

読書時の眼球運動を利用した受講者観察システム

The student observation system using eye movement at the time of reading

中川 祐治^{*1}
Yuji NAKAGAWA

杉本 圭^{*2}
Kei SUGIMOTO

^{*1}愛媛大学総合情報メディアセンター
Center for Information Technology, Ehime University

^{*2}NRI ネットワークコミュニケーションズ(株)
NRI Network Communications, Ltd.

In this paper, in order to detect eye movement at the time of reading, the center of iris was computed by image processing, and Saccade was detected from calculation between each frame. Furthermore, it was shown that the case where the text is merely followed by the eye in the state where the student reads and understands the text, and the hollow state is clearly distinguishable.

1. はじめに

WBT(Web Based Training)と呼ばれるイントラネットやエクストラネットを利用した非同期型遠隔教育システムが注目され種々のシステムが商品化されている。しかし、非同期型遠隔教育システムでは、学習者が任意の時間に学習を行うため、一般にはサーバからクライアントへの一方通行の通信となり、学習者がどのような状況で学習を進めているかを把握することはない。学習を円滑かつ効率的に行わせるには、臨場感を伴うインタラクティブな環境と共に、状況に応じたコンテンツの制御が必要不可欠である。

ここでは、上記課題のうち、学習者の状況把握を行うための要素技術の一つとして、学習者の眼球運動から学習状況を把握する「受講者観察システム」[中川 2001]について述べる。

2. 受講者観察システム

学習している受講者から直接得られる情報としては、音声・身振り・顔の変化等があるが、音声や身振りは学習内容によっては発生しないことがあり、必ず得られる情報としては顔の変化に関するものが主体となる。

顔から得られる情報としては、顔の位置・表情・口の動き・目の動きがある。顔の位置は学習内容とは特に関連がなく、表情は学習時にそれほど変化があるとは考えられない。口の動きは音声を伴う場合には有効であるが、すでに述べたように音声を発しない場合には情報が得られない。

一方、目の動きについては、提供されるコンテンツが文字や画像であるならば必ず変化が生じるので、その変化から受講者の状況を把握できる可能性がある。

2.1 サッケード

人が文章を読むときに、視野中心は文章の上を滑らかに移動せず、断続的かつ離散的な高速跳躍運動により文字をトレースすることが知られている。これをサッケード[池田 1988] (図 1) と呼び、通常 1 秒間に 3 回ほど発生する

ことが知られている。従って、サッケード現象を観測することができれば、少なくとも学習者が文章を読んでいることを判断できる。

一方、目は文章を追っているものの、うつろな状態でサッケードは観測されるのだろうか。もし、文章を読み理解している状態とうつろな状態とで、サッケード発生のパターンが異なっているなら、我々はこれを元に学習者の集中度を知ることが可能となる。

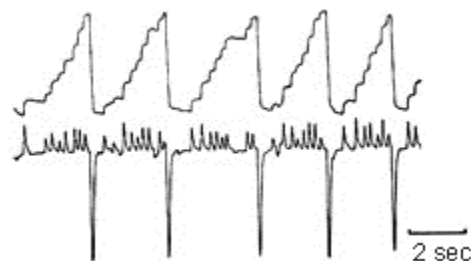


図 1. サッケードの例

2.2 眼球運動の検出

眼球運動を検出するには、専用のセンサーを用いる事が最も簡単であるが、学習者にとっては負担であり学習の妨げにもなる。そこで、受講者の学習端末に設置された一台のテレビカメラで学習者の顔を撮影し、画像処理により眼球の黒目中心を検出し、その動きを解析することができる。

従来より顔画像の認識等において、黒目の検出が行われており、テンプレートマッチング法や KL 展開などの手法がある。しかし、サッケードの検出には黒目自身の検出よりも、その中心座標の検出が重要であるので、黒目中心を直接検出するアルゴリズムが必要である。従って、ここでは Hough 変換[XU1990]と RCD[CHEN2001]の考えを元に、以下のような眼球運動検出のアルゴリズムを構築した。

(1) エッジ検出

入力画像 (図 2 (a)) を先鋭化 (図 2 (b)) した後、ソーベルフィルタにより水平・垂直方向のエッジを求め (図 2 (c))、さらにラプラシアンフィルタによりエッジ強調を行い (図 2 (d))、最後に二値化処理によりエッジ画像 (図 2 (e)) を得る。

連絡先：中川祐治、愛媛大学総合情報メディアセンター、
〒790-8577 松山市文京町 3、Tel:089-927-9569、
Fax:089-927-8923、E-mail:yuji@math.sci.ehime-u.ac.jp

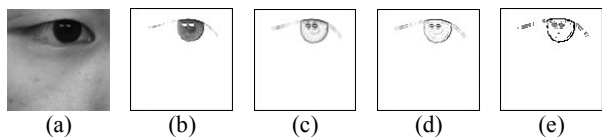


図2. エッジ検出例

(2) 円候補の決定

黒目を円であると仮定し、同一直線上に存在しない3点を通る円は唯一であるので、エッジ検出で得られたエッジ画像からランダムに4点を抽出し、これらのうち3つが同一直線上に存在しないならば、最大で4つの円が決定される。もし4つの点が同一の円上に存在するならば、その4点は実際の画像中で円上に存在する可能性が高い。ここではこのような4点を円候補と呼ぶ。

円候補を求めるには、エッジ画像からランダムに抽出した4点のうち任意の3点からなる円を求め、残りの1点がこの円上に存在するかどうかを確認すればよい。

(3) アキュムレータへの累積

円候補と認められた4点から円の中心座標を求め、図3のようなアキュムレータに累積する。分布に広がりがあるのは、黒目を構成するエッジにデジタル誤差が含まれているためと、ノイズの影響を受けているためである。この分布よりピークを求めれば、黒目の中心座標が画像上で得られる。

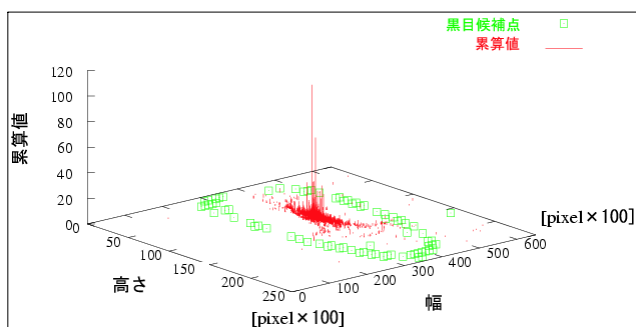


図3. アキュムレータへ累積された黒目の中心座標

(4) サッケードの検出

基準となるフレームとそれに続く3つのフレームにおいて、黒目中心座標の分散を求める。基準となるフレームを一コマ進めるごとに分散を求め、分散の差が閾値を越え、かつ中心座標が順方向に移動している場合にサッケードが発生しているとする。

3. 読書時の眼球運動

被験者の前に意味のある文章を提示し、被験者がこれを読む様子を正面からビデオカメラで撮影する。得られた映像を各コマごとに眼球運動の検出アルゴリズムを適応しサッケードの検出を行う。ただし、通常ディスプレイ上では水平方向に文字を読む場合が殆どであるので、黒目中心の移動も水平方向に限定して検出を行った。

図4は短い文章を読ませた場合の黒目中心の変化と検出されたサッケードである。瞬きと瞬きの間約2秒間の観測結果であるが、5回のサッケードが起きていることがわかる。

図5は難解な長文を被験者に読ませ、うつろな状態になったときの黒目中心の変化である。黒目中心が逆方向へ動く場合もあり、サッケードは検出されなかった。

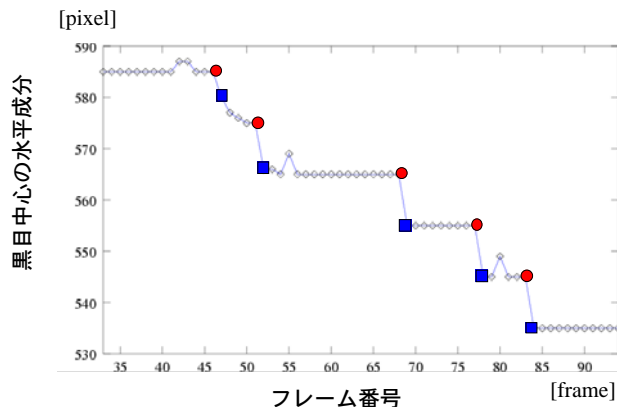


図4. サッケードが発生している場合

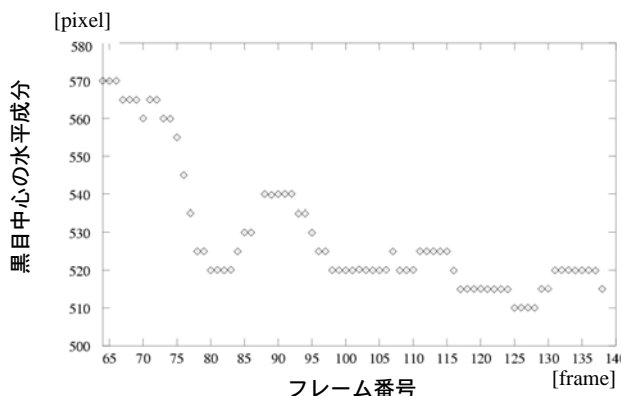


図5. サッケードが発生していない場合

4. 考察

本論文では、読書時の眼球運動を検出するために画像処理を用いて黒目中心を算出し、各フレーム間での計算からサッケードを検出する事ができた。さらに、検出結果をもとに学習者が文章を読み理解している状態と、うつろな状態でただ文章を目で追っている場合を明確に区別できることを示した。

今回提案した眼球運動の検出では計算時間をビデオレートにすることは考慮せず、特に黒目中心を検出するアキュムレータには十分なデータが蓄積されるまで繰り返し計算を行っている。今後、ビデオレートを実現するには、アキュムレータへの蓄積を一定時間で打ち切る必要があり、これが中心座標検出結果にどの程度影響を与えるかを知る必要がある。

参考文献

[中川 2001] 中川祐治・沼田理恵子: WBT における受講者観察システム, 2001PC カンファレンス 論文集, pp.254-255, 2001.
 [池田 1988] 池田光男: 眼は何をみているか, 平凡社, 1988.
 [XU1990] L.XU, E.OJA, P.KLUTANEN: A new curve detection method, Pattern Recognition Letters, Vol.11, No.1-6, pp.331-338, 1990.
 [CHEN2001] T-C.Chen, K-L.Chung: An Efficient Randomized Algorithm for Detecting Circles, Computer Vision and Image Understanding, Vol.83, No.2, pp.172-191, 2001.