

工場現場向き画像処理装置 i・Zoo(PIP - 2001)

Image Processor i・Zoo (PIP-2001)

藤 木 憲 英 ^{*1}	岡 崎 信 弘 ^{*1}
FUJIKI Norihide	OKAZAKI Nobuhiro
兜 金 哲 也 ^{*1}	重 田 誠 ^{*1}
TOKANE Tetsuya	SHIGETA Makoto

工場の現場で使用可能な画像処理装置 i・Zoo(PIP - 2001)を開発した。本装置は、電源投入後のシステムの自動起動、ハードディスクを持たないため、耐震性にすぐれ、24時間稼働に耐える、また強力な防塵対策をもつ。当社の今までの製品に比べ、5倍から10倍高速であり、演算量の大きいフィルタ演算も数十msで実行できる。また、工場の現場で重要なプログレッシブビデオカメラ入力も可能(2倍速も可能)で、4百万画素のデジタルビデオカメラ10ビット入力にも対応している。また、LAN経由でデータやコマンドの通信が可能のため、i・Zooのリモートメンテナンスも可能である。アプリケーション開発にはコマンド形式の画像処理用言語(PIPL)を用意しており、C言語の様なコンパイラ形式と異なり取り扱いが簡単であるため短期間にソフト製作が行える。

We have developed the flexible image processor "i-Zoo"-PIP-2001 for filed services. It automatically sets starting when the power switch shall be turn on. The i-Zoo has no moving parts such as hard-disk for data-store, so that it has reliability in vibration-resistance and dust-proof. And also it is possible to use this processor continuously for 24-hours.

The i-Zoo has a high performance in image processing speed 5 to 10 times faster than conventional models, that is, the i-Zoo can execute filter-operations in the millisecond orders. The i-Zoo can directly communicate with two types of cameras; one is the progressive camera (60 frames/sec.) often operated in the field, and the other is the 4 M-pixel digital camera (10 bits).

The i-Zoo can communicate with users on LAN, so that it prepares the remote maintenance service through LAN. The image processing language is based on not C-language but PIPL interpreter, so that the development terms would be reduced.

1. はじめに

横河エー・ディー・エス(株)では、各種画像処理装置を開発製造している。例えば、シート物のオンライン検査のための装置として、縦1200 m/分で流れるシートを横方向8万画素で、0.35 mmの欠陥検査を連続で行える製品がある。また、高精細ディスプレイ装置の欠陥検査システムもお客様で大いに役立っている。今回は、弊社が汎用画像処理装置として、主に工場(以降FAとする)の現場で使っていただいているPIPシリーズに、i・Zoo(PIP-2001)という高性能の新製品を開発したので、これについて以下報告する。



図1 画像処理装置 i・Zooの外観図

*1 横河エー・ディー・エス株式会社

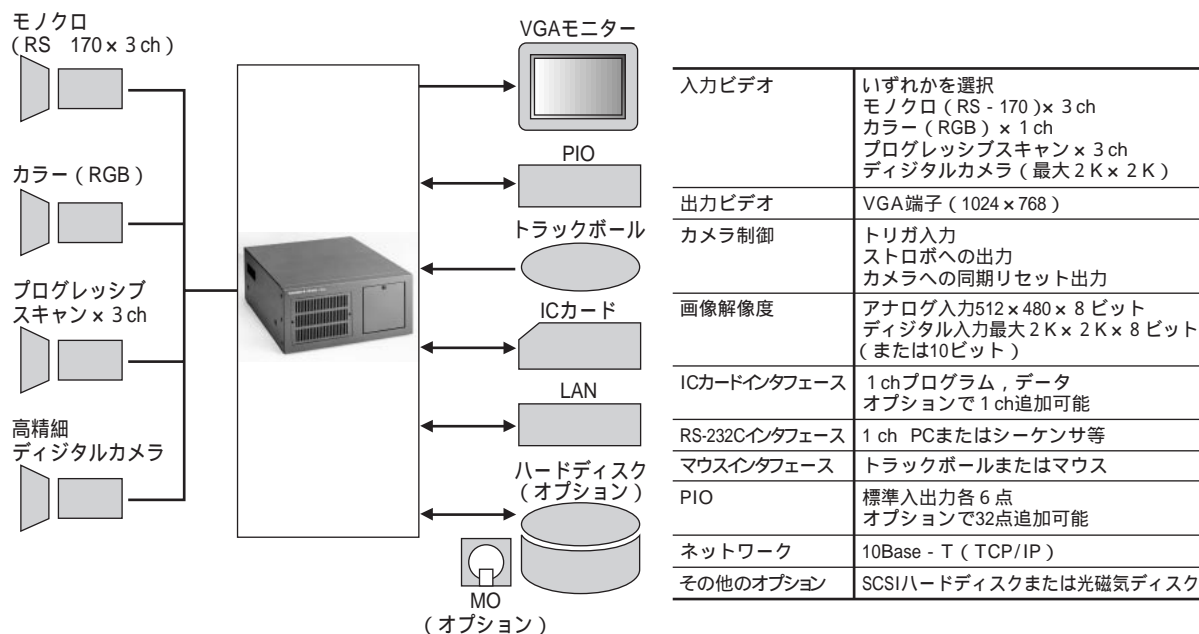


図 2 i・Zooの周辺装置と基本仕様

2. i・Zooの特長と仕様

図 1 に、画像処理装置 i・Zooの外観図を、図 2 に、i・Zooの周辺装置と基本仕様について示す。

i・Zooは以下の特長をもった汎用の画像処理装置である。

- ・ FA用途を目的とした設計
- ・ 高速な画像処理機能 弊社従来機種と比較し、5 ~ 10倍の速度向上)
- ・ RGBカラーやプログレッシブスキャン及び高精細デジタルビデオカメラ等多様な画像入力が可能。
- ・ 表示には高精細でちらつきのないXGAを採用。
- ・ LANによるネットワーク化に対応。
- ・ 画像処理用言語 (PIPL) の使用でアプリケーションソフトの製作が容易。
- ・ スタンドアローン化による独自のFA環境の構築が可能。

2.1 FA用途を目的とした設計

i・ZooはFA用途を目的とした設計思想で開発が行われ、ハードウェア、ソフトウェア共に安定した動作が行えることを前提にしている。

このような、FA用途における特長としては以下の通りである。

- (1) 電源投入後のシステムの自動起動
- (2) ディスクレスのシステム起動

(3) 防塵対策を行った筐体

(1),(2)において、FA用途では、ディスクシステムを組み込んだ場合、使用時間が長時間になった場合破損する恐れがある。これを回避するために、ハードウェアとしては、ICカードを記憶媒体として使用可能にし、ソフトウェアでは、このICカードからのシステムの起動が行えるような、システム設計をした。さらに、作成したソフトウェアを電源投入後、起動するように設定が出来るため、FA用途での自動化が可能となる。

(3)において、FA用途での精密機器の使用で問題となるのが、粉塵等による機器の誤動作、破損の対策である。

i・Zooでは、これらの対策を行い、機器内に粉塵が入らないような設計になっている。

2.2 高速な画像処理機能

i・Zooでは画像処理のすべてをソフトウェアで行っており、汎用の高速CPUを使用している。近年のCPUの高速化はめざましく、i・ZooはCPUの高速化に伴う画像処理の高速化に将来にわたって対応できる様に設計しており、ソフトウェア資源の継承等を含め安心して使用できる。

表 1 は512 × 480画素の画像を対象にした時の処理時間であり、従来機種PIP-7000の比較表を参考までに掲載した。

表 1 i・Zooと従来装置PIP - 7000との実行速度比較表

画像圧縮処理機能	PIP-7000	i・Zoo (PIP - 2001)
画像間演算 (加算)	64	6
ヒストグラム	33	4
最大値フィルター (3 × 3)	541	49
ランキングフィルター (3 × 3)	1002	89
ラブラシアン (3 × 3)	80	20
濃度射影 (垂直)	49	3
ラベリング	176	13
画像の回転 (45度)	201	12
パターンマッチング	164	17

単位：m秒

パターンマッチングはサーチエリア：512×480

テンプレート：128×128

ヒストグラム：画像の濃度値の分布を求める処理

最大値フィルター：画像の黒点ノイズを除去する処理

ランキングフィルター：画像の白黒点ノイズを除去する処理

ラブラシアン：画像のエッジ部分を強調する処理

濃度射影：水平または垂直方向に画像の濃度を加算する処理

ラベリング：2値画像(0, 1の画像)における物体の個数を求める処理

パターンマッチング：あらかじめ登録された画像を、任意の画像内から見つけ出す処理。

2.3 画像入力出力インタフェースの構成

2.3.1 機能ブロック説明

図3に、画像入力出力インタフェース部の機能ブロック図を示す。

(1) デジタルインタフェース部【DIGITAL VIDEO I/F】

デジタルインタフェース部は、RS644レシーバで構成されている。

ケーブル接続オプションにより、各種デジタルカメラと接続が可能である。デジタルインタフェースは、1画素10ビット入力が可能である。

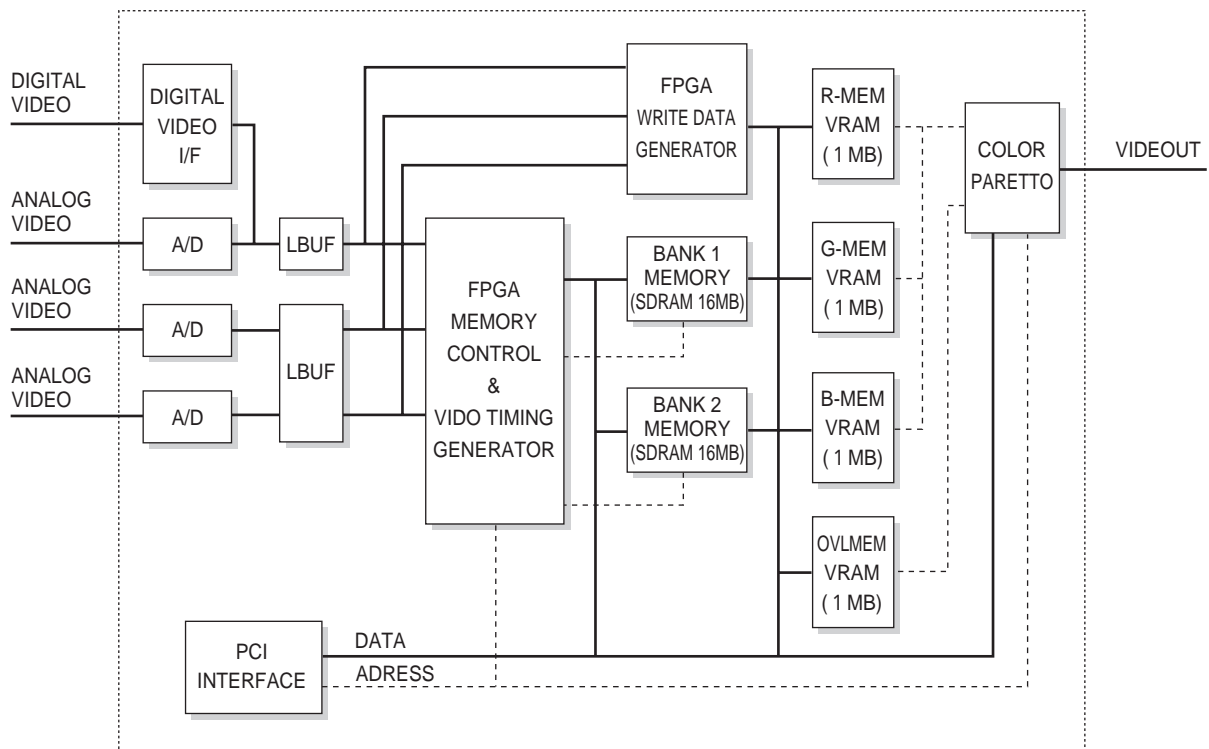


図3 画像入力出力インタフェース部のブロックダイアグラム

(2) A/D変換部【A/D】

12.27 MHz(NTSCのとき)または24.54 MHz(プログレッシブビデオカメラのとき)の変換速度で、アナログビデオ信号を8ビットのデジタルデータにA/D変換をする。

A/D変換器は3セット搭載し、モノクロビデオカメラ3CHまたは、RGB出力のカラービデオカメラより画像入力が可能である。

(3) ラインバッファ【LBUF】

3チャンネルのA/D変換後のデジタルデータを一時的に格納し、入力バッファメモリへの書き込みや、表示メモリへの書き込みのための同期をとる。

LINEBUFFERを使用することによりカメラの種類に関係なく、内部処理を一定のクロックで行うことが出来るようになる。

(4) FPGAメモリコントロール部

【MEMORY CONTROL & VIDEO TIMING GENERATOR】

3チャンネル8ビットまたは、10ビットの入力データをメモリに書き込みするために32ビットのデータに並び換えを行い、同時にメモリのアドレスの発生を行う。

(5) BANK1・BANK2メモリ

【BANK1/2 MEMORY (SDRAM 16 MB)】

入力バッファメモリである。64 MbitのSDRAMで2チップで構成されている。

8ビット画像のとき

- ・4096(H)×1024(V)×3CH
- ・4096(H)×4096(V)×1CH

10ビット画像のとき

- ・2048(H)×4096(V)×1CH

の画像メモリとして使用可能。

2つの入力バッファメモリを採用することにより、画像入力中にCPU処理が可能になり、パイプライン処理を行うことができる。

(6) FPGA・メモリ書き込みデータ発生部

【FPGA WRITE DATA GENERATOR】

このFPGAでは、表示用のVRAMに書き込みを行うためのデータの生成と、それに応じたアドレスの発生を行う。

表示サイズは1024×768画素であるが、このサイズ以上の画像を表示するとき、画像データの間引きを行って縦横2分の1のサイズの画像を表示メモリに書き込みを行う。

この機能により、高解像度画像全体をモニターに表示することが可能になる。

(7) 画像表示メモリ

【R-MEM/G-MEM/B-MEM/OVLMEM VRAM】

3チャンネル各1MバイトのVRAMで構成されている。これらのデュアルポート出力は、カラーパレットに接続され、1チャンネルの疑似カラー表示、または3チャンネルのフルカラー表示が可能である。また、文字やカーソルを表示するための、オーバーレイメモリを搭載し、画像にオーバーレイが可能である。画像表示メモリへの入力、入力バッファメモリへの入力やCPU処理とは独立に動作するため、表示のためにCPUパワーを使用することがなく処理の高速化が可能になる。

(8) カラーパレット【COLOR PARETTO】

カラーパレットでは、XGA相当の、ビデオ出力タイミングの発生と疑似カラー表示、フルカラー表示の切り替えなどを行う。

2.3.2 各種カメラへの対応

従来は入力に使用するカメラは、NTSC同期のモノクロビデオカメラまたは、RGB出力のカラービデオカメラが主であったが、処理速度の向上とともに高解像度ビデオカメラ(KODAK製デジタルカメラ等)や高速画像入力が可能なプログレッシブビデオカメラの入力の要求が多くなっている。表2に、i・Zooに接続可能な代表的なカメラの解像度と入力時間を示す。

表2 代表的なカメラの解像度と入力時間

カメラ	解像度	入力時間
NTSCフレーム入力	512×480	33 mSEC
NTSCフィールド入力	512×240	16.5mSEC
プログレッシブフレーム入力	512×480	16.5mSEC
プログレッシブフィールド入力	512×240	8.25mSEC
KODAK MODEL ES1.0	1024×1024	30 mSEC
KODAK MODEL 1.4	1340×1024	150mSEC
KODAK MODEL 1.6	1534×1024	170mSEC
KODAK MODEL 4.2	2048×2048	450mSEC

(1) 高解像度ビデオカメラへの対応

i・Zooでは、高解像度ビデオカメラとして、
 KODAK製 MODEL1.0
 KODAK製 MODEL1.4
 KODAK製 MODEL1.6
 KODAK製 MODEL4.2

が標準で入力可能になっている。これらの、高解像度ビデオカメラは、RS422または、RS644レベルのデジタル信号で接続される。画像データ10ビット、クロック、LVAL(水平同期信号に相当)、FVAL(垂直同期信号に相当)の4種類の信号を使用することにより画像入力が可能になる。これにより最大2048画素×2048画素の画像入力が可能になっている。またその他のメーカー(浜松フォトニクス等)のビデオカメラにも柔軟に対応することが可能である。またこれらのビデオカメラの持っている1画素10ビットの画像入力も可能になっている。

(2) プログレッシブビデオカメラへの対応

従来の画像処理装置で使用していたNTSC同期のカメラでは、1フレーム画像入りに30分の1秒1フィールド画像入りに60分の1秒の時間が必要でしたが、処理速度の向上とともに、より高速入力が要求されている。プログレッシブビデオカメラでは、1フレーム画像入りに60分の1秒、1フィールド入りに120分の1秒と従来の倍速での入力が可能になっている。

2.4 LANによるネットワーク化

i・Zooでは制御用の通信手段としてネットワークを採用した。従来から使用していたGP-IBを廃止し、ネットワーク通信をメインとすることにした理由としては以下の通りである。

- (1) 高速な通信が可能
- (2) 広域(インターネットを含む)での通信が可能
- (3) ホストコンピュータからの制御台数がほぼ無限大
 このような有用性の高いネットワーク通信を組み込む上で必要な技術的要素として以下のようなものが挙げられる。

- (1) ネットワークコントローラー制御ドライバ
- (2) TCP/IPプロトコルの実装
- (3) ソケット通信による制御関数

(1),(2)に関しては、市販されているライブラリ等を利用して実現した。

(3)については従来から採用してきたGP-IBによる制御をネットワークに置き換えることで実現ができた。内容としては、以下の通りである。

i・Zooには内部において、コマンドインタープリタと呼ばれる制御プログラムが組み込まれている。これは、

外部からの制御を行いやすいように、アスキー文字列の組み合わせで特定の動作を行うように設計されている。これを、ネットワークのソケット通信との組み合わせで実現する。ホストコンピュータとi・Zooとの間にネットワークでのソケット通信が成立後、ホストコンピュータからアスキー文字列での制御文字列が送られてくる。

i・Zooはこれらの制御文字列を理解し、指定された内容が動作することになる。

送られてくる制御文字列によっては、ホストコンピュータヘデータを送信する場合もあり、この場合、i・Zooからホストコンピュータヘソケット通信を使用してデータが送信されることになる。

2.5 ソフトウェア

i・Zooは、コマンドと呼ばれる文字列を、外部または内部から読み込むことで、画像処理を順次実行していくことが出来る。このとき、PIPLと呼ばれる画像処理言語を使用することで、コマンドを効率よく制御することが出来る。

また、C言語プログラマ用に各種コマンドと同等の機能呼び出し可能な関数ライブラリを用意している。

(1) 画像処理向け言語PIPL

PIPLとは、PIP Languageを略した呼び名で従来機種種のPIPシリーズで採用されているソフトウェアである。i・ZooでもPIPLが組み込まれており、従来機種用に作成されたプログラムもハードウェア依存部分を変更することで容易に移植が可能である。PIPLには以下のような特長がある。

実行が容易 :

コマンド文字列を直接実行するので、C言語のようなコンパイラ形式と異なり、翻訳作業等が不要である。

速度が速い :

インタプリタではあるが、画像処理向けとして画像とか1次・2次元配列の処理をまとめて行うので、C言語とかで記述したプログラムと同等の速度で動作可能である。

(2) コマンド

コマンドとは、1連の文字列で構成され、PIPLで実行する最小処理単位です。コマンドは、以下に示されるように、コマンド名とそれに引き続く0個以上の引数で構成されている。ここで0個とは、引数がないことを示す。

コマンド名, 引数1, 引数2, 引数3... 引数n

コマンドには以下のような特長がある。

多彩な引数 :

引数として整数型の定数値, 整数型の変数, 整数型の演算式(C言語同等の演算子を採用, 関数呼び出し含む), 実数型の定数値, 実数型の変数, 実数型の演算式, 文字列, 1次元配列, 2次元配列, 画像メモリ名1次・2次元配列の部分配列, 部分画像が使用可能である。また, 配列は整数型(1・2・4バイト単位)と実数型が使用可能である。

部分配列 :

1次元配列では, LUT[100..199]などと配列の一部(例では, LUTという配列の添字100から199までをひとつ4の処理単位にする)を直接使用可能である。また, 2次元配列では, M 1[100.. 199, 300.. 399]などと記述することが可能である。また, 部分画像の記述方法は, 2次元配列のそれと同等である。

多重定義 :

多重定義とは, 同じコマンド名で複数の機能を持ったコマンドとして定義されていることを示す。わかりやすい例としては, ディスプレー上にデータの数値表示を行う以下のようなPRINTコマンドで異なった引数の物を処理している例がある。

PRINT, 1, 3, 14, sin(30.0), LUT, M 1[100..199, 300..399]

また以下は, 画像入力を行うコマンドでモノクロ/カラーの区別を引数の並び方で処理方法を変えている例である。

VIDEOIN, M 1 - モノクロ画像入力

VIDEOIN, M 1, M 2, M 3 - カラー画像入力

このようにコマンドが多重定義されているので使用者の覚えるコマンドが少なくてすむ。

画像処理機能 :

画像入力・画像表示・画像メモリや配列間のデータコピー(型変換を伴うことも含む)やテーブル変換等の基本処理や, 空間フィルタ類(含む最大・最小・ランキングフィルタ)・2値変換(膨張・収縮・細線化等)等の前処理系や, 面積・重心・慣性主軸等の寸法や位置の計測系やパターンマッチング等の標準的な画像処理機能に加えてカラー画像処理や各種判定(円の欠け具合等)処理など汎用的な応用処理を含む多彩な機能を用意している。

使用者定義 :

使用者が, PIPLの機能(コマンド定義: COMMAND コマンド名~中身~END)を使用して新たなコマンドを定義可能である。

(3) PIPLの制御構造

PIPLは, 以下の制御構造を使用してプログラムの実行の流れを制御する。

条件分岐 :

IF ~ ELSIF ~ ELSE ~ END構文

回数指定繰り返し: FOR ~ END構文

条件繰り返し構文: WHILE ~ END構文

コマンド定義構文: COMMAND ~ END構文

また, 繰り返し構文(FOR ~ END, WHILE ~ END)の中で繰り返しを途中で終了させる機能としてEXIT文を用意している。そしてコマンド定義構文(COMMAND ~ END)の途中で呼び出し側に返る為にRETURN文を用意している。

EXITとRETURNを用意することでGOTO等のプログラムのバグを誘発させる構文を排除することができる。

3. おわりに

本稿ではFA対応画像処理装置 i・Zoo(PIP - 2001)の特長と仕様について紹介した。

今後は, CPUがさらに高速化される事, 及び画像入力カメラも高速化, 高精細化が進む事が予想されるが, i・Zooはこれらに容易に対応出来る様に設計されており迅速な対応を行ってゆきたい。

参考文献

- (1) 高木幹雄, 下田陽久 監修, “画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会, 1991, 775p.
- (2) 日本リモートセンシング研究会編, “画像の処理と解析”, 共立出版, 1981, 267p.
- (3) 画像処理ハンドブック編集委員会編, “画像処理ハンドブック”, 昭晃堂, 1987, 756p.
- (4) A.V. エイホ, R.セシィ, J.D.ウルマン 共著, 原田賢一 訳, “コンパイラ”, サイエンス社, 1990
- (5) Alfred V. Aho, Jeffrey D. Ullman, “Principles of Compiler Design”, Bell Telephone Laboratories Inc., Addison-Wesley, Publishing com, 1977

* 本文中の社名, 商品名, ソフトウェア名は一般に各社の商標または登録商標です。