

## 最近の技術から

# マルチバンド眼底写真

富井 純子

東京慈恵会医科大学眼科学教室 〒105 東京都港区西新橋 3-19-18

### 1. はじめに

眼底検査は、今日眼科臨床における routine work となっており、その重要性はいうまでもない。通常眼底検査では、ほぼ円形で淡黄色の視神経乳頭、やや耳側に暗黄色・横楕円形の黄斑部、視神経乳頭から放射状に出る網膜動静脈、ほぼ平等に黄褐色を呈している網膜が観察されるが、組織学的に10層からなる網膜と4層からなる脈絡膜を合わせ、眼底所見の対象となる。

一般臨床では情報の豊富な白色光を用いれば眼底検査として十分であるが、さらに眼底のどの層に障害があるかを詳細に把握する方法として、単色光<sup>\*1</sup>を用いた眼底撮影法がある。眼底は光エネルギーに対して異なる特性をもつ各層からできているため、眼内に入った白色光は各層で各波長に対してさまざまな程度の反射・吸収・透過の現象を起こす。本法は、この原理に基づき考案された方法であり、主波長の異なる、波長幅が狭く透過率が高いフィルターを用いて眼底撮影した眼底写真像より病態を記録・分析しようとするものである。近年、眼底カメラの解像力・撮影手技の向上、フィルター、フィルムの開発などに伴いはじめて可能となった。Behrendt<sup>ら</sup><sup>1,2)</sup>は7種類のフィルターを、Delori<sup>ら</sup><sup>3,4)</sup>は11種類の連続フィルターを用いて正常眼底および各種眼底疾患の病態を系統的に詳細に分析し、ある程度の診断的価値が認められるようになった。筆者は従来の報告を参考に5種類のフィルターを用いた各種眼底疾患の分析についてすでに報告<sup>5-7)</sup>したが、何種類かのフィルターを組み合わせた multiband fundus photography は“網膜脈絡膜断層写真”として大変に有用な特殊眼底撮影法と考えており、本法は昨今広く臨床応用されつつある。

### 2. 方 法

報告の多くは市販の眼底カメラを利用しているが、本

法のためのフィルターホルダーが用意されていないため、照明光学系あるいは撮影光学系にフィルターを挿入するための改造を加えている。単色光を得るためには、眼底カメラの光源を吸収フィルターまたは干渉フィルターに通す方法があり、最も一般的には Kodak 社の Wratten gelatin filter が用いられている。フィルムは光量不足を補う必要から Tri-X pan, Plus-X pan, Technical pan が利用され、必要に応じて増感現象、拡大焼付け、細部の抽出に重ね焼きなどの工夫もなされている。

筆者は、マミヤ眼底カメラ PB-I 型の光源の前にマミヤ社製の干渉フィルターを挿入し、通常眼底写真と同様に撮影している。フィルターは主波長 440, 490, 570, 600, 630 nm で、最大透過率はほぼ 80%、半値幅は 40 nm であり、撮影光源はフィルターにより多少強度を変え、1種類のフィルターにつき数回の撮影を行なう。フィルムは Kodak Tri-X pan を用い、ファインドール液で、20°C、10分間とすべて一定の条件で現像している。

### 3. Multiband fundus photography

Behrendt<sup>ら</sup><sup>1,2)</sup>は、主波長 431, 477, 504, 549, 577, 606, 640 nm の干渉フィルターを用いて正常眼底撮影を行ない、光の波長と眼底各層からの反射特性について(図1)、477 nm では網膜表層および網膜神経線維層まで、577 nm では網膜色素上皮層まで、640 nm では脈絡膜まで達すると報告した。Delori<sup>ら</sup><sup>3,4)</sup>は、430, 470, 495, 515, 530, 550, 570, 585, 600, 610, 650 nm の11種類の連続フィルターを用い、450~540 nm では網膜表層を、490~530 nm で網膜神経線維層を、600 nm 付近で網膜色素上皮層を表現しようとし、脈絡膜については人種および年齢により、570~585, 620~650 nm と2種類の表現波長があるとしている。また、Ducrey<sup>8)</sup>は眼底疾患についてフィルター写真を比較し、その病巣表現内容から、短波長フィルター(475, 495 nm)、中間波長フィルター(540, 570 nm)、長波長フィルター(605, 645 nm)と3分類した。筆者が用いたフィルターによる

\*1 単色光とは物理学的に厳密な意味ではなく、“monochromatic”という文献上の言葉を慣用的に用いた。

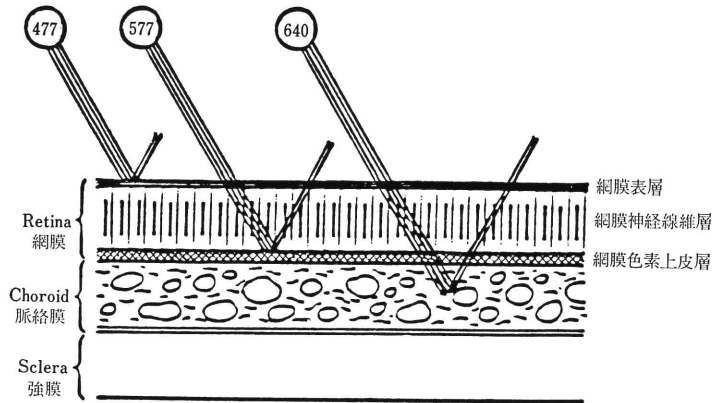


図 1 眼底各層の反射特性<sup>2)</sup>

写真を分析すると、その表現力は従来の報告とやや主波長を異にするものの、やはり3段階に分けて考えることができる。

**3.1 短波長光の特色**

短波長の光 (blue light) は一部中間透光体 (角膜・水晶体・硝子体) で、その大部分が網膜表層および網膜神経線維層で反射し、網膜色素上皮と脈絡膜血管でほとんど吸収されるため、網膜色素上皮層より深い層には浸

透しない。そこで網膜表層の異常所見、つまり網膜表層の線維様組織、皺襞形成の観察、視神経疾患眼における網膜神経線維層の観察、緑内障の網膜神経線維層の欠損の早期発見などに適している。

**3.2 中間波長光の特色**

中間波長の光 (green light, yellow-green light) は中間透光体や網膜への浸透性が増し、眼底の反射の大部分は網膜色素上皮レベルから生じる。また、脈絡膜血管

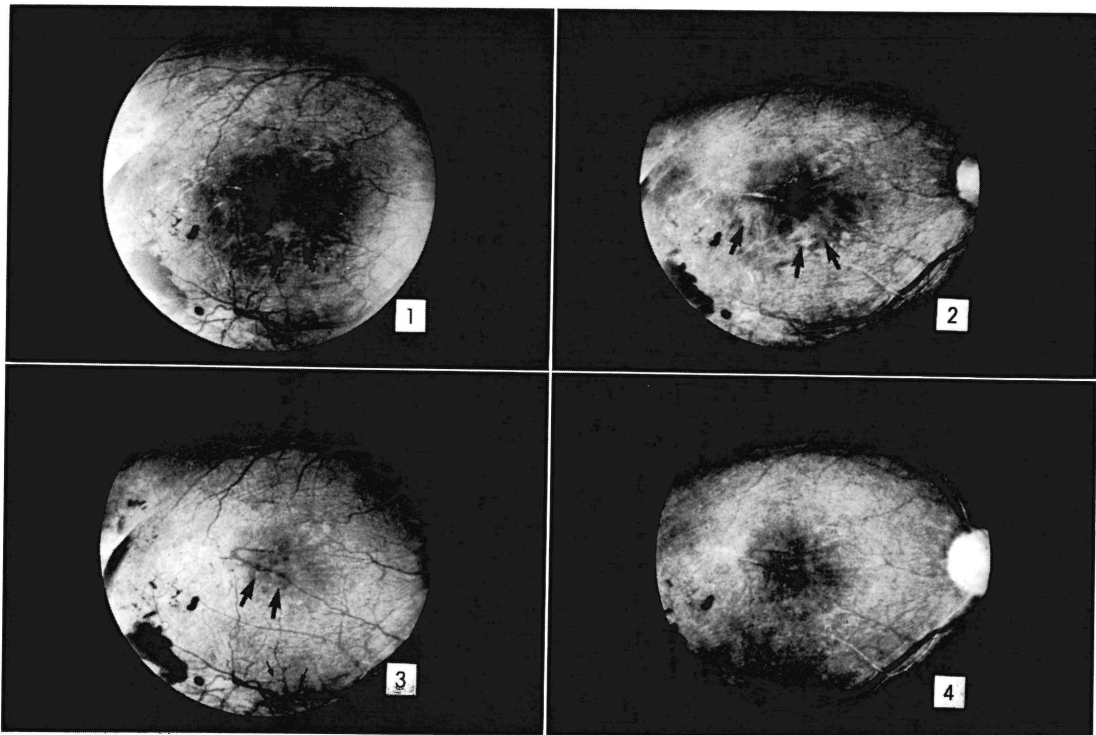


図 2 糖尿病性網膜症にみられた線維様組織  
1: 440 nm, 2: 490 nm, 3: 570 nm, 4: 600 nm.

の高吸収により、脈絡膜への透過は阻止される。中間波長の光は中間透光体で散乱せず、網膜表層からほとんど反射しないので、網膜色素上皮の変性、欠損などの病巣が鮮明に写し出される。さらに、ヘモグロビンは短波長および中間波長を吸収し、長波長を透過するため、網膜血管の異常や網膜出血の観察に適している。

### 3.3 長波長光の特色

長波長の光 (red light) は網膜色素上皮に浸透し、色素が少ない眼底では脈絡膜で反射する。網膜色素上皮層および網膜神経線維層からの反射はごくわずかで、脈絡膜のメラニンが写し出され、脈絡膜の出血、変性、萎縮病巣の観察、脈絡膜の腫瘍の早期発見などに適している。

## 4. 臨 症 例

糖尿病性網膜症のマルチバンド写真を図2に示す。440, 490 nm では黄斑部に雲架状の白い陰影 (No. 1, No. 2 矢印) がみられ、これは網膜表層より始まる線維様組織増殖のきわめて初期を写し出したものである。570 nm では、雲架状陰影はみられず、黄斑部に異常血管 (No. 3 長い矢印, 新生血管 (No. 3 短い矢印) などが鮮明であり、他の波長に比べ 570 nm の波長はヘモグロビンに吸収されやすいことを示す。また 440~600 nm で網膜全層にわたる皺襞形成が表現されている。

## 5. お わ り に

本稿では臨床例の詳細については省略したが、本法は従来の眼底カメラにいくつかのフィルターを挿入することにより、患者に苦痛を与えず、眼底病巣の立体構築を明らかにすることができる。しかし、レントゲン断層写真と同様、写真全体として必ずしも明瞭な像を得られるものではなく、眼底病巣の部分的・立体的強調表現であるため、フィルターの特性を熟知し、眼底の立体的理解のもとに写真の分析・検討を行なう必要がある。

近年、撮影された目的病巣をさらに明瞭にする写真処理法として subtraction などいろいろ試みられ<sup>9,10)</sup>、得られた写真の画像分析法として densitometry を導入しコンピューター処理を行なう方法<sup>7,10,11)</sup> もとられている。理想的な multiband fundus photography とは、連続した分光光束を用いて微妙な変化を観察しつつ撮影を行なうことであり、さらに波長を限定したフィルターを数多く用い、類似疾患を多く分析することにより、この分野が確立されていくものと思われ、今後の技術面の発展が期待されるところである。

## 文 献

- 1) T. Behrendt and L. A. Wilson: Spectral reflectance photography of the retina. *Am. J. Ophthalmol.*, **59** (1965) 1079.
- 2) T. Behrendt and T. D. Duane: Investigation of fundus oculi with spectral reflectance photography. *Arch. Ophthalmol.*, **75** (1966) 375.
- 3) F. C. Delori and E. S. Gragoudas: Examination of the ocular fundus with monochromatic light. *Ann. Ophthalmol.*, **8** (1976) 703.
- 4) F. C. Delori, *et al.*: Monochromatic ophthalmoscopy and fundus photography. The normal fundus. *Arch. Ophthalmol.*, **95** (1977) 861.
- 5) 富井純子: Monochromatic filter による眼底疾患の分析 (第1報). *臨眼*, **31** (1977) 895.
- 6) 富井純子: Monochromatic filter による眼底疾患の分析 (第2報). *眼紀*, **29** (1978) 499.
- 7) 富井純子: Monochromatic filter による眼底疾患の分析 (第3報) 黄斑部の増殖性変化について. *臨眼*, **34** (1980) 661.
- 8) N. M. Ducrey, *et al.*: Monochromatic ophthalmoscopy and fundus photography. II. The pathological fundus. *Arch. Ophthalmol.*, **97** (1979) 288.
- 9) L. Frisén: Photography of the retinal nerve fibre layer: An optimised procedure. *Br. J. Ophthalmol.*, **64** (1980) 641.
- 10) 難波克彦, 岩田和雄: 網膜神経線維層の観察第1報, その分光特性による抽出法. *臨眼*, **35** (1981) 1275.
- 11) 大平和彦, 新美克彦: 濃度差曲線でみられた視神経乳頭のパターン解析. *日眼*, **84** (1980) 1468.

(1984年4月5日受理)