

(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
2019年12月5日(05.12.2019)



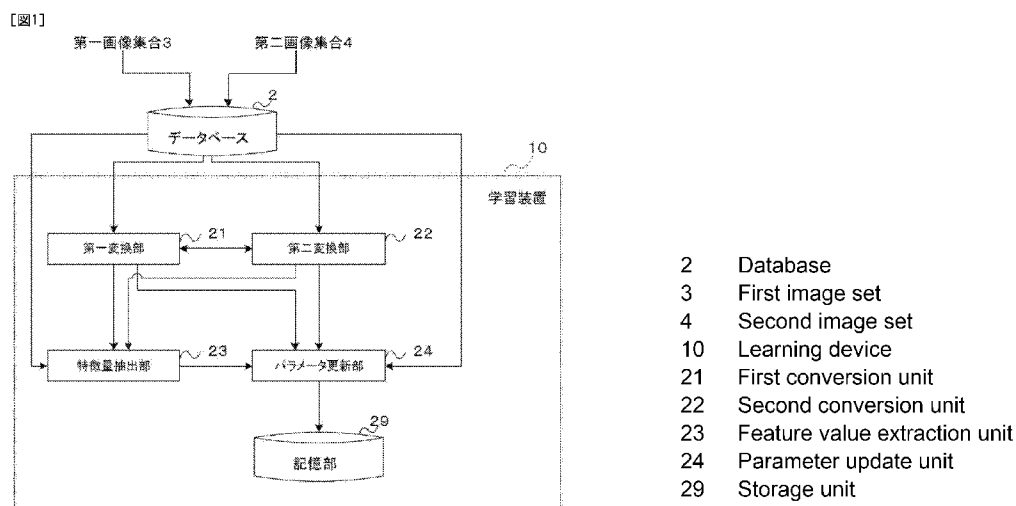
(10) 国際公開番号

WO 2019/230665 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 7/00 (2017.01) G06N 3/08 (2006.01)
G06F 16/56 (2019.01) G06T 3/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/020947
- (22) 国際出願日: 2019年5月27日(27.05.2019)
- (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 2018-106235 2018年6月1日(01.06.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 渡邊 之人 (WATANABE, Yukito); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 田良島 周平 (TARASHIMA, Shuhei); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 島村 潤 (SHIMAMURA, Jun); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 杵渕 哲也 (KINEBUCHI, Tetsuya); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (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).

(54) Title: LEARNING DEVICE, SEARCH DEVICE, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 学習装置、検索装置、方法、及びプログラム



(57) Abstract: The present invention makes it possible to learn a neural network parameter for performing an accurate search for an object in an image. Each of first images belonging to a first image set comprising first images having a predetermined resolution is converted by a first convolutional neural network, each of second images belonging to a second image set is converted by a second convolutional neural network, feature vectors are extracted from each of the first images belonging to the first image set, each of the second images belonging to the second image set, each of the converted images resulting from conversion of each of the first images, and each of the converted images resulting from conversion

(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, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

of each of the second images, and parameters of the first convolutional neural network and the second convolutional neural network are updated on the basis of the error between the feature vectors of each of the images and the feature vectors of each of the converted images.

(57) 要約: 画像に写る物体を精度よく検索するためのニューラルネットワークのパラメータを学習することができる。所定の解像度の第一の画像からなる第一画像集合に属する第一の画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって変換し、第二画像集合に属する第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって変換し、第一画像集合に属する第一の画像の各々と、第二画像集合に属する第二の画像の各々と、変換された第一の画像の各々の変換画像の各々と、変換された第二の画像の各々の変換画像の各々とから特徴量ベクトルを抽出し、画像の各々の特徴量ベクトルと変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差に基づいて、第一の畳み込みニューラルネットワーク及び第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新する。

明 細 書

発明の名称：学習装置、検索装置、方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、学習装置、検索装置、方法、及びプログラムに係り、特に、画像中に写る物体を検索するための学習装置、検索装置、方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] スマートフォン等の小型撮像デバイスの普及に伴い、様々な場所や環境で任意の対象を撮影したような画像中に写る物体を検索する技術への要望が高まってきている。

[0003] 従来、画像中の物体を検索する種々の技術が発明され開示されているが、典型的な手続きを、特許文献1に記載の技術に従って説明する。まず、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いて画像から特徴量ベクトルを抽出する。次に、互いに異なる二つの画像について特徴量ベクトル同士の内積を計算する。内積の値が大きいほど、同一の物体が写っているとみなす。予め、認識したい物体を含む画像（参照画像）によりあらかじめ参照画像データベースを構築し、新たに入力された画像（クエリ画像）と同一の物体が写っているものを検索することにより、クエリ画像中に存在する物体を特定することができる。

[0004] 他にも特許文献1には、画像から抽出した多数の特徴量ベクトルを用いて物体を検索する方法が開示されている。画像から特徴的であるような微小領域を多数検出し、各領域から特徴量ベクトルを抽出する。次に、互いに異なる二つの画像の各々に含まれる微小領域について特徴量ベクトル同士のユークリッド距離等を計算し、対応する部分領域の個数を算出する。この個数が多いほど類似度が大きくなるため、二つの画像には、同一の物体が写っているとみなせる。

[0005] しかしながら、上記物体検索の手続きにも重大な問題がある。クエリ画像

と参照画像に写る物体の解像度に乖離がある場合、たとえ同じ物体同士であっても異なる特徴量ベクトルが得られてしまうような場合が多い。結果として、異なる物体が検索されてしまうことがあるのである。なお、解像度とは画素数を指すものとして説明する。

[0006] 例えば、物体が大きく高解像度に写る参照画像に対して、物体が小さく低解像度に写る画像をクエリ画像として検索するようなケースでは、クエリ画像中の物体から高周波成分が失われていることが多く、前述の問題が発生しやすい典型例といえる。

[0007] 以上の問題を鑑み、クエリ画像と参照画像の解像度の乖離を防止して検索を実現するための、解像度変換技術が望まれる。

[0008] 以上の問題に対して、従来いくつかの発明がなされ、開示されている。

[0009] 非特許文献2には、画像ペアに基づく学習型超解像の方法が開示されている。低解像度画像をB i c u b i c法によって拡大し、CNNを用いて変換することで、高解像度画像を獲得する方法である。事前に低解像度画像と高解像度画像のペアを用いてCNNを学習することで、低解像度画像に含まれない高周波成分を高精度に復元することができる。低解像度画像を高解像度に変換した後に特徴量ベクトルを抽出して検索することで、結果として、検索精度の改善が期待できる。

[0010] 非特許文献3には、画像集合ペアに基づく学習型画像変換の方法が開示されている。2つの集合間の変換を学習によって獲得するものであり、より具体的には、画像集合Xを画像集合Yに変換する変換器、及び、変換された画像と画像集合Yに属する画像とを見分ける識別器、並びに、画像集合Yを画像集合Xに変換する変換器、及び、変換された画像と画像集合Xに属する画像とを見分ける識別器からなる。画像集合Xに属する画像を画像集合Yへ変換後、Xへ再度変換した際の再構築誤差を用いることで、1対1で対応する画像ペアがなくとも、2つの画像集合間の変換を実現できる。例えば、一方の画像集合を低解像度画像の集合、他方を高解像度画像の集合とすることで

、解像度の変換器を獲得し、クエリ画像と参照画像の乖離を防ぐことができる。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開2017-16501号公報

非特許文献

[0012] 非特許文献1：G. Tolias, R. Sivic, and H. Jegou, Particular Object Retrieval with Integral Max-Pooling of CNN Activations, In ICLR, 2016.

非特許文献2：C. Dong, C. C. Loy, K. He, and X. Tang, Image super-resolution using deep convolutional networks, In CVPR, 2014.

非特許文献3：J. Zhu, T. Park, P. Isola, and A. A. Efros, Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks, In ICCV, 2017.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0013] 非特許文献2のように画像ペアに基づいてそれらの変換を学習する方法は、画像ペアの準備方法が問題となる。非特許文献2では、高解像度画像と、当該高解像度画像をBicubic法によって低解像度にした画像とをペアとして学習が行われている。この場合、Bicubic法によって高解像度画像を低解像度に変換した画像と、撮像した画像中に低解像度に写りこむ物体との乖離による検索精度の劣化が発生してしまう。また、同一物体画像を同一条件下で高解像度および低解像度に撮像して解像度の異なる画像ペアを準備することは難しく、学習データとして多量のペアを集めることは非効率的である。

[0014] また、非特許文献3のように画像集合ペアに基づいてそれらの変換を学習する方法は、ある集合に属する画像を他方の集合に属する画像となるよう変換し、再度元の集合に属する画像へと変換した際に同一の画像へと戻るよう

に学習を行う。そのため、各々の変換自体は見た目が大きく乖離する画像への変換となる可能性があり、結果として、検索精度の重大な劣化を引き起こす可能性がある。

[0015] さらに、前述の方法のどちらにも共通し、物体検索の特徴量ベクトルについては考慮していない点が問題となる。非特許文献2の方法では、低解像度画像の変換後の画像が高解像度画像と近くなるように学習されるが、特徴量ベクトルが一致するとは限らない。非特許文献3の方法も同様に、変換前後の特徴量ベクトルが一致するとは限らない。

[0016] 以上のように、現在に至るまで、クエリ画像と参照画像間に解像度の乖離が存在する場合に、高精度に物体を検索できる検索技術は発明されていなかった。

[0017] 本発明は、上記問題点を解決するために成されたものであり、画像に写る物体を精度よく検索するためのニューラルネットワークのパラメータを学習することができる学習装置、方法、及びプログラムを提供することを目的とする。

[0018] また、画像に写る物体を精度よく検索することができる検索装置、方法、及び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

[0019] 上記目的を達成するために、第1の発明に係る学習装置は、所定の解像度の第一の画像からなる第一画像集合に属する前記第一の画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって前記第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する第一変換部と、前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって前記第一画像集合に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する第二変換部と、前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々と、前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々と、前記第一変換部により変換された前記第一の画像の各々の変換画像の各々と、前記第二変換部により変換され

た前記第二の画像の各々の変換画像の各々とから特徴量ベクトルを抽出する特徴量抽出部と、前記特徴量抽出部により抽出された、前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々の特徴量ベクトルと前記第二変換部により変換された前記第二の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差、及び前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々の特徴量ベクトルと前記第一変換部により変換された前記第一の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの誤差に基づいて、前記第一の畳み込みニューラルネットワーク及び前記第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新するパラメータ更新部と、を含んで構成されている。

[0020] また、第1の発明に係る学習装置において、前記第一変換部は、前記第二変換部で変換された第二の画像の各々の変換画像の各々を、前記第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように再変換画像の各々として更に変換し、前記第二変換部は、前記第一変換部で変換された第一の画像の各々の変換画像の各々を、前記第一画像集合に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように再変換画像の各々として更に変換し、前記パラメータ更新部は、前記第二変換部で更に変換された前記第一の画像の各々の再変換画像の各々と前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々との誤差、及び前記第一変換部で更に変換された前記第二の画像の各々の再変換画像の各々と前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々との誤差を更に用いて、前記第一の畳み込みニューラルネットワーク及び前記第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新するようにしてもよい。

[0021] また、第1の発明に係る学習装置において、前記パラメータ更新部は、更に、前記第一の畳み込みニューラルネットワークと、前記第一変換部で変換された第一の画像の各々の変換画像の各々が、前記第一画像集合に属する前記第一の画像、及び前記第二画像集合に属する前記第二の画像の何れであるかを識別する識別用ニューラルネットワークとについて、前記第一の畳み込みニューラルネットワークと、前記識別用ニューラルネットワークとが、互

いに競合することを表す損失関数を用いて、前記第一の畳み込みニューラルネットワーク及び前記識別用ニューラルネットワークのパラメータを更新するようにしてもよい。

[0022] また、第2の発明に係る検索装置は、上記第1の発明に係る学習装置によってパラメータが学習された第一の畳み込みニューラルネットワークを用いて、任意の画像を前記第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する検索第一変換部と、前記任意の画像の変換画像と、第三の画像からなる第三画像集合の前記第三の画像の各々から特徴量ベクトルを抽出する検索特徴量抽出部と、前記検索特徴量抽出部で抽出された前記変換画像の特徴量ベクトルと前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度に基づいて、前記任意の画像と前記第三の画像とを照合し、照合結果を出力する照合部と、を含んで構成されている。

[0023] また、第3の発明に係る検索装置は、上記第1の発明に係る学習装置によってパラメータが学習された前記第二の畳み込みニューラルネットワークを用いて、第三の画像からなる第三画像集合の前記第三の画像の各々を前記第一画像集合に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する検索第二変換部と、任意の画像と、前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の変換画像とから特徴量ベクトルを抽出する検索特徴量抽出部と、前記検索特徴量抽出部で抽出された前記任意の画像の特徴量ベクトルと前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の変換画像の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度に基づいて、前記任意の画像と前記第三の画像とを照合し、照合結果を出力する照合部と、を含んで構成されている。

[0024] また、第3の発明に係る検索装置において、前記第一の畳み込みニューラルネットワークを用いて、前記任意の画像を前記第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する検索第一変換部を更に含み、前記検索特徴量抽出部は、更に、前記任意の画像の変換画像と、前記第三画像集合の前記第三の画像の各々から特徴量ベクトルを抽出し、前

記照合部は、前記検索特徴量抽出部で抽出された前記任意の画像の特徴量ベクトルと前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の変換画像の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度、及び前記任意の画像の変換画像の特徴量ベクトルと前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度に基づいて、前記任意の画像と前記第三の画像とを照合し、照合結果を出力するようにしてもよい。

[0025] 第4の発明に係る学習方法は、第一変換部が、所定の解像度の第一の画像からなる第一画像集合に属する前記第一の画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって前記第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換するステップと、第二変換部が、前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって前記第一画像集合に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換するステップと、特徴量抽出部が、前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々と、前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々と、前記第一変換部により変換された前記第一の画像の各々の変換画像の各々と、前記第二変換部により変換された前記第二の画像の各々の変換画像の各々から特徴量ベクトルを抽出するステップと、パラメータ更新部が、前記特徴量抽出部により抽出された、前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々の特徴量ベクトルと前記第二変換部により変換された前記第二の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差、及び前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々の特徴量ベクトルと前記第一変換部により変換された前記第一の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの誤差に基づいて、前記第一の畳み込みニューラルネットワーク及び前記第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新するステップと、を含んで実行することを特徴とする。

[0026] 第5の発明に係るプログラムは、コンピュータを、第1の発明に係る学習装置、又は第2若しくは第3の発明に係る検索装置の各部として機能させる

ためのプログラムである。

発明の効果

[0027] 本発明の学習装置、方法、及びプログラムによれば、所定の解像度の第一の画像からなる第一画像集合に属する第一の画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換し、第二画像集合に属する第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって第一画像集合に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換し、第一画像集合に属する第一の画像の各々と、第二画像集合に属する第二の画像の各々と、変換された第一の画像の各々の変換画像の各々と、変換された第二の画像の各々の変換画像の各々とから特徴量ベクトルを抽出し、画像の各々の特徴量ベクトルと変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差に基づいて、第一の畳み込みニューラルネットワーク及び第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新することにより、画像に写る物体を精度よく検索するためのニューラルネットワークのパラメータを学習することができる、という効果が得られる。

[0028] また、本発明の検索装置、方法、及びプログラムによれば、学習されたパラメータを用いた第一の畳み込みニューラルネットワークによって画像を変換し、学習されたパラメータを用いた第二の畳み込みニューラルネットワークによって、参照画像である第三の画像の各々を変換し、変換画像から特徴量ベクトルを抽出し、特徴量ベクトルの組を用いた類似度を照合し、照合した結果を出力することで、画像に写る物体を精度よく検索することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明の実施形態に係る学習装置の構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の実施形態に係る検索装置の構成を示すブロック図である。

[図3]本発明の実施形態に係る学習装置における学習処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図4]本発明の実施形態に係る検索装置における検索処理ルーチン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

[0030] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

[0031] 本実施形態に係る学習装置、及び検索装置は、特定の対象となる物体（以下、特定対象物と呼ぶ）が写ったクエリ画像と参照画像との解像度が大きく乖離する場合であっても、高精度に検索結果を得るための学習装置、及び検索装置である。

[0032] <本発明の実施形態に係る学習装置の構成>

[0033] 次に、本発明の実施形態に係る学習装置の構成について説明する。図1に示す学習装置10は、特定の対象となる物体（以下、特定対象物と呼ぶ）が写ったクエリ画像と参照画像との解像度が大きく乖離する場合であっても、高精度に検索結果を得るための学習装置である。学習装置10は、CPUと、RAMと、後述する学習処理ルーチンを実行するためのプログラムや各種データを記憶したROMと、を含むコンピュータで構成することが出来る。この学習装置10は、機能的には図1に示すように第一変換部21と、第二変換部22と、特徴量抽出部23と、パラメータ更新部24と、記憶部29とを備えている。なお、以降では画像5がクエリ画像に対応し、第三画像集合6が1枚以上の参照画像からなる画像集合に対応するものとし、クエリ画像が低解像度に、参照画像が高解像度に特定対象物を写しているものとして説明する。また、解像度とは画像の総画素数を指すものとして説明する。

[0034] 学習装置10には、データベース2に格納された、1枚以上の低解像度な画像に対応する第一の画像からなる第一画像集合3、および、1枚以上の高解像度な画像に対応する第二の画像からなる第二画像集合4が入力される。なお、畳み込みニューラルネットワークは、入力された画像が変換された画像か参照画像であるかを判別するものを用いるため、第一画像集合3と第二画像集合4とで画像間の対応が取れている必要はないものとする。また、低解像度な画像に対応する第一の画像は、B i c u b i c法などによって拡大

され、高解像度な画像に対応する第二の画像と画素数を揃えているものとする。

[0035] 学習装置 10 は、データベース 2 と通信手段（図示省略）を介して相互に情報を通信する。

[0036] データベース 2 は、例えば、一般的な汎用コンピュータに実装されているファイルシステムによって構成できる。本実施形態では、一例としてデータベース 2 には、第一画像集合 3、及び、第二画像集合 4 の画像データが予め格納されているものとする。本実施形態では、各画像それぞれを一意に識別可能な、通し番号による ID (Identification) やユニークな画像ファイル名等の識別子が与えられているものとしている。また、データベース 2 は、各々の画像について、当該画像の識別子と、当該画像の画像データとを関連づけて記憶しているものとする。あるいは、データベース 2 は、同様に、RDBMS (Relational Database Management System) 等で実装及び構成されていても構わない。データベース 2 が記憶する情報は、その他、メタデータとして、例えば画像の内容を表現する情報（画像のタイトル、概要文、またはキーワード等）、画像のフォーマットに関する情報（画像のデータ量、サムネイル等のサイズ）等を含んでいても構わないが、これらの情報の記憶は本開示の実施においては必須ではない。

[0037] データベース 2 は、学習装置 10 の内部及び外部の何れに設けられていても構わず、通信手段は任意の公知ものを用いることができる。なお、本実施形態では、データベース 2 は、学習装置 10 の外部に設けられているものとし、インターネット、及び TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 等のネットワークを通信手段として学習装置 10 と通信可能に接続されているものとする。

[0038] また、学習装置 10 が備える各部及びデータベース 2 は、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit) 等の演算処理装置や、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、及び HDD (Hard Disk Drive) 等の記憶装置等を備えたコンピュータやサーバ等

により構成して、各部の処理がプログラムによって実行されるものとしてもよい。このプログラムは学習装置 10 が備える上記記憶装置に予め記憶されていてもよいし、磁気ディスク、光ディスク、及び半導体メモリ等の記録媒体に格納して提供することも、ネットワークを通して提供することも可能である。もちろん、その他いかなる構成要素についても、単一のコンピュータやサーバによって実現しなければならないものではなく、ネットワークによって接続された複数のコンピュータに分散して実現しても構わない。

[0039] 次に、本実施形態における学習装置 10 の各部の機能について説明する。

[0040] 第一変換部 21 は、データベース 2 に格納された第一画像集合 3 に属する第一の画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合 4 に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する。また、第一変換部 21 は、第二変換部 22 で変換された第二の画像の各々の変換画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって第二画像集合 4 に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように再変換画像の各々として変換する。

[0041] 本実施形態では、第一変換部 21 の変換は低解像度画像から高解像度画像への変換を想定する。画像の変換で用いる第一の畳み込みニューラルネットワークは、ニューラルネットワークを用いて畳み込む方法であれば限定されない。本実施形態では、非特許文献 3 に記載の、ダウンサンプリングを行うストライド 2 の畳み込み層、residual block、アップサンプリングを行うストライド 1 / 2 の畳み込み層からなる 9 層の畳み込みニューラルネットワーク (CNN: Convolutional Neural Network) によって畳み込むことで変換を実施する。

[0042] 第二変換部 22 は、データベース 2 に格納された第二画像集合 4 に属する第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって第一画像集合 3 に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する。また、第二変換部 22 は、第一変換部 21 で変換された第一の画像の各々の変換画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって

第一画像集合 3 に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように再変換画像の各々として変換する。

[0043] 特徴量抽出部 2 3 は、第一画像集合 3 に属する第一の画像の各々と、第二画像集合 4 に属する第二の画像の各々と、第一変換部 2 1 により変換された第一の画像の各々の変換画像の各々と、第二変換部 2 2 により変換された第二の画像の各々の変換画像の各々から特徴量ベクトルを抽出する。

[0044] 特徴量ベクトルの抽出処理には、ニューラルネットワークを用いて固定の次元を持つベクトルとして表現できるものを用いればよいが、例えば、非特許文献 4 に記載の方法を用いることで抽出できる。当該方法によれば、CNN の一種である VGG16、あるいは、ResNet101 というニューラルネットワークに画像を入力した際の全結合層への入力に該当する特徴マップ（高さ、横幅、及び、チャンネル数によって特徴マップの大きさが規定される）に関し、まず、様々な大きさの矩形を規定し、チャンネルごとに矩形内の値の最大値を求めることで、矩形数×チャンネル数のベクトルを得る。当該ベクトル群を正規化し、同一チャンネルの値を足し合わせて再度正規化することで、一枚の画像をチャンネル数の次元を持つ特徴量ベクトルによって表現することができる。正規化は、公知の方法を用いれば良いが、L2 正規化が好適である。

[0045] [非特許文献 4] A. Gordo, J. Almazán, J. Revaud, and D. Larlus, End-to-End learning of deep visual representations for image retrieval, IJCV, 2017.

[0046] パラメータ更新部 2 4 は、特徴量ベクトル間の誤差、変換前と再変換後の画像間の誤差、及び損失関数に基づいて、第一の畳み込みニューラルネットワーク及び第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新し、記憶部 2 9 に格納する。

[0047] 具体的には、特徴量ベクトル間の誤差は、第一画像集合 3 に属する第一の画像の各々の特徴量ベクトルと第二変換部 2 2 により変換された第二の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差、及び第二画像集合

4に属する前記第二の画像の各々の特徴量ベクトルと第一変換部21により変換された第一の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの誤差である。

[0048] 変換前と再変換後の画像間の誤差は、第二変換部22で更に変換された第一の画像の各々の再変換画像の各々と第一画像集合3に属する第一の画像の各々との誤差、及び第一変換部21で更に変換された第二の画像の各々の再変換画像の各々と第二画像集合4に属する第二の画像の各々との誤差である。

[0049] 損失関数は、第一の畳み込みニューラルネットワークと、第一変換部21で変換された第一の画像の各々の変換画像の各々が、第一画像集合3に属する第一の画像、及び第二画像集合4に属する第二の画像の何れであることを識別する識別用ニューラルネットワークとについて、第一の畳み込みニューラルネットワークと、識別用ニューラルネットワークとが、互いに競合することを表す損失関数と、第二の畳み込みニューラルネットワークと、第二変換部22で変換された第二の画像の各々の変換画像の各々が、第一画像集合3に属する第一の画像、及び第二画像集合4に属する第二の画像の何れであることを識別する識別用ニューラルネットワークとについて、第二の畳み込みニューラルネットワークと、識別用ニューラルネットワークとが、互いに競合することを表す損失関数とである。

[0050] パラメータ更新部24は、以上の特徴量ベクトル間の誤差、変換前と再変換後の画像間の誤差、及び損失関数に基づいて、第一の畳み込みニューラルネットワーク及び第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新する。誤差の算出には、任意の公知の損失関数を用いて構わないが、例えば、変換前後の特徴量ベクトル間の2乗誤差によって求められる。また特徴量ベクトル間の誤差に加えて、非特許文献3に記載のAdversarial Lossの損失関数、および、Cycle Consistency Lossの画像間の誤差を足し合わせて用いてもよい。

[0051] Adversarial Lossは、上述した損失関数を用いて、第一の畳み込みニュー

ラルネットワークと、識別用ニューラルネットワークとを交互に学習する。変換された第一の画像の変換画像が第一の画像であると識別されなくなるほど、損失関数の値が減少する。損失関数の値が減少するように、第一の畳み込みニューラルネットワーク及び識別用ニューラルネットワークのパラメータを更新する。つまり、識別用ニューラルネットワークが、変換画像を見分けることができなくなるように第一ニューラルネットワークのパラメータの学習を行う。また、同様に、上述した損失関数を用いて、第二の畳み込みニューラルネットワークと、識別用ニューラルネットワークとを交互に学習する。変換された第二の画像の変換画像が第二の画像であると識別されなくなるほど、損失関数の値が減少する。損失関数の値が減少するように、第二の畳み込みニューラルネットワーク及び識別用ニューラルネットワークのパラメータを更新する。

[0052] Cycle Consistency Lossは、第一画像集合3に属する第一の画像を第一変換部21により変換した第一の画像の各々の変換画像の各々を、第二変換部22により更に変換した再変換画像の各々と、変換前の第一の画像の各々との誤差、及び、第二画像集合4に属する第二の画像を第二変換部22により変換した第二の画像の各々の変換画像の各々を、第一変換部21により更に変換した再変換画像の各々と、変換前の第二の画像の各々との誤差によって構成される。

[0053] パラメータの更新方法は限定されないが、例えば、誤差逆伝播法を用いてパラメータを更新してもよい。誤差逆伝播法は、ニューラルネットワークの出力から入力に向かって各ニューロンのパラメータを局所誤差が小さくなるように修正する方法である。なお、上記の更新においては、特徴量ベクトル間の誤差及び変換前と再変換後の画像間の誤差を用いた更新と、損失関数を用いた更新とを交互に行えばよい。

[0054] <本発明の実施形態に係る検索装置の構成>

[0055] 次に、本発明の実施形態に係る検索装置の構成について説明する。

[0056] 本実施形態では、検索装置11が低解像度なクエリ画像を高解像度に変換

する、あるいは、高解像度な参照画像を低解像度に変換する、あるいは、どちらの変換も実施した後に特徴量ベクトルを抽出し照合することで、解像度が乖離する画像間の高精度な検索が可能となる。

[0057] 図2に示す検索装置11は、CPUと、RAMと、後述する学習処理ルーチンを実行するためのプログラムや各種データを記憶したROMと、を含むコンピュータで構成することが出来る。この学習装置10は、機能的には図2に示すように検索第一変換部31と、検索第二変換部32と、検索特徴量抽出部33と、照合部35と、記憶部39とを備えている。

[0058] 記憶部39には、上記学習装置10で学習された第一の畳み込みニューラルネットワーク及び第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータが格納されている。

[0059] 検索第一変換部31は、照合対象の画像5を、記憶部39に格納されたパラメータを用いた第一の畳み込みニューラルネットワークによって第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合4に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する。

[0060] 検索第二変換部32は、参照画像である第三の画像からなる第三画像集合6に属する第三の画像の各々を、記憶部39に格納されたパラメータを用いた第二の畳み込みニューラルネットワークによって第一画像集合3に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する。なお、第三画像集合6は、第二画像集合4と同様のものであってもよい。

[0061] 検索特徴量抽出部33は、画像5と、検索第一変換部31により変換された画像5の変換画像と、第三画像集合6に属する第三の画像の各々と、第三画像集合6に属する第三の画像の各々の変換画像の各々から特徴量ベクトルを抽出する。

[0062] 照合部35は、検索特徴量抽出部33で抽出された画像5の特徴量ベクトルと検索第二変換部32で変換された第三画像集合6に属する第三の画像の各々の特徴量ベクトルとの組、及び変換された画像5の特徴量ベクトルと第三画像集合6に属する第三の画像の各々の特徴量ベクトルとの組を用いた類

似度を照合し、照合した結果を検索結果 7 として出力する。なお、類似度の照合は上記二つの組のうちの少なくとも一方の組であってもよい。

[0063] 照合は、例えば、特徴量ベクトル間の内積を計算し、当該値を画像間の類似度とし、第三画像集合 6 の類似度の高い上位 N 枚を検索結果 7 として出力すればよい。N は 1 以上第三画像集合 6 の画像枚数以下の整数である。

[0064] また、照合部 3 5 に入力される画像 5 に関する特徴量ベクトルは 1 枚の画像 5 につき 1 つである必要は必ずしもなく、複数であるように構成できる。例えば、画像 5 から抽出した特徴量ベクトル、及び、検索第一変換部 3 1 で変換された画像 5 から抽出した特徴量ベクトルを検索クエリとして、第三画像集合 6 に属する第三の画像の各々から抽出した特徴量ベクトル、及び、検索第二変換部 3 2 で変換された第三画像集合 6 に属する第三の画像の各々から抽出した特徴量ベクトルから検索を行ってもよい。この場合、1 枚の画像 5 につき 2 つの特徴量ベクトルが入力されるため、画像毎に 2 つの特徴量ベクトルを足し合わせ、正規化した後に、類似度を算出すればよい。正規化は、公知の方法を用いれば良いが、L2 正規化が好適である。

[0065] <本発明の実施形態に係る学習装置の作用>

[0066] 次に、本発明の実施形態に係る学習装置 10 の作用について説明する。学習装置 10 は、図 3 に示す学習処理ルーチンを実行する。

[0067] まず、ステップ S 201 では、第一変換部 2 1 が、データベース 2 に格納された第一画像集合 3 に属する第一の画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合 4 に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する。

[0068] 次に、ステップ S 202 では、第二変換部 2 2 が、データベース 2 に格納された第二画像集合 4 に属する第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって第一画像集合 3 に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する。

[0069] ステップ S 203 では、特徴量抽出部 2 3 が、第一画像集合 3 に属する第一の画像の各々と、ステップ S 202 で変換された第二の画像の各々の変換

画像の各々から特徴量ベクトルを抽出する。

[0070] ステップS204では、特徴量抽出部23が、第二画像集合4に属する第二の画像の各々と、ステップS201で変換された第一の画像の各々の変換画像の各々から特徴量ベクトルを抽出する。

[0071] ステップS205では、第一変換部21が、ステップS202で変換された第二の画像の各々の変換画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって第二画像集合4に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように再変換画像の各々として変換する。

[0072] ステップS206では、第二変換部22が、ステップS201で変換された第一の画像の各々の変換画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって第一画像集合3に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように再変換画像の各々として変換する。

[0073] ステップS207では、変換前と再変換後の変換前後の画像間の誤差として、第二変換部22で更に変換された第一の画像の各々の再変換画像の各々と第一画像集合3に属する第一の画像の各々との誤差、及び第一変換部21で更に変換された第二の画像の各々の再変換画像の各々と第二画像集合4に属する第二の画像の各々との誤差を算出し、特徴量ベクトル間の誤差として、第一画像集合3に属する第一の画像の各々の特徴量ベクトルと第二変換部22により変換された第二の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差、及び第二画像集合4に属する第二の画像の各々の特徴量ベクトルと第一変換部21により変換された第一の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの誤差を算出し、算出した誤差、及び第一の畳み込みニューラルネットワークと識別用ニューラルネットワークとが互いに競合することを表す損失関数に基づいて第一の畳み込みニューラルネットワーク及び第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新し、記憶部29に格納する。

[0074] 以上説明したように、本発明の実施形態に係る学習装置によれば、所定の解像度の第一の画像からなる第一画像集合3に属する第一の画像の各々を、

第一の畳み込みニューラルネットワークによって第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合4に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換し、第二画像集合4に属する第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって第一画像集合3に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換し、第一画像集合3に属する第一の画像の各々と、第二画像集合4に属する第二の画像の各々と、変換された第一の画像の各々の変換画像の各々と、変換された第二の画像の各々の変換画像の各々とから特徴量ベクトルを抽出し、画像の各々の特徴量ベクトルと変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差、画像の各々と変換画像の各々との誤差、及び第一の畳み込みニューラルネットワークと識別用ニューラルネットワークとが互いに競合することを表す損失関数に基づいて、第一の畳み込みニューラルネットワーク及び第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新することにより、画像に写る物体を精度よく検索するためのニューラルネットワークのパラメータを学習することができる。

[0075] <本発明の実施形態に係る検索装置の作用>

[0076] 次に、本発明の実施形態に係る検索装置11の作用について説明する。検索装置11は、図4に示す検索処理ルーチンを実行する。

[0077] まず、ステップS301では、検索第一変換部31が、照合対象の画像5を、記憶部39に格納されたパラメータを用いた第一の畳み込みニューラルネットワークによって第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合4に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する。

[0078] 次に、ステップS302では、検索第二変換部32が、参照画像である第三の画像からなる第三画像集合6に属する第三の画像の各々を、記憶部39に格納されたパラメータを用いた第二の畳み込みニューラルネットワークによって第一画像集合3に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する。

[0079] ステップS303では、検索特徴量抽出部33が、画像5と、検索第一変換部31により変換された画像5の変換画像と、第三画像集合6に属する第

三の画像の各々と、第三画像集合6に属する第三の画像の各々の変換画像の各々から特徴量ベクトルを抽出する。

[0080] ステップS304では、検索特徴量抽出部33で抽出された画像5の特徴量ベクトルと検索第二変換部32で変換された第三画像集合6に属する第三の画像の各々の特徴量ベクトルとの組、及び変換された画像5の特徴量ベクトルと第三画像集合6に属する第三の画像の各々の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度を照合し、照合した結果を検索結果7として出力する。

[0081] 以上説明したように、本発明の実施形態に係る検索装置によれば、学習されたパラメータを用いた第一の畳み込みニューラルネットワークによって画像を変換し、学習されたパラメータを用いた第二の畳み込みニューラルネットワークによって、参照画像である第三の画像の各々を変換し、変換画像から特徴量ベクトルを抽出し、特徴量ベクトルの組を用いた類似度を照合し、照合した結果を出力することで、画像に写る物体を精度よく検索することができる。

[0082] なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内で様々な変形や応用が可能である。

[0083] 以上、図面を参照して本発明の実施形態を説明してきたが、上記実施形態は本発明の例示に過ぎず、本発明が上記実施形態に限定されるものではないことは明らかである。したがって、本発明の技術思想及び範囲を逸脱しない範囲で構成要素の追加、省略、置換、その他の変更を行ってもよい。

[0084] 例えば、参照画像（第三画像集合6）のデータベースを構築し、第二変換部22による画像の変換、及び、特徴量抽出部23による特徴量ベクトルの抽出を実施の上データベースに格納しておき、クエリ画像（画像5）については適宜問い合わせのタイミングで外部から入力を受け付けて処理を行い、照合部35がデータベースから参照画像の特徴量ベクトルを取得して類似度を算出してもよい。

[0085] また、必ずしも画像5および第三画像集合6のどちらの画像も変換する必要はなく、例えば、第三画像集合6を第二変換部22で変換した第三の画像

の各々の変換画像の各々から抽出した特徴量ベクトルと、画像5を変換せずに抽出した特徴量ベクトルとから照合を行ってもよい。この場合には、検索装置を、検索第二変換部と、検索特徴量抽出部と、照合部とを備えるように構成すればよい。このように構成することで、画像5を受け付けてから検索結果7を求めるまでに必要な時間の短縮効果が得られる。

[0086] また、例えば、第三画像集合6に属する第三の画像の各々から抽出した特徴量ベクトルと、画像5を変換した変換画像の特徴量ベクトルとから照合を行ってもよい。検索装置を、検索第一変換部と、検索特徴量抽出部と、照合部とを備えるように構成すればよい。このように構成することで、画像5を受け付けてから検索結果7を求めるまでに必要な時間の短縮効果が得られる。

符号の説明

- [0087] 3 第一画像集合
4 第二画像集合
5 画像
6 第三画像集合
7 検索結果
10 学習装置
11 検索装置
21 第一変換部
22 第二変換部
23 特徴量抽出部
24 パラメータ更新部
29、39 記憶部
31 検索第一変換部
32 検索第二変換部
33 検索特徴量抽出部
35 照合部

請求の範囲

[請求項1]

所定の解像度の第一の画像からなる第一画像集合に属する前記第一の画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって前記第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する第一変換部と、

前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって前記第一画像集合に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する第二変換部と、

前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々と、前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々と、前記第一変換部により変換された前記第一の画像の各々の変換画像の各々と、前記第二変換部により変換された前記第二の画像の各々の変換画像の各々とから特徴量ベクトルを抽出する特徴量抽出部と、

前記特徴量抽出部により抽出された、前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々の特徴量ベクトルと前記第二変換部により変換された前記第二の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差、

及び前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々の特徴量ベクトルと前記第一変換部により変換された前記第一の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの誤差に基づいて、前記第一の畳み込みニューラルネットワーク及び前記第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新するパラメータ更新部と、

を含む学習装置。

[請求項2]

前記第一変換部は、前記第二変換部で変換された第二の画像の各々の変換画像の各々を、前記第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように再変換画像の各々として更に変換し、

前記第二変換部は、前記第一変換部で変換された第一の画像の各々の変換画像の各々を、前記第一画像集合に属する第一の画像の解像度

に対応する解像度となるように再変換画像の各々として更に変換し、

前記パラメータ更新部は、前記第二変換部で更に変換された前記第一の画像の各々の再変換画像の各々と前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々との誤差、及び前記第一変換部で更に変換された前記第二の画像の各々の再変換画像の各々と前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々との誤差を更に用いて、前記第一の畳み込みニューラルネットワーク及び前記第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新する請求項 1 に記載の学習装置。

[請求項3]

前記パラメータ更新部は、更に、

前記第一の畳み込みニューラルネットワークと、前記第一変換部で変換された第一の画像の各々の変換画像の各々が、前記第一画像集合に属する前記第一の画像、及び前記第二画像集合に属する前記第二の画像の何れであるかを識別する識別用ニューラルネットワークとについて、前記第一の畳み込みニューラルネットワークと、前記識別用ニューラルネットワークとが、互いに競合することを表す損失関数を用いて、前記第一の畳み込みニューラルネットワーク及び前記識別用ニューラルネットワークのパラメータを更新すると共に、

前記第二の畳み込みニューラルネットワークと、前記第二変換部で変換された第二の画像の各々の変換画像の各々が、前記第一画像集合に属する前記第一の画像、及び前記第二画像集合に属する前記第二の画像の何れであるかを識別する前記識別用ニューラルネットワークとについて、前記第二の畳み込みニューラルネットワークと、前記識別用ニューラルネットワークとが、互いに競合することを表す損失関数を用いて、前記第二の畳み込みニューラルネットワーク及び前記識別用ニューラルネットワークのパラメータを更新する請求項 1 又は 2 に記載の学習装置。

[請求項4]

請求項 1 ～請求項 3 の何れか 1 項に記載の学習装置によってパラメータが学習された第一の畳み込みニューラルネットワークを用いて、

任意の画像を前記第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する検索第一変換部と、

前記任意の画像の変換画像と、第三の画像からなる第三画像集合の前記第三の画像の各々から特徴量ベクトルを抽出する検索特徴量抽出部と、

前記検索特徴量抽出部で抽出された前記変換画像の特徴量ベクトルと前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度に基づいて、前記任意の画像と前記第三の画像とを照合し、照合結果を出力する照合部と、

を含む検索装置。

[請求項5]

請求項1～請求項3の何れか1項に記載の学習装置によってパラメータが学習された前記第二の畳み込みニューラルネットワークを用いて、第三の画像からなる第三画像集合の前記第三の画像の各々を前記第一画像集合に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する検索第二変換部と、

任意の画像と、前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の変換画像とから特徴量ベクトルを抽出する検索特徴量抽出部と、

前記検索特徴量抽出部で抽出された前記任意の画像の特徴量ベクトルと前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の変換画像の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度に基づいて、前記任意の画像と前記第三の画像とを照合し、照合結果を出力する照合部と、

を含む検索装置。

[請求項6]

前記第一の畳み込みニューラルネットワークを用いて、前記任意の画像を前記第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換する検索第一変換部を更に含み、

前記検索特徴量抽出部は、更に、前記任意の画像の変換画像と、前記第三画像集合の前記第三の画像の各々から特徴量ベクトルを抽出し、

前記照合部は、前記検索特徴量抽出部で抽出された前記任意の画像の特徴量ベクトルと前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の変換画像の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度、及び前記任意の画像の変換画像の特徴量ベクトルと前記第三画像集合の前記第三の画像の各々の特徴量ベクトルとの組を用いた類似度に基づいて、前記任意の画像と前記第三の画像とを照合し、照合結果を出力する請求項5記載の検索装置。

[請求項7]

第一変換部が、所定の解像度の第一の画像からなる第一画像集合に属する前記第一の画像の各々を、第一の畳み込みニューラルネットワークによって前記第一の画像よりも高解像度であって、第二画像集合に属する第二の画像の解像度に対応する解像度となるように変換するステップと、

第二変換部が、前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々を、第二の畳み込みニューラルネットワークによって前記第一画像集合に属する第一の画像の解像度に対応する解像度となるように変換するステップと、

特徴量抽出部が、前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々と、前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々と、前記第一変換部により変換された前記第一の画像の各々の変換画像の各々と、前記第二変換部により変換された前記第二の画像の各々の変換画像の各々から特徴量ベクトルを抽出するステップと、

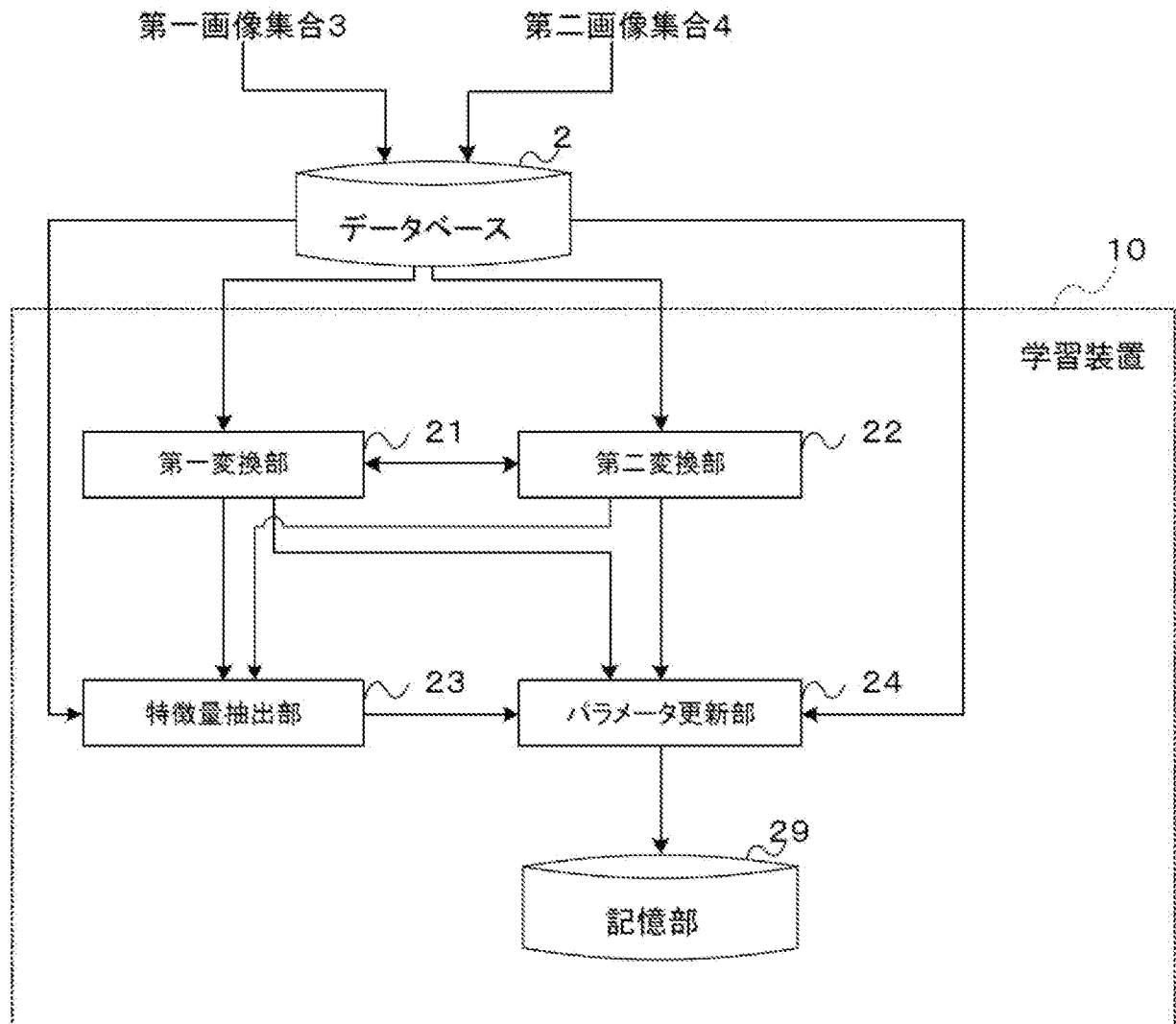
パラメータ更新部が、前記特徴量抽出部により抽出された、前記第一画像集合に属する前記第一の画像の各々の特徴量ベクトルと前記第二変換部により変換された前記第二の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの間の誤差、

及び前記第二画像集合に属する前記第二の画像の各々の特徴量ベクトルと前記第一変換部により変換された前記第一の画像の各々の変換画像の各々の特徴量ベクトルとの誤差に基づいて、前記第一の畳み込

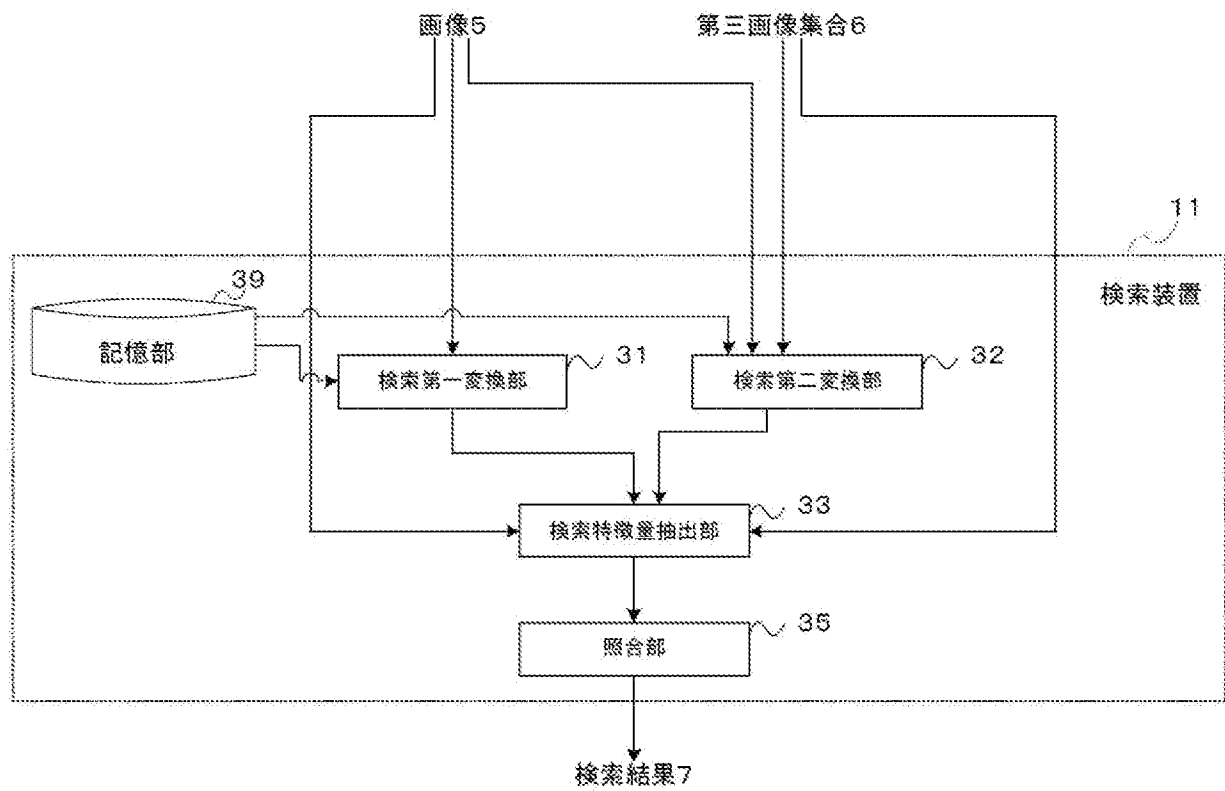
みニューラルネットワーク及び前記第二の畳み込みニューラルネットワークのパラメータを更新するステップと、
を含む学習方法。

[請求項8] コンピュータを、請求項1～請求項3の何れか1項に記載の学習装置、又は請求項4～6の何れか1項に記載の検索装置の各部として機能させるためのプログラム。

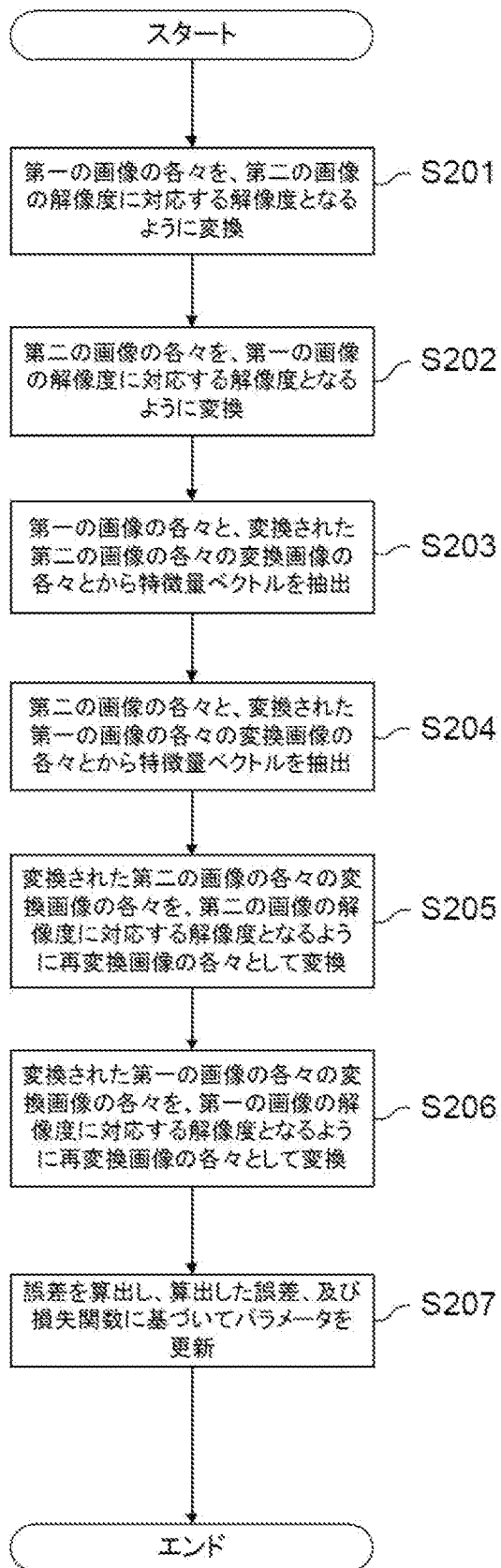
[図1]



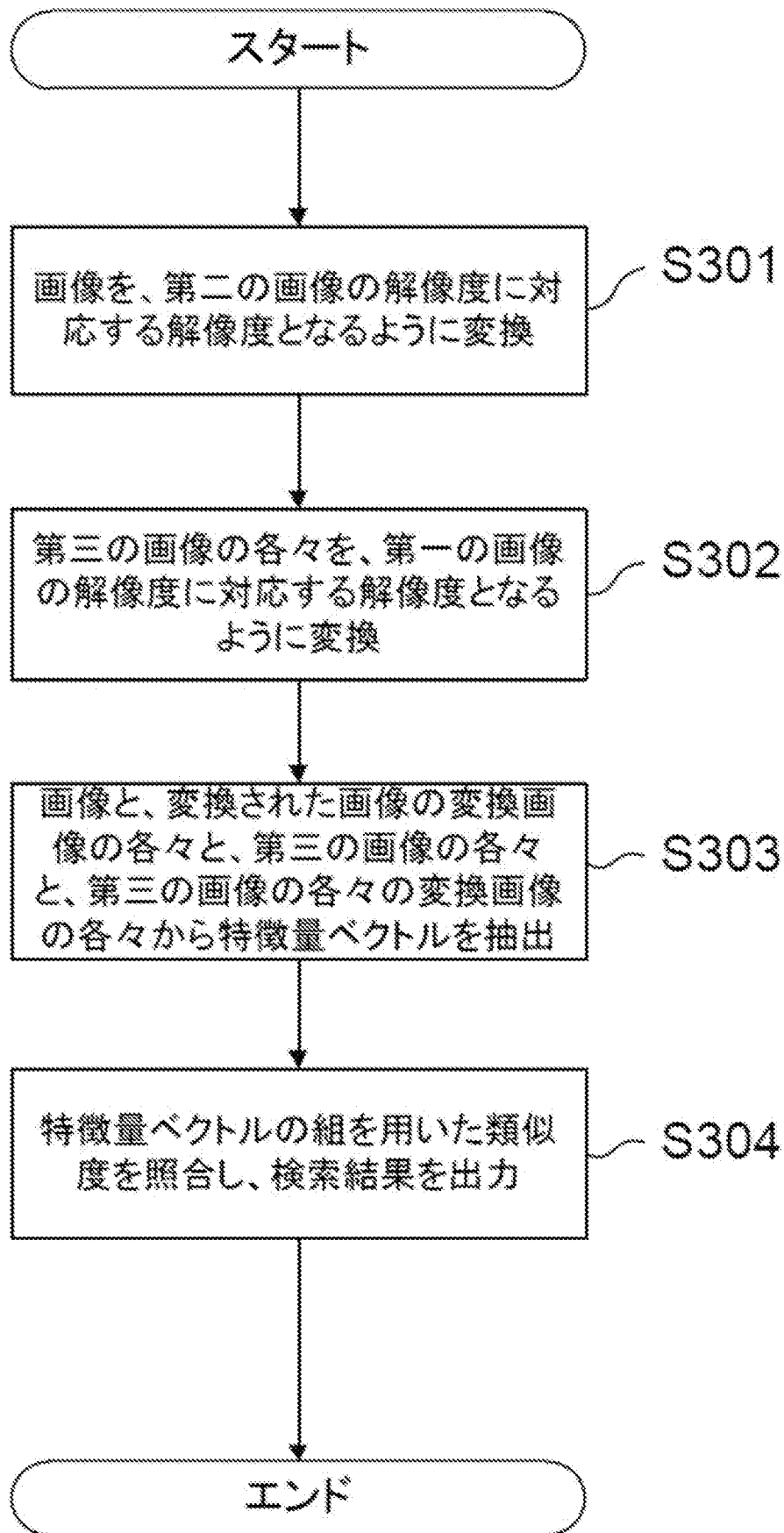
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/020947

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G06T7/00 (2017.01) i, G06F16/56 (2019.01) i, G06N3/08 (2006.01) i,
G06T3/40 (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)

Int.Cl. G06T7/00, G06F16/00-16/958, G06N3/08, G06T3/40

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.
A	JP 6320649 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 09 May 2018 & WO 2018/179338 A1	1-8
A	JP 11-212990 A (TORAY INDUSTRIES, INC.) 06 August 1999 (Family: none)	1-8
A	JP 2000-155833 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 06 June 2000 (Family: none)	1-8

☐ 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
19 July 2019 (19.07.2019)

Date of mailing of the international search report
30 July 2019 (30.07.2019)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06T7/00(2017.01)i, G06F16/56(2019.01)i, G06N3/08(2006.01)i, G06T3/40(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（IPC））

Int.Cl. G06T7/00, G06F16/00-16/958, G06N3/08, G06T3/40

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
A	JP 6320649 B1（三菱電機株式会社）2018.05.09, & W0 2018/179338 A1	1-8
A	JP 11-212990 A（東レ株式会社）1999.08.06,（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2000-155833 A（松下電器産業株式会社）2000.06.06,（ファミリーなし）	1-8

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

19.07.2019

国際調査報告の発送日

30.07.2019

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）

甲斐 哲雄

5N

9750

電話番号 03-3581-1101 内線 3586