

解 説

OCR 専用プロセッサ*

花野井 歳弘**

1. ま え が き

OCR (Optical Character Reader) が、計算機システムのインプットネックの解消を目指して登場してからすでに 10 年以上を経過した。その間判別アルゴリズムの進歩により手書き文字まで読取れるまでになるなど性能が大幅に向上した。ハード面においても、ハードワイヤード論理から専用プロセッサを内蔵し、プログラムによって制御する方式に進歩した。これによって手書き文字読取りの実用化、読取ったデータに対するチェック機能の充実および低価格化が可能になった。ここでは OCR が行う処理内容の分析から専用プロセッサの必要性を述べ、次に OCR 独特な機能である文字判別を専用プロセッサでどのように実行するかを検討し、アーキテクチャの例を述べる。

2. OCR の機能と構成

2.1 専用プロセッサの必要性

OCR の読取り能力は図-1 に示すように、初期には活字数字のみであったが現在は手書き英字、カナ文字さらには漢字にまで向上している。

このような OCR の能力の向上は、OCR 装置内の論理の複雑化をもたらした。

当初は論理の実現にハードワイヤード論理が用いられたが、手書き文字のように複雑な判別方法を実現するためには技術的、価格的に非常に困難となってきた。このため OCR に特有な論理を実現するため、専用プロセッサを用い、プログラムによる制御で文字の判別を行う必要が生じた。

また、OCR で原始伝票を直接読取り、計算機システムに入力する場合には、他の方法（カードによる入力など）に比較して、読取不能文字あるいは誤読文字が生じる問題がある。このため初期の OCR では、

手書き文字	1968年	1975年	1976年	
活字	1965年			1979年?
	数字	英字	カナ	漢字

図-1 OCR で読取れる文字の種類

CPU (中央処理装置) 直結型が多く、読取ったデータの種々のチェック (ディジットチェック、サムチェックなど²⁾) を CPU で行い、読取不能文字あるいは誤読文字の検出を行っていた。しかしながら、計算機システムが複雑化しかつ処理すべき業務が増加するに伴い、OCR のために CPU あるいは少なくともチャンネルを長時間専有されることは、システムの効率を下げることなど大きな問題となってきた。OCR に専用プロセッサを内蔵する場合には、このように CPU で行っていたデータのチェックを OCR 自身で行うことが可能となり、さらにキーボードなどによりエラーデータの修正も可能となるなど、大幅な性能向上が望める。

このような理由から現在の OCR では、専用プロセッサを用いている。また、複雑なデータチェックや特殊な使い方をするもの以外はほとんど CPU より切り離されたオフライン型になっている。この場合には、OCR からはエラーの修正された原始伝票のデータを磁気テープなどの媒体に変換して CPU に渡す。これにより CPU の負担を軽減して計算機システム全体の効率を向上させている。

2.2 OCR の機能と構成

OCR の専用プロセッサに必要な機能を整理すると表-1 (次頁参照) のようになる。

専用プロセッサは、OCR に付属する各種のメカニズム (紙送り機構、光電変換部、M/T などの出力機器およびデータの修正に必要なディスプレイ、キーボード) を制御する。また、文字の判別は、速度向上のため、判別専用論理を制御して行う。また、データが誤っているかどうかのチェックおよび読取るべき帳票

* Special Purpose Processor for OCR by Toshihiro HANANOI (Odawara Works, Hitachi, Ltd.)

** (株)日立製作所小田原工場

表-1 OCR 専用プロセッサに必要な機能

機能	制御すべきリード	必要なプログラム
帳票を1枚ずつフィードする	紙送り機構	紙送り制御プログラム
帳票上の文字を読取る	光電変換部 判別論理	光電変換部制御プログラム 文字判別プログラム 帳票フォーマット制御プログラム* データチェックプログラム*
データの出力	オンラインインタフェース M/T, FDD など*	I/O 制御プログラム
データの修正	ディスプレイ キーボード	修正プログラム
帳票フォーマットプログラム		フォーマットロードプログラム*

* 印はオフライン OCR に必要なもの

がどのようなフォーマットでどのようなチェックを行うかを制御するフォーマット制御、そしてそれをユーザがプログラムする機能が必要となる。

3. OCR 専用プロセッサのアーキテクチャ

前述のように、OCR では他の機器には見られない OCR の独特な機能がある。このためこの機能を実現する OCR 専用プロセッサのアーキテクチャにはいくつかの特徴がある。以下では、アーキテクチャ決定にいたるまでの検討事項をまとめ、またアーキテクチャの例を示す。

3.1 アーキテクチャ決定のための検討事項

専用プロセッサのアーキテクチャは、OCR に要求される機能を要求される速度で処理し、かつコスト面で最も有利にならなければならない。特に検討すべき機能は下記のものである。

- ① 文字の判別を行う
- ② 各種メカニズムの制御が可能であること
ビット処理機能の充実、I/O インタフェースの充実
- ③ データの算術処理が可能であること
演算機能の充実、バイト処理機能の充実

上記の中で、② および ③ は、端末機器あるいは周辺機器に専用プロセッサを用いたときには、いずれも必要となる機能であるので、ここでは説明を省く。①については、OCR 独特な問題であり、これによってアーキテクチャは大きく左右されるので詳しく述べる。

文字の判別を専用プロセッサによりどのように行うかを決定するには、まず判別方式を決定しなければならない。判別方式は OCR 各メーカーによって異なり、

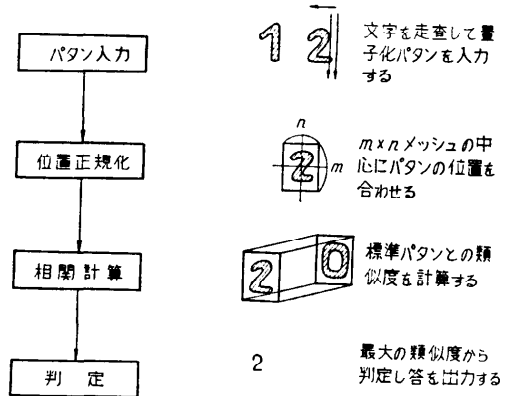


図-2 マッチング法による活字判別手順

OCR 開発時点で最新の方式を採用するのが通例である。活字の判別方式は、旧来のストロークアナリシス法に変わって、どのような字体にも応用できるマッチング方式^{9),10)}が基本になっている。また、手書き文字は活字と異なり文字の傾き、大きさなどの変形が多い。このため活字と異なり文字のトポジカルな性質を抽出する方式がとられている。代表的なものには、構造解析法⁹⁾、線図形化方式⁹⁾、場の効果法⁷⁾などがある。以下では、活字をマッチング方式によって判別する OCR について説明する。

マッチング方式による判別の手順は図-2 に示すようなものである。すなわち、帳票上の文字を光電変換部により走査し量子化像を入力する。次にこれを決められたメッシュ数の中心にパターンが位置するようパタンの位置正規化を行う。そして標準パタンの各々と相関計算を行い類似度を計算する。最後に得られた類似度から判定を行い答を出力する。

このような判別方式を専用プロセッサで実行するには、まず光電変換部をプログラムにより制御して量子化パターンをメモリに取込む。次に位置正規化、相関計算などを行うが、これらの処理の具体的実行には、表-2 に示す3通りの方法がある。ここで処理速度とは1文字当りの所要時間から算出されるもので OCR の性能の1つであり、コストと共に開発当初から決定されているものである。また、柔軟性とは、判別方式の変更の容易さである。例えば、図-2 の判定には閾値

表-2 文字判別処理の実行方法の比較

方 法	処理速度	柔軟性	コスト
プログラムで実行	×	○	○
判別論理を追加し特殊命令で実行	△	△	△
ハード化して実行	○	×	×

を用い計算された最大の類似度がそれより大きいときは答を出力し、小さいときには読取不能とする。この閾値は光電変換部の特性や、活字の字形 (FONT) などにより微妙に変わるため、大量の読取実験によって決定される。したがってこの閾値は容易に変更できることが望ましい。このように判別処理方法の変更の容易さが柔軟性である。

表-2 の3通りの方法を相関計算の一部を例として述べる。相関計算においては、まず位置正規化された2つのパタン (入力パタンと標準パタン) を重ね合わせ一致の程度を計算する。すなわち2つのパタンのANDを計算しその後残った“1”の数を数える。正規化された2つのパタンの相関計算をプログラムで実行する場合には図-3 のように行われる。この場合、特に⑥の処理で多大の時間が必要となることが予想される。

次に、⑤および⑥の処理のスピードアップのために図-4 のような特殊論理 (相関計算論理) を追加して速度向上をはかる。この場合専用プロセッサは図-3の③において (i) をレジスタ1にセットする。④では (j) をレジスタ2にセットする。⑤、⑥のかわりにカウンタにセットパルスを出力する特殊命令を行う。このようにすることにより図-3の処理が非常に速く行えることになる。これが表-2に示した論理を追加し特殊命令で実行する方法である。さらに速度を向上させるには、図-5に示すように図-4の相関計算論理に入力パタン格納用のバッファメモリと専用の制御回路を追加した相関器を用いる。この場合には、専用プロセッサより図-3の①に相当するパラメータを受取った後、相関計算は相関器が自動的に行い、終了後は専用プロセッサへ割込みをかけることにより知らせる。制御回路は、メモリからの標準パタンの読出し制御、相関計算の制御などの複雑な制御を行うためマイクロプログラム制御方式が使われることもある。

判別の各処理をすべてプログラムで行うことは汎用の大型計算機を用いても毎秒数十字程度となるため、この方法での実用化は考えられない。したがって、各処理に特殊論理を追加することになる。この場合に注意すべきことは、判別処理の柔軟性をできるだけ失わないため、各処理の特殊論理化はまず上記の相関計算のように単純な処理でかつプログラムで実行した場合には多大の時間がかかる所から重点的に行うことであり、複雑な処理で将来判別の改良のため変更が考えられるものはプログラムで行うようにすることである。

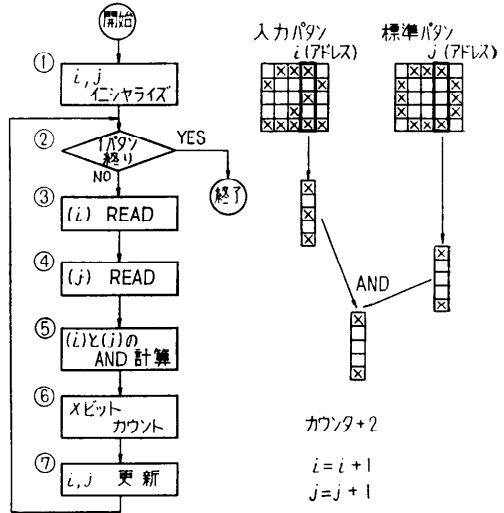


図-3 相関計算をプログラムで行う手順

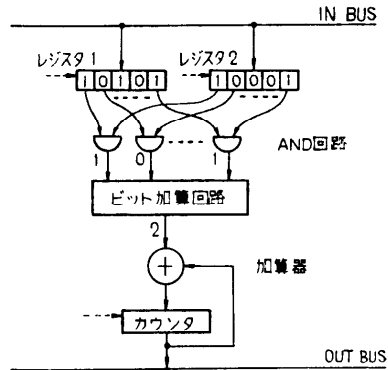


図-4 相関計算の論理例

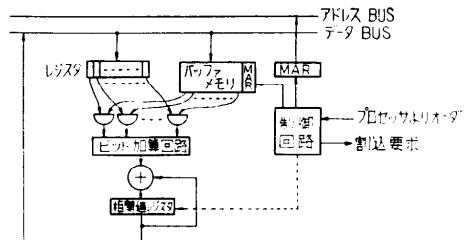


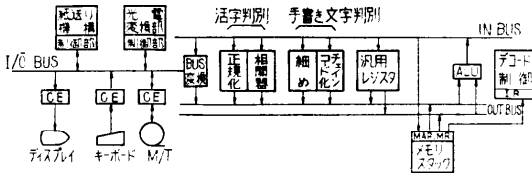
図-5 高速相関器の例

3.2 専用プロセッサのアーキテクチャ例

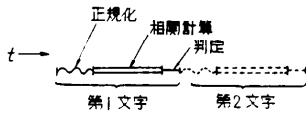
前述の検討の具体的な応用例として当社で開発販売している H-8959 OPR (低速 OCR) および H-8257 O CR (高速 OCR) のアーキテクチャおよび動作タイミングを説明する。

(1) H-8959 OPR のアーキテクチャ

この OCR は、活字 100 字/秒、手書数字 50 字/秒



(a) H-8959 OPR のアーキテクチャ



(b) H-8959 OPR の活字判別タイミング
(各処理は直列に行われる)

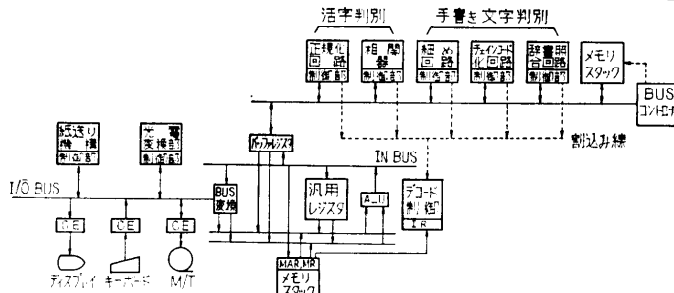
図-6

の読取速度を持つ低速の OCR である。図-6 (a) にアーキテクチャを示す。このアーキテクチャの特徴は、特殊命令で動作する判別論理を持つことにより、コストを低くして上記の読取速度を実現したものである。各判別回路は汎用レジスタと同様に IN/OUT BUS に接続されている。また紙送り機構、M/T などのメカニズムは、I/O BUS に接続されている。

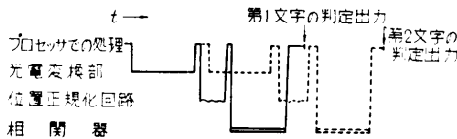
図-6 (b) に活字判別タイミングを示す。このように判別の各処理は直列的に実行される。

(2) H-8957 OCR のアーキテクチャ

この OCR は、活字 1,000 字/秒、手書き英数字 500 字/秒の読取速度を持つ高速の OCR である。図-7 (a) に示すアーキテクチャには、複雑な手書き英数字の読取りを高速で行うために、各種の判別論理が装備されている。これらの判別論理にはマイクロプログラム制御方式の制御部を持っており、直接メモリへア



(a) H-8957 OCR のアーキテクチャ



(b) H-8957 OCR の活字判別タイミング

図-7

クセス可能である。汎用レジスタ、ALU などからなるプロセッサ部は独自のメモリを持ち、I/O BUS 上の各種メカニズムの制御および各判別論理の割り当てや動作指示を行う。

図-7 (b) に活字判別タイミングを示すが、各判別処理はこのように並行して行われ判別の高速処理を実現している。

3.3 プログラム構成

前節まで述べたように、OCR のハード面では文字の判別をどのように行うかが最も重要で、専用プロセッサのアーキテクチャもこれによって決定される。一方、OCR のソフト面では文字の判別以外に、2. で分析された諸機能を実行するよう作成されなければならない。図-8 に一般的な OCR のプログラム構成を示す。これに示されるようにプログラムとしては OCR 本来の動作のための紙送り制御、文字判別、データ出力のための I/O 制御などの外に、読取不能文字などを修正するための修正処理、各種のチェックルーチンからなるデータチェック処理、帳票の種類によって変るフォーマットを制御するフォーマット制御がある。さらにこれに、ユーザが任意のフォーマットの帳票を OCR にプログラム可能とするためにはフォーマットをロードする機能すなわちプログラミング処理が付加される。

現在の OCR では、プログラミング機能、データチェック機能および修正機能がユーザの要求に応じてますます拡大しつつある。

3.4 将来の展望

ここでは、今後 OCR がどのようなかを検討してみる。

まず、OCR の機能として要求されるものは、より確実なデータを計算機システムに渡すために、データ

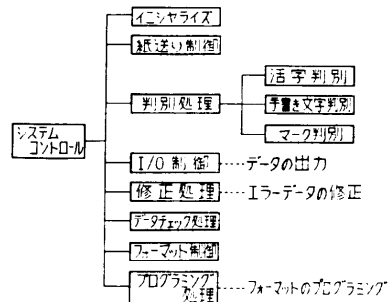


図-8 OCR 専用プロセッサのプログラム構成

チェック機能の強化が考えられる。すなわち現在のデータチェックは主に1帳票内の種々のチェックが主であり、それ以上のチェック例えば1業務の総計などは計算機システムにまかせているが、今後は1業務内のチェックもOCRの専用プロセッサで行うようになる。この場合、その結果はOCRに接続されたプリンタに出力されることになる。

これに伴ってそれらをユーザの希望にそって行うためのプログラミング機能が強化されなければならない。このことはすなわちOCRそのものが単なる入力装置ではなくなり、1つの入力システムへと進歩することを意味する。それは、特に半導体のメモリの進歩などによりメモリのコストが下がり、より多数のプログラムが専用プロセッサに組込めることにより実現可能となる。

また、OCRの扱う字種は今後さらに拡大すると思われるが、より重要度の高いのは字種の拡大よりも読取率の向上あるいは印字品質の制限(文字のきれいさ)を緩和することである。このためには文字判別のアルゴリズムの進歩が必要であるが、それと共に複雑化するアルゴリズムを実行する判別論理が必要となる。このためには、現在長足の進歩を見せているLSIやマイクロプロセッサを利用して判別論理を構成する方法がとられる。このような部品の進歩に伴い今後のOCRのアーキテクチャは低速のタイプでも図-7に示した高速OCRのアーキテクチャが使用可能になるであろう。

4. む す び

以上OCRに専用プロセッサを用いる必要性、アーキテクチャ決定のための検討事項およびアーキテクチャの具体例を述べた。今後の判別アルゴリズムの進歩と共に、半導体の進歩がOCRの発展に大きな影響を与えることになる。これにより計算機システムのイン

ット手段として普及しつつあるOCRはさらにその性能の向上および低価格化が実現されるであろう。本稿により読者諸氏がOCR専用プロセッサへの理解を深められ、何かの参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 安田: 文字読取り装置はどのように構成されているか, 日経エレクトロニクス, pp. 71~101 (1975. 1. 27)
- 2) 小沢: インプットの研究, 日本経営出版会, (1966)
- 3) 安田他: 加重相関による単一字体印刷文字の認識, 信学論, Vol. 56-D, pp. 545~552 (1973. 10)
- 4) Genchi, H. et al.: Recognition of Handwritten Neumerical Characters for Automatic Letter Sorting, *ibid*, Vol. 56, pp. 1292~1301 (Aug. 1968)
- 5) 飯島: パターン認識 4. マッチング法による文字認識の理論, 信学誌, Vol. 56, pp. 669~677 (1973. 5)
- 6) 山本他: 階層的パターンマッチングによる漢字認識の実験, 信学論, Vol. 56-D, pp. 714~721 (1973. 12)
- 7) 森見徳, 森俊二, 山本: 場の効果法による特徴抽出——閉じ状態の抽出——, 信学論, Vol. 57-D, pp. 308~315 (1974. 5)
- 8) 吉田他: 全手書き文字の認識システム, 情報処理, Vol. 17, No. 7, pp. 595~602 (1976)
- 9) Fujimoto, Y. et al.: Recognition of Handprinted Characters by Nonlinear Elastic Matching, PROC. 3rd INT. Joint Conf. on Pattern Recognition, Coronado Calif., pp. 113 (1976. 11)
- 10) 山本, 森見徳, 森俊二, 清水: 手書カタカナ文字と数字の機械認識——位相線分法と自動概念形成——, 信学論, Vol. J 59-D, No. 6, pp. 414~421 (1976. 6)

(昭和51年12月22日受付)

(昭和52年2月4日再受付)