

平成 25 年度 北里大学大学院医療系研究科博士学位論文

中央固視標と周辺部視標刺激の調節と瞳孔反応に与える影響

DM10021 柴田 優子

北里大学大学院医療系研究科医学専攻博士課程

感覚・運動統御医科学群 視覚情報科学

指導教授 魚里 博

## 著者の宣言

本学位論文は、著者の責任において実験を遂行し、得られた真実の結果に基づいて正確に作成したものに相違ないことをここに宣言する。

# 要 旨

【目的】 近年、周辺網膜の焦点ズレに対する矯正による近視化抑止の仮説など、周辺網膜の働きが注目されているが結論は出ていない。周辺網膜の調節へのかかわりについての研究報告は未だ少なく、また、周辺網膜の瞳孔反応の検討はさらに少ない。加えて、周辺網膜の調節時に対しても近見反応が出現するか否かの報告は未だない。そこで、今回、中央の固視標と同時に周辺視野に刺激を与えたときに、調節反応の変化と瞳孔径変化を測定し、周辺刺激に対する調節反応（水晶体屈折変化と瞳孔径変化の偽調節）を明らかにすることを試みた。さらに、周辺刺激に対する瞳孔反応について、調節による反応と輝度に対する反応の性質の検討を試みた。

【対象と方法】 対象は屈折異常以外に眼疾患のない成人有志者である。全対象に研究の目的、方法などについて文書にて説明の上同意を得た。本研究は北里大学医療衛生学部研究倫理委員会の承認を得ておこなった。（承認番号 2010-023）。全測定は使用機器に開放オートレフケラトメーターWAM-5500（シギヤ精機製作所）を使用し、僚眼は遮閉し単眼を測定した。

検討項目 I 距離 1m の中央視標（視角  $1^\circ$  のマルタ十字）を注視した時と、中央視標は置かず、周辺刺激として中央に視角  $5^\circ$  の穴のあいた視角  $0.25^\circ$  のランダムドット図形模様の背景の検査板を置いた時と、中央視標と周辺視標の両者を同時に置いた時の 3 条件の屈折値と瞳孔径を測定した。

検討項目 II 周辺刺激として黒色、白色、ランダムドット模様の 3 種の穴空き検査板を距離 33cm の位置に置きそれを通して距離 1m の中央調節視標を注視した時の屈折値と瞳孔径を測定した。検討項目 II の 3 条件の順序は対象ごとにランダムとした。

**【結果】** 検討項目 I では、距離 1m の中央視標注視時は調節 $-1.00 \pm 0.28D$  で瞳孔径  $5.2 \pm 0.7mm$ 、距離 33cm のランダムドット周辺刺激提示時は調節 $-2.06 \pm 0.42D$  で瞳孔径  $5.0 \pm 1.0mm$ 、中央視標と周辺刺激の同時提示時は調節 $-1.33 \pm 0.41D$  で瞳孔径  $4.9 \pm 1.0mm$  であった。中央視標条件と周辺刺激の間、および周辺刺激条件と中央・周辺同時提示条件で屈折値平均に統計学的有意差があった ( $p < 0.05$ : ANOVA、Scheffe)。瞳孔径については有意差はなかった。検討項目 II では、黒色検査板を通した時は調節 $-1.12 \pm 0.47D$  で瞳孔径  $6.0 \pm 0.9mm$ 、白色検査板を通した時は調節 $-1.14 \pm 0.54D$  で瞳孔径  $5.0 \pm 0.9mm$ 、ランダムドット検査板を通した時は調節 $-1.36 \pm 0.66D$  で瞳孔径  $5.4 \pm 1.0mm$  であった。黒色と白色の周辺刺激条件で瞳孔径平均に統計学的有意差があった ( $p < 0.05$ : ANOVA、Scheffe)。その他の組合せと調節反応には統計学的有意差は無かった。

**【考按】** 本検討の結果から、調節は中央網膜で大きな影響を受ける一方、周辺網膜も関与しており、同時に別距離に注視物を置いた場合に両者の影響を折衷するような屈折値変化による調節反応を起こすことが示された。しかし、周辺刺激の反応を無視しているような対象もあり、個人差が大きいと考えられた。また、今回の検討では、平均値での焦点深度拡大効果は少ないと思われたが、著明に縮瞳する対象もあり、その場合は、焦点深度拡大が屈折変化調節に寄与しうると考えられた。周辺刺激に対する近見反応の瞳孔反応は、顕著な縮瞳を示す対象眼があったもののグループでは起こりにくく、また、量的にも焦点深度の拡大効果として非常に小さく、背景輝度による瞳孔反応の方が大きく影響することが考えられた。

**【結論】** 中央と周辺部に距離の違う調節視標を提示した時、量的には個人差があるが周辺網膜も調節に関与することが示された。周辺網膜の刺激に対する瞳孔反応は近見反応よりは輝度による影響が強いと考えられた。

## 英文要旨

### **Effect of a central target and peripheral stimuli on accommodative and pupillary responses**

To investigate the additive influence of peripheral stimuli, we examined two experiments about the accommodative and pupillary responses for a fixation target with peripheral stimuli of different luminance at various distances. The refractive error and size of pupil diameter were measured monocularly by an autoref-/keratometer. In the first experiment, we prepared the three conditions of the measurements which consisted of a central fixation target, of peripheral stimuli of random dot texture, and of both a central target and peripheral stimuli. In the second experiment, we prepared the three conditions of peripheral stimuli of 3 different test boards of black, white, and random dot texture consisted of black and white. The condition of both a central target and peripheral stimuli of random dot texture caused the accommodative response, but there was little pupillary response in the first experience. Meanwhile, the pupil diameter grew less in magnitude as the luminance of peripheral surroundings increased, but the accommodative response varied with individuals in the second experience. The peripheral stimuli affected the accommodative response, but little affection of the pupillary response. The influence of pupillary response was much more according of the luminance of peripheral surroundings than that caused as the near reflex of peripheral stimuli.

## 目次

1. 序論.....	- 1 -
2. 対象及び方法.....	- 2 -
2-1 検討項目 I. 中央固視標と周辺視標の同時提示による調節と瞳孔反応....	- 2 -
2-1-1 対象.....	- 2 -
2-1-2 使用機器.....	- 2 -
2-1-3 視標と測定条件.....	- 2 -
2-2 検討項目 II. 周辺視標の輝度による調節と瞳孔反応への影響.....	- 3 -
2-2-1 対象.....	- 3 -
2-2-2 使用機器.....	- 3 -
2-2-3 視標と測定条件.....	- 3 -
2-3 統計解析.....	- 4 -
2-4 インフォームド・コンセント.....	- 4 -
3. 結果.....	- 4 -
3-1 検討項目 I. 中央固視標と周辺視標の同時提示による調節と瞳孔反応....	- 4 -
3-2 検討項目 II. 周辺視標の輝度による調節と瞳孔反応への影響.....	- 5 -
4. 考察.....	- 6 -
4-1 周辺部刺激による調節について.....	- 6 -

4-2	周辺部刺激に対する瞳孔径反応 .....	- 8 -
4-3	周辺部刺激に対する反応の個人差についての検討 .....	- 9 -
5.	結論 .....	- 10 -
6.	今後の課題.....	- 10 -
7.	謝辞 .....	- 12 -
8.	引用文献 .....	- 13 -
9.	業績目録 .....	- 16 -
10.	図表 .....	- 21 -

# 本文

## 1. 序論

調節は異なった距離に存在する興味ある対象物に焦点を合わせるために眼の屈折力を変化させる能力である<sup>1)</sup>。通常は興味ある対象物を網膜の中央でとらえて調節を行うが、周辺網膜に映った場合も調節反応が起こる。しかしながら、後者の研究報告<sup>2-5)</sup>は未だ少ない。さらに、従来から眼科領域の懸案である眼発達期の屈折値の近視化の問題に対し、近年、周辺網膜の焦点ズレに対する矯正による抑止の仮説<sup>6)</sup>が立てられていて、現在多くの研究<sup>6-8)</sup>がなされているが、その有効性の有無についての結論は未だ出ていない。一方、近くの対象物を注視する時、調節の他に輻輳と縮瞳を同時に行う近見反応が起こる<sup>9)</sup>。縮瞳すると眼球光学システムの絞りが働くため焦点深度が拡大し、その結果大深度の距離を同一の屈折値で認識することが可能となり、屈折値変化としての調節の代替や補完作用をなしうると考えられる。しかしながら、周辺網膜の瞳孔反応の検討は大変少なく、さらに周辺網膜の調節時に対しても近見反応が出現するか否かの報告は未だない。

周辺網膜の機能や眼発達に関する役割については昨今注目度が増しているが、その検討はまだまだ不足している状況である。

そこで本検討では、中央の固視標と同時に周辺視野に刺激を与えたときに調節反応の変化と瞳孔径変化を測定し、周辺刺激に対する調節反応（水晶体屈折変化と瞳孔径変化の偽調節）を明らかにすることを試みた。さらに、周辺刺激に対する瞳孔反応について、調節による反応と輝度に対する反応の性質の検討を試みた。

## 2. 対象及び方法

### 2-1 検討項目 I. 中央固視標と周辺視標の同時提示による調節と瞳孔反応

#### 2-1-1 対象

対象は 12 名の屈折異常以外に眼疾患のない成人有志者であった。平均年齢は  $25.3 \pm 4.0$  歳、性別は男性 5 名、女性 7 名であった。測定は単眼とし、僚眼は黒の遮蔽板で遮蔽した。対象眼の等価球面度数は平均  $-3.09 \pm 2.32D$  であった。

#### 2-1-2 使用機器

全測定は、使用機器に開放オートレフケラトメーター WAM-5500 (シギヤ精機製作所) を使用した。(図 1) 本装置では、対象がハーフミラーを通して開放された外部に提示された視標を注視することができる。(図 2) 外部視標を注視した状態の対象眼の屈折値と瞳孔径を本装置は同時に測定する。測定速度は 5Hz であり、連続で長時間の測定も可能となっている。

#### 2-1-3 視標と測定条件

視標には、中央視標と周辺視標を用意した。注視する視野中心の固視標として、視角  $1^\circ$  のマルタ十字を用意した(図 3)。中央固視標の提示距離は距離 1m とした。また、周辺部刺激視標として、中央に視角  $5^\circ$  の穴のあいた視角  $0.25^\circ$  のランダムドット図形模様の背景の検査板を用意した(図 3)。周辺部刺激視標の提示位置は、中央の穴の中心が視線の中央になるように置き、距離は 33cm とした。検討項目 I の測定条件として、中央固視標のみを提示した時、中央固視標と周辺刺激視標の両者を同時に置いた時、中央固視標は置かず周辺刺激の検査板の中央穴の遠方を注視した時の 3 条件(図 4)とし、各条件において屈折値と瞳孔径を測定した。

## 2-2 検討項目 II. 周辺視標の輝度による調節と瞳孔反応への影響

### 2-2-1 対象

対象は屈折異常以外に眼疾患のない成人有志者 15 名 15 眼であった。平均年齢は 22.7 ±3.6 歳、性別は男性 6 名、女性 9 名であった。測定は単眼とし、僚眼は黒の遮蔽板で遮蔽した。対象眼の等価球面度数は平均  $-1.30 \pm 2.00$  D であった。

### 2-2-2 使用機器

測定は、検討項目 I と同様に、使用機器に開放オートレフケラトメーター WAM-5500 (シギヤ精機製作所) を使用した。本装置の仕様や設定は検討項目 I の時と同様であり、変更点はなかった。

### 2-2-3 視標と測定条件

中心の固視標として、距離 1m の位置の視角  $1^\circ$  のマルタ十字を用意した (図 3)。また、周辺刺激として視角  $5^\circ$  の穴のあいた検査板を背景が黒単色、白単色と視角  $0.25^\circ$  のランダムドット図形模様を用意した (図 3)。検討項目 II の測定条件として、周辺刺激として黒色、ランダムドット模様、白色の 3 種の穴空き検査板のいずれかを距離 33cm の位置に置き、それを通して距離 1m の中央固視標を注視した時の屈折値と瞳孔径を測定した (図 5)。検討項目 II の 3 条件の順序は対象ごとにランダムとした。なお、周辺視標面輝度は、ミノルタの輝度計 LS-100 を用いて開放オートレフのフィルター越しに測定し、それぞれ、66、69、77cd/m<sup>2</sup> であった。

## 2-3 統計解析

検討項目 I と検討項目 II において、各条件の屈折値と瞳孔径の測定値について、分散分析 ANOVA と Scheffe 検定を行った。これらの統計学的解析には Windows 用 Stat View 5.0 (HULINKS 社) を用い、有意水準 5%未満を有意差ありとした。

## 2-4 インフォームド・コンセント

測定に先立ち、全対象に研究の目的、方法などについて文書にて説明の上、同意を得た。本研究は北里大学医療衛生学部研究倫理委員会の承認を得ておこなった。(承認番号 2010-023)。

## 3. 結果

### 3-1 検討項目 I. 中央固視標と周辺視標の同時提示による調節と瞳孔反応

検討項目 I のグループ平均の結果を図 6、7 に示す。検討項目 I における各条件の調節反応量のグループ平均は、距離 1m の中央固視標注視時は調節  $-1.00 \pm 0.28D$ 、中央固視標とランダムドット背景の周辺刺激の同時提示時は調節  $-1.33 \pm 0.41D$ 、距離 33cm のランダムドット周辺刺激のみ提示時は調節  $-2.06 \pm 0.42D$  であった。中央視標のみ条件と周辺刺激のみ条件の間、および周辺刺激条件と中央・周辺同時提示条件で屈折値平均に統計学的有意差があった ( $p < 0.05$ : ANOVA、Scheffe)。(図 6)

また、各条件の瞳孔径のグループ平均は、距離 1m の中央固視標注視時は瞳孔径  $5.2 \pm 0.7\text{mm}$ 、中央固視標と周辺刺激の同時提示時は瞳孔径  $4.9 \pm 1.0\text{mm}$ 、距離 33cm の周辺

刺激のみ提示時は瞳孔径  $5.0 \pm 1.0\text{mm}$  であった。瞳孔径についてはどの条件間でも統計学的有意差はなかった ( $p > 0.05$ :ANOVA、Scheffe)。 (図 7)

図 6 でみられるように、中央固視標と周辺刺激視標を同時に提示した条件では、調節反応に個人差があり、対象の 9 眼で同時提示時の屈折値は中央固視標のみ条件と比べ 20~60%の近視化を示していたが、3 眼は同時提示時も中央固視標のみ条件と同等の屈折値あるいはむしろ軽度遠視化を示し、周辺部刺激の付加が調節反応に影響を与えていないと考えられた。図 7 において、瞳孔径の変化は量的にバラつきが大きく、中央固視標のみ条件に比べ中央固視標と周辺刺激同時提示条件時に縮瞳を認めたのは 11 眼、散瞳したのは 2 眼であったが、そのほとんどは  $\pm 0.5\text{mm}$  以下の範囲で、それを超える変化のあるものは縮瞳した 3 眼 (うち、最大  $1.4\text{mm}$ ) のみであった。

### 3-2 検討項目 II. 周辺視標の輝度による調節と瞳孔反応への影響

検討項目 II のグループ平均の結果を図 8,9 に示す。検討項目 II における各条件の調節反応量のグループ平均は、黒色周辺刺激時の調節は  $-1.12 \pm 0.47\text{D}$ 、ランダムドット周辺刺激時は調節  $-1.36 \pm 0.66\text{D}$ 、白色周辺刺激時は調節  $-1.14 \pm 0.54\text{D}$ 、であった。各条件の調節反応量には統計学的有意差は無かった ( $p > 0.05$ :ANOVA、Scheffe)。 (図 8)

また、検討項目 II の各条件の瞳孔径のグループ平均は、黒色周辺刺激時に瞳孔径  $6.0 \pm 0.9\text{mm}$ 、ランダムドット周辺刺激時に瞳孔径  $5.4 \pm 1.0\text{mm}$ 、白色周辺刺激時に瞳孔径  $5.0 \pm 0.9\text{mm}$  であった。黒色と白色の周辺刺激条件で瞳孔径平均に統計学的有意差があった ( $p < 0.05$ :ANOVA、Scheffe) が、その他の組合せには統計学的有意差は無かった。 (図 9)

検討項目 II の各条件における各対象の調節量の変化と、瞳孔径の変化の関係を図 10 に示す。検討項目 II のランダムドット周辺刺激に使用したランダムドット模様は黒色部分と白色部分の各合計面積は同等であるため、黒色検査板と白色検査板の周辺刺激に対する反応の平均値を、ランダムドット周辺刺激に対する反応の擬似的なコントロールと考えることが可能と思われた。そこで、各対象における調節反応量と瞳孔径を、黒色周辺刺激条件 a. と白色周辺刺激条件 c. の測定値の平均値を基準としたときのランダムドット周辺刺激条件 b. の測定値の差分を下式で算出した。

$$V = \text{条件 b. の測定値} - (\text{条件 a. の測定値} + \text{条件 c. の測定値}) / 2$$

図 10 では、その調節反応量の算出値を屈折値変化として X 軸に、瞳孔径の算出量を瞳孔径変化として Y 軸にとり、各対象眼でプロットした。図 10 の結果から、黒色と白色周辺刺激時の平均値と比較して、ランダムドット周辺刺激時に対象 12 眼の屈折値が近視化し、また 13 眼の瞳孔径が縮瞳した結果がみられた。

## 4. 考察

### 4-1 周辺部刺激による調節について

調節反応は主に中心部の注視物に対して起こるものである。しかし、幾つかの研究<sup>2-5)</sup>では周辺部の刺激に対する調節について報告している。周辺部の刺激に対する調節反応の検討方法には、大別して二つの方法がある。一つは、周辺部のみに刺激を与えた時の調節反応を検討するものと、あと一つは、中心部と周辺部に同時に刺激を提示した時におこる調節反応を検討する方法である。Guら<sup>2)</sup>は前者の周辺部にのみ刺激を与える方法にて検討を行い、周辺部網膜は調節反応に関与すること、しかしながら周辺部へ行けば

いくほどその影響力は低下することを報告している。また、Hartwigら<sup>3)</sup>も、周辺部へ行くほど弱まるが、周辺網膜は調節反応における焦点合わせについて感知能力があることを報告している。一方、Hennessy<sup>4, 5)</sup>とLeibowitz<sup>4)</sup>は中心部と周辺部の両方に刺激を提示した時の調節反応の検討<sup>4, 5)</sup>を行っているが、この両方の提示方法は、今回の我々の検討方法と同様である。このHennessyの報告では、我々の検討よりも周辺部同時提示による調節反応量は大きく、一方、我々の検討では反応量はそれよりも小さかった。この理由としては、使用した視標のコントラストがHennessyの検討よりも我々のものは非常に小さいことが考えられた。

一般的に、調節を起こしうる因子としては、ボケ(blur)<sup>10, 11)</sup>や視標の大きさ<sup>10, 11)</sup>、視標のコントラスト<sup>12)</sup>、収差<sup>10)</sup>、両眼視差、近接感や心理的な影響などいくつかの因子があげられる。これらの因子の中では、デフォーカスによるボケが最も調節を起こす主要な刺激である<sup>13)</sup>。しかしながら、日常生活においては、デフォーカスの因子だけでなく、大きさの変化や収差の変化、また近見反応としての調節や縮瞳などによってもたらされる効果も有効に働いていると考えられる<sup>13)</sup>。周辺部の刺激による調節反応においても、調節に影響を与える主要な因子はボケによるものが最も大きいと考えられ、今回の我々の検討ではその仮説をもとに、距離の差による調節負荷を提示した。しかしながら、この点については、周辺網膜の焦点深度についても考慮する必要がある。

人眼の焦点深度は、ボケに対する許容性である。その焦点深度は周辺網膜では、中心窩よりも相当大きい。Ciuffredaらの検討では、中心窩の焦点深度が0.9Dであるのに対し、偏心<sup>8°</sup>から<sup>30°</sup>の周辺網膜の焦点深度は3.5 - 2.5 Dであると報告<sup>14, 15)</sup>している。しかし、人眼の焦点深度も様々な因子の影響を受け<sup>16)</sup>、また、周辺部に対する屈折値の誤差が大きく<sup>17)</sup>、あるいは周辺網膜の眼球の収差が大きく<sup>18-20)</sup>なれば、周辺視の解像限界としての焦点深度は拡大すると考えられる。今回の検討では、中央の視標を1Dに提示

し、周辺部の刺激を3D の距離に提示し、これらの距離の差が周辺部の近方への調節刺激として働くことを期待した。その結果、中心固視標のみの状態と、周辺部刺激のみの状態の調節状態に対し、中心と周辺部刺激視標の同時提示ではその中間となるような屈折値が得られた(図6)が、しかし対象ごとでは調節反応に差が見られ、また瞳孔径の変化も様々であった(図7)。そこで次に、周辺部刺激による瞳孔径変化の影響をさらに詳しく調べるため、周辺部視標の背景を変えた検討を行った。

#### 4-2 周辺部刺激に対する瞳孔径反応

瞳孔径の大きさは、網膜照度や焦点深度、網膜像の質などに影響を与える<sup>21)</sup>。その瞳孔径の変化は近見反応による場合もあるが、一般的には照明や直接光の刺激などに影響を大きく受け照明と瞳孔径の強い関係性が判明している<sup>21)</sup>。網膜照度は屈折値や調節には関係なく、瞳孔径の大きさのみに依存する。今回の我々の検討では、黒色と白色の周辺刺激では瞳孔径が有意に変化し、周辺刺激の背景色による瞳孔反応の影響が示された。その2条件では屈折値変化の差には有意差がなかったが、平均では黒色時は近視化しており、瞳孔径縮小による焦点深度拡大の効果<sup>22)</sup>が示唆された。しかしながら、著名な焦点深度の効果を得るためには、瞳孔径は1mm から3mm とかなり小さい大きさ<sup>23, 24)</sup>である必要があり、4mm以上の瞳孔径では焦点深度にはほとんど効果がない<sup>22)</sup>と考えられる。今回の検討項目IIの結果(図9)では、周辺刺激が黒色時のグループ平均瞳孔径は6.0mm、白色時5.0mm、ランダムドット時5.4mmであり、各条件間の瞳孔径変化の量的な焦点深度の拡大効果は小さいと思われた。

もう一つの瞳孔の反応として知られるものに、近見反応が挙げられる。これは近くのものを見るときに、調節と輻湊と縮瞳が関連して起こるものである<sup>21, 23, 25-28)</sup>。調節反応が、一定の近見時の縮瞳に関与するとの報告<sup>25, 27, 28)</sup>があるが、一方で、いくつかの検討では、瞳孔の反応が弱く、あるいは無かったとの報告<sup>29, 30)</sup>もある。また、調節上

のラグが大きい場合に、大きな縮瞳を起こすことはないとの報告<sup>26)</sup>がある。今回の我々の検討では、周辺刺激としてランダムドット背景を置いた時、著明に縮瞳する対象がみられた(図10)。この場合は、焦点深度の拡大効果があるか、あるいはその様な効果を得ようと思われる意図があると考えられ、一部の対象では、周辺網膜の刺激に対する瞳孔反応の可能性が示唆される。しかしながら、今回の結果からは統計学的有意差は無く、今後さらなる検討が必要と考えられた。

#### 4-3 周辺部刺激に対する反応の個人差についての検討

今回の検討では個人差がみられたが、これは意識的あるいは無意識において、各対象の反応が違うことが考えられた。今回の検討方法としての、中央と周辺の両方に同時に刺激が提示された場合の考えられる反応として、図11に示す場合が考えられる。

- I. 中央視標を認識するのみで周辺刺激は無視した状態
- II. 屈折力を変化させて中央と周辺の両刺激を見る状態
- III. 瞳孔径を縮小し焦点深度を拡大して中央と周辺の両刺激を見る状態

今回の我々の結果でも、これらのそれぞれの反応をとっている対象がみられた。(図6, 7, 8, 9, 10)。その中には、中央視標に対して周辺刺激の付加には屈折反応も瞳孔反応も示さない対象もあった。この理由の一つには、調節をひき起こすボケの検出範囲と焦点深度の問題が考えられる。対象眼の屈折値や瞳孔径と、網膜形状や網膜感度の違いから、今回提示した周辺部刺激が周辺網膜の反応を引き起こす刺激として不十分である可能性が考えられた。あるいは、さらに高次の問題として、意識的な入力によっても調節反応は影響をうけ視標に無反応となる報告<sup>31)</sup>があり、今回の場合も、中央視標に対する注意が強いため周辺部刺激を無視し、同様に屈折値や瞳孔径の反応を起こさない対象があったと思われる。

調節や瞳孔反応には心理的要因が寄与する<sup>13, 31)</sup>場合があり、したがって、周辺部刺激に対する調節や瞳孔径反応については個人差を考慮する必要があると思われた。

## 5. 結論

中央と周辺部に距離の違う調節視標を提示した条件において調節反応がみられ、周辺網膜も調節に関与することが示された。周辺部刺激と中央固視標を同時に提示した場合の調節反応量は、中央固視標のみの時と周辺部刺激視標のみの時の調節反応の間となる対象が多くみられた。調節反応への影響の程度にはばらつきがあったが、それは刺激に対する対象眼の性質に起因すると考えられた。また、周辺網膜の刺激に対する瞳孔反応は近見反応によるものはほとんどみられず、周辺刺激視標の輝度による影響が強いと考えられた。

## 6. 今後の課題

近年の技術進歩によって様々な光学デザインの眼鏡やコンタクトレンズ、眼内レンズが設計され、臨床での普及も目覚ましい。それらの中で、同心円の加入度を付加したレンズデザインのコンタクトレンズや眼内レンズは既に老視の加療では一般的に用いられている。また、近視化予防の目的にも同心円加入の眼鏡やコンタクトレンズが試用されている。一方で、生来の眼の光学的デザインとしての周辺部の性質は未だ不明点が多く残されている。更に、これらの人工の同心円の加入度の付加レンズの装用効果が周辺網膜の機能や周辺部の調節の働きにどのような影響を与えるかについては、まだ研究が進んでいない。そこで今回の検討を考えると、実空間の現物視標を中央と周辺の別個の

調節距離の付加条件として提示して眼の機能を検討することで、このような同心円加入レンズ装用による調節への効果の逆向きの検討方法の一つとして示唆される点があると思われる。ここで試験として、対象2名2眼について、同時視型の同心円加入の遠近両用ソフトコンタクトレンズ装用下で、本検討Iと同様の中心固視標とランダムドット周辺刺激視標同時提示時の調節反応の測定を行ったのでその結果を図13に示す。使用ソフトコンタクトレンズは対照としてロート製薬(株)製のロート i. Q.®14 アスフェリック(対照 CL)と、同心円加入のロート製薬(株)製のロート i. Q.®14 バイフォーカルNタイプ(CNタイプ)とロート i. Q.®14 バイフォーカルDタイプ(CDタイプ)の2種を使用した。(図12) この3種のソフトコンタクトレンズ装用下で、中心固視標と同時に、周辺刺激視標の位置100cm、50cm、33cmと周辺刺激の穴のサイズ5°、10°、15°のそれぞれにした周辺刺激を提示した9条件の時の調節反応を測定した。結果は、両対象ともCDタイプ装用時は近視化が著名で、一方CNタイプ装用時は最も調節反応の変化が出なかった(図13)。これらのことから、周辺刺激視標の付加条件などの視対象の環境と同心円加入レンズの装用状態は、密接に関係しあうと思われた。したがって、今後一層普及されることが予想されるこれらの同心円加入レンズの視機能効果を検討するには、本検討のような周辺刺激視標に対する反応性の検討方法が今後有用となると考えられた。

また、今回の検討のような視標提示の状況は、近い将来には実際の日常生活で頻繁に遭遇する状況になる可能性も考えられる。画像技術と情報処理技術の飛躍的な発展によって、拡張現実(Augmented Reality、AR)やウェアラブルディスプレイなどが普及し始めている。このような擬似空間に付け加えた注意目標や人工的背景を置いた日常の視空間は、今回の検討のような視標提示と同等となる。本検討でみられたように、周辺部視野であっても個人によっては調節や瞳孔径の反応が惹起される可能性があり、これらの

人工的視環境の提示時間の長さに対する動的な反応も検討する必要がある。眼精疲労や調節緊張症の懸念などその安全性などにおいては今後さらなる検討が必要と考えられ、本検討を基礎検討として応用していきたいと考える。

今回の検討から、周辺部網膜の調節の反応には量的なばらつきが多くみられた。したがって、対象眼ごとの刺激の閾値などについて検討する必要があると考えられた。一方で、意識や注意による反応への影響など心理学的な検討方法についても考慮していくことが課題として考えられた。本検討の視標提示方法や解析方法などをさらに改良し、より汎用性のある検討方法に今後発展させていきたい。

## 7. 謝辞

本稿を終えるにあたり、長い期間に渡って御指導・御鞭撻をいただきました魚里博教授に深く感謝いたします。また、多大な御助言をいただきました堀口利之教授、石川均教授、庄司信行教授、川守田拓志講師に感謝いたします。その他、本研究に御協力をいただきました皆様方に感謝いたします。

## 8. 引用文献

### References

1. Atchison DA, Smith G: Accommodation and presbyopia, Optics of the Human Eye. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002, p. 223.
2. Gu YC, Legge GE. Accommodation to stimuli in peripheral vision. J Opt Soc Am A. 1987;4(8):1681-7.
3. Hartwig A, Charman WN, Radhakrishnan H. Accommodative response to peripheral stimuli in myopes and emmetropes. Ophthalmic Physiol Opt. 2011;31(1):91-9.
4. Hennessy RT, Leibowitz HW. The effect of peripheral stimulus on accommodation. Perception and Psychophysics. 1971;10(3):129-32.
5. Hennessy RT. Instrument myopia. J Opt Soc Am. 1975;65(10):1114-20.
6. Charman WN, Radhakrishnan H. Peripheral refraction and the development of refractive error: a review. Ophthalmic Physiol Opt. 2010;30(4):321-38.
7. Mutti DO, Sinnott LT, Mitchell GL, Jones-Jordan LA, Moeschberger ML, Cotter SA, et al. Relative peripheral refractive error and the risk of onset and progression of myopia in children. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011;52(1):199-205.
8. Mutti DO, Schaeffel F, Feldkaemper M. 13th International Conference on Myopia. Optom Vis Sci. 2011;88(3):362-4.
9. 戸田春男, 高木峰夫: 輻湊, 調節, 瞳孔は精巧に連動しているの?, 視覚と眼球運動のすべて. 若倉雅登, 三村治, 編. メディカルビュー社, 東京, 2007, p. 146-55.
10. Kruger PB, Pola J. Stimuli for accommodation: blur, chromatic aberration and size. Vision Res. 1986;26(6):957-71.
11. Kruger PB, Pola J. Accommodation to size and blur changing in counterphase. Optom Vis Sci. 1989;66(7):455-8.
12. Okada Y, Ukai K, Wolffsohn JS, Gilmartin B, Iijima A, Bando T. Target spatial frequency determines the response to conflicting defocus- and convergence-driven accommodative stimuli. Vision Res. 2006;46(4):475-84.

13. Loewenfeld IE: The light reflex, The pupil. Butterworth-Heinemann, Edinburgh, 1999.
14. Wang B, Ciuffreda KJ. Depth-of-focus of the human eye in the near retinal periphery. *Vision Res.* 2004;44(11):1115-25.
15. Ciuffreda KJ, Wang B, Wong D. Central and near peripheral retinal contributions to the depth-of-focus using naturalistic stimulation. *Vision Res.* 2005;45(20):2650-8.
16. Wang B, Ciuffreda KJ. Depth-of-focus of the human eye: theory and clinical implications. *Surv Ophthalmol.* 2006;51(1):75-85.
17. Wang YZ, Thibos LN, Bradley A. Effects of refractive error on detection acuity and resolution acuity in peripheral vision. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997;38(10):2134-43.
18. Mathur A, Atchison DA, Scott DH. Ocular aberrations in the peripheral visual field. *Opt Lett.* 2008;33(8):863-5.
19. Mathur A, Atchison DA, Charman WN. Effect of accommodation on peripheral ocular aberrations. *J Vis.* 2009;9(12):20 1-11.
20. Yi F, Iskander DR, Collins M. Depth of focus and visual acuity with primary and secondary spherical aberration. *Vision Res.* 2011;51(14):1648-58.
21. Atchison DA, Smith G: The pupil, *Optics of the Human Eye.* Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002, p. 21.
22. Atchison DA, Smith G: Depth-of-field, *Optics of the Human Eye.* Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002, p. 213.
23. Hennessy RT, Iida T, Shina K, Leibowitz HW. The effect of pupil size on accommodation. *Vision Res.* 1976;16(6):587-9.
24. Ward PA, Charman WN. Effect of pupil size on steady state accommodation. *Vision Res.* 1985;25(9):1317-26.
25. Alpern M, Mason GL, Jardinico RE. Vergence and accommodation. V. Pupil size changes associated with changes in accommodative vergence. *Am J Ophthalmol.* 1961;52:762-7.
26. Charman WN, Radhakrishnan H. Accommodation, pupil diameter and myopia. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009;29(1):72-9.
27. Kasthurirangan S, Glasser A. Characteristics of pupil responses during far-to-near and near-to-far accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005;25(4):328-39.

28. Kasthurirangan S, Glasser A. Age related changes in the characteristics of the near pupil response. *Vision Res.* 2006;46(8-9):1393-403.
29. Takagi M, Abe H, Toda H, Usui T. Accommodative and pupillary responses to sinusoidal target depth movement. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1993;13(3):253-7.
30. Phillips NJ, Winn B, Gilmartin B. Absence of pupil response to blur-driven accommodation. *Vision Res.* 1992;32(9):1775-9.
31. Charman WN. Keeping the world in focus: how might this be achieved? *Optom Vis Sci.* 2011;88(3):373-6.

## 9. 業績目録

### 学術論文

1. Yuko Shibata, Hiroshi Uozato : Accommodative and pupillary responses for a central target and peripheral stimuli. *Kitasato Med J*, 43(2):133-140, 2013.
2. 柴田優子, 魚里 博: 遠近両用ソフトコンタクトレンズ装用による高次収差・球面収差の変化. *日本コンタクトレンズ学会誌*. 55: 184-188, 2013.
3. Masakazu Hirota, Hiroshi Uozato, Takushi Kawamorita, Yuko Shibata, Yamamoto Shinya : Effect of incomplete blinking on tear film stability. *Optom Vis Sci*, 90(7):650-657, 2013
4. 柴田優子, 進藤真紀, 平澤一法, 庄司信行, 魚里 博: 遠近両用ソフトコンタクトレンズ装用による視野への影響. *あたらしい眼科*. 30(3): 381-384. 2013.
5. 進藤真紀, 柴田優子, 中山奈々美, 川守田拓志, 魚里博: ヘッドマウントディスプレイを用いた新しい両眼視機能検査装置の使用経験. *視覚の科学* 32(4) : 90-94. 2012
6. 清水健太郎, 佐野研二, 柴田優子, 黒石川誠, 佐々木秀次, 望月 學, 秋吉一成: イオン性ソフトコンタクトレンズに付着したタンパク質に対するこすり洗いの効果(原著論文. *日本コンタクトレンズ学会誌*. 49(1):23-25, 2007
7. 柴田優子, 宮井尊史, 子島良平, 刑部安弘, 宮田和典, 天野史郎: エピケラトームを用いて角膜混濁除去を行った1例(原著論文/症例報告). *臨床眼科*. 61(5):897-901, 2007.

### 国際学会

1. Yoona Jang, Hiroshi Uozato, Takushi Kawamorita, Yuko Shibata: Comparison of corneal configuration measurements with 2 Scheimpflug imaging devices. 19th APOC Korea (2013年10月2日-4日/Seoul, Korea). Program summary p67.
2. Yuko Shibata, Hiroshi Uozato, Masakazu Hirota, Takushi Kawamorita: Change of corneal curvature under the open eye condition and the slightly closed eye condition. ARV02013(2013年5月5日-9日/Seattle, USA). Program summary p135.

- 3 Takushi Kawamorita, Hiroshi Uozato, H. Sasaki, Yuko Shibata, Masatsugu Kanazawa, Masakazu Hirota, Yoona Jang, Shinji Arai, Kimiya Shimizu: Schematic eye model based on the regression of age-dependent changes of the crystalline lens. ARVO2013(2013年5月5日-9日/Seattle, USA). Program summary p87.
- 4 Yoona Jang, Hiroshi Uozato, Takushi Kawamorita, Yuko Shibata: Gender differences in ocular biometric data. ARVO2013(2013年5月5日-9日/Seattle, USA). Program summary p73.
- 5 Masakazu Hirota, Hiroshi Uozato, Shinji Arai, Yuko Shibata: Effect of unclean display on accommodative response. ARVO2013(2013年5月5日-9日/Seattle, USA). Program summary p282.
- 6 Yuko Shibata, Hiroshi Uozato, Nanami Nakayama: Accommodative micro-fluctuations wearing multifocal soft contact lenses. ARVO2012(2012年5月6日-10日/Fort Lauderdale, USA).
- 7 Hiroshi Uozato, Maki Shindo, Yuko Shibata, Takushi Kawamorita: Imaging Properties Of Astigmatic Eyes At Near Vision. ARVO2012(2012年5月6日-10日/Fort Lauderdale, USA).
- 8 Takushi Kawamorita, Hiroshi Uozato, Yuko Shibata, Maki Shindo, Masatsugu Kanazawa, Masakazu Hirota, Kimiya Shimizu: Fluid Dynamic Characteristics of Aqueous Humour in a Posterior-Chamber Phakic Intraocular Lens with a Central Perforation using Computational Fluid Dynamics. ARVO2012(2012年5月6日-10日/Fort Lauderdale, USA).
- 9 Masakazu Hirota, Hiroshi Uozato, Yuko Shibata, Shinya Yamamoto: Effect Of Incomplete Blinks On Tear Film Stability. ARVO2012(2012年5月6日-10日/Fort Lauderdale, USA).
- 10 Yuko Shibata, Hiroshi Uozato: The Accommodative And Pupillary Response For Peripheral Stimulus. ARVO2011(2011年5月1日-5日/Fort Lauderdale, USA). Program summary p322.
- 11 Takushi Kawamorita, Hiroshi Uozato, Nanami Nakayama, Yuko Shibata, Maki Shindo, Kimiya Shimizu: 3-dimensional lens densitometry measured with Scheimpflug imaging in eyes with cataract. ARVO2011(2011年5月1日-5日/Fort Lauderdale, USA). Program summary p81.
- 12 Maki Shindo, Yuko Shibata, Nanami Nakayama, Takushi Kawamorita, Hiroshi Uozato: The effect of astigmatic blur on stereopsis. ARVO2011(2011年5月1日-5日/Fort Lauderdale, USA). Program summary p366.

## 国内学会

1. 柴田優子, 新井慎司, 張 允娥, 川守田拓志, 魚里 博:目を細めた時の眼球屈折値と角膜形状の変化, 第55回日本産業・労働・交通眼科学会(2013年11月30日/名古屋), 講演抄録集 p30-31.
2. 川守田拓志, 魚里 博, 柴田優子, 張 允娥, 新井慎司, 清水公也:ドライビングシミュレーターを用いた自動車運転能力に与える Defocus の影響, 第55回日本産業・労働・交通眼科学会(2013年11月30日/名古屋), 講演抄録集 p32-33.
3. 柴田優子, 新井慎司, 張 允娥, 金澤正継, 魚里 博:マルチフォーカルコンタクトレンズ装用下の球面収差と調節反応の関係, 第67回日本臨床眼科学会(2013年10月31日-11月3日/横浜), 講演抄録集 p 73.
4. 張 允娥, 柴田優子, 川守田拓志, 魚里 博:角膜の離心率と球面収差との関係, 第49回日本眼光学学会総会(2013年9月8日/京都), 講演抄録集p00.
5. 柴田優子, 新井慎司, 張允娥, 魚里 博:マルチフォーカルコンタクトレンズ装用下の調節量と調節微動の変化, 第117回日本眼科学会総会(2013年4月4日-7日/東京), 日本眼科学会雑誌 117 巻臨増 p379.
6. 柴田優子, 魚里 博:マルチフォーカルコンタクトレンズ装用下の周辺刺激に対する調節の変化, 第66回日本臨床眼科学会(2012年10月25日-28日/京都), 講演抄録集 p 214.
7. 進藤真紀, 柴田優子, 広田雅和, 川守田拓志, 魚里 博:主経線方向の視標による乱視眼の結像状態, 日本視能訓練士協会誌(0387-5172)41 巻 Page281(2013. 01)
8. 柴田優子, 川守田拓志, 魚里 博:多焦点ソフトコンタクトレンズ装用下の眼球高次収差の検討, 第48回眼光学学会(2012年9月1日-2日/東京), 講演抄録集 p 34.
9. 柴田優子, 川守田拓志, 魚里 博:遠近両用ソフトコンタクトレンズ装用による高次収差・球面収差の変化, 第55回日本コンタクトレンズ学会総会(2012年7月14日-16日/横浜), 講演抄録集 p 113.
10. 柴田優子, 進藤真紀, 平澤一法, 庄司信行, 魚里 博:遠近両用ソフトコンタクトレンズ装用による視野への影響, 第116回日本眼科学会総会(2012年4月5日-7日/東京), 日本眼科学会雑誌 116 巻臨増 p378
11. 魚里 博, 進藤真紀, 柴田優子, 川守田拓志:近見時における直乱視と倒乱視の結像状態, 第116回日本眼科学会総会(2012年4月5日-7日/東京), 日本眼科学会雑誌(0029-0203)116 巻臨増 p377.
12. 進藤真紀, 柴田優子, 広田雅和, 川守田拓志, 魚里 博:主経線方向の視標による乱視眼の結像状態, 第52回日本視能矯正学会(2011年11月), 日本視能矯正学会プログラム抄録集 52 回 Page53(2011. 11)

13. 田中明子, 柴田優子, 望月 學: 検眼枠に検眼レンズを装用した条件でのアイトラッカーによる注視点測定, 第 52 回日本視能矯正学会 (2011 年 11 月), 眼科臨床紀要 6 卷 3 号 p241
14. 柴田優子, 進藤真紀, 浅川 賢, 川守田拓志, 魚里 博: 周辺視標輝度の差による瞳孔と調節の変化, 第 47 回日本眼光学学会総会 (2011 年 9 月 3 日-4 日/東京), 講演抄録集 p 51.
15. 金澤正継, 柴田優子, 川守田拓志, 魚里 博: 上下偏位が水平眼位と調節力に与える影響, 第 47 回日本眼光学学会総会 (2011 年 9 月 3 日-4 日/東京), 講演抄録集 p 57.
16. 広田雅和, 柴田優子, 山本真也, 川守田拓志, 魚里 博: 涙液層の安定性が眼球高次収差に及ぼす影響, 第 47 回日本眼光学学会総会 (2011 年 9 月 3 日-4 日/東京), 講演抄録集 p 64.
17. 進藤真紀, 柴田優子, 金澤正継, 広田雅和, 川守田拓志, 魚里 博: 近見時における乱視眼の結像状態, 第 47 回日本眼光学学会総会 (2011 年 9 月 3 日-4 日/東京), 講演抄録集 p 63.
18. 柴田優子, 進藤真紀, 中山奈々美, 浅川 賢, 川守田拓志, 魚里 博: 周辺情報刺激に伴う調節の変化, 第 115 回日本眼科学会総会 (2011 年 5 月 12 日-15 日/東京), 日本眼科学会雑誌 115 巻臨増 p212.
19. 柴田優子, 川守田拓志, 進藤真紀, 中山奈々美, 田中明子, 魚里 博: 水晶体偏位による視機能の眼光学シミュレーション, 第 34 回日本眼科手術学会総会 (2011 年 1 月 28 日-30 日/京都), 講演抄録集 p 80.
20. 進藤真紀, 柴田優子, 中山奈々美, 川守田拓志, 魚里 博: 乱視が立体視機能に与える影響, 第 51 回日本視能矯正学会 (2010 年 11 月 27 日-28 日/神戸), 日本視能矯正学会プログラム抄録集 51 回 p66
21. 中山奈々美, 進藤真紀, 柴田優子, 川守田拓志, 魚里 博: 乱視と調節微動高周波成分出現頻度, 第 51 回日本視能矯正学会 (2010 年 11 月 27 日-28 日/神戸), 日本視能矯正学会プログラム抄録集 51 回 p56
22. 柴田優子, 進藤真紀, 中山奈々美, 川守田拓志, 魚里 博: 立体視映像視聴時のふく湊運動と瞳孔径の変化, 第 64 回日本臨床眼科学会 (2010 年 11 月 11 日-14 日/神戸), 講演抄録集 p 211.
23. 中山奈々美, 進藤真紀, 柴田優子, 川守田拓志, 魚里 博: 新しいコントラストグレアテスターを用いた検査距離によるコントラスト感度の変化, 第 64 回日本臨床眼科学会 (2010 年 11 月 11 日-14 日/神戸), 講演抄録集 p 211.

24. 柴田優子, 進藤真紀, 中山奈々美, 川守田拓志, 魚里 博 : ランダムドットステレオグラムによる立体視知覚時の調節反応量の検討, 第 46 回日本眼光学学会 (2010 年 9 月 4 日 - 5 日 / 横浜)
25. 説田雅子, 田中明子, 柴田優子, 山下牧子, 望月 學 : 屈折矯正手術後に内斜視が悪化した一例, 第 50 回日本視能矯正学会 (2009 年 10 月 17 日 - 18 日 / 東京), 日本視能訓練士協会誌 39 巻 p258.
26. 柴田優子, 田中明子, 山下牧子, 望月 學 : 偏光板を用いた固視点の前方移動による視野中心  $3^{\circ}$  と  $6^{\circ}$  の立体視についての検討, 第 63 回日本臨床眼科学会 (2009 年 10 月 9 日 - 12 日 / 福岡).
27. 柴田優子, 田中明子, 山下牧子, 望月 學 : 偏光板を用いたステレオ式中心  $3^{\circ}$  ~  $15^{\circ}$  立体視の検査方法の検討, 第 62 回日本臨床眼科学会 (2008 年 10 月 23 日 - 26 日 / 東京), 講演抄録集 p 114.
28. 柴田優子, 小杉依子, 大木学, 石井賢一, 細井広子, 宮川八平, 今井康文, 桜井徹志, 坂本保己 : 腹水貯留を認めた好酸球性胃腸炎の 1 例, 日本内科学会関東地方会 493 回 (2001 年 9 月 / 東京)

## 10. 図表



図1 写真：開放オートレフケラトメーターWAM5500（シギヤ精機製作所）

瞳孔径と屈折値を同時に測定が可能であり、測定速度は5Hzである。

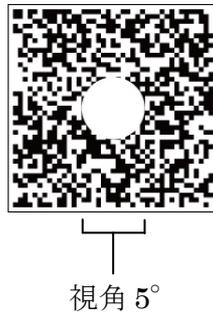
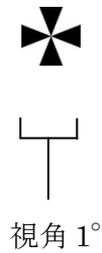


図 2 写真：測定の様子

写真は中央固視標と周辺部刺激視標の同時提示時の測定の様子である。左側壁面に中央固視標を距離 1m に提示し、周辺部刺激視標として中央に 5° の穴のあいたランダムドット検査板を距離 33cm に提示している。

検討項目 I 中央視標

周辺視標



検討項目 II 中央視標

周辺視標

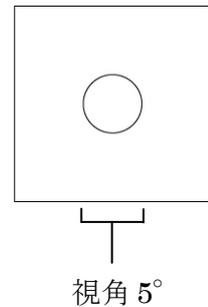
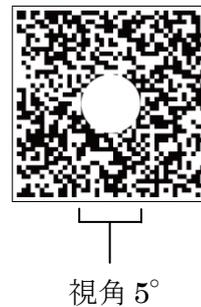
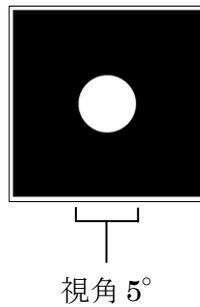
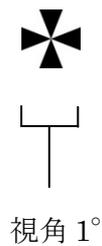


図 3 使用視標の詳細

中央視標は大きさ視角 1° のマルタ十字で提示位置は距離 1m (= 1D の調節負荷) とした。周辺刺激視標として中央に大きさ視角 5° の穴の開いた検査板を用意し、提示位置は距離 33cm (= 3D の調節負荷)とした。周辺刺激検査板背景の種類は検討項目 I は大きさ視角 0.25° のランダムドット模様、検討項目 II は黒色、ランダムドット模様、白色である。



4-i 中央固視標のみ時



4-ii 中央固視標と周辺刺激の同時提示時



4-iii 周辺刺激視標のみ時

図 4 検討項目 I. 中央固視標と周辺視標の同時提示による調節と瞳孔反応における各条件の視標提示方法

検討項目 I の測定条件として、中央固視標のみ時、中央固視標と周辺刺激の同時提示時、周辺刺激視標のみ時の 3 条件を用意し、それぞれ屈折値と瞳孔径を測定した。

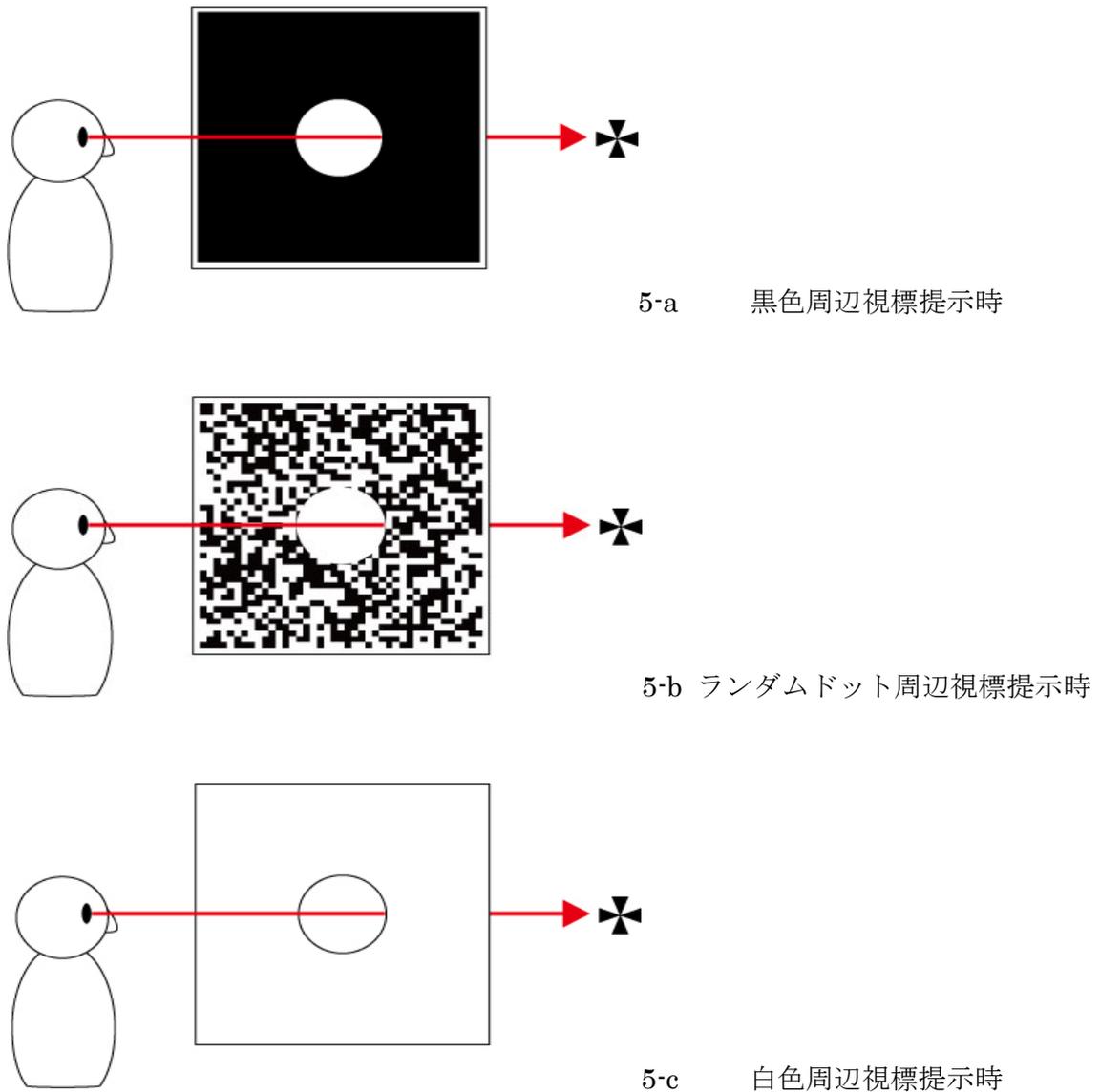


図5 検討項目II. 周辺視標の輝度による調節と瞳孔反応への影響における各条件の視標提示方法

検討項目IIの測定条件として、中央固視標を常に提示し注視した上で、黒色周辺刺激、ランダムドット模様 of 周辺刺激、白色周辺刺激のそれぞれを与えた3条件で屈折値と瞳孔径を測定した。

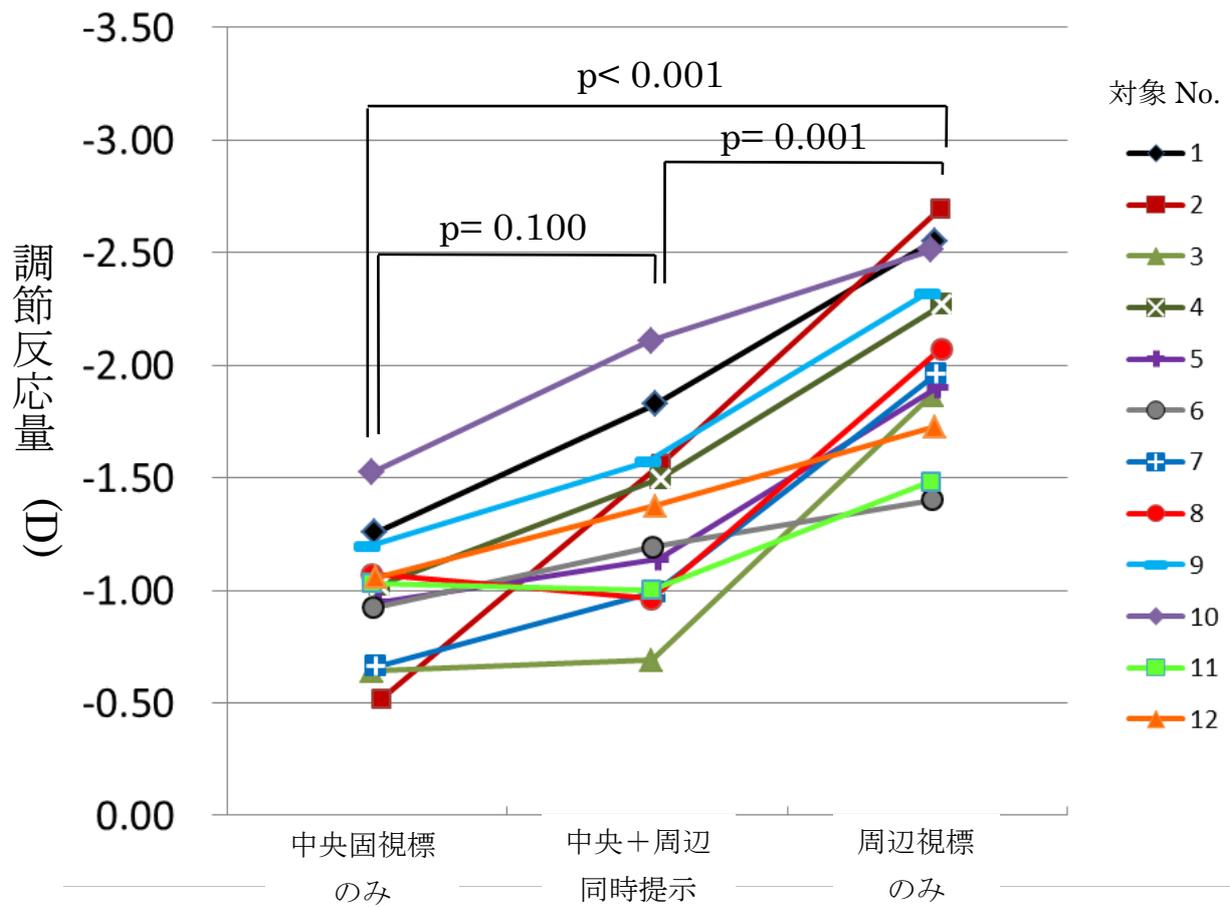


図 6 検討項目 I の各条件における各対象眼の調節反応量

中央視標のみ条件と周辺刺激のみ条件の間、および周辺刺激条件と中央・周辺同時提示条件で屈折値平均に統計学的有意差があった。(p<0.05:ANOVA、Scheffe)

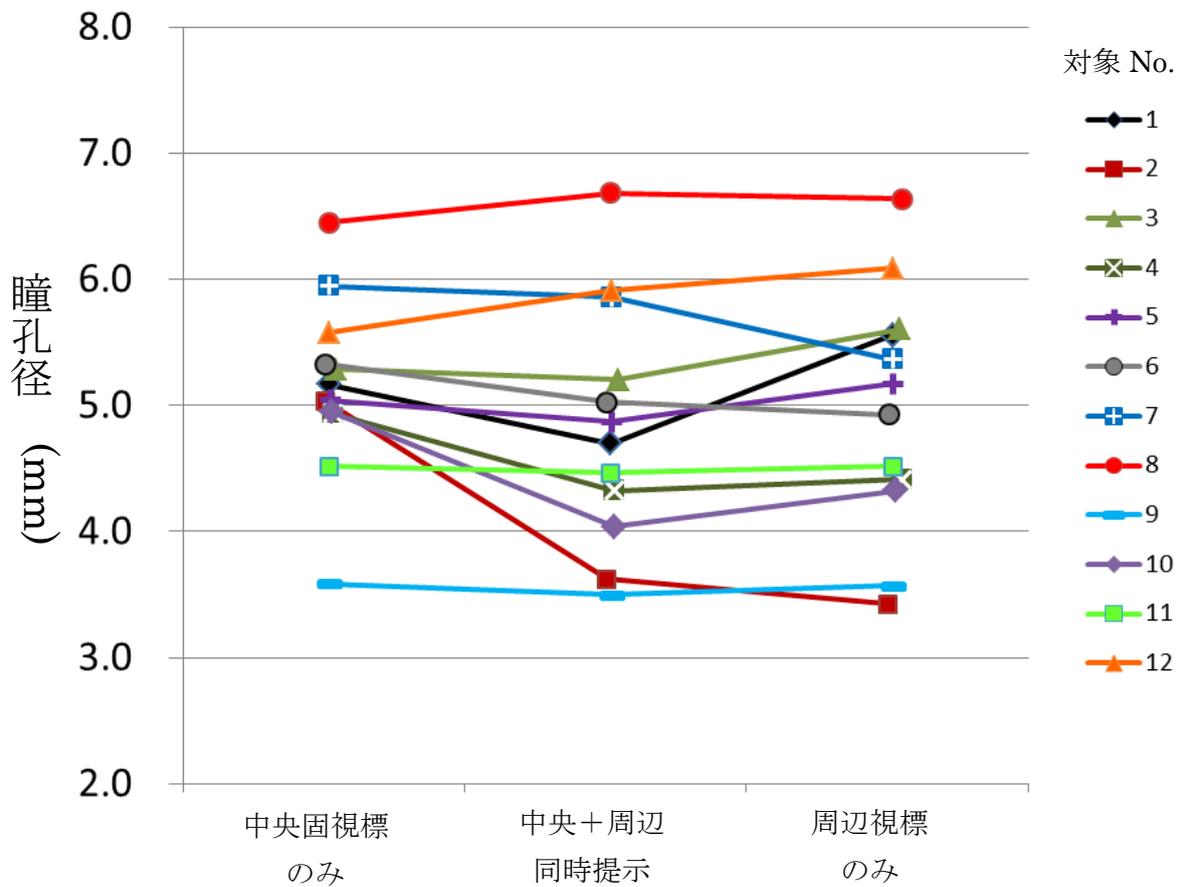


図 7 検討項目 I の各条件における各対象眼の瞳孔径

どの条件の瞳孔径も統計学的有意差はなかった。(p > 0.05:ANOVA、Scheffe)

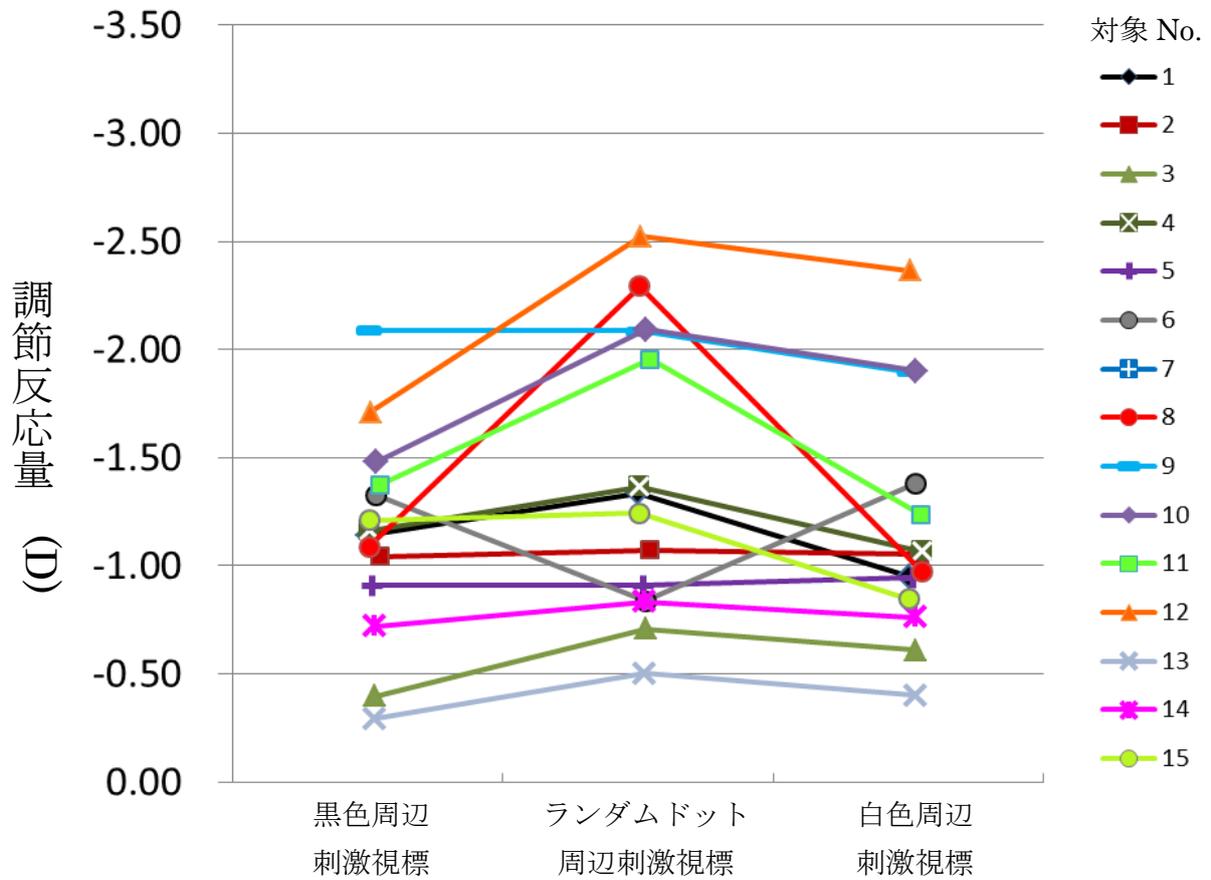


図 8 検討項目 II の各条件における各対象眼の調節反応量

各条件の調節反応量には統計学的有意差は無かった。(p > 0.05: ANOVA、Scheffe)

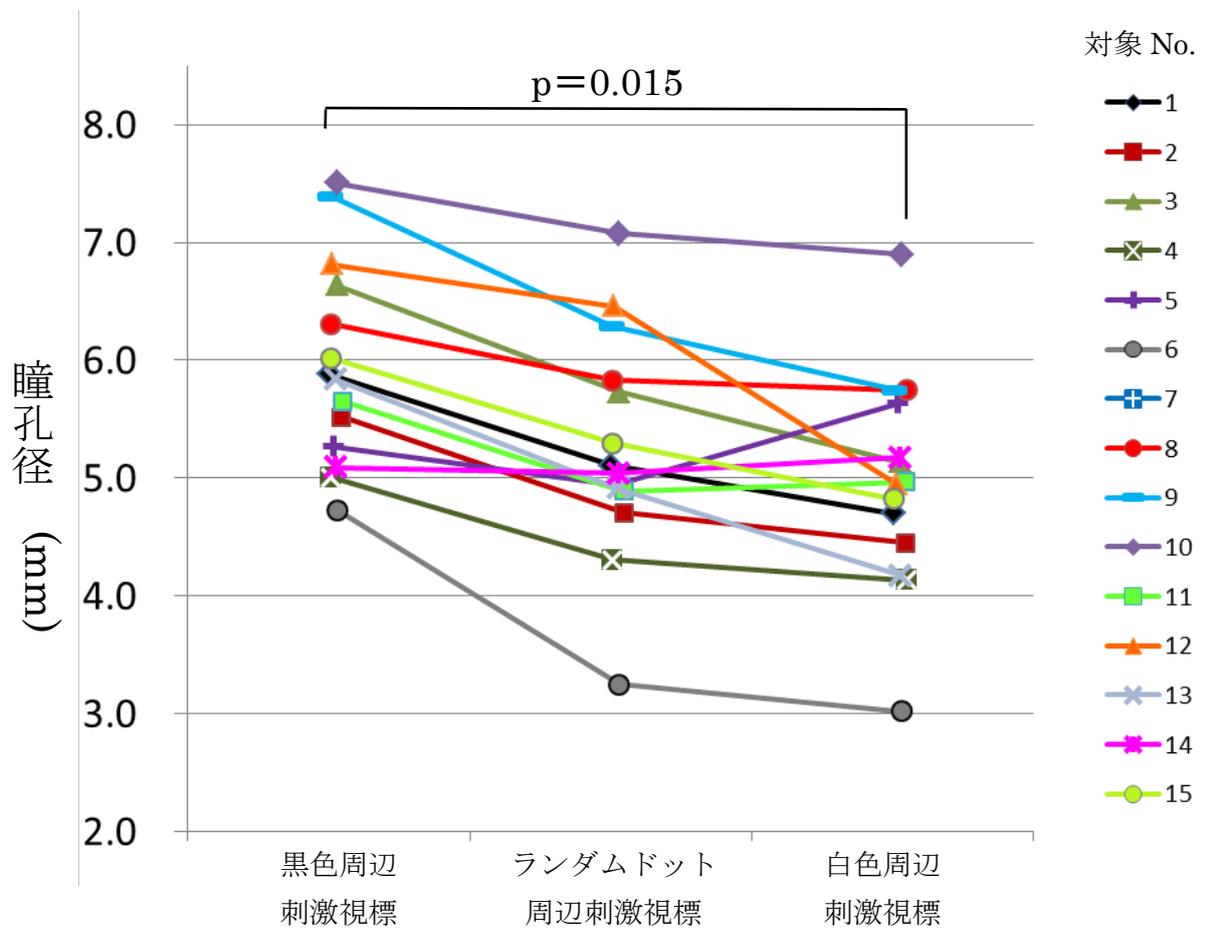


図 9 検討項目 II の各条件における各対象眼の瞳孔径

黒色と白色の周辺刺激条件で瞳孔径平均に統計学的有意差があった ( $p < 0.05$ : ANOVA、Scheffe) が、その他の組合せには統計学的有意差は無かった。

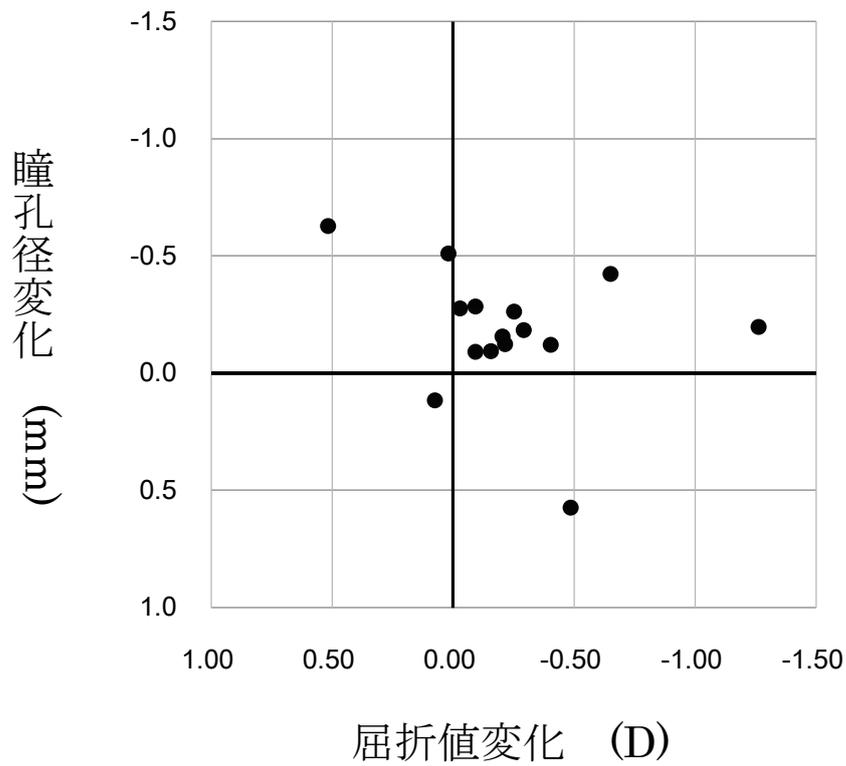


図 10 検討項目 II 周辺刺激の黒色条件 a.と白色条件 c.の平均とランダムドット条件 b.の反応の差

各対象における、条件 a.と条件 c.の平均値を基準としたときの条件 b.の屈折値と瞳孔径の測定値の差分を下式で算出し、プロットした。

$$V = \text{条件 b.の測定値} - (\text{条件 a.の測定値} + \text{条件 c.の測定値}) / 2$$

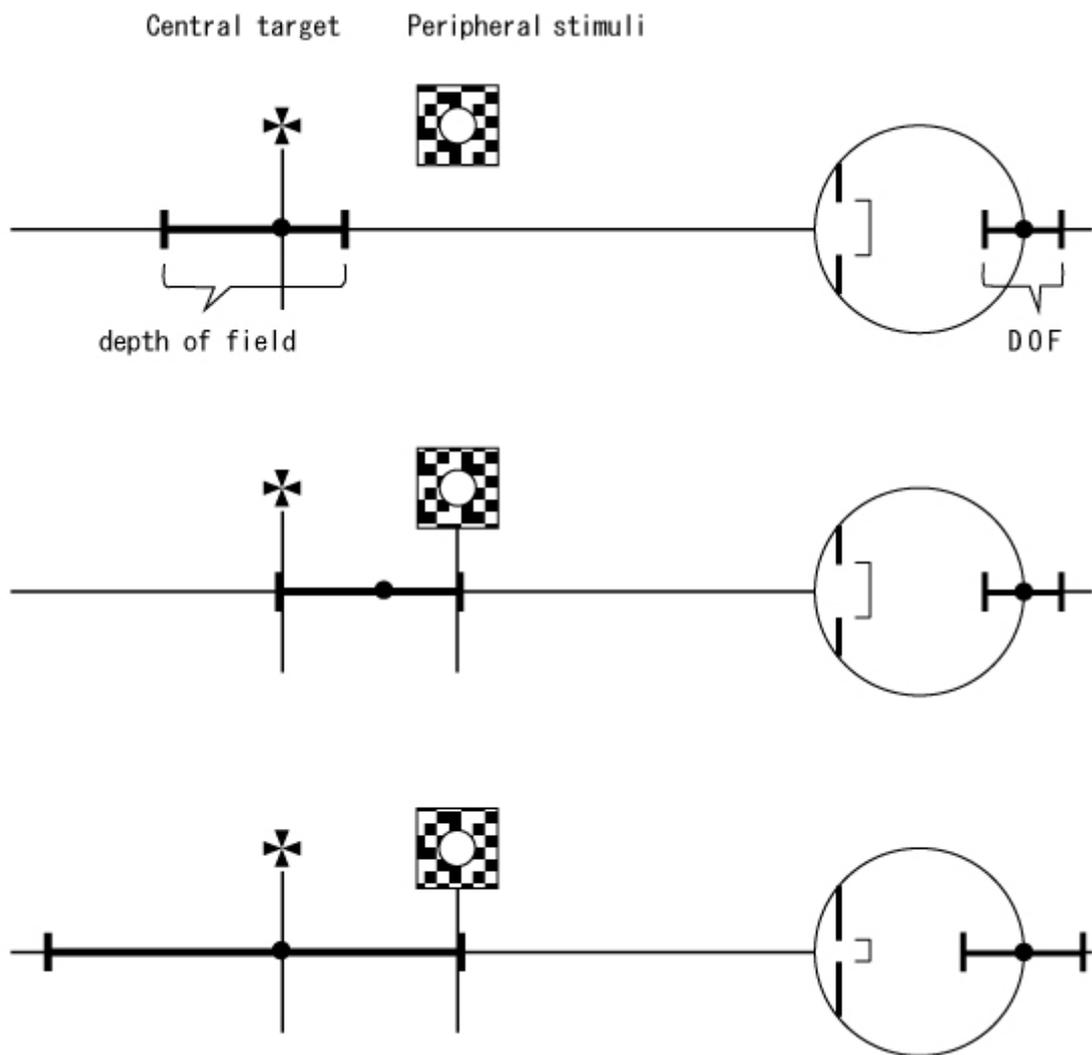


図 11 中央と周辺の両方に同時に刺激が提示された場合の考えられる反応

図の上段は中央視標を認識するのみで周辺刺激は無視した状態、中段は屈折力を変化させて中央と周辺の両刺激を見る状態、下段は瞳孔径を縮小し焦点深度を拡大して中央と周辺の両刺激を見る状態を示す。

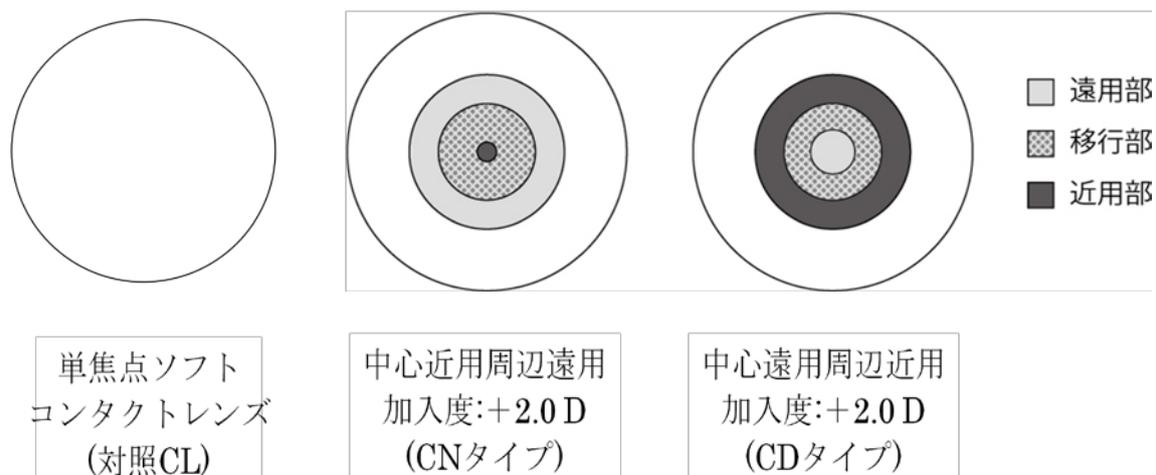


図 12 使用コンタクトレンズのレンズデザイン略図

単焦点ソフトコンタクトレンズである、ロート製薬(株)製のロート i.Q.®14 アスフェリックを对照 CL とし、同ロート製薬(株)製のロート i.Q.®14 バイフォーカル N タイプ(CNタイプ)と D タイプ(CDタイプ)の 2 種を使用した。N タイプは中心近用周辺遠用で、D タイプは中心遠用周辺近用の度数分布を持ち、どちらのタイプも中心と周辺部の中間に移行部を持つ。

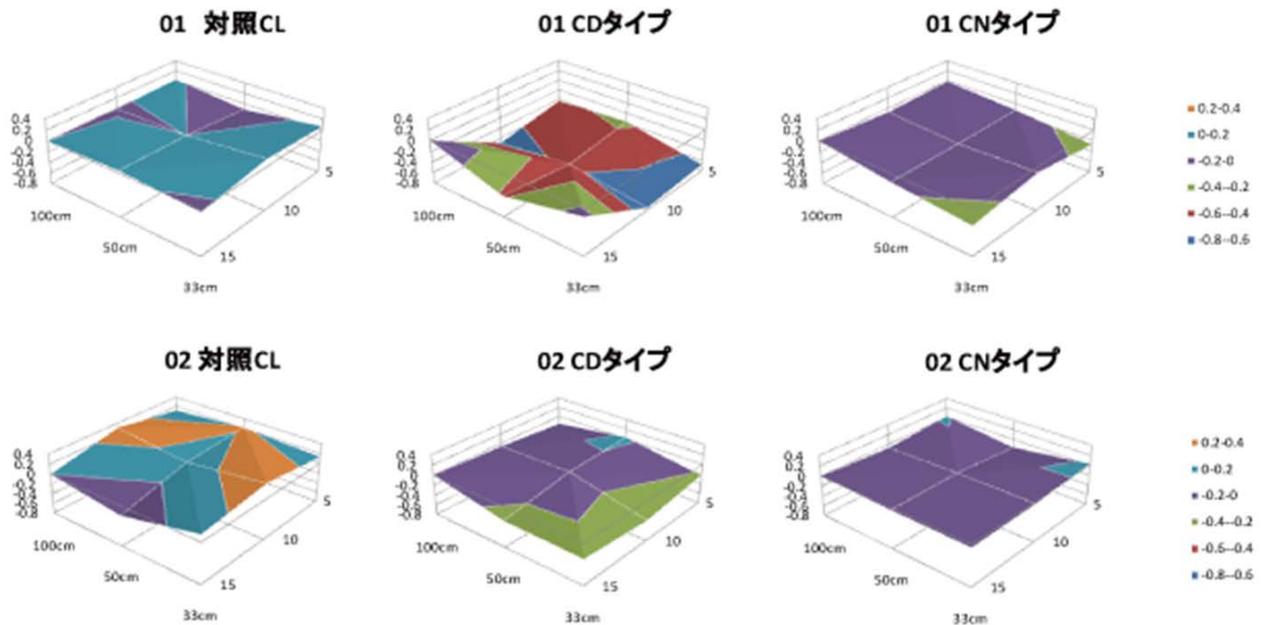


図 13 同心円加入ソフトコンタクトレンズ装用時の周辺刺激に対する調節量の変化

対象 2 名 2 眼の対照 SCL と同心円加入 CL 2 種装用下で、中心固視標と同時に、周辺刺激視標の位置 100cm、50cm、33cm と、周辺刺激の穴のサイズ 5°、10°、15° のそれぞれの条件にした周辺刺激を提示した時の調節反応を測定した。横方向に周辺視標の穴のサイズ(°)、奥ゆきの方向に周辺視標の位置の距離(cm)、高さ方向は調節反応量を周辺視標位置 100cm 穴サイズ 15° 条件を基準としたときの差分(D)で示す。上段は対象 No.1、下段は対象 No.2 の結果である。