ISSN 0916-8273
略　　称
視覚の科学
Jpn. J. Vis. Sci

Vol.30. No.1 2009

視覚の科学

JAPANESE JOURNAL OF VISUAL SCIENCE

日本眼光学学会誌

視覚の科学　第30巻1号

目　　次

＜巻頭言＞
素晴らしい視生活のために ……畑田豊彦（東京眼鏡専門学校）…… 1

＜日本眼光学学会　名誉会員・役員一覧＞ …… 2

＜総　説＞
両眼視システムと Vergence Adaptation ……長谷部　聡（岡山大学）…… 3

＜原　著＞
瞳孔径が調節微動高周波成分出現頻度に及ぼす影響 ……中山奈々美（北里大学）…… 9
広角測定を可能とした Ultrasound Biomicroscopy による毛様溝間距離の検討
……横山　翔（社会保険中京病院）…… 12

＜最近のトピックス＞
Zernike 多項式のベクトル解析……大家義則（大阪大学，東北大学）…… 18

＜学会印象記＞
SPIE Photonics West － BiOS（Biomedical Optics）2009 ……小林克彦（㈱トプコン）…… 21
光・量子デバイス研究会
「フォトニック・バイオメディシン最前線：ここまできたレーザー医学・生物学（Ⅳ）」
……古野間邦彦（㈱ニデック）…… 23

＜編集部からのお願い＞
＜会　報＞ …… (1)～(5)

複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は，（社）日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は，図書館も著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。
著作物の転載・翻訳のような複写以外の許諾は，直接本会へご連絡下さい。

学術著作権協会
〒107-0052　東京都港区赤坂 9-6-41　乃木坂ビル
Phone: 03-3475-5618　Fax: 03-3475-5619
E-mail: info@jaacc.jp

ただし，アメリカ合衆国における複写については，下記へ。

Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA
Phone:（978）750-8400　Fax:（978）750-4744

Notice about Photocopying

In order to photocopy any work from this publication, you or your organization must obtain permission from the following organization which has been delegated for copyright for clearance by the copyright owner of this publication.

Japan Academic Association for Copyright Clearance（JAACC）
6-41 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo, 107-0052, Japan
Phone: 81-3-3475-5618　Fax: 81-3-3475-5619
E-mail: info@jaacc.jp

2009年5月

巻　頭　言

素晴らしい視生活のために

畑田　豊彦
（東京眼鏡専門学校）

日常生活で視覚情報の利用度は感覚情報全体の８割近くを占めるとよくいわれている。ところで，この利用情報量の比率は各感覚系の情報分解能，例えば視覚では可視光域での色・明暗分解能，空間情報にかかわる視力・視差などの弁別特性や視野特性，聴覚の可聴域での周波数弁別閾や音源方向分解能，触覚の空間分解能などを単純積算して比例算出されたようである。しかし，ほとんどの専門書にその詳細が記述されていないにもかかわらず，８割という数字だけが一人歩きして視覚情報の重要性を示す例として用いられている。体感としては視覚情報の利用優位性は確かであるが，情報の質によっては視覚よりも他の感覚の方が高い利用度を示す場合もある。標準性能などが数値で表現されると，その数値の決定条件が限定されているにもかかわらずそのまま利用され，本質的特性が見逃される場合がある。

眼球の結像特性に関しても，その形状や収差を高精度に計測できる装置が開発され，高機能レンズや形状加工技術とあいまって静的には非常に高度なレベルまで補正が可能になりつつある。しかし，物の見え方を評価する手法は，ランドルト環の高コントラスト視力表を用いた主観的識別閾の測定が中心のままである。視標の表示コントラストや平均輝度レベル，観察距離などの検査条件を変えて実際の視環境に近い状態でも調べられてはいるが，単一数値で表現できる標準視力検査値が補正状態の良否を評価するのに用いられているのが現状である。

視力検査は視覚像に含まれる細かな情報成分を分離する能力を示し，像の鮮鋭さや見やすさともある程度の相関はみられるが，実生活での微妙な見え方を表現するには十分とはいえない。ただ，この視力検査は，眼球の結像特性を標準状態で評価するだけでなく，網膜以降の情報伝達特性も簡便に検査できる利点もあるため，その人の見え方を数値で表現できる利便性は変わるわけではないが，生活環境での見え方を，特定の条件での見え方だけで代用していることには違いない。また，見え方の限界値だけでは微妙な見え方を表現するのに限界があることは事実である。

一人ひとりの見え方をきめ細やかに評価判定する尺度は現状では確定していないし，他の視機能との総合的なチェックを行うのも主観的な測定法では時間面でも非常に難しい状況にある。その解決策は，微妙な見え方が他覚的に評価できる手法を見い出すことであるが，末梢部の形態・機能計測とは異なり，中枢知覚レベルの他覚的機能計測法ではまだまだ微妙な見え方を定量的に評価できるレベルまでには至っていない。現状での解決法としては，実生活での視覚情報の提示状態を整理し，その代表的な状態が再現できる条件下で見え方の状態を示す視機能特性が簡便に調べられるチャートを作成することが必要である。

このような提案はかなり以前から問題にされてはいるが，標準検査チャートまたは補充検査法としても認められていない。あえて再びお願いしたいのは，本学会が中心となり，視機能評価ワーキンググループを設置して，より素晴らしい視生活状態を評価する手法（チャートや判定法など）の検討が進められることを期待している。

日本眼光学学会　名誉会員・役員一覧

（任期：2009年１月１日～2010年12月31日）

名　誉　会　員

池田　光男　石川　哲　岩田　和雄　江森　康文　大島　祐之　太田　安雄
大頭　仁　大庭　紀雄　小澤　哲麿　小澤　秀雄　小野木文雄　尾羽澤　大
加藤桂一郎　金井　淳　北澤　克明　湖崎　克　西信　元嗣　佐々木一之
澤田　惇　太根　節直　所　敬　中尾　主一　中島　章　中谷　一
永田　誠　新美　勝彦　原田　清　保坂　明郎　馬嶋　慶直　増田寛次郎
本村　幸子　松井　瑞夫　眞鍋　禮三　山本　節　和氣　典二

理　事　長

不二門　尚

理　　事

医学系

市川　一夫　大鹿　哲郎　大野　京子　梶田　雅義　佐藤　美保　根岸　一乃
前田　直之　村上　晶　吉田　晃敏　吉村　長久

理工系・その他

魚里　博　大沼　一彦　奥山　文雄　河原　哲夫　古野間邦彦　小林　克彦
斎田　真也　三橋　俊文

視機能

川守田拓志　松本富美子

監　　事

可児　一孝　畑田　豊彦

常任理事・役割分担

不二門　尚	理事長	大沼　一彦	副理事長
魚里　博	広報	大鹿　哲郎	編集・企画
奥山　文雄	ホームページ	小林　克彦	会計
佐藤　美保	編集	根岸　一乃	企画
松本富美子	会計	三橋　俊文	編集委員長

総　説

両眼視システムと Vergence Adaptation

長谷部　聡
岡山大学大学院医歯薬学総合研究科・眼科学

Binocular Vision System and Vergence Adaptation

Satoshi Hasebe
Department of Ophthalmology, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences

Vergence adaptation は臨床的には prism adaptation として知られているが，加齢，成長，疾病，疲労などに伴う外眼筋の張力変化に対して両眼単一視を保つためのホメオスタシスの一種と考えられてきた。しかし健常者を対象とした実験によれば，垂直，回旋方向の vergence adaptation は，むき運動やよせ運動に応じて，あるいはそれらの組み合わせに応じて，極性や程度の異なる順応を示すことが明らかになった。この柔軟かつ巧妙な神経学的な順応機能のおかげで，両眼視システムは，あらゆる注視方向や視距離においてその機能を最大限に発揮することができる。
（視覚の科学　30: 3 － 8，2009）
キーワード：よせ運動，適応，両眼視，立体視

Vergence adaptation, clinically known as prism adaptation, has been considered a homeostatic function of eye movement that compensates for extraocular muscle force change due to aging, development, disease, or fatigue. However, recent experiments using healthy subjects showed that vergence adaptation can induce a different response in relation to version, vergence, or any combination of the two. Thanks to this flexible and sophisticated mechanism of neurological adaptation, the binocular system achieves fine stereoscopic vision at any given gaze position and viewing distance.
(Jpn J Vis Sci 30: 3-8, 2009)
Key Words : Vergence, Adaptation, Binocular vision, Stereopsis

1. は　じ　め　に

生物学者 Andrew Parker によれば，カンブリア紀に出現した原始的な眼（光スイッチ）が誕生して以来，生物は爆発的な進化を遂げたという。そして更に 5 億 4,300 万年の進化の時を経て現在，我々は「完璧にして複雑きわまりない器官」である眼をもつに至った[1]。そして眼のもつ巧妙な仕組みの一つに，両眼視システムがある。通常，二つの眼は水平方向に数 cm 離れているため，外界の三次元構造を反映して，網膜像はわずかにずれたものになる（図 1）。両眼視システムの役割は，網膜に投影された 2 組の二次元画像情報をもとに，画像情報の差分を検出することにより，脳内に奥行き情報を含む外界イメージを作り出すことである。この三次元イメージを得ることによって初めて，我々は外界に対して高度な作業能力を発揮できるのである。

しかし両眼視システムを最大限に作用させるためには，注視方向や視距離によらず，両眼の視軸方向と網膜の経線方向を常に一定に保ち続ける必要がある。でなければ画像情報の差分である視差（binocular disparity）を正しく検出することができなくなり，これに伴って脳内に構築される外界のイメージも不正確なものになるからである。近年の眼球運動の研究によると，神経学的な順応機能の一つである vergence adaptation（phoria adaptation）が，柔軟かつ巧妙にそ

別刷請求先：700-8558　岡山市鹿田町 2-5-1　岡山大学大学院医歯薬学総合研究科・眼科学　長谷部　聡
（2009 年 3 月 10 日受理）
Reprint requests to: Satoshi Hasebe　Dept of Ophthalmol, Okayama Univ Graduate School of Med, Dentistry & Pharmaceutical Sciences
2-5-1 Shikata-cho, Okayama 700-8558, Japan
(Received and accepted March 10, 2009)

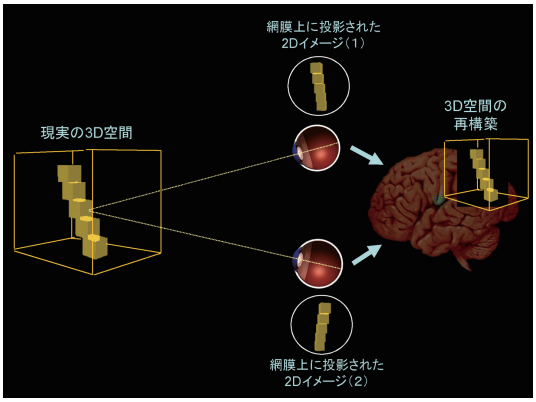

図１　両眼視システムの模式図

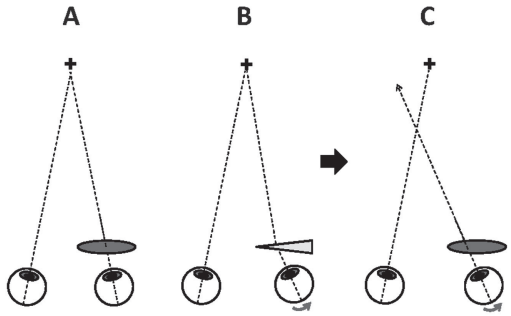

図２　Prism adaptation の模式図
A：正位であれば片眼を遮蔽しても，遮蔽眼は視標を向いたままである（融像除去眼位）。B：プリズムを置き，遮蔽を取り除くと，単一視を保つため融像性輻湊運動が起こる。一定時間経過後，C：再び片眼を遮蔽すると，プリズムに順応するような融像除去眼位の変化がみられる。

の役割を果たしていると考えられている。本稿では，両眼視システムがその機能を発揮させる上で欠かせない vergence adaptation の役割について，その概略を述べたい。

2. Prism adaptation とは？

健常者に一定のプリズム（たとえば，20 プリズムジオプトリ（以下 PD）の基底外方プリズム）を装用させると，融像性輻湊運動が生じて 1〜2 秒のうちに両眼単一視が回復する。しかしこのような刺激が長期間続くと，プリズム作用に順応するように融像除去眼位（fusion-free eye position, tonic vergence, phoria）が変化する（図２）[2]。興味深いことに，斜位（heterophoria）を示す患者に対してプリズム眼鏡で眼位ずれを補正しても，短時間で無効になる場合が多い。たとえば，6PD の外斜位を矯正するために 6PD 基底内方のプリズムを処方する。眼鏡装用直後は眼位ずれが矯正されるが，数時間のうちに外斜偏位が増大し，プリズムを装用しても装用前と同程度の外斜位（6PD）が観察されることになる（この患者は結局 12PD の外斜位となったことになる）。

臨床的にはこのような現象は prism adaptation と呼ばれるが，プリズムに限らず融像性視差（fusional disparity）が加えられた（生じた）場合に作用することから，一般的には vergence adaptation（phoria adaptation）と呼ばれている。Vergence adaptation はおそらく，加齢，成長，疾病，疲労などに伴う外眼筋の張力変化に対して両眼単一視を保つためのホメオスタシスの一種と考えられてきた。たとえば，新しく処方した眼鏡のもつプリズム効果が，装用後短時間で代償されるのも，こうした vergence adaptation の働きによるものと考えられる。

3. Vergence adaptation を説明する制御工学モデル[3]

プリズムを用いて融像性輻湊運動を起こすと，固視ずれ（fixation disparity）と呼ばれる小さな（0.2° 以内の）眼位ずれが発生することが知られている。固視ずれは一般に生じた輻湊運動の大きさに伴って増大するが，通常パヌムの融像域に止まるため両眼単一視は保たれている。そして時間経過とともに vergence adaptation が進み，融像除去眼位が変化すると，固視ずれも減少することが明らかになっている。

このような vergence adaptation の特徴を説明するため，制御工学的モデルが提唱されている（図３）。モデルによれば，プリズム（融像性両眼視差）が加えられるとまず高速神経積分器が作用し，輻湊運動により両眼単一視が回復する。神経積分器は，中枢神経系で発生したパルス信号を眼窩内にある結合組織の抵抗に対して注視方向を一定に保つために必要なステップ信号に変換させる役割があるが，生物学的な積分器であるためリークが少なくない。その結果，この負のフィードバック回路には，入力信号（両眼視差）に比例して増大する定常誤差（steady state of error）が発生する。固視ずれはこのような定常誤差のあらわれであると解釈することができる。

次に時間経過とともに，高速積分器の出力を受け

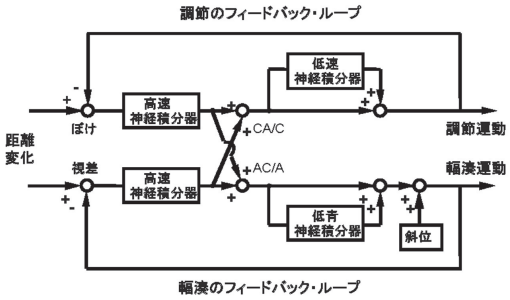

図 3　Vergence adaptation を説明する制御工学的モデル
高速神経積分器（phasic integrator）は融像運動を担当し，低速神経積分器（tonic integrator）はその後に続く順応性変化（vergence adaptation）を担当する。順応が進行するにつれて，負のフィードバック・ループにより高速神経積分器に加わる負荷は徐々に軽減される。同様の回路は調節制御系にもみられ，両者はクロスリンクによって影響を与えあっている。

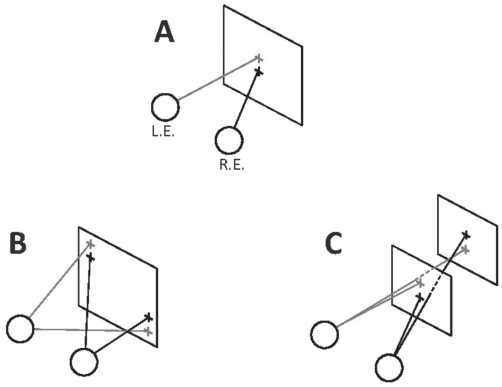

図 4　異なる刺激パラダイムによる垂直方向の vergence adaptation
A：第一眼位に与えられた 1 箇所の垂直視差
B：対角線上に置かれた極性の異なる垂直視差
C：異なる距離に置かれた極性の異なる垂直視差

て，回路に並列に置かれた低速神経積分器が作用する。低速積分器は高速積分器に比べて長い時定数をもち，リークが少ない。負のフィードバック回路を介して，高速神経積分器の活動はやがて低速神経積分器の活動に肩代わりされるため，高速神経積分器の負担軽減により固視ずれも改善する。

ここで片眼遮蔽によりもう一度両眼視を妨げると，時定数の短い高速積分器は数秒以内に活動を停止するのに対し，時定数の長い低速積分器の活動は持続するため，融像除去眼位にはプリズム作用に順応するような変化が観察されるのである。

4. James Maxwell らの実験

更に James Maxwell らは，健常者に対して各種の刺激条件を用いて，垂直方向の vergence adaptation について特性を詳しく検討した[4, 5]。ここでは注視方向や視距離によって極性の異なる垂直視差を両眼単一視することをタスクとして与え（図 4），一定期間のタスクの前後で融像除去眼位の変化を調べた。

第一眼位のみで垂直視差を与えた場合（図 4A），タスク後，すべての注視方向において同一の vergence adaptation が観察された（global adaptation）。次に，注視方向によって極性の異なる垂直視差を配置し，これを交互に両眼単一視した場合（図 4B），タスク後，斜め方向に一定の勾配をもつ vergence adaptation が観察された（local adaptation）。更に視距離（輻湊角）を変えて極性の異なる垂直視差を与え，これを交互に両眼単一視した場合（図 4C），タスク後，視距離によって極性の異なる vergence adaptation が観察された。つまり垂直方向の vergence adaptation は，注視方向や視距離に応じて異なる反応を示すことができるのである。

5. 眼球運動の座標系と第三眼位における垂直偏位

Joseph Demer らは，高解像度の MRI（magnetic resonance imaging）画像により外眼筋の支持組織である眼窩プリー（orbital pulley）の構造を明らかにした[6, 7]。プリーはコラーゲン，平滑筋，エラスチンからなる結合組織であるが，眼球の赤道部やや後方で 4 直筋を包む鞘状構造をなし，更に眼窩壁に緩く固定されている。この支持組織内を外眼筋が滑ることにより，筋の作用方向を安定化させる役割があると考えられている。

もし眼窩内でプリーの位置が完全に固定されていると仮定すれば，視軸の仰角とともに眼球回転軸が傾斜するため，眼球運動は Helmholtz 座標系に従う。この場合，第三眼位（斜め側方視）で水平直筋を作用させても両眼間に垂直偏位は生じない（図 5A）。もしプリー効果がないと仮定すると，上方視や下方視を行っても水平直筋の作用方向は筋円錐の先端を向いたまま大きく変化しないので，眼球運動は Fick 座標系に従うことになる（図 5B）。その結果，第三眼位において水平直筋を作用させると，両眼間に垂直偏位が生じるはずである[8]。

強膜サーチコイル法による眼球運動の詳細な測定によれば，眼球の回転軸は視線の仰角に対し，その半分だけ傾斜することが報告されている（図 5C）。このことは，理論的には第三眼位において軽度の垂直偏位が生ずる可能性を示唆している（しかも垂直偏位の大きさは視距離によって変化する）。しかし健常者に関する限り，いかなる注視方向をとろうと垂直方向の眼位ずれ（斜位）がみられることはない。Maxwell が実験によって明らかにした垂直方向の vergence adaptation の特性（前章）を考えると，こうした第三眼位における垂直偏位の問題は，神経学的な順応作用により補正されていると考えるべきであろう。

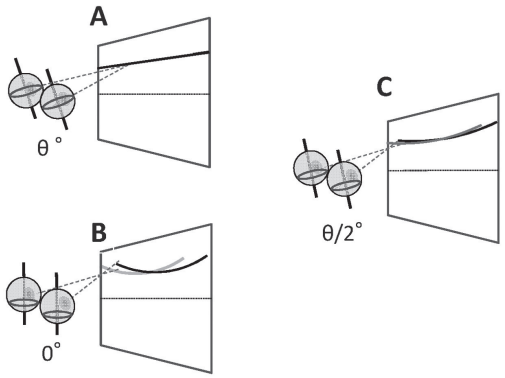

図５　眼球運動の座標系と近距離においた前額平面上で予想される垂直偏位
A：眼球回転軸が眼球に固定されており，眼球運動とともに仰角分（θ°）だけ傾斜するなら（Helmholtz 座標系），第三眼位において垂直偏位は生じない。
B：眼球回転軸が頭部（眼窩）に鉛直方向に固定されているなら（Fick 座標系），垂直偏位が生じる。
C：実際には，その半分（θ/2°）だけ眼球回転軸は傾斜するため，理論上，垂直偏位が生じる。

6. 回旋偏位と空間位置覚の異常

前額平面内に置かれた直線は，右眼から見ても左眼から見ても垂直線である。直線のいずれの部位にも両眼視差が生じないため，観察者は直線が前額平面内にあるように感じられる（図 6A）。しかし直線が奥行き方向に傾斜している場合（図 6B, C），右眼または左眼網膜に投影される直線はそれぞれ時計回転または反時計回転に傾斜する。注視点を除くすべての部位に両眼間の視差（剪断性視差：shear disparity）が発生するため，その結果，観察者は直線が奥行き方向に傾斜しているように感じられる。

逆に，疾病などにより眼球に回旋偏位が生じる（例：

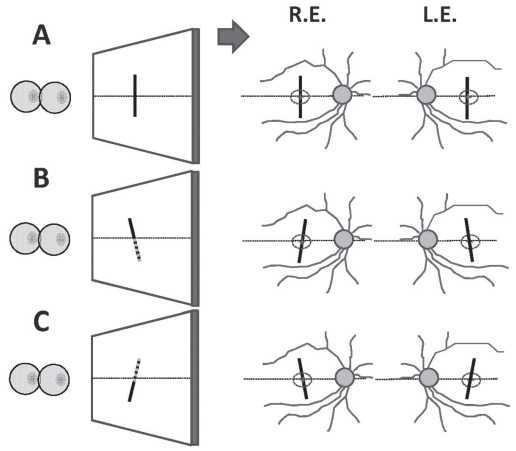

図６　両眼視による空間感覚の把握
A：前額平面に置かれた直線には視差は生じない。
B：上端が前方に飛び出すように置かれた直線は右眼では反時計回転に，左眼では時計回転に傾斜して網膜上に投影される。
C：上端が後ろにひっこむように置かれた直線は右眼では時計回転に，左眼では反時計回転に傾斜して投影される。こうした剪断性視差を捉えることで，空間位置覚は構築される。

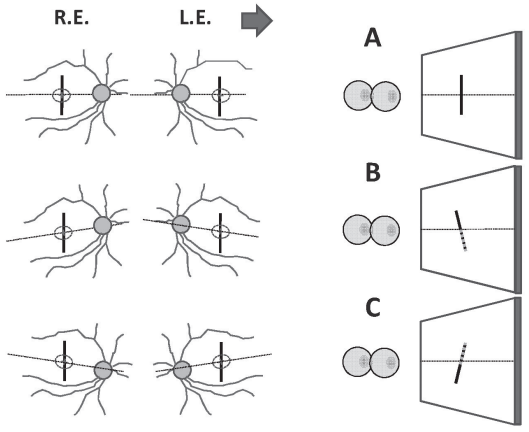

図７　回旋偏位による空間感覚の異常のしくみ
A：前額平面におかれた直線は，両眼間に視差を生まない。
B：外方回旋偏位が生ずると，直線の上方で交差性，下方で同側性の視差が発生するため，棒の上端が手前に飛び出すように誤って知覚される。
C：外方回旋偏位が生ずると，直線の上方で同側性，下方で交差性の視差が発生するため，棒の上端が奥にひっこんだように誤って知覚される。点線は網膜の水平経線を示す。

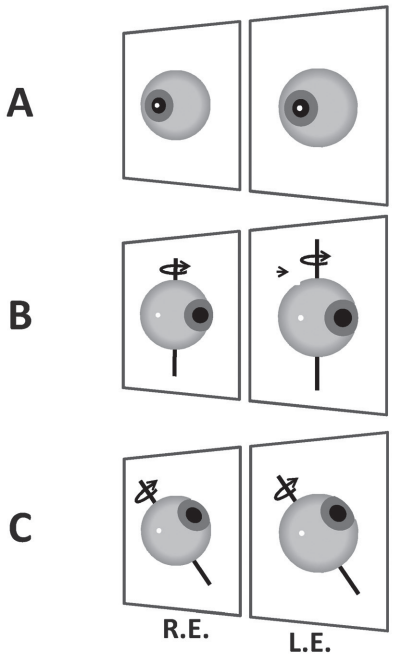

図 8　Listing の法則
任意の注視方向をとるとき，その回転軸はすべてただ一つの平面（Listing 平面）に含まれる。
A：第一眼位（正面位），B：第二眼位
C：第三眼位における回転軸と Listing 平面

滑車神経麻痺）と，剪断性視差を正しく評価することが困難になり，空間感覚に異常が起こることになる（図 7 B, C）。

7. Listing 法則と vergence adaptation

Listing の法則によれば，いかなる注視方向をとっても，眼球回転軸は正面方向と鉛直な唯一の平面内（Listing 平面）に含まれる（図 8）。言い換えれば，任意の注視方向に対して回旋眼位はただ一つに定まる。本来，眼球運動には水平，上下，回旋の三つの自由度があるにもかかわらず，眼球運動系が Listing の法則に従うことで，自由度を一つ減らすことができる。その結果，中枢神経が制御すべき眼球運動を二つ（水平，垂直）に単純化できるという利点がある。

両眼が同一の Listing 平面をもつことによって，いかなる注視方向をとろうと両眼の回旋眼位は同一である。網膜の経線方向は両眼間で一致するため，正確な剪断性視差の評価，すなわち正確な空間感覚の把握が可能になるのである。強膜サーチコイル法の記録によれば，一部の例外を除いて眼球運動は極めて正確に Listing 法則に従うという。

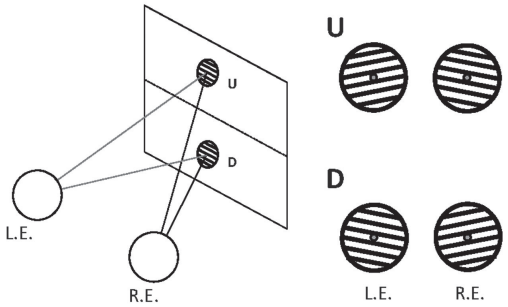

図 9　回旋視差を用いた vergence adaptation の実験の 1 例
上方視（U）で外方回旋視差を，下方視（D）で内方回旋視差を提示し，これを両眼単一視させる。一定時間のタスク後，上・下方視で極性の異なる回旋方向の vergence adaptation が観察された。

Maxwell らは，先に示した方法論を用いて回旋眼位に関しても vergence adaptation の実験を行っている[9]。すなわち，異なる注視方向で極性の異なる回旋視差を示し，これを交互に両眼単一視するタスクを与えた。その結果，タスク後，上下の視野で極性の異なる回旋方向の vergence adaptation が観察された。一方，長時間片眼を遮蔽し両眼単一視を妨げると，健常者の多くは左右の眼で異なる Listing 平面を示す[10]。これら回旋方向の vergence adaptation の特性から，Listing 平面はこの神経学的な順応機構により調整されていると結論できる[9]。

8. ま　と　め

Vergence adaptation の現象は古くから知られており，加齢，成長，疾病，疲労に伴う外眼筋の張力変化に対して，両眼単一視を保つためのホメオスタシスの一種であると考えられてきた。しかしこの反応は，水平眼位のみならず，垂直，回旋眼位に及び，しかもそれらは注視方向，視距離，更に（本稿では触れなかったが）頭部傾斜角度に応じて，あるいはそれらの組み合わせに応じて，極性や程度の異なる順応を示すことが明らかになった。この「完璧かつ複雑きわまりない」神経学的な順応機能のおかげで眼球運動の協調性が保たれ，両眼視システムはあらゆる注視方向や視距離において，その機能を最大限に発揮できるのである。この vergence adaptation に関する新しいコンセプトは同時に，順応の有効範囲が数度以内に限定され，疾病

にみられるような強い眼位ずれには対応できない理由をうまく説明している。

文　　献

1）アンドリュー・パーカー：眼の誕生ーカンブリア紀大進化の謎を解く．草思社，東京，2006.

2）North R & Henson DB: Adaptation to prism induced heterophoria in subjects with abnormal vision or athenopia. Am J Optom Physiol Optics 58: 746-752, 1981.

3）Schor CM: The relationship between fusional vergence eye movements and fixation disparity. Vision Res 19: 1359-1367, 1979.

4）Maxwell JS & Schor CM: The coordination of binocular eye movements: Vertical and torsional alignment. Vision Res 46: 3537-3548, 2006.

5）Maxwell JS & Schor CM: Mechanisms of vertical phoria adaptation revealed by time-course and two-dimensional spatiotopic maps. Vision Res 34: 241-251, 1994.

6）Demer JL, Miller JM et al: Evidence for fibromuscular pulleys of the recti extraocular muscles. Invest Ophthalmol Vis Sci 36: 1125-1136, 1995.

7）Miller JM：Understanding and misunderstanding extraocular muscle pulleys. Journal of Vision 7: 1-15, 2007.

8）Clerk RA, Miller JM & Demer JL: Three-dimentional location of human rectus pulleys by path inflections in secondary gaze positions. Invest Ophthalmol Vis Sci 41: 3787-3797, 2000.

9）Maxwell JS & Schor CM: Adaptation of torsional eye alignment in relation to head roll. Vision Res 39: 4192-4199, 1999.

10）Graf EW, Maxwell JS & Schor CM: Changes in cyclotorsion and vertical eye alignment during prolonged monocular occlusion. Vision Res 42: 1185-1194, 2002.

原　著

瞳孔径が調節微動高周波成分出現頻度に及ぼす影響

中山奈々美[1)]，川守田拓志[1)]，山 本 真 也[2)]，魚 里　博[1, 2, 3)]

[1)] 北里大学大学院医療系研究科眼科学，[2)] 北里大学大学院医療系研究科視覚情報科学，

[3)] 北里大学医療衛生学部視覚機能療法学専攻

Influence of Pupil Diameter on Accommodative Microfluctuations

Nanami Nakayama[1)], Takushi Kawamorita[1)], Shinya Yamamoto[2)], Hiroshi Uozato[1, 2, 3)]

[1)] Department of Ophthalmology, Kitasato University Graduate School of Medical Sciences,

[2)] Department of Visual Science, Kitasato University Graduate School of Medical Sciences,

[3)] Department of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University School of Allied Health Science

調節微動には周波数 0.6 Hz 未満の低周波成分（low frequency component）と 1.0 ～ 2.3 Hz の高周波成分（high frequency component: HFC）がある。とくにこの HFC は眼疲労の尺度と考えられ注目されているが，これまでに瞳孔との関連を詳細に検討したものは少ない。そこで今回我々は，HFC と瞳孔径の関連について検討を行った。その結果，瞳孔径が小さいときに HFC が高値を示した。このことから HFC と瞳孔径の関連性が認められ，瞳孔径が HFC のボケの検出という調節補助機能に影響している可能性が示唆された。

（視覚の科学　30: 9 － 11，2009）

キーワード：調節微動，瞳孔径，調節，毛様体筋

Accommodative microfluctuations are classified into the high frequency component (HFC), 1.0-2.3Hz, and the low frequency component, less than 0.6Hz. HFC is considered a standard indicator of visual fatigue. We investigated the relation between HFC and pupil diameter. Results showed that HFC was high when pupil diameter was small, suggesting that pupil diameter affects HFC as an accessory function of accommodation.

(Jpn J Vis Sci 30: 9-11, 2009)

Key Words: Accommodative microfluctuations, Pupil diameter, Accommodation, Ciliary body muscle

1. 緒　　言

他覚的に屈折値を測定することで得られる正弦波様の揺らぎ成分を調節微動という。これまでの研究で，調節微動には周波数 1.0～2.3 Hz の高周波成分（high frequency component　以下 HFC）と周波数 0.6 Hz 未満の低周波成分（low frequency component）という特徴的な二つの周波数帯があることが報告されている[1)]。この HFC は過去の報告で，水晶体や水晶体支持組織の振動や毛様体筋の活動状態をあらわすといわれている[1, 2)]。

また，調節方向や調節幅決定およびボケの検出という調節補助機能があるともいわれており[3)]，HFC は調節系に関与していると考えられるが，調節機能に影響を及ぼすと考えられる瞳孔径と HFC との関連性について詳細は明らかにされていない。そこで今回我々は，瞳孔径の大きさによる HFC について検討を行った。

別刷請求先：228-8555　相模原市北里 1-15-1　北里大学医療衛生学部視覚機能療法学専攻　魚里　博
（2008 年 11 月 8 日受理）
Reprint requests to: Hiroshi Uozato, PhD　Dept of Orthoptics & Visual Science, Kitasato Univ School of Allied Health Science
1-15-1 Kitasato, Sagamihara 228-8555, Japan
(Received and accepted November 8, 2008)

2. 方　　法

1）被検者

被検者は，遠見矯正視力1.0以上を有する屈折異常以外に全身的および眼科的疾患のない健常有志者13名13眼とした。被検者の平均年齢は20.8±1.6歳であり，平均他覚的等価球面度数は−3.88±2.46Dであった。また，本測定では2D以上の乱視のある者は除外した。

測定条件は自然瞳孔下での評価を行うため，室内水平面照度約600 lxの明室と約10 lxの暗室での測定を行った。なお，被検者には十分なインフォームドコンセントを行った。

2）測　定

改良型オートレフラクトメータSpeedy-K®と解析ソフトVersion MF-1®からなる調節微動解析装置（ライト製作所）を用いて調節微動の測定を行った。測定眼は左右眼をランダムとし，測定モードはPRECISE MODE（サンプリング周波数14 Hz）およびS+C/2 modeを採用した。本装置の視標としては視標視角約20°，固視目標の視角は約5°，輝度は約0.2 cd/m^{2}である。調節刺激は，0.5Dの雲霧時から3.0Dまでの0.5D間隔であり，このときの他覚的屈折値を計測した。そして，高速フーリエ変換（fast Fourier transform: FFT）により分析されたパワースペクトル曲線を調節微動のHFC域（1.0〜2.3 Hz）において積分した相対値であるHFCを評価した。

被検眼の瞳孔径の測定は，Speedy-K®のモニタ上より得られた画像のマイヤーリング内径が約2 mmであることから，被検者のマイヤーリング内径と瞳孔水平径とのピクセル比より瞳孔径を算出した。本検討では調節刺激0DにおけるHFCと瞳孔径について検討を行った（図1）。

3）統計解析

HFCおよび瞳孔径の明室と暗室における比較では，Wilcoxon符号付き順位和検定を用いて評価した。

3. 結　　果

暗室でのHFCは59.64±3.48であり，明室では61.83±3.79と暗室に対し有意に高値を示した（$p<0.05$）（図2）。

また，明室での瞳孔径は5.81±0.78mmであった

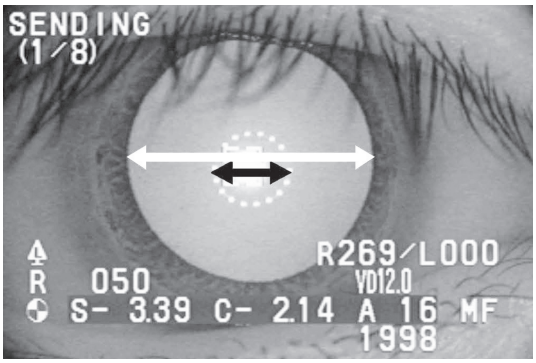

図1　Speedy-K®のモニタ画面
マイヤーリング内径（白矢印）と瞳孔水平径（黒矢印）との比より瞳孔径を算出した。

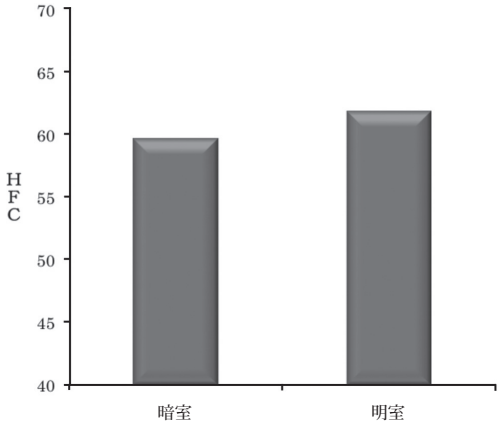

図2　明室と暗室におけるhigh frequency component（HFC）

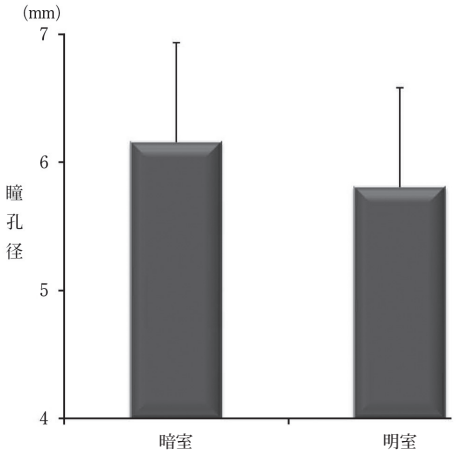

図3　明室と暗室における瞳孔径

のに対し，暗室では 6.15±0.78mm と有意に散瞳した（$p<0.05$）（図 3）。

4. 考　　按

これまでにも著者らは外斜位や屈折異常が大きいほど HFC が高いこと，また眼優位性との関係について報告してきた[4－6]。そのほかにも，調節負荷後に HFC が上昇すると報告されており[7, 8]，近年では調節微動と疲労の関係から，HFC は疲労の評価法として研究されている[9, 10]。調節機能は瞳孔径と深く関係することが知られているが，瞳孔径と HFC についての明らかな見解はいまだ不明であるため，今回検討を行った。

これまでの調節微動と瞳孔径の関係についての報告では、2 Hz 付近では瞳孔径が大きいと調節微動が大きい[11] と報告されていた。この原因としては，HFC が水晶体や毛様体筋の緊張状態をあらわす[1] ことが挙げられる。すなわち，縮瞳に伴う調節幅の減少により毛様体筋の緊張が低下し HFC が減少したものと考えられる。また，その他の報告では瞳孔径の拡大縮小にかかわらず HFC の変化はない[12] といったものもあり，これらの報告は瞳孔径が小さいと HFC が高くなるという本検討の結果とは異なっている。

瞳孔径の縮小により焦点深度が拡大することは知られている[13]。この瞳孔径と焦点深度の関係から HFC が上昇した原因が導き出せる。瞳孔径が小さい，すなわち焦点深度が大きい場合にはボケを検出，あるいは認知するために HFC や調節微動の振幅が増えると考えられる。このことは，瞳孔径が小さい場合に調節補助機能として HFC が上昇したという本結果の原因として挙げられる。しかしながら，本検討により得られた瞳孔径の縮小による焦点深度の変化は少なく[14]，これらがどの程度 HFC に影響しているかは不明である。

調節微動および瞳孔径は視標のサイズ，視標の輝度などの影響により変化することが報告されている[15]。また，そのほかにも瞳孔径と調節反応は疲労により変化するとも報告されており[16]，とくに HFC や瞳孔径の検討を行う際には測定環境が影響を及ぼすことを念頭において検討する必要がある。

本稿では瞳孔径と HFC との関連性について検討を行った。その結果，これまでの報告と同様に HFC と瞳孔径の関連性が示唆された。このことから，HFC の調節補助機能であるボケの検出という役割に瞳孔径が影響している可能性が示唆された。

謝　辞

本研究の一部は，厚生労働省科学研究費補助金（長寿科学総合研究／HU），ならびに北里大学医療衛生学部特別研究費補助金（No.2005-107 & 2006-1229／HU）の助成を受けた。感謝の意を表する。

文　　献

1) Charman WN & Heron G: Fluctuations in accommodation: A review. Ophthalmic Physiol Opt 8: 153-164, 1988.
2) Sun F, Brandt S et al: Frequency analysis of accommodation: Single sinusoids. Ophthalmic Physiol Opt 9: 392-397, 1989.
3) 奥山文雄：調節微動．視覚の科学 15: 15-22, 1994.
4) 中山奈々美，川守田拓志他：調節微動と外斜位の偏位量との関係．視覚の科学 26: 110-113, 2005.
5) Uozato H & Kawamorita T: High frequency component of accommodative microfluctuation in myopes and emmetropes. Invest Ophthalmol Vis Sci 46: E-abstract 5589, 2005.
6) 川守田拓志，魚里　博他：正常眼における調節微動高周波成分と屈折異常，眼優位性の関係．臨眼 60: 497-500, 2006.
7) 梶田雅義，伊藤由美子他：調節疲労と調節微動．視覚の科学 17: 66-71, 1996.
8) 梶田雅義：調節微動の臨床的意義．視覚の科学 16: 107-113, 1995.
9) 梶田雅義：加齢・生活環境に適した眼の屈折 調節機能からみた屈折矯正．視覚の科学 22: 2-6, 2001.
10) 鈴木説子，梶田雅義他：調節微動の高周波成分による調節機能の評価．視覚の科学 22: 93-97, 2001.
11) Campbell FW, Robson JG et al: Fluctuations of accommodation under steady viewing conditions. J Physiol 145: 579-594, 1959.
12) Gray LS, Winn B et al: Accommodative microfluctuations and pupil diameter. Vision Res 33: 2083-2090, 1993.
13) Ripps H, Chine NB et al: The effect of pupil size on accommodation, convergence, and the AC/A ratio. Invest Ophthalmol 1: 127-135, 1962.
14) Westheimer G: Pupil size and visual resolution. Vision Res 4: 39-45, 1964.
15) Gray LS, Gilmartin B et al: Accommodation microfluctuations and pupil size during sustained viewing of visual display terminals. Ophthalmic Physiol Opt 20: 5-10, 2000.
16) Tsuchiya K, Ukai K et al: A quasistatic study of pupil and accommodation after-effects following near vision. Ophthalmic Physiol Opt 9: 385-391, 1989.

原　著

広角測定を可能としたUltrasound Biomicroscopyによる毛様溝間距離の検討

横山　翔[1)]，洞井里絵[2)]，中村英樹[1)]，前田征宏[1)]，小島隆司[1)]，
谷　照斌[3)]，市川一夫[1)]

[1)] 社会保険中京病院眼科，[2)] 中京メディカル，[3)] 大連医科大学白内障研究中心

Evaluation of Ciliary Sulcus Measurement Using Ultrasound Biomicroscopy

Sho Yokoyama[1)], Rie Horai[2)], Hideki Nakamura[1)], Masahiro Maeda[1)], Takashi Kojima[1)], Zhaobin Gu[3)] and Kazuo Ichikawa[1)]

[1)] Department of Ophthalmology, Social Insurance Chukyo Hospital
[2)] Chukyo Medical Corporation
[3)] Department of Ophthalmology, Dalian Medical University

目的：広角測定可能な超音波生体顕微鏡（ultrasound biomicroscopy: UBM）（KINSCAN）を使用し，従来直接測定が不可能であった毛様溝間距離（sulcus to sulcus: STS）測定の可否，STSと他の測定値との相関の有無につき検討した。

方法：白内障手術前患者9名10眼に対し，UBMにてSTSを測定した。STSと水平角膜径，隅角間距離，前房深度，角膜曲率半径，眼軸長との相関関係を単回帰，重回帰解析を用いて検討した。

結果：10眼すべてでSTS測定が可能であった。単回帰解析にてSTSと水平角膜径，隅角間距離とは相関を認めず，STSと前房深度，角膜曲率半径，眼軸長とは弱い相関を認めた。重回帰解析ではいずれの値とも相関を認めなかった。

結論：新しいUBMを用いてSTSが直接測定可能となった。STSは他の測定値からの予測は難しく，直接測定が望ましいと考えられた。

（視覚の科学　**30: 12－17，2009**）

キーワード：毛様溝間距離，超音波生体顕微鏡，有水晶体眼内レンズ，広角測定，角膜径

Purpose: Using a wide-angle view ultrasound biomicroscopy (UBM; KINSCAN), we evaluated possibility of measuring ciliary sulcus diameter (sulcus to sulcus: STS), which is considered impossible to do directly; we also analyzed correlations between STS and other ocular measurements.

Methods: Ten eyes of 9 cataract patients were measured using UBM. Linear and multiple regression analyses were used to analyze the correlations between STS and other ocular measurements (white to white: WTW; angle to angle: ATA; anterior chamber depth: ACD; corneal curvature: K value; axial length: AL).

Results: STS was measured in all eyes. In linear regression analysis, STS showed statistically significant correlations with ACD, K value and AL, but no correlation with WTW or ATA. There was no correlation between STS and any other measurement in multiple regression analysis.

Conclusions: STS was measured directly, using a new UBM. Direct measurement is preferable, since it is difficult to derive STS from other eye measurements.

(Jpn J Vis Sci 30: 12-17, 2009)

Key Words: Sulcus diameter (sulcus to sulcus: STS), Ultrasound biomicroscopy (UBM), Implantable Collamer Lens™ (ICL™), Wide-angle view measurement, Cornea diameter (white to white: WTW)

別刷請求先：457-8510　名古屋市南区三条1-1-10　社会保険中京病院眼科　横山　翔
（2008年12月3日受理）
Reprint requests to: Sho Yokoyama　Dept of Ophthalmol, Social Insurance Chukyo Hosp
1-1-10 Sanjo, Minami-ku, Nagoya 457-8510, Japan
(Received and accepted December 3, 2008)

1. 緒　　言

超音波生体顕微鏡（ultrasound biomicroscopy 以下 UBM）は他の光学的測定法では観察困難である虹彩後面，毛様体，後房などを描出できる。現在，眼科領域において緑内障診断に用いられることや，緑内障術後のろ過胞の形態，脈絡膜剝離の有無，また外傷眼における隅角後退や虹彩離断，毛様体解離の有無などを観察するために用いられ，生体内計測機器として重要である[1]。従来まで後房の計測はあまり行われていなかったが，近年，水晶体を残したまま眼内レンズを挿入する有水晶体眼内レンズ（phakic intraocular lens 以下 pIOL）を用いた屈折矯正手術が登場し，UBM の重要性が注目されつつある[2,3]。

pIOL を用いた屈折矯正手術は，laser in situ keratomileusis（LASIK）などの従来の手術に比べ角膜中心部に侵襲がないため，高度屈折異常や角膜形状に問題のある症例に対しても行うことができる。また光学的な損失がないこと，調節力が温存されること，可逆的であり誤差や屈折変化が生じた場合でもレンズ交換が可能であるといった利点がある[4]。pIOL は固定位置によって隅角に固定する前房支持型，虹彩を挟み込む虹彩支持型，毛様溝に固定する後房型に分類される。

ICL™（implantable collamer lens, STAAR® Surgical）（以下 ICL）は毛様溝に固定する後房型の pIOL で，角膜から離れているため角膜内皮への影響が少ないという利点がある[5]。ICL サイズを決定する際，ICL が固定される場所である毛様溝間距離（sulcus to sulcus 以下 STS）を直接測定することが困難であるため，他の測定値より STS を推測している。通常は水平角膜径（white to white 以下 WTW）を用いる方法や，WTW に前房深度（anterior chamber depth 以下 ACD）の値を組み合わせる方法，また Visante™ optical coherence tomography（OCT）にて隅角間距離（angle to angle 以下 ATA）を測定し，STS を推測する方法などがある[6,7]。しかし，これら従来の方法では ICL サイズの不適合を起こすことがある。ICL サイズが小さいと水晶体への物理的な刺激や房水循環不全による代謝障害などの影響で水晶体混濁を来すこと[8－10]や，逆に ICL サイズが大きいと ICL が前方に押され，虹彩を前方に押すことで隅角が狭くなり，急性閉塞隅角緑内障を来すことがあるため，適切な ICL サイズの決定は非常に重要である[11]。

今回我々は，広角に測定可能な UBM（SW-3200, KINSCAN, SUOER）を使用し，従来の UBM では直接測定が不可能であった STS 測定の可否，また STS と他の測定値，すなわち現在 STS を推測するために主に用いられている WTW，ATA の他に ACD，角膜曲率半径（K 値），眼軸長（axial length 以下 AL）との相関の有無，また STS が他の測定値から予測可能かどうか検討した。

2. 対象および方法

1）対　象

大連医科大学白内障研究中心を受診した屈折異常と白内障以外の眼疾患，手術歴および外傷歴をもたない白内障手術前患者 9 名 10 眼（平均年齢 69.1 歳，男性 6 名，女性 3 名）を対象とした。

2）測定機器

今回我々が使用した UBM は，従来の UBM と比べプローブ周波数が上がり解像度が向上している。またスキャン方式も異なり，従来のものは sector scan（振動子を機械的に高速で走査させる機械走査方式）であるが，今回のものは linear scan（多数個配列された振動子を電子的に切り替えることにより超音波ビームを移動させる電子走査方式）である。前者はビームが扇方状に出るため，深い部分に歪みや周辺の欠損が生じやすかったのに対し，後者はビームが一直線に出るため，深い部分でも歪みや周辺の欠損が生じにくい[12]。そのため広角に鮮明な像が描出可能となった。現在使用されている一般的な UBM（UD-6010，TOMEY, 名古屋）と今回使用した UBM との比較を表 1 に示す。

3）方　法

（1）UBM を用いて STS 測定の可否を調べた。被験者は仰臥位にて，点眼麻酔後にアイカップ（18mm, 20mm，22mm，24mm のいずれか）を装着し，水浸

表 1　今回使用した広角測定可能な ultrasound biomicroscopy（UBM，KINSCAN）と一般に使用されている従来型の UBM（UD-6010）との比較

	UBM（UD-6010）	UBM（KINSCAN）
周波数（MHz）	40	50
解像度（μm）	50	20
Scan 方法	sector scan	linear scan
Scan range（mm）	9 × 6	16 × 14

法にて撮影を行った。プローブを水面に対して垂直にあて，水平方向にスキャンしながら頭側より足側へプローブを移動し，動画撮影を行った。その後，最長の STS が写し出された静止画から画像解析ソフト（Image J, Wayne Rasband）を使用し，STS の距離を測定した。測定は 3 回行い，その平均値を計算した。

（2）UBM で得られた STS と WTW，ATA，ACD，K 値，AL との相関関係を検討した。WTW は角膜輪部の横半径を surgical caliper（S-200，イナミ）にて測定を行った。ATA は STS と同様に UBM にて測定を行った。ACD，AL は A mode（U-1800，NIDEK）にて，K 値はオートレフケラトメータ（RK-5，Canon）

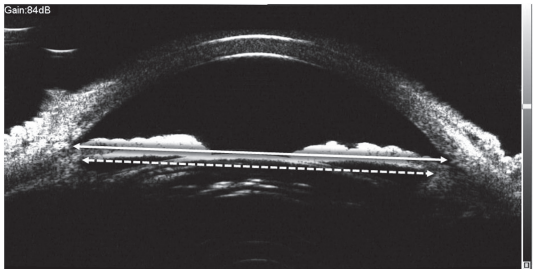

図１　Ultrasound biomicroscopy（UBM, SW-3200, KINSCAN, SUOER）による画像
実線矢印：隅角間距離（angle to angle, ATA），
点線矢印：毛様溝間距離（sulcus to sulcus, STS）

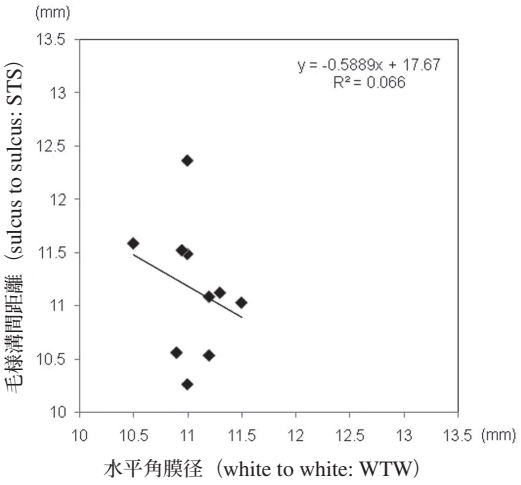

図２　White to white（WTW）と STS との相関図
（r＝0.1666，p＝0.6455）

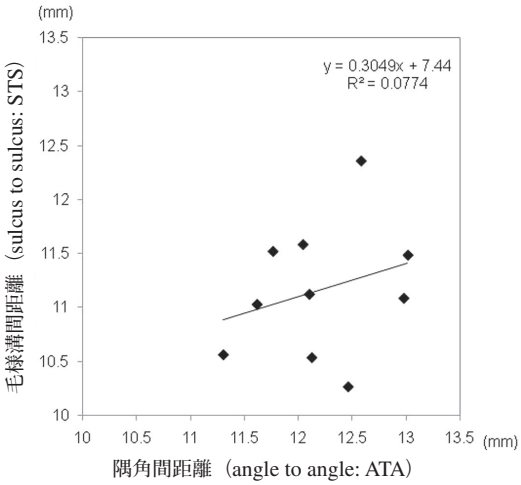

図３　ATA と STS との相関図（r＝0.2998，p＝0.4000）

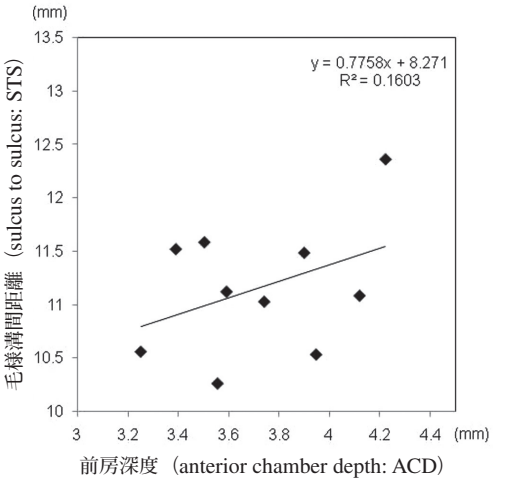

図４　Anterior chamber depth（ACD）と STS との相関図
（r＝0.6796，p＝0.0306）

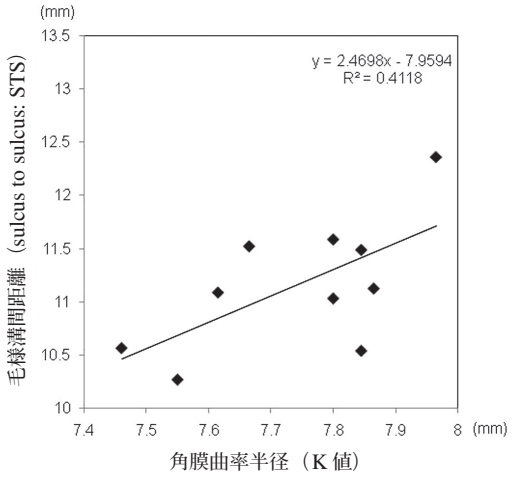

図５　角膜曲率半径（K 値）と STS との相関図
（r＝0.6417，p＝0.0455）

にてそれぞれ測定を行った。

相関関係の有無については Pearson の単回帰解析と重回帰解析（使用モデル；線形重回帰モデル，目的変数；STS，説明変数；各眼測定値）を用いて行った。また，有意確率 5％未満を有意と判断した。

3. 結　　果

1）今回測定を行った 10 眼すべてにおいて STS 測定が可能であった。実際の UBM 画像を図 1 に示す。

10 眼の STS の平均値は 11.16±0.62mm（±標準偏差 以下 SD），変動係数の平均値は 3.0±1.5％（± SD）であった。

2）単回帰解析において，WTW は STS と相関を認めなかった。また，STS は WTW に比べ長いものも短いものも存在し，一定の傾向を認めなかった（図 2）。同様に ATA も STS と相関を認めなかったが，すべての症例で ATA が STS より長い値となった（図 3）。ACD，K 値，AL は STS と弱い相関を認めた（図 4～6）。

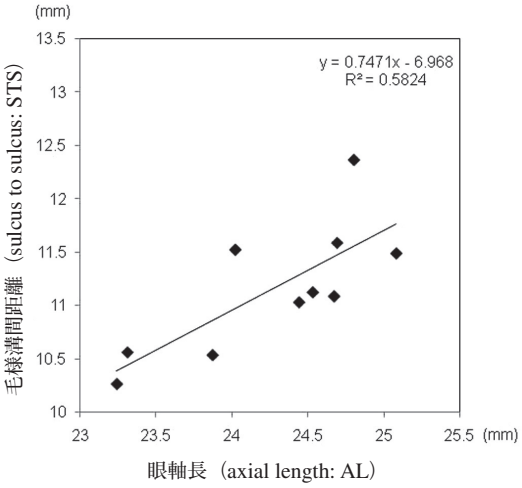

図 6　Axial length（AL）と STS との相関図
（r＝0.7298，p＝0.0166）

重回帰解析ではいずれの眼測定値も STS と相関を認めず，他の測定値から STS の値を正確に推測することは難しいと思われた（表 2）。

4. 考　　按

ICL 手術においてレンズのサイズ決定は重要である。しかし正確なサイズ決定は困難である。

現在，ICL サイズ決定に WTW が一般的に用いられている。WTW は角膜輪部を直接 surgical caliper にて手動で測定する方法や，測定誤差を少なくするためにスリットスキャン式角膜形状測定装置（Orbscan Ⅱ，Canon）や IOLMaster（Zeiss）を用いて機械的に測定する方法があり，Baumeister ら[7] は IOL Master での WTW 測定が最も誤差が少なかったと報告している。しかし，WTW と STS に相関関係を認めるかどうかは今のところはっきりしていない[13–17]。Werner ら[13] は 24 時間以内に死亡した 22 眼の献眼を用いて，それらを矢状断に切断し surgical caliper にて直接 STS 測定を行ったが，STS と WTW に相関は認めなかった。また，Fea ら[14] は 88 眼に対し，high-resolution magnetic resonance imaging（MRI）にて眼球矢状断を撮影し STS 測定を行ったが，WTW との相関は認めなかった。Pop ら[15] は 43 眼に対し，従来の UBM を用いて STS 測定を行ったところ，WTW と相関は認めなかったが K 値と相関を認めた。しかし，Pop らが用いた UBM では直接 STS を描出

表 2　Sulcus to sulcus（STS）と他の測定値との相関表

（n＝10）

	平均値±標準偏差	Pearson Correlation Analysis r Value	p Value	Multiple Regression Analysis（p Value）
WTW（mm）	11.06 ± 0.27	0.1666	0.6455	0.3070
ATA（mm）	12.20 ± 0.56	0.2998	0.4000	0.6035
ACD（mm）	3.72 ± 0.32	0.6796	0.0306＊	0.8132
K 値（mm）	7.7 ± 0.16	0.6417	0.0455＊	0.7178
AL（mm）	24.27 ± 0.63	0.7298	0.0166＊	0.1970

WTW：水平角膜径（white to white），ATA：隅角間距離（angle to angle），
ACD：前房深度（anterior chamber depth），K 値：角膜曲率半径，
AL：眼軸長（axial length）
＊：有意差あり　p ＜ 0.05

することができないため，３方向からの画像をつなぎ合わせてSTS測定を行っている。そのため変動係数が4.6％と比較的高く，再現性や測定誤差に問題がある。

今回我々が用いたUBMは広角測定を可能としているため，１画面で直接STSを描出することができる。このため，従来のUBMでは不可能であったSTSの直接測定を可能とし，より正確なSTS測定ができると思われる。今回の我々の実験では，STS測定時の変動係数が3.0±1.5％（平均値±標準偏差）であったが，これは上記で述べたPopらの報告と比較しても，再現性は高い。

Ohら[16]は，我々と同様の広角測定可能なUBM（35MHz, Hiscan）を用いて28眼のSTS測定を行ったところ，WTWと相関は認めなかったが，ATAと相関関係を認めた。また，変動係数も0.9％と報告している。Kimら[17]も，同様の広角測定可能なUBM（35MHz, Hiscan）を用いて20眼のSTSと他の眼測定値との相関を検討しているが，STSとはWTW，ACD，K値と相関関係を認め，とくにK値と最も相関関係を認めた。

今回の我々の結果ではSTSとWTWに相関を認めなかった。またATAとも相関を認めなかったが，全例でATAがSTSより長い傾向があった。また，ICLサイズ決定に通常用いられないACD，K値，ALと相関関係を認めた。過去にも，STSに対しACD，K値が相関するという報告はあるが，ALに関してはこれまでに報告がなく，今後，症例数を増やし詳細な検討が必要である。しかしある程度STSと相関をもつ測定値があるとはいえ，従来のSTSを他の測定値より推測していく方法は，重回帰解析の結果をみても精度が低いことがわかった。

今回我々の検討の問題点として，対象を白内障術前患者としているため，ICL患者に比べて対象年齢が高く，白内障による水晶体の形状変化がsulcusの形状もしくはUBMでのsulcusの描出に影響している可能性が挙げられる。今回の症例のなかには，sulcusの最深部の特定が困難であるものやsulcusが閉じているものなどもあり，どの部分をSTSとして測定するか迷う症例があった。STSの経時的変化や，白内障の有無による描出の違いについては今のところ不明であり，今後対象を年齢別，白内障の程度別に分けてSTSを検討していく必要がある。今回我々はSTS測定時にまず動画を撮影し，最長のSTSが描出された静止画を用いて測定を行ったが，sulcus最大径を捉えていない可能性もある。また今回，同一検者での測定だったため，検者間の再現性については検討がなされておらず，今後はsulcusの最大径を捉える方法を検討していくとともに，異なる検者間での再現性についても検討していく必要がある。

現時点で，UBM検査は時間がかかること，器械が高価なこと，再現性の問題など，課題はある。しかし今回我々は，従来正確に測定できなかったSTSを，広角測定可能なUBMを用いることで直接測定を可能とし，より正確に測定できることを確認した。また今回の検討により，STSを他の測定値より推測することは困難であることも確認された。今後ICLのサイズ決定はSTSの直接測定が望ましく，広角測定可能なUBMはSTSの直接測定に有用であると思われる。

文　　献

1）近藤武久：前房・隅角の画像解析．UBMによる緑内障画像診断，15, 43, 53，文光堂，東京，2001.

2）Khalid F : Risk factors for corneal ectasia after LASIK. Ophthalmology 113: 1618-1622, 2006.

3）Randleman JB, Tratler WB et al: Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. Ophthalmology 115: 37-50, 2008.

4）Pesando PM, Ghiringhello MP & Tagliavacche P: Posterior chamber collamer phakic intraocular lens for myopia and hyperopia. J Refract Surg 15: 415-423, 1999.

5）Park DH & Lane SS: Phakic myopic intraocular lenses. In: Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ eds, 2nd Ed, Cornea, Surgery of the Cornea and Conjunctiva, Vol 2, 2029-2031, CV Mosby, Philadelphia, 2005.

6）中村友昭 : ICL手術のコツと落とし穴　眼科診療のコツと落とし穴１．手術－前眼部，204-205，中山書店，東京，2008.

7）Baumeister M, Terzi E et al: Comparison of manual and automated methods to determine horizontal corneal diameter. J Cataract Refract Surg 30: 374-380, 2004.

8）Gonvers M, Bornet C & Othenin-Girard P: Implantable contact lens for moderate to high myopia: Relationship of vaulting to cataract formation. J Cataract Refract Surg 29: 918-924, 2003.

9）Trindade F & Pereira F: Cataract formation after posterior chamber phakic intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 24:1661-1663, 1998.

10）Fink AM, Gore C & Rosen E: Cataract development after implantation of the STAAR collamer posterior chamber phakic lens. J Cataract Refract Surg 25: 278-282, 1999.

11）Rosen E & Gore C: STAAR collamer posterior chamber phakic intraocular lens to correct myopia and hyperopia. J Cataract Refract Surg 24: 596-606, 1998.

12) Chen WH, Gottlieb EJ et al: Development of sector scanning ultrasonic backscatter microscope. Ultrasonics Symposium, 2000 IEEE Vol 2, 1681-1684, 2000.
13) Werner L, Izak AM et al: Correlation between different measurements within the eye relative to phakic intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 30: 1982-1988, 2004.
14) Fea AM, Annetta F et al: Magnetic resonance imaging and Orbscan assessment of the anterior chamber. J Cataract Refract Surg 31: 1713-1718, 2005.
15) Pop M, Payette Y & Mansour M: Predicting sulcus size using ocular measurement. J Refract Surg 27: 1033-1038, 2001.
16) Oh J, Shin H-H et al: Direct measurement of the ciliary sulcus diameter by 35-megahertz ultrasound biomicroscopy. Ophthalmology 114: 1685-1688, 2007.
17) Kim K-H, Shin H-H et al: Correlation between ciliary sulcus diameter measured by 35 MHz ultrasound biomicroscopy and other ocular measurements. J Cataract Refract Surg 34: 632-637, 2008.

最近のトピックス

Zernike 多項式のベクトル解析

大阪大学，東北大学　大家　義則

1. は　じ　め　に

従来，眼球光学系は球面と円柱面のみで表現され，それ以外の不正乱視成分については客観的な評価方法が存在しなかった。しかしながら近年，波面収差解析を用いることで不正乱視成分を含めた定性的，定量的な評価を行うことができるようになってきている。とくに，波面センサーを用いて眼球光学系全体の特徴を高次収差を含めて評価することが可能となっている。そこで本稿では，波面センサーを用いた高次収差解析と，最近の話題として Zernike ベクトル解析について述べる。

2. 波面収差解析と Zernike ベクトル解析

現在，波面収差解析を行うことができるアベロメータは複数あるが，我々はトプコン社製ウェーブフロントアナライザ KR-9000PW を用いて測定を行っている。測定原理としては，光源からの細い光束を眼底へ入射し，眼底を二次光源として反射してきた太い光束が眼球の波面収差の影響を受け，この光を Hartmann プレートと呼ばれる小さなレンズが二次元の格子状に並んだプレートを通過して光線の傾きとなり，これを CCD（charge-coupled device）カメラで観察することで Hartmann-Shack 像を得て，これを解析することで眼球の波面収差を得るというものである。

波面収差解析では Zernike 多項式による表示を行うのが一般的であり，この三次以上の収差が高次収差と呼ばれて不正乱視に相当する（図１a）。しかしながら，高次収差のなかには類似した収差が存在しており，たとえば円錐角膜などで増加することが知られているコマ収差は，垂直コマ収差および水平コマ収差の２種類がある。また矢状収差（trefoil），tetrafoil などにも向きが異なるだけで類似した収差が存在し，四次までの高次収差だけをとっても九つもの項が存在する。その上これらの各項の値は正と負両方の値をとる可能性があり，これが解析をいっそう複雑なものにしている。そこで Campbell[1] は，これらのいわばペアになっている収差をベクトルの要領で合成し，収差を量（magnitude）と角度（axis）を用いて表現する方法を考案した。正乱視を円柱面の度数と軸で表現するのに似たこの方法が Zernike ベクトル解析である。この方法を用いることで九つある三次から四次の Zernike term を五つまで減らして解析することができる。

3. 角膜疾患と Zernike ベクトル解析

具体的に角膜疾患を挙げて Zernike ベクトル解析について述べる。円錐角膜やペルーシド角膜変性は角膜の非炎症性の菲薄化と前房突出を認め，血管新生や脂質の沈着，瘢痕化がないことを特徴とする。トポグラフィの特徴としては，ペルーシド角膜変性では暖色系の高屈折領域が蟹の爪のような形をした蟹爪パターンを示す。すなわち，垂直方向の中央部角膜の著明な平坦化と著明な倒乱視化および下方周辺部角膜の急峻化を特徴としたパターンを示す（図１b）。これに対して円錐角膜では非対称なネクタイ，ゆがんだ８の字パターンを示す。すなわち中心部よりやや下方に位置した，徐々に平坦化する狭い高屈折力域を特徴とする（図１b）。これらの疾患は laser in situ keratomileusis（以下　LASIK）をはじめとしたレーザー屈折矯正手術を行うと keratectasia を発症することから，レーザー屈折矯正手術の禁忌と考えられている。すなわち，LASIK 対象患者のなかから円錐角膜やペルーシド角膜変性の患者を除外することが極めて重要である。しかしながら，とりわけペルーシド角膜変性の患者は発症が円錐角膜に比べてやや高齢であり，角膜中心部のトポグラフィの特徴が通常の倒乱視のパターンに類似しており，かつ角膜中心部が円錐角膜ほど急峻化しないなど，術前の診断が困難な場合がある。

円錐角膜の患者における Zernike ベクトル解析を用いた高次収差解析は Kosaki ら[2] によって行われているが，ペルーシド角膜変性に関しては詳細な解析が行われてこなかった。そこで筆者ら[3] は，ペルーシド角膜変性，円錐角膜および正常眼における高次収差の特徴について Zernike ベクトル解析を用いて比較検討した。まず，各々の特徴的な高次収差のパターンを示す（図１c）。ペルーシド角膜変性においては矢状収

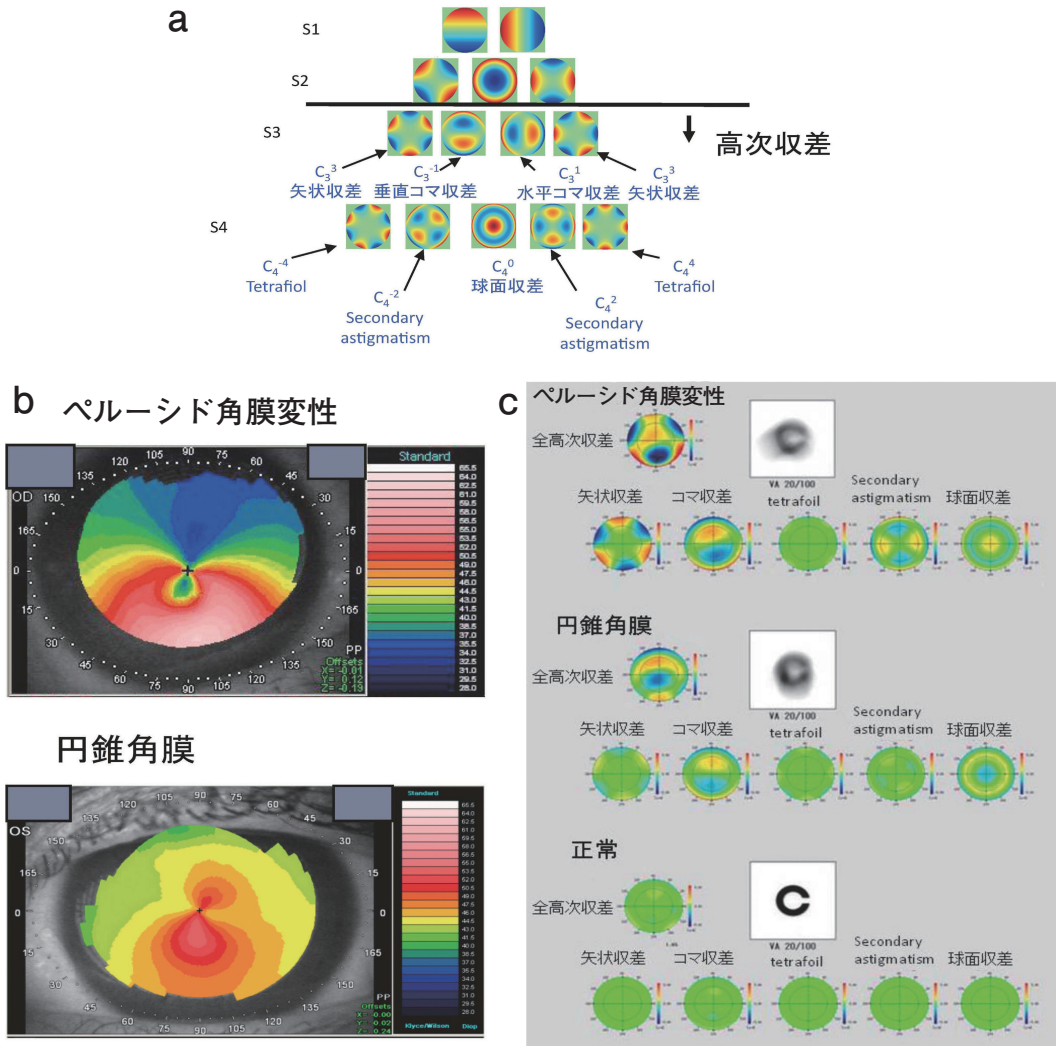

図 1　Zernike 多項式とペルーシド変性，円錐角膜，正常のトポグラフィおよび高次収差の特徴

差が 90°，150°，240° の正三角形の頂点の位置で波が進んだことを示す暖色系の色となる fast triangular pattern を示すものが多かった。これに対して，円錐角膜においては 90°，150°，240° の三角形の頂点で波が遅れていることを示す寒色系の色となる slow triangular pattern を示すものが多かった。一方，コマ収差はペルーシド角膜変性および円錐角膜で下方の波が遅れる inferior slow pattern を示すものが多かった。Tetrafoil および secondary astigmatism はペルーシド角膜変性および円錐角膜では特徴的なパターンはみられなかった。球面収差ついてはペルーシド角膜変性で正のものが多かったのに対して，円錐角膜では負の値を示すものが多かった。このように，Zernike ベクトル解析を用いることでペルーシド角膜変性と円錐角膜では全く異なる高次収差のパターンを示すことがわかったのである。また同時に行ったランドルト環のシミュレーションでは，円錐角膜では下方に彗星のような尾を引くことが多いのに対して，ペルーシド角膜変性では右下と左下に尾を引くことが多いことも示された。すなわち，これらの高次収差の特徴を把握することで屈折矯正手術の候補者のなかからペルーシド角膜変性の患者を指摘しやすくなると考えられ，また，これらの高次収差の特徴を用いて両疾患の鑑別を行うことができる可能性

も示されたのである。

4. お わ り に

このように，Zernike 多項式のベクトル解析を行うことで高次収差の特徴をより的確に把握することができると考えられる。また近年，角膜後面の高次収差解析を Zernike ベクトル解析を用いて行う報告[4]がされている。角膜後面が眼球光学系に与える影響は角膜前面に比べて小さいが，疾患によってはその影響を無視することはできないと考えられ，ここでも Zernike ベクトル解析は有用な解析方法であると考えられた。眼球光学系の収差解析は球面や円柱面といった低次の収差だけであった時代から，高次収差も含めたより詳細な解析を行う時代となってきており，Zernike ベクトル解析は今後重要性を増すと考えられる。

文　　献

1) Campbell CE: A new method for describing the aberrations of the eye using Zernike polynomials. Optom Vis Sci 80: 79-83, 2003.
2) Kosaki R, Maeda N et al: Magnitude and orientation of Zernike terms in patients with keratoconus. Invest Ophthalmol Vis Sci 48: 3062-3068, 2007.
3) Oie Y, Maeda N et al: Characteristics of ocular higher-order aberrations in patients with pellucid marginal corneal degeneration. J Cataract Refract Surg 34: 1928-1934, 2008.
4) Nakagawa T, Maeda N et al: Higher-order aberrations due to the posterior corneal surface in patients with keratoconus. Invest Ophthalmol Vis Sci, in press.

学会印象記

SPIE Photonics West－BiOS (Biomedical Optics) 2009

株式会社 トプコン 技術企画部　小　林　克　彦

1. 学会の概要

一昨年の印象記を覚えていらっしゃる方には重複になるが，まずは本学会の概要を述べる。毎年，この時期に米国San Joseで開催されるSPIE Photonics Westは，光学関連の四つの学会（BiOS: Biomedical Optics, LASE: Laser and Applications in Science and Technology, MOMEMS-MEMS: Micro & Nanofabrication, OPTO: Integrated Optoelectronics Devices）で構成され，今年は約3,300演題が1月24日から6日間にわたって85カンファレンスという規模で開催された。事前登録者数は17,500人，展示会出展社数は1,100社であった。バイオメディカルに関するBiOSは，Biomedical Opticsに関する38カンファレンス，計約1,000演題の構成で開催された。今回は，前半に開催されたカンファレンス「Ophthalmic Technologies XIX」の2日間，および「Optical Coherence Tomography and Coherence Domain Optical Methods in Biomedicine VIII」の1日目に参加した。

カンファレンス「Ophthalmic Technologies XIX」は，眼科に関する光学技術を広くカバーしていることが特徴で，日本の「眼光学学会」からエンジニアリングを抜き出したような内容であり，世界各国のこの分野の先端研究者の多くがこのカンファレンスで発表している。「Optical Coherence Tomography and Coherence Domain Optical Methods in Biomedicine VIII」は，環状動脈などの血管や胃内視鏡などを含めて，医用全般のoptical coherence tomography（OCT）を対象としているが，眼科に特化したセッションも設定されている。今年も，発表者のほとんどが理学・工学系で，発表内容も理学・工学からの観点が主となっており，原理・理論に関するレベルは高く質疑応答も活発であり，MEに携わるこの層の厚さをうかがうことができる。

ペーパーセッションでは，日本からは筑波大学グループ（COG）から3件の発表があり，そのなかで黒川先生が，新規性，独創性，この分野に与える貢献度などを考慮して最優秀賞として選考される「Pascal Rol Award」を受賞された。筑波大学COGは，一昨年の安野先生に続く2回目の受賞となる。余談だが，今年はトプコンがスポンサーとしてこの賞をサポートしている。

2. カンファレンス「Ophthalmic Technologies XIX」「Optical Coherence Tomography and Coherence Domain Optical methods in Biomedicine VIII」

カンファレンス「Ophthalmic Technologies XIX」ではOCTに関する演題が24題，「Optical Coherence Tomography and Coherence Domain Optical Methods in Biomedicine VIII」においても12題が眼科に特化しており，研究者間の競争も激化している。そこで今回は，上記二つのカンファレンスに関して，最新のOCT情報を中心に内容の概要を述べる。

1）OCT関連

フーリエドメイン（以下FD)-OCTはすでに製品化されていることもあり，また，スイープド・ソース（以下SS)-OCTは光源の入手が容易になってきたこともあって，研究の先端はSS-OCTに向かっている。そのOCTに関していえば，ハードウエアを調達して実験装置を組み上げ，取ったデータを時間をかけて処理することで分解能は大体同じようなレベルにきており，深度方向が3μm，水平方向が10数μmである。ちなみに，Bモード画像を得るために，深さ方向，水平方向ともにスキャンするのがタイムドメイン（TD)-OCT，深さ方向はグレーティングを通して得たスペクトル情報をフーリエ変換して求め，水平方向のみスキャンするのがFD-OCT，更に，光源の波長をスイープすることでグレーティングを介さずに得たスペクトル情報をフーリエ変換するのがSS-OCTである。

そのSS-OCTは，より高いS/N（signal-to-noise ratio）が期待できることが特徴である。ドイツ・ポーランドのグループ（Mikolaja Kopernikaら）が，200kHzの波長スイープ光源を使ったSS-OCTによる瞬目時のコンタクトレンズと涙液層の動き，調節

時の水晶体の形状変化と前後の動きや虹彩の動きなど，前眼部のリアルタイム３D 映像を供覧していた。調節に関しては，水晶体嚢の厚みの変化までリアルタイムに捉えられていた。これらの画像は位置関係の数値化が可能であり，調節機構の解明にも有効な手段となると思われる。

Drexler のグループ（Cardiff Univ，イギリス）は，深達度とその分解能を高めた FD-OCT を開発し，マウスの篩状板について，正常眼圧に比べて奥の方向に変形している高眼圧の画像を比較して供覧した。同グループでは，緑内障の進行に伴う篩状板の経時変化を OCT で観察できることの臨床的な意義は大きいとしていた。

Massachusetts Institute of Technology（MIT）グループの Yueli Chen は，250kHz，1,060nm の高速 SS-OCT を製作し，通常の FD-OCT の 5～10 倍の速度でサンプリングした脈絡膜，強膜，篩状板などの眼底深部の EN-Face 画像を供覧した。

２）Scanning laser ophthalmoscope（以下 SLO）関連

眼底の網膜表面は SLO，内部を OCT というのが眼底観察の研究レベルでの流れのようである。その水平方向の分解能を向上させる目的で，SLO に AO（アダプティブオプティクス）を付加した AO-SLO に関する報告が多くあった。その一つ，筑波大学グループ（COG）の黒川先生の発表では，分解能 1 μm の AO-SLO で観察した視細胞画像と，デフォーカスによる色素上皮と視神経線維層の画像を供覧した。眼球光学系の収差を AO によってうまくコントロールできている結果であり，その技術が冒頭に記した受賞に繋がった。

図１　SPIE Photonics West の会場となった San Jose Convention Center

３）視覚関連

本カンファレンスにおいて，屈折を含めて視覚に関連する演題が OCT に押されて年々少なくなっているのは少々寂しい気がするが，QOV（quality of vision）の仕上げはやはり visual acuity だと思う。いくつかの演題のなかからトピックを紹介する。

ドイツ Bonn 大学グループ（Silvia Schumacher ら）は，老視矯正の手段として，水晶体嚢前面にフェムトセカンドレーザをラジアル状に照射し，嚢の緊張を緩め，合わせて調節機能も取り戻す，という報告をした。ラビットを使った実験だが，術後 6 カ月後で嚢の照射痕はほとんど消滅したとしていた。サルでの実験では，調節作用も観察されたとのことであるが，そのサルが老視であったかどうかは疑問である。

米国 Stanford 大学グループは，トータルの厚さを 0.5 μm に抑えた 255pix/mm のフレキシブルな 6mm 角のフォトダイオードアレイを試作した。このフォトダイオードは光を受けてパルス状の電流を発生し，ピッチは，網膜上に換算すると視力 1.0 に相当する。視細胞に繋がる神経系がダメージを受けていない患者に対して視細胞の代替として機能させることが目的で，まだ動物での実験は行っていない。

3. プログラムコミッティー談

カンファレンス終了後のプログラムコミッティーの反省会では，OCT はテクノロジー偏重になっているのではないかという意見が多く出た。OCT は，ここ数年の間に TD-OCT から SS-OCT へと進化した。飛躍的に改善された解像度などの性能が，どのように臨床に有用なのか，紐付けが望まれている。

学会印象記

光・量子デバイス研究会「フォトニック・バイオメディシン最前線：ここまできたレーザー医学・生物学（Ⅳ）」

㈱ニデック　研究開発本部　人工視覚研究所　古野間 邦彦

2008年2月13，14日と2日間にわたり，光・量子デバイス研究会「フォトニック・バイオメディシン最前線：ここまできたレーザー医学・生物学（Ⅳ）」が開催された。本研究会は電気学会の主催で，「バイオメディカル・フォトニクス先端技術調査専門委員会」の担当である。この専門委員会の会長佐藤俊一先生（防衛医科大学校）のイントロダクトリーから本研究会の目的を引用すると，「この研究会は，縦割になりがちなこの分野で，診断・イメージングと生体プロセシング・治療，そしてそれらに用いる光デバイスなどの重要技術について，医学と工学，基礎と臨床，更に産官学の横断的なディスカッションを行う場を提供すること」である。例年，これまでも 2月に開催され，本研究会で最終回を迎えた。

今回は，ナノバイオフォトニクス，光コヒーレンストモグラフィ（以下OCT），脳神経イメージング，細胞制御など光の医療実用・導入についての講演であった。以下の内容で，これまでは1日の開催であったが，最終回ということで2日間の開催，場所は和光市の理化学研究所でアクセスがよいとは言い難いが，それにもかかわらずこれまでで最高の120名以上の人が連日，熱心に聴講した。参加人員の間口が広く，しかもテーマ数も結構多く，討議の時間の確保が難しかった。テーマ数を絞って各テーマの時間を確保するのも必要だろう。仮に討論時間が十分としても，分野が広すぎて主催が期待する討論になるかどうかいささか疑問である。特別講演は30分だったので，60分にしてじっくり講演していただくのが，折角の機会を生かせるのではないかと思った。しかし，本研究会は無料である。贅沢はいえない。テキストが実費での別売というのが運営上のミソかもしれない。

1．OCT，2．次世代マイクロスコピー，3．ニューロフォトニクス，4．行政と先端医療機器開発，5．皮膚・皮下組織イメージング，6．ラマン分光光診断・光バイオプシー，7．ドラッグデリバリーシステム，8．新治療技術・治療モニタリング，9．次世代医用光源，10．バイオマテリアル

の10セッション28講演のうち教育講演は8テーマだった。これまでの研究会を通じて継続的に講演されているテーマもある。セッション4はワークショップとして行われ，「医療機器の許認可制度について」と題して医薬品医療機器総合機構の藤原　藍先生が講演され，承認審査前に導入された対面助言やそれに先立って行う事前面談を強調されていた。うまく機能することを期待したい。「NEDO（新エネルギー・産業技術総合機構）の医療技術分野への取り組み」と題してNEDOの弓場俊輔先生が講演され，今年度から最先端の再生医療，医薬品・医療機器の開発・実用化の促進を目標として「スーパー特区（先端医療開発特区）」が創設されたので，その説明があった。このセッションは討論枠を十分設定して，おそらく参加者にとっては有意義な展開となった。

今回の目玉が，特別講演の「臨床応用最前線」と題した以下の3テーマである。

1．共鳴ラマン分光法と自家蛍光法による黄斑色素測定
尾花　明先生（聖隷浜松病院）

2．悪性脳腫瘍のPDD／PDT最前線
秋元治朗先生（東京医科大学）

3．光を用いた消化管診断・治療の最前線
中村哲也先生（獨協医科大学）

ここでは，眼科に関係の深い分野に限って，テキストから一部抜粋し，報告する。

まずOCTである。これは，これまでの研究会でも何度か講演があった。実用化・製品化され，しかも保険診療が2008年4月から認められて，いまさらOCTはという向きの方もいると思う。されどOCTである。更なる高解像度化や形態計測から機能計測へと多様化されていくのはこれからといえる。さて，OCT第一世代のタイムドメインは歴史的役割を果たし，より高速化に適したフーリエドメインの時代になっている。

今回は集大成ということで，「フーリエドメイン光コヒーレンストモグラフィ　実装と応用」を安野嘉晃先生（筑波大学）が教育講演１として講義された。安野先生のこれまでのご講演で，一番詳しくわかりやすくお話されたのではないかと思うとともに，いつもの歯切れのよい早口の安野節が聞けて，さすが日本のDrexler（失礼，世界の安野先生でした）と思ったしだい。さて，OCTの深さ方向の解像度は，用いる波長のスペクトラルレンジに反比例するので，いかにスペクトラルレンジの広い光源を用いるかがポイントで，そうした観点から「0.8μm帯スーパーコンティニウム光源を用いた超高分解能OCTの眼科応用」が小林俊洋（ニデック）よりあった。これまで用いているSLD（super luminescent diode）との比較で眼底像を示し，その差異を強調していた。OCTにおいては光源が支配的である。機器開発の立場からいえば，光源開発まで踏み込んで開発しないと達成できないわけで，各社コラボレーションを含めた技術総合力が試される。

あと一つが特別講演１である。これは，加齢黄斑変性の早期診断をめざした研究である。加齢黄斑変性の治療法への一つのアプローチとして食生活の改善があり，ルテイン・ゼアキサンチンの摂取量が多い人は加齢黄斑変性の発症率が低いことが報告され，それ以降カロチノイド摂取や黄斑色素量と加齢黄斑変性の関係がいろいろ研究されている。しかし，黄斑色素の測定は実際には難しく，簡単に測定できる確立された装置はないことから，共鳴ラマン分光法を用いた装置と自家蛍光測定による装置とによる黄斑色素密度を測定した報告講演である。

黄斑色素の測定には，1）心理物理学的方法，2）眼底反射光測定法，3）眼底自家蛍光分光法，4）共鳴ラマン分光法，とありそれぞれの概要説明の後，3），4）について詳細な説明があったので以下に報告する。

■眼底自家蛍光分光法

加齢により，網膜色素上皮細胞の基底側に貯まる老廃物であるリポフスチンは，400～590nm（ピーク：490～510nm）の光を吸収して，520～800nm（ピーク：590～630nm）の蛍光を発する。青色光の励起は，中心窩では黄斑色素に吸収されるが傍中心窩では吸収されないので，中心窩では弱い。検出経路に700nm以下のバリアフィルタを入れ，赤色蛍光のみの強度を計測する。本方式は，中間透光体の影響を受けにくいため高齢者に向いている。しかし，中心窩と傍中心窩のリポフスチンの組成が同じ蛍光収率が等しいという前提が必要なので，加齢黄斑変性のようなリポフスチン分布が不均質の眼では測定が難しいということであった。

■共鳴ラマン分光法

物質に光があたる際にラマン散乱が生じる。ラマン散乱は微弱光であり，超高感度検出器が必要になるが，入射光の波長が分子の吸収帯に一致すると共鳴現象により強いラマン散乱，つまり共鳴ラマン散乱が起こり，検出が比較的容易になる。この原理を用いる測定法である。

ルテイン溶液に488nmの光をあてると，三つのラマンシフトが起こり，摘出人眼でも同様に観察され，とくに1,525cm^{-1}の信号強度を黄斑色素測定に用いるとのこと。同じ分子構造のカルチノイドなら同じラマンシフトを示すが，黄斑部にはルテインとゼアキサンチンしかないので，得られた信号はその二つに特定される。ラマン分光法のメリットは物質そのものを検出できることで，リポフスチン分布状態や出血，滲出を伴う加齢黄斑変性患者でも測定可能だが，励起光波長が短いため白内障患者などの中間透光体混濁で吸収されやすいのと測定値のばらつきとが短所とのこと。測定結果は，健常人の黄斑色素密度は加齢とともに低下傾向にある。とくに若い人のばらつきが大きい結果であった。更に，黄斑色素密度は健常人，早期加齢黄斑症，加齢黄斑変性の順に黄斑色素密度が低下していたとの報告をされた。また，眼底カメラ型装置では健常人と早期加齢黄斑変性との差はなく，加齢黄斑変性だけが低値であったことから，加齢黄斑変性眼の色素密度が低いことは間違いないといえる。しかし，低色素密度の眼が加齢黄斑変性になりやすいのか，加齢黄斑変性が発症してから色素密度が低下したのかはまだ判明していない。低色素密度と発症リスクやサプリメントの摂取と色素密度の増加と発症率の関係などが，今後の課題と報告された。

私の力不足のせいで，結果として大幅な抜粋による報告になってしまったが，このような研究会が精力的に開催されていたことを知っていただければ幸いである。また，残念ながら今回が最終回であり，近い機会に発展的に継承する研究会の発足を願うものである。

◆ 編集部からのお願い ◆

視覚の科学をお読みになったご感想，ご意見などをお寄せ下さい。

送付先：大阪大学大学院医学系研究科応用医工学講座感覚機能形成学教室
〒 565-0871 吹田市山田丘 2-2
TEL 06-6879-3941 FAX 06-6879-3948
E-mail: hisyo10 @ ophthal.med.osaka-u.ac.jp
日本眼光学学会 編集部

◆ 日本眼光学学会入会のお勧め ◆

日本眼光学学会は，医師と視能訓練士，物理，光学，視覚研究者をメンバーとし，眼の機能特に視覚科学，レンズ，光学器械，眼の計測器等に関する基礎的，応用的問題の研究，発展に資することを目的として昭和 40 年に発足し，以来この方面において多大の成果を挙げております。

入会をご希望の方は，次ページ挟み込みの入会申込書に必要事項（特に学歴，現在の専門，紹介者）を漏れなくご記入の上，下記事務局宛にお送り下さい。

◆記入上の注意

※眼科医の方は日本眼科学会の認定番号を備考欄にお書き下さい。

※理工系の場合は，大学教授，施設長のご紹介をいただいて下さい。

※視能訓練士の方で，視能訓練士協会にご在籍の方は，会員番号を備考欄にお書き下さい。

※申込者は，忘れずに捺印し郵送して下さい。

※ 2005 年 4 月より個人の守秘義務に関する法律が設定されました。入会申込書にも記載しておりますが，名簿に記載してよい項目には忘れずに○印をお付け下さい。○印がついていない場合はすべて掲載いたしますのでご了承下さい。

◆**会費は，常任理事会にて承認後，改めてご請求いたしますので，折り返しお振込下さい。ご入金が確認できた時点で入会日，会員番号をお知らせいたします。**

◆送付先：567-0046 茨木市南春日丘 7-5-10 第二山本ビル 203 JMC 佐々木内
日本眼光学学会事務局

◆問合先：TEL 072-631-3737 FAX 072-631-3738
E-mail jmcfuji@ops.dti.ne.jp

◆年会費：入会金不要 年会費 (個人) 5,000 円

◆学　会：年 1 回開催。巻末の学会案内をご参照下さい。

◆刊行物：学会誌「視覚の科学」年 4 回発行，学会プログラム・抄録集など，刊行物はすべて会員に無料配布いたします。

「視覚の科学」編集者

編集委員長	三橋　俊文	(㈱トプコン研究開発センター)
編 集 委 員	市川　一夫	(社会保険中京病院眼科)
〃	井上　　真	(杏林大学医学系研究科眼科)
〃	魚里　　博	(北里大学医療衛生学部・大学院医療系研究科)
〃	江本　正喜	(NHK放送技術研究所)
〃	大鹿　哲郎	(筑波大学臨床医学系眼科)
〃	大沼　一彦	(千葉大学工学部情報工学科)
〃	奥山　文雄	(鈴鹿医療科学大学医用情報工学科)
〃	梶田　雅義	(梶田眼科)
〃	祁　　華	(HOYA㈱ビジョンケアカンパニー開発部)
〃	古野間邦彦	(㈱ニデック研究開発本部技術開発部)
〃	斎田　真也	(防衛医科大学応用科学群　応用物理学科)
〃	佐藤　美保	(浜松医科大学眼科)
〃	仲泊　　聡	(国立障害者リハビリテーションセンター病院・東京慈恵会医科大学)
〃	根岸　一乃	(慶応義塾大学医学部眼科)
〃	長谷部　聡	(岡山大学医学部眼科)
〃	畑田　豊彦	(東京眼鏡専門学校)
〃	原　　直人	(神奈川歯科大学附属横浜クリニック眼科)
〃	不二門　尚	(大阪大学大学院医学系研究科感覚機能形成学)
〃	前田　直之	(大阪大学大学院医学系研究科視覚情報制御学)
〃	松本富美子	(近畿大学附属堺病院眼科)
〃	吉澤　達也	(金沢工業大学人間情報工学部)

(敬称略，50 音順)

編　集　後　記

第 30 巻第 1 号をお届けします。

今回も原著論文の著者をはじめとする方々が日ごろ抱かれた眼・視覚にかかわる疑問・謎について解き明かすために行われた研究について投稿していただき，ありがとうございました。有難く拝読させていただきました。

二つの原著は，ともに眼に関する物理モデルからのアプローチではなく，いってみれば生身の眼についての正確な測定からの知見･考察をご報告いただいており，興味深く読ませていただきました。

また，総説・最近のトピックスでは，過去の研究から抽出・抽象化された概念・解析手法といった理工学的な内容に関することを，丁寧にご説明いただいております。勉強させていただきました。

この二つのアプローチは，実験と理論ということもできるもので，車の両輪のごとく相補的に作用し，科学発展に大事なものと理解されていることと思います。このような投稿をいただけることは，本学会および本誌の多様性を示すものであり特徴です。この知的「揺らぎ」を皆様の情報収集感度の維持・向上に役立つものとして，本誌発行を楽しみにしていただけることを願う次第です。

紙面をますます興味深いものするため，皆様には，ご投稿・ご意見という支援をお願い申し上げ，編集後記とさせていただきます。

平 山 典 夫 記

視 覚 の 科 学　第30巻　第1号

2009年5月31日　発行

編集委員長　三橋　　俊文

発　　行　日本眼光学学会
567-0046　茨木市南春日丘7-5-10　第二山本ビル203
JMC佐々木内
TEL　072-631-3737　FAX　072-631-3738
E-mail　jmcfuji@ops.dti.ne.jp

発 行 所　日本眼科紀要会
567-0047　大阪府茨木市美穂ケ丘3-6　山本ビル302号室
TEL　072-623-7878　FAX　072-673-6060
E-mail　folia@hcn.zaq.ne.jp

日本眼光学学会入会申込書

※入会申込書は永久保存いたします。直接入力していただくか、手書きの場合、日本語は、楷書、平仮名で、ローマ字は活字体で記入してください。
※入会申込書を基に会員名簿を作成いたします。名簿に掲載してよい項目には必ず○をお付けください。○印がない方はすべて掲載いたしますのでご了承ください。
※年 会 費　本会員：5,000 円　　購読会員：6,000 円
※会費振込：郵便振替口座番号；00990-0-204392 加入者名；日本眼光学学会

入会申込日：　　年　　月　　日	会員種別:　正会員　購読会員（該当分に○）

◆事務局記入欄　承認日：　　年　　月　　日　　会員番号　　号

氏名	(日本字) (ローマ字)　　印	生年月日 ※明・大・昭・平 年　月　日	※性　別 男・女
所属・勤務先	名 称（部課までくわしく）（日本語）	所属先における職名・地位（日本語）	
	(英語・ローマ字)	(英語・ローマ字)	
	所在地（日本語）	TEL 内線（　　）	
	(英語・ローマ字)	FAX	
勤務先E-mail			
自宅住所（日本語）	〒	TEL	
（英　語）		FAX	
自宅E-mail			
通信先　※　勤務先・自宅・その他 その他の住所 （〒　　）			
学歴他	[最終大学・学校]　大学　学校　学部　学科　専攻　年卒(見込)		
	[大学院]　大学　大学院　課程　研究科　専攻　年了(見込)		
	[実務経験]　年		
現在の専　門	※　医学系 理工学系	紹介者　　印	
備考欄　日眼専門医認定番号：　　視能訓練士協会会員番号：			

◆事務局記入欄

申込書受取日 年　月　日	受取の返事

日本眼光学学会誌「視覚の科学」投稿規程

原著の投稿規定

1. 投稿論文は他誌に発表されていない論文および学会発表原著で，原則として筆頭著者は本会会員に限ります。
2. 原著論文は査読者の意見を参考に，編集委員会が採否を決定します。なお，査読者の意見により原稿の加筆，修正，削除などをお願いすることがありますのでご承知おき下さい。原稿修正等に要する日数は特に定めませんが，3カ月以上になると取り下げと判断する場合があります。
3. 原著論文は，査読者に送られますので論文原本のほかに必ずコピー2部（原本も含め計3部）を提出して下さい。

原著・総説の執筆要項

1. 別々の用紙を用いて次のように区分して下さい。
   - ・タイトルページ：題名，Running Head，所属名，著者名を明記し，下段に校正などの連絡先を記入して下さい。
   - ・和文要約：400字以内に論文の概要がわかるように書いて下さい。
   - ・英文要約（Abstract）：ダブルスペースで打字し，200語以内（1語は5文字に相当）とします。なお，英文の題名，氏名，所属名，住所を明記して下さい。
   - ・キーワード：日本語のキーワードを，5個以内で重要な順に列記して下さい。
   - ・Key words：英語のkey wordsは日本語と同じものを，5個以内で重要な順に列記して下さい。
   - ・本文：原則として，緒言，方法，結果，考按の各項目に区分して下さい。ただし，内容によってはこの限りではありません。総説の場合，本文の構成は自由です.
   - ・文献
   - ・表および図（写真および付図）
   - ・表および図の説明
2. 論文の長さは原則として，本文と文献を合わせて400字原稿用紙20枚（8,000字）以内とします。ただし，編集委員会が認める場合は，この限りではありません。専門用語以外は当用漢字，現代かなづかいを使用し，句読点を正しく付けて下さい。表および図以外には，頁番号並びに頁左側に行数を付けて下さい。電子媒体による投稿の場合には，本文はMicrosoft Wordあるいはテキストファイルで，図表はPower Pointファイルで，CD-ROMに記録してお送り下さい。
3. 医学用語は，原則として日本医学会医学用語委員会編「医学用語辞典」Japan Medical「眼科用語集　第4版」Terminology in Ophthalmology（日本眼科学会）1999年によって下さい。外国人名，地名，薬品名は原語で書き，日本語化している外来語はカタカナを用いて下さい。文中の欧米語は固有名詞，商品名，商品名略語および独語の名詞を除き，すべて小文字として下さい（文頭は大文字）。薬品名は一般名を使用し，商品名はカッコ内に入れ（------®）として下さい。
4. 数字は，算用数字を用い，計量単位はできるだけSI単位を用いて下さい。
5. 図と表はそのまま印刷できるように，きれいにトレースしたもの，または写真を用いて下さい。原則としてはA4の大きさ以内にして下さい。
6. 図（写真）と表の挿入希望箇所を原稿内に示して下さい。写真の大きさは名刺版（6 × 8cm）以上の大きさとします。また，間違いをなくすために，写真の裏側に氏名と天地を明記してお送り下さい。カラー印刷を希望される方は，必ずフィルム（ネガまたはリバーサル）をお送り下さい。カラー印刷は製版・印刷の実費を申し受けます。図（写真）と表の説明は別の用紙を用いて書いて下さい。

   なお説明は，読めばその内容がわかるように明記し，本文中に重複して記載しないように注意して下さい。
7. 掲載論文のすべての著作権は著者と日本眼光学学会に属します。
8. 文献は本文中に引用されたもののみを別紙に一括して書き，文献の記載順序は引用順とします。本文中の引用箇所には肩番号を付して照合して下さい。
9. 文献の書き方は，引用番号）著者名：題名．誌名巻：頁（始頁－終頁），発行年（西暦）．の順に書いて下さい。単行本の場合は，著者名：書名．編者名，頁（始頁－終頁），発行所名，所在都市名，発行年（西暦）．の順で書いて下さい。

著者が 3 名以上の場合は最初の 2 名を書いた上で 3 名以降は，他または et al として下さい。

例 1）光学太郎，光学次郎，眼光学一郎：調節の研究．生理光学 1: 1-10, 1990.

例 2）Yamaguchi L, Yamane J & Yagi K: Researches on accommodation. Physiol Opt 1: 1-10, 1990.

例 3）Yamaguchi K: Physiological Optics. 25-30, CV Mosby, New York, 1990.

10. 著者校正は原則として 1 回行いますが，その際大幅な変更はご遠慮下さい。なお，やむを得ず大幅な変更があった場合は実費を申し受けます。
11. 英文要約は，和文要約に沿って書き，あらかじめ英語の堪能な方の校閲を受けて下さい。
12. 英語訳文の原稿も受付けますが，事前に編集委員会にご連絡下さい。
13. 別刷は 30 部を無料とし，これ以上の部数は有料として 50 部単位で受付けます。
14. 筆頭著者が当会会員の場合には，論文掲載料は本誌 4 頁までは無料とし，5 頁からは 1 頁増えるごとに 15,000 円（消費税は含まず）を加算します（目安として本誌 1 頁が 400 字原稿用紙 3.5 枚に，図と表はそれぞれ 400 字原稿用紙ほぼ 1 枚に相当します）。

    依頼による総説の場合，掲載料は無料ですが，カラー印刷のみ実費（1 頁当たり 20,000 円から 32,000 円）を申し受けます。
15. 原稿は下記の住所にお送り下さい。

〒 565-0871 吹田市山田丘 2-2
大阪大学医学系感覚機能形成学
日本眼光学学会編集委員会
Tel 06-6879-3941
Fax 06-6879-3948
E-mail hisyo10@ophthal.med.osaka-u.ac.jp

視覚の科学投稿用タイトルページ

受付 No.

＊（原稿の大きさは全て A4 以内）

題　名：

簡略題名：
(Running Head)

著者名＊・所属名：

原稿内容：和文要旨　　枚，英文要旨　　枚，本文　　枚，文献　　枚，

図　　枚（図説　　枚）（カラー掲載希望：図番号　　）

表　　枚（表説　　枚），著作権譲渡同意書　　枚

フロッピー
ＭＯ　　（ソフト名：　　バージョン：　　）
ＣＤ

別刷請求先，氏名：

住　所　〒

所　属

氏　名　　(TEL　　)
(FAX　　)

著者校正宛先：（校正宛先に変更のある場合は速やかにご連絡下さい）

住　所　〒

所　属

氏　名　　(TEL　　)
(FAX　　)
(E-mail　　)

別刷希望数：有料　　部＋無料 30 部＝　　部（ただし有料部数は 50 部単位でお願いします）

＊共著者の所属が異なる場合は＊印を名前の肩につけて対応させて下さい。

注 1：講演要旨の場合は，文献，図表を付けずに作成して下さい。キーワード，英文キーワードは付けて下さい。

（裏面にもご記入下さい）

ワープロ又はタイプでご記入ください（切り貼り可）

受付　No.

Title ：
（英文題名）

Author* (s)・Affiliation：
（英文著者・所属名）

Reprint requests to：
（英文別刷請求先，氏名）

本論文のキーワードを，和，英共 5 つ以内，下欄にご記入下さい。

和文　キーワード	英文　Key Words
1	
2	
3	
4	
5	

著 作 権 譲 渡 同 意 書

＊受付日　　年　　月　　日　No.＿＿＿＿

日本眼光学学会　殿

論文名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

表記論文は，下記に署名した全執筆者が共同して書いたものであり，今までに他誌に発表されたことがなく，また他の雑誌に投稿中でないことを認めます。

表記論文が，視覚の科学に掲載された場合は，その著作権を日本眼光学学会に譲渡することに同意します。

筆頭著者署名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿西暦　　年　　月　　日

共著者署名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿西暦　　年　　月　　日

共著者署名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿西暦　　年　　月　　日

共著者署名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿西暦　　年　　月　　日

共著者署名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿西暦　　年　　月　　日

共著者署名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿西暦　　年　　月　　日

＊注意

全著者の自筆署名を筆頭著者，共著者の順に列記して下さい。捺印は不要です。

なお，共著者の署名が上記の欄に書ききれない場合には本誌を複写したものをご使用下さい。

＊印の部分は記入しないで下さい。

会　　報

第 45 回　日本眼光学学会総会　ご案内

今回は第 48 回日本白内障学会総会・第 24 回日本眼内レンズ屈折手術学会総会・22nd Asia Pacific Association of Cataract and Refractive Surgeons Annual Meeting と合同で行います。

会　期：2009 年 6 月 26 日（金）～ 28 日（日）
会　場：東京国際フォーラム
100-0005 東京都千代田区丸の内 3-5-1　TEL: 03-5221-9000㈹
会　長：大鹿哲郎（筑波大学大学院人間総合科学研究科眼科学）
事前登録期間：2008 年 12 月 1 日（月）～ 2009 年 5 月 31 日（日）
演　題：登録は 2009 年 3 月 18 日（水）日に〆切りました。
http://www.congre.co.jp/jscrs2009/
プログラム概要：
シンポジウム：
・Quality of vision：加齢と視機能
・Quality of vision：老視の矯正
・Quality of vision：乱視の手術的矯正
・Quality of vision：コンタクトレンズ
・Quality of vision：各種疾患と視機能
・デバイスを極める— ① OVD の使い分け
・デバイスを極める— ② 眼内レンズの使い分け
・デバイスを極める— ③ 周辺器具
・水晶体研究最前線
・基礎研究を活用した白内障診療
・原因疾患と白内障：基礎から臨床まで徹底研究
・近視を科学する
・色覚を科学する
・多焦点眼内レンズの基本
・多焦点眼内レンズの最新情報
・小児 IOL の適応～あなたは生後 2 カ月の片眼症例に IOL を挿入しますか？
・白内障術後屈折異常対策
・フェムトセカンドレーザーの可能性

教育セミナー：
・眼科医と視能訓練士のための眼鏡処方セミナー
・眼科医と視能訓練士のための眼光学セミナー
・眼科医と視能訓練士のための医療法視セミナー
・白内障術中トラブル対策
・他疾患と白内障手術～最近の考え方と今後の課題

ご不明な点は下記運営事務局までお問合せ下さい。
運営事務局：株式会社コングレ
102-8481　東京都千代田区麹町 5-1　弘済会館ビル 6 階
TEL: 03-5216-5318　FAX: 03-5216-5552
E-mail: jscrs2009@congre.co.jp

第 106 回　中国四国眼科学会・平成 21 年度中国四国ブロック講習会 第 1 回ご案内

会　期：2009 年 7 月 26 日（日）
会　場：サンポート高松　かがわ国際会議場
760-0019　香川県高松市サンポート 2-1　TEL: 087-825-5000
会　長：白神史雄（香川大学医学部眼科学講座）
学会ホームページ　http://106chushi.jtbcom.co.jp
事前登録：「日本の眼科」5 月号に郵便振込取扱票（事前登録振込用紙）を綴込む予定です。

事前登録〆切日：2009 年 6 月 30 日（火）
主　催：香川大学医学部眼科学講座
761-0793　香川県木田郡三木町池戸 1750-1
TEL: 087-898-2211　FAX: 087-891-2212
事務局：第 106 回中国四国眼科学会事務局
530-0001 大阪市北区梅田 2-2-22　ハービス ENT 11F
㈱ジェイコム　コンベンション事業本部内
TEL: 06-6348-1391　FAX: 06-6456-4105
E-mail: 106chushi@jtbcom.co.jp

眼光学チュートリアルセミナー
ー 眼科医・視能訓練士のための ー

会　期：2009 年 8 月 1 日（土）10：00 ～ 17：00
2 日（日） 9：00 ～ 16：00　2 日間
会　場：日本薬学会長井記念館地下 2 階長井記念ホール（東京都渋谷区渋谷 2-12-15）
（アクセス http://www.pharm.or.jp/hall/access.html《渋谷駅下車 徒歩 8 分》）

本チュートリアルの趣旨と特長：

日本の QOV（quality of vision）は，眼光学に関心の深い眼科医，視能訓練士，理工系の研究者，それと関連する企業の尽力により，世界的にみても高品位に保たれていますが，実際の臨床現場ではより深い眼光学の知識を必要とする機会が多くなっています。そこで，知っておくべき，あるいは臨床で困ったときに役立つ光学知識を，眼光学の観点から解りやすく解説するセミナーを開催します。

昨年度は本邦初の試みに対して 130 名を超える参加をいただき，たいへん好評を博しました。本年度は，アンケート結果を踏まえて内容を精査し，講師も含めて全体を充実させました。また，より多くの方に参加していただけるよう，参加費の見直しも行いました。

☆昨年度のアンケートより（一部抜粋）

・今回のセミナーはとても画期的だったと思います。これからもどんどんグレードアップして続けて欲しい。
・各先生方の講義では何度も出てくる言葉（スネル，回折，収差など）があり，色々な先生方からの説明でより理解できました。初日はただ耳に入っていただけの言葉が二日目にはイメージができるようになったような気がします。
・何度聴いてもよくわからない分野ですが，今回かなりわかったような気がします。この分野をじっくり聴けることがなかったので感謝しています。
・今までは理解しようと思っても避けてきた部分の様々な講義を受講して，今回は少し理解できたように思います。自身が理解できた部分を教育の場で生かしたいと思います。

スケジュール：下記のとおりです。（多少の変更はご了解下さい）

日　時	科　目	講義内容	講　師
8/1 10:00 ～ 10:15	オリエンテーション		不二門　尚（大阪大）
10:15 ～ 11:05	光学基礎（1）	光の特性、結像公式、収差の概念	宮前　博（コニカミノルタオプト）
11:15 ～ 12:00	光学基礎（2）	PSF，MTF，OTF，PTF，strehl 比，等	大沼一彦（千葉大）
13:00 ～ 13:45	視力とコントラスト感度	視力，コントラスト感度，等	根岸一乃（慶應大）
13:55 ～ 14:45	多焦点眼内レンズ	多焦点眼内レンズの原理／検査	大沼一彦（千葉大）
15:00 ～ 16:00	手術用顕微鏡	光学系，メーカーによる特徴：使い方の	野田　徹（東京医療センター眼科）
16:10 ～ 17:00	眼底カメラ	コツと限界	同 上

日　時	科　目	講義内容	講　師
8/2　9:00 ～ 9:45	エキシマレーザー	エキシマレーザー角膜手術装置の原理	鈴木喜尊（ニデック）
9:55 ～ 10:50	波面センサー	種類，測定原理と限界	不二門　尚（大阪大）
11:00 ～ 12:00	干渉計測	OCT，IOL マスター，測定原理と限界	同 上
13:00 ～ 13:45	他覚的屈折検査	オートレフ：測定原理と限界	小林克彦（トプコン）
14:00 ～ 16:00	屈折矯正	屈折検査の手段，眼鏡処方の基礎，矯正方法の違い（眼鏡，CL，IOL）	梶田雅義（梶田眼科）
			（敬称略）

※ 詳細をご覧なりたい方は JOEM のホームページをご覧下さい。URL：http://www.joem.or.jp/

参加費：眼　科　医：25,000 円　　研修医／学生：15,000 円
視能訓練士：15,000 円　　ＪＯＥＭ 会員：20,000 円
一　　般：30,000 円　　（テキスト代，消費税込）

申込期限：2009 年 7 月 24 日（金）まで（定員（180 名）になり次第〆切ります。）

申込方法：お申込みフォームは下記の URL からお入り下さい。
お申込み受付後，JOEM から申込責任者宛に受講票と請求書を郵送いたします。
http://www.joem.or.jp/moushikomi.htm

申込先および問合せ先：㈳日本オプトメカトロニクス協会　105-0011 東京都港区芝公園 3-5-22
TEL 03-3435-9321　FAX 03-3435-9567　E-mail: info@joem.or.jp

主　催：日本眼光学学会 & ㈳日本オプトメカトロニクス協会（JOEM）

第 50 回　日本視能矯正学会

会　期：2009 年 10 月 17 日（土），18 日（日）

会　場：東京国際フォーラム　ホール A（収容人数 3,000 名を想定）

テーマ：視覚世界の謎に迫る

特別講演（10 月 18 日（日）午前中を予定）
「赤ちゃんは顔を読む（仮題）」 山口真美（中央大文学部心理学研究室）

教育講演（10 月 17 日（土）午後を予定）
「OCT の見方」　小林義治（帝京大医療技術学部視能矯正学科）

招待講演（対談形式で行う，10 月 18 日（日）13 時 30 分からの予定）
「斜視　患者の気持ち・医者の気持ち（仮題）」 座長；久保田伸枝（帝京大医療技術学部視能矯正学科）
テリー伊藤（ロコモーション）
丸尾敏夫（帝京大医療技術学部）

シンポジウム（10 月 18 日（日）午前中を予定）
「本音で語ろう　間欠性外斜視」　座長；佐藤美保（浜松医大）
手術の立場から：前後転術　初川嘉一（大阪府立母子保健総合医療センター）
手術の立場から：外直筋後転術　坂上達志（帝京大医療技術学部）
視能矯正の立場から：視能矯正訓練　松本富美子（近畿大堺病院）
視能矯正の立場から：視能矯正的検査法とその評価　金谷まり子（東邦大佐倉病院）

第 50 回学会記念式典（10 月 18 日（日）14 時 30 分からを予定）

ランチョンセミナー
10 月 17 日（土）「多焦点眼内レンズについて」 日本アルコン㈱協賛
内　容：多焦点眼内レンズの基本知識と現状，最新情報提供
多焦点眼内レンズをご施設に導入を成功させる上で視能訓練士としての重要な役割
10 月 18 日（日）　ランチョンセミナーを行う予定で内容検討中

第９回　近畿弱視斜視アフタヌーンセミナープログラム
ー弱視・斜視の基礎と臨床シリーズー
その２：「斜視診療の伝統と今日」

（日眼生涯教育事業　申請中）

会　期：2010 年 2 月 27 日（土）午後 2 時 45 分～ 6 時 10 分
会　場：参天製薬・講堂（センチュリーホール）（阪急千里線下新庄駅歩 5 分）
講　演：１．正接尺の使い方とわとおし法 ―より自然な眼位の観察のために―　佐々本研二（ささもと眼科）
２．麻痺性斜視に対する筋移動術の考察　西田保裕（滋賀医大）
３．ボツリヌス毒素療法最前線　三村　治（兵庫医大）
４．斜視治療に有用な外眼筋の画像診断　横山　連（大阪市立総合医療センター）
５．ワークショップ：レチノスコピー　指導；湖崎　克 名誉会員＋全メンバー
会　費：1,000 円（当日登録）
主　催：近畿弱視斜視研究会・参天製薬㈱
（不二門　尚，初川嘉一, 三村　治，三宅三平，西田保裕，野村耕治，近江源次郎，佐々本研二，
菅澤　淳, 杉山能子, 山縣祥隆, 横山　連, 内海　隆）（以上 13 名･ABC 順）
連絡先：事務局　内海　隆（医療法人 内海眼科医院　TEL: 072-626-1223）

学 会 会 合 案 内

◆　2009 年　◆

開催日	名称	開催場所	問合せ先	演題〆切
5/31（日）～ 6/5（金）	CLEO/IQEC 2009	Baltimore Convention Center One West Pratt Street Baltimore, MD, USA	Technical Papers staff E-mail: cstech@osa.org URL: http://www.cleoconference.org/	〆切りました 2008.12.4
7/21（金）～ 7/23（日）	日本視覚学会 2009 夏季大会	京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス （京都府京都市左京区）	日本視覚学会事務局　担当；木崎 TEL: 03-5389-6278 FAX: 03-3368-2822 E-mail: vision-post@bunken.co.jp	
8/26（水）～ 8/28（金）	日本心理学会第 73 回大会	立命館大学衣笠キャンパス （京都府京都市北区）	立命館大学文学部心理学研究室内 日本心理学会第 73 回大会準備委員会 TEL: 075-465-8340 FAX: 075-465-8391 E-mail: jpa2009 @ fc.ritsumei.ac.jp URL: http://www.wdc-jp.biz/jpa/conf2009/	
9/24（水）～ 9/27（土）	Fall Vision Meeting	University of Washington Seatle, WA, USA	Alex Wade E-mail: wade@wadelab.net URL: http://www.osavisionmeeting.org/conf/index.php/2009/VM2009	

開催日	名称	開催場所	問合せ先	演題〆切
10/11（日）～ 10/15（木）	Frontiers in Optics 2009 （OSA）	Fairmont San Jose 170 South Market Street San Jose, CA The Sainte Claire Hotel 302 South Market Street San Jose, CA, USA	General Attendee Information c/o OSA Customer Service - FiO/LS Management E-mail: custserv@osa.org URL: http://www.frontiersinoptics.com/	
10/24（土）～ 10/27（火）	AAO Joint meeting with the Pan-American Association of Ophthalmology (PAAO)	Moscone Center Administrative Office 747 Howard Street, 5th Flr. San Francisco, CA	General questions:meetings@aao.org URL: http://www.aao.org/meetings/annual_meeting/sanfrancisco.cfm	
11/24（火）～ 11/26（木）	Optics & Photonics Japan 2009	朱鷺メッセ （新潟県新潟市中央区）	日本光学会事務 TEL: 03-3238-1043 FAX: 03-3221-6245 E-mail: osj@vesta.ocn.ne.jp	

◆　2010 年　◆

開催日	名称	開催場所	問合せ先	演題〆切
1/23（土）～ 1/28（木）	BiOS SPIE Photonics West	Moscone Center San Francisco, CA, USA	Customer Service E-mail: CustomerService@SPIE.org URL: http://spie.org/x13196.xml	

日本眼光学学会変更届

移動が生じた場合は、速やかに変更届を FAX (072-631-3738)で事務局へお届けください。
事務局には全て届けていただきますが、名簿に記載しない項目には×印を忘れずお付け下さい。

ご氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

変更の内容 (該当箇所に○をお付け下さい)	1. 氏名　2. 自宅住所　3. 勤務先 4. 文書および雑誌送付先　5. その他（　　）			
ふりがな		ふりがな		会員番号
氏　　名		旧　姓		
新勤務先住所	〒			
新住所ふりがな				
新勤務先名称				
新勤務先英文名				
新電話番号		新 FAX 番号		
E-mail				
新自宅住所	〒			
新住所ふりがな				
新電話番号		新 FAX 番号		
E-mail				
文書および雑誌送付先	1. 勤務先 2. 自　宅	変更届出年月日	年　月　日	

連絡先：〒567-0046　茨木市南春日丘 7-5-10　第二山本ビル 203　JMC 佐々木内
日本眼光学学会事務局　TEL　072-631-3737　FAX　072-631-3738
E-mail　jmcfuji@ops.dti.ne.jp

事務局記入欄（記入しないで下さい）

受領日　年　月　日受付