背景差分法とk平均法を用いた眼球硝子体の混濁度評価

○石橋 佳奈*, 末竹 規哲*, 内野 英治**, 山城 知恵美***, 木村 和博***

*山口大学大学院創成科学研究科 **一般財団法人ファジィシステム研究所

***山口大学大学院医学系研究科眼科学

Evaluation of vitreous opacity of eyeball by background difference method and k-means method

○Kana Ishibashi*, Noriaki Suetake*, Eiji Uchino**, Chiemi Yamashiro*** and Kazuhiro Kimura***

*Graduate School of Science and Technology for Innovation, Yamaguchi University

**Fuzzy Logic Systems Institute

***Department of Ophthalmology, Graduate School of Medicine, Yamaguchi University

1. はじめに

白内障は、水晶体の透明性が阻害され混濁する疾患である。進行した白内障の治療では、混濁した水晶体を除去し、除去した水晶体の代わりに眼内レンズを挿入する手術を行う。術後、視界に膜がかかったような、ぼやけた見え方が生じる場合がある。この症状を、ワクシービジョンと呼ぶ。

ワクシービジョンが起こる原因の一つが、硝子体混濁であると言われている¹⁾。硝子体混濁の検査は、細隙灯顕微鏡を用いて行われる。現在医師は、細隙灯顕微鏡を用いた硝子体混濁の診断において、硝子体混濁の有無のみを確認しており、定量的な評価は行っていない。ワクシービジョンと硝子体混濁の関係を明らかにし、硝子体混濁除去手術の要否の決定を支援するため、硝子体混濁の定量的な評価が必要とされている。

筆者らが行ってきたこれまでの研究において、硝子体混濁の定量評価の為に、フレーム間差分を用いた方法を提案した²⁾。しかし、混濁サイズや混濁の移動速度によって、混濁の抽出が上手くできない場合があった。

本研究では、混濁の移動速度に着目し、移動する混濁と静止している混濁を分けて抽出を行う硝子体混濁の定量評価法を提案する。提案手法では、背景差分法とk平均法を用いて、硝子体混濁度を求める。実験では、細隙灯顕微鏡検査から得られる動画に対して本提案手法を適用し、その有効性を確認する。

2. 評価フレームと評価領域の指定

硝子体混濁が移動していることを確認できる連続したフレームを評価フレームとして選出する。この評価フレームに対して、図1(a)のように混濁を評価する硝子体の領域を半月型で指定する。そ

図1. 評価領域の指定: (a) 硝子体領域の位置を示した細隙灯顕微鏡検査画像, (b) 位置補正後の硝子体領域。

の後、指定した領域の位置を図1(b)のように中央に補正する。この補正したフレーム群を用いて硝子体混濁度を算出する。

3. 先行研究²⁾

先行研究では、連続したフレームに対し、フレーム間差分法を適用し、硝子体混濁度を算出した。フレーム間差分により求めた各差分画像における画素値の平均値を p_i 、選出されたフレームの枚数を T とし、硝子体混濁度 E_C を以下の式で定義した。

$$E_C = \frac{1}{T-2} \sum_{i=1}^{T-2} \frac{p_i - p_{i+1}}{2}. \quad (1)$$

4. 提案手法

本提案手法の手順は以下のとおりである。

- 1) 背景画像 I_B の作成
- 2) 背景差分法を用いた移動混濁 I_M の抽出
- 3) k平均法を用いた静止混濁 I_S の抽出
- 4) 硝子体混濁度の算出

手順1)では、背景画像 I_B を作成する。背景画像 I_B は、連続フレーム($I_1, \dots, I_T$)の各画素の最小値を算出して作成する：

$$I_B = \min(I_1, \dots, I_T). \tag{2}$$

手順2)では、背景差分法を用いて各フレーム画像 I_i から移動している混濁(移動混濁 I_{Mi})を抽出する:

$$I_{Mi} = I_i - I_B. \ (i = 1, \dots, T) \tag{3}$$

手順3)では、k平均法を用いて、背景画像から静止混濁 I_s を計算する. k平均法とは、クラスタの平均値でクラス分けを行う方法である. 本研究では、背景画像 I_B 内の硝子体領域をk個にクラス分けし、静止混濁 I_s を求める.

手順4)では、移動混濁 I_{Mi} と静止混濁 I_s を足し合わせ、平均を求めることにより、硝子体混濁度 E_p を算出する. 選出されたフレームの枚数を T , 硝子体領域の画素数を N とし、硝子体混濁度 E_p を以下の式で定義する:

$$E_p = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \frac{I_{Mi} + I_s}{N}. \tag{4}$$

5. 実験

5. 1 実験説明

細隙灯顕微鏡検査から得られた眼の動画に対して、本提案手法を適用し、硝子体混濁度を求める. 実験では、山口大学医学部から提供された細隙灯顕微鏡検査動画を用いた. 使用した動画の被験者は、いずれも白内障手術を受け、眼内レンズを挿入している. 各動画に対して、医師により硝子体混濁の有無が診断されている. 動画の本数は全部で50本あり、混濁ありが25本、混濁なしが25本である.

実験では、各動画に対しての評価フレームを15枚とし、k平均法の分割クラス数は4とした. 評価領域の指定及び位置補正を行った後、式(1)及び(4)により、従来手法と提案手法による硝子体混濁度をそれぞれ求め、硝子体混濁度を比較した.

5. 2 実験結果

表1に従来手法で算出した硝子体混濁の結果、表2に提案手法で算出した硝子体混濁の結果を示す. 図2に、求めた硝子体混濁の平均値と標準偏差を示した.

提案手法は従来手法と比べ、混濁ありと混濁なしの差が明瞭であることがわかる. また、99%の有意差検定の結果、硝子体混濁の有無における有意な差が認められた.

表1. 従来手法で算出した硝子体混濁度

	平均	標準偏差	t 値 (t 境界値)
混濁あり	1. 31	0. 54	7. 58
混濁なし	0. 41	0. 25	(2. 73)

表2. 提案手法で算出した硝子体混濁度

	平均	標準偏差	t 値 (t 境界値)
混濁あり	1. 31	0. 54	9. 12
混濁なし	0. 41	0. 25	(2. 78)

図2. 硝子体混濁度の比較.

6. おわりに

本研究では、背景差分法とk平均法を用いた硝子体混濁の定量評価法を提案し、その有効性を確認した. 今後の課題は、混濁ありと医師に評価された動画の中でも、混濁量にばらつきがあるため、混濁を複数の程度に分割し、評価値の妥当性を確認することである.

参考文献

1) 眞野福太郎, 他: “硝子体手術により改善した眼内レンズ挿入後のwaxy vision,” 日本眼科学会雑誌, Vol. 122, No. 4, pp. 306-311, 2018.

2) 松井若奈, 他: “二種の眼内レンズ挿入時における硝子体混濁度の比較検討,” 第30回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集, pp. 145-148, 2017.