のプリンタ構成である。加熱ヘッドは 1×24 ドットで一つのヘッドに 12 ポイント用のドットと 10 ポイント用のドットを並行させ座席に文字サイズの切替えができるようになっている⁸⁾。転写

図-11 キャノワード 55 プリンタ構成²²⁾

図-12 感熱紙と転写フィルムの印字特性

フィルムはカセットに収納され交換が簡単である。また転写フィルムの感度は感熱紙よりも高く、高品位の印字が得られている。図-12 はキャノワード 55 で転写フィルムと感熱紙の印字特性を比較したものである。以上キャノワード 55 について述べたがワーディクスでも特性はほぼ同じといえる。また、日本語ワードプロセッサだけでなく、英文ワードプロセッサやタイプライターにも用いられる。図-13 はキャノワード 55 とワーディクスの印字サンプルである。

3.3 発券機用プリンタへの応用

交通機関において発券機に感熱記録を用いることは数年前より実施されており発色型感熱紙が用いられている。

- (1) 普通紙記録が可能
- (2) 普通紙への同時複写が可能
- (3) 鮮明な漢字が可能
- (4) 鮮明なカラー印刷が可能

- (1) ファクシミリに
- (2) ワードプロセッサ (英文和文用)
- (3) カラーグラフィックスに
- (4) その他各種プリンターに

POSSIBILITY IN THE INFORMATION REGISTERING!

(A)

本教室は関係方面の要望に応じて有能な
今日多くの官庁、会社事務機械が導入
この中であって和文、英文、カナタイプ
いることを多くの人々は知っております
増大しております。

当教室は幅広く多くの卒業生を送り出し
活躍しています。

(B)

図-13 キャノワード 55 による印字サンプル(A)とワー
ディクスによる印字サンプル(B) (原寸)

しかしながら印字耐久性の問題により低額の近距離券に
限り使用され、高額定期券や長距離券では使用できな
かった。転写型感熱記録を用いれば印字耐久性が良いた
め、高額券でも改ざんなどの心配がなく、種々の条件
で長期間使用できる。現在私鉄を中心に集改札の自動
化が進められているが、自動集改札機には裏面に磁気記
録層が設けられており、定期券としては静電記録やイン
パクトプリンタによって記録された券紙を透明フィルムと
磁気フィルムの上にラミネートされたものが使用されて
きた。

これはコスト高になる上ラミネートがはずれ改札機に
つまるといふトラブルもあり、しだいに磁気フィルム上
に直接印字を行なう、いわゆるシールレス券に代わろう
としている。シールレス券はポリエステルなどの基体表
面に多孔質顔料を樹脂で固めたインク受容層を設けイン
ク受容層上には地紋印刷が施されている。また、裏面
には磁気記録層が設けられている。転写型感熱記録はシ
ールレス券の印字方式には最適であり、東芝と三菱電機が
システムを開発し稼動している。図-14 は転写型感熱記
録を用いた定期券発行のシステムを示す。転写フィルム
はワードプロセッサに用いられるものと基本的には同じ
構成であるがインク層の着色材に昇華性染料を含有し、
プラスチック券面に染着しやすく、加熱定着によってイン
ク受容層に浸透、染着する。これによって取扱い時や
改札機を通過する際の汚れを防止し、改ざん防止や耐光
性、耐薬品性のすぐれた印字となる。プラスチック券面
に印字する場合、普通紙などに印字する場合と異なり記
録時のインクの浸透がなく接着力が低いため印字に要す
るエネルギーが大きくなったり、転写むらが生じたりす

図-14 転写型感熱記録による定期券発行システム

図-15 樹脂添加量と溶融粘度の関係

る。これを防止するために大野ら⁹⁾は樹脂類を多く含有する事により、券面への固着強度を高め、定着性を改良している。一般に樹脂の含有量が増加すると溶融粘度が高くなる傾向となるが、彼らは図-15に示すように樹脂量が増加しても粘度が高くならずかえって低くなるような樹脂-Bを用いている。図-16は濃度 1.0 を得るために必要な印字エネルギーと加熱パルス幅を溶融粘度についてプロットしたもので、加熱パルス幅が 3msec 以上であれば溶融粘度が高くても印字エネルギーはほぼ同じであるが、2msec 以下になると高粘度のインクほど、高い印字エネルギーを必要とするようになるため高速印字には向かない。しかしながら粘度が低い場合転写感度が良くなるが、低く過ぎると印字の中抜けやにじみが生じるため溶融粘度は約 100°C で 50~100 cps にするのが好ましい。樹脂 B を用いれば 20~25% の含有量で理想的な溶融粘度と強い固着力を得ることができる。図-17は転写型感熱記録によるシールレス券面の印字見本である。

図-16 溶融粘度と記録エネルギー

3.4 加熱転写捺染への応用

発券機で用いられた昇華性染料を含んだ転写フィルムはポリエステル繊維やアクリル繊維の捺染に用いることができる。繊維表面は平滑でないため直接印字することはできないが、あらかじめ普通紙上に印字を行ない繊維と重ね合わせ 150~200°C の温度で加圧加熱すると染料が昇華して繊維へ印字が捺染される。この方式を用いることによって好みの印字パターンやテレビ画像を繊維上にプリントすることができる。昇華性染料は市販品がそのまま用いられるし、色調は染料本来の色にできるため好みの色が自由に作り出せる。しかも三原色の染料を用いればカラー捺染も可能である。

3.5 ファクシミリへの応用

ファクシミリは近年目覚ましい発展をとげ高速化、高解像化へと向かっている。特に G-III 規格機では線密度が 8 ドット/mm で送信時間が 1 分となっている。しか

図-17 シールレス券印字例

表-5 実験条件

項目	条件
感熱ヘッド	窒化タantal薄膜抵抗体 ($R=113\Omega$ グレーズ層厚 $90\mu\text{m}$)
印加電力	0.88W/ドット, 1.27W/ドット, 1.73W/ドット
印加時間	1~9msec
押付圧	0.25, 0.5, 1.0, 2.0 kg/cm ²
記録用紙	上質紙
濃度測定	マイクロデンシトメータ (小西六)
面積測定	粒子アナライザー

表-6 転写フィルム構成

試料	項目	インク		フィルムベース	
		融点 (°C)	塗布量 (g/m ²)	材 料	厚さ (μm)
No. 1		51	4	コンデンサー紙	9
No. 2		51	4	コンデンサー紙	12
No. 3		51	4	コンデンサー紙	16
No. 4		51	4	ポリエステル	9
No. 5		51	7.2	コンデンサー紙	9

も最近の G-III 機で高速機といわれるものでは、標準原稿が 20 秒で送信できるものがでてきている。受信側でもそれに合わせ高速記録が要求され静電記録と感熱記録が多いが最近の主流は感熱記録に向かっている。感熱記録は取扱いが容易な事からファクシミリには最適であるが、感熱紙の印字耐久性に劣るため保管や改ざん防止には問題がある。転写型感熱記録は高速化に向く普通紙記録であるためファクシミリへの応用が以前より注目されている。清水ら¹⁰⁾はファクシミリへの転写型感熱記録の応用を検討報告している。表-5 はその実験条件を、表-6 は使用した転写フィルムの構成を示すものである。転写フィルムとしては特に他の応用例と変わらず一般的なものが用いられるが、ファクシミリでは加熱ヘッドが一行に並んだラインヘッドが用いられるためシリアル方式に比べ押付け圧による記録特性の変化が顕著に現れる。図-18 は押付け圧による記録特性を表したもので押付け圧が高いほど立上がり早く飽和濃度に達する時間が短い、とはいえ約 1 kg/cm² 以上の圧力であれば十分である。ファクシミリにおいては画像を送信する都合上、中間調が表現出来ることが必要である。図-19 は記録ドットの面積を印加時間に対してプロットしたものでドット面積は濃度に比例するため中間調の表現ができることがわかる。

ファクシミリではラインヘッドを用いることは先に述

図-18 押付け圧特性

印加電力 1.27W/ドット
 転写フィルム No. 1 { 押付け圧 2 kg/cm² —○—
 1 kg/cm² —×—
 0.5 kg/cm² —●—
 転写フィルム No. 4 押付け圧 1 kg/cm² …△…

図-19 記録ドット面積

インクフィルム No. 1 —○— 1.73W/ドット
 押付け圧 1 kg/cm² —●— 1.27W/ドット
 発熱体面積 $7.84 \times 10^{-2} \text{mm}^2$ —△— 0.88W/ドット

べたが、記録媒体の全幅をヘッドとプラテン（加圧ロール）によってかなり強い圧力で押えるため記録媒体の走行性が問題となる。特に転写フィルムは厚みが小さくし

ということも今後カラーファクシミリの開発に役立つと思われる。図-21 は G-III 規格のファクシミリで記録した印字見本である。

3.6 カラープリンタへの応用

転写型感熱記録でカラー印字をする場合、単色であればこれまで述べてきたものとまったく同じであるので、ここでは多色記録への応用について述べる。多色記録としては電子写真法、インクジェット法、ドットインパクト法などによるものがすでに開発され一部実用化している。転写型感熱記録での多色印字はまだ開発途上であるが、他の記録方法に比べ欠点の少ないことや色材の選択が自由で大げさな方をすれば現存する大部分の色材が使用できることから多方面にわたって利用できるといえる。

多色記録のうち2色記録については小沢ら¹³⁾による報告がある。それは転写フィルムとそれと色の異なる発色をする感熱紙とを用い、発色による印字と転写による印字で2色記録を行なうもので、図-22 はその記録方法を示す。しかしながら、カラープリンタではできる限り少ない種類の印字媒体を用いてより多くの色調を得る必要性があるため、重ね印字による多色化が必要となる。原理的にはカラー印刷などで用いられる三原色、すなわちイエロウ、シアン、マゼンタの組み合わせによりすべての色を再現できるため、三原色と黒の転写フィルムを用いてカラー記録が可能である。図 23 は三原色の転写フィルムを用いて得られた印字例である。(A) は全転写によって得られた印字でファクシミリ (メルファス 550) を用いて印字したものである。単純に重ね合わせるだけで7色の印字が可能である。7色は三原色であるイエロウ (Y)、シアン (C)、マゼンタ (M) と2色重ねたグリーン (C+Y)、レッド (Y+M)、ブルー (C+M)、及び3色重ねた黒である。また、(B) の場合は2色の組み合わせでそれぞれ面積階調により濃度を変えた場合である。これは8ドット/mmのシリアルプリンタを用いて印字した例であり、三色を重ね合わせることにによりあらゆる色調の色が再現可能であり濃度も調節できる。これに黒を加えれば通常のカラー印刷と同様のカラー記録が可能である。

転写型感熱記録でカラー印字を得る方法としては図-24 に示すようにイエロウ、シアン、マゼンタの三原色の転写フィルムをそれぞれ別々の加熱ヘッドで位置を同調させながら印字する方法が基本形である。この場合、装置は大型になり駆動回路も複雑になるが記録速度は単色と変わらない。装置を小型単純化するためには同一基板上に各色を塗り分けた転写フィルムが考案されてい

図-24 カラー印字方法

(A)

(B)

図-25 カラー印字用転写フィルム

る¹⁴⁾。図-25 はその形状を示すもので、(A) の場合はシリアルプリンタに使用されるもので転写フィルムの走行は図-11 に示されたものとほとんど同じである。これは3行分同時に印字し記録用紙は1行ずつ送られることにより3色の重ね印字が得られる。また、(B) の場合はファクシミリなどのラインヘッドを用いたプリンタに使用されるもので、一画面ずつ各色を重ね合わせることでカラー記録が得られる。これらの転写フィルムを用いれば装置の大きさは単色の場合とほぼ同じで転写フィルムも一種類で良いことになる。これらカラー記録に起こる最大の問題は印字の位置精度で重ね印字がずれてしまうと、印字品位が低下し色調も変わってしまうため、記録用紙の搬送機構の精度をかなり検討しなければならない。これらカラー記録はファクシミリ、ビデオプリン

図-26 転写フィルムを用いない転写型感熱記録法

タ、カラー複写機などに用いることができるであろう。

3.7 その他の応用例

転写型感熱記録の応用についてその代表的な例について述べてきたが、最後にそれ以外の応用例について説明する。転写フィルムに塗布されるインク層の色材としては多種多様なものが用いられるので応用範囲も広がって来る。

- a) 色材としてクリスタルバイオレットを用いる¹⁵⁾。
……ヘクトグラフ用印刷マスターの作成が行なえる。
- b) 色材として磁性粉末を用いる。……磁気読取装置で判読する MICR 用の印字媒体となる。
- c) 色材として酸化チタンなどの白色顔料を用いる。
……修正用の印字媒体や黒色の紙に印字が可能な媒体として使用できる。
- d) その他 OCR, OMR, バーコード読み取り用の印字媒体として利用できる。

また、転写フィルムを用いず転写型感熱記録を行なう方法もいくつか提案されている。図-26 はその主なものを示すもので (A) の場合エンドレスのフィルムにインク補給を行ない記録する方法^{16~20)}であり、(B) の場合プラテンロールとして熱溶解性インクで成型したインクロールを用い背面より印字を行なう方法である²¹⁾。これらの印字方法を用いれば転写フィルムが不要なためランニングコストが非常に安くなる利点がある。

4. おわりに

転写型感熱記録の今後の開発動向としては、応用分野の拡張、転写媒体の性能向上、装置と媒体のマッチング

などにかかっている。応用分野については今後の発表を待つことにして転写媒体の性能向上について考えると、プリンタの高速化に対応してどこまで感度が上げられるか、特に基材がどれだけ薄くできるかが課題である。現在ポリエステルフィルムでは $1.5\mu\text{m}$ まで薄くできるが、転写フィルムで実用化されているのは $5.5\mu\text{m}$ までで、試験的には $3.5\mu\text{m}$ までできているが塗工技術の問題、そしてプリンタでの走行性の問題などがありまだ実用化はされていない。また、インク面から印字耐久性のより一層の向上、転写フィルム自体の耐熱性向上などが今後の課題となる。また転写フィルムは消耗品であるためより一層のコストダウンや多数回使用なども開発課題の一つといえよう。今後の需要予測は市場に出たばかりの製品であり難しいがその応用範囲の広さから、従来の感熱記録の欠点を補うというより更に転写型感熱記録という新しい記録方法としての立場を確立し、今後かなりの勢いで市場を伸ばすと思われる。以上現在までに発表された事例に基づいて筆を進めてきたが著者の独断で良い面ばかりを強調することになってしまい、また応用範囲が広いことから焦点も絞り切れない結果となったが、今後転写型感熱記録の発展に少しでも役立てば幸いである。

文 献

- 1) Y. Tokunaga, K. Sugiyama: *IEEE Trans. on Electron Dev.*, **ED-27**, 1, 218 (1980)
- 2) Y. Tokunaga, R. Takano: *J. Appl. Photographic Engineering*, **7**, 1, 10 (1981)
- 3) 瀬戸忠雄: 日本工術技術センターセミナー資料 No. 454, 27 (1980)
- 4) 徳永幸生, 吉田光吉, 高野陸男: 電子通信学会技術研究報告, **IE-79-58**, 33 (1979)
- 5) 大野忠義, 大関高志: 昭和 55 年度画像電子学会予稿集, 18 (1980)
- 6) 特開昭 55-7467
- 7) 大和田浩: 日本工術技術センターセミナー資料 No. 454, 36 (1980)
- 8) 特開昭 55-11878
- 9) 大野忠義, 井上徹夫, 瀬戸忠雄, 島崎良一: 昭和 55 年度電子通信学会総合全国大会講演論文集, 986, 5-3 (1980)
- 10) 清水俊夫, 小沢 勝: 電子通信学会技術研究報告 **IE-78-58**, 33 (1978)
- 11) 特開昭 56-121791
- 12) 特開昭 55-21289
- 13) T. Shimizu, M. Ozawa: *Tappi* **63**, 11, 111 (1980) 14) 特開昭 55-98190 15) 特開昭 55-28892
- 16) 井上徹夫: 昭和 55 年度画像電子学会予稿集 19, (1980), 17) 特開昭 55-3941, 18) 特開昭 55-69489, 19) 特開昭 55-152077, 20) 特開昭 56-89967
- 21) 特開昭 53-115234
- 22) 荒井 久: 日経エレクトロニクス, 246, 94 (1980)