

視線計測装置を用いた眼球運動トレーニングの提案

喜多 亮介†

山本 倫也†

北出 勝也††

† 関西学院大学理工学部

†† 視機能トレーニングセンター JoyVision

1 はじめに

視機能として、視力だけではなく、眼球運動も重要とされるが、一般には、眼球運動の検査は行われていない。しかし、眼球運動をトレーニングすることで改善される発達障害や学習障害もある [1]。例えば文章を読むためには正確に素早く視線を動かす必要があり、眼球運動の働きが弱い場合、文字を読み飛ばしたり、同じ行を何度も読んでしまうなどの症状が見られるが、トレーニングを行うことで改善することができる。

こういった検査やトレーニングは、海外では検眼医による医療行為として行われている。また、2018年にRightEye社より視線計測機能を有するEyeQという装置が発表・発売されており、このプロセスの一部の自動化も始まっている [2]。学術的にも、トレーニング効果の実証が始まっており、Parsonsらは、トレーニングにより、ある点から10°離れた別の点へのサッケードにおいて、2次サッケードの割合が減少することを示している [3]。

一方国内では、書籍が刊行されたり [1 など]、視線計測機能のないソフトウェアが発売されたりしているが [4]、そもそも専門家が少なく、検査やトレーニングの普及はそれほど進んでいない。そこで本研究では、視線計測装置を用いた新しい眼球運動トレーニングを提案する。ここでは、ゲーム用の視線計測デバイスを高精度に利用する手法を提案するとともに、日本人特有の縦書き文化への対応方法について議論している。

2 ゲーム用デバイスによる高精度視線計測

2.1 計測誤差の要因と補正方法

一般に、高精度に視線計測を行う場合には、キャリブレーションと呼ばれる、数点を注視し、個人差のある各種パラメータを補正する作業が必要である。このキャリブレーションでは、Morimotoらが述べているように、2次の多項式による線形変換が行われることが多い [5]。また、Gomezらが指摘しているように、時間の経過とともに計測誤差が増え、再キャリブレーションする必要が生じる [6]。

眼球運動の検査やトレーニングは、短時間で終わるタスクを多数実行し、全体として長い時間が経過するため、本研究では、タスクとタスクの間に計測誤差を評価し、その都度補正するという方法を提案する。

2.2 ゲーム用デバイスによる計測と補正の例

視線計測デバイスとして、Tobii社のTobii Eye Tracker 4CとTobii Gaming SDKを用いた。これは、ゲーム用として市販されているデバイスで、同社から発売されている分析用のTobii Pro X2より高い精度と強力なロバスト性を有することを予備実験で確認している。

本研究では、画面上の35箇所にマーカを3秒間ずつ表示するプログラムを作成した。表示位置は、画面の中心を含む長方形で、横1920px、縦1080pxの画面の、縦横それぞれ8等分した、横240px、縦135px間隔とした。マーカのサイズは直径32pxの円形とし、後述の計測環境で視野角1°となる。マーカには、ボタンを押すと音とともに半径が小さくなり3秒後に消えるアニメーションをつけ、注視させやすくした。アニメーションが終わると次の位置にマーカが表示され、またボタンを押すと、アニメーション、次の位置への表示が繰り返される。計測にはPC(HP, ZBook15)と23.8インチディスプレイ(EIZO, EV2451)を使用し、実験協力者から50cmの距離に設置した。頭部はあご台で固定した(図1)。

実験では、このプログラムを用いて、マーカを順に注視させた。ボタンを押すタイミングは実験協力者が自由に決めてよいと伝えた。実験時間は5分程度であった。実験協力者は21歳から24歳の男性8人女性2人の計10人であった。

計測例を図2に示す。赤色がマーカ位置、青色がある実験協力者の注視点である。各点は、外れ値の影響を考慮し3秒間注視している時の視線計測座標の中央値である。この実験協力者の平均誤差は1.05°であった。

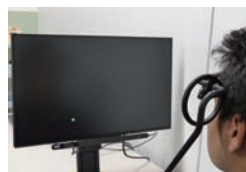


図1: トレーニングの様子

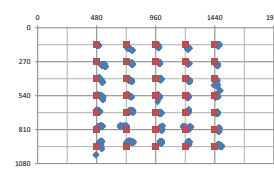


図2: 計測例

Proposal of a Vision Training System Using an Eye Tracker
 †Ryosuke Kita†Michiya Yamamoto ††Katsuya Kitade
 †School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University
 ††JoyVision Training Center

た．実験協力者全体では，平均誤差が 0.83° で，最大値は 1.70° であった．なお，数分の実験時間では，計測誤差の傾向が大きく変化することはなかった．

ここで，全実験協力者の計測結果を俯瞰すると，実際の注視点よりも，特定の方向にずれが生じる傾向が見られた．例えば図3の計測例では，右下にずれているように見える．そこで，実験で計測した35点の計測誤差の中央値を用いて平行移動する補正を試みた．補正後の計測誤差の平均は 0.49° に減少し，全ての実験協力者において，最大値は 1.0° 以内となった．これは，Tobii社の分析用視線計測装置の計測誤差 0.5° と，一般的なマイクロサッケード $0. 数^\circ$ の合計に収まるため，この補正で十分であると判断した．

2.3 補正点の決定

タスクとタスクの間で35点を注視させ，補正するのは現実的でないため，できるだけ少ない点で同等の補正を行いたい．そこで，図2から6つの補正点を抽出した(図4)．そして，10人分の計測結果に対して，(1)の1点を用いて補正した場合の平均誤差を求めると，約 0.9° になった．同様に，(1)と(2)の2点では 0.7° ，(1)~(3)の3点で 0.6° ，(1)~(4)の4点では 0.5° 程度であった(図5)．この時点でほぼ35点と同等で，さらに点数を増やしても変化がなかったことから，4点を用いて補正する手法が最適である．

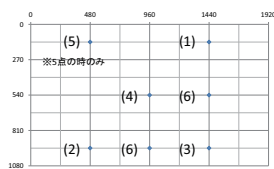


図3: 補正点の位置

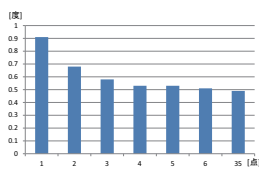


図4: 補正点数の変化

3 眼球運動トレーニングの開発と計測例

典型的なトレーニングタスクとして，北出の著書[1]のワークシートを参考に，離れた2点を交互に見る交互運動トレーニングのシステムを開発した．マークの間隔は，先行研究[2][3]では $10^\circ \sim 20^\circ$ であったが，専門家によるトレーニングではより広いことから，2章の環境で表示可能な 30° とした．また，縦・横に加え，斜め方向を計測した．

提案手法による補正後の計測例を図6に示す．縦方向のずれは[2]でサンプルとして示されているほど大きくなかったが，斜め方向では，視線が直線ではなく，弧を描くデータであった．日本人の場合，眼球運動の働きの弱さが，斜め方向で顕著になることを示唆する結果となった．

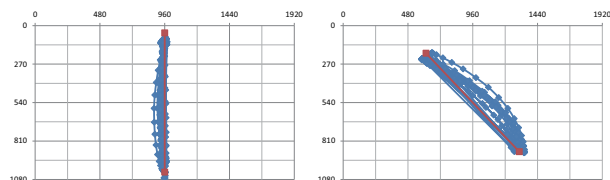


図5: 交互運動トレーニングにおける計測例

4 おわりに

本研究では，視線計測装置を用いた眼球運動トレーニングの普及に向けた取り組みとして，ゲーム用デバイスによる高精度視線計測を行う手法を開発した．また，診断やトレーニングで広く行われている交互運動トレーニングのシステムを開発し，眼球運動が実際に計測できることを示した．今後，眼球運動特性の指標化や，トレーニングによる改善効果の数値化が期待される．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費 16H02860，16H03225 等の支援によって行われた．ここに感謝する．

参考文献

- [1] 北出勝也: 発達の気になる子の学習・運動が楽しくなるビジョントレーニング, ナツメ社 東京 (2015) .
- [2] RightEye: What's Your EyeQ?, 入手先 <https://www.righteye.com/eyeq/eyeq-products> , (参照 2018-11-1).
- [3] Brent D. Parsons, Richard B. Ivry: Rapid Alternating Saccade Training, In Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications (ETRA '18), Article 30 (2018) .
- [4] 任天堂: 見る力を実践で鍛える DS 眼力トレーニング, 入手先 <https://www.nintendo.co.jp/ds/ag3j/index.html> , (参照 2019-1-10).
- [5] Carlos H. Morimoto, Marcio R.M. Mimica, Hans Gellersen: Eye gaze tracking techniques for interactive applications, Computer Vision and Image Understanding 98, No.1, pp.4-24 (April 2005) .
- [6] Argenis Ramirez Gomez, Hans Gellersen: Smooth-i: Smart Re-Calibration Using Smooth Pursuit Eye Movements, In Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications (ETRA '18), Article 10 (2018) .