

(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)



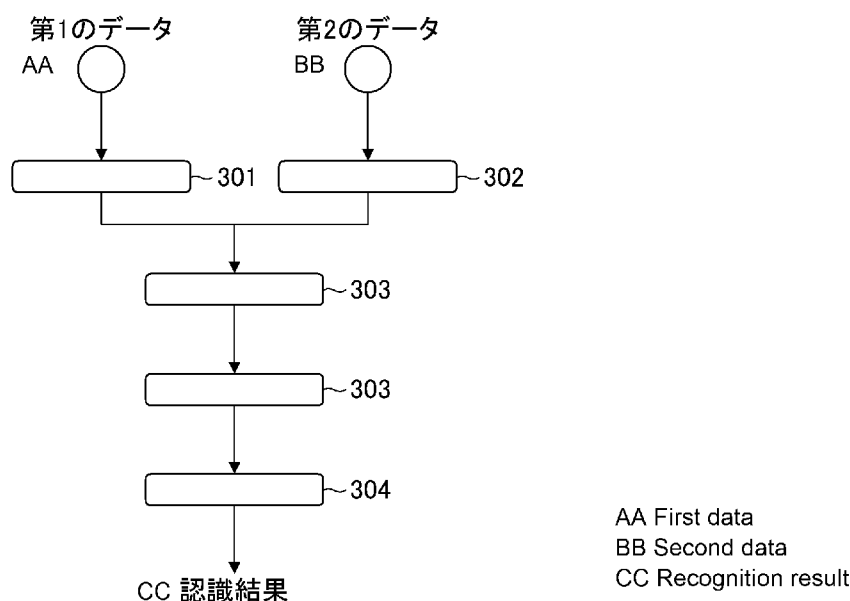
(10) 国際公開番号

WO 2020/022027 A1

- (51) 国際特許分類:
G06N 3/08 (2006.01) *G06N 3/04* (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)
A61B 1/045 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/026688
- (22) 国際出願日: 2019年7月4日(04.07.2019)
- (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 2018-140434 2018年7月26日(26.07.2018) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (**FUJIFILM CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大酒 正明 (**OOSAKE, Masaaki**); 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 大関 誠 (**OZEKI, Makoto**); 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 松浦 憲三 (**MATSUURA, Kenzo**); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル23階 私書箱第176号 新都心国際特許事務所 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, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: LEARNING DEVICE AND LEARNING METHOD

(54) 発明の名称: 学習装置及び学習方法



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to provide a learning device and a learning method which enable suitably learning data that belongs to the same category and that was acquired under different conditions. In this learning device, by inputting first and second data into an independent first and second input layer, respectively, for feature value calculation, feature value calculation in one of the first and second input layers is not affected by feature value calculation in the other of the input layers. Further, in addition to feature extraction in the input layers, first intermediate feature value calculation processing and second intermediate feature value calculation processing are performed at least once each in an intermediate layer common to the first and second input layers, whereby the feature values calculated from the first and second data in the input layer can be reflected in intermediate feature value calculation in the intermediate layer. In this

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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

way, it is possible to suitably learn data that belongs to the same category and that was acquired under different conditions.

(57) 要約: 本発明は、同一のカテゴリに属し異なる条件で取得されたデータを適切に学習することができる学習装置及び学習方法を提供することを目的とする。本発明の第1の態様に係る学習装置では、独立した第1、第2の入力層に第1、第2のデータをそれぞれ入力して特徴量を算出することで、第1、第2の入力層の一方における特徴量算出が他方の入力層における特徴量算出の影響を受けないようにしている。また、入力層における特徴抽出に加えて、第1、第2の入力層に共通な中間層において第1の中間特徴量算出処理と第2の中間特徴量算出処理とをそれぞれ少なくとも1回実行するので、入力層で第1、第2のデータから算出した特徴量を中間層における中間特徴量算出に反映することができる。これにより、同一のカテゴリに属し異なる条件で取得されたデータを適切に学習することができる。

明 細 書

発明の名称： 学習装置及び学習方法

技術分野

[0001] 本発明は学習装置及び学習方法に関し、特に階層型ネットワークを用いた機械学習を行う学習装置及び学習方法に関する。

背景技術

[0002] 機械学習の分野では階層型ネットワークを用いて学習を行うことが知られている。階層型ネットワークは一般に特徴抽出や認識等を行う複数の層から構成されるが、具体的なネットワーク構成や学習方法には種々の態様が存在する。

[0003] 例えば特許文献1には、異なるカテゴリに属する複数のデータ（画像と画像に対するキャプション）を入力して関係を学習させる技術が記載されている。画像とキャプションは異なる入力層に入力される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-199149号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 機械学習では、同一のカテゴリに属する複数のデータ（データ群）を異なる条件で取得して学習に供する場合がある。例えば、異なる撮像装置、撮影日時、被写体、露出等で画像を取得する場合がある。このようにして取得したデータを学習する際は、異なる条件で取得したことを適切に考慮することが好ましい。しかしながら上述した特許文献1では異なるカテゴリに属するデータ群を入力しており、同一のカテゴリに属し取得条件が異なるデータを入力して学習するものではなかった。

[0006] このように、従来の技術では同一のカテゴリに属し異なる条件で取得されたデータを適切に学習することが困難であった。

[0007] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、同一のカテゴリに属し異なる条件で取得されたデータを適切に学習することができる学習装置及び学習方法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

[0008] 上述した目的を達成するため、本発明の第1の態様に係る学習装置は、第1の条件で取得された複数のデータで構成される第1のデータ群から選出された第1のデータを入力して特徴量を出力する第1の入力層と、第1の入力層とは独立した第2の入力層であって、第1のデータ群を構成するデータと同一のカテゴリに属し第1の条件とは異なる第2の条件で取得された複数のデータで構成される第2のデータ群から選出された第2のデータを入力して特徴量を出力する第2の入力層と、第1の入力層及び第2の入力層に対して共通の中間層であって、第1の入力層が出力する特徴量または第2の入力層が出力する特徴量を入力して他の特徴量を算出する中間層と、を含む階層型ネットワークを備える学習装置であって、第1の入力層から出力される特徴量に基づく第1の特徴量を中間層に入力し中間層で第1の中間特徴量を算出する第1の中間特徴量算出処理と、第2の入力層から出力される特徴量に基づく第2の特徴量を中間層に入力し中間層で第2の中間特徴量を算出する第2の中間特徴量算出処理と、をそれぞれ少なくとも1回実行する。

[0009] 第1の態様では、独立した第1、第2の入力層に第1、第2のデータをそれぞれ入力し、第1、第2の入力層でそれぞれ特徴量を算出することで、第1、第2の入力層の一方における特徴量算出が他方の入力層における特徴量算出の影響を受けないようにしている。また第1の態様では、入力層における特徴抽出に加えて、さらに第1、第2の入力層に共通な中間層において第1の中間特徴量算出処理と第2の中間特徴量算出処理とをそれぞれ少なくとも1回実行するので、入力層で第1、第2のデータから算出した特徴量を中間層における中間特徴量算出に反映することができる。また、階層型ネットワークはパラメータが多いため過学習になりがちであるが、大量にデータを与えることで過学習を回避できる。第1の態様に係る学習装置では、中間層

は第1, 第2のデータを合わせた大量のデータで学習できるため過学習になりやすく、一方、入力層は第1, 第2の入力層に独立しておりそれぞれの入力層のパラメータは少なくなるため、少量のデータでも過学習になりにくい。

[0010] 第1の態様によれば、このようにして同一のカテゴリに属し異なる条件で取得されたデータを適切に学習することができる。

[0011] なお第1の態様及び以下の各態様において、「第1, 第2の入力層から出力される特徴量に基づく第1, 第2の特徴量」については、第1, 第2の入力層から出力される特徴量をそのまま第1, 第2の特徴量として入力してもよいし、第1, 第2の入力層から出力される特徴量に何らかの処理を施した特徴量を第1, 第2の特徴量として入力してもよい。また、「同一のカテゴリに属し」とは、画像と画像、テキストとテキスト、音声と音声のような組み合わせを意味し、「第1の条件と第2の条件が異なる」には「同じ条件で取得されたデータを2つに分ける」ことは含まれない。

[0012] 第1の態様及び以下の各態様において、第1, 第2の入力層、及び中間層は1つの層で構成されていてもよいし、複数の層から構成されていてもよい。また、第1, 第2の入力層を構成する層の数は同じでもよいし、違っていてもよい。階層型ネットワークは、第1, 第2の入力層、中間層の他に出力層、認識層等を含んでいてもよい。

[0013] また第1の態様及び以下の各態様において、第1, 第2の入力層から出力される特徴量が第1, 第2のデータの特徴を適切に表現できるように、学習の結果（例えば、認識結果と正解データとの誤差、損失等）を考慮して第1, 第2の入力層の層数や各層におけるパラメータを調整することが好ましい。また、中間層についても、同様に学習の結果を考慮して中間層の層数や各層におけるパラメータを調整することが好ましい。

[0014] 第2の態様に係る学習装置は第1の態様において、第1の中間特徴量算出処理を少なくとも2回実行し、第1の中間特徴量算出処理が終了してから他の第1の中間特徴量算出処理が始まるまでの期間に第2の中間特徴量算出処

理を実行する。第1の中間特徴量算出処理を多数回連続して行いその後に第2の中間特徴量算出処理を行う場合、中間層で算出される特徴量が第1のデータの影響を強く受けてしまい第2のデータに対する学習（特徴量の算出）が適切に行われない可能性がある（逆の場合も同様である）。このため第2の態様では、第1の中間特徴量算出処理が終了してから他の第1の中間特徴量算出処理が始まるまでの期間に第2の中間特徴量算出処理を実行しており、これにより第2の中間特徴量算出処理の際に算出される特徴量が第1のデータの影響を過度に受けることを避け、第1、第2のデータに対して適切に学習を行うことができる。

[0015] 第3の態様に係る学習装置は第1または第2の態様において、第1の中間特徴量算出処理を少なくとも2回実行し、少なくとも2回の第1の中間特徴量算出処理が終了してから第2の中間特徴量算出処理を実行する。第3の態様では、第2の態様について上述したのと同様に第2の中間特徴量算出処理の際に算出される特徴量が第1のデータの影響を過度に受けることを避け、第1、第2のデータに対して適切に学習を行うことができる。

[0016] 第4の態様に係る学習装置は第1から第3の態様のいずれか1つにおいて、階層型ネットワークは畳み込みニューラルネットワークである。第4の態様は階層型ネットワークの具体的態様の一例を規定するものである。

[0017] 第5の態様に係る学習装置は第1から第4の態様のいずれか1つにおいて、第1の入力層及び／または第2の入力層は畳み込み演算によって特徴量を算出する。第5の態様は第1、第2の入力層における特徴量算出の具体的手法の一態様を規定するものである。

[0018] 第6の態様に係る学習装置は第1から第5の態様のいずれか1つにおいて、第1の入力層及び／または第2の入力層はプーリング処理によって特徴量を算出する。第6の態様は第1、第2の入力層における特徴量算出の具体的手法の一態様を規定するものである。

[0019] 第7の態様に係る学習装置は第1から第6の態様のいずれか1つにおいて、第1の入力層及び／または第2の入力層はバッチノーマライゼーション処

理によって特徴量を算出する。第7の態様は第1, 第2の入力層における特徴量算出の具体的手法の一態様を規定するものである。

[0020] 第8の態様に係る学習装置は第1から第7の態様のいずれか1つにおいて、中間層は畳み込み演算によって特徴量を算出する。第8の態様は特徴量算出の具体的手法の一態様を規定するものである。

[0021] 第9の態様に係る学習装置は第1から第8の態様のいずれか1つにおいて、中間層はプーリング処理によって特徴量を算出する。第9の態様は特徴量算出の具体的手法の一態様を規定するものである。

[0022] 第10の態様に係る学習装置は第1から第9の態様のいずれか1つにおいて、中間層はバッチノーマライゼーション処理によって特徴量を算出する。第10の態様は特徴量算出の具体的手法の一態様を規定するものである。

[0023] 第11の態様に係る学習装置は第1から第10の態様のいずれか1つにおいて、第1の入力層は第1の条件で取得された第1の画像データを第1のデータとして入力し、第2の入力層は第1の条件とは異なる第2の条件で取得された第2の画像データを第2のデータとして入力する。第11の態様は第1, 第2の入力データの具体的態様の一例を規定するもので、異なる条件で取得された画像データ（同一のカテゴリに属するデータの一例）であっても、第1, 第2の入力層に入力し第1, 第2の中間特徴量算出処理を行うことで適切に学習することができる。

[0024] 第12の態様に係る学習装置は第11の態様において、第1の条件と第2の条件とでは、撮像装置、観察光の波長バランス、解像度、及び画像に施す画像処理のうち少なくとも1つが異なる。第12の態様は第1の条件と第2の条件との相違の一態様を規定するものである。なお、第12の態様において「撮像装置が異なる」とは、「モダリティは同じで、機種、型番、性能等が異なる」ことを意味するものとする。例えば、内視鏡装置とCT装置ではモダリティが異なる。また、「観察光の波長バランスが異なる」とは、観察光の波長帯域及び／または観察光における各波長帯域の強度の相対関係が異なることを意味する。また、「画像に施す画像処理が異なる」には、例えば

特定の波長成分の影響を強調または低減する処理、あるいは特定の対象や領域を強調または目立たなくする処理が含まれるが、これらに限定されるものではない。

[0025] 第13の態様に係る学習装置は第12の態様において、第1の入力層は第1の観察光により取得された第1の医用画像のデータを第1の画像データとして入力し、第2の入力層は第1の観察光と波長バランスが異なる第2の観察光により取得された第2の医用画像のデータを第2の画像データとして入力する。「撮影された画像で被写体のどのような構造が明確に（あるいは不明確に）映るか」は撮影に用いる観察光の波長バランスに依存するため、診断や診察の場面では波長バランスが異なる複数の観察光により画像を取得する場合があるが、第13の態様ではそのような場合でも画像の学習を適切に行うことができる。なお第13の態様及び以下の各態様において、「医用画像」は「医療画像」ともいう。

[0026] 第14の態様に係る学習装置は第13の態様において、第1の入力層は白色光を第1の観察光として取得された第1の医用画像のデータを第1の画像データとして入力し、第2の入力層は狭帯域光を第2の観察光として取得された第2の医用画像のデータを第2の画像データとして入力する。医用画像を取得する場合、ユーザの目視による確認等のため白色光を観察光とする画像を取得することが多い。一方、狭帯域光の場合、波長により被検体の細部や深部等、白色光画像と異なる構造を観察できるが、目視観察には適していないため白色光画像と比べて取得される画像の数が少ない。第14の態様では、このような場合でも適切に学習を行うことができる。なお、第14の態様において「狭帯域光」は青色光、紫色光等短波長の観察光でもよいし、赤色光、赤外光等長波長の観察光でもよい。

[0027] 第15の態様に係る学習装置は第13の態様において、第1の入力層は第1の狭帯域光を第1の観察光として取得された第1の医用画像のデータを第1の画像データとして入力し、第2の入力層は第1の狭帯域光とは異なる第2の狭帯域光を第2の観察光として取得された第2の医用画像のデータを第

2の画像データとして入力する。医用画像を取得する場合、画像の利用目的によっては観察光として複数の狭帯域光を用いて画像を取得することがあるが、第15の態様によればそのような場合でも適切に学習を行うことができる。なお「第1の狭帯域光とは異なる第2の狭帯域光」とは、第1の狭帯域光と第2の狭帯域光とで観察光の波長帯域及び／または観察光の強度が異なることを意味する。

[0028] 上述した目的を達成するため、本発明の第16の態様に係る学習方法は第1の条件で取得された複数のデータで構成される第1のデータ群から選出された第1のデータを入力して特徴量を出力する第1の入力層と、第1の入力層とは独立した第2の入力層であって、第1のデータ群を構成するデータと同一のカテゴリに属し第1の条件とは異なる第2の条件で取得された複数のデータで構成される第2のデータ群から選出された第2のデータを入力して特徴量を出力する第2の入力層と、第1の入力層及び第2の入力層に対して共通の中間層であって、第1の入力層が出力する特徴量または第2の入力層が出力する特徴量を入力して他の特徴量を算出する中間層と、を含む階層型ネットワークを備える学習装置の学習方法であって、第1の入力層から出力される特徴量に基づく第1の特徴量を中間層に入力し中間層で第1の中間特徴量を算出する第1の中間特徴量算出工程と、第2の入力層から出力される特徴量に基づく第2の特徴量を中間層に入力し中間層で第2の中間特徴量を算出する第2の中間特徴量算出工程と、をそれぞれ少なくとも1回実行する。第16の態様によれば、第1の態様と同様に、同一のカテゴリに属し異なる条件で取得されたデータを適切に学習することができる。

[0029] なお、第16の態様に係る学習方法に対し、第2から第15の態様と同様の構成をさらに含めてもよい。また、それら態様の学習方法を学習装置に実行させるプログラム、並びにそのプログラムのコンピュータ読み取り可能なコードを記録した非一時的記録媒体も本発明の態様として挙げることができる。

発明の効果

[0030] 以上説明したように、本発明の学習装置及び学習方法によれば、同一のカテゴリに属し異なる条件で取得されたデータを適切に学習することができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]図1は、第1の実施形態に係る学習システムの構成を示す図である。

[図2]図2は、階層型ネットワークの構成の例を示す図である。

[図3]図3は、階層型ネットワークの構成の他の例を示す図である。

[図4]図4は、階層型ネットワークの構成のさらに他の例を示す図である。

[図5]図5は、第1、第2のデータを用いた学習の様子を示す図である。

[図6]図6は、中間層に入力する特徴量を切り替える様子を示す図である。

[図7]図7は、中間層における畳み込みの様子を示す図である。

[図8]図8は、第1、第2の中間特徴量算出処理のパターンを示す図である。

[図9]図9は、第1、第2の中間特徴量算出処理の他のパターンを示す図である。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、添付図面を参照しつつ、本発明に係る学習装置及び学習方法の実施形態について詳細に説明する。

[0033] <第1の実施形態>

<学習システムの構成>

図1は、第1の実施形態に係る学習システム10（学習装置）の構成を示すブロック図である。学習システム10は、被検体内に挿入される内視鏡で撮像された画像に基づく学習処理、認識処理を行う学習認識装置100（学習装置）と、通常光（白色光）を観察光として取得した複数の内視鏡画像を記録する第1の画像データベース201と、特殊光（狭帯域光）を観察光として取得した複数の内視鏡画像を記録する第2の画像データベース202とを備える。なお、以下の説明では通常光（白色光）を観察光として得られた画像を「通常光画像」（または「白色光画像」）といい、特殊光（狭帯域光）を観察光として得られた画像を「特殊光画像」（または「狭帯域光画像」）

）という。第１の画像データベース２０１，第２の画像データベース２０２に記録される内視鏡画像は、医用画像（医療画像ともいう）の一例である。

[0034] <第１，第２の画像データベース>

<通常光画像及び特殊光画像>

第１の画像データベース２０１及び第２の画像データベース２０２は、ハードディスク等の記録媒体により構成される。第１の画像データベース２０１には通常光を観察光（第１の観察光）として撮影された複数の通常光画像（第１のデータ群、第１のデータ、第１の画像データ、第１の医用画像）が記録され、第２の画像データベース２０２には特殊光を観察光（第２の観察光）として撮影された複数の特殊光画像（第２のデータ群、第２のデータ、第２の画像データ、第２の医用画像）が記録される。すなわち、第１の画像データベース２０１に記録された複数の通常光画像は本発明における「第１の条件で取得された複数のデータ」の一態様であり、第２の画像データベース２０２に記録された複数の特殊光画像は本発明における「第１の条件とは異なる第２の条件で取得された複数のデータ」の一態様である。特殊光画像を撮影する特殊光（狭帯域光）は例えば青色狭帯域光とすることができ、赤色狭帯域光等他の波長でもよい。また、上述の例では第１，第２の観察光が白色光と狭帯域光である場合について説明しているが、波長帯域及び／または強度が異なる第１，第２の狭帯域光を観察光として取得された内視鏡画像等の医用画像を用いてもよい。

[0035] このように、通常光画像の取得条件（第１の条件）と特殊光画像の取得条件（第２の条件）は観察光の波長バランスが異なるが、この他、通常光画像と特殊光画像とで撮像装置、解像度、及び画像に施す画像処理が異なってもよい。すなわち、第１の条件と第２の条件とで撮像装置、観察光の波長バランス、解像度、及び画像に施す画像処理のうち少なくとも１つが異なっていてよい。「撮像装置が異なる」には光学系の特性やプロセッサの性能が異なる内視鏡を用いていることが含まれるが、これに限定されるものではない。また、「画像に施す画像処理が異なる」には、注目領域等特定の領域を

強調または目立たなくする処理、特定の波長成分の影響を強調または低減する処理の有無及び／または程度が異なることが含まれるが、これに限定されるものではない。

[0036] <データ取得条件によるデータ数の違い>

内視鏡を用いた観察や検査を行う場合、ユーザは通常光（白色光）を観察光として取得された画像をモニタに表示させて確認するケースが多い。観察や検査の目的、状況（例えば、通常光では病変の構造が観察しづらい）により狭帯域光等の特殊光を観察光として画像をケースもあるが、通常光と比較すると観察光としての使用頻度が低く、そのため特殊光画像は通常光画像よりも著しく数が少ない場合が多い。機械学習により画像の学習及び／または認識を行う場合、特殊光画像についても学習及び／または認識を行う必要があるが、データ数が少ないと通常光画像と比較して学習及び／または認識の精度が低下するおそれがある。このような状況に鑑み、第1の実施形態では後述する階層型ネットワークの構成及び中間特徴量算出処理を採用してデータ数に差がある状況でも適切に学習及び／または認識できるようにしている。

[0037] <内視鏡画像の正解データ>

第1の画像データベース201及び第2の画像データベース202は、上述した内視鏡画像に加え、注目領域（ROI : Region of Interest）を識別するための「正解データ」を画像と対応させて記憶する。具体的には、第1の画像データベース201は複数の通常光画像にそれぞれ対応する複数の正解データを記憶し、第2の画像データベース202は複数の特殊光画像にそれぞれ対応する複数の正解データを記憶する。正解データは、内視鏡画像に対して医師が指定した注目領域や鑑別結果であることが好ましい。

[0038] <学習認識装置の構成>

画像取得部110は、外部サーバ、データベース等とネットワークを介して通信する装置等により構成され、学習や認識に用いる内視鏡画像や正解データを第1の画像データベース201、第2の画像データベース202から

取得する。画像取得部 110 は、図示せぬネットワークで学習システム 10 と接続された内視鏡システム、病院内サーバ等からも内視鏡画像を取得することができる。操作部 120 は図示せぬキーボード、マウス等の入力デバイスを備え、ユーザはこれらデバイスを介して画像取得、学習や認識等の処理に必要な操作を行うことができる。制御部 130 は記録部 150 に記録された各種プログラムを読み込み、操作部 120 から入力される指令に従って、学習システム 10 全体の動作を制御する。また制御部 130 は、後述する誤差算出部 164 が算出した誤差（損失）を CNN 162（CNN：Convolutional Neural Network、畳み込みニューラルネットワーク）に逆伝搬することにより、CNN 162 の重みパラメータを更新する。

[0039] 表示部 140 はモニタ 142（表示装置）を備え、内視鏡画像、学習結果、認識結果、処理条件設定画面等を表示する。記録部 150 は図示せぬ ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、ハードディスク等で構成され、画像取得部 110 が取得したデータ、処理部 160 での学習結果や認識結果等を記録する。また、記録部 150 は内視鏡画像（医用画像）の学習、認識を行うためのプログラム（本発明の学習方法を学習システム 10 に実行させるプログラムを含む）を記録する。処理部 160 は、階層型ネットワークである CNN 162、及び CNN 162 の出力（認識結果）と上述した「正解データ」とに基づいて損失（誤差）を算出する誤差算出部 164 を備える。

[0040] <CNN の層構成>

図 2 は CNN 162 の層構成の例を示す図である。図 2 の例において、CNN 162 は第 1 の入力層 301（第 1 の入力層）と、第 2 の入力層 302（第 2 の入力層）と、2 つの中間層 303（中間層）と、認識処理層 304 とを含む。第 1 の入力層 301 は第 1 の画像データベース 201 に記憶された通常光画像（第 1 のデータ群）から選出された画像（第 1 のデータ）を入力して特徴量を出力する。第 2 の入力層 302 は第 1 の入力層 301 とは独立した入力層であり、第 2 の画像データベース 202 に記憶された特殊光画

像（第2のデータ群）から選出された画像（第2のデータ）を入力して特徴量を出力する。中間層303は第1の入力層301及び第2の入力層302に対して共通の中間層であり、第1の入力層301が出力する特徴量または第2の入力層が出力する特徴量を入力して他の特徴量（第1，第2の中間特徴量）を算出する。これらの層は複数の「ノード」が「エッジ」で結ばれた構造となっており、複数の重みパラメータを保持している。重みパラメータの値は、学習が進むにつれて変化していく。

[0041] <入力層及び中間層における処理>

第1の入力層301、第2の入力層302、及び中間層303は、畳み込み演算、プーリング処理、及びバッチノーマライゼーションによって特徴量を算出する。畳み込み演算はフィルタを使用した畳み込み演算により特徴マップを取得する処理であり、画像からのエッジ抽出等の特徴抽出の役割を担う。このフィルタを用いた畳み込み演算により、1つのフィルタに対して1チャンネル(1枚)の「特徴マップ」が生成される。「特徴マップ」のサイズは、畳み込みによりダウンスケーリングされ、各層で畳み込みが行われるにつれて小さくなって行く。最終的には、入力した画像と同じサイズの1枚の「特徴マップ」が得られる。プーリング処理は畳み込み演算により出力された特徴マップを縮小（または拡大）して新たな特徴マップとする処理であり、抽出された特徴が、平行移動などによる影響を受けないようにロバスト性を与える役割を担う。バッチノーマライゼーション処理は学習を行う際のミニバッチを単位としてデータの分布を正規化する処理であり、学習を速く進行させる、初期値への依存性を下げる、過学習を抑制する等の役割を担う。第1の入力層301、第2の入力層302、及び中間層303は、これらの処理を行う1または複数の層により構成することができる。なお、層の構成は畳み込み演算、プーリング処理、バッチノーマライゼーション処理を行う層を1つずつ含む場合に限らず、いずれかの層（例えば、畳み込み演算を行う層）が複数含まれていてもよい。

[0042] これら第1の入力層301、第2の入力層302、及び中間層303の層

のうち、入力側に近い層では低次の特徴抽出（エッジの抽出等）が行われ、出力側に近づくにつれて高次の特徴抽出（対象物の形状、構造等に関する特徴の抽出）が行われる。また、中間層 303 では第 1 の入力層 301 及び第 2 の入力層 302 で抽出した特徴量に基づく対象物（注目領域）のセグメンテーションが行われるようになる。

[0043] <認識処理層における処理>

認識処理層 304 は、中間層 303 から出力された特徴量に基づき、入力された画像（通常光画像、特殊光画像）に映っている注目領域の位置検出を行ってその結果を出力する層である。認識処理層 304 は、中間層 303 から得られる「特徴マップ」により、画像に写っている注目領域の位置を画素レベルで把握する。即ち、内視鏡画像の画素ごとに注目領域に属するか否かを検出し、その検出結果を出力することができる。

[0044] 認識処理層 304 は、病変に関する鑑別を実行して鑑別結果を出力するものでもよい。例えば、認識処理層 304 は、内視鏡画像を「腫瘍性」、「非腫瘍性」、「その他」の 3 つのカテゴリに分類し、鑑別結果として「腫瘍性」、「非腫瘍性」及び「その他」に対応する 3 つのスコア（3 つのスコアの合計は 100%）として出力してもよいし、3 つのスコアから明確に分類できる場合には分類結果を出力してもよい。なお鑑別結果を出力する場合、認識処理層 304 が最後の 1 層または複数の層として全結合層を有することが好ましい。

[0045] <CNN の層構成（他の例）>

図 3 は CNN 162 の層構成の他の例を示す図である。図 3 の例では、CNN 162 は第 1 の入力層 301（第 1 の入力層）を 2 つと、第 2 の入力層 302（第 2 の入力層）を 2 つと、中間層 303（中間層）を 2 つと、認識処理層 304 とを含んでいる。このように、第 1 の入力層 301、第 2 の入力層 302、中間層 303 が複数含まれていてもよい。

[0046] 図 4 は CNN 162 の層構成のさらに他の例を示す図である。図 4 の例では、CNN 162 は第 1 の入力層 301（第 1 の入力層）を 2 つと、第 2 の

入力層 302（第2の入力層）を1つと、中間層 303（中間層）を2つと、認識処理層 304 とを含んでいる。図4の例のように第1の入力層 301 と第2の入力層 302 との数が違っていてもよく、入力したデータの特徴量が適切に抽出されるように第1、第2の入力層の数を設定することができる。なお図3、4の例に関し、各層の層構成や処理（畳み込み演算、プーリング処理、及びバッチノーマライゼーション）の内容は図2の例について上述したのと同様である。図2～図4に例示する構成のCNN162を用いた学習方法の具体的な手順については、詳細を後述する。

[0047] <各種のプロセッサによる機能の実現>

上述した画像取得部110、制御部130、処理部160（CNN162、誤差算出部164）の機能は、各種のプロセッサ（processor）を用いて実現できる。各種のプロセッサには、例えばソフトウェア（プログラム）を実行して各種の機能を実現する汎用的なプロセッサであるCPU（Central Processing Unit）が含まれる。また、上述した各種のプロセッサには、画像処理に特化したプロセッサであるGPU（Graphics Processing Unit）、FPGA（Field Programmable Gate Array）などの製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス（Programmable Logic Device：PLD）も含まれる。さらに、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）などの特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路なども上述した各種のプロセッサに含まれる。

[0048] 各部の機能は1つのプロセッサにより実現されてもよいし、同種または異種の複数のプロセッサ（例えば、複数のFPGA、あるいはCPUとFPGAの組み合わせ、またはCPUとGPUの組み合わせ）で実現されてもよい。また、複数の機能を1つのプロセッサで実現してもよい。複数の機能を1つのプロセッサで構成する例としては、第1に、コンピュータに代表されるように、1つ以上のCPUとソフトウェアの組合せで1つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の機能として実現する形態がある。第2に、シ

ステムオンチップ（System On Chip：S o C）などに代表されるように、システム全体の機能を1つのI C（Integrated Circuit）チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の機能は、ハードウェア的な構造として、上述した各種のプロセッサを1つ以上用いて構成される。さらに、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造は、より具体的には、半導体素子などの回路素子を組み合わせた電気回路（circuitry）である。

[0049] 上述したプロセッサあるいは電気回路がソフトウェア（プログラム）を実行する際は、実行するソフトウェアのプロセッサ（コンピュータ）読み取り可能なコードをROM（Read Only Memory）等の非一時的記録媒体に記憶しておき、プロセッサがそのソフトウェアを参照する。非一時的記録媒体に記憶しておくソフトウェアは、本発明に係る学習方法を実行するためのプログラムを含む。ROMではなく各種光磁気記録装置、半導体メモリ等の非一時的記録媒体にコードを記録してもよい。ソフトウェアを用いた処理の際には例えばRAM（Random Access Memory）が一時的記憶領域として用いられ、また例えば不図示のEEPROM（Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory）に記憶されたデータを参照することもできる。これらのROM、RAM、EEPROM等は、記録部150に備えられたものを用いることができる。

[0050] <学習方法>

上述した構成の学習システム10では、第1の入力層301から出力される特徴量に基づく第1の特徴量を中間層303に入力し中間層303で第1の中間特徴量を算出する第1の中間特徴量算出処理と、第2の入力層302から出力される特徴量に基づく第2の特徴量を中間層303に入力し中間層303で第2の中間特徴量を算出する第2の中間特徴量算出処理と、をそれぞれ少なくとも1回実行する。

[0051] <第1の中間特徴量算出処理>

第1の中間特徴量算出処理では、第1の画像データベース201に記録さ

れている複数の通常光画像から選出された複数の画像（第1のデータ）でミニバッチを構成し、第1の入力層301に入力する。中間層303には上述のように第1の入力層301及び第2の入力層302が接続されているので、学習の際には第1の入力層301の出力と第2の入力層302の出力とを切り替えて入力する。図5は出力を切り替える様子を示す図であり、同図の（a）部分は第1の入力層301からの出力を中間層303へ入力する状態を示している。なお、図5において下向き矢印は第1の入力層301、第2の入力層302から中間層303を経て認識処理層304に至る方向に情報が伝達されること（学習方向）を意味し、学習方向とは逆の上向き矢印は認識処理層304から中間層303を経て第1の入力層301、第2の入力層302に情報が伝達されること（後述する誤差逆伝搬）を意味する。

[0052] 図5の（a）部分に示す状態で、第1の入力層301から出力される特徴量に基づく第1の特徴量を中間層303へ入力して、中間層303で第1の中間特徴量を算出する（第1の中間特徴量算出処理、第1の中間特徴量算出工程）。図6は中間層303に入力する特徴量を切り替える様子を示す図であり、同図の（a）部分は第1の特徴量を中間層303へ入力する状態（第1の入力層301に含まれる層を構成するノード301Aからの出力を、中間層303を構成するノード303Aに入力している）を示している。入力の際、第1の入力層301から出力される特徴量を第1の特徴量としてそのまま中間層303へ入力してもよいし、適宜重みを乗じた特徴量を第1の特徴量として中間層303へ入力してもよい（図7を参照）。なお、図中の実線は上述した出力の切り替えによりノードからデータが出力または入力されている状態を示し、図中の点線はノードからデータが出力または入力されていない状態を示す。ノード301A、303Aは概念的に示したものであり、数は特に限定されない。これらの点については図7でも同様である。

[0053] 図7は第1の入力層301及び第2の入力層302から中間層303に特徴量を入力する際の畳み込み（Convolution）の様子を示す図である。図7の（a）部分は、第1の入力層301のノードX11、X12、X13の出力

に対しそれぞれ重みパラメータ W_{11} 、 W_{12} 、 W_{13} を乗じて中間層303のノード Y_{11} に入力する様子を示している（同図に示す状態では、ノード X_{10} からはノード Y_{11} に入力されていない）。同図ではノード X_{11} 、 X_{12} 、 X_{13} とノード Y_{11} との入力関係を示しているが、中間層303の他のノード Y_{10} 、 Y_{12} 、 Y_{13} についても同様の関係が成立する。

[0054] <認識結果の出力>

中間層303で算出した第1の中間特徴量を認識処理層304に入力し、認識処理層304は認識結果を出力する。

[0055] <誤差逆伝搬による重みパラメータの更新>

誤差算出部164は認識処理層304が出力する認識結果と第1のデータに対する正解とを比較して損失（誤差）を計算し、損失が小さくなるように、図5の（a）部分に示すように、第1の入力層301及び中間層303における重みパラメータを出力側の層から入力側の層に向けて更新していく（誤差逆伝搬）。

[0056] <第2の中間特徴量算出処理>

第2の中間特徴量算出処理（第2の中間特徴量算出工程）は、第1の中間特徴量算出処理と同様に行うことができるので、第1の中間特徴量算出処理との相違を中心に説明する。第2の中間特徴量算出処理では、第2の画像データベース202に記録されている複数の特殊光画像から選出された複数の画像（第2のデータ）でミニバッチを構成し、第2の入力層302に入力する。この際、図5の（b）部分に示すように出力を切り替え、第2の入力層302からの出力を中間層303へ入力する。図6の（b）部分は、第2の特徴量を中間層303へ入力する様子（第2の入力層302を構成するノード302Aからの出力を、中間層303を構成するノード303Aに入力）を示す図である。図5の（b）部分に示す状態で、第2の入力層302から出力される特徴量に基づく第2の特徴量を中間層303へ入力して、中間層303で第2の中間特徴量を算出する（第2の中間特徴量算出処理、第2の中間特徴量算出工程）。図6の（b）部分は第2の特徴量を中間層303へ

入力する状態を示している。

[0057] 図7の(b)部分は、同図の(a)部分と同様に、第2の入力層302のノードX21、X22、X23の出力に対しそれぞれ重みパラメータW21、W22、W23を乗じて中間層303のノードY11に入力する様子を示している(同図に示す状態では、ノードX20からはノードY11に入力されていない)。同図ではノードX21、X22、X23とノードY11との入力関係を示しているが、中間層303の他のノードY10、Y12、Y13についても同様の関係が成立する。

[0058] 中間層303で算出した第2の中間特徴量を認識処理層304に入力し、認識処理層304は認識結果を出力する。誤差算出部164は、上述した通常光画像(第1のデータ)の場合と同様に誤差逆伝搬により重みパラメータを更新する(図5の(b)部分を参照)。

[0059] <学習パターンの例>

学習システム10では、第1、第2の中間特徴量算出処理(中間特徴量算出工程)をそれぞれ少なくとも1回実行する。以下、処理の回数及び順番の例について説明する。

[0060] (第1の例)

第1の例では、第1の入力層301における特徴量抽出処理及びこれに続く第1の中間特徴量算出処理(第1の中間特徴量算出工程)を少なくとも2回実行し、第1の中間特徴量算出処理が1回終了してから他の第1の中間特徴量算出処理が始まるまでの期間に第2の入力層302における特徴量抽出処理及びこれに続く第2の中間特徴量算出処理(第2の中間特徴量算出工程)を実行する。例えば、図8の(a)部分に示す順番で処理を繰り返す。図中「第1」、「第2」とあるのはそれぞれ「第1の入力層301における特徴量抽出処理及びこれに続く第1の中間特徴量算出処理」、「第2の入力層302における特徴量抽出処理及びこれに続く第2の中間特徴量算出処理」を意味し、ミニバッチ単位で1回、2回…と数える。

[0061] (第2の例)

第2の例では、第1の入力層301における特徴量抽出処理及びこれに続く第1の中間特徴量算出処理を少なくとも2回実行し、少なくとも2回の第1の中間特徴量算出処理が終了してから第2の入力層302における特徴量抽出処理及びこれに続く第2の中間特徴量算出処理を実行する。例えば、図8の(b)部分に示す順番で処理を繰り返す。図8の(b)部分中、「第1」、「第2」とあるのは同図の(a)部分と同じ意味である。この場合、図8の(c)部分に示すように第2の中間特徴量算出処理を2回続けて行ってもよい。また、第1の入力層301における特徴量抽出処理及びこれに続く第1の中間特徴量算出処理を複数回継続して行い、第1の中間特徴量算出処理が終了してから第2の入力層302における特徴量抽出処理及びこれに続く第2の中間特徴量算出処理を行ってもよい(図9を参照)。なお、図8, 9に示すパターンは例示であり、他にも様々なパターンで学習を行うことができる。

[0062] <第1の実施形態の効果>

第1の実施形態に係る学習システム10では、第1の入力層301及びこれと独立した第2の入力層302に第1, 第2のデータをそれぞれ入力し、各入力層でそれぞれ特徴量を算出することで、一方の入力層における特徴量算出が他方の入力層における特徴量算出の影響を受けないようにしている。また学習システム10では、入力層での特徴抽出に加えて、第1の入力層301及び第2の入力層302に共通な中間層303において第1の中間特徴量算出処理と第2の中間特徴量算出処理とをそれぞれ少なくとも1回実行するので、入力層で算出した特徴量を中間層303における中間特徴量算出に反映することができる。また、階層型ネットワークはパラメータが多いため過学習になりがちであるが、第1の実施形態に係る学習システム10では、中間層303は第1, 第2のデータを合わせた大量のデータで学習できるため過学習になりにくく、一方、入力層は第1, 第2の入力層に独立しておりそれぞれの入力層のパラメータは少なくなるため、少量のデータでも過学習になりにくい。これにより学習システム10では、同一のカテゴリに属し異

なる条件で取得されたデータ（通常光画像と特殊光画像等）を適切に学習することができる。

[0063] ＜合成ミニバッチによる学習＞

なお、上述した学習パターンでは第1、第2のデータについてミニバッチ単位で別個に特徴量算出を行っているが、中間層303への入力直前に第1、第2のミニバッチを1つのミニバッチに合成してもよい。具体的には、第1の画像データベース201に記録されている複数の通常光画像から選出された複数の画像（第1のデータ）でミニバッチ（第1のミニバッチ）を構成し、第1の入力層301に入力して特徴量を算出する。また、第2の画像データベース202に記録されている複数の特殊光画像から選出された複数の画像（第2のデータ）でミニバッチ（第2のミニバッチ）を構成し、第2の入力層302に入力して特徴量を算出する。これらの特徴量について中間層303への入力直前に第1、第2のミニバッチを1つのミニバッチに合成して中間層303に入力してもよい。

[0064] ＜認識処理＞

認識（推論）処理においては、第1の入力層301または第2の入力層302を取り外した構成にして認識を行ってもよい。例えば、図5の（a）部分のように第2の入力層302を取り外して第1の入力層301のみが接続されている状態で、第1、第2のデータに対して認識を行うことができる（この場合、第1、第2のデータはいずれも第1の入力層301に入力する）。また、図5の（b）部分のように第1の入力層301を取り外して第2の入力層302のみが接続されている状態で、第1、第2のデータに対して認識を行うことができる（この場合、第1、第2のデータはいずれも第2の入力層302に入力する）。

[0065] ＜第1狭帯域光画像及び第2狭帯域光画像による学習＞

上述した例では、通常光画像（白色光画像）及び特殊光画像（例えば、青色特殊光画像）を用いた学習について説明したが、観察光の波長バランスが異なる複数の狭帯域光画像を用いて学習を行ってもよい。第1の入力層は第

1の狭帯域光を第1の観察光として取得された第1の医用画像のデータを第1の画像データとして入力し、第2の入力層は第1の狭帯域光とは異なる第2の狭帯域光を第2の観察光として取得された第2の医用画像のデータを第2の画像データとして入力してもよい。この場合、狭帯域光の組み合わせとしては複数の青色狭帯域光、青色狭帯域光と紫色狭帯域光、複数の赤色狭帯域光等を用いることができる。

[0066] <その他のデータを用いた学習>

第1の実施形態では異なる観察光で取得された内視鏡画像を用いた学習について説明したが、本発明に係る学習装置及び学習方法ではCT装置（Computed Tomography）、MRI（Magnetic Resonance Imaging）装置等の内視鏡画像以外の他の医用画像を用いる場合でも同様に学習することができる。また、医用画像以外の画像（例えば、人物、動物、風景等他の画像）を用いる場合でも同様に学習することができる。さらに、入力するデータが画像でなく文章、音声等の場合も同様に学習することができる。

[0067] 以上で本発明の実施形態に関して説明してきたが、本発明は上述した態様に限定されず、本発明の精神を逸脱しない範囲で種々の変形が可能である。

符号の説明

[0068]	10	学習システム
	100	学習認識装置
	110	画像取得部
	120	操作部
	130	制御部
	140	表示部
	142	モニタ
	150	記録部
	160	処理部
	162	CNN
	164	誤差算出部

201	第1の画像データベース
202	第2の画像データベース
301	第1の入力層
301A	ノード
302	第2の入力層
302A	ノード
303	中間層
303A	ノード
304	認識処理層
W11	重みパラメータ
W12	重みパラメータ
W13	重みパラメータ
W21	重みパラメータ
W22	重みパラメータ
W23	重みパラメータ
X10	ノード
X11	ノード
X12	ノード
X13	ノード
X20	ノード
X21	ノード
X22	ノード
X23	ノード
Y10	ノード
Y11	ノード
Y12	ノード
Y13	ノード

請求の範囲

[請求項1] 第1の条件で取得された複数のデータで構成される第1のデータ群から選出された第1のデータを入力して特徴量を出力する第1の入力層と、

前記第1の入力層とは独立した第2の入力層であって、前記第1のデータ群を構成するデータと同一のカテゴリに属し前記第1の条件とは異なる第2の条件で取得された複数のデータで構成される第2のデータ群から選出された第2のデータを入力して特徴量を出力する第2の入力層と、

前記第1の入力層及び前記第2の入力層に対して共通の中間層であって、前記第1の入力層が出力する前記特徴量または前記第2の入力層が出力する前記特徴量を入力して他の特徴量を算出する中間層と、

を含む階層型ネットワークを備える学習装置であって、

前記第1の入力層から出力される前記特徴量に基づく第1の特徴量を前記中間層に入力し前記中間層で第1の中間特徴量を算出する第1の中間特徴量算出処理と、前記第2の入力層から出力される前記特徴量に基づく第2の特徴量を前記中間層に入力し前記中間層で第2の中間特徴量を算出する第2の中間特徴量算出処理と、をそれぞれ少なくとも1回実行する学習装置。

[請求項2] 前記第1の中間特徴量算出処理を少なくとも2回実行し、前記第1の中間特徴量算出処理が終了してから他の前記第1の中間特徴量算出処理が始まるまでの期間に前記第2の中間特徴量算出処理を実行する請求項1に記載の学習装置。

[請求項3] 前記第1の中間特徴量算出処理を少なくとも2回実行し、前記少なくとも2回の前記第1の中間特徴量算出処理が終了してから前記第2の中間特徴量算出処理を実行する請求項1または2に記載の学習装置。

[請求項4] 前記階層型ネットワークは畳み込みニューラルネットワークである

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

[請求項5] 前記第 1 の入力層及び／または前記第 2 の入力層は畳み込み演算によって前記特徴量を算出する請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

[請求項6] 前記第 1 の入力層及び／または前記第 2 の入力層はプーリング処理によって前記特徴量を算出する請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

[請求項7] 前記第 1 の入力層及び／または前記第 2 の入力層はバッチノーマライゼーション処理によって前記特徴量を算出する請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

[請求項8] 前記中間層は畳み込み演算によって前記特徴量を算出する請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

[請求項9] 前記中間層はプーリング処理によって前記特徴量を算出する請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

[請求項10] 前記中間層はバッチノーマライゼーション処理によって前記特徴量を算出する請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

[請求項11] 前記第 1 の入力層は前記第 1 の条件で取得された第 1 の画像データを前記第 1 のデータとして入力し、

前記第 2 の入力層は前記第 1 の条件とは異なる前記第 2 の条件で取得された第 2 の画像データを前記第 2 のデータとして入力する請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の学習装置。

[請求項12] 前記第 1 の条件と前記第 2 の条件とでは、撮像装置、観察光の波長バランス、解像度、及び画像に施す画像処理のうち少なくとも 1 つが異なる請求項 11 に記載の学習装置。

[請求項13] 前記第 1 の入力層は第 1 の観察光により取得された第 1 の医用画像のデータを前記第 1 の画像データとして入力し、

前記第 2 の入力層は前記第 1 の観察光と波長バランスが異なる第 2 の観察光により取得された第 2 の医用画像のデータを前記第 2 の画像

データとして入力する請求項 1 2 に記載の学習装置。

[請求項14] 前記第 1 の入力層は白色光を前記第 1 の観察光として取得された前記第 1 の医用画像のデータを前記第 1 の画像データとして入力し、

前記第 2 の入力層は狭帯域光を前記第 2 の観察光として取得された前記第 2 の医用画像のデータを前記第 2 の画像データとして入力する請求項 1 3 に記載の学習装置。

[請求項15] 前記第 1 の入力層は第 1 の狭帯域光を前記第 1 の観察光として取得された前記第 1 の医用画像のデータを前記第 1 の画像データとして入力し、

前記第 2 の入力層は前記第 1 の狭帯域光とは異なる第 2 の狭帯域光を前記第 2 の観察光として取得された前記第 2 の医用画像のデータを前記第 2 の画像データとして入力する請求項 1 3 に記載の学習装置。

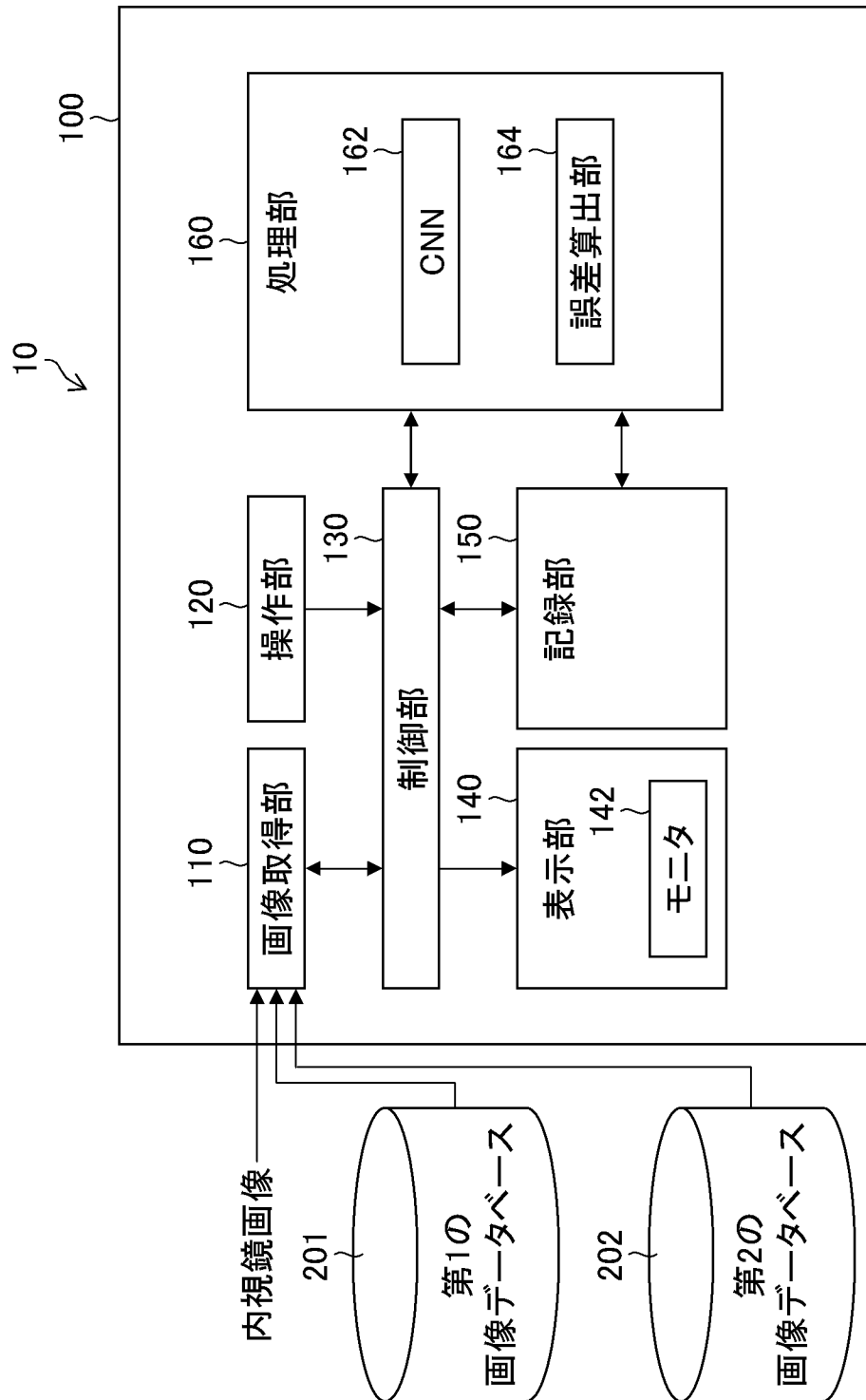
[請求項16] 第 1 の条件で取得された複数のデータで構成される第 1 のデータ群から選出された第 1 のデータを入力して特徴量を出力する第 1 の入力層と、前記第 1 の入力層とは独立した第 2 の入力層であって、前記第 1 のデータ群を構成するデータと同一のカテゴリに属し前記第 1 の条件とは異なる第 2 の条件で取得された複数のデータで構成される第 2 のデータ群から選出された第 2 のデータを入力して特徴量を出力する第 2 の入力層と、前記第 1 の入力層及び前記第 2 の入力層に対して共通の中間層であって、前記第 1 の入力層が出力する前記特徴量または前記第 2 の入力層が出力する前記特徴量を入力して他の特徴量を算出する中間層と、を含む階層型ネットワークを備える学習装置の学習方法であって、

前記第 1 の入力層から出力される前記特徴量に基づく第 1 の特徴量を前記中間層に入力し前記中間層で第 1 の中間特徴量を算出する第 1 の中間特徴量算出工程と、

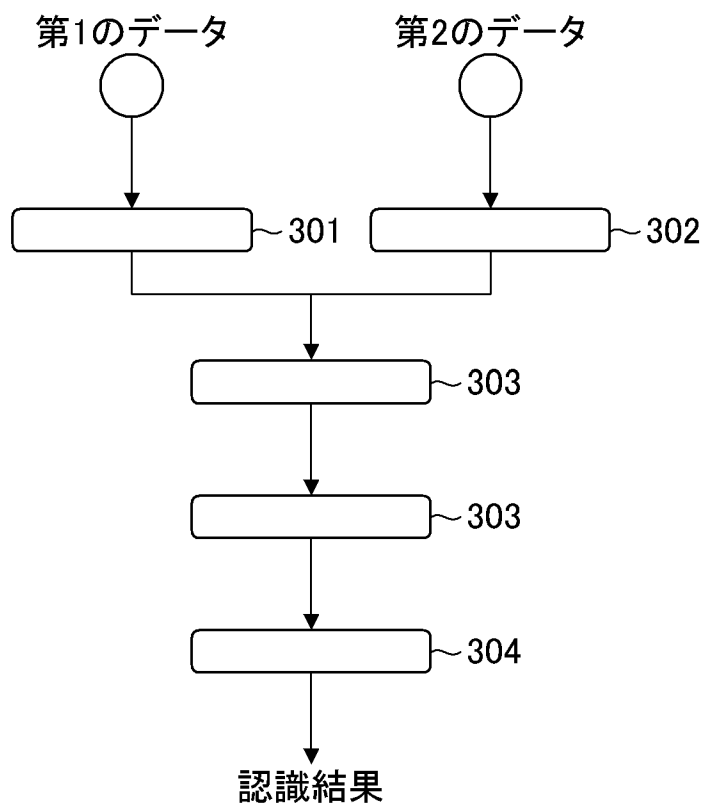
前記第 2 の入力層から出力される前記特徴量に基づく第 2 の特徴量を前記中間層に入力し前記中間層で第 2 の中間特徴量を算出する第 2

の中間特徴量算出工程と、
をそれぞれ少なくとも 1 回実行する学習方法。

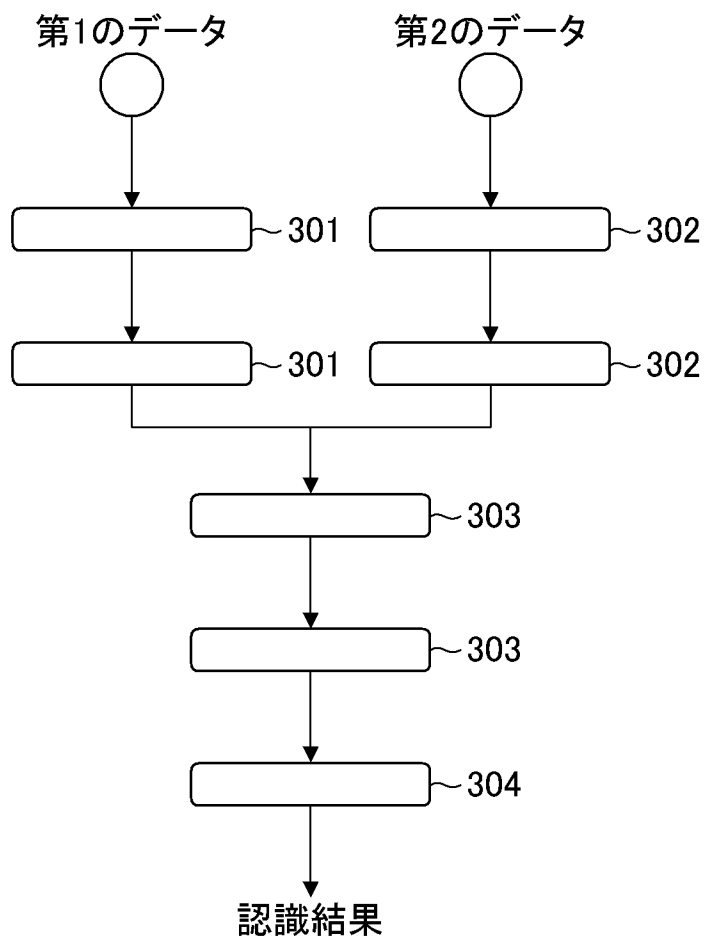
[図1]



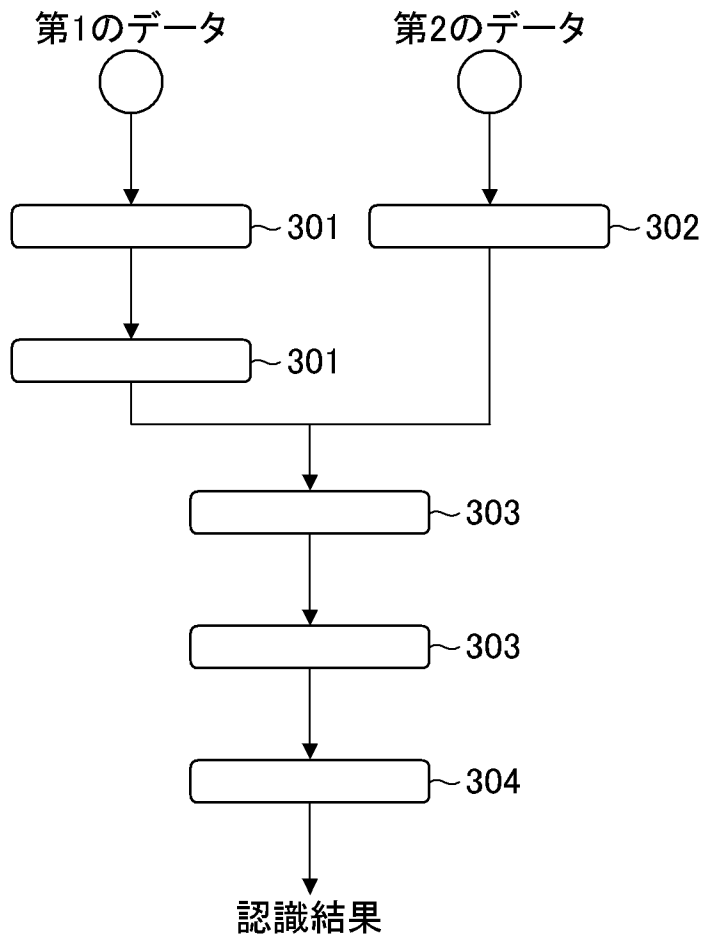
[図2]



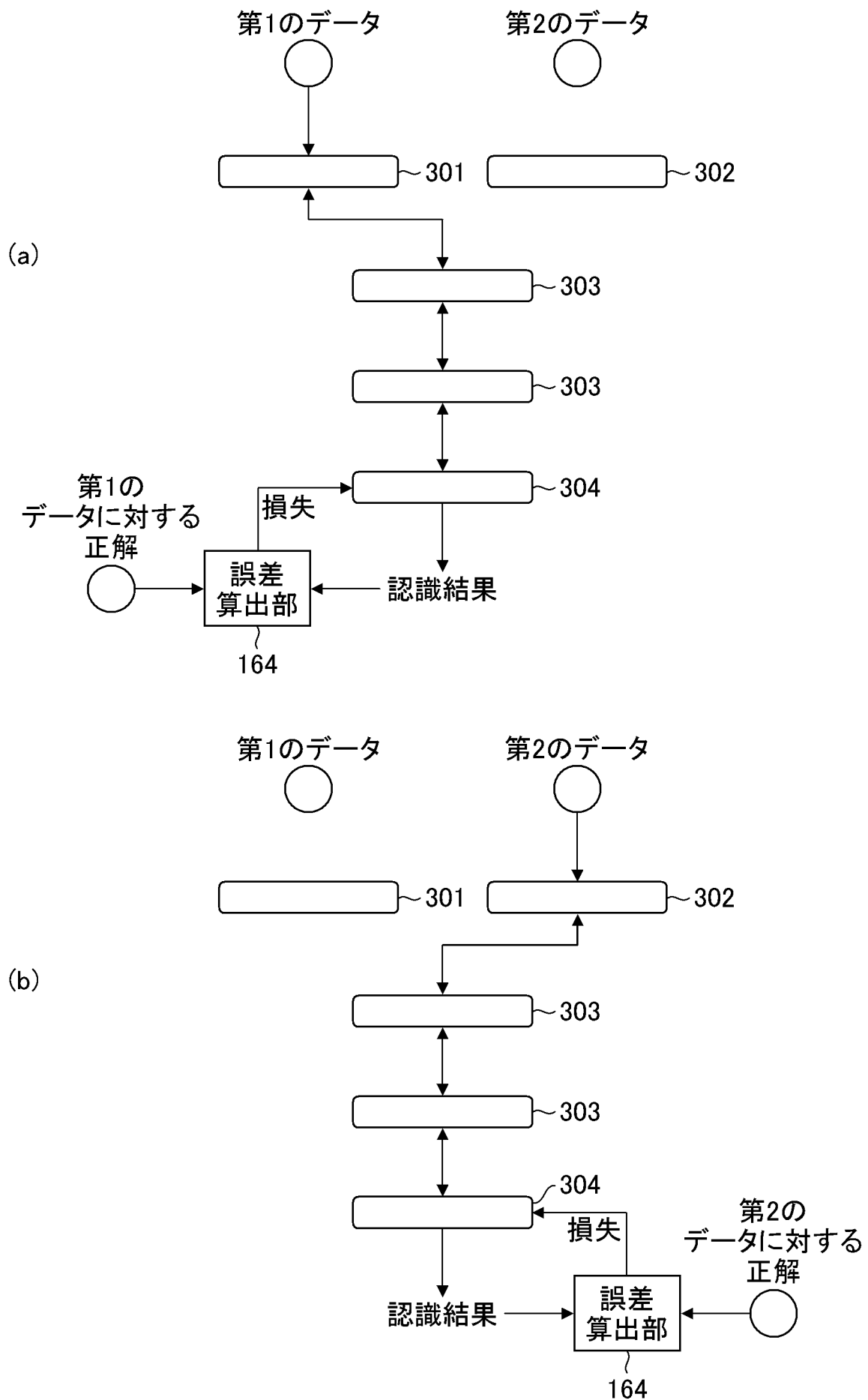
[図3]



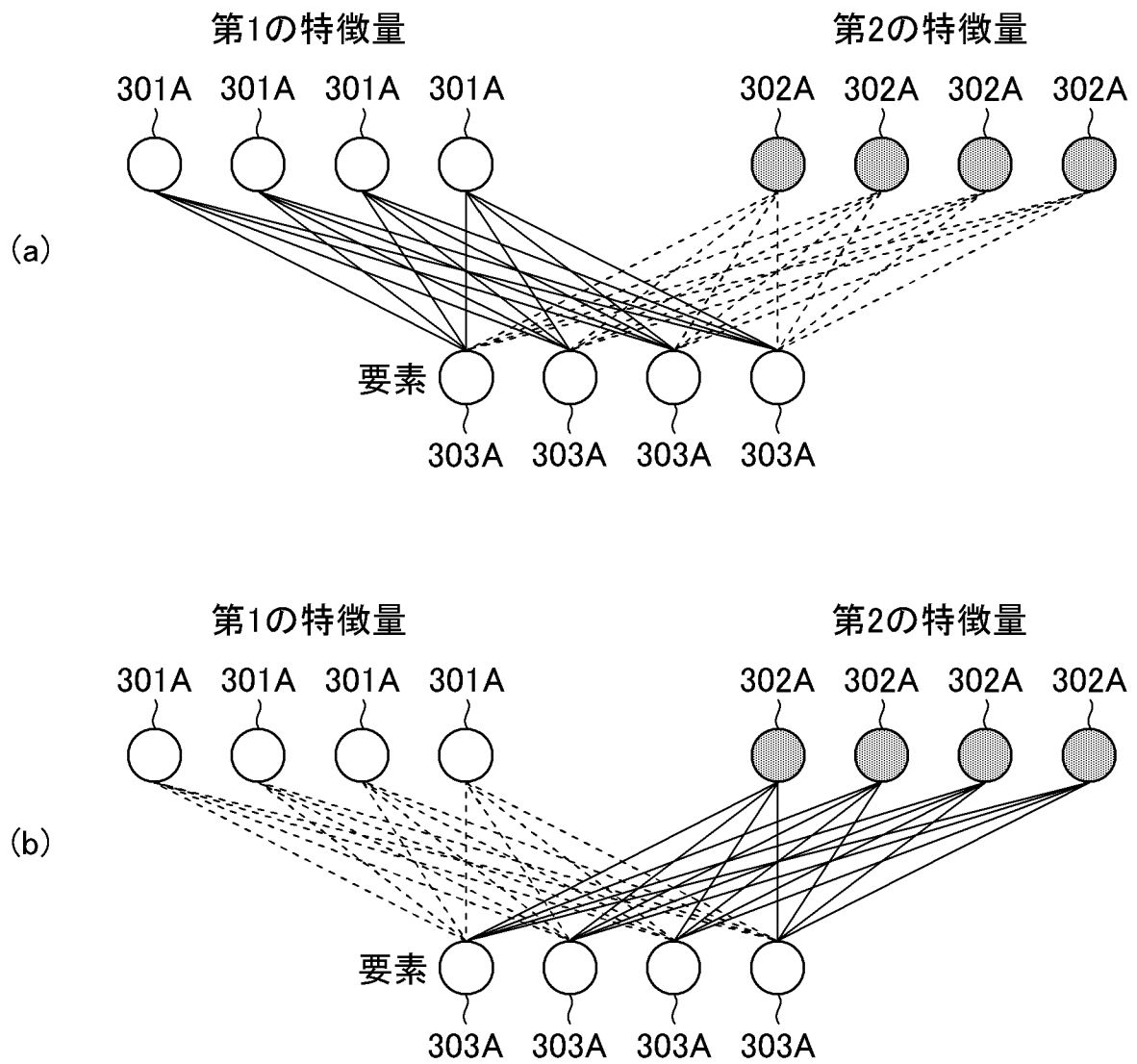
[図4]



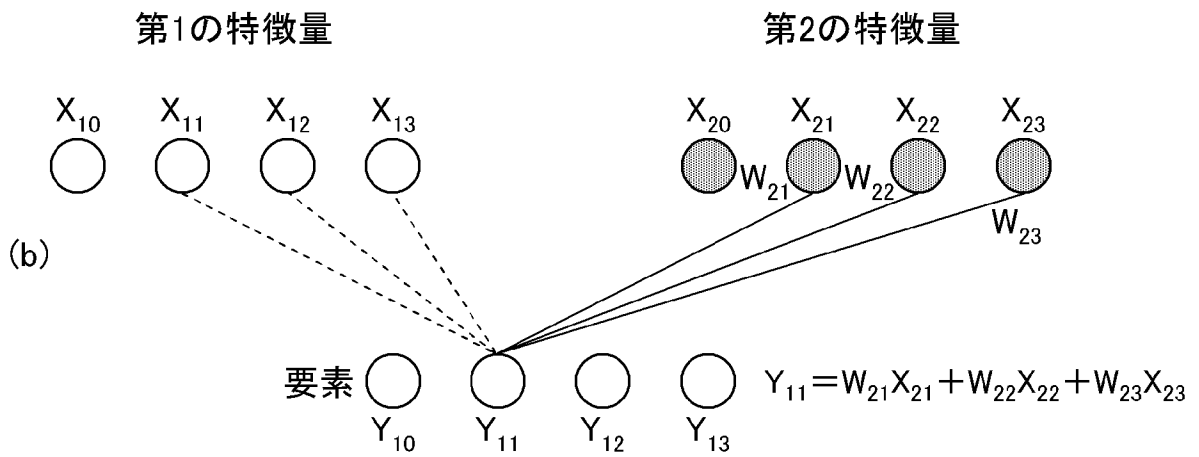
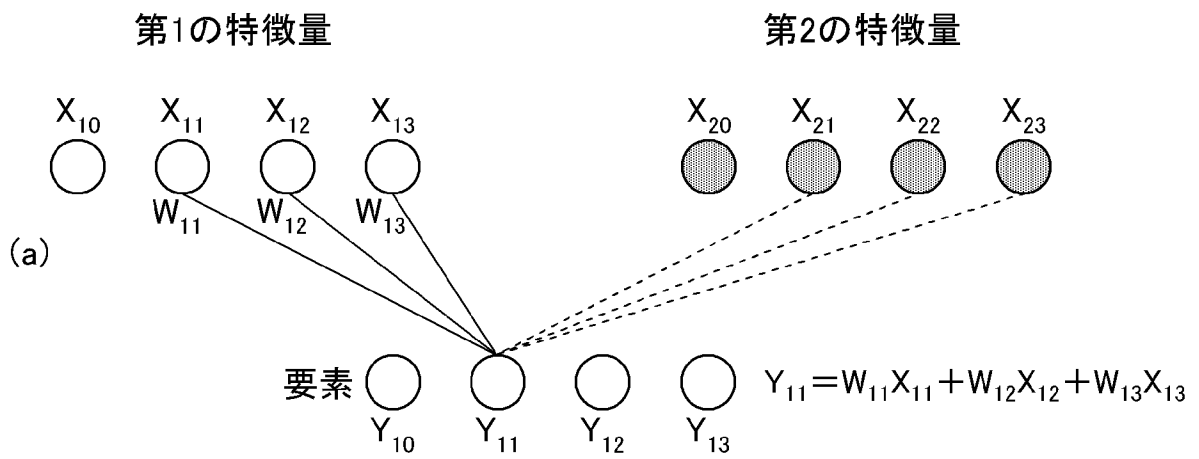
[図5]



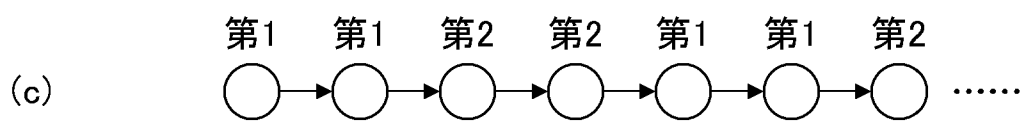
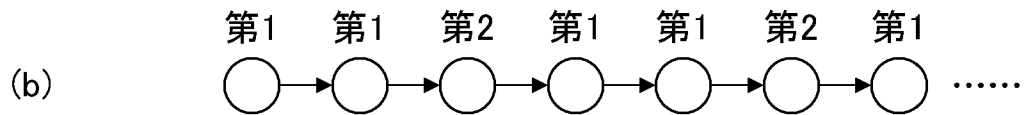
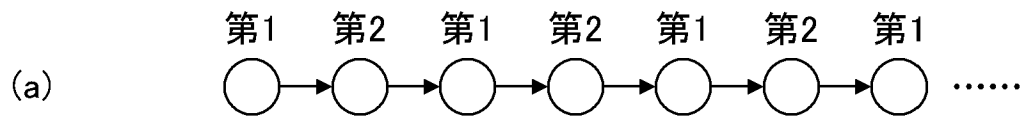
[図6]



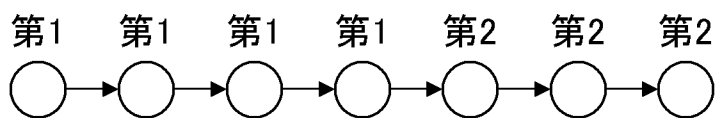
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/026688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G06N3/08 (2006.01) i, A61B1/00 (2006.01) i, A61B1/045 (2006.01) i,
G06N3/04 (2006.01) i, G06T7/00 (2017.01) 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. G06N3/08, A61B1/00, A61B1/045, G06N3/04, G06T7/00

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 Y A	WO 2017/158575 A1 (IMAGIA CYBERNETICS INC.) 21 September 2017, page 16, line 13 to page 17, line 18, page 18, line 5 to page 27, line 26 & JP 2019- 512829 A, paragraphs [0046]-[0051], [0054]-[0134] & US 2019/0073563 A1 & CA 3017697 A1 & CN 109313627 A	1, 4-5, 11-12, 16 6-10 2-3, 13-15



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 September 2019 (19.09.2019)

Date of mailing of the international search report
01 October 2019 (01.10.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/026688

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	伊東隼人、森 悠一、三澤将史、小田昌宏、工藤進英、森 健策、 畳み込みニューラルネットワークを利用した超拡大腸内視鏡画像における腫瘍・非腫瘍の分類, 電子情報通信学会技術研究報告, 18 September 2017, vol. 117, no. 220, pp. 17-21, ISSN 0913-5685, (ITO, Hayato, MORI, Yuichi, MISAWA, Masashi, ODA, Masahiro, KUDO, Shin-ei, MORI, Kensaku, "Classification of neoplasia and non-neoplasia for colon endocytoscopic images by convolutional neural network", IEICE technical report)	6-10
A	JP 2016-067780 A (FUJIFILM CORP.) 09 May 2016, paragraphs [0003], [0031] (Family: none)	13-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06N3/08(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, A61B1/045(2006.01)i, G06N3/04(2006.01)i, G06T7/00(2017.01)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. G06N3/08, A61B1/00, A61B1/045, G06N3/04, G06T7/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	WO 2017/158575 A1 (IMAGIA CYBERNETICS INC.) 2017.09.21, 第16 頁第13行-第17頁第18行及び第18頁第5行-第27頁第26行	1, 4-5, 11-12, 16
Y	& JP 2019-512829 A, 段落[0046]-[0051]及び[0054]-[0134]	6-10
A	& US 2019/0073563 A1 & CA 3017697 A1 & CN 109313627 A	2-3, 13-15

☑ 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

19.09.2019

国際調査報告の発送日

01.10.2019

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）

坂庭 剛史

5 B

9288

電話番号 03-3581-1101 内線 3545

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
Y	伊東隼人、森 悠一、三澤将史、小田昌宏、工藤進英、森 健策、 畳み込みニューラルネットワークを利用した超拡大腸内視鏡画 像における腫瘍・非腫瘍の分類, 電子情報通信学会技術研究報告, 2017.09.18, V o l . 1 1 7 , N o . 2 2 0 , p p . 1 7 - 2 1 , ISSN 0913-5685	6-10
A	JP 2016-067780 A (富士フイルム株式会社) 2016.05.09, 段落[0003]及び[0031] (ファミリーなし)	13-15