

比較図形の違いは不等像視検査に影響を及ぼすか

—半円と正方形の比較—

石原果歩¹⁾・稲垣尚恵²⁾

Are there any effects on the aniseikonia test with figure shape, between square and semicircle?

Kaho ISHIHARA and Hisae INAGAKI

大がかりな検査装置が不要で検査方法も容易である New Aniseikonia Tests (以下 NAT と略す) は、眼科臨床における不等像視検査の主流となっている。NAT は半円を使用して不等像を比較するが定量性、再現性についての問題点が指摘されている。そこで本研究では PsychoPy (ver. 1.83.04) でプログラムを作成し、比較に使用する図形の違いが不等像視検査の結果に与える影響を検討した。屈折異常が等価球面值 $\pm 2.5D$ 以内で左右差が $\pm 0.5D$ 以内である大学生 6 名を被験者とし、3%、5%、10% のサイズレンズで 3 条件の人工的な不等像条件を作り、半円と正方形の図形条件の 2 条件、合わせて 6 条件を各 50 回、計 300 試行をランダム化して測定した。その結果、比較図形の違いによる不等像視の差異は統計的に有意であった ($p < .001$)。直線と円弧の組み合わせである半円より同じ長さの縦と横の直線で構成される正方形の方が大きさの比較が容易であるため不等像視の検査に適していると考えた。

Keywords: 不等像視, New Aniseikonia Tests, PsychoPy, 半円, 正方形
Aniseikonia, New Aniseikonia Tests, PsychoPy, Semicircle, Square

1. 緒言

左右で屈折値に差がある眼のことを不同視という。一般的に左右の屈折度数の差が 2.00D 以上の眼のことを指すが、臨床的に問題視されるのは 1.50~2.00D 以上の差である。不同視によって引き起こされる不等像視とは、同一物体の網膜像の大きさに左右差が生じた状態のことである。しかし、網膜視細胞から大脳皮質までの視路で左右差が生じる場合も含まれるため、正確には視中枢が関与して認知される像の大きさや形の差であるといえる。視覚中枢で処理され、視空間に投影される像は “ocular image” あるいは “psychic image” などと呼ばれており、どのような不等像視検査においてもこの ocular image の大きさを比較する。一般的に左右差が 5% を超えると、両眼視の障害や抑制、空間の歪み、眼精疲労などを生じるとされている。そのため、不等像視を測定することは患者の見え方を判断・評価するために重要である。

不等像視の検査法は空間覚を利用する方法と、直接比較法に大別される。空間覚を利用する方法は Space Eikonometer (Ames, 1945)、直接比較法は Pola Test, Phase Difference Haploscope (以下 P.D.H.), NAT などが挙げられる。Space Eikonometer (図 1) は、直接比較法に比べて定量性に優れていると言われているが、不等像視により生じた左右像の差を立体視差として検出し、その度合いを判定し定量化するため良好な両眼視と知的理解を必要とし、検査装置や検査法が複

1) 愛知淑徳大学健康医療科学部医療貢献学科視覚科学専攻 学部生

2) 愛知淑徳大学健康医療科学部医療貢献学科視覚科学専攻

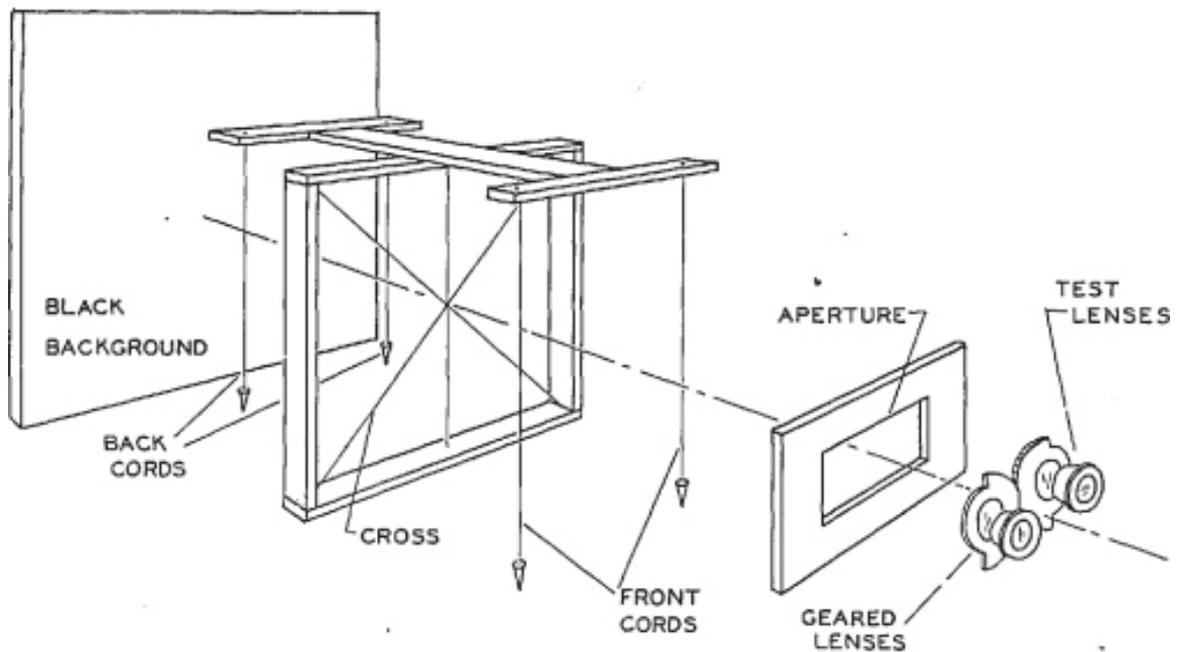


図1 Perspective drawing of the space-eikonometer (Ogle, 1946).

雑である。また、測定できる不等像視の大きさに制限があることも問題である。佐々木翔・木田淳子・小林克彦(2017)は高精細液晶ディスプレイを用いて視標の大きさをコントロールする空間覚を用いた新しい不等像視検査を報告しているが、眼科臨床ではNATが、未だ主流となっている。

NATは、赤緑眼鏡を用いて両眼分離した状態で、左右眼の像の大きさを比較する直接比較法の検査である。大きさを比較する図形には、弧が外側になるように並んだ2つの半円が用いられている。臨床において行いやすい検査である一方、不等像視を過小評価する傾向にあり定量性が低く、再現性に乏しいことが指摘されている(栗屋忍, 1983, 山本節・田上勇作・上総良三・勝盛紀夫, 1984)。

増田・勝海・福嶋・小林・宮永・井上(2007)は、NATの考えを基礎として液晶モニターとパーソナルコンピューターを使用し不等像視測定装置を開発し、これまで測定が困難だと考えられていた遠視性不同視症例に検査を行った。増田他の不等像視測定装置は、日常臨床においても用いることが可能な直接比較法であり、キーボードを使用することにより、学童期の子どもに対しても応用可能な点も特徴としている。

NATと増田他の不等像視測定装置とを比較すると、検査刺激を呈示する媒体と、大きさを比較する図形、検査距離、測定手順が異なっている。NATは紙媒体を用いて半円の大きさを比較することで不等像視を測定するのに対し、増田他の不等像視測定装置は液晶モニター上に呈示した正方形の大きさを比較して不等像視を測定している。検査距離はNATが40cmであるのに対して、増田他の不等像視測定装置は50cmである。NATの測定手順は、初めに左右の大きさが等しい0%刺激を呈示する。被験者に左右どちらの図形が大きく見えるかを尋ね、大きく見えると答えた方の図形が小さくなっていくように刺激を順次見せる。左右の図形の大きさが等しく見えるまで続けて、等しく見えた刺激の値を不等像視の値とする。一方、増田他(2007)は二段階の測定を行っている。第一段階はNATと同様の手順である。第二段階は、明らかに右側の図形が大きいと自覚される刺激を呈示してから、徐々に大きさの差が少なくなるように図形を切り替えていき、左右が等しく見える時点の値を求める。次に、明らかに左側の図形が大きいと自覚される刺激を呈示してから、徐々に大きさの差が少なくなるように図形を切り替えていき、左右が等しく見える時点の値を求める。この2つの値の中間値を不等像視の値としている。

測定距離の違いが不等像視の結果に影響を及ぼすことは本田(2012)の研究によって明らかになっている。本田(2012)によると、遠見の不等像視は、近見で測定した値よりも平均して約1.5倍大きく知覚されたと報告している。不等像視の測定方法については、佐藤ゆり子・山下牧子・中原敏江・土居紀子(1982)がP.D.H.を用いて不等像視を測定したところ、大きい方から合致させた場合と小さい方から合致させた場合とで幅を有していることを報告している。しかしながら、不等像視を比較する視標についての報告はほとんど見られず、不等像を比較する視標の図形は、検査機器によって異なる。Pola test, 液晶 haploscope では直線のみのコの字図形, NAT, P.D.H.は半円が使用されている(川村,1986)。そこで本研究ではP.D.H.やNATのように半円の直径部分を主に比較するより、Pola test や液晶 haploscope のようなコ字型図形や増田他の不等像視測定装置の正方形のような直線で構成された角のある図形の方が大きさの判断を明瞭にすることができると考え、比較に用いる図形の違いが不等像視測定に影響を与えるのかを検討することとした。

2. 目的と方法

2.1 目的

大塚・保坂(1953)によると等像レンズ(Iseikonic or Size lens, 以下サイズレンズ)は、不等像視の治療のために作られたものであり、屈折力を変えずに倍率だけを変えて、全面または、ある方向に網膜像の拡大を起こすレンズである。本研究では、3種類のサイズレンズ(株式会社保谷硝子製)によって人工的に作り出した不等像視の各条件で、半円条件と正方形条件の2条件で測定し、半円と正方形で不等像視の検査結果が異なるかどうかを確認することを目的とした。

2.2 方法

1) 被験者

屈折異常以外の眼疾患がない、矯正視力が1.0以上の大学生6名(平均年齢 21.17 ± 0.37 歳)を被験者とした。屈折値はオートレフタクトメーターAIT-20(株式会社トプコン製)で測定した。栗屋・菅原・堀部・鳥井(1982)の先行研究を参考に、解剖的要因が影響しないよう被験者は屈折異常が等価球面度数 $\pm 2.5D$ 以内で、左右差が $\pm 0.5D$ 以内、NATならびに自作プログラムで不等像視が0%であることを条件とした。各被験者の屈折値と等価球面値を表1に示した。研究を行う前に、被験者に対して口頭による十分なインフォームドコンセントを行った。

表1 各被験者のデータ

| 被験者 | 年齢 | 屈折値 | 等価球面度数 |
|-----|----|---|-------------|
| 1 | 21 | R) S-0.25D \times C-0.25D A14 $^{\circ}$ | -0.375D |
| | | L) S+0.25D \times C-0.50D A28 $^{\circ}$ | $\pm 0.00D$ |
| 2 | 21 | R) S-0.25D \times C-0.50D A70 $^{\circ}$ | -0.50D |
| | | L) S-0.75D \times C-0.75D A85 $^{\circ}$ | -1.125D |
| 3 | 21 | R) S-1.50D | -1.50D |
| | | L) S-1.50D \times C-0.25D A40 $^{\circ}$ | -1.625D |
| 4 | 22 | R) S-2.00D | -2.00D |
| | | L) S-1.50D | -1.50D |
| 5 | 21 | R) S-0.25D \times C-0.50D A92 $^{\circ}$ | -0.50D |
| | | L) S $\pm 0.0D$ \times C-0.50D A80 $^{\circ}$ | -0.25D |
| 6 | 21 | R) S-2.25D \times C-0.50D A35 $^{\circ}$ | -2.50D |
| | | L) S-1.75D \times C-0.75D A165 $^{\circ}$ | -2.125D |

2) 手続き

NATに付属している赤緑眼鏡(Kenko R-60の赤フィルターとKenko G-530の緑フィルター)を3つ用意し、それぞれに両眼視が維持できるといわれている3%、両眼視の許容限界であるといわれている5%、両眼視が維持できないといわれている10%のサイズレンズを赤レンズ上にマスキングテープで固定した。粟屋他(1982)は、左右眼のうち屈折異常がより正視に近い方の眼に緑ガラスを装用させていたため、本実験では赤ガラス上にサイズレンズを装用させた。マスキングテープはなるべく視界に入らないように、サイズレンズの側面に貼り付けた。図2に、本実験で使用した赤緑眼鏡の一例を示す。



図2 サイズレンズを装着した赤緑眼鏡

自作プログラムは、ノートパソコン (Pavilion15-ab000 HP, 解像度 1920×1080dpi) を使用し、PsychoPy (ver.1.83.04) を用いて作成した。比較する図形が半円であるものと、正方形であるものの2種類を用意した。赤ガラスを装用したときに見える青緑図形を右側に、緑ガラスを装用したときに見える赤図形を左側に呈示するよう作成した。赤緑眼鏡で両眼分離ができるように色を調節し、右側の青緑図形の色 R:49, G:214, B:231, 左側の赤図形の色 R:251, G:77, B:77 とした。刺激図形はディスプレイに映した状態で、NATと同様の大きさになるようにし、直径・一辺が4cmの赤と青緑の図形を5mmの間隔を空けて並べ、その中心に注視目標とする十字を描いたものを0%とした(図3, 図4)。青緑図形の直径・一辺を1%ずつ10%まで小さくした11個の刺激を、半円と正方形の2条件分、計22個用意した。

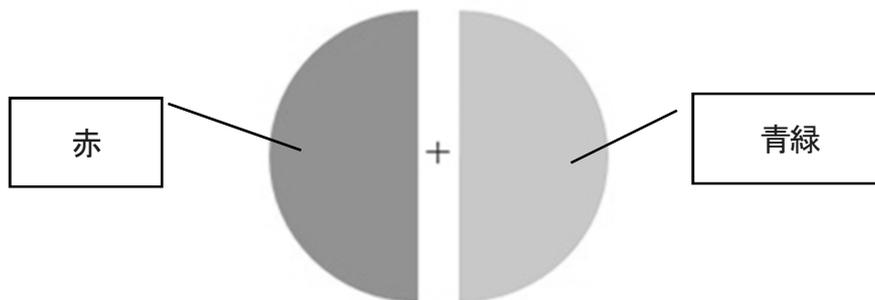


図3 半円条件の刺激 (0%)

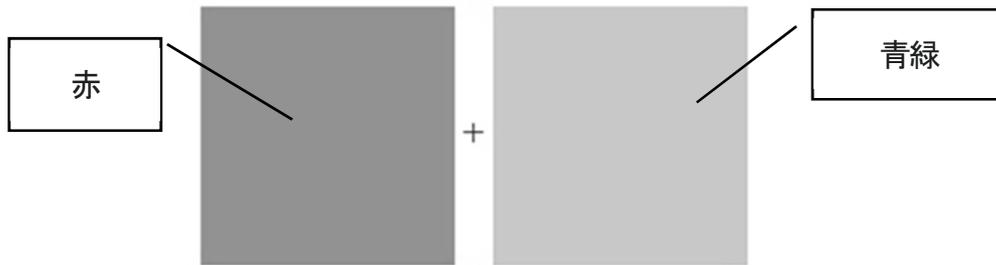


図4 正方形条件の刺激(0%)

プログラムは、最初に0%刺激が呈示され、エンターキーを押すたびに1%小さい刺激が呈示される。つまり、エンターキーを1回押すと1%刺激、もう一度エンターキーを押すと2%の刺激が呈示されるようプログラムした。スペースキーを押すと検査が終了するようにした。図5に正方形条件における自作プログラムの流れを示す。

検査は愛知淑徳大学11号棟4階両眼視検査室で行った。被験者に赤緑眼鏡を右眼に赤ガラス、左眼に緑ガラスとなるよう装用させ、NATと自作プログラムの半円条件と正方形条件において不等像視の値が0%であることを確認した。

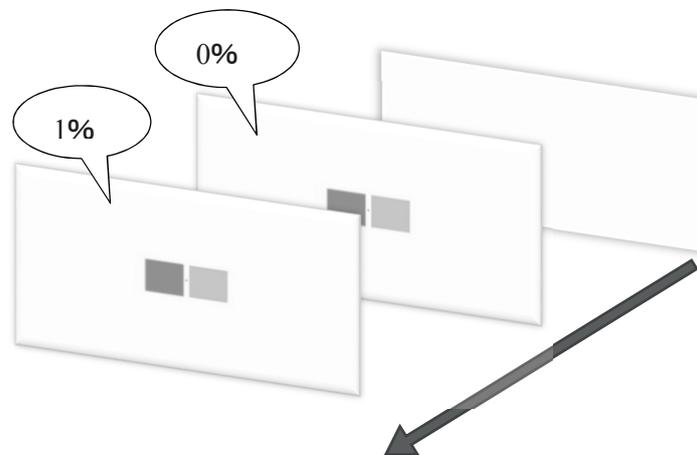


図5 正方形条件における自作プログラムの流れ

エンターキーを押すと0%刺激が呈示され、再度エンターキーを押すと1%小さい刺激が呈示される。エンターキーを押すたびに1%小さい刺激が呈示され、スペースキーを押すと終了する。

検査距離はNAT同様に40cmとし、背景輝度は平均199.6cd/m²であった。自作プログラムを起動させて白背景のみの画面にし、被験者は準備が整ったらエンターキーを押して0%刺激を呈示させた。実験者は被験者に右側の図形と左側の図形の大きさに差があるか尋ねた。被験者は右側の図形が大きく見えた場合はエンターキー、等しいもしくは小さく見えた場合はスペースキーを押した。

これを左右の像が等しく見えるまで、被験者がスペースキーを押すまで繰り返し、スペースキーを押した刺激の%を不等像視の値とした。このとき被験者には、視線をできる限り真ん中の十字に注ぐよう促した。図形条件(2)×サイズレンズ条件(3)の6条件を各50試行ずつ、計300試行分をあらかじめMicrosoft Excel 2013のランダム関数を用いてランダムマイズしておき、その順番で検査を行った。図6に自作プログラムによる検査の様子を示す。

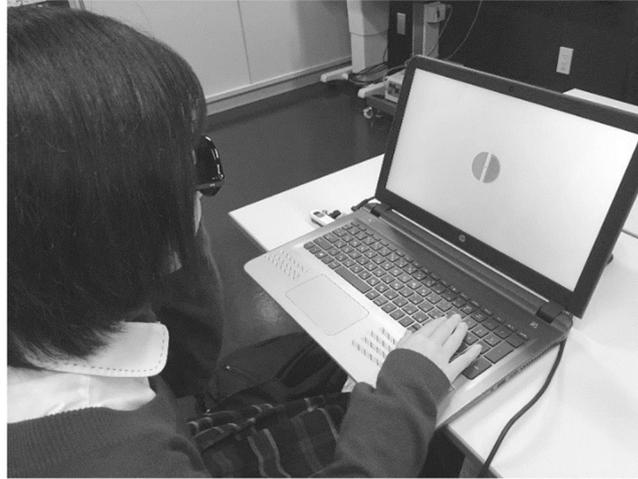


図6 自作プログラムによる検査の様子

3. 結果

図7に、各サイズレンズ条件に伴う図形条件ごとの不等像視の平均値を示す。

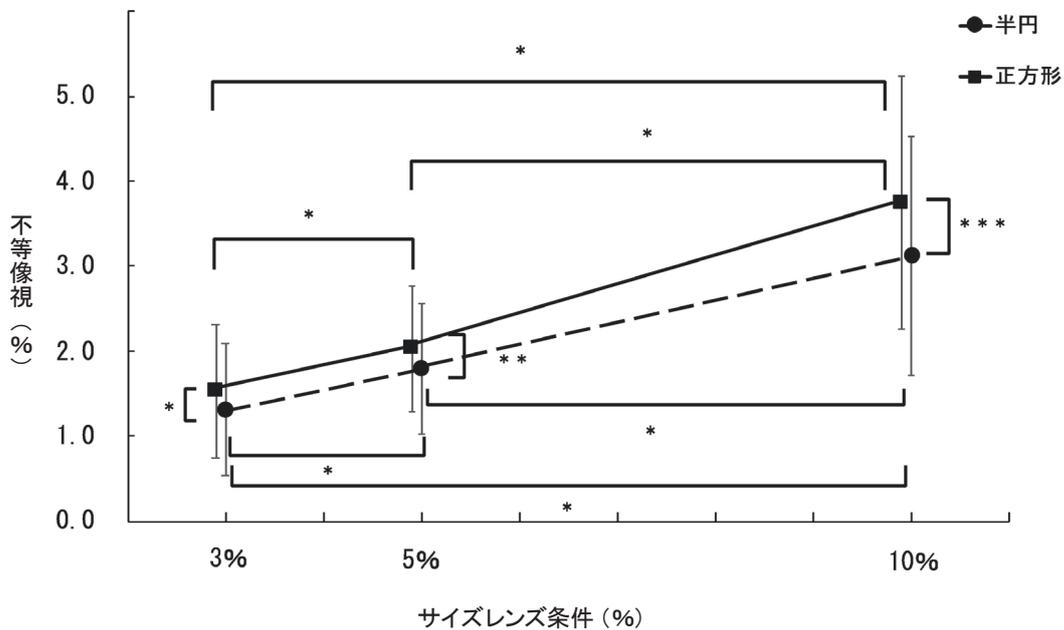


図7 各条件と不等像視の変化

サイズレンズ3条件×図形2条件=6条件のそれぞれの測定値 (%) を示した。

エラーバーは標準偏差を示す

*は5%水準, **は1%水準, ***は0.1%水準の有意差を示す。

図7によると全ての条件において、理論上の拡大率より小さい値を示した。しかしながら、いずれのサイズレンズ条件でも、半円条件より正方形条件で測定した方がより大きい値を示した。また、サイズレンズ3%条件での正方形条件と半円条件の不等像視の差は0.22%であったが、10%条件では0.62%であり、サイズレンズ条件が大きくなるほどその差は大きくなった。

図形条件とサイズレンズ条件の違いによって不等像視の測定値に差があるかどうかを調べるために、2要因分散分析を行った。図形条件の違いによる不等像視の差異は統計的に有意であり ($F(1,1794) = 51.808, p < .001$)、サイズレンズ条件の違いによる不等像視の差異も統計的に有意であった ($F(2,1794) = 3581.510, p < .001$)。また、交互作用による不等像視の差異も統計的に有意であった ($F(2,1794) = 7.350, p < .001$)。

2要因分散分析の結果、交互作用が有意であったため単純主効果検定を行った。3%、5%、10%のサイズレンズ水準において図形条件の単純主効果には有意な差があった (順に $F(1,1794) = 6.413, p < .05$, $F(1,1794) = 7.018, p < .01$, $F(1,1794) = 53.077, p < .001$)。したがって、どのサイズレンズ条件においても、図形条件による主効果が有意であることが明らかとなった。また、半円と正方形どちらの図形水準においてもサイズレンズ条件の単純主効果に有意な差があった (順に $F(2,1794) = 1950.409, p < .001$, $F(2,1794) = 1638.451, p < .001$)。ボンフェローニの方法による多重比較の結果、図形条件において、不等像視はサイズレンズが大きくなるにしたがって、大きくなることが明らかとなった。また、どのサイズレンズ条件においても正方形条件の方が半円条件の不等像視より大きく、サイズレンズの値が大きくなるにつれてその差は大きくなることが分かった。

図8に、各検査条件における不等像視の値の箱ひげ図を示す。半円条件での中央値は3%条件から順に1%、2%、3%、正方形条件での中央値は3%条件から順に2%、2%、3%であった。

正方形×5%条件において四分位範囲が最も狭く、半円×10%条件において四分位範囲が最も広いことが分かった。よって同じサイズレンズ条件ごとに比較すると、5%条件と10%条件では正方形条件の方が半円条件より散らばりが小さい

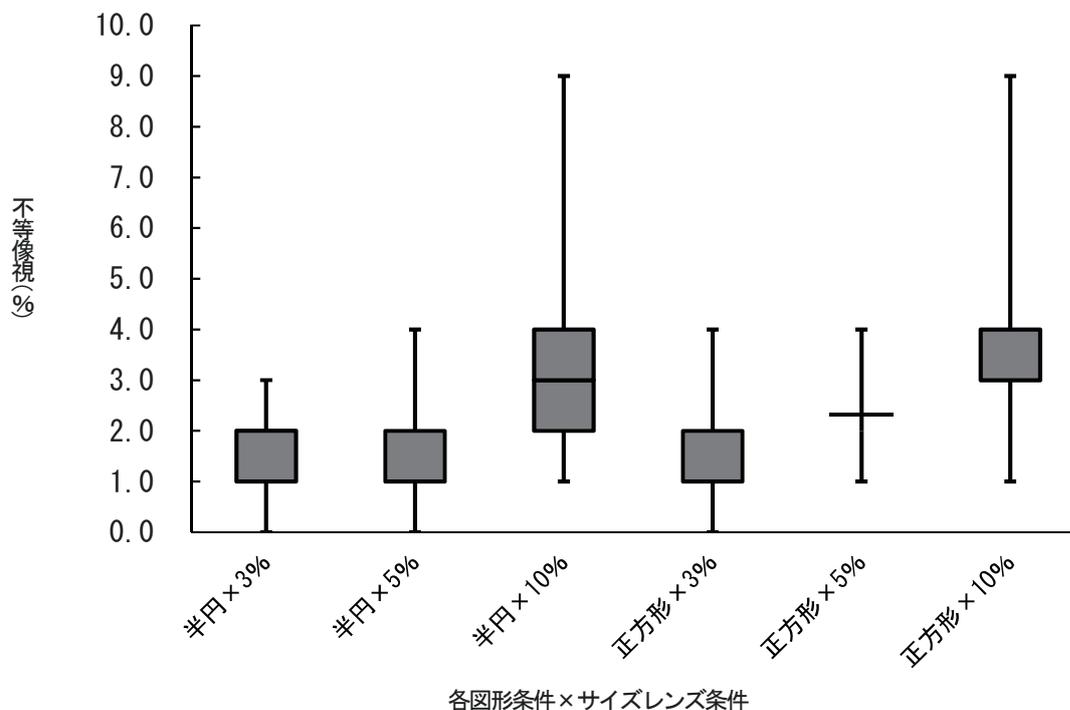


図8 各検査条件における不等像視の値の箱ひげ図

といえる。一方、3%条件では四分位範囲が半円と正方形で一致しているが、最大値が正方形条件の方が大きいいため半円条件の方が正方形条件より散らばりが小さいといえる。

4. 考按

不等像視の直接比較法検査にはいくつかの問題点が指摘されており、最も問題となるのはその測定精度の低さである。佐々木翔・小鷲宏明・露無陽子・清水香奈・中島貴友・中込亮太・加藤加奈子・木田淳子(2010)は、NATの測定値が理論値より小さくなるため測定値の解釈には注意が必要であることを指摘している。本実験の結果においても、全てのサイズレンズ条件において、どちらの図形条件でも不等像視は過小評価された。栗屋(1983)は、調節や輻輳といった働きが感覚的に中枢に働きかけていると推測しているが、本田(2012)は単に調節や輻輳だけでなく複雑要因が密接に結びついている反応であるとしている。実際、栗屋ら(1982)はNATが使用可能な不等像視検査であるという結論を出していたがNATとP.D.H.を比較検討したところ、P.D.H.の方がサイズレンズの%に近いと報告している。これは両眼分離の方法が異なる事や背景の有無によるものであると考えられ、同じ形の視標を使っても条件によって異なる。不等像視検査による不等像視の過小評価について、佐々木他(2017)は各検査機器に問題があるというより、直接比較法そのものが抱える問題点としている。

不等像視は形状の違いで分類することが可能である。サイズレンズで引き起こす不等像視は、片眼の像が他眼の像に比べて全体的に大きくあるいは小さくなる全面不等像視に分類される(保坂,1955)。また、片眼の像が他眼の像に比べて1子午線上に大きいあるいは小さいものを経線不等像視という(保坂,1955)。以上二つの不等像視は相対性不等像視に分類される。図9、図10に相対性不等像視の例をそれぞれ示した。一方、縦方向あるいは横方向に進行性の拡大あるいは縮小がみられるものを非相対性不等像視という。図11に非相対性不等像視の例を示した。

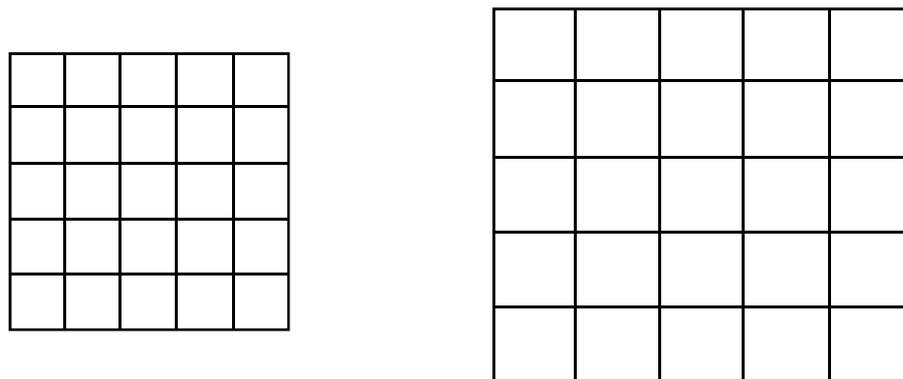


図9 相対性不等像視（全面不等像視）の例

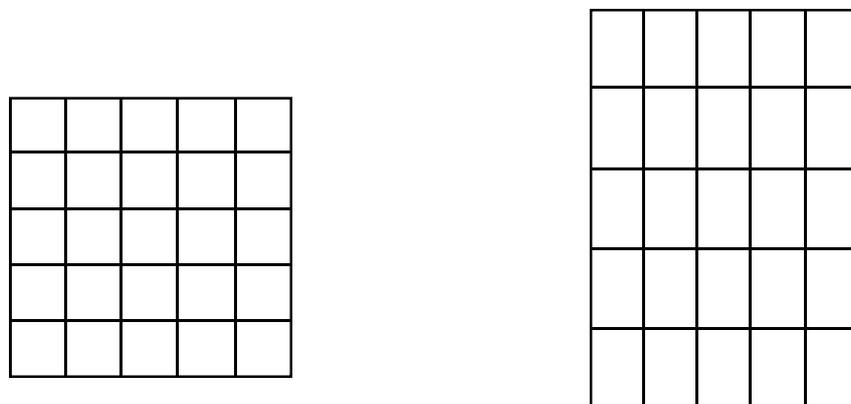


図10 相対性不等像視（経線不等像視）の例

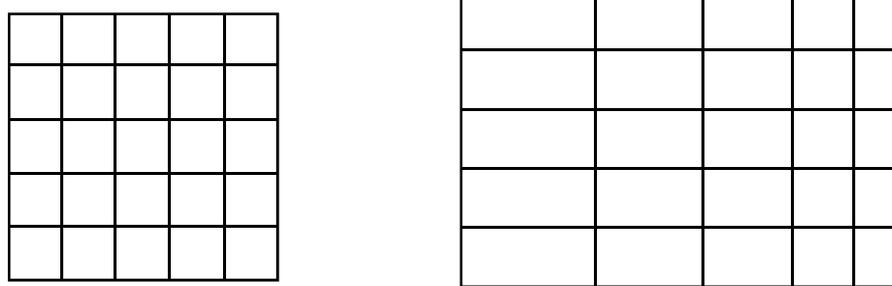


図 11 非相対性不等像視(横方向)の例

これらについても、佐々木他(2017)は、直接比較法による不等像視検査では垂直のみの不等像を測定し、これを便宜上の全面不等像としているものがほとんどであると述べている。直接比較法の欠点は認めながらも臨床において使用するのであれば、過小評価されにくい方法を選択するべきである。

本研究の結果から、半円で測定した不等像視は正方形で測定した不等像視よりも有意に過小評価される傾向が認められた事より、正方形で比較した方が半円で比較するより有効であると考え。半円図形は、弧が外側になるように並んだ2つの半円である。2つの半円の間には5mmの間隔が設けてあるが、融像して1つの円として認識した可能性が高いと考えた。検出不可能とされる経線不等像視や非相対性不等像視についても垂直線2本を中心に円弧からなる半円で比較するより、同じ長さの縦と横の直線で形成される正方形で比較する方が適しているのではないかと考えた。しかし、今回の研究では、NATの検査条件を同じくするため明室で行なったが明室での検査は本田(2012)の指摘する様々な視覚情報が加わっていることは否定できない。また、視標は四角形の1辺と半円の直径とを同じとしたため半円と正方形の面積が異なる。これらについて今後検討が必要である。

直接比較法による不等像視検査は、不等像視が過小評価される事、水平や斜めの不等像については検出されない事などの欠点を抱えている。また、本田(2012)は、測定距離によって不等像視が異なることを指摘しているが現在では近用での検査しか行われていない。これらのように、現状の不等像検査の持っている特徴をふまえ、検査結果には十分に注意する必要がある。また、単に検査を行うだけでなく、本質的な不等像視を測定する方法を考えていく必要があると考えた。

引用文献

Ames, A. (1945). The Space Eikometer Test for Aniseikonia. *American Journal of ophthalmology*, 28(3), 248-262.

栗屋忍・菅原美幸・堀部福江・鳥井文恵(1982). 新しい不等像視検査表“New Aniseikonia Tests”の開発とその臨床的応用について 日本眼科学会雑誌, 86(2), 217-222.

栗屋忍(1983). 不等像から見たCLと弱視・斜視診療 日本コンタクトレンズ学会誌, 25, 8-18.

本田陽祐(2012). 測定距離の違いが不等像視に及ぼす影響 視覚の科学, 33(3), 120-124.

保坂明郎(1955). 不等像視(Aniseikonia)の臨床的研究 お茶の水医学雑誌, 3, 1-50.

川村緑(1986). 眼位と両眼視について 日本視能訓練士協会誌, 14, 1-11.

増田麗子・勝海修・福嶋紀子・小林薫・宮永嘉隆・井上次郎(2007). 遠視性不同視症例における不等像視の測定 日本視能訓練士協会誌, 36, 37-43.

Ogle, N.K.(1946). Theory of the Space-Eikometer. *Journal of the Optical Society of America*, 36, 20-32.

大塚任・保坂明郎(1953). 不等像視検査法と臨床 臨床眼科, 7(11), 730-740.

- 佐々木翔・小鷲宏明・露無陽子・清水香奈・中島貴友・中込亮太・加藤加奈子・木田淳子 (2010). 不等像視検査法の比較検討 眼科臨床紀要, 3(2), 149-155.
- 佐々木翔・木田淳子・小李克彦 (2017). 空間覚を用いた新しい不等像視検査 視覚の科学, 38(3), 42-47.
- 佐藤ゆり子・山下牧子・中原敏江・土居紀子 (1982). 遠視性不同視の不等像視について 日本視能訓練士協会誌, 10(1), 49-54.
- 山本節・田上勇作・上総良三・勝盛紀夫 (1984). テレビ画像による不等像検査 (第一報) 日本斜視弱視学会誌, 12, 169-172.