

(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3月31日(31.03.2022)

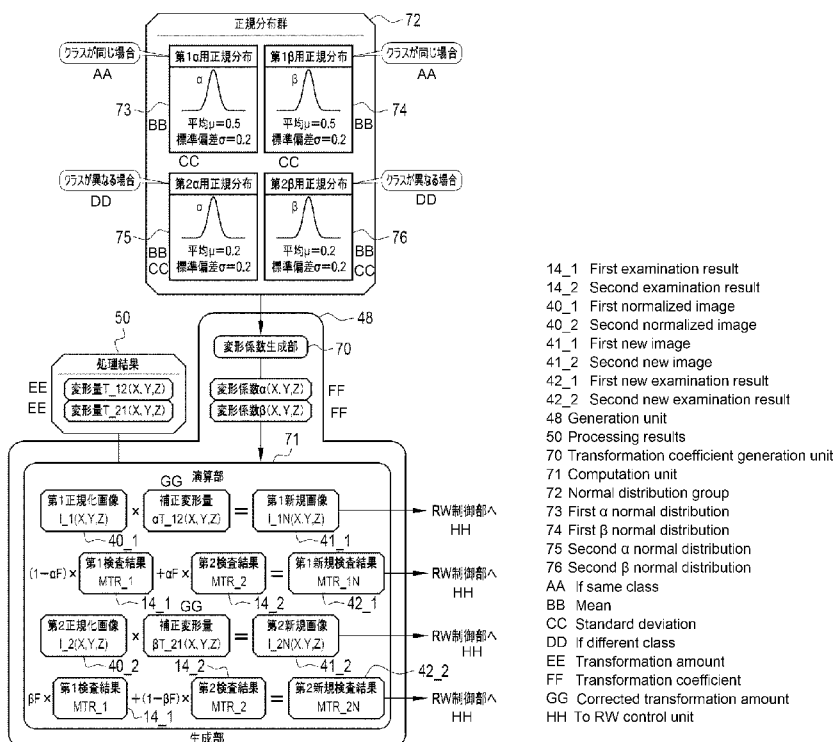


(10) 国際公開番号
WO 2022/065061 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 10/00 (2006.01) A61B 5/055 (2006.01)
G06T 7/00 (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/033190
- (22) 国際出願日: 2021年9月9日(09.09.2021)
- (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 2020-162679 2020年9月28日(28.09.2020) 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: 王 彩華 (WANG, Caihua); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所 (TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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,

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING DEVICE OPERATION METHOD, AND IMAGE PROCESSING DEVICE OPERATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理装置の作動方法、画像処理装置の作動プログラム



(57) Abstract: The present invention provides an image processing device comprising a processor and a memory connected to or integrated in the processor. As learning data used for training a machine-learning model whereof the targets are medical images and examination results from medical examinations, the processor generates, according to generation conditions, new medical images from a first medical image and a second medical image among a plurality of medical



WO 2022/065061 A1

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))

images, and, based on the generation conditions, performs computations on a first examination result for a medical examination corresponding to the first medical image and a second examination result for a medical examination corresponding to the second medical image, to generate new examination results.

(57) 要約 : プロセッサと、プロセッサに接続または内蔵されたメモリと、を備え、プロセッサは、医用画像および医療検査の検査結果を対象とした機械学習モデルの学習に用いる学習データとして、複数の医用画像のうちの第1医用画像と第2医用画像から、生成条件にしたがって新規医用画像を生成し、かつ、第1医用画像に対応する医療検査の第1検査結果、および第2医用画像に対応する医療検査の第2検査結果に対して生成条件に基づく演算を行い、新規検査結果を生成する、画像処理装置。

明 細 書

発明の名称：

画像処理装置、画像処理装置の作動方法、画像処理装置の作動プログラム

技術分野

[0001] 本開示の技術は、画像処理装置、画像処理装置の作動方法、画像処理装置の作動プログラムに関する。

背景技術

[0002] 医療分野において、最近の人工知能技術の進展に伴い、医用画像を機械学習モデルに入力して、機械学習モデルから疾病の所見を出力させる技術が種々提案されている。

[0003] 上記のような画像を対象とする機械学習モデルは、複数の学習用画像が順次入力されて学習される。学習用画像の数が少ないと、それだけ学習の回数も減るため、出力データの予測精度を高めることが難しくなる。そこで従来は、データオーギュメンテーションと呼ばれるデータ水増し手法を用いて、学習用画像の数を増やすことが行われている。

[0004] データ水増し手法としては、例えば<C. Shorten, T. M. Khoshgofftar: A survey on Image Data Augmentation, Journal of Big Data, 2019>に記載されているように、1つの画像に対して、平行移動、回転、拡大縮小、反転、切り出し、ノイズ付与といった様々な処理を施して、新たな画像を生成する手法が有名である。ただし、この<C. Shorten, T. M. Khoshgofftar: A survey on Image Data Augmentation, Journal of Big Data, 2019>に記載の手法では、どうしても対象の1つの画像と似た画像しか生成することができず、学習用画像のバリエーションが増えなかった。このため、<Y. Tokozume, Y. Ushiku, T. Harada: Between-cl

ass Learning for Image Classification, CVPR, 2018>に記載されているように、2つの異なる画像を混合して新たな画像を生成する手法が提案されている。この場合の新たな画像は、例えば、2つの異なる画像の各画素の画素値を平均した画像である。

[0005] ところで、医療施設では、血液検査、尿検査、および質問形式の診断テスト等の様々な医療検査が患者に対して実施される。このため、医用画像を対象とした機械学習モデルにおいても、疾病の所見の予測精度を高める目的で、血液検査、尿検査、および診断テスト等の医療検査の検査結果を医用画像に加えて入力することが行われている（例えば特開平07-284090号公報参照）。こうした手法はマルチモーダル学習と呼ばれている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] <Y. Tokozume, Y. Ushiku, T. Harada: Between-class Learning for Image Classification, CVPR, 2018>に記載されているような2つの異なる画像を用いたデータ増し手法と、特開平07-284090号公報に記載されているようなマルチモーダル学習とを組み合わせた場合、2つの異なる画像から生成した新たな画像に対応する医療検査の検査結果も新たに生成する必要がある。この際、新たな検査結果と、元の2つの異なる画像に対応する2つの医療検査の検査結果との間に、整合性が保たれていなければならない。

[0007] 本開示の技術に係る1つの実施形態は、整合性が保たれた新たな医療検査の検査結果を生成することが可能な画像処理装置、画像処理装置の作動方法、画像処理装置の作動プログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の画像処理装置は、プロセッサと、プロセッサに接続または内蔵されたメモリと、を備え、プロセッサは、医用画像および医療検査の検査結果

を対象とした機械学習モデルの学習に用いる学習データとして、複数の医用画像のうちの第1医用画像と第2医用画像から、生成条件にしたがって新規医用画像を生成し、かつ、第1医用画像に対応する医療検査の第1検査結果、および第2医用画像に対応する医療検査の第2検査結果に対して生成条件に基づく演算を行い、新規検査結果を生成する。

[0009] プロセッサは、第1医用画像と第2医用画像とに非線形位置合わせ処理を行い、非線形位置合わせ処理の結果に応じた生成条件にて第1医用画像と第2医用画像を変形することで、第1新規医用画像と第2新規医用画像を生成し、生成条件に基づく演算式を用いて、第1検査結果と第2検査結果から第1新規医用画像に対応する第1新規検査結果と第2新規医用画像に対応する第2新規検査結果を生成することが好ましい。

[0010] プロセッサは、非線形位置合わせ処理における第1医用画像から第2医用画像への変形量 T_{12} に変形係数 α を乗算した補正変形量 αT_{12} を第1医用画像に適用することで、第1医用画像を第1新規医用画像とし、かつ、変形係数 α または変形係数 α に類する値を含む第1演算式を演算することで、第1検査結果および第2検査結果を第1新規検査結果に換算し、非線形位置合わせ処理における第2医用画像から第1医用画像への変形量 T_{21} に変形係数 β を乗算した補正変形量 βT_{21} を第2医用画像に適用することで、第2医用画像を第2新規医用画像とし、かつ、変形係数 β または変形係数 β に類する値を含む第2演算式を演算することで、第1検査結果および第2検査結果を第2新規検査結果に換算することが好ましい。

[0011] 医用画像はクラス分けがなされており、プロセッサは、第1医用画像と第2医用画像のクラスが同じ場合と異なる場合とで、変形係数 α および β の値と、変形係数 α に類する値および変形係数 β に類する値とのうちの少なくともいずれかを変更することが好ましい。

[0012] プロセッサは、第1新規医用画像を第1医用画像と同じクラスとし、第2新規医用画像を第2医用画像と同じクラスとすることが好ましい。

[0013] 変形係数 α および β は、正規分布にしたがう乱数であることが好ましい。

- [0014] 第1医用画像と第2医用画像のクラスが異なる場合の正規分布の平均は、第1医用画像と第2医用画像のクラスが同じ場合の正規分布の平均よりも小さいことが好ましい。
- [0015] プロセッサは、機械学習モデルで扱う患者の母集団の検査結果の傾向に合わせて、新規医用画像および新規検査結果を生成することが好ましい。
- [0016] プロセッサは、新規医用画像の生成に先立ち、第1医用画像と第2医用画像を標準医用画像に合わせる正規化処理を行うことが好ましい。
- [0017] 医用画像は、患者の頭部を写した画像であり、機械学習モデルは、患者に対する認知症の所見を出力するモデルであることが好ましい。
- [0018] 本開示の画像処理装置の作動方法は、医用画像および医療検査の検査結果を対象とした機械学習モデルの学習に用いる学習データとして、複数の医用画像のうちの第1医用画像と第2医用画像から、生成条件にしたがって新規医用画像を生成すること、および、第1医用画像に対応する医療検査の第1検査結果、および第2医用画像に対応する医療検査の第2検査結果に対して生成条件に基づく演算を行い、新規検査結果を生成すること、を含む。
- [0019] 本開示の画像処理装置の作動プログラムは、医用画像および医療検査の検査結果を対象とした機械学習モデルの学習に用いる学習データとして、複数の医用画像のうちの第1医用画像と第2医用画像から、生成条件にしたがって新規医用画像を生成すること、および、第1医用画像に対応する医療検査の第1検査結果、および第2医用画像に対応する医療検査の第2検査結果に対して生成条件に基づく演算を行い、新規検査結果を生成すること、を含む処理をコンピュータに実行させる。

発明の効果

- [0020] 本開示の技術によれば、整合性が保たれた新たな医療検査の検査結果を生成することが可能な画像処理装置、画像処理装置の作動方法、画像処理装置の作動プログラムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0021] [図1]画像処理装置等を示す図である。

[図2]頭部MRI画像と検査結果の関係、および検査結果の内容を示す図である。

[図3]画像処理装置を構成するコンピュータを示すブロック図である。

[図4]画像処理装置のCPUの処理部を示すブロック図である。

[図5]正規化部の処理を示す図である。

[図6]非線形位置合わせ部の処理を示す図である。

[図7]非線形位置合わせ部の処理を示す図である。

[図8]生成部の詳細を示す図である。

[図9]生成部の処理を示す図であり、(A)は第1正規化画像のクラスが「A」の場合、(B)は第1正規化画像のクラスが「B」の場合をそれぞれ示す。

[図10]生成部の処理を示す図であり、(A)は第2正規化画像のクラスが「A」の場合、(B)は第2正規化画像のクラスが「B」の場合をそれぞれ示す。

[図11]認知症所見導出モデルの学習フェーズおよび運用フェーズにおける処理の概要を示す図である。

[図12]画像処理装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図13]画像処理装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図14]各クラスにおける画像のデータの分布を模式的に表した図である。

[図15]認知症所見情報の別の例を示す図である。

[図16]認知症所見情報のさらに別の例を示す図である。

[図17]認知症所見導出モデルで扱う患者の母集団の検査結果の傾向に合わせて、新規医用画像および新規検査結果を生成する第2実施形態の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0022] [第1実施形態]

一例として図1に示すように、画像処理装置10は、医療情報データベースサーバ11にネットワーク12を介して接続されている。医療情報データ

ベースサーバ11は、複数の医療施設からネットワーク12経由でアップロードされた様々な医療情報を記憶し、管理する。医療情報には、頭部MRI (Magnetic Resonance Imaging) 画像13および医療検査の検査結果14が含まれる。ネットワーク12は、例えばインターネットまたは公衆通信網等のWAN (Wide Area Network) である。なお、WANを利用する場合には、情報セキュリティを考慮して、VPN (Virtual Private Network) を構築したり、HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) 等のセキュリティレベルの高い通信プロトコルを使用することが好ましい。

[0023] 画像処理装置10は、医療情報データベースサーバ11から配信される頭部MRI画像群15および検査結果群16を受信する。頭部MRI画像群15は、医療施設から提供を許可された頭部MRI画像13であって、例えば10年前から2年前までに複数の医療施設で撮影された複数の頭部MRI画像13を含む。検査結果群16は、医療施設から提供を許可された検査結果14であって、頭部MRI画像群15の頭部MRI画像13と同じ患者Pの複数の検査結果14を含む。

[0024] 頭部MRI画像13は、患者Pの頭部をMRI装置17で撮影することで得られる。頭部MRI画像13は、患者Pの頭部の三次元形状を表すボクセルデータである。図1においては、サジタル断面の頭部MRI画像13Sを示している。なお、頭部MRI画像13は、本開示の技術に係る「医用画像」および「患者の頭部を写した画像」の一例である。

[0025] 頭部MRI画像13にはクラス18が関連付けられており、これにより頭部MRI画像13はクラス分けがなされている。クラス18には、当該頭部MRI画像13の患者Pが2年後に認知症を発症した場合は「A」が登録され、2年後に認知症を発症していない場合は「B」が登録される。クラス18の登録は、患者Pの主治医が行う。

[0026] 画像処理装置10は、例えばデスクトップ型のパーソナルコンピュータで

あり、ディスプレイ19と入力デバイス20とを備える。入力デバイス20は、キーボード、マウス、タッチパネル、マイクロフォン等である。画像処理装置10のオペレータは、入力デバイス20を操作して、医療情報データベースサーバ11に対して頭部MRI画像群15および検査結果群16の配信要求を送信する。医療情報データベースサーバ11は、配信要求された頭部MRI画像群15および検査結果群16を検索して画像処理装置10に配信する。

[0027] 一例として図2に示すように、頭部MRI画像13と検査結果14とは、例えば、患者Pを一意に識別するための患者ID (Identification Data) 22によって互いに関連付けられている。検査結果14は、血液検査の検査結果、髄液検査の検査結果、および認知症テストのスコア等で構成される。血液検査の検査結果は、例えばアポリポ蛋白質測定値、補体蛋白質測定値、およびトランスサイレチン測定値等を含む。髄液検査の検査結果は、例えばアミロイドβ測定値、およびタウ蛋白質測定値等を含む。認知症テストのスコアは、例えば長谷川式認知症スケール (HDS-R; Revised Hasegawa's Dementia Scale) のスコア、ミニメンタルステート検査 (MMSE; Mini-Mental State Examination) のスコア、リバーミード行動記憶検査 (RBMT; Rivermead Behavioural Memory Test) のスコア、臨床認知症評価尺度 (CDR; Clinical Dementia Rating)、日常生活活動度 (ADL; Activities of Daily Living)、およびアルツハイマー病の評価尺度 (ADAS-Cog; Alzheimer's Disease Assessment Scale-cognitive subscale) 等を含む。

[0028] 一例として図3に示すように、画像処理装置10を構成するコンピュータは、前述のディスプレイ19および入力デバイス20に加えて、ストレージ25、メモリ26、CPU (Central Processing Un

it) 27、および通信部 28 を備えている。これらはバスライン 29 を介して相互接続されている。なお、CPU 27 は、本開示の技術に係る「プロセッサ」の一例である。

[0029] ストレージ 25 は、画像処理装置 10 を構成するコンピュータに内蔵、またはケーブル、ネットワークを通じて接続されたハードディスクドライブである。もしくはストレージ 25 は、ハードディスクドライブを複数台連装したディスクアレイである。ストレージ 25 には、オペレーティングシステム等の制御プログラム、各種アプリケーションプログラム、およびこれらのプログラムに付随する各種データ等が記憶されている。なお、ハードディスクドライブに代えてソリッドステートドライブを用いてもよい。

[0030] メモリ 26 は、CPU 27 が処理を実行するためのワークメモリである。CPU 27 は、ストレージ 25 に記憶されたプログラムをメモリ 26 へロードして、プログラムにしたがった処理を実行する。これにより CPU 27 は、コンピュータの各部を統括的に制御する。通信部 28 は、医療情報データベースサーバ 11 等の外部装置との各種情報の伝送制御を行う。なお、メモリ 26 は、CPU 27 に内蔵されていてもよい。

[0031] 一例として図 4 に示すように、画像処理装置 10 のストレージ 25 には、作動プログラム 30 が記憶されている。作動プログラム 30 は、コンピュータを画像処理装置 10 として機能させるためのアプリケーションプログラムである。すなわち、作動プログラム 30 は、本開示の技術に係る「画像処理装置の作動プログラム」の一例である。

[0032] ストレージ 25 には、標準頭部 MR I 画像（以下、標準画像と略す） 35 および学習用データ群 36 も記憶される。学習用データ群 36 は、認知症所見導出モデル 80（図 11 参照）の学習に用いる複数の学習用頭部 MR I 画像（以下、学習用画像と略す） 81（図 11 参照）と複数の学習用検査結果 82（図 11 参照）の集合である。学習用データ群 36 は、正規化頭部 MR I 画像群（以下、正規化画像群と略す） 37、新規頭部 MR I 画像群（以下、新規画像群と略す） 38、検査結果群 16、および新規検査結果群 39 を

含む。正規化画像群37は複数の正規化頭部MRI画像（以下、正規化画像と略す）40で構成される。新規画像群38は、複数の第1新規頭部MRI画像（以下、第1新規画像と略す）41__1および複数の第2新規頭部MRI画像（以下、第2新規画像と略す）41__2で構成される（図11参照）。また、新規検査結果群39は、複数の第1新規検査結果42__1および複数の第2新規検査結果42__2で構成される（図11参照）。第1新規画像41__1および第2新規画像41__2は、本開示の技術に係る「新規医用画像」の一例である。また、第1新規検査結果42__1および第2新規検査結果42__2は、本開示の技術に係る「新規検査結果」の一例である。

[0033] 作動プログラム30が起動されると、画像処理装置10を構成するコンピュータのCPU27は、メモリ26等と協働して、リードライト（以下、RW（Read Write）と略す）制御部45、正規化部46、非線形位置合わせ部47、および生成部48として機能する。

[0034] RW制御部45は、ストレージ25への各種データの記憶、およびストレージ25内の各種データの読み出しを制御する。例えばRW制御部45は、標準画像35をストレージ25から読み出し、読み出した標準画像35を正規化部46に出力する。また、RW制御部45は、医療情報データベース11からの検査結果群16を受け取り、受け取った検査結果群16を、学習用データ群36の一部としてストレージ25に記憶する。また、RW制御部45は、正規化部46からの正規化画像群37を受け取り、受け取った正規化画像群37を、学習用データ群36の一部としてストレージ25に記憶する。

[0035] RW制御部45は、検査結果群16の複数の検査結果14のうちの2つの検査結果14である第1検査結果14__1および第2検査結果14__2をストレージ25から読み出し、読み出した第1検査結果14__1および第2検査結果14__2を生成部48に出力する。また、RW制御部45は、正規化画像群37の複数の正規化画像40のうちの2つの正規化画像40であって、第1検査結果14__1および第2検査結果14__2に対応する第1正規化

画像40__1および第2正規化画像40__2をストレージ25から読み出し、読み出した第1正規化画像40__1および第2正規化画像40__2を非線形位置合わせ部47と生成部48に出力する。第1検査結果14__1および第2検査結果14__2と第1正規化画像40__1および第2正規化画像40__2は、性別、年齢といった属性が同じ2人の患者Pの検査結果14および正規化画像40である。なお、正規化画像40には、元の頭部MR I画像13を踏襲したクラス18が関連付けられている（図9および図10参照）。

[0036] 正規化部46は、頭部MR I画像13を標準画像35に合わせる正規化処理を行い、頭部MR I画像13を正規化画像40とする。正規化部46は、頭部MR I画像群15を構成する複数の頭部MR I画像13の全てに対して正規化処理を行う。これにより、頭部MR I画像群15を構成する複数の頭部MR I画像13に対応する複数の正規化画像40が生成される。正規化部46は、複数の正規化画像40で構成される正規化画像群37をRW制御部45に出力する。

[0037] 標準画像35は、標準的な形状、大きさ、および濃度（画素値）の脳が写った頭部MR I画像である。標準画像35は、例えば、複数の健常者の頭部MR I画像13を平均することで生成した画像、あるいは、コンピュータグラフィックスにより生成した画像である。標準画像35は、本開示の技術に係る「標準医用画像」の一例である。

[0038] 非線形位置合わせ部47は、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2とに非線形位置合わせ処理を行う。非線形位置合わせ部47は、非線形位置合わせ処理の結果である処理結果50を生成部48に出力する。

[0039] 生成部48は、処理結果50に応じた生成条件にて第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2を変形することで、第1正規化画像40__1から第1新規画像41__1を生成し、第2正規化画像40__2から第2新規画像41__2を生成する。また、生成部48は、第1検査結果14__1から第1新規画像41__1に対応する第1新規検査結果42__1を生成し、第2検査結果14__2から第2新規画像41__2に対応する第2新規検査結果42

__2を生成する。生成部48は、第1新規画像41__1、第1新規検査結果42__1、第2新規画像41__2、および第2新規検査結果42__2をRW制御部45に出力する。RW制御部45は、第1新規画像41__1および第2新規画像41__2を、新規画像群38、ひいては学習用データ群36の一部としてストレージ25に記憶する。また、RW制御部45は、第1新規検査結果42__1および第2新規検査結果42__2を、新規検査結果群39、ひいては学習用データ群36の一部としてストレージ25に記憶する。なお、第1新規画像41__1は、本開示の技術に係る「第1新規医用画像」の一例である。また、第2新規画像41__2は、本開示の技術に係る「第2新規医用画像」の一例である。

[0040] 一例として図5に示すように、正規化部46は、頭部MR I画像13に対して、正規化処理として形状正規化処理55および濃度正規化処理56を行う。形状正規化処理55は、例えば、頭部MR I画像13および標準画像35から、位置合わせの基準となるランドマークを抽出し、頭部MR I画像13のランドマークと標準画像35のランドマークとの相関が最大となるよう、頭部MR I画像13を標準画像35に合わせて平行移動、回転、および/または拡大縮小する処理である。濃度正規化処理56は、例えば、頭部MR I画像13の濃度ヒストグラムを、標準画像35の濃度ヒストグラムに合わせて補正する処理である。

[0041] 一例として図6に示すように、非線形位置合わせ部47は、第1正規化画像40__1 (I__1 (X、Y、Z)と表記)を第2正規化画像40__2 (I__2 (X、Y、Z)と表記)に非線形位置合わせするに際して、格子状に等間隔で並んだ複数の制御点60を第1正規化画像40__1に設定する。そして、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2の局所的な類似度を高める位置に各制御点60を移動させる。非線形位置合わせ部47は、B-Spline曲線等の補間用近似曲線を用いて、各制御点60の移動量から、第1正規化画像40__1を第2正規化画像40__2に位置合わせする場合の各画素の変形量T__12 (X、Y、Z)を導出する。非線形位置合わせ部

47は、導出した変形量 $T_{12}(X, Y, Z)$ を処理結果50として出力する。

[0042] また、一例として図7に示すように、非線形位置合わせ部47は、第2正規化画像40_2を第1正規化画像40_1に非線形位置合わせするに際して、制御点60と同様の制御点63を第2正規化画像40_2に設定する。そして、図6の場合と同様に各制御点63を移動させる。非線形位置合わせ部47は、図6の場合と同様に、各制御点63の移動量から、第2正規化画像40_2を第1正規化画像40_1に位置合わせする場合の各画素の変形量 $T_{21}(X, Y, Z)$ を導出する。非線形位置合わせ部47は、導出した変形量 $T_{21}(X, Y, Z)$ を処理結果50として出力する。なお、以下では (X, Y, Z) を省略する場合がある。

[0043] 図6および図7では、アキシャル断面の第1正規化画像40_1および第2正規化画像40_2に、二次元状に制御点60および63を設定した状態を示しているが、制御点60および63は実際には三次元状に設定される。なお、変形量 $T_{12}(X, Y, Z)$ と変形量 $T_{21}(X, Y, Z)$ は逆関数の関係にあるので、変形量 $T_{12}(X, Y, Z)$ および変形量 $T_{21}(X, Y, Z)$ のうちのいずれか一方を上記の制御点60または63を用いた方法で導出したうえで、他方は一方の逆関数を求めることで導出してもよい。

[0044] 一例として図8に示すように、生成部48は、変形係数生成部70および演算部71を有する。変形係数生成部70は、正規分布群72に基づいて、変形係数 $\alpha(X, Y, Z)$ および $\beta(X, Y, Z)$ を生成する。変形係数生成部70は、生成した変形係数 $\alpha(X, Y, Z)$ および $\beta(X, Y, Z)$ を演算部71に出力する。なお、変形係数 $\alpha(X, Y, Z)$ および $\beta(X, Y, Z)$ は、0よりも大きく、かつ1未満の値($0 < \alpha, \beta < 1$)である。

[0045] 正規分布群72は、第1 α 用正規分布73、第1 β 用正規分布74、第2 α 用正規分布75、および第2 β 用正規分布76を含む。変形係数生成部70は、これら第1 α 用正規分布73、第1 β 用正規分布74、第2 α 用正規

分布75、および第2 β 用正規分布76のうちのいずれか1つの正規分布にしたがう乱数を、変形係数 $\alpha(X, Y, Z)$ および $\beta(X, Y, Z)$ として出力する。乱数の発生頻度は、例えば画素毎である。

[0046] 第1 α 用正規分布73と第1 β 用正規分布74は、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラス18が同じ場合に用いられる。一方、第2 α 用正規分布75と第2 β 用正規分布76は、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラス18が異なる場合に用いられる。第1 α 用正規分布73と第1 β 用正規分布74は、平均 $\mu=0.5$ 、標準偏差 $\sigma=0.2$ である。一方、第2 α 用正規分布75と第2 β 用正規分布76は、平均 $\mu=0.2$ 、標準偏差 $\sigma=0.2$ である。つまり、第2 α 用正規分布75と第2 β 用正規分布76の平均 μ は、第1 α 用正規分布73と第1 β 用正規分布74の平均 μ よりも小さい。このため、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラス18が同じ場合と異なる場合とで、変形係数 $\alpha(X, Y, Z)$ および $\beta(X, Y, Z)$ の値が変更される。なお、第1 α 用正規分布73と第1 β 用正規分布74は、本開示の技術に係る「第1医用画像と第2医用画像のクラスが同じ場合の正規分布」の一例である。また、第2 α 用正規分布75と第2 β 用正規分布76は、本開示の技術に係る「第1医用画像と第2医用画像のクラスが異なる場合の正規分布」の一例である。

[0047] 演算部71は、第1正規化画像40__1から第2正規化画像40__2への変形量 $T_{12}(X, Y, Z)$ に変形係数 $\alpha(X, Y, Z)$ を乗算して、補正変形量 $\alpha T_{12}(X, Y, Z)$ とする。また、演算部71は、第2正規化画像40__2から第1正規化画像40__1への変形量 $T_{21}(X, Y, Z)$ に変形係数 $\beta(X, Y, Z)$ を乗算して、補正変形量 $\beta T_{21}(X, Y, Z)$ とする。演算部71は、補正変形量 $\alpha T_{12}(X, Y, Z)$ を第1正規化画像40__1に適用することで、第1正規化画像40__1を第1新規画像41__1($I_{1N}(X, Y, Z)$ と表記)とする。また、演算部71は、補正変形量 $\beta T_{21}(X, Y, Z)$ を第2正規化画像40__2に適用することで、第2正規化画像40__2を第2新規画像41__2(I_{2N}

(X、Y、Z)と表記)とする。なお、補正変形量 αT_{12} (X、Y、Z)および補正変形量 βT_{21} (X、Y、Z)は、本開示の技術に係る「生成条件」の一例である。

[0048] 演算部71は、第1検査結果14_1(MTR_1と表記)と第2検査結果14_2(MTR_2と表記)の加重平均であって、係数 αF による加重平均である下記の式(1)を演算することで、第1検査結果14_1および第2検査結果14_2を第1新規検査結果42_1(MTR_1Nと表記)に換算する。係数 αF は固定値であり、本開示の技術に係る「変形係数 α に類する値」の一例である。より詳しくは、係数 αF は、第1正規化画像40_1と第2正規化画像40_2のクラス18が同じで第1 α 用正規分布73を用いる場合、例えば第1 α 用正規分布73の平均 μ と同じ0.5である。一方、係数 αF は、第1正規化画像40_1と第2正規化画像40_2のクラス18が異なり第2 α 用正規分布75を用いる場合、例えば第2 α 用正規分布75の平均 μ と同じ0.2である。なお、式(1)は、本開示の技術に係る「演算式」および「第1演算式」の一例である。

$$(1 - \alpha F) \times MTR_{1} + \alpha F \times MTR_{2} = MTR_{1N} \dots (1)$$

[0049] 例えば $\alpha F = 0.5$ で、かつ第1検査結果14_1および第2検査結果14_2がHDS-Rのスコアで $MTR_{1} = 28$ 点、 $MTR_{2} = 22$ 点であった場合、第1新規検査結果42_1(MTR_1N)は、式(1)より、 $0.5 \times 28 + 0.5 \times 22 = 25$ となる。

[0050] また、演算部71は、第1検査結果14_1と第2検査結果14_2の加重平均であって、係数 βF による加重平均である下記の式(2)を演算することで、第1検査結果14_1および第2検査結果14_2を第2新規検査結果42_2(MTR_2Nと表記)に換算する。係数 αF と同じく係数 βF も固定値であり、本開示の技術に係る「変形係数 β に類する値」の一例である。より詳しくは、係数 βF は、第1正規化画像40_1と第2正規化画像40_2のクラス18が同じで第1 β 用正規分布74を用いる場合、例え

ば第1 β 用正規分布74の平均 μ と同じ0.5である。一方、係数 βF は、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラス18が異なり第2 β 用正規分布76を用いる場合、例えば第2 β 用正規分布76の平均 μ と同じ0.2である。なお、式(2)は、本開示の技術に係る「演算式」および「第2演算式」の一例である。

$$\beta F \times \text{MTR}_{_1} + (1 - \beta F) \times \text{MTR}_{_2} = \text{MTR}_{_2N} \dots (2)$$

[0051] 例えば $\beta F = 0.2$ で、かつ第1検査結果14__1および第2検査結果14__2がトランスサイレチン測定値で $\text{MTR}_{_1} = 40 \text{ mg/dL}$ 、 $\text{MTR}_{_2} = 32 \text{ mg/dL}$ であった場合、第2新規検査結果42__2 ($\text{MTR}_{_2N}$)は、式(2)より、 $0.2 \times 40 + 0.8 \times 32 = 33.6$ となる。

[0052] 一例として図9に示すように、生成部48は、第1新規画像41__1を第1正規化画像40__1と同じクラス18とする。より詳しくは、(A)に示すように第1正規化画像40__1のクラス18が「A」であった場合、第1新規画像41__1のクラス18も「A」とする。また、(B)に示すように第1正規化画像40__1のクラス18が「B」であった場合、第1新規画像41__1のクラス18も「B」とする。

[0053] 同様にして、一例として図10に示すように、生成部48は、第2新規画像41__2を第2正規化画像40__2と同じクラス18とする。より詳しくは、(A)に示すように第2正規化画像40__2のクラス18が「A」であった場合、第2新規画像41__2のクラス18も「A」とする。また、(B)に示すように第2正規化画像40__2のクラス18が「B」であった場合、第2新規画像41__2のクラス18も「B」とする。

[0054] 一例として図11に示すように、学習用データ群36において、正規化画像群37を構成する複数の正規化画像40、および新規画像群38を構成する複数の第1新規画像41__1と複数の第2新規画像41__2のうちの1つの画像が、認知症所見導出モデル80の学習用画像81として提供される。また、検査結果群16を構成する複数の検査結果14、および新規検査結果

群39を構成する複数の第1新規検査結果42__1と複数の第2新規検査結果42__2のうちの1つの検査結果が、認知症所見導出モデル80の学習用検査結果82として提供される。認知症所見導出モデル80は、正規化画像40および検査結果14を入力データとし、正規化画像40の患者Pの認知症の所見を表す情報である認知症所見情報83を出力データとする機械学習モデルである。認知症所見情報83は、正常(NC; Normal Control)、軽度認知障害(MCI; Mild Cognitive Impairment)、およびアルツハイマー病(AD; Alzheimer's Disease)のうちのいずれかである。

[0055] 認知症所見導出モデル80は、例えば、ニューラルネットワーク、サポートベクターマシン、ブースティングのうちのいずれかの手法によって構築される。認知症所見導出モデル80は、学習フェーズにおいて、学習用画像81および学習用検査結果82と正解認知症所見情報83CAの組である学習データ84を与えられて学習される。学習用画像81および学習用検査結果82が正規化画像40および検査結果14であった場合、正解認知症所見情報83CAは、正規化画像40および検査結果14の患者Pに対して主治医が実際に下した認知症の所見である。学習用画像81および学習用検査結果82が新規画像41および新規検査結果42であった場合、正解認知症所見情報83CAは、依頼を受けた医師が新規画像41および新規検査結果42を参照して実際に下した認知症の所見である。

[0056] 学習フェーズにおいて、認知症所見導出モデル80には、学習用画像81および学習用検査結果82が入力される。認知症所見導出モデル80は、学習用画像81および学習用検査結果82に対して学習用認知症所見情報83Lを出力する。この学習用認知症所見情報83Lおよび正解認知症所見情報83CAに基づいて、認知症所見導出モデル80の損失演算がなされる。そして、損失演算の結果に応じて認知症所見導出モデル80の各種係数の更新設定がなされ、更新設定にしたがって認知症所見導出モデル80が更新される。

- [0057] 学習フェーズにおいては、学習用画像 8 1 および学習用検査結果 8 2 の認知症所見導出モデル 8 0 への入力、認知症所見導出モデル 8 0 からの学習用認知症所見情報 8 3 L の出力、損失演算、更新設定、および認知症所見導出モデル 8 0 の更新の上記一連の処理が、学習データ 8 4 が交換されつつ繰り返し行われる。上記一連の処理の繰り返しは、正解認知症所見情報 8 3 C A に対する学習用認知症所見情報 8 3 L の予測精度が、予め定められた設定レベルまで達した場合に終了される。こうして予測精度が設定レベルまで達した認知症所見導出モデル 8 0 が、学習済みモデルとして運用フェーズで用いられる。
- [0058] 次に、上記構成による作用について、図 1 2 および図 1 3 のフローチャートを参照して説明する。まず、画像処理装置 1 0 において作動プログラム 3 0 が起動されると、図 4 で示したように、画像処理装置 1 0 の CPU 2 7 は、RW制御部 4 5、正規化部 4 6、非線形位置合わせ部 4 7、および生成部 4 8 として機能される。図 8 で示したように、生成部 4 8 には変形係数生成部 7 0 および演算部 7 1 が含まれる。
- [0059] 一例として図 1 2 に示すように、まず、正規化部 4 6 において、医療情報データベースサーバ 1 1 からの頭部 MR I 画像群 1 5 が受け付けられる。また、RW制御部 4 5 において、医療情報データベースサーバ 1 1 からの検査結果群 1 6 が受け付けられる（ステップ S T 1 0 0）。検査結果群 1 6 は、RW制御部 4 5 によってストレージ 2 5 に記憶される（ステップ S T 1 1 0）。
- [0060] 図 5 で示したように、正規化部 4 6 において、頭部 MR I 画像 1 3 を標準画像 3 5 に合わせる正規化処理（形状正規化処理 5 5 および濃度正規化処理 5 6）が行われる（ステップ S T 1 2 0）。これにより頭部 MR I 画像 1 3 が正規化画像 4 0 とされる。正規化画像 4 0 は、正規化部 4 6 から RW制御部 4 5 へ出力され、RW制御部 4 5 によってストレージ 2 5 に記憶される（ステップ S T 1 3 0）。
- [0061] 一例として図 1 3 に示すように、RW制御部 4 5 によって、互いに患者 I

D 2 2で関連付けられた第1正規化画像40__1と第1検査結果14__1、および互いに患者ID 2 2で関連付けられた第2正規化画像40__2と第2検査結果14__2がストレージ25から読み出される（ステップST 200）。第1正規化画像40__1および第2正規化画像40__2は、RW制御部45から非線形位置合わせ部47および生成部48に出力される。また、第1検査結果14__1および第2検査結果14__2は、RW制御部45から生成部48に出力される。

[0062] 図6で示したように、非線形位置合わせ部47において、第1正規化画像40__1を第2正規化画像40__2に合わせる非線形位置合わせ処理が行われる。また、図7で示したように、非線形位置合わせ部47において、第2正規化画像40__2を第1正規化画像40__1に合わせる非線形位置合わせ処理が行われる（ステップST 210）。これらの非線形位置合わせ処理によって導出された変形量 T_{12} および T_{21} が、処理結果50として非線形位置合わせ部47から生成部48に出力される。

[0063] 図8で示したように、生成部48において、変形量 T_{12} に変形係数 α を乗算した補正変形量 αT_{12} が第1正規化画像40__1に適用され、第1正規化画像40__1から第1新規画像41__1が生成される。また、生成部48において、変形量 T_{21} に変形係数 β を乗算した補正変形量 βT_{21} が第2正規化画像40__2に適用され、第2正規化画像40__2から第2新規画像41__2が生成される。さらに、生成部48において、上記の式（1）、すなわち第1演算式を用いて、第1新規画像41__1に対応する第1新規検査結果42__1が生成される。さらにまた、生成部48において、上記の式（2）、すなわち第2演算式を用いて、第2新規画像41__2に対応する第2新規検査結果42__2が生成される（ステップST 220）。第1新規画像41__1と第1新規検査結果42__1および第2新規画像41__2と第2新規検査結果42__2は、生成部48からRW制御部45に出力され、RW制御部45によってストレージ25に記憶される（ステップST 230）。これら一連のステップST 200～ST 230の処理は、学習用デ

ータ群36内のトータルの画像と検査結果の数、すなわち学習用画像81と学習用検査結果82の数が目標数とならないうち（ステップST240でNO）は、第1正規化画像40__1および第1検査結果14__1と第2正規化画像40__2および第2検査結果14__2の組み合わせが変更されつつ繰り返し続けられる。

[0064] 以上説明したように、画像処理装置10のCPU27の生成部48は、正規化画像40および検査結果14を対象とした認知症所見導出モデル80の学習に用いる学習データ84として、複数の正規化画像40のうちの第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2から、生成条件にしたがって第1新規画像41__1と第2新規画像41__2を生成する。かつ、生成部48は、学習データ84として、第1正規化画像40__1に対応する医療検査の第1検査結果14__1、および第2正規化画像40__2に対応する医療検査の第2検査結果14__2に対して生成条件に基づく演算を行い、第1新規検査結果42__1および第2新規検査結果42__2を生成する。したがって、整合性が保たれた新たな医療検査の検査結果を生成することが可能となる。

[0065] 非線形位置合わせ部47は、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2とに非線形位置合わせ処理を行う。生成部48は、非線形位置合わせ処理の処理結果50に応じた生成条件にて第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2を変形することで、第1新規画像41__1と第2新規画像41__2を生成する。また、生成部48は、生成条件に基づく式(1)および式(2)を用いて、第1検査結果14__1から第1新規画像41__1に対応する第1新規検査結果42__1を生成し、第2検査結果14__2から第2新規画像41__2に対応する第2新規検査結果42__2を生成する。

[0066] 第1新規画像41__1および第2新規画像41__2は、第1正規化画像40__1および第2正規化画像40__2をベースとしている。このため、1つの画像から学習用画像81を生成する<C. Shorten, T. M. Khoshgofttar: A survey on Image Data Augmentation, Journal of Big

Data, 2019>に記載の手法と比べて、学習用画像81のバリエーションを増やすことができる。また、第1新規画像41__1および第2新規画像41__2は、第1正規化画像40__1および第2正規化画像40__2の画素値を混合したものではないため、<Y. Tokozume, Y. Ushiku, T. Harada: Between-class Learning for Image Classification, CVPR, 2018>に記載の手法のように解剖構造の形態がぼやけることはない。したがって、解剖構造の形態が保たれた網羅的な学習用画像81を生成することが可能となる。また、より整合性が保たれた第1新規検査結果42__1および第2新規検査結果42__2を生成することができる。

[0067] 生成部48は、非線形位置合わせ処理における第1正規化画像40__1から第2正規化画像40__2への変形量 T_{12} に変形係数 α を乗算した補正変形量 αT_{12} を第1正規化画像40__1に適用することで、第1正規化画像40__1を第1新規画像41__1とする。また、生成部48は、非線形位置合わせ処理における第2正規化画像40__2から第1正規化画像40__1への変形量 T_{21} に変形係数 β を乗算した補正変形量 βT_{21} を第2正規化画像40__2に適用することで、第2正規化画像40__2を第2新規画像41__2とする。このため、変形係数 α および β を適当な値に設定することで、所望の第1新規画像41__1および第2新規画像41__2を得ることができる。例えば変形係数 α を0に近い値に設定すれば、第1正規化画像40__1に相対的に類似した第1新規画像41__1が得られる。反対に変形係数 α を1に近い値に設定すれば、第2正規化画像40__2に相対的に類似した第1新規画像41__1が得られる。

[0068] 生成部48は、係数 αF を含む式(1)を演算することで、第1検査結果14__1および第2検査結果14__2を第1新規検査結果42__1に換算する。また、生成部48は、係数 βF を含む式(2)を演算することで、第1検査結果14__1および第2検査結果14__2を第2新規検査結果42__2に換算する。このため、係数 αF および βF を適当な値に設定することで、

所望の第1新規検査結果42__1および第2新規検査結果42__2を得ることができる。例えば係数 αF を0に近い値に設定すれば、第1検査結果14__1に相対的に類似した第1新規検査結果42__1が得られる。反対に変形係数 α を1に近い値に設定すれば、第2検査結果14__2に相対的に類似した第1新規検査結果42__1が得られる。

[0069] 頭部MR I画像13、ひいては正規化画像40はクラス分けがなされており、生成部48は、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラス18が同じ場合と異なる場合とで、変形係数 α および β の値と、係数 αF および βF の値とを変更する。このため、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラス18が同じ場合と異なる場合のそれぞれの場合に適した第1新規画像41__1および第1新規検査結果42__1と第2新規画像41__2および第2新規検査結果42__2を生成することができる。

[0070] 図9および図10で示したように、生成部48は、第1新規画像41__1を第1正規化画像40__1と同じクラス18とし、第2新規画像41__2を第2正規化画像40__2と同じクラス18とする。このため、第1新規画像41__1および第2新規画像41__2のそれぞれの出自に見合ったクラス18を関連付けることができる。また、図14に模式的に示すように、正規化画像40だけでは埋めきれなかった「A」および「B」の各クラス18のデータ的な空白を、新規画像41で埋めることができる。かつ、「A」および「B」の各クラス18の境界90付近のデータ的な空白も、新規画像41で埋めることができる。

[0071] 図8で示したように、変形係数 α および β は、各正規分布73~76のいずれか1つにしたがう乱数である。このため、第1正規化画像40__1および第2正規化画像40__2からは予測がつかない第1新規画像41__1および第2新規画像41__2を生成することができ、結果として学習用画像81のバリエーションを増やすことができる。

[0072] 図8で示したように、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラスが異なる場合の第2 α 用正規分布75および第2 β 用正規分布76

の平均 μ は、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラスが同じ場合の第1 α 用正規分布73および第1 β 用正規分布74の平均 μ よりも小さい。このため、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラスが異なる場合は、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラスが同じ場合と比べて、第1正規化画像40__1と相対的に類似する第1新規画像41__1、および第2正規化画像40__2と相対的に類似する第2新規画像41__2を生成することができる。したがって、第1新規画像41__1を第1正規化画像40__1と同じクラス18とし、第2新規画像41__2を第2正規化画像40__2と同じクラス18としても、違和感がない。

[0073] 図5で示したように、正規化部46は、新規画像41の生成に先立ち、頭部MRI画像13を標準画像35に合わせる正規化処理を行う。このため、患者Pの個人差、およびMRI装置17の装置差をほぼ解消したうえで以降の処理を行うことができ、結果として認知症所見情報83の信頼性を高めることができる。

[0074] 認知症は、昨今の高齢化社会の到来とともに社会問題化している。このため、医用画像を頭部MRI画像13とし、医用画像を対象とした機械学習モデルを、認知症所見情報83を出力する認知症所見導出モデル80とする本実施形態は、現状の社会問題にマッチした形態であるといえる。また、認知症の所見には、海馬、海馬傍回、扁桃体等の萎縮の程度といった解剖構造の形態が特に重要な鍵を握るため、解剖構造の形態が保たれた学習用画像81を生成することができる、という効果をより発揮することができる。

[0075] なお、認知症所見情報83は、図11で例示した内容（正常／軽度認知障害／アルツハイマー病）に限らない。例えば図15に示す認知症所見情報95のように、患者Pの1年後の認知症の進行度合いが早いか遅いかであってもよい。あるいは図16に示す認知症所見情報98のように、アルツハイマー病、レビー小体型認知症、および血管性認知症のいずれであるかといった認知症の種類でもよい。

[0076] 第1新規画像4 1__1と第1新規検査結果4 2__1、および第2新規画像4 1__2と第2新規検査結果4 2__2を両方生成する態様を例示したが、これに限らない。第1新規画像4 1__1と第1新規検査結果4 2__1だけを生成する等、第1新規画像4 1__1と第1新規検査結果4 2__1、および第2新規画像4 1__2と第2新規検査結果4 2__2のうちのいずれか1組だけを生成してもよい。

[0077] [第2実施形態]

図17に示す第2実施形態では、認知症所見導出モデル80で扱う患者Pの母集団の検査結果14の傾向に合わせて、新規画像4 1および新規検査結果4 2を生成する。

[0078] 一例として図17に示すように、患者PのMMSEのスコアの日本全国の統計100において、24点以上が400000人、10点以上20点未満が200000人、10点未満が100000人であり、検査結果群16の統計101において、24点以上が100000人、10点以上20点未満が200000人、10点未満が300000人であった場合を考える。この場合、生成部48は、新規検査結果群39の統計102を全国の統計100に合わせるため、MMSEのスコアが24点以上の新規検査結果4 2を110000人分生成（併せて新規画像4 1も110000人分生成）し、かつ、MMSEのスコアが10点以上20点未満の新規検査結果4 2を400000人分生成（併せて新規画像4 1も400000人分生成）する。これにより、全国の統計100の患者数の比と、新規検査結果群39の統計102の患者数の比とが、24点以上：10点以上20点未満：10点未満＝4：2：1で一致する。なお、全国の統計100は、本開示の技術に係る「母集団の検査結果の傾向」の一例である。

[0079] 頭部MRI画像群15の頭部MRI画像13、および検査結果群16の検査結果14が、例えばアメリカ合衆国の患者Pのもので、認知症所見導出モデル80で扱う患者Pが日本人である場合等、頭部MRI画像13および検査結果14の患者Pの属性と、認知症所見導出モデル80で扱う患者Pの属

性が異なる場合がある。また、頭部MR I画像13および検査結果14の患者Pの属性と、認知症所見導出モデル80で扱う患者Pの属性が同じでも、検査結果群16の検査結果14の傾向が、認知症所見導出モデル80で扱う患者Pの母集団の検査結果14の傾向と異なる場合もある。こうした場合に、検査結果群16の検査結果14の傾向を是正せずに新規画像41および新規検査結果42を生成し、その結果用意された学習用データ群36を元に認知症所見導出モデル80の学習を行うと、認知症所見導出モデル80が患者Pの母集団の傾向と乖離したものとなり兼ねない。

[0080] そこで、第2実施形態では、認知症所見導出モデル80で扱う患者Pの母集団の検査結果14の傾向に合わせて、新規画像41および新規検査結果42を生成している。このため、患者Pの母集団の傾向に合致した認知症所見導出モデル80を生成することができる。

[0081] 2つの新規画像41に非線形位置合わせ処理を行い、その処理結果50に基づいて第1新規画像41__1および第2新規画像41__2を生成してもよい。同様に、正規化画像40と新規画像41から第1新規画像41__1および第2新規画像41__2を生成してもよい。

[0082] クラス18は、例示の2年後に認知症を発症したか否かに限らない。例えば認知症所見情報83と同じく、正常／軽度認知障害／アルツハイマー病のいずれかをクラス18として登録してもよい。

[0083] 変形係数 α および β は、正規分布にしたがう乱数ではなく、固定値でもよい。また、第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラスが同じ場合の第1 α 用正規分布73および第1 β 用正規分布74の平均 μ は、例示の0.5に限らない。例えば0.4でもよいし、0.6でもよい。係数 αF および βF も、例えば0.4でもよいし、0.6でもよい。第1正規化画像40__1と第2正規化画像40__2のクラスが異なる場合の第2 α 用正規分布75および第2 β 用正規分布76の平均 μ も、同様に例示の0.2に限らず、例えば0.1でもよいし、0.3でもよい。係数 αF および βF も、例えば0.1でもよいし、0.3でもよい。標準偏差 σ も、例示の0.2に

限らない。

[0084] <Y. Tokozume, Y. Ushiku, T. Harada: Between-class Learning for Image Classification, CVPR, 2018>に記載のデータ水増し手法を用いて、新規画像41を生成してもよい。例えば2つの異なる正規化画像40の各画素の画素値を平均した画像を新規画像41として生成する場合、新規検査結果42 (MTR__Nと表記) の演算式は、下記の式(3)のようになる。

$$0.5 \times \text{MTR_1} + 0.5 \times \text{MTR_2} = \text{MTR_N} \dots (3)$$

[0085] 図11で示した認知症所見導出モデル80の学習は、画像処理装置10において行ってもよいし、画像処理装置10以外の装置で行ってもよい。同様に、実際に認知症所見導出モデル80に正規化画像40および検査結果14を入力し、認知症所見導出モデル80から認知症所見情報83を出力させる運用も、画像処理装置10において行ってもよいし、画像処理装置10以外の装置で行ってもよい。また、認知症所見導出モデル80の学習は、運用後も継続して行ってもよい。

[0086] 医療情報データベースサーバ11が各処理部45~48の一部または全ての機能を担ってもよい。例えば医療情報データベースサーバ11のCPUに正規化部46を構築し、画像処理装置10のCPUに非線形位置合わせ部47および生成部48を構築してもよい。

[0087] 医用画像は、例示の頭部MRI画像13に限らない。PET (Positron Emission Tomography) 画像、SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) 画像、CT (Computed Tomography) 画像、内視鏡画像、超音波画像等でもよい。

[0088] 被写体は例示の頭部に限らず、胸部、腹部等でもよい。また、疾病も例示の認知症に限らず、心臓病、肺炎、肝機能障害等でもよい。

[0089] 上記各実施形態において、例えば、RW制御部45、正規化部46、非線

形位置合わせ部47、生成部48、変形係数生成部70、および演算部71といった各種の処理を実行する処理部（Processing Unit）のハードウェア的な構造としては、次に示す各種のプロセッサ（Processor）を用いることができる。各種のプロセッサには、上述したように、ソフトウェア（作動プログラム30）を実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサであるCPU27に加えて、FPGA（Field Programmable Gate Array）等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）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）等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等が含まれる。

- [0090] 1つの処理部は、これらの各種のプロセッサのうちの1つで構成されてもよいし、同種または異種の2つ以上のプロセッサの組み合わせ（例えば、複数のFPGAの組み合わせ、および／または、CPUとFPGAとの組み合わせ）で構成されてもよい。また、複数の処理部を1つのプロセッサで構成してもよい。
- [0091] 複数の処理部を1つのプロセッサで構成する例としては、第1に、クライアントおよびサーバ等の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み合わせで1つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の処理部として機能する形態がある。第2に、システムオンチップ（System On Chip:SoC）等に代表されるように、複数の処理部を含むシステム全体の機能を1つのIC（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、各種の処理部は、ハードウェア的な構造として、上記各種のプロセッサの1つ以上を用いて構成される。
- [0092] 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としては、より具体的には、半導体素子等の回路素子を組み合わせた電気回路（c i r c

u i t r y) を用いることができる。

[0093] 本開示の技術は、上述の種々の実施形態および／または種々の変形例を適宜組み合わせることも可能である。また、上記各実施形態に限らず、要旨を逸脱しない限り種々の構成を採用し得ることはもちろんである。さらに、本開示の技術は、プログラムに加えて、プログラムを非一時的に記憶する記憶媒体にもおよび。

[0094] 以上に示した記載内容および図示内容は、本開示の技術に係る部分についての詳細な説明であり、本開示の技術の一例に過ぎない。例えば、上記の構成、機能、作用、および効果に関する説明は、本開示の技術に係る部分の構成、機能、作用、および効果の一例に関する説明である。よって、本開示の技術の主旨を逸脱しない範囲内において、以上に示した記載内容および図示内容に対して、不要な部分を削除したり、新たな要素を追加したり、置き換えたりしてもよいことはいうまでもない。また、錯綜を回避し、本開示の技術に係る部分の理解を容易にするために、以上に示した記載内容および図示内容では、本開示の技術の実施を可能にする上で特に説明を要しない技術常識等に関する説明は省略されている。

[0095] 本明細書において、「Aおよび／またはB」は、「AおよびBのうちの少なくとも1つ」と同義である。つまり、「Aおよび／またはB」は、Aだけであってもよいし、Bだけであってもよいし、AおよびBの組み合わせであってもよい、という意味である。また、本明細書において、3つ以上の事柄を「および／または」で結び付けて表現する場合も、「Aおよび／またはB」と同様の考え方が適用される。

[0096] 本明細書に記載された全ての文献、特許出願および技術規格は、個々の文献、特許出願および技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

請求の範囲

[請求項1]

プロセッサと、
前記プロセッサに接続または内蔵されたメモリと、を備え、
前記プロセッサは、
医用画像および医療検査の検査結果を対象とした機械学習モデルの学習に用いる学習データとして、
複数の前記医用画像のうちの第1医用画像と第2医用画像から、生成条件にしたがって新規医用画像を生成し、
かつ、前記第1医用画像に対応する前記医療検査の第1検査結果、および前記第2医用画像に対応する前記医療検査の第2検査結果に対して前記生成条件に基づく演算を行い、新規検査結果を生成する、
画像処理装置。

[請求項2]

前記プロセッサは、
前記第1医用画像と前記第2医用画像とに非線形位置合わせ処理を行い、
前記非線形位置合わせ処理の結果に応じた前記生成条件にて前記第1医用画像と前記第2医用画像を変形することで、第1新規医用画像と第2新規医用画像を生成し、
前記生成条件に基づく演算式を用いて、前記第1検査結果と前記第2検査結果から前記第1新規医用画像に対応する第1新規検査結果と前記第2新規医用画像に対応する第2新規検査結果を生成する請求項1に記載の画像処理装置。

[請求項3]

前記プロセッサは、
前記非線形位置合わせ処理における前記第1医用画像から前記第2医用画像への変形量 T_{12} に変形係数 α を乗算した補正変形量 αT_{12} を前記第1医用画像に適用することで、前記第1医用画像を前記第1新規医用画像とし、かつ、前記変形係数 α または前記変形係数 α に類する値を含む第1演算式を演算することで、前記第1検査結果

および前記第2検査結果を前記第1新規検査結果に換算し、

前記非線形位置合わせ処理における前記第2医用画像から前記第1医用画像への変形量 T_{21} に変形係数 β を乗算した補正変形量 βT_{21} を前記第2医用画像に適用することで、前記第2医用画像を前記第2新規医用画像とし、かつ、前記変形係数 β または前記変形係数 β に類する値を含む第2演算式を演算することで、前記第1検査結果および前記第2検査結果を前記第2新規検査結果に換算する請求項2に記載の画像処理装置。

[請求項4] 前記医用画像はクラス分けがなされており、

前記プロセッサは、

前記第1医用画像と前記第2医用画像のクラスが同じ場合と異なる場合とで、前記変形係数 α および β の値と、前記変形係数 α に類する値および前記変形係数 β に類する値とのうちの少なくともいずれかを変更する請求項3に記載の画像処理装置。

[請求項5] 前記プロセッサは、

前記第1新規医用画像を前記第1医用画像と同じクラスとし、

前記第2新規医用画像を前記第2医用画像と同じクラスとする請求項4に記載の画像処理装置。

[請求項6] 前記変形係数 α および β は、正規分布にしたがう乱数である請求項3から請求項5のいずれか1項に記載の画像処理装置。

[請求項7] 請求項4または請求項5を引用する請求項6に記載の画像処理装置において、

前記第1医用画像と前記第2医用画像のクラスが異なる場合の正規分布の平均は、前記第1医用画像と前記第2医用画像のクラスが同じ場合の正規分布の平均よりも小さい画像処理装置。

[請求項8] 前記プロセッサは、

前記機械学習モデルで扱う患者の母集団の前記検査結果の傾向に合わせて、前記新規医用画像および前記新規検査結果を生成する請求項

1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

[請求項9]

前記プロセッサは、

前記新規医用画像の生成に先立ち、前記第 1 医用画像と前記第 2 医用画像を標準医用画像に合わせる正規化処理を行う請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

[請求項10]

前記医用画像は、患者の頭部を写した画像であり、

前記機械学習モデルは、前記患者に対する認知症の所見を出力するモデルである請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

[請求項11]

医用画像および医療検査の検査結果を対象とした機械学習モデルの学習に用いる学習データとして、

複数の前記医用画像のうちの第 1 医用画像と第 2 医用画像から、生成条件にしたがって新規医用画像を生成すること、および、

前記第 1 医用画像に対応する前記医療検査の第 1 検査結果、および前記第 2 医用画像に対応する前記医療検査の第 2 検査結果に対して前記生成条件に基づく演算を行い、新規検査結果を生成すること、を含む画像処理装置の作動方法。

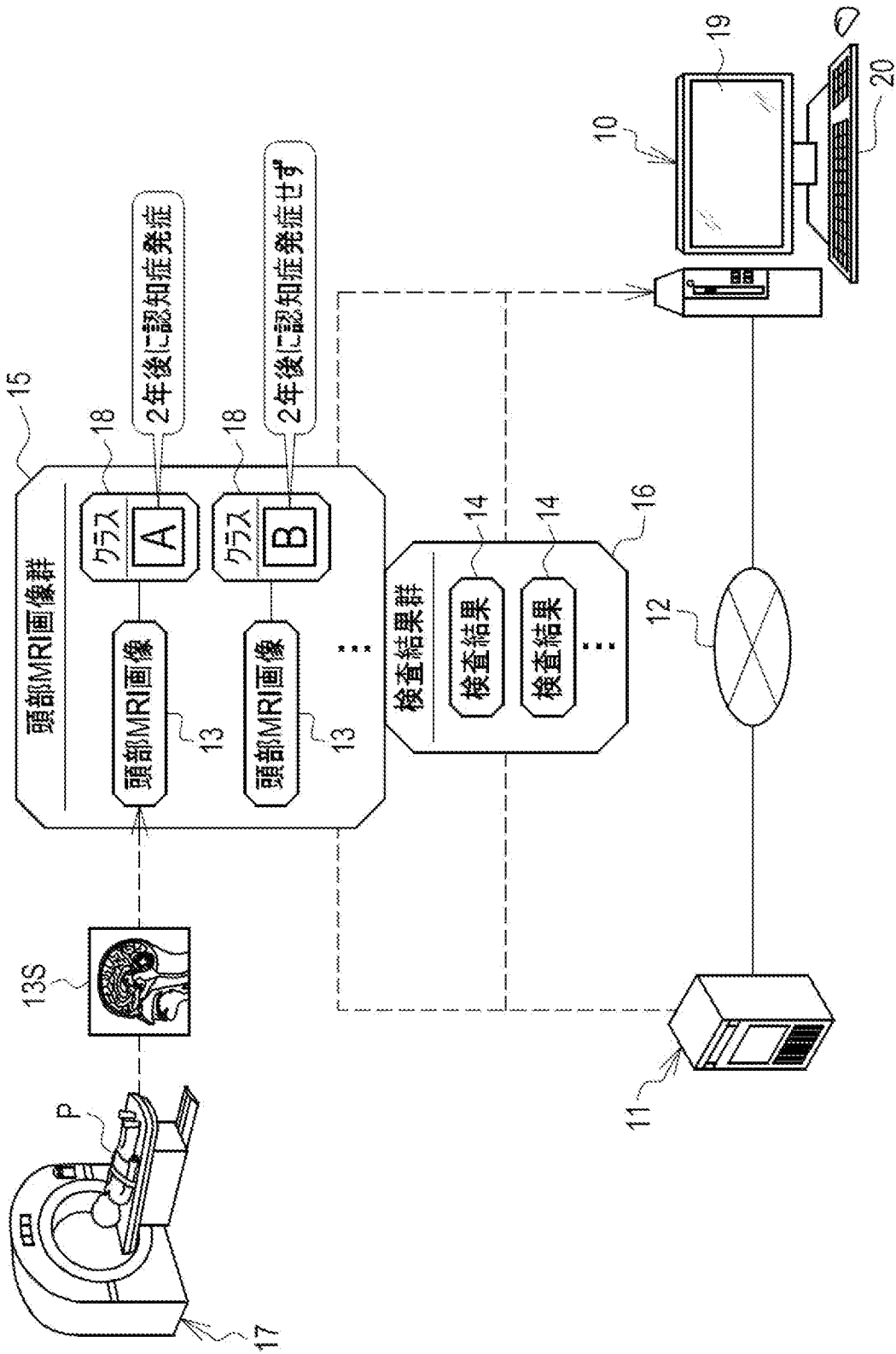
[請求項12]

医用画像および医療検査の検査結果を対象とした機械学習モデルの学習に用いる学習データとして、

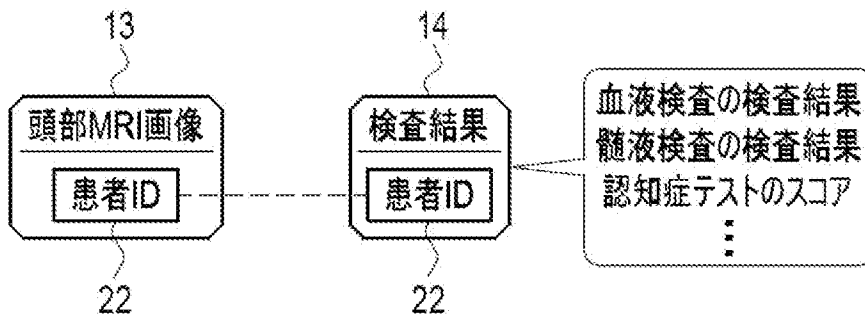
複数の前記医用画像のうちの第 1 医用画像と第 2 医用画像から、生成条件にしたがって新規医用画像を生成すること、および、

前記第 1 医用画像に対応する前記医療検査の第 1 検査結果、および前記第 2 医用画像に対応する前記医療検査の第 2 検査結果に対して前記生成条件に基づく演算を行い、新規検査結果を生成すること、を含む処理をコンピュータに実行させる画像処理装置の作動プログラム。

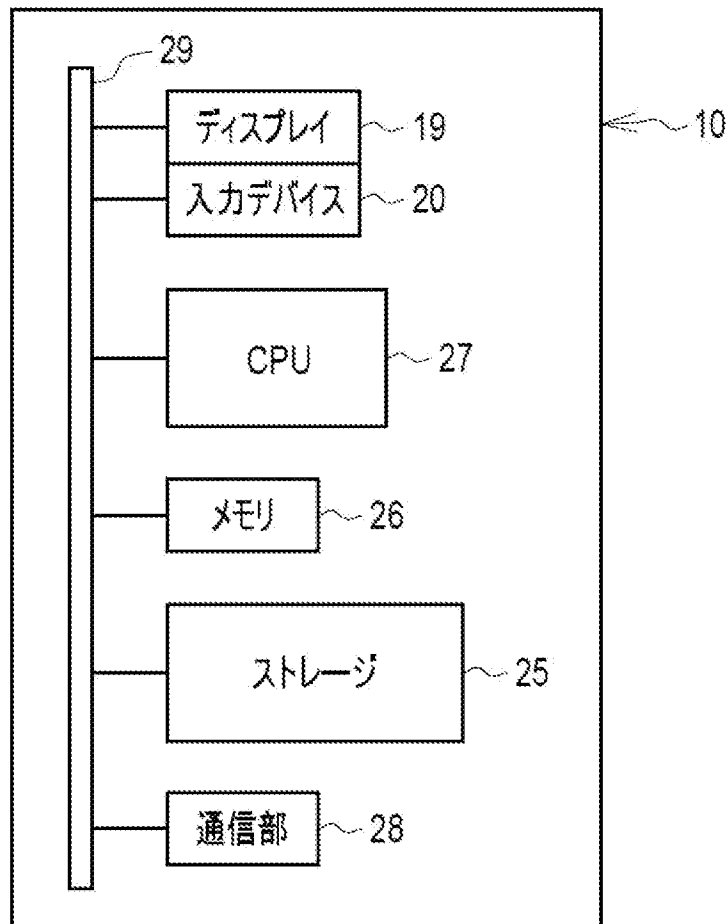
[図1]



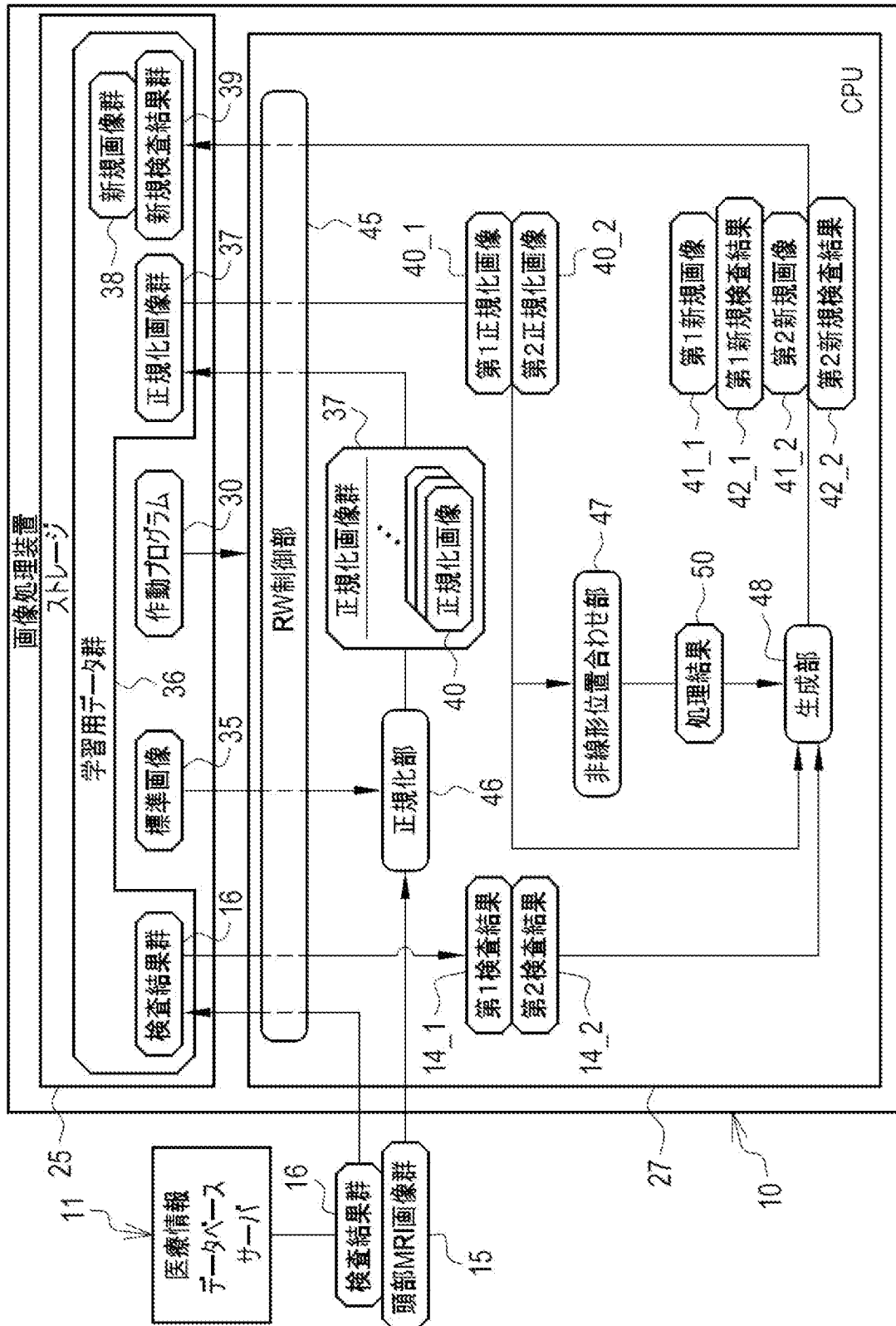
[図2]



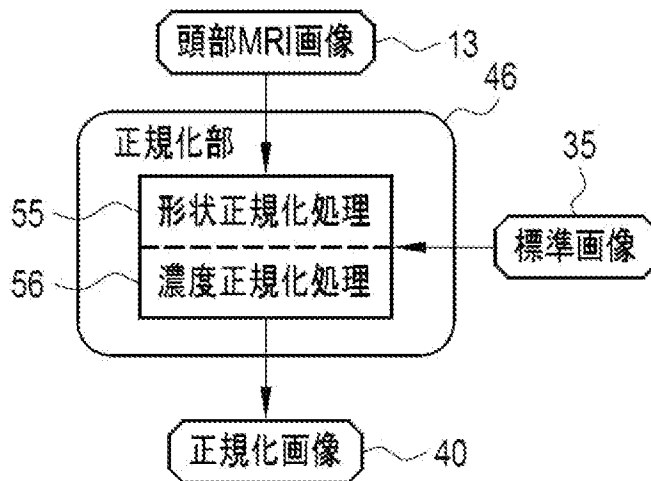
[図3]



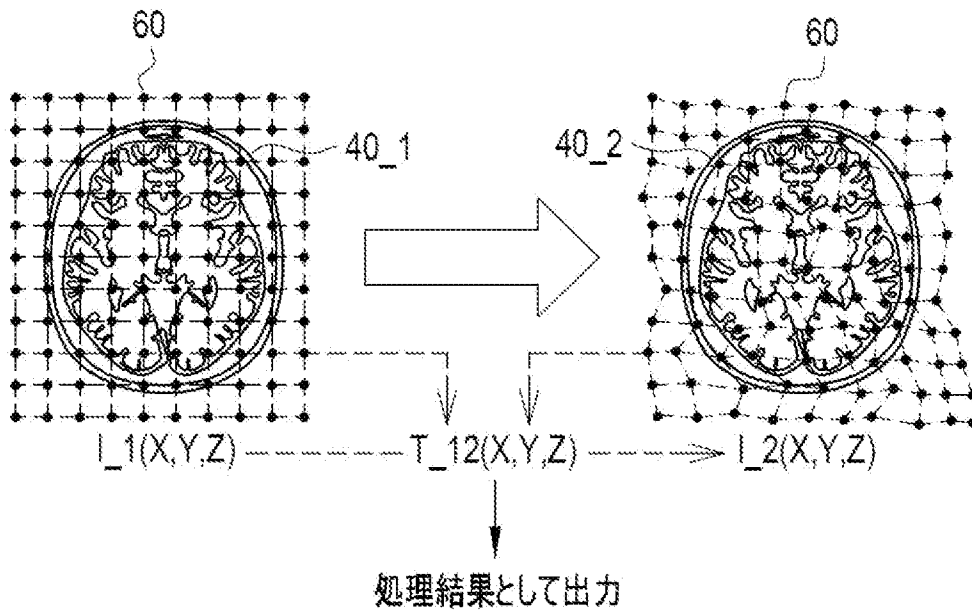
[図4]



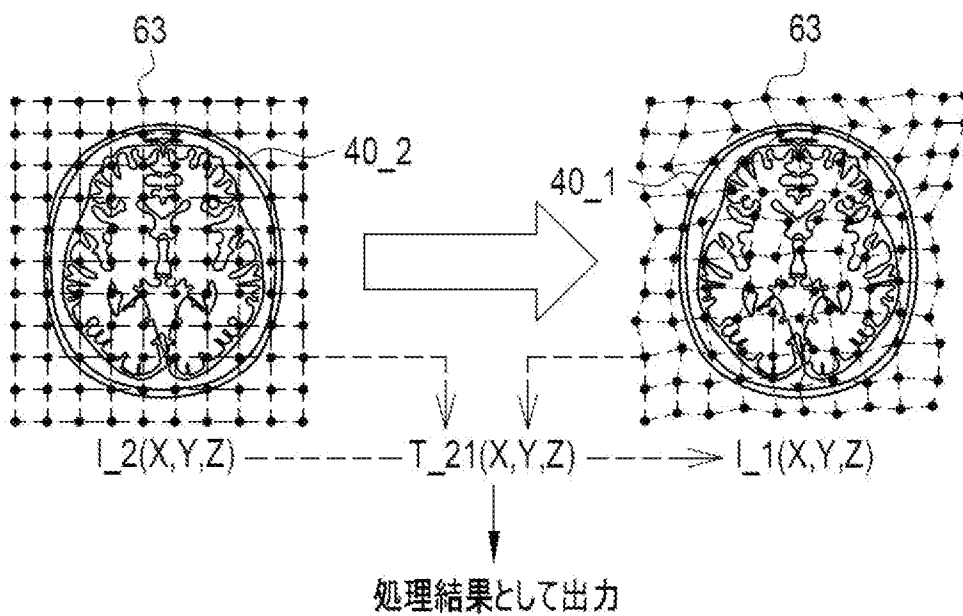
[図5]



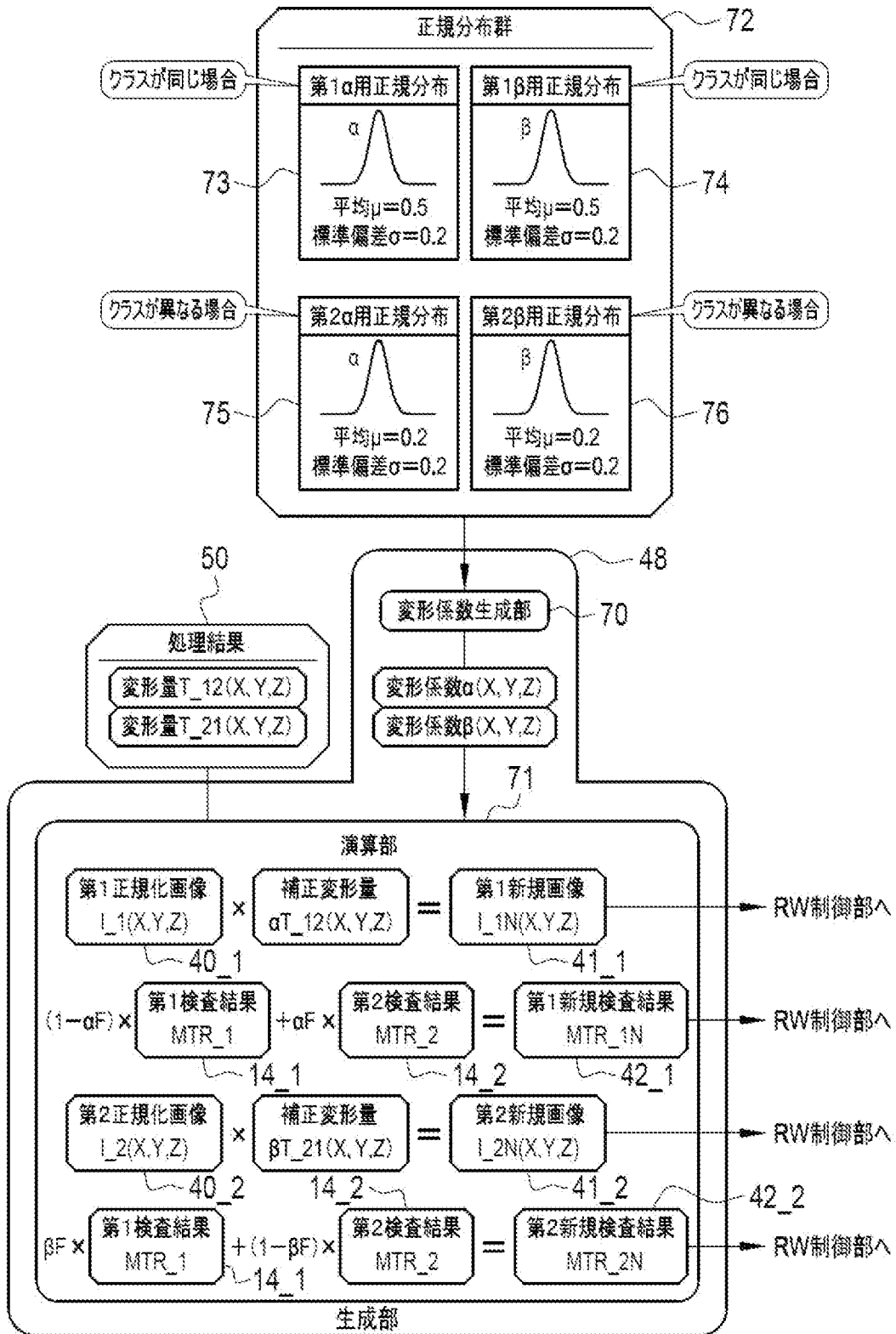
[図6]



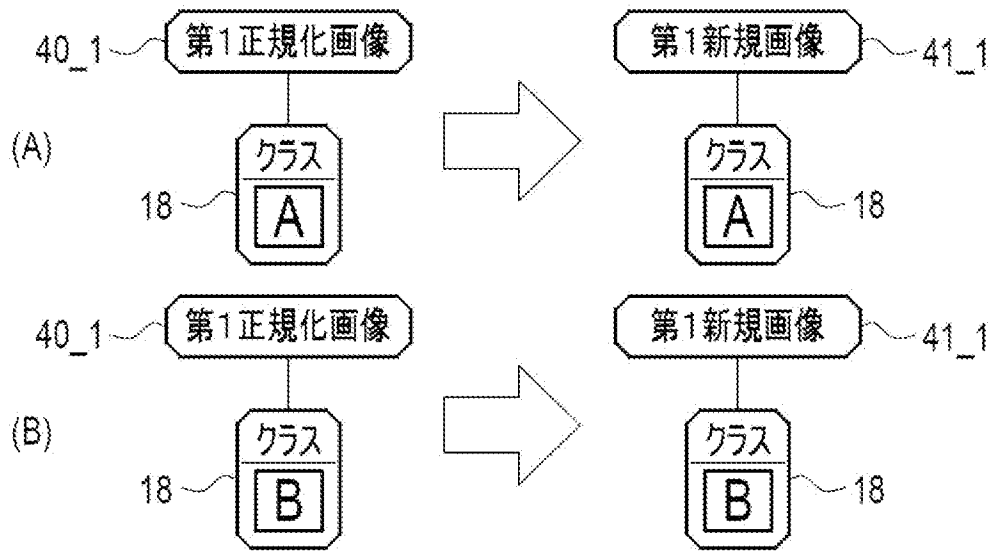
[図7]



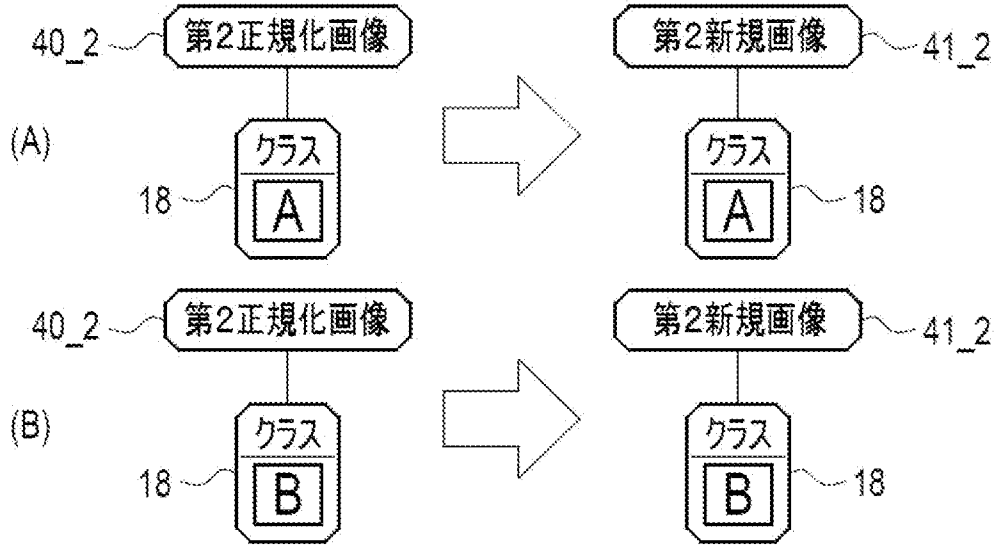
[図8]



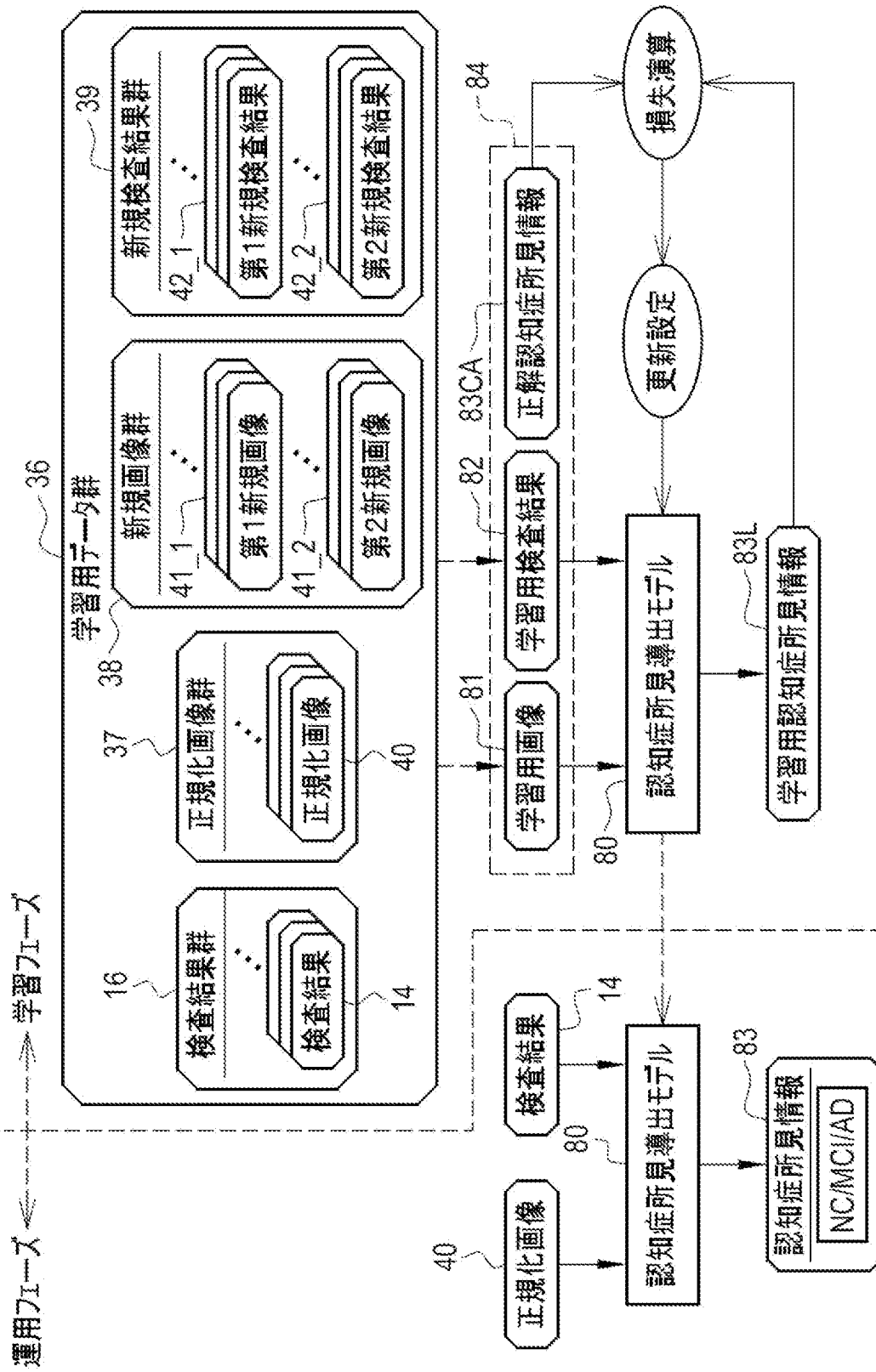
[図9]



[図10]

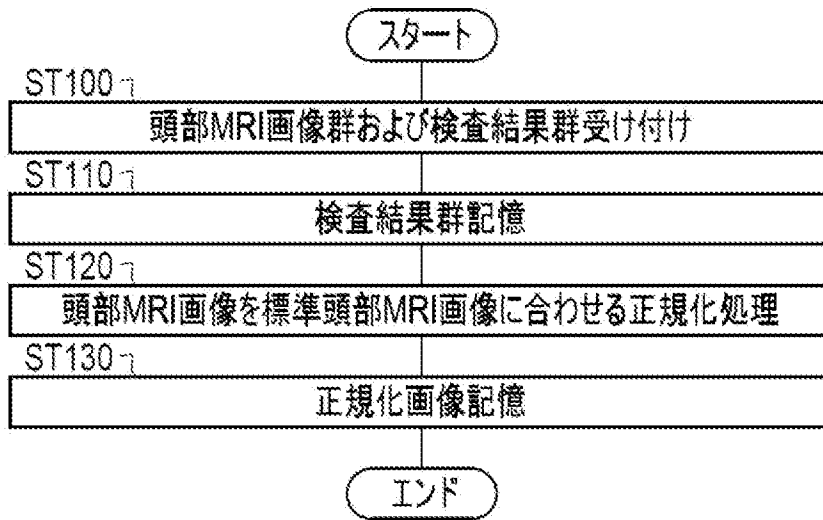


[図11]

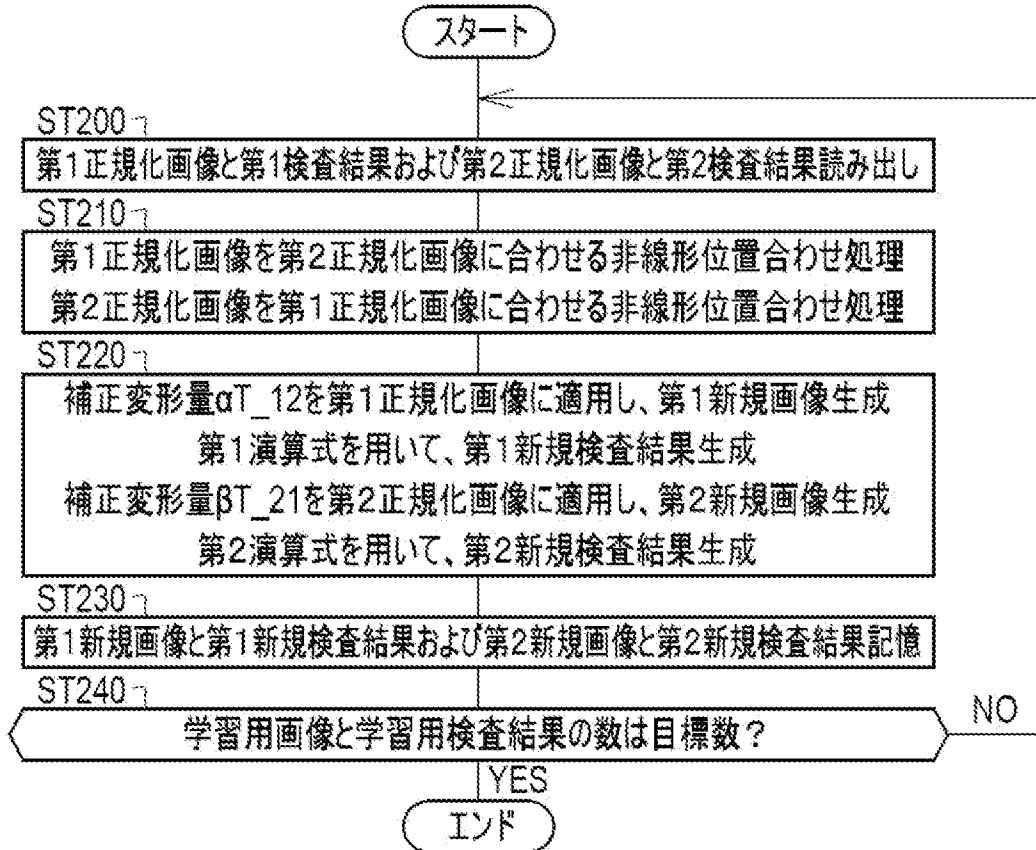


※NC:正常 MCI:軽度認知障害 AD:アルツハイマー病

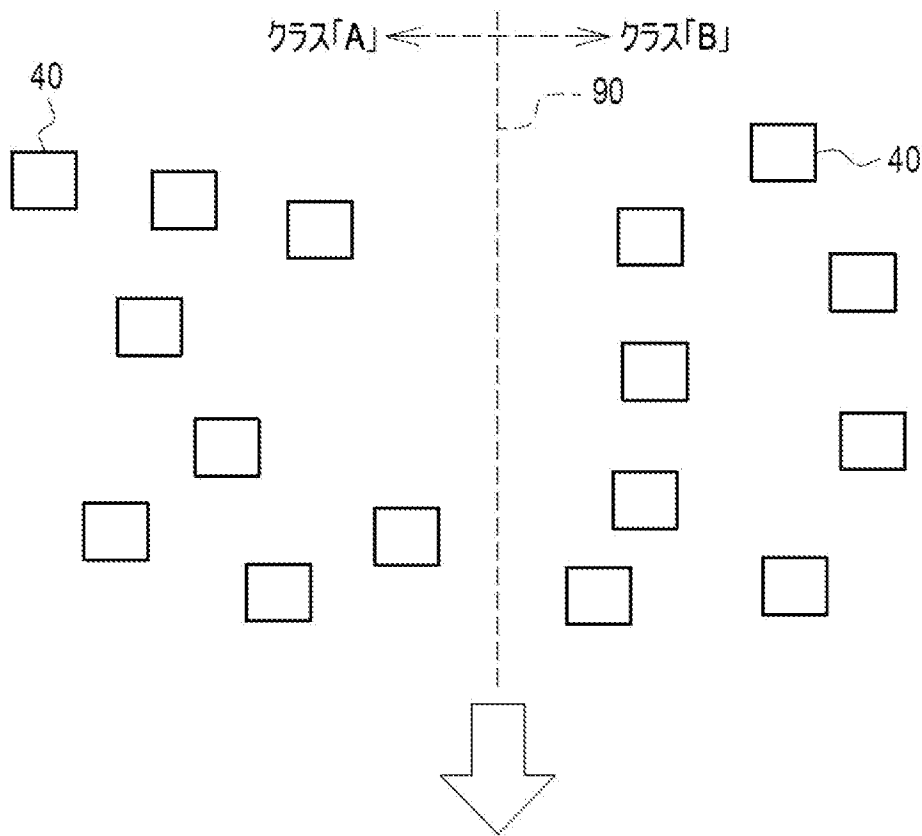
[図12]



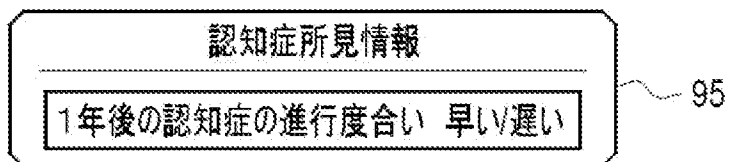
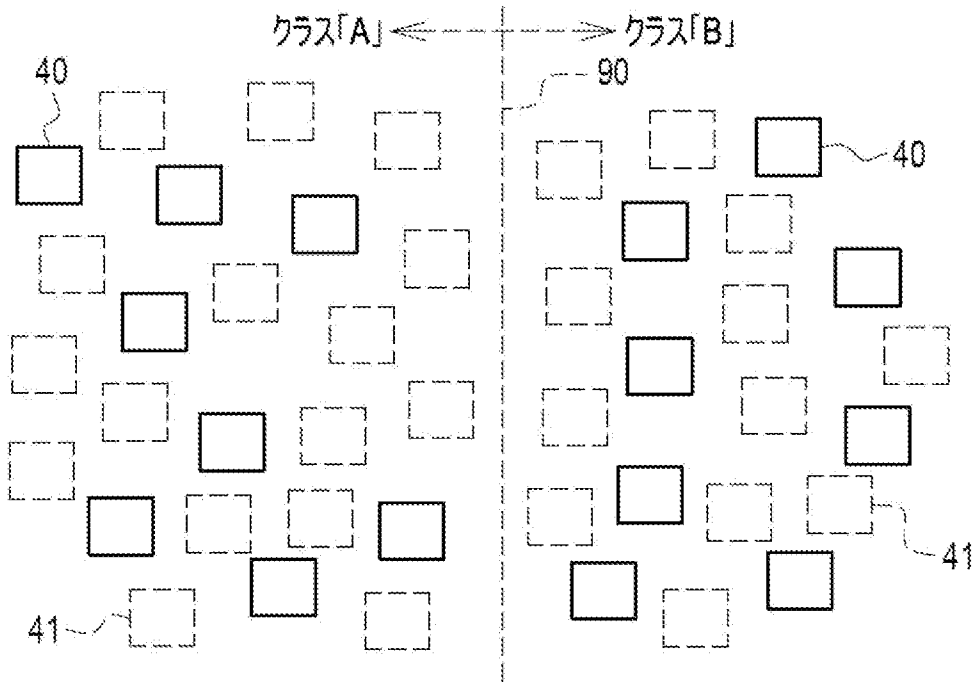
[図13]



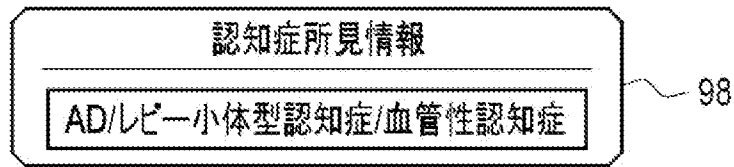
[図14]



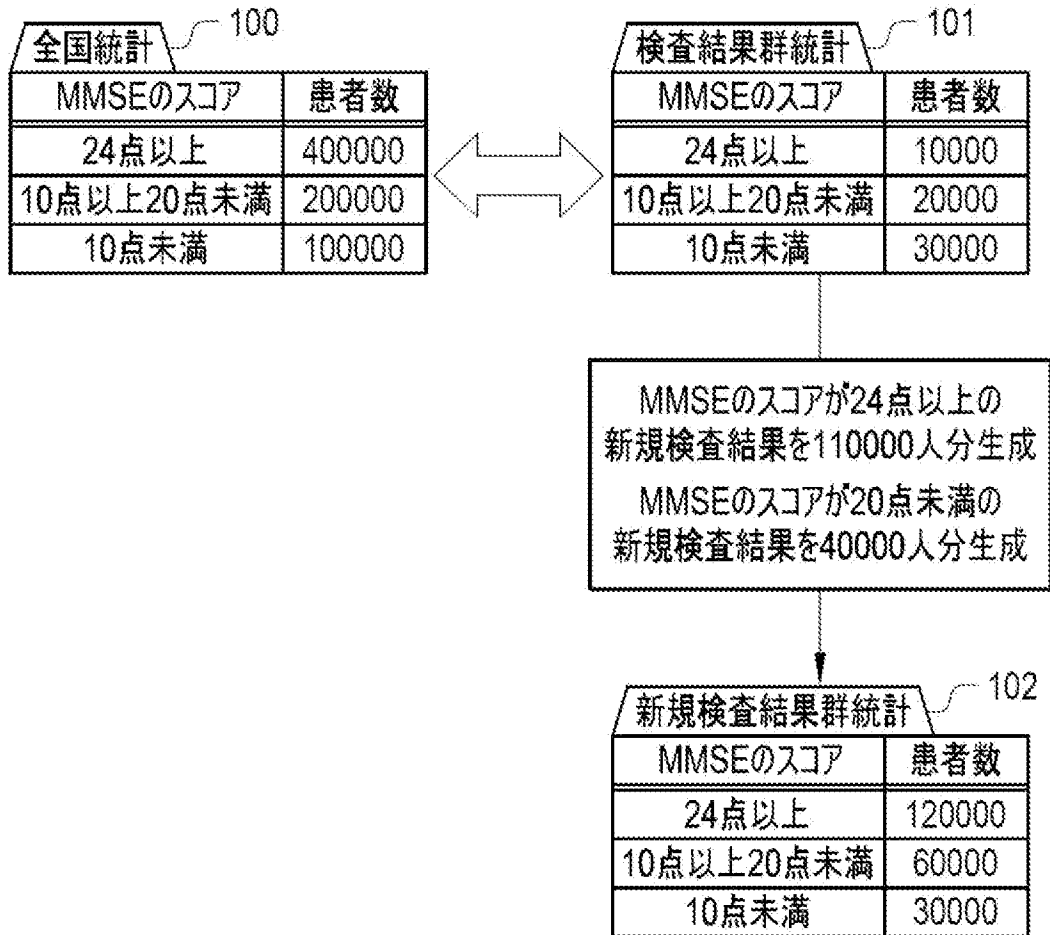
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/033190

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>A61B 10/00</i> (2006.01)i; <i>G06T 7/00</i> (2017.01)i; <i>A61B 5/055</i> (2006.01)i FI: A61B5/055 380; A61B10/00 H; G06T7/00 350B		
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) A61B10/00; G06T7/00; A61B5/055		
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)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-198376 A (CANON MEDICAL SYSTEMS CORP) 21 November 2019 (2019-11-21) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2020-144700 A (HITACHI LTD) 10 September 2020 (2020-09-10) entire text, all drawings	1-12
A	US 2020/0226752 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 16 July 2020 (2020-07-16) entire text, all drawings	1-12
A	WO 2020/054803 A1 (SPLINK, INC) 19 March 2020 (2020-03-19) entire text, all drawings	1-12
A	WO 2019/172181 A1 (NIHON MEDIPHYSICS CO LTD) 12 September 2019 (2019-09-12) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2017-029461 A (HITACHI LTD) 09 February 2017 (2017-02-09) entire text, all drawings	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 16 November 2021		Date of mailing of the international search report 30 November 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

International application No.

PCT/JP2021/033190

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-048880 A (GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY CO LLC) 06 March 2008 (2008-03-06) entire text, all drawings	1-12
.....		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/033190

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-198376	A	21 November 2019	(Family: none)	
JP	2020-144700	A	10 September 2020	US 2020/0286229 A1 entire text, all drawings	
US	2020/0226752	A1	16 July 2020	KR 10-2020-0089146 A entire text, all drawings	
WO	2020/054803	A1	19 March 2020	(Family: none)	
WO	2019/172181	A1	12 September 2019	(Family: none)	
JP	2017-029461	A	09 February 2017	(Family: none)	
JP	2008-048880	A	06 March 2008	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） A61B 10/00(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i; A61B 5/055(2006.01)i FI: A61B5/055 380; A61B10/00 H; G06T7/00 350B		
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）） A61B10/00; G06T7/00; A61B5/055 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 1971-2021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		
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
A	JP 2019-198376 A (キヤノンメディカルシステムズ株式会社) 21.11.2019 (2019-11-21) 全文、全図	1-12
A	JP 2020-144700 A (株式会社日立製作所) 10.09.2020 (2020-09-10) 全文、全図	1-12
A	US 2020/0226752 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 16.07.2020 (2020-07-16) 全文、全図	1-12
A	WO 2020/054803 A1 (株式会社SpinK) 19.03.2020 (2020-03-19) 全文、全図	1-12
A	WO 2019/172181 A1 (日本メジフィジックス株式会社) 12.09.2019 (2019-09-12) 全文、全図	1-12
A	JP 2017-029461 A (株式会社日立製作所) 09.02.2017 (2017-02-09) 全文、全図	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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	
“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		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
16.11.2021	30.11.2021	
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） 亀澤 智博 2U 4746 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

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/JP2021/033190

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-198376 A	21.11.2019	(ファミリーなし)	
JP 2020-144700 A	10.09.2020	US 2020/0286229 A1 全文、全図	
US 2020/0226752 A1	16.07.2020	KR 10-2020-0089146 A 全文、全図	
WO 2020/054803 A1	19.03.2020	(ファミリーなし)	
WO 2019/172181 A1	12.09.2019	(ファミリーなし)	
JP 2017-029461 A	09.02.2017	(ファミリーなし)	
JP 2008-048880 A	06.03.2008	(ファミリーなし)	