

---

 総 説
 

---

## エキシマレーザーによる治療的角膜切除術の 適応と術後経過

片上千加子, ムラト・ドール\*, 山中昭夫\*  
神戸大学医学部眼科学講座, \*神戸海星病院眼科

---

### I. 緒 言

眼科臨床領域へのエキシマレーザーの導入によって、角膜表層病変に対するより効率的な治療が可能となった。エキシマレーザー装置を用いることによって、隣接組織への障害を最小限にとどめた極めて精密な角膜組織の切除が可能である。エキシマレーザー治療的表層角膜切除術 (phototherapeutic keratectomy 以下 PTK) は、1986年、機械的角膜切除後の角膜混濁に対して、Seiler によって初めて行われた<sup>1)</sup>。これ以降、エキシマレーザーを用いた様々な動物実験、臨床治験が行われ、PTK による表層性角膜混濁の除去ならびに角膜表面の平滑化に伴って、視力の著明改善、グレアや不快感の減少が得られたとの報告が数多くなされた。日本では1998年4月、PTK のためのエキシマレーザー手術装置が厚生省に承認された。それを受けて我々は、Nidek 社製エキシマレーザー装置を用いて1998年9月より PTK を開始した。今回、PTK を施行した症例について、その術後成績ならびに術前術後の眼表面所見の変化を検討するとともに、PTK の適応について考察を加えた。

### II. 対象および方法

対象は、神戸海星病院において1998年9月～1999年9月までの1年1カ月間に PTK を施行した56例72眼 (男性20例, 女性36例, 年齢34～87歳, 平均 66.7±11.9 歳) である。疾患の内訳は、Avellino 角膜変性症12例20眼, 顆粒状角膜変性症14例20眼, 格子状角膜変

性症2例3眼, 帯状角膜変性症13例14眼, 表層性角膜白斑14例14眼, 再発性角膜上皮びらん1例1眼である。Avellino 角膜変性症と顆粒状角膜変性症との鑑別は臨床所見に基づいて行った。

PTK は Nidek 社製 EC5000 を用い、塩酸オキシプロコカイン (ペノキシール<sup>®</sup>) による点眼麻酔下で、切除径 5～6.5 mm (50眼に 1 mm の transition zone (以下 TZ) を設定)、切除深度 50～160 μm, 周波数 30 Hz の照射条件で施行した。術後は治療用ソフトコンタクトレンズを上皮再生が完了する3日目ごろまで装用し、オフロキサシン, 0.1% フルオロメトロン, トラニラスト点眼を1日4回行った。

術前および術後1週間, 1, 3, 6カ月目において、視力, 屈折, Eye Sys による角膜形状検査ならびに眼表面検査として、Cochet Bonnet による角膜知覚測定, 涙液層破壊時間 (以下 BUT), シルマーテスト第1法, DR-1 (興和) による涙液油層観察, 結膜 impression cytology を施行した。結膜 impression cytology は、点眼麻酔後、鼻側下方球結膜の複数部位にミリポアフィルターを接触させて結膜上皮細胞を採取し、ミリポアフィルターを固定後、PAS (periodic acid Schiff) 染色を行った。光学顕微鏡下で杯細胞密度の計測および結膜上皮の角化のグレーディングを Nelson's grading system に従って行い、複数部位の平均値±標準偏差を算出した。

対照として、眼病変を認めず、コンタクトレンズの使用や手術既往のない20例40眼 (男性10例, 女性10例, 年齢33～71歳, 平均 64.3±10.8 歳) に、上記眼表面検査を施行した。

---

別刷請求先: 650-0017 神戸市中央区楠町7-5-2 神戸大学医学部眼科学講座 片上千加子  
(2000年4月17日受理)

Reprint requests to: Chikako Katakami Dept of Ophthalmol, School of Med, Kobe Univ  
7-5-2 Kusunoki-cho, Chuo-ku, Kobe 650-0017, Japan  
(Received and accepted April 17, 2000)

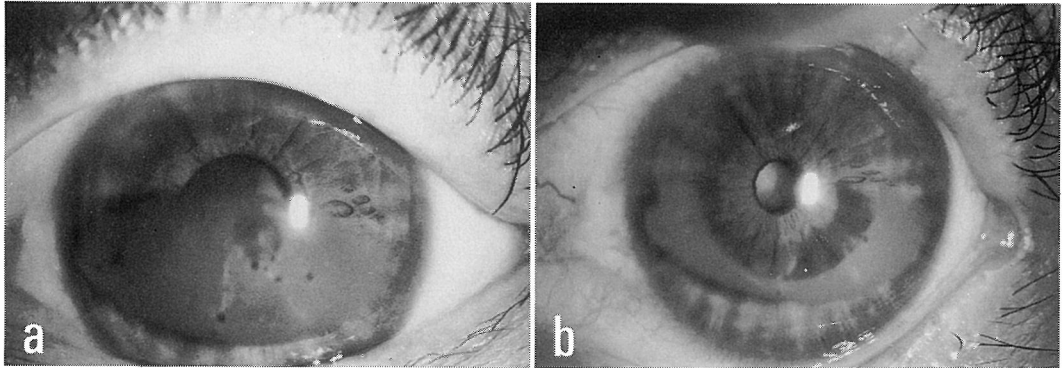


図1 帯状角膜変性症症例  
a: PTK 前 視力 0.2 (n.c.)  
b: PTK 後3ヵ月 視力 0.3 (0.6×S+2.0 D)

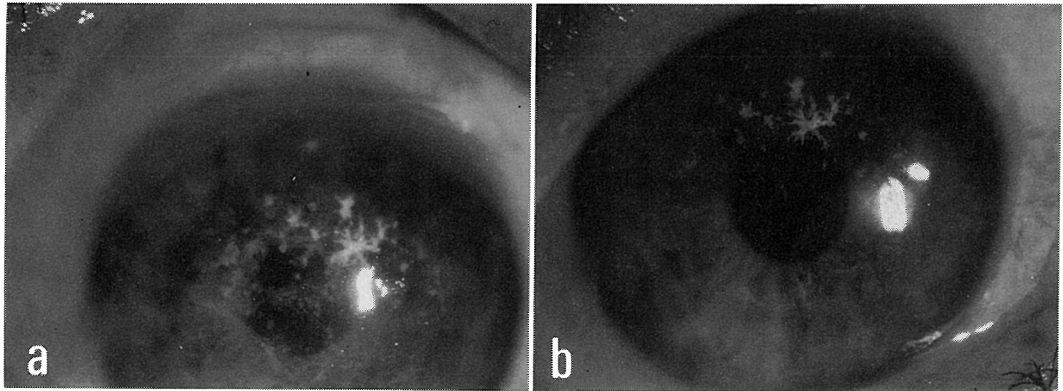


図2 Avellino 角膜変性症症例  
a: PTK 前 視力 0.02 (0.04×S-11.0 D)  
b: PTK 後3ヵ月 視力 0.1 (0.3×S-5.5 D)

すべての検査，処置は患者の同意を得て行った。統計学的検討には Fisher's exact test を用いた。

### III. 結 果

#### 1. 角膜所見

角膜上皮再生は全例で術後1週間以内に完了した。PTK 切除部位に一致して表層の角膜混濁が除去され，視力の改善が得られた。図1に帯状角膜変性症症例の術前，術後の前眼部所見を示す。Avellino 角膜変性症では実質深層の金平糖状混濁は残存したものの，視力障害の主因である表層のびまん性混濁は除去され，矯正視力は著明に改善した(図2)。しかし，図3のような表層のびまん性混濁のほとんどない症例では視力の改善は得られなかった。角膜白斑でも軽度の混濁が残存した症例はあるが，混濁の減少に伴い視力は改善した(図4)。再発性角膜上皮びらんでは上皮の

接着不良部位が切除され，健常な上皮の再生に伴って接着良好となり(図5)，PTK 後は上皮びらんの再発を来していない。

#### 2. 視力

術後の矯正視力は全例で改善または不変を示した。矯正視力の2段階以上の改善が72眼中40眼，1段階の改善が23眼にみられた。矯正視力が不変であった9眼は，角膜病変が深部に及ぶもの(図3)や角膜病変以外に白内障，眼底疾患を有するものであった。

#### 3. 屈折

術後の屈折変化は全例で遠視化を認めた。遠視化の平均値は約4Dで，術後1ヵ月目でピークとなり，その後軽減する傾向にあった。またTZを設定した症例では設定しなかった症例に比べて，また切除深度が100μm以下の浅い症例では100μmをこえた症例に比べて，遠視化は有意に軽度であった(p<

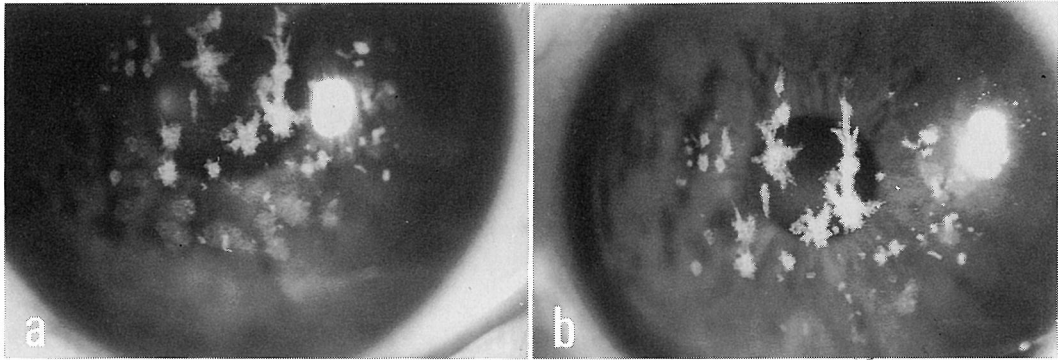


図3 Avellino 角膜変性症症例  
a: PTK 前 視力 0.1 (0.4×S-2.0 D)  
b: PTK 後3ヵ月 視力 0.08 (0.4×S+1.5 D)

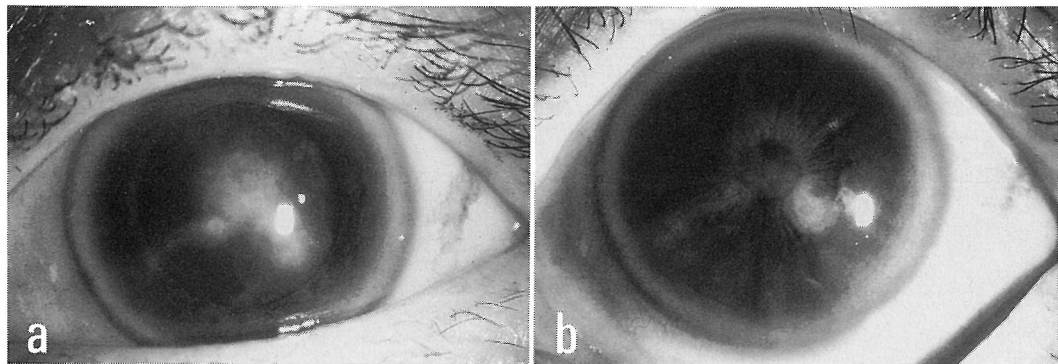


図4 角膜白斑症例  
a: PTK 前 視力 0.02 (n.c.)  
b: PTK 後3ヵ月 視力 0.06 (0.1×S+2.0 D)

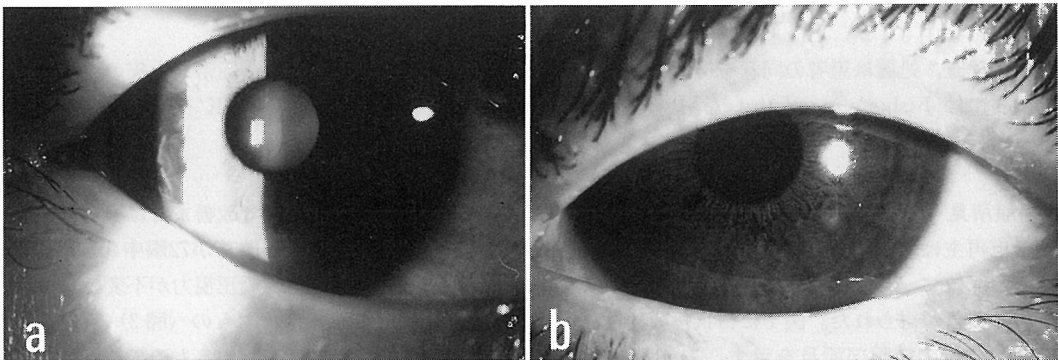


図5 再発性角膜上皮びらん症例  
a: PTK 前 上皮下に不整な部位を認め、上皮の接着不良を示している。  
b: PTK 後6ヵ月 上皮の接着不良部位は消失し、上皮びらんの再発は来していない。

0.001) (表1)。

#### 4. 角膜形状

EyeSys による角膜形状の変化は、術後1ヵ月目ま

では変動が大きく、3ヵ月目以降でほぼ一定のカラーコードマップを示した。図6に顆粒状角膜変性症例の術後3ヵ月にわたる角膜形状の経時的変化を示す。

表1 PTK 後の遠視化

		術後		D
1週間	1か月	3か月	6か月	
4.13±1.74	4.25±1.69	4.02±1.58	3.38±1.95	
TZの有無	遠視化(D)	深度(μm)	遠視化(D)	
TZ (+)	3.25±1.59	≤100	2.74±1.67	* *p<0.001
TZ (-)	4.15±2.20	>100	4.30±1.16	

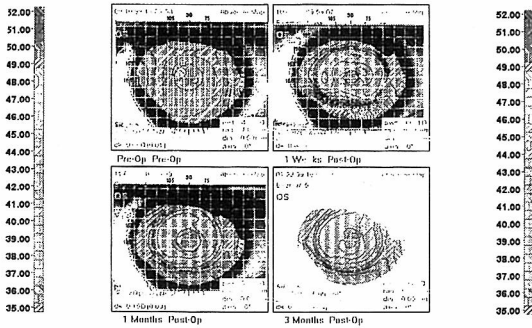


図6 EyeSys による角膜形状の経時的変化

表2 PTK 施行症例および正常人の眼表面所見

	PTK 施行症例 (術前)	正常人
角膜知覚 (mm)	41.0±8.5	59.4±0.6 *
BUT (秒)	6.8±2.6	13.0±1.4 *
涙液油層グレード	3.6±0.7	1.5±0.3 *
シルマー値 (mm)	7.8±2.8	10.5±0.5

\*p<0.001, BUT: break up time

5. 眼表面所見

PTK 施行症例の術前の角膜知覚ならびに BUT 値は、対照症例に比べ有意に低下し、DR-1 による涙液油層グレードは有意に高値を示した (表2)。シルマー値には有意差を認めなかった。

角膜知覚は術前、対照症例より低下していたが、術後1週間目以降、術前に比べ有意に高値となり、術後6か月目では 58.0±4.3 mm と正常値に回復した (図7)。

BUT は術前は 7.1±2.4 秒であったが、術後1週間目でやや低下したものの、1か月目以降、術前より有意に延長し、6か月目では 10.8±1.1 秒となった (図8)。

シルマー値は術前術後で変化を認めなかった (図9)。

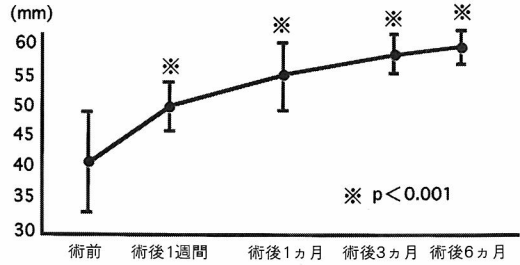


図7 角膜知覚の経時的変化

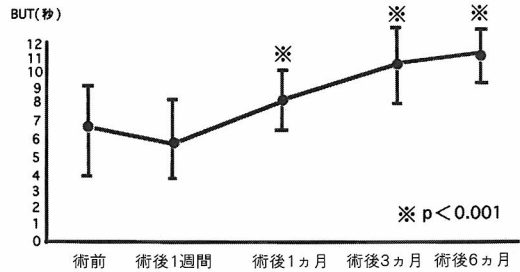


図8 BUT の経時的変化

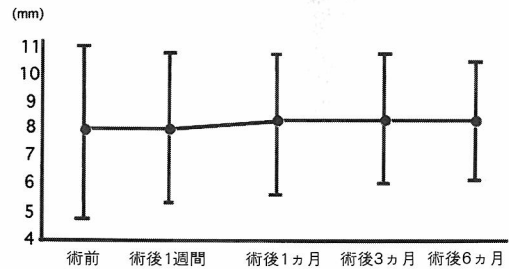


図9 シルマー値の経時的変化

DR-1 による涙液油層グレードは、術前は 3.8±0.2 であったが、術後は有意に改善し、6か月目では 1.2±0.2 となった (図10)。顆粒状角膜変性症症例の DR-1 による涙液油層観察所見を図11に示すが、術後は術前に比べ涙液油層グレードが良好となり、涙液層の安定化がみられた。

結膜 impression cytology 所見は、術前は結膜上皮細胞の角化傾向を認めたが、術後は改善した (表3)。杯細胞密度は術前術後で変化を認めなかった。図12に結膜 impression cytology 所見の典型例を示す。

6. 術後合併症

術後の合併症として、6眼に上皮過形成 (図13)、中等度のドライアイの3眼に角膜糸状物 (図14) を認め、また6例が疼痛を、3例が羞明感を訴えた。ドライアイ

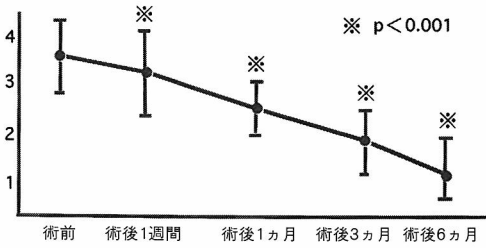


図10 DR-1 による涙液油層グレードの経時的変化

表3 結膜 impression cytology 所見の経時的変化

	術前	術後 1週間	術後 1ヵ月	術後 3ヵ月	術後 6ヵ月
角化グレード	0.75	0.75	0.66	0.5	0.5
杯細胞密度 (cells/mm <sup>2</sup> )	1,481±656	1,111±565	1,289±740	1,296±699	1,384±279

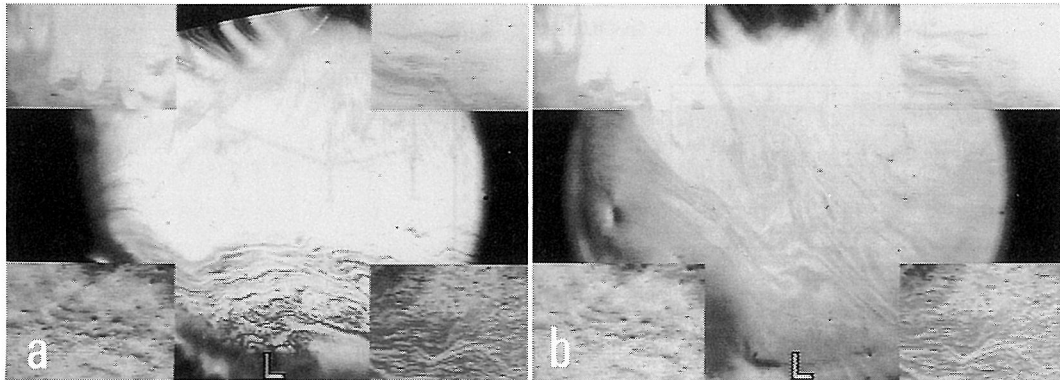


図11 涙液油層観察所見

- a: PTK 前 グレード 4 (BUT 5 秒, 角膜知覚 45 mm)。  
 b: PTK 後 3 ヶ月 グレード 2 (BUT 11 秒, 角膜知覚 60 mm)。

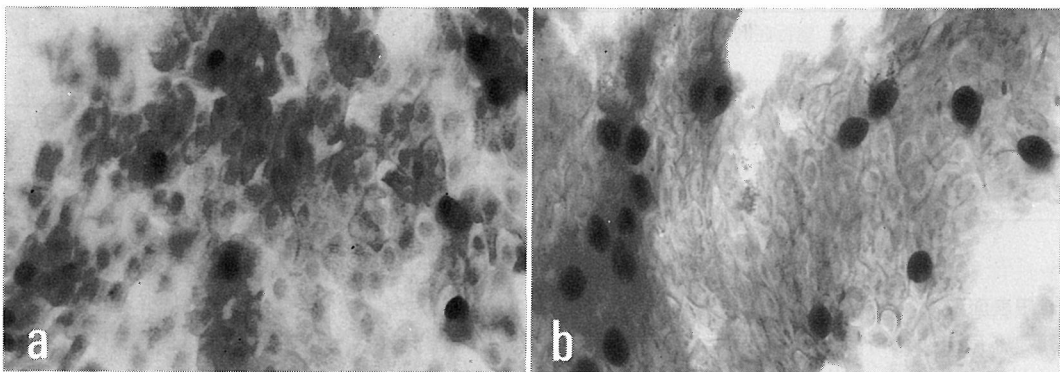


図12 結膜 impression cytology 所見

- a: PTK 前 角化グレード 2, 杯細胞密度 1,818 cells/mm<sup>2</sup>  
 b: PTK 後 3 ヶ月 角化グレード 1, 杯細胞密度 2,909 cells/mm<sup>2</sup>

イ症例には一時的な涙点プラグの挿入によって、その他は無処置で、いずれも短時間で軽快した。

#### IV. 考 按

PTK は従来、表層角膜移植の適応とされてきた表層性角膜混濁や角膜表面の不整に対する治療法であ

り、その安全性と有効性がすでに報告されている<sup>1-4)</sup>。日本では1998年4月、PTK に対するエキシマレーザー手術装置が厚生省に承認された。それを受けて我々は、Avellino 角膜変性症、顆粒状角膜変性症、格子状角膜変性症、帯状角膜変性症、表層性角膜白斑、再発性角膜上皮びらんを対象に PTK を行った。

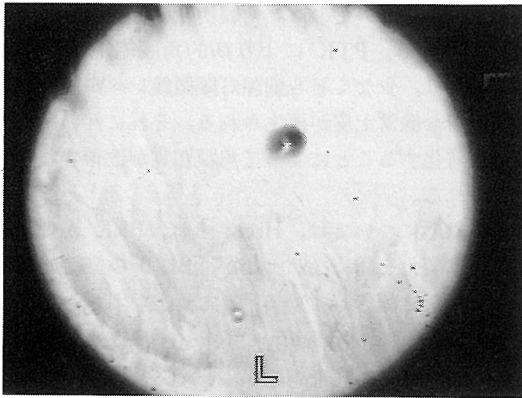


図13 PTK 後の上皮過形成 (DR-1 所見)

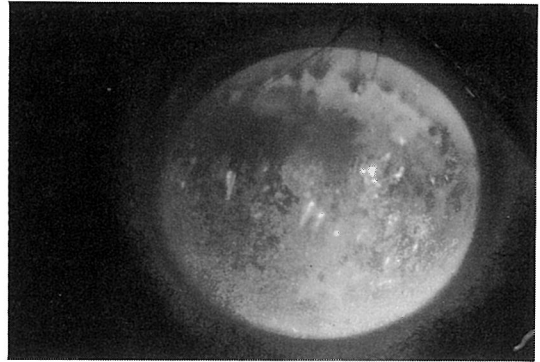


図14 PTK 後の角膜糸状物 (フルオレセイン染色)

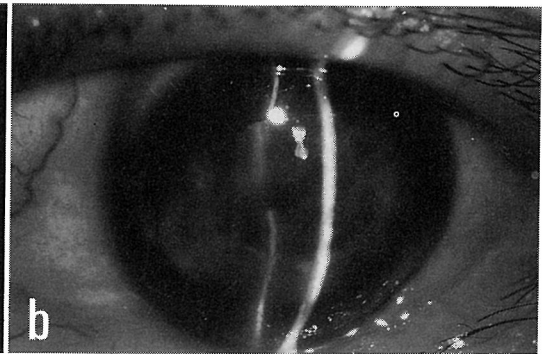


図15 角膜表層の強固な石灰化を伴う例  
固い石灰化部位をメスにて切除後、PTK を行う。  
a: PTK 前  
b: PTK 後3カ月

PTK の術後成績については種々の報告があるが、術後の眼表面所見の変化についての検討はほとんど行われていない。我々は、PTK 術後の視機能の変化に加え、眼表面の変化について詳細に検討した。その結果、最終観察時点において、72眼中63眼(87.5%)に視力の改善が得られ、2段階以上の矯正視力の向上を40眼に認めた。矯正視力不変の症例の多くは、白内障や眼底病変を伴うものであった。屈折変化については、平均約4Dの遠視化を術後1カ月目をピークとして認めたが、その後軽減する傾向にあった。遠視化傾向は角膜形状検査においても確認されたが、切除深度の浅いもの、また、TZを設定した症例では遠視化が軽度であった。眼表面所見の変化では、角膜知覚は術前でやや低下していたが、術後は徐々に回復し術前よりも良好となった。BUTは術後1週間目で術前より悪化したものの、1カ月目以降において術前より良好となり、涙液層の安定化が認められた。涙液油層グレー

ドも術後は術前よりも改善した。結膜 impression cytology の結果、杯細胞密度は術前術後で変化を認めなかったが、結膜上皮細胞の角化程度は術後改善した。

PTK 後の視力については、田村ら<sup>9)</sup>は、59眼のうち PTK 施行後3カ月目において68%に2段階以上の矯正視力の改善を認めたと報告している。Camposら<sup>10)</sup>は、表層性角膜混濁を有する18例に PTK を行い、61%に矯正視力の改善を得ている。我々の結果は、視力改善においてこれらの報告と同等以上のものであった。矯正視力が不変であった症例のなかには、白内障や眼底病変を伴う症例以外に、角膜病変が PTK のあまりよい適応でなかったと考えられる症例(図3)が含まれている。

PTK の適応決定にあたって、実質深層に及ぶ角膜白斑や、図3のような深部の顆粒状混濁のみで表層のびまん性混濁のない Avellino 角膜変性症では、視力

の改善が得られないことがあり、注意深く病変の深さを観察して適応の有無を判断することが必要である。また、帯状角膜変性症は病変がごく表層に存在するため、PTKにより著明な視力改善が得られるよい適応疾患であるが、図15のような石灰化の強固なものはエキシマレーザーで切除することが困難である。このような例では表層の固い石灰化部位をメスにて切除後、エキシマレーザー照射を行う。また、ドライアイを有する症例への対処も問題となる。PTKのみならず、ドライアイ患者はコンタクトレンズ装用が困難であるためエキシマレーザー角膜屈折矯正手術（以下PRK）、laser in situ keratomileusis (LASIK)が必要となる症例も多く、施行すべきか否かの決定が難しい。今回の我々の症例の経験から、重症のドライアイ症例は術後の上皮再生遅延が考えられるため行わない方がよいが、中等症以下のドライアイ患者には、涙点プラグ挿入などの処置を併施することでとくに問題なく施行可能であると考えられる。

PTK後の屈折変化として、遠視化、近視化、乱視化が報告されている<sup>11)</sup>。遠視化はPTKの主な合併症であり、最近の多くの報告では約+4.0D程度の遠視化を認めると報告されている<sup>4,12)</sup>。遠視化の原因については、レーザービームの均一性の問題、レーザー照射領域の周辺部と中央部でのエネルギー密度の違い、レーザーの角膜中心外照射の影響、切除された微塵がシールドとなり角膜周辺部での切除効果を下げること、創傷治癒に伴う上皮過形成、などが考えられている<sup>11)</sup>。今回の検討では平均約4Dの遠視化傾向を認め、他の報告とほぼ同等であった。遠視化の軽減には、切除深度を浅めにし、TZを設定することが重要であり、また今回は詳細な検討は行っていないが、術中のmasking agentの使用も術後の遠視化を軽減する。更に現在開発中である遠視化軽減モードの使用、また高齢の症例には、PTK前後の白内障手術において、遠視化を考慮した適切な眼内レンズパワーを選択することでかなり解決されるものと思われる。しかし、術前に中等度以上の遠視を有する症例は、PTKの適応を慎重に決定すべきである。

PRKやPTK後の角膜知覚の変化についてはいくつかの報告がある。Trabucchiらは、兎眼に対するPTK後ほぼ1週間以内に角膜神経の再生を認め、その後角膜知覚の著明な改善も認めたと報告している<sup>13)</sup>。Camposらは、高度近視に対するPRK後6カ月目の時点で角膜知覚は低下しており、その後向上したと報告している<sup>14)</sup>。我々の症例で角膜知覚が術前

でやや低下していたのは、角膜病変の存在によるものと考えられる。PTKにより病的角膜組織が切除され、術後は、少なくとも細線灯顕微鏡レベルでは、透明で平滑な健常上皮が再生される。それに伴い角膜神経も正常化することによって角膜知覚が改善するものと思われる。

涙液動態については、Hongらは、PRK後にシルマー値に変化を認めなかったが、BUTの経時的な短縮を認めたと報告している<sup>15)</sup>。しかし、PTK後の涙液動態や結膜impression cytologyの所見については今までに報告はない。我々の検討の結果、PTK後1週目にBUTの短縮を認めたが、その後徐々に延長し術前より良好となった。涙液油層グレードも、PTK後は術前よりも改善した。

結膜impression cytologyについては、杯細胞密度の変化は認めなかったが、結膜上皮細胞の角化の程度はPTK後改善した。

以上の眼表面所見の改善には、術後の健常な角膜上皮の再生に伴って、術前の病的角膜上皮によるムチン産生の量的質的異常が改善されること、ならびに角膜表面の平滑化が貢献している可能性が考えられる。また、角膜知覚神経から分泌されるサブスタンスPなどの神経ペプチドが角膜上皮の維持に重要な役割を果たすことが報告されている<sup>16,17)</sup>。したがって、PTK後の正常な角膜神経の再生が眼表面所見の改善に関与している可能性もある。

これらの結果より、PTK後は視力の改善に加えて眼表面所見の改善が得られ、重篤な合併症も認めなかったことから、PTKは角膜表層混濁に対する優れた治療法であると考えられた。

本論文の要旨は第65回日本中部眼科学会、第35回日本眼科学学会、第14回眼科ME学会合同学会シンポジウム「エキシマレーザー」において講演した。

## 文 献

- 1) Seiler T: Use of far UV light in photoablation of the cornea. Fortsschr Ophthalmol 83: 556-558, 1986.
- 2) 高橋次郎, 伊東真由美他: エキシマレーザー治療的角膜切除術 (PTK) 術後の臨床成績について. 眼科 39: 1395-1405, 1997.
- 3) 水流忠彦: PTKの適応と臨床. 眼科 39: 823-828, 1997.
- 4) 田村周子, 高橋圭三他: 角膜変性症に対するエキシマレーザー治療的表層角膜切除術の治療効果. 臨眼 40: 287-291, 1995.
- 5) Orndahl MJF, Fagerholm PP et al: Treatment of corneal dystrophies with phototherapeutic keratectomy.

- Refract Surg 14: 129-135, 1998.
- 6) Forster W, Atzler U et al: Therapeutic use of 193-nm excimer laser in corneal pathologies. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 235: 296-305, 1997.
  - 7) Hersh PS, Burnstein Y et al: Excimer laser phototherapeutic keratectomy. *Ophthalmology* 103: 1210-1222, 1996.
  - 8) 中安清夫, 金井 淳: PTK, PRK 手術の問題点. *眼科* 39: 835-844, 1997.
  - 9) 眞鍋洋一, 山口達夫: エキシマレーザー屈折矯正手術 (PRK), 治療的表層角膜切除術(PTK)の短期治療成績. *眼紀* 48: 51-56, 1997.
  - 10) Campos M, Nielsen S et al: Clinical follow-up of phototherapeutic keratectomy for treatment of corneal opacities. *Am J Ophthalmol* 115: 433-440, 1993.
  - 11) 桜井一郎, 竹谷 太他: 治療的エキシマレーザー角膜表層切除術後の遠視化の原因について. *奈医誌* 47: 20-25, 1996.
  - 12) Amm M & Duncker GIW: Refractive changes after phototherapeutic keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 23: 839-844, 1997.
  - 13) Trabucchi G, Brancato R et al: Corneal nerve damage and regeneration after excimer laser photokeratectomy in rabbit eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 35: 229-235, 1994.
  - 14) Campos M, Hertzog L et al: Corneal sensitivity after photorefractive keratectomy. *Am J Ophthalmol* 114: 51-54, 1992.
  - 15) Hong JW & Kim HM: The changes of tear break up time after myopic excimer laser photorefractive keratectomy. *Korean J Ophthalmol* 11: 89-93, 1997.
  - 16) Nishida T, Nakamura M et al: Synergistic effects of substance P with insulin-like growth factor-1 on epithelial migration of the cornea. *J Cell Physiol* 189: 159-166, 1996.
  - 17) 原 ルミ子, 片上千加子他: サブスタンス P とインスリン様成長因子-1 の相互作用による家兎角膜上皮細胞増殖能に及ぼす影響. *日眼会誌* 103: 641-646, 1999.
-



原 著

## 累進レンズの見え方のシミュレーション

祁 華, 田中 郁香, 江森 康文\*

HOYA 株式会社ビジョンケアカンパニー, \*千葉大学

## A Computer-Simulated Look through a Progressive Addition Lens

Hua Qi, Ikuka Tanaka and Yasufumi Emori\*

Vision Care Company, HOYA CORPORATION, \*Chiba University

累進レンズを掛けたとき、周囲がどのように見えるのか？人によって感覚が違うが、コンピュータシミュレーションでは客観的な結果が得られる。この論文では、視覚により知覚される像をあらわすために回旋網膜像を提案し、その静止画像と動画をコンピュータシミュレーションにより作成する方法および結果について述べる。回旋網膜像は、視野内のすべての物体点に対し、眼球を回旋、調節させて捕えた中心窩付近の網膜像を繋ぎ合わせた像である。累進レンズを通して得られる回旋網膜像およびその動画は、累進レンズによる揺れ、歪み、ボケを客観的にあらわすことができる。

(視覚の科学 21: 52-58, 2000)

キーワード：累進レンズ、回旋網膜像、眼球モデル、三次元物体、動画像

How does a person see when he looks around him wearing progressive addition lenses (PAL)? You may get more than 100 answers from 100 people. However, a computer simulation can give you the most objective and quantitative result. This paper suggests a rotation-based retinal image (RRI) to represent the image perceived by the visual sense and describes methods to simulate static image and movie of the RRI using computer system. The RRI is defined as the mosaic of retinal images in fovea related to each rotative direction of the eyeball in its proper accommodative state. The RRI and its movie through a PAL can objectively represent the most characteristics of PAL such as blur, deformation and dynamic deformation.

(Jpn J Vis Sci 21: 52-58, 2000)

Key Words: Progressive addition lens, Rotation-based retinal image, Eye model, 3D object, Movie

## I. 緒 言

累進レンズを掛けたとき、周囲がどのように見えるのか？このシンプルな質問に答えることは実は容易ではない。累進レンズを評価する場合よく用いるの

は、レンズの度数分布と非点収差分布である。確かに光学的見地からみれば、とくにレンズの透過光線に沿った度数と非点収差、すなわち透過収差分布を用いれば、累進レンズの光学的性能をほぼ完全にあらわすことができるといえよう。しかしながら、ある特定の

別刷請求先：205-0023 羽村市神明台 4-1-3 HOYA 株式会社ビジョンケアカンパニー技術開発部 祁 華  
(1998年12月4日受理)

Reprint requests to: Hua Qi Research & Development Dept, Vision Care Company, HOYA CORPORATION  
4-1-3 Sinmeidai, Hamura 205-0023, Japan  
(Received and accepted December 4, 1998)

透過収差分布をもつレンズを掛けるとどう見えるかという質問に、レンズ設計者さえ答えるのは難しいのではなからうか。なぜならば、累進レンズの見え方は、カメラのようにすぐ写真に撮って確認できるわけではないからである。唯一の確認手段は装用テスト、つまりモニタによる装用時の感想を記録することである。累進レンズの装用テストとしては、近用視、中間距離視、遠用視での鮮明度以外に、自動車運転時、階段歩行時での見え方に対して五段階の評価を行っているが、その評価値は主観的であり定性的であるといえる。同じレンズに対しても装用者の眼鏡歴によっては評価が異なる。我々は装用テストの意義を否定するつもりは毛頭ない。累進レンズの性能を最終的に確認する手段としては必要不可欠であるが、装用テストで累進レンズの見え方を定量的に解析することは非常に困難である。

カメラで撮った写真を用いてカメラの性能を評価するように、累進レンズの見え方を客観的に評価するためには、なんらかの方法でそれを映像化することが有効である。それには、まず我々人間が普段どのような像を知覚しているかを考える必要がある。この研究では、視覚により知覚される像をあらわすものとして、回旋網膜像を提案し、その静止画像および動画をコンピュータシミュレーションにより作成する方法を開発した。

## II. 回旋網膜像の原理

人間の視覚により知覚される像は、眼球光学系によって網膜に投影された像が、網膜以降の神経情報処理系によって処理されて形成される。網膜の視細胞、とくに錐体細胞の分布は中心窩付近に集中し、周辺エリアは疎らである。したがって、投影網膜像はたとえ鮮明であっても網膜を通過した時点で、中心窩付近以外では不鮮明になる。それでは、健全な眼であれば何気なく何処を見ても鮮明に見えるのはなぜだろうか？それは、人間の視覚が投影網膜像そのものを知覚しているわけではないからである。その証拠に、網膜上盲点の存在を特殊な場合を除いて気づく人はいない。人間は視野内に注目したい物体があれば、常に眼球をそれに向けるように回旋させて中心窩で捉え、眼球調節して鮮明に映すことができ、何処を見ても鮮明に見える感覚が与えられる。つまり、視覚により知覚される像は、網膜に投影された像ではなく、視野内すべてのものに対し眼球を回旋させて中心窩で捉え、更に鮮明に映るようにできるだけ眼球調節を行って得た

中心窩近辺の像を繋ぎ合わせたものであらわすことができる。このような像をここでは回旋網膜像と名付ける。

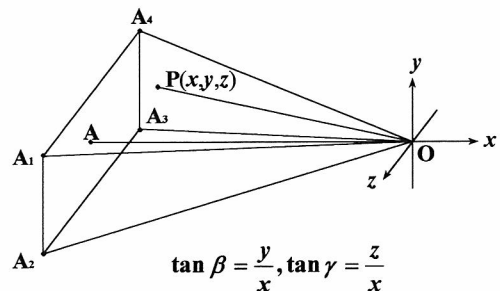
回旋網膜像は、あくまで視覚によって知覚される像を再現するために考案されたもので、知覚像そのものではない。実際、人間がいつも視野内をまんべんなく眼球回旋して見ているわけではなく、一時刻では1箇所しか注目していないはずである。しかし、いつも見ようと思えばどこでもすぐに眼球回旋して見ることのできる状態が持続していると考えられる。この状態を再現するためには、視野内をまんべんなく眼球回旋して見た像を合成した回旋網膜像が必要である。合成に使うのは各回旋角における中心窩付近の画像であるが、網膜周辺部の像がまったく無意味なわけではなく、視野内の物体の位置を大まかに把握し、目標物への回旋方向を決めるために不可欠である。

このように、回旋網膜像上の各点は、異なる回旋角の眼球光学系によって結像され、しかも物体の距離によっては、眼球の調節状態も異なるのである。この回旋網膜像はカメラのような光学系で撮影することができず、コンピュータシミュレーションにより作成するのが唯一の方法である。

累進レンズを装用した状態での回旋網膜像は、ポケと歪みを反映しており、それを解析することにより定量的に累進レンズの特徴をあらわすことができる。更に動画を作成し、解析すれば累進レンズのもう一つの特徴である揺れも定量的に把握できる。以下その原理と方法について述べる。

### 1. 累進レンズによる歪みおよび揺れ

前述のように、回旋網膜像上の各点は、異なる回旋角度の眼球光学系によって結像される。したがって、回旋網膜像上の各点の座標は長さではなく角度であらわす。図1は裸眼の回旋網膜像の視野で、A点を視野の中心とすると、四角錐  $A_1A_2A_3A_4O$  で示され



$$\tan \beta = \frac{y}{x}, \tan \gamma = \frac{z}{x}$$

図1 回旋網膜像の座標系

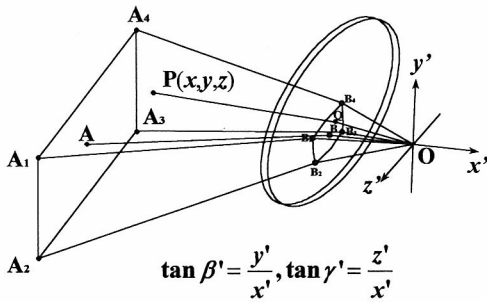


図2 レンズを装用した場合の視野

$$\tan \beta' = \frac{y'}{x'}, \tan \gamma' = \frac{z'}{x'}$$

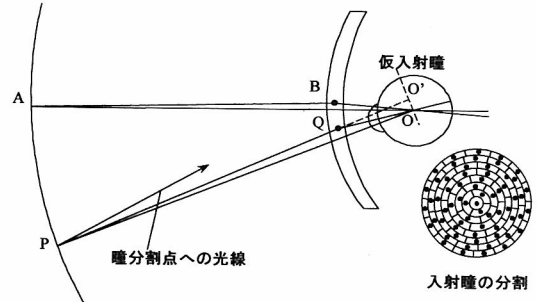


図3 PSF を求めるための光学系

る。A と回旋中心 O を結ぶ線を  $x$  軸とし、O を原点とする。視野内の任意の一点  $P(x, y, z)$  の回旋網膜像座標は  $\psi = \tan \beta = \frac{y}{x}$ ,  $\zeta = \tan \gamma = \frac{z}{x}$  とする。ここで  $\beta$  は OP および  $z$  軸を含む平面と、 $x-z$  平面との交わる角度、同様に  $\gamma$  は OP および  $y$  軸を含む平面と、 $x-y$  平面との交わる角度である。このような座標系の取り方では、空間上任意直線が回旋網膜像上で直線として映り、裸眼では歪みがないという事実に基づいている。

累進レンズを装用した場合には、入射光線がレンズによって屈折される。図2のように、A 点からの光線がレンズ上 B 点で屈折されて回旋中心 O に向かう。A 点を注視するためには眼球を OB 方向に向けさせなければならない。したがって、レンズ通過後の視野は BO つまり  $x'$  軸を中心視線とした座標系に基づく。そして、空間上の任意の一点  $P(x, y, z)$  からの光線はレンズ上 Q ( $x', y', z'$ ) 点で屈折されて回旋中心 O に向かい、その通過後の視野上の座標は  $\psi = \tan \beta' = \frac{y'}{x'}$ ,  $\zeta = \tan \gamma' = \frac{z'}{x'}$  となる。視野をあらわす四角錐も  $B_1 B_2 B_3 B_4 O$  となる。このとき、レンズ通過後の視野内において、各点の回旋網膜像上の座標が裸眼の場合と異なり、物体間の相対的な位置関係に変化が生じる。たとえば、長方形  $A_1 A_2 A_3 A_4$  がレンズ通過後頂点間の位置関係が変化し、長方形でなくなる。この物体間相対位置の変化は、他ならぬ歪みとして感じられるのである。

同じ視野をレンズの異なる部分を通して見る場合、つまり B 点の位置が変化した場合、各物体の歪みの程度に変化が生じ、揺れの感覚を引き起こす。また、B 点が固定し、頭を動かして別のものに視線を移動した場合でも、視野内の物体点は同一のスピードで動かず、揺れとして感じられるわけである。

これら揺れ、歪みの量はすべて光線追跡で求めることができる。

## 2. 累進レンズによるボケ

光線像のボケは、物体の一点からの光が像面の一点に集まらないことに起因する。ボケをあらわす関数 PSF (point spread function) は、物体点から発射する光の像面での輝度分布である。視野内の物体の輝度とその PSF との積を足し合わせる、いわゆる畳み込み (convolution) 演算によって、光学像にボケを反映させることができる。

累進レンズによるボケは、累進レンズと眼球の光学系を組み合わせた光学系で求められる。前述のように、回旋網膜像上の各点は、異なる回旋角度の眼球光学系によって結像される。したがって、各物体点に関する PSF はすべて異なり、それぞれ別々に求める必要がある。

図3は任意物体点 P に関する PSF を求めるための光学系を示す図である。A は中心視線の通過する物体点であり、B はその中心視線のレンズ通過点である。通過後視野の  $x$  軸は BO 方向であることは前節で述べた。視野内任意物体点 P に関する PSF を求めるには、まず主光線 PQO を追跡して確定させる。そして眼球を QO 方向と一致するように回旋させる。更に P 点までの距離、Q 点におけるレンズ屈折パワーおよび眼球調節力などを勘案し、眼球の調節度数を決めて調節する。この時点で PSF を求めるための光学系が確定したことになる。

PSF は物体点から発射する光の像面での輝度分布である。輝度分布は、物体点から発射した多数の光線を追跡し、像面でのスポット密度として、または回折積分で求めることができる。正確な PSF を求めるためには、入射瞳を均等に分割する必要がある。図3の右下は円形入射瞳の均等分割の一方方法である。

入射瞳の位置は厳密に通過点のパワーによって変動し、各物体点に対して求める必要がある。しかし、その変動量が小さいことと計算の利便性を考え、PQ の

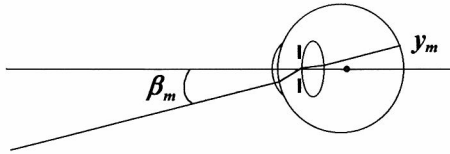


図4 網膜上の位置と入射角度

延長線上  $PO'=PO$  を満たす  $O'$  点とする。

ところが、このように求めた PSF は網膜位置  $(y_m, z_m)$  の関数であり、回旋角の正接  $(\psi, \xi)$  を座標とする回旋網膜像とは直接畳み込み演算することができない。したがって、網膜位置に対応する入射の角度を求める必要がある。ほとんどの場合  $(y_m, z_m)$  は光軸から近いので、近軸光学の式を適用できる。つまり、図4のように、 $(y_m, z_m)$  に対応する入射光線の光軸からの偏角  $(\beta_m, \gamma_m)$  は  $\tan\beta_m = \frac{y_m}{f}$ ,  $\tan\gamma_m = \frac{z_m}{f}$  である。ここで、 $f$  は眼球の焦点距離である。厳密には物体距離と眼の調節状態により入射角と網膜位置の関係式は変わるが、眼の場合、物体距離が焦点距離に比べて非常に長いので、無限遠方とみなすことができる。

任意物体点 P (図3) から発射し、網膜位置  $(y_m, z_m)$  に到達した光は、P の回旋位置角度  $(\beta, \gamma)$  から更に  $(\beta_m, \gamma_m)$  偏移した方向からきたものと考えることができる。ここで注意したいのは、偏移した方向の角度は一般に  $(\beta+\beta_m, \gamma+\gamma_m)$  とはならず、リスティング回旋の法則を用いて求める必要がある。このように、P に関する PSF は  $(y_m, z_m)$  の関数から  $(\beta, \gamma)$  の関数に変換することができ、畳み込み演算が可能となる。

### 3. 眼球モデル

前述のように、回旋網膜像各点は、異なる回旋角の眼球光学系によって結像され、しかも物体の距離によっては眼の調節状態も異なる。したがって、回旋網膜像シミュレーションに用いる眼球モデルは、物体距離に合わせて眼の屈折力を変動させる調節機能をそなえていなければならない。眼球モデルとしては、最も標準的なグルスランドの精密模型眼が広く用いられているが、この研究目的には不適である。まず、その光学パラメータは非調節と約 10 D のフル調節状態だけに対して与えられているのに過ぎない。また、その光学パラメータは近軸値のみを人眼のそれに合わせるように設定しただけで、この研究にとって重要な収差状況を考慮していない。グルスランド精密模型眼のこれらの欠点をなくすために多数の眼球モデルが開発された。なかには生体眼の実測値に一致する光学収差を実現するために、屈折率分布形の水晶体を導入するモ

デルも存在する (たとえば、白柳<sup>1)</sup>)。そのなかに唯一この研究の目的に適しているのは Navarro ら<sup>2)</sup>の眼球モデルで、光学パラメータの変動によって連続的に調節状態を変えられるモデルである。すべて均質な媒質で構成され、四つの光学面のうち3面が二次曲面の非球面であり、近軸値のみならず、球面収差と色収差も眼の実測値に合わせるようになっている。曲率半径、厚み、非球面度などは調節度数の対数に比例して変化する。光線追跡を大量に行う回旋網膜像シミュレーションでは、このシンプルな構成が計算量の削減に大きく寄与しているのである。その他にも、各媒質の屈折力波長変化データも提示されている。これを用いれば、色収差を含めた回旋網膜像も作成できるが、今回は割愛する。

### III. 回旋網膜像およびその動画像の作成方法

回旋網膜像およびその動画像を作成するにあたっては、視野内に様々な距離の物体が配置され、それらが眼の位置と向きを変えたとき如何に見えるかを再生することが望まれる。したがって、視野内の対象物体は三次元物体であることが必須で、各物体点の輝度に加え、調節度数を決める際に必要な眼からの距離も確保できなければならない。普通のビデオカメラで撮影された映像では、輝度情報は確保できるが、距離の情報は正確に確保できない。そして、ピントが一つの距離に合わせられるため、他の距離にある物体はボケる。このカメラレンズ系によるボケおよび歪みを排除することが不可能である。すべての物体点の輝度、距離情報を同時にそなえ、なおかつ余計なボケおよび歪みのない三次元物体としては、現時点でコンピュータグラフィックスによる仮想物体以外にない。

図5に示すように、回旋網膜像の作成はまず仮想物体の作成、配置から始まる。室内情景では机、椅子、家具など、屋外情景では花壇、樹木、標識などを配置する。原画像作成工程では、予め定めた眼の位置、中心視線方向、視野範囲のデータを用いて原画像を取得すると同時に、各画素の代表する物体点から眼の回旋中心点までの距離を算出しておく。この原画像をレンズのどの部分を通して見るかを定めるため、中心視線のレンズ通過点を設定する。歪み原画像作成工程では、累進レンズを装用した状態の視野内物体間相互位置関係の変化を前節で説明した方法 (図2) で求め、原画像に適用し、歪み原画像を作成する。更に各画素の代表する物体点に対し、前節で説明した方法 (図3) で PSF を求めるのが各画素に関する PSF の

取得工程である。畳み込み工程では、歪み原画像に各画素に関する PSF を適用して回旋網膜像を作成する。

回旋網膜像の動画は、回旋網膜像の時系列変化と考えることができる。眼の位置、中心視線の方向、中心視線の方向のレンズ通過点を同時に変化させるストーリーを、実際の使用状況に即して設定し、各時刻の回旋網膜像を前述の方法で作成し、ビデオ編集して動画像を完成する。その作成工程は図6に示す。

#### IV. 回旋網膜像の作成例

残念ながら、この紙面で動画像をあらわすことができない。ここで、いくつかの静止画像を紹介する。使

用レンズは HOYALUX GP 上平加入 2.00 D で、眼の調節力は 1.00 D である。

図7に示したのは、累進レンズを通して見た室外情景の回旋網膜像である。画像の右上に累進レンズのマークが書かれており、赤の枠はレンズの使用部分を近似的にあらわし、枠の中心部の赤点は中心視線の通過点をあらわす。視野は  $50^{\circ} \times 41.8^{\circ}$  である。この情景では地面手前の本来直線である横線が湾曲して見える。また、両側の街路灯の柱にも湾曲と傾斜が見られる。これは、累進レンズの初期像時によくある見え方である。ポケて見える箇所およびその程度はレンズ非点収差分布の仕方と一致している。

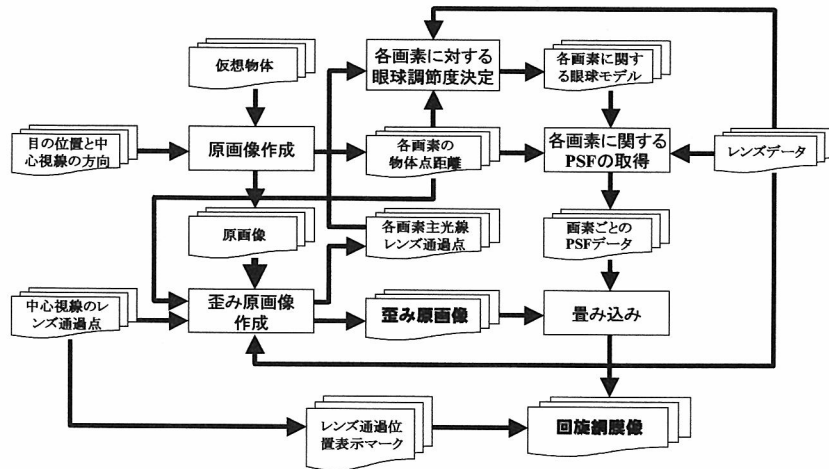


図5 回旋網膜像の作成工程

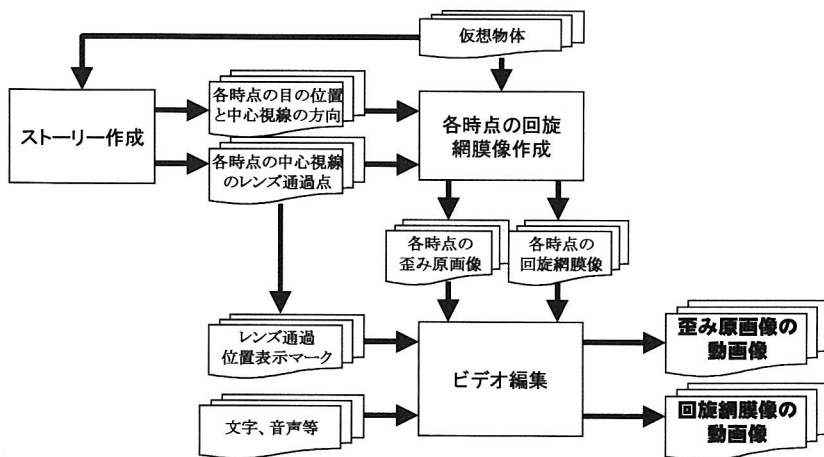


図6 回旋網膜像動画像の作成工程



図7 累進レンズを通して見た室外情景

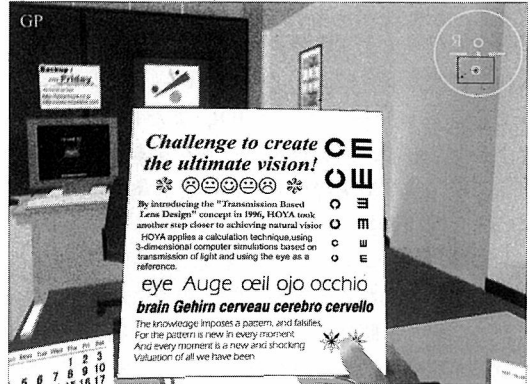


図9 累進レンズ近用視基準点を通して見た室内情景



図8 累進レンズ遠用視基準点を通して見た室内情景

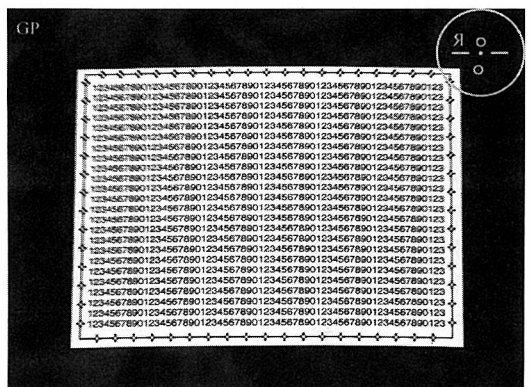


図10 累進レンズ近用視基準点を通して見た読書情景

図8に示したのは、累進レンズの遠用部分を通して見た室内情景の回旋網膜像である。視野は $25^{\circ} \times 19.3^{\circ}$ である。遠方の壁に貼ってある絵およびコンピュータスクリーン上の文字などは鮮明に見えるが、近くにある視標の文字はボケているのが表現されている。

図9に示したのは、累進レンズの近用部分を通して見た室内情景の回旋網膜像である。視野は図8と同様 $25^{\circ} \times 19.3^{\circ}$ である。手前にあるパネルの文字は鮮明に見えるが、遠方の物体はすべてボケているのが観察される。

図10に示したのは、累進レンズの近用部分を通して見た読書情景の回旋網膜像である。視野は図8、9と同様 $25^{\circ} \times 19.3^{\circ}$ である。文字視標は眼前333mmに置き、紙の大きさは297×210mmのA4サイズである。文字の鮮明さと非点収差の分布は一致している。

### V. 考 按

眼鏡，コンタクトレンズ（以下 CL），眼内レンズ

（以下 IOL），ならびに最近盛んに行われている photorefractive keratectomy (PRK) 手術などの屈折矯正手段による光学的性能を評価するための研究は、従来のレンズ単体の評価に代わり、眼球モデルを含めた光学系による網膜像を解析する方法が検討されてきた。網膜像は直接観察が極めて難しいので、その解析が主にコンピュータによるシミュレーション<sup>3,4)</sup>と製作眼球モデルによる実験<sup>5-7)</sup>の二通りの方法で行われた。コンピュータによるシミュレーションは、眼内光学媒質の物性値を用い、光学原理に基づいて行うことで、正確に網膜像を再現できるが、計算時間の膨大さからリアルタイムに行うことが困難である。一方、眼球モデルを模した装置による実験は、CCDカメラと合わせて瞬時に見え方の映像をディスプレイに映すことはできるが、眼球と同じ物性値をもつ光学材料が存在しないので、完璧な眼球モデルを作成するのは不可能である。

累進レンズの場合では、眼球の回旋機構が機能を実

現するために重要な役割を果たす。それによる像は製作眼球モデルによる実験では原理的に得られない。残された選択はコンピュータシミュレーションだが、今までのシミュレーションは IOL または CL に対して行ったもので、回旋角が違ってても基本的に同一の眼球モデル光学系で実現可能である。対象物体も固定距離の平面視標が多い。眼鏡レンズ、とくに累進レンズによる像のシミュレーションを実現するためには、回旋角によって異なる光学系、物体距離に対応する調節によって異なる眼球モデル、三次元対象物体など、多くの課題をクリアしなければならない。そして、眼光学の原理にはあまり関係ないがコンピュータの計算時間の削減も極めて重要である。

この研究では、累進レンズ装用者にとって周囲がどのように見えるかを解明するため、回旋網膜像を定義しコンピュータによる再現方法を開発した。更に、三次元仮想物体を眼の位置と視線方向を変えながら見るときの動画像を作成し、累進レンズを装用した場合の揺れをリアルに表現することができた。

人間の視覚は様々な側面があり、一つの画像ですべてが表現できるほど簡単なものではない。回旋網膜像は、視覚によって知覚される像を物理学の原理に基づいてあらわす一つの試みである。回旋網膜像は単眼の回旋機構のみで得られる画像で、周囲を把握する重要な役割を果たす両眼視作用、頭の回転など多くの要素

への対応はこれからの課題である。累進レンズを一定期間装用すると、歪みを感じなくなる現象がある。これは視覚が累進レンズによって歪まれた空間に順応した結果で、物理学の側面からは対処しにくい。しかし、どうせ慣れるからといって、揺れ歪みの原因、程度を定量的に把握する研究は無意味なこととはいえない。慣れるまでの不快感を極小に抑えることは累進レンズの普及にとって大事である。

## 文 献

- 1) 白柳守康：「眼球結像特性を考慮した光学設計」, 光学 12: 423, 1983
- 2) Navarro R, Santamaria J & Bescos J: Accommodation-dependent model of the human eye with aspherics. J Opt Soc Am A/2: 1273-1281, 1985.
- 3) 祁 華, 根津孝也, 下條 朗, 平山典夫, 池田五郎, 大沼一彦: 眼光学系の像のシミュレーション. 視覚の科学 15: 171-176, 1994.
- 4) 塩川安彦: 白内障の網膜像の計算機シミュレーション. 視覚の科学 19: 51-57, 1998.
- 5) 塩川安彦, 大沼一彦, 三友規久夫, 高橋明和: 模型眼による眼内レンズの MTF 測定. 視覚の科学 15: 29-33, 1994.
- 6) 大沼一彦, 塩川安彦, 木谷 明, 平山典夫, 祁 華, 湊 篤郎, 山田信也: CCD カメラを用いた IOL の像観察装置. 視覚の科学 18: 43-48, 1997.
- 7) 大沼一彦, 塩川安彦, 杉野太郎, 馬嶋慶直, 平山典夫, 湊 篤郎: IOL 像観察装置の周波数特性と臨床との比較. 視覚の科学 19: 58-63, 1998.

## VDT 作業者に対する新たな調節検査法の試み

佐柄英人, 梶田雅義, 鈴木説子, 加藤桂一郎

福島県立医科大学医学部眼科学講座

# A Consideration of a New Ophthalmic Examination in VDT Workers

Hideto Sagara, Masayoshi Kajita, Setsuko Suzuki and Keiichiro Kato

Department of Ophthalmology, Fukushima Medical University, School of Medicine

現行の VDT 検診は、産業衛生に十分フィードバックされているとはいえない。その理由として、VDT 作業がもたらす視機能への影響を的確に検出する検査方法が確立されていないことが挙げられる。今回我々は、遠方視をした状態から近方に視線を移し、ディスプレイ上に表示された意味のない漢字(3文字)を読みとることができる最短時間(仮称:明視時間)を計測する装置を考案し、VDT 作業を主とする事務職員を対象に、自覚症状と明視時間との関係について検討した。作業に適した屈折矯正状態で作業を行っているものでは、明視時間が有意に短く検出された。VDT 検診時の適切な屈折矯正状態を決定する指標の一つとなることが期待された。(視覚の科学 21: 59-63, 2000)

キーワード: VDT作業, テクノストレス, 調節, 屈折, 眼精疲労

The results of examinations are not completely fed back to industrial health in these days. One of the reasons is that there are no unerring examinations for detecting the effects of VDT work. In this paper, we made a new testing system and attempted to use it. The system can measure the minimum time (MTC) for cognizing three kanjis (Chinese characters) on a video display. Subjects were bursars in Fukushima Medical University Hospital. We analyzed the relationship of the MTC and subjective symptoms. Our results showed that the subjects who corrected their refraction suitably for VDT work had relative short MTCs. It was suggested that the MTC would be one of the parameters for VDT checkup.

(Jpn J Vis Sci 21: 59-63, 2000)

Key Words: VDT work, Techno-stress, Accommodation, Refraction, Asthenopia

### I. 緒 言

VDT 作業によってもたらされる全身症状を伴った眼疲労は、テクノストレス眼症と呼ばれている。産業衛生領域では VDT 検診が定期的に施行されている<sup>1)</sup>が、VDT 作業による眼の疲労症状を的確に定量する

方法が存在しないため、VDT 検診の結果が十分にフィードバックされているとはいえない。

今回、遠方視の状態から近方に視線を移し、ディスプレイ上に呈示した漢字3文字を可読する最短時間(明視時間 [仮称])を測定する装置を考案し、試用した。また同時に VDT 作業者の愁訴に関するアン

別刷請求先: 960-1295 福島市光が丘1 福島県立医科大学医学部眼科学講座 佐柄英人  
(2000年9月19日受理)

Reprint requests to: Hideto Sagara, MD Dept of Ophthalmol, Fukushima Medical Univ, School of Med  
1 Hikarigaoka, Fukushima 960-1295, Japan  
(Received and accepted September 19, 2000)



ケート調査も行い、自覚症状をスコア化して、明視時間やその他の眼機能との関連について検討した。

## II. 対照ならびに方法

### 1. 対象

福島県立医科大学医学部附属病院の事務職員で、VDT 作業を1日平均4時間以上行っている46名であった。全対象がアンケート調査に協力したが、眼科的精査を希望したものは13名であった。男性3名と女性30名がアンケート調査のみに協力し（以下 非検診群）、女性13名が眼科検診を希望した（以下 検診群）（表1）。

表1 対象の年齢分布

年齢 (歳)	全対象	非検診率	検診率
20~29	18 (39.1)	13 (28.3)	5 (10.9)
30~39	17 (37.0)	14 (30.4)	3 (6.5)
40~52	11 (23.9)	6 (13.0)	5 (10.9)

視機能に対する VDT 作業の影響を調査するため検診群を更に2群に分けた。すなわち、近業作業時に調節負担が少なく、VDT 作業に好ましい屈折矯正状態（等価球面值  $-0.75 \sim -1.5 D$ ）で作業を行っている群と、それ以外の  $-0.75 D$  未満の軽度近視、遠視または  $-1.5 D$  をこえる近視状態で作業を行っている群である。本稿ではこれらの群をそれぞれ「作業環境適応群」（7例）および「作業環境非適応群」（5例）と呼ぶ。なお、検査群の対象のうち、不同視眼を有する1例は解析から除外した。

### 2. 方法

#### 1) アンケート調査

アンケート調査票には日本眼科医会 VDT 作業研究班（1987~1990年）が作成した VDT 作業者の健康調査表（一部改変、表2）を用いた。眼精疲労に関係する18項目の自覚症状をスコア化し、満点（すべての症状を有するもの）を36点として示した<sup>2)</sup>。

#### 2) 眼科検診

アンケート対象者のうち眼科的な精査を希望した13名に対して、自覚的屈折検査、眼科一般検査を行っ

表2 日本眼科医会 VDT 作業研究班が作成した VDT 作業者の健康調査表

あなたの眼の症状についておたずねします。				
1.	あなたは目がつかれますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
2.	あなたは目がいたいですか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
3.	まぶたがびくびくしますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
4.	ものがぼけてみえますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
5.	ピントがぼけますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
6.	近くのものが見えにくいですか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
7.	ものが二重に見えますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
8.	色がふだんとちがって見えることがありますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
9.	白線が縞やピンクに見えますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
10.	視力がおちたようにおもいますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
11.	目が赤くなりますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
12.	あなたは目やにがでますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
13.	あなたは目がかわきますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
くび・かた・うでの症例についておたずねします。				
14.	くび・かたが痛んだり、こったりしますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
15.	うで・手が痛んだり、しびれたりしますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
16.	腰が痛んだり、こったりしますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
17.	あしが痛んだり、しびれたりしますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ
感覚・神経・全身についておたずねします。				
18.	よくひどい頭痛がしますか。	1) はい	2) ときどきなる	3) いいえ

た後に、調節機能検査を施行した。この検査は VDT 作業を 2~4 時間行った直後に実施した。

調節力の測定には定屈折近点計(ワック社製ダコモ)を用いた。すなわち、両眼開放状態で、偏光フィルターを用いて右眼、左眼の順にそれぞれ各 3 回測定し、その平均値を採用した。

(1) 明視時間の測定

試作装置の概要：測定装置はノート型パソコン(NEC 社製 Lavie NX)を用いた。提示画像は Windows 98 上で Visual Basic 6.0 を用いて、我々が開発したソフトを用いた。以下にその概要を記す。

視標は画数 9~12 画の漢字(病 視 眼 院 常 科 時 間 動 雪 教 族 転 術 欲)のうちから、意味の生じない 3 文字を乱数によって取り出し、ディスプレイの中央部に横 1 列でランダム提示した。文字は読みやすいように、白の画面上に黒文字で表示した。文字フォントはパソコンが内蔵するフォントをすべて選択できるように設計した。また文字の大きさは 9, 10, 10.5, 11, 12, 15, 18, 20, 24, 26, 28, 30, 32 ポイントを設定できるように設計したが、今回の測定では Windows 画面で標準採用されている MS ゴシック体、10.5 ポイントの文字を用いた。視標はブザー音と同時にディスプレイ上に提示を開始し、一定時間(0.2~2.5 sec を 0.05 sec 間隔に可変)後に自動的に提示を終了させた。測定方法は遠方(5 m)の視力表(視力 0.5 のランドルト環)を見ている状態から、測定装置の発するブザー音と同時に視線を眼前 70 cm の距離に設置したディスプレイ上に移し、5 回の視標提示中 3 回以上正しく読みとることができた最短の視標提示時間を求め、この時間を明視時間と定義した(図 1)。測定は右

眼、左眼および両眼の順に行った。

(2) 調節反応量の測定

赤外線オプトメータ(NIDEK 社製 AA2000)を用いて準静的調節特性検査を行い、調節反応量を求めた。視標には同機に内蔵されたスターバースト型視標を用い、Home の設定はオートレフRACTメータ(NIDEK 社製 AR1100)によって得られた他覚的屈

表 3 アンケート結果(総スコア値)

愁 訴	スコア合計
眼の疲れ	76
首・肩の痛み・凝り	67
視力が落ちた	54
乾燥感	48
遠方のぼけ	44
充血	44
腰の痛み、凝り	43
眼の痛み	38
眼瞼痙攣	36
眼脂	34
ピントぼけ	23
頭痛	23
腕、手のしびれ	22
近方のぼけ	17
二重に見える	11
足の痛み、痺れ	8
色が違う	1
ピンクに見える	1

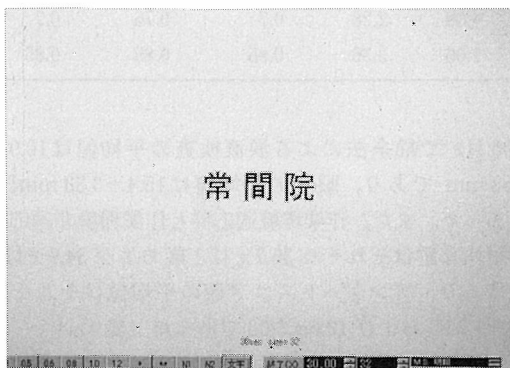


図 1 測定装置の視標提示画面  
パソコン画面上に表示される文字は11画の漢字を使用し、文字の種類は20種類、組み合わせパターンは18種類ある。

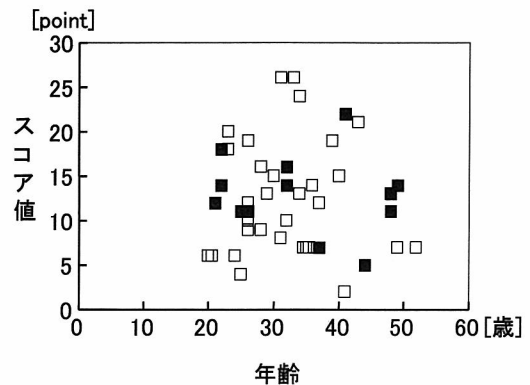


図 2 年齢と愁訴のスコア値の分布  
年齢と総スコア値との相関は認められなかった。  
■：検診群，□：非検診群

表4 眼科検診結果一覧 (その1)

対象	群	年齢(歳)	CFF (Hz)		綿糸法 (mm)		眼圧 (mmHg)		スコア値
			右	左	右	左	右	左	
KO	適応	21	42	40	8	11	16	16	12
MA	適応	21	45	47	12	15	17	15	6
IT	適応	32	43	42	18	8	11	11	14
MI	適応	38	42	39	3	2	13	13	12
HS	適応	45	36	33	10	18	15	13	13
KS	適応	48	42	43	10	7	10	13	11
MN	適応	50	43	44	8	20	15	15	14
AS	非適応	22	39	40	4	13	12	13	18
NH	非適応	25	42	42	7	12	24	22	11
KH	非適応	32	41	40	9	13	17	15	16
KK	非適応	45	42	43	24	18	17	18	5
SO	非適応	48	36	38	4	6	15	16	13

表5 眼科検診結果一覧 (その2)

対象	群	年齢(歳)	近点 (cm)		調節力 (D)		調節反応量 (D)		明視時間 (sec)		
			右	左	右	左	右	左	右眼	左眼	両眼
KO	適応	21	9.2	7.0	9.12	12.04	2.54	3.28	0.5	0.5	0.5
MA	適応	21	8.7	8.3	9.87	10.92	7.73	7.46	0.6	0.6	0.6
IT	適応	32	16.3	1.72	5.62	5.18	7.72	8.07	0.45	0.5	0.45
MI	適応	38	22.5	20.5	3.32	3.63	5.94	5.63	0.5	0.4	0.5
HS	適応	45	28.3	39.7	3.17	2.65	2.05		0.55	0.5	0.5
KS	適応	48	19.0	23.0	3.89	2.70	1.69	1.86	0.5	0.6	0.55
MN	適応	50	34.0	32.0	1.94	1.88	2.62	3.44	0.6	0.65	0.6
AS	非適応	22	8.6	6.2	10.75	14.38	2.71	4.37	0.55	0.55	0.55
NH	非適応	25	19.0	19.4	1.90	1.40	6.69	6.72	0.6	0.6	0.6
KH	非適応	32	20.7	19.0	2.96	3.51	5.66	7.33	0.6	0.6	0.6
KK	非適応	45	26.0	23.5	1.72	3.26	4.09	2.28	0.7	0.75	0.7
SO	非適応	48	24.0	28.0	3.54	3.20	1.06	3.36	0.85	0.85	0.85

折値の等価球面値に +2.0 D を加えた値を用い、視標の移動は毎秒 0.2 D の等屈折速度に設定し、視標移動幅は 8.0 D とした<sup>3)</sup>。測定は右眼、左眼の順にそれぞれ各 1 回行った。

### III. 結 果

アンケート調査のみに協力した非検診群と眼科検診を受けた検診群の自覚症状の平均スコア値は、それぞれ 13.0 および 11.8 であった(表 3, 図 2)。検診群の全例で眼位は正位であった。CFF 値の平均値は 41.2 ±

3.06 Hz で綿糸法による涙液検査の平均値は 10.9 ± 5.53 mm であり、眼圧の平均値は 15.4 ± 3.33 mmHg であった。また、作業環境適応群と作業環境非適応群の平均年齢はそれぞれ 36.7 ± 12.1 歳および 34.9 ± 11.7 歳であり、アンケートスコア値の平均値はそれぞれ 11.5 ± 2.95 および 12.6 ± 5.03 であった(表 4)。

作業環境適応群と作業環境非適応群の平均調節力はそれぞれ 5.41 ± 3.52 D および 4.04 ± 3.76 D で、平均調節反応量はそれぞれ 4.02 ± 2.26 D および 4.43 ± 2.12 D であり、また右眼、左眼、両眼の明視時間の平均値

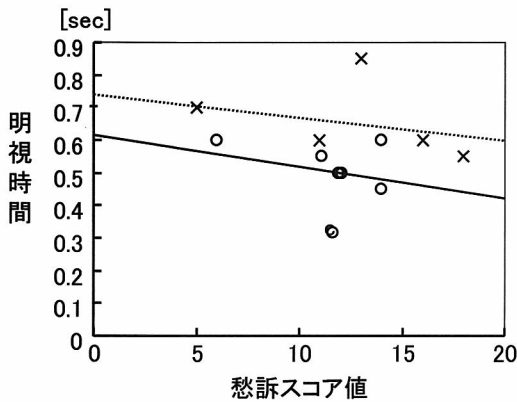


図3 愁訴の総スコア値と両眼での明視時間の関係  
作業環境適応群では非適応群に比べて有意に明視時間は短かった。  
適応群の回帰直線は  $Y = -0.011X + 0.656$ ,  $R^2 = 0.28$   
非適応群の回帰直線は  $Y = -0.009X + 0.776$ ,  $R^2 = 0.15$   
であった。  
—○：適応群，-----×：非適応群

はそれぞれ  $0.53 \pm 0.06$  sec,  $0.66 \pm 0.12$  sec,  $0.54 \pm 0.09$  sec および  $0.67 \pm 0.13$  sec,  $0.53 \pm 0.06$  sec,  $0.66 \pm 0.12$  sec であった (表5)。

#### IV. 考 按

VDT 作業によって生じる疲労の程度は、作業時間や単位時間の仕事量、作業の熟練度および年齢によって異なることは容易に想像される。またその他にも、作業中の屈折矯正状態によっても差を生じることが予測される。しかし、今回のアンケート調査による愁訴で最も多かったのは「眼の疲れ」であり (表3)、スコア値には年齢による差を認めなかった ( $p = 0.87$ ) (図2)。また、眼疲労感と検診の必要性の意識を合わせて調査するために、検診の希望は対象自身の判断にゆだねた。検診群の方が非検診群よりも高いスコア値 (疲労の自覚が強い) を有することを予測したが、検診群と非検診群ではスコア値に有意な差はなかった。定屈折近点計を用いた自覚的な調節力との相関も認めなかった ( $p = 0.42$ )。この理由として、アンケート結果や自覚的調節力には個人の主観の介入が大きいため、対象によって判断基準が異なることが予測される。また、検診、非検診群の分類が必ずしも病状 (愁訴) の

有無によって分かれるものでもなく、個人的事情に起因する要素が大きいとも推定される。

さて、今回初めて試用した明視時間の測定では片眼の値は両眼に比べてばらつきが大きかった。両眼測定の方がより現実的であると考え、作業環境適応群と作業環境非適応群で比べると、作業環境適応群で有意に小さい値であった ( $p = 0.035$ ) (図3)。すなわち、作業環境に適する屈折矯正状態で VDT 作業を行えば、調節にかかる負担が少なく済むことを示唆するものといえる。また、愁訴の総合スコア値が低い例に明視時間が長い傾向が認められ (図3)、明視時間を短縮しようとする焦燥感が VDT による疲労を誘発する可能性も示唆された。

VDT 作業前後で赤外線オプトメータによる調節反応量に差が出るのが報告されているが、今回の調査では愁訴との相関や作業環境適応群と作業環境非適応群間での差は明らかではなかった (表5)。赤外線オプトメータは装置も大きく、測定時間も長時間を必要とすることから、症状のスクリーニングとして繁用することは容易ではないと考えられる。一方、今回試作した明視時間測定装置はノートパソコン上で作動し、測定時間も短く、測定手技も容易であった。明視時間は VDT 作業環境に適すると考えられる屈折矯正状態では小さい値をとることが明らかになり、個人の作業環境に適した屈折矯正状態を容易に、かつ簡便に検出できる指標の一つとなる可能性も示唆された。

また、明視時間を指標として作業眼鏡度数を調整することにより、VDT 作業時の眼疲労の軽減や作業の効率化を促すことも可能と考える。今回の測定例のフォローを行うとともに、更に症例を加えて本法の実用化を企図したい。

本稿の要旨は第53回日本臨床眼科学会において報告した。

#### 文 献

- 1) 青木 繁：VDT 検診. 眼科 41: 753-761, 1999.
- 2) 石川 哲, 佐野 充他：日本眼科医会 VDT 研究班業績集 1986-1989. 日本の眼科別冊集 1-263, 1989.
- 3) 梶田雅義：VDT 作業者の調節・瞳孔反応. 日本の眼科 64: 235-237, 1993.
- 4) 加藤桂一郎：VDT 作業者の調節・瞳孔反応. Pharma Medica 12: 39-43, 1994.

## 小児の屈折・調節余談

—その2—

大阪市（湖崎眼科）湖 崎 克

### II. 小児の屈折異常の現状と経年変化

#### 2. 近視の現状と経年変化

1) 小児の近視の実態の問題点、学校保健統計の真偽  
本項その1にも述べたが、小児の、ことに学童の近視には、多くの誤解があることが問題である。まず、学童の屈折異常をほとんど近視ばかりであるとする統計や一般常識があり、それは筆者が常に問題として指摘するところで、その1の図3、文献11)でも明らかである。湖崎ら<sup>1)</sup>は、大阪市立の幼稚園、小・中・高校が、どのように屈折異常を把握しているか、1976年度分の調査を行った。そのなかで、同年度の文部省統計を紹介している。それによると、裸眼視力1.0未満の屈折異常のうちで、近視の占める割合が小学校で89.18%、中学校で94.34%、高校で93.81%となっている。この統計を信じれば、“近視ばかり”とする誤解は止むを得ないことになる。これらは板付きレンズによる自覚的屈折検査での問題点と限界であり、筆者が早くから学校健康診断に他覚的屈折検査の導入を提唱しているのはそのためである。

なお、現状の学校健康診断では、板付きレンズはすでに使われておらず、専ら、裸眼視力低下児童・生徒に対する眼科への受診勧告が主体となっている。その勧告内容と眼科からの回答率を、湖崎<sup>2)</sup>が調査報告しているが、回答率はおよそ50%で、現在もそれほど向上していないと考えられる。したがって学校で把握している園児・児童・生徒の屈折異常は、眼科医に受診した50%の範囲と理解すればよい。そこで先の報告<sup>2)</sup>をみると、表1は幼稚園の成績で、近視が42.28%、遠視が30.23%、乱視が27.48%であり、幼稚園では、遠視が比較的多く把握されているとみられる。しかし、小学校では表2のごとくで、近視が72.80%となり、前報で述べた屈折集団検診の成績よりは近視が非常に高率である。この傾向は表3の中学校、表4の高等学校ともに、近視が更に多く、ほぼ90%に近い成績となっている。結局問題点は、回答率が低いこ

と、眼科医に受診した場合、それぞれの眼科医によって診断と眼鏡装用の基準が異なるため、眼科医への受診勧告方式の限度を示したのといつてよい。そこで再び、筆者の主張する屈折集団検診によるしか解決はないと考えられる。なお、現在はオートレフラクトメータが普及しているため、筆者はその応用<sup>3)</sup>を勧めている。

#### 2) 偽近視の問題点

筆者が1965年に大阪市立小児保健センター眼科に赴任して、当初に最も力を入れたのが“小児の斜視と弱視”であり、その時期にはまだ小児眼科クリニックが

表1 幼稚園の屈折異常種別

回答数	55園	
在籍数	9,735人*	
屈折異常数	{ 判明 473人 } (10.01%) { 不明 501人 }	
屈折異常・区分	人数	%
近 視	200	42.28
遠 視	143	30.23
乱 視	130	27.48
計	473	100.00

\*弱視 56人

表2 小学校の屈折異常種別

回答数	243校	
在籍数	187,271人*	
屈折異常数	{ 判明 20,589.5人 } (20.1%) { 不明 16,958.5人 }	
屈折異常, 区分	人数	%
近 視	14,989.5	72.80
遠 視	2,149.5	10.44
乱 視	3,460.5	16.80
計	20,589.5	100.00

\*弱視 135人 その他 24人  
0.5人は片眼のみである

表3 中学校の屈折異常種別

回答数	81校	
在籍数	90,464人*	
屈折異常数	{判明 14,927.5人} (32.6%) {不明 14,599人}	
屈折異常・区分	人数	%
近視	13,415.5	89.87
遠視	356	2.38
乱視	1,156	7.74
計	14,927.5	100.00

\*弱視 126.5人

表4 高等学校の屈折異常種別

回答数	24校	
在籍数	19,491人*	
屈折異常数	{判明 5,242人} (49.8%) {不明 4,466人}	
屈折異常・区分	人数	%
近視	4,670	89.09
遠視	31	0.59
乱視	541	10.32
計	5,242	100.00

\*弱視 28人

少ないこともあって、多くの斜視、弱視患児が訪れてきた。当然、小児の屈折異常も遠視が主体である。

そこで問題なのは、どのように斜視、弱視患児が集まろうとも、そのみではクリニックの維持には不足であることである。更に大阪市立の施設としても、学校保健対策としても対応を迫られるのが、学童期の近視であり、その対策である。近視患児が増えれば、当然クリニックは患者数では盛大になり、他科へ対しても眼科が胸を張れることになる。

当時の学童近視対策で最もホットな話題は周知のごとく“偽近視”治療の問題である。しかも、それには当時から賛否の議論も多く、更に街には「視力回復訓練」なるものが横行していた時代である。それには筆者が所属する施設の建前としても、近視問題は小児保健、小児眼科の立場からも、避けて通ることができないことになる。

当時の、偽近視治療の提唱者ともいうべき山地<sup>4)</sup>の総説によると、偽近視の定義は「毛様体筋の緊張が亢進し、かつ未だ固定しない状態を偽近視と呼び、年齢の若い者が、近業を続けて行うときに、起こし易い」

としている。これならば、この時期に治療を行うことが、正に近視の発生予防に効果的ということになる。そして、治療にはミドリン-Pを使用し、基礎と臨床実験の結果から、偽近視治療の適応を次の順で選択するごとくとしている。「ミドリン-Pを点眼して、①裸眼視力のよくなるもの、②矯正視力のよくなるもの、すなわち同じ Dioptrie (以下 D) で矯正して視力のよくなるもの、③裸眼視力や矯正視力が変わらなくても、矯正レンズ値の小さくなるもの、④検影値の小さくなるものを偽近視と考えられる」としている。この症状のうちの一つでもあれば偽近視とするということになれば、治療の適応は非常に広いことになる。そして、“偽近視の疑い”という概念をも加えれば、ひとまずは学童近視のほとんどすべてが治療対象とならないでもない。

筆者が小児眼科クリニックを創設したときに受診した学童近視は、すでに眼科医によってミドリン点眼を長期に受けている症例が多く、保護者としては、そのまま点眼を受けていてよいのか、果たして近視は直るのか、眼鏡はかけなくてよいのか等の疑問をもって訪れてきた。そこで、小児専門外来としての立場は、そのまま点眼を続けてよいとは一概に言えないことになる。

そこで、筆者なりの偽近視の診断というよりは、そのまま点眼を続けるかどうかの判定(換言すれば、点眼薬に反応するかどうかの評価)を、ミドリン点眼後の検影値の変化による(山地基準の④)ことにした。すなわち、0.75 D以上の近視の減少があり、ほぼ正視付近にならなければ、偽近視としないということにした。この方法を治療の適応判定の基準とすれば、なんでもミドリン点眼という状況に対するアンチテーゼでもあり、スクリーニングにもなる。そして実際には、そこまでの近視の屈折度が減少する症例は非常に少ないことに気が付いた。そして、この考えは現在も続いている。また弓削<sup>5)</sup>は、偽近視関係の医薬品再評価問題が色々騒がしかった時期に、偽近視の診断基準として、次の二つの条件によるとしている。すなわち(a)視力が1.0に充たず、凹レンズによってのみ改善される。(b)検影成績では正視または遠視である。なお、検影成績は投光光線と視線のずれによる屈折値の差を補正すべきとしている。また、治療には調節麻痺薬以外に1%ピロカルピンが用いられているのも注目したいところである。

### 3) 近視の経年変化

学年ごとの近視の分布から、屈折状態の加齢による

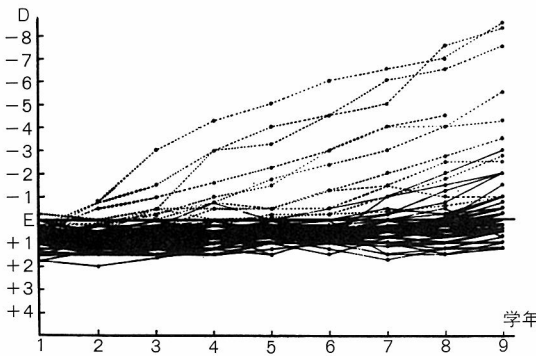
表5 近視の検査と診断の説明 (湖崎)

変化を推測する方法は従来から行われているが、それよりは、個人の近視の、年齢による変化を追跡する方法が近視の進行についての議論には確実であることは言うまでもない。その調査成績の、我が国の唯一のものといえるのが稲富<sup>6,7)</sup>の報告である。これは小学校1年より同一人を中学校3年まで追跡しており、検査方法はミドリン-P 点眼30分後の検影法である。図1は男子61名左眼の9年間の追跡成績である。なお、興味ある点是非近視群よりも、近視群の方が(-)側への変化速度が早くなる傾向があること、ミドリン-P 点眼による戻りが、近視群よりも非近視群の方が大きいという報告である。

なお、筆者は現在は多くの児童・生徒の近視をフォローしているが、1年に約 0.5~0.6 D 以上の進行を、大きい進行と理解している。

4) 近視の検査と診断についての説明

近視の屈折のメカニズムや生活指導に関する解説文は、非常に多くみることができ、すでに患者の保護者は、真偽入り交じっての過剰な情報?を山ほど聞かされていた上で、我々のクリニックに受診しているはずである。そこで筆者は偽近視問題も含め、もう少し違った説明をすることにしている。そのうちの検査と診断に関する説明文のモデルは湖崎<sup>8)</sup>が紹介しており、表5のごとくである。すなわち、近視の初診がくれば、まずこの文を渡しミドリン-P 点眼 (A 法)を行う。そして、前後の検影(レチノスコピー)値の差をみて説明をすることになる。筆者が偽近視ではないかという実感をするほどの、前後に 0.75 D 以上の差のある症例は非常に少ない。更に保護者に、この点眼の効果は必ず何 D が何 D になったと説明すること



学童 61名 (♂, 左眼)の小1年より中3年に至るまでの屈折の変化 (Mydrin P 点眼1回後)

図1 学童61名 (男子, 左眼) の9年間の屈折の変化 (稲富)

㉑ 検査方法

かつて近視は“偽近視”から始まって、本物の近視になっていくと考えられていました。その当時は、子どもさんの近視をみるとまず偽近視の治療の目薬(調節麻痺剤)をずっと点眼してもらおうという方法がとられてきたのです。

しかし、このような治療が広く行われていたにもかかわらず、現実にはわが国の近視は一向に減っていません。そのことは、偽近視というものが、そんなに多くは存在していないからなのです。

現在は、偽近視治療という考えはなくなり、近くのを長く見すぎたために、一部の子どもに“調節の過緊張”が起こると考えられ、この場合に治療として調節麻痺剤を点眼する方法がとられています。そして、近視の検査はまず、この調節過緊張であるかどうかを確かめなければなりません。そこで、当院の子どもさんの近視(近視性乱視を含む)には、次の方法で検査を行います。A 法か B 法のいずれかです。

■ A 法 初診時の検査で、調節麻痺剤の点眼前と点眼後の2回、視力、屈折検査を行い、前後の変化を調べます。

■ B 法 初診時に、視力、屈折検査を行い、次は家庭でしばらく調節麻痺剤を点眼してもらい、2回目の診察日は病院への到着時の30分前から2~3回目薬を点眼して、それが十分効いたのを確かめ、再び視力、屈折検査を行い、初診日の検査成績との変化を調べます。

㉒ 検査結果から

調節麻痺前後の2回の検査結果から、調節過緊張が疑われたならば、しばらく麻痺剤の点眼治療を続けてもらいます。しかし、調節過緊張がなく、学習に不自由な程度の“本物の近視”ならば、眼鏡の使用をおすすめします。なお、近視の程度によって、遠くを見るときだけ眼鏡を使い、近くを見るときには眼鏡をはずしてもらってもあります。

㉓ 近視の程度とは

近視の程度をあらわす方法は、“D (ジオプリー)”という屈折度の単位で示します。従来、眼鏡をしない裸眼視力が近視をあらわしているかのように、視力0.5の近視が視力0.2の近視に強くなったと表現したりしていますが、これはまったくの間違いです。裸眼視力は眼を細くしたり、視力表に慣れるなどするとよく答えたりするので、信頼できません。そこで、私達は1.0 Dの近視が2.0 Dに強くなったという風に表現します。要するに何 Dの近視が何 Dの近視になったかが問題なのです。これは近視の進行だけでなく、先に述べた調節過緊張の検査でも同様です。これからも近視の説明はこの何 D かの数値で致します。そしてご希望ならば、視力手帳にこの数値を書いてお渡し致します。

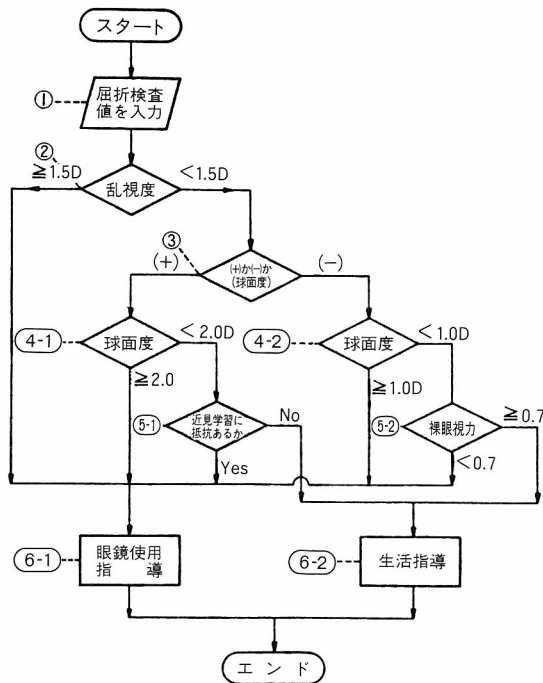


図2 児童生徒の眼鏡要否決定のためのフローチャート

にしている。また近視の程度、進行の程度などの説明も、必ず、屈折度で言うことにしている。まず近視の屈折度は、凸レンズの焦点の話からすすめ、1Dの近視は1m以上の距離から遠いところが見えにくいと説明し、1D以上の近視には、少なくとも遠見には眼鏡が必要であると指導することになる。湖崎<sup>9)</sup>は、児童・生徒の眼鏡要否の基準は図2のフローチャートのごとくにしてている。近視以外の屈折異常では、乱視が1.5D以上、遠視が2.0D以上を要眼鏡としている。

#### 5) 屈折の評価について

近視について、偽近視の判定（正確には点眼効果の評価）、近視の程度、進行の程度と眼鏡要否とその使い方については、先述したように、保護者への説明に筆者はすべて屈折度(D)を用いることにしている。

例えばこの1年間で近視が1D進行しましたとか、まだ-2.5Dの軽度近視ですという具合である。また筆者は1967年に視力手帳（参天製薬提供）を考案したが、それは毎回（6回分あり）のデータに、検影値を記入する欄を作っている。このように保護者に近視の屈折度を理解してもらうことが、筆者の近視に対応する姿勢のはじまりとあってよい。そして近視のあらゆる説明からは、裸眼視力をできるだけ排除するようにしている。この裸眼視力が上がった、下がったという情報は、保護者の近視への理解を誤らせてしまう可能性がある。裸眼視力の情報にこだわれば、偽近視の治療の評価も危ういことになるし、なによりも、我々を悩ませている「視力回復訓練」と同列になり、これらを助長していることになる。裸眼視力でなく屈折度を常に説明に用いることを、筆者のみでなく、すべての眼科医がこのように説明するルールをとっていれば、すべての保護者が屈折度についての知識をもつことになり、近視の正確な情報が広まり、ひいては「視力回復訓練」も消滅するはずである。同じ意味で、屈折矯正手術の治療の評価も、裸眼視力がいくらになったという向きもあるが、いかがなものであろうか。

#### 文 献

- 1) 湖崎 克, 小山賢二他: 1976年度大阪市立校園屈折異常調査と今後の問題点. 眼紀 29: 487-491, 1978.
- 2) 湖崎 克: 大阪市立学校における家庭との連絡システムの調査成績. 日本の眼科 49: 971-980, 1978.
- 3) 湖崎 克, 田中尚子他: 自動屈折検査器による学童屈折集団検診の試み. 日眼会誌 86: 955-964, 1982.
- 4) 山地良一: 偽近視の治療. 眼科 6: 112-126, 1964.
- 5) 弓削経一: 偽近視の診断基準. 日本の眼科 49: 49-53, 1978.
- 6) 稲富昭太: 学童の屈折状態の5年間の追跡調査成績. 眼科 12: 279-284, 1970.
- 7) 稲富昭太: 小児と屈折異常-屈折状態の成長による変化-. 眼科 28: 509-516, 1986.
- 8) 湖崎 克, 田中尚子: 小児眼科診療の実際, 小児眼疾患の指導と説明の方法. 学童の近視, 132-136, 南江堂, 東京, 1997.
- 9) 湖崎 克: 学校教育と視力. あたらしい眼科 10: 1299-1303, 1993.



## イリスコーダ C 7364

水沢市（鈴木眼科吉小路） 鈴木武敏

### I. はじめに

イリスコーダは神経眼科領域の特殊な検査という認識をもたれている。当然のことながら、屈折矯正領域の検査としてはほとんど利用されていない。

今回、昨年発売された連続記録できるイリスコーダと定屈折近点計を連結して瞳孔反応を記録する方法を行い、屈折矯正領域で、不適正眼鏡の瞳孔へ与える影響などを解析するために有用であることが明らかとなったので、記録方法と得られた知見を紹介する。

### II. 装置の概要

イリスコーダ C 7364 (浜松ホトニクス) はこれまでの対光反応測定に加えて、最長60分間の連続測定が可

能になった。また、ゴーグル前部の光刺激ユニットを取り外すことが可能になり、外部視標などの外部刺激による反応を記録することができるようになった。そのため、近点計との連結により、調節にかかわる瞳孔の反応をリアルタイムで記録することができるようになった。

そこで、調節反応による瞳孔反応を記録するために、定屈折近点計 D'ACOMO (ワック) を連結して記録することとした。D'ACOMO の大きな特徴は、他の近点計のように視標が等速度で移動するのではなく、定屈折で移動し近づくにしたがい低速度となる点である。そのため、近点計としては、他社の近点計と比較してより正確な結果が得られることが確認できている。製品版ではいくつかの問題点があったため、両装置に一部改良を加えた。

図1に装置の概要を示す。

### III. 記録方法

イリスコーダのゴーグルを装着して、D'ACOMOに被験者の頭部を固定し、視標の移動による瞳孔の反応を記録した。視標の移動は、いくつかの試行から、0.2 D/秒で、50 cm から被験者の近点まで5往復させた。5往復させることの意義は、繰り返しの調節反応の変化を定性的に判断しやすく、被験者にも異常を認識させやすくなることである。

### IV. 結果

20歳代前半の調節力が十分に存在する年齢でも、各人の屈折度に  $-1.0$  D のレンズを実験的に負荷することにより、瞳孔反応は視標の追隨が不良になり、縮瞳率に変動がみられ、調節微動が増大していた (図2)。

眼精疲労と肩凝りを強く訴える症例では、縮瞳率が著しく減少し、ほとんど反応しない症例もみられ、適性眼鏡の装用により、瞳孔の反応が改善することが確認された (図3)。また、不適正眼鏡の装用が瞬目回数を著しく減少させている症例もみられた。いくつかの

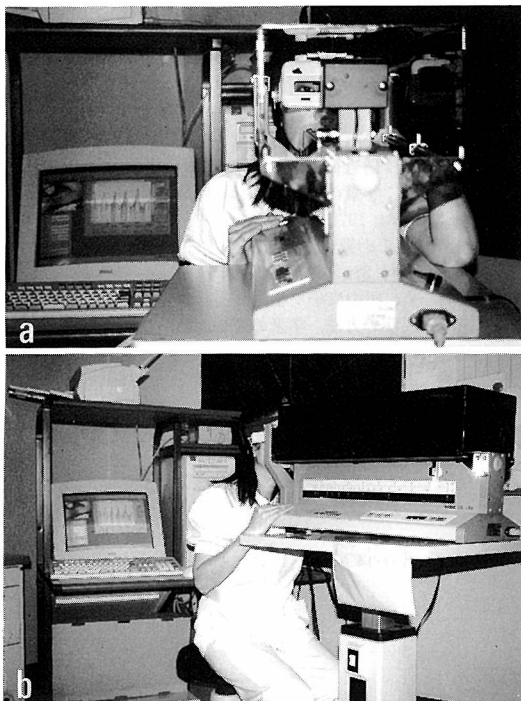


図1 装置の概要

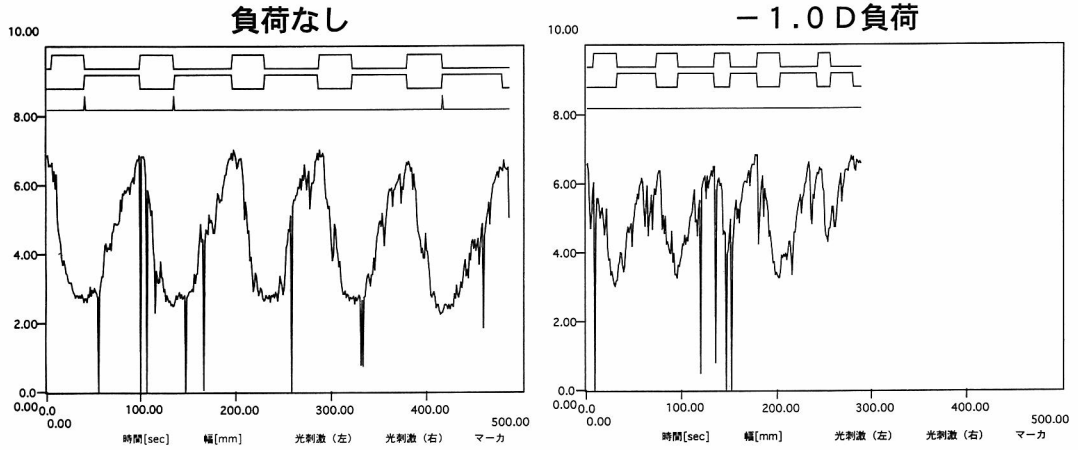


図2 実験的負荷による瞳孔反応の変化

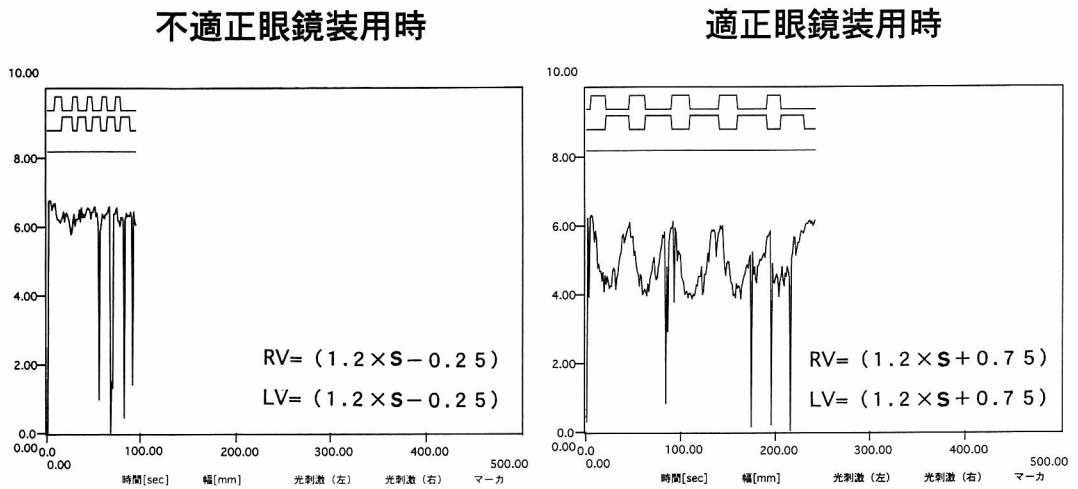


図3 不適正眼鏡の瞳孔への影響

不適正眼鏡装用症例の比較から、瞳孔の反応を縮瞳増強型、縮瞳減弱型、麻痺型、緊張型などのいくつかのパターンに分類できそうである。

### V. 考 按

筆者自身、つい最近まで、屈折異常は身長の高い低いと同じ、状態の相違という誤解をしていた。ところが、イリスコーダを使用して検討した結果、屈折異常の放置や不適正矯正の眼鏡装用は、高頻度で自律神経障害を引き起こしている可能性が明らかになってきた。屈折異常や老視の放置は、おそらくかなりの例で自律神経レベルでは病的異常を引き起こしているであろう。日本人に多い肩凝りの多くは、不適正矯正に

よる自律神経障害の可能性が高い。事実、重症の肩凝り、頭痛が眼鏡の再矯正で劇的に消失している症例を多数経験している。

また、自律神経障害やテクノストレス症候群、心身症として片付けられている症例のなかにも、不適正矯正が原因になっている症例が多数含まれている可能性もある。

屈折矯正領域におけるイリスコーダの導入は、静的なものであった屈折矯正に動的部分を加味することができ、更に視力の質を高める眼鏡処方を可能にしてくれるであろう。

更に、輻湊の同時記録ができるようにイリスコーダが改良されれば、屈折矯正、調節、輻湊、眼位異常な

どの研究が発展することが期待できる。

屈折矯正手術への関心が高まり、眼科医にとって正しい屈折矯正技術の習得への責任は重くなるはずである。しかしながら、残念なことに、日本では屈折矯正、眼鏡処方学に関心をもっている眼科医は少なく、

眼科医の屈折矯正、眼鏡処方技術の低下が問題になってきている。この装置が屈折矯正の難しさと、その奥に潜む面白さを多くの眼科医に再認識させてくれるのではないか。