

受講者観察システムの研究

- 眼球運動検出の高速化 -

愛媛大学大学院理工学研究科数理科学専攻 加藤亮彦

p847001u@mails.cc.ehime-u.ac.jp

愛媛大学総合情報メディアセンター 中川祐治

yuji@cite.ehime-u.ac.jp

1. はじめに

WBT(Web Based Training)と呼ばれる非同期型遠隔教育システムが注目されている。非同期型遠隔教育システムは場所、時間等に拘束されないというメリットがある。しかし、一般的には一方通行の情報伝達となってしまうため、学習者がどのような状況で学習を進めているかを能動的に把握することはできない。学習を円滑かつ効率的に行わせるには、インタラクティブな環境を提供するとともに、受講者の状況に応じたコンテンツの制御が必要不可欠である。

我々はこの課題に取り組む第一歩として、学習者の状況把握を行う「受講者観察システム」[中川2001,2003]のアルゴリズム構築を行ってきたが、今回そのアルゴリズムの高速化を検討した。

2. サッケードを用いた受講者観察システム

本システムで観察するのは受講者の眼球運動である。すなわち、文章を読む際に発生するサッケード現象を画像処理により捉えることで、受講者の学習状況を把握する。

サッケードは文章を読む際に一秒間に3回程度発生し、眼球が断続的かつ離散的な高速跳躍運動を行う現象[池田1988]である。この高速跳躍運動はわずか30 msecの時間で発生するので、秒30コマのビデオ映像では1コマに満たない時間である。従って、サッケード現象を観測するには、ビデオレートでの処理速度を実現しなければならない。

2-1. 入力画像の処理

入力画像(図1(a))を先鋭化(図1(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(図1(c))を求め、さらにラプラシアンフィルタにより

エッジ強調(図1(d))を行い、最後に二値化処理を行いエッジ画像(図1(e))を得る。また、処理時間短縮のため、処理を行うべき検索領域の決定を行う。



(a) (b) (c) (d) (e)

図1. 入力画像の処理

2-2. 推定半径と黒目候補の決定

推定半径とは、2-1で得られた二値化画像のうち黒目を構成する画素で作られる円の半径である。黒目候補はその円を構成する画素の集合をいう。

“同一直線上に存在しない3点を通る円は唯一である”ことを利用し、二値化画像から任意の3点を抽出して構成される円の半径の分布を求める。この半径を累積したもの(アキュムレータ)を図2に示し、そのピークを推定半径とする。ただし、累積にあたっては、ビデオレートでの計算時間に収めるために時間による打ち切りを行う。

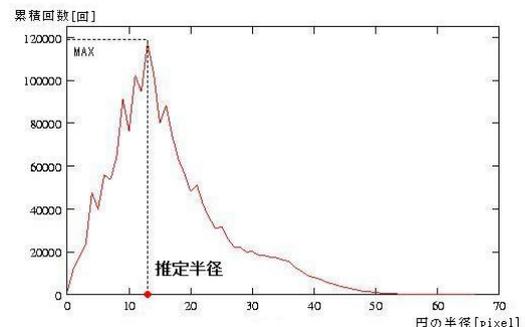


図2. 推定半径 (ACMd)

上記の推定半径となる画素の集合を黒目候補として図3に示す。

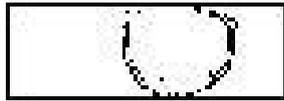


図3 . 黒目候補 (ACMp)

2-3 . 黒目中心の検出

黒目候補から任意の3点を抽出し、それらで構成される円の中心座標の分布を求める。それを図4に示し、そのピークを黒目中心とする。

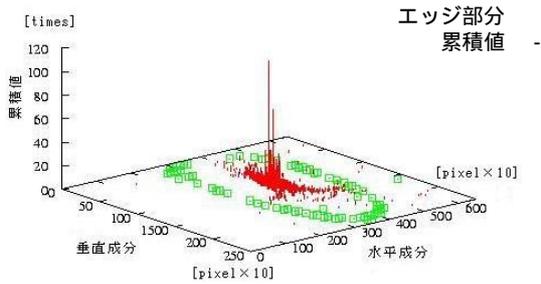


図4 . 黒目中心検出 (ACMc)

2-4 . サッケードの検出

黒目中心の座標を元に、現在のフレームとそれ以前の3フレームにおいて、黒目中心座標の分散 σ_i を求める。黒目中心座標が順方向に推移し、かつ分散 σ_i が

$$\text{Max}|\sigma_i - \sigma_0| > \delta, i = 1, 2, 3$$

を満たすとき、サッケードが発生していたとする。ただし、 δ は閾値である。

3 . 高速化

図5に高速化アルゴリズムの処理の流れを示す。まず、入力画像の前処理を施し二値化された画像を生成する。次に、二値化された一つ前のフレームとこの画像との差分をとる。差分が閾値より小さい場合、ズレがないと見なし、黒目中心座標は変化がないとして次のフレームに移動する。差分が閾値より大きい場合、ズレが生じた見なし、二値化された画像に対し黒目候補の決定処理、黒目中心の検出、サッケードの検出を行う。このとき推定半径の決定は行わず、前フレームの推定半径を継承する。

表1に高速化処理で計算時間を短縮するための制御方法を示す。この表における継承は、現フレーム

以前で得られた値を使うことを意味する。

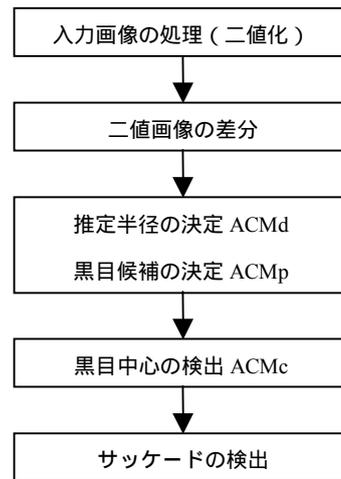


図5 . 高速化処理の流れ

サッケード	ズレ	推定半径	黒目候補	黒目中心	サッケード
有	有	○	○	○	○
	無	継承	×	継承	○
無	有	継承	○	○	○
	無	継承	×	継承	○
-	-	○	○	○	×
	-	○	○	○	×

-:未定義 ○:計算 ×:計算しない

表1 . 高速化処理の制御

4 . 考察

本論文では、二値画像の差分によるズレの検出、推定半径の継承、アキュムレータの累積回数の軽減を行うことで、処理速度の高速化を検討した。しかし、高速化がはかれる反面、中心座標検出精度が低下することも分かった。今後、検討した高速化アルゴリズムを実装するとともに、高い精度を保った状態で中心座標の検出が行えるアルゴリズムにする必要がある。

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.
- [中川 2003]中川祐治・杉本圭：眼球運動の検出による受講者観察システム, 2003PC カンファレンス論文集, pp.219-222, 2003.
- [池田 1988]池田光男：眼は何をみているか,平凡社, 1988.