

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26861451

研究課題名(和文) 斜視患者における3D映像を用いた立体感覚の定量的解析

研究課題名(英文) Quantitative analysis of stereopsis in patients with strabismus using three-dimensional images

研究代表者

宮田 学 (Miyata, Manabu)

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：00548505

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：3Dテレビを用いて1～5°の交差性視差を有する視標を提示して、出っ張って見える感覚を健常者と斜視患者で定量した。結果、健常者では幾何学的な理論値と比較して大きな差が無かった。また、弱視治療の遮閉用に使用する0.3Bangerter filterを片眼に使用して視力を下げた状態でも、立体感覚量は変わらず、立体視のある弱視症例に対する治療において、完全な遮閉より安全性が高い可能性を示唆した。間欠性外斜視症例と後天発症内斜視術後症例では、立体感覚量はいずれも理論値の60～70%程度であり、大幅に小さいことが分かった。立体視機能を有する斜視患者では、あまり飛び出て見えていない可能性を示唆した。

研究成果の概要(英文)：We quantitatively measured degree of stereopsis induced by visual targets with 1～5° binocular crossed disparities presented on a three-dimensional television display in healthy subjects and patients with strabismus. The degree of stereopsis in healthy subjects was similar with geometric theoretical values. Furthermore, the degree of stereopsis was not degraded by the reduced monocular visual acuity induced by the use of a 0.3 Bangerter filter. The present study indicates that the use of 0.3 Bangerter filters is considered safer than occlusion eye patches for the patients with normal binocular vision. The degree of stereopsis in a patient with intermittent exotropia and a patient with postoperative late onset esotropia was 60～70% compared to geometric theoretical values. The present study indicates that strabismic patients with stereopsis feel less popped-out in watching three-dimensional images compared to healthy subjects.

研究分野：眼科学

キーワード：立体視 斜視 網膜 Nagahama Study 3D 立体感覚 Bangerter filter 回旋偏位

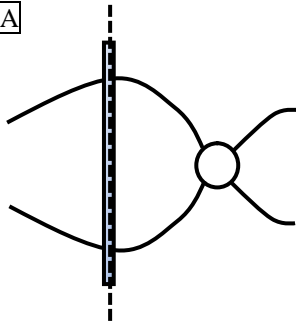
1. 研究開始当初の背景

3D テレビや3D 家庭用ゲーム機が市販化され、3D 映像がより身近なものとなった。3D 映像時代は成熟期に入ったと言える。3D 映像では、両眼視差(右眼と左眼の網膜像の差)を利用して立体視を行う。しかし、両眼視が機能していないもしくは不十分な可能性のある斜視や弱視の患者では、実際に3D 映像が立体的に見えていない症例があると考えられる。斜視患者と弱視患者の有病率は、それぞれ2~3%、1%と言われており、稀な疾患ではないことから、汎用性の高い3D 映像の恩恵を享受できていない人が少なからず存在することが想定される。

実際に、上下回旋斜視の代表例である上斜筋麻痺や滑車神経麻痺で回旋性の眼位異常(回旋斜視)があると、正常な立体視ができなくなる可能性が示唆されている(図1A, 1B)¹。これを異常なスラント感覚(傾いて見える感覚)と言う。

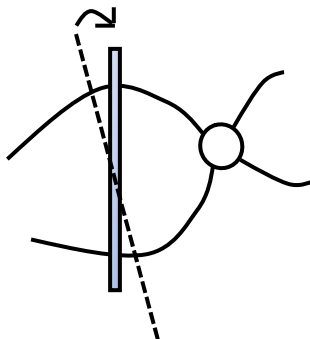
斜視の原因は様々あるが、網膜疾患があると斜視を生じると言われている。

図1A



斜視のない者が垂直な棒を見ても視差は生じない

図1B



回旋斜視患者が垂直な棒を見ると回旋性視差が生じる

2. 研究の目的

本研究の目的は、3D 映像を用いて、健常者

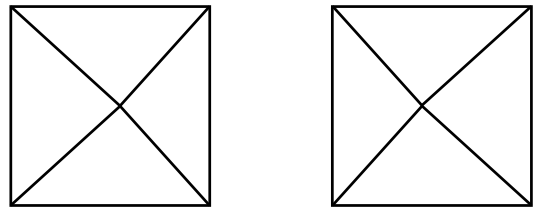
および斜視・弱視患者を対象に、立体感覚の定量を行い、知覚する飛び出しの程度等を調べた。また、同時に斜視を誘発する可能性のある網膜疾患についてもイメージングを用いて調べた。

3. 研究の方法

(1) 立体感覚の定量

3D テレビや3D ヘッドマウントディスプレイを用いて、1°、2°、3°、4°、5°等の両眼視差を有する視標を数枚提示し(図2)、知覚した立体感覚を、実際にどの程度飛び出しているのか、引っ込んでいるのかを測定する。3D テレビではそのまま画面からどの程度飛び出ているかを計測する。ヘッドマウントディスプレイは、シースルー型を用いており、バーチャルな視標と実際の空間が同時に見える。特殊な装置を作成し(図3)、その目盛りを使って定量した。

図2



左眼用と右眼用の視標

両眼視できていれば、ピラミッドを上空から見たような図となり、頂点が手前に飛び出して見える。

図3



(2) 網膜疾患のイメージング

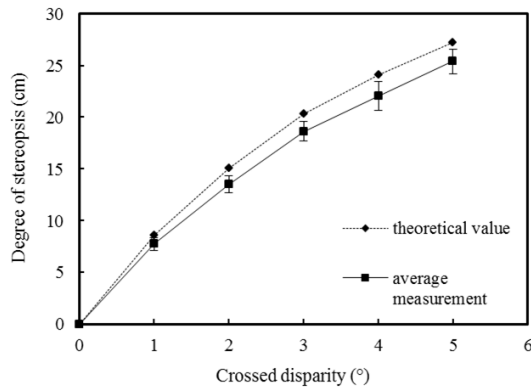
Optical coherence tomography (OCT)などを用いて斜視の原因となり得る網膜疾患を調べる。

4. 研究成果

(1) 3D テレビを用いた研究

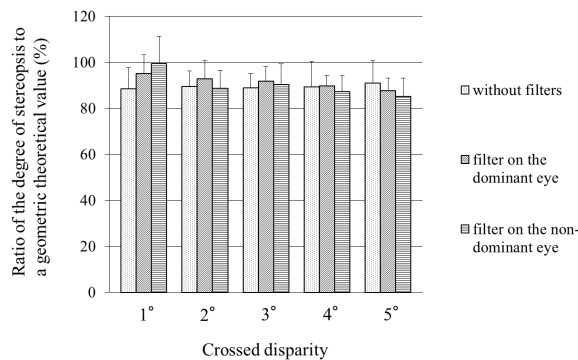
健常者では、幾何学的に推定される立体感覚量(飛び出しの程度)よりわずかに小さい結果となった(図4)。つまり、制作者が意図する立体感覚の程度と大きな差が無いことが分かった。

図 4



また、弱視治療の遮閉用を使用する Bangerter filter0.3 を片眼に貼った状態でも立体感覚量は変わらず、弱視治療において、完全な遮蔽より安全性が高い可能性を示唆した(図5)²。

図 5



間欠性外斜視症例と後天発症内斜視術後症例で同様の測定を行ったところ、立体感覚量はいずれも理論値の6~7割程度であり、大幅に理論値より小さいことが分かった。立体視機能を有する斜視患者では、あまり飛び出て見えていない可能性を示唆した。

(2) ヘッドマウントディスプレイを用いた研究

健常者において、交差性視差だけではなく、同側性視差も提示して、出っ張りの程度だけではなく、引っ込みの程度も調べた。

視差は 0.25°、0.50°、1.00°を用いており、3D テレビより比較的小さいものとした。0.25°や0.50°では理論値より有意に大きな立体感覚量

であった(それぞれ $P=0.007$ 、 $P=0.03$)が、1.00°では理論値と同等であった。これは、小さな視差にはP細胞系が、大きな視差にはM細胞系が主に関与しており、両眼視細胞の機能の違いが影響を与えたと考察した。

(3) その他斜視の研究

上斜筋麻痺に対する下直筋後転術の矯正効果は正面位の上下偏位と下方視の上下偏位に相関しており、術前にそれらを考慮した方が良いことが分かった³。

コホート研究であるNagahama Studyで他覚的回旋偏位を調べたところ、60歳以降で男性より女性の方が有意に外方回旋が大きくなっていることわかり、閉経の関与の可能性について考察した⁴。

網膜色素変性患者では、斜視角と残存視機能とに関連があることが分かった(in submission)。

(4) 網膜疾患のイメージング研究

網膜変性疾患の1種であるクリスタリン網膜症では、網膜色素上皮がうすくなるが⁵、視細胞が比較的残存していることが分かった⁶。また、脈絡膜血管は細くなることも分かった⁷。OCT angiographyでは、脈絡膜毛細管板も萎縮しており、視力に関与していることが分かった⁸。

網膜色素変性でEllipsoid zone bandの長さが年々短くなることを証明した⁹。OCT angiographyで網膜色素変性ではdeep capillaryが視機能に関与することを突き止めた¹⁰。

< 引用文献 >

1. Miyata M, Hasebe S, Ohtsuki H, Sato M. Assessment of cyclodisparity-induced slant perception with a synoptophore. *Jpn J Ophthalmol* 2005;49(2):137-142.
2. Miyata M, Nakahara R, Hamasaki I, Hasebe S, Furuse T, Ohtsuki H. Quantitative Analysis of the Effects of a Bangerter Filter on Gross Stereopsis in Experimental Models of Reduced Visual Acuity. *Acta Med Okayama* 2016;70(5):339-344.
3. Miyata M, Shibata K, Hamasaki I, et al. Predictive factors for corrective effect of inferior rectus recession for congenital superior oblique palsy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256(2):403-409.
4. Miyata M, Yoshikawa M, Ohtsuki H, et al. Age-related change and sex difference over 60s in disc-fovea angle in Japanese population: the Nagahama Study. *Acta Ophthalmol* 2018.
5. Miyata M, Hata M, Ooto S, et al. Choroidal and retinal atrophy of Bietty crystalline dystrophy patients with CYP4V2 mutations compared to retinitis pigmentosa patients with EYS mutations. *Retina* 2017;37(6):1193-1202.
6. Miyata M, Ooto S, Ogino K, et al. Evaluation of Photoreceptors in Bietti Crystalline Dystrophy

with CYP4V2 Mutations Using Adaptive Optics Scanning Laser Ophthalmoscopy. *Am J Ophthalmol* 2016;161:196-205.

7. Hirashima T, Miyata M, Ishihara K, et al. Choroidal vasculature in Bietti crystalline dystrophy with CYP4V2 mutations and in retinitis pigmentosa with EYS mutations. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;58(10):3871-3878.
8. Miyata M, Oishi A, Hasegawa T, et al. Choriocapillaris flow deficit in Bietti crystalline dystrophy detected using optical coherence tomography angiography. *Br J Ophthalmol* 2018 (in press).
9. Miyata M, Ogino K, Gotoh N, et al. Inner segment ellipsoid band length is a prognostic factor in retinitis pigmentosa associated with EYS mutations: 5-year observation of retinal structure. *Eye (Lond)* 2016;30(12):1588-1592.
10. Sugahara M, Miyata M, Ishihara K, et al. Optical Coherence Tomography Angiography to Estimate Retinal Blood Flow in Eyes with Retinitis Pigmentosa. *Sci Rep* 2017;7(4):46396.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文) (計 21 件)

1. Miyata M, Ooto S, Ogino K, Gotoh N, Morooka S, Makiyama Y, Hasegawa T, Sugahara M, Hata M, Yamashiro K, Yoshimura N. Evaluation of Photoreceptors in Bietti Crystalline Dystrophy with CYP4V2 Mutations Using Adaptive Optics Scanning Laser Ophthalmoscopy. *Am J Ophthalmol*. 2016 Jan;161:196-205.
2. Ogino K, Oishi A, Oishi M, Gotoh N, Morooka S, Sugahara M, Hasegawa T, Miyata M, Yoshimura N. Efficacy of Column Scatter Plots for Presenting Retinitis Pigmentosa Phenotypes in a Japanese Cohort. *Transl Vis Sci Technol*. 2016 Mar 4;5(2):4.
3. Miyata M, Ooto S, Hata M, Yamashiro K, Tamura H, Akagi-Kurashige Y, Nakanishi H, Ueda-Arakawa N, Takahashi A, Kuroda Y, Wakazono T, Yoshikawa M, Yoshimura N. Detection of Myopic Choroidal Neovascularization Using Optical Coherence Tomography Angiography. *Am J Ophthalmol*. 2016 May;165:108-14.
4. Nakano E, Hata M, Oishi A, Miyamoto K, Uji A, Fujimoto M, Miyata M, Yoshimura N. Quantitative comparison of disc rim color in optic nerve atrophy of compressive optic neuropathy and glaucomatous optic neuropathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016 Aug;254(8):1609-16.
5. Miyata M, Hata M, Ooto S, Ogino K, Gotoh N, Morooka S, Hasegawa T, Hirashima T, Sugahara M, Kuroda Y, Yamashiro K, Yoshimura N.

- CHOROIDAL AND RETINAL ATROPHY OF BIETTI CRYSTALLINE DYSTROPHY PATIENTS WITH CYP4V2 MUTATIONS COMPARED TO RETINITIS PIGMENTOSA PATIENTS WITH EYS MUTATIONS. *Retina*. 2017 Jun;37(6):1193-1202.
6. Miyata M, Nakahara R, Hamasaki I, Hasebe S, Furuse T, Ohtsuki H. Quantitative Analysis of the Effects of a Bangerter Filter on Gross Stereopsis in Experimental Models of Reduced Visual Acuity. *Acta Med Okayama*. 2016 Oct;70(5):339-344.
 7. Hata M, Oishi A, Muraoka Y, Miyamoto K, Kawai K, Yokota S, Fujimoto M, Miyata M, Yoshimura N. Structural and Functional Analyses in Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy: Optical Coherence Tomography Angiography Study. *J Neuroophthalmol*. 2017 Jun;37(2):140-148.
 8. Hata M, Yamashiro K, Oishi A, Ooto S, Tamura H, Miyata M, Ueda-Arakawa N, Kuroda Y, Takahashi A, Tsujikawa A, Yoshimura N. RETINAL PIGMENT EPITHELIAL ATROPHY AFTER ANTI-VASCULAR ENDOTHELIAL GROWTH FACTOR INJECTIONS FOR RETINAL ANGIOMATOUS PROLIFERATION. *Retina*. 2017 Nov;37(11):2069-2077.
 9. Miyata M, Ogino K, Gotoh N, Morooka S, Hasegawa T, Hata M, Yoshimura N. Inner segment ellipsoid band length is a prognostic factor in retinitis pigmentosa associated with EYS mutations: 5-year observation of retinal structure. *Eye*,30,12,1588-1592.
 10. Hata M, Yamashiro K, Ooto S, Oishi A, Tamura H, Miyata M, Ueda-Arakawa N, Takahashi A, Tsujikawa A, Yoshimura N. Intraocular Vascular Endothelial Growth Factor Levels in Pachychoroid Neovascularopathy and Neovascular Age-Related Macular Degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017 Jan 1;58(1):292-298.
 11. Sugahara M, Miyata M, Ishihara K, Gotoh N, Morooka S, Ogino K, Hasegawa T, Hirashima T, Yoshikawa M, Hata M, Muraoka Y, Ooto S, Yamashiro K, Yoshimura N. Optical Coherence Tomography Angiography to Estimate Retinal Blood Flow in Eyes with Retinitis Pigmentosa. *Sci Rep*. 2017 Apr 13;7:46396.
 12. Yoshikawa M, Yamashiro K, Nakanishi H, Miyata M, Miyake M, Hosoda Y, Tabara Y, Matsuda F, Yoshimura N; Nagahama Study Group. Association of SIX1/SIX6 locus polymorphisms with regional circumpapillary retinal nerve fibre layer thickness: The Nagahama study. *Sci Rep*. 2017 Jun 29;7(1):4393.
 13. Kawashima Y, Hata M, Oishi A, Ooto S, Yamashiro K, Tamura H, Miyata M, Uji A, Ueda-Arakawa N, Tsujikawa A. Association of Vascular Versus Avascular Subretinal

Hyperreflective Material With Aflibercept Response in Age-related Macular Degeneration. Am J Ophthalmol. 2017 Sep;181:61-70.

14. Hirashima T, Miyata M, Ishihara K, Hasegawa T, Sugahara M, Ogino K, Yoshikawa M, Hata M, Kuroda Y, Muraoka Y, Ooto S, Yoshimura N. Choroidal Vasculature in Bietti Crystalline Dystrophy With CYP4V2 Mutations and in Retinitis Pigmentosa With EYS Mutations. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2017 Aug 1;58(10):3871-3878.

15. Miyata M, Shibata K, Hamasaki I, Hata M, Muraoka Y, Yoshikawa M, Hasebe S, Ohtsuki H. Predictive factors for corrective effect of inferior rectus recession for congenital superior oblique palsy. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2018 Feb;256(2):403-409.

16. Miyata M, Oishi A, Hasegawa T, Ishihara K, Oishi M, Ogino K, Sugahara M, Hirashima T, Hata M, Yoshikawa M, Tsujikawa A. Choriocapillaris flow deficit in Bietti crystalline dystrophy detected using optical coherence tomography angiography. Br J Ophthalmol. 2018 (in press).

17. Miyata M, Yoshikawa M, Ohtsuki H, Muraoka Y, Hata M, Yokota S, Fujimoto M, Miyake M, Tabara Y, Matsuda F, Yoshimura N. Age-related change and sex difference over 60s in disc-fovea angle in Japanese population: the Nagahama Study. Acta Ophthalmol. 2018

18. Oishi A, Oishi M, Miyata M, Hirashima T, Hasegawa T, Numa S, Tsujikawa A. Multimodal Imaging for Differential Diagnosis of Bietti Crystalline Dystrophy. Ophthalmology Retina 2018 (in press).

19. Kuroda Y, Yamashiro K, Ooto S, Tamura H, Oishi A, Nakanishi H, Miyata M, Hata M, Takahashi A, Wakazono T, Yoshimura N, Tsujikawa A. MACULAR ATROPHY AND MACULAR MORPHOLOGY IN AFLIBERCEPT-TREATED NEOVASCULAR AGE-RELATED MACULAR DEGENERATION. Retina. 2018 (in press).

20. Miyata M, Oishi A, Tsujikawa A. Swept-Source Optical Coherence Tomography Angiography of Microaneurysms in Myopic Retinoschisis. JAMA Ophthalmol. 2018 (in press).

21. Hosoda Y, Miyata M, Uji A, Ooto S, Yamashiro K, Tamura H, Oishi A, Ueda-Arakawa N, Miyake M, Hata M, Muraoka Y, Takahashi A, Tsujikawa A. Novel Predictors of Visual Outcome in Anti-VEGF Therapy for Myopic Choroidal Neovascularization Derived Using OCT Angiography. Ophthalmology Retina. 2018 (in press).

[学会発表] (計 6 件)

1. 宮田 学 . 斜視の診断と治療 . 第 31 回京都府眼科学校医研修会 . 2018/3/10 .

2. 宮田 学 . より上質な斜視手術をめざして . 第 51 回京都眼科フォーラム . 2018/1/20 .

3. 宮田 学 . 斜視手術の術前検査について ~ 執刀医の立場から ~ . 京滋コメディカルセミナー . 2017/12/17 .

4. 宮田 学 . 上斜筋麻痺の治療戦略 . 京都眼科ネットワークセミナー . 2017/9/21 .

5. 宮田 学 , 大月 洋 , 村岡勇貴 , 畑 匡侑 , 横田 聡 , 藤本雅大 , 須田謙史 , 中西秀雄 , 辻川明孝 . 先天上斜筋麻痺に対する下直筋後転術の矯正効果に影響を与える因子 . 第 123 回京都眼科学会 . 2017/6/4 .

6. 宮田 学 . 斜視再手術の戦略 上斜筋麻痺 . 第 120 回日本眼科学会 . 2016/4/8 .

[図書] (計 6 件)

1. 宮田 学 . 近視性脈絡膜新生血管 (myopic CNV) . Retina Medicine . 2017;6(2):93-98 .

2. 宮田 学 . 麻痺性斜視 . 眼科疾患最新の治療 2016-2018 . p285 .

3. 宮田 学 . 眼疾患の診断と治療 屈折・調節異常 . 眼科研修ノート . pp379-386 .

4. 宮田 学 . 子どもの屈折検査について教えて . 眼科ケア冬期増刊 . p62-65 .

5. 宮田 学 . ダイナミックレチノスコーピーってどんなもの? . 眼科ケア冬期増刊 . pp66-69 .

6. 宮田 学 . 外眼筋の作用 . 専門医のための眼科診療クオリファイ 22 弱視・斜視診療のスタンダード . p15-20

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮田 学 (MIYATA, Manabu)

京都大学・大学院医学研究科・助教

研究者番号:00548505

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし

(4)研究協力者
なし