

アイトラッカーを用いた客観的視機能評価法の検討  
— 健常者および重症心身障害児（者）における視運動性眼振の解析 —

保健医療学専攻・視機能療法学分野・視機能療法学領域

鈴木 賢治

キーワード：アイトラッカー 視運動性眼振 重症心身障害児（者）

## 1. 研究の背景と目的

重症心身障害児（者）（以下、重症児（者））の療育において対象者がどの程度視覚を活用できているのか視機能を把握することは重要である。しかし、視機能検査の多くは自覚的応答に基づき評価されているため、自覚応答の乏しい重症児（者）の視機能を正確に評価することは難しい。重症児（者）の視機能評価には視運動性眼振（optokinetic nystagmus、以下 OKN）や選好注視法、視覚誘発電位などの他覚的方法が用いられている<sup>1, 2)</sup>。なかでも、OKNは受動的な状態でも誘発され、視診での簡便な評価も可能であり、眼球運動を記録することで客観的な評価も可能であるため、重症児（者）の視機能評価法として有用である。OKNは外界の景色や頭部の緩徐な移動に伴って誘発される生理的眼振であり、一般的には反射性の眼球運動と考えられている。臨床では小脳や脳幹の機能検査のひとつとして用いられることが多いが、矩形波チャートを使用し縞幅を変えることで他覚的に視力を推定することもできる。OKNを発生させる神経経路は直接経路と間接経路があり、ヒトでは大脳皮質を介する間接反応での情報処理が優位であると考えられている。さらに、対象者の刺激に対する意識状態により Look OKN（以下 LOKN）と Stare OKN（以下 SOKN）に分類することができ、両者で誘発される眼球運動の特徴が異なることが報告されている<sup>3)</sup>。LOKNは移動する視覚刺激を能動的に追従する際に誘発され、その眼球運動は緩徐相の振幅が大きく、高利得（視覚刺激の移動速度に対する緩徐相の速度比）で、急速相の発現頻度が低い。対照的に、SOKNは無意識の状態を受動的に誘発され、緩徐相の振幅が小さく、低利得で、急速相の発現頻度が高い。このことから、誘発された眼球運動を記録し詳細に解析することで、対象者が視覚刺激を能動的に追従しているか客観的に評価できる可能性がある。OKNの記録には電気眼振図（Electro nystagmograph、以下 ENG）を用いるのが一般的である。しかし、ENGは眼周囲に電極を装着する必要があるため、対象者の行動に制限がかかるため、重症児（者）には不向きである。一方、非接触で眼球運動を記録する方法にアイトラッキングシステムを利用したアイトラッカーがある。アイトラッカーは対象者への負担が少なく、低侵襲で眼球運動を記録できるため、自覚応答の乏しい乳幼児の視線解析などに利用されている。そこで本研究では、重症児（者）の視機能を客観的に評価するため、アイトラッカーを用いてOKNを記録し、適切な解析法について検討した。

## 2. 方法

健常者でLOKNとSOKNの眼球運動の特徴を解析し、重症児（者）のOKNの分類に使用した。健常者での測定を実験1とし、重症児（者）での測定を実験2とした。実験1の対象者は健常者23名（男性10名、女性13名、 $22.5 \pm 2.3$ 歳）で、実験2の対象者は重症児（者）20名（男性14名、女性6名、 $25.1 \pm 11.5$ 歳）とした。重症児（者）の測定は作業療法士と協働の下で行った。

実験1と実験2で同じ機器と視覚刺激を使用した。眼球運動はアイトラッカー TX300（サンプリング周波数300Hz、Tobii社製）で記録され、視覚刺激は65cmの距離に設置されたアイトラッカー TX300の標準モニタ（23 inch、 $1920 \times 1080$  pixel、視角 $42.8 \times 24.8$  degree）に提示された。視覚刺激は白黒の矩形波チャートとし、空間周波数0.3と1.5 cycles per degree（以下 cpd）の2種類とし、左向きと右向きに等速度で5、10、15 degrees per second（以下 dps）で移動させた。（以下5 dpsを低速度、10 dpsを中速度、15 dpsを高速度とする。）

各視覚刺激（空間周波数2種類、移動方向2種類、移動速度3種類の12パターン）を5秒間提示し、視覚刺激の間に実験1では固視点を設けた画像、実験2では対象者の興味をひくキャラクターをブランクとして5秒間提示した。1回の課題は120秒間で3回ずつ測定した。屈折矯正は日常での屈折状態とした。実験1では同一課題でLOKN（能動的に追従を促した状態）とSOKN（視覚刺激の中心を無意識で見ている状態）を測定した。

解析にはアイトラッカーで取得した視線位置情報の水平成分を用い、実験1では両眼（46眼）、実験2で

は顕性斜視や器質的疾患による眼球摘出例を含むため片眼（20 眼）を解析した。視線位置データを移動平均したのち微分して眼球運動速度を求めた。眼球運動速度のうち緩徐相の成分を抽出するため、100 dps より速い成分を除外し、中央値と第一四分位と第三四分位を算出した。また、眼球運動速度の度数分布を作成し、最頻値を眼球運動速度とし利得を求めた。

統計学的検定の有意水準を  $p < 0.01$  とし、視覚刺激提示時とブランクの眼球運動速度の比較には一元配置分散分析を用いて、各群の分散が等しくない場合に Kruskal-Wallis test を用いた。さらに、実験 1 では LOKN と SOKN の眼球運動速度を Mann-Whitney test を用いて比較した。

実験 1 の結果を基に、重症児（者）の OKN を「誘発なし群」「SOKN 群」「(SOKN と LOKN の) 境界群」「LOKN 群」「解析不能群」の 5 群に分類した。

### 3. 倫理上の配慮

本研究に先立ち、実験 1 の対象者には実験の内容について本人に口頭と文書で説明を行い、本人による同意書への署名を得たうえで実験をおこなった。実験 2 の対象者には保護者に対して主治医から口頭と文書で説明を行い、保護者による同意書への署名を得たうえで実験を行った。なお、本研究は国際医療福祉大学倫理審査委員会の承認（承認番号 09P-1）を得て行った。

### 4. 結果

実験 1 の結果を示す。23 名 46 眼全体の眼球運動速度の中央値（四分位範囲）は LOKN（0.3 cpd、左向き）の低、中、高速度で各々 4.4（2.9 - 5.7）dps、7.2（4.8 - 8.9）dps、9.0（5.9 - 10.9）dps であった。同様に SOKN では各々 2.0（0.2 - 3.8）dps、1.0（-0.4 - 2.9）dps、1.0（-0.3 - 2.8）dps であった。全ての視覚刺激提示時とブランクの間に有意差を認めた。また、LOKN と SOKN の比較では 1.5 cpd の右向きの高速度を除く全てで LOKN が有意に速かった。LOKN（0.3 cpd、左向き）の利得は低、中、高速度で各々 0.92、0.76、0.63 であった。同様に SOKN では各々 0.52、0.06、0.04 であった。0.3 cpd の低速度で利得が最も高く 0.92 であった（左向きと右向きで同じ）。

実験 2 の結果を示す。20 名 20 眼全例で、いずれか（12 パターン）の視覚刺激提示時とブランクの間に有意差を認めた。誘発された眼球運動を分類したところ「誘発なし群」は 1 名、「SOKN 群」は 6 名、「境界群」は 2 名、「LOKN 群」は 9 名、「解析不能群」は 2 名であった。「解析不能群」を除く 18 名で解析が可能であった。OKN の誘発が認められたのは 17 名であり、17 名は利得を求めることができた。最も利得が良い値を示した空間周波数が 0.3 cpd であったのは 12 名であり、速度が低速度であったのは 11 名であった。利得に左右差を認めたのは 7 名であった。

### 5. 考察

アイトラッカーで取得した視線位置情報を解析したところ、健常者では 1 パターンを除く全てで LOKN が有意に速い結果が得られ、このことから LOKN と SOKN では眼球運動速度に差があり、眼球運動速度を解析することで、誘発された OKN を LOKN と SOKN に分類できると考えられた。

重症児（者）では 20 名中 18 名で OKN の解析でき、17 名で OKN の誘発が認められ利得を算出することができた。「LOKN 群」に分類された 9 名は能動的に視覚刺激を追従することができ、大脳皮質を介する高次な視覚機能を保有していることを客観的に証明することができた。

### 6. 結語

重症児（者）の視機能評価としてアイトラッカーを用いた OKN の記録と解析の有用性について検討した。本法は OKN を利用しているため検査を他覚的に実施することができる。また、アイトラッカーで眼球運動を記録しているため評価は客観的である。今回、20 名中 18 名の重症児（者）の視機能の評価することができた。本法は重症児（者）の視機能評価法として有用な方法であると考えられた。

#### 文献

- 1) 小町祐子, 新井田孝裕, 鈴木賢治, ら. 重症心身障害児（者）の視機能評価—視力・視反応と重症度の検討—. 日本重症心身障害学会誌 2013; 38 (1): 119-126
- 2) 新井田孝裕, 内山仁志, 鈴木賢治, ら. 多職種連携による重症心身障害児（者）の客観的視機能評価法. 日本重症心身障害学会誌 2014; 39 (1): 3-12
- 3) Knapp CM, Proudlock FA, Gottlob I. OKN asymmetry in human subjects: a literature review. Strabismus 2013; 21(1): 37-49