第49回 日本視能矯正学会
シンポジウムⅠ

「眼鏡処方・検査のコツ！」

老視の矯正眼鏡と視線

河原 哲夫・吉澤 達也

金沢工業大学 人間情報システム研究所

Correcting glasses for presbyopia and visual line

Tetsuo Kawahara and Tatsuya Yoshizawa

Human Information System Laboratory, Kanazawa Institute of Technology

要 約

近年、装用感のすぐれた累進屈折力レンズが実用化されている。超高齢社会を迎えるにあたり、より快適に使用できる累進屈折力眼鏡の開発とその処方が必要とされている。累進眼鏡では、眼球の視線方向すなわちレンズ使用部位での屈折力と対象の奥行き位置との適切な対応が前提となっており、累進眼鏡の処方と作成・調整での重要な点と思われる。累進レンズにおける屈折力分布は、加入度、累進帯長および輻輳角などに基づいて設定されていると予想されるが、装用者の生活スタイルや視対象（視点）の移動に対して眼球あるいは頭部のどちらを主に回転させるかの生理的反応の個人差など、使用者による違いも重要な要因である。この要因の検討には、眼鏡レンズのどこを通して、何（どの距離）を見ているかを具体的・個人別に知ることが重要だと思われる。ワープロ作業、自動車運転など日常生活の各種状況で視線分布を計測・解析した結果、眼鏡レンズの使用部位とその頻度は使用環境や個人の生理的特性で異なることが確認され、1種類の累進レンズが全ての使用者に適切であるとは言い難く、用途や個人の特性に合わせたカスタムメイドの累進眼鏡の必要性が示唆された。ただし、異なる使用環境あるいは異なる被験者においてもほぼ同等の値となる項目も多く、累進屈折力レンズの共通データとして有用と考えられる。

別冊請求先（〒924-0838）石川県白山市八束穂3-1

Key words：累進屈折力レンズ、視線、老視、眼鏡処方、眼球運動

progressive addition lenses, visual line, presbyopia, glasses prescription,
eye movement

Abstract

Recently, the progressive addition lenses(PALs) with comfortable wear has been put to practical use. Both of development of PALs that can be used more comfortably and a more accurate, more detailed prescription are needed now at the time of face a super-aged society. It is important that the refractive power in the visual line of sight on PALs should correspond to the depth position of the object at the prescription and the adjustment of PALs. It is supposed that the refraction power distribution in PALs is designed based on the addition power, the length of progression, and the angle of convergence, etc. Furthermore, the individual differences of the wearer's life style and physiological characteristics, that is, the combination of head and eye movements used to aim at an off-center point in space must be important factors. In order to estimate these factors, it seems that it is important to know what/which distance wearer look at through where of the PALs directly and personally. It has been confirmed that the frequently using area on PALs is different in a using condition and an individual physiological characteristic as a result of measuring and analyzing the distribution of visual line in various situations of daily life such as works with a word processor and a car driving. It is difficult to say that one kind of PALs is appropriate to all users, and is suggested the necessity of custom-made PALs matched to a usage and an individual characteristic. There are also some items that an almost equal value in a different working environment or a different wearer. They are useful as common data for prescription and adjustment of PALs.

I. 緒 言

日本は世界一の長寿国と言われている。全人口に占める65歳以上の割合は高齢化率と呼ばれるが、1970年に7%を超えて高齢化社会を迎えた。その後、高齢者が急激に増加し、1994年には14%超（高齢社会）、2007年には21%を超えて超高齢社会に移行した。約10年後の2020年には高齢化率が29.2%、高齢者が約3600万人と予測されている¹⁾。一般に45歳以上になると老眼鏡が必要になると言われているが、2005年にはその人口比が47.9%（6,042万人）であり、人口の約半数が老眼鏡を必要としている²⁾。高齢者の視環境を改善・維持することは、今後の重要な社会的課題と思われる。

老視に対する遠近両用の矯正手段として、一部に多焦点眼内レンズや多焦点コンタクトレンズも使われてはいるが、累進屈折力眼鏡レンズが最も一般的と考えられる。累進屈折力レンズは約40年前に開発・発売されたが、当初は「画像の揺れや歪み」によって「見え方が悪く、眼が疲れる」などの欠点が指摘されていた。近年、累進レンズの設計・製作技術の進歩によって装用感のすぐれた各種の累進屈折力レンズが実用

化され、超高齢社会に移行した現在、老視者に対する有用不可欠の代表的な眼鏡レンズとなっている。累進屈折力眼鏡では、遠・中・近方の視対象に対応させてレンズ各部位の屈折力を変化させることによって、遠近の焦点合わせを行っている。そのため、眼球の視線方向すなわちレンズの使用部位で、対象の奥行き位置に対応した屈折力となっていることが、レンズ設計、処方、装用の全てで前提条件になっており、累進屈折力眼鏡の処方と作成・調整において最も配慮すべき重要な点と考えられる。

累進レンズの最適な屈折力分布、すなわち、レンズのどの部位にどの程度の屈折力を配置させるかは、レンズ設計段階では、加入度、累進帯長および輻輳角などに基づいて各メーカーが独自に設定していると予想される。ただし、装用者の生活スタイルや視対象（視点）の移動に対して眼球を主に移動させる（eye mover）、あるいは頭部を主に回転させる（head mover）などの生理的反応の個人差など、使用者による違いも重要な要因である。この生理的特性を簡便に計測し、レンズタイプの選択に生かす手法が試みられてはいるが、屈折力分布の評価には至っていない^{3) 4)}。今後、累進屈折力眼鏡が快適

に装用され、広く普及するには、使用者の視覚状態に適合した屈折力分布を持つ最適なレンズをカスタムメイドで提供する必要があると考えられる。この問題を検討するに当たって重要なことは、日常生活の各種状況で、「眼鏡レンズのどこを通して」、「何（どの距離）を見ているか」を具体的・個人別に知ることだと思われ、日常生活の一場面における眼鏡レンズの部分別使用頻度測定を試みが報告されている⁵⁾。

本稿では、日常生活の各種場面での眼球運動計測に基づいて、眼鏡レンズの使用部位と注視点（対象までの視距離）との対応関係を明らかにし、使用者の生活スタイルに合った累進屈折力眼鏡を設計・処方するための生理的基礎データを検討する。

II. 対象および方法

私達は多種多様な環境下で生活しているが、日常生活の代表例として主に図1に示す10種類の状況での計測を試みた。遠用部および近用部をほぼ均等に使用する例として「テレビを見ながらの食事」および「教室での筆記作業」を設定した。また、遠用部中心の例として「スポーツ観戦」、遠・中・近用部がともに使われる「自動車運転」や「キャッチボール」、中距離が主な状況として「自動販売機の利用」や玄関での

「靴を履き外出」などの場面を選んだ。さらに、近距離の対象を主に注視する「ワープロ作業」と「キッチンでの料理」の状況を測定対象とした。

被験者は、調節力が十分にある正視の大学生7名とした。なお、自然な状況での眼球運動を評価するため、被験者には姿勢や行動に関して特に指示はせず、行動・作業の時間にも制限は設けなかった。図中の括弧内は、測定時間の概略を示している。

行動・作業中の視線方向（上下・左右方向の眼球回転角）の計測には、屋外や車載での使用が可能であり、短時間で容易に校正でき、さらに測定中に頭部を自由に動かすことができる装置（ナック、アイマークレコーダ、EMR-8）を用いた。被験者はEMR-8のヘッド部分を装着させた状態（図2左）で各種の行動・作業を行った。また、各状況に慣れるため、最低2回の練習後に数回の測定を行った。

実験・解析方法⁵⁾を図2に示すが、それぞれの状況で眼球の上下・左右の回転角度（視線方向）を計測し、眼鏡レンズでの使用部位を1/60秒ごとに求めた。また、眼球運動の計測と同時に、被験者の視野映像と注視点（視対象）をDVR（Digital Video Recorder）へ記録し、被験者が何を注視している時にレンズのどの部位を使用しているかをほぼ連続的に計測・解析し

図1 日常生活における各種状況と測定時間（被験者：大学生7名）

図2 眼球運動計測・解析方法⁵⁾ (sampling rate: 60Hz)

た。測定範囲は、眼鏡レンズ面上で左右方向が $\pm 26\text{mm}$ 、上下方向が $\pm 18\text{mm}$ であった。

Ⅲ. 結 果

1. 遠距離および近距離重視の状況

日常生活の中で、累進眼鏡の遠用部および近用部をほぼ均等に使用していると予想される「テレビを見ながら朝食を取る」あるいは居間で「本や雑誌、新聞などを読みながらテレビでナイター観戦する」状況も多い。図3は、より能動的な参加状況として「講演会・学会あるいは教室などで遠くのスクリーンあるいは黒板を見ながら手許でメモを取る作業」を模した状況

設定を示している。被験者は、視距離6mにあるホワイトボードに書かれた文字を、視距離30cmでテーブル上に置かれたノートに書き写す作業を行った。

図4は、被験者4名(A, B, C, D)が筆記作業をしている時のレンズ使用部位を1/60秒毎にプロットしている。図の横軸はレンズ面上での左右方向の位置、縦軸は上下方向の位置を表している。また、図中の楕円は測定点の95%が入る確率楕円であり、各視対象(ホワイトボードおよびノートあるいは鉛筆)を見た時の使用頻度が高いレンズ部位を表している。全被験者ともに、ホワイトボードに書かれた文字を読んでいる時にはレンズ上部のほぼ中央を、ノー

図3 ホワイトボード上の文字筆記作業(遠・近重視)における各配置の設定条件

図4 文字筆記作業（遠・近重視）における注視対象とレンズ使用部位（95%確率楕円）

トへ筆記している時にはレンズ中央やや下部を主に使用していた。ここで、被験者Aではホワイトボード上の文字を読む時のレンズ使用部位が、他の被験者に比べて上方に位置している。被験者側面から撮影したDVRによる照合結果でも、被験者Aは頭部をあまり上げずにホワイトボードを見ており、他の被験者に比べて頭部運動よりも眼球運動の占める割合が多く、eye moverの傾向が強いと考えられる。また、被験者Cではノートへの筆記時でもレンズ中央部を主に使用する場合が多く、作業中での眼球の上

下移動が少なく、head moverの特性を示している。

2. 近距離重視の状況

近年の情報化時代に伴い、パソコンが職場だけでなく日常生活での必須な道具になりつつある。ほとんどの職場でコンピュータ機器が導入され、パソコンなどでのVDT作業が当たり前の環境となっている。図5は、被験者の左前方に置いた原稿をノートブックパソコンに入力するワープロ作業を行った場面での条件設定を示している。

図5 ワープロ作業（近距離重視）における各配置の設定条件

図6 ワープロ作業（近距離重視）における注視対象とレンズ使用部位（95%確率楕円）

図6に測定結果の代表例を示す。全被験者ともに3種の視対象でレンズの使用部位が分離されているが、すべての対象でレンズのほぼ下半分を使用していることが分かる。なお、キーボードに対するブラインドタッチが可能な被験者Aでは、入力原稿および文字変換時にディスプレイを注視する場面が大部分であり、キーボードをほとんど見ていない。一方、ブラインドタッチができない被験者B、Eでは、キーボードへの視線移動が頻繁に認められる。レンズ使用部位の特徴として、ワープロ作業中の眼球運動は被験者A、Bが最も大きくeye moverの特徴を示していた。特に、被験者Bではキーボード入力時の確率楕円が左右方向に細長く、レンズ近用部分の広い範囲を使用していることが分かる。一方、被験者C、Eでは他に比べて眼球運動の幅が少なく、head moverの傾向であった。

3. 遠・中・近距離使用の状況

遠・中・近用部がともに使われる状況として、自動車運転時の例⁵⁾を図7に示す。特に混雑していない一般道路で10分～12分間の自動車運転を行った結果である。ただし、各被験者が通常乗っている車両を使用したため、車種によってミラーや速度メーターまでの視距離や位置、座

席の高さに多少の差異があり、この結果をそのまま比較することはできないが、全般的に以下の特徴が認められる。

フロントガラスを通して外界を見る場合には、視線がレンズ中央付近にほぼ集中しつつ水平方向に多少広がっており、運転中に真正面ばかりでなく、左右の広い範囲を見ていることが確認できる。また、サイドミラーを介して左右後方を確認する時の視線方向は、左右に細長い確率楕円となっている。サイドミラー自身は視野の狭い範囲内にあるが、DVRによる照合結果では、まず視線が先に動いてミラーに向かい、頭部がそれを追うように回転していた。それゆえ、レンズの使用部位がミラー部分の狭い範囲に集中せず、細長い楕円になったと考えられる。各車両の速度メーターは、視角10～15度下方、視距離65～75cmにあるが、メーター確認時にはその方向への視線移動（レンズ面で9～10mm下方）が明確に認められる。ただし、被験者Cの場合には、視線方向が左下方へ伸びた確率楕円となっている。これは、彼の車両がセンターメータ（左30度）を採用していた結果と考えられる。さらに、被験者Cでは、他の2名に比べて眼球運動の範囲が全般的に狭く、いわゆるhead

図7 自動車運転時(遠・中・近使用)における注視対象とレンズ使用部位⁵⁾(95%確率楕円)

moverの傾向を示している。

IV. 考 案

ワープロ作業、自動車運転など、各種日常生活状況での視線分布を計測・解析した結果、眼鏡レンズの使用部位とその頻度は、装用時の使用環境や個人の生理的特性で異なることが確認された。それゆえ、屈折力分布が固定された1種類の累進屈折力眼鏡が、あらゆる状況で全ての使用者に適切であるとは言えなく、用途や個人の特性に合わせたカスタメイドの累進眼鏡が必要・不可欠と考えられる。ただし、異なる使用環境あるいは異なる被験者においてもほぼ同等の値となる項目も多く、その点は累進屈折力レンズの共通データとして有用であろう。

累進眼鏡の遠用部および近用部をほぼ均等に使用している文字筆記作業(図4)では、現状の累進レンズの特徴に一致した視線移動分布を示している。それゆえ、遠用度数、近用度数および近用加入度が正しく処方されれば、多くの被験者で有効に使用できると思われる。ただし、視線の上下移動に関しては、被験者によって眼

球あるいは頭部のどちらを主に移動させるかの生理的な差異が認められ、その特徴に合わせた累進帯長を設定する必要があると考えられる。なお、累進帯長に関しては、自覚的に視線の下方回旋量を簡便に測定する方法⁶⁾も提案されている。ワープロを代表とするVDT作業などの近距離重視状況(図6)では、非点収差配分が多いレンズ左右の斜め下部周辺部も多く使用している。そのため、eye moverの装用者にとっては原稿などが見づらいことが推測され、近用部が特に広いレンズの処方が望まれる。遠・中・近用部がともに使われる自動車運転時(図7)では、上下方向ばかりでなく左右方向への視線移動が顕著であり、累進レンズの選択および処方・調整が比較的難しいと予想される。装用者の視線移動の特徴を十分に把握し、それに適合した屈折力分布と非点収差配分を持つカスタムレンズを考慮すべきであろう。

累進屈折力レンズが開発されてから約40年が経過し、その後の両面トリック化や両面非球面化などの技術的進歩によって像の揺れや歪みが軽減され、老視矯正の第一手段として快適な装用が可能となっている。ただし、実際には期

待されるほど普及しておらず、その理由として装用者、処方者、眼鏡製作者の三者ともに問題があると指摘されている⁷⁾。快適な累進屈折力眼鏡の作成には、遠用度数を正確に測定・処方することが基本ではあるが、無理の無い近用加入度数⁸⁾、累進帯長、近用瞳孔間距離などの正確な測定、ミラー法などを用いた近方視線の確認⁹⁾などが特に重要と思われる。

本稿では、生活スタイル、用途あるいは使用者の生理的反応の個人差（眼球と頭部の移動比率など）に合わせた累進屈折力レンズを個別設計するための基礎データ、すなわち各種使用状況における眼球運動の特性（レンズの部分的使用頻度）を計測し、使用者の視覚状況に最適な屈折力分布を求める試みを報告した。近い将来、個人毎の生活スタイルや使用目的、視線移動の特性に合わせた個別設計（カスタムメイド）の累進屈折力眼鏡が普及し、より快適な視生活が得られることを願っている。

参考文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成18年12月推計），p.9, 2006.12
- 2) 所 敬：累進屈折力レンズ処方是如何にすべきか，視覚の科学 29: 84-85, 2008
- 3) 高橋文男：累進屈折力レンズー最近の進歩ー，あたらしい眼科 21: 1455-1460, 2004
- 4) ニコン・エシロール：Varilux Ipseo パンフレット，
- 5) 河原哲夫：累進屈折力眼鏡と視線，あたらしい眼科 24: 1151-1156, 2007
- 6) 木村博以：「目下げ量」の測定による累進レンズの選択，第13回日本眼鏡学会総会抄録集 68-70, 2009
- 7) 鈴木武敏：累進屈折力眼鏡作成の問題点，視覚の科学 29: 95-98, 2008
- 8) 梶田雅義：眼鏡処方のテクニック，あたらしい眼科 21: 1441-1447, 2004
- 9) 畑中隆志：累進屈折力レンズのレイアウトとフィッティングにおけるチェックポイント，視覚の科学 28: 66-71, 2007