カラー電子ペーパーと携帯情報端末“FLEPia”

Color Electronic Paper & Personal Digital Assistant "FLEPia"

あらまし

ここ数年，電子ペーパーに対する期待と各社のたゆまぬ技術開発の結果，電子書籍や携帯電話や時計などのモノクロ搭載製品が増えコンシューマ市場が立ち上がった。富士通はカラー市場のニーズを想定し，コレステリック液晶を素材として研究開発に取り組み，2005年に世界初のカラー電子ペーパーを発表し注目を受けている。この度，実用域である8型と12型の開発が完了し量産準備が整ったことから，携帯情報端末ユビキタス・コンテンツ・ブラウザ「FLEPia（フレッピア）」のサンプル販売を開始した。このサンプル販売はカラー電子ペーパーを用いたビジネスを検討されている多くの企業のお客様に評価いただくことを目的としている。

本稿では，カラー電子ペーパーの動作原理とFLEPiaの機能について紹介する。

Abstract

Given the high expectations for the potential of electronic paper in recent years and ongoing development efforts of companies in this area, a consumer market is quickly developing amid the release of a growing number of such monochrome-display devices as digital books, cell phones, and clocks. In anticipating the market needs for color-display devices, Fujitsu began early to research and develop new products using cholesteric liquid crystal material and, in 2005, attracted wide attention when it announced the world's first color electronic paper. Now that development efforts in practical areas concerning 8-inch and 12-inch models are completed, and with preparations in place for commencing mass production, Fujitsu has commenced sample sales of its new portable information terminal—the hand-held FLEPia e-reader (ubiquitous content browser). Fujitsu is hoping to solicit through its sample sales positive feedback from many companies that are considering to engage in businesses that employ color electronic paper. This paper describes the principles of operation for electronic paper and introduces the functions of FLEPia.

陰山芳明（かげやま　よしあき）

富士通フロンテック（株）電子ペーパー事業部ビジネス開発部 所属
現在，電子ペーパーのビジネス企画・商品企画および商品の開発に従事。

吉原敏明（よしはら　としあき）

ビジネスインキュベーション研究所 入出力研究部 所属
現在，電子ペーパーの研究に従事。

菅野竹洋（すがの　たけひろ）

富士通フロンテック（株）電子ペーパー事業部アプリ開発部 所属
現在，電子ペーパーのアプリ開発に従事。

ま え が き

電子ペーパーは，表示維持電力がゼロという特性から一般の電子ディスプレイでは対応できなかった小容量バッテリでの長時間駆動や端末の軽量化などが実現できる。

著者らは，コレステリック液晶の特長を維持したままフィルム基板を用いたパネル化プロセスを開発した。フィルム基板を用いた際の大きな課題は，パネルギャップの均一化，パネル化プロセスの低温化，および曲げに対する表示乱れの抑制であった。そして，これらの課題を解決できたことが開発を大きく前進させた。

さらに，カラー表示駆動制御方法の最適化を進め，汎用のLCDドライバICを用いて，4096色のカラー表示を実現した。

以上の開発技術をベースに，これまでに開発したカラー電子ペーパーは，2005年の3.8型QVGA（320×240画素，106 ppi），2006年の7.8型VGA（640×480画素，102 ppi），および11型QVGA（320×240画素，37 ppi）であり，着実に大型化を進めてきた。

2006年以降は，商品化に向けて，大型化に加えて高精細化を進め，A5タイプの8型XGA（1024×768画素，157 ppi），およびA4タイプの12型XGA（1024×768画素，105 ppi）を開発し，2007年10月より携帯情報端末ユビキタス・コンテンツ・ブラウザ「FLEPia（フレッピア）」のサンプル出荷を開始した。FLEPiaは，カラー電子ペーパーの特長を生かして新たなサービスに利用できるよう開発した製品である。

本稿では，カラー電子ペーパーの表示原理・機能を紹介し，FLEPiaの概要と利用シーンを概説する。

パネル構造と表示の仕組み

まず，カラー電子ペーパーのパネル構造と表示の仕組みを紹介したい。ここで，紹介する内容は，本誌2006年5月号「カラー電子ペーパー(1)」で掲載したものをまとめたものである。

コレステリック液晶を用いたカラー電子ペーパーの断面構成を**図-1**に示す。コレステリック液晶を利用したカラー電子ペーパーは，表示面から順に，青色（B），緑色（G），赤色（R）の各表示部が積層された構造を有しており，R表示部の下基板裏面には光吸収層が配置されている。上方の基板側が表示面であり，外光（実線矢印）は基板上方から表示面に向かって入射する。

コレステリック液晶は双安定性（メモリ性）を備えており，液晶に印加する電界強度の調節により特定の波長の光を反射するプレーナ状態，光を透過するフォーカルコニック状態，またはそれらの中間的な状態のいずれかの状態をとることができ，いったんプレーナ状態，フォーカルコニック状態，またはそれらの中間的な状態になると，その後は電圧無印加状態においても安定してその状態を維持できる。プレーナ状態とフォーカルコニック状態における液晶分子の配向状態を**図-2**に示す。

プレーナ状態では，液晶分子の螺旋（らせん）ピッチに応じた所定波長の光が選択的に液晶層で反射される。液晶層の平均屈折率をnとし，螺旋ピッチをpとすると，反射が最大となる波長λは，$\lambda = n \cdot p$である。

したがって，B表示部のB用液晶層でプレーナ状態時に青色の光を選択的に反射させるには，例えばλ＝480 nmとなるように平均屈折率n，および螺旋ピッチpを決める。平均屈折率n，螺旋ピッチpは液晶材料を選択することで調整可能である。

一方，フォーカルコニック状態では，液晶層に反射波長の選択性は失われ，入射光のほとんどが透過する。透過光はR表示部の下基板裏面に配置された光吸収層で吸収されるので暗（黒）表示が実現できる。

プレーナ状態とフォーカルコニック状態の中間の状態においては，その状態に応じて反射光と透過光

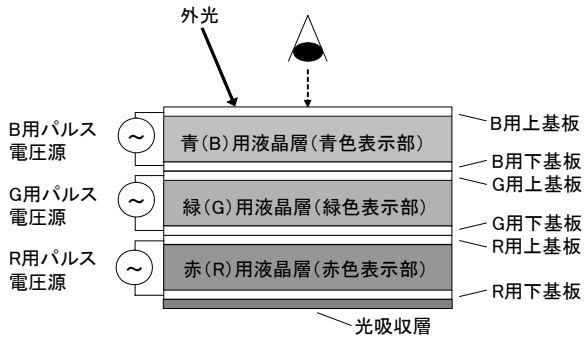

図-1　コレステリック液晶を用いたカラー電子ペーパーの断面構成
Fig.1-Cross section of cholesteric liquid crystal display.

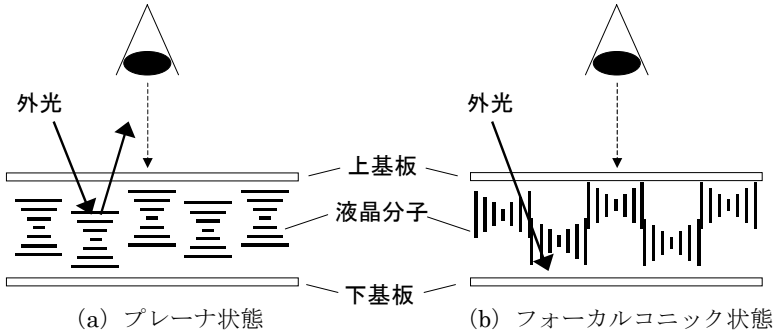

図-2　コレステリック液晶を用いた電子ペーパーの表示原理
Fig.2-Principle of cholesteric liquid crystal display.

表-1　FLEPiaの仕様

項目	A4タイプ	A5タイプ
本体サイズ，重量	210（幅）×304（奥行）×12（高さ）mm，510 g	158（幅）×240（奥行）×12（高さ）mm，340 g
画面サイズ	184.3 mm×245.7 mm（12型）	123.6 mm×164.8 mm（8型）
本体色	ホワイト，ピンク，グレー	
表示ドット数	768ドット×1024ドット（XGA）	
表示色数	8色，または4096色	
書換速度	2秒（8色），または10秒（4096色）	
操作部	タッチパネル，スクロールキー，六つのファンクションキー，電源スイッチ	
内蔵無線LAN	IEEE802.11b/g準拠（11/54 Mbps）★1	
SDカード★2	SDメモリスロット×1（別売　1 Gバイト/2 Gバイト/4 Gバイト SDメモリ）	
USBコネクタ	USB2.0（480 Mbps）mini-Bコネクタ×1	
音声対応	ステレオ・スピーカ内蔵，ヘッドフォンコネクタ×1	
電源	リチウムポリマーバッテリ内蔵，ACアダプタ添付 フル充電での使用時間：50時間（1ページ/1分，8色3000ページ表示）	
セキュリティ	128ビット AES（Advanced Encryption Standard）	
ソフトウェア	FLEPiaアプリケーション，Microsoft Windows CE5.0	
搭載CPU	XScale RISC CPU	
動作環境条件	動作時：温度5～35℃，湿度20～85%RH 非動作時：温度-10～40℃，湿度20～85%RH	

★1：無線LAN規格の理論上の最大値であり，実際のデータ転送速度を示すものではない。
★2：BSQUARE社 SDIO Hx搭載

の割合を調整できるので，反射光の強度を可変できる。

このように，コレステリック液晶は，螺旋状に捻(ひね)られた液晶分子の配向状態を電界で制御することで，光の反射量を制御することができる。

以上のような特性を有するコレステリック液晶を用い，青，緑，赤の光を選択的に反射させる表示素子を積層することで，メモリ性のあるフルカラーの表示素子が可能となり，画面書換え時以外は，消費電力＝0でカラー表示が可能となる。

FLEPia概要

本章以降，カラー電子ペーパーを採用した携帯情報端末ユキビタス・コンテンツ・ブラウザ「FLEPia（フレッピア）」について紹介する。

FLEPiaは，電源を使わずに静止画像を半永久的に表示可能な電子ペーパーを採用することで，携帯に適した薄型化・軽量化・低電力化を実現した。サイズは，A4タイプ（12型）とA5タイプ（8型）の二つを用意した。詳細仕様を**表-1**に示す。

FLEPiaでは標準搭載の無線LANによりコンテンツをSDメモリカード（別売）に保存し，いつでも

どこでもコンテンツを簡単に見ることができる。4GバイトのSDカードを使用した場合，新聞1年分，漫画週刊誌2年分，新刊書5000冊分に相当する大容量のコンテンツを携帯することができ，ペーパーレス社会の実現に貢献する。

今回のサンプル販売は，カラー電子ペーパーを用いたビジネスを検討している企業を中心に，実証実験に活用いただくことを目的としており，様々なアプリケーションに利用いただけるようUSB mini-Bコネクタ，音声コンテンツ対応のスピーカも装備している（図-3）。

FLEPiaの特長

FLEPiaの仕様における主な特長を紹介する。

(1) 見やすいカラー表示

大画面表示が可能なA4タイプ（12型），持ち運びに便利なA5タイプ（8型）の2種類を用意した。いずれも768ドット×1024ドット（XGA）の高精度な解像度で，8色または4096色のカラー表示に対応している。

(2) やさしい入力操作

8型または12型の大型タッチパネルを搭載し，容易に操作を行うことができる。また，ボタン入力として上下左右，決定を操作できるスクロールキーと六つのファンクションキーを装備し，容易な画面操作が可能である。

(3) 豊富な外部インタフェース

外部インタフェースとして，IEEE802.11b/g準拠（11/54 Mbps）の無線LAN，USB2.0（480 Mbps）のUSB mini-Bコネクタ，SDカードスロットを搭載している。

(4) 薄型，軽量ボディ

厚さ12 mm，重さA5タイプ340 g，A4タイプ510 gと薄型，軽量設計である。

(5) 省エネルギー設計

表示部に電子ペーパー技術を採用することで，画面の表示やコンテンツの書換えのときにのみ電力を消費する設計を実現できる。通常の液晶パネルを採用した情報端末と比較して長時間の駆動が可能であり，1回の充電で50時間の連続使用ができる（50時間連続使用条件は，コンテンツの表示間隔を1分として，8色のカラー画像を3000ページ表示した場合である）。

FLEPiaハードウェア概要

内部コントローラのプロセッサは，Xscale RISC CPUを搭載し，OSにMicrosoft Windows CE5.0を採用した。ハードウェアに使用したプラットフォームは，富士通フロンテック製ハンディーターミナルで培ったシステムを，FLEPia向けにアレンジしており，実績と信頼性の確保を重視した。

電子ペーパーは，専用開発のドライバで書換え時の供給電圧や印加時間を厳密に制御され，消費電力

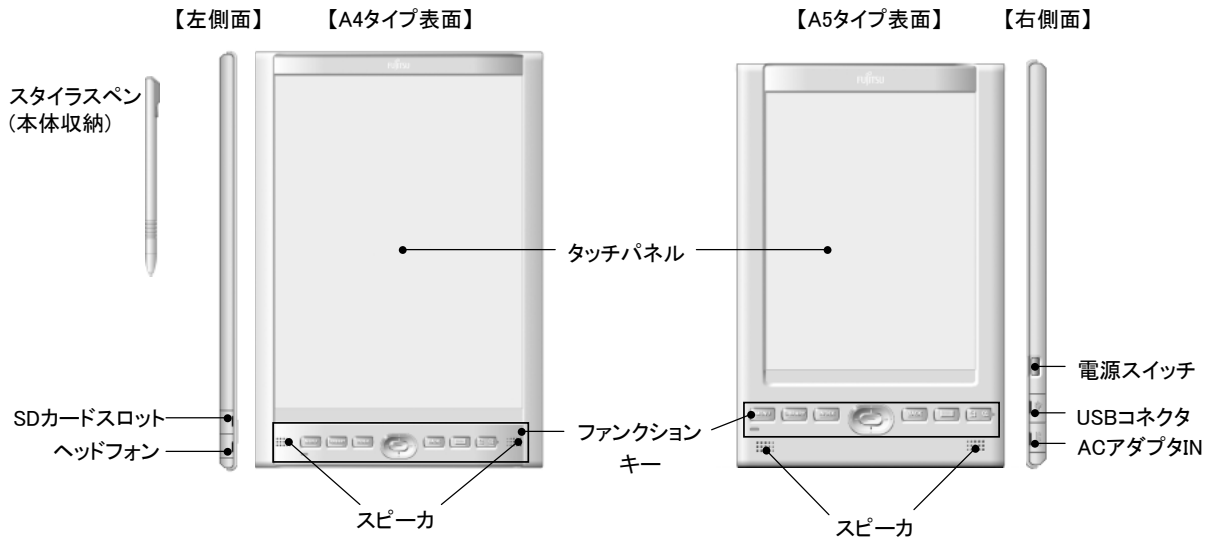

図-3 FLEPiaの外観とインタフェース
Fig.3-Front and side views and interface of FLEPia.

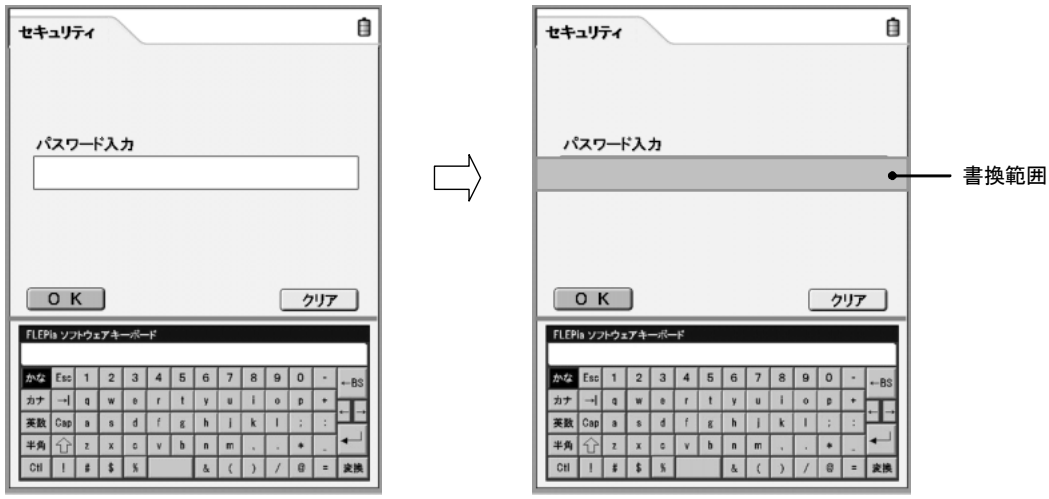

図-4　部分書換の表示例
Fig.4-Example of part rewriting.

の抑制や広範囲な温度変化に対応できる。

また，同ドライバは書換え制御を4096色モードと8色モードに使い分けることが可能で，全画面を書き換えるのに，4096色（各色16階調）モードで約10秒，8色モードで約2秒である。電子書籍の文字などはモノクロであるため，8色モードで表示すれば書換え時間を短縮させることができ，読書きする速さに対してストレスを感じない。

そして，画面を書き換える際，部分的に情報を更新する場合がある。例えば，暗証番号などを入力する場合，**図-4**のように書き換える範囲は同じである。更新された情報だけを画面の行を指定して表示内容を書き換えるようにした。そうすることで，全画面を書き換える時間よりも短時間で書き換えることができ，お客様のストレス緩和と，消費電力の抑制にもなる。

また，コンテンツの種類によっては，FLEPiaを横向きか縦向きかを選択して使用できるように，ファンクションキーで表示方向の切替え（縦/横）を可能とした。これにより，ビジネス文書などを表示する場合，FLEPiaを横向きに使用することができる。

FLEPiaアプリケーション

FLEPiaアプリケーションは，クライアントソフトウェアとパソコンユーティリティツールから構成されている（**図-5**）。

クライアントソフトウェアは，アプリケーションメニュー，セキュリティ，コンテンツデータ閲覧，インターネット，電子メール，デジタルアルバム，各種設定などがある。

また，パソコンユーティリティツールは，パソコンからFLEPia本体へ簡単に各種コンテンツデータを転送できるパソコンソフトウェアである。

以下に，これらの機能概要について説明する。

● クライアントソフトウェア

クライアントソフトウェアの主な機能を紹介する。

(1)　分かりやすいカラフルな画面で簡単タッチ操作

シンプルでカラフルなデザイン，大きく見やすいボタンと文字，一目で分かるアイコン表示，機能ごとに分類されたメニュー画面「メニュー」，「ツール」，「設定」，「ライブラリ」などをタッチで簡単に操作できる。

(2)　万全のセキュリティ対策

FLEPia本体のアクセス保護として，電源投入時の16桁以内のパスワード確認による利用者本人以外からのアクセス防止，SDカードのコンテンツ保護として128ビットAES(注)による暗号化が可能である。

(注)　Advanced Encryption Standardの略。アメリカの国家新標準暗号規格で規格化された共通鍵暗号方式。128ビットは鍵長が128ビットであることを示す。

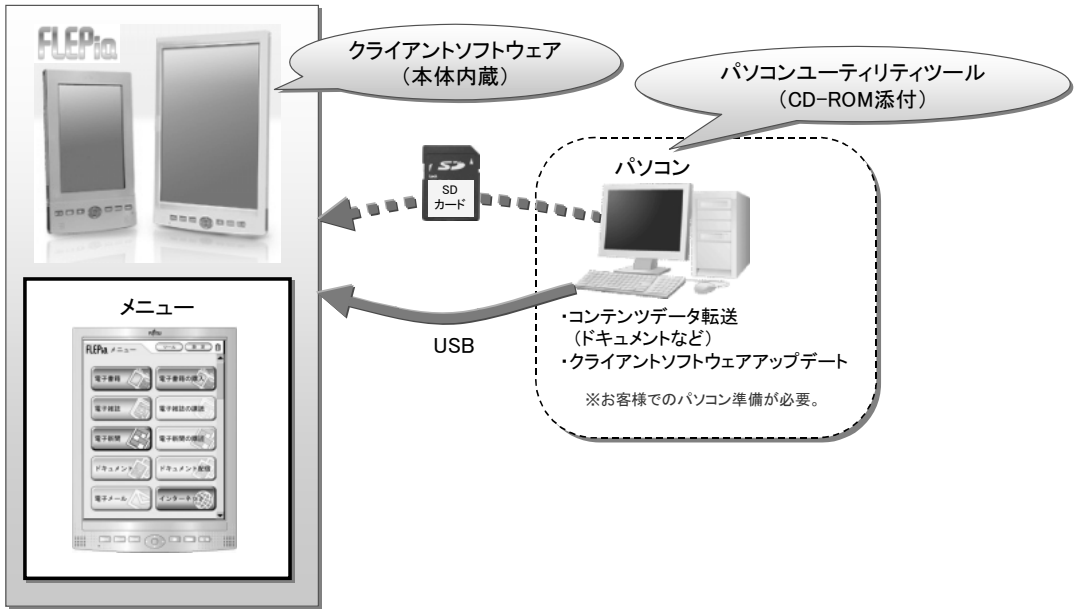

図-5　FLEPiaアプリケーション
Fig.5-Application of FLEPia.

(3)　WebやE-mailの閲覧

無線LANの標準搭載により，Webサーバやmailサーバへの接続が簡単にできる。

(4) POP広告の表示

様々なシーンでの商品の紹介，掲示板，案内板などの用途に活用できるよう，お客様で作成した複数のイメージデータ（BMP形式）を設定した一定間隔で切り替えて表示することができる。

● パソコンユーティリティツール

パソコンユーティリティツールの主な機能として，パソコンからFLEPia本体へSDカード，またはUSB経由で各種コンテンツデータを簡単に転送できる。

それらデータ転送されたコンテンツデータは，FLEPia本体のクライアントソフトで閲覧することができる。主な対応アプリケーションは，Word形式，Excel形式，PowerPoint形式，PDF形式，イメージ形式（BMP/JPEG），HTML形式などである。

今後の取組みとして，FLEPiaをより便利に活用できるよう電子書籍，電子雑誌，電子新聞などを手軽に購入・閲覧できるリンクサイト「FLEPiaワールド」を立ち上げ，利便性の向上を図る予定である。

利用シーン

アプリケーションのシステム構成のように，外部配信システム（インターネット/イントラネット）を利用し，いつでもどこでも情報を入手することができる。例えば，掲示板，POP広告，配布資料，電子書籍，電子新聞のコンテンツを無線LANによって配信可能となる。パソコンを使って，業務用資料はUSB経由でダウンロード可能である。また，SDカードに記録された画像データなどは直接SDカードを差して表示することができる。FLEPiaの利用シーンを図-6に示す。

(1)　電子新聞/電子書籍

軽量設計で持ち運びやすいことから，電子新聞/電子書籍として利用でき，見やすいカラー表示で，様々な情報をどこでも閲覧できるようになる。

(2)　店頭POP/広告

店頭に置き，商品の広告を表示する。ポスターのように張り替えの手間がいらず，タイムリに表示することが可能となる。

(3)　ビジネス文書

会議資料などのビジネス文書の配布に利用できる。データで配布し表示させることで，大量の紙資料を配布する必要はない。ペーパーレス社会にも貢献できる。

(4)　工場・物流拠点の作業指示書

頻繁に変更になるような工場の作業指示書への利用である。紙による配布や印刷を省き，簡単に書換

図-6　FLEPiaの利用シーン
Fig.6-Application of FLEPia to various fields.

えが可能となる。複数拠点へのタイムリな情報提供も可能となる。

む　す　び

富士通では，FLEPiaの特性である低消費電力・カラーコンテンツを自由に持ち歩き参照することができるという特長を生かし，新たな市場を開拓していく製品として位置付けている。今後もデバイスの性能向上，アプリケーションの充実，電子書籍・電子新聞および電子コミックなどのビューワ機能の強化を図っていく。また，端末機能の強化とともに，コンテンツプロバイダをはじめ様々な企業と協業しソリューション提供の拡大も図っていく。

【本製品に関するお問合せ】

富士通フロンテック株式会社　販売推進部
電話：(042) 377-0445（直通）
（平日9：00から17：00まで）
お問い合わせフォーム：
http://www.frontech.fujitsu.com/contact/

参 考 文 献

(1)　吉原敏明ほか：カラー電子ペーパー．*FUJITSU*, Vol.57，No.3，p.302-306（2006）.