

## 眼球運動から見た視覚のパターン認識

池田光男

東京工業大学・京都大学

あらまし 人間の視覚パターン認識機構はいろいろの制約の上に出来上がっている。その制約を如何に克服しているかということに着目して認識のメカニズムを探っていく。今回はとくに眼球運動との関わりから、制約とその解決策を見る。

Mechanizm of Visual Pattern Perception in relation to eye movements  
Mitsuo Ikeda  
Tokyo Institute of Technology・Kyoto University

Abstract Mechanizm of human visual pattern perception is studied in relation to eye movements. Because of the existence of central fovea human eye falls should move so that the portion of the outside world in which the subject is interested falls upon the fovea. This eye movement causes various problems such as flurred retinal image and successive alteration of retinal image. Ways how the human visual system solved these problems will be discussed.

視覚情報の取り入れ口は二つの眼球であり、しかもそれだけである。全ての視覚情報はどうしてもそこを通過しなければならない。したがって視覚系によるパターン認識という動作やメカニズムは眼球の構造の制約を受けざるを得ないのである。ここではその制約のもたらす問題を二、三、指摘し、視覚系はそれをどのように解決しているかを我々の研究に基づいて説明してみよう。

網膜の特性はきわめて不均一である。たとえば視力を測ってみる。普通、視力は1.2とか1.0とか云われるように眼の空間分解能は視覚で分かそれ以下の優秀さである。しかしこの優秀さは実は網膜のただ一点、網膜中心のみにおいてであり、そこから少しでもはずれるととたんに視力は低下してしまう。5°にもなるともう0.3くらいである。網膜の特性は極端に中心重点主義である。

中心重点主義にならざるを得なかった理由はいろいろあつてそれを追求することだけでもおもしろいことであるが、ここではそれによる制約に目を向けてみよう。私たちの眼の視野は大変広い。真横から来る光でも検出できるから視野の広さは前方全てということになる。しかし上で指摘したようにそのうち本当によく見えるのは中心の一点だけ、しかも非常に狭い領域である。空間的に広がった外界を我々が見るときその細密な部分まで見えるのはただ一点だけということになると、広がった外界の情報全てを一瞬の内に取り入れることは到底できないことになる。眼球を通して外界を見ようとするときに大きな制約を眼球の構造はもたらしていることになる。

人間の視覚系はこの制約をどのように克服したか。それが眼球運動である。目を動かして見たい方向に網膜中心を向ける。そして細密な情報を取り入れる。一度に広い空間全ての細密な情報を取り入れることは諦めるが、次々と視線を移すことによって、つまり空間を交差することによって全体像をつかむ。そのような手法を採用したのである。すなわち眼球運動である。

人間の眼はこの眼球運動に適した形をしている。すなわち球である。回転しやすい形状である。これに眼球筋肉がついていてそれらが緊張したり弛緩したりして眼球を動かす。片方の眼球だけで6本の筋肉がついていて、正確に見たい方向に移動させている。動く回数は1秒間に大よそ3回である。1分間外を見ていると180回の眼球運動がなされている勘定になる。忙しいことではあるが、網膜中心重点主義からくる制約の解決策として視覚系が選んだ手法である。この解決策は人間にとってかなり根本的なことであるらしく、手や足、唇や首、その他体表面のあらゆる筋肉が駄目になっても眼の動きは最後まで残るようである。そういう患者の意志を眼の動きで取り出すと試みる試みもある。

#### 跳躍眼球運動

眼球が動くとき外界の網膜像が流れる。カメラの手振れ写真がアルバムに貼つてもられないように、流れ像が網膜に与えられても役に立たない。流れ像がいかに役立たないかは本を目の前で動かしてみればよい。かなりゆっくり動かしても文章は読めなくなるのである。もちろん動きに視線を追従させないでの話である。追従すれば網膜像は流れないから目は真っ直ぐ前を向き、本だけを動かしていく。これで網膜像は流れるのであるが、そうすると文章を読み入れられなくなる。流れ像は役に立たない。

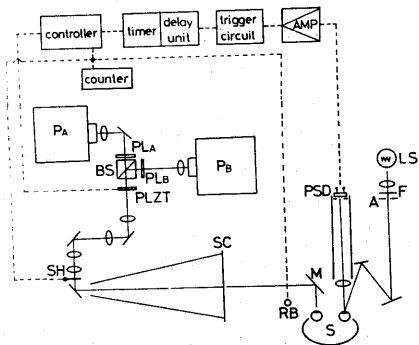
外界の視覚情報を視覚系に無事取り入れるためには、したがって、目は停止して、静止した網膜像を作らねばならない。つまり私たちの目は、網膜中心重点主義のゆえにどうしても動かねばならない。しかし外界像を大脳に取り入れるためにはどうしても止まっていなければならないという、相反する要求を突きつけられているということになる。

これを解決する方法として採用したのが、眼球の跳躍運動である。つまり動くときには出来るだけ速く動く、すなわち跳ぶ。そして止まるときにははっきり止まり、そこに出来るだけ多くの時間をさく、というものである。かくて我々の目は注視と跳躍を二六時中繰り返すことになるわけである。

以上の方法で一見問題は解決したかに見えるがそうではない。依然、流れ像は存在するのである。いかにその時間が短いとは云え、跳躍する時はやはり網膜像は流れている。つまり私たちは一秒間に約三回、一分間には180回の流れ像を見ているはずである。しかしそれを体験していない。何かの方法で私たちの視覚系はこの問題を解決しているはずである。それが跳躍時抑制と言われるメカニズムである。目が跳躍する間だけ、網膜の情報を大脳に送り込まないというもの。その間だけ網膜から大脳に至る通路にいわばシャッターが下りて、通路を通る情報を遮断するというものである。跳躍時抑制saccadic suppressionと呼んでいる。

### 跳躍時抑制機能の確認

眼球運動時に情報伝達に抑制があるかどうかの検討は古くからなされている。その実験的手法は跳躍時をめぐって光点を提示し、それが見えるかどうかを調べるものである。そして確かに跳躍時には眼球が停止している注視時よりも見えにくくなるのが明らかにされている。しかしこの方法は実験条件が少し人工的すぎるような気がする。もつと実際の条件下で跳躍時抑制を確認できないものか。そのような考えで試みたのが図1のような装置による実験である。



SCはリアスクリーンである。これにプロジェクターPAからある文章が投映される。これを被験者Sが読む。使うのは左眼である。右眼は眼球の動きの検出に使われる。被験者はスクリーン上に投映された文章を読み始める。当然眼球跳躍がある。これを右眼でとらえ、その信号を使ってプロジェクターPAをもう一つのプロジェクターPBに切り換える。PBから投映されるものは文章を裏返しにし、しかも上下をひっくり返したものの、したがってノイズである。跳躍運動が終わりに近づくとPBは再びPAに切り換えられる。被験者の目

の前には文章→ノイズ→文章→ノイズ…が現れることになる。但しノイズは短い跳躍時のみである。さて問題は、果たして被験者はノイズに気づくであろうか、である。もし跳躍時抑制が順調に作動しているなら、スクリーン上には文章とノイズがせわしなく交替しているのに本人は全くノイズに気づかず、きわめて平和に文章を読んでいるというものになるはずである。

読書時間においても、また被験者の内観報告においても、このことははっきりと証明され、跳躍時抑制のあること、それが順調に働いていることがこの実際の実験で確認されている。

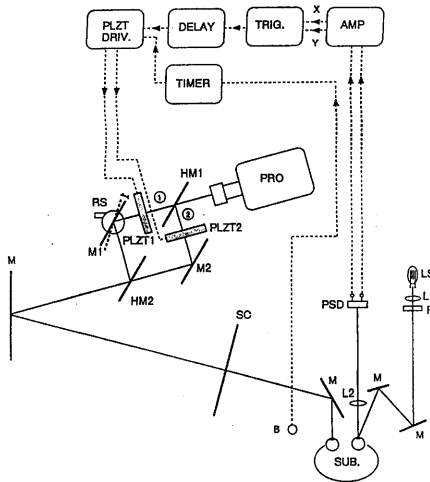
### 網膜像配分の問題

目が動かねばならないということから派生する問題は跳躍時の流れ像の処理だけで

はない。視覚研究者がもう一つ大きな問題と考えているのは網膜像配分ということである。

1秒間に3回程度視線が移動するという事は網膜像が1秒間に3回移り変わるということである。網膜の情報は視神経を通して脳に送られるが、この視神経を異なるスナップが1秒間に3回の頻度で通過することである。さてこの現象を物理的に再現してみよう。目の前に、入れ替わり立ち替わりに異なった絵を提示し続けるのである。しかも毎秒3回の速さで。どういことが起きるか。目の前に減多やたらと刺激が与えられ何が何だか分からない、ということではなかろうか。つまり絵は完全に重なり合い意味あるものは何も見えないのである。私たちはそういうことを経験しているか。もちろんノー出ある。網膜像は脳に至って視線の方向に対応して正しく配分されると考えられるのである。

その配分のメカニズムはどうなっているのか。終局の目標はそこにあるが、残念ながらそれを明らかにする心理物理的実験原理を考案するには未だ至っていない。今回は取りあえず、そのような配分のメカニズムが脳内にあるとして、配分作業の特性を調べておこう。それが図2の装置で行った実験である。



前と同じように被験者Sub.は左眼を使ってリアスクリーンSC上のパターンを見る。このパターンはプロジェクターPROで映し出される景色の絵である。この絵を被験者がみると関心のおもむくままに目が動く。その跳躍時と被験者の右眼でとらえ、その信号で光路①と②の切り換えを行う。ミラーM1の取り付けられている台RSは回転調節の出来るものであり、②の光路からの絵に対して①の光路からの絵を少しだけ横方向にずらして提示することが出来る。しかもそのずれ量を自由に調節することが出来る。絵を被験者が観察して眼球運動が生じ跳躍すると、次の注視点に行った時は実は絵の位置が少しだけず

れていたという状況がこの装置で作り出せるのである。さて問題は、果たしてどのくらいのずれ量まで網膜像配分機能は影響を受けないか、である。言い換えるとずれ量をどこまで大きくすると被験者は絵に不自然なものを見るようになるかである。

実験結果は1°くらいという値を示している。結構大きなずれ量であるように思える。しかし忙しく動き回る眼球運動というものを考えてみると、この大きなずれ量はあるいは当然かも知れない。1回1回の視線の方向が、目指す方向に1分の誤差もなく到達しなければならなかったら。しかも1秒間に3回の速度で動き回らねばならなかったら、その運動制御系は大変大がかりなものとならざるを得ない。ハード系の誤差はソフト系の計算で補正しようとしているかの如き実験結果である。