

レーザー 3D三角測量における課題の克服
ホワイトペーパー 精度とスピードを変革：
マシンビジョンアプリケーションにおける
測定結果を再構築する Photonfocus 3Dカメラ



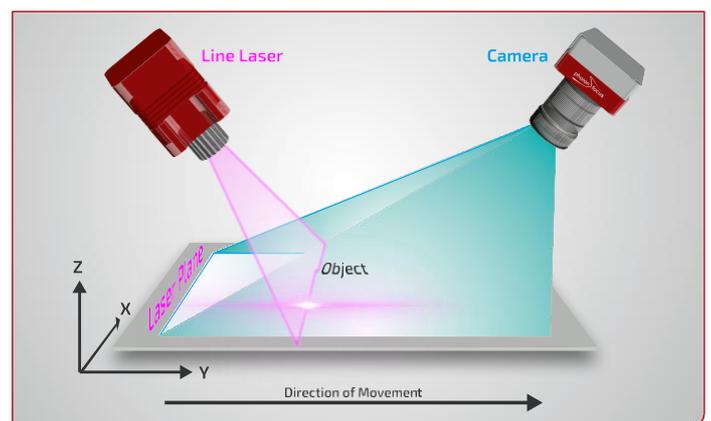
背景

マシンビジョンの分野において、3Dレーザー三角測量は正確な測定と検査のための基本的なツールです。この技術ではレーザーラインを対象物に投影し、その変形をカメラで撮影し、最終的に対象物の表面上のレーザーラインポイントを三角測量して正確な3D座標データを出力します。

マシンビジョンにおける3Dレーザー三角測量の実装は、物体認識や品質管理などのアプリケーションに非常に有望ですが、テクスチャ、色、反射率などの表面の変化などの要因により問題が発生します。これらの要因によりレーザーラインが歪んでしまい、測定の精度に影響する可能性があります。

さらに、リアルタイムのデータ処理の必要性によりシステムの複雑さが増し、産業用マシンビジョンプロセスにシームレスに統合できるソリューションが必要になります。

このドキュメントではマシンビジョンアプリケーションにおける3Dレーザー三角測量に関連する課題について説明し、Photonfocus 3Dカメラがこれらの障害をどのように克服するかについて実際の例を示します。実際のシナリオを検討することで、カメラの特殊なアルゴリズムとオンボードフィルターが信頼性の高い測定結果を保証し、産業用マシンビジョンアプリケーションでのデータ処理を高速化する方法を説明します。



この文書が記述する内容:

- 3Dレーザープロファイリングにおける Photonfocus LineFinderアルゴリズムの利点
- 複雑な測定シナリオにおけるレーザーライン認識の精度
- 精度と速度のための特別なオンボードフィルターの重要性
- 反射率の高い表面でレーザーラインを正確に検出する方法

正確な3Dレーザープロファイリングのための Photonfocus LineFinderアルゴリズム

複数のレーザーラインプロファイルを検出することは、検査プロセスにおいて困難な作業です。特に、一次および二次のラインを生成する鏡面を処理する場合は困難です。Photonfocusは、MultiPeak LineFinderアルゴリズムを使用してこの課題に対処し、ユーザーが検査目的に適したレーザーラインを特定できるように支援します。

LineFinderアルゴリズムは、レーザー三角測量を利用して、カメラ内でサブピクセル精度で3Dプロファイルを計算し、画像処理PCの処理負荷を大幅に軽減します。このアルゴリズムにより、金属などの反射率の高い素材でも信頼性の高いレーザーライン検出が保証され、正確な物体検査が可能になります。カメラのFPGAプロセッサに統合されたリアルタイムデータ分析により、精度を維持しながらアプリケーションを高速化できます。LineFinderアルゴリズムは、重心(COG)技術などの従来の方法に比べて大幅に改善され、検出精度が最大8~10倍に向上します。

MultiPeak LineFinderテクノロジーは、カスタマイズ可能な情報転送、オンボードカメラフィルターによる干渉低減、および移動する物体をリアルタイムでキャプチャするための高ラインレートを備え、最大4本のレーザーラインを同時に確実に検出します。さらに、GenICamおよびSFNC標準と互換性があり、さまざまなシステムとのシームレスな統合を実現します。

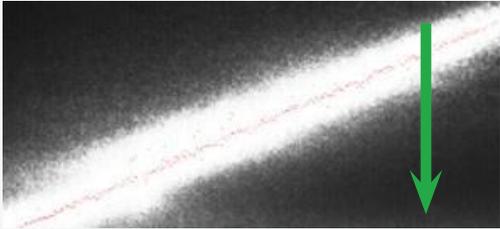
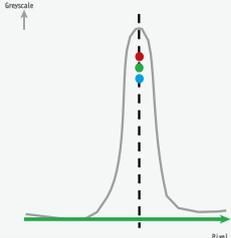
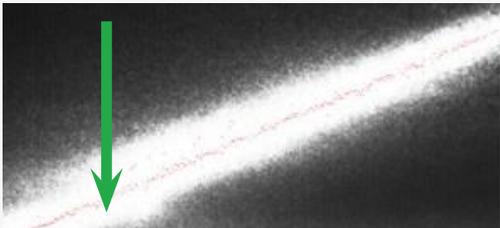
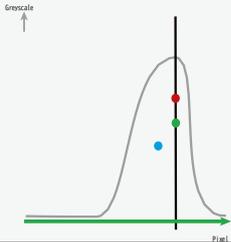
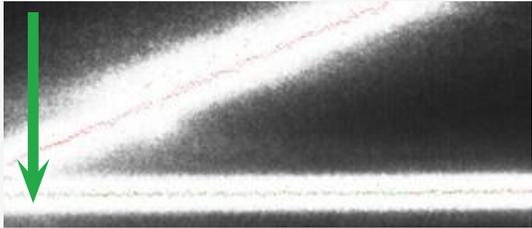
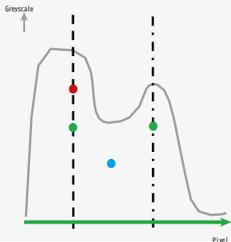
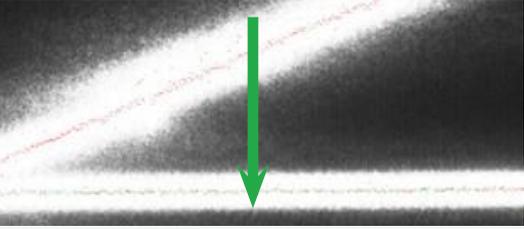
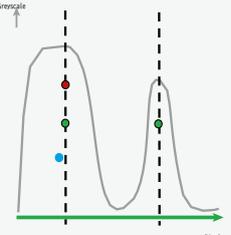


ベンチマークテスト - 既知のアルゴリズムでの単一ピーク VS 複数ピークの検出

以下の研究では、4つの異なるレーザーライン検出方式が調査されましたが、各方式では被検体をスキャンするときのレーザーラインの分布と数が原因で課題がありました。これらの方式には、レーザーラインの均一な分布、レーザーラインの片側分布、重なり合うレーザーライン、および複数のレーザーラインの方式含まれていました。これらの状況を分析するために、3つの異なる検出方法が使用されました。COG(重心)、SP LineFinder(単一ピーク)、およびMP LineFinder(複数ピーク)で、最後の2つのアルゴリズムは、Photonfocusによって開発されました。COGは、画像または関心領域(ROI)内の単一のレーザーラインを識別することに焦点を当てており、無関係な領域は無視されます。SP LineFinderおよびMP LineFinderアルゴリズムは、レーザーラインプロファイルのピークを見つけることを目的としており、MP LineFinderは、画像または複数のROI内で最大4つのレーザーラインを検出できます。この研究の目的は、さまざまなレーザーライン検出シナリオでこれらの方法のパフォーマンスを評価し、その有効性と適用性についての見通しを得ることでした。

Photonfocus LineFinderの利点:

- 反射率の高い材料での正確なレーザーライン検出
- 最大4本のレーザーラインを同時に確実に検出
- サブピクセル精度の正確な3Dプロファイル計算
- カメラ内のFPGAプロセッサでリアルタイムのデータ分析を行い、アプリケーションを高速化
- サブピクセル精度の正確な3Dプロファイル計算
- 重心検出などの従来の方法に比べて8~10倍の検出精度を実現
- カスタマイズ可能な情報データ転送
- 干渉の低減
- 動いている物体をリアルタイムで捉えるラインスキップなどのオプションを備えた高ラインレート
- シームレスな統合を実現するGenICamおよびSFNC標準との互換性

実際の画像	明るさプロファイル (緑の矢印線を基準で)	評価結果
<p>1) 通常の分布</p> 		<p>COG: 正 SP LineFinder: 正 MP LineFinder: 正, 一本のみ検知</p>
<p>2) 一方に偏った分布</p> 		<p>COG: 広がった側にズれる SP LineFinder: 正 MP LineFinder: 正, 一本のみ検知</p>
<p>3) 重なり合うレーザーライン</p> 		<p>COG: 異常 二本の間を検知 SP LineFinder: 正 MP LineFinder: 正, 二本両方検知</p>
<p>4) レーザーラインが分離</p> 		<p>COG: 一本目 正、二本目 無視 SP LineFinder: 正, 一本のみ検知 MP LineFinder: 正, 二本両方検知</p>

結論:

結論としてレーザーライン検出におけるCOG、SP LineFinder、およびMP LineFinderアルゴリズムのパフォーマンスは、アプリケーション用途方式の特性によって異なります。レーザーラインと均等に分散された輝度プロファイルに参照した場合、3つのアルゴリズムはすべて信頼性を示します。(例1を参照)

しかし、明るさのプロファイルが不均一に分布している方式では、COGはより顕著な強度の側に逸脱する傾向があり(例2を参照)、レーザーラインの中心が「中心から外れている」ように検知されます。

レーザーラインが重なったり、反射によって歪んだりする場合でも、SP LineFinderおよびMP LineFinderアルゴリズムは一貫して正確な値を提供しますが、COGは2番目のラインまたは歪みの存在により偏差します。(例3を参照)

特に注目すべきは、画像またはROIに複数のレーザーラインが存在し、プロファイルが均一な場合、3つのアルゴリズムはすべて異なる値を算出することです。COGは、最初のラインを正しく検出しますが、2番目のラインが無視されオフセットします。SP LineFinderは、最初のラインに対応する値を算出し、MP LineFinderは、最大4つのレーザーラインを同時に識別して値を算出できるため、複数のレーザーラインを使用するアプリケーションで機能の優位性が明確です。(例4を参照)

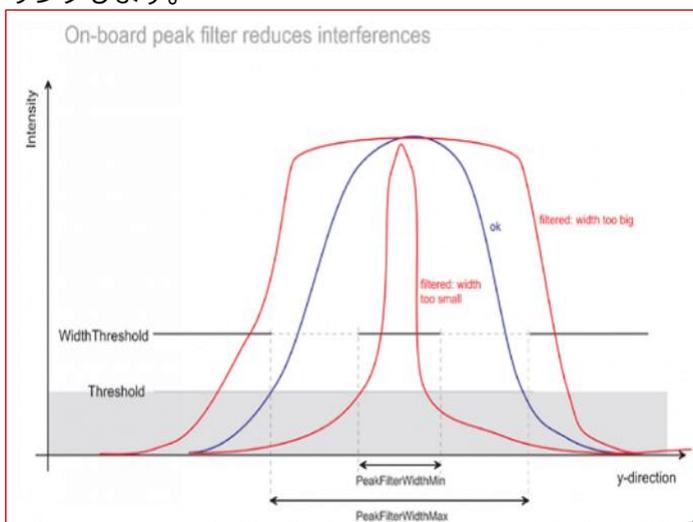
オンボードフィルタリングの威力

Photonfocusのカメラは、放射線、蛍光、隣接プロセスからの強い光などの侵入干渉を抑制するように設計されたオンボードフィルタリングメカニズムにより、3Dアプリケーションの堅牢性を高めます。これらの干渉は、測定の精度と信頼性を損なう可能性があります。Photonfocusカメラは、光学フィルタリングとレーザー波長選択を採用することで、望ましくない影響を効果的に抑制します。

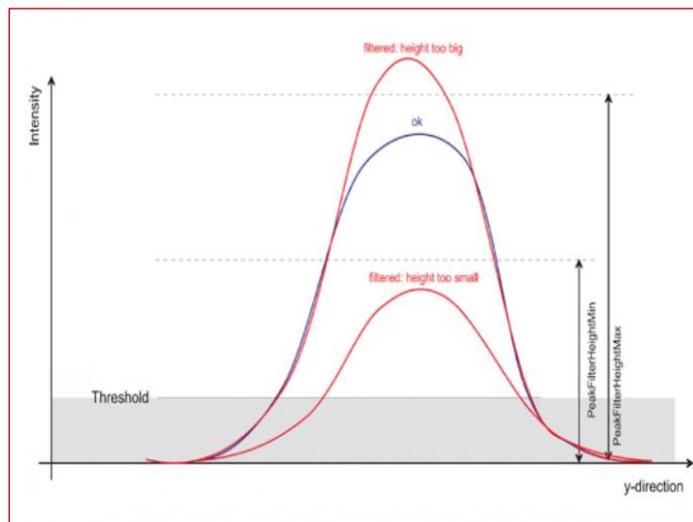
LineFinderアルゴリズムは、干渉を受ける可能性のあるピークを検出し、特定のパラメータでフィルタリングします。オンボードの2つの主要なフィルタリング方法は、「幅によるフィルタリング」と「高さによるフィルタリング」です。「幅によるフィルタリング」では、カメラは PeakFilterWidthMinやPeakFilterWidthMaxなどのパラメータを使用して、レーザープロファイルの幅を評価します。指定された幅の制限外のピークは無視され、レーザービームの反射などの不要な影響を効果的にフィルタリングします。

同様に「高さによるフィルタリング」においては、カメラは PeakFilterHeightMinやPeakFilterHeightMaxなどのパラメータを使用してレーザープロファイルの高さを評価します。指定された高さのしきい値を超えるピークやしきい値を下回るピークは破棄され、関連するデータのみが送信されるようになります。

Photonfocusでは、PFSDKのAPIを介して幅と高さの両方のパラメータを制御できるため、ユーザーは特定のアプリケーション要件に応じてフィルタリング設定を微調整できます。要約すると、Photonfocusカメラは、「幅によるフィルタリング」や「高さによるフィルタリング」などのオンボードフィルタリングメカニズムを採用することで、干渉要因を効果的に抑制して正確な測定を保証する、3Dアプリケーション向けの堅牢なソリューションを提供します。



PeakFilter Width パラメータを示します。赤い線は、幅が大きすぎるか小さすぎるためにレーザーピークがフィルタリングされる場所を示しています。



PeakFilter Height パラメータを示します。赤い線は、幅が高すぎるか低すぎるためにレーザーピークがフィルタリングされる場所を示しています。

幅によるフィルタリング:

- レーザープロファイルの最大幅と最小幅によるフィルタリング
- API = PeakFilterWidthMin
- API = PeakFilterWidthMax
- これらの設定外のピークはすべて無視され、出力されません。

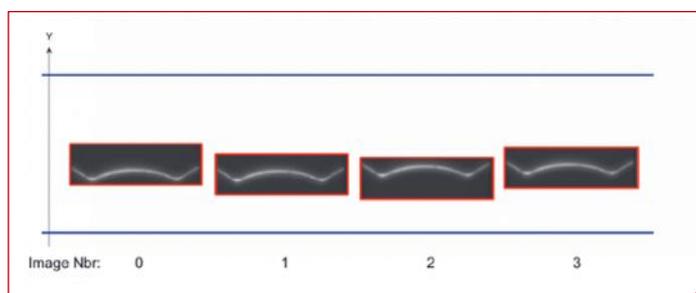
高さによるフィルタリング:

- レーザープロファイルの最大高さおよび最小高さによるフィルタリング
- API = PeakFilterHeightMin
- API = PeakFilterHeightMax
- これらの制限外のピークはすべて無視され、出力されません。

処理速度の向上 - 移動ROI (移動関心領域) によるフィルタリング

移動ROI機能は、検出された3D座標に基づいて、画像内の関心領域(ROI)を動的に調整し、垂直方向に中央に配置します。より小さなROIに焦点を合わせることでフレームレートが向上し、平面のスキャンに大きな利点をもたらします。この機能は、カメラレジスタをフレームごとに継続的に再構成し、効率的で正確なスキャンアプリケーションのために画像のキャプチャと処理を最適化します。

視野内でレーザーラインのY位置 (高さ) が変化するROIの自動追跡

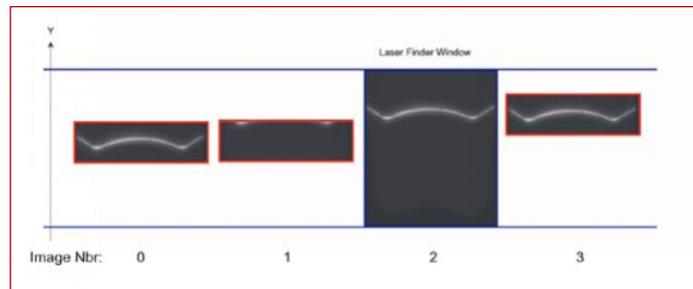


移動ROIの原則

上の図は、移動ROI機能の例を示しています。3D-ROIの垂直開始位置は、検出されたレーザーラインがROIの中心にくるように自動的に調整されます。注:3D-ROIの高さは、レーザーラインを収めるのに十分な大きさでなければなりません。3D-ROIの高さには、1つのプロファイルから次のプロファイルへのレーザーラインの移動を収めるのに十分な余裕が必要です。

グラフに表示されている垂直軸は、イメージセンサ上の垂直位置(ROI-Y)です。2本の青い線は、移動ROI領域の境界を示しています。赤い四角形は、3D-ROIを示しています。レーザーラインをウィンドウ内に維持するためにウィンドウがどのように移動するかに注意してください。画像0では、検出されたレーザーラインは画像の下部にあります。次に、3D-ROIの位置が下方に移動し、レーザーラインが再びROIの中央に配置されます。(画像「移動ROIの原理」を参照)

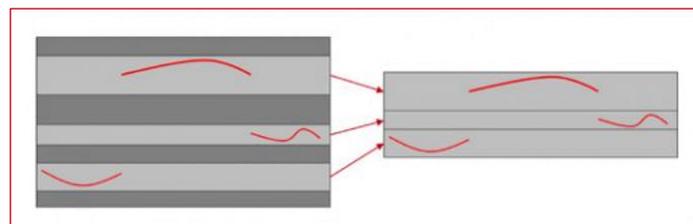
次に撮影した画像のレーザーラインがROIの現在の位置の外側に移動した場合、画像全体で位置が再計算されます。



レーザーファインダー

処理段階におけるデータ帯域幅の削減 - マルチROIによるフィルタリング

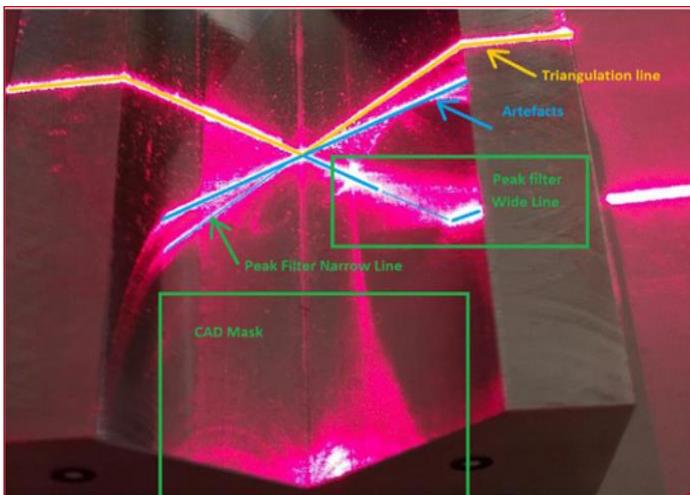
「複数の関心領域 (MROI)」機能は、フレームレートを増やしながらホストPCへの画像データの量を減らし、システム全体の速度を上げるために使用されます。このアプリケーション例では、複数のレーザーラインを備えたレーザー三角測量システムを示しています。カメラの内部フィルタリング(MROI)機能を使用すると、レーザーライン検出用に最大4つのROIを定義でき、関連するラインのみが読み取られます。無関係な領域は検出されません。複数の明るい灰色のROI(左の図)が結合されて1つの3Dデータ画像(下の図)が形成され、カメラから画像処理PCに出力されます。



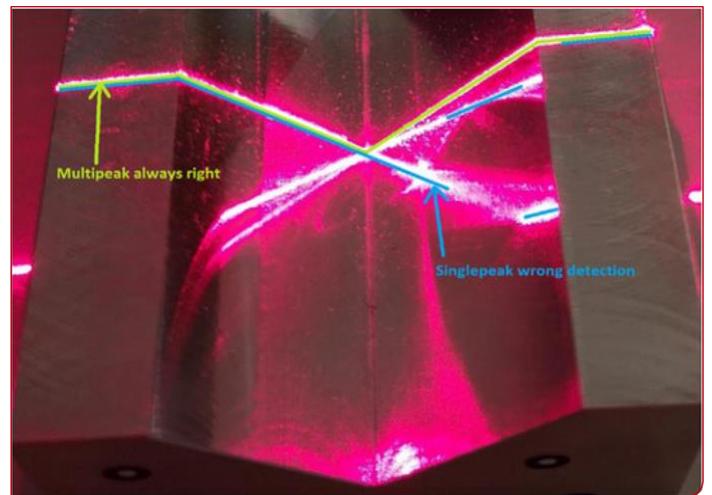
反射率の高い表面計測方法 高度なフィルタリング技術

反射面または透明面のプロファイル検出を実行するレーザー3D三角測量アプリケーションの場合、MultiPeak LineFinderやオンボードフィルタリングなどのカメラの最適化ツールを使用すると、画像処理PCに送信される誤った値のデータ数を簡単に減らすことができます。ROIと高さと幅のフィルタにより、検出が関連領域のみに制限設定されます。これらの制限外にあるポイントは無視されます。このようにして、傾斜面の不要な反射を簡単に除去できます。(左下の画像を参照)

境界線によるフィルタリングが不可能な場合は、MultiPeak LineFinderを使用すると、データから正しい線を特定できます。(右下の画像を参照してください。この場合、最上部の黄緑の線が常に検出使用されます) 透明なオブジェクトでは、レーザー線が表面を通過して2番目の表面で反射すると、アーティファクトが発生することが多く、その結果輝度が低く、輝度プロファイルが広い誤った水色の線が発生します。この場合、輝度勾配の幅とドット自体の輝度をフィルタリングすると、不要な値を減らすことができます。



このアプリケーションで正しいレーザーラインはどれか?



MultiPeak LineFinder アルゴリズムは正しいレーザーラインを識別します。

結論

通常、撮影条件は完璧ではなく、計算された高さ情報の信頼性に影響するため、より信頼性の高い値を取得する1つの方法は、検出されるレーザーラインの部分が明らかな値ではない事を抽出することです。

カメラの内部機能により、カメラの取込みプロセス中にこれらの不要な値を整理することができます。これにより、転送する値の数が減り(ホストPCのインターフェースとバスの負荷が軽減)、ホストPCでの処理が簡素化されます。これにより、CPU負荷が軽減され、処理時間が短縮され、ハードウェア要件が軽減されるため、システム全体のパフォーマンスが向上します。

次の値を自動的に最適化できます。:

- プロファイルが広すぎるか狭すぎる明るさポイントを破棄します。
- 画像内でレーザーラインが表示されない位置にあるポイントを破棄します。
- 明るさが限度以下のポイントを破棄します。
- 関心領域(ROI)セクションを制限設定し、センサ領域内のレーザーラインを自動的に追跡することで、画像のボリュームを削減します。

Photonfocusはレーザー3D三角測量のための高速データ処理と信頼性の高い測定結果を保証します

高速データ処理:

- カメラのオンボードFPGAプロセッサによるデータ帯域幅の削減
- 画像処理PCの処理負荷を大幅に軽減
- 画像データの削減とフレームレートの向上により、マルチROIフィルタリングでシステム速度を向上

信頼性の高い測定結果:

- オンボードフィルターが干渉(アーティファクトや反射)を低減します
- サブピクセル精度のLineFinderアルゴリズム
- レーザープロファイルの最大強度と最小強度によるフィルタリング
- レーザープロファイルの最大および最小幅と高さによるフィルタリング

Photonfocus 3Dカメラの精度とスピードがもたらす変革の力を体験してください。当社の長年の専門知識と革新的なカメラ技術を活用して、マシンビジョンアプリケーションで信頼性の高い測定結果と高速データ処理を実現してください。

マシンビジョンとイメージングのあらゆるアプリケーションに対応する革新的なカメラソリューション

Photonfocusは産業用および非産業用の画像処理アプリケーション向けの高品質カメラとCMOSイメージセンサのメーカーです。当社のカメラは、レーザー三角測量用の3Dカメラ、ハイパースペクトル、SWIR、UVカメラ、高解像度カメラを中心に、マシンビジョンの幅広いアプリケーションをカバーします。

20年以上の経験を持つマシンビジョンとイメージングのパイオニアであるPhotonfocusは、カスタマイズされたカメラとCMOSセンサの設計の開発を専門としています。さらに、Photonfocusは、組み込みビジョンソリューションに実装するためのカスタム固有のOEMカメラモジュールも提供しています。

問合せ先



Advanced Products Linkage

株式会社 アプロリンク

〒273-0025 千葉県船橋市印内町568-1-2

Tel:047-495-0206 Fax:047-495-0270

Web : www.aprolink.jp

問合せ : sales@aprolink.jp

Photonfocus AG
Bahnhofplatz 10
CH-8853 Lachen SZ

Switzerland

+41 55 451 00 00

sales@photonfocus.com

www.photonfocus.com

More info
on our website,
scan or click:

