

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年1月30日(30.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/021689 A1

- (51) 国際特許分類:
C02F 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/028153
- (22) 国際出願日: 2018年7月26日(26.07.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:今村 英二(IMAMURA, Eiji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 佐藤 祐樹(SATO, Yuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 吉田航(YOSHIDA, Wataru); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 野田 清治(NODA, Seiji); 〒1008310

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 上野 洋平(UENO, Yohei); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 安永 望(YASUNAGA, Nozomu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 若松 剛(WAKAMATSU, Go); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 霜田健太(SHIMODA, Kenta); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 川田 卓嗣(KAWADA, Takushi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

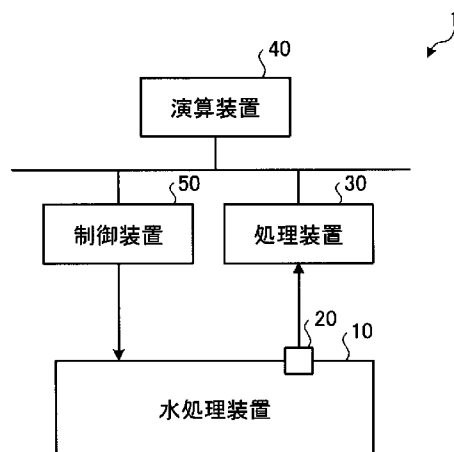
(74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: WATER TREATMENT PLANT AND METHOD FOR OPERATING WATER TREATMENT PLANT

(54) 発明の名称: 水処理プラントおよび水処理プラントの運転方法

[図1]



- 10 Water treatment device
30 Treatment device
40 Arithmetic operation device
50 Control device

(57) Abstract: This water treatment plant (1) that performs water treatment using a water treatment device (10) includes an imaging device (20), a treatment device (30), and a control device (50). The imaging device (20) images a water treatment environment of the water treatment device (10) and outputs image data obtained by the imaging. The treatment device (30) causes an arithmetic operation device (40) to perform an arithmetic operation on the image data output from the imaging device (30) as input data of one or more calculation models, the arithmetic operation device (40) performing an arithmetic operation using one or more calculation models generated by machine learning. The control device (50) controls the water treatment device (10) on the basis of output information output from the arithmetic operation device (40) by the arithmetic operation.

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 水処理装置 (10) を用いて水処理を行う水処理プラント (1) は、撮像装置 (20) と、処理装置 (30) と、制御装置 (50) とを備える。撮像装置 (20) は、水処理装置 (10) の水処理環境を撮像し、撮像して得られる画像データを出力する。処理装置 (30) は、機械学習によって生成される1以上の計算モデルを用いた演算を行う演算装置 (40) に、撮像装置 (30) から出力される画像データを1以上の計算モデルの入力データとして演算を実行させる。制御装置 (50) は、演算の実行によって演算装置 (40) から出力される出力情報に基づいて、水処理装置 (10) を制御する。

明 細 書

発明の名称： 水処理プラントおよび水処理プラントの運転方法 技術分野

[0001] 本発明は、上水または下水などの水処理を行う水処理プラントおよび水処理プラントの運転方法に関する。

背景技術

[0002] 水処理プラントでは、環境変化に応じて制御目標値を変更しつつ、水処理制御が行われている。例えば、季節の温度差、流入水の流量、流入水の水質などの水処理環境の変化に伴い制御目標値が変更されることで、水処理プラントにおいて水処理環境の変化に応じた水処理制御が行われている。

[0003] 制御目標値の変更は、オペレータが過去の経験などに基づいて行っており、専門性が要求される。特許文献1では、環境変化に応じた制御目標値の変更に対してオペレータの経験を反映できるように、下水処理装置の制御にA I (Artificial Intelligent) 装置を用いる技術が提案されている。かかる技術では、下水処理装置への流入水の流量、温度、B O D (Biochemical Oxygen Demand : 生物化学的酸素要求量)、および NH_4^+ などを検出する複数のセンサの検出値がA I 装置に入力され、かかるA I 装置の出力に基づいて下水処理装置が制御される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2004-25160号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述したような従来の水処理プラントでは、流入水における流量、温度、B O D、および NH_4^+ といった数値を指標としてA I 装置を用いた水処理制御が行われている。しかしながら上述したような従来の水処理プラントには、改善の余地が有る。例えば、上述したような従来の水処理プラントでは、

センサで検出される数値には表れないような水処理装置の水処理環境の変化に対しては、効果的な水処理制御を行うことができない虞がある。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、水処理環境の変化に対してより効果的な水処理制御を行うことができる水処理プラントを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明にかかる水処理プラントは、水処理装置を用いて水処理を行う水処理プラントであって、撮像装置と、処理装置と、制御装置とを備える。撮像装置は、水処理装置の水処理環境を撮像し、撮像して得られる画像データを出力する。処理装置は、機械学習によって生成される１以上の計算モデルを用いた演算を行う演算装置に、撮像装置から出力される画像データを１以上の計算モデルの入力データとして演算を実行させる。制御装置は、演算の実行によって演算装置から出力される情報に基づいて、水処理装置を制御する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、水処理環境の変化に対してより効果的な水処理制御を行い得る水処理プラントを提供することができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]実施の形態１にかかる水処理プラントの概略を示す図
[図2]実施の形態１にかかる水処理プラントの構成例を示す図
[図3]実施の形態１にかかる複数のセンサ群の構成例を示す図
[図4]実施の形態１にかかる処理装置の構成例を示す図
[図5]実施の形態１にかかる記憶装置に記憶されるデータテーブルの一例を示す図
[図6]実施の形態１にかかる演算装置の構成例を示す図
[図7]実施の形態１にかかる制御装置の構成例を示す図
[図8]実施の形態１にかかる処理装置の処理の一例を示すフローチャート
[図9]実施の形態１にかかる演算装置の処理の一例を示すフローチャート

[図10]実施の形態1にかかる制御装置の処理の一例を示すフローチャート

[図11]実施の形態1にかかる処理装置のハードウェア構成の一例を示す図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本発明の実施の形態にかかる水処理プラントおよび水処理プラントの運転方法を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる水処理プラントの概略を示す図である。図1に示すように、実施の形態1にかかる水処理プラント1は、水処理装置10と、撮像装置20と、処理装置30と、演算装置40と、制御装置50とを備える。演算装置40は、AI装置の一例である。

[0012] 水処理装置10は、例えば、上水または下水などの水処理を行う装置であり、水処理状態を制御するポンプまたはブロワなどの制御対象機器を備える。水処理装置10の一例としては、ポンプまたはブロワなどの制御対象機器を備える実施の形態1にかかる装置だけでなく、水処理プラントの沈砂池、最初沈殿池、污泥減容装置などを用いてもよい。

[0013] 制御装置50は、水処理装置10を制御する。撮像装置20は、水処理装置10の水処理環境を撮像し、撮像して得られる水処理環境の画像データを出力する。水処理装置10の水処理環境は、水処理装置10の内部にある水処理環境および水処理装置10の外部にある水処理環境の少なくとも一つを含む。処理装置30は、撮像装置20から画像データを取得する。

[0014] 処理装置30は、取得した画像データを入力データとする演算を演算装置40に実行させ、演算装置40の演算結果を演算装置40から取得する。演算装置40は、機械学習によって生成される計算モデルを有している。かかる計算モデルは、例えば、撮像装置20の画像データを入力し、制御対象機器の制御目標値の情報を出力する。制御目標値は、例えば、水処理装置10の水処理状態を制御するポンプまたはブロワなどの制御対象機器の制御量の目標値である。

- [0015] 演算装置40は、処理装置30から取得した画像データを入力データとする上述の計算モデルを用いた演算を行い、演算装置40の演算結果を含む情報を処理装置30へ出力する。処理装置30は、演算装置40から取得した情報を制御装置50へ出力する。制御装置50は、処理装置30から出力された情報に基づいて、水処理装置10を制御する。例えば、制御装置50は、演算装置40から出力される情報が制御対象機器の制御目標値の情報である場合、制御目標値を含む制御情報を水処理装置10の制御対象機器へ出力することで、水処理装置10を制御することができる。演算装置40は、例えば、人工知能等と呼ばれるAIであり、入力された画像データに基づく機械学習を介し、制御対象機器の好ましい制御目標値の推測に貢献する。
- [0016] このように、水処理プラント1では、水処理装置10の水処理環境の画像を新たな指標として演算装置40を用いて水処理制御を行うことができる。そのため、水処理プラント1では、例えば、水処理装置10の水処理環境の画像に基づいて水処理プラント1のオペレータが過去の経験または知識に基づいて行っていた水処理制御を、演算装置40を用いて行うことができ、効果的な水処理制御を行うことができる。
- [0017] 上記の実施の形態1では、処理装置30を介して撮像装置20の画像データを演算装置40へ出力し、演算装置40の演算結果を処理装置30に出力して制御装置50に対する制御を行う一例について説明した。しかしながら、本発明はこの一例に限定されない。例えば、処理装置30の機能を演算装置40および制御装置50の少なくとも一つに組み込んで処理装置30を省略するように変形してもよい。この変形例では、例えば、演算装置40および制御装置50の少なくとも一つと別体の処理装置30が省略可能となるため、装置構成の自由度が高まる効果が得られる。
- [0018] 以下、実施の形態1にかかる水処理プラント1について詳細に説明する。図2は、実施の形態1にかかる水処理プラントの構成例を示す図である。なお、以下においては、水処理装置10が行う水処理の一例として、下水処理について説明する。

- [0019] 図2に示すように、実施の形態1にかかる水処理プラント1は、上述した水処理装置10と、撮像装置20₁~20₃と、センサ群21₁~21₃と、処理装置30と、演算装置40と、制御装置50と、記憶装置61と、表示装置62と、入力装置63とを備える。なお、以下において、撮像装置20₁~20₃の各々を区別せずに示す場合、撮像装置20と記載し、センサ群21₁~21₃の各々を区別せずに示す場合、センサ群21と記載する場合がある。
- [0020] 処理装置30、演算装置40、制御装置50、記憶装置61、表示装置62、および入力装置63は、互いに通信ネットワーク64を介して通信可能に接続される。通信ネットワーク64は、例えば、LAN (Local Area Network)、WAN (Wide Area Network)、バス、または専用線である。
- [0021] 図2に示す水処理装置10は、下水を処理する下水処理装置である。かかる水処理装置10は、下水道などからの流入水である下水を貯留し、下水中の比較的沈みやすい固形物などを沈殿させる最初沈殿槽11と、最初沈殿槽11の上澄み水を好気処理する処理槽12と、処理槽12から流入する活性汚泥混合液を上澄み水と活性汚泥とに分離する最終沈殿槽13とを備える。最終沈殿槽13の上澄み水は処理水として最終沈殿槽13から放出される。
- [0022] 処理槽12において、最初沈殿槽11から流入する上澄み水は、有機物を含んでおり、例えば、りん蓄積菌、硝化菌、および脱窒菌といった好気性微生物の消化によって上澄み水に含まれる有機物が処理される。
- [0023] 水処理装置10は、さらに、処理槽12に空気を送り込んで活性汚泥混合液中に空気を溶解させるブロワ14と、最終沈殿槽13と処理槽12とを接続する配管に設けられ、最終沈殿槽13から処理槽12に活性汚泥を返送するポンプ15とを備える。ブロワ14およびポンプ15の各々は、上述した制御対象機器の一例であり、以下、ブロワ14とポンプ15とを互いに区別せずに示す場合、制御対象機器と記載する場合がある。
- [0024] 複数の撮像装置20₁、20₂、20₃は、水処理装置10の水処理環境であって互いに異なる被撮像対象となる水処理環境を撮像する。撮像装置20₁は、最初沈殿槽11内の被撮像対象となる水処理環境を撮像する。最初沈殿槽

11内の被撮像対象は、例えば、最初沈殿槽11の水の状態、泡の状態、または沈殿物の状態などである。

[0025] 撮像装置20₂は、処理槽12内の被撮像対象となる水処理環境を撮像する。処理槽12内の被撮像対象は、例えば、処理槽12の活性汚泥の状態、または水の状態などである。活性汚泥の状態は、例えば、活性汚泥の量または分布などを含む。なお、活性汚泥の状態は、例えば、各微生物の量であってもよい。

[0026] 撮像装置20₃は、最終沈殿槽13内の被撮像対象となる水処理環境を撮像する。最終沈殿槽13内の被撮像対象は、例えば、最終沈殿槽13の上澄み水の状態、または沈殿物の状態などである。なお、以下において、最初沈殿槽11、処理槽12、および最終沈殿槽13の各々を区別せずに示す場合、槽と記載する場合がある。撮像装置20が撮像する被撮像対象は、上述した例に限定されず、撮像装置20は、槽の内壁の状態、または槽の周囲の状態などを被撮像対象として撮像することもできる。なお、図2に示す撮像装置20₁、20₂、20₃は、水処理装置10の水処理環境として、水処理装置10内の状態または環境を撮像するが、図2に示す水処理装置10の外部の状態または環境を撮像する撮像装置を設けてよい。

[0027] 撮像装置20は、例えば、デジタルカメラ、またはデジタルマイクロスコープなどである。撮像装置20は、例えば、顕微鏡用のデジタルカメラであってもよい。この場合、撮像装置20は、槽内の水などを水処理プラント1のオペレータが顕微鏡に載置したときに、顕微鏡の画像を撮像することができる。なお、撮像装置20の数は、3つに限定されず、2つ以下であってもよく、4つ以上であってもよい。以下、水処理プラント1のオペレータを単にオペレータと記載する。

[0028] 複数のセンサ群21₁～21₃は、水処理装置10の水処理環境を示す各種の特性を検出する。例えば、センサ群21₁は、最初沈殿槽11への流入水の特性である流入水特性を検出する。センサ群21₂は、処理槽12の状態を示す処理槽内特性を検出する。センサ群21₃は、最終沈殿槽13から放出され

る処理水の特性である処理水特性を検出する。

[0029] 図3は、実施の形態1にかかる複数のセンサ群の構成例を示す図である。

図3に示すように、センサ群21₁は、流入水の流入量を検出する流量センサ22₁と、流入水のBODを検出するBODセンサ22₂と、流入水の温度を検出する水温センサ22₃と、流入水のNH₃の濃度を検出するNH₃センサ22₄とを含む。なお、センサ群21₁は、NH₃センサ22₄に代えてまたは加えて、流入水のNH₄⁺またはアンモニア性窒素濃度を検出するセンサを含む構成であってもよい。

[0030] センサ群21₂は、処理槽12における溶存酸素量を検出する溶存酸素量センサ23₁と、処理槽12における活性微生物濃度を検出する活性微生物濃度センサ23₂と、処理槽12におけるBODを検出するBODセンサ23₃とを含む。また、センサ群21₂は、さらに、アンモニア性窒素濃度、硝酸性窒素濃度、全窒素濃度、リン酸性リン濃度、または全リン濃度を各々検出する複数のセンサを含む。

[0031] センサ群21₃は、処理水の流出量を検出する流量センサ24₁と、処理水のBODを検出するBODセンサ24₂と、処理水の全窒素濃度を検出する全窒素濃度センサ24₃とを含む。

[0032] なお、センサ群21₁～21₃は、上述した被検出対象以外を被検出対象とするセンサを含んでもよく、また、上述した複数のセンサのうち一部を含まない構成であってもよい。以下、センサ群21₁～21₃における各センサが検出した数値のデータを数値データと記載する。また、画像データと数値データとを各々区別せずに示す場合、検出データと記載する場合がある。

[0033] 処理装置30は、撮像装置20から出力される画像データおよびセンサ群21から出力される数値データを取得し、取得した画像データおよび数値データを記憶装置61に記憶する。処理装置30は、撮像装置20から出力される画像データおよびセンサ群21から出力される数値データのうち選択したデータを入力データとして演算を演算装置40に実行させ、演算装置40の演算結果を含む情報を取得する。処理装置30は、演算装置40から出力

される情報を制御装置 50 へ送信し、また、演算装置 40 から出力される情報を記憶装置 61 に記憶する。

[0034] また、処理装置 30 は、撮像装置 20 から出力される画像データを表示装置 62 に表示することができる。オペレータは、例えば、表示装置 62 に表示された槽内の画像に基づいて、水処理装置 10 において槽内が将来的に好ましくない状態になる前兆が現われているか否かを判断することができる。なお、ここでの将来的とは、例えば、数時間先、または 1 日以上先を示す。

[0035] また、槽内が将来的に好ましくない状態とは、例えば、有機物の除去が不十分になる状態、窒素の除去が不十分になる状態、不図示の濾過膜が詰まりやすくなる状態などである。また、槽内が将来的に好ましくない状態になる前兆は、例えば、水処理を阻害する微生物が増加している状態、または水処理を行う微生物の分布が特定の分布になっている状態などである。実施の形態 1 にかかる水処理プラント 1 では、上記のような将来的に好ましくない状態になる前兆を撮像装置 20 による画像データに基づいて判断し得るようになる。そのため、数値データのみによる前兆判断と比較し、前兆判断の根拠に対する多様化、高精度化に貢献し得る。以下、槽内が将来的に好ましくない状態になる前兆を単に前兆と記載する場合がある。

[0036] オペレータは、表示装置 62 に表示された槽内の画像が上述した前兆を示していると判断した場合、入力装置 63 を操作することで、前兆を示す環境変化が生じているタイミングの画像データを学習用データとして演算装置 40 に含まれる計算モデルを生成したり更新したりすることができる。

[0037] 図 4 は、実施の形態 1 にかかる処理装置の構成例を示す図である。図 4 に示すように、処理装置 30 は、通信部 31 と、記憶部 32 と、制御部 33 とを備える。通信部 31 は、通信ネットワーク 64 に接続される。制御部 33 は、通信部 31 および通信ネットワーク 64 を介し、演算装置 40、制御装置 50、記憶装置 61、表示装置 62、および入力装置 63 の各々との間でデータの送受信を行うことができる。

[0038] 制御部 33 は、データ処理部 34 と、表示処理部 35 と、演算要求部 36

と、受付処理部 37 と、切替部 38 とを備える。データ処理部 34 は、撮像装置 20 から出力される画像データおよびセンサ群 21 から出力される数値データを繰り返し取得し、取得した画像データおよび数値データを記憶装置 61 に記憶する。

[0039] データ処理部 34 は、各撮像装置 20 から取得した画像データを時刻と関連付けて記憶装置 61 に記憶する。また、データ処理部 34 は、各センサから取得した数値データを時刻と関連付けて記憶装置 61 に記憶する。また、データ処理部 34 は、演算装置 40 から出力される情報を取得し、取得した情報を制御装置 50 に出力し、また、取得した情報を記憶装置 61 に記憶する。

[0040] 図 5 は、実施の形態 1 にかかる記憶装置に記憶されるデータテーブルの一例を示す図である。図 5 に示すデータテーブルには、時刻毎の画像データ、数値データ、および制御目標値が含まれる。図 5 において、画像データ $IM1(t0)$, $IM1(t1)$, $\dots$, $IM1(tm)$, $\dots$, $IM1(tn)$ は、撮像装置 20_1 の画像データである。また、画像データ $IM2(t0)$, $IM2(t1)$, $\dots$, $IM2(tm)$, $\dots$, $IM2(tn)$ は、撮像装置 20_2 の画像データである。

[0041] また、画像データ $IM3(t0)$, $IM3(t1)$, $\dots$, $IM3(tm)$, $\dots$, $IM3(tn)$ は、撮像装置 20_3 の画像データである。なお、 m および n は、自然数であり、 $n > m$ である。また、図 5 において、一つのセンサの数値データ $NU1(t0)$, $NU1(t1)$, $\dots$, $NU1(tm)$, $\dots$, $NU1(tn)$ のみを示しているが、残りのセンサの数値データもデータテーブルに含まれる。

[0042] また、図 5 に示すデータテーブルには、各時刻において処理装置 30 により制御装置 50 に出力された各制御対象機器の制御目標値の情報が含まれる。図 5 において、制御目標値 $RV1(t0)$, $RV1(t1)$, $\dots$, $RV1(tm)$, $\dots$, $RV1(tn)$ は、ブロワ 14 の制御目標値である。また、制御目標値 $RV2(t0)$, $RV2(t1)$, $\dots$, $RV2(t$

m), ..., RV2(t_n)は、ポンプ15の制御目標値である。

[0043] 図4に戻って制御部33の説明を続ける。表示処理部35は、データ処理部34で取得された画像データおよび数値データを表示装置62に表示する。また、表示処理部35は、オペレータの入力装置63への操作によって入力された情報を記憶装置61から取得して、取得した情報を表示装置62に表示することができる。

[0044] 演算要求部36は、データ処理部34で取得された画像データおよび数値データのうち、後述する選択条件を満たす計算モデルの入力に必要なデータを、通信ネットワーク64経由で演算装置40へ出力する。

[0045] 例えば、演算要求部36は、選択条件を満たす計算モデルが画像用計算モデルである場合、データ処理部34で取得された画像データを演算装置40へ出力する。また、演算要求部36は、選択条件を満たす計算モデルがセンサ用計算モデルである場合、データ処理部34で取得された数値データを演算装置40へ出力する。

[0046] また、演算要求部36は、選択条件を満たす計算モデルが画像用計算モデルおよびセンサ用計算モデルである場合、データ処理部34で取得された画像データおよび数値データを演算装置40へ出力する。なお、演算要求部36は、選択条件を満たす計算モデルの入力に必要なデータを記憶装置61から取得し、取得したデータを演算装置40へ出力することもできる。

[0047] 演算要求部36は、検出データを演算装置40へ出力することで、検出データを入力データとする演算を演算装置40に実行させる。データ処理部34は、演算装置40から出力される演算結果を示す情報を取得し、取得した情報を制御装置50へ出力する。演算装置40から出力される情報には、例えば、制御対象機器の制御目標値を含む制御情報が含まれており、制御装置50は、処理装置30から出力される情報に基づいて、水処理装置10に設けられた制御対象機器を制御することで、水処理装置10を制御する。

[0048] 受付処理部37は、オペレータによる入力装置63への操作に基づいて、演算装置40が有する複数の計算モデルを生成および更新するための画像デ

ータの選択を受け付ける。演算要求部 36 は、受付処理部 37 によって選択が受け付けられた画像データを記憶装置 61 から取得する。また、演算要求部 36 は、選択された画像データが取得された時刻に関連付けられた各制御対象機器の制御目標値の情報を記憶装置 61 から取得する。

[0049] 演算要求部 36 は、選択された画像データと制御対象データとを関連付けた学習データを演算装置 40 へ通信ネットワーク 64 経由で送信する。学習データにおいて、選択された画像データと関連付けられる制御対象データは、記憶装置 61 から取得された制御目標値と制御対象機器の種別を含むデータである。例えば、選択された画像データが図 5 に示す時刻 t_m の画像データ $IM1(t_m)$ 、 $IM2(t_m)$ 、 $IM3(t_m)$ である場合、制御対象データには、図 5 に示す制御目標値 $RV1(t_m)$ 、 $RV2(t_m)$ が含まれる。

[0050] 受付処理部 37 は、オペレータによる入力装置 63 への操作に基づいて、記憶装置 61 に記憶された時系列の画像データを選択するための期間の情報を受け付けることもできる。例えば、受付処理部 37 は、過去 1 年間の画像データを選択するための入力装置 63 への操作を受け付けることができる。

[0051] 演算要求部 36 は、受付処理部 37 によって受け付けられた期間に撮像装置 20 から出力された時系列の画像データを記憶装置 61 から取得する。また、演算要求部 36 は、受付処理部 37 によって受け付けられた期間において各制御対象機器に設定された時系列の制御目標値のデータを、記憶装置 61 から取得する。演算要求部 36 は、取得した時系列の画像データと時系列の制御目標値のデータとを含む学習用データを演算装置 40 へ通信ネットワーク 64 経由で送信する。

[0052] また、後述するように、画像用計算モデルが、例えば、上述した前兆を示す環境変化が生じているか否かの程度を示すスコアの情報を出力するリカレントニューラルネットワークである場合、オペレータは、正解データと不正解データを選択することができる。例えば、オペレータは、水処理装置 10 において上述した前兆が生じている状態で撮像装置 20 によって撮像された

画像データを正解データとして選択することができる。また、オペレータは、例えば、上述した前兆が生じていないタイミングで撮像装置 20 によって撮像された画像データを不正解データとして選択することができる。

[0053] 切替部 38 は、オペレータによる入力装置 63 への操作に基づき選択条件を変更する手動切替モードで動作することができる。例えば、切替部 38 は、動作モードが手動切替モードである状態で、受付処理部 37 によってオペレータによる選択条件の切替操作が受け付けられた場合、記憶部 32 に設定される選択条件を変更する。

[0054] また、切替部 38 は、自動的に選択条件を変更する自動切替モードで動作することもできる。例えば、切替部 38 は、動作モードが自動切替モードであり、かつ選択条件がセンサ用計算モデルに設定されている場合、第 1 切替条件を満たすか否かを判定する。切替部 38 は、第 1 切替条件を満たすと判定した場合、記憶部 32 に設定される選択条件をセンサ用計算モデルから画像用計算モデルに変更する。これにより、演算装置 40 で用いられる計算モデルが画像用計算モデルに変更される。

[0055] 例えば、切替部 38 は、複数のセンサ群 21 に含まれる特定の 1 以上のセンサの数値データで示される数値が予め設定された時間以上継続して予め設定された範囲外である場合に、第 1 切替条件を満たすと判定することができる。第 1 切替条件は、センサの検出結果の条件に限定されず、例えば、時間帯、季節、天候、またはそれ以外の条件であってもよい。

[0056] また、切替部 38 は、動作モードが自動切替モードであり、かつ画像用計算モデルが選択条件に設定されている場合、第 2 切替条件を満たすか否かを判定する。切替部 38 は、第 2 切替条件を満たすと判定した場合、記憶部 32 に設定される選択条件を画像用計算モデルからセンサ用計算モデルに変更する。これにより、演算装置 40 で用いられる計算モデルがセンサ用計算モデルに変更される。

[0057] 例えば、切替部 38 は、複数のセンサ群 21 に含まれる特定の 1 以上のセンサの数値データで示される数値が予め設定された時間以上継続して予め設

定された範囲内になった場合に、第2切替条件を満たすと判定することができる。第2切替条件は、センサの検出結果の条件に限定されず、例えば、時間帯、季節、天候、またはそれ以外の条件であってもよい。

[0058] なお、切替部38の動作モードは、オペレータによる操作に基づき変更することができる。また、切替部38は、センサ用計算モデルと画像用計算モデルとを交互に変更することもできる。例えば、切替部38は、第1期間T1は、センサ用計算モデルを設定し、第1期間T1と交互に到来する第2期間T2は、画像用計算モデルを設定することができる。なお、この場合、第2期間T2は、第1期間T1よりも短くすることで、数値による水処理制御を主として行いつつ、画像による水処理制御を行うことができる。

[0059] 次に、演算装置40について説明する。図6は、実施の形態1にかかる演算装置の構成例を示す図である。図6に示すように、演算装置40は、通信部41と、記憶部42と、制御部43とを備える。

[0060] 通信部41は、通信ネットワーク64に接続される。制御部43は、通信部41および通信ネットワーク64を介し、撮像装置20、処理装置30、制御装置50、記憶装置61、および入力装置63の各々との間でデータの送受信を行うことができる。

[0061] 記憶部42には、複数の計算モデルが記憶される。記憶部42に記憶される複数の計算モデルは、上述した画像用計算モデルとセンサ用計算モデルとを含む。

[0062] 画像用計算モデルは、例えば、複数の撮像装置20から出力される複数の画像データを入力とし、複数の制御対象機器の制御目標値を出力とする畳み込みニューラルネットワークである。畳み込みニューラルネットワークを用いることにより、一般的なニューラルネットワークを用いる場合と比較し、重みの共有によって画像データに対する学習が効率的に行われ、精度の高い結果取得が可能となる。なお、システム構築の多様性を考慮し、画像用計算モデルは、畳み込みニューラルネットワーク以外のニューラルネットワークであってもよい。

- [0063] センサ用計算モデルは、例えば、複数のセンサ群 $21_1 \sim 21_3$ に設けられた複数のセンサから出力される複数の数値データを入力とし、複数の制御対象機器の制御目標値を出力とするニューラルネットワークである。センサ用計算モデルは、画像用計算モデルである畳み込みニューラルネットワークとは異なり、数値データの演算に適したニューラルネットワークである。また、例えば、センサ用計算モデルは、線形回帰、ロジスティック回帰といった学習アルゴリズムで生成される計算モデルであってもよい。なお、センサ用計算モデルは、装置構成の自由度が高まるため、畳み込みニューラルネットワークであってもよい。
- [0064] 制御部 43 は、取得処理部 44 と、演算処理部 45 と、出力処理部 46 と、学習処理部 47 とを備える。取得処理部 44 は、通信ネットワーク 64 および通信部 41 を介して処理装置 30 からの検出データを取得する。処理装置 30 からの検出データは、上述したように、画像データ、数値データ、または画像データおよび数値データである。
- [0065] 演算処理部 45 は、取得処理部 44 で取得された検出データに対応する計算モデルを記憶部 42 から読み出し、読み出した計算モデルに検出データを入力して計算モデルを用いた演算を行うことで、計算モデルの出力を取得する。例えば、演算処理部 45 は、取得処理部 44 で取得された検出データが画像データである場合、画像用計算モデルに画像データを入力して画像用計算モデルを用いた演算を行い、画像用計算モデルの出力を取得する。
- [0066] また、演算処理部 45 は、取得処理部 44 で取得された検出データが数値データである場合、センサ用計算モデルに数値データを入力してセンサ用計算モデルを用いた演算を行い、センサ用計算モデルの出力を取得する。
- [0067] また、演算処理部 45 は、取得処理部 44 で取得された検出データが画像データおよび数値データである場合、画像用計算モデルとセンサ用計算モデルとを共に用いる。すなわち、演算処理部 45 は、画像データおよび数値データのうち画像データを画像用計算モデルに入力して画像用計算モデルを用いた演算を行い、画像用計算モデルから出力される情報を取得する。また、

演算処理部 4 5 は、画像データおよび数値データのうち数値データをセンサ用計算モデルに入力してセンサ用計算モデルを用いた演算を行いセンサ用計算モデルから出力される情報を取得する。

[0068] 出力処理部 4 6 は、演算処理部 4 5 において計算モデルを用いた演算によって取得された情報を演算装置 4 0 の出力情報として処理装置 3 0 へ通信部 4 1 から出力する。計算モデルから出力される情報は、上述した複数の制御対象機器の制御目標値の情報である。

[0069] なお、出力処理部 4 6 は、取得処理部 4 4 で取得された検出データが画像データおよび数値データである場合、センサ用計算モデルから出力される情報および画像用計算モデルから出力される情報のうち一つを選択して通信部 4 1 から処理装置 3 0 へ出力することができる。

[0070] 例えば、出力処理部 4 6 は、画像用計算モデルから出力される制御目標値とセンサ用計算モデルから出力される制御目標値との差が予め設定された値以上である場合に、画像用計算モデルから出力される制御目標値を選択して処理装置 3 0 へ出力する。また、出力処理部 4 6 は、画像用計算モデルから出力される制御目標値とセンサ用計算モデルから出力される制御目標値との差が予め設定された値未満である場合に、センサ用計算モデルから出力される制御目標値を選択して処理装置 3 0 へ出力する。

[0071] また、演算処理部 4 5 は、取得処理部 4 4 で取得された検出データが画像データおよび数値データである場合、センサ用計算モデルから出力される制御目標値と画像用計算モデルから出力される制御目標値との平均値を制御対象機器毎に演算することができる。出力処理部 4 6 は、演算処理部 4 5 によって演算された制御対象機器毎の制御目標値の平均値を含む制御情報を出力情報として出力することができる。

[0072] 画像用計算モデルは、上述した畳み込みニューラルネットワークに加え、リカレントニューラルネットワークを含む構成であってもよい。この場合、演算処理部 4 5 は、リカレントニューラルネットワークに撮像装置 2 0 で撮像された時系列の画像データを入力し、時間 T_a 後に撮像装置 2 0 で撮像さ

れると予測される画像のデータをリカレントニューラルネットワークから取得する。時間 T_a は、例えば、12時間以上の時間である。そして、演算処理部45は、時間 T_a 後に撮像装置20で撮像されると予測される画像のデータを畳み込みニューラルネットワークに入力し、畳み込みニューラルネットワークから出力される情報を取得する。

[0073] また、画像用計算モデルは、リカレントニューラルネットワークのみで構成されていてもよい。かかるリカレントニューラルネットワークは、例えば、撮像装置20で撮像された時系列の画像データを入力し、上述した前兆を示す環境変化が生じているか否かの程度を示すスコアの情報を出力とする。かかるリカレントニューラルネットワークは、前兆の種別毎に記憶部42に記憶される。記憶部42には、制御対象機器の種別と制御目標値とが互いに関連付けられた情報である制御情報が前兆の種別毎に記憶されている。かかる制御情報は、例えば、オペレータが入力装置63を操作して記憶部42に記憶することができる。

[0074] 演算処理部45は、前兆の種別毎のリカレントニューラルネットワークに撮像装置20で撮像された時系列の画像データを入力し、各リカレントニューラルネットワークから出力されるスコアの情報を取得することができる。演算処理部45は、スコアが閾値以上である前兆の種別に関連付けられた制御対象機器の種別と制御目標値を含む制御情報を記憶部42から取得する。また、演算処理部45は、スコアが閾値以上である前兆が複数種類あるとき、最も高いスコアの前兆の種別に関連付けられた制御対象機器の種別と制御目標値を含む制御情報を記憶部42から取得する。演算処理部45は、取得した制御対象機器の種別と制御目標値を含む制御情報を演算装置40の出力情報として処理装置30へ通信部41から出力する。

[0075] 学習処理部47は、処理装置30から出力される学習用データに基づいて、上述した画像用計算モデルを生成および更新することができる。学習処理部47は、生成または更新した画像用計算モデルを記憶部42に記憶する。

[0076] 例えば、画像用計算モデルが畳み込みニューラルネットワークを含む場合

、学習処理部47は、学習用データに含まれる画像データと制御対象データに基づいて、畳み込みニューラルネットワークの最適化を行うことで、画像用計算モデルを生成したり更新したりすることができる。

[0077] また、画像用計算モデルがリカレントニューラルネットワークを含む場合、学習処理部47は、時系列の画像データを含む学習用データに基づいて、リカレントニューラルネットワークの最適化を行うことで、画像用計算モデルを生成したり更新したりすることができる。

[0078] 演算装置40におけるニューラルネットワークは、人工ニューラルネットワークである。人工ニューラルネットワークは、入力信号の重み付き和を取り、活性化関数と呼ばれる非線形関数を適用して出力とするパーセプトロンを階層的に配置した計算モデルである。パーセプトロンの出力 out は、入力を $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 、重みを $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 、活性化関数を $f(\cdot)$ とし、かつ、 $*$ をベクトルの要素積として以下の式(1)により表すことができる。

[0079] $out = f(X * W) \dots (1)$

[0080] 畳み込みニューラルネットワークにおいて、パーセプトロンは画像に対応する2次元信号を入力にとり、入力の重み付き和を計算して次の層に渡す。活性化関数には、シグモイド関数またはReLU (Rectified Linear Unit) 関数が用いられる。

[0081] 人工ニューラルネットワークには、上述のパーセプトロンが階層的に配置されており、各層が入力信号を処理していくことで、識別結果が計算される。なお、最終層は、例えば、人工ニューラルネットワークにおけるタスクの種別が回帰タスクであれば活性化関数の出力をそのままタスクの出力とし、タスクの種別が分類タスクであれば最終層についてソフトマックス関数を適用し、タスクの出力とする。

[0082] 畳み込みニューラルネットワークの場合、2次元信号のマップとして人工ニューラルネットワークが構成される。2次元信号の各々がパーセプトロンに対応するとみなすことができ、前層の特徴マップに対し重み付き和を計算して活性化

関数を適用した結果を出力する。

[0083] 畳み込みニューラルネットワークにおいて、上述の処理は畳み込み演算と呼ばれ、このほかにプーリング処理を行うプーリング層が各層に挿入される場合がある。このプーリング層は、特徴マップに対して平均値演算または最大値演算を行うことによりダウンサンプリングを行う。

[0084] このような人工ニューラルネットワークの学習は、誤差逆伝播により行われるものであり、例えば、公知の確率的勾配降下法が用いられる。誤差逆伝播とは、人工ニューラルネットワークの出力誤差を最終層から順に前の層に向かって伝播させ、重みを更新させていく枠組みのことである。

[0085] 次に、図2に示す制御装置50について説明する。制御装置50は、ブロワ14およびポンプ15などを制御することで、水処理装置10を制御することができる。例えば、制御装置50は、ブロワ14を制御して活性汚泥混合液中に送り込む空気の量を調整することで、活性汚泥混合液中の溶在酸素濃度を制御することができる。また、制御装置50は、ポンプ15を制御することで、最終沈殿槽13から処理槽12に返送する活性汚泥の流量を調整する。

[0086] 図7は、実施の形態1にかかる制御装置の構成例を示す図である。図7に示すように、制御装置50は、通信部51と、記憶部52と、制御部53と、入出力部54とを備える。通信部51は、通信ネットワーク64に接続される。制御部53は、通信部51および通信ネットワーク64を介し、処理装置30との間でデータの送受信を行うことができる。

[0087] 制御部53は、入力処理部55と、ブロワ制御部56と、ポンプ制御部57とを備える。入力処理部55は、通信部51を介して、処理装置30から出力される制御情報を取得し、取得した制御情報を記憶部52に記憶する。記憶部52に記憶される制御情報は、ブロワ14の制御目標値と、ポンプ15の制御目標値とを含む。

[0088] ブロワ制御部56は、記憶部52に記憶されているブロワ14の制御目標値を読み出す。また、ブロワ制御部56は、溶存酸素量センサ23₁で検出さ

れる溶存酸素量を示す数値データを記憶装置 61 または溶存酸素量センサ 23₁ から取得する。ブロワ制御部 56 は、ブロワ 14 の制御目標値と取得した溶存酸素量とに基づいて、P I (Proportional Integral) 制御または P I D (Proportional Integral Differential) 制御によって制御信号を生成する。ブロワ制御部 56 は、生成した制御信号を入出力部 54 からブロワ 14 へ出力する。ブロワ 14 は、制御装置 50 の入出力部 54 から出力される制御信号に基づいて、処理槽 12 へ送り込む空気の量を調整する。

[0089] ポンプ制御部 57 は、記憶部 52 に記憶されているポンプ 15 の制御目標値を読み出す。また、ポンプ制御部 57 は、入出力部 54 を介して不図示のセンサから、最終沈殿槽 13 から処理槽 12 への活性汚泥の流量を示す数値データを取得する。ポンプ制御部 57 は、ポンプ 15 の制御目標値と取得した活性汚泥の流量とに基づいて、P I 制御または P I D 制御によって制御信号を生成する。ポンプ制御部 57 は、生成した制御信号を入出力部 54 からポンプ 15 へ出力する。ポンプ 15 は、制御装置 50 の入出力部 54 から出力される制御信号に基づいて、最終沈殿槽 13 から処理槽 12 への活性汚泥の流量を調整する。

[0090] つづいて、水処理プラント 1 の動作を、フローチャートを用いて説明する。図 8 は、実施の形態 1 にかかる処理装置の処理の一例を示すフローチャートであり、処理装置 30 の制御部 33 によって繰り返し実行される。

[0091] 図 8 に示すように、処理装置 30 の制御部 33 は、オペレータから選択条件の切替操作を受け付けたか否かを判定する（ステップ S 10）。制御部 33 は、選択条件の切替操作を受け付けたと判定した場合（ステップ S 10 : Y e s）、記憶部 32 に記憶されている選択条件を切替操作に応じた選択条件に変更することで、選択条件を切り替える（ステップ S 11）。

[0092] 制御部 33 は、ステップ S 11 の処理が終了した場合、または選択条件の切替操作を受け付けていないと判定した場合（ステップ S 10 : N o）、オペレータから画像データの選択を受け付けたか否かを判定する（ステップ S 12）。制御部 33 は、画像データの選択を受け付けたと判定した場合（ス

テップS 1 2 : Y e s) 、選択された画像データを含む学習用データを演算装置4 0へ出力する(ステップS 1 3)。

[0093] 制御部3 3は、ステップS 1 3の処理が終了した場合、または画像データの選択を受け付けていないと判定した場合(ステップS 1 2 : N o)、検出データを取得したか否かを判定する(ステップS 1 4)。制御部3 3は、検出データを取得したと判定した場合(ステップS 1 4 : Y e s)、動作モードが自動切替モードであるか否かを判定する(ステップS 1 5)。

[0094] 制御部3 3は、動作モードが自動切替モードであると判定した場合(ステップS 1 5 : Y e s)、自動切替処理を行う(ステップS 1 6)。ステップS 1 6において、制御部3 3は、センサ用計算モデルが選択条件に設定されている状態で、第1切替条件を満たすと判定した場合、画像用計算モデルを選択条件に設定する。また、制御部3 3は、画像用計算モデルが選択条件に設定されている状態で、第2切替条件を満たすと判定した場合、センサ用計算モデルを選択条件に設定する。

[0095] 制御部3 3は、ステップS 1 6の処理が終了した場合、または動作モードが自動切替モードではないと判定した場合(ステップS 1 5 : N o)、選択条件に対応する検出データを記憶装置6 1から取得し、取得した検出データを演算装置4 0へ出力する(ステップS 1 7)。ステップS 1 7において、選択条件に対応する検出データは、例えば、設定されている選択条件が画像用計算モデルである場合、画像データである。また、選択条件に対応する検出データは、設定されている選択条件がセンサ用計算モデルである場合、数値データである。

[0096] 次に、制御部3 3は、ステップS 1 7に応答して演算装置4 0から出力される出力情報を取得し(ステップS 1 8)、取得した出力情報を制御装置5 0へ出力する(ステップS 1 9)。かかる出力情報には、上述したように制御情報が含まれる。制御部3 3は、ステップS 1 9の処理が終了した場合、または検出データを取得していないと判定した場合(ステップS 1 4 : N o)、図8に示す処理を終了する。

[0097] 図9は、実施の形態1にかかる演算装置の処理の一例を示すフローチャートであり、演算装置40の制御部43によって繰り返し実行される。

[0098] 図9に示すように、演算装置40の制御部43は、処理装置30から検出データを取得したか否かを判定する（ステップS20）。制御部43は、検出データを取得したと判定した場合（ステップS20：Yes）、取得した検出データを計算モデルの入力として、計算モデルを用いた演算処理を実行し（ステップS21）、計算モデルの出力情報を処理装置30へ送信する（ステップS22）。

[0099] 制御部43は、ステップS22の処理が終了した場合、または検出データを取得していないと判定した場合（ステップS20：No）、学習用データを処理装置30から取得したか否かを判定する（ステップS23）。制御部43は、学習用データを処理装置30から取得したと判定した場合（ステップS23：Yes）、学習用データを用いて計算モデルの学習処理を実行する（ステップS24）。

[0100] 制御部43は、ステップS24の処理が終了した場合、または学習用データを取得していないと判定した場合（ステップS23：No）、図9に示す処理を終了する。

[0101] 図10は、実施の形態1にかかる制御装置の処理の一例を示すフローチャートであり、制御装置50の制御部53によって繰り返し実行される。

[0102] 図10に示すように、制御装置50の制御部53は、処理装置30から制御情報を取得したか否かを判定する（ステップS30）。制御部53は、制御情報を取得したと判定した場合（ステップS30：Yes）、取得した制御情報に基づいて制御対象機器を制御する（ステップS31）。制御部53は、ステップS31の処理が終了した場合、または制御情報を取得していないと判定した場合（ステップS30：No）、図10に示す処理を終了する。

[0103] 図11は、実施の形態1にかかる処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。図11に示すように、処理装置30は、プロセッサ101と、

メモリ１０２と、インタフェイス回路１０３とを備えるコンピュータを含む。

[0104] プロセッサ１０１、メモリ１０２およびインタフェイス回路１０３は、バス１０４によって互いにデータの送受信が可能である。通信部３１は、インタフェイス回路１０３によって実現される。記憶部３２は、メモリ１０２によって実現される。プロセッサ１０１は、メモリ１０２に記憶されたプログラムを読み出して実行することによって、データ処理部３４、表示処理部３５、演算要求部３６、受付処理部３７、および切替部３８の機能を実行する。プロセッサ１０１は、処理回路の一例であり、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＤＳＰ（Digital Signal Processer）、およびシステムＬＳＩ（Large Scale Integration）のうち一つ以上を含む。

[0105] メモリ１０２は、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、フラッシュメモリ、およびＥＰＲＯＭ（Erasable Programmable Read Only Memory）のうち一つ以上を含む。また、メモリ１０２は、コンピュータが読み取り可能な上述のプログラムが記録された記録媒体を含む。かかる記録媒体は、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルメモリ、光ディスク、コンパクトディスク、およびＤＶＤのうち一つ以上を含む。

[0106] また、処理装置３０の制御部３３が専用のハードウェアで実現される場合、制御部３３は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、またはこれらを組み合わせたものである。

[0107] また、演算装置４０も図１１に示すハードウェア構成と同様のハードウェア構成を有する。通信部４１は、インタフェイス回路１０３によって実現される。記憶部４２は、メモリ１０２によって実現される。プロセッサ１０１は、メモリ１０２に記憶されたプログラムを読み出して実行することによって、取得処理部４４、演算処理部４５、出力処理部４６、および学習処理部

47の機能を実行する。なお、制御部43が専用のハードウェアで実現される場合、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC、FPGA、またはこれらを組み合わせたものである。

[0108] また、制御装置50も図11に示すハードウェア構成と同様のハードウェア構成を有する。通信部51および入出力部54は、インタフェース回路103によって実現される。記憶部52は、メモリ102によって実現される。プロセッサ101は、メモリ102に記憶されたプログラムを読み出して実行することによって、入力処理部55、ブロワ制御部56、およびポンプ制御部57の機能を実行する。なお、制御部53が専用のハードウェアで実現される場合、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC、FPGA、またはこれらを組み合わせたものである。

[0109] 上述した例では、演算装置40から出力された情報は、処理装置30から制御装置50へ出力されるが、処理装置30を介さずに演算装置40から出力された情報を制御装置50へ直接入力させる構成であってもよい。

[0110] また、画像用計算モデルは、リカレントニューラルネットワークで構成される場合、水処理装置10において槽内が将来的に好ましくない状態になる前兆が生じているか否かの程度を示すスコアである前兆スコアの情報を前兆の種別毎に処理装置30へ出力することができる。この場合、処理装置30の表示処理部35は、取得した前兆の種別毎の前兆スコアを表示装置62に表示することができる。

[0111] また、上述した例では、画像用計算モデルの例として、画像データのみを入力データとする計算モデルを説明したが、画像用計算モデルは、画像データに加え数値データまたはその他のデータを入力データとする計算モデルであってもよい。

[0112] また、上述では、画像用計算モデルの一例として、複数の画像データを入力とし複数の制御目標値を出力とする畳み込みニューラルネットワークにつ

いて説明したが、画像用計算モデルは、上述した例に限定されない。例えば、画像用計算モデルとして制御目標値毎に畳み込みニューラルネットワークを設けることもできる。画像用計算モデルとして撮像装置 20 毎に畳み込みニューラルネットワークを設けることもできる。また、画像用計算モデルとして撮像装置 20 毎かつ制御対象機器毎に畳み込みニューラルネットワークを設けることもできる。

[0113] また、上述した例では、画像用計算モデルは、リカレントニューラルネットワークのみで構成される場合、制御対象機器の種別と制御目標値とが互いに関連付けられた情報である制御情報が前兆の種別毎に記憶されているが、かかる例に限定されない。例えば、演算装置 40 は、記憶装置 61 に記憶された時系列の画像データと時系列の制御目標値に基づいて機械学習を行ってリカレントニューラルネットワークの生成または更新をすることもできる。この場合、リカレントニューラルネットワークは、時系列の画像データから制御目標値を出力する。これにより、例えば、水処理プラント 1 において、槽内が将来的に好ましくない状態になる複数の前兆のうちオペレータによってまだ認識されていない前兆が生じている場合にも、効果的な水処理を行うことができる。

[0114] また、上述した例では、演算装置 40 を利用して制御される制御対象機器の例として、ブロワ 14 およびポンプ 15 を説明したが、演算装置 40 を利用して制御される制御対象機器は、ブロワ 14 およびポンプ 15 以外の機器を含んでもよい。

[0115] 以上のように、実施の形態 1 にかかる水処理プラント 1 は、水処理を行う水処理装置 10 と、撮像装置 20 と、処理装置 30 と、演算装置 40 と、制御装置 50 とを備える。撮像装置 20 は、水処理装置 10 の水処理環境を撮像し、撮像して得られる画像データを出力する。処理装置 30 は、機械学習によって生成される 1 以上の計算モデルを用いた演算を行う演算装置 40 に、撮像装置 20 から出力される画像データを 1 以上の計算モデルの入力データとして演算を実行させる。制御装置 50 は、演算の実行によって演算装置

40から出力される出力情報に基づいて、水処理装置10を制御する。そのため、水処理プラント1では、例えば、水処理装置10の水処理環境の画像に基づいて水処理プラント1のオペレータが過去の経験または知識に基づいて行っていた水処理制御を、演算装置40を用いて行うことができる。したがって、水処理環境の変化に対してより効果的な水処理制御を行うことができる。

[0116] また、1以上の計算モデルは、画像データを入力データとする畳み込みニューラルネットワークを含む。処理装置30は、畳み込みニューラルネットワークを用いた演算を演算装置40に実行させる。畳み込みニューラルネットワークは、画像用計算モデルの一例である。このように、画像データを入力データとする畳み込みニューラルネットワークを準備し、撮像装置20から出力される画像データに対して畳み込みニューラルネットワークを用いた演算を演算装置40に実行させることで、水処理装置10を精度よく制御することができる。

[0117] また、水処理プラント1は、水処理装置10の水処理環境を示す特性を検出し、検出した特性の数値データを出力するセンサを備える。演算装置40は、センサから出力される数値データを入力データとするセンサ用ニューラルネットワークを含む。センサ用ニューラルネットワークは、上述したセンサ用計算モデルの一例である。処理装置30は、センサ用ニューラルネットワークを用いた演算を演算装置40に実行させる。このように、水処理装置10の水処理環境を示す特性をセンサ2で検出し、検出した特性の数値データをセンサ2から出力し、センサ2から出力される数値データを入力データとするセンサ用ニューラルネットワークを準備し、センサ2から出力される数値データに対しセンサ用ニューラルネットワークを用いた演算を演算装置40に実行させることで、センサによる検出結果を用いて水処理装置10を制御することができる。

[0118] また、処理装置30は、畳み込みニューラルネットワークの使用とセンサ用ニューラルネットワークの使用とを切り替えて演算装置40に演算を実行

させる切替部 38 を備える。これにより、例えば、撮像装置 20 で撮像された画像を用いた水処理制御とセンサによる検出結果を用いた水処理制御とを状況に応じて切り替えることで、水処理装置 10 を精度よく制御することができる。

[0119] また、処理装置 30 は、撮像装置 20 によって撮像された複数の画像データの中から 1 以上の画像データの選択を受け付ける受付処理部 37 を備える。演算装置 40 は、受付処理部 37 によって受け付けられた 1 以上の画像データに基づいて、1 以上の計算モデルの機械学習を実行する。これにより、例えば、演算装置 40 が有する計算モデルを更新することができ、水処理装置 10 を精度よく制御することができる。

[0120] また、制御装置 50 は、水処理装置 10 に設けられた制御対象機器を比例積分制御または比例積分微分制御によって制御する。これにより、水処理装置 10 を精度よく制御することができる。

[0121] また、水処理装置 10 は、制御装置 50 の制御対象となる制御対象機器を備える。処理装置 30 は、演算装置 40 に演算を実行させて制御対象機器の制御目標値 RV1, RV2 を生成させる。制御装置 50 は、処理装置 30 が生成させた制御目標値 RV1, RV2 を出力情報として水処理装置 10 を制御する。これにより、水処理装置 10 に設けられた制御対象機器を精度よく制御することができる。

[0122] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0123] 1 水処理プラント、10 水処理装置、11 最初沈殿槽、12 処理槽、13 最終沈殿槽、14 ブロフ、15 ポンプ、20, 20₁, 20₂, 20₃ 撮像装置、21, 21₁, 21₂, 21₃ センサ群、22₁ 流量センサ、22₂ BODセンサ、22₃ 水温センサ、22₄ NH₃センサ、23₁ 溶存酸素量センサ、23₂ 活性微生物濃度センサ、23₃ BODセン

サ、 24_1 流量センサ、 24_2 BODセンサ、 24_3 全窒素濃度センサ、
30 処理装置、31, 41, 51 通信部、32, 42, 52 記憶部、
33, 43, 53 制御部、34 データ処理部、35 表示処理部、36
演算要求部、37 受付処理部、38 切替部、40 演算装置、44
取得処理部、45 演算処理部、46 出力処理部、47 学習処理部、5
0 制御装置、54 入出力部、55 入力処理部、56 ブロワ制御部、
57 ポンプ制御部、61 記憶装置、62 表示装置、63 入力装置、
64 通信ネットワーク。

請求の範囲

- [請求項1] 水処理装置を用いて水処理を行う水処理プラントにおいて、
前記水処理装置の水処理環境を撮像し、撮像して得られる画像データを出力する撮像装置と、
機械学習によって生成される1以上の計算モデルを用いた演算を行う演算装置に、前記撮像装置から出力される前記画像データを前記1以上の計算モデルの入力データとして前記演算を実行させる処理装置と、
前記演算の実行によって前記演算装置から出力される出力情報に基づいて、前記水処理装置を制御する制御装置と、
を備えることを特徴とする水処理プラント。
- [請求項2] 前記演算装置は、前記画像データを入力データとする畳み込みニューラルネットワークを前記計算モデルとして含み、
前記処理装置は、前記撮像装置が出力した前記画像データに対して前記畳み込みニューラルネットワークを用いた演算を前記演算装置に実行させる
ことを特徴とする請求項1に記載の水処理プラント。
- [請求項3] 前記水処理装置の水処理環境を示す特性を検出し、検出した特性の数値データを出力するセンサを備え、
前記演算装置は、前記センサから出力される数値データを入力データとするセンサ用ニューラルネットワークを含み、
前記処理装置は、
前記センサから出力される前記数値データに対して前記センサ用ニューラルネットワークを用いた演算を前記演算装置に実行させる
ことを特徴とする請求項2に記載の水処理プラント。
- [請求項4] 前記処理装置は、
前記畳み込みニューラルネットワークの使用と前記センサ用ニューラルネットワークの使用とを切り替えて前記演算装置に前記演算を実

行させる切替部を備える

ことを特徴とする請求項 3 に記載の水処理プラント。

[請求項5]

前記処理装置は、

前記撮像装置によって撮像された複数の画像データの中から 1 以上の画像データの選択を受け付ける受付処理部を備え、

前記演算装置は、

前記受付処理部が受け付けた前記 1 以上の画像データに基づいて、前記 1 以上の計算モデルの機械学習を実行する

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載の水処理プラント。

[請求項6]

前記制御装置は、

前記水処理装置に設けられた制御対象機器を比例積分制御または比例積分微分制御によって制御する

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載の水処理プラント。

[請求項7]

前記演算装置は、AI である

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一つに記載の水処理プラント。

[請求項8]

前記水処理装置は、前記制御装置の制御対象となる制御対象機器を備え、

前記処理装置は、前記演算装置に前記演算を実行させて前記制御対象機器の制御目標値を生成させ、

前記制御装置は、前記処理装置が生成させた前記制御目標値を前記出力情報として前記水処理装置を制御する

ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一つに記載の水処理プラント。

[請求項9]

水処理装置を用いて水処理を行う水処理プラントの運転方法において、

前記水処理装置の水処理環境を撮像し、撮像して得られる画像データを出力する撮像ステップと、

機械学習によって生成される1以上の計算モデルを用いた演算を行う演算装置に、前記撮像ステップで出力された前記画像データを前記1以上の計算モデルの入力データとして前記演算を実行させる処理ステップと、

前記演算の実行によって前記演算装置から出力される出力情報に基づいて、前記水処理装置を制御する制御ステップと、

を含むことを特徴とする水処理プラントの運転方法。

[請求項10]

前記演算装置に対し、前記画像データを入力データとする畳み込みニューラルネットワークを前記計算モデルとして準備する畳み込みニューラルネットワーク準備ステップと、

前記撮像ステップで出力した前記画像データに対して前記畳み込みニューラルネットワークを用いた演算を前記演算装置に実行させる畳み込みニューラルネットワーク実行ステップと、

を含むことを特徴とする請求項9に記載の水処理プラントの運転方法。

[請求項11]

前記水処理装置の水処理環境を示す特性をセンサで検出し、検出した特性の数値データを出力する数値データ出力ステップと、

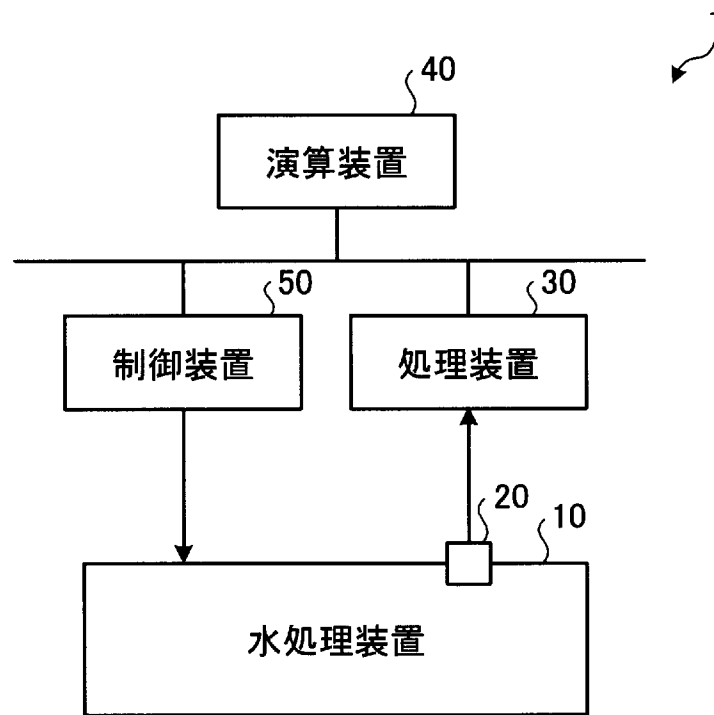
前記演算装置に対し、前記数値データ出力ステップで出力される前記数値データを入力データとするセンサ用ニューラルネットワークを前記計算モデルとして準備するセンサ用ニューラルネットワーク準備ステップと、

前記数値データ出力ステップで出力される前記数値データに対し前記センサ用ニューラルネットワークを用いた演算を前記演算装置に実行させるセンサ用ニューラルネットワーク実行ステップと、

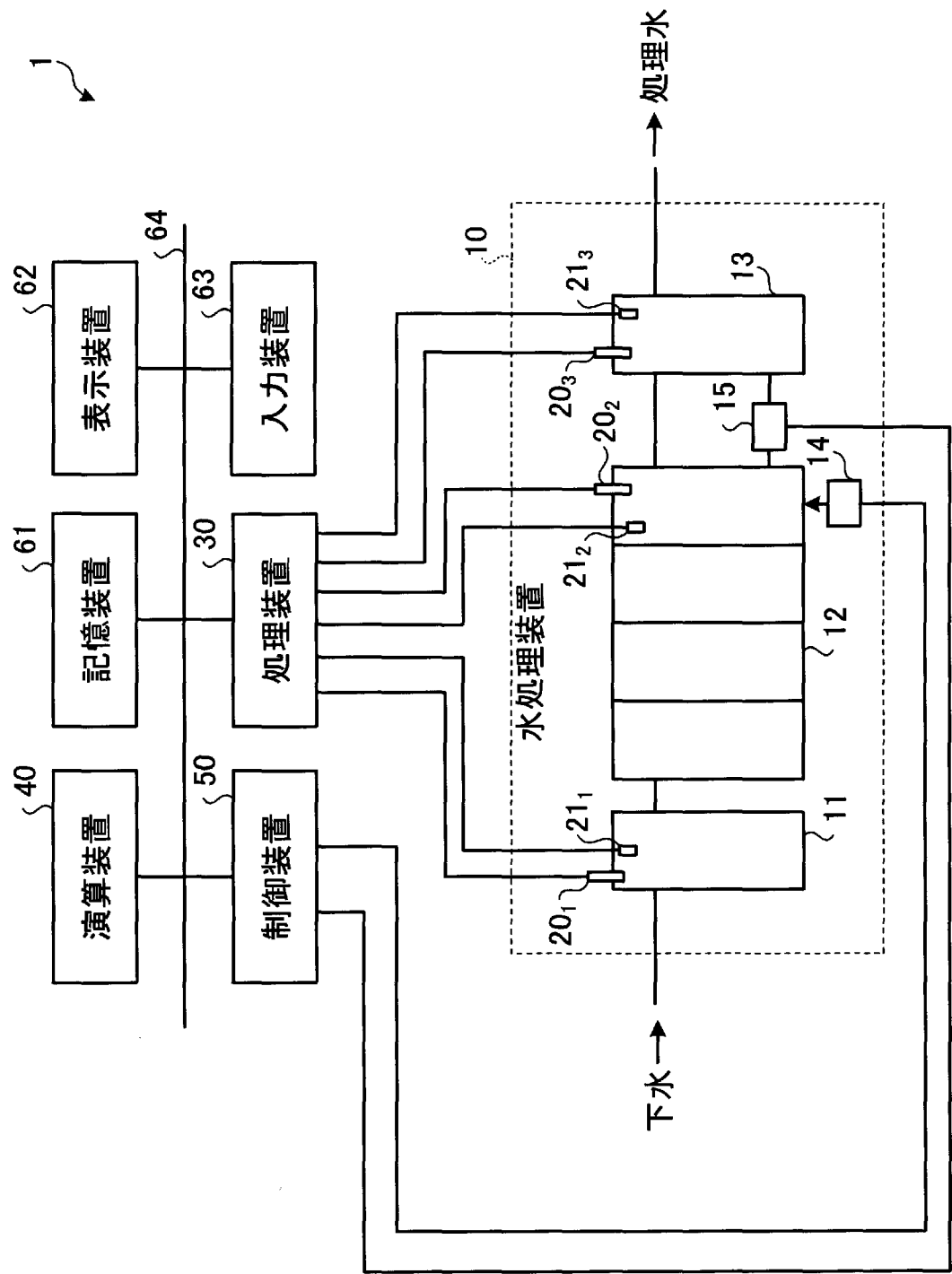
を含むことを特徴とする請求項10に記載の水処理プラントの運転方法。

- [請求項12] 前記演算装置が使用する前記畳み込みニューラルネットワークと前記センサ用ニューラルネットワークとを切り替えて前記演算装置に前記演算を実行させる切替ステップ
- を含むことを特徴とする請求項 11 に記載の水処理プラントの運転方法。
- [請求項13] 前記撮像ステップで撮像された複数の画像データの中から 1 以上の画像データの選択を受け付ける選択ステップと、
- 前記選択ステップで選択された前記 1 以上の画像データに基づいて、前記 1 以上の計算モデルの機械学習を実行する機械学習実行ステップと
- を含むことを特徴とする請求項 9 から 12 のいずれか一つに記載の水処理プラントの運転方法。
- [請求項14] 前記制御ステップでは、
- 前記水処理装置に設けられた制御対象機器を比例積分制御または比例積分微分制御によって制御する
- ことを特徴とする請求項 9 から 13 のいずれか一つに記載の水処理プラントの運転方法。
- [請求項15] 前記演算装置として AI を準備する AI 準備ステップ
- を含むことを特徴とする請求項 9 から 14 のいずれか一つに記載の水処理プラントの運転方法。
- [請求項16] 前記水処理装置は、制御対象となる制御対象機器を備えており、
- 前記演算の実行によって前記演算装置から出力される出力情報として前記制御対象機器の制御目標値を生成させる制御目標値生成ステップと、
- 前記制御目標値生成ステップで生成させた前記制御目標値を前記出力情報として前記水処理装置を制御する制御目標値制御ステップと
- を含むことを特徴とする請求項 9 から 15 のいずれか一つに記載の水処理プラントの運転方法。

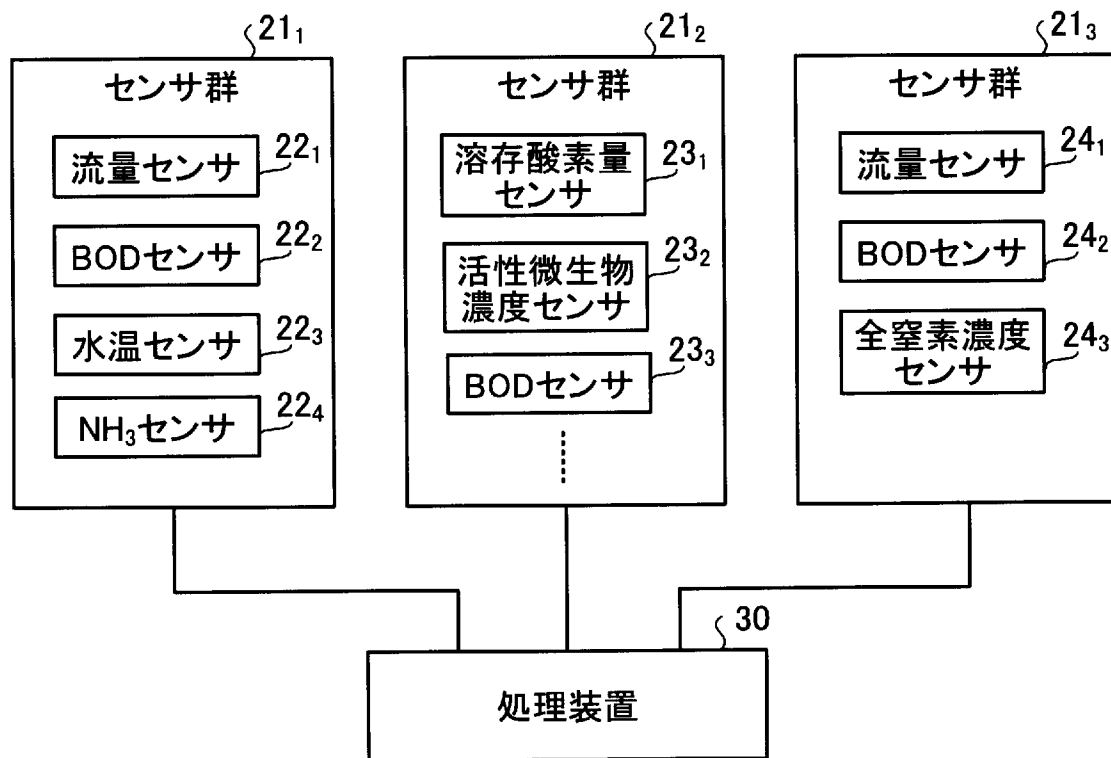
[図1]



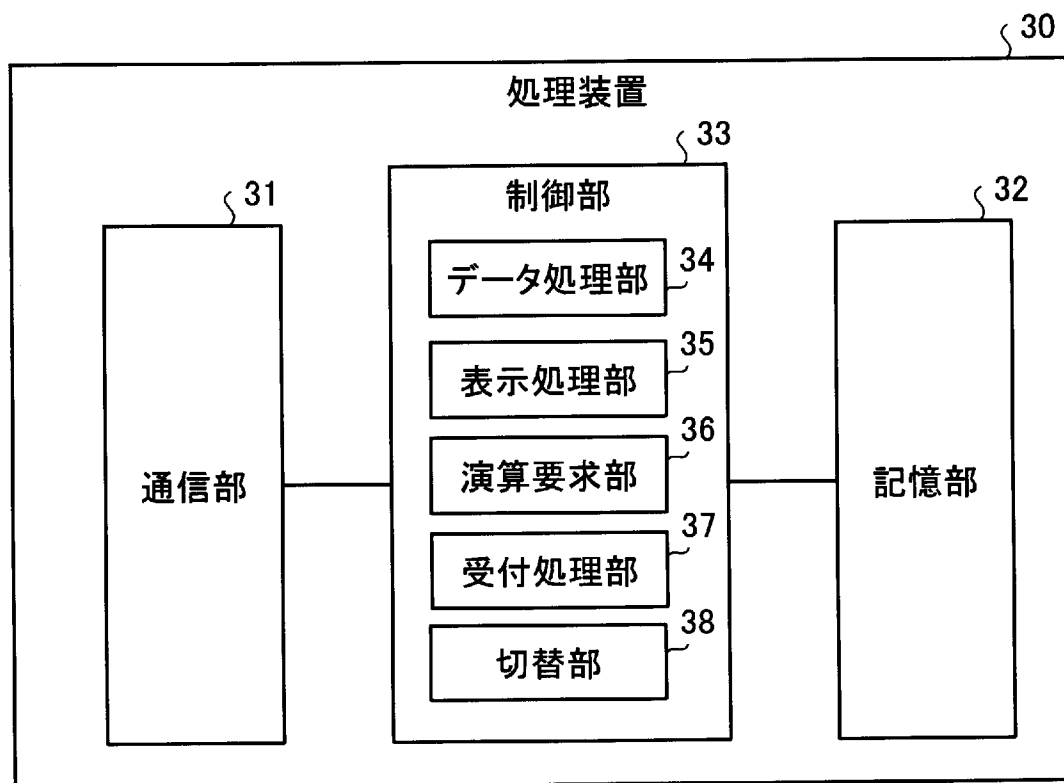
[图2]



[図3]



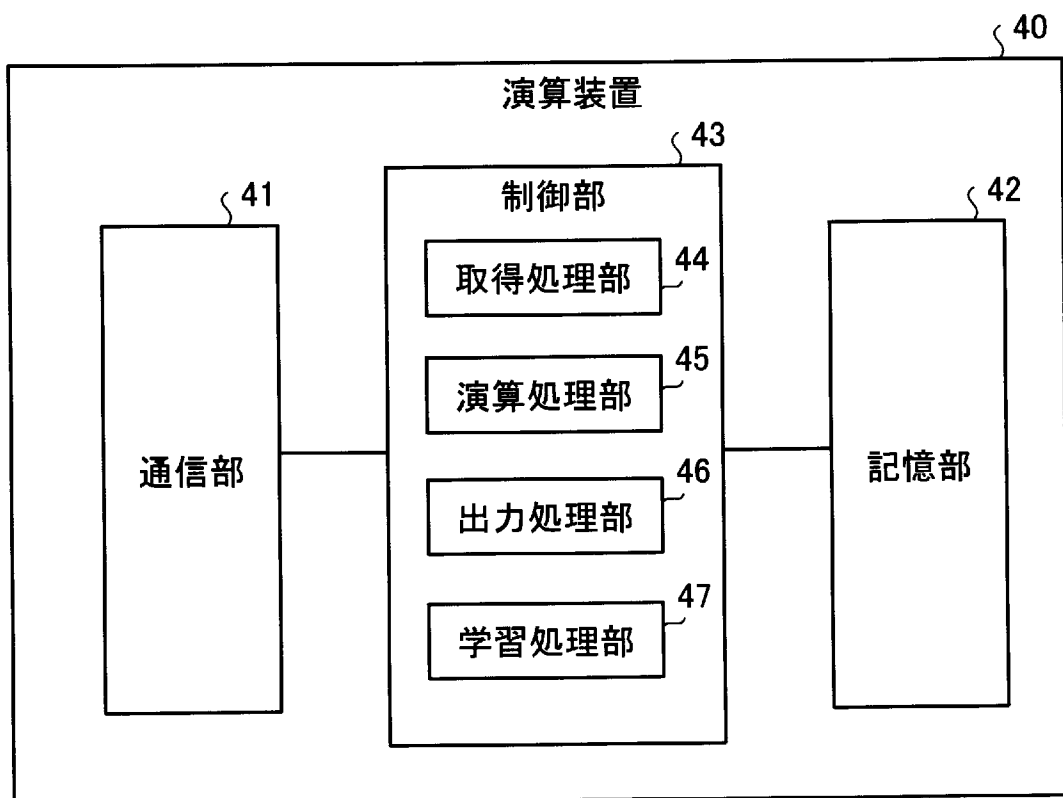
[図4]



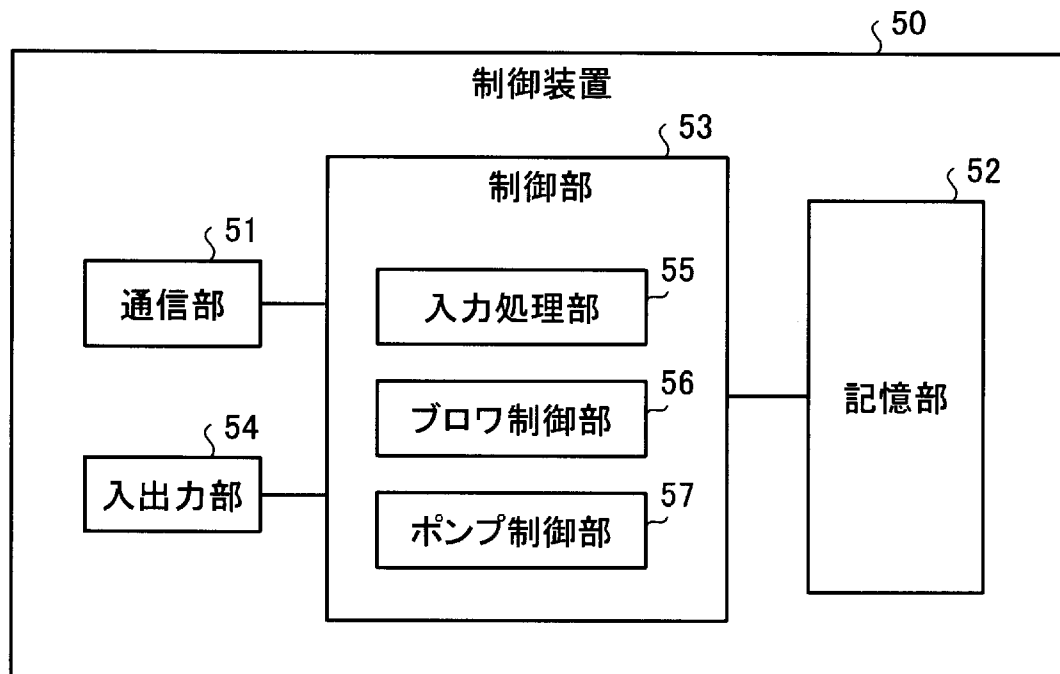
[図5]

時刻	画像データ			数値データ		制御目標値	
t0	IM1(t0)	IM2(t0)	IM3(t0)	NU1(t0)	...	RV1(t0)	RV2(t0)
t1	IM1(t1)	IM2(t1)	IM3(t1)	NU1(t1)	...	RV1(t1)	RV2(t1)
t2	IM1(t2)	IM2(t2)	IM3(t2)	NU1(t2)	...	RV1(t2)	RV2(t2)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
tm	IM1(tm)	IM2(tm)	IM3(tm)	NU1(tm)	...	RV1(tm)	RV2(tm)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
tn	IM1(tn)	IM2(tn)	IM3(tn)	NU1(tn)	...	RV1(tn)	RV2(tn)

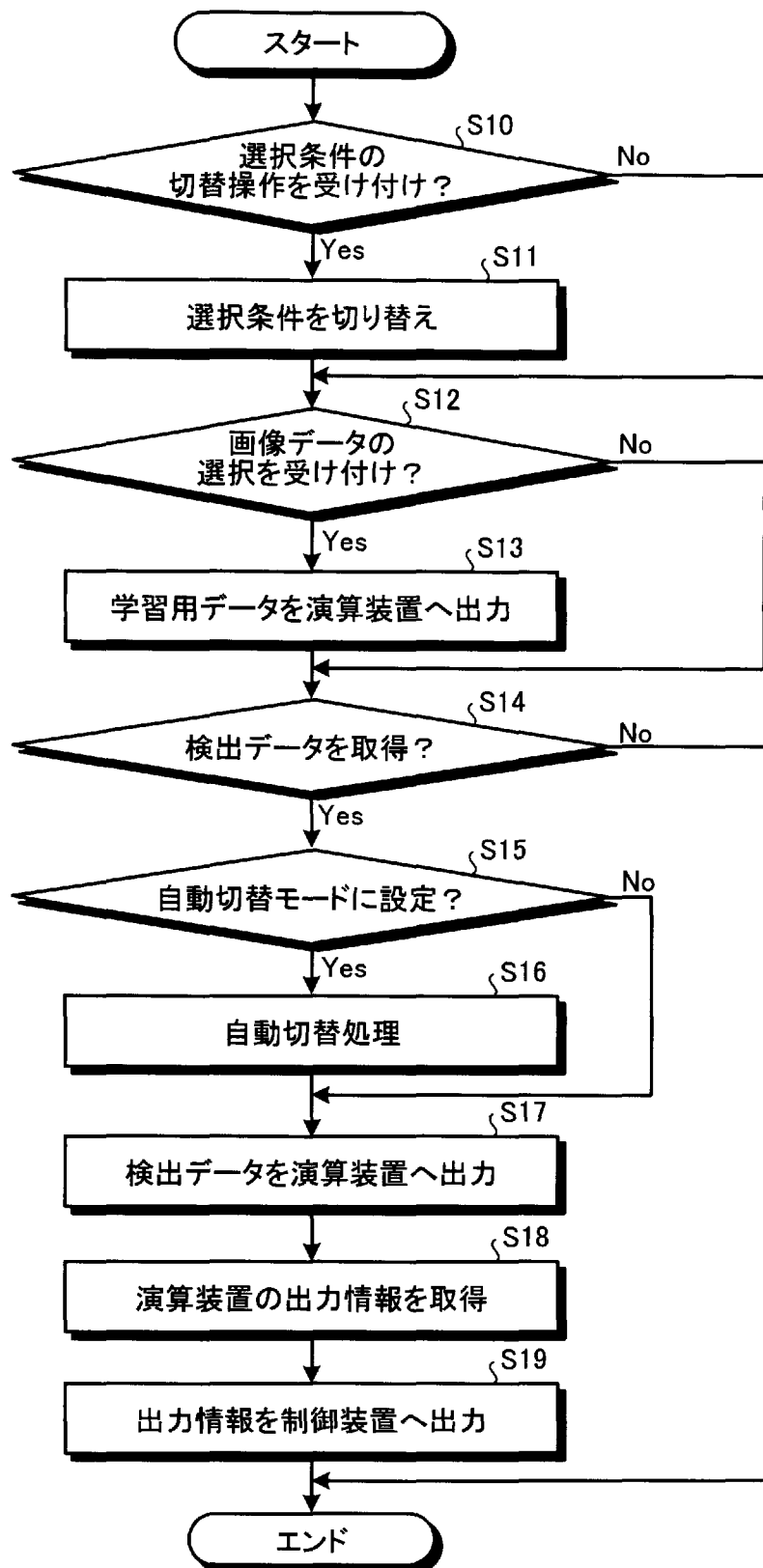
[図6]



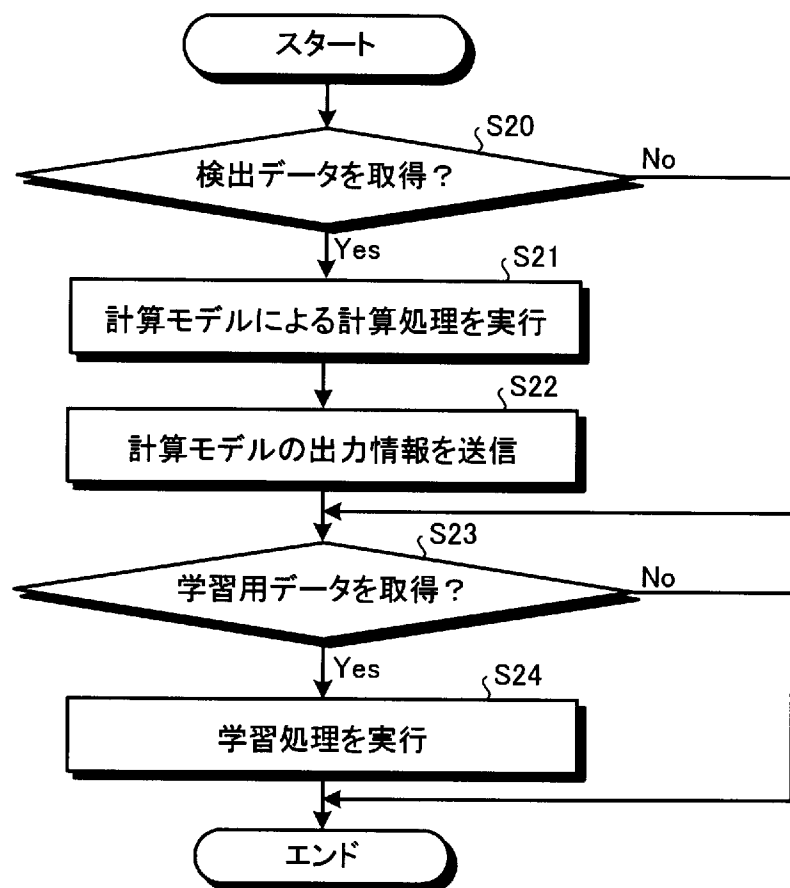
[図7]



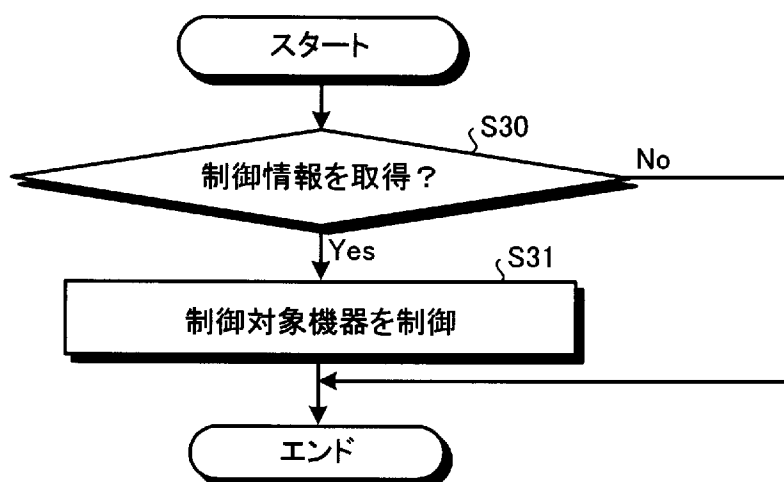
[図8]



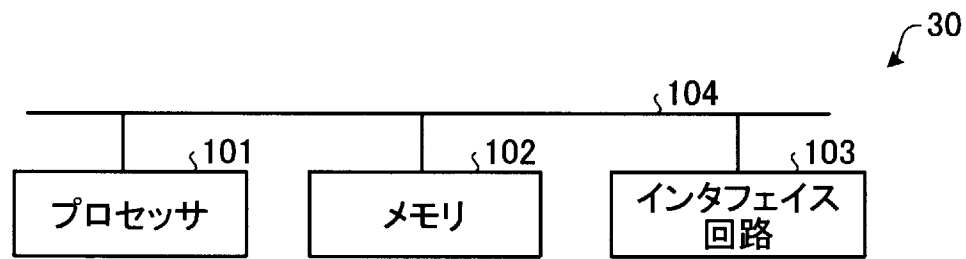
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/028153

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. C02F1/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. C02F1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 8-52459 A (TOSHIBA CORP.) 27 February 1996, paragraphs [0001], [0014]-[0067], fig. 1-6 (Family: none)	1-3, 5-11, 13-16
X	JP 6-304546 A (HITACHI, LTD.) 01 November 1994, paragraphs [0001], [0054]-[0061], fig. 1, 10 (Family: none)	1-3, 5-11, 13-16
A	JP 2013-161336 A (METAWATER CO., LTD.) 19 August 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 2013-185320 A (TOSHIBA CORP.) 19 September 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19.09.2018

Date of mailing of the international search report
02.10.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C02F1/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C02F1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 8-52459 A（株式会社東芝）1996.02.27, [0001], [0014]-[0067], 図1-6（ファミリーなし）	1-3, 5-11, 13-16
X	JP 6-304546 A（株式会社日立製作所）1994.11.01, [0001], [0054]-[0061], 図1, 10（ファミリーなし）	1-3, 5-11, 13-16
A	JP 2013-161336 A（メタウォーター株式会社）2013.08.19, 全文, 全 図（ファミリーなし）	1-16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.09.2018

国際調査報告の発送日

02.10.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

関根 崇

4D

3838

電話番号 03-3581-1101 内線 3421

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-185320 A (株式会社東芝) 2013.09.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16