

汎用画像検査機プラットフォームの開発

Development of a general-purpose image inspection platform

丹羽 聡，中野 秀俊，赤塚 淳

Satoshi Niwa, Hidetoshi Nakano, Jun Akatsuka

要 旨 製品の小型化が進む中，検査の柱として目視検査に代わり，高額な画像検査機を導入してきている。今回のテーマは，コスト面を重視して開発したローコスト画像検査機の開発である。

現在，この内製開発機は，ボタン組み合わせ検査機，色検査機，はんだ印刷検査機，DIP はんだ検査機として使用中である。

Summary As miniaturization of products progresses, image inspection is replacing visual inspection as the mainstay of verification, and expensive instruments have been introduced.

In this project we focused on cost and developed a general-purpose image inspection platform.

Currently this is used as a button combination checker, color checker, solder printing checker, and auto-soldering checker.

キーワード：画像検査機，目視検査，ローコスト，ラインCCD

1. まえがき

画像処理関連機器の技術・ソフトウェアの進歩は目覚しく，現在では出来ないことは無いと思わせる程の画像認識関連の検査機器が世の中に出回ってきている。生産ラインにおいて品質向上・安定を目指し，これらの機器導入を考えた場合，最終的にネックとなるのは投資費用になる。特に海外・中国生産ともなるとこれは深刻な問題である。我々は，これら画像検査機器をいかに設備投資を抑えた形で導入し，生産品質とコストメリットを確保するかをテーマとして開発に着手してきた。

本稿では開発にまつわる技術と実際の導入事例についての紹介をする。

2. 画像検査機

2.1 画像検査で可能な事例

検査対象が複雑化，小型化が進んだ今日では画像検査の分野が増えているのが実情である。

社内で使用されている画像検査の代表例を次にあげる。

SMT実装検査：

- ・部品の有無，向きを検査する。場合によってははんだの状態も検査可能である。

はんだ印刷検査：

- ・はんだ印刷の有無，かすれなどを検査する。

部品欠品：

- ・組立て時の部品有無の検査をする。組み合わせを検査する場合もある。

寸法測定：

- ・材料の厚み，部品位置を検査する。

2.2 目視検査と画像検査の違い

古来，画像検査は人の目を使った人作業であった。今日，人作業は目視検査，機械作業は画像検査といった呼び方で，区別している。一般的な違いを以下に示す。

人の場合：

利点：

- ・曖昧な判断基準で検査可能である。
- ・習熟により時間短縮が可能である。
- ・人件費が発生する(検査費用が高い)。

欠点：

- ・疲れ，個人差，性別などで検査にバラツキが生じる。
- ・同じ作業でも疲れなどで検査にバラツキが生じる。

機械の場合：

利点：

- ・検査にバラツキが生じない。
- ・作業者に習熟の必要がない。

欠点：

- ・設備投資が必要(一般的に高額)である。

2.3 一般的な画像検査機

図1に一般的な画像処理の流れを各処理とそれに対応する機器で示した。

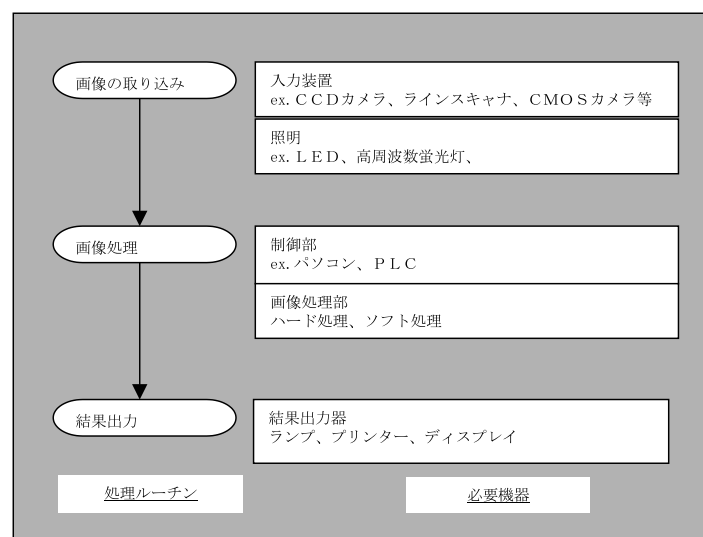


図1 画像処理

社内設備でもさまざまな分野で応用されている画像検査機であるが，設備投資金額が高く，コストメリットを出しにくいのが実情である。

コストアップにつながる要素としては，

- ・FA用機器の多用(カメラ，照明，画像処理用のハード)
- ・入力装置の多機能化(レンズ，照明)
- ・構成部品の数の多さ

などがあげられる。これらを解決すれば，ローコストな検査機が開発できる。

3. 画像検査機プラットフォーム作成

3.1 目的

目的は，全社生産技術共用画像検査機のベースとなるプラットフォームを開発することである。まず，ハードウェアの構成を決定し，実際にさまざまな画像検査に応用可能にする。

3.2 コンセプト

主なコンセプトは，

- ・民生用機器を利用し，コストダウンを図る。
- ・構成部品数を極力削減する。
- ・多目的用途に展開するため，ソフトはカスタマイズ可能にする。

である。

3.3 プラットフォーム機構成

プラットフォームは，図2に示すように，イ

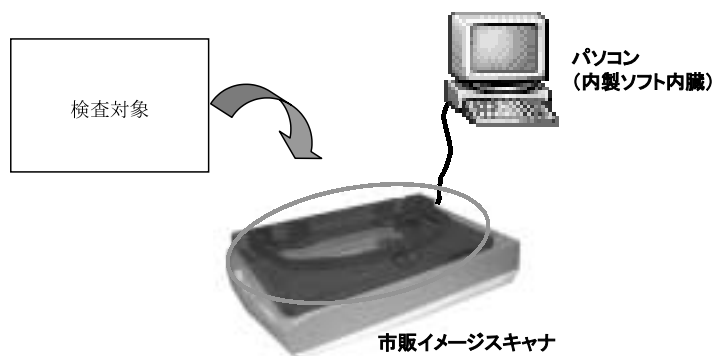


図2 プラットフォームの構成

メーガスキャナと市販パソコンで構成している。制御部および表示部は、市販パソコンと内製した検査ソフトウェアから成る。パソコン関連の価格は、加速度的に下がっているので、高機能・低価格のプラットフォームが実現できた。

・ 画像入力装置および照明:

市販イメージスキャナを使用している。画像入力部、照明を1台で兼用している。スキャナの光学解像度は300 ~ 3200dpi (ソフトウェアにて可変) である。

・ 制御部ハード:

民生用パソコンを使用した。最近の民生用は、高性能・低価格で用意に入手可能である。パソコンの基本仕様は、OSには、Windows2000、またはXP、CPUにはCeleron 900MHz以上、RAMの容量は256MB以上、インターフェイスにはUSB2.0を用いた。

・ 制御部ソフト

制御部用ソフトを作成した。ソフトを変更することにより多目的に使用可能になる(さまざまな用途に転用を可能とする)。

4. 実施例

4.1 カーステレオ・ボタン組み合わせ検査機

・ 目的:

仕向けの増大により、金型が同じで表示が違ふボタンを製造ラインにて人が組み合わせている(組み合わせ総数は1000パターン以上にも及ぶ)。カーステレオOEM製品の場合、ボタンの

入れ違いは、車という高額商品の不良につながる。客先要求でもある“不良0”を目指すため、画像検査にて確実な組み合わせチェックを実施した。

・ 検査機構構成

プラットフォーム機をベースとし、詳細スペックは以下の通りとおりである

・ 入力装置および照明:

市販イメージスキャナ(光学解像度:400dpi程度、インターフェイス:USB2.0)である。

・ 制御部:

市販パソコン(OS:Windows2000、パソコンのCPU:Celeron 900MHz、RAM容量:256MB)と検査ソフトウェアで構成している。

・ 検査アルゴリズム

検査アルゴリズムは、

(1) モデル画像作成:

256階調のグレイ処理されたモデル画像を作成する。

(2) 各ボタン登録:

モデル画像より、各ボタンの画像を切り抜き、登録する。

(3) 検査画像の取り込み:

256階調のグレイ処理された検査画像を取り込む。

(4) 検査画像の切り出し:

ボタン登録画像より、各ボタンの画像を切り抜く。

(5) パターンマッチング:

(2)と(4)の画像の一致率を検査する。

(6)判定処理:

全数のボタン一致率により「OK」か「NG」かで総合判定する。

のステップで行っている。なおステップ(3)の処理で取り込んだ画像を図3に示す。



図3 取り込み画像(グレイ処理後)

・検査性能:

検査性能は、

(1)タクトタイム:

スキャン時間は25s,処理時間は10sで、合計35秒である。

(2)検査範囲:

取り込みサイズはA4以下である。

(3)最小検査文字:

2mm²(解像度を上げることで1mm²まで対応

可能)である。

・結果:

市販スキャナを用いた画像検査機のプラットフォーム使用の1号機として産声を上げた。これまで使用してきたCCDカメラタイプに比べて約1/10の投資で同等以上の検査品質を保つことが可能となった。今まで、高額な投資のため画像検査を見送られた製品にも対応可能なローコスト、高品質検査機の実現である。導入後は、組み合わせ間違いの市場不良は0件である。

4.2 塗装色検査

・目的:

色違いの組み合わせ防止,塗装色のNGを定量化判定する。

・検査機構成構成:

プラットフォーム機をベースとし,入力装置および照明には市販イメージスキャナ(光学解像度は400dpi程度,インターフェイスはUSB2.0)を用いた。制御部は市販パソコン(OS:Windows2000,パソコンのCPU:Celeron 1.2GHz, RAM容量:384MB)と検査ソフトウェアで構成している。

・検査アルゴリズム

色の検査を自動検査プログラムとして具現化した。

(1)基準色,検査色の平均化

一定面積のRGB色を平均化し,RGBへ各々を数値化(図4)

(2)RGBを変換し,CIE色空間上にて表現

(3)基準色,検査色の違いをE(ベクトル長さ)として測定(図5)

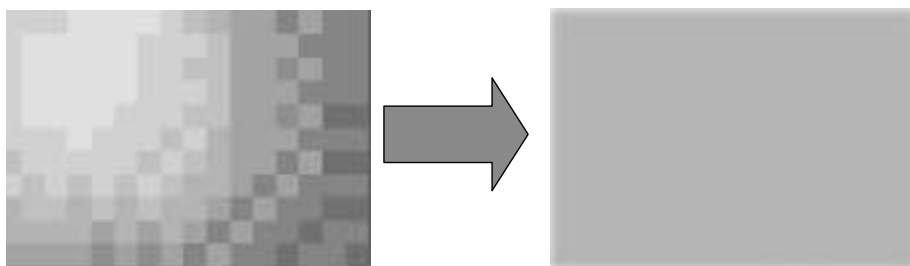


図4 色の平均化

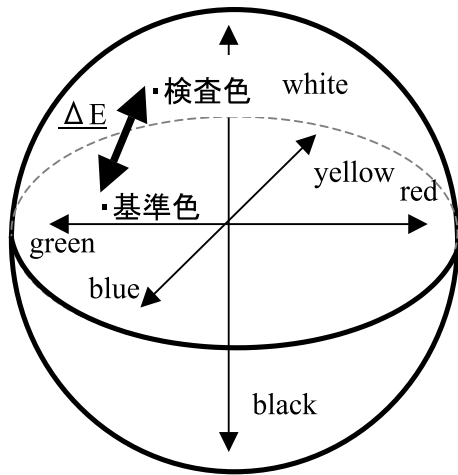


図 5 色空間

(4) E が一定の値を超えたものを NG として判断

・検査性能

タクトタイムはスキャン時間が 25s，処理時間は 15s で，合計は 40 秒である。

検査範囲は，取り込みサイズが A4 以下で，繰り返し精度は E ， ± 0.3 程度である。

・結果

OEM カーステレオは他社エアコンなどと統一デザインであり，微妙な色の違いを嫌う。本検査機では，その違いを定量的に提示可能であるため，個人の感覚にとられない検査が可能である。なお本検査は，ボタン組み合わせと同時に検査が可能である。

4.3 はんだ印刷検査機

・目的

本検査機は，高額な設備投資が困難な中国生産拠点への導入を目的に開発されたローコストはんだ印刷検査機である。市販スキャナ，パソコンを使用し，さらには機能，検査対象を限定(例えば BGA 部のみ)することにより，市販卓上型検査機の 10 分の 1 のローコスト化に成功した。

・検査機構成：

検査機の外観を図 6 に，表 1 に仕様詳細を示した。入力装置および照明には，市販イメージスキャナ(光学解像度:3200dpi 程度，インターフェイス:USB2.0)を用いた。

制御部は市販パソコン(OS:Windows2000/XP，

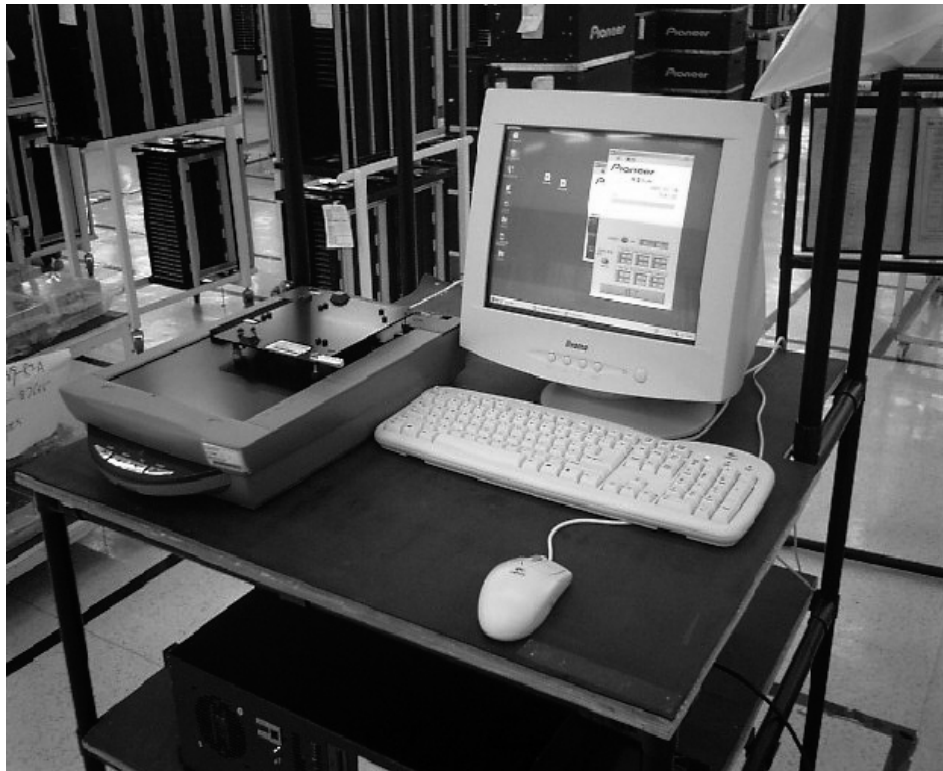


図 6 検査機の外観

表 1 市販検査機との仕様比較

| | 自社開発はんだ印刷検査機 | A社 卓上型外觀検査機 | B社 インライン型外觀検査機 |
|-------|---|-----------------------|--|
| 基板サイズ | 100 x 120mm アタッチメント変更により 280 x 170mmまで対応可 | 50 x 50 ~ 250 x 330mm | 50 x 50 ~ 250 x 350mm |
| 検査速度 | 60秒以内 (BGAのみ) | 30秒以内 | 0.35秒 / (12 x 10mm) |
| 検査項目 | 面積、ズレ、欠け、かすれ ブリッジ | 面積、ズレ、欠け、かすれ、 ブリッジ | 面積、ズレ、欠け、かすれ、 ブリッジ |
| 解像度 | 21 μm | 25 μm | 25 μm |
| カメラ | 6ラインカラーCCD (イメージスキャナ) | CCDラインセンサーカメラ | 白黒CCDカメラ |
| OS | WindowsXP | WindowsNT | MS-DOS |
| CPU | Pentium4 3GHz | 最新Pentium | Pentium 166MHz |
| RAM | 2GB | 1GB | 256MB |
| HDD | 60GB | 30GB | 1.6GB |
| 外形寸法 | W280 x D380 x H30mm | W430 x D750 x H450mm | W1300 x D900 x H1854mm |
| 設置面積 | W700 x D420mm (PC含む) | W850 x D750mm (PC含む) | W1300 x D900mm |
| 重量 | 1.2Kg | 40Kg | 270Kg |
| オプション | データ集計システム | データ集計システム | データ集計システム 検査データ自動作成システム オフラインリペア支援システム |
| 価格 | 30万円 | 300万円 | 1000万円 |

パソコンのCPU:Pentium4 3GHz, RAM 容量:
2GB)と検査ソフトウェアで構成している。

・検査機機能

本検査機は図7に示すDVDレコーダMAIN基板のBGA部に対して、

- (1) はんだ面積を検出し、はんだ面積、欠け、かすれの良否判定
- (2) はんだずれ量を検出し、はんだずれ量の良否判定
- (3) ランド外はんだ面積を検出し、ランド外はんだ面積(ブリッジなど)の良否判定

の機能を有する。スキャナにより読み込んだ画像に対して画像処理を行い、予め設定された検査スペックに対して自動判定を行う。

検査精度は、

- (1) 分解能: 21 μm
- (2) はんだ面積検出精度: ± 13.6%
- (3) はんだずれ量検出精度: ± 43 μm

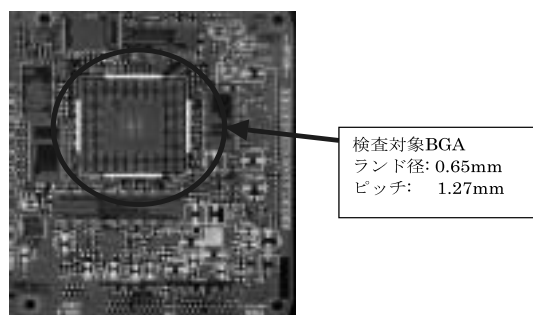


図 7 DVDレコーダMAIN基板外観

である。

・画像処理アルゴリズム

画像処理は、

1. 画像のカラー二値化処理:

検査画像に対する処理としてカラー二値化を行っている。カラー二値化とは、RGB各色要素の特定範囲を限界値にして、白黒の二値に置き換える処理方法である。

2. はんだ印刷の良否判定

(1) マスクパターン作成:

未印刷基板をランド色で二値化処理して、マスクパターンを作成する(図8)。

(2): 穴埋め処理

二値化画像の欠落した部分(穴)を埋める(図9)。

(3) マスクの拡張処理:

ランド径よりはんだ径が大きい場合にも正しく良否判定できるように、マスクパターンを拡張する(図10)。

(4) 検査対象画像の二値化:

検査対象画像をはんだ色でカラー二値化処理する(図11)。

(5) 小さいオブジェクトの消去処理:

はんだ以外で認識された小さなオブジェクトを消去する(図12)。

(6) 検査対象画像のマスク処理:

検査対象画像を(3)でマスクして、パターン

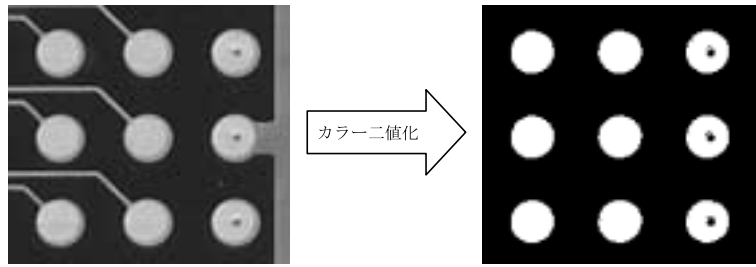


図8 カラー二値化によるマスクパターンの作成

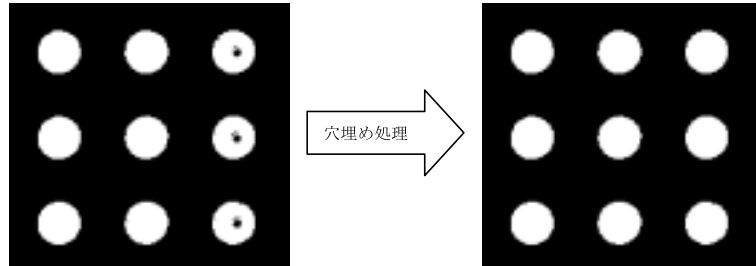


図9 マスクパターンの穴埋め処理

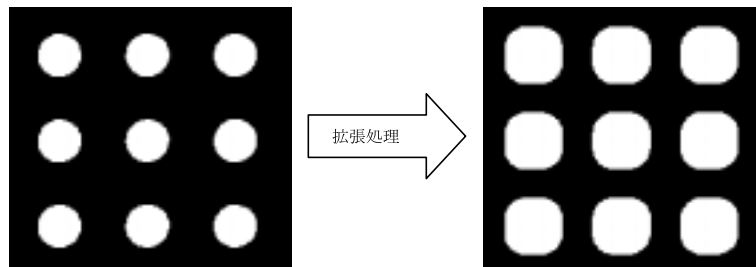


図10 マスクパターンの拡張

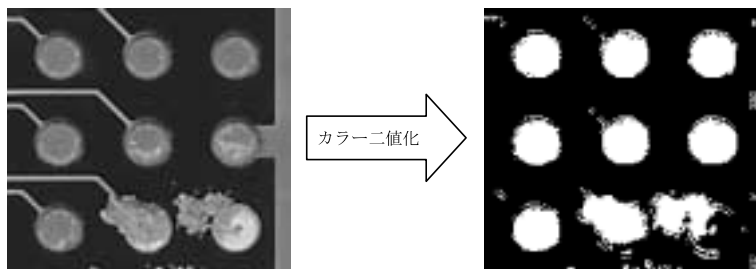


図11 検査対象画像のカラー二値化処理

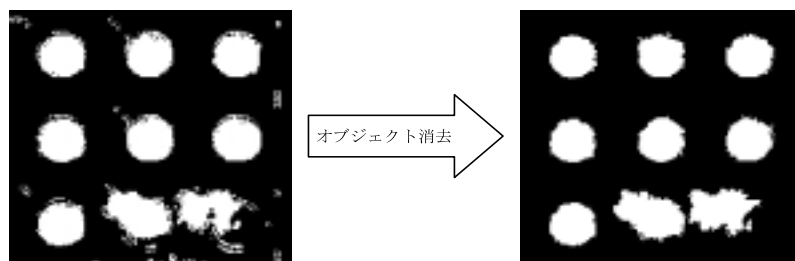


図12 小さいオブジェクトの消去処理

内のはんだ面積，ずれ量を計測する(図13)。

(7) マスクの反転:

上述の(6)のマスクを反転し，ブリッジなどのパターン外のはんだを検出する(図14)。

・ 結果

本検査機は国内拠点，中国生産拠点でのテストランを実施しており，市販の検査機と同等の検査精度を持っていることが実証されている。

ただし，検査時間はスキャナの性能に依存するため，市販検査機より時間を要する。その分は，ローコストのメリットを活かして複数台持ちにするなどの対応が可能である。また，検査対象をリフロー後の検査が困難であるBGAに限定し，導入済みの市販外観検査機(はんだ印刷検査にも使用可能)をリフロー後の外観検査専用機とすることで，製品基板の品質向上も期待できる。

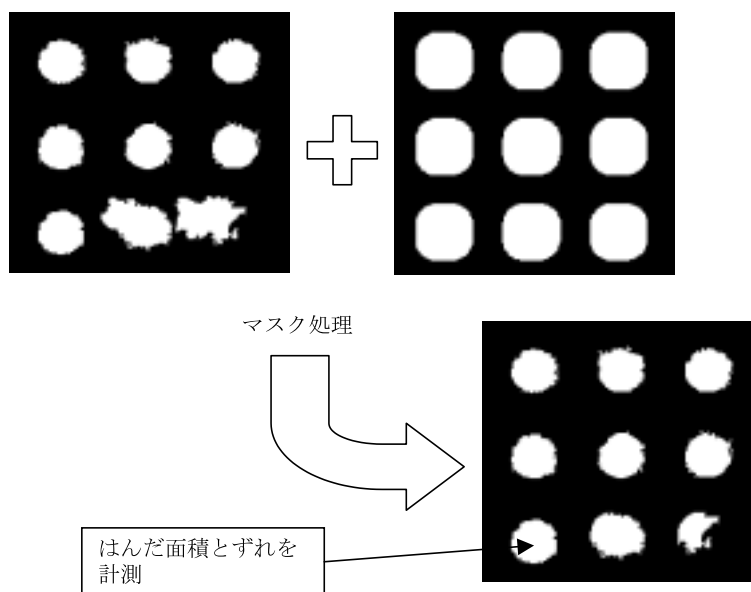


図13 検査対象画像のマスク処理

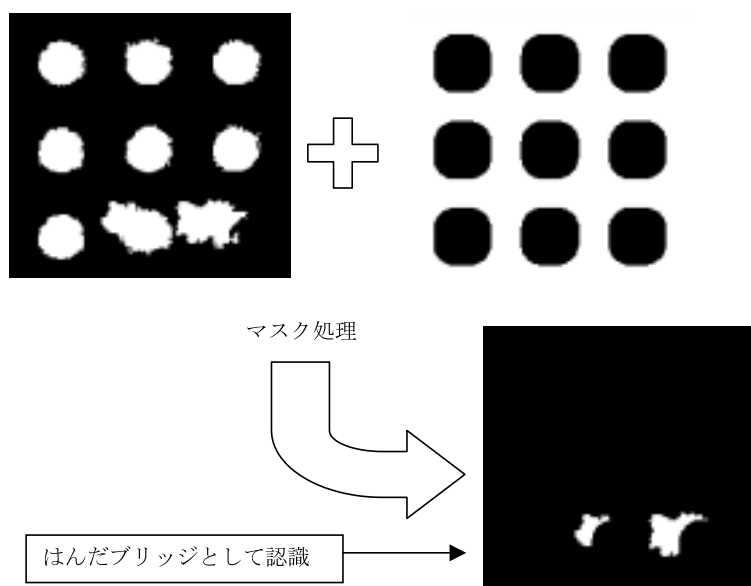


図14 検査対象画像のマスク処理

4.4 アナログCATVメイン基板における未はんだ検出

・目的:

CATVの市場不良データ(図15)より、生産工程における不良の50%は、未はんだなどのはんだ不良であった。チップ部品の未はんだ、リード部品のピンホールといった不良は、擬似接触により、電能検査では検出出来ない。また、目視検査では見落としを皆無にすることは不可能であり、市場への不良流出防止のために画像検査の導入を行った。

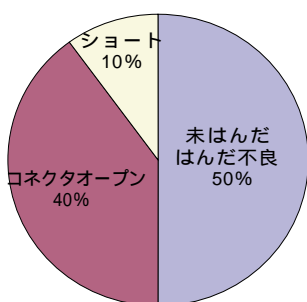


図15 工程不良内訳

・機能:

機能は次の通りである。

- (1) チップ部品未はんだ(図16)の検出
- (2) ピンホール(図17)検出
- (3) チップ部品の有無検出



図16 チップ未はんだ



図17 ピンホール

・検査機構成:

プラットフォーム機をベースとした。入力装置および照明には市販イメージスキャナ(光学解像度: 600dpi程度, インターフェイス: USB2.0)と基板受治具である。制御部は市販パソコン(OS:Windows2000/XP, CPU:Pentium4 2.4GHz, RAM:512GB)と検査ソフトウェアである。図18に基板画像取込部の外観を示した。



図18 基板画像取込部外観

・画像処理アルゴリズム:

画像処理アルゴリズムを次に示す。

- 1. カラーマッチングによるチップランド部未はんだ検査

(1)チップランドモデル画(はんだ色)作成: モデル画として持つデータはカラースペクトラム(図19)であり、カラースペクトラムは白黒を含む16色に分解される。

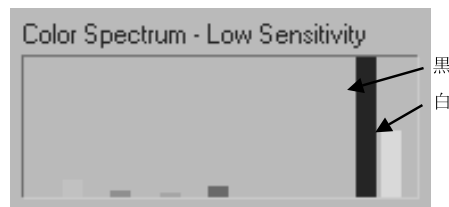


図19 はんだ色カラースペクトラム

- (2)検査画像取込・比較:

検査領域(図20)内を、モデル画のカラー

スペクトラムと比較する。

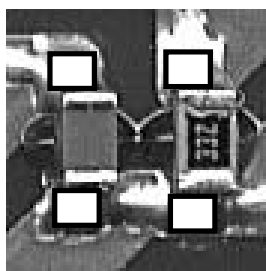


図 20 検査領域(図中白抜き部)

(3) 判定処理:

スペクトラムの一致率により良否を判定する。

はんだ色のカラースペクトラムは、ほぼ白と黒である。スペクトルに含まれる白と黒の割合を比較し良否を判定する。

2. パターンマッチングによるチップ部品有無検査

3. ピンホール検査

(1) 二値化によりピンホールである可能性があるランドを検出(図 21)

(2) 検出されたランドをパターンマッチングによる良否判別

・結果:

エリア限定ではあるが、生産ラインに導入し、不良流出防止の効果をあげている。今後は検査速度を向上し基板全面を検査することにより、より大きな効果を期待できる。また、設備投資については、機能を限定することで、市販

外観検査機と比較して大幅削減を実現できた。

5. まとめ

2002年3月よりスタートした汎用画像検査機プラットフォーム構想は、スキャナ(ラインCCDによる白色反射光の取り込み)を利用し、コストダウンと機能の最適化を図ってきた。

今後はスキャナ方式だけでなく、カメラ、レーザーなどその他の様々な方式を利用し、生産現場のニーズに最適化した画像検査機の開発を継続していく予定である。

6. 謝辞

ソフト開発にご協力いただいたキャノテック株式会社に深く感謝いたします。ライン立ち上げに協力いただいたHEC、MEC、PSG製造部、生産技術部関係各位に感謝します。

筆者

丹羽 聡(にわ さとし)

所属: HEC 所沢事業所生産技術部

入社年月: 1989年4月

主な経歴: 生産設備開発

中野 秀俊(なかの ひでとし)

所属: HEC 所沢事業所生産技術部

入社年月: 1993年4月

主な経歴: 生産設備開発

赤塚 淳(あかつか じゅん)

所属: MEC 川越事業所生産技術部

入社年月: 1993年4月

主な経歴: 生産設備開発

ピンホール

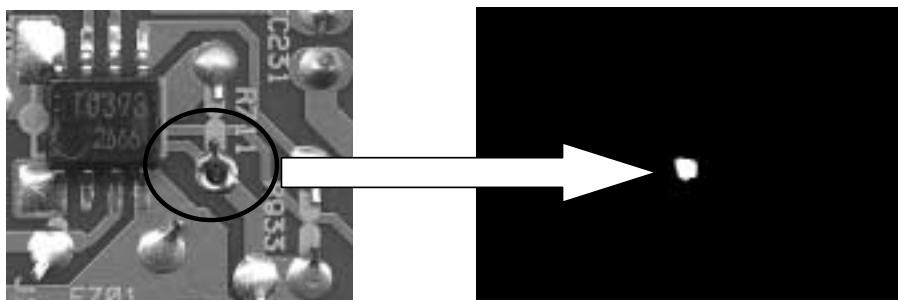


図 21 二値化によるピンホール検出