

画像処理によるフロック計測の研究

大橋 勉^{*}、松原 早苗^{*}、横山 哲也^{*}、小椋 拓馬[†]

The study of flock measurement with image processing technology and majority decision

OHASHI Tsuyoshi^{*}, MATSUBARA Sanae^{*}, YOKOYAMA Tetsuya^{*} and OGURA Takuma[†]

凝集作用を利用した水処理において凝集フロックの大きさを計測し、判定することは沈殿分離させる上で重要な工程である。従来フロックの大きさの判定は作業者の経験に頼っていたが本研究では画像処理による判定結果を時系列の集合とし、多数決により判定を行う方法を組み合わせた手法を提案する。

1. はじめに

1.1 水処理と凝集作用

水処理は利用した水の中に含まれている不純物を取り除いて再利用できるよう浄化を行う処理で金属・化学、食品、畜産などの産業分野で広く利用されている技術である。そのままでは沈降しない微細なコロイド粒子の表面電荷を中和して粒子同士を結合し、沈降できるフロック(コロイド粒子の塊)を形成する凝集作用により水分と分離する。表面電荷が中和された粒子はファンデルワールス結合により微細(マイクロ)フロックとなっているのでさらに吸着架橋作用のある高分子凝集剤を補助剤として用いて大きなフロックを形成し、沈降させたのち脱水させる。

1.2 凝集のポイントと課題

コロイド粒子に凝集剤を加えると隙間水のある小さなフロックとなるが凝集剤を加え過ぎると小さなフロックが隙間水を含んだまま寄り集まって粗大化フロックとなり沈みにくくなってしまったり、攪拌により破壊されてしまう。そのため、密度が高く、沈みやすい大きさのフロックができるように凝集剤の量を加減することが肝要となる。しかしながら攪拌による動きがあり、かつ凝集が連続的に進行し刻々と変化する状態の多数のフロックの大きさを正確に判定することは容易ではなく、水処理を行う企業では専門知識・経験のある作業者が目視により大きさの判定を行っている。また、人員不足などにより経験の浅い作業者が誤った判定をして凝集できないことがあるといった問題が発生している。そのため、熟練作業者がいない夜間休日では処理を行わない事業所もある。

これらの背景から本研究では水処理においてフロックの大きさの判定をリアルタイムに精度よく行うことができ、省力化に寄与できるシステムの構築を目的としている。

2. フロック計測方法の比較

フロックの粒径を計測する方法は表1に示すように各種方式が研究提案されている。今回、対象となる凝集槽の構造として試料を透過させるような構造は無いものの、観測窓を有する構造であったので観測窓近くにCMOSカメラを設置して撮影して判定を行う画像処理法を選択した。

3. 実験

3.1 撮影方法

凝集槽では常に攪拌されており、試料フロックは常に動いている。そのため、静止した状態で鮮明な画像を得ることが必要となる。このため照明を用いるとともにカメラ感度、シャッター速度などのパラメータの調整を行ったから撮影を行った。今回の環境ではシャッタースピードが1/250秒より高速であれば後工程で行う画像処理に耐えうる静止画を撮影することができた。またCMOSカメラで撮影された画像は1024×768画素のサイズであるが照明ムラが少なく画像処理に適した中央部の384×384画素を切り出して判定に用いた。

実験では凝集剤の量を加減することにより熟練作業者が見たフロックの大きさが過大(L, large)、適正(G, good)、過小(S, small)、微小(M, minute)となる4クラスの凝集状態を人為的に作り出して各状態において5秒間隔で連続して撮影を行った。撮影された画像は合計で451枚である。

表1 フロック計測方式の比較

方式	特徴
光度変動解析法	透過装置が必要
レーザ光散乱方式	小さなフロック向け
流動電流方式	懸濁度によらない
画像処理法	流速により高速撮影が必要

* 情報技術部

† イビデンエンジニアリング株式会社

撮影システムはリアルタイムに判定できるシステムの構築を考慮して汎用マイコンボード raspberry PI に CMOS カメラを接続して構築した。処理言語は Python、画像処理には OpenCV ライブラリを用いた。

3. 2 画像処理のアルゴリズム

撮影された画像からブロックの大きさを判定するアルゴリズムには様々な方法が検討、提案されているが計算時間や判定結果の説明がしやすいことを考慮して Watershed アルゴリズムを用いた輪郭検出による方法を選択した。Watershed アルゴリズムは撮影画像から輪郭を検出するもので複数の輪郭を同時に検出することができ、検出された輪郭から面積を算出したり、分布から統計情報を得ることができるという特徴がある。

3. 3 画像処理の結果

各クラスの画像サンプルを図1に示す。上段が撮影画像、下段が検出された輪郭を重ね合わせた判定画像で、左から L/G/S/M のクラスである。輪郭の数 (QTY) と面積平均 (AVE) を注目するパラメータとしてその分布をクラス別に箱ひげ図にしたものを図2に示す。箱ひげ図から分かるように各クラスの分布には重なりがあり、閾値を決めてクラス判定を行い、G のクラスの場合を陰性 (正常)、それ以外を陽性 (異常) と定義した時の正解率は輪郭数では 0.74、面積平均では 0.76 であった。

3. 4 統計処理 (移動多数決) による判定精度の向上

統計処理により正解率を向上することができないか検討を行った。多数決では次の 2 条件を満たせば改善が認められるとされている¹⁾。

- ・ 個々の識別子の識別精度 $p > 0.5$ であること
- ・ 識別子同士が十分に異なっている (多様である) こと

本事例ではブロックの状態は刻々と変化しており、インターバルで異なる複数の画像を取得することができ、この 2 条件を満足すると考えられることから連続した画像に基づく判定結果を時系列集合として多数決により精度の向上を検討する。具体的には判定時から過去に遡って多数決の数を要素の数とする判定結果の集合を構成して多数決を行う。この手法ではリアルタイムに集合の要素を更新して判定を行うことから移動多数決と呼ぶ。

時系列集合の要素数 n が 9 と 15 の二つの場合についてブロック数 (QTY) と面積平均 (AVE) について計算を行った結果を表2に示す。本事例では面積平均 (AVE) で要素数 15 としたケースで正解率が 0.86 かつ偽陰性数 FN が最も少なくなった。また感度 (検出率) は 0.98 であった。

4 まとめ

本報告では画像処理による凝集ブロックの計測におい

て移動多数決による判定を組み合わせた手法を提案し、実験により正解率を約 1 割向上させることができることを示した。更により正解率を高めるために撮影時間間隔と多数決集合の要素数の最適化のさらなる研究が必要である。

【参考文献】

- 1) 三上ら, “識別精度が一樣でない識別子の集合による多数決”, 情報処理北海道シンポジウム, 2014

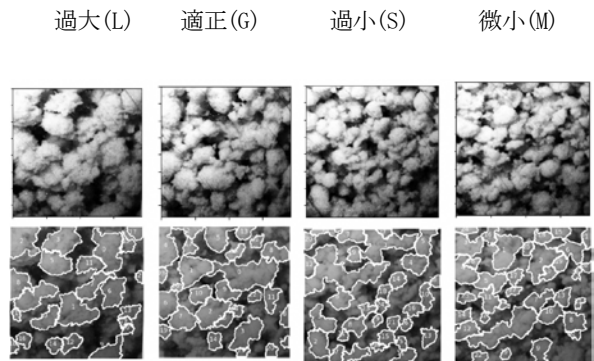
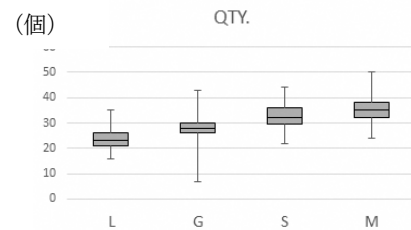
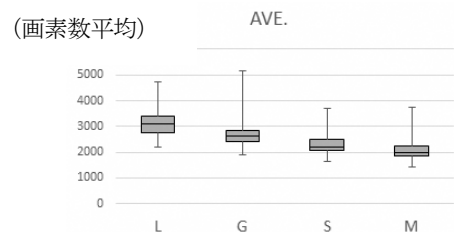


図1 各クラスの画像 (下段は判定画像)



(a) 個数



(b) 画素数平均

図2 クラス別の判定分布

表2 移動多数決の結果

	QTY n=9	AVE n=9	QTY n=15	AVE n=15
真陽性 TP	300	304	292	294
真陰性 TN	65	67	65	59
偽陽性 FP	50	48	44	50
偽陰性 FN	12	8	8	6
正解率	0.85	0.87	0.87	0.86