視線方向の新しい計測法

○外山 みどり（産業医学総合研究所），サト・ツ・テ・プトカホ・ソ（タイ国厚生省），
 斎藤 真（愛知みずほ大学），マリア・ビ・アトリス・ビ・ラヌエバ（名古屋大学），
 斉藤 進（産業医学総合研究所）

A new method for estimating the gaze direction

Midori SOTOYAMA (Nat. Inst. of Ind. Health), Sasitorn TAPTAGAPORN (Min. of Public Health, Thailand),
 Shin SAITO (Aichi mizuho college), Maria Beatriz G. VILLANUEVA (Nagoya University),
 Susumu SAITO (Nat. Inst. of Ind. Health)

1. はじめに

視線方向（眼位）あるいは眼球運動は、生理学的、心理学的、人間工学的にそれぞれに意味を持つ重要な指標である。現在その計測には、角膜反射法、角膜と強膜の反射特性のちがいを利用した方法（リンバストラッカー法）、網角膜電位差を利用した方法（EOG法）等が用いられている。これらの方法はいずれも被験者の頭部になんらかの装置を装着する必要があり、被験者の自然視を妨げたり、自由な動きを拘束したりする。

今回われわれは、上下まぶた間の距離（瞼裂幅）と垂直視線方向、角膜と強膜との境界の位置と水平視線方向とが、それぞれ一次の近似式で表現でき、高い相関をもつことを明らかにした。この関係をもとに、非接触状態で撮影した前眼部の写真やビデオ映像等から垂直・水平視線方向を推定することができる。本方法は被験者を拘束したり、自然視を妨げたりすることなく視線方向を推定する新しい計測法である。

2. 垂直視線方向と瞼裂幅

2-1. 測定方法

21歳から34歳までの男女6名（平均27歳）の被験者を用いて、各垂直視線方向での瞼裂幅（図1のa+b）を測定した。

被験者には顎と額を固定した状態で、垂直方向に-50度から10度まで10度間隔にある視標を

実験者の指示によって見てもらう。この間、小型テレビカメラを被験者の右眼の前に置いて前眼部を録画し、得た画像から瞼裂幅を測定した。なお、今回の測定ではリードライン（外眼角と外耳孔の中心を結んだ線）の方向を垂直方向0度と定めた。リードラインは、垂直眼位の基準としてよく用いられるフランクフルト面よりも、約10度上に位置する。

2-2. 結果

各被験者とも、垂直視線方向と瞼裂幅との間に高い相関（ $r > 0.95$ ）で直線関係があることがわかった。したがって、瞼裂幅から視線方向を推定することができる。図1に瞼裂幅を横軸に、垂直視線方向を縦軸にとった両者の関係を示した。各点は6名の平均値、個人差（各点における変動係数）は8-20%である。

図1 瞼裂幅と垂直視線方向

両者の関係は以下の式で表される。

$$y_1 = 72.7 x_1 - 91.4 \quad r = 0.97$$

x_1 : 瞼裂幅 (cm)
 y_1 : 垂直視線方向 (deg. 0度はリド・ライツ)

3. 水平視線方向と角膜—強膜境界の位置

3-1. 測定方法

21歳から34歳までの男女7名（平均28歳）の被験者を用いて、各水平視線方向での角膜—強膜境界位置を測定した。実験の条件は視標の間隔が5度であること以外は垂直方向実験時と同じである。図2に右眼の模式図と測定点を示す。被験者が右をみたとき黒目は図で左に動く。この方向を+とする。右をみたときには、ラインaの、水平方向0度をみているときからの移動量(a-a'), 左をみたときにはラインbの移動量(b-b')を測定する。

図2 右眼の水平方向測定点

3-2. 結果

各被験者とも、水平視線方向と角膜—強膜境界位置との間に高い相関($r > 0.98$)で直線関係があることがわかった。したがって、角膜—強膜境界位置から視線方向を推定することができる。図3に角膜—強膜境界位置と水平視線方向との関係を示した。各点は7名の平均値、個人差（各点の変動係数）は7-23%である。

図3 角膜—強膜境界位置と水平視線方向

両者の関係は以下の式で表される。

$$y_2 = 35.7 x_2 + 0.46 \quad r = 0.99$$

x_2 : 角膜—強膜境界位置 (cm)
 y_2 : 水平視線方向 (deg.)

4. まとめ

この研究で提案した計測法は、眼球運動や視線方向を非接触状態で推定することができるものである。したがって、被験者の自然な動きを妨げることなく、被験者に測定していることを全く意識させずに測定をおこなうこともできる。また、測定に特殊な装置、高価な装置を必要としない。

各個人において、水平・垂直視線方向ともに高い相関係数で直線関係が存在することから、個人別の校正データを求めることにより、必要に応じて相関係数0.95以上の高い精度で推定することができる。

このような特長を持つ本計測法は、様々な場面において応用できる、有用な方法である。