

平成 18 年度日本眼科学会学術奨励賞 受賞論文総説

狭隅角眼における機能的隅角閉塞

国松 志保¹⁾²⁾¹⁾自治医科大学眼科学講座, ²⁾東京大学大学院医学系研究科眼科学教室

要 約

原発閉塞隅角緑内障は、緑内障の中でも最も失明に直結し得る病型であり、特にアジア圏において有病率が高いことが指摘されている。本総説論文において、原発閉塞隅角緑内障の新しい分類に基づいて、原発閉塞隅角緑内障発症までの過程において重要な役割を果たす機能的隅角閉塞についての知見を紹介する。それらの知見を踏まえて、我々が超音波生体顕微鏡(UBM)による狭隅角眼を観察したところ、隅角鏡による隅角開大度は上方で狭く、UBM による隅角角度は明所では上方、暗所では下方が小さいことが分かった。隅角角度は明所よりも暗所で狭く、隅角開大度が狭い部位では、隅角角度は小さ

かった。また機能的隅角閉塞は、特に暗所において高頻度に認められた。機能的隅角閉塞の存在には、性別・年齢・屈折は関連せず、隅角開大度と部位が関連していたことも判明した。このように UBM を用いることにより暗所での生理的な隅角構造の観察も可能となり、原発閉塞隅角緑内障の病態理解に重要な情報を得ることが可能であった。(日眼会誌 111 : 864—871, 2007)

キーワード：機能的隅角閉塞，超音波生体顕微鏡，狭隅角眼，原発閉塞隅角緑内障

A Review

Appositional Angle Closure in Narrow Angle Eyes

Shiho Kunimatsu¹⁾²⁾¹⁾Department of Ophthalmology, Jichi Medical School²⁾Department of Ophthalmology, University of Tokyo Graduate School of Medicine

Abstract

Primary angle closure glaucoma(PACG) is a vision-threatening type of glaucoma. A high prevalence of PACG has been reported in the Asian region. In this review article, we would like to introduce novel findings on appositional angle closure, which plays an important role in the processes of PACG, based upon a new classification. Also, our studies of narrow angle eyes with the use of ultrasound biomicroscopy(UBM) revealed interesting features of appositional angle closure. Our studies showed that appositional angle closure was found frequently in dark conditions, and also that the

width and location of the angles examined were significantly related to the presence of appositional angle closure. The use of UBM enabled us to observe physiologic changes in the angle structure in dark conditions, and provided us important information on the pathogenesis of PACG.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi(J Jpn Ophthalmol Soc 111 : 864—871, 2007)

Key words : Appositional angle closure, Ultrasound biomicroscopy, Narrow angle eyes, Primary angle closure glaucoma

別刷請求先：329-0498 下野市薬師寺 3311-1 自治医科大学眼科学講座 国松 志保

(平成 19 年 4 月 23 日受付，平成 19 年 8 月 20 日改訂受理) E-mail : shihok-ky@umin.ac.jp

Reprint requests to : Shiho Kunimatsu, M. D., Ph. D. Department of Ophthalmology, Jichi Medical School. 3311-1 Yakushiji, Shimotsuke 329-0498, Japan

(Received April 23, 2007 and accepted in revised form August 20, 2007)

I はじめに

原発閉塞隅角緑内障(primary angle closure glaucoma, 以下 PACG)は、緑内障のうち最も失明に直結し得る病型であり、日本人を含めたアジア人では欧米人などに比べ有病率が非常に高いことが知られている^{1)~4)}。一方で、適切な治療により発症の予防が可能でもあることから、PACG 発症の病態生理を明らかにすることは、潜在的なものも含めて多くの患者の失明予防に直結する重大な課題となっており、そのためには、隅角閉塞の病態生理を明らかにすることが不可欠である。

本総説論文においては、PACG の新しい分類を紹介し、その概念に基づいて、PACG 発症までの過程において重要な役割を果たす機能的隅角閉塞についての知見を紹介したい。さらに、これらの新しい PACG の考え方を踏まえて、我々が行った臨床研究⁵⁾により、機能的隅角閉塞の臨床的特徴を解説するとともに、隅角閉塞機序を理解するうえで、超音波生体顕微鏡による隅角形態の観察がきわめて有用であることを指摘したい。

II 原発閉塞隅角緑内障の新しい分類

原発閉塞隅角緑内障は、以前は、隅角閉塞の結果として眼圧が上昇し、視神経乳頭に変化を生ずるものであるもので、全過程を通じて、一連の疾患とみなされていた。そのため、例えば、眼圧上昇を来しているだけで、視神経乳頭所見が正常であっても「原発閉塞隅角緑内障」と定義されていた。しかし、最近の国際分類⁶⁾により、原発閉塞隅角緑内障においても、視神経症の存在をもって緑内障と定義する流れとなり、閉塞隅角緑内障は、①

原発閉塞隅角疑い(primary angle closure suspect, 以下 PACS)、② 原発閉塞隅角症(primary angle closure, 以下 PAC)、③ 原発閉塞隅角緑内障(primary angle closure glaucoma, 以下 PACG)の3つに分類されるようになった。そして、この欧米での分類の考え方に沿う形で、日本緑内障学会による緑内障診療ガイドラインも改訂され、原発閉塞隅角緑内障に対する定義が変更になった。

新しい緑内障診療ガイドライン(2006 年第 2 版)⁷⁾によると、PAC は、「狭隅角眼で、他の要因なく、隅角閉塞を来しながら、緑内障を生じていない症例」と定義されている。隅角に周辺部虹彩前癒着(peripheral anterior synechia, 以下 PAS)があるが眼圧上昇や緑内障性視神経症のない症例、眼圧上昇を来しながら緑内障性視神経症のない症例などが PAC に含まれる。

ここで、隅角閉塞は、機能的隅角閉塞と器質的隅角閉塞に分けられる。機能的隅角閉塞は、虹彩周辺部が隅角線維柱帯に接触するもので、可逆性の隅角閉塞であるのに対して、器質的隅角閉塞は PAS が生じた状態で、不可逆的である。機能的隅角閉塞は、PAS を生じる危険因子と考えられている⁸⁾。

図 1 に、新しい分類に基づいた PACG 発症の様式を示す。PAC は PACG の前段階であり、PAC は無治療では PACG へと発展するとされている。PAC のうち、各種負荷試験陽性例、PAS の存在する症例では、レーザー虹彩切開術を含む治療の対象となるが、機能的隅角閉塞のみを認める症例では、眼圧上昇にどれくらいかわるのか、PACG へ発展する因子は明らかにされておらず、治療の可否については意見が分かれている。

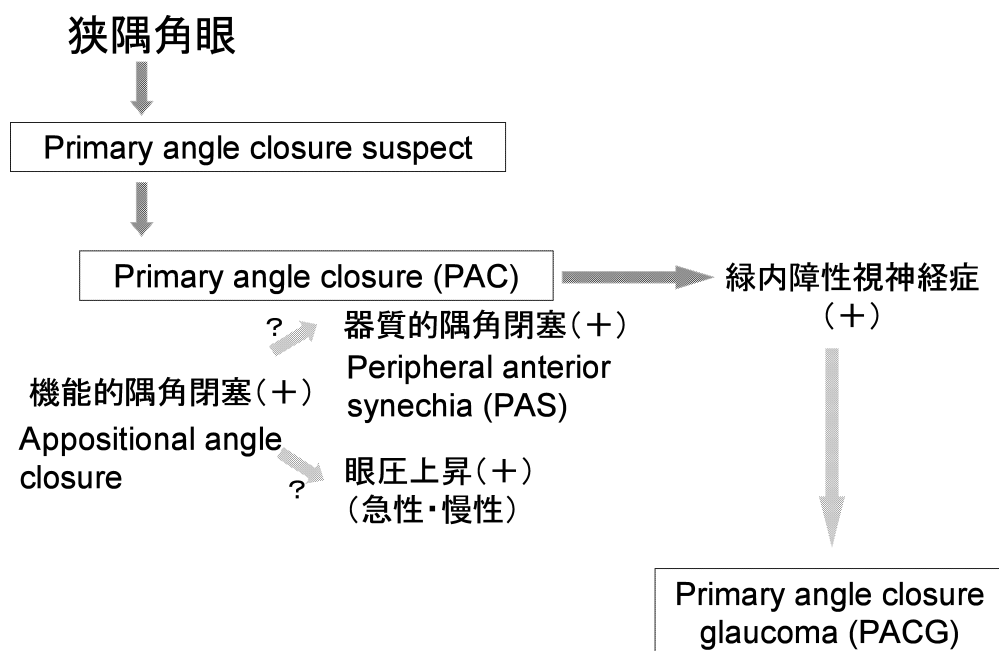


図 1 原発閉塞隅角緑内障発症の様式。

III 超音波生体顕微鏡による隅角検査

PAC および PACG の診断にあたっては、隅角検査が不可欠である。最も普及しているのは、細隙灯顕微鏡を用いた隅角鏡による隅角検査である。一般的には、Goldmann 型一、二、三面鏡、Posner 四面鏡などを使用して観察し、狭隅角眼では、必要に応じて、圧迫隅角鏡による検査を行い、PAS の有無を確認する。隅角の広さの判定には、Shaffer 分類が広く使用されている。本研究においては、角膜後面のスリット光と虹彩前面の光との成す角度から、slit (虹彩根部が線維柱帯にほとんど接触しかけている)、1 度(角膜と虹彩根部の成す角が隅角鏡検査上 10° 以下に見える)、2 度(同 $20 \sim 10^\circ$ に見える)、3 度(同 20° 以上に見える)の分類⁹⁾¹⁰⁾を用いた。しかし、隅角鏡を用いての検査では、検査時に意図せずして力が加わることと、照明を必要とするため暗所での観察は不可能であることから、機能的隅角閉塞の診断は難しい。また、うつぶせ試験^{11)~13)}、暗室試験¹³⁾¹⁴⁾、散瞳試験¹³⁾といった負荷検査では、眼圧上昇をもって、機能的隅角閉塞の可能性はあると考えられるが、いずれの検査も感度・特異度ともに高くなく、機能的隅角閉塞の診断は不可能である。

超音波生体顕微鏡(ultrasound biomicroscopy; 以下 UBM)は、1990 年 Pavlin らによって開発された高周波・高解像度超音波診断装置である¹⁵⁾。通常眼科診療で用いている超音波装置が、約 10 MHz の接触子を使用しているのに対して、UBM は 50 MHz というさらに高周波の振動子を用いている。そのため、従来の超音波診断装置のエコー深達度は約 6 mm、解像度が約 $200 \mu\text{m}$ であるのに比べて、UBM のエコー深達度は約 4 mm と小さいものの、高周波の振動子によって側面・軸性解像力がおおの 50 μm と、高解像度の画像を得ることが可能になった¹⁵⁾。UBM は、虹彩・毛様体・隅角を圧迫することなく、観察光を必要としないため暗所での観察が可能である。また、従来の検査法と比較して、隅角断面像が得られ定量的に評価できること、虹彩裏面や毛様体も描出可能であるという利点がある。UBM を用いることにより、原発閉塞隅角緑内障における隅角閉塞のメカニズム^{16)~18)}、プラトー虹彩の診断¹⁹⁾、レーザー虹彩切開術前後での隅角構造の変化²⁰⁾などが明らかとなった。

IV 超音波生体顕微鏡による機能的隅角閉塞の観察

UBM を用いて、明所および暗所での閉塞隅角緑内障眼や狭隅角眼の虹彩や毛様体の動態の観察が可能になったことにより、PAS の有無にかかわらず、機能的隅角閉塞がかなりの頻度で生じていることが明らかになった。Sakuma らは、46 眼の日本人の閉塞隅角緑内障および狭隅角眼を調べたところ、PAS のある眼(30 眼)で

は 90%、PAS のない眼(16 眼)では 81.3% に機能的隅角閉塞がみられたと報告している²¹⁾。Ishikawa らは、白人の狭隅角眼(Shaffer 分類 grade 1, 2)178 眼を調べたところ、明所では機能的隅角閉塞は認めず、暗所うつぶせ試験下では、99 眼(55.6%)に機能的隅角閉塞を認めたと述べている²²⁾。さらに、Sakata らは、ブラジル人の occludable angle の 31 眼(PACS 2 眼, PAC 15 眼, PACG 14 眼)のうち、下側では 90%、上側では 87% に機能的隅角閉塞を認めたと報告している²³⁾。このように、人種による差はあるものの、PAC および PACG において、機能的隅角閉塞の頻度が高いことは分かっていた。しかし、PAS のない狭隅角眼に限っての機能的隅角閉塞の存在について調べた報告はない。

ひとたび PAS が形成されると、その部位の虹彩根部の動きは、正常の虹彩動態とは異なるものとなってしまう。そこで、機能的隅角閉塞の頻度を調べるため、我々は、正常の虹彩動態を観察できる PAS のない狭隅角眼を対象とし、日常しばしば用いられる隅角鏡を用いて評価される隅角開大度と、隅角角度・機能的隅角閉塞の頻度との関連を検討することにした。

V 超音波生体顕微鏡による狭隅角眼の観察

我々は、上記のような原発閉塞隅角緑内障の疾患概念および分類法の変化を踏まえて、より詳細に病態を理解するために、UBM を用いた臨床研究に取り組んだ⁵⁾。その臨床研究において、我々は、細隙灯顕微鏡検査にて van Herick²⁴⁾法による Shaffer 分類⁹⁾換算にて Grade 2 以下の狭隅角があり、隅角鏡検査にて周辺虹彩前癒着(PAS)例が除外された 80 例 80 眼(男性 17 例, 女性 63 例, 51~89 歳, 平均値 $\pm$ 標準偏差; 69.4 ± 7.0 歳)に対して、隅角鏡検査および UBM 検査を行った。急性緑内障発作眼および、その僚眼は対象から除外した。

隅角鏡検査は、Goldmann 隅角鏡(二面鏡, Haag St-

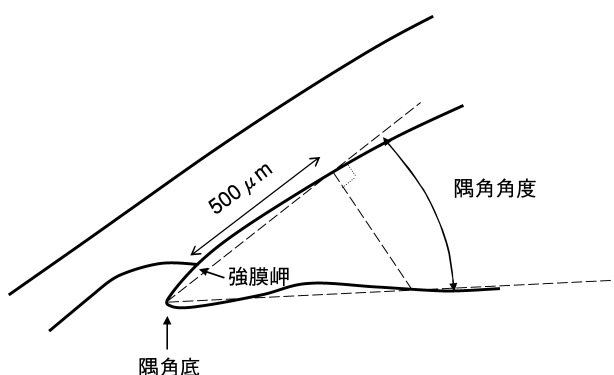


図 2 Pavlin ら²⁵⁾、Marchini ら²⁶⁾による隅角角度の測定方法。

強膜岬を同定し、隅角底を頂点として、強膜岬から 500 μm の角膜内面の点と、そこから垂線をおろした虹彩面の点とを結んだ 2 線間の角度を測定した。

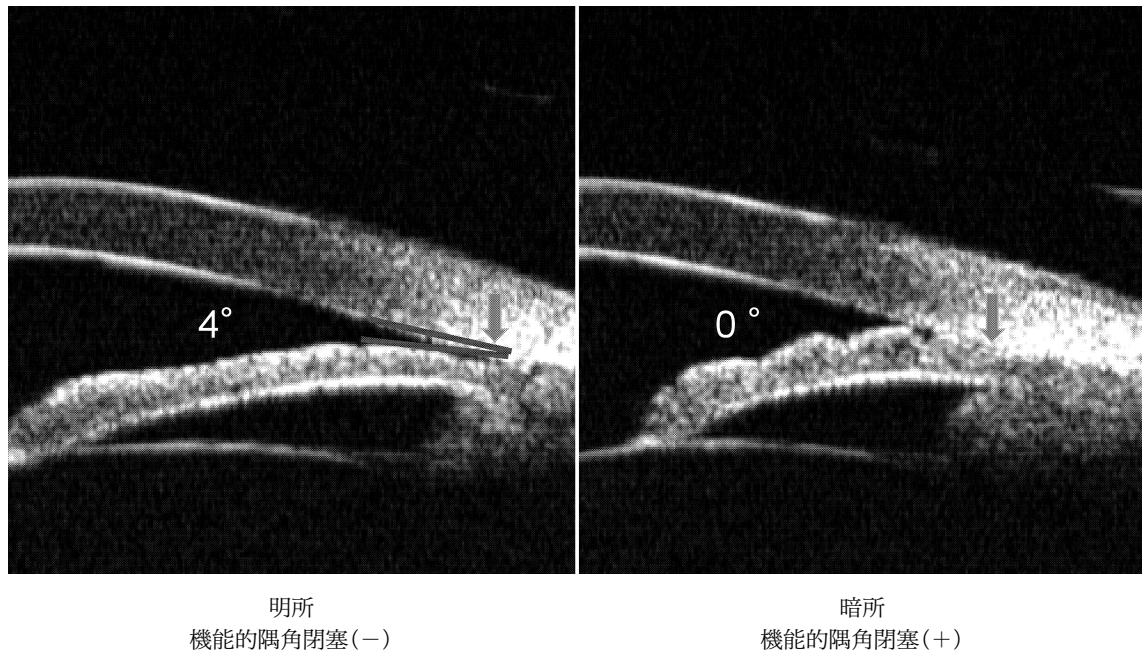


図 3 73 歳女性，左眼上側の隅角の超音波生体顕微鏡画像。
隅角開大度は Shaffer 分類 grade 1. 隅角角度は，明所では 4°(左)，暗所では 0°(右)であり，機能的隅角閉塞が認められた。↓：強膜岬。

reit Inc., Koeniz, Switzerland) を用い，圧迫隅角検査をあわせて行った。被検眼の隅角開大度は，上側，下側，耳側，鼻側の 4 方向において，Shaffer 分類⁹⁾¹⁰⁾に基づいて grade slit, 1~3 度に分けて判定した。

UBM 検査で得られた画像は，Pavlin ら²⁵⁾，Marchini ら²⁶⁾の方法に準じて隅角角度を測定した。すなわち，強膜岬を同定し(高輝度の強膜と，低輝度の毛様体とが，角膜内面で交差する点として確認される)，隅角底を頂点として，強膜岬から 500 μ m の部位の点と，そこから虹彩面に垂直におろした点に向かって線を引き，2 線間の角度を測定した(図 2)。測定角度 0°のものを機能的隅角閉塞ありと定義した(図 3)。

1. 隅角開大度

図 4 に，隅角鏡による隅角開大度を部位別に示す。隅角開大度は，4 方向間で有意に異なり($p < 0.001$, χ^2 検定)，上側の隅角開大度が，より小さい傾向があった。

2. 隅角角度

UBM を用いて計測した隅角角度は，明所で $9.7 \pm 5.6^\circ$ (平均値 $\pm$ 標準偏差，以下同様)，暗所では $8.9 \pm 5.8^\circ$ であり，暗所で有意に狭かった。Marchini らの報告によると，54 例の白人の原発閉塞隅角緑内障患者を調べたところ，一定の照明環境(190 ルクス)での平均隅角角度は，急性・間欠性・慢性閉塞隅角緑内障で，それぞれ， 11.7 ± 8.8 , 19.9 ± 9.8 , $31.3 \pm 9.2^\circ$ であった²⁶⁾。今回の結果(明所での平均隅角角度： $9.7 \pm 5.6^\circ$)は，狭隅角眼のものであるため，単純に比較はできないが，Marchini らの結果との乖離には，少なくとも虹彩付着部の人種による差が関係しているのかもしれない。

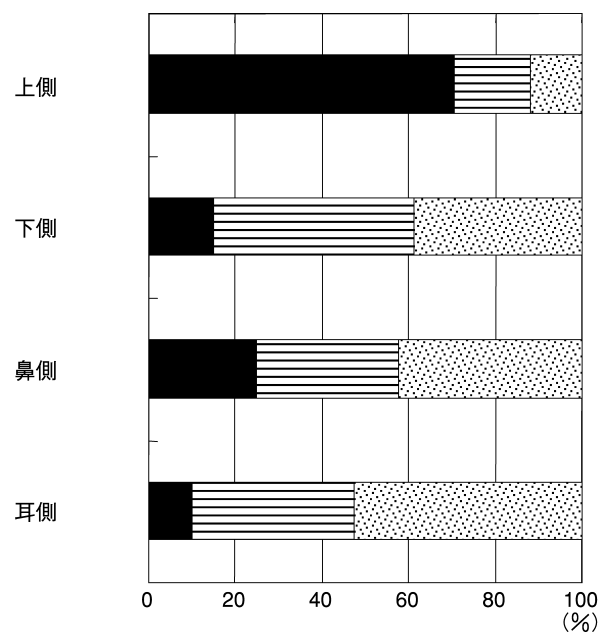


図 4 隅角部位別の隅角開大度。
上側の隅角開大度がより狭い傾向にあった。
■：Grade slit, ▨：Grade 1, ▩：Grade 2
(Kunimatsu S, et al : Ophthalmology 112 : 407-412, 2005 より許可を得て転載，一部改変)

本研究では，隅角角度は，明所では上側が狭かった($p < 0.001$, Post hoc Tukey's tests)。隅角鏡を用いた過去の報告によると，隅角角度は，上方で狭くなるとされており^{27)~29)}，これらの報告はすべて白人のものであるが，本研究の結果と一致していた。一方，暗所では，隅角角度は，下側が狭く($p = 0.040$, Post hoc Tukey's

表 1 4 方向(上下耳鼻)における隅角角度(°)

	上側	下側	耳側	鼻側	4 方向での平均
明所	6.9±4.2	9.3±5.7	11.2±5.6	10.6±5.6	9.7±5.6
暗所	7.2±3.7	6.8±3.9	10.3±6.4	8.9±6.1	8.9±6.8
p 値	0.42	0.002	0.09	0.015	<0.001

平均値±標準偏差。
p 値は、隅角角度をそれぞれの方向別に、明所と暗所とを比較した結果を示す (paired t-test)。隅角角度は、4 方向間で有意に異なっていた (p<0.001, 明所および暗所, ANOVA)。隅角角度は、明所では、耳側と鼻側と比較して上側で小さく (p<0.001), 暗所では耳側と比較して下側で小さかった (p=0.040) (いずれも Post hoc Tukey's tests)。
(Kunimatsu S, et al : Ophthalmology 112 : 407-412, 2005 より許可を得て転載, 一部改変)

表 2 隅角角度と隅角開大度(graded slit, 1, 2)

	Slit	Grade 1	Grade 2
明所	7.3±3.9	8.9±5.0	11.3±5.8
暗所	6.0±4.0	7.9±4.7	9.6±5.0
p 値	0.05	0.007	<0.001

平均値±標準偏差。
p 値は、隅角角度を、隅角開大度ごとに、明所と暗所とを比較した結果を示す (paired t-test)。隅角角度は、それぞれの隅角開大度の間で有意に異なっていた (p<0.001 or p=0.006, 明所および暗所, ANOVA)。隅角角度は、明所では、grade 2では、grade 1, slitと比較して有意に大きく (p<0.001 or p=0.005), 暗所では、grade 2では、grade slitと比較して大きかった (p=0.007) (Post hoc Tukey's tests)。
(Kunimatsu S, et al : Ophthalmology 112 : 407-412, 2005 より許可を得て転載, 一部改変)

tests), 有意差はないものの上側も狭かった。明所と比較すると、下側と鼻側では有意に狭い (p=0.002, p=0.015, paired t-test) など、暗所では、かなり広い範囲で隅角角度が狭くなっていることが UBM を用いることにより明らかになった (表 1)。隅角鏡は、暗所では観察できないため、暗所の隅角角度については、UBM と隅角鏡の結果とを比較することはできないが、急性緑内障発作が、暗所でより頻発することを考えると、今回の UBM の暗所での所見は、重要な所見と考える。

本研究で測定された隅角角度を、隅角開大度別にみると、明所・暗所ともに、隅角開大度が小さく評価された部位は、より隅角角度が小さい傾向にあった (p<0.001, p=0.005, Post hoc Tukey's tests) (表 2)。隅角鏡での grading と UBM での隅角角度がよく相関しているといえる。

3. 機能的隅角閉塞の頻度

機能的隅角閉塞は、明所では 46 眼 (57.5%), 暗所では 68 眼 (85%) に認めた。明所では、上側と下側での機能的隅角閉塞の頻度が、耳側と比較して高く (p<0.001, p=0.001, χ^2 検定), 暗所でも、上側と下側で

の機能的隅角閉塞の頻度が高かった (p<0.001, p<0.001, χ^2 検定)。4 方向のうちの、いずれの部位でも、機能的隅角閉塞の頻度は、暗所で増加していた (おのおの p<0.005, χ^2 検定) (表 3)。

機能的隅角閉塞の頻度は、明所・暗所とも、それぞれの隅角開大度の grade (slit, 1, 2) ごとに有意に異なっていた (p<0.0001, χ^2 検定)。また、どの grade においても、暗所では、機能的隅角閉塞の頻度は増加していた (p<0.005, χ^2 検定) (表 4)。

狭隅角眼における PAS 発症のメカニズムは、依然明らかにされていない。Bhargava ら⁸⁾は、20 例の慢性閉塞隅角緑内障患者に対して、隅角鏡を用いて機能的隅角閉塞の分布を、ピロカルピンによる反応とともに調べた。それによると、隅角閉塞は上側により多く起こり、ピロカルピンにより、虹彩と線維柱帯との接触が解除されるのは、下側に多かった。つまり、隅角閉塞は、部位は、潜在的に上側から下方に向かって、まずは可逆的な虹彩一線維柱帯の接触から始まり、やがて永続的な隅角癒着へと発展するのではないかと結論づけている。今回の結果 (隅角角度は上側と下側で小さく、機能的隅角閉塞はしばしば上側に多く観察される) は、Bhargava らの結果と一致していた。機能的隅角閉塞の存在を疑う場合は、特に上方隅角の観察が重要であると考える。

4. 機能的隅角閉塞発症に関連する因子の検討

明所および暗所での機能的隅角閉塞の発症に影響する因子を検討するため、性別、年齢、屈折、隅角開大度、部位 (上・下・耳・鼻側) を従属変数として、ロジスティック回帰分析を行ったところ、機能的隅角閉塞の発症には、性別・年齢・屈折は関連せず (おのおの p>0.08), 隅角開大度と部位が関連していた (p<0.003, 明所および暗所) (表 5)。

Yeung ら³⁰⁾は、レーザー虹彩切開術後の急性緑内障患者 16 例に対して、UBM を施行した。それによると、隅角鏡では、緑内障発作眼の 55.6% に機能的隅角閉塞を認めたが、緑内障発作眼とその僚眼では、UBM パラメーターに有意な差がなく、隅角構造に差は認めなかつ

表 3 明所および暗所における 4 方向別の機能的隅角閉塞の頻度 (n=80)

	上側	下側	耳側	鼻側
明所				
機能的隅角閉塞あり (%)	32 (40%)	23 (29%)	7 (9%)	11 (14%)
暗所				
機能的隅角閉塞あり (%)	63 (79%)	51 (64%)	21 (26%)	26 (33%)

機能的隅角閉塞の頻度は、明所と暗所では、4 方向間で有意に異なっていた (おのおの $p<0.0001$, χ^2 検定). 明所では、上側 ($p<0.001$) と下側 ($p=0.001$) での機能的隅角閉塞の頻度が、耳側と比較して高かった. 暗所でも、上側 ($p<0.001$) と下側 ($p<0.001$) での機能的隅角閉塞の頻度が、耳側と比較して高かった. また、4 方向のうちの、いずれの方向でも、機能的隅角閉塞の頻度は、暗所で増加していた (おのおの $p<0.005$).
(Kunimatsu S, et al : Ophthalmology 112 : 407-412, 2005 より許可を得て転載、一部改変)

表 4 明所および暗所における、隅角開大度 (grade slit, 1, 2) ごとの機能的隅角閉塞の頻度

	Slit (88 か所)	Grade 1 (118 か所)	Grade 2 (114 か所)
明所			
機能的隅角閉塞あり (%)	34 (39%)	26 (22%)	13 (11%)
暗所			
機能的隅角閉塞あり (%)	69 (78%)	61 (52%)	31 (27%)

機能的隅角閉塞の頻度は、明所・暗所とも、それぞれの隅角開大度 (grade slit, 1, 2) ごとに有意に異なっていた ($p<0.0001$, χ^2 検定). 暗所での機能的隅角閉塞の頻度は、明所に比べて有意に増加していた ($p<0.0001$, $p<0.0001$, $p=0.0025$, それぞれ grade slit, 1, 2 について).
(Kunimatsu S, et al : Ophthalmology 112 : 407-412, 2005 より許可を得て転載、一部改変)

表 5 明所および暗所での機能的隅角閉塞に寄与する因子 (ロジスティック解析)

	明所		暗所	
	Odds 比 (95% 信頼区間)	p 値	Odds 比 (95% 信頼区間)	p 値
性別	0.77 (0.38-1.57)	0.47	1.82 (0.93-3.55)	0.08
年齢	1.01 (0.97-1.04)	0.68	1.01 (0.98-1.04)	0.53
屈折	1.03 (0.83-1.26)	0.82	0.95 (0.79-1.14)	0.59
隅角開大度	0.45 (0.26-0.76)	0.003	0.35 (0.23-0.54)	<0.001
隅角の部位	0.64 (0.49-0.85)	0.002	0.48 (0.37-0.61)	<0.001

部位：隅角の位置する場所. $R^2=0.23$ (明所), 0.33 (暗所).
(Kunimatsu S, et al : Ophthalmology 112 : 407-412, 2005 より許可を得て転載、一部改変)

た。レーザー虹彩切開術により瞳孔ブロックが解除された状態であっても機能的隅角閉塞が観察されたことから、毛様体が前方に位置している隅角構造が、機能的隅角閉塞や PAS 形成に関与しているのではないかと推測している。本研究では、機能的隅角閉塞には、隅角開大度と部位が関与しているという結果であったが、PAS 形成や急性緑内障発作の病態については、機能的隅角閉塞以外の因子も介在すると思われ、長期間の観察を行う必要があると考える。

VI おわりに

本総説論文においては、PAC や PACG の概念を解説するとともに、UBM を用いた我々の臨床研究⁵⁾により、日本人における、PAS のない狭隅角眼では、上側の隅角角度が狭く、機能的隅角閉塞の頻度は約 9 割 (暗所) と高いことを指摘した。PACG のもたらす視機能へのリスクが重大であるだけに、その病態を把握することはきわめて重要である。器質的隅角閉塞が生じる以前には、頻繁に機能的隅角閉塞が生じていると考えられるが、

我々は、機能的隅角閉塞と PAS 形成や PACG 発症の関連に関して、さらに詳細で長期的な研究が必要であると考えている。我々の臨床研究が示すように、UBM による定量的解析は、PAC や PACG の病態理解にきわめて有用な情報を与えてくれる。近年、UBM 以外にも、scanning peripheral anterior chamber depth analyzer (SPAC)³¹⁾や前眼部測定光干渉断層撮影(前眼部 OCT)³²⁾などが、非侵襲的な検査法として臨床応用されている。今後は、これらの検査機器を組み合わせることで、狭隅角眼から閉塞隅角緑内障へと発展する機序や、PAS 形成や急性緑内障発作発症との関係について、さらに詳細な研究に取り組んでいきたい。

稿を終えるにあたり、受賞講演の機会を与えてくださった学術奨励賞選考委員各位、第 111 回日本眼科学会総会長下村嘉一教授に心より感謝申し上げます。また、本研究に対する貴重なご指導をいただきました東京大学新家 眞教授、富田剛司助教授、富所敦男講師、多治見市民病院眼科岩瀬愛子先生、研究に協力していただいた東京大学三嶋弘一先生、平澤(高本)裕代先生に感謝いたします。

文 献

- 1) Bourne RR, Sukdom P, Foster PJ, Tantisevi V, Jitapunkul S, Lee PS, et al : Prevalence of glaucoma in Thailand : a population based survey in Rom Klao District, Bangkok. *Br J Ophthalmol* 87 : 1069—1014, 2003.
- 2) Foster PJ, Baasanhu J, Alsirk PH, Munkhbayar D, Uranchimeg D, Johnson GJ : Glaucoma in Mongolia. A population-based survey in Hövsgöl province, northern Mongolia. *Arch Ophthalmol* 114 : 1235—1241, 1996.
- 3) Seah SK, Foster PJ, Chew PT, Jap A, Oen F, Fam HB, et al : Incidence of acute primary angle-closure glaucoma in Singapore. An island-wide survey. *Arch Ophthalmol* 115 : 1436—1440, 1997.
- 4) Foster PJ, Oen FT, Machin D, Ng TP, Devereux JG, Johnson GJ, et al : The prevalence of glaucoma in Chinese residents of Singapore : a cross-sectional population survey of the Tanjong Pagar district. *Arch Ophthalmol* 118 : 1105—1111, 2000.
- 5) Kanimatsu S, Tomidokoro A, Mishima K, Takamoto H, Tomita G, Iwase A, et al : Prevalence of appositional angle closure determined by ultrasonic biomicroscopy in eyes with shallow anterior chambers. *Ophthalmology* 112 : 407—412, 2005.
- 6) Foster PJ, Buhrmann R, Quigley HA, Johnson GJ : The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 86 : 238—242, 2002.
- 7) 日本緑内障学会緑内障診療ガイドライン作成委員会 : 緑内障診療ガイドライン第 2 版. *日眼会誌* 110 : 777—814, 2006.
- 8) Bhargava SK, Leighton DA, Phillips CI : Early angle-closure glaucoma. Distribution of iridotrabecular contact and response to pilocarpine. *Arch Ophthalmol* 89 : 369—372, 1973.
- 9) Shaffer RN : Primary glaucomas. Gonioscopy, ophthalmoscopy and perimetry. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 64 : 112—127, 1960.
- 10) Stamper R, Lieberman M, Drake M : Clinical interpretation of gonioscopic findings. In : Stamper R, et al (Eds) : *Becker-Shaffer's diagnosis and therapy of the glaucomas*. 7th ed. St. Louis, Mosby, 101—113, 1999.
- 11) Hyams SW, Friedman Z, Neumann E : Elevated intraocular pressure in the prone position. A new provocative test for angle-closure glaucoma. *Am J Ophthalmol* 66 : 661—672, 1968.
- 12) Harris LS, Galin MA : Prone provocative testing for narrow angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 87 : 493—496, 1972.
- 13) Hitchings RA, Powell DJ : Pilocarpine and narrow-angle glaucoma. *Trans Ophthalmol Soc UK* 101 : 214—217, 1981.
- 14) Pavlin CJ, Harasiewicz K, Foster FS : An ultrasound biomicroscopic dark-room provocative test. *Ophthalmic Surg* 26 : 253—255, 1995.
- 15) Pavlin CJ, Sherar MD, Foster FS : Subsurface ultrasound microscopic imaging of the intact eye. *Ophthalmology* 97 : 244—250, 1990.
- 16) Pavlin CJ, Harasiewicz K, Sherar MD, Foster FS : Clinical use of ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology* 98 : 287—295, 1991.
- 17) Ritch R, Liebmann JM : Role of ultrasound biomicroscopy in the differentiation of block glaucomas. *Curr Opin Ophthalmol* 9 : 39—45, 1998.
- 18) Wilensky JT, Kaufman PL, Frohlichstein D, Gieser DK, Kass MA, Ritch R : Follow-up of angle-closure glaucoma suspects. *Am J Ophthalmol* 115 : 338—346, 1993.
- 19) Pavlin CJ, Ritch R, Foster FS : Ultrasound biomicroscopy in plateau iris syndrome. *Am J Ophthalmol* 113 : 390—395, 1992.
- 20) Gazzard G, Friedman DS, Devereux JG, Chew P, Seah SK : A prospective ultrasound biomicroscopy evaluation of changes in anterior segment morphology after laser iridotomy in Asian eyes. *Ophthalmology* 110 : 630—638, 2003.
- 21) Sakuma T, Sawada A, Yamamoto T, Kitazawa Y : Appositional angle closure in eyes with narrow angles : an ultrasound biomicroscopic study. *J Glaucoma* 6 : 165—169, 1997.
- 22) Ishikawa H, Esaki K, Liebmann JM, Uji Y, Ritch R : Ultrasound biomicroscopy dark room provocative testing : a quantitative method for estimating anterior chamber angle width. *Jpn J Ophthalmol* 43 : 526—534, 1999.
- 23) Sakata LM, Sakata K, Susanna R Jr, Sakata VM, Hatanaka M, Trancoso L, et al : Long

- ciliary processes with no ciliary sulcus and appositional angle closure assessed by ultrasound biomicroscopy. *J Glaucoma* 15 : 371—379, 2006.
- 24) **Foster PJ, Devereux JG, Alsbirk PH, Lee PS, Uranchimeg D, Machin D**, et al : Detection of gonioscopically occludable angles and primary angle closure glaucoma by estimation of limbal chamber depth in Asians : modified grading scheme. *Br J Ophthalmol* 84 : 186—192, 2000.
- 25) **Pavlin CJ, Harasiewicz K, Foster FS** : Ultrasound biomicroscopy of anterior segment structures in normal and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol* 113 : 381—389, 1992.
- 26) **Marchini G, Pagliaruso A, Toscano A, Tosi R, Brunelli C, Boromi L** : Ultrasound biomicroscopic and conventional ultrasonographic study of ocular dimensions in primary angle-closure glaucoma. *Ophthalmology* 105 : 2091—2098, 1998.
- 27) **Barkan O** : Etiology of narrow-angle glaucoma ; report of a case of glaucoma secondary to anterior displacement of the lens iris diaphragm. *Am J Ophthalmol* 36 : 901—906, 1953.
- 28) **Barkan O** : Narrow-angle glaucoma ; effect of miosis on the narrow-angle mechanism and intraocular pressure. *Am J Ophthalmol* 36 : 1387—1388, 1953.
- 29) **Phillips CI** : Sectoral distribution of goniosynechia. *Br J Ophthalmol* 40 : 129—135, 1956.
- 30) **Yeung BY, Ng PW, Chiu TY, Tsang CW, Li FC, Chi CC**, et al : Prevalence and mechanism of appositional angle closure in acute primary angle closure after iridotomy. *Clin Experiment Ophthalmol* 33 : 478—482, 2005.
- 31) **Kashiwagi K, Abe K, Tsukahara S** : Quantitative evaluation of changes in anterior segment biometry by peripheral laser iridotomy using newly developed scanning peripheral anterior chamber depth analyser. *Br J Ophthalmol* 88 : 1036—1041, 2004.
- 32) **Radhakrishnan S, Goldsmith J, Huang D, Westphal V, Dueker DK, Rollins AM**, et al : Comparison of optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for detection of narrow anterior chamber angles. *Arch Ophthalmol* 123 : 1053—1059. 2005.
-