

## 7P-7

## T<sub>E</sub>X および PostScript のための 高速プリンタ・システム\*

川口 湊<sup>†</sup>, 加藤 義幸<sup>‡</sup>

福井大学<sup>§</sup>

### 1 T<sub>E</sub>X での日本語出力の効率化

T<sub>E</sub>X[1][2] や、PostScript[3] の出力処理を高速に行うための高解像度のレーザービーム・プリンタ・システム (LBPS) とそのファームウェア、およびドライバを開発した。

文書の作成や編集のために T<sub>E</sub>X や、日本語を処理できる T<sub>E</sub>X システムである NTT 版 jT<sub>E</sub>X[4][5] およびアスキー版日本語 T<sub>E</sub>X[6] を利用する機会が増えてきた。これらのシステムは最近 C バージョン化されて高速の処理が可能になってきた。それにひきかえ、最終出力である紙への出力処理には相変わらず時間がかかり、苦痛を強いられるという場合が少なくない。そこでインテリジェントな LBPS とデバイス・ドライバを開発し、その間でフォントのキャッシングを行うことにより高速で効率のよい出力を実現した。T<sub>E</sub>X が生成する dvi ファイルに記録されているフォントを全てキャッシングする。そして、キャッシングされたフォント・データを LBPS 内部に保存する。したがって、出力の回数を重ねるほどヒット率が高くなるという特徴がある。

また、T<sub>E</sub>X の出力だけでなく PostScript を使って作成した図を出力したいとか、T<sub>E</sub>X の出力に PostScript の図を挿入したいというときがしばしばある。そういった要求に応えるために、GhostScript (Free Software Foundation, Inc. から配布されている GNU 版 PostScript) をファームウェア化して PostScript の高速の出力も可能にした。

これらの処理を行うために開発した LBPS のハードウェアの主な仕様を表 1 に示す。

### 2 キャッシングの方式

レーザービーム・プリンタを使って T<sub>E</sub>X を出力するときには、ホスト・コンピュータからプリンタへ、出力したいフォントの全イメージを転送するという方法が広く用いられている。この方法では、T<sub>E</sub>X のフォント・ファイルから読み込んだビットマップ・データをそのままプリンタに転送するだけでよいので、ドライバの構成は簡単になる。しかし、そのイメージ転送にかかる時間がボトルネックとなり、結果として出力時間に多くの時間を要することになる。また、フォントのビットマップ・デー

CPU	MC68020
浮動小数点演算プロセッサ	MC68881
グラフィックス・コントローラ	μPD72120
プログラム・メモリ	1MB
ページ・メモリ	8MB × 2 ページ
フォント格納用メモリ	4MB
プリンタ・エンジン	Canon LBP-ST 400dpi 最高印字速度 8 枚 / 分 最大用紙サイズ B4 版
ホストとの接続	RS-232C, Centronix

表 1: LBPS のハードウェアの主な仕様

タを毎回転送するというのは大変無駄が多い作業である。なぜなら、通常使用される文字というのはかなり限られており、ほとんどの場合は一度使用した文字を何度も使用しているからである。したがって、この性質を利用してフォントのキャッシングを行えば、プリンタに転送するデータ量を格段に減少することができる。

キャッシングは、ホスト・コンピュータ上のドライバと LBPS 上のプログラムが協調しながら行う。その両者は、同じアルゴリズム、そして同じ条件のもとでキャッシングのモニタリングを行う。つまり、ホスト・コンピュータと LBPS は同一のキャッシュ・ディレクトリ (キャッシュ・データに対する連想アクセスのために用いるキャッシュ中のタグのまとめ) を持ち、両者の間のコヒーレンスは維持されていることになる。例えば、キャッシュ・ミスが起こりフォントを LBPS にロードする場合、キャッシュ・エリアからスワップ・アウトしなければならないフォントの情報までを LBPS へ送る必要がない。LBPS 上のプログラム自身もキャッシングのモニタリングを行っていて、キャッシングの状況を把握しているからである。この方法は、データの転送がホスト・コンピュータから LBPS への 1 方向だけで済み、双方向通信の場合に比較して制御が簡単で汎用性も高い。

jT<sub>E</sub>X と日本語 T<sub>E</sub>X では日本語のフォントの取り扱い方が異なるので、デバイス・ドライバをそれぞれに対応させる必要がある。LBPS のドライバではまず、どちらの T<sub>E</sub>X で生成した dvi ファイルであるかをフォントの名前から判定する。そして、それが jT<sub>E</sub>X であれば tfm ファイルを、日本語 T<sub>E</sub>X であれば jfm ファイルを読み込む。

\*A High-Speed Printer System for T<sub>E</sub>X and PostScript

<sup>†</sup>Minato KAWAGUTI

<sup>‡</sup>Yosiyuki KATO

<sup>§</sup>Fukui University

その読み込んだフォント情報にしたがって、ビットマップ・データを出力する。こうすることにより、どちらの $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ で生成した $\text{dvi}$ ファイルでも区別なく出力することが可能となる。

### 3 フォント・キャッシュの実現方法

$\text{LBPS}$ は、1文字単位でドットフォントのキャッシングを行う。フォント・キャッシュは検索を高速に行うためのハッシュ表と、ビットマップ・データ以外のフォント・データ(フォント・レコード)の循環リスト、そしてフォントのビットマップ・データを格納するバッファ部から構成される。バッファ部には $\text{LBPS}$ のフォント格納用メモリ4MBを使用する。フォントの識別はあらかじめ決められたフォントIDと文字コードのペアで行い、これをハッシュのキーとする。ハッシュ表は、キーより算出したハッシュ値をインデックスとするフォント・レコードへのポインタの配列である。そのポインタは、同じハッシュ値をもつフォント・レコードの循環リストの先頭を指す。フォント・レコードには、フォントのID番号、文字コード、高さ、幅、ピッチ、そしてビットマップ・データへのポインタといった情報が収められている。このフォント・レコードはフォントの出現順番に並べられた双方向の環状リストとなっている。既に存在するフォントを使用する(キャッシュ・ヒット)場合には、そのフォント・レコードをリストの先頭に移動する。また、新しいフォントをロードする(キャッシュ・ミス)場合には、リストの先頭にそのフォント・レコードを追加する。フォント・レコードを削除するときには、最後尾のリスト(つまり、先頭のリストの直前のリスト)をその対象とする。この方式は、LRU方式と等価であり、高いヒット率が期待できる。

ホスト・コンピュータ上のドライバは、構成を簡単にするために常駐型のプログラムとはしない。そのために、ドライバは実行を終了する前に、キャッシングされているフォントの状況のあるファイルに保存する。また、ドライバが起動されたときには、そのファイルから読み込んだキャッシュ情報をもとにキャッシングを行っていく。

### 4 GhostScript のファームウェア化

GhostScriptのファームウェア化には次のような利点がある。第一に、ホスト・コンピュータに負荷を全くかけずに、PostScriptの出力が可能である。第二に、 $\text{LBPS}$ のハードウェア機能を最大限に活かすことができ高速描画処理が可能である。GhostScriptを $\text{LBPS}$ に移植するにあたり、UNIXのライブラリ関数に相当する関数を作成した。また、浮動小数点演算コプロセッサを使用するためのライブラリと、ページ・メモリに描画を行うドライバを作成した。ドライバは、 $\text{LBPS}$ に搭載しているグラフィックス・コントローラを用いて描画を高速で行う。なお、ファームウェアのサイズは約150KBである。

配布されているGhostScriptは $14 \times 8$ のドットフォントを使用しているので、拡大するとギザギザが目だつて文

出力サンプル	LBP-8II	LBPS 1回目	LBPS 2回目
GNUダイジェスト No.5.1 (28ページ)	55分6秒 1分58秒	16分17秒 28秒	7分45秒 10秒
講義録 (15ページ)	50分57秒 3分23秒	12分54秒 52秒	2分37秒 10秒
論文 (10ページ)	28分17秒 2分50秒	8分10秒 49秒	2分9秒 13秒

表2:  $\text{LBPS}$ (400 dpi) と  $\text{LBP-8II}$ (300 dpi) による出力時間の比較. 上段は全ページの出力時間で、下段はA4版1ページ当たりの出力時間

字はあまり美しくない。そこで $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のComputer Modern Font[7]をBézier曲線に変換したアウトライン・フォントを作りGhostScriptに組み込んだ。

### 5 性能評価

$\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ で作成された日本語の文書を、 $\text{LBP-8II}$ (300 dpi)と $\text{LBPS}$ を使って出力した場合の出力時間の比較を表2に示す。 $\text{LBP-8II}$ のためのドライバとしては日本 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ユーザーグループが配布しているものを使用した。 $\text{LBPS}$ の1回目とはキャッシングが全く行われていない状態から出力を開始した場合で、 $\text{LBPS}$ の2回目というのは1回目に引き続き同じ文書を出力した場合の時間である。この結果から、キャッシングが充分に行われている状態では、 $\text{LBPS}$ の全画素数は $\text{LBP-8II}$ の約1.8倍であるにもかかわらず、10-30倍の速度での出力が可能であることがわかる。PostScriptの出力についても同程度の速度の向上が得られた。

### 参考文献

- [1] Donald E. Knuth, *The  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ book*, Addison-Wesley, (1986)
- [2] Donald E. Knuth, *The  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ : The Program*, Addison-Wesley, (1986)
- [3] Adobe Systems Inc., *PostScript Language Reference Manual*, Addison-Wesley, (1987)
- [4] 斎藤康己, 日本語 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ , 情報処理学会日本語文書処理研究会予稿10-3, (1987)
- [5] Yasuki Saito, Report on  $\text{jT}_{\text{E}}\text{X}$ : A Japanese  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ , *TUGboat*, 8, 103-116 (1987)
- [6] 倉沢良一, 日本語 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ,  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ユーザーグループ第5回例会配布資料, (1987)
- [7] Donald E. Knuth, *Computer Modern Typefaces*, Addison-Wesley, (1986)