

# 高速魚種識別システムにおける画像分割処理

## アルゴリズムの効率化について

黒川 不二雄\* ・ 榎本 常利\*  
周 景 環\* ・ 浅野 睦喜\*\*  
松尾 博文\*

### An Efficient Algorithm of Partition Processing in High-Speed Fish Pattern Recognition System

by

Fujio KUROKAWA\*, Tsunetoshi ENOMOTO\*, Ching-Huan CHOU\*,  
Mutsuyoshi ASANO\*\* and Hirofumi MATSUO\*

A new color image processing system with multi-DSP is constructed in practice and applied to fish pattern recognition. In this application, the shapes of fish are very similar but the colors and/or patterns of which are different. The proposed system has a function of variable partition of a picture. Therefore, the size, position and number of processing regions can be varied flexibly and dynamically for each processing task. As a result, it is clarified that the color texture analysis such as histogram and co-occurrence matrix is useful in fish pattern recognition and that the recognition time less than 250msec. per a fish is achieved.

#### 1. ま え が き

近年、画像処理装置の普及は目覚しく、工業、農業、水産業を始め多くの分野で広く用いられている。これらの分野の中で、特に、農業および水産業においては対象物が様々な形状および色特徴を持った自然物であるためしばしば複雑な処理が要求される。しかし、この場合、実用上の観点からは高速処理を行うことが重要である。

従来、画像処理の高速化を図るためには複数個のプロセッサを用いて画面の領域分割処理を行う方式が用いられている<sup>1),2)</sup>。この従来の方式では通常各プロセッサは分割された画面の中の画一的なそれぞれの領域に割り振られている。そのため、処理対象あるいは処理内容等が変化する複雑な処理に対してはそれぞれのプ

ロセッサの実質的な処理効率が上がり、画像処理の高速化に限界が生じている。

本論文では、処理対象あるいは処理内容に応じて各プロセッサに割り当てられた処理領域、制御方式等を柔軟に変化させ、各プロセッサの処理効率を高めるようにした高速カラー画像識別システムの構築とその魚種識別への応用について検討する。まず、新しく提案する高速カラー画像識別システムの構成について述べ、次にこのシステムを用いて魚の形状特徴抽出を高速で行うアルゴリズムを提案する。このアルゴリズムは2つのステップに分かれ、画素単位で処理領域を選択できる本システムの特徴を生かしてステップ1で画面中の任意の間隔毎の画素のみを取り出し、対象物の位置および形状を大まかに調べる。ステップ2ではこの結

平成6年4月28日受理

\* 電気情報工学科 (Department of Electrical Engineering and Computer Science)

\*\* 海洋生産科学研究科 (Marine Production Science and Engineering)

果を用いて必要最小限の領域を対象として詳細な形状特徴抽出を行う。さらに、得られた形状特徴を用いて魚の色特徴を抽出する小領域を指定し、その小領域に対してテクスチャ解析の効果を検討する。その結果、画像の形状特徴抽出に必要なプレーンメモリ容量を1画面全てを使用する従来の方式に比べ1/10以下に減少できることが分かった。また、魚体の小領域に対して赤、緑、青色の3原色毎に濃度ヒストグラムおよび同時生起行列を適用することにより同科の魚種の識別が可能になったことが明らかになった。さらに、試作したシステムに提案した魚種識別アルゴリズムを適用することにより、マサバ、ゴマサバ、マアジ、ムロアジ、マイワシ、ウルメイワシの6種類に対して1尾当たり250 msec.以下の高速で識別が行えることを確認した。

## 2. システム構成

Fig. 1 に設計、試作したシステムの構成図を示す。このシステムは画像入力用の CCD カメラ、形状および色特徴抽出に必要な1画面中の任意の画素をピクセルプロセッサユニットへ送るためのインタフェースユニット、局所並列処理方式の画像専用 DSP を複数個並列に並べたピクセルプロセッサユニット、複数個の汎用 DSP を並列に接続したシステムコントローラおよびホストコンピュータとしてのパーソナルコンピュータより構成されている。各ユニットを構成する DSP はマルチバスとリングから成るインタコネクションネットワークにより結合され、その結合方式に柔軟性を持たせることで制御方式が変更できるようになっている。これにより、SIMD および MIMD 構造を

適切に選択することができ、マルチプロセッサ方式の利点を生かした高速処理が行える。

Fig. 1 では #1 から #9 の DSP による SIMD と MIMD 構造の複合構成の場合を示している。DSP #10 は各々の DSP が処理する領域の位置、大きさ等を画素単位でインタフェースユニットへ指示する役割を受け持っている<sup>3)</sup>。また、ピクセルプロセッサユニットにおける各ブロックメモリはパイプライン処理を行えるように二重構造になっている。これにより画像を一方のブロックメモリに書き込む期間に、DSP は前の期間に他方のブロックメモリに書き込まれた画像の処理を行える。

以上のような構成により、複数の画像処理領域を画素単位で自由に設定すること、また色分割による並列処理やパイプライン処理等を柔軟に行うことによって高速化を図っている。

## 3. 高速形状特徴抽出アルゴリズム

ここでは、画素単位で処理領域を選択できる本システムの特徴を生かして形状特徴抽出の処理時間を短縮するアルゴリズムを示す。

Fig. 2 (a) および (b) は、魚体識別のために魚体の全長および体高を計測する場合のエッジ抽出を行う小領域 G の割当方式の説明図である。ステップ1では Fig. 2 (a) に示すように画像中の任意の間隔毎の画素を取り出し輪郭を求め、対象物の位置および形状を大まかに調べる。ステップ2では得られた位置情報をもとに、Fig. 2 (b) に枠で示した小領域 G を画素単位で任意の箇所割り当て、この小領域のみを処理対象として詳細

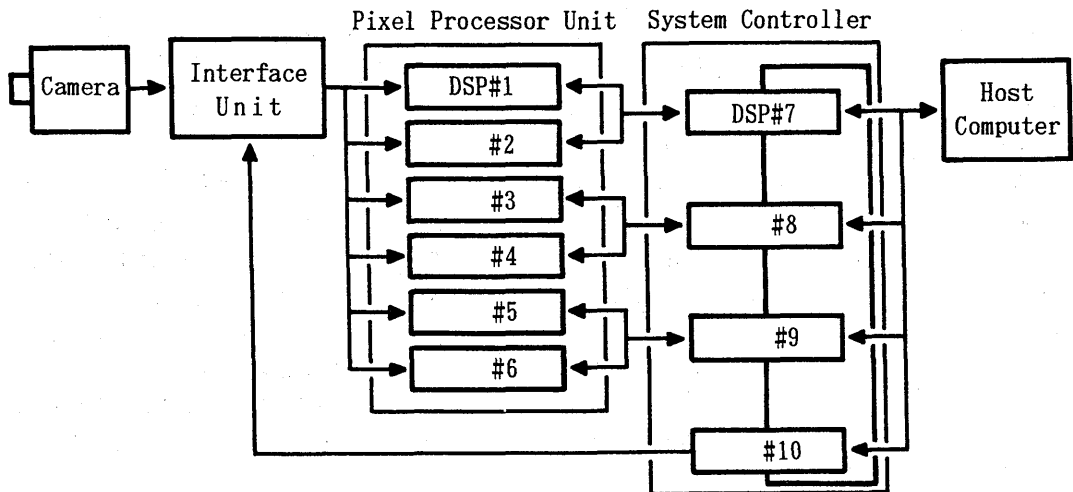


Fig. 1 System configuration.

な特徴の抽出を行う。この場合、取り出す画素の間隔および割り当てる小領域Gの大きさにより処理するプレーンメモリの容量が決定される。

原画像  $X \times Y$  画素に対し  $X, Y$  軸方向にそれぞれ  $L_x$  および  $L_y$  画素の形状特徴抽出を行うものとすれば、特徴抽出に必要なメモリ容量  $C$  は

$$C = L_x L_y + P_x P_y (n + q + 2iq) \cdot (2i + 1) \quad (1)$$

で与えられる。ただし、

$$P_x = X / L_x \quad (2)$$

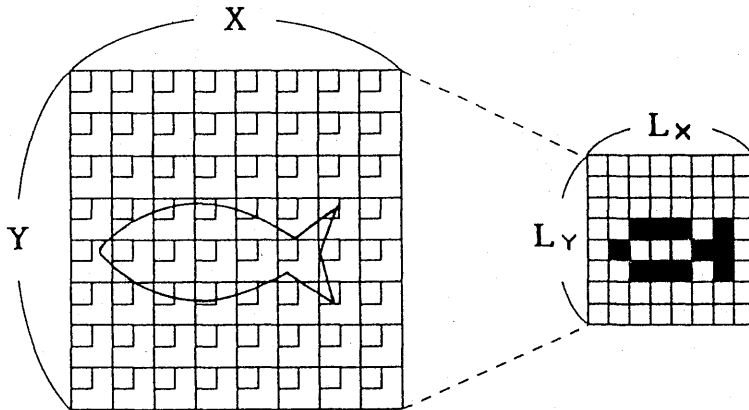
$$P_y = Y / L_y \quad (3)$$

であり、 $n$  は全長あるいは体高を計測する場合の凸部における一行あるいは一列の画素数、 $i$  は理論値と実測値の差の予測画素数、 $q$  はエッジ検出箇所数である。 $P_x$  および  $P_y$  はこの各小領域  $G$  の各辺の画素数を示す。

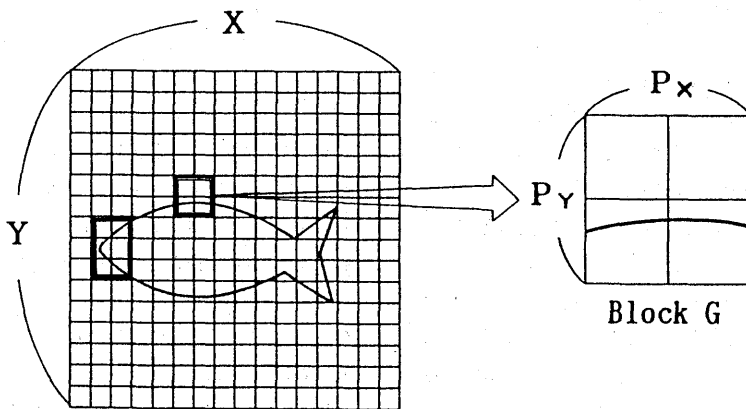
Fig. 3 に式(1)から(3)を用いて  $X = Y = 512$  で原画像を取り込み、 $q = 4$  として魚体の頭部、背部、腹部、尾鰭の4箇所を処理する場合のステップ1の処理領域の一辺の画素数  $L_x$  および  $L_y$  とプレーンメモリ容量  $C$  の関係を示す。ここで  $n = 50$  および  $L_x = L_y$  としている。 $L_x$  および  $L_y$  が小さい時には小領域  $G$  が増大し、処理対象のプレーンメモリ容量は増大する。しかし、 $L_x$  および  $L_y$  を適切に選ぶことにより最適なメモリ容量が求められる。

Table 1 は  $i = 2$  として  $L_x = L_y = 64$  に選び、以上で述べたアルゴリズムによりマサバ、ゴマサバ、マアジ、ムロアジ、マイワシ、ウルメイワシの6種30尾の魚の全長および体高を3原色に対して測定し、実際の寸法と比較検討したものである。この表より全長および体高は  $\pm 10\%$  以下の誤差で認識できることが分かる。

以上のように本システムによれば処理に応じて画素



(a) Step 1



(b) Step 2

Fig. 2 Operation principle of high-speed feature extraction.

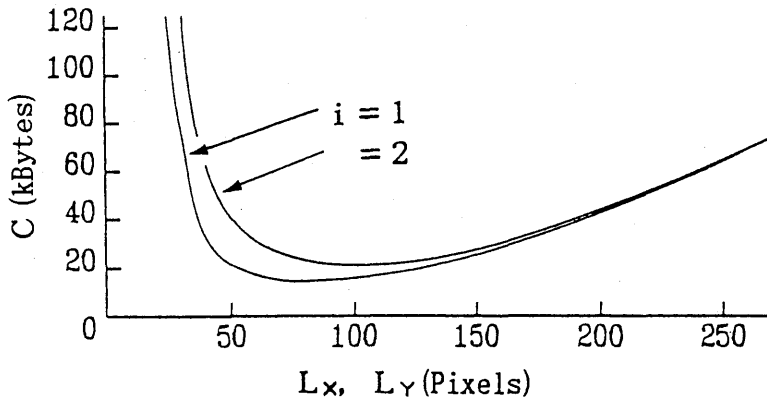


Fig. 3 Relationship between the capacity of plane memory  $C$  and the number of pixels  $L_x$  and  $L_y$ .

Table 1 Results of high-speed feature extraction

	Position Error(%)	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6
Total Length	Number of Fish	0	0	2	8	15	1	4	0	0
	Rate(%)	0	0	7	27	50	3	13	0	0
Body Depth	Number of Fish	1	2	0	5	9	3	7	1	2
	Rate(%)	3	7	0	17	30	10	23	3	7

単位で処理領域を選択できるため、画像処理に必要なプレーンメモリ容量を従来の方式に比べ1/10以下に減少でき、識別処理の高速化を図れることが明らかになった。

#### 4. テクスチャ解析による色特徴抽出

ここでは、魚体の形状特徴を抽出することにより得られた情報を元に幾つかの小領域を決定し、その領域におけるテクスチャ解析の効果について検討する。

Fig. 4 (a)および(b)にマサバ (*Scomber Japonicus*) およびゴマサバ (*Scomber Australasicus*) の色特徴抽出領域を示す。通常、マサバとゴマサバの特徴の差は腹部において最も顕著に現れる<sup>9)</sup>。ここでは、縦24画素、横32画素の小領域<sup>9)</sup>において赤、緑および青色の3原色毎に並列処理を行う。Fig. 5にこの小領域におけるマサバとゴマサバの赤色に対する濃度ヒストグラムを示す。図より、マサバとゴマサバは異なった分布と形状を示しており、同科の魚種に対しても識別可能なことが分かる。次に、同時生起行列をこの小領域に適用した場合のマサバとゴマサバの比較を示す。

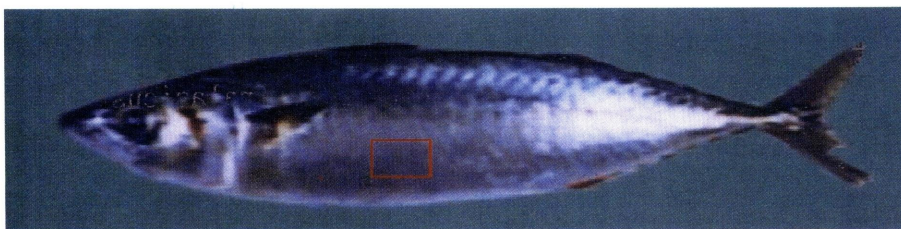
Fig. 6 (a)は赤色のコントラスト、Fig. 6 (b)は緑色の2次モーメント (0度方向) に対する画素間距離  $r$  の関係を表している。コントラストに対しては、Fig. 6

(a)に示した赤色のように緑および青色も同様の傾向を示し、 $r$ が増加するに従ってマサバとゴマサバの差は顕著に現れる。一方、2次モーメントに対してはFig. 6 (b)に示す緑色のみが良好な結果を示す。

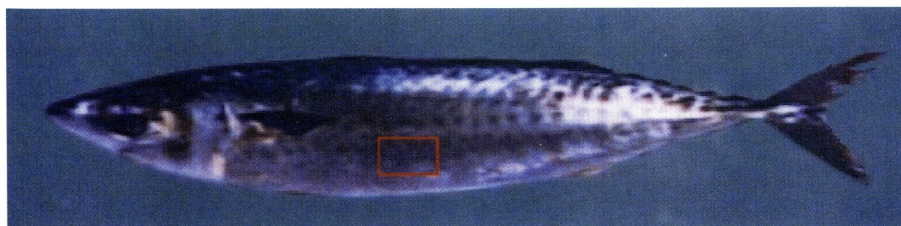
以上より、小領域に対して濃度ヒストグラムおよび同時生起行列を適用し、同科の魚種に対して識別が可能なことを明らかにした。また、赤、緑および青色の3原色毎に処理することが有効なことが確かめられた。

これらのことから、ここで示した魚種識別のアルゴリズムは画面の分割処理、色分割処理等の並列処理に適しており、Fig. 1のシステムを用いて高速特徴抽出処理が可能なが分かる。

Fig. 7にFig. 1で提案した高速カラー画像識別システムの試作機の外観を示す。装置の上段には左からインタフェースユニットの基板およびDSP #1から#6の6枚の基板が格納されている。これらの基板は背面のVMEバスにより結合されている。下段にはシステムコントローラのDSP #7から#10の4枚の基板が入っている。これら下段の基板はホストコンピュータとしてのマイクロコンピュータPC9801の拡張用スロットバスと接続されている。また、ピクセルプロセッサユニットとシステムコントローラ間のバスおよびシステムコントローラを構成するDSP間のリングによ



(a) *Scomber japonicus*



(b) *Scomber australasicus*

Fig. 4 Feature extraction region.

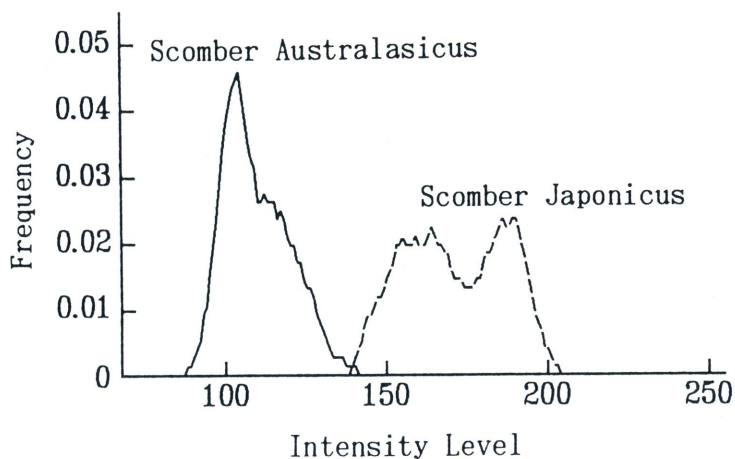


Fig. 5 Comparison of fish using the amplitude histogram.

るインターコネクションネットワークはフラットケーブルにより結合されている。このように提案したシステムは拡張性、柔軟性に富む構造をしている。

この試作機による実験では、前述の6魚種に対して1尾当り250msec.以下の高速で識別が良行に行えることが確認された。

### 5. む す び

以上、処理対象あるいは処理内容に応じて各プロ

セッサに割当てられた処理領域を柔軟に変化させ、高速化を図ったカラー画像識別システムを設計、製作し、魚種識別へ応用した。その結果を要約すれば以下のようになる。

(1) 提案したシステムは処理に応じて画素単位で処理領域を選択できるため、画像の形状特徴抽出に必要なブレンメモリの容量を1画面全てを使用する従来の方式に比べ1/10以下に減少できる。

(2) 提案した高速形状特徴抽出アルゴリズムによれ

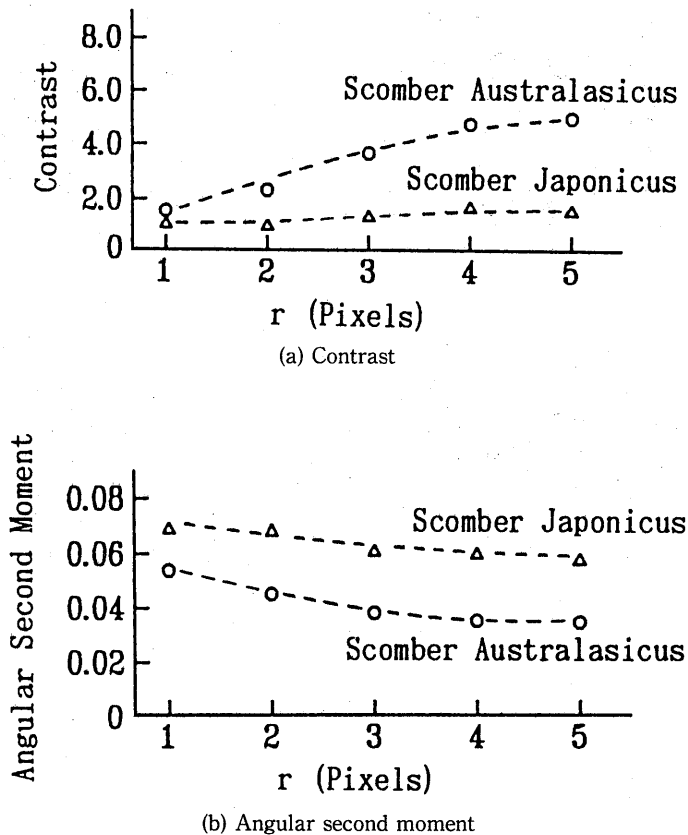


Fig. 6 Comparison of fish using the co-occurrence matrix.

ば、マサバ、ゴマサバ、マアジ、ムロアジ、マイワシ、ウルメイワシの6種30尾の魚の全長および体高を±10%以下の誤差で高速に計測できる。

(3) 魚体の小領域に対して赤、緑および青色の3原色毎に濃度ヒストグラムおよび同時生起行列を適用することにより同科の魚種の識別が可能である。

(4) 提案した魚種識別アルゴリズムは画面の分割処理、色分割処理等の並列処理に適しており、試作した並列処理方式のシステムに適用した場合、前述の6魚種に対して1尾当たり250msec.以下の高速で良行に魚種識別を行えることが確かめられた。

最後に、本研究に対してナガサキ・テクノポリス財団常務理事三原資巨氏および長崎県工業技術センター所長長田純夫氏にはご支援戴いたことを記し、感謝の意を表わす。

#### 参考文献

- 1) 八木伸行：“リアルタイム映像信号処理装置とその応用”，情報処理，34，11，pp.1375-1384 (1993-11).
- 2) 伊藤徳一，米谷聡，勝尾聡，長谷部淳：“画像処理システム SIPS IMG-1000”，テレビ学技報，IPCV 90-14，16，34，pp.19-24 (1992-06).
- 3) 黒川不二雄，浅野睦喜，矢野智裕，松尾博文：“マルチプロセッサを用いた高速画像処理システムについて”，信学技報，DSP92-35，pp.37-41 (1992-05).
- 4) 益田一，尼岡邦夫，荒賀忠，上野輝彌，吉野哲夫：“日本産魚類大図鑑”，東海大学出版会 (1984).
- 5) 榎本常利，矢野智裕，周景鑑，黒川不二雄，松尾博文：“テクスチャ解析による高速識別アルゴリズムについて”，信学春季全大，D-409 (1994-03).

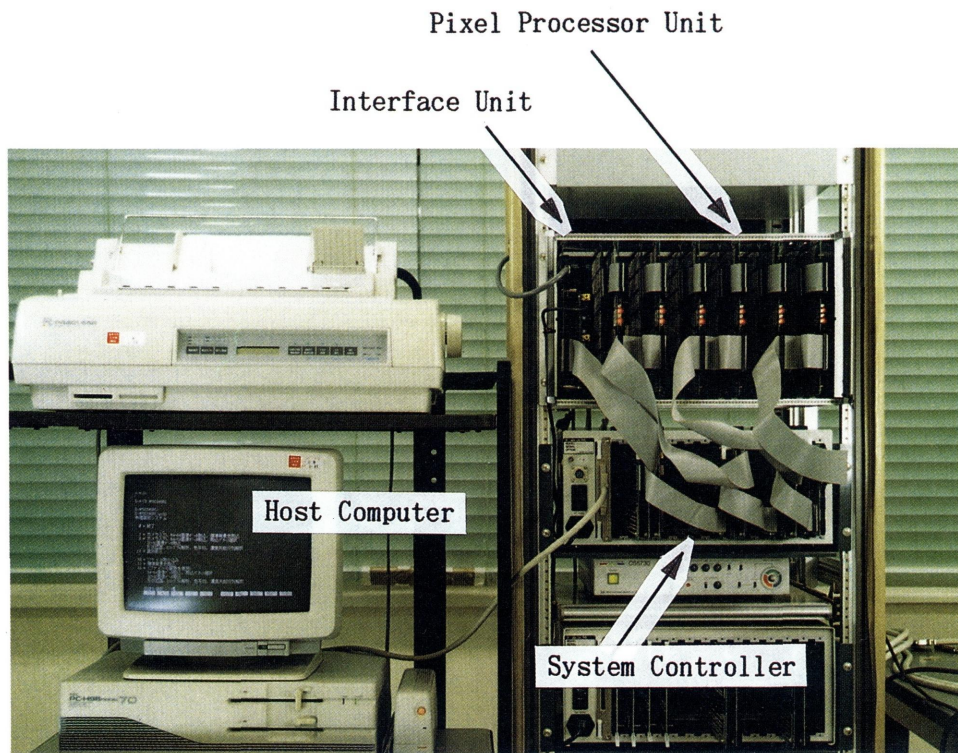


Fig. 7 Appearance of the designed and constructed system.