

拡大鏡に必要な屈折力の測定 —単眼鏡を利用した Pilot Study—

田邊 正明

日本ライトハウス養成部

魚里 博

北里大学医療衛生学部

日 本 ロ ー ビ ジ ョ ン 学 会 誌

Journal of Japanese Society for Low-vision Research and Rehabilitation

拡大鏡に必要な屈折力の測定

— 単眼鏡を利用した Pilot Study —

田邊正明

日本ライトハウス養成部

魚里 博

北里大学医療衛生学部

Measurement vs. Calculation of Diopters Needed for Magnifiers

— Pilot Study Using a Telescope —

Tadaaki Tanabe

Welfare Center for the Blind, Nippon Lighthouse

Hiroshi Uozato

Graduate School of Medical Science, Kitasato University

目的: 単眼鏡は鏡筒の伸縮で等価屈折力が変化し、ロービジョン者が単眼鏡で近見視できたときの等価屈折力は拡大鏡の必要屈折力となる。そこで単眼鏡と読書チャートから求めた必要屈折力を比較、検証した。

方法: 単眼鏡の鏡筒および光学台に等価屈折力と作業空間の目盛を付し、単眼鏡を通して視標が明視できる位置を測定し、必要屈折力を求めた。ロービジョンシミュレーションを装用した晴眼者6名の単眼鏡とMNREAD-Jで求めた必要屈折力を比較した。

結果: 被験者の単眼鏡とMNREAD-Jで求めた必要屈折力の平均値はそれぞれ $7.00 \pm 0.82D$, $6.47 \pm 0.52D$ であった。単眼鏡とMNREAD-Jによる数値には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。

結論: 単眼鏡による必要屈折力の計測値はMNREAD-Jと同様に利用できる。また、MNREAD-Jのように換算を必要とせず、直接目盛を読むことにより求められた。

(日本ロービジョン学会誌 14: 38-43, 2014)

キーワード: 等価屈折力, 必要屈折力, MNREAD-J, 単眼鏡

Purpose: To investigate differences in the diopter power needed for near vision measured in two ways: diopter calibration on an equivalent viewing power (EVP) adjustable focus telescope when the low-vision person has adjusted the tube length so that he/she can read all target letters, and calculation of the diopter power using a reading chart.

Methods: Six normal-sighted subjects simulated low vision for this study. On the telescope, we noted the diopter calibration and working space when the subjects could clearly see the target letters through the telescope. We also calculated the diopter power using MNREAD-J. We then compared the 2 diopter powers.

Results: The mean diopter powers needed for near vision using the telescope vs. MNREAD-J were $7.00 \pm 0.82D$ and $6.47 \pm 0.52D$ respectively. There was no significant difference between the mean diopter powers. There was no fixed bias in the Bland-Altman plot.

Conclusions: The diopter power needed for near vision with the EVP telescope was not significantly different from the diopter power calculated using MNREAD-J. Thus, the diopter power needed for near vision aids for those with low vision can be determined from the calibration on an adjustable focus telescope, rather than by calculations using MNREAD-J.

(J Jpn Soc Low-vision Research and Rehabilitation 14: 38-43, 2014)

Key Words: Equivalent Viewing Power, Needed Diopter, MNREAD-J, Telescope

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

緒言

屈折異常値を求めるオートレフラクトメータのように、ロービジョンにおいても機械的計測に近い形で直接読書のために必要な拡大鏡の屈折力が求められる方法があれば簡便であるが、現在のところそのような機器は見当たらない。そのためにロービジョン者に必要な屈折力を算定する方法には様々なものがある。視力値の逆数を用いる Kestenbaum の公式を利用する方法¹⁾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²⁾、MNREAD-J (はんだや社) を用いて臨界文字サイズを logMAR で決定し必要屈折力に換算する方法などである。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る。しかし、いずれの方法においても求める屈折力は、ロービジョン者が完全矯正された状態において標準とする文字が無調節で読めるようにするために必要な加入度である。つまり、調節力を働かせない完全矯正眼において目標とする視標を提示し、検査機器による屈折力を連続的に変化させて自覚的に視認可能であることが確認できれば必要な屈折力が算定されることが考えられる。

単眼鏡は鏡筒を伸縮することにより等価屈折力が連続的に変化するため、鏡筒の長さ(接眼レンズと対物レンズ間距離)および作業空間(視標と対物レンズ間距離)に対応して等価屈折力が決定される。また単眼鏡の倍率が大きくなるほど作業空間の少しの変化でも大きな調節力を必要とする^{3,4)}ため、ロービジョン者が単眼鏡を用いて目標とする視標を読めた作業空間に対応する等価屈折力を読み取ると、その視標を視認するために必要な屈折力が算定されることが予想される。そこで、ロービジョン者が読書のために必要な拡大鏡の屈折力を算定する代表的な方法であるMNREAD-Jで求めた屈折力と、単眼鏡を利用して求めた屈折力を比較することにより、単眼鏡で近見視のために必要な拡大鏡の屈折力を求めることの有効性を検証する。

対象および方法

被験者は眼疾患をもたない晴眼者6名で、完全矯正した上で白濁プレート⁵⁾を右眼に装着したロービジョンシミュレーション眼鏡⁵⁾を装用し、遠見視力および近見視力を測定した。ただし、ロービジョンシミュレーション眼鏡に付属している白濁プレートは視力が0.03程度となり普通文字を読むことが困難であるため、視力が0.3~0.6程度になる市販のクリアホルダーを切り取って貼りつけた。

そしてMNREAD-Jによる臨界文字サイズのlogMARから近見視のために必要な拡大鏡の屈折力を求めた。logMARから拡大鏡に必要な屈折力を求める方法は次のとおりである。まず、拡大鏡の倍率(M_m)は明視距離($d(m)$)、拡大

鏡の屈折力($F(D)$)から次の公式で求められる⁶⁾。

$$M_m = dF$$

変形すると

$$F = \frac{M_m}{d}$$

拡大鏡の倍率(M_m)はMNREAD-Jに示されたMの値であるから、拡大鏡の必要屈折力はMNREAD-Jに記されたMの値と、MNREAD-Jを使用するときの視距離から求めることができる。Mの値はMNREAD-JにlogMARに対応して記されている数値を読み取ればよい。MNREAD-Jで測定するための視距離は30cmと規定されているから $d=0.3m$ である。よって、必要屈折力(F)は

$$F = \frac{M}{0.3}$$

で求められる。

単眼鏡による近見視に必要な拡大鏡の屈折力の測定方法は次のように行った。

NEITZ社4×12の単眼鏡の鏡筒に等価屈折力、作業空間の距離を示すためのスケールを貼りつけ、鏡筒の伸縮により作業空間および等価屈折力の数値を読み取れるようにした⁷⁾(図1)。作成したロービジョンシミュレーション眼鏡は紙でできており、単眼鏡を覗き込むときに安定しないため、ロービジョンシミュレーション眼鏡に装着した白濁プレートと同じものを単眼鏡の接眼レンズのラバーを折り返し装着してロービジョンの状態にし(図2)、完全矯正した眼で接眼レンズを覗くようにした(図3)。単眼鏡による等価屈折力の計測では接眼レンズからは平行光線が射出されなければならないため、被験者は完全矯正の状態にした。

光学台のスケールにはあらかじめ表1に示した作業空間の位置に対応した等価屈折力を記し、単眼鏡とMNREAD-JのMの値が1.0の視標となる文章を光学台にセットした(図4)。表1の等価屈折力(F_e)と作業空間(a)は、対物レンズの屈折力(F)と角倍率(m)を定数とした公式、

$$a = \frac{1}{F} + \frac{m}{F_e}$$

より求めた⁷⁾。視標の提示方法は、通常の視力検査で大きな視標から順に小さな視標を見せるのと同様に、対物レンズ

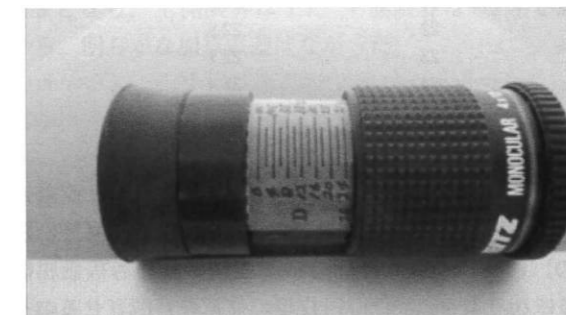


図1 単眼鏡スケール

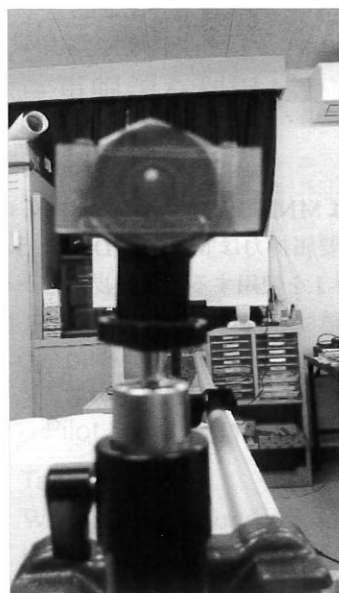


図2 白濁プレートを接眼レンズに装着した単眼鏡



図3 完全矯正した右眼で接眼レンズを覗く

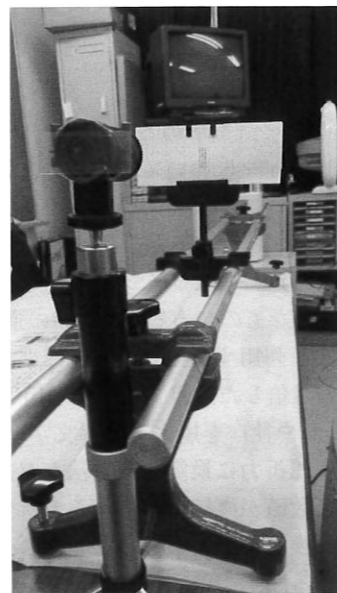


図4 光学台に設置した単眼鏡とMNREAD-JのMサイズ1.0Mの視標となる文章

表1 光学台のスケールに記す等価屈折力と作業空間

等価屈折力 (D)	作業空間 (cm)
0	∞
1	404.7
2	204.7
3	138.0
4	104.7
5	84.7
6	71.4
7	61.8
8	54.7
9	49.2
10	44.7
11	41.1
12	38.0
13	35.5
14	33.3
15	31.4
16	29.7
17	28.2
18	26.9
19	25.8
20	24.7
21	23.8
22	22.9
23	22.1
24	21.4

表2 被験者の小数視力

被験者 (歳, 性別)	正常な視力値		ロービジョンシミュレーション	
	遠見視力		遠見視力	近見視力
A (27, F)	1.20		0.20	0.40
B (30, F)	0.90 (S-1.00 C-1.00 Ax180)		0.50 (S-1.00 C-1.00 Ax180)	0.20
C (33, F)	1.50 (S-1.25 C-1.00 Ax90)		0.60 (S-1.25 C-1.00 Ax90)	0.20
D (29, M)	1.20 (S-1.00)		0.30 (S-1.00)	0.30
E (23, F)	1.20		0.30	0.40
F (23, M)	1.50 (S-1.50)		0.30 (S-1.50)	0.30

に視標を移動させ、かろうじて視標が読める場所の屈折力の数値を読み取った。視標はMNREAD-JのMの値が1.0に記されているもののみを提示したため、文章は同じものであり何回も読んでいくうちに文章を覚えてしまうために速度の比較は正確性を欠く。そのためすべての文字が自覚的に判読できるかどうかを聞き、その応答の正確性に関しては被験者を信頼することにした。

MNREAD-Jと単眼鏡で測定した屈折力は、それぞれの平均値を5%水準における対応のあるt検定と比較し、更にBland-Altman分析を行った。

結 果

に一番近くで最大の屈折力が働く状態から徐々に遠ざけてゆく。つまり、対物レンズと視標間距離21.4cm(等価屈折力24D)に視標を置くと同時に単眼鏡の鏡筒も等価屈折力が同じになるように調節し、視標の文章を音読させる。そして等価屈折力を1Dずつ減少させた場合に対応した作業空間

被験者6名の年齢、性別(M:男性, F:女性)、矯正遠見視力、白濁プレートを用いたロービジョンシミュレーションでの矯正遠見視力、近見視力の小数視力は表2のようになった。視力値の平均および標準偏差はlogMARで求めるために、表3のように小数視力をlogMARに変換し

表3 被験者のlogMAR視力(小数視力をlogMARに変換)

被験者 (歳, 性別)	正常な視力値	ロービジョンシミュレーション	
	遠見視力	遠見視力	近見視力
A (27, F)	-0.08	0.70	0.40
B (30, F)	0.05 (S-1.00 C-1.00 Ax180)	0.30 (S-1.00 C-1.00 Ax180)	0.70
C (33, F)	-0.18 (S-1.25 C-1.00 Ax90)	0.22 (S-1.25 C-1.00 Ax90)	0.70
D (29, M)	-0.08 (S-1.00)	0.52 (S-1.00)	0.52
E (23, F)	-0.08	0.52	0.40
F (23, M)	-0.18 (S-1.50)	0.52 (S-1.50)	0.52
平均値	-0.09±0.07	0.47±0.16	0.54±0.12

表4 MNREAD-Jの臨界文字サイズから換算した必要屈折力と単眼鏡で測定した必要屈折力

被験者 (歳, 性別)	MNREAD-J			単眼鏡	
	最大読書速度 文字/分	臨界文字サイズ logMAR (換算した小数視力)	M値	必要屈折力 (D)	必要屈折力 (D)
A (27, F)	296	0.7 (0.2)	2.0	6.7	6.0
B (30, F)	248	0.7 (0.2)	2.0	6.7	8.0
C (33, F)	315	0.7 (0.2)	2.0	6.7	7.0
D (29, M)	300	0.6 (0.25)	1.6	5.3	8.0
E (23, F)	257	0.7 (0.2)	2.0	6.7	7.0
F (23, M)	253	0.7 (0.2)	2.0	6.7	6.0
平均値	278	0.68±0.04	1.9	6.47±0.52	7.00±0.82

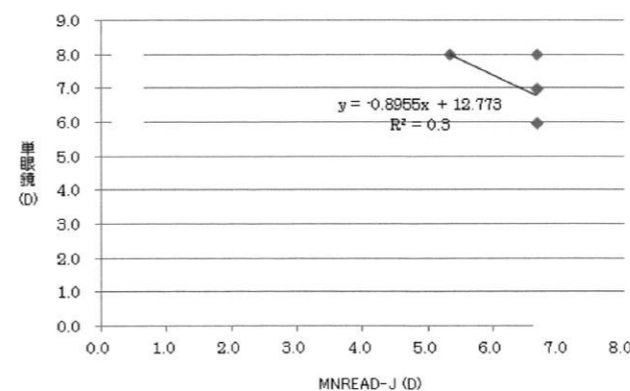


図5 MNREAD-Jと単眼鏡で測定した必要屈折力の相関図

た⁸⁾。logMAR矯正遠見視力の平均は-0.09±0.07で、白濁プレートを装着すると0.47±0.16、近見視力の平均値は0.54±0.12であった。

MNREAD-Jと単眼鏡による測定結果は表4のようになった。MNREAD-Jで求めた臨界文字サイズのlogMARの平均値は0.68±0.04で、Mの値が1.0の文章を読むための必要屈折力の平均値は6.47±0.52であった。単眼鏡で求めた必要屈折力の平均値は7.00±0.82であった。相関図は図5のとおりでありR²=0.3より相関係数は-0.548、対応のあるt検定を行った結果t値は1.006となり、5%水準で有意な差はなかった。

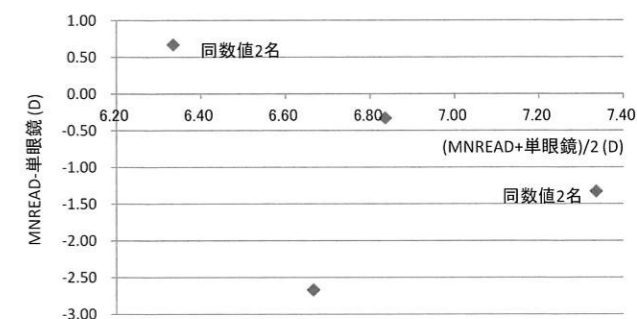


図6 MNREAD-Jと単眼鏡で測定した必要屈折力のBland-Altman分析

Bland-Altman分析による散布図(図6)と、MNREAD-Jと単眼鏡の屈折力の差の平均は-0.6、95%limits of agreementは2.3となり、上側限界は1.7、下側限界は-2.8であることから、明らかな加算誤差はなかった。

考 按

本論文では単眼鏡で読みに適した拡大鏡の屈折力を換算なしで求めることができることを示すために、教育現場などでよく用いられているMNREAD-Jを比較対象にとりあげ、臨界文字サイズから換算した必要屈折力に相当するとした。結果として求めた拡大鏡の必要屈折力は同じものと

いう認識であるが、求めるための過程は異なり、比較するための実験条件は同一とはなっておらず、厳密には単眼鏡で求めた必要屈折力は主観的にぎりぎり読めるために必要な屈折力、MNREAD-Jで求めた必要屈折力は臨界文字サイズを読むために必要な屈折力である。また、近見視力と遠見視力は本来同じ数値でなければならないが、被験者Aに関して裸眼では矯正は必要ないがロービジョンシミュレーションの遠見視力が0.20、近見視力は0.40となっていて薄暗い場合に低矯正の可能性が、被験者Bはロービジョンシミュレーションの遠見矯正視力が0.50、近見視力が0.20、被験者Cはロービジョンシミュレーションの遠見矯正視力が0.60、近見視力が0.20となっていて、過矯正が疑われた。あるいは、遠見視の視標は通常の視力検査に用いる検査機器で内部に光源がありコントラストがはっきりしているのに対し、近見視力表は紙面で提示するものであることから、光源に関して同一の条件での視力検査でないことが起因した可能性がある。その結果、視標を見るための条件はMNREAD-Jは近見視で、単眼鏡は遠見視で見ているため視力値がそろっていないこととなった。これらのことから、MNREAD-Jと単眼鏡を正確に比較できているとは言い難く、今回の実験結果は、求められた必要屈折力の値にはどれくらい実用性があるかの見通しを述べるにとどまった。

MNREAD-Jは最大読書速度により臨界文字サイズをlogMARにより決定し、読書のために適切な文字サイズや倍率を測定するものであるが、なんとかぎりぎり読むことができる文字サイズを読書視力とするとマニュアル⁹⁾のなかで説明しており、今回行った単眼鏡による測定方法はこの読書視力を求める方法に相当している。しかし、MNREAD-Jの拡大鏡に必要な倍率の算定は臨界文字サイズから求めるようにマニュアルには解説されているため、本論文では臨界文字サイズから導かれたlogMARを比較対象とした。更に近見視力との比較では前述したlogMARを小数視力に換算したものを本論文では採用しており、MNREAD-Jに説明された読書視力とは異なったものとなった。

単眼鏡で提示された視標はMNREAD-Jと同じものであるが、同じ視標を何度も見続けることになっており、読む速さが落ちてもすべての文字が読めればよいとして、必要屈折力を決定した。本来は違った文字列を提示し、MNREAD-Jと同様に読書速度を測り最大読書速度が維持される最小の屈折力を測定する必要があるが、予算、時間的な制約などから実験条件を簡素化したため、文字が自覚的に読めることに信頼性をおき、被験者の返答を信用することになった。

近見視力が同じ被験者のMNREAD-Jと単眼鏡による必要屈折力を比較すると表5、6、7のようになった。

表5、7の小数視力0.2、0.4についてはMNREAD-Jの必要屈折力はすべて6.7Dと同値になり、単眼鏡による必要屈折力はそれぞれ被験者BとC、AとEの間に1.0Dの差が

表5 近見小数視力0.2の被験者のMNREAD-Jと単眼鏡の必要屈折力

被験者	MNREAD-J 必要屈折力	単眼鏡 必要屈折力
B	6.7	8.0
C	6.7	7.0

表6 近見小数視力0.3の被験者のMNREAD-Jと単眼鏡の必要屈折力

被験者	MNREAD-J 必要屈折力	単眼鏡 必要屈折力
D	5.3	8.0
F	6.7	6.0

表7 近見小数視力0.4の被験者のMNREAD-Jと単眼鏡の必要屈折力

被験者	MNREAD-J 必要屈折力	単眼鏡 必要屈折力
A	6.7	6.0
E	6.7	7.0

あった。表6の小数視力0.3の数値をみると、被験者DのMNREAD-Jによる必要屈折力が5.3DとFの6.7Dよりも1.4D小さくなっているにもかかわらず、単眼鏡による必要屈折力が8.0DでFの6.0Dより2.0D大きくなっている。Johnstonによれば低視力者の場合ピントのぼけに対して耐性があり、視力0.1であれば±1.0Dの許容屈折度があることが示されている¹⁰⁾。そこで視力値によりロービジョン者の屈折矯正の精度を調べるために、眼屈折力60D、瞳孔径4mmで許容屈折度を計算すると、視力0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6でそれぞれ±0.70、±0.35、±0.23、±0.18、±0.14、±0.12となった（私信：川端秀仁：12月4日、2013）。単眼鏡による計測では鏡筒を最大に伸ばし、必ず視標を読めるところから計測を始め、速さが落ちてもすべての文字が読めるところまで鏡筒を縮めて必要屈折力を求めている。つまり読めると自覚される屈折力には幅があり、光学台の目盛が1Dステップであるから、目測する際に生じる誤差±0.5Dと許容屈折度を合計した値が誤差となる。よって小数視力0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6ではそれぞれ±1.20、±0.85、±0.73、±0.68、±0.64、±0.62となった。つまり小数視力0.1は2.40D、0.2は1.70D、0.3は1.46D、0.4は1.36D、0.5は1.28D、0.6は1.24Dが単眼鏡による計測の許容範囲となり、今回単眼鏡により求められた近見小数視力0.2の被験者BとC（遠見視力はそれぞれ0.5、0.6）の1.0D、近見小数視力0.3の被験者DとF（遠見視力はそれぞれ0.3）の2.0D、近見小数視力0.4の被験者AとE（遠見視力はそれぞれ0.2、0.3）の1.0Dの差は妥当な範囲と考えられた。

MNREAD-Jは最大読書速度で読める最小の文字サイズを臨界文字サイズとしているために、文意をとりながら推測も含めて文章を音読する能力の是非により、臨界文字サイズから換算した小数視力値（表4）と通常の見近見小数視力値（表2）は異なっていると考えられた。被験者DとFの小数視力はともに0.3であるが、MNREAD-Jの臨界文字サイズから換算した小数視力はそれぞれ0.25と0.2であり、Dの方が臨界文字サイズから換算した小数視力値は高くなっている。つまり被験者Dは同じ近見視力値である被験者Fよりも、文章を音読することに慣れていてのではないかと推測される。それに対し単眼鏡による検査では読書速度に関係なく、同じ文章の視標を用いて文字が読めなくなるぎりぎりの数値を求めているために、被験者Dは被験者Fよりもより厳密に読めないことを認識し、必要屈折力がFよりも大きくなったのではないだろうか。今後読書速度を考慮した検査方法を検討する必要があると考える。

5%水準による検定ではMNREAD-Jと単眼鏡による近見視に必要な拡大鏡の屈折力の計測には有意な差はなかったこと、Bland-Altman分析から明らかな加算誤差はなかったことから、単眼鏡を利用して直接必要屈折力を求める方法はMNREAD-J同様に有効であると考えられた。しかし、データ数が6名と少人数であったことから、今後データ数を増やし再検証する必要がある。本論文では視標にMNREAD-JのMの値が1.0の大きさの文字を使用した。被験者が読みたい文字を用いればその文字を読むために必要な屈折力が換算表などを使用せず直接求められることがMNREAD-Jと比較すると利点であった。本論文での屈折力の測定値の範囲は24Dまでであったが、単眼鏡の倍率を更に高いものにすれば等価屈折力は高くなるため、計測値の範囲は増加する。例えばNEITZ社6×20の等価屈折力は鏡筒を最大に伸ばすと34Dとなるため、34Dまで計測できることになる。

医療現場では近見視用の眼鏡を老眼鏡として処方することは通常の業務であるが、視距離を25cm以下にして、4D以上の処方をするとはまれであろう。また、矯正眼鏡を作成するための屈折異常値の決定では遠見視力を上げるた

めに小数点以下の正確な屈折力の測定が要求されるが、拡大鏡や弱視眼鏡ではロービジョン者の許容屈折度や、頂点間距離の変化による倍率の変化、商品としての拡大鏡の屈折力は4、6、8Dのようにせいぜい2Dの間隔で用意されているなどの事情から、処方の数値にはもともと幅が生じている。そのため、文房具店などで適当に買い求めているという現状がある。あるロービジョン者に新聞を読むための6Dの眼鏡を視距離16cmで読むように作成したところ“魔法の眼鏡です”と言われたことは印象に残った。拡大鏡、あるいは弱視眼鏡に必要な屈折力がディオプトリでダイレクトに示される装置があれば、屈折力F(D)の拡大鏡が製造業者の都合でF/4あるいは(F/4)+1で表示される倍率に左右されることなくディオプトリで直接レンズを選ぶことができ、ロービジョン者にかかわる視能訓練士や視覚支援学校教員の役に立つのではないかと考える。

【利益相反公表基準：該当】 無

文 献

- 1) Dickinson CM: Optical aids for low vision. In: Charman WN ed, Visual Optics and Instrumentation. The Macmillan Press, London, 183-221, 1991.
- 2) 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.
- 3) Reich LN: Adjustable focus telescopes for near vision. Optometry and Vision Science 68: 183-188, 1991.
- 4) Smith G: Variation of image vergence with change in object distance for telescopes: The general case. Am J Optom Physiol Opt 56: 696-703, 1979.
- 5) 山本利和: ロービジョン体験キット使用説明書. 視覚障がい乳幼児研究会, 2011.
- 6) Rubin ML: Optics for Clinicians. Triad Publishing Company, Florida, 233, 1974.
- 7) 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.
- 8) Holladay JT: Proper method for calculating average visual acuity. J Refract Surg 13: 388-391, 1997.
- 9) 小田浩一: MNREAD-J, Jk チャートマニュアル. はんだや, 東京, 2002.
- 10) Johnston AW: Understanding how simple magnifiers provide image enlargement. Clin Exp Optom 86: 403-408, 2003.

(2014年1月23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
