

調節に影響を与える諸因子の検討

—視標輝度について—(図8)

八木沼康之*・丸本 達也*・永井 宏*
 山田 宏圖*・加藤桂一郎*・斉藤 進*
 金田 一男**

(*福島県立医科大学眼科)
 (**労働省産業医学総合研究所)

Study in Accommodation under Change of Luminance of Visual Object

Yasuyuki Yaginuma*, Tatsuya Marumoto*, Hiroshi Nagai*,
 Hiroto Yamada*, Keiichiro Kato*, Susumu Saito**
 and Kazuo Kaneda**

*Department of Ophthalmology, Fukushima Medical College.

**National Institute of Industrial Health.

要 約

輝度の変化に伴い、調節機能がどれくらいまで追従できるのか、どのあたりに正常な調節機能を保つ閾値があるのか、ということは、まだよくわかっていないところである。今回の実験は、この部分に焦点を合わせ、視標輝度が調節にどのような影響を及ぼすかを他覚的に解明する研究の一環として、単眼視において調節応答を測定し検討を行った。20代の正常人3名(A, B, C)を対象に、AR1100改造型(NIDEK)を用いて実験を行った。(1)背景輝度変化は、0.1ft-L以上(1ft-L $\approx$ 3.426cd/m²)の高輝度において、3名ともほぼ飽和に達した。低輝度での調節反応量は個人差を認め、2名(A, B)は減少し1名(C)は過緊張の状態となった。(2)微動調節では、低輝度(0.0025ft-L)において周波数、振幅とも低下した(case A)。(3)ステップ応答では0.03ft-L以上で、調節刺激に一致する調節反応量を示した(case C)。(4)遠方→近方への調節速度は0.1ft-L以上で増加した。近方→遠方ではほぼ一定の値を示した(case C)。以上より充分な調節を行うためには、少なくとも0.1ft-L以上の輝度が必要であると思われる(日眼 91:1180—1185, 1987)

キーワード：調節，視標輝度，微動調節，ステップ応答，調節速度

Abstract

Some effect of the luminance of visual objects on human accommodative response can be presumed, but reports dealing with the relations between human accommodative response and the luminance of visual objects are rare. Using a remodeled AR1100 (NIDEK), the author performed a preliminary experimental study concerning the effects of luminant intensity with monocular vision on human accommodative responses with three emmetropic females, in their twenties (A, B and C). The target was placed at 33cm (3D), and the background luminance was changed from 0.0025ft-L to 10.0ft-L. Far (0.5D) and near targets (3D) were presented alternately, and the luminance of the near target was changed from 0.0017ft-L to 0.9ft-L. All cases showed accommodation with more than 0.1ft-L according to the change of background luminance. Responses of accommodation were variable individually with low background luminance. Two subjects (A and B) showed low response and the other (C) showed high response. The frequency and amplitude of the accommodative microfluctuation decreased with low background luminance (0.0025ft-L) in case A. With more than 0.03ft-L, the

別刷請求先：960-12 福島市光が丘1 福島県立医科大学眼科学教室 八木沼康之

Reprint requests to: Yasuyuki Yaginuma, M.D. Dept. of Ophthalmol., Fukushima Medical College

1, Hikarigaoka, Fukushima-shi, 960-12, Japan

(昭和62年6月22日受付) (Accepted June 22, 1987)

accommodative response was related to the change of step-stimuli in case C. The velocity of accommodative responses induced by two different conditions from near to far and from far (0.5D) to near (3D) showed two types. The former showed a fixed rate and the latter increased with a target luminance of more than 0.1ft-L in case C. The results of this study indicate that more than 0.1ft-L luminance is needed to obtain sufficient accommodation response. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91 : 1180—1185, 1987)

Key words: Accommodation, Luminance of visual objects, Accommodative microfluctuation, Responses with step-stimuli, Velocity of accommodative response

I 緒 言

物を見る場合、暗ければよく見えないということは、経験的にわかっていることで、その関係については König¹⁾(1897)が、輝度の低下とともに視力が低下することを報告している。しかし、輝度の変化に伴い、調節機能がどれくらいまで追従できるのか、どのあたりに正常な調節機能を保つ閾値があるのか、ということとは、まだよくわかっていないところである。今回の実験は、この部分に焦点を合わせ、視標輝度が調節にどのような影響を及ぼすかを他覚的に解明する研究の一環として、単眼視において、約33cm (3D)に固定した視標の背景輝度変化という静的刺激と、約33cm (3D)と2m (0.5D)でのステップ応答という動的刺激に対する調節応答を測定し検討を行った。

II 実験方法

対象として十分な調節力を有する20歳代の正視眼3名(A, B, C)を選んだ。解析手段として、デジタイザ—高速振動解析器(FFT)を使用した。

1. 背景輝度変化

ハーフミラーを介して、約33cm (3D)の位置に透過型スクリーン((100cm×60cm)を設置し、5m 視力表の1.0のランドルト環を指標として呈示した。照明は背面よりスライドプロジェクターで行った。背景輝度を0.0025ft-Lから10.0ft-Lまで9段階に変化させ、AR1100改造型(NIDEK)で測定した調節応答をペンレコーダーに記録した。また同時に観察用モニター画面上で瞳孔径を実測し、記録した。

2. ステップ応答

図1に概略を示す。被験眼より近方約33cm (3D)、遠方約2m (0.5D)にスクリーンを置き2つのハーフミラーを介して、遠、近視標を観察できるようにした。それぞれの光路に電子シャッターを設置し、12秒間隔で視標呈示を行った。それぞれの視標は、円形で0.4°

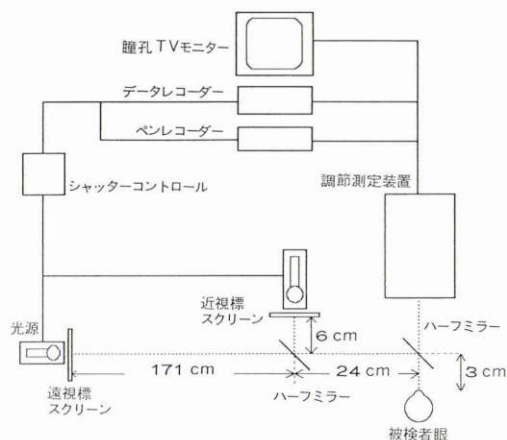


図1 ステップ応答の実験装置

(視角)に固定し、視標の背景は暗黒とした。遠視標の輝度は0.9ft-Lに固定し、近視標の輝度変化をNDフィルターを用いて0.0017ft-L~0.9ft-Lまで9段階に変化させ、調節応答を測定した。

III 結 果

1. 背景輝度変化

(a) 調節量と背景輝度変化(図2)

調節反応量は、0.04ft-Lより低輝度では、調節刺激に追従せず対象A, Bは低下し、対象Cは上昇した。0.1ft-Lより高輝度では、対象A, B, C、ともほぼ一定であった。

(b) 微動調節と背景輝度変化

対象Aについて分析を行った。

パワースペクトラム(図3)より、全体として大きな差はないが、低輝度(0.0025ft-L)で高周波成分(1.5~3Hz)の減少を認める。また、輝度の低下に伴い、低周波成分(0.3Hz以下)が大きな割合をしめた。更に低輝度(0.0025ft-L)において振幅の減少傾向が見られた(図4)。

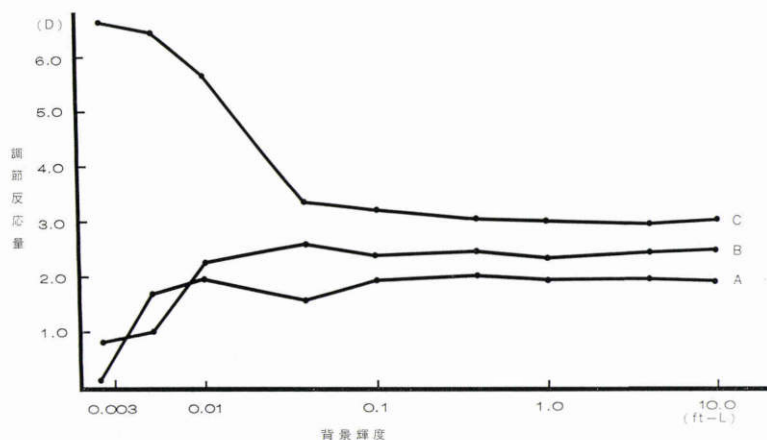


図2 背景輝度変化と調節反応量

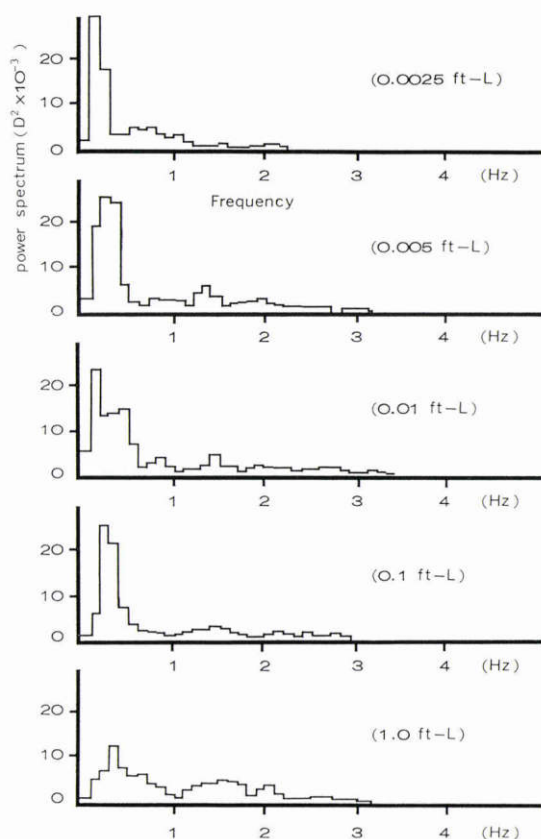


図3 微動調節のパワースペクトラム, 被験者 A

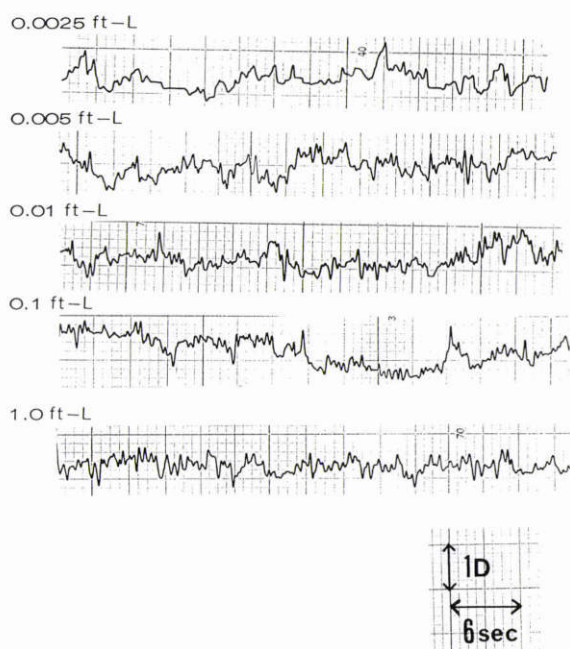


図4 微動調節の原波形, 被験者 A

対象 C について実験を行った。

(a) 調節量と視標輝度変化 (図 6)

調節刺激を2.5Dと設定した。即ち、遠方視標 (0.5 D) から近方視標 (3D) へのステップした量であり、これに対応する調節反応量を測定した。

0.007ft-Lより低輝度では調節量の減少を認め、0.03 ft-Lより高輝度では、調節刺激2.5Dに追従する値を示した。

(b) 調節速度 (図 7)

(c) 瞳孔径と背景輝度変化 (図 5)

瞳孔径と背景輝度の対数値は、ほぼ直線性を有している事を確認した。

2. ステップ応答と輝度変化

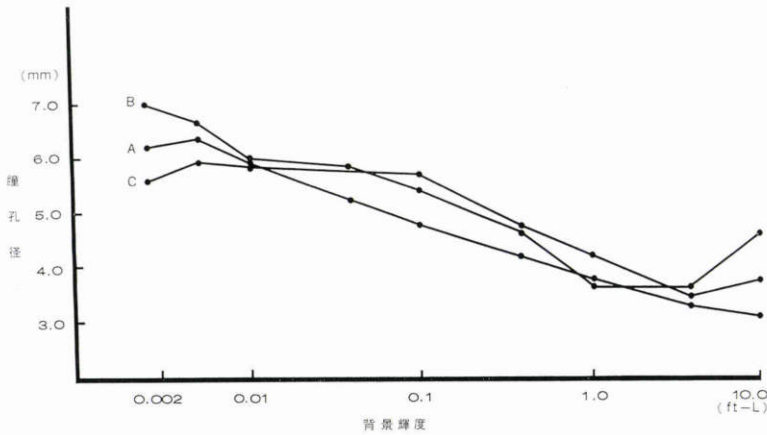


図5 背景輝度変化と瞳孔径

前後を示した。

近方→遠方の調節速度は、輝度変化にかかわらず、ほぼ一定で約1.8D/Sであった。

IV 考 按

1. 背景輝度変化

(a) 調節反応量について

今回の実験で対象として選んだ3名とも0.1ft-L以上になると、調節刺激3Dに対して一定の調節反応量を示し、飽和に達していることがわかる。しかし、飽和状態での調節反応量の大きさはそれぞれ異なる。例えば対象Aでは、調節刺激3Dに対し調節反応量が約2Dと、約70%の調節で、視標が充分見えていることになる。この原因は、視標に対して調節という働きが、ある程度の幅をもっているものなのか、呈示した視標による影響なのか、あるいは、瞳孔径の違いによる影響なのか、今後の検討を要するところである。

背景輝度が0.01ft-L以下になると、対象A、Bは調

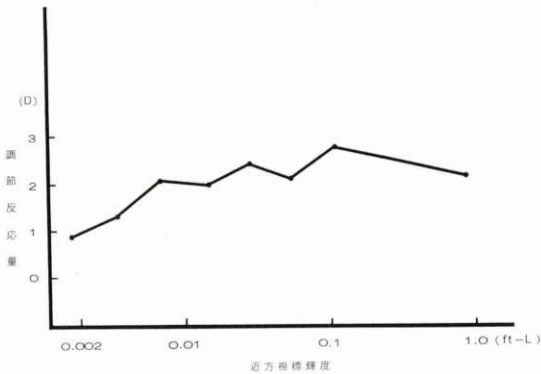


図6 ステップ応答における近方視標輝度変化と調節反応量、被験者C

近方視標輝度を変えるたびに10回ずつ行ったステップ応答をそれぞれ平均加算し、調節速度を測定した。

遠方→近方の調節速度は、0.056ft-Lより低輝度では0.5D/S前後を呈し、0.1ft-Lより高輝度では2.0D/S

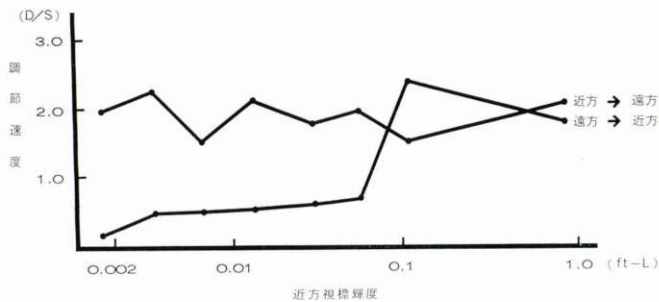


図7 ステップ応答における近方視標輝度変化と調節速度、被験者C

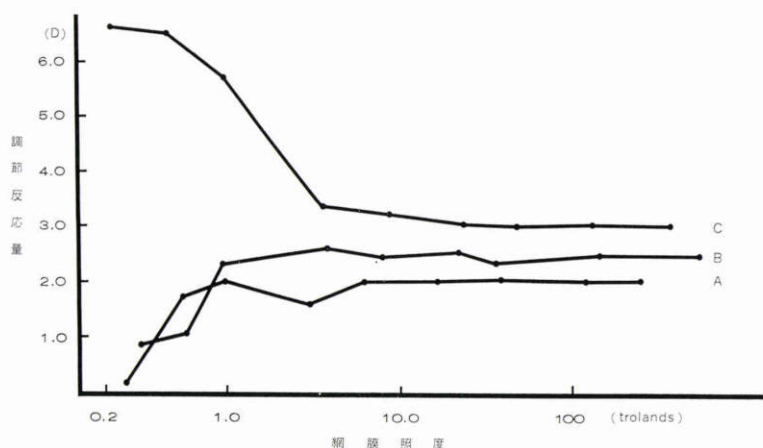


図8 網膜照度変化と調節反応量

調節反応量が低下する傾向を示し、いわゆる、調節安静位付近に、収束するものと思われる。また、対象Cは、輝度が低下するに従い過緊張の状態となった。種本ら²⁾(1984)は、今回の対象Cに類似する反応を示す例を報告しており、その原因は毛様神経が恒常的に興奮し、遠方視する時に、その興奮が抑えられるためとしている。今回の被験者Cは、このような原因による可能性も否定できないと思われる。

AR1100改造型に人工瞳孔を使用すると測定が困難となるため今回は使用せず、自然瞳孔で実験した。瞳孔径と輝度については、従来からいわれているように、直線性を有することを確認した。その結果、今回の輝度を、瞳孔径を考慮して網膜照度に置き換え、網膜照度=瞳孔面積×輝度と仮定すると、図8の如く横軸の若干の数値の変化がみられたが、著明な変化は認めないことがわかった。この事より、輝度変化と調節反応量は、瞳孔の面積変化による影響は受けるが、その傾向は変わらないと思われる。

(b) 微動調節について

1959年、Campbell³⁾は、infra-red recording optometer で約2Hzの振動の存在を明らかにしている。本邦では、1971年に鈴木⁴⁾が微動調節と名付け、生体運動系に見られる残留動揺であるとしている。輝度変化に対する微動調節の報告は少ないが、今回の実験結果より、低輝度(0.0025ft-L)において高周波成分(1.5~3Hz)は減少し、振幅は低下することが分かった。視標が見えにくくなっている状態、即ち低輝度では、前述したように調節反応量も低下しており、調節刺激に対し十分に反応しているかどうか、判断する上

で、調節反応量とともに微動調節も一つの指標になると思われる。

また、大きな割合を占める低周波成分(0.3Hz以下)については、基線のドリフトによるものと思われるが、これについて、1983年鈴木⁵⁾は、同様の変化を視標に焦点が安定していないという感覚的变化と一致する、いわゆる調節動揺ではないかとしている。

2. ステップ応答

(a) 調節反応量

調節反応量は、低輝度(0.007ft-L以下)で1D前後に近づき、0.03ft-Lをこえると、ほぼ2.5Dの調節刺激に一致する結果となった。このように、ステップ応答という動的変化に対し、十分な応答をするためには0.1ft-L以上の輝度が必要であることを示唆していると思われる。対象Cは、背景輝度変化において低輝度で過緊張の状態となったがステップ応答における調節反応量は、輝度の変化とともに減ずる傾向を見せた。これはステップ応答という動的刺激によるためなのか、あるいは3Dに呈示した視標の違いによるものなのか、今後の検討を要すると思われる。

(b) 調節速度

Campbellは物体の視覚が小さく、かつ明るい場合には調節が充分に行われるが、物体が大きくかつ暗い場合には調節がおこりにくい事から、中心窩の錐体が調節反応の受容体であろうと推論している⁶⁾。遠方から近方への調節速度は、0.1ft-L以上でsharpになっている。これは、調節速度というものが、ある一定以上の明るさがなければ働きにくいことを示している。このメカニズムは、はっきりしていないが、今回の結

果は、調節の時間的要因に対し、錐体が関与していることを示唆するものと思われる。

一方、近方から遠方への調節速度は、輝度の差による大きな変化を認めていない。これは、遠方の視標輝度を0.9ft-L という充分明るい条件で固定したため、近方視標の輝度変化の影響を受けていないものと思われる。

文 献

- 1) König, A.: Die Abhängigkeit der Serscharfe von der Beleuchtungsintensität. SB Press, Akad

Wiss, 559—573, 1897.

- 2) 種本康之, 鷗飼一彦, 石川 哲: 調節無刺激状態での異常緊張. 日本眼光学学会誌 5: 67—74, 1984.
- 3) Campbell, F.W., J.G. Robson & G. Westheimer: J. Physiol. 145: 579, 1959.
- 4) 鈴村昭弘: 空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発. 日眼 75: 1974—2006, 1971.
- 5) 鈴村昭弘, 渥美一成: 透過光と反射光視標の調節機能への影響. 日本眼光学学会誌, 4: 83—86, 1983.
- 6) 勝木保次編: 生理学大系 VI, 感覚の生理学, 東京, 医学書院, 490, 1969.