

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：35309

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K09733

研究課題名（和文）乳幼児を対象とした視線視野解析システムの構築と視野正常発達の解明

研究課題名（英文）Development of the gaze analysis system and elucidation of normal visual field development for infants

研究代表者

藤原 篤之（Fujiwara, Atsushi）

川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・講師

研究者番号：20881618

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：視線視野計測法は、視標刺激に対する反射性のactiveな視線移動の観測に基づき行うため、自覚的応答を必要としない。今回、視線視野計測のスクリーニング評価を目的とした計測システムを考案し、健常人を対象に計測値の信頼性を検討した。従来の視線視野計測法では、固視点を計測毎に再設定していく必要があった。その一方、今回考案した計測システムは、固視点へ復帰させるための眼球運動を必要としないという利点がある。そして、健常成人を対象に計測を試みた結果、高い妥当性と再現性が得られ信頼性のある計測システムであることが明らかとなり、通常の視野計測が困難な症例においては有用性のある装置と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的な視野検査では中心点の注視と自覚的応答を必要とする。そのため、乳幼児や知的障害者、重度・重複障害者のように、検査の理解や自覚的応答を十分に得ることが難しい場合、視野の定量化が困難という問題がある。この問題を解決できる可能性のある視野検査法として視線追従に基づく視線視野計測法がある。今回、ディスプレイ型装置を用いて固視点へ復帰させるための眼球運動を必要としない光点探索課題によって視線移動を記録する視線視野計測装置と、計測結果を素早く定量化するための解析ソフトウェアから構成される視線視野計測システムを考案することができた。

研究成果の概要（英文）：Visual field test with gaze movements do not require a subjective response because they are based on reflexive movements. In this study, we developed a visual field test system with gaze movements to perform a central visual field screening, and then examined the reproducibility of the measurements in healthy adult volunteers. In the traditional method for measuring visual field with gaze movements, the fixation point of view needs to be reset for each gaze movement. On the other hand, the system developed in this study has the advantage of not requiring eye movements to return to the fixation point. The present findings indicate that our newly developed system is a useful device when standard perimetry is difficult to measure.

研究分野：眼科学

キーワード：視野 視線 視線視野

1. 研究開始当初の背景

一般的な視野検査では中心点の注視と自覚的応答を必要とする。そのため、乳幼児や知的障害者、重度・重複障害者のように、検査の理解や自覚的応答を十分に得ることが難しい場合、視野の定量化が困難という問題がある。この問題を解決できる可能性のある視野検査法として視線追従に基づく視線視野計測法がある。視線視野計測法は、視野内に呈示された視標を正確に追従できるかどうかにより視野の正常や異常の評価を行う手法である。

視線視野計測法は、固視点を定める必要がない。そして視野の広がりや評価は、周辺視野に呈示された視標刺激に対する反射性の active な視線移動の観測に基づき行う。この active な視線移動は幼児や認知機能に障害がある患者でも観測ができることが報告をされている。視線視野計測法の原理は、反射性の active な視線の動きの移動先にあたる視野は良く見えている可能性が高いという考えに基づいている。そのため、従来の視野検査で求められるボタンを押す動作が不要であり、自覚的応答困難な症例でも視野の広がりを計測できると考えられる。

2. 研究の目的

今回、ディスプレイ型装置を用いて固視点へ復帰させるための眼球運動を必要としない光点探索課題によって視線移動を記録する視線視野計測装置と、計測結果を素早く定量化するための解析ソフトウェアから構成される視線視野計測システムを考案した。考案した計測システムは、中心約 20° の視線視野計測のスクリーニング評価を行うことを目的としている。そして、今回考案した視線視野計測システムは、新しいタイプの視野計であるため、信頼性の高い計測結果が得られるかどうかを検討する必要があると考える。そのため、健常成人を対象に計測結果の妥当性及再現性の検証を行った。

3. 研究の方法

対象は、研究への同意が得られた矯正視力 1.0 以上を有する健常成人ボランティア 30 名 30 眼 (女性: 16 名 16 眼, 男性: 14 名 14 眼) の右眼とした。過去に、緑内障や白内障、加齢黄斑変性や糖尿病網膜症などの網膜疾患などの眼疾患の既往がある者は研究対象から除外した。

視線移動の記録には視線計測装置 Gazefinder (JVC 社) を使用した。Gazefinder はモニター画面 (19 型) と刺激装置が一体化をした装置である (図 1)。モニターの下方には視線計測用のステレオカメラが備え付けられている。そして、視線の動きは、近赤外線 LED で照射された角膜反射像をステレオカメラで捉えてリアルタイムに記録することが可能である。視線計測のサンプリングレートは 50 Hz、検査距離は 60 cm である。なお、計測は顎台に顎をのせた状態で行った。そして、片眼遮閉には非計測眼 (左眼) の前方に赤外線透過フィルター (IR 76, 富士フイルム) を装着させ、被検者からはモニターに投影される視標が視認できない状態で実施した。

視線計測のために被検者には、画面の何れかの場所に白点視標が呈示されること、白点視標が見えたらそちらに視線を移動させること、そして白点視標は何処に呈示されるかは分からないことを説明した。視線計測の前に、モニターの中央と四隅の 5 点に視標を呈示しキャリブレーションを実施した。なお、キャリブレーションは計測時に毎回実施した。キャリブレーションの実施後に、上下左右、斜め方向の計 8 方向への視野の広がりを評価するための白点視標 (視標輝度: 80 cd/m²) を黒色背景色 (背景輝度: 0.08 cd/m²) のモニター上に呈示し視線移動を計測した。計測は明室で実施した。そして、計測に使用した白点視標の大きさは Goldmann (視角 0.43°) の視標サイズを使用した。視標呈示は、各白点視標が呈示された画面を 2 秒間呈示した (図 2)。そして、2 秒間呈示後に、0.1 秒間隔で次の視標が呈示された画面に切り替え、呈示視標に対する視線移動を計測した。そして、呈示された白点視標に衝動的な眼球運動が生じた場合、視標の先にある視野は見えていると判断をし、視野計測を行った。移動視標に対して視線の追従が正確にできた場合、水平垂直 15.3°、斜め 21.5° (理論値とする) の 8 方向の視野を計測することができる。なお、理論値は 60 cm の検査距離において、基準となる視標 1 (固視点) と視標 2 (計測点) のなす角度 (視角) から算出した。視線移動は、装置の再現性を検証するために同一検者によって同日かつ時間間隔を空けずに連続 3 回の計測を実施した。

記録された視線情報は Gazefinder 内に保存をされる。保存されたデータは、comma-separated values (以下、CSV) ファイルで外部出力を行った。そして、出力した CSV ファイルは、独自に開発をした解析ソフトウェア CreateChart に入力し、視線計測データのグラフ化と定量化 (実測値とする) を行った (図 3)。なお、CreateChart は株式会社クリュートメディカルシステムズの協力を得て開発を行った。CreateChart は、入力された CSV ファイルを素早くグラフ化 (視覚化) と定量化を行うことを目的とした解析ソフトウェアである。

4. 研究成果

対象者の平均年齢は 22.7 ± 5.2 歳 (20 ~ 39 歳) で、平均等価球面度数は -3.03 ± 2.76 D (-8.50 D ~ +0.38 D) であった。Gazefinder での視線変換の 1 回の計測時間は約 30 秒で完了し、全対象者で視線計測とデータ取得が可能であった。

計測中の視線取得率を示す DataRateAve は、1 回目計測で 0.99 ± 0.01 、2 回目計測で 0.99 ± 0.01 、3 回目計測で 0.99 ± 0.01 と高い値を示し、計測間で有意差はなく全ての計測データにおいて信頼性の高い結果が得られた ($P=0.640$)。

8 方向の計測実測値は、上方が $15.1 \pm 0.9^\circ$ 、右上方が $20.9 \pm 1.0^\circ$ 、右方が $15.1 \pm 1.0^\circ$ 、右下方が $20.7 \pm 0.9^\circ$ 、下方が $14.8 \pm 0.7^\circ$ 、左下方が $20.9 \pm 0.9^\circ$ 、左方が $14.7 \pm 0.5^\circ$ 、左上方が $21.0 \pm 0.7^\circ$ であった。

視線到達の精度を検証するために、計測理論値と計測実測値の差分を求めた結果、上方が $-0.1 \pm 0.9^\circ$ 、右上方が $-0.6 \pm 1.0^\circ$ 、右方が $-0.2 \pm 1.0^\circ$ 、右下方が $-0.8 \pm 0.9^\circ$ 、下方が $-0.5 \pm 0.7^\circ$ 、左下方が $-0.5 \pm 0.9^\circ$ 、左方が $-0.6 \pm 0.5^\circ$ 、左上方が $-0.4 \pm 0.7^\circ$ であった。8 方向間での差分の平均に有意差はなく ($P=0.314$)、視線到達の精度は、水平垂直、斜めともに約 1° 以内の誤差であった (図 4)。

8 方向の 3 回データの級内相関係数は、上方が 0.620 ($P=0.008$)、右上方が 0.613 ($P=0.001$)、右方が 0.757 ($P<0.001$)、右下方が 0.635 ($P<0.001$)、下方が 0.810 ($P<0.001$)、左下方が 0.684 ($P=0.002$)、左方が 0.731 ($P<0.001$)、左上方が 0.653 ($P=0.004$) となり、各方向で 0.6 以上の信頼性係数を示し、高い再現性があった。

今回、自覚的応答を必要としない視線視野計測システムを考案した。1 回の測定時間は約 30 秒であり、高い妥当性と再現性が得られ信頼性を証明することができた。そして、通常の視野計測が困難な症例においては有用性のある計測システムであると考えられた。

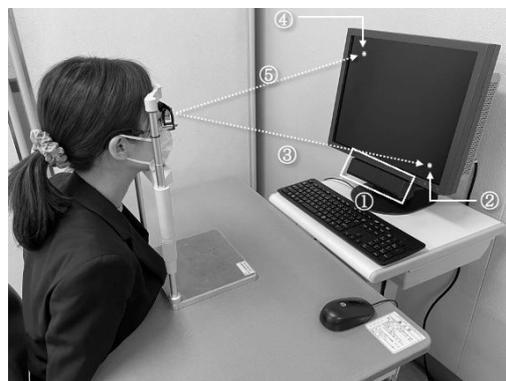


図 1. GazeFinder による視線視野計測

19 型のモニター画面と刺激装置が一体化をした装置である。モニターの下方にはステレオカメラが備え付けられており (白四角: )、近赤外線 LED で照射された角膜反射像を捉えてリアルタイムに記録することが可能である。写真は右眼 計測中の様子である。白点視標が右下に呈示をされている ()。正常な広がりがある場合、白点視標 () に対して視線が移動をする ()。2 秒間呈示された白点視標 () は、0.1 秒間隔で別の場所に移動をする ()。正常な広がりの場合、白点視標 () に対して視線が移動をする ()。この場合、左上 21.5° (理論値) の視野の広がり进行评估できる。

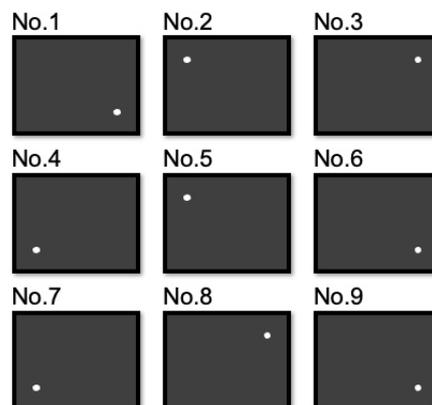


図 2. 視線移動を記録のための視標呈示プロトコル

から の順に白点視標を呈示し、呈示視標に対する視線移動を計測した。移動視標に対して視線の追従が正確にできた場合、水平垂直 15.3° 、斜め 21.5° の 8 方向の視野の広がり を計測することができるプロトコルとなっている。

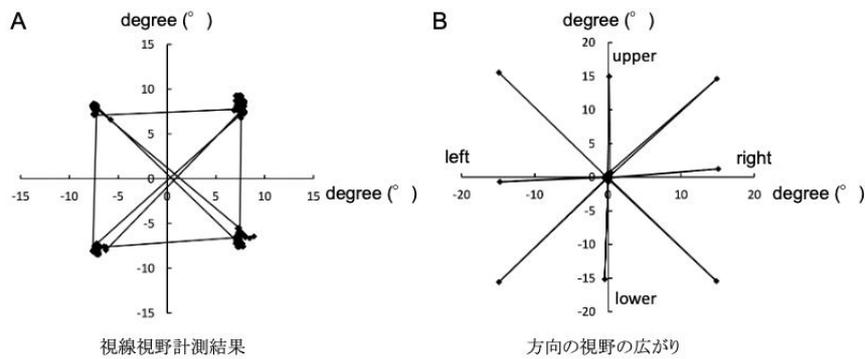


図3. 解析ソフトウェア CreateChart を用いた視線計測データのグラフ化の一例

21歳 健常男性。右眼の視線視野計測結果。左側に示すグラフは、視野内に呈示された視標を正確に追従でき正常であることを示している (A)。本研究では水平垂直 15.3° 、斜め 21.5° の視野の広がりを見測することを目的としており、本症例では正常な視野の広がりとして評価できる。右側に示すグラフは、同一症例の 8 方向の視野の広がりを分解して示したものである。上方が 15.0° 、右上方が 20.9° 、右方が 15.1° 、右下方が 21.4° 、下方が 15.2° 、左下方が 21.5° 、左方が 14.9° 、左上方が 21.5° であった。CreateChart は、素早いグラフ化と定量化を可能とする解析ソフトウェアである。

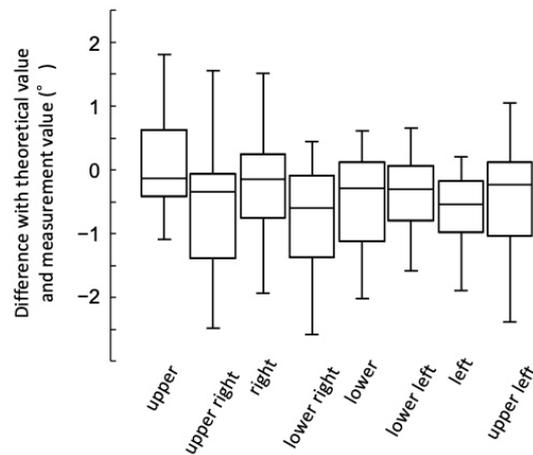


図4. 計測理論値と計測実測値の差分

8 方向間での差分の平均に有意差はなく、視線到達の精度は、水平垂直、斜めともに約 1° 以内の誤差であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Atsushi FUJIWARA, Atsushi MIKI, Syunsuke ARAKI, Mayumi OKA, TsuyoshiYONEDA, KiyoshiYAOEDA, TsutomuYAMASHITA, Tatsuhiro OUCHI, Yuriko MARUHISA, Mika FUJITA	4. 巻 48
2. 論文標題 Development of a screening system for central visual field using the eye-tracking device	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Kawasaki Medical Journal	6. 最初と最後の頁 191-199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11482/KMJ-E202248191	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 藤原篤之, 三木淳司, 岡真由美, 山下力, 米田剛, 荒木俊介, 大内達央, 藤田美佳, 八百枝潔
2. 発表標題 視線計測装置Gazefinder を用いたアクティブ視野計測における信頼性の検討
3. 学会等名 第76回日本臨床眼科学会（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原 篤之, 三木 淳司, 荒木 俊介, 後藤 克聡, 春石 和子, 山下 力, 米田 剛, 家木 良彰, 桐生 純一, 八百枝 潔
2. 発表標題 弱視眼における視細胞の健常性の検討
3. 学会等名 第75回日本臨床眼科学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	三木 淳司 (Miki Atsushi) (90447607)	川崎医科大学・医学部・教授 (35303)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	米田 剛 (Yoneda Tsuyoshi) (80389014)	川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・准教授 (35309)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協 力 者	八百枝 潔 (Yaoeda Kiyoshi)		
研究 協 力 者	荒木 俊介 (Araki Syunsuke)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関