

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。

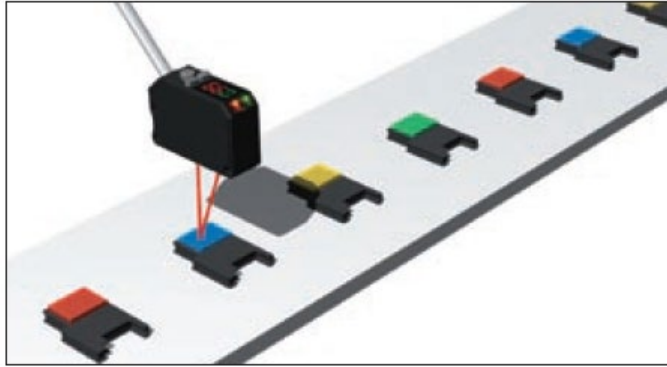
本日のセミナーでは、この画像センサの仕組みと機能、用途についてご紹介したいと思います。



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。

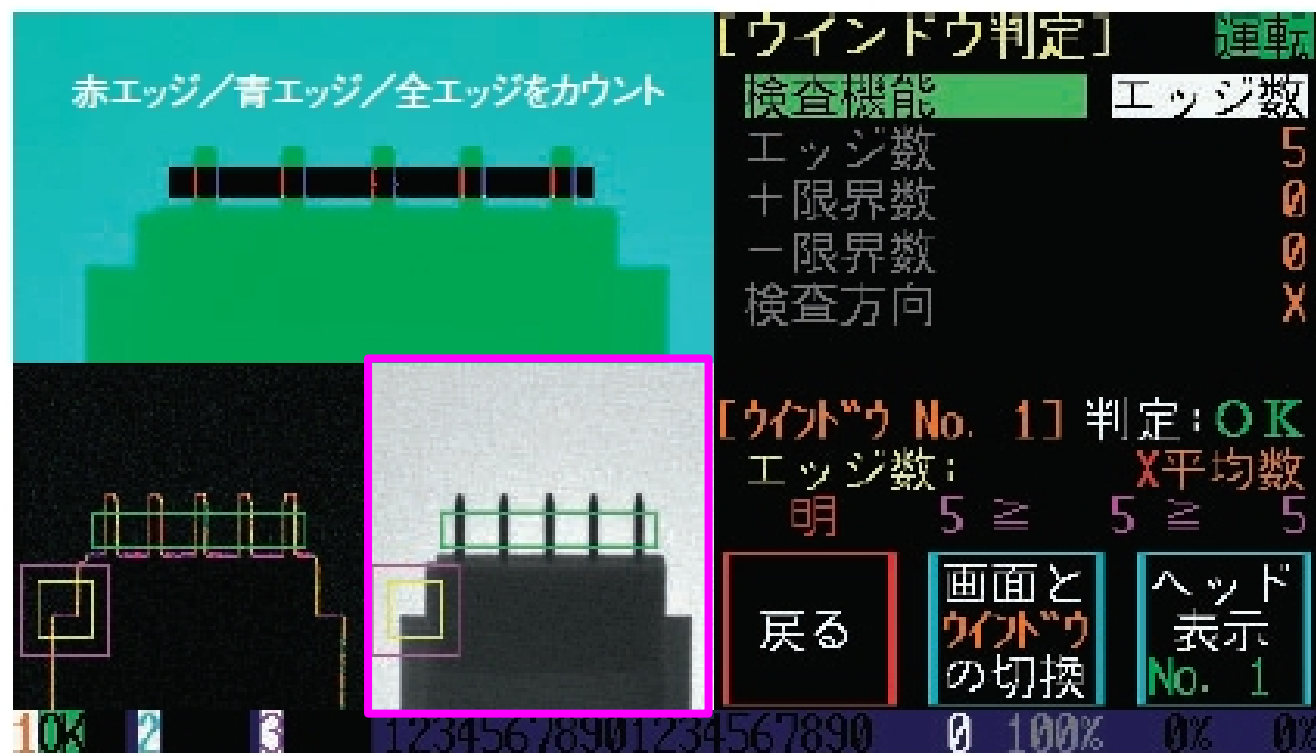
■『線』での測定



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。

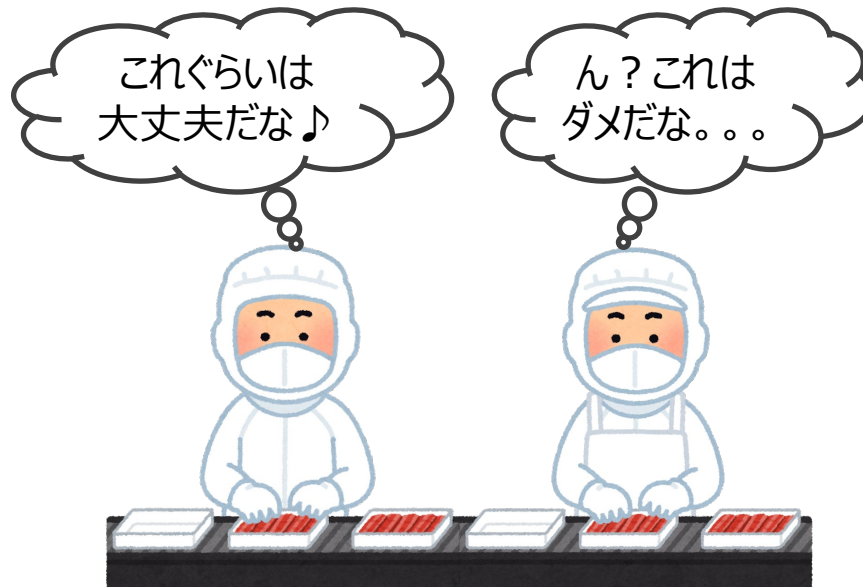


画像センサの場合は撮影画面の中に検査対象が入っていれば基本的に検出は可能。

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。

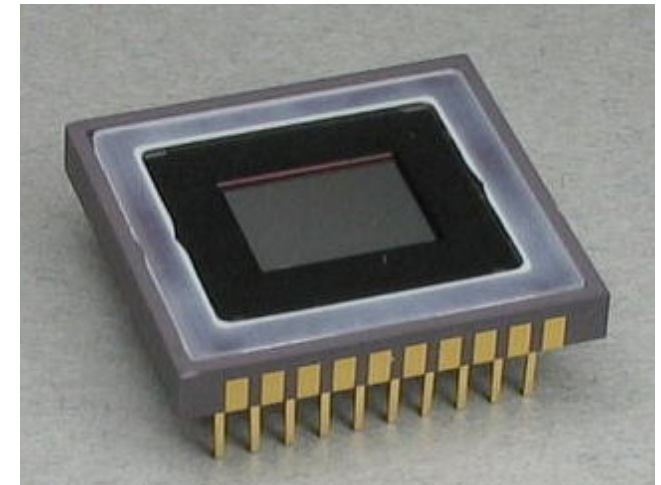
イメージセンサにはフォトダイオードやCCD、CMOSなどといった種類があり、画像センサには主にCCDやCMOSが使われています。

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

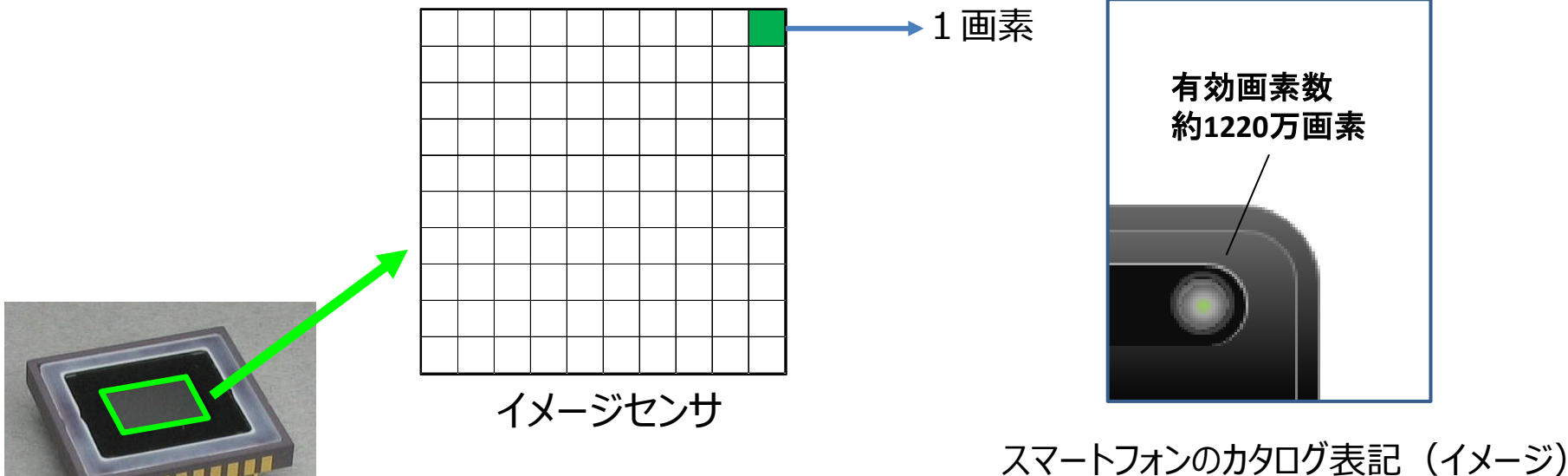


CCDイメージセンサ（Wikipediaより）

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。

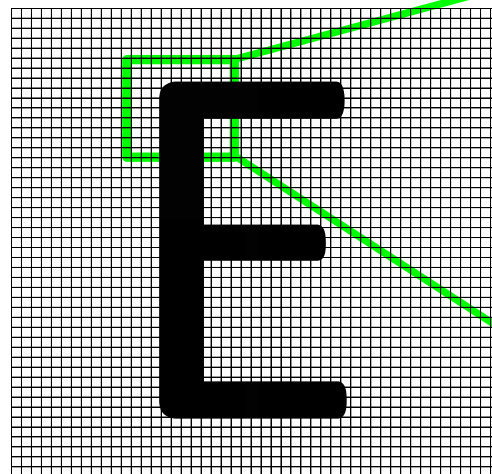


階調について

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。



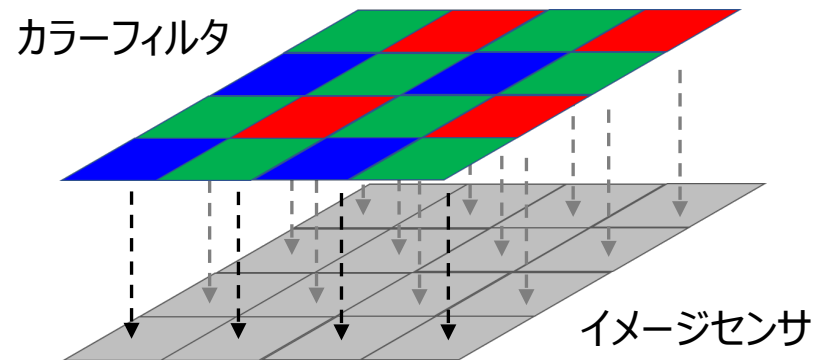
235	235	235	235	235	235	235	235	235
235	130	85	85	85	85	85	85	85
235	90	85	30	30	30	30	30	30
235	90	85	30	30	30	30	30	30
235	130	85	30	30	30	30	30	30
235	130	85	30	30	30	85	110	110
235	130	85	30	30	30	110	235	235
235	130	85	30	30	80	110	235	235
235	130	85	30	30	80	110	235	235

イメージセンサ上に投射された映像

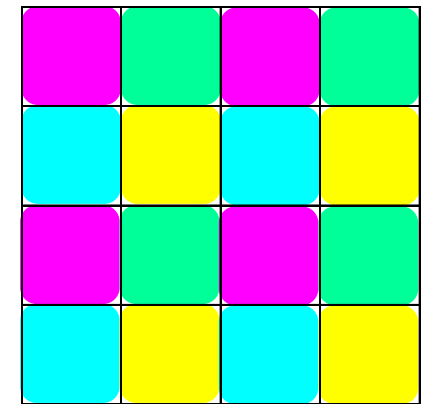
各画素における光の強弱

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

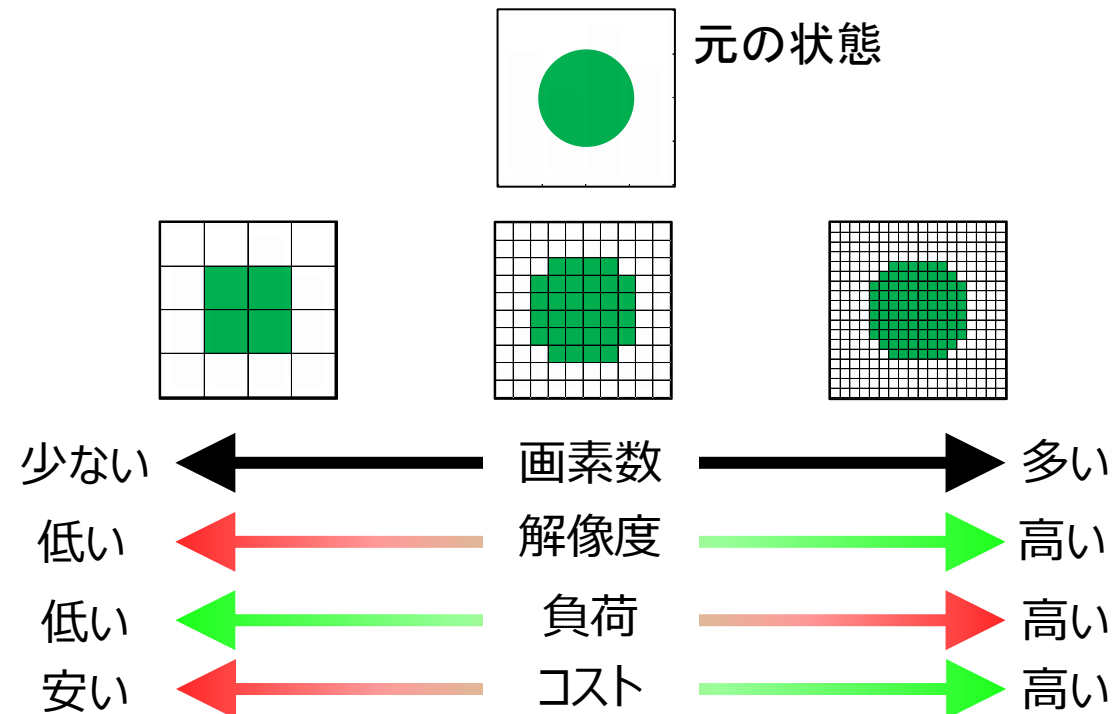


補色フィルタ（CMYK）
解像度に優れる

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。



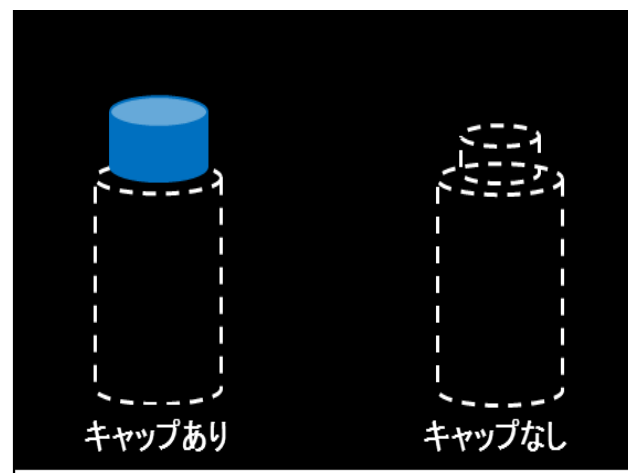
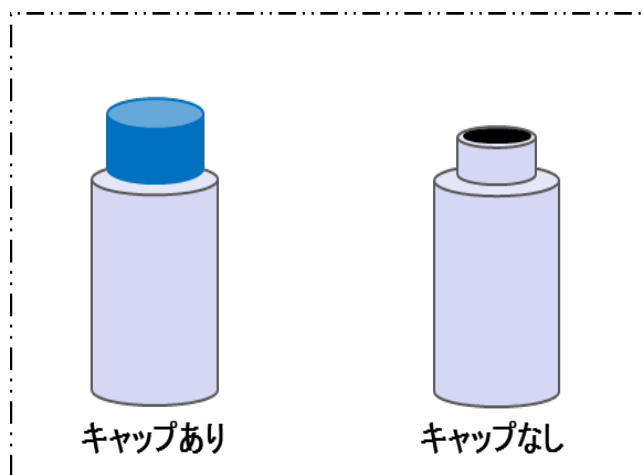
バランスを考えて必要な
スペックのカメラを選ぶこと
が重要

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。

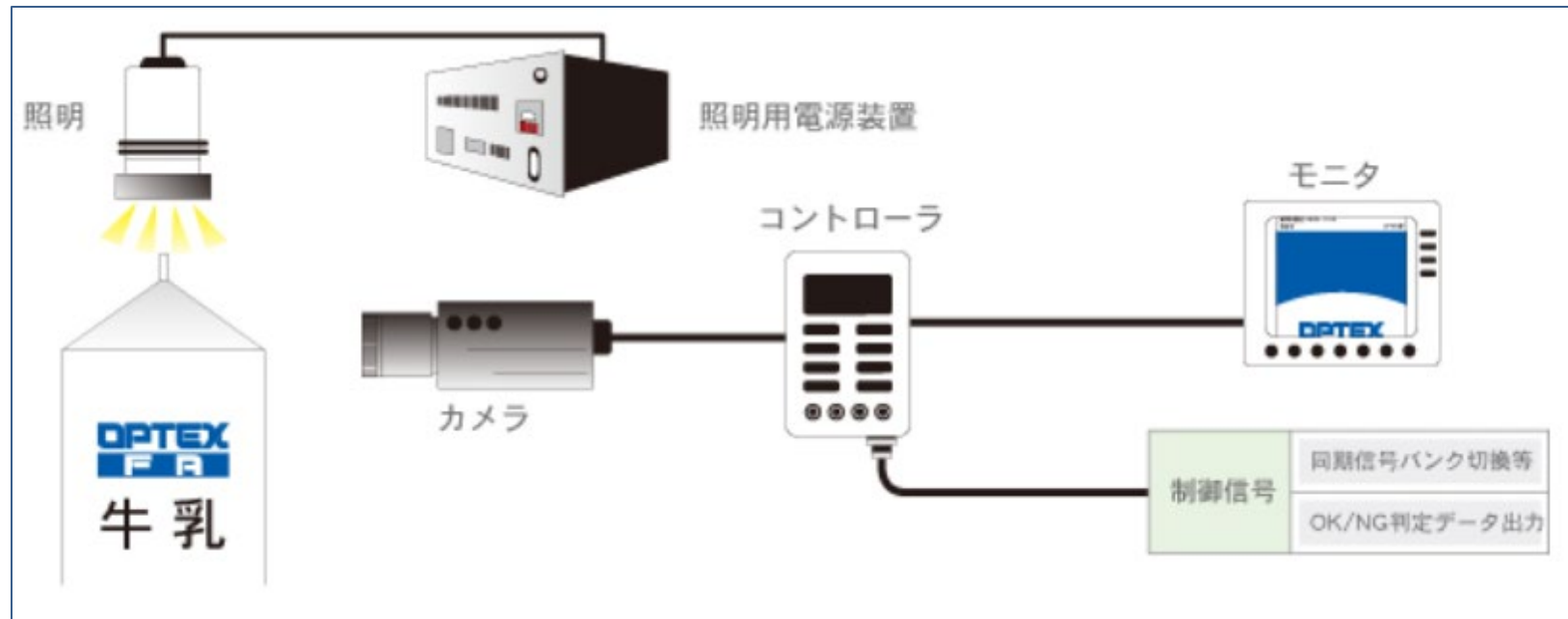
例えば青いキャップ = 青の色情報とその値、つまり「青い色が検出されたらキャップがあると解釈する」という形に置き換えてやる必要があります。



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



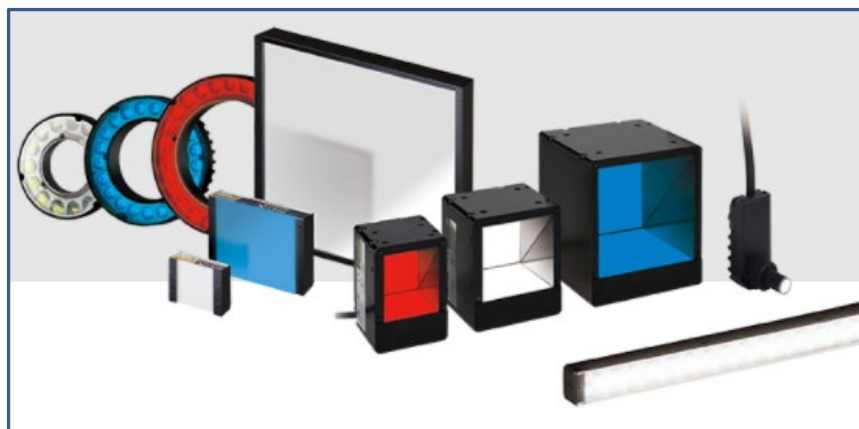
画像センサのタイプ



＜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。



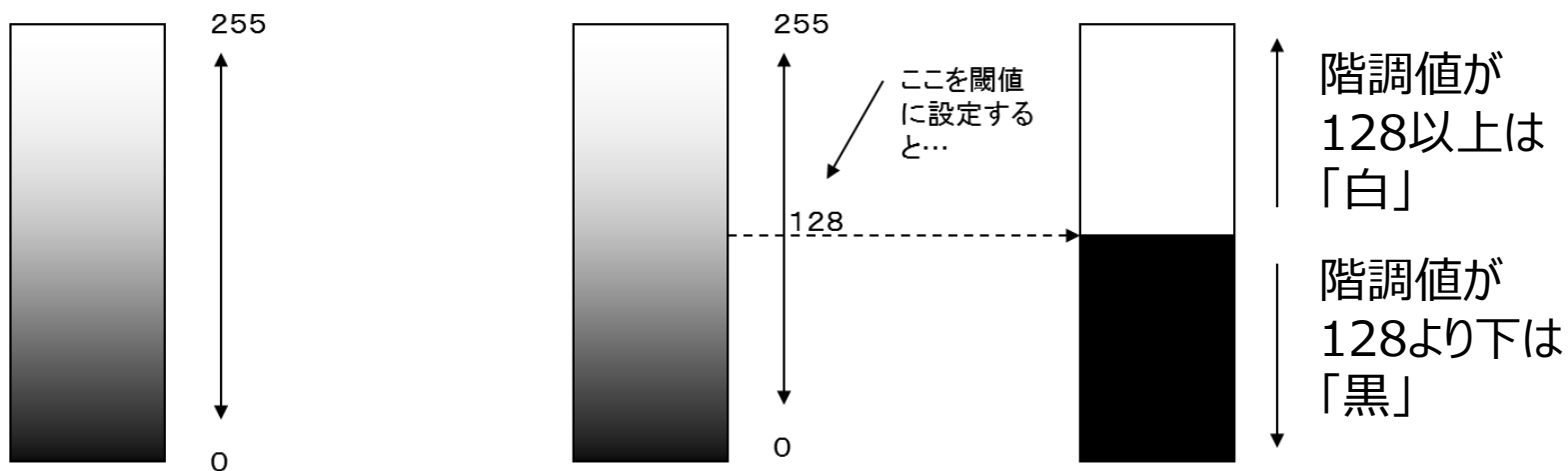
基本的な画像処理

基本的な画像処理～二値化処理～

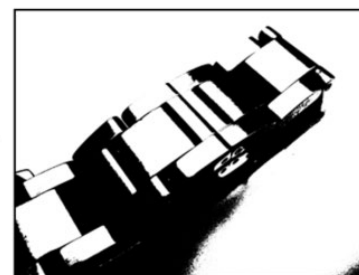
＜モノクロ画像の場合＞

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。



元画像



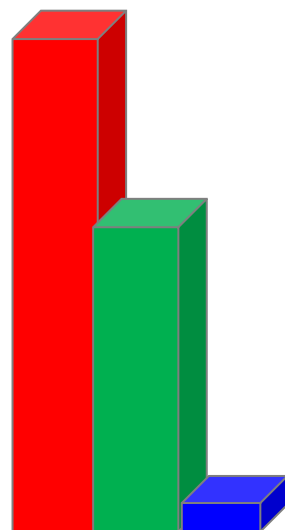
処理画像

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



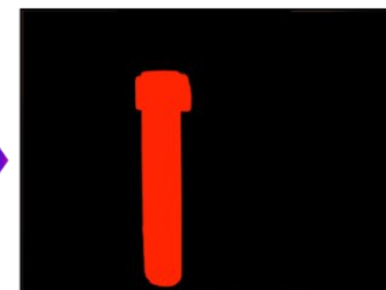
二値化画像



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～

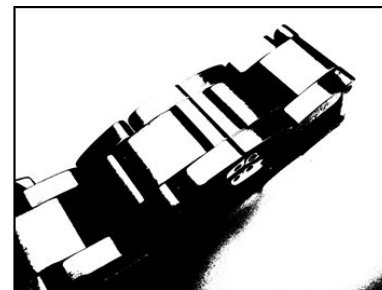
二値化処理とは違い、撮影した画像を多階調で処理するのが「濃淡処理」
（「グレースケール処理」と表現する場合もある）です。

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

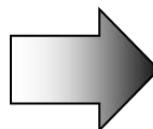


処理画像

濃淡処理



元画像



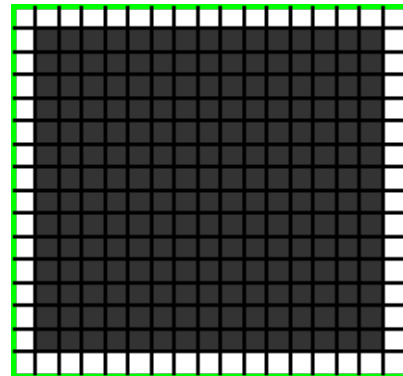
処理画像



基本的な計測処理

基本的な計測処理～面積計測①～

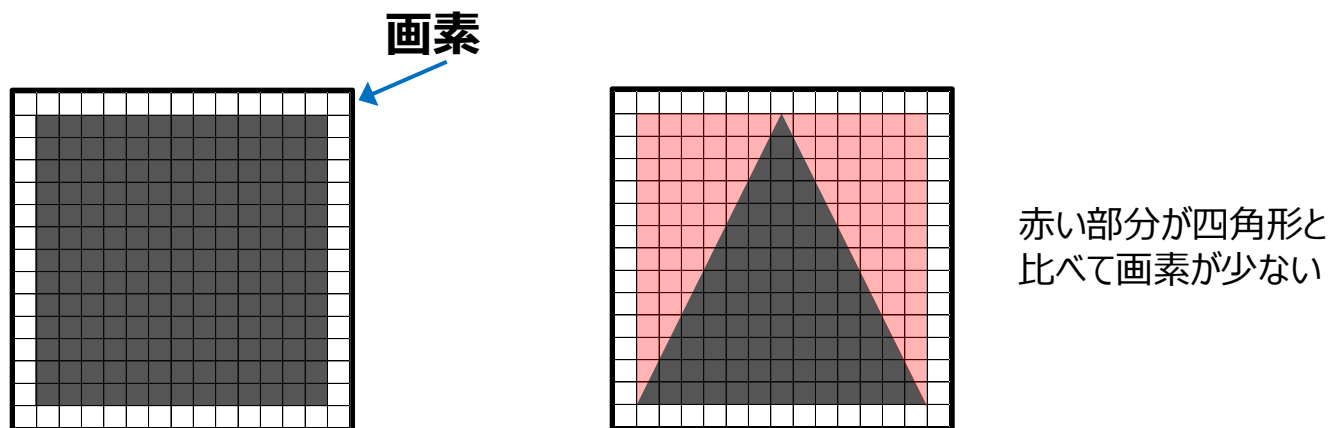
「画像センサの基本」で説明しましたように、画像センサは人間とは異なった認識の仕方を行います。例えば、下のような四角形と三角形の判別を行う場合、画像センサではどのように行うのでしょうか？



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。



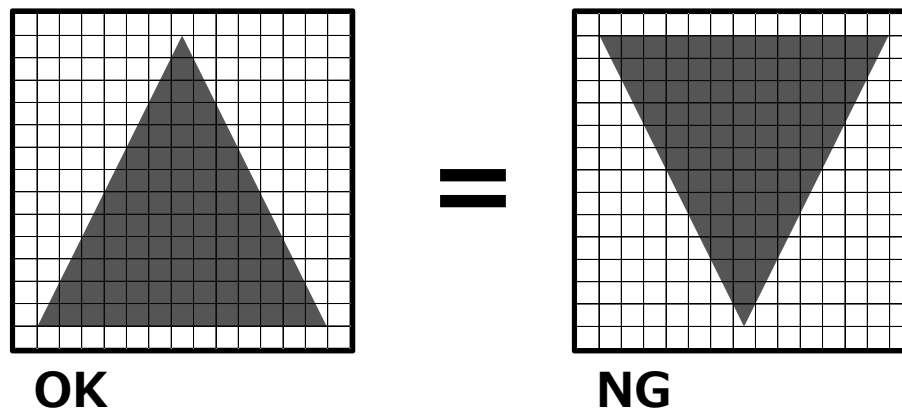
計測対象となる画素の数が違う

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>



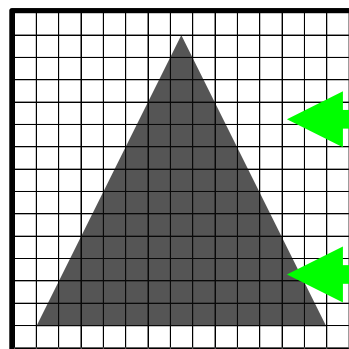
面積量としては同一なので区別できない

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。

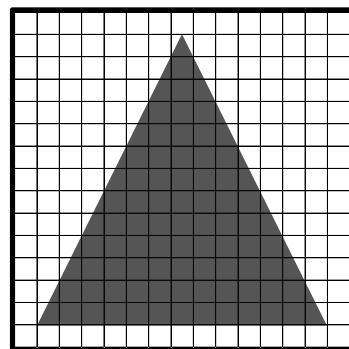
基本的な計測処理～パターンマッチング～

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>

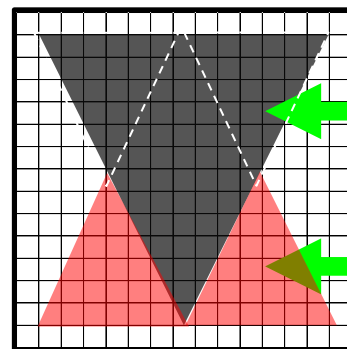


OK



≠

NG



白だったところが
黒くなった

黒だったところが
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。

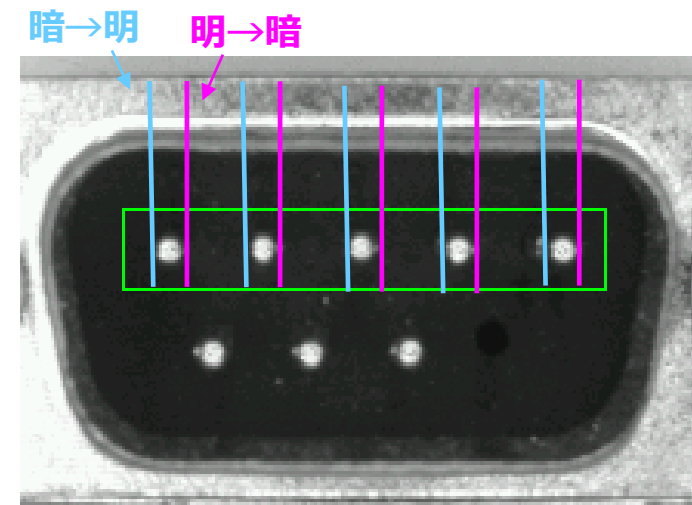


このピンの本数を検査したい

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。

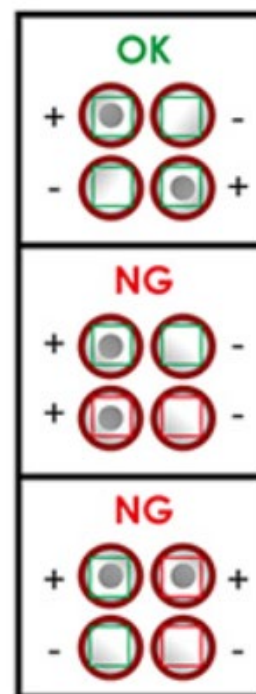
弊社文字認識用画像センサMVS-OCR2の検査画面



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



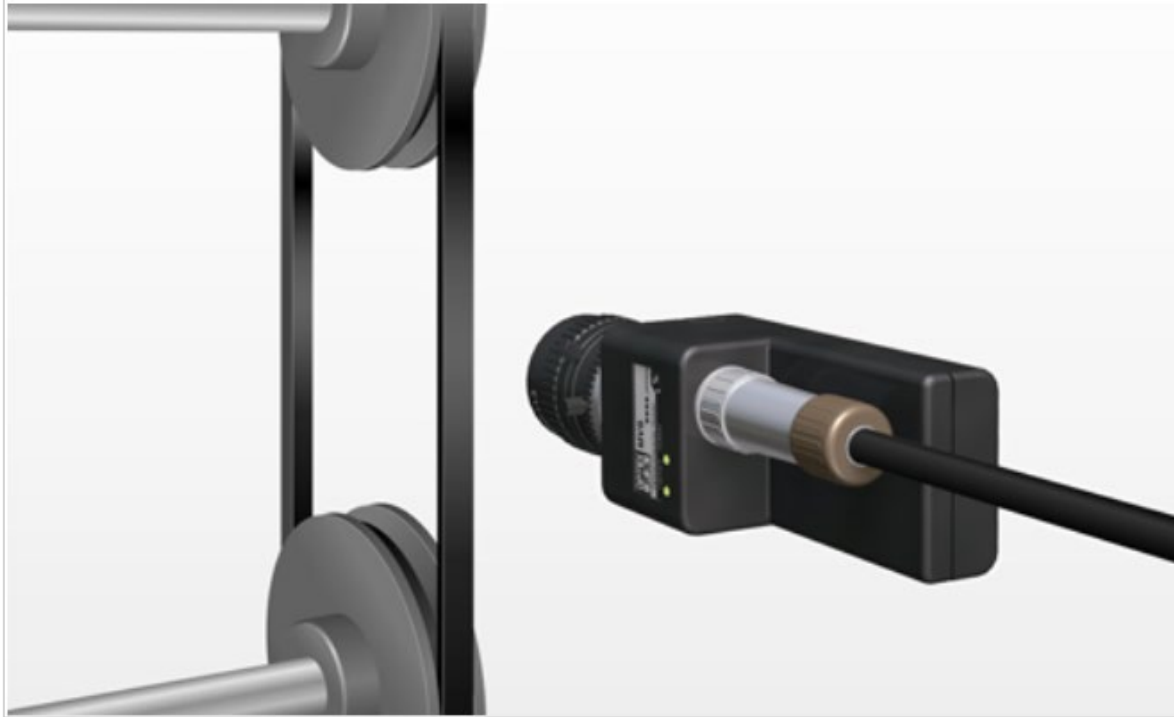
こちらのアプリケーションではデジタル表示機器の表示の抜け・欠けを検査しています。

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**で検査することでも対応できます。

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	カメラは使い方が難しい印象があります。使用方法について講習などしてもらえるのでしょうか。	ご導入時の動作レクチャーや、事前の講習会を実施させていただきますので、ご遠慮なくご相談ください。 また当社製品には、セットアップ機能が搭載されており、映り方を確認して⇒検査したい部分を囲んで⇒検査したい内容を選ぶという3ステップでカメラが検査したい内容をセットしてくれるような製品をご用意しております。
2	IP67ならカメラを水洗いしても構いませんか？	IP67＝防水防塵構造となっていますが、IP67という規格が、水深 1 mに30分沈めても大丈夫という規格となります。 ホースで勢いよく水をかけたり、高圧洗浄することは避けてください。 特にケーブルコネクタ部に勢いよく水を掛けることは避けて頂くようお願いします。
3	光沢のあるアルミ蒸着フィルム上の印字検査も可能ですか？	偏光フィルタを使用することで反射を抑えることが可能です（機種によっては標準装備のものもございます） また光沢の強いアルミ蒸着フィルムの場合は、専用の照明機器を弊社で用意しておりますので、それらの機器を組み合わせたご提案をさせていただきます。
4	メンテナンスはどのようにすればよいでしょうか	「アルコールで拭いてよいか」などのご質問をよくいただきますが、レンズ表面のコーティングに影響を与える可能性がありますので、絶対に避けてください。基本的にはやわらかい乾いた布で拭いていただくようにお願いします。 付着物などの汚れが落ちにくい場合は水で薄めた薄い中性洗剤で優しく拭いた後、やわらかい乾いた布で拭いていただければと思います。
5	メンテナンス頻度はどのようにしましょうか。	お客様のご使用環境によって変わりますので具体的な頻度をご提示するのはむずかしいのですが、 レンズ面に汚れ・水滴の跡が見られる場合は、基本的にはやわらかい乾いた布で拭いていただくようにお願いします。 汚れが落ちにくい場合は水で薄めた薄い中性洗剤で優しく拭いた後、やわらかい乾いた布で拭いていただければと思います。 その他粉塵などの堆積が見られる場合は、エアガン・ブロアなどで除去してください。
6	濃淡、二値化などのような物を選べばいいかという判断基準はありますか。	ご案件の内容によって必要になる処理が変わります。 ご判断に迷われる際は弊社で事前の検証を承っておりますので、ご相談いただければと思います。
7	照明は基本的に専用のものをつける必要がありますか？	照明を内蔵している機器もございますが、豊富なオプションの照明機器もご用意しておりますのでお気軽にご相談ください。
8	照度が低下しているなどを検知することはできるのでしょうか。無人ラインで適切な検査ができていないのに良品になるということがありました。	画像センサの機能で、画面の映り方を常時検知しながら、映り方が変わるとそれをもとにNG判定を行うことが可能な場合があります。 また当社の照明確認用センサ（照明モニタリングセンサ）がございます。 照明の輝度をモニタリングして一定以上の明るさを下回ると警報出力を出すことが可能です。

9	限度見本はどの程度準備すれば良いでしょうか。	<p>案件によって変わりますが、よく依頼させていただくのは、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「必ずこれはNG判定にならないと困る」サンプル ・「これが検査できれば満足できる」サンプル ・「これが検査できれば言うことない」サンプル <p>のように難易度ごとに3パターンほど、それぞれ5点～10点ずつをご用意いただければ、現場での利用に即したご提案が可能になります。</p>
10	カラータイプの照明を使うのはどういった対象を検品したい場合でしょうか？	<p>検査対象の色のバリエーションが多い時です。</p> <p>例えば樹脂成型品など色バリエーションが多い製品などを検査される場合は、カメラ側の処理で対応することも可能ですが、色に適した照明機器を使うことで、より安定した検査が可能になります。</p>
11	濃淡処理の説明をされていた際に、「濃淡処理で傷が見える様になります。」とご説明いただいたと思うのですが、拝見した画像には傷が見受けられなかった様な気がします。傷がある画像だったのでしょうか。	<p>仰る通り、テキスト内の画像の方には実際には傷はありませんでしたが、例としてご説明させていただきました。</p> <p>ご興味がある場合は、傷のあるサンプル、傷のないサンプルがどう見えるか、キズをどう検出できるかをご説明させていただきますので、お気軽にご相談ください。</p>
12	画像センサーは寸法測定する場合の精度がどれぐらいでしょうか	<p>イメージセンサの解像度（画素数）と映す範囲（視野）で求められる「画素分解能」という数字で判断することになります。</p> <p>より細かい検査を行いたい場合、画素数の多いイメージセンサを使ったカメラと検査範囲を絞り込むことで実現可能になります。</p> <p>高い精度はそんなに求めないがスピードが優先という場合は、画素がそれほど多くないカメラとそれほど広くない視野のレンズを組み合わせさせていただく形になります。</p>
13	動作している被写体を撮像する場合、照明、カメラの選定に注意する必要はありますか？	<p>シャッタースピードに注意してください。</p> <p>検査対象の動くスピードに対応するシャッタースピードのカメラを使わないと、画像がぶれてしまいます。</p> <p>またシャッタースピードが早くなると画像がどうしても暗くなるので、それを補うことができる明るい照明が必要になります。</p>
14	予備品は絶対持った方が良い物ありますか。	<p>「コンソール」と呼ばれるリモコン状の操作ユニットを使われている機器の場合は、ボタンがゆるくなってきたり、ユニットを落としてしまって動作がうまくいかなることあがるので、予備品として持っていただいてもよいと思います。</p> <p>また現場の状況によっては、表面に異物であったり薬剤が付着することがあるので、レンズもお持ちになってもいいかと思います。</p>
15	照明やカメラにフィルターを設けることもありますか。設ける判断をした実績を知りたいです。	<p>反射を抑えるためのフィルタとして「偏光フィルタ」があり、比較的頻度が高く利用されます。</p> <p>またミスト状のものがかかったり、粉塵が舞うような環境である場合は、レンズ表面の付着、固着の事例があるので、レンズ前面にガラスを使ったフィルタを使用いただく場合があります。ガラスNGの現場の場合は、樹脂フィルタのメーカー様をご紹介させていただきます。具体的な事例につきましては、営業担当よりご紹介させていただきます。</p>
16	カラーカメラのご説明があった際に補色フィルタについて案内がありましたが、最近のカラーカメラは基本的に原色フィルタ（RGB）と補色フィルタ（CMYG）どちらも入っているものが標準なのでしょうか。	<p>色の再現性が優れているところから、RGBの原色フィルタが多いと思います。</p> <p>イメージセンサから後の映像処理でも、カメラの方で色補正処理を行う機種があり、そういった場合は補色フィルタを使って電子的に色の補完を行うという事例もあるようです。</p>

17	1枚の画像の容量はどの程度でしょうか。	使われるカメラによって変わります。
18	画像処理は製造部で行う際には何に注意すれば良いでしょうか	<p>画像センサのご導入にあたっては、必ず以下の点にご注意の上で事前に弊社営業マンにご相談をお願いします。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・良否判定の基準となるサンプルのご用意。 ・現場環境の確認（営業マンがお伺いして確認させていただきます） ・接続される外部機器（搬送機器や加工機、包装機など）の情報。 ・期待される運用形態。
19	限度見本が変更した際に新たな設定を設けないといけないとなるとご対応頂けたりするのでしょうか。	<p>検査条件の変更や検査対象品の追加については、必ず事前にご相談ください（検査カメラの性能・仕様上対応できない場合があります）</p> <p>設定作業のご依頼については有償での対応となる場合がありますので、事前に営業へのお問い合わせをお願いします。</p>
20	検査項目を増やすとコンソールの処理が遅くなると思います。その際に設備の運転速度とも調整必要かと思うのですが、製造部で行うことができるレベルの話なのでしょうか。	<p>処理項目の増加によって、処理時間も増加する場合は、検査タクト（間隔）を広げるなどの対策がございますが、設定・調整などで処理時間の増加を抑えることができる場合もございますので、まずは営業窓口までご相談頂ければと思います。</p>
21	メッキ品のメッキの写りのバラツキでカメラ検査が安定しないのですが、メッキ品を検査するカメラはカラーカメラの方が安定するのでしょうか。またメッキのバラツキに強い照明等はあるのでしょうか。	<p>メッキ品の場合、対象ワークの形状などによっても光沢・陰影の分布のバラつきが生じますので、ドーム照明などで全方向からの照明照射が必要となる場合があります。</p>
22	撮影した画像をクラウドに送る際にネットワークセキュリティーはどのような物を使用していますか。または有線でのPC取込メインでしょうか。	<p>画像転送についてはFTP転送及びファイル共有に対応しています。</p> <p>FTP（FTPS、SFTP非対応）及びファイル共有共に弊社機器側でのセキュリティ機能は有しておりませんので、上位側機器でのご対応をお願いします。</p>
23	画像処理ソフトは機器専用のものがついてくるのでしょうか？	製品ごとに内蔵されております。
24	カメラ1台に対して画像処理機は1つなののでしょうか。複数カメラを導入する場合、どのような構成となるのでしょうか。	<p>弊社製品ですと、1コントローラに3カメラ接続のものや、Ethernet接続で16台（弊社専用モニタでの構成の場合）など、機種によって異なります。</p>