

研究ノート

目の動き

藤井克彦*

1. はじめに

人間のもつ感覚器官のなかで目ほど精巧なものには他に見あたらない。われわれは外界からの情報の大部分を視覚系を通して知覚している。この視覚系の機能は、

- (1) きわめて微弱な光にも感じる高感度光電変換素子（視細胞）
- (2) 対象の像を網膜の最も感度の良い中心窩に結ばせるための眼球運動制御機構
- (3) 感光膜である網膜に入射する光の量を調節する機構。
- (4) 自動焦点調節機能をもったレンズ。
- (5) 図形認識や色認識のための情報処理装置などを備えている。

一方、工場内での自動化の現状を見ると、目によっている仕事ほど自動化が難しく、たとえば、検査工程中目視検査は未だ殆んど人間によって行なわれている。以上のような状況を反映して、視覚系の優れた機能について工学的立場からの関心が高まっている。ここでは、主として工学の立場から視覚系を解明するための計測法およびその結果の2～3について述べてみる。

2. 眼球運動の計測

眼球には6個の動眼筋があって、これらにより眼球は3次元の運動をすることができる。像（目標）が移動すると、眼球はその像を認知するために追従運動を行う。この場合眼球は、 $500^\circ/\text{sec}$ 位の急速で断続的な動き（Saccadic movement）と $30^\circ/\text{sec}$ 以下のゆっくりとしたスムーズな動き（Smooth movement）とで合成された動作をする。この他眼球は固視微動といわれる、微小な振動を繰り返している。

このような眼球の動きを計測する方法としては、

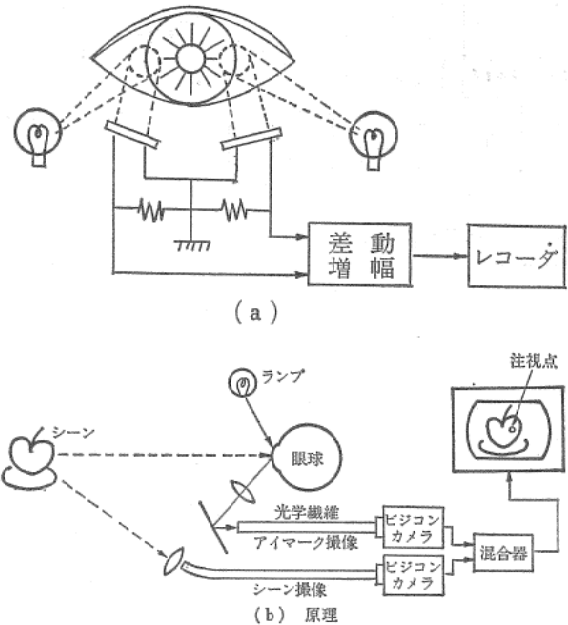


図1 眼球運動計測法 (a) 角膜反射法
(b) アイモニター法

- (1) 眼球電位法……動眼筋の活動電位を顔面に付着した皮膚電極によって計測する方法
- (2) 角膜反射法……図1(a)に示すように角膜に光を照射し、その反射光量を計測することによって眼球の向きを計測する方法
- (3) アイモニター法……(図1(b)参照)テレビカメラの画面上に、角膜に照射したスポットと、見ている図形とを重ねて受像し、眼球の注視している点をテレビモニターする方法。

などが実用されている。

2-1. 注視点の移動

われわれが物を認識することができるのは網膜の中心窩付近の狭い部分のみである。したがって視線を移動させて物体の輪郭や特長を捕えている。刺激図形と視線の移動との間には巧妙な協調が見られる。網膜周辺部で検出される情報は非常にあいまいなものであるにもかかわらず、眼球運動の動機としての役割は十分果していると考えられる。これらの現象は物体認識装

* 藤井克彦 (Katsuhiko FUJII), 大阪大学, 工学部, 電気工学科, 教授, 工学博士, 組織工学

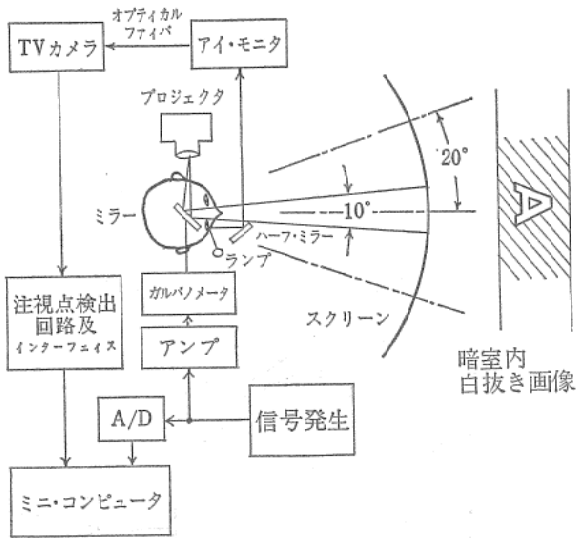


図2 視線位置計測システム

置としても大変興味のある問題である。

図2はTVアイモニタ法を用いて注視点の移動を計測する装置の1例を示したものである。目の注視点は角膜に照射した光の反射光をアイモニタで検出し、オプティカルファイバによって視覚対象の写っているTV画面上に導いている。注視点の動きを定量的に計測するために、ミニコンにデータが読み込まれ、記録されるようになっている。

図3はこの装置を用いて計測した視線の移動をミニコンによって処理した結果である。いずれも視線はランダムな動きをしながら図形の特長を示す部位に頻繁に停留している結果が見られる。

2-2. 庭前動眼反射

頭が回転運動をしたとき、眼球は頭の動きを打ち消し、絶えず目標を注視することができ

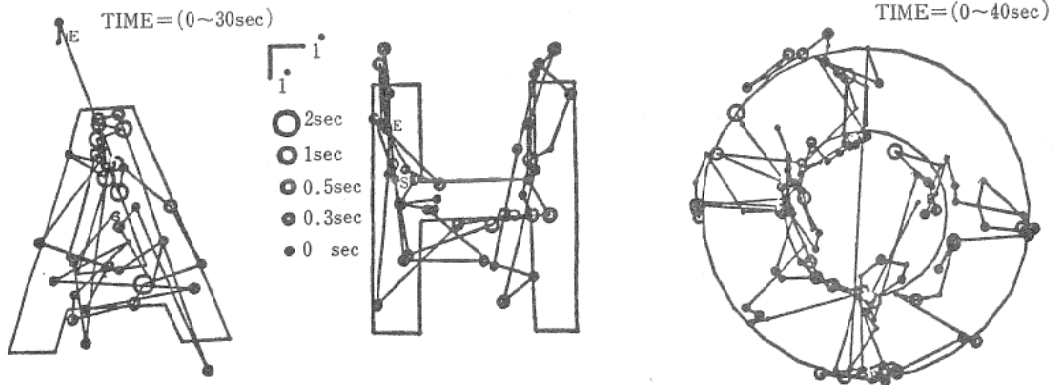


図3 文字図形上の視線の動き

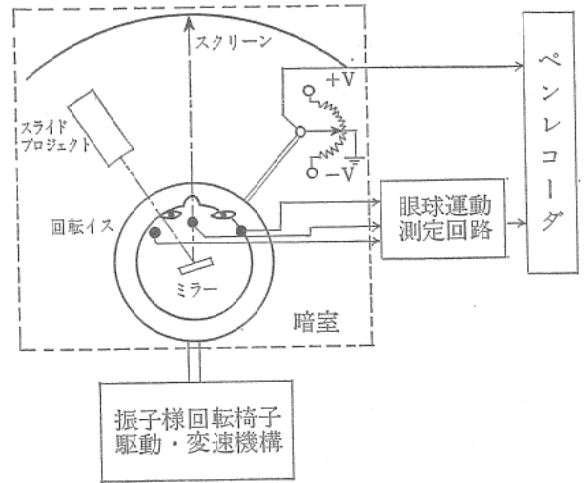


図4 前庭動眼反射計測システム

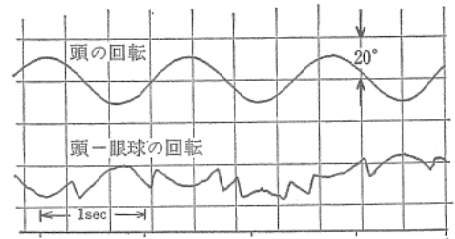


図5 前庭動眼反射の計測結果

る。頭の動きは半規管によって検出され、中枢神経系を介して動眼筋に至る経路で制御されている。

図4はこの反射の様子を計測する装置を示したもので、図5は計測結果の1例である。

この反射系はオープンループ制御系を構成しているが、系のゲインは生涯を通じて1に調整されていて変化することがない。この現象を説明するには、系内に小脳が介在していて、ゲイン調整の役割を果しているのではないかと考えられている。この推測に関して現在種々の実験

が試みられており、小脳の機能解明の一助となるものと期待されている。

3. むすび

生体計測の1例として視覚系の機能についての計測法とその結果の2~3例について述べた。

「計測なしに科学は存在しない。」といわれているように、生体の優れた機能を解明することによって、新しい計測技術が生まれることを期待する。