

K2 歯周病菌映像からの菌体抽出と追跡および活性度評価

大場正也 長谷部聡 金子昌弘 村松正吾 菊池久和 東福寺幾夫[†]
 新潟大学工学部 [†]オリンパス光学工業(株)

1. はじめに

近年の歯周病治療において、患者の口腔内細菌を採取して位相差顕微鏡で監察し、医師が適切な治療を試みるというシステムが考えられている。しかしながら、目視や薬品を用いることによる菌種の判別や菌の活性度の評価は難しい。歯周病治療において重要な要素である菌種の判別と活性度を評価する処理を自動化するアルゴリズムをシステムに組み込みたいと考えている。本研究では、歯周病菌を撮影した映像から効果的に菌体を抽出し追跡するアルゴリズムを提案する。また、その追跡結果をもとに菌の活性度を定義する。

2. 菌体抽出

動画シーケンスから移動物体を抽出する方法として、空間的均一性を用いる方法と変化検知を用いる方法がある。位相差顕微鏡からの映像の場合、比較的安定的な背景画像が得られるため後者を採用する。本研究では、変化検知を基本とし効果的に移動物体を抽出できる、背景登録を用いたオブジェクト検出アルゴリズム [1] を適用する。このアルゴリズムを図1に示す。

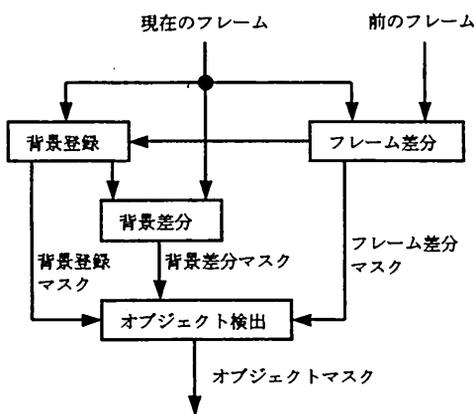


図1 オブジェクト検出アルゴリズム

はじめに、このアルゴリズムを用いてフレーム画像において移動物体が存在する点を1、それ以外の点を0によって表現した2値のオブジェクトマスクを得る。ただしノイズの除去と物体形状を整えるためのモルフォロジ処理は適用しない。検出対象である菌体はフレーム画像に対して微細であり、移動しつつその形状を変化させるため、モルフォロジ処理

により誤って除去される可能性が高いからである。

次に、抽出対象とする菌体の形状を表現した菌体マスクをオブジェクトマスク上で並進させながら、菌体マスクとオブジェクトマスクの対応する領域とを照合する。マスクとマスクの類似度はハミング距離によって測り、閾値以内の距離を持つ領域を菌体として検出する。重複する複数の領域が閾値以内の距離を持つ場合、距離が最小である領域を採択する。検出漏れを少なくするために、ここで用いる閾値はできるだけ大きく設定する。

3. 菌体追跡

現在のフレームの菌体領域と1フレーム前の菌体領域との対応関係を菌体マスク間の類似度距離とユークリッド距離の2つから判断する。具体的には現在のフレームの各菌体領域に対して、過去フレームにおける全ての菌体領域とのユークリッド距離を計算する。ユークリッド距離が閾値以下の菌体領域に対してさらに類似度距離を計算する。類似度距離が閾値以下となる菌体領域が存在した場合、その菌体領域は考えている現在のフレームの菌体領域に移動したと判断し、その軌跡を記録する。軌跡は動きベクトルのリストによって表現する。閾値以下の類似度距離を持つ菌体領域が複数存在した場合、類似度距離が最小の領域を採用する。閾値以下の類似度距離を持つ菌体領域が存在しなかった場合、考えている現在のフレームの菌体領域は新たに発生したと判断する。最後に、現在のフレームのどの菌体領域にも移動しなかった過去フレームの菌体領域は消失したと判断する。

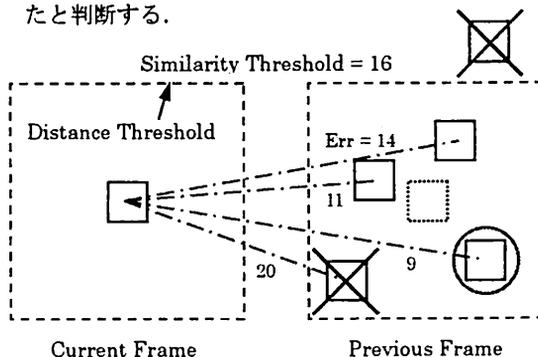


図2 菌体追跡

4. 活性度

菌体映像の活性度を各フレームに存在する全ての菌体の平均速度によって定義する。具体的には、各

フレームにおいてその時点で記録されている軌跡の移動距離の総計を軌跡の数で除して平均速度を算出する。新たに発生した菌体や消滅した菌体は、活性度評価から除外されていることに注意する。

位相差顕微鏡からの映像には熱対流による流れが存在する場合がある。菌体の活性度評価から流れの影響をなくすために、移動量計算に先立って次のような処理を施す。はじめに、各軌跡に最後に追加された動きベクトルを取り出す。次に、取り出した動きベクトルの平均動きベクトルを求める。流れのベクトルは全ての菌体の動きベクトルに共通して含まれているはずであるから、取り出した各動きベクトルと求めた平均ベクトルとの差分ベクトルを算出することによって、流れの影響を取り除いた菌体の活性度が得られる。

5. 実験

実際に口腔内細菌を採取して位相差顕微鏡で撮影しフレーム化したものを入力シーケンスとし、提案したアルゴリズムで処理を行なった。

図3に実験結果を示す。画像は左側が入力シーケンス、右側が菌体として抽出された領域と追跡された動きの軌跡を可視化したシーケンスである。100フレームある中で30, 50, 70, 90番目のフレームを載せた。フレーム番号が若いほど菌体として抽出された領域の数は少ないが、これは背景情報が十分に確立されていないために菌体が満足に抽出されていないからである。

図を見ると多数のオブジェクトが左下方に流れていることが分かる。これはスライドガラスとプレパラートの間で起こる流れに起因するものである可能性が高い。一方、流れに反して複雑な軌跡を描いているオブジェクトも存在しており、活性度評価に大きく関係する。

追跡した菌体として抽出された領域の数と活性度のグラフを図4に示す。菌体の数は背景情報が確立されるにしたがって増加しているが、40フレーム付近からおおよそ100個となっている。活性度についても40フレームあたりからおおよそ1.5であることが分かる。

6. おわりに

本研究では、歯周病菌映像からの菌体抽出と追跡アルゴリズムを提案した。また、活性度を定義し追跡結果をもとに評価を行なった。今後の課題として、菌体の抽出、追跡性能の向上が挙げられる。

※ 位相差顕微鏡の倍率を m 、CCD カメラの解像度を r とすると活性度は以下のように定義できる。

$$r \times \frac{\text{Activity in pixels} \times \text{Frame rate}}{m} \quad [\text{m/sec}]$$

・参考文献

- [1] Shao-Yi Chien, Shyh-Yih Ma, and Liang-Gee Chen, "Efficient Moving Object Segmentation Algorithm Using Background Registration Technique", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol.12, pp.577-586, Jul. 2002.
- [2] Ojima M, Tamagawa H, Hayashi N, Hanioka T, and Shizukuishi S, "Semi-automated measurement of motility of human subgingival microflora by image analysis", *J. Clin. Periodontol.*, vol.25, pp. 612-616, 1998.

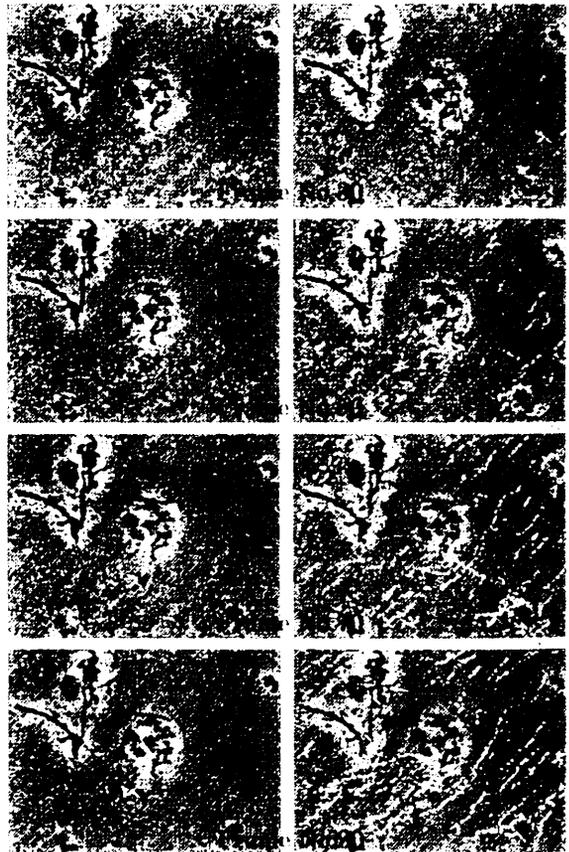


図3 抽出菌体とその軌跡

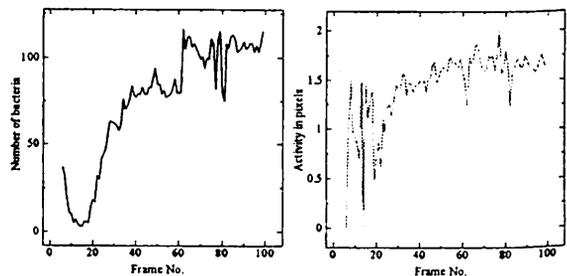


図4 抽出菌体の数と活性度