

○京都大学工学部 学生会員 榎本方士  
 京都大学工学部 正会員 平岡正勝  
 京都大学工学部 正会員 津村和志

## 1. はじめに

本研究は活性汚泥法の運転制御の最適化方法確立することをその最終的な目標としている。従来の活性汚泥の動特性モデルに基づいた制御方法では、制御そのものがモデル中のパラメータを変化させないという保証がないため真の最適化という観点からは限界があると言わざるをえない。そこで従来の動特性モデルとは異なる活性汚泥の状態の遷移構造に基づく制御方法が確立できれば、起こりうる活性汚泥の特性の変化を予測して制御を行うことができる。本研究では活性汚泥が多数の微生物からなる生態系であることに着目し、活性汚泥の特性の変化をその生物相の遷移からとらえることを念頭におく。

さて活性汚泥中の微生物の同定、微生物群構成の把握といった作業は、生物に詳しいオペレーターが顕微鏡観察によって行う場合、時間・労力・熟練を必要とするものである。本研究はこの作業を近年進歩の著しい画像処理技術、特に動画画像処理の手法を用いて行うことによりこれらの問題を解消し、さらにはオンライン制御に役立てようとするものである。

## 2. 動画画像の基本的処理

画像処理は従来静止した単一画面についての処理が主に研究されてきた。しかしこの方法では活性汚泥の顕微鏡画像から微生物のみを分離して検出することは極めて困難であった<sup>1)</sup>。そこで本研究では微生物が「動き」をもつ運動物体であることに着目し、運動物体を画像中から見つけてそれを検出するという方法を用いた。そのためには時間的に連続した複数の画面を処理の対象とすることが必要である。このような処理を動画画像処理という。画像中から運動物体を検出する方法としては、基本的には同一の空間における時間的に異なる複数の画像についてそれらの差異を見つけることを行う。いまFig.1のように時間的に異なる2画像について処理する場合を考える。ただし前提条件として、「濃淡画像における運動物体の輝度は背景の輝度より低い」「運動物体以外は移動しない」ということが成り立っているものとする。前者の条件については前処理として濃度変換を行うと問題はない。具体的には以下に示す手順が処理の基本となる。

(以下、基本的処理と呼ぶ) (1) 顕微鏡によって処理の対象となる画面を設定する。(2) ある時刻  $t = t_0$ 。

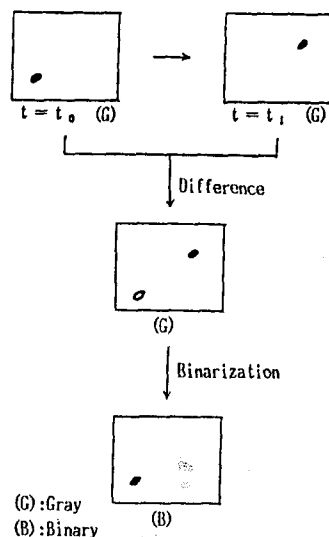


Fig.1 Basic Method of Detection by Moving Image Processing

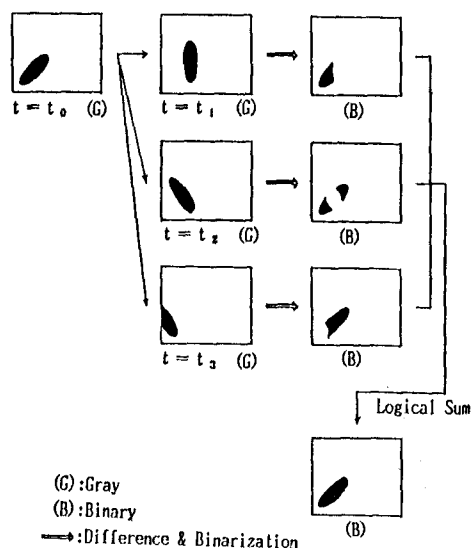


Fig.2 Detection by Logical Sum

における顕微鏡画像を取り込む。(3) 一定時間経過後、時刻  $t = t_1$  における顕微鏡画像を取り込む。(4) 取り込んだ画像についてそれらの差分演算を行う。(5) 得られた差分画像を2値化する。ここで差分演算とは画面全体の点について次式の演算を行うものである。

$$D(i, j, t_0, t_1) = F(i, j, t_1) - F(i, j, t_0)$$

ただし、 $D$ は差分画像の輝度、 $F$ は取り込んだ濃淡画像の輝度、 $i, j$ は点の位置、 $t_0, t_1$ は画像を取り込んだ時刻を表す。また2値化の際の閾値は適当な正の値を選ぶものとする。

### 3. 動画像処理による微生物の検出

一般に活性汚泥中の微生物は、細菌、原生動物、微小後生動物よりなっているが、微小後生動物や原生動物のうちの鞭毛虫類、自由遊泳性・匍匐性の繊毛虫類については体全体が移動するため先に示した基本的処理によって検出が見込まれる。この場合の問題点は差分画像をとる画像どうしにおいて微生物部分の重なり(オクルージョン)が生ずることである<sup>2)</sup>。このとき2値画像には微生物と考えられる領域の一部しか検出されないで、ここから特徴量を抽出したとしても実際に微生物のもつ値とは異なった値となり、そのような値からは正確な同定は行えない。そこでFig.2のように取り込む画像を多くし、各々時刻 $t_0$ の画像との差分をとり、2値化した画像について論理和演算すると微生物の形状を完全に検出できた。一方、活性汚泥中に最も多く出現する固着性繊毛虫類縁毛目については体全体が移動しないので別の検出方法が必要である。これについては高倍率で基本的処理を行うと生物体内部の動きが検出できた。これを利用し、Fig.3のように基本的処理を数回行い、そのつど得られる2値画像について論理積演算を行うことにより固着性原生動物だけが検出された。

### 4. 微生物の分類

微生物の分類結果をFig.4に示す。まず検出方法の違いから固着性原生動物と体全体が移動する微生物とは区別できる。前者については2値画像から単独で存在するか群体をなすかを判断して分類し、後者については2値画像から得られる特徴量から分類を進めた。特徴量としては面積(画素数、 $T$ )と外接長方形の長辺短辺比( $L$ )が有効であると考えた。その結果10種類に分類できた。

### 5. おわりに

結論としてまとめると、(1) 動画像処理によって活性汚泥中の微生物が検出できた。(2) 検出された微生物を10種類に分類できた。ということになる。今後は微生物の特徴量抽出データを蓄積し、より完全な分類を行うこと、さらに実際の制御に役立つような微生物群構成の定量化について検討していきたい。

### 6. 参考文献

- 1) 日花：生物相から見た活性汚泥法維持管理の計算機化に関する基礎的研究 京都大学卒業論文 (1984)
- 2) 浅田・谷内田・辻：運動物体の検出と追跡(複数の個体の場合) 信学技報No.PRL 78-10 (1978)

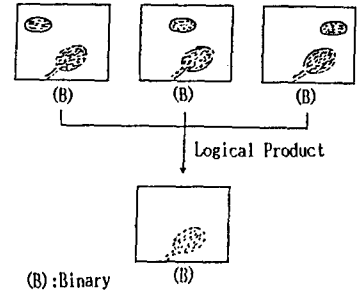
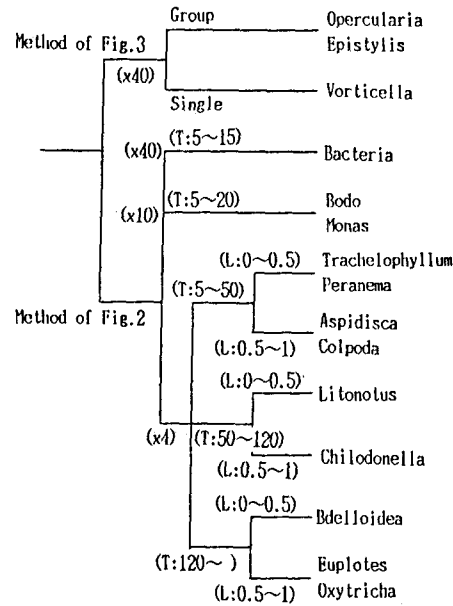


Fig.3 Detection of Peritrichida



(x):Magnification of Object Lens

Fig.4 Classification of Microorganisms