

(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
2022年4月28日(28.04.2022)



(10) 国際公開番号

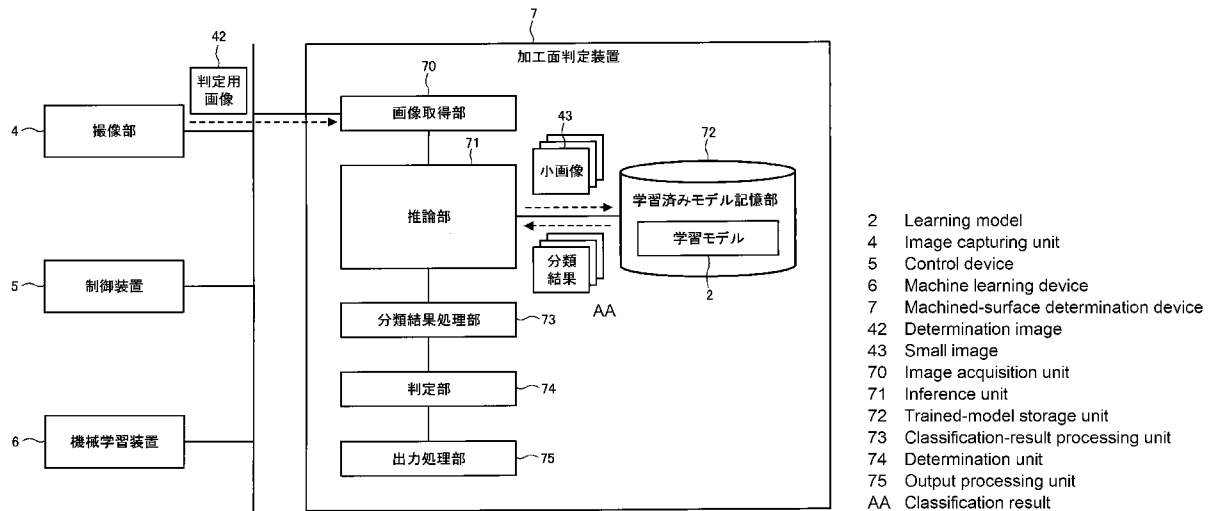
WO 2022/085253 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/30 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)
G06T 7/00 (2017.01) G01N 21/88 (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/026260
- (22) 国際出願日: 2021年7月13日(13.07.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-178367 2020年10月23日(23.10.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 内村 知行 (UCHIMURA, Tomoyuki); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 坂井 智哉 (SAKAI, Tomoya); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 織田 健太郎 (ORITA, Kentaro); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 廣澤 哲也, 外 (HIROSAWA, Tetsuya et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 7 丁目 5 番 8 号 GOWA 西新宿 4 階 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, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: MACHINED-SURFACE DETERMINATION DEVICE, MACHINED-SURFACE DETERMINATION PROGRAM, MACHINED-SURFACE DETERMINATION METHOD, AND MACHINING SYSTEM

(54) 発明の名称: 加工面判定装置、加工面判定プログラム、加工面判定方法、及び、加工システム

[図6]



(57) Abstract: A machined-surface determination device (7) is provided with: an image acquisition unit (70) that acquires a determination image (42) including a prescribed determination image region in which a machined surface of a determination subject is captured; an inference unit (71) in which a plurality of small images (43) generated from the determination image (42) by dividing the determination image region into small image regions are individually input to a learning model (2) that has learned, through machine learning, correlations between training images including training image regions corresponding to the small image regions and classification results in which the conditions of machined surfaces included in the training images are classified into one of a plurality of machined conditions, whereby classification results for the plurality of small images (43) are inferred individually for the small images; a classification-result processing unit

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

(73) that obtains a processing result by processing the classification results for the plurality of small images (43), inferred individually for the small images; and a determination unit (75) that determines the condition of the machined surface on the basis of the processing result.

(57) 要約: 加工面判定装置 (7) は、判定対象物の加工面が撮像された所定の判定用画像領域を有する判定用画像 (42) を取得する画像取得部 (70) と、判定用画像領域を小画像領域に分割することで判定用画像 (42) から生成される複数の小画像 (43) の各々を、小画像領域に相当する学習用画像領域を有する学習用画像と当該学習用画像に含まれる加工面の状態を複数の加工状態のいずれかに分類した分類結果との相関関係を機械学習させた学習モデル (2) に入力することにより、複数の小画像 (43) に対する分類結果を小画像単位で推論する推論部 (71) と、小画像単位で推論された複数の小画像 (43) に対する分類結果を処理することで処理結果を求める分類結果処理部 (73) と、処理結果に基づいて、加工面の状態を判定する判定部 (75) とを備える。

明 細 書

発明の名称：

加工面判定装置、加工面判定プログラム、加工面判定方法、及び、加工システム

技術分野

[0001] 本発明は、加工面判定装置、加工面判定プログラム、加工面判定方法、及び、加工システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、各種の製品を製造する製造過程において、作業者が目視にて製品の品質を判定することに代えて、各種のセンサを用いて製品の品質を自動的に判定する装置の開発が進められている。例えば、特許文献1には、検査対象物である羽根車を撮像した撮像画像に対して二値化処理等を行うことにより、羽根車の外形形状を検査する検査装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-51664号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 製品の品質を判定する際の指標の1つとして、例えば、研磨工程、研削工程、切削工程又は鋳造工程等の各種の加工工程が実施された後の加工面の状態が挙げられる。この加工面の状態には、例えば、粗さ、凹凸、うねり、そり、模様、筋目、波打ち等の様々な判定項目が含まれる。

[0005] しかしながら、特許文献1に開示された検査装置は、検査対象物の外形形状を検査するものであるが、検査対象物における加工面の状態を判定することはできない。また、作業員が、加工面の状態を判定するものとした場合、作業者の熟練度や経験（暗黙知を含む）に依存するため、作業者の個人差が

大きくなり、製品の品質を担保することが困難である。

[0006] 本発明は、上述した課題に鑑み、判定対象物が有する加工面の状態を自動的に判定することを可能とする加工面判定装置、加工面判定プログラム、加工面判定方法、及び、加工システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る加工面判定装置は、判定対象物の加工面の状態を判定する加工面判定装置であって、前記加工面が撮像された所定の判定用画像領域を有する判定用画像を取得する画像取得部と、

前記判定用画像領域を小画像領域に分割することで前記判定用画像から生成される複数の小画像の各々を、前記小画像領域に相当する学習用画像領域を有する学習用画像と当該学習用画像に含まれる前記加工面の状態を複数の加工状態のいずれかに分類した分類結果との相関関係を機械学習させた学習モデルに入力することにより、複数の前記小画像に対する前記分類結果を前記小画像単位で推論する推論部と、

前記小画像単位で推論された複数の前記小画像に対する前記分類結果を処理することで処理結果を求める分類結果処理部と、

前記処理結果に基づいて、前記加工面の状態を判定する判定部と、を備える。

発明の効果

[0008] 本発明に係る加工面判定装置によれば、推論部が、判定用画像領域を小画像領域に分割することで判定用画像から生成される複数の小画像の各々を学習モデルに入力することにより、複数の小画像に対する分類結果を小画像単位で推論し、分類結果処理部が、小画像単位で推論された複数の小画像に対する分類結果を処理することで処理結果を求め、判定部が、処理結果に基づいて加工面の状態を判定する。したがって、判定対象物が有する加工面の状態を自動的に判定することができる。

[0009] 上記以外の課題、構成及び効果は、後述する発明を実施するための形態に

て明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施形態に係る加工面判定装置 7 を備える加工システム 1 の一例を示す概略構成図である。

[図2]機械学習装置 6 及び加工面判定装置 7 を構成するコンピュータ 200 の一例を示すハードウェア構成図である。

[図3]実施形態に係る機械学習装置 6 の一例を示すブロック図である。

[図4]学習用データの一部を示すデータ構成図である。

[図5]学習モデル 2 に適用される推論モデル 20 の一例を示す概略図である。

[図6]実施形態に係る加工面判定装置 7 の一例を示すブロック図である。

[図7]推論部 71 による推論処理の一部を示す機能説明図である。

[図8]割合を基準とする場合の分類結果処理部 73 及び判定部 74 の一例を示す機能説明図である。

[図9]分布を基準とする場合の分類結果処理部 73 及び判定部 74 の一例を示す機能説明図である。

[図10]実施形態に係る加工面判定装置 7 による加工面判定方法の一部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

[0011] 以下、図面を参照して本発明を実施するための実施形態について説明する。以下では、本発明の目的を達成するための説明に必要な範囲を模式的に示し、本発明の該当部分の説明に必要な範囲を主に説明することとし、説明を省略する箇所については公知技術によるものとする。

[0012] (実施形態)

図 1 は、実施形態に係る加工面判定装置 7 を備える加工システム 1 の一例を示す概略構成図である。

[0013] 加工システム 1 は、判定対象物 10 を加工する加工部 3 と、判定対象物 10 の加工面 100 を撮像する撮像部 4 と、学習モデル 2 を用いて判定対象物 10 の加工面 100 の状態を判定する加工面判定装置 7 と、加工部 3、撮像

部４及び加工面判定装置７を制御する制御装置５とを備える。また、加工システム１は、付加的な構成として、学習モデル２を生成する機械学習装置６を備える。

[0014] 判定対象物１０は、例えば、金属、樹脂、セラミックス等の任意の材料で形成されて、加工部３による加工対象となる任意の物品である。判定対象物１０は、その具体例として、流体機械又は流体機械を構成する流体部品である。なお、判定対象物１０の立体形状、表面性状、色、大きさ等は特に限定されない。

[0015] 加工面１００は、例えば、加工部３により判定対象物１０が加工されたときの当該判定対象物１０の表面である。加工面１００は、判定対象物１０が有する任意の表面でよく、判定対象物１０が有する表面の全体でもよいし、その一部分でもよい。

[0016] 加工部３は、電力や流体圧等を駆動源として動作する各種のロボットマニピレータや工作機械の加工機構部等で構成される。加工部３は、制御装置５からの制御指令に基づいて、研磨、研削、切削又は鑄造等の加工工程を実施する。なお、加工部３は、判定対象物１０の表面を加工又は形成するものであれば任意の加工工程を実施するものでよく、さらに複数の加工工程を組み合わせて実施するものでもよい。

[0017] 図１に示す加工システム１では、加工部３は、交換式の砥石が先端に装着されたロボットマニピレータで構成され、研削工程を実施するものである。また、判定対象物１０は、ポンプを構成する流体部品として、複数の羽根を有する羽根車であり、加工面１００は、加工部３による研削工程により加工された各羽根の表面である。

[0018] 撮像部４は、加工面１００を撮像するカメラであり、例えば、ＣＭＯＳセンサやＣＣＤセンサ等のイメージセンサで構成される。撮像部４は、加工面１００を撮像可能な所定の位置に取り付けられる。加工部３が、例えば、ロボットマニピレータで構成される場合には、撮像部４は、ロボットマニピレータの先端に取り付けられてもよいし、判定対象物１０が載置される載

置台（可動式も含む）の上方に固定されてもよい。また、加工部３が、例えば、工作機械の加工機構部で構成される場合には、撮像部４は、工作機械の安全カバーの内側に取り付けられてもよいし、工作機械とは別体の作業台の上方に固定されてもよい。

[0019] 撮像部４は、上記のような所定の位置に取り付けられて、撮像部４の画角内に加工面１００が収まるように、位置や向きが調節されている。なお、撮像部４は、図１に示すように、機械学習装置６に接続された撮像部４と、加工面判定装置７に接続された撮像部４とが別々に設けられてもよいし、１つの撮像部４が機械学習装置６及び加工面判定装置７の双方に接続されて共用されてもよい。また、撮像部４は、パン・チルト・ズームの機能を備えるものでもよい。さらに、撮像部４は、加工面１００を１台のカメラで撮像するものに限られず、複数台のカメラで撮像するものでもよい。

[0020] 制御装置５は、例えば、汎用又は専用のコンピュータ（後述の図２参照）やマイクロコントローラ等で構成される制御盤５０と、タッチパネルディスプレイ、スイッチ、ボタン等で構成される操作表示盤５１とを備える。

[0021] 制御盤５０は、加工部３のアクチュエータやセンサ（いずれも不図示）に接続されて、加工工程を実施するための加工動作パラメータやセンサの検出信号に応じてアクチュエータに制御指令を送ることで、加工部３による加工工程を制御する。制御盤５０は、撮像部４に撮像指令を送り、その結果として撮像部４により撮像された撮像画像を受け取る。制御盤５０は、撮像画像を判定用画像として加工面判定装置７に送り、その結果として、加工面判定装置７により判定された加工面１００の状態を受け取る。なお、制御盤５０は、撮像画像を機械学習装置６に送るようにしてもよい。

[0022] 操作表示盤５１は、作業者の操作を受け付けるとともに、各種の情報を表示や音で出力する。

[0023] 機械学習装置６は、機械学習における学習フェーズの主体として動作する。機械学習装置６は、学習用画像と当該学習用画像に含まれる加工面１００の状態を分類した分類結果との相関関係を機械学習させた学習モデル２を生

成し、加工面判定装置 7 に任意の通信網や記録媒体等を介して学習モデル 2 を提供する。機械学習装置 6 の詳細は後述する。

[0024] 加工面判定装置 7 は、機械学習における推論フェーズの主体として動作する。加工面判定装置 7 は、機械学習装置 6 により生成された学習モデル 2 を用いて、撮像部 4 により撮像された加工面 100 の画像を判定用画像として、判定対象物 10 の加工面 100 の状態を判定する。加工面判定装置 7 の詳細は後述する。

[0025] なお、加工システム 1 の各構成要素は、1 つの筐体に組み込まれることで、例えば、1 つの工作機械として構成されていてもよく、その場合には、機械学習装置 6 及び加工面判定装置 7 の少なくとも一方は、制御装置 5 に組み込まれてもよい。また、加工システム 1 の各構成要素は、加工部 3 を備える加工装置と、撮像部 4 及び加工面判定装置 7 を備える検査装置とで構成されてもよく、その場合には、制御装置 5 の機能が加工装置と検査装置とに分散されてもよい。さらに、加工システム 1 の各構成要素は、無線又は有線のネットワークにより接続されることで、機械学習装置 6 及び加工面判定装置 7 の少なくとも一方は、加工部 3 及び撮像部 4 が設置された加工現場とは離れた場所に設置されてもよく、その場合には、制御装置 5 は、加工現場に設置されてもよいし、他の場所に設置されてもよい。

[0026] 図 2 は、機械学習装置 6 及び加工面判定装置 7 を構成するコンピュータ 200 の一例を示すハードウェア構成図である。

[0027] 機械学習装置 6 及び加工面判定装置 7 のそれぞれは、汎用又は専用のコンピュータ 200 により構成される。コンピュータ 200 は、図 2 に示すように、その主要な構成要素として、バス 210、プロセッサ 212、メモリ 214、入力デバイス 216、表示デバイス 218、ストレージ装置 220、通信 I/F（インターフェース）部 222、外部機器 I/F 部 224、I/O（入出力）デバイス I/F 部 226、及び、メディア入出力部 228 を備える。なお、上記の構成要素は、コンピュータ 200 が使用される用途に応じて適宜省略されてもよい。

- [0028] プロセッサ 212 は、1つ又は複数の演算処理装置（CPU、MPU、GPU、DSP等）で構成され、コンピュータ 200 全体を統括する制御部として動作する。メモリ 214 は、各種のデータ及びプログラム 230 を記憶し、例えば、メインメモリとして機能する揮発性メモリ（DRAM、SRAM等）と、不揮発性メモリ（ROM、フラッシュメモリ等）とで構成される。
- [0029] 入力デバイス 216 は、例えば、キーボード、マウス、テンキー、電子ペン等で構成される。表示デバイス 218 は、例えば、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、電子ペーパー、プロジェクタ等で構成される。入力デバイス 216 及び表示デバイス 218 は、タッチパネルディスプレイのように、一体的に構成されていてもよい。ストレージ装置 220 は、例えば、HDD、SSD等で構成され、オペレーティングシステムやプログラム 230 の実行に必要な各種のデータを記憶する。
- [0030] 通信 I/F 部 222 は、インターネットやイントラネット等のネットワーク 240 に有線又は無線により接続され、所定の通信規格に従って他のコンピュータとの間でデータの送受信を行う。外部機器 I/F 部 224 は、プリンタ、スキャナ等の外部機器 250 に有線又は無線により接続され、所定の通信規格に従って外部機器 250 との間でデータの送受信を行う。I/O デバイス I/F 部 226 は、各種のセンサ、アクチュエータ等の I/O デバイス 260 に接続され、I/O デバイス 260 との間で、例えば、センサによる検出信号やアクチュエータへの制御信号等の各種の信号やデータの送受信を行う。メディア入出力部 228 は、例えば、DVD ドライブ、CD ドライブ等のドライブ装置で構成され、DVD、CD等のメディア 270 に対してデータの読み書きを行う。
- [0031] 上記構成を有するコンピュータ 200 において、プロセッサ 212 は、プログラム 230 をメモリ 214 のワークメモリ領域に呼び出して実行し、バス 210 を介してコンピュータ 200 の各部を制御する。なお、プログラム 230 は、メモリ 214 の代わりに、ストレージ装置 220 に記憶されてい

てもよい。プログラム230は、インストール可能なファイル形式又は実行可能なファイル形式でCD、DVD等の非一時的な記録媒体に記録され、メディア入出力部228を介してコンピュータ200に提供されてもよい。プログラム230は、通信I/F部222を介してネットワーク240経由でダウンロードすることによりコンピュータ200に提供されてもよい。また、コンピュータ200は、プロセッサ212がプログラム230を実行することで実現する各種の機能を、例えば、FPGA、ASIC等のハードウェアで実現するものでもよい。

[0032] コンピュータ200は、例えば、据置型コンピュータや携帯型コンピュータで構成され、任意の形態の電子機器である。コンピュータ200は、クライアント型コンピュータでもよいし、サーバ型コンピュータやクラウド型コンピュータでもよい。コンピュータ200は、機械学習装置6及び加工面判定装置7以外の他の装置に適用されてもよい。

[0033] (機械学習装置6)

図3は、実施形態に係る機械学習装置6の一例を示すブロック図である。

[0034] 機械学習装置6は、学習用データ取得部60、学習用データ記憶部61、機械学習部62、及び、学習済みモデル記憶部63を備える。機械学習装置6は、例えば、図2に示すコンピュータ200で構成される。その場合、学習用データ取得部60は、通信I/F部222又はI/OデバイスI/F部226とプロセッサ212とで構成され、機械学習部62は、プロセッサ212で構成され、学習用データ記憶部61及び学習済みモデル記憶部63は、ストレージ装置220で構成される。

[0035] 学習用データ取得部60は、各種の外部装置と通信網を介して接続され、入力データ及び出力データが対応付けられた学習用データを取得するインタフェースユニットである。外部装置は、例えば、撮像部4、加工面判定装置7、及び、作業者が使用する作業用端末8等である。

[0036] 学習用データ記憶部61は、学習用データ取得部60で取得した学習用データを複数組記憶するデータベースである。なお、学習用データ記憶部61

を構成するデータベースの具体的な構成は適宜設計すればよい。

[0037] 機械学習部62は、学習用データ記憶部61に記憶された学習用データを用いて機械学習を実施する。すなわち、機械学習部62は、学習モデル2に学習用データを複数組入力することで、学習用データに含まれる入力データと出力データとの相関関係を学習モデル2に機械学習させることで、学習モデル2を生成する。

[0038] 学習済みモデル記憶部63は、機械学習部62により生成された学習モデル2を記憶するデータベースである。学習済みモデル記憶部63に記憶された学習モデル2は、任意の通信網や記録媒体等を介して実システム（例えば、加工面判定装置7）に提供される。なお、学習モデル2は、外部コンピュータ（例えば、サーバ型コンピュータやクラウド型コンピュータ）に提供されて、外部コンピュータの記憶部に記憶されてもよい。また、図3では、学習用データ記憶部61と、学習済みモデル記憶部63とが別々の記憶部として示されているが、これらは単一の記憶部で構成されてもよい。

[0039] 図4は、学習用データの一例を示すデータ構成図である。

[0040] 学習用データは、学習用画像41を入力データとし、当該学習用画像41に含まれる加工面100の状態を複数の加工状態のいずれかに分類した分類結果を出力データとしてそれぞれ含み、これらの入力データ及び出力データが対応付けられて構成される。

[0041] 入力データとしての学習用画像41は、撮像部4により判定対象物10の加工面100が撮像された所定の撮像画像領域400を有する撮像画像40を学習用画像領域410に分割することで生成される複数の画像の各々である。

[0042] 撮像画像40の撮像画像領域400は、撮像部4により撮像された領域であり、撮像部4の画角により定められる。図4に示す撮像画像領域400は、判定対象物10である羽根車が有する1つの羽根の一部を含むように設定されている。なお、図4に示す撮像画像40には、加工面100だけでなく、背景110についても撮像されているが、背景110が撮像されないよ

うに、撮像画像領域400が設定されてもよい。

[0043] 学習用画像41の学習用画像領域410は、図4に示すように、学習用画像領域410の各々が正形状となるように、撮像画像40の撮像画像領域400を格子状に分割したものである。なお、学習用画像領域410の画像数、形状、大きさ及び縦横比は、適宜変更してもよく、例えば、長形状でもよいし、他の形状でもよい。また、撮像画像領域400を学習用画像領域410に分割するときの分割方法は、適宜変更してもよく、例えば、千鳥状に分割してもよいし、他の基準に従って分割してもよい。

[0044] 出力データとしての分類結果は、教師あり学習において、例えば、教師データや正解ラベルと称される。複数の加工状態として、例えば、「良」及び「不良」の2クラスを採用する場合には、分類結果は、「良」及び「不良」のいずれかで表される。複数の加工状態として、「良」、「可」及び「不良」の3クラスを採用する場合には、分類結果は、「良」、「可」及び「不良」のいずれかで表される。なお、加工面100の状態を分類する際の複数の加工状態は、上記のようなクラスに限定されず、例えば、4クラス以上に分類されてもよいし、他の観点で分類されてもよい。

[0045] さらに、学習用画像41に撮像された加工面100以外の背景110を、「判定対象外」というクラスを追加して分類することも可能であり、この場合の分類結果は、上記2クラスの例では、「良」、「不良」及び「判定対象外」のいずれかで表され、上記3クラスの例では、図4に示すように、「良」、「可」「不良」及び「判定対象外」のいずれかで表される。なお、学習用画像41に加工面100及び背景110の両方が撮像されている場合には、例えば、背景110の比率が所定の比率よりも高い場合には「判定対象外」のクラスに分類するようにしてもよいし、「判定対象外」のクラスに常に分類しないようにしてもよい。

[0046] 学習用データ取得部60は、学習用データを取得する方法として、各種の方法を採用することができる。例えば、学習用データ取得部60は、加工部3により加工工程が実施された後の判定対象物10を撮像部4で撮像された

撮像画像 40 を取得し、その撮像した撮像画像 40 を分割することで生成される複数の学習用画像 41 を作業用端末 8 の表示画面に表示させる。そして、作業者が、その表示画面上の学習用画像 41 の各々を視認し、学習用画像 41 の各々に対するクラスを分類した結果（分類結果）を作業用端末 8 により入力操作すると、学習用データ取得部 60 は、表示画面上の学習用画像 41（入力データ）と、入力操作された分類結果（入力データ）とを対応付けることで学習用データを取得する。

[0047] したがって、学習用データ取得部 60 は、1 枚の撮像画像 40 から複数枚の学習用画像 41 に分割したときの分割数に相当する数の学習用データを取得することができ、さらに上記の作業を繰り返すことで所望の数の学習用データを取得することができる。そのため、学習用データを容易に収集することができる。

[0048] 図 5 は、学習モデル 2 に適用される推論モデル 20 の一例を示す概略図である。

[0049] 推論モデル 20 は、機械学習の具体的な手法として、畳み込みニューラルネットワーク（CNN（Convolutional Neural Network））を採用したものである。推論モデル 20 は、入力層 21、中間層 22、及び、出力層 23 を備える。

[0050] 入力層 21 は、入力データとしての学習用画像 41 に対応する数のニューロンを有し、各ピクセルの画素値が各ニューロンにそれぞれ入力される。

[0051] 中間層 22 は、畳み込み層 22a、プーリング層 22b 及び全結合層 22c から構成されている。畳み込み層 22a 及びプーリング層 22b は、例えば、交互に複数層設けられている。畳み込み層 22a 及びプーリング層 22b は、入力層 21 を介して入力された画像から特徴量を抽出する。全結合層 22c は、畳み込み層 22a 及びプーリング層 22b により画像から抽出された特徴量を、例えば、活性化関数によって変換し、特徴ベクトルとして出力する。なお、全結合層 22c は、複数層設けられていてもよい。

[0052] 出力層 23 は、全結合層 22c から出力された特徴ベクトルに基づいて、

分類結果を含む出力データを出力する。なお、出力データは、分類結果の他に、例えば、分類結果の信頼度を示すスコアを含むものでもよい。

[0053] 推論モデル20の各層の間には、層間のニューロンをそれぞれ接続するシナプスが張られており、中間層22の畳み込み層22a及び全結合層22cの各シナプスには、重みが対応付けられている。

[0054] 機械学習部62は、学習用データを推論モデル20に入力し、学習用画像41と分類結果との相関関係を推論モデル20に機械学習させる。具体的には、機械学習部62は、学習用データを構成する学習用画像41を入力データとして、推論モデル20の入力層21に入力する。なお、機械学習部62は、学習用画像41を入力層21に入力する際の前処理として、所定の画像調整（例えば、画像フォーマット、画像サイズ、画像フィルタ、画像マスク等）を学習用画像41に施してもよい。

[0055] 機械学習部62は、出力層23から出力された出力データが示す分類結果（推論結果）と、当該学習用データを構成する分類結果（教師データ）とを比較する誤差関数を用いて、誤差関数の評価値が小さくなるように、各シナプスに対応付けられた重みを調整する（バックプロパゲーション）ことを反復する。そして、機械学習部62は、上記の一連の処理を所定の回数反復実施することや、誤差関数の評価値が許容値より小さくなること等の所定の学習終了条件が満たされたと判断した場合には、機械学習を終了し、そのときの推論モデル20（各シナプスのそれぞれに対応付けられた全ての重み）を、学習モデル2として学習済みモデル記憶部63に格納する。

[0056] （加工面判定装置7）

図6は、実施形態に係る加工面判定装置7の一例を示すブロック図である。

[0057] 加工面判定装置7は、画像取得部70、推論部71、学習済みモデル記憶部72、分類結果処理部73、判定部74、及び、出力処理部75を備える。加工面判定装置7は、例えば、図2に示すコンピュータ200で構成される。その場合、画像取得部70は、通信I/F部222又はI/Oデバイス

I / F部226とプロセッサ212とで構成され、推論部71、分類結果処理部73、判定部74、及び、出力処理部75は、プロセッサ212で構成され、学習済みモデル記憶部72は、ストレージ装置220で構成される。

[0058] 画像取得部70は、撮像部4に接続されて、撮像部4により判定対象物10の加工面100が撮像された撮像画像を、所定の判定用画像領域を有する判定用画像42として取得するインタフェースユニットである。

[0059] 推論部71は、判定用画像領域を小画像領域に分割することで判定用画像42から生成される複数の小画像43の各々を学習モデル2に入力することにより、複数の小画像43に対する分類結果を小画像単位で推論する推論処理（後述の図7参照）を行う。その際、推論部71は、複数の小画像43から分割前の判定用画像42を再構築できるように、判定用画像領域420に対する各小画像領域430の位置関係を、例えば、小画像43の付加情報として記録する。なお、推論部71の一部又は全ては、外部コンピュータ（例えば、サーバ型コンピュータやクラウド型コンピュータ）のプロセッサで代用されてもよく、推論部71による推論処理の一部又は全てが、外部コンピュータで実行されてもよい。

[0060] 学習済みモデル記憶部72は、推論部71の推論処理にて用いられる学習済みの学習モデル2を記憶するデータベースである。なお、学習済みモデル記憶部72に記憶される学習モデル2の数は1つに限定されず、例えば、機械学習の手法、加工部3による加工工程、判定対象物10等の条件が異なる複数の学習済みモデルが記憶され、選択的に利用可能としてもよい。また、学習済みモデル記憶部72は、外部コンピュータ（例えば、サーバ型コンピュータやクラウド型コンピュータ）の記憶部で代用されてもよく、その場合には、推論部71は、当該外部コンピュータにアクセスすることで、上記の推論処理を行ってもよい。

[0061] 分類結果処理部73は、小画像単位で推論された複数の小画像43に対する分類結果を処理することで処理結果を求める（後述の図8参照）。その際、推論部71が、小画像43に撮像された背景110を判定対象外に分類す

る分類器として機能する場合には、分類結果処理部 7 3 は、複数の小画像 4 3 に対する分類結果のうち判定対象外に分類された小画像 4 3 以外の小画像 4 3 に対する分類結果を処理することで処理結果を求めるようにしてもよい。

[0062] 分類結果処理部 7 3 が複数の小画像 4 3 に対する分類結果を処理する方法には、例えば、割合、分布、統計量等を基準とする任意の方法を採用することができる。なお、複数の基準が組み合わせられてもよいし、他の基準が用いられてもよい。

[0063] 例えば、割合を基準とする場合、分類結果処理部 7 3 は、処理結果として、加工面 1 0 0 が撮像された小画像 4 3 の全体数に対する、複数の加工状態のうち所定の加工状態に分類された小画像 4 3 の合計数の割合を求める。すなわち、分類結果処理部 7 3 は、分割前の判定用画像 4 2 全体に対して、所定の加工状態に分類された小画像 4 3 がどのくらいを占めるのかという観点で加工面 1 0 0 の状態を評価するために上記の割合を求める。

[0064] また、分布を基準とする場合、分類結果処理部 7 3 は、処理結果として、加工面 1 0 0 が撮像された小画像 4 3 の集合に対する、複数の加工状態のうち所定の加工状態に分類された小画像 4 3 の集合の分布を求める。すなわち、分類結果処理部 7 3 は、分割前の判定用画像 4 2 全体に対して、所定の加工状態に分類された小画像 4 3 がどのような位置に、どのようなばらつき度合いで存在するのかという観点で加工面 1 0 0 の状態を評価するために上記の分布を求める。

[0065] 判定部 7 4 は、分類結果処理部 7 3 により求められた処理結果に基づいて、加工面 1 0 0 の状態を判定する。具体的には、判定部 7 4 は、加工面 1 0 0 の状態として、加工面 1 0 0 を加工したときと同一の加工工程を再度行う再加工の要否、加工面 1 0 0 を加工したときと異なる加工工程を行う別加工の要否、加工面 1 0 0 に対して作業者が仕上げ加工を行う仕上げ加工の要否、及び、加工面 1 0 0 のうち再加工、別加工又は仕上げ加工を行う対象とする加工範囲、の少なくとも 1 つを判定する。

[0066] 出力処理部 7 5 は、判定部 7 4 により判定された判定結果を出力するための出力処理を行う。判定結果を出力するための具体的な出力手段は、種々の手段を採用することが可能である。例えば、出力処理部 7 5 は、判定結果に応じて、制御盤 5 0 を介して再加工や別加工の動作指令を加工部 3 に送信したり、操作表示盤 5 1 や作業用端末 8 を介して作業者に仕上げ加工の実施を表示や音で報知したり、加工部 3 の動作履歴として制御盤 5 0 の記憶手段に記憶したりしてもよい。なお、出力処理部 7 5 は、判定部 7 4 による加工面 1 0 0 の判定結果を出力（送信、報知、記憶）するだけでもよいし、加工面 1 0 0 の判定結果の他に、推論部 7 1 による複数の小画像 4 3 に対する分類結果、又は、分類結果処理部 7 3 による処理結果を出力（送信、報知、記憶）してもよい。

[0067] 図 7 は、推論部 7 1 による推論処理の一例を示す機能説明図である。

[0068] 判定用画像 4 2 の判定用画像領域 4 2 0 は、撮像部 4 により撮像された領域であり、撮像部 4 の画角により定められる。図 7 に示す判定用画像領域 4 2 0 は、図 4 に示す撮像画像領域 4 0 0 と同様に、判定対象物 1 0 である羽根車が有する 1 つの羽根の一部分を含むように設定されている。なお、判定用画像領域 4 2 0 は、撮像画像領域 4 0 0 と異なる位置に設定されてもよいし、両者の画像数、形状、大きさ及び縦横比が異なるものでもよい。

[0069] 小画像 4 3 の小画像領域 4 3 0 は、図 7 に示すように、小画像領域 4 3 0 の各々が正形状となるように、判定用画像 4 2 の判定用画像領域 4 2 0 を格子状に分割したものである。小画像 4 3 の小画像領域 4 3 0 は、機械学習装置 6 にて学習モデル 2 を生成したときの学習用画像 4 1 の学習用画像領域 4 1 0 に相当するものであり、両者の画像数、形状、大きさ及び縦横比は同一又は同程度であることが好ましい。

[0070] したがって、小画像領域 4 3 0 の画像数、形状、大きさ及び縦横比が、学習用画像領域 4 1 0 の画像数、形状、大きさ及び縦横比に相当するのであれば、判定用画像領域 4 2 0 を小画像領域 4 3 0 に分割するときの分割方法は、適宜変更してもよく、例えば、千鳥状に分割してもよいし、他の基準に従

って分割してもよい。その際、判定用画像領域 420 を小画像領域 430 に分割するときの分割方法は、撮像画像領域 400 を学習用画像領域 410 に分割するときの分割方法と同一でもよいし、異なるものでもよい。

[0071] ここで、学習モデル 2 は、小画像領域 430 に相当する学習用画像領域 410 を有する学習用画像 41 と当該学習用画像 41 に含まれる加工面 100 の状態を複数の加工状態のいずれかに分類した分類結果との相関関係を機械学習装置 6 にて機械学習させたものである。したがって、推論部 71 は、小画像 43 の各々を学習モデル 2 に入力することにより、小画像単位で、小画像 43 に撮像された加工面 100 の状態を複数の加工状態のいずれかに分類する分類器として機能する。複数の加工状態として、2 クラス（良、不良）を採用する場合には、推論部 71 による分類結果は、2 クラス（良、不良）で表され、複数の加工状態として、3 クラス（良、可、不良）を採用する場合には、推論部 71 による分類結果は、3 クラス（良、可、不良）で表される。

[0072] また、学習モデル 2 は、加工面 100 又は加工面 100 以外の背景 110 の少なくとも一方が撮像された学習用画像 41 と当該学習用画像 41 に撮像された加工面 100 の状態を複数の加工状態のいずれかに分類するとともに当該学習用画像 41 に撮像された背景 110 を判定対象外に分類した分類結果との相関関係を機械学習装置 6 にて機械学習させたものでもよい。この場合、推論部 71 は、小画像 43 の各々を学習モデル 2 に入力することにより、小画像単位で、小画像 43 に撮像された加工面 100 の状態を複数の加工状態のいずれかに分類するとともに、小画像 43 に撮像された背景 110 を判定対象外に分類する分類器として機能する。分類結果には、複数の加工状態にさらに判定対象外が加わるため、上記の例における推論部 71 による分類結果は、3 クラス（良、不良、判定対象外）、又は、4 クラス（良、可、不良、判定対象外）で表される。

[0073] なお、推論部 71 による小画像 43 に対する分類結果は、各クラスに対するスコア（信頼度）を含むものでもよい。この場合、分類結果が、4 クラス

(良、可、不良、判定対象外)で表されるものとする、特定の小画像43に対するクラス毎のスコアは、例えば、「0.02」、「0.10」、「0.95」、「0.31」のように出力される。スコアの利用方法は、任意の方法を採用すればよく、例えば、スコアが最も高いクラス(上記の例では、スコア「0.95」の不良)を小画像43に対する分類結果としてもよいし、所定のクラスのスコアが所定のスコア基準値を超えている場合(上記の例では、「不良」のクラスのスコア「0.95」がスコア基準値「0.80」を超えている場合)、当該クラスを小画像43に対する分類結果としてもよい。

[0074] また、推論部71による小画像43に対する分類結果は、学習済みモデル記憶部72や他の記憶装置(不図示)に記憶することが好ましく、過去の分類結果は、例えば、学習済みの学習モデル2の推論精度の更なる向上のため、オンライン学習や再学習に用いられる学習用データとして利用することが可能である。

[0075] 図8は、割合を基準とする場合の分類結果処理部73及び判定部74の一例を示す機能説明図である。図9は、分布を基準とする場合の分類結果処理部73及び判定部74の一例を示す機能説明図である。

[0076] 分類結果処理部73及び判定部74の具体例について、1枚の判定用画像42が、図8、図9に示すように、60枚の小画像43に分割された場合を想定して説明する。

[0077] 図8に示すように、割合を基準とする処理結果を採用する場合、分類結果処理部73は、例えば、「判定対象外」に分類された小画像43の11枚を除いた残りの小画像43、すなわち、加工面100が撮像された小画像43の全体数を49枚と求める。そして、分類結果処理部73は、その全体数(49枚)に対して、「良」に分類された小画像43の合計数(25枚)の第1の割合や、「良」及び「可」に分類された小画像43の合計数(40枚)の第2の割合や、「不良」に分類された小画像43の合計数(11枚)の第3の割合を求める。なお、分類結果処理部73は、第1乃至第3の割合の全

てを求めてもよいし、いずれかを求めてよいし、他の計算式に基づく割合を求めてもよい。

[0078] 判定部 74 は、上記のように処理結果として求められた割合と、所定の割合基準値とを比較することで、加工面 100 の状態を判定する。例えば、判定部 74 は、第 1 の割合が 80 %（割合基準値）以上である場合には、再加工「不要」、別加工「不要」、又は、仕上げ加工「不要」と判定してもよい。また、第 2 の割合が 70 %以下である場合には、再加工「要」と判定してもよい。さらに、第 3 の割合が 50 %以上である場合には、別加工「要」と判定し、第 3 の割合が 10 %～50 %である場合には、再加工「要」と判定し、第 3 の割合が 5 %～10 %である場合には、仕上げ加工「要」と判定してもよい。なお、判定部 74 は、再加工「要」、別加工「要」、又は、仕上げ加工「要」と判定した場合には、例えば、「不良」に分類された小画像 43 を少なくとも含む範囲を加工範囲として判定してもよい。

[0079] 図 9 に示すように、分布を基準とする処理結果を採用する場合、分類結果処理部 73 は、例えば、「判定対象外」に分類された小画像 43 の 11 枚を除いた残りの小画像 43、すなわち、加工面 100 が撮像された小画像 43 の集合（加工面集合 120）を求める。そして、分類結果処理部 73 は、その加工面集合 120 に対して、例えば、「不良」に分類された小画像 43 の集合（不良集合 130）の分布を求める。加工面集合 120 に対する不良集合 130 の分布としては、例えば、「不良」に分類された 9 枚の小画像 43 が隣接するようにして、加工面集合 120 の特定部分に集まっている第 1 の分布状況（図 9 の左側）を表したり、「不良」に分類された 3 枚の小画像 43 がそれぞれ隣接することなく、加工面集合 120 の全体に分散している第 2 の分布状況（図 9 の右側）を表したりする。

[0080] そして、判定部 74 は、上記のように処理結果として求められた分布と、所定の分布基準とを比較することで、加工面 100 の状態を判定する。例えば、判定部 74 は、加工面集合 120 に対する不良集合 130 の分布が第 1 の分布状況である場合には、再加工「要」、別加工「要」、又は、仕上げ加

工「不要」と判定してもよい。また、第2の分布状況である場合には、再加工「不要」、別加工「不要」、又は、仕上げ加工「要」と判定してもよい。なお、判定部74は、再加工「要」、別加工「要」、又は、仕上げ加工「要」と判定した場合には、不良集合130を少なくとも含む範囲を加工範囲として判定してもよい。

[0081] なお、推論部71による小画像43に対する分類結果が、各クラスに対するスコアを含む場合には、分類結果処理部73は、当該スコアを利用して処理結果を求めてもよい。例えば、分類結果処理部73は、全体数に対して、「良」のクラスのスコアが所定のスコア基準値（例えば、「0.90」）を超えている小画像43の合計数の割合を求めてもよいし、加工面集合120に対して、「良」のクラスのスコアが所定のスコア基準値（例えば、「0.90」）を超えている小画像43の集合の分布を求めてもよい。

[0082] （加工面判定方法）

図10は、実施形態に係る加工面判定装置7による加工面判定方法の一例を示すフローチャートである。なお、図10に示す一連の加工面判定方法は、加工面判定装置7により所定のタイミングにて繰り返し実行されるものである。所定のタイミングは、任意のタイミングでよく、例えば、加工部3による加工工程が終了した後でもよいし、加工工程の途中でもよいし、所定の事象発生時（作業者の操作時、生産管理システムからの指示時等）でもよい。以下では、加工面判定方法が、加工部3による加工工程が終了した後に、当該加工工程により加工された判定対象物10に対して実行される場合について説明する。

[0083] まず、ステップ100において、加工部3による加工工程が終了すると、当該加工工程により加工された判定対象物10の加工面100が撮像部4により撮像されて、撮像画像が制御装置5を経由して加工面判定装置7に送られることで、加工面判定装置7の画像取得部70が、当該撮像画像を判定用画像42として取得する。

[0084] 次に、ステップS110において、推論部71は、判定用画像42に対す

る前処理として、判定用画像 4 2 の判定用画像領域 4 2 0 を小画像領域 4 3 0 に分割することで複数の小画像 4 3 を生成する。

[0085] 次に、ステップ S 1 2 0 ~ S 1 2 6 において、推論部 7 1 は、複数の小画像 4 3 の分割数を K として、複数の小画像 4 3 に通し番号 ($1 \leq n \leq K$) をそれぞれ割り当てた状態で、変数 i を「1」から「K」までインクリメントすることにより、ループ処理を実行する。

[0086] 具体的には、ステップ S 1 2 0 において、推論部 7 1 は、変数 i を「1」で初期化する。次に、ステップ S 1 2 2 において、推論部 7 1 は、i 番目の小画像 4 3 を選択し、学習モデル 2 の入力層 2 1 に入力することにより、当該学習モデル 2 の出力層 2 3 から出力された分類結果を取得する。

[0087] 次に、ステップ S 1 2 4 において、変数 i をインクリメントし、ステップ S 1 2 6 において、変数 i が分割数 K を超えたか否かを判定する。そして、推論部 7 1 は、変数 i が分割数 K を超えるまで上記ステップ S 1 2 2、S 1 2 4 を繰り返すことで、複数の小画像 4 3 に対する分類結果を小画像単位で推論する。

[0088] 次に、ステップ S 1 3 0 において、分類結果処理部 7 3 は、分類結果に対する後処理として、小画像単位で推論された複数の小画像 4 3 に対する分類結果を処理することで処理結果（例えば、割合、分布、統計量等）を求める。

[0089] 次に、ステップ S 1 4 0 において、判定部 7 4 は、分類結果処理部 7 3 により求められた処理結果に基づいて、加工面 1 0 0 の状態（例えば、再加工の要否、別加工の要否、仕上げ加工の要否、加工範囲等）を判定する。

[0090] 次に、ステップ S 1 5 0 において、出力処理部 7 5 は、判定部 7 4 により判定された判定結果に応じた情報を出力手段（例えば、制御装置 5、作業用端末 8 等）に出力する。そして、図 1 0 に示す一連の加工面判定方法を終了する。加工面判定方法において、ステップ S 1 0 0 が画像取得工程、ステップ S 1 1 0 ~ S 1 2 6 が推論工程、ステップ S 1 3 0 が分類結果処理工程、ステップ S 1 4 0 が判定工程、ステップ S 1 5 0 が出力処理工程に相当す

る。

[0091] 以上のように、本実施形態に係る加工面判定装置 7 及び加工面判定法によれば、推論部 7 1 が、判定用画像領域 4 2 0 を小画像領域 4 3 0 に分割することで判定用画像 4 2 から生成される複数の小画像 4 3 の各々を学習モデル 2 に入力することにより、複数の小画像 4 3 に対する分類結果を小画像単位で推論し、分類結果処理部 7 3 が、小画像単位で推論された複数の小画像 4 3 に対する分類結果を処理することで処理結果を求め、判定部 7 4 が、処理結果に基づいて加工面 1 0 0 の状態を判定する。

[0092] そのため、学習モデル 2 による分類結果は、判定用画像 4 2 が分割された小画像 4 3 の各々が入力されることにより小画像単位で推論されるので、1 枚の判定用画像を学習モデル 2 に入力する場合に比べて、機械学習に必要な学習データの収集が容易であるとともに、学習モデル 2 の精度を向上することができる。そして、学習モデル 2 による分類結果に対する後処理として、複数の小画像 4 3 に対する分類結果を処理することで求められた処理結果に基づいて加工面 1 0 0 の状態が判定される。したがって、判定対象物 1 0 が有する加工面 1 0 0 の状態を自動的に判定することができる。

[0093] (他の実施形態)

本発明は上述した実施形態に制約されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することが可能である。そして、それらはすべて、本発明の技術思想に含まれるものである。

[0094] 例えば、上記実施形態では、図 7 に示す判定用画像領域 4 2 0 は、判定対象物 1 0 の羽根車が有する 1 つの羽根の一部分を判定対象の加工面 1 0 0 として含むように設定されたものである。これに対し、判定用画像領域 4 2 0 は、羽根車全体に拡大することで、羽根車が有する複数の羽根を、判定対象の複数の加工面 1 0 0 として含むように設定されてもよい。すなわち、判定対象物 1 0 が、加工部 3 により異なる加工工程を経てそれぞれ加工された複数の加工面 1 0 0 を有する場合には、判定用画像領域 4 2 0 は、複数の加工面 1 0 0 を含むように設定されてもよい。

[0095] この場合、画像取得部 70 は、複数の加工面 100 が撮像された判定用画像 42 を取得する。そして、分類結果処理部 73 は、複数の小画像 43 に対する分類結果を加工面毎に処理して処理結果を求め、判定部 74 は、処理結果に基づいて複数の加工面 100 の状態を加工面毎に判定する。なお、推論部 71 は、上記実施形態と同様に、判定用画像 42 から生成される複数の小画像 43 の各々を、学習モデル 2 に入力することにより、複数の小画像 43 に対する分類結果を小画像単位で推論すればよい。また、判定用画像 42 における複数の加工面 100 の境界は、事前に設定されてもよいし、判定用画像 42 に対する画像処理により設定されてもよいし、分類結果に基づいて設定されてもよい。

[0096] また、上記実施形態では、機械学習部 62 による機械学習の具体的な手法として、CNN（図 5 参照）を採用した場合について説明したが、機械学習部 62 は、任意の他の機械学習の手法を採用してもよい。他の機械学習の手法としては、例えば、決定木、回帰木等のツリー型、バギング、ブースティング等のアンサンブル学習、再帰型ニューラルネットワーク、畳み込みニューラルネットワーク等のニューラルネット型（ディープラーニングを含む）、階層型クラスタリング、非階層型クラスタリング、k 近傍法、k 平均法等のクラスタリング型、主成分分析、因子分析、ロジスティック回帰等の多変量解析、サポートベクターマシン等が挙げられる。

[0097] （加工面判定プログラム）

本発明は、図 2 に示すコンピュータ 200 を、上記実施形態に係る加工面判定装置 7 が備える各部として機能させるプログラム（加工面判定プログラム）230 の態様で提供することができる。また、本発明は、図 2 に示すコンピュータ 200 に、上記実施形態に係る加工面判定方法が備える各工程を実行させるためのプログラム（加工面判定プログラム）230 の態様で提供することもできる。

[0098] （推論装置、推論方法及び推論プログラム）

本発明は、上記実施形態に係る加工面判定装置 7（加工面判定方法又は加

工面判定プログラム)の態様によるもののみならず、加工面100の状態を判定するために用いられる推論装置(推論方法又は推論プログラム)の態様で提供することもできる。その場合、推論装置(推論方法又は推論プログラム)としては、メモリと、プロセッサとを含み、このうちのプロセッサが、一連の処理を実行するものとすることができる。当該一連の処理とは、加工面100が撮像された所定の判定用画像領域420を有する判定用画像42を取得する画像取得処理(画像取得工程)と、画像取得処理にて判定用画像42を取得すると、判定用画像領域420を小画像領域430に分割することで判定用画像42から生成される複数の小画像43の各々に対して、加工面100の状態を複数の加工状態のいずれかに分類した分類結果を小画像単位で推論する推論処理(推論工程)と、小画像単位で推論された複数の小画像43に対する分類結果を処理することで処理結果を求める分類結果処理(分類結果処理工程)と、処理結果に基づいて、加工面100の状態を判定する判定処理(判定工程)と、を含む。

[0099] 推論装置(推論方法又は推論プログラム)の態様で提供することで、加工面判定装置7を実装する場合に比して簡単に種々の装置への適用が可能となる。推論装置(推論方法又は推論プログラム)が加工面100の状態を推論する際、上記実施形態に係る機械学習装置6により生成された学習済みの学習モデル2を用いて、加工面判定装置7の推論部71が実施する推論手法を適用してもよいことは、当業者にとって当然に理解され得るものである。

産業上の利用可能性

[0100] 本発明は、加工面判定装置、加工面判定プログラム、加工面判定方法、及び、加工システムに利用可能である。

符号の説明

[0101] 1…加工システム、2…学習モデル、3…加工部、4…撮像部、5…制御装置

6…機械学習装置、7…加工面判定装置、8…作業用端末、10…判定対象物、

2 0 …推論モデル、2 1 …入力層、2 2 …中間層、2 2 a …畳み込み層、
2 2 b …プーリング層、2 2 c …全結合層、2 3 …出力層、
4 0 …撮像画像、4 1 …学習用画像、4 2 …判定用画像、4 3 …小画像、
5 0 …制御盤、5 1 …操作表示盤、
6 0 …学習用データ取得部、6 1 …学習用データ記憶部、
6 2 …機械学習部、6 3 …モデル記憶部、
7 0 …画像取得部、7 1 …推論部、7 2 …モデル記憶部、
7 3 …分類結果処理部、7 4 …判定部、7 5 …出力処理部、
1 0 0 …加工面、1 1 0 …背景、1 2 0 …加工面集合、1 3 0 …不良集合、
2 0 0 …コンピュータ
4 0 0 …撮像画像領域、4 1 0 …学習用画像領域、
4 2 0 …判定用画像領域、4 3 0 …小画像領域

請求の範囲

- [請求項1] 判定対象物の加工面の状態を判定する加工面判定装置であって、
 前記加工面が撮像された所定の判定用画像領域を有する判定用画像
 を取得する画像取得部と、
 前記判定用画像領域を小画像領域に分割することで前記判定用画像
 から生成される複数の小画像の各々を、前記小画像領域に相当する学
 習用画像領域を有する学習用画像と当該学習用画像に含まれる前記加
 工面の状態を複数の加工状態のいずれかに分類した分類結果との相関
 関係を機械学習させた学習モデルに入力することにより、複数の前記
 小画像に対する前記分類結果を前記小画像単位で推論する推論部と、
 前記小画像単位で推論された複数の前記小画像に対する前記分類結
 果を処理することで処理結果を求める分類結果処理部と、
 前記処理結果に基づいて、前記加工面の状態を判定する判定部と、
 を備える、
 加工面判定装置。
- [請求項2] 前記分類結果処理部は、
 前記処理結果として、前記加工面が撮像された前記小画像の全体
 数に対する、複数の前記加工状態のうち所定の加工状態に分類された
 前記小画像の合計数の割合を求める、
 請求項1に記載の加工面判定装置。
- [請求項3] 前記分類結果処理部は、
 前記処理結果として、前記加工面が撮像された前記小画像の集合
 に対する、複数の前記加工状態のうち所定の加工状態に分類された前
 記小画像の集合の分布を求める、
 請求項1に記載の加工面判定装置。
- [請求項4] 前記画像取得部は、
 複数の前記加工面が撮像された前記判定用画像を取得し、
 前記分類結果処理部は、

複数の前記小画像に対する前記分類結果を前記加工面毎に処理して処理結果を求め、

前記判定部は、前記処理結果に基づいて複数の前記加工面の状態を前記加工面毎に判定する、

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の加工面判定装置。

[請求項5]

前記推論部は、

複数の前記小画像の各々を、前記加工面又は前記加工面以外の背景の少なくとも一方が撮像された前記学習用画像と当該学習用画像に撮像された前記加工面の状態を複数の加工状態のいずれかに分類するとともに当該学習用画像に撮像された前記背景を判定対象外に分類した分類結果との相関関係を機械学習させた学習モデルに入力することにより、複数の前記小画像に対する前記分類結果を前記小画像単位で推論し、

前記分類結果処理部は、

前記小画像単位で推論された複数の前記小画像に対する前記分類結果のうち前記判定対象外に分類された前記小画像以外の前記小画像に対する前記分類結果を処理することで前記処理結果を求める、

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の加工面判定装置。

[請求項6]

前記判定部は、

前記加工面の状態として、

前記加工面を加工したときと同一の加工工程を再度行う再加工の要否、

前記加工面を加工したときと異なる加工工程を行う別加工の要否、

前記加工面に対して作業者が仕上げ加工を行う仕上げ加工の要否、及び、

前記加工面のうち前記再加工、前記別加工又は前記仕上げ加工を行う対象とする加工範囲、

の少なくとも1つを判定する、

請求項1乃至請求項5のいずれか一項に記載の加工面判定装置。

[請求項7] 前記加工面は、研磨工程、研削工程、切削工程又は鑄造工程により前記判定対象物が加工されたときの当該判定対象物の表面である、
請求項1乃至請求項6のいずれか一項に記載の加工面判定装置。

[請求項8] 前記判定対象物は、流体機械又は前記流体機械を構成する流体部品である、
請求項1乃至請求項7のいずれか一項に記載の加工面判定装置。

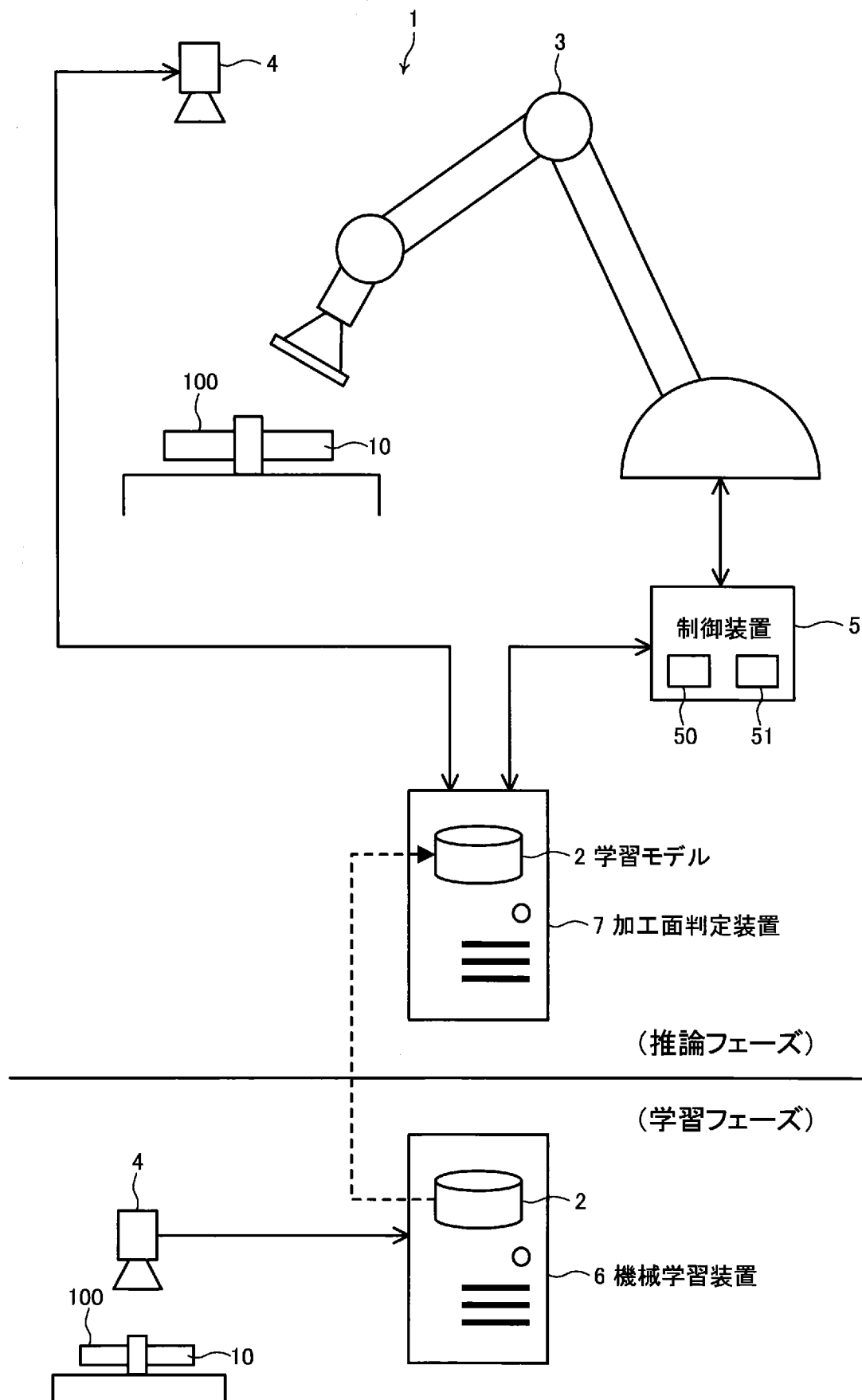
[請求項9] コンピュータを、請求項1乃至請求項8のいずれか一項に記載の加工面判定装置として機能させる、
加工面判定プログラム。

[請求項10] 判定対象物の加工面を判定する加工面判定方法であって、
前記加工面が撮像された所定の判定用画像領域を有する判定用画像を取得する画像取得工程と、
前記判定用画像領域を小画像領域に分割することで前記判定用画像から生成される複数の小画像の各々を、前記小画像領域に相当する学習用画像領域を有する学習用画像と当該学習用画像に含まれる前記加工面の状態を複数の加工状態のいずれかに分類した分類結果との相関関係を機械学習させた学習モデルに入力することにより、複数の前記小画像に対する前記分類結果を前記小画像単位で推論する推論工程と、
前記小画像単位で推論された複数の前記小画像に対する前記分類結果を処理することで処理結果を求める分類結果処理工程と、
前記処理結果に基づいて、前記加工面の状態を判定する判定工程と、
を備える、
加工面判定方法。

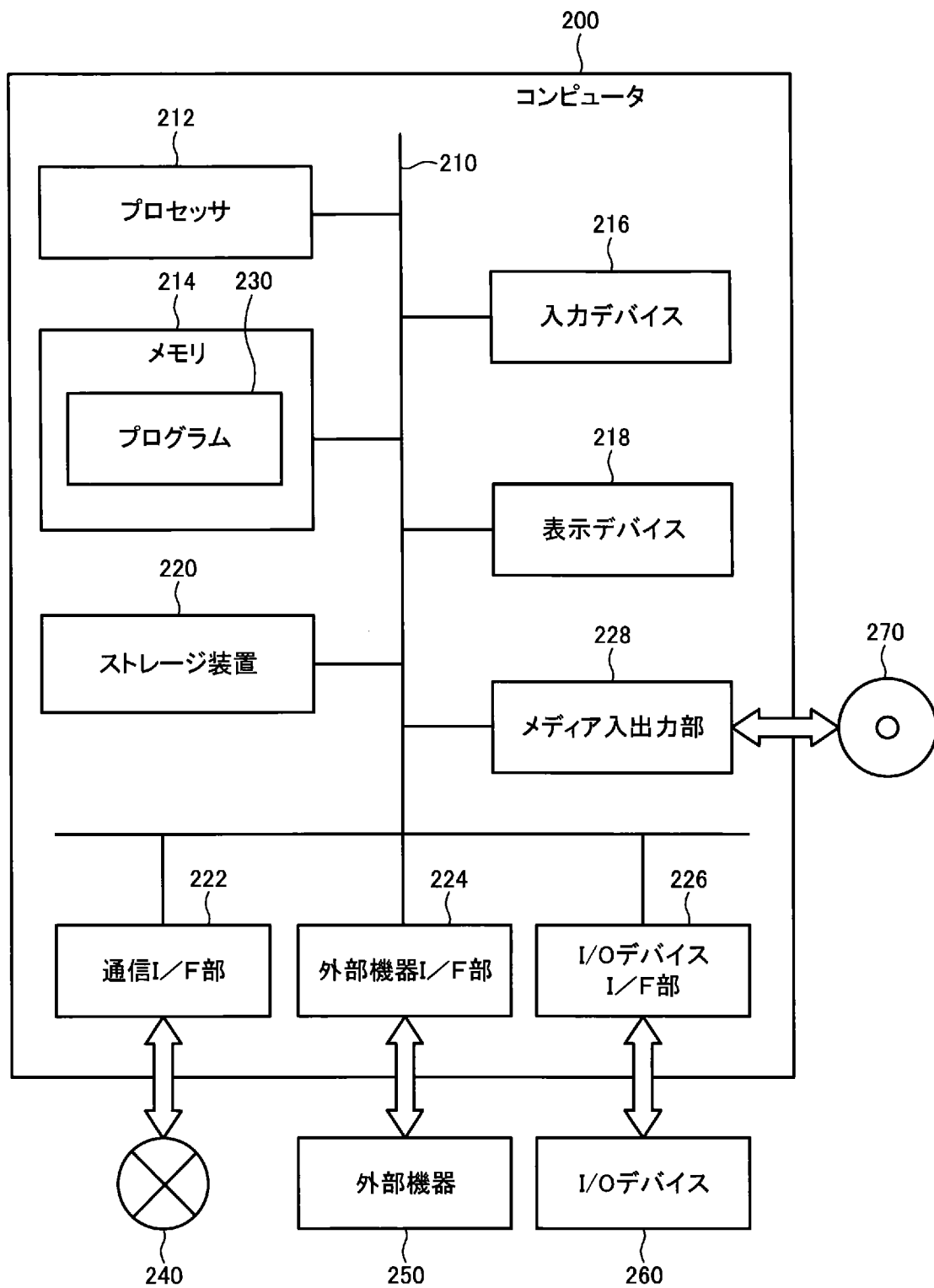
[請求項11] 請求項1乃至請求項8のいずれか一項に記載の加工面判定装置と、
前記判定対象物を加工する加工部と、

前記判定対象物の加工面を撮像する撮像部と、
前記加工面判定装置、前記加工部及び前記撮像部を制御する制御部
と、を備える、
加工システム。

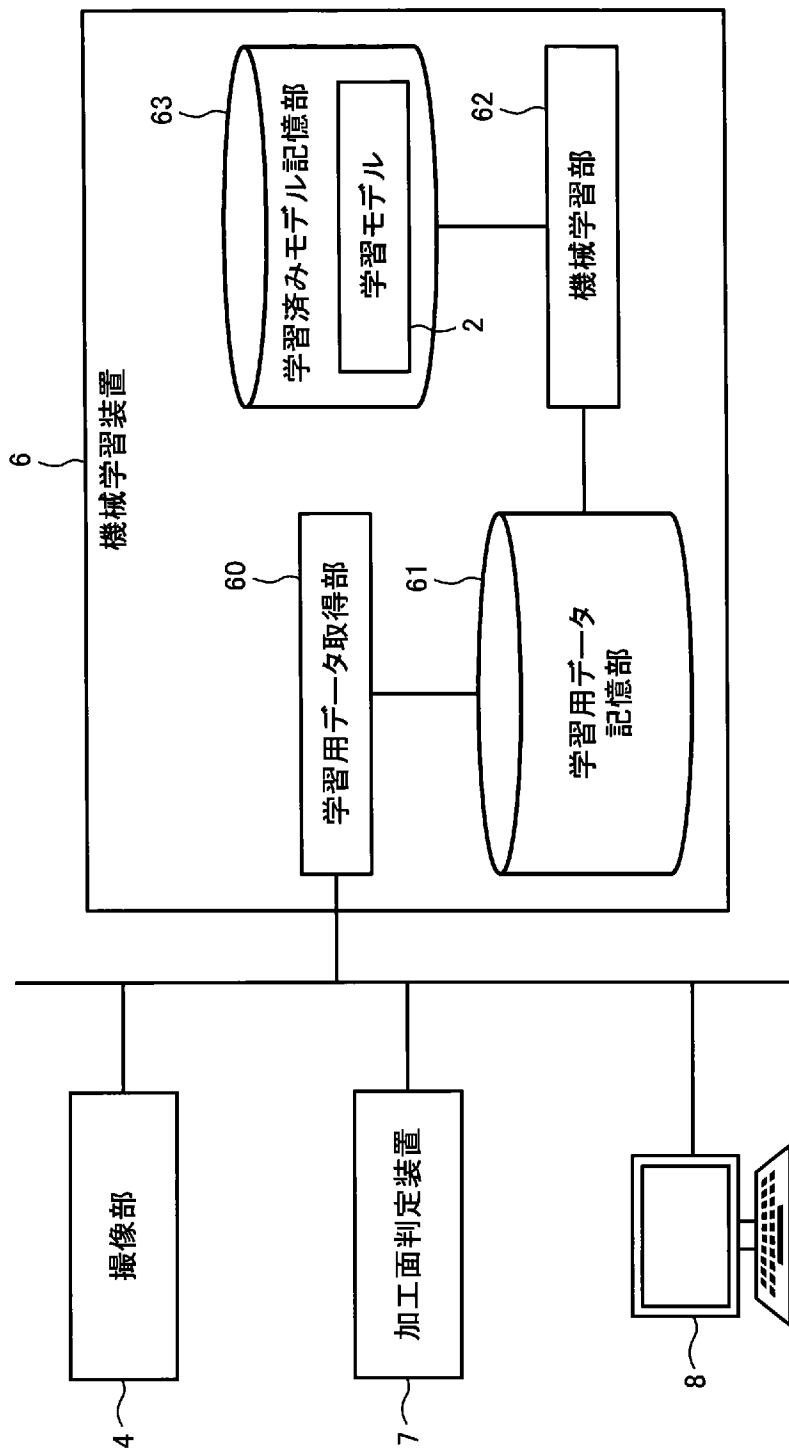
[図1]



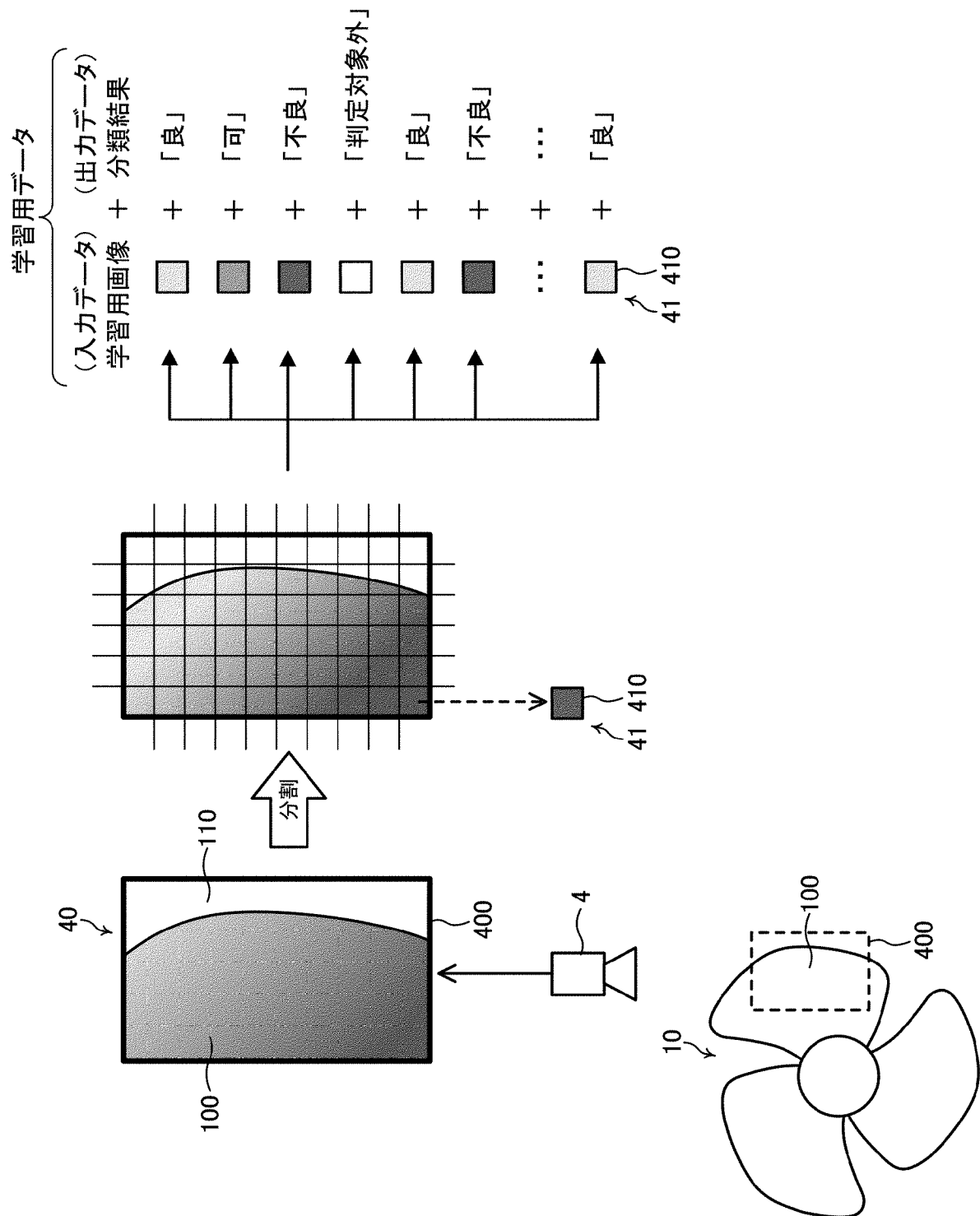
[図2]



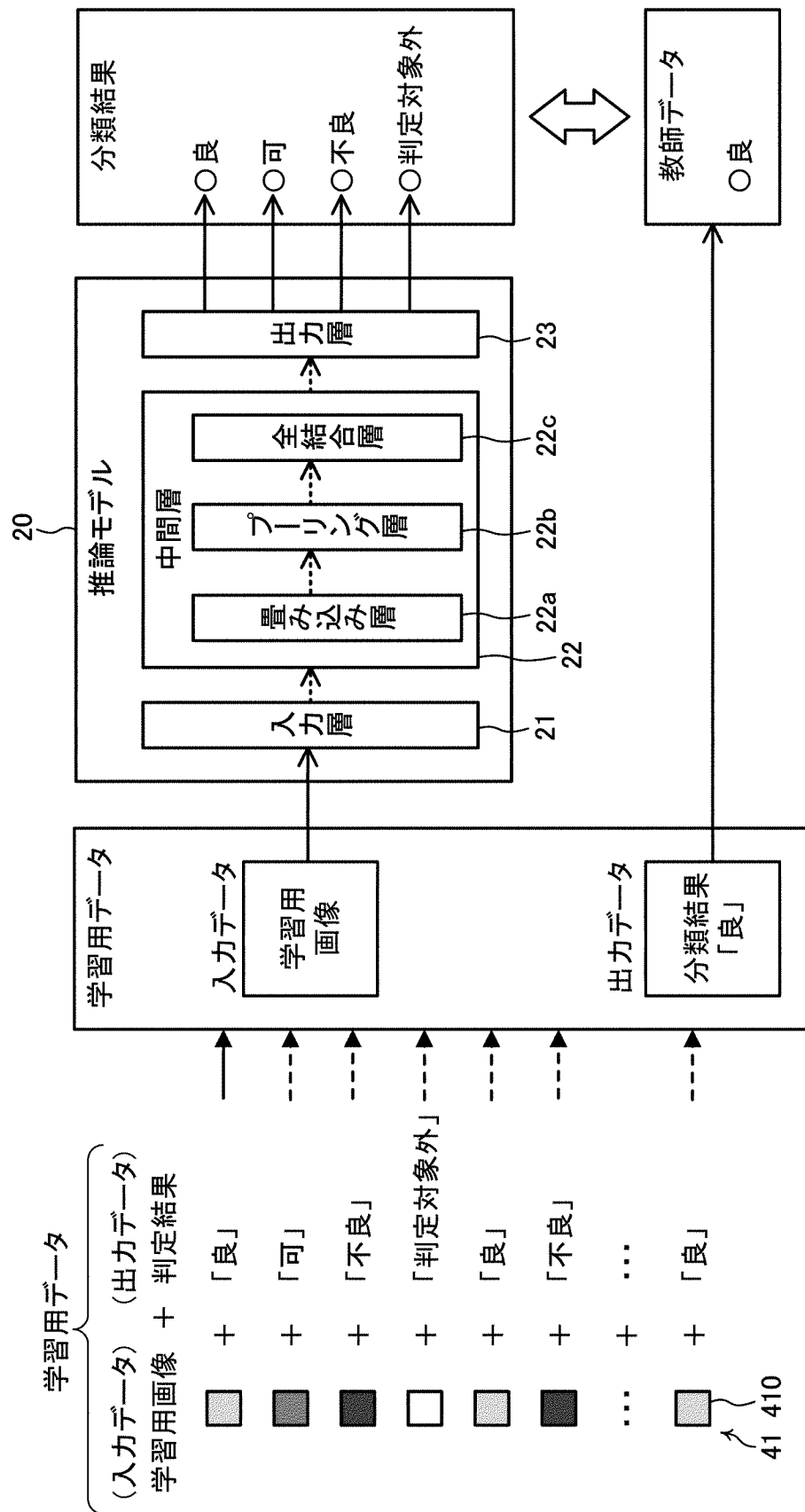
[図3]



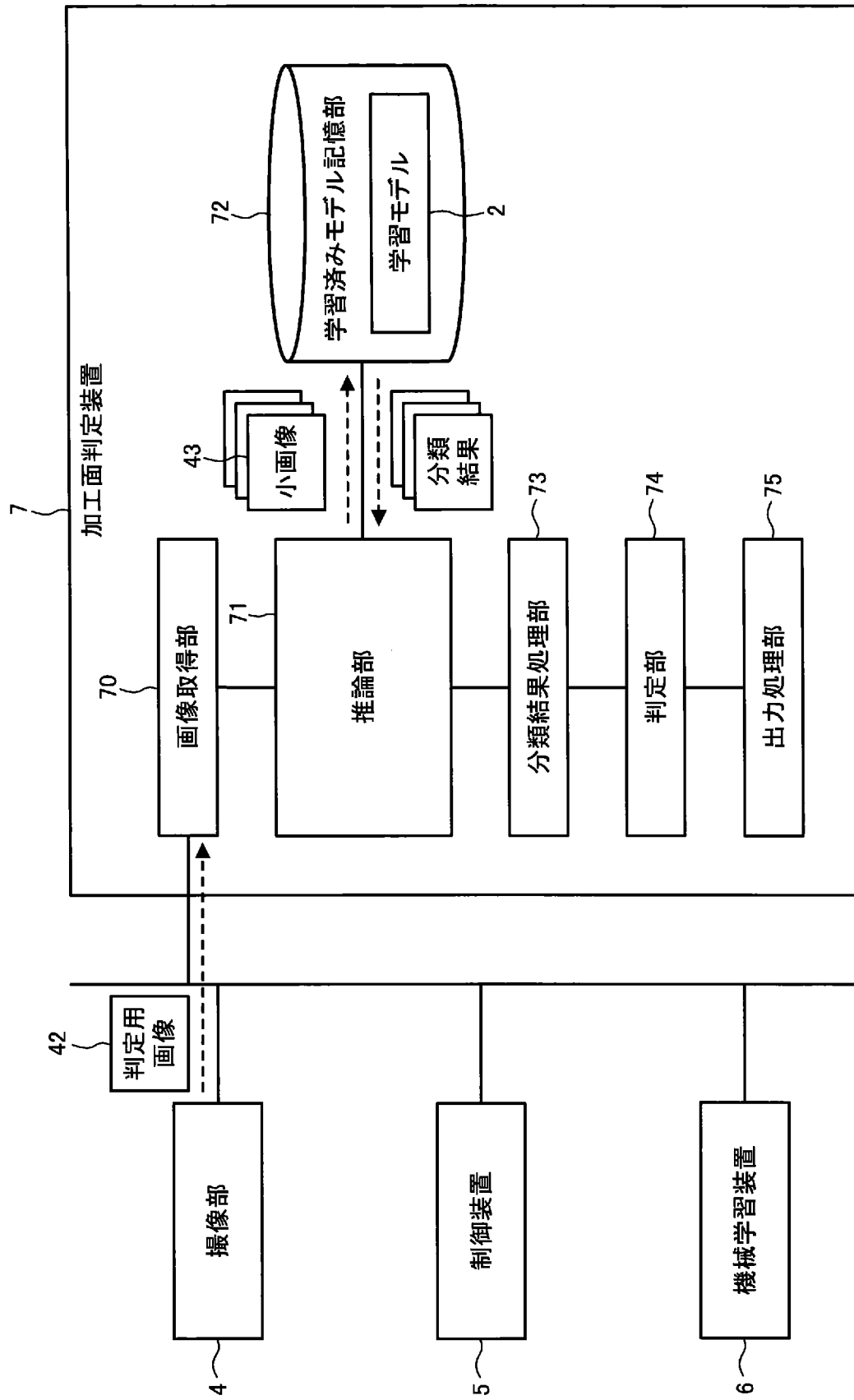
[図4]



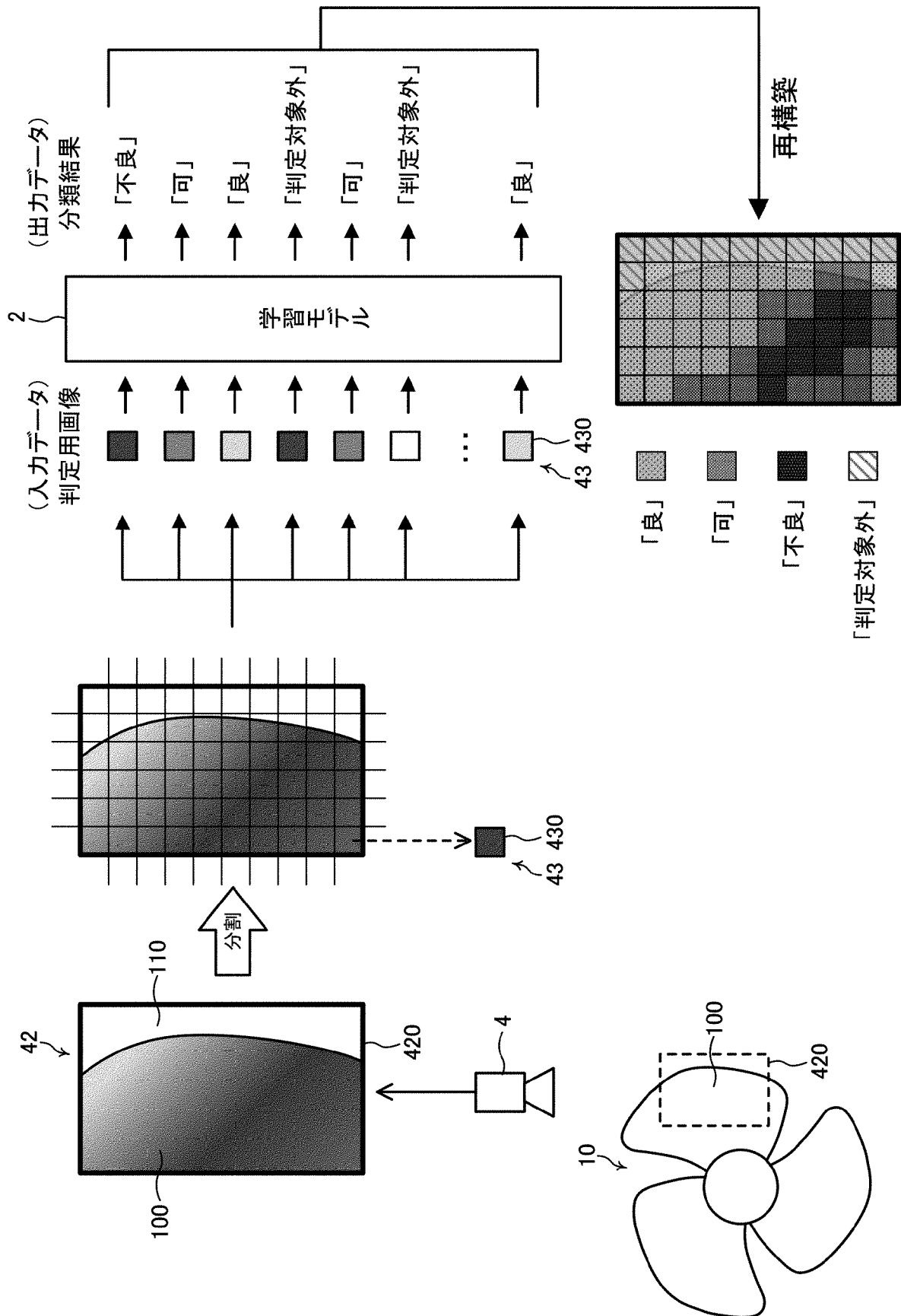
[図5]



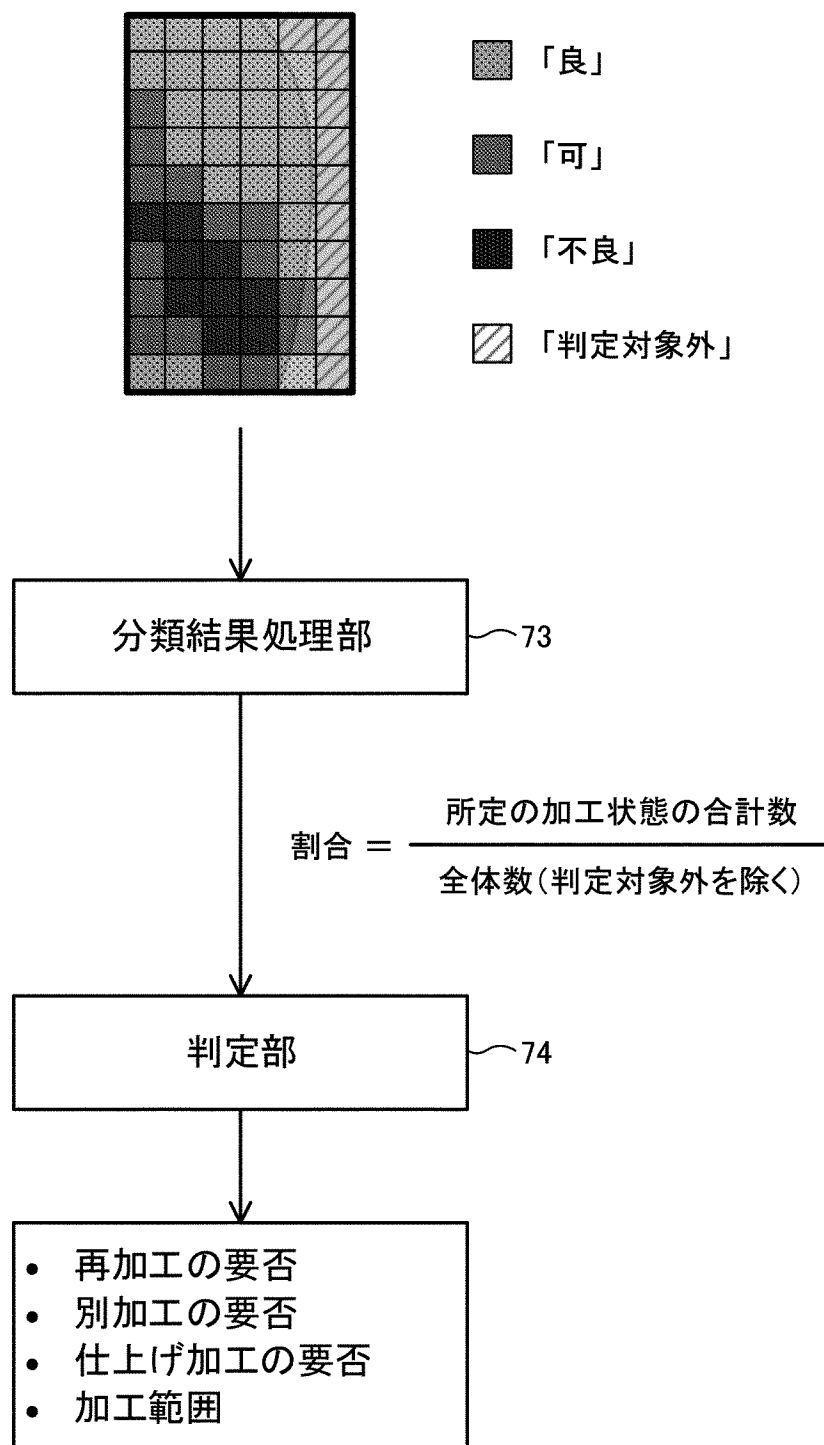
[図6]



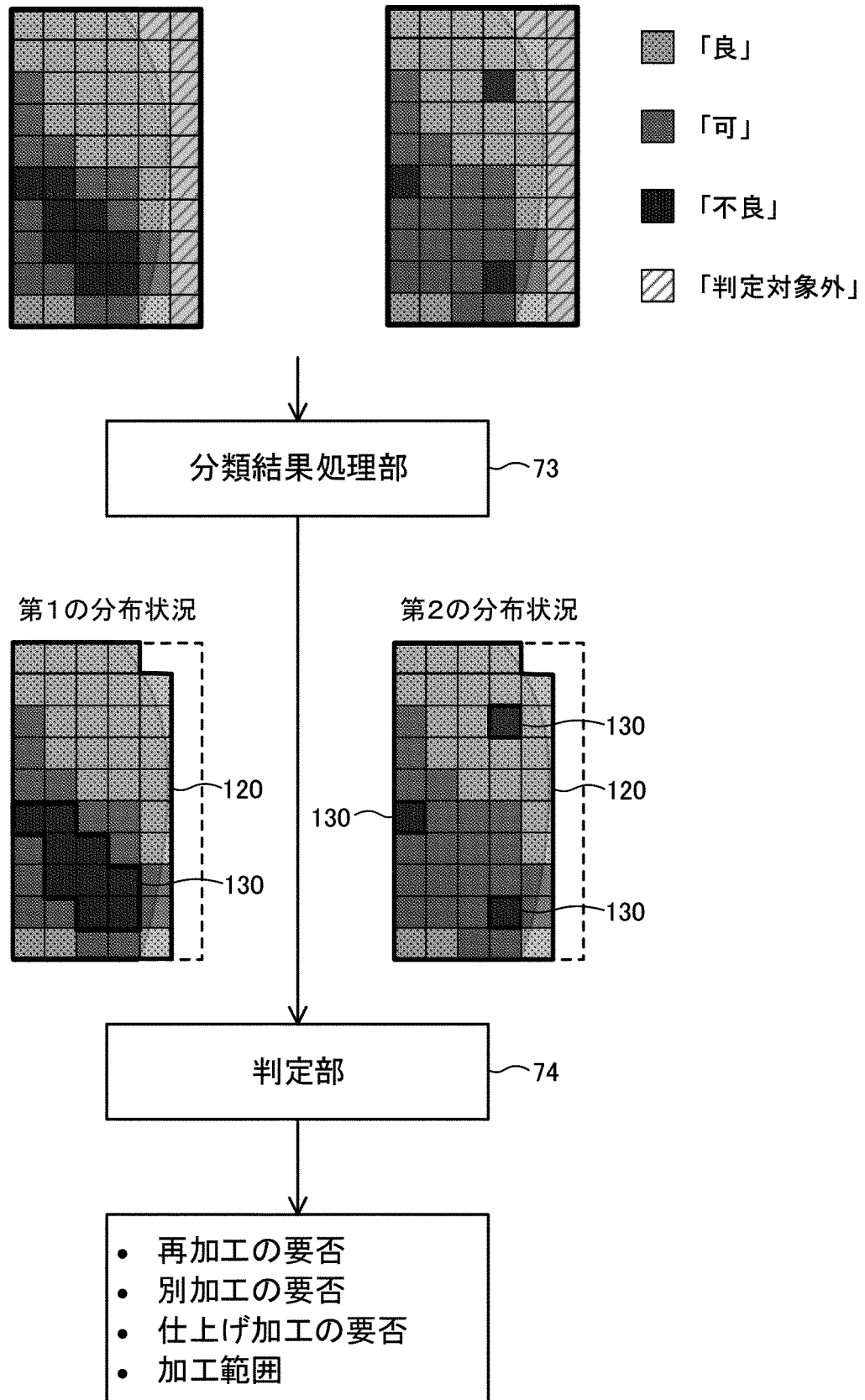
[図7]



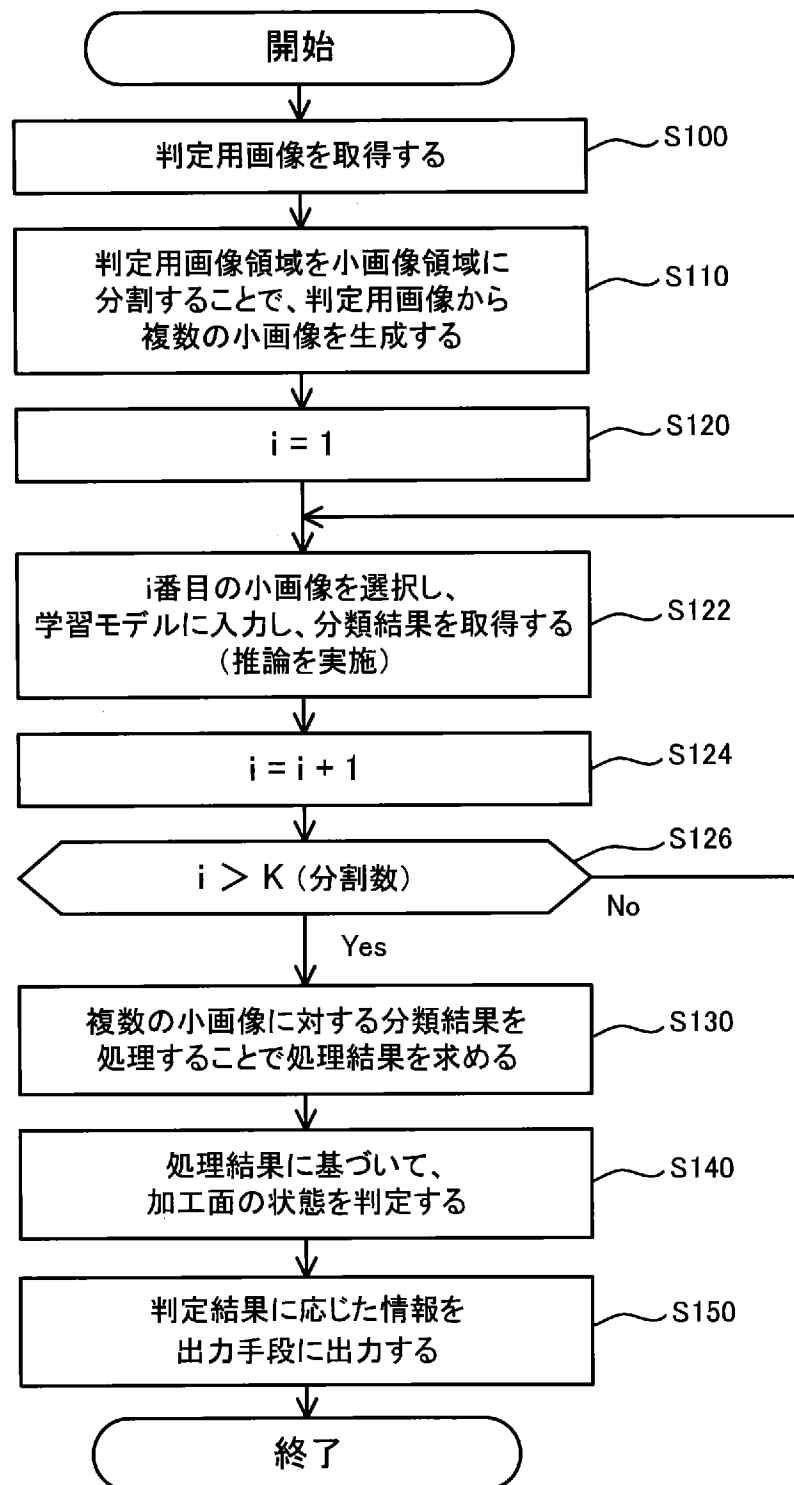
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026260

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 11/30(2006.01)i; **G06T 7/00**(2017.01)i; **G06N 3/08**(2006.01)i; **G06N 20/00**(2019.01)i; **G01N 21/88**(2006.01)i
 FI: G01N21/88 J; G06T7/00 350C; G01B11/30 Z; G06N3/08; G06N20/00 130; G06T7/00 610C

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)

G01N21/84-G01N21/958, G01B11/00-G01B11/30, G06T7/00-G06T7/90, G06N3/00-3/12, G06N20/00-G06N20/20

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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

JSTPlus/JST7580/JSTChina (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2019-056668 A (NTT COMWARE CORP) 11 April 2019 (2019-04-11)	1-4, 7-11
A	claims 1-11, paragraphs [0023]-[0043], [0071]-[0093]	5-6
X	WO 2018/235266 A1 (RIST INC) 27 December 2018 (2018-12-27)	1, 4, 7-11
A	claims 1-11, paragraphs [0043]-[0056]	2-3, 5-6
A	JP 2019-211415 A (AZBIL CORP) 12 December 2019 (2019-12-12)	1-11
A	CN 109632817 A (UNIV TIANJIN) 16 April 2019 (2019-04-16)	1-11

☐ 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

13 September 2021

Date of mailing of the international search report

05 October 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/026260

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-056668	A	11 April 2019	(Family: none)	
WO	2018/235266	A1	27 December 2018	JP 6387477 B1	
JP	2019-211415	A	12 December 2019	(Family: none)	
CN	109632817	A	16 April 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01B 11/30(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i; G06N 3/08(2006.01)i; G06N 20/00(2019.01)i; G01N 21/88(2006.01)i FI: G01N21/88 J; G06T7/00 350C; G01B11/30 Z; G06N3/08; G06N20/00 130; G06T7/00 610C														
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）） G01N21/84-G01N21/958, G01B11/00-G01B11/30, G06T7/00-G06T7/90, G06N3/00-3/12, G06N20/00-G06N20/20 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table> 国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に利用した用語） JSTPlus/JST7580/JSTChina (JDreamIII)			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2021年													
日本国実用新案登録公報	1996-2021年													
日本国登録実用新案公報	1994-2021年													
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 2019-056668 A (エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社) 11.04.2019 (2019 - 04 - 11) 請求項 1 - 請求項 11、[0023] - [0043]、[0071] - [0093]	1-4, 7-11												
A		5-6												
X	WO 2018/235266 A1 (株式会社 R i s t) 27.12.2018 (2018 - 12 - 27) 請求項 1 - 請求項 11、[0043] - [0056]	1, 4, 7-11												
A		2-3, 5-6												
A	JP 2019-211415 A (アズビル株式会社) 12.12.2019 (2019 - 12 - 12)	1-11												
A	CN 109632817 A (天津大学) 16.04.2019 (2019 - 04 - 16)	1-11												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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	"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	"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	"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）	"&" 同一パテントファミリー文献	"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	
* 引用文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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													
"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	"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													
"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）	"&" 同一パテントファミリー文献													
"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														
国際調査を完了した日 13.09.2021		国際調査報告の発送日 05.10.2021												
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 嶋田 行志 2W 8353 電話番号 03-3581-1101 内線 3257												

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/026260

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-056668	A	11.04.2019	(ファミリーなし)	
WO	2018/235266	A1	27.12.2018	JP	6387477 B1
JP	2019-211415	A	12.12.2019	(ファミリーなし)	
CN	109632817	A	16.04.2019	(ファミリーなし)	