
CLINICAL AND EXPERIMENTAL

OPTOMETRY

ORIGINAL PAPER

Determining the power of a negative lens field expander

George C Woo OD PhD¹, Brian Ing OD², Man-ho Lee BSc (Hons)¹

Accepted for publication: 12 February 2001

転載原著論文

視野拡大用凹レンズの屈折力の決定

George C. Woo¹, Brian Ing², Man-ho Lee¹

日本語訳 日本ライトハウス養成部 田邊正明★

要約

1984年にはKozlowski, Mainster, Avilaは視野拡大用凹レンズに必要な屈折力の公式を導きだした。彼らの方法は単眼鏡による拡大の原理に基づいている。この技術論文では、私たちは眼鏡による拡大の原理を使用し、同じレンズの屈折力を求めた。両方の方法が比較のために提示されている。開業医はロービジョン患者のための視野拡大用凹レンズの屈折力の決定にはどちらかの方法を選ぶことができるが、眼鏡による拡大の方法は眼科の開業にとって簡便で慣れているという利点がある。(Clin Exp Optom 2001; 84: 3: 162-164)

キーワード：レンズの屈折力の決定、視野拡大装置

¹ Faculty of Health and Social Sciences, The Hong Kong Polytechnic University

² Barrie Ontario

★ たなべただあき 日本ライトハウス養成部

〒538-0042 大阪市鶴見区今津中2丁目4番37号 TEL06-6961-5521 FAX06-6968-2059

周辺視野の欠損があるロービジョン患者の未知の環境における移動と一般的な定位を改善するために、簡単で廉価な視野拡大装置が通常使われる。その装置は手持ち式の凹レンズで、眼前の固定した位置に直径の大きなレンズを置く。それはガリレオ式逆単眼鏡に類似していて、手持ち式の凹レンズは対物レンズ、患者の調節が接眼レンズの役割を果たしている。ガリレオ式逆単眼鏡が視野拡大装置として従来の方法で使われているとき、患者の残存視野の広さと、拡大装置によって得られる視野の相互関係が通常は考慮されていない。単眼鏡による拡大の原理に基づいてKozlowski, Mainster, Avilaはいくつかの単純な公式を導き、視野の要素を考察した。この技術論文では同じものを求めるための代わりの方法が提示されている。眼鏡による拡大の原理が導出に使われ、視野拡大装置が眼鏡の単レンズとして扱われている。

凹レンズの処方の前に、過度の視力低下がない状態で可能な最大の視野を得るために、略式眼の節点から既定の直径(d)のレンズが置かれる最大の距離が計算される。もしレンズが眼から遠すぎたり近すぎると、向き合う角度が小さくなりすぎたり大きくなりすぎるだろう。小さな角度と向き合うときには周辺視野は使われず、視力が過度に低下するであろう。大きな角度と向き合うときには、レンズの周辺部は暗点の部分に投射され、レンズの直径は十分に使われないであろう。Kozlowski, Mainster, Avila¹⁾は下に示した等式(1)を使い、望ましい距離(t)を求めた。

略式眼の節点(N)から既定の直径(d)のレンズが置かれる最大の距離(t)は図1に示したように計算される。

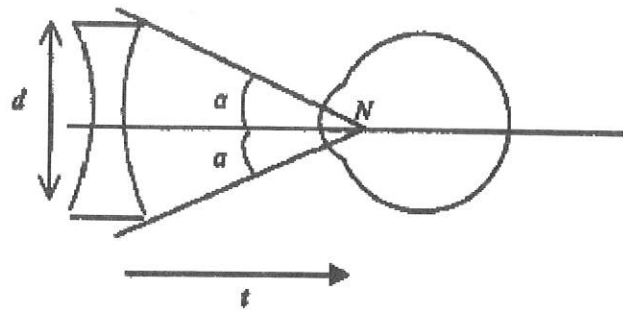


図1. 略式眼の節点(N)で 2α の角度に向き合う、距離(t)に位置する直径(d)のレンズ

三角関数により、

$$t = \frac{d}{2 \tan \alpha} \quad (1)$$

ただし、 d はレンズの直径(m)、 t は眼の節点(N)からレンズまでの距離、 α は患者の残存視野の半分の角度である。

α がラジアンで十分小さければ $\tan \alpha \approx \alpha$ となり、

$$t = \frac{d}{2\alpha}$$

α が360度法で表わされている場合にはラジアンに変換すると、

$$t = \frac{d}{2\alpha(\pi/180)} = \frac{28.6d}{\alpha} \approx \frac{30d}{\alpha} \quad (2)$$

Kozlowski, Mainster, Avila¹⁾は単眼鏡の拡大の原理を使用していて、角倍率は接眼レンズと対物レンズの等価屈折力に依存することを示している。

$$M = -\frac{F_e}{F_o}$$

ただし M は倍率、 F_e は接眼レンズの等価屈折力、 F_o は対物レンズの等価屈折力である。

視野拡大装置はガリレオ式逆単眼鏡のシステムとして扱われる。凹レンズは対物レンズ(F_o)であり、患者の標準の矯正眼鏡に取り付けられたプラスのフレネルレンズもしくは患者の調節(Acc)は接眼レンズ(F_e)である。システムの倍率(M)は

$$M = -\frac{F_e}{F_o} = -\frac{Acc}{F_o} \quad (3)$$

(ただし矯正眼鏡を装用していない場合)

遠方視で鮮明な像を得るには、図2のようにレンズが眼前に置かれたとき、患者に必要な調節(Acc)は距離(t)から焦点距離を引いた値の逆数に等しい($1/[t-f]$)、ただし凹レンズの焦点距離はマイナスとしている。

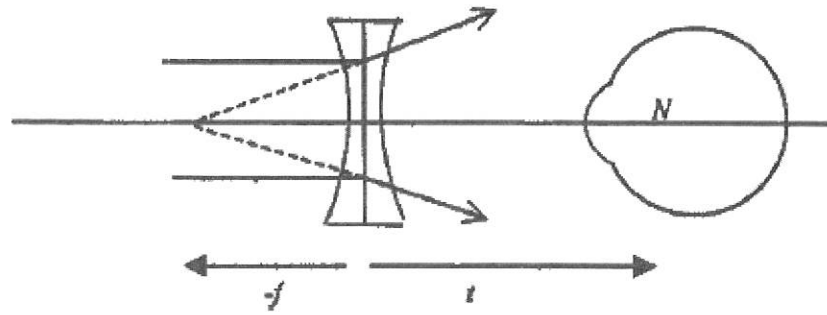


図2. 視野拡大装置の利用者による遠方視における調節

$$Acc = \frac{1}{t - (1/F_o)} \quad (4)$$

ただし、 $f=1/F_o$

等式(4)を等式(3)に代入すれば、使用されるレンズの屈折力(F_o)を求める公式が決定される。

$$M = \frac{1}{1 - tF_o}$$

変形すると、

$$F_o = \frac{M - 1}{Mt} \\ = \frac{1 - M_{in}}{t}$$

ただし、 $M_{in}=1/M=$ 視野拡大因子

公式を導出する代わりに方法は下記の通りである。眼鏡による拡大の原理(spectacle magnification (SM))が導出に使われている。視野拡大装置はガリレオ式逆単眼鏡のシステムの代わりに眼鏡の単レンズとして扱われている。距離(t_e)は眼の節点に近いところに位置する入射瞳(E)から凹レンズまでの頂点間距離として扱われている。

眼鏡による拡大の公式は図3に示されたように導出される。ただし P_1 、 P_2 はそれぞれ凹レンズの第1、第2主面であり、 h' は像の高さ、 t_e は眼の入射瞳からレンズまでの距離、 t は眼の節点からレンズまでの距離、 f はレンズの等

価焦点距離、 α_1 は像が入射瞳の中心Eで向き合う角度、 α_2 は P_2 で向き合う遠方にある物体の角度である。

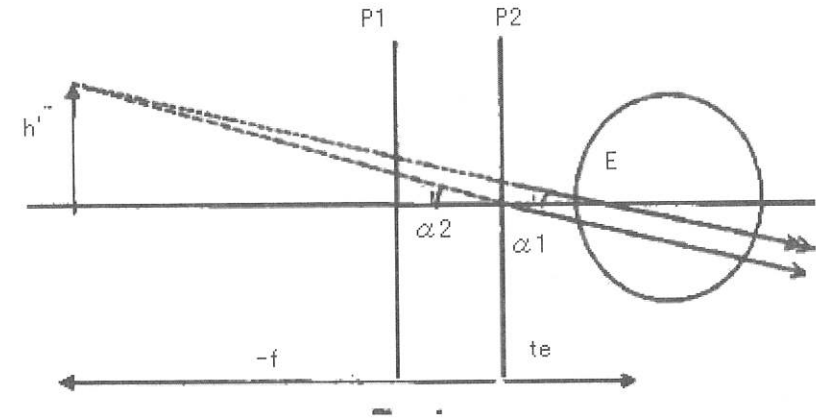


図3. 遠方視における眼鏡による拡大

$$\tan \alpha_1 = \frac{h'}{t_e - f}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{h'}{-f}$$

$$SM = \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{h'/(t_e - f)}{-h'/f} \quad *$$

$$SM = \frac{1}{1 - t_e F_o}$$

変形すると $\frac{1}{SM} = 1 - t_e F_o$

$$M_{in} = 1 - t_e F_o$$

$$F_o = \frac{1 - M_{in}}{t_e}$$

ここで、 $M_{in}=1/SM=1/M=$ 視野拡大因子であるから

$$= \frac{M - 1}{Mt_e}$$

* 原文では $SM = \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{h'/(t_e - f)}{h'/f}$ となっていたが、著者の了解を得て符号を訂正した。

$t_e \approx t$ より、

$$\frac{M-1}{Mt_e} \approx \frac{M-1}{Mt} = \frac{1-M_{in}}{t}$$

この等式は眼鏡による拡大の等式の単純な変形である。

網膜色素変性症で正視眼の若者の例である。彼の視野は直径でたった 10° であり、移動のために必要な最小の視野は 30° であることが分かっている。凹レンズの直径は35mmがこの患者には使われた。システムの倍率 M は

$$M = \frac{\tan 10^\circ}{\tan 30^\circ} = \frac{10}{30} = 0.333$$

実用的には、数値はおおよそ元の視野と拡大された視野の比に等しい。

眼とレンズの間の距離(t)の最大値は等式(2)から計算される。

$$t = \frac{30d}{\alpha} = \frac{(30)(0.035)}{5} = 0.21\text{m}$$

単眼鏡の拡大から導出された等式によれば、

$$F_o = \frac{M-1}{Mt} = \frac{0.333-1}{(0.333)(0.21)} = \frac{-0.667}{0.07} = -9.53\text{D}$$

眼鏡による拡大から導出された等式によれば、

$$SM = \frac{1}{1-tF_o}$$

変形すると、

$$F_o = \frac{(1-M_{in})}{t}$$

ここで、 $M_{in} = 1/0.333 = 3$ であるから、

$$F_o = \frac{1-3}{0.21} = -9.53\text{D}$$

よって、眼鏡による拡大の等式もレンズの屈折力を求めるために使うことが可能である。眼鏡による拡大は角倍率に基づいている。それは単純であり、眼科の開業医には慣れ親しんだものである。

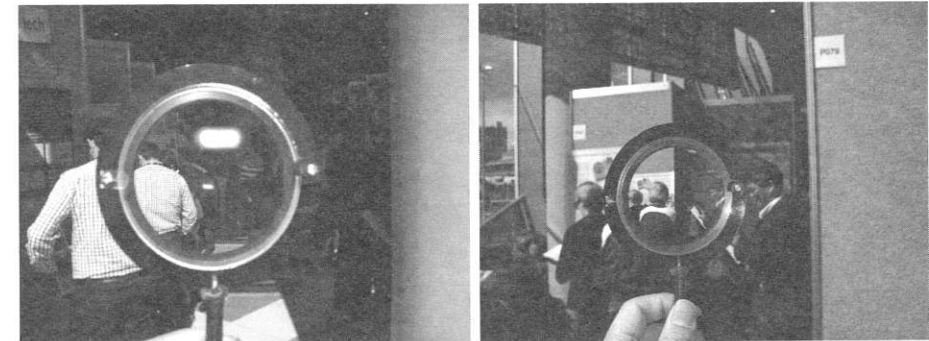
参考文献

- 1) Kozlowski JM, Mainster MA, Avila MP. Negative lens field expander. *Arch Ophthalmol* 1984; 102: 1182-1184.

あとがき

網膜色素変性症などの眼疾患によって視野が狭くなった場合、視野を広げるために縮小鏡を用いる場合があるが、視野の狭さによってどのような縮小鏡を提供すればよいのか理論的な裏付けをした論文を日本語に訳出する機会を得た。原著論文を提供して下さった香港理工大学のGeorge C. Woo先生、転載の許諾をいただいた英語原文掲載紙Clinical and Experimental OptometryのNicholas Walker氏に深謝したい。なお、日本語に訳出された語句に関する誤りがあった場合にはClinical and Experimental Optometryの責任に帰するものではない。

Dr. Wooが自作された縮小鏡で会場を見た状態は下図のようになる。



Dr. Woo作成の凹レンズ(-20D)による視野拡大の状態