

(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  
2016年5月19日(19.05.2016)



(10) 国際公開番号  
WO 2016/076026 A1

- (51) 国際特許分類:  
G06N 99/00 (2010.01) G06T 3/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/077529
- (22) 国際出願日: 2015年9月29日(29.09.2015)
- (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 2014-231089 2014年11月13日(13.11.2014) JP
- (71) 出願人: みずほ情報総研 株式会社(MIZUHO INFORMATION & RESEARCH INSTITUTE, INC.) [JP/JP]; 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 永田 毅(NAGATA, Takeshi); 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研 株式会社 内 Tokyo (JP). 前川 秀正(MAEKAWA, Hidemasa); 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研 株

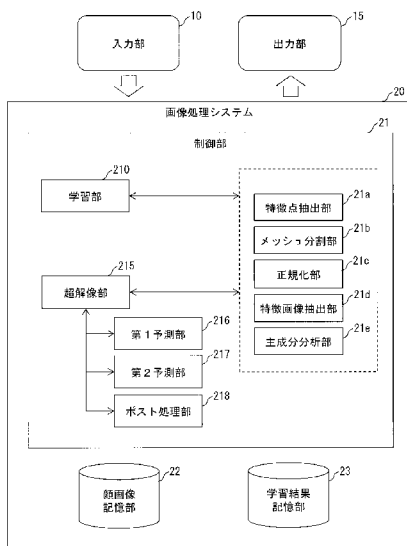
式会社 内 Tokyo (JP). 水谷 麻紀子(SUITANI, Makiko); 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研 株式会社 内 Tokyo (JP). 友澤 弘充(TOMOZAWA, Hiromitsu); 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研 株式会社 内 Tokyo (JP). 松崎 和敏(MATSUZAKI, Kazutoshi); 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研 株式会社 内 Tokyo (JP). 佐野 碧(SANO, Akira); 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研 株式会社 内 Tokyo (JP). 萩原 透(HAGIWARA, Toru); 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研 株式会社 内 Tokyo (JP). 檜作 彰良(HIZUKURI, Akiyoshi); 〒1018443 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研 株式会社 内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 恩田 誠, 外(ONDA, Makoto et al.); 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目12番地1 Gifu (JP).

[続葉有]

(54) Title: SYSTEM, METHOD, AND PROGRAM FOR PREDICTING INFORMATION

(54) 発明の名称: 情報を予測するためのシステム、方法及びプログラム



(57) Abstract: A system provided with a learning subject storage unit for storing a subject to be learned, a learning result storage unit for storing the result of learning, and a control unit connected to an input unit. The control unit calculates the main component coefficient vector of a first feature vector of an object to be processed that is designated by the input unit, calculates the main component coefficient vector of a second feature vector using a main component base vector stored in the learning result storage unit, and calculates the second feature vector of the object to be processed using the main component coefficient vector of the second feature vector.

(57) 要約: システムは、学習対象を記憶する学習対象記憶部と、学習結果を記憶する学習結果記憶部と、入力部に接続された制御部とを備える。制御部は、前記入力部によって指定された処理対象の第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、前記学習結果記憶部に記憶された主成分基底ベクトルを用いて、第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、前記第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを用いて、前記処理対象の第2の特徴ベクトルを算出する。

- 10 Input unit
- 15 Output unit
- 20 Image processing system
- 21 Control unit
- 21a Feature point extraction unit
- 21b Mesh dividing unit
- 21c Normalization unit
- 21d Feature image extraction unit
- 21e Main component analysis unit
- 22 Face image storage unit
- 23 Learning result storage unit
- 210 Learning unit
- 215 Super resolution unit
- 216 First prediction unit
- 217 Second prediction unit
- 218 Post-processing unit

WO 2016/076026 A1



(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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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.

MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(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,

## 明 細 書

発明の名称：

情報を予測するためのシステム、方法及びプログラム

### 技術分野

[0001] 本開示は、第1の特徴ベクトルに基づいて、第2の特徴ベクトルを予測するためのシステム、方法及びプログラムに関する。

### 背景技術

[0002] 2つの情報の間の関係を学習し、処理対象情報に対して、この学習結果を利用して、新たな情報を予測する場合がある。例えば、超解像技術においては、低解像度の原画像から高解像度の画像を生成する。この超解像技術は、ディスプレイ装置の高解像度化に伴って注目されており、各種機器等で採用されつつある。この超解像技術においては、失われた高周波成分を類推する。例えば、ある画像データのピクセルサイズを縦横に拡大する場合、隣り合う2つのピクセルの中間値を算出して、該中間値のピクセルによって、それらのピクセルの間を埋める。この算出方法では失われた高周波成分が再現されず、拡大画像の境界線は曖昧である。一方、超解像技術では、ピクセルのパターンを解析して、適切と思われるピクセルを算出し、算出したピクセルで元画像の隣接するピクセル同士の間を埋めることで、高周波成分を類推する。

[0003] 超解像技術においては、パッチ超解像と、高周波成分予測とを組み合わせる（例えば、非特許文献1参照）。この文献に記載された技術では、低周波成分から高周波成分を予測する手法として、低周波と高周波をPCAで次元を削減し、高解像画像を回帰分析で予測する。この場合、ポスト処理としてバイラテラルフィルタを用いている。

[0004] また、少ないハードウェアリソースで高速に処理する技術も検討されている（例えば、特許文献1参照）。この文献に記載された技術では、まず、処理対象とする画像をシーンに分ける。シーンに適合する辞書テーブルを用い

て、辞書に対するツリー検索によって、失われた高周波成分を類推する。辞書テーブルの検索を高速化するため、主成分分析を用いて、検索キーとして用いるインデックスビットマップをスカラ値である第一主成分及び第二主成分に変換すると共に、第一主成分と第二主成分とでグルーピングを行ない、その平均値を算出する。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-26659号公報

## 非特許文献

[0006] 非特許文献1：Columbia University, Wei Liu 1, 他「Hallucinating Faces: Tensor Patch Super-Resolution and Coupled Residue Compensation」、[online]、Columbia University、[平成26年9月23日検索]、インターネット<[http://www.ee.columbia.edu/~wliu/CVPR05\\_LiuWei1.pdf](http://www.ee.columbia.edu/~wliu/CVPR05_LiuWei1.pdf)>

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0007] 上述のように、超解像技術において、高速化、高画質化のための各種試行が行われている。しかしながら、非特許文献1に記載の技術においては、主成分分析が行なわれているが、高解像画像は回帰分析により予測している。この場合、低解像と高解像との間の関係を、主成分係数毎に独立に回帰学習すると、良い精度の主成分係数と悪い精度の主成分係数とが混在してしまうため、全体的な精度に課題が生じる場合がある。

[0008] また、特許文献1に記載の技術においては、辞書データのデータ量削減と、検索高速化とのために主成分分析を行なっているが、主成分係数の分散は考慮されていない。

本開示の目的は、第1の情報すなわち特徴ベクトルに基づいて、第2の情報すなわち特徴ベクトルを効率的に予測するためのシステム、方法及びプログラムを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一態様では、情報を予測するためのシステムを提供する。該システムは、学習対象を記憶する学習対象記憶部と、学習結果を記憶する学習結果記憶部と、入力部に接続された制御部とを備える。前記制御部は、前記学習対象記憶部に記憶された学習対象毎に、第1の特徴ベクトル及び第2の特徴ベクトルを算出し、前記第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルと第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルとを、前記主成分係数ベクトルのばらつきを表わす指標で除算することによって行ベクトルを生成し、すべての学習対象の前記行ベクトルを用いて、主成分分析を行なうことにより、第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルと第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルとから主成分基底ベクトルを生成し、前記主成分基底ベクトルを前記第1の特徴ベクトルの平均ベクトル及び第2の特徴ベクトルの平均ベクトルとともに前記学習結果記憶部に記憶する学習処理を実行する。また、前記制御部は、前記入力部によって指定された処理対象の第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、前記学習結果記憶部に記憶された前記主成分基底ベクトルを用いて、第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、前記第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを用いて、前記処理対象の第2の特徴ベクトルを算出する予測処理を実行する。これにより、効率的かつ的確に第2の特徴ベクトルを予測することができる。

[0010] 一実施形態では、前記制御部は、前記主成分基底ベクトルと前記第1の特徴ベクトルの成分とを直交化して、前記学習結果記憶部に記憶することができる。これにより、直交化を利用して、計算を高速化することができる。

[0011] 一実施形態では、前記制御部は、算出した高解像情報（第2の特徴ベクトル）を圧縮し、圧縮した高解像情報と前記処理対象の低解像情報（第1の特徴ベクトル）との差分を算出し、前記差分を基準値と比較し、前記差分が前

記基準値より大きい場合、前記差分を拡大して、拡大した差分を前記高解像情報から差し引く、ポスト処理を実行することができる。これにより、予測時に生じた誤差を是正することができる。

[0012] 一実施形態では、前記ばらつきを表わす指標は、前記主成分係数ベクトルの標準偏差とすることができる。これにより、各係数のスケールが同等になり、主成分分析のメリットを活かすことができる。

[0013] 別の態様では、前記システムを用いて情報を予測するための方法を提供する。

さらに別の態様では、前記システムを用いて情報を予測するためのプログラムが記憶されている非一時的なコンピュータ可読記憶媒体を提供する。

### 発明の効果

[0014] 本開示によれば、第1の特徴ベクトルに基づいて、第2の特徴ベクトルを効率的に予測することができる。

### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]本実施形態の画像処理システムの説明図。

[図2]図1のシステムの処理手順の説明図であって、(a)は第1の学習処理の説明図、(b)は第2の学習処理の説明図。

[図3]図1のシステムの処理手順の説明図。

[図4]図1のシステムの処理手順の説明図。

[図5]図1のシステムの超解像処理の処理手順の概要の説明図。

[図6]図1のシステムの処理手順の説明図。

[図7]図1のシステムの処理手順の説明図。

[図8]図1のシステムの処理手順の説明図。

[図9]図1のシステムの処理手順の説明図。

[図10]図1のシステムの利点の説明図。

[図11]図1のシステムの利点の説明図。

[図12]図1のシステムの利点の説明図。

[図13]図1のシステムの利点の説明図。

[図14]図1のシステムの利点の説明図。

### 発明を実施するための形態

[0016] 以下、本開示を具体化したシステムの一実施形態を図1～図14に従って説明する。本実施形態では、顔画像の解像度を上げる超解像技術に適用する場合を説明する。

図1に示すように、本実施形態では、画像処理システム20を用いる。この画像処理システム20には、入力部10、出力部15が接続されている。入力部10は、キーボードやポインティングデバイスにより構成され、担当者によって入力された情報を取得する。出力部15は、ディスプレイにより構成され、各種情報を出力する。

[0017] 画像処理システム20は、超解像処理を行なうためのコンピュータシステムである。この画像処理システム20は、制御部21、学習対象記憶部としての顔画像記憶部22、学習結果記憶部23を備えている。

[0018] 制御部21は、制御手段(CPU、RAM、ROM等)を備え、後述する処理(学習段階、超解像段階、第1予測段階、第2予測段階、ポスト処理段階、特徴点抽出段階、メッシュ分割段階、正規化段階、特徴画像抽出段階、主成分分析段階等の各処理等)を行なう。そのためのプログラムを実行することにより、制御部21は、図1に示すように、学習部210、超解像部215、第1予測部216、第2予測部217、ポスト処理部218、特徴点抽出部21a、メッシュ分割部21b、正規化部21c、特徴画像抽出部21d、主成分分析部21eとして機能する。

[0019] 学習部210は、高解像画像と、この高解像画像に対応した低解像画像とを用いて、超解像処理に必要な情報を生成する処理を実行する。

超解像部215は、処理対象画像(入力画像)の解像度を上げる超解像処理を実行する。超解像部215は、処理対象画像及び計算途中の画像を記憶するメモリを備えている。

[0020] 第1予測部216は、主成分ベクトルが直交化されている場合に、高解像パッチの最適解を算出する処理を実行する。

第2予測部217は、主成分ベクトルが直交化されていない場合に、高解像度パッチの最適解を検索する処理を実行する。第2予測部217は、主成分係数の最適解の検索時に微小移動させる振れ幅に関するデータを保持している。

[0021] ポスト処理部218は、生成した超解像画像を用いて、誤差を調整する処理を実行する。本実施形態では、IBP (iterative back projection) 法を用いる。このポスト処理部218は、超解像結果の妥当性を判定するための閾値に関するデータを保持している。

[0022] 特徴点抽出部21aは、処理対象画像において、特徴点を抽出する処理を実行する。本実施形態では、パターン認識により、顔画像を代表する特徴点（例えば、顔の輪郭や顔のパーツ位置）を抽出する。

[0023] メッシュ分割部21bは、抽出した特徴点に基づいて、処理対象画像を所定形状のメッシュに分割する処理を実行する。本実施形態では、Delaunay法を用いて、三角形形状のメッシュを生成する。このDelaunay法は、空間内の点を連結して三角形のグループを生成し、その三角形のすべての角に対する最小角度が最大になるようにする手法である。

[0024] 正規化部21cは、処理対象画像における特徴点が、予め定められた位置に配置されるようにメッシュを変形する処理を実行する。本実施形態では、予め定められた位置として平均顔の配置を用いる。このため、正規化部21cは、平均顔の配置パターンに関するデータを予め保持している。更に、正規化部21cは、変形させたメッシュを元に戻す処理を実行する。このため、正規化部21cは、正規化のために変形させたときの変換情報を記憶する。

[0025] 特徴画像抽出部21dは、正規化した処理対象画像から超解像画像を生成するために必要な特徴量を抽出する処理を実行する。本実施形態では、特徴量として、画像の高周波成分を用いる。なお、後述するように、処理対象画像そのもの（元画像）を特徴量として用いることも可能である。

[0026] 主成分分析部21eは、複数のデータにおいて、大きな分散を有する方向



順に直交ベクトルを求める主成分分析処理を実行する。主成分分析部 21 e は、主成分分析処理により、固有値と固有ベクトル（基底ベクトル）とを算出する。ここで、固有値は分散を示す。また、基底ベクトルは、大きな分散を有する方向順に並べられる。下位の主成分ほど情報が少ないので、一定の累積寄与率（正規化固有値の累積）に達した時点で以降のベクトルを足切りすること、すなわち、考慮から除くことにより、次元を限定して計算負荷を軽減することができる。

[0027] 次に、各記憶部が記憶する情報を説明する。

顔画像記憶部 22 は、学習に用いる顔画像（学習対象）に関する学習用画像データを記憶する。この学習画像データは、超解像処理のための学習に用いるデータが登録された場合に記憶される。この顔画像データには、データ番号に関連付けられて、複数の顔画像が記憶されている。

[0028] 学習結果記憶部 23 は、カップリング学習によって生成された主成分基底ベクトルと平均ベクトルとを記憶する。ここで、 $i$  番目の結合パッチベクトルの平均ベクトルは以下のように表現することができる。

[0029] [数1]

$$\bar{p}_i^{(m)} \quad i \text{ 番目の結合パッチベクトルの平均ベクトル}$$

また、 $i$  番目の結合パッチベクトルの、 $n$  番目の主成分の主成分基底ベクトルは、以下のように表現することができる。

[0030] [数2]

$$\vec{u}_{in}^{(m)} \quad i \text{ 番目の結合パッチベクトルの } n \text{ 番目の主成分基底ベクトル}$$

以下、上記画像処理システム 20 において、超解像画像を生成する場合の処理を説明する。この処理は、学習処理と超解像処理とから構成される。

[0031] （学習処理）

まず、図 2 を用いて、学習処理を説明する。この学習処理は、第 1 の学習処理と第 2 の学習処理とを含む。第 1 の学習処理においては、サイズや顔パ

ーツの位置を合わせるように正規化した高解像と低解像との顔画像のペアを生成する。第2の学習処理においては、高解像と低解像との顔画像のペアを、それぞれ所定形状（例えば、四角形）の要素（パッチ）に分割する。パッチ単位で「低解像、高解像」の関係を、主成分分析によりカップリング学習する。

[0032] （第1の学習処理）

まず、図2（a）を用いて、第1の学習処理を説明する。

ここでは、画像処理システム20の制御部21は、顔画像記憶部22に記憶された顔画像データにおいて、順次、処理対象のデータを特定し、以下の処理を繰り返す。

[0033] まず、制御部21は、特徴点抽出処理を実行する（ステップS1-1）。具体的には、制御部21の学習部210は、特徴点抽出部21aを用いて、顔の輪郭や顔パーツの特徴点を特定する。本実施形態では、顔の表情のトラッキングや顔の認識などに主に使われているAAM（Active Appearance Models）法による自動抽出を用いる。このAAM法では、対象物体（人の顔）を有限個の頂点でモデル化し、このモデルを入力画像に対してフィッティングすることで対象物体の特徴点を抽出する。

[0034] 次に、制御部21は、メッシュ分割処理を実行する（ステップS1-2）。具体的には、学習部210は、メッシュ分割部21bを用いて、抽出した特徴点が配置された顔画像をメッシュ分割する。

[0035] 次に、制御部21は、正規化処理を実行する（ステップS1-3）。具体的には、学習部210は、正規化部21cを用いて、各メッシュのグリッドを、予め定められたメッシュ位置（例えば、平均顔）に移動させて、メッシュにより構成される三角形を変形する。これにより、すべての顔画像の特徴点の位置が揃った顔画像データを生成することができる。

[0036] 以上、顔画像記憶部22に記憶されたすべての顔画像データについて終了するまで繰り返す。

（第2の学習処理）

次に、図2(b)を用いて、第2の学習処理を説明する。

[0037] ここでは、まず、制御部21は、処理対象の解像度（低解像、高解像）を特定し、解像度毎に以下の処理を繰り返す。

ここでは、顔画像記憶部22に記憶された顔画像データにおいて、順次、処理対象のデータを特定し、以下の処理を繰り返す。

[0038] まず、制御部21は、ターゲット画像にリサイズ処理を実行する（ステップS2-1）。具体的には、制御部21は、後述するカップリング学習に用いる画像サイズ（低解像画像、高解像画像）に変換する。

[0039] 次に、制御部21は、特徴量抽出処理を実行する（ステップS2-2）。具体的には、学習部210は、特徴画像抽出部21dにより、正規化したターゲット画像から超解像に必要な特徴量を抽出する。この処理の詳細は、後述する。

[0040] 次に、制御部21は、パッチ分割処理を実行する（ステップS2-3）。具体的には、学習部210は、ターゲット画像を、予め定められた数（所定数）のパッチに分割する。本実施形態では、例えば、 $(25 * 25)$ 画素のパッチを生成する。

[0041] 次に、制御部21は、処理対象のパッチを特定し、パッチ毎に以下の処理を繰り返す。

ここでは、制御部21は、行列の作成処理を実行する（ステップS2-4）。具体的には、学習部210は、処理対象のパッチについて、2次元パッチデータを生成する。ここでは、処理対象パッチにおけるRGB値を画素毎に並べた2次元パッチデータを生成する。学習部210は、生成した2次元パッチデータを1次元行パッチベクトル $(p_{ij})$ に変換する。ここで、「 $i$ 」はパッチ位置、「 $j$ 」は顔画像データを特定する変数である。学習部210は、1次元行パッチベクトル $(p_{ij})$ を行列 $D_i$ に格納する。

[0042] ここで、低解像パッチに関するデータ行列 $D_i$ は以下のように表現できる。

[0043]

[数3]

$$D_{li} = \begin{bmatrix} \vec{p}_{i1}^{(l)} \\ \vec{p}_{i2}^{(l)} \\ \vec{p}_{i3}^{(l)} \\ \vdots \end{bmatrix}$$

また、高解像パッチに関するデータ行列  $D_{hi}$  は以下のように表現できる

。

[0044] [数4]

$$D_{hi} = \begin{bmatrix} \vec{p}_{i1}^{(h)} \\ \vec{p}_{i2}^{(h)} \\ \vec{p}_{i3}^{(h)} \\ \vdots \end{bmatrix}$$

処理対象の顔画像データにおけるすべてのパッチについての処理を終了するまで繰り返す。

[0045] 以上を、すべての顔画像データについての処理を終了するまで繰り返す。

次に、制御部 21 は、主成分分析処理を実行する（ステップ S2-5）。具体的には、学習部 210 は、主成分分析部 21e を用いて、パッチ毎に、データ行列（ $D_{li}$ 、データ行列  $D_{hi}$ ）を用いて、主成分分析を行なう。

[0046] この場合、低解像については、以下の主成分係数、主成分基底ベクトルが算出される。

[0047] [数5]

$$c_{ijn}^{(l)} \quad \text{データ番号 } j \text{ の } i \text{ 番目の低解像パッチベクトルの } n \text{ 番目の主成分係数}$$

[0048] [数6]

$$\vec{u}_{in}^{(l)} \quad i \text{ 番目の低解像パッチベクトルの } n \text{ 番目の主成分基底ベクトル}$$

また、高解像については、以下の主成分係数、主成分基底ベクトルが算出

される。

[0049] [数7]

$c_{ijn}^{(h)}$  データ番号  $j$  の  $i$  番目の高解像パッチベクトルの  $n$  番目の主成分係数

[0050] [数8]

$\vec{U}_{in}^{(h)}$   $i$  番目の高解像パッチベクトルの  $n$  番目の主成分基底ベクトル

ここで、パッチベクトルの平均ベクトルを以下のように表現する。

[0051] [数9]

$\vec{p}_i^{(l)}$   $i$  番目の低解像パッチベクトルの平均ベクトル

[0052] [数10]

$\vec{p}_i^{(h)}$   $i$  番目の高解像パッチベクトルの平均ベクトル

この場合、低解像の顔画像データ「 $j$ 」の「 $i$ 」番目のパッチベクトルは、以下のように表現できる。

[0053] [数11]

$$\vec{p}_{ij}^{(l)} = \vec{p}_i^{(l)} + \sum_{n=1}^{n_{\max}(i)} c_{ijn} \vec{U}_{in}^{(l)}$$

また、高解像の顔画像データ「 $j$ 」の「 $i$ 」番目のパッチベクトルは、以下のように表現できる。

[0054]

[数12]

$$\vec{p}_{ij}^{(h)} = \bar{p}_i^{(h)} + \sum_{n=1}^{n_{\max}(i)} c_{ijn} \vec{U}_{in}^{(h)}$$

なお、 $n_{\max}(i)$  は、累積寄与率 98% 程度の主成分に制限することで、次元数を 100 程度に削減することができる。

[0055] すべての解像度（低解像画像、高解像画像）についての処理を終了するまで繰り返す。

次に、制御部 21 は、カップリング学習処理を実行する（ステップ S 2-6）。具体的には、学習部 210 は、低解像パッチと高解像パッチの主成分係数をマージしたベクトルについて、再度、パッチ毎に主成分分析を行なうことで相関を学習する。この処理の詳細は、後述する。

[0056] （特徴量抽出処理）

次に、図 3 を用いて、特徴量抽出処理（ステップ S 2-2）を説明する。

まず、制御部 21 は、元画像の縮小処理を実行する（ステップ S 3-1）。具体的には、制御部 21 の特徴画像抽出部 21d は、処理対象の顔画像を圧縮してサイズを縮小化する。これにより、顔画像の高周波成分が切り捨てられる。

[0057] 次に、制御部 21 は、低周波成分の算出処理を実行する（ステップ S 3-2）。具体的には、特徴画像抽出部 21d は、縮小化した顔画像データを、元のサイズに拡大する。この場合、元のサイズで、低周波成分からなる画像データ（低周波成分画像）が生成される。

[0058] 次に、制御部 21 は、高周波成分の算出処理を実行する（ステップ S 3-3）。具体的には、特徴画像抽出部 21d は、元の顔画像から低周波成分画像を差し引くことにより、高周波成分を抜き出す。

[0059] （カップリング学習処理）

次に、図4を用いて、カップリング学習処理を説明する。ここでは、低解像パッチの主成分係数と、高解像パッチの主成分係数を結合して一つの行ベクトル（1次元ベクトル）を生成する。生成した行ベクトルを行列に格納し、再度、主成分分析を行なう。低解像パッチの情報と高解像パッチの情報を結合して主成分分析を行なうことで、低解像パッチと高解像パッチの間の関係を学習する。

[0060] まず、制御部21は、行ベクトルの生成処理を実行する（ステップS4-1）。具体的には、学習部210は、低解像パッチの主成分係数と、高解像パッチの主成分係数を結合したベクトルP(m)ijを生成する。

[0061] [数13]

$$\vec{p}_{ij}^{(m)} = \left( \frac{c_{ij0}^{(l)}}{s_{i0}^{(l)}}, \frac{c_{ij1}^{(l)}}{s_{i1}^{(l)}}, \dots, \frac{c_{ijn_{\max}(l,i)}^{(l)}}{s_{in_{\max}(l,i)}^{(l)}}, \frac{c_{ij0}^{(h)}}{s_{i0}^{(h)}}, \frac{c_{ij1}^{(h)}}{s_{i1}^{(h)}}, \dots, \frac{c_{ijn_{\max}(h,i)}^{(h)}}{s_{in_{\max}(h,i)}^{(h)}} \right)$$

ここで、「S in」は、以下のスケーリングファクターである。

[0062] [数14]

$$s_{in}^{(l)} \quad i \text{ 番目の低解像パッチベクトルの } n \text{ 番目の主成分係数のスケーリングファクター}$$

[0063] [数15]

$$s_{in}^{(h)} \quad i \text{ 番目の高解像パッチベクトルの } n \text{ 番目の主成分係数のスケーリングファクター}$$

このスケーリングファクターS inには、i番目の低解像パッチベクトルのn番目の主成分係数Cijnの標準偏差を用いる。

[0064] 次に、制御部21は、行列の生成処理を実行する（ステップS4-2）。具体的には、学習部210は、1次元行パッチベクトルPijを用いて、結合パッチベクトルのデータ行列Dmiを生成する。このデータ行列Dmiは、以下のように表現できる。

[0065]

[数16]

$$D_{mi} = \begin{bmatrix} \vec{p}_{i1}^{(m)} \\ \vec{p}_{i2}^{(m)} \\ \vec{p}_{i3}^{(m)} \\ \vdots \end{bmatrix}$$

次に、制御部 2 1 は、パッチ毎の主成分分析処理を実行する（ステップ S 4 - 3）。具体的には、制御部 2 1 の主成分分析部 2 1 e は、データ行列  $D_{mi}$  を用いて、主成分分析を行なう。

[0066] この場合、以下の主成分係数、主成分基底ベクトルが算出される。

[0067] [数17]

$$c_{ijn}^{(m)} \quad \text{データ番号 } j \text{ の } i \text{ 番目の結合パッチベクトルの } n \text{ 番目の主成分係数}$$

[0068] [数18]

$$\vec{U}_{in}^{(m)} \quad i \text{ 番目の結合パッチベクトルの } n \text{ 番目の主成分基底ベクトル}$$

ここで、主成分基底ベクトル  $U_{in}$  は、以下のように表現できる。

[0069] [数19]

$$\vec{U}_{in}^{(m)} = \{ \vec{U}_{in}^{(m,l)} \vec{U}_{in}^{(m,h)} \}$$

[0070] [数20]

$$\vec{U}_{in}^{(m,l)} \quad \vec{U}_{in}^{(m)} \text{ のうち前半の低解像部分}$$

[0071] [数21]

$$\vec{U}_{in}^{(m,h)} \quad \vec{U}_{in}^{(m)} \text{ のうち後半の高解像部分}$$

次に、制御部 2 1 は、直交化処理を実行する（ステップ S 4 - 4）。具体的には、学習部 2 1 0 は、グラムシュミット法で低解像成分（〔数 2 0〕）



を直交化する。この場合、高解像成分（〔数21〕）も、低解像成分における直交化係数を用いて変換する。

[0072] 次に、制御部21は、直交化ベクトルを利用可能かどうかについての判定処理を実行する（ステップS4-5）。具体的には、学習部210は、直交化して、主成分ベクトルの数を「 $n_{\max}(l, i)$ 」個に制限しても、精度上、問題がないかどうかを確認する。具体的には、主成分ベクトルの数を「 $n_{\max}(l, i)$ 」個に制限した場合における、高解像主成分ベクトルの累積寄与率を算出する。この累積寄与率が所定値（例えば、98%）に達している場合には、直交化ベクトルを利用可能と判定する。

[0073] 精度上の問題がなく、直交化ベクトルを利用可能と判定した場合（ステップS4-5において「YES」の場合）、制御部21は、直交化した結合ベクトル、平均ベクトルの記憶処理を実行する（ステップS4-6）。具体的には、学習部210は、直交化した結合ベクトル、平均ベクトルを、学習結果記憶部23に記憶する。

[0074] 一方、精度上の問題があり、直交化ベクトルを利用不可と判定した場合（ステップS4-5において「NO」の場合）、制御部21は、元の結合ベクトル、平均ベクトルの記憶処理を実行する（ステップS4-7）。具体的には、学習部210は、元の結合ベクトル、平均ベクトルを、学習結果記憶部23に記憶する。

[0075] ここで、結合パッチベクトルの平均ベクトルを以下のように表現する。

[0076] [数22]

$$\bar{p}_i^{(m)} \quad i \text{ 番目の結合パッチベクトルの平均ベクトル}$$

この場合、データ「j」の「i」番目の1次元行パッチベクトル $P_{ij}$ は、以下のように表現できる。

[0077]

[数23]

$$\vec{p}_{i,j}^{(m)} = \vec{p}_i^{(m)} + \sum_{n=1}^{n_{\max}(m,i)} c_{i,j,n}^{(m)} \vec{U}_{in}^{(m)}$$

[0078] [数24]

$$\vec{U}_{in}^{(m)} = \{ \vec{U}_{in}^{(m,l)} \vec{U}_{in}^{(m,h)} \}$$

(超解像処理)

次に、図5～図9を用いて、超解像処理を説明する。

[0079] まず、図5を用いて、超解像処理の概要を説明する。

入力画像から、低解像パッチの主成分係数からなるパッチベクトルV10を取得する。学習結果記憶部23から、結合パッチベクトルの主成分基底ベクトルの低解像部分V21と、結合パッチベクトルの平均ベクトルの低解像部分V22とを取得する。パッチベクトルV10を、平均ベクトルの低解像部分V22、主成分基底ベクトルの低解像部分V21で表現するための主成分係数Cijを算出する。

[0080] 学習結果記憶部23から、結合パッチベクトルの主成分基底ベクトルの高解像部分V31と、結合パッチベクトルの平均ベクトルの高解像部分V32とを取得する。算出した主成分係数Cij、主成分基底ベクトルの高解像部分V31、平均ベクトルの高解像部分V32を用いて、入力画像の超解像を生成する。

[0081] 次に、図6を用いて、具体的に超解像処理を説明する。

まず、制御部21は、顔画像入力処理を実行する(ステップS5-1)。具体的には、制御部21の超解像部215は、入力部10によって指定された入力画像を取得する。

[0082] 次に、制御部21は、顔特徴点抽出処理を実行する(ステップS5-2)。具体的には、超解像部215は、特徴画像抽出部21dを用いて、ステッ

プS 1-1と同様に、特徴点を抽出する。

[0083] 次に、制御部21は、メッシュ分割処理を実行する（ステップS5-3）。具体的には、超解像部215は、メッシュ分割部21bを用いて、ステップS1-2と同様に、顔画像をメッシュ分割する。

[0084] 次に、制御部21は、正規化処理を実行する（ステップS5-4）。具体的には、超解像部215は、ステップS1-3と同様に、各メッシュのグリッドを、予め定められたメッシュ位置（例えば、平均顔）に移動させて、メッシュにより構成される三角形を変形する。

[0085] 次に、制御部21は、特徴量抽出処理を実行する（ステップS5-5）。具体的には、超解像部215は、特徴画像抽出部21dにより、ステップS2-2と同様に、正規化した入力画像から超解像に必要な特徴量を抽出する。

[0086] 次に、制御部21は、パッチ分割処理を実行する（ステップS5-6）。具体的には、超解像部215は、ステップS2-3と同様に、予め定められた数（所定数）のパッチに分割する。

[0087] 次に、制御部21は、処理対象のパッチを特定し、パッチ毎に以下の処理を繰り返す。

ここでは、制御部21は、超解像パッチの予測処理を実行する（ステップS5-7）。具体的には、超解像部215は、超解像パッチについて、第1の予測処理又は第2の予測処理を行なう。ここでは、主成分ベクトルが直交化されている場合には、第1の予測処理を行ない、主成分ベクトルが直交化されていない場合には、第2の予測処理を行なう。この処理の詳細は後述する。

[0088] 以上、処理対象画像のすべてのパッチの処理を終了するまで繰り返す。

次に、制御部21は、ポスト処理を実行する（ステップS5-8）。この処理の詳細は後述する。

[0089] 次に、制御部21は、正規化画像を元画像の形状に戻す処理を実行する（ステップS5-9）。具体的には、超解像部215は、各メッシュのグリッ

ドを、ステップS 5 - 4の移動方向とは逆方向に移動させることにより、各メッシュのグリッドの配置を元に戻す。

[0090] (第1の予測処理)

図7を用いて、超解像パッチについて、第1の予測処理を説明する。この処理は、主成分ベクトルが直交化されており、より高速に処理したい場合に行なわれる。

[0091] まず、制御部21は、内積処理を実行する(ステップS 6 - 1)。具体的には、制御部21の第1予測部216は、以下の式を用いて、内積を算出する。

[0092] [数25]

$$c_{i,t,n}^{(m)} = \vec{p}_{i,t}^{(l)} \cdot \vec{U}_{in}^{(m,l)}$$

ここで、 $U_{in}$ 、 $P_{it}$ は、以下のとおりである。

[0093] [数26]

$$\vec{U}_{in}^{(m,l)} \quad \text{直交された結合主成分ベクトルの低解像部分}$$

[0094] [数27]

$$\vec{p}_{i,t}^{(l)} \quad \text{入力から求めた低解像パッチ係数ベクトル}$$

次に、制御部21は、高解像パッチの計算処理を実行する(ステップS 6 - 2)。具体的には、第1予測部216は、以下の式を用いて、各パッチにおいて高解像パッチ係数ベクトルを生成し、超解像部215のメモリに記憶する。

[0095] [数28]

$$\vec{p}_{i,t}^{(m,h)} = \vec{p}_i^{(m,h)} + \sum_{n=1}^{n_{\max}(m,i)} c_{i,t,n}^{(m)} \vec{U}_{in}^{(m,h)}$$

(第2の予測処理)

図8を用いて、超解像パッチについて、第2の予測処理を説明する。この処理は、主成分ベクトルが直交化されていない場合や、 $n \max(i, i)$ 以上の主成分ベクトルを考慮したい場合に行なわれる。

[0096] まず、主成分分析による低解像パッチ係数ベクトルの算出処理を実行する(ステップS7-1)。具体的には、超解像部215は、主成分分析部21eを用いて、低解像パッチ係数ベクトルを算出する。

[0097] [数29]

$\vec{p}_{i,t}^{(l)}$  入力から求めた低解像パッチ係数ベクトル

次に、制御部21は、主成分係数の仮設定処理を実行する(ステップS7-2)。具体的には、制御部21の第2予測部217は、ステップS6-1と同様に、内積を算出することにより、入力画像(データ番号:t)の主成分係数 $C_{i,t,n}$ を算出する。なお、主成分ベクトルが直交化されていないため、算出した主成分係数 $C_{i,t,n}$ を初期値として仮設定し、後述する最適解検索を行なう。

[0098] 次に、制御部21は、仮設定した主成分係数による低解像パッチ係数ベクトルの算出処理を実行する(ステップS7-3)。具体的には、第2予測部217は、学習結果記憶部23から、以下の平均ベクトル、主成分基底ベクトルを取得する。

[0099] [数30]

$\vec{p}_i^{(m,l)}$   $\vec{p}_i^{(m)}$ のうち前半の低解像部分

[0100] [数31]

$\vec{U}_{in}^{(m,l)}$   $\vec{U}_{in}^{(m)}$ のうち前半の低解像部分

この場合、入力画像(データ番号:t)の低解像画像の各パッチにおける

結合ベクトルの低解像成分（低解像パッチ係数ベクトル）は、仮設定された主成分係数  $C_{i, t, n}$  を用いて、以下のように表現される。

[0101] [数32]

$$\vec{p}_{i,t}^{(m,l)} = \vec{p}_i^{(m,l)} + \sum_{n=1}^{n_{\max}(m,i)} c_{i,t,n}^{(m)} \vec{U}_{in}^{(m,l)}$$

[0102] [数33]

$\vec{p}_{i,t}^{(m,l)}$  低解像パッチの主成分係数と、高解像パッチの主成分係数を結合したベクトルのうち、前半の低解像部分

次に、制御部 21 は、差分の算出処理を実行する（ステップ S7-4）。具体的には、第2予測部 217 は、ステップ S7-1 において算出した低解像パッチ係数ベクトルと、ステップ S7-3 において算出した低解像パッチ係数ベクトルとの差分を、以下の式を用いて算出する。

[0103] [数34]

$$E = \left| \vec{p}_{i,t}^{(m,l)} - \vec{p}_{i,t}^{(l)} \right|$$

第2予測部 217 は、算出した差分を、仮設定した低解像パッチ係数ベクトルに関連付けて、メモリに仮記憶する。

[0104] 次に、制御部 21 は、繰り返し終了かどうかについての判定処理を実行する（ステップ S7-5）。具体的には、第2予測部 217 は、差分が最小値となった場合、繰り返し終了と判定する。

[0105] 差分が未だ減少傾向にあり、繰り返し終了でないと判定した場合（ステップ S7-5 において「NO」の場合）、制御部 21 は、仮設定された主成分係数を勾配の低い方向に微小な振れ幅で位置移動させて、ステップ S7-3 以降の処理を繰り返す。

[0106] 一方、差分が増加傾向に反転し、繰り返し終了と判定した場合（ステップ S7-5 において「YES」の場合）、制御部 21 は、差分の最小値の主成分係数の特定処理を実行する（ステップ S7-6）。具体的には、第2予測

部 2 1 7 は、差分が最小値となる主成分係数を特定する。

[0107] 次に、制御部 2 1 は、高解像パッチの計算処理を実行する（ステップ S 7 - 7）。具体的には、第 2 予測部 2 1 7 は、学習結果記憶部 2 3 から、以下の平均ベクトル、主成分基底ベクトルを取得する。

[0108] [数35]

$$\vec{p}_i^{(m,h)} \quad \vec{p}_i^{(m)} \text{のうち後半の高解像部分}$$

[0109] [数36]

$$\vec{U}_{in}^{(m,h)} \quad \vec{U}_{in}^{(m)} \text{のうち後半の高解像部分}$$

第 2 予測部 2 1 7 は、差分が最小値となる主成分係数を、以下の式に適用して、高解像パッチ係数ベクトルを算出し、超解像部 2 1 5 のメモリに記憶する。

[0110] [数37]

$$\vec{p}_{i,t}^{(m,h)} = \vec{p}_i^{(m,h)} + \sum_{n=1}^{n_{\max}(m,i)} c_{i,t,n}^{(m)} \vec{U}_{in}^{(m,h)}$$

(ポスト処理)

図 9 を用いて、ポスト処理を説明する。ここでは、I B P ( i t e r a t i v e b a c k p r o j e c t i o n ) 法を用いることにより、算出した超解像を入力画像のサイズに縮小した場合の画像と、入力画像との誤差を小さくする。

[0111] まず、制御部 2 1 は、超解像結果の取得処理を実行する（ステップ S 8 - 1）。具体的には、超解像部 2 1 5 は、ポスト処理部 2 1 8 により、超解像部 2 1 5 のメモリに記憶された高解像パッチ係数ベクトルからなる画像を呼び出す。

[0112] 次に、制御部 2 1 は、超解像結果の縮小処理を実行する（ステップ S 8 -

2)。具体的には、制御部21のポスト処理部218は、呼び出した超解像画像を、入力画像のサイズに縮小した圧縮画像を生成する。

[0113] 次に、制御部21は、元画像との差分の算出処理を実行する（ステップS8-3）。具体的には、ポスト処理部218は、圧縮画像と入力画像とを比較して差分を算出する。

次に、制御部21は、差分は閾値以下かどうかについての判定処理を実行する（ステップS8-4）。具体的には、ポスト処理部218は、算出した差分と許容できる閾値とを比較する。

[0114] 差分は閾値以下と判定した場合（ステップS8-4において「YES」の場合）、制御部21は、超解像結果の出力処理を実行する（ステップS8-5）。具体的には、ポスト処理部218は、メモリに記憶された超解像画像を、超解像処理結果として出力する。

[0115] 一方、差分は閾値以下でないと判定した場合（ステップS8-4において「NO」の場合）、制御部21は、差分の拡大処理を実行する（ステップS8-6）。具体的には、ポスト処理部218は、算出した差分を、超解像画像の解像度に拡大した差分画像を生成する。

[0116] 次に、制御部21は、超解像結果の補正処理を実行する（ステップS8-7）。具体的には、ポスト処理部218は、メモリに記憶された画像から差分画像を差し引いた画像を生成し、メモリに記憶して更新する。

[0117] 制御部21は、超解像結果の縮小処理（ステップS8-2）以降の処理を繰り返す。

以上、本実施形態によれば、以下に示す利点を得ることができる。

(1) 本実施形態では、低解像画像と高解像画像とを用いて、主成分分析によるカップリング学習を行なう。低解像と高解像との間の関係を、主成分係数毎に独立に回帰分析により学習した場合には、良い精度の主成分係数と悪い精度の主成分係数とが混在してしまうため、全体的な精度に課題が生じる場合がある。一方、本実施形態では、係数ベクトル単位で学習するため、主成分係数全体の精度が一致し、全体的な精度の向上を図ることができる。



- [0118] 画像データベース検索を行なう手法に比べて、累積寄与率が低い主成分ベクトルを足切りして、次元を小さくすることにより、高速に高解像画像を生成することができる。更に、画像データベース検索を行なう手法よりも、データ容量を格段に少なくすることができる。また、複数の画像を用いて学習処理を行なうため、高画質な高解像画像を生成することができる。
- [0119] 図10に示すように、入力画像を拡大した場合、ジャギーが生じているが、本実施形態の超解像処理を行なった超解像結果では、高解像を再現できている。低解像の入力画像の元画像（高解像）である「正解」に近い解像を実現できる。
- [0120] (2) 本実施形態では、制御部21は、特徴量抽出処理を実行する（ステップS2-2）。ここでは、高周波成分を用いて、特徴量を算出し、比較的良好な超解像を実現することができる。
- [0121] 図11に示すように、特徴量を抽出する場合に「元画像」を用いた場合と「高周波成分」を用いた場合とを比較する。低解像度特徴量、高解像特徴量の算出において、いずれにも「元画像」を用いた場合には、輪郭部分にブロックノイズが生じている。一方、低解像度特徴量、高解像特徴量の算出において、いずれかに「高周波成分」を用いた場合には、良好な超解像を実現できている。
- [0122] (3) 本実施形態では、スケーリングファクター $S_{in}$ には、 $i$ 番目の低解像パッチベクトルの $n$ 番目の主成分係数 $C_{ijn}$ の標準偏差を用いる。通常、異なる2つの情報（特徴ベクトル）を結合して主成分分析を行なう場合、結合前の2つの特徴ベクトルの次元の違い（スケールの違い）を多く吸収するため、一方の特徴ベクトルにスケーリングファクターを乗算する。ここで、固定値のスケーリングファクターを用いて主成分分析を行なうと、大きな番号の高周波成分の主成分係数 $C_{ijn}$ は、小さな番号の低周波成分の主成分係数 $C_{ijn}$ の分散にかき消されてしまう。一方、標準偏差で除算してから主成分分析を行なうことにより、各主成分係数のスケールが同等になり、主成分分析のメリットを活かすことができる。

[0123] 図12に示すように、スケーリングファクターを用いない従来法では、超解像画像の劣化が生じているが、本実施形態では、良好な超解像を実現できている。

(4) 本実施形態では、制御部21は、超解像パッチについて、第1の予測処理又は第2の予測処理を実行する。これにより、直交化の状況により、2つの予測処理を使い分けることができる。

[0124] 図13には、第1の予測処理（最適解検索）を用いた場合と、第2の予測処理（直交化）を用いた場合との比較例を示す。両者において、正解画像と超解像画像の差異は、殆ど生じていない。一方、計算時間は、直交化により短縮され、回帰分析と同等な高速処理を実現できる。

[0125] (5) 本実施形態では、制御部21は、ポスト処理を実行する。これにより、誤差を抑制することができる。

図14に示すように、ブロックノイズが生じた場合にも、ポスト処理により、影響を小さくすることができる。

[0126] なお、上記実施形態は、以下の態様に変更してもよい。

・上記実施形態では、第1の特徴ベクトルとして低解像ベクトル、第2の特徴ベクトルとして高解像ベクトルを用いて、顔画像の超解像処理を行なう。超解像処理の対象は、顔画像に限定されるものではなく、形状のパターンを有する対象物を高画質に変換する超解像に適用することができる。この場合には、特定のパターンを有する低解像画像と高解像画像とを用いて、学習処理を行なう。

[0127] 更に、本開示の方法は、超解像だけではなく、第1のベクトルデータから第2のベクトルデータを推定する各種用途に適用することができる。例えば、セグメンテーションにおいては、顕在化された情報から潜在化された情報を抽出する。

[0128] 2次元画像特徴点認識においては、第1の特徴ベクトルとして対象2次元画像、第2の特徴ベクトルとして対象画像の特徴点を用いる。

2次元画像のセグメンテーションにおいては、第1の特徴ベクトルとして

対象 2 次元画像、第 2 の特徴ベクトルとして対象画像のセグメンテーションを用いる。

[0129] 3 次元画像特徴点認識においては、第 1 の特徴ベクトルとして対象 3 次元画像、第 2 の特徴ベクトルとして対象画像の特徴点を用いる。

3 次元画像のセグメンテーションにおいては、第 1 の特徴ベクトルとして対象 3 次元画像、第 2 の特徴ベクトルとして対象画像のセグメンテーションを用いる。

[0130] 以下、情報予測の具体例を挙げる。

例えば、画像のブレ・ボケ除去においては、第 1 特徴ベクトルとして「ブレ・ボケを含む画像ベクトル」、第 2 特徴ベクトルとして「ブレ・ボケを除去した画像ベクトル」を用いる。

[0131] また、防犯カメラ動画解析（アクション予測）においては、第 1 特徴ベクトルとして「予測開始時までの時系列の人物アクションデータ」、第 2 特徴ベクトルとして「予測開始後の人物の時系列の人物アクションデータ」を用いる。

[0132] また、画像以外の情報予測にも応用できる。

例えば、音声の高音質化においては、第 1 特徴ベクトルとして「低音質の音信号」、第 2 特徴ベクトルとして「高音質の音信号」を用いる。ここでは、音信号の信号そのもの、或いは高周波成分を要素とするベクトルを用いる。

[0133] また、気象予測においては、第 1 特徴ベクトルとして「予測開始時までの時系列の気象データ」、第 2 特徴ベクトルとして「予測開始後の時系列の気象データ」を用いる。ここでは、各種気象データ（天候、気圧、気温、湿度、風向き、風速等）を要素とするベクトルを用いる。

[0134] また、経済予測においては、第 1 特徴ベクトルとして「予測開始時までの時系列の株価・経済指標データ」、第 2 特徴ベクトルとして「予測開始後の時系列の株価・経済指標データ」を用いる。ここでは、株価・経済指標データ（各種銘柄の株価、金利、景気、雇用統計、物価上昇率、貿易等）を要素

とするベクトルを用いる。

[0135] また、健康予測においては、第1特徴ベクトルとして「予測開始時までの時系列の生体指標データ」、第2特徴ベクトルとして「予測開始後の時系列の生体指標データ」を用いる。ここでは、各種生体指標（体重、身長、各健康診断値速等）を要素とするベクトルを用いる。

[0136] また、交通量予測においては、第1特徴ベクトルとして「予測開始時までの時系列の交通量に関する指標データ」、第2特徴ベクトルとして「予測開始後の時系列の交通量データ」を用いる。ここでは、各交通量データ（計測地、車両数、車種、車速、行き先等）を要素とするベクトルを用いる。

[0137] また、消費行動予測においては、第1特徴ベクトルとして「予測開始時までの時系列の消費行動データ」、第2特徴ベクトルとして「予測開始後の人物の時系列の消費行動データ」を用いる。ここでは、人物アクションデータ（品名、消費量、各種経済指標等）を要素とするベクトルを用いる。

[0138] ・上記実施形態では、線形の主成分分析を行なうが、非線形なカーネル主成分分析を行なうことも可能である。

・上記実施形態では、スケーリングファクター $S_{in}$ には、 $i$ 番目の低解像パッチベクトルの $n$ 番目の主成分係数 $C_{ijn}$ の標準偏差を用いる。スケーリングファクター $S_{in}$ は標準偏差に限定されるものではなく、主成分係数 $C_{ijn}$ のばらつきを表わす指標を用いることが可能である。

[0139] ・上記実施形態では、スケーリングファクター $S_{in}$ には、 $i$ 番目の低解像パッチベクトルの $n$ 番目の主成分係数 $C_{ijn}$ の標準偏差を用いる。ここで、スケーリングファクター $S_{in}$ は標準偏差に限定されるものではなく、主成分係数 $C_{ijn}$ の分散を表わす統計的変数を用いることが可能である。

## 請求の範囲

- [請求項1] 情報を予測するためのシステムであって、学習対象を記憶する学習対象記憶部と、学習結果を記憶する学習結果記憶部と、入力部に接続された制御部とを備え、
- 前記制御部が、
- 前記学習対象記憶部に記憶された学習対象毎に、第1の特徴ベクトル及び第2の特徴ベクトルを算出し、
- 前記第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルと第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルとを、前記主成分係数ベクトルのばらつきを表わす指標で除算することによって行ベクトルを生成し、
- すべての学習対象の前記行ベクトルを用いて、主成分分析を行なうことにより、第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルと第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルとから主成分基底ベクトルを生成し、
- 前記主成分基底ベクトルを前記第1の特徴ベクトルの平均ベクトル及び第2の特徴ベクトルの平均ベクトルとともに前記学習結果記憶部に記憶する学習処理と、
- 前記入力部によって指定された処理対象の第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、
- 前記学習結果記憶部に記憶された前記主成分基底ベクトルを用いて、第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、
- 前記第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを用いて、前記処理対象の第2の特徴ベクトルを算出する予測処理と
- を実行するように構成されている、システム。
- [請求項2] 前記制御部が、
- 前記主成分基底ベクトルと前記第1の特徴ベクトルの成分とを直交化して、前記学習結果記憶部に記憶するようにさらに構成されている、請求項1に記載のシステム。
- [請求項3] 前記制御部が、

算出した前記第2の特徴ベクトルを変換し、  
変換した前記第2の特徴ベクトルと前記処理対象の前記第1の特徴ベクトルとの差分を算出し、  
前記差分を基準値と比較し、  
前記差分が前記基準値より大きい場合、前記差分を変換して、変換した差分を前記第2の特徴ベクトルから差し引く、ポスト処理を実行するようにさらに構成されている、請求項1又は2に記載のシステム。

[請求項4]

前記制御部が、  
算出した前記第2の特徴ベクトルを圧縮し、  
圧縮した前記第2の特徴ベクトルと前記処理対象の前記第1の特徴ベクトルとの差分を算出し、  
前記差分を基準値と比較し、  
前記差分が前記基準値より大きい場合、前記差分を拡大して、拡大した差分を前記第2の特徴ベクトルから差し引く、ポスト処理を実行するようにさらに構成されている、請求項3に記載のシステム。

[請求項5]

前記ばらつきを表わす指標は、前記主成分係数ベクトルの標準偏差である、請求項1～4のいずれか一項に記載のシステム。

[請求項6]

学習対象を記憶する学習対象記憶部と、学習結果を記憶する学習結果記憶部と、入力部に接続された制御部とを備えたシステムを用いて情報を予測するための方法であって、

前記制御部が、  
前記学習対象記憶部に記憶された学習対象毎に、第1の特徴ベクトル及び第2の特徴ベクトルを算出し、  
前記第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルと第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルとを、前記主成分係数ベクトルのばらつきを表わす指標で除算することによって行ベクトルを生成し、  
すべての学習対象の前記行ベクトルを用いて、主成分分析を行なう

ことにより、第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルと第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルとから主成分基底ベクトルを生成し、

前記主成分基底ベクトルを前記第1の特徴ベクトルの平均ベクトル及び第2の特徴ベクトルの平均ベクトルとともに前記学習結果記憶部に記憶する学習処理を実行することと、

前記入力部によって指定された処理対象の第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、

前記学習結果記憶部に記憶された前記主成分基底ベクトルを用いて、第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、

前記第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを用いて、前記処理対象の第2の特徴ベクトルを算出する予測処理を実行することとを備える方法。

[請求項7]

学習対象を記憶する学習対象記憶部と、学習結果を記憶する学習結果記憶部と、入力部に接続された制御部とを備えたシステムを用いて情報を予測するためのプログラムが記憶されている非一時的なコンピュータ可読記憶媒体であって、

前記プログラムが実行される時、前記制御部が、

前記学習対象記憶部に記憶された学習対象毎に、第1の特徴ベクトル及び第2の特徴ベクトルを算出し、

前記第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルと第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルとを、前記主成分係数ベクトルのばらつきを表わす指標で除算することによって行ベクトルを生成し、

すべての学習対象の前記行ベクトルを用いて、主成分分析を行なうことにより、第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルと第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルとから主成分基底ベクトルを生成し、

前記主成分基底ベクトルを前記第1の特徴ベクトルの平均ベクトル及び第2の特徴ベクトルの平均ベクトルとともに前記学習結果記憶部に記憶する学習処理と、

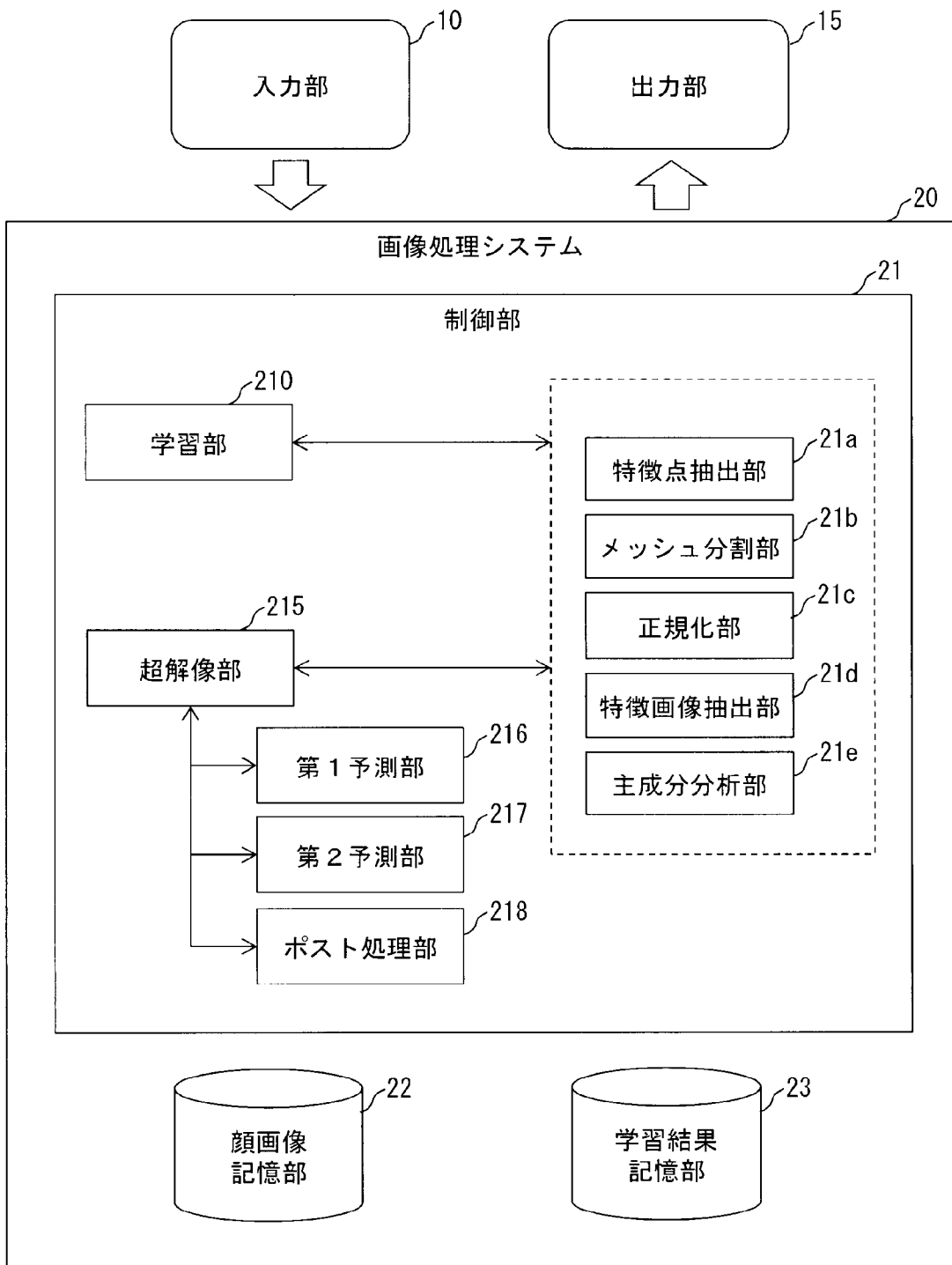
前記入力部によって指定された処理対象の第1の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、

前記学習結果記憶部に記憶された前記主成分基底ベクトルを用いて、第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを算出し、

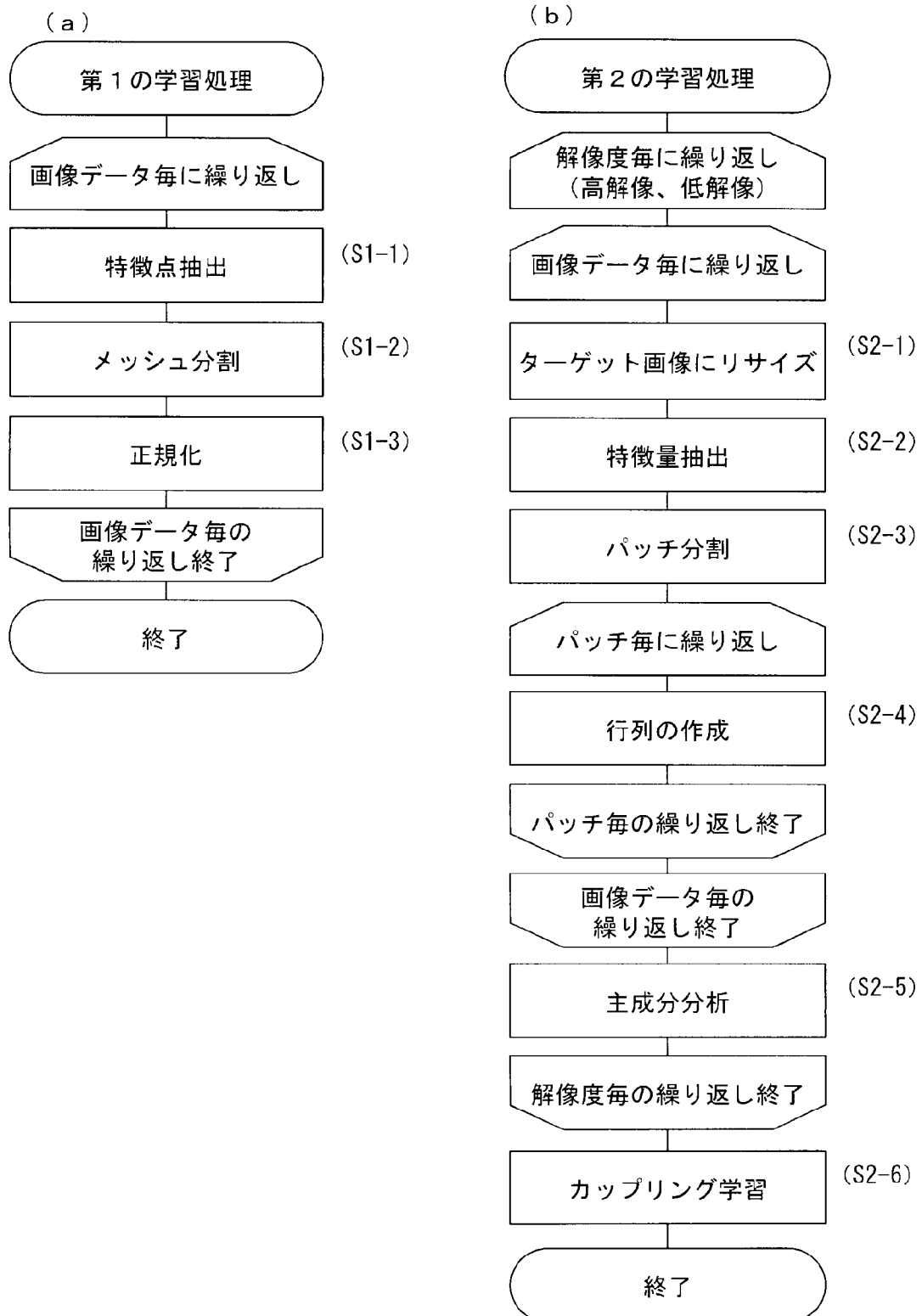
前記第2の特徴ベクトルの主成分係数ベクトルを用いて、前記処理対象の第2の特徴ベクトルを算出する予測処理とを  
実行するように構成されている、媒体。



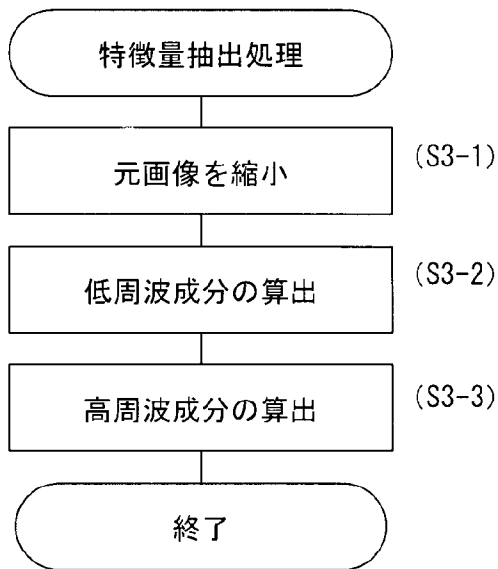
[図1]



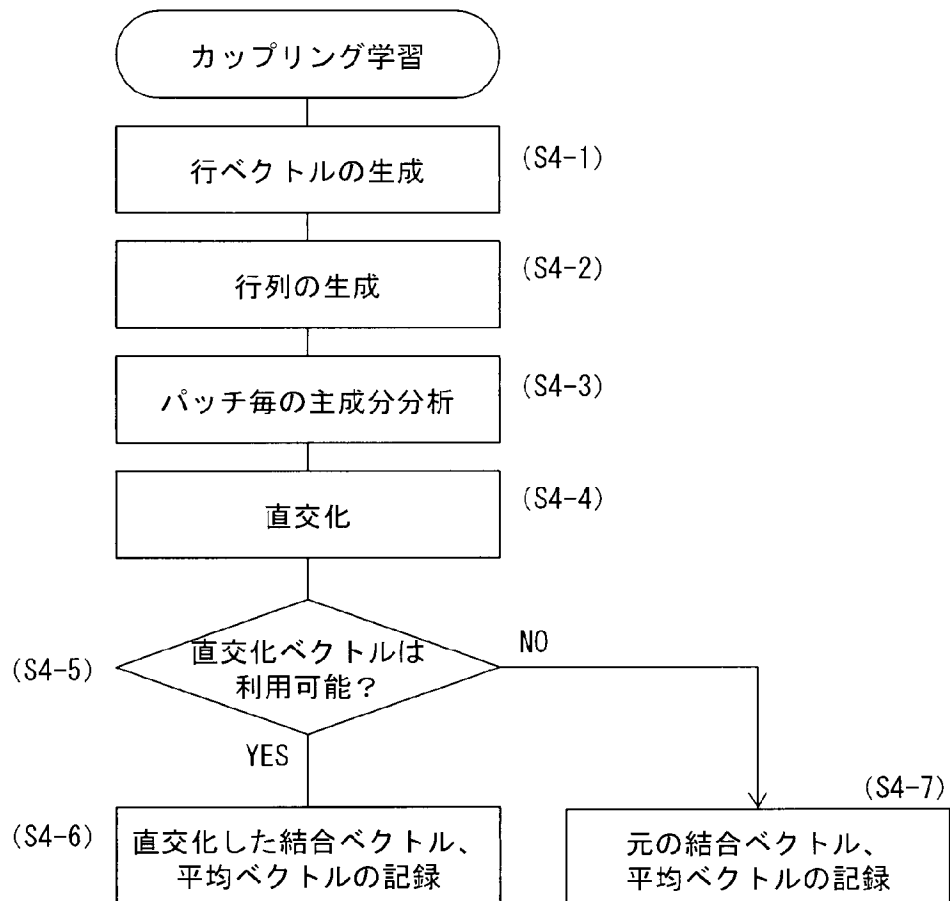
[図2]



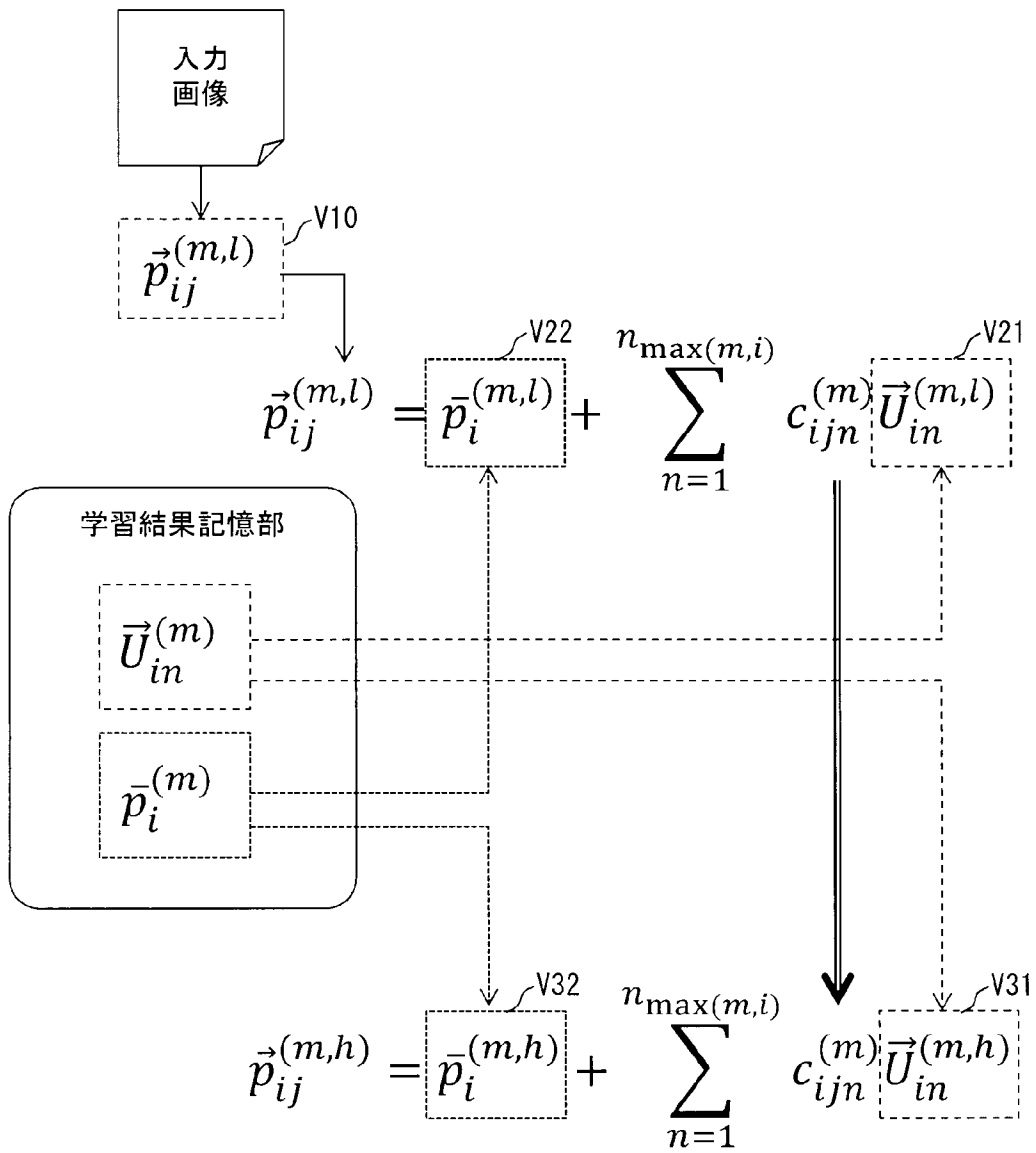
[図3]



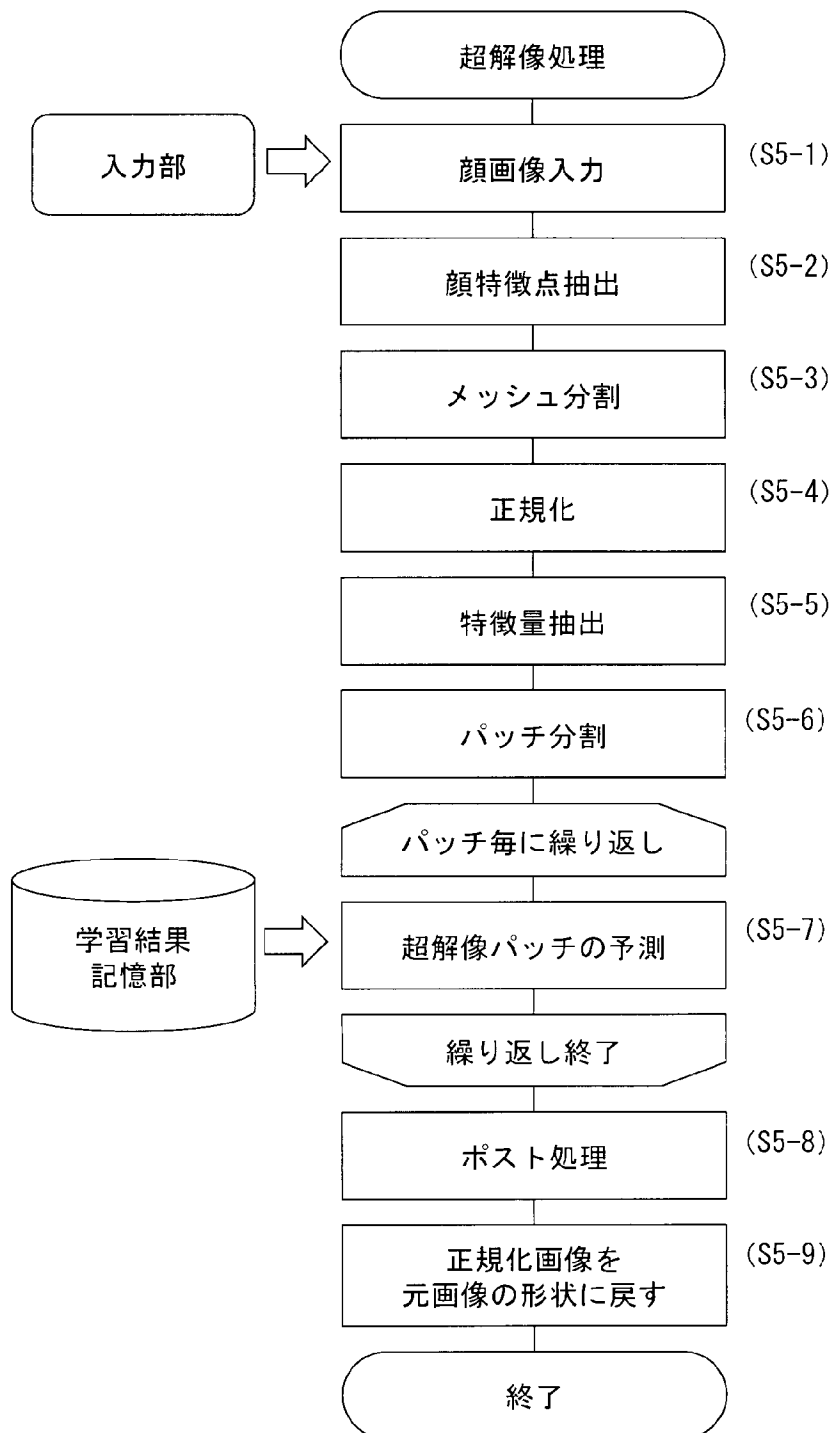
[図4]



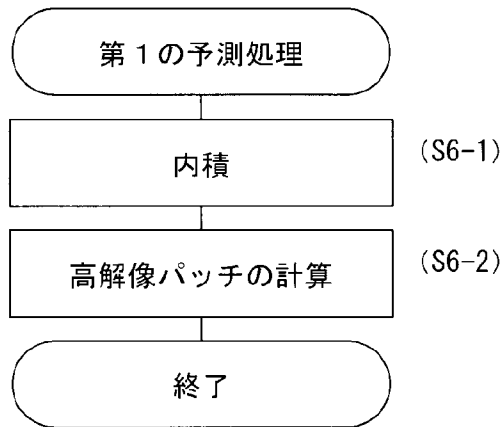
[図5]



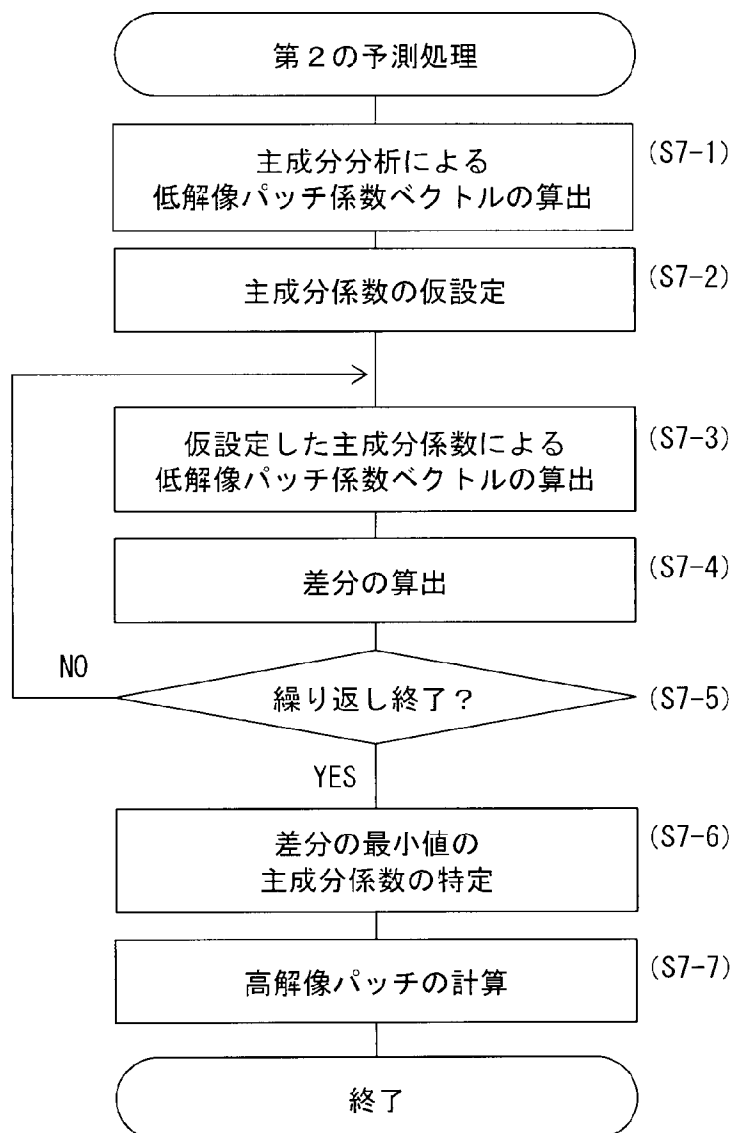
[図6]



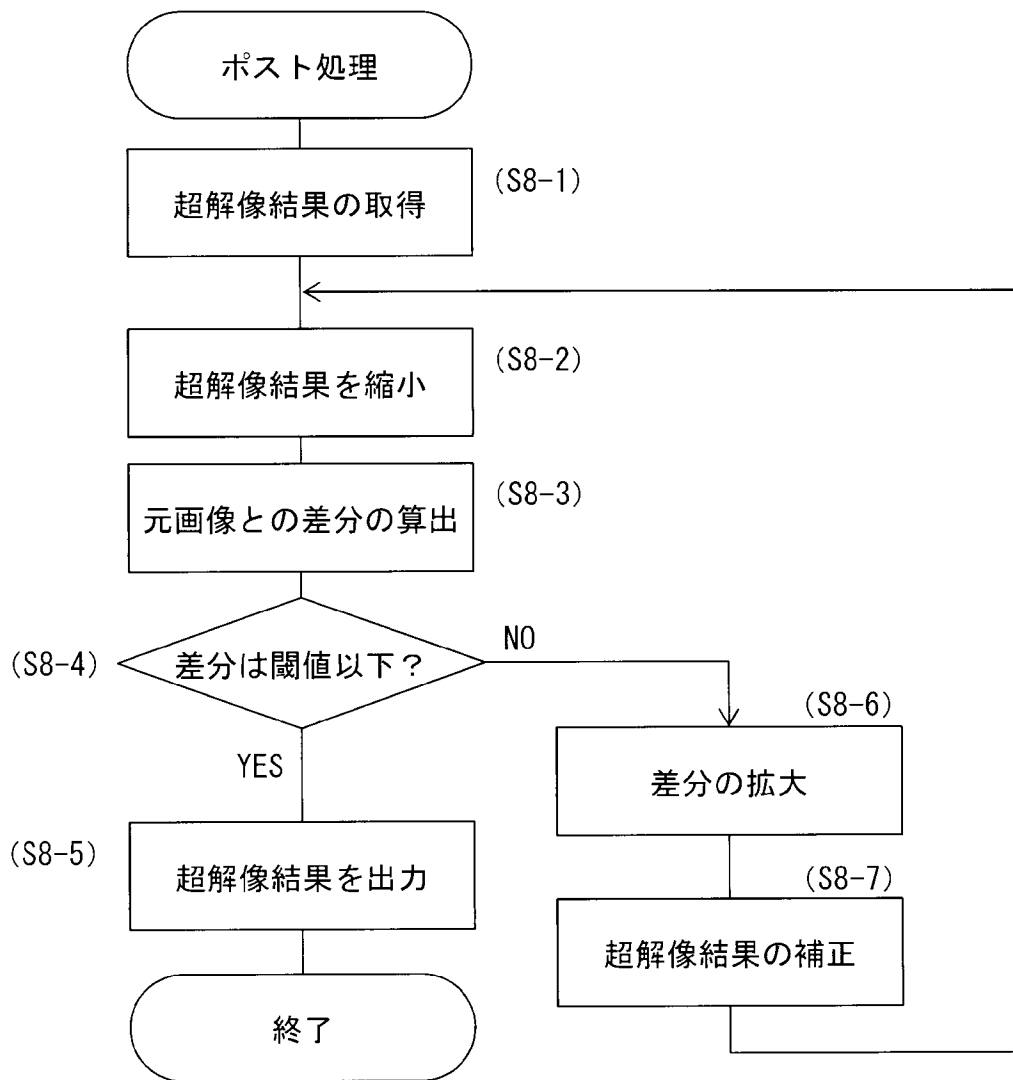
[図7]



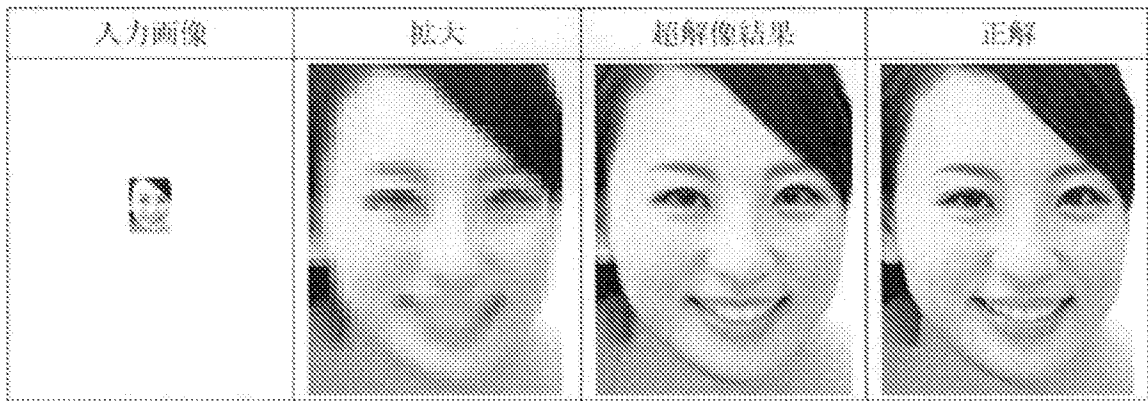
[図8]



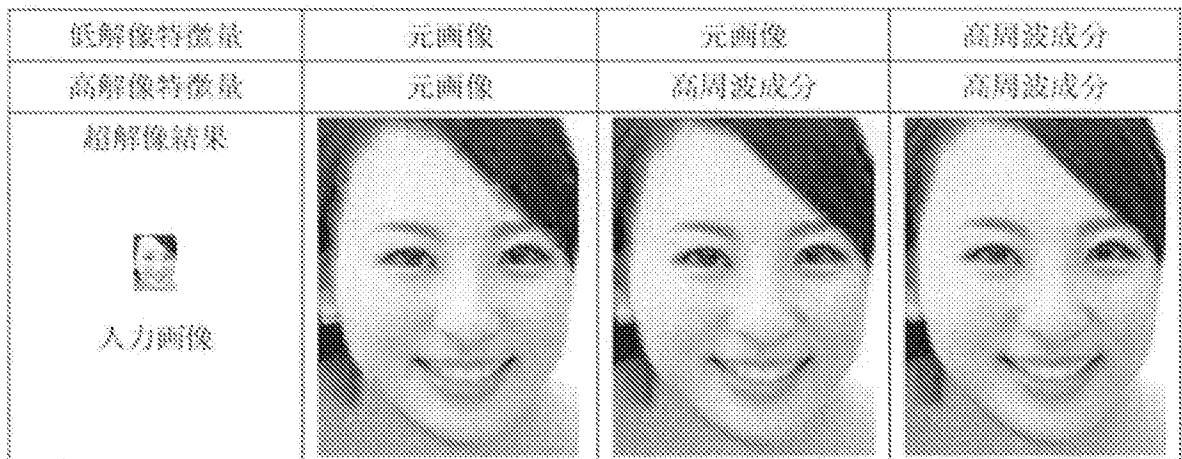
[図9]



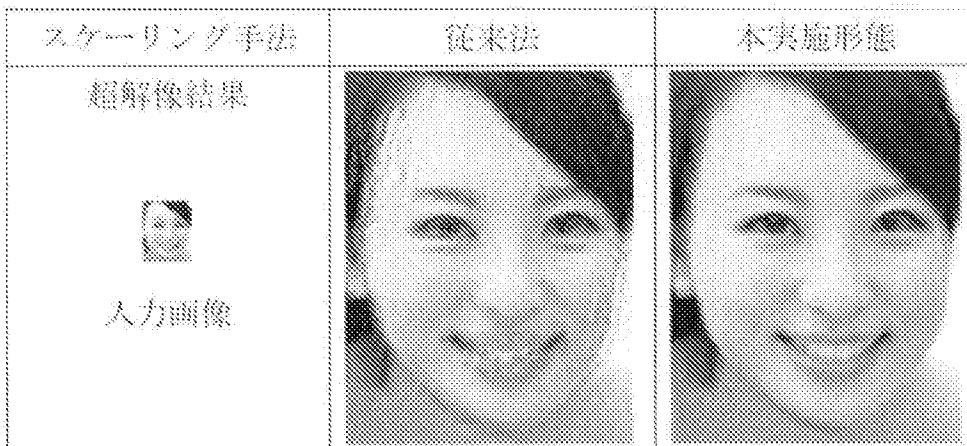
[図10]



[図11]






[図12]

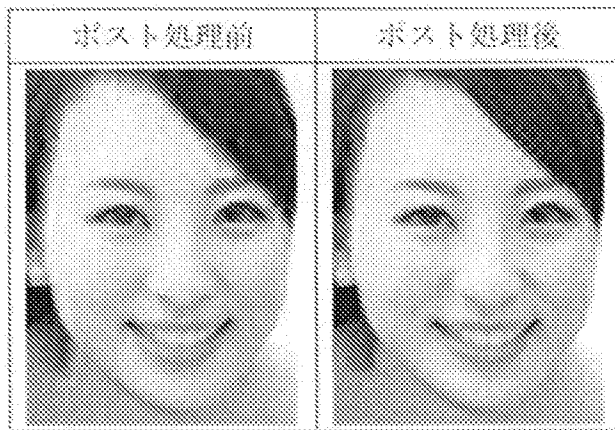




[図13]

手法	最適解検索	直交化
正解-超解像[の平均]	8.89e+00	8.89e+00
計算時間[sec]	41.6	6.4
超解像結果		
 入力画像		

[図14]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/077529

<p><b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>  <i>G06N99/00(2010.01) i, G06T3/40(2006.01) i</i></p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>											
<p><b>B. FIELDS SEARCHED</b></p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  <i>G06N99/00, G06T3/40</i></p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015</i>  <i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015</i></p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>											
<p><b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">A</td> <td>JP 2013-109758 A (Panasonic Corp.), 06 June 2013 (06.06.2013), entire text &amp; US 2013/0142422 A1 entire text</td> <td align="center">1-7</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>Osamu SUDO et al., "Segmentation of Color Images Using Texture Features and Fuzzy Region Growing Algorithm", ITE Technical Report Human Information Media Kogaku Eizo Hyogen &amp; Computer Graphics, 03 February 2004 (03.02.2004), vol.28, no.7, pages 89 to 94, ISSN 1342-6893, particularly, chapter 6</td> <td align="center">1-7</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	JP 2013-109758 A (Panasonic Corp.), 06 June 2013 (06.06.2013), entire text & US 2013/0142422 A1 entire text	1-7	A	Osamu SUDO et al., "Segmentation of Color Images Using Texture Features and Fuzzy Region Growing Algorithm", ITE Technical Report Human Information Media Kogaku Eizo Hyogen & Computer Graphics, 03 February 2004 (03.02.2004), vol.28, no.7, pages 89 to 94, ISSN 1342-6893, particularly, chapter 6	1-7
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
A	JP 2013-109758 A (Panasonic Corp.), 06 June 2013 (06.06.2013), entire text & US 2013/0142422 A1 entire text	1-7									
A	Osamu SUDO et al., "Segmentation of Color Images Using Texture Features and Fuzzy Region Growing Algorithm", ITE Technical Report Human Information Media Kogaku Eizo Hyogen & Computer Graphics, 03 February 2004 (03.02.2004), vol.28, no.7, pages 89 to 94, ISSN 1342-6893, particularly, chapter 6	1-7									
<p><input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.      <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>											
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%;"> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>							
<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>										
<p>Date of the actual completion of the international search 02 December 2015 (02.12.15)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 15 December 2015 (15.12.15)</p>									
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>									

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G06N99/00(2010.01)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. G06N99/00, 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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 2013-109758 A（パナソニック株式会社）2013.06.06, 全文 & US 2013/0142422 A1, 全文	1-7
A	須藤修 ほか, テクスチャ特徴とファジィ領域成長法を用いるカラー画像の領域分割, 映像情報メディア学会技術報告 ヒューマンインフォメーション メディア工学 映像表現&コンピュータグラフィックス, 2004.02.03, 第28巻, 第7号, pp.89-94, ISSN 1342-6893, 特に第6章	1-7
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input 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 「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 02.12.2015	国際調査報告の発送日 15.12.2015	
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） 多胡 滋 電話番号 03-3581-1101 内線 3545	5B 3562