

## 近見 1.0 の視標を用いた偽調節の測定

名和 良晃<sup>1)</sup>, 中塚三恵子<sup>1)</sup>, 吉井 稔章<sup>1)</sup>, 小南 雅也<sup>1)</sup>, 原 嘉昭<sup>1)</sup>, 魚里 博<sup>1)2)</sup>

<sup>1)</sup>奈良県立医科大学眼科学教室, <sup>2)</sup>北里大学医療衛生学部生理光学

### 要 約

**目 的**：偽調節は測定方法によって値が大きく異なり, 精密に偽調節を論じるにはできるだけ小さい視標で測定する必要がある。今回, 我々は 1.0 の近見視標を用いて偽調節を測定した。

**対象と方法**：白内障摘出および眼内レンズ挿入術後の患者で, 遠近ともに矯正視力 1.0 以上の 38 例 46 眼 (45~84 歳, 中央値 71 歳) を対象とした。遠方完全矯正したレンズを装用した状態で近方視をさせ, 少しずつプラスレンズを加えて近見 1.0 の視標が解読できた時点の負荷度数を 3 D から減じた値を偽調節量として測定した。

**結 果**：0.00~3.00 D (中央値 0.50 D) の偽調節を得た。偽調節が 3.00 D ある症例が 2 例あった。

**結 論**：乱視を矯正して測定し, かつ小さい視標を用いた今回の計測で, 大多数の人は偽調節は従来の報告と比べ小さかった。しかし, 一部偽調節が大きい人が確かに存在し, 今回の測定法で検出できた。高い視機能の質を解析するためには偽調節は小さい視標で測定する必要があると考える。(日眼会誌 105: 171-176, 2001)

**キーワード**：偽調節, 近点計, 角膜形状解析, 乱視

## Measurement of Apparent Accommodation with a 20/20 Near Vision Optotype

Yoshiaki Nawa<sup>1)</sup>, Mieko Nakatsuka<sup>1)</sup>, Toshiaki Yoshii<sup>1)</sup>, Masaya Kominami<sup>1)</sup>  
Yoshiaki Hara<sup>1)</sup> and Hiroshi Uozato<sup>1)2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology, Nara Medical University

<sup>2)</sup>Department of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University School of Allied Health Sciences

### Abstract

**Purpose** : The value of apparent accommodation varies with methods of measurement. To discuss the details of apparent accommodation, it is appropriate to measure it with the smallest possible near vision optotype. In the present study, we used a 20/20 near vision optotype for the measurement of apparent accommodation.

**Subjects and Methods** : Forty-six eyes of thirty-eight patients (45~84 years old) who had undergone cataract surgery and intraocular lens implantation, and had at least 20/20 best corrected visual acuity at near and far distances, were used in this study. After the eyes were corrected by glasses to gain the best corrected long distance visual acuity, they were forced to watch a 20/20 near vision optotype. Then we gradually added plus lenses until they could recognize the optotype. The value of apparent accommodation was recorded by subtracting the value of

plus lens by which the eye could first recognize the 20/20 near vision optotype from three diopters.

**Results** : The value of apparent accommodation was 0.00~3.00 D (medium 0.50 D). Two eyes had three diopters of apparent accommodation.

**Conclusion** : In the present study with correction of astigmatism and small near vision optotype, most eyes showed smaller apparent accommodation than those in previous studies. Despite that, patients with three diopters of apparent accommodation do exist. To analyze high quality visual functions, we should use the smallest possible near vision optotype for the measurement of apparent accommodation. (J Jpn Ophthalmol Soc 105: 171-176, 2001)

**Key words** : Apparent accommodation, Near visual acuity, Corneal topography, Astigmatism

別刷請求先：634-8522 橿原市四条町 840 奈良県立医科大学眼科学教室 名和 良晃  
(平成 12 年 5 月 16 日受付, 平成 12 年 9 月 5 日改訂受理)

Reprint requests to: Yoshiaki Nawa, M.D. Department of Ophthalmology, Nara Medical University, 840 Shijo-cho, Kashihara 634-8522, Japan

(Received May 16, 2000 and accepted in revised form September 5, 2000)

## I 緒 言

偽調節とは、無水晶体眼や眼内レンズ挿入眼においてみられる、調節類似の現象である<sup>1)2)</sup>。すなわち、眼鏡なしで遠方も近方も見えたり、遠方矯正の眼鏡を装用した状態で近方も見えたりする現象がこれに含まれる。調節とはオートフォーカス機構である。有水晶体眼では網膜にできるだけ鮮明な像を投写するために、主に水晶体が厚みを変えて屈折力を変化させる。現在、最も支持されている弛緩説では、これに先立って毛様体輪状筋の収縮および前方移動、チン小帯の弛緩がある。無水晶体眼や偽水晶体眼では水晶体がないので、有水晶体眼のような水晶体による屈折力の調整は望めない。実際に赤外線オプトメータやレフラクトメータによる測定でも、調節負荷の前後で屈折度の変動は非常に少ない<sup>3)~7)</sup>。そこで、偽調節には眼内レンズの前方への移動より、むしろ瞳孔による焦点深度、乱視、角膜多焦点性などが成因となっているであろうと推定されている。

過去に報告されている偽調節量は、測定方法により異なり、1ディオプトリー(D)から5Dに至るまでさまざまな報告<sup>3)~5)8)~11)</sup>がある。

偽調節の測定方法は、一般には自覚的な調節の測定に準じて行われる。調節力の測定が測定方法により差が生じるのと同様に<sup>12)</sup>、偽調節も測定方法により差を生じる。

当教室で石原式近点計および定屈折近点計を用いた研究では<sup>11)</sup>、視標の移動速度、視標の大きさによって偽調節の測定値にかなりの差を生じた。すなわち、0.5の視標と石原式近点計の組み合わせでは $2.3 \pm 0.8$ (平均値 $\pm$ 標準偏差)D、0.9の視標と定屈折近点計の組み合わせでは $1.1 \pm 0.5$ Dとなった。

本来の調節の定義を考慮すれば、偽調節の測定においても、ある程度のばけを許容した明視域ではなく、最大限明視でき得るような領域を精密に測定するべきではないだろうか。近点計による測定なら小さい視標を用いて、できるだけゆっくり視標を動かすべきであるし、負荷レンズによる測定でもできるだけ小さい視標を用いるべきであろうと考える。

最近是小切開による白内障手術、折畳み眼内レンズの挿入が広く行われている。調節力のある眼内レンズも研究されているが、まだまだ臨床応用には時間がかかりそうである。多焦点眼内レンズも用いられるようになったが、まだ臨床例は少ない。これは、現行の単焦点の眼内レンズでも患者の満足度が高いことも理由かも知れない。小切開となって術後乱視もあまり生じなくなり、高い視覚の質が求められるようになってきている。そこで、偽調節の測定方法をより精密に行うことにより、術後の視機能の評価をさらに精密に行うことができると考えた。

今回、我々は近見負荷レンズを用いて、小さな視標(近見1.0の視標)を用いて乱視を矯正した状態で偽調節の

測定を行ったので報告する。

## II 実験方法

白内障摘出および眼内レンズ挿入術後(IOL囊内固定)の患者で、術後の時期は問わず、遠近ともに矯正視力1.0以上の38例46眼(45~84歳)を対象とした。遠方視で球面、円柱度数ともに完全矯正したレンズを装用した状態で近方視(33cm)をさせ、少しずつ(0.25Dずつ)+レンズを加えて近見1.0の視標が解読できた時点の負荷度数を3Dから減じた値を偽調節量として測定した。近見視力表には神谷式近見視力表(日本点眼薬研究所)を用いた。視標の解読はゆっくりと行わせ、十分な調節努力を行えるようにした。検査室の明るさは350luxであった。偽調節の測定は最低2回行い、2回の検査結果が同じであればそれを検査結果とした。2回の検査結果が異なる場合は再度行い、同一の検査結果が2回出た時点で記録した。複数の検査結果の差が0.5D以上となった症例はなかった。

屈折度数、乱視(全乱視)、年齢、瞳孔径(近見時)、眼内レンズ度数、眼軸長は全例記録した。瞳孔径の測定は、検査室で検者が被検者と約30cmの距離で対面し、検者を注視させた状態でDistantmeter(半田屋)で測定した。そのうちの10例は以前報告している症例<sup>7)</sup>であり、これらの症例は、調節刺激負荷による眼内レンズ前進、屈折の変動、眼内レンズ前進により生じると考えられる屈折変化の光線追跡法による解析を行っていた。これらの症例を含んで全例について、年齢、乱視、瞳孔径、眼軸長と偽調節の関係を重回帰分析で解析した。また、偽調節が3D以上あった2例では角膜形状解析を行った。

## III 結 果

結果のまとめを表1に示す。偽調節は0.00~3.00D(中央値0.5D)であった。

矯正前の乱視は0.25~4.00Dであり、瞳孔径は $3.0 \pm 0.7$ (平均値 $\pm$ 標準偏差)mmであった。以前報告<sup>7)</sup>しているが、10例について調節刺激負荷による眼内レンズの前方移動は $-0.030 \sim 0.300$ mm(中央値0.095)であり、光線追跡法で解析したところ、 $-0.046 \sim 0.432$ D(中央値0.149)の屈折変化にしかならなかった。

偽調節と年齢、乱視、瞳孔径、眼軸長との相関を調べたところ、乱視、瞳孔径については負の相関があった。すなわち、瞳孔径が大きいほど、また、乱視が大きいほど偽調節が小さいとの結果を得た。これらの関係を表2、図1,2に示す。

遠近ともに1.0の視力がある症例を含めて偽調節が3Dある症例が2例あった。これは以前報告した症例の一部であるが<sup>7)</sup>、いずれも角膜形状解析を施行した(図3,4)。第1例は円錐角膜であり、傍中心部で角膜の曲率の急峻な変動があった。第2例は中央近辺のフラットな領域

表 1 今回の症例のまとめ

	平均	標準偏差	標準誤差	例数	最小値	最大値	中央値	四分位間の範囲	最頻値
年齢(歳)				46	45	84	71	9.0	0.50
偽調節(D)				46	0.00	3.00	0.50	0.50	0.100
IOL 前進(mm)				10	-0.030	0.300	0.095	0.030	
IOL 度数(D)	22.51	2.61	0.39	46	13.00	27.00	23.00	3.00	
眼軸長(mm)	22.87	1.20	0.18	46	21.17	27.13	22.74	1.17	
光線追跡(D)				10	-0.05	0.43	0.15	0.05	
屈折変動(D)				10	-0.38	0.50	-0.13	0.50	-0.13
瞳孔径(mm)	3.0	0.7	0.1	46	1.5	5.0	3.0	1.0	3.0
乱視(D)				46	0.25	4.00	1.38	1.0	1.0

IOL：眼内レンズ

表 2 偽調節と年齢，眼軸長，瞳孔径，乱視との関係

	回復係数 偽調節(D) 対 4 独立変数				
	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	t 値	p 値
切片	0.960	2.214	0.960	0.433	0.6670
年齢(歳)	9.031E-5	0.013	0.001	0.007	0.9945
眼軸長(mm)	0.036	0.078	0.065	0.464	0.6452
瞳孔径(mm)	-0.263	0.129	-0.287	-2.039	0.0479
乱視(D)	-0.327	0.122	-0.370	-2.675	0.0107

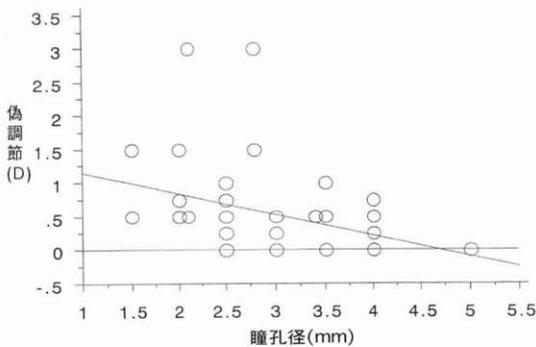


図 1 偽調節と瞳孔径の関係。

瞳孔径が大きくなるほど偽調節が小さくなる傾向があった。  
偽調節 = 1.457 - 0.31 × 瞳孔径 R<sup>2</sup> = 0.115

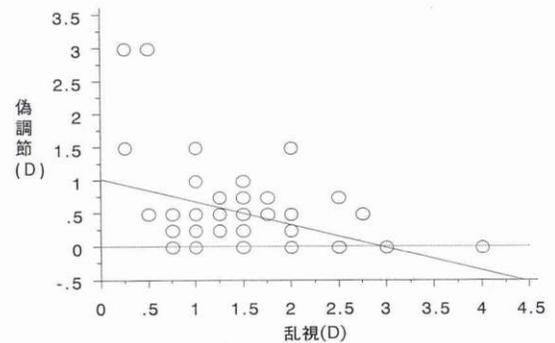


図 2 偽調節と乱視の関係。

乱視が大きくなるほど偽調節が小さくなる傾向があった。  
偽調節 = 1.041 - 0.348 × 乱視 R<sup>2</sup> = 0.155

を取り囲むように半円形にステープな領域があった。これらの症例については眼内レンズの前進や屈折の変動は少なかった<sup>7)</sup>。

#### IV 考 按

1.0 の近見視標を用いた今回の偽調節の測定値は、従来の報告と比べ小さかった。その原因として考えられることは、まず、1.0 の近見視標を用いていることである。小さい視標を用いると、偽調節が小さく算定されることは過去の報告<sup>11)</sup>でも示されている。今回の測定方法は、従来よく用いられてきた近点計を明視域で明視範囲を前後に動かして平均して近点を測定する方法と異なり、ぼやけた部位から明視できる部位までをレンズ負荷で近づける方法のため一方通行であり、低い値となったのかも知

れない。今回、この測定方法を用いたのは、近点計を用いると測定者による再現性が低いことが従来から示されており<sup>12)</sup>、今回我々の行った方法は視標の移動速度などに影響されないので比較的測定の変動が少ないと考えたからである。それに矯正視力が遠近ともに 1.0 という条件であったので視力の低い例は除外され、本来の調節の意味と近いようなものを測定することに近付いたのではないかと考える。ただし、水晶体がないのであくまでみかけの調節である。

偽調節の機序として、瞳孔径による焦点深度、乱視、眼内レンズの移動による屈折変動、角膜の多焦点性、中枢による情報処理などが考えられてきた。

瞳孔径による焦点深度は測定方法によって 0.03~1.5 D までかなり差が生じる<sup>13)</sup>。Elder ら<sup>14)</sup>によると、近見時

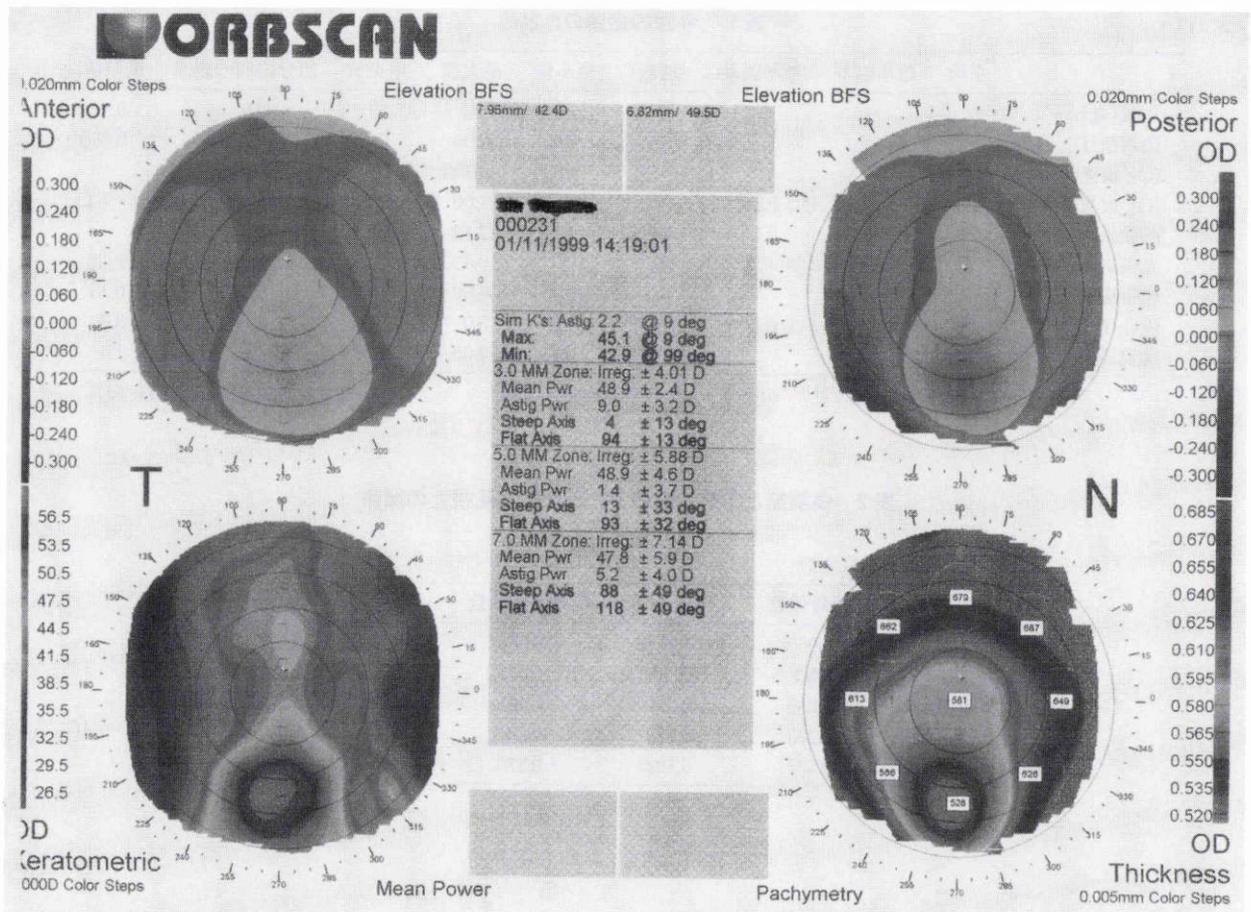


図3 偽調節3Dの角膜。  
円錐角膜であり、下方にスティープ領域がある。

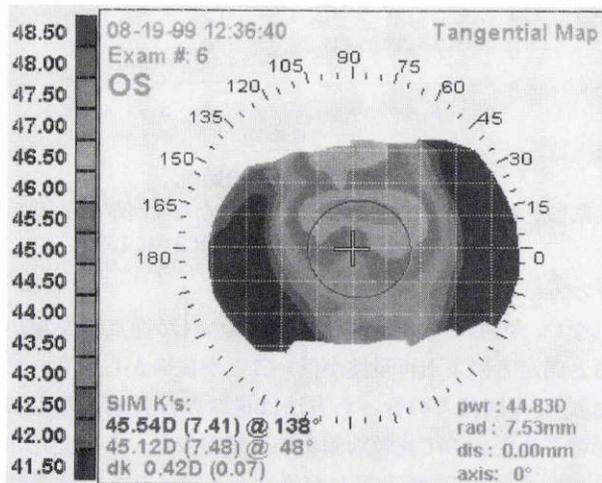


図4 偽調節3Dの角膜。  
右眼に、中央部のフラット領域を取り囲むようにスティープ領域がある。

の焦点深度は0.85 Dであった。Gullstrandの模型眼によると、瞳孔径が3.0 mmの場合の焦点深度は0.25 Dにしすぎない<sup>12)</sup>。中沢<sup>13)</sup>によると、幾何光学上、被写体深度はおおよそ瞳孔径の逆数の関数となるので、瞳孔径が小さい方が焦点深度に有利となる<sup>13)</sup>。しかし、瞳孔が余りに

小さくなると、diffractionを生じ、かえって見えにくくなることが予想される。

Nakazawaら<sup>8)</sup>が偽水晶体眼で散瞳すると偽調節が低下したことを示したように、偽水晶体眼では焦点深度がかなり偽調節に貢献している可能性がある。しかし、最近Fukuyamaら<sup>10)</sup>は瞳孔径が大きい方が偽調節に有利であるとの報告をしている。彼らの考察では、瞳孔が大きい方がより広い角膜面を用いることができ、角膜の多焦点性を用いることができて有利であるという。このことについては、偽調節の測定方法にも影響されると考える。つまり、彼らの報告のように大きな視標サイズを用いて広い範囲の明視域を標的にすれば、より角膜面の影響を受けやすくなるかも知れない。我々の研究では瞳孔径と負の相関があった。その理由として考えられることは、小さな視標を用いているので、その視標を解読するための光線が角膜を通過する面積はより少なく、その範囲では角膜面の多焦点の影響よりも焦点深度の方が有意な影響があることを示していると考えた。

乱視については、従来から前焦点と後焦点の間の明視域が偽調節に貢献しているといわれてきた。当教室でも以前、ある程度の乱視がある方が偽調節に有利との報告<sup>4)</sup>を行った。この報告を行った時代は水晶体囊外摘出

術の時代であり、偽調節の測定も低い視力で行っていたので、調節に近いことを調べるよりむしろ乱視による明視域が測定値の大きな部分を占めていたと考えられる。また、乱視の偽調節への影響については後に乱視との相関がないとの報告<sup>5)</sup>もあった。今回の我々の研究では、乱視と偽調節量に負の相関があった。これは過去の報告と異なる結果となった。これは測定方法の違いによる影響であろう。小さい視標を用いていることと、乱視を打ち消して偽調節を測定していることによって、もともと乱視が小さい方が有利に働いたのかも知れない。

眼内レンズの移動による屈折変動については、従来からオートレフ、赤外線オプトメータ、前眼部解析装置などの測定によって否定されてきた<sup>7)15)16)</sup>。深作らは最近、超音波生体顕微鏡装置(UBM)による解析で、眼内レンズの前進によって偽調節が説明できるとしたが(Fukasaku H: Accommodation in the pseudophake. Video program, AAO 1998, New Orleans), UBMは測定方向の少しのずれによって大きく値が変動する。当院での計測でも、光線追跡法による解析で、眼内レンズの前進は、偽調節を説明できるほどの割合での貢献はないことがわかった<sup>7)</sup>。現在の眼内レンズのループデザインは、毛様体の力が水晶体嚢に前進させる力を十分伝えることができないのであろう。当研究でも偽調節が3Dあった2例についても眼内レンズ前進は非常に少なく、偽調節に占める割合は少なかった<sup>7)</sup>。

角膜の多焦点性については、従来から考察が行われてきた。瞳孔領の中で、角膜屈折力が急峻に変動することは確かに偽調節に貢献するようにも思える。Fukuyamaら<sup>10)</sup>は最近、瞳孔領の中での角膜の最大屈折力と最小屈折力の差が偽調節に相関しているとの報告を行った。この中には、正乱視、不正乱視、円錐角膜、ペルシド角膜変性、その他さまざまな要素が考えられる。当研究で偽調節が多かった2例は円錐角膜、不正乱視であった。

今回のように小さい視標で従来より厳しく偽調節を測定したにもかかわらず、偽調節が少なくとも3Dある症例があることがわかった。すなわち、遠見矯正の状態で見ても1.0見える症例が確かに存在する。偽調節が多かった2例がいずれも眼内レンズの前進も僅かで、乱視も矯正して乱視の影響を軽減させていることを考えると、こういう偽調節の多い症例では角膜の多焦点性が偽調節にかなり貢献しているのではないかと考えた。

偽調節は測定方法により結果が大きく異なる。今回の我々が採用した方法は、近見1.0の視標を用いていること、乱視を矯正していること、ぼやけた部位から明視できる部位に一方通行でレンズ負荷により近点の測定を行い、偽調節の測定を行ったことである。この方法により、従来の近点計での計測のような視標の移動などに伴う検者による検査結果のばらつきを軽減させ、低視力の視標による広い明視域の検出というよりも、高い視機能を楽

しめる範囲の検出という意義での検査が少なくとも以前よりは行えたと考える。それによって、現在のような高い術後視機能が求められる時代にいろんなパラメータの偽調節に与える影響を考察することがより可能となると考えた。これに対し、今回の研究の短所は、広く行われている石原式近点計の測定と異なるので過去の報告と単純に比較ができないこと、また、同一症例について偽調節の大きさや測定の変動係数につき石原式近点計の測定方法との比較を行っていないこと、3D以上の偽調節の検出ができないことである。しかし、今回のこの測定方法を用いても偽調節は安定して測定可能であったし、3Dに及ぶ症例を検出できることが示された。

## 文 献

- 1) 魚里 博: 調節および偽調節. 眼科手術 5: 223—233, 1992.
- 2) Bettman JW: Apparent accommodation in aphakic eyes. Am J Ophthalmol 33: 921—928, 1950.
- 3) 渡辺清敬, 河合賢司, 天野 肇, 杉谷幸彦, 早野三郎: 人工水晶体挿入眼の偽調節と近距離明視域について. 臨眼 38: 161—164, 1984.
- 4) 植村佐知子, 魚里 博, 西信元嗣: 偽水晶体眼における偽調節について. 眼紀 41: 309—314, 1990.
- 5) 岡野正樹, 田所康徳, 長谷部聡, 大月 洋: 眼内レンズ挿入眼における偽調節—他覚的測定の試み—. 眼紀 42: 415—420, 1991.
- 6) Hardman Lea SJ, Rubinstein MP, Snead MP, Haworth SM: Pseudophakic accommodation? A study of the stability of capsular bag supported, one piece, rigid tripod, or soft flexible implants. Br J Ophthalmol 74: 22—25, 1990.
- 7) 中塚三恵子, 名和良晃, 魚里 博, 原 嘉昭, 西信元嗣: 偽調節と眼内レンズ移動との関係. 眼臨 94: 73—75, 2000.
- 8) Nakazawa M, Ohtsuki K: Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation of posterior chamber intraocular lenses. Am J Ophthalmol 96: 435—8, 1983.
- 9) Nakazawa M, Ohtsuki K: Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation of posterior chamber intraocular lenses. Optical analysis. IOVS 25: 1458—60, 1984.
- 10) Fukuyama M, Oshika T, Amano S, Yoshitomi F: Relationship between apparent accommodation and corneal multifocality in pseudophakic eyes. Ophthalmology 106: 1178—1181, 1999.
- 11) 魚里 博, 西信元嗣, 植村佐知子, 森下仁子: 偽水晶体における見かけの調節をいかに評価すべきか. 日本眼科学学会誌 12: 111—114, 1991.
- 12) 加藤桂一郎: 屈折, 調節の基礎と臨床. 調節機能とその臨床評価. 日眼会誌 98: 1238—1255, 1994.
- 13) 中沢 満: 無水晶体眼および人工水晶体眼における偽調節のメカニズムについて. 神眼 2: 309—310,

- 1985.
- 14) **Elder MJ, Murphy C, Sanderson GF** : Apparent accommodation and depth of field in pseudophakia. J Cataract Refract Surg 22:615—619, 1996.
- 15) **中泉裕子, 谷口智子, 坂本保夫** : 正常および偽水晶体  
眼前房深度の画像計測. 眼科手術 4: 299—301, 1991.
- 16) **野田英明, 西田祥藏, 荻野誠周, 有木 玄, 恒川幹子, 林 浩実, 他** : 偽水晶体眼みかけの調節の他覚的検討. 日眼会誌 98: 187—191, 1994.
-