

原 著

## 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

藤田美佳<sup>\*1,2,3</sup> 米田剛<sup>\*2,3</sup> 山下力<sup>\*1,2,3</sup> 岡真由美<sup>\*1,2,3</sup>  
三木淳司<sup>\*1,2,3</sup> 用稲丈人<sup>\*4</sup> 平岡崇<sup>\*5,6</sup>

### 要 約

健常人を対象に、視線計測装置で視標を上下方向に提示したときの視線位置の偏位量を検討した。対象は、本学学生の有志願者の健常人31名であった。視線計測装置は、Gazefinder (JVC ケンウッド社製)を使用し、視標と対象者の距離は60cmとした。視線位置の計測は頭部を顎台に固定して行った。ディスプレイに提示した視標は1°の白色円形を使用し、対象者には正面、上10°、下10°の順に30秒ずつ注視させた。検討項目は、視線偏位量とばらつき、視点取得率、視線偏位量に及ぼす眼位ずれの影響とした。視線偏位量は、視標を下10°に提示したとき増大し、視線偏位量のばらつきは視標を上10°に提示したときに増大する傾向を示した。視点取得率は正面よりも上下10°で有意に減少していた。また、視線偏位量に及ぼす眼位ずれの影響はみられなかった。以上より、視標を上下10°に提示したときの視線偏位量およびばらつきが増大していた要因は、視線計測部が装置下部に設置されていることが影響していると考えられた。

### 1. 緒言

視線計測装置は、近赤外線LEDが角膜に反射することで生じる角膜反射像と瞳孔中心との相対的距離から視線の位置情報を算出する。本装置は画面上に提示された視標に対する視線の位置を簡便に客観的・定量的に評価できるため、乳幼児の他覚的視力検査や眼球運動検査、発達障害児の評価など様々な分野で注目されている<sup>1,2)</sup>。本装置を眼球運動検査として応用し視線の軌跡から偏位量の正確性や安定性など<sup>3)</sup>を求めるためには、視標と視線の座標位置が一致していることが重要であり、両者間の相対的な距離を評価する必要がある。

我々はこれまでに健常人を対象として視線計測装置 Gazefinder (JVC ケンウッド社)を用い、眼球運動の評価に用いるための適切な視標サイズについて検討した。0.025° (1 pixel) と1°の2種類の視標を

水平方向へ提示し視線の位置情報を評価した結果、視標サイズ1°の方が視線解析の精度が高く、視認が容易であることから眼球運動の評価に適切であると分かった<sup>4)</sup>。また、視線計測装置の視標に対する視線位置の精度を評価するため、視標を水平方向に提示したときの視標と視線位置の一致性について検討した結果、視標中心に対する視線位置は上方へ偏位していた<sup>4)</sup>。過去に TobiiTX300を用いて視標に対する視線位置の精度を評価したものには、視標を正面に提示したときの報告はあるが<sup>5)</sup>、視標を上下方向に提示したときの視線位置の測定精度については不明である。そこで、本研究では視標を上下方向に提示したときの視線位置の偏位量を検討した。

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 感覚矯正学専攻

\*2 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 視能療法学科

\*3 川崎医科大学 眼科学1教室

\*4 川崎医療福祉大学 医療技術学部 リハビリテーション学科

\*5 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

\*6 川崎医科大学 リハビリテーション医学教室

(連絡先) 藤田美佳 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail: m.fujita@mw.kawasaki-m.ac.jp

## 2. 方法

### 2.1 対象

対象は、本学学生のうち有志願者の健常人31名(男性6名,女性25名)で,年齢は平均20.3歳(20~22歳)であった。除外基準は,屈折異常以外の眼疾患があるもの,矯正視力が小数視力1.0未満のもの,眼位および眼球運動に異常があるものとした。屈折異常は,眼鏡またはコンタクトレンズで矯正した。

本研究は,川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号 18-058)。

### 2.2 方法

視線計測装置は, Gazefinder (JVC ケンウッド社製)を使用した。視標を提示するディスプレイは19 inchで,画面解像度は1,280×1,024pixelsであった。検査距離は60cmとし,測定中は頭部を顎台に固定した。キャリブレーションは,ディスプレイの正面と四隅の計5点で実施した。サンプリングレートは50Hzであった。

本装置の原理は,ディスプレイ下部にある視線計測部から射出される近赤外線LEDが角膜に反射することで生じる角膜反射像と瞳孔中心との相対的距離をもとに視線位置を算出する。ディスプレイの背景色はグレー,視標は1°の白色円形とした。視標の提示位置は正面,上10°,下10°とし,各視標を30秒ずつ注視させた。データの分析は瞬目を除外し,視標に対する視線位置を30回分求めた。対象者への事前説明は,各方向へ提示された視標の中心を注視することとした。

### 2.3 検討項目および統計方法

検討項目は,視標を正面,上10°,下10°に提示したときの視線偏位量とばらつき,視点取得率,視線偏位量に及ぼす眼位ずれの影響の有無であった。視線偏位量とばらつきは,視標と視線位置の差の中央値(四分位範囲)を算出した。この際,水平の視線偏位量は,視標に対して右偏位をプラス,左偏位をマイナスで表した。垂直の視線偏位量は,視標に対して上偏位をプラス,下偏位をマイナスで表した。視点取得率の関心領域は,視標の中心から1.4°以内とした。視点取得率は,各視標の提示時間に対する視線停留時間の割合(%)を算出し,対象者の視線位置の信頼性とした。また,視線偏位量に及ぼす眼位ずれの影響について,プリズム遮閉試験を実施し顕性の眼位ずれを定量測定した。

統計学的分析は,視標を正面,上10°,下10°に提示したときの視線偏位量,視点取得率,眼位ずれ量についてFriedman検定を用い,有意水準は5%未満とした。統計解析ソフトはIBM SPSS Statistics Ver.23を使用した。

## 3. 結果

### 3.1 視標を正面,上10°,下10°に提示したときの視線偏位量とばらつき(図1)

水平の視線偏位量とばらつきは,視標を正面に提示したとき $-0.04^{\circ}$ ( $-0.2^{\circ} \sim +0.1^{\circ}$ ),視標を上10°に提示したとき $+0.03^{\circ}$ ( $-0.2^{\circ} \sim +0.2^{\circ}$ ),視標を下10°に提示したとき $+0.2^{\circ}$ ( $-0.1^{\circ} \sim +0.5^{\circ}$ )であった。視標を上10°,正面,下10°に提示したときの水平の視線偏位量に有意差はみられなかった( $P=0.06$ )。

垂直の視線偏位量とばらつきは,視標を正面に提示したとき $+0.2^{\circ}$ ( $-0.1^{\circ} \sim +0.3^{\circ}$ ),視標を上10°に提示したとき $+0.3^{\circ}$ ( $-0.1^{\circ} \sim +1.0^{\circ}$ ),視標を下10°に提示したとき $+0.7^{\circ}$ ( $+0.3^{\circ} \sim +1.0^{\circ}$ )であった。視標を下10°に提示したときの垂直の視線偏位量は,正面,上10°と比較して有意に増大していた(それぞれ $P<0.05$ )。視標を上10°に提示したときの垂直の視線偏位量は,正面と比較して有意な差はみられなかったが( $P=0.49$ ),ばらつきが増大する傾向を示した。

### 3.2 視標を正面,上10°,下10°に提示したときの視点取得率(図2)

視点取得率は,視標を正面に提示したとき81%,視標を上10°に提示したとき18%,視標を下10°に提示したとき28%であった。視点取得率は,正面と比較して上10°および下10°で有意に減少していた(それぞれ $P<0.01$ )。

### 3.3 視線偏位と眼位ずれの影響の有無

眼位ずれ量は,正面で $4 \pm 7^{\circ}$ 外斜位,上10°で $6 \pm 6^{\circ}$ 外斜位,下10°で $6 \pm 6^{\circ}$ 外斜位で顕性のずれはなく,それぞれに有意差はみられなかった( $P=0.80$ )。

## 4. 考察

Gazefinderで視標を正面,上10°,下10°に提示したときの,視線偏位量とばらつき,視点取得率,視線偏位量に及ぼす眼位ずれの影響を評価した。水平の視線偏位量は,視標を上10°,正面,下10°に提示したとき,いずれも小さく有意差は認められなかった。しかし,垂直の視線偏位量は,視標を下10°に提示したときに増大しており,視線偏位量のばらつきは視標を上10°に提示したときに増大傾向を示した。また,視標を上下10°に提示したときの視点取得率は正面と比較し減少しており,視標から0.7°以内に視線が停留していない割合が多いことがわかった。

本装置の視線計測は正面視を基準として,ディスプレイ下部の視線計測部から射出される近赤外線LEDの角膜反射像と瞳孔中心との相対的距離を

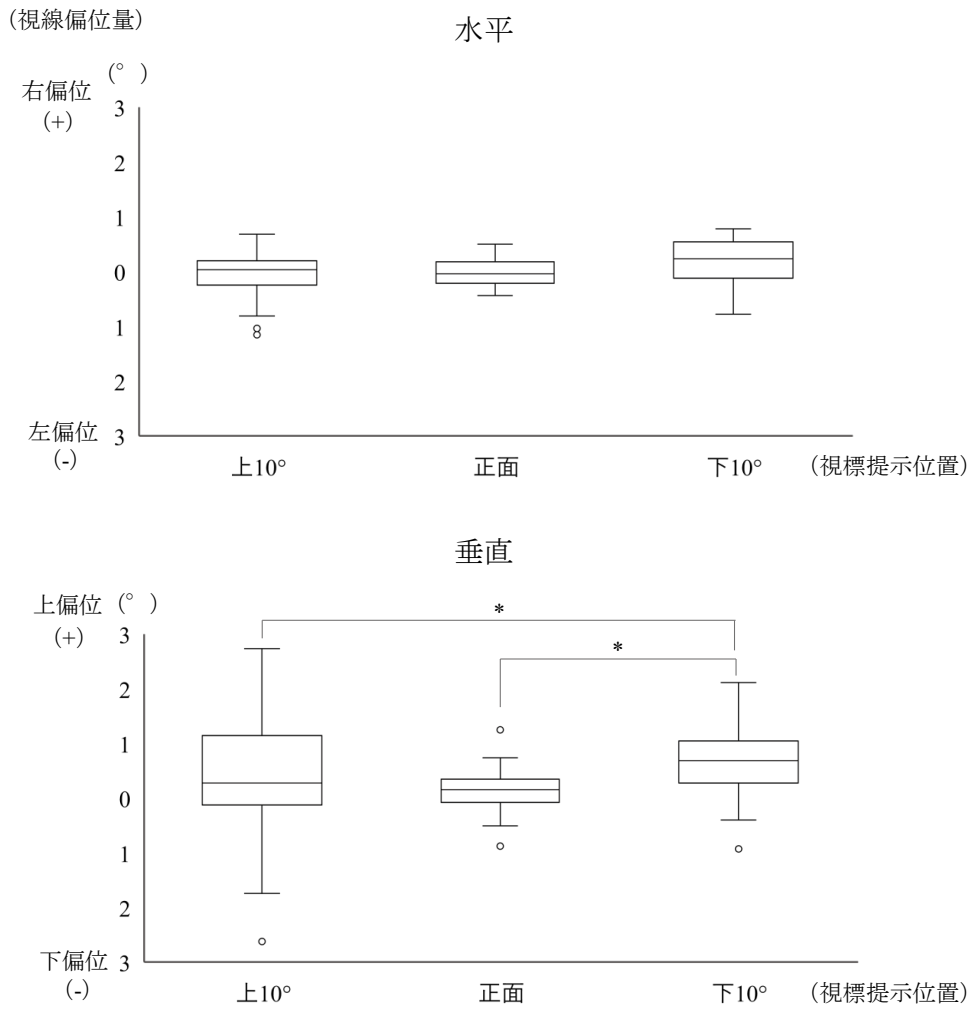


図1 各視標提示位置における視線偏位量

視標を正面, 上10°, 下10°に提示したときの視線偏位量を示す. 水平の視線偏位量は, 有意な差はみられなかった (P=0.06). 視標を下10°に提示したときの垂直の視線偏位量は, 正面, 上10°と比較し有意に増大していた (\* : P<0.05).

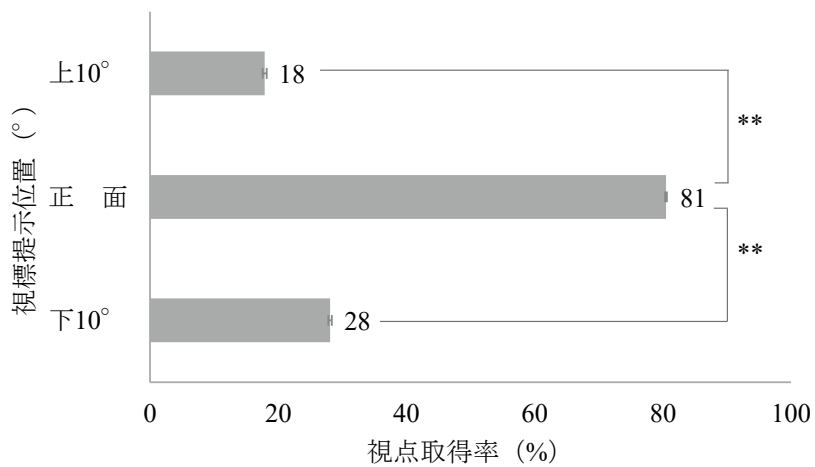


図2 各視標提示位置での視点取得率

\*\* : P<0.01

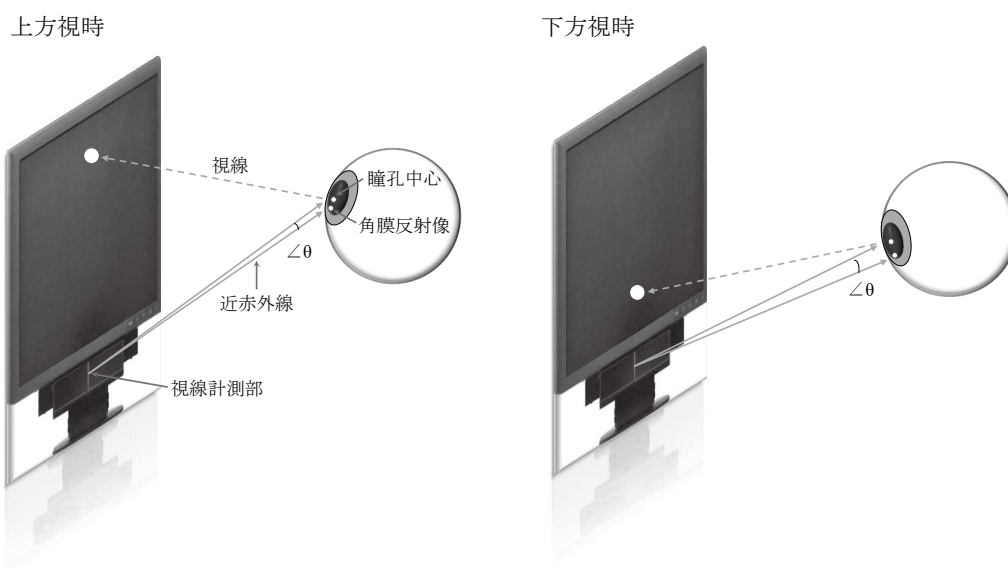


図3 視線計測部と視線検出の関係

$\angle\theta$  : 各視標注視時の視線計測部と角膜反射像および瞳孔中心のなす角

計測している。水平の視線偏位量とばらつきは小さく検出されていたことから、視線計測部の位置は瞳孔中心・視線計測部・角膜反射像のなす角 ( $\angle\theta$ ) に影響が生じにくいと考えられる。一方、垂直の視線偏位量とばらつきは大きく検出されていたことから、視線計測部の位置は  $\angle\theta$  に影響していると考えられる。視標を上 $10^\circ$ に提示したときは、角膜が上方を向くため  $\angle\theta$  が小さく検出され、視標を下 $10^\circ$ に提示したときは、角膜が下方を向くため  $\angle\theta$  が大きく検出される (図3)。特に、上方視では角膜反射像と瞳孔中心の距離が狭くなるため、相対的距離の少しの変化で算出される位置情報が変化し垂直の視線偏位量のばらつきが大きくなり、視線が視点取得率の関心領域外で測定される可能性がある。

また、眼は上方視すると生理的に開散傾向を示し、下方視すると輻湊傾向を示す<sup>6)</sup>。本研究では、上下方向へ視線を移動させたときの眼位ずれを測定したが、顕性の眼位ずれは検出されなかった。このことから、上下方向での垂直の視線偏位量の増大は眼位ずれによるものではなく、角膜反射像と瞳孔中心との相対的距離の計測の限界であることがわかった。

以上より、本装置による視線計測は、視標に対する客観的な視線の位置情報の把握など定性的な評価においては問題ないが、上下方向での視線偏位量を定量的に評価する際には視標と視線の相対的な座標の垂直偏位が生じることを念頭に置く必要があると考えられた。視線計測装置を用いて視標を正面に提示したときの視線位置の測定精度について、TobiiTX300による評価では、水平が $0.2\pm$

$0.1^\circ$ 、垂直が $0.4\pm 0.3^\circ$ と報告されている<sup>5)</sup>。今回、Gazefinderにより測定精度を評価した結果、水平が $0.04^\circ$ 左偏位 ( $0.2^\circ$ 右偏位 $\sim 0.1^\circ$ 左偏位)、垂直が $0.2^\circ$ 上偏位 ( $0.1^\circ$ 下偏位 $\sim 0.3^\circ$ 上偏位)であることから、視標を正面に提示した場合の測定精度は他機種と同程度に評価可能であると考えられる。また、本検討により視標を上下に提示したときの測定精度についても明らかにすることができた。

本研究による視線位置の計測は、角膜と瞳孔中心の反射像によって算出されているため、眼球の形状などが視線の位置情報の誤差に影響を与える可能性も考えられた。斎田<sup>7)</sup>は、涙液の状態や眼球の形状によって視線位置の計測に誤差が生じる可能性があることを示唆している。本研究では、対象者の涙液の状態や角膜曲率半径、瞳孔径を評価していないため、眼球の状態や形状と視線位置の関連性については不明であったが、ドライアイや屈折性強度近視、強度遠視、乱視の症例に関しては、注意して評価する必要があると考えられた。

## 5. 結論

Gazefinderでの視線計測時、視標を上下 $10^\circ$ に提示したときの視線偏位量とばらつきが増大していた要因として、本装置の視線計測部と角膜の向きによる角膜反射像と瞳孔中心の相対的距離の変化が影響していると考えられた。本装置を用い視線位置を評価する際には、視標を垂直方向よりも水平方向に提示したときの方が精度の高い測定結果を得ることが可能である。

## 謝 辞

本研究は平成30年度医療福祉研究費（研究課題：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）の助成を受けたものです。本研究に際して、被検者を快く引き受けてくださった本学学生の皆様に深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) 四之宮佑馬, 新井田孝裕, 鈴木賢治, 小野弓絵, 畦上恭彦, 佐藤妙子, 三森千種: 視線解析装置による ADHD 児の衝動性眼球運動の潜時計測. 眼科臨床紀要, 13, 48-53, 2020.
- 2) Fujioka T, Inohara K, Okamoto Y, Masuya Y, Ishitobi M, Saito DN, Jung M, Arai S, Matsumura Y, ...Kosaka H: Gazefinder as a clinical supplementary tool for discriminating between autism spectrum disorder and typical development in male adolescents and adults. *Molecular Autism*, 7, 19, 2016.
- 3) 山崎篤巳: 眼球運動の定量的分析. 三島濟一, 塚原勇, 植村恭夫編, 神経眼科へのアプローチ, 金原出版, 東京, 90-101, 1978.
- 4) 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: 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—視線計測時の測定精度・視標サイズについて—. 川崎医療福祉学会誌, 30, 565-569, 2021.
- 5) 鈴木賢治, 野上豪志, 佐藤司, 新井田孝裕: 視線解析装置の測定誤差と校正データの関連性についての検討. 第59回日本視能矯正学会, 2018.
- 6) 林孝雄: 斜視の各型. 丸尾敏夫, 久保田伸枝, 深井小久子編, 視能学, 第2版, 文光堂, 東京, 355-366, 2011.
- 7) 斎田真也: 各種眼球運動測定方式の比較. *VISION*, 3, 95-100, 1991.

(2021年11月9日受理)

## Evaluation of the Gaze Position When the Target Presented Vertically Using a Gaze Measurement System

Mika FUJITA, Tsuyoshi YONEDA, Tsutomu YAMASHITA, Mayumi OKA,  
Atsushi MIKI, Taketo YOINE and Takashi HIRAOKA

(Accepted Nov. 9, 2021)

**Key words** : gaze measurement system, gazefinder, values of gaze deviation and variability,  
gaze acquisition rate, the effect of eye position on gaze deviation

### Abstract

For healthy subjects, we examined deviation of the gaze position when the target was presented vertically, using the gaze measurement system. The subjects included 24 healthy student applicants. The measurement system used was Gazefinder (JVCKENWOOD Corp, Long Beach, CA, USA), and the distance between the target and the subject was 60 cm. The gaze position was measured by fixing the head to a chin rest. The target presented on the display were white and circular of 1°, and the subjects gazed at each target in order starting from front, 10° upward, and 10° downward for 30 seconds. The examined parameters were: values of gaze deviation and variability, gaze acquisition rate, and the effect of eye position on gaze deviation. The gaze deviation increased when the target was presented in a 10° downward position, the variability of the gaze deviation tended to increase when the target was presented in a 10° upward position. The gaze acquisition rate also decreased significantly when the target was presented in a 10° upward position and downward position compared to when the target was presented in front. Also, the eye position did not affect gaze deviation. It is considered that the gaze measurement part installed at the bottom of the device is a factor in the increase in the amount of the gaze deviation and variability when the target is presented in 10° upward and downward positions.

Correspondence to : Mika FUJITA

Master's Program in Sensory Science  
Graduate School of Health Science and Technology  
Kawasaki University of Medical Welfare  
288 Matsushima, Kurashiki, 701-0193, Japan  
E-mail : [m.fujita@mw.kawasaki-m.ac.jp](mailto:m.fujita@mw.kawasaki-m.ac.jp)  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.31, No.2, 2022 433 – 438)