

■ 光工学工房

電子ペーパーの過去、現在そして将来への期待 (2)

前回は、電子ペーパーの過去を振り返り、さらに現在市場に登場している商品の最新動向を紹介しました。今回は、電子ペーパーという呼び名からイメージできる、薄く軽くやわらかい紙のような「かたち」を追求した技術の開発動向を中心に紹介します。また、単なる表示技術の一分野ではなく、ますます情報化が進む社会に求められる新しい情報活用メディアとして電子ペーパーを捉えるコンセプトの議論などを紹介します。

1. 紙のかたちを目指すデジタルツール

すでに実用化されている電子ペーパーは固い基板を有するパネル形状のものが主であり、LCDなどの既存ディスプレイと比べ、大きく差別化できているとはいえませんでした。電子ペーパーでは、紙のような見え方だけでなく、薄く軽くやわらかい紙のようなかたちの実現も大きな課題となっています。

なぜ紙のようなかたちが必要なのか。その答えとしては、落としても壊れないこと、軽くて持ち運びしやすいなどの機能的な利点以外に、情報を「見る」だけでなく「触れる」「手に持てる」「何枚も同時に使える」などの身体的な操作性が、人間の深い情報理解や思考プロセスに好ましい影響を与えるという仮説を立てることができます。人間の思考メカニズムまで踏み込んでこのような仮説を検証することは容易ではありませんが、ユーザー評価から上述したような表示媒体の形態の重要性を指摘した研究例もあります¹⁾。

そのような仮説をもとに検討が進められている電子ペーパーの一例として、富士ゼロックスが開発中の光書き込み型電子ペーパーがあります。この電子

ペーパーは、図1に示すような薄くて軽いフィルム基板からなるフレキシブルな媒体構造を有しています。また、表示媒体上に電源や駆動回路などを一切もたず、外部から与えられる刺激（本方式では媒体への一様な電圧パルスの印加と、光学的なパターン照射）によって、画像を瞬間的に書き込むことができます。作像のプロセスは銀塩写真に似ており、照射パターンを反射画像に変換する機能が媒体の内部に組み込まれています。

媒体の構造と画像形成のメカニズムについて、以下に紹介します。図2は本方式の表示媒体の断面図です。媒体は一对の透明電極を有するプラスチック基板内に、メモリー性を有するコレステリック液晶からなる表示層、光吸収層、そして有機光導電層を挟み込んだ構造を有しています。コレステリック液晶は組成の制御により、配向状態で任意の波長光を反射するように調整できます。RGBの三原色光を反射する層を順次積層すると、色再現域の広いカラー表示が可能になります。画像形成は、両電極間にバイアス電圧を印加しながら、画像を表すパターン光を数100ms程度、有機光導電層に照射して行います。光が当たった場所は光導電層のインピーダンスが低下し、液晶に強い電界が加わって、電源印加後に外光を反射する状態に保持されます。一方、光が当たらなかった場所は光導電層のインピーダンスが高いままなので、液晶層側に弱い電界しか加わらず、電圧印加後に光を透過する状態に保持されます。この反射と透過の状態差により、反射画像を形成します。画像は何度でも書き換えができ、さらに無電源で半永久的に保持することもできます。



図1 光書き込み型電子ペーパー（モノクロタイプ試作品）。

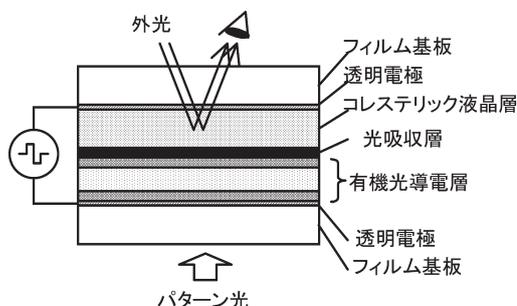


図2 光書き込み型電子ペーパーの媒体断面図。

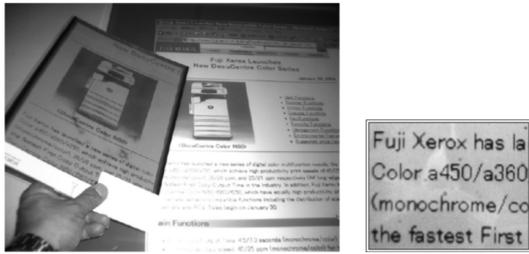


図3 発光画面を転写した光書き込み型電子ペーパー（四角中は表示画像の拡大写真）。

図3は、発光しているディスプレイ画面の光学像を表示媒体に写し取った様子です。このように光書き込み型電子ペーパーは、従来のディスプレイでは見ただけだった画面上のデジタル情報を即座に物理的な媒体上に転写することで、手に持ちながら見たり、人に手渡ししながら共有するという、人間にとってごく自然な身体的操作を可能にしてくれます。

光書き込み型電子ペーパーは、紙のようなかたちによる操作性を重視し、表示媒体と画像を書き込む駆動手段を分離したシステム構成でした。一方で、駆動手段もすべて一体化したフレキシブルな電子ペーパーの開発も進んでいます。その代表例として、ブリヂストンと、英国の Plastic Logic 社が試作したサンプルを図4に示します。ブリヂストンのものは、先月号で紹介した電子粉流体方式のプラスチック基板モデルです。一方、Plastic Logic 社のものは、E-Ink 社のマイクロカプセル電気泳動方式を表示部とし、独自の有機 TFT (thin film transistor) 駆動素子を実装したプラスチック基板を用いたものです。これらの応用としては、ユーザーが手に持ちながら任意の画像を書き換え、気楽に閲覧できる軽量のビューワーや、壁や天井に簡易に設置できる電子広告媒体などが期待されます。

2. 新しいメディアコンセプトの議論

さまざまな方式の技術が検討され、一部実用化もなされる中、電子ペーパーを単なる表示技術の一分野ではなく、人間の知的活動を支える未来の情報活用メディアとして捉える議論もされています。

筆者も委員の一人である (社) ビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMA) 主催の電子ペーパーコンソーシアムでは、平成 15 年度から継続的に、



図4 フレキシブル電子ペーパーの試作サンプル。左：ブリヂストン製、右：Plastic Logic 社製。

電子ペーパーの市場性、技術動向調査、そして新しいメディアとしての将来的な方向性などを議論してきました。平成 17 年度の成果報告会（第 3 回電子ペーパーシンポジウム）では、やや抽象的な表現ながらも、「電子ペーパーは内省的認知を支援するデジタルメディアである」という提言をしています。ここでいう内省的認知とは、多様な情報を比較対照しながら思考し、意思決定を行うような人間の知的活動にかかわる心の働きのことです。

従来は、紙とペンがこのような認知を支援してくれる最も有効な道具でした。電子ペーパーは、誰もが直感的に使える操作性や、ペン入力機能などとの融合により、ネットワーク上の膨大なデジタル情報を自在に活用しながら人間の内省的認知を支援してくれる、新しいデジタルメディアになる可能性を秘めています。また、インターネット上で拡大している仮想的なコミュニティと連携した、集団的知的作業を支援するメディアに発展する可能性もあります。

電子ペーパーの可能性はまだ未知数といえます。いずれの応用においても、特別なスキルをもたないごく普通のユーザーがすぐに使える気楽さやわかりやすさがあること、それが新しいメディアとして期待される電子ペーパーの最も重要な要件といえるでしょう。

この記事に関するご意見お問い合わせは、minoru.koshimizu@fujixerox.co.jp までお寄せください。

(富士ゼロックス(株) 小清水実)

文 献

- 1) 小清水実, 津田大介, 馬場和夫: “電子ペーパーに求められる形態的特性の研究”, 映像情報メディア学会技術報告, 25 (2001) 19-44.