

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年12月19日(19.12.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/239607 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/023044

(22) 国際出願日: 2018年6月15日(15.06.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 増崎 隆彦 (MASUZAKI Takahiko); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

那須 督(NASU Osamu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

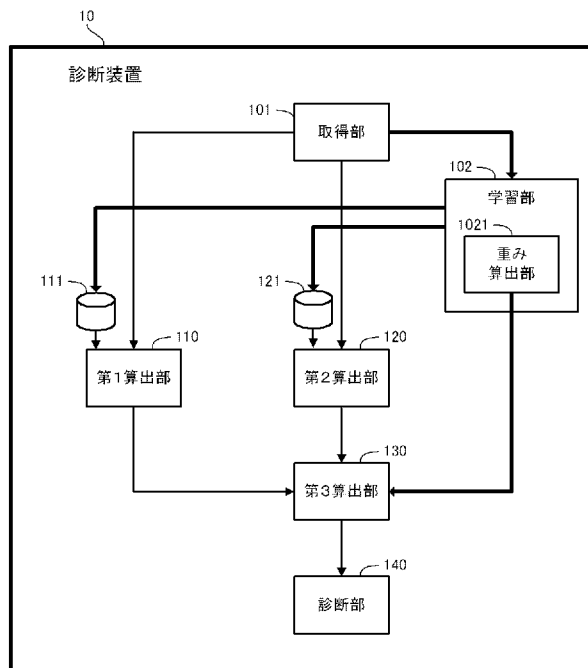
(74) 代理人: 木村 満(KIMURA Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階 Tokyo (JP).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: DIAGNOSIS DEVICE, DIAGNOSIS METHOD AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 診断装置、診断方法及びプログラム

[図5]



10... DIAGNOSIS DEVICE
101... ACQUISITION UNIT
102... LEARNING UNIT
110... FIRST CALCULATION UNIT
120... SECOND CALCULATION UNIT
130... THIRD CALCULATION UNIT
140... DIAGNOSIS UNIT
1021... WEIGHT CALCULATION UNIT

(57) Abstract: This diagnosis device (10) is provided with an acquisition unit (101) and a diagnosis unit (140). The acquisition unit (101) acquires a series of input values as an input signal that is to be diagnosed with respect to whether an abnormality is present. The diagnosis unit (140) diagnoses whether the abnormality is present from a first index value that indicates the distance between an input vector, in which input values of the sequence acquired by the acquisition unit (101) are taken as elements, and a predetermined first reference vector, and a second index value that indicates the angle

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

between the input vector and a predetermined second reference vector.

(57) 要約: 診断装置 (10) は、取得部 (101) と診断部 (140) とを備える。取得部 (101) は、異常の有無の診断対象となる入力信号として入力値の系列を取得する。診断部 (140) は、取得部 (101) によって取得された系列の入力値を要素とする入力ベクトルと予め定められた第1基準ベクトルとの距離を示す第1指標値と、入力ベクトルと予め定められた第2基準ベクトルとの角度を示す第2指標値と、から異常の有無を診断する。

明 細 書

発明の名称：診断装置、診断方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、診断装置、診断方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 工場における生産システム及び制御システムのように、センサによるセンシング結果を示す時系列データを利用する種々の処理システムが知られている。この種の処理システムでは、時系列データから異常の有無を診断することが広く行われている。

[0003] 具体的には、監視対象の信号波形が正常時に入力されるべき波形と類似するか否かを判別することで異常の診断をする技術がある（例えば、特許文献1を参照）。特許文献1には、現在の時系列データである入力ベクトルと、データベースに蓄積されている過去の時系列データである入力ベクトルとの間の距離に基づいて異常測度を算出する技術について記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2014-149840号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、信号波形が類似するか否かを判別するための尺度としては、特許文献1のようなベクトル間の距離が不適當となるケースもある。例えば、入力ベクトルの要素の比率を維持したまま値の大きさが変動し得るケースにおいて、特許文献1の技術では、入力ベクトルの大きさが変化したときに誤って異常と判断されるおそれがある。このため、異常の有無の診断精度を向上させる余地があった。

[0006] 本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、異常の有無の診断精度を向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため、本発明の診断装置は、異常の有無の診断対象となる入力信号として入力値の系列を取得する取得手段と、取得手段によって取得された系列の入力値を要素とする入力ベクトルと予め定められた第1基準ベクトルとの距離を示す第1指標値と、入力ベクトルと予め定められた第2基準ベクトルとの角度を示す第2指標値と、から異常の有無を診断する診断手段と、を備える。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、入力ベクトルと第1基準ベクトルとの距離を示す第1指標値と、入力ベクトルと第2基準ベクトルとの角度を示す第2指標値と、から異常の有無が診断される。このため、ベクトル間の距離だけでは誤って診断をされるような場合においても、ベクトル間の角度に基づいて正確な診断をすることが期待される。したがって、異常の有無の診断精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施の形態1に係る診断システムの構成を示すブロック図
[図2]実施の形態1に係る診断装置のハードウェア構成を示す図
[図3]実施の形態1に係る異常の診断の概要について説明するための図
[図4]実施の形態1に係る入力信号の切り出しについて説明するための図
[図5]実施の形態1に係る診断装置の機能的な構成を示す図
[図6]実施の形態1に係る基準ベクトルの学習の概要を示す図
[図7]実施の形態1に係る重みの算出の概要を示す図
[図8]実施の形態1に係る診断処理を示すフローチャート
[図9]実施の形態1に係る学習処理を示すフローチャート
[図10]実施の形態1に係る診断実行処理を示すフローチャート
[図11]実施の形態1に係る第1算出処理を示すフローチャート
[図12]実施の形態1に係る第2算出処理を示すフローチャート
[図13]実施の形態1に係る診断装置の効果について説明するための図

[図14]実施の形態2に係る診断装置の機能的な構成を示す図

[図15]実施の形態2に係る指標値の差と重みとの関係を示す図

[図16]実施の形態2の変形例に係る指標値の差と重みとの関係を示す図

[図17]実施の形態2の変形例に係る指標値の比と重みとの関係を示す図

[図18]実施の形態3に係る第1基準ベクトルの学習について説明するための図

[図19]実施の形態3に係る第2基準ベクトルの学習について説明するための図

[図20]実施の形態3に係る重みの算出について説明するための図

[図21]実施の形態3の変形例に係る学習信号を示す第1の図

[図22]実施の形態3の変形例に係る重みの算出について説明するための第1の図

[図23]実施の形態3の変形例に係る学習信号を示す第2の図

[図24]実施の形態3の変形例に係る重みの算出について説明するための第2の図

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施の形態に係る診断システム100について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

[0011] 実施の形態1.

本実施の形態に係る診断システム100は、工場に形成される生産システムの一部に相当する。診断システム100は、生産システムからデータを収集して、収集したデータから、当該生産システムにおける異常の有無を診断する。異常は、例えば、生産ラインに流れるワークの仕様が規格外であること、生産ラインを構成する装置の不具合、及びこの装置の稼働中に生じたエラーを含む。異常は、生産システムの運営者が想定するものとして予め定められる正常な状態とは異なる状態であって、通常は、生産システムによる製品の生産を停止させ、又は歩留まりを低下させる。そして、診断システム100は、診断の結果を示す情報をユーザに提供する。診断システム100は

、図 1 に示されるように、異常の有無を診断する診断装置 10 と、診断装置 10 に信号を送信する複数の機器 21 と、を有している。なお、図 1 では、1 つの機器 21 が代表して示されている。

[0012] 診断装置 10 と機器 21 とは、ネットワーク 20 を介して互いに通信可能となるように接続される。ネットワーク 20 は、産業用の F A ネットワークである。ただし、ネットワーク 20 は、これに限定されず、広域通信のための通信ネットワークであってもよいし、専用線であってもよい。

[0013] 機器 21 は、例えば、センサ装置、アクチュエータ又はロボットである。機器 21 は、信号源 211 としてのセンサを有する。機器 21 は、このセンサによるセンシング結果を、ネットワーク 20 を介して繰り返し診断装置 10 に通知することにより、センシング結果の推移を示すデジタル信号を診断装置 10 に送信する。センサは、例えば、圧力センサ、照度センサ、超音波センサ又はその他のセンサである。機器 21 から送信される信号は、スカラー値の時系列信号であって、そのサンプリング周期は、例えば 10 m s、100 m s、又は 1 s e c である。

[0014] ただし、機器 21 から送信される信号は、スカラー値に限らず、ベクトル値の信号であってもよい。また、機器 21 は、センサのサンプリング周期とは異なる周期で診断装置 10 にデータを送信してもよい。例えば、機器 21 は、センサによるサンプリング値がバッファにある程度蓄積されたときに、蓄積されたサンプリング値を含むデータを診断装置 10 に送信してもよい。信号源 211 は、センサの他、例えば、生産システムにおける機器 21 の動作を同期させるための同期信号を生成する発振器、又は、遠隔の対向機器と通信する受信機若しくはアンテナであってもよい。

[0015] 診断装置 10 は、工場に配置される I P C (Industrial Personal Computer) である。診断装置 10 は、そのハードウェア構成として、図 2 に示されるように、プロセッサ 11 と、主記憶部 12 と、補助記憶部 13 と、入力部 14 と、出力部 15 と、通信部 16 と、を有する。主記憶部 12、補助記憶部 13、入力部 14、出力部 15 及び通信部 16 はいずれも、内部バス 17 を

介してプロセッサ 11 に接続される。

- [0016] プロセッサ 11 は、CPU (Central Processing Unit) を含む。プロセッサ 11 は、補助記憶部 13 に記憶されるプログラム P1 を実行することにより、診断装置 10 の種々の機能を実現して、後述の処理を実行する。
- [0017] 主記憶部 12 は、RAM (Random Access Memory) を含む。主記憶部 12 には、補助記憶部 13 からプログラム P1 がロードされる。そして、主記憶部 12 は、プロセッサ 11 の作業領域として用いられる。
- [0018] 補助記憶部 13 は、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) 及び HDD (Hard Disk Drive) に代表される不揮発性メモリを含む。補助記憶部 13 は、プログラム P1 の他に、プロセッサ 11 の処理に用いられる種々のデータを記憶する。補助記憶部 13 は、プロセッサ 11 の指示に従って、プロセッサ 11 によって利用されるデータをプロセッサ 11 に供給し、プロセッサ 11 から供給されたデータを記憶する。なお、図 2 では、1 つのプログラム P1 が代表的に示されているが、補助記憶部 13 は、複数のプログラムを記憶してもよいし、主記憶部 12 には、複数のプログラムがロードされてもよい。
- [0019] 入力部 14 は、入力キー及びポインティングデバイスに代表される入力デバイスを含む。入力部 14 は、診断装置 10 のユーザによって入力された情報を取得して、取得した情報をプロセッサ 11 に通知する。
- [0020] 出力部 15 は、LCD (Liquid Crystal Display) 及びスピーカに代表される出力デバイスを含む。出力部 15 は、プロセッサ 11 の指示に従って、種々の情報をユーザに提示する。
- [0021] 通信部 16 は、外部の装置と通信するためのネットワークインタフェース回路を含む。通信部 16 は、外部から信号を受信して、この信号により示されるデータをプロセッサ 11 へ出力する。また、通信部 16 は、プロセッサ 11 から出力されたデータを示す信号を外部の装置へ送信する。
- [0022] 図 2 に示されるハードウェア構成が協働することにより、診断装置 10 は、異常の有無を診断して、診断結果を示す情報を出力する。詳細には、診断

装置 10 は、後述の手法で信号を分析した結果として異常の有無を診断する。

[0023] ここで、診断装置 10 による信号分析の基本的な手法について、図 3, 4 を用いて説明する。図 3 には、異常の診断の概要が示されている。図 3 上部には、診断装置 10 に入力される入力信号が示されている。この入力信号は、正常時には、複数の波形パターンのいずれか 1 つと類似する波形を有する。このため、入力信号の波形がいずれの波形パターンからも乖離する形状である場合には、異常であると判定される。

[0024] 図 3 における入力信号の最初の波形 23 は、複数の波形パターン A, B, C それぞれと比較された結果、波形パターン A と比較したときに最高の類似度である 0.99 を示す。この最高類似度が閾値を超えているため、波形 23 に関しては正常と判断される。類似度は、波形同士が類似する度合いを示すゼロから 1 までの範囲の値であって、波形が一致する場合には類似度が 1 になる。類似度の算出手法については、後述する。また、閾値は、例えば 0.8 であって、予め規定されてもよいし、ユーザによって設定されてもよい。

[0025] 引き続き、入力信号の波形が波形パターン A, C, C, C, B, A に最も類似すると順に判定され、その類似度は 0.91, 0.92, 0.89, 0.85, 0.98, 0.55 と順に算出される。最後の波形 24 に関して、複数の波形パターン A, B, C のうち最も類似するパターンは波形パターン A であるが、その類似度は閾値より低い 0.55 である。このため、最後の波形 24 については異常であると判定される。

[0026] 図 4 には、波形を比較するための入力信号の切り出しについて示されている。図 4 に示されるように、診断装置 10 は、予め規定された幅のウィンドウ 26 を一定のシフト幅でスライドさせる。ウィンドウ 26 は、入力信号の一部を切り出すための窓であって、例えば、一部の区間の値を 1 として他の値をゼロとして規定される矩形の窓関数のうちの値が 1 である区間に相当し、この窓関数を入力信号に乗じることで入力信号の一部が切り出される。診

断装置 10 は、ウィンドウ 26 をスライドさせる度に、ウィンドウ 26 に相当する区間の部分信号を入力信号から切り出す。そして、メモリ 27 に予め記憶される波形パターンから、部分信号の最近傍のパターンを抽出して、部分信号と最近傍パターンとを比較した結果としての類似度を得る。ここで、最近傍のパターンは、類似度が最高になる波形パターンを意味する。

[0027] 波形パターンは、正常時に入力信号が有すべき波形であって、予めメモリ 27 に格納される。詳細には、図 4 に示されるように、入力信号から一定のシフト幅で切り出された部分信号について異常の有無を判定するために、診断装置 10 は、正常時に入力されるべき波形が時間方向にシフトしたパターンを予め波形パターンとして記憶している。

[0028] なお、入力信号から切り出される部分信号は、デジタル信号であり、サンプリング値の時間に沿った系列であるため、ベクトルとしても表現される。系列は、値が一続きになったまとまりを意味する。また、波形パターンについても入力信号と同様にベクトルとして表現されれば、ベクトルの演算により波形を比較することができるため都合がよい。

[0029] 診断装置 10 は、上述のような波形の比較を 2 通りの手法で行い、それぞれの手法の結果を統合することで異常の有無を診断する。これら 2 通りの手法のうち、第 1 の手法は、入力信号と波形パターンとの距離に着目する手法であって、第 2 の手法は、入力信号と波形パターンとの角度に着目する手法である。詳細には、第 1 の手法は、入力信号から切り出された部分信号に相当するベクトルである入力ベクトルと、第 1 の手法で用いる波形パターンに相当するベクトルである第 1 基準ベクトルと、の距離により、これらのベクトルが類似する度合いを示す第 1 指標値を得る手法である。また、第 2 の手法は、入力信号から切り出された部分信号に相当する入力ベクトルと、第 2 の手法で用いる波形パターンに相当するベクトルである第 2 基準ベクトルと、の角度により、これらのベクトルが類似する度合いを示す第 2 指標値を得る手法である。

[0030] 第 1 基準ベクトル及び第 2 基準ベクトルは、正常時に入力ベクトルが有す

るべき波形を示すベクトルであって、2通りの手法それぞれに適した第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルを異常の診断に先立って予め準備する必要がある。診断装置10は、これらの第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルを学習する機能を有する。詳細には、診断装置10は、正常時に入力されるべき波形を示すものとしてユーザから提供される学習信号から、第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルを学習する機能を有する。そして、学習の終了後に、診断装置10は、学習した第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルを利用して、診断対象となる入力信号について異常の有無を診断する。以下では、第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルを総称して単に基準ベクトルという。

[0031] また、第1指標値は、入力ベクトルにより示される波形と、第1基準ベクトルにより示される波形と、が類似する度合いを示す指標となる値であって、これらの波形の類似度に相当する。また、第2指標値は、入力ベクトルにより示される波形と、第2基準ベクトルにより示される波形と、が類似する度合いを示す指標となる値であって、これらの波形の類似度に相当する。第1指標値及び第2指標値の算出手法の詳細については、後述する。

[0032] 診断装置10は、その機能として、図5に示されるように、学習信号及び入力信号を取得する取得部101と、正常時に入力信号が有すべき波形を示す第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルを学習信号から学習する学習部102と、学習部102によって学習された第1基準ベクトルを記憶する記憶部111と、学習部102によって学習された第2基準ベクトルを記憶する記憶部121と、入力信号としての入力ベクトルと第1基準ベクトルとの距離を示す第1指標値を算出する第1算出部110と、入力ベクトルと第2基準ベクトルとの角度を示す第2指標値を算出する第2算出部120と、第1指標値と第2指標値とを統合した出力値を算出する第3算出部130と、出力値から異常の有無を診断する診断部140と、を有する。なお、図5中、太い矢印は、学習信号から基準ベクトルを学習する際のデータの流れを示し、細い矢印は、学習の終了後に、入力信号から出力値を算出する際のデー

タの流れを示している。

- [0033] 取得部 101 は、主としてプロセッサ 11 及び通信部 16 によって実現される。取得部 101 は、基準ベクトルを学習するための学習信号と、異常の有無の監視対象となる入力信号と、を取得する。詳細には、取得部 101 は、ユーザによってネットワーク 20 を介して提供される学習信号を取得する。学習信号は、基準ベクトルを十分に学習するためにある程度長い信号であって、正常時に入力されるべき信号の波形をすべて含むことが望ましい。また、取得部 101 は、機器 21 からネットワーク 20 を介してデータを繰り返し受信することにより、信号源 211 によって生成された入力信号を受信する。取得部 101 は、請求項の取得手段として機能する。
- [0034] 学習部 102 は、主としてプロセッサ 11 によって実現される。学習部 102 は、取得部 101 によって取得された学習信号から、第 1 指標値を算出するための第 1 基準ベクトル、及び第 2 指標値を算出するための第 2 基準ベクトルを学習する。また、学習部 102 は、学習の結果に応じて第 1 基準ベクトル及び第 2 基準ベクトルそれぞれの重みを算出する重み算出部 1021 を有する。重み算出部 1021 によって算出された重みは、第 3 算出部 130 に提供される。学習部 102 は、請求項の学習手段として機能する。
- [0035] ここで、学習部 102 による基準ベクトルの学習の概要について、図 6 を用いて説明する。図 6 の最上段には、学習信号が示されている。この学習信号は、正常時に入力信号が有するべき波形として、急峻に立ち上がってから緩やかに下がる波形 301 と、台形状の波形 302 と、緩やかに立ち上がってから急峻に下がる波形 303 と、を有している。学習部 102 は、この学習信号を、基準ベクトルを学習するための学習部分信号と、重みを算出するための試行信号と、に分割する。
- [0036] 学習部 102 が基準ベクトルを学習するために、入力信号からの入力ベクトルの抽出と同様に、学習信号から抽出されたベクトルが用いられる。学習信号は、サンプリング値である学習値の時系列信号であり、学習信号から切り出される部分信号は、この学習値の時間に沿った系列であって、ベクトル

として表現される。以下では、学習信号から切り出された部分信号に相当するベクトルを学習ベクトルという。

[0037] 詳細には、図6に示されるように、学習部102は、ウィンドウ310をスライドさせる度に、学習部分信号から学習値の系列を切り出すことにより、この系列の学習値を要素とする学習ベクトル311を生成する。そして、学習部102は、学習ベクトル311間の距離に応じて複数の学習ベクトル311をクラスタリングすることにより、学習ベクトル311を代表する一又は複数の第1基準ベクトルを学習する。また、学習部102は、学習ベクトル311間の角度に応じてクラスタリングすることにより学習ベクトル311を代表する一又は複数の第2基準ベクトルを学習する。

[0038] ここで、ベクトル間の距離は、一のベクトルと他のベクトルとの距離であって、例えば、ベクトルの各要素の自乗誤差の総和の平方根に相当するユークリッド距離である。ただし、これには限定されず、ベクトル間の距離は、マンハッタン距離であってもよいし、DTW (Dynamic Time Warping) により規定される距離であってもよいし、他の距離であってもよい。

[0039] また、ベクトル間の角度は、一のベクトルと他のベクトルとの角度であって、単位をdeg又はradとする量である。この角度は、例えば、一のベクトルと他のベクトルとの内積を、当該一のベクトルの大きさと当該他のベクトルの大きさとで除して得た値を x としたときの $\arccos(x)$ として得ることができる。

[0040] 学習ベクトル311間の距離に応じたクラスタリングは、複数の学習ベクトル311をクラスタリングするための尺度を距離とすることを意味し、学習ベクトル311間の角度に応じたクラスタリングは、学習ベクトル311をクラスタリングするための尺度を角度とすることを意味する。ベクトルのクラスタリングは、複数のベクトルを、ある尺度に従って類似するベクトルをクラスタにまとめることであって、通常は、複数のベクトルがそれぞれいずれかのクラスタに振り分けられる。クラスタリングの手法は任意であって、例えばk平均法又は混合ガウシアンモデル (GMM; Gaussian Mixture Model

）を採用してもよい。また、距離に応じたクラスタリングと角度に応じたクラスタリングとで異なる手法を採用してもよい。さらに、クラスタ数は、予め規定されてもよいし、A I C (Akaike Information Criteria) に代表される尺度を用いて適当なクラスタ数を決定してもよい。

[0041] 第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルは、クラスタ中心のベクトルであってもよいし、各クラスタを代表するいずれかの学習ベクトル311であってもよい。通常は、距離に応じたクラスタリングにより形成された複数のクラスタそれぞれに対応するベクトルが第1基準ベクトルとして学習される。すなわち、複数のベクトルが第1基準ベクトルとして学習される。また、角度に応じた複数のクラスタそれぞれに対応するベクトルが第2基準ベクトルとして学習される。すなわち、複数のベクトルが第2基準ベクトルとして学習される。

[0042] 例えば、距離に応じたクラスタリングの結果、一のベクトルが一のクラスタに属することとなった場合、当該一のベクトルについては、当該一のクラスタに対応する第1基準ベクトルとの距離が、他のいずれのクラスタに対応する第1基準ベクトルとの距離よりも小さくなる。同様に、角度に応じたクラスタリングの結果、一のベクトルが一のクラスタに属することとなった場合、当該一のベクトルについては、当該一のクラスタに対応する第2基準ベクトルとの角度が、他のいずれのクラスタに対応する第2基準ベクトルとの距離よりも小さくなる。

[0043] ただし、クラスタリングの結果、単一のクラスタのみが形成される場合も想定される。例えば、正常時に入力されるべき波形が1つのパターンに固定されており、このパターンが、図6に示されるウィンドウ310のシフト幅に等しい周期で現れるようなケースでは、実質的に同等の学習ベクトル311が、1つのクラスタにクラスタリングされ得る。

[0044] 図5に戻り、学習部102の重み算出部1021は、図6中の試行信号について、図4に示される手法により第1基準ベクトルを用いて類似度を算出した結果に応じて、第1基準ベクトルの重みを算出する。また、重み算出部

1021は、試行信号について、図4に示される手法により第2基準ベクトルを用いて類似度を算出した結果に応じて、第2基準ベクトルの重みを算出する。

[0045] 第1基準ベクトルを用いて算出される類似度は、ベクトル間の距離をゼロから1の範囲内におさまるように正規化することで算出される。ベクトルが同一であれば、ベクトル間の距離はゼロとなり、類似度は1になる。例えば、ベクトル間の距離をDとして、類似度Eは、 $E = 1 / (1 + D)$ として算出される。ただし、類似度Eを得るための算出式は、これに限定されず任意である。

[0046] また、第2基準ベクトルを用いて算出される類似度は、ベクトル間の角度に応じたゼロから1の範囲内の値である。ベクトル間の角度がゼロであれば、類似度は1となる。例えば、ベクトル間の角度を θ として、類似度Fは、 $F = (\cos \theta / 2) + (1 / 2)$ として算出される。ここで、ベクトルAの成分を (a_1, a_2) とし、ベクトルBの成分を (b_1, b_2) とすると、余弦 $\cos \theta$ は、次式(1)により算出される。

$$\begin{aligned} [0047] \quad \cos \theta &= (A \cdot B) / |A| |B| \\ &= (a_1 \cdot b_1 + a_2 \cdot b_2) / ((a_1^2 + a_2^2)^{1/2} (b_1^2 + b_2^2)^{1/2}) \quad \dots (1) \end{aligned}$$

[0048] ベクトルA、Bが3次元である場合には、ベクトルAの成分を (a_1, a_2, a_3) とし、ベクトルBの成分を (b_1, b_2, b_3) とすると、余弦 $\cos \theta$ は、次式(2)により算出される。

$$\begin{aligned} [0049] \quad \cos \theta &= (A \cdot B) / |A| |B| \\ &= (a_1 \cdot b_1 + a_2 \cdot b_2 + a_3 \cdot b_3) / ((a_1^2 + a_2^2 + a_3^2)^{1/2} (b_1^2 + b_2^2 + b_3^2)^{1/2}) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

[0050] ただし、上記式(1)、(2)中の「 $A \cdot B$ 」は、ベクトルの内積を意味し、「 $a_1 \cdot b_1$ 」は、成分の乗算を意味する。なお、第2基準ベクトルとの類似度は、ベクトル間の角度に応じて他の手法により算出されてもよい。例えば、類似度Fは、ベクトル間の角度を θ として、 $F = 1 / (1 + |\theta|)$

) という式に従って算出されてもよい。

[0051] 図7には、重み算出部1021による重みの算出の概要について示されている。重み算出部1021は、ウィンドウ314をスライドさせて試行信号から試行値の系列を切り出すことにより、この系列の試行値を要素とする試行ベクトル315を複数生成する。重み算出部1021は、各試行ベクトル315について、最近傍のベクトルを第1基準ベクトルから選択し、最近傍のベクトルを第2基準ベクトルから選択する。詳細には、重み算出部1021は、各試行ベクトル315について、複数の第1基準ベクトルから当該試行ベクトル315との類似度が最も高い第1基準ベクトルを選択し、複数の第2基準ベクトルから当該試行ベクトル315との類似度が最も高い第2基準ベクトルを選択する。

[0052] 第1基準ベクトル各々については、最近傍のベクトルとして選択される度に類似度が算出され、第2基準ベクトル各々については、最近傍のベクトルとして選択される度に類似度が算出される。図7には、各基準ベクトルについて算出される類似度の例が示されている。例えば、図7の上部に示される試行ベクトル315のうちの1つの試行ベクトル315aについて、複数の第1基準ベクトルそれぞれとの類似度を算出すると、第1基準ベクトル316との類似度である0.9が最も高い値になる。また、この試行ベクトル315aについて、複数の第2基準ベクトルそれぞれとの類似度を算出すると、第2基準ベクトル317との類似度である0.9が最も高い値になる。図7では、他の試行ベクトル315について、第1基準ベクトルのうち最近傍のベクトルとの類似度を示す数値が四角で囲まれて示されており、第2基準ベクトルのうち最近傍のベクトルとの類似度を示す数値が四角で囲まれて示されている。

[0053] そして、重み算出部1021は、第1基準ベクトル各々について、算出された類似度の平均値が大きいほど重みが大きくなるように、重みを算出する。また、重み算出部1021は、第2基準ベクトル各々について、算出された類似度の平均値が大きいほど重みが大きくなるように、重みを算出する。

換言すると、基準ベクトルが試行信号の波形と一致するほど、その基準ベクトルには大きい重みが付される。例えば、重み算出部 1021 は、類似度の平均値をそのまま重みとして採用する。図 7 下部では、基準ベクトル各々について、横方向に現れた数値の平均値が、その基準ベクトルに対応する重みとして算出される。

[0054] 図 5 に戻り、学習部 102 は、学習した第 1 基準ベクトルを記憶部 111 に格納し、学習した第 2 基準ベクトルを記憶部 121 に格納する。記憶部 111, 121 は、主として補助記憶部 13 によって実現される。

[0055] 第 1 算出部 110 は、主としてプロセッサ 11 によって実現される。第 1 算出部 110 は、取得部 101 によって入力信号として取得された入力値の系列を、この系列の入力値それぞれを要素とする入力ベクトルとして扱う。この入力ベクトルの次元は、取得部 101 によって取得された系列を構成する入力値の数に等しい。そして、第 1 算出部 110 は、図 3, 4 に示される手法で類似度を算出する。詳細には、第 1 算出部 110 は、入力ベクトルと、複数の第 1 基準ベクトルそれぞれとを比較して類似度を算出して、最も高い類似度を第 1 指標値として出力する。より詳細には、第 1 算出部 110 は、入力ベクトルと最近傍の第 1 基準ベクトルとの距離を示す第 1 指標値を出力する。

[0056] 第 2 算出部 120 は、主としてプロセッサ 11 によって実現される。第 2 算出部 120 は、第 1 算出部 110 と同様に図 3, 4 に示される手法で、入力ベクトルと第 2 基準ベクトルとを比較して類似度を算出し、最も高い類似度を第 2 指標値として出力する。詳細には、第 2 算出部 120 は、入力ベクトルと最近傍の第 2 基準ベクトルとの角度を示す第 2 指標値を出力する。

[0057] 第 3 算出部 130 は、主としてプロセッサ 11 によって実現される。第 3 算出部 130 は、第 1 算出部 110 によって算出された第 1 指標値と、第 2 算出部 120 によって算出された第 2 指標値と、の重み付け和として出力値を算出する。詳細には、第 3 算出部 130 は、次式 (3) に示される演算により出力値 A_3 を算出する。

[0058] $A_3 = w_1 \cdot A_1 + w_2 \cdot A_2 \cdots (3)$

[0059] ここで、 A_1 は第1指標値であって、 A_2 は第2指標値である。 w_1 は、第1指標値の重み係数であって、第1指標値を算出する際に第1算出部110によって選択された最近傍の第1基準ベクトルの重みである。 w_2 は、第2指標値の重み係数であって、第2指標値を算出する際に第2算出部120によって選択された最近傍の第2基準ベクトルの重みである。第3算出部130は、これらの重みを学習部102から予め取得して保持しておく。通常、 w_1 と w_2 は、その総和が1.0となるように大きさが調整され、出力値は、ゼロから1までの範囲内の値になる。

[0060] 診断部140は、主としてプロセッサ11、出力部15又は通信部16によって実現される。診断部140は、第3算出部130によって算出された出力値に基づいて異常の有無を診断する。例えば、診断部140は、出力値が閾値を超えるか否かを判定することにより異常の有無を判定する。この閾値は、例えば0.8であって、予め規定されていてもよいし、ユーザによって変更されてもよい。診断部140による診断結果の情報の出力は、画面表示によるユーザへの提示であってもよいし、診断装置10が有する信号処理回路への出力であってもよいし、ネットワーク20を介したデータの送信であってもよい。診断部140は、請求項の診断手段として機能する。

[0061] 続いて、診断装置10によって実行される診断処理について、図8～12を用いて説明する。図8に示される診断処理は、診断装置10の電源が投入されることで開始する。

[0062] 診断処理では、診断装置10は、学習処理を実行し（ステップS1）、診断実行処理を実行する（ステップS2）。以下、学習処理と診断実行処理について順に説明する。

[0063] 図9には、学習処理の手順が示されている。学習処理は、学習信号から基準ベクトルを学習する処理であって、主として学習部102によって実行される。

[0064] 学習処理では、取得部101は、学習信号を取得する（ステップS11）

。具体的には、取得部 101 が、学習信号を示すデータを取得して、当該データから学習信号を抽出する。

[0065] 次に、学習部 102 は、ステップ S 11 で取得された学習信号を学習部分信号と試行信号とに分割する（ステップ S 12）。具体的には、学習部 102 は、学習信号を前段と後段で等分する。ただし、分割の手法は任意であって、他の手法により分割してもよい。

[0066] 次に、学習部 102 は、学習部分信号から学習値の系列を切り出すことにより学習ベクトルを複数生成する（ステップ S 13）。そして、学習部 102 は、学習ベクトルをベクトル間の距離に応じてクラスタリングすることにより第 1 基準ベクトルを学習し（ステップ S 14）、学習ベクトルをベクトル間の角度に応じてクラスタリングすることにより第 2 基準ベクトルを学習する（ステップ S 15）。

[0067] 次に、学習部 102 は、試行信号について、類似度を算出した結果に応じて重みを算出する（ステップ S 16）。具体的には、重み算出部 1021 が、試行信号と第 1 基準ベクトル及び第 2 基準ベクトルとを比較した結果に応じて、第 1 基準ベクトル及び第 2 基準ベクトルそれぞれの重みを算出する。その後、学習処理が終了して、診断装置 10 による処理は、図 8 に示される診断処理に戻る。

[0068] 続いて、診断実行処理について図 10 を用いて説明する。診断実行処理は、入力信号から出力値を算出して異常の有無を診断する処理である。

[0069] 診断実行処理では、取得部 101 は、入力信号として入力値の系列を取得する（ステップ S 21）。このステップ S 21 は、請求項の取得ステップに対応する。ここで取得される系列は、図 4 に示されたウィンドウ 26 で区切られた部分信号に相当する。入力値の系列は、入力値を要素とする入力ベクトルとして以降で扱われる。

[0070] 次に、第 1 算出部 110 による第 1 算出処理が実行される（ステップ S 22）。第 1 算出処理は、第 1 算出部 110 が、ステップ S 21 で取得された入力ベクトルから第 1 指標値を算出する処理である。

- [0071] 第1算出処理では、図11に示されるように、第1算出部110が、第1基準ベクトルから、入力ベクトルに類似する第1最近傍ベクトルを抽出する（ステップS221）。そして、第1算出部110が、入力ベクトルと第1最近傍ベクトルとの類似度を第1指標値として出力する（ステップS222）。その後、第1算出処理が終了して、診断装置10による処理は、図10の診断実行処理に戻る。
- [0072] 第1算出処理（ステップS22）に続いて、第2算出部120による第2算出処理が実行される（ステップS23）。第2算出処理は、第2算出部120が、ステップS21で取得された入力ベクトルから第2指標値を算出する処理である。
- [0073] 第2算出処理では、図12に示されるように、第2算出部120が、第2基準ベクトルから、入力ベクトルに類似する第2最近傍ベクトルを抽出する（ステップS231）。そして、第2算出部120が、入力ベクトルと第2最近傍ベクトルとの類似度を第2指標値として出力する（ステップS232）。その後、第2算出処理が終了して、診断装置10による処理は、図10の診断実行処理に戻る。
- [0074] 第2算出処理（ステップS23）に続いて、第3算出部130が、第3算出処理を実行する（ステップS24）。具体的には、第3算出部130が、ステップS22で算出された第1指標値と、ステップS23で算出された第2指標値と、の重み付け和として出力値を算出する。
- [0075] 次に、診断部140が、ステップS24で算出された出力値から異常の有無を診断する（ステップS25）。このステップS25は、請求項の診断ステップに対応する。その後、診断装置10は、ステップS21以降の処理を繰り返す。これにより、図4に示されるウィンドウ26のスライディングによる類似度の順次算出と同様に、入力信号から順次切り出される入力ベクトルについて異常の有無が診断される。
- [0076] 以上、説明したように、診断装置10によれば、入力ベクトルと第1基準ベクトルとの距離を示す第1指標値と、入力ベクトルと第2基準ベクトルと

の角度を示す第2指標値と、から異常の有無が診断される。このため、ベクトル間の距離だけでは誤って診断をされるような場合においても、ベクトル間の角度に基づいて正確な診断をすることが期待される。したがって、異常の有無の診断精度を向上させることができる。

[0077] ここで、具体例について図13を用いて説明する。図13には、入力信号が急峻に立ち上がり緩やかに下がる波形を有し、それぞれの入力値が学習信号の値の2倍となっている例が示されている。この入力信号としての入力ベクトルA1に対して、図13下部に黒塗りの丸いマークで示される第1基準ベクトルR1, R2, R3のうち最もユークリッド距離が短い第1基準ベクトルR1が第1最近傍ベクトルR1として選択される。具体的には、ベクトル間の距離を尺度とすれば、第1基準ベクトルR1, R2, R3のうちベクトルA1の最近傍にあるベクトルはR1であって、その波形は図13上部に示されるように台形である。しかしながら、入力ベクトルの波形は、学習時から単にスケールが変わっているだけであって、台形の波形と比較されると、正しく異常の有無を診断することができない。

[0078] これに対して、入力ベクトルA1に対して、図13下部に白抜きの四角いマークで示される第2基準ベクトルQ1, Q2, Q3のうち最も入力ベクトルA1とのなす角度が小さい第2基準ベクトルQ1が第2最近傍ベクトルとして選択される。すなわち、ベクトル間の角度を尺度とすれば、第2基準ベクトルQ1, Q2, Q3のうちベクトルA1の最近傍にあるベクトルはQ1であって、その波形は図13上部に示されるように、急峻に立ち上がってから緩やかに下がる波形である。このため、入力信号の値の大きさが変化した波形が正常と診断されるべき場合には、第2指標値が、波形の類似する度合いを正しく表しているといえる。

[0079] そして、診断装置10は、第1指標値と第2指標値とを統合して出力値を算出する。このため、診断装置10による異常の診断は、ベクトル間の距離のみに基づいて行われる場合に比して、より正確に実施されることが期待される。具体的には、正常時において入力信号の値のスケールが変化し得るよ

うな場合にも、ベクトル間の角度に基づく第2指標値も加味して異常の有無を診断するため、誤診断の発生率を低減することが期待される。

[0080] また、診断部140は、第1指標値と第2指標値との重み付け和として第3算出部によって算出される出力値から異常の有無を診断した。このため、診断に必要な演算負荷を比較的小さいものとして、診断の順次実行を容易に実現することができる。

[0081] また、学習部102が学習信号から基準ベクトルを学習し、この学習の結果に応じて基準ベクトルの重みが算出された。このため、第1指標値及び第2指標値に対して、学習に即した重みを付して異常の有無を診断することができる。学習信号は、正常時に入力されるべき波形を示す信号であって、学習信号により示される正常時の波形は、ある程度のバラつきがある。このようなバラつきを加味した重みを基準ベクトルに付与することで、より正確な診断をすることができると考えられる。

[0082] また、学習部102は、学習ベクトルのクラスタリングにより基準ベクトルを学習した。学習信号に含まれる多数の波形をすべて基準ベクトルとして扱うと、演算量が過剰に大きくなる。これに対して、学習部102は、クラスタリングをすることで、診断に用いる基準ベクトルを効率的に学習することができる。

[0083] また、学習部102は、学習信号を、学習部分信号と試行信号に分割して、学習部分信号から基準ベクトルを学習し、試行信号から基準ベクトルの重みを算出した。試行信号は、学習された基準ベクトルを用いた類似度の算出を試行するための信号といえる。基準ベクトルを学習するための信号とは異なる信号で重みを得ることにより、その後の診断実行処理において有効な重みが算出されると期待される。

[0084] なお、重み算出部1021は、基準ベクトルが試行ベクトルの最近傍のベクトルとして選択された際に算出される類似度の平均値を重みとして算出したが、これには限定されない。例えば、重み算出部1021は、試行ベクトルについて算出される類似度の変動に応じて重みを算出してもよい。詳細に

は、重み算出部 1021 は、類似度の変動が小さいほど大きい重みを算出してもよい。このような重みとしては、例えば、類似度の標準偏差に代表される統計値に応じた重みが考えられる。

[0085] 実施の形態 2.

続いて、実施の形態 2 について、上述の実施の形態 1 との相違点を中心に説明する。なお、上記実施の形態と同一又は同等の構成については、同等の符号を用いるとともに、その説明を省略又は簡略する。実施の形態 1 では、第 1 基準ベクトル及び第 2 基準ベクトルそれぞれに付される重みが学習信号から算出されたが、他の形態も考えられる。以下では、重みが指標値の大きさに基づいて決定される例について説明する。

[0086] 本実施の形態に係る診断装置 10 は、図 14 に示されるように、学習部 102 を省略して構成される。記憶部 111, 121 には、ユーザによって予め第 1 基準ベクトル及び第 2 基準ベクトルが格納される。そして、第 3 算出部 130 は、第 1 指標値及び第 2 指標値が算出される度に、これらの指標値に乘じるべき重みを決定した上で、出力値を算出する。

[0087] 図 15 には、第 1 指標値と第 2 指標値との差と重みとの関係が示されている。詳細には、第 1 指標値から第 2 指標値を減じて得る差に対して、第 1 指標値の重みが線 L1 で示されていて、第 2 指標値の重みが線 L2 で示されている。これら線 L1, L2 は、第 1 指標値と第 2 指標値との大きい方の重み係数を大きくして、第 1 指標値と第 2 指標値とが等しい場合には重み係数を等しくすることを示している。

[0088] 以上、説明したように、第 3 算出部 130 は、第 1 指標値と第 2 指標値との大きい方を重視した出力値を算出する。これにより、入力ベクトルと基準ベクトルとの間の距離又は角度が近い場合には、波形が類似する度合いを示す出力値が大きくなる。この出力値は、より正確な異常の診断に利用することができる。

[0089] なお、第 3 算出部 130 による重みの決定は、図 15 に示された例に限定されない。例えば、図 16 に示されるように、第 1 指標値と第 2 指標値との

いずれか一方の重みを1として、他方の重みをゼロとしてもよい。図16の例では、実質的に、第1指標値及び第2指標値のうち大きい方を出力値として採用することとなる。

[0090] また、図17に示されるように、第1指標値と第2指標値との比に対して、重みを決定してもよい。図17の例では、第1指標値を第2指標値で除して得る商の逆数が第1指標値の重みとされる。

[0091] 実施の形態3.

続いて、実施の形態3について、上述の実施の形態1との相違点を中心に説明する。なお、上記実施の形態と同一又は同等の構成については、同等の符号を用いるとともに、その説明を省略又は簡略する。上記実施の形態1では、学習信号から分割された試行信号を用いて重みが決定されたが、学習信号を分割することなく重みを決定する形態も考えられる。以下では、学習信号を分割することなく基準ベクトルを学習した結果に応じて重みを決定する例について説明する。

[0092] 図18には、学習信号から第1基準ベクトルを決定する例が模式的に示されている。このような学習信号から抽出された学習ベクトル $\circ 1 \sim \circ 7$ が距離を尺度にしてクラスタリングされた結果、クラスタD1～D3が構成される。そして、クラスタD1～D3各々を代表する第1基準ベクトル $s_1 \sim s_3$ が生成される。

[0093] 図19には、図18と同様の学習信号から第2基準ベクトルを決定する例が模式的に示されている。この学習信号から抽出された学習ベクトル $\circ 1 \sim \circ 7$ が角度を尺度にしてクラスタリングされた結果、クラスタE1, E2が構成される。そして、クラスタE1, E2それぞれを代表する第2基準ベクトル v_1, v_2 が生成される。

[0094] 図20には、第1基準ベクトル各々に対応するクラスタに属する学習ベクトルの数と、第2基準ベクトル各々に対応するクラスタに属する学習ベクトルの数と、が比較されている。例えば、第1基準ベクトル s_1 の元となった学習ベクトルの数は、2つであって、第2基準ベクトル v_2 の元となった学

習ベクトルの数は、5つである。

[0095] 学習部102は、基準ベクトル各々に対応するクラスタに属する学習ベクトルの数に応じて、基準ベクトルに付与する重み係数を決定する。詳細には、学習ベクトルの数が多いほど、重み係数を大きくする。より詳細には、学習ベクトルの数が最大となる基準ベクトルには重み係数として1.0を付与し、他の基準ベクトルについては、学習ベクトルの数に比例する重み係数を付与する。ただし、重み係数を決定する手法は、これに限定されず任意である。

[0096] そして、第3算出部130は、第1指標値と第2指標値とを重み付け加算する際に、第1指標値を算出するために選択された第1基準ベクトルに付与された重み係数と、第2指標値を算出するために選択された第2基準ベクトルに付与された重み係数と、を用いる。ここで、2つの重み係数の総和が1.0とならない場合には、第3算出部130は、総和が1.0となるように重み係数の大きさを調整してもよい。

[0097] 以上、説明したように、診断装置10は、基準ベクトル各々に対応するクラスタにクラスタリングされた学習ベクトルの数に応じて重みを決定する。多くの学習ベクトルに対応する基準ベクトルは、正常時に入力されるべき波形を正確に表していると考えられる。このような正確な基準ベクトルに大きい重みを付与することで、第3算出部130によって算出される出力値は、正確な異常の診断に利用できると考えられる。

[0098] なお、基準ベクトルそれぞれに異なる重みを付与したが、これには限定されない。例えば、第1基準ベクトルの全クラスタに共通のベース値に、各クラスタのクラスタ値を乗じることで、重み係数を得てもよい。同様に第2基準ベクトルの全クラスタに共通のベース値に、各クラスタのクラスタ値を乗じることで重み係数を得てもよい。

[0099] 図21に示される学習信号は、円弧状の波形と、三角形の波形と、矩形状の波形と、を含み、それぞれの波形についてスケールを変えた複数の波形を有している。このような学習信号から第1基準ベクトル及び第2基準ベクトル

ルを学習した例が図 2 2 に模式的に示されている。図 2 2 に示されるように、8つの学習ベクトルから、6つの第1基準ベクトルと、3つの第2基準ベクトルと、が学習される。この例では、第1基準ベクトルすべてについて、ベース値が1.33と算出される。詳細には、学習ベクトルの数である8を第1基準ベクトルの数である6で除することにより、ベース値として1.33の値が算出される。また、第2基準ベクトルすべてについて、ベース値が2.66と算出される。詳細には、学習ベクトルの数である8を第2基準ベクトルの数である3で除することにより、ベース値として2.66の値が算出される。

[0100] このベース値に、例えば図 2 0 に示された重み係数に等しい値を乗じること、新たな重み係数を得てもよい。このように、第1基準ベクトルと第2基準ベクトルのうち、クラスタ数が少ない方に大きなベース値が付与される。クラスタ数が少ないほど、個々のクラスタには多くの学習ベクトルが属しているといえる。多くの学習ベクトルが属するクラスタは、正常時に入力されるべき波形を適当に表しているといえるため、結果的に、第1基準ベクトルと第2基準ベクトルのうち波形を適当に表す方に大きな重みが付与されることとなる。

[0101] 図 2 3 に示される学習信号は、図 2 1 と同様の波形を有するが、それぞれの波形についてスケールが固定されている。このような学習信号から第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルを学習した例が図 2 4 に模式的に示されている。図 2 4 に示されるように、8つの学習ベクトルから、3つの第1基準ベクトルと、3つの第2基準ベクトルと、が学習される。この例では、第1基準ベクトル及び第2基準ベクトルの双方についてベース値が2.66と算出される。このため、第3算出部 1 3 0 は、第1指標値と第2指標値とに等しい重みを付与して重み付け加算をすることにより出力値を算出することとなる。

[0102] 図 2 1 ～ 2 4 に示されたように、診断装置 1 0 は、基準ベクトル各々に対応するクラスタにクラスタリングされた学習ベクトルの数の傾向に応じて重

みを決定してもよい。このように決定された重みについても、第3算出部130によって算出される出力値は、正確な異常の診断に利用できると考えられる。

[0103] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記実施の形態によって限定されるものではない。

[0104] 例えば、診断システム100が、生産システムの一部である例について説明したが、これには限定されない。診断システム100は、加工システム、検査システムに代表される処理システムの一部であってもよいし、他のシステムを構成することなく、独立したシステムであってもよい。

[0105] また、診断装置10の取得部101がネットワーク20を介して入力信号を取得する例について説明したが、これには限定されない。例えば、取得部101は、ユーザによって補助記憶部13に格納されたデータから入力信号を読み出してもよい。

[0106] また、上記実施の形態では、単一の入力信号から出力値を算出する例について説明したが、これには限定されない。診断装置10は、複数の入力信号を取得して、入力信号それぞれについて出力値を算出してもよいし、入力信号それぞれについて算出された出力値を統合して単一の出力値を出力してもよい。

[0107] また、上記実施の形態では、第1指標値と第2指標値とを統合した出力値を算出する例について説明したが、出力値を算出するために統合される指標値の数は、2つに限定されず、3つ以上であってもよい。例えば、第1指標値及び第2指標値のいずれとも異なる第3指標値を、第1指標値及び第2指標値と統合して出力値を算出してもよい。

[0108] また、上記実施の形態では、第1指標値、第2指標値及び出力値は、異常である度合いが強くなるほど小さくなる値であったが、これには限定されず、異常である度合いが強くなるほど大きくなる値であってもよい。

[0109] また、診断装置10の機能は、専用のハードウェアによっても、また、通常のコンピュータシステムによっても実現することができる。

- [0110] 例えば、プロセッサ 11 によって実行されるプログラム P 1 を、コンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体に格納して配布し、そのプログラム P 1 をコンピュータにインストールすることにより、上述の処理を実行する装置を構成することができる。このような記録媒体としては、例えばフレキシブルディスク、CD-ROM (Compact Disc Read-Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disc)、MO (Magneto-Optical Disc) が考えられる。
- [0111] また、プログラム P 1 をインターネットに代表される通信ネットワーク上のサーバ装置が有するディスク装置に格納しておき、例えば、搬送波に重畳させて、コンピュータにダウンロードするようにしてもよい。
- [0112] また、通信ネットワークを介してプログラム P 1 を転送しながら起動実行することによっても、上述の処理を達成することができる。
- [0113] さらに、プログラム P 1 の全部又は一部をサーバ装置上で実行させ、その処理に関する情報をコンピュータが通信ネットワークを介して送受信しながらプログラムを実行することによっても、上述の処理を達成することができる。
- [0114] なお、上述の機能を、OS (Operating System) が分担して実現する場合又は OS とアプリケーションとの協働により実現する場合等には、OS 以外の部分のみを媒体に格納して配布してもよく、また、コンピュータにダウンロードしてもよい。
- [0115] また、診断装置 10 の機能を実現する手段は、ソフトウェアに限られず、その一部又は全部を、回路を含む専用のハードウェアによって実現してもよい。
- [0116] 本発明は、本発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、本発明を説明するためのものであり、本発明の範囲を限定するものではない。つまり、本発明の範囲は、実施の形態ではなく、請求の範囲によって示される。そして、請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される

様々な変形が、本発明の範囲内とみなされる。

産業上の利用可能性

[0117] 本発明は、信号により示される異常を診断することに適している。

符号の説明

[0118] 100 診断システム、 10 診断装置、 11 プロセッサ、 12 主記憶部、 13 補助記憶部、 14 入力部、 15 出力部、 16 通信部、 17 内部バス、 101 取得部、 102 学習部、 110 第1算出部、 111 記憶部、 120 第2算出部、 121 記憶部、 130 第3算出部、 140 診断部、 1021 重み算出部、 20 ネットワーク、 21 機器、 211 信号源、 23, 24 波形、 26 ウィンドウ、 27 メモリ、 301~303 波形、 310, 314 ウィンドウ、 311 学習ベクトル、 315, 315a 試行ベクトル、 316 第1基準ベクトル、 317 第2基準ベクトル、 L1, L2 線、 P1 プログラム。

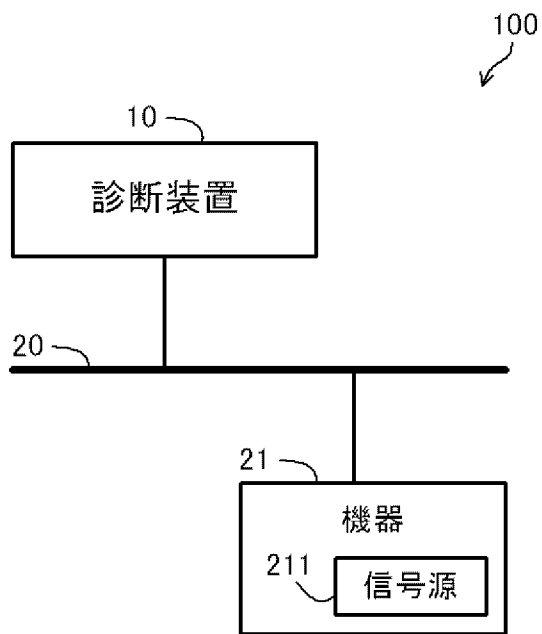
請求の範囲

- [請求項1] 異常の有無の診断対象となる入力信号として入力値の系列を取得する取得手段と、
- 前記取得手段によって取得された系列の前記入力値を要素とする入力ベクトルと予め定められた第1基準ベクトルとの距離を示す第1指標値と、前記入力ベクトルと予め定められた第2基準ベクトルとの角度を示す第2指標値と、から異常の有無を診断する診断手段と、
- を備える診断装置。
- [請求項2] 前記診断手段は、前記第1指標値と前記第2指標値との重み付け和から異常の有無を診断する、
- 請求項1に記載の診断装置。
- [請求項3] 学習信号から前記第1基準ベクトル及び前記第2基準ベクトルを学習する学習手段、をさらに備え、
- 前記取得手段は、前記学習信号と前記入力信号とを取得し、
- 前記学習手段は、前記第1基準ベクトル及び前記第2基準ベクトルを前記学習信号から学習し、該学習の結果に応じて前記第1基準ベクトル及び前記第2基準ベクトルそれぞれの重みを算出し、
- 前記重み付け和は、前記学習手段によって算出された重みを、前記入力ベクトルと前記第1基準ベクトルとの距離と、前記入力ベクトルと前記第2基準ベクトルとの角度と、のそれぞれに乗じた値の総和に等しい、
- 請求項2に記載の診断装置。
- [請求項4] 前記学習手段は、前記学習信号から学習値の系列を切り出すことにより該系列の前記学習値を要素とする学習ベクトルを複数生成して、前記学習ベクトル間の距離に応じてクラスタリングすることにより前記第1基準ベクトルを学習し、前記学習ベクトル間の角度に応じてクラスタリングすることにより前記第2基準ベクトルを学習する、
- 請求項3に記載の診断装置。

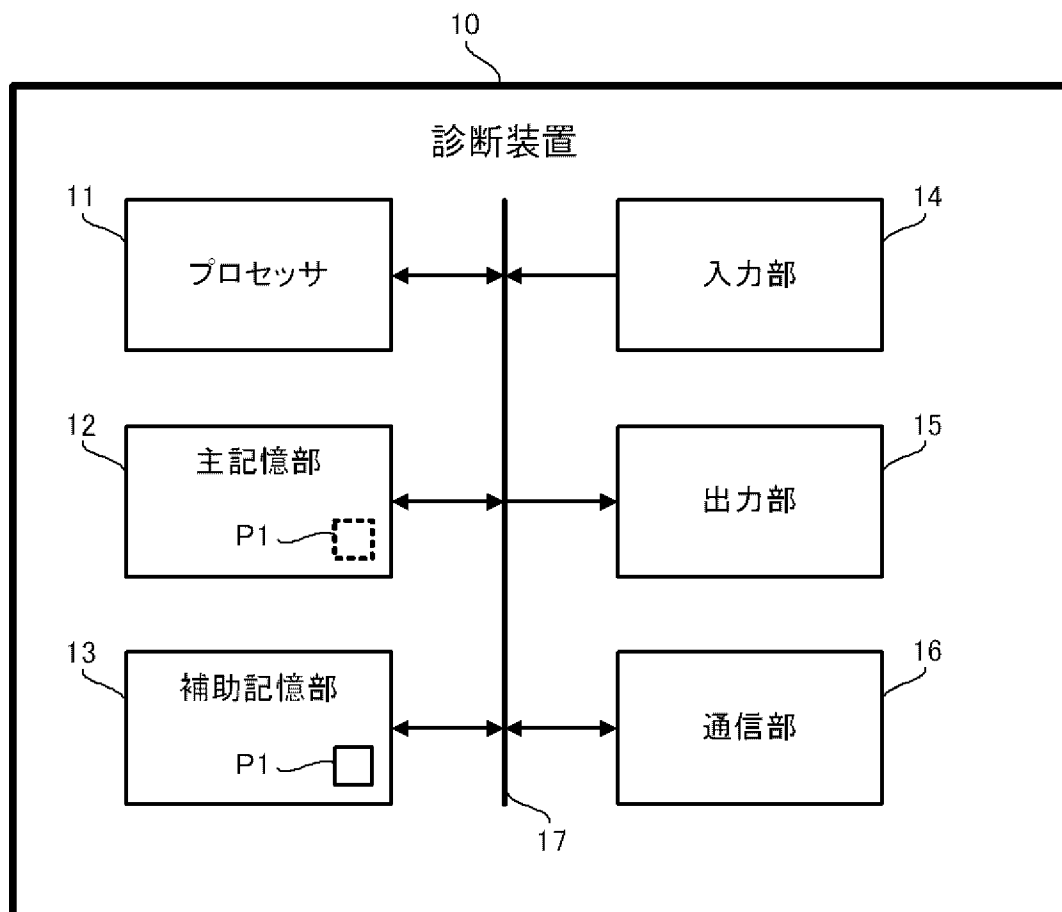
- [請求項5] 前記学習手段は、
前記学習信号を学習部分信号と試行信号とに分割して、
前記学習部分信号から生成した前記学習ベクトルのクラスタリングにより前記第1基準ベクトル及び前記第2基準ベクトルを学習し、
前記試行信号から試行値の系列を切り出すことにより該系列の前記試行値を要素とする試行ベクトルを生成して、前記試行ベクトルと前記第1基準ベクトルとの距離に応じて前記第1基準ベクトルの重みを算出し、前記試行ベクトルと前記第2基準ベクトルとの角度に応じて前記第2基準ベクトルの重みを算出する、
請求項4に記載の診断装置。
- [請求項6] 前記学習手段は、前記第1基準ベクトルに対応するクラスタに属する前記学習ベクトルの数に応じて前記第1基準ベクトルの重みを算出し、前記第2基準ベクトルに対応するクラスタに属する前記学習ベクトルの数に応じて前記第2基準ベクトルの重みを算出する、
請求項4に記載の診断装置。
- [請求項7] 前記重み付け和は、前記第1指標値と前記第2指標値との差又は比に対応する重みを、前記第1指標値と前記第2指標値とのそれぞれに乘じた値の総和に等しい、
請求項2に記載の診断装置。
- [請求項8] 入力値の系列を取得する取得ステップと、
取得した系列の前記入力値を要素とする入力ベクトルと予め定められた第1基準ベクトルとの距離と、前記入力ベクトルと予め定められた第2基準ベクトルとの角度と、から異常の有無を診断する診断ステップと、
を含む診断方法。
- [請求項9] コンピュータに、
入力値の系列を取得し、
取得した系列の前記入力値を要素とする入力ベクトルと予め定めら

れた第1基準ベクトルとの距離と、前記入力ベクトルと予め定められた第2基準ベクトルとの角度と、から異常の有無を診断する、
ことを実行させるためのプログラム。

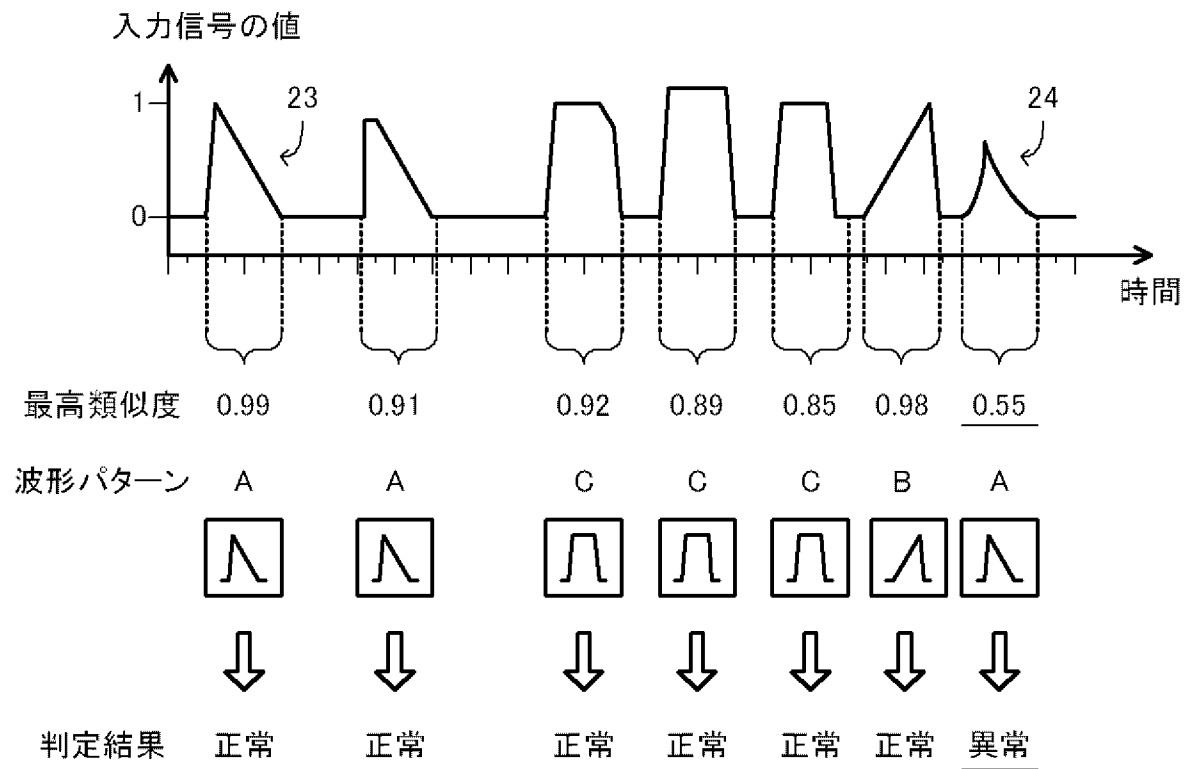
[図1]



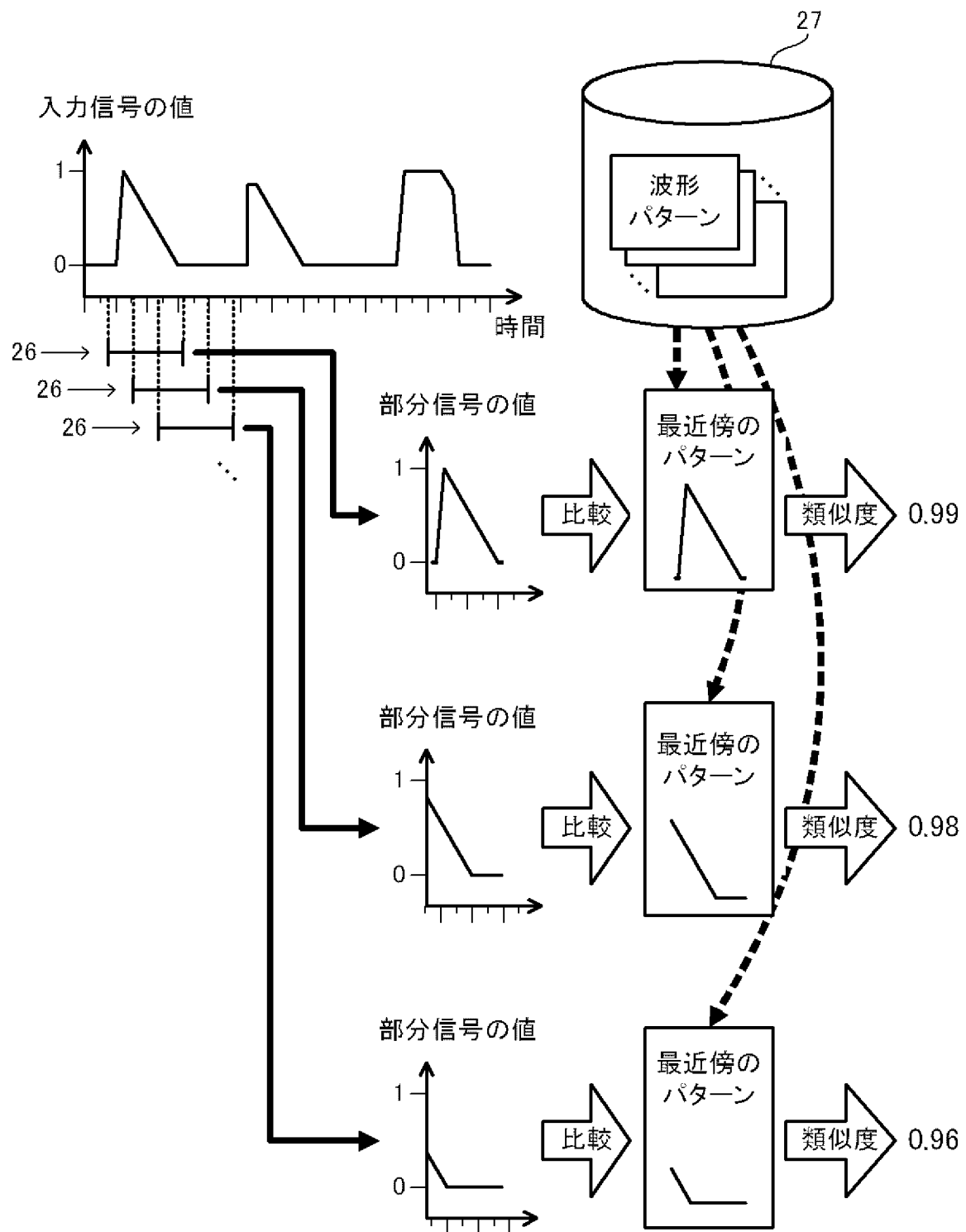
[図2]



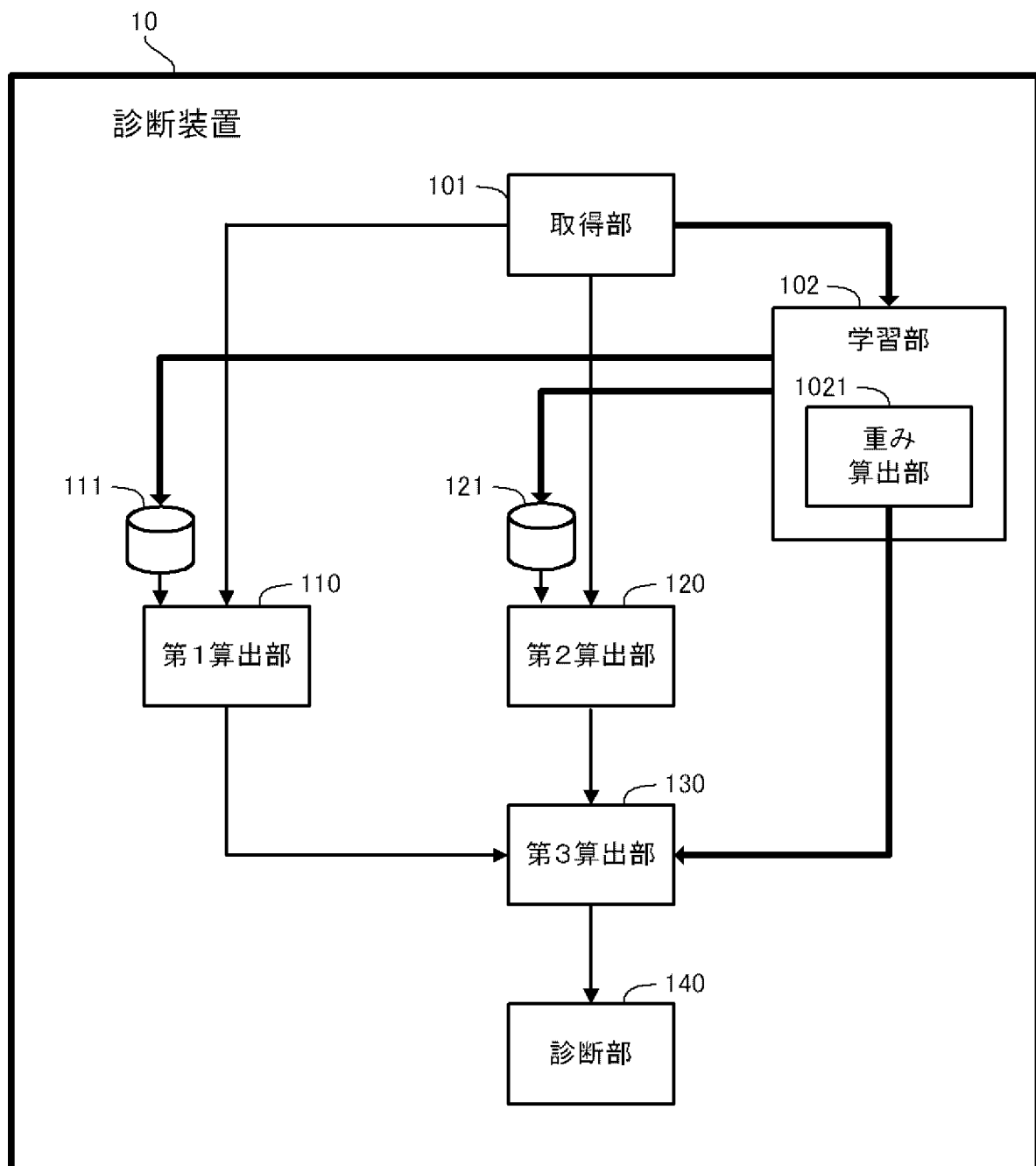
[図3]



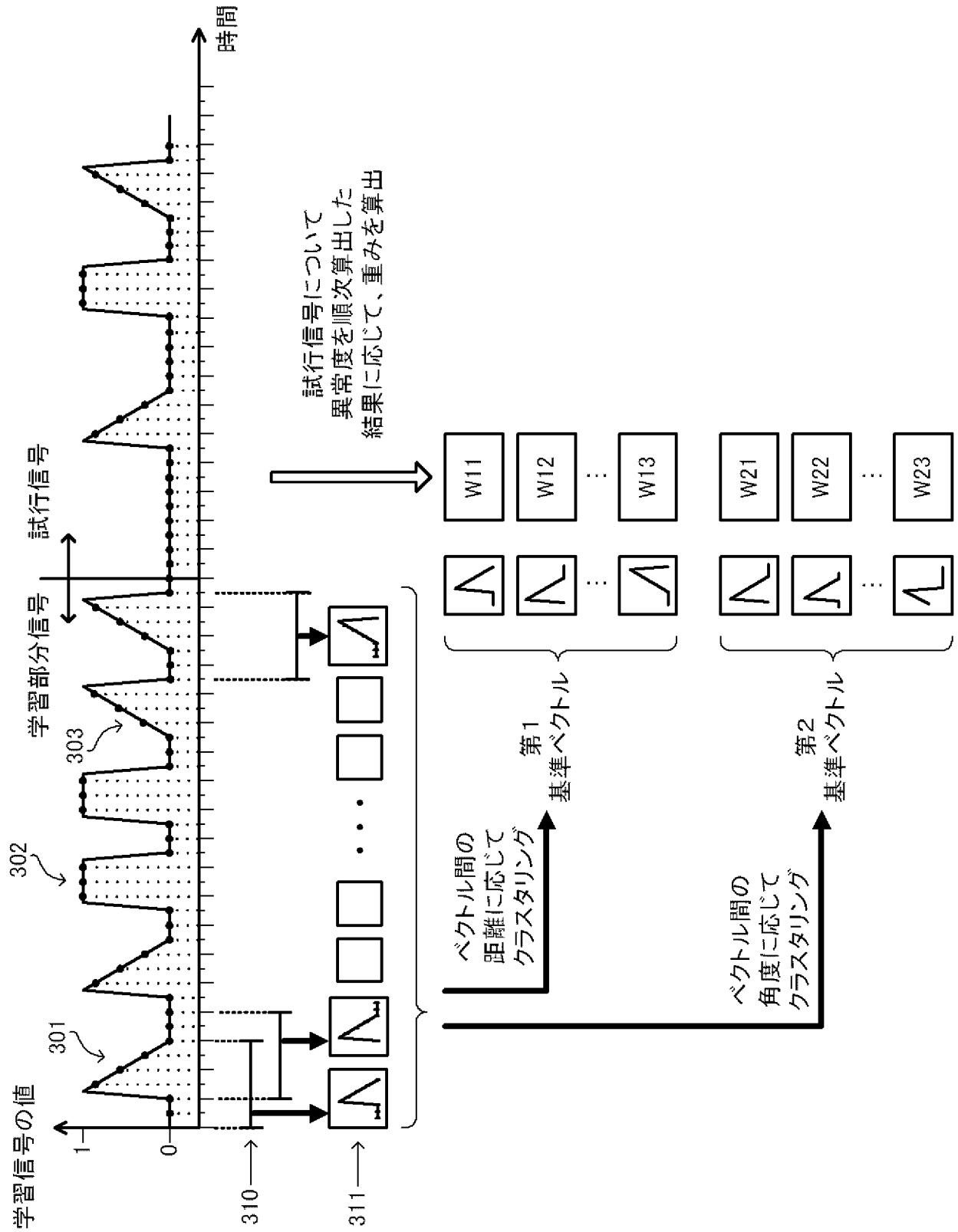
[図4]



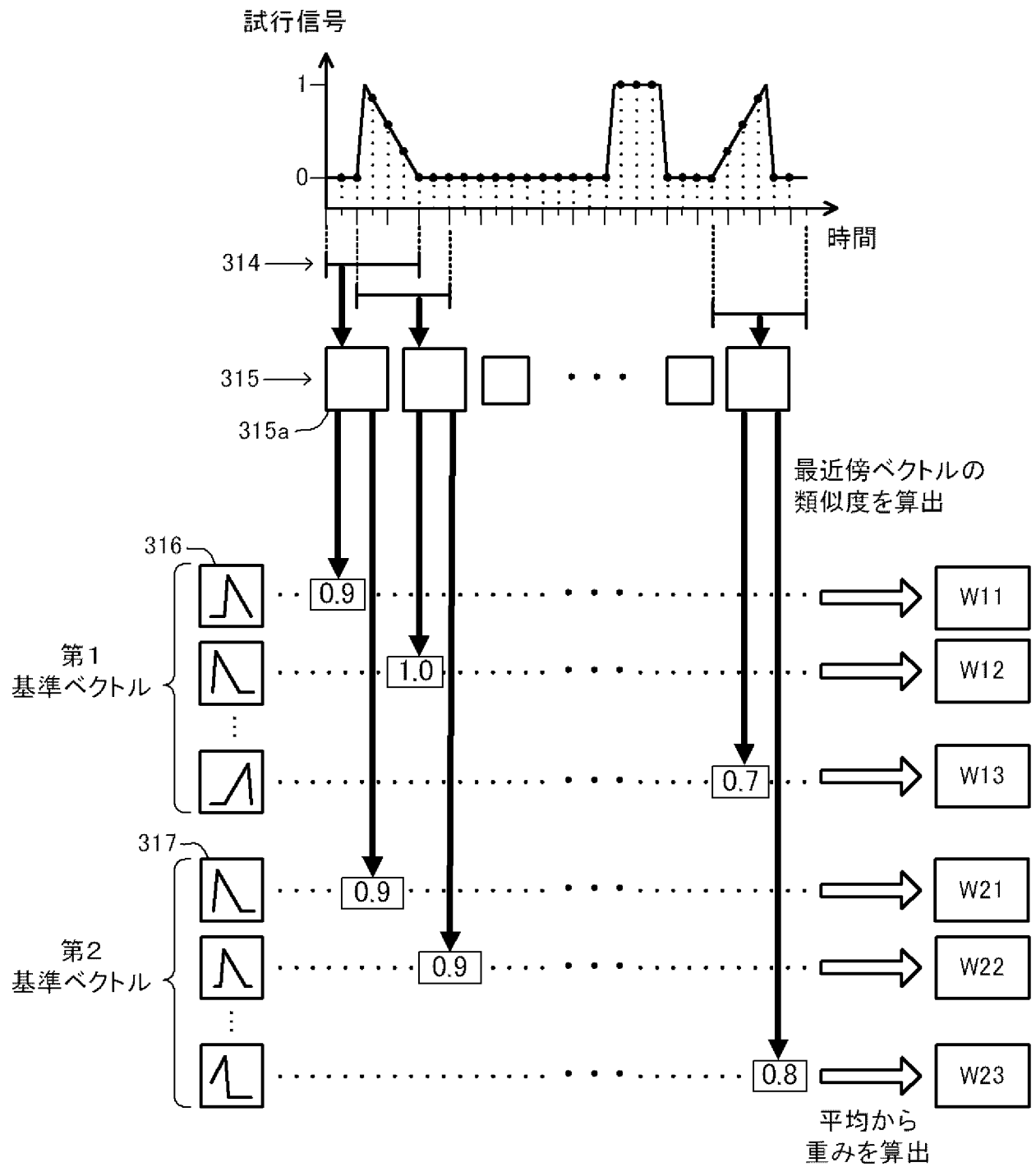
[図5]



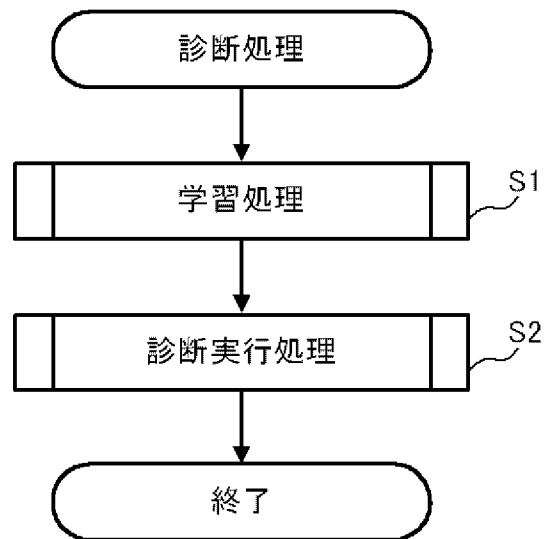
[図6]



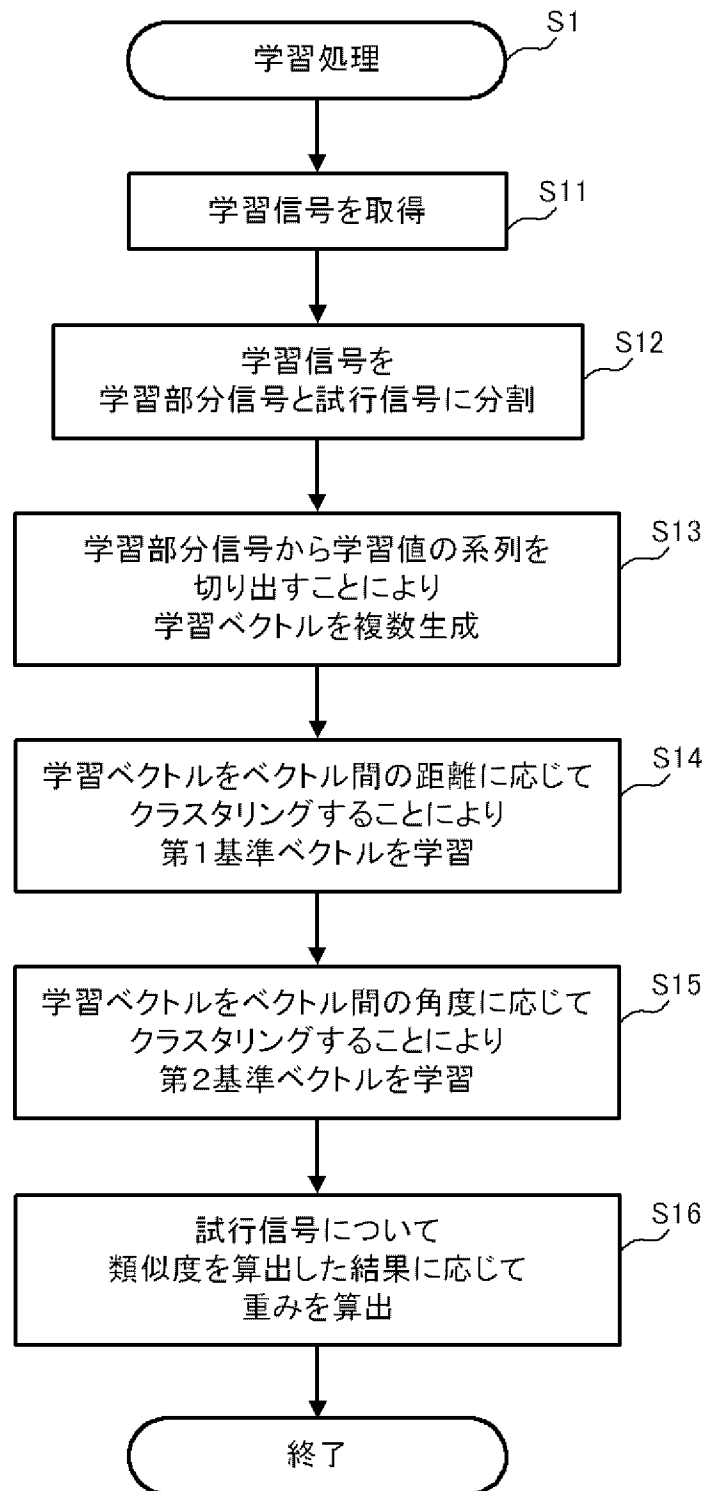
[図7]



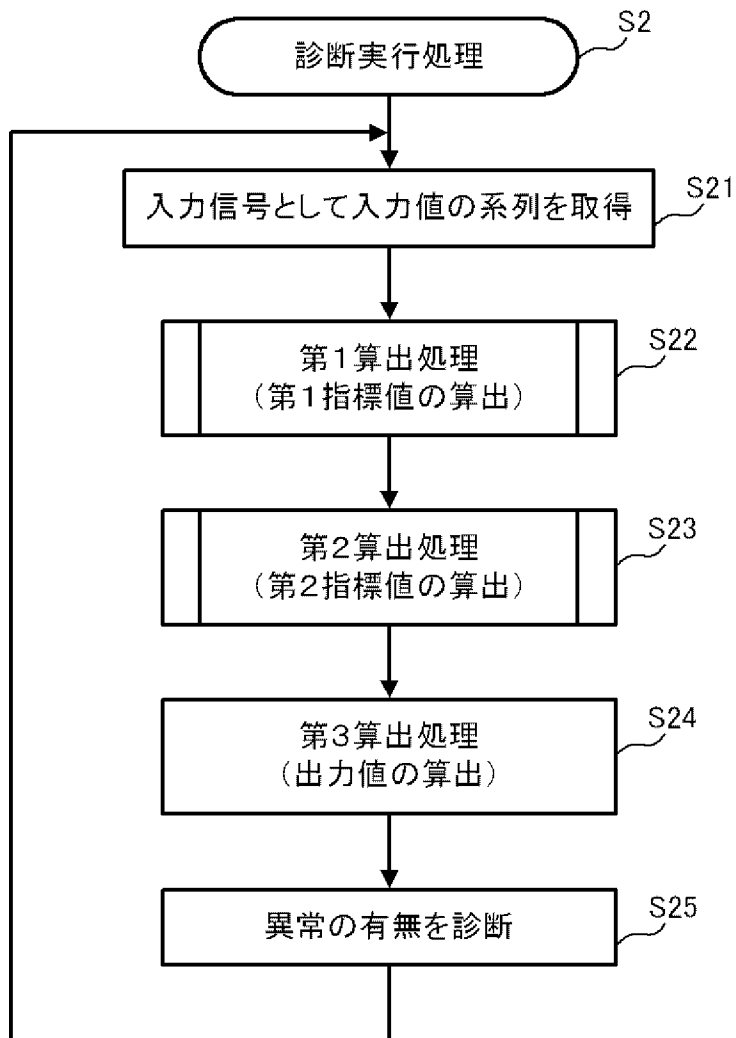
[図8]



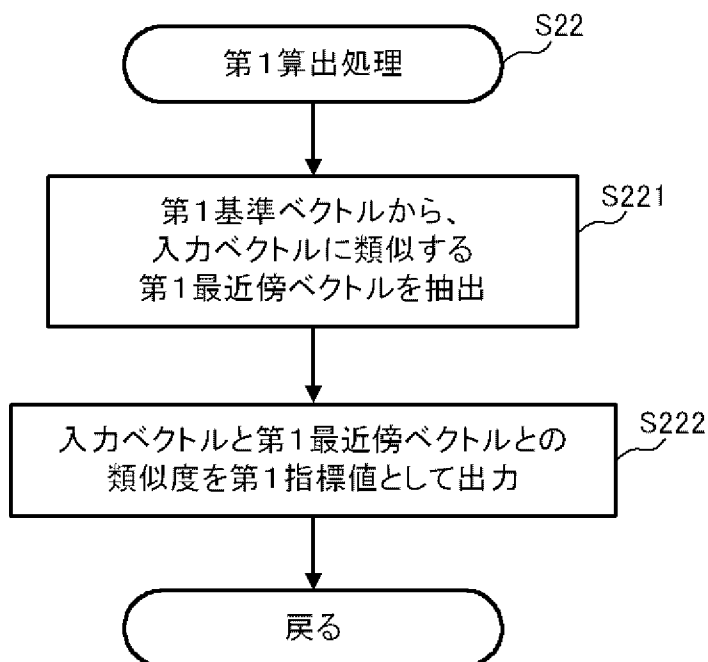
[図9]



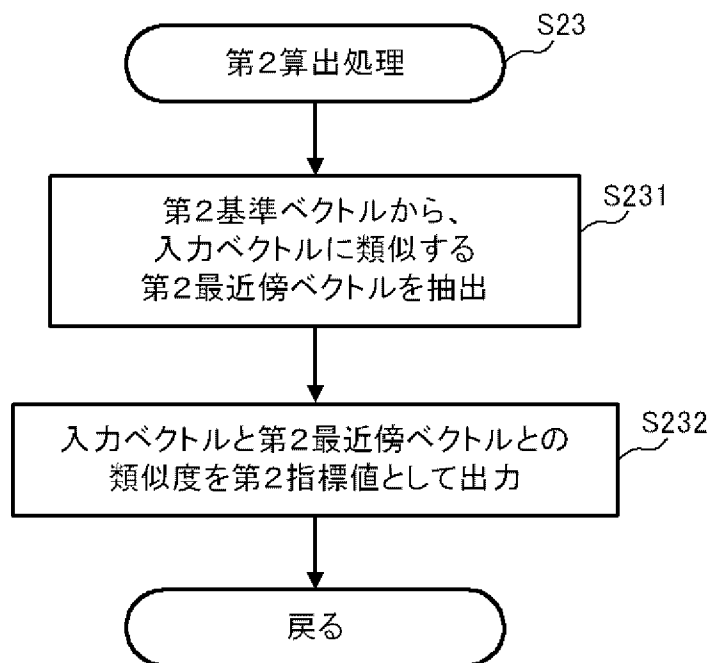
[図10]



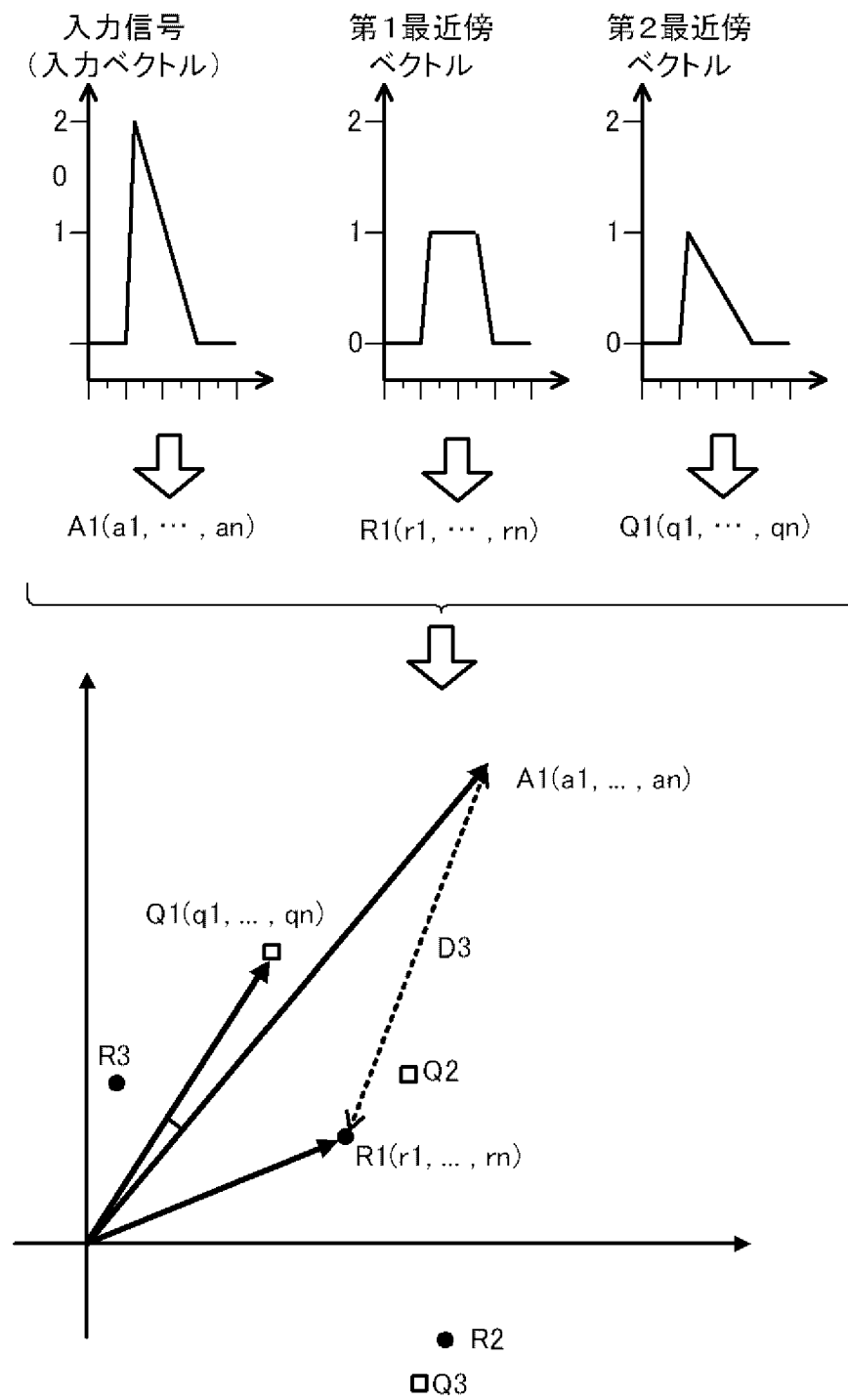
[図11]



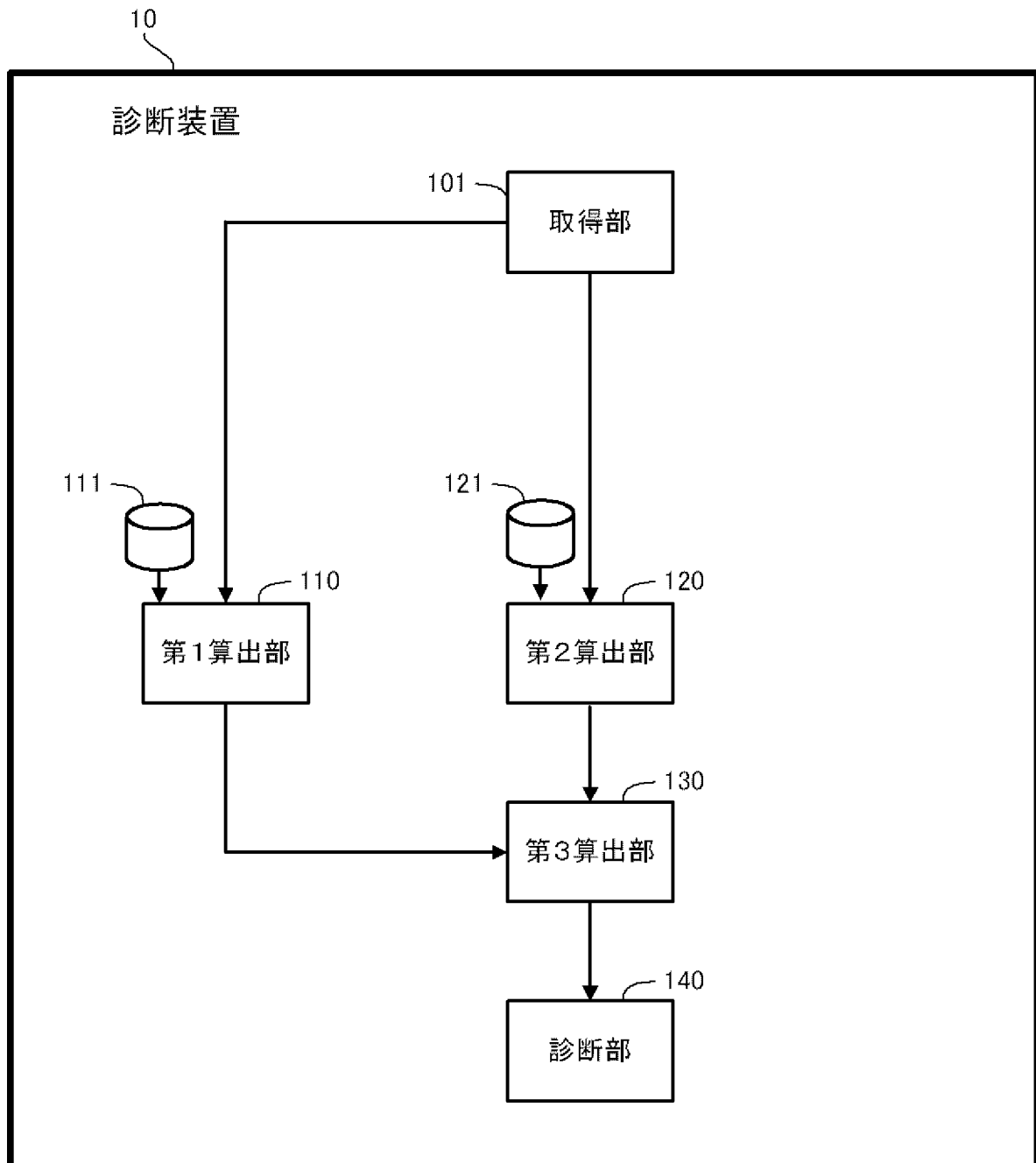
[図12]



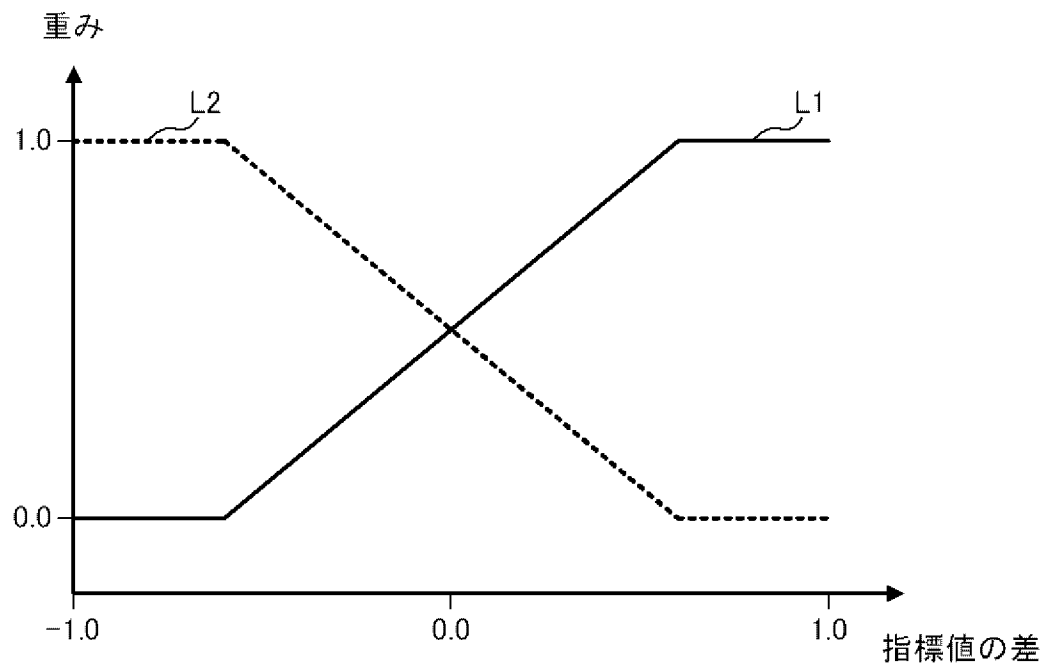
[図13]



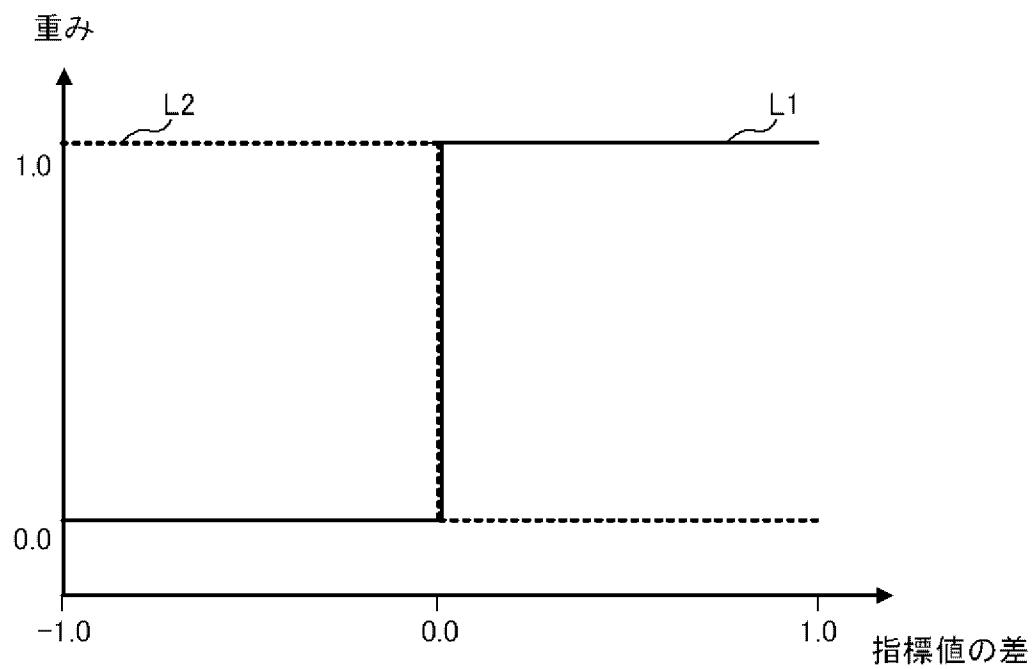
[図14]



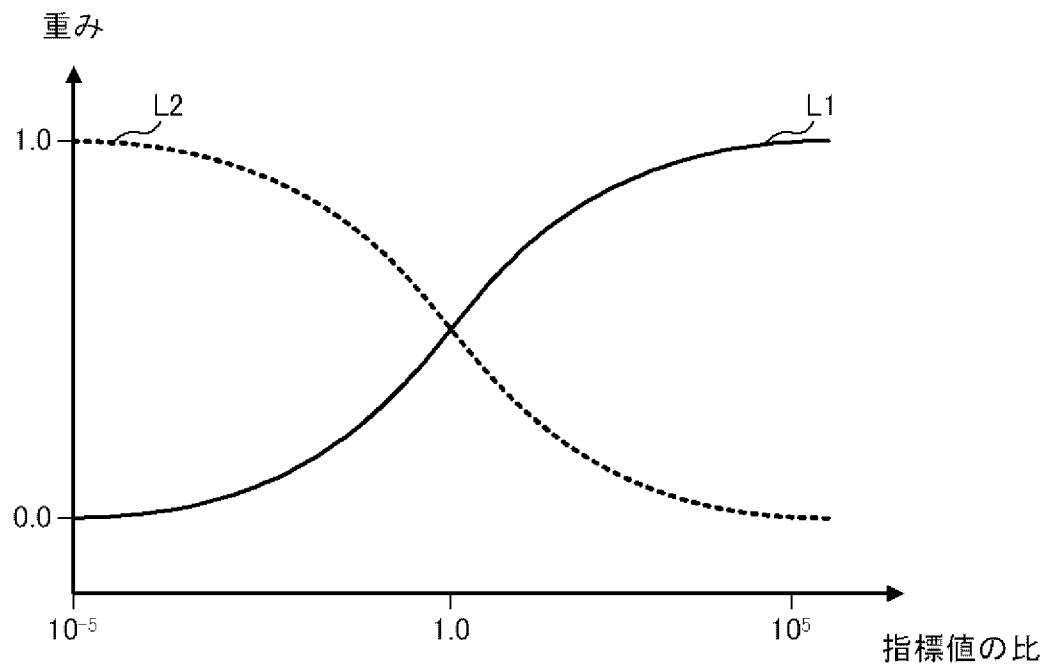
[図15]



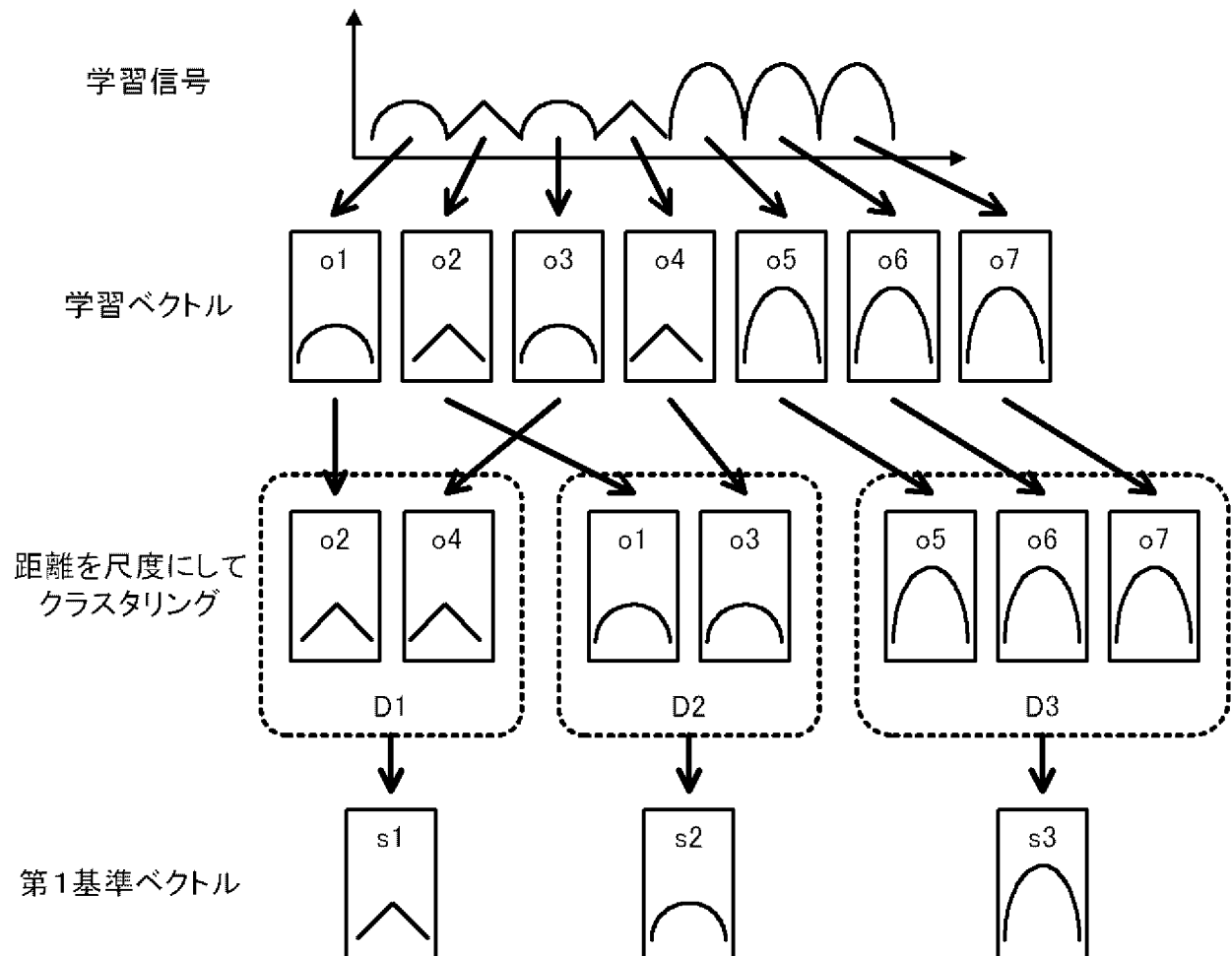
[図16]



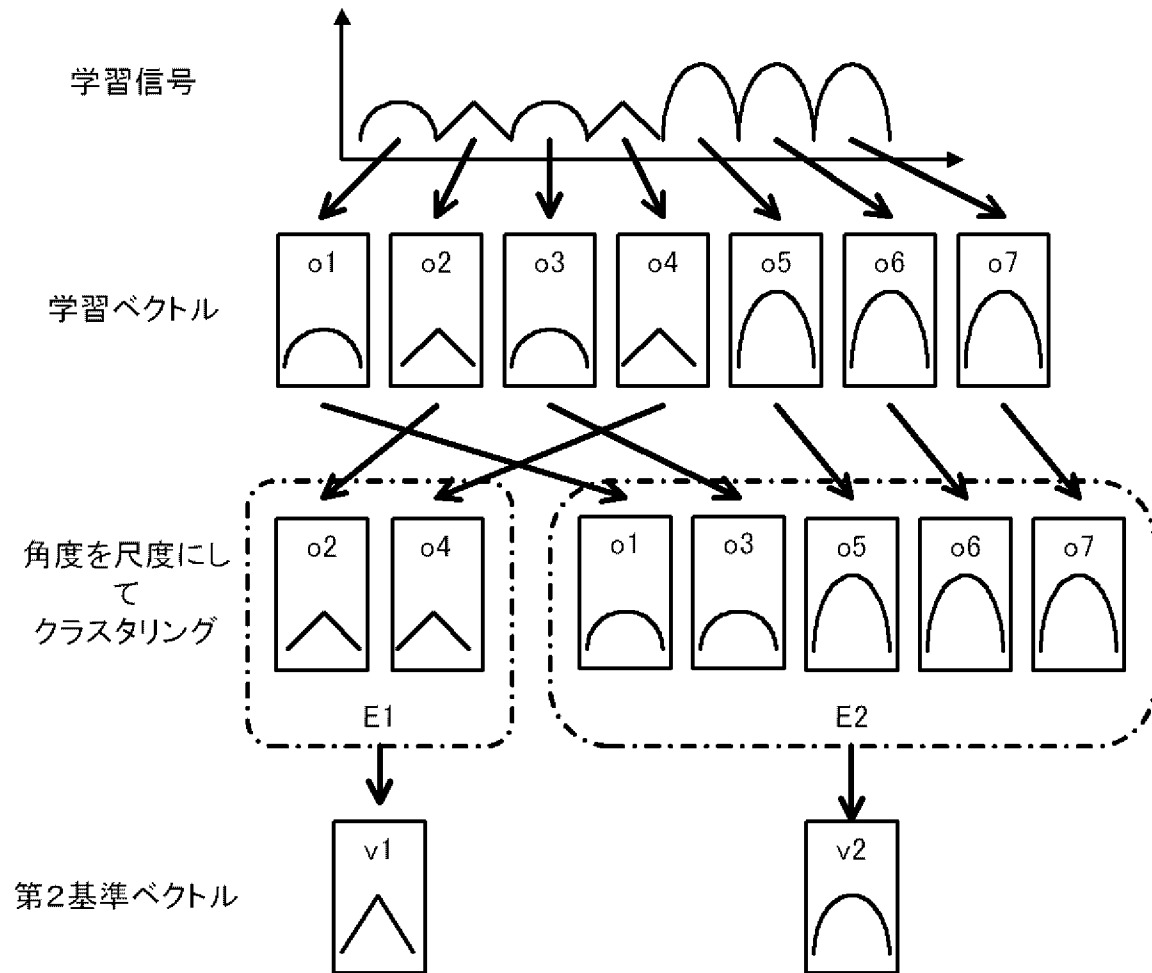
[図17]



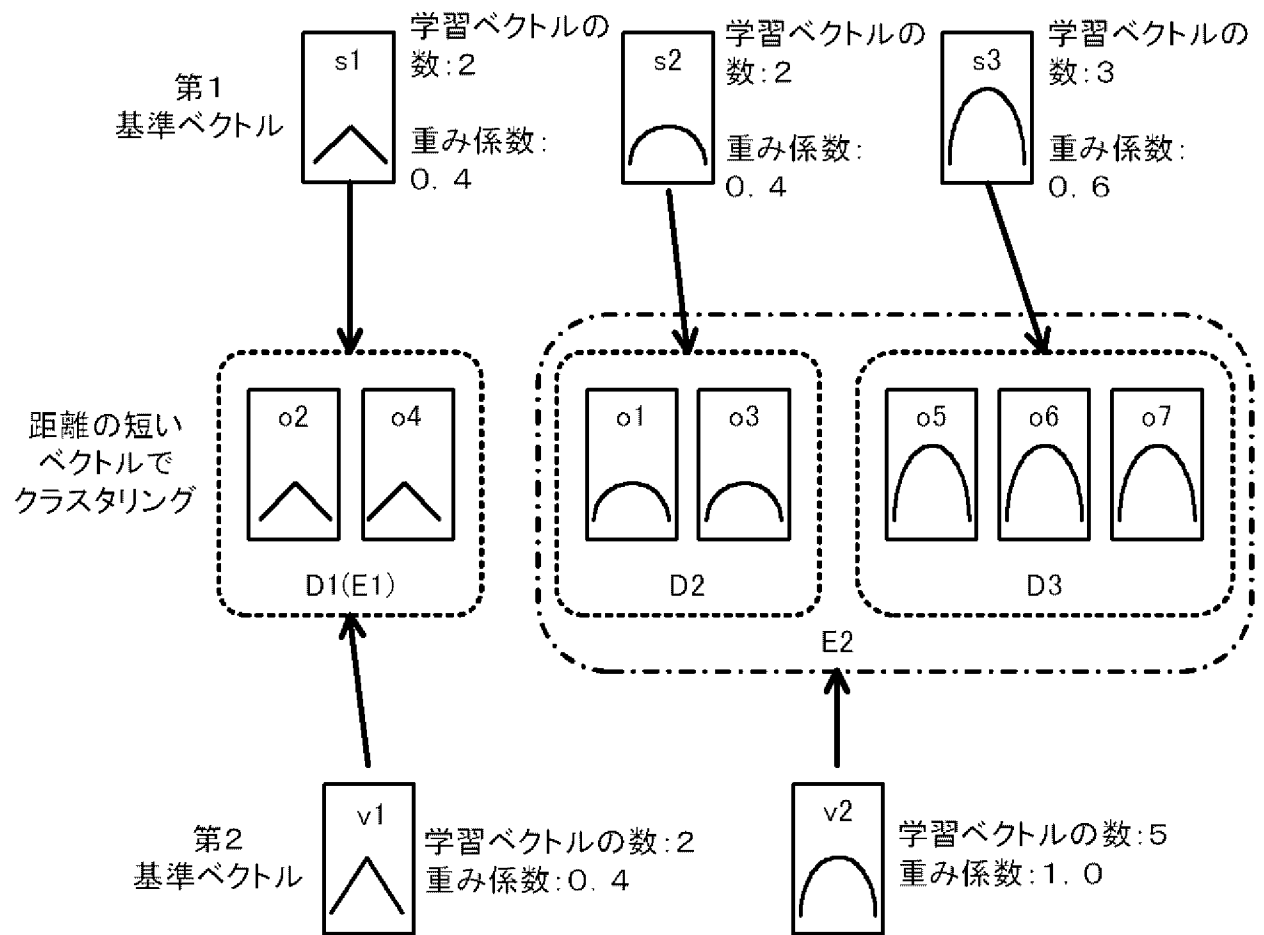
[図18]



[図19]

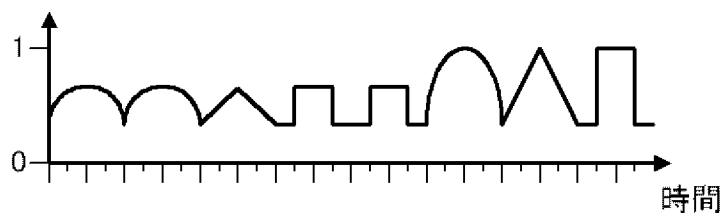


[図20]

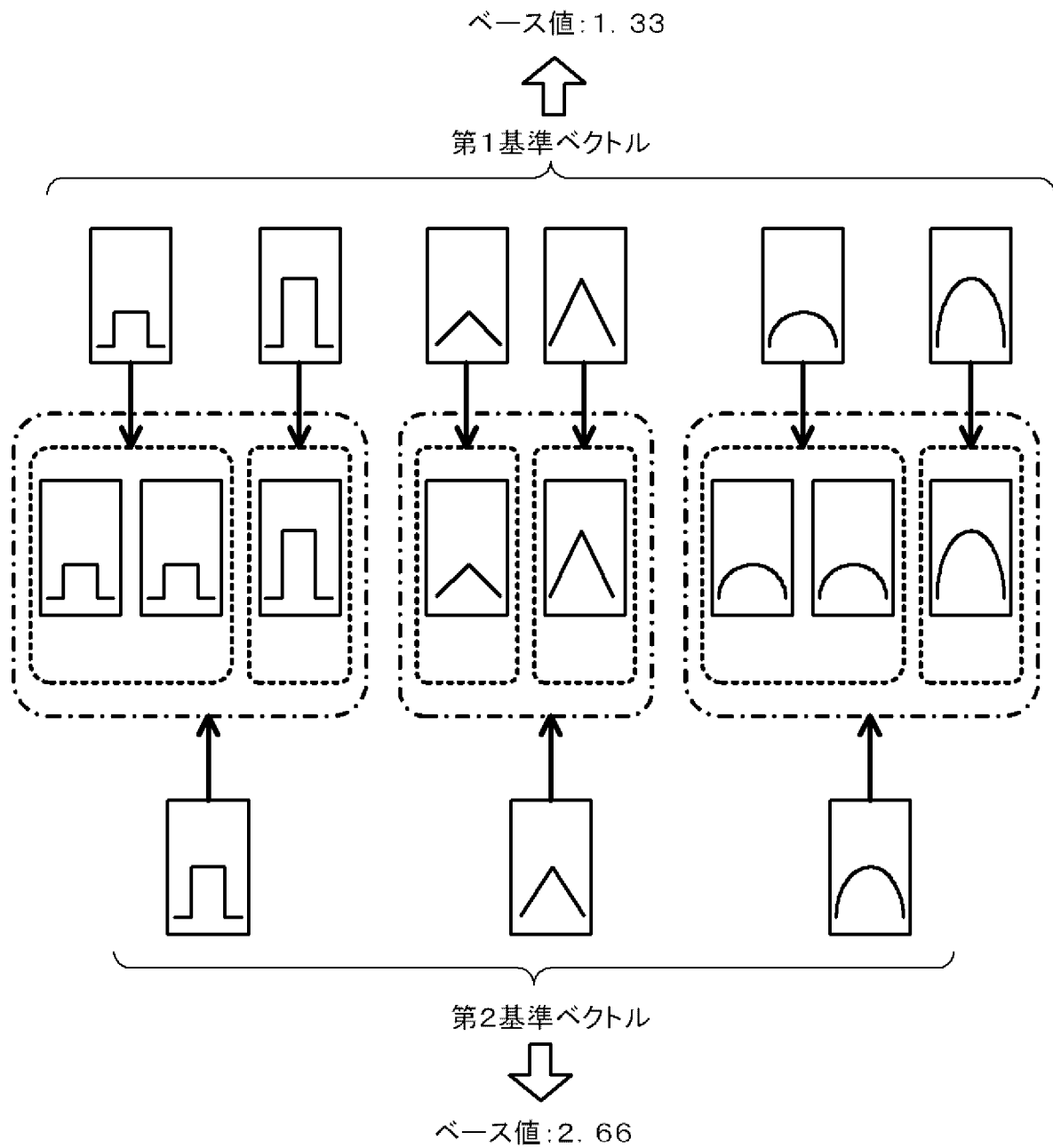


[図21]

学習信号

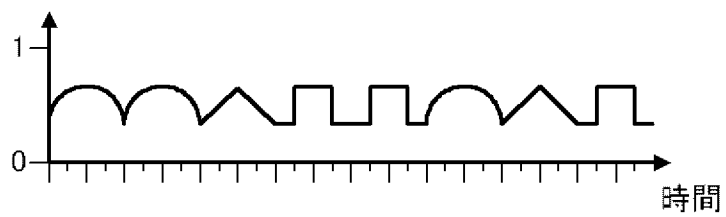


[図22]

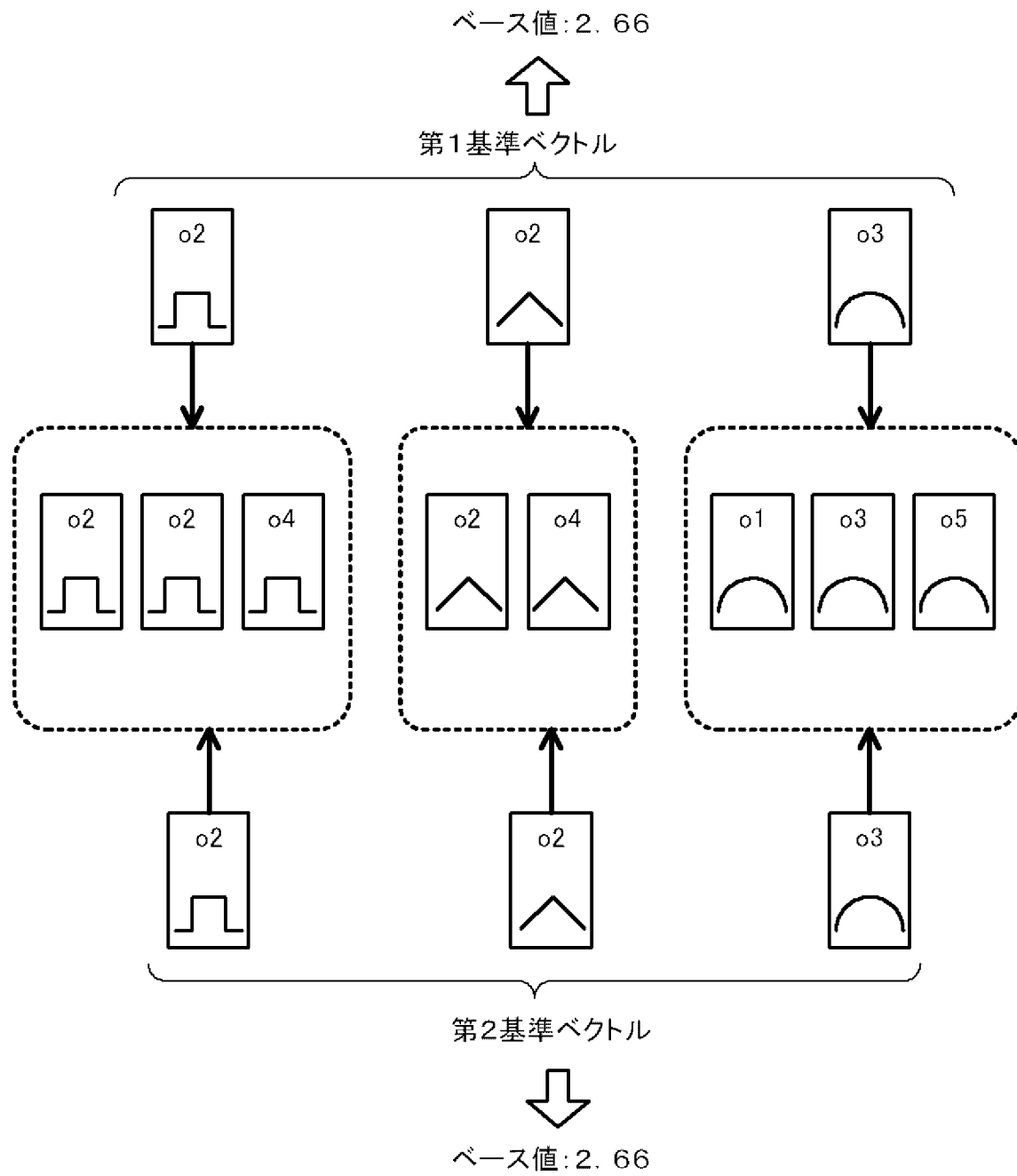


[図23]

学習信号



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/023044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G05B23/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. G05B23/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X	JP 2017-57712 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.)	1, 8, 9
Y	23 March 2017, paragraphs [0043]-[0057], fig. 12,	2-3, 7
A	13 & WO 2014/119110 A1 & CN 104854524 A	4-6
Y	JP 2017-194341 A (IHI CORP.) 26 October 2017, paragraph [0036] (Family: none)	2-3, 7
Y	JP 2017-220176 A (FUJITSU LTD.) 14 December 2017, paragraphs [0031]-[0046], fig. 6-10 (Family: none)	3

☐ 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
13.08.2018

Date of mailing of the international search report
28.08.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G05B23/02 (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. G05B23/02

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X	JP 2017-57712 A (住友重機械工業株式会社)	1, 8, 9
Y	2017.03.23, 段落[0043]-[0057], 図 12-13	2-3, 7
A	& WO 2014/119110 A1 & CN 104854524 A	4-6
Y	JP 2017-194341 A (株式会社 I H I) 2017.10.26, 段落[0036] (ファミリーなし)	2-3, 7

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

13.08.2018

国際調査報告の発送日

28.08.2018

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)

影山 直洋

3 U

5785

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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 請求項の番号
Y	JP 2017-220176 A (富士通株式会社) 2017.12.14, 段落 [0031]-[0046], 図 6-10 (ファミリーなし)	3