

電子ペーパーの過去、現在そして将来への期待

富士ゼロックス(株) 研究本部 ニューメディアシステム研究所 小清水 実

1. はじめに

紙の持つ、さまざまな人間にとって好ましい特長を、デジタルメディアにおいても実現したい、という人々の思いが電子ペーパーという技術への期待を高めています。紙が人間に好まれる理由は、素材が醸し出す質感などの感性的な要因も含め多様です。電子ペーパーの研究開発現場では、主に紙のような「見え方」と、薄く軽く柔らかい紙のような「かたち」の実現が大きな目標になっています。近年、電子ペーパー技術の応用商品もいくつか市場に登場しており、新たな情報メディアへの展開が注目されています。本稿では電子ペーパーの過去から現在、そして新たなメディアとしての将来への期待についてお話しします。

2. 紙からデジタルメディアへ

人間がコミュニケーションの道具として文字を発明する以前は、情報は口承と記憶により伝達され、記録されていました。文字とその記録手段である書写材料の存在が、記憶という行為から人間を解放し、人間をより創造的で知的な活動に導いたという指摘があります¹⁾。粘土板に始まるさまざまな書写材料の末に生み出された紙は、取り扱いの簡便さや後に発明された活版印刷との出会いによって、情報メディアとしての絶対的な地位を確立しました。一方、1990年代からPCやインターネットなどのデジタルメ

ディアが急速に普及し、私たちはコンピュータ画面とキーボードを通してさまざまな情報を扱うようになりました。ペーパーレス時代の到来が真剣に語られた時代です。実際には、これらのデジタルメディアが紙の消費量をより増加させるといった皮肉的な現象を引き起こしました。それは何故か？ その問いへの間接的な答えとなっているのが電子ペーパーという新しい表示技術の台頭です。

3. 電子ペーパー技術の歴史

電子ペーパーは1つの技術の名称ではなく、いくつかの共通点を持つさまざまな表示方式を総称した呼び名です。現在統一的な規格や定義があるわけではありませんが、おおよその共通認識として、図1に示すような電子メディアと紙メディアの特長を両立した技術領域と表現できると思います。

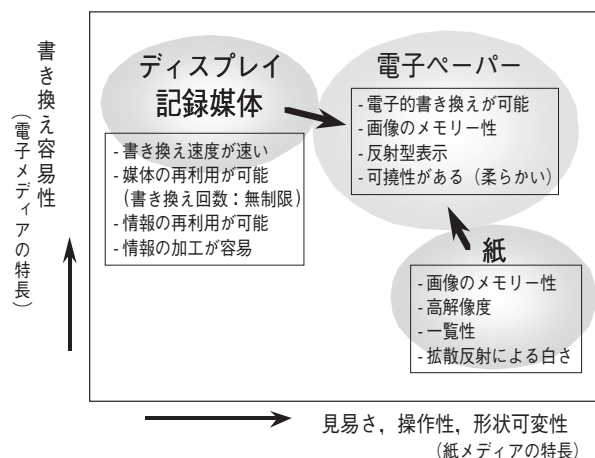


図1 電子ペーパーの狙う技術領域

機能的特徴としては、電子的な表示の書き換えが可能なこと、画像のメモリー性（無電源での表示維持性）があること、さらに反射型の表示であること、そして媒体が柔らかいことなどがあげられます。

電子ペーパー技術の元祖は1970年代に米国Xeroxパロ・アルト研究所（PARC）のN.Sheridon氏によって発明されたTwisting Ball Display（通称Gyricon）といえます。この方式は図2に示すように、表面の帯電極性が異なる2色に塗り分けた微粒子をエラストマーのシートに分散した媒体構造を有しています。シート中の微粒子は外部からの電界に応じて任意の着色面を表示面側に向け、画像を形成します。この技術の発表以降、数々の電子ペーパー技術が今日まで提案されてきました。それらの詳細な紹介は割愛しますが、非常に大雑把に分類すると、メモリー性を有する液晶材料からなるもの、着色した帯電粒子を物理的に動かすもの、そして可逆的な色素の発消色反応を利用したものなどに分けられます。

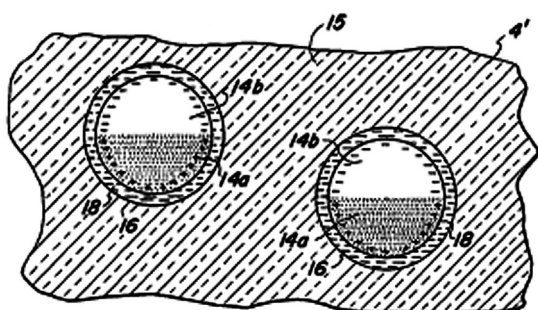


FIG. 2A

図2 Twisting Ball Display 媒体断面図²⁾

4. 電子ペーパー技術を応用した商品例

2004年4月、ソニーはLIBRIeという電子書籍端末を発売しました。この装置の表示部には、米国E-Ink社のマイクロカプセル電気泳動という電子ペーパー表示技術が採用され、世界で初めてのエンドユーザ向け電子ペーパー応用商品として話題になりました。

この方式は、透明な絶縁性液体中に白と黒の着色帯電粒子を分散し、それを微細なカプセル中に封入

した電子インクにより画像を形成します。そのため、表示画像は通常のLCDなどの調光方式とは異なり、紙の上のインク画像にきわめて近い見え方を実現しています。LIBRIeは本を読む専用装置として、紙面の見え方にこだわった商品といえます（図3左）。また、LIBRIeは米E-Ink社創業者の1人でMIT Media LabのJ.Jacobson氏が、1997年に提案したThe Last Bookのコンセプト³⁾具現化への第一歩ともいえます。このコンセプトは、電子インクで表示が書き換わる1冊の本で、世界中の本を読むという夢を掲げたものでした。余談ですが、このコンセプトを発表した論文には、現在の表示方式ではなく、前述したGyricon方式をベースとした手段が記述されています。Jacobson氏が上記コンセプト実現の手段を模索していた様子がわかります。

現在、市場ではLIBRIeの後継機としてSony Readerという商品が米国で販売されており、今後の市場拡大が期待されます。

一方、2006年8月、オランダのiRex Technologies社がやはり表示部にE-Ink社の表示技術を採用したiLiadという専用端末を発売しました。iLiadはLIBRIeよりやや大きな8.1インチの画面を持ち、無線LAN I/Fを内蔵しています（図3右）。用途の1つとして電子配信される最新の新聞情報をネットからオンデマンドで受信し、閲覧することが想定されています。すでにフランスの新聞社Les Echosが2008年からの導入計画を発表しています。iLiadはLIBRIeにはないペン入力機能も搭載し、ビジネス分野での電

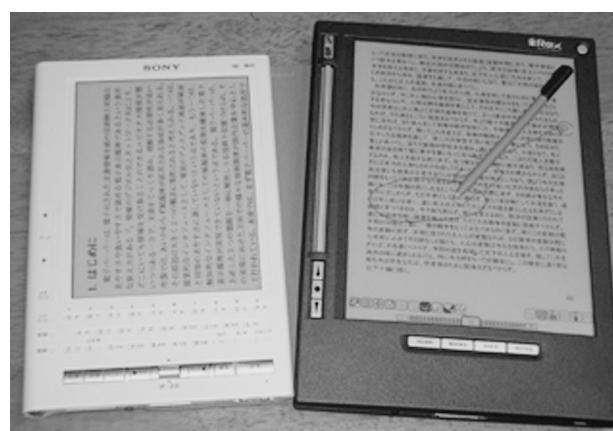


図3 LIBRIe（左）とiLiad（右）

子マニュアル閲覧などへの応用も想定されています。

上述した2つの商品例は共に個人が携帯する端末を想定したものでしたが、全く視点の異なる用途として、環境に埋め込まれたユビキタスな情報システムを目指す方向があります。日立製作所は2006年7月に、厚さ3.7mm、重さ600g、A4サイズの無線LAN I/Fを内蔵した表示デバイス「Albirey」とコンテンツ配信サーバからなるシステムを発売しました。表示部にはブリヂストンが開発した電子粉流体方式と呼ばれる2種類の着色粒子を電界で移動制御する表示技術が採用されています。Albireyは通常のディスプレイに比べ、省電力で薄型軽量の形状が実現できるため、任意の場所への設置が容易という利点があります。2006年10月、静岡県浜松市でAlbireyを駅周辺の商店街の数ヵ所に配置し、無線LANで百貨店や映画館などからの情報を市民向けに発信する実証実験が実施されました(図4)。一見紙のように見えるため、逆に人目を惹かないという悩ましい問題もあったようですが、取り組みは好評だったようです。この実験はどこにでも存在し、環境に溶け込む紙の良さと随時情報更新が可能なデジタルメディアの良さを組み合わせた効用の可能性を実証した好例といえます。

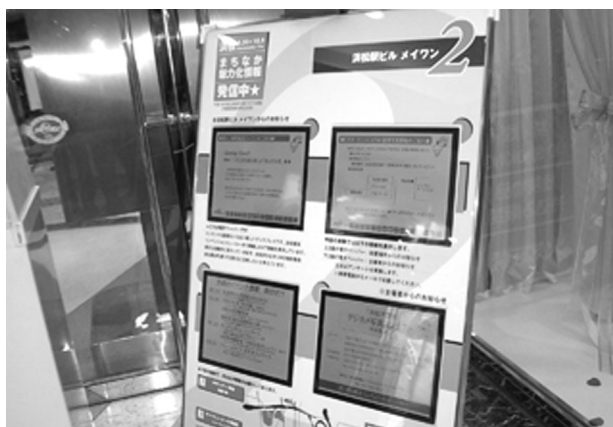


図4 浜松市で実証実験中のAlbirey

5. 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、必ずしも

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。

何故、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。このような仮説を人間の思考のメカニズムに踏み込んで直接検証することは容易ではありませんが、ユーザ評価の例から、上述したような表示媒体の形態の重要性が明らかになっています⁴⁾。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。光書き込み型電子ペーパーは、図5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。この方式は、表示媒体上には電源や駆動回路などを一切持たず、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、受光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5 光書き込み型電子ペーパー(モノクロタイプ試作品)

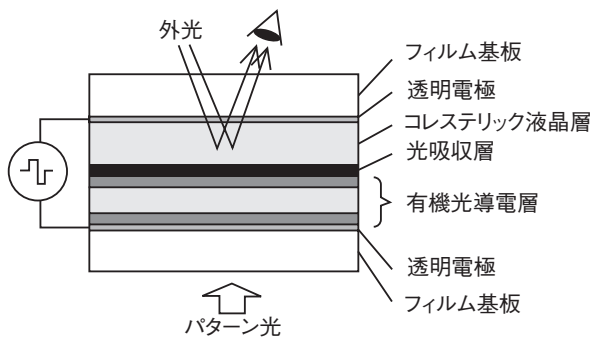


図6 光書き込み型電子ペーパーの媒体断面図

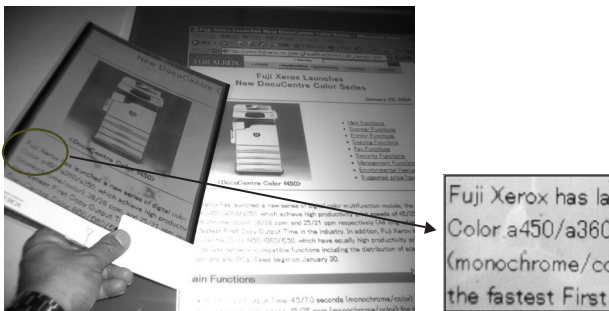


図7 発光画面を転写した光書き込み型電子ペーパー（四角中は表示画像の拡大写真）

図6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、配向時に入射光中の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が、結果的に反射画像を形成します。画像は何度でも書き換えができるうえに、無電源で半永久的に画像で保持することができます。

図7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、従来は見るだけだったディスプレイ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機能分離したシステム構成でした。それに対し、通常のディスプレイ同様、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。そのような取り組みを行っている代表的な企業として、英国のPlastic Logic社やオランダのPolymer Vision社があります。両社共に、独自開発の有機TFT（Thin Film Transistor）駆動素子技術を強みとして、E-Ink社のマイクロカプセル電気泳動ディスプレイを表示層として組み合わせた試作品を発表しています。両社共に2007年から2008年での商品発売計画を発表しています。これらの技術により、携帯性と表示画面のサイズ拡大を両立するパーソナルな情報端末や、壁や天井に簡易に設置できるデジタル広告用媒体などの実現が期待されます。

6. 新しいメディアとしての期待

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なか、電子ペーパーを単なる表示技術の一分野と見るだけでなく、人間の知的活動を支える未来の情報メディアとしてとらえる議論もされています。

筆者も委員の1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、やや抽象的な表現ですが、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、意思決定を行っていくような人間の知的活動に欠かせない心の働きのことです。

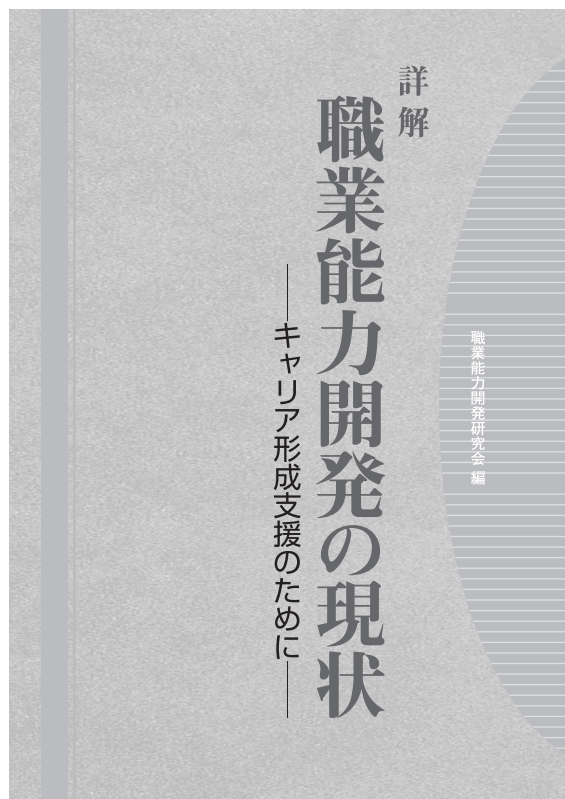
従来は紙とペンがこのような認知を支援してくれる最も有効な道具でした。電子ペーパーはだれもが直感的に使える操作性やペン入力機能などとの融合により、ネットワーク上の膨大なデジタル情報を自在に活用しながら人の内省的認知を支援してくれる新しいデジタルメディアになる可能性を秘めています。また、インターネット上で拡大している仮想的なコミュニティと連携した集団的知的作業を支援するメディアに発展する可能性もあります。

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、特別なスキルを持た

ないごく普通のユーザ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特徴になると思われます。

<参考文献>

- 1) 尾鍋史彦 ほか：電子ペーパー実用化最前線、(株)エヌ・ティー・エス、(2005) page 6
- 2) Nicholas. K. Sheridan: U.S.Patent No.4126854 (1978)
- 3) J. Jacobsonほか：The Last Book, IBM Systems Journal Vol.36 No. 3 (1997) pp.457-463
- 4) 小清水、津田、馬場：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、Vol.25, 10, (2001) pp.19-24



A5判／298ページ／定価 3,150円(本体3,000円)
ISBN978-4-87563-236-8

■発行所

社団法人 雇用問題研究会 <http://www.koyoerc.or.jp>

〒104-0033 東京都中央区新川1-16-14 電話 03-3523-5181(代表) FAX 03-3523-5187

詳解

職業能力開発の現状

——キャリア形成支援のために——

改訂2版

職業能力開発研究会 編

■主な内容

第1章 日本の職業能力開発

職業能力開発促進法の概要／職業能力開発基本計画 ほか

第2章 雇用の安定・拡大のための職業能力開発施策の枠組みの構築

個人主体のキャリア形成支援の必要性和その手法／企業に対する支援の在り方／職業能力評価制度／キャリア・コンサルティングの体制整備 ほか

第3章 第8次職業能力開発基本計画の策定と職業能力開発促進法の改正

今後の職業能力開発施策の在り方 ほか

第4章 「若者自立・挑戦のためのアクションプランに基づく職業能力開発施策」の推進

日本版デュアルシステム／若年者のキャリア形成支援の推進 ほか

参考

- 1 第8次職業能力開発基本計画
- 2 人材による成長を導くために
- 3 「日本版デュアルシステムの今後の在り方についての研究会」報告書について
- 4 企業におけるキャリア形成支援のあり方について
- 5 ものづくり人材育成研究会報告書(概要版)
- 6 平成17年度ものづくり白書(ものづくり基盤技術の振興施策)について
- 7 平成17年度能力開発基本調査結果概要

職業能力開発行政
最新の施策と動向が
詳しくわかる