

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：35309

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K18862

研究課題名（和文）乳幼児を対象とした視線計測装置による新たな視力検査法の開発

研究課題名（英文）Developed a new method for testing visual acuity in infants using an eye-tracking device.

研究代表者

米田 剛（Yoneda, Tsuyoshi）

川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・准教授

研究者番号：80389014

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、視線解析技術を用いた自動視力検査装置の開発を行った。乳幼児向けの標準視力検査であるTeller acuity cards（TAC）と比較して、開発した自動視力検査装置から得られた視力値はTACと有意な相関を示した。さらに、従来の正答率に基づく視力測定と、視線停留率を用いて算出された視力値も高い相関が確認された。これにより、視線停留率を分析することで、視標を注視する眼の動きを正確に捉え、精度の高い視力評価が可能であることが示された。視線解析技術の活用により、TACに比べて時間効率が向上し、精度の高い自動視力検査装置の開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視線解析技術を用いた自動視力検査装置は、Teller acuity cardsを使用した従来の方法と比較して、検査時間が短縮されるとともに、検者間での視力評価のばらつきも大幅に減少することがわかった。この装置は、特に集中力が短い乳幼児において、視力の評価を正確かつ迅速に行うことが可能であると考えられた。本研究によって開発された自動視力検査装置は、乳幼児期の視力障害の早期発見に貢献することが期待できる。これにより、器質的疾患や機能弱視による視力障害を予防し、視環境の健康を促進するための重要なステップとなりえる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed an automated visual acuity testing device using eye-tracking technology. When compared with Teller Acuity Cards (TAC), which are the standard for testing visual acuity in infants, the visual acuity values obtained with our newly developed automated device showed a significant correlation with those of TAC. In addition, a high correlation was also observed between traditional visual acuity measurements based on correct response rates and those calculated using gaze duration. This demonstrates that analysis of gaze duration allows accurate tracking of eye movements toward visual targets, facilitating accurate visual acuity assessments.

Using eye analysis technology, We has been able to develop an automated vision screening system that is more time-efficient and accurate than TAC.

研究分野：機能弱視

キーワード：視線解析 他覚的視力検査 視線停留率 乳幼児

### 1. 研究開始当初の背景

視覚の感受性期は幼少期に最も高く、6歳程度までとされています。この期間に視的環境が正常でないと視力障害が発生する可能性があるため、乳幼児期における視機能障害の早期発見と適切な視環境の確保は非常に重要です。通常、視力は自覚的な応答に基づいて測定されることが望ましいが、乳幼児のように自覚的な応答が困難な場合、Teller acuity cards (以下、TAC) を用いて眼の動きを観察し、視力を他覚的に判断する方法が一般的である。しかし、この方法は検者による判断基準のばらつきから視力値に不一致が生じ、再現性や信頼性の問題が指摘されている。さらに、正答率による評価で検査に時間がかかりすぎるため、乳幼児の集中力を維持するのが困難という課題が残る。

近年、近赤外線を使用した非接触での視線追跡技術が進化してきており、この技術を利用することで、TACの問題点を解決し、より正確で迅速な視力検査を可能がある。しかし、実際に視線解析を用いた視力検査の開発や従来のTACとの比較検討はまだ行われていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、視線計測装置を使用した新しい視力検査装置の開発を目指す。具体的には、視線の位置情報から視線停留率を算出し、そのデータを基に視力を評価する新たな視力検査システムを構築すること。また、この装置を乳幼児の視力検査の標準であるTACと比較し、その有用性を検証することを目的とする。

### 3. 研究の方法

視線解析装置は、1歳半未満の乳幼児に対するキャリブレーションの精度が高い、Gazefinder NP-100 (JVC ケンウッド社製) を使用した。画面サイズは19インチ、サンプリングレートは60Hz、測定距離は55cmとし、視標サイズは、3.2cycles/degree(c/d)、4/8c/d、6.5 c/d、9.8 c/d、13.0 c/d、19.0 c/dを作成した(図1)。視線解析装置による視標の提示は、TACによる紙媒体とこなりディスプレイ上に視標を呈示するため、視力の結果が異なる可能性がある。最初に、(1)視線解析装置とTACによる正答率による視力値の相関を評価し、(2)視線停留率による自動視力検査プログラムの作成、(3)自動視力検査プログラムを実装した視線解析装置とTACの視力値の相関を検証した。

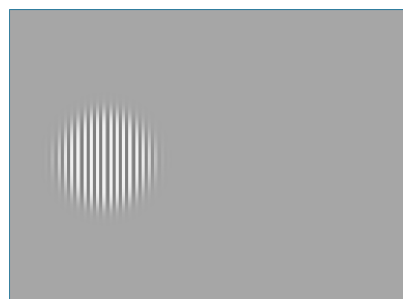


図1 ディスプレイ上に作成した視標

(1) 視線解析装置とTACによる正答率による視力値の相関有志願者の成人20名(平均年齢20.4±1.0歳)を対象に、TACと視線解析装置の視力を測定した。視線解析装置による視力の判定は、TACと同じ大きさの視標を作成し視標提示に関心領域内を作成し、視線を向けていた時間に占める割合の50%以上が3回(3/4の正答)で視力を判定した。測定条件は、裸眼、屈折矯正下、視力障害シミュレーション(+6.00D装用)とした。評価項目は、TACと自動視力検査プログラムの

視力値の相関(Spearman correlation test)、視力値の系統誤差(Bland-Altman plot)とした。

(2) 視線停留率による自動視力検査プログラムの作成

自動視力検査装置のプログラムは、視標が変わるごとに blank 視標を2秒間提示し、縞視標は以下の正誤判断 A、B の条件の下、最大で5秒間提示させた。

<正誤判断 A>(図 2)

- 正答の場合
  - 視標を2秒持続して注視
  - 視標位置の累積停留時間が3秒以上
- 誤答の場合
  - 視標位置の累積停留時間が3秒未満

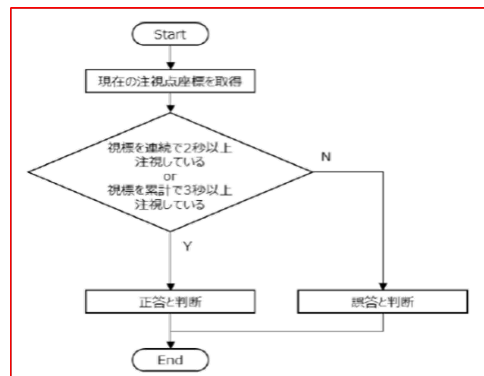


図 2 正誤判断 A

<正誤判断 B>(判断 A が誤答の場合)(図 3)

- 正答の場合
  - 視標位置の涙石停留時間が視標以外の位置よりも長い
- 誤答の場合
  - 視標位置での累積停留時間が視標以外の位置よりも同じか短い

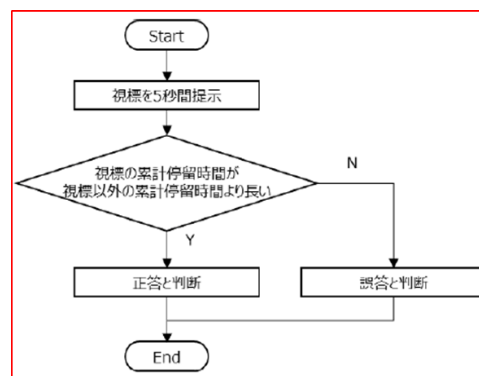
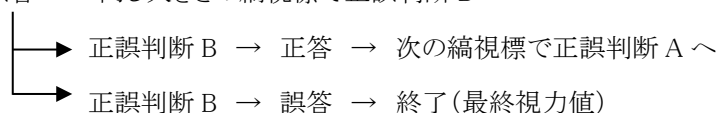


図 3 正誤判断 B

正誤判断 A → 正答 → 次の視標へ進む(最後の縞視標まで見えると視力値 0.6)

正誤判断 A → 誤答 → 同じ大きさの縞視標で正誤判断 B へ



(3) 自動視力検査プログラムを実装した視線解析装置と TAC の視力値の相関

有志願者の成人27名(平均年齢 20.9±0.6 歳)を対象に、TAC と視線解析装置の視力を測定した。視線解析装置による視力の判定は、(2)のプログラムを用いて測定した視力を算出した。測定条件は、屈折矯正下、視力障害シミュレーション(+6.00D 装用)とした。評価項目は、(1)と同様 TAC と自動視力検査プログラムの差(< 0.5 オクターブ、< 1.0 オクターブ、Wilcoxon 符号順位和検定)、視力値の相関(Spearman correlation test)、視力値の系統誤差(Bland-Altman plot)とした。

#### 4. 研究成果

##### (1) TAC と視線解析装置による視力値の相関

TAC と視線解析装置を使用した視力測定では、裸眼、屈折矯正、および視力障害シミュレーション条件下で有意な正の相関がみられた(裸眼: $r=0.84$ ,  $p<0.001$ ; 屈折矯正下: $r=0.68$ ,  $p<0.001$ ; 視力障害シミュレーション: $r=0.75$ ,  $p<0.001$ )。また、Bland-Altman プロットでは比例誤差はみられなかった。

##### (2) 自動視力検査プログラムの開発

先の研究結果を基に、自動視力検査プログラムを開発し、本研究期間中に特許を申請した。

##### (3) 自動視力検査プログラムを実装した視線解析装置と TAC の視力値の比較

屈折矯正下および視力障害シミュレーションで、TAC と自動視力検査プログラムの視力値に有意な差はみられなかった。屈折矯正下での相関は完全で( $r=1.00$ ,  $p<0.001$ )、視力障害シミュレーションでも高い相関( $r=0.55$ ,  $p<0.001$ )がみられた。Bland-Altman プロットでは、比例誤差はみられなかった。

これらの結果から、TAC を代替可能な自動視力検査装置の開発とその有用性が確認された。これにより、自動視力検査装置は特に乳幼児を対象とした視力検査の課題解決に寄与できると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 清水美佳, 岡真由美, 米田剛, 山下力, 三木淳司, 用稲丈人, 平岡 崇	4. 巻 41
2. 論文標題 半側空間無視と同名半盲に対する視線計測装置を用いた眼球運動の評価指標の検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 神経眼科	6. 最初と最後の頁 24-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11476/shinkeiganka.41.24	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 藤田美佳, 岡真由美, 米田剛, 山下力, 三木淳司, 用稲丈人, 平岡崇	4. 巻 52
2. 論文標題 視線計測装置を用いた眼球運動の定量的評価指標と年代別基準の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本視能訓練士協会誌	6. 最初と最後の頁 23-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4263/jorthoptic.52F103	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Atsushi Fujiwara, Atsushi Miki, Syunsuke Araki, Mayumi Oka, Tsuyoshi Yoneda, Kiyoshi Yaoeda, Tsutomu Yamashita, Tatsuhiro Ouchi, Yuriko Maruhisa, Mika Fujita 2	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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 藤田美佳, 米田剛, 山下力, 岡真由美, 三木淳司, 用稲丈人, 平岡崇	4. 巻 31
2. 論文標題 視線計測装置を用いて上下方向に 視標を提示した時の視線位置の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 川崎医療福祉学会誌	6. 最初と最後の頁 433-438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ouchi Tatsuhiro, Yamashita Tsutomu, Yoneda Tsuyoshi, Oka Mayumi, Fujita Mika, Miki Atsushi	4. 巻 52
2. 論文標題 Investigation of objective visual acuity measuring using the eye tracking device	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JAPANESE ORTHOPTIC JOURNAL	6. 最初と最後の頁 217 ~ 223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4263/jorthoptic.52F204	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤田美佳、米田剛、山下力、岡真由美、三木淳司、用稲丈人、平岡崇	4. 巻 30
2. 論文標題 半側空間無視に対する視線装置を用いた病態評価の検討-視線計測時の測定精度・視標サイズについて-	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 川崎医療福祉学科誌	6. 最初と最後の頁 565-569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 米田 剛
2. 発表標題 視線解析技術を用いた自動視力検査機器の開発
3. 学会等名 KMSメディカルアーク2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 助永樹嶺、米田剛、岡真由美、山下力、藤原篤之、荒木俊介、大内達央、三木淳司
2. 発表標題 視線計測装置を用いた自動視力検査とTeller acuity cardsの視力評価の比較
3. 学会等名 第64回日本視能矯正学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 清水美佳, 岡 真由美, 米田 剛, 山下 力, 三木淳司, 用稲丈人, 平岡 崇
2. 発表標題 視線計測装置により視覚的注意の改善過程を評価できた左半側空間無視の 1 例
3. 学会等名 第64回日本視能矯正学会
4. 発表年 2023年

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127回日本眼科学会総会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田美佳, 岡真由美, 米田剛, 山下力, 三木淳司, 用稲丈人, 平岡崇
2. 発表標題 半側空間無視と同名半盲に対する視線計測装置を用いた眼球運動の評価指標の検討
3. 学会等名 第60回日本神経眼科学会総会
4. 発表年 2022年

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
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田美佳、岡真由美、米田剛、山下力、三木淳司、用稲丈人、平岡崇
2. 発表標題 視線計測装置を用いた眼球運動の定量的評価指標と年代別基準値の検討
3. 学会等名 第62回日本視能矯正学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大内 達央、山下 力、米田 剛、岡 真由美、藤田 美佳、三木 淳司
2. 発表標題 視線計測装置を用いた他覚的視力検査の検討
3. 学会等名 第76回日本弱視斜視学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田美佳、米田剛、 山下力、 岡真由美、三木淳司、用稲丈人、平岡崇
2. 発表標題 半側空間無視に対する視線計測装置を用いた病態評価の検討 - 視線計測時の視標サイズ,測定精度について -
3. 学会等名 第31回医療福祉研究報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田美佳、米田剛、山下力、岡真由美、三木淳司
2. 発表標題 視線解析装置を用いた視標固視時の視線位置の評価-視標サイズによる検討-
3. 学会等名 第67回川崎医科大学眼科学術会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 大内達央、山下力、米田剛、岡真由美、藤田美佳、三木淳司
2. 発表標題 視線計測装置を用いた他覚的視力検査の検討
3. 学会等名 第76回日本弱視斜視学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 視力検査プログラム、視力検査システム、及び視力検査方法	発明者 米田剛、大内達央	権利者 学校法人川崎学園
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-00365	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 視力検査プログラム、視力検査システム、及び視力検査方法	発明者 米田剛、大内達央	権利者 学校法人川崎学園
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-00365	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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

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