

広視野角の眼球運動を対象とする検査・トレーニングシステムの開発

小倉 紀音†

中尾 歩†

福森 聡††

山本 倫也†††

† 関西学院大学大学院理工学研究科

†† 香川大学創造工学部

††† 関西学院大学工学部

1 はじめに

視機能において、視力だけではなく眼球運動も重要である。眼球運動の問題により、文字を読み飛ばす、同じ行を繰り返し読んでしまう、球技や運転が苦手等の症状が見られるが、眼球運動のトレーニングを行うことで発達障害や学習障害の改善に繋がることも報告されている [1]。従来、眼球運動の検査やトレーニングは検眼医と呼ばれる専門家によって行われていたが、著者らは、視線計測装置を用いた眼球運動検査システムの開発と眼球運動特性の指標を開発し、検査の自動化の可能性を示した [2]。さらに、学びに問題を抱える児童を対象とする眼球運動トレーニングシステムを開発し、小学校等で検証を進めてきた [3]。本研究では、日頃から目を酷使する大人や、高い眼球運動能力を必要とするアスリート等を対象とする場合には、検査時のタスクの難易度を高める必要があると考え、広い視野角での眼球運動の検査・トレーニングが可能なシステムを新たに開発する。

2 システム開発

2.1 システム構成

従来のシステム [2] では、PC、視線計測装置 (Tobii 社, EyeTracker 5)、web カメラ (ロジクール社, C922n) と、23.8 インチディスプレイ (EIZO 社, EV2451) で構成されており、計測範囲となる視野角は約 30~45 度であった。本研究では、37.5 インチの湾曲ディスプレイ (EIZO 社, EV3895) を用いることで、視野角を約 60~90 度へと広げた (図 1)。

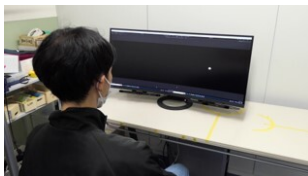


図 1: 計測時の様子

しかし、1 台の視線計測装置で計測可能なスクリーンサイズは 15~27 インチである。そこで、湾曲ディスプレイの PbyP 機能で画面表示を左右に 2 分割し、それぞれの画面に異なる PC の画面を出力し、左右それぞれに視線計測装置を付け、独立して視線を計測した。

2 台の PC 間の通信は UDP を用い、計測結果を統合した。PC の一方をサーバー、もう一方をクライアントとし、待機しているサーバーにクライアントから接続後、トレーニングのモードや描画内容を通信した。トレーニング中に計測される視線座標は、左右それぞれで時刻とマーカの座標とともに csv ファイルに保存し、時刻やマーカ位置を元にそれらを統合させて計測結果とした。PC 間の通信による遅延時間を算出すると約 50ms となり、この値を統合の際に反映させた。

2.2 タスクの実装と動作確認

離れた 2 点のマーカを交互に見る跳躍性眼球運動と、一定の速度でマーカを見る追従性眼球運動のそれぞれに対して、左-右、左上-右下、右上-左下の 3 方向を往復して動かすタスクを実装した。計測された視線座標は、2.1 節の手法で統合した。このようにして計測された視線の軌跡を図 2 と図 3 に示す。統合による影響はほとんど見られず、視線がアーチ状になったりばらついたりする、眼球運動のエラーが計測できている。

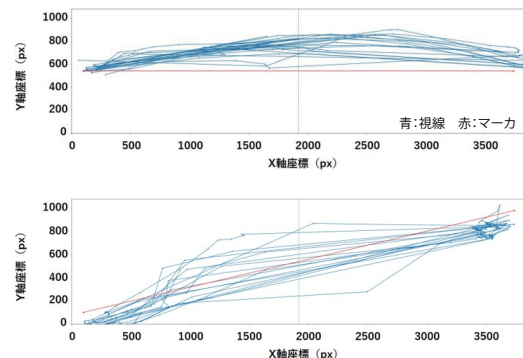


図 2: 跳躍性眼球運動の計測例 (上: 左-右, 下: 右上-左下)

Development of Test and Training System for Eye Movements with Wide Viewing Angle

†Kion Ogura†Ayumi Nakao ††Satoshi Fukumori †††Michiya Yamamoto
†Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

††Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

†††School of Engineering, Kwansai Gakuin University

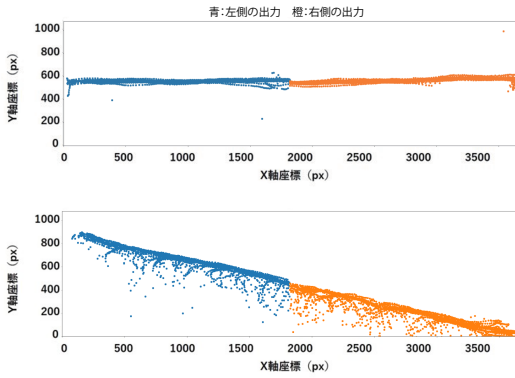


図 3: 追従性眼球運動の計測例(上:左-右, 下: 左上-右下)

3 検査指標による評価

3.1 評価方法

著者らは、跳躍性眼球運動の計測データから、エラーの変動幅 S_e を検査指標とする手法を提案しており、縦方向、横方向と比較し、左下から右上への方向でエラーが最も大きくなることを示している [2]。跳躍性眼球運動が正確であるほど S_e の値は小さくなる。本研究では、左-右、左上-右下、右上-左下の方向の往復のマーカ移動①~⑥に対して、従来のディスプレイと湾曲ディスプレイの場合を比較し、 S_e の値がどう変化するかを評価した (図 4)。

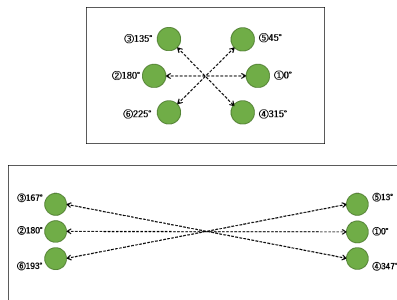


図 4: マーカの移動(上: 従来, 下:湾曲)

評価では、各方向をそれぞれ 10 往復、頭部を動かさず目のみでマーカを追うよう指示し、跳躍性眼球運動を行わせた。協力者は、21~23 歳の男性 4 人、女性 3 人の計 7 人であった。

3.2 計測結果

計測結果を表 1 に示す。表 1 では、協力者毎の検査指標 S_e の値を示しており、マーカ移動の方向に分けて示している。t 検定の結果、①~⑥の方向での p 値はそれぞれ $p=0.0014$, $p=0.0029$, $p=0.0322$, $p=0.0894$, $p=0.0396$, $p=0.0131$ となり、有意差、有意傾向が認め

表 1: ディスプレイと方向による検査指標 S_e の変化

ID	①右←左		②左→右		③左上→右下		④右下→左上		⑤右上→左下		⑥左下→右上	
	従来	湾曲	従来	湾曲	従来	湾曲	従来	湾曲	従来	湾曲	従来	湾曲
1	1.027	3.343	1.110	3.938	1.216	5.994	1.376	2.118	0.989	9.861	1.087	5.212
2	0.448	1.473	0.386	1.596	0.921	1.431	1.505	3.588	0.588	3.453	0.908	1.880
3	0.275	2.621	0.359	2.784	1.201	3.122	1.103	11.407	0.647	4.167	0.732	3.831
4	1.278	2.543	1.635	2.284	1.766	5.979	2.576	2.590	1.982	4.032	2.203	13.064
5	0.452	1.249	0.286	1.097	1.346	1.759	1.206	1.523	1.864	1.140	0.740	9.655
6	0.979	1.649	0.639	1.610	0.948	1.271	0.659	2.043	1.034	1.929	0.953	2.216
7	0.646	2.317	0.632	2.557	1.229	2.631	0.987	5.844	0.975	4.291	0.921	6.228
平均	0.729	2.171	0.721	2.267	1.232	3.170	1.345	4.159	1.154	4.125	1.078	6.012
標準偏差	0.343	0.691	0.452	0.878	0.261	1.881	0.568	3.246	0.513	2.595	0.473	3.778
p値	0.0014		0.0029		0.0322		0.0894		0.0396		0.0131	

られた。すなわち、いずれの方向でも、従来に比べて湾曲の場合に検査指標 S_e の値が大きくなった。ここで、協力者毎に値を比較するために値の下位 3 人に色を付けたが、湾曲ディスプレイになっても大きな変化は見られず、指標の信頼性は保たれたと考えられる。したがって、湾曲ディスプレイを用いる検査・トレーニングシステムでは、従来のディスプレイに比べて検査指標の差異が顕著に表れることが示された。

4 おわりに

本研究では、従来よりも広い視野角を対象とする眼球運動の検査・トレーニングシステムの開発を行った。計測結果から検査システムの有効性は確認された。今後、眼球運動能力の高い被験者を含めた計測実験を行うとともに、データ数を増やし、特性を把握することでより緻密な検査指標の開発に繋がりたい。

謝辞

本研究の一部は、電気通信普及財団 2021 年度研究調査助成等の支援によって行われた。また本研究の遂行にあたり関西学院大学理工学部人間システム工学科在学中の越智さくら氏の支援を得た。ここに感謝する。

参考文献

- [1] 北出 勝也：発達気になる子の学習・運動が楽しくなるビジョントレーニング, ナツメ社, (2015).
- [2] 福森 聡, 喜多 亮介, 青柳 西蔵, 山本 倫也, 北出 勝也：眼球運動検査・トレーニングのための検査指標の開発, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.24, No.2, pp.121-132 (2022).
- [3] 中尾 歩, 青柳 西蔵, 山本 倫也, 北出 勝也, 井阪 幸恵：通級指導教室の児童に向けた眼球運動トレーニングシステムの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2022 論文集, pp.549-552 (2022).