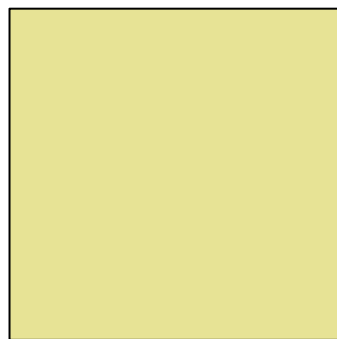
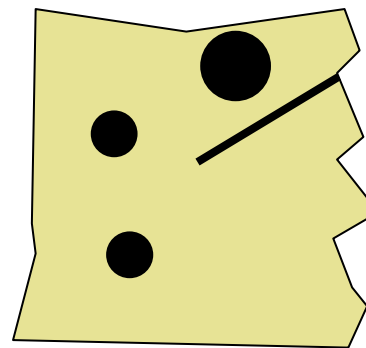


外観検査装置の光学設計

～あなたはどんな方法で製品不良を見つけますか？～



正常品



不良品

1. 自己紹介

名前：tomline999(Twitter)

仕事：ソフトウェアエンジニア

好き：新技術、ワイン、投資

得意：装置制御、システム(FE/BE)、

工程設計、光学設計、画像処理、統計、・・・

→ソフトウェアエンジニアではなく何でも屋？



「第6回FA設備技術勉強会_IEC61131-3 PLC制御」発表

[課題]

専門員による目視検査の品質保証

～365日24Hミスなく検査水準を保証できますか？～

- ・人によって判断基準異なる
- ・検査数量多いと対処困難



[対策]

外観検査装置の内製化

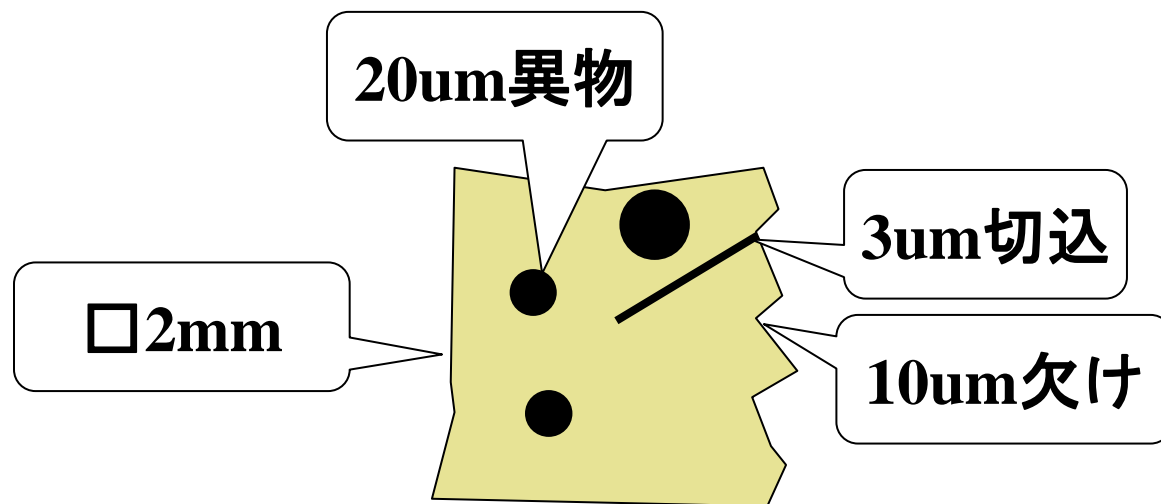


光学設計 3ポイント紹介



[設計手順]

1.不良内容より目標精度決定 → 最小3um



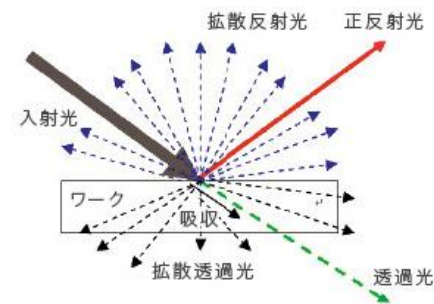
2.光学系選定

- ①照明：「異物 / 欠け / 切込」各不良が強調できる方式
- ②カメラ： } 2画素3um
- ③レンズ： } [XY]視野□2.5mm / [Z]深度100um

[①照明選定]

・不良部が強調される方式選定

※角度/材料/色の影響有り(詳細添付)



項目	異物	欠け	切込
異常箇所 (赤色部)			
照明種類	正反射光	透過光	拡散反射光
明/暗視野	明視野	明視野	暗視野
色	青	青	青

[②-1 : カメラ選定]

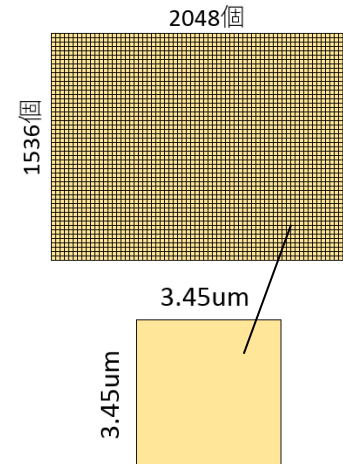
- 主力製品 CCD→CMOS(※詳細添付)

- 「解像度 / セルサイズ」決定

→センテック 3.2M CMOSカメラ選定

※解像度 2048 × 1536≒3.2M

※セルサイズ 3.45um × 3.45um



解像度	0.4M	1.3M	1.6M	2M	2.3M	3.2M	4M	5M	5M	8.3M	10M	12M
型番	モノクロ	STC-SBS43POE	STC-SBE132POE	STC-SBS163POE	STC-CMB2MPOE	STC-SBS231POE	STC-SBS312POE	STC-CMB4MPOE	STC-SBS500POE	STC-SBA503POE	STC-SBA1002POE	STC-SBS1242POE
	カラー	STC-SCS43POE	STC-SCE132POE	STC-SCS163POE	STC-CMC2MPOE	STC-SCS231POE	STC-SCS312POE	STC-CMC4MPOE	STC-SCS500POE	STC-SCA503POE	STC-SCS853POE	STC-SCS1242POE
	モノクロ近赤外線				STC-CMB2MPOE-IR			STC-CMB4MPOE-IR				
フレームレート	265fps	61fps	69fps	50fps	41.6fps	33.4fps	25fps	21fps	14fps	12.7fps	10.4fps	8.8fps
解像度 (Pixel)	728 x 544	1280 x 1024	1456 x 1088	2048 x 1088	1920 x 1200	2048 x 1536	2048 x 2048	2448 x 2048	2592 x 1944	3840 x 2160	3856 x 2764	4000 x 3000
センサーサイズ	1/2.9型	1/1.8型	1/2.9型	2/3型	1/1.2型	1/1.8型	1型	2/3型	1/2.5型	1/2.5型	1/2.3型	1/1.7型
セルサイズ (H x V, μm)	6.9 x 6.9	5.3 x 5.3	3.45 x 3.45	5.5 x 5.5	5.86 x 5.86	3.45 x 3.45	5.5 x 5.5	3.45 x 3.45	2.2 x 2.2	1.62 x 1.62	1.67 x 1.67	1.85 x 1.85

[②-2 : カメラ選定]

・「分解能 / レンズ倍率 / 視野」よりカメラ選定

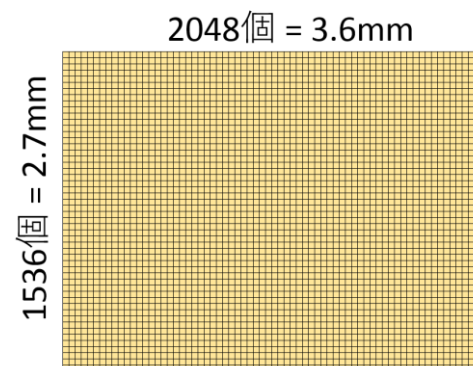
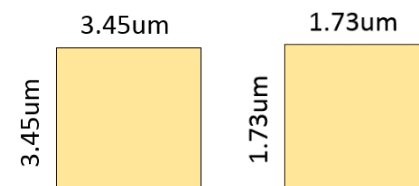
1. カメラ分解能[um]

= セルサイズ[um] ÷ レンズ倍率

= $3.45 \div 2[\text{倍}] = 1.73$

2. カメラ視野[um]

= 分解能[um] × 画素数[個]

= $1.73 \times 2048 = 3543 @ \text{横}$ = $1.73 \times 1536 = 2657 @ \text{縦}$ 

→ 視野3.6×2.7[mm] / カメラ分解能□1.73um
(センサ1/1.8型 / 速度 33.4fps / GigE接続)

[③-1 : レンズ選定]

- ・テレセン(平行/有限) or CCTV(角度/無限)



→見え方が一定となるテレセン選定

- ・「テレセン / センササイズ / 倍率」より候補決定

※VSテクノロジー社HPよりレンズセレクター抜粋

レンズセレクター

テレセントリック
 非テレセントリック

適合センサー ③

1/1.8" (2048 x 1536, 3.45µm) 3M ▼

倍率 ③

2

視野 (H x V) ③

Ex. 6.4mm × Ex. 4.8mm

WD ③

Ex. 100mm

O/I ③

Ex. 150mm

オプション検索

Model	Sensor	Mag.	WD	O/I	wF/#	NA	Max FOV (H X V)
VS-LTC07-150/FS	1/1.8"	0.7x	150.8	373.8	5.3	0.066	10.1 x 7.7
VS-LTC075-70-35/FS	1/1.8"	0.75x	70.2	256.3	5.4	0.070	9.5 x 7.2
VS-LTC075-70CO-35/FS	1/1.8"	0.75x	70.2	256.3	5.4	0.070	9.5 x 7.2
VS-LTC1-130/FS	1/1.8"	1x	131.5	410.5	6.3	0.080	7.1 x 5.4
VS-LTC1-70-35/FS	1/1.8"	1x	70.2	251.8	6.3	0.080	7.1 x 5.4
VS-LTC1-70CO-35/FS	1/1.8"	1x	70.2	255.2	6.3	0.080	7.1 x 5.4
VS-LTC2-60/FS	1/1.8"	2x	60	339.9	9.1	0.110	3.6 x 2.7
VS-LTC2-70/FSN	1/1.8"	2x	70.2	326.3	12.5	0.080	3.6 x 2.7
VS-LTC2-70CO/FSN	1/1.8"	2x	70.2	329.7	12.5	0.080	3.6 x 2.7
VS-LTC3.3-45/FS	1/1.8"	3.3x	45	340.2	19.2	0.086	2.2 x 1.6

[③-2レンズ選定]

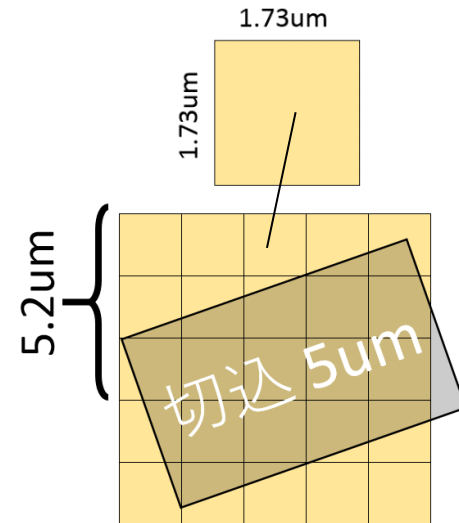
・「分解能 / 深度」よりレンズ選定→現物確認

1. レンズ分解能[um]

$$\begin{aligned} &= 0.61 \times \text{青照明波長[um]} \div \text{N.A} \\ &= 0.61 \times 0.45 \div 0.110 = 2.5 \end{aligned}$$

2. 被写界深度[um]

$$\begin{aligned} &= \text{許容錯乱円[um]} \div (\text{N.A} \times \text{倍率}) \\ &= 40 \div (0.110 \times 2) = 182 \end{aligned}$$



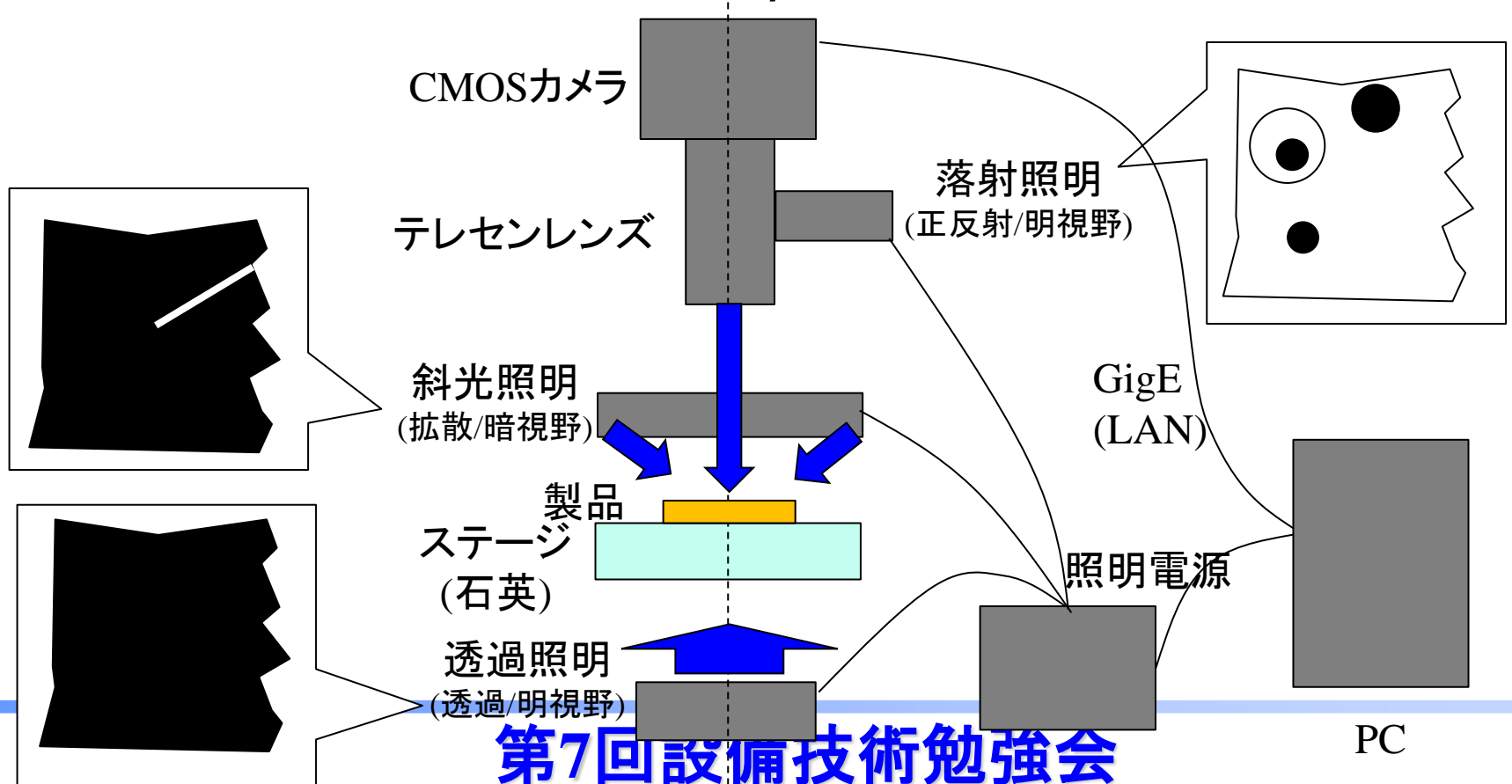
→レンズ分解能 2.5um / 被写界深度 182um
(適合センサ 1/1.8型 / WD60mm)

→現物確認：白黒パターン認識(※MTF 詳細添付)



[まとめ]外観検査装置の光学設計図

- ①照明：落射@異物 / 透過@欠け / 斜光@切込
- ②カメラ：視野 3.6mm × 2.7mm / 分解能 1.73um
- ③レンズ：分解能 2.5um / 被写界深度 182um



ご清聴いただきありがとうございました
次回はシステムの話を考えています！

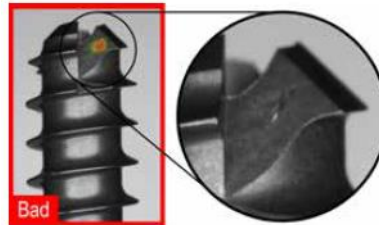
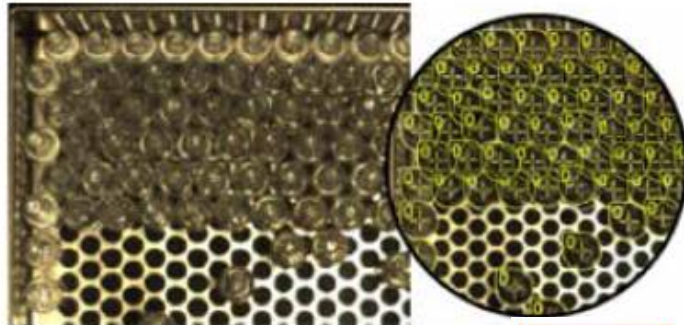
世界一の生産技術！

付録

[最新技術] 3つの事例の紹介

① AI / DeepLearnig @ 画像処理

- ・位置決め & 識別
- ・欠陥検出



③ 超高解像度 (86M)

1倍レンズにて64mm × 48mm

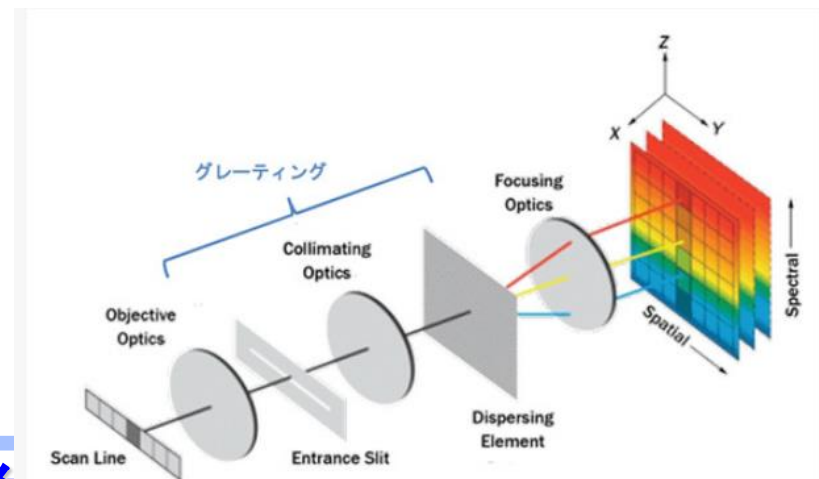
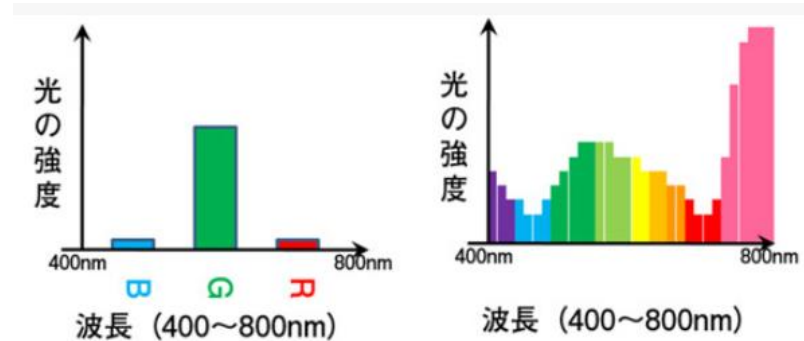
※ 解像度: 10720 × 8064

※ セルサイズ: 6μm × 6μm



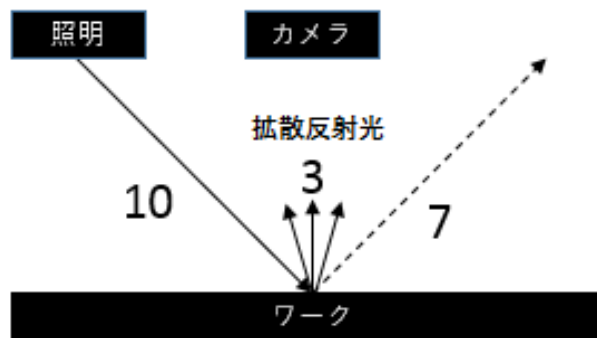
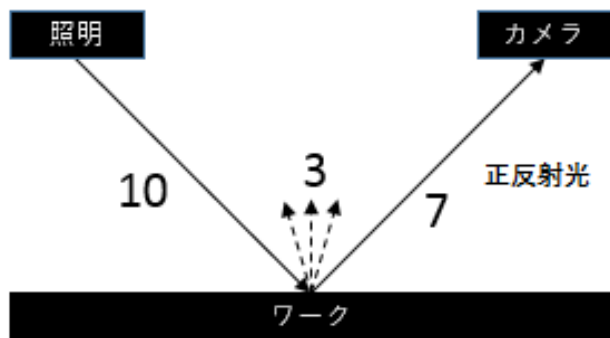
② ハイパースペクトルカメラ

- ※ RGB 3バンド → 100バンド以上
- ※ プッシュブルーム方式

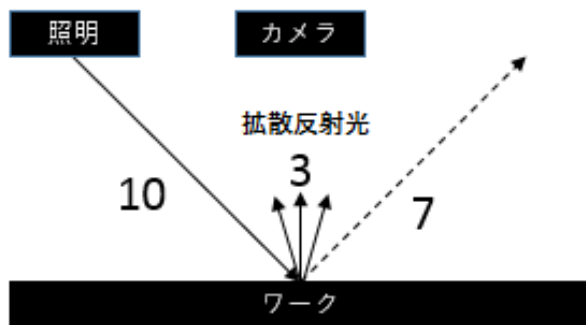


[添付1] 照明：基礎知識

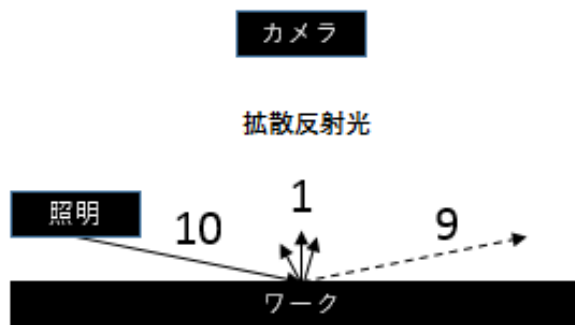
1. 透過光(明視野) vs 拡散反射光(暗視野)



2. 入射角差異の影響

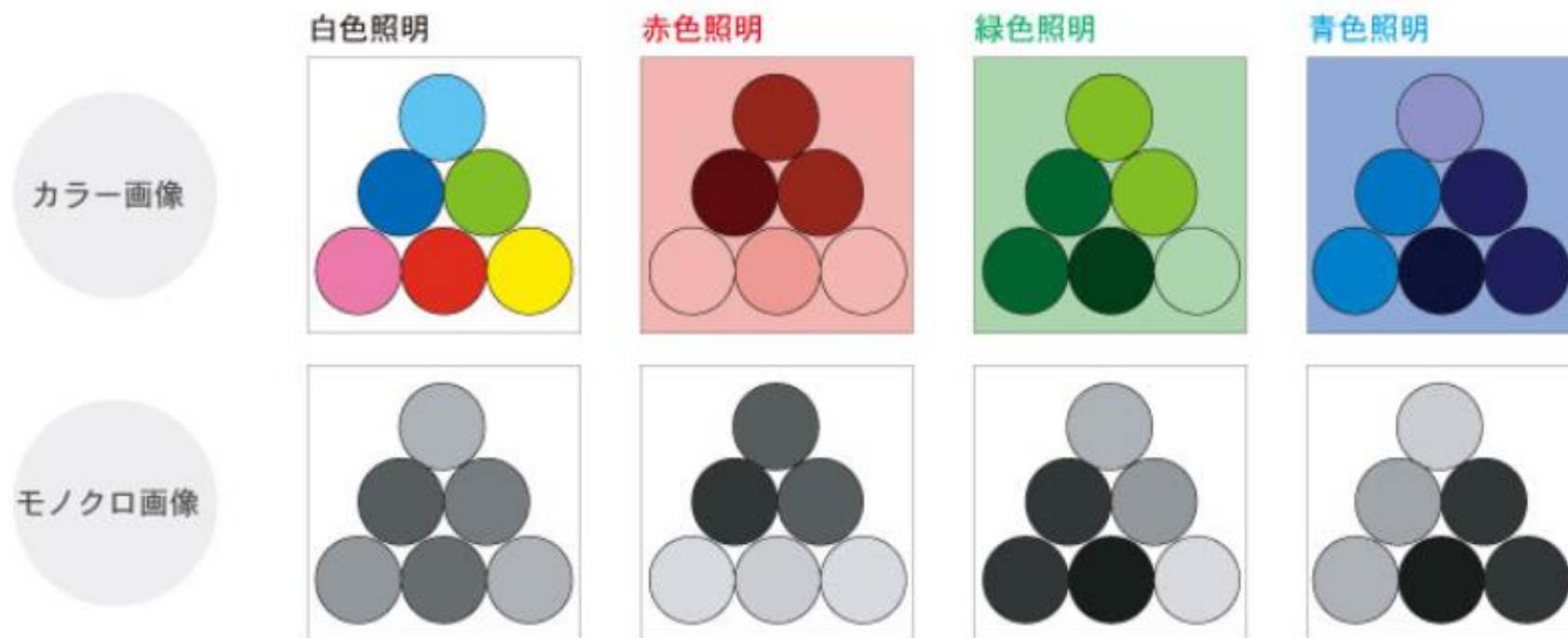


つるつる > ギザギザ
明るい

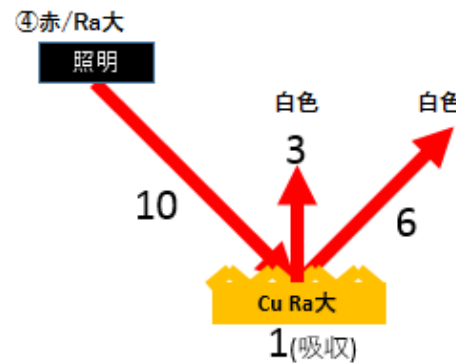
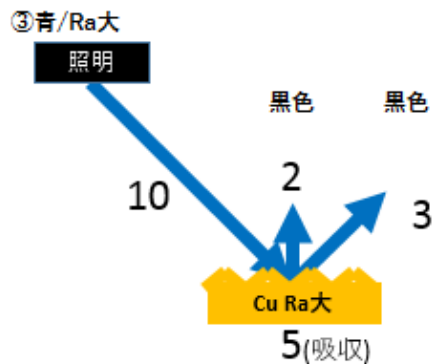
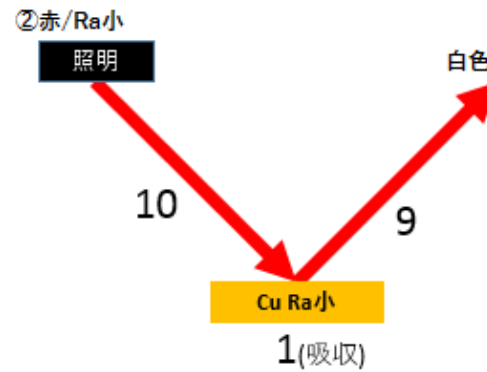
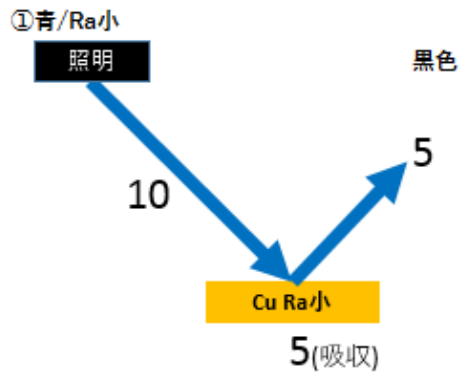


つるつる < ギザギザ
暗い

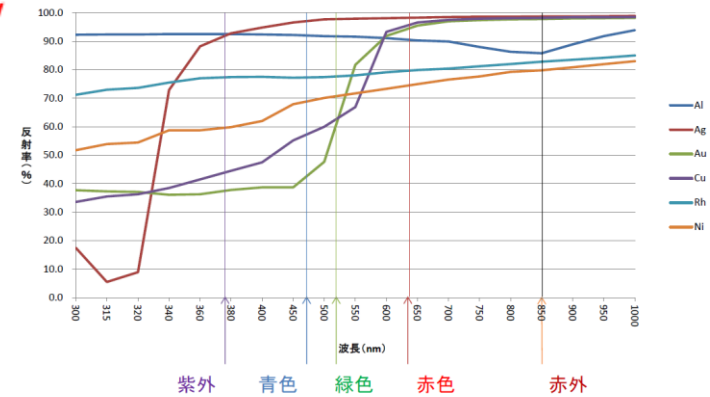
[付録2] 照明：照明色の影響



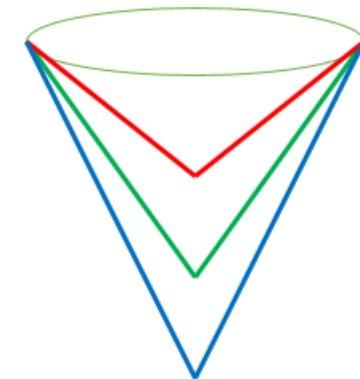
[付録3] 照明：対象材料 & 表面状態(Ra)の影響



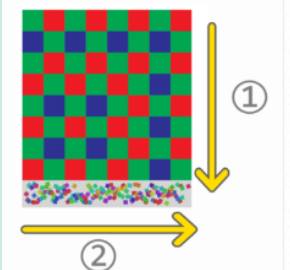
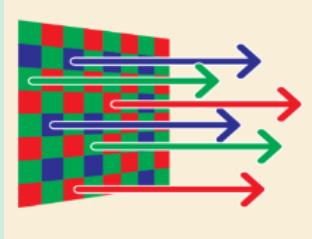
材料によって分光反射率異なる









照明色と焦点距離の関係
→色収差の原因となる



[付録4] カメラ : CCD vs CMOS比較

項目	CCD	CMOS
基本構造		
費用	×(高い)	○(安い)
読出速度	×(遅い)	○(早い)
消費電力	×(大きい)	○(小さい)
センササイズ	×(2/3以下)	○(1/4~1.1)
画質:ノイズ	○(少ない)	○(少ない)
画質:Dレンジ	○(広い)	○(狭い~非常に広い)
画質:感度	○(高い)	○(低い~非常に高い)
ブルーミング	×(有り)	○(なし)
スミア	×(有り)	○(なし)

[付録5] カメラ：主力I/F紹介

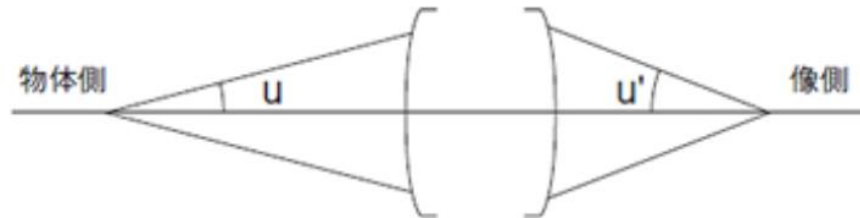
項目	USB3.0 Vision	GigE Vision	Camera Link	CoaX Press
ロゴ				
ケーブル 形状				
通信速度	400Mbps	100Mbps	最大850Mbps	最大3.6Gbps
線長	5m	100m	10m	105m
接続	標準 USB3.0	標準 LAN	専用 ボード	専用 ボード
誤り検出	有(再送信)	有(再送信)	無	有
GenICam※	任意	必須	任意	必須
プラグ&プレイ	○	○	×	×

※GenICam: 共通制御可能なインターフェイス規格

[付録6] レンズ：用語補足1

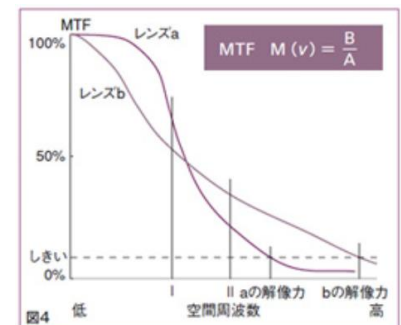
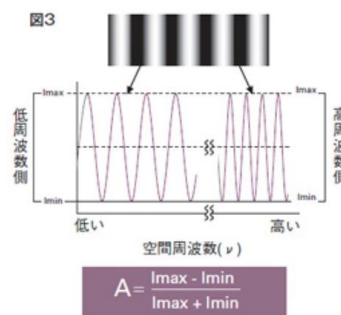
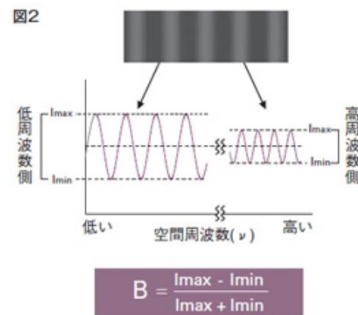
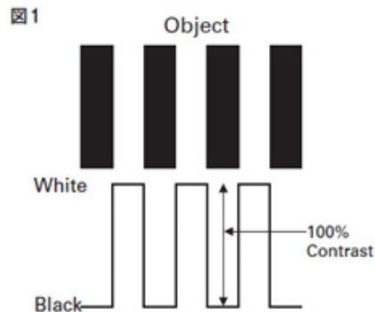
1.N.A : Numerical Aperature

$$NA = \sin u \times n \quad NA' = \sin u' \times n'$$



有限系の場合、実効Fと関係し $NA = M/2 \times F$ 、 $NA' = 1/2 \times F$ で算出できます。
NAとNA'の関係は $NA = NA' \times$ 光学倍率又は $NA' = NA /$ 光学倍率で表せます。

2.MTF: Modulation Transfer Function



[付録7] レンズ：用語補足2

3. 許容錯乱円

物体面上の点を撮影したときに、像面上では点として結像し、像面から前後に外れると円として結像する。この円のこと。

