

画像処理に用いる照明の調整方法に関する研究

吉村 千秋・古屋 雅章・山田 博之・阿部 治・布施 嘉裕^{*1}・小谷 信司^{*2}・渡辺 寛望^{*2}

Study on adjustment method of the lighting used for image processing

Chiaki YOSHIMURA, Masaaki FURUYA, Hiroyuki YAMADA, Osamu ABE, Yoshihiro FUSE^{*1},
Shinji KOTANI^{*2} and Hiromi WATANABE^{*2}

要 約

照明の波長，光量，照射角度等の条件をパラメータとして，画像の取得，処理，評価を行い最適な照明条件を簡易に設定できるシステムの開発を目的とし，試作，評価を行った．はじめに Red, Green, Blue の各 LED を出力調整できるファイバー照明等を使用し，照明条件を調整できる照明システムの試作を行った．その後，USB カメラと OpenCV ライブラリにより構築した処理システムを用いて画像の取得・処理を行い，X, Y 方向の差分や SIFT の手法を用いて，特徴点の個数，特徴量の大小による評価を行った．その結果，照明条件によって，特徴点の個数等が変化することを確認し，良好な条件を導くことが出来た．

1. 緒 言

近年，品質管理の観点から製品の全数検査が求められる．このような状況の中で作業者の目視による検査では，見落としおよび人件費等のコスト問題があり，画像処理システムを導入する企業が多くなっている．

検査に画像処理を導入する場合には，検査項目を設定しメーカーに光学系および照明器具の選択および調整を依頼して，総合的な画像処理システムとして発注するケースが多い．しかし，対象品種を変更する場合，照明の調整に最も時間がかかるとともに，専門的な知識を持った作業員しか調整ができないため，メーカーに依頼する場合もある．また，ワークを認識して照明を自動で調整する技術は，現時点では確立されていない．

そこで，本研究では，照明器具を含めて各種照明条件をパラメータとして，取得した画像に対して画像処理を行い，それを評価して最適な照明条件を簡易に設定できるシステムを開発することを目的とする．

2. システム構成

2-1 システム概要

図 1 にシステム概要を示す．照明にはファイバー照明を使用し，照明の波長，光量，照射角度等のパラメータを調整できる照明システムを構築し，照明条件を変化さ

せたときの測定ワーク画像を取り込み，視覚的にサンプルの表面やエッジを評価すると同時に，画像処理システムによりワークの欠損部の有無やワーク寸法などを求め，特徴点を抽出して評価を行う．

光量調整は，専用電源への印可電圧を RGB の各 LED 毎に制御することにより行う．位置制御は，3 軸直交型ロボットに回転軸を加えた 4 軸ロボットを使用し数値制御 (NC) により行う．

また，画像の取り込みには USB カメラを使用し，ソフトウェアとして OpenCV2.2, Visual StudioC++ .net, スクリプト言語である R を使用して，画像取得・処理・評価を行う．本システムにより，一台の PC で照明の光量調整，照射距離・角度の位置制御，USB カメラからの画像取得，画像処理・評価を行うことが可能となる．

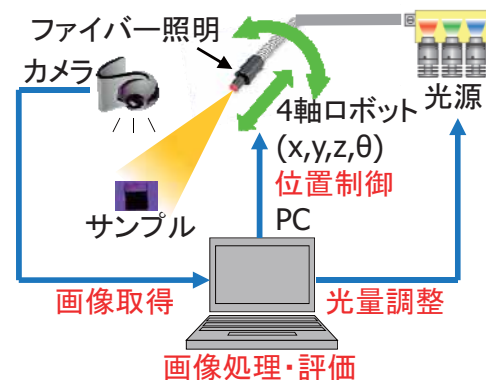


図 1 システム概要

*1 山梨県工業技術センター

*2 山梨大学

2-2 基本システム構成

図 2 に基本システムの構築例を示す。本システムは、一台の PC と PLC をコントローラとして照明用電源を制御し、照明の波長、光量を任意に調整できる。PC と PLC を LAN でつなぎ UDP プロトコルで通信を行い、ある照明条件の時に、USB カメラにより画像の取得を行うものである。

コントローラとなる PC はソニー(株)製 VAIO を、PLC は(株)キーエンス製 KV5000 を使用した。ファイバー照明はシーシーエス(株)製 HLV2-3M-RGB-3W を、USB カメラは(株)マイクロビジョン製 MCM-4302LED を使用した。

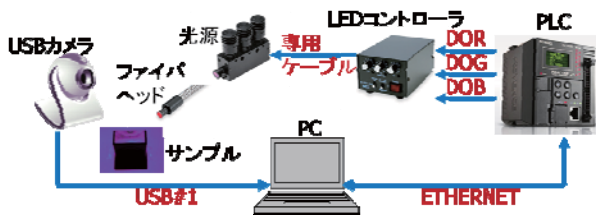


図 2 基本システムの構築例

2-3 最終システム構成

図 3 に最終システムの構築例を示す。本システムは、基本システムの PLC を ARM 社製のワンボードマイコン mbed に変更し、3 軸ロボットに RC サーボ回転軸を搭載し、そこにファイバーヘッドを固定することにより、任意に照射角度を調整できるようにシステムアップしたものである。

動作手順としては、PC から USBCNC に NC コードを送り、所定の位置に移動させる。移動完了時に TRIO から mbed へ AUX1 信号 (DIA) を出力する。mbed はこの信号を受け取り、RC サーボ、前述のファイバー照明の RGB の各 LED の光量をそれぞれ制御することで、所望の波長、光量を出し、ファイバーヘッドとワーク間の距離と照射角度を調整することが可能となる。

3 軸ロボットは(株)オリジナルマインド製 3 軸ロボットキットを、サーボ回転軸は、(株)タミヤ製 TP-S3003 を使用した。

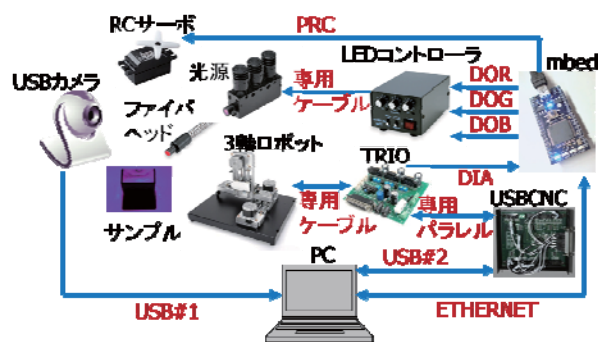


図 3 最終システムの構築例

3. 基本システムによる実験

3-1 画像の取り込み

熱可塑性エラストマーの射出成形加工時に発生するガス成分の付着によって生じる成形品外観不良は、検査者が製品を傾けたりして表面状態を観察することにより検出される場合が多い。そこで、このサンプルを想定してウレタン系熱可塑性エラストマー材 (大日精化工業(株)製 レザミン P-4597) を、射出成形機 (ファナック(株)製 ROBOSHOT α-30C) を用いて、成形を行ったもの²⁾を対象として画像の取り込み・処理による実験を行った。

前述の基本システムを使用して、照明を照射して画像を取得する様子を図 4 に示す。このシステムでは、USB カメラの位置とファイバーヘッドの位置を固定した状態で、照明の波長、光量をパラメータとして画像を取得した。

今回使用したファイバー照明の出力調整印可電圧に対する光出力の特性を図 5 に、分光分布図を図 6 にそれぞれ示す。図 5 より、印可電圧に対する光出力の特性は完全にはリニアではないが、RGB の各 LED の光出力を調整するために印可する電圧を 6 段階 (0V, 1V, 2V, 3V, 4V, 5V) にして、波長と光量を組み合わせた照射条件 216 通り (6×6×6) の画像を取得した。図 6 より Red, Green, Blue の各 LED のピーク発光波長はそれぞれ 645nm, 520nm, 465nm である。

取り込み画像の一例を図 7 に示す。これは各 LED に Red:3V, Green:0V, Blue:2V (以降 R:3, G:0, B:2 と示す) の電圧を印可して発光させ照射した時の取得画像である。

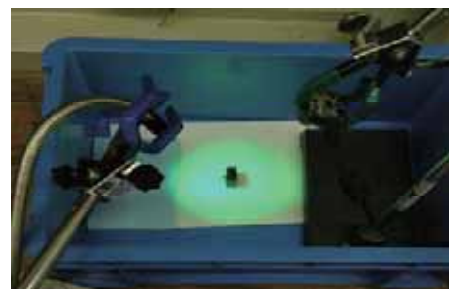


図 4 照明照射、画像取得時の様子

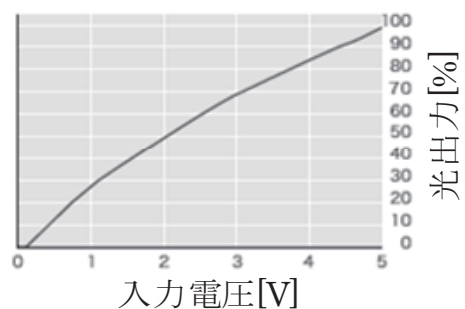


図 5 印可電圧に対する光出力の特性³⁾

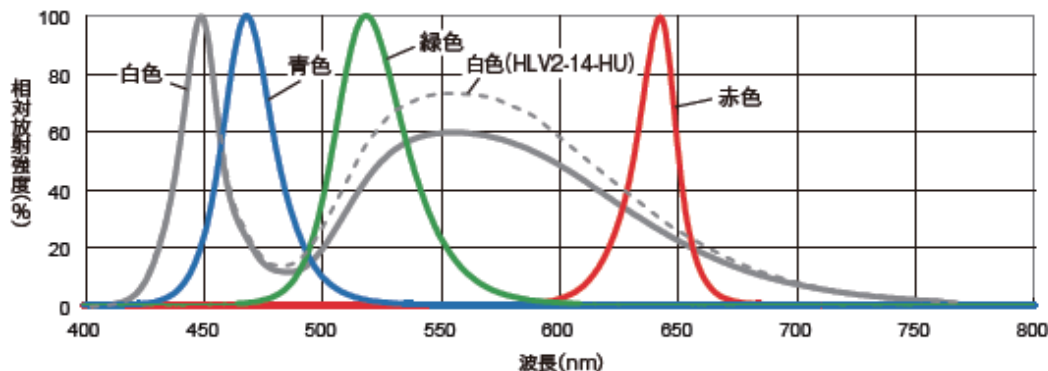


図6 分光分布図³⁾



図7 取り込み画像 (R:3,G:0,B:2)



図8 切り出し画像 (R:3,G:0,B:2)

3-2 画像処理方法

取得した VGA サイズの BMP216 枚の画像に対して、図 8 のように 240×96 ピクセルに切り出して、グレースケール化する前処理を行った。

その後、X、Y 方向の差分平均値と、特徴点の検出処理方法の 1 つである SIFT を適用して、SIFT 特徴点の総数を求めた。ファイバー照明の RGB 各 LED への印可電圧を横軸にして、X、Y 方向の差分平均値、SIFT 特徴点の総数を縦軸にしてグラフ化した結果をそれぞれ図 9、図 10、図 11 に示す。

3-3 結果および考察

図から、X、Y 方向の差分平均値がともに R:2、G:5、B:1 の時、SIFT 特徴点の総数が R:2、G:4、B:1 の時に最大値を取ることが判明した。このことから、今回の実験によるファイバー照明と USB カメラの位置においては、Red

の LED への印可電圧 2V 程度、Green の LED への印可電圧 4~5V 程度、Blue の LED への印可電圧 1V 程度の時、本サンプルの欠陥検出に良好な照明の条件であると考えられる。この最大値を取る照明条件は、ワーク画像の特徴を観察しやすくするものであり、本サンプルに対して良好な照明の条件であると考えられる。

4. 結 言

照明条件を自動で調整する技術の確立を目指し、波長、光量の照明条件を変化させ、216 枚の BMP 画像を取得できるシステムを試作した。これらの画像に対して、X、Y 方向の差分平均値と、SIFT 特徴点の総数を評価した結果、X、Y 方向の差分平均値とともに R:2、G:5、B:1 の時、SIFT 特徴点の総数が R:2、G:4、B:1 の時に最大値を取ることがわかった。また、差分平均値と SIFT 特徴点の数の傾向は、ファイバー照明の光量レベルの条件と同じであることがわかった。

今後は、ファイバーヘッドの位置制御をおこなうため、3 軸ロボットと RC サーボを追加し、照射角度が調整できるようにシステムの改善を図る。

参考文献

- 1) D. G. Lowe : Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), P.1150-1157(1999)
- 2) 寺澤章裕, 山田博之, 阿部治, 西村通善 : プラスチック射出成形におけるガス成分付着による外観不良対策の研究 (第 1 報), 山梨県富士工業技術センター平成 23 年度業務・研究報告, P.66-71(2012)
- 3) シーシーエス(株) : HLV2-3M-RGB-3W カタログ
http://www.ccs-inc.co.jp/s2_ps/src/pro_download/df/1229/3/1

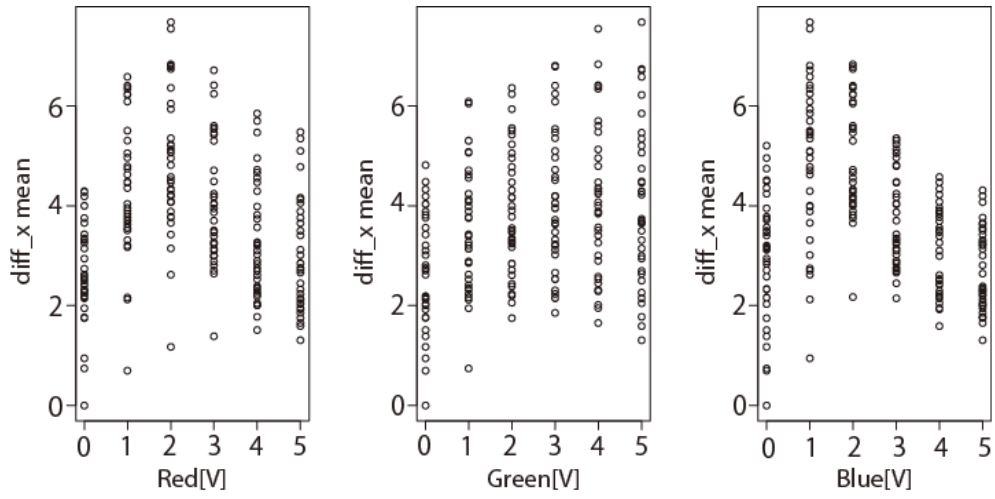


図9 X方向差分

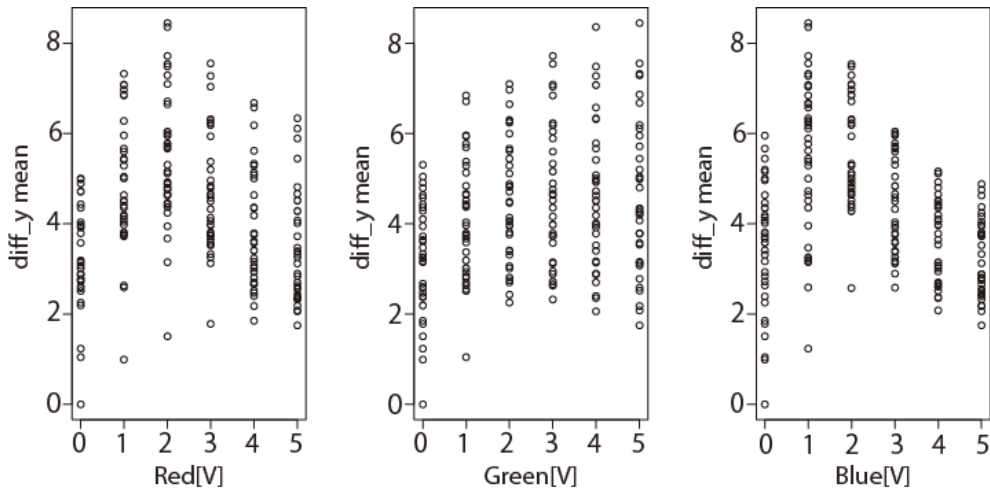


図10 Y方向差分

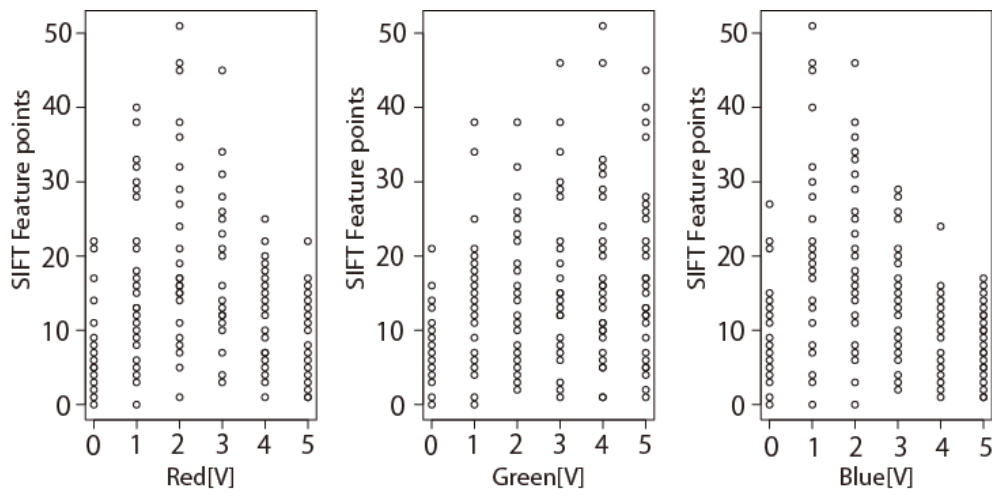


図11 SIFTによる解析結果