

読書が可能な人工視覚システム（脈絡膜上 経網膜電気刺激（STS）法）の実用化  
（分担研究課題）

研究分担者 平形 明人 杏林大学医学部眼科学教室

研究要旨：術式評価及び適応病態把握のための画像診断の検討

#### A．研究目的

網膜色素変性症及び類縁疾患に対して脈絡膜上 経網膜電気刺激（STS）法を実施するにあたり、適応病態や術式評価を検討するための客観的指標は重要である。昨年度は、近年進歩した網膜光干渉断層計（OCT）や眼底自発蛍光（FAF）検査が、STS適応眼や手術による合併症の評価に、どの程度の画像評価が可能であるかの指標を検討した。今回は、さらにOCTやFAFの網膜評価の指標の検討を進めるために、swept source OCT（SS-OCT）および超広角眼底撮影装置であるOptos 200Txの意義を検討した。

#### B．研究方法

網膜色素変性症及び類縁疾患あるいは硝子体手術を施行した眼底検査の際に、通常眼底写真と超広角眼底写真（Optos200Tx）FAF撮影のために昨年度にCx-1より有用としたSpectralis HRA-2とOptos200Txで記録し、それぞれを比較した。また、スペクトラルドメインOCT（SD-OCT）による術後評価の程度を把握するために、黄斑上膜や黄斑偽円孔術後の評価を進めた。OCTに関しては、波長が長く撮影速度の速いswept source OCT（SS-OCT）をSD-OCTと比較した。術後可能な症例においては視野検査、或いは網膜電位図（ERG）を施行し、FAFの病態把握における意義を検討した。

使用したFAF撮影装置は、Spectralis HRA-2（波長488 nm（ブルー）（788 nm（IR）））、Optos 200Tx（波長532 nm（グリーン））、Optos200Txの3機種を用いた。SD-OCTはSpectralis、SS-OCTはスペクトラルドメインOCTを使用した。

#### （倫理面への配慮）

患者に検査の意義を説明し同意を得た。OCT及びFAFは非侵襲的な検査で、経時的検査をすることにも同意を得た。

#### C．研究結果

##### 1）Optos 200Txの有用性

Optos 200Tx撮影は、眼振を有する症例、散瞳不

良例、小児例などの網膜変性部位を記録するために他の機種よりも有用であることは昨年度に報告した。今回は、眼内をガスタンポナーデした硝子体手術直後の眼底把握に非常に有用であった。散瞳不良例に加えて、中間透光体混濁例にも有用な可能性が示唆された。記録範囲は鼻側、耳側の水平位では硝子体基底後縁、上下位では赤道部までであった。また、Optos200TxのFAFは、網膜色素変性の視野異常を他覚的に把握するために、FA造影検査と同程度に示唆できることがわかった。

##### 2）SS-OCT

波長が長く、撮影速度が速いため、眼底の到達深度が深く、硝子体線維の描出もSD-OCTより有利である。そのため眼底変形例（後部ぶどう腫、下方ぶどう腫など）眼底周辺部の網脈絡膜断層像、視神経の篩状板所見を得ることが可能となり、STS眼において非常に有利なOCTと考えられた。網膜色素変性における脈絡膜所見や硝子体所見呈示にも有利であった。また、硝子体手術後のガス注入眼においても網膜、脈絡膜の断層所見をSD-OCTよりも容易に詳細に記録することができた。

##### 3）SD-OCTの術後視力に影響する所見

黄斑上膜や偽円孔を呈する黄斑上膜の硝子体手術後にSD-OCTの錐体細胞外節先端線（Cone outer segment tips（COST）line）が術後最高視力と相関し、その欠損幅から最高視力の予測が可能でありそうなることがわかった。ただし、最高視力が0.5以下の症例では、COST lineよりも内節・外節接合線（IS/OS line）の方が有用であった。

#### D．考察

Optos 200Txの超広角眼底撮影は、眼底全体の記録において、散瞳不良例や中間透光体混濁例においても有利であり、とくにそのFAFは網膜色素上皮の機能低下及びリポフスチンの異常沈着を把握するために網膜色素変性症の視野異常の程度を他覚的に示唆するために有用であった。また、SS-OCTは眼底変形例や眼底のやや周辺部の網脈絡膜断層所見を得るために、SD-OCTより有利であり、STS眼の術前、術後評価に非常に有用と考

えられた。STS自体あるいはSTSより深部の所見をどの程度描出できるかは注目すべき課題と考えられた。SD-OCTで描出するCOST lineはIS/OS lineよりも高度な最高視力を反映している可能性が示唆された。

## E . 結論

Optos200Txによる超広角眼底撮影のFAF装置は網膜色素変性の視野異常を他覚的に示唆するのに有用であり、SS-OCTは広範囲にわたる網脈絡膜断層像を広範囲に描出するためにSD-OCTより有利だった。最高視力の把握には黄斑部の外層断層像が有用であった。

## F . 健康危険情報

該当する危険 なし

## G . 研究発表

### 1. 論文発表

柴田朋宏，井上真，廣田和成，平岡智之，平形明人，大槻勝紀<sup>1</sup>，宇多重員<sup>1</sup>（<sup>1</sup>二本松眼科）：眼内レンズ縫着術後に生じた後眼部合併症の臨床的特徴．日眼会誌 117:19-26,2013.

Ito Y, Inoue M, Rii T, Hirota K, Hirakata A: Correlation between foveal cone outer segment tips line and visual recovery after epiretinal membrane surgery. Invest Ophthalmol Vis Sci 54:7302-7308, 2013

Kawamura R<sup>1</sup>, Shinoda K<sup>1,2</sup>, Inoue M, Noda T<sup>3</sup>, Ohnuma K<sup>4</sup>, Hirakata A(<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, Keio Univ., Department of Ophthalmology, <sup>2</sup>Teikyo Univ., Department of Ophthalmology, <sup>3</sup>National Hospital Organization Tokyo Medical Center, <sup>4</sup>Department of Medical System Engineering, Chiba Univ.): Images of intravitreal objects projected onto posterior surface of model eye. Acta Ophthalmol 91:e561-566,2013

Hirota K, Keino H, Inoue M, Watanabe T, Ishida H, Hirakata A: Analysis of micro RNA expression in vitreous humor from patients with macula hole and diabetic retinopathy. (in preparation)

Hirota K, Ito Y, Rii T, Inoue M, Hirakata A: Correlation between foveal cone outer segment tips line defect and visual acuity after surgery for macular pseudohole. (in preparation)

## 2. 学会発表

Koto T, Hirukawa K, Inoue M, Hirakata A:FAF findings in case of vitelliform maculopathy. 第2回 Fluorescein Conference in Tokyo(FCIT), 東京, 2013.7.21.

安藤良将，平形明人，横田怜二，折原唯史，厚東隆志，井上真：強度近視研究会 近視性牽引性黄斑症あるいは黄斑円孔網膜剥離における強膜短縮術の画像解析．第67回日本臨床眼科学会，横浜市，2013.10.31-11.3.

Otsuki M, Uda S, Inoue M, Hirakata A: Association between the extent of nonperfusion areas and macular edema in untreated branch retinal vein occlusion. The 8th Asia Pacific Vitreo-Retina Society Congress & the 52th Annual Meeting of Japanese Retina and Vitreous Society, Nagoya, 2013.12.6-8.

## H . 知的財産権の出願・登録状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

図1 . 66歳女性。黄斑円孔術後1日目。A)空気タンポナーデ下での眼底写真。B)Aと同日のOptos200Tx眼底写真。空気下でも網膜所見の記録が可能であった。C) Aと同日のOptos200TxのFAF写真。網膜血管や網膜変性部位の把握が可能であった。

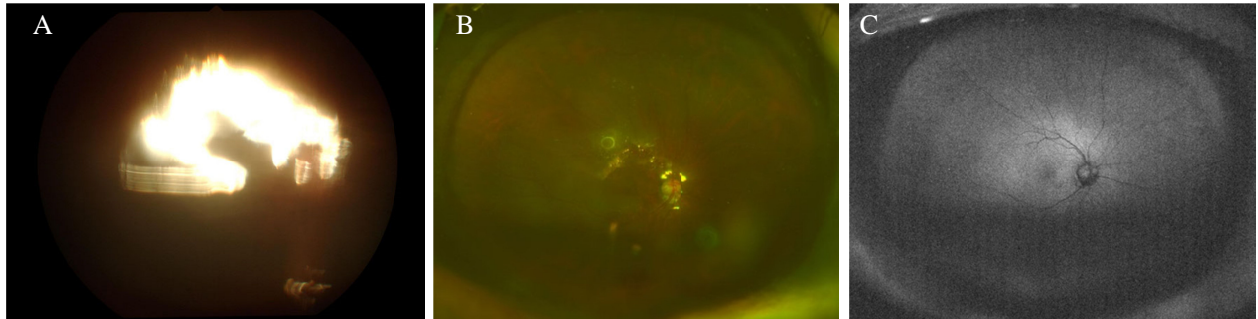


図2 . 79歳女性。強度近視黄斑円孔網膜剥離術後1日目。C3F8ガスタンポナーデ下のOptos200Tx眼底写真。強度近視眼のガス下での眼底記録が可能であった。

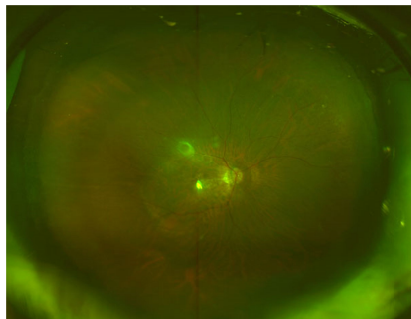


図3 . 70歳男性。網膜色素変性症の症例。Vd=(1.2) ,Vs=(1.2) A)右眼眼底写真。B)右眼 Optos200Tx 写真。C)HRA2 の FAF 写真。D)Optos200Tx の FAF 写真。色素変性症の範囲が Optos200Tx で全体像の把握が有利であった。

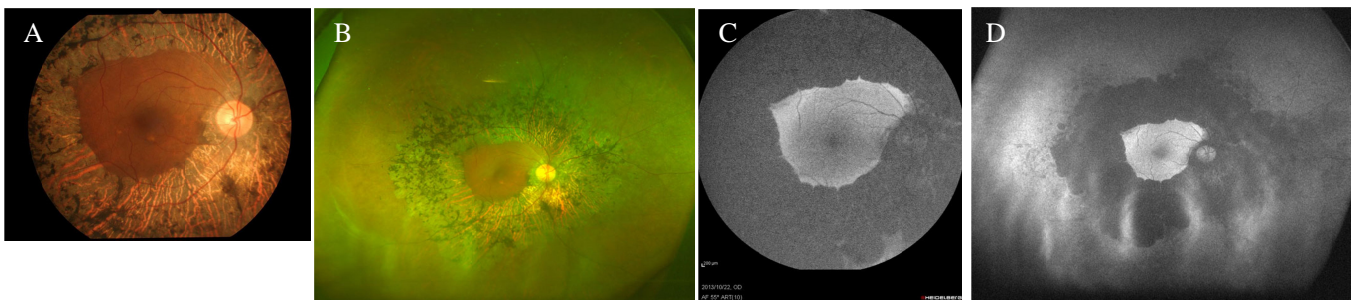


図4 . 66 歳男性。網膜色素変性症の症例。A)右眼 Optos200Tx 写真。Vd=(0.3x-6.5D) B)Optos200Tx FA 造影眼底写真。C) Optos200Tx FAF 写真。D)GP 視野検査。E)左眼 Optos200Tx 写真。Vs=(1.2x-3.5D) F)Optos200Tx FA 造影眼底写真。G) Optos200Tx FAF 写真。H)GP 視野検査。両眼とも Optos 眼底写真は網膜全体像の記録に有用で、FA 造影検査で変性部位が正確に描出され FAF でも FA に類似した変性部位を示唆することは可能であった。さらに、GP 視野検査と FA 造影検査あるいは FAF での異常部位が対応していた。

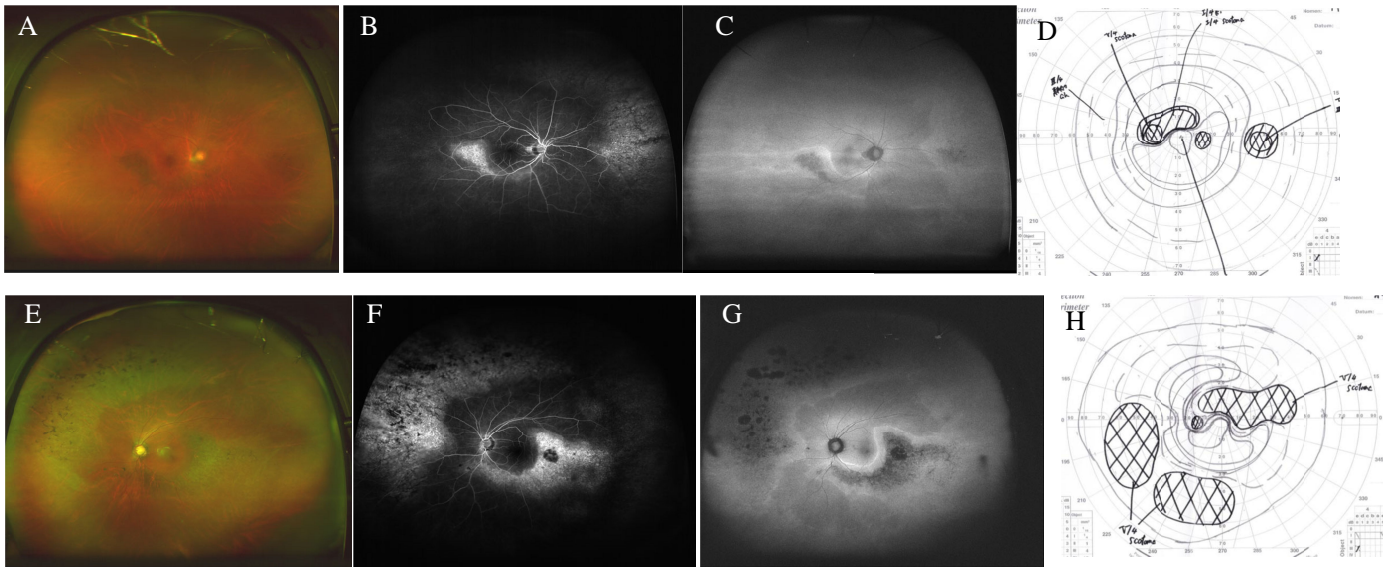


図5 27 歳男性。von Hippel-Lindau 病に滲出性網膜剥離を合併した症例の広角眼底写真と SS-OCT 所見。A)Optos200Tx 写真。周辺部の血管腫と滲出性剥離が記録される。B,C)赤道部の SS-OCT 所見。周辺部の滲出性剥離、網膜下の線維性増殖膜の存在、脈絡膜の病態が描出される。

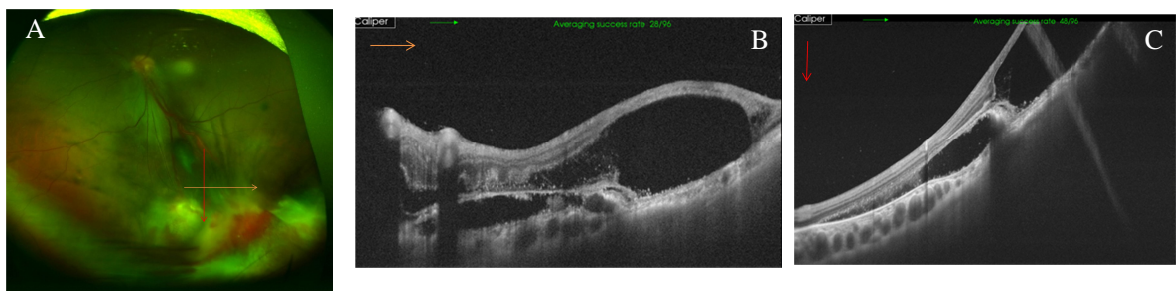


図6 . 48 歳男性 . 網膜色素変性に黄斑円孔を合併した症例。A)後極眼底写真。黄斑円孔がみられる。B,C,)黄斑円孔手術後2日目のガス下のSD-OCT 写真。黄斑円孔が閉鎖しているのが観察される。D,E) B,C と比較した SS-OCT 写真。SD-OCT よりもガス下で更に鮮明に網膜の層構造や脈絡膜の所見を描出した。

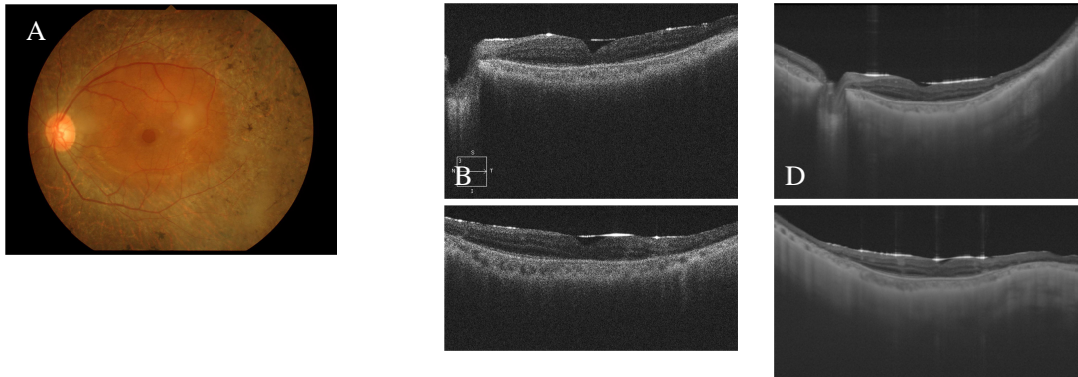


図7 . 52 歳 男性。 血管周囲網膜色素変性の症例。A)右眼眼底写真。Vd=(1.5)。B,C)SS-OCT 所見。網膜の変性部位の層構造をきれいに描出し、さらに脈絡膜の病態も把握しやすい。D)左眼眼底写真。Vs=(1.5)。E,F) SS-OCT 所見。視神経篩状板や強膜の描出が SD-OCT よりも優れていた。

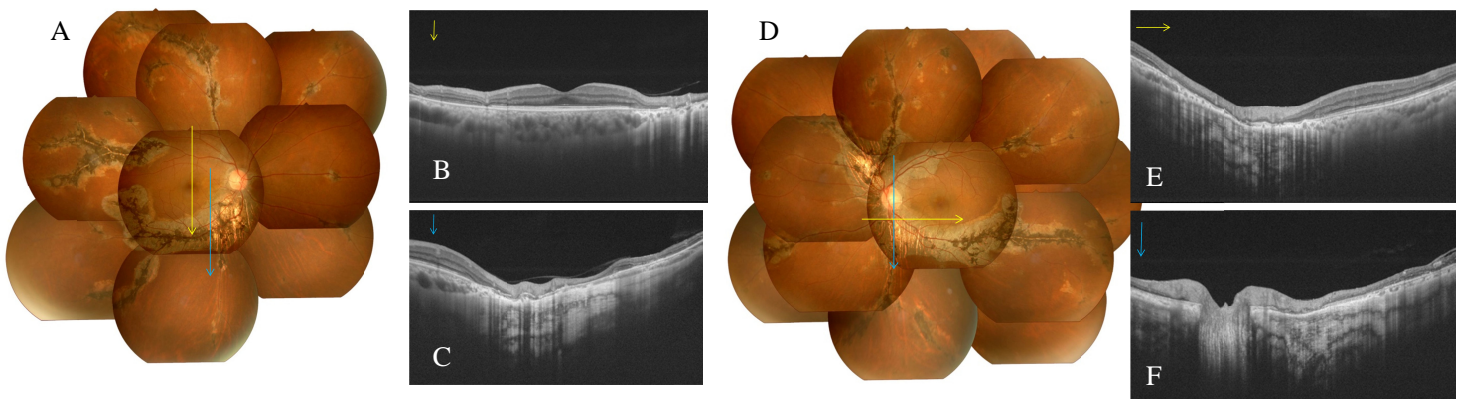


図8 . 下方ぶどう腫の症例。A)左眼眼底写真。乳頭の変形と下方の脈絡膜血管の透見が示される。B)SD-OCT 所見。眼球のブドウ酒による変形により、変形部位の網膜や脈絡膜の描出がむずかしい。C,D)SS-OCT 所見。眼球の変形があっても網膜、脈絡膜の描出が可能であった。

