

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6715705号
(P6715705)

(45) 発行日 令和2年7月1日(2020.7.1)

(24) 登録日 令和2年6月11日(2020.6.11)

(51) Int.Cl. F I
G05B 19/418 (2006.01) G05B 19/418 Z

請求項の数 10 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2016-132179 (P2016-132179)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成28年7月4日(2016.7.4)	(74) 代理人	100098660 弁理士 戸田 裕二
(65) 公開番号	特開2018-5588 (P2018-5588A)	(72) 発明者	五十嵐 健人 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43) 公開日	平成30年1月11日(2018.1.11)	(72) 発明者	音田 浩臣 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	平成30年10月18日(2018.10.18)	(72) 発明者	石川 誠二 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不良原因探索システム、及び不良要因探索方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の製品の各々について、複数の品質データ項目及びその品質データを記憶する記憶部と、

前記各品質データ項目の品質データを用いて、前記各品質データ項目の優先順位を示す順位指標を算出する順位指標算出部と、

前記順位指標を用いて、前記複数の品質データ項目の探索順序及び探索範囲を決定する探索順序決定部と、

前記探索範囲に含まれる複数の品質データ項目の品質データを用いて、前記探索範囲から取り出した2つ以上の品質データ項目の組合せから、不良発生の組合せ原因を探索する組合せ原因探索部と、

前記探索した組合せ原因に係る品質データ項目を出力する出力部と、を有し

前記複数の製品は、良品及び不良品を含み、

前記順位指標算出部は、前記各品質データ項目について、前記品質データの分布を複数の区間に分けて、全区間の合計度数に対する各区間の相対度数と、前記各区間の不良品の数に基づいて前記良品の品質データの分布と前記不良品の品質データの分布の差異を求め、前記差異が大きいほど前記優先順位が高くなる前記順位指標を算出する不良原因探索システム。

【請求項2】

請求項1に記載の不良原因探索システムであって、

10

20

前記順位指標算出部は、前記各品質データ項目について、前記品質データの分布を複数の区間に分けて、全区間の合計度数に対する各区間の相対度数と、全不良品数に対する前記各区間の不良の相対度数とに基づいて前記差異を求める不良原因探索システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の不良原因探索システムであって、
前記複数の製品は、良品及び不良品を含み、
前記組合せ原因探索部は、前記品質データ項目の組合せについて、前記良品の品質データと前記不良品の品質データとの差異が有意であるか否かを判定し、有意と判定した当該組合せを前記組合せ原因として抽出する不良原因探索システム。

10

【請求項 4】

請求項 1 に記載の不良原因探索システムであって、
前記複数の品質データ項目の品質データを用いて、前記複数の品質データ項目から、不良発生の単一原因を探索する単一原因探索部を有し、
前記順位指標算出部は、前記探索した単一原因に係る品質データ項目を除いた品質データ項目について前記順位指標を算出し、
前記探索順序決定部は、前記探索した単一原因に係る品質データ項目を除いた品質データ項目について、前記探索順序及び前記探索範囲を決定する不良原因探索システム。

20

【請求項 5】

請求項 1 に記載の不良探索原因探索システムであって、
前記組合せ原因探索部は、2 つから所定の上限値までの前記品質データ項目の組合せから、前記組合せ原因を探索する不良原因探索システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の不良原因探索システムであって、
前記所定の上限値の設定をユーザーから受け付ける受付部を有する不良原因探索システム。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の不良原因探索システムであって、
前記出力部は、前記品質データ項目の組合せの要素数別に、前記組合せ原因に係る品質データ項目を出力する不良原因探索システム。

30

【請求項 8】

請求項 1 に記載の不良原因探索システムであって、
前記探索範囲に含めるべき前記品質データ項目の数の設定をユーザーから受け付ける受付部を有する不良原因探索システム。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の不良原因探索システムであって、
前記出力部は、前記組合せ原因のうち所定の条件を満たす組合せ原因を選択し、当該選択した組合せ原因に係る品質データ項目を、前記製品の製造装置により使用される製造情報を管理する製造情報管理システムに出力する不良原因探索システム。

40

【請求項 10】

不良原因探索システムにおける不良原因探索方法であって、
複数の製品の各々について、複数の品質データ項目及びその品質データを取得するステップと、
前記各品質データ項目の品質データを用いて、前記各品質データ項目の優先順位を示す

50

順位指標を算出するステップと、

前記順位指標を用いて、前記複数の品質データ項目の探索順序及び探索範囲を決定するステップと、

前記探索範囲に含まれる複数の品質データ項目の品質データを用いて、前記探索範囲から取り出した2つ以上の品質データ項目の組合せから、不良発生の組合せ原因を探索するステップと、

前記探索した組合せ原因に係る品質データ項目を出力するステップと、

前記複数の製品は、良品及び不良品を含み、前記各品質データ項目について、前記品質データの分布を複数の区間に分けて、全区間の合計度数に対する各区間の相対度数と、前記各区間の不良品の数に基づいて前記良品の品質データの分布と前記不良品の品質データの分布の差異を求めるステップと、

前記差異が大きいほど前記優先順位が高くなる前記順位指標を算出するステップとを含む

不良原因探索方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、不良原因探索システム、及び不良要因探索方法に関する。

【背景技術】

【0002】

工業製品は、各製造工程や各製造設備において不良原因となる項目について、製造部門の製造実績データ及び品質管理部門の計測データを含む、品質データを取得する。製品不良が疑われる場合に、製造メーカは、不良が発生した製品とその状態を示す不良データと当該製品の品質データとから、不良原因となる品質データ項目の探索を行う。そして、探索された不良原因について、さらに解析をおこない、不良原因を特定する。特定された不良原因から、製品不良の高いポテンシャルのある製品群を特定する。

【0003】

特許文献1には、不良原因が複数の品質データ項目の組合せ（組合せ原因）となる場合も探索可能とする技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-220978号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1の技術では、組合せ原因の探索範囲が不良品質データ項目数のべき乗のオーダーとなる。そのため、業務上の制約時間内に不良原因を探索することは困難である。

【0006】

本発明の目的は、複数の品質データ項目の組合せからなる不良原因の探索を短時間で高精度に行うことである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願は、上記課題の少なくとも一部を解決する手段を複数含んでいるが、その例を挙げるならば、以下のとおりである。

【0008】

複数の製品の各々について複数の品質データ項目及びその品質データを記憶する記憶部と、前記各品質データ項目の品質データを用いて前記各品質データ項目の優先順位を示す順位指標を算出する順位指標算出部と、前記順位指標を用いて前記複数の品質データ項目の探索順序及び探索範囲を決定する探索順序決定部と、前記探索範囲に含まれる複数の品

10

20

30

40

50

質データ項目の品質データを用いて前記探索範囲から取り出した2つ以上の品質データ項目の組合せから不良発生の組合せ要因を探索する組合せ要因探索部と、前記探索した組合せ要因に係る品質データ項目を出力する出力部と、を有する不良要因探索システム。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、組合せ原因の探索を短時間で高精度に行うことができる。

【0010】

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施形態に係る不良原因探索システムの構成とその他のシステムとの連携例を示す図である。

【図2】品質データベースのデータ構造例を示す図である。

【図3】不良原因探索システムを実現するコンピューターの構成例を示す図である。

【図4】不良原因探索システムが実行する処理の一例を示すフローチャートである。

【図5】単一原因の探索処理の一例を示すフローチャートである。

【図6】順位指標の算出処理の一例を示すフローチャートである。

【図7】順位指標の算出例を説明する図である。

【図8】探索順序の決定処理の一例を示すフローチャートである。

【図9】組合せ原因の探索処理の一例を示すフローチャートである。

【図10】組合せ原因の算出例を説明する図である。

【図11】設定画面の一例を示す図である。

【図12】探索結果画面の一例を示す図である。

【図13】組合せ原因の詳細画面の一例を示す図である。

【図14】変形例に係る不良原因探索システムの構成例を示す図である。

【図15】同一種の複数の部品を組み付ける工程を含む生産工程を示す概念図である。

【図16】同一種の複数の部品を組み付ける工程を含む生産工程を対象にする場合の、品質データベースのデータ構造例を示す図である。

【図17】本発明の一実施形態に係る修理支援システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について説明する。

【実施例1】

【0013】

図17は、本発明の実施形態に係る修理支援システムを示す図である。

【0014】

部品メーカーPMKは最終製品メーカーFMKに部品を出荷し、最終製品メーカーFMKは最終製品顧客CUSに最終製品を販売している。ここで、最終製品顧客CUSが購入した最終製品に製品不良を理由とする故障があったとする。

【0015】

最終製品顧客CUSは、まず、最終製品メーカーFMKに最終製品の修理を依頼することになる。

【0016】

最終製品メーカーFMKはその修理の過程で、製品不良の可能性がある場合に、不良情報を生成する。その製品不良が部品不良の可能性が高い場合には、不良部品情報31を生成する。その後、最終製品メーカーFMKは、通信ネットワーク（FAX、郵送などの他の情報伝達手段でもよい。以下「通信ネットワーク」と記載する場合は同様である。）を介して関係する部品メーカーPMKの営業部門または修理部門PMKS（以下、営業部門の例で説明するが、適宜修理部門に置換可能であることはいうまでもない。）へ送信する。

【0017】

10

20

30

40

50

さらに、営業部門PMKSは不良部品情報31を設計部門（または/および品質管理部門）PMKDに通信ネットワークを介して送信する。なお、以下、設計部門の例で説明するが、適宜品質管理部門に置換可能であることはいうまでもない。

【0018】

つぎに、製造部品部門PMKMは、製造実績情報21を設計部門PMKDに送信する。

【0019】

つぎに、設計部門PMKDは、製造実績情報21と不良部品情報31とから品質管理データを生成する。なお、製造実績情報21とは別のデータ（品質管理に必要なデータ）を品質管理部門などの他の部門が保持している場合には、当該データを当該部門から受信した上で、同様に品質データを生成する。

10

【0020】

設計部門PMKDは、不良部品情報31を用いて、良品と不良品のそれぞれの品質データを抽出し、不良原因探索システムで部品に対する不良原因の探索を行う。その後、設計部門PMKDは、探索された不良原因を用いて当該部品の不良原因を解析し、最終的な不良原因を特定する。最終的な不良原因が特定されることで、不良部品の対象範囲を、販売先毎に、型番、製造番号、製造時期などで特定する不良部品群情報41を生成する。

【0021】

不良部品群情報41は営業部門PMKSを経由して、販売先である最終製品メーカーFMKに通信ネットワークを介して送信される。このとき、不良部品情報31を送信した最終製品メーカーに限らず、不良部品群情報の販売先を含む他の販売先の最終製品メーカーFMKに伝達してもよい。

20

【0022】

最終製品メーカーFMKは、部品メーカーPMKから伝達された不良部品群情報41を用いて、最終製品ベースの不良原因を探索する。不良部品最終製品メーカーFMKは、最終製品ベースの不良原因をさらに解析することで、最終的な最終製品ベースの不良原因を特定し、対策をまとめた後、リコール情報42を最終顧客CUS及び必要に応じて行政機関GOVに伝達する。

【0023】

本実施態様では、部品メーカーPMKが不良原因探索システムを用いた場合について詳述しているが、最終製品メーカーFMKが部品を社内で製造している場合もあるので、最終製品メーカーFMKが最終製品及び部品に対して、上記不良原因探索システムを用いた不良原因探索を行うことも本発明の範囲内であることはいうまでもない。

30

【0024】

図1は、本発明の一実施形態に係る不良原因探索システムの構成とその他のシステムとの連携例を示す図である。

【0025】

本実施例は、不良原因探索システム1と、製造ライン2と、不良情報収集システム3とからなっている。これらは、通信ネットワークを介して接続されることで、システム的な連携が行えるように構成されている。

【0026】

不良原因探索システム1は、図17の例では、設計部門PMKDにより管理運営されている。

40

【0027】

製造ライン2は、1以上の製造装置を含み、図17の例では、製造部門PMKMにより管理運営されている。

【0028】

不良情報収集システム3は、図17の例では、営業部門PMKSにより管理運営されている。

【0029】

なお、管理運営の主体は、この態様に限るものでなく、これらの内の任意の部門であったり、別の部門が管理運営してもよい。また、不良原因探索システムが製造装置20や不

50

良入力装置 30 に組み込まれ、1 台の装置になってもよい。

【0030】

次に、不良原因探索システム 1 について説明する。

【0031】

不良原因探索システム 1 の基本構成は、制御部 10 と、記憶部 11 と、通信部 12 と、入力部 13 と、表示部 14 とを含むものである。

【0032】

制御部 10 は、不良原因探索システム 1 の動作を統合的に制御する。制御部 10 は、製造実績情報取得部 101 と、不良部品情報取得部 102 と、操作受付部 103 (「受付部」及び「出力部」にも相当する) と、単一原因探索部 104 と、順位指標算出部 105 と、探索順序決定部 106 と、組合せ原因探索部 107 とを含む。

10

【0033】

製造実績情報取得部 101 は、製造実績情報 21 を各製造装置 20 から通信部 12 を介して取得する。製造実績情報取得部 101 は、取得した製造実績情報 21 の少なくとも一部を、品質データとして、記憶部 11 の品質データベース 110 に格納する。製造実績情報取得部 101 は、製造実績情報 21 とは別のデータ (品質管理に必要なデータ) を品質管理部門などの他の部門が保持している場合には、当該データを品質管理部門から通信ネットワークを介して取得する。製造実績情報取得部 101 は、取得した品質管理用の計測データの少なくとも一部を、品質データとして、記憶部 11 の後述する品質データベース 110 にデータを格納する。製造実績情報取得部 101 は、例えば、日次、週次、月次などの所定タイミングで、製造実績情報 21 及び上記計測データを取得する。製造実績情報 21 は、例えば、製造装置 20 の識別子、当該製造装置 20 が処理した各製品の識別子、各製品のロット識別子、当該製造装置 20 が各製品について測定した測定値、等のデータを含む。

20

【0034】

不良部品情報取得部 102 は、不良部品情報 31 を不良入力装置 30 から通信部 12 を介して取得し、取得した不良部品情報 31 に基づいて記憶部 11 の品質データベース 110 にデータを格納する。不良部品情報取得部 102 は、発生した不良に関する情報 (不良が発見された部品 (以下、「不良品」ともいう。それ以外の部品は「良品」ともいう) の識別子、当該不良が発生した日時) を、不良部品情報 31 として取得する。

30

【0035】

操作受付部 103 は、組合せ原因の探索に関する操作をユーザーから受け付ける操作画面や、組合せ原因の探索結果を含む操作画面を表示部 14 に出力する。また、操作受付部 103 は、ユーザーの操作を入力部 13 を介して受け付ける。操作受付部 103 は、通信部 12 を介して通信可能な外部装置に操作画面を出力したり、当該外部装置からユーザーの操作を受け付けてもよい。

【0036】

単一原因探索部 104 は、後述する品質データベース 110 に格納されている複数の品質データ項目の品質データ (データ値) を用いて、不良の発生の単一原因に該当する品質データ項目を探索する。

40

【0037】

順位指標算出部 105 は、単一原因に該当する品質データ項目を除いた複数の品質データ項目について、これらの品質データ項目の品質データ (データ値) を用いて、優先順位を示す順位指標を算出する。

【0038】

探索順序決定部 106 は、順位指標算出部 105 により算出された順位指標を用いて、対象の複数の品質データ項目の探索順序及び探索範囲を決定する。探索範囲は、組合せ探索の対象となる品質データ項目の数である。

【0039】

組合せ原因探索部 107 は、探索順序決定部 106 により決定された探索範囲に含まれ

50

る複数の品質データ項目の品質データを用いて、探索範囲から取り出した2つ以上の品質データ項目の組合せから、不良の発生の組合せ原因を探索する。

【0040】

記憶部11は、制御部10が使用するデータやプログラムを格納する。記憶部11は、後述する品質データベース110を格納する。

【0041】

通信部12は、通信ネットワークに接続し、外部装置と情報の送受信を行う。

【0042】

入力部13は、ユーザーの操作の入力を受け付ける。

【0043】

表示部14は、操作画面などの情報を表示する。

【0044】

図2は、品質データベースのデータ構造例を示す図である。品質データベース110は、品質データテーブル111と、不良データテーブル112とを格納する。

【0045】

品質データテーブル111は、各製品に対応するデータ項目のレコードを格納する。データ項目は、製品ID111aと、製造ロットID111bと、製造実績データ111cと、不良フラグ111dとを含む。製品ID111aは、製品の識別子である。製造ロットID111bは、製品のロットの識別子である。製造実績データ111cは、製造実績情報取得部101により取得された製造実績情報21に含まれる製造データと、を用いて登録される。製造実績データ111cの品質データ項目は、当該製品を製造した製造工程、当該製品を製造した製造装置の識別子(装置ID)や、当該製品について測定された量的データや質的データなどの特性値、を含む。製造実績データ111cは、製造後に測定された複数の品質管理品質データ項目及びそのデータ値を予め含んでもよい。不良フラグ111dは、当該製品が不良品であるか否かを示すデータである。図2では、不良フラグ「1」は、不良品を示し、不良品フラグ「0」は、良品を示す。

【0046】

不良データテーブル112は、不良部品情報取得部102が不良部品情報31を取得することで生成される。不良データテーブル112は、不良が発見された各製品に対応するレコードである。各レコードは、製品ID112aと、不良発生日時112bとを含む。製品ID112aは、不良品の識別子である。製品ID112aは、製品ID111aと対応する。不良発生日時112bは、不良が発生した日時を示すデータである。不良部品情報取得部は、不良部品情報31に含まれる製品IDをキーにして、各不良品に対応するレコードを探索し、品質データテーブル111の不良データフラグ111dにフラグ(不良有「1」、不良無「2」)を登録する。

【0047】

図3は、不良原因探索システムを実現するコンピューターの構成例を示す図である。コンピューター9は、例えば、パーソナルコンピューターであるが、これに限らず、サーバーコンピューター、スマートフォン、タブレットコンピューター等の装置であってもよい。また、不良原因探索システム1は、複数のコンピューターにより構成されてもよい。

【0048】

コンピューター9は、例えば、演算装置91と、主記憶装置92と、外部記憶装置93と、出力装置94と、入力装置95と、通信装置96とを含む。

【0049】

演算装置91は、例えば、CPU(Central Processing Unit)である。主記憶装置92は、例えば、RAM(Random Access Memory)である。外部記憶装置93は、例えば、ハードディスクやSSD(Solid State Drive)、あるいはフラッシュROM(Read Only Memory)である。

【0050】

出力装置94は、例えば、ディスプレイ、プリンター、スピーカーである。入力装置9

10

20

30

40

50

5 は、例えば、キーボードやマウスなどのポインティングデバイス、タッチパネル、マイク、クロフォンである。通信装置 9 6 は、ネットワークケーブルを介して有線や無線を用いて情報を送受信する装置である。

【 0 0 5 1 】

制御部 1 0 は、例えば、演算装置 9 1 がプログラムを実行することによって実現することができる。このプログラムは、例えば、主記憶装置 9 2 又は外部記憶装置 9 3 内に記憶され、実行にあたって主記憶装置 9 2 上にロードされ、演算装置 9 1 によって実行される。記憶部 1 1 は、例えば、主記憶装置 9 2 及び外部記憶装置 9 3 の少なくとも一方によって実現される。記憶部 1 1 は、例えば、通信部 1 2 を介して接続されるネットワーク上のストレージにより実現されてもよい。

10

【 0 0 5 2 】

通信部 1 2 は、例えば、通信装置 9 6 によって実現される。入力部 1 3 は、例えば、入力装置 9 5 によって実現される。表示部 1 4 は、例えば、出力装置 9 4 によって実現される。

【 0 0 5 3 】

図 4 は、不良原因探索システムが実行する処理の一例を示すフローチャートである。品質データテーブル 1 1 1 及び不良データテーブル 1 1 2 には、レコードが格納されているものとする。ただし、不良フラグ 1 1 1 d には、値が設定されていないものとする。

【 0 0 5 4 】

制御部 1 0 は、図 4 に示すフローチャートの処理を開始する。例えば、処理を開始するための操作をユーザーから入力部 1 3 を介して受け付けることで開始する。具体的には、操作受付部 1 0 3 は、図 1 1 (設定画面の一例を示す図) に示すような操作画面 5 0 0 を表示部 1 4 に出力する。操作画面 5 0 0 は、入力欄 5 1 0 と、決定ボタン 5 2 0 と、表示欄 5 3 0 と、入力欄 5 4 0 ~ 5 6 0 と、開始ボタン 5 7 0 とを含む。入力欄 5 1 0 は、不良原因探索の対象期間を入力するための欄である。決定ボタン 5 2 0 は、対象期間に発生した不良に関する不良データを表示欄 5 3 0 に表示するためのボタンである。表示欄 5 3 0 は、対象期間に発生した不良に関する不良データを表示する欄である。入力欄 5 4 0 は、後述する有意水準を入力するための欄である。入力欄 5 5 0 は、後述する探索範囲を入力するための欄である。入力欄 5 6 0 は、後述する組み合わせの要素数 r の上限値 R を入力するための欄である。開始ボタン 5 7 0 は、探索処理を開始するためのボタンである。

20

30

【 0 0 5 5 】

操作受付部 1 0 3 は、決定ボタン 5 2 0 の操作を受け付けた場合、入力欄 5 1 0 に設定された対象期間を取得する。また、操作受付部 1 0 3 は、当該取得した対象期間内に不良発生日時 1 1 2 b が含まれるレコードを、不良データテーブル 1 1 2 から抽出し、表示欄 5 3 0 に出力する。これにより、ユーザーは、不良データの発生数などを確認しながら、対象期間を決めることができる。

【 0 0 5 6 】

操作受付部 1 0 3 は、開始ボタン 5 7 0 の操作を受け付けた場合、入力欄 5 1 0、入力欄 5 4 0 ~ 5 6 0 に設定されたデータを取得し、ステップ S 1 の処理を実行する。

【 0 0 5 7 】

まず、制御部 1 0 は、対象期間の不良データを品質データに反映する (ステップ S 1) 。本実施例では、操作受付部 1 0 3 が取得した不良発生日時 1 1 2 b が含まれる各レコードから、製品 ID 1 1 2 a を取得する。また、操作受付部 1 0 3 は、品質データテーブル 1 1 1 を参照し、取得した各製品 ID 1 1 2 a と対応する製品 ID 1 1 1 a を有するレコードを特定する。また、操作受付部 1 0 3 は、当該特定した各レコードの不良フラグ 1 1 1 d に「 1 (不良品) 」を設定し、他の各レコードの不良フラグ 1 1 1 d に「 0 (良品) 」を設定する。

40

【 0 0 5 8 】

次に、制御部 1 0 は、全ての品質データ項目から単一原因を探索する (ステップ S 2) 。本実施例の場合、単一原因探索部 1 0 4 は、品質データテーブル 1 1 1 の製造実績デー

50

タ 1 1 1 c に含まれる品質データ項目から、不良の発生の単一原因に該当する品質データ項目を探索する。ステップ S 2 の処理は、図 5 を参照して後に詳述する。

【 0 0 5 9 】

次に、制御部 1 0 は、順位指標を計算する（ステップ S 3）。本実施例の場合、順位指標算出部 1 0 5 は、ステップ S 2 で探索された単一原因に該当する品質データ項目を除いた複数の品質データ項目について、探索の優先順位を示す順位指標を算出する。ステップ S 3 の処理は、図 6 ~ 7 を参照して後に詳述する。

【 0 0 6 0 】

次に、制御部 1 0 は、要素数 r に初期値「2」を設定する（ステップ S 4）。要素数 r とは、組合せ原因探索において組合せのデータ項目数（2以上の自然数）である。

10

【 0 0 6 1 】

次に、制御部 1 0 は、要素数 r が上限値 R を超えるまで、ステップ S 6 ~ 8 の処理を繰り返す（ステップ S 5）。上限値 R は、要素数 r の上限値（2以上の自然数）である。上限値 R は、操作画面 5 0 0 の入力欄 5 6 0 に入力された値、あるいは、所定の初期値が設定される。

【 0 0 6 2 】

制御部 1 0 は、探索順序及び探索範囲を決定する（ステップ S 6）。本実施例では、探索順序決定部 1 0 6 が、ステップ S 3 で算出された順位指標を用いて、対象の複数の品質データ項目の探索順序及び探索範囲を決定する。ステップ S 6 の処理は、図 8 を参照して後に詳述する。

20

【 0 0 6 3 】

制御部 1 0 は、探索範囲に含まれる品質データ項目から組合せ原因を探索する（ステップ S 7）。本実施例では、組合せ原因探索部 1 0 7 が、ステップ S 6 で決定された探索範囲に含まれる複数の品質データ項目から、不良の発生の組合せ原因に該当する品質データ項目の組合せを探索する。ステップ S 7 の処理は、図 9 ~ 1 0 を参照して後に詳述する。

【 0 0 6 4 】

制御部 1 0 は、要素数 r を 1 インクリメントする（ステップ S 8）。

【 0 0 6 5 】

最後に、制御部 1 0 は、組合せ原因を表示する（ステップ S 9）。本実施例では、操作受付部 1 0 3 が、組合せ原因に関する処理結果を用いて、組合せ原因の探索結果を含む操作画面を表示部 1 4 に出力する。ステップ S 9 の処理は、図 1 2 ~ 1 3 を参照して後に詳述する。

30

【 0 0 6 6 】

図 5 は、単一原因の探索処理の一例を示すフローチャートである。図 5 は、図 4 のステップ S 2 の処理の詳細を示している。

【 0 0 6 7 】

まず、単一原因探索部 1 0 4 は、全ての品質データを取得する（ステップ S 2 1）。本実施例では、単一原因探索部 1 0 4 が、品質データテーブル 1 1 1 の製造実績データ 1 1 1 c に含まれる品質データ項目及びそのデータを取得する。なお、ステップ S 1 により、ステップ 2 の品質データテーブル 1 1 1 では、不良フラグ 111 d は既に入力されている。

40

【 0 0 6 8 】

次に、単一原因探索部 1 0 4 は、ステップ S 2 1 で取得した製造実績データ 1 1 1 c に含まれる各品質データ項目について、ステップ S 2 3 ~ S 2 5 の処理を繰り返す（ステップ S 2 2）。

【 0 0 6 9 】

単一原因探索部 1 0 4 は、対象の製造品質データ項目の列について、統計学的検定手法を用いて、不良品（不良フラグ「1」）の品質データと良品（不良フラグ「0」）の品質データの有意差を検定する（ステップ S 2 3）。また、単一原因探索部 1 0 4 は、ステップ S 2 3 の検定結果に基づいて、不良品の品質データと良品の品質データに有意差があるか否かを判定する（ステップ S 2 4）。有意差があると判定した場合（ステップ S 2 4 で

50

Yes)、単一原因探索部104は、当該対象の製造品質データ項目を単一原因として抽出する(ステップS25)。有意差がないと判定した場合(ステップS24でNo)、又は、ステップS25の処理の後、単一原因探索部104は、次の対象の品質データ項目について処理を行う。

【0070】

本実施形態では、有意差の検定手法として、例えば、2群間の平均値の差の有無を検定するt検定を用いる。有意差の検定手法としては、t検定のほかに、コルモゴロフ-スミルノフ検定(KS検定)等を利用することができる。単一原因探索部104は、対象の品質データ項目の列について、良品(不良フラグ111dが「0」のレコード)のデータ群の平均値と、不良品(不良フラグ111dが「1」のレコード)のデータ群の平均値とを算出し、これらの平均値に差が無いとする有意確率を算出する。そして、単一原因探索部104は、有意水準(例えば、1%)を下回る有意確率を有する品質データ項目を、単一原因として抽出する。有意水準は、操作画面500の入力欄540に入力された値、あるいは、所定の初期値が設定される。

10

【0071】

上述のようにして、単一原因探索部104は、製造実績データ111cに含まれる品質データ項目から、単一原因に該当する品質データ項目を抽出することができる。

【0072】

図6は、順位指標の算出処理の一例を示すフローチャートである。図6は、図4のステップS3の処理の詳細を示している。

20

【0073】

順位指標算出部105は、製造実績データ111cに含まれる品質データ項目のうち、ステップS2で単一原因として抽出された品質データ項目を除いた各品質データ項目について、ステップS32~S35の処理を繰り返す(ステップS31)。

【0074】

順位指標算出部105は、対象の品質データ項目の列について、品質データ(データ値)の分布を所定数の区間に分割する(ステップS32)。区間数Iの決定手法として、スタージェスの公式を用いることができる。スタージェスの公式を用いた場合、品質データテーブル111に格納されている製品ID111aの全数をNとすると、区間数Iは、下記の式(1)で算出することができる。以下では、説明を分かり易くするため、対象の品質データ項目の列に含まれる各データの最大値から最小値までを10区間に分割する。

30

【0075】

【数1】

$$I = 1 + \log_2 N \quad \cdot \cdot \cdot \quad (1)$$

【0076】

次に、順位指標算出部105は、ステップS32で分割した各区間に含まれるデータの度数(頻度)を、良品と不良品に分けて計算する(ステップS33)。

【0077】

次に、順位指標算出部105は、全区間の合計度数(品質データの総数、すなわち製品の全数N)を1としたときの各区間の度数(良品及び不良品を含む)の割合(相対度数)を計算する(ステップS34)。

40

【0078】

次に、順位指標算出部105は、対象の品質データ項目の順位指標である尤度Lを計算する(ステップS35)。例えば、順位指標算出部105は、下記の式(2)を用いて、尤度Lを算出する。 x_i は、区間iの全区間の合計度数に対する相対度数である。 k_i は、区間iに存在する不良品の数である。尤度Lは、iが1からIまでの、 $x_i^{k_i}$ の総乗である。尤度Lは、相対度数が低い区間に不良が多く存在するほど小さな値を示す。尤度Lは、良品の品質データの分布と不良品の品質データの分布の差異を表す指標であるとも

50

言える。この差異が大きいほど、尤度 L は小さな値となる。

【 0 0 7 9 】

【 数 2 】

$$L = \prod_{i=1}^I x_i^{k_i} \cdot \cdot \cdot \quad (2)$$

【 0 0 8 0 】

上述のようにして、順位指標算出部 1 0 5 は、製造実績データ 1 1 1 c に含まれる品質データ項目のうち、単一原因として抽出された品質データ項目を除いた各品質データ項目について、尤度 L (順位指標) を算出することができる。なお、尤度 L の算出方法は、上述の方法に限定されず、良品の品質データの分布と不良品の品質データの分布の差異を表すことができれば、他の方法であってもよい。

10

【 0 0 8 1 】

図 7 は、順位指標の算出例を説明する図である。

【 0 0 8 2 】

グラフ $G 1$ 、 $G 2$ 及び $G 3$ は、それぞれ、特性値 a 、 b 及び c に関するヒストグラムである。各グラフは、品質データの最大値から最小値までを 1 0 の区間に分け、合計の度数 (頻度) を 1 としたときの各区間の度数の割合 (相対度数) を示している。

20

【 0 0 8 3 】

グラフ $G 1$ では、良品のヒストグラム $G 1 1$ の中心から不良品のヒストグラム $G 1 2$ が右に外れていることが分かる。また、グラフ $G 2$ では、良品のヒストグラム $G 2 1$ の中心から不良品のヒストグラム $G 2 2$ が左に外れていることが分かる。一方、グラフ $G 3$ では、良品のヒストグラム $G 3 1$ の中心に不良品のヒストグラム $G 3 2$ が位置していることが分かる。ここで、特性値 a の尤度は $9.78 \cdot 10^{-35}$ 、特性値 b の尤度は $1.07 \cdot 10^{-32}$ 、特性値 c の尤度は $1.78 \cdot 10^{-29}$ と算出されている。尤度 L が小さいほど、良品のヒストグラムに対して不良品のヒストグラムが中心からより大きく外れていることが分かる。

【 0 0 8 4 】

上述のような尤度 L を用いることで、相対度数が低い区間に不良が多く存在する品質データ項目を、組合せ原因探索の対象として優先的に選択することができる。

30

【 0 0 8 5 】

図 8 は、探索順序の決定処理の一例を示すフローチャートである。図 8 は、図 4 のステップ $S 6$ の処理の詳細を示している。

【 0 0 8 6 】

まず、探索順序決定部 1 0 6 は、製造実績データ 1 1 1 c に含まれる品質データ項目のうち、単一原因として抽出された品質データ項目を除いた各品質データ項目を、ステップ $S 3$ で算出された順位指標に基づいて昇順にソートする (ステップ $S 6 1$)。尤度 L が小さい品質データ項目ほど、優先順位が高くなる。

【 0 0 8 7 】

40

それから、探索順序決定部 1 0 6 は、ステップ $S 6 1$ でソートされた品質データ項目から、所定の探索範囲の品質データ項目を抽出する (ステップ $S 6 2$)。所定の探索範囲は、操作画面 5 0 0 の入力欄 5 5 0 に設定される、あるいは、所定の初期値が設定される。例えば、探索範囲が「1 0」の場合、探索順序決定部 1 0 6 は、ステップ $S 6 1$ でソートされた品質データ項目から上位 1 0 位に含まれる品質データ項目を抽出する。また、探索順序決定部 1 0 6 は、探索範囲に含まれる品質データ項目から、設定された要素数 r の組合せを全て特定する。探索順序決定部 1 0 6 は、特定した各組合せについて、優先順位が高い品質データ項目を含む組合せが先になるように、順序を決定してもよい。

【 0 0 8 8 】

上述のようにして、順位指標に基づく探索順序で品質データ項目の探索範囲が決定され

50

る。

【0089】

図9は、組合せ原因の探索処理の一例を示すフローチャートである。図9は、図4のステップS7の処理の詳細を示している。

【0090】

組合せ原因探索部107は、ステップS6で特定された品質データ項目の要素数 r の組合せのそれぞれについて、ステップS72～S75の処理を繰り返す(ステップS71)。対象の組合せを選択する順序は、特に限定されないが、例えば、探索順序決定部106により決定された順序を用いることができる。

【0091】

組合せ原因探索部107は、品質データテーブル111から、対象の組合せに含まれる各品質データ項目の列の品質データを抽出する(ステップS72)。また、組合せ原因探索部107は、対象の品質データ項目の列の組合せについて、統計学的手法を用いて、不良品(不良フラグ「1」)の品質データと良品(不良フラグ「0」)の品質データの関係性を評価(有意差を検定)する(ステップS73)。また、組合せ原因探索部107は、ステップS73の評価結果に基づいて、不良品の品質データと良品の品質データに有意差があるか否かを判定する(ステップS74)。有意差があると判定した場合(ステップS74でYes)、組合せ原因探索部107は、当該対象の品質データ項目の組合せを組合せ原因として抽出する(ステップS75)。有意差がないと判定した場合(ステップS74でNo)、又は、ステップS75の処理の後、組合せ原因探索部107は、次の対象の組合せについて処理を行う。

【0092】

本実施形態では、有意差の検定方法として、例えば、Hotellingの T^2 検定を用いる。Hotellingの T^2 検定は、2つ以上の量的変数について、2群間で重心の差異が無いという帰無仮説を検定する手法である。有意差の検定方法としては、Hotellingの T^2 検定のほかに、Wilksのラムダによる検定等を利用することができる。組合せ原因探索部107は、対象の品質データ項目の列の組合せについて、良品(不良フラグ111dが「0」のレコード)の品質データ群の重心と不良品(不良フラグ111dが「1」のレコード)の品質データ群の重心とを算出し、これらの重心に差が無いとする有意確率を算出する。そして、組合せ原因探索部107は、有意水準(例えば、1%)を下回る有意確率を有する品質データ項目の組合せを、組合せ原因として抽出する。有意水準は、操作画面500の入力欄540に入力された値、あるいは、所定の初期値が設定される。

【0093】

上述のようにして、組合せ原因探索部107は、製造実績データ111cに含まれる品質データ項目から、組合せ原因に該当する品質データ項目の組合せを抽出することができる。

【0094】

図10は、組合せ原因の算出例を説明する図である。

【0095】

グラフG4は、特性値 a 及び b の組合せについて、良品の品質データと不良品の品質データをプロットしたグラフである。グラフG5は、特性値 c 及び d の組合せについて、良品の品質データと不良品の品質データをプロットしたグラフである。

【0096】

ここで、グラフG4は、Hotellingの T^2 検定で有意と判定された組合せである。グラフG4では、良品の品質データと不良品の品質データの間、重心の差異が大きいことが分かる。一方、グラフG5は、Hotellingの T^2 検定で有意差はないと判定された組合せである。グラフG5では、良品の品質データと不良品の品質データの間、重心の差異が小さいことが分かる。

【0097】

10

20

30

40

50

図12は、探索結果画面の一例を示す図である。図13は、組合せ原因の詳細画面の一例を示す図である。図12及び図13は、図4のステップS9で表示される操作画面の例を示している。

【0098】

操作受付部103は、例えば、図12に示すような操作画面600を表示部14に出力する。操作画面600は、選択欄610と、表示欄620と、詳細ボタン630とを含む。選択欄610は、組合せ要素数 r を選択するための欄である。選択欄610は、2から上限値 R までの間で選択を受け付けることができる。表示欄620は、図4のフローチャートの処理によって抽出された組合せ原因を表示するための欄である。表示欄620は、選択欄610で選択された要素数 r について抽出された組合せ原因（有意確率が有意水準を下回る組合せ）の一覧と、各組合せ原因の有意確率と、各組合せ原因の詳細ボタン630とを表示している。図12では、表示欄620は、選択欄610で選択された要素数 r について探索が行われた組合せ（有意確率が有意水準以上の組合せ）の一覧と、各組合せの有意確率と、各組合せの詳細ボタン630とを参考情報としてさらに表示している。図12では、有意確率が小さい順に一覧表示されている。組合せ原因の一覧は、他の組合せの一覧と区別できるように、異なる態様で（例えば、強調して）表示されている。詳細ボタン630は、対応する組合せ原因又は組合せの詳細情報を表示するためのボタンである。

10

【0099】

操作受付部103は、ステップS1～S8の結果から、選択欄610で選択されている要素数 r の組合せ原因に関する情報（品質データ項目、及び有意確率）を取得し、表示欄620に表示する。また、操作受付部103は、ステップS5～S8の結果から、選択欄610で選択されている要素数 r の組合せに関する情報（品質データ項目、及び有意確率）を取得し、表示欄620に表示する。操作受付部103は、選択欄610において要素数 r を変更する操作を受け付けた場合、変更された要素数 r の組合せ原因及び組合せに関する情報を取得し、表示欄620の表示を更新する。

20

【0100】

上述のような操作画面600により、不良原因探索システム1は、不良発生の組合せ原因に該当する可能性が高い組合せの候補を、ユーザーに簡単に発見させることができる。また、不良原因探索システム1は、組み合わせの要素数別に、組合せの候補をユーザーに簡単に発見させることができる。

30

【0101】

操作受付部103は、詳細ボタン630の操作を受け付けた場合、ステップS1～S8の結果に基づいて、例えば、図13に示すような操作画面700を表示する。操作画面700は、表示欄710～750を含む。表示欄710は、操作された詳細ボタン630に対応する組合せ原因又は組合せに含まれる各品質データ項目を表示する。表示欄720は、当該組合せ原因又は組合せの有意確率を表示する。表示欄730は、当該組合せ原因又は組合せに含まれる各品質データ項目の順位指標を表示する。表示欄740は、当該組合せ原因又は組合せに含まれる各品質データ項目の品質データをプロットしたグラフを表示する。表示欄750は、当該組合せ原因又は組合せに含まれる各品質データ項目の品質データのヒストグラムを表示する。表示欄750は、複数の品質データ項目のヒストグラムを同時に表示してもよいし、選択された1つ以上の品質データ項目のヒストグラムを表示してもよい。また、表示欄750は、各品質データ項目の下限の規格値および上限の規格値を表示している。これらの規格値は、例えば、各品質データ項目について予め定められている。

40

【0102】

上述のような操作画面700により、不良原因探索システム1は、組合せ原因又は組合せに含まれる品質データ項目における良品及び不良品の品質データの差異の詳細などを、ユーザーに簡単に確認させることができる。ユーザーは、組合せ原因を不良の原因として確定する判断材料を得ることができる。

50

【0103】

以上、本発明の一実施形態について説明した。本実施形態に係る不良原因探索システム1は、例えば、組合せ原因を構成する可能性の高さを表す順位指標を算出して、この順位指標に基づいて探索順序及び探索範囲を決定し、組合せ原因探索を実行する。これにより、多数の品質データ項目の組合せから、より短い時間で組合せ原因を探索し、かつ、組合せ原因を特定する精度の低下を防ぐことができる。

【0104】

また、例えば、順位指標は、品質データ項目のデータの種類やデータの分布の違い等に係わらず、同じように適用可能な手法で算出される。これにより、不良原因探索システム1は、手法を選択する必要がなく、より短時間で組合せ原因を探索することができる。

10

【0105】

また、例えば、不良原因探索システム1は、単一原因に該当する品質データ項目を除いた品質データ項目について、順位指標の決定及び組合せ探索を行う。これにより、単一原因としては表れない不良モードを見つけ出すことができる。

【0106】

また、例えば、組合せの要素数 r の上限値 R を設定可能することで、組合せ原因の探索処理に係る時間を短くなるように制御することができる。また、例えば、探索範囲に含まれる項目の数を設定可能とすることで、組合せ原因の探索処理に係る時間を短くなるように制御することができる。

【実施例2】

20

【0107】

実施例1の変形例について説明する。以下、上述の実施形態と同じ構成については説明を省略し、上述の実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0108】

実施例1により、極めて高い精度で原因探索が可能となったが、不良原因によっては、見逃す場合があった。以下、実施例1とは異なる探索方法を説明する。

【0109】

実施例1では、図1の単一原因探索部104は、図4のステップS2で、単一要因として抽出された品質データ項目を組合せ原因探索の範囲から除外している。具体的には、図4のステップS2の詳細処理である図5では、ステップS23で不良品の品質データと良品の品質データとの有意差を検定している。そして、検定の結果、有意差があるものを当該品質データ項目を単一原因とする品質データ項目として除外している。

30

【0110】

しかし、このステップS2の検定対象は、全原因の不良品を対象にしている。つまり、当該品質データ項目にのみ原因がある不良品と、他の品質データ項目にのみ原因がある不良品と、双方に原因がある不良品と、が混在した品質データで検定を行っている。双方に原因がある不良品の品質データの中には、有意差ありとなるものが生じうる。これは、当該品質データ項目にのみ原因がある不良品の数が相対的に多い場合に生じやすい。実施例1では、双方を単一要因として抽出し、組合せ原因探索の範囲から除外してしまったのが、見逃しの原因である。

40

【0111】

そこで、実施例2では、図4のステップS2で、単一要因として抽出された品質データ項目を組合せ原因探索の範囲から除外するのを止め、組合せ原因探索の範囲に含めるようにする。しかし、除外するのを止めただけでは、データ数が多すぎるため、探索時間が膨大になる。

【0112】

そこで、本発明者らは、他の品質データ項目にのみ原因がある不良の品質データが、当該品質データ項目の良品の品質データと高い相関があることに着目し、設計値付近にピークが存在する分布は当該品質データ項目に原因がない不良の品質データと仮定(第1の仮定)し、当該品質データ項目の良品の品質データ数の分布に応じたデータ数を、当該品質

50

データ項目の不良データから引くことにした。具体的には、実施例1のように、まず、順位指標算出部105で図6のステップS31～ステップ34を行う。つまり、分割した各区間に含まれるデータの度数(頻度)を、良品と不良品に分けて計算し、全区間の合計度数(品質データの総数、すなわち製品の全数N)を1としたときの各区間の度数(良品及び不良品を含む)の割合(相対度数)を計算する。

【0113】

次に、図6のステップ35では、当該品質データ項目の尤度L(順位指標)を計算していたが、その前、各区間の良品の度数を、不良品の数に合わせて縮小し、スケールマッチング(例えば、設計値が属する区分の良品の品質データ数が、不良の品質データ数と等しくする)し、不良の品質データ数から除外する。その結果、残った不良品の品質データ数が、組合せ原因も含む、当該品質データ項目に何らかの原因がある不良の品質データ数となる。この後、ステップ35の処理に戻す。

10

【0114】

さらに、本発明者らは、「設計値から乖離した数値範囲に品質データ数のピークが存在する分布は、少なくとも当該品質データ項目に原因がある」と仮定(第2の仮定)し、設計値からの標準偏差の値を閾値とした場合の裾側(外側)にある品質データを用いて、当該品質データ項目と他の品質データ項目とのアソシエーション分析を行うことで、組合せ不良原因を特定することにした。ただし、上記除外処理を行った品質データ項目については、設計値からの標準偏差の値を閾値とせず、不良の品質データが残った区間内の値、例えば不良の品質データが残った区間のうち最も設計値側の値を閾値として、当該品質データ項目と他の品質データ項目とのアソシエーション分析を行う。具体的には、実施例1のステップS74の検定の代わりに、上記アソシエーション分析を行い、強い関係性がある場合にステップS75に分岐するプロセスとなる。

20

【0115】

このようにすることで、極めて高い確率で見逃しを防ぐことができる。

【実施例3】

【0116】

上述の実施系形態の変形例について説明する。以下、上述の実施形態と同じ構成については説明を省略し、上述の実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0117】

30

図14は、変形例に係る不良原因探索システム1の構成例を示す図である。

【0118】

不良原因探索システム1は、製造情報管理システム4の製造情報更新装置40と、通信ネットワークを介して接続される。製造情報更新装置40は、各製造装置20に対応する製造情報41を生成し、各製造装置20に出力する。製造情報41は、例えば、製造装置20が測定する各品質データ項目に関する規格値、などを含む。製造装置20は、例えば、測定データとそれに対応する規格値とに基づいて、測定データが規格値の範囲内であるか否かを判定し、測定データが規格値の範囲外である場合、当該製品を不良品としてラインから外すことができる。また、製造情報41は、例えば、製造装置20の稼働の開始や停止の指示を含んでもよい。製造装置20及び製造情報更新装置40は、1台の装置に組み込まれていてもよい。

40

【0119】

組合せ原因探索部107は、所定の条件を満たす組合せ原因を選択し、当該選択した組合せ原因に含まれる各品質データ項目を示す組合せ原因情報15を、製造情報更新装置40に出力する。例えば、組合せ原因探索部107は、ユーザーから要素数rの選択を受け付け、選択された要素数rの組合せ原因を出力する。また、例えば、組合せ原因探索部107は、ユーザーから有意水準の設定を受け付け、設定された有意水準を下回る有意確率を有する組合せ原因を出力する。もちろん、組合せ原因探索部107は、探索された全ての組合せ原因を出力してもよい。

【0120】

50

製造パラメータ更新装置 40 は、例えば、組合せ原因に含まれる各品質データ項目が特性値（測定データ）である場合、当該特性値に対応する規格値を変更し、当該変更後の規格値を含む製造パラメータ 41 を、製造装置 20 に出力する。製造パラメータ更新装置 40 は、例えば、良品の条件を厳しくするように規格値の範囲を変更すればよい。このようにすれば、製造装置 20 は、製造情報の更新前に不良品として判定していなかった製品を、不良品として判定することができる。製造ライン 2 内で、不良品をより正確に発見することができる。

【0121】

製造パラメータ更新装置 40 は、例えば、組合せ原因である各品質データ項目が装置 ID を含む場合、当該装置 ID を停止する指示を含む製造パラメータ 41 を、対応する製造装置 20 に出力してもよい。このようにすれば、製造装置 20 は、製造を停止することができる。組合せ原因に関係する製造装置 20 による不良の発生を防止することができる。

10

【0122】

さらに、別の変形例について説明する。以下、上述の実施形態と同じ構成については説明を省略し、上述の実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0123】

図 15 は、同一種の複数の部品を組み付ける工程を含む製造工程を示す概念図である。

【0124】

工程 PM にて、同一種の複数の部品 804 は、寸法、特性などが予め計測され、製造実績データとする。工程 AP にて、複数の部品 804 は、製品となるワーク 801 に組みつけられる。次に工程 BP にて、複数の部品 804 が組み付けられたワーク 801 は、別の加工を施されワーク 802 となる。こうした複数の加工を経て、ワーク 801 はワーク 803 となる。検査工程 TP にて、例えば各部品 804 の特性値等を測定することにより、ワーク 803 の合否が判定される。この図では簡単のために組み付ける部品数を 2 個で示しているが、一般的には n 個でよい（ n は 1 を含む自然数）。また、工程 BP では、例として円形の加工を施しているが、別の種類の加工を施してもよい。また、検査工程 TB より前の各工程（工程 AP、BP 等）は、順序を入れ替えてもよい。また、各部品 804 の測定は、検査工程 TB 以外の工程で実行されてもよい。

20

【0125】

ワークに対して組み付けられた同一種の複数の部品 804 について測定された製造実績データは、品質データテーブル 111 に格納される。この同一種の複数の部品を組み付ける工程を含む生産工程を対象にする場合の、品質データベースのデータ構造例を、図 16 に示す。図 2 と異なり、品質データテーブル 111 は、同一種の複数の部品 804 を製品に組み付ける工程の所定の品質データ項目について、各部品 804 の品質データを含む部品別品質データ群 111e を含む。図 16 では、工程 A の特性値 a は、各部品（1 ~ n ）の品質データ（特性値 $a_1 \sim a_n$ ）を含んでいる。もちろん、品質データテーブル 111 は、複数の品質データ項目について、部品別品質データ群 111e を含んでもよい。

30

【0126】

対象の品質データ項目が複数の列（部品別品質データ群 111e）を含む場合、上述のステップ S32 において順位指標算出部 105 は、当該複数の列に含まれる全ての品質データ（データ値）の分布を所定数の区間に分割する。また、ステップ S33 において順位指標算出部 105 は、ステップ S32 で分割した各区間に含まれる品質データの度数（頻度）を、良品と不良品に分けて計算する。不良フラグ 111d が「1」である製品に関連付けられた部品別品質データ群 111e の各品質データは、全て不良品としてカウントする。ステップ S34 において順位指標算出部 105 は、全区間の合計度数（品質データの総数、すなわち製品数 N と部品数 n の積）を 1 としたときの各区間の度数（良品及び不良品を含む）の割合（相対度数）を計算する。

40

【0127】

また、上述のステップ S35 において順位指標算出部 105 は、上述の式（2）の代わりに、下記の式（3）を用いて、尤度 L を算出する。 x_i は、区間 i の全区間の合計度数

50

に対する相対度数である。 p_i は、区間 i に存在する不良品数の全不良品数に対する不良相対度数である。尤度 L は、 i が 1 から I までの、 $x_i^{p_i}$ の総乗である。尤度 L は、相対度数が低い区間に不良が多く存在するほど小さな値を示す。尤度 L は、良品の品質データの分布と不良品の品質データの分布の差異を表す指標であるとも言える。この差異が大きいほど、尤度 L は小さな値となる。

【 0 1 2 8 】

【 数 3 】

$$L = \prod_{i=1}^I x_i^{p_i} \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

10

【 0 1 2 9 】

上述のようにして、順位指標算出部 105 は、複数の列（部品別品質データ群 111e）を含む品質データ項目について、尤度 L （順位指標）を算出することができる。

【 0 1 3 0 】

図 1 及び図 14 の不良原因探索システム 1 の構成は、不良原因探索システム 1 の構成を理解容易にするために、主な処理内容に応じて分類したものである。構成要素の分類の仕方や名称によって、本願発明が制限されることはない。不良原因探索システム 1 の構成は、処理内容に応じて、さらに多くの構成要素に分類することもできる。また、1 つの構成要素がさらに多くの処理を実行するように分類することもできる。また、各構成要素の処理は、1 つのハードウェアで実行されてもよいし、複数のハードウェアで実行されてもよい。また、各構成要素の処理又は機能の分担は、本発明の目的及び効果を達成できるのであれば、上述したものに限られない。また、図 2 及び図 16 に示す品質データベース 110 のデータ構造は、一例であり、本発明の目的を達成することができるのであれば、図示した例に限定されない。

20

【 0 1 3 1 】

図 4 ~ 6、8、及び 9 で示したフローチャートの処理単位は、不良原因探索システム 1 の処理を理解容易にするために、主な処理内容に応じて分割したものである。処理単位の分割の仕方や名称によって、本願発明が制限されることはない。不良原因探索システム 1 の処理は、処理内容に応じて、さらに多くの処理単位に分割することもできる。また、1 つの処理単位がさらに多くの処理を含むように分割することもできる。さらに、本発明の目的及び効果を達成できるのであれば、上記のフローチャートの処理順序も、図示した例に限られるものではない。また、図 11 ~ 13 に示す操作画面は、一例であり、本発明の目的を達成することができるのであれば、図示した例に限定されない。

30

【 0 1 3 2 】

本発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した各実施形態は、本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、本発明が、必ずしも説明した全ての構成要素を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を、他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、ある実施形態の構成に、他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

40

【 0 1 3 3 】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部または全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現されてもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリーや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。また、制

50

御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【符号の説明】

【0134】

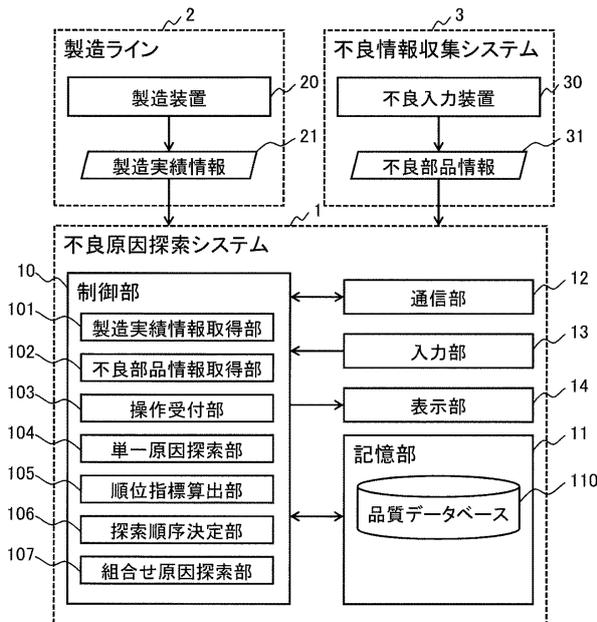
1 ...不良原因探索システム、2 ...製造ライン、4 ...製造情報管理システム、9 ...コンピューター、10 ...制御部、11 ...記憶部、12 ...通信部、13 ...入力部、14 ...表示部、15 ...組合せ原因情報、20 ...製造装置、21 ...製造実績情報、30 ...不良入力装置、31 ...不良部品情報、40 ...製造情報更新装置、41 ...製造情報、91 ...演算装置、92 ...主記憶装置、93 ...外部記憶装置、94 ...出力装置、95 ...入力装置、96 ...通信装置、1001 ...製造実績情報取得部、1002 ...不良部品情報取得部、1003 ...操作受付部、1004 ...単一原因探索部、1005 ...順位指標算出部、1006 ...探索順序決定部、1007 ...原因探索部、110 ...品質データベース、111 ...品質データテーブル、111a ...製品ID、111b ...製造ロットID、111c ...品質データ群、111d ...不良フラグ、111e ...部品別品質データ群、112 ...不良データテーブル、112a ...製品ID、112b ...不良発生日時、500 ...操作画面、510 ...入力欄、520 ...決定ボタン、530 ...表示欄、540 ...入力欄、550 ...入力欄、560 ...入力欄、570 ...開始ボタン、600 ...操作画面、610 ...選択欄、620 ...表示欄、630 ...詳細ボタン、700 ...操作画面、710 ...表示欄、720 ...表示欄、730 ...表示欄、740 ...表示欄、750 ...表示欄、G1 ...グラフ、G11 ...ヒストグラム、G12 ...ヒストグラム、G2 ...グラフ、G21 ...ヒストグラム、G22 ...ヒストグラム、G3 ...グラフ、G31 ...ヒストグラム、G32 ...ヒストグラム、G4 ...グラフ、G5 ...グラフ

10

20

【図1】

図1



【図2】

図2

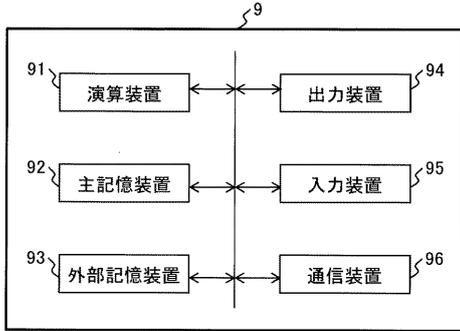
Figure 2 displays two data tables. The first table, labeled 111, is a '製造実績データ' (Manufacturing Performance Data) table with columns for '製品ID' (Product ID), 'ロットID' (Lot ID), '装置ID' (Device ID), '特性値a' (Characteristic Value a), '特性値b' (Characteristic Value b), '装置ID' (Device ID), '特性値c' (Characteristic Value c), '特性値d' (Characteristic Value d), and '不良フラグ' (Defect Flag). The second table, labeled 112, is a '不良データ' (Defect Data) table with columns for '製品ID' (Product ID), '不良発生日時' (Defect Occurrence Date/Time), and an ellipsis.

製品ID	ロットID	工程A		工程B		...	不良フラグ		
		装置ID	特性値a	装置ID	特性値c				
A001	0001	1	2.1	1.0	1	19.8	4.3	...	0
A002	0001	2	3.2	2.5	2	20.1	4.2	...	1
A003	0001	3	2.3	1.5	2	18.3	4.0	...	0
A004	0002	1	2.8	1.2	1	19.4	4.4	...	0
...

製品ID	不良発生日時	...
A002	2015/04/01	...
A100	2015/04/12	...
A500	2015/04/25	...
...

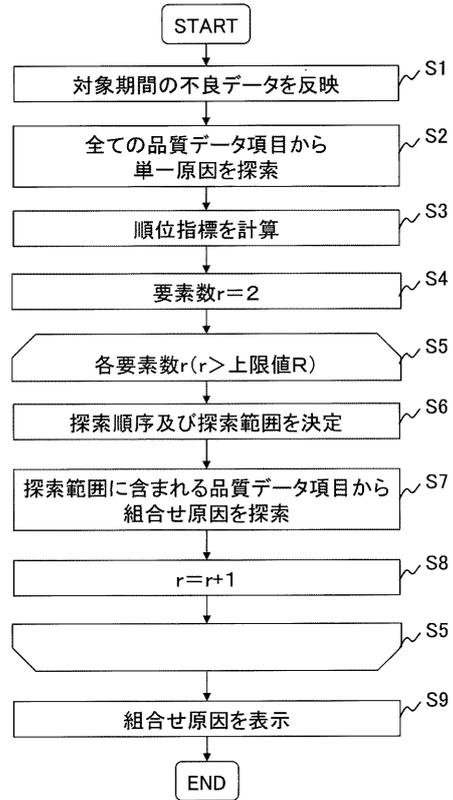
【図3】

図3



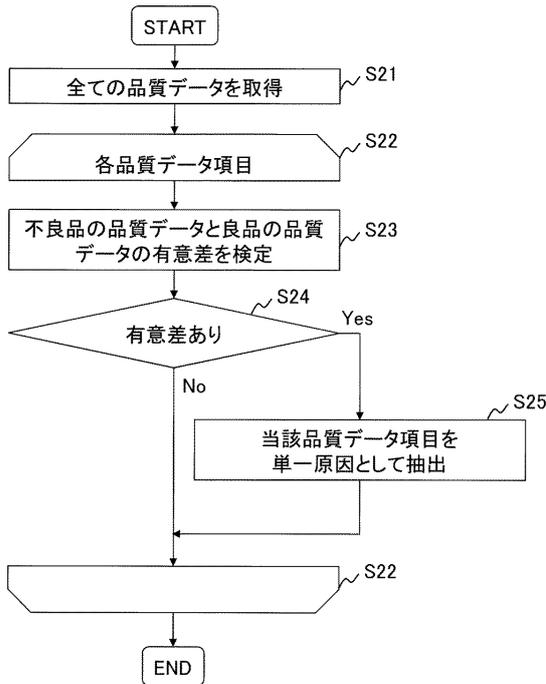
【図4】

図4



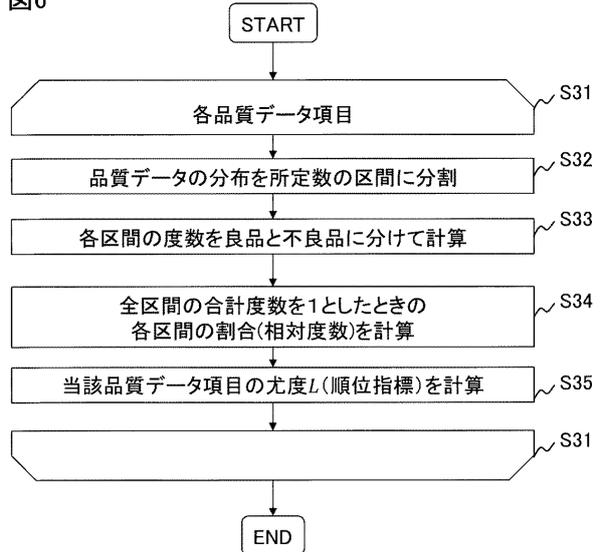
【図5】

図5



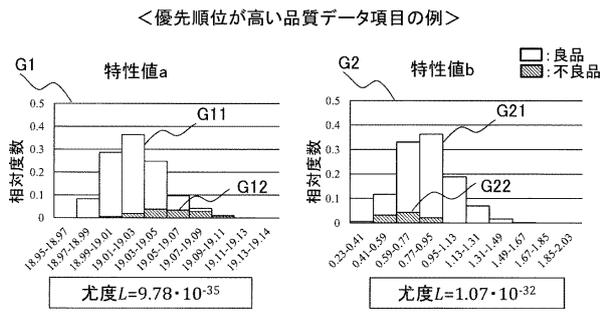
【図6】

図6

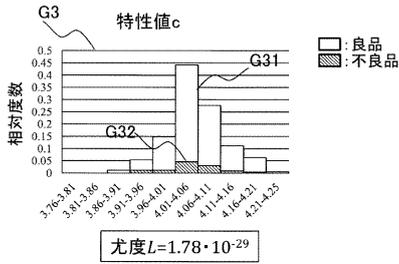


【図7】

図7

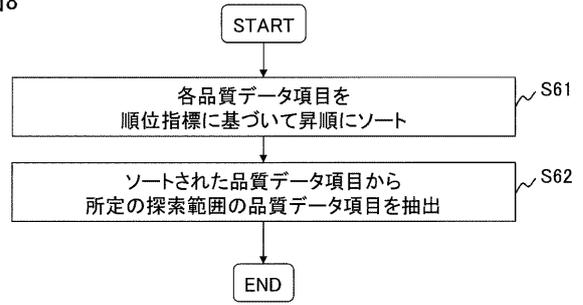


<優先順位が低い品質データ項目の例>



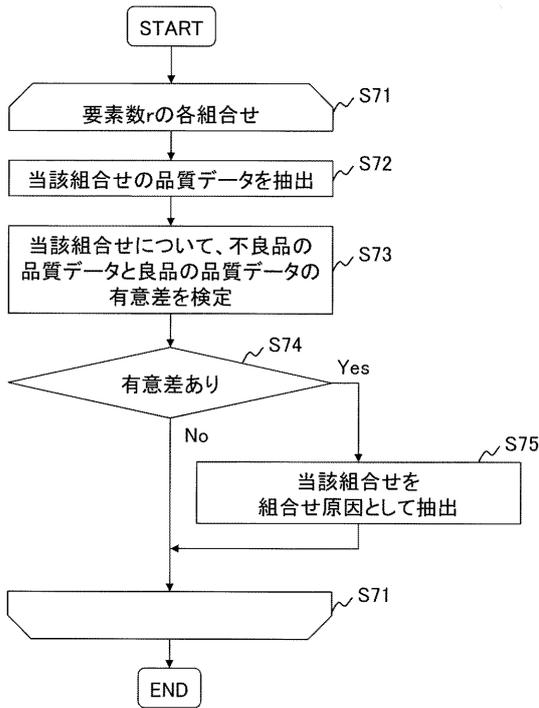
【図8】

図8



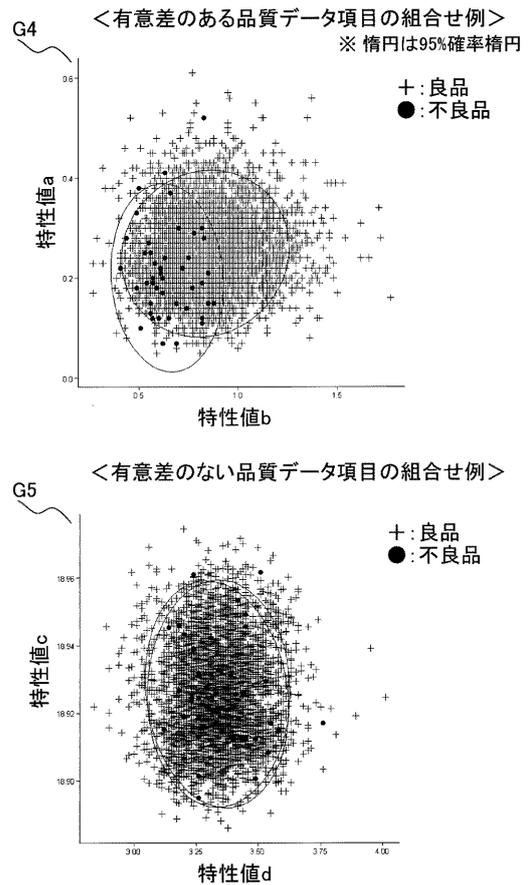
【図9】

図9

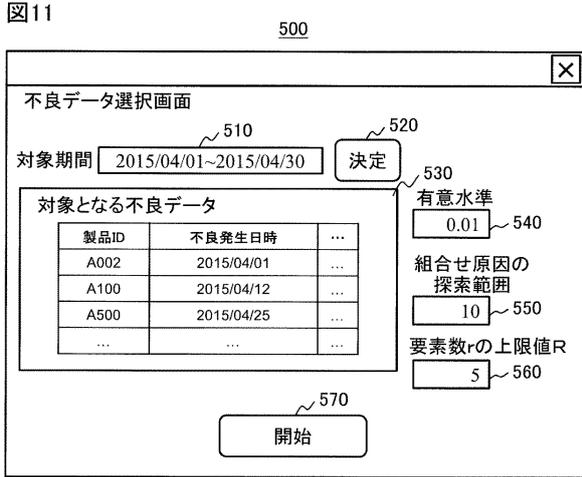


【図10】

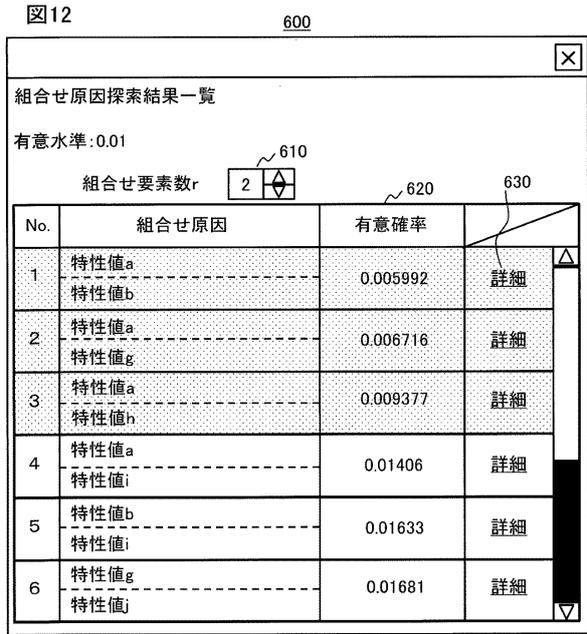
図10



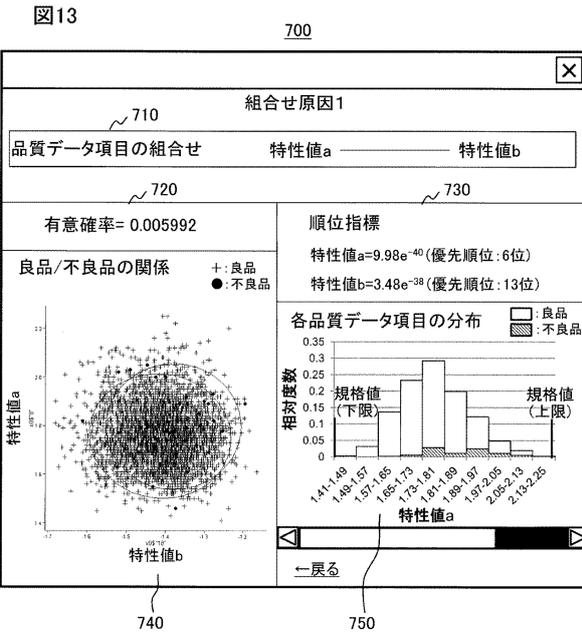
【図11】



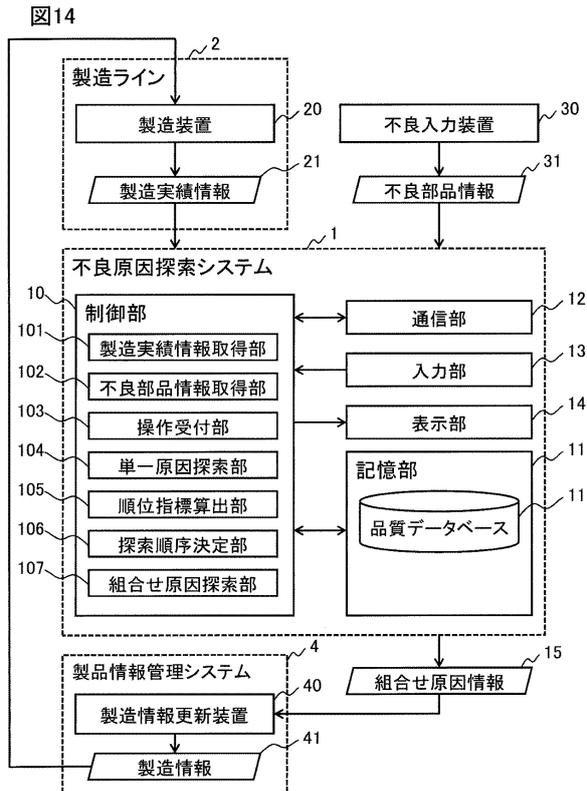
【図12】



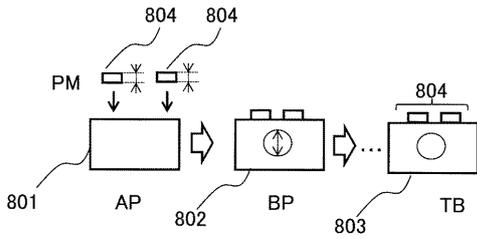
【図13】



【図14】



【図15】
図15



【図16】
図16

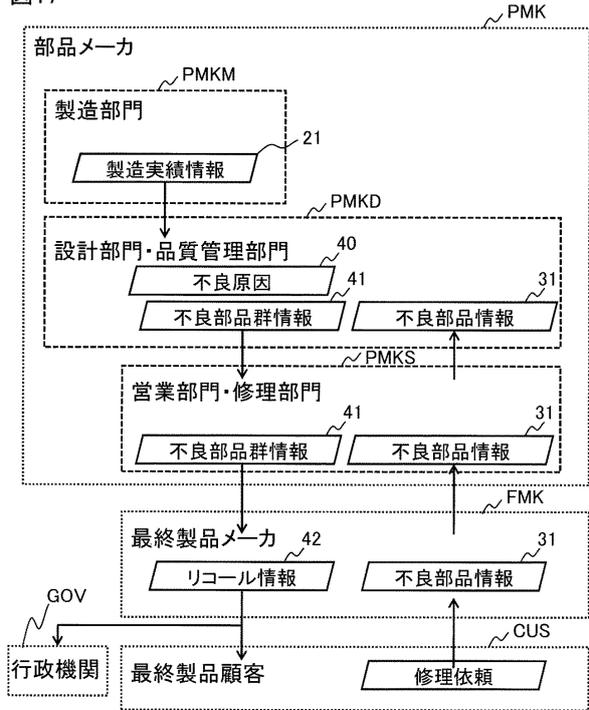
品質データ群 111c

製品ID	ロットID	工程A					工程B				不良フラグ
		装置ID	特性値a1	...	特性値an	特性値b	装置ID	特性値c	特性値d	...	
A001	0001	1	2.1	...	2.2	1.0	1	19.8	4.3	...	0
A002	0001	2	3.2	...	2.8	2.5	2	20.1	4.2	...	1
A003	0001	3	2.3	...	2.9	1.5	2	18.3	4.0	...	0
A004	0002	1	2.8	...	2.4	1.2	1	19.4	4.4	...	0
...

部品別品質データ群 111e

製品ID	不良発生日時	...
A002	2015/04/01	...
A100	2015/04/12	...
A500	2015/04/25	...
...

【図17】
図17



フロントページの続き

(72)発明者 朝倉 涼次
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

審査官 牧 初

(56)参考文献 特開2008-146621(JP,A)
特開2012-220978(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05B 19/418