

# 10 画像処理技術を活用した自動車部品等の表面状態高速検査技術の開発 (第2報)

佐野 誠, 石津任章, 弓場憲生, 打田澄雄, 小池 明

Development of rapid image processing inspection for state on surface about some of automotive parts (2nd Report)

SANO Makoto, ISHIZU Hideaki, YUBA Norio, UCHIDA Sumio and KOIKE Akira

Automotive parts are tested by visual inspection in many factories. However, visual inspection is unstable in measuring a fixed quantity. So we developed an automatic inspection products using image processing last year. The products were as follows: (1)The design support system for image processing algorithm, that applied genetic algorithm. (2) The FPGA system for the built-in developing equipment. (3) The low cost thermography.

In this paper, software library for image processing was developed. This library has fifty six commands and they are for example, image input/output command, image drawing command, and image processing command etc. Binary image, gray scale image and color image can be used by this library.

キーワード:画像処理 IP, ライブラリ, プログラム

## 1 緒 言

自動車部品等, 製造業においては, 高品質の製品を安定して生産することが重要であり, 欠陥検査工程は不可欠になっている。そこで本研究では, ①画像処理システムの構築など画像処理技術を円滑に導入・活用するための知識データベース開発(モデルドリブン画像処理設計支援技術の開発), ②高速・大容量化に対応し, 所定時間内に欠陥を検出することが可能な画像処理 IP(Intellectual Properties, 知的財産)技術の開発(高速高精細画像処理用 IP の開発), ③欠陥検出の経験則を定型化した知識ベースの構築と傷検査装置の開発(欠陥検出技術の開発)を行う<sup>1)</sup>。

本稿は, サブテーマ①で取り組んだソフトウェアライブラリ開発について報告する。

## 2 ソフトウェアライブラリ開発

### 2.1 研究の目的

これまで当センターでは画像処理 IP の開発を行ってきており, 企業の製品開発や試作品開発に利用されている<sup>2)</sup>。特に組込み開発の用途に向いており, 回路の小型化, 高速化などの点で優れている。これらの IP と, 出力結果について等価の機能を有するソフトウェアライブラリも開発し, ソフトウェア上でシミュレーション結果を確認

できる<sup>3)</sup>。

近年, デジタルカメラ等, 撮像系技術の進歩により, 検査装置に利用される産業用カメラも高精細化しており, 数百万画素のカメラも珍しくなくなってきた。これに対して, 既開発の画像処理 IP は VGA サイズ(640×480 画素)の画像を扱う仕様となっていた。そこで, 画像処理 IP を高精細画像にも対応可能とするために, 画像サイズが 8192×8192 画素, 動作周波数はデジタルカメラの規格の一つである CameraLink 規格の 80MHz を満たすよう, 高速高精細版の画像処理 IP を開発した。これについては別途報告する。

本研究では, この高速高精細画像処理 IP に対応したソフトウェアライブラリ開発を行って, 目標機能としては高速高精細画像処理 IP と等価とし, ソフトウェアシミュレーションが可能なこと, 8192×8192 画素までのサイズの画像が扱えることとした。また, コンピュータの負荷低減や高速性を考慮して, コマンドラインで実行する仕様にした。以下, 開発したライブラリの詳細について述べる。

### 2.2 ソフトウェアライブラリの概要

ライブラリの機能には, 画像の読み出し/書き込み, 空白のキャンバスまたは他の画像の上に描画する機能及び画像の特徴抽出等がある。基本機能や動作環境等の概要を表 1 に示す。

表1 ライブラリの概要

項目	サブ項目	仕様内容
基本機能	ファイル操作	画像データの読み込み及び書き出し, 他
	キャンバス操作	新規作成, サイズ変更, 階調変更, 他
	ベクトルデータ処理	点, 直線, 長方形, 円, 円弧, 塗りつぶし, 他
基本仕様	画像データ処理	濃度変換, フィルタ, 2値化, 画像間演算, 他
	解析処理	ヒストグラム, プロファイル, ラベリング, 特徴量計測, 他
基本仕様	画像サイズ	幅8192×高さ8192(実装メモリによる)
動作環境	階調	モノクロ1ビット/8ビット, カラー24ビット(RGB各8ビット)
動作環境	OS	Microsoft Windows XP/Vista
	CPU	32ビットインテルPentium III以上
	動作クロック	1GHz以上推奨
	メモリ	1GB以上
	HDD	2GB以上
	モニタ	1024×1024ピクセル以上, 24ビット色以上
	画像処理プロセッサ	指定ボード(※ハードウェア処理を行う場合に必要)

表2 マクロプログラムコマンド一覧

コマンド名	機能	H/W対応
arcCSE	円弧描画(中心点, 開始点, 終了点)	
arcP3	円弧描画(開始点, 中間点, 終了点)	
autoBinary	自動2値化	
bc	背景色設定	
break	プログラム終了	
changeType	イメージタイプ変更	
circleCR	円描画(中心点, 半径)	
circleP3	円描画(円周上の3点)	
cntPnt	連続線の頂点及び端点を描画	
cntPntTmp	連続線内の円弧部中間点設定	
cutout	イメージ切り出し	
dilate	膨張処理	○
erode	収縮処理	○
fc	前景色設定	
filter33	フィルタ(3×3)処理	○
header	Bitmapファイルヘッダ抽出	
histCalc	ヒストグラム計算	○
histSave	ヒストグラム保存	
info	特徴量計算(幅, 面積, 範囲, 重心)	○
init	BITMAPファイルインスタンス初期化	
line	直線描画	
load	参照画像読み込み	
lutBinary	濃度変換(LUT参照)	○
lutGamma	濃度変換(ガンマ変換)	○
lutLinear	濃度変換(線形補間)	○
mark	マーク描画	
memory	イメージデータメモリ間コピー	○
mirror	イメージのミラー反転	○
move	イメージデータの移動	○
operate	イメージ演算	○
outline	輪郭抽出	○
paint	領域塗りつぶし	
parmExec	間接コマンド実行	
parmMath	引数に対する演算	
parmPrint	引数表示	
parmSet	引数への値設定	
ppm	解像度を設定	
profileEdge	境界走査	
pset	点描画	○
rect	長方形描画	○
resize	イメージ拡大・縮小(水平・垂直同一比率)	○
resizeXY	イメージ拡大・縮小	○
rotate	イメージの回転(90度単位)	○
rotateCT	イメージの回転(回転中心, 角度)	○
rotateCXY	イメージの回転(回転中心, ベクトル)	○
save	イメージファイル保存	
selData	データ選択	○
system	外部コマンド実行	
time	時刻表示	
transform	イメージ変形	○
apprHC	穴及び芯径計測用	

### 2.3 プログラム構成

ソフトウェアライブラリの位置付けと全体構成を図1に示す。開発した全体のプログラムをビットマップ操作プログラムと呼び、コマンド解釈, ソフトウェア処理, ソフトウェア版基本演算, ハードウェア版基本演算のサブプログラムから構成される。このうちソフトウェア処理とソフトウェア版基本演算サブプログラムがソフトウェアライブラリに相当する<sup>4)</sup>。

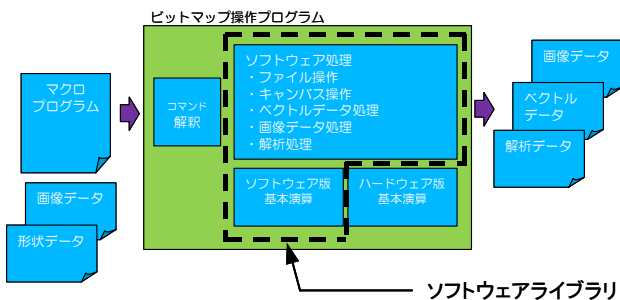


図1 プログラム構成

### 2.4 基本操作

ソフトウェアライブラリを利用して画像処理を行うには、その機能呼び出すマクロプログラムを作成し、コマンドラインで実行させる。コマンド解釈部がマクロプログラムを解釈し、ソフトウェア処理及びソフトウェア版基本演算サブプログラムを呼び出し実行する。マクロプログラムのコマンド一覧を表2に示す。

マクロプログラムでは、最初に画像の大きさ, 色数等の情報(システム変数等)を定義した後, 参照画像の入力や描画等を行う命令や作成中の画像をファイルに書き出す命令を記述する。矩形画像を生成するマクロプログラムの記述例とその実行結果を図2に示す。

### 2.5 システム変数

システム変数には画像メモリ, 濃度変換用テーブル, 処理結果メモリ, 背景色情報, 前景色情報がある。

画像メモリは4枚あり, 0から3までの識別子で区別

```
# z_rect4_8.txt (濃淡画像描画)
# Copyright(C) 2009 Hiroshima Prefecture All rights reserved.
#
# 画像サイズ(320x240), 階調(monochrome), 解像度(96dpi), 背景色(黒), 前景色(白)
init 320 240 8 3780 0 0xff
# 処理
rect 20 20 100 80 0x40
paint 21 21 0x40 0x40
rect 160 20 240 80 0x80
paint 161 21 0x80 0x80
rect 20 120 100 180 0xc0
paint 21 121 0xc0 0xc0
rect 160 120 240 180 0xe0
paint 161 121 0xe0 0xe0
# 結果保存
save z_rect4_8.bmp
```

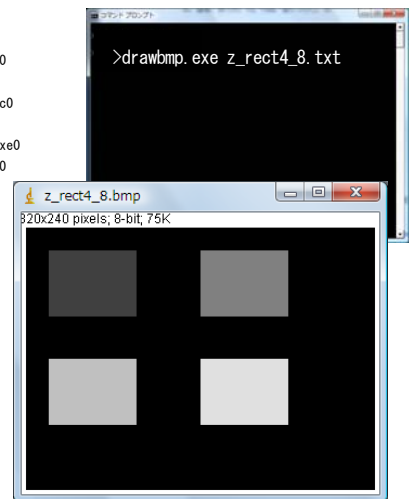


図2 マクロプログラムの記述例と実行例

する。画像メモリ 0 は通常の実行対象となるメモリである。画像メモリ 1 及び 2 は画像間演算に利用する。画像メモリ 3 はワーキングメモリに用いる。画像メモリのイメージ図を図 3 に示す。

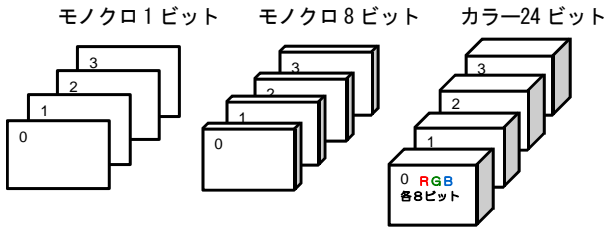


図 3 画像メモリイメージ図

画像内の座標原点を左上に設定するので、画像の幅、高さのピクセル数を Width, Height とすると、左上が (0, 0), 右下が (Width-1, Height-1) となる。画素のサイズは 1m あたりのピクセル数から換算する。表示はモノクロ 1 ビットの場合は 2 階調、モノクロ 8 ビットは 256 階調、カラー 24 ビットは 1670 万色となる。その他のメモリ、テーブル、色情報を表 3 にまとめる。

表 3 その他のメモリ、テーブル、色情報

メモリの種類	内容
処理結果メモリ	画像ファイルの基本情報（幅、高さ等）や画像の特徴抽出などの情報を保存する。
背景色情報	画像の背景色を保存する。画素の濃度値取得時において画像範囲外の値として使用する。
前景色情報	画像の前景色を保存する。描画時において、描画色の指定がない場合の規定値として使用する。
濃度変換用テーブル(LUT)	濃度変換メモリは 2 式あり、画像の 2 値化、濃度反転、ガンマ変換などに用いる。

## 2.6 ドキュメントの作成

コマンドの機能や使用例をまとめた「マクロプログラムレファレンスマニュアル」を作成した。図 4 に画像間演算に関する一例を示す。

## 2.7 ハードウェアによる処理

表 2 のハードウェア (H/W) 対応のコマンドについては、FPGA が実装されたデータ処理ボードでの処理が可能である。3×3 のフィルタ処理などでは、ハードウェアのパイプライン処理による高速化が可能である<sup>3)</sup>。

ハードウェアとソフトウェアのデータ処理フローを図 5 に示す。ハードウェア処理の場合は、画像データをパソコンからデータ処理ボードに転送し、ライブラリのコマンドに対応したデータ処理を行い、結果をパソコン側に転送してモニタに出力する。ソフトウェア処理のみの場合は、パソコン内で CPU により逐次的にデータ処理を

行う。パソコンやデータ処理ボードなどの装置スペックを表 4 に示す。

operate

```

【コマンド】 operate
【機能】 イメージ演算
【引数】 operation
        ..MO<=op M1
        1:inot
        ..MO<=M1 op M2
        2:and
        3:or
        4:xor
        5:add
        6:sub
        7:dif

【結果】 -
【HW処理】 ○
【備考】 モノクロ 1 ビット/モノクロ 8 ビットのみ対応
【使用例】 参照画像を読み込み、画像間演算(AND)を行う例
            # 画像サイズ(80x60), 階調(mono1), 解像度(96dpi), 背景色(黒), 前景色
            init 80 60 1 3780 0 1
            # 参照画像 (直角三角形) を読み込み、画像メモリ 1 に転送
            load z_recttri_80x60_1.bmp
            memory 0 1
            # 参照画像 (円) を読み込み、画像メモリ 2 に転送
            load z_circle_80x60_1.bmp
            memory 0 2
            # 処理 operation
            operate 2
            # 結果保存
            save operate.bmp
    
```

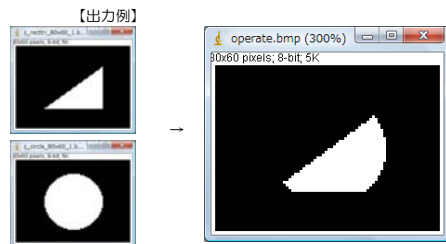


図 4 画像間演算の例

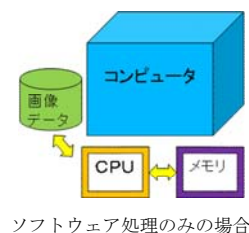
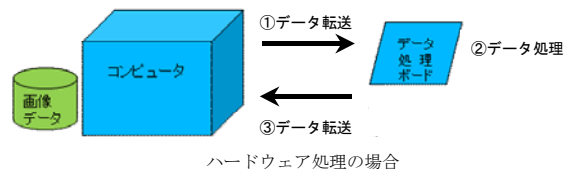


図 5 データ処理フローの比較

表 4 装置スペック

	パソコン	Dell precision T3400
ソフトウェア処理	CPU	Intel coreDuo(2.66GHz)
	メモリ	3GB
	OS	Windows XP SP3
ハードウェア処理 (データ処理装置)	データ処理ボード	GiDEL社 PROCs 60e

膨張処理 (dilate) , 収縮処理 (erode) について、ソフトウェア処理とハードウェア処理の性能評価を行った。画像サイズは横 2594×縦 1644 のモノクロ 8 ビットで、図 6 に測定対象画像を、表 5 に測定結果を示す。



図 6 測定対象画像

表 5 測定結果

条件	ハードウェア処理(A)[秒]	ソフトウェア処理(B)[秒]	B/A
4隣接, 膨張1回	0.135	4.4	33
4隣接, 収縮1回	0.140	2.1	15
8隣接, 膨張1回	0.140	6.7	48
8隣接, 収縮1回	0.135	2.2	16
備考	処理時間は対象画素の周囲3×3の範囲すべてを同時処理しており画像の内容に依存しない。	処理時間は対象画素の周囲の画素を逐次処理するため変動することがある。	

### 3 応用例

開発したライブラリを使って、県内 FA・計測機器メーカーの寸法計測装置の性能評価を行った。性能評価の様子を図 7 に示す。ここでは金属板の穴に対して装置のプローブがどこに位置しているかを、金属板の下部から穴とプローブを撮影し、画像により計測するものである。

モノクロ 8 ビットの画像を撮影して位置計測するマクロプログラムを作成した。結果画像を図 8 に示す。

結果画像から、プローブの位置計測が所望の精度で正しく行われ、画像処理による性能評価が有効であることが確認できた。

### 4 結 言

高速高精細版の画像処理 IP に対応したソフトウェアライブラリを開発した。本ライブラリは画像処理 IP と同等の機能を有し、ソフトウェア上でシミュレーション可能である。また、8192×8192 画素までのサイズの画像が

扱える。ソフトウェアライブラリの利用方法は、コンピュータの負荷低減や高速性を考慮して、コマンドライン実行形式とした。また、画像処理 IP と併用することで、画像操作を高速かつ簡易に実行可能となる。その有効性は、開発工程の短縮、開発効率の向上などに及ぶものと考えられる。本ライブラリは、県内企業の装置開発や技術支援に既に活用している。

今後は、ライブラリを使って「モデルドリブン画像処理設計支援技術の開発」を進めるとともに、ライブラリの公開を行い、普及を図る予定である。



図 7 寸法計測装置の性能評価

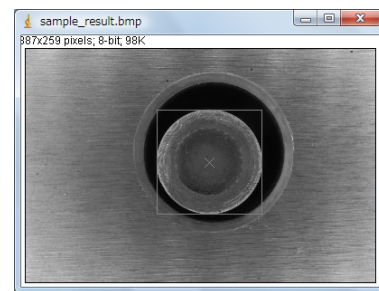
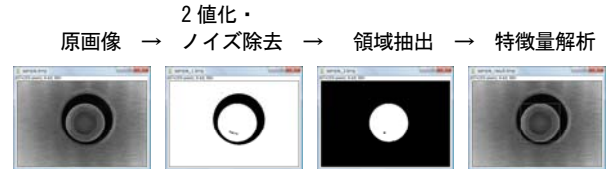


図 8 位置計測の処理結果

### 文 献

- 1) 佐野他：広島西部工技研究報告, 51(2008), 5
- 2) 佐野他：広島西部工技研究報告, 49(2006), 1
- 3) 佐野他：広島西部工技研究報告, 47(2004), 1
- 4) 昌達：画像処理プログラミング ソフトバンククリエイティブ (2008), 249