

活性汚泥の「顔」認証

～機械学習による活性汚泥の画像診断の試み～

北海道大学
大学院工学研究院
環境工学部門 助教

中屋 佑紀



北海道大学
大学院工学研究院
環境工学部門 教授

佐藤 久



1 はじめに

パソコンやスマートフォンのロックの解除、国際空港の入出国ゲートなどで顔認証技術を利用した経験のある人は多いだろう。人工知能(AI)が、人間の目ではわからないレベルのわずかな顔の違いをも認識し、一瞬で判断を下す。顔認証技術を使えば、経験の浅い店員でもたくさんの客のなかから常連のお得意様にすぐに気づくことができる。AIを利用するメリットは、使用者の経験を問わない客観性と、判断の速度である。

標準活性汚泥法は、廃水処理において生物による浄化を行う方法の1つである。微生物の塊である「活性汚泥」を使い廃水中の有機物を分解し、微生物が増殖することで汚水を浄化する。活性汚泥が最終的に最終沈殿池において廃水中に残留している微小な浮遊物や微生物とともに沈殿することで、クリーンな上澄み(終沈出水)を得ることができる。筆者らの研究グループは、活性汚泥の拡大画像を光学顕微鏡に比べて安価なデジタル顕微鏡により取得しAIを活用して機械学習により分析することに成功している^{1,2)}。本稿では、これらの技術の概要と、将来の展望について述べる。

2 活性汚泥画像の大量取得

新入りの店員に常連のお得意様の顔を覚えさせる、という場面を想像してみしてほしい。まずは、たくさんの客との対応のなかで、この人は常連、この人は常連ではない、というふうに入店店員の横に着いて教えていく必要がある。勤の良い店員なら、服装や荷物の特徴から、日常的に近くで生活している客(常連になる可能性が高い)なのか、出張などで一時的にそのエリアに来ている客(1回しか来ない可能性が高い)なのか、推測できるようにってくるかもしれない。

このように、正解を先に教えておく機械学習のやり方は「教師あり学習」と呼ばれる。情報工学の用語で、「客の姿」は入力データ、「常連客／一見客の判断」は出力データ、入出力データの「正解」の組合せは教師データと呼ばれる。店員にせよ教師あり機械学習にせよ、経験を積み、すなわちたくさんの教師データがあれば、判断の精度が上がっていく。

筆者らの研究グループは、まず外見の異なる2種類の活性汚泥の拡大画像を見分ける画像分類の機械学習モデルを作成することを試みた。この際、

「この画像は沈降性の良い汚泥」「この画像は悪い汚泥」というように、沈降性の良し悪しをラベリングした教師データを大量に得る必要がある。そこで、光学顕微鏡に比べ安価に入手可能なデジタル顕微鏡に、自動XYステージを組み合わせ、活性汚泥を載せた1枚のプレパラートからカバーガラスのかかっている領域のほとんどを154枚に分割して撮影するシステムを開発した(図-1)^{1,2)}。プレパラートの作成から撮影完了までにかかる時間はおよそ5分であり、迅速に大量の教師データを取得することができる。

3 機械学習による画像分類

色が濃く圧密性が高いS下水処理場の活性汚泥の拡大画像1万2,609枚、色が薄く圧密性が低いE下水処理場の画像1万589枚に対し、それぞれ

「1」「0」の出力値をラベル付けして教師あり学習を行った。学習に使用した汚泥とは異なる日に採取したS下水処理場とE下水処理場の汚泥をさまざまな比率で混合し、その拡大画像を機械学習モデルに入力した。すると、S下水処理場100%の画像の出力値は1に近く、E下水処理場100%の画像の出力値は0に近くなった。それらを混合したものの拡大画像の出力値は、E下水処理場に対するS下水処理場の汚泥比率が下がるのに対応して1から0へと推移した(図-2)。人間の目では画像から汚泥の混合比率を推測することは困難であった。このように、外見に特徴的な違いがある活性汚泥の拡大画像を、人間の認識を越えた精度で分類することができた¹⁾。

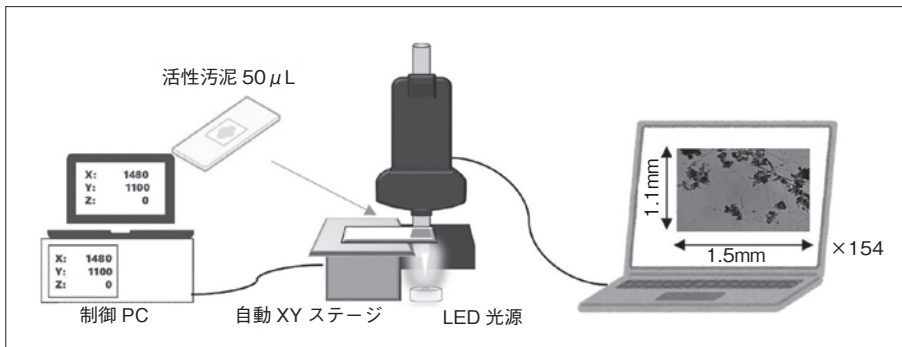


図-1 活性汚泥の拡大画像自動取得システムの概念図

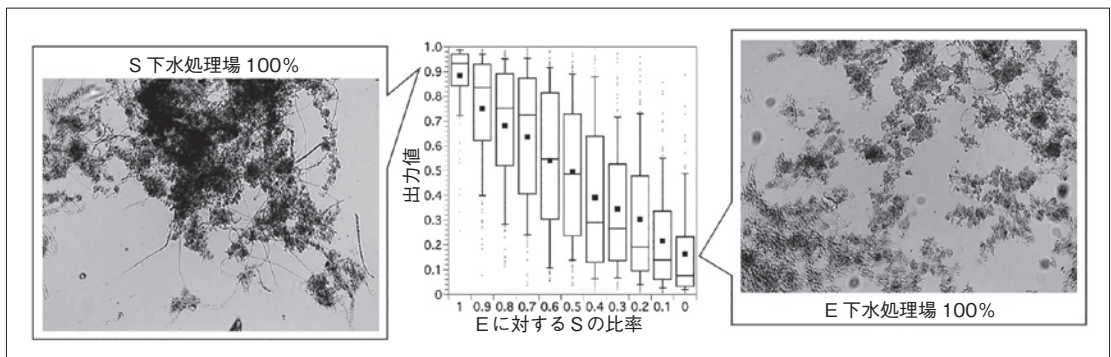


図-2 SおよびE下水処理場のみの活性汚泥の画像の一例と、それぞれの活性汚泥を混合したものの拡大画像を機械学習モデルに入力した際の出力値¹⁾