



錯視絵を見ている際の眼球運動の動的特徴について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2007-06-06 キーワード (Ja): キーワード (En): eye movement, illusion, pattern recognition, computer vision, statistic analysis 作成者: 張, 善俊, 金兵, 和幸, 前田, 純治 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/126

錯視絵を見ている際の眼球運動の動的特徴について

張 善俊*¹, 金兵 和幸*², 前田 純治*¹

On the Dynamic Features of Eye Movements when Viewing Illusion

Shanjun ZHANG, Kazuyuki KANAHYOU and Junji MAEDA

(原稿受付日 平成13年 5月 7日 論文受理日 平成13年 8月31日)

Abstract

Illusionary vision is a recognition error or an alternative of the ambiguous interpretations of the visual system. It is helpful for us to understand one or more aspects of the mechanism of the visual recognition system. In this paper, we designed a set of experiments to inspect the dynamic features of the eye movements when an illusion figure is represented. The experimental results reveals some relations between the interpretation and the scan path of the eye movements, but no dependent functions are found. Further experiments are required to investigate the low level visual inputs and the high level cortical interpretations.

Keywords : Eye movement, Illusion, Pattern Recognition, Computer Vision, Statistic Analysis

1 まえがき

一般に、人が外界から得る情報の9割近くが視覚から得たものであると言われている。見ることによって、ものを認識し、空間的な位置を知ることができる。人は視覚から得た情報から、どのようにして認識しているのだろうか。錯視現象は人間の視覚システムのメカニズムの一端が極端な形態で現れたものであり、視覚のメカニズムを解明する上で有効な手がかりとなりうる。本研究では、ヒル(Hill.W.E.)という人物が描いた、有名な二義錯視絵を研究素材とする(1)。この絵は、一見すると若い貴夫人の横顔に見え

るのだが、見方を変えると大きい鼻の老婆の横顔とも見ることができる(図1中央)。この絵を老婆と見ているときに同時に若い女性と見るのは困難である。錯視は生理学、心理学では古くから多くの定性的研究が行われてきているが、本研究では、人が視覚情報からどのようにして対象を認識しているのかを眼球運動の面から定量的に調べている。錯視絵に対する人間の注視点の振る舞いについて、強膜反射法を用いて記録し統計的な処理を行う。具体的にはヒルの描いた錯視絵を若い女性と見ているとき、老婆と見ているときの眼球運動特徴量の比較を行っている。

*¹神奈川大学理学部情報科学科

*²情報工学科



図 1: 誘導画像A-左, B-右, 錯視画像-中央

2 視覚情報の抽出と眼球運動

非均一な網膜構造特徴によって、視覚イメージの処理で第一に強調されるのは、視野の中心部であり、特に中心窩にイメージを結ぶ部分に集中している。また、視覚皮質では、ニューロンの50%以上が、視野の10%にあたる中心部の分析に関係しているといわれている(2)。視覚認知システムは、視野の特定部分に目を向けるために、眼を頻繁に動かすことによって、視覚場面のいろいろな部分を系列的にサンプリングをし、視覚情報の抽出に務めている。動きのあるものを正確に追いかけて、近いものや遠くのものを見たりと、眼球にはさまざまな運動がある。これらの眼球運動を次に示す。

1. 注視

厳密に「運動」とはいえないが、重要な種類の眼球活動である。

2. サッケード

サッケードとは、眼球をある注視から別の注視へと動かす、非常に素早い回転で、断続的である。

3. 追跡運動

これは、動いているものをとらえるための運動で、トラッキングとも呼ばれる。サッケードと違いその動作は低速で、滑らかである。

4. 輻輳と解散

輻輳とは、両眼で近くの同じ対象を注視することができるようにおのおのの眼を内転させる運動である。解散はその反対で、遠くの同じ対象を注視するために視軸平行になるように戻すことである。

5. 補償的運動

この運動は、頭の回転とは正確に同じ角度だけ逆の方向への回転であり、頭の角度を変えても注視し続ける事ができるようにするための運動である。

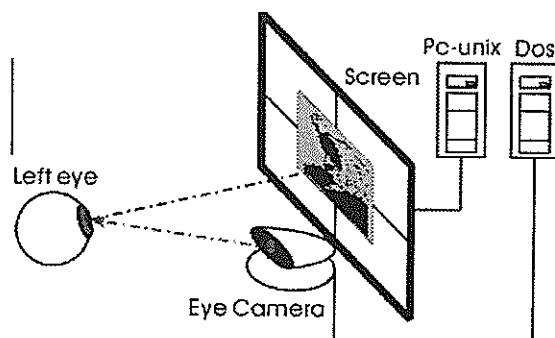


図 2: 実験システム

今回の実験ではこれらの運動の中の注視、サッケードに着目し、注視間の水平・垂直移動量、サッケードの時間特徴、注視点の重要領域からの距離分布などを定量的に計測し、錯視絵を見る際の眼球運動の動的特徴を調べた。

3 実験

3.1 実験システム

本研究は、図2のようなシステム構成で実験を行った。本実験は、暗室の中に、PC UNIXのXウィンドウ上で21インチのディスプレイに視覚画像を呈示し、モニタから70センチを離れたところに被験者の顎を固定させ、被験者が錯視絵を見る際の眼球運動をASL社のアイトラッキングシステム・モデル504を用いて計測し、パソコンによって眼球運動データを実時間で記録するようにしている。この装置の仕組みは赤外線 eyeball に照射し、赤外線カメラにより眼瞼部の赤外線画像を取得、画像処理により瞳孔の位置、大きさと角膜の位置を検出し、瞳孔と角膜の位相から眼球の向きを測定する。被験者との直接接触がなく、センサの感度の調節によりある程度の環境変化に対応できるが、基本的には暗室内で裸眼による実験が望ましい。

3.2 実験の実施

2000年12月1日～25日の間、実験を20代から30代までの男性12名の被験者に対して実施した。被験者に実験参加同意書を書かせた後、二つのグループに分けられ、1人につき6試行分の実験を行った。実験は次のような流れで行う。

1. キャリブレーション

正確に眼球の位置を計測するために、あらかじめ

画像表示パターン	誘導画像	錯視画像	2枚の合計
パターンA	1秒	3秒	4秒
パターンB	5秒	10秒	15秒
パターンC	10秒	10秒	20秒

表 1: 呈示時間

め用意した標準パターンを使って、被験者ごとにアイカメラの調整を行う。

2. 画像の呈示

安静させた被験者に、画面の中心にあるクロス表示を見せておいて、そして2枚の画像を継続して表示させ、被験者に表示された絵を自由に見てもらう。最初は誘導画像を呈示させ、次に錯視画像を呈示させていた。グループAの被験者に若い女性の誘導画像Aを、グループBの被験者には老婆と見やすくするための誘導画像Bを使った(図1)。被験者が絵を見ているときの眼球の動きをアイカメラで計測し、パソコンに記録していた。

3. アンケート調査

誘導画像(1枚目)、錯視画像(2枚目)がそれぞれどのように見えたかのアンケートをおこなう。

4. 呈示時間の変更

2、3を1試行とする。本実験では誘導画像、錯視画像の呈示時間のパラメータを三つのパターンに(表1)変更して、被験者一人に2回ずつ、計6試行を行う。

今回、被験者には実験中に見せる絵の内容をあらかじめ知らせておらず、実験後に絵についての認識調査をアンケート形式で行った。アンケートの結果から被験者グループAは6名中2名、グループBは6名中2名が今回使用した錯視絵を以前に見たことがあることがわかった。

4 実験結果と考察

アイカメラで計測されたデータから次の特徴を求めた。

- 注視間移動量の水平成分の平均(水平平均)
- 注視間移動量の垂直成分の平均(垂直平均)
- 停留回数の平均
- 単位時間あたりの停留回数の平均
- 平均停留時間

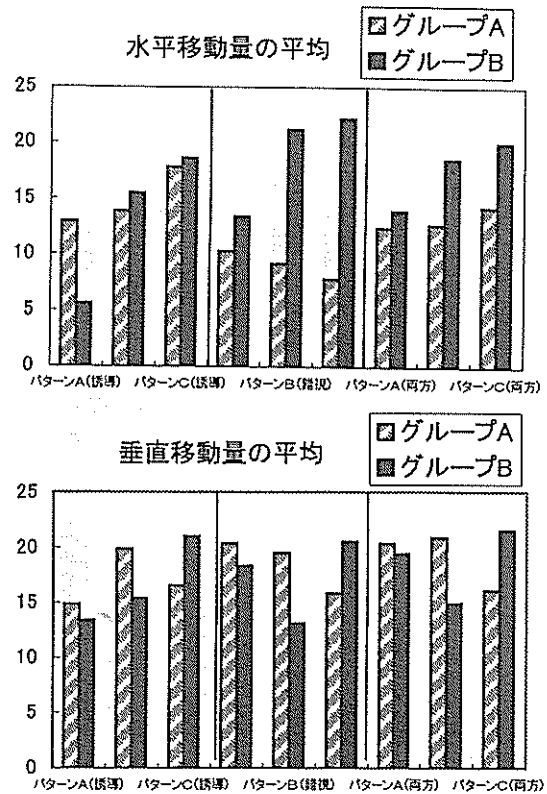


図 3: グループ別の特徴量比較 (1)

- サッケードの平均時間
- 瞳孔の直径の平均
- 重要領域からの距離率

各特徴量は誘導画像表示時、錯視画像表示時、この2枚の画像を見たときの合計時の平均の三つの分類で求められ、それらの比較を行った。なお、アイトラッキングシステムの計測精度は60Hzであるので、 $\frac{1}{60}$ 秒より早いサッケードでは検出できない場合がある。注視点の定義は、視覚角度1度以下の範囲内で最低停留時間を0.1秒以上停留したものとする。移動量の単位は、アイトラッキングシステムが出力する座標系をそのまま使っている。今回の条件では視覚1度あたり約8という値になる。

4.1 特徴量の比較(グループ別)

誘導画像Aを使った被験者6名と誘導画像Bを使った被験者6名をそれぞれグループAとグループBに分け、誘導画像が表示されているとき、錯視画像が表示されているとき、その両方を表示したときの各特徴量の平均の比較を行なった。その結果は図3~5に示す。

グループ別の比較図はすべて、左から右へ3組ずつの棒グラフで構成されていて、誘導画像を見てい

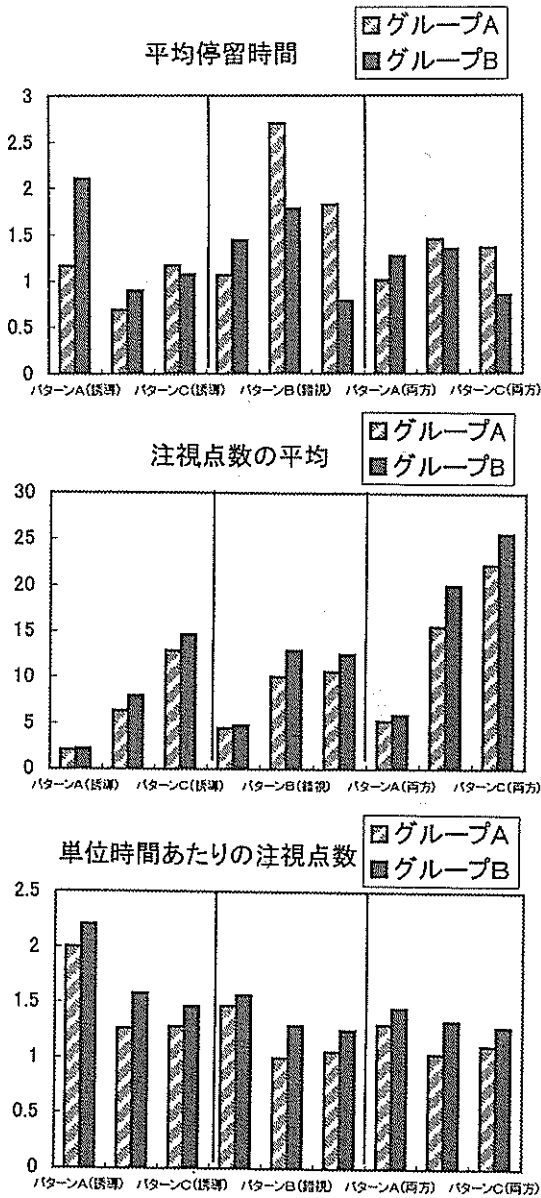


図 4: グループ別の特徴量比較 (2)

る時、錯視画像を見ている時と両方を続けて見ている時の各特徴の平均を表している。それぞれの組は表 1 に示されている刺激の呈示パターンに従って計測されたデータを元に描かれている。縞模様の棒はグループ A、灰色の棒はグループ B の実験結果である。

図 3 の水平移動量の平均を見ると、グループ A は錯視画像を見ているときは表示時間が長いほうが減少している。平均移動量は表示パターン A の誘導画像表示時を除いてグループ B の方が上回っている。それに対して、垂直移動量は表示パターン C を除き、グループ A のほうが上回っている。停留時間はパターン A の誘導画像表示時のグループ A と、パターン B の錯視画像表示時のグループ B が高い値をとっている。この結果から誘導画像の内容は眼球の運動量に影響

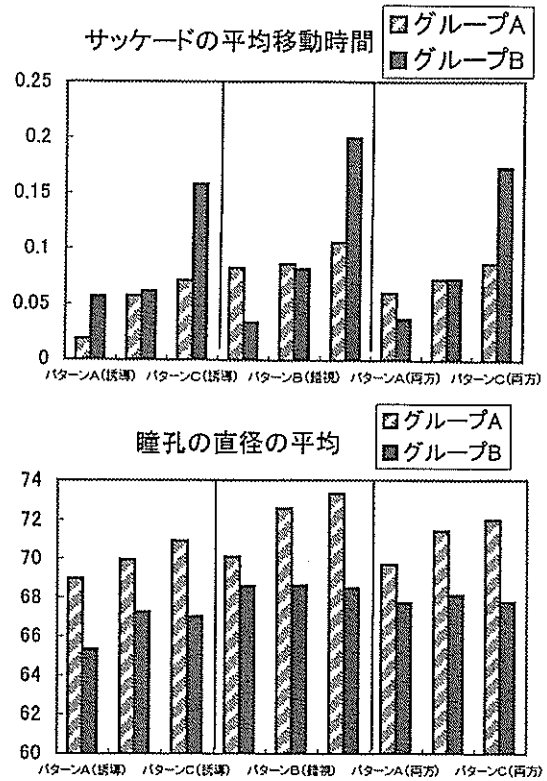
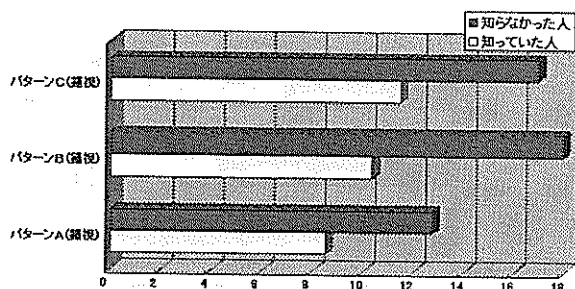


図 5: グループ別の特徴量比較 (3)

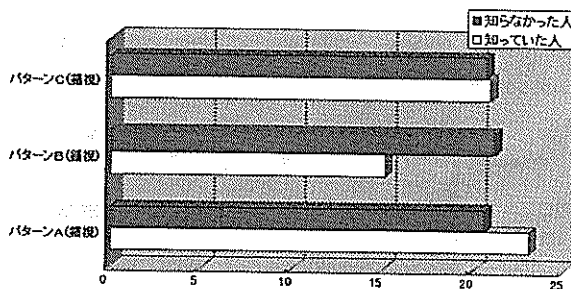
を与えていることが推測できる。また、図 4 の注視点数については当然、画像の表示時間に比例しているのがわかるが、単位時間あたりの注視点数をみると表示時間が短い程多いことが分かった。サッケードの時間平均については、表示パターン C が全体的に高い値をとっているのが分かるが、先に述べたように使用機材の精度の問題で正確な値ではない可能性がある。図 5 の瞳孔の直径はグループ A、グループ B ともに、表示時間に比例して大きくなっているようだが、いずれもグループ B の方が大きい値をとっていることがわかる。

4.2 特徴量の比較 (認識別)

今度は認識別に、つまり今回実験で使用した錯視絵を以前見たことがある被験者と、今まで見たことがなかった被験者の特徴量の平均を比較してみた。グループ A、グループ B あわせて 4 名が錯視絵を以前に見たことがある被験者であったので、比較は見たことがあるこの被験者 4 名、見たことがない被験者 4 名のデータを使用し、条件ができるだけ同じデータの比較を行いたい為、比較は錯視画像を見ているときの特徴量の平均のみとした。なお、重要領域からの距離の率も比較した。重要領域からの距離率とは錯視絵を老婆と見るとき重要であると思われる、老婆



水平移動量の平均



垂直移動量の平均

図 6: 認識別の比較図 (1)

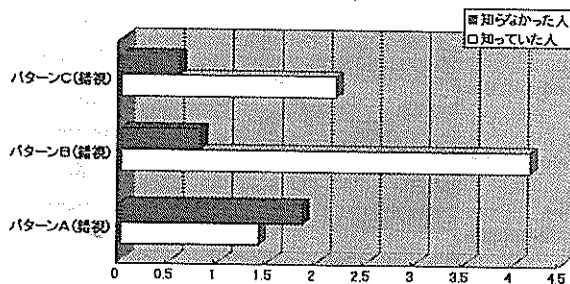
の目、老婆の口、そして若い女性とみるときに重要な若い女性の目の中心からの距離を、中心を100として座標上の距離で60以上で0となるようにしたものである。グラフは錯視画像を以前に見たことがある被験者の平均が下で、見たことがない被験者の平均は上である。図6~9に示す。

図6、7、8を見ると、水平移動量では知らなかったグループが表示時間にかかわらず高い値をとっているが、垂直移動量では表示パターンB以外では大きな差はみられない。平均停留時間は表示パターンB、Cでは知っている人の方が停留時間が長いことが分かる。注視点数はやはり画像の表示時間に比例して大きくなっているようであるが、単位時間あたりの注視点数は表示時間が短い方が多く、同条件では知らなかったグループのほうが多い。瞳孔の直径は表示時間によって変わることがあまりないが、やはり同条件では知らなかったグループの方が大きい。サッケードの時間平均はパターンCが大きい値をとっている。

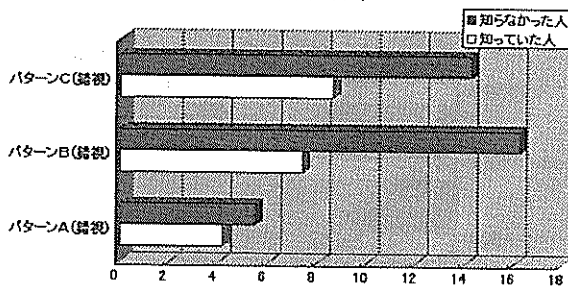
図9は各重要領域にたいする距離率の平均であるが、老婆の目に対する距離率では呈示パターンB以外では知っているグループのほうが高く、老婆の口に対する距離率は呈示パターンA以外では知らなかったグループのほうが高い。若い女性の目に対する距離率は老婆の目と同様呈示パターンB以外では知っているグループの方が高い。偶然の可能性が高いがグラフの形が老婆の目に対する距離率と、若い女性の目に対する距離率がほぼ同じである。

4.3 注視点の比較

錯視画像を以前に見たことがある被験者4名と、見たことがない被験者4名の注視点の位置と停留時間の比較を行った。それぞれの被験者に個人差があるが、



平均停留時間

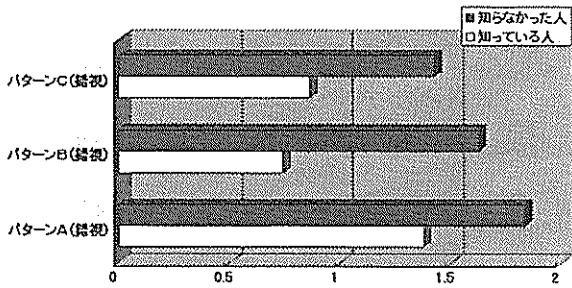


注視点数の平均

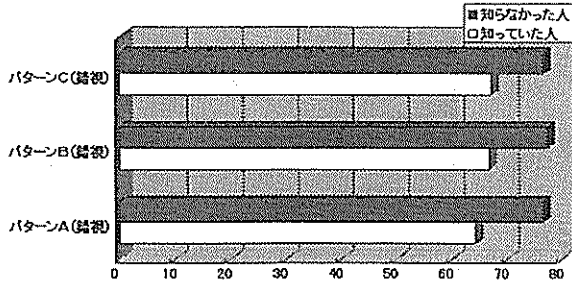
図 7: 認識別の比較図 (2)

以前にこの錯視絵を知っていた人同士と知らなかった人同士はだまかな傾向が一致しているの、ここで代表的な二人のデータをスーパーインポーズした画像上に表示する。図10と図11は、グループAの被験者が呈示パターンB時の視線データに基づいて作成したものである。注視点は直線の交差で表し、それを囲んでいる円の大きさががその注視点の停留時間で、大きいほど長いことを示している。それぞれ二試行を誘導画像、錯視画像の順に表示してある。

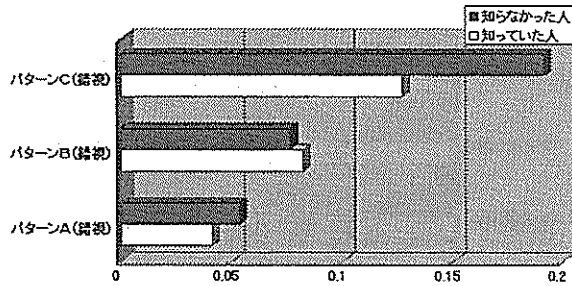
表2は、誘導画像Aを5秒間、錯視画像を10秒間続けて呈示した後、8名の被験者の主観的認識結果である。たまたま被験者全員が誘導画像を中年女性と認識し、錯視絵を知らなかった被験者は全員錯視絵を若い女性と認識していて、錯視絵を知っていた人は全員年老いた女性と認識していた。著者は別途に



単位時間あたりの平均注視点数



瞳孔の直径の平均

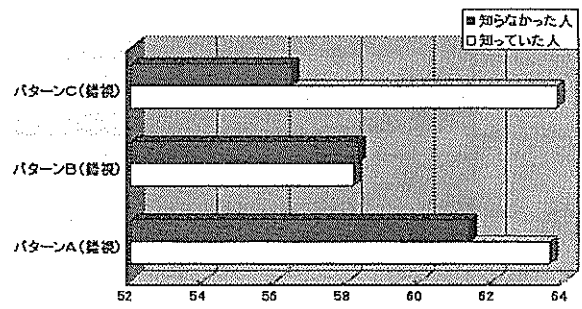


サッケードの時間平均

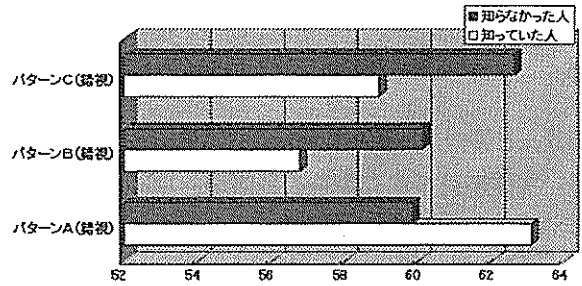
図 8: 認識別の比較図 (3)

75人の大学3年生に採ったアンケートでは、7割の人は錯視絵を若い女性と認識している。錯視絵を知らなかった人はほぼ全員若い女性と認識している。錯視絵の主観的認識結果は被験者の年齢に関係し、むしろ錯視絵を知っていた人はこの絵を年老いた女性としても見られると言ったほうがいいのかもしい。これについては本論文の範囲外である。

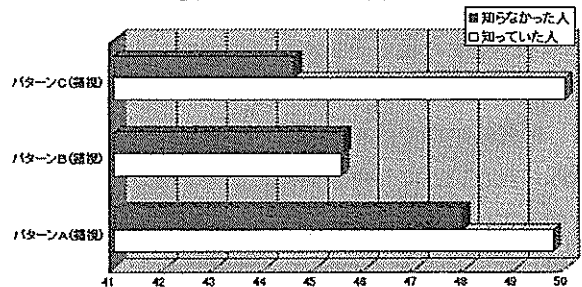
本論文は被験者の主観的認識結果を検証しながら、被験者の眼球運動の振る舞いを調べていた。錯視画像を見たことがない被験者は、画像の意味を理解するために、割と短い時間に多くの場所を探索している。また、錯視絵を知っていた被験者は画像意味の解釈に重要なポイントに注視点を集中させて、割と長い時間停留させている。なお、見たことのない人が一回目と二回目との見方にも違いが見当たる。それは、



老婆の目に対する距離率



老婆の口に対する距離率



若い女性の目に対する距離率

図 9: 認識別の比較図 (4)

画像の解釈に記憶が寄与していることをしめしている。まったく分からない視覚刺激が与えられたときは、サッケードが多く発生させられ、画像の合理的解釈に役に立ちそうな情報の多いところで注視し、一旦合理的な解釈を見つけると、サッケードの数が減り、停留時間が長くなる。

4.4 考察

4.4.1 考察1 特徴量のグループ別の比較では、グループ別に見せた誘導画像によって、錯視画像の見方に偏りを与え、誘導画像を見せることによって眼球運動にどのように影響を与えているのかを知るのが目的であった。しかし実際は、錯視画像を以前に見たことがある被験者以外はアンケートで誘導画像にかかわらずほぼ全員が錯視絵が若い女性に見えたと

錯視画像の認識状況	誘導画像	錯視画像
見たことがない被験者(1)	中年女性	若い女性
見たことがない被験者(2)	中年女性	若い女性
見たことがない被験者(3)	中年女性	若い女性
見たことがない被験者(4)	中年女性	若い女性
見たことがある被験者(1)	中年女性	年老いた女性
見たことがある被験者(2)	中年女性	年老いた女性
見たことがある被験者(3)	中年女性	年老いた女性
見たことがある被験者(4)	中年女性	年老いた女性

表 2: 呈示パターンB時のアンケート回答状況

答えた。これは参考文献(9)と違った結果になっている。前節に述べていたように、誘導画像の影響よりも、被験者の年齢の方が認識結果に影響しているかもしれない。しかし、誘導画像は最終的な認識結果に果たした影響は限られていたが、眼球運動の特徴量としてはグループによって差異があることはわかった。この差異は人間の認識過程で何を意味しているかは、実験条件をいろいろと変えてさらに細かく検証する必要がある。

4.4.2 考察2 グループ別の比較が有効ではなかったため、グループの枠を外し錯視画像を以前に見たことがある被験者と、見たことがない被験者で比較することにしたわけである。図から水平移動量や、注視時間、注視数の平均が錯視絵を知らなかったグループの方が大きい値をとっていることが多い。これは錯視絵を知らない人の場合、この画像が何であるかを認識するために、限られた時間で多くの情報を得ようとして注視点数を増やし、色々な場所を見ようとする。すると必然的に注視時間は減少し、移動量は増加するわけである。また、距離率の比較では予想に反して知らなかったグループの方が高い値であった。おそらく、認識する際に注視位置だけでなくその注視時間も大きく関わってくるのではないかと思われる。

4.4.3 考察3 注視点の表示比較では、眼球運動の特徴によって被験者を2とおりに分けられるようである。1つは注視位置が定まっておらず数が多く停留時間が短い被験者である。もう1つは注視する位置がだいたい集中しており、数が少なめで停留時間が比較的長い被験者である。錯視画像を知らなかったグループでは1つ目の特徴の被験者が多く、知っていたグループでは2つ目の特徴の被験者が多い。さらに、知っているグループは錯視画像を老婆と見ていたわ

けだが、注視点表示画像を見てみると、老婆の目の付近で長い注視をしていることが分かる。

5 終わりに

今回の実験では、錯視画像をどのように見ているかによって眼球運動の動的特徴に幾らかの差異があることがわかった。しかし、その差異がなにを意味しているのかを完全には解明するに至らなかった。視線運動は個人差が予想以上に大きく、異なる被験者で平均をとるのは特徴を抽出する上で好ましくない。今後は同条件のデータ数の増加が求められる。また、誘導画像が有効に働かせるために、表示時間を検討する必要があると思われる。

文献

- (1) Hill, W.E., "My Wife and My Mother-in-law", Puck, Nov. 16, 1915.
- (2) Peter H. Lindsay & Donald A. Norman, "Human Information Processing An Introduction to Psychology", 2ed Edition, Academic Press, Inc. New York, (1977)
- (3) IDESAWA M, "New Evolution in Vision System. A Study on Visual Mechanism with Optical Illusions", J Rob Mechatron (JPN) VOL.9,NO.2, p.85-91 (1997)
- (4) 新井康允著「脳のしくみ」日本実業出版社(1997)
- (5) 井上哲理、「眼球運動と調節の視覚特性 視覚特性から見た映像評価」、画像ラボ (JPN) VOL.7,NO.11, p.6-9 (1996)
- (6) TAKEUCHI R, NISHIDA S., "Science of the Human Visual System. What you see is not what it is", NTT R D (JPN) VOL.47,NO.4, p.375-380 (1998)
- (7) 河合秀夫、石浜聡、岡崎耕三、長岡輝良、田村進一、「部分的に隠蔽された回転体呈示時の錯視」、電子情報通信学会技術研究報告 (JPN) VOL.99,NO.448(PRMU99 101-132), p.123-130 (1999)
- (8) 水野有武著「光・眼・視覚」産業図書(1994)
- (9) スティーブン・R・コヴィー著、ジェームス・スキナー川西茂訳「7つの習慣」キング・ベアー出版(1996)

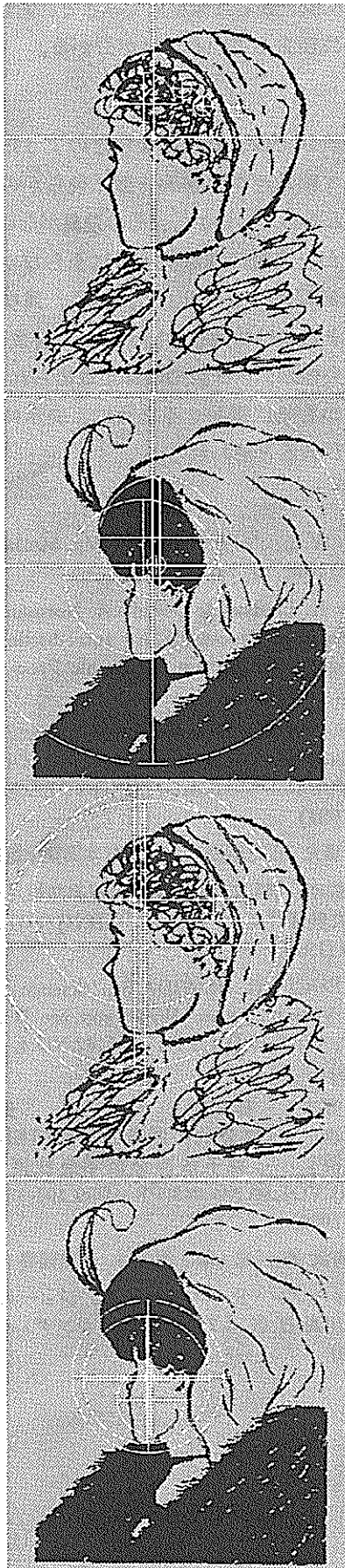


図 10: 錯視絵を見たことがない被験者 KS

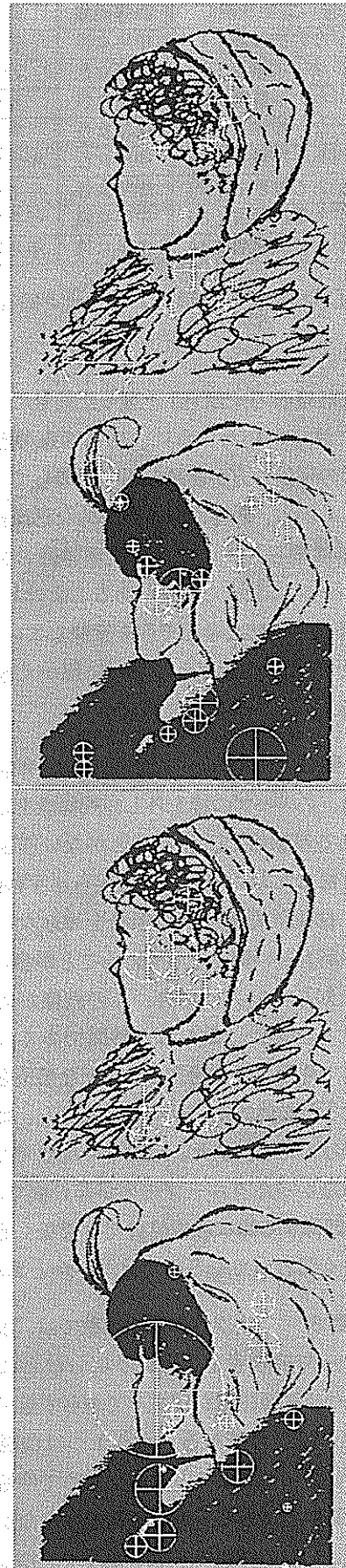


図 11: 錯視絵を以前見たことがある被験者 ST