

○京都大学 工学部 学生会員 蛭川一義
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

活性汚泥プロセスの運転にとって汚泥特性は重要である。この汚泥特性の計測には種々の方法が考案されているが、いずれも時間を要しオンライン計測はできない。ここでは活性汚泥プロセス制御に結びつくオンライン計測技術を開発するため、汚泥特性と関係があると思われる汚泥のフロック構造に着目し、近年発達した画像処理装置によるフロック構造の計測方法について述べる。

2. フロック構造と汚泥特性の関係¹⁾

フロック形成の初期段階においては分散状の細菌の端同士がくっついており、フロックの形状は細長い。これは円柱状細菌では、その側面よりも端の方が静電的反発力が低いためである。さらにECP(細胞外部ポリマー)が合成されると、架橋が端同士のところで起こり、さらに細長いものとなる。こうしたフロックはその形と、弱いポリマー架橋のために強度が弱い。このタイプの汚泥は、沈降性が悪く、残留濁度が高い。(Fig.1, (a) 参照)

初期段階を過ぎると、より多くのポリマーが合成され、条件によっては水素結合、強疎水性結合が生じ、フロックは強固なものになってゆく。これらの結合は方向に無関係であり、フロックの形はまるい形となっている。この時、フロック内部の環境条件により、糸状性微生物が発達してくるとフロックは糸状性微生物を骨格としてその形を維持するため、より安定した大きなフロックとなる。こうした汚泥の沈降性は良好である。(Fig.1, (b) 参照)

しかし、フロック外部にまで糸状性微生物が伸びだすと、汚泥の沈降性は悪化する。いわゆるバルキングがおこる。(Fig.1, (c) 参照)

以上のことから本研究は、次の2項目を計測できるような画像処理を考える。

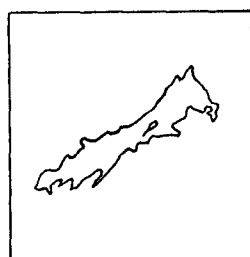
(1) フロックの形状、(2) フロックの大きさの分布

3. 汚泥構造の測定方法

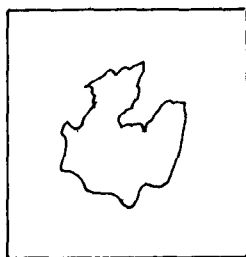
顕微鏡、ITVカメラから入力した濃淡画像中のフロック、及び糸状性微生物の特徴量(形状、大きさ等)は濃淡画像のままでは直接計測することはできない。計測するためにはフロックと糸状性微生物のみを抽出した2値画像に変換する必要がある。本研究はオンライン制御を目標としているので、この2値画像化を自動的に行うシステムを考案した。

さて、本研究で用いたカメラは固体素子タイプであり、オンライン制御に適しているが、感度が悪いいため、背景とフロック、特に線として抽出されるはずの糸状性微生物とのコントラストが小さく、対象物(フロックと糸状性微生物)のみを抽出する2値画像化が困難な場合が生じた。また、濃淡画像中の背景の上下左右で輝度差が生じ、対象物と同時に背景が部分的に抽出される場合が生じた。

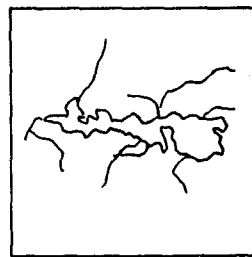
こうした点を踏まえて、線を強調する処理を導入した²⁾。まず、濃淡画像にFig.2のようなそれぞれある1方向の線を強調する複数のフィルタを全てかけ、濃淡画像中のあらゆる方向を持つ線を強調する。この処理によってフロック、糸状性微生物、及び対象物に隣接する背景は強調される。但し、フロック内部で高密度な部分は、背景と同様に輝度が一樣であるので強調されない。強調された部分は、強調されない部分(背景)とのコントラストが大きくなっているため、容易に抽出できる。フロックを完全に抽出するためにはさらに、高密度な部分を抽出する必要があるが、これは、フロック内部の高密度な部分は、背景とのコントラストがフィルタをかける前の濃淡画像中においても十分大きく、この画像から高密度な部分を抽出する。こ



(a)



(b)



(c)

Fig.1 Floc structur

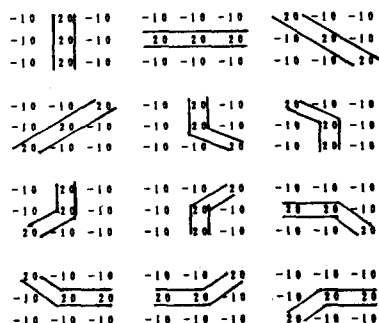


Fig.2 Linear filter

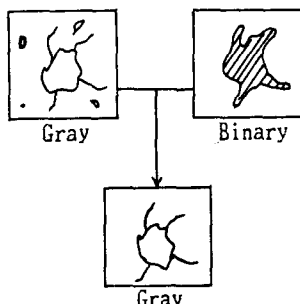


Fig.3 Masking

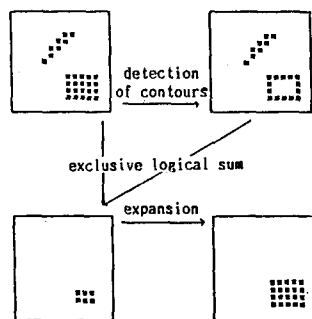


Fig.4 Segment of flocs and filamentous organisms

の新たに得られた2値画像と、初めにフィルタをかけて得られた2値画像との論理和をとれば、フロック及び糸状性微生物の周囲は完全に抽出される。

次に、もとの濃淡画像と今得られた2値画像とでマスク処理を行う。これは、濃淡画像において、2値画像に抽出されている部分の輝度は保存し、2値画像に抽出されていない部分の輝度は消去する処理である。(FIG.3 参照) この処理により大部分の背景は消去され、次の2値画像化においてこれらを考慮する必要がなくなり、結果的に不要な雑音が激減し計測精度が向上する。最後に、輝度のヒストグラムのピーク値をもとにして、2値画像化をし、対象物に隣接する背景を除去すれば、対象物のみが抽出される。

本研究ではフロックのみの定量を目的としているので、さらに、フロックと糸状性微生物を分割する処理を行った。糸状性微生物は、本研究で用いた顕微鏡とカメラの特性上、幅が2画素以下で抽出される。まず対象物の輪郭を抽出する。これをもとの画像から引く(排他的論理和)と、輪郭部分は消去され、幅2画素以下の線もそれ自体が輪郭なので消去される。最後に膨張処理を行い、残った物体の輪郭を再現してやれば、フロックのみがもとの大きさに抽出される。(Fig.4 参照)

以上、抽出されたフロックの特徴量を計測すれば、フロック構造を表す指標として採用できる。尚、特徴量の計測は、画素数を計測することにより、面積、周囲長、円形度等の諸量が求められる。

参考文献

- 1) L.Eriksson and A.M.hardin "Settling Properties of Activated Sludge related to Floc Structur" Proceeding of IAWPRC workshop on Design and Operation of Large Wastewater Treatment Plants, Vienna, Austria (1983)
- 2) A.Rosenfeld and A.C.Kak "Degital Picture Proceeding" Academic Press (1976)
(長尾 真 監・訳 "デジタル画像処理" 近代科学社 (1978))