

マシンビジョンにおける分割照明技術

Multi segment lighting technique in Machine Vision

マルチエフェクトライトによる検査例

(株)ユーテクノロジー
佐竹 豊孝

はじめに

マシンビジョン、とりわけワークのキズやヨゴレを検出する外観検査のカテゴリにおいては、画像処理プログラムの負担を最小限にする優れたカメラ画像を取得することがアプリケーション成功のカギとなる。画像処理プログラムはその計算コストにより遅延時間が生ずるが、最適な照明による優れた画像の取得は実時間で実施できる。したがって、照明に注力しつつプログラムはシンプルで軽快なものを採用するというのが、この分野のエンジニアの共通認識である。

弊社は、長年その照明技術により多種多様な市場の要求にこたえてきた。それら要求の中でも特に渴望されていたのは発光部を領域分割して点灯消灯を独立に制御できる照明である。これを販売標準ラインアップに加えたので紹介する。

目視検査について

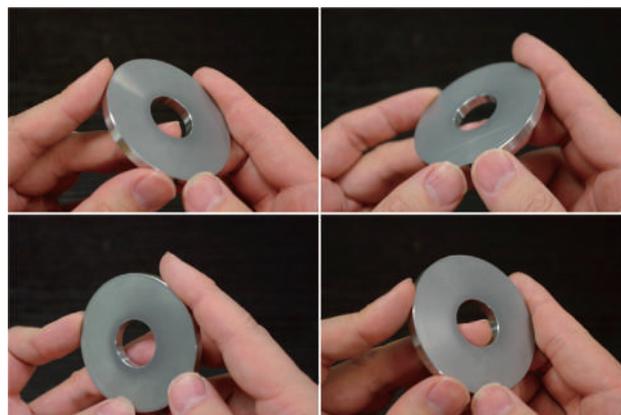
定量的ではないにせよ目視検査が比較的高い精度で実施できるのは、次に述べる検査員の二つの所作によるところが大きい。

- (1) 検査用照明に対して手をつかってワークの角度を微調整し欠陥を見やすくする。
- (2) 目にしたさまざまな角度からのワーク像を短期フラッシュ記憶し、その連続した記憶像の変化したところ、つまり微分極値が生じた点や領域

を欠陥と判断する。

ここで(2)については「こころ」の問題である。弊社にとって、この仕組みを明らかにするのは大変困難なので、本紙面では(1)の事象について述べる。

読者が外観検査のエンジニアならば、目視検査員がワークを手にし、それをしゃくりながら見つめて作業をこなす光景を幾度も見たことがあるだろう。これを第1図に示す。



第1図 目視検査員の手元動作

検査員は、ワーク表面に投影された照明像の辺縁部において欠陥散乱光の微分極値が生じやすいことを経験的に体得している。照明とワーク表面の欠陥が成す空間的位置関係を刻々と変化させて欠陥の視認に最適な位置を探っているのである。

目視検査からマシンビジョンへ

検査員の「しゃくり動作」をマシンビジョンシステムに置換するには、次に述べる4つの実施案が考えられる。

- (A) ワークとカメラの位置関係を固定し、照明を動かす。
- (B) 照明とカメラの位置関係を固定し、ワークを動かす。
- (C) ワークを固定して、照明とカメラを独立して動かす。
- (D) ワークと照明とカメラ、すべてを独立して動かす。

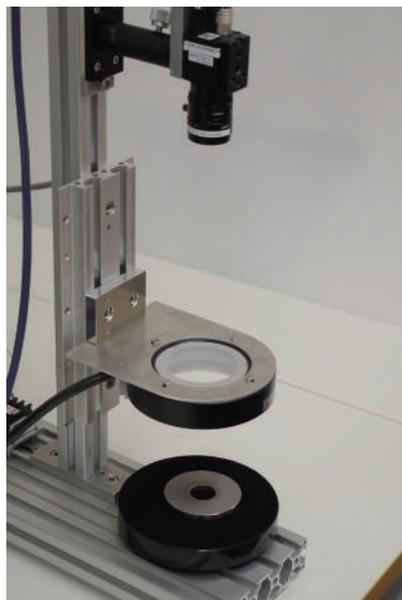
検査員の所作に最も近いのが(B)である。しかし高倍率で観察する必要がある小さなワークにおいてはレンズの被写界深度の観点から(B)の採用は現実的とはいえない。(C)と(D)は、おのずとシステムが複雑になる。こういったシステムは、パイロットラインでは成功していても量産ラインの運用で失敗している事例が多い。

弊社はシステムがシンプルに実現可能な(A)を推奨する。照明を動かすといっても物理的に動かすわけではなく、発光部を分割して点灯消灯を独立に制御することで同様の効果を得る。これを具体化した製品が今回紹介するLEDマルチエフェクトライトである。製品の外観を第2図に示す。



第2図 マルチエフェクトライト

以降に示すアプリケーション例は、第2図の最も左に位置する製品 ULR-68W110-8CHを用いて照明したものである。また発光部には製品専用の拡散板をつけて砲弾型LEDの照射指向性を緩和している。ワークとマルチエフェクトライトとカメラの位置関係を第3図に示す。

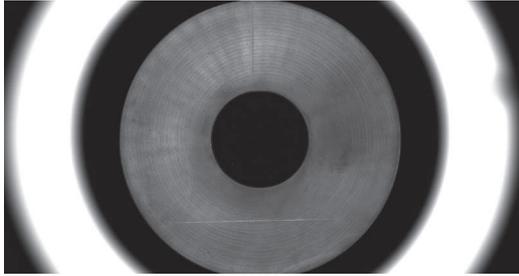


第3図 ワークと照明とカメラの位置関係

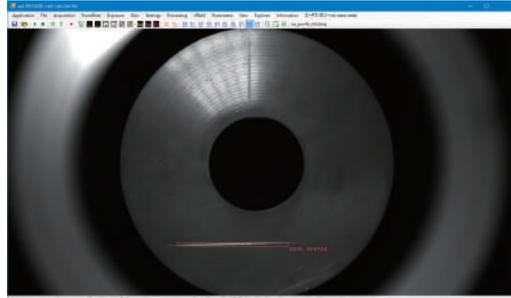
マルチエフェクトライト単体での使用例

アプリケーション例は、金属ワッシャ表面のキズ検出である。非常に細い直線状のキズを目視で検出する場合は、キズが伸びた方向に対して垂直を成す方向から光を照射すると視認性が高くなることが知られている。このノウハウはマシンビジョンにおいても活用することができる。

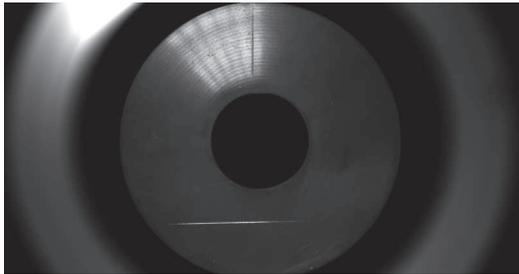
第4図は、従来型の平凡なリング照明（拡散板付き）を用いて取得した画像である。直線状のキズを2箇所視認することができる。横方向のキズは深めのキズ、縦方向のキズは浅めのキズである。縦方向のキズは全方向からの照明によってその形状が埋もれているように見える。



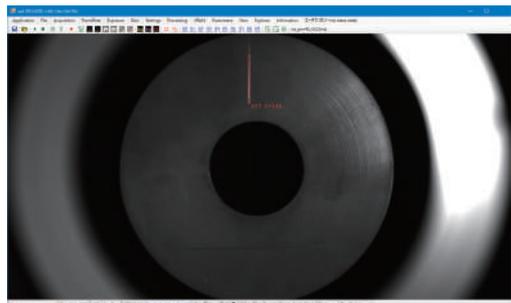
第4図 従来型リング照明による観察画像



第7図 横キズ観察画像の処理結果



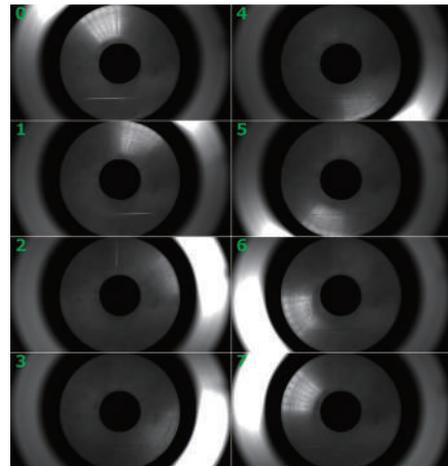
第5図 マルチエフェクトライトによる横キズの観察画像



第8図 縦キズ観察画像の処理結果



第6図 マルチエフェクトライトによる縦キズの観察画像



第9図 マルチエフェクトライト8方向画像

第5図と第6図は、同じワークをマルチエフェクトライトを用いて取得した画像である。縦方向のキズ、横方向のキズ、ともに散乱光を強く発しており、欠陥の位置がよくわかる。

評価の公平を期すため、前述の平凡な照明と同じ位置にマルチエフェクトライトを設置した。発光部の形状や面積も同じである。

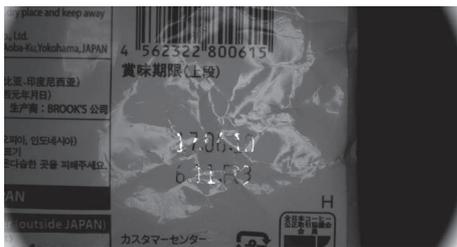
第5図と第6図の画像を弊社独自開発のソフト、ユーテックキャップ (utechcap) にて画像処理した結果をそれぞれ第7図と第8図に示す。精度よくキズのみを検出していることがわかる。

参考までに8方向から分割照明した観察画像を、第9図に示す。横方向のキズは第9図の(0)と(1)で視認性が高い。縦方向のキズは第9図の(2)で視認性が高い。このことから、キズと垂直を成す方向からの照明が直線状キズの検出に効力があることがわかる。

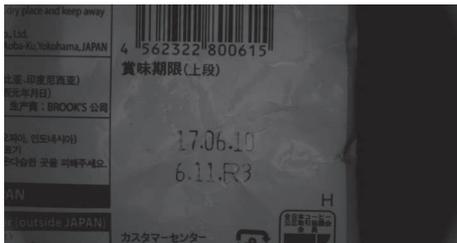
マルチエフェクトライトと 画像合成ソフトの併用例

アプリケーション例は、食品の真空パックの日付印字の文字列読み取りである。このようなワークは単品ごとに形状が大きく異なる。また本ワークサンプルは白色の包装フィルム上に日付印字が銀色の箔押しになっており、文字列読み取りをさらに難しいものになっている。

第10図は、前述と同じく従来型リング照明を用



第10図 従来型リング照明による観察画像



第11図 マルチエフェクトライトによるソフト合成画像

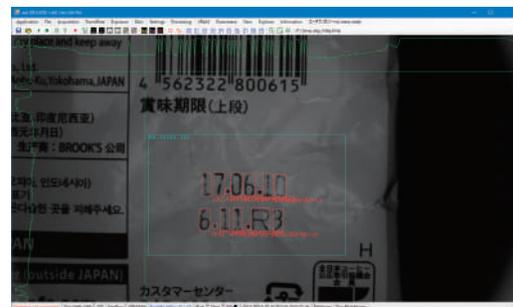


第12図 マルチエフェクトライト8方向画像

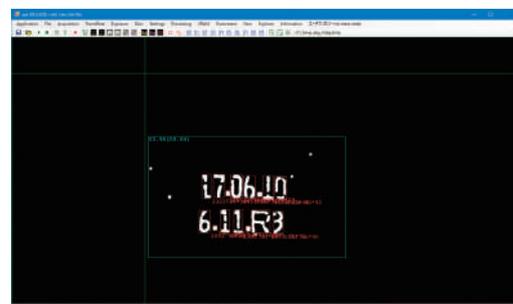
いて取得した画像である。箔押しによる日付印字部が白く見えたり黒く見えたりしている。またバーコード部の輝度分布も一定ではなく照明ハレーションが波打ったように生じている。この悪条件から画像処理を実施して日付印字を読み取るのは不可能とはいえないが、実現には苦労が多い。

第11図は、マルチエフェクトライトを用いて取得した画像である。第11図の画像は第12図の(0)から(7)に示す8枚の画像を素材とし、ソフトにより統合生成された合成画像である。

第13図は、日付印字を読み取った結果である。第14図に画像処理最終段の2値画像を示した。マルチエフェクトライトを使って取得した優れた画像のおかげでシンプルな画像処理アルゴリズムを採用することができた。

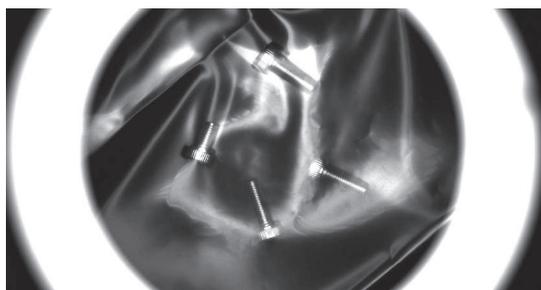


第13図 読み取り結果

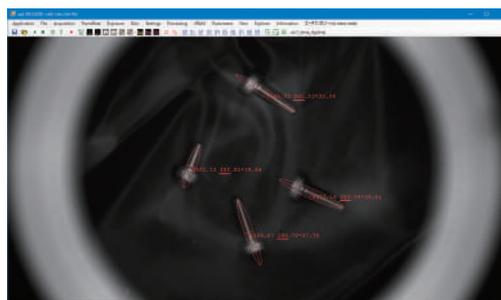


第14図 処理最終段2値画像

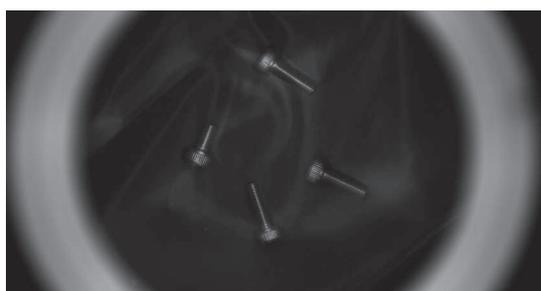
次のアプリケーション例は、ポリ袋に入ったボルトの長さチェックである。第15図は、従来型リング照明を用いて取得した画像である。第16図は、



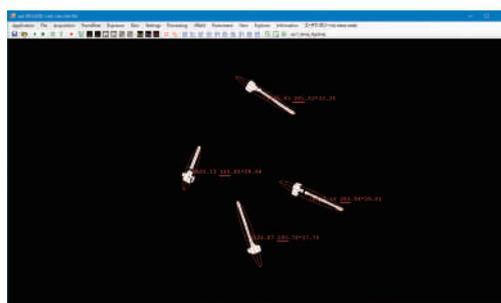
第15図 従来型リング照明による観察画像



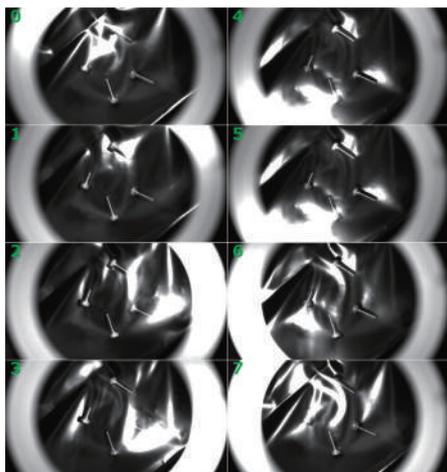
第18図 長さチェック結果



第16図 マルチエフェクトライトによるソフト合成画像



第19図 処理最終段2値画像



第17図 マルチエフェクトライト8方向画像

マルチエフェクトライトによるソフト合成画像である。第17図の(0)から(7)は素材画像である。

第18図は、ボルトの長さを計測した結果である。第19図に画像処理最終段の2値画像を示した。1本だけ長さの違うボルトが混ざっていることがわかる。

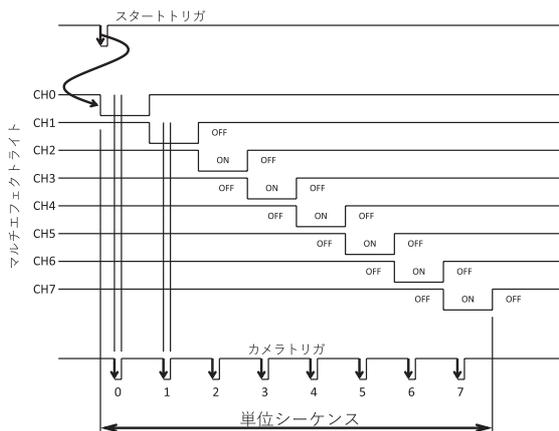
電源と点灯パターン制御について

マルチエフェクトライトを使用するにあたって特別な電源は不要である。弊社の4チャンネル独立制御照明電源UPD2450W-4Sを2個使用すればよい。

早い検査タクトが要求されるアプリケーションにおいては、マルチエフェクトライトの分割点灯パターンをカメラトリガと同期して高速に制御する必要がある。タイムチャートを第20図に示す。

マルチエフェクトライトはLEDを用いており高速に点灯消灯が可能であるため、照明の単位シーケンスに要する時間はカメラの撮影速度が律速になる場合が多い。本紙面のアプリケーション例では、単位シーケンスを48msecで実施したが、以降に述べる電源制御ボックスを用い高速なカメラを併用すれば、これを2msec程度まで短縮することが可能である。

第21図に試作中のマルチエフェクトライトの電源制御ボックスを示す。外部から電源制御ボック



第20図 点灯パターンとカメラトリガのタイムチャート



第21図 電源制御ボックス

スに対して検査スタートトリガを入力すると、あらかじめ設定しておいた点灯パターンでマルチエフェクトライトが動作し、点灯パターンに同期したカメラトリガをボックス外部に出力する機能を有する。

ユーザが特殊な点灯パターンを独自に定義する場合は、このボックスに内蔵したマイコンATMega328のプログラムを変更することで行う。このプログラムは平易なArduino言語により記述することができ、ボックス背面USBポートを経由してプログラムを変更する。

現在、点灯パターンならびにカメラトリガの設定のためのWindowsソフトウェアを開発中である。将来的にはマイコンプログラムの変更作業を、これで置き換える計画である。

おわりに

マルチエフェクトライトは目視検査におけるノウハウをシンプルな手段で具体化した製品であり、従来型の照明で解決できなかった課題を容易に解決できる可能性を有する。

複数のバーLED照明と固定ジグを組み合わせる本紹介と類似のアプリケーションを実施しているユーザも多いと思われるが、今後は設置調整の容易さなども評価観点に含め弊社マルチエフェクトライトの採用を検討ねがいたい。

また、弊社の通常営業活動で照明製品を用いた検査計測システム一式の提案も行っており、全国のエンジニア諸兄姉の課題解決に協力できれば幸甚である。

【筆者紹介】

佐竹 豊孝

(株)ユーテクノロジー システム機器開発グループ

● 優良技術図書案内

GMP準拠 細胞処理施設の基本

境 弘夫 編 A5判232頁 2,800円+税

お問合せは日本工業出版(株) フリーコール 0120-974-250 <https://www.nikko-pb.co.jp/>