

## 調節微動による調節安静位の検出

梶田 雅義, 伊藤由美子, 佐藤 浩之, 小林健太郎, 渡邊まき子, 加藤桂一郎

福島県立医科大学眼科学教室

## 要 約

静止視標を注視したときの調節応答曲線を周波数分析し, 調節反応量と調節微動の高周波成分出現頻度を観察した。従来から調節安静位が存在すると考えられている付近で, 高周波成分出現頻度は極小値をとり, 調節刺激状態で調節安静位が推定できる可能性のあることが示唆された。また, 調節安静位よりも遠視側の調節状態で高周波

成分出現頻度に極大値をもたらす屈折値が存在し, 負の調節努力を示すものと推察された。(日眼会誌 101: 413-416, 1997)

キーワード: 調節微動, 調節安静位, オプトメーター, 負の調節, 高周波成分

## Detection of Resting State of Accommodation by Accommodative Microfluctuation

Masayoshi Kajita, Yumiko Ito, Hiroyuki Sato,  
Kentaro Kobayashi, Makiko Watanabe and Keichiro Kato  
*Department of Ophthalmology, Fukushima Medical College*

## Abstract

Accommodative microfluctuations were recorded when the subjects were looking at a stable target. The waves of the accommodative microfluctuation were analyzed by fast Fourier transform. When accommodation was in a resting state, the high frequency components were minimized. This suggested that the resting state of accommodation might be measured when the subject was looking at a target. At a little distance from the resting state

of accommodation, the high frequency components were maximized. This might suggest a negative accommodation. (J Jpn Ophthalmol Soc 101: 413-416, 1997)

Key words: Accommodative microfluctuation, Resting state of accommodation, Optometer, Negative accommodation, High frequency components

## I 緒 言

静止した視標を固視しているときに, 自覚的には静止屈折状態にあると認識されているが, 経時的に他覚的な屈折値の観察を行うと, 正弦波様の揺れを認める。この屈折値の揺れは調節微動と呼ばれている<sup>1)~3)</sup>。これまでの研究によって, 調節微動は高周波成分と低周波成分に分けられ, 報告者によって若干の差はあるが, 高周波成分は1.0~2.3 Hz, 低周波成分は0.6 Hz未満とされている<sup>4)~9)</sup>。調節微動の高周波成分は水晶体の振動に起因し, 毛様体の活動状態を示すと考えられている<sup>4)</sup>。調節負荷の程度に応じて, 調節微動に差が認められることは既に報告<sup>10)11)</sup>したが, 調節微動を観察することによって, 調節安静位が検出できる可能性が示唆されたので報告する。

## II 対象および方法

対象は, 屈折異常以外に眼疾患のない本学教室関係者で調節検査を熟知した正常成人5名5眼とした(表1)。オートレフラクトメーター(NIDEK社製, AR1100:以下, AR)の水平方向屈折値で, 1眼は正視眼, 3眼は近視

表1 対象の屈折度

対象 No.	年齢	性別	屈折度
1	21	女	±0.00 D
2	25	男	-3.00 D
3	26	男	-1.00 D
4	30	女	-3.50 D
5	43	男	+0.25 D

屈折度=オートレフラクトメーターで測定した水平方向の屈折値

別刷請求先: 960-12 福島県福島市光が丘1 福島県立医科大学眼科学教室 梶田 雅義  
(平成8年8月12日受付, 平成9年1月20日改訂受理)

Reprint requests to: Masayoshi Kajita, M.D. Department of Ophthalmology, Fukushima Medical College,  
1 Hikarigaoka, Fukushima-shi, Fukushima-ken 960-12, Japan

(Received August 12, 1996 and accepted in revised form January 20, 1997)

眼,他の1眼は軽度遠視眼であった.対象とした眼の左右眼の選択は,対象自身が日常視で優位眼と認識している方の眼を採用した.

方法は,赤外線オプトメーター(NIDEK社製,AA2000)と同器に内蔵されたスターバースト型視標を用いて,静止視標に対する調節応答を記録した.静止視標は低刺激視標であるボケ視標を提示するために,ARで得られた水平方向屈折値に約+2.00 Dを加えた値と調節することによって明視が可能な範囲を0.5 D間隔(ただし,視標位置が0.0~-3.0 Dの範囲では0.2 D間隔)でそれぞれ20秒間提示した.一つの静止視標に対する調節応答波形の記録保存には約1分40秒を要し,1対象あたりお

よそ1時間の測定時間を要した.

調節応答波形は瞬目によるデータの欠損を三次スプライン関数によって補間した後に,FFT(高速フーリエ変換)を用いて周波数分析を行い,スペクトルパワー曲線(以下,SP曲線)を求めた.次いで,このSP曲線から周波数1.0~2.3 Hzの区間の平均スペクトルパワー(単位[dB])を求め,調節微動の高周波成分出現頻度(以下,高周波成分頻度)として評価した.

### III 結果

提示視標に対する20秒間の平均調節反応量(測定時間中の平均屈折値からARで得られた水平方向屈折値を減じたもの:以下,調節反応量)は,ボケ視標の提示時には対象4が最も遠点に近い値を呈し,対象1が最も調節緊張した値をとり,調節反応量の変動も大きかった.また,実空間に相当する視標位置で調節負荷が小さい所では,対象1~4はほぼ同程度の調節ラグを呈していた.対象2では-9.0 Dを越えると調節ラグはわずかに増加したが,自覚的には明視可能であった.対象5は調節ラグが最も少なかったが,視標位置が-4.0 Dの所で調節反応量は飽和を示し,視標位置が-4.0 Dよりも近づくと調節反応量は視標位置から離れ,自覚的にも明視が困難になった(図1).

調節反応量と高周波成分頻度との関係は,十分な調節力のある対象1~4では,今回の対象中最も若い対象1に代表されるような特徴を示した(図2).すなわち,視標が遠方から近づいて遠点よりもわずかに近方に提示されたときに,調節反応量および高周波成分頻度はともに最小値をとった.さらに,視標が近づくと高周波成分頻度は

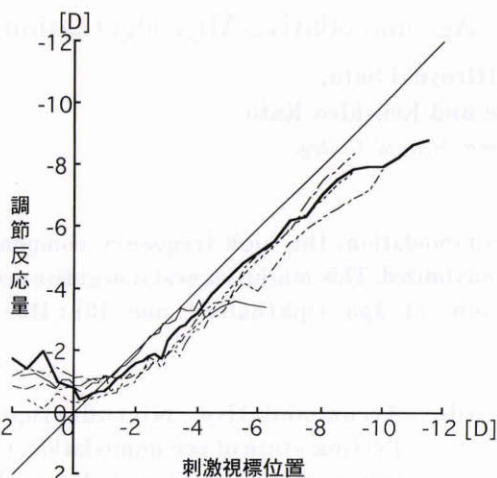


図1 対象1の視標位置と調節反応量.

—は対象1, - - -は対象2, - · - ·は対象3, ·····は対象4, — — —は対象5を示す.

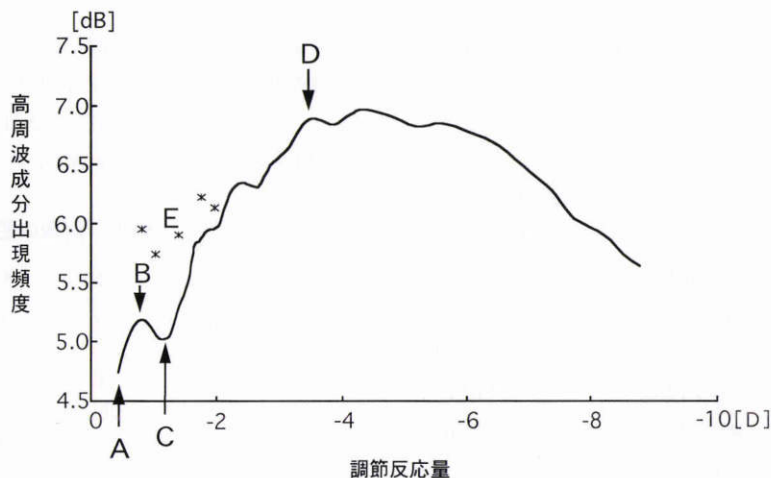


図2 典型的な調節反応量—高周波成分頻度曲線.

—は遠点よりも近方に提示された視標を,\*は遠点よりも遠方に提示されたボケ視標を示す.

A: 調節反応量,高周波成分頻度ともに最小値, B: 遠点と調節安静位の間にある高周波成分頻度の極大値, C: 高周波成分頻度の極小値, D: 高周波成分頻度の飽和, E: ボケ視標提示時における調節反応量と高周波成分頻度

対象1の調節反応量—高周波成分頻度曲線のX軸およびY軸に対して,それぞれ前後3点の平均値をとることによって平滑化したものである.

わずかに上昇し極大値をとった。さらに、視標が近づくと高周波成分頻度はわずかに減少を示し、調節反応量が調節安静位の存在すると考えられている位置付近(以下、安静位付近)に位置したときに、高周波成分は極小値をとった。調節反応量が安静位付近を越えて近づくと高周波成分頻度は急激に増加を開始し、明視の距離(読書距離)付近で飽和した。調節反応量が増加しても高周波成分頻度はしばらく飽和状態を維持するが、調節負荷の増加に伴い高周波成分頻度は緩やかな減少を示した。ボケ視標のときには屈折値および高周波成分頻度はともに不安定な値を示し、屈折値は最小値よりも近視側にあり、高周波成分頻度は最小値よりも大きな値を示した(表2)。一方、高齢である対象5では調節反応量が安静位付近よりも遠方であったときには、他の対象と比較的類似していたが、調節反応量が安静位付近よりも近方になって高周波成分頻度は明らかな上昇を示さなかった。調節反応量が $-1.5D$ の所で高周波成分頻度はすでに飽和を示し、調節反応量が $-3.0D$ を越えると調節反応量および高周波成分頻度ともに不安定な値を呈した(図3)。

#### IV 考 按

調節微動の高周波成分頻度は調節反応量に応じて異なった値をとり、高周波成分頻度の最小値は視標が遠方

表2 高周波成分頻度曲線の特徴

対象 No.	最小値(A)	極大値(B)	極小値(C)	ボケ視標における平均屈折値(E)
1	-0.4(4.74)	-0.7(5.12)	-1.2(4.94)	-1.4(6.00)
2	-0.7(4.56)	-0.9(5.42)	-1.0(4.76)	-0.8(4.80)
3	-1.1(5.46)	-1.2(6.00)	-1.3(5.37)	-1.3(5.92)
4	-0.4(4.45)	-0.5(4.91)	-0.6(4.85)	-0.4(4.67)
5	-0.9(4.78)	-1.0(5.22)	-1.1(4.99)	-1.0(5.02)

単位：屈折値[D](高周波成分頻度[dB])  
A, B, C, Eは図2に対応する。

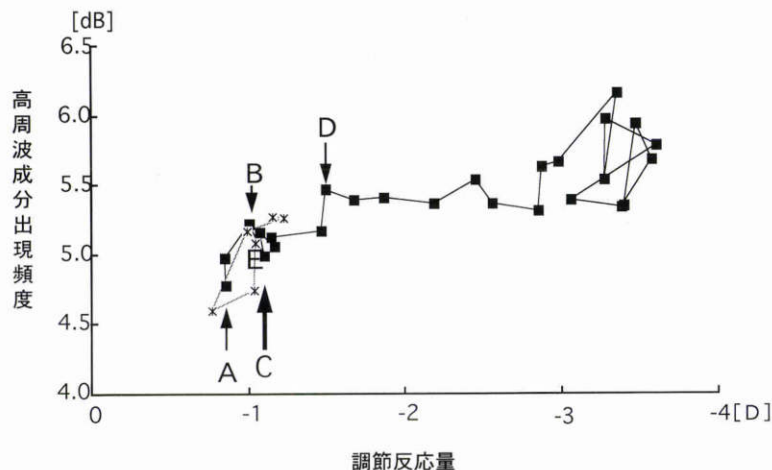


図3 対象5の調節反応量と高周波成分頻度。

■は遠点よりも近方に提示された視標を、\*は遠点よりも遠方に提示されたボケ視標を示す。A~Eは図2に対応する。

から徐々に接近したときに、初めて視標を明視できたときの状態と考える。この最小値はARで得られた屈折値よりも近視側に位置していたが、ボケ視標のときに明視しようとする調節努力の残効が原因と考えられる。高周波成分頻度の最小値は、毛様筋の活動が最も低い状態であることを示唆する。安静位付近で認められた極小値は、実空間で視標を明視したときに毛様筋にかかる負担が比較的少ない調節状態であることを意味する。また、明視の距離(読書距離)付近で高周波成分頻度が飽和状態となったことは、近業時には毛様筋が活発に活動していることを意味する。調節負荷がさらに増加すると、高周波成分頻度は徐々に減少し、毛様筋の過緊張状態では水晶体はリズミカルな振動ができなくなることを示唆する。ボケ視標提示のときには屈折値は安静位付近の値をとっているが、屈折値は不安定であり、高周波成分頻度は最小値よりも高い値を呈した。これはボケ視標を明視しようとする調節努力が起こり、毛様筋の活動が生じていることを示唆する。安静位付近で高周波成分頻度に極小値を認めたことは、遠点と近点の間に毛様筋にかかる負担が最も小さくなる位置が存在することを示唆する。もし、極小値が調節安静位であるとすれば、それよりも遠視側に認められる高周波成分頻度の極大値は負の調節努力を示すものと考えられる。これまで、調節安静位はempty fieldやdark focusなどの調節無刺激状態での屈折値と定義され、測定されてきた<sup>12)</sup>。今回示した高周波成分頻度に極小値をもたらす屈折値と調節安静位とは同じものを測定している可能性があり、調節刺激状態で調節安静位が推測できる可能性が示唆された。Empty fieldやdark focusを臨床に汎用することは、検査室の照明の問題や、固視目標が存在しないために目標捜査運動が起こり、安定した計測ができないなどの問題から、それほど容易なことではない。今回示した方法では、固視目標がしっかりしているために比較的容易に安定した計測が可能である。

調節疲労が生じると、調節安静位が近方移動する例が存在することや<sup>12)</sup>、スクリーンゲームを長時間行った後では、高周波成分頻度の極小値が検出し難くなることなどから<sup>11)</sup>、高周波成分頻度が示す極小値付近の屈折値と調節微動を解析することによって、調節機能の状態を他覚的に観察できることが示唆される。また、十分な調節力がある対象1～4では高周波成分頻度の最小値と明視の距離付近との間になめらかな上昇曲線を認めたが、調節力が減弱している高齢の対象5では上昇を示さなかった。さらに、対象5では調節反応量が $-3.0$  Dを越えた所では不規則な値を示したが、他の対象に比べて高周波成分頻度は小さい値であった。これは水晶体の弾性が低下したことから、水晶体のリズミカルな振動ができなくなっていることを示唆するものである。高周波成分頻度の計測は調節疲労、調節障害および老視などの他覚的診断の一助になり得ることが示唆された。

本論文は第100回日本眼科学会総会で発表した。

#### 文 献

- 1) **Campbell FW, Rebsor JG, Westheiroey G:** Fluctuations of accommodation under steady viewing conditions. *J Physiol* 145: 579—585, 1959.
- 2) **鈴木昭弘:** 微動調節の研究. *日眼会誌* 79: 1257—1271, 1975.
- 3) **鈴木昭弘, 小林明美:** 微動調節の臨床診断法の研究. *眼紀* 31: 367—373, 1980.
- 4) **Sun F, Brandy S, Nguyen A, Wong N, Stark L:** Frequency analysis of accommodation single sinusoids. *Ophthalmic Physiol Optics* 9: 392—397, 1989.
- 5) **Winn B, Pugh JR, Gilmartin B, Owens H:** Arterial pulse modulates steady-state ocular accommodation. *Curr Eye Res* 9: 971—975, 1990.
- 6) **Winn B, Pugh JR, Gilmartin B, Owens H:** The frequency characteristics of accommodative microfluctuations for central and peripheral zones of the human crystalline lens. *Vision Res* 30: 1093—1099, 1990.
- 7) **Winn B, Gilmartin B:** Current perspective on microfluctuations of accommodation. *Ophthalmic Physiol Optics* 12: 252—256, 1992.
- 8) **Gray LS, Winn B, Gilmartin B:** Effect of target luminance on microfluctuation of accommodation. *Ophthalmic Physiol Optics* 13: 258—265, 1993.
- 9) **Gray LS, Winn B, Gilmartin B:** Accommodative microfluctuation and pupil diameter. *Vision Res* 33: 2083—2090, 1993.
- 10) **梶田雅義:** 調節動揺の周波数分析. *眼紀* 41: 1418—1422, 1990.
- 11) **梶田雅義:** 調節微動の臨床的意義. *視覚の科学* 16: 107—113, 1995.
- 12) **三輪 隆:** 調節安静位は眼の安静位か. *視覚の科学* 16: 114—119, 1995.