

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：17104
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2014～2016
課題番号：26420390
研究課題名(和文)鏡面特性を持つプラスチック成型品の外観検査

研究課題名(英文)Visual inspection of glossy plastic parts

研究代表者

脇迫 仁 (Wakizako, Hitoshi)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70372761

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：成型直後のプラスチック部品(以下ワークと呼ぶ)は光沢があり鏡面的であるため、出荷時の外観検査は人による目視検査が行われている。目視検査ではワーク表面に映った天井灯の鏡像周辺が欠陥が見えやすいことを利用している。本テーマではこの原理を利用した外観検査に取り組んだ。

ここでは、天井灯に対応する平面ディスプレイ上に縞模様パターンを表示し、ワーク面上での縞模様パターンの鏡像を撮像して欠陥を検出した。この縞模様パターンは、欠陥を見やすくするには有益であるが、画像処理での欠陥判定では逆にノイズとなるため、これを除去するフィルターを施して欠陥のみの検出を行った。実験により本手法の有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：Surface of molded plastic parts are shiny and glossy. So the pre-shipping inspections of such plastic parts are executed by human workers. The workers use reflected images of ceiling lights on the plastic parts because the surface defects are visible when they are near/in the reflected images. We addressed the visual inspection using this principle.

We use striped pattern on a flat display instead of the ceiling lights. The surface defects near/in the reflected image of the striped pattern are visible, so we capture the images and detect the surface defects. Even though the striped pattern is useful for finding defects, it is noise in the image processing. The camera images are, therefore, filtered by differential operators to remove the stripe pattern and extract the defect areas. The experimental results show the detection of small defects such as scratch, concavity and convexity on the glossy surfaces of the plastic parts.

研究分野：センシング技術

キーワード：外観検査 光沢部品 画像処理

1. 研究開始当初の背景

製造工程の最終段階である外観検査では、表面のキズや欠けといった不良品の検査が行われる。この工程は、薬品、自動車、電気部品など様々な分野で画像処理による自動化が実現されている。一方、自動車をはじめ多くの製品ではプラスチックの成型品が使われており、このプラスチック部品の出荷試験では作業員による目視検査が主流となっている。

人による目視検査は、製品の品質が作業員の熟練度に依存し、さらに目の疲労等による不良品の見落としが課題となっている。また、作業効率を上げるために複数の検査員を雇用することによる人件費負担も課題として挙げられる。これらの課題に対処するため目視検査の自動化に様々な取り組みがなされているが、実用化が難しいのが現状である。

これは成型直後のプラスチック部品は光沢があり表面が鏡面的であるため、画像処理用のカメラや周囲の機材が映りこんでしまうためであり、また対象とする欠陥のキズが非常に小さくカメラで撮像するのが難しいのもその理由の一つである。本研究ではこのような外観検査の自動化に取り組んだ。

2. 研究の目的

図1は、自動車のボディのプラスチック部品(以下、ワークと呼ぶ)である。写真は白いワークであるが、車体の色により黒やシルバーなども存在する。これらのワークの外観検査ではワーク表面についたキズやへこみなどを検出する。図2は、黒いワーク表面についた細い線キズの例である。ここで白く明るい領域は天井の蛍光灯の鏡像であり、鏡像と重ねることで欠陥が見やすくなる。



図1 プラスチック部品



図2 ワーク面上の線キズ

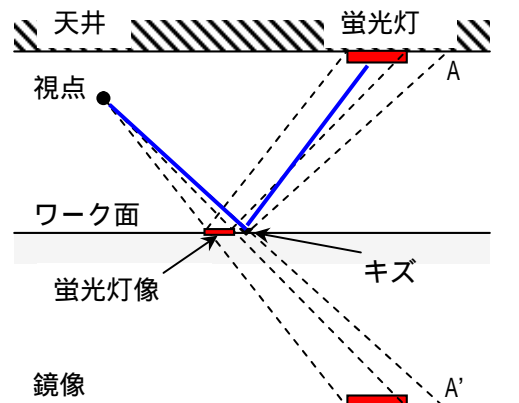


図3 作業員による外観検査

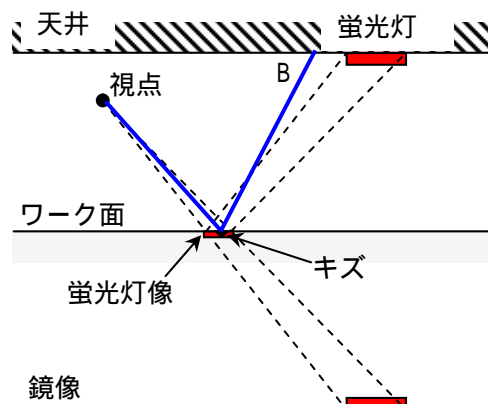
現在、このワークの欠陥検査は、図3に示す作業員による目視検査である。図2で示したように作業員はワークの姿勢を変えながらワーク面に映った天井灯の鏡像を利用して欠陥となるキズを見つけている。

このように蛍光灯の鏡像とキズを重ねると蛍光灯の鏡像の近くにあるキズは明るく、鏡像内のキズは暗く見える傾向があり、周囲との明暗差からキズが視認できる。この原理を図4に模式的に示す。(a)は、キズが蛍光灯像の近くにあるときである。表面にキズがなければこの位置は天井のAの部分ワーク面で反射して視点(カメラ)に入り、蛍光灯外であるため暗く見えるが、キズによりこの面での反射方向がずれて青線で示すように、蛍光灯内の光が視点に入り、蛍光灯像の近くのキズが明るく見えると考えられる。一方、キズが蛍光灯の鏡像内にあるときが(b)である。このとき青線で示すようにキズのある面が傾いて、天井の暗い部分Bが映されることで、蛍光灯像の中のキズが暗く見えると考えられる。自動車工場での出荷時の外観検査でも、門型に並べた蛍光灯列の中で移動する車体を検査しており、同様の原理を使っていると思われる。

本研究では、このような作業員による目視検査の手法を応用して、照明方法と画像処理によって光沢プラスチック部品の欠陥を検出することを目的とする。



(a)キズが蛍光灯像の近く



(b)キズが蛍光灯像の中

図4 蛍光灯の鏡像とキズ

3. 研究の方法

(1) 一般に画像処理では照明の役割は大きく、このときの照明はワークを照らすためであるが、本方式ではワーク面にその鏡像を映すために照明を用いる。前述の説明でも分かるように鏡像の境界近傍でキズが見えやすいことより、照明源の形状は、均一照明より明暗の境界が多いことが望ましい。

図5に実験装置を示す。照明は細長い蛍光灯管を並べてもよいが、図5(a)に示す液晶ディスプレイ上に縞模様を表示してそのパターンをワーク面に映した。この縞模様は幅や位置、方向をプログラムで変更できるようにしている。図5(b)に実験装置の全景を示す。カメラと照明の配置は実証試験より、最も欠陥が見えやすかった、ワーク面に対して約45度の角度で配置した。



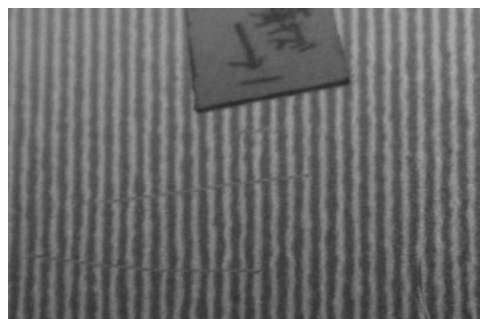
(a) 液晶ディスプレイ



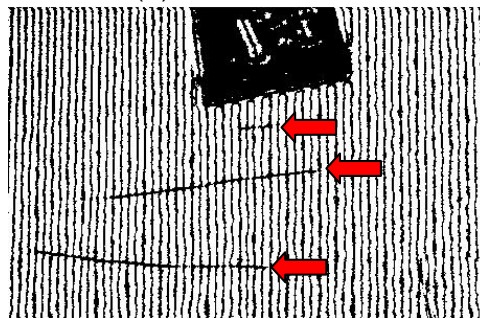
(b) 実験装置の構成
図5 実験装置

図6に線キズの撮像結果を示す。図6(a)が撮像画像で縦縞模様はディスプレイ上の縞模様のワーク面での鏡像である。またキズの位置が分かるようにマスキングテープが貼られている。図6(b)は、キズを見やすくするため撮像画像に横方向の微分処理を施している。赤矢印で示した三か所に横方向の線キズがあるのが分かる。図7は凹キズの例で図7(b)の処理画像中の赤矢印で示す黒丸が凸キズであることが判別できる。

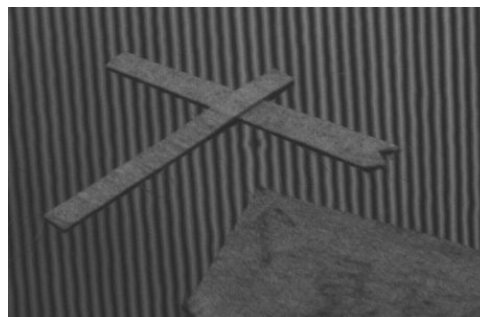
以上のように通常の撮影方法では捉えることが難しい小さな欠陥でも照明の鏡像を利用することで、画面上でその有無を確認することができた。次に、これらの画像から欠陥の判定方法に取り組んだ。



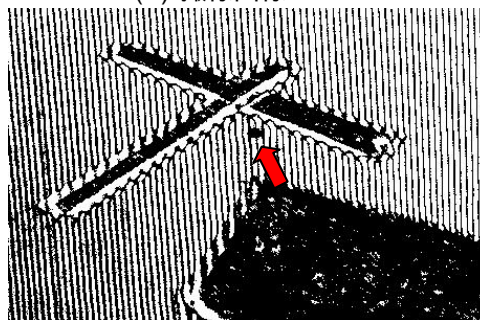
(a) 撮像画像



(b) 処理画像(横方向微分)
図6 線キズ



(a) 撮像画像



(b) 処理画像(横方向微分)
図7 凹キズ

(2) 欠陥検出の自動化では撮像画像から画像処理によって欠陥の有無を判定する。図6、図7の(b)は、微分処理を施して人の目には欠陥を見やすくしているが、プログラムで欠陥を判別するには縞模様の縦線が邪魔(ノイズ)になり判定が難しい。ここで図の横方向微分とは、横方向の明るさの変化を強調するため縦縞が目立ってしまう。そこで縦縞には縦方向の微分処理によって縞の影響を小さくすることが期待できる。

一方、提案する撮影方法で欠陥が見やすくなることを確認できたが、キズの方向と縞模

様の方向が直交するほど見えやすいのが分かった。しかしながらキズ方向は事前には分からないため、異なる方向の縞模様で撮像する必要がある。

以上の考察より以下の手順で欠陥抽出を行った。図8に処理の流れを示す。図8(a)が撮像画像で4種類の縞模様の画像である。縦縞と横縞でそれぞれが反転画像である。例えば縦縞Aと縦縞Bは黒と白が逆転している。これらの4つの画像にそれぞれ縞模様と同じ方向の微分処理を施したのが図8(b)である。縞模様が消えて欠陥部のみが白点で表示されている。これらの4つの画像を足し合わせたのが図8(c)の合成画像であり欠陥部の白点がよく分かる。欠陥の有無の判定はこの白点の数をあらかじめ設定した閾値と比較することで判定する。

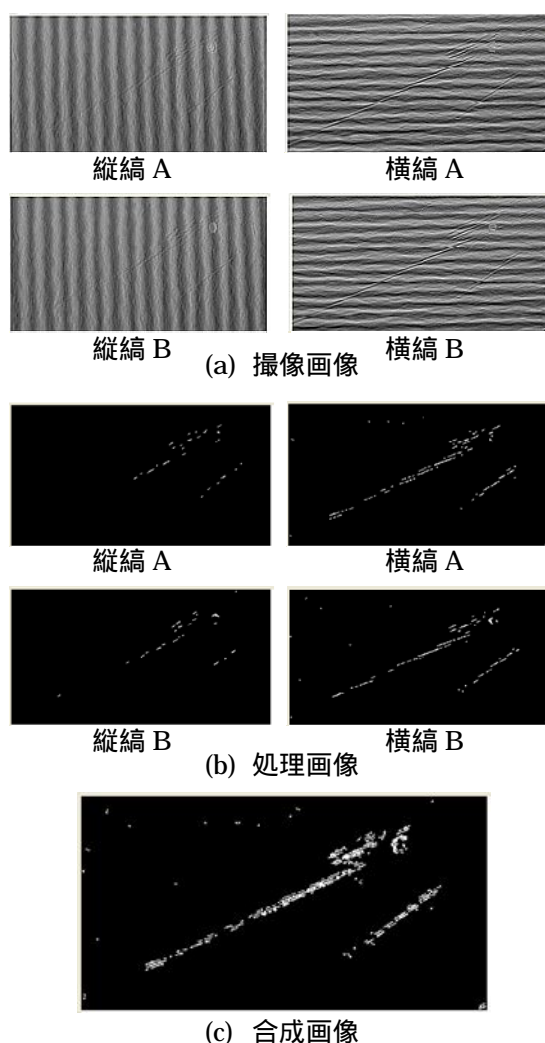


図8 処理の流れ

4. 研究成果

(1) 図9に今回開発した検出方法による、様々なキズの実験結果を示す。(a)~(d)が欠陥のある画像で、比較のため欠陥の無い正常な画像が(e)である。各図の左が4枚のうち横縞Aの撮像画像、右が処理結果の合成画像である。各合成画像での白点数も示した。

図9(a)は比較的大きな線キズであり肉眼でも見やすく、合成画像でもキズ領域が検出できている。図9(b)は画像上部中央に凸キズがある。また右半分付近に細かいブツ状のキズがあり合成画像に白点で表示されている。図9(c)はいくつかの凹キズであり合成画像に白点で表示されている。図9(d)は白いワーク上のスジ状キズであり、肉眼で見つけることが難しいが合成画像では白点のスジを見ることができる。欠陥がないときのワークが図9(e)でありこのときの白点数が45であり、それと比較すると欠陥のある(a)~(d)は値が大きいため判定が可能となる。

以上のことより今回開発した検出手法の有効性を示すことができた。

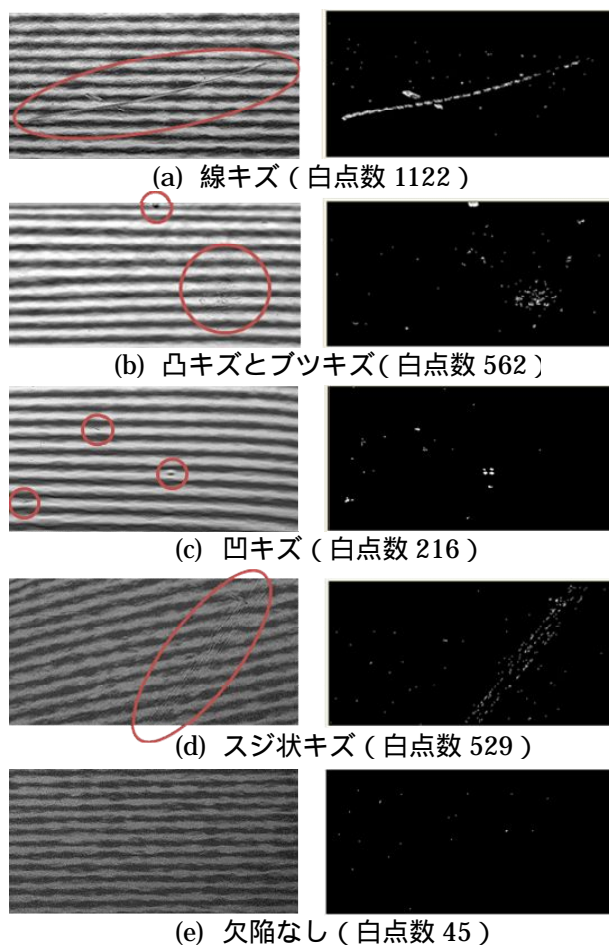


図9 実験結果

(2) 最後に今後の展開について述べる。本テーマでは表面が光沢のあるプラスチック部品を対象としたが、光を反射する材質であれば同様の手法が適用可能と考えられる。

図10はカップ麺の容器に細長い照明を向けた画像である。横方向に白く明るい領域が照明の鏡像に対応する。実験ではこの領域にキズが重なるとキズが見えやすくなるのが分かった(図中の拡大部分)。このキズの見え方も同じ原理であり、今後はプラスチック部品以外でも応用展開を図ってゆく予定である。

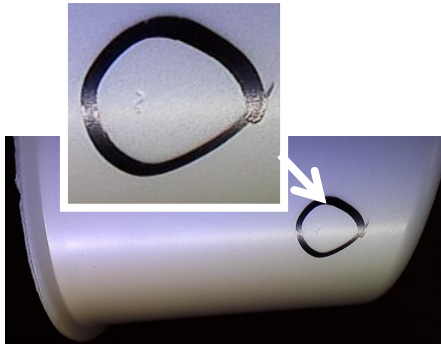


図 10 カップ面の容器のキズ

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

脇迫 仁、森 勇貴、光沢のあるプラスチック部品の外観検査、産業応用工学会論文誌、査読有、Vol.4、No.2、2016、45-49、DOI:10.12792/jjiaae.004.02.03

脇迫 仁、光沢部品の外観検査の考察、画像ラボ、査読無、Vol.27、No.7、2016、1-4、<http://www.nikko-pb.co.jp>

[学会発表](計 2 件)

森 勇貴、脇迫 仁、スリット光を用いた光沢のあるプラスチック成型品の外観検査手法の評価、電気・情報関係学会九州支部連合大会、2016年9月29日、宮崎大学(宮崎県・宮崎市)

森 勇貴、脇迫 仁、画像処理を用いた光沢のあるプラスチック部品の外観検査手法の検討、電気・情報関係学会九州支部連合大会、2015年9月26日、福岡大学(福岡県・福岡市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

脇迫 仁 (WAKIZAKO、Hitoshi)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：70372761

(4)研究協力者

森 勇貴 (MORI、Yuki)