

(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
2020年1月30日(30.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/021587 A1

- (51) 国際特許分類:
G06F 17/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/027441
- (22) 国際出願日: 2018年7月23日(23.07.2018)
- (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).

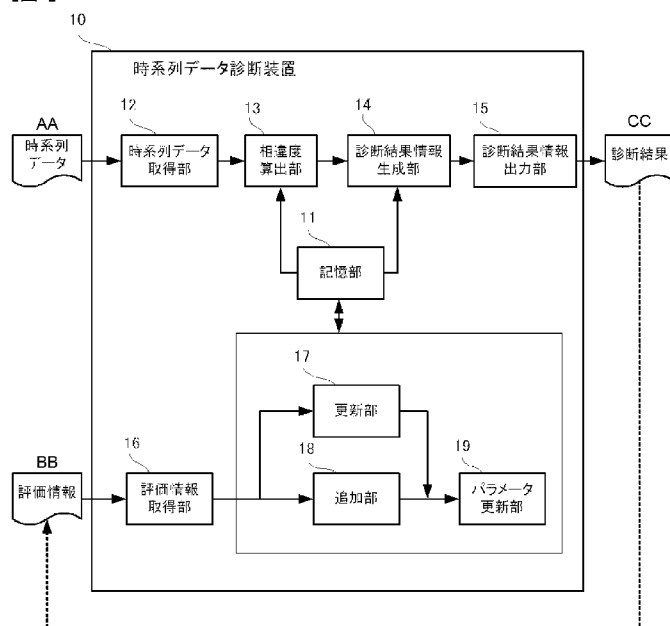
(74) 代理人: 木村 満(KIMURA Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階 Tokyo (JP).

(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, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: TIME-SEQUENTIAL DATA DIAGNOSIS DEVICE, ADDITIONAL LEARNING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 時系列データ診断装置、追加学習方法およびプログラム

【図2】



10... TIME-SEQUENTIAL DATA DIAGNOSIS DEVICE
11... STORAGE UNIT
12... TIME-SEQUENTIAL DATA ACQUISITION UNIT
13... DIFFERENCE-DEGREE CALCULATION UNIT
14... DIAGNOSIS RESULT INFORMATION GENERATION UNIT
15... DIAGNOSIS RESULT INFORMATION OUTPUT UNIT
16... ASSESSMENT INFORMATION ACQUISITION UNIT
17... UPDATE UNIT
18... ADDITION UNIT
19... PARAMETER UPDATE UNIT
AA... TIME-SEQUENTIAL DATA
BB... ASSESSMENT INFORMATION
CC... DIAGNOSIS RESULT

(57) Abstract: A time-sequential data diagnosis device (10) is provided with: a storage unit (11); a difference-degree calculation unit (13); a diagnosis result information generation unit (14); an assessment information acquisition unit (16); and an update unit (17). The difference-degree calculation unit (13) calculates the degree of difference between time-sequential data to be diagnosed and learned sample partial sequential data stored in a storage means. The diagnosis result information generation unit (14) generates diagnosis result information about the time-sequential data to be diagnosed on

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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

the basis of the degree of difference calculated by the difference-degree calculation unit (13). The assessment information acquisition unit (16) acquires assessment information indicating assessment as to whether the diagnosis result information is a valid diagnosis result. The update unit (17) updates the learned sample partial sequential data stored in the storage unit (11) on the basis of the time-sequential data to be diagnosed corresponding to the diagnosis result information when the assessment information acquisition unit (16) acquires assessment information indicating assessment that the diagnosis result information is not a valid diagnosis result.

(57) 要約: 時系列データ診断装置(10)は、記憶部(11)と、相違度算出部(13)と、診断結果情報生成部(14)と、評価情報取得部(16)と、更新部(17)と、を備える。相違度算出部(13)は、診断対象の時系列データと、記憶手段に格納された学習済み標本部分列データと、の相違度を算出する。診断結果情報生成部(14)は、相違度算出部(13)が算出した相違度に基づいて診断対象の時系列データの診断結果情報を生成する。評価情報取得部(16)は、診断結果情報が妥当な診断結果であるか否かの評価を表す評価情報を取得する。更新部(17)は、評価情報取得部(16)が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、診断結果情報に対応する診断対象の時系列データに基づいて記憶部(11)に格納された学習済み標本部分列データを更新する。

明 細 書

発明の名称：

時系列データ診断装置、追加学習方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、時系列データ診断装置、追加学習方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] ビル、工場等の設備、工場のラインの機器、自動車、鉄道車両等には、時間の経過に従って得られた種々の時系列データが蓄積される。この時系列データを診断して、機器の異常を検知する装置が研究されている。また、これらの装置が正常時もしくは異常時の時系列データを学習して、診断精度を上げる研究もされている。例えば、特許文献1には、診断において比較対象となる学習済みモデルとして、時系列データから抽出した部分列データのうち、互いに類似する部分列データの統計値から標本部分列データを生成する技術が開示されている。この生成された標本部分列データを診断の比較対象とすることによって、精度と計算量のバランスを取っている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2016／117086号

特許文献2：特開2016－033778号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 学習済みモデルとなる標本部分列データは、最初から高い精度で生成することが望ましい。しかし、時間的または経済的な制約によって必ずしも最初から完全な精度にはならない。また、機器の経年劣化、季節変動等の運用中のさまざまな状況の変化に対応する必要がある。そこで、運用中であっても追加で学習することによって標本部分列データを更新できることが望ましい

。これに対して、特許文献１には、運用中に学習済みモデルを更新する追加学習の方法についての開示は無い。一方、特許文献２には、診断手段によって故障の予兆なしと診断された時系列データを、当該時系列データが属する時間帯のクラスタに追加して、当該クラスタを更新する技術が開示されている。しかし、特許文献２に記載された技術は、追加した時系列データと追加前のメンバである複数の時系列データとに基づいてクラスタを更新する技術であるために、計算量が多くなる。したがって、処理スピードが要求される運用中の追加学習に適しているとは言えない。また、単純に少ない計算量とすることによって学習の精度が著しく低くなると、実運用に耐えられなくなってしまう。

[0005] 本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、少ない計算量と高い精度で追加学習をすることができる時系列データ診断装置、追加学習方法およびプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため、本発明の時系列データ診断装置は、記憶手段と、相違度算出手段と、診断結果情報生成手段と、評価情報取得手段と、更新手段と、を備える。記憶手段は、学習対象の時系列データに基づいて生成された学習済み標本部分列データを記憶する。相違度算出手段は、診断対象の時系列データと、記憶手段に格納された学習済み標本部分列データと、の相違度を算出する。診断結果情報生成手段は、相違度算出手段が算出した相違度に基づいて診断対象の時系列データの診断結果情報を生成する。評価情報取得手段は、診断結果情報が妥当な診断結果であるか否かの評価を表す評価情報を取得する。更新手段は、評価情報取得手段が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、診断結果情報に対応する診断対象の時系列データに基づいて記憶手段に格納された学習済み標本部分列データを更新する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、学習対象の時系列データに基づいて生成された学習済み

標本部分列データを更新することによって、少ない計算量と高い精度で追加学習をすることができる時系列データ診断装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本発明の実施の形態1に係る学習済みモデル構築方法の一例を表す図
[図2]本発明の実施の形態1に係る時系列データ診断装置の機能ブロック図
[図3]本発明の実施の形態1に係る時系列データ診断装置のハードウェア構成図
[図4]本発明の実施の形態1に係る時系列データ診断処理のフローチャート
[図5]本発明の実施の形態1に係る学習済み標本部分列データの更新方法の一例を表す図
[図6]本発明の実施の形態2に係る時系列データ診断装置の機能ブロック図
[図7]本発明の実施の形態2に係る時系列データ診断処理のフローチャート

発明を実施するための形態

[0009] (実施の形態1)

以下、本発明の時系列データ診断装置、追加学習方法およびプログラムを運用中のオンライン学習に適用した実施の形態について、図面を参照して説明する。

- [0010] 診断の対象となる時系列データは、ビル、工場等の設備、工場のラインの機器、自動車、鉄道車両等に取り付けられた温度計、振動計、電圧計等のさまざまなセンサから時間の経過に従って得られた種々のデータである。そして、時系列データ診断装置は、これらの機器の状態を監視する目的で、時系列データを取得してリアルタイムに診断し、診断結果を出力する。

- [0011] 実際には、時系列データ診断装置を使用する前に、学習装置によって学習済みモデルを構築する。そして、時系列データ診断装置は、学習済みモデルを参照して、リアルタイムに送信される時系列データを診断する。さらに、時系列データ診断装置は、診断の精度を上げるため、運用中に追加学習することによって学習済みモデルを更新する。

- [0012] 最初に、本実施の形態の前提となる学習済みモデルの構築方法について、

図 1 を参照して説明する。

- [0013] 本実施の形態にかかる時系列データ診断装置とは別の学習装置が学習済みモデルを構築する例を示す。ただし、時系列データ診断装置が学習装置を兼ねても良い。また、本実施の形態では、学習装置が正常な時系列データを取得して学習済みモデルを生成することによって、時系列データ診断装置が生成された学習済みモデルと類似する時系列データを正常と診断する。
- [0014] 学習対象の時系列データは時刻とデータとが関連付けられていて、連続した値を特定のサンプリングレートで離散データに変換したデジタルデータである。学習装置は、まず取得した学習対象の時系列データから W 個の時間的に連続するデータを抽出する。この抽出した W 個のデータを部分列データと呼び、 W を部分列データ長と呼ぶ。そして、学習装置は、時系列データを抽出する対象の時刻を少しずつずらしながら複数の部分列データを順次生成する。
- [0015] 次に、学習装置は、時系列データを時間的に連続する類似の部分列データにグループ化する。ここで、機器から取得した時系列データは連続性のある値であることが通常であるため、時間的に連続する部分列データが互いに類似する傾向にあることを利用して、時間的に連続する部分列データをグループ化することとしている。また、 W 個のデータを含む部分列データは、 W 次元空間上の点とみなすことができる。そこで、部分列データ同士の相違度を W 次元空間上の2点間のユークリッド距離で表し、距離が長いほど相違度が大きく、部分列データ同士が互いに類似していないことを表す。
- [0016] 学習装置は、図 1 に示すように、基準となる先頭の部分列データとの距離が特定の閾値以下の部分列データをグループ化していく。そして、学習装置は、先頭の部分列データとの距離が特定の閾値を超えた部分列データが表れた場合、その部分列データを新たに先頭の部分列データとして同様の処理を繰り返す。この閾値は、統計値から生成された標本に許容される近似誤差の上限である標本誤差上限 ε を使って、 $\varepsilon / 2$ とする。この標本誤差上限 ε は時系列データの統計値を使用してあらかじめ設定されている。そして、グル

ープに属する部分列データは、先頭の部分列データとの距離がすべて $\varepsilon / 2$ 以下であることから、先頭の部分列データを表す点を中心とした W 次元上の半径 $\varepsilon / 2$ の球の内側に、同一のグループに属するすべての部分列データが含まれることとなるため、同一のグループに属する任意の部分列データ同士の距離はすべて ε 以下になる。

[0017] 次に、学習装置はグループ化された部分列データを平均化した中間標本部分列データを生成する。中間標本部分列データはグループに属するすべての部分列データに含まれる W 個のデータの統計値で表される。この統計値は、相加平均、相乗平均等の平均値でも良く、その他の統計値でも良い。典型的には、 W 次元空間において、中間標本部分列データを表す点は、各部分列データの重心であっても良い。例えば、相加平均を統計値として採用するならば、部分列データ A (a, b, c)、部分列データ B (d, e, f)、部分列データ C (g, h, i) の 3 つの部分列データを含むグループの中間標本部分列データは、 $((a + d + g) / 3, (b + e + h) / 3, (c + f + i) / 3)$ となる。

[0018] 次に、学習装置はそれぞれの部分列データの特徴量を算出して、部分列データを特徴量の順にソートする。部分列データの特徴量は、含まれる W 個のデータの平均値であっても良い。このソートは、機器から取得した時系列データが周期性を持つことが通常であることを利用した処理である。このようにすれば、学習装置は、時間的に連続していないが互いに類似する部分列データを互いに近くに並べることができる。

[0019] 次に、学習装置は前述の中間標本部分列データを生成した処理と同様の処理によって、ソートされた複数の中間標本部分列データから類似の中間標本部分列データをグループ化する。そして、学習装置は、グループ化された中間標本部分列データの統計値から学習済み標本部分列データを生成する。

[0020] さらに、学習装置は、試行データとして新たに時系列データを取得する。そして、学習装置は、学習済み標本部分列データと試行データとの相違度を算出し、その統計値として相違度の平均値 m 、標準偏差 σ 等を算出する。そ

して学習装置は、これらの統計値に基づいて、診断のためのパラメータとして相違度の閾値 T_{ha} および閾値 T_{hb} を決定する。また、部分列データ長 W も診断のためのパラメータに含まれる。

[0021] ここで、第2の閾値である閾値 T_{hb} は第1の閾値である閾値 T_{ha} よりも大きい。例えば、 $T_{ha} = 50$ 、 $T_{hb} = 70$ と設定されているとする。その場合、後述する診断結果情報生成処理において、学習済み標本部分列データとの相違度が T_{ha} すなわち 50 以上の時系列データは異常と判定される。さらに、後述する追加学習の処理において、学習済み標本部分列データとの相違度が T_{hb} すなわち 70 以上の時系列データを学習済み標本部分列データに反映する際は、時系列データから生成された追加用標本部分列データを学習済み標本部分列データに追加する。一方、学習済み標本部分列データとの相違度が T_{hb} すなわち 70 未満の時系列データを学習済み標本部分列データに反映する際は、学習済み標本部分列データを更新する。

[0022] このようにして、学習装置は、学習済みモデルとして、学習済み標本部分列データと、診断のためのパラメータと、を生成する。

[0023] 次に、本実施の形態に係る時系列データ診断装置 10 の機能構成について図 2 を参照して説明する。

[0024] 時系列データ診断装置 10 は、各種データを格納する記憶部 11 と、時系列データを取得する時系列データ取得部 12 と、相違度情報を生成する相違度算出部 13 と、診断結果情報を生成する診断結果情報生成部 14 と、診断結果情報を出力する診断結果情報出力部 15 と、評価情報を取得する評価情報取得部 16 と、学習済み標本部分列データを更新する更新部 17 と、学習済み標本部分列データを追加する追加部 18 と、パラメータを更新するパラメータ更新部 19 と、を備える。

[0025] 記憶部 11 は、前述の学習装置が生成した学習済みモデル、すなわち学習済み標本部分列データと、相違度の閾値 T_{ha} および閾値 T_{hb} 、部分列データ長 W 等を含むパラメータと、を格納している。また、記憶部 11 は、学習装置が生成した中間データである中間標本部分列データも格納している。

さらに、記憶部 11 は、学習装置がパラメータを生成する際に使用した試行データも格納する。

[0026] 時系列データ取得部 12 は、診断対象の時系列データを時系列データ送信装置 30 から取得する。

[0027] 相違度算出部 13 は、取得した時系列データと、記憶部 11 に格納された学習済み標本部分列データとの相違度を算出する。具体的には、相違度算出部 13 は、時系列データから部分列データ長 W の部分列データを複数抽出し、抽出した複数の部分列データと学習済み標本部分列データとの距離を算出する。そして、算出した距離のうち最も近い距離を相違度とする。

[0028] 診断結果情報生成部 14 は、相違度算出部 13 が生成した相違度と、記憶部 11 に格納されたパラメータに含まれる閾値 T_{ha} と、を比較して、診断結果情報を生成する。具体的には、診断結果情報生成部 14 は、学習済み標本部分列データとの相違度が閾値 T_{ha} 以上の場合に、診断対象の時系列データが異常である旨の診断結果情報を生成し、学習済み標本部分列データとの相違度が閾値 T_{ha} 未満の場合に、診断対象の時系列データが正常である旨の診断結果情報を生成する。

[0029] 診断結果情報出力部 15 は、診断結果情報生成部 14 が生成した診断結果情報を出力する。具体的には、診断結果情報出力部 15 は、後述するディスプレイに診断結果情報を表示する。または、診断結果情報出力部 15 は、外部の装置、システム等に診断結果情報を送信しても良い。

[0030] 評価情報取得部 16 は、診断結果情報が妥当な診断結果であるか否かの評価を表す評価情報を取得する。具体的には、診断結果情報出力部 15 が出力した診断結果情報を閲覧した担当者が、診断対象の時系列データ、実際の機器の状態、過去の経験等を総合的に判断して、診断結果情報が妥当であるか否かを評価する。そして、評価情報取得部 16 は、担当者が後述するキーボードを操作して入力した評価情報を取得する。診断結果情報が妥当でないという評価には、正常という診断結果であったが異常という診断結果が妥当である場合と、逆に異常という診断結果であったが正常という診断結果が妥当

である場合と、が含まれる。なお、評価情報取得部 16 は、評価情報を外部の装置、システム等から取得しても良い。

[0031] 更新部 17 は、相違度算出部 13 が算出した相違度が閾値 $T_h a$ 以上であり、評価情報取得部 16 が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、診断結果情報に対応する時系列データから、時間的に連続する相違度が $\varepsilon / 2$ 以下の複数の部分列データをグループ化する。そして、更新部 17 は、各グループに属する部分列データの統計値から更新用中間標本部分列データを生成する。そして、更新部 17 は、更新用中間標本部分列データと記憶部 11 に格納された中間標本部分列データとを併せて、相違度が $\varepsilon / 2$ 以下のものでさらにグループ化する。そして、更新部 17 は、各グループに属する更新用中間標本部分列データの統計値から標本部分列データを生成する。さらに、更新部 17 は、生成された標本部分列データで記憶部 11 に格納された学習済み標本部分列データを更新する。

[0032] 追加部 18 は、相違度算出部 13 が算出した相違度が閾値 $T_h a$ 以上であり、評価情報取得部 16 が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、診断結果情報に対応する時系列データに基づいて追加用標本部分列データを生成する。そして、追加部 18 は、記憶部 11 に格納された学習済み標本部分列データに追加用標本部分列データを追加する。

[0033] パラメータ更新部 19 は、評価情報取得部 16 が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、更新された標本部分列データに基づいてパラメータを更新する。

[0034] 次に、時系列データ診断装置 10 のハードウェア構成について、図 3 を参照して説明する。時系列データ診断装置 10 は、各種の処理を実行する CPU (Central Processing Unit) 101 と、揮発性メモリである RAM (Random Access Memory) 102 と、不揮発性メモリである ROM (Read Only Memory) 103 と、各種情報を記憶するハードディスクドライブ 104 と、操作を受け付けるキーボード 105 と、情報を表示するディスプレイ 106 と、情報を送受信するネットワークカード 107 と、を備える。

- [0035] CPU 101は、ハードディスクドライブ104に記憶されているプログラムをRAM 102に読み出して実行することにより、後述する各種処理を実行する。
- [0036] RAM 102は、揮発性メモリであり、CPU 101の作業領域として用いられる。
- [0037] ROM 103は、不揮発性メモリであり、CPU 101が実行する時系列データ診断装置10の基本動作のための制御プログラム、BIOS (Basic Input Output System) 等を記憶する。
- [0038] CPU 101、RAM 102およびROM 103は、協働して、前述の相違度算出部13、診断結果情報生成部14、更新部17、追加部18およびパラメータ更新部19として機能する。
- [0039] ハードディスクドライブ104は、情報を記憶する媒体であり、前述の各種データが格納される。ハードディスクドライブ104は、記憶部11として機能する。
- [0040] キーボード105は、情報入力装置であり、ユーザの操作による各種情報の入力を受ける。キーボード105は、評価情報取得部16として機能する。
- [0041] ディスプレイ106は、液晶パネル、プロジェクタ等の情報表示装置である。ディスプレイ106は、ユーザが操作するために必要な情報を表示する。ディスプレイ106は、診断結果情報出力部15として機能する。
- [0042] ネットワークカード107は、外部機器と情報を通信する通信装置であり、時系列データ送信装置30と通信可能に接続されている。ネットワークカード107は、時系列データ取得部12として機能する。また、場合によっては、ネットワークカード107は、診断結果情報出力部15または評価情報取得部16としても機能する。
- [0043] 次に、時系列データ診断装置10の動作について、図4を参照して説明する。
- [0044] 時系列データ診断装置10の記憶部11には、学習済みモデルとしての学

学習済み標本部分列データと、相違度の閾値 T_{ha} および閾値 T_{hb} 、部分列データ長 W 等を含むパラメータと、が格納されている。また、記憶部 11 には、中間標本部分列データおよび試行データも格納されている。したがって、記憶部 11 は、中間標本部分列データと、学習済み標本部分列データと、パラメータと、を記憶する記憶手段として機能する。

[0045] 時系列データ診断装置 10 の使用者が、キーボード 105 を操作して時系列データ診断処理を開始する要求を入力すると、時系列データ診断装置 10 の時系列データ取得部 12 は、時系列データ送信装置 30 から診断対象の時系列データを取得する（ステップ S11）。

[0046] 次に、相違度算出部 13 は、ステップ S11 で取得した時系列データと、記憶部 11 に格納されている学習済み標本部分列データとの相違度を算出する（ステップ S12）。具体的には、相違度算出部 13 は、時系列データから部分列データ長 W の部分列データを複数抽出する。そして、抽出した複数の部分列データと学習済み標本部分列データとの距離をそれぞれ算出する。そして、相違度算出部 13 は、算出した距離のうち最も近い距離を、時系列データと学習済み標本部分列データとの相違度とする。このステップ S12 において、相違度算出部 13 は、診断対象の時系列データと、記憶部 11 に格納された学習済み標本部分列データと、の相違度を算出する相違度算出手段として機能する。また、このステップ S12 は、相違度を算出する相違度算出ステップとして機能する。

[0047] 続いて、診断結果情報生成部 14 は、ステップ S12 で算出された相違度と閾値 T_{ha} とを比較して診断結果情報を生成する（ステップ S13）。具体的には、学習済み標本部分列データとの相違度が閾値 T_{ha} 以上の場合に、診断結果情報生成部 14 は、診断対象の時系列データが異常である旨の診断結果情報を生成し、学習済み標本部分列データとの相違度が閾値 T_{ha} 未満の場合に、診断対象の時系列データが正常である旨の診断結果情報を生成する。このステップ S13 において、診断結果情報生成部 14 は、相違度算出部 13 が算出した相違度と第 1 の閾値とを比較して、診断対象の時系列デ

ータの診断結果情報を生成する診断結果情報生成手段として機能する。また、このステップS 1 3は、診断結果情報を生成する診断結果情報生成ステップとして機能する。

[0048] 次に、診断結果情報出力部 1 5は、診断結果情報生成部 1 4が生成した診断結果情報を出力する（ステップS 1 4）。具体的には、診断結果情報出力部 1 5は、ディスプレイ 1 0 6に診断結果情報を表示する。または、診断結果情報出力部 1 5は、ネットワークカード 1 0 7を介して、外部の装置、システム等に診断結果情報を送信しても良い。

[0049] 次に、評価情報取得部 1 6は、診断結果情報が妥当な診断結果であるか否かの評価を表す評価情報を取得する（ステップS 1 5）。具体的には、ステップS 1 4で出力された診断結果情報を閲覧した担当者が、診断対象の時系列データ、実際の機器の状態、過去の経験等を総合的に判断して、診断結果情報が妥当な診断結果であるか否かを評価する。そして、評価情報取得部 1 6は、担当者がキーボード 1 0 5を操作して入力した評価情報を取得する。なお、評価情報取得部 1 6は、評価情報を外部の装置、システム等から取得しても良い。このステップS 1 5において、評価情報取得部 1 6は、診断結果情報が妥当な診断結果であるか否かの評価を表す評価情報を取得する評価情報取得手段として機能する。また、このステップS 1 5は、評価情報を取得する評価情報取得ステップとして機能する。

[0050] 続いて、時系列データ診断装置 1 0は、ステップS 1 5で取得した評価情報が、妥当な診断結果でないという評価を表すか否かを判定する（ステップS 1 6）。具体的には、時系列データが正常であるという診断結果に対して、時系列データは異常であるという評価であった場合と、時系列データが異常であるという診断結果に対して、時系列データは正常であるという評価であった場合には、評価情報が、妥当な診断結果でないという評価を表すと判定する。

[0051] 時系列データ診断装置 1 0は、ステップS 1 5で取得した評価情報が、妥当な診断結果でないという評価を表すと判定すると（ステップS 1 6：Y e

s)、ステップS 1 2で算出された相違度が、記憶部 1 1に格納されたパラメータに含まれる閾値Thb未満であるか否かを判定する(ステップS 1 7)。一方、時系列データ診断装置 1 0は、ステップS 1 5で取得した評価情報が、妥当な診断結果であるという評価を表すと判定すると(ステップS 1 6: No)、時系列データ診断処理を終了する。

[0052] 時系列データ診断装置 1 0が、閾値Thb未満の相違度であると判定すると(ステップS 1 7: Yes)、更新部 1 7は、学習済み標本部分列データを更新する(ステップS 1 8)。具体的には、更新部 1 7は、Thb未満の相違度であった学習済み標本部分列データを更新処理の対象として特定する。そして、更新部 1 7は、図5に示すように、学習済みモデルの構築方法と同様の処理によって中間標本部分列データを生成する。生成された中間標本部分列データを、更新用中間標本部分列データと呼ぶ。そして、更新部 1 7は、更新対象の学習済み標本部分列データに対応する記憶部 1 1に格納された中間標本部分列データと、生成した更新用中間標本部分列データと、を併せて、これらの特徴量の順にソートする。

[0053] そして、更新部 1 7は、ソートされた複数の中間標本部分列データから類似の中間標本部分列データをグループ化する。更新部 1 7は、グループ化された中間標本部分列データの統計値から更新後の学習済み標本部分列データを生成する。このステップS 1 8において、更新部 1 7は、生成された標本部分列データで記憶部 1 1に格納された学習済み標本部分列データを更新する更新手段として機能する。また、このステップS 1 8は、学習済み標本部分列データを更新する更新ステップとして機能する。

[0054] 図4に戻り、時系列データ診断装置 1 0が、閾値Thb以上の相違度であると判定すると(ステップS 1 7: No)、追加部 1 8は、学習済み標本部分列データに部分列データを追加する(ステップS 1 9)。具体的には、追加部 1 8は、学習済みモデルを構築する際と同じ手順で、診断結果情報に対応する時系列データから追加用標本部分列データを生成する。そして、追加部 1 8は、記憶部 1 1に格納された学習済み標本部分列データに、生成した

追加用標本部分列データを追加する。このステップS 1 9において、追加部 1 8は、記憶部 1 1に格納された学習済み標本部分列データに追加用標本部分列データを追加する追加手段として機能する。

[0055] ステップS 1 8またはステップS 1 9に続いて、パラメータ更新部 1 9は、記憶部 1 1に格納されている診断のためのパラメータを更新する（ステップS 2 0）。具体的には、パラメータ更新部 1 9は、学習済みモデルを構築する際と同様に、更新または追加された学習済み標本部分列データと、記憶部 1 1に格納されている試行データと、の相違度を算出し、その統計値として相違度の平均値 m 、標準偏差 σ 等を再計算する。そして、パラメータ更新部 1 9は、これらの統計値に基づいて、診断のためのパラメータである相違度の閾値 T_{ha} および閾値 T_{hb} を更新する。このステップS 2 0において、パラメータ更新部 1 9は、更新された学習済み標本部分列データに基づいてパラメータを更新するパラメータ更新手段として機能する。

[0056] 本実施の形態に係る時系列データ診断装置 1 0によれば、追加学習の対象の時系列データと学習済みモデル構築に使用した時系列データから学習済みモデルの再構築をするのではなく、学習済みモデルの構築の際に生成された中間標本部分列データを活用して学習済み標本部分列データを生成することができる。したがって、計算量を少なく抑えることができ、追加学習、とりわけ運用中に学習するオンライン学習に適している。また、追加学習に使用する時系列データは、学習済みモデル構築に使用した時系列データとは時間的に連続していないため、学習済みモデルを再構築することと比較してほとんど精度が変わらない結果が得られる。したがって、少ない計算量と高い精度で追加学習をすることができる。

[0057] また、本実施の形態に係る時系列データ診断装置 1 0は、閾値 T_{hb} によって更新部 1 7による学習済み標本部分列データを更新と、追加部 1 8による学習済み標本部分列データへの追加と、を振り分ける。これによって、追加で学習する時系列データと類似する学習済み標本部分列データがある場合はこれを更新し、類似する学習済み標本部分列データが無い場合は、新たに

学習済み標本部分列データを追加することになる。そのため、過度に学習済み標本部分列データが増えることがなく、適切な追加学習が可能となる。

[0058] (実施の形態 2)

実施の形態 1 においては、異常という診断結果情報に対して正常という評価情報を取得した場合に、学習済み標本部分列データの更新または追加をする例を示した。本実施の形態においては、正常という診断結果情報に対して異常という評価情報を取得した場合に、学習済み標本部分列データを削除する例を示す。以下、実施の形態 1 と異なる部分を中心に説明する。

[0059] 本実施の形態に係る時系列データ診断装置 10 は、図 6 に示すように、実施の形態 1 で説明した機能部の他に、学習済み標本部分列データを削除する削除部 20 をさらに備える。

[0060] 削除部 20 は、相違度算出部 13 が算出した相違度が閾値 T_{ha} 未満であり、評価情報取得部 16 が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、診断結果に対応する時系列データとの相違度が閾値 T_{ha} 未満であった学習済み標本部分列データを記憶部 11 から削除する。

[0061] より具体的に、時系列データ診断装置 10 の動作とともに、図面を参照して説明する。図 7 に示すように、時系列データ診断装置 10 は、時系列データ診断処理のステップ S16 において、ステップ S15 で取得した評価情報が、妥当な診断結果でないという評価を表すと判定すると（ステップ S16 : Yes）、ステップ S12 で算出された相違度が閾値 T_{ha} 以上であるか否かを判定する（ステップ S21）。時系列データ診断装置 10 は、相違度が閾値 T_{ha} 以上であると判定すると（ステップ S21 : Yes）、相違度が閾値 T_{hb} 未満であるか否かの判定処理であるステップ S17 に進み、以下は実施の形態 1 と同じ処理をする。

[0062] 一方、時系列データ診断装置 10 が、相違度が閾値 T_{ha} 未満であると判定すると（ステップ S21 : No）、削除部 20 は、相違度が閾値 T_{ha} 未満の学習済み標本部分列データに対応する中間標本部分列データを削除する（ステップ S22）。ステップ S12 では、時系列データと学習済み標本部

分列データとの相違度が最も小さい組み合わせで相違度を算出しているため、時系列データとの相違度が閾値 $T_h a$ 未満の学習済み標本部分列データが少なくとも 1 つ以上存在するはずである。そこで、具体的には、削除部 20 は、相違度が閾値 $T_h a$ 未満の学習済み標本部分列データに対応する中間標本部分列データとの相違度を算出する。そして、削除部 20 は、算出した相違度が閾値 $T_h a$ 未満の中間標本部分列データを削除する。さらに、削除部 20 は、削除されなかった中間標本部分列データに基づいて学習済み標本部分列データを更新する。このステップ S 22 において、削除部 20 は、診断対象の時系列データとの相違度が閾値 $T_h a$ 未満である中間標本部分列データを記憶部 11 から削除して、残った中間標本部分列データに基づいて記憶部 11 に格納された学習済み標本部分列データを更新する削除手段として機能する。

[0063] ステップ S 22 に続いて、パラメータ更新部 19 は、実施の形態 1 と同様に、更新後の学習済み標本部分列データに基づいてパラメータを更新する（ステップ S 20）。

[0064] 本実施の形態に係る時系列データ診断装置 10 は、正常という診断結果情報に対して異常という評価情報を取得した場合に、学習済み標本部分列データを更新する。これによって、学習済み標本部分列データの精度がさらに向上する。

[0065] また、本実施の形態に係る時系列データ診断装置 10 は、中間標本部分列データを削除することによって、学習済み標本部分列データを更新する。したがって、時系列データそのものを削除して中間標本部分列データを削除することに比べて計算量を少なく抑えることができる。また、学習済み標本部分列データを削除するよりも高い精度で追加学習をすることができる。

[0066] （変形例）

本発明は、上述した実施の形態に限定されるわけではなく、その他の種々の変更が可能である。

[0067] 上述の実施の形態においては、正常な機器の時系列データから学習済みモ

デルを構築し、学習済みモデルに含まれる学習済み標本部分列データとの相違度が小さい場合に正常と診断する例を示した。しかし、本発明の範囲はこれに限られず、異常な機器の時系列データから学習済みモデルを構築し、学習済みモデルに含まれる学習済み標本部分列データとの相違度が小さい場合に異常と診断する構成であっても良い。この場合、上述の実施の形態における正常と異常とをすべて反対に読み替えることによって、本発明がそのまま適用できる。

[0068] 上述の実施の形態において、時系列データ診断装置10は、相違度をW次元空間上のユークリッド距離によって算出したが、これは一例であり、他の算出方法によって相違度を算出しても良い。また、時系列データ診断装置10が学習装置を兼ねてもよい。

[0069] 相違度、閾値 T_{ha} または閾値 T_{hb} がそれぞれ1つの数値である例を示したが、これらはそれぞれ複数の数値の組み合わせであっても良い。その場合、閾値とは複数の数値に対する条件と解釈すべきである。

[0070] 本実施の形態に係る時系列データ診断装置10は、専用の装置によらず、通常のコンピュータを用いて実現可能である。例えば、コンピュータに上述のいずれかを実行するためのプログラムを格納した記録媒体から該プログラム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時系列データ診断装置10を構成してもよい。また、複数のコンピュータが協働して動作することによって、1つの時系列データ診断装置10を構成してもよい。

[0071] また、コンピュータにプログラムを供給するための手法は、任意である。例えば、通信回線、通信ネットワーク、通信システム等を介して供給してもよい。

[0072] また、上述の機能の一部をOS (Operating System) が提供する場合には、OSが提供する機能以外の部分をプログラムで提供すればよい。

[0073] なお、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、この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。即ち、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、この発明の範囲内とみなされる。

符号の説明

[0074] 10 時系列データ診断装置、11 記憶部、12 時系列データ取得部、13 相違度算出部、14 診断結果情報生成部、15 診断結果情報出力部、16 評価情報取得部、17 更新部、18 追加部、19 パラメータ更新部、20 削除部、30 時系列データ送信装置、101 CPU、102 RAM、103 ROM、104 ハードディスクドライブ、105 キーボード、106 ディスプレイ、107 ネットワークカード。

請求の範囲

[請求項1] 学習対象の時系列データに基づいて生成された学習済み標本部分列データを記憶する記憶手段と、

診断対象の時系列データと、前記記憶手段に格納された前記学習済み標本部分列データと、の相違度を算出する相違度算出手段と、

前記相違度算出手段が算出した前記相違度に基づいて前記診断対象の時系列データの診断結果情報を生成する診断結果情報生成手段と、

前記診断結果情報が妥当な診断結果であるか否かの評価を表す評価情報を取得する評価情報取得手段と、

前記評価情報取得手段が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、前記診断結果情報に対応する前記診断対象の時系列データに基づいて前記記憶手段に格納された前記学習済み標本部分列データを更新する更新手段と、を備える、

時系列データ診断装置。

[請求項2] 前記記憶手段は、学習対象の時系列データを時間的に連続する類似の部分列データでグループ化した各グループの前記部分列データの統計値から生成された中間標本部分列データと、前記中間標本部分列データに基づいて生成された前記学習済み標本部分列データと、第1の閾値を含むパラメータと、を記憶し、

前記診断結果情報生成手段は、前記相違度算出手段が算出した前記相違度と前記第1の閾値とを比較して、前記診断結果情報を生成し、

前記更新手段は、前記相違度が前記第1の閾値以上であり、前記評価情報取得手段が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、前記診断結果情報に対応する前記診断対象の時系列データから時間的に連続する類似の部分列データでグループ化した各グループの前記部分列データの統計値から更新用中間標本部分列データを生成し、前記更新用中間標本部分列データと前記記憶手段に格納された前記中間標本部分列データとに基づいて標本部分列データを

生成し、前記生成された標本部分列データで前記記憶手段に格納された前記学習済み標本部分列データを更新する、

請求項 1 に記載の時系列データ診断装置。

[請求項3] 前記相違度が前記第 1 の閾値以上であり、前記評価情報取得手段が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、前記診断結果情報に対応する前記診断対象の時系列データに基づいて追加用標本部分列データを生成し、前記記憶手段に格納された前記学習済み標本部分列データに前記追加用標本部分列データを追加する追加手段をさらに備える、

請求項 2 に記載の時系列データ診断装置。

[請求項4] 前記パラメータは、前記第 1 の閾値よりも大きい第 2 の閾値をさらに含み、

前記更新手段は、前記相違度が前記第 2 の閾値未満である場合に、前記学習済み標本部分列データを更新し、

前記追加手段は、前記相違度が前記第 2 の閾値以上である場合に、前記生成した追加用標本部分列データを追加する、

請求項 3 に記載の時系列データ診断装置。

[請求項5] 前記相違度が前記第 1 の閾値未満であり、前記評価情報取得手段が、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、前記診断結果に対応する前記診断対象の時系列データとの相違度が前記第 1 の閾値未満であった学習済み標本部分列データに対応する前記中間標本部分列データのうち、前記診断結果に対応する前記診断対象の時系列データとの相違度が前記第 1 の閾値未満である前記中間標本部分列データを前記記憶手段から削除して、残った前記中間標本部分列データに基づいて前記記憶手段に格納された前記学習済み標本部分列データを更新する削除手段をさらに備える、

請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の時系列データ診断装置。

[請求項6] 前記評価情報取得手段が、前記診断結果情報が妥当な診断結果でな

いという評価を表す評価情報を取得した場合に、更新された前記学習済み標本部分列データに基づいて前記パラメータを更新するパラメータ更新手段をさらに備える、

請求項2から5のいずれか1項に記載の時系列データ診断装置。

[請求項7] 診断対象の時系列データと学習済み標本部分列データとの相違度が妥当でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、前記時系列データから時間的に連続する類似の部分列データでグループ化した各グループの前記部分列データの統計値から更新用中間標本部分列データを生成し、

前記更新用中間標本部分列データと、学習対象の時系列データを時間的に連続する類似の部分列データでグループ化した各グループの前記部分列データの統計値から生成された中間標本部分列データと、に基づいて標本部分列データを生成し、

前記生成された標本部分列データで前記中間標本部分列データに基づいて生成された学習済み標本部分列データを更新する、

追加学習方法。

[請求項8] コンピュータに、

診断対象の時系列データと、学習済み標本部分列データと、の相違度を算出する相違度算出ステップと、

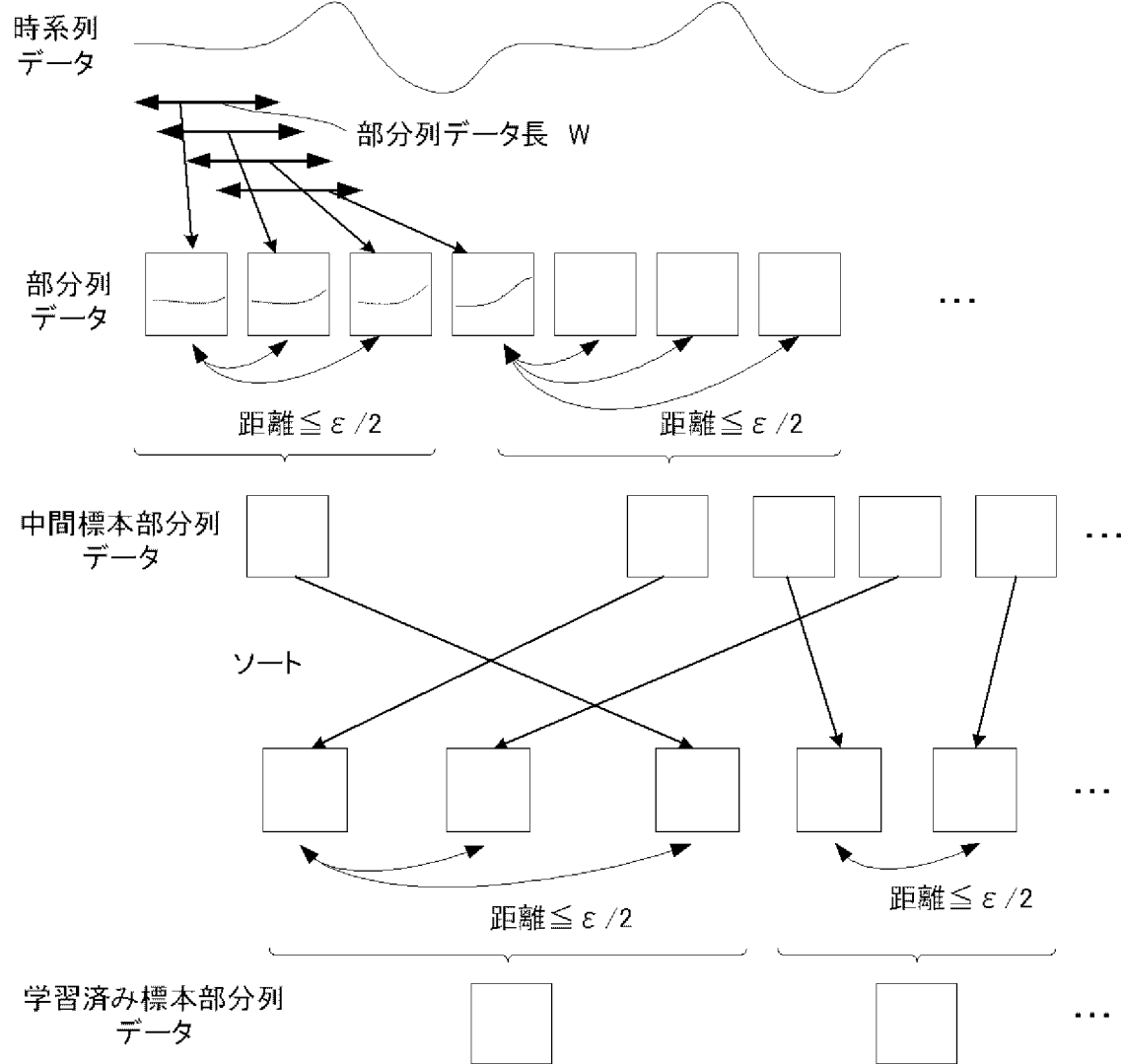
前記相違度算出ステップで算出した前記相違度に基づいて前記診断対象の時系列データの診断結果情報を生成する診断結果情報生成ステップと、

前記診断結果情報が妥当な診断結果であるか否かの評価を表す評価情報を取得する評価情報取得ステップと、

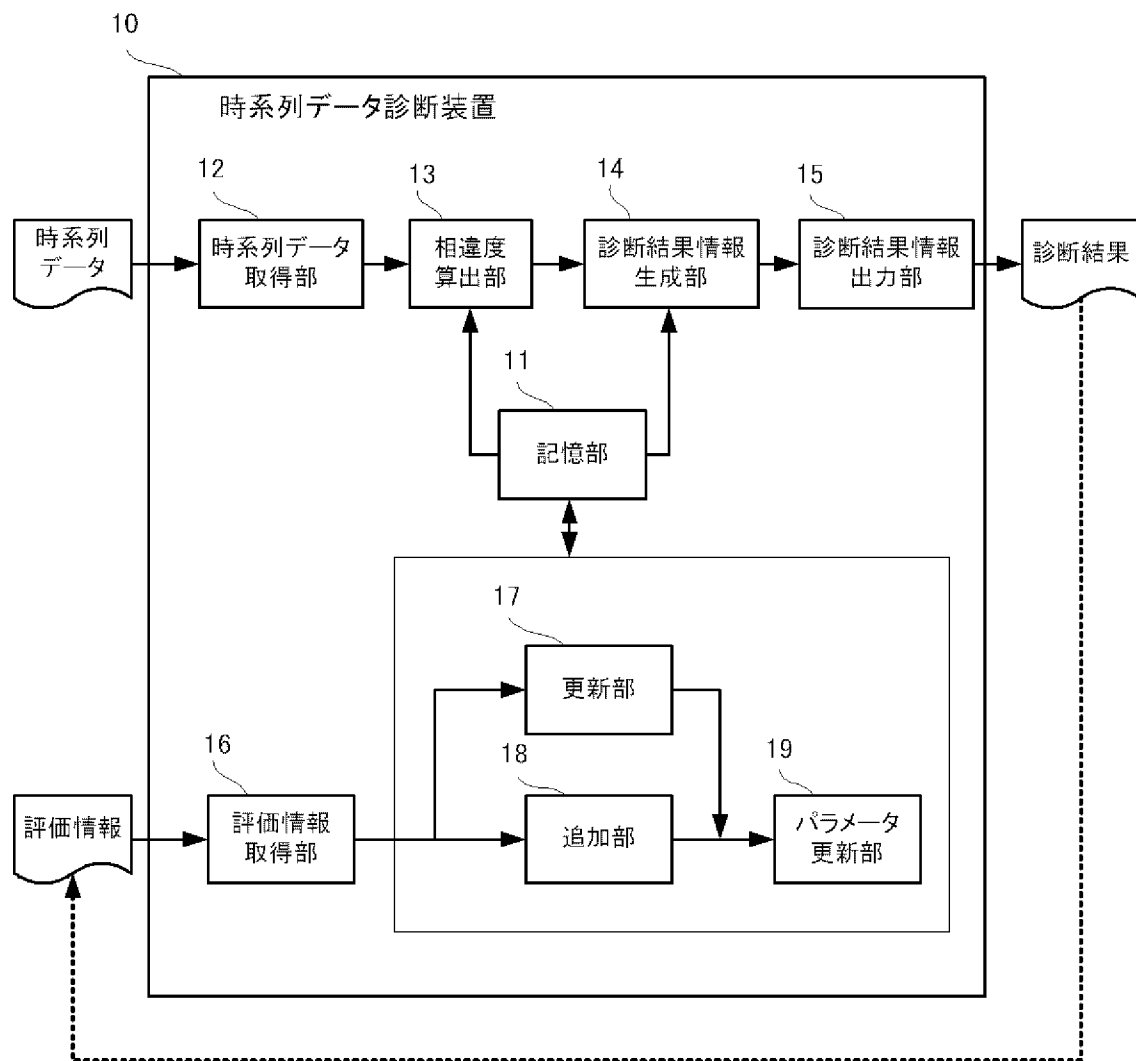
前記評価情報取得ステップで、妥当な診断結果でないという評価を表す評価情報を取得した場合に、前記診断結果情報に対応する前記時系列データに基づいて前記学習済み標本部分列データを更新する更新ステップと、

を実行させるためのプログラム。

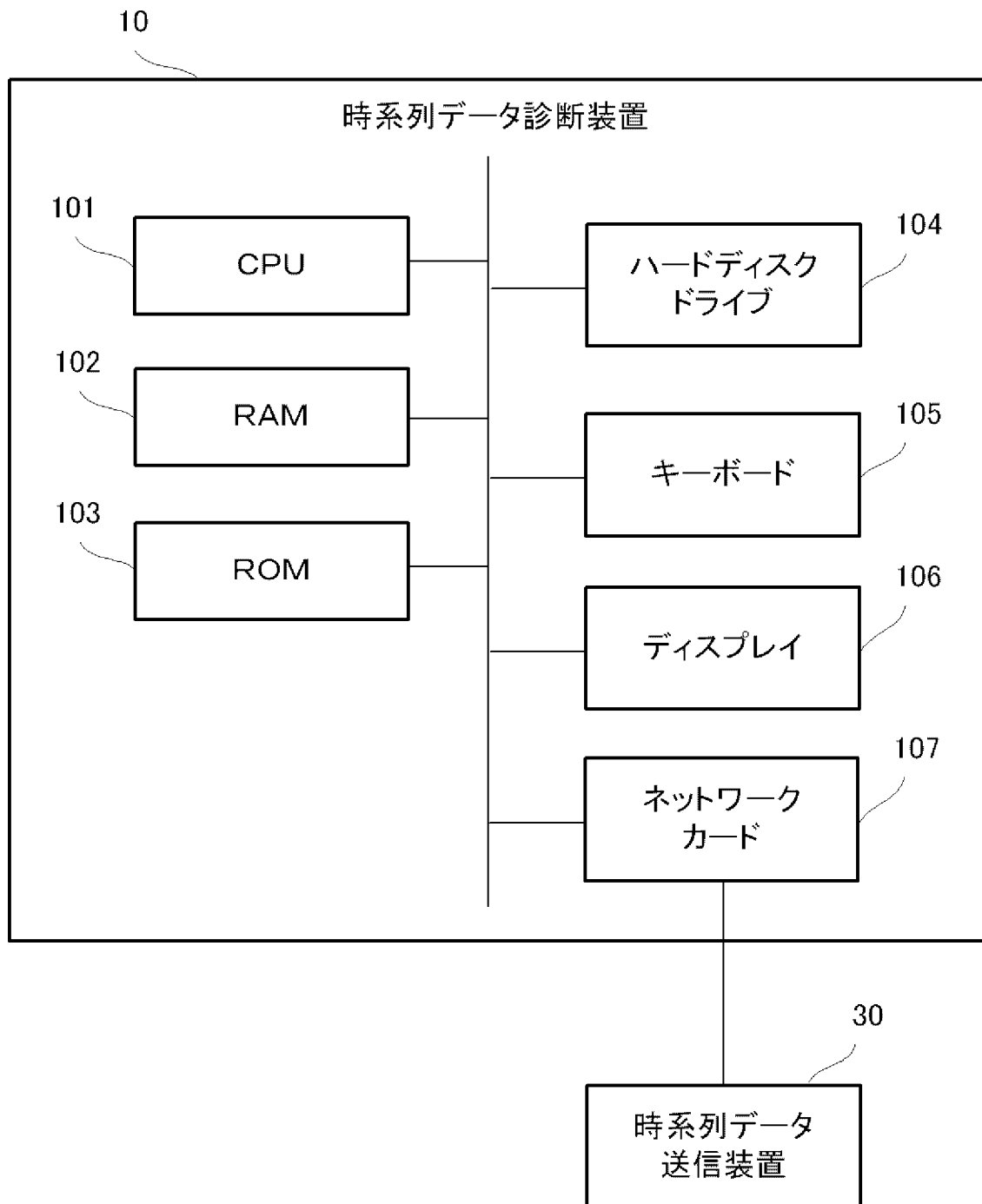
[図1]



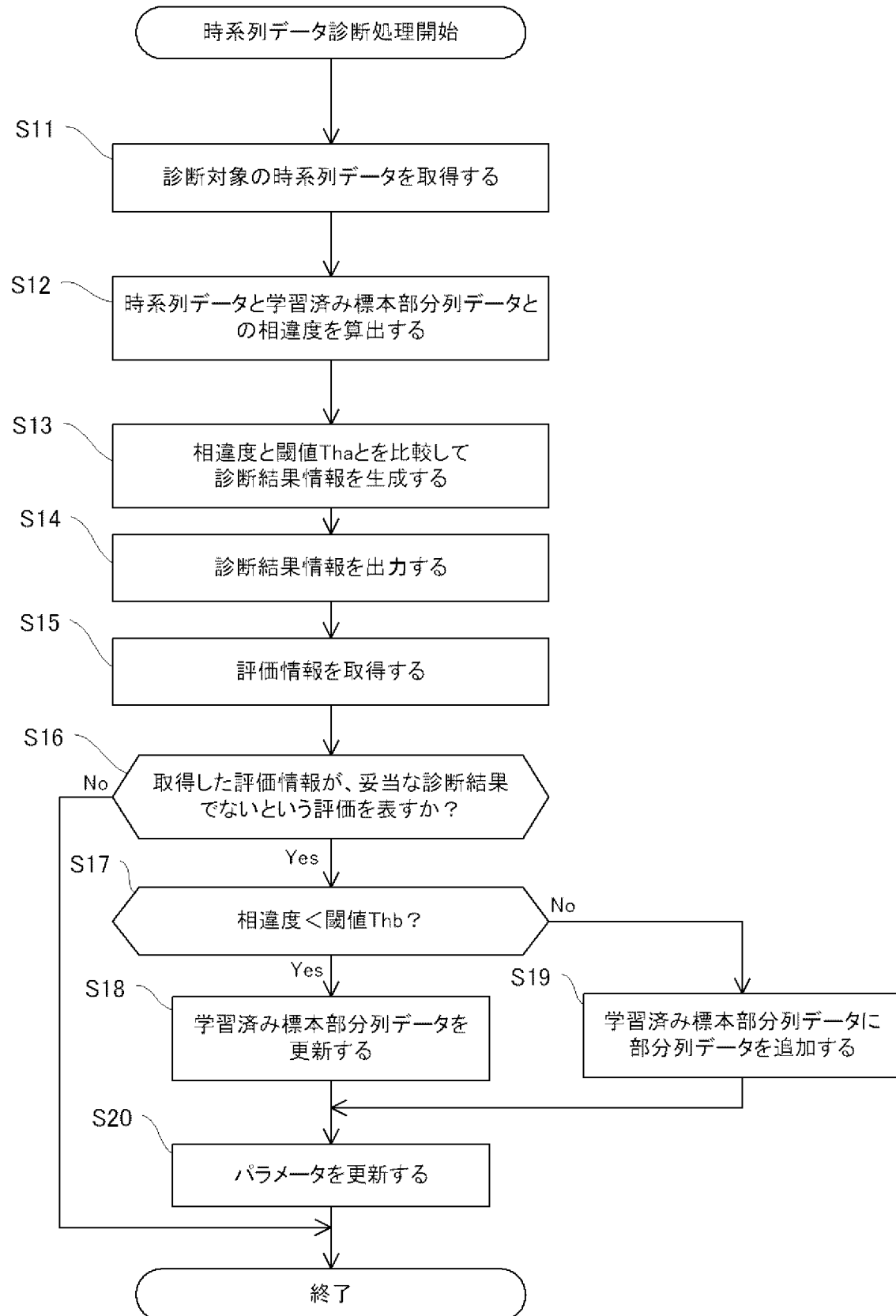
[図2]



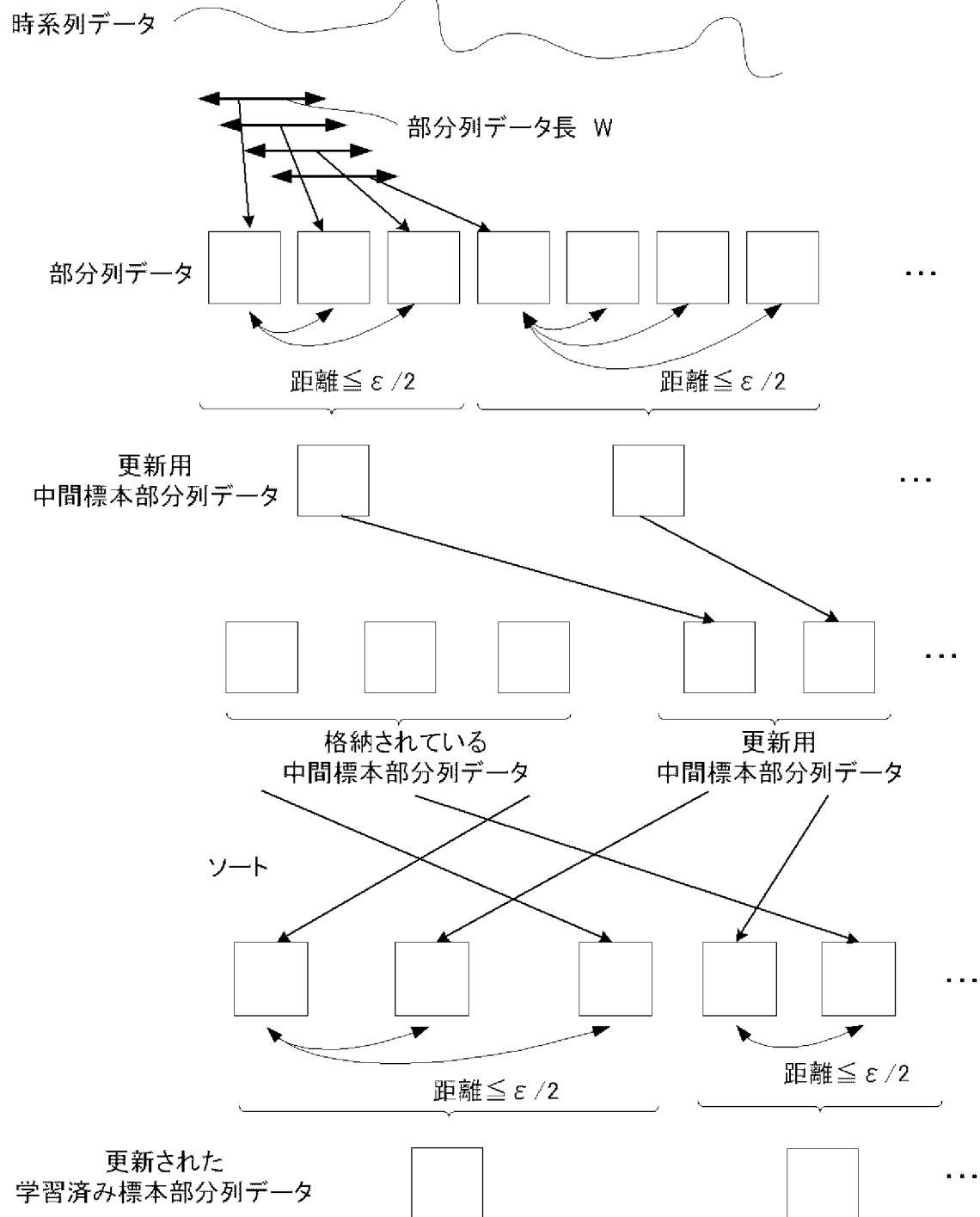
[図3]



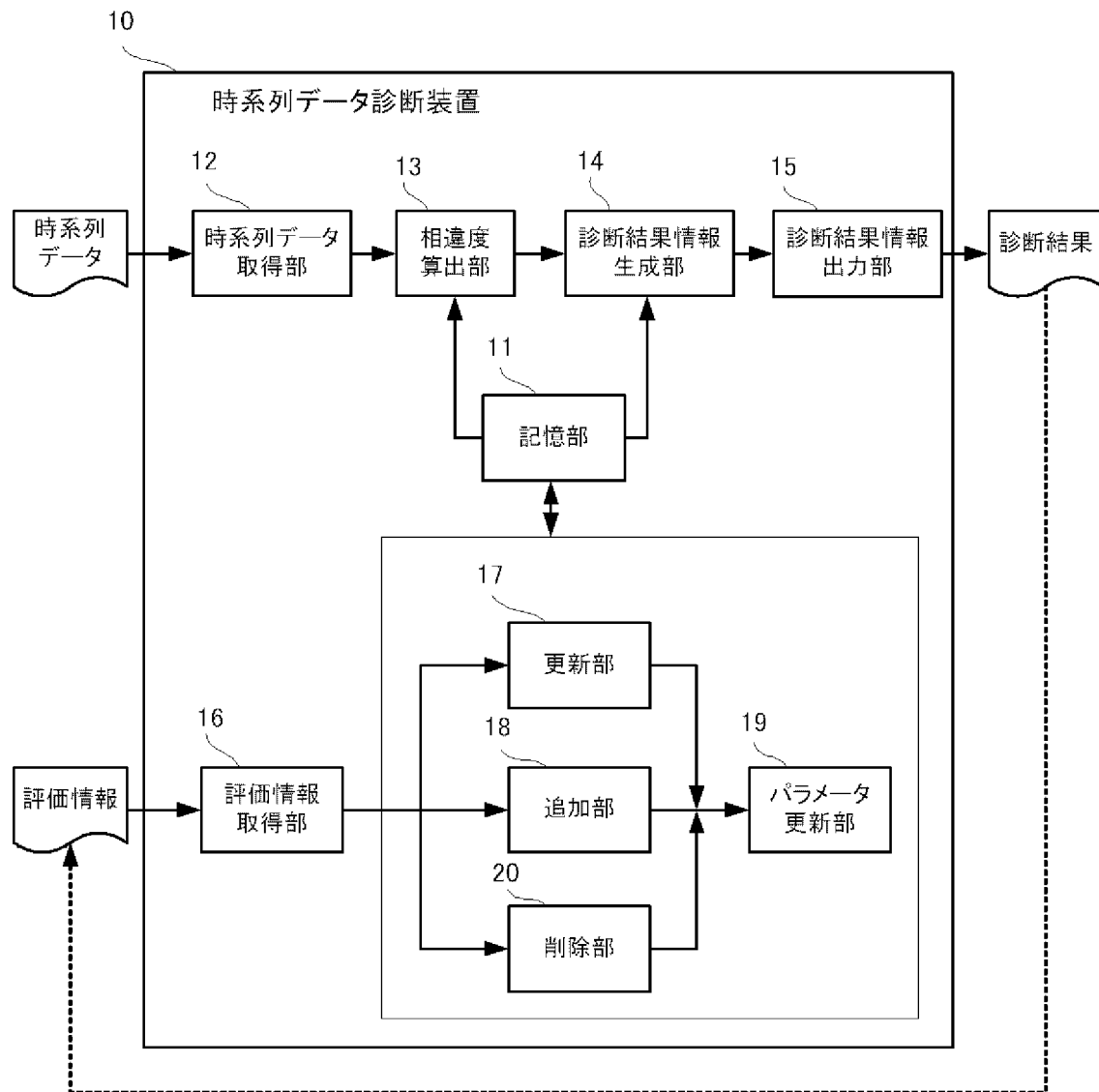
[図4]



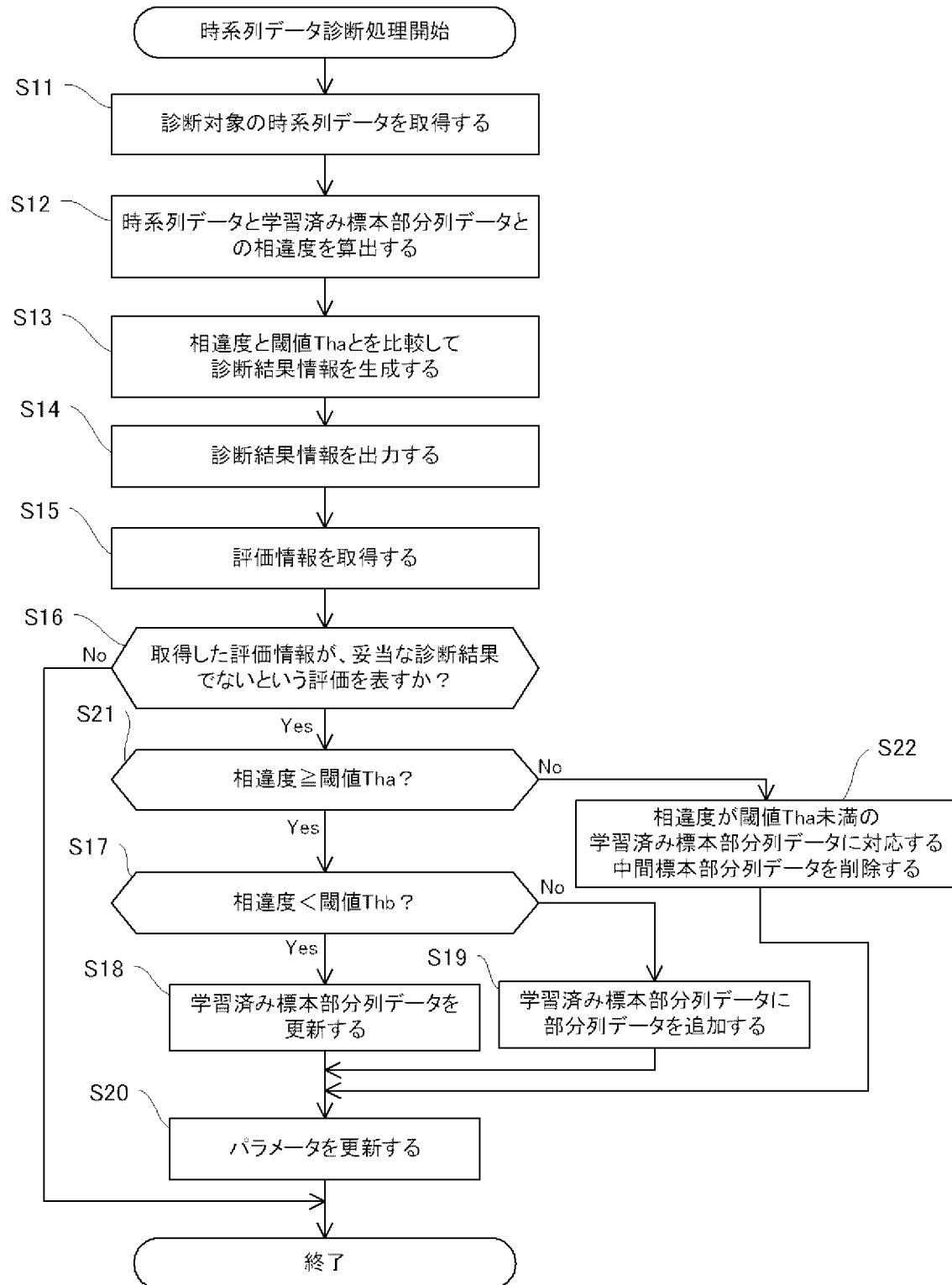
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/027441

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G06F17/30 (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. G06F17/30, 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 A	WO 2014/207789 A1 (HITACHI, LTD.) 31 December 2014, paragraphs [0022], [0026], [0029], [0042], [0044] & US 2016/0169771 A1, paragraphs [0044], [0047]-[0060], [0079]-[0088]	1, 8 2-7
A	JP 2017-151598 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 31 August 2017, entire text, all drawings & US 2017/0242076 A1	1-8
A	JP 2015-88078 A (HITACHI POWER SOLUTIONS CO., LTD.) 07 May 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-8



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
26.09.2018

Date of mailing of the international search report
09.10.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/027441

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-252556 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 20 December 2012, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	平井規郎, 設備維持管理向けデータ分析技術, 三菱電機技報, 20 July 2016, vol. 90, no. 7, pp. 40-44 (HIRAI, Norio et al. Data Analysis Technologies for Maintenance and Management of Facilities. Mitsubishi Denki Giho.)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G06F17/30(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. G06F17/30, 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	W0 2014/207789 A1 (株式会社日立製作所) 2014.12.31, [0022], [0026] - [0029], [0042] - [0044] & US	1, 8
A	2016/0169771 A1, [0044], [0047]-[0060], [0079]-[0088]	2-7
A	JP 2017-151598 A (株式会社安川電機) 2017.08.31, 全文, 全図 & US	1-8
A	2017/0242076 A1	
A	JP 2015-88078 A (株式会社日立パワーソリューションズ)	1-8
	2015.05.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	

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

26.09.2018

国際調査報告の発送日

09.10.2018

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)

吉田 誠

5M

3659

電話番号 03-3581-1101 内線 3599

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
A	JP 2012-252556 A (三菱重工業株式会社) 2012. 12. 20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	平井 規郎, 設備維持管理向けデータ分析技術, 三菱電機技報, 2016. 07. 20, 第 9 0 巻 第 7 号, 4 0 - 4 4 ページ	1-8