

(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
2013 年 6 月 27 日 (27.06.2013)

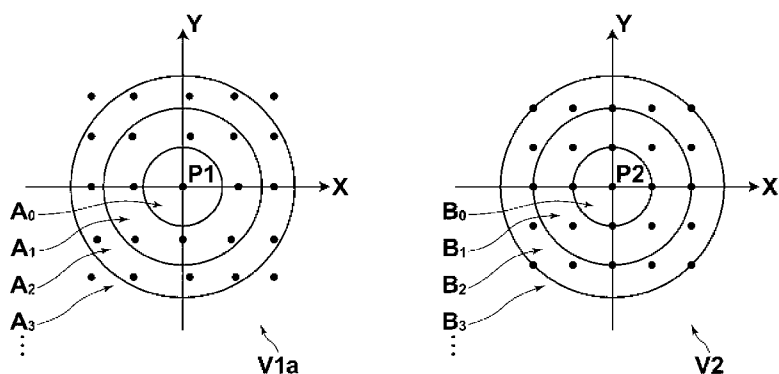


(10) 国際公開番号
WO 2013/094166 A 1

- (51) 国際特許分類 :
A61B 5/00 (2006.01) A61B 6/00 (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01) G06T 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP20 12/008000
- (22) 国際出願日 : 2012 年 12 月 14 日 (14.12.2012)
- (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 :
特許 2011-278239 2011 年 12 月 20 日 (20.12.2011) JP
特願 2012-244542 2012 年 11 月 6 日 (06.11.2012) 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); 〒1070052 東京都港区赤坂 9 丁目 7 番 3 号 富士フイルム株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人 : 柳田 征史, 外 (ANAGIDA, Masashi et al); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-3 新横浜 K S ビル 7 階 柳田国際特許事務所 Kanagawa (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類 :
- 国際調査報告 (条約第 21 条 (3))

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

(54) 発明の名称 : 画像処理装置および画像処理方法、並びに、画像処理プログラム

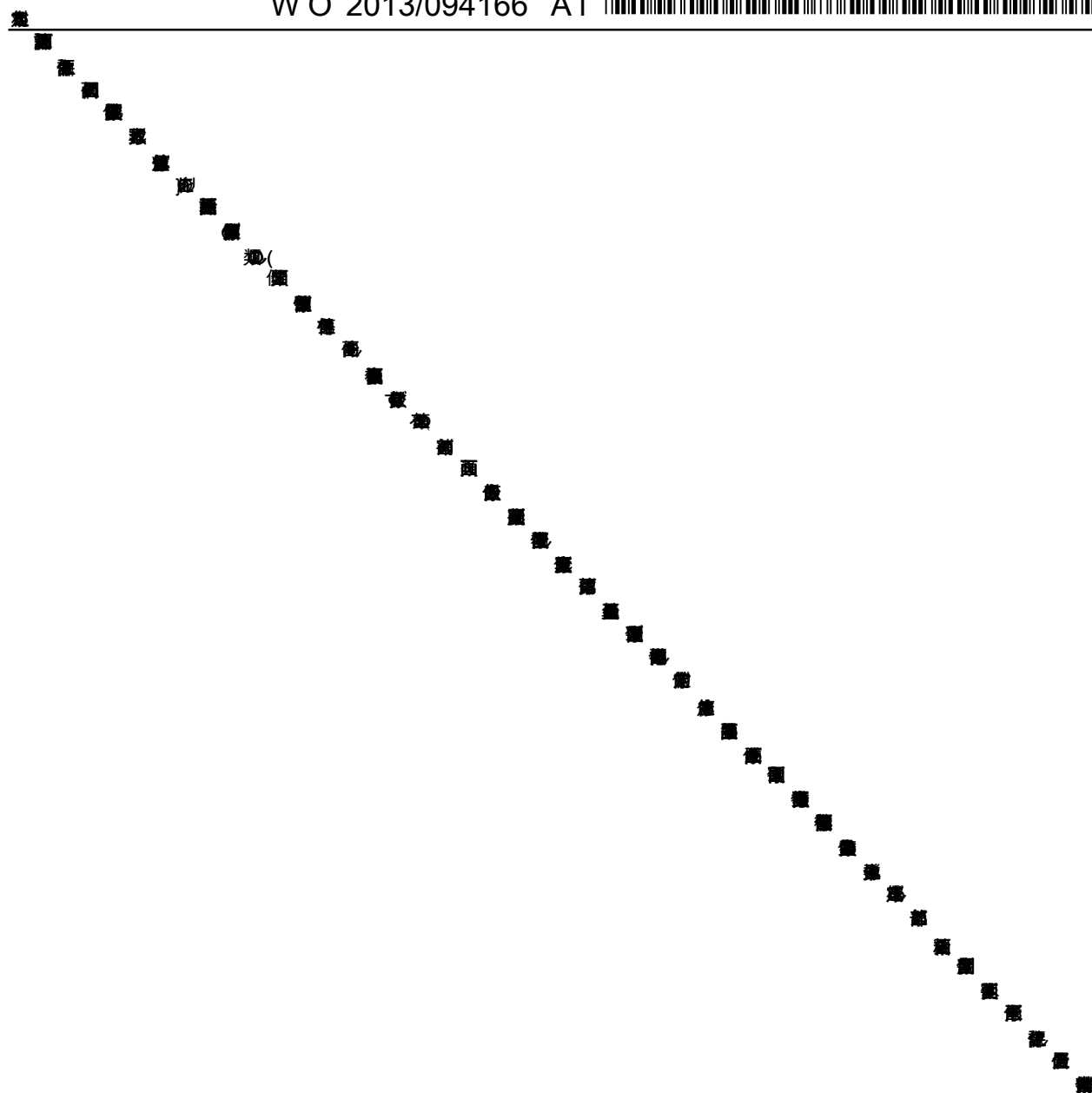


(57) ADSTRACT: The invention allows for two images acquired by imaging the same subject to be precisely aligned so that the spatial positions of the subject match. The invention is provided with: an image acquisition unit (11) for acquiring a first image (V1) and a second image (V2); an image deformation amount estimation unit (12) for evaluating the degree of similarity between a deformed first image (V1a) and the second image (V2) using an evaluation function for evaluating correlativity in the distributions of corresponding pixel values in both images, and estimating an amount of image deformation of the first image (V1); and an image generation unit (14) for generating an image obtained by deforming the first image (V1) on the basis of the estimated amount of deformation. The evaluation function follows a predetermined splitting condition to split the deformed first image (V1a) into a plurality of first split images and also to split the second image (V2) into a plurality of second split images, and evaluates the degree of similarity between the image (V1a) obtained when the first image is deformed and the second image (V2) on the basis of a degree of split image similarity indicative of the similarity in the distributions of pixel values for every pairing of a first split image and a second split image.

(57) 要約 :

[続葉有]

WO 2013/094166 A1



—

() () ()
 () ()
 ()
 ()
 () 評

—

()
 ()
 ()
 ()

明 細 書

発 明 の 名 称 ：

画 像 処 理 装 置 お よ び 画 像 処 理 方 法 、 並 び に 、 画 像 処 理 プ ロ グ ラ ム

技 術 分 野

[000 1] 本 発 明 は 、 同 一 の 被 写 体 を 撮 影 し て 取 得 し た 2 つ 画 像 に お い て 、 両 画 像 中
の 被 写 体 の 空 間 的 な 位 置 が 一 致 す る よ う に 、 一 方 の 画 像 の 画 像 空 間 を 変 形 さ
せ た 画 像 を 生 成 す る 画 像 処 理 装 置 お よ び 画 像 処 理 方 法 、 並 び に 、 画 像 処 理 プ
ロ グ ラ ム に 関 す る 。

背 景 技 術

[0002] 同 一 の 被 写 体 を 同 一 ま た は 異 な る 撮 像 装 置 (モ ダ リ テ ィ) を 用 い て 異 な る
タ イ ミ ン グ で 撮 影 し た 2 つ の 3 次 元 画 像 を 用 い た 画 像 診 断 に お い て 、 両 画 像
を 重 ね た と き 、 両 画 像 中 の 被 写 体 の 空 間 的 な 位 置 が 一 致 す る 変 換 関 数 を 推 定
し 、 推 定 し た 変 換 関 数 を 用 い て 一 方 の 画 像 を 変 形 さ せ て 2 種 類 の 画 像 を 位 置
合 わ せ す る 非 剛 体 レ ジ ス ト レー シ ョ ン 技 術 が 注 目 さ れ て い る 。 こ の 非 剛 体 レ
ジ ス ト レー シ ョ ン 技 術 に お い て は 、 画 像 空 間 を 所 定 間 隔 で 区 切 る 制 御 点 が 設
定 さ れ 、 こ の 制 御 点 の 位 置 を 変 位 さ せ て 、 変 形 し た 一 方 の 画 像 と 他 方 の 画 像
の そ れ ぞ れ の 画 素 値 の 類 似 性 を 評 価 す る 評 価 関 数 が 最 大 と な る 制 御 点 の 画 像
変 形 量 を 決 定 し 、 こ の と き の 制 御 点 の 画 像 変 形 量 に 基 づ い て 変 換 関 数 が 推 定
さ れ る 。

[0003] 非 特 許 文 献 1 は 、 種 類 の 異 な る モ ダ リ テ ィ で あ る P E T 装 置 (Positron em
ission tomography) お よ び C T 装 置 (Computed tomography) に よ り 同 一 の 被
写 体 を そ れ ぞ れ 撮 影 し て 得 ら れ た 画 像 間 に 非 剛 体 レ ジ ス ト レー シ ョ ン 処 理 を
適 用 す る も の で あ り 、 評 価 関 数 に 、 2 種 類 の 画 像 の 画 素 値 の 類 似 性 の 尺 度 と
し て 相 互 相 関 情 報 量 (Mutual information) を 用 い て い る 。

先 行 技 術 文 献

非 特 許 文 献

[0004] 非 特 許 文 献 1 :D. Mat tes, D. R. Hayno r, H. Vesse l Le, T. K. Lewe l Len, W. Eu

bank, "Nonrigid multimodality image registration", Proceedings of the SPIE, vol. 4322, pp. 1609-1620, 2001

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、非特許文献 1 に記載された方法では、2 つの画像の画素値の分布の相関性のみに基づいて 2 つの画像の類似性を判断しているため、画像の空間的な特徴を判別できず、類似性の判定を誤る場合がある。

[0006] 例えば、非特許文献 1 に記載された方法では、同じ画素値範囲に属する複数の被写体を撮影した 2 つの画像間において被写体の数や空間的位置が異なっている場合、2 つの画像間で同じ画素値範囲に属する画素の総数が同じ場合には、類似していると判断してしまう。具体的には、患者の胸部を撮影した一つの画像において、膝臓と肝臓を表す各画素の画素値は、所定の同じ画素値範囲に属するものとなる。もし、同一の患者の胸部を撮影した他方の画像に、この所定の範囲の画素値範囲を示す 1 つの陰影があり、この陰影の体積が、先述の一つの画像の肝臓と膝臓の体積の総和と等しい場合、非特許文献 1 の方法では両画像が類似していると判断してしまう可能性がある。

[0007] 本発明は、かかる問題点に鑑みて、同一の画素値範囲に属する複数の被写体を含む画像間において、被写体の空間的な特徴を類似度の評価に反映させることにより精度良く類似度の評価を行って、より正確に被写体が一致するように一方の画像を変形させた画像を生成することができる画像処理装置、画像処理方法、及び画像処理プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、本発明に係る画像処理装置は、同一の被写体を異なるタイミングでそれぞれ撮像して得られた第 1 画像および第 2 画像を取得する画像取得部と、前記第 1 画像を変形させて、該変形した第 1 画像と前記第 2 画像との類似度を、前記変形した第 1 画像の画素値と前記第 2 画像の対応する画素値の分布の相関性を評価する評価関数により評価して前記変形した第 1 画像と前記第 2 画像が類似する前記第 1 画像の画像変形量を推定

する画像変形量推定部と、前記推定された変形量に基づいて、第1画像を変形させた画像を生成する画像生成部とを備え、前記評価関数が、所定の分割条件に従って、前記変形した第1画像を複数の第1分割画像に分割するとともに前記第2画像を前記第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割し、前記第1分割画像およびこれに対応する前記第2分割画像の一对ごとに、該複数の一对の画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度に基づいて、前記第1画像を変形した画像と前記第2画像の類似性を評価するものであることを特徴とする。

[0009] 本発明に係る画像処理方法は、上記画像処理装置に実行させる画像処理方法において、画像取得部が同一の被写体を異なるタイミングでそれぞれ撮像して得られた第1画像および第2画像を取得する工程と、画像変形量推定部が前記第1画像を変形させて、該変形した第1画像と前記第2画像との類似度を、前記変形した第1画像の画素値と前記第2画像の対応する画素値の分布の相関性を評価する評価関数により評価して前記変形した第1画像と前記第2画像が類似する前記第1画像の画像変形量を推定する工程と、画像生成部が前記推定された変形量に基づいて、第1画像を変形させた画像を生成する工程を備えた画像処理方法であって、前記評価関数が、所定の分割条件に従って、前記変形した第1画像を複数の第1分割画像に分割するとともに前記第2画像を前記第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割し、前記第1分割画像およびこれに対応する前記第2分割画像の一对ごとに、該複数の一对の画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度に基づいて、前記第1画像を変形した画像と前記第2画像の類似性を評価するものであることを特徴とする。

[0010] 本発明に係る画像処理プログラムは、コンピュータを、同一の被写体を異なるタイミングでそれぞれ撮像して得られた第1画像および第2画像を取得する画像取得部と、前記第1画像を変形させて、該変形した第1画像と前記第2画像との類似度を、前記変形した第1画像の画素値と前記第2画像の対応する画素値の分布の相関性を評価する評価関数により評価して前記変形し

た第 1 画像と前記第 2 画像が類似する前記第 1 画像の画像変形量を推定する画像変形量推定部と、前記推定された変形量に基づいて、第 1 画像を変形させた画像を生成する画像生成部として機能させる画像処理プログラムであつて、前記評価関数が、所定の分割条件に従つて、前記変形した第 1 画像を複数の第 1 分割画像に分割するとともに前記第 2 画像を前記第 1 分割画像に対応する複数の第 2 分割画像に分割し、前記第 1 分割画像およびこれに対応する前記第 2 分割画像の一对ごとに、該複数の一对の画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度に基づいて、前記第 1 画像を変形した画像と前記第 2 画像の類似性を評価するものであることを特徴とする。

[001 1] 上記本発明に係る画像処理装置および方法並びにプログラムにおいて、第 1 画像および第 2 画像は、同じ被写体を撮影して得られたものであれば、同じモダリティにより撮影して得られたものであつてもよく、異なるモダリティにより撮影して得られたものであつてもよい。また、第 1 および第 2 のモダリティとして適用可能なモダリティとして、PET、CT、MRI、SPECT、超音波画像などがあげられる。

[001 2] また、本発明に係る画像処理装置において、前記評価関数は、所定の分割条件に従つて、前記変形した第 1 画像を複数の第 1 分割画像に分割するとともに前記第 2 画像を前記第 1 分割画像に対応する複数の第 2 分割画像に分割し、前記第 1 分割画像およびこれに対応する前記第 2 分割画像の一对ごとに、該複数の一对の画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度に基づいて、前記第 1 画像を変形した画像と前記第 2 画像の類似性を評価するものであればいかなるものでもよい。例えば、評価関数を、両画像が類似しているほど評価値が大きくなるように定義してもよく、両画像が類似しているほど評価値が小さくなるように定義してもよい。

[001 3] また、本発明に係る画像処理装置において、前記評価関数が、前記変形した第 1 画像の画素値および前記第 2 画像の画素値を離散確率変数とした相互相関情報量を表すものであることが好ましい。

[0014] なお、ここでいう図形とは、一定の決まりによって定められる形状を意味

し、点、直線、平面、曲線、球などの立体またはその一部を含む。第1画像および第2画像の対応する図形は、点、直線、曲線、平面、曲面や球などの立体やこれらの一部など任意に定義してよいが、両図形は第1画像と第2画像の対応する位置に位置することが必要であり、さらに、計算の便宜上、同一の種類の図形であることが望ましい。また、第1および第2の空間パラメータは、変形した第1画像V_{1a}および第2画像間の対応する図形に対して同様の決まりにより規定される同一の種類のパラメータであればよく、1つであってもよく複数であってもよい。例えば、第1および第2の空間パラメータとして距離や角度などを用いることができる。

[001 5] なお、対応する図形の初期位置は周知の任意の方法で特定してよい。例えば第1画像と第2画像の対応する位置をユーザが入力した位置により特定してもよく、周知の自動認識技術により得られた解剖学構造物の特徴的な位置から特定してもよい。

[001 6] また、本発明に係る分割条件は、一定の決まりに基づいて、変形した第1画像及び第2画像を分割できるものであれば、いかなるものであってもよい。

[001 7] 一例として、本発明に係る画像処理装置において、前記分割条件が、所定の第1の空間パラメータに基づいて前記変形した第1画像を複数の第1分割画像に分割するものであり、前記第1の空間パラメータに対応する第2の空間パラメータに基づいて前記第2画像を前記第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割するものであることが好ましい。

[001 8] また、本発明に係る画像処理装置において、前記第1の空間パラメータが、前記第1画像内の所定の図形からの距離を表すものであり、前記第2の空間パラメータが、前記所定の図形に対応する第2画像内の図形からの距離を表すものであってもよい。

[001 9] また、上記場合に、前記所定の図形が点であり、前記分割条件が、前記第1の空間パラメータに応じて、前記第1の空間パラメータの範囲ごとに前記第1画像を分割するとともに、該前記第1の空間パラメータの範囲に対応す

る前記第 2 の空間パラメータの範囲ごとに前記第 2 画像を分割するものであることが好ましい。

[0020] また、本発明に係る画像処理装置において、前記第 1 の空間パラメータが、前記第 1 画像内の所定の図形に対する角度を表すものであり、前記第 2 の空間パラメータが、前記所定の図形に対応する第 2 画像内の図形に対する角度を表すものであることが好ましい。

[0021] また、上記場合に、前記所定の図形が、前記第 1 画像内の所定の軸であり、前記第 1 の空間パラメータが、前記第 1 画像内の前記所定の軸からの角度を表すものであり、前記第 2 の空間パラメータが、前記第 2 画像内の前記所定軸に対応する軸からの角度を表すものであることが好ましい。

[0022] 上記の所定の軸は、ユーザの要求により任意に設定でき、例えば、 x y z 座標系における x y 平面や x 、 y 、 z 軸などを用いることができる。

[0023] また、本発明に係る画像処理装置において、前記評価関数が、前記分割画像類似度の総和により、前記変形した第 1 画像および前記第 2 画像の類似度を定義するものであることが好ましい。

発明の効果

[0024] 本発明による画像処理装置は、同一の被写体を異なるタイミングでそれぞれ撮像して得られた第 1 画像および第 2 画像を取得する画像取得部と、前記第 1 画像を変形させて、該変形した第 1 画像と前記第 2 画像との類似度を、前記変形した第 1 画像の画素値と前記第 2 画像の対応する画素値の分布の相関性を評価する評価関数により評価して前記変形した第 1 画像と前記第 2 画像が類似する前記第 1 画像の画像変形量を推定する画像変形量推定部と、前記推定された変形量に基づいて、第 1 画像を変形させた画像を生成する画像生成部とを備え、前記評価関数が、所定の分割条件に従って、前記変形した第 1 画像を複数の第 1 分割画像に分割するとともに前記第 2 画像を前記第 1 分割画像に対応する複数の第 2 分割画像に分割し、前記第 1 分割画像およびこれに対応する前記第 2 分割画像の一对ごとに、該複数の一对の画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度に基づいて、前記第 1 画

像を変形した画像と前記第2画像の類似性を評価するものであるので、同一の画素値範囲に属する複数の被写体を含む画像間において、被写体の空間的な特徴を類似度の評価に反映させることにより、従来よりも正確に類似度を評価することができる。結果として好適に第1画像を第2画像に一致させた画像を生成することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1] 本発明の第1の実施形態における画像処理装置の電氣的な概略ブロック図である。

[図2] 本発明の第1の実施形態における画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

[図3A] 本発明の第1の実施形態において、変形した第1画像と第2画像を基準点からの距離に基づいて分割した図を表す図である。

[図3B] 本発明の第1の実施形態において、変形した第1画像と第2画像を x 軸からの角度に基づいて分割した図を表す図である。

[図4A] 位置合わせ前の第1画像（M R画像）と第2画像（C T画像）の一例を示す図である。

[図4B] 位置合わせ後の変形した第1画像（M R画像）と第2画像（C T画像）の一例を示す図である。

[図5] 本発明の第2の実施形態における画像処理装置の電氣的な概略ブロック図である。

[図6] 本発明の第2の実施形態における画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明の画像処理装置、画像処理プログラムおよび画像処理方法の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。本発明は、異なるモダリティにより同一の被写体を異なるタイミングで撮影して取得した2つの画像を位置合わせする処理を行う様々な分野で応用可能であるが、ここでは、医療分野における画像診断に本発明を適用した例をもとに説明を行う。

- [0027] 図 1 に、医師が使用するワークステーションに、画像処理プログラムをインストールすることにより実現された画像処理装置の概略構成を示す。画像処理装置 1 は、標準的なワークステーションの構成として、プロセッサおよびメモリ（いずれも図示せず）を備え、さらに、HDD（Hard Disk Drive）等のストレージ 2 を備えている。また、画像処理装置 1 には、ディスプレイ 3 と、マウス、キーボード等の入力装置 4 が接続されている。
- [0028] 画像処理プログラムと画像処理プログラムが参照するデータは、インストール時にストレージ 2 に記憶され、起動時にメモリにロードされる。画像処理プログラムは、CPU に実行させる処理として、画像取得処理と、画像変形量推定処理と、画像生成処理と、表示制御処理とを規定している。
- [0029] そして、プログラムの規定にしたがって、CPU が上記各処理を実行することにより、汎用のワークステーションは、後述の画像取得部 11 と、画像変形量推定部 12 と、画像生成部 14 と、表示制御部 15 として機能する。
- [0030] ストレージ 2 には、撮影を担当する検査部門から転送された、第 1 画像および第 2 画像、もしくはデータベース検索により取得された第 1 画像および第 2 画像が記憶される。本実施の形態では、ある患者の検査において、同じ日の異なる時間に異なるモダリティにより一人の患者の頭部を撮影して得られた、第 1 画像 V1（MR 画像）および第 2 画像 V2（CT 画像）がそれぞれ、検査部門から転送され、両画像 V1、V2 のヘッダ情報などの任意の情報から周知の方法で取得した画素サイズ（Pixel Spacing）とスライス間隔（Slice Spacing）に基づいて両画像 V1、V2 のいずれか一方に両画像 V1、V2 のスケールを統一する処理が施され、ストレージ 2 に記憶されている。ここでは、図 4 A に第 1 画像 V1 および第 2 画像 V2 のイメージ画像を示す。第 1 画像 V1 および第 2 画像 V2 は、第 1 画像内の頭蓋骨などの解剖学的構造物が、やや第 2 画像の対応する解剖学的構造物より大きく、また、左右の大脑半球の境界部分の位置など解剖学的構造物の特徴的な位置もずれている。
- [0031] 画像取得部 11 は、第 1 画像 V1 および第 2 画像 V2 をストレージ 2 から

メモリに取得する。本実施形態では、画像処理装置 1 は、選択メニューにおいて所定の位置合わせ機能が選択されたことを検出すると、ユーザに、第 1 および第 2 画像の特定に必要な情報の選択または入力を促す。そして、ユーザの入力装置 4 の操作により、第 1 および第 2 画像が特定されると、画像取得部 11 は、第 1 画像 V_1 および第 2 画像 V_2 をストレージ 2 からメモリに取得する。

[0032] 画像変形量推定部 12 は、第 1 画像 V_1 を変形させて、変形した第 1 画像 V_{1a} と第 2 画像 V_2 との類似度を、変形した第 1 画像 V_{1a} の画素値と第 2 画像 V_2 の対応する画素値の分布の相関性を評価する評価関数 $S(\mu)$ により評価して変形した第 1 画像と第 2 画像の被写体が一致する第 1 画像の画像変形量を推定する。

[0033] さらに詳細には、画像変形量推定部 12 は、変形した第 1 画像 V_{1a} および第 2 画像 V_2 において、画像空間を所定間隔で区切る制御点 x_1, x_2, \dots, x_n からなる集合 X をそれぞれ設定する。以下、制御点 x_1, x_2, \dots, x_n の集合を制御点 X と記載する。なお、画像変形量推定部 12 は、第 1 画像 V_1 の制御点 X を変換関数 g により画像変形量 μ だけ変位させることにより、第 1 画像 V_1 を変形する。以下、第 1 画像 V_1 の制御点 X を変換関数 g により画像変形量 μ だけ変位させた制御点を $g(X, \mu)$ と記載し、第 1 画像 V_1 の制御点 X を変換関数 g により画像変形量 μ だけ変位させることにより第 1 画像 V_1 を変形した画像を、変形した第 1 画像 V_{1a} と記載する。なお、本実施形態における画像変形量推定部 12 は、非特許文献 1 に開示された方法により制御点 X や画像変形量 μ を設定し、非特許文献 1 に記載された変換関数 g を変換関数 g として用いる。

[0034] 次いで、画像変形量推定部 12 は、変形した第 1 画像 V_{1a} の制御点 $g(X, \mu)$ における画素値 $M(g(X, \mu))$ を取得するとともに第 2 画像 V_2 の制御点 X の画素値 $F(X)$ を取得する。そして、変形した第 1 画像 V_{1a} の各制御点 $g(X, \mu)$ における画素値 $M(g(X, \mu))$ と第 2 画像 V_2 の各制御点 X の画素値 $F(X)$ の類似性を評価する評価関数 $S(\mu)$ (レジストレーション関数)

が最大となる制御点Xの画像変形量 μ を決定し、このときの制御点Xの画像変形量 μ に基づいて第1画像V1に対する変換関数を推定する。

[0035] 本実施形態では、画像変形量推定部12は、後述の式(3)で表す評価関数Sを用いて、変形した第1画像V1aと第2画像V2の類似度を評価する。本実施形態における評価関数Sによれば、変形した第1画像V1aと第2画像V2の画素値分布が類似するほど評価関数Sの値が大きくなるため、画像変形量推定部12は、画像変形量 μ を変化させながら、評価関数S(μ)の変化量(または、 μ に対する偏導関数 $V S(\mu)$ の絶対値)が所定のしきい値以下となる場合の画像変形量 μ を、両画像の類似度が最大値をとる画像変形量(両画像が最も類似する画像変形量)と判断する。そして、この画像変形量 μ に基づいて、第1画像V1を変形する変換関数を決定する。なお、所定のしきい値は、式(3)に示す評価関数S(μ)の変化量が十分小さい値であると見なせる任意の値を設定してよい。また、この画像変形量 μ に基づいて、第1画像V1を変形する変換関数を決定する方法は周知の種々の方法を適用でき、ここでは非特許文献1に記載された方法を適用するものとする。

[0036] なお、ここでは評価関数を、類似度(評価値)が大きいほど類似度が大きくなるように定義しているが、評価値が小さいほど類似度が大きくなるように定義してもよい。また、評価関数の評価値(類似度)が最大(または最小)となる画像変形量を特定可能な方法であれば、非剛体レジストレーション技術の評価関数の最大値(または最小値)を算出するいかなる方法を用いて類似度が最大となる画像変形量 μ を特定してもよい。また、複数の異なる画像変形量 μ に対して評価関数S(μ)による評価値をそれぞれ算出して、算出した評価値のうち評価値が最大(または最小)であるものを特定し、特定された最大評価値(または最小評価値)に対応する画像変形量 μ を特定してもよい。

[0037] 本実施形態の画像変形量推定部12は、所定の分割条件に従って変形した第1画像を複数の第1分割画像に分割するとともに第2画像を第1分割画像

に対応する複数の第 2 分割画像に分割し、第 1 分割画像およびこれに対応する第 2 分割画像の一对ごとに、一对の分割画像間の画素値の分布の類似性を表すように定義された分割画像類似度に基づいて、第 1 画像を変形した画像と第 2 画像の類似性を評価する。

[0038] ここで、従来の評価関数について説明し、その後本実施形態の評価関数について詳細に説明する。

[0039] 非特許文献 1 に示されるように、異なるモダリティにより同一の被写体をそれぞれ撮影して取得した第 1 画像と第 2 画像の位置合わせを行う非剛体レジストレーションの技術において、相互相関情報量 (mutual information、相互情報量) に基づく評価関数を用いて、第 1 画像の画素値と第 2 画像の対応する画素値の分布の類似度を評価することができる。

[0040] 相互相関情報量とは、2 つの確率変数 f 、 m の同時確率分布関数 $p(f, m)$ と 2 つの確率変数 f 、 m の周辺確率分布関数 $p(f)$ 、 $p(m)$ に基づいて 2 つの確率変数 f 、 m の相関性の尺度を表すもので、代表的には下記式 (1) により定義されるものである。式 (1) において、 f は集合 F に属する離散確率変数であり、 m は集合 M に属する離散確率変数である。また、相互相関情報量は、2 つの確率変数 f 、 m が相関しているほど情報量が大きくなるものであり、言い換えると、一方の変数が与えられたときに他方の変数を高い確率で推測できるほど情報量が大きくなるものである。なお、2 つの確率変数が完全に独立であれば、相互情報量は 0 となる。

[数 1]

$$I(f, m) = \sum_{f \in F} \sum_{m \in M} p(f, m) \log \frac{p(f, m)}{p(m)p(f)} \quad (1)$$

[0041] 異なるモダリティにより同一の被写体を撮影した画像間においては、各画像の撮影の物理的原理が異なるため、同じ種類の被写体であっても画像ごとに異なる画素値 (信号値) を示す場合があり、単に画素値を比較しても両画像の類似性を判断することができない。例えば、CT 画像においては、放射線の吸収率 (透過度) が高いほど画素値 (CT 値) が大きくなり、空気、水

、筋肉や肝臓や心臓などの臓器組織、骨の順に画素値が大きくなる。一方、MR画像においては、撮影対象物に含まれる水素原子の核磁気共鳴に応じて画素値が決定され、T₁、T₂強調画像などの撮影方法に応じて物質の信号値の大きさが変化する。例えば、MR画像におけるT₁強調画像では、脂肪、筋肉、水は画素値の大きさがこの順に小さくなる。しかしながら、CT画像では、脂肪、筋肉、水は画素値の大きさの順はMR画像のT₁強調画像とは異なっているので、両者の画素値を単純に比較しても両画像の類似を判断することができない。

[0042] しかし、このような場合であっても、両画像の同一の解剖学的構造物を表している部分は、同一の解剖学的構造物に基づく共通の特徴に従って画素値が分布しているため、両者の画素値分布は互いに相関するものとなる。このことを利用して、非特許文献1では、異なるモダリティにより同一の被写体を撮影した2つの画像を、両者の画素値をそれぞれ確率変数とする相互相関情報量に基づいて、両画像の画素値の分布の相関が大きいほど、両画像が類似していると判断している。詳細には、式(2)で示すように、評価関数として、第1のモダリティにより撮影して得られた画像を変形した画像の画素値 $m; \mu$ と、第2のモダリティにより撮影して得られた画像の各画素値 f をそれぞれ確率変数とする相互相関情報量を用いている。(以下、第1画像を画像変形量 μ だけ変形した画像の各画素値を、第1画像からの画像変形量 μ を用いて $m; \mu$ と表す。)式(2)において、相互相関情報量は、第2画像と第1画像を変形した画像のそれぞれの画素値 f 、 $m; \mu$ の分布の相関を表しているため、第2画像と第1画像を変形した画像の類似性の尺度として機能している。ここで、集合 F は変形第1画像の全画素値からなる集合であり、集合 M は第2画像の全画素値からなる集合である。

[数2]

$$S(\mu) = - \sum_{f \in F} \sum_{m \in M} p(f, \mu) \log \frac{p(f, \mu)}{p(f) p(\mu)}, \quad \text{で} \quad (2)$$

[0043] 本発明者は、非特許文献1に記載された式(2)で表されるような従来の

2つの画像の画素値の分布の相関性のみに基づいて2つの画像の類似性を判断している評価関数に関し、画像の空間的な特徴を判別できず、類似性の判定を誤る場合があるという問題（第1の問題）に着目した。

[0044] 例えば、非特許文献1に記載された方法では、同じ画素値範囲に属する複数の被写体を撮影した2つの画像間において被写体の数や空間的位置が異なっている場合、2つの画像間で同じ画素値範囲に属する画素の総数が同じ場合には、類似していると判断してしまう。具体的には、患者の胸部を撮影した一つの画像において、肺臓と肝臓を表す各画素の画素値は、所定の同じ画素値範囲に属するものとなる。もし、同一の患者の胸部を撮影した他方の画像に、この所定の範囲の画素値範囲を示す1つの陰影があり、この陰影の体積が、先述の一つの画像の肝臓と肺臓の体積の総和と等しい場合、非特許文献1の方法では両画像が類似していると判断してしまう可能性がある。

[0045] 本発明者は上記問題に鑑み、第1変形画像と第2画像を互いに対応する領域ごとに所定の分割条件に従って分割し、この分割した領域ごとに類似度を算出し、分割した領域ごとの類似度に基づいて、第1画像と第2画像の類似度を評価することが有効であることを見出した。この場合には、離れて位置する同じ画素値範囲に属する複数の被写体が別々の分割された領域に含まれる可能性が高いため、互いに異なる分割領域に位置する複数の被写体を表す画素値間で相関性が評価されることが抑制され、上記第2の問題の発生を低減することができるからである。

[0046] なお、分割条件は、所定の決まりに基づいて第1変形画像と第2画像を互いに対応する領域ごとに分割できるものであれば、いかなる方法でもよい。

[0047] 例えば、分割条件として、変形した第1画像を所定の図形に対する所定の第1の空間パラメータに基づいて複数の第1分割画像に分割し、第2画像を第1の空間パラメータに対応する第2の空間パラメータに基づいて第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割することを規定することが考えられる。なお、ここでいう図形とは、一定の決まりによって定められる形状を意味し、点、直線、平面、曲線、球などの立体またはその一部を含む。第1

画像および第2画像の対応する図形は、点、直線、曲線、平面、曲面や球などの立体やこれらの一部など任意に定義してよいが、両図形は第1画像と第2画像の対応する位置に位置することが必要であり、さらに、計算の便宜上、同一の種類の図形であることが望ましい。また、第1および第2の空間パラメータは、変形した第1画像 V_1a および第2画像間の対応する図形に対して同様の決まりにより規定される同じ種類のパラメータであればよく、1つであってもよく複数であってもよい。例えば、第1および第2の空間パラメータとして距離や角度などを用いることができる。

[0048] なお、上記第1分割画像と第2分割画像を対応する範囲を表すものとするために、第1分割画像および第2分割画像のスケールを統一する必要がある。このために、例えば、第1分割画像と第2分割画像のスケールを統一する処理が、ヘッダ情報などの任意の情報から周知の方法で取得した画素サイズ (Pixel Spacing) とスライス間隔 (slice Spacing) に基づいて、両画像の第1分割画像と第2分割画像の設定の前に、第1画像と第2画像に対して実施することが考えられる。なお、このスケールを統一する処理は、各第1および第2分割画像の設定後に、第1分割画像と第2分割画像のそれぞれに対して実施してもよい。

[0049] なお、対応する図形の初期位置は周知の任意の方法で特定してよい。例えば第1画像と第2画像の対応する位置をユーザが入力した位置により特定してもよく、周知の自動認識技術により得られた解剖学構造物の特徴的な位置から特定してもよい。

[0050] 本第1の実施形態における分割条件は、変形した第1画像を所定位置からの距離に応じて複数の第1分割画像に分割し、第2画像を第1画像の所定位置に対応する位置からの距離に基づいて第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割することを規定する。そして、第2の実施形態における評価関数 $S(\mu_i)$ は、分割条件に従って、第1分割画像とこれに対応する第2分割画像とからなる一对の分割画像ごとに、一对の分割画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度を定義し、各分割画像類似度に基づ

いて、第 1 画像を変形した画像 V 1 a と第 2 画像 V 2 の類似度を評価する。

[0051] ここで、評価関数 $S(\mu)$ は、複数の分割画像類似度に基づいて変形した第 1 画像 V 1 a と第 2 画像 V 2 との類似度を算出するものであれば、種々の方法を用いることができる。一例として、評価関数 $S(\mu)$ は、複数の分割画像類似度の総和により定義できる。

[0052] 図 3 A は第 2 の実施形態における第 1 および第 2 画像の分割方法を説明する図である。図 3 A における変形した第 1 画像 V 1 a および第 2 画像 V 2 は、共に 3 次元画像の中心を原点とする $x-y$ 平面を表しており、変形した第 1 画像 V 1 a の各制御点 X を説明のために、 $x-y$ 平面上でのみ変位させて表している。図 4 A に示すように、本実施形態における分割条件は、変形した第 1 画像 V 1 a および第 2 画像 V 2 のそれぞれの基準点 P 1、P 2 を設定し、各基準点 P 1、P 2 から距離に応じて、各基準点 P 1、P 2 からの距離の範囲に応じて V 1 a および第 2 画像 V 2 をそれぞれ分割することを規定している。詳細には、基準点からの距離に応じて、 $0 \leq d < d_0$ 、 $d_0 \leq d < d_1$ 、 $d_1 \leq d < d_2$ 、 \dots 、 $d_{k-1} \leq d < d_k$ を満たす k 個の球状または中空の球状の領域に、変形した第 1 画像 V 1 a および第 2 画像 V 2 をそれぞれ分割する。そして、評価関数 $S(\mu)$ を、各第 1 分割画像と第 2 分割画像のペア (A_0, B_0) 、 (A_1, B_1) 、 \dots 、 (A_k, B_k) ごとの分割画像類似度の総和によって規定する。

[0053] また、評価関数として、以下の式 (3) を用いる。

[数 3]

$$S(\mu) = - \sum_{d \in D} \sum_{f \in F} \sum_{m \in M} p(d, f, m; \mu) \log \frac{p(d, f, m; \mu)}{p(d, m; \mu)p(d, f)} \quad (3)$$

式 (3) において、 d は、各距離の範囲を意味し、集合 D は第 1 画像の所定点からの距離の範囲 d_0 、 d_1 、 d_2 、 \dots 、 d_k (k は正の整数) からなる集合を表す。なお、場合により、距離の範囲 $0 \leq d < d_0$ を距離の範囲 d_0 と、記載する。また、各基準点の位置は、ユーザのマニュアル操作により入力装

置 4 から入力されたものとする。また、式 (7) に示す評価関数 $S(\mu)$ においては、第 1 分割画像と第 2 分割画像のペア (A_0, B_0) 、 (A_1, B_1) 、 \dots 、 (A_k, B_k) の類似度 (分割画像類似度) を、各ペア画像の相互相関情報に先述の蓋然性情報により重みづけた項目により定義している。

[0054] 画像生成部 14 は、画像変形量推定部 12 により決定された変換関数により第 1 画像 V_1 を変換した画像 V_{1A} を生成する。

[0055] 表示制御部 15 は、画像生成部 14 により生成された画像 V_{1A} および第 2 画像 V_2 を比較可能にディスプレイ 3 に表示させる。また、ユーザの入力などの必要に応じて、取得した第 1 画像 V_1 および第 2 画像 V_2 および/または本実施形態の画像処理プログラムの実行過程で生成した各画像をディスプレイ 3 に表示させる。

[0056] 図 2 は、第 2 の実施形態の画像処理装置の処理の流れを示すフローチャートである。図 2 に従って、処理の流れを説明する。まず、画像取得部 11 は、被写体を撮像して得られた第 1 画像 (第 1 画像データ) V_1 および第 2 画像 (第 2 画像データ) V_2 を取得する (S01)。

[0057] 次に、画像変形量推定部 12 は、予め設定された分割条件に従って、第 2 画像を分割した第 2 分割画像を設定する。具体的には、ユーザの入力装置の入力に基づいて第 2 画像 V_2 の基準点 P_2 を特定し、基準点 P_2 と第 2 画像における各制御点 X との距離をそれぞれ算出する。そして、基準点 P_2 からの距離に応じて、所定の距離の範囲 d_0 、 d_1 、 d_2 、 \dots 、 d_k ごとに、第 2 画像 V_2 を複数の第 2 分割画像として設定し、各分割画像を特定する情報をメモリに記憶する (S02)。

[0058] 次に、画像変形量推定部 12 は、画像変形量 μ を設定して (S03)、変換関数 9 を用いて第 1 画像 V_1 を変形する (S04)。

[0059] また、画像変形量推定部 12 は、予め設定された分割条件に従って、第 1 画像を分割した第 1 分割画像を設定する。具体的には、ユーザの入力装置の入力に基づいて変形した第 1 画像 V_{1a} の基準点 P_1 を特定し、基準点 P_1 と変形した第 1 画像 V_{1a} における各制御点 X との距離をそれぞれ算出する

(S 0 5) 。そして、基準点 P_1 からの距離に応じて、所定の距離の範囲 d 、 d_1 、 d_2 、 \dots 、 d_k ごとに、変形した第 1 画像 V_{1a} を複数の第 1 分割画像として設定し、各分割画像を特定する情報をメモリに記憶する。

[0060] 次いで、画像変形量推定部 12 は、評価値として式 (3) であらわされる評価関数 $S(\mu)$ の値の変化量 $|S(\mu) - S(\mu, -\Delta\mu)|$ を算出する (S 0 6) 。そして、算出された関数 $S(\mu,)$ の変化量 $|S(\mu,) - S(\mu, -\Delta\mu)|$ が所定のしきい値より大きい場合には (S 0 7 の N) 、画像変形量 μ を所定量 $\Delta\mu$ 増加させた $\mu + \Delta\mu$ を新しい画像変形量 μ として設定し (S 1 0) 、再度 S 0 3 から S 0 6 の処理を繰り返す。なお、画像変形量推定部 12 は、評価値として、評価関数 $S(\mu)$ の変化量 $|S(\mu) - S(\mu - \Delta\mu)|$ に換えて、式 (7) であらわされる評価関数 $S(\mu)$ の偏導関数の絶対値 $|V S(\mu)|$ を用いてもよい。

[006 1] 一方、評価関数 $S(\mu,)$ の変化量 $|S(\mu,) - S(\mu, -\Delta\mu)|$ が所定のしきい値以下である場合には (S 0 7 の Y) 、画像変形量推定部 12 は、この場合の画像変形量を評価関数 $S(\mu)$ が最大となる場合の画像変形量として取得し、この画像変形量 μ に基づいて、第 1 画像を変形する変換関数を決定する。画像生成部 14 は、決定された変換関数を用いて第 1 画像を変換して再構成し、画像 V_{1A} を生成する (S 0 8) 。そして、表示制御部 15 は、生成された画像 V_{1A} と第 2 画像 V_2 を比較可能に並列表示する (S 0 9) 。

[0062] 第 1 の実施形態によれば、変形した第 1 画像 V_{1a} と第 2 画像 V_2 をそれぞれ対応する複数の分割画像に分割し、評価関数 $S(\mu,)$ が複数の第 1 分割画像と第 2 分割画像のペアごとに第 1 および第 2 分割画像間の画素値の分布の相関性をそれぞれ定義した複数の分割画像類似度に基づいて類似度を評価することにより、互いに異なる分割領域に位置する複数の被写体を表す画素値間で相関性が評価されることが抑制され、上記第 1 の問題の発生を低減することができる。結果として、さらに精度良く類似度を評価することができるため、より好適に第 1 画像を第 2 画像と一致するように変換した画像を生

成することができる。

[0063] また、分割条件を基準点からの距離という1つの空間パラメータに応じて変形した第1画像および第2画像を分割するものとしたため、基準点P1、P2からの距離に応じて、所定の距離の範囲 d_0 、 d_1 、 d_2 、 \dots 、 d_k ごとに、対応する各第1分割画像および各第2分割画像を特定する情報をメモリに記憶することにより、変形した第1画像および第2画像の類似度算出のための計算負荷を必要以上に増加させることがない。また、第1の空間パラメータを、基準となる点からの距離としたため、第1画像および第2画像において基準となる図形の設定が容易である。

[0064] 第1の実施形態の分割条件のさらなる変形例として、距離に換えて角度により変形した第1画像V1aおよび第2画像V2を分割してもよい。このように、分割条件を基準となる図形に対する角度 θ に応じて所定角度範囲ごとに、変形した第1画像V1aおよび第2画像V2をそれぞれ分割することが考えられる。なお、この場合、式(3)における距離 d を角度 θ に置換したものを評価関数として用いることができる。

[0065] また、第1分割画像および第2分割画像を分割する単位を小さくするほど、各分割画像に含まれる被写体が少なくなる可能性が高いため、第1の問題をより抑制でき、変形した第1画像および第2画像の類似度を精度よく評価できる。

[0066] 図3Bに、第2の実施形態における第1および第2画像の分割方法の他の例として、変形した第1画像V1aおよび第2画像V2を x_y 平面(所定の平面)において、 x 軸(所定の軸)からの角度 θ に基づいて分割した例を示す。図3Bにおける変形した第1画像V1aおよび第2画像V2は、共に3次元画像の原点を通る x_y 平面を表しており、変形した第1画像V1aの各制御点Xを説明のために、 x_y 平面上でのみ変位させて表している。なお、角度 θ は、両画像V1a、V2をそれぞれ円柱座標系で表した場合の角度 θ として取得できる。

[0067] 図3Bでは、 $0 \leq \theta < 90^\circ$ 、 $90^\circ \leq \theta < 180^\circ$ 、 $180^\circ \leq \theta < 2$

70° 、 $270^\circ \leq \theta < 360^\circ$ の4つの範囲に、角度に応じて変形した第1画像 V_{1a} を第1分割画像 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 に分割し、第2画像 V_2 を第2分割画像 B_0 、 B_1 、 B_2 、 B_3 に分割している。 θ の範囲を任意に設定することにより、分割条件を基準となる図形に対する任意の角度 e に応じて、 $0 \leq e < e_0$ 、 $\theta_0 \leq \theta < \theta_1$ 、 $\theta_1 \leq \theta < \theta_2$ 、 \dots 、 $e_k \leq \theta < \theta_{k+1}$ の k 個に変形した第1画像 V_{1a} および第2画像 V_2 を分割するものとしてもよい。

[0068] 上記のように、分割条件を基準図形からの角度という1つの空間パラメータに応じて変形した第1画像および第2画像を分割するものとし、基準図形（基準となる x 軸）からの角度に応じて、所定の角度の範囲 e_0 、 θ_1 、 θ_2 、 \dots 、 e_k ごとに、対応する各第1分割画像および各第2分割画像を特定する情報をメモリに記憶した場合には、変形した第1画像および第2画像の類似度算出のための計算負荷を必要以上に増加させることがない。

[0069] また、 x 軸に対する任意の角度（ $0 \leq e < e_0$ 、 $\theta_0 \leq \theta < \theta_1$ 、 $\theta_1 \leq \theta < \theta_2$ 、 \dots 、 $e_{k-1} \leq e < e_k$ ）に基づいて、変形した第1画像 V_{1a} および第2画像 V_2 をそれぞれ分割し、この分割した画像をさらに、 z 軸との任意の角度（ $0 \leq \beta < \beta_0$ 、 $\beta_0 \leq \beta < \beta_1$ 、 $\beta_1 \leq \beta < \beta_2$ 、 \dots 、 $\beta_{m-1} \leq \beta < \beta_m$ ）（ m は0以上の整数）に基づいて、さらに分割してもよい。このように2つの軸に対するそれぞれの角度に基づいて変形した第1画像 V_{1a} および第2画像 V_2 を分割した場合には、変形した第1画像 V_{1a} および第2画像 V_2 を3次元的に近接した領域ごとに分割できるため、第1の問題をより好適に抑制でき、変形した第1画像および第2画像の類似度を精度よく評価できる。

[0070] また、変形した第1画像 V_{1a} を、距離に基づいて分割するとともに、角度にも基づいてさらに分割して第1分割画像を設定してもよい。

[0071] また、本実施形態においては、異なるモダリティにより同一の被写体を撮影して得られた2つの画像の相関性の尺度を表す項目として、式（2）で表す相互相関情報量を用いるが、2つの画像の相関性の尺度を表す項目は、相互相関情報量を含むものであれば、さらに周知の種々の変形を加えたものであってもよい。また、評価関数は、2つの画像の相関性の尺度を表す項目が

蓋然性情報により重み付けされたものであれば、変形の滑らかさの限界条件を規定するなどの他の項目を更に加えたものであってもよく、周知の種々の変形を行つたものであってもよい。

[0072] 次いで、本発明の第2の実施形態について以下に説明する。図5は、第2の実施形態の機能ブロック図を示す概略図である。図5に示すように、第2の実施形態では、画像変形量推定部12が、第1画像および第2画像のそれぞれの対応する画素値の組合せの確からしさを蓋然性情報として取得する蓋然性情報取得部13を備え、評価関数における類似度の尺度を表す項目に対しこの蓋然性情報による重み付けを行う点が第1の実施形態と異なる。

[0073] 第2の実施形態においては、評価関数 $S(\mu)$ を用いた第1画像を変形した画像と第2画像の類似度の評価以外の処理については、第1の実施形態と同じであり、各機能ブロックの機能も共通している。以下、第1の実施形態と異なる点を中心に説明し、第1の実施形態と同じ点については説明を省略する。

[0074] 本発明者は、先述の式(2)のような従来の評価関数では、各モダリティの種類などにより得られる画素値の組合せの確からしさを全く評価していないため、第1画像を変形した画像の画素値に対応する第2画像の画素値がある程度決まった範囲となることが予想される場合などであっても、類似度算出の評価に反映させることができないという問題に着目した(第2の問題)。

[0075] 本発明者は上記第2の問題に鑑み、評価関数に、第1画像を変形した画像と第2画像の対応する画素値の組合せの確からしさを表す蓋然性情報を表す項目を組み込むことが有効であることを見出した。そして、式(3)の評価関数の変形第1画像と第2画像の類似性の尺度を表す項目に式(4)のように、蓋然性情報 $P_L(m; \mu | f)$ を適用した。つまり、第1画像を変形した画像と第2画像の類似性の尺度を表す項目を、第1画像を変形した画像と第2画像の画素値の組合せごとに、両画像の画素値の組合せの確からしさに応じて、両画像の組合せの確からしさを表す蓋然性情報 $P_L(m; \mu | f)$ で重

み付けするものとした。

[0076] 式 (4) に示すように、本実施形態における評価関数においては、第 1 画像を変形した画像と第 2 画像の類似性の尺度を表す項目を、第 1 画像を変形した画像と第 2 画像の画素値の組合せの確からしさに応じて、両画像の組合せの確からしさを表す蓋然性情報 $P_L(m; \mu | f)$ で重み付けしている。なお、図 3 A に示すように、本第 2 の実施形態における分割条件は、変形した第 1 画像 $V_1 a$ および第 2 画像 V_2 のそれぞれの基準点 P_1 、 P_2 を設定し、各基準点 P_1 、 P_2 から距離に応じて変形した第 1 画像 $V_1 a$ および第 2 画像 V_2 をそれぞれ分割することを規定する。

[数4]

$$S(\mu) = - \sum_{d \in D} \sum_{i \in F} \sum_{m \in M} P_L(m; \mu | f) p(d, m; \mu) \log \frac{p(f, m; \mu)}{P(d, m; \mu) p(d, i)} \quad (4)$$

[0077] 蓋然性情報 $P_L(m; \mu | f)$ は、所定の被写体を第 1 モダリティにより撮影して得られた画像と同じ種類の所定の被写体を第 2 モダリティにより撮影された画像の対応する画素値の組合せの確からしさを規定するものであればいかなる情報でもよい。ここでいう所定の被写体は、第 1 画像 V_1 および第 2 画像 V_2 に表す被写体と同じであってもよく、異なってもよい。

[0078] 本実施形態では、第 1 モダリティにより撮影して得られた画像と第 2 モダリティにより撮影して得られた画像の対応する画素値の組合せの確からしさを、第 1 画像の各画素の画素値が f となるという事象をもとに第 2 画像の対応する各画素の画素値が $m; \mu$ となる事象が生じる条件付き確率として規定する。なお、下記式 (5) に表されるように、条件付き確率は、同時確率分布関数 $p_L(f, m; \mu)$ と確率変数 f の周辺確率分布関数 $p_L(f)$ により算出することができる。

[数5]

$$p_L(m; \mu | f) = \frac{p_L(f, m; \mu)}{p_L(f)} \quad (5)$$

[0079] 本実施形態においては、蓋然性情報取得部 13 は、第 1 画像を画像変形量 μ だけ変形した画像の全ての制御点の画素値 f ($f \in F$) と第 2 画像の対応する各制御点の画素値 m ($m \in M$) を取得する。そして、周知の方法により、各制御点の画素値 f ($f \in F$) ごとに対応する各制御点の各画素値 m ($m \in M$) の分布をそれぞれ調べることにより同時確率分布関数 $p_L(f, m; \mu)$ を取得し、各制御点の画素値 f について分布を調べることにより周辺確率分布関数 $p_L(f)$ を取得する。そして、式 (5) に基づいて、蓋然性情報 $P_L(m; \mu | f)$ を取得する。

[0080] なお、上記の条件付き確率の算出には、所定の被写体を第 1 モダリティにより撮影して得られた第 1 参照画像および同じ所定の被写体を第 2 モダリティにより撮影して得られた第 2 参照画像を用いることができる。なお、所定の被写体は必ずしも第 1 画像および第 2 画像に表される被写体と同じ種類の被写体である必要はないが、蓋然性情報をより精度よく算出するために、第 1 参照画像及び第 2 参照画像は、第 1 画像および第 2 画像に表す被写体と同じ種類の被写体を撮影したものであることが好ましい。また、第 1 参照画像と第 2 参照画像のペアは、1 つであってもよく、複数であってもよい。第 1 参照画像と第 2 参照画像のペアを複数用いて、条件付き確率を算出した場合には、画素値の組合せの確からしさをより精度よく推定できると考えられるため好ましい。

[0081] また、蓋然性情報 $P_L(m; \mu | f)$ の算出または取得は、評価関数 S を最大とする画像変形量を算出する処理以前に行うものであれば任意のタイミングで行ってよい。

[0082] 図 6 は、第 2 の実施形態の画像処理装置の処理の流れを示すフローチャートである。図 6 に従って、処理の流れを説明する。まず、画像取得部 11 は、被写体を撮像して得られた第 1 画像 (第 1 画像データ) V_1 および第 2 画像 (第 2 画像データ) V_2 を取得する (S 11)。

[0083] 次に、画像変形量推定部 12 は、予め設定された分割条件に従って、第 2 画像を分割した第 2 分割画像を設定する。具体的には、ユーザの入力装置の

入力に基づいて第2画像 V_2 の基準点 P_2 を特定し、基準点 P_2 と第2画像における各制御点 X との距離をそれぞれ算出する。そして、基準点 P_2 からの距離に応じて、所定の距離の範囲 d_0 、 d_1 、 d_2 、 \dots 、 d_k ごとに、第2画像 V_2 を複数の第2分割画像として設定し、各分割画像を特定する情報をメモリに記憶する (S 12)。

[0084] 次に、画像変形量推定部12は、画像変形量 μ を設定して (S 13)、変換関数 g を用いて第1画像 V_1 を変形する (S 14)。

[0085] また、画像変形量推定部12は、予め設定された分割条件に従って、第1画像を分割した第1分割画像を設定する。具体的には、ユーザの入力装置の入力に基づいて変形した第1画像 V_{1a} の基準点 P_1 を特定し、基準点 P_1 と変形した第1画像 V_{1a} における各制御点 X との距離をそれぞれ算出する (S 15)。そして、基準点 P_1 からの距離に応じて、所定の距離の範囲 d_0 、 d_1 、 d_2 、 \dots 、 d_k ごとに、変形した第1画像 V_{1a} を複数の第1分割画像として設定し、各分割画像を特定する情報をメモリに記憶する。

[0086] 次いで、画像変形量推定部12は、変形した第1画像 V_{1a} と第2画像 V_2 各画素値の各画素値を取得して同時確率分布 $p(f, m; \mu)$ や周辺確率分布 $p(f)$ 、 $p(m; \mu)$ を算出し、蓋然性情報取得部13は、算出された同時確率分布 $p(f, m; \mu)$ 、周辺確率分布 $p(f)$ 、 $p(m; \mu)$ および蓋然性情報 $P_L(m; \mu | f)$ に基づいて、先述のように条件付き確率を算出することにより蓋然性情報 $P_L(m; \mu | f)$ を取得する (S 16)。そして、画像変形量推定部12は、式(7)であらわされる評価関数 $S(\mu)$ の変化量 $|S(\mu) - S(\mu - \Delta \mu)|$ を算出する (S 17)。そして、算出された評価関数 $S(\mu)$ の変化量 $|S(\mu) - S(\mu - \Delta \mu)|$ が所定のしきい値より大きい場合には (S 18のN)、画像変形量を所定量 $\Delta \mu$ 増加させた $\mu + \Delta \mu$ を新しい画像変形量 μ として設定し (S 21)、再度S 13からS 18の処理を繰り返す。なお、画像変形量推定部12は、評価値として、評価関数 S の変化量 $|S(\mu) - S(\mu - \Delta \mu)|$ に換えて、評価関数 $S(\mu)$ の偏導関数の絶対値 $|V S(\mu)|$ を用いてもよい。

- [0087] 一方、評価値の変化量 $|S(\mu) - S(\mu, -A\mu)|$ が所定のしきい値以下である場合には (S 18 のY)、画像変形量推定部 12 は、この場合の画像変形量 μ を評価関数 $S(\mu)$ が最大となる場合の画像変形量 μ として取得し、この画像変形量 μ に基づいて、第 1 画像を変形する変換関数を決定する。画像生成部 14 は、決定された変換関数を用いて第 1 画像を変換して再構成し、画像 V 1 A を生成する (S 19)。そして、表示制御部 15 は、生成された画像 V 1 A と第 2 画像 V 2 を比較可能に並列表示する (S 20)。
- [0088] 上記本実施形態によれば、評価関数において、変形第 1 画像と第 2 画像の各画素値の類似性を表す項目を、変形第 1 画像および第 2 画像の各制御点の画素値の組合せの確からしさを表す蓋然性情報により重み付けしたため、第 1 モダリティにより撮影された画像の各制御点の画素値と第 2 モダリティにより撮影された画像の画素値とが、実際にはあり得ないような画素値の組合せに対して、蓋然性条件に応じて類似度を低くするように重み付けすることができる。このことにより、従来よりも正確に類似度を評価することができ、結果として好適に第 1 画像を第 2 画像に一致させた画像を生成することができる。
- [0089] また、評価関数の第 1 モダリティにより撮影された画像と第 2 モダリティにより撮影された画像の各画素値の類似性を表す項目を、第 1 モダリティにより撮影された画像の各制御点の画素値が f となるという事象をもとに第 2 モダリティにより撮影された画像の対応する制御点の画素値が $m; \mu$ となるという事象が生じる条件付き確率により重み付けしたものとしたため、両画像の画素値の組合せの確からしさに応じてより精度良く両画像の類似度を算出することができる。
- [0090] また、第 1 画像及び第 2 画像の各画素値に基づいて条件付き確率を算出して蓋然性情報として用いる場合には、両画像の画素値分布の情報さえあれば蓋然性情報を設定することができるため、蓋然性情報の設定のための情報収集や解析が不要であり、評価関数への適用が容易である。また、第 1 参照画像及び第 2 参照画像の各画素値に基づいて条件付き確率を算出して蓋然性情

報として用いる場合には、両画像の画素値分布の情報さえあれば蓋然性情報を設定することができるため、評価関数への適用が容易である。また、同時確率分布 $P(f, m; \mu)$ や周辺確率分布 $P(f)$ に基づいて、相互相関情報量および条件付き確率の両方を算出できるため、計算効率が良い。

[0091] また、第2の実施形態の変形例として、蓋然性情報が、被写体の種類ごとに、所定の種類の被写体を前記第1のモダリティで撮影した場合に得られる第1の画素値範囲と、所定の種類の被写体を前記第2のモダリティで撮影した場合に得られる第2の画素値範囲をそれぞれ対応付けたものであり、評価関数が、蓋然性情報に基づいて、変形した第1画像と第2画像の各画素値が、第1の画素値範囲と第1の画素値範囲に対応付けられた第2の画素値範囲の両方を満たすものでない場合には、変形した第1画像と第2画像の類似度を低くするように重み付けされたものであってもよい。なお、本明細書において、類似度を低くするように重み付けするとは、類似度が大きいほど第1変形画像と第2画像が類似していると評価する評価関数を用いる場合には、類似度を小さくするように重み付けすることを意味し、類似度が小さいほど第1変形画像と第2画像が類似していると評価する評価関数を用いる場合には、類似度を大きくするように重み付けすることを意味する。

[0092] 一例として、上記第2の実施形態の変形例の場合の評価関数を、下記条件式(6)のように定義できる。以下の例では、第2モダリティにより撮影された画像の画素値 f ($f \in F$) ごとに、第1モダリティにより撮影された画像の取り得る画素値の範囲 $m_{\min} f \leq m(\mu, f) \leq m_{\max} f$ を対応づけて記憶する。そして、第1画像の画素値 f (第1の画素値範囲) に対して第2画像の画素値 $m(\mu, f)$ が対応づけられた範囲 $m_{\min} f \leq m(\mu, f) \leq m_{\max} f$ (第2の画素値範囲) に属する場合には、評価関数の第1画像と第2画像の相関性の尺度を示す項目に1により重み付けし、それ以外の場合には、実際にはあり得ない画素値の組合せと判断して、評価関数の第1画像と第2画像の相関性の尺度を示す項目に0により類似度が低くなるように重み付けする。

[数6]

$$p_L(m; \mu | f) = \begin{cases} 1, m_{\min}^f \leq m(\mu) \leq m_{\max}^f \\ 0, \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

[0093] 上記の第2の実施形態の変形例において、第1画像と第2画像の画素値の対応する画素値の範囲を、予め撮影した試験画像を解析した既知の情報により規定することができる。例えば、第1のモダリティにより撮影された画像における、水、空気、各解剖学的構造物（または解剖学的構造物を構成する各要素）などの被写体の種類ごとに、各種類の被写体の示す画素値の範囲を、第2のモダリティにより撮影された画像における、水、空気、各解剖学的構造物などのそれぞれ対応する対象物の示す画素値の範囲に対応づけて蓋然性情報として記憶する。そして、画像変形量推定部12が、蓋然性情報に対応づけられた画素値の範囲の組合せのいずれにも該当しない画素値の組合せに対して、類似度を低くすることが考えられる。この場合には、蓋然性情報において、同一の被写体を表していることが既知である2つの画像の画素値の情報に基づいて対応する画素値範囲を設定しているため、より正確に蓋然性情報を定義することができる。

[0094] また、第1画像と第2画像の画素値の対応する画素値の範囲を、各モダリティの撮像原理に基づいて推定される理論的な画素値から決定してもよい。例えば、被写体となりうる対象物の種類毎に、各モダリティによりその対象物を撮影した場合の画素値を推定して対応付けて記憶しておく。例えば、水、空気、各解剖学的構造物（または解剖学的構造物を構成する各要素）などの被写体の種類ごとに、各被写体を撮影したときに得られる第1のモダリティによる画像の画素値の範囲と、第2のモダリティによる画像における画素値の範囲を、撮像原理に基づいて推定する。そして、対象物ごとに、推定された第1のモダリティによる画像の画素値の範囲および第2のモダリティによる画像の画素値の範囲を対応付けて記憶する。そして、蓋然性情報に対応づけられた画素値の範囲の組合せのいずれにも該当しない画素値の組合せに

対して、類似度の重み付けを低くするようにすることが考えられる。この場合には、蓋然性情報において、撮像原理から推定される2つの画像の画素値の情報に基づいて対応する画素値範囲を設定しているため、より正確に蓋然性情報を定義することができる。

[0095] また、上述の各蓋然性情報を、さらに重み付けを調整するようにスケールング（正規化）したものとしてもよい。この場合には、条件付き確率が非常に小さい値になる場合など、第1および第2参照画像の相関性を表す項目に対する重み付けが大きくなりすぎない（または小さくなりすぎない）ように調整することができる。また、重み付けの調整をする周知の種々の方法を適用することができる。

[0096] 例えば、条件付き確率を蓋然性情報に用いる場合、画素値の分布の形状による影響を受けにくくなるように、蓋然性情報を正規化することが好ましい。条件付き確率の算出に用いる要素である、画素値を確率変数とした確率密度関数は、画素値の分布が平坦である場合には値が小さくなり、画素値の分布が集中する部分を有する急峻なものである場合には値が大きくなるように、画素値の分布の形状に応じて値が変動する性質を有するからである。このため、まず、第2モダリティにより撮影された画像の画素値 f ($f \in F$) ごとに、第1モダリティにより撮影された画像の取り得る画素値の範囲 $m_{\min} f \leq m(\mu) \leq m_{\max} f$ を対応づけて記憶する。そして、第2モダリティにより撮影された画像の画素値 f ($f \in F$) ごとに、この画素値 f に対応付けられた第1参照画像の画素値分布を一様分布と近似し、第1参照画像の確率密度関数 $P_u(m)$ ($= m_{\max} f - m_{\min} f$) を算出する。そして、下記式(7)に示すように、蓋然性情報を確率密度関数 $P_u(m)$ の逆数 A_m によりさらに重み付けしたものとする。

[数7]

$$p_L(m; \mu | f) = \frac{p_L(f, m; \mu)}{p_L(f)p_U(m)} = A_m \frac{p_L(f, m; \mu)}{p_L(f)} \quad (7)$$

[0097] この場合には、第2モダリティにより撮影された画像の画素値 f に対応づけられた第1モダリティにより撮影された画像の画素値 $m_{\max} f < m(\mu) < m_{\min} f$ の分布形状の影響を抑制することができ、第1モダリティにより撮影された画像の画素値と第2モダリティに寄り撮影された画像の画素値の組合せの確かしさをより好適に反映して、より適切に重み付けを行うことができる。

[0098] 上記の各実施形態はあくまでも例示であり、上記のすべての説明が本発明の技術的範囲を限定的に解釈するために利用されるべきものではない。

[0099] この他、上記の実施形態におけるシステム構成、ハードウェア構成、処理フロー、モジュール構成、ユーザインターフェースや具体的処理内容等に対して、本発明の趣旨から逸脱しない範囲で様々な改変を行ったものも、本発明の技術的範囲に含まれる。

[0100] また、画像処理装置1は、複数台のコンピュータにより、手段としての機能を分担する構成としてもよい。また、入力装置、ディスプレイ等、システムを構成する装置としては、公知のあらゆる装置を採用することができる。

請求の範囲

[請求項1]

同一の被写体を異なるタイミングでそれぞれ撮像して得られた第1画像および第2画像を取得する画像取得部と、

前記第1画像を変形させて、該変形した第1画像と前記第2画像との類似度を、前記変形した第1画像の画素値と前記第2画像の対応する画素値の分布の相関性を評価する評価関数により評価して前記変形した第1画像と前記第2画像が類似する前記第1画像の画像変形量を推定する画像変形量推定部と、

前記推定された変形量に基づいて、第1画像を変形させた画像を生成する画像生成部とを備え、

前記評価関数が、所定の分割条件に従って、前記変形した第1画像を複数の第1分割画像に分割するとともに前記第2画像を前記第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割し、前記第1分割画像およびこれに対応する前記第2分割画像の一对ごとに、該複数の一对の画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度に基づいて、前記第1画像を変形した画像と前記第2画像の類似性を評価するものであることを特徴とする画像処理装置。

[請求項2]

前記分割条件が、所定の第1の空間パラメータに基づいて前記変形した第1画像を複数の第1分割画像に分割するものであり、前記第1の空間パラメータに対応する第2の空間パラメータに基づいて前記第2画像を前記第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割するものであることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

[請求項3]

前記第1の空間パラメータが、前記第1画像内の所定の図形からの距離を表すものであり、前記第2の空間パラメータが、前記所定の図形に対応する第2画像内の図形からの距離を表すものであることを特徴とする請求項2記載の画像処理装置。

[請求項4]

前記所定の図形が点であり、

前記分割条件が、前記第1の空間パラメータに応じて、前記第1の

空間パラメータの範囲ごとに前記第 1 画像を分割するとともに、該前記第 1 の空間パラメータの範囲に対応する前記第 2 の空間パラメータの範囲ごとに前記第 2 画像を分割するものであることを特徴とする請求項 3 記載の画像処理装置。

[請求項5] 前記第 1 の空間パラメータが、前記第 1 画像内の所定の図形に対する角度を表すものであり、前記第 2 の空間パラメータが、前記所定の図形に対応する前記第 2 画像内の図形に対する角度を表すものであることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

[請求項6] 前記所定の図形が、前記第 1 画像内の所定の軸であり、
前記第 1 の空間パラメータが、前記第 1 画像内の前記所定の軸からの角度を表すものであり、
前記第 2 の空間パラメータが、前記第 2 画像内の前記所定軸に対応する軸からの角度を表すものであることを特徴とする請求項 5 記載の画像処理装置。

[請求項7] 前記評価関数が、前記分割画像類似度の総和により、前記変形した第 1 画像および前記第 2 画像の類似度を定義するものであることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項記載の画像処理装置。

[請求項8] 前記評価関数が、前記変形した第 1 画像の画素値および前記第 2 画像の画素値を離散確率変数とした相互相関情報量を表すものであることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項記載の画像処理装置。

[請求項9] 画像取得部と、画像変形量推定部と、画像生成部を備えた画像処理装置に実行させる画像処理方法において、

同一の被写体を異なるタイミングでそれぞれ撮像して得られた第 1 画像および第 2 画像を取得する工程と、

前記第 1 画像を変形させて、該変形した第 1 画像と前記第 2 画像との類似度を、前記変形した第 1 画像の画素値と前記第 2 画像の対応する画素値の分布の相関性を評価する評価関数により評価して前記変形した第 1 画像と前記第 2 画像が類似する前記第 1 画像の画像変形量を

推定する工程と、

前記推定された変形量に基づいて、第1画像を変形させた画像を生成する工程を備えた画像処理方法であって、

前記評価関数が、所定の分割条件に従って、前記変形した第1画像を複数の第1分割画像に分割するとともに前記第2画像を前記第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割し、前記第1分割画像およびこれに対応する前記第2分割画像の一对ごとに、該複数の一对の画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度に基づいて、前記第1画像を変形した画像と前記第2画像の類似性を評価するものであることを特徴とする画像処理方法。

[請求項 10]

コンピュータを、

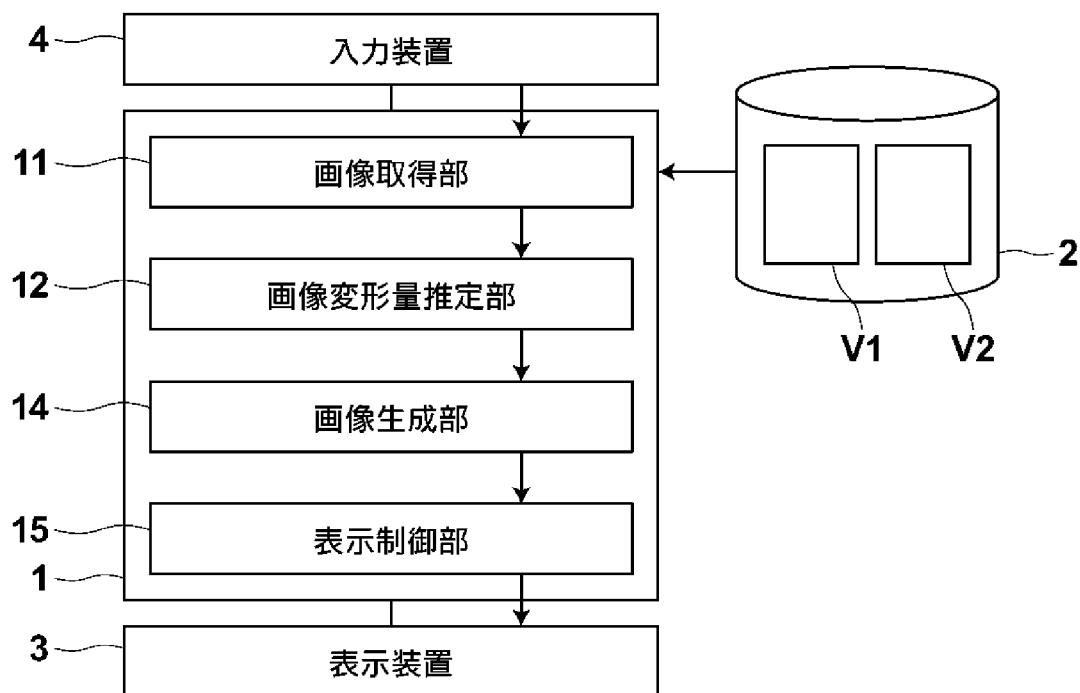
同一の被写体を異なるタイミングでそれぞれ撮像して得られた第1画像および第2画像を取得する画像取得部と、

前記第1画像を変形させて、該変形した第1画像と前記第2画像との類似度を、前記変形した第1画像の画素値と前記第2画像の対応する画素値の分布の相関性を評価する評価関数により評価して前記変形した第1画像と前記第2画像が類似する前記第1画像の画像変形量を推定する画像変形量推定部と、

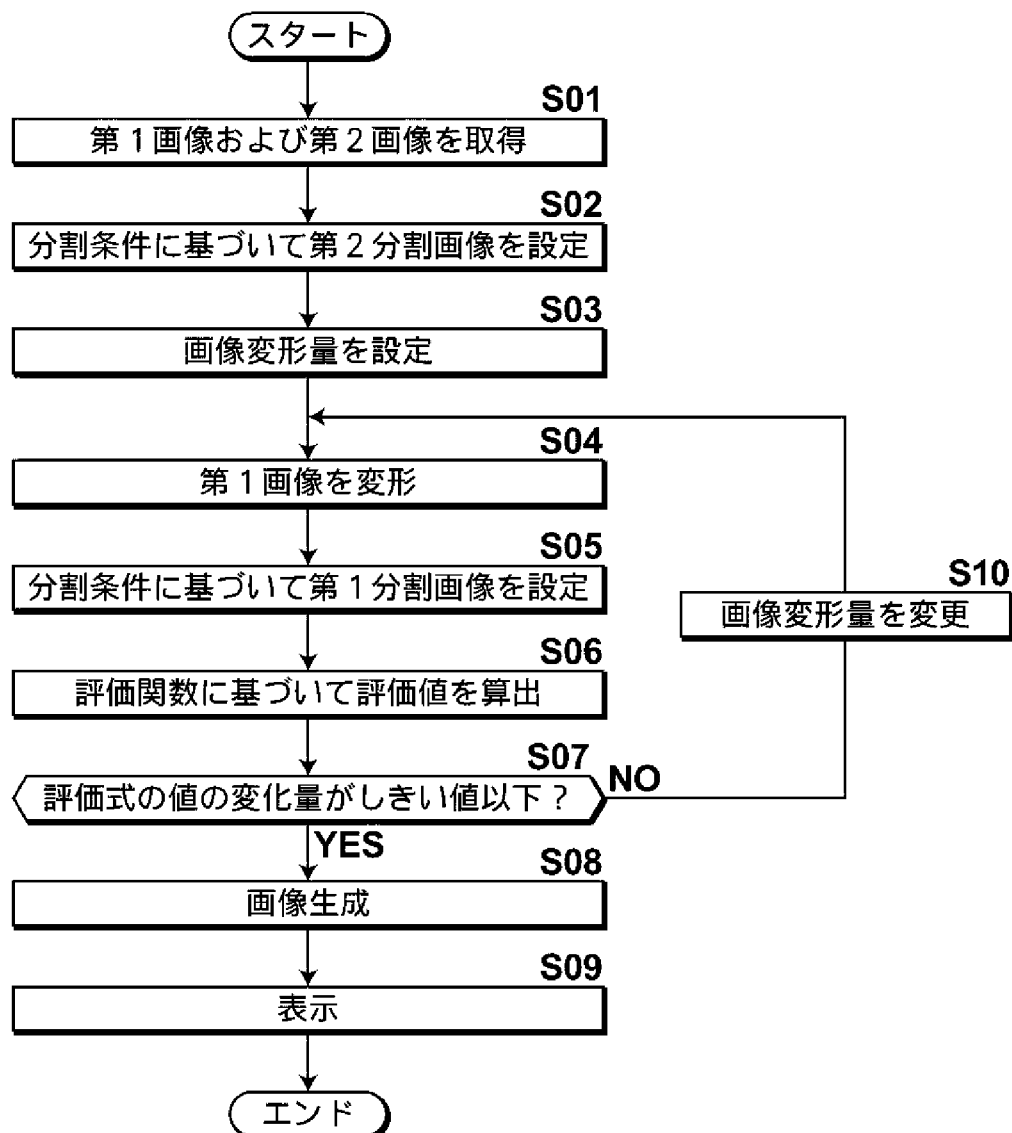
前記推定された変形量に基づいて、第1画像を変形させた画像を生成する画像生成部として機能させる画像処理プログラムであって、

前記評価関数が、所定の分割条件に従って、前記変形した第1画像を複数の第1分割画像に分割するとともに前記第2画像を前記第1分割画像に対応する複数の第2分割画像に分割し、前記第1分割画像およびこれに対応する前記第2分割画像の一对ごとに、該複数の一对の画像のそれぞれの画素値の分布の類似性を表す分割画像類似度に基づいて、前記第1画像を変形した画像と前記第2画像の類似性を評価するものであることを特徴とする画像処理プログラム。

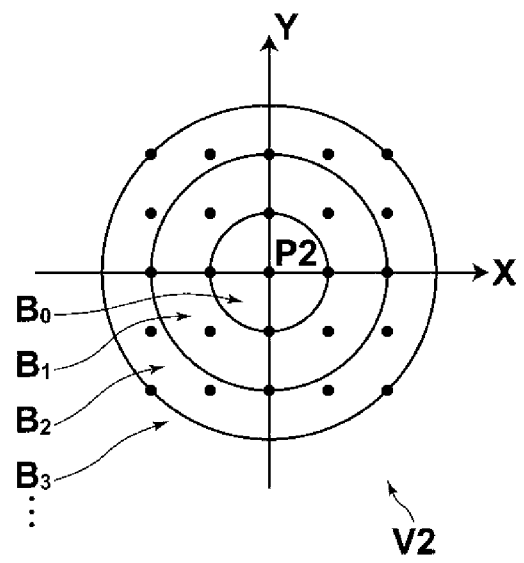
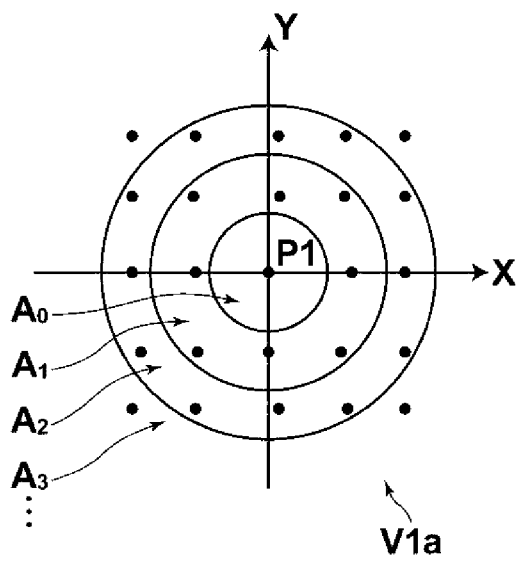
[図1]



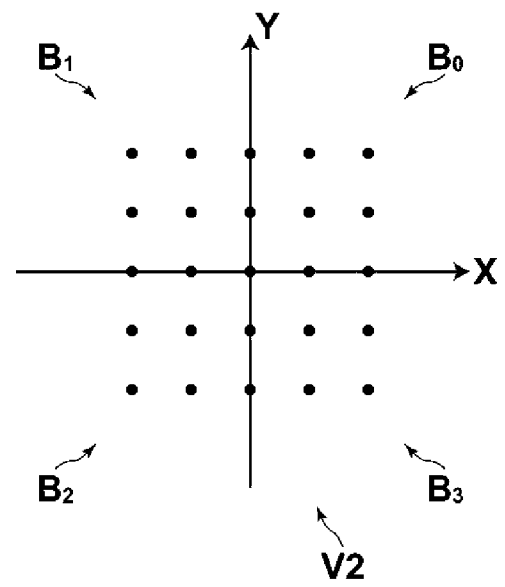
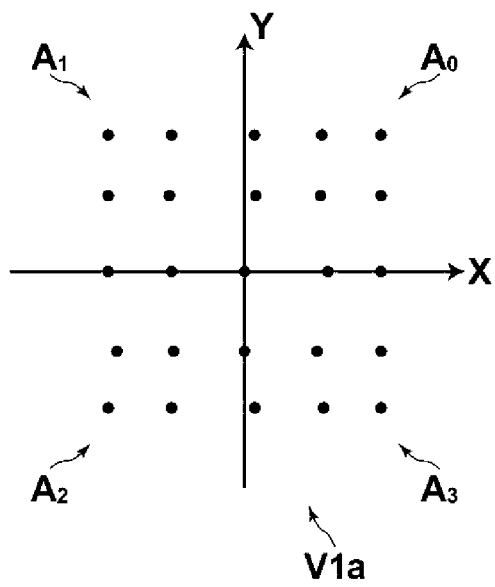
[図2]



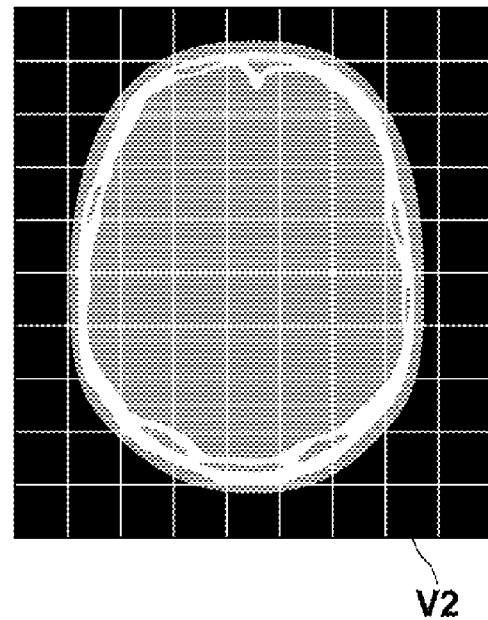
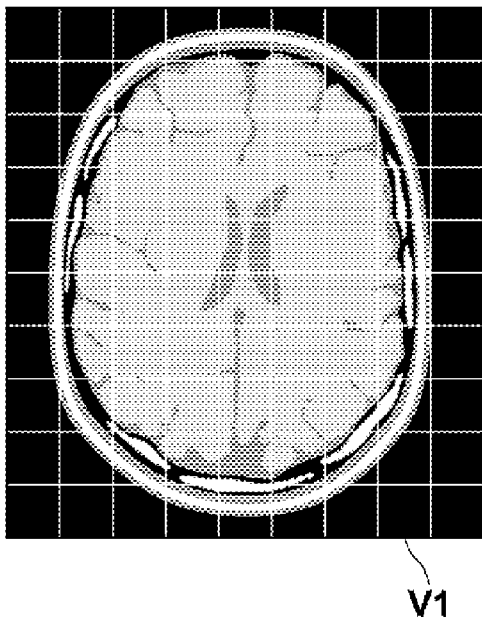
[図3A]



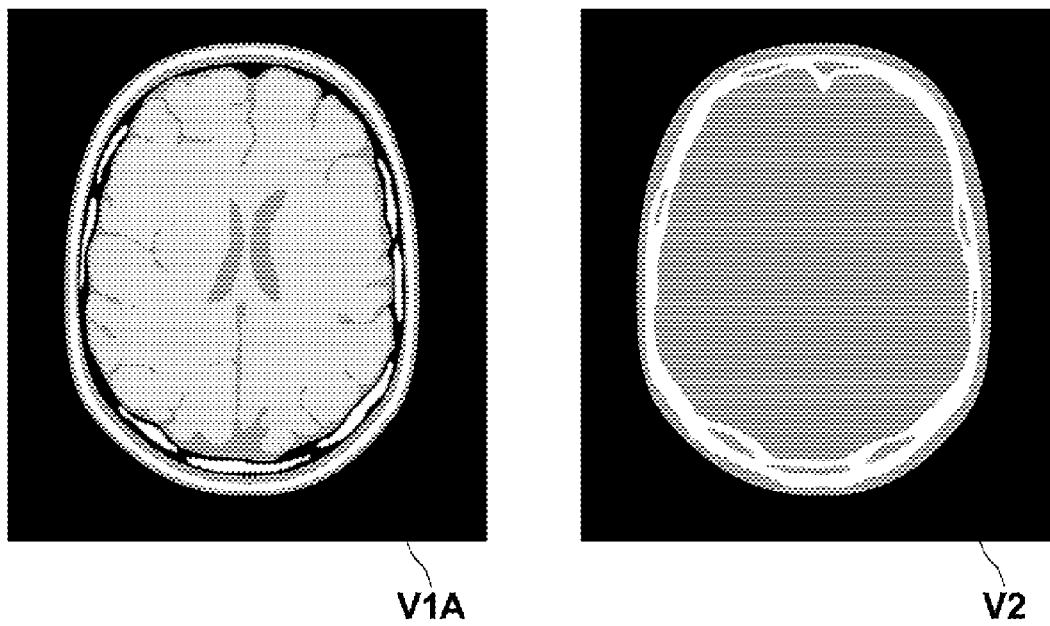
[図3B]



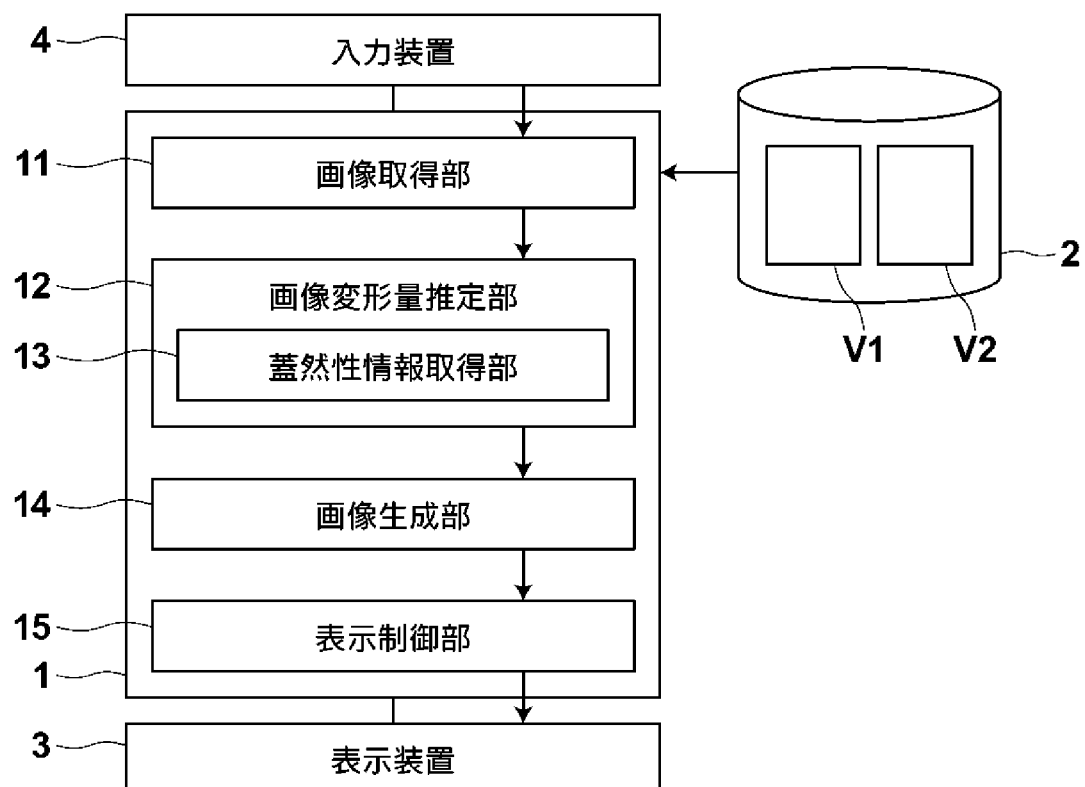
[図4A]



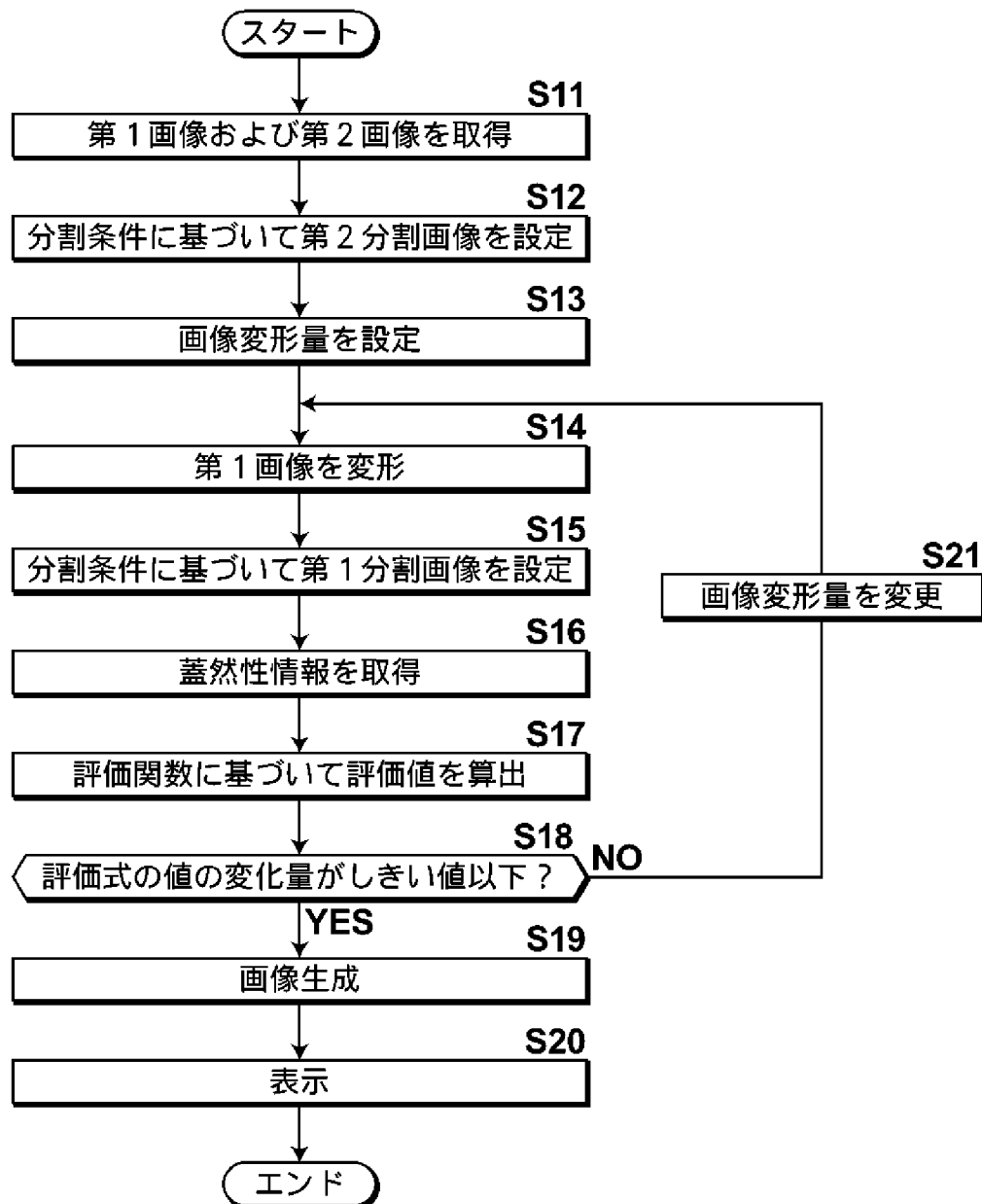
[図4B]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 012 / 008000

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A 61B 5/00 (2006.01)i, A 61B 5/055 (2006.01)i, A 61B 6/03 (2006.01)i, G06T1/00 (2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A 61B 5/00, A 61B 5/055, A 61B 6/03, G06T1/00

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

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2013
Kokai	Jitsuyo	Shinan	1971-2013	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2013

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

WPI, JSTPlus / JMEDPlus / JST 7580 (JDreaml)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	David Matte s, David R. Hayno r, Hubert Vesselle, Thomas K. Lewellen, William Eubank, Nonrigid multimodal ity image regi strati on, Proceedings of SPIE Part Three of Three Part s, 2001, Vol. 4322, pl 609 - pl 620	1 - 10
Y	JP 2007-159933 A (Hi tachi Medi cal Corp.), 28 June 2007 (28.06.2007), claim 1; paragraphs [0031] to [0040], [0045] to [0047] (Family : none)	1 - 10
A	US 2006/0029291 A1 (Sun et al.), 09 February 2006 (09.02.2006), entire text; all drawings (Family : none)	1 - 10



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

"I" 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

21 March, 2013 (21.03.13)

Date of mailing of the international search report

02 April, 2013 (02.04.13)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 012 / 008000

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Chen-Lun LIN, et al., "PCA Based Regional Mutual Information for Robust Medical Image Registration", IEICE Technical Report, 21 May 2009 (21.05.2009), vol.109, no.65, pages 23 to 28	1-1
		o

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int .C.I. A61B5/00 (2006. 01) i , A61B5/055 (2006. 01) i , A61B6/03 (2006. 01) i , G06T1/00 (2006. 01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int .C.I. A61B5/00, A61B5/055, A61B6/03, G06T1/00

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 1 9 2 2 -
 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2
 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 -
 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2

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)

WPI
 JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

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
Y	David Mattes, David R. Haynor, Hubert Vesselle, Thomas K. Lewellen, William Eubank, Nonrigid raultiraodality image registration, Proceedings of SPIE Part Three of 'ihree Parts , 2001 , Vol. 4322 , pl609 - pl620	1-10
Y	JP 2007-159933 A (株式会社 日立メデイコ) 2007. 06. 28 , 請求項 1], b 0 3 1] ~ b 0 4 0], b 0 4 5] ~ b 0 4 7] (ファミリーなし)	1-10

☒ 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

- IA 「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」
 IE 「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」
 I 「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)」
 IO 「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」
 IP 「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

- It 「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」
 I& 「同一パテントファミリー文献」

国際調査を完了した日

2 1 . 0 3 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送 日

0 2 . 0 4 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
 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)

渡 ▲ 辺 ▼ 純也

2 Q

3 6 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

C (続 き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2006/0029291 AI (Sun et al.) 2006. 02. 09, 全文全図 (ファミリーなし)	1-10
A	Chen-Lun LIN, et al. , "PCA Based Regional Mutual Information for Robust Medical Image Registration", 電子情報通信学会技術研究報告 , 2009. 05. 21 , 第 1 0 9 巻 第 6 5 号 , pp. 23-28	1-10