

# 赤外線放射を利用した外観検査自動化開発

## Development of Automatic Visual Inspection by Means of Infrared Radiation

宮西 哲人\*

Tetsuto Miyanishi

### 要 旨

製造工程において、長年、人による外観目視検査が行われており、品質保証、コスト低減の観点から自動化が望まれている。当社では、本課題を解決すべく、検出すべき欠陥の光学的特性の差異を解析し、新たな検出方法の開発に繋げている。本稿では、赤外線放射に視点をのこした検出方法について紹介する。

### Abstract

Automation of visual inspection is highly required in manufacturing processes in view of quality assurance and cost reduction. In order to realize this, Calsonic Kansei has developed a new detecting method with distinguished optical characteristics of the defects to be detected. This article describes the method which features infrared radiation.

Key Words : Infrared Radiation, Measurement/Visual Inspection, Automation, Infrared Camera

### 1. はじめに

自動車に搭載されている部品・製品は、求められる品質に応じた基準の下、様々な手法を用いた検査に供されている。その中でも、不特定部位に発生し、かつ従来技術では検出できない欠陥については、人による全数外観目視検査が一般的に採用されている (Fig. 1)。ここで欠陥の種類としては、異物付着、傷、色味違い等があり、いずれに対しても、品質保証、コスト低減の観点から、検査の自動化が望まれている。本稿では外観検査の自動化につながる一方策について、その検討結果を紹介する。



Fig. 1 Visual Inspection

### 2. 従来技術と新たなアプローチ

一般に、欠陥を自動検出するためのアプローチとしては、画像認識技術が多く用いられている。しかしながら、製品形状によっては照明光が乱反射することで欠陥以外の部位からの反射光が画像センサーに入射し、しばしば誤判定を引き起こすことが問題点として知られている。

実際の製品における欠陥としては、電子基板に見られるはんだボール (Fig. 2)、熱交換器プレス品に見られる油カス (Fig. 3) 等の様々な組成の異物が挙げられる。

ここで、従来の画像センサーで測定できる可視波長域以外の波長で、欠陥の光学的特性を広く調査したところ、物質により赤外線放射率に大きな差があることを見出した (Table 1)<sup>(1)</sup>。赤外線放射率とは、ある温度の物質表面から放射されるエネルギー量と、同温度の黒体 (外部から与えられたエネルギーを 100% 吸収する仮想物体) から放射されるエネルギー量との比率のことである。

これより、赤外線放射を測定することにより異物の検出は可能であるという仮説に至った。赤外線放射の測定には赤外線画像センサーを採用する。



Fig. 2 Soldering Ball

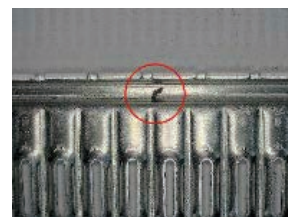


Fig. 3 Contamination

\*グローバルテクノロジー本部 計測技術グループ

Table 1 Infrared Emissivity

Material	Infrared emissivity
Aluminum	0.039~0.057
Copper	0.052
Gold	0.018~0.035
Iron	0.14~0.38
Lead	0.057~0.075
Silver	0.02~0.032
Brick	0.93
Glass	0.94
Carbon	0.526
Lacquer	0.80~0.95
Water	0.95~0.963

### 3. 検出原理

赤外線画像センサーに入力する赤外線エネルギーは、環境から発生する赤外線が計測対象表面で反射する反射成分と、計測対象内部からの放射成分を合算したものである (Fig. 4)。ここで、欠陥と欠陥以外の部材の光学的特性の差異は放射率にあり、放射成分を検出したい。これを実現するためには反射成分に対する放射成分を相対的に大きくする必要があり、本稿では計測対象の温度を上げることによって環境温度の影響を小さくして、計測対象上に存在する欠陥と欠陥以外の部材との赤外線エネルギーの差を検出することとした (Fig. 4) (Fig. 5)。

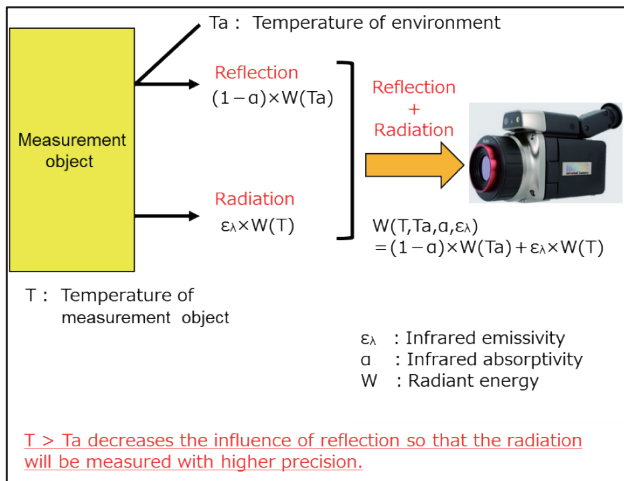


Fig. 4 Infrared Energy Transmitted to an Image Sensor

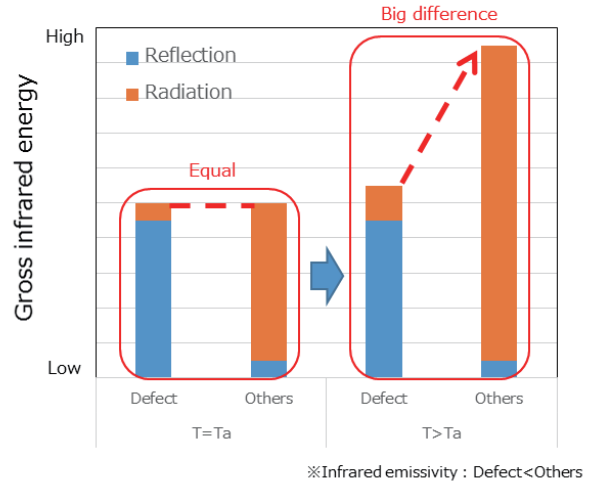


Fig. 5 Comparison of Gross Infrared Energy

## 4. 検証

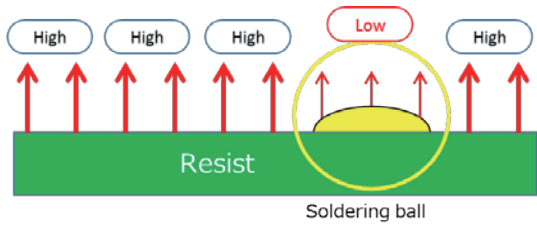
### 4.1. 実験方法

欠陥の一例として電子基板製造工程で発生する異物“はんだボール” (Fig. 2) を取り上げ、検出に至るまでの実例を示す。“はんだボール”とは、溶融したはんだの一部が表面張力により球形となったもので、付着部位によっては回路短絡などの機能不全を引き起こす。電子基板の構成部材は大きく分けて、はんだ、レジスト、基板、フラックス、透明樹脂コーティング剤である。これら構成部材の赤外線放射率に着目すると、はんだの赤外線放射率が、その他の構成部材に対して一桁小さいことが分かる (Table 2)。これにより、はんだボール部はその周辺部に対して赤外線放射量が小さくなる (Fig. 6)。

赤外線放射量の差を検出できるセンサーは赤外線画像センサーであり、赤外線画像センサーが内蔵されている赤外線カメラを用いたはんだボール検出の検証実験を行った。

Table 2 Infrared Emissivity of Circuit Board Components

Component	Infrared emissivity
Solder	0.032
Resist	≥0.6
Circuit board	0.5~0.6
Flux	≥0.5
Coating	0.8~0.95



Soldering ball radiates lower Infrared.

Fig. 6 Infrared Radiation from Circuit Board

使用した赤外線カメラは日本アビオニクス製 InfRec R500 (Fig. 7), カメラに搭載されている赤外線画像センサーはマイクロボロメータ 640 × 480 画素である。

撮影環境としては暗室内で、周辺からの反射成分の影響を小さくするため、電子基板をホットプレート上に設置し、雰囲気温度 26℃ 以上に昇温させた状態で撮影を行った (Fig. 8)。



Fig. 7 Infrared Camera

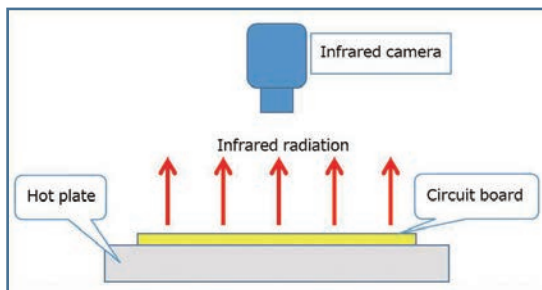


Fig. 8 Schematic of the Infrared Image Observation

#### 4.2. 実験結果

基板温度が 40℃, 50℃ になるようにホットプレートで昇温させ赤外線カメラにて撮影を行った。雰囲気温度に対しては、各々 +14℃, +24℃ となる。取得した赤外線画像は温度レンジを 256 階調のグレースケールで表示したもので、温度が高いところは白く表示されグレースケール値は大きく、温度が低いところは黒く表示されグレースケール値は小さくなる。基板温度 40℃ で取得した赤外線画像 (Fig. 9) では、はんだボール部のグレースケール値平均が 130 だったのに対し、周辺部のグレースケール値平均は 192 となった。これは、はんだボール部が周辺部よりも赤外線放射量が小さいことを示し、仮説を裏付ける結果となった。基板温度 50℃ の状態で取得した赤外線画像 (Fig. 10) も同様に、はんだボール

部が周辺部よりも赤外線放射量が小さいという結果となり、さらに、グレースケール値の差が大きくなったことで、検出が容易となった (Fig. 11)。なお、基板温度を変えて撮影する際、温度レンジ固定で、温度中央値を上げているため、温度が上がるとはんだボール部のグレースケール値は小さくなるという結果になっている。

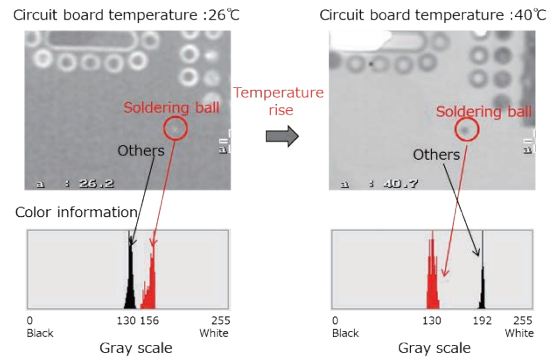


Fig. 9 Infrared Images (Circuit Board Temperature: 26 to 40℃)

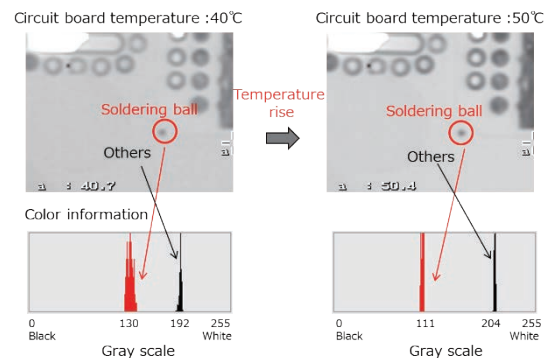


Fig. 10 Infrared Images (Circuit Board Temperature: 40 to 50℃)

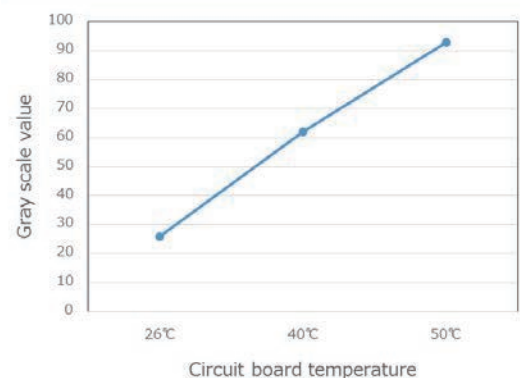


Fig. 11 Increased Difference in Infrared Level

#### 5. 付随効果

電子基板製造工程において、基板表面の酸化被膜を除去し、基板とはんだの濡れ性を向上させるため、フラックス塗布が行われている。従来より外観検査に用いられ

ている可視光照明をこのフラックスの残渣に当てると、反射光が撮像素子に入射するため、はんだボールとの誤検出が発生する可能性がある (Fig. 12)。ここで、フラックス残渣は樹脂であり、Table 2 より赤外線放射率は0.5以上である。よって、本手法を用いることで、赤外線放射量の差を大きく取ることができ、はんだボールとの区別が付きやすくなると推測できる。

これを確認するため、フラックス残渣がある基板を基板温度が40℃になるようにホットプレートにて昇温させ赤外線カメラにて撮影を行った (Fig. 13)。

結果、フラックス残渣部と周辺部を合わせた前記のグレースケールがばらつきのない分布となった。これはフラックス残渣部と周辺部との赤外線放射量が等しいということを示している。以上より、赤外線放射量に着目することで、フラックス残渣の誤検出を防止する効果も期待できることが確認できた。

## 6. ま と め

基板を加熱・昇温させることで、はんだボールからの赤外線放射量が周辺部材からの放射量に対し相対的に減少するという仮説が裏付けられた。基板温度を雰囲気+15℃以上に設定し、赤外線カメラで電子基板を撮影することで、はんだ欠陥の検出は可能である。また、可視光の乱反射によるフラックス残渣の誤検出も防止できる。

なお、実際の電子基板製造現場においては、200℃以上の炉ではんだ付けされた後検査されるため、上記温度条件を満たすために新たに昇温工程を設定する必要はない。

## 7. お わ り に

本稿を通して、外観検査自動化につながる一技術を紹介した。外観検査自動化は品質保証、コスト低減の観点から、広く望まれており、今後も新たな計測技術の開発を継続していく。

## 参 考 文 献

- (1) 付表 18, 最新伝熱計測技術ハンドブック, 東京, テクノシステム, 2011, p.452

Visible light image:26℃

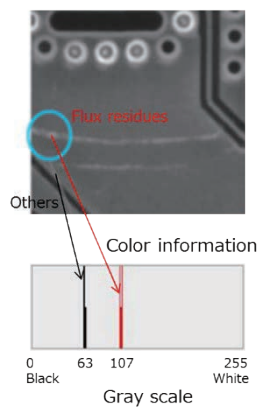
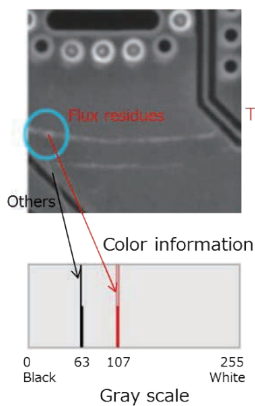


Fig. 12 Visible Light Image of Flux Residues (Circuit Board Temperature:26℃)

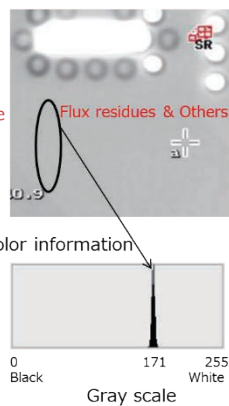


宮西 哲人

Visible light image:26℃



Infrared image:40℃



Temperature rise

Fig. 13 Infrared Image of Flux Residues (Circuit Board Temperature:26 to 40℃)