(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
2024年6月6日(06.06.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/116503 A1

(51) 国際特許分類:
G06T 7/00 (2017.01) *G06V 10/774* (2022.01)
G06T 7/10 (2017.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/031112

(22) 国際出願日： 2023年8月29日(29.08.2023)

(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 2022-191298 2022年11月30日(30.11.2022) JP

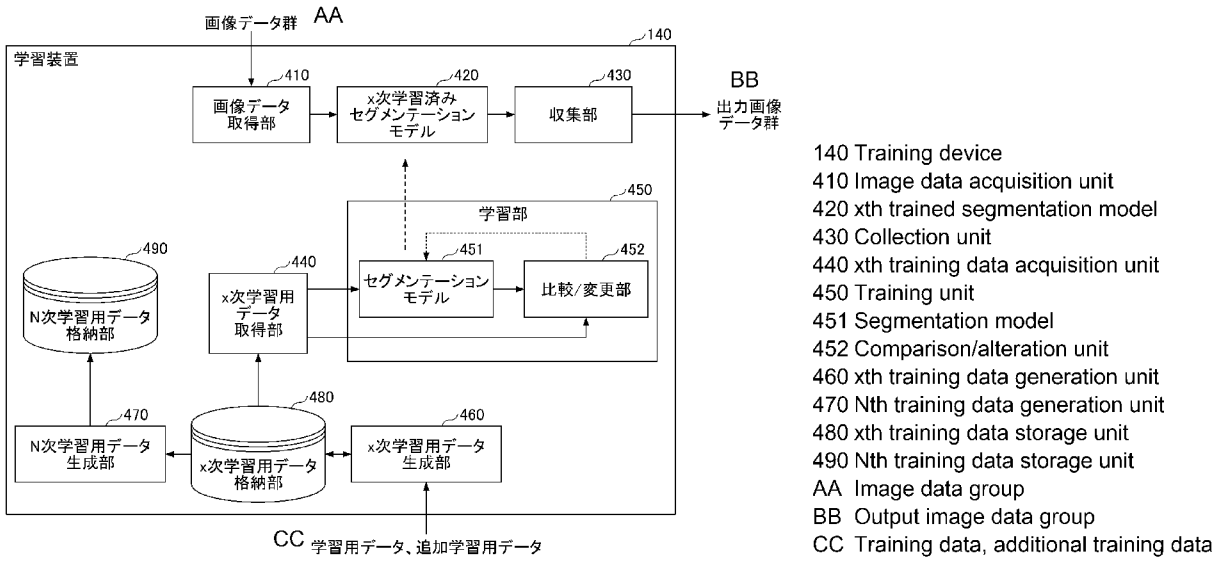
(71) 出願人: 株式会社レゾナック (**RESONAC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1057325 東京都港区東新橋一丁目９番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 奥野 克樹(**OKUNO, Katsuki**); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 株式会社レゾナック内 Tokyo (JP). 岡野 悠(**OKANO, Yu**); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 株式会社レゾナック内 Tokyo (JP). 松沢 光晴(**MATSUZAWA, Mitsuharu**); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 株式会社レゾナック内 Tokyo (JP). 富坂 克彦(**TOMISAKA, Katsuhiko**); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 株式会社レゾナック内 Tokyo (JP). 市村 剛幸(**ICHIMURA, Takayuki**); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目１３番９号 株式会社レゾナック内 Tokyo (JP). 岩崎 直哉(**IWASAKI, Naoya**); 〒1058518

(54) **Title:** TRAINING DEVICE, TRAINING METHOD, AND TRAINING PROGRAM

(54) 発明の名称： 学習装置、学習方法及び学習プログラム

[図4]



140 Training device
410 Image data acquisition unit
420 xth trained segmentation model
430 Collection unit
440 xth training data acquisition unit
450 Training unit
451 Segmentation model
452 Comparison/alteration unit
460 xth training data generation unit
470 Nth training data generation unit
480 xth training data storage unit
490 Nth training data storage unit
AA Image data group
BB Output image data group
CC Training data, additional training data

(57) **Abstract:** The present invention reduces the work load of operators in generating data for training. This training device comprises: a training unit that carries out a training process, using training data including image data that is included in a default image data group and correct-answer data for cases where the image data included in the default image data group is segmentation-processed, to generate a trained model; a collection unit that collects an xth output image data group that is outputted due to an xth image data group from among a plurality of image data groups being inputted to a (x−1)th trained model; and a generation unit that acquires a processed xth output image data group, which is derived when output image data that is included in the collected xth output image data group is processed into correct-answer data, and adds

WO 2024/116503 A1

[続葉有]

東京都港区芝大門一丁目１３番９号 株式会社レゾナック内 Tokyo (JP).

(74) 代理人：伊東 忠重，外 (ITOH, Tadashige et al.)；〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ （明治安田生命ビル） １６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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

the processed xth output image data group to the (x−1)th training data, thereby generating xth training data. The training unit carries out the training process using the xth training data to generate an xth trained model.

(57) 要約：学習用データを生成する際の作業者の作業負荷を軽減させる。学習装置は、デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、前記デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データが、セグメンテーション処理された場合の各正解データと、を含む学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みモデルを生成する学習部と、複数の画像データ群のうち、ｘ番目の画像データ群を、（ｘ－１）次学習済みモデルに入力することで出力される、ｘ番目の出力画像データ群を収集する収集部と、収集されたｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが各正解データへと加工された、加工後のｘ番目の出力画像データ群を取得し、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する生成部と、を有し、前記学習部は、前記ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みモデルを生成する。

明　細　書

発明の名称 ： 学習装置、学習方法及び学習プログラム

技術分野

[0001]　本開示は、学習装置、学習方法及び学習プログラムに関する。

背景技術

[0002]　画像データから物体を検出する「物体検出処理」として、従来より、様々なタスクの物体検出処理が提案されている。このうち、「インスタンスセグメンテーション処理」は、画像データ内の検出対象である物体に対して、画素レベルでクラスラベルを付与するタスクを行う。

[0003]　ここで、当該インスタンスセグメンテーション処理において高い処理精度を実現するには、検出対象である物体に対して画素レベルでのクラスラベルが正確に付与された学習用データを複数用意する必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１９－１０１５３５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]　一方で、このような学習用データを人手で生成するには、作業者の作業負荷が高い。

[0006]　本開示は、学習用データを生成する際の作業者の作業負荷を軽減させることを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007]　本開示の第１の態様に係る学習装置は、

デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、前記デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データが、セグメンテーション処理された場合の各正解データと、を含む学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みモデルを生成する学習部と、

複数の画像データ群のうち、ｘ番目（１≦ｘ≦Ｎ、Ｎは２以上の整数）の画像データ群を、（ｘ－１）次学習済みモデルに入力することで出力される、ｘ番目の出力画像データ群を収集する収集部と、

収集されたｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが各正解データへと加工された、加工後のｘ番目の出力画像データ群を取得し、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する生成部と、を有し、

前記学習部は、前記ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みモデルを生成する。

[0008] 本開示の第２の態様は、第１の態様に記載の学習装置であって、

前記生成部により生成された、Ｎ次学習用データを格納する格納部を更に有する。

[0009] 本開示の第３の態様は、第１または第２の態様に記載の学習装置であって、

前記デフォルトの画像データ群に含まれる画像データの数よりもｘ番目の画像データ群に含まれる画像データの数が多い。

[0010] 本開示の第４の態様は、第１乃至第３のいずれかの態様に記載の学習装置であって、

ｘ番目の画像データ群に含まれる画像データの数よりも（ｘ＋１）番目の画像データ群に含まれる画像データの数が多い。

[0011] 本開示の第５の態様は、第１乃至第４のいずれかの態様に記載の学習装置であって、

前記正解データは、画素に正常な微小粒子のクラスラベルが付与された画像データと、画素に凝集した微小粒子のクラスラベルが付与された画像データとを含む。

[0012] 本開示の第６の態様は、学習方法であって、

学習装置のコンピュータが、

デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、前記デフォルトの

画像データ群に含まれる各画像データが、セグメンテーション処理された場合の各正解データと、を含む学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みモデルを生成する工程と、

複数の画像データ群のうち、ｘ番目（１≦ｘ≦Ｎ、Ｎは２以上の整数）の画像データ群を、（ｘ－１）次学習済みモデルに入力することで出力される、ｘ番目の出力画像データ群を収集する工程と、

収集されたｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが各正解データへと加工された、加工後のｘ番目の出力画像データ群を取得し、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する工程と、

前記ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みモデルを生成する工程とを実行する。

[0013] 本開示の第７の態様は、学習プログラムであって、

学習装置のコンピュータに、

デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、前記デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データが、セグメンテーション処理された場合の各正解データと、を含む学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みモデルを生成する工程と、

複数の画像データ群のうち、ｘ番目（１≦ｘ≦Ｎ、Ｎは２以上の整数）の画像データ群を、（ｘ－１）次学習済みモデルに入力することで出力される、ｘ番目の出力画像データ群を収集する工程と、

収集されたｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが各正解データへと加工された、加工後のｘ番目の出力画像データ群を取得し、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する工程と、

前記ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みモデルを生成する工程とを実行させる。

発明の効果

[0014] 本開示によれば、学習用データを生成する際の作業者の作業負荷を軽減させることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図１は、第１の実施形態に係る学習装置を含む学習システムのシステム構成の一例を示す図である。

[図2]図２は、インスタンスセグメンテーション処理の正解データの生成方法を説明するための図である。

[図3]図３は、第１の実施形態に係る学習装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図4]図４は、第１の実施形態に係る学習装置の機能構成の一例を示す図である。

[図5]図５は、画像データ群の一例を示す図である。

[図6]図６は、第１の実施形態に係る学習装置の適用例を示す第１の図である。

[図7]図７は、学習用データの入力データ及び正解データの一例を示す図である。

[図8]図８は、第１の実施形態に係る学習装置の適用例を示す第２の図である。

[図9]図９は、１番目の追加学習用データの入力データ及び正解データの一例を示す図である。

[図10]図１０は、第１の実施形態に係る学習装置の適用例を示す第３の図である。

[図11]図１１は、Ｎ番目の追加学習用データの入力データ及び正解データの一例を示す図である。

[図12]図１２は、Ｎ次学習済みセグメンテーションモデルを用いてインスタンスセグメンテーション処理された結果を示す図である。

[図13]図１３は、学習システムによる、学習処理及び学習用データ生成処理の流れを示すフローチャートである。

[図14]図１４は、第２の実施形態に係る学習装置の機能構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、各実施形態について添付の図面を参照しながら説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複した説明を省略する。

[0017] ［第１の実施形態］

＜学習システムのシステム構成＞

はじめに、第１の実施形態に係る学習装置を含む学習システム全体のシステム構成について説明する。図１は、第１の実施形態に係る学習装置を含む学習システムのシステム構成の一例を示す図である。図１に示すように、学習システム１００は、撮像装置１１０、画像データ取得装置１２０、画像データ格納装置１３０、学習装置１４０、画像データ加工装置１５０を有する。

[0018] 撮像装置１１０は、対象物体を撮影し、撮影した画像データを画像データ取得装置１２０に送信する。撮像装置１１０としては、対象物体の大きさに応じてデジタルカメラ、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ：Scanning Electron Microscope）、透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ：Transmission Electron Microscope）等を用いることができる。

[0019] 画像データ取得装置１２０は、撮像装置１１０により撮影された画像データを分割し、分割した複数の画像データを複数の画像データ群に分類したうえで、画像データ格納装置１３０に格納する。画像データの分割数は、例えば、学習装置１４０及び画像データ加工装置１５０の処理能力にあわせて調整される。

[0020] なお、画像データ格納装置１３０に格納された複数の画像データ群のうち、０番目の画像データ群（デフォルトの画像データ群と称す）に含まれる各画像データは、画像データ加工装置１５０に送信される。

[0021] 学習装置１４０は、デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データが

、画像データ加工装置１５０に送信されたことに応じて、画像データ加工装置１５０より、学習用データを取得する。学習用データには、デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、当該各画像データがインスタンスセグメンテーション処理された場合の各正解データとが含まれる。また、学習装置１４０は、取得した各画像データと取得した各正解データとを含む学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成する。なお、デフォルトの画像データ群を用いて学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成する代わりに、適切な学習用の画像データ群を用いて学習処理が行われた、既存の学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを用いて、以降の学習処理を行うように構成してもよい。

[0022] また、学習装置１４０は、画像データ格納装置１３０に格納された複数の画像データ群のうち、デフォルトの画像データ群を除く１番目の画像データ群に含まれる各画像データを読み出す。また、学習装置１４０は、読み出した各画像データを、学習済みインスタンスセグメンテーションモデルに入力することで出力された各出力画像データを、１番目の出力画像データ群として、画像データ加工装置１５０に送信する。

[0023] また、学習装置１４０は、１番目の出力画像データ群が送信されたことに応じて、画像データ加工装置１５０より、１番目の追加学習用データを取得する。１番目の追加学習用データには、１番目の画像データ群に含まれる各画像データと、１番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが加工された加工後の各出力画像データ（各正解データ）とが含まれる。また、学習装置１４０は、１番目の追加学習用データを、学習用データに追加することで、１次学習用データを生成する（なお、デフォルトの画像データ群に基づいて生成された学習用データは、０次学習用データとも称す）。更に、学習装置１４０は、１次学習用データを用いて学習処理を行い、１次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成する。

[0024] なお、学習装置１４０は、上記処理をＮ回繰り返す（Ｎは２以上の整数）

。具体的には、学習装置１４０は、画像データ格納装置１３０に格納された複数の画像データ群のうち、デフォルトの画像データ群を除くｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データを読み出す（１≦ｘ≦Ｎ）。また、学習装置１４０は、読み出した各画像データを、（ｘ－１）次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルに入力することで出力された各出力画像データを、ｘ番目の出力画像データ群として、画像データ加工装置１５０に送信する。

[0025] また、学習装置１４０は、ｘ番目の出力画像データ群が送信されたことに応じて、画像データ加工装置１５０より、ｘ番目の追加学習用データを取得する。ｘ番目の追加学習用データには、ｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データと、ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各画像データが加工された加工後の各出力画像データ（各正解データ）とが含まれる。また、学習装置１４０は、ｘ番目の追加学習用データを、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する。更に、学習装置１４０は、ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成する。

[0026] 画像データ加工装置１５０は、デフォルトの画像データ群が送信された場合、当該画像データ群に含まれる各画像データに基づいて、当該各画像データがインスタンスセグメンテーション処理された場合の各正解データを生成する。更に、画像データ加工装置１５０は、生成した各正解データを、各画像データと対応付けて、学習用データとして学習装置１４０に送信する。

[0027] また、画像データ加工装置１５０は、１番目の画像データ群と１番目の出力画像データ群とが送信された場合、１番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データを正解データへと加工する。また、画像データ加工装置１５０は、加工後の１番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データ（各正解データ）を、１番目の画像データ群に含まれる各画像データと対応付けて、１番目の追加学習用データとして学習装置１４０に送信する。

[0028] また、画像データ加工装置１５０は、ｘ番目の画像データ群とｘ番目の出

力画像データ群とが送信された場合、ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データを正解データへと加工する。また、画像データ加工装置１５０は、加工後のｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データ（各正解データ）を、ｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データと対応付けて、ｘ番目の追加学習用データとして学習装置１４０に送信する。

[0029] ＜インスタンスセグメンテーション処理の正解データの生成方法＞

次に、インスタンスセグメンテーション処理の正解データの一般的な生成方法について説明する。図２は、インスタンスセグメンテーション処理の正解データの生成方法を説明するための図である。

[0030] 図２において、画像データ２１０は、インスタンスセグメンテーション処理において、学習用データの入力データとして用いられる画像データの一例である。また、画像データ２２０は、インスタンスセグメンテーション処理において、学習用データの正解データとして用いられる画像データの一例である。図２に示すように、学習用データの正解データを生成するには、画像データ２１０内の物体に相当する全ての画素にクラスラベルを付与する必要がある。図２に示す画像データ２１０の場合、馬が検出されるようにクラスラベルを付与するには、馬に相当する画素の輪郭を適切に選り分けて、クラスラベルを付与する必要がある。このため、インスタンスセグメンテーション処理のための学習用データを複数用意しようとすると、膨大な時間がかかるうえに、作業者の作業負荷も高い。

[0031] これに対して、第１の実施形態に係る学習装置１４０では、上記のとおり学習処理とインスタンスセグメンテーション処理とを組み合わせて実行する構成とし、学習用データの正解データを、

・デフォルトの画像データ群については、１から生成する一方、

・１番目以降の画像データ群については、１から生成する代わりに、出力画像データ群に含まれる各出力画像データを加工することにより生成する。

[0032] これにより、学習用データを生成する際の作業者の作業負荷を軽減させることができる。

[0033] ＜学習装置のハードウェア構成＞

次に、学習システム１００に含まれる各装置（画像データ取得装置１２０、学習装置１４０、画像データ加工装置１５０）のハードウェア構成について説明する。なお、学習システム１００に含まれる各装置のハードウェア構成は、概ね同じハードウェア構成を有するため、ここでは、学習装置１４０のハードウェア構成について説明する。

[0034] 図３は、第１の実施形態に係る学習装置のハードウェア構成の一例を示す図である。図３に示すように、学習装置１４０は、プロセッサ３０１、メモリ３０２、補助記憶装置３０３、Ｉ／Ｆ（Interface）装置３０４、通信装置３０５、ドライブ装置３０６を有する。なお、学習装置１４０の各ハードウェアは、バス３０７を介して相互に接続されている。

[0035] プロセッサ３０１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）等の各種演算デバイスを有する。プロセッサ３０１は、各種プログラム（例えば、学習プログラム等）をメモリ３０２上に読み出して実行する。

[0036] メモリ３０２は、ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＲＡＭ（Random Access Memory）等の主記憶デバイスを有する。プロセッサ３０１とメモリ３０２とは、いわゆるコンピュータを形成し、プロセッサ３０１が、メモリ３０２上に読み出した各種プログラムを実行することで、当該コンピュータは各種機能を実現する。

[0037] 補助記憶装置３０３は、各種プログラムや、各種プログラムがプロセッサ３０１によって実行される際に用いられる各種データを格納する。

[0038] Ｉ／Ｆ装置３０４は、ユーザインタフェース装置の一例である操作装置３１１、表示装置３１２と接続する接続デバイスである。通信装置３０５は、ネットワークを介して外部装置（不図示）と通信するための通信デバイスである。

[0039] ドライブ装置３０６は記録媒体３１３をセットするためのデバイスである。ここでいう記録媒体３１３には、ＣＤ－ＲＯＭ、フレキシブルディスク、

光磁気ディスク等のように情報を光学的、電気的あるいは磁気的に記録する媒体が含まれる。また、記録媒体３１３には、ＲＯＭ、フラッシュメモリ等のように情報を電気的に記録する半導体メモリ等が含まれていてもよい。

[0040] なお、補助記憶装置３０３にインストールされる各種プログラムは、例えば、配布された記録媒体３１３がドライブ装置３０６にセットされ、該記録媒体３１３に記録された各種プログラムがドライブ装置３０６により読み出されることでインストールされる。あるいは、補助記憶装置３０３にインストールされる各種プログラムは、通信装置３０５を介してネットワークからダウンロードされることで、インストールされてもよい。

[0041] ＜学習装置の機能構成＞

次に、学習装置１４０の機能構成について説明する。図４は、第１の実施形態に係る学習装置の機能構成の一例を示す図である。上述したように、学習装置１４０には、学習プログラムがインストールされており、当該学習プログラムが実行されることで、学習装置１４０は、

・画像データ取得部４１０、
・ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０、
・収集部４３０、
・ｘ次学習用データ取得部４４０、
・学習部４５０、
・ｘ次学習用データ生成部４６０、
・Ｎ次学習用データ生成部４７０、

として機能する。

[0042] 画像データ取得部４１０は、画像データ格納装置１３０から、ｘ番目の画像データ群が送信されると、ｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データを、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０に入力する。

[0043] ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０は、Ｒ－ＣＮＮ（Region Based Convolutional Neural Networksまたは、Regions with CNN features）ベースのモデルであって、後述する学習部４５０により学習処理が行われる

ことで生成される。ここで、Ｒ－ＣＮＮは例示であって、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０としては、Ｍａｓｋ　Ｒ－ＣＮＮ、ＹＯＬＡＣＴ、ＳＯＬＯ等のモデル、あるいは、これらのモデルの派生モデルが用いられてもよい。

[0044] ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０は、画像データ取得部４１０により入力された、ｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データに対して、インスタンスセグメンテーション処理を行う。

[0045] 更に、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０は、インスタンスセグメンテーション処理を行うことで各出力画像データを出力し、収集部４３０に通知する。

[0046] 収集部４３０は、ｘ次学習済みセグメンテーションモデルより出力された各出力画像データを収集し、ｘ番目の出力画像データ群として、画像データ加工装置１５０に送信する。

[0047] ｘ次学習用データ生成部４６０は、画像データ加工装置１５０より、学習用データとして、

・デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データ、

・各画像データがインスタンスセグメンテーション処理された場合の各正解データ、

とを受信した場合には、受信した当該学習用データをｘ次学習用データ格納部４８０に格納する。

[0048] また、ｘ次学習用データ生成部４６０は、画像データ加工装置１５０より、ｘ番目の追加学習用データとして、

・ｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データ、

・ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが加工された加工後の各出力画像データ（各正解データ）、

とを受信した場合には、各画像データと各正解データとを、ｘ次学習用データ格納部４８０に既に格納されている（ｘ－１）次学習用データに追加し、ｘ次学習用データを生成する。

[0049] ｘ次学習用データ取得部４４０は、ｘ次学習用データ格納部４８０に格納された学習用データを読み出し、学習部４５０に入力する。また、ｘ次学習用データ取得部４４０は、ｘ次学習用データ格納部４８０にｘ次学習用データが格納されるごとに、当該ｘ次学習用データを読み出し、学習部４５０に入力する。

[0050] 学習部４５０は、セグメンテーションモデル４５１と、比較／変更部４５２とを有し、ｘ次学習用データ取得部４４０により入力された学習用データまたはｘ次学習用データの”入力データ”を、セグメンテーションモデル４５１に入力する。また、学習部４５０は、ｘ次学習用データ取得部４４０により入力された学習用データまたはｘ次学習用データの”正解データ”を、比較／変更部４５２に入力する。

[0051] セグメンテーションモデル４５１は、Ｒ－ＣＮＮ（Region Based Convolutional Neural Networksまたは、Regions with CNN features）ベースのモデルである。ここで、Ｒ－ＣＮＮは例示であって、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０としては、Ｍａｓｋ　Ｒ－ＣＮＮ、ＹＯＬＡＣＴ、ＳＯＬＯ等のモデル、あるいは、これらのモデルの派生モデルが用いられてもよい。

[0052] セグメンテーションモデル４５１は、学習用データまたはｘ次学習用データの”入力データ”に含まれる各画像データが入力されると、インスタンスセグメンテーション処理を行い、各出力画像データを出力する。

[0053] 比較／変更部４５２は、セグメンテーションモデル４５１より出力された各出力画像データと、学習用データまたはｘ次学習用データの”正解データ”に含まれる各正解データとに基づいて、セグメンテーションモデル４５１のモデルパラメータを更新する。

[0054] このように、学習用データ及びｘ次学習用データを用いて学習部４５０により学習処理がそれぞれ行われることで、学習済みセグメンテーションモデルまたはｘ次学習済みセグメンテーションモデルが生成される。なお、学習部４５０において生成された学習済みセグメンテーションモデル及びｘ次学

習済みセグメンテーションモデルは、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０として機能する。例えば、学習部４５０により生成された学習済みセグメンテーションモデルは、０次学習済みセグメンテーションモデルとして機能する。また、学習部４５０により生成された１次学習済みセグメンテーションモデルは、１次学習済みセグメンテーションモデルとして機能する。

[0055] Ｎ次学習用データ生成部４７０は、Ｎ番目の追加学習用データが追加されることでｘ次学習用データ格納部４８０に格納されたＮ次学習用データを、ｘ次学習用データ格納部４８０より読み出し、Ｎ次学習用データ格納部４９０に格納する。

[0056] ＜画像データ群の具体例＞

次に、画像データ取得装置１２０により生成される画像データ群の具体例について説明する。図５は、画像データ群の一例を示す図である。図５において、符号５１０は、撮像装置１１０により撮影され、画像データ取得装置１２０が取得した、１枚分の画像データを示している。

[0057] また、符号５１１は、符号５１０に示す画像データの一部を拡大して示したものである。符号５１１に示すように、本実施形態において撮影される対象物体は、微小粒子群である。微小粒子群を撮影した画像データに対してインスタンスセグメンテーション処理が行われることで、個々の微小粒子を識別し、正常な微小粒子（正常粒子）と凝集した微小粒子（凝集粒子）とを判定する。なお、符号５１１に示す拡大図において、符号５１１ａ、５１１ｂは、凝集粒子であり、それ以外の微小粒子は、正常粒子である。

[0058] なお、本開示が対象とする微小粒子としては、図５に一例として示すように、ミクロンオーダの直径の粒子が挙げられる。微小粒子の平均粒径の上限は、５０μｍ以下であり、好ましくは３０μｍ以下であり、より好ましくは２０μｍ以下である。微小粒子の平均粒径の下限は、１．０μｍ以上であり、好ましくは２．０μｍ以上であり、より好ましくは２．５μｍ以上である。微小粒子を構成する物質としては、金属等を含む無機材料であっても、有

機材料であってもよい。微小粒子の表面には、特定の機能を顕現するための機能層が構成されていてもよい。

[0059] また、図５において、符号５２０は、画像データ取得装置１２０により、複数の画像データに分割し、分割した複数の画像データを複数の画像データ群に分類した様子を示している。具体的には、符号５２０は、符号５１０に示す画像データを２０分割し、２０個の画像データを生成した様子を示している。また、符号５２０は、２０個の画像データのうち、１行目に位置する５個の画像データを、デフォルトの画像データ群に分類した様子を示している。更に、符号５２０は、２０個の画像データのうち、２行目から４行目に位置する１５個の画像データを、１番目の画像データ群に分類した様子を示している。

[0060] なお、本実施形態では、図５においては不図示の２枚目から１０枚目の画像データを、同様に、それぞれ２０分割することで１８０個の画像データを生成し、２番目の画像データ群に分類する。

[0061] ＜学習装置の適用例（１）＞

次に、学習装置１４０の適用例（学習済みセグメンテーションモデルを生成するまで）について説明する。図６は、第１の実施形態に係る学習装置の適用例を示す第１の図である。図６に示すように、デフォルトの画像データ群に含まれる画像データ６０１が画像データ加工装置１５０に送信されると、画像データ加工装置１５０では、

・画像データ６０１の正常粒子に正常クラスラベルを付与した正常画像データと、

・画像データ６０１の凝集粒子に凝集クラスラベルを付与した凝集画像データと、

を生成する。

[0062] また、画像データ加工装置１５０は、

・画像データ６０１を入力データ、

・正常画像データ及び凝集画像データを正解データ、

とする学習用データを生成し、学習装置１４０に送信する。

[0063] 画像データ加工装置１５０より送信された学習用データは、ｘ次学習用データ生成部４６０が取得し、学習用データ６０２として、ｘ次学習用データ格納部４８０に格納する。なお、図６の例では、紙面の都合上、学習用データ６０２として、１組の入力データ及び正解データのみを示しているが、学習用データ６０２には、デフォルトの画像データ群に含まれる画像データの数に対応する５組の入力データ及び正解データが含まれる。

[0064] 学習用データ６０２に含まれる５組の入力データ及び正解データは、ｘ次学習用データ取得部４４０に読み出され、順次、学習部４５０に入力されることで学習処理が行われ、学習済みセグメンテーションモデルが生成される。

[0065] 図７は、学習用データの入力データ及び正解データの一例を示す図であり、図６に示した学習用データ６０２の１組の入力データ及び正解データを拡大して示したものである。図７において、画像データ６０１は学習用データ６０２の入力データであり、符号６０１ａ、６０１ｂは、凝集粒子である。また、正常画像データ７０１、凝集画像データ７０２は学習用データ６０２の正解データである。

[0066] ＜学習装置の適用例（２）＞

次に、学習装置１４０の適用例（１次学習済みセグメンテーションモデルを生成するまで）について説明する。図８は、第１の実施形態に係る学習装置の適用例を示す第２の図である。図８に示すように、画像データ取得部４１０は、１番目の画像データ群に含まれる画像データ８０１を取得し、０次学習済みセグメンテーションモデルとして機能する、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０に入力する。これにより、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０は、出力画像データ８１１、８１２を出力する。

[0067] なお、図８の例では、紙面の都合上、１番目の画像データ群に含まれる各画像データのうち、画像データ８０１のみを示しているが、１番目の画像データ群には、例えば、１５個の画像データが含まれる。したがって、収集部

４３０では、１番目の出力画像データ群として、１５組の出力画像データを収集して、画像データ加工装置１５０に送信する。

[0068] また、図８に示すように、１番目の画像データ群に含まれる画像データ８０１が画像データ加工装置１５０に送信されると、画像データ加工装置１５０では、

・１番目の出力画像データ群に含まれる出力画像データ８１１内の微小粒子について、正常粒子に相当する画素に正常クラスラベルが付与されていない場合に、正常クラスラベルを付与する。また、正常粒子以外の微小粒子に相当する画素に正常クラスラベルが付与されていた場合に、正常クラスラベルを削除する。これにより、出力画像データ８１１を正常画像データへと加工する。

・１番目の出力画像データ群に含まれる出力画像データ８１２内の微小粒子について、凝集粒子に相当する画素に凝集クラスラベルが付与されていない場合に、凝集クラスラベルを付与する。また、凝集粒子以外の微小粒子に相当する画素に凝集クラスラベルが付与されていた場合に、凝集クラスラベルを削除する。これにより、出力画像データ８１２を凝集画像データへと加工する。

[0069] また、画像データ加工装置１５０は、

・画像データ８０１を入力データ、

・出力画像データ８１１、８１２を加工した正常画像データ及び凝集画像データを正解データ、

とする１番目の追加学習用データを、学習装置１４０に送信する。

[0070] 画像データ加工装置１５０より送信された１番目の追加学習用データは、ｘ次学習用データ生成部４６０が取得し、学習用データ６０２に追加することで、１次学習用データ８２０を生成し、ｘ次学習用データ格納部４８０に格納する。なお、図８の例では、紙面の都合上、学習用データ、１番目の追加学習用データとして、それぞれ、１組の入力データ及び正解データのみを示している。しかしながら、学習用データには、５組の入力データ及び正解

データが、１番目の追加学習用データには、１５組の入力データ及び正解データが含まれる。つまり、１次学習用データ８２０には合計２０組の入力データ及び正解データが含まれる。

[0071] １次学習用データ８２０に含まれる２０組の入力データ及び正解データは、ｘ次学習用データ取得部４４０に読み出され、順次、学習部４５０に入力されることで学習処理が行われ、１次学習済みセグメンテーションモデルが生成される。

[0072] 図９は、１番目の追加学習用データの入力データ及び正解データの一例を示す図である。図９において、画像データ８０１は、１番目の追加学習用データの入力データである。また、図９において、正常画像データ８１１’、凝集画像データ８１２’は、１番目の追加学習用データの正解データである。

[0073] なお、図９の例において、正常画像データ８１１’は、１番目の出力画像データ群に含まれる出力画像データ８１１において、正常粒子に相当する画素に正常クラスラベルが付与されていない微小粒子に、正常クラスラベルを付与する加工を行うことで生成される。なお、出力画像データ８１１において、黒矢印で示した微小粒子は、正常粒子に相当する画素に正常クラスラベルが付与されていない微小粒子を指す。また、図９の例の場合、凝集画像データ８１２’は、出力画像データ８１２を加工することなく、そのまま利用した様子を示している。

[0074] このように、１番目の追加学習用データを生成するにあたり、第１の実施形態では、出力画像データ８１１、８１２を加工することで正常画像データ８１１’、凝集画像データ８１２’を得る。これにより、画像データ８０１に基づいて、１から正常画像データ８１１’、凝集画像データ８１２’を生成する場合と比較して、学習用データを生成する際の作業者の作業負荷を軽減させることができる。

[0075] ＜学習装置の適用例（３）＞

次に、学習装置１４０の適用例（Ｎ次学習済みセグメンテーションモデルを生成するまで）について説明する。図１０は、第１の実施形態に係る学習

装置の適用例を示す第３の図である。なお、ここでは、Ｎ＝２として説明する。

[0076] 図１０に示すように、画像データ取得部４１０は、Ｎ番目の画像データ群に含まれる画像データ１００１を取得し、（Ｎ－１）次学習済みセグメンテーションモデルとして機能する、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０に入力する。これにより、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０は、出力画像データ１０１１、１０１２を出力する。

[0077] なお、図１０の例では、紙面の都合上、Ｎ番目の画像データ群に含まれる各画像データのうち、画像データ１００１のみを示しているが、Ｎ番目の画像データ群には、例えば、１８０個の画像データが含まれる。したがって、収集部４３０では、Ｎ番目の出力画像データ群として、１８０組の出力画像データを収集して、画像データ加工装置１５０に送信する。

[0078] また、図１０に示すように、Ｎ番目の画像データ群に含まれる画像データ１００１が画像データ加工装置１５０に送信されると、画像データ加工装置１５０では、

・Ｎ番目の出力画像データ群に含まれる出力画像データ１０１１内の微小粒子について、正常粒子に相当する画素に正常クラスラベルが付与されていない場合に、正常クラスラベルを付与する。また、正常粒子以外の微小粒子に相当する画素に正常クラスラベルが付与されていた場合に、正常クラスラベルを削除する。これにより、出力画像データ１０１１を正常画像データへと加工する。

・Ｎ番目の出力画像データ群に含まれる出力画像データ１０１２内の微小粒子について、凝集粒子に相当する画素に凝集クラスラベルが付与されていない場合に、凝集クラスラベルを付与する。また、凝集粒子以外の微小粒子に相当する画素に凝集クラスラベルが付与されていた場合に、凝集クラスラベルを削除する。これにより、出力画像データ１０１２を凝集画像データへと加工する。

[0079] また、画像データ加工装置１５０は、

・画像データ１００１を入力データ、

・出力画像データ１０１１、１０１２を加工した正常画像データ及び凝集画像データを正解データ、

とするＮ番目の追加学習用データを、学習装置１４０に送信する。

[0080] 画像データ加工装置１５０より送信されたＮ番目の追加学習用データは、ｘ次学習用データ生成部４６０が取得し、（Ｎ－１）次学習用データに追加することで、Ｎ次学習用データ１０２０を生成し、ｘ次学習用データ格納部４８０に格納する。なお、図１０の例では、紙面の都合上、（Ｎ－１）次学習用データとして、２組の入力データ及び正解データを、Ｎ番目の追加学習用データとして、１組の入力データ及び正解データのみを示している。しかしながら、（Ｎ－１）次学習用データには、２０組の入力データ及び正解データが、Ｎ番目の追加学習用データには、１８０組の入力データ及び正解データが含まれる。つまり、Ｎ次学習用データ１０２０には、合計２００組の入力データ及び正解データが含まれる。

[0081] Ｎ次学習用データ１０２０に含まれる２００組の入力データ及び正解データは、ｘ次学習用データ取得部４４０に読み出され、順次、学習部４５０に入力されることで学習処理が行われ、学習済みセグメンテーションモデルが生成される。

[0082] 図１１は、Ｎ番目の追加学習用データの入力データ及び正解データの一例を示す図である。図１１において、画像データ１００１は、Ｎ番目の追加学習用データの入力データである。また、図１１において、正常画像データ１０１１’、凝集画像データ１０１２’は、Ｎ番目の追加学習用データの正解データである。

[0083] なお、図１１の例において、正常画像データ１０１１’は、Ｎ番目の出力画像データ群に含まれる出力画像データ１０１１において、正常粒子に相当する画素に正常クラスラベルが付与されていない微小粒子に、正常クラスラベルを付与する加工を行うことで生成される。なお、出力画像データ１０１１において、黒矢印で示した微小粒子は、正常粒子に相当する画素に正常クラ

スラベルが付与されていない微小粒子を指す。また、図１１の例の場合、凝集画像データ１０１２’は、Ｎ番目の出力画像データ群に含まれる出力画像データ１０１２を加工することなく、そのまま利用した様子を示している。

[0084] このように、Ｎ番目の追加学習用データを生成するにあたり、第１の実施形態では、出力画像データ１０１１、１０１２を加工することで正常画像データ１０１１’、凝集画像データ１０１２’を得る。これにより、画像データ１００１に基づいて、１から正常画像データ１０１１’、凝集画像データ１０１２’を生成する場合と比較して、学習用データを生成する際の作業者の作業負荷を軽減させることができる。

[0085] なお、（ｘ＋１）番目の追加学習用データを生成するにあたって加工する出力画像データは、ｘ番目の追加学習用データを生成するにあたって加工する出力画像データと比較して、加工量が少なくて済む。学習処理に用いるデータの数が増え、ｘ次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルの処理精度が向上しているからである。

[0086] ＜インスタンスセグメンテーション処理の結果＞

次に、Ｎ次学習用データを用いてセグメンテーションモデル４５１に対して学習処理を行うことで生成された、Ｎ次学習済みセグメンテーションモデルによるインスタンスセグメンテーション処理の結果について説明する。

[0087] 図１２は、Ｎ次学習済みセグメンテーションモデルを用いてインスタンスセグメンテーション処理された結果を示す図である。図１２に示すように、Ｎ次学習用データを用いて学習処理が行われることで処理精度が向上した結果、Ｎ次学習済みセグメンテーションモデルによれば、

・入力された画像データに含まれる微小粒子のうち、正常粒子に相当する画素に対して過不足なく正常クラスラベルを付与することができる（図１２の緑色）。

・入力された画像データに含まれる微小粒子のうち、凝集粒子に相当する画素に対して過不足なく凝集クラスラベルを付与することができる（図１２の青紫色）。

[0088] ＜学習処理及び学習用データ生成処理の流れ＞

次に、学習システム１００による学習処理及び学習用データ生成処理の流れについて説明する。図１３は、学習システムによる、学習処理及び学習用データ生成処理の流れを示すフローチャートである。

[0089] ステップＳ１３０１において、撮像装置１１０は、対象物体である微小粒子群を撮影し、複数の画像データを生成する。

[0090] ステップＳ１３０２において、画像データ取得装置１２０は、画像データを分割し、複数の画像データ群に分類したうえで、画像データ格納装置１３０に格納する。

[0091] ステップＳ１３０３において、画像データ加工装置１５０は、画像データ格納装置１３０より送信されたデフォルトの画像データ群を取得する。また、画像データ加工装置１５０は、画像データ群に含まれる各画像データを入力データ、画像データ群に含まれる各画像データに基づいて生成した正常画像データと凝集画像データとを正解データとする、学習用データを生成する。

[0092] ステップＳ１３０４において、学習装置１４０は、学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成する。

[0093] ステップＳ１３０５において、学習装置１４０は、ｘに”１”を代入する。

[0094] ステップＳ１３０６において、学習装置１４０は、ｘ番目の画像データ群を（ｘ－１）次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルに入力し、ｘ番目の出力画像データ群を収集する。

[0095] ステップＳ１３０７において、画像データ加工装置１５０は、ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データを加工し、加工後の各出力画像データを含む、加工後のｘ番目の出力画像データ群を生成する。また、画像データ加工装置１５０は、ｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データを入力データ、加工後のｘ番目の出力画像データ群に含まれる加工後の各出力画像データを正解データとする、ｘ番目の追加学習用データを生成する。

[0096] ステップＳ１３０８において、学習装置１４０は、（ｘ－１）次学習用データにｘ番目の追加学習用データを追加し、ｘ次学習用データを生成する。

[0097] ステップＳ１３０９において、学習装置１４０は、ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成する。

[0098] ステップＳ１３１０において、学習装置１４０は、ｘをインクリメントする。

[0099] ステップＳ１３１１において、学習装置１４０は、ｘがＮを超えたか否かを判定する。ステップＳ１３１１において、ｘがＮを超えていないと判定した場合には（ステップＳ１３１１においてＮＯの場合には）、ステップＳ１３０６に戻る。

[0100] 一方、ステップＳ１３１１において、ｘがＮを超えたと判定した場合には（ステップＳ１３１１においてＹＥＳの場合には）、ステップＳ１３１２に進む。

[0101] ステップＳ１３１２において、学習装置１４０は、Ｎ次学習用データを、Ｎ次学習用データ格納部４９０に格納する。

[0102] ＜まとめ＞

以上の説明から明らかなように、第１の実施形態に係る学習装置１４０は、

・デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データが、インスタンスセグメンテーション処理された場合の正解データとを含む学習用データを用いて学習処理を行う。これにより、（ｘ－１）次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成する。

・複数の画像データ群のうち、ｘ番目の画像データ群を、（ｘ－１）次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルに入力することで出力される、ｘ番目の出力画像データ群を収集する。

・収集したｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが正解デ

ータへと加工された、加工後のｘ番目の出力画像データ群を取得し、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する。

・ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成する。

[0103] このように、第１の実施形態に係る学習装置１４０では、学習処理とインスタンスセグメンテーション処理とを組み合わせて実行する構成とし、学習用データの正解データを、１から生成する代わりに、各出力画像データを加工することにより生成する。

[0104] これにより、第１の実施形態によれば、学習用データを生成する際の作業者の作業負荷を軽減させることができる。

[0105] また、第１の実施形態に係る学習装置１４０では、ｘ次学習用データを用いて学習処理を行う際、（ｘ－１）次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルに対して追加の再学習処理を行うのではなく、毎回最初に準備したセグメンテーションモデルを用いて、１から学習処理を行うこともできる。

[0106] このようにして学習用データを生成し、かつ、Ｎ次学習済みインスタンスセグメンテーションモデルを生成することで、第１の実施形態に係る学習装置１４０によれば、学習用データが少ないことに起因して発生する、偏った学習処理を回避することができる。

[0107] ［第２の実施形態］

上記第１の実施形態では、画像データ取得装置１２０、画像データ加工装置１５０を、学習装置１４０とは別体として構成した。しかしながら、画像データ取得装置１２０の機能及び画像データ加工装置１５０の機能は、学習装置１４０において実現されてもよい。

[0108] 図１４は、第２の実施形態に係る学習装置の機能構成の一例を示す図である。図４に示した第１の実施形態に係る学習装置１４０の機能構成との相違点は、学習装置１４００の場合、分類部１４１０、画像データ加工部１４２０を有する点である。

[0109] 分類部１４１０は、撮像装置１１０により撮影され、画像データ取得部４１０により取得された複数の画像データを分割する。また、分類部１４１０は、分割した複数の画像データを複数の画像データ群に分類する。

[0110] また、分類部１４１０は、複数の画像データ群のうち、デフォルトの画像データ群を、画像データ加工部１４２０に通知する。また、分類部１４１０は、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０が更新されるごとに、ｘ番目の画像データ群を、画像データ加工部１４２０に通知するとともに、ｘ次学習済みセグメンテーションモデル４２０に入力する。

[0111] 画像データ加工部１４２０は、分類部１４１０よりデフォルトの画像データ群が通知されると、当該画像データ群に含まれる各画像データがインスタンスセグメンテーション処理された場合の各正解データを生成する。また、画像データ加工部１４２０は、生成した各正解データを、各画像データと対応付けて、学習用データとして、ｘ次学習用データ生成部４６０に通知する。

[0112] また、画像データ加工部１４２０は、分類部１４１０からｘ番目の画像データ群が通知され、収集部４３０からｘ番目の出力画像データ群が通知された場合、ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データを正解データへと加工する。

[0113] 更に、画像データ加工部１４２０は、加工後のｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データ（各正解データ）を、ｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データと対応付けて、ｘ番目の追加学習用データとしてｘ次学習用データ生成部４６０に通知する。

[0114] このように、画像データ取得装置１２０の機能及び画像データ加工装置１５０の機能を学習装置１４００において実現することで、第２の実施形態によれば、上記第１の実施形態と同様の効果を享受することができる。

[0115] なお、上記説明では、画像データ取得装置１２０の機能及び画像データ加工装置１５０の機能の両方を学習装置１４００において実現するものとした。しかしながら、画像データ取得装置１２０の機能または画像データ加工装

置１５０の機能のいずれか一方を学習装置１４００において実現してもよい。

[0116] ［その他の実施形態］

上記各実施形態では、ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データを加工する際の加工方法の詳細について言及しなかった。しかしながら、ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データを加工するにあたっては、例えば、ｘ番目の画像データ群に含まれる各画像データとの差分を算出することで、加工する微小粒子を特定したうえで、加工するように構成してもよい。

[0117] また、上記各実施形態では、分割した複数の画像データを複数の画像データ群に分類する際の分類方法の詳細について言及しなかった。しかしながら、分割した複数の画像データを複数の画像データ群に分類するにあたっては、例えば、

・デフォルトの画像データ群に含まれる画像データの数よりも、ｘ番目の画像データ群に含まれる画像データの数が多くなるように分類する。

・ｘ番目の画像データ群に含まれる画像データの数よりも（ｘ＋１）番目の画像データ群に含まれる画像データの数の方が多くなるように分類する。

[0118] デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データから正解データを生成するために画素に対してクラスラベルを付与すべき微小粒子の数は多い。一方で、ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データを各正解データへと加工するためにクラスラベルを付与または削除すべき微小粒子の数は少ない。

[0119] また、（ｘ＋１）番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データの場合、ｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データよりも、各正解データへと加工するために画素に対してクラスラベルを付与または削除すべき微小粒子の数は少ない。

[0120] つまり、デフォルトの画像データ群よりｘ番目の画像データ群の方が、画像データの数を多くても、画素に対してクラスラベルを付与または削除すべ

き微小粒子の数は増大せず、作業者の作業負荷は高くならない。同様に、ｘ番目の画像データ群より（ｘ＋１）番目の画像データ群の方が、画像データの数を多くても、画素に対してクラスラベルを付与または削除すべき微小粒子の数は増大せず、作業者の作業負荷は高くならない。このようなことから、上記のような分類方法にすることで、作業者の作業負荷を高くすることなく、多数の正解データを蓄積することができる。

[0121] また、上記各実施形態では、対象物体がミクロンオーダの直径の微小粒子であるとして説明したが、対象物体の大きさはサブミクロンオーダであっても、ミリメートルオーダであってもよい。

[0122] また、上記各実施形態では、セグメンテーションモデル４５１がインスタンスセグメンテーション処理を行うモデルであるとして説明したが、インスタンスセグメンテーション処理以外のセグメンテーション処理を行うモデルであってもよい。

[0123] また、上記各実施形態では、学習装置１４０により生成されたＮ次学習済みセグメンテーションモデルの利用例について言及しなかったが、Ｎ次学習済みセグメンテーションモデルは、例えば、正常粒子と凝集粒子とを判定する処理に用いられるものとする。その際、Ｎ次学習済みセグメンテーションモデルによる判定結果は、微小粒子を製造する装置の製造条件を制御するのに用いられてもよい。

[0124] なお、上記実施形態に挙げた構成等に、その他の要素との組み合わせ等、ここで示した構成に本発明が限定されるものではない。これらの点に関しては、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で変更することが可能であり、その応用形態に応じて適切に定めることができる。

[0125] 本出願は、２０２２年１１月３０日に出願された日本国特許出願第２０２２－１９１２９８号に基づきその優先権を主張するものであり、同日本国特許出願の全内容を参照することにより本願に援用する。

符号の説明

[0126] １００ ：学習システム

１１０　　：撮像装置

１２０　　：画像データ取得装置

１４０　　：学習装置

１５０　　：画像データ加工装置

４１０　　：画像データ取得部

４２０　　：ｘ次学習済みセグメンテーションモデル

４３０　　：収集部

４４０　　：ｘ次学習用データ取得部

４５０　　：学習部

４６０　　：ｘ次学習用データ生成部

４７０　　：Ｎ次学習用データ生成部

１４００　　：学習装置

１４１０　　：分類部

１４２０　　：画像データ加工部

請求の範囲

[請求項1] デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、前記デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データが、セグメンテーション処理された場合の各正解データと、を含む学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みモデルを生成する学習部と、

複数の画像データ群のうち、ｘ番目（１≦ｘ≦Ｎ、Ｎは２以上の整数）の画像データ群を、（ｘ－１）次学習済みモデルに入力することで出力される、ｘ番目の出力画像データ群を収集する収集部と、

収集されたｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが各正解データへと加工された、加工後のｘ番目の出力画像データ群を取得し、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する生成部と、を有し、

前記学習部は、前記ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みモデルを生成する、学習装置。

[請求項2] 前記生成部により生成された、Ｎ次学習用データを格納する格納部を更に有する、請求項１に記載の学習装置。

[請求項3] 前記デフォルトの画像データ群に含まれる画像データの数よりもｘ番目の画像データ群に含まれる画像データの数が多い、請求項１または２に記載の学習装置。

[請求項4] ｘ番目の画像データ群に含まれる画像データの数よりも（ｘ＋１）番目の画像データ群に含まれる画像データの数が多い、請求項１乃至３のいずれか１項に記載の学習装置。

[請求項5] 前記正解データは、画素に正常な微小粒子のクラスラベルが付与された画像データと、画素に凝集した微小粒子のクラスラベルが付与された画像データとを含む、請求項１乃至４のいずれか１項に記載の学習装置。

[請求項6] 学習装置のコンピュータが、

デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、前記デフォ

ルトの画像データ群に含まれる各画像データが、セグメンテーション処理された場合の各正解データと、を含む学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みモデルを生成する工程と、

複数の画像データ群のうち、ｘ番目（１≦ｘ≦Ｎ、Ｎは２以上の整数）の画像データ群を、（ｘ－１）次学習済みモデルに入力することで出力される、ｘ番目の出力画像データ群を収集する工程と、

収集されたｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが各正解データへと加工された、加工後のｘ番目の出力画像データ群を取得し、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する工程と、

前記ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みモデルを生成する工程と

を実行する学習方法。

[請求項7] 学習装置のコンピュータに、

デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データと、前記デフォルトの画像データ群に含まれる各画像データが、セグメンテーション処理された場合の各正解データと、を含む学習用データを用いて学習処理を行い、学習済みモデルを生成する工程と、

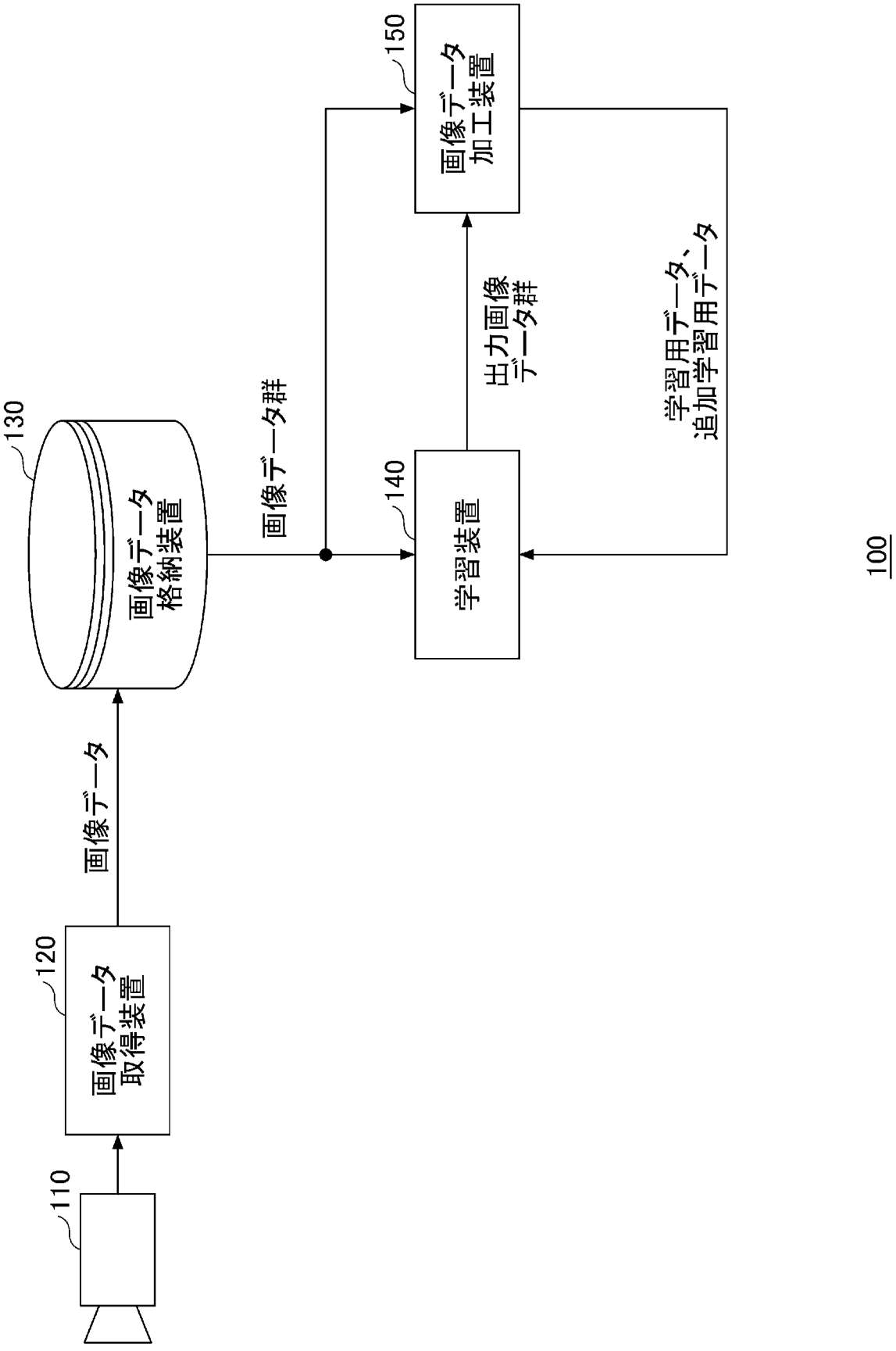
複数の画像データ群のうち、ｘ番目（１≦ｘ≦Ｎ、Ｎは２以上の整数）の画像データ群を、（ｘ－１）次学習済みモデルに入力することで出力される、ｘ番目の出力画像データ群を収集する工程と、

収集されたｘ番目の出力画像データ群に含まれる各出力画像データが各正解データへと加工された、加工後のｘ番目の出力画像データ群を取得し、（ｘ－１）次学習用データに追加することで、ｘ次学習用データを生成する工程と、

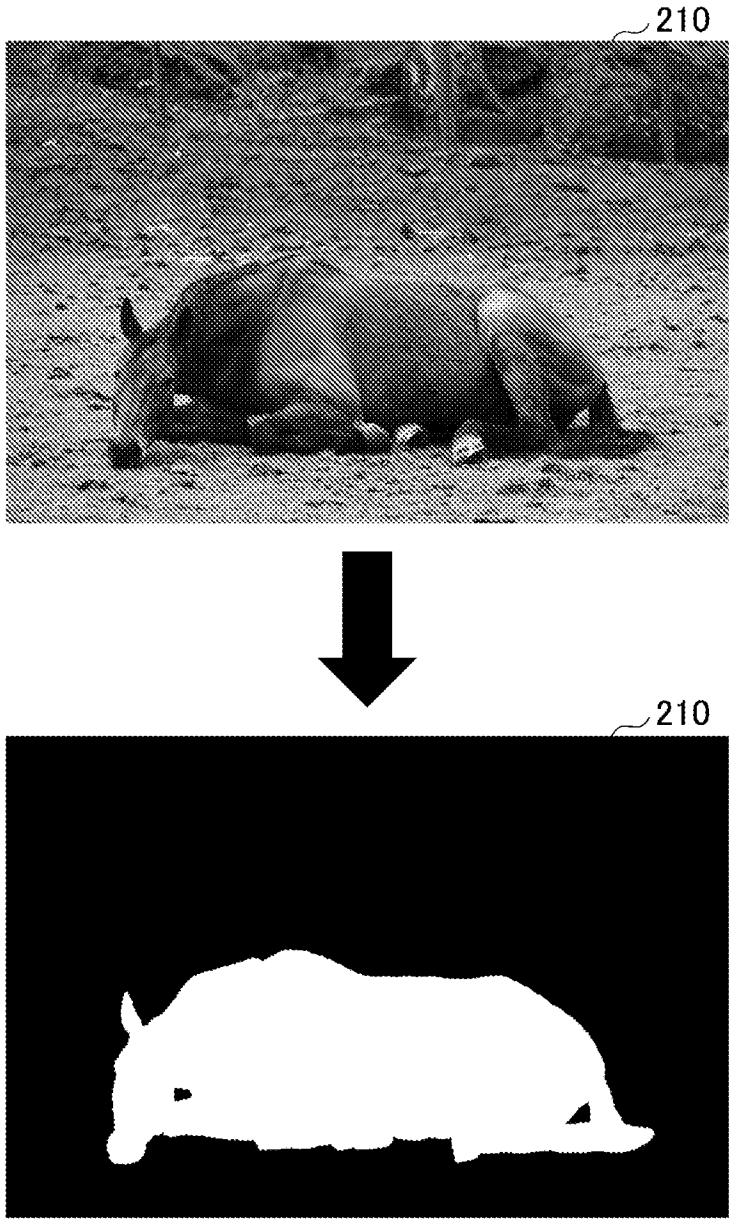
前記ｘ次学習用データを用いて学習処理を行い、ｘ次学習済みモデルを生成する工程と

を実行させる学習プログラム。

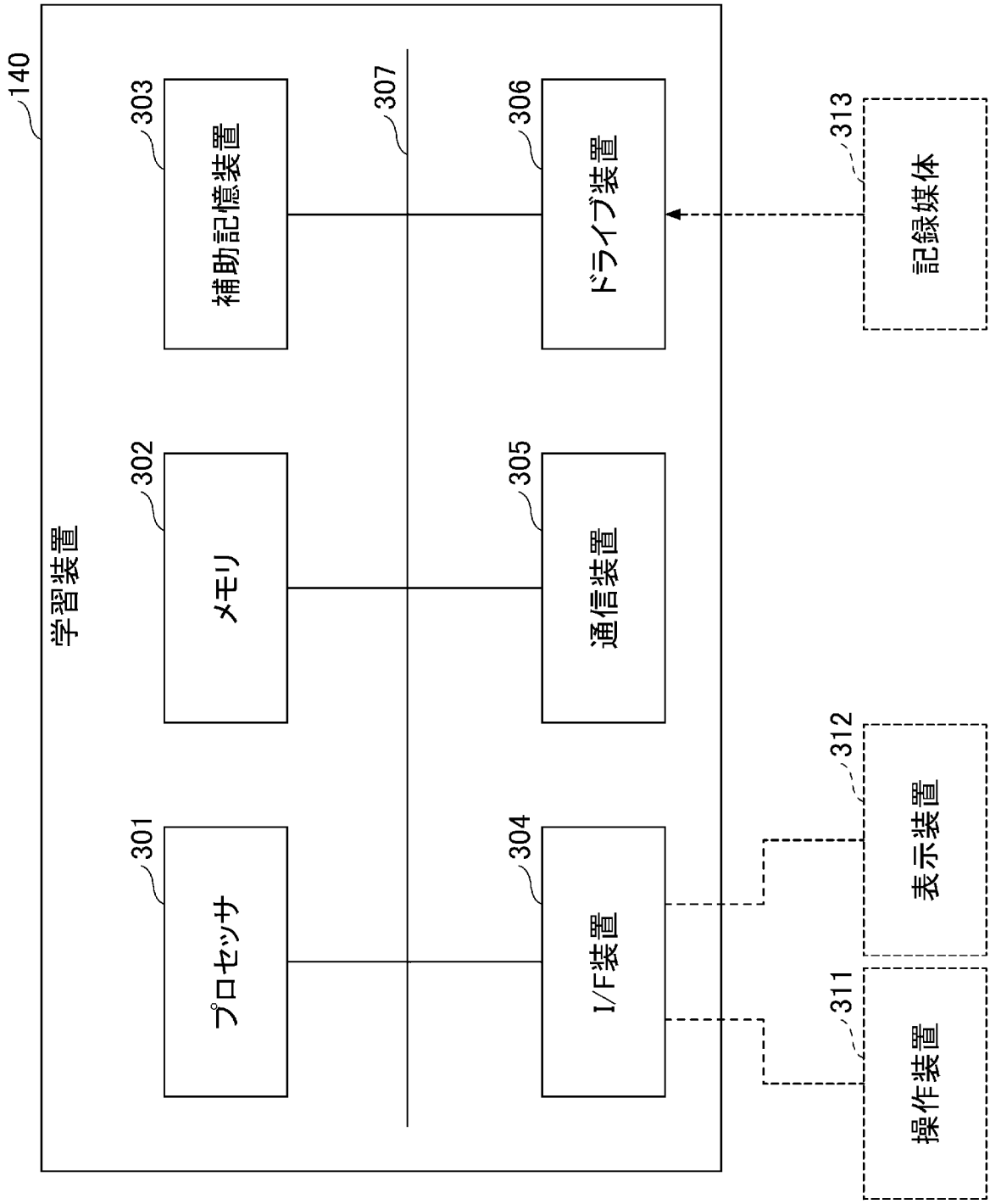
[図1]


110
画像データ
取得装置
120
画像データ
格納装置
130
画像データ群
画像データ
加工装置
150
出力画像
データ群
学習装置
140
学習用データ、
追加学習用データ
100

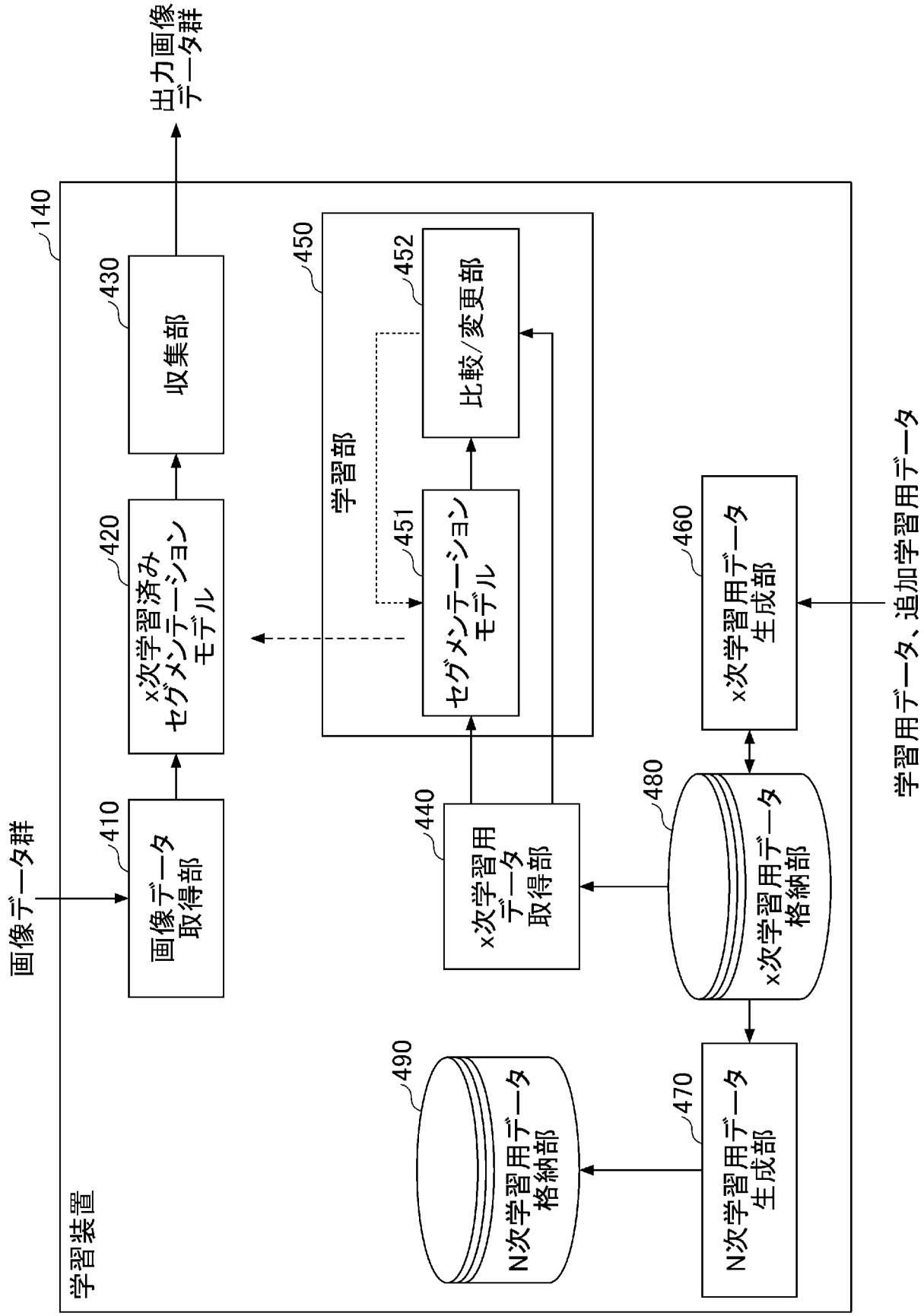
[図2]



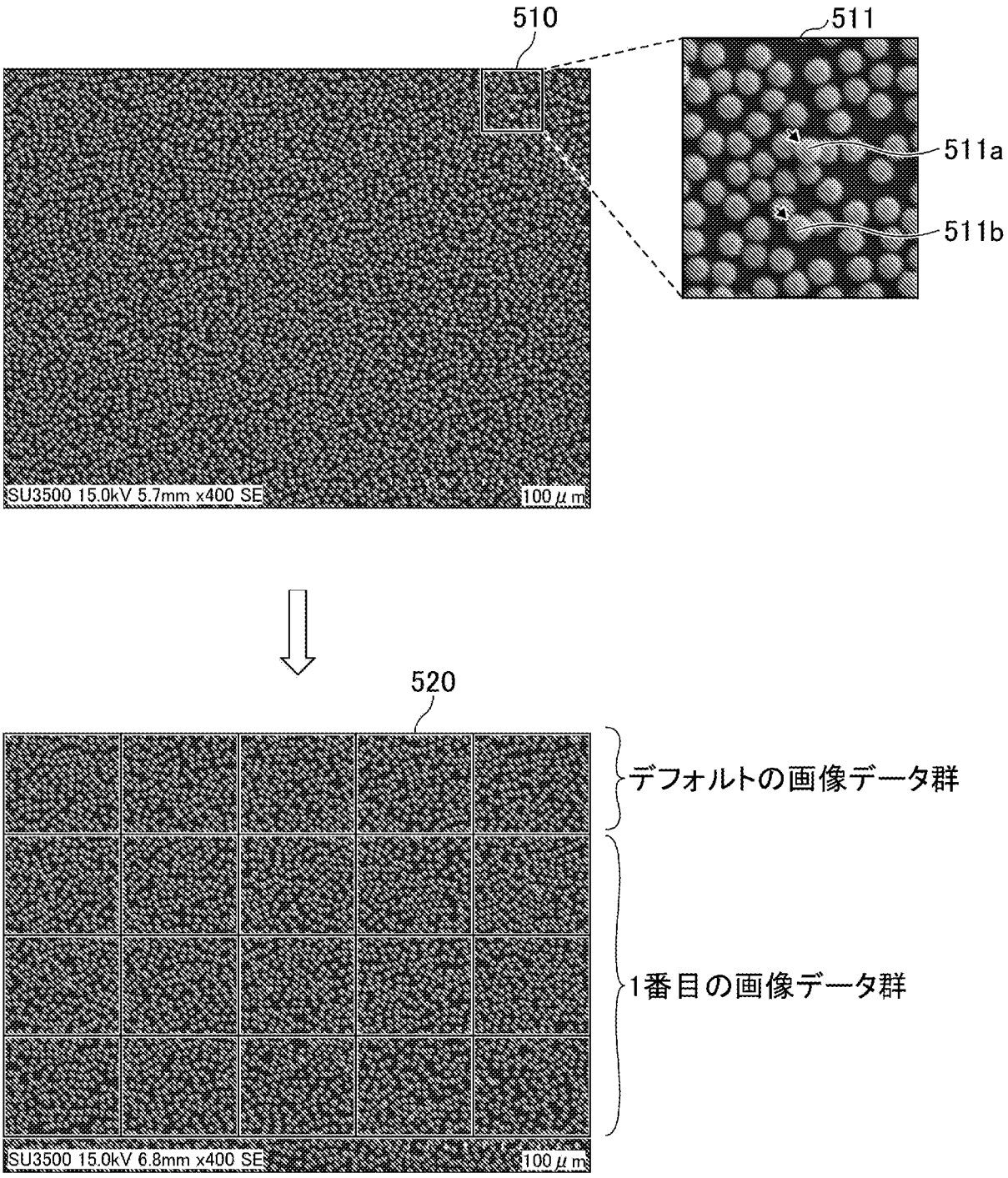
[図3]


140
学習装置
301
プロセッサ
302
メモリ
303
補助記憶装置
304
I/F装置
305
通信装置
306
ドライブ装置
307
311
操作装置
312
表示装置
313
記録媒体

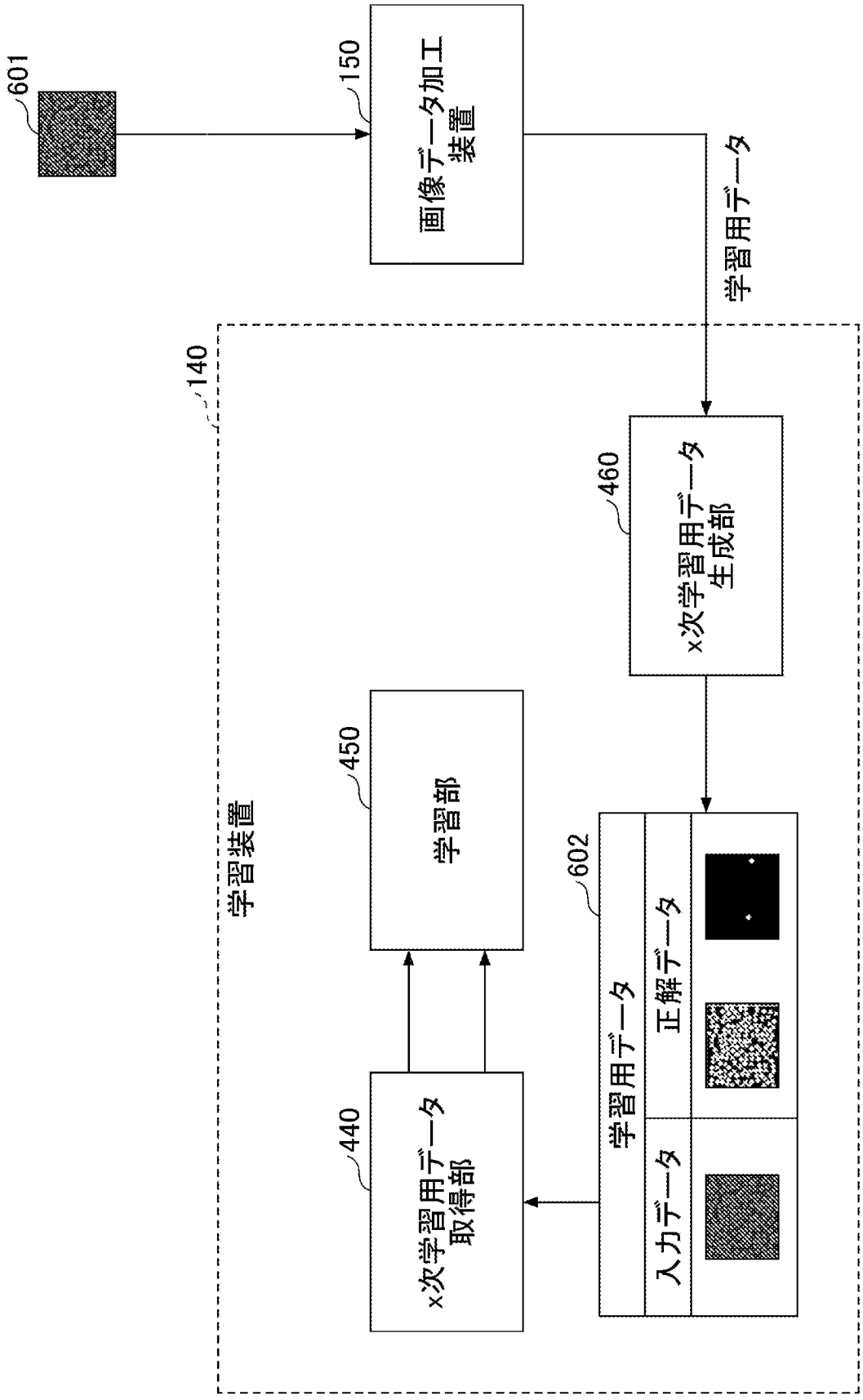
[図4]


出力画像データ群
140
430
収集部
450
452
比較/変更部
学習部
420
x次学習済みセグメンテーションモデル
451
セグメンテーションモデル
460
x次学習用データ生成部
学習用データ、追加学習用データ
画像データ群
410
画像データ取得部
440
x次学習用データ取得部
480
x次学習用データ格納部
490
N次学習用データ格納部
470
N次学習用データ生成部
学習装置

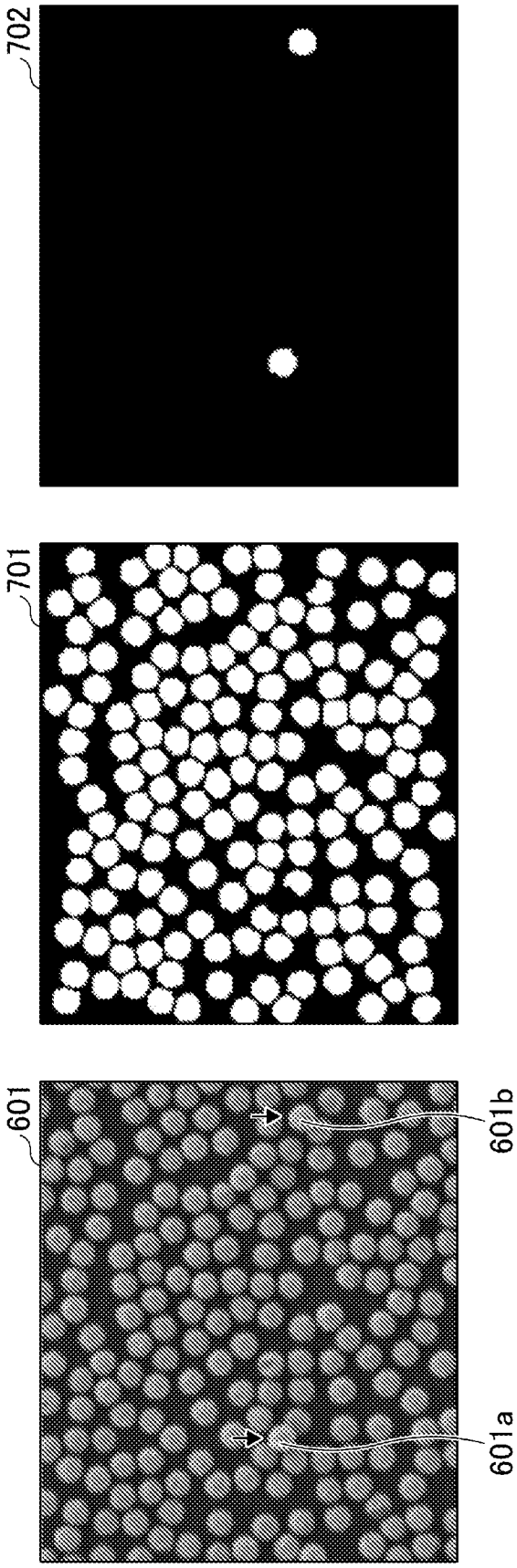
[図5]


510
511
511a
511b
SU3500 15.0kV 5.7mm x400 SE
100 μm
520
デフォルトの画像データ群
1番目の画像データ群
SU3500 15.0kV 6.8mm x400 SE
100 μm

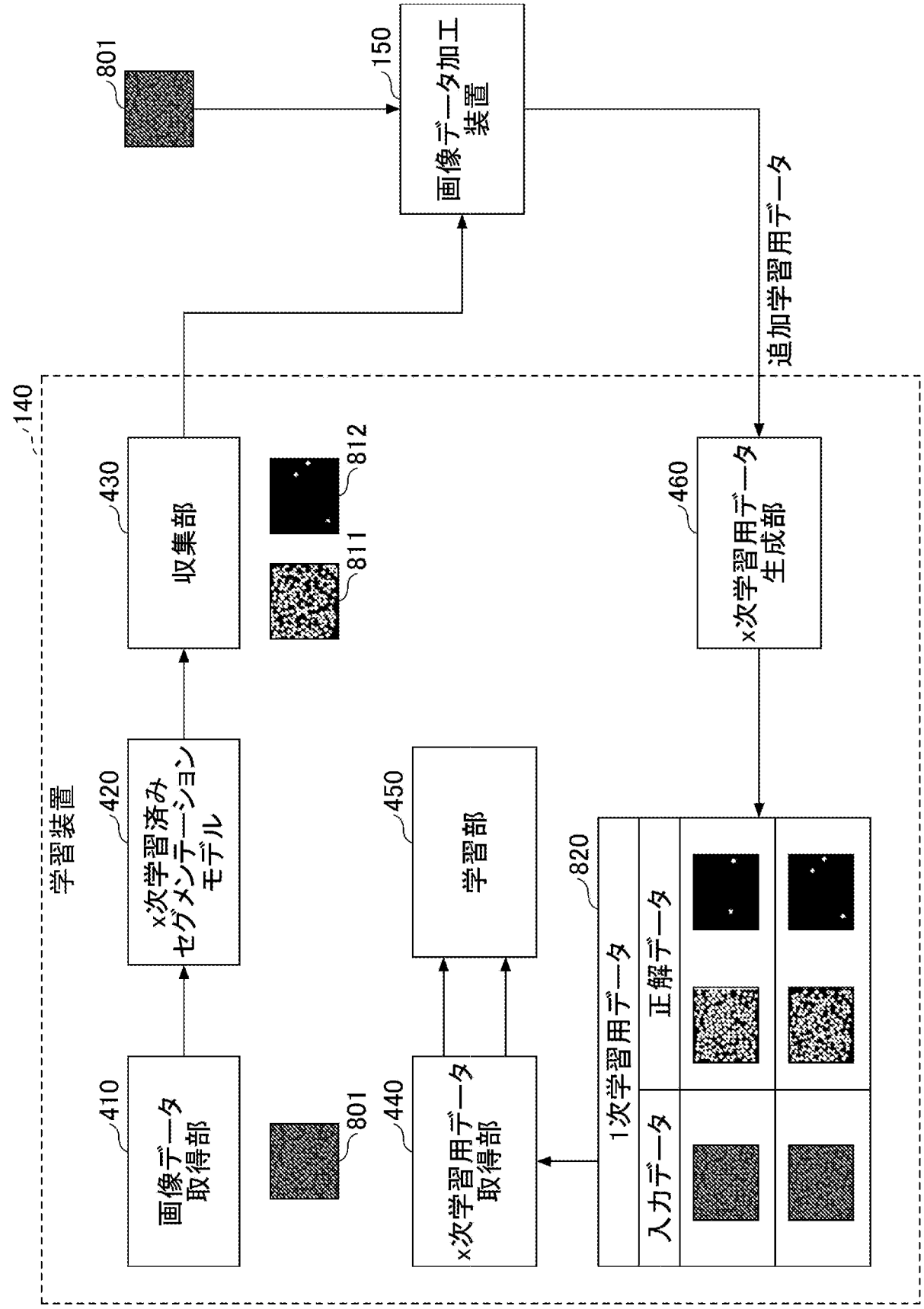
[図6]


601
150
画像データ加工装置
学習用データ
140
460
x次学習用データ生成部
学習装置
450
学習部
602
学習用データ
正解データ
入力データ
440
x次学習用データ取得部

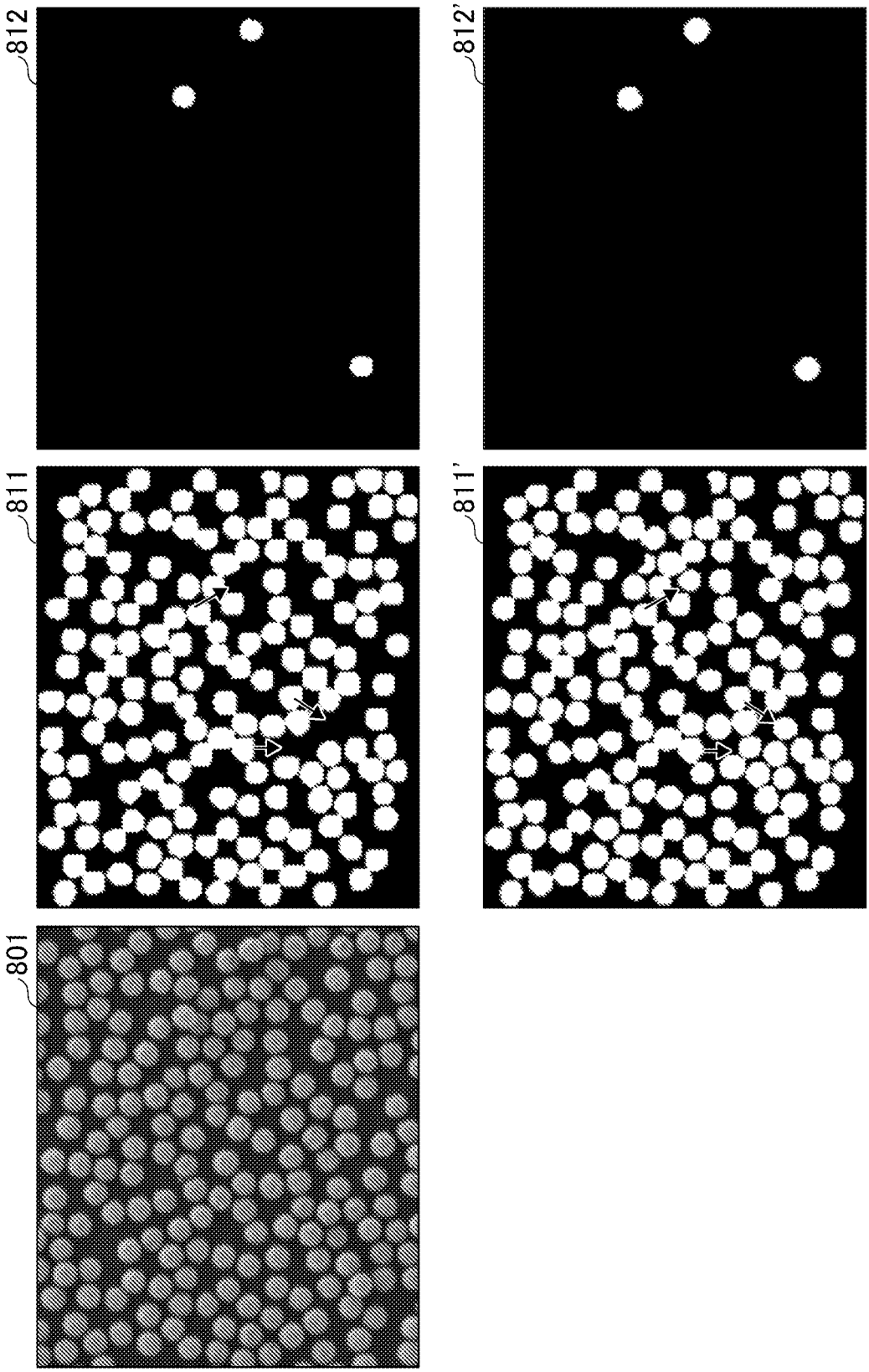
[図7]



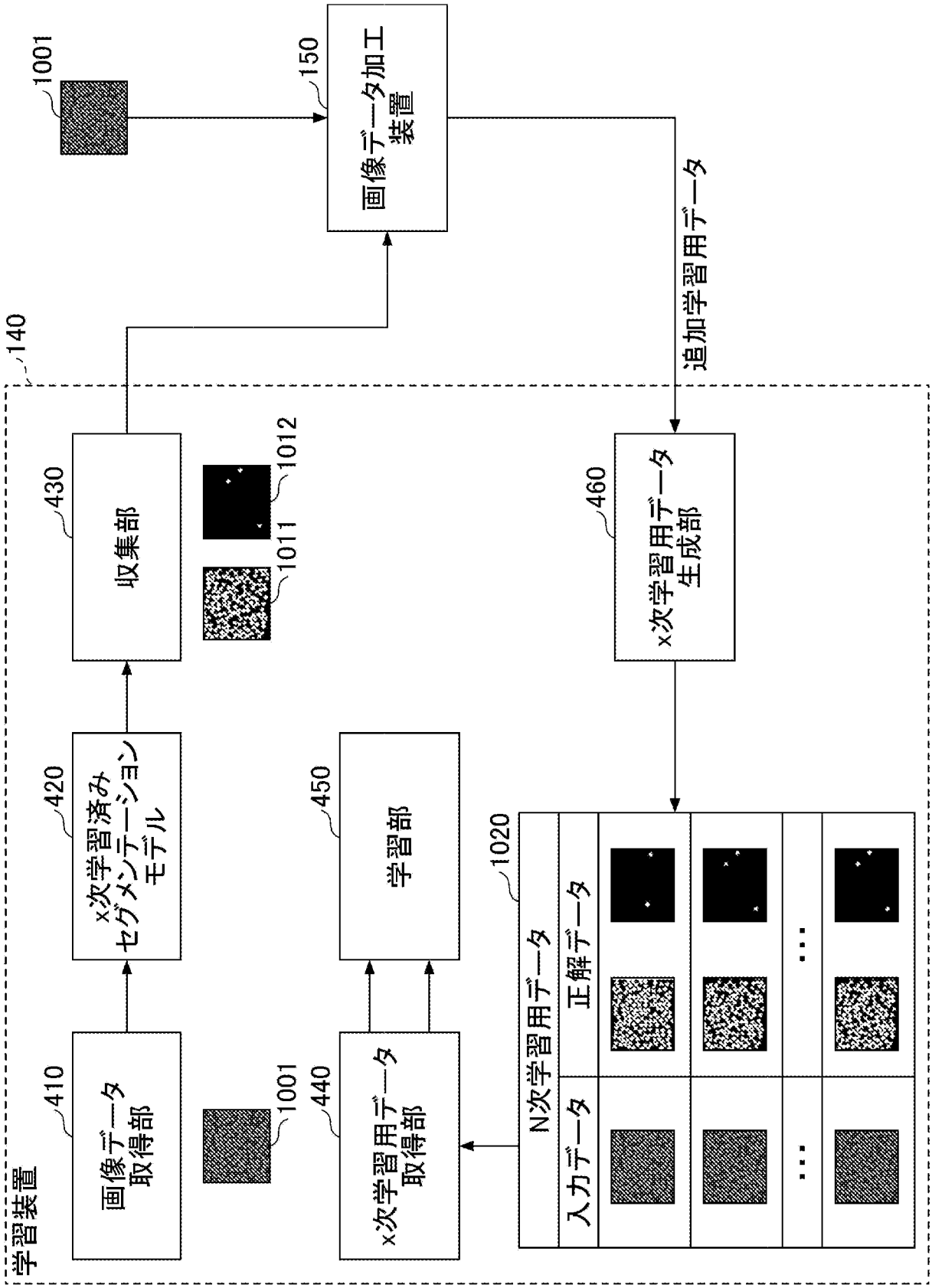
[図8]


801
150
画像データ加工装置
追加学習用データ
140
学習装置
430
収集部
812
811
460
x次学習用データ生成部
420
x次学習済みセグメンテーションモデル
450
学習部
820
1次学習用データ
正解データ
入力データ
410
画像データ取得部
801
440
x次学習用データ取得部

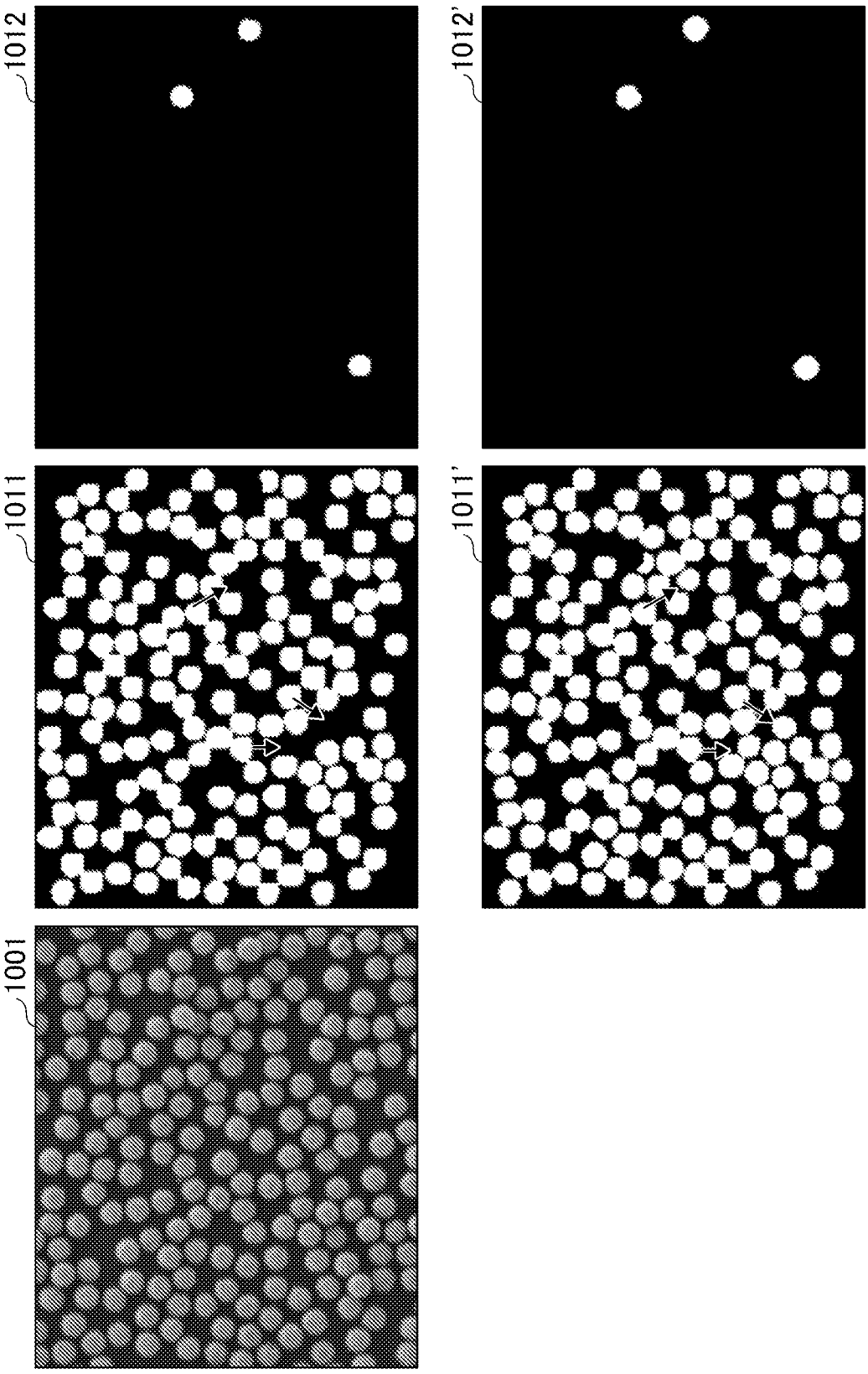
[図9]



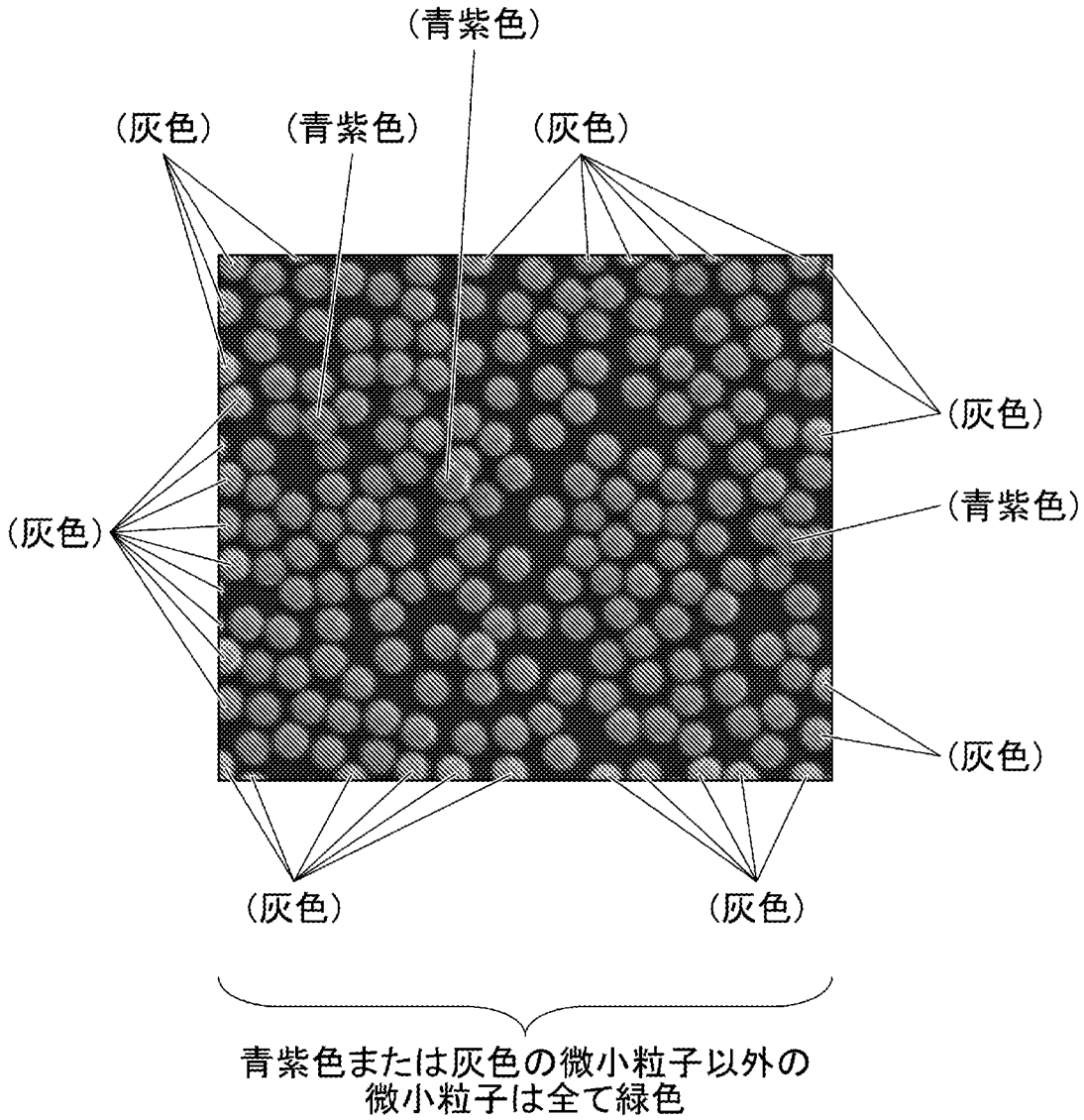
[図10]


1001
150
画像データ加工装置
追加学習用データ
140
学習装置
430
収集部
1012
1011
460
x次学習用データ生成部
420
x次学習済みセグメンテーションモデル
450
学習部
1020
N次学習用データ
正解データ
入力データ
410
画像データ取得部
1001
440
x次学習用データ取得部

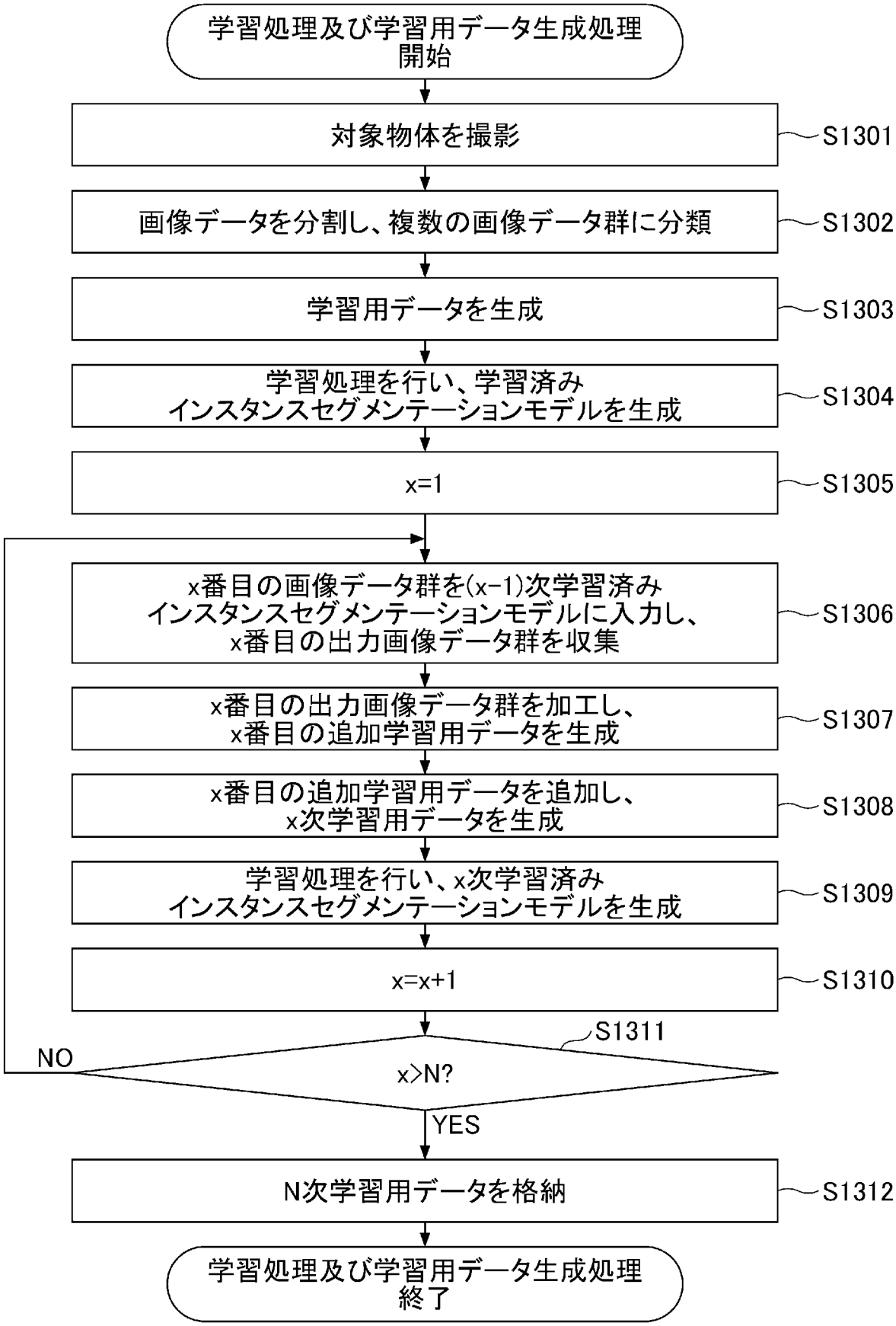
[図11]



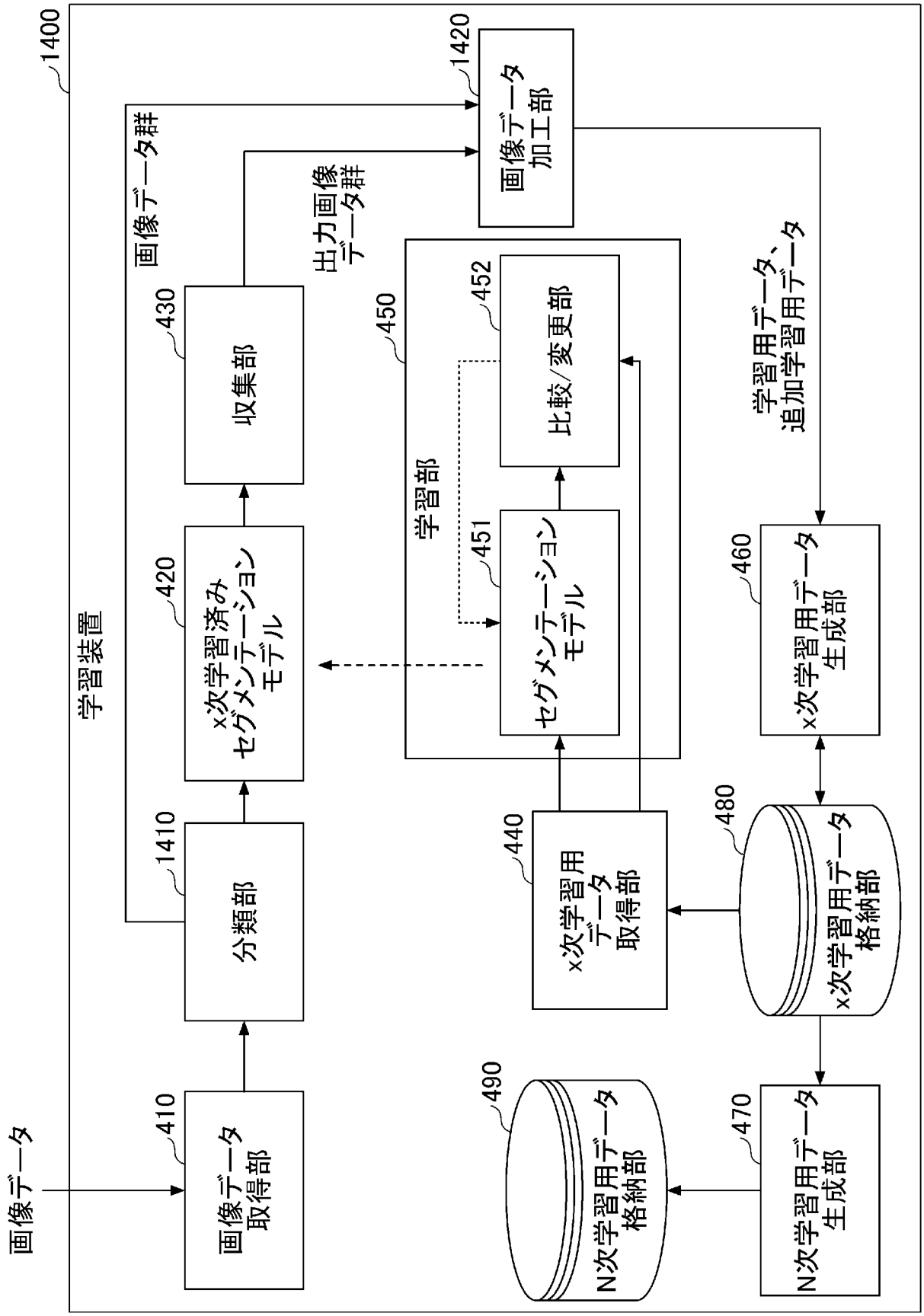
[図12]



[図13]


学習処理及び学習用データ生成処理
開始
対象物体を撮影
S1301
画像データを分割し、複数の画像データ群に分類
S1302
学習用データを生成
S1303
学習処理を行い、学習済み
インスタンスセグメンテーションモデルを生成
S1304
x=1
S1305
x番目の画像データ群を(x-1)次学習済み
インスタンスセグメンテーションモデルに入力し、
x番目の出力画像データ群を収集
S1306
x番目の出力画像データ群を加工し、
x番目の追加学習用データを生成
S1307
x番目の追加学習用データを追加し、
x次学習用データを生成
S1308
学習処理を行い、x次学習済み
インスタンスセグメンテーションモデルを生成
S1309
x=x+1
S1310
S1311
x>N?
NO
YES
N次学習用データを格納
S1312
学習処理及び学習用データ生成処理
終了

[図14]


1400
学習装置
画像データ
410
画像データ
取得部
1410
分類部
420
x次学習済み
セグメンテーション
モデル
430
収集部
画像データ群
出力画像
データ群
1420
画像データ
加工部
450
学習部
451
セグメンテーション
モデル
452
比較/変更部
学習用データ、
追加学習用データ
440
x次学習用
データ
取得部
460
x次学習用データ
生成部
480
x次学習用データ
格納部
490
N次学習用データ
格納部
470
N次学習用データ
生成部

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/031112

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/00(2017.01)i; ***G06T 7/10***(2017.01)i; ***G06V 10/774***(2022.01)i
FI: G06T7/00 350B; G06T7/10; G06V10/774

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)

G06T7/00; G06T7/10; G06V10/774

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2021-39748 A (CANON INC.) 11 March 2021 (2021-03-11) paragraphs [0130], [0131], [0135], [0149], [0161], [0173]	1-4, 6-7
Y		1-7
X	JP 2019-204312 A (JEOL LTD.) 28 November 2019 (2019-11-28) paragraphs [0042]-[0046]	1-4, 6-7
Y		1-7
Y	WO 2020/111048 A1 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) 04 June 2020 (2020-06-04) paragraph [0142]	5

☐ 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	Date of mailing of the international search report
06 November 2023	**14 November 2023**
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/JP2023/031112

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2021-39748 A	11 March 2021	US 2022/0175325 A1 paragraphs [0167], [0168], [0172], [0187], [0199], [0213] WO 2021/039339 A1 EP 4023143 A1 CN 114207736 A KR 10-2022-0051369 A	
JP 2019-204312 A	28 November 2019	WO 2019/225504 A1	
WO 2020/111048 A1	04 June 2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/031112

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G06T 7/00(2017.01)i; G06T 7/10(2017.01)i; G06V 10/774(2022.01)i
FI: G06T7/00 350B; G06T7/10; G06V10/774

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））

G06T7/00; G06T7/10; G06V10/774

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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 2021-39748 A (キヤノン株式会社) 11.03.2021 (2021-03-11) 段落［０１３０］－［０１３１］，［０１３５］，［０１４９］，［０１６１］，［０１７３］	1-4,6-7
Y		1-7
X	JP 2019-204312 A (日本電子株式会社) 28.11.2019 (2019-11-28) 段落［００４２］－［００４６］	1-4,6-7
Y		1-7
Y	WO 2020/111048 A1 (大日本印刷株式会社) 04.06.2020 (2020-06-04) 段落［０１４２］	5

☐ 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
“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	国際調査報告の発送日
06.11.2023	14.11.2023

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）
▲広▼島　明芳 5H 9853
電話番号 03-3581-1101 内線 3531

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/JP2023/031112

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2021-39748 A	11.03.2021	US 2022/0175325 A1 段落[0167]-[0168],[0172],[0187],[0199],[0213] WO 2021/039339 A1 EP 4023143 A1 CN 114207736 A KR 10-2022-0051369 A	
JP 2019-204312 A	28.11.2019	WO 2019/225504 A1	
WO 2020/111048 A1	04.06.2020	（ファミリーなし）	