

画像センサの基礎講座

オプテックス・エフエー株式会社
センサ営業部 神谷憲司



画像センサとは？

画像センサとは「デジタルカメラで撮影した映像で検査・計測を行うセンサ」です。

人間の『目』と『脳』、つまり目視によって行われていた検査を『カメラ』と『コンピュータ』の組み合わせに置き換えて、様々な画像処理と計測処理を組み合わせることで色々な用途に対応できるのが特徴です。

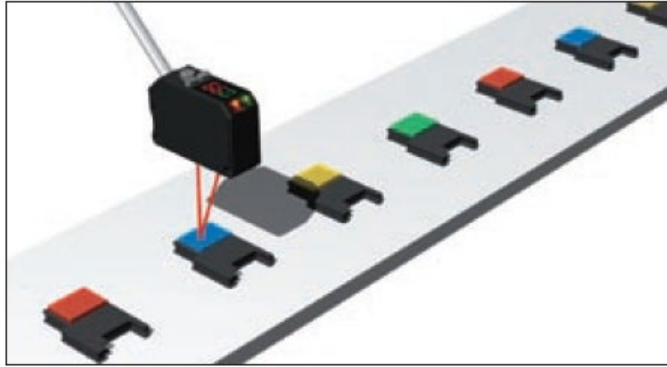
本日のセミナーでは、この画像センサの仕組みと機能、用途についてご紹介したいと思います。



画像センサについて

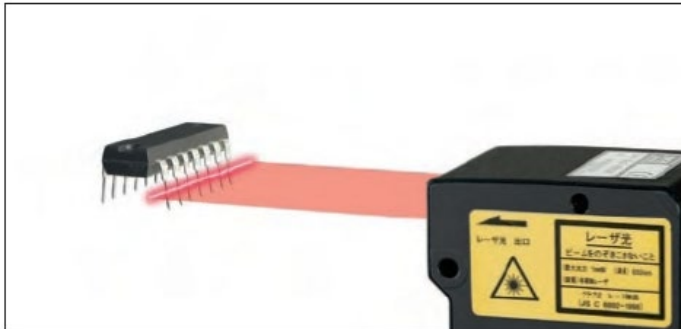
光を使ったセンサでの検査・検出

■『点』での検出



位置と向きがある程度揃っていないと検出できない。

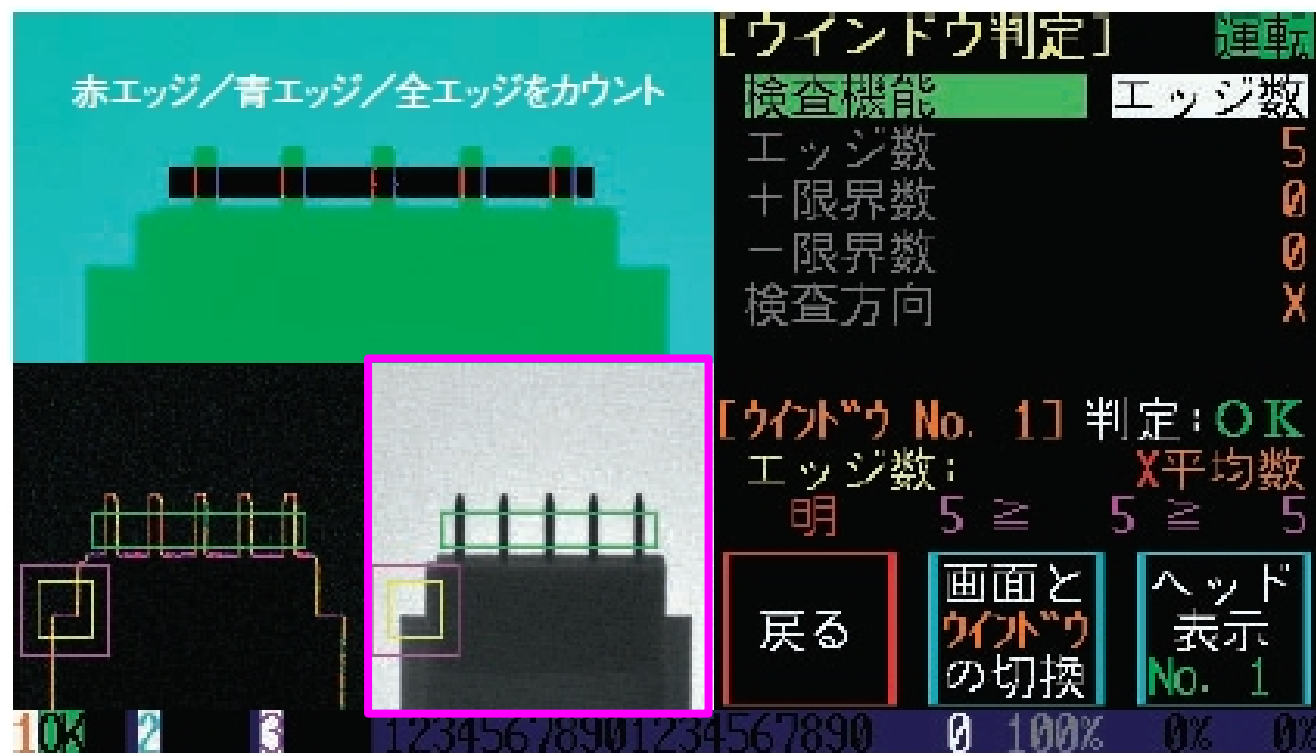
■『線』での測定



こちらも位置と向きがある程度揃っていないとうまく検査できない。

画像センサでの検査・検出

画像センサは『面』での検出になります。

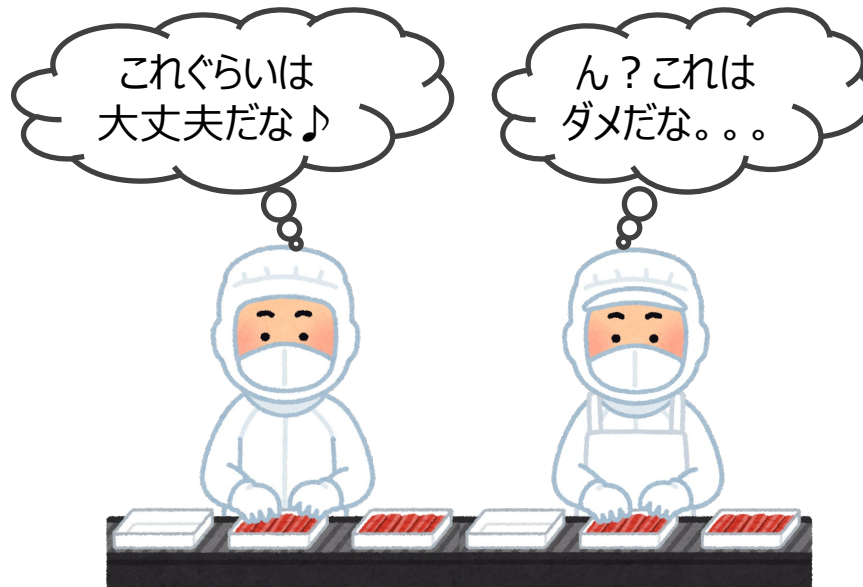


画像センサの場合は撮影画面の中に検査対象が入っていれば基本的に検出は可能。

なぜ画像センサを使うのか？

人による目視検査の場合、判断のバラつきがどうしても出てしまいます。
また、大量生産を行う中で検査員も複数名が必要となり、人件費も掛かってしまいます。

画像センサはコンピュータが設定された値に従って検査を行う為、判断基準が一定で
且つ人間よりも高速での検査が可能なので省人化にも役立ちます。



人間は“主観”で判断してしまいがち



画像センサなら一定の基準で検査可能



画像センサの基本

イメージセンサについて

画像センサには『イメージセンサ』という物が使われています。
イメージセンサとは光の強弱を検出し、電気信号に変換する極小サイズのセンサです。

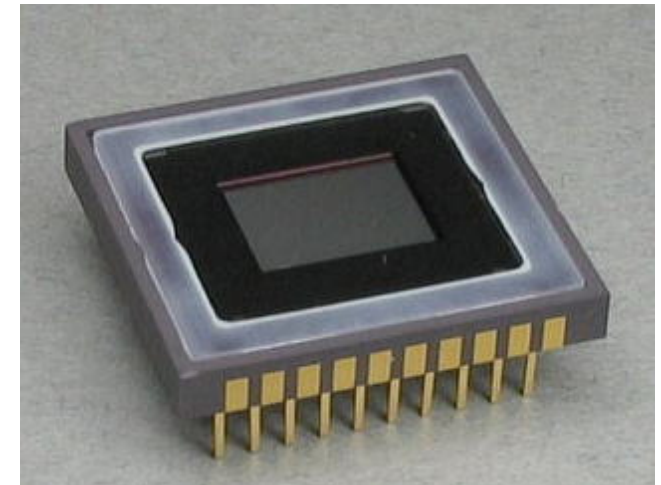
イメージセンサにはフォトダイオードやCCD、CMOSなどといった種類があり、画像センサには主にCCDやCMOSが使われています。

このイメージセンサからの情報を使って画像センサは様々な検査を行います。

<製品内のイメージセンサ>



弊社製品文字認識画像センサ
MVS-OCR2のイメージセンサ搭載部分

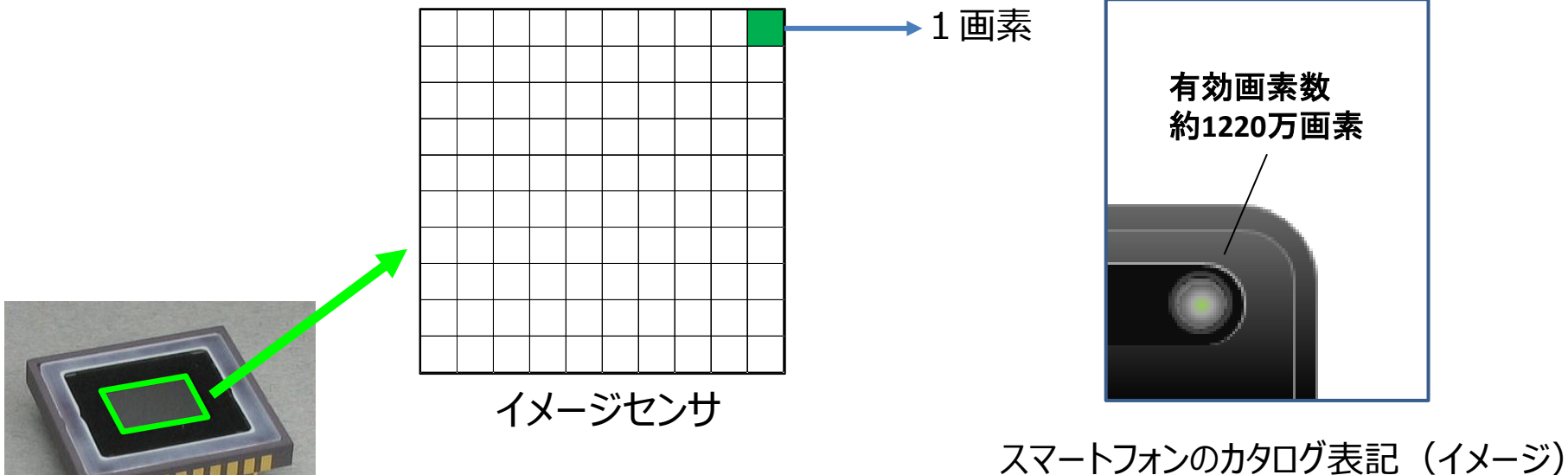


CCDイメージセンサ（Wikipediaより）

イメージセンサと「画素」

イメージセンサとは下の絵のように小さなセンサが集まったもので、1つのセンサの単位を「画素」「ピクセル (pix) 」と言います。

スマートフォンやデジタルカメラなどでよく『～万画素』と言ったコピーを見かけますが、例えば『1200万画素』のカメラであれば、この小さなセンサが1200万個あるということになります。

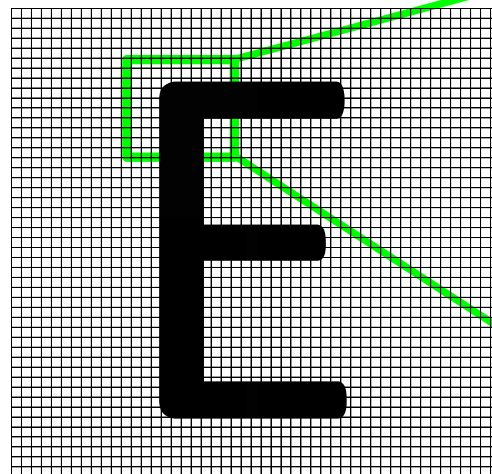


階調について

イメージセンサは光の強弱を電気信号に変換するセンサと説明しましたが、実際にレンズを通して撮影された映像がイメージセンサ上投射されると、下のように各画素ごとに光の強弱が数値に変換されます。

これを「階調」といいます。

階調の細かさは機器やソフトウェアによって異なりますが、一般的なFA用画像センサではもっとも暗い／黒い状態を「0」、もっとも明るい／白い状態を「255」とする256階調で扱うものが大半です。



235	235	235	235	235	235	235	235	235
235	130	85	85	85	85	85	85	85
235	90	85	30	30	30	30	30	30
235	90	85	30	30	30	30	30	30
235	130	85	30	30	30	30	30	30
235	130	85	30	30	30	85	110	110
235	130	85	30	30	30	110	235	235
235	130	85	30	30	80	110	235	235
235	130	85	30	30	80	110	235	235

イメージセンサ上に投射された映像

各画素における光の強弱

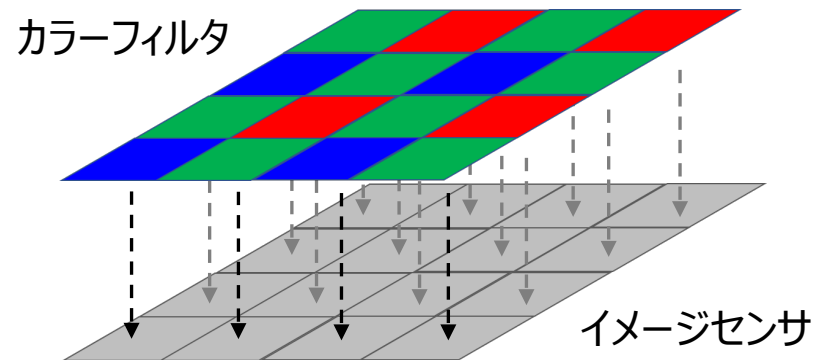
イメージセンサとカラーフィルタ

イメージセンサは光の強弱を階調変換して電気信号にしています。

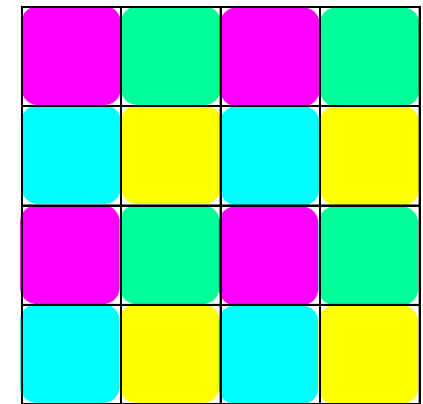
つまり、明るい＝白／暗い＝黒ということになり、イメージセンサから得られる画像情報は基本的には白黒、いわゆる「モノクロ画像」になります。

そこで、カラー画像として処理する為に「カラーフィルタ」というものがイメージセンサに組み合わされています。

1画素単位で特定の色フィルターが取り付けられており、4画素単位で個々の画素ごとの反応の強弱とその組み合わせで色を表現するようになっています。



カラーフィルタとイメージセンサ
※原色（RGB）フィルタでの例

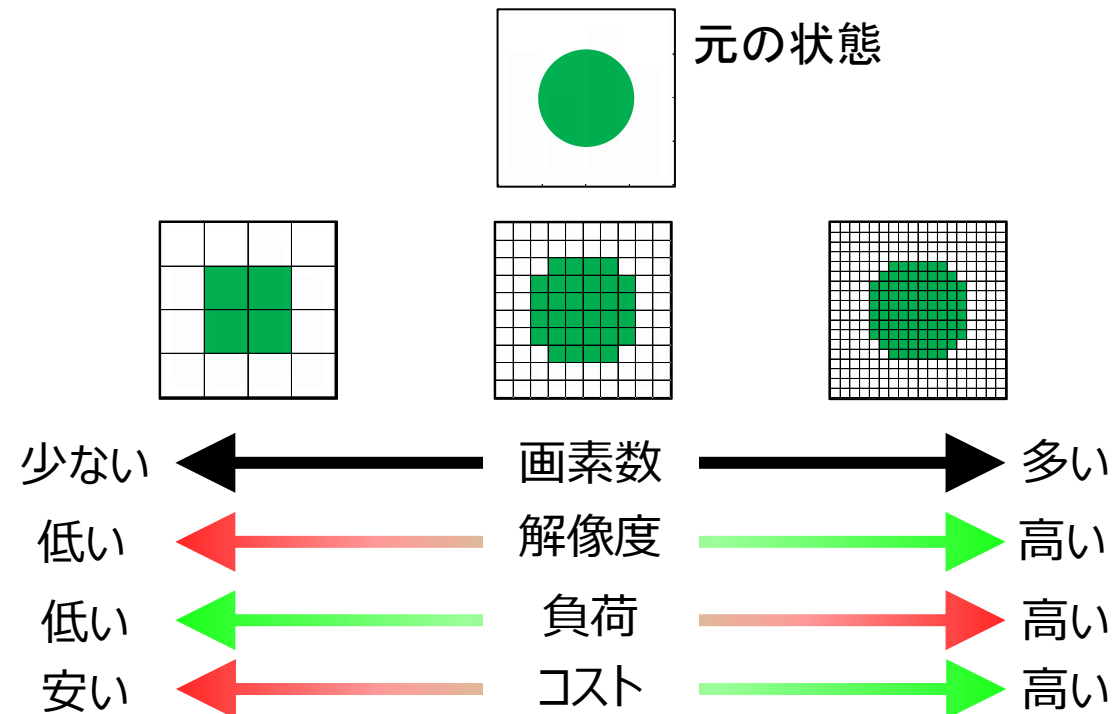


補色フィルタ（CMYK）
解像度に優れる

イメージセンサの解像度について

一般的に画素数が多くなればなるほど高精細な画像が撮影できますが、その分演算処理に必要な時間が増加するというデメリットが生じます。

高速処理が可能なプロセッサなどを使用することで処理時間を短縮することはできますが、今度はコストが増加します。



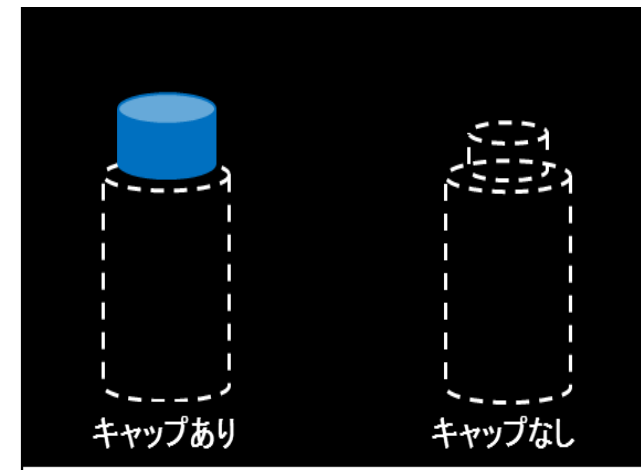
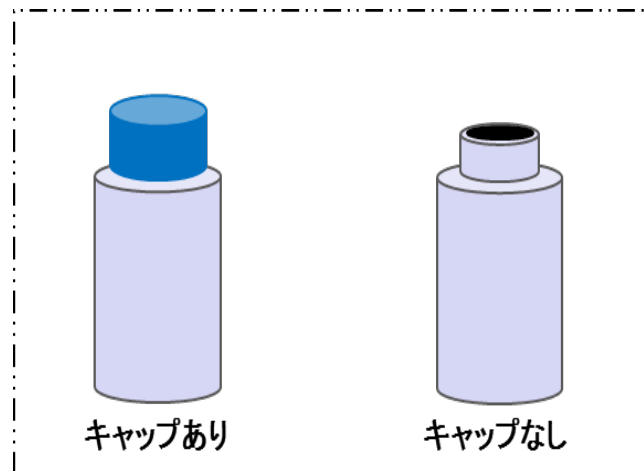
バランスを考えて必要な
スペックのカメラを選ぶこと
が重要

画像センサの考え方

イメージセンサのところでお話したように、画像センサが判断材料としているのは基本的には「イメージセンサからの情報」つまり**光の強弱 = 黒～白の情報とその値**、カラーフィルタとの併用で色ごとの光の強弱とその組み合わせによる**色情報**ということになります。

その為、下の例のように「ボトルにキャップが付いている／付いていない」というような検査を行う場合、画像センサは「キャップ」という形では認識できません。

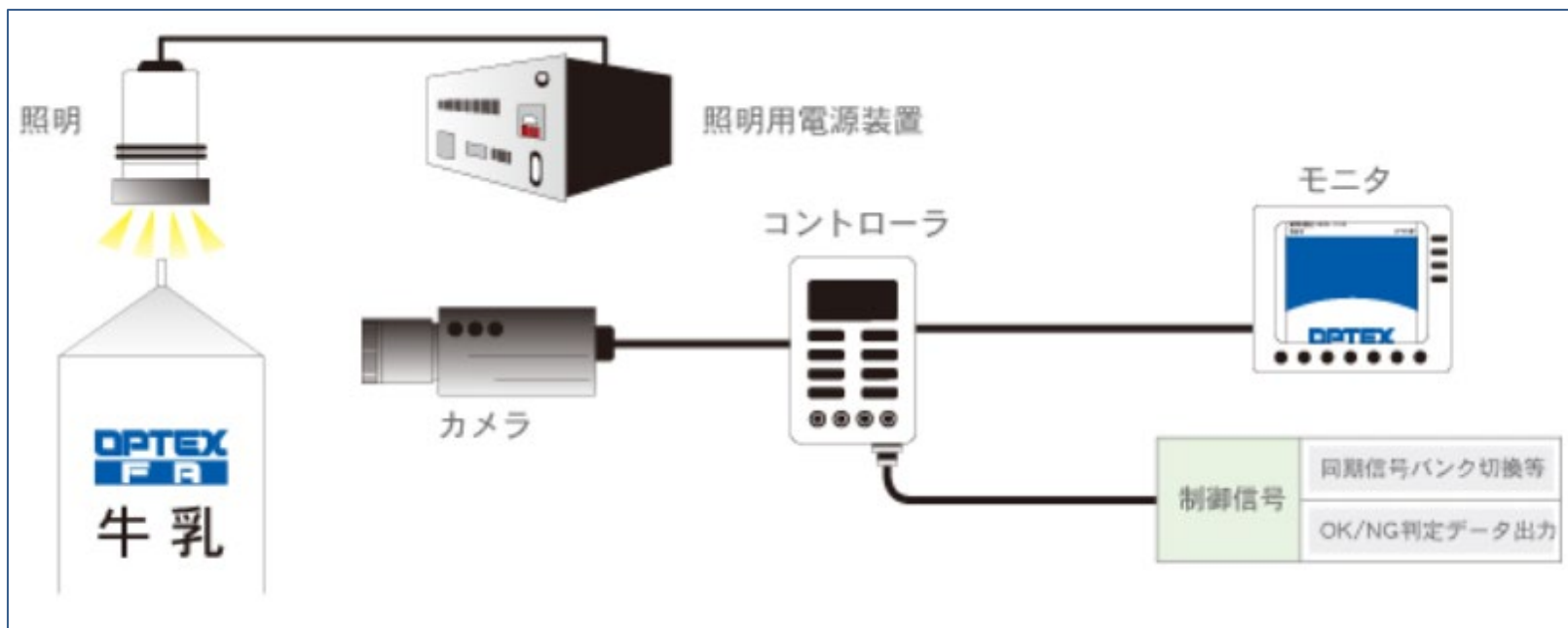
例えば青いキャップ = 青の色情報とその値、つまり「青い色が検出されたらキャップがあると解釈する」という形に置き換えてやる必要があります。



画像センサの機器構成

画像センサの基本的な構成としては、

- ・カメラ（レンズなどの光学系を含む）
- ・照明機器（撮像を安定させる・検査対象を特徴化する）
- ・コントローラ（計測処理を行う演算部。パソコンを使用する場合もある）
- ・モニタ（撮影状態の確認や設定・操作画面の表示）
- ・設定用コンソール（リモコン状の物やマウスなど。最近ではモニタが兼ねる場合もある）
- ・各接続用のケーブル類



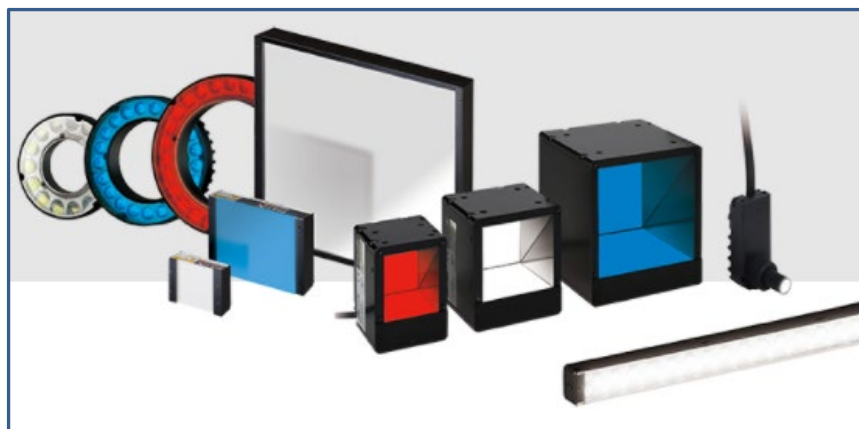
画像センサのタイプ



＜コンポーネントタイプ＞

画像処理に必要な機器を組み合わせで使用
するタイプです。

用途に応じてレンズや照明機器を自由に組み
合わせられる上、多彩な検査機能を搭載した
ものも多くなります。



構成が複雑な為、製造現場への設置には制
御ボックスに入れる必要があるなど、導入コスト
は高めになる傾向があります。

画像センサのタイプ



<オールインワンタイプ>

画像処理に必要な機器を一体型にしたタイプです。

機能はシンプルにしたローコスト機が多くなります。

パッケージ化できるため、防水性などをもたせることも可能です。

センサ感覚で使えるため、比較的簡単な検査での使用に適しています。

画像センサのタイプ



<ハイブリッドタイプ>

コンポーネントタイプとオールインワンタイプの
特徴を併せ持つタイプです。

製造現場のネットワーク化に伴い、モニタ・操作部は自由な運用形態を選択できるよう別体式にして、カメラ・レンズ・照明・計測処理部を一体にしているものが多くなります。

オールインワンタイプを超える機能とコンポーネントタイプよりもローコストで導入できる為、採用するユーザーが増えてきています。



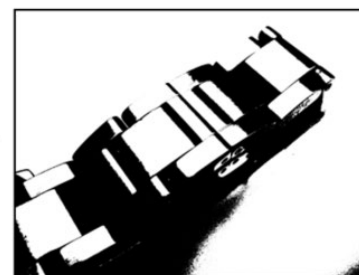
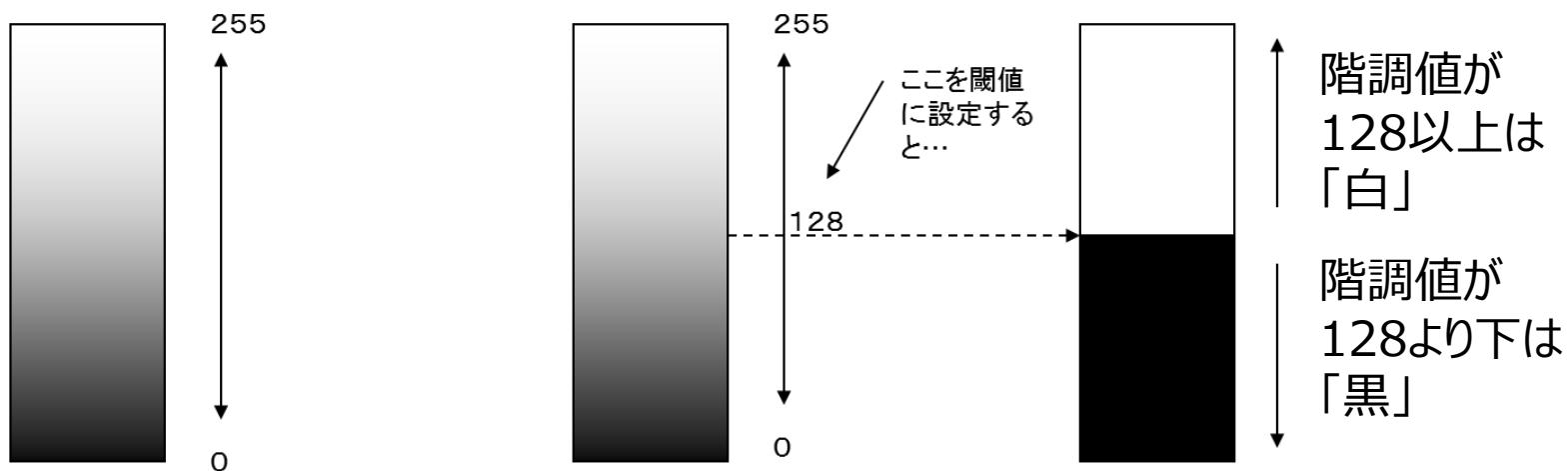
基本的な画像処理

基本的な画像処理～二値化処理～

＜モノクロ画像の場合＞

モノクロ画像は黒（濃色・暗色）から白（淡色・明色）の階調変化として表示されます。
モノクロ画像の二値化処理ではこの階調のある一点を境にして白と黒の二つの値に分けてしまいます。

計測対象とする部分とそうでない部分を切り分けることで、面積計測などに用いられます。

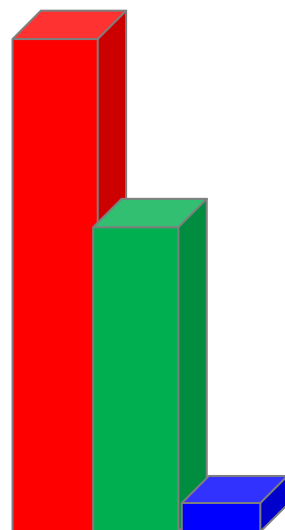


基本的な画像処理～二値化処理～

＜カラー画像の場合＞

カラー画像の場合は、色要素ごとの階調差を基準に特定の色範囲のみを検査対象として設定し、それ以外を検出対象外とします。

色の指定の仕方は色々ありますが、最も一般的なものはカラーフィルタのところでも説明した「R・G・B」の組み合わせで指定する方法です。



RGBの各階調
でオレンジ色を
指定した例



元画像



モノクロ二値化



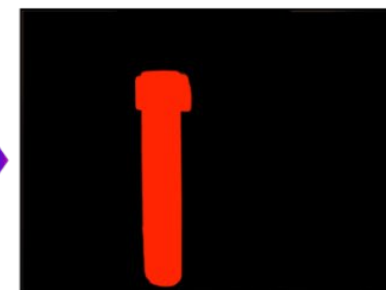
二値化画像



カラー二値化（色抽出）



（例としてオレンジ色を抽出対象に設定）



色抽出二値化画像

基本的な画像処理～濃淡処理～

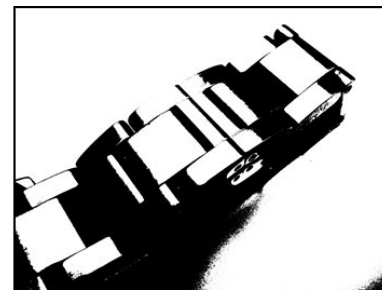
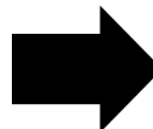
二値化処理とは違い、撮影した画像を多階調で処理するのが「濃淡処理」
（「グレースケール処理」と表現する場合もある）です。

2 値化処理では「白」か「黒」（カラー処理の場合は抽出色かそれ以外の色）
の 2 階調の情報としての処理しかできませんが、
濃淡処理では中間の色も処理できる為、はるかに高精度の計測が可能となります。

二値化処理



元画像

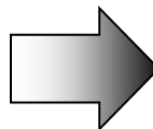


処理画像

濃淡処理



元画像



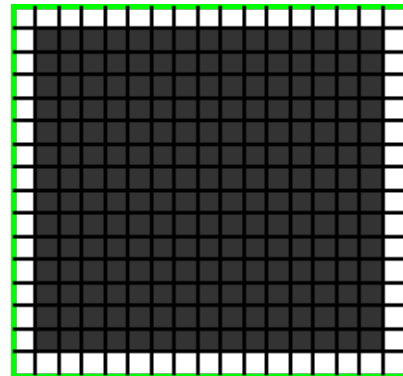
処理画像



基本的な計測処理

基本的な計測処理～面積計測①～

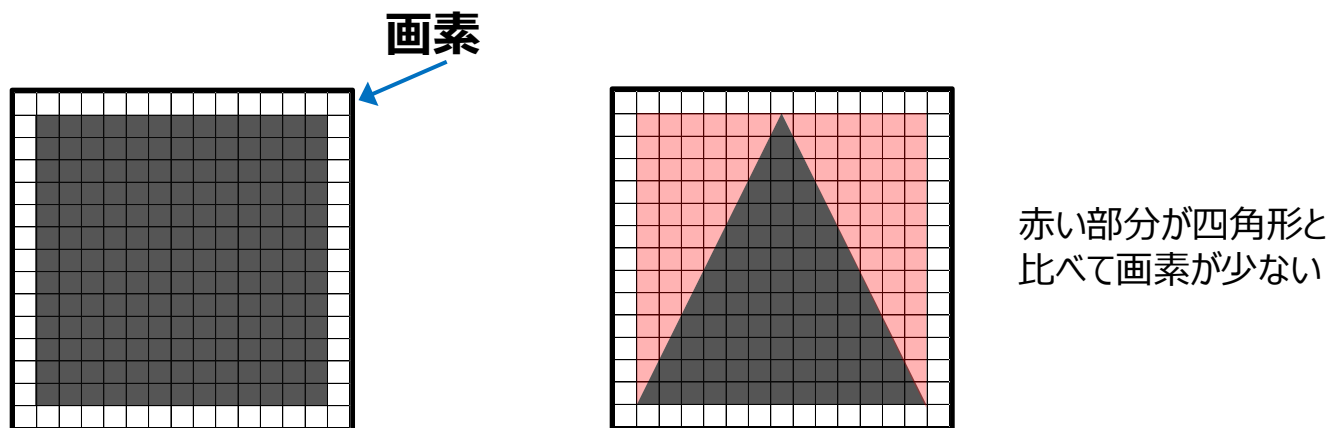
「画像センサの基本」で説明しましたように、画像センサは人間とは異なった認識の仕方を行います。例えば、下のような四角形と三角形の判別を行う場合、画像センサではどのように行うのでしょうか？



一つのやり方は「面積」を使う方法です。さきほどイメージセンサについて説明をしましたが、イメージセンサ上に四角形を撮影・投影されると、左のように四角形の部分で階調の変化が生じます。

基本的な計測処理～面積計測②～

イメージセンサ上の階調差に対して二値化処理などで計測対象とする画素とそれ以外の画素に分けます。
ここで計測対象となった画素の数、つまり面積量＝四角形ということになります。



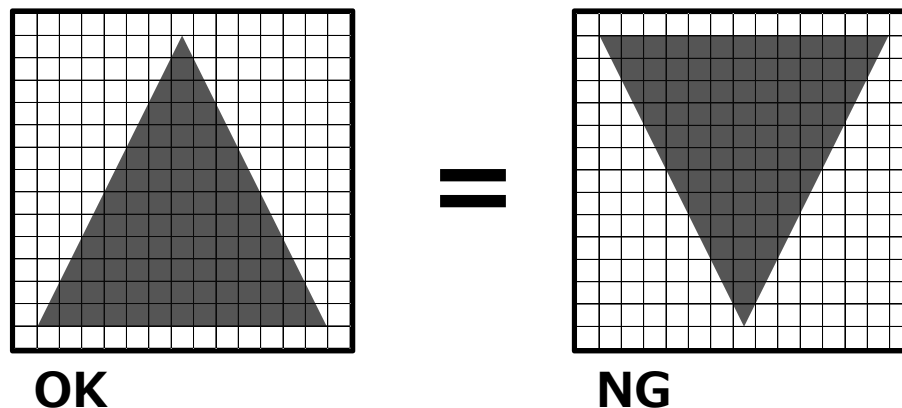
計測対象となる画素の数が違う

四角形では黒く塗りつぶされている画素が三角形では白くなっていますので、四角形に比べて黒く塗りつぶされた部分の面積が少なくなることになります。この面積の差を使って、四角形と三角形の判別を行います。

基本的な計測処理～パターンマッチング～

前項では面積の差を使って形の違いを判別する方法を説明しましたが、全く同じ形で方向だけ違う物を判別しようとした時、面積計測では判別できません。そこで形状を切り口とした計測を行う必要があります。

<面積計測>



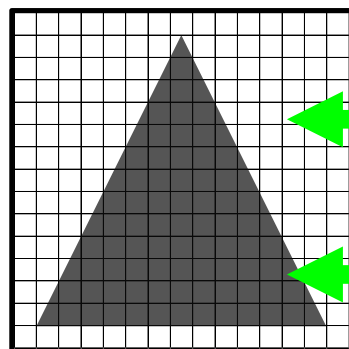
面積量としては同一なので区別できない

こういった状況で使用する計測処理として「パターンマッチング」という計測処理があります。

基本的な計測処理～パターンマッチング～

パターンマッチングは、下の図を元に大雑把な言い方をすれば「イメージセンサの中でどこか黒くてどこが白だったか」という情報をセンサ内に登録することで登録されたパターンとカメラで撮影したパターンとを重ね、差が少なければOK、多ければNGという判断を行います。

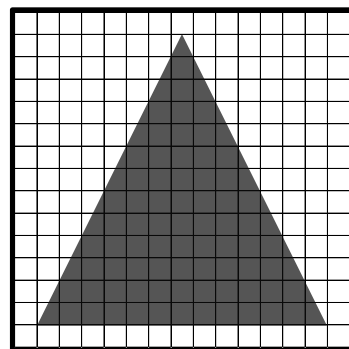
<パターンマッチング>



ここは白かった

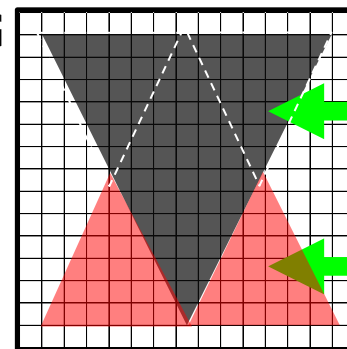
ここは黒かった

OK



NG

≠



白だったところ
が黒くなった

黒かったところ
が白くなった

登録されていたパターン情報と異なる

基本的な計測処理～エッジ計測～

画像センサでこういうコネクタのピン（端子）の本数が適正かを検査したい場合、画像センサにわかる形で計測対象であるピンを指定してあげる必要があります。

画像センサにわかる情報＝光あるいは色の強弱と組み合わせです。
画像処理では、画面の中の明るい／暗いの境目を「エッジ」と表現します。
この「エッジ」を使って位置を計測したり長さや幅を測ったり、本数を数える処理を「エッジ計測」といいます。

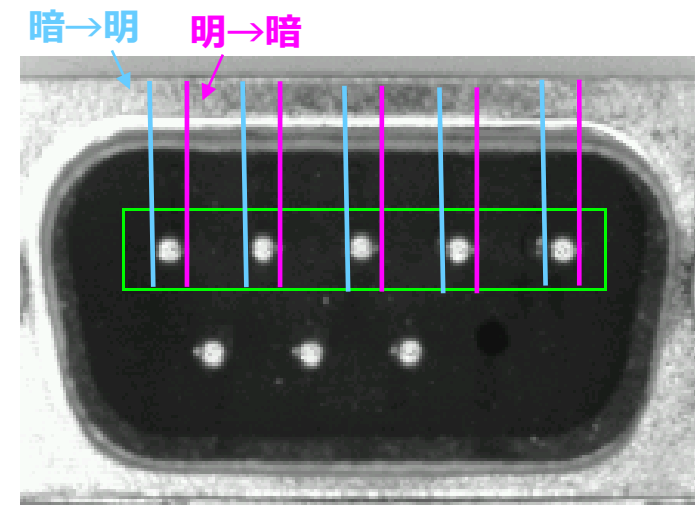


このピンの本数を検査したい

基本的な計測処理～エッジ計測～

下の例は先ほどのコネクタを画像センサで計測した例です。
赤枠内の撮影画像内の明／暗の境目を検出し、
それを元にピンの本数をカウントしています。

この計測は明／暗の境目がくっきりしているほど安定します。



基本的な計測処理～文字認識～

文字認識は比較的新しい計測処理で、メーカー毎に様々な処理方法がありますが、基本的にはパターンマッチングの一種と考えることができます。
通常のパターンマッチングと異なるのは、登録されているパターンに文字情報が紐づいているという点です。



撮影画面内から文字部分を切り出してパターン化。

内部に登録されている文字のパターンデータと照合、一致度合いが高かった結果を認識した文字として出力。

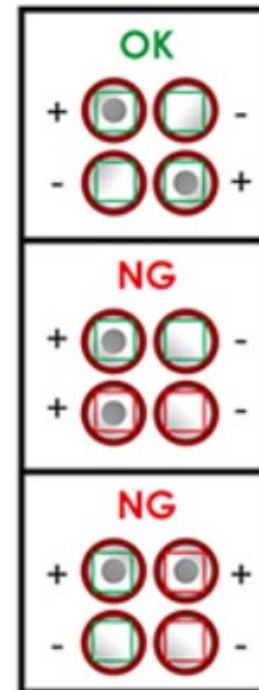
弊社文字認識用画像センサMVS-OCR2の検査画面



画像センサのアプリケーション

画像センサのアプリケーション

乾電池の電極方向検査



こちらのアプリケーションでは
乾電池の電極方向を検査
しています。

電極の形状差による陰影の
違いを**面積**の差に置き換え、
判別を行っています。

弊社HP「事例・お役立ち情報」
→工程改善集に掲載

画像センサのアプリケーション



こちらのアプリケーションでは
電機部品の端子の曲がりを
検査しています。

形状はそのまま曲がっている
場合は面積の差は生じ無い
ため、**パターンマッチング**な
どを使うことで形状を検査し
ています。

弊社HP「事例・お役立ち情報」
→工程改善集に掲載

画像センサのアプリケーション

7セグ表示の点灯検査



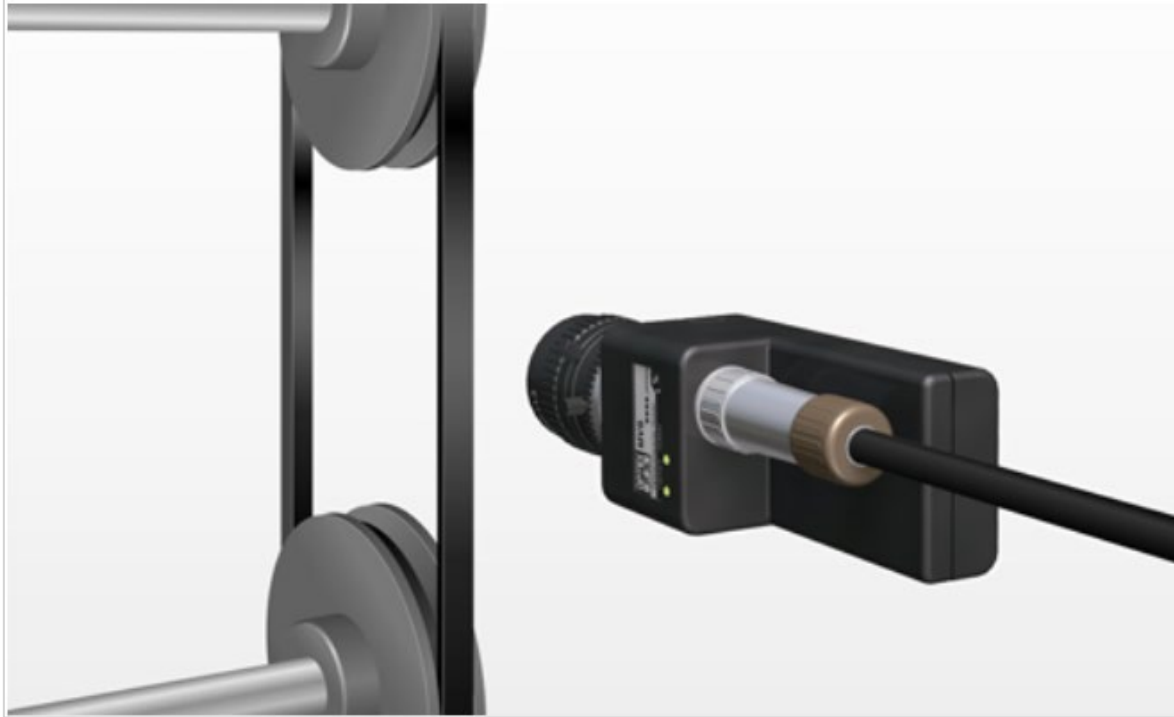
こちらのアプリケーションではデジタル表示機器の表示の抜け・欠けを検査しています。

明るい部分の量を**面積**で測ることも検査できますし、正しい表示の形状を**パターンマッチング**で検査することも対応できます。

弊社HP「事例・お役立ち情報」
→工程改善集に掲載

画像センサのアプリケーション

ファンベルト幅計測



こちらのアプリケーションでは自動車エンジンのファンベルトの幅を検査しています。

面積計測ではバリや欠けなどが生じた際に、面積量が規定値に合致してしまう恐れがある為、こういった検査では、**エッジ計測**が用いられます。

弊社HP「事例・お役立ち情報」
→工程改善集に掲載

画像センサのアプリケーション

カートンの賞味期限印字チェック



こちらのアプリケーションでは
段ボール箱の側面に印字された
文字（日付）を検査しています。

面積計測では文字の有無は検
査できても内容の間違ひは検
査できませんし、パターンマッチングで
は日付のように毎日内容が変わ
るものの場合、パターンの登録を
都度やりなおさなくてははいけ
ない為、**文字認識**で検査します。

弊社HP「事例・お役立ち情報」
→**工程改善集**に掲載

ご質問いただいた回答まとめ

No.	質問	回答
1	スライド3Opのパターンマッチングについて、パターンマッチングは2値化で行うことが多いか、カラーで行うことが多いかどちらが多いでしょうか。	色情報が必要な検査の場合はカラーでの処理になりますが、高精度の検査が計測が必要な場合はモノクロ画像の方が適していますので、ケースバイケースと言えます。
2	文字検出についてですが、一般的な7セグメントの数字等も検出可能でしょうか。(表示が点滅したりする場合があります)	アプリケーション事例でご紹介の通り、可能です。表示が点滅する場合については、セミナー内でお話したように複数回検査の上で制御側で対策をとるか、連続検査(検査を数秒間繰り返し、その間にセグメントの消灯による状態変化を監視)などでの対応が必要かと思われます。
3	透明体の検出は可能か？また、透明体の端面方向の検出は可能ですか？	実際のワークと検査の内容により、可能なものもあります。端面にある程度の厚みがあり、形状を保持しやすいものであればエッジを光らせることで検出は可能な場合がありますが、フィルムのような薄いものの場合は照明光を反射させる面も小さく、形状の保持もし難い為、難しいかと思われます。
4	カラーフィルタに関する測定精度に関して	テキストの例でお話しますと、モノクロ画像が1画素で画像を処理できるのに対して、カラー画像の場合は一つの色を構成する為に4画素分の情報が必要となりますので、解像度としては実質1/4になることになります。よって、高精度の計測が必要な場合は、モノクロ画像の方が望ましいケースがほとんどです。 但し、R/G/Bそれぞれ個別のイメージセンサを搭載しているようなカメラ(三板式といいます)であればその限りではありません。
5	製品の違いによって検査の幅は狭くなるのでしょうか。	「製品」というのが、画像センサ側のお話であれば、製品(機種)によって搭載されているイメージセンサの画素の違い＝解像度の違いが存在しますので、同じ精度を確保しようとすると撮影できる範囲に差は生じることとなります。
6	カラーでパターンマッチングを行う場合、RGBでそれぞれマッチングを行うのでしょうか。	マッチング処理そのものはイメージセンサに投影された画像をもとに行われます。