
リライタブルペーパープリントシステムの開発

Development of Rewritable Paper and Print System

服部 仁*

筒井 恭治**

Hitoshi HATTORI

Kyohji TSUTSUI

要 旨

新しいインターフェイスを実現する第一歩として、繰り返して使用できる実用的な紙ベースのリライタブル記録媒体と、消去・印字が1パスで行えるプリント装置とで構成される“リライタブルペーパープリントシステム”を開発した。情報のデジタル化はオフィスの紙使用量を大幅に減少させると考えられたが、実際には逆に使用量は増加し続けており、ディスプレイだけではデジタル情報のインターフェイスとして十分でなく、ハードコピーを利用することがより効率的であることを示している。このように知的生産活動の効率化のために思考と作業を同じ媒体上でできることが重要であって、開発された媒体には文書情報を書き換えられるリライタブル機能とデジタル情報との双方向性という二つの要素を備えており、このシステムにより、チェックのために一時的に使われる大量の紙ドキュメントの削減が可能となる。

ABSTRACT

A new “Rewritable Paper Print System” is developed composed of the practical rewritable recording media using paper substrate that can be printed repeatedly and the apparatus being able to erase and to print through the one pass thermal process. In the past, it was considered that the digitization of information would dramatically reduce the volumes of paper used in the office, but in reality the volume of paper used has continued to escalate. This situation indicates that computer displays are not sufficient as an interface for digital information, and that it is more efficient to use hard copies for this purpose. The ability to carry out thought processes and work processes on the same media is very important in terms of increasing the efficiency of intellectually productive activities, and this media would require two elements: a rewritable function allowing frequent updates and changes of text information, and interactivity with digital information. This system can reduce the consumption of paper document for temporary use.

* 研究開発本部 オフィスシステム研究所

Office System R&D Center, Research and Development Group

** 研究開発本部 中央研究所

Research and Development Center, Research and Development Group

1. 背景と目的

コンピューターの急速な普及とデジタル情報ネットワークの整備によってオフィスの情報環境は大きく変化した。われわれが扱う情報量は飛躍的に増大し、人とデジタル情報のインターフェイスとなる情報表示媒体の重要性はますます高まっている。かつて、情報のデジタル化はオフィスの紙使用量を減少させると考えられていたが、実際には使用量は増加し続けている。一方、紙の使用量の増大は都市における廃棄物処理問題を引き起こし、また、森林、水、エネルギーなどの資源問題や地球環境への負荷も無視できない。

Fig.1(a)に示す情報用紙の使用量の推移を見ると情報のデジタル化が進んだ最近5年間のプリント用紙の増加はとくに著しい。紙の主要な用途であった情報の保存と伝達はメモリ技術とネットワークによって置き換えられた。にもかかわらずプリンタによって紙が大量に使われているのは、一時的に情報を表示させるために大量のハードコピー（コピーやプリンターで出力される紙文書）を使用しているからである。別の調査では、オフィスで1日に消費される紙の約75%は廃棄され、そのほとんどが文書作成時のチェック等の一時的用途だけに使用されていること、そのチェック回数つまりプリント回数は1文書につき2回以上のものが半分以上を占めていることがわかっている（Fig.1(b））。この事実は、デジタル情報のインターフェイスとしてディスプレイだけでは十分でなく、まだまだ紙を使って作業をしていることを示している。とくに思考をともなう情報処理に対して、多くの人は無意識のうちに紙にプリントしている。

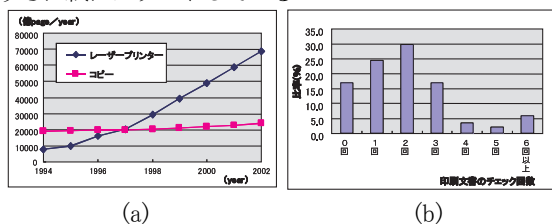


Fig.1 (a) Movement in paper usage.
(b) Number of times the document is checked.

人はなぜ紙にプリントするのか？ ハードコピーには現状のディスプレイにはない見やすさ、扱いやすさがある。それ以上に、紙は多くの情報を並べて見られる一覧性と、考えたことをすぐ書き込める加筆性をもち、人の思考活動の中

で重要な役割を果たしていることがその理由と考えられる。しかし、ハードコピーは紙にプリントされた時点でデジタル情報と切り離されてしまうという問題点をもっている。そのため、思考はハードコピーを中心に行ない、作業はディスプレイ上で行うというのが今の知的生産活動の姿である。だが、ここではデジタル情報と紙上の情報が混在し、それらの間に双方向性がないという問題が残る。

このような背景から、われわれは、思考と作業を同じ媒体上でできることが知的生産活動の効率化のために重要であると考えた。この媒体には文書情報を次々に更新できるリライタブル機能とデジタル情報との双方向性という二つの要素が求められる。しかも、それは紙と同じ扱いやすさ、一覧性、加筆性を備えなければならない。そこで、われわれはこの新しいインターフェイスを実現する第一歩として、第一の要素となる“Rewritable Paper”及びこの新メディアを前提とするシステムを開発した。ここでは、リライタブルペーパーを実現する技術と試作したシステムを紹介する。

2. 技術

2-1 リライタブルペーパーのための可逆発色材料

リライタブルペーパーは少なくとも以下の三つの条件を満足しなければならない。第一にコントラストの高い明瞭な画像が表示できること、第二に表示した画像を電源なしに安定に保持できること、第三に簡単な手段で容易に書き換えることである。文書の表示にとって白色の地肌に黒色の画像が形成できることがとくに重要である。これを実現するため、われわれは感熱記録紙に使われているロイコ染料の発色現象を熱的に制御し可逆性を与える方法を考案した。フルオラン化合物に代表されるロイコ染料はFig.2(a)に示すように酸性化合物（顕色剤）との反応により発色する。発色したロイコ染料から顕色剤を分離すれば消色できると考え、顕色剤の分子間凝集力を利用し結晶化によってロイコ染料と相分離させる方法を試みた。具体的には、Fig.2(b)に示すように顕色剤に長鎖アルキル基を導入し高い分子間凝集力を付与した。その結果、熱的に制御可能な可逆発色分子システムが構築できた¹⁾。

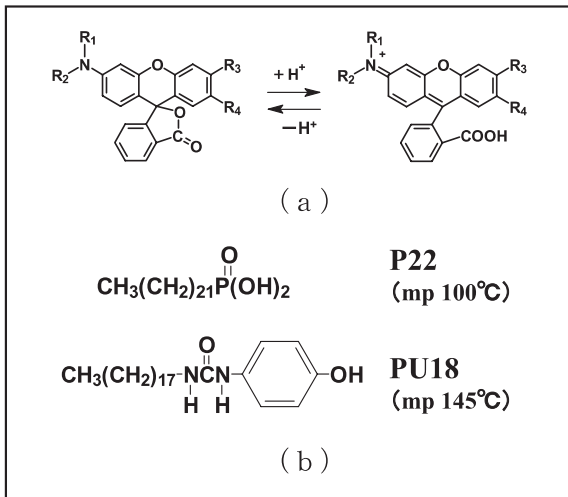


Fig.2 Reversible coloring reaction of leuco dyes (a) and example of developer used to achieve color reversibility (b).

このロイコ染料と上記の顕色剤からなる組成物の発色/消色のプロセスをFig.3に、メカニズムをFig.4に模式的に示す。組成物は、熔融状態からの急冷によってロイコ染料が顕色剤との結合を維持したまま分子集合構造を形成し、安定化した発色状態を形成する。発色した組成物を升温するとこの分子集合構造が崩れ、顕色剤は最も安定な状態である単独結晶を形成し、はじき出されたロイコ染料は消色する。この発色/消色プロセスにおいては、顕色剤の分子間凝集力が発色したコンプレックスの保持と、結晶化による相分離の両方に寄与している^{2,3)}。分子間凝集力が発色と消色の駆動力となっている。このようにロイコ染料と長鎖型顕色剤から構成される超分子システムによって初めて実用的な可逆発色材料が実現された。

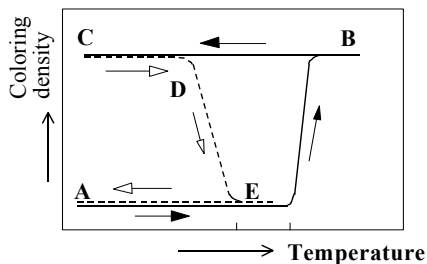


Fig.3 Coloring /decoloring process.

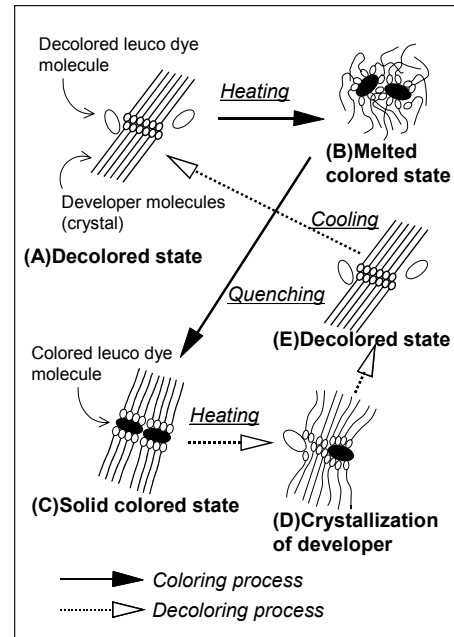


Fig.4 Coloring /decoding mechanism.

2-2 ペーパーの性能とプリントプロセス

われわれは、前節で示した可逆発色材料をベースに安定な発色と高速な消色を両立できる顕色剤Fig.5(a)を設計し、この顕色剤とフルオラン系ロイコ染料を用いFig.5(b)に示す構成のリライタブルペーパーを試作した。記録層には、前述したロイコ染料と顕色剤からなる可逆発色材料を微小な粒子

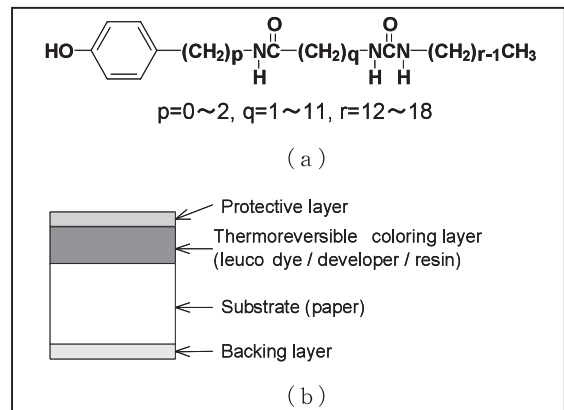


Fig.5 Developer used (a) and structure of rewritable paper (b).

にして樹脂の中に埋め込んである。保護層は耐熱性の高い樹脂が主体で、書き替えの耐久性、紫外線吸収性、汚れの付着防止の機能を持たせている。バック層はカールを防止するための層である。このリライタブルペーパーは180°C以上の加

熱で発色し、サーマルヘッドでコントラストの高い黒発色画像をプリントできる。また、120～170℃の範囲の温度に短時間加熱することによって消去できる。支持体を紙ベースにすることによって、軽さと扱いやすさを実現することができ、きわめて実用性の高いメディアを開発することができた。

また、このメディアへ印字・消去するために、Fig.6に示すような消去ヒータとサーマルヘッドをもつ構成で、1パスで消去・書込み可能なリライタブルプロセスを開発した。

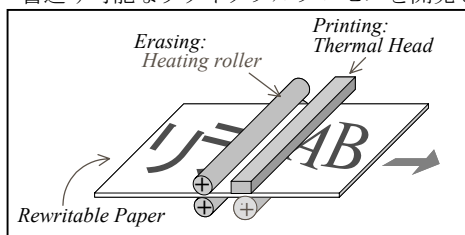


Fig.6 Rewritable print process.

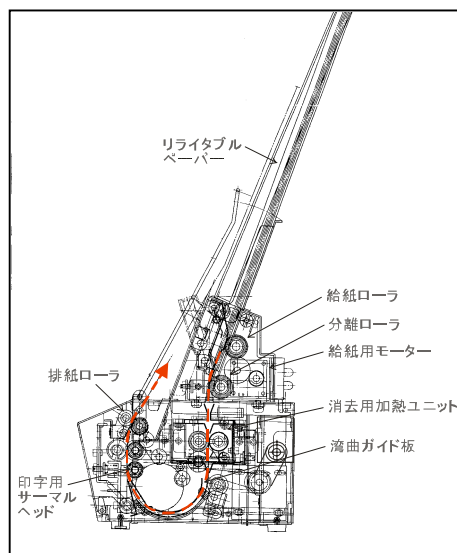


Fig.7 Cross section of the trial product.

ここではまず、消去ヒータとしてハロゲンランプと金属ローラとで構成されるヒートローラで消去可能な範囲の温度に加熱して不用となる印字情報を消去し、次にサーマルヘッドで発色する温度まで加熱することで新しい文書を印字する。このメディアはFig.5に示したように、それぞれ熱特性が異なる材料で積層されており、加熱することで生じる熱歪によるしわの発生等を抑制するため、消去用ヒートローラ及び書込み用サーマルヘッドに対しての各熱制御やペーパーハンドリングに関する諸条件を最適化することが必要となる。

特に、A4サイズと大きいメディアであっても消去品質を

劣化させることなく書き換えするために、消去のための熱制御は加熱時のオーバーシュートを極力小さくする等の工夫を施した。Fig.7に断面図を示す。メディアの搬送経路は従来のプリンタに比べてかなり湾曲させて、排紙しながらそのまますぐに文書を見ることができる表面排紙方式となっている。このような構成によって世界最小クラスのデスクトップタイプのリライタブルプリント装置を試作することができた。

リライタブルペーパーの基本的な特性である消色温度特性と書き替えの耐久性をFig.8に示す。これから、120℃から170℃の広い範囲で完全に消去できること、300回までほとんど発色濃度と消色濃度の変化がないことがわかる。

この装置とリライタブルペーパーによるシステムにより、普通の文書であれば200回以上の書き替えが可能となる。

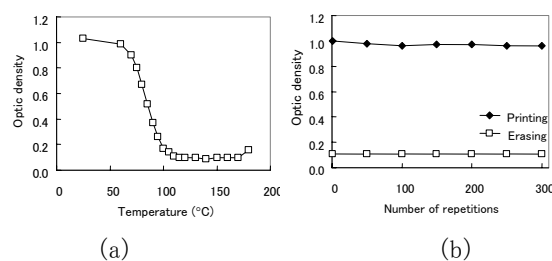


Fig.8 Decoloring temperature characteristics (a) and rewriting endurance (b).

3. 成果 (プロトタイプ概要)

本リライタブルプロセスを用いたプリント装置のプロトタイプをFig.9に示す。本体形状はデスクトップ型、本体サイズは、350(W)×245(D)×200(H)mm (トレイ含まず)、トレイの給紙容量は10枚となっている。プリントスピードは約3PPM、印字密度は300dpiである。

例えば、このシステムを自分が使用しているデスクトップ上のPCの横に置く。紙ゴミを気にすることなくリライタブルペーパーに何もプリントすることができるので、その度毎にプリントした文書を机の上に並べて文書全体を比較したり、PCから離れたところで文書を見直したりすることができる。引き続き文書を作成する場合には既にプリントしたページを見ながら次のページを作成することができる。完成した文書はデジタルデータとして保存されているため、作成途中のハードコピーは不要になり、リライタブルペーパーならばカセットに戻すだけで何度も再利用できる。つまり、自

分のデスクトップ上でリサイクルが実現できる。このように紙の供給や廃棄の手間なしに効率的な文書作成が可能になり、今までの業務効率を保持しながら、環境負荷を気にすることなく必要な情報をどんどんプリントすることができる。また、結果的に普通紙の消費量を抑制することができるため、経費を削減する効果が期待できる。また、ディスプレイでの確認に比べて長年使い慣れた紙ライクなメディアを使用するために、文書校正の精度やスピードが上がる、レイアウトの確認が容易になる、メールなどの確認がしやすくなる、などのメリットも期待できる。



Fig.9 Photo of the trial product

4. 今後の展開

われわれは、デジタル情報との双方向性をもつ“Digital Paper”を実現させる道筋として、従来のLCDに代表されるディスプレイの性能—画素密度、光学特性、可搬性など—を格段に向上させて紙の良さに近づけるアプローチと、レガシーメディアである紙の良さを活かしてデジタル情報との双方向性を確保するアプローチがあることを主張してきた⁴⁾。前者のアプローチの結果として創出されるものは一般的には「Paper-like Display」または「電子ペーパー」と呼ばれる。それに対して後者のアプローチからはデジタル世界とシームレスに融合できる新しい紙メディアが創出される。

われわれは、人の思考活動におけるペーパーメディアの有効性を確信し、主に後者の方向から開発を進めており、リ

ライタブルペーパープリントシステムはその手始めに過ぎず、究極的には“Digital Paper”を用いたシステムの実現を目指している。具体的にシステムに要求されているものは、デジタル情報を必要な時に必要な時間、電力消費0で表示できる機能に加えて、①ペンによる加筆情報をデジタル情報として取り込む機能、②入力された情報を自動的にオリジナルの電子情報へ付加する機能である。紙と対をなすペンは人間の思考活動上最もヒューマンユーザビリティの高い入力手段であると考えられるので、まずペンによる加筆情報を自然に取得してデジタル情報環境に適合させたいと考えている。

われわれの目標としている“Digital Paper”システムの実現にはまだ多くの課題があるが、「リライタブルペーパー」や「デジタル世界との双方向性」などの要素となる技術がやっと思えてきたところである。今後も、究極的な“Digital Paper”システムを達成するべく研究開発を進めていきたい。

参考文献

- 1) S. Maruyama, H. Goto, E. Kawamura, M. Shimada, K. Tsutsui, H. Ema, T. Yamaguchi, H. Kuboyama, I. Sawamura and K. Taniguchi: USP 5,296,439 (1994).
- 2) K. Tsutsui, T. Yamaguchi, K. Sato: Jpn. J. Appl. Phys. 33, No.10, 5925 (1994).
- 3) K. Tsutsui, T. Yamaguchi, K. Sato: J. Chem. Soc. Jpn. 1995, No.1, 68 (1995).
- 4) R. Shioda: Imaging Society of Japan; 3rd Conference, 1997, 26 (1998)