

単眼鏡用スケールの開発と使用法

日本眼鏡技術専門学校（本務先：日本ライトハウス養成部）¹⁾ 田邊 正明¹⁾、魚里 博²⁾
北里大学医療衛生学部（現在の所属：新潟医療福祉大学医療技術学部）²⁾

【目的】 ロービジョン者が近見視に使用する適切な単眼鏡の選択と、拡大鏡に必要な屈折力を測定するための単眼鏡用スケールを開発する。

【対象と方法】 NEITZ 製単眼鏡に等価屈折力と作業空間のスケールをつけて、倍率の異なる単眼鏡から単レンズと同じ等価屈折力で選択できるようにし、見かけの大きさを比較するために虚像を撮影した。また、拡大鏡に必要な屈折力を、ロービジョンシミュレーションを装着した晴眼者に対し単眼鏡と MNREAD-J で測定し比較した。

【結果】 同じ等価屈折力で単眼鏡の表示倍率が大きくなると作業空間は長くなったが、見かけの大きさは同じであった。単眼鏡と MNREAD-J で測定した拡大鏡に必要な屈折力に有意な差はなかった。

【結論】 単眼鏡に作業空間と等価屈折力のスケールを付けた結果、ロービジョン者に適した単眼鏡を選択できるようになった。また、拡大鏡に必要な屈折力を計算せずに直接求めることができた。

キーワード：単眼鏡、等価屈折力、作業空間

Development of Calibrated Scale for Adjustable Focus Telescope and Its Usage

¹⁾Nippon Optometrical College. (Main affiliation: Instructor Course of O&M and Social Adjustment Training, Nippon Lighthouse.) ²⁾Graduate School of Medical Science, Kitasato University. (Present affiliation: Department of Orthoptics and Visual Science, Niigata University of Health and Welfare.)

Tadaaki Tanabe¹⁾, Hiroshi Uozato²⁾

Purpose: Calibrated scale for adjustable focus telescope for near vision is developed to select the proper telescope for near vision, and to measure the diopter for magnifier. Methods: Scales of equivalent power and working space were labeled on the tubes of telescopes, which make it possible to select the proper telescope for near vision. Virtual images through telescopes were captured with the camera to compare. Diopters needed for magnifier used by the sighted subjects who simulated low vision person were measured with the telescope and MNREAD-J to compare.

Results: Though working spaces were elongated according to the magnification indicated in telescopes of same equivalent power, virtual images were equal size. There was no significant difference between the telescope and MNREAD-J to estimate the diopter for magnifier.

Conclusion: As a result of labeling of equivalent power and working space, proper telescope for low vision person would be selected. Diopter needed for magnifier could be measured directly without any calculations.

Keywords: equivalent power, working space, telescope

1. 緒言

眼鏡店では近視、遠視、乱視の視力矯正用眼鏡、近見視のための老眼鏡、さらに累進レンズで加入度を入れた遠近両用眼鏡の販売が主な業務であるが、ロービジョンのための光学的補助具である弱視眼鏡、拡大鏡や遮光眼鏡の販売も業務のひとつである。

ロービジョンのお客様は眼疾患により矯正眼鏡を装用しても視力が不良で、新聞の記事などの小さな文字が読めない、研修会などでスクリーンに映し出された文字が読めないといったことを訴えられる。そのような場合は、通常の大サイズの文字が読めなくとも文字を拡大すれば読めるため、拡大する方法を試行することとなる。拡大する方法には、1)文字そのものを大きく書いて見せる方法(相対的文字拡大法)、2)文字を眼の近くに持ってきて視角を大きくする方法(相対的距離拡大法)、3)文字の位置は変えずに視角を大きくする方法(角度拡大法)、4)ビデオカメラを用いて大きな文字をスクリーンに映し出す方法(投影拡大法)がある¹⁾。

光学的補助具の役割は、前述した相対的距離拡大法と角度拡大法を提供することである。相対的距離拡大法は、大きな調節力が働く若い人の場合は文字を眼に近づければ文字を大きくして見ることができると補助具は不要であるが、調節力が十分でない中高年者の場合は眼前に凸レンズを装用し文字を眼に近づけて虚像による拡大像を見ることになる。角度拡大法は文字を動かさずにレンズを眼と文字の間に挿入して見るため、レンズが眼から遠いほど倍率は大きくなり、レンズが近くなれば相対的距離拡大法による拡大が大きくなって角度拡大法による倍率はとるに足らなくなる²⁾。文字が眼から無限遠に近づいていくと単レンズを手を持って文字に焦点を合わせることができなくなり、対物レンズと接眼レンズの2枚レンズを使った単眼鏡が必要になる。

光学的補助具はほとんどの眼鏡店では読書用ルーベとして度数の低い単レンズの商品を中心に置

かれている場合が多く、老眼鏡の補助的な意味合いで手に取られることが多い。近年発売されたハズキルーベも同様な意味で読書用ルーベのひとつであり拡大機能を持つことをうたっている。一方、単眼鏡は望遠鏡としての機能は理解されるが、図1に示したように4倍の単眼鏡であれば近いところは20cmから無限遠までを見られることはあまり知られていない。単眼鏡の鏡筒には、例えば無限遠を見たときの倍率が4倍と対物レンズ口径12mmであれば4×12のように表記されているが、近いところを見たときの倍率は表示されていない。そこで近いところを見たときの倍率に変えて単眼鏡の等価屈折力と作業空間の距離を鏡筒に表記し、単眼鏡を単レンズの度数と比較できるようにした³⁾。

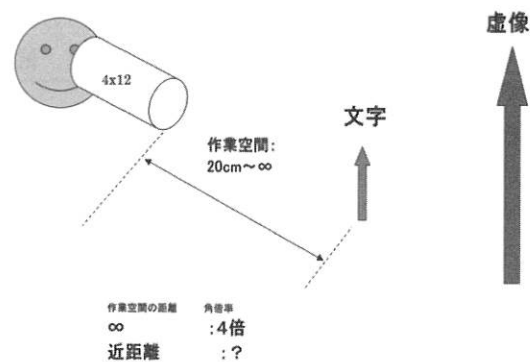


図1. 単眼鏡で文字を見たときの倍率

また、どのような光学的補助具が必要なのかを調べるには、オートレフラクトメータのような機器を使って目安となる度数を見出す機器がないため、眼鏡店員の経験による商品知識からお客様が商品を直接試用されて購入しているのが現状であるかと思われる。度数の算出方法には視力値の逆数を用いる Kestenbaum の公式を利用する方法⁴⁾や、標準文字とした新聞記事の活字を整数倍した読書チャートを用いる方法¹⁾、MNREAD-J(株式会社はんだや製)を用い読書速度から臨界文字サイズを求めて必要屈折力に換算する方法などがあるが、いずれも必要屈折力の数値が直接求められるわけではなく、検査者による計算や換算が必要となり

眼鏡店で利用しているところは少ないと思われる。単眼鏡は焦点深度が浅く、少し動かただけで像がぼけることを利用すると、前述した単眼鏡用スケールには等価屈折力が表示されているため、単眼鏡を通して目標とする文字が読めた場合には、拡大鏡に必要な屈折力が読み取れることが予測される。そこで廉価に測定できる方法として単眼鏡の利用を検討した⁵⁾。

2. 対象と方法

スケールを付ける単眼鏡は NEITZ 製を使用した。NEITZ 製のロービジョン用単眼鏡にはすでに鏡筒に作業空間の距離が図2のように表示されていて、鏡筒を最大に伸ばし、対物レンズと文字の間の距離が最短になったときの倍率はカタログに表1のように記されている。対物レンズと文字の間の距離は NEITZ のカタログには作動距離と記されているが、本稿ではロービジョン関連の用語に使われている「作業空間」の距離とした。

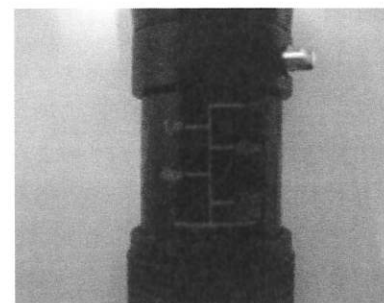


図2. NEITZ 製の単眼鏡の作業空間距離の目盛

表1. NEITZ 製単眼鏡のカタログ

	PK-3S	PK-4S	PK-4	PK-6
倍率(無限遠)	2.8倍	4.2倍	4倍	6倍
倍率(最短距離)	3.6倍	5.3倍	5.5倍	7.6倍
最短作動距離	15cm	20cm	20cm	23cm

等価屈折力と作業空間の距離を記した単眼鏡用スケールの作成には次の公式を利用した。ただし、作業空間の距離を a、対物レンズの屈折力を D₀、等価屈折力を D_T、表示倍率を m、鏡筒の長さの変化を Δt とした³⁾。

$$a = \frac{1}{D_0} + \frac{m}{D_T}$$

$$\Delta t = \frac{D_T}{mD_0^2}$$

上式を用いて NEITZ 製 PK-4、PK-6 の鏡筒に張り付けるためのスケールの数値を求めると表2、3のようになった。

表2. PK-4の等価屈折力、作業空間の距離、スケールの長さの関係

$$(D_0 = 21.34D, m = 4x)$$

等価屈折力(D)	作業空間の距離(cm)	スケールの長さ(mm)
0	∞	0.0
2	205	1.1
4	105	2.2
6	71	3.3
8	55	4.4
10	45	5.5
12	38	6.6
14	33	7.7
16	30	8.8
18	27	9.9
20	25	11.0
22	23	12.1
24	21	13.2
26	20	14.3

表3. PK-6の等価屈折力、作業空間の距離、スケールの長さの関係

$$(D_0 = 16.37D, m = 6x)$$

等価屈折力(D)	作業空間の距離(cm)	スケールの長さ(mm)
0	∞	0.0
2	306	1.2
4	156	2.5
6	106	3.7
8	81	5.0
10	66	6.2
12	56	7.5
14	49	8.7
16	44	10.0
18	39	11.2
20	36	12.4
22	33	13.7
24	31	14.9
26	29	16.2
28	28	17.4
30	26	18.7
32	25	19.9
34	24	21.1

表をもとにスケールを作成し、貼りつけた状態を図3に示した。

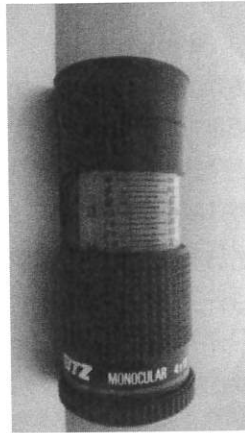


図3. 単眼鏡用スケールを貼りつけた状態

スケールを用いて同じ等価屈折力の NEITZ 製 PK-4、PK-6 の単眼鏡と単レンズで、作業空間の距離が異なった場合の虚像をデジタルカメラで撮影し比較した。

次に、単眼鏡で拡大鏡の屈折力を測定するには、目標となる文字が読めたところの等価屈折力の数値を読み取ればいいのであるが、文字を提示する位置は等価屈折力ごとによりことなり、被験者が文字と対物レンズ間距離を変化させなければならない。しかし、単眼鏡は少しの作業空間の変化であっても像がぼけるため、ピント合わせに時間がかかる。そこで、文字の位置は NEITZ 製 PK-4 の作業空間の距離と同じ数値を記載した光学台を使用して検査者が変化させることにした。図4のように NEITZ 製 PK-4 の単眼鏡、光学台、目標の文字をセットし、手順は次のようにした。

- 1) 完全矯正された眼を接眼レンズにつける。
- 2) 目標の文字を光学台に記された目盛の一番近いところにおく。
- 3) 光学台に示された数値と同じ数値に単眼鏡の目盛を合わせ、焦点調節をする。

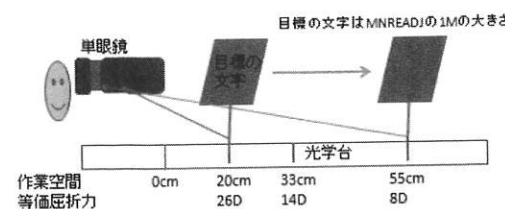


図4. 単眼鏡で拡大鏡の屈折力を測定する様子

- 4) 読むことができる臨界の文字の大きさに達するまで目標の文字を次の目盛へと移動する。
- 5) 最後に示された等価屈折力が近見視用拡大鏡に必要な屈折力である。

ロービジョンシミュレーションを装着した晴眼者6名を被験者とし、単眼鏡用スケールにより求められた数値を MNREAD-J (図5) による読書速度による検査から求められた必要屈折力と比較した。

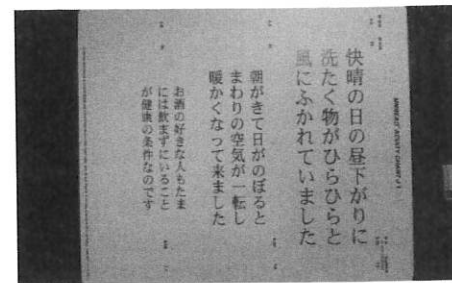


図5. MNREAD-J

3. 結果

NEITZ 製 PK-4、PK-6 の鏡筒をスケールにより 16D に調節し、同じ等価屈折力 16D の単レンズと単眼鏡の作業空間を比較すると図6のようになった。単レンズでは 6.2cm であった作業空間が、4 倍の単眼鏡であれば 30cm、6 倍の単眼鏡であれば 44cm と、表示倍率が大きな単眼鏡の作業空間がより長くなった。

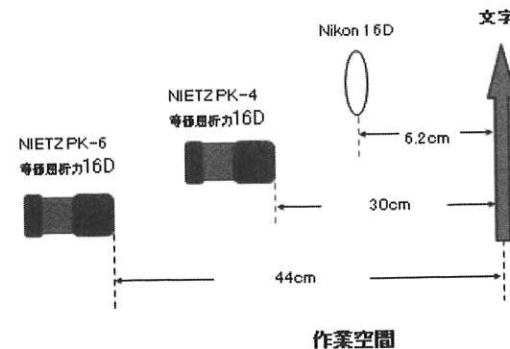


図6. 同じ等価屈折力のレンズの作業空間の比較

また、その時の作業空間の距離に定規を位置させてデジタルカメラで撮影した映像と、Nikon

Pocket Type Loupe 16D の単レンズを焦点距離 6.2 cm に置いて撮影した映像を比較すると図7のようになり、ほぼ同じ大きさに見えることが分かった。

製品名	等価屈折力	作業空間
PK-4	16D	30cm
PK-6	16D	44cm
Nikon Pocket Type Loupe	16D	6.2cm

図7. 等価屈折力 16D の NEITZ PK-4、PK-6、Nikon Pocket Type Loupe で定規を撮影

被験者6名の MNREAD-J の M の値が 1.0 の文章を読むための単眼鏡で求めた必要屈折力の平均値は $7.00 \pm 0.82D$ 、MNREAD-J で求めた必要屈折力の平均値は $6.47 \pm 0.52D$ であった(表4)。単眼鏡と MNREAD-J による数値は 5% 水準で対応のある t-検定を行ったところ有意な差はなかった。また Bland-Altman 分析においても加算誤差はなかった(図8)⁵⁾。

表4. MNREAD-J と単眼鏡の測定による必要屈折力

被験者	MNREADJ	単眼鏡
	必要屈折力 (D)	必要屈折力 (D)
A(27歳、F)	6.7	6.0
B(30歳、F)	6.7	8.0
C(33歳、F)	6.7	7.0
D(29歳、M)	5.3	8.0
E(23歳、F)	6.7	7.0
F(23歳、M)	6.7	6.0
平均	6.47 ± 0.52	7.00 ± 0.82

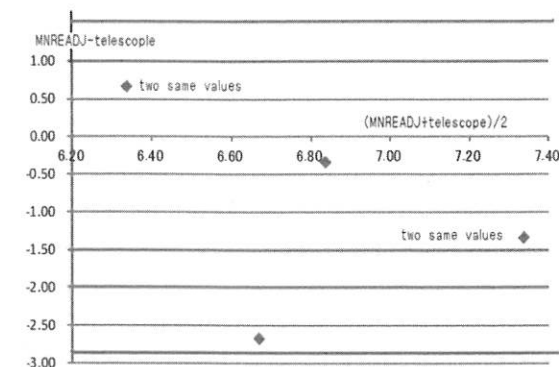


図8. Bland-Altman 分析

4. 考察

ロービジョン用に販売されている単眼鏡は表示倍率が 2.8 倍、4 倍、6 倍、8 倍の仕様が標準となっていて、作業空間の距離が鏡筒に印刷されている製品は日本製では NEITZ 製だけであるが、近見視のためにあまり利用されておらず、対物レンズに装着する近用レンズが付属しているため作業空間を固定して使用するよう理解されていると思われる。鏡筒の伸縮により近用に使用できることがスケールを付けることにより理解しやすくなったのではないかと。同じ等価屈折力であれば表示倍率が大きくなるほど作業空間が広くなり、例えばアルコールランプの火元のような眼を近づけて見ると危険であるものをロービジョン者の見え方を考慮して等価屈折力を合わせ拡大することができる。

単眼鏡の短所は、その構造がケプラー式であるため鏡筒が長くなり、虚像は倒立像であるから正立像に変えるためにプリズムを内蔵しているため重くなり、眼鏡フレームに装着するのが困難であること、また見目が悪く進んで使用しようという気にならないことである。長所は高い屈折力であっても十分な作業空間が確保できることである。単眼鏡の利用で注意しなければならないことは、無限遠を見る場合は物体までの距離が多少前後しても像がぼけることはないが、近見視で利用するには焦点深度が浅く少し動かすだけで像がぼけてしまう。さらに視野が狭いため左右上下方向を探索し、見たい場所を特定する必要がある。単レンズのように眼とレンズ間距離を変化出来ず、アイレリーフを一定にしなければならない。つまり、単眼鏡はその位置を固定して使用しなければならないことが利用の妨げとなっている。そこでロービジョン者に対して単眼鏡を手元に固定し、スキニングする練習をしなければならない。

現在は iPad などの電子機器で便利な拡大器が販売されているが、まだまだ高価であるうえ電源が必要である。その点単眼鏡は廉価、電源が不要であるうえ、一度購入すれば長年使用することが

できる。作業空間の距離、等価屈折力、表示倍率を理解したうえで使用方法を練習すればさまざまな場面で有効に活用できる。

単眼鏡に作業空間の距離と等価屈折力が表示されたことで、読書チャート、検眼レンズセットがない場所でも目標となる文字を読むために必要な屈折力を計算などをせずに直接計測できることが示唆された。拡大鏡に必要な屈折力の測定装置とするにはまだまだ課題が多く残るが、今後さらに改良を進めていきたい。

【参考文献】

- 1) 築島 謙次、石田みさ子：ロービジョンケアマニュアル。南江堂，東京，47-54，2000.
- 2) George CW, Andrew ML: The term magnification. Clin Exp Optom, 84 : 113-119, 2001.
- 3) 田邊正明、魚里博：単眼鏡の等価屈折力と作業距離用スケールの作成，日本ロービジョン学会誌 10 : 57-62, 2010.
- 4) Dickinson CM: Optical aids for low vision. In: Charman WN: Visual Optics and Instrumentation, The Macmillan Press Ltd, 183-221, 1991.
- 5) 田邊正明、魚里博：単眼鏡による近見視に必要な拡大鏡の屈折力の測定，第14回日本ロービジョン学会学術総会プログラム・抄録集，92，2013.

〈ハイパワーレンズメガネについての質問と回答〉

〈質問内容〉

1. 単眼鏡で近見拡大鏡に必要な屈折力が得られるということは、その度数でもって近用眼鏡のハイパワーレンズとして使用できるということでしょうか。
2. その際輻輳を考慮すると、その△量はどのように決定されるのでしょうか。何か計算式で得られるのでしょうか。
3. 左右で屈折力が違う場合はまた、何か問題があるのでしょうか。

〈回答〉

1. ご指摘の通りです。近用眼鏡のハイパワーレンズとして使用できます。作業空間の距離は単レンズのハイパワーレンズよりも長くなります。表示倍率の高い単眼鏡ほど作業空間の距離は長くなります。
2. 今回使用しました単眼鏡はケプラー式の単眼鏡ですので、両眼視での輻輳は不可能です。マウントできる眼鏡フレームがありますが、単眼での仕様となっています。ケプラー式の単眼鏡の光学中心から視線がずれますと使用できないため、△量は計算できないと思います。両眼視で使うためにはマウントするときの角度を内向きにする必要があります。
3. 左右で屈折力が異なる場合に、両眼にこのケプラー式の単眼鏡を装用したと仮定しますと、作業空間の距離が異なり輻輳ができません。