

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6393982号  
(P6393982)

(45) 発行日 平成30年9月26日(2018.9.26)

(24) 登録日 平成30年9月7日(2018.9.7)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>GO6N</b>	<b>99/00</b>	<b>(2010.01)</b>	GO6N	99/00	156
<b>GO6F</b>	<b>17/30</b>	<b>(2006.01)</b>	GO6F	17/30	350C
			GO6F	17/30	210D

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-260471 (P2013-260471)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成25年12月17日(2013.12.17)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2015-118464 (P2015-118464A)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(43) 公開日	平成27年6月25日(2015.6.25)	(72) 発明者	野間 唯 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
審査請求日	平成28年9月5日(2016.9.5)	(72) 発明者	此島 真喜子 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		審査官	多胡 滋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空間分割方法、空間分割装置および空間分割プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コンピュータが実行する空間分割方法であって、  
複数の特徴量ベクトルの分散共分散行列の固有値をそれぞれ算出し、  
複数の固有値のうち最大の固有値を特定し、

特徴量空間の次元よりも1次元以上大きい次元の空間に存在する球の中心から、前記複数の特徴量ベクトルの分散共分散行列の固有値のうち最大の固有値の方向の三次モーメントと前記球の赤道の特徴量空間への射影による像の円の半径とを用いて算出される値だけずらした位置を、前記球を分割する複数の超平面を配置した場合の各超平面の交点位置として特定し、

特定した前記交点位置を通る複数の超平面を初期配置する  
処理を実行することを特徴とする空間分割方法。

【請求項2】

前記特定する処理は、特徴量ベクトルのモーメントから定められる一点を前記交点位置として特定することを特徴とする請求項1に記載の空間分割方法。

【請求項3】

前記特定する処理は、複数の超平面のオフセット量を調整して、前記球の内側に含まれる複数の超平面の交点位置を特定することを特徴とする請求項1に記載の空間分割方法。

【請求項4】

複数の特徴量ベクトルの分散共分散行列の固有値をそれぞれ算出し、複数の固有値のうち

ち最大の固有値を特定し、特徴量空間の次元よりも1次元以上大きい次元の空間に存在する球の中心から、前記複数の特徴量ベクトルの分散共分散行列の固有値のうち最大の固有値の方向の三次モーメントと前記球の赤道の特徴量空間への射影による像の円の半径とを用いて算出される値だけずらした位置を、前記球を分割する複数の超平面を配置した場合の各超平面の交点位置として特定し、特定した前記交点位置を通る複数の超平面を初期配置する配置部

を有することを特徴とする空間分割装置。

【請求項5】

コンピュータに、

複数の特徴量ベクトルの分散共分散行列の固有値をそれぞれ算出し、

複数の固有値のうち最大の固有値を特定し、

特徴量空間の次元よりも1次元以上大きい次元の空間に存在する球の中心から、前記複数の特徴量ベクトルの分散共分散行列の固有値のうち最大の固有値の方向の三次モーメントと前記球の赤道の特徴量空間への射影による像の円の半径とを用いて算出される値だけずらした位置を、前記球を分割する複数の超平面を配置した場合の各超平面の交点位置として特定し、

特定した前記交点位置を通る複数の超平面を初期配置する

処理を実行させることを特徴とする空間分割プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、空間分割方法等に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、各種のシステムで利用者を認証する場合には、利用者の生体情報を取得し、取得した生体情報と一致する生体情報が予め登録されたデータベースに存在するか否かを判定する処理を行う。ここで、認証時に取得する生体情報は、登録時に取得した生体情報と完全に一致することは少ないため、類似検索が有効である。

【0003】

類似検索を行う場合の類似度合いの表現として、生体情報の特徴量をハッシュベクトルに変換する技術があり、ハッシュベクトルのハミング距離の近い各生体情報を、類似する生体情報として特定する。

【0004】

従来技術では、超平面を用いて特徴量をハッシュベクトルに変換する処理を行っているが、超球を用いて特徴量をハッシュベクトルに変換する処理も存在し、超球を用いた方が精度の向上が見込まれる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-247243号公報

【特許文献2】特開2012-160047号公報

【特許文献3】特開2011-100395号公報

【特許文献4】特開2010-81251号公報

【特許文献5】特開2012-243197号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】Jae-Pil Heo, Youngwoon Lee, Junfeng He, Shih-Fu Chang, and Sung-Eui Yoon. "Spherical hashing", In CVPR, pp. 2957-2964, 2012.

【非特許文献2】Kengo Terasawa and Yuzuru Tanaka. "Spherical lsh for approximate nearest neighbor search on unit hyper-sphere", In Frank K.

10

20

30

40

50

H. A. Dehne, Jorg-Rudiger Sack, and Norbert Zeh, editors, WADS, Vol. 4619 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 27-38. Springer, 2007.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、従来技術では、ハッシュベクトルを用いた類似検索を精度良く実行できないという問題がある。

【0008】

例えば、超球を用いて特徴量ベクトルをハッシュベクトルに変換すると、ワームホールの影響により、大きく異なる特徴量ベクトル同士であっても、ハッシュベクトル変換後のハミング距離が小さくなる場合がある。このため、異なる特徴量ベクトル同士を、類似する特量ベクトルとして誤判定する場合がある。

10

【0009】

ここで、ワームホールについて説明する。図13～図15は、ワームホールを説明するための図である。例えば、 $m$ 次元の特徴量空間 $V$ を超球を用いて分割し、分割された領域が超球の内部か外部かに応じてビット列を割り振ることを考える。超球の配置によっては、図13に示すように、領域Aと、領域Bとが同一のビット列(0, 0, 0)を持つが、領域Aと領域Bとは連結していない。

【0010】

図13に示す現象が起こる場合には、特徴量ベクトルに割り振られたビット列間のハミング距離により、特徴量ベクトルの類似性を評価する際に、特徴量ベクトルが大きく離れていてもハミング距離が小さくなる。この非連結性を理解するためには、図14に示すように、領域Aと領域Bとを結ぶチューブ10が存在していると考えるのがよい。このチューブを一般相対論の特殊解になぞらえてワームホールと呼ぶ。

20

【0011】

図15に、一次元の特徴量空間の超球 $S$ による領域分割を行った時の非連結領域の発生とその間を結ぶワームホール11を示す。超球 $S$ は、超平面12aおよび12bによって分割されている。例えば、超平面12aよりも左の領域は、1ビット目に1が割り振られ、超平面12aよりも右の領域は、1ビット目に0が割り振られる。また、超平面12bよりも右の領域には、2ビット目に1が割り振られ、超平面12bよりも左の領域には、2ビット目に0が割り振られる。そうすると、図15の南極付近と北極付近は連結していないが、同じビット列(0, 0)が割り振られてしまう。これは、超球 $S$ の南極付近と北極付近とを結ぶワームホール11が発生したためである。

30

【0012】

1つの側面では、特徴量ベクトルを用いた類似検索を精度良く実行できる空間分割方法、空間分割装置および空間分割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】

【0013】

第1の案では、コンピュータが下記の処理を実行する。コンピュータが、特徴量空間の次元よりも1次元以上大きい次元の空間に存在する球を分割する複数の超平面を配置した場合の各超平面の交点位置が前記球の内部にあるような交点位置を特定し、設定した交点位置を通る複数の超平面を初期配置する。

40

【発明の効果】

【0014】

本発明の1実施態様によれば、特徴量ベクトルを用いた類似検索を精度良く実行できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、本実施例に係る検索装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図2】図2は、特徴量記憶部のデータ構造の一例を示す図である。

50

- 【図 3】図 3 は、ビット列記憶部のデータ構造の一例を示す図である。
- 【図 4】図 4 は、特徴量空間  $V$  と超球  $S$  との関係を示す図 ( 1 ) である。
- 【図 5】図 5 は、特徴量空間  $V$  と超球  $S$  との関係を示す図 ( 2 ) である。
- 【図 6】図 6 は、近似直線の一例を示す図である。
- 【図 7】図 7 は、超球  $S$  の赤道の立体射影による像の円の半径の一例を示す図である。
- 【図 8】図 8 は、本実施例に係る検索装置の処理手順を示すフローチャートである。
- 【図 9】図 9 は、超平面の初期位置設定処理の処理手順を示すフローチャートである。
- 【図 10】図 10 は、本実施例に係る検索装置の効果を説明するための図である。
- 【図 11】図 11 は、超平面のその他の初期位置設定処理の処理手順を示すフローチャートである。
- 【図 12】図 12 は、空間分割プログラムを実行するコンピュータの一例を示す図である。
- 【図 13】図 13 は、ワームホールを説明するための図 ( 1 ) である。
- 【図 14】図 14 は、ワームホールを説明するための図 ( 2 ) である。
- 【図 15】図 15 は、ワームホールを説明するための図 ( 3 ) である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0016】

以下に、本願の開示する空間分割方法、空間分割装置および空間分割プログラムの実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【実施例】

【0017】

本実施例 1 に係る検索装置の構成の一例について説明する。検索装置は、空間分割装置の一例である。図 1 は、本実施例に係る検索装置の構成を示す機能ブロック図である。図 1 に示すように、この検索装置 100 は、特徴量記憶部 101、クエリ記憶部 102、ビット列記憶部 103、逆立体射影部 104 a, 104 b、ビット列生成部 105 a, 105 b を有する。また、検索装置 100 は、配置部 106、ハミング距離計算部 107、類似ベクトル特定部 108 を有する。

【0018】

特徴量記憶部 101 は、複数の特徴量ベクトルを記憶する記憶部である。図 2 は、特徴量記憶部のデータ構造の一例を示す図である。図 2 に示すように、この特徴量記憶部 101 は、識別情報と、特徴量ベクトルとを対応付けて記憶する。識別情報は、特徴量ベクトルを一意に識別する情報である。特徴量ベクトルは、例えば、ユーザの生体情報から得られる  $m$  次元の特徴量のデータである。生体情報から特徴量ベクトルを求める手法は、如何なる従来技術を用いても良い。例えば、 $m$  は 1 以上の整数である。

【0019】

クエリ記憶部 102 は、クエリとなる特徴量ベクトルを記憶する記憶部である。検索装置 100 は、クエリとなる特徴量ベクトルに類似する特徴量ベクトルを、特徴量記憶部 101 から検索する。

【0020】

ビット列記憶部 103 は、後述するビット列生成部 105 から取得するビット列を記憶する記憶部である。図 3 は、ビット列記憶部のデータ構造の一例を示す図である。図 3 に示すように、このビット列記憶部 103 は、識別情報と、ビット列とを対応付けて記憶する。識別情報は、ビット列の生成元となった特徴量ベクトルを一意に識別する情報である。ビット列は、特徴量ベクトルを基にして生成されるビット列である。

【0021】

逆立体射影部 104 a, 104 b は、 $m$  次元の特徴量空間  $V$  に対して逆立体射影を行うことで、 $m$  次元よりも  $p$  次元高い空間  $W$  に埋め込まれた  $(m + p - 1)$  次元の超球  $S$  と特徴量空間  $V$  とを対応付ける処理部である。 $p$  は、1 以上の整数である。以下の説明では、逆立体射影部 104 a, 104 b をまとめて適宜、逆立体射影部 104 と表記する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 2 】

図 4 および図 5 は、特徴量空間  $V$  と超球  $S$  との関係を示す図である。図 4 に示すように、逆立体射影を行うと、特徴量空間  $V$  上の点と、超球  $S$  上の点とが対応付けられる。図 4 に示す例では、特徴量空間  $V$  上の点  $x_v$  と、超球  $S$  上の点  $x_s$  とが対応付けられる。超球  $S$  の北極  $S_N$  と南極  $S_S$  を結ぶ直線と、特徴量空間  $V$  との交点を  $x_0$  と定義する。例えば、北極  $S_N$  の座標は、 $(x_{s1}, x_{s2}, \dots, x_{sm}, 1)$  となり、南極の座標は、 $(x_{s1}, x_{s2}, \dots, x_{sm}, -1)$  となる。

## 【 0 0 2 3 】

特徴量空間  $V$  から超球  $S$  の北極  $S_N$  までの高さを  $d$  と定義する。北極  $S_N$  と、点  $x_v$  とを通る直線と、超球  $S$  の表面との交点が、 $x_s$  に対応する。また、例えば、図 5 に示すように、超球  $S$  の断面  $S_A$  は、特徴量空間  $V$  の領域  $V_A$  に対応する。

10

## 【 0 0 2 4 】

ここで、逆立体射影は、立体射影の逆射影である。立体射影は、図 4 のように超球  $S$  と特徴量空間  $V$  とを配置し、北極  $S_N$  から超球  $S$  と交わる直線を引いたとき、超球  $S$  と直線との交点  $x_s$  から直線と特徴量空間  $V$  との交点  $x_v$  への写像と定義される。なお、図 4 に示す例は、 $p$  の値が 1 である場合を示す。

## 【 0 0 2 5 】

特徴量空間  $V$  の特徴量ベクトル（座標）を  $(x_1, x_2, \dots, x_m)$  とするとき、逆立体射影「 $f^{-1} : V \rightarrow W$ 」を、式 (1) とする。ただし、式 (1) の  $r^2$  は、式 (2) で定義される。

20

## 【 0 0 2 6 】

## 【数 1】

$$f^{-1}(x_1, \dots, x_m) = \left( \frac{2d(x_1 - x_{01})}{d^2 + r^2} + x_{01}, \dots, \frac{2d(x_m - x_{0m})}{d^2 + r^2} + x_{0m}, \frac{-d^2 + r^2}{d^2 + r^2} \right) \dots (1)$$

## 【 0 0 2 7 】

## 【数 2】

$$r^2 = \sum_{i=1}^m (x_i - x_{0i})^2 \dots (2)$$

## 【 0 0 2 8 】

式 (1) および式 (2) において、 $x_0$  および  $d$  はパラメータである。パラメータ  $x_0$  および  $d$  は、図 4 に示す  $x_0$  および  $d$  に対応するものである。パラメータ  $x_0$  は、超球  $S$  の南極  $S_S$  に写像される特徴量空間  $V$  の点の座標である。パラメータ  $d$  は、立体射影のスケールを調整するパラメータであり、超球  $S$  の赤道が特徴量空間  $V$  に写像された時の超球  $S$  の半径に相当するものである。なお、超球  $S$  の赤道の座標は、 $(x_{s1}, x_{s2}, \dots, x_{sm}, 0)$  となる。

30

## 【 0 0 2 9 】

逆立体射影部 104 は、指定されるパラメータ  $x_0$  およびパラメータ  $d$  と式 (1) とを基にして、特徴量ベクトルの逆立体射影を行う。なお、逆立体射影部 104 は、パラメータ  $x_0$  およびパラメータ  $d$  の情報を予め保持しておいても良い。

40

## 【 0 0 3 0 】

逆立体射影部 104 a は、クエリ記憶部 102 に記憶された特徴量ベクトルと式 (1) とを基にして、逆立体射影を行い、特徴量ベクトルに対応する超球  $S$  上の座標を算出する。逆立体射影部 104 a は、算出した座標を、ビット列生成部 105 a に出力する。

## 【 0 0 3 1 】

逆立体射影部 104 b は、特徴量記憶部 101 に記憶された各特徴量ベクトルと式 (1) とを基にして、逆立体射影を行い、各特徴量ベクトルに対応する超球  $S$  上の複数の座標を算出する。逆立体射影部 104 b は、算出した座標を、ビット列生成部 105 b に出力する。

## 【 0 0 3 2 】

50

ビット列生成部 105 a, 105 b は、超球 S 上の座標を変換規則に従って、ビット列に変換する処理部である。このビット列は、ハッシュベクトルに対応する。以下の説明では、ビット列生成部 105 a, 105 b をまとめて適宜、ビット列生成部 105 と表記する。ビット列生成部 105 は、生成部の一例である。

【0033】

式(3)において、 $n \times (m+1)$  行列の情報「 $W_{11}, W_{12}, \dots, W_{n(m+1)}$ 」および  $n \times 1$  の情報「 $c_1, c_2, \dots, c_n$ 」は、変換規則である。ビット列生成部 105 は、変換規則を、後述する配置部 106 から取得する。式(3)において、「 $x_1, x_2, \dots, x_{m+1}$ 」の情報は、超球 S 上の座標である。

【0034】

【数3】

$$\begin{matrix} & \overbrace{\hspace{10em}}^{m+1} \\ \left. \begin{matrix} W_{11} & W_{12} & W_{13} & W_{14} & \dots & W_{1(m+1)} \\ W_{21} & W_{22} & W_{23} & \dots & & \\ W_{31} & \dots & & & & \\ \dots & & & & & \\ W_{n1} & & & & & W_{n(m+1)} \end{matrix} \right\} n \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \\ x_{m+1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \dots (3) \end{matrix}$$

10

20

【0035】

ビット列生成部 105 は、式(3)を計算することで、「 $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ 」を算出する。例えば、ビット列生成部 105 は、 $b_N$  を式(4)のように計算する。

【0036】

$$b_N = (W_{N1} \times x_1 + W_{N2} \times x_2 + \dots + W_{N, m+1} \times x_{m+1}) + c_N \dots (4)$$

【0037】

ビット列生成部 105 は、「 $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ 」を算出した後に、 $b_N$  の値が正であれば、 $b_N$  を「1」に変換し、 $b_N$  の値が正でない場合には、 $b_N$  を「0」に変換することで、ビット列を算出する。例えば、「 $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ 」の値がそれぞれ正、負、正、 $\dots$ 、正の場合には、ビット列生成部 105 は、ビット列「1, 0, 1,  $\dots$ , 1」を生成する。

30

【0038】

ビット列生成部 105 a は、逆立体射影部 104 a から取得した座標を基にして、ビット列を生成し、生成したビット列をハミング距離計算部 107 に出力する。

【0039】

ビット列生成部 105 b は、逆立体射影部 104 b から取得する各座標を基にして、複数のビット列を生成し、生成した複数のビット列をビット列記憶部 103 に出力する。

【0040】

配置部 106 は、 $(m+p-1)$  次元の超球 S を横切る超平面を  $n$  個、超球 S に配置する処理部である。また、配置部 106 は、配置した結果を基にして変換規則を生成する。以下において、配置部 106 が各超平面の初期配置を特定する処理、配置部 106 が変換規則を生成する処理について順に説明する。

40

【0041】

配置部 106 が、各超平面の初期配置を特定する処理について説明する。配置部 106 は、特徴量記憶部 101 から各特徴量ベクトルを取得し、各特徴量ベクトルの分散共分散行列の固有値の平方根を算出する。配置部 106 は、各固有値のうち、最大のものをととして特定する。また、配置部 106 は、特定した の方向を「vec N」とする。

【0042】

50

配置部 106 は、 $\text{vec}N$  方向の三次モーメントを計算し、計算結果を とする。例えば配置部 106 は、式 (5) を基にして三次モーメントを計算する。式 (5) において、 $x_i^{(k)}$  は、 $k$  番目の特徴量ベクトルの  $i$  成分に対応する。また、 $u$  は、特徴量ベクトルの平均ベクトルに対応する。 $K$  は特徴量ベクトルの個数に対応する。

【0043】

【数4】

$$v = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^m (\text{vec}N_i \cdot (x_i^{(k)} - u_i))^3 \quad \dots (5)$$

【0044】

10

続いて、配置部 106 は、特徴量ベクトルを主成分分析し、累積寄与率を算出する。例えば、配置部 106 は、主成分分析を行い、第 1 主成分から第  $N$  主成分の広がりを求める。配置部 106 は、各主成分の広がりを降順に並べ、広がりの大きいものから順に、1、2、 $\dots$   $N$  とする。配置部 106 は、式 (6) を基にして、 を算出する。また、配置部 106 は、式 (7) を基にして、累積寄与率  $m$  を算出する。

【0045】

【数5】

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \sigma_i \quad \dots (6)$$

20

【0046】

【数6】

$$\lambda_m = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i}{\lambda} \quad \dots (7)$$

【0047】

配置部 106 は、横軸に成分の数「 $i$ 」、縦軸に対数累積寄与率「 $\log \underline{i}$ 」とするグラフに、 $i$  と  $\log \underline{i}$  との関係プロットし、プロットした結果から近似直線を特定する。例えば、配置部 106 は、最小二乗法などを用いて近似直線を特定する。図 6 は、近似直線の一例を示す図である。配置部 106 は、近似直線の傾きを「 $+1$ 」として算出する。

30

【0048】

配置部 106 は、超球  $S$  の赤道の立体射影による像の円の半径を  $R$  とする。図 7 は、超球  $S$  の赤道の立体射影による像の円の半径の一例を示す図である。図 7 に示すように、超球  $S$  の赤道  $S_E$  の立体射影による像の円は、 $V_{AA}$  となる。そして、円  $V_{AA}$  の半径が  $R$  となる。

【0049】

配置部 106 は、式 (8) を基にして  $c_1$  を算出し、式 (9) を基にして  $c_2$  を算出する。

【0050】

40

$$c_1 = 2 / (1 + \exp(\sqrt{((+1)R)}) - 1 \dots (8)$$

【0051】

$$c_2 = \text{sgn}(\ ) | \quad |^{1/3} / R \dots (9)$$

【0052】

配置部 106 は、各超平面の共通交点の位置を超球  $S$  の中心から第  $m+1$  次元方向に  $c_1$ 、 $\text{vec}N$  方向に  $c_2$  ずらした位置に設定する。また、配置部 106 は、 $n$  個の法線ベクトルを多次元標準正規分布からサンプリングする。配置部 106 は、サンプリングした法線ベクトルを持ち、共通交点を通る超平面を、初期位置として設定する。

【0053】

次に、配置部 106 が変換規則を生成する処理について説明する。配置部 106 は、超

50

平面の法線ベクトルおよび超平面のオフセット量の情報を基にして、変換規則の情報を生成する。配置部 106 は、 $n$  個の法線ベクトルを並べることで、 $n \times (m + 1)$  行列の情報「 $W_{11}, W_{12}, \dots, W_{n(m+1)}$ 」を生成する。例えば、式(3)の  $n \times (m + 1)$  行列の各行がそれぞれ、法線ベクトルに対応する。なお、配置部 106 は、 $n \times (m + 1)$  行列の情報のうち、不足する次元の値には、ランダム値を割り当てる。また、配置部 106 は、オフセット座標を、 $n \times 1$  の情報として生成する。

【0054】

配置部 106 は、 $n \times (m + 1)$  行列の情報および  $n \times 1$  の情報を、ビット列生成部 105 に出力する。

【0055】

ハミング距離計算部 107 は、ビット列生成部 105 a から取得するビット列と、ビット列記憶部 103 に格納された各ビット列とのハミング距離を算出する処理部である。ハミング距離は、桁数の同じ 2 つの 2 進数を比較した場合の、異なる桁の個数である。以下の説明において、ビット列生成部 105 a から取得するビット列をクエリビット列と表記する。

【0056】

ハミング距離計算部 107 は、クエリビット列とビット列記憶部 103 の各ビット列とのハミング距離の算出結果を、類似ベクトル特定部 108 に出力する。

【0057】

類似ベクトル特定部 108 は、ハミング距離計算部 107 のハミング距離の算出結果を取得し、クエリビット列とのハミング距離が近い順に、各ビット列に対して順位付けを行う。類似ベクトル特定部 108 は、順位付けした各ビット列のうち、上位のビット列を、クエリビット列に対応するビット列として出力しても良いし、順位付けの結果を出力しても良い。

【0058】

次に、本実施例に係る検索装置 100 の処理手順の一例について説明する。図 8 は、本実施例に係る検索装置の処理手順を示すフローチャートである。図 8 に示すように、検索装置 100 の配置部 106 は、超平面の初期位置設定処理を実行する(ステップ S101)。

【0059】

検索装置 100 の逆立体射影部 104 a は、クエリの特徴量ベクトルを逆立体射影し、クエリビット列を生成する(ステップ S102)。逆立体射影部 104 b は、特徴量記憶部 101 の各特徴量ベクトルを逆立体射影し、ビット列を生成する(ステップ S103)。

【0060】

検索装置 100 のハミング距離計算部 107 が、クエリビット列とビット列記憶部 103 のビット列とのハミング距離を計算し、類似ベクトル特定部 108 が、クエリビット列に類似するビット列を特定する(ステップ S104)。

【0061】

次に、図 8 のステップ S101 に示した超平面の初期位置設定処理について説明する。図 9 は、超平面の初期位置設定処理の処理手順を示すフローチャートである。図 9 に示すように、配置部 106 は、特徴量ベクトルの分散共分散行列の固有値の最大値の平方根  $i$  を求め、その中で最大のものを  $\sigma$  に設定する(ステップ S201)。

【0062】

配置部 106 は、 $\sigma$  の方向を  $vec N$  に設定する(ステップ S202)。配置部 106 は、特徴量ベクトルを主成分分析し累積寄与率を算出する(ステップ S203)。配置部 106 は、横軸に成分、縦軸に対数累積寄与率としてプロットした場合の近似直線を特定する(ステップ S204)。

【0063】

配置部 106 は、近似直線の傾きを  $\theta + 1$  に設定する(ステップ S205)。配置部 1

10

20

30

40

50



06は、超球Sの赤道の立体射影による像の円の半径をRに設定する(ステップS207)。

【0064】

配置部106は、 $c_1$ および $c_2$ を算出する(ステップS207)。ステップSについて、配置部106は、式(8)および式(9)を基にして、 $c_1$ および $c_2$ を算出する。

【0065】

配置部106は、共通交点の位置 $c$ を、超球Sの中心から第 $m+1$ 次元方向に $c_1$ 、 $v_{ecN}$ 方向に $c_2$ ずらした位置とする(ステップS208)。

【0066】

配置部106は、 $n$ 個の法線ベクトルを多次元標準正規分布からサンプリングする(ステップS209)。配置部106は、サンプリングした法線ベクトルを持ち、共通交点を通る超平面を、初期の超平面の位置として設定する(ステップS210)。

【0067】

次に、本実施例に係る検索装置100の効果について説明する。検索装置100は、特徴量ベクトルを複数の超平面で分割した超球に逆立体射影してビット列を特定する場合に、各超平面の初期位置を各超平面の交点が超球S内に収まるように設定する。このように、各超平面の初期位置を各超平面の交点が超球内に収まるように設定することで、ワームホールの発生を防止し、これによって、大きく異なる特徴量ベクトル同士であっても、ハッシュベクトル変換後のハミング距離が小さくなるということが無くなる。従って、検索装置100によれば、特徴量ベクトルを用いた類似検索を精度良く実行することができる。

【0068】

図10は、本実施例に係る検索装置の効果の説明するための図である。図10に示す例では、超球Sの内側に、超平面13a, 13b, 13cの交点が存在している。そうすると、ワームホールが無くなり、図15で説明したように、特徴量ベクトルが大きく離れているにも関わらず、同一のビット列を割り当ててしまうという問題を解消できる。

【0069】

ところで、配置部106が、超平面の初期位置を設定する処理は、上記の処理に限られるものではない。以下では、配置部106が、超平面の初期位置を設定するその他の処理について説明する。

【0070】

配置部106は、 $n$ 個の法線ベクトルとオフセットを標準正規分布からサンプリングし、サンプリングした法線ベクトルとオフセットとを基にして、 $n$ 個の超平面の配置を定める。配置部106は、 $n$ 個の超平面について、無限遠点に交点がある場合には、サンプリングを再度行い、 $n$ 個の超平面の配置を定める。

【0071】

配置部106は、 $n$ 個の超平面について、無限遠点に交点がない場合には、全ての交点が超球Sの内部にあるか否かを判定する。配置部106は、全ての交点が超球Sの内部に無い場合には、 $n$ 個の超平面のオフセットを半分にし、再度、全ての交点が超球Sの内部にあるか否かを判定する。

【0072】

配置部106は、全ての読点が超球Sの内部にある場合には、現在の各超平面の位置を初期位置として特定する。

【0073】

図11は、超平面のその他の初期位置設定処理の処理手順を示すフローチャートである。図11に示すように、配置部106は、法線ベクトルとオフセットを標準正規分布からサンプリングし、超平面の配置を特定し(ステップS301)、無限遠点に交点があるか否かを判定する(ステップS302)。配置部106は、無限遠点に交点がある場合には(ステップS302, Yes)、ステップS301に移行する。

【0074】

10

20

30

40

50

一方、配置部 106 は、無限遠点に交点がない場合には（ステップ S302, No）、超平面による全ての交点が超球 S の内部に存在するか否かを判定する（ステップ S303）。配置部 106 は、超平面による全ての交点が超球 S の内部に存在しない場合には（ステップ S303, No）、全ての超平面のオフセットを  $1/2$  にして（ステップ S304）、ステップ S303 に移行する。

【0075】

一方、配置部 106 は、超平面による全ての交点が超球 S の内部に存在する場合には（ステップ S303, Yes）、現在の超平面の位置を初期位置に設定する（ステップ S305）。

【0076】

このように、配置部 106 が、超平面の初期位置を特定することで、各超平面の交点が超球 S の内部に含まれるため、ワームホールの発生を防止し、これによって、大きく異なる特徴量ベクトル同士であっても、ハッシュベクトル変換後のハミング距離が小さくなるということが無くなる。従って、検索装置 100 によれば、特徴量ベクトルを用いた類似検索を精度良く実行することができる。

【0077】

ところで、上記実施例では、特徴量空間 V の次元よりも 1 大きい次元の空間に存在する超球 S に対して逆立体射影を実行する場合について説明したがこれに限定されるものではない。例えば、特徴量空間 V の次元よりも 2 以上大きい次元の空間に存在する m 次元球に対して、逆立体射影する場合にも、同様に本願を適用することができる。

【0078】

次に、上記実施例に示した検索装置 100 と同様の機能を実現する画像処理装置を実行するコンピュータの一例について説明する。図 12 は、空間分割プログラムを実行するコンピュータの一例を示す図である。

【0079】

図 12 に示すように、このコンピュータ 200 は、各種演算処理を実行する CPU 201 と、ユーザからのデータの入力を受け付ける入力装置 202 と、ディスプレイ 203 を有する。また、コンピュータ 200 は、記憶媒体からプログラム等を読み取り装置 204 と、ネットワークを介して他のコンピュータとの間でデータの授受を行うインターフェース装置 205 とを有する。また、コンピュータ 200 は、各種情報を一時記憶する RAM 206 と、ハードディスク装置 207 を有する。そして、各装置 201 ~ 207 は、バス 208 に接続される。

【0080】

ハードディスク装置 207 は、配置プログラム 207a を有する。CPU 201 は、プログラム 207a を読み出して RAM 206 に展開する。配置プログラム 207a は、配置プロセス 206a として機能する。例えば、配置プロセス 206a は、配置部 106 に対応する。

【0081】

なお、配置プログラム 207a については、必ずしも最初からハードディスク装置 207 に記憶させておかなくても良い。例えば、コンピュータ 200 に挿入されるフレキシブルディスク (FD)、CD-ROM、DVD ディスク、光磁気ディスク、IC カードなどの「可搬用の物理媒体」にプログラムを記憶させておく。そして、コンピュータ 200 がこれらから配置プログラム 207a を読み出して実行するようにしてもよい。

【0082】

以上の各実施例を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

【0083】

(付記 1) コンピュータが実行する空間分割方法であって、

特徴量空間の次元よりも 1 次元以上大きい次元の空間に存在する球を分割する複数の超平面を配置した場合の各超平面の交点位置が前記球の内部にあるような交点位置を特定し

10

20

30

40

50

設定した交点位置を通る複数の超平面を初期配置する  
処理を実行することを特徴とする空間分割方法。

【0084】

(付記2) 前記特定する処理は、特徴量ベクトルのモーメントから定められる一点を前記交点位置として特定することを特徴とする付記1に記載の空間分割方法。

【0085】

(付記3) 前記特定する処理は、複数の超平面のオフセット量を調整して、前記球の内側に含まれる複数の超平面の交点位置を特定することを特徴とする付記1に記載の空間分割方法。

【0086】

(付記4) 特徴量空間の次元よりも1次元以上大きい次元の空間に存在する球を分割する複数の超平面を配置した場合の各超平面の交点位置が前記球の内部にあるような交点位置を特定し、設定した交点位置を通る複数の超平面を初期配置する配置部を有することを特徴とする空間分割装置。

【0087】

(付記5) 前記配置部は、前記特定する処理は、特徴量ベクトルのモーメントから定められる一点を前記交点位置として特定することを特徴とする付記4に記載の空間分割装置。

【0088】

(付記6) 前記配置部は、複数の超平面のオフセット量を調整して、前記球の内側に含まれる複数の超平面の交点位置を特定することを特徴とする付記4に記載の空間分割装置。

【0089】

(付記7) コンピュータに、  
特徴量空間の次元よりも1次元以上大きい次元の空間に存在する球を分割する複数の超平面を配置した場合の各超平面の交点位置が前記球の内部にあるような交点位置を特定し、  
設定した交点位置を通る複数の超平面を初期配置する  
処理を実行させることを特徴とする空間分割プログラム。

【0090】

(付記8) 前記特定する処理は、特徴量ベクトルのモーメントから定められる一点を前記交点位置として特定することを特徴とする付記7に記載の空間分割プログラム。

【0091】

(付記9) 前記特定する処理は、複数の超平面のオフセット量を調整して、前記球の内側に含まれる複数の超平面の交点位置を特定することを特徴とする付記7に記載の空間分割プログラム。

【符号の説明】

【0092】

- 100 検索装置
- 104 a, 104 b 逆立体射影部
- 105 a, 105 b ビット列生成部
- 106 配置部
- 107 ハミング距離計算部
- 108 類似ベクトル特定部

10

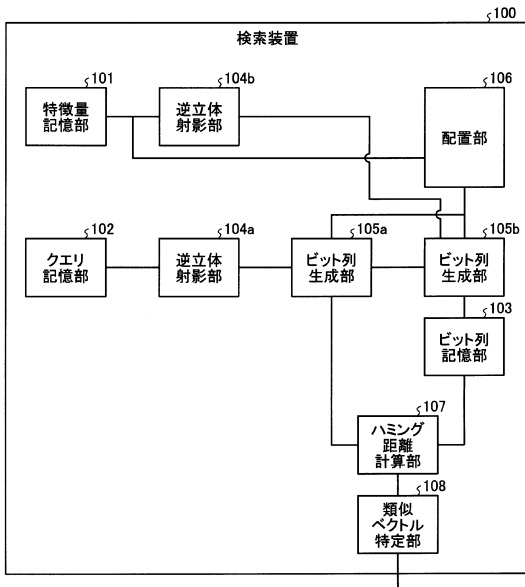
20

30

40

【図1】

本実施例に係る検索装置の構成を示す機能ブロック図



【図2】

特徴量記憶部のデータ構造の一例を示す図

識別情報	特徴量ベクトル
1001	(A1,A2,...,Am)
1002	(B1,B2,...,Bm)
...	...

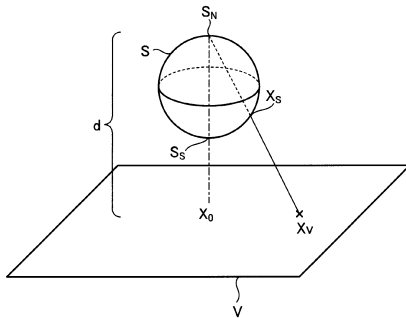
【図3】

ビット列記憶部のデータ構造の一例を示す図

識別情報	ビット列
1001	10001010101...
1002	00001110101...
...	...

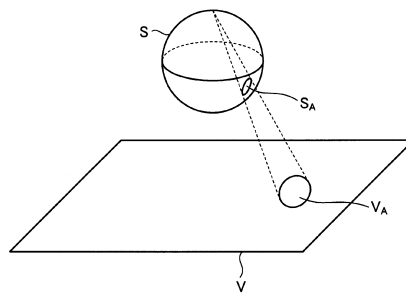
【図4】

特徴量空間Vと超球Sとの関係を示す図(1)



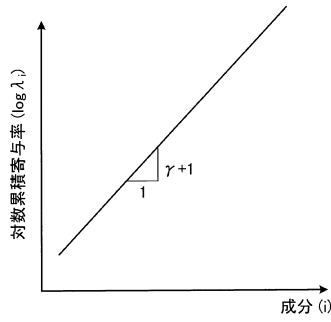
【図5】

特徴量空間Vと超球Sとの関係を示す図(2)



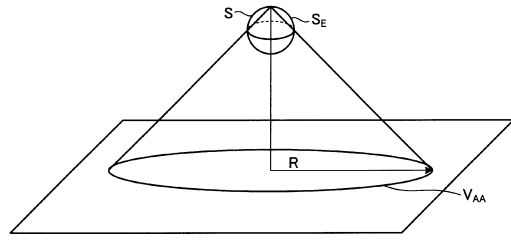
【図6】

近似直線の一例を示す図



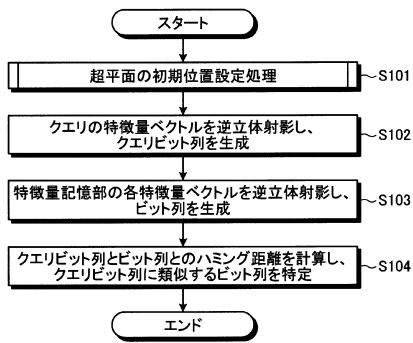
【図7】

超球Sの赤道の立体射影による像の円の半径の一例を示す図



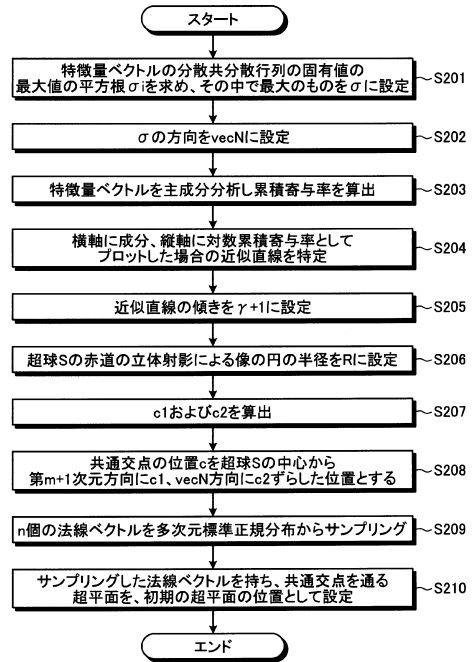
【図8】

本実施例に係る検索装置の処理手順を示すフローチャート



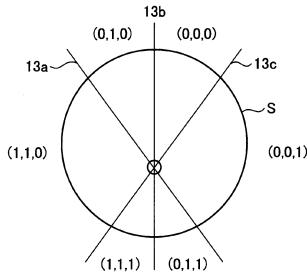
【図9】

超平面の初期位置設定処理の処理手順を示すフローチャート



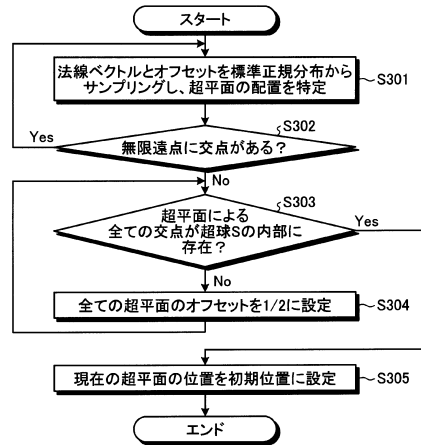
【図10】

本実施例に係る検索装置の効果を説明するための図



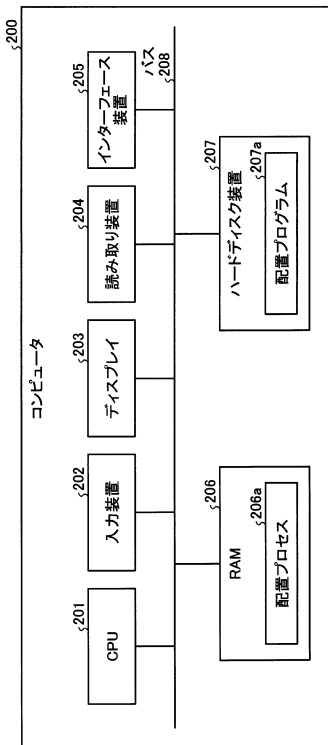
【図11】

超平面の他の初期位置設定処理の処理手順を示すフローチャート



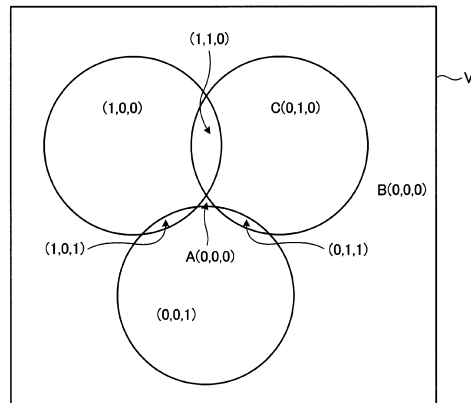
【図12】

空間分割プログラムを実行するコンピュータの一例を示す図



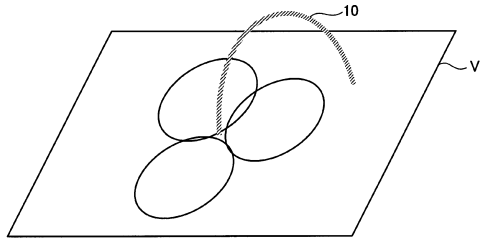
【図13】

ワームホールを説明するための図(1)



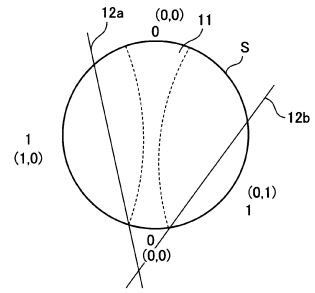
【図14】

ワームホールを説明するための図(2)



【図15】

ワームホールを説明するための図(3)



## フロントページの続き

## (56)参考文献 特開平10-247243(JP,A)

白土浩,外3名,多層ネットにおける冗長な中間ユニット削除に関する検討,電子情報通信学会技術研究報告 NC99-117~149 ニューロコンピューティング,日本,社団法人電子情報通信学会,2000年 3月14日,第99巻,第685号,pp.59-64

岩井厚司,外2名,Invariantによる注目物の検知 - 駅構内乗車位置マーカの検知 -,第45回 システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集,日本,システム制御情報学会,2001年 5月 8日,pp.203-204

木村俊一,外5名,文字超解像処理,映像情報メディア学会技術報告 情報センシング メディア工学,日本,(社)映像情報メディア学会,2009年 6月15日,第33巻,第23号,pp.45-48

## (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G06N 99/00

G06F 17/30