そのトピックスといくつかの留意点について

内 海 隆

大阪医科大学眼科学教室

Examination of Accommodation: Some Basic Aspects and Recent Topics

Takashi UTSUMI

Department of Ophthalmology, Osaka Medical College

I. 緒 言

調節検査は非常に重要な情報を与えてくれるにもかかわらず、その検査法を基礎的な理論からきちんと説明したマニュアル～成書は意外に少ない。それはいかにも簡単で誰にでもすぐできそうに見えるからと思われるが、実際はなかなかそうではなく、例えば遠視の遠点の位置などすぐにはイメージとして捉えにくく、簡単には理解し難い側面が多い。筆者は2年前の日本視能矯正学会講習会で調節ならびに瞳孔のトピックスを述べ、その中で調節検査法、特にその基本的理論ないしは考え方について触れた。本稿は一部でこれを詳しく説明し、さらに若干のその後の知見を加えたものであり、特に本誌の読者が眼科臨床の第一線において調節検査を実際に行う立場にある視能訓練士 (ORT) の諸君であることから、この機会に是非にと考え寄稿させて戴いたものである。

II. 調節検査法

調節検査は静的な測定、準静的な測定、動的な測定の3つに分けられる。

1) 静的な測定

視標を眼前一定の距離に静止させた状態で検査するので“静的”という。通常この設定では

他覚的に屈折値を計測する方法で行われており、自覚的な応答は対象とされていない。具体的には調節刺激を一定にして、すなわち視標を眼前一定の距離に置いて、これを固視した時の調節反応、すなわち屈折値の変動を経時的に連続して測定する研究が行われている。この際得られる調節反応は振幅約0.25D～0.3D、頻度2 Hz前後の非常に微細なもので(図1)、微動調節あるいは調節微動 (microfluctuation) と称され、これから起こそうとする調節の方向付けあるいは手がかりに使われていると考察されている¹⁾。用いられる器械は屈折値を連続して測定できるものに限定され、(株)ニデックのアコモドグラム (AA-2000, 図2) がよく用いられている。

2) 準静的な測定

視標を静止に近い状態でごくごくゆっくり動

図1 微動調節：平均振幅0.2D、平均頻度4.0Hzの微動調節を示す。調節刺激は2.0D (眼前50 cmの視標を固視)。

かして検査するので“準静的²⁾”という。通常他覚的に屈折値を計測する方法が行われており、自覚的な応答は対象とされていない。具体的には0.2D/secの超低速で視標が動かされ、これを追従しながら固視した時の調節反応、すなわち屈折値の変動を経時的に連続して測定する研究が行われている。得られた曲線から近点、遠点ならびに調節幅のみならず視標移動時の調節の追従の様子を知ることができ(図3)、臨床的にも有用性が高い^{1),3)-7)}。用いられる器械は屈折値を連続して測定できるものに限定され、しかも視標の移動(速度と幅)をコンピューターで制御する必要があることから(株)ニデックのアコモドグラム(AA-2000, 図2)が頻用されている。留意すべき点としては調節幅が自覚的な測定のものよりも狭い(近点が遠い)こと⁸⁾であるが、その考察は後述する。

図2 アコモドグラム (株)ニデック AA-2000)

図3 調節の準静的特性：山形の折れ線の頂点は調節近点を、底辺は調節遠点を表し、その差が調節幅となる。

3) 動的な測定

視標を動かせながら検査するので“動的”という。近点(含、反復測定)、遠点、調節幅といった古典的な因子を計測する。器械を用いなくとも鉛筆などの身近な視標とメジャーである程度は測定可能だが、石原式近点計を用いるのが一般的であり、もっとも基本的な方法である。最近ではこれをそっくりボディでカバーし、内部照明を有し視標を電動でコントロールできるようにした近点計も発売されている(興和(株)/KOWA NP アコモドメーター; 図4, 東洋メディカル(株)/VDT 近点計; 図5)。

これら近点計を使って測定するときのひとつのマニュアルとして、視標を明視できる距離に

図4 KOWA NP アコモドメーター (興和(株))

図5 VDT 近点計 (東洋メディカル(株))

(明視域内に)置いてから近くあるいは遠くへと動かしていき、明視できなくなったポイントをそれぞれ近点あるいは遠点とする方法を筆者は薦めている。このようにして得た近点を消失近点、遠点を消失遠点というが、反対に視標を明視できないポイントに(遠方側あるいは近方側の明視域の外に)置いてから近くあるいは遠くへと動かしていき、明視できるようになったポイントをそれぞれ遠点あるいは近点とする方法もある。このようにして得た近点を現出近点、遠点を現出遠点というが、前述の消失近点あるいは消失遠点を求める方が設定がより自然であり、日常臨床で多数の調節異常例に適應する際には無理がなく安定したデータを得ることができるので、消失近点あるいは消失遠点を求める方法を筆者は薦めている。もっとも、理想的な条件下では消失近点(遠点)も現出近点(遠点)もほぼ同じとされている⁸⁾。

本法では明視できなくなったポイントを問うのであるから、その時点の屈折状態は全く自覚的に得られたものである。例えば近点が眼前20 cmにあればその時の屈折状態は5 Dと考え、同様に遠点を求めて近点との距離をディオプターで表したものが調節幅となる。これは従って自覚的調節幅と称されるものであるが、近点が眼前20 cmにあるからといって実際に屈折値が5 Dにあるとは限らない。多くの場合やや少な目の調節が起っており、多少低い屈折値が他覚的に測定される。すなわち、本法で得られる自覚的調節幅は上述の準静的測定で得られる他覚的調節幅よりも2~3 D広い(近点が遠い)⁹⁻¹⁰⁾。その理由として近見時の縮瞳による収差の減少(ピンホール効果)が挙げられ、その他網膜~視中枢における視覚情報処理の余裕なども考えられている。このような調節の余裕~ゆとりを accommodation lag と称している。

もっとも、日常視に最も近い測定は石原式近点計による自覚的なものであり、それゆえに本法が調節検査の基本とされているのである。したがって本法は調節検査法としてきわめて重要であるので、次項では近点計による動的な調節検査法の手順ならびに基本的理論について詳述し、読者諸君の正しい理解と認識の一助とされ

ることを期待したい。

III. 近点計による調節検査法の手順

最も基本的な石原式近点計による調節検査法の手順を紹介する。

石原式近点計による調節検査法マニュアル

- 1) 被検眼の完全矯正レンズ値を他覚的屈折検査法や Donders 法にて求める。
- 2) 近点計のレンズ枠に完全矯正レンズを装着する。
但し、-3 D以下の軽度近視例および30歳以下の若年例で+3 D以下の軽度遠視の場合は必ずしも矯正しなくともよい。いかなる場合も乱視は完全矯正すること。
- 3) 被検者の角膜頂点にスケールの0 cm (あるいは1.5 mm~2.0 mm, どちらかに統一)に合わせる。
- 4) 被検者が視標をはっきりと視認できるポイントを見つけ出す。
- 4') 被検者が視標をはっきりと視認できるポイントが近点計のスケール上にないときは、7)項と同様に+4 Dのレンズを加え、眼前約30 cmに視標を置き、5)へ進む。
- 5) 視標をゆっくり被検眼に近づけ、被検者にこれに追従して調節するように命じる。
- 6) ピントがぼけた点を答えてもらう。この時の視標の位置を読み取る。a cmとする。これが近点である。
- 7) +4 Dのレンズを近点計のレンズ枠に装着する。既に完全矯正用にレンズが入っているときは、そのS面値に+4 Dを加えた値の球面レンズにはめかえる。
- 8) 視標を眼前約15 cmの所に置く。
- 9) 視標をゆっくり被検眼から遠ざけ、検者にこれに追従して調節するように命じる。
- 10) ピントがぼけた点を答えてもらう。この時の視標の位置を読み取る。b cmとする。これが遠点である。

IV. 近点計による調節検査法の基本的理論

(近点計によって得たデータ処理：遠点，近点の表し方，調節幅の演算法)

最も基本的な石原式近点計による調節検査法のデータ処理の方法と理論を紹介する。

眼前 a cm に近点，同 b cm に遠点 ($+c$ D レンズ装着下) を得たとすると；

近 点 $= -100/a$ [D]

遠 点 $= -100/b + (+c)$ [D]

調節幅 $=$ 遠点 $-$ 近点

$$= \{ (-100/b + (+c)) - (-100/a) \}$$

$$[D]$$

$$= (100/a - 100/b + c) [D]$$

最も基本的な事項は，無限遠よりも手前にある点，すなわち実存空間の中にある点には，それが近点であれ遠点であれ，符号としてマイナスが付くことである。この方法は中林ら¹¹⁾¹²⁾が初めて理論的に紹介したものであるが，きわめて実情に即した考え方であることをまず述べる。例えば -1 D の近視の例のデータを考えてみよう。このとき近点を何もレンズを装着せずに測ったところ眼前 16 cm であった。遠点も $+4$ D のレンズだけを装着して測ったところ眼前 20 cm であった。そうすると；

$$\text{近点 (NPA)} = -100/16 [D]$$

$$= -6.25 [D]$$

$$\text{遠点 (FPA)} = -100/20 + (+4) [D]$$

$$= -5 + 4 [D]$$

$$= -1 [D]$$

となり，遠点の値が符号も数値も屈折値と一致するのである。屈折値が遠点をディオプターで表したものであることから考えても，この設定はきわめて理論に即しているものといえよう。なお，この場合の調節幅は $-1 - (-6.25) = 5.25 [D]$ となる。

遠視の例も考えてみよう。近点を何もレンズを装着せずに測ったところ眼前 10 cm であった。遠点も $+4$ D のレンズだけを装着して測ったところ眼前 40 cm であった。そうすると；

$$\text{近点 (NPA)} = -100/10 [D]$$

$$= -10 [D]$$

$$\text{遠点 (FPA)} = -100/40 + (+4) [D]$$

$$= -2.5 + 4 [D]$$

$$= +1.5 [D]$$

となる。この場合も遠点の符号に $+$ が付いており，遠視例であることがこのことから分かるのである。それではこの場合の遠点はどこにあると考えればよいのであろうか。正視例なら $+4$ D のレンズを装着しての遠点は眼前 25 cm にあり，実際の遠点は無限遠にあるのだが，この例では $+4$ D のレンズを装着しての遠点は 40 cm とそれよりも遠くにあるので，実際の遠点は無限遠よりも遠いところにあると考えればよいのである。図 6 に示したが，無限遠よりも遠くにある遠点 FPA が $+4$ D レンズ装着によって眼前 40 cm に引き寄せられたと考えればよいのである。そしてこのように無限遠よりも遠くにある点には，符号として $+$ が付くと考えるのである。したがって本例の遠点と近点は図 7 のように位置していると考え，その間，すなわち明視域の幅が調節幅であり，その値は $+1.5 - (-10) = 11.5 D$ であると考えるのである。

図 6 遠視例の遠点の位置：無限遠よりも遠い（この例では $1.5 D$ 遠い）所に遠点があると考え，これが $+4$ D レンズ負荷で眼前 40 cm のところに引き寄せられたと考える。FPA：調節遠点。

図 7 調節幅の考え方。遠点 (FPA) と近点 (NPA) の間の距離をディオプター (D) で表したものが調節幅である。

以上、本項で紹介した考え方は非常に合理的で理解し易いものであるにも関わらず未だ詳しく述べられていないのが不思議ではあるが、読者諸君が調節というものを考えるに当たってきわめて有用な考え方であるのでここに詳述した次第である。

V. そのほかの調節に関するいくつかのトピックス・留意点

1) 偽調節

白内障例の水晶体を摘出し、水晶体の代わりに眼内レンズ (IOL) を挿入する手術はもはや相当に広く行われている。このように IOL を挿入した眼において、術後近用眼鏡度数が理論的に必要な $+2.5\sim 3.0\text{D}$ よりも軽い $+1\text{D}$ 前後である例が多く、あたかも調節機能があるかにみえるので偽調節¹³⁾と呼ばれている。その理由として近見時の縮瞳による収差の減少 (ピンホール効果) や弱主径線の共役点で近方視をしているという考察¹⁴⁾が有力であるが、術後視力がそれほど良好でなく明視域が広いほどその傾向が強いことから、明視域の広さに起因するとする考察¹⁵⁾を注目したい。

2) 基礎的なアプローチ

視標の位置をパルス状に動かしたときの調節応答¹⁶⁾ (図8上) やサイン波状に動かしたときの調節応答 (図8下) さらにはその周波数分析¹⁷⁾な

図8 調節のステップ応答 (上) と周波数応答 (下)

ども研究されているが、まだ研究の域を出ていないのでここではその紹介のみにとどめる。

3) 弱視例の調節検査における留意点

弱視に限らず視力不良な眼を対象とするとき、視力が限度以上に不良な場合は調節検査の対象としてはいけないことを知っておいて欲しい。それは調節が像のボケを手がかりに行われていることを思いだして頂ければ容易に理解できるだろう。すなわち像のボケが最初からあるときは、視標の位置のズレによる像のボケの変化を感知する能力が障害されているからである。筆者は視力が (0.8) 以上あることを調節検査を云々する際の条件にしている。

4) 自覚的調節検査 VS 他覚的調節検査：用語について

調節検査における自覚的調節検査ならびに他覚的調節検査という表現は、あくまで起った調節反応 (屈折値) を測定する方法が自覚的か他覚的かということだけで使い分けられていることを理解しておかなければならない。調節反応が起るまではひとえに被検者の調節努力にかかっているわけで、この段階は数ある眼科検査の内でもむしろ最も自覚的な部分である。そして調節反応を測定する際に、明視している視標の位置の眼からの距離をディオプターに換算する方法をとれば自覚的調節検査となり、レフラクトメーターを使えば他覚的調節検査となるのである。したがって、他覚的調節検査といってもきわめて自覚的な前段を内包していることをわきまえておかないと、測定のための段階が他覚的に行われていると誤解し、ひいては得たデータがまるで100%客観的なものであると研究者自身が思い込んでいるような学会討論あるいは論文に出くわすことすらある。この点注意せねばならない。

本稿の一部は第29回日本視能矯正学会講習会「神経眼科」—IV. 調節・瞳孔 (1988年9月10日、倉敷、深井小久子学会長) において著者が講演したものである。

わが最上の研究協力者、中村桂子、澤ふみ子、野邊由美子、濱村美恵子 (本学附属病院眼科外来) の四氏に紙面を借りて心からの謝辞を捧げ

ると同時に、調節の何たるかを最初に正しく御教授戴いた山地良一先生に感謝の意をこめて御礼申し上げる。

文 献

- 1) 鵜飼一彦：調節微動の視機能低下による変化。光学14：385-386, 1985.
- 2) 鵜飼一彦，石川 哲：調節の準静的特性。日眼会誌87：1428-1434, 1983.
- 3) 種本康之，鵜飼一彦，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.
- 4) 難波龍人，名畑目薫，石井真紀子，鵜飼一彦，石川 哲：若年性糖尿病患者における調節異常。臨眼39：654-655, 1985.
- 5) 蒲山俊夫，伏屋陽子，宮崎仁志：調節の準静的特性における正常者の加齢変化。日眼会誌91：494-497, 1987.
- 6) 濱村美恵子，野邊由美子，澤ふみ子，中村桂子，難波龍人，内海 隆：小児に対するアトロピン調節麻痺作用に関する研究—第1報 調節の準静的特性から—。日本視能訓練士協会誌16：73-77, 1988.
- 7) 野邊由美子，中村桂子，菅澤 淳，難波龍人，内海 隆：1%サイクロジル点眼による調節麻痺作用の再検討—アコモドグラムを用いて—。神経眼科6：217-221, 1989.
- 8) 森田博之，奥山文雄，所 敬：近点計の測定条件に関する検討。眼臨医82：1691-1694, 1988.
- 9) 山本修一，安達恵美子，黒田紀子：パターン視覚誘発電位による調節力の他覚的検討—正常人における加齢による変化—。日眼会誌92：981-986, 1988.
- 10) 西田祥蔵：眼の老化。眼組織の老化と調節。日眼会誌94：93-119, 1990.
- 11) 水川 孝，中林正雄，眞鍋禮三，片野隆生：調節機能の研究—(2)—測定法。臨眼15：157-161, 1961.
- 12) 中林正雄：結像値（仮称）の提唱。眼紀17：768-769, 1966.
- 13) 新美克彦：偽水晶体眼の偽調節。眼科31：733-737, 1989.
- 14) 小峯輝男：人工水晶体挿入眼における屈折要素の分析。特に近方視との関連について。日眼会誌89：368-374, 1985.
- 15) 植村佐知子，魚里 博，西信元嗣：偽水晶体眼における見かけの調節。視力との関係。眼紀41：掲載予定, 1990.
- 16) 西山文子：Step 刺激における調節反応。第1報 正常眼について。眼紀39：1303-1304, 1988.
- 17) 吉田辰夫：調節と輻湊の制御システム。神眼5：150-155, 1988.