電子瞳孔計の応用

○ 袴田直俊（浜松ホトニクス株式会社：医療機器営業部）

A Study on the measuring of autonomic-nervus system

by video-pupillography for ergonomics.

○ Naotoshi Hakamata (Hamamatsu Photonics K.K)

1. 目的

人間工学は、「人と機械との関係を定量化し、より快適かつ能率よくすることにある。」と解説されている。

ここで、人と機械の関係の定量化を目的とした研究が必要になってくる。

両者の関連性を検討する場合、各々の特性を正確に把握することは必要不可欠であり、本研究の目的は、前者の人の測定とした。

特に人間感覚の測定を目的とし、測定対象は瞳孔とした。

瞳孔は、自律神経系に支配されている器官でありその運動（反射等）を詳細に解析することにより、逆に自律神経系の状態を介して人間感覚が推測できると考え、検討したので報告する。

2. 概要

（1）対光反応測定

自律神経の測定手段として瞳孔の対光反応を測定する場合、自律神経系の静的な拮抗状態の測定にとどまらず、あえてその拮抗状態を崩したときのレスポンス（動的变化）の測定が可能であると考ええる。

自律神経系は、交感神経及び副交感神経のバランスで制御されているが、静的状態では確認できない微妙な変化でも動的变化を測定することで発見できると予想したためである。

つまり、絶妙のバランス感覚ですぐにもとの状態に戻る場合と、自律神経系の変調（眼

精疲労等）のため、うまく元の状態に戻れない場合があると考え、測定を試みた。

（2）近見反応測定

瞳孔の縮瞳による焦点深度の調整で、水晶体による調節能力をさらにカバーすることができる。

視覚的に認識する気持が強いほどこの反応は大きく現われると考えており、近見反応が、被験者の「見たい」という意識を反映していると予想している。

今回は、この反応が測定できるか否かを評価した。

3. 電子瞳孔計

（1）赤外線TVカメラ

瞳孔は、網膜に到達する光の量を最適状態に制御することをその大きな目的としている。つまり周囲の環境（明るさ）に応じて、瞳孔の大きさは変化する。そのため今回の研究のように、定量的な測定を目的した場合は、暗室で赤外線TVカメラを用いて行われることが基本となる。

（人の網膜は赤外線に感度がないため、赤外線照明により瞳孔は反応しない。）

（2）TV計測技術

TVカメラによる測定は、非接触であり、客観的、定量的な測定が可能である。

さらに、コンピュータにより、測定結果は、数字データとしてキャリブレーションを施した上で表示される。（図1）

記号	内容	単位
D 1	初期状態の瞳孔直径	mm
D 2	刺激後の最小瞳孔径	mm
C R	縮瞳率	
A 1	初期状態の瞳孔面積	mm
t 1	潜時	m s e c
t 2	5 0 %縮瞳時間	m s e c
t 3	1 0 0 %縮瞳時間	m s e c
t 5	6 3 %散瞳時間	m s e c
v c	縮瞳最大速度	mm / s
v d	散瞳最大速度	mm / s
a c	縮瞳最大加速度	mm / s

(図 1：対光反応解析ファクタ)

4. 方法

瞳孔反応は、電子瞳孔計 (C 2 5 1 5) で測定した。

(詳細は 3. 電子瞳孔計参照)

(1) 対光反応

V D T 作業従事者群と一般作業者群の対光反応の違いについて検討する。

検討の対象としたデータは、刺激前の瞳孔面積値と測定終了時の瞳孔面積値の差とした。

測定条件

光刺激時間=0.25秒

直接反応測定／間接反応測定

(2) 近見反応

指標 (緑色の * 印の発光) を遠点 (+5 d) から近点 (-20 d) までもを往復させた場合の瞳孔の面積変化を測定する。

測定条件

指標移動速度 25 (d / m i n)

片眼測定

5. 結果

(1) V D T 作業による疲労の検討

(2) 近見反応の測定

近見反応の測定の可能性が確認された。

但し、反応が大きく確認される場合と、反応が確認できない場合があった。

6. 結論

瞳孔反応は様々なファクタの影響を受け、測定方法、測定条件の設定は慎重に行わなければならない。しかし、人間感覚測定の方法として、現時点で有効であるとはいえないが、非常に魅力的な方法であると考ええる。

より良い生活空間の開発を目的とした、人間感覚の定量化の研究として、広く利用できると思う。