

マシンビジョンアプリケーションにおける照明の落とし穴を回避するためのヒント

リンダ・ウィルソン

マシンビジョンアプリケーションを成功させるための照明実装に関する、専門家による実用的なアドバイスを紹介する。

適切な照明は、マシンビジョンアプリケーションの成功に不可欠である。それがなければ、対象物の重要な特徴に関する十分な視覚情報を示す画像は得られない。

ソリューションの一環として照明を含む、一般的なマシンビジョンアプリケーションとしては、製造工場から出荷する前の製品の欠陥検査や、物流パイプラインを流れる製品やパッケージに記載されているバーコードやその他の英数字データの読み取りなどがある。

イメージングやビジョンに携わるエンジニアであれば知っているように、信頼できる照明ソリューションの設計は、簡単な課題ではない。

ハロゲン、白熱灯、蛍光灯、小型蛍光灯、プラズマタイプ、高輝度放電 (High Intensity Discharge : HID)、キセノン、LED (発光ダイオード)、光ファイバ、ストラクチャードライトなど、照明の選択肢は無数に存在する。

その中でLEDは、マシンビジョンアプリケーションに対する最も一般的な選択肢である。寿命が長く、点灯したままにしておくことが可能で、さまざまなサイズ、形状、色で提供されているためである。LED照明に限っても、可視光、紫外線 (UV)、狭帯域と広帯域の可視光、赤外線 (IR) などの種類がある。

これだけ多くの中から選択するには、イメージング対象物の特徴について考察することが重要である。例えば、サイズ/形状/色、対象物/照明/カメラの間の空間関係、対象物と背景による光の反射または吸収などである。

考察する項目がこれだけ多いと、過失も多く発生する。照明の計画と実行に潜む一般的な落とし穴を回避または解消する方法に関する洞察を得るために、Vision Systems Design 誌は数社の照明企業の専門家に意見を求めた。本稿では、専門家らのコメントを紹介する。

設計作業の開始時に照明を検討することを怠る

最も一般的な落とし穴は、「マシンビジョンアプリケーション用の照明の検討を、設計作業の最後まで先延ばしにすること」だということに、多くの専門家が同意した。

米アドバンスト・イルミネーション社 (Advanced Illumination) のアプリケーションサポートとインサイドセールスを担当するブレット・スレイルキル氏 (Brett Thrailkill) は、次のように説明した。「残念なことに、適切なマシンビジョン照明について考察するのはシステム設計作業の最後で良いと、多くのユーザーが誤解している。それは、コ



図1 プロフォトニクス社の「RGB-White COBRA MultiSpec LED」は、365nm～1650nmの最大12個の異なる波長を出力する (提供: プロフォトニクス社)

ストの超過、質の低い照明、生産スケジュールの遅れにつながる場合が多い。これを防ぐために、当社はすべてのアプリケーションエンジニアに対して、開発作業の早い段階に照明の選択肢について考察することを推奨している」。

米CCSアメリカ社 (CCS America) の技術マーケティングマネージャーを務めるリンジー・サリバン氏 (Lindsey Sullivan) も、これに同意した。同氏は、照明ソリューションの設計作業を先延ばしにすると、プロジェクトの期限間際に問題が勃発する恐れがあると指摘した。



図2 スペクトラム・イルミネーション社のIP68 WashdownシリーズのLEDの1つである「Washdownmonster Dome Light」は、過酷な環境を対象に設計されている (提供: スペクトラム・イルミネーション社)



図3 TPLビジョン社の「Modular Tiny Bar Light」は、狭い空間を対象に設計されている(提供:TPLビジョン社)

「必要な照明が把握できれば、サンブルの位置、照明のサイズ、作動距離、色、形状を考慮に入れて、検査システムを設計することができる」と同氏は述べた。

誤った色の照明を選択する

光やイメージング対象物の色によって、光の反射や吸収は異なる可能性がある。

アドバンスト・イルミネーション社によると、一般的に、対象物と同系色の光は反射するために対象物は明るくなり、カラーホイール(色相環)上の反対色の光は対象物を暗くするという。

対象物を暗くすることが最良の選択となる場合もある。印字されたコードや文字を読み取ることが目的である場合は、特にそうである。白色の封筒の上の赤色の印字に緑色の光を当てると、印字の最もクリアな画像が得られると、アドバンスト・イルミネーション社のウェブサイトには記されている。

しかし、ベルトコンベアの上の包装紙にくるまれた菓子の検出など、明るく照らすことや、対象物と背景のコントラストを強調することが目的の場合は、明るいほうが適している。

暖色と寒色の両方を含む白色光は、多くのアプリケーションに有効で、カラーカメラを使用する場合に特に効果的である。有色光は一般的に、モノクロカメラで使用される。



図4 エフィルクス社の「EFFI-Flex2」の各LED照明は、オーバードライブ、調整可能ストロボ、調光可能連続モードの3つの動作モードを備える(提供:エフィルクス社)

米スペクトラム・イルミネーション社(Spectrum Illumination)の副社長で設計エンジニアのデビッド・ハーディ氏(David Hardy)は、将来のバージョンで製品の色が変わる場合に、白色光は、長期的に見て柔軟性が最も高いと述べた。「例えば、検査対象のパーツが赤色または白色で、赤色光を選択したとする。しかし、緑色または青色のパーツが後で追加されると、緑色と青色は赤色の反対色であるため、かなり暗く見える可能性がある。この場合は、最初に白色光を選択するか、あるいは、赤外光で色を取り除くほうがよかったことになる」。

米メタフェーズ・テクノロジーズ社(Metaphase Technologies)によると、さまざまな色のパーツの検査を、特に同じ検査ステーションで行う場合は、複数の波長が選択可能なマルチスペクトル光も、選択肢の1つだという。

一方、米プロフォトンクス社(Pro Photonix)の技術担当ディレクターを務めるサイモン・スタンレー氏(Simon Stanley)は、医療機器業界のある顧客が、色の問題を解決した事例を紹介してくれた。「この顧客は、さまざまな色のカプセルの上のデータマトリックスコードを検査していた。高解像度だがモノクロの米コグネックス社



図5 アドバンスト・イルミネーション社の「BL2 Backlight」は、長さや幅が1インチ単位で最大46インチまでのサイズ構成が可能である(写真提供:アドバンスト・イルミネーション社)

(Cognex)製の『In-Sight 9000』カメラをラインスキャンモードで、白色ライン照明とともに使用していたところ、一部の色のカプセルでは、画像のコントラストが十分でないことに気づいた」。

この問題を解決するために、プロフォトンクス社はこの顧客に「RGB-White COBRA MultiSpec LED」(図1)を販売したと、同氏は述べた。この照明は、グラフィカルユーザーインターフェース(GUI)を介して、エンジニアが色と光度を個別に制御することができる。これによって、「グレースケール画像全体で最適なコントラストが得られるように光を調整し、カプセルの色に関係なく正確な画像が取得」できるようになったという。

このライン照明は、365nm～1650nmの最大12個の異なる波長を出力する。

過酷な環境に対して 誤った照明を選択する

スペクトラム・イルミネーション社のハーディ氏は、別の落とし穴として、照明選定時に生産環境を考慮しないことを挙げた。「環境に対して誤った種類の照明を選択する顧客も多い。例えば、CNC(コンピュータ数値制御)機械の近くで標準のバックライトやドーム



図6 CCSアメリカ社「PD4」シリーズの照明コントローラは、あらゆる種類の照明制御機能を装備する(提供: CCSアメリカ社)



図7 メタフェーズ・テクノロジーズ社の「Multispectral Exolight v2.0」は、R、G、B、W、RGBIR、UV395、IR850、IR940、SWIR、Hyperspectral、Multispectralを含む、さまざまなバージョンで提供されている(提供: メタフェーズ・テクノロジーズ社)

照明を使用すると、冷却水が照明に飛び散って、時間が経つにつれて内部に入り、内部腐食や最終的には故障を引き起こす」と同氏は述べた。過酷な環境に対するマシンビジョンアプリケーションを設計する際には、IP等級の高い照明を選択するほうが良いと、同氏は説明した。

ハーディ氏によると、同社のIP68 WashdownシリーズのLEDは、そのような種類の環境向けに設計されているという。このシリーズには、リング照明、ドーム照明、スポットライト、リニア照明が含まれている。

2018年発売の最新製品である「Washdownmonster Dome Light」(図2)は、光度を損なうことなく、製品画像からグレアを除去するように、設計されている。



図8 偏光照明により、バーコードスキャナは、プラスチックフィルムを通して中身を読み取ることができる(提供: スマート・ビジョン・ライツ社)

将来の製品改定や生産環境を考慮することを怠る

英TPLビジョン社(TPL Vision)の製品マネージャーであるジャック・マッキンリー氏(Jack McKinley)は、柔軟な照明製品を選択することが、現在または将来の生産環境における未知の要因によってもたらされる、アプリケーションの実行可能性に対するリスクを軽減すると述べた。

例えば、TPLビジョン社の顧客は、実験室で試験したものと異なるアプリケーション条件に遭遇することが多いと、同氏は述べた。その結果、「より高い輝度が必要になったり(オーバードライブ製品によって解決される)、異なる周辺条件に対して異なる照明設定が必要になったり、統合作業が予想とは異なっていたりする可能性がある。まさにこのような場合に、柔軟性が役に立つ」という。

同社の「Modular Tiny Bar Light」(M-TBAR)(図3)は、ロボティクスアプリケーションなどの狭い空間を特に対象として設計されており、柔軟性を提供すると同氏は述べている。この製品は、同社のアングルチェンジャーによって、ユーザーがビーム角を変更することができる。アングルチェンジャーは、微小光学(マイクロオプティック)拡散板で、ビーム角を広げるた

めに使用することができる。この照明は、ストロボオーバードライブ発光も可能で、5色で提供されている。

同製品は、検査、コード読み取り、ロボティクスなどのアプリケーション向けに設計されている。

仏エフィルクス社(EFFILUX)の「EFFI-FLEX2」(図4)も柔軟性を備え、発光角、均一性、動作モード(オーバードライブ、調整可能ストロボ、調光可能連続モード)を、エンジニアが調整できるようになっている。

「その他にも、照明に簡単に取り付けられる、多様な光学アクセサリが存在する。これは、新しい照明を購入することなく異なる照明ジオメトリが得られることを意味する」と、エフィルクス社の米国セールスマネージャーを務めるマリアン・キラリー氏(Mariann Kiraly)は説明した。それによって、プロジェクトの遅延につながる恐れのある再設計のコストと時間が削減できる。

一部の環境におけるインライン検査に必要な速度を過小評価することも、照明の課題につながる可能性がある。アドバンスト・イルミネーション社は、「BL2 Backlight」(図5)をアップデートして輝度を高め、より高いスループットに対応できるようにした。この照明は、スケラビリティを備えるようにも設計されており、長さまたは幅が、1インチ単位で最大46インチまで拡張可能である。連続またはオーバードライブストロボモードで動作することができる。

特に複数の照明ソリューションが導入されている状況では、照明コントローラも柔軟性に寄与すると、CCSアメリカ社のサリバン氏は説明した。その例としては、複数の照明が同時に点灯するが、画像の露光過多を回避するために光度設定が異なる場合や、複数の画像を取得するために複数の照明が順



図9 スマート・ビジョン・ライツ社の「Lightgistics」シリーズには、「DualOver drive」が搭載されている(提供: スマート・ビジョン・ライツ社)

に点灯/消灯する場合などが挙げられる。「例えば、コントローラによって、明視野画像にはフラットなドーム照明、暗視野画像にはローアングル照明を点灯することができる」と同氏は述べた。

CCSアメリカ社の「PD4」シリーズの照明コントローラ(図6)は、そのような状況に対して設計されており、エンジニアは1つのアプリケーションで最大16ステップの点灯/消灯をプログラムすることができる。8つのモデルからなる同シリーズには、自然空冷システムが採用されている。

センサやレンズが照明に与える影響を見落とす

米メタフェーズ・ライティング・テクノロジー社(Metaphase Lighting Technologies)のセールスマネージャーであるマーク・コルバイテス氏(Mark Kolvites)は、「もう1つの落とし穴は、レンズとカメラセンサも取得画像の光学経路上に存在するという事実を見落とすことで、それは実装されている照明に影響を与える恐れがある。例えば、カメラレンズが広角であるほど、視野外周部の光学歪みは大きくなり、照明そのものは均一であったとしても、画像は均一ではなくなる」

と述べた。

そこでメタフェーズ社は、「例えば、リニアオーバーライトの両端が中央よりも明るくなっていて、視野外周部のレンズ画像の減衰を補正できる光源」を開発したと、同氏は説明した。

その一例が、同社の「Multispectral Exolight v2.0」(図7)で、短波赤外(SWIR)域を含む、最大6つの波長が選択可能な製品となっている。

判読しづらいバーコードに対する計画を怠る

製造分野の検査以外に、物流や倉庫保管のマシンビジョンアプリケーションにも照明の課題が多数存在する。その一例が、自動倉庫やスマート倉庫でバーコードをスキャンする、ポータルシステムである。

バーコードを正確に読み取る処理は、ますます複雑になっており、照明に対するクリエイティブなアプローチが求められる。米スマート・ビジョン・ライツ社(Smart Vision Lights)のトレーニング/コンプライアンス/技術ソリューション担当ディレクターを務めるスティーブ・キンニー氏(Steve Kinney)は、次のように説明した。「今日のスキャンポータルは、個々の品物の透明な外装パッケージやポリ袋を通して、中身を確認し、出荷ラベルの上に貼られた耐候性の透明フィルムを通して、ラベルを読み取り、さらには、パレットをまとめるための収縮包装フィルムを通して、パレットの中の箱のバーコードを読み取らなければならない。このような要件の厳しい環境では、多様なフィルムやパッケージによってバーコードが読み取りづらだけでなく、不均一な光沢面によっても、イメージングはさらに難しくなる」。

同氏は、偏光照明を使用することを

提案した(図8)。「リニア偏光子を光源(送信器)の前に配置し、別の回転するリニア偏光子をカメラレンズ(受信器)の前に取り付ける、交差偏光を使用することにより、品物の表面から来る光線は減少する一方で、表面を透過する光エネルギーの一部は、受信側の偏光子に到達する。交差偏光は、表面からの光を抑える効果があるため、光沢のあるプラスチック表面からのグレアやその他の鏡面反射効果は低減される」と同氏は述べた。

キンニー氏は、オーバードライブに対応する特殊な照明製品が、照明メーカー各社によって開発されていると付け加えた。「(オーバードライブでは)照明を定常時電流の数倍で短時間だけ動作させることによって、より明るいストロボを生成する。これにより、システムを高速に通過する品物をモーションブラーなく撮影するために必要な、短い露光時間に対して十分な光を供給しつつ、ポータルシステムが効果的に動作するために必要な偏光が使用できる」と同氏は述べた。

このタイプの照明ソリューションの例が、スマート・ビジョン・ライツ社の「Lightgistics」シリーズ(図9)である。この照明は、同社の「Deca Over Drive」エンジンと標準の「OverDrive」エンジンを組み合わせた「Dual Over Drive」を搭載し、任意の速度に対応する光出力を維持しつつ、エンドユーザーが偏光子を取り付けられるようになっている。

本稿では、パッケージのバーコードの読み取りや製品の検査のアプリケーションを例に、マシンビジョンアプリケーションに対する照明ソリューションの設計と実装における、いくつかの最も一般的な過失について、専門家の意見を紹介した。