

## 研究速報

# 調節微動の視機能低下による変化

鶴 飼 一 彦

北里大学医学部眼科 〒228 相模原市北里 1-15-1

(1985年7月18日受理)

## Microfluctuation of Accommodation in Amblyopia

Kazuhiko UKAI

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Kitasato University,  
1-15-1, Kitasato, Sagamihara 228

Some investigators have reported that the microfluctuation of accommodation increases when the retinal image of the stimulus is optically independent from the defocus and/or when the subject fixates at the closer point. Following this theory, the author has considered that the microfluctuation of accommodation increases in amblyopia because of the reduced ability to detect change of the contrast in patterned image on the retina. This prediction is confirmed by the experiment.

### 1. はじめに

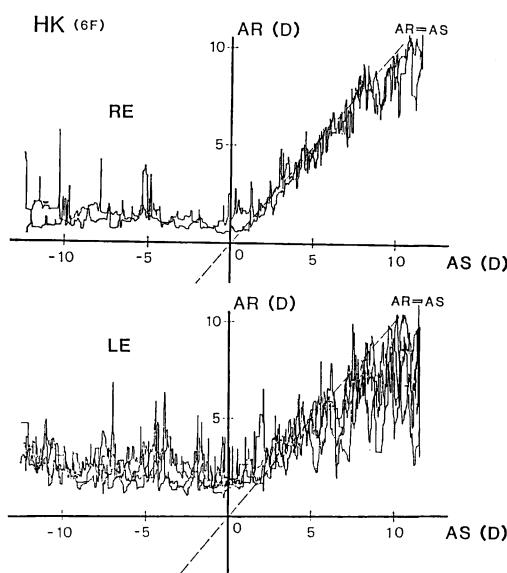
人眼の水晶体は、近方の物体に対し、その厚みを増すことにより焦点調節を行なう（調節、accommodation）。この調節はつねに動搖していることが知られており、調節微動と呼ばれている。その振幅や周波数は刺激の条件や個人による差が大きいが、代表的な値としてそれぞれ0.25 diopter (D), 2 Hzが報告されている<sup>1,2)</sup>。この調節微動は、調節制御系のたんなる雑音ではなく、調節を行なう上で積極的な役割を果たしているとの考えがある。すなわち、物体が遠近の変化をしたとき、網膜像はぼけるが、ぼけからは近方に調節を増すべきか、遠方に調節を緩めるべきかは不明である。しかし、たとえば、調節微動の近方から遠方への動搖のさいに網膜像が明瞭化すればそれが正しい調節の方向だと判定できる。また、静止している物体に対してても調節を保つために類似の機能が考えられる。すなわち、力の関係で調節はつねに遠方視しようとするが、網膜像の質的低下が観察されればふたたび近方視への努力を行なう。この繰返しが、調節微動となって観察される。この説が正しいとするところ、次のような現象が見られると予測される。（a）焦点はずれによる網膜像の質的低下が判別しにくいとき（小

瞳孔による焦点深度の増大、物体が低空間周波数成分しかもたないとき、…）調節微動は増加する。（b）より近方を見ているときほど遠方視をしようという力が強くなり調節微動が増加する。実は（a）、（b）という現象が観察されたために、先の説が考えられたのである<sup>1-4)</sup>。しかし、その観察はデータとして明瞭なものではなかった。最近行なわれた Bour<sup>5)</sup> の実験結果でもこれらの現象は明確になっていないく、むしろ否定的ですらある。

著者は、ある条件下で先の（a）、（b）の現象が明瞭に認められるのではないかと考え、実験を行ない満足できる結果を得たので報告する。「ある条件」とは、被験者にもともと空間的コントラスト感度のカットオフ周波数が低下している<sup>6)</sup>、したがって、焦点はずれによる網膜像の質的低下が検知しにくい弱視者を使うことである。ここでいう弱視とは、幼時の視覚発達期に、何らかの原因で（たとえば、強い遠視や眼帯などにより）明瞭な網膜像が妨げられたため、あるいは斜視により両眼の像がずれ一眼の視覚に抑制がかかるため、視力未発達のままとなった者である。

### 2. 方 法

調節の記録は、Cornsweet型のオプトメーターと



**Fig. 1** An example of quasistatic recording of accommodation obtained from a monocular amblyopia. upper: normal eye (visual acuity = 1.2), lower: amblyopic eye (corrected visual acuity = 0.6).

Badal型の視標提示装置をもつ自動化屈折測定器を改造して行なった<sup>7)</sup>。調節の静特性が損なわれないような低速度で、視標はその可動範囲全体を移動する。このとき、視標位置および調節の反応をそれぞれ  $x-y$  レコーダーの  $x$  軸  $y$  軸に入力することにより、Fig. 1 に示すような記録が得られる。この記録は、右方、上方がそれぞれ刺激、反応の近方を、原点が無限遠を示す。右あがりの部分が、調節が刺激に反応していることを示す。著者は、この調節記録法を、視標が動いているにもかかわらず動的反応が無視され静特性が示されることから、準静的記録法と名づけた<sup>8)</sup>。ただし、記録の上下への揺れとして表わされる調節微動は、動特性の一部であるが記録される。準静的記録を実現するための視標速度は 0.2 D/s で良いことはすでに報告した<sup>8)</sup>。

### 3. 結果と考察

1名の片眼性弱視（6歳の女性、右眼の視力は 1.2、左眼視力は矯正して 0.6）における調節準静的記録を Fig. 1 に示す。右眼（上）の記録は、正常者から得られる記録と同じである。左眼（下）の記録は、視標 2 往復分の記録が重ねて示されている。予期したとおり、(a) 高空間周波数領域でコントラスト感度の低下している左眼では正常な右眼より調節の動搖が大きい、(b) 調

節の動搖は強く調節している時ほど大きい（ただし、弱視眼では刺激 7D 以上で動搖の振幅が飽和しているように見える）、という結果が得られた。このことから、はじめに記した調節微動の重要性に関する説明は正しいと考えられる。同様な被験者 10 数名のうち、約半数で (a)、(b) の現象が見られた。残りの半数では、この方法では、先の結果は明瞭ではなかった。この理由は不明であるが、調節機能は正常者でも個人差が大きいことから、原因の一つとして個人差が考えられる。従来の調節微動の研究<sup>1-5)</sup>では、動搖の周波数解析など詳細な検討が行なわれている。その反面、被験者はそれぞれ 2 ~ 3 名であり、調節のような個人差の大きい機能を検討するには不十分である。これが、研究者の間で結果が一致しない理由の一つと考えられる。今回用いた方法は、短時間で調節機能の概略を記録し、結果も一目で判読できるため、実験に不慣れな被験者を使ったにもかかわらず多数の測定が行なえた。そのため、半数の被験者においてではあるが、予期したとおりの調節微動の変化が認められた。また、個人差の重要性も指摘できた。今後は、弱視の臨床データと関連づけて結果を考察すること、あらかじめこの方法で個人差の検討を行なった被験者に対し周波数解析などの手法を適用することが必要となろう。

### 文 献

- 1) F. W. Campbell, G. Westheimer and J. G. Robson: "Significance of fluctuations of accommodation," *J. Opt. Soc. Am.*, **48** (1958) 669.
- 2) F. W. Campbell, J. G. Robson and G. Westheimer: "Fluctuations of accommodation under steady viewing conditions," *J. Physiol., London*, **145** (1959) 579-594.
- 3) A. Arnulf and O. Dupuy: "Contribution à l'étude des microfluctuations d'accommodation de l'oeil," *Rev. Opt.*, **39** (1960) 195-208.
- 4) P. Deniel: "Effects of stimulus vergence on mean accommodation response, microfluctuations of accommodation and optical quality of the human eye," *Vision Res.*, **22** (1982) 561-569.
- 5) L. J. Bour: "The influence of the spatial distribution of a target on the dynamic response and fluctuations of the accommodation of the human eye," *Vision Res.*, **21** (1981) 1287-1296.
- 6) たとえば、A. Bradley and R. Freeman: "Contrast sensitivity in anisometropic amblyopia," *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.*, **21** (1981) 467-476.
- 7) K. Ukai, Y. Tanemoto and S. Ishikawa: "Direct recording of accommodative responses versus accommodative stimulus," *Advances in Diagnostic Visual Optics*, ed. G. M. Breinin and I. M. Siegel (Springer-Verlag, Berlin, 1983) pp. 61-68.
- 8) 鶴飼一彦、石川 哲: "調節の準静的特性", 日眼, **87** (1983) 1428-1434.