

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462652

研究課題名(和文) 両眼開放視野計の開発ならびに正常者、緑内障への応用

研究課題名(英文) Development of a binocular open perimeter and application to normal persons, glaucoma

研究代表者

松本 長太 (MATSUMOTO, Chota)

近畿大学・医学部・教授

研究者番号：70229558

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は自動視野計を改良し、従来は正確な固視監視が困難であった両眼開放視野の新しい測定装置の開発を目的とするものである。両眼開放下における固視監視が可能となった自動視野計と視線解析装置モバイル型アイマークレコーダーEMR-9を連動させ、両眼開放視野検査中に測定された微小な眼球運動である固視微動の解析を行った。その結果、従来自覚的応答のみで評価されていた視野検査の新たな評価法として、固視微動という他覚的な指標を用いることの有用性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, the purpose is the development of the new perimeter using binocular visual field testing that is difficult to measure precise fixational eye tracking in the conventional testing. We combined with the new perimeter and the eye mark recorder EMR-9, and analyzed fixational eye movement during binocular visual field testing. Conventionally, visual field has been evaluated by subjective responses alone. As a new evaluation method, we suggest that fixational eye movement could be useful for objective evaluation of binocular visual field.

研究分野：両眼開放視野

キーワード：visual field perimetry binocular visual field fixation fixational eye movement microsaccade eye tracking visual field test

1. 研究開始当初の背景

日常生活では左右眼からの入力は両眼加重に基づく視覚情報処理が行われる。しかし従来の視野検査は片眼遮閉下における片眼の検査が標準であり、日常視とは離れた視的環境下で行われている。既存の視野計を用いた両眼開放視野の測定も存在するが、固視監視が困難なため正確な測定ができないことが問題点である。そこで本研究では、従来は困難であった固視監視が可能な両眼開放視野計を開発することを目的とし、視線解析装置モバイル型アイマークレコーダーEMR-9 (株式会社ナックイメージテクノロジー) を自動視野計 Octopus 900 (Haag-Streit International) に組み込むことで、両眼開放視野検査における固視監視が可能な装置を開発した。

2. 研究の目的

EMR-9 を既存の自動視野計である Octopus 900 と連動させ、両眼開放視野測定下での精密な固視監視が可能となるような測定法を確立する。

また静的視野検査中に発生する眼球運動を測定し、固視状態における視線解析を行うことで、視野検査の新たな評価法を模索する。

3. 研究の方法

Octopus 900 内部のビデオカメラ開口部にプリズムを設置し、光学的な補正により視野計に内蔵されている固視監視システムを両眼開放下で作動できるようにした。また、Octopus 900 の視標呈示時に EMR-9 へ Cue 信号を送ることで両者を連動させ、それぞれ測定点ごとにおける視線の動きを評価することが可能となるようにした。

Octopus 900 は Open Perimetry Initiative (以下 OPI) を使用して R 言語で作成したカスタムプログラムを作動させ、任意の点が測定できるようにした。

EMR-9 については、臨床で広く用いられている検眼枠にアイカメラを搭載することで、矯正レンズ装用下での測定を可能にした。

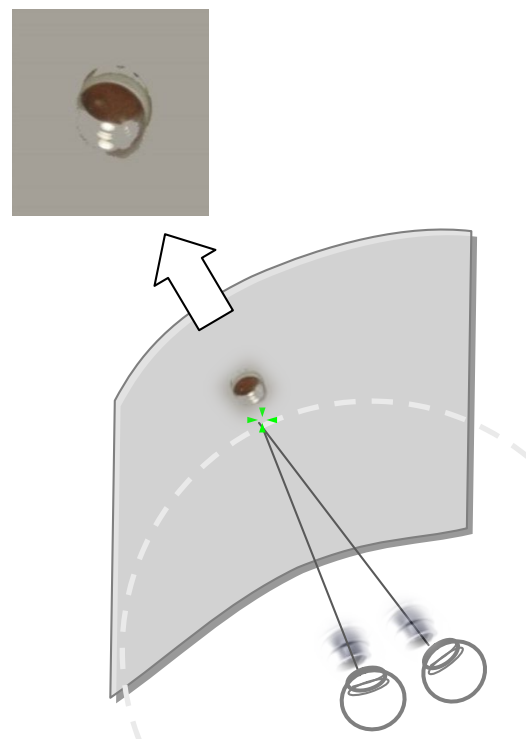
4. 研究成果

(1) 平成 26 年度の成果

現在臨床で使用されている Octopus 900 のドーム内におけるビデオカメラ開口部にプリズムを設置した。(図1)プリズムを設置することによって、固視監視カメラで両眼開放下での固視状態を映し出すことが可能となり、Octopus 900 に内蔵されている固視監視システムを作動するように開発することができた。固視監視システムを作動させることによって、単眼視下と同様に固視不良時、検査の自動停止が実施できるようになった。このことにより、両眼開放下でも精度の高い明度識別閾値の測定が可能となった。

またプリズムを設置した状態で被験者の視線をずらしていき、固視監視システムが作動する範囲を測定した。結果は、視角約 10 度までは検査の中断なく測定可能であったが、それ以上視線が逸脱した場合は、固視監視システムが作動し検査が中断された。

(図1)



更に EMR-9 は 3D プリンターを使用して新たに枠組を作成しアイカメラを検眼枠に装着することで、被験者の屈折値に合わせた矯正値での測定が可能となった。(図 2)

これにより被験者は中心の固視点を明瞭に固視した状態で視線解析を行いながら、より精度の高い閾値測定を行うことが可能となった。

(図 2)

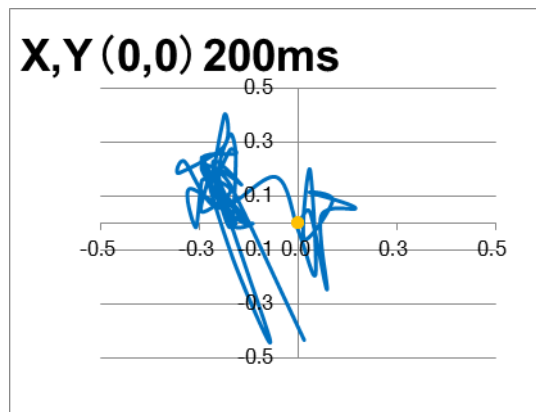


(2) 平成 27 年度の成果

Octopus 900 に内蔵されている固視監視システムを作動させることが可能となり、固視不良による検査の自動停止が単眼視下と同様に実施できるようになった。そこで、検査中における固視監視システムが正しく作動していることを検証するため、EMR-9 を Octopus 900 と連動させた。EMR-9 は左右眼の視線追従ができ、視野検査中の被験者の視線の動きを詳細に検出することが可能である。視標が呈示されている 200ms 内において固視点に視標が呈示された際、アイモニター上では被験者の眼は一点を固視しているように全く動いていないように見える。しかし本装置を使用して実際に測定されたデータより、検査中は微小な眼球運動が常に発生しており、視野検査中においても生体反応として不随意に生じる固視微動が発生していることが明らかとなった。(図 3) 本装置によって、両眼開放視野測定時における被験者の視線

の動きを検出することが可能であることを実証した。

(図 3)

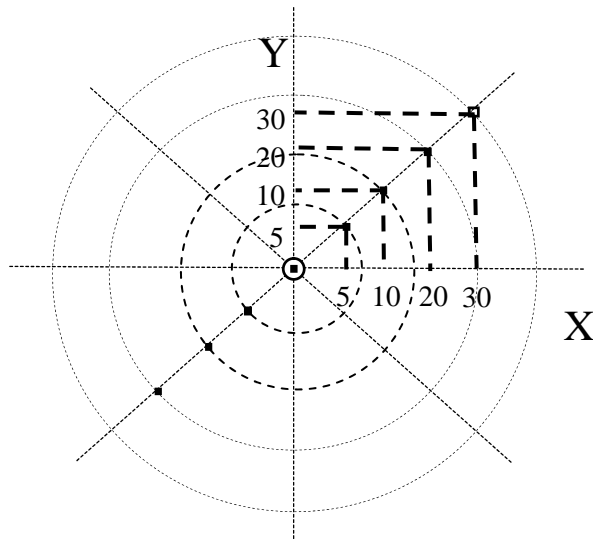


(3) 平成 28 年度の成果

Octopus 900 と EMR-9 を連動させ、視野検査中に発生する微小な眼球運動を捉えることが可能となった。本年度は、視野検査中に発生しているこの微小な視線の動きである固視微動について詳細な解析を行った。

対象は正常な視機能を有する 24~33 歳(平均 26.8 ± 3.1 歳)の被験者 9 名 9 眼で、うち男性は 3 名、女性は 6 名であった。方法は Octopus 900 と EMR-9 を連動させ、静的視野検査中に発生した固視微動を測定した。EMR-9 は検眼枠に装着し、被験者の屈折値に合わせた矯正レンズが使用できるように独自に改良した物を使用した。EMR-9 のサンプリング周波数は 240Hz であった。呈示視標は OPI にて任意の点に配置したカスタムプログラムを用い、年齢別正常値より 10dB 明るい閾上刺激の光を呈示した。視標呈示時間は 200ms とし、視標呈示間隔は 2 秒とした。測定点は 45 度の経線上に 5 度間隔に計 8 点を配置し(図 4)、各点につき 4 回ずつ試行した。

(図4)



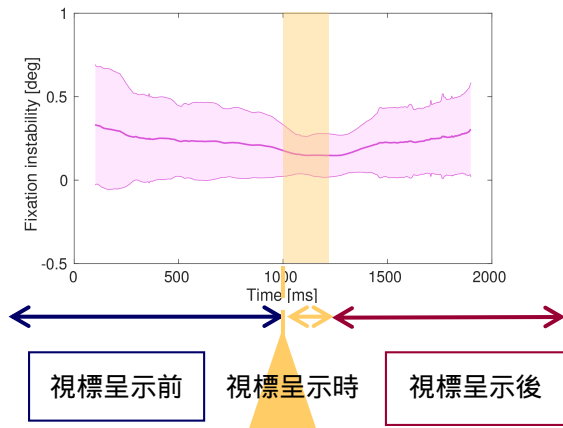
測定は通常の視野検査と同様に被験者に中心の固視点を固視させた状態で行った。測定条件は、通常の Octopus 視野計のようにビープ音の出る条件 1 と、Humphrey 視野計のようにビープ音の出ない条件 2、更にはビープ音と視標がともに出ない条件 3 の 3 条件とした。本研究においては、固視微動に影響を与える因子として身体応答を除外するため、応答ボタンは使用しなかった。結果の評価は、各条件における固視微動の平均振幅範囲、視標呈示前後における固視微動振幅の揺らぎ変化、視標呈示前後におけるマイクロサッカードの発生頻度とした。固視微動の分析には、固視微動の構成成分を切り分けて解析する必要があるため、本研究では固視微動を構成する成分の中で最も解析法が確立しているマイクロサッカードに着目して解析を行った。マイクロサッカードは、移動メディアフィルタによりノイズを低減した後、低域微分フィルタを適用し、得られた 1 次微分信号に閾値処理を施して、20 unit/sec の閾値を超えたものとして抽出した。これらの装置を使用して、実際に測定された固視微動の詳細な解析を行った。

本研究の結果、検査中に測定された固視微動の振幅の平均値は、条件 1 で $0.67 \pm 0.34^\circ$ 、条件 2 で $0.66 \pm 0.48^\circ$ 、条件 3 で $0.54 \pm$

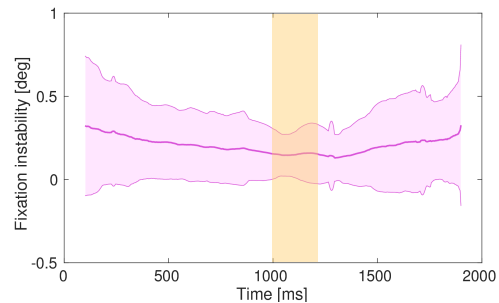
0.40° であった。また視標呈示前後における固視微動振幅の揺らぎ範囲は、条件 1 と 2 において視標呈示時に減少し視標呈示後に増加したが、条件 3 では変化が無く一定であった。(図5)

(図5)

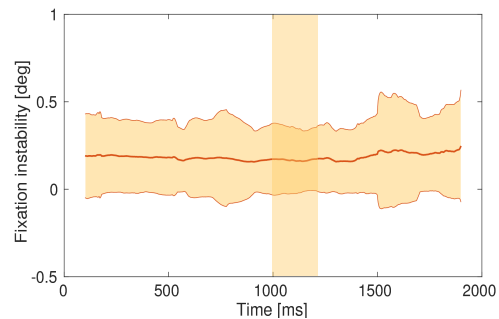
・条件 1



・条件 2



・条件 3

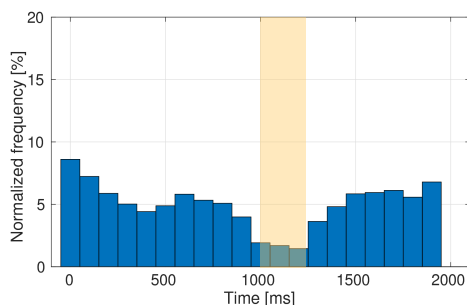


更に固視微動成分の一つであるマイクロサッカードを抜き出し、各条件における視標呈示前後での発生頻度を比較した結果、固視微動振幅の揺らぎ範囲と同様の結果を示し

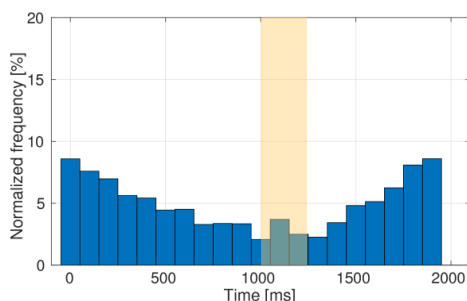
た。よって条件 1 と条件 2 では視標呈示時にマイクロサッカードの発生頻度が低下していたが、条件 3 では変化がなかった。(図 6)

(図 6)

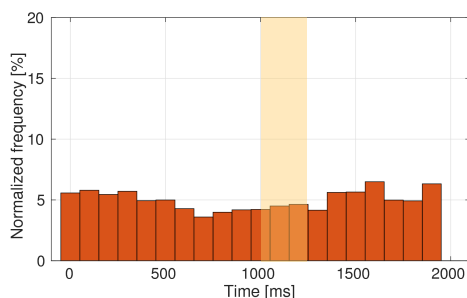
・条件 1



・条件 2



・条件 3



本年度の結果より、静的視野検査中における視標検出に伴い固視微動およびマイクロサッカードが減少したことから、視標検出による注意の移動が、固視微動に特異的な変化をもたらしたことが示唆された。

このことから従来自覚的応答のみで評価されていた視野を、新たに他覚的に評価する指標として固視微動が有用であるという可能性が示唆され、本研究の臨床的意義は大きいと言える。

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 2 件)

1. Numata T, Matsumoto C, Okuyama S, Tanabe F, Hashimoto S, Nomoto H, Shimomura Y: Detectability of Visual Field Defects in Glaucoma With High-resolution Perimetry. J Glaucoma. 2016 Oct; 25(10): 847-853. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000460 (査読有)
2. Matsumoto C, Yamao S, Nomoto H, Takada S, Okuyama S, Kimura S, Yamanaka K, Aihara M, Shimomura Y: Visual Field Testing with Head-Mounted Perimeter 'imo'. PLoS One. 2016 Aug 26; 11(8): e0161974. DOI:10.1371/journal.pone.0161974. eCollection 2016. (査読有)

[学会発表] (計 16 件)

1. 第 121 回日本眼科学会総会 (平成 29 年 4 月 8 日 東京 東京国際フォーラム) 梅原郁美, 若山 暁美, 中井 裕真, 小濱 剛, 松本 長太, 下村 嘉一. 静的視野検査中に発生した固視微動の解析
2. JCCG Joint conference corners & glaucoma (平成 29 年 3 月 25 日 大阪府大阪市 スイスホテル南海大阪) 松本 長太. 視野検査法の進歩
3. 22nd International Visual Field Imaging Symposium (Udine, Italy September 29th. 2016) Matsumoto C, Yamao S, Nomoto H, Okuyama S, Kimura S, Yamanaka K, Aihara M, Shimomura Y. Visual field testing with new head-mounted perimeter " imo "
4. 22nd International Visual Field Imaging Symposium (Udine, Italy September 28th. 2016) Umebara I, Wakayama A, Nakai Y, Kohama T, Matsumoto C, Shimomura Y. Fixational

- eye movements measured by eye tracking system EMR-9 in the static visual field testing
5. 第 126 回南大阪眼科勉強会(平成 28 年 8 月 20 日 大阪府大阪狭山市 近畿大学医学部附属病院) 梅原 郁美, 若山 曉美, 中井 裕真, 小濱 剛, 松本 長太, 下村 嘉一. 静的視野検査における固視微動の状態
 6. 第 1 回視覚生理学基礎セミナー(平成 28 年 2 月 28 日 大阪府大阪狭山市 近畿大学医学部附属病院) 松本 長太. 視野検査の過去・現在・未来
 7. 第 1 回紀泉固視微動研究会(平成 28 年 1 月 9 日 和歌山県和歌山市 和歌山県 JA ビル) 松本 長太. 視野検査と眼球運動について
 8. Japan Glaucoma Council(平成 27 年 12 月 12 日 東京 シェラトン都ホテル東京) 松本 長太. PPG の診断 機能的視野検査の観点から
 9. 道南眼科臨床懇話会(平成 27 年 11 月 21 日 北海道函館市 函館国際ホテル) 松本 長太. [特別講演] 視野検査の進歩
 10. 第 31 回女性会員の集い(平成 27 年 11 月 7 日 大阪府大阪市 帝国ホテル大阪) 松本 長太. [学術講演] 緑内障と視野検査
 11. 第 64 回山梨県眼科集談会(平成 27 年 10 月 31 日 山梨県甲府市 古奈屋ホテル) 松本 長太. [特別講演] 視野研究の変遷
 12. 第 4 回日本視野学会学術集会(平成 27 年 5 月 31 日 石川県金沢市 金沢市文化ホール) 若山 曉美. 視感度に影響する因子
 13. 第 335 回金沢眼科集談会(平成 27 年 4 月 26 日 石川県金沢市 IT ビジネスプラザ 武蔵) 松本 長太. [特別講演] 視野研究の歴史
 14. American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus(Kyoto, Japan November 30th. 2014 Kyoto International Conference Center) Wakayama A. [Symposium] Improvement in Binocular Visual Field Testing
 15. 第 3 回日本視野学会学術集会(平成 26 年 6 月 28 日 東京 アリスアークガーデン品川) 若山 曉美. [シンポジウム] 両眼の働きと両眼視野の評価
 16. World Ophthalmology Congress of the International Council of Ophthalmology 2014(Tokyo, Japan April 4th. 2014 Tokyo International Forum) Wakayama A, Umebara I, Matsumoto C, Shimomura Y. A System Devised to Monitor Fixation During Binocular Visual Field Testing
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
松本 長太 (MATSUMOTO, Chota)
近畿大学・医学部・教授
研究者番号 : 70229558
 - (2) 研究分担者
なし
 - (3) 連携研究者
下村 嘉一 (SHIMOMURA, Yoshikazu)
近畿大学・医学部・教授
研究者番号 : 20162737

奥山 幸子 (OKUYAMA, Sachiko)
近畿大学・医学部・講師
研究者番号 : 40268438
 - (4) 研究協力者
若山 曉美 (WAKAYAMA, Akemi)

梅原 郁美 (Umebara, Ikumi)