

LER-006-2010: レンズ分科会技術報告書

# 焦点深度のパラメーター

## Parameters for a Depth of Focus

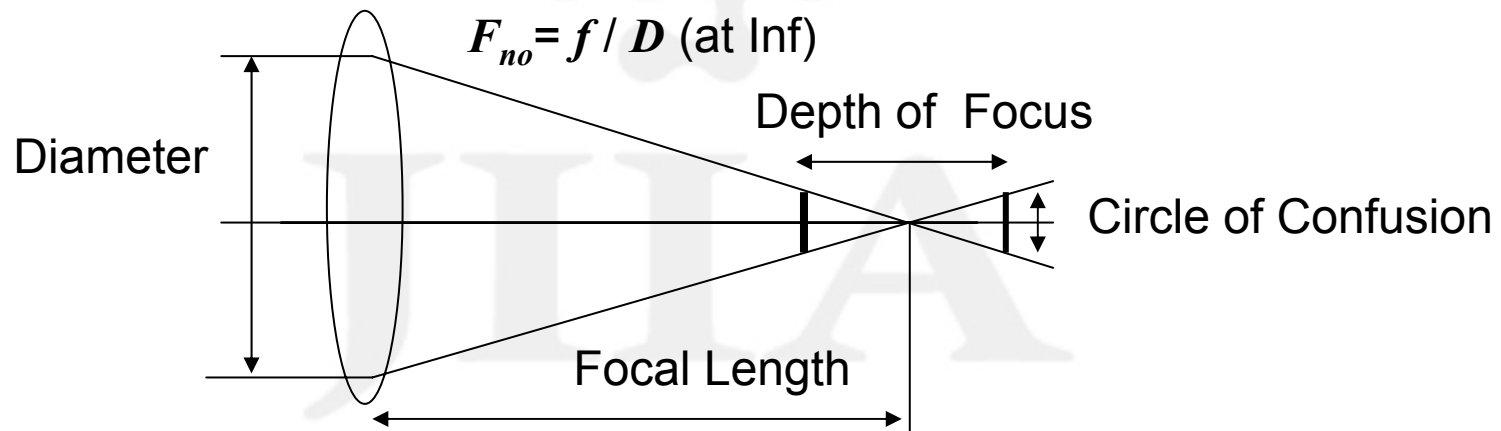
2010年08月18日

レンズ分科会 光学仕様タスクフォース

TFリーダー 渡辺 康一 ((株)モリテックス)

$$DoF = 2 \cdot CoC \cdot F_{eff}$$

- $DoF$ : 焦点深度の幅 (Depth of Focus)
- $CoC$ : 許容錯乱円径 (Circle of Confusion)
- $F_{no}$ : F値
- $F_{eff}$ : 有効F値
  - 無限遠の場合は:  $F_{eff} = F_{no} = f / D$
  - 有限系の場合は:  $F_{eff} = F_{no} (1 + M)$  ( $M$ : 光学倍率)



許容錯乱円径  $CoC$  は  $P_{pix}$  か  $D_{Airy}$  の大きいほうとする

(A) 画素ピッチ ( $P_{pix}$ )  $\geq$  エアリーディスク径 ( $D_{Airy}$ ) のとき

$$CoC = P_{pix}$$

(B) 画素ピッチ ( $P_{pix}$ )  $<$  エアリーディスク径 ( $D_{Airy}$ ) のとき

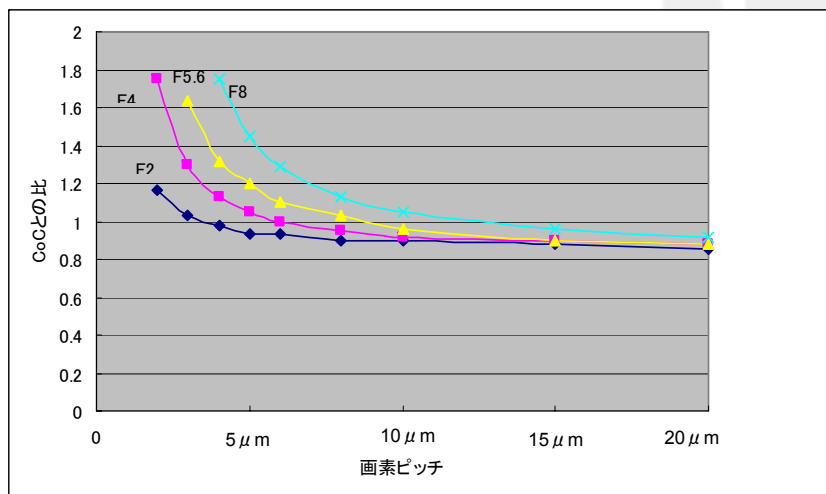
$$CoC = D_{Airy}$$

$$= 2.44 \cdot \lambda \cdot F_{eff}$$

$$\approx 1.34 \cdot F_{eff} \text{ } \mu\text{m (at } \lambda = 0.55 \text{ } \mu\text{m)}$$

- $CoC$ : 許容錯乱円径 (Circle of Confusion)
- $P_{pix}$ : 画素ピッチ (Pixel Pitch)
- $D_{Airy}$ : エアリーディスク径 (Airy Disc)

- 許容錯乱円径 (CoC) 導出の検討方法:
  - 理想レンズにおける焦点深度を、画素ピッチに対応するナイキスト周波数 $f_N$ でのMTF値が、ベスト値の80%になるまでのデフォーカス範囲と想定。  
 $DoF = 2 \cdot CoC \cdot F_{eff}$ よりCoCを求め、画素ピッチと比較した。  
 (ナイキスト周波数:  $f_N$  (Lp/mm) =  $1/2P_{pix}$  (mm) )
- 比較の結果:
  - 画素ピッチがエアリーディスクより大きい場合は、CoCは画素ピッチと同等。
  - 画素ピッチがエアリーディスクより小さい場合はエアリーディスクにより決まる。



P(画素ピッチ)	F2	F4	F5.6	F8
20 μm	0.85	0.88	0.88	0.92
15 μm	0.88	0.9	0.9	0.96
10 μm	0.9	0.92	0.96	1.05
8 μm	0.9	0.95	1.03	1.13
6 μm	0.933	1	1.1	1.29
5 μm	0.93	1.05	1.2	1.45
4 μm	0.975	1.125	1.32	1.75
3 μm	1.033	1.3	1.64	
2 μm	1.163	1.75		
1.5 μm	1.333			

Airy disc  
**F2: 2.7 μm**  
**F4: 5.4 μm**  
**F5.6: 7.5 μm**  
**F8: 10.7 μm**

- Examples

$\lambda = 0.55 \mu\text{m}$

Pixel Pitch $\mu\text{m}$	5	5	7	7
Magnification	0.05	0.05	0.5	0.5
Fno	2.8	5.6	2.8	5.6
Feff. =Fno · (1+M)	2.9	5.9	4.2	8.4
Airy Disc $\mu\text{m}$ =1.34 · Feff.	4.1	7.9	5.6	11.3
DOF(Pixel) $\mu\text{m}$ =2 · Pixel · Feff.	29	59	59	118
DOF(Airy) $\mu\text{m}$ =2 · Airy Disc · Feff.	23	93	47	189

*Note: Orange arrows labeled 'Compare' point from the Pixel Pitch row to the Airy Disc row in each column. Orange circles highlight the values 5, 7, 29, 59, 59, 118, 93, and 189.*

- 本資料は秘密情報を含みますので、“JIIA産業財産権の取扱い規約”に則って運用願います。

This material contains confidential information, therefore please handle it in accordance with "Handling rule of JIIA industrial property right".

- 本資料に掲載の商品、仕様等の名称は、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

All brand names and product names are trademarks or registered trademarks of their respective companies.

### 【お問合せ先/ Contact Us】

光学仕様TFについては: TFリーダー 渡辺 康一 ((株)モリテックス)