

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

眼科写真 (2000) 16巻:28~32.

レーザー走査型検眼鏡による眼底観察

福井勝彦

レーザー走査型検眼鏡による眼底撮影
(共焦点方式と暗視野方式による臨床応用)

旭川医科大学 眼科学講座 福井勝彦

Observation of the ocular fundus with scanning laser
ophthalmoscope
(Clinical application of confocal mode and dark-field
mode)

Department of Ophthalmology Asahikawa Medical College
Katsuhiko Fukui

The SLO facilitated simultaneous focusing of the retina and vitreous opacities because its inherent deep range of focus. I concluded that the SLO allows clear imaging of vitreous opacities or pathological retinal surface using laser beams of different wavelengths and a confocal aperture. Images taken using a dark-field aperture are made by blocking direct reflected light and only allowing indirect reflected light. This method enables three-dimensional-like reproduction of the uneven surface of the retina.

I. はじめに

レーザー光は、単色性、可干渉性に優れ、かつ高輝度である特性からさまざまな分野で応用されている。近年、開発された共焦点走査型レーザー検眼鏡 scanning laser ophthalmoscope (SLO) は、レーザーと共焦点の光学系を利用し低輝度のレーザー光を眼内に照射し検知器の前に設置した絞りを選択し直接的反射光および間接的反射光を記録することが出来る。直接的反射光には開口絞り(共焦点方式)、間接的反射光にはリング状絞り(暗視野方式)を用いて反射光を制限し開口径や遮断径の大きさを变化させて焦点深度の異なる所見が得られる。レーザー光の波長特性を応用した特徴のある画像が捉えられ本装置では動的観察も可能である。しかもレーザーの網膜上に集光する時間は短く

光障害の危険性も少ない。しかし、アナログビデオ信号からの静止画像では、画質的にも良好な画像とはならないが従来からの眼底カメラによる画像所見から得ることのできない有用な情報が得られたので実際の症例を供覧する。

II. 対象と方法

1. 対象

対象として、共焦点方式の症例には黄斑部網膜上グリア増殖症（症例1）と黄斑円孔と乳頭グリア菅（症例2）を用い、暗視野方式の症例には黄斑円孔（症例3）および加齢性黄斑変性症（症例4）を用いた。

2. 撮影装置

ローデンストック社製（Ottobrunn, Germany）の走査型レーザー検眼鏡 scanning laser ophthalmoscope（SLO）を用いた。本装置の原理図示す（図1）。共焦点絞りの開口径は、1mm、2mm、4mm、10mm、の4種類（C1～C4）で暗視野絞りの遮断径は、1mmと4mmの2種類（R1, R2）がある。撮影画角は20度と40度が選択でき、光源としては488nmのアルゴンブルー、514nmのアルゴングリーン、633nmのヘリウムネオン、780nmダイオードの4種類が使用できる。

3. 撮影方法

共焦点方式は、開口径4mmから羞明感の少ないヘリウムネオンを用いて広画角で観察し、アルゴンブルーおよびダイオードを選択し、その後、開口径を2mmおよび10mmへ切り換えた。尚、可動性の症例には、固視の移動を行い動的観察した。一方、暗視野方式は長波長のヘリウムネオンとダイオードを用い遮断径4mmで観察した。詳細な観察は解像度の高い20度の画角で行った。

III. 結果

1. 黄斑部網膜上グリア増殖症（症例1）

黄斑部に牽引を伴った膜様物を認めた黄斑部網膜上グリア増殖症を示す。共焦点絞り（C2：開図2a 488nmアルゴンブルー（C2：開口径2mm）網膜表層の線維膜が観察できた。口径2mm）を選択しレーザー波長のみを変化させた。アルゴンブルーでは、硝子体の境界面

の詳細な観察に適しており網膜表層に接着し増殖した線維膜の形態を明瞭に観察できた（図2a）。ヘリウムネオンでは、網膜前線維膜を透見し黄斑部より鼻側側の網膜血管が観察できた（図2b）。ダイオードでは、さらに波長が長いため耳側側の線維膜が透見された（図2c）。

2. 黄斑円孔と乳頭グリア管（症例2）

黄斑円孔と剥離した後部硝子体膜の症例を示す。焦点深度の深い共焦点絞り（C3：開口径4mm）のアルゴンブルーでは、円孔周囲にepiretinal membraneと乳頭の上方に剥離した後部硝子体膜が陰影として観察できた（図3a）。ヘリウムネオンでは、後方の脈絡膜層と乳頭グリア管を同時に捉えられた（図3b）。一方、アルゴンブルーで共焦点開口径を小さくし（C2：開口径2mm）剥離した後部硝子体膜に焦点を移動させると硝子体膜に連なるグリア組織が観察できた（図3c）。

3. 黄斑円孔（症例3）

後部硝子体未剥離の黄斑円孔の症例を示す。ダイオードの暗視野方式では（R2：遮断径4mm）、網膜後方に焦点シフト（+5.5 diopter）すると散乱光による観察のため脈絡膜血管が立体的に捉えられた（図4a）。画角20度のダイオード（R2：遮断径4mm）で硝子体側にフォーカスシフトすると黄斑円孔と後部硝子体の牽引による円孔周辺部の網膜表層が立体的に観察できた（図4b）。

4. 加齢性黄斑変性症（症例4）

脈絡膜新生血管が原因となり網膜下出血を伴った加齢性黄斑変性症を示す。黄斑部は囊腫状に隆起し、後部硝子体に牽引されていた（図5a）。画角40を用いた暗視野方式のヘリウムネオン（R2：遮断径4mm）では、囊腫状の病変部に花卉状の隆起様病巣部が立体的に観察できた（図5b）。画角20度のダイオード（R2：遮断径4mm）では、波長特性のため隆起部の形態は明瞭となり周辺の雛壁も観察された（図5c）。

IV. 考 察

1980年にWebb¹⁾らにより開発された共焦点走査型レ

レーザー検眼鏡（SLO）は、逆Gullstrand瞳分離を採用し、瞳孔中心部をレーザーの入り口とし、反射光は残りの瞳孔部を使い検出器の前に設置した絞りで画像を取り込む眼底観察装置である。レーザーは、位相性、指向性、収束性、単色性に優れ眼底の一点から反射された画像は、眼光学系による散乱光やレンズの表面反射や収差に影響されにくく高輝度の画像が得られる。共焦点方式（confocal mode）は、レーザー波長を変化させて組織深達性による病変の診断（layer by layer）や開口径の変換で焦点深度を変化させ、さらに、眼球運動に伴った動的所見も得ることができる。しかしながら、一点に集光したレーザースポットを高速に走査して画像を取り込む共焦点方式では、小開口径では焦点深度が浅くレーザー光の入射位置や入射角度により組織深達性が変化する。入射位置や角度を僅かに移動させて確認する必要がある。また、レーザーの眼透光体の透過率の相違により波長の短いレーザーは、水晶体の混濁に透過性が影響され、さらに、網膜の内網層に存在するキサントフィル（黄斑色素）はアルゴンレーザーを吸収するため黄斑部の観察には、長波長のレーザーが優れていた。一方、暗視野方式（dark-field mode）では、間接的反射光（散乱光）を透過させて画像を形成する。隆起性の病変部では、病巣部の凹凸面で屈折や回折を伴い平坦な部位とに、わずかな位相の差が生じ光電子増幅管で光の情報を電氣的な濃度信号に変換した画像は、その部分に明暗のコントラストがつき、立体感のある画像として観察される。近赤外光のダイオードレーザーは波長特性により中間透光体の混濁、黄斑部網膜内のキサントフィル、色素上皮細胞のメラニンを透過し脈絡膜の深い層からの反帰光が得られ、その立体効果はリング状の遮断径が大きいほど焦点深度が深くなる。暗視野方式で硝子体側に焦点を移動することによって比較暗点や変視症の原因となる網膜表層の凹凸を立体的に観察することができ網膜表層の形態的検査に有用であると考えられた。

V. まとめ

共焦点走査型レーザー検眼鏡（SLO）は、小瞳孔で眼底観察が可能であり病変の可動性も観察できる。レーザー光の選択によって、組織深達性により異なる深

さの眼底所見や開口径の大きさで焦点深度の異なる所
見を捉えることとがでる。しかし、共焦点方式ではレー
ザー光の入射位置や角度を移動させて検索する必要が
ある。一方、暗視野方式では、平坦部と隆起部にわず
かな位相の差が生じ、立体感のある画像として観察さ
れた。その画像情報から従来の眼底カメラによる画像
では得ることのできない有用な情報が得られた。

参考文献

- 1) Webb RH, Hughes GW, Pomerantzeff O : Flying spot TV ophthalmoscope. Applied Optics 19, 2991-2997, 1980.
- 2) Webb RH, Hughes GW, Delori FC: Confocal scanning laser ophthalmoscope, Applied Optics 26, 1492-1499, 1987.
- 3) 廣芝直子 : 「月刊眼科診療プラクティス Vol.1 No. 1, 33. デジタル眼底診断」 ; 走査型レーザー検眼鏡の原理, 小椋祐一郎, 本田孔士編, 16, 分光堂, 東京, 1992.
- 4) 梯彰弘, 石子智士 : SLOと黄斑疾患, 眼科 Vol.139, No.2, 141-149, 1997.
- 5) 水澤剛 : 「眼科診療プラクティス Vol.146」眼科写真撮影法, 前眼部撮影, SLOを使って硝子体を撮る, 金上貞夫, 丸尾敏夫, 本田孔士, 白井正彦, 田野保雄編, 58, 分光堂, 東京, 1999.
- 6) 福井勝彦, 加藤祐司, 五十嵐弘昌, 磯部裕成, 吉田晃敏 : 共焦点レーザー走査検眼鏡 (SLO) による眼底撮影の有用性 (1) 形態的検索, 日本医学写真学会雑誌, Vol.37, No.4, 119-126, 1999.

< 図の説明 >

図 1 装置の原理図

レーザースポットを高速で x-y 方向に走査し焦点面のみに検出し焦点以外はカットする。

図 2 a 488nm アルゴンブルー (C2 : 開口径 2mm)
網膜表層の線維膜が観察できた。

図 2 b 633nm ヘリウムネオン (C2 : 開口径 2mm)
鼻側側の網膜血管が透見できた。

図 2 c 780nm ダイオード (C2 : 開口径 2mm)
耳側側の網膜血管が透見できた。

図 3 a 488nm アルゴンブルー (C3 : 開口径 4mm)
epiretinal membrane と後部硝子体膜が観察できた。

図 3 b 633nmヘリウムネオン (C3: 開口径 4mm)
脈絡膜層と乳頭グリア菅を同時に観察できた。

図 3 c 488nmアルゴンブルー (C2: 開口径 2mm)
硝子体膜に連なるグリア組織が観察できた。

図 4 a 780nmダイオード (R2: 遮断径 4mm)
脈絡膜血管が立体的に捉えられた。

図 4 b 780nmダイオード (R2: 遮断径 4mm)
網膜表層が立体的に観察できた。

図 5 a 加齢性黄斑変性症 (症例 4)
網膜下出血で黄斑部は囊腫状に隆起している。

図 5 b 633nmヘリウムネオン (R2: 遮断径 4mm)
花弁状の隆起様病巣部が立体的に観察できた。

図 5 c 780nmダイオード (R2: 遮断径 4mm)
隆起部と円孔周辺部の雛壁も観察された。

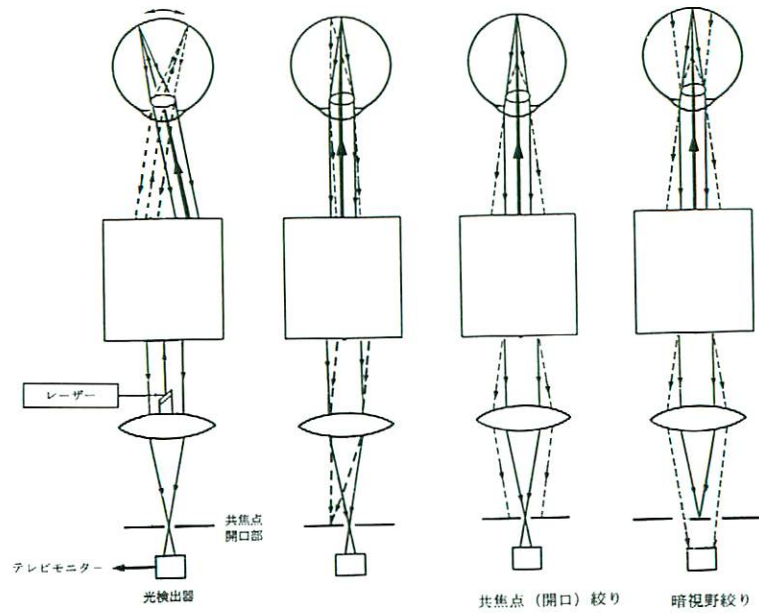


図1 装置の原理図

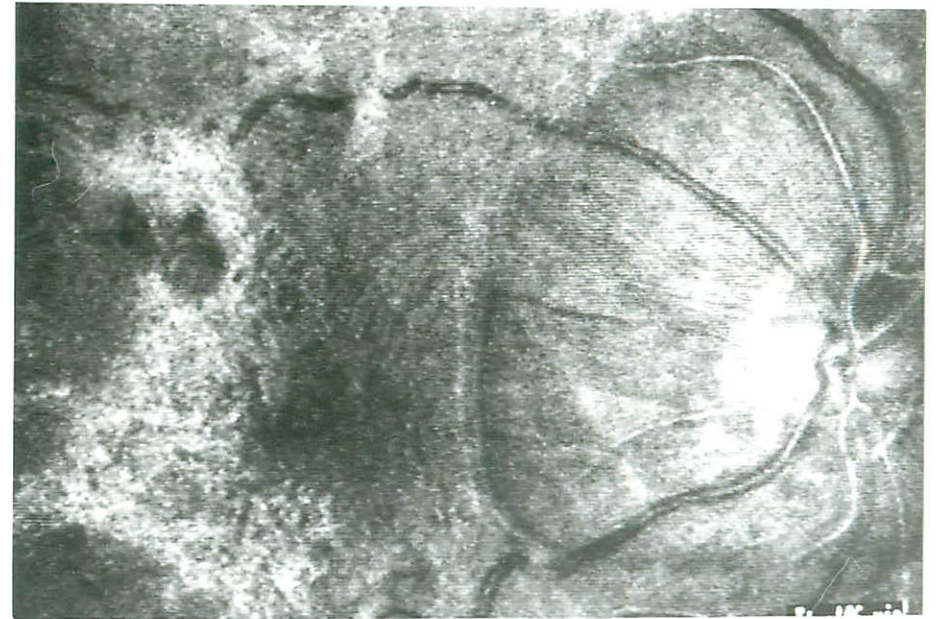


図2b 633nm ヘリウムネオン (C2: 開口径 2mm)

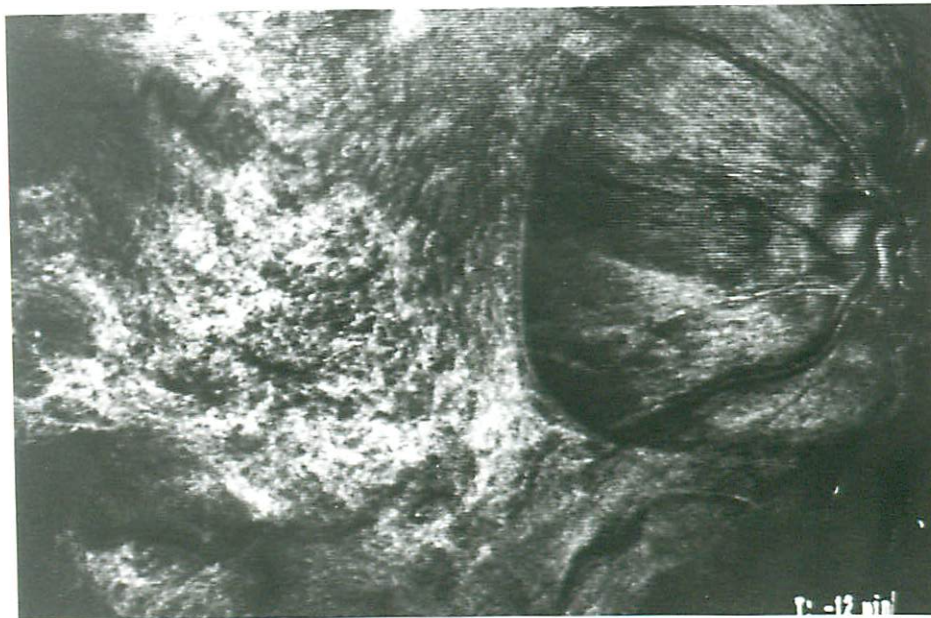


図2a 488nm アルゴンブルー (C2: 開口径 2mm)

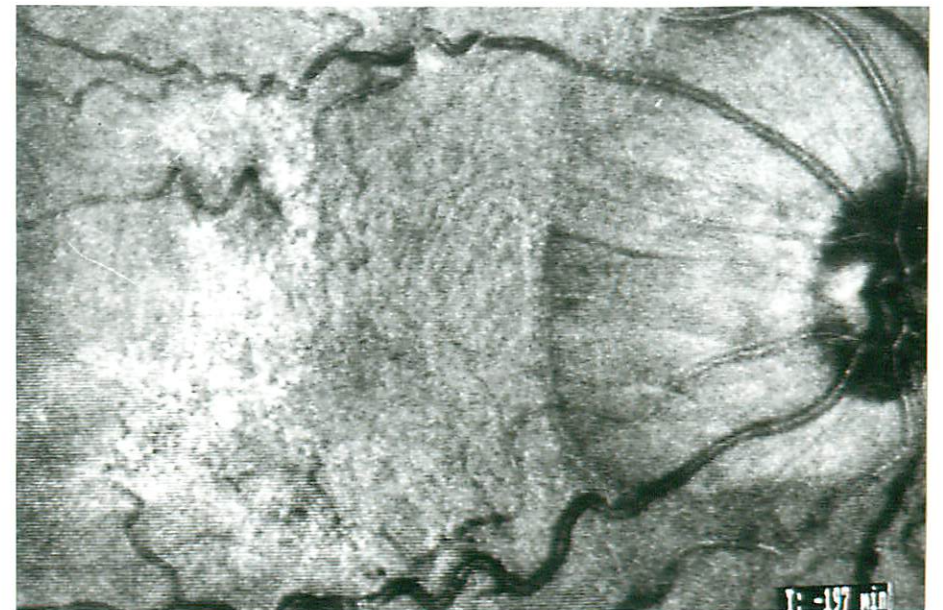


図2c 780nm ダイオード (C2: 開口径 2mm)

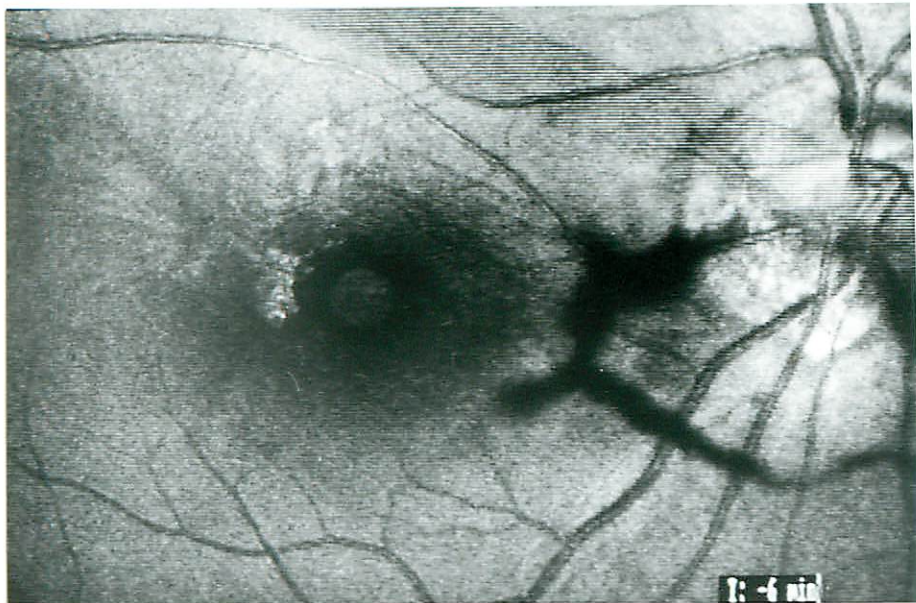


図 3a 488nm アルゴンブルー (C3: 開口径 4mm)

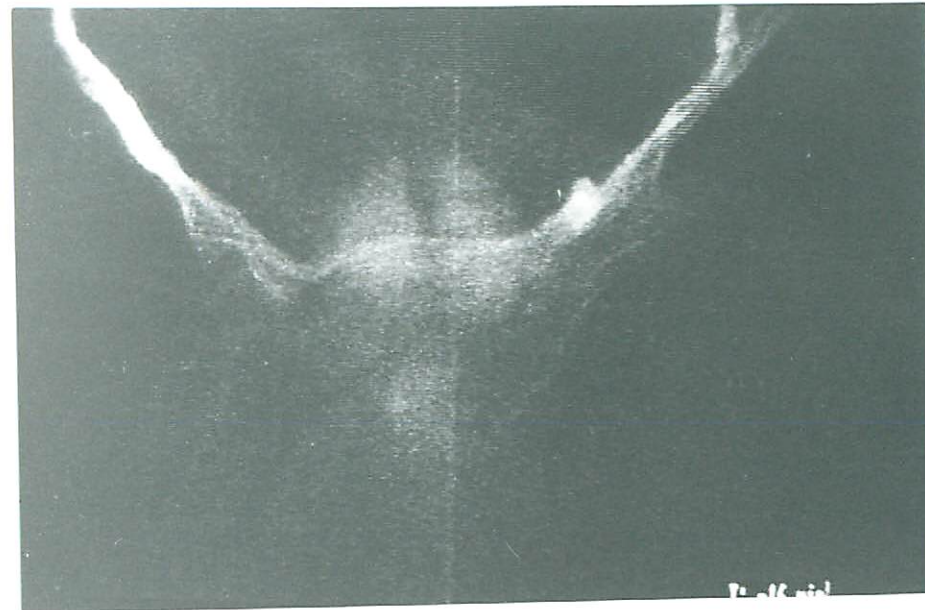


図 3c 488nm アルゴンブルー (C2: 開口径 2mm)

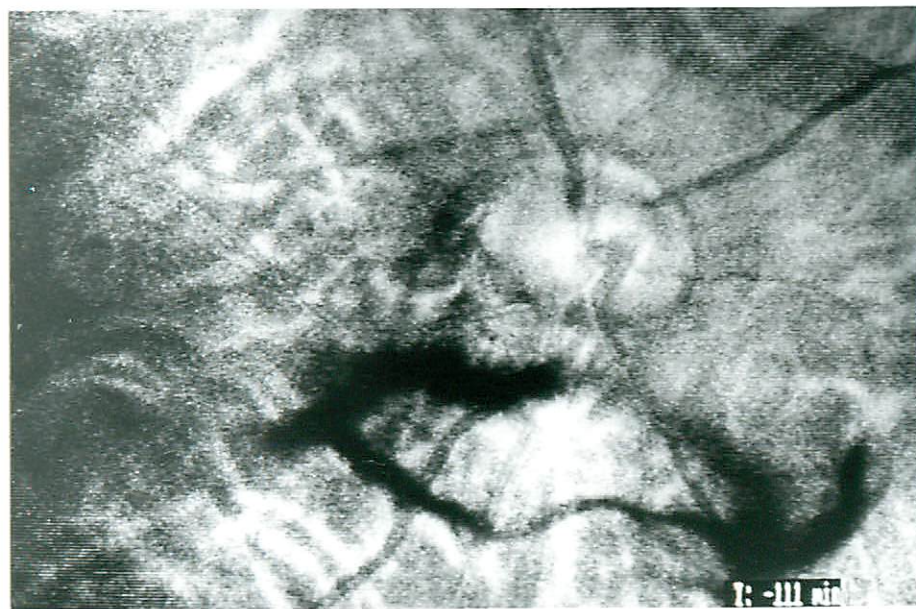


図 3b 633nm ヘリウムネオン (C3: 開口径 4mm)

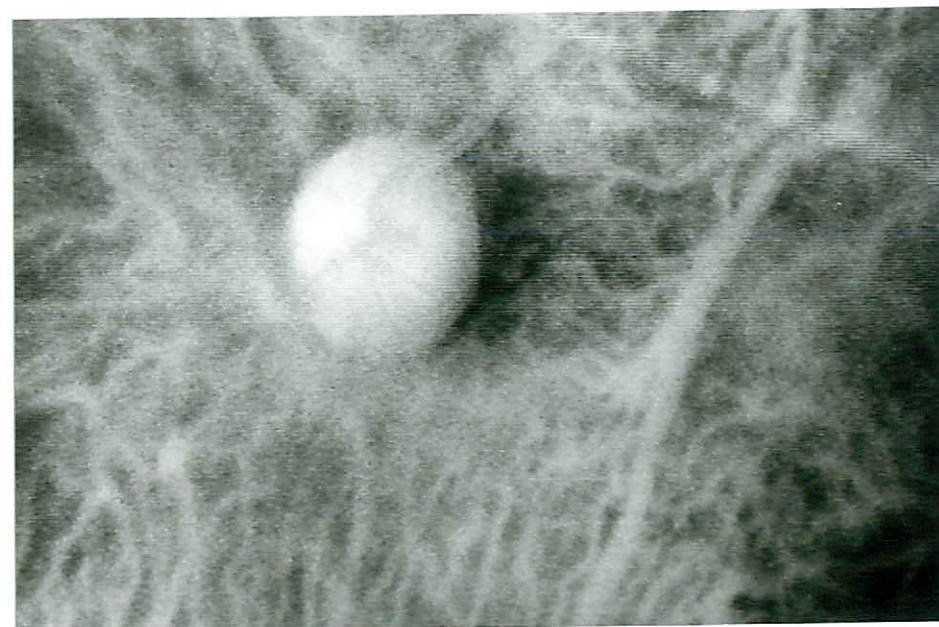


図 4a 633nm ヘリウムネオン (R2: 遮断径 4mm)



図 4b 780nm ダイオード (R2: 遮断径 4mm)



図 5b 633nm ヘリウムネオン (R2: 遮断径 4mm)



図 5a 加齢性黄斑変性症 (症例 4)

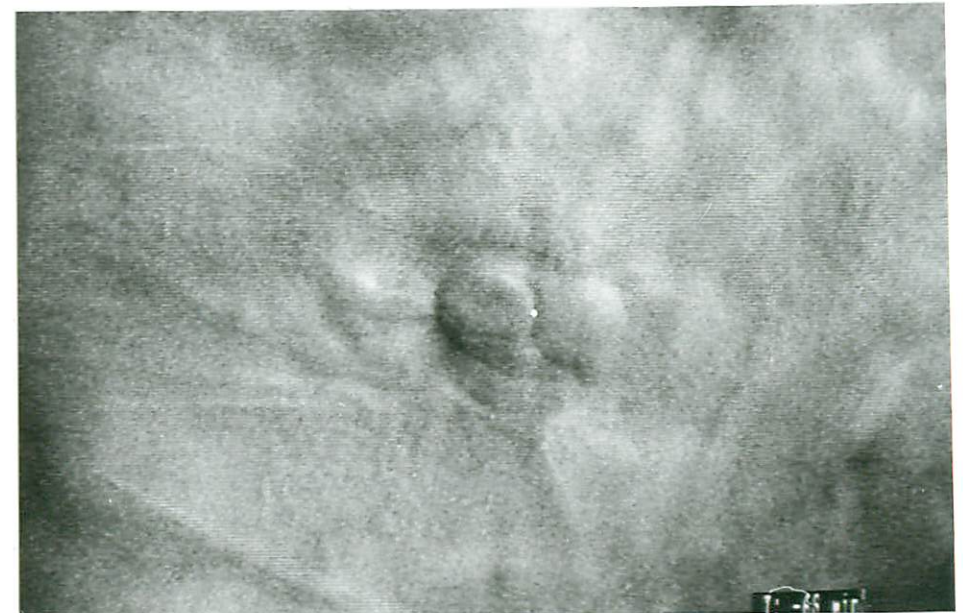


図 5c 780nm ダイオード (R2: 遮断径 4mm)