

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：33111

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H00847

研究課題名（和文）弱視発見率の向上に関する研究：視線解析による小児視力の迅速自動測定システムの創生

研究課題名（英文）Research into improving the detection rate of amblyopia: development of a rapid, automated measurement system for infants visual acuity using eye tracking analysis

研究代表者

村田 憲章（Murata, Noriaki）

新潟医療福祉大学・医療技術学部・准教授

研究者番号：40773891

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、視線解析技術を応用した乳幼児視力の自動計測法を検証し、効率的に弱視を発見するシステムの構築を目指すものである。研究初年度に視線校正が不要な視線解析装置、EMR-ACTUS（ナックイメージテクノロジー）を導入し、縞視標による成人視力の自動計測法を検証した。その後、2022年～2023年に国内外の学術集会（ARVO 2022、第78回日本斜視弱視学会、第77回日本臨床眼科学会）にて発表を行い成果報告し、国際誌に論文を投稿中の段階である。本研究の遂行によりEMR-ACTUSによる視力の自動判定は可能であり、機器の改良によってより精度の高い視力スクリーニングを実現できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

子どもは、生直後から高度な視力を有しているわけではなく、3歳頃にはじめて1.0の視力に成長するといわれている。この視覚の成長過程に、眼になんらかの疾患が生じた場合は弱視となる。視覚成長は8歳頃までとされており、この期間に弱視が見逃された場合、成人となっても眼鏡をかけても良好な視力が得られない。本研究で開発した視力自動計測装置は、縞視標を用いて、被検者の応答なしに自動的に保有視力を判定するものである。将来的に、全国の健診現場に導入できれば、眼科専門職がいない状況でも正確な視力測定が可能となる。現代の乳幼児が成人となった時、視力低下によって社会的制約が生じることを防ぐ意義のある研究開発である。

研究成果の概要（英文）：This study aims to verify an automatic measurement method of visual acuity in infants and young children using gaze analysis technology and to build a system for efficiently detecting amblyopia. In the first year of the study, we introduced EMR-ACTUS (Nac Image Technology), an eye-tracking analysis device that does not require gaze calibration. We verified an automatic adult visual acuity measurement method using a grating acuity. We then made a total of three presentations at domestic and international academic conferences (ARVO 2022, the 78th Japanese Society of Strabismus and Amblyopia, and the 77th Japanese Society of Clinical Ophthalmology) from 2022 to 2023 to report our results, and are currently submitting papers to overseas journals. We confirmed that automatic visual acuity assessment is possible using this device and that improving the device can achieve more accurate visual acuity screening.

研究分野：眼科学

キーワード：乳幼児視力 弱視 視線解析装置 健康診査

1. 研究開始当初の背景

視力の正常値は小数視力 1.0 以上と定義されている。この 1.0 の視力は、生直後から得られているわけではない。新生児の視力は 0.01 ~ 0.02 で、正常な視環境のもとで育った場合は、3 歳の終わり頃に視力 1.0 に達する。小児の視覚は徐々に出来上がり、「見る」ためには眼と脳の両方の発達が必要である。視覚の発達には外界からの刺激が必要で、「両眼に」、「同時に」、「鮮明な像が結ばれる」ことによって大脳の視覚中枢が正常に成熟する。そして、産まれてからの限られた期間が、生涯にわたっての視機能に多大な影響を及ぼす。この発達期間を視覚の感受性期と呼ぶ。この時期は外界からの視覚刺激に鋭敏で、様々な原因によって弱視を発症する危険性がある。一方で、唯一弱視治療に反応しうる期間でもある。感受性期は 1 歳 6 か月ごろが最も強く、次第に減衰して 8 歳の終わり頃まで続く。すなわち、少なくとも 8 歳までに弱視の治療が完了しなかった場合、その後は永続的に眼鏡をかけても良好な視力が得られない生活を余儀なくされる。したがって、乳幼児の弱視をできるだけ早期に検出し、治療を開始することが求められる。

3 歳児健康診査 (以下、健診) では、全国的に視力を確認する項目が盛り込まれている。しかしながら、視力の一次検査は「保護者による視力測定で左右の眼の視力が 0.5 以上」、「保護者から見て小児の眼について気になることはあるか」を確認することであり、この時点で弱視が見逃される場合がある。さらに、保護者による視力検査結果が 0.5 を下回っていたり、特段の訴えがある場合に実施される二次検査は、眼科専門の検査技師である視能訓練士が視力測定を実施することが望ましいが、介入できていない自治体も多い。現状では視能訓練士の数が全国的に不足しており、今後すぐに自治体で視能訓練士が健診業務を担うことは困難だと考えられる。遠見視力の測定はランドルト環 (C のような図形) を用いることが主流だが、視距離が 5m に定められ、かつ視標の照度や正答回数などについても厳格な規定があり、測定値の最終決定には専門的な判断が必要となる。現に、視能訓練士が健診業務を行っている地域とそうでない地域にて、弱視発見率の格差が生じている。過去の調査報告では、眼科医・視能訓練士が 3 歳時健診に参加している地域の弱視発見率は 65.4% であったが、不参加の地域では 25.4% にとどまっていたとされている (渡邊ら, 2007)。3 歳児健診の後に、保護者が幼児の視覚について明らかな異常に気付かない場合は、眼科を受診する機会がなく、就学前健診まで弱視の発見が遅れることとなる。地域自治体に眼科医・視能訓練士を 3 歳児健診に導入するよう呼び掛けることは必要不可欠であるが、同時に検査内容の統一や新しい試みを導入していくことが課題であると考えられる。

眼科臨床において視能訓練士は、さまざまな手段をもって小児の視力を測定し客観的な数値に換算する。特に自覚応答を発することができない小児に対しては、縞視力を測定する。小児は縞を好んで見つめる特徴があり、眼球運動を観察し縞を見ているか否かを判定することで、視力値に換算可能である。臨床にて主に用いられているのは Teller acuity cards であるが、眼球運動を適切に判断することは経験豊富な視能訓練士の技術が必要である。そこで申請者らは、縞視力測定と視線解析装置 (アイトラッカー) を組み合わせることで、視力を自動的に測定するシステムを構築できるのではないかと考えた。アイトラッカーは非侵襲的に被検者の眼球運動を可視化し、客観的に評価できる装置である。本研究計画で開発を試みるような自動測定であれば、検査者の専門性を問わずして、小児の視力を把握することが可能であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、上述の学術的な背景を基盤に視線校正 (キャリブレーション) の不要なアイトラッカーを応用して、視力を他覚的かつ迅速に計測するシステムを構築することを目的とした。

弱視発見率の向上を目的とした、アイトラッカーと縞視標を組み合わせた視力計測に関する研究はこれまでもなされている (Jones ら, 2014, Jones ら, 2015, Hathibelagal ら, 2015, 大内ら, 2022)。しかしながら、それぞれの研究が独自のセッティングでの検討であることが課題として考えられ、ゴールドスタンダードな手法の構築は検討の余地があった。また、従来のアイトラッカーではキャリブレーションが必要であるということが、ビッグデータ取得の足枷となっていたと考えられた。キャリブレーションの手続きでは乳幼児に画面を注視させる必要があるが、申請者らのこれまでの研究経験から成功率が非常に低く、大人数のスクリーニングを行うような場面に導入するには、この問題点を解決する必要があると認識していた。

本研究で導入したナックイメーজテクノロジー社の EMR ACTUS は、赤外線による角膜反射検出機能と、顔認証機能を併せ持ち、視線位置の校正をすることなく速やかに視線計測が開始できる。当研究期間では、主に健常者の保有視力や屈折異常 (近視・遠視・乱視) の程度と、EMR ACTUS で測定した視力の連関を確認した。



図1 視線解析装置（アイトラッカー）による縞視力測定

左図は予備実験において、小児の縞視力測定を実践した様子である。キャリブレーションフリー機能は顔認証によって行われるため、図のように保護者ととも機器に対座しても、保護者がマスクを装着すれば視線情報が干渉することはない。また、右図のように縞視標側に視線が集まっていることが可視化できる。

3. 研究の方法

【2021年度】

研究初年度は、ナックイメージテクノロジー社のEMR-ACTUSを導入し、ディスプレイに表示する視力測定用の縞視標をLazarus (<https://www.lazarus-ide.org/index.php>)にて作成した。Teller acuity cardの原理は、灰色背景に白黒の縞視標が描かれており、縞視標が視認できれば注視し、それに足る視力がなければ視標が背景に溶け込むため注視位置が散漫になることから、視力を推定するものである。検査者が被検者の眼球運動を観察し、視力に換算する。すなわち本研究は、検査者側の判断を自動化することを試みた研究と位置付けられる。ディスプレイに表示した縞視標の灰色背景の明るさを、3名の人間の自覚による交照法にて決定した。これらを経て予備の実験を行い、自動視力測定のセッティングを構築した。

【2022年度】

屈折異常以外に眼疾患のない健常被検者を研究に組み入れ、アイトラッカーによる視力の自動測定データを蓄積した。EMR-ACTUSのモニターは1980×1080のフルHDであり、モニターの横幅と検査距離(80cm)とを勘案して計算すると、1 pixelの縞視標で小数視力0.86(25.8 cycles / degree [cpd])、2 pixelで0.43(12.9 cpd)、3 pixelで0.29(8.4 cpd)となった。視標提示の時間を各視標4秒間とし、同じ視力値を視標を3枚呈示し、3視標への視線滞留時間の割合を計測した。年度内は、縞視標の細かさと視標への滞留割合の関係性を確認し、縞視標の弁別難度が上がるにつれて滞留割合が減少することを確認した。また、視力値を決定するカットオフ値を85%に設定した時の視力測定値と、従来の視力および屈折異常の程度との相関関係を確認し、統計学的に有意な関係性にあることを確認した。

【2023年度】

屈折異常以外に眼疾患のない健常被検者をリクルートし、2022年度のデータに加えてさらに蓄積をおこなった。2023年度中は、縞視力を決定するカットオフ値を同定するための解析を実施した。カットオフ値を50~99%まで変化させたときの、従来の視力値および屈折異常との相関関係を検討した。

また同時に、新型コロナウイルス蔓延の影響で遅れていた、乳幼児のデータ取得について、関係する施設に許諾を得た。現時点では測定できる視力の段階は4段階(0.86が見えた、0.43が見えた、0.29が見えた、すべて見えなかった)である。スクリーニングにおいても、より詳細な視力の段階を設けてデータが得られることが望ましい。この点については、開発元のナックイメージテクノロジー社と機器の改良について相談しており、今後も検討を重ねていく予定である。

4. 研究成果

【2022年度】

アイトラッカー上に表示した縞視標でも、空間周波数が上昇するほど正答割合が低下することが確認された。今後の検討では被検者数を増加させ、視力値との連関や屈折異常値との相関関係を検討する必要があると思われる。本研究成果は眼科分野の世界最大規模の学術集会であるThe Association for Research in Vision and Ophthalmology (ARVO 2022)にて研究成果の発表を行った。

- Murata N, Toda H, Sonobe T, Hasegawa A, Ubukata H: Automatic visual acuity measurement using the Calibration-Free Eye Tracking System. The Association for Research in Vision and Ophthalmology ARVO 2022 (Denver), 5.1-5.5. 2022.

アイトラッカーにて測定した縞視力（カットオフ値を暫定で85%とした時の視力）と、裸眼視力、屈折異常との連関が確認された。トラッキングエラーによって除外した被検者は22名中1名であり、測定がスムーズに行えることを確認した。キャリアレーションフリー視線解析装置は小児視力の大量データ取得に応用できる可能性があることが考えられた。本研究成果は、第78回日本弱視斜視学会にて発表を行い、若手支援プログラム賞を受賞した。

■ 村田憲章, 戸田春男, 生方北斗: キャリレーションフリー・視線解析装置による迅速な他覚的視力測定. 第78回日本弱視斜視学会総会 (宇都宮市), 6.17-6.18, 2022.

【2023年度】

被検者数を100名超とし、アイトラッカーによる縞視標測定におけるカットオフ値を検討した。屈折異常や従来の視力値との相関を評価した結果、カットオフ値を70%と90%とした時にもっとも相関関係が強くなった。それぞれをさらに詳細に分析すると、カットオフ値70%では視力が悪い被検者でもアイトラッカーで良好に算出される「偽陰性」が高まることが考えられ、90%とすることが望ましいと考えられた。本成果は第77回日本臨床眼科学会にて発表した。

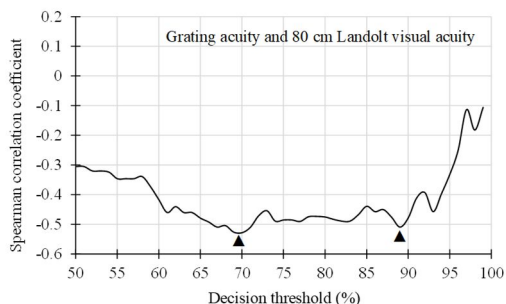
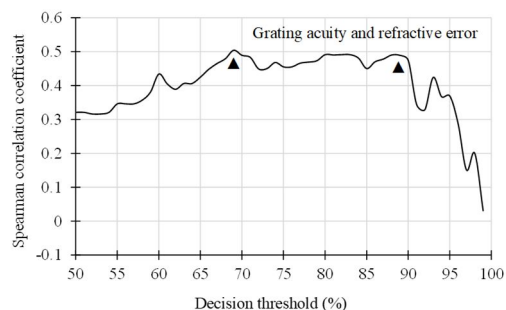


図2 決定閾値（カットオフ値）を50～99%に変化させたときの縞視力順序と屈折異常（上図）、およびLandolt環視力（下図）のSpearmanの順位相関係数の推移
70%および90%付近にて最も相関関係が強いことが判明した。（第77回日本臨床眼科学会）

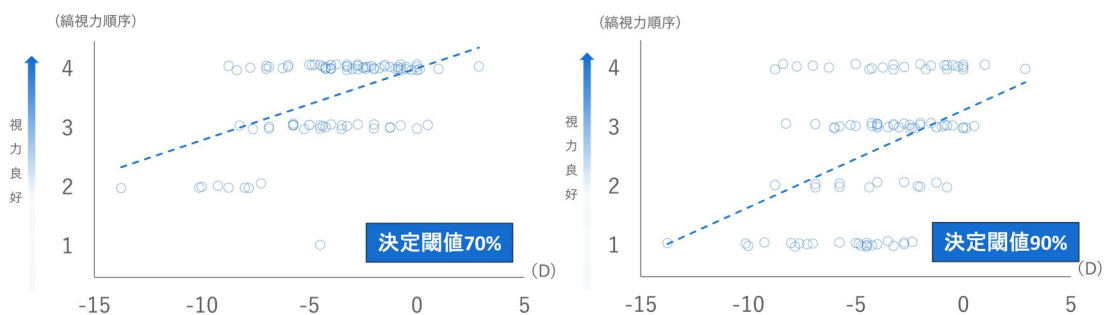


図3 決定閾値70%および90%としたときの屈折異常 (D) と縞視力順序の相関
決定閾値（カットオフ値）70%では、視力低下が検出できない「偽陰性」率が高いことが考えられた。（第77回日本臨床眼科学会）

■ 村田憲章, 戸田春男, 生方北斗, 高木万生, 田中千絵, 町永亜衣, 他: キャリレーションフリー・視線解析装置による他覚的視力検査における視力の決定閾値の検討. 第77回日本臨床眼科学会 (千代田区), 10.6-10.9, 2023.

参考文献

1. 渡邊央子, 河津愛由美, 大淵有理, 森山早香, 佐藤みゆき, 佐藤真由美, 他: 三歳児健診での弱視の見逃しについて. 日視会誌 36: 125-131, 2007.
2. Jones PR, Kalwarowsky S, Atkinson J, Braddick OJ, Nardini M: Automated measurement of resolution acuity in infants using remote eye-tracking. Invest Ophthalmol Vis Sci 55:8102-10, 2014.
3. Jones PR, Kalwarowsky S, Braddick OJ, Atkinson J, Nardini M: Optimizing the rapid measurement of detection thresholds in infants. J Vis 15:2, 2015.
4. Hathibelagal AR, Leat SJ, Irving EL, Nandakumar K, Eizenman M: Measuring infant visual acuity with gaze tracker monitored visual fixation. Optom Vis Sci 92:823-33, 2015.
5. 大内達央, 山下力, 米田剛, 岡真由美, 藤田美佳, 三木淳司: 視線計測装置を用いた他覚的視力検査の検討. 日視会誌 52: 217-223, 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 村田憲章, 戸田春男, 生方北斗, 高木万生, 田中千絵, 町永亜衣, 宮嶋美南
2. 発表標題 キャリアレーションフリー・視線解析装置による他覚的視力検査における視力の決定閾値の検討
3. 学会等名 第77回日本臨床眼科学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村田憲章, 戸田春男, 生方北斗, 高木万生, 田中千絵, 町永亜衣, 宮嶋美南
2. 発表標題 キャリアレーションフリー・視線解析装置による他覚的視力検査における視力の決定閾値の検討
3. 学会等名 第23回新潟医療福祉学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 戸田春男, 豊田典子, 多々良俊哉, 村田憲章
2. 発表標題 大学教育におけるGoogle Apps Scriptの活用
3. 学会等名 第23回新潟医療福祉学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村田憲章, 戸田春男, 生方北斗
2. 発表標題 キャリアレーションフリー・視線解析装置による迅速な他覚的視力測定
3. 学会等名 第78回日本弱視斜視学会総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田憲章, 戸田春男, 生方北斗
2. 発表標題 キヤリブレーションフリー・視線解析装置による他覚的視力測定システムの構築
3. 学会等名 第22回新潟医療福祉学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田憲章, 藤井豊, 松井由美子, 桑原桂
2. 発表標題 リモート実施となった連携教育科目「連携基礎ゼミ」の学生アンケート結果
3. 学会等名 第15回日本保健医療福祉連携教育学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Murata N, Toda H, Ubukata H, Sonobe T, Hasegawa A
2. 発表標題 Automatic Visual Acuity Measurement by Using a Calibration-free Eye Tracking System
3. 学会等名 ARVO: The Association for Research in Vision and Ophthalmology 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田憲章, 戸田春男
2. 発表標題 片眼遮閉に伴う眼球回旋偏位の有無についての検討
3. 学会等名 第21回新潟医療福祉学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村田憲章, 松井由美子, 桑原桂, 伊藤嘉高, 石澤幸江
2. 発表標題 オンライン実施となった「連携基礎ゼミ」の学生アンケート結果の報告
3. 学会等名 第21回新潟医療福祉学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 村田憲章, 前田史篤	4. 発行年 2023年
2. 出版社 三輪書店	5. 総ページ数 304
3. 書名 できる！斜視検査 両眼視機能がわかる、ケーススタディでレベルアップ！ 斜視診療や両眼視機能検査に必須の用語とその解説	

1. 著者名 村田憲章	4. 発行年 2023年
2. 出版社 メディカ出版	5. 総ページ数 96
3. 書名 眼科ケア2023年12月号 25巻12号 眼鏡度数の選定バイブル：応用編～ワンランク上の眼鏡合わせができるようになろう！～ 1章 矯正視力が出ないときの対応	

〔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	戸田 春男	新潟医療福祉大学・医療技術学部・教授	
	(Toda Haruo)		
	(10217507)	(33111)	

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	生方 北斗 (Ubukata Hokuto) (50795127)	新潟医療福祉大学・医療技術学部・助教 (33111)	

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