

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7586366号  
(P7586366)

(45)発行日 令和6年11月19日(2024.11.19)

(24)登録日 令和6年11月11日(2024.11.11)

(51)国際特許分類

F I

G 0 5 B 23/02 (2006.01)

G 0 5 B 23/02

T

請求項の数 4 (全15頁)

(21)出願番号	特願2024-102724(P2024-102724)	(73)特許権者	000005234
(22)出願日	令和6年6月26日(2024.6.26)		富士電機株式会社
(62)分割の表示	特願2024-23566(P2024-23566)の分割		神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
原出願日	令和2年5月18日(2020.5.18)	(74)代理人	100107766
(65)公開番号	特開2024-111329(P2024-111329 A)		弁理士 伊東 忠重
(43)公開日	令和6年8月16日(2024.8.16)	(74)代理人	100070150
審査請求日	令和6年6月27日(2024.6.27)		弁理士 伊東 忠彦
(31)優先権主張番号	特願2019-185739(P2019-185739)	(72)発明者	石橋 直人
(32)優先日	令和1年10月9日(2019.10.9)		神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	村上 賢哉
早期審査対象出願			神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
		審査官	富士電機株式会社内
			大古 健一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 要因分析装置及び要因分析方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象を複数のセンサにより計測した計測データを収集する収集手段と、  
前記収集手段により収集した計測データを用いて、前記対象の性能値を推定する性能推定手段と、  
前記性能推定手段により推定された性能値の分析期間を設定し、前記分析期間において前記性能値が変化した場合に前記性能値の推定に用いられた計測データを検知する変化検知手段と、  
前記変化検知手段により設定された前記分析期間において、性能変化の要因を前記計測データから分析する分析手段と、  
を有し、  
前記分析手段は、  
前記分析期間における前記計測データを用いて、前記要因を分岐ノード、性能を表すラベルをリーフノードとして分類二進木を構築し、  
前記分岐ノードを説明変数、前記リーフノードを目的変数として、前記目的変数に対する変数重要度が最も高い説明変数又は前記変数重要度が所定の閾値以上の説明変数に対応する分岐ノードが表す要因を前記性能変化の要因として抽出する、ことを特徴とする要因分析装置。

【請求項 2】

前記変化検知手段は、

前記分析期間において、所定のクラスタリング手法により前記計測データから前記性能値を複数のクラスタに分割し、

各クラスタにそれぞれ属する計測データに対して前記ラベルを付与することで、前記性能値が変化した場合に前記性能値の推定に用いられた計測データを検知する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の要因分析装置。

【請求項 3】

前記変化検知手段は、

前記分析期間において、所定の異常検知手法により前記計測データから前記性能値を複数の正常又は異常の種別に分割し、

各種別にそれぞれ分割された計測データに対して前記ラベルを付与することで、前記性能値が変化した場合に前記性能値の推定に用いられた計測データを検知する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の要因分析装置。

【請求項 4】

対象を複数のセンサにより計測した計測データを収集する収集手順と、

前記収集手順で収集した計測データを用いて、前記対象の性能値を推定する性能推定手順と、

前記性能推定手順で推定された性能値の分析期間を設定し、前記分析期間において前記性能値が変化した場合に前記性能値の推定に用いられた計測データを検知する変化検知手順と、

前記変化検知手順で設定された前記分析期間において、性能変化の要因を前記計測データから分析する分析手順と、

をコンピュータが実行し、

前記分析手順は、

前記分析期間における前記計測データを用いて、前記要因を分岐ノード、性能を表すラベルをリーフノードとして分類二進木を構築し、

前記分岐ノードを説明変数、前記リーフノードを目的変数として、前記目的変数に対する変数重要度が最も高い説明変数又は前記変数重要度が所定の閾値以上の説明変数に対応する分岐ノードが表す要因を前記性能変化の要因として抽出する、ことを特徴とする要因分析方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、要因分析装置及び要因分析方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、センサの発達や通信費の低下等に伴ってセンサデータの収集が容易となってきており、これらのセンサデータを活用して様々な対象（例えば、プラント、各種設備、機器、装置等）の効率的な運転を実現するサービスが期待されている。このような対象の効率的な運転を実現するために、当該対象の性能の変化要因を分析する技術が提案されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、外気温や海水温度等の外的要因を除去し、実測値に基づいて発電プラントの熱効率、発電プラントを構成する機器の性能値、及び当該性能値の変化が発電プラントの熱効率に与える影響を解析することができる技術が開示されている。また、例えば、特許文献 2 には、プラント固有の知見や経験によるノウハウで補間することなく、精度の高い効率診断とその対応を支援するための技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第 5 6 1 8 3 2 2 号公報

【文献】特許第 6 4 7 2 3 3 9 号公報

10

20

30

40

50

**【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、例えば、特許文献1に開示されている技術では発電プラントの熱効率に影響を与える機器を特定することは可能であるが、当該機器をセンシングするどのセンサが熱効率に影響を与えるのかまでは特定することができなかった。また、例えば、特許文献2に開示されている技術では分析木により性能低下の要因を分析しているが、性能低下の判断と分析木による要因抽出とが異なるロジックであるため、性能の低下が判断された際に分析木にてその要因を必ずしも抽出できない可能性がある。

**【0006】**

本発明の一実施形態は、上記の点に鑑みてなされたもので、性能変化の要因を適切に抽出す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、一実施形態に係る要因分析装置は、対象を複数のセンサにより計測した計測データを収集する収集手段と、前記収集手段により収集した計測データを用いて、前記対象の性能値を推定する性能推定手段と、前記性能推定手段により推定された性能値の分析期間を設定し、前記分析期間において性能値が変化した計測データを検知する変化検知手段と、前記変化検知手段により設定された前記分析期間において、性能変化の要因を前記計測データから分析する分析手段と、を有することを特徴とする。

**【発明の効果】****【0008】**

性能変化の要因を適切に抽出することができる。

**【図面の簡単な説明】****【0009】**

【図1】第一の実施形態に係る要因分析装置の全体構成の一例を示す図である。

【図2】第一の実施形態に係る要因分析装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図3】第一の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図4】性能変化期間の検知結果の一例を示す図である。

【図5】第二の実施形態に係る要因分析装置の全体構成の一例を示す図である。

【図6】第二の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図7】第三の実施形態に係る要因分析装置の全体構成の一例を示す図である。

【図8】第三の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャートである。

**【発明を実施するための形態】****【0010】**

以下、本発明の各実施形態について説明する。本発明の各実施形態では、性能変化の要因を適切に抽出することが可能な要因分析装置10について説明する。

**【0011】****[第一の実施形態]**

以降では、本発明の第一の実施形態について説明する。第一の実施形態では、性能を効率化する対象（例えば、プラント、各種設備、機器、装置等）をセンシングすることで得られた計測データを用いて、性能の変化を検知すると共にその変化の要因を抽出するための決定木として分類二進木を構築し、この分類二進木を分析することによって性能変化の要因を抽出する場合について説明する。

**【0012】**

なお、以降では、性能を効率化する対象を「効率化対象」とも表す。効率化対象には、上述したように、例えば、プラント、各種設備、機器、装置等が挙げられる。また、各効率化対象は、1以上のセンサによってその状態や動作等がセンシングされているものとする。

**【0013】**

#### <全体構成>

まず、本実施形態に係る要因分析装置 10 の全体構成について、図 1 を参照しながら説明する。図 1 は、第一の実施形態に係る要因分析装置 10 の全体構成の一例を示す図である。

#### 【0014】

図 1 に示すように、本実施形態に係る要因分析装置 10 は、収集部 101 と、性能推定部 102 と、変化検知部 103 と、要因分析部 104 と、記憶部 105 とを有する。

#### 【0015】

収集部 101 は、効率化対象をセンシングすることで得られた計測データを収集し、記憶部 105 に格納する。ここで、計測データには、例えば、効率化対象を識別する識別情報（例えば、プラント ID や設備 ID、機器 ID、装置 ID 等）と、当該効率化対象の状態や動作等がセンシング（計測）された日時と、これらの計測を行ったセンサの識別情報（例えば、センサ ID 等）と、当該センサの計測値（センサ値）とが含まれる。なお、例えば、効率化対象の状態や動作を N 個のセンサで計測している場合、計測データには、これら N 個のセンサのセンサ ID と、これら N 個のセンサのセンサ値とが含まれる。

10

#### 【0016】

なお、収集部 101 は、任意の方法で計測データを収集すればよい。例えば、収集部 101 は、LAN (Local Area Network) 等の通信ネットワークを介して計測機器やセンサ等から計測データを受信することで収集してもよいし、キーボード等の入力装置によって計測データが入力されることで収集してもよい。

20

#### 【0017】

また、収集部 101 は、計測データ以外にも、例えば、効率化対象の運転データを収集してもよい。運転データには、例えば、効率化対象の計測値の正常範囲や異常範囲、効率化対象の各種イベント（例えば、操業日や設備点検日等）を示す情報等が含まれる。運転データが収集された場合には、これらの運転データも記憶部 105 に格納される。

#### 【0018】

性能推定部 102 は、記憶部 105 に格納されている計測データを用いて、効率化対象の性能値を推定する。これにより、各計測データのそれぞれに対して性能値が推定される。

#### 【0019】

性能値は、効率化対象の入出力関係から、物理的に定義された定量的な性能換算式によって推定される。例えば、性能値が効率である場合は、一般に、プラントや設備毎に出力値を入力値で割った換算式で推定される。

30

#### 【0020】

具体的には、例えば、効率化対象がガスタービン発電所のプラントである場合、その性能値は、以下の式（1）により推定することができる。

#### 【0021】

#### 【数 1】

$$Performance = \frac{GeneratorOutput}{GasFlow} \quad (1)$$

40

ここで、Performance は性能値、GeneratorOutput は発電出力、GasFlow は燃料ガス流量を表す。発電出力及び燃料ガス流量は、計測データに含まれる計測値である。

#### 【0022】

ただし、上記の式（1）は一例であって、性能値の換算式は、効率化対象の種類等に応じて異なる。例えば、効率化対象がタービン室であれば、その性能値（タービン室効率）は、タービン室出力をタービン室入力で割ることで推定することができる。タービン室出

50

力及びタービン室入力は、計測データに含まれる計測値である。なお、本実施形態は特定の種類の性能値に限定されるものではなく、任意の種類の性能値に対して適用可能である。

#### 【0023】

変化検知部103は、効率化対象毎に、性能推定部102によって推定された性能値を複数の期間に分割した上で、各期間で所定の統計量を算出し、この統計量によって各期間をラベル付けすることで、性能が変化（例えば、性能が低下）した前後の期間を性能変化期間として検知する。

#### 【0024】

例えば、期間 $P_1$ ～期間 $P_n$ の $n$ 個の期間に性能値が分割され、性能値の高いことを示す第1のラベル又は性能値が低いことを示す第2のラベルのいずれかが各期間にラベル付けされる場合、変化検知部103は、第1のラベルが付与されている期間 $P_m$ と第2のラベルが付与されている期間 $P_{m+1}$ とが存在するときに、これらの期間 $P_m$ 及び $P_{m+1}$ を性能変化期間として検知する。

#### 【0025】

要因分析部104は、変化検知部103によって検知された性能変化期間において、計測データから性能変化の要因を抽出する。このとき、要因分析部104は、当該性能変化期間における計測データから分類二進木を構築し、この分類二進木を分析することによって性能変化の要因を抽出する。

#### 【0026】

記憶部105は、収集部101によって収集された計測データを記憶する。記憶部105には、例えば、効率化対象毎に、計測データが時系列データとして記憶されている。なお、記憶部105には、例えば、効率化対象毎に、運転データが記憶されていてもよい。また、これら以外にも、記憶部105には、種々のデータ（例えば、性能変化の要因を抽出するための決定木、この決定木を分析することによって性能変化の要因を抽出する際における途中の計算結果等）が記憶されてもよい。

#### 【0027】

なお、図1に示す要因分析装置10の構成は一例であって、他の構成であってもよい。例えば、要因分析装置10が複数の装置で構成されており、これら複数の装置に各部（収集部101、性能推定部102、変化検知部103、要因分析部104及び記憶部105）が分散されていてもよい。

#### 【0028】

##### <ハードウェア構成>

次に、第一の実施形態に係る要因分析装置10のハードウェア構成について、図2を参照しながら説明する。図2は、第一の実施形態に係る要因分析装置10のハードウェア構成の一例を示す図である。

#### 【0029】

図2に示すように、第一の実施形態に係る要因分析装置10は、入力装置201と、表示装置202と、外部I/F203と、通信I/F204と、プロセッサ205と、メモリ装置206とを有する。これら各ハードウェアは、バス207により相互に通信可能に接続されている。

#### 【0030】

入力装置201は、例えば各種ボタンやタッチパネル、キーボード、マウス等であり、ユーザが要因分析装置10に各種操作を入力するのに用いられる。表示装置202は、例えばディスプレイ等であり、要因分析装置10の処理結果等を表示する。なお、要因分析装置10は、入力装置201及び表示装置202のうちの少なくとも一方を有していなくてもよい。

#### 【0031】

外部I/F203は、外部装置とのインタフェースである。外部装置には、記録媒体203a等がある。要因分析装置10は、外部I/F203を介して、記録媒体203aの読み取りや書き込み等を行うことができる。要因分析装置10が有する各機能部（例えば

10

20

30

40

50

、収集部 101、性能推定部 102、変化検知部 103 及び要因分析部 104 等)を実現する 1 以上のプログラムは、記録媒体 203a に記録されていてもよい。

【0032】

記録媒体 203a には、例えば、SD メモリカード (SD memory card) や USB メモリ、CD (Compact Disk)、DVD (Digital Versatile Disk) 等がある。

【0033】

通信 I/F 204 は、要因分析装置 10 が他の装置や機器等とデータ通信を行うためのインタフェースである。要因分析装置 10 が有する各機能部を実現する 1 以上のプログラムは、通信 I/F 204 を介して、所定のサーバ装置等から取得 (ダウンロード) されてもよい。

10

【0034】

プロセッサ 205 は、例えば CPU (Central Processing Unit) 等であり、メモリ装置 206 等からプログラムやデータを読み出して各種処理を実行する演算装置である。要因分析装置 10 が有する各機能部は、メモリ装置 206 等に格納されている 1 以上のプログラムがプロセッサ 205 に実行させる処理により実現される。

【0035】

メモリ装置 206 は、例えば HDD (Hard Disk Drive) や SSD (Solid State Drive)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) 等であり、プログラムやデータを格納している記憶装置である。要因分析装置 10 が有する記憶部 105 は、例えば、メモリ装置 206 等を用いて実現可能である。ただし、当該記憶部 105 は、例えば、要因分析装置 10 と通信ネットワークを介して接続される記憶装置等を用いて実現されていてもよい。

20

【0036】

第一の実施形態に係る要因分析装置 10 は、図 2 に示すハードウェア構成を有することにより、後述する要因分析処理を実現することができる。なお、図 2 に示すハードウェア構成は一例であって、要因分析装置 10 は、他のハードウェア構成を有していてもよい。例えば、要因分析装置 10 は、複数のプロセッサ 205 を有していてもよいし、複数のメモリ装置 206 を有していてもよい。

【0037】

< 要因分析処理の流れ >

30

次に、本実施形態に係る要因分析装置 10 によって性能変化の要因を抽出する要因分析処理の流れについて、図 3 を参照しながら説明する。図 3 は、第一の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、記憶部 105 には、収集部 101 によって収集された計測データが効率化対象毎に記憶されているものとする。

【0038】

以降では、或る 1 つの効率化対象の性能変化の要因を抽出する場合について説明する。分析対象とする効率化対象は、例えば、ユーザ等によって指定されてもよいし、全ての効率化対象であってもよい。

【0039】

まず、性能推定部 102 は、記憶部 105 に格納されている計測データを用いて、効率化対象の性能値を推定する (ステップ S101)。これにより、各計測データのそれぞれに対して性能値が推定される。

40

【0040】

なお、1 つの計測データに対して複数種類の性能値が推定されてもよいが、以降では、1 つの計測データに対して 1 種類の性能値が推定されたものとして説明する。1 つの計測データに対して複数種類の性能値が推定された場合には、以降のステップ S102 ~ ステップ S103 を性能値の種類毎に繰り返し実行すればよい。

【0041】

次に、変化検知部 103 は、以下の Step 11 ~ Step 15 により性能変化期間を検知する (ステップ S102)。

50

## 【 0 0 4 2 】

S t e p 1 1 : 変化検知部 1 0 3 は、上記のステップ S 1 0 1 で推定された性能値を複数の期間に分割する。ここで、期間の単位としては任意の単位を設定することができるが、例えば、年、季節、月、週、又は日を単位とすることが挙げられる。又は、例えば、記憶部 1 0 5 に運転データが格納されている場合は、この運転データを参照して、設備点検日を境として性能値を複数の期間に分割してもよい。

## 【 0 0 4 3 】

S t e p 1 2 : 次に、変化検知部 1 0 3 は、上記の S t e p 1 1 で分割された各期間で、性能値に影響を及ぼす外的要因を除去する補正を行う。変化検知部 1 0 3 は、例えば、上記の特許文献 1 に開示されている方法と同様に、外的要因と性能値との回帰式の傾きを  
10  
用いて性能値を補正すればよい。なお、この S t e p 1 2 の処理の実行は任意であり、必ずしも実行されなくてもよい。以降では、上記の補正が行われた性能値を「補正後性能値」とも表す。

## 【 0 0 4 4 】

S t e p 1 3 : 次に、変化検知部 1 0 3 は、上記の S t e p 1 1 で分割された各期間で、補正後性能値（又は、上記の S t e p 1 2 の処理が実行されなかった場合は性能値）の統計量を算出する。統計量としては任意の統計量を算出すればよいが、例えば、当該期間における補正後性能値（又は、性能値）の平均、標準偏差、最大、最小等が挙げられる。又は、例えば、異なる期間の間（例えば、期間  $P_m$  と期間  $P_{m+1}$  との間）における補正後  
20  
性能値（又は、性能値）の相関係数であってもよい。

## 【 0 0 4 5 】

S t e p 1 4 : 次に、変化検知部 1 0 3 は、各期間で算出された統計量を用いて、これらの各期間に対して、当該期間における性能を表すラベルを付与する。このとき、変化検知部 1 0 3 は、例えば、統計検知や閾値判定等のアルゴリズムによりラベル付けを行えばよい。これにより、各期間に対して、例えば、当該期間における性能が高いか又は低いかを表すラベルが付与される。ただし、ラベルが 2 値であることは一例であって、各期間を任意の個数のクラスに分類するためラベルが付与されてもよい。各期間に対してラベルが付与されることにより、当該期間における計測データ及び補正後性能値（又は性能値）に対しても同様のラベルが付与されることになる。

## 【 0 0 4 6 】

なお、この S t e p 1 4 では、人手によりラベル付けが行われてもよい。この場合、上記の S t e p 1 3 で算出された期間毎の統計量や期間毎の補正後性能値（又は性能値）をユーザに提示することで、当該ユーザによってラベル付けが行われる。  
30

## 【 0 0 4 7 】

以降では、簡単のため、補正後性能値と、補正を行わなかった場合の性能値とを区別せずに、単に「性能値」と表す。

## 【 0 0 4 8 】

S t e p 1 5 : そして、変化検知部 1 0 3 は、上記の S t e p 1 4 で各期間に付与されたラベルを用いて、性能が変化（例えば、性能が低下）した前後の期間を性能変化期間として検知する。  
40

## 【 0 0 4 9 】

上記の S t e p 1 1 ~ S t e p 1 5 で検知された性能変化期間の一例を図 4 に示す。図 4 に示す例では、上記の S t e p 1 1 で年を単位とした期間が設定された場合を示している。図 4 に示す例では、期間  $P_m$  の統計量が  $S_m$ 、期間  $P_{m+1}$  の統計量が  $S_{m+1}$  で、これらの統計量  $S_m$  及び  $S_{m+1}$  によって期間  $P_m$  に対してラベル「高」が、期間  $P_{m+1}$  に対してラベル「低」が付与されている。このため、期間  $P_m$  と期間  $P_{m+1}$  とで性能が変化しているため、期間  $P_m$  及び  $P_{m+1}$  が性能変化期間として検知される。

## 【 0 0 5 0 】

なお、上記のステップ S 1 0 2 で性能変化期間が検知されなかった場合、以降のステップ S 1 0 3 の処理は実行されない。  
50

## 【 0 0 5 1 】

最後に、要因分析部 1 0 4 は、以下の S t e p 2 1 ~ S t e p 2 3 により上記のステップ S 1 0 2 で検知された性能変化期間において性能変化の要因を抽出する（ステップ S 1 0 3 ）。

## 【 0 0 5 2 】

S t e p 2 1 : まず、要因分析部 1 0 4 は、分析対象とする因子を任意に設定する。例えば、要因分析部 1 0 4 は、分析対象とする因子として、任意のセンサ I D を設定する。なお、要因分析部 1 0 4 は、任意の個数のセンサ I D を因子として設定する。このとき、どのセンサ I D を分析対象の因子として設定するかは任意に決めることが可能であるが、例えば、ユーザ等によって指定されたセンサ I D を分析対象の因子として設定すればよい。

10

## 【 0 0 5 3 】

S t e p 2 2 : 次に、要因分析部 1 0 4 は、上記のステップ S 1 0 2 で検知された性能変化期間でラベル付けされた性能値と、上記の S t e p 2 1 で設定した因子とを用いて、各因子を分岐ノード、ラベルの値をリーフノードとして、計測データの性能値を分類する分類二進木を構築する。すなわち、要因分析部 1 0 4 は、各因子を分岐ノード（ルートノードも含む）、ラベルの値をリーフノードとして、計測データをルートノードに入力した場合に、当該計測データの性能値を正しいラベルの値（つまり、上記のステップ S 1 0 2 で当該性能値に対して付与されたラベルの値）に分類する分類二進木を構築する。

## 【 0 0 5 4 】

S t e p 2 3 : そして、要因分析部 1 0 4 は、上記の S t e p 2 2 で構築した分類二進木を用いて、性能変化の要因を抽出する。ここで、要因分析部 1 0 4 は、分岐ノードを説明変数、リーフノードを目的変数として以下の式（ 2 ）により変数重要度 V I ( x ) を算出し、この変数重要度 V I ( x ) が最も高い（又は、所定の閾値以上）の説明変数に対応する要因を性能変化の要因として抽出すればよい。なお、変数重要度 V I ( x ) をユーザに提示し、このユーザの選択によって性能変化の要因が抽出されてもよい。

20

## 【 0 0 5 5 】

## 【 数 2 】

$$VI(x) = \frac{\sum_{t \in T} \Delta i(x, t)}{\max_{x \in X} \left( \sum_{t \in N_s} \Delta i(x, t) \right)} \times 100 \quad (2)$$

30

ここで、 $x$  は説明変数、 $t$  は分岐ノード番号、 $X$  は説明変数の集合、 $N_s$  は分岐ノードの集合、 $i(x, t)$  は説明変数  $x$  の  $i(t)$  である。また、 $i(t)$  は分岐ノード  $t$  の改善度である。

40

## 【 0 0 5 6 】

以上のように、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 では、計測データを複数の期間に分割した上で、これらの期間を性能に応じてラベル付けすることで性能変化期間を検知する。そして、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 では、ラベル付けされた性能変化期間から分類二進木を構築し、その分析を行うことで、性能変化の要因（例えば、センサ I D ）を抽出する。このため、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 では、例えば、或る効率化対象を計測する複数のセンサの中で、性能変化の要因となっているセンサを特定することが可能となる。

## 【 0 0 5 7 】

[ 第二の実施形態 ]

50



以降では、本発明の第二の実施形態について説明する。第二の実施形態では、計測データを用いて、性能変化の要因を分析するための期間を設定すると共にその期間での性能変化の要因を抽出するための決定木として回帰二進木を構築し、この回帰二進木を分析することによって性能変化の要因を抽出する場合について説明する。

【 0 0 5 8 】

なお、第二の実施形態では、主に、第一の実施形態との相違点について説明し、第一の実施形態と同様の構成要素についてはその説明を省略するものとする。

【 0 0 5 9 】

< 全体構成 >

まず、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 の全体構成について、図 5 を参照しながら説明する。図 5 は、第二の実施形態に係る要因分析装置 1 0 の全体構成の一例を示す図である。

10

【 0 0 6 0 】

図 5 に示すように、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 は、第一の実施形態と異なり、変化検知部 1 0 3 を有しない。また、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 は、分析期間設定部 1 0 6 を有する。

【 0 0 6 1 】

分析期間設定部 1 0 6 は、性能変化の要因を分析する期間（以降、「分析期間」とも表す。）を設定する。すなわち、第二の実施形態では、各期間に対してラベル付けを行って性能変化期間を検知することは行わずに、性能変化の要因を分析する分析期間のみを設定する。

20

【 0 0 6 2 】

また、本実施形態に係る要因分析部 1 0 4 は、分析期間設定部 1 0 6 によって設定された分析期間において、計測データから性能変化の要因を抽出する。このとき、要因分析部 1 0 4 は、当該分析期間における計測データから回帰二進木を構築し、この回帰二進木を分析することによって性能変化の要因を抽出する。

【 0 0 6 3 】

< 要因分析処理の流れ >

次に、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 によって性能変化の要因を抽出する要因分析処理の流れについて、図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、第二の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、記憶部 1 0 5 には、収集部 1 0 1 によって収集された計測データが効率化対象毎に記憶されているものとする。また、以降では、或る 1 つの効率化対象の性能変化の要因を抽出する場合について説明する。

30

【 0 0 6 4 】

まず、性能推定部 1 0 2 は、図 3 のステップ S 1 0 1 と同様に、記憶部 1 0 5 に格納されている計測データを用いて、効率化対象の性能値を推定する（ステップ S 2 0 1 ）。

【 0 0 6 5 】

次に、分析期間設定部 1 0 6 は、上記のステップ S 2 0 1 で推定された性能値に対して分析期間を設定する（ステップ S 2 0 2 ）。なお、このとき、当該分析期間における性能値に対して、上記の S t e p 1 2 と同様の補正を行ってもよい。

40

【 0 0 6 6 】

なお、本実施形態では、上記のステップ S 2 0 1 で性能値を推定した後に、上記のステップ S 2 0 2 で分析期間を設定したが、これらの順序は逆であってもよい。すなわち、例えば、計測データに対して分析期間を設定した後に、当該分析期間における各計測データからそれぞれ性能値を推定してもよい。また、以降では、簡単のため、補正を行った場合の補正後性能値と、補正を行わなかった場合の性能値とを区別せずに、単に「性能値」と表す。

【 0 0 6 7 】

最後に、要因分析部 1 0 4 は、以下の S t e p 3 1 ~ S t e p 3 3 により上記のステップ S 2 0 2 で設定された分析期間において性能変化の要因を抽出する（ステップ S 2 0 3

50

）。

【 0 0 6 8 】

S t e p 3 1 : まず、要因分析部 1 0 4 は、上記の S t e p 2 1 と同様に、分析対象とする因子（例えば、センサ I D）を任意に設定する。

【 0 0 6 9 】

S t e p 3 2 : 次に、要因分析部 1 0 4 は、上記のステップ S 2 0 2 で設定された分析期間における性能値と、上記の S t e p 3 1 で設定した因子とを用いて、各因子を分岐ノード、性能値をリーフノードとして、計測データと性能値との関係を表す回帰二進木を構築する。

【 0 0 7 0 】

S t e p 3 3 : そして、要因分析部 1 0 4 は、上記の S t e p 3 2 で構築した回帰二進木を用いて、性能変化の要因を抽出する。なお、要因分析部 1 0 4 は、上記の S t e p 2 3 と同様に、分岐ノードを説明変数、リーフノードを目的変数として上記の式（ 2 ）により変数重要度  $V I (x)$  を算出し、この変数重要度  $V I (x)$  が最も高い（又は、所定の閾値以上）の説明変数に対応する要因を性能変化の要因として抽出すればよい。

【 0 0 7 1 】

以上のように、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 では、計測データに対して分析期間を設定した上で、この分析期間から回帰二進木を構築し、その分析を行うことで、性能変化の要因（例えば、センサ I D）を抽出する。このため、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 では、第一の実施形態と同様に、例えば、或る効率化対象を計測する複数のセンサの中で、性能変化の要因となっているセンサを特定することが可能となる。

【 0 0 7 2 】

[ 第三の実施形態 ]

以降では、本発明の第三の実施形態について説明する。第三の実施形態では、計測データを用いて、分析期間において性能変化のサンプルを検知すると共にその分析期間での性能変化の要因を抽出するための決定木として分類二進木を構築し、この分類二進木を分析することによって性能変化の要因を抽出する場合について説明する。

【 0 0 7 3 】

なお、第三の実施形態では、主に、第一の実施形態との相違点について説明し、第一の実施形態と同様の構成要素についてはその説明を省略するものとする。

【 0 0 7 4 】

< 全体構成 >

まず、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 の全体構成について、図 7 を参照しながら説明する。図 7 は、第三の実施形態に係る要因分析装置 1 0 の全体構成の一例を示す図である。

【 0 0 7 5 】

図 7 に示すように、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 は、第一の実施形態と異なり、変化検知部 1 0 3 を有しない。また、本実施形態に係る要因分析装置 1 0 は、変化サンプル検知部 1 0 7 を有する。

【 0 0 7 6 】

変化サンプル検知部 1 0 7 は、分析期間を設定すると共に性能値が変化したサンプル（以降、「性能変化サンプル」とも表す。）を検知する。すなわち、第三の実施形態では、各期間に対してラベル付けを行って性能変化期間を検知することは行わずに、各サンプルに対してラベル付けを行うことで性能変化が変化したサンプルを検知する。なお、サンプルとは、記憶部 1 0 5 に記憶されている計測データのことである。

【 0 0 7 7 】

また、本実施形態に係る要因分析部 1 0 4 は、変化サンプル検知部 1 0 7 によって設定された分析期間において、サンプル（計測データ）から性能変化の要因を抽出する。このとき、要因分析部 1 0 4 は、第一の実施形態と同様に、当該分析期間における計測データから分類二進木を構築し、この分類二進木を分析することによって性能変化の要因を抽出

10

20

30

40

50

する。

【0078】

< 要因分析処理の流れ >

次に、本実施形態に係る要因分析装置 10 によって性能変化の要因を抽出する要因分析処理の流れについて、図 8 を参照しながら説明する。図 8 は、第三の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、記憶部 105 には、収集部 101 によって収集された計測データが効率化対象毎に記憶されているものとする。また、以降では、或る 1 つの効率化対象の性能変化の要因を抽出する場合について説明する。

【0079】

まず、性能推定部 102 は、図 3 のステップ S101 と同様に、記憶部 105 に格納されている計測データを用いて、効率化対象の性能値を推定する（ステップ S301）。

【0080】

次に、変化サンプル検知部 107 は、以下の Step 41 ~ Step 45 により性能変化サンプルを検知する（ステップ S302）。

【0081】

Step 41：変化サンプル検知部 107 は、上記のステップ S301 で推定された性能値に対して分析期間を設定する。

【0082】

Step 42：次に、変化サンプル検知部 107 は、上記の Step 12 と同様に、上記の Step 41 で設定された分析期間で、性能値に影響を及ぼす外的要因を除去する補正を行う。なお、この Step 42 の処理の実行は任意であり、必ずしも実行されなくてもよい。以降では、簡単のため、補正を行った場合の性能値と補正を行わなかった場合の性能値とを区別せずに、単に「性能値」と表す。

【0083】

Step 43：次に、変化サンプル検知部 107 は、上記の Step 41 で設定された分析期間において、計測データから性能値を複数のクラスタ又は種別に分割する。複数のクラスタに分割する際は、例えば、k-means 法や Gaussian Mixture Model 等のクラスタリング手法を用いて、性能値の特徴に基づきサンプル毎に複数のクラスタに分割すればよい。一方で、複数の種別に分割する際は、例えば、Isolation Forest や Random Cut Forest 等の異常検知手法を用いて、性能値の異常度合いに基づきサンプル毎に複数の正常、異常の種別に分割すればよい。

【0084】

Step 44：次に、変化サンプル検知部 107 は、上記のステップ Step 43 で分割されたクラスタ又は種別に対して性能を表すラベルを付与する。これにより、各クラスタ又は各種別に属するサンプル（計測データ）に対してラベルが付与される。なお、ラベルとしては、例えば、正常又は異常のいずれであるかを表す 2 個のラベルを付与すればよい。ただし、ラベルが 2 個であることは一例であって、任意の個数のラベルが付与されてもよい。

【0085】

Step 45：そして、変化サンプル検知部 107 は、上記の Step 44 で各サンプルに付与されたラベルを用いて、性能が変化したサンプル（例えば、ラベルの値が正常を示す値から異常を示す値に変化したサンプル）を性能変化サンプルとして検知する。

【0086】

最後に、要因分析部 104 は、図 3 のステップ S103 と同様に、上記の Step 41 で設定された分析期間において性能変化の要因を抽出する（ステップ S303）。すなわち、要因分析部 104 は、分析対象とする因子を任意に設定した上で、当該分析期間でラベル付けされた性能値と当該因子とを用いて分類二進木を構築し、この分類二進木を用いて、性能変化の要因を抽出する。

【0087】

以上のように、本実施形態に係る要因分析装置 10 では、計測データに対して分析期間

10

20

30

40

50

を設定した上で、この分析期間から分類二進木を構築し、その分析を行うことで、性能変化の要因（例えば、センサID）を抽出する。このため、本実施形態に係る要因分析装置10では、第一の実施形態と同様に、例えば、或る効率化対象を計測する複数のセンサの中で、性能変化の要因となっているセンサを特定することが可能となる。

【0088】

本発明は、具体的に開示された上記の各実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更、組み合わせ等が可能である。

【符号の説明】

【0089】

10	要因分析装置	10
101	収集部	
102	性能推定部	
103	変化検知部	
104	要因分析部	
105	記憶部	
106	分析期間設定部	
107	変化サンプル検知部	

20

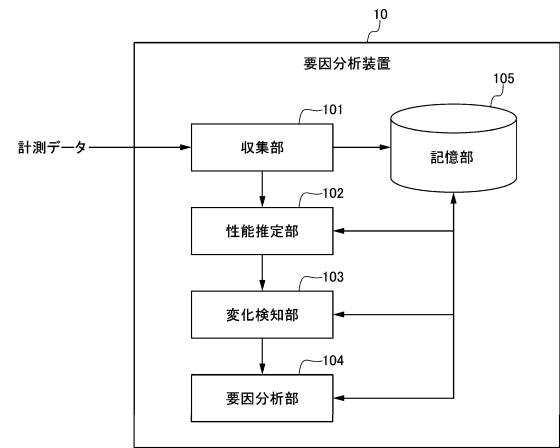
30

40

50

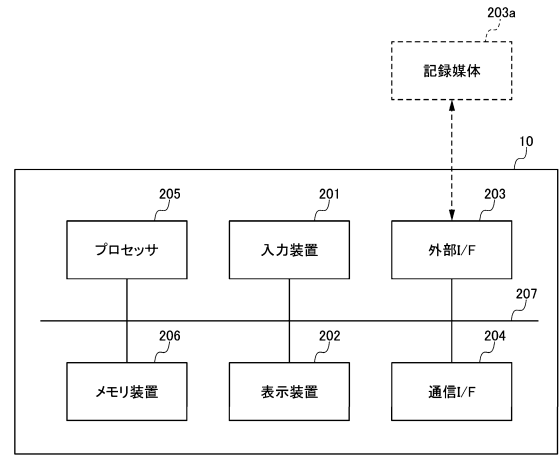
【図面】  
【図 1】

第一の実施形態に係る要因分析装置の全体構成の一例を示す図



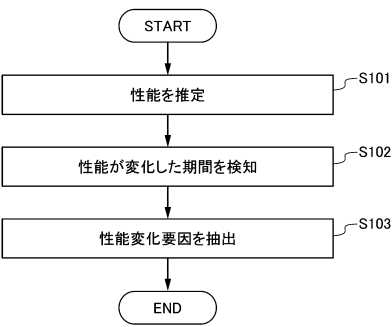
【図 2】

第一の実施形態に係る要因分析装置のハードウェア構成の一例を示す図



【図 3】

第一の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャート



【図 4】

性能変化期間の検知結果の一例を示す図

		日時	性能値	補正後性能値	統計値	ラベル
期間P <sub>m</sub>		2017/1/1 10:00	80	82	S <sub>m</sub>	高
		:	:	:		
		2017/12/31 20:00	85	88		
期間P <sub>m+1</sub>		2018/1/1 10:00	83	75	S <sub>m+1</sub>	低
		:	:	:		
		2018/12/31 20:00	85	78		

10

20

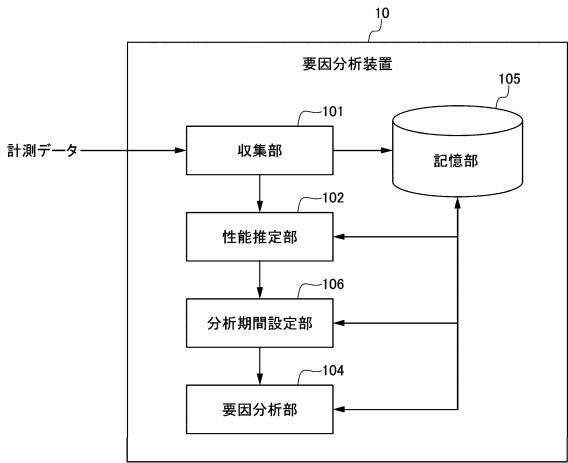
30

40

50

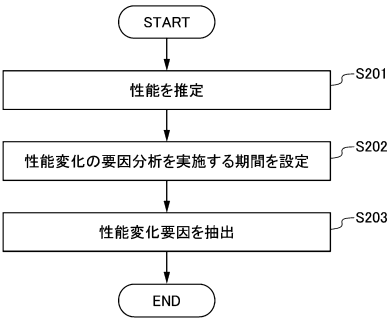
【 図 5 】

第二の実施形態に係る要因分析装置の全体構成の一例を示す図



【 図 6 】

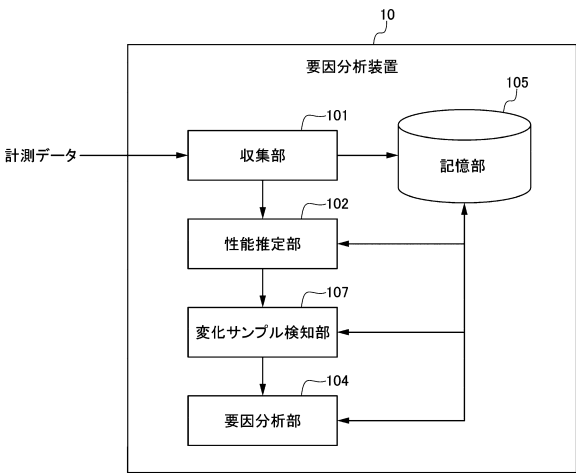
第二の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャート



10

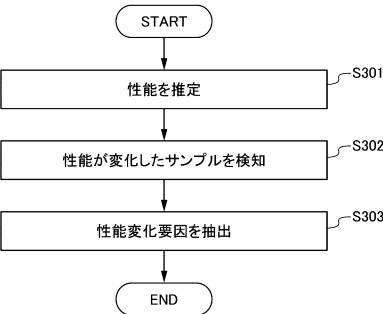
【 図 7 】

第三の実施形態に係る要因分析装置の全体構成の一例を示す図



【 図 8 】

第三の実施形態に係る要因分析処理の流れの一例を示すフローチャート



20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 1 5 7 2 2 3 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 2 5 8 7 4 0 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 0 7 / 0 5 2 3 2 7 ( W O , A 1 )  
国際公開第 2 0 1 7 / 0 9 0 0 9 8 ( W O , A 1 )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
G 0 5 B 2 3 / 0 0 - 2 3 / 0 2