

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年7月30日 (30.07.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/093525 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/050529
- (22) 国際出願日: 2009年1月16日 (16.01.2009)
- (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2008-012678 2008年1月23日 (23.01.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人新潟大学 (NIIGATA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9502181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050番地 Niigata (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 村松 正吾 (MURAMATSU, Shogo) [JP/JP]; 〒9502181 新潟県新潟市

西区五十嵐二の町8050番地 国立大学法人新潟大学 工学部内 Niigata (JP). 渡辺 秀典 (WATANABE, Hidenori) [JP/JP]; 〒9502181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町8050番地 国立大学法人新潟大学 工学部内 Niigata (JP).

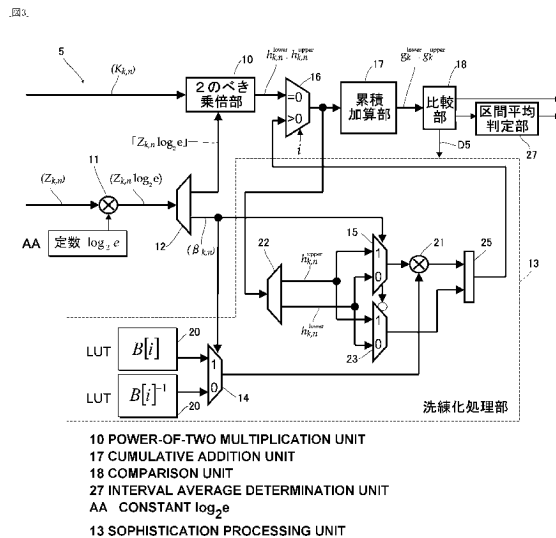
(74) 代理人: 牛木 護 (USHIKI, Mamoru); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目14番1号 郵政福祉琴平ビル 3階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, JP, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 識別装置、識別方法及び識別処理プログラム



(57) Abstract: There are proposed an identification device, an identification method, and an identification processing program capable of significantly reducing a processing load. Since the identification device (1) can determine the magnitude comparison of a category-0 occurrence probability value and a category-1 occurrence probability value from the magnitude relation between g_k^{upper} and g_k^{lower} , a simple interval calculation makes it possible to identify whether observational data (D1) belongs to the category-0 or the category-1. Accordingly, it is possible to avoid the calculation processing of a complicated exponential function that is used for obtaining the category-0 occurrence probability value and the category-1 occurrence probability value and increases processing load, thereby enabling the processing load to be significantly reduced.

(57) 要約: 処理負担を格段的に低減し得る識別装置、識別方法及び識別処理プログラムを提案する。識別装置1では、 g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大小関係から、分類0発生確率値と分類1発生確率値との大小比較を判断することができるので、簡便な区間計算で観測データD1が分類0又は分類1のいずれかであることを識別でき、かくして、分類0発生確率値及び分類1発生確率値の複

[続葉有]



WO 2009/093525 A1



SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, 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,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明 細 書

識別装置、識別方法及び識別処理プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、識別装置、識別方法及び識別処理プログラムに関し、例えば、混合正規分布のベイズ決定則に基づいて、所定対象を識別する識別装置に適用して好適なものである。

背景技術

[0002] 近年、識別対象をセンサが感知し、当該センサから得られた観測データを基に識別対象がどのようなものかを識別する手法として、確率分布モデルを仮定し、ベイズ決定則に従って識別対象を識別する手法が知られている(例えば、特許文献1参照)。

[0003] ここで、観測データがそれぞれ単一の正規分布に従うという仮定の下では、ある定数K倍の指数関数 $K \exp(-z)$ 同士を比較することでパターンを識別できる。この実現は対数を取った $(\ln K - z)$ の比較に帰着できるので、識別装置による指数関数の計算は必要ない。なお、 $\ln K$ は定数である。

[0004] ここで、単一正規分布は、多峰性の分布に従うデータには適しておらず、利用できる問題が制限されるという欠点があるものの、かかる多峰性分布の問題は、正規分布の重み付け和である次式

[0005] [数1]

$$\sum_n K_n \exp(-z_n)$$

[0006] に示す混合正規分布の導入により改善することができる。

特許文献1:特開2005-267570号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、混合正規分布同士の比較は、対数を取っても指数関数を省くことが

できないため、演算量が増大してしまう。以下、この点について具体的に説明する。

[0008] まず始めにここで利用されるベイズ決定則とは、予め分類(クラス)を与えておき、観測データ(特徴ベクトル)が属するクラスを判別する方法である。ベイズ決定則に用いられるベイズの定理では、例えば事象Bの発生確率が $P(B)$ と表され、事象Aがおきた後での事象Bの発生確率が $P(B | A)$ と表され、 $P(A) > 0$ ならば、以下の式が成り立つ。

[0009] [数2]

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$

[0010] ベイズ決定則では、観測データが与えられると、例えば各クラス c_0, c_1 の条件付確率 $P[C=c_0|x]$ と $P[C=c_1|x]$ とを比較し、高い確率を与えるクラスを観測データの属するクラスとして選択する。この選択は誤り率を最小とする。条件付確率 $P[C|x]$ は、上述したベイズの定理から以下の式、

[0011] [数3]

$$P[C|x] = \frac{p(\mathbf{x}|C)P[C]}{p(\mathbf{x})} \propto p(\mathbf{x}|C)P[C]$$

[0012] で表すことができる。このようにベイズ決定則では、 $p(\mathbf{x}|c)$ と $P[c]$ とにより下記のような、

[0013] [数4]

$$g(\mathbf{x}) = p(\mathbf{x}|c_1)P[c_1] - p(\mathbf{x}|c_0)P[c_0]$$

[0014] で表される判別式の評価によって行われる。すなわち、 $g(\mathbf{x}) > 0$ ならばクラス c_1 と判定でき、 $g(\mathbf{x}) < 0$ ならばクラス c_0 と判定できる。

[0015] ここで上述した数4の判別式を利用するためには、条件付確率密度関数 $p(\mathbf{x}|C)$ が予め必要となる。例えば $p(\mathbf{x}|C)$ が多次元(ここでは例えばD次元)混合正規分布(多変量混合ガウス分布)としてモデル化される場合には、D次元混合正規分布について

下記の数5のように表される。

[0016] [数5]

$$N(\mathbf{x}|\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} |\boldsymbol{\Sigma}|^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}) \right\}$$

[0017] ここで、Dは変数の数、 \mathbf{x} は観測データ(特徴ベクトル)、 $\boldsymbol{\mu}$ はD×1平均ベクトル、 $\boldsymbol{\Sigma}$ はD×D共分散行列(共分散とは2つのデータがどれだけ関連性・連動性があるかを示す係数)を表す。

[0018] D次元混合正規分布モデルの確率密度関数 $M(\mathbf{x} | \Theta)$ は、上述した数5を用いて

、

[0019] [数6]

$$M(\mathbf{x}|\Theta) = \sum_{n=0}^{N-1} \alpha_n N(\mathbf{x}|\boldsymbol{\mu}_n, \boldsymbol{\Sigma}_n)$$

[0020] と表される。ここで、 Θ はパラメータの集合であり、 $\Theta = \{ \{ \alpha_n \}, \{ \boldsymbol{\mu}_n \}, \{ \boldsymbol{\Sigma}_n \} \}$ 、Nは正規分布の混合数、 α_n は混合比を表す。このような数6に示す混合正規分布は、適切な混合数でモデル化することにより、複雑な形状の分布を任意の精度で近似できる。

[0021] そして、クラスcが与えられたときの確率変数ベクトル \mathbf{x} の条件付確率密度 $p(\mathbf{x}|C)$ が、上述した数6に示す多変量混合正規分布モデルに従うと仮定すると、上述した数4の判別式は、

[0022] [数7]

$$g(\mathbf{x}) = g_1(\mathbf{x}) - g_0(\mathbf{x})$$

[0023] [数8]

$$g_k(\mathbf{x}) = P[c_k] \sum_{n=0}^{N_k-1} \alpha_{k,n} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} |\Sigma|^{\frac{D}{2}}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mu)^T \Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\mu)\right\} = \sum_{n=0}^{N_k-1} K_{k,n} \exp(-z_{k,n}(\mathbf{x}))$$

$$\left(K_{k,n} = \frac{P[c_k] \alpha_{k,n}}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} |\Sigma|^{\frac{D}{2}}}, \quad z_{k,n} = \frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mu)^T \Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\mu) \right)$$

[0024] と表される。因みに $\{\alpha_{k,n}\}$ は、クラス c_k に対して与えられるパラメータ集合であり、 k はクラス(分類)を示す0又は1である。ここで、上述した数8では、複数の観測データの各確率変数ベクトル \mathbf{x} を基に、変数箇所が変数群 $(z_{k,n}(\mathbf{x}))$ として算出され、混合正規分布のパラメータを基に、定数箇所が定数群 $K_{k,n}$ として算出される(k は分類を表す1又は0、 n は各分類に仮定される正規分布の分布番号を示す)。

[0025] 従って、従来においては、上述したような $g(x) > 0$ 又は $g(x) < 0$ に基づいて、クラス c_1 又はクラス c_0 の判定を決定する場合、上述した数8に示したような複雑で処理負担の大きい指数関数の計算処理を正確に実行する必要がある。

[0026] そして、このような演算量の増大は、高速性や低消費電力が要求されるシステムへの応用の妨げとなるため、かかる識別装置での処理負担を軽減することが望まれている。

[0027] ところで、指数関数の効果的な演算方法としては、関数電卓でも利用されるCORDICアルゴリズムが知られているが、このCORDICアルゴリズムを利用しても無駄な演算が生じてしまい、高速な識別の妨げになってしまうという問題がある。

[0028] 本発明は以上の点を考慮してなされたもので、処理負担を格段的に低減し得る識別装置、識別方法及び識別処理プログラムを提案することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0029] かかる課題を解決するため本発明の請求項1は、観測データの分布が混合正規分布に従うと仮定し、混合正規分布パラメータを基に前記観測データを分類する識別装置であって、複数の前記観測データの各特徴ベクトルを基に得た変数群 $z_{k,n}$ (k は分類を表す1又は0、 n は各分類に仮定される正規分布の分布番号を示す)と、前記混合正規分布パラメータを基に得た定数群 $K_{k,n}$ とを用いて、次式

[0030] [数9]

$$h_{k,n}^{\text{upper}} = K_{k,n} 2^{-\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil}$$

[0031] ($\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil$ は $z_{k,n} \log_2 e$ の整数部である)

[0032] [数10]

$$h_{k,n}^{\text{lower}} = h_{k,n}^{\text{upper}} 2^{-1}$$

[0033] を計算する2のべき乗倍部と、

前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を用いて、次式

[0034] [数11]

$$g_k^{\text{upper}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{upper}}$$

[0035] [数12]

$$g_k^{\text{lower}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{lower}}$$

[0036] (N_k は分類 k の正規分布の混合数を示す)

を計算する累積加算部と、前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して、 $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ と、

$g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ とによって前記観測データを分類する比較部とを備えることを特徴とする。

[0037] また、本発明の請求項2は、次式

[0038] [数13]

$$B[i] = 2^{-2^i}$$

[0039] [数14]

$$B[i]^{-1} = 2^{2^{-i}}$$

[0040] (i は0, 1..., L , ここで L は任意に設定した正の整数)

を記憶した記憶部を備え、前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して大小関係を判定できないとき、 i の値を $i+1$ に更新し、 $z_{k,n}$, $\log_2 e$ の小数部の小数点以下第 i 位が1であるか、或いは0であるかを判断し、前記小数点以下第 i 位が1のとき、前記数13の $B[i]$ を前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ に乘算し $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を更新して前記 g_k^{upper} を計算し、前記小数点以下第 i 位が0のとき、前記数14の $B[i]^{-1}$ を前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ に乘算し $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を更新して前記 g_k^{lower} を計算することを特徴とする。

[0041] また、本発明の請求項3は、前記 i の値が前記 L のときには、次式

[0042] [数15]

$$g_k^{\text{pseudo}} = 2^{-1} \left\{ g_k^{\text{lower}} B[L]^{-1} + g_k^{\text{upper}} \right\}$$

[0043] を計算し、

$g_1^{\text{pseudo}} < g_0^{\text{pseudo}}$ と、 $g_0^{\text{pseudo}} < g_1^{\text{pseudo}}$ とによって前記観測データを分類する平均値処理部を備えることを特徴とする。

[0044] また、本発明の請求項4は、観測データの分布が混合正規分布に従うと仮定し、混合正規分布パラメータを基に前記観測データを分類する識別方法であって、複数の前記観測データの各特徴ベクトルを基に得た変数群 $z_{k,n}$ (k は分類を表す1又は0、 n は各分類に仮定される正規分布の分布番号を示す)と、前記混合正規分布パラメータを基に得た定数群 $K_{k,n}$ とを用いて、次式

[0045] [数16]

$$h_{k,n}^{\text{upper}} = K_{k,n} 2^{-\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil}$$

[0046] ($\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil$ は $z_{k,n} \log_2 e$ の整数部である)

[0047] [数17]

$$h_{k,n}^{\text{lower}} = h_{k,n}^{\text{upper}} 2^{-1}$$

[0048] を計算する2のべき乗倍ステップと、前記2のべき乗倍ステップで算出した前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ とを用いて、次式

[0049] [数18]

$$g_k^{\text{upper}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{upper}}$$

[0050] [数19]

$$g_k^{\text{lower}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{lower}}$$

[0051] (N_k は分類 k の正規分布の混合数を示す)

を計算する累積加算ステップと、前記累積加算ステップによって算出した前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して、 $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ と、 $g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ とによって前記観測データを分類する比較ステップとを備えることを特徴とする。

[0052] また、本発明の請求項5は、前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して大小関係を判定できないとき、 i の値を $i+1$ に更新し、 $z_{k,n} \log_2 e$ の小数部の小数点以下第 i 位が1であるか、或いは0であるかを判断し、前記小数点以下第 i 位が1のとき、次式

[0053] [数20]

$$B[i] = 2^{-2^i}$$

[0054] (i は0, 1, ..., L, ここでLは任意に設定した正の整数)

を前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ に乘算し $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を更新して前記 g_k^{upper} を計算し、前記小数点以下第 i 位が0のとき、次式

[0055] [数21]

$$B[i]^{-1} = 2^{2^i}$$

[0056] を前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ に乘算し $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を更新して前記 g_k^{lower} を計算する洗練化処理ステップを備えることを特徴とする。

[0057] また、本発明の請求項6は、前記 i の値が前記 L のときには、次式

[0058] [数22]

$$g_k^{\text{pseudo}} = 2^{-1} \{ g_k^{\text{lower}} B[L]^{-1} + g_k^{\text{upper}} \}$$

[0059] を計算し、

$g_1^{\text{pseudo}} < g_0^{\text{pseudo}}$ と、 $g_0^{\text{pseudo}} < g_1^{\text{pseudo}}$ とによって前記観測データを分類する平均値処理ステップを備えることを特徴とする。

[0060] また、本発明の請求項7は、観測データの分布が混合正規分布に従うと仮定し、混合正規分布パラメータを基に前記観測データを分類する識別処理プログラムであつて、複数の前記観測データの各特徴ベクトルを基に得た変数群 $z_{k,n}$ (k は分類を表す1又は0、 n は各分類に仮定される正規分布の分布番号を示す)と、前記混合正規分布パラメータを基に得た定数群 $K_{k,n}$ とを用いて、次式

[0061] [数23]

$$h_{k,n}^{\text{upper}} = K_{k,n} 2^{-\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil}$$

[0062] ($\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil$ は $z_{k,n} \log_2 e$ の整数部である)

[0063] [数24]

$$h_{k,n}^{\text{lower}} = h_{k,n}^{\text{upper}} 2^{-1}$$

[0064] を計算する2のべき乗倍ステップと、前記2のべき乗倍ステップで算出した前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ とを用いて、次式

[0065] [数25]

$$g_k^{\text{upper}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{upper}}$$

[0066] [数26]

$$g_k^{\text{lower}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{lower}}$$

[0067] (N_k は分類kの正規分布の混合数を示す)

を計算する累積加算ステップと、前記累積加算ステップによって算出した前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して、 $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ と、 $g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ とによって前記観測データを分類する比較ステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする。

[0068] また、本発明の請求項8は、前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して大小関係を判定できないとき、 i の値を $i+1$ に更新し、 $z_k, \log_2 e$ の小数部の小数点以下第 i 位が1であるか、或いは0であるかを判断し、

前記小数点以下第 i 位が1のとき、次式

[0069] [数27]

$$B[i] = 2^{-2^i}$$

[0070] (i は0, 1, ..., L, ここでLは任意に設定した正の整数)

を前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ に乘算し $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を更新して前記 g_k^{upper} を計算し、前記小数点以下第 i 位が0のとき、次式

[0071] [数28]

$$B[i]^{-1} = 2^{2^i}$$

[0072] を前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ に乘算し $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を更新して前記 g_k^{lower} を計算する洗練化処理ステップを備えることを特徴とする。

[0073] また、本発明の請求項9は、前記 i の値が前記Lのときには、次式

[0074] [数29]

$$g_k^{\text{pseudo}} = 2^{-1} \left\{ g_k^{\text{lower}} B[L]^{-1} + g_k^{\text{upper}} \right\}$$

[0075] を計算し、

$g_1^{\text{pseudo}} < g_0^{\text{pseudo}}$ と、 $g_0^{\text{pseudo}} < g_1^{\text{pseudo}}$ とによって前記観測データを分類する平均値処理ステップを備えることを特徴とする。

発明の効果

[0076] 本発明の請求項1の識別装置、請求項3の識別方法及び請求項7の識別処理プログラムによれば、簡便な区間計算で得られた g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大小関係から観測データを識別できるので、分類の発生確率値を算出するための複雑な指数関数の計算処理を回避でき、かくして、処理負担を格段的に低減し得る。

[0077] また、本発明の請求項2の識別装置、請求項4の識別方法及び請求項8の識別処理プログラムによれば、段階的に比較演算の精度を向上させ、不明となる区間を狭めて簡便な区間計算で観測データの分類を行うことができ、かくして、分類の発生確率値を算出する複雑な指数関数の計算処理を回避できる。

[0078] また、本発明の請求項3の識別装置、請求項6の識別方法及び請求項9の識別処理プログラムによれば、 g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大小が明らかでなくとも、最終的に観測データの分類を確実に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0079] [図1]本発明による識別装置の回路構成を示すブロック図である。

[図2]変数群 $(z,)_{k, n}$ 及び定数群 $(K,)_{k, n}$ の説明に供する概略図である。

[図3]識別部の回路構成を示すブロック図である。

[図4]識別処理手順を示すフローチャートである。

[図5] g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大きさが明らかな場合の概略図である。

[図6] g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大きさが明らかでない場合に、洗練化処理をした g_k^{upper} 及び g_k^{lower} を示す概略図である。

[図7]観測データたる画像と、画像内の肌色識別を行った識別結果とを示す写真である。

発明を実施するための最良の形態

[0080] 以下図面に基づいて本発明の実施の形態を詳述する。

[0081] (1) 識別装置の全体構成

図1において、1は本発明による識別装置を示し、観測データD1の分布が混合正規分布に従うと仮定し、混合正規分布パラメータを基に観測データD1を分類0又は分類1のいずれかであるかを識別し得るものである。

[0082] なお、ここで識別結果としては、分類0又は分類1としたが、これは単に識別対象が存在するとの肯定結果や、識別対象が存在しないとの否定結果を示すに過ぎないものである。

[0083] 具体的に説明すると、例えばテレビジョンカメラで撮像された画像中に目標物体が存在するか否か、すなわち各画素が背景画像(分類0とする)又は人(分類1とする)のいずれかに属するか否かを識別させるとした場合、識別装置1は、テレビジョンカメラから得た画像データが観測データD1として特徴抽出部2に入力される。

[0084] 特徴抽出部2は、所定の画像処理を施し、例えば各画素毎の画像平面内の位置を表す座標軸(x, y)と、当該画素の輝度値や色等の各種画素情報とからなる特徴ベクトルD2を算出し、これを二次形式演算部3へ送出する。

[0085] 肌色識別への応用例では、識別装置1が背景画像の中から人を識別するために、各画素を肌色(分類1)と非肌色(分類0)とに分類する。この場合、特徴ベクトルD2は、画素の位置を示す座標データと、当該座標データで表した画素におけるR(赤)、G(緑)及びB(青)の各値を示すデータとから構成される。

[0086] このとき、この識別装置1は、観測データD1の分布が混合正規分布に従うと仮定し、画素集合の分布から得られた複数個の成分からなるM次元の混合正規分布パラメータ群D3を二次形式演算部3及び重み係数演算部4へ送出する。

[0087] 二次形式演算部3は、特徴ベクトルD2及び混合正規分布パラメータ群D3に基づいて変数のみを抜き出して変数群 (z_k, \dots, z_n) を算出し、これを識別部5へ送出する。一方、このとき重み係数演算部4は、受け取った混合正規分布パラメータ群D3を基に定数のみを抜き出して定数群 (K_k, \dots, K_n) を算出し、これを識別部5へ送出する。

[0088] 具体的に変数群 (z_k, \dots, z_n) 及び定数群 (K_k, \dots, K_n) としては、図2に示すように、上述した従来における数8のうち、変数箇所ER1が変数群 (z_k, \dots, z_n) として算出され、定数箇所ER2が定数群 (K_k, \dots, K_n) として算出される。なお、図2においては、変数群 $(z_k, \dots, z_n(x))$ と表し

であるが、変数 x の関数であることが明らかなため、以下、説明の便宜上、単に変数群 $(z_{k,n})$ とする。

[0089] ここで、識別部5は、分類0となる確率(以下、これを分類0発生確率と呼ぶ)を示す次式

[0090] [数30]

$$\sum_n K_{0,n} \exp(-z_{0,n})$$

[0091] の指数関数を実際に計算することなく、所定の識別処理を実行して、分類0発生確率値よりも小さく指数関数の計算を必要としない下限値(以下、これを分類0発生下限値と呼ぶ)と、分類0発生確率値よりも大きく指数関数の計算を必要としない上限値(以下、これを分類0発生上限値と呼ぶ)とを算出する。

[0092] また、識別部5は、分類1となる確率(以下、これを分類1発生確率と呼ぶ)を示す次式

[0093] [数31]

$$\sum_n K_{1,n} \exp(-z_{1,n})$$

[0094] の指数関数を実際に計算することなく、所定の識別処理を実行して、分類1発生確率値よりも小さく指数関数の計算を必要としない下限値(以下、これを分類1発生下限値と呼ぶ)と、分類1発生確率値よりも大きく指数関数の計算を必要としない上限値(以下、これを分類1発生上限値と呼ぶ)とを算出する。なお、 $K_{k,n}$ は正の定数であり、 $z_{k,n}$ は正の変数である。

[0095] そして、識別部5は、分類0発生上限値と分類1発生下限値とを比較し、或いは分類1発生上限値と分類0発生下限値とを比較することにより、分類0発生確率値と分類1発生確率値とのいずれが大きいか判断する。

[0096] その結果、分類0発生確率値が分類1発生確率値よりも明らかに大きいときには、観測データD1が分類0であると識別する。一方、分類1発生確率値が分類0発生確率値よりも明らかに大きいときには、観測データD1が分類1であると識別する。

[0097] かくして、識別部5は、指数関数の複雑な計算を行わずに簡単な計算で算出できるこれら分類0発生上限値と、分類0発生下限値と、分類1発生上限値と、分類1発生下限値とを用いて、分類0発生確率値と分類1発生確率値との大小比較を行うようにしたことで、簡便な区間計算で観測データD1が分類0又は分類1のいずれかであることを識別し得るようになされている。

[0098] また、識別部5は、分類0発生確率値と分類1発生確率値との大小が不明なときには、分類0発生確率値と分類1発生確率値との大小関係が明らかになるまで、分類0発生上限値と、分類0発生下限値と、分類1発生上限値と、分類1発生下限値とを段階的に狭めて比較精度を洗練してゆき、指数関数の計算を行わない簡便な区間計算で観測データD1が分類0又は分類1のいずれかであることを識別し得るようになされている。

[0099] (2) 識別部の回路構成

(2-1) 基本識別処理

ここで識別部5により実行される識別処理は、基本識別処理と洗練化処理とがあり、先ず始めに、図3及び図4を用いて識別処理のうち基本識別処理について以下説明する。

[0100] 図3は、識別処理を実行する識別部5の回路構成を示すものであり、図4は識別処理手順を示すフローチャートである。

[0101] 識別部5は、重み係数演算部4からの定数群 (K_k, N_n) を2のべき乗倍部10に送出する。ここで、この実施の形態の場合、 k は分類0を示す0、或いは分類1を示す1とし、 n は、 $n=1\cdots, N_k$ (すなわち、 n は、 $k=0$ のとき $n=1\cdots, N_0$ 、 $k=1$ のとき $n=1\cdots, N_1$) とする。なお、 N_0 及び N_1 は正規分布の混合数である。

[0102] また、この実施の形態の場合、識別部5において識別処理の過程で用いられる $\log_2 e$ や、後述する(2-2)洗練化処理で用いる次式の数32及び数33は予め計算されて、その結果が記録されており、計算処理の負担軽減が図られている。

[0103] [数32]

$$B[i] = 2^{-2^i}$$

[0104] [数33]

$$B[i]^{-1} = 2^{2^{-i}}$$

[0105] なお、iの最大値は予め任意の数値が設定されており、この実施の形態の場合は、 $i = 0, 1, \dots, L$ である。

[0106] 實際上、この識別部5は、二次形式演算部3からの変数群 $(z_{k,n})$ を乗算部11へ送出して、変数群 $(z_{k,n})$ に定数 $\log_2 e$ を乗算し、これにより得られた複数の $(z_{k,n} \log_2 e)$ を分割部12へ送出する。

[0107] 分割部12は、各 $(z_{k,n} \log_2 e)$ を整数部分と小数部分とに分割し、これら整数部分を整数部群 $(\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil)$ として2べき乗倍部に送出する。なお、次式の数34から得た小数部分は、後述する洗練化処理の際に用いるために小数部群 $(\beta_{k,n})$ として洗練化処理部13のB[i]選択部14及び第1選択部15へそれぞれ送出する。なお、上述した整数部群の「 \lceil 」の記号は整数部分であることを示すものである。

[0108] [数34]

$$\beta_{k,n} = z_{k,n} \log_2 e - \lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil$$

[0109] 2べきの乗倍部10は、定数群 $(K_{k,n})$ と整数部群 $(\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil)$ とを用い、kが0のときの $n = 1 \dots, N_0$ 全てについて次式の数35及び数36から $h_{0,n}^{\text{upper}}$ と $h_{0,n}^{\text{lower}}$ とをそれぞれ算出し(ステップSP1)、これらnを $1 \dots, N_0$ まで順次変えて算出した複数の $h_{0,n}^{\text{upper}}$ と $h_{0,n}^{\text{lower}}$ とを選択部16を介して累積加算部17へ送出する。

[0110] [数35]

$$h_{k,n}^{\text{upper}} = K_{k,n} 2^{-\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil}$$

[0111] [数36]

$$h_{k,n}^{\text{lower}} = h_{k,n}^{\text{upper}} 2^{-1}$$

[0112] また、2べきの乗倍部10は、定数群($K_{k,n}$)と整数部群($\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil$)とを用い、kが1のときの $n=1\cdots, N_0$ 全てについて上述した数35及び数36から $h_{1,n}^{\text{upper}}$ と $h_{1,n}^{\text{lower}}$ とをそれぞれ算出し(ステップSP1)、これらnを $1\cdots, N_0$ まで順次変えて算出した複数の $h_{0,n}^{\text{upper}}$ と $h_{0,n}^{\text{lower}}$ とを選択部16を介して累積加算部17へ送出する。

[0113] 累積加算部17は、kを0としてnを $1\cdots, N_0$ まで順次変えて算出した複数の $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を、次式の数37によって累積加算してゆき、分類0発生上限値となる g_0^{upper} を算出し(ステップSP2)、これを比較部18に送出する。

[0114] [数37]

$$g_k^{\text{upper}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{upper}}$$

[0115] また、累積加算部17は、kを0としてnを $1\cdots, N_0$ まで順次変えて算出した複数の $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を、次式の数38によって累積加算してゆき、分類0発生下限値となる g_0^{lower} を算出し(ステップSP2)、これを比較部18に送出する。

[0116] [数38]

$$g_k^{\text{lower}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{lower}}$$

[0117] 同様にして、累積加算部17は、kを1としてnを $1\cdots, N_1$ まで順次変えて算出した複数の $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を、上述した数37によって累積加算してゆき、分類1発生上限値となる g_1^{upper} を算出し(ステップSP2)、これを比較部18に送出する。また、累積加算部17は、kを1としてnを $1\cdots, N_1$ まで順次変えて算出した複数の $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を、上述した数38によって累積加算してゆき、分類1発生下限値となる g_1^{lower} を算出し(ステップSP2)、これを比較部18に送出する。

[0118] 比較部18は、 g_1^{upper} 及び g_0^{lower} を比較して、図5(A)に示すように、その数値から明らかに $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ であるか否かを判断する(ステップSP3)。そして、比較部18は、分類0発生確率値が分類1発生確率値よりも明らかに大きいことを示す $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$

rであると判断すると分類0と判定し(ステップSP4)、その判定結果を表示部(図示せず)に送出する。

[0119] これに対して比較部18は、数値から明らかに $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ ではないと判断すると、 g_0^{upper} 及び g_1^{lower} を比較して、図5(B)に示すように、その数値から明らかに $g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ であるか否かを判断する(ステップSP5)。そして、比較部18は、分類1発生確率値が分類0発生確率値よりも明らかに大きいことを示す $g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ であると判断すると分類1と判定し(ステップSP6)、その判定結果を表示部に送出する。

[0120] かくして、表示部は、比較部18から受け取った判定結果を画像を介して表示する等することによりユーザに通知し得る。肌色識別への応用例では、各画素毎に肌色(分類1)又は非肌色(分類0)に判定された結果を基に、例えば肌色(分類1)の画素を白色とし、非肌色(分類0)の画素を黒色として分類0及び分類1毎に各画素を色分けすることにより、背景画像と人を識別した画像を生成してユーザに通知し得るようになされている。なお、後述する洗練化処理が必要な画素については、灰色に色分けされ、ユーザに対して洗練化処理が実行されたこと、或いは上述した基本識別処理が実行されていないことが通知され得る。

[0121] (2-2)洗練化処理

ここで、比較部18は、上述した基本識別処理によって、 g_1^{upper} 及び g_0^{lower} の数値を比較し、或いは g_0^{upper} 及び g_1^{lower} の数値を比較し、図6(A)に示すように、これらの大小関係を判定できなかつたときには、その判定不可結果を示す再処理信号を洗練化処理部13に送出して、洗練化処理を実行し得るようになされている。

[0122] ここで洗練化処理部13は、上述した数32及び数33のような関係が対応付けているルックアップテーブル(Lookup table; LUT)を記憶した記憶部20を備えており、比較部18から再処理信号D5を受け取ると、iの値をi+1に更新する。

[0123] ここで實際上、iは、 g_1^{upper} 及び g_0^{lower} と、 g_0^{upper} 及び g_1^{lower} の大小関係を判定できなかつたとき(ステップSP5で否定結果が得たとき)、1ずつ加算されてゆくが、その最大値がLに設定されていることから、先ず始めに現時点でiがLであるか否かを判断し(ステップSP7)、iが未だLに到達していないときに、iの値をi+1に更新する(ステップSP8)。

- [0124] ここで、上述した数34により分割部12で算出された小数部群($\beta_{k,n}$)について、小数部群($\beta_{k,n}$)を構成する各小数部の小数点以下第i位が1であるか、或いは0であるかによって、各小数部に対するそれぞれ個別の処理が異なり、これら異なる処理を行って更新した各 $h_{k,n}^{lower}$ 及び $h_{k,n}^{upper}$ を用いて、累積加算部17において g_k^{upper} 及び g_k^{lower} を算出するようになされている。
- [0125] 以下、小数点以下第i位が1のときの小数部(以下、これを単に1小数部と呼ぶ)に対する処理と、小数点以下第i位が0のときの小数部(以下、これを単に0小数部と呼ぶ)に対する処理について、分けて説明する。
- [0126] (2-2-1)小数部の小数点以下第i位が1の場合
ここで、洗練化処理部13のB[i]選択部14は、上述した数34により分割部12で算出された小数部群($\beta_{k,n}$)の各小数部について、それぞれ個別に小数点以下第i位が1であるか否かを判断する(ステップSP9)。ここで、B[i]選択部14は、小数部群($\beta_{k,n}$)のうち、1小数部が存在すると判断すると、その1小数部の処理時に記憶部20からB[i]を読み出して乗算部21へ送出する。
- [0127] このとき、洗練化処理部13の上下限值分割部22は、この1小数部が求められた変数の整数部により算出した対応する $h_{k,n}^{lower}$ (以下、これを1対応 $h_{k,n}^{lower}$ と呼ぶ)と、同じくこの1小数部が求められた変数の整数部により算出した対応する $h_{k,n}^{upper}$ (以下、これを1対応 $h_{k,n}^{upper}$ と呼ぶ)とを選択部16から受け取る。
- [0128] 上下限值分割部22は、これら1対応 $h_{k,n}^{lower}$ 及び1対応 $h_{k,n}^{upper}$ を分割して、1対応 $h_{k,n}^{upper}$ を第1選択部15及び第2選択部23に送出すると共に、1対応 $h_{k,n}^{lower}$ も第1選択部15及び第2選択部23へ送出する。
- [0129] ここで、第1選択部15は、分割部12から受け取った小数部群($\beta_{k,n}$)を基に、現在処理されている小数部が1小数部であることを認識し、1対応 $h_{k,n}^{upper}$ を選択して乗算部21に送出すると共に、1対応 $h_{k,n}^{lower}$ を破棄する。
- [0130] また、この際、第1選択部15は、第2選択部23に対して1対応 $h_{k,n}^{lower}$ を選択するように選択信号を送出する。これにより第2選択部23は、1対応 $h_{k,n}^{lower}$ を選択してこれを更新値生成部25に送出し、1対応 $h_{k,n}^{upper}$ を破棄する。
- [0131] 乗算部21は、1対応 $h_{k,n}^{upper}$ にB[i]を乗算し、1対応 $h_{k,n}^{upper}$ のみを更新し(ステッ

プSP10)、この結果得られた1対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}B[i]$ (以下、これを更新 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と呼ぶ)を更新値生成部25に送出する。

[0132] 更新値生成部25は、更新 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を受け取ると、更新 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と1対応 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ とを対とし、選択部16を経由して累積加算部17へ送出する。

[0133] (2-2-2)小数部の小数点以下第*i*位が0の場合

一方、 $B[i]$ 選択部14は、小数部群 $(\beta_{k,n})$ のうち、0小数部が存在すると判断すると、その0小数部の処理時に $B[i]^{-1}$ を乗算部21へ送出する。

[0134] このとき、洗練化処理部13の上下限值分割部22は、この0小数部が求められた変数の整数部により算出した対応する $h_{k,n}^{\text{lower}}$ (以下、これを0対応 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ と呼ぶ)と、同じくこの0小数部が求められた変数の整数部により算出した対応する $h_{k,n}^{\text{upper}}$ (以下、これを0対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と呼ぶ)とを選択部16から受け取る。

[0135] 上下限值分割部22は、これら0対応 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ 及び0対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を分割して、0対応 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を第1選択部15及び第2選択部23に送出すると共に、0対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ も第1選択部15及び第2選択部23に送出する。

[0136] ここで、第1選択部15は、上下限值分割部22から受け取った小数部群 $(\beta_{k,n})$ を基に、現在処理されている小数部が0小数部であることを認識し、0対応 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を選択して乗算部21に送出すると共に、0対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を破棄する。

[0137] また、この際、第1選択部15は、第2選択部23に対して0対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を選択するように選択信号を送出する。これにより第2選択部23は、0対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を選択してこれを更新値生成部25に送出し、0対応 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を破棄する。

[0138] 乗算部21は、対応 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ に $B[i]^{-1}$ を乗算し、 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ のみを更新し(ステップSP11)、この結果得られた0対応 $h_{k,n}^{\text{lower}}B[i]^{-1}$ (以下、これを更新 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ と呼ぶ)を更新値生成部25に送出する。

[0139] 更新値生成部25は、更新 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を受け取ると、この更新 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ と0対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ とを対とし、選択部16を経由して累積加算部17へ送出する。

[0140] (2-2-3)累積換算処理

累積加算部17は、更新 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ 及び0対応 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ も含めて、上述した数37によって累積加算して g_k^{upper} を再び算出し(ステップSP2)、この更新した g_k^{upper} を比較部18

に送出する。

- [0141] また、累積加算部17は、更新 $h_{k,n}^{lower}$ 及び1対応 $h_{k,n}^{lower}$ も含めて、上述した数38によって累積加算して g_k^{lower} を再び算出し(ステップSP2)、この更新した g_k^{lower} を比較部18に送出する。
- [0142] 比較部18は、更新した g_k^{upper} 及び更新した g_k^{lower} を比較して、その数値から明らかに $g_1^{upper} \leq g_0^{lower}$ であるか否かを判断する(ステップSP3)。比較部は、区間を狭めたことで、 $g_1^{upper} \leq g_0^{lower}$ であると判断できると分類0と判定し(ステップSP4)、その判定結果を表示部に送出する。
- [0143] これに対して比較部18は、数値から明らかに $g_1^{upper} \leq g_0^{lower}$ ではないと判断すると、 g_0^{upper} 及び g_1^{lower} を比較して、その数値から明らかに $g_0^{upper} \leq g_1^{lower}$ であるか否かを判断する(ステップSP5)。比較部は、図5(B)に示すように、区間を狭めたことで、 $g_0^{upper} \leq g_1^{lower}$ であると判断できると分類1と判定し(ステップSP6)、その判定結果を表示部に送出する。
- [0144] そして、洗練化処理部13は、 g_1^{upper} 及び g_0^{lower} の数値を比較し、或いは g_0^{upper} 及び g_1^{lower} の数値を比較してこれらの大小関係を判定できなかつたときには、 i の値を $i+1$ に更新し、洗練化処理を再実行して上述した処理を繰り返す。
- [0145] このようにして、洗練化処理部13は、 g_1^{upper} 及び g_0^{lower} の数値、或いは g_0^{upper} 及び g_1^{lower} の数値の大小関係を判定できるまで、 i の値を $i+1$ に更新し、 i の最大値である L まで上述した処理を繰り返す。
- [0146] ここで、洗練化処理部13は、 i の値を $i+1$ に更新してゆき最大値である L まで上述した処理を繰り返しても、 g_1^{upper} 及び g_0^{lower} の数値、或いは g_0^{upper} 及び g_1^{lower} の数値の大小関係を判定できない場合には、区間平均判定部27によって後述する区間平均処理を実行して、分類1又は分類0のいずれかであるかを最終的に判別し得るようになされている。
- [0147] 實際上、区間平均判定部27は、 k が0のときの更新後の区間平均である g_0^{pseudo} と、 k が1のときの更新後の区間平均である g_1^{pseudo} を、次式の数39により算出する(ステップSP12)。
- [0148] [数39]

$$g_k^{\text{pseudo}} = 2^{-1} \{ g_k^{\text{lower}} B[L]^{-1} + g_k^{\text{upper}} \}$$

[0149] そして、区間平均判定部27は、 g_1^{pseudo} と g_0^{pseudo} との大小関係を判断し(ステップSP13)、 $g_1^{\text{pseudo}} < g_0^{\text{pseudo}}$ と判断すると、分類0と判定する(ステップSP14)。一方、区間平均判定部27は、 $g_1^{\text{pseudo}} < g_0^{\text{pseudo}}$ の大小関係が成立しないと判断すると、 $g_0^{\text{pseudo}} < g_1^{\text{pseudo}}$ と判断し、観測データD1を分類1と判定し(ステップSP15)する。このようにして、区間平均判定部27は、観測データD1を分類0又は分類1のいずれかであるかを判定し、その判定結果を表示部に送出して当該表示部を介してユーザに通知し得るようになされている。

[0150] (3)動作及び効果

以上の構成において、識別装置1では、変数群(z, \dots)に定数 $\log_2 e$ を乗算する乗算処理と、 n を $1 \dots, N$ まで順次変えて複数の $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を算出する2のべき乗倍処理と、複数の $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と $h_{k,n}^{\text{lower}}$ とをそれぞれ累積加算して g_k^{upper} 及び g_k^{lower} を求める加算処理とを実行するようにした。

[0151] これにより、識別装置1では、従来のような正確な指数関数の計算処理を実行することなく、真値を挟む2進数の整数幂上で表現される g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大小関係から、分類0発生確率値と分類1発生確率値との大小関係を判断することで、簡便な区間計算で観測データD1が分類0又は分類1のいずれかであるかを識別でき、かくして、分類0発生確率値及び分類1発生確率値の複雑で処理負担が大きい指数関数の計算処理を回避でき、処理負担を格段的に低減し得る。

[0152] さらに、識別装置1では、このように指数関数の演算コストを削減できた分だけ、観測データD1が分類0又は分類1のいずれかであるかの判定を高速に行うことができる。

[0153] これに加えて、この識別装置1では、 g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大小が明らかではない場合についても、小数部群(β, \dots)のビットパターンに応じた $B[i]$ と $h_{k,n}^{\text{upper}}$ の乗算、或いは $B[i]^{-1}$ と $h_{k,n}^{\text{lower}}$ の乗算を実行し、これら更新した $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と $h_{k,n}^{\text{lower}}$ とを用いて g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の計算処理を実行するようにした。

[0154] これにより、識別装置1は、段階的に比較演算の精度を向上させ、不明となる区間

を狭めて簡便な区間計算で観測データD1が分類0又は分類1のいずれかであるかを識別でき、かくして、分類0発生確率値及び分類1発生確率値の複雑で処理負担が大きい指数関数の計算処理を回避できる。

[0155] さらに、識別装置1では、洗練化処理をiが最大値Lになるまで繰り返しても、 g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大小が明らかではない場合には、区間平均である g_0^{pseudo} と g_1^{pseudo} とを算出してこの大小関係から擬似的に判定するようにしたことにより、上述した洗練化処理によっても g_k^{upper} 及び g_k^{lower} の大小が明らかでなくとも、最終的に観測データD1を分類0又は分類1のいずれか確実に判定することができる。

[0156] (4)実施例

本発明による識別装置1を画像の肌色識別に応用した例を示す。この実施例では、図7(A)に示すような人物が撮像された画像の肌色識別をするために、上述した基本識別処理のみを行った。その結果、正規分布が2混合のときには図7(B)に示すような識別結果を得た。また、正規分布が3混合のときには、図7(C)に示すような識別結果を得、正規分布が4混合のときには、図7(D)に示すような識別結果を得た。

[0157] ここで、図7(B)、(C)及び(D)において、白は肌色を示し、黒は非肌色を示し、灰は未判定領域を示すものである。

[0158] 基本識別処理によってのみ判定が完了した割合は、2混合の場合99.692%、3混合の場合99.617%及び4混合の場合99.613%であった。このように、いずれも99%以上の領域で指数関数の演算を必要としなかった。

[0159] また、この実施例では、洗練化処理へ進んだのは観測データの1%にも満たないことが確認できた。なお、倍精度の演算で判定が100%完了するまでに要した繰返し回数は、2混合の場合には7回、3混合の場合には10回、4混合の場合には8回であった。

[0160] なお、本発明は、本実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能であり、例えば、ステップSP3及びステップSP5において、最初に $g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ であるか否かを判断(ステップSP5)した後、 $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ であるか否かを判断(ステップSP3)するようにしても良い。

[0161] また、本発明による識別装置1は、例えば医療・福祉機器、防災・監視機器、自動

車・産業機器などセンサによって取得される観測データに基づき、その対象を自動的に識別する機能を要する機器一般に利用できる。

[0162] 特に、センサ、信号処理機能、パターン認識機能、無線通信機能、バッテリー(或いは自立発電装置)を搭載したセンサーノードと呼ばれる小型機器を無数に散りばめてネットワークを構成するワイヤレスセンサーネットワーク(WSN)での利用に期待できる。

請求の範囲

[1] 観測データの分布が混合正規分布に従うと仮定し、混合正規分布パラメータを基に前記観測データを分類する識別装置であつて、

複数の前記観測データの各特徴ベクトルを基に得た変数群 $z_{k,n}$ 、(kは分類を表す1又は0、nは各分類に仮定される正規分布の分布番号を示す)と、前記混合正規分布パラメータを基に得た定数群 $K_{k,n}$ とを用いて、次式

[数40]

$$h_{k,n}^{\text{upper}} = K_{k,n} 2^{-\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil}$$

($\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil$ は $z_{k,n} \log_2 e$ の整数部である)

[数41]

$$h_{k,n}^{\text{lower}} = h_{k,n}^{\text{upper}} 2^{-1}$$

を計算する2のべき乗倍部と、

前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ とを用いて、次式

[数42]

$$g_k^{\text{upper}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{upper}}$$

[数43]

$$g_k^{\text{lower}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{lower}}$$

(N_k は分類kの正規分布の混合数を示す)

を計算する累積加算部と、

前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して、 $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ と、 $g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ とによって

前記観測データを分類する比較部と
を備えることを特徴とする識別装置。

[2] 次式

[数44]

$$B[i] = 2^{-2^i}$$

[数45]

$$B[i]^{-1} = 2^{2^i}$$

(i は0, 1, ..., L, ここでLは任意に設定した正の整数)

を記憶した記憶部を備え、

前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して大小関係を判定できないとき、前記 i の値を $i+1$ に更新し、 $z_{k,n}$, $\log_2 e$ の小数部の小数点以下第 i 位が1であるか、或いは0であるかを判断し、

前記小数点以下第 i 位が1のとき、前記数5の $B[i]$ を前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ に乗算し $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を更新して前記 g_k^{upper} を計算し、

前記小数点以下第 i 位が0のとき、前記数6の $B[i]^{-1}$ を前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ に乗算し $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を更新して前記 g_k^{lower} を計算する

ことを特徴とする請求項1記載の識別装置。

[3] 前記 i の値が前記Lのときには、次式

[数46]

$$g_k^{\text{pseudo}} = 2^{-1} \left\{ g_k^{\text{lower}} B[L]^{-1} + g_k^{\text{upper}} \right\}$$

を計算し、

$g_1^{\text{pseudo}} < g_0^{\text{pseudo}}$ と、 $g_0^{\text{pseudo}} < g_1^{\text{pseudo}}$ とによって前記観測データを分類する平均値処理部を備える

ことを特徴とする請求項2記載の識別装置。

[4] 観測データの分布が混合正規分布に従うと仮定し、混合正規分布パラメータを基に前記観測データを分類する識別方法であって、

複数の前記観測データの各特徴ベクトルを基に得た変数群 $z_{k,n}$ (k は分類を表す1又は0、 n は各分類に仮定される正規分布の分布番号を示す)と、前記混合正規分布パラメータを基に得た定数群 $K_{k,n}$ とを用いて、次式

[数47]

$$h_{k,n}^{\text{upper}} = K_{k,n} 2^{-\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil}$$

($\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil$ は $z_{k,n} \log_2 e$ の整数部である)

[数48]

$$h_{k,n}^{\text{lower}} = h_{k,n}^{\text{upper}} 2^{-1}$$

を計算する2のべき乗倍ステップと、

前記2のべき乗倍ステップで算出した前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ とを用いて、次式

[数49]

$$g_k^{\text{upper}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{upper}}$$

[数50]

$$g_k^{\text{lower}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{lower}}$$

(N_k は分類 k の正規分布の混合数を示す)

を計算する累積加算ステップと、

前記累積加算ステップによって算出した前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して、 $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ と、 $g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ とによって前記観測データを分類する比較ステップと

を備えることを特徴とする識別方法。

- [5] 前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して大小関係を判定できないとき、 i の値(i は0, 1, ..., L 、ここで L は任意に設定した正の整数)を $i+1$ に更新し、 $z_{k,n}$, $\log_2 e$ の小数部の小数点以下第 i 位が1であるか、或いは0であるかを判断し、

前記小数点以下第 i 位が1のとき、次式

[数51]

$$B[i] = 2^{-2^i}$$

を前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ に乗算し $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を更新して前記 g_k^{upper} を計算し、

前記小数点以下第 i 位が0のとき、次式

[数52]

$$B[i]^{-1} = 2^{2^i}$$

を前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ に乗算し $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を更新して前記 g_k^{lower} を計算する洗練化処理ステップを備える

ことを特徴とする請求項4記載の識別方法。

- [6] 前記 i の値が前記 L のときには、次式

[数53]

$$g_k^{\text{pseudo}} = 2^{-1} \left\{ g_k^{\text{lower}} B[L]^{-1} + g_k^{\text{upper}} \right\}$$

を計算し、

$g_1^{\text{pseudo}} < g_0^{\text{pseudo}}$ と、 $g_0^{\text{pseudo}} < g_1^{\text{pseudo}}$ とによって前記観測データを分類する平均値処理ステップを備える

ことを特徴とする請求項5記載の識別方法。

- [7] 観測データの分布が混合正規分布に従うと仮定し、混合正規分布パラメータを基に前記観測データを分類する識別処理プログラムであって、

複数の前記観測データの各特徴ベクトルを基に得た変数群 $z_{k,n}$ (k は分類を表す1又は0、 n は各分類に仮定される正規分布の分布番号を示す)と、前記混合正規分布パラメータを基に得た定数群 $K_{k,n}$ とを用いて、次式

[数54]

$$h_{k,n}^{\text{upper}} = K_{k,n} 2^{-\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil}$$

($\lceil z_{k,n} \log_2 e \rceil$ は $z_{k,n} \log_2 e$ の整数部である)

[数55]

$$h_{k,n}^{\text{lower}} = h_{k,n}^{\text{upper}} 2^{-1}$$

を計算する2のべき乗ステップと、

前記2のべき乗ステップで算出した前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ と前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ とを用いて、次式

[数56]

$$g_k^{\text{upper}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{upper}}$$

[数57]

$$g_k^{\text{lower}} = \sum_{n=1}^{N_k} h_{k,n}^{\text{lower}}$$

(N_k は分類 k の正規分布の混合数を示す)

を計算する累積加算ステップと、

前記累積加算ステップによって算出した前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して、 $g_1^{\text{upper}} \leq g_0^{\text{lower}}$ と、 $g_0^{\text{upper}} \leq g_1^{\text{lower}}$ とによって前記観測データを分類する比較ステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする識別処理プログラム。

[8] 前記 g_k^{upper} 及び前記 g_k^{lower} を比較して大小関係を判定できないとき、 i の値(i は0, 1, ..., L, ここでLは任意に設定した正の整数)を $i+1$ に更新し、 $z_{k,n} \log_2 e$ の小数部の

小数点以下第*i*位が1であるか、或いは0であるかを判断し、

前記小数点以下第*i*位が1のとき、次式

[数58]

$$B[i] = 2^{-2^i}$$

を前記 $h_{k,n}^{\text{upper}}$ に乘算し $h_{k,n}^{\text{upper}}$ を更新して前記 g_k^{upper} を計算し、

前記小数点以下第*i*位が0のとき、次式

[数59]

$$B[i]^{-1} = 2^{2^i}$$

を前記 $h_{k,n}^{\text{lower}}$ に乘算し $h_{k,n}^{\text{lower}}$ を更新して前記 g_k^{lower} を計算する洗練化処理ステップを備える

ことを特徴とする請求項7記載の識別処理プログラム。

[9] 前記*i*の値が前記*L*のときには、次式

[数60]

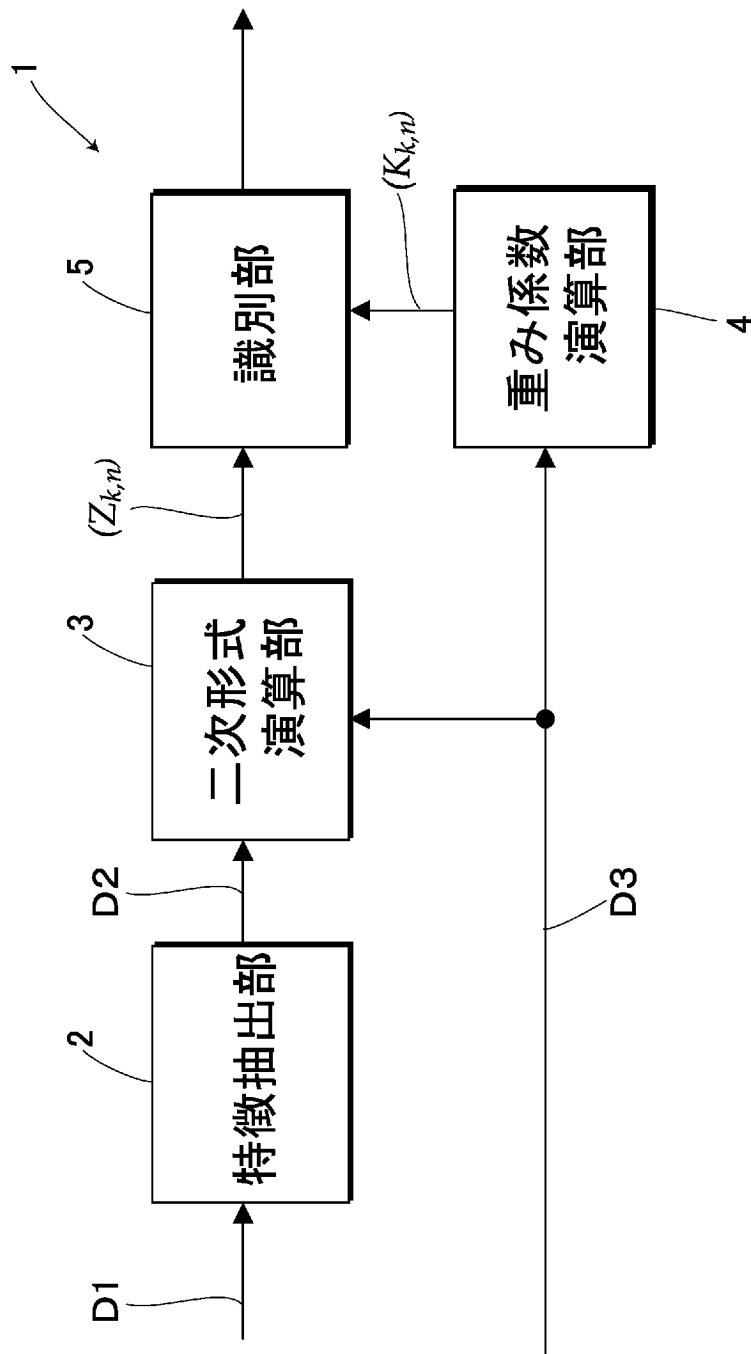
$$g_k^{\text{pseudo}} = 2^{-1} \left\{ g_k^{\text{lower}} B[L]^{-1} + g_k^{\text{upper}} \right\}$$

を計算し、

$g_1^{\text{pseudo}} < g_0^{\text{pseudo}}$ と、 $g_0^{\text{pseudo}} < g_1^{\text{pseudo}}$ とによって前記観測データを分類する平均値処理ステップを備える

ことを特徴とする請求項8記載の識別処理プログラム。

[図1]

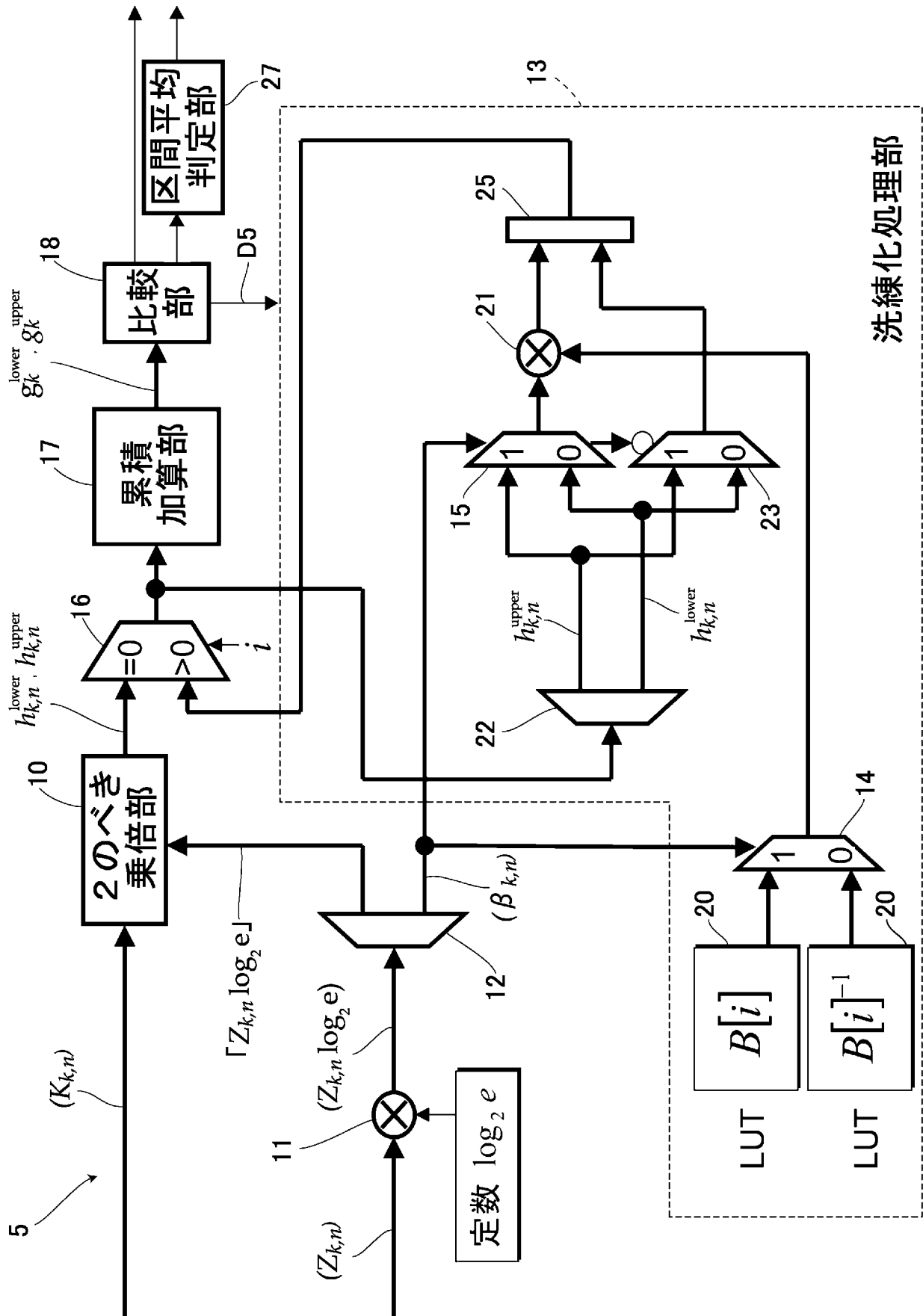


[図2]

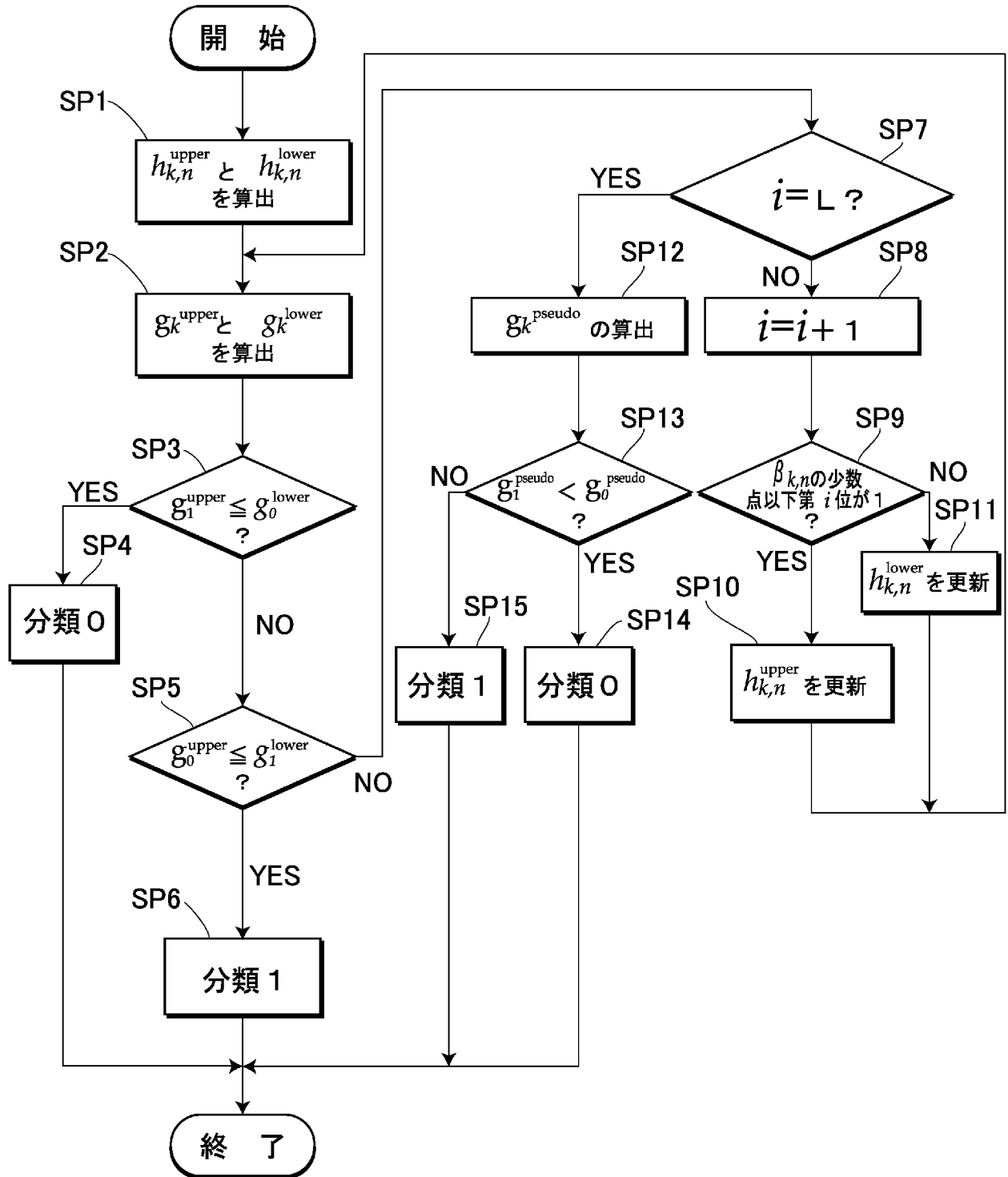
$$g_k(\mathbf{x}) = P[c_k] \sum_{n=0}^{N_k-1} \alpha_{k,n} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} |\Sigma|^{\frac{D}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \mu)^T \Sigma^{-1} (\mathbf{x} - \mu) \right\}$$

$K_{k,n}$ (ER2) $Z_{k,n}(\mathbf{X})$ (ER1)

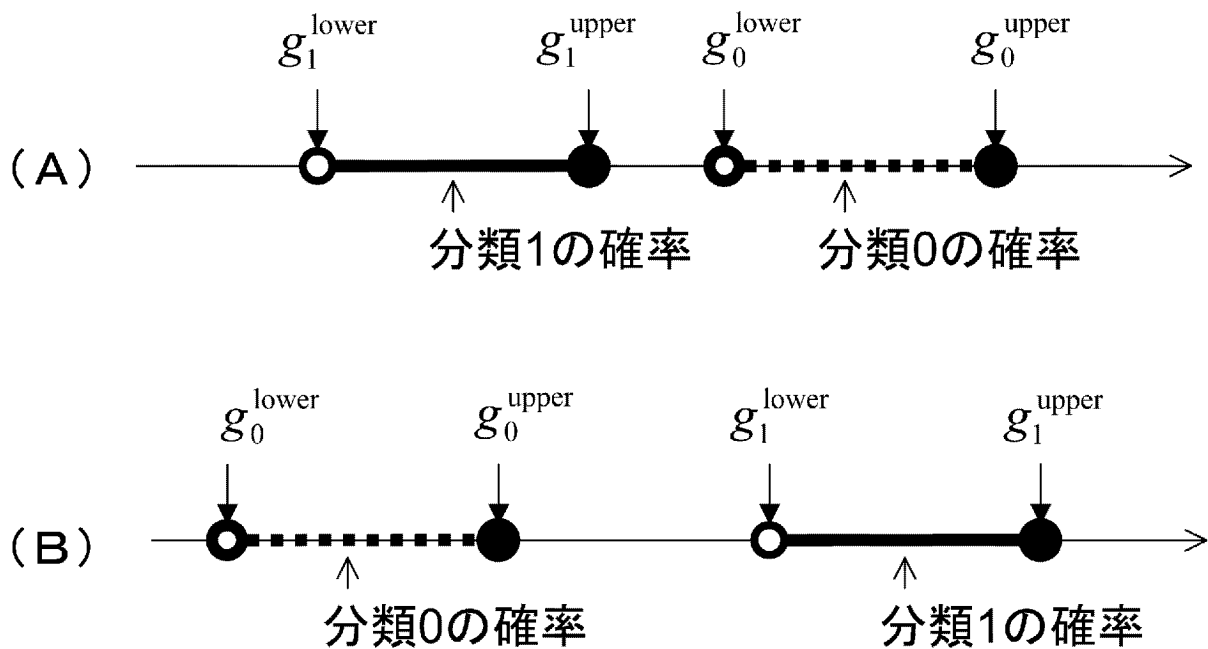
[図3]



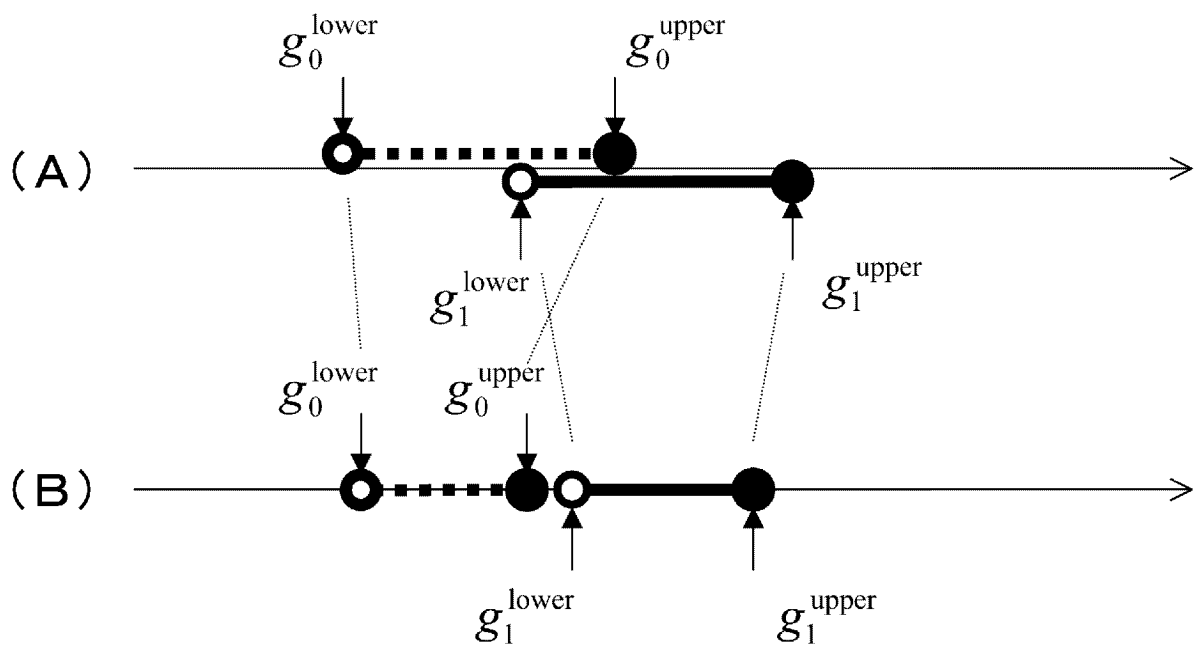
[図4]



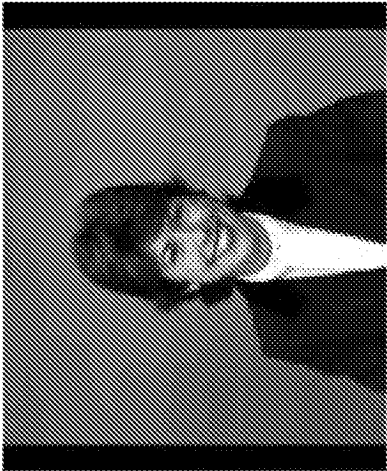
[図5]



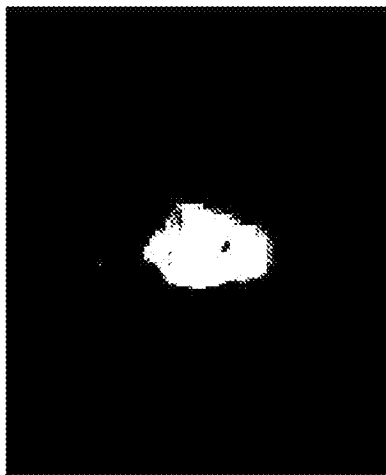
[図6]



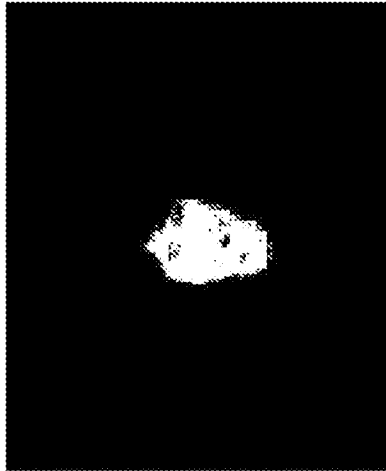
[図7]



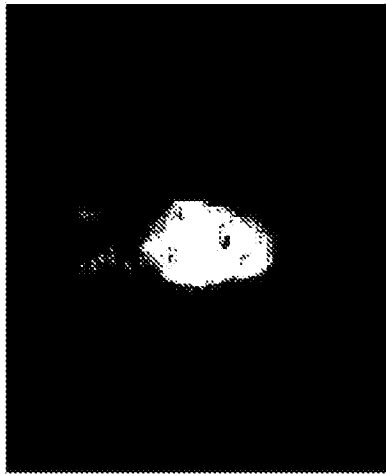
(A)



(B)



(C)



(D)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/050529

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 2005-267570 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 September, 2005 (29.09.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2003-187229 A (NEC Corp.), 04 July, 2003 (04.07.03), Full text; all drawings & US 2004/0197013 A1 & EP 1460580 A1 & WO 2003/052690 A1 & CN 1552041 A	1-9
T	Shogo MURAMATSU et al., "Kukan Keisan ni yoru Kongo Gauss Bunpu Model no Kokateki Hanbetsuho", IEICE Technical Report, Vol.107, No.475, Shadan Hojin The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 24 January 2008 (24.01.08), pages 55 to 60	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 29 January, 2009 (29.01.09)	Date of mailing of the international search report 10 February, 2009 (10.02.09)
--	--

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 (IPC))

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 (IPC))

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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 請求の範囲の番号
A	JP 2005-267570 A (三菱電機株式会社) 2005.09.29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2003-187229 A (日本電気株式会社) 2003.07.04, 全文, 全図 & US 2004/0197013 A1 & EP 1460580 A1 & WO 2003/052690 A1 & CN 1552041 A	1-9

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

29.01.2009

国際調査報告の発送日

10.02.2009

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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

5H

3247

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

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 請求の範囲の番号
T	村松正吾 外2名, 区間計算による混合ガウス分布モデルの効果的判別法, 電子情報通信学会技術研究報告, 第107巻 第475号, 社団法人電子情報通信学会, 2008.01.24, 第55~60頁	1-9