

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/125916 A1

PCT

(43) 国際公開日
2010 年 11 月 4 日(04.11.2010)

- (51) 国際特許分類:
G06T 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/056690
- (22) 国際出願日: 2010 年 4 月 14 日(14.04.2010)
- (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 2009-109680 2009 年 4 月 28 日(28.04.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): NEC ソフト株式会社 (NEC Soft, Ltd.) [JP/JP]; 〒1368627 東京都江東区新木場一丁目 1 8 番 7 号 Tokyo (JP). 国立大学法人東京工業大学 (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 植木 一也 (UEKI Kazuya) [JP/JP]; 〒1368627 東京都江東区新木場一丁目 1 8 番 7 号 NEC ソフト株式会

社内 Tokyo (JP). 杉山 将 (SUGIYAMA Masashi) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 号 国立大学法人東京工業大学内 Tokyo (JP). 伊原 康行 (IHARA Yasuyuki) [JP/JP]; 〒1368627 東京都江東区新木場一丁目 1 8 番 7 号 NEC ソフト株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 辻丸 光一郎, 外 (TSUJIMARU Koichiro et al.); 〒6008813 京都府京都市下京区中堂寺南町 1 3 4 京都リサーチパーク 1 号館 3 0 1 号室 Kyoto (JP).

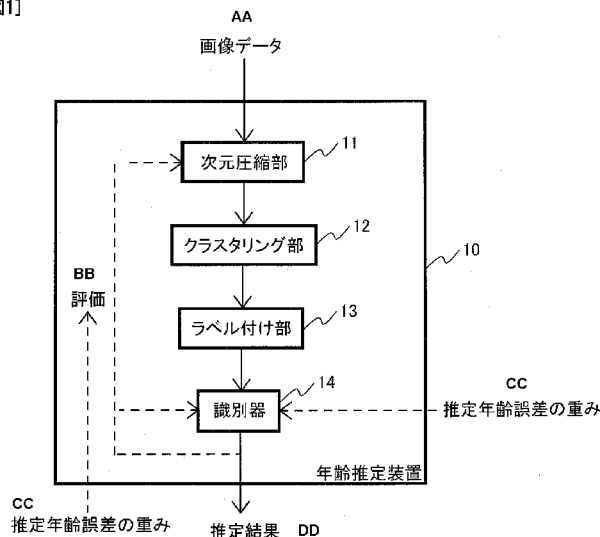
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

[続葉有]

(54) Title: AGE ESTIMATION DEVICE, AGE ESTIMATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 年齢推定装置、年齢推定方法及びプログラム

[図1]



AA IMAGE DATA
11 DIMENSION COMPRESSING UNIT
12 CLUSTERING UNIT
13 LABELING UNIT
14 IDENTIFIER
10 AGE ESTIMATION DEVICE
BB EVALUATION
CC WEIGHT OF ESTIMATED AGE ERROR
DD ESTIMATION RESULT

(57) Abstract: Provided are an age estimation device, an age estimation method, and a program capable of reducing labor for labeling the image data used for an age estimation. The age estimation device for estimating the age of a person photographed as image data comprises: a dimension compressing means for performing a dimension compression on the image data and outputting a lower dimension data; a clustering means for clustering the output lower dimension data; a labeling means for labeling the representative data of each cluster of the clustered lower dimension data; and an identifying means for estimating, based on the learning results, the age of the person using the feature amount included in the labeled lower dimension data and the non-labeled lower dimension data.

(57) 要約: 年齢推定に用いられる画像データに対するラベル付けの作業の労力を低減可能な年齢推定装置、年齢推定方法及びプログラムを提供する。画像データに写された人物の年齢を推定する年齢推定装置であって、画像データに対して次元圧縮を施して低次元データを出力する次元圧縮手段と、出力された低次元データに対してクラスタリングを行うクラスタリング手段と、クラスタリングされた低次元データのうち、各クラスタの代表データに対してラベル付けを行うラベル付け手段と、ラベル付けされた低次元データ及びラベル付けされていない低次元データに含まれる特徴量を用いて、人物の年齢を学習結果に基づいて推定する識別手段と、を有する。



(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, 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))

明 細 書

発明の名称 : 年齢推定装置、年齢推定方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、人間の年齢を推定する年齢推定装置、年齢推定方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 例えば人間の顔画像データを基に、識別器等を用いて機械的に人間の年齢を推定する方法の例としては、年齢そのものを識別する方法であり、年齢を連続量として推定する方法（年齢の推定を回帰問題として行う方法）がある。この方法は、例えば非特許文献 1 に開示されているが、連続している年齢を表現できるため、識別問題と比べて矛盾が少なく、精度良く年齢を認識できることが実験によって証明されている。

[0003] 回帰問題は、推定年齢（推定される年齢）と正解年齢（正解とされる年齢）との差を最小化する問題として解くことで求めることができる。その具体的な例としては、重回帰分析や（Kernel）Ridge Regression が挙げられるが、これらは推定年齢と正解年齢との二乗誤差の平均、あるいは絶対値誤差の平均を小さくするように学習を行う。

[0004] 図 5 に、年齢の推定を回帰問題として行う年齢推定装置の一例を示す。入力される画像データ（例えば顔画像データ）は、一般的に画素数または画素数×3（R、G、Bの色値）等の高次元のデータである。よって、次元圧縮部 61 においては、年齢の情報が強調され、不要な情報（照明条件や顔角度など）が削除されるように画像データから特徴を抽出する。これにより、画像データは、高次元データから低次元データとなる。なお、次元圧縮部 61 においては、例えば、主成分分析（PCA: Principal Component Analysis）、線形判別分析（LDA: Linear Discriminant Analysis）、局所性保存射影法（LPP: Locality Preserving Projection）などの手法が適用される。この処理は、「特徴選択」や「次元圧縮」などとも称される。そ

して、抽出した特徴に基づいて、識別器 62 が年齢を推定する。

[0005] このような年齢推定装置 60 によって画像データから年齢を推定するためには、次元圧縮部 61 及び識別器 62 に対する学習を行う必要がある。すなわち、正解年齢（実年齢又は知覚年齢（見た目の年齢のこと））の分かっている人物の画像データを複数個、次元圧縮部 61 に入力し、N 分割交差検定や一つ抜き交差検定などの手法で評価する。この評価結果に基づいてエラー（正解との差）が少なくなるように識別器 62 の出力を調整する。識別器 62 の学習には線形回帰や重回帰、Ridge Regression、ニューラルネットワークなどの手法が適用される。

[0006] 同様の手順を、特徴の種類や組み合わせ、抽出方法などを（換言すると、次元圧縮のパラメータを）変化させて繰り返すことによって、エラーが小さくなるようにパラメータやモデルを選択する。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1：Y. Fu, Y. Xu, and T. S. Huang. Estimating human age by manifold analysis of face pictures and regression on aging features, "Proceedings of the IEEE Multimedia and Expo, pp. 1383-1386, 2007.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 図 5 に示すような年齢推定装置において高精度な年齢推定を実現するためには、大量の画像データ収集が必要となる。しかし、大量の画像データの 1 つ 1 つに対し、人手により正解年齢を付与する作業（ラベル付け）が必要となるという問題があった。

[0009] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、年齢推定に用いられる画像データに対するラベル付けの作業の労力を低減可能な年齢推定装置、年齢推定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

[0010] かかる目的を達成するために、本発明の年齢推定装置は、画像データに写された人物の年齢を推定する年齢推定装置であって、画像データに対して次元圧縮を施して低次元データを出力する次元圧縮手段と、出力された低次元データに対してクラスタリングを行うクラスタリング手段と、クラスタリングされた低次元データのうち、各クラスタの代表データに対してラベル付けを行うラベル付け手段と、ラベル付けされた低次元データ及びラベル付けされていない低次元データに含まれる特徴量を用いて、人物の年齢を学習結果に基づいて推定する識別手段と、を有することを特徴とする。

[0011] 本発明の年齢推定方法は、画像データに写された人物の年齢を推定する年齢推定方法であって、画像データに対して次元圧縮を施して低次元データを出力する次元圧縮工程と、出力された低次元データに対してクラスタリングを行うクラスタリング工程と、クラスタリングされた低次元データのうち、各クラスタの代表データに対してラベル付けを行うラベル付け工程と、ラベル付けされた低次元データ及びラベル付けされていない低次元データに含まれる特徴量を用いて、人物の年齢を学習結果に基づいて推定する識別工程と、を有することを特徴とする。

[0012] 本発明のプログラムは、画像データに写された人物の年齢を推定するためのプログラムであって、画像データに対して次元圧縮を施して低次元データを出力する次元圧縮処理と、出力された低次元データに対してクラスタリングを行うクラスタリング処理と、クラスタリングされた低次元データのうち、各クラスタの代表データに対してラベル付けを行うラベル付け処理と、ラベル付けされた低次元データ及びラベル付けされていない低次元データに含まれる特徴量を用いて、人物の年齢を学習結果に基づいて推定する識別処理と、をコンピュータに実行させることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、年齢推定に用いられる画像データに対するラベル付けの作業の労力を低減することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の実施形態に係る年齢推定装置の構成を示す図である。

[図2]本発明の実施形態に係る年齢推定装置で実施した年齢推定結果の例を示すグラフである。

[図3]本発明の実施形態に係る年齢推定装置のモデルにおけるデータ分布の例を示す図である。

[図4]評価者に顔画像を見せ、1歳単位で年齢を推定してもらった結果の一例を示す図である。

[図5]年齢の推定を回帰問題として行う年齢推定装置の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] [第1の実施形態]

本発明を好適に実施した第1の実施形態について説明する。

図1に、本実施形態にかかる年齢推定装置の構成を示す。年齢推定装置10は、次元圧縮部11と、クラスタリング部12と、ラベル付け部13と、識別器14とを有する。

[0016] 年齢推定装置10には、訓練データ（学習データ）として、例えば人物の画像データ（例えば、人間の顔画像データ）が入力される。この画像データは、画素数×輝度数の次元を持つ高次元のデータである。

[0017] 次元圧縮部11は、高次元の画像データが入力されると、次元圧縮（次元削減）を行う。すなわち、次元圧縮部11は、年齢の情報が強調され、不要な情報（照明条件や顔角度など）が削除されるように画像データから特徴を抽出する。例えば、PCA、LDA、LPPなどの手法を適用して特徴を抽出する。これにより、高次元の画像データは、低次元の画像データ（低次元データ）となる。

[0018] 次に、クラスタリング部12は、次元圧縮で得られた低次元データに対して、クラスタリングを行う。クラスタリングの例としては、k-means法などを適用できる。

[0019] 次に、ラベル付け部13は、クラスタリングされた低次元データのうちの代表データに対してのみ、ラベル付け（正解年齢データの付与）を行う。例

として、ラベル付け部 13 は、各クラスタに属するデータの平均値に最も近いデータを代表データとし、その代表データに対してラベル付けを行ったり、あるいは、各クラスタからランダムに選択したデータを代表データとし、その代表データに対してラベル付けを行ったりする。また、ラベル付け部 13 は、複数の代表データに対してラベル付けを行ってもよい。以下、ラベル付けされたデータをラベル付き訓練データ（教師付きデータ）、ラベル付けされていないデータをラベル無し訓練データ（教師無しデータ）という。

[0020] なお、年齢推定装置 10 に入力される画像データにおいては、顔特徴の様々なバリエーション、撮影環境の違いなどにより、データの生起確率が局所的に高くなっている所が散在すると考えられる。後述するようにガウスカーネルを回帰モデルに用いる場合は、訓練データとテストデータの 2 点間の距離が重要な情報を与える。よって、上述したように、データの生起確率が高い部分の訓練データにラベルを付与することは、有効な手法となる。

[0021] このように、本実施形態では、入力される画像データの全てに対してラベル付けを行わず、一部のデータ（代表データ）に対してのみラベル付けを行う。よって、本実施形態によれば、ラベル付けの作業の労力を低減することができる。

[0022] 識別器 14 は、次元圧縮部 11 が抽出した特徴に基づいて年齢を推定する。

[0023] なお、次元圧縮部 11 及び識別器 14 は、一般的な構成のものを適用可能である。ただし、次元圧縮部 11 における特徴抽出方法（次元圧縮を行う際のパラメータ）や識別器 14 の種類は、推定年齢誤差（推定年齢と正解年齢との差）の深刻度を示す「重み」を考慮した評価結果に基づいて決定されている。また、識別器 14 の学習内容に重みの概念を導入するようにする。ここで、重みの概念を導入する理由について以下に説明する。

[0024] 上述したように、従来の年齢推定装置（例えば図 5 に示すもの）では、顔画像データを基に、特徴の種類や組み合わせ、抽出方法などを（換言すると、次元圧縮のパラメータを）変化させて繰り返すことによって、エラーが小

さくなるようにパラメータやモデルを選択する。しかし、年齢間の距離は対象となる年齢によって異なるため、推定年齢と正解年齢の二乗誤差や絶対値誤差を用いることは年齢認識の精度を落とす原因となる。例えば、正解年齢と認識年齢との間に10歳の差（エラー）があった場合でも、5歳を15歳と間違えた場合と、35歳を45歳と間違えた場合とではエラーの深刻度が異なるべきである。すなわち、同じ10歳違いのエラーであっても、5歳を15歳と間違えることは幼稚園児を中学生又は高校生と間違えることであるため、人間の感覚としては非常に深刻なエラーである。一方、35歳の人間と45歳の人間とでは、顔の特徴は非常に似ているため、実際に人が見ても判別できないことも多く、これらを間違えることは、5歳を15歳と間違えることと比較すると、それほど深刻なエラーではない。

[0025] 人間は、成長期などの若年期には外観が急激に変化し、大人になった後はその変化は緩やかになる。したがって、同じ年齢差のエラーであっても、同じ指標で評価するのは問題である。

[0026] 図4に、評価者に顔画像を見せ、1歳単位で年齢を推定してもらった結果の一例を示す。グラフは、ある正解年齢の人物を推定した結果を1歳ごとに分類した場合の「推定年齢の標準偏差（ぶれ具合）」を示しており、横軸は被験者の正解年齢（真の年齢）、縦軸はその推定誤差の標準偏差である。ここで正解年齢（真の年齢）は、評価者が推定した年齢の平均値である。若年層は標準偏差が小さいため、評価した人のほとんどが同じような年齢であると推定していることがわかる。

[0027] よって、年齢推定装置において若年層のデータを誤って大人と認識してしまうと、人間が知覚する結果と大きく異なってしまう。

[0028] そこで、本実施形態では、識別器14の学習内容に重みの概念を導入することにより、人の認識結果に近い推定結果が得られるような特徴抽出を実現している。

[0029] さらに、識別器14は、ラベル付き訓練データだけでなく、ラベル無し訓練データを活用し、的確なモデル（年齢推定用モデル）を作成する。

[0030] ここで、本実施形態において作成されるモデルの例について、図3を参照して説明する。図3(a)は、識別器14における学習前(初期状態)のモデルのデータ分布を示している。図3(a)に示すように、学習前のモデルでは、2種類のラベル付き訓練データとラベル無し訓練データが混在しており、これらのデータは境界によって区切られている。すなわち、図3(a)では、範囲a内のラベル無し訓練データは、菱形で示すラベル付き訓練データに分類され、範囲b内のラベル無し訓練データは、丸形で示すラベル付き訓練データに分類されている。本実施形態では、後述する半教師付き学習により、図3(a)に示すモデルを、例えば図3(b)に示すような的確なモデルにする。図3(b)に示すモデルでは、図3(a)に示すモデルと比べて境界が変化しており、範囲a内のラベル無し訓練データは、丸形で示すラベル付き訓練データに分類され、範囲b内のラベル無し訓練データは、菱形で示すラベル付き訓練データに分類されている。

[0031] 以下、ラベル付き訓練データだけでなく、ラベル無し訓練データを活用した、半教師付き学習による年齢推定方法について説明する。この方法は、カーネル関数に対する正則化最小二乗法(カーネル関数に対する正則化最小二乗法に重みを付ける手法、KRWLS: Kernel Regularized Weighted Least Squares)にラベル無し訓練データを活用し、訓練データ全体のgraphやmanifoldの構造を活かしたものとなっている。graphやmanifoldの構造の情報を用いて、回帰モデルの平滑化を図ることにより、年齢推定の精度向上を目指している(後述する式(3))。さらに、最小二乗法において年齢の重みを考慮している。このような特徴から、この方法は、SKRWLS(Semi-supervised Kernel Regularized Weighted Least Squares)と呼ぶことができる。

[0032] 1個のラベル付き訓練データ(x_i, y_i) [x_i は説明変数(顔特徴<特徴ベクトルとも言う>)、 y_i は目的変数(年齢)、 i は1~1]、 u 個のラベル無し訓練データ(x_i) [x_i は説明変数(顔特徴<特徴ベクトルとも言う>)、 i は1+1~1+ u] が与えられた下で、特徴ベクトル x の抽出元であるテストデータの真の年齢 y^* を $y^* = f(x)$ で予測する半教師付き学習の問題

を考える。本実施形態では、年齢推定関数 $f(x)$ を正定値カーネル $k(x, x')$ の線形結合でモデル化する。これは、下記式 (1) で表される。式 (1) は、最終的な年齢を出力する式である。学習の過程において最適解を求め (詳細については後述する)、求めた最適解を式 (1) に代入すると年齢が出力される。

[0033] [数1]

$$f_{\alpha}(x) = \sum_{i=1}^l \alpha_i k(x_i, x) + \sum_{i=l+1}^{l+u} \alpha_i k(x_i, x) \quad \dots(1)$$

[0034] 訓練データ数 l または u が大きい場合には、全てのカーネル関数 $k(x_i, x)$ [i は $1 \sim l+u$] ではなくその部分集合を用いても良い。識別器 14 では、下記式 (2) に示すパラメータ ($\alpha_1 \sim \alpha_{l+u}$ を成分とする $l+u$ 行 1 列の行列) を下記式 (3) が最小になるように学習する。式 (3) は、エラー (ペナルティ) を定義した式であり、本実施形態では、これを最小化することを目的とする。

[0035] [数2]

$$\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_{l+u})^T \quad \dots(2)$$

$$\begin{aligned} L(\alpha) = & \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \frac{(y_i - f_{\alpha}(x_i))^2}{w(y_i)^2} + \lambda \|\alpha\|^2 \\ & + \frac{\mu}{4(l+u)} \sum_{i,j=1}^{l+u} (f(x_i) - f(x_j))^2 W_{ij} \quad \dots(3) \end{aligned}$$

$w(y)$ は重み関数、 $\|\cdot\|$ は $\mathbb{R}^n$ のユークリッドノルム

[0036] 上記式 (3) における $\lambda (> 0)$ は、過適合を防ぐために導入した正則化パラメータであり、式 (3) の第 2 項は過適合を防止するための補正項 (求めるパラメータの大きさを計算するための項) である。なお、式 (3) の第 1 項は、訓練データの年齢認識のエラー計算するための項である。また、式 (3) の第 3 項は、2 つのデータ (ラベルの有無は問わない) 間の距離が近いに関わらず、年齢の差が大きいものに大きなペナルティを与えるというエラーの値を計算するための項 (2 つのデータ間の距離が小さいときは、そ

の2つの年齢の差が小さくなるように学習するための項)である。

[0037] また、上記式(3)における μ (> 0)は、年齢推定関数 $f(x)$ の平滑化を調整するパラメータである。

[0038] また、上記式(3)における $W_{i,j}$ は、 x_i, x_j の2点間の類似度を表す(2つのデータ間の距離が小さいときに大きくなる)。なお、 $W_{i,j}$ の一例を下記式(4)に示す。

[0039] [数3]

$$W_{ij} = \begin{cases} \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2t^2}\right) & \text{点 } x_j \text{ が } x_i \text{ の } k\text{-近傍内にある、} \\ & \text{あるいは、} \\ & x_i \text{ が } x_j \text{ の } k\text{-近傍内にある点のとき} \dots(4) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0040] また、上記式(3)における重み関数 $w(y)$ は、年齢ごとの推定年齢誤差の深刻度を表す関数であり、 $w(y)$ の値(重み)が大きいほど、推定年齢誤差が深刻であることを示している。

[0041] 上記式(3)における最適解は下記式(5)で求められる。

[0042]

[数4]

$$\text{最適解 } \hat{\alpha} = \underset{\alpha}{\operatorname{argmin}} L(\alpha) = (K^T D K + I \lambda + \frac{I \mu}{(I+u)^2} K^T L K)^{-1} K^T D y \quad \dots (5)$$

K $k(x_i, x_j)$ を (i, j) -成分に持つカーネル行列

K^T K の転置行列

D $1 \leq i \leq I$ のとき $\frac{1}{w(y_i)^2}$ を、 $I < i \leq I+u$ のとき0を (i, i) -対角成分に持つ
 $I+u$ 次元対角行列

L L_{ij} を (i, j) -成分に持つラプラシアン行列

$$(L_{ij} = \delta_{ij} \sum_{j=1}^{I+u} W_{ij} - W_{ij}, \delta_{ij} \text{ は Kronecker のデルタ})$$

I_{I+u} $I+u$ 次元単位行列

y $1 \leq i \leq I$ のとき y_i を、 $I < i \leq I+u$ のとき0を、第 i -成分に持つ $I+u$ 次元ベクトル

[0043] 訓練データ数 $I + u$ が大きい場合は、上記式 (5) のかっこの部分の計算が困難であるため、用いるカーネル関数の数を減らすか、又は、勾配法による数値的な計算によって最適解を求めれば良い。

[0044] 式 (5) により得られた最適解をパラメータとして用いて、年齢推定装置 10 に新たに入力される m 個のテストデータの年齢を予測する。ここで、テストデータ及びその真の年齢を次のように表す。

[数5]

テストデータ $\{\tilde{x}_i\}_{i=1}^m$

テストデータの真の年齢 $\{\tilde{y}_i^*\}_{i=1}^m$

[0045] 汎化能力の評価は、重み付き平均二乗誤差 (WMSE : Weighted Mean Square Error) に基づいて下記式 (6) のように行う。式 (6) は、テストデータのエラーを定義した式 (テストデータのエラーを計算するための式)

である。

[0046] [数6]

$$WMSE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(\tilde{y}_i^* - f_{\hat{\alpha}}(\tilde{x}_i))^2}{w(\tilde{y}_i^*)^2} \quad \dots (6)$$

[0047] 次元圧縮部 1 1 における特徴抽出方法の決定、識別器 1 4 の種類を決定する際には、学習データとテストデータとを用いて N 分割交差検定や一つ抜き交差検定などを実施して、上記式 (6) の WMSE に基づいて評価し、テストデータの中で最高の精度を実現するもの（エラーが最も小さいもの）を選ぶ。

[0048] ここで、ラベル付き訓練データ数 l を 200、ラベル無し訓練データ数 u を 5000、テストデータ数 m を 1500 で、それぞれの年代のデータ数をほぼ均等にした実験例について説明する。なお、カーネル関数として、下記式 (7) に示すガウスカーネルを用いた場合を考える。カーネル幅 σ と正則化パラメータ λ 、 μ は、テスト誤差が最小となるように決定する。

[0049] [数7]

$$k(x, x') = \exp\left(-\frac{\|x - x'\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad \dots (7)$$

[0050] 例として、女性の顔特徴ベクトルの集合に対し、以下に示す 3 つの方法で取得した、200 個のラベル付き訓練データ、ランダムに取得した 5000 個のラベル無し訓練データを用いて、教師付き学習（ラベル付き訓練データのみを使用する学習）、半教師付き学習（ラベル付き訓練データとラベル無し訓練データの両方を使用する学習）を実施した結果を図 2 に示す。なお、上記 3 つの方法は以下の通りである。

LR : ラベル付け訓練データをランダムに取得

LC1 : PCA で 4 次元まで次元削減を行った後、200 個のクラスタの計算によりラベル付け訓練データを取得

LC2 : PCA で 10 次元まで次元削減を行った後、200 個のクラスタの計算によりラベル付け訓練データを取得

- [0051] 図2を参照すると、上記3つの方法（LR、LC1、LC2）により取得した3種類に訓練データのみを用いて教師付き学習を実施した場合、LC2で取得した訓練データによる学習が最も良い結果であることが読み取れる。
- [0052] さらに図2を参照すると、上記各ラベル付け訓練データに加え、ラベル無し訓練データも活用した半教師付き学習を実施した場合、教師付き学習の結果がそれぞれ改善されていることが分かる。
- [0053] 以上のことから、少数のラベル付け訓練データをクラスタリングにより取得し、ラベル無し訓練データも併せて活用する半教師付き学習を実施するという方法が最も有効であると言える。
- [0054] このように、本実施形態では、ラベル付け訓練データとラベル無し訓練データを併せて活用し、かつ、WMS Eを評価基準として用いることで、人間の知覚年齢に近い年齢を出力するような特徴抽出方法、識別器を選択できる。
- [0055] 本実施形態に係る年齢推定装置は、人間の知覚年齢に近い年齢を出力するように特徴抽出方法や識別器が選択されているため、人間の感覚に近い推定結果を出力できる。また、人間の感覚に近い学習がなされた識別器によって年齢を推定するため、知覚年齢に近い年齢を推定できる。
- [0056] なお、上記実施形態では実測データを基にした重み関数を用いたが、人為的に作成した重み関数を上記式（3）、（5）、（6）に適用するようにしてもよい。また、上記実施形態では重み関数を一つだけ用いたが、複数の重み関数を用いるようにしてもよい。このようにして、推定精度を上げたい年齢の部分の重みを大きくできる。よって、所望の年齢の推定精度を向上させることができる。
- [0057] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の変形が可能である。
- [0058] 例えば、上述した実施形態における動作は、ハードウェア、または、ソフトウェア、あるいは、両者の複合構成によって実行することも可能である。

- [0059] ソフトウェアによる処理を実行する場合には、処理シーケンスを記録したプログラムを、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ内のメモリにインストールして実行させてもよい。あるいは、各種処理が実行可能な汎用コンピュータにプログラムをインストールして実行させてもよい。
- [0060] 例えば、プログラムは、記録媒体としてのハードディスクやROM (Read Only Memory) に予め記録しておくことが可能である。あるいは、プログラムは、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)、MO (Magnetooptical) ディスク、DVD (Digital Versatile Disc)、磁気ディスク、半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体に、一時的、あるいは、永続的に格納（記録）しておくことが可能である。このようなリムーバブル記録媒体は、いわゆるパッケージソフトウェアとして提供することが可能である。
- [0061] なお、プログラムは、上述したようなリムーバブル記録媒体からコンピュータにインストールする他、ダウンロードサイトから、コンピュータに無線転送してもよい。または、LAN (Local Area Network)、インターネットといったネットワークを介して、コンピュータに有線で転送してもよい。コンピュータでは、転送されてきたプログラムを受信し、内蔵するハードディスク等の記録媒体にインストールすることが可能である。
- [0062] 以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は、上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解しうる様々な変更をすることができる。
- [0063] この出願は、2009年4月28日に提出された日本出願特願2009-109680を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

- [0064] 10 年齢推定装置
11 次元圧縮部
12 クラスタリング部

1 3 ラベル付け部

1 4 識別器

請求の範囲

- [請求項1] 画像データに写された人物の年齢を推定する年齢推定装置であって、
- 、
- 前記画像データに対して次元圧縮を施して低次元データを出力する次元圧縮手段と、
- 出力された低次元データに対してクラスタリングを行うクラスタリング手段と、
- クラスタリングされた低次元データのうち、各クラスターの代表データに対してラベル付けを行うラベル付け手段と、
- ラベル付けされた低次元データ及びラベル付けされていない低次元データに含まれる特徴量を用いて、人物の年齢を学習結果に基づいて推定する識別手段と、
- を有することを特徴とする年齢推定装置。
- [請求項2] 前記次元圧縮手段が次元圧縮を行う際のパラメータと、前記年齢の推定に前記識別手段が用いる特徴量とが、推定年齢誤差の深刻度を年齢ごとに示す重み関数を用いた汎化能力の評価結果に基づいて設定され、
- 前記重み関数に基づいて前記識別器の学習がなされたことを特徴とする請求の範囲 1 記載の年齢推定装置。
- [請求項3] 前記汎化能力の評価が、重み付き平均二乗誤差に基づいて行われたことを特徴とする請求の範囲 1 又は 2 記載の年齢推定装置。
- [請求項4] 前記重み関数が、知覚年齢ごとの標準偏差に基づいて定義されたことを特徴とする請求の範囲 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の年齢推定装置。
- [請求項5] 前記重み関数は、値が小さいほど推定年齢誤差が深刻であることを示すことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の年齢推定装置。
- [請求項6] 画像データに写された人物の年齢を推定する年齢推定方法であって

、

前記画像データに対して次元圧縮を施して低次元データを出力する次元圧縮工程と、

出力された低次元データに対してクラスタリングを行うクラスタリング工程と、

クラスタリングされた低次元データのうち、各クラスターの代表データに対してラベル付けを行うラベル付け工程と、

ラベル付けされた低次元データ及びラベル付けされていない低次元データに含まれる特徴量を用いて、人物の年齢を学習結果に基づいて推定する識別工程と、

を有することを特徴とする年齢推定方法。

[請求項7] 前記次元圧縮工程において次元圧縮を行う際のパラメータと、前記識別工程での前記年齢の推定に用いる特徴量とを、推定年齢誤差の深刻度を年齢ごとに示す重み関数に基づいて設定し、

前記識別工程を実行する識別器を、前記重み関数に基づいて学習させることを特徴とする請求の範囲6記載の年齢推定方法。

[請求項8] 前記汎化能力の評価を、重み付き平均二乗誤差に基づいて行うことを特徴とする請求の範囲6又は7記載の年齢推定方法。

[請求項9] 前記重み関数を、知覚年齢ごとの標準偏差に基づいて定義することを特徴とする請求の範囲6から8のいずれか1項に記載の年齢推定方法。

[請求項10] 前記重み関数を値が小さいほど推定年齢誤差が深刻であることを示す関数とすることを特徴とする請求の範囲6から9のいずれか1項に記載の年齢推定方法。

[請求項11] 画像データに写された人物の年齢を推定するためのプログラムであって、

前記画像データに対して次元圧縮を施して低次元データを出力する次元圧縮処理と、

出力された低次元データに対してクラスタリングを行うクラスタリング処理と、

クラスタリングされた低次元データのうち、各クラスタの代表データに対してラベル付けを行うラベル付け処理と、

ラベル付けされた低次元データ及びラベル付けされていない低次元データに含まれる特徴量を用いて、人物の年齢を学習結果に基づいて推定する識別処理と、

をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

[請求項12] 前記次元圧縮処理において次元圧縮を行う際のパラメータと、前記識別処理での前記年齢の推定に用いる特徴量とを、推定年齢誤差の深刻度を年齢ごとに示す重み関数に基づいて設定し、

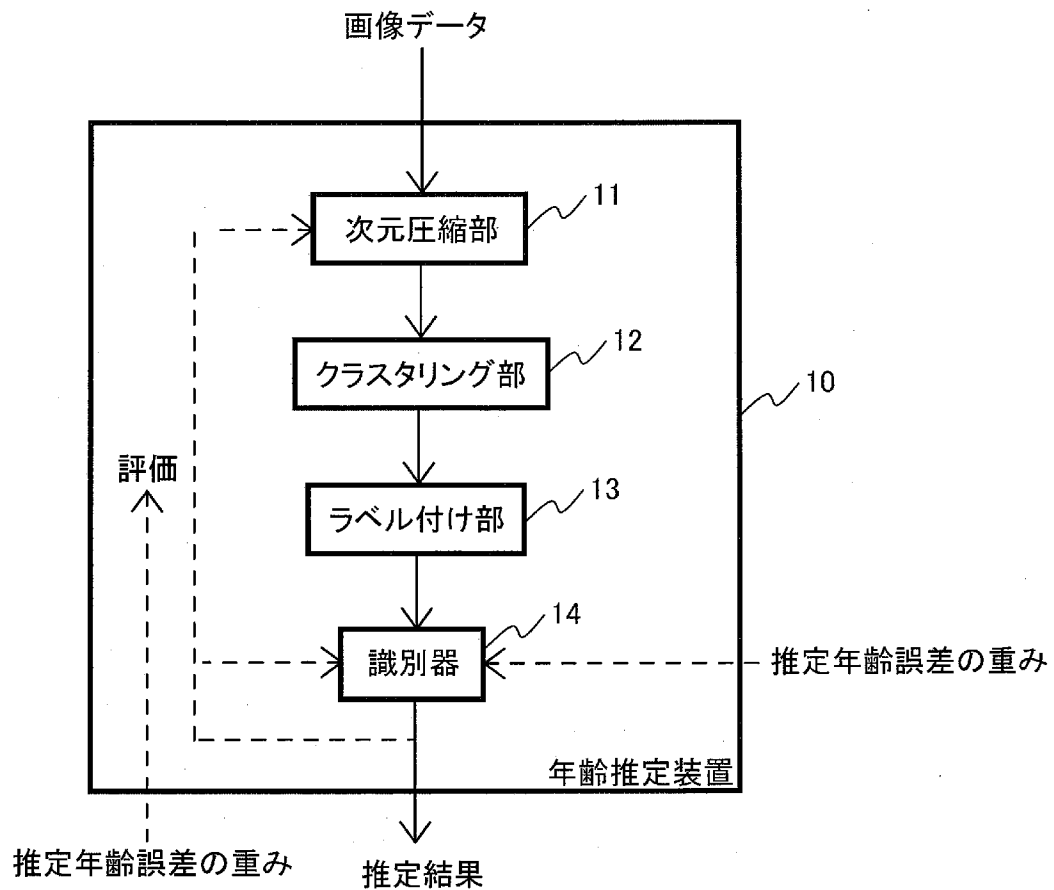
前記識別処理を実行する識別器を、前記重み関数に基づいて学習させる処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求の範囲 1 記載のプログラム。

[請求項13] 前記汎化能力の評価を、重み付き平均二乗誤差に基づいて行う処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求の範囲 1 又は 1 2 記載のプログラム。

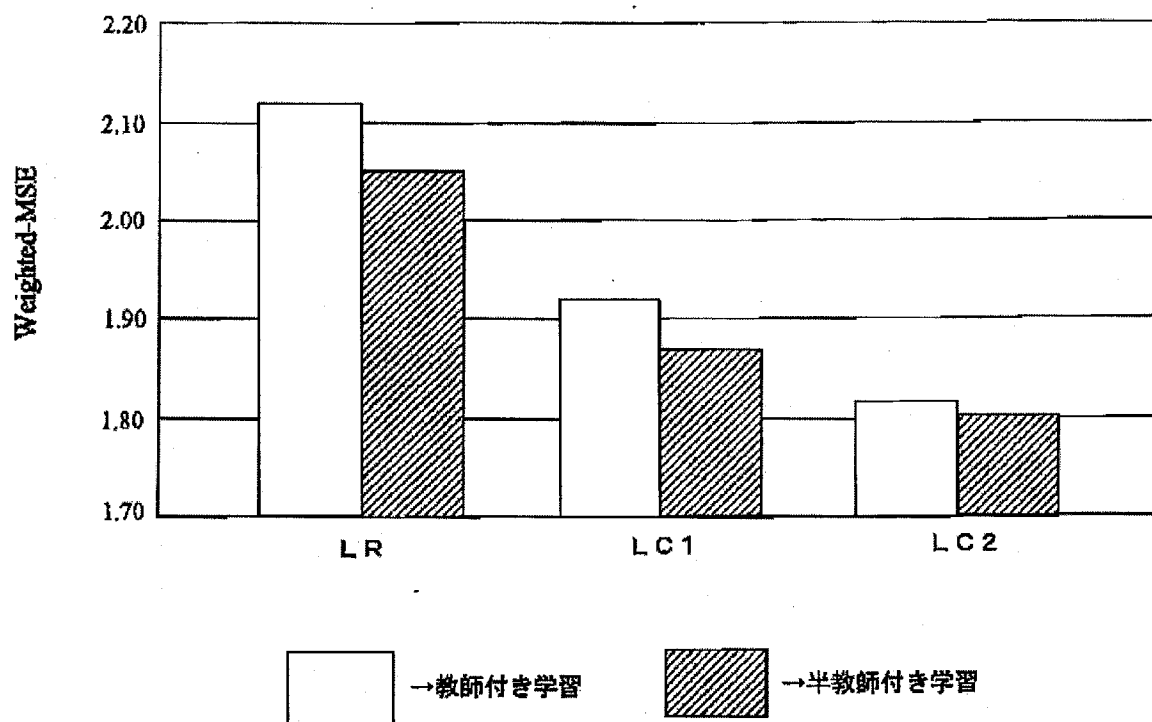
[請求項14] 前記重み関数を、知覚年齢ごとの標準偏差に基づいて定義する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求の範囲 1 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

[請求項15] 前記重み関数を値が小さいほど推定年齢誤差が深刻であることを示す関数とすることを特徴とする請求の範囲 1 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

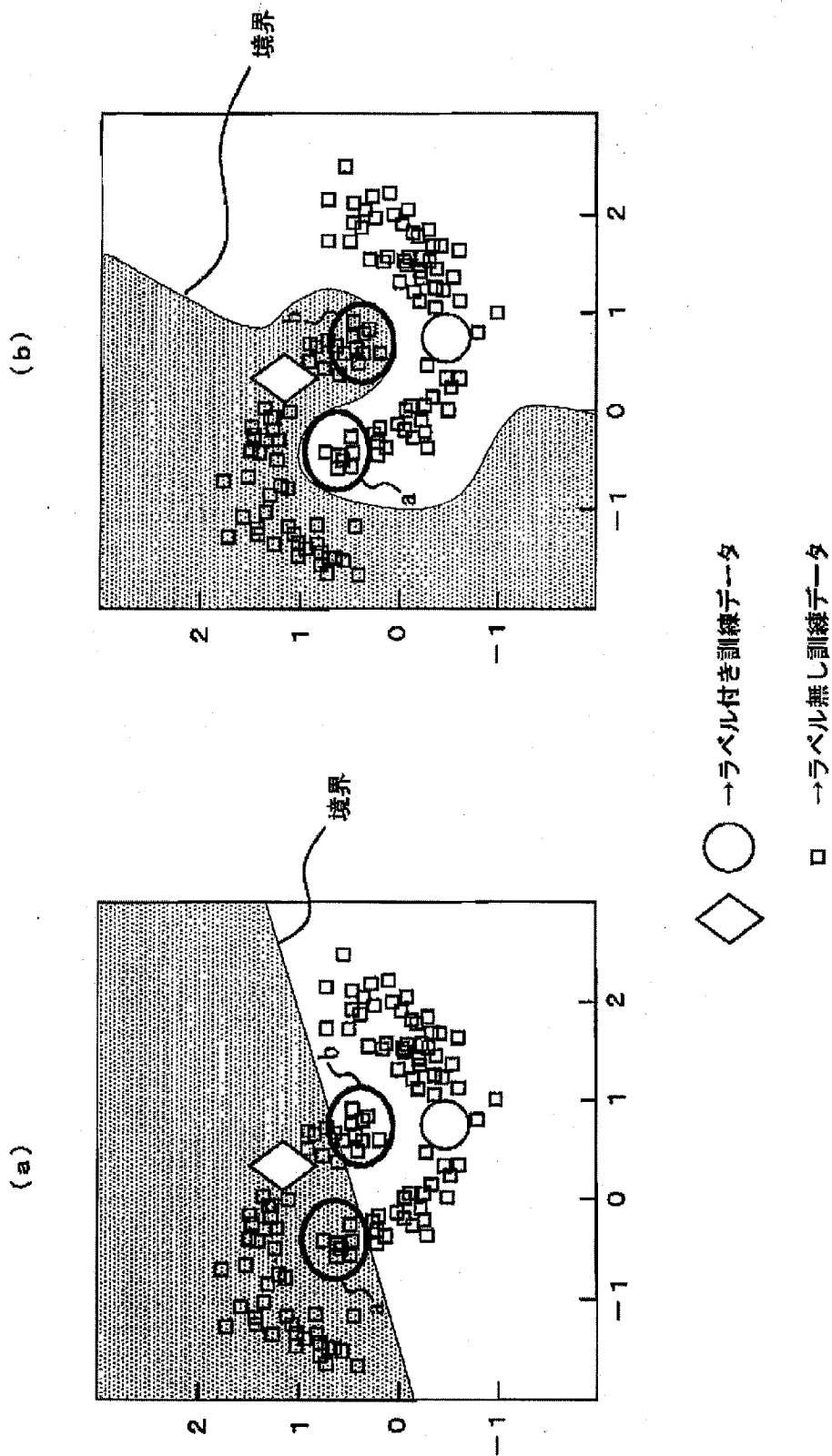
[図1]



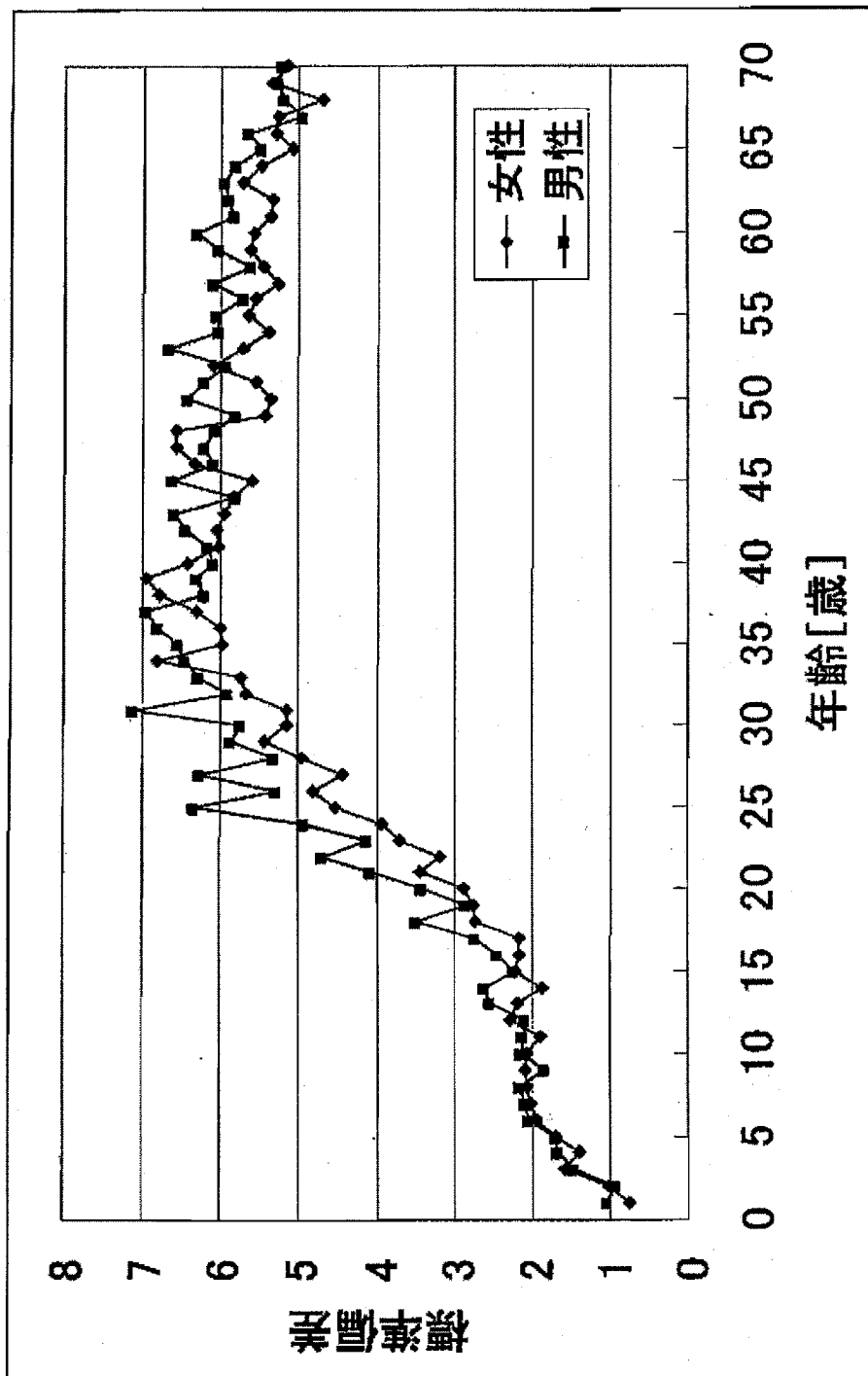
[図2]



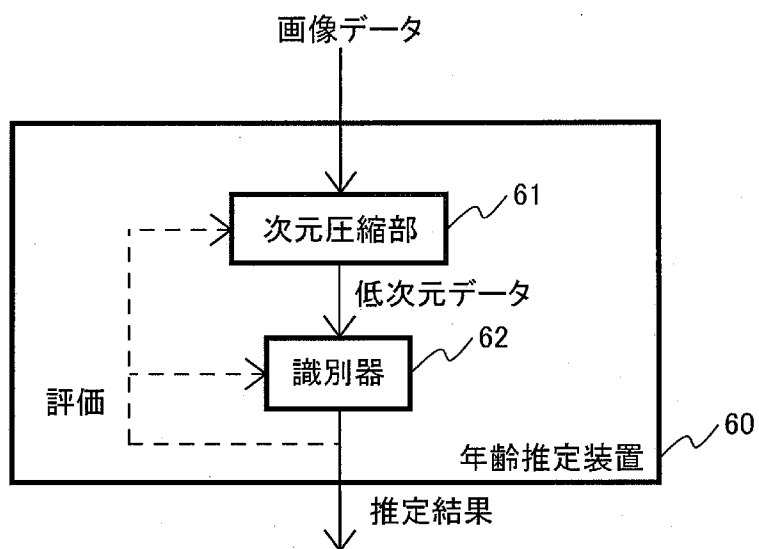
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056690

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T7/00 (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)

G06T7/00

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 2009-86901 A (NEC Soft, Ltd.), 23 April 2009 (23.04.2009), paragraphs [0017] to [0027] & WO 2009/041349 A1	1-15
A	JP 2009-514110 A (Honda Motor Co., Ltd.), 02 April 2009 (02.04.2009), paragraphs [0011], [0023] & US 2007/0098254 A1 & WO 2007/053470 A2	1-15
A	Daisuke IKEDA et al., "Semi-supervised Learning for Blog Classification", Information Processing Society of Japan Kenkyu Hokoku, 21 January 2008 (21.01.2008), vol.2008, no.4, pages 59 to 66	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 May, 2010 (07.05.10)

Date of mailing of the international search report
18 May, 2010 (18.05.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T7/00(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.Cl. G06T7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 2009-86901 A (N E C ソフト株式会社) 2009.04.23, 【0 0 1 7】 - 【0 0 2 7】 & WO 2009/041349 A1	1 - 1 5
A	JP 2009-514110 A (本田技研工業株式会社) 2009.04.02, 【0 0 1 1】, 【0 0 2 3】 & US 2007/0098254 A1 & WO 2007/053470 A2	1 - 1 5
A	池田大介 外2名, b l o g 分類のための半教師有り学習, 情報処 理学会研究報告, 2008.01.21, 第2008巻 第4号, 第59~66頁	1 - 1 5

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

0 7 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 5 . 2 0 1 0

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）

佐藤 実

5 H

3 2 4 7

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