

遠視による手持ち式拡大鏡の高屈折力化と作業空間の拡張

田邊 正明

日本ライトハウス養成部

日 本 ロ ー ビ ジ ョ ン 学 会 誌

Journal of Japanese Society for Low-vision Research and Rehabilitation

遠視による手持ち式拡大鏡の高屈折力化と作業空間の拡張

田邊正明

日本ライトハウス養成部

Hyperopia Has Benefits for Equivalent Viewing Power and Working Space of a Hand-Held Magnifier

Tadaaki Tanabe

Welfare Center for the Blind, Nippon Lighthouse

目的：未矯正の遠視眼で拡大鏡の焦点よりも眼を拡大鏡から遠ざけると Equivalent Viewing Power (EVP) は拡大鏡の屈折力より高くなり作業空間は増加する。そこで拡大鏡を遠視眼で使用した場合の作業空間、視界の有効性を検証した。

方法：+20.00, +30.00D の EVP を例とし、遠視度数、眼と拡大鏡の距離を変数として求めた拡大鏡の屈折力、作業空間から作業距離が 0.300m になる場合を調べた。

結果：作業距離 0.300m, EVP が +20.00D となるためには遠視度は +5.00D が最小値で、作業空間 0.100m, 拡大鏡の屈折力は +12.50D となった。EVP が +30.00D の場合は遠視度数 +10.00D, 作業空間 0.100m, 拡大鏡の屈折力は 13.33D であった。EVP が高い方が視界は狭くなった。

考按：未矯正の遠視眼で拡大鏡を使用すると、EVP が +20.00, +30.00D のとき 0.100m の作業空間、0.300m の作業距離が確保できるが視界は狭くなるので、スキニングの訓練が必要と考えられた。

(日本ロービジョン学会誌 12:75-80, 2012)

キーワード：遠視, Equivalent Viewing Power, 作業空間, 作業距離, 視界

Purpose : When a magnifier is used by a person with uncorrected hyperopia, which results in a longer eye-to-magnifier distance than the focal distance of the magnifier, the working space and the equivalent viewing power (EVP) are increased. The purpose of this study was to investigate the relationship between the working space and the field of view of the magnifier when combined with hyperopia, to determine how the magnifier can be used most effectively in daily activities.

Methods : EVPs of +20.00D and +30.00D were used to calculate the dioptic power and the working space of the magnifier for various hyperopic powers and eye-to-magnifier distances. Various values were substituted in the equation to result in a working distance of 0.300m.

Results : To achieve a working distance of 0.300m with an EVP of +20.00D, hyperopia must be at least +5.00D; in this case, the working space is 0.100m and the dioptic power of the magnifier must be +12.50D. To achieve an EVP of +30.00D, hyperopia must be at least +10.00D, the working space must be 0.100m, and the magnifier power must be +13.33D. Thus, larger EVP resulted in a smaller field of view.

Conclusions : When the working distance is kept constant, the field of view becomes smaller as the EVP is increased. Therefore, those who want to use magnifiers at higher EVPs must be trained to learn how to scan magnifiers.

(J Jpn Soc Low-vision Research and Rehabilitation 12:75-80, 2012)

Key Words : Hyperopia, Equivalent Viewing Power, Working Space, Working Distance, Field of View

緒 言

手持ち式拡大鏡を無調節の正視眼で使用する場合、眼と

拡大鏡の距離は拡大鏡から射出される光線束が平行光線になるので自由になるが、その作業空間（書面と拡大鏡の距離）は拡大鏡の焦点距離に等しくなる。それは無調節の遠視眼、近視眼で遠方視用矯正眼鏡を使用した場合も同様で

別刷請求先：538-0042 大阪市鶴見区今津中 2-4-37 日本ライトハウス養成部 田邊正明

Reprint requests to: Tadaaki Tanabe Welfare Center for the Blind, Nippon Lighthouse

2-4-37 Imazunaka, Tsurumi-ku, Osaka 538-0042, Japan

ある。図1では遠視矯正の場合を示した。そのため高屈折力の手持ち式拡大鏡を無調節の正視眼、矯正された無調節の遠視眼・近視眼で使用すると眼と拡大鏡の距離(z)は自由にとれるが、作業空間が狭くなる。

ここで、遠視眼と拡大鏡の2枚のレンズと等価な薄い1枚のレンズの屈折力を Equivalent Viewing Power (以下EVP) と定義する。EVP (F_e) は拡大鏡 (F) と遠視度数 (F_a)、眼とレンズの距離 (z) を用いて、 $F_e = F - F_a + zFF_a$ であらわされる。未矯正の近視眼では近視度数が眼に組み込まれた凸レンズと考えられるので、眼とレンズを近づければ拡大鏡の屈折力に近視度数の絶対値が付加されEVPが増加するので拡大率が上がり、作業空間は短くなる。また遠視眼では図2に示したように、遠視度数を眼に組み込まれた凹レンズと考え、眼とレンズを近づければ拡大鏡の屈折力は遠視度数分だけ減少し、つまりEVPが減少して拡大率は下がり、作業空間は長くなる。

次に眼と拡大鏡の距離を拡大鏡の焦点距離より長くすると、EVP (F_e) は拡大鏡の屈折力より大きくなり、図3に示したように作業空間 (f_n) はEVP (F_e) と同じ屈折力をもつ薄い1枚レンズの焦点距離 (f_e) よりも増加し作業距離(書面と眼の距離)が長くなるので¹⁾、より自然な作業環境が維持できるようになる。そこで拡大鏡を未矯正の遠視

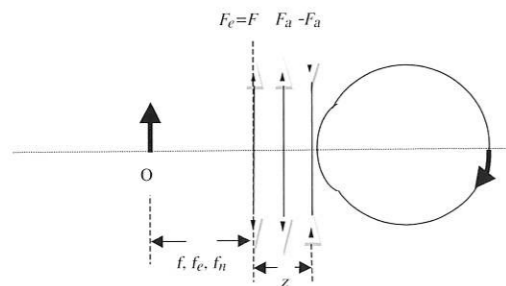


図1 遠方視用矯正眼鏡を装着し、眼と拡大鏡の距離を自由に使用する場合
 F : 拡大鏡の屈折力, F_a : 遠視度数, $-F_a$: 眼に組み込まれた仮想のレンズ度数, F_e : Equivalent viewing power (EVP), f_n : 作業空間, f : 拡大鏡の焦点距離, f_e : 等価なレンズの焦点距離, z : 眼と拡大鏡の距離, O : 書面

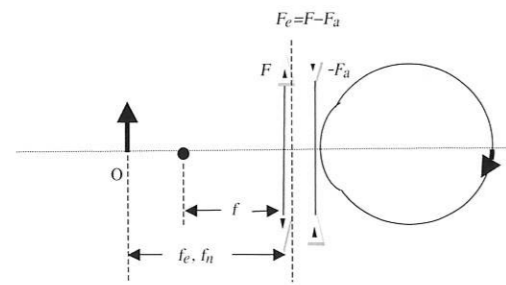


図2 遠方視用矯正眼鏡を装着せずに、眼を拡大鏡に近づけて使用する場合
 (記号は図1と同じである)

眼で使用し、高いEVPを生じさせる場合の拡大鏡の屈折力、作業空間の変化から、適切な作業空間、日常的な作業距離で使用可能になるか否かを調査した。また、眼を拡大鏡に近づければ見える範囲は広がるが、眼を拡大鏡から離すことにより、どのように視界が変化するのかを調べた。図1~3では距離はすべて正の数であらわし、 F : 拡大鏡の屈折力, F_a : 遠視度数, $-F_a$: 眼に組み込まれた仮想のレンズ度数, F_e : EVP, f_n : 作業空間, f : 拡大鏡の焦点距離, f_e : 等価なレンズの焦点距離 (EVPの逆数), z : 眼と拡大鏡の距離, O : 書面とした。

方 法

EVPは拡大鏡では高屈折力である+20.00, +30.00Dを例として取り上げた。日常的な作業距離は、近視視力を計測するための視距離として0.300mが通常使用されているので、本稿では0.300mを採用した。そして遠視度数、眼と拡大鏡の距離を変数としてEVPが+20.00, +30.00Dになるために必要な拡大鏡の屈折力、作業空間を求め、作業距離が0.300m以上になる場合を調べた。ただし遠視度数の範囲は+0.25Dステップで0~+10.00D、眼と拡大鏡の距離の範囲は0.025mステップで0.000~0.200mとした。

遠視眼で使用する拡大鏡は、図3に示したように眼と拡大鏡の距離を拡大鏡の焦点距離よりも長くして使用し、全体では遠視度数を眼に組み込まれた凹レンズと考え、拡大鏡と凹レンズの2枚レンズシステムとなっている。2枚レンズの組み合わせを1枚の薄いレンズとした場所は主面であり、主面におけるバージェンスがEVP (F_e) である。

拡大鏡の屈折力 (F) は、EVP (F_e)、遠視度数 (F_a)、眼と拡大鏡の距離 (z (m)) であらわすと、次のようになる⁴⁾。

$$F = \frac{F_e + F_a}{1 + zF_a} \dots\dots\dots (1)$$

式(1)の導出は補遺1に記した。

作業空間 (f_n) は、合成された2枚レンズの前頂点距離と等しいので、次のようになる。

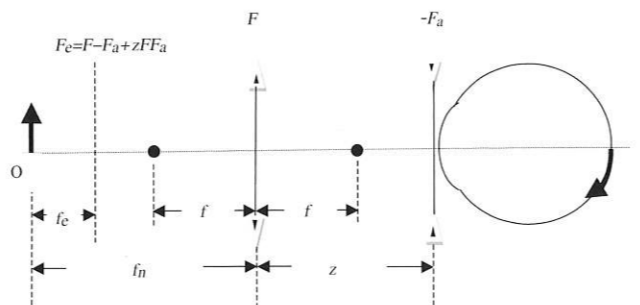


図3 遠方視用矯正眼鏡を装着せずに、眼を拡大鏡の焦点距離より遠ざけて使用する場合
 (記号は図1と同じである)

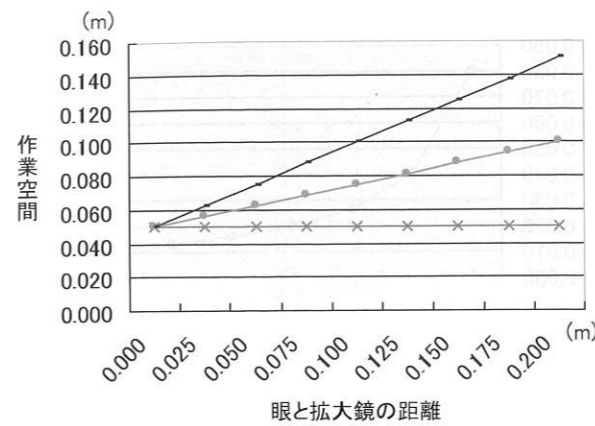


図4 作業空間、眼と拡大鏡の距離の関係 (EVP=+20.00D)
 遠視度数 0.00, +5.00, +10.00Dの場合
 -x- : $F_a=0.00D$, -●- : $F_a=+5.00D$,
 -■- : $F_a=+10.00D$

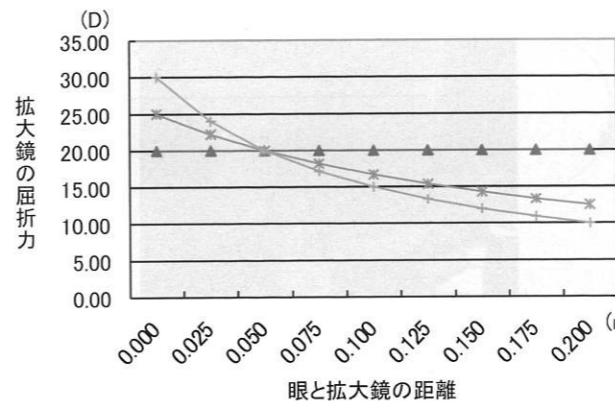


図6 拡大鏡の屈折力と、眼と拡大鏡の距離の関係 (EVP=+20.00D)
 遠視度数 0.00, +5.00, +10.00Dの場合
 -▲- : $F_a=0.00D$, -x- : $F_a=+5.00D$,
 -+- : $F_a=+10.00D$

$$f_n = \frac{1 + zF_a}{F_e} \dots\dots\dots (2)$$

式(2)の導出は補遺2に記した。

拡大鏡の視界はEVP (F_e)、レンズ口径 (A (m))、レンズを通して見える物体の大きさ (W (m)) であらわすと、次の式であらわされる^{2,3)}。この視界の式は、例えばEVPが+20.00D、レンズ口径が0.060m、眼と拡大鏡の距離が0.200mとすると、 $W = 0.060 / (20.00 \times 0.200) = 0.015$ となり、0.015mの書面の範囲が0.060mのレンズ口径の内側に入っているという意味になる。

$$W = \frac{A}{F_e z} \dots\dots\dots (3)$$

結 果

作業空間、眼と拡大鏡の距離の関係を、EVPが+20.00,

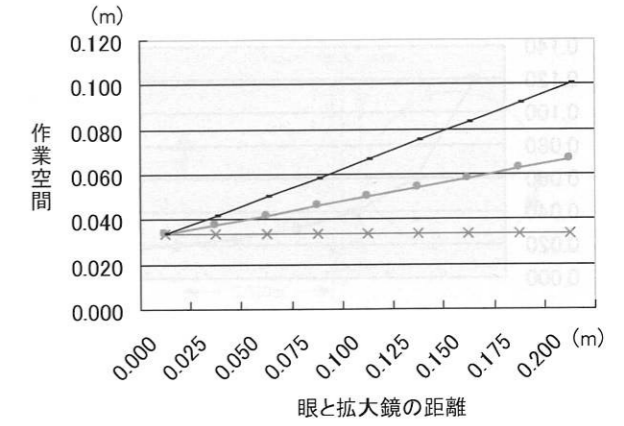


図5 作業空間、眼と拡大鏡の距離の関係 (EVP=+30.00D)
 遠視度数 0.00, +5.00, +10.00Dの場合
 -x- : $F_a=0.00D$, -●- : $F_a=+5.00D$,
 -■- : $F_a=+10.00D$

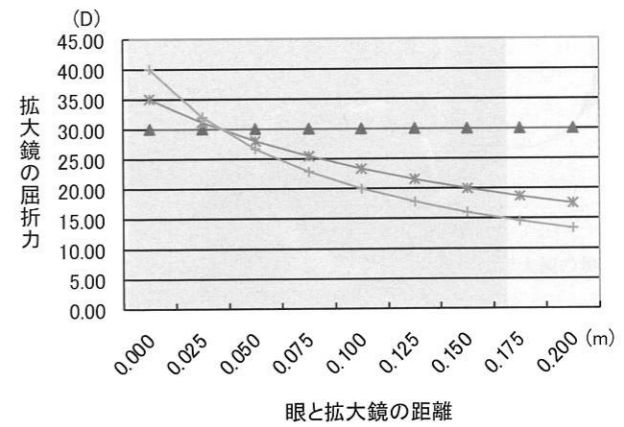


図7 拡大鏡の屈折力と、眼と拡大鏡の距離の関係 (EVP=+30.00D)
 遠視度数 0.00, +5.00, +10.00Dの場合
 -▲- : $F_a=0.00D$, -x- : $F_a=+5.00D$,
 -+- : $F_a=+10.00D$

+30.00Dについて遠視度数 (F_a) 0.00D (正視眼), +5.00, +10.00Dの場合を抽出してグラフ化するとそれぞれ図4, 5のようになった。EVPが+20.00, +30.00Dとなるためには未矯正の正視眼 ($F_a=0.00D$) では眼と拡大鏡の距離に関係なく作業空間はそれぞれ+20.00Dの焦点距離である0.050m, +30.00Dの焦点距離である0.033mであった。未矯正の遠視眼では+20.00DのEVPに関しては眼と拡大鏡の距離が0.200mのときに遠視度数が+5.00D以上, +30.00DのEVPに関しては遠視度数が+10.00D以上あれば作業空間は0.100m以上になり、作業空間と眼と拡大鏡の距離を合計した作業距離が0.300m以上になった。また作業空間はEVPが+20.00, +30.00Dとなるために必要な拡大鏡の焦点距離より大きく、眼と拡大鏡の距離に正比例して増加し、その傾きは遠視度数が大きいほど大きくなった。

拡大鏡の屈折力と、眼と拡大鏡の距離の関係を図6, 7に示した。EVPが+20.00, +30.00Dとなるためには未矯正

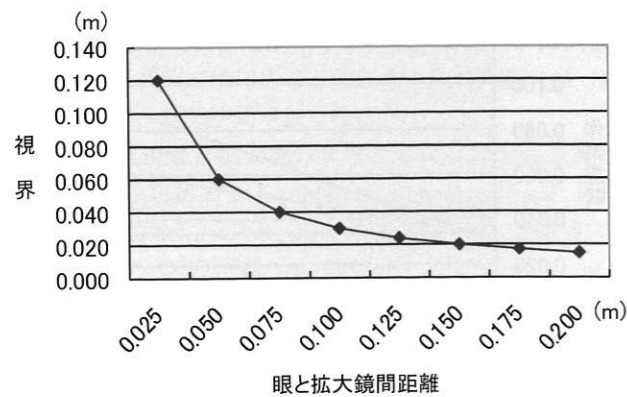


図8 拡大鏡の視界と、眼と拡大鏡の距離の関係
レンズ口径=0.060m, —◆—: EVP=+20.00D



図10 正視眼で+20.00Dの拡大鏡を使用している様子

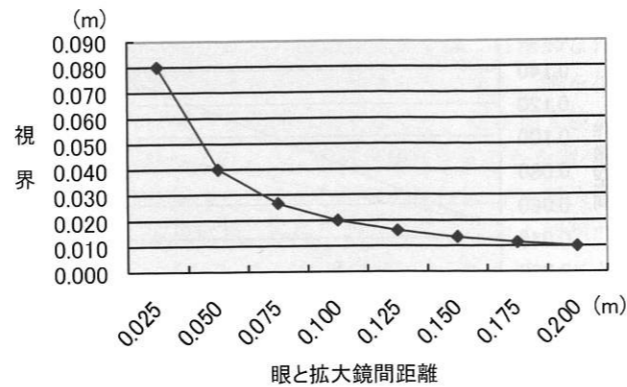


図9 拡大鏡の視界と、眼と拡大鏡の距離の関係
レンズ口径=0.060m, —◆—: EVP=+30.00D



図11 -10.00Dのトライアルレンズを装着し+10.00Dの遠視眼をシミュレーションして、+10.00Dの拡大鏡を使用している様子 (EVP=+20.00D)

の正視眼 ($F_a=0.00D$) では眼と拡大鏡の距離に関係なくそれぞれ+20.00, +30.00Dの拡大鏡が必要であった。未矯正の遠視眼では眼と拡大鏡の距離がEVPの+20.00, +30.00Dの逆数より大きくなると、必要とされる拡大鏡の屈折力はEVPより低くなり、遠視度数が大きいほど低下の割合も大きくなった。EVPが+20.00D, 遠視度数が+5.00Dのときの眼と拡大鏡の距離が0.200mであれば拡大鏡の屈折力は+12.50Dとなった。眼と拡大鏡の距離が0.200mで遠視度数が+5.00Dを超えると作業空間は0.100mより増加し、拡大鏡の屈折力は+12.50Dより減少して作業距離は0.300m以上になる。またEVPが+30.00D, 遠視度数が+10.00Dのときの眼と拡大鏡の距離が0.200mであれば拡大鏡の屈折力は+13.33Dとなった。

視界と、眼と拡大鏡の距離の関係をグラフにすると、レンズ口径が0.060mでEVPが+20.00Dもしくは+30.00D

の場合には式(3)より、それぞれ図8, 9のようになった。つまり、拡大鏡の焦点距離上に眼があれば視界はレンズ口径と同じ大きさで、焦点距離より眼を拡大鏡に近づけるとレンズ口径より大きく、焦点距離より眼を拡大鏡から離していくとレンズ口径より小さく見える。作業距離を0.300m以上にするには焦点距離より眼を拡大鏡から離す必要があるため視界はレンズ口径より狭くなった。また、眼から拡大鏡をEVPが+20.00, +30.00Dの場合にそれぞれで同じように離していくと、EVPが+30.00Dの方が+20.00Dよりも視界はより狭くなった。

正視眼と未矯正の遠視眼で拡大鏡を使用している様子を撮影し、図10, 11に示した。正視眼で+20.00Dの拡大鏡を使っている様子が図10であり、作業空間は0.05m, 眼とレンズ間距離は自由にとれた。+10.00Dの遠視眼をシミュ

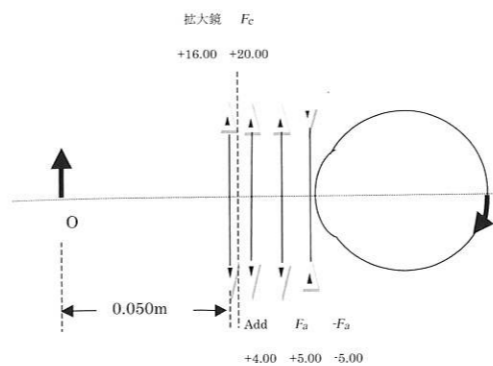


図12 拡大鏡, 加入度, 遠方視用矯正眼鏡を用いて新聞を読む場合
 F_c : EVP, Add: 加入度, F_a : 遠視度数, $-F_a$: 眼に組み込まれた仮想の凹レンズ

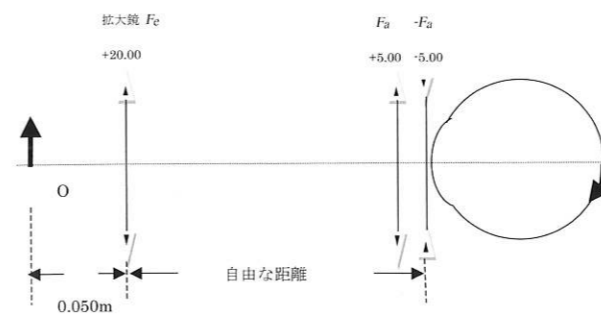


図14 加入度を含めた拡大鏡, 遠方視用矯正眼鏡を用いて新聞を読む場合
(記号は図12と同じである)

レーションするために-10.00Dのレンズを右眼に装着し+10.00Dの拡大鏡を使っている様子が図11であり、作業空間は0.150m, 眼と拡大鏡の距離は0.200mであった。EVPはどちらも+20.00Dであるから拡大鏡を通して見る見掛けの大きさは同じであるが、未矯正の遠視眼で見ると作業空間が広くとれる様子がわかる。

考 察

手持ち式拡大鏡を未矯正の遠視眼で拡大鏡の焦点距離より眼を離して使用すると、拡大鏡の屈折力は必要とされるEVPよりも低下し、正視眼で使用する一枚レンズよりも作業空間は拡張された。

臨床現場での具体例をシミュレーションしてみる。+5.00Dの遠視があり遠方視用矯正眼鏡で完全矯正しているが新聞の文字が読めないロービジョン者を想定する。新聞の文字を整数倍したロービジョン用近視視力表を使用して近視視を測定する⁴⁾。+4.00Dの加入度を遠方視用矯正眼鏡に加え、0.250mの視距離で新聞の文字の4倍の文字が読めたとする。必要とされる拡大鏡の屈折力は $1/(0.25/4)=16.00D$ となり、図12に示したように拡大鏡, 加入度

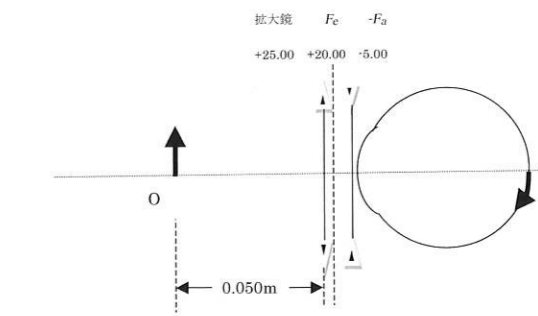


図13 遠方視用矯正眼鏡を使用せず拡大鏡を眼に近づけて新聞を読む場合
(記号は図12と同じである)

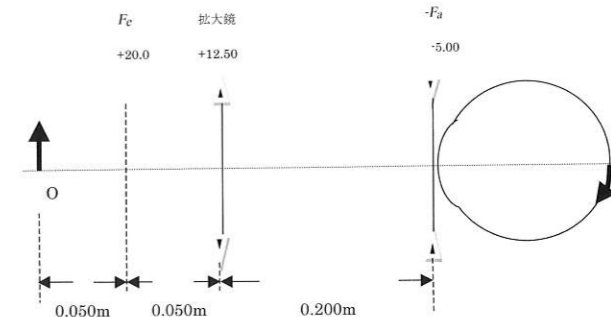


図15 遠方視用矯正眼鏡を装着せず拡大鏡を眼から拡大鏡の焦点距離より離して使用する場合
(記号は図12と同じである)

(Add), 遠視度数を入れた遠方視用矯正眼鏡の3枚のレンズが必要となる。拡大鏡, 加入度, 遠方視用矯正眼鏡, 眼を合わせたEVPは+20.00D ($+16.00+4.00+5.00-5.00=+20.00D$)となり、作業空間はその逆数で0.050mとなる。

3枚のレンズの代わりに図13に示したように1枚の拡大鏡を眼に近づけて新聞を見るためには+25.00D ($+16.00+4.00+5.00=+25.00D$)の拡大鏡を使用すればよい。EVPは+20.00D ($+25.00-5.00=+20.00D$)となり、作業空間はEVPの逆数で $1/20.00=0.050m$ である。また、そのときの視界(W)は $W=0.060/(20.00 \times 0)=\infty$ より無限大である。

もし+16.00Dに+4.00Dの加入度を加えた+20.00Dの拡大鏡を、遠方視用矯正眼鏡を装着して使用すれば図14のように眼と拡大鏡の距離は自由となる。作業距離を0.300mにするために眼と拡大鏡の距離を0.250mにすると、視界(W)は式(3)より $W=0.060/(20.00 \times 0.250)=0.012m$ となる。

次に作業空間を上記した0.050mより広くして、作業距離を0.300mにするために、未矯正の遠視眼と拡大鏡の距離を拡大鏡の焦点距離より離して使用するとどうなるであろうか。+20.00DのEVPでは眼と拡大鏡の距離0.200mのとき、図4より作業空間0.100m, 図6より拡大鏡の屈折力

+12.50D, 図8より視界0.015mとなる。視界は遠方視用矯正眼鏡を使用して作業距離を0.300mにするよりも0.003m広がっている。書面, 主面, 拡大鏡, 未矯正の眼の配置は図15のようになる。

実際の臨床場面では, +5.00D以上の遠視があるロービジョン者に対し, ロービジョン用近見視力表から必要とされるEVPを求めたときにEVPが+20.00D程度と算定された場合, +20.00Dよりも低い屈折力の拡大鏡を数種類用意し, 遠方視用矯正眼鏡を装用せずに, 処方した拡大鏡の焦点距離よりも作業空間, 眼と拡大鏡の距離ともに長くしてよく見える位置を探ることにより, 利用者が希望する作業空間, 作業距離で作業できることを体験できると考えられる。しかし拡大鏡から眼を離すほど, またEVPが大きいほど視界が狭くなるため, 使用に際してはスキニングの訓練が必要とされることも考慮しなければならない。

文 献

- 1) Michel B, Pierre S et al: To use or not to use refractive correction along with hand-held magnifiers. *Optometry and Vision Science* 69: 769-776, 1992.
- 2) Johnston AW: Understanding how simple magnifiers provide image enlargement. *Clinical and Experimental Optometry* 86: 403-408, 2003.

- 3) Johnston AW: Technical note: The relationship between magnification and field of view for simple magnifiers. *Aust J Optom* 65: 74-77, 1982.
- 4) 篠島謙次, 石田みさ子: ロービジョンケアマニュアル. 南江堂, 東京, 32-83, 2000.

補遺 1. 拡大鏡の屈折力を求める式の導出 (図3参照)

拡大鏡の屈折力を $F(D)$, 遠視度数を $F_a(D)$, 頂間距離を $z(m)$ とすると, 遠視度数 $F_a(D)$ は眼の中に組み込まれた $-F_a(D)$ のレンズと考えられるので, 拡大鏡と遠視度数の合成系のレンズのEVPは, EVPを $F_e(D)$ とすると, 等価屈折力を求める式¹⁾より

$$F_e = F - F_a + zFF_a$$

$$F = \frac{F_e + F_a}{1 + zF_a}$$

補遺 2. 拡大鏡の前焦点距離を求める式の導出

前頂点屈折力を $F_n(D)$, 前焦点距離を $f_n(m)$ とすると, 前頂点屈折力を求める式¹⁾より

$$F_n = \frac{F_e}{1 - z(-F_a)} = \frac{F_e}{1 + zF_a}$$

$$f_n = \frac{1 + zF_a}{F_e}$$

(2011年8月19日受付)

発行所 日本眼科紀要会

567-0047 茨木市美穂ヶ丘 3-6 山本ビル 302 号室 ☎072-623-7878
