

## 【なぜ？】

ロービジョンマニュアル(Jackson他, 2007)には、  
図1に示したように拡大鏡の視界をレンズの屈折力 $F_m(D)$ を使用し、 $w=y/(F_m \cdot z)$ としている。

でも、Johnstonは、レンズと調節力の等価屈折力 $F_e(D)$ を使用し、 $w=y/(F_e \cdot z)$ としている。  
いったいどっちが正しいの？

### 10.3 Field of view

Linear field of view is given by:<sup>4</sup>

$$w = y / (F_m \cdot z)$$

where  $F_m$  is the equivalent power of the hand magnifier,  $y$  is the lens diameter (m), and  $z$  is the eye-to-hand magnifier distance. The only patient variable is the working distance ( $z$ ). Clearly this needs to be as low as possible to maximise the field of view,  $w$ .

### 10.3 視界

視界の計算は以下の式による<sup>4</sup>。

$$w = y / (F_m \cdot z)$$

ここで、 $F_m$ は手持ち式拡大鏡の等価屈折力、 $y$ はレンズの直径(m)、 $z$ は眼と手持ち式拡大鏡の距離である。患者が変えられるのは作業距離 $z$ のみである。視界 $w$ (m)を可能な限り大きくするためには、この距離を短くする必要がある。

図1 ロービジョンマニュアルに記載された視野の公式

上:原著、下:日本語訳

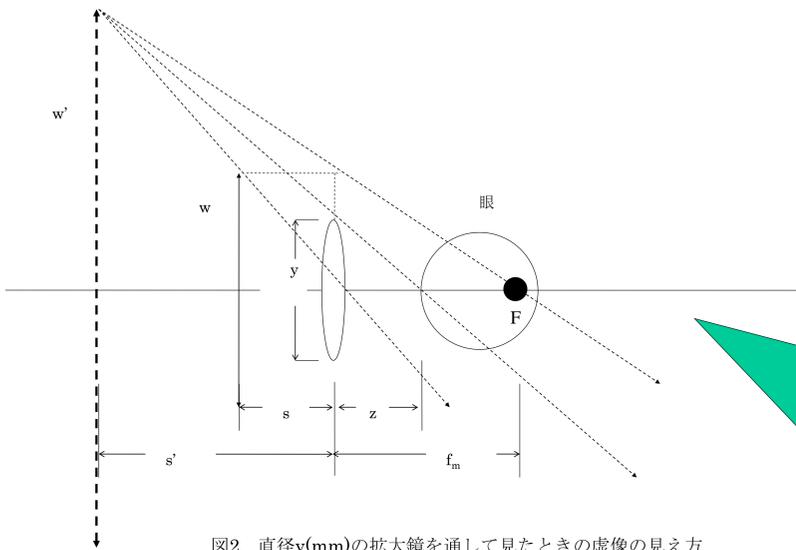


図2 直径y(mm)の拡大鏡を通して見たときの虚像の見え方

$s'$ : レンズと虚像間距離、 $s$ : レンズと物体間距離、 $z$ : レンズと眼間距離、 $f_m$ : レンズの焦点距離、 $F$ : レンズの焦点、 $y$ : レンズの直径、 $w$ : 物体の大きさ、 $w'$ : 物体の虚像の大きさ

## 【光路図ではどうなる？】

レンズによって $w$ (mm)の物体は $w'$ (mm)の虚像を生じており、図2の光路図からレンズの開口部を通過した虚像 $w'$ の軸外光線が眼の入射瞳に入れば物体 $w$ を見ることができるとわかる。

三角形の相似条件から比例式を導出したのちに調節力、等価屈折力で式を整理し、公式化した。距離の符号はレンズから左を負、右を正の数とした。

## 【幾何光学で公式を導こう (^3^)/】

$y$ と $w'$ の比は $z$ と $z-s'$ の比に等しいことから

$$y : w' = z : z - s'$$

$$y(z - s') = zw'$$

$$w' = \frac{y(z - s')}{z} \quad (1)$$

$f_m$ と $f_m - s'$ の比は $w$ と $w'$ の比に等しいことから

$$f_m : f_m - s' = w : w'$$

$$f_m w' = w(f_m - s')$$

$$w' = \frac{w(f_m - s')}{f_m} \quad (2)$$

(1)(2)より

$$\frac{y(z - s')}{z} = \frac{w(f_m - s')}{f_m}$$

$$yf_m(z - s') = zw(f_m - s')$$

$$w = \frac{yf_m(z - s')}{z(f_m - s')} \quad (3)$$

(3)を変形し、 $f_m = \frac{1}{F_m}$  を代入すると

$$w = \frac{yf_m(z - s')}{z(f_m - s')} = \frac{y(z - s')}{z \left( \frac{f_m - s'}{f_m} \right)} = \frac{y(z - s')}{z \left( 1 - \frac{s'}{f_m} \right)} = \frac{y(z - s')}{z(1 - s'F_m)} = \frac{y(z - s')}{z(-s'F_m + zF_m + 1 - zF_m)}$$

さらに変形して、調節力( $F_a$ )、等価屈折力( $F_e$ )で表記するために  $\frac{1}{z - s'} = F_a$ 、 $F_m + F_a - zF_m F_a = F_e$  を代入すると、

$$w = \frac{y(z - s')}{z(F_m(z - s') + (1 - zF_m))} = \frac{y(z - s')}{zF_m(z - s') + z(1 - zF_m)} = \frac{y}{zF_m + \frac{z(1 - zF_m)}{z - s'}} = \frac{y}{\left( F_m + \frac{1 - zF_m}{z - s'} \right) z} = \frac{y}{\left( F_m + \frac{1}{z - s'} - \frac{zF_m}{z - s'} \right) z} = \frac{y}{(F_m + F_a - zF_m F_a) z} = \frac{y}{F_e z} \quad (4)$$

よって、視界( $w$ )の一般式は  $w = \frac{y}{F_e z}$  と表記するのが妥当である。

## 【ちょっとつっこむと...】

$w = \frac{y}{F_m z}$  が利用できるのは  $w = \frac{y}{F_e z}$  を満たすために  $F_e = F_m$  となる特別な2通りの場合である。

それは、1) レンズと物体間距離、2) レンズと眼間距離をレンズの焦点距離とした場合であり、次のようになる。

### 1) レンズと物体間距離がレンズの焦点距離となる場合

レンズと物体間距離がレンズの焦点距離であれば虚像は無限遠にできるので調節力は零となる。つまり  $F_a = 0$  であるので

等価屈折力( $F_e$ )は

$$F_e = F_m + 0 - zF_m \times 0 = F_m \quad (5)$$

(5)を(4)に代入すると

$$w = \frac{y}{F_m z}$$

つまりレンズから眼を離していくと視界は狭くなる。

### 2) レンズと眼間距離がレンズの焦点距離となる場合

レンズと眼間距離がレンズの焦点距離であると

$$z = f_m = \frac{1}{F_m} \quad (6)$$

等価屈折力( $F_e$ )は

$$F_e = F_m + F_a - \frac{1}{F_m} F_m F_a = F_m \quad (7)$$

(6)と(7)を(4)に代入すると

$$w = \frac{y}{F_m z} = \frac{y}{F_m \frac{1}{F_m}} = y$$

つまりレンズの焦点距離上に眼をもってくるとレンズと物体間距離を変化させてもレンズ径と同じ大きさの視界が得られる。