

# パソコン用画像処理アクセラレータボードの開発

Development of the Image Processing Accelerator Boards for the Personal Computer

菅谷 豊明\*  
Sugaya, Toyoaki

平本 健一郎\*  
Hiramoto, Kenichirou

The performance of the personal computer has been rising day by day, but its power is still not enough to process the pictorial color images for prints. We have developed two kinds of image processing accelerator boards for the personal computer. One is used to convert the color of images, and another is used to convert the size of images. Both boards accelerate the each processing about 10 times or more as the software processing.

## 1 はじめに

近年、パーソナルコンピュータの処理能力が著しく向上し、たいへん安価なシステムでフルカラー画像をデジタル処理できるようになってきた。特に、グラフィカルなユーザーインターフェイスを実現するウィンドウソフトウェアや、豊富な画像処理ソフトウェア、フォント、そして、カラスキャナ、カラープリンタ等の周辺機器と、その接続用ドライバソフトウェアまで、システム全体のコストパフォーマンスと構成の柔軟さを考えるとき、パーソナルコンピュータを利用したシステムは、専用ハードウェアで構成した画像処理システムや、ワークステーションベースのシステムに比べ圧倒的に有利である。

このような背景から、デザイン、印刷、写真レタッチ等の業務用からホビー用に至るまで、パーソナルコンピュータでフルカラー画像を扱うシステムが急増している。

しかしながら、最終的にプリントアウトすることを考えたとき、たとえばA4サイズに400DPIの解像度でフルカラー画像を出力する場合、そのデータ量は40MByte以上にもなり、最新CPUを搭載したパーソナルコンピュータをもってしても、かなりの処理時間を要するのが現状である。特に、業務用のシステムにおいて処理能力の不足は致命的であり、依然専用ハードウェアを用いたシステムや、ワークステーションを利用したシステムが主流である。

このような現状の中、我々はパーソナルコンピュータを使用した安価な画像処理システムで現実的な処理速度を達成するため、パーソナルコンピュータの拡張スロットに挿入して使用する画像処理アクセラレータボード2種を開発した。

## 2 システム構成

我々が開発中の写真編集用デジタル画像処理システムの中で、ソフトウェアによる処理で時間が問題となった

\*技術研究所フォト開発センター

のは、色変換と画素数変換である。

前者は、色特性の異なるカラスキャナ、カラーモニタ、カラープリンタ等の入出力機器間でカラーマッチングを行う際必須となる処理で、近年多くのカラーマネジメントシステムが提案されている。また、ユーザーが意識的に色合いを調整する場合にも、もちろん必要となる処理である。

後者は、画像の拡大・縮小処理を行う際必要となるほか、解像度の異なる入出力機器間で同一画像を扱う際、必要となる処理である。

我々は、これら2つの処理はハードウェア化による効果が大きく、また、他の画像処理システムにも利用できることから、2種の画像処理専用アクセラレータボード、すなわち、色変換ボード（Color Processing Board）と画素数変換ボード（Resolution Converting Board）を開発した。

プラットフォームには、コストパフォーマンスが高く、

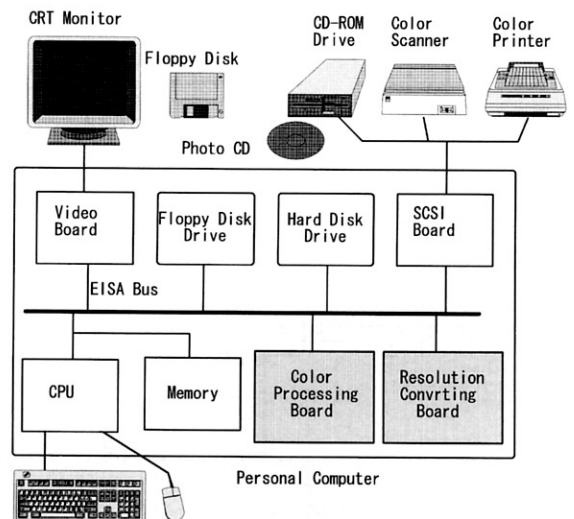


Fig. 1 Example of Image Processing System

全世界で最も設置台数の多いPC/AT互換機（日本ではDOS/Vパソコンとも呼ばれる）を選んだ。また、バスとしてはデータの転送速度を上げるため、32bitバスであるEISAバスを選択した。

色変換ボード、画素数変換ボードともEISAバスを持つPC/AT互換機の拡張スロットに入れて使用する。

PC/AT互換機には豊富なソフトウェアと周辺機器が市販されており、フルカラー画像処理システムが容易に構成できる。Fig. 1にシステム構成例を示す。

### 3 色変換ボード

#### 3.1 色変換ボードの構成

色変換ボードの構成をFig. 2に示す。

色変換ボードはRGBまたはYMC各8bit、計24bitの画像データを各色独立に変換する階調変換部と、3色色空間上で色座標を変換する色変換部とから構成される。

2つの変換部は独立して使用することも可能であるし、階調変換と色変換を連続して行うことも可能である。連続処理する場合、2つの回路はパイプライン接続されているため、色変換単独処理の場合と同じ処理時間で連続処理が可能である。

本ボードには、画像データ入出力のためのバスマスター機能は設けず、データ転送はすべてパーソナルコンピュータマザーボード上のCPUが本基板へI/Oアクセスすることにより行う。これは、バスのクロックスピードに比べCPUが十分速いため、大きな処理速度の低下なしにボードの回路規模を抑えることができるからである。また、画像データの入出力をソフトウェアが管理することにより、主メモリ上の画像データの構造を拘束しない。

#### 3.2 階調変換部

階調変換部は8bit入力8bit出力、10bit入力8bit出力両用のLUT（Look Up Table）3回路から構成される。10bit入力を可能としたのは、高精度スキャナ等からの入力にも対応可能とするためである。

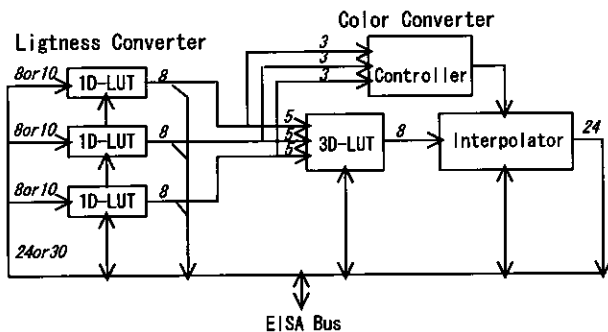


Fig. 2 Color Processing Board

LUTはSRAMにより構成されており、変換データはマザーボード上のCPUによりダウンロードする。これにより自由な階調変換を行うことができる。

階調変換部は、色変換の前処理として、被変換データの非線形性を補正し、色変換の精度を高めるほか、明るさ変換、コントラスト変換等のため単独でも使用される。また、各色に異なる変換データを設定することにより、色バランスの調整にも使用できる。

#### 3.3 色変換部

色変換の方式として、本ボードではLUT+補間方式を用いた。基本的に3色入力3色出力のLUTによる変換が最も自由度が高く精度も高いが、完全なLUTを実現するには24bit入力24bit出力で48MByteのメモリが必要となり、現実的でない。代わりに考案されたのが本方式であり、入力bit数を減らしてLUT容量を減らし、LUTにない入力データに対しては、LUTに存在する周囲の変換データから補間演算により変換値を求める。（Fig. 3）

本ボードでは、各色5bit、計15bit入力のLUTとした。LUTはSRAMで構成され、変換データはマザーボード上のCPUによりダウンロードする。これにより、自由な特性の変換を行うことができる。

補間方式については、いくつかのアルゴリズムが考案されており<sup>1) 2) 3) 4)</sup>、本ボードではそれら複数のアルゴリズムに対応できるよう補間データ発生部をROMとした。

なお、色変換の方式としては、単純な線形演算による方法や、多項式による方法も知られているが、入出力機器間のカラーマッチングに用いる場合、非線形な変換が必要となり、高い精度の変換は望めない。<sup>5)</sup>

色変換部は階調変換部とともに、カラー入出力機間のカラーマッチングに用いられるほか、ネガ画像のネガポジ反転や、色相・彩度を含む色合いの調整にも使用される。

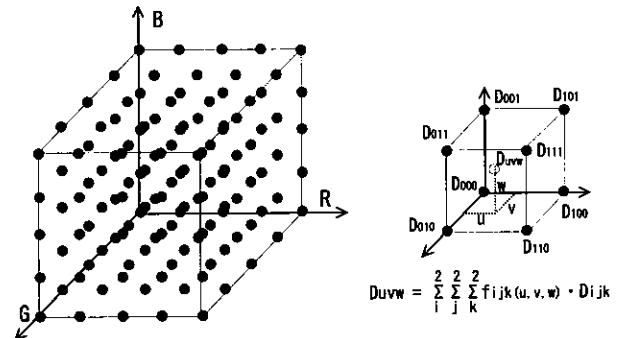


Fig. 3 LUT and Interpolation

## 4 画素数変換ボード

### 4.1 画素数変換ボードの構成

画素数変換ボードの構成を Fig. 4 に示す。

本ボードは、空間フィルタ部および、双1次補間 (Bilinear Interpolation) 部から構成される。

前者は、縮小処理時のアンチエイリアシングフィルタとして使用されるほか、単独でエッジ強調、スムージング、輪郭抽出等の空間フィルタリング処理にも使用できる。

後者は任意倍率での拡大・縮小処理を行うための補間演算に使用される。

これら2つの処理部はボード内部で接続されており、それぞれ単独で使用することも可能であるし、連続処理することも可能である。

さらに、双1次補間部の出力は、色変換ボードへ入力して連続処理することも可能である。

本ボードには、色変換ボードと同様、画像データ入出力のためのバスマスター機能は設けず、データ転送はすべてパーソナルコンピュータマザーボード上のCPUがソフトウェアにより本基板へI/Oアクセスすることで行う。

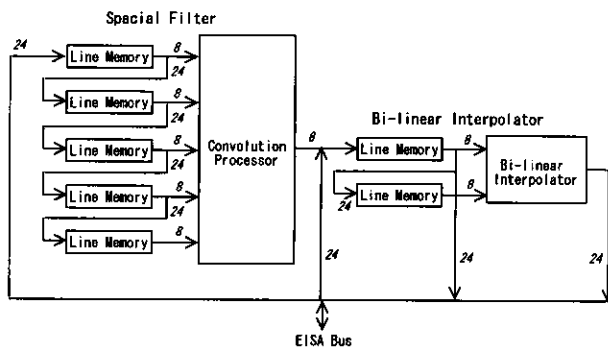


Fig. 4 Resolution Converting Board

### 4.2 空間フィルタ部

空間フィルタの方式として、5×5のコンボリューション演算を使用している。(Fig. 5) 縮小時のアンチエイリアシングフィルタとして使用する場合、20%までの縮小処理に対応できる。係数は任意の値がCPUよりロード可能であり、これにより、多彩なフィルタ処理を行うことができる。

空間フィルタの前段に5ラインのラインメモリを配置することにより、各画素の被変換データは1度だけ本ボードへ入力すればよい。また、空間フィルタ後段には2ライン分のラインメモリを配置することにより、双1次補間に必要なデータを保持している。

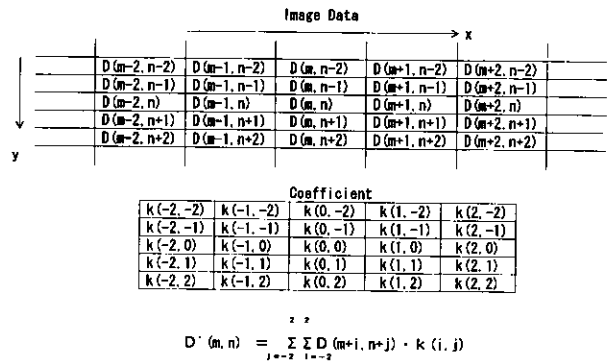


Fig. 5 Convolution Calculation

### 4.3 双一次補間部

双一次補間部は、任意倍率の拡大・縮小を行う際必要となる。

一般に、画像の拡大・縮小を行う場合、何らかの補間演算が必要となる。この方法として最近傍点法 (nearest neighbor)、双1次補間法 (Bi-linear Interpolation)、双3次補間法 (Bi-cubic Interpolation) 等が知られている。

最近傍点法は補間を行わず、得たい座標に最も近い既知のデータで代用する簡易手法であるがモアレが発生するなど画質に難があり、プリントを目的とした処理には向かない。

双1次補間法は得たい座標の画像データを周囲4点のデータから1次補間により求める方法で、モアレの発生防止に有効である。(Fig. 6)

双3次補間法は周囲16点のデータから3次式で補間する方法で、双1次補間に比べ高周波成分の劣化が少なく画質に優れる。ただし、ハードウェア化する場合は回路規模が双1次補間法の4倍以上となるため、今回はコストパフォーマンスを考慮して双1次補間法を採用した。

Fig. 4 に示したように、双1次補間部はデータ入力用に2つのラインメモリを持ち、この2ラインのデータを参照して、1ライン分の補間データを算出する構成となっている。

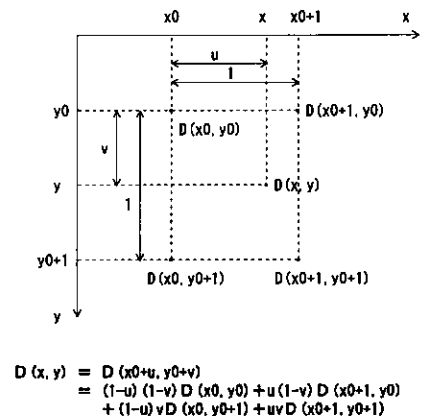


Fig. 6 Bi-linear Interpolation

## 5 評価結果

### 5.1 色変換ボードの処理能力

色変換ボードを実際を使用して処理時間を測定した。主メモリ中の画像データ色変換時間の測定結果を Fig. 7 に示す。CPU には i486-DX 2-66 を使用した。約 2.7s/Mpixel の性能が得られた。基板内部では約 1s/Mpixel で処理しているので、CPU によるデータの入出力がボトルネックとなっている。CPU の速度が上がれば処理時間はさらに短縮できる。

Fig. 7 には比較のため、ソフトウェアによる処理時間測定結果も示した。色変換ボードと同じ LUT+補間方式を用いた場合約 10 倍の処理時間が必要である。

参考のため、1 次、および 2 次式による近似計算を用いた場合の処理時間も示した。LUT+補間方式によるソフトウェア処理よりは速いものの、色変換ボードの 2 倍から 8 倍の所用時間である。なお、先にも述べたが、1 次、および 2 次式による色変換精度は LUT+補間方式に比べ誤差が非常に大きい。<sup>5)</sup>

### 5.2 画素数変換ボードの処理能力

画素数変換ボードを使用して画像の拡大・縮小処理を行ったときの所要時間測定結果を Fig. 8 に示す。主メモリ中の 1k × 1k 画素の画像を 0.2 倍から 2.0 倍に縮小・拡大したときの処理時間である。CPU は i486-DX 2-66 を使用している。0.2 倍への縮小時が約 2.2s、2.0 倍への拡大時が 6.8s である。縮小処理時はアンチエイリアシングのための空間フィルタリングと双 1 次補間を両方行っている。拡大処理時は双 1 次補間のみである。

比較のためソフトウェアで処理した場合の所要時間も Fig. 8 に掲げた。画素数変換ボード使用時の 9 倍から 30 倍の時間が必要である。

画素数変換基板を使用して空間フィルタリングのみを行った場合の処理時間を Fig. 9 に示す。1M 画素時で約 2.9s を要している。ソフトウェアで処理した場合は 76s と約 26 倍の時間を要している。

## 6 まとめ

パーソナルコンピュータ用の画像処理アクセラレータボード 2 種を開発した。いずれもソフトウェア処理時の 10 倍から数十倍の処理速度を実現している。コニカでは、本ボードを利用した写真編集用デジタル画像処理システムの開発を進めている。

コンピュータや電子回路の技術は今後めまぐるしい発展を続けていくと考えられ、コニカの関わる映像情報事業分野にも絶え間ない変革が続くと思われる。

我々はハードウェアとソフトウェアの時々々の長所を組み合わせ、時代のニーズに合った最適なシステムを提案していきたい。

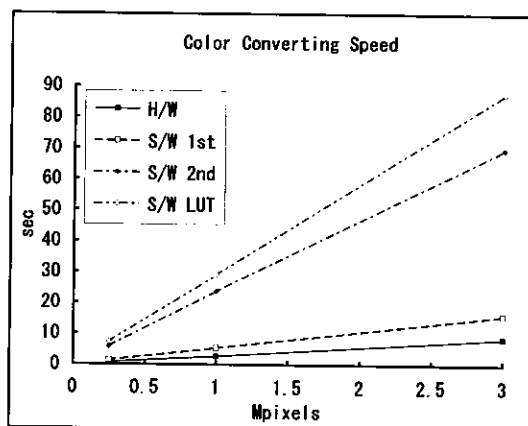


Fig. 7

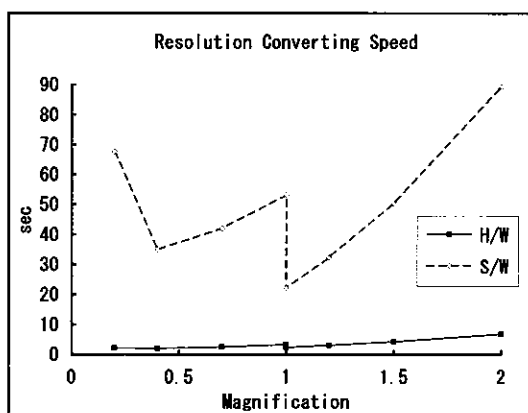


Fig. 8

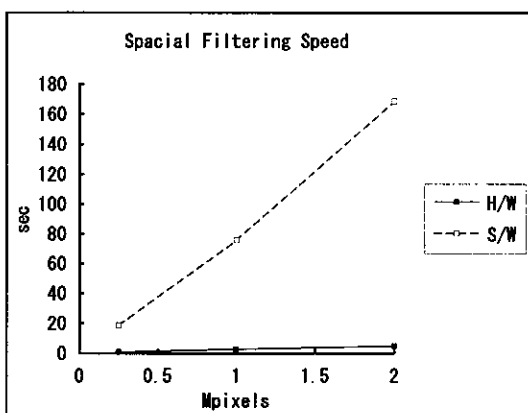


Fig. 9

### ●参考文献

- 1) 洪博哲: 日本写真学会誌, A-3 (1987)
- 2) 金森、山田、他: 第 23 回画像工学コンファレンス予稿集, 249-252(1992)
- 3) 特許公開昭 53-123201
- 4) 金森、小寺: 画像電子学会誌, 18-5(1989)
- 5) Po-Chien Hung, Journal of electronic Imaging, 2-1, 53-61(1993)