



画像処理における

# 光学系のお話し

## はじめに

画像処理システムを導入する上では、画像処理装置あるいは画像処理ボードの性能や機能も重要ですが、それ以上に光学系の選択や設置が重要な要素になります。

「画像の品質が良くないから前処理(画質改善処理)を高速に行える高機能なグレー画像処理装置を導入しよう」などと思う前に、ワークを撮像するまでの光学系をもう一度見直してみてください。照明装置を別のものにしたら、レンズを変えてみたら、あるいは光学フィルタを付けてみるだけでも画質が改善され、安価な2値画像マシンでも十分事足りるかもしれません。

また前処理(画質改善処理)を行うということは、生の情報をデフォルメすることであり、言い換えれば生の情報を失うという事にもなります。その意味で前処理(画質改善処理)はリスクも伴います。取り込んだ生画像そのまま検査・認識・計測が出来れば処理を単純化でき、そのぶん高速化され、プログラミング工数も減少し、安価な装置で済むことによりローコスト化も実現できることになります。

この資料は光学系(照明装置、レンズ、フィルタ)の基礎中の基礎を記述したものであり、決して詳細な内容ではありません。良い画像を得るためのヒント的な内容です。詳細内容や最新情報を得たい場合は照明メーカー、レンズメーカー等より資料を取り寄せることをお勧めします。

## 照明のお話し

人間が見て美しい画像なら、それは画像処理に適した画像である、というものではありません。画像処理の目的に合った画像を作ることこそが大切です。それには照明が重要な役割をはたします。ここではその照明について簡単に説明しておきます。

### 考慮すること

画像処理用照明を考える場合、下記の要点を押さえておくと良いでしょう。

#### **明るさが適切であること**

カメラの CCD 素子感度に十分な光量を与えることはもちろんですが、単に明るければ良いという訳ではありません。画像処理対象部分と背景の濃淡差をはっきりさせることなどが重要です。

#### **外乱光の影響を遮ること**

例えば日によって時間によって明るさが変わるのは良くありません。外乱光を完全に遮蔽するか、それが無理なら照明光量を増やして外乱光の影響を小さくする必要があります。

#### **安定した光源であること**

例えば時と場合によって光源位置や強さが変わるのは良くありません。特に蛍光灯などは温度による輝度変化が著しいので注意してください。

#### **目的にあった照明方法であること**

画像処理で何をしたいのか、その目的があるはずですが、それを達成するのに必要十分な情報が画像上に残されていれば良いのです。例えば傷を見たいのなら、傷が白くクッキリと映っていれば傷以外の部分は真っ暗画像でも構わないのです。

#### **出来るだけ均一な照明状態を作ること**

例えば明暗ムラ(シェーディングと言います)や局所的に真っ白にとんでしまうような反射(ハレーションと言います)は出来るだけ無いようにしてください。

## 照明光源の種類

光源の違いは主に波長や明るさの違いになります。

### ハロゲンランプ

使用中の明るさや色温度の変化がほとんどありません。そのような特徴から画像処理では最も多く使用されている光源の一つです。小さい光源で白色に近く、高効率・高色温度・長寿命であると言われていています。ファイバーガイドを使って照明を当てるものが多く、このようなものは殆どが熱線を含んでいない冷光照明となっており、このことも画像処理に適しています。

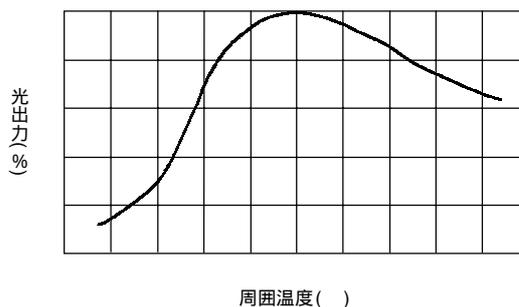
### LED

半導体製造工場などでよく使用されている光源です。ハロゲンより寿命が長いと言われ、熱も低いので光源側に冷却ファンが要りません。一般的に輝度は暗く、また赤色が多いのですが近年は高輝度のものも出回っており、白色や青色などもあります。

### 蛍光灯

蛍光灯が世の中に出回り始めた頃の謳い文句が「影の出来ない照明」でした。つまり拡散照明の働きをします。リング形状や様々なワット数のものが安価に手に入りますが、温度による輝度変化が著しいという弱点もあります。また交流電源周波数の周期で点灯しているので画像処理では一般に高周波点灯(10KHz以上)のものを使います。

周囲温度に対する光出力の変化(参考)



### タングステンランプ

俗に言う白熱電球です。形状、ワット数など種類が豊富で低コストで手に入れます。交流点灯だと照明変動が生じるので、画像処理では直流安定化電源を使うのが一般的です。

### メタルハライド

ハロゲンより低輝度ですが、ほぼ太陽光と同じ色の光が得られます。

### キセノンランプ

ハロゲンより高輝度で、画像処理の分野ではストロボの光源に使われることが多いようです。

### ブラックライト

紫外線照明のことです。感光剤を白く浮き立たせるだけでなく、紫外線を高反射する金属と、低反射の金属などがありますので、それらの性質を利用して画像上に濃淡差をつけ

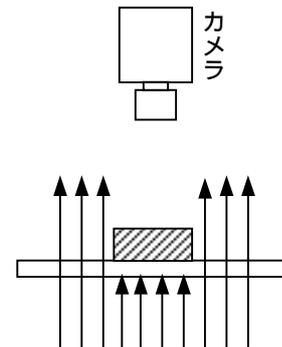
ることが出来ます。

## 照明方法

照明方法を大きく分けると透過照明と反射照明の二つになります。その二つを組み合わせると複合照明などと言います。

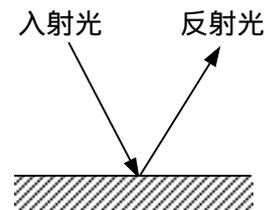
### 1. 透過照明

バックライトとも言います。通常は拡散板(例えば乳白色の樹脂板)などを利用した面照明を使います。被写体物の背面から光を照射し、シルエットを見る方法で、ワークの輪郭(エッジ)が綺麗に画像化できます。またワークが透過性を持っていれば内部構造(例えば液晶カラーフィルターの色など)が映し出されます。透過照明は2値画像処理に最適で、輪郭形状検査や寸法計測などがやり易くなります。



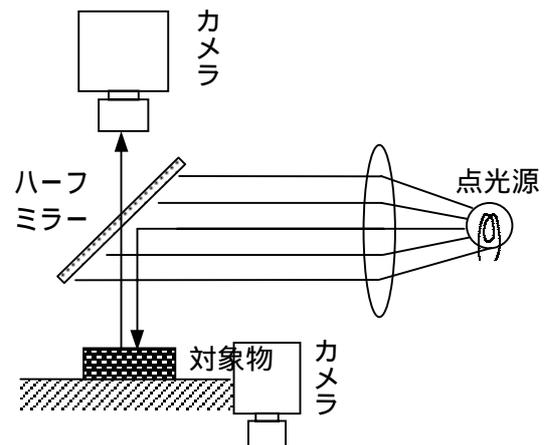
### 2. 反射照明

被写体物に光を当てて、その反射光を見る最も一般的な方法です。その当て方や、発光面形状には様々なものがあります。



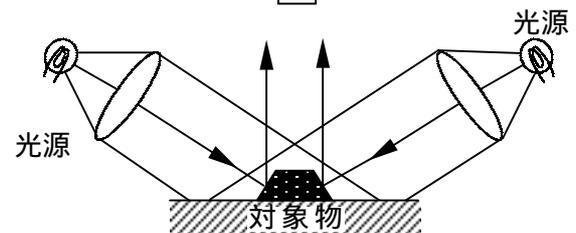
#### (1) 同軸落射照明

明視野照明とも言います。カメラの撮像面と同じ方向から照射する方法で、実際にはカメラと被写体の間にハーフミラーを入れて実現します。シリコンウェハやLCDパネルなど特に鏡面ワークの凸凹を見る場合に効果があります。



#### (2) 斜光照明

暗視野照明とも言います。光を斜めから当てる方法で、反射率の低い対象ワークに用いたり、表面の(反射率の高いものも含め)凸凹を検出する場合に適用されます。リング型照明、ライン型照明、ファイバー照明など様々な発光面形状のものがあり、最も一般的な照明方法です。



### リング照明

発光面がリング状になったもので、様々な発光角度のものが用意されています。

(右の写真は日本ピーアイ(株)様の例)



### ライン照明

発光面がライン状になったもので、ラインセンサカメラによく使用されます。

(右の写真は日本ピーアイ(株)様の例)



### ファイバー照明

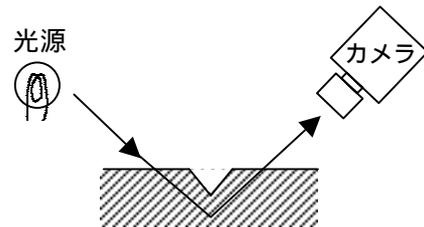
ストレート照明、スポット照明とも呼ばれている点照射のもの。同軸落射用のライトガイドとしても用いられています。

(右の写真は日本ピーアイ(株)様の例)



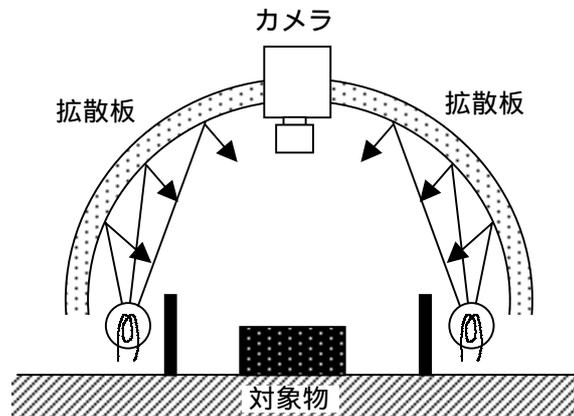
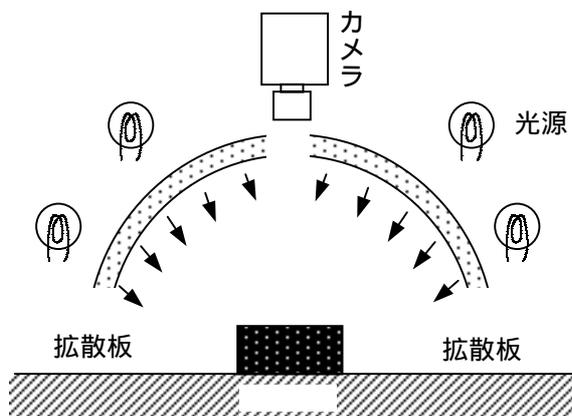
### (3)正反射照明

光を当てる物体が鏡面だと入射角に等しい反射角で光が反射されます。これが正反射です。面の凸凹を影でとらえる時などに利用します。

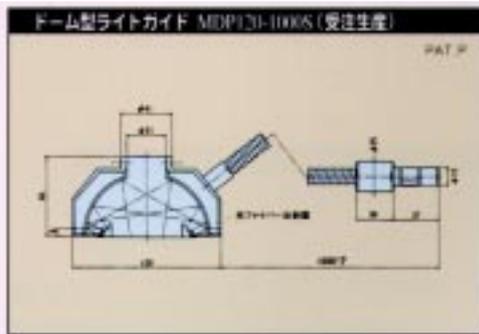


### (4)拡散照明

一様照明とも言います。遠くから蛍光灯を当てるのが簡単な方法ですが製造ラインへの導入には不向きです。そこでリング照明に拡散アダプターを取り付けたり、一度何かに反射させて拡散させたりします。出来るだけ影を作らない照明としてドーム型ライトが有名です。球体、R形状ワーク、半田部分などを見る場合に適しています。

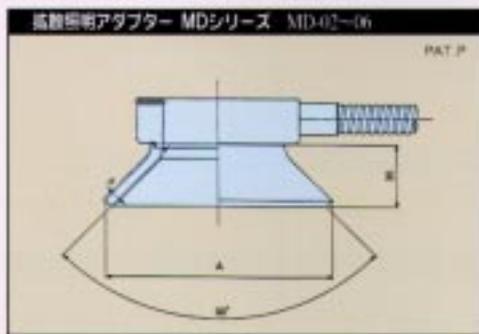


拡散照明の具体例(下の写真及び図面は(株)モリテックス様の例)



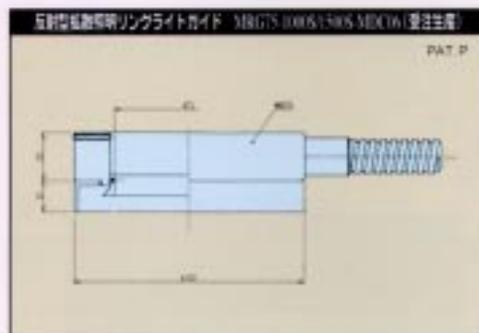
※小型タイプ(外径φ54、φ80の2種)も製作可能です。

ドーム内下部の内側向き360°からのファイバー射出光をドーム面で反射させることでワーク面に均一な照明を与えられる壁掛け照明です。照明によるハレーション等でお困りの場合にご使用下さい。



品名	A	標準リングライト
MD-02	101	MR031-
MD-03	121	MR048-
MD-04	135	MR053-
MD-05	126	MR061-
MD-06	140	MR075-

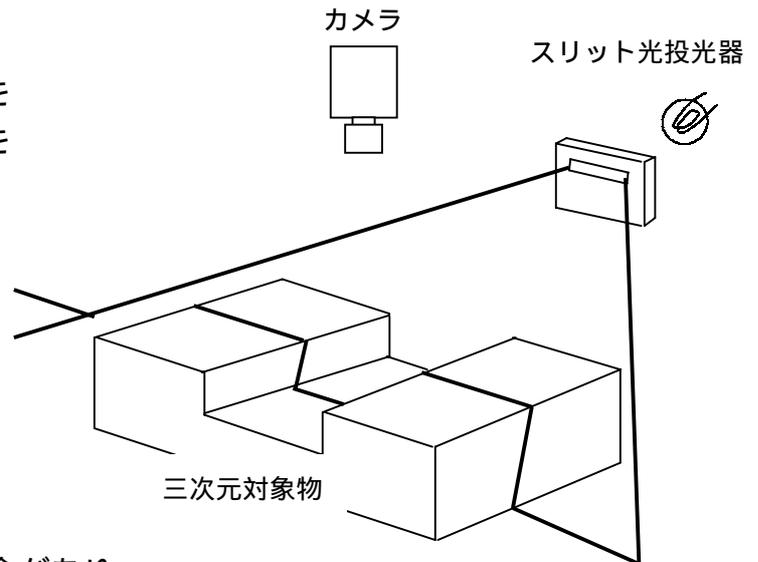
標準リングライトガイドに拡散照明アダプター(MDシリーズ)を取り付ける事により、円錐状のアダプター内側全面が発光し、均一でムラが少ない拡散照明が得られます。



リングファイバーから射出した光が、反射リングにより外側に反射し、さらに反射フード内側で反射・拡散し照射されます。レーザーマーカー文字認識等に最適です。

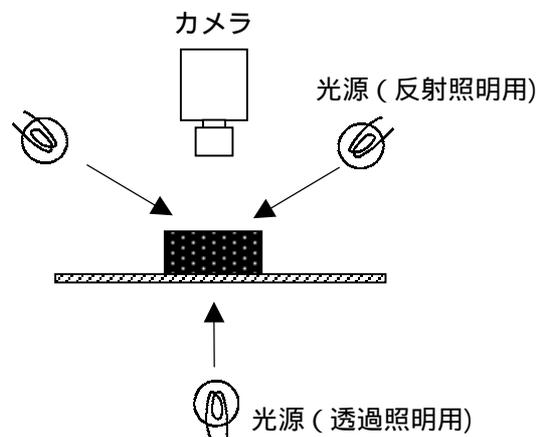
### (5)スリット光照明

線状の光で、光切断(三次元計測)用として使われたりします。スリット光を出す集光レンズを使ったり、レーザーを使って実現します。



### 3.複合照明

単一照明では良い画像が撮れない場合がありますので、目的に応じて照明方法をいくつか組み合わせることも必要です。例えば透過と反射を同時に併用すれば輪郭と表面部分を同時に見ることができます。

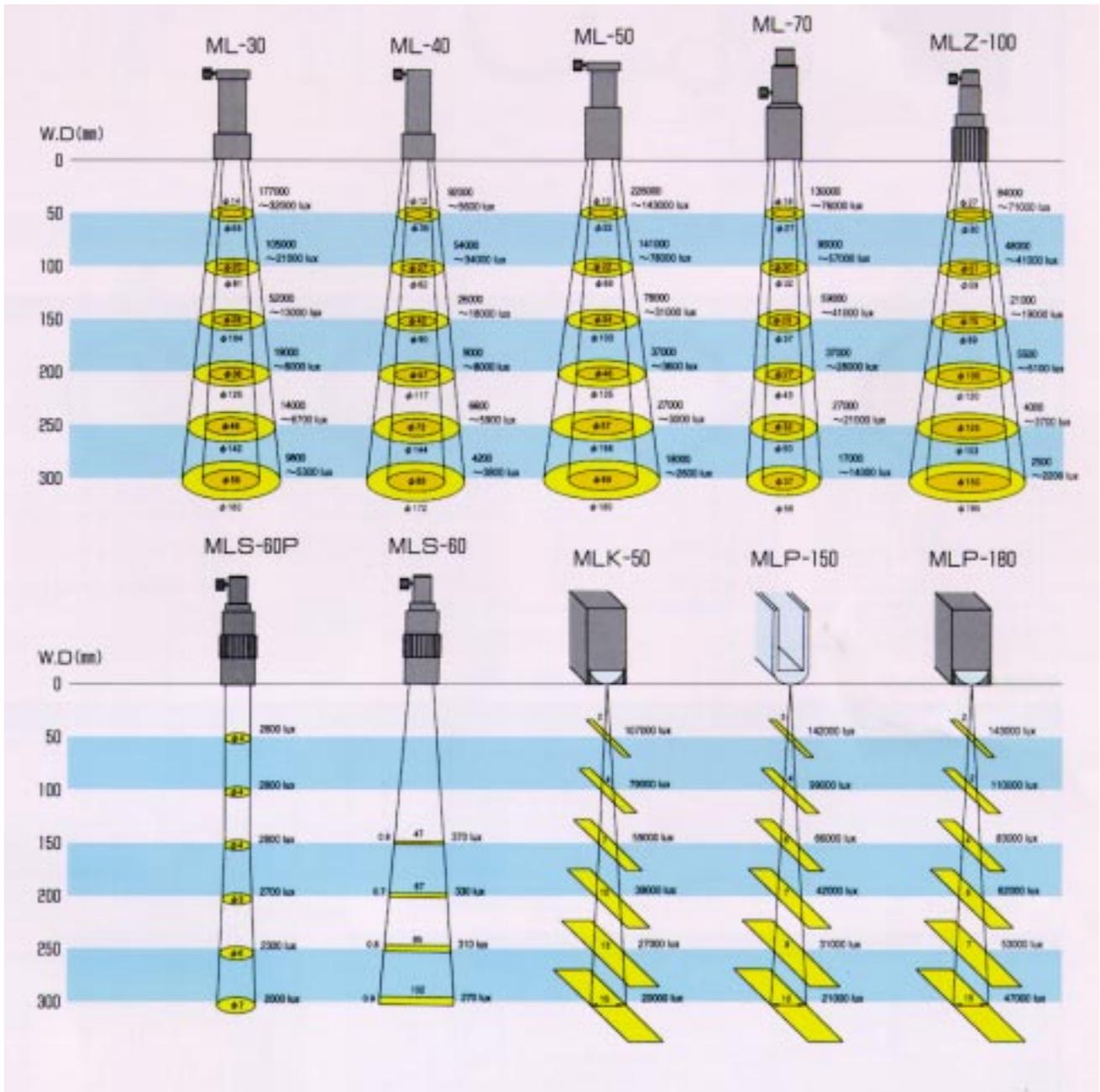


## アクセサリ

### 集光レンズ

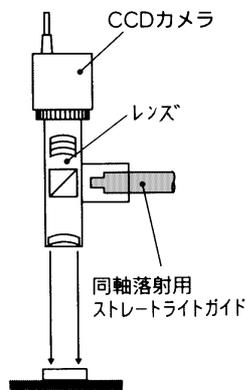
ファイバー照明は発光部が点になっているだけで、光そのものは広がって進みます。それを広がらないようにするのが集光レンズです。一般に知られているものは照射形状が円形、長方形になるものです。

集光レンズ照度特性及び照射範囲(下図は株式会社モリテックス様の例)



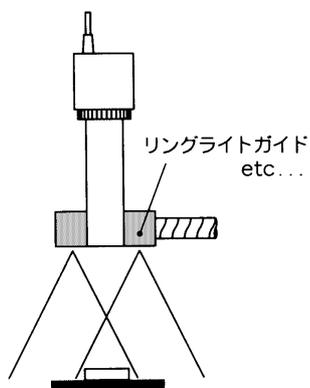
# 被写体(ワーク)とそれに適した照明

(株)モリテックス様の資料より抜粋)



**同軸落射照明**  
(明視野照明)

ICパターン  
シリコンウェハー  
ハードディスク  
LCDパネル  
カラーフィルター  
その他の鏡面ワーク



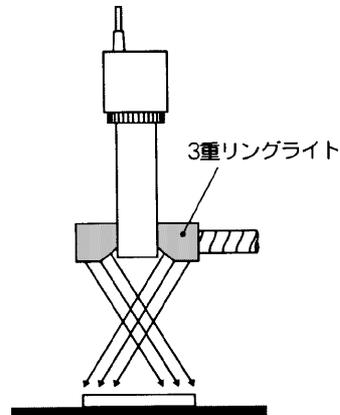
**斜光照明**  
(暗視野照明)

基板上のマーク  
キズ、エッジ  
凸物検査  
半田、各部品  
その他非鏡面ワーク



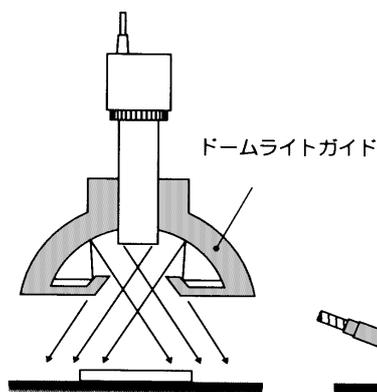
**透過照明**  
(バックライト)

ICリード形状、ピッチ  
基板スルーホール  
LCD基板電極  
その他透明体



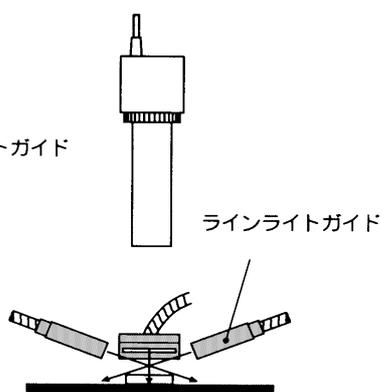
**多角度照明**

実装基板の半田部  
R面、球面  
ピン先  
その他異形物



**ドーム照明**

球体、R状ワーク  
パッケージ物  
実装基板半田部



**4方向or2方向ライン照明**

IC文字(レーザーマーク)  
BGA  
ラッピング後の印刷物  
(CD)

# 資料

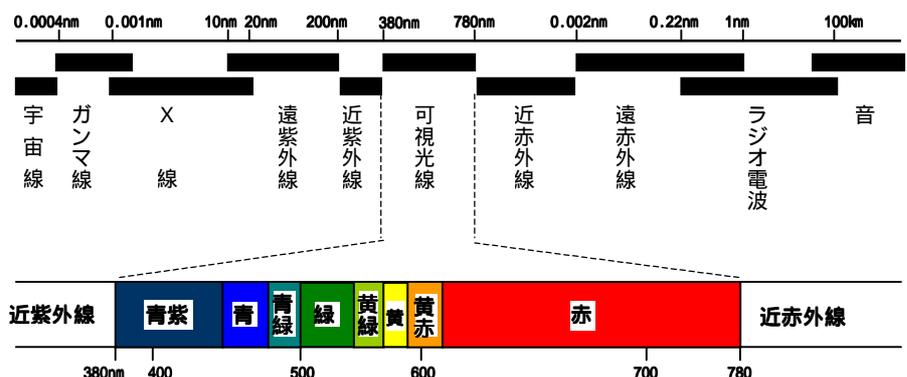
## 用語解説

名称	記号	意	味
光束	$\lambda m$ (ルーメン)	ランプから放射される光の量を表します。	
光度	$cd$ (カンデラ)	光の強さ(ある方向の単位立体角内に放射される光の量)を表します。	
照度	$lx$ (ルクス)	単位面積当りの光の量(光束)を表し、その場所の明るさを表します。照明の基本となるもので、照度規準として JIS 規格が制定されています。	
輝度	$cd/m^2, nt$ (カンデラ/平方メートル) (ニト)	ある方向から見た物の輝き(単位正射面積よりある方向に向かう光の強さ)を表します。照度が単位面積当たりどれだけの光が到達しているのかを表すのに対し、輝度はその結果ある方向から見たときどれだけ明るく見えるかを表します。	
色温度	$k$ (ケルビン)	ランプの光色を決定する特性で色温度が高ければ青白い光色、低ければ赤味がかった光色となります。	
演色度		ランプで照明された物の色を実際にどう見せるかという性能を演色性といいます。	
平均演色評価数	$Ra$	色の再現性の忠実度を表した指数です。この数値が 100 に近いほど、色がより自然に見えますが、実用上 80%以上であれば満足されるものだと言われます。(JIS)	
定格消費電力 定格ランプ電力	$W$ (ワット)	ランプに表示されたり、カタログなどで公表されているランプの消費電力。	
(ランプの)効率	$\lambda m/W$ (ルーメンワット)	ランプの全光束をその消費電力(ランプ電力)で割った値。	
寿命	$h$ (時間)	ランプが点灯しなくなるまでの時間、あるいは明るさが最初の値(100 時間点灯後)の 70% (一部品種 60%) に低下するまでの時期のいずれか短い方を測定した際の平均値。	
定格寿命	$h$ (時間)	規定の試験条件で得た多数のランプの寿命の平均値でカタログなどで公表されている寿命。	
配光曲線		光源から出ている光がどの方向にどれだけの強さで出ているかを表したもの。	
ビーム角 (ビームの開き)		集光の程度を表すのに用いる定義で、中心光度(最大光度)の 1/2 の光度(あるいは、1/10 の光度)になる左右 2 点と光中心を結ぶ角度のこと。	
ビーム光束	$\lambda m$ (ルーメン)	ビーム角内の光束のこと。	

## スペクトル(分光)

自然光をプリズムを通してスクリーンに当てると、波長の短い方から、青紫・青・青緑・黄緑・黄・黄赤・赤などの色をもった光に分かれ、虹のような縞模様として見る事ができます。この縞模様は、光(可視光線)のスペクトル(分光)といい、可視光線の成分を表わすものです。

電磁波の波長と光(可視光線)のスペクトル



nm は波長の単位で、ナノメートルと読みます。1nm =  $10^{-9}$  m

# レンズのお話し

## レンズの選択

選択するレンズによって視野角、被写界深度、明るさなどが異なってきます。ワークの大きさ、分解能、設置条件などを考慮して選択してください。

### 視野サイズからの選択

単にワークを大きく写すか、小さく写すかという問題だけではなく、精度という面で1画素が何mmに、あるいは何 $\mu$ に相当するかという分解能に対する考慮が必要です。視野サイズを決めることは分解能を決めることと同じことです。

### 物理的制約からの選択

レンズやそれを取り付けるカメラはシステム構成の一要素ですから周辺装置との干渉や、照明系との干渉に対する考慮が必要です。特に極小ワークを見る場合は使用できるレンズが顕微鏡系になるなど制限がでてきます。

### 被写界深度による選択

距離の異なる背景に邪魔されなくなかったら浅いものが良いでしょうし、そうでない場合は深いものの方が良いでしょう。このようにピントの合う範囲に対する考慮も必要です。

### レンズ性能による選択

焦点距離、被写界深度、F値など基本的性能の他に収差やゴースト像への考慮も本当は必要です。収差と言っても色収差の他にザイデルが解析した5収差(歪曲収差、像面湾曲、非点収差、コマ収差、球面収差)などがあります。しかしこれらは被写体距離や絞りによっても変化しますし、またカタログに記載されている訳ではないので判断が付きません。言えることはメジャーなレンズメーカーから出ている、そこそこの価格のレンズを使っていればそれほど問題にはならないでしょう。レンズよりカメラ側CCD素子の解像度の方が悪かったりしますので。とにかく安価なレンズや怪しいレンズには飛びつかない方が無難です。また監視用、画像処理用と明記されていれば画像処理用を選んでください。

## レンズの種類

### **CCTV レンズ**

TV用レンズとして最も一般的なレンズです。旭精密株のコズミカレンズなどが良く知られています。比較的安価で種類も豊富です。

### **マクロレンズ**

近接撮影を目的に設計されたレンズです。通常のレンズは比較的距離が離れたものを撮るという前提で無限遠物体に対して収差補正が行われるようになっていますが、マクロレンズは近接物体に対しての方が有利になっています。

### **ズームレンズ**

焦点距離が可変のレンズです。倍率、視野サイズなどが容易に変えられますが、解像度や収差は一般に悪いと言われています。

### **顕微鏡レンズ**

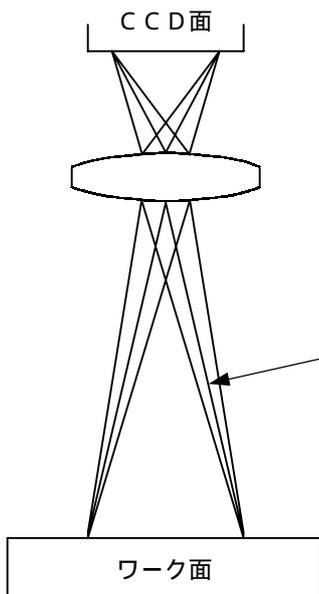
マイクロスコープレンズやマクロスコープレンズと言ったり、鏡筒レンズ(形が筒状で中にミラーが入っていたりするため)と言ったり呼称は様々です。微細なワークを撮像する際に最も多く利用されているレンズです。

### **テレセントリックレンズ**

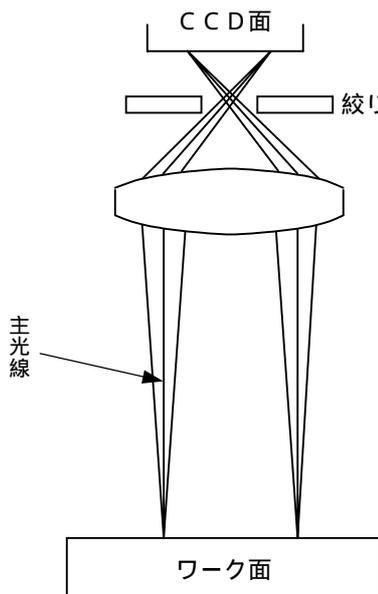
主光線が光軸に平行であるため、物体が光軸方向に移動しても像の大きさが変わらないレンズです。CCD面からの距離が違うもの同士、複数の筒状あるいは棒状のワークを同時に見る場合などに適しています。(次ページに光線図を、更に次のページに効果図を載せています)

テレセントリック光学系 (株モリテックス様の資料より)

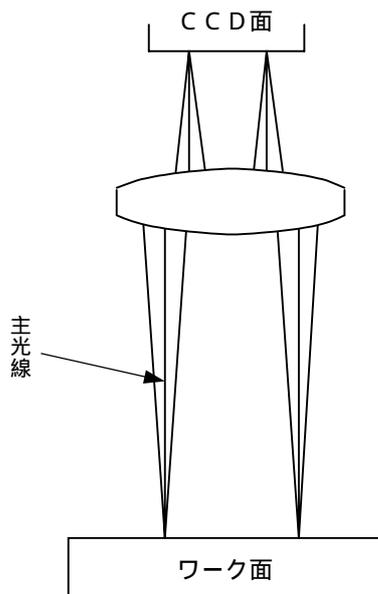
一般のレンズ



物体側テレセントリック



両側テレセントリック



メリット

小型化出来る  
レンズ枚数が少ない為、  
低コスト

デメリット

ワーク面が上下すると  
ワークの大きさ変動がある。  
または、位置が変わる。

メリット

ワーク面が上下してもワー  
クの大きさが変わらない。  
又、位置も変わらない。  
同軸落射照明を使用する  
際、小型化できる。

デメリット

同軸落射照明を使用しない  
場合は、一般レンズより大  
きい。

メリット

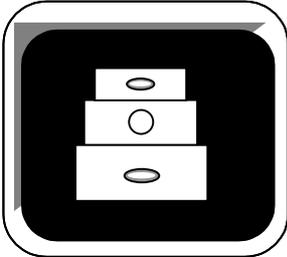
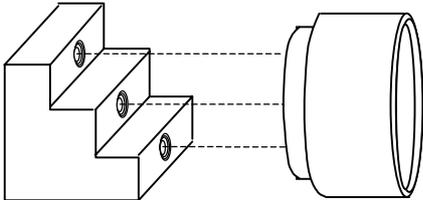
左記と同様だが、カメラフ  
ランジバック寸法が大きく  
バラツク時に精度が向上す  
る。

デメリット

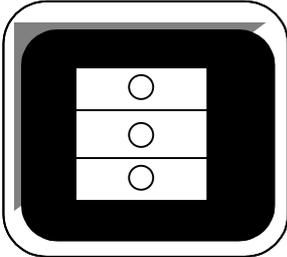
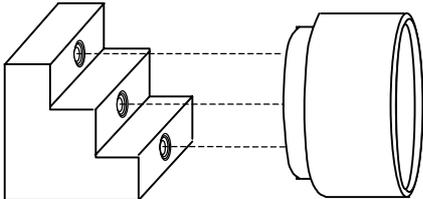
左記同様。  
但し、左記よりコスト高  
になる。

テレセントリックレンズの効果 (メレスグリオ様様の資料より)

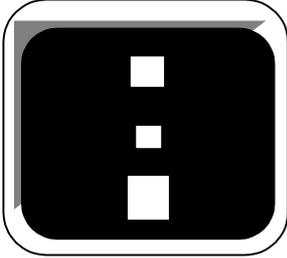
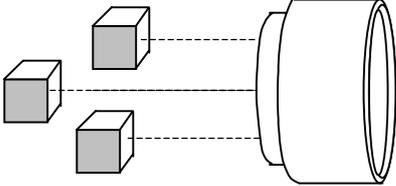
一般のレンズ



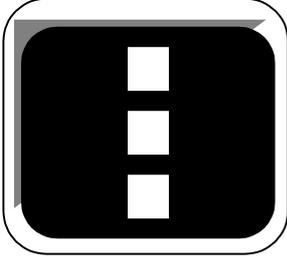
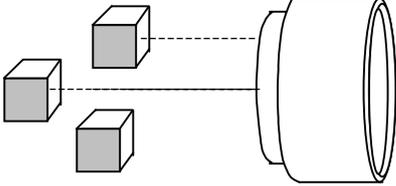
テレセントリック



一般のレンズ



テレセントリック



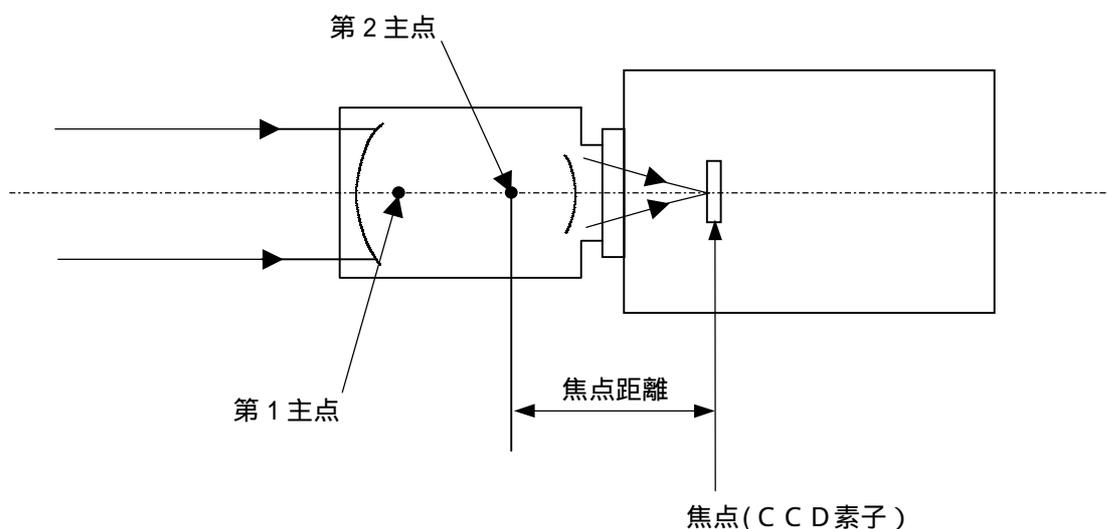
## レンズの基礎知識

### レンズマウント

レンズマウントとは取り付け口のことです。工業用テレビカメラは超小型カメラなど特殊カメラを除けばCマウントに統一されています。CCTVレンズや画像処理用として出回っているレンズもこのCマウントですから殆ど問題ありません。写真撮影用一眼レフカメラのレンズを使用したい場合はレンズとカメラの間にCマウントアダプターを取り付ければ利用できますが、ただしレンズ自体が大きいのが難点です。

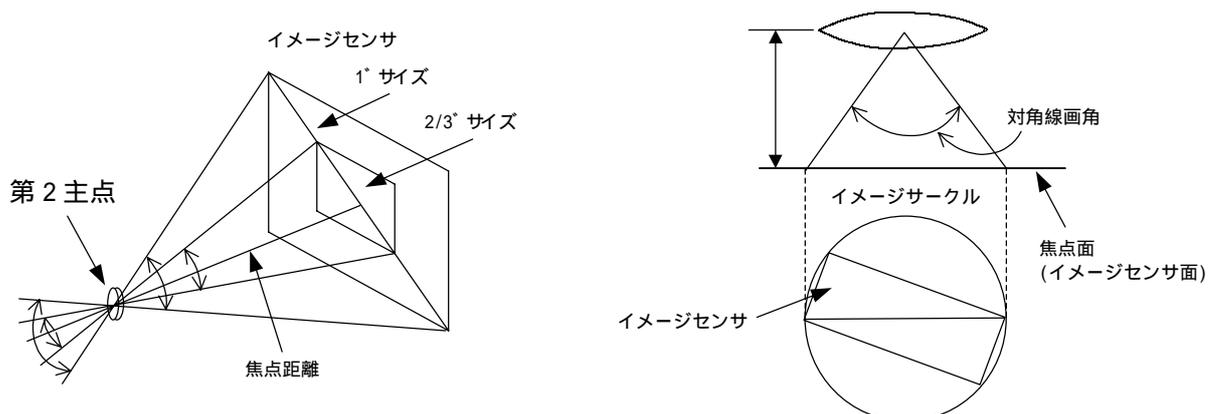
### 焦点距離

ピントが合う距離、つまり焦点が合う距離が焦点距離です。レンズは複数枚のレンズで構成され、第1および第2主点と呼ばれる2つの光学的な点が存在しています。焦点距離はこの第2主点から焦点までの距離を言います。CCTVレンズはCCD素子面が焦点位置になるよう設計されています。



### 画角

焦点距離の異なるレンズに交換すると、像の大きさや被写体の写る範囲も異なってきます。この被写体の写る範囲を角度で表したものが画角(対角線画角)です。第2主点からCCD素子面を見る角度と同じで、カタログでは「1/2"包括角度」(1/2"とは1/2インチCCD素子という意味)などとも表記されています。



## 被写界範囲

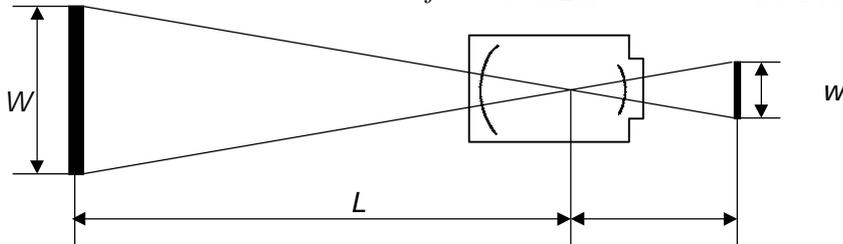
像が写り込む範囲のことで、焦点距離によって変化します。

一般に  $\frac{w}{W} = \frac{h}{H} = \frac{f}{L}$  の式で表されます。

$W$ : 対象物の横幅  $w$ : CCD 素子の横幅

$H$ : 対象物の高さ  $h$ : CCD 素子の高さ

$f$ : 焦点距離  $L$ : 被写体距離



例えば 2/3 インチ CCD 素子のカメラで高さ 50 cm の物体を 2 m 離れた位置からモニタ TV 画面上下いっぱいには写すには、下記の式から  $f = 26.4\text{mm}$  となります。焦点距離 26.4mm のレンズはありませんから、この場合は最も近い 25mm レンズを選択すれば良いでしょう。

$$\frac{h}{H} = \frac{f}{L} \longrightarrow \frac{6.6}{500} = \frac{f}{2,000}$$

## F 値

F 値はレンズの明るさのことで、レンズの有効口径(レンズの枠に遮られずに入射する光束の直径)と焦点距離によって決まり、一般に  $F = f / D$  で表します( $f$ : 焦点距離、 $D$ : 有効口径)。値が大きいほど暗いレンズで、小さいほど明るいレンズと言えます。注意事項として周辺光量の問題があります。F 値で示される明るさが画面全体に保証されるわけではありません。広角(焦点距離が短い)レンズほど、レンズを開放(絞りをいっぱいを開く、F 値を小さくする)ほど画面の中心に比べて周辺の光量が低下し、周辺部が暗くなったりします。

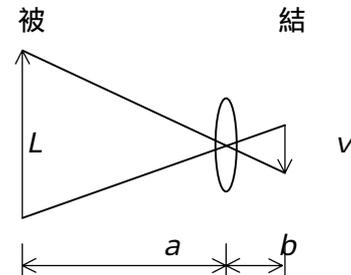
### 被写体照度と像面照度

被写体の明るさがわかれば使用するレンズを決めることもできます。像面照度  $E_c$  は下記で求められます。

$$E_c = \frac{T \times R}{4 \times F^2 \times (m+1)^2} \times$$

- $T$  : レンズの透過率**    0.8 程度  
 **$R$  : 被写体の反射率**    被写体によるが 0.2 程度  
 **$F$  : F 値**  
 **$M$  : 結像倍率**  
 **$E_s$  : 被写体照度**

結像倍率  $m$  は  $V / L$



$$m = \frac{V}{L} =$$

通常は  $a \gg b$  であるためと  $m = f$  なり  $m = \frac{f}{a}$  となる。

### 被写界深度

被写体にピントを合わせた時シャープに写るところと、その前後でボケているところができます。このシャープに見える範囲を被写界深度と言います。被写界深度は下記の式で求められます。

$$H = \frac{f \times f}{C \times F}$$

$$T1 = \frac{B(H + f)}{H + B}$$

$$T2 = \frac{B(H - f)}{H - B}$$

**$H$  : 過焦点距離(被写界深度の遠方の端が無限遠となる距離)**

**$f$  : 焦点距離**

**$B$  : 物体距離(被写体から CCD 素子までの距離)**

**$T1$  : 近点**

**$T2$  : 遠点**

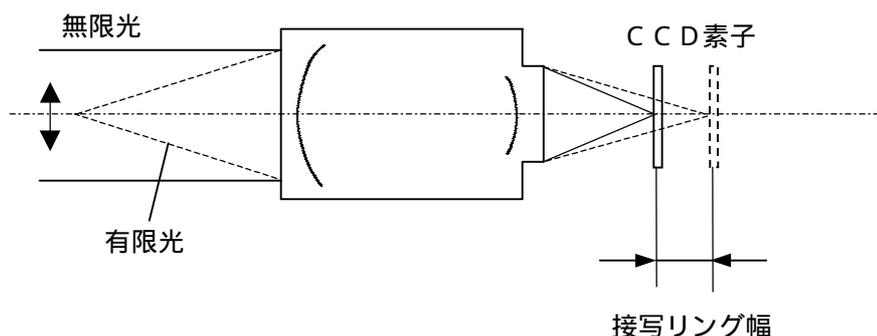
**$C$  : 最小錯乱円(いわゆる収差のことです)**

一般に被写界深度を深くするには、焦点距離の短いレンズを使用する、F 値を大きく(絞り込み、有効口径を小さく)する、被写体までの距離を長くとり、と深くなります。

## 近接撮影のためのアクセサリ

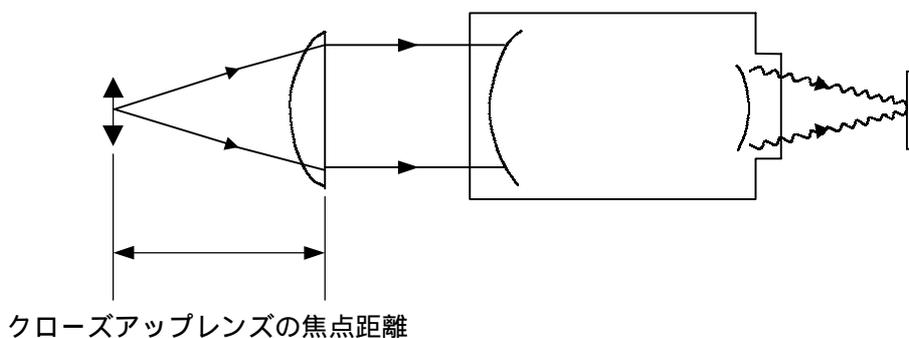
### 接写リング

レンズはピント調整できる範囲が決められています。それより至近距離のものを撮りたい場合は、一つの方法としてレンズとカメラの間に筒を入れ結像位置(焦点距離)を変えろという方法があります。この筒を接写リングと言ひ、様々なリング長が市販されています。



### クローズアップレンズ

レンズの前に取り付けることによつて近接撮影が可能となるレンズです。このレンズは被写体からの光を無限光(平行光)に変換する働きをします。



## 光学部品（アクセサリ）のお話し

### 光学フィルタ

被写体と背景の反射率がほぼ同等の場合、白黒カメラでは濃淡差(明暗差)をつけることが困難です。しかしこのような場合でも、被写体色と背景色が違っていれば光学フィルタによって濃淡差をつけることができます。

ただし、照明と光学フィルタとカメラの分光感度特性はお互いに関連していますので注意も必要です。

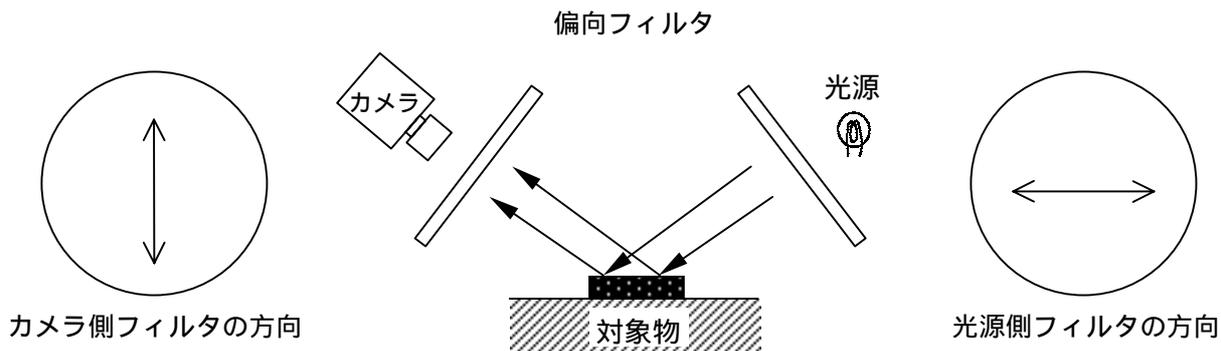
#### NDフィルタ

NDフィルタ(ニュートラル・デンシティ・フィルタ)は光量調節用です。レンズの絞りでは絞りきれない場合に使用します。一般には 25%~70%程度の透過率のものが市販されています。波長に対する特性は可視光の範囲においてはフラットです。

#### PLフィルタ

PLフィルタは偏光フィルタのことです。偏光フィルタは特定の偏光面の光だけを透過させるフィルタです。レンズに取り付けた状態で回転できる構造になっており、フィルタを回転させることで透過させる偏光面の方向を変えます。偏光フィルタは金属やガラスなど鏡面からの反射光がキラキラする場合、そのキラツキを抑えるのに有効です。

そのかわり画像は少し暗くなります。下図のように照明側とレンズ側の両方に付けた方が効果的です。



#### 赤外カットフィルタ

CCD素子は赤外線に対して高い感度特性を示します。そこで通常はCCD素子の前面に赤外カットフィルタが取り付けられています。しかし炎のような高温を含む被写体では、人間の目にはそれほど明るくなくても光のエネルギーとしては相当大きく、スミア(火の玉が移動する時に残光が出来ますが、それと似たような像)が発生する場合があります。このような場合にも赤外カットフィルタを取り付けることで改善できます。

## 色フィルタ

赤、黄、青などの色ガラスを使ったフィルタです。一般的に言って、フィルタと同色の被写体は明るくなり、反対色のものは暗くなります。この性質を利用して濃淡差をつけることができます。おおよそ下記のことを知っておけば良いでしょう。

赤色フィルタは、青色や緑色の部分を暗くする傾向があり、白黒の被写体にも有効です。

青色フィルタは、赤色や黄色の部分を強調(濃く)し、青色や緑色の部分を明るくします。

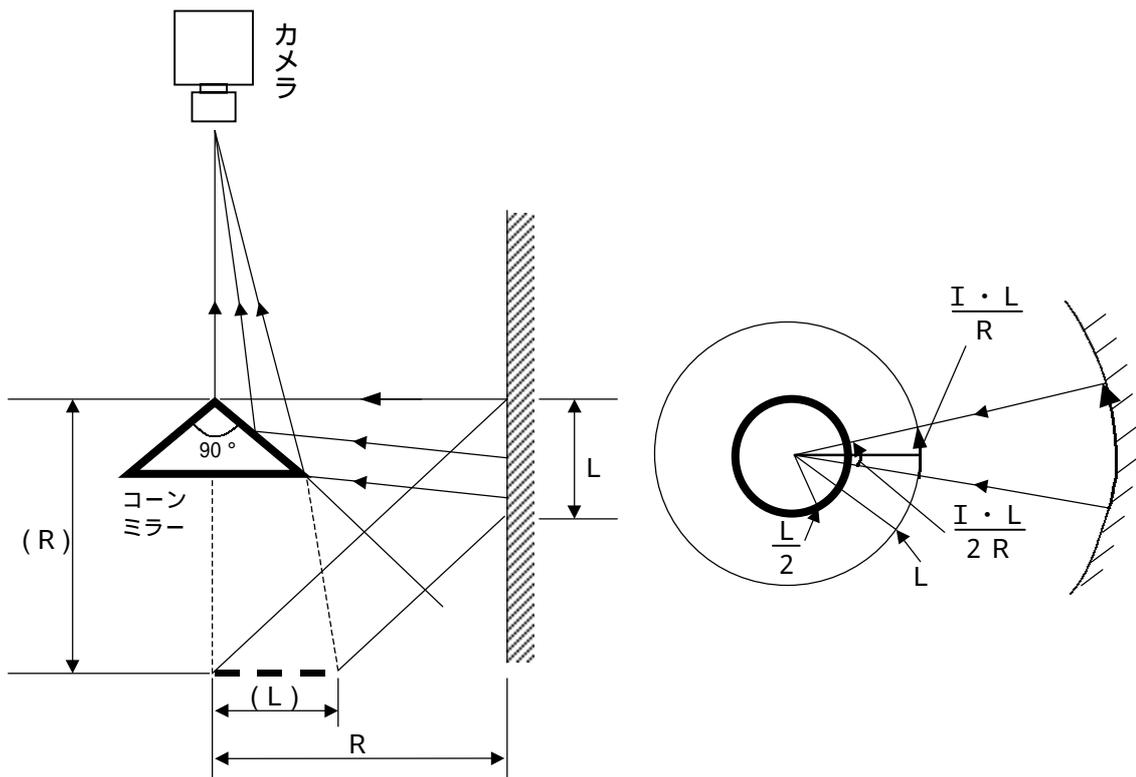
緑色フィルタは、青色や赤色の部分を強調(濃く)し、黄色や緑色の部分を明るくします。

## 蒸着干渉フィルタ

バンドパスフィルタとも言います。光学ガラス基板に多層の薄膜を蒸着し、特定の波長域の光を透過させる単色性フィルタです。例えば(株)ケンコーでは 400nm ~ 800nm 間を 10nm 毎に 41 タイプが標準用意されているようです。ただし、どのタイプが有効かを見極めるためには購入前に被写体色と背景色のスペクトル分析(分光分析)を行っておく必要があります。

## ミラー

ミラー、つまり鏡は通常では見えない領域を見たり、光軸の角度を変えたりするのに便利です。例えばハーフミラーなら「照明のお話し」で記述したように同軸落射照明を実現できます。またコーンミラー(円錐形の鏡)なら円筒形物の中の側面を見ることができます(下図)。



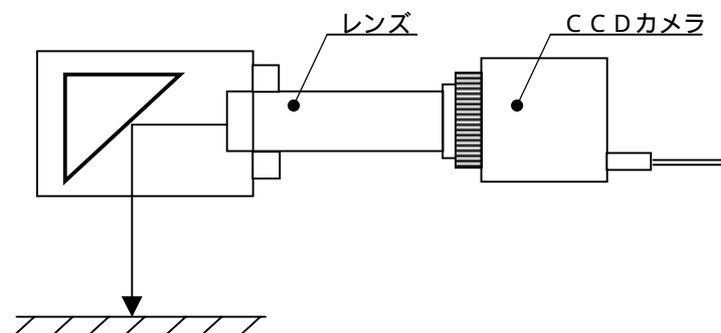
## プリズム

ミラーと同じですが、ワークを間接的に見たり、照明を間接的に当てることができます。また省スペース化を図りたい時などにも有効です。(次ページに参考例)

## プリズムアダプター (株)モリテックス様の資料より抜粋)

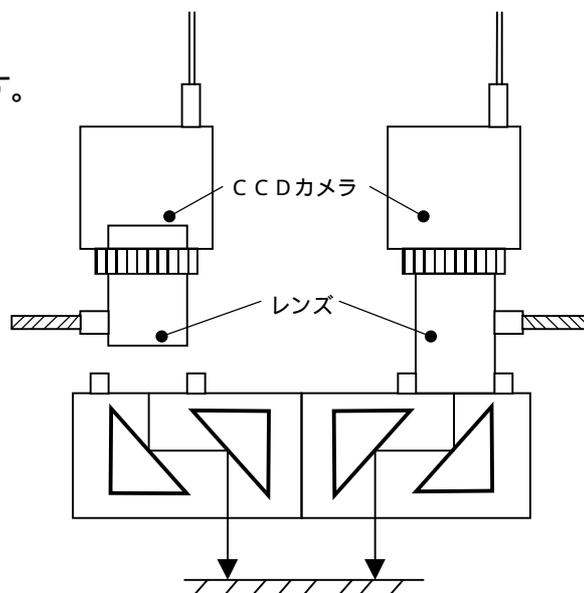
### 側視タイプ (ミラー像)

光軸を  $90^\circ$  曲げられ、省スペース化及び側面の監視に利用できます。像はミラー像となります。



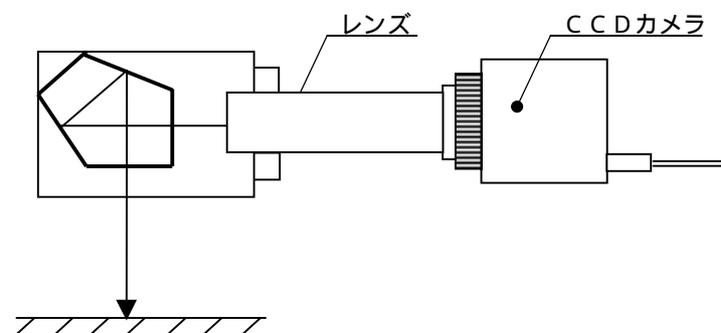
### 光軸変換タイプ

微小な2点をアライメントする際に2台のCCDカメラを干渉せずして設定できます。



### 側視タイプ (正立像)

光軸を  $90^\circ$  曲げられ、省スペース化及び側面の監視に利用できます。

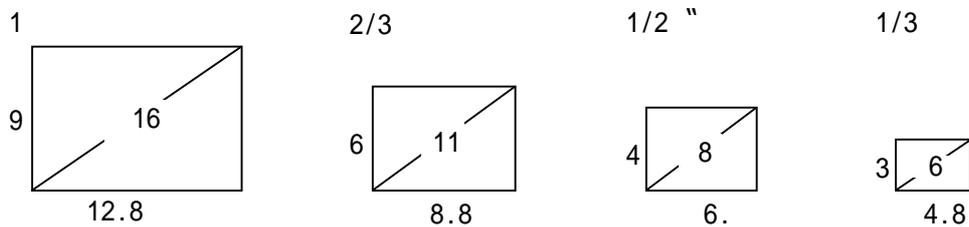


## カメラの特性のお話し

カメラには受光素子(CCD 素子)があり、光学系として深く関わっています。ここでは特に光学的に関わるカメラ(工業用モノクロTVカメラ)の特性について記述しています。

### CCD素子サイズ

カメラメーカーのカタログを見ると画面サイズ、撮像面サイズ、光学サイズ、イメージフォーマットサイズと呼称はバラバラです。ここではCCD素子サイズとします。サイズはインチで表すのが一般的で、下記の種類が出回っています(数値の単位はmm)。

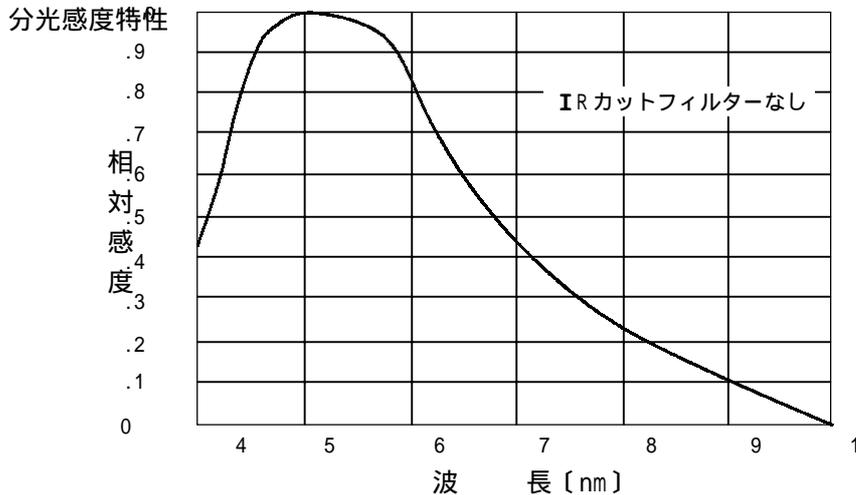


レンズ設計で決められた対応サイズよりも小さい素子サイズのものは使用できますが、大きい素子サイズのものには使用できません。例えば1/2"用のレンズは1/2"もしくは1/3"の素子を載せたカメラには使えますが、2/3"および1"の素子を載せたカメラには使えません。使えないというのはレンズが装着出来ないという意味ではなく、画像のコーナーが欠けてしまうという意味です。

また、同じレンズでも1/2"素子カメラと1/3"素子カメラに装着した時では像の大きさが違いますので注意してください。小さい素子のカメラを使った時の方が視野が狭くなり、そのぶん像は大きく写ります。

## 分光感度特性

CCD素子は色(光の波長)に対する感度特性が一樣ではありません。特にCCD素子の場合、赤外線に対して高い感度特性を示すため、前面に赤外線(IR)カットフィルタを採用しているカメラが多いようです。

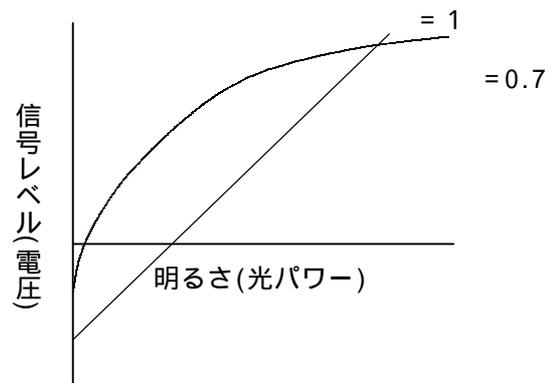


## (ガンマ)特性

CCD素子が受ける入射光に対する出力信号のレベル特性をガンマ特性と言います。入射光の明るさ(光のパワー)  $P$  に対する出力信号のレベル  $V$  は下記式で近似できます。

$$V = kP \quad (k \text{ は定数})$$

この  $k$  が非線形性の度合いを示す値で、 $k = 1$  ならば入射光と出力信号レベルが比例関係にあります。テレビカメラを監視用として使用する場合は  $k = 0.7$  程度(右図参照)が適当とされています。一般に画像処理では  $k = 1$  の方が光の強さを直読できて良いでしょう。ほとんどのカメラは  $k$  特性切り替えが出来るようになっていきますので、必要に応じて切り替えてください。



## A G C

A G C (オート・ゲイン・コントロール)は自動利得調整のことです。カメラは被写体照度の変化に対して、内部フィードバック機構により一定の範囲内で自動利得調整を行い、出力ビデオ信号を一定に保つことができます。ただし、この機能は照度が正しくビデオ信号に反映されないこととなりますので画像計測や画像検査などの場合には不利でしょう。ほとんどのカメラにはA G CをON/OFFする機能がありますので必要に応じて切り替えてください。

## スミア

CCD素子面に高輝度のスポット光が入った場合、画面上に明るい帯が発生する時がありますが、これをスミアと言います。この現象はCCD素子に蓄積された電荷があふれて起こり、縦帯状の尾を引いたように見えます。ほとんどのカメラではスミアを抑える対策が講じられていますが、高輝度のスポット光を扱うような画像処理ではレンズの絞り調整に注意をはらってください。

## ブルーミング

ブルーミングもスミア同様に高輝度の入射光があったとき、電荷があふれて周囲の素子に流れ込むことを言います。これについても対策が講じられています。

## モアレ

非常に小さな点の集まりからなる被写体をカメラで撮影した場合、干渉縞が画面上に発生する場合があります。これをモアレと言います。

## ホワイトクリップ

素子面に高輝度のスポット光が入るとその影響で周辺暗部の画像コントラストがつぶれて見難くなります。これを改善するため、あるレベル以上の画像信号をクリップする回路がホワイトクリップです。この回路は単なる監視用としては見やすくする点から有効ですが、入射光に対する直線性が失われますので、画像処理ではクリップ回路が動作しない範囲で使用するのが良いでしょう。

## 蓄積モード

電荷蓄積(CCDセンサで検知した被写体の明暗に相応する電荷の蓄積)にはフレーム蓄積とフィールド蓄積があります。フレーム蓄積は1/30秒間蓄積し、フィールド蓄積は1/60秒間の蓄積となります。このことからわかるようにフレーム蓄積の方が蓄積時間が長いので、通常の蛍光灯のように交流電源の周波数でON/OFFしているような光源の場合にはフレーム蓄積にした方が画面のチラツキが少なくなります。

## シャッター

動いている物を撮像するときにシャッターは大変有効ですが、シャッター速度が速ければ速いほど露光時間が短くなるので画面は暗くなります。つまり照明を高輝度にしたたり、レンズの絞りを開けるなどの操作が必要になります。レンズの絞り操作は被写界深度に影響を及ぼしますので注意してください。