

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5963579号  
(P5963579)

(45) 発行日 平成28年8月3日(2016.8.3)

(24) 登録日 平成28年7月8日(2016.7.8)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>E O 2 F</b>	<b>9/26</b>	<b>(2006.01)</b>	E O 2 F	9/26	Z
<b>E O 2 F</b>	<b>9/20</b>	<b>(2006.01)</b>	E O 2 F	9/20	Z
<b>G O 5 B</b>	<b>23/02</b>	<b>(2006.01)</b>	G O 5 B	23/02	3 O 2 T

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2012-153168 (P2012-153168)  
 (22) 出願日 平成24年7月9日(2012.7.9)  
 (65) 公開番号 特開2014-15746 (P2014-15746A)  
 (43) 公開日 平成26年1月30日(2014.1.30)  
 審査請求日 平成27年5月15日(2015.5.15)  
 (31) 優先権主張番号 特願2012-133757 (P2012-133757)  
 (32) 優先日 平成24年6月13日(2012.6.13)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000002107  
 住友重機械工業株式会社  
 東京都品川区大崎二丁目1番1号  
 (74) 代理人 100105887  
 弁理士 来山 幹雄  
 (72) 発明者 古賀 方土  
 神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重  
 機械工業株式会社 横須賀製造所内  
 審査官 富山 博喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ショベルの管理装置及びショベルの異常検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ショベルから、稼働条件に依存する複数の変数の検出値が入力される入力装置と、前記入力装置から入力された前記複数の変数の検出値を処理する処理装置とを有し、  
 前記処理装置は、  
 評価対象ショベルから収集された前記複数の変数の検出値の組を評価対象サンプルとし

、  
 前記複数の変数の検出値の組を1つのサンプルとし、前記入力装置から入力された複数のサンプルから、前記変数の検出値に基づいて、稼働条件が前記評価対象サンプルの稼働条件と類似し、かつ正常動作時に収集された一部のサンプルを抽出して標準サンプル群とし、  
 前記評価対象サンプルを、前記標準サンプル群に基づいて評価するショベルの管理装置

【請求項2】

前記処理装置は、  
 前記複数の変数から一部の変数を選択して着目変数とし、  
 前記評価対象サンプルを、前記標準サンプル群に基づいて評価するときに、前記着目変数を用いた評価モデルにより、前記評価対象サンプルの評価を行う請求項1に記載のショベルの管理装置。

## 【請求項 3】

前記処理装置は、

ショベルの故障時に収集された前記複数の変数の検出値からなる故障時サンプルを、前記評価モデルで評価し、評価結果に基づいて、前記複数の変数から選択する前記着目変数を決定する請求項 2 に記載のショベルの管理装置。

## 【請求項 4】

前記複数の変数には、ショベルの個体を識別する機番、及び日付情報が含まれており、さらに、故障が発生したショベルの機番、故障発生の日付情報、及び故障内容を含む故障情報が記憶された故障情報記憶装置を有し、

前記処理装置は、前記入力装置から入力された複数のサンプルと、前記故障情報記憶装置に記憶されている前記故障情報とを、前記機番及び前記日付情報に基づいて関連付けることにより、前記故障時サンプルを生成する請求項 3 に記載のショベルの管理装置。

10

## 【請求項 5】

前記処理装置は、

前記複数の変数から選択される前記着目変数の組み合わせを変えながら、前記評価モデルを用いて、前記故障時サンプルの評価を繰り返し行うことにより、前記着目変数の組み合わせを決定する請求項 3 または 4 に記載のショベルの管理装置。

## 【請求項 6】

前記処理装置は、前記故障時のサンプルの評価を繰り返し行う処理において、

染色体の複数の遺伝子を、それぞれ前記複数の変数に対応付け、

各遺伝子の値を、当該遺伝子に対応する変数の「採用」、「非採用」に対応する 2 値のうちいずれかで表し、

遺伝子の値の組み合わせが異なる複数の染色体を含む初期解を生成し、

終了条件を満たすまで、前記染色体に、評価、選択、交叉、突然変異を施すことにより、染色体の世代を更新し、

最終世代の染色体に基づいて、前記着目変数の組み合わせを決定する請求項 5 に記載のショベルの管理装置。

20

## 【請求項 7】

ショベルから、ショベルの稼働状態または周囲の環境に依存する複数の変数の検出値を、評価対象サンプルとして収集する工程と、

前記複数の変数の検出値を各々が含む複数のサンプルから、前記変数の検出値に基づいて、稼働条件が前記評価対象サンプルの稼働条件と類似し、かつショベルが正常に動作しているときに収集された一部のサンプルを抽出して標準サンプル群とする工程と、

前記評価対象サンプルを、前記標準サンプル群に基づいて評価する工程とを有するショベルの異常検出方法。

30

## 【請求項 8】

さらに、前記複数の変数から一部の変数を選択して着目変数とする工程を有し、

前記評価対象サンプルを、前記標準サンプル群に基づいて評価するときに、前記着目変数を用いた評価モデルにより、前記評価対象サンプルの評価を行う請求項 7 に記載のショベルの異常検出方法。

40

## 【請求項 9】

さらに、

ショベルの故障時に収集された前記複数の変数の検出値からなる故障時サンプルを、前記評価モデルで評価する工程と、

前記故障時サンプルの評価結果に基づいて、前記複数の変数から選択する前記着目変数を決定する工程と

を含む請求項 8 に記載のショベルの異常検出方法。

## 【請求項 10】

前記複数の変数には、ショベルの個体を識別する機番、及び日付情報が含まれており、

さらに、故障が発生したショベルの機番、故障発生の日付情報、及び故障内容を含む故

50

障情報と、ショベルから収集された複数のサンプルとを、前記機番及び前記日付情報に基づいて関連付けることにより、前記故障時サンプルを生成する工程を含む請求項9に記載のショベルの異常検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ショベルの管理装置、及びショベルの異常検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ショベル等の作業機械は、様々な建設現場、土木現場等で使用されており、故障が発生した際には、迅速な故障修理が求められる。作業機械から収集された種々の稼働情報に基づいて、故障箇所を特定する種々の診断システムが開発されている（特許文献1）。ところが、故障が発生すると、故障修理が完了するまで、作業を中断しなければならない。

【0003】

複数のセンサで作業機械の状態を測定し、作業機械に異常がないかを監視する異常診断技術が開発されている（特許文献2）。異常診断技術によって、故障停止する前に異常を検出し、早期に保守対策を行うことで、作業機械の故障を未然に防ぐことができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-074639号公報

【特許文献2】特開2010-236302号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

作業機械は、猛暑地、寒冷地、地盤の軟弱な埋立地、地盤の固い鉱山等の種々の環境で使用される。また、1日24時間殆ど連続使用される場合や、短時間のみ使用される場合もある。このように、種々の環境や使用形態等（稼働条件）で稼働しているショベルの異常の有無を的確に判定することは困難である。

本発明の目的は、異常の発生の検出精度を高めることができるショベルの管理装置、及びショベルの異常検出方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一観点によると、  
ショベルから、稼働条件に依存する複数の変数の検出値が入力される入力装置と、  
前記入力装置から入力された前記複数の変数の検出値を処理する処理装置と  
を有し、  
前記処理装置は、  
評価対象ショベルから収集された前記複数の変数の検出値の組を評価対象サンプルとし

前記複数の変数の検出値の組を1つのサンプルとし、前記入力装置から入力された複数のサンプルから、前記変数の検出値に基づいて、稼働条件が前記評価対象サンプルの稼働条件と類似し、かつ正常動作時に収集された一部のサンプルを抽出して標準サンプル群とし、

前記評価対象サンプルを、前記標準サンプル群に基づいて評価するショベルの管理装置が提供される。

本発明の他の観点によると、

ショベルから、ショベルの稼働状態または周囲の環境に依存する複数の変数の検出値を、評価対象サンプルとして収集する工程と、

10

20

30

40

50

前記複数の変数の検出値を各々が含む複数のサンプルから、前記変数の検出値に基づいて、稼働条件が前記評価対象サンプルの稼働条件と類似し、かつショベルが正常に動作しているときに収集された一部のサンプルを抽出して標準サンプル群とする工程と、

前記評価対象サンプルを、前記標準サンプル群に基づいて評価する工程とを有するショベルの異常検出方法が提供される。

【発明の効果】

【0007】

変数の検出値が類似する一部のサンプルを抽出して得られる標準サンプル群に基づいて、評価対象サンプルを評価することにより、よりの確に異常を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0008】

【図1】図1は、実施例1によるショベルの管理装置のブロック図である。

【図2】図2は、実施例1によるショベルの管理装置でショベルから収集されるサンプルの一覧表である。

【図3】図3は、実施例1によるショベルの管理装置で実行される異常検出方法で使用されるデータ及び異常検出方法の処理の流れを示す図である。

【図4】図4Aは、変数A及び変数Bの検出値の類似の程度でサンプルを分類する手法を示すためのサンプルの分布図の例であり、図4Bは、機械負荷を表す変数Cの詳細なデータ形式を示す図であり、図4Cは、変数Cの検出値の類似の程度でサンプルを分類する手法を示すためのサンプルの分布図の例である。

20

【図5】図5Aは、複数のサンプルを分類した結果を示すサンプルの一覧表であり、図5Bは、評価対象サンプルを分類した結果を示す図表である。

【図6】図6は、複数のサンプルを分類する効果を説明するための変数kのヒストグラムである。

【図7】図7は、実施例2によるショベルの異常検出方法を示すフローチャートである。

【図8】図8は、実施例3によるショベルの異常検出方法で使用されるデータ及び異常検出方法の処理の流れを示す図である。

【図9】図9は、サンプルのデータ構造及び着目変数のみを含むサンプルのデータ構造を示す図である。

【図10】図10Aは、複数のサンプルの分類、及び複数の変数から着目変数を抽出した後のサンプルの一覧表であり、図10Bは、複数の変数から着目変数を抽出した後の評価対象サンプルのデータ構造を示す図である。

30

【図11】図11は、複数の変数から着目変数を選定する方法で用いられるデータ及び処理の流れを示す図である。

【図12】図12は、サンプル群と故障情報とを、機番及び日付情報で関連付けて生成されたサンプル群の一覧表である。

【図13】サンプルを構成する複数の変数と、遺伝的アルゴリズムで用いられる染色体の遺伝子との対応を示す図である。

【図14】図14は、実施例3によるショベルの異常検出方法で用いられる遺伝的アルゴリズムのフローチャートである。

40

【図15】遺伝的アルゴリズムで染色体の評価を行う処理の流れ、及び用いられるデータを示す図である。

【図16】図16は、実施例4によるショベルの異常検出方法で使用されるデータ及び異常検出方法の処理の流れを示す図である。

【図17】図17は、実施例4による方法で選定された着目変数を示す図表である。

【図18】図18は、各変数が、ショベルの個体ごとの着目変数リストに選定される頻度を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

[実施例1]

50

図 1 に、実施例 1 によるシヨベル管理装置の概略ブロック図を示す。シヨベル管理装置 20 は、処理装置 21、故障情報記憶装置 22、サンプルデータ記憶装置 23、入力装置 24、及び出力装置 25 を含む。複数のシヨベル 26 の各々が、稼働状態または周囲の環境の稼働条件に依存する複数の項目（変数）を計測する。シヨベル 26 で計測された種々の変数の検出値が、電気通信回線 28 を経由して、入力装置 24 に入力される。なお、入力装置 24 として、オペレータが操作するキーボード、リムーバブル記憶装置からデータを読み取る入力インタフェース等を用いてもよい。

#### 【0010】

処理装置 21 は、入力装置 24 から入力された種々の変数の検出値をサンプルデータ記憶装置 23 に記憶させるとともに、シヨベルの異常検出処理を行う。故障情報記憶装置 22 に、過去の故障事例の情報が記憶されている。故障事例の情報には、シヨベルの個体を特定する機番、故障発生の日付情報、及び故障内容等が含まれる。処理装置 21 は、異常検出結果を、出力装置 25 に出力する。出力装置 25 には、例えば画像表示装置、発音装置等が用いられる。

10

#### 【0011】

図 2 に、シヨベルから収集されたサンプルの一例を示す。サンプルの各々は、シヨベルの機番、検出値を取得した日付情報、及び複数の変数の検出値で構成される。稼働条件に依存する変数には、例えば環境に依存する変数、及び運転状況に依存する変数が含まれる。環境に依存する変数として、例えば大気圧（変数 A）、吸気温度（変数 B）等が挙げられる。運転状況に依存する変数として、例えば機械負荷（変数 C）、走行時間比率（変数 D）等が挙げられる。図 2 は、例えば機番 1 のシヨベルから 2012 年 4 月 1 日に収集された変数 A ~ 変数 G の検出値が、それぞれ  $x(1, 1) \sim x(1, 7)$  であることを示している。変数の数は、一般的に 100 以上である。

20

#### 【0012】

図 3 に、実施例 1 によるシヨベルの異常検出方法の処理の流れ、及び用いられるデータを示す。ステップ ST1 において、処理装置 21（図 1）がシヨベルからサンプルを収集し、サンプルデータ記憶装置 23（図 1）に記憶させる。これにより、シヨベル管理装置 20 に複数のサンプルからなるサンプル群 30 が準備される。ステップ ST2 において、複数のサンプルを、変数の検出値の類似の程度に基づいて複数のサンプル群に分類する。

#### 【0013】

30

図 4 A を参照して、複数のサンプルの分類方法の一例について説明する。図 4 A は、変数 A（大気圧）及び変数 B（吸気温度）に着目したサンプルの分布図を示す。大気圧が低い領域に分布するサンプルは、例えば高地での作業を示唆する。吸気温度が低い領域に分布するサンプルは、例えば寒冷地での作業を示唆する。このように、作業環境が異なると、作業環境に応じて変数の検出値が異なる場合がある。例えば、大気圧が 50 kPa 未満で、かつ吸気温度が 0 未満のサンプルを第 1 のサンプル群 31 に分類する。吸気温度が 50 以上のサンプルを第 3 のサンプル群 33 に分類する。第 1 及び第 2 のサンプル群 31、33 のいずれにも含まれないサンプルを、第 2 のサンプル群 32 に分類する。第 1 のサンプル群 31 に分類されたサンプルが収集された環境は、高地でかつ低温の過酷なものである。第 3 のサンプル群 33 に分類されたサンプルが収集された環境は、気温 50 以上

40

#### 【0014】

図 4 B 及び図 4 C を参照して、分類方法の他の例について説明する。図 4 B は、機械負荷を示す変数 C のデータ形式の一例を示す。機械負荷率 0% から 100% までの範囲が 10 段階に区分され、各区分ごとに、当該区分の機械負荷率で稼働した時間  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $\dots$  が格納される。例えば、機械負荷率 70 ~ 80%、80 ~ 90%、90 ~ 100% で稼働した時間  $t_8$ 、 $t_9$ 、 $t_{10}$  を加算すると、機械負荷率 70% 以上で稼働した時間  $t(C70)$  を算出することができる。

図 4 C は、変数 C（機械負荷）に着目したサンプルの分布図を示す。図 4 C の横軸は、70% 以上の機械負荷率で動作している時間を表し、縦軸は頻度（サンプルの個数）を表

50

す。図4Cに示した例では、70%以上の機械負荷率で動作している時間が2～3時間の頻度が最も高いことを示している。例えば、70%以上の機械負荷率で動作している時間が5時間以上のサンプル、1～5時間のサンプル、及び1時間未満のサンプルを、それぞれ第1のサンプル群31、第2のサンプル群32、及び第3のサンプル群33に分類する。第1のサンプル群31に分類されたサンプルが収集された稼働条件は、例えば硬い岩盤の掘削等、機械負荷が過酷な稼働条件である。

【0015】

図4Aでは、変数A及び変数Bに着目してサンプルを分類し、図4Cでは、変数Cに着目してサンプルを分類したが、図2に示した変数D（走行時間比率）に着目してサンプルを分類してもよいし、その他の変数に着目してサンプルを分類してもよい。

10

【0016】

図3に示すように、サンプル群30に含まれる複数のサンプルが、第1のサンプル群31、第2のサンプル群32、及び第3のサンプル群33のいずれかに分類される。図5Aに、複数のサンプルを分類した後のサンプルの一覧を示す。図5Aに示した例では、サンプル番号1、5、7のサンプルが第1のサンプル群31に分類され、サンプル番号4のサンプルが第2のサンプル群32に分類され、サンプル番号2、3、8、9、10のサンプルが第3のサンプル群33に分類されている。

【0017】

図3に示したステップST3において、評価対象のショベルから、評価対象サンプル35を収集する。図5Bに、評価対象サンプル35のデータ構造を示す。評価対象サンプル35の変数A～変数Gの検出値は、 $y(1) \sim y(7)$ である。ステップST4において、評価対象サンプル35が属するサンプル群を決定する。図3及び図5Bに示した例では、評価対象サンプル35が第1のサンプル群31に属する。

20

【0018】

ステップST5において、評価対象サンプル35が属する第1のサンプル群31の複数のサンプルから、ショベルが正常に動作している期間に収集されたサンプルのみを抽出する。正常に動作している期間に収集されたサンプルのみを含むサンプル群を標準サンプル群34ということとする。

【0019】

ステップST6において、標準サンプル群34を基準として、評価対象サンプル35を評価する。評価方法として、種々の多変量解析手法を適用することができる。この評価により、評価対象サンプル35が、標準サンプル群34内で異常であるか否か、すなわち評価対象のショベルに異常が発生しているか否かが評価される。評価結果を、出力装置25から出力する。

30

【0020】

なお、ステップST2での分類前に、全体のサンプル群30から故障時のサンプルを取り除き、正常動作時のサンプルのみを分類の対象としてもよい。この場合には、第1のサンプル群31に正常動作時のサンプルのみが含まれる。このため、ステップST5を省略し、第1のサンプル群31を標準サンプル群として用いることができる。

【0021】

図6に、変数kに着目したサンプルの分布図（ヒストグラム）の一例を示す。図6の太線34は、標準サンプル群34に属する複数のサンプルの分布を示し、破線30は、全体のサンプル群30に属する複数のサンプルの分布を示す。評価対象サンプル35の変数kの検出値は $y(k)$ である。全体のサンプル群30の分布を判定の基準とすると、変数kの検出値 $y(k)$ は異常な値ではなく、一般的な値であると考えられる。ところが、標準サンプル群34の分布を判定の基準とすると、変数kの検出値 $y(k)$ は、最頻度を示す値から大きく外れた異常値であることがわかる。

40

【0022】

図6に示したように、評価対象サンプル35を評価する際に、全体のサンプル群30を評価基準として用いると、評価対象サンプル35の変数kの検出値 $y(k)$ が異常である

50

ことを見逃してしまう。実施例 1 では、予め、全体のサンプル群 30 が、複数のサンプル群 31 ~ 33 に分類されている。評価対象サンプル 35 は、評価対象サンプル 35 が計測された環境や動作条件と類似する標準サンプル群 34 が評価基準として用いられる。このため、異常の見逃しを低減することができる。

【 0 0 2 3 】

[ 実施例 2 ]

図 7 を参照して、実施例 2 によるショベルの異常検出方法について説明する。実施例 2 では、図 3 に示したステップ S T 6 の評価方法が具体化される。

【 0 0 2 4 】

ステップ S A 1 において、標準サンプル群 34 ( 図 3 ) に基づいて、マハラノビスタグチ法で用いられる単位空間を生成する。ステップ S A 2 において、単位空間の中心から、評価対象サンプル 35 ( 図 3 ) までのマハラノビス距離 M D を算出する。マハラノビス距離 M D を算出する際に、サンプルを構成するすべての変数 ( 図 2 ) を用いてもよいし、一部の変数のみを用いてもよい。

【 0 0 2 5 】

ステップ S A 3 において、算出されたマハラノビス距離が、閾値より大きいかな否かを比較する。マハラノビス距離 M D が閾値以下である場合、ステップ S A 4 において、評価対象サンプル 35 は正常であると判定する。マハラノビス距離 M D が閾値より大きい場合、ステップ S A 5 において、評価対象サンプル 35 は異常であると判定する。

【 0 0 2 6 】

実施例 2 のように、評価対象サンプル 35 が正常であるか異常であるかの評価を行う手法として、マハラノビスタグチ法を用いることが有効である。

【 0 0 2 7 】

[ 実施例 3 ]

図 8 ~ 図 1 5 を参照して、実施例 3 によるショベルの異常検出方法について説明する。実施例 1 では、図 3 に示したステップ S T 6 で、サンプルを構成するすべての変数 A、B、C、・・・ ( 図 2 ) に着目して評価を行った。実施例 3 では、複数の変数から一部の変数のみを用いて評価を行う。

【 0 0 2 8 】

図 8 に示すように、サンプル群 30、故障情報 40、及び評価対象サンプル 35 が準備されている。サンプル群 30 及び評価対象サンプル 35 は、実施例 1 で取り扱ったサンプル群 30 及び評価対象サンプル 35 ( 図 3 ) と同一のものである。図 3 に示した実施例 1 の方法と同様に、サンプル群 30 から標準サンプル群 34 を生成する。故障情報 40 は、ショベルに生じた過去の故障事例を含んでいる。故障事例の各々は、ショベルの機番、故障の発生した日付情報、及び故障内容を含む。

【 0 0 2 9 】

ステップ S T 1 0 において、サンプル群 30 に含まれる各サンプルを構成する複数の変数から一部の変数を選定する。選定された変数を着目変数 50 ということとする。

【 0 0 3 0 】

図 9 に、選定された着目変数 50 の一例を示す。サンプル群 30 ( 図 8 ) の各サンプルは、機番、日付情報、変数 A、B、C、・・・の検出値を含む。一例として、複数の変数のうち、変数 E、H、J、L、M、P、・・・が除かれ、変数 A、B、C、D、F、G、I、K、N、O が着目変数 50 として選定されている。

【 0 0 3 1 】

図 1 0 A 及び図 1 0 B に、それぞれ着目変数 50 を明示した標準サンプル群 34 の一覧、及び評価対象サンプル 35 の一例を示す。図 1 0 A に示すように、標準サンプル群 34 の複数のサンプルは、実施例 1 のステップ S T 2 ( 図 3 ) で分類される手法と同一の手法で、複数のサンプル群に分類されている。標準サンプル群 34 は、第 1 のサンプル群 31 ( 図 3 ) に分類されたサンプル番号 1、5、7、・・・のサンプルを含む。着目変数 50 として、変数 A、B、C、D、F、G、I、K、O、・・・が選定されている。図 1 0 B

10

20

30

40

50

に示すように、評価対象サンプル35においても、着目変数50として、変数A、B、C、D、F、G、I、K、O、・・・が選定される。

【0032】

ステップST12において、標準サンプル群34を評価基準とし、着目変数50のみを用いて、評価対象サンプル35の評価を行う。この評価は、実施例1で採用されたステップST6(図3)の評価手法、または実施例2で採用された評価手法(図7)と同一である。評価後に、ステップST13において、出力装置25(図1)に評価結果を出力する。

【0033】

図11~図15を参照して、ステップST10(図8)において複数の変数から一部の着目変数を選定する方法について説明する。

10

【0034】

図11に示すように、ステップST20において、サンプル群30と故障情報40とを、機番及び日付情報で関連付けて結合する。これにより、故障情報に含まれている故障内容を変数として含むサンプル群41が得られる。

【0035】

図12に、変数として故障内容を含むサンプル群の一覧を示す。各サンプルは、機番、日付情報、変数A、B、C、・・・、及び故障内容を含む。故障内容の変数は、各サンプルの機番の変数で特定されるシヨベルにおいて、日付情報で特定される日に発生した故障の内容を示している。故障内容の変数に「0」が設定されているサンプルは、故障が発生していないことを示している。

20

【0036】

図11のステップST21において、変数として故障内容を含むサンプル群41の複数のサンプルを、第1~第3の故障内容含有サンプル群42~44のいずれかに分類する。分類の手法は、実施例1で用いたステップST2(図3)の手法と同一である。

【0037】

ステップST22において、評価対象サンプル35(図8)の属するサンプル群を決定する。この決定手法は、実施例1で用いたステップST4(図3)の手法と同一である。図11では、評価対象サンプル35が、第1の故障情報含有サンプル群42に属する例を示している。

30

【0038】

ステップST23において、第1の故障情報含有サンプル群42のサンプルのうち故障内容に「0」が設定されているものを、正常時サンプル群45に分類し、故障内容に何らかの故障が設定されているものを、故障時サンプル群46に分類する。正常時サンプル群45及び故障時サンプル群46に基づいて、遺伝的アルゴリズムを適用することにより、着目変数を選定する。

【0039】

図13に、遺伝的アルゴリズムで用いる染色体(個体)60の遺伝子61を示す。複数の遺伝子61は、それぞれサンプル群30(図11)に含まれるサンプルを構成する複数の変数に対応する。遺伝子は、「採用」、「不採用」の2値を取り得る。例えば、「1」及び「0」を、それぞれ「採用」及び「不採用」と定義する。

40

【0040】

図14に、実施例3で用いる遺伝的アルゴリズムのフローチャートを示す。ステップSB1において染色体60の初期解(初期世代)を生成する。初期世代の複数の染色体60の各遺伝子の値は、ランダムに設定してもよいし、着目変数として採用すべきと考えられる変数に対応する遺伝子61に「採用」を設定した染色体60の数を多くしてもよい。ステップSB2において、染色体60の各々の評価を行う。

【0041】

図15を参照して、ステップSB2の詳細な手順を説明する。ステップSB21において、複数の染色体から1つの染色体60を、評価対象として選定する。評価対象の染色体

50



60で「採用」の値を持つ遺伝子に対応する変数のみを用いて、正常時サンプル群45に含まれるサンプルに基づいて単位空間を生成する。

【0042】

ステップSB22において、故障時サンプル群46の複数の故障時サンプルの各々について、単位空間47の中心からのマハラノビス距離48を算出する。ステップSB23において、故障時サンプルの各々のマハラノビス距離48と、マハラノビス距離の閾値49とを比較する。閾値49を超えるマハラノビス距離を持つ故障時サンプルの数に基づいて、染色体60の適合度を決定する。

【0043】

閾値49を超えるマハラノビス距離を持つ故障時サンプルの数が多いということは、故障時サンプルを、正常時サンプルから区別しやすいことを意味する。従って、閾値49を超えるマハラノビス距離を持つ故障時サンプルの数が多い染色体ほど、適合度を高くする。

10

【0044】

図14に示すステップSB3において、複数の染色体60から、適合度の高い染色体を選択する。なお、選択方法として、エリート選択、ルーレット選択等の手法を適用してもよい。ステップSB4において、選択された複数の染色体60に対して、交叉または突然変異を生じさせることにより、新しい染色体を生成する。ステップSB5において、終了条件を満たすか否かを判定する。一例として、染色体の世代が、予め定められている世代に達した場合に、終了条件を満たす。

20

【0045】

終了条件を満たさない場合は、ステップSB6において、染色体の世代更新を行う。具体的には、ステップSB3で選択された染色体を残し、選択されなかった染色体を削除する。さらに、ステップSB4で交叉または突然変異によって生成された新しい染色体を、新しい世代の染色体として加える。新しい世代の染色体に基づいて、ステップSB2からステップSB5までの手順を繰り返す。

【0046】

ステップSB5で終了条件を満たすと判定された場合には、ステップSB7において、最終世代の染色体に基づいて、複数の変数から選定する着目変数の組み合わせを決定する。一例として、最終世代の染色体のうち、最も適合度の高い染色体において、「採用」の

30

【0047】

実施例3では、故障時のサンプルを異常と判定し易くなる変数を着目変数として用いているため、評価対象サンプル35の異常を、よりの確に異常と判定することができる。

【0048】

[実施例4]

図16～図18を参照して、実施例4によるショベルの異常検出方法について説明する。以下、実施例3との相違点について説明し、同一の構成については説明を省略する。実施例3では、図8に示したステップST10において、ショベルの機番を区別することなく1つのサンプル群として、着目変数50を選定した。このため、図10Aに示したように、ショベルの機番によらず、稼働条件に依存する複数の変数から同一の着目変数50が選定された。実施例4では、ショベルの機番(個体)ごとに着目変数を選定する。

40

【0049】

図16に、稼働条件に依存する複数の変数から、着目変数を選定する処理と、データとの関係を示す。着目変数を選定するにあたって、図8に示した実施例3と同様に、サンプル群30、及び故障情報40のデータを利用する。サンプル群30に格納された各サンプルは、図2に示したように、ショベルの機番(個体)を識別する情報を含んでいる。従って、複数のサンプルを、機番ごとに分類して、機番ごとのサンプルリストを生成することができる。同様に、故障情報40から、機番ごとの故障情報リストを生成することができる。

50

## 【 0 0 5 0 】

ステップ S T 3 0 において、稼働条件に依存する複数の変数 A、B、C、D、・・・(図 2) から、ショベルの機番ごとに着目変数を選定する。着目変数を選定する方法として、例えば、図 1 1 ~ 図 1 5 を参照して説明した実施例 3 の方法と同一の方法を適用することができる。ただし、実施例 4 の場合には、機番  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) の着目変数を選定する処理では、サンプル群 3 0 の複数のサンプルのうち、機番  $i$  のサンプルリストのみを用い、故障情報 4 0 に蓄積された複数の故障情報のうち、機番  $i$  の故障情報リストのみを用いる。これにより、機番 1 の着目変数リスト 5 0 A、機番 2 の着目変数リスト 5 0 B、機番 3 の着目変数リスト 5 0 C、・・・が選定される。機番 1 の着目変数リスト 5 0 A と、機番 2 の着目変数リスト 5 0 B とは、同一であるとは限らない。

10

## 【 0 0 5 1 】

図 1 7 に、ステップ S T 3 0 (図 1 6) で選定された着目変数の一例を、表形式で示す。図 1 7 では、着目変数として選定されなかった変数を網掛けで示し、着目変数として選定された変数を白抜きで示す。図 1 7 に示した例では、変数 A、B、C、D、F、G、I、K、O 等が、機番 1 の着目変数リスト 5 0 A に含まれ、変数 A、C、D、E、I、J、M、O、P 等が、機番 2 の着目変数リスト 5 0 B に含まれ、変数 A、B、C、D、F、G、J、K、L 等が、機番 3 の着目変数リスト 5 0 C に含まれる。このように、ショベルの機番が異なると、選定される着目変数も異なる。

## 【 0 0 5 2 】

ステップ S T 3 1 (図 1 6) において、機番ごとに選定された着目変数リスト 5 0 A、5 0 B、5 0 C・・・から、共通着目変数 5 1 を抽出する。次に、図 1 8 を参照して、ステップ S T 3 1 で、共通着目変数 5 1 を抽出する方法について説明する。稼働条件に依存する複数の変数の各々について、機番ごとの着目変数リスト 5 0 A、5 0 B、5 0 C・・・に選定される頻度を求める。

20

## 【 0 0 5 3 】

図 1 8 に、各変数が、機番ごとの着目変数リスト 5 0 A、5 0 B、5 0 C・・・に選定される頻度を示す。横軸は、稼働条件に依存する変数を表し、縦軸は、着目変数として選定された頻度(回数)を表す。横軸の変数は、選定された頻度が多い順番に並び替えられている。着目変数として選定された頻度に基づいて、複数の着目変数から一部の着目変数を、共通着目変数として採用する。一例として、着目変数として選定された頻度の多い変数を優先的に、共通着目変数として採用する。図 1 8 では、頻度の多い変数から順番に、複数(例えば 5 0 個)の変数を共通着目変数 5 1 として採用した場合を示す。

30

## 【 0 0 5 4 】

ステップ S T 3 2 (図 1 6) において、標準サンプル群 3 4 を評価基準とし、共通着目変数 5 1 を用いた評価モデルで、評価対象サンプル 3 5 を評価する。標準サンプル群 3 4 及び評価対象サンプル 3 5 は、それぞれ実施例 3 で用いた標準サンプル群 3 4 及び評価対象サンプル 3 5 (図 8) と同じものである。ステップ S T 3 2 の処理は、実施例 3 のステップ S T 1 2 (図 8) の処理と同一である。

## 【 0 0 5 5 】

ステップ S T 3 3 において、ステップ S T 3 2 で行った評価結果を出力する。ステップ S T 3 3 の処理は、実施例 3 のステップ S T 1 3 (図 8) の処理と同一である。

40

## 【 0 0 5 6 】

実施例 4 では、判定結果への影響が小さい着目変数が、評価モデルから事前に排除される。評価結果への影響度が大きいと考えられる共通着目変数を用いた評価モデルで、評価対象サンプルの評価が行われる。このため、より少ない着目変数で、精度の高い評価を行うことができる。

## 【 0 0 5 7 】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

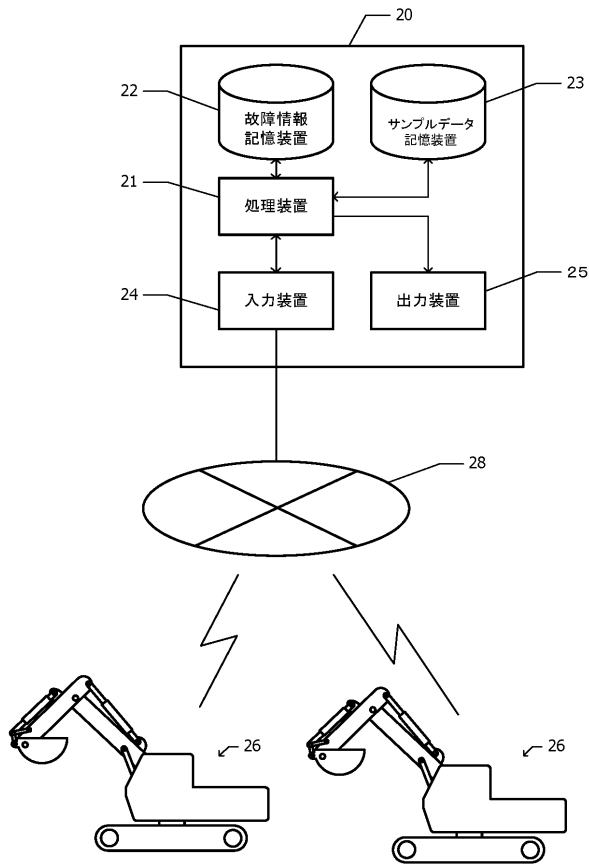
## 【 符号の説明 】

50

## 【 0 0 5 8 】

2 0	シヨベル管理装置	
2 1	処理装置	
2 2	故障情報記憶装置	
2 3	サンプルデータ記憶装置	
2 4	入力装置	
2 5	出力装置	
2 6	シヨベル	
2 8	電気通信回線	
3 0	サンプル群	10
3 1	第 1 のサンプル群	
3 2	第 2 のサンプル群	
3 3	第 3 のサンプル群	
3 4	標準サンプル群	
3 5	評価対象サンプル	
4 0	故障情報	
4 1	変数として故障情報を含むサンプル群	
4 2	第 1 の故障内容含有サンプル群	
4 3	第 2 の故障内容含有サンプル群	
4 4	第 3 の故障内容含有サンプル群	20
4 5	正常時サンプル群	
4 6	故障時サンプル群	
4 7	単位空間	
4 8	マハラノビス距離	
4 9	マハラノビス距離の閾値	
5 0	着目変数	
5 0 A、5 0 B、5 0 C	機番ごとの着目変数リスト	
5 1	共通着目変数	

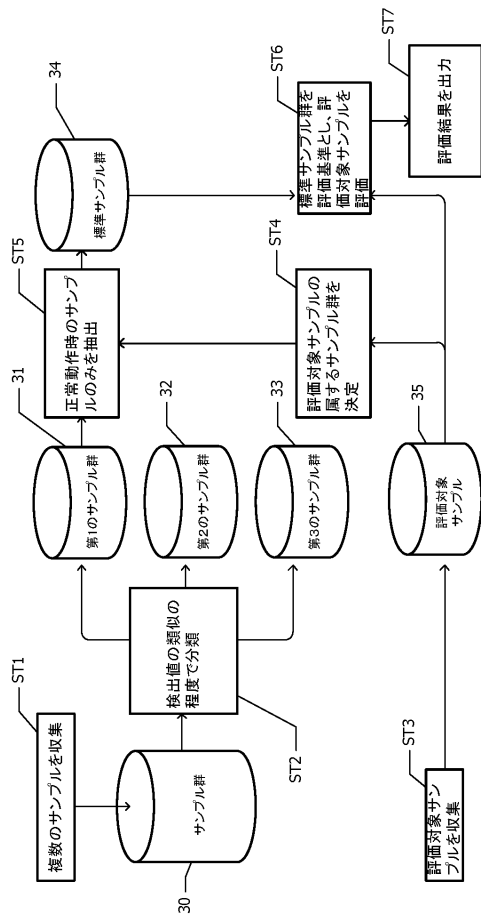
【図1】



【図2】

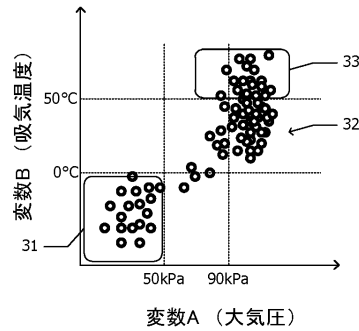
サンプル番号	機番	日付	変数A (大気圧)	変数B (吸気温度)	変数C (機械負荷)	変数D (走行時間比率)	変数E	変数F	変数G
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	1	2012年4月1日	x(1.1)	x(1.2)	x(1.3)	x(1.4)	x(1.5)	x(1.6)	x(1.7)
2	1	2012年4月2日	x(2.1)	x(2.2)	x(2.3)	x(2.4)	x(2.5)	x(2.6)	x(2.7)
3	1	2012年4月30日	x(3.1)	x(3.2)	x(3.3)	x(3.4)	x(3.5)	x(3.6)	x(3.7)
4	2	2012年4月1日	x(4.1)	x(4.2)	x(4.3)	x(4.4)	x(4.5)	x(4.6)	x(4.7)
5	2	2012年4月2日	x(5.1)	x(5.2)	x(5.3)	x(5.4)	x(5.5)	x(5.6)	x(5.7)
6	2	2012年4月30日	x(6.1)	x(6.2)	x(6.3)	x(6.4)	x(6.5)	x(6.6)	x(6.7)
7	2	2012年4月1日	x(7.1)	x(7.2)	x(7.3)	x(7.4)	x(7.5)	x(7.6)	x(7.7)
8	3	2012年3月27日	x(8.1)	x(8.2)	x(8.3)	x(8.4)	x(8.5)	x(8.6)	x(8.7)
9	3	2012年3月28日	x(9.1)	x(9.2)	x(9.3)	x(9.4)	x(9.5)	x(9.6)	x(9.7)
10	3	2012年3月29日	x(10.1)	x(10.2)	x(10.3)	x(10.4)	x(10.5)	x(10.6)	x(10.7)

【図3】



【図4】

(4A)

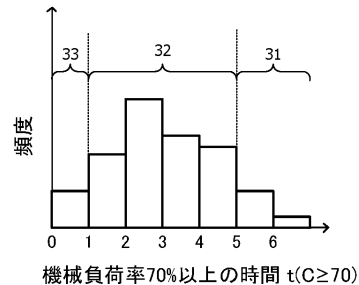


(4B)

変数C (機械負荷率)	
機械負荷率	0-10% 10-20% ... 70-80% 80-90% 90-100%
稼働時間	t1 t2 ... t8 t9 t10

$$t(C \geq 70) = t8 + t9 + t10$$

(4C)

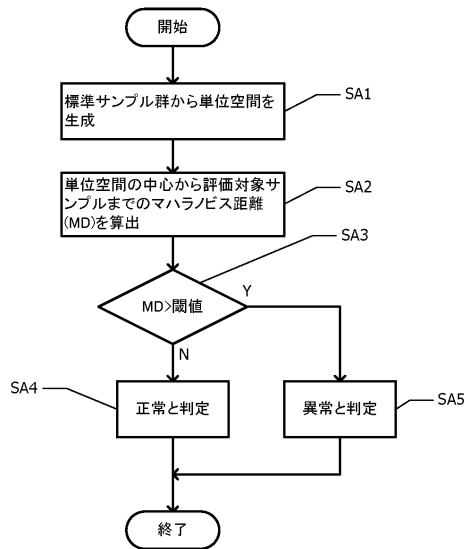


【図5】

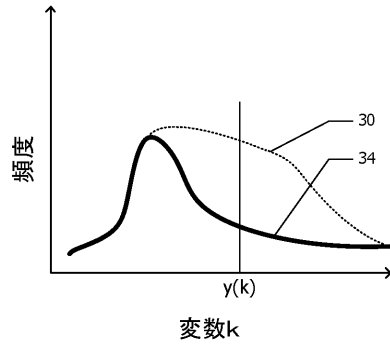
サンプル番号	機番	日付	変数A (大気圧) x(1,1)	変数B (吸気温度) x(1,2)	変数C (機構負荷) x(1,3)	変数D (走行時間比率) x(1,4)	変数E	変数F	変数G	サンプル群
1	1	2012年4月1日	x(1,1)	x(1,2)	x(1,3)	x(1,4)	x(1,5)	x(1,6)	x(1,7)	1
2	1	2012年4月2日	x(2,1)	x(2,2)	x(2,3)	x(2,4)	x(2,5)	x(2,6)	x(2,7)	1
3	1	2012年4月3日	x(3,1)	x(3,2)	x(3,3)	x(3,4)	x(3,5)	x(3,6)	x(3,7)	1
4	1	2012年4月4日	x(4,1)	x(4,2)	x(4,3)	x(4,4)	x(4,5)	x(4,6)	x(4,7)	1
5	2	2012年4月1日	x(5,1)	x(5,2)	x(5,3)	x(5,4)	x(5,5)	x(5,6)	x(5,7)	1
6	2	2012年4月2日	x(6,1)	x(6,2)	x(6,3)	x(6,4)	x(6,5)	x(6,6)	x(6,7)	1
7	2	2012年4月3日	x(7,1)	x(7,2)	x(7,3)	x(7,4)	x(7,5)	x(7,6)	x(7,7)	1
8	2	2012年4月4日	x(8,1)	x(8,2)	x(8,3)	x(8,4)	x(8,5)	x(8,6)	x(8,7)	1
9	1	2012年4月1日	x(9,1)	x(9,2)	x(9,3)	x(9,4)	x(9,5)	x(9,6)	x(9,7)	1
10	1	2012年4月2日	x(10,1)	x(10,2)	x(10,3)	x(10,4)	x(10,5)	x(10,6)	x(10,7)	1

(5A) 30

【図7】

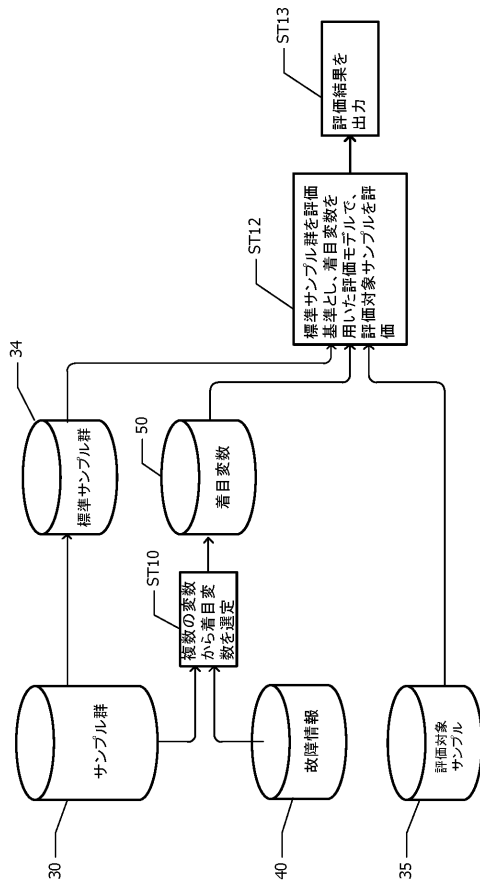


【図6】

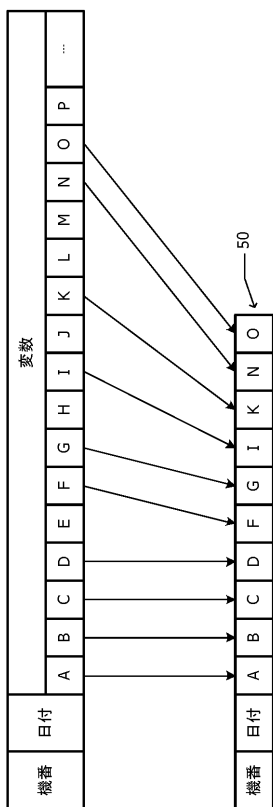


(5B) 35

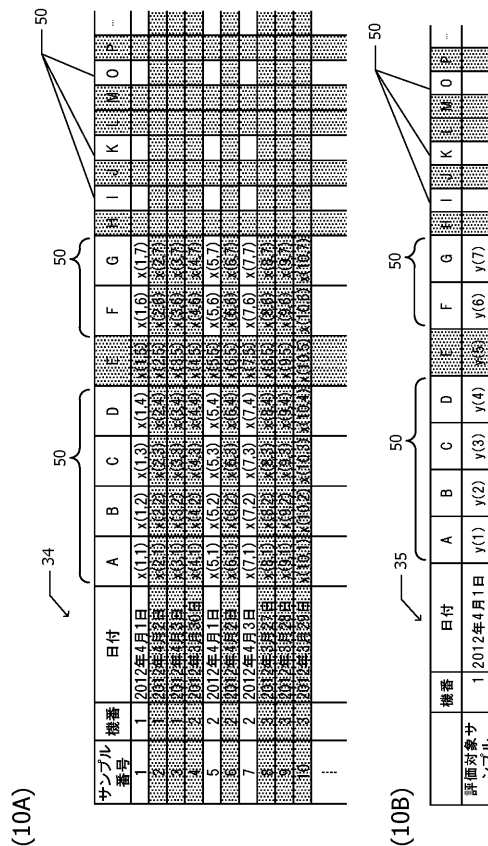
【図8】



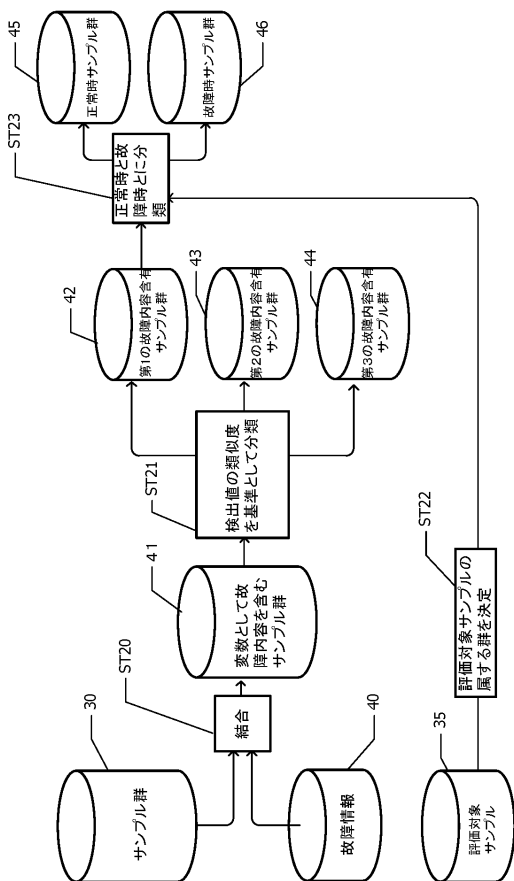
【図9】



【図10】



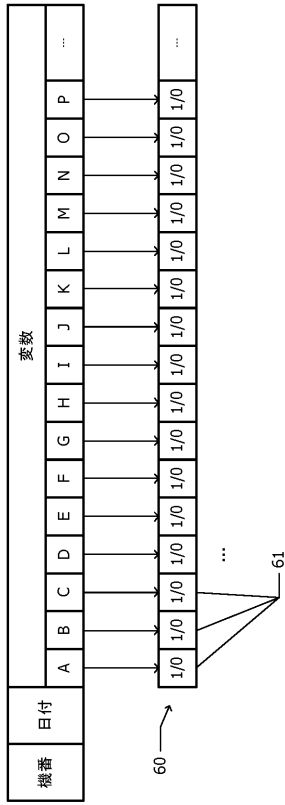
【図11】



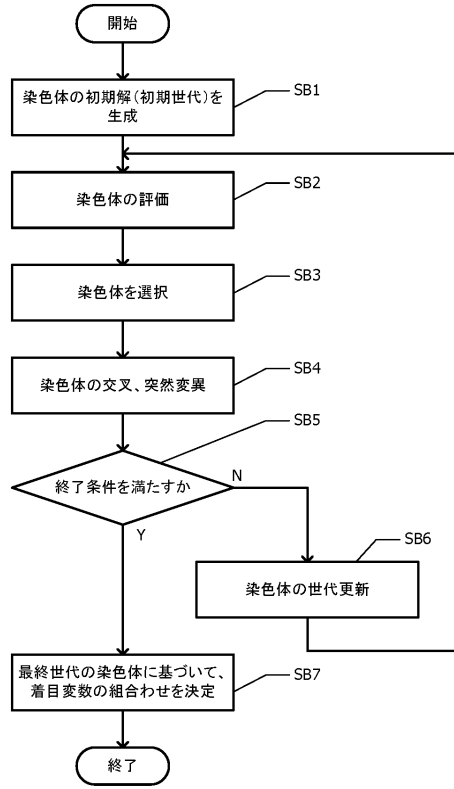
【図12】

サンプル番号	機番	日付	通常変数										故障内容
			変数A	変数B	変数C	変数D	変数E	変数F	変数G	変数H	変数I	変数J	
1	1	2012年4月1日	x(1.1)	x(1.2)	x(1.3)	x(1.4)	x(1.5)	x(1.6)	x(1.7)				0
2	1	2012年4月2日	x(2.1)	x(2.2)	x(2.3)	x(2.4)	x(2.5)	x(2.6)	x(2.7)				0
3	1	2012年4月3日	x(3.1)	x(3.2)	x(3.3)	x(3.4)	x(3.5)	x(3.6)	x(3.7)				0
4	2	2012年3月30日	x(4.1)	x(4.2)	x(4.3)	x(4.4)	x(4.5)	x(4.6)	x(4.7)				故障1
5	2	2012年4月1日	x(5.1)	x(5.2)	x(5.3)	x(5.4)	x(5.5)	x(5.6)	x(5.7)				0
6	2	2012年4月2日	x(6.1)	x(6.2)	x(6.3)	x(6.4)	x(6.5)	x(6.6)	x(6.7)				0
7	2	2012年4月3日	x(7.1)	x(7.2)	x(7.3)	x(7.4)	x(7.5)	x(7.6)	x(7.7)				故障2
8	3	2012年3月27日	x(8.1)	x(8.2)	x(8.3)	x(8.4)	x(8.5)	x(8.6)	x(8.7)				0
9	3	2012年3月28日	x(9.1)	x(9.2)	x(9.3)	x(9.4)	x(9.5)	x(9.6)	x(9.7)				0
10	3	2012年3月29日	x(10.1)	x(10.2)	x(10.3)	x(10.4)	x(10.5)	x(10.6)	x(10.7)				故障1

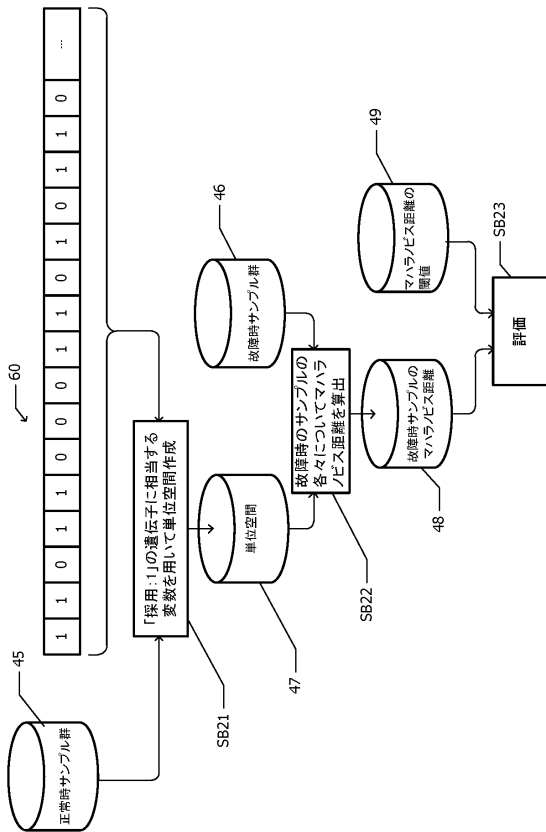
【図13】



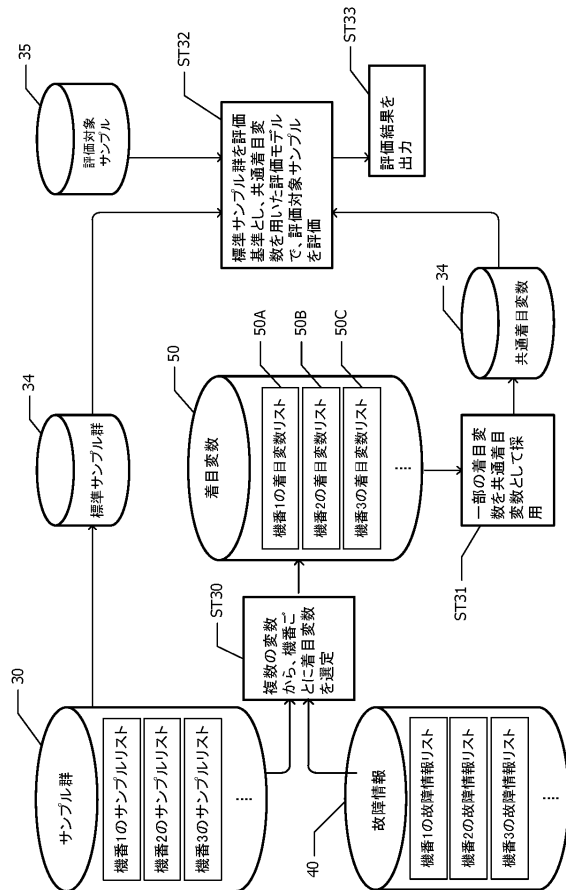
【図14】



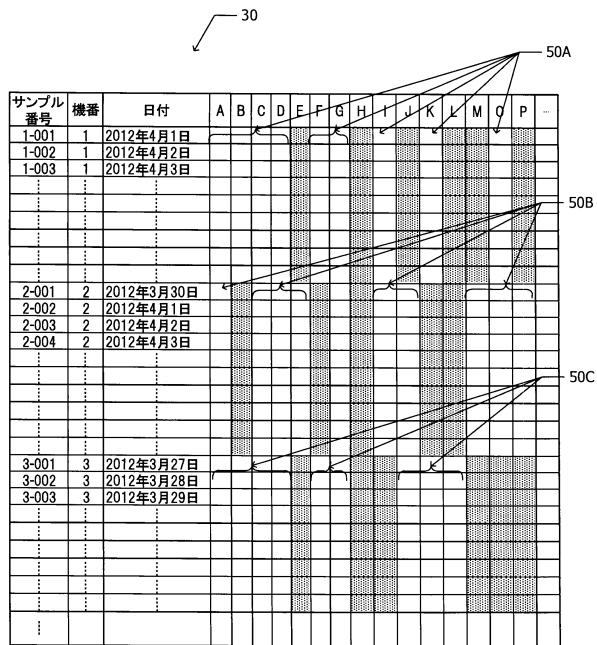
【図15】



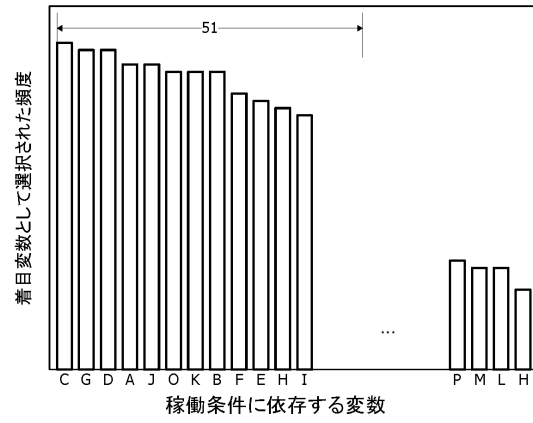
【図16】



【図17】



【図18】





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-257366(JP,A)  
特開2001-287516(JP,A)  
特開2011-074639(JP,A)  
特開2010-236302(JP,A)  
特開2006-011849(JP,A)  
特開2005-063385(JP,A)  
特開2007-293489(JP,A)  
特開平11-212637(JP,A)  
特開2011-008403(JP,A)  
特開2000-163393(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E02F 9/26  
E02F 9/20  
G05B 23/02