

明 細 書

発明の名称：

コンピュータプログラム、情報処理装置及び情報処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、コンピュータプログラム、情報処理装置及び情報処理方法に関する。

背景技術

[0002] 食品工場、化学工場等から排出される排水や公共下水の処理システムとして、活性汚泥法を用いた排水処理システムが広く適用されている。活性汚泥法を用いた排水処理システムにおいては、処理槽内に処理対象の排水を流入させつつ、この処理槽内に存在する多種類の好気性微生物（活性汚泥）に対して酸素を供給する曝気処理を行う。処理槽内の排水中に含まれる有機汚濁物が好気性微生物の作用によって分解されることにより、排水が浄化される。このような活性汚泥法を用いた排水処理システムの運転を管理するための技術が開示されている。

[0003] 例えば特許文献1には、センサによって測定された処理指標値に基づき算出された目標曝気量が曝気手段の最小曝気量を超える場合は、曝気手段による曝気量を目標曝気量とさせ、目標曝気量が最小曝気量以下の場合は、曝気手段による曝気量を目標曝気量に維持させるとともに、送水手段により原水を好気処理槽に供給させるようにすることで、処理水の水質を良好な状態に維持することができる排水処理システムが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-103113号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1に記載の排水処理システムでは、排水処理シス

テムに用いる微生物剤に関する情報を推定することができないという問題がある。活性汚泥法を用いた排水処理システムにおいては、排水の水質の向上等を図るため、微生物を含む微生物剤が添加される。排水の水質や水量は季節や日間によって大きく変化するため、排水の状態に応じた微生物剤を添加する必要がある。従来、微生物剤の添加条件の調整はオペレータの経験則に基づいて行われており、必ずしも適切な制御を実現するものではない。

[0006] 本開示の目的は、排水処理システムに用いる微生物剤に関する情報を適切に推定することができるコンピュータプログラム等を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一態様に係るコンピュータプログラムは、活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する処理をコンピュータに実行させる。

[0008] 本開示の一態様に係る情報処理方法は、活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルを、前記排水処理システムを制御するコンピュータにデプロイし、前記排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、デプロイ済みの前記モデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する。

[0009] 本開示の一態様に係る情報処理方法は、活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルを、各排水処理システムを制御する複数のコンピュータそれぞれにデプロイし、各排水処理システムで新たに得られた汚泥画像情報と、各排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報とを含むデータ群に基づき調整された各排水処理システムにおける各モデルのパラメータを前記複数のコンピュータそれぞれから収集し、収集した各モデルのパラメータに基づき前記モデルを連合学習し、連合学習後

のモデルを、前記複数のコンピュータそれぞれにデプロイする。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、排水処理システムに用いる微生物剤に関する情報を適切に推定することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施形態に係る管理システムの概要図である。

[図2]情報処理装置の構成を示すブロック図である。

[図3]制御装置の構成を示すブロック図である。

[図4]学習モデルの概要を示す説明図である。

[図5]情報処理装置が実行する処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図6]第2実施形態の学習モデルの概要を示す説明図である。

[図7]第2実施形態の情報処理装置が実行する処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図8]第3実施形態の学習モデルの概要を示す説明図である。

[図9]第3実施形態の情報処理装置が実行する強化学習に関する処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図10]第4実施形態の学習モデルの概要を示す説明図である。

[図11]第5実施形態の管理システムの構成を示す図である。

[図12]第5実施形態の管理システムが実行する処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図13]第6実施形態の情報処理装置が実行する処理手順の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 本開示をその実施の形態を示す図面を参照して具体的に説明する。

[0013] (第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る管理システム100の概要図である。管理システム100は、情報処理装置1を主たる装置として備える。情報処理装置1は、インターネット等のネットワークNを介し複数の排水処理システム2

それぞれと通信可能に接続されている。排水処理システム 2 は、活性汚泥法による排水処理を行うシステムである。本実施形態の管理システム 100 は、排水処理システム 2 の運転管理を最適化するものである。排水処理システム 2 の数は 1 又は 3 以上であってもよい。情報処理装置 1 は、いずれかの排水処理システム 2 に統合されていてもよい。

[0014] 情報処理装置 1 は、種々の情報処理、情報の送受信が可能な装置であり、例えばサーバコンピュータ、パーソナルコンピュータ、量子コンピュータ等である。情報処理装置 1 は、例えば管理システム 100 により提供される管理サービスのサービス事業者により管理される。情報処理装置 1 は、各排水処理システム 2 における排水中の活性汚泥の状態を表す汚泥画像情報に基づいて、排水処理システム 2 の使用に適した微生物剤を推定する。情報処理装置 1 は、推定した微生物剤の情報を排水処理システム 2 へ提供する。

[0015] 排水処理システム 2 は、活性汚泥を用いて排水処理を行う排水処理装置 20 と、当該排水処理装置 20 の運転制御を行う制御装置 3 とを備える。排水処理装置 20 の用いる活性汚泥は、複合微生物系であり、例えば細菌、原生動物及び後生動物等の微生物を含む。排水処理システム 2 により処理される排水には、有機汚濁物が含まれている。排水は、例えば工場排水、公共下水等である。

[0016] 排水処理装置 20 は、処理槽 21 及び沈殿槽 22 を備える。処理槽 21 には、送水ライン 23a を通して排水（被処理水）が流入される。排水は、その一定量が連続的に処理槽 21 へ送水されてよい。

[0017] 処理槽 21 は、不図示の曝気手段を備え、処理槽 21 内に存在する活性汚泥により被処理水を好気処理する。処理槽 21 は、不図示のブローが供給する空気や酸素等の気体（エア）を用いて、処理槽 21 内に散気を行い、貯留されている活性汚泥を曝気する。活性汚泥中の好気性微生物は、溶存酸素を水中から取り込み、餌として取り入れた被処理水中の有機汚濁物を酸化分解する。処理槽 21 により処理された被処理水は、送水ライン 23b を通して沈殿槽 22 へ送水される。

[0018] 沈殿槽 22 は、処理槽 21 から送水される被処理水を所定時間静置し、活性汚泥を自然沈降させる。これにより、被処理水を上澄み液と活性汚泥とに固液分離させる。上澄み液は、送水ライン 23c を介して処理水として放流される。沈降した活性汚泥の一部は、返送ライン 23d を介して処理槽 21 へ返送され、循環使用される。活性汚泥の残部は、余剰汚泥としてライン 23e を介して系外へ引き抜かれる。余剰汚泥は、脱水や乾燥等が行われた後焼却して処分される、又は土壌改質剤や土木建築材料等へリサイクルされる等の処理が行われる。なお沈殿槽 22 は沈殿槽形式に限定されず、例えば膜分離装置等であってもよい。

[0019] 処理槽 21 には、槽内における活性汚泥を含む排水を撮像するカメラ 25 が設けられている。カメラ 25 は、撮像装置の一例である。カメラ 25 は、活性汚泥に含まれる各種微生物を高倍率で撮像可能な高倍率カメラであってもよい。カメラ 25 は、活性汚泥の状態を表す汚泥画像を生成する。汚泥画像は、静止画像又は複数のフレームの静止画像から構成される動画画像である。カメラ 25 の設置位置は処理槽 21 に限らず、例えば沈殿槽 22 であってもよい。カメラ 25 は、複数設けられていてもよい。カメラ 25 は、有線又は無線により制御装置 3 に接続されており、撮像した汚泥画像を制御装置 3 へ出力する。

[0020] 排水処理装置 20 にはさらに、排水処理装置 20 又は排水処理装置 20 内の排水、活性汚泥の状態を検出するセンサ 26 が設けられていてもよい。センサ 26 としては、例えば、温度を検出する温度計、流量を検出する流量計、pH を検出する pH 計、ORP (Oxidation Reduction Potential: 酸化還元電位) を検出する ORP 計、DO (Dissolved Oxygen: 溶存酸素) 濃度を検出する DO 計、MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids: 活性汚泥浮遊物質) 濃度を検出する MLSS 計、TOC (Total Organic Carbon: 全有機体炭素) を検出する TOC 計、アンモニア濃度を計測するアンモニア計、窒素濃度を計測する窒素計、リン濃度を計測するリン計等が挙げられる。センサ 26 は、複数設けられていてもよい。センサ 26 は、有線又は無線により制

御装置 3 に接続されており、検出により得た検出データを制御装置 3 へ出力する。

[0021] 排水処理装置 20 にはさらに、添加菌としての微生物を含む微生物剤を貯留するタンク 24 が設けられている。タンク 24 に貯留される微生物剤は、例えば不図示のポンプを用いて連続的に所定量ずつ処理槽 21 へ添加される。微生物剤の形態は液状に限らず、例えば製剤状、粉体状等であってもよい。微生物剤は、沈殿槽 22、送水ライン 23 a, 23 b、又は返送ライン 23 d において添加されてもよい。微生物剤は人手により添加される構成であってもよい。

[0022] 微生物剤に含まれる添加菌としては、例えば、汚泥分解菌、沈降性向上菌、悪臭物質分解菌、難分解物質分解菌等が挙げられる。汚泥分解菌とは、余剰汚泥につながる活性汚泥に対する分解能を有する菌を意味する。汚泥分解菌の添加により、余剰汚泥の生成率を低減し、余剰汚泥の発生を抑制（余剰汚泥を削減）する効果が期待される。沈降性向上菌とは、活性汚泥の沈降性を向上又は維持する効果を有する菌を意味する。沈降性向上菌の添加により、活性の沈降性を高め、沈殿槽 22 における固液分離を促進し、処理槽 21 へ返送される活性汚泥濃度を向上する効果が期待される。悪臭物質分解菌とは、排水中の悪臭物質に対する分解能を有する菌を意味する。悪臭物質分解菌の添加により、排水（処理水）の悪臭を低減し、水質を向上する効果が期待される。難分解物質分解菌とは、排水中の難分解性物質に対する分解能を有する菌を意味する。難分解物質分解菌の添加により、排水（処理水）の難分解物質を低減し、水質を向上する効果が期待される。添加菌は、1 種を単独で又は 2 種以上を組み合わせ用いてもよい。微生物剤は、例えば汚泥分解菌 X 1 のみを含有してもよく、汚泥分解菌 X 1、汚泥分解菌 X 2、及び沈降性向上菌 Y 1 を含有してもよい。

[0023] 排水処理装置 20 の構成は例示であり限定されるものではない。排水処理装置 20 は、例えば処理槽 21 の前に設けられる前処理槽、処理前沈殿槽等を備えてもよい。処理槽 21 は複数段により構成されてもよい。

- [0024] 制御装置 3 は、例えば排水処理装置 20 を含む工場内に設けられるローカルコンピュータである。制御装置 3 は、排水処理装置 20 に対して設定される運転条件に従い、排水処理装置 20 の運転を制御する。制御装置 3 はまた、カメラ 25 により撮像された汚泥画像及びセンサ 26 により検出された検出データを受け付け、受け付けた汚泥画像及び検出データを情報処理装置 1 へ送信する。制御装置 3 は、例えばルータ、ゲートウェイ等の不図示の中継装置を介して情報処理装置 1 に通信接続されてもよい。
- [0025] 本明細書において、運転条件は、排水処理装置 20 に対し直接的に設定される条件に加え、それら直接的に設定される項目に応じて間接的に設定される条件もその意味に含む。運転条件としては、例えば、原水の希釈量、排水処理装置 20 に流入する排水の流量（処理流量）、排水の全有機体炭素量、処理槽 21 における曝気量、活性汚泥浮遊物質濃度（以下、汚泥濃度とも記載する）、エア流量、ブロー回転数、沈殿槽 22 における返送流量、界面位置、汚泥引抜量等が挙げられる。
- [0026] 図 2 は、情報処理装置 1 の構成を示すブロック図である。情報処理装置 1 は、コンピュータであり、制御部 11、記憶部 12、及び通信部 13 を備える。情報処理装置 1 は複数のコンピュータからなるマルチコンピュータであってもよく、ソフトウェアによって仮想的に構築された仮想マシンであってもよい。
- [0027] 制御部 11 は、一又は複数の CPU（Central Processing Unit）、GPU（Graphics Processing Unit）等の演算処理装置を備える。制御部 11 は、内蔵する ROM（Read Only Memory）又は RAM（Random Access Memory）等のメモリ、クロック、カウンタ等を用い、各構成部を制御して処理を実行する。情報処理装置 1 の機能は、ソフトウェア的に実現してもよいし、一部又は全部を、例えば ASIC（Application Specific Integrated Circuit）、FPGA（Field Programmable Gate Array）等のハードウェアで実現してもよい。
- [0028] 記憶部 12 は、例えばハードディスク、フラッシュメモリ、SSD（Solid

State Drive) 等の不揮発性メモリを備える。記憶部 1 2 は、情報処理装置 1 に接続された外部記憶装置であってもよい。記憶部 1 2 は、制御部 1 1 が参照する各種コンピュータプログラム及びデータを記憶する。記憶部 1 2 は、汚泥画像情報に応じた微生物剤の推定に関する処理をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム 1 P と、当該コンピュータプログラム 1 P の実行に必要な学習モデル 1 2 1 とを記憶している。学習モデル 1 2 1 は、機械学習により生成されたモデルである。学習モデル 1 2 1 は、人工知能ソフトウェアの一部を構成するプログラムモジュールとしての利用が想定される。

[0029] コンピュータプログラム 1 P を含むコンピュータプログラム（コンピュータプログラム製品）は、当該コンピュータプログラムを読み取り可能に記録した非一時的な記録媒体 1 A により提供されてもよい。記憶部 1 2 は、不図示の読出装置によって記録媒体 1 A から読み出されたコンピュータプログラムを記憶する。記録媒体 1 A は、例えば磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリ等である。また、通信ネットワークに接続されている外部サーバからコンピュータプログラムをダウンロードし、記憶部 1 2 に記憶させてもよい。コンピュータプログラム 1 P は、単一のコンピュータプログラムでも複数のコンピュータプログラムにより構成されるものでもよく、また、単一のコンピュータ上で実行されても通信ネットワークによって相互接続された複数のコンピュータ上で実行されてもよい。

[0030] 通信部 1 3 は、ネットワーク N を介した通信を実現する通信デバイスを備える。制御部 1 1 は、通信部 1 3 を介して制御装置 3 との間でデータを送受信する。

[0031] 情報処理装置 1 の構成は上述の例に限定されず、例えばユーザの操作を受け付けるための操作部、画像を表示する表示部等を備えてもよい。

[0032] 図 3 は、制御装置 3 の構成を示すブロック図である。制御装置 3 は、制御部 3 1、記憶部 3 2、通信部 3 3、表示部 3 4、及び操作部 3 5 を備える。

[0033] 制御部 3 1 は、一又は複数の CPU、MPU、GPU 等の演算処理装置を

備える。制御部 11 は、内蔵する ROM 又は RAM 等のメモリ、クロック、カウンタ等を用い、各構成部を制御して処理を実行する。制御装置 3 の機能は、ソフトウェア的に実現してもよいし、一部又は全部を、例えば ASIC、FPGA 等のハードウェアで実現してもよい。

[0034] 記憶部 32 は、例えばハードディスク、フラッシュメモリ、SSD 等の不揮発性メモリを備える。記憶部 32 は、制御部 31 が参照する各種コンピュータプログラム及びデータを記憶する。記憶部 32 は、微生物剤の推定結果の受信に関する処理をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム 3P を記憶している。

[0035] コンピュータプログラム 3P を含むコンピュータプログラム（コンピュータプログラム製品）は、当該コンピュータプログラムを読み取り可能に記録した非一時的な記録媒体 3A により提供されてもよい。記憶部 32 は、不図示の読出装置によって記録媒体 3A から読み出されたコンピュータプログラムを記憶する。記録媒体 3A は、例えば磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリ等である。また、通信ネットワークに接続されている外部サーバからコンピュータプログラムをダウンロードし、記憶部 32 に記憶させてもよい。コンピュータプログラム 3P は、単一のコンピュータプログラムでも複数のコンピュータプログラムにより構成されるものでもよく、また、単一のコンピュータ上で実行されても通信ネットワークによって相互接続された複数のコンピュータ上で実行されてもよい。

[0036] 通信部 33 は、ネットワーク N を介した通信を実現する通信デバイスを備える。制御部 31 は、通信部 33 を介して情報処理装置 1 との間でデータを送受信する。

[0037] 表示部 34 は、例えば液晶ディスプレイ、有機 EL（Electro Luminescence）ディスプレイ等のディスプレイ装置を備える。表示部 34 は、制御部 31 からの指示に従い、情報処理装置 1 から受信した推定結果等を表示する。

[0038] 操作部 35 は、ユーザの操作を受け付けるインターフェースである。操作部 35 は、例えばキーボード、マウス、ディスプレイ内蔵のタッチパネルデバ

イス、スピーカ及びマイクロフォン等を備える。操作部３５は、ユーザからの操作入力を受け付け、操作内容に応じた制御信号を制御部３１へ送出する。

[0039] 図４は、学習モデル１２１の概要を示す説明図である。学習モデル１２１は、排水処理システム２の汚泥画像に関する汚泥画像情報を入力として、排水処理システム２に用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力する。学習モデル１２１は、例えばニューラルネットワーク（NN：Neural Network）である。本実施形態の学習モデル１２１は、微生物剤情報として、添加すべき微生物剤の種類及び量を出力する。

[0040] 学習モデル１２１は、汚泥画像情報が入力される入力層と、微生物剤の種類及び量を示す情報を出力する出力層と、特徴量を抽出する中間層（隠れ層）とを備える。中間層は、畳み込み層、プーリング層及び全結合層等を含んでもよい。中間層は、入力データの特徴量を抽出する複数のノードを有し、各種パラメータを用いて抽出された特徴量を出力層に受け渡す。入力層に汚泥画像情報が入力された場合、学習済みパラメータによって中間層で演算が行われ、出力層から、微生物剤の種類及び量を示す出力情報が出力される。

[0041] 学習モデル１２１の入力層へ入力される汚泥画像情報は、汚泥画像に関する情報である。本実施形態の汚泥画像情報は、汚泥画像における微生物の状態を表す各種特徴量を含む。ここで、微生物とは、例えば細菌、原生動物等の微生物そのものに加え、例えばフロックのような微生物の集合体もその意味を含む。

[0042] 図４に示す例にて、汚泥画像情報は、原生動物の状態、糸状性細菌の状態、及びフロックの状態を示す情報を含む。汚泥画像情報は、色の情報を含んでもよい。原生動物の状態は、汚泥画像に含まれる原生動物の種類及び数を含む。糸状性細菌の状態は、汚泥画像に含まれる糸状性細菌の数を含む。フロックの状態は、汚泥画像に含まれるフロックのサイズ及び／又は色を含む。

- [0043] 汚泥画像に基づき原生動物の種類及び数、糸状性細菌の数、並びにフロックのサイズ及び色を導出する方法は特に限定されないが、例えば各種画像解析手法を用いる。汚泥画像の画像解析を実行することにより、汚泥画像中に含まれる原生動物、糸状性細菌及びフロックそれぞれを抽出し、抽出結果に基づいて、原生動物の種類及び数、糸状性細菌の数及びフロックのサイズを特定することができる。
- [0044] 汚泥画像から各種微生物を抽出する場合、抽出対象毎に異なる解析手法を用いてもよい。例えば、対象が比較的大きいサイズの原生動物の場合、汚泥画像を入力として当該汚泥画像におけるオブジェクト（原生動物）の位置及び種類を出力する物体検出モデルを用いて、汚泥画像における原生動物を種類毎に検出することにより、各種原生動物の数を導出してもよい。対象が比較的小さいサイズの原生動物の場合、移動体検出の手法を用いて、動画像としての時系列の汚泥画像から移動体を検出することにより、汚泥画像における移動体としての原生動物の数を求めてもよい。
- [0045] 対象が糸状性細菌の場合、汚泥画像に対し2値化処理及びプロブ解析を実行することにより、汚泥画像における糸状性細菌の数を求めてもよい。具体的には、汚泥画像を2値化した画像におけるプロブ領域の特徴量（例えば、面積、円形度、高さとの比率、高さの最大値、幅の最大値等）が、予め設定される抽出条件を満たすものを糸状性細菌として検出し、検出した糸状性細菌の総数を求める。
- [0046] 対象がフロックの場合、汚泥画像に対し所定の方法により算出された閾値を用いて2値化処理を実行し、2値化画像におけるプロブ領域をフロックとして抽出することにより、フロックのサイズ（面積）を求めてもよい。フロックのサイズは、汚泥画像に含まれる複数個のフロックから得られる統計値（例えば面積の平均値、合計値、中央値等）を用いてもよい。又は、抽出したフロックの領域に対し、公知の色解析手法を用いて、フロックの色を求めてもよい。なお、対象となる微生物の種類毎に異なる汚泥画像を用いて、汚泥画像情報を導出してもよい。

- [0047] 学習モデル 1 2 1 には、上記原生動物の種類及び数、糸状性細菌の数、及びフロックのサイズを表す時系列データが入力されてもよい。また汚泥画像情報は、原生動物数、糸状性細菌数、及びフロックサイズの時系列データから得られる原生動物数の変化量、糸状性細菌数の変化量、及びフロックサイズの変化量を含んでもよく、原生動物数の変化傾向、糸状性細菌数の変化傾向、及びフロックサイズの変化傾向（例えば増加又は減少等）を含んでもよい。
- [0048] なお、上記汚泥画像情報は一例であり、汚泥画像情報としては、汚泥画像から得られる各種特徴量を用いることができる。また、汚泥画像情報は汚泥画像に基づく特徴量を含むものに限らず、汚泥画像そのものであってもよい。なお、汚泥画像情報は、原生動物の状態、糸状性細菌の状態、及びフロックの状態の少なくとも 1 つを含むものであってもよい。
- [0049] 学習モデル 1 2 1 の出力層は、微生物剤の種類及び当該微生物剤の添加量の推定結果を出力する。微生物剤の種類は、例えば微生物剤の名称により表される。微生物剤の添加量は、変更後の添加量であってもよく、添加量の変更量であってもよい。学習モデル 1 2 1 は、複数種の微生物剤それぞれにおける添加量の推定結果を出力するものであってもよい。推定すべき微生物剤の種類及び量に関する情報を得ることができれば、出力層の構成は特に限定されない。
- [0050] 学習モデル 1 2 1 は、過去の運転実績から得られた汚泥画像情報と、使用された微生物剤の種類及び量とが対応付けられた訓練データを用意し、当該訓練データを用いて未学習のニューラルネットワークを機械学習させることにより生成することができる。微生物剤の種類及び量の正解値は、例えば熟練のオペレータにより選択された添加条件を用いる。
- [0051] 以下、訓練データの内容例を示す。比較的大きいサイズの原生動物であるコルポダの増加は、アンモニア濃度の上昇に起因することが想定される。従って、コルポダの数が多い場合には、微生物剤の種類として難分解性物質分解菌を含む微生物剤が対応付けられる。糸状性細菌の増加には、微生物

剤の種類として汚泥分解菌を含む微生物剤が対応付けられる。また、糸状性細菌の増加は、溶存酸素濃度の低下に起因することが想定される。溶存酸素濃度の低下は処理槽または沈殿槽からの悪臭発生の原因になり得る。従って、糸状性細菌の数が多い場合には、微生物剤の種類として悪臭物質分解菌を含む微生物剤が対応付けられる。フロックのサイズの減少は、フロックの分散又は解体を意味している。従って、フロックのサイズが小さい場合には、微生物剤の種類として沈降性向上菌を含む微生物剤が対応付けられる。微生物剤の添加量は、処理槽 2 1 及び沈殿槽 2 2 の体積や処理流量に応じて適宜設定することができる。

[0052] 情報処理装置 1 は、訓練データに含まれる汚泥画像情報を学習モデル 1 2 1 の入力層に入力し、中間層での演算処理を経て、出力層から出力される微生物剤の種類及び量を取得する。情報処理装置 1 は、出力層から出力された微生物剤の種類及び量と、訓練データに含まれる微生物剤の種類及び量とを比較し、出力層から出力される微生物剤の種類及び量が正解値に近づくように、ニューロン間の重み（結合係数）等のパラメータを最適化する。パラメータの最適化の方法は特に限定されないが、例えば情報処理装置 1 は誤差逆伝播法を用いて各種パラメータの最適化を行う。学習が終了すると、情報処理装置 1 は、学習済みの学習モデル 1 2 1 として、学習済みの学習モデル 1 2 1 に関する定義情報を記憶部 1 2 に記憶する。このようにして、汚泥画像情報に対し微生物剤の種類及び量を適切に推定可能に学習された学習モデル 1 2 1 が構築される。

[0053] 学習モデル 1 2 1 は、情報処理装置 1 により生成され、学習されるものに限られない。学習モデル 1 2 1 は、外部サーバにて学習済みのモデルが情報処理装置 1 へ送信され、記憶部 1 2 に記憶されてもよい。

[0054] 学習モデル 1 2 1 の構成は図 4 に示す例に限られない。学習モデル 1 2 1 は、汚泥画像情報に対し、微生物剤の種類及び量を識別可能であればよい。学習モデル 1 2 1 は、例えば `Transformer`、`CNN` (Convolution Neural Network)、`RNN` (Recurrent Neural Network)、`SVM` (Support

t Vector Machine)、決定木等、その他の学習アルゴリズムに基づくモデルであつてもよい。

[0055] 図5は、情報処理装置1が実行する処理手順の一例を示すフローチャートである。以下のフローチャートにおける処理は、情報処理装置1の記憶部12に記憶するコンピュータプログラム1Pに従って制御部11によって実行される。制御部11は、例えばカメラ25により新たな汚泥画像が撮像される度、以下の処理を繰り返し実行する。

[0056] 情報処理装置1の制御部11は、排水処理システム2の汚泥画像を制御装置3から受信することにより、汚泥画像を取得する(ステップS11)。制御部11は、受信した汚泥画像を記憶部12に記憶する。汚泥画像には、制御装置3又は排水処理システム2を識別する識別情報が対応付けられている。ステップS11では制御部11は、記憶部12に記憶した汚泥画像を読み出すことにより、汚泥画像を取得してもよい。

[0057] 制御部11は、取得した汚泥画像に基づいて、各種画像解析手法を用いることにより、汚泥画像情報を導出する(ステップS12)。汚泥画像情報には、例えば汚泥画像における原生動物の種類及び数、糸状性細菌の数、及びフロックのサイズが含まれる。

[0058] 制御部11は、導出した汚泥画像情報を学習モデル121に入力し(ステップS13)、学習モデル121から出力される微生物剤情報を取得する(ステップS14)。微生物剤情報には、微生物剤の種類を表す微生物剤名と、当該微生物剤の添加量とが含まれる。

[0059] 制御部11は、取得した微生物剤情報を制御装置3へ出力する(ステップS15)。制御部11は、例えば微生物剤情報の推定結果を示す画面情報を生成し、生成した画面情報を、汚泥画像に対応付けられた識別情報にて識別される制御装置3へ送信する。画面情報には、微生物剤情報とともに、汚泥画像から得られた汚泥画像情報、すなわち原生動物の種類及び数、糸状性細菌の数、及びフロックのサイズが含まれていてもよい。

[0060] 制御装置3の制御部31は、情報処理装置1から送信された画面情報を受

信し、受信した画面情報を表示部 3 4 に表示する。表示部 3 4 には、添加すべき一又は複数の微生物剤の名称及び当該微生物剤の添加量が表示される。オペレータは、表示部 3 4 に表示される微生物剤情報に基づき微生物剤の添加条件を決定し、操作部 3 5 により添加条件を制御装置 3 に設定する。制御装置 3 は、設定された添加条件に従い排水処理装置 2 0 を制御し、微生物剤を添加させる。

[0061] 上述の処理において、情報処理装置 1 は、汚泥画像の取得元である制御装置 3 以外の装置（例えばオペレータの用いるパーソナルコンピュータ）に微生物剤情報を出力してもよい。

[0062] また情報処理装置 1 は、取得した微生物剤情報に応じた微生物剤の添加指示を制御装置 3 へ送信してもよい。制御装置 3 は、情報処理装置 1 から受信した微生物剤の添加指示に従い、排水処理装置 2 0 に微生物剤を添加させる。上記構成によれば、微生物剤情報の推定から微生物剤の添加までを一連の処理として自動で実行することができる。

[0063] 情報処理装置 1 は、リアルタイムで上述の処理を実行することで、微生物剤の添加条件を随時調整することができ好ましいが、所定期間毎にまとめて推定処理を実行する構成であってもよい。

[0064] 本実施形態によれば、排水処理システム 2 を撮像した汚泥画像に基づいて、適切な微生物剤情報を推定し、ユーザに提示することができる。排水処理システム 2 における排水の水質や水量は日々変化するため、排水に含まれる活性汚泥を構成する微生物の生態系にも変化が生じる。多種類の微生物の集合体である活性汚泥の状態を把握し、微生物剤の添加条件を適切に調整することは容易ではない。本実施形態によれば、学習モデル 1 2 1 を用いることにより、精度よく微生物剤情報を推定できる。オペレータのスキルに依存することなく、適切な排水処理システム 2 の制御が可能となり、排水処理システム 2 の処理性を向上し、運転を安定化することができる。

[0065] 学習モデル 1 2 1 は、汚泥画像から得られた汚泥画像情報を入力要素とすることで、水質に大きく影響を及ぼす各種微生物の状態を加味して、精度よ

く微生物剤情報を推定することができる。

[0066] (第2実施形態)

第2実施形態では、学習モデル121の説明変数及び目的変数の詳細が第1実施形態と異なる。以下の各実施形態では、主に第1実施形態との相違点を説明し、第1実施形態と共通する構成については同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

[0067] 図6は、第2実施形態の学習モデル121の概要を示す説明図である。第2実施形態の学習モデル121は、排水処理システム2における污泥画像情報及び運転データを入力として、排水処理システム2に対する微生物剤情報及び運転条件を出力する。入力情報及び出力情報の内容が異なる以外、第2実施形態の学習モデル121の構成は、第1実施形態の学習モデル121と同様であるため詳細な説明を省略する。

[0068] 学習モデル121へ入力される運転データは、排水処理システム2の運転状態を表す情報である。運転データは、例えばセンサ26の検出データ、排水処理装置20に設定される運転条件の設定値等を含む。運転データは、検出データ及び／又は運転条件から算出される値を含んでもよい。運転データとしては、例えば、排水の温度、流量、pH、酸化還元電位、溶存酸素濃度、污泥濃度、全有機体炭素量、アンモニア濃度、窒素濃度、リン濃度、処理槽21の曝気量、污泥負荷等が挙げられる。污泥負荷は、排水のBOD又はTOCに対し流量を乗じた値を、処理槽21の污泥濃度で除算することにより得られる。図6に示す例にて、学習モデル121へ入力される運転データは、溶存酸素濃度、アンモニア濃度、pH、曝気量、及び污泥負荷を含む。

[0069] 学習モデル121から出力される運転条件には、第1実施形態で説明した運転条件のうちの一又は複数の運転条件及び当該運転条件の変更値が含まれる。変更値は、変更後の運転条件の設定値であってもよく、設定値の変更量であってもよい。図6に示す例にて、学習モデル121から出力される運転条件は、曝気量、処理流量、污泥濃度、及び原水の希釈量を含む。なお、第2実施形態の学習モデル121からの出力は、微生物剤情報のみであっても

よい。

- [0070] 学習モデル 121 は、第 1 実施形態と同様に、過去の運転実績から得られた汚泥画像情報及び運転データと、微生物剤情報及び運転条件とが対応付けられた訓練データを用いて機械学習することにより構築される。
- [0071] 図 7 は、第 2 実施形態の情報処理装置 1 が実行する処理手順の一例を示すフローチャートである。
- [0072] 情報処理装置 1 の制御部 11 は、排水処理システム 2 の汚泥画像及び運転データを取得する（ステップ S 21）。制御部 11 は、制御装置 3 を通じて、カメラ 25 により撮像された汚泥画像と、各種センサ 26 により検出された検出データと、制御装置 3 の保持する運転条件の設定値とを取得する。
- [0073] 制御部 11 は、第 1 実施形態のステップ S 12 と同様に、取得した汚泥画像に基づいて、汚泥画像情報を導出する（ステップ S 22）。
- [0074] 制御部 11 は、導出した汚泥画像情報及び取得した運転データを学習モデル 121 に入力し（ステップ S 23）、学習モデル 121 から出力される微生物剤情報及び運転条件を取得する（ステップ S 24）。制御部 11 は、取得した微生物剤情報及び運転条件を制御装置 3 へ出力し（ステップ S 25）、一連の処理を終了する。
- [0075] 制御装置 3 の制御部 31 は、情報処理装置 1 から受信した微生物剤情報及び運転条件を表示部 34 に表示する。制御部 31 は、情報処理装置 1 から受信した微生物剤情報及び運転条件に従い、自動で微生物剤の添加条件及び運転条件を設定し、排水処理装置 20 の運転を制御してもよい。
- [0076] 本実施形態によれば、汚泥画像情報に加えて、排水処理システム 2 の運転状態を考慮して微生物剤情報及び運転条件を推定することができる。排水処理システム 2 の運転状態に即した微生物剤情報及び運転条件を精度よく推定することができ、排水処理システム 2 の処理性がより向上される。また微生物剤に加えて運転条件を提示することで、排水処理システム 2 の運転管理をより好適に支援することができる。
- [0077] （第 3 実施形態）

第3実施形態では、強化学習により学習モデル121を学習する構成を説明する。

[0078] 図8は、第3実施形態の学習モデル121の概要を示す説明図である。第3実施形態の学習モデル121は、強化学習によって汚泥画像情報に応じた微生物剤情報を学習する。図8に示す例にて、学習モデル121は、深層ニューラルネットワークを有する強化学習モデルであり、DQN (Deep Q Network) である。学習モデル121は、状態sが入力された場合、複数の行動aそれぞれの行動価値を出力するニューラルネットワークモデルである。行動価値の高い行動aは、適切な微生物剤情報を表している。

[0079] 学習モデル121は、状態sが入力される入力層と、入力された状態sにおける行動aの行動価値Q (s, a) を出力する出力層と、状態sの特徴を抽出する中間層とを備える。

[0080] 学習モデル121へ入力される状態sは、上述した原生動物の種類及び数、糸状性細菌の数、及びフロックのサイズを含む汚泥画像情報が含まれる。

[0081] 学習モデル121の出力層は、複数の行動aにそれぞれ対応するノードを備える。各ノードは、ノードに対応する行動aに対する行動価値Q (s, a) を出力する。行動aは、微生物剤の種類及び添加量の組み合わせ値に対応する。学習モデル121から出力される行動価値に基づいて、行動価値が最大の行動ノードを選択することにより、汚泥画像情報に応じた微生物剤の種類及び量を得ることができる。

[0082] 情報処理装置1は、所定のデータ群を用いた深層強化学習により学習モデル121を生成する。強化学習では、汚泥画像情報を「状態」とし、微生物剤の種類及び量を「行動」とし、所要の「報酬」を算出して、Q値又はQ関数（行動価値関数）の値を学習する。

[0083] 行動価値関数の更新式は、下記式(1)で表される。

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha (R + \gamma \max_{a'} Q(s_{next}, a_{next}) - Q(s, a)) \cdots (1)$$

但し、

s : 状態

a : 状態 s で選択した行動

α : 学習係数

R : 行動の結果得られた報酬

γ : 割引率

$\max Q(s_next, a_next)$: 次状態で取り得る行動に対する行動価値 Q の最大値

[0084] 情報処理装置 1 は、上記式 (1) の右辺第 2 項がゼロに近づくように、例えば誤差逆伝播法によって、学習モデル 121 のパラメータを最適化することにより、学習モデル 121 を学習する。すなわち、報酬の期待値と現在の行動評価との誤差を 0 に近づけるように、学習モデル 121 のパラメータが更新される。

[0085] 情報処理装置 1 は、微生物剤の添加条件の変更前の污泥画像情報を状態 s とし、変更後の微生物剤の種類及び量を行動 a とし、報酬に基づく強化学習を行う。報酬は、例えば排水処理システム 2 の運転状況に対する評価結果を示す評価情報に基づき、情報処理装置 1 が自動的に算出する。

[0086] 評価情報は、排水処理システム 2 における余剰污泥の削減量、温室効果ガスの削減量、沈降性の向上度、バルキングの抑制度、薬剤の削減量、処理性の向上度、悪臭の低減度、水質の向上度、及び運転の安定度から選択される 1 又は複数の評価項目に対する評価結果を含んでもよい。情報処理装置 1 は、上記各評価項目の目標値と、実際の排水処理システム 2 の評価値との乖離が小さい程、大きい値となるように報酬を算出する。目標値と実際の評価値との乖離が大きい場合、報酬ゼロ又は負の報酬が与えられる。報酬を算出する演算式は特に限定されるものではない。

[0087] 情報処理装置 1 は、学習モデル 121 に入力される污泥画像情報と、各状態変数が入力されたときに出力される行動価値 Q と、算出した報酬とに基づいて、学習モデル 121 を学習させる。情報処理装置 1 は、上記式 (1) を用いて、報酬が最大になるように学習モデル 121 のパラメータを学習する

。

- [0088] なお学習モデル 1 2 1 の強化学習手法は限定されない。学習モデル 1 2 1 は、状態量と、行動価値とを対応付けたマップを用いて微生物剤情報を調整するように構成されてもよい。また、学習モデル 1 2 1 の強化学習においては、シミュレータや研究所などの小型の装置（ラボスケール）を用いて学習モデル 1 2 1 のパラメータを調整した後、パラメータ調整後の学習モデル 1 2 1 を実環境にデプロイしてもよい。
- [0089] 図 9 は、第 3 実施形態の情報処理装置 1 が実行する強化学習に関する処理手順の一例を示すフローチャートである。
- [0090] 情報処理装置 1 の制御部 1 1 は、学習モデル 1 2 1 のパラメータを初期値に設定する（ステップ S 3 1）。
- [0091] 制御部 1 1 は、制御装置 3 を介して、汚泥画像から得られる原生動物の種類及び数、糸状性細菌の数、及びフロックのサイズを含む汚泥画像情報を取得する（ステップ S 3 2）。汚泥画像情報は状態 s に対応する。
- [0092] 制御部 1 1 は、取得した汚泥画像情報に基づいて、微生物剤の種類及び量を含む微生物剤情報を決定する（ステップ S 3 3）。微生物剤情報は行動 a に対応する。制御部 1 1 は、状態 s で取り得る行動 a を選択する。
- [0093] 制御部 1 1 は、行動 a の結果得られる状態、すなわち、決定した微生物剤情報に従い微生物剤を添加した後に得られた汚泥画像に基づく汚泥画像情報を取得する（ステップ S 3 4）。詳細には、制御部 1 1 は、ステップ S 3 3 で決定した微生物剤情報を制御装置 3 に出力し、出力した微生物剤情報に従い微生物剤が排水処理システム 2 に添加された後の汚泥画像を取得することにより、当該汚泥画像に基づく汚泥画像情報を取得する。
- [0094] 制御部 1 1 は、決定した微生物剤情報に従い微生物剤を添加した後の排水処理システム 2 における評価情報を取得する（ステップ S 3 5）。評価情報は、排水処理システム 2 における各評価項目の測定又は評価を行うことにより得られる。
- [0095] 制御部 1 1 は、学習モデル 1 2 1 の強化学習処理を実行する（ステップ S

36)。詳細には、制御部11は、取得した評価情報に基づいて報酬Rを算出し、上記式(1)を用いて、現在のQ値が、次状態で取り得る行動の中で得られる最大の報酬になるように学習モデル121のパラメータを学習(更新)する。情報処理装置1は、必要に応じて、ステップS32からステップS35までを繰り返すループ処理を実行する。学習が終了すると、情報処理装置1は、学習済みの学習モデル121として、学習済みの学習モデル121に関する定義情報を記憶部12に記憶する。情報処理装置1は、例えばパラメータの更新を所定回数行った場合、学習を終了してもよい。

[0096] 第3実施形態の情報処理装置1は、強化学習により学習された上述の学習モデル121を用いて、汚泥画像情報に応じた微生物剤情報を推定する。学習モデル121を用いた推定処理の詳細は第1実施形態と同様である。

[0097] 本実施形態によれば、強化学習により学習モデル121を構築することができるため、訓練データの生成が不要となり、学習モデル121の構築に要する負担が低減される。多様な要因により状態が変化する排水処理システム2において、微生物剤の添加効果の評価尺度を規定することは容易ではない。本実施形態によれば、排水処理システム2の運転状態の評価を示す評価情報を用いることで、学習に用いる報酬を効率的に算出することができる。

[0098] (第4実施形態)

第4実施形態では、強化学習される学習モデル121の説明変数及び目的変数の詳細が第3実施形態と異なる。

[0099] 図10は、第4実施形態の学習モデル121の概要を示す説明図である。

第4実施形態の学習モデル121は、第3実施形態と同様にDQNである。第4実施形態の学習モデル121へ入力される状態sには、汚泥画像情報及び運転データが含まれる。学習モデル121の出力層における行動aには、微生物剤の種類及び量と、運転条件とが含まれる。なお、第4実施形態の学習モデル121の出力層における行動aは、微生物剤の種類及び量(微生物剤情報)のみを含む構成であってもよい。

[0100] 入力情報及び出力情報の内容が異なる以外、第4実施形態の学習モデル1

21の構成及び学習方法は、第3実施形態の学習モデル121と同様であるためその詳細な説明を省略するが、情報処理装置1は、上述した評価情報に基づき算出される報酬に基づいて、報酬が最大になるように学習モデル121を強化学習する。

[0101] 第4実施形態の情報処理装置1は、強化学習により学習された上述の学習モデル121を用いて、汚泥画像情報及び運転データに応じた微生物剤情報及び運転条件を推定する。学習モデル121を用いた推定処理の詳細は第2実施形態と同様である。

[0102] (第5実施形態)

第5実施形態では、学習モデルを制御装置3にデプロイする構成を説明する。

[0103] 図11は、第5実施形態の管理システム100の構成を示す図である。第5実施形態の情報処理装置1は、複数の排水処理システム2における制御装置3に通信接続されている。図11では、図面の簡略化のため、排水処理装置20や、情報処理装置1及び制御装置3の制御部等を省略している。

[0104] 図11に示すように、第5実施形態の管理システム100では、情報処理装置1にて生成及び学習された学習モデル121が、各制御装置3にデプロイされることにより、制御装置3の記憶部32に記憶されている。以下では、情報処理装置1に記憶される学習モデル121と区別するため、制御装置3の記憶部32に記憶される学習モデルを学習モデル321と記載する。以下では、一例として、学習モデル121が汚泥画像情報を入力として微生物剤情報を出力するものとして説明するが、本実施形態の学習モデル121は、上述の各実施形態で説明したうちのいずれの学習モデル121であってもよい。

[0105] 制御装置3は、自装置が制御する排水処理システム2から得られた汚泥画像等を用いて、各制御装置3において、学習モデル321を再学習することができる。

[0106] 図12は、第5実施形態の管理システム100が実行する処理手順の一例

を示すフローチャートである。図 1 2 のフローチャートにおける処理は、情報処理装置 1 の記憶部 1 2 に記憶するコンピュータプログラム 1 P に従って制御部 1 1 によって実行されるとともに、制御装置 3 の記憶部 3 2 に記憶するコンピュータプログラム 3 P に従って制御部 3 1 によって実行される。

[0107] 情報処理装置 1 の制御部 1 1 は、構築した学習済みの学習モデル 1 2 1 を制御装置 3 へ送信する（ステップ S 4 1）。

[0108] 制御装置 3 の制御部 3 1 は、情報処理装置 1 から学習モデル 3 2 1 を受信し、受信した学習モデル 3 2 1 を記憶部 3 2 に記憶する（ステップ S 4 2）。上述の処理により、学習モデル 3 2 1 が制御装置 3 にデプロイされる。

[0109] 制御部 3 1 は、排水処理システム 2 から得られた汚泥画像等を用いて学習モデル 3 2 1 を再学習することにより、学習モデル 3 2 1 を更新する（ステップ S 4 3）。教師あり学習を行う場合、制御部 3 1 は、排水処理システム 2 で新たに得られた汚泥画像に基づく汚泥画像情報と、排水処理システム 2 に用いる微生物剤に関する微生物剤情報とを含む訓練データを取得する。制御部 3 1 は、取得した訓練データに基づいて、学習モデル 3 2 1 をファインチューニングする。学習モデル 3 2 1 の学習手法の詳細は第 1 実施形態と同様である。

[0110] 制御部 3 1 は、ステップ S 4 4 ～ステップ S 4 7 にて、第 1 実施形態のステップ S 1 1 ～ステップ S 1 4 と同様の処理を実行することにより、更新後の学習モデル 3 2 1 を用いて微生物剤情報を推定する。

[0111] ステップ S 4 3 において、教師なし学習を行う場合、制御部 3 1 は、排水処理システム 2 で新たに得られた汚泥画像に基づく汚泥画像情報と、排水処理システム 2 に用いる微生物剤に関する微生物剤情報と、所定の評価項目の評価情報とを取得する。制御部 3 1 は、取得した評価情報に応じた報酬を用いて、当該報酬が高くなるよう学習モデル 3 2 1 を強化学習する。学習モデル 3 2 1 の学習手法の詳細は第 3 実施形態と同様である。

[0112] 管理システム 1 0 0 における制御装置 3 はそれぞれ、上述の処理を実行することにより、自装置にデプロイされた学習モデル 3 2 1 の各種パラメータ

を更新（調整）する。

[0113] 上述の処理において、訓練データの生成、報酬の算出処理は、情報処理装置 1 側で実行してもよい。

[0114] 本実施形態によれば、個々の排水処理システム 2 におけるデータを用いて学習モデル 3 2 1 を更新することができるため、排水処理システム 2 毎に学習モデル 3 2 1 をカスタマイズすることができ、学習モデル 3 2 1 の推定精度を高めることができる。

[0115] （第 6 実施形態）

第 6 実施形態では、各制御装置 3 にデプロイされた学習モデル 3 2 1 の更新パラメータに基づき、連合学習を行う構成を説明する。

[0116] 第 6 実施形態の管理システム 1 0 0 では、第 5 実施形態で説明したように、情報処理装置 1 にて生成及び学習された学習モデル 1 2 1 が、各制御装置 3 にデプロイされることにより、制御装置 3 の記憶部 3 2 に記憶されている。また、各制御装置 3 において学習モデル 3 2 1 のファインチューニング又は強化学習が実行されることにより、学習モデル 3 2 1 の各種パラメータが更新されている。

[0117] 図 1 3 は、第 6 実施形態の情報処理装置 1 が実行する処理手順の一例を示すフローチャートである。

[0118] 情報処理装置 1 の制御部 1 1 は、複数の制御装置 3 それぞれから、更新後の各学習モデル 3 2 1 のパラメータを取得する（ステップ S 5 1）。制御部 1 1 は、各学習モデル 3 2 1 に係るパラメータに基づいて、学習モデル 1 2 1 を連合学習し（ステップ S 5 2）、学習モデル 1 2 1 を更新する。連合学習では、個々のローカルコンピュータにより学習済みのパラメータをクラウド上の情報処理装置 1 にて集約して学習することで、学習モデル 1 2 1 の精度向上を図る。情報処理装置 1 は、例えば、各制御装置 3 から取得した複数のパラメータの単純平均の算出、精度の高い学習モデル 3 2 1 又は学習量の多い学習モデル 3 2 1 の重みを大きくするよう重み付けを行う重み付け平均の算出等により、連合学習を行う。

[0119] 制御部 11 は、更新後の学習モデル 121 を、複数の制御装置 3 それぞれに送信し（ステップ S53）、各制御装置 3 に更新後の学習モデル 121 をデプロイする。

[0120] 本実施形態によれば、管理システム 100 の運用を通じて、学習モデル 321 の推定精度を高めることができる。

[0121] 以上の実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

（付記 1）

活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、

排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する

処理をコンピュータに実行させるコンピュータプログラム。

（付記 2）

前記汚泥画像情報は、前記汚泥画像から得られる原生動物の状態、糸状性細菌の状態及びフロックの状態の少なくとも 1 つを含む

付記 1 に記載のコンピュータプログラム。

（付記 3）

前記微生物剤情報は、微生物剤の種類及び量を含む

付記 1 又は付記 2 に記載のコンピュータプログラム。

（付記 4）

前記排水処理システムにおける運転データを取得し、

排水処理システムの汚泥画像情報及び運転データを入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力する前記モデルに、取得した前記汚泥画像情報及び運転データを入力して前記微生物剤情報を出力する

付記 1 から付記 3 のいずれか 1 つに記載のコンピュータプログラム。

（付記 5）

排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報と、前記排水処理システムにおける運転条件とを出力する前記モデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報及び運転条件を出力する

付記 1 から付記 4 のいずれか 1 つに記載のコンピュータプログラム。

(付記 6)

前記排水処理システムの運転状況の評価結果を示す評価情報を取得し、取得した前記評価情報に応じた報酬を用いて、前記報酬が高くなるよう前記モデルを強化学習する

付記 1 から付記 5 のいずれか 1 つに記載のコンピュータプログラム。

(付記 7)

前記汚泥画像から得られる原生動物の状態、糸状性細菌の状態及びフロックの状態の少なくとも 1 つを含む前記汚泥画像情報を状態とし、微生物剤の種類及び量を含む微生物剤情報を行動として、前記評価情報に応じた前記報酬が高くなるよう前記モデルを強化学習する

付記 6 に記載のコンピュータプログラム。

(付記 8)

活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、

排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する

処理を実行する制御部を備える

情報処理装置。

(付記 9)

活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、

排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システム

に用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する

処理をコンピュータが実行する情報処理方法。

(付記 10)

活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルを、前記排水処理システムを制御するコンピュータにデプロイし、

前記排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、

デプロイ済みの前記モデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する

情報処理方法。

(付記 11)

前記排水処理システムで新たに得られた汚泥画像情報と、前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報とを含む訓練データを取得し

、

取得した前記訓練データに基づき前記モデルを調整する

付記 10 に記載の情報処理方法。

(付記 12)

前記排水処理システムの運転状況の評価結果を示す評価情報を取得し、

取得した前記評価情報に応じた報酬を用いて、前記報酬が高くなるよう前記モデルを強化学習する

付記 10 又は付記 11 に記載の情報処理方法。

(付記 13)

活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルを、各排水処理システムを制御する複数のコンピュータそれぞれにデプロイし、

各排水処理システムで新たに得られた汚泥画像情報と、各排水処理システ

ムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報とを含むデータ群に基づき調整された各排水処理システムにおける各モデルのパラメータを前記複数のコンピュータそれぞれから収集し、

収集した各モデルのパラメータに基づき前記モデルを連合学習し、
連合学習後のモデルを、前記複数のコンピュータそれぞれにデプロイする
情報処理方法。

[0122] 今回開示した実施の形態は、全ての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。各実施例にて記載されている技術的特徴は互いに組み合わせることができ、本発明の範囲は、請求の範囲内での全ての変更及び請求の範囲と均等の範囲が含まれることが意図される。

各実施形態に示すシーケンスは限定されるものではなく、矛盾の無い範囲で、各処理手順はその順序を変更して実行されてもよく、また並行して複数の処理が実行されてもよい。各処理の処理主体は限定されるものではなく、矛盾の無い範囲で、各装置の処理を他の装置が実行してもよい。

[0123] 各実施形態に記載した事項は相互に組み合わせることが可能である。また、請求の範囲に記載した独立請求項及び従属請求項は、引用形式に関わらず全てのあらゆる組み合わせにおいて、相互に組み合わせることが可能である。さらに、請求の範囲には他の2以上のクレームを引用するクレームを記載する形式（マルチクレーム形式）を用いているが、これに限るものではない。マルチクレームを少なくとも一つ引用するマルチクレーム（マルチマルチクレーム）を記載する形式を用いて記載してもよい。

符号の説明

[0124] 100 管理システム
1 情報処理装置
11 制御部
12 記憶部
13 通信部
121 学習モデル

1 P コンピュータプログラム

1 A 記録媒体

2 排水処理システム

3 制御装置

3 1 制御部

3 2 記憶部

3 3 通信部

3 4 表示部

3 5 操作部

3 P コンピュータプログラム

3 A 記録媒体

3 2 1 学習モデル

請求の範囲

- [請求項1] 活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、
- 排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する処理をコンピュータに実行させるコンピュータプログラム。
- [請求項2] 前記汚泥画像情報は、前記汚泥画像から得られる原生動物の状態、糸状性細菌の状態及びフロックの状態の少なくとも1つを含む請求項1に記載のコンピュータプログラム。
- [請求項3] 前記微生物剤情報は、微生物剤の種類及び量を含む請求項1又は請求項2に記載のコンピュータプログラム。
- [請求項4] 前記排水処理システムにおける運転データを取得し、
- 排水処理システムの汚泥画像情報及び運転データを入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力する前記モデルに、取得した前記汚泥画像情報及び運転データを入力して前記微生物剤情報を出力する請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のコンピュータプログラム。
- [請求項5] 排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報と、前記排水処理システムにおける運転条件とを出力する前記モデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報及び運転条件を出力する請求項1から請求項4のいずれか1項に記載のコンピュータプログラム。
- [請求項6] 前記排水処理システムの運転状況の評価結果を示す評価情報を取得し、
- 取得した前記評価情報に応じた報酬を用いて、前記報酬が高くなる

よう前記モデルを強化学習する

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のコンピュータプログラム。

[請求項7] 前記汚泥画像から得られる原生動物の状態、糸状性細菌の状態及びフロックの状態の少なくとも 1 つを含む前記汚泥画像情報を状態とし、微生物剤の種類及び量を含む微生物剤情報を行動として、前記評価情報に応じた前記報酬が高くなるよう前記モデルを強化学習する

請求項 6 に記載のコンピュータプログラム。

[請求項8] 活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、

排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する

処理を実行する制御部を備える

情報処理装置。

[請求項9] 活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、

排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する

処理をコンピュータが実行する情報処理方法。

[請求項10] 活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルを、前記排水処理システムを制御するコンピュータにデプロイし、

前記排水処理システムの汚泥画像に関する汚泥画像情報を取得し、

デプロイ済みの前記モデルに、取得した前記汚泥画像情報を入力して微生物剤情報を出力する

情報処理方法。

[請求項11] 前記排水処理システムで新たに得られた汚泥画像情報と、前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報とを含む訓練データを取得し、

取得した前記訓練データに基づき前記モデルを調整する

請求項10に記載の情報処理方法。

[請求項12] 前記排水処理システムの運転状況の評価結果を示す評価情報を取得し、

取得した前記評価情報に応じた報酬を用いて、前記報酬が高くなるよう前記モデルを強化学習する

請求項10又は請求項11に記載の情報処理方法。

[請求項13] 活性汚泥法を用いた排水処理システムの汚泥画像情報を入力した場合に前記排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報を出力するモデルを、各排水処理システムを制御する複数のコンピュータそれぞれにデプロイし、

各排水処理システムで新たに得られた汚泥画像情報と、各排水処理システムに用いる微生物剤に関する微生物剤情報とを含むデータ群に基づき調整された各排水処理システムにおける各モデルのパラメータを前記複数のコンピュータそれぞれから収集し、

収集した各モデルのパラメータに基づき前記モデルを連合学習し、

連合学習後のモデルを、前記複数のコンピュータそれぞれにデプロイする

情報処理方法。