

高屈折率スタンプルーペ「みてみ」の開発

Development of high refractive index bright field magnifier “Mitemi”

田邊正明（日本ライトハウス養成部）

徳永達哉（三井化学株式会社ビジョンケア材料事業部）

高木俊治（株式会社ホプニック研究所）

山口成志（株式会社タイムズコーポレーション）

Tadaaki Tanabe (Instructor Course, Nippon Lighthouse)

Tatsuya Tokunaga (Vision Care Materials Div., Mitsui Chemicals)

Shunji Takagi (Hopnic Laboratory Co.,Ltd)

Seiji Yamaguchi (Times Corporation Co.,Ltd)

要旨：

目的：スタンプルーペは周辺光を集光することにより紙面が明るくなり、紙面の上にレンズを直接置いて拡大像を両眼視することができる。従来のスタンプルーペより大きな倍率のスタンプルーペの作成を試みた。

方法：スタンプルーペの形状はすべて同じで、倍率は素材の屈折率を n とすると横倍率 (β) は $\beta = 3n / (4 - n)$ で決定される。従来の素材では横倍率は 1.8 倍が限界であった。それ以上の倍率を出すために、三井化学製の高屈折材料 MR-8™、屈折率 1.60 の素材を用いて製品を作成した。

結果：屈折率 1.60 の素材では横倍率 2 倍が公式から予想され、目視による拡大でも 2 倍が観察できた。

結論：横倍率だけでは他の拡大鏡と比較できないため、等価視屈折力 (Equivalent Viewing Power: EVP) を用いて他の拡大鏡と比較すべきである。「みてみ」の等価視屈折力は従来の 1.8 倍のスタンプルーペよりも約 1D 増加した。

キーワード：スタンプルーペ、屈折率、横倍率、等価視屈折力

1. 目的

スタンプルーペは紙面の上にレンズを直接置いて書面とほぼ同じ位置にある虚像の拡大像を両眼視することができる。また、周辺光を集光することにより紙面が明るくなるのが長所である。

一方、スタンプルーペは通信販売ではペーパーウェイト（文鎮）としても取り扱われており、拡大を比較するための数値である倍率に関して

は一般的にはあまり関心が持たれていないのが現状で、表示倍率に関しては販売元によって自由に表記されており、拡大鏡で使われる倍率表記方法とは異なっていることもあまり知られていない。

しかし、ロービジョン者にとっては拡大鏡としてよく使われており、もっと倍率の高いものが欲しいとの要望を拡大鏡の紹介現場で多く聞いていたため、高倍率のスタンプルーペの開発を計画するに至った。

2. 方法

スタンプルーペの形状は図1に示したようにすべて同じであり、素材の屈折率をnとすると横倍率(β)は

$$\beta = \frac{3n}{4-n}$$

で決定される(田邊・辻, 2007)。従来の製品の材質はアクリルもしくはガラスで、屈折率はそれぞれ1.49および1.52だが、横倍率を小数点以下第1位まで求めるには屈折率の有効数字を2桁とし、小数点以下第2位を四捨五入してn=1.5とすると、横倍率(β)は

$$\beta = \frac{3 \times 1.5}{4 - 1.5} = \frac{4.5}{2.5} = 1.8$$

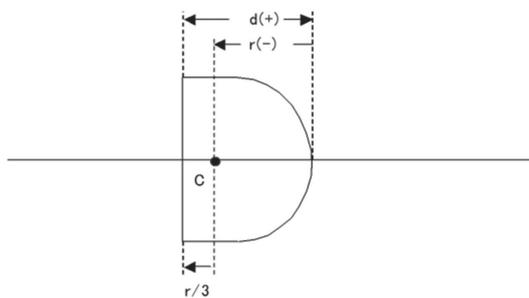


図1 スタンプルーペの形状
r: 曲率半径、C: 曲率中心、d: 高さ

スタンプルーペの倍率を上げるためにはこれまでと違った屈折率の高い素材を用いなければならず、1.8倍を超える横倍率を出すためには屈折率1.5以上の素材が必要であった。今回三井化学製の高屈折材料MR-8™、屈折率1.60の素材が提供され、さらに成形できる技術がホブニック研究所で開発され、製品(製品名「みてみ」)を作成した(図2)。



図2 「みてみ」を使用している様子

3. 結果

屈折率1.60の素材ではスタンプルーペの倍率の公式から横倍率(β)は、

$$\beta = \frac{3 \times 1.6}{4 - 1.6} = \frac{4.8}{2.4} = 2.0$$

となり、2.0倍がでることが予想された。

見かけの倍率は、スタンプルーペの中心に位置する直径部分に引いた直線から10mmの間隔をあけた直線を基準線とし、その線がどれくらいに拡大されるかを観察した。倍率の算定は15mm、17mm、18mm、19mm、20mmに間隔をあけて引いた直線と基準線の重なり具合で決定した。図3では、従来のアクリルスタンプルーペと「みてみ」を並べ、拡大の様子をiPhone7のカメラ機能を利用して書面から40cmの距離から撮影した。スタンプルーペは書面と虚像の位置はほぼ同じであるから、カメラのピントは書面と虚像に同じように合っている。従来のスタンプルーペは17mm~18mmに、「みてみ」では20mmに10mmの基準線が重なっていることから、それぞれ1.8倍、2.0倍が観察でき、「みてみ」が従来の製品よりも大きく見えることが分かった。また、従来の製品よりも紙面が明るく照らされているのが観察された。

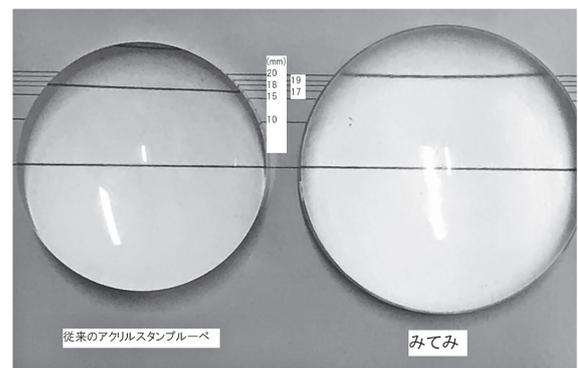


図3 従来のアクリルスタンプルーペと「みてみ」
※従来のアクリルスタンプルーペでは10mmの直線の幅が17~18mmに、「みてみ」では10mmの直線の幅が20mmに拡大されて見える

4. 考察

スタンプルーペの倍率は横倍率で表示されており、手持ち式拡大鏡で用いられている25cmを参照距離にした基準倍率とは異なる(田邊・辻,

2007)。スタンプルーペを手持ち式拡大鏡と比較するためには、眼の調節力（あるいは眼鏡の加入度）を利用した等価視屈折力（Equivalent Viewing Power: EVP）を用いる。等価視屈折力と基準倍率の求め方は次の通りである。

眼と書面間距離を a (cm) とする。スタンプルーペの虚像は書面に非常に近いところに生じるため（田邊・辻, 2007）、眼の調節力は $100/a$ (D) となる。スタンプルーペは卓上式拡大鏡に分類され、卓上式拡大鏡の等価視屈折力は「横倍率×調節力」で表されるから（田邊, 2010）、「みてみ」の等価視屈折力は

$$\frac{2.0 \times 100}{a} = \frac{200}{a} \text{ (D)}$$

となる。

また、基準倍率は

$$\frac{200}{a} \div 4 = \frac{50}{a} \text{ (x)}$$

となる。

「みてみ」が有効であった事例を紹介する。A氏（33歳、男性）は職業訓練を受講中で訓練のための教科書を読みたいという訴えがあった。眼疾患は視神経萎縮、身体障害者手帳には右眼：光覚弁、左眼：0.1、視覚障害4級（視力障害4級、視野障害5級（両眼視野1/2欠損））と記載されていた。当センターで再検した視力は、右眼：0.04、左眼：0.15（Sph -4.00 Cly -1.25 Ax60）。新聞記事の文字を整数倍した読書チャートにより求められた新聞記事を読むための必要屈折力は+13.3Dであった。既に所持していた拡大鏡は+8.5Dの手持ち式拡大鏡で、スマートフォンはiphone6のデカモジアプリを利用して見ていた。紹介した拡大鏡は遠方視の矯正眼鏡を装用しNikon製の手持ち式拡大鏡+14D、+12D、+10Dを、および眼鏡を装用せずに各社のスタンプルーペ、「みてみ」（直径60mmと80mm）を紹介したところ、+14Dの手持ち式拡大鏡と「みてみ」で新聞記事をスムーズに読むことができた。

ここで、左眼の等価球面度数を求めると、

$$-4.00 + \frac{-1.25}{2} = -4.625 \text{ (D)}$$

となる。つまり、球面值でおよそ-5.0Dの屈折異常があることになるため、眼の中に+5.0Dの凸レンズを持っていると仮定すると、眼鏡を装用せずに無調節で視距離は20cmとなり、等価視屈折力は $2.0 \times (+5.0) = +10.0D$ となる。調節力の利用により、紙面に眼を近づけることができれば等価視屈折力は増加する。例えば+2Dの調節が働けば、視距離は $100 / (+5+2) = 14\text{cm}$ となって、 $2.0 \times (+5+2) = +14.0D$ の等価視屈折力となる。

従来の1.8倍のスタンプルーペでは、視距離20cmでは $1.8 \times (+5.0) = +9.0D$ 、+2.0Dの調節が加わると $1.8 \times (+5.0+2.0) = +12.6D$ となる。「みてみ」の等価視屈折力と比較するとそれぞれ約+1.0D少ないことがわかる。

A氏は従来のスタンプルーペと手持ち式ルーペを比較し、教科書を見るために「みてみ」（80mm）を選択し購入した。

従来のスタンプルーペは最高横倍率1.8倍までであったが、高屈折率の眼鏡レンズ素材の利用で横倍率2倍の拡大鏡が完成した。少しの倍率増加であっても視覚障害者にとっては大きな変化に捕えられ、さらに眼鏡矯正だけでは読みが疲れる高齢者のためにもこのような高性能な拡大鏡の必要性が今後増加すると思われる。

また、スタンプルーペの倍率の表示は販売元により2倍、3倍、4倍、7倍などと表示され、消費者を混乱させており、横倍率による統一表示が望まれる。

文献

- 1) 田邊正明・辻一央（2007）スタンプルーペの倍率表示．日本ロービジョン学会誌，8，134-138.
- 2) 田邊正明（2010）卓上式拡大鏡と眼間距離の変化に応じた等価屈折力簡易計算法．日本ロービジョン学会誌，11，88-93.