

# 電子ペーパーにおける電子ペン描画の高速化

宮澤寛†1

**概要**：電子ペンを画面の上で使用すると、電子ペン先と表示の差を感じやすいことが知られている。電子ペーパー（EPD）で電子ペンを使用するには、より高速に描画することが求められていると考え、EPD の特有の処理を調査し、システム設計・試作を行った。画像処理 Intellectual Property core（IP）を併用することで、500MHz シングルコア CPU でも、高速描画可能なシステムが構築できたと考える。

## 1. はじめに

電子ペーパー（EPD）に電子ペンで記入するデバイスの需要は高まってきており、多くの会社からデバイスが発売されている。ユーザーは、電子ペン先と EPD を注視していることから、この差を感じやすいことが知られている。[1] このことから、EPD で電子ペンを使用するには、より高速に描画することが求められている。

そこで本試作では EPD への電子ペンのレンダリングを、画像処理 IP を併用することで、高速に描画するシステムの設計・試作(図 1)を行った。

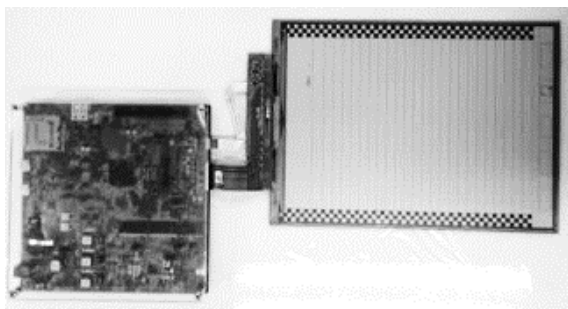


図 1 試作機の写真

## 2. 調査

EPD を表示する場合、Timing-Controller (T-CON) [2] や T-CON 機能を内蔵した CPU を使用することが一般的であり、まずは、T-CON を使用した試作を行った。

T-CON へはシリアル LCD の様に、全面もしくは矩形ブロック単位で転送できる仕様になっていた。しかしながら、矩形ブロック単位更新命令をしたあと、しばらく更新は不可能な仕様であった。これは、EPD 色の変化が終わるまで当該ブロック範囲はロックされるためであり、ペン描画をいち早く表示するには 1 ピクセル単位での更新が必要と考えた。一方の T-CON 機能を内蔵した CPU であるが、入手できなかったため、調査はできなかった。

このことから、必要な処理を確認すべく、上記部品を使用せず設計を行った。

## 3. 設計

EPD は 16 階調表示が可能であるが、ボールペンの描画を再現すると割り切り、高速処理するためデータを削減し 2 段階の白黒とし、設計をスタートした。EPD にレンダリングをするためには、(図 2) の様な処理をする必要がある。

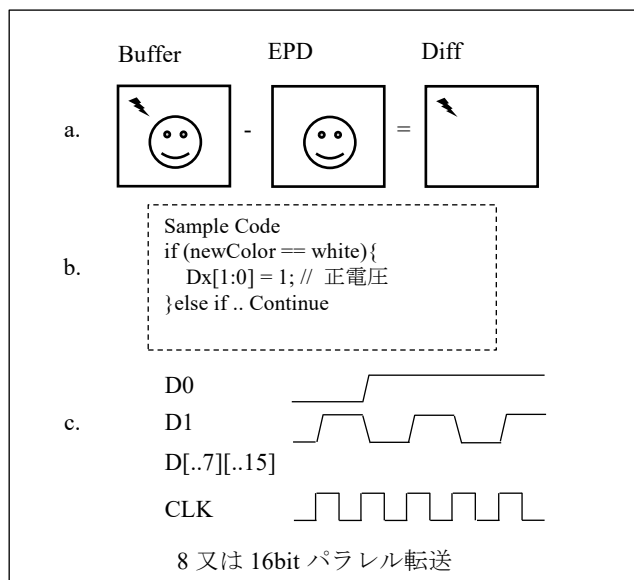


図 2 EPD 表示に必要な処理

a.表示している内容と表示したい内容との差分の作成（差分作成）

b.差分に対して EPD の各セルのインクカプセルを上下に動かす正電圧、負電圧、中点電圧印加の命令の生成（命令生成）

c.命令転送

である。a.差分作成であるが、特定の画像処理を Intellectual Property core（IP）で演算し Video RAM 領域（VRAM）に戻す手法は知られており [3]、同様に画像処理が得意な IP に任せってしまうこともできるだろうと考えた。本試作では、DMA 及び、演算器を組み合わせられる、ルネサスエレクトロニクス株式会社の Dynamically Reconfigurable Processor（DRP） [4] を利用したシステムを構築した。

同処理を CPU と DRP を比較した場合、CPU は、逐次 RAM の読み書きが発生するが、DRP を用いれば DMA によりブロック単位で DRP バッファとの転送が可能となる。CPU 占有及び BUS のオーバーヘッドの削減による占有を下げる事が可能となり効率的な計算ができると考えられる。(図 3)

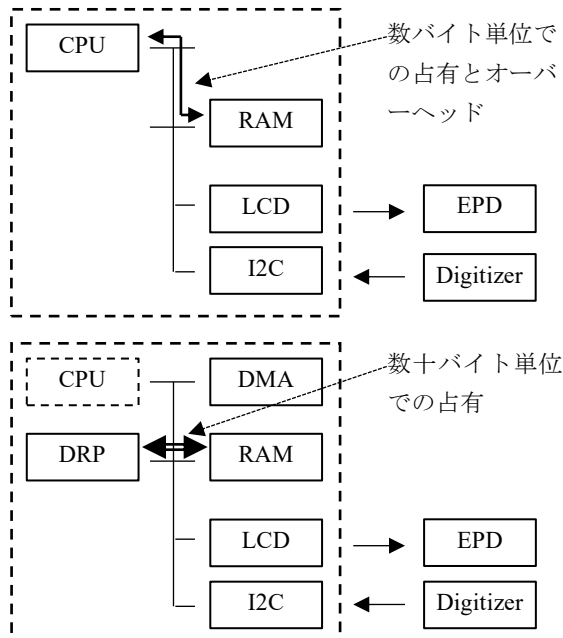


図 3 DRP による処理

b. 差分データから、命令への変換は簡単な分岐命令であるため DRP で演算を行うことができ、a.と同様に、効率化に寄与したと考えられる。

処理 a. b. は除算を用いず C 言語で記述した。少ない変更で CPU での処理も可能であり、同処理を DRP と CPU で比較したところ、DRP は高速で実行できることが確認出ることができた。

c. 16bit LCD パラレルインタフェースを使用し、VRAM に保存した命令を転送した。7.8ms 程度で全てのピクセルに連続的に命令できる様になった。

VRAM は 2 面用意しておき、一方が EPD への転送、もう一方は、新しい命令の書込場所として動作させている。

今後外部へのデータ入出力が必要になってくる。USB ペリフェラルなど、ホスト側から予期せぬ通信が発生することから、CPU 動作に余裕を持たせる必要があるが、描画処理の一部を CPU から DRP に移せたことにより、VRAM から EPD に、最大 960Mbps を通信しているにもかかわらず、500MHz シングルコア CPU でも実用可能なシステムになったと考えている。

#### 4. まとめと今後の予定

EPD への電子ペンのレンダリングを高速に描画するシステムを試作し、高速描画を可能とした。T-CON の仕様の

矩形ブロック単位からピクセル単位でのタイミング調整が可能となった。主なシステムを表 1 とした。

表 1 システム構成

項目	メーカー、型番、仕様など
電源	5V 500mA Max.
CPU	ルネサスエレクトロニクス RZ/A2M
EPD	E-Ink 10.3inch
電子ペン	ワコム G14 シリーズ レポートレート 360Hz
RAM	4 + 64MByte
ROM	64MByte

今後は、本システムを有用に利用出来るソフトウェア層の開発である。筆記データを保持できることから、オンライン文字認識をターゲットに開発を進めている。ソフトウェア層は標準化されているプロトコル、フォーマットを用いて実装する予定で有り、Multimedia Transfer Protocol (MTP) 及び inkML を予定している。

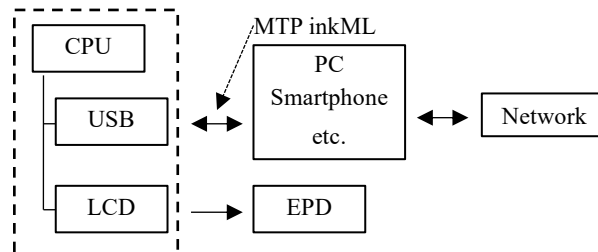


図 4 USB 接続

#### 謝辞

ルネサスエレクトロニクス株式会社に DRP の助言をいただいた。株式会社リョーサン、シマフジ電機株式会社にプログラムの一部を作成していただいた。東京農工大学中川正樹 特任教授・副学長にデータ形式の助言をいただいた。

#### 参考文献

- [1] 株式会社バンダイナムコ研究所. “脳の動作クロックは 33Hz? 人間のスペックに適合させたゲームの遅延対策とは”. <https://jp.gamesindustry.biz/article/1909/19090502/>, (参照 2021-10-19) .
- [2] E-Ink “ICE Driving Board” <https://shopkits.eink.com/product/ice-driving-board/>, (参照 2021-11-08) .
- [3] 日本電気株式会社. “業界最高クラスの性能を実現したパソコン用 3 次元グラフィックス L S I の発売”. <http://www.nec.co.jp/press/ja/9709/2901.html>, (参照 2021-10-19) .
- [4] ルネサスエレクトロニクス株式会社. “動的再構成プロセッサ (DRP; Dynamically Reconfigurable Processor)”. <https://www.renesas.com/jp/ja/application/technologies/drps>, (参照 2021-10-19) .