

(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
2012 年 10 月 11 日(11.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/137775 A1

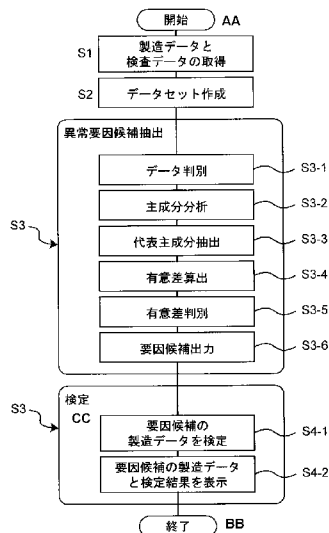
- (51) 国際特許分類:
G05B 19/418 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/059072
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 3 日(03.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-082579 2011 年 4 月 4 日(04.04.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 千葉 周一
郎(CHIBA, Shuichiro) [JP/—]. 清水 一寿(SHIM-
IZU, Kazutoshi) [JP/—].
- (74) 代理人: 鮫島 睦, 外(SAMEJIMA, Mutsumi et al.);
〒5400001 大阪府大阪市中央区城見 1 丁目 3 番
7 号 I M P ビル青山特許事務所 Osaka (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[続葉有]

(54) Title: ABNORMAL FACTOR IDENTIFICATION METHOD AND DEVICE, PROGRAM FOR CAUSING COMPUTER TO EXECUTE ABNORMAL FACTOR IDENTIFICATION METHOD, AS WELL AS COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM UPON WHICH PROGRAM IS RECORDED

(54) 発明の名称: 異常要因特定方法および装置、上記異常要因特定方法をコンピュータに実行させるためのプログラム、並びに上記プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

[図1]



S1 Acquisition of manufacturing data and inspection data
S2 Data set creation
S3 Abnormal factor candidate extraction
S3-1 Data determination
S3-2 Main component analysis
S3-3 Representative main component extraction
S3-4 Calculation of significant difference
S3-5 Determination of significant difference
S3-6 Output of factor candidates
S4-1 Test manufacturing data of factor candidates
S4-2 Display manufacturing data and test results for factor candidates
AA Start
BB End
CC Testing

(57) Abstract: In this abnormal factor identification method, for each article of manufacture, manufacturing data for the article of manufacture and inspection data representing the quality obtained at the inspection step are associated and acquired as a data set (S1 and S2). Among the data sets, from among manufacturing data for satisfactory articles and manufacturing data for defective articles, multivariate analysis is performed thereupon to extract at least one feature value that best represents the manufacturing conditions of the article of manufacture, and on the basis of the extracted feature value, an abnormal factor candidate is extracted from among the manufacturing data (S3). Each of the manufacturing data which are abnormal factor candidates are extracted from the data sets, and statistical tests are performed regarding whether or not the manufacturing data impart an effect upon quality (S4-1). The results acquired by way of the testing step are displayed on the basis of input or on the basis of pre-defined criteria (S4-2).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/137775 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

本発明の異常要因特定方法では、製造品毎にその製造品についての製造データと検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得される (S 1, S 2)。データセットのうち良品についての製造データと不良品についての製造データとの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも 1 つ抽出し、抽出された特徴量に基づいて、製造データの中から異常要因候補を抽出する (S 3)。データセットから異常要因候補としての製造データを各々抽出し、その製造データが品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する (S 4-1)。検定ステップにより得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する (S 4-2)。

明 細 書

発明の名称：

異常要因特定方法および装置、上記異常要因特定方法をコンピュータに実行させるためのプログラム、並びに上記プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体

技術分野

[0001] この発明は異常要因特定方法に関し、より詳しくは、生産プロセスにおいて不良品の発生の原因となるパラメータである異常要因を特定する異常要因特定方法に関する。

[0002] また、この発明は、そのような異常要因特定方法を実行する異常要因特定装置に関する。

[0003] また、この発明は、そのような異常要因特定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムに関する。

[0004] また、この発明は、そのようなプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

背景技術

[0005] 製造品を大量に生産する生産プロセスにおいて効率的な生産を行うには、生産された製造品の品質検査結果または製造品の特性値から生産プロセスに異常があると判定された際、その異常の要因となる製造データを特定し、特定した製造データを正常な値に設定し直すことにより、生産プロセスを速やかに正常な状態に復帰させることが重要である。しかし、半導体製造工場のように多くの処理装置と検査装置とを用いて生産プロセスを実行する場合、取得されるデータは多種大量であり、異常の要因となり得るプロセスパラメータの数は非常に膨大となるため、品質管理者がプロセスパラメータを個別に確認することは、一般に困難である。

[0006] かかる生産プロセスに置いて不良品発生の要因となっている製造データを特定できる異常要因特定方法として、特許文献1（特開2009-0092

９９号公報、「異常要因特定方法およびシステム、上記異常要因特定方法をコンピュータに実行させるためのプログラム、並びに上記プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体」）に開示されたものが知られている。

[0007] その異常要因特定方法は、例えば図１４中に示すような半導体生産プロセス５９に適用されている。この半導体生産プロセス５９は、製造品（この例ではウエハ）に対して１つ以上の製造工程５６を実行するとともに、製造工程５６を経た製造品を検査する検査工程（良否判定を含む。）５５を実行するようになっている。データベース５８は、半導体生産プロセス５９の各製造工程５６から製造品毎にその製造品についての製造条件を含む１種以上の製造データ５４を取得するとともに、各検査工程５５からその製造品についての品質を表す検査データ（良否判定結果を含む。）５３を取得する。そして、製造品毎に、その製造品についての製造データ５４と検査データ５３とを関連付けして記憶する。

[0008] この半導体生産プロセス５９に対して、上述の異常要因特定方法を実行するシステム（全体を符号５１で示す。）は、記憶部としてのデータベース５８と、ソフトウェア（プログラム）にしたがって演算処理を実行するコンピュータからなる異常要因特定部５７と、この異常要因特定部５７による処理結果を表示する表示装置（例えばＬＣＤ（液晶表示ディスプレイ）からなる）５２とを備えている。

[0009] 異常要因特定部５７は、データベース５８に蓄積された製造データ５４と検査データ５３を用いて後述の異常要因特定方法を実行して、不良品発生の要因（異常要因）となっている製造データを特定する。異常要因特定部５７による処理内容や処理結果は、表示装置５２の画面に表示される。作業員５０は、表示装置５２に表示された画面を見ながら、異常要因特定部５７に対して処理の実行を指示し、また、処理条件を設定することができる。

[0010] 異常要因特定部５７は、概ね、図１３に示すような処理（異常要因特定方法）を実行する。まず、データベース５８に蓄積された製造データ５４と検

査データ 53 とを取得する（ステップ S 101）。取得されたデータ群では、上述のように、製造品毎に、その製造品についての製造データ 54 と検査データ 53 とが関連付けられている。次に、取得されたデータ群を、検査データ 53 に基づいて、良品についてのデータと不良品についてのデータとに判別する（ステップ S 102）。次に、良品と判定された製造品についての製造データの中から、主成分分析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも 1 つ抽出する（S 103、S 104）。次に、抽出した特徴量を軸として表される特徴量空間における原点と各製造品の製造データが表す点との間の距離（例えばホテリングの T^2 統計量）を、良品製造時の平均的な製造データと不良品製造時の各製造データとの間の主有意差としてそれぞれ算出する。また、特徴量を軸として表される特徴量空間においては表現されない残差成分を副有意差として製造品毎に算出する（S 105）。次に、上記主有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ主影響度として算出し、また、副有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ副影響度として算出する（S 106）。次に、製造データの中から、良品製造時に対して不良品製造時に主影響度または副影響度が実質的に増加（有意差のある増加）した製造データを異常要因として特定し、出力する（S 107、S 108）。なお、異常要因となっている製造データを特定するために、良品製造時に対して不良品製造時に上記主影響度が実質的に増加したという観点に加えて、不良品発生時の主影響度の大きさ自体の観点を加えても良い。

[0011] 特許文献 1 における異常要因特定方法の 1 つの実施形態では、良品と判定された製造品について、上記製造データ毎に上記主影響度を累計して得られた各累計値を、関連する全製造データにわたって上記主影響度を累計して得られた総和値でそれぞれ除算して、上記各製造データについて上記主影響度を表す良品の主影響度正規化値を得る。一方、不良品と判定された製造品について、上記製造データ毎に上記主影響度を累計して得られた各累計値を、関連する全製造データにわたって上記主影響度を累計して得られた総和値でそれぞれ除算して、上記各製造データについて上記主影響度を表す不良品の

主影響度正規化値を得る。そして、上記各製造データについて、上記良品の主影響度正規化値と上記不良品の主影響度正規化値とを比較して、上記異常要因となった製造データを特定する。

[0012] 例えば、良品と判定された製造品 i の製造データ j についての主影響度を

$$C_{ij}^{[T2]}$$

としたとき、上記良品の主影響度正規化値は

$$\sum_i C_{ij}^{[T2]} / \sum_{i,j} C_{ij}^{[T2]}$$

で表される。また、不良品と判定された製造品 i の製造データ j についての主影響度を

$$C'_{ij}^{[T2]}$$

としたとき、上記不良品の主影響度正規化値は

$$\sum_i C'_{ij}^{[T2]} / \sum_{i,j} C'_{ij}^{[T2]}$$

で表される。

[0013] この実施形態の異常要因特定方法により、良品と判定された製造品と不良品と判定された製造品の主影響度を全製造データの中での割合の大小で比較することが可能となる。これにより、良品と判定された製造品と不良品と判定された製造品の数が異なる場合などにおいても、不良品発生の要因となっている製造データ（異常要因）を特定することができる、と特許文献1では述べられている。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：特開2009-009299号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0015] 上記従来の異常要因特定方法では、不良品発生の要因となっている製造データを「特定」した後、この異常要因としての製造データが実際に不良品発生の要因となっているか否かについて検定を行っていないため、特定された異常要因が、必ず製造品の品質に影響を与えているか否かは、不明であると言える。
- [0016] ここで、上記従来の異常要因特定方法では、上述の良品についてのデータと不良品についてのデータとが、正規分布かつ互いに等分散であるときは、異常要因を精度良く特定できると思われる。しかしながら、現実の生産プロセスで取得されるデータは、必ずしも正規分布にはなっておらず、また比較される良品と不良品のデータも必ずしも等分散にはなっていない。このため、上記従来の異常要因特定方法では、特定された異常要因が、必ずしも製造品の品質に影響を与えているとは限らないというおそれがある。
- [0017] このため、上記従来の異常要因特定方法を実行したとしても、結局、品質管理者が、異常要因として特定された製造データ（プロセスパラメータを含む。）が実際に製造品の品質に影響を与えているかどうかを、プロセスパラメータ毎に個別に確認しなければならず、実際の異常要因の特定に時間がかかるという問題がある。この問題は、異常要因として抽出されたプロセスパラメータの数が多い場合に、特に深刻になる。結果として、製造工程を速やかに正常な状態に復帰させることができなくなる。
- [0018] そこで、この発明の課題は、製造データや検査データの特徴（正規分布であるか否かなどの分布の態様）によらず、不良品発生の要因となっている製造データを精度良く特定することができる異常要因特定方法を提供することにある。
- [0019] また、この発明は、そのような異常要因特定方法を実行する異常要因特定装置を提供することにある。
- [0020] また、この発明は、そのような異常要因特定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを提供することにある。
- [0021] また、この発明は、そのようなプログラムを記録したコンピュータ読み取

り可能な記録媒体を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0022] 上記課題を解決するため、この発明の第1の局面の異常要因特定方法は、製造品に対して1つ以上の製造工程を実行するとともに上記製造工程を経た上記製造品についての品質検査を含む検査工程を実行する生産プロセスにおいて不良品発生の要因を特定する異常要因特定方法であって、

上記生産プロセスでは、上記製造品毎にその製造品についての製造条件を含む1種以上の製造データと上記検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得され、上記検査データによってその製造品が良品、不良品のいずれであるかが判定されるようになっており、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出し、上記抽出された特徴量に基づいて、良品製造時の平均的な製造データと不良品製造時の各製造データとの間の有意差をそれぞれ算出し、上記有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ影響度として算出し、上記製造データの中から、良品製造時に対して不良品製造時に上記影響度が実質的に増加した製造データを異常要因候補として抽出する異常要因候補抽出ステップと、

上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する検定ステップと、

上記検定ステップにより得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する検定結果表示ステップと、を含むことを特徴とする。

[0023] 本明細書で、「製造品」とは、製造途中の仕掛かり品、および完成品を含む概念である。

[0024] また、影響度が「実質的に増加」とは、増加の有意差があることを意味する。

[0025] この発明の異常要因特定方法では、異常要因候補抽出ステップにおいて、まず、上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出する。次に、上記抽出された特徴量に基づいて、良品製造時の平均的な製造データと不良品製造時の各製造データとの間の有意差をそれぞれ算出する。次に、上記有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ影響度として算出する。そして、上記製造データの中から、良品製造時に対して不良品製造時に上記影響度が実質的に増加した製造データを異常要因候補として抽出する。

[0026] 次に、検定ステップにおいて、上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する。これにより、上記異常要因候補として抽出された製造データの各々が品質に影響を与えているか否かが、製造データや検査データの特徴（正規分布であるか否かなどの分布の態様）によらず、上記統計学的検定によって精度良く確認される。

[0027] そして、この異常要因特定方法では、検定結果表示ステップにおいて、上記検定ステップにより得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する。この結果の表示を見ることにより、上記生産プロセスの品質管理者（メンテナンス担当者や作業者であっても良い。以下同様。）は、不良品発生の要因である異常要因を正確に把握でき、その異常要因を取り除くことによって製造工程を速やかに正常な状態に復帰させることができる。

[0028] この発明の第2の局面の異常要因特定方法は、
製造品に対して1つ以上の製造工程を実行するとともに上記製造工程を経た上記製造品についての品質検査を含む検査工程を実行する生産プロセスにおいて不良品発生の要因を特定する異常要因特定方法であって、

上記生産プロセスでは、上記製造品毎にその製造品についての製造条件を

含む1種以上の製造データと上記検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得され、上記検査データによってその製造品が良品、不良品のいずれであるかが判定されるようになっており、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データと不良品と判定された製造品についての製造データとの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出し、上記抽出された特徴量に基づいて、上記製造データの中から異常要因候補を抽出する異常要因候補抽出ステップと、

上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する検定ステップと、

上記検定ステップにより得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する検定結果表示ステップと、
を含むことを特徴とする。

[0029] この発明の異常要因特定方法では、異常要因候補抽出ステップにおいて、まず、上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データと不良品と判定された製造品についての製造データとの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出する。そして、上記抽出された特徴量に基づいて、上記製造データの中から異常要因候補を抽出する。

[0030] 次に、検定ステップにおいて、上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する。これにより、上記異常要因候補として抽出された製造データの各々が品質に影響を与えているか否かが、製造データや検査データの特徴（正規分布であるか否かなどの分布の態様）によらず、上記統計学的検定によって精度良く確認される。

[0031] そして、この異常要因特定方法では、検定結果表示ステップにおいて、上

記検定ステップにより得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する。この結果の表示を見ることにより、上記生産プロセスの品質管理者は、異常要因を正確に把握でき、その異常要因を取り除くことによって製造工程を速やかに正常な状態に復帰させることができる。

[0032] 一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが上記品質に影響を与えている程度を定量的に表す検定指標を算出することを特徴とする。

[0033] この一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが上記品質に影響を与えている程度を定量的に表す検定指標を算出する。この結果、上記検定結果表示ステップでは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが上記品質に影響を与えている程度を定量的に表す検定指標が表示される。したがって、上記生産プロセスの品質管理者は、上記検定指標に基づいて、異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが品質に影響を与えている程度を把握できる。

[0034] 一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データが有意であるか否かを、その製造データ毎に求めることを特徴とする。

[0035] この一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データが有意であるか否かを、その製造データ毎に求める。この結果、上記検定結果表示ステップでは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データが有意であるか否かが、その製造データ毎に表示される。したがって、上記生産プロセスの品質管理者は、上記有意であるか否かの表示に基づいて、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データが品質に対して実質的に影響を与えているか否かを

把握できる。

[0036] 一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定結果表示ステップは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データを、その製造データについての上記検定指標が大きい順または小さい順に並べ直して表示することを特徴とする。

[0037] この一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定結果表示ステップで、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データが、その製造データについての上記検定指標が大きい順または小さい順に並べ直して表示される。したがって、上記生産プロセスの品質管理者は、その表示を見ることにより、異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが品質に影響を与えている程度を、定量的かつ視覚的に容易に把握できる。

[0038] 一実施形態の異常要因特定方法では、
上記異常要因候補抽出ステップは、上記異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが上記異常要因候補として抽出されるべき根拠を定量的に表す評価指標を算出し、

上記検定ステップは、上記評価指標に基づいて、上記異常要因候補抽出ステップにおいて抽出された上記異常要因候補としての製造データの中から、上記品質に影響を与えていると推定される製造データを選別して、上記統計学的検定を実行することを特徴とする。

[0039] この一実施形態の異常要因特定方法では、上記異常要因候補抽出ステップは、上記異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが上記異常要因候補として抽出されるべき根拠を定量的に表す評価指標を算出する。そして、上記検定ステップは、上記評価指標に基づいて、上記異常要因候補抽出ステップにおいて抽出された上記異常要因候補としての製造データの中から、上記品質に影響を与えていると推定される製造データを選別する。つまり、異常要因候補を絞り込む。そして、その選別された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実

行する。これにより、上記選別された第2次の異常要因候補として抽出された製造データの各々が品質に影響を与えているか否かが、上記統計学的検定によって精度良く確認される。このようにした場合、異常要因を少ない計算量でかつ迅速に求めることができる。

[0040] 一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記評価指標に基づいて、上記異常要因候補としての製造データ毎に、対策が求められる順位を表す優先度を算出することを特徴とする。

[0041] この一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記評価指標に基づいて、上記異常要因候補としての製造データ毎に、対策が求められる順位を表す優先度を算出する。この結果、上記検定結果表示ステップでは、上記異常要因候補としての製造データ毎に、対策が求められる順位を表す優先度が表示される。したがって、上記生産プロセスの品質管理者は、その表示を見ることにより、上記異常要因候補としての製造データ毎に、対策が求められる順位を表す優先度を、定量的かつ視覚的に把握できる。

[0042] 一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記データセットの特性に応じて上記統計学的検定の手法を選択することを特徴とする。

[0043] ここで、上記データセットの「特性」とは、製造データや検査データが正規分布であるか否かなどの分布の態様を指す。

[0044] この一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記データセットの特性に応じて、例えば最適な上記統計学的検定の手法を選択する。これにより、上記異常要因候補として抽出された製造データの各々が品質に影響を与えているか否かが、上記統計学的検定によってさらに精度良く確認される。

[0045] 一実施形態の異常要因特定方法では、上記検定ステップは、上記データセットにおける検査データのうち、良品と判定された製造品についての検査データと不良品と判定された製造品についての検査データとが、それぞれ正規分布であり、かつ互いに等分散であるとの仮定が成り立つ場合は、上記統計学的検定の手法としてパラメトリック手法を用いる一方、上記仮定が成り立

たない場合は、上記統計学的検定の手法としてノンパラメトリック手法を用いることを特徴とする。

[0046] この一実施形態の異常要因特定方法では、上記異常要因候補として抽出された製造データの各々が品質に影響を与えているか否かが、上記統計学的検定によってさらに精度良く確認される。

[0047] この発明の異常要因特定装置は、

製造品に対して1つ以上の製造工程を実行するとともに上記製造工程を経た上記製造品についての品質検査を含む検査工程を実行する生産プロセスにおいて不良品発生の要因を特定する異常要因特定装置であって、

上記生産プロセスでは、上記製造品毎にその製造品についての製造条件を含む1種以上の製造データと上記検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得され、上記検査データによってその製造品が良品、不良品のいずれであるかが判定されるようになっており、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出し、上記抽出された特徴量に基づいて、良品製造時の平均的な製造データと不良品製造時の各製造データとの間の有意差をそれぞれ算出し、上記有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ影響度として算出し、上記製造データの中から、良品製造時に対して不良品製造時に上記影響度が実質的に増加した製造データを異常要因候補として抽出する異常要因候補抽出部と、

上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する検定部と、

上記検定部により得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する検定結果表示部と、

を含むことを特徴とする。

[0048] この発明の異常要因特定装置では、異常要因候補抽出部において、まず、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出する。次に、上記抽出された特徴量に基づいて、良品製造時の平均的な製造データと不良品製造時の各製造データとの間の有意差をそれぞれ算出する。次に、上記有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ影響度として算出する。そして、上記製造データの中から、良品製造時に対して不良品製造時に上記影響度が実質的に増加した製造データを異常要因候補として抽出する。

[0049] 次に、検定部において、上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する。これにより、上記異常要因候補として抽出された製造データの各々が品質に影響を与えているか否かが、製造データや検査データの特徴（正規分布であるか否かなどの分布の態様）によらず、上記統計学的検定によって精度良く確認される。

[0050] そして、この異常要因特定装置では、検定結果表示部において、上記検定部により得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する。この結果の表示を見ることにより、上記生産プロセスの品質管理者（メンテナンス担当者や作業者であっても良い。以下同様。）は、不良品発生の要因である異常要因を正確に把握でき、その異常要因を取り除くことによって製造工程を速やかに正常な状態に復帰させることができる。

[0051] 別の局面では、この発明の異常要因特定装置は、

製造品に対して1つ以上の製造工程を実行するとともに上記製造工程を経た上記製造品についての品質検査を含む検査工程を実行する生産プロセスにおいて不良品発生の要因を特定する異常要因特定装置であって、

上記生産プロセスでは、上記製造品毎にその製造品についての製造条件を含む1種以上の製造データと上記検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得され、上記検査データによってその

製造品が良品、不良品のいずれであるかが判定されるようになっており、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データと不良品と判定された製造品についての製造データとの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出し、上記抽出された特徴量に基づいて、上記製造データの中から異常要因候補を抽出する異常要因候補抽出部と、

上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する検定部と、

上記検定部により得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する検定結果表示部と、
を含むことを特徴とする。

[0052] この発明の異常要因特定装置では、異常要因候補抽出部において、まず、上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データと不良品と判定された製造品についての製造データとの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出する。そして、上記抽出された特徴量に基づいて、上記製造データの中から異常要因候補を抽出する。

[0053] 次に、検定部において、上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する。これにより、上記異常要因候補として抽出された製造データの各々が品質に影響を与えているか否かが、製造データや検査データの特徴（正規分布であるか否かなどの分布の態様）によらず、上記統計学的検定によって精度良く確認される。

[0054] そして、この異常要因特定装置では、検定結果表示部において、上記検定部により得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する。この結果の表示を見ることにより、上記生産プロセスの品質

管理者は、異常要因を正確に把握でき、その異常要因を取り除くことによって製造工程を速やかに正常な状態に復帰させることができる。

[0055] この発明のプログラムは、第1の局面または第2の局面の異常要因特定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

[0056] この発明のプログラムによれば、コンピュータに第1の局面または第2の局面の異常要因特定方法を実行させることができる。

[0057] この発明の記録媒体は、上記プログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

[0058] この発明の記録媒体によれば、記録媒体の記録内容をコンピュータに読み取らせることで、上記コンピュータに第1の局面または第2の局面の異常要因特定方法を実行させることができる。

発明の効果

[0059] 以上より明らかなように、この発明の異常要因特定方法および装置によれば、製造データや検査データの特性（正規分布であるか否かなどの分布の態様）によらず、不良品発生の原因となっている製造データを精度良く特定することができる。

図面の簡単な説明

[0060] [図1]この発明の一実施形態の異常要因特定方法のフローを示す図である。

[図2]上記異常要因特定方法を実行する異常要因特定システムの構成を示す図である。

[図3]この発明の別の実施形態の異常要因特定方法のフローを示す図である。

[図4]生産プロセスで得られたデータセットを例示する図である。

[図5]製造データとしてのプロセスパラメータ毎に、良品製造時に対する不良品製造時の影響度の差を算出した結果を例示する図である。

[図6]良品と判定された製造品についての検査データの分布と不良品と判定された製造品についての検査データの分布とを例示する図である。

[図7]2つのプロセスパラメータについての、カイ二乗検定に用いられる分割表を示す図である。

[図8]検定ステップでt検定を行った場合に、異常要因候補として抽出されたプロセスパラメータが、そのプロセスパラメータについての検定指標（t値）が大きい順に並べ直して表示された例を示す図である。

[図9]異常要因候補として抽出された或るプロセスパラメータが検査データに対して大きく影響を与えていた場合の、検定結果表示ステップによる表示例を示す図である。

[図10]異常要因候補として抽出された或るプロセスパラメータが検査データに対して大きく影響を与えていなかった場合の、検定結果表示ステップによる表示例を示す図である。

[図11A]異常要因特定部に部分最小二乗法を用いた際の評価指標の概念を示した図である。

[図11B]異常要因特定部に部分最小二乗法を用いた際の評価指標の概念を示した図である。

[図12]上記異常要因特定装置の表示画面に表示される内容であって、異常要因候補として抽出されたプロセスパラメータが優先度の順に並べて表示された態様を示す図である。

[図13]上記特許文献1に開示された異常要因特定方法のフローを示した図である。

[図14]上記特許文献1に開示された異常要因特定装置の構成を示した図である。

発明を実施するための形態

[0061] （第1実施形態）

図2は、半導体生産プロセス5において不良品発生の要因を特定するためのこの発明の一実施形態の異常要因特定システム（全体を符号15で示す。）のブロック構成を示している。

[0062] 半導体生産プロセス5は、製造品（この例ではウエハ）に対してプロセス処理を行う製造工程3と、製造品に対して検査を実行する検査工程4とを含んでいる。製造工程3では、複数の製造装置E1、E2、…、Emによって

、製造品に対して順次プロセス処理を実行するようになっている。検査工程 4 では、複数の検査装置 B 1、B 2、…、B nによって、製造途中の製造品についてのインライン検査や、製造工程 3 が完了した製造品の良否判定などの検査が行われる。

[0063] この異常要因特定システム 1 5 は、概略、記憶部としてのデータベース 9 と、異常要因候補抽出部 1 0 と、検定部 1 2 と、検定結果表示部 1 3 とを備えている。

[0064] データベース 9 は、半導体生産プロセス 5 の各製造工程 3 から製造品毎にその製造品についての製造条件を含む 1 種以上の製造データ 6 を取得するとともに、各検査工程 4 からその製造品についての品質を表す検査データ（良否判定結果を含む。以下、単に「検査データ」という。）7 を取得する。そして、この例ではデータベース 9 に属するデータセット作成部 8 によって、製造品毎に、その製造品についての製造データ 6 と検査データ 7 とを関連付けて、データセット 8 A（図 4 を用いて後述する）として記憶する。データベース 9 は、例えば公知のハードディスクドライブ装置を含むサーバによって構成される。

[0065] 異常要因候補抽出部 1 0 は、データベース 9 に蓄積されたデータセット 8 A を用いて後述の異常要因候補抽出処理を実行して、不良品発生の要因（異常要因）となっている製造データ（プロセスパラメータを含む）の候補（異常要因候補）1 1 を抽出する。

[0066] 検定部 1 2 は、異常要因候補 1 1 としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが検査データに影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する。

[0067] 検定結果表示部 1 3 は、検定部 1 2 により得られた結果（出力情報）を、例えば図示しない L C D（液晶表示ディスプレイ）または C R T（陰極線管）の表示画面に表示する処理を行う

[0068] 品質管理者 1 4 は、検定結果表示部 1 3 によって表示画面に表示された画面を見ながら、図示しない入力装置（キーボードやマウスなど）を用いて、

異常要因候補抽出部 10 や検定部 12 に対して処理の実行を指示し、また、処理条件を設定することができる。

[0069] 異常要因候補抽出部 10、検定部 12 および検定結果表示部 13 は、異常要因特定装置を構成しており、この例では、ソフトウェア（プログラム）にしたがって演算処理を実行するコンピュータからなる。

[0070] 図 4 に示すように、この例では、データセット 8A として、欄 8c に示す製品ロット $L_t 1$ 、 $L_t 2$ 、 $\dots$ 、 $L_t L$ 毎に、欄 8a に示す検査データとしての M 個の「性能」 Q_1 、 Q_2 、 $\dots$ 、 Q_M と、欄 8b に示す製造データとしての N 個の「プロセスパラメータ」 A_1 、 A_2 、 $\dots$ 、 A_N とが、互いに関連付けて記憶されている。

[0071] 半導体製造分野での例では、「性能」 Q_1 、 Q_2 、 $\dots$ 、 Q_M が表すデータは、例えばウェハテストや電気特性等で得られたデバイスの性能である。「プロセスパラメータ」 A_1 、 A_2 、 $\dots$ 、 A_N は、製造工程における製造条件の値である。プロセスパラメータ A_1 、 A_2 、 $\dots$ 、 A_N は、製造工程に使用された製造装置の機番（号機）や作業者の名前毎に区別されていても良い。

[0072] 図 1 は、異常要因特定システム 15 が実行する異常要因特定処理の概略フローを示している。

[0073] この異常要因特定処理では、まず、ステップ S1 で、データベース 9 は、生産プロセス 5 から製造データ 6 と検査データ 7 とを取得して蓄積する。ステップ S2 で、データセット作成部 8 が、製造データ 6 と検査データ 7 とを関連付けて、図 4 に例示したようなデータセット 8A を作成する。

[0074] 次に、図 1 中のステップ（異常要因候補抽出ステップ）S3 で、異常要因候補抽出部 10 は、次に述べる異常要因候補抽出処理を実行する。なお、この異常要因候補抽出処理としては、既述の特許文献 1（特開 2009-009299 号公報）に開示された異常要因特定方法を利用できる。

[0075] 具体的には、まず、サブステップ S3-1 で、データセット 8A に含まれたデータ群を、検査データ 7 に基づいて、良品についてのデータと不良品についてのデータとに判別する。この例では、良品と不良品との判別は、手動

または自動で設定された管理上限値、管理下限値または10%値、90%値のような統計値を閾値として行われる。そして、検査データの値が閾値内の製造品は良品であると判定され、閾値外の製造品は不良品であると判定される。なお、良品と不良品の判別方法はここに示す方法以外の方法でも良い。

[0076] 次に、サブステップS3-2で、上記データセット8Aのうち良品と判定された製造品についての製造データの中から、多変量解析としての主成分分析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を複数抽出する。この主成分分析では、各製造データの平均が0、分散が1になるように標準化する処理を行った後、N行M列の製造データ集合Xについて次のように分解を行う。

$$X = TV^T + E$$

ここで、Nは製造品数、Mは製造データ数を表す。Tは主成分得点行列を表すN×Rの直交行列であり、Vは付加量行列と呼ばれるM×Rの正規直交行列である。上添え字の「^T」は転置行列であることを意味する。Rは抽出する主成分数を表す。Eは抽出した主成分モデルでは表現されない残差変数に相当する。

[0077] 次に、サブステップS3-3で、主成分分析により得られた主成分のうち、主成分分析前の元データに対し寄与率の大きな主成分の中から解析に使用すべき主成分を少なくとも1つ抽出する。ここで、抽出された主成分（これを「代表主成分」と呼ぶ。）を軸とする主成分空間において、原点は良品製造時の平均的な製造データ集合を表す。

[0078] 次に、サブステップS3-4で、代表主成分を軸として表される特徴量空間における原点と上記各製造品の製造データが表す点との間の距離（例えばホテリングのT²統計量）を、良品製造時の平均的な製造データと不良品製造時の各製造データとの間の主有意差としてそれぞれ算出する。また、上記代表主成分を軸として表される特徴量空間においては表現されない残差成分を副有意差として製造品毎に算出する。

[0079] ここで、主有意差T²は次式のように算出される。

$$T^2 = \sum_{r=1}^R \frac{t_r^2}{\sigma_{tr}^2}$$

この式において、 t_r は第 r 主成分得点、 σ_{tr} は第 r 主成分得点の標準偏差を意味する。

[0080] また、副有意差 Q は次式により算出される。

$$Q = \sum_{p=1}^P (x_p - \hat{x}_p)^2$$

この式において、 x_p は製造データ集合 X の部分行列であり、第 p 変数に関する製造データを意味し、

$$\hat{x}_p$$

は x_p の推定値を意味する。

[0081] 次に、サブステップS3-5で、この主有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ主影響度として算出する。また、この副有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ副影響度として算出する。

[0082] ここで、主影響度は次式により算出される。

$$C_p^{[T2]} = t \Sigma_T^{-1} x_p v_p$$

この式において、 t は主成分得点を意味し、また、 v_p は主成分得点と元データとの係数であるローディングベクトルを意味する。

[0083] また、副影響度は次式により算出される。

$$C_p^{[Q]} = (x_p - \hat{x}_p)^2$$

[0084] 次に、サブステップS3-6で、上記製造データの中から、良品製造時に対して不良品製造時に主影響度および／または副影響度が実質的に増加した製造データを、異常要因候補11として抽出する。ここで主影響度、副影響度が「実質的に増加」とは、増加の有意差があることを意味する。例えば図5に示すように、製造データとしてのプロセスパラメータA1、A2、…、AN毎に、良品製造時に対して不良品製造時の、主影響度および／または副

影響度の増加分（影響度の差）を算出する。そして、上記影響度の差が或る閾値 T_h よりも大きい製造データ（この例ではプロセスパラメータとする。）を、異常要因候補 11 として抽出する。異常要因候補 11 として抽出されるプロセスパラメータは、複数であっても良い。

[0085] なお、上記影響度の差に代えて、単に、不良品発生時の主影響度の大きさに基づいて、異常要因候補を抽出しても良い。

[0086] 次に、図 1 中のステップ S 4 の最初のサブステップ（検定ステップ）S 4-1 で、検定部 12 は、異常要因候補 11 としてのプロセスパラメータを各々抽出し、上記抽出されたプロセスパラメータを用いて、そのプロセスパラメータが検査データに影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する。

[0087] 具体的には、抽出されたプロセスパラメータ毎に、そのプロセスパラメータが不良品発生の要因となっているという仮説について、統計学的検定を実施する。

[0088] 統計学的検定を実施するために、検定部 12 は、まず、上記データセット 8 A の特性、ここでは良品と判定された製造品についての検査データと不良品と判定された製造品についての検査データの分布の態様を調べる。続いて、良品と判定された製造品についての検査データと不良品と判定された製造品についての検査データとが、それぞれ正規分布であり、かつ互いに等分散であるとの仮定が成り立つか否かを判定する。そして、上記仮定が成り立つ場合は、上記統計学的検定の手法としてパラメトリック手法を用いる一方、上記仮定が成り立たない場合は、上記統計学的検定の手法としてノンパラメトリック手法を用いる。

[0089] 例えば、図 6 に例示するように、検査データ D_X として、良品と判定された製造品についての検査データ D_{X1} と不良品と判定された製造品についての検査データ D_{X2} とがそれぞれ正規分布であり、かつ互いに等分散で分布している（つまり、上記仮定が成り立つ）ものとする。その場合は、パラメトリックな手法を用いた統計学的検定を実施する。パラメトリックな統計学的検定手法としては、 t 検定、 F 検定、回帰分析、または分散分析を用いる

ことができる。

[0090] 例えば、パラメトリックな統計学的検定手法として t 検定を用いる場合、t 検定は次のようにして行われる。

[0091] まず、データセットから抽出された、良品製造時の個別のパラメータの標本平均を μ_A 、不良品製造時の個別のパラメータの標本平均を μ_B 、各個別のパラメータのデータ数を n_A 、 n_B とする。すると、上記 2 つのデータ群間の検定指標（t 値）は、次式により算出される。

$$t = \frac{\mu_A - \mu_B}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right) \left(\frac{(n_A - 1)\sigma_A + (n_B - 1)\sigma_B}{n_A + n_B - 2} \right)}}$$

[0092] 算出された t 値を、予め定めておいた条件（自由度、信頼区間）をもとに、t 分布表と照合を行う。すなわち、算出された t 値を t 分布表における或る有意水準（例えば 5 %）に応じた値と比較する。比較の結果、算出された t 値が t 分布表にて照合された値より大きくなる場合は、検定を行ったパラメータ群に有意差がある、つまり検査データに影響を与えていることがわかる。逆に、算出された t 値が t 分布表にて照合された値より小さくなる場合は、パラメータ群に有意差がない、つまり検査データに影響を与えていないことがわかる。

[0093] 一方、良品と判定された製造品についての検査データと不良品と判定された製造品についての検査データとが、それぞれ正規分布であり、かつ互いに等分散であるとの仮定が成り立たない場合は、上記統計学的検定の手法としてノンパラメトリック手法を用いる。ノンパラメトリックな統計学的検定手法としては、サイン検定（符号検定）、Wilcoxon 検定（順位付符号和検定）、Mann-Whitney の U 検定、カイ二乗検定、またはフィッシャーの直接確率検定を用いることができる。

[0094] 例えば、ノンパラメトリックな統計学的検定手法としてカイ二乗検定を用いる場合、カイ二乗検定は次のようにして行われる。

[0095] 複数の製造工程を順次実行する生産プロセスにおいて、或る製造工程で 2

台の処理装置 E 1、E 2（それぞれ単独でその製造工程を実行可能な装置であるものとする。）が並行して用いられる場合を例として説明する。或る期間内に、処理装置 E 1、E 2 で処理された製造品数を、それぞれ $f_{1\cdot}$ 、 $f_{2\cdot}$ とする。また、処理装置 E 1、E 2 で処理された製造品の中で不良品数を、それぞれ f_{11} 、 f_{21} とする。また、処理装置 E 1、E 2 で処理された製造品の中で良品数を、それぞれ f_{12} 、 f_{22} とする。また、この製造工程で処理された不良品の合計数を $f_{\cdot 1}$ 、良品の合計数を $f_{\cdot 2}$ とする。これらの数値を一覧にした分割表を、図 7 に示す。この分割表の表側の項目はプロセスパラメータ（この例では A 3、A 8）を示し、項目数は 2 個である。この分割表の表頭の項目は不良品／良品数であり、項目数は 2 個である。ここで、表側は縦方向にある変数であり、表頭は横方向にある変数である。一般に、表側の項目数が s 個、表頭の項目数が t 個の場合の分割表を、 $s \times t$ 分割表と呼び、図 7 の場合は 2×2 分割表と呼ぶ。全製造品数を n とすると、次の式が成り立つ。

$$n = f_{1\cdot} + f_{2\cdot} = f_{\cdot 1} + f_{\cdot 2}$$

[0096] また、 $f_{1\cdot}$ 、 $f_{2\cdot}$ 、 $f_{\cdot 1}$ 、 $f_{\cdot 2}$ は、横方向あるいは縦方向の合計を表す度数であり、周辺度数と呼ばれる。 f_{11} 、 f_{21} 、 f_{12} 、 f_{22} は、観測度数と呼ばれる。カイ 2 乗検定の統計量 χ^2 は、次の式で計算できる。

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^2 \frac{(f_{ij} - f_{i\cdot} \times f_{\cdot j} / n)^2}{f_{i\cdot} \times f_{\cdot j} / n}$$

[0097] この式中の $f_{i\cdot} \times f_{\cdot j} / n$ は、図 7 の分割表を構成するセル (i , j) の理論度数（あるいは期待度数）と呼ばれ、帰無仮説の下で、予測される（期待される）度数である。また、図 7 の分割表の自由度 ν は、（表側の項目数 - 1） $\times$ （表頭の項目数 - 1） $= 1 \times 1 = 1$ である。

$$\text{有意確率} = 1 - F(\chi^2, \nu) < \alpha$$

であれば有意水準 α で、プロセスパラメータと不良品発生率に相関があると

推定される。有意水準 α は、1%ないしは5%とすることが伝統的に多い。ここで、 $F(x, \nu)$ は、自由度 ν のカイ2乗累積分布関数を表す。また、カイ2乗累積分布関数 $F(x, \nu)$ は、カイ2乗確率密度関数 $f(x, \nu)$ を使って、次式のように表すことができる。

$$F(x, \nu) = \int_{-\infty}^x f(u, \nu) du$$

[0098] 有意水準 α で処理装置と不良品発生率に相関があると検定された場合、このプロセスパラメータの間には（図7の例では2項目のプロセスパラメータA3、A8間には）、不良品発生率に差があることになる。すなわち、2項目のプロセスパラメータA3、A8の中に著しく不良品を発生させる処理装置が存在する可能性を見つけることができる。さらに、複数の製造工程を順次実行する生産プロセスにおいて、製造工程毎に不良工程推定を行うことで、不良品を発生させるプロセスパラメータの候補をリストアップすることができる。

[0099] 次に、図1中のサブステップ（検定結果表示ステップ）S4-2で、上記検定ステップS4-1により得られた結果を、入力装置による入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて、例えば図示しないLCDの表示画面に表示する。

[0100] この結果の表示を見ることにより、品質管理者14は、そのプロセスパラメータが検査データに対して実質的に大きく影響を与えているか否かを把握できる。したがって、品質管理者14は、生産プロセス5における異常要因を正確に把握でき、その異常要因を取り除くことによって生産プロセス5を速やかに正常な状態に復帰させることができる。

[0101] 例えば図8は、上記サブステップ（検定ステップ）S4-1で上述のようにt検定を行った場合に、上記異常要因候補抽出ステップS3にて異常要因候補11として抽出されたプロセスパラメータを、そのプロセスパラメータについての検定指標（t値）が大きい順に並べ直して表示した例を示している。この例では、プロセスパラメータA3、A8、A5、A2、…というよ

うに、そのプロセスパラメータについての検定指標（ t 値）が大きい順（この例では、3.0、2.1、1.8、1.6、…の順）に表示されている。したがって、品質管理者 14 は、その表示を見ることにより、異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが品質に影響を与えている程度を、定量的かつ視覚的に容易に把握できる。

[0102] なお、異常要因候補 11 として抽出されたプロセスパラメータを、そのプロセスパラメータについての検定指標（ t 値）が小さい順に並べ直して表示しても良い。

[0103] また、図 9、図 10 は、上記サブステップ（検定ステップ）S4-1で上述のように t 検定を行った場合に、表示画面に表示される別の表示内容を例示している。図 9 では、良品の分布と不良品の分布とが、異常要因候補抽出ステップ S3 にて抽出された異常要因候補としてのプロセスパラメータの異なる範囲で生じている。この結果の表示を見ることにより、品質管理者 14 は、そのプロセスパラメータが検査データに対して実質的に大きく影響を与えていることを把握できる。一方、図 10 では、良品の分布と不良品の分布とが、異常要因候補抽出ステップ S3 にて抽出された異常要因候補としてのプロセスパラメータの同じ範囲で生じている。この結果の表示を見ることにより、品質管理者 14 は、そのプロセスパラメータが検査データに対して実質的に影響を与えていないことを把握できる。したがって、品質管理者 14 は、生産プロセス 5 における異常要因を正確に把握でき、その異常要因を取り除くことによって生産プロセス 5 を速やかに正常な状態に復帰させることができる。

[0104] （第 2 実施形態）

本実施形態では、図 2 に示した異常要因特定システム 15 が、図 1 の異常要因特定処理とは別の異常要因特定処理を実行するものとする。

[0105] 図 3 は、この異常要因特定処理の概略フローを示している。

[0106] この異常要因特定処理では、まず、ステップ S11 で、データベース 9 は、生産プロセス 5 から製造データ 6 と検査データ 7 とを取得して蓄積する。

ステップS 1 2で、データセット作成部8が、製造データ6と検査データ7とを関連付けて、図4に例示したようなデータセット8 Aを作成する。

[0107] 次に、図3中のステップ（異常要因候補抽出ステップ）S 1 3で、異常要因候補抽出部1 0は、次に述べる異常要因候補抽出処理を実行する。具体的には、多変量解析としての部分最小二乗法を用いて算出された評価指標を用いて、検査データに対して影響を与える異常要因候補を抽出するものとする。評価指標は、或るプロセスパラメータが異常要因候補として抽出されるべき根拠を定量的に表すものである。

[0108] 特に、この例では、プロセスパラメータごとの評価指標としてV I P（Variable Importance in Projection）値を用いるものとする。

[0109] 図1 1 Aは、部分最小二乗法によって評価指標としてのV I P値を算出する仕方を、概念的に示している。ここで、V I P値は、射影における変数の重要度、つまり、目的変数（ここでは検査データ）Yに対する各説明変数（ここでは特徴量としてのプロセスパラメータ）の重要度を示している。V I P値の高い説明変数ほど、目的変数Yの予測に影響が大きいと言える。

[0110] V I P値は、後述のように、次式によって定義される。

$$VIP_{Ak} = \sqrt{\sum_{a=1}^A [w_{ak}^2 \cdot (SSY_{a-1} - SSY_a)] \cdot \frac{K}{SSY_0 - SSY_A}}$$

[0111] ここで、AはP L S（Partial Least Squares：部分最小二乗）の成分数を表している。aはP L Sの成分番号（a = 1, 2, 3, …, A）を表している。Kは説明変数の数を表している。kは説明変数の番号（k = 1, 2, 3, …, K）を表している。SSY_aはa次元P L Sモデルで説明できなかった「目的変数Yの残差平方和」を表している。SSY₀は目的変数Yの分散（総平方和）を表している。w_{ak}は第a成分の重みベクトルw_aの第k番目の要素を表している。また、重みベクトルw_aは

$$\mathbf{w}_a = [w_{a1} \quad w_{a2} \quad \cdots \quad w_{aK}]^T$$

と表される。スコアt_aは、この重みベクトルw_aを用いて、

$$\mathbf{t}_a = \mathbf{X}\mathbf{w}_a$$

と表される。

[0112] 上記 V I P 値は、次のようにして導出される。

[0113] まず、図 1 1 B から分かるように、

(第 1 成分で説明できた Y の平方和) + (第 2 成分で説明できた Y の平方和) + … + (第 A 成分で説明できた Y の平方和) = (Y の総平方和) - (A 次元の P L S で説明できなかった残差平方和)

と言える。すなわち、次式が成り立つ。

$$(\text{SSY}_0 - \text{SSY}_1) + (\text{SSY}_1 - \text{SSY}_2) + (\text{SSY}_2 - \text{SSY}_3) + \dots + (\text{SSY}_{A-1} - \text{SSY}_A) = \text{SSY}_0 - \text{SSY}_A$$

[0114] この式は次のように順次変形される。

$$\sum_{a=1}^A (\text{SSY}_{a-1} - \text{SSY}_a) = \text{SSY}_0 - \text{SSY}_A$$

$$[0115] \sum_{a=1}^A (\text{SSY}_{a-1} - \text{SSY}_a) \cdot \frac{1}{(\text{SSY}_0 - \text{SSY}_A)} = 1$$

[0116] ここで、重みベクトルの大きさは、

$$\|\mathbf{w}_a\| = w_{a1}^2 + w_{a2}^2 + \dots + w_{aK}^2 = \sum_{k=1}^K w_{ak}^2 = 1$$

であるから、

$$\sum_{a=1}^A \left[(\text{SSY}_{a-1} - \text{SSY}_a) \cdot \sum_{k=1}^K \{w_{ak}^2\} \right] \cdot \frac{1}{(\text{SSY}_0 - \text{SSY}_A)} = 1$$

が成り立つ。

[0117] この式は、a と k の総和の順番を入れ替えると、次のように変形される。

$$\sum_{k=1}^K \left\{ \sum_{a=1}^A [w_{ak}^2 \cdot (\text{SSY}_{a-1} - \text{SSY}_a)] \right\} \cdot \frac{1}{(\text{SSY}_0 - \text{SSY}_A)} = 1$$

[0118] ここで、この式の左辺を変数毎の (V I P_{AK})² の総和とみなしたときに、

VIP_{AK} の平均を1とするために、上式をK倍する。

$$\sum_{k=1}^K \left\{ \sum_{a=1}^A [w_{ak}^2 \cdot (SSY_{a-1} - SSY_a)] \right\} \cdot \frac{K}{(SSY_0 - SSY_A)} = K$$

[0119] そして、上述のようにこの式の左辺を変数毎の $(VIP_{AK})^2$ の総和とみなすと、次式のように書ける。

$$\sum_{k=1}^K VIP_{Ak}^2 = K$$

[0120] ここで、

$$VIP_{Ak}^2 = \sum_{a=1}^A [w_{ak}^2 \cdot (SSY_{a-1} - SSY_a)] \cdot \frac{K}{(SSY_0 - SSY_A)}$$

である。したがって、 VIP_{AK} は、

$$VIP_{Ak} = \sqrt{\sum_{a=1}^A [w_{ak}^2 \cdot (SSY_{a-1} - SSY_a)] \cdot \frac{K}{(SSY_0 - SSY_A)}}$$

として表される（証明終了）。

[0121] また、PLSのa成分において、第k変数の影響力（Variable Influence） VIN_{ak} を、次式のように定義する。

$$VIN_{ak}^2 = w_{ak}^2 \cdot (SSY_{a-1} - SSY_a) \cdot \frac{K}{(SSY_0 - SSY_A)}$$

[0122] すると、 $(VIP_{AK})^2$ は、次式のように表される。

$$VIP_{Ak}^2 = \sum_{a=1}^A VIN_{ak}^2$$

[0123] 最後の2つの式から分かるように、 $(VIP_{AK})^2$ は、成分毎に、「第a成分で説明できたYの平方和」を重み w_{ak} （第a成分の重みベクトル w_a の第k番目の要素）を付けて変数毎に分解し、それを全成分で総和した値という意味をもつ。

[0124] 本実施形態では、異常要因候補抽出部 10 は、図 3 中のサブステップ S 13-1 で、多変量解析としての部分最小二乗法を用いて評価指標としての V I P 値を算出する。サブステップ S 13-2 で、算出された V I P 値を用いて、検査データに対して影響を与える潜在変数（プロセスパラメータ）を異常要因候補として抽出する。そして、サブステップ S 13-3 で、異常要因候補として抽出されたプロセスパラメータを出力する。

[0125] 次に、ステップ S 14 の最初のサブステップ（優先度算出ステップ） S 14-1 で、検定部 12 は、上記評価指標としての V I P 値に基づいて、上記異常要因候補としてのプロセスパラメータ毎に、対策が求められる順位を表す優先度を算出する。例えば図 12 のテーブルに例示するように、評価指標としての V I P 値が大きい順（この例では、5.6、4.4、4.1、3.6、…の順）に優先度 1、2、3、4、…を付ける。この結果、後述のサブステップ（検定結果表示ステップ） S 14-4 では、上記異常要因候補としてのプロセスパラメータ（この例では、A 8、A 5、A 3、A 2、…）毎に、対策が求められる順位を表す優先度 1、2、3、4、…が表示される。したがって、品質管理者 14 は、その表示を見ることにより、上記異常要因候補としてのプロセスパラメータ毎に、対策が求められる順位を表す優先度を、定量的かつ視覚的に把握できる。

[0126] 次に、図 3 中のサブステップ（優先度算出ステップ） S 14-2 で、検定部 12 は、上記評価指標としての V I P 値に基づいて、図 12 に例示されたような上記異常要因候補としてのプロセスパラメータ（この例では、A 8、A 5、A 3、A 2、…）の中から、検査データに対して品質に影響を与えていると推定されるプロセスパラメータを選別する。つまり、異常要因候補としてのプロセスパラメータを絞り込む。

[0127] 例えば、予め、評価指標としての V I P 値に対して、品質の良否に影響を与えているか否かの基準となる閾値（ Th_2 とする。）を定める。評価指標としての V I P 値が閾値 Th_2 より大きい場合は、品質の良否に影響を与えている一方、評価指標としての V I P 値が閾値 Th_2 より小さい場合は、品

質の良否に影響を与えていないことを意味する。例えば、図12のテーブルの例で、閾値 $Th2 = 4.0$ として定める。この場合、VIP値が 4.0 よりも大きいプロセスパラメータ $A8$ 、 $A5$ 、 $A3$ のみが選別され、VIP値が 4.0 よりも小さいプロセスパラメータ $A2$ 、…は上記異常要因候補から除外される。

[0128] この結果、次に述べるサブステップ（検定ステップ）S14-3では、その選別されたプロセスパラメータ $A8$ 、 $A5$ 、 $A3$ を用いて、そのプロセスパラメータ $A8$ 、 $A5$ 、 $A3$ が検査データに影響を与えているか否かの統計学的検定が実行される。これにより、上記選別されたプロセスパラメータの各々が検査データに影響を与えているか否かが、上記統計学的検定によって精度良く確認される。このようにした場合、異常要因を少ない計算量でかつ迅速に求めることができる。

[0129] 次に、検定部12は、図3中のサブステップ（検定ステップ）S14-3で、図1中のサブステップS4-1におけるのと同様に、異常要因候補11としてのプロセスパラメータを各々抽出し、上記抽出されたプロセスパラメータを用いて、そのプロセスパラメータが検査データに影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する。

[0130] 具体的には、抽出されたプロセスパラメータ毎に、そのプロセスパラメータが不良品発生の要因となっているという仮説について、統計学的検定を実施する。

[0131] 統計学的検定を実施するために、検定部12は、まず、上記データセット8Aの特性、ここでは良品と判定された製造品についての検査データと不良品と判定された製造品についての検査データの分布の態様を調べる。続いて、良品と判定された製造品についての検査データと不良品と判定された製造品についての検査データとが、それぞれ正規分布であり、かつ互いに等分散であるとの仮定が成り立つか否かを判定する。そして、上記仮定が成り立つ場合は、上記統計学的検定の手法としてパラメトリック手法を用いる一方、上記仮定が成り立たない場合は、上記統計学的検定の手法としてノンパラメ

トリック手法を用いる。

[0132] この後、検定部 12 は、サブステップ（検定結果表示ステップ）S 14-4 で、図 1 中のサブステップ S 4-2 におけるのと同様に、上記検定ステップ S 14-3 により得られた結果を、入力装置による入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて、例えば図示しない L C D の表示画面に表示する。

[0133] この結果の表示を見ることにより、品質管理者 14 は、そのプロセスパラメータが検査データに対して実質的に大きく影響を与えているか否かを把握できる。したがって、品質管理者 14 は、生産プロセス 5 における異常要因を正確に把握でき、その異常要因を取り除くことによって生産プロセス 5 を速やかに正常な状態に復帰させることができる。

[0134] ここで、図 12 に例示したように、この例では、上記異常要因候補としてのプロセスパラメータ（この例では、A 8、A 5、A 3、A 2、…）毎に、対策が求められる順位を表す優先度 1、2、3、4、…が表示される。したがって、品質管理者 14 は、その表示を見ることにより、上記異常要因候補としてのプロセスパラメータ毎に、対策が求められる順位を表す優先度を、定量的かつ視覚的に把握できる。

[0135] なお、上述の異常要因特定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして構築しても良い。

[0136] また、そのようなプログラムを C D-R O M などのコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して配布できるようにしても良い。上記プログラムを汎用コンピュータにインストールすることで、汎用コンピュータによって上記異常要因特定方法を実行することが可能である。

産業上の利用可能性

[0137] 本発明の異常要因特定方法および装置は、半導体の製造、太陽電池の製造、薄型表示デバイスの製造、化学薬品の製造および鉄鋼の製造等の、様々な素材を用いて大量に製造品を製造する様々な製造分野に、広く適用され得る。

符号の説明

- [0138]
- 3 製造工程
 - 4 検査工程
 - 5 生産プロセス
 - 6 製造データ
 - 7 検査データ
 - 8 データセット作成部
 - 8 A データセット
 - 9 データベース
 - 1 0 異常要因候補抽出部
 - 1 2 検定部
 - 1 3 検定結果表示部

請求の範囲

[請求項1] 製造品に対して1つ以上の製造工程を実行するとともに上記製造工程を経た上記製造品についての品質検査を含む検査工程を実行する生産プロセスにおいて不良品発生の変因を特定する異常変因特定方法であって、

上記生産プロセスでは、上記製造品毎にその製造品についての製造条件を含む1種以上の製造データと上記検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得され、上記検査データによってその製造品が良品、不良品のいずれであるかが判定されるようになっており、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出し、上記抽出された特徴量に基づいて、良品製造時の平均的な製造データと不良品製造時の各製造データとの間の有意差をそれぞれ算出し、上記有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ影響度として算出し、上記製造データの中から、良品製造時に対して不良品製造時に上記影響度が実質的に増加した製造データを異常変因候補として抽出する異常変因候補抽出ステップと、

上記データセットから上記異常変因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する検定ステップと、

上記検定ステップにより得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する検定結果表示ステップと、を含むことを特徴とする異常変因特定方法。

[請求項2] 製造品に対して1つ以上の製造工程を実行するとともに上記製造工程を経た上記製造品についての品質検査を含む検査工程を実行する生

産プロセスにおいて不良品発生の要因を特定する異常要因特定方法であって、

上記生産プロセスでは、上記製造品毎にその製造品についての製造条件を含む1種以上の製造データと上記検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得され、上記検査データによってその製造品が良品、不良品のいずれであるかが判定されるようになっており、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データと不良品と判定された製造品についての製造データとの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出し、上記抽出された特徴量に基づいて、上記製造データの中から異常要因候補を抽出する異常要因候補抽出ステップと、

上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する検定ステップと、

上記検定ステップにより得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する検定結果表示ステップと、を含むことを特徴とする異常要因特定方法。

[請求項3] 請求項1または2に記載の異常要因特定方法において、

上記検定ステップは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが上記品質に影響を与えている程度を定量的に表す検定指標を算出することを特徴とする異常要因特定方法。

[請求項4] 請求項1または2に記載の異常要因特定方法において、

上記検定ステップは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データが有意であるか否かを、その製造データ毎に求めることを特徴とする異常要因特定方法。

- [請求項5] 請求項3に記載の異常要因特定方法において、
 上記検定結果表示ステップは、上記異常要因候補抽出ステップにて抽出された異常要因候補としての製造データを、その製造データについての上記検定指標が大きい順または小さい順に並べ直して表示することを特徴とする異常要因特定方法。
- [請求項6] 請求項1または2に記載の異常要因特定方法において、
 上記異常要因候補抽出ステップは、上記異常要因候補としての製造データ毎に、その製造データが上記異常要因候補として抽出されるべき根拠を定量的に表す評価指標を算出し、
 上記検定ステップは、上記評価指標に基づいて、上記異常要因候補抽出ステップにおいて抽出された上記異常要因候補としての製造データの中から、上記品質に影響を与えていると推定される製造データを選別して、上記統計学的検定を実行することを特徴とする異常要因特定方法。
- [請求項7] 請求項3に記載の異常要因特定方法において、
 上記検定ステップは、上記評価指標に基づいて、上記異常要因候補としての製造データ毎に、対策が求められる順位を表す優先度を算出することを特徴とする異常要因特定方法。
- [請求項8] 請求項1または2に記載の異常要因特定方法において、
 上記検定ステップは、上記データセットの特性に応じて上記統計学的検定の手法を選択することを特徴とする異常要因特定方法。
- [請求項9] 請求項8に記載の異常要因特定方法において、
 上記検定ステップは、上記データセットにおける検査データのうち、良品と判定された製造品についての検査データと不良品と判定された製造品についての検査データとが、それぞれ正規分布であり、かつ互いに等分散であるとの仮定が成り立つ場合は、上記統計学的検定の手法としてパラメトリック手法を用いる一方、上記仮定が成り立たない場合は、上記統計学的検定の手法としてノンパラメトリック手法を

用いることを特徴とする異常要因特定方法。

[請求項10]

製造品に対して1つ以上の製造工程を実行するとともに上記製造工程を経た上記製造品についての品質検査を含む検査工程を実行する生産プロセスにおいて不良品発生の要因を特定する異常要因特定装置であって、

上記生産プロセスでは、上記製造品毎にその製造品についての製造条件を含む1種以上の製造データと上記検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得され、上記検査データによってその製造品が良品、不良品のいずれであるかが判定されるようになっており、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出し、上記抽出された特徴量に基づいて、良品製造時の平均的な製造データと不良品製造時の各製造データとの間の有意差をそれぞれ算出し、上記有意差に占める各製造データの寄与率をそれぞれ影響度として算出し、上記製造データの中から、良品製造時に対して不良品製造時に上記影響度が実質的に増加した製造データを異常要因候補として抽出する異常要因候補抽出部と、

上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する検定部と、

上記検定部により得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する検定結果表示部と、
を含むことを特徴とする異常要因特定方法。

[請求項11]

製造品に対して1つ以上の製造工程を実行するとともに上記製造工程を経た上記製造品についての品質検査を含む検査工程を実行する生産プロセスにおいて不良品発生の要因を特定する異常要因特定装置であって、

上記生産プロセスでは、上記製造品毎にその製造品についての製造条件を含む1種以上の製造データと上記検査工程で得られた品質を表す検査データとが関連付けてデータセットとして取得され、上記検査データによってその製造品が良品、不良品のいずれであるかが判定されるようになっており、

上記データセットのうち良品と判定された製造品についての製造データと不良品と判定された製造品についての製造データとの中から、多変量解析を行ってその製造品の製造条件を最も良く表す特徴量を少なくとも1つ抽出し、上記抽出された特徴量に基づいて、上記製造データの中から異常要因候補を抽出する異常要因候補抽出部と、

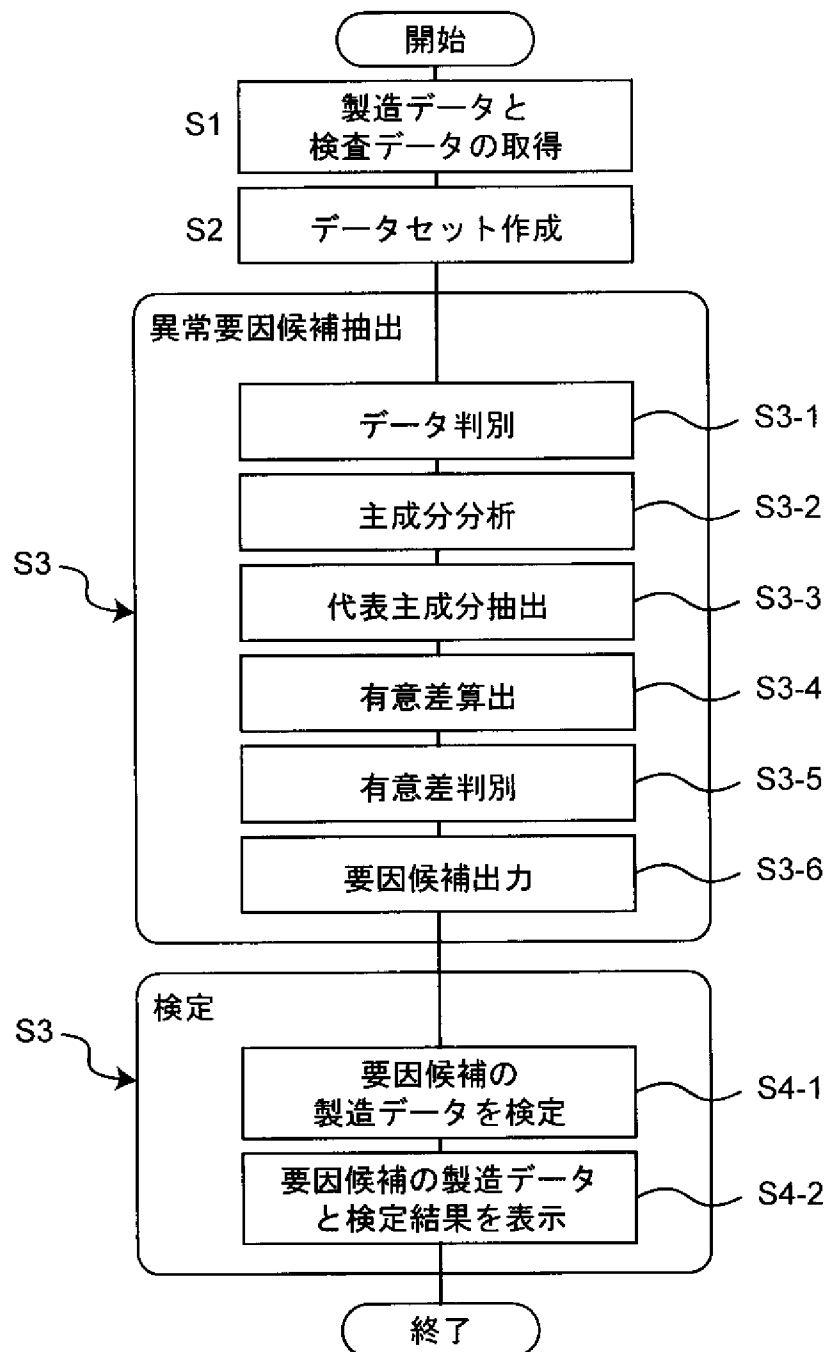
上記データセットから上記異常要因候補としての製造データを各々抽出し、上記抽出された製造データを用いて、その製造データが上記品質に影響を与えているか否かの統計学的検定を実行する検定部と、

上記検定部により得られた結果を、入力に基づいてまたは予め定められた基準に基づいて表示する検定結果表示部と、
を含むことを特徴とする異常要因特定装置。

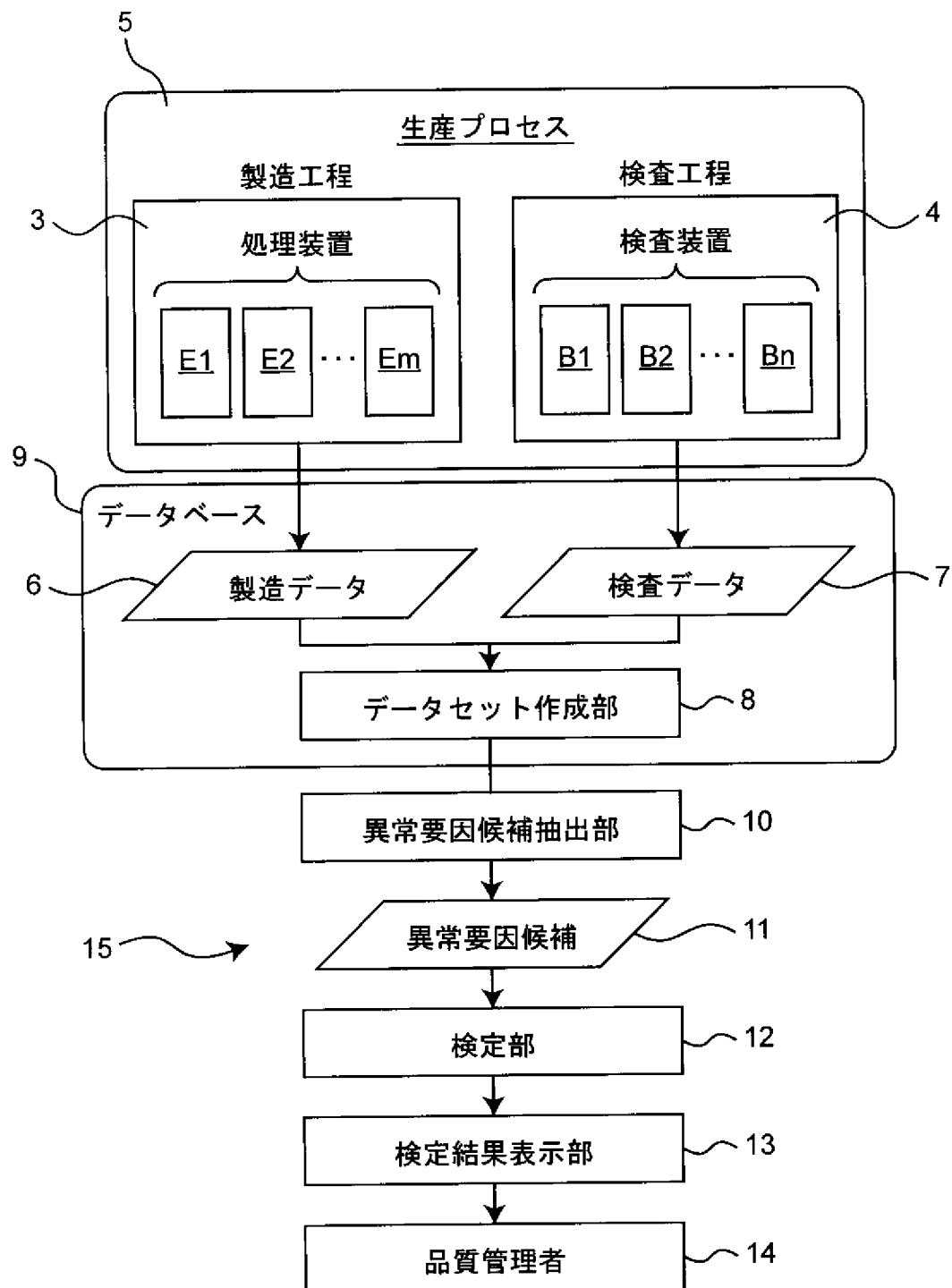
[請求項12] 請求項1または2に記載の異常要因特定方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

[請求項13] 請求項1 2に記載のプログラムが記録されたことを特徴とするコンピュータ読出し可能な記録媒体。

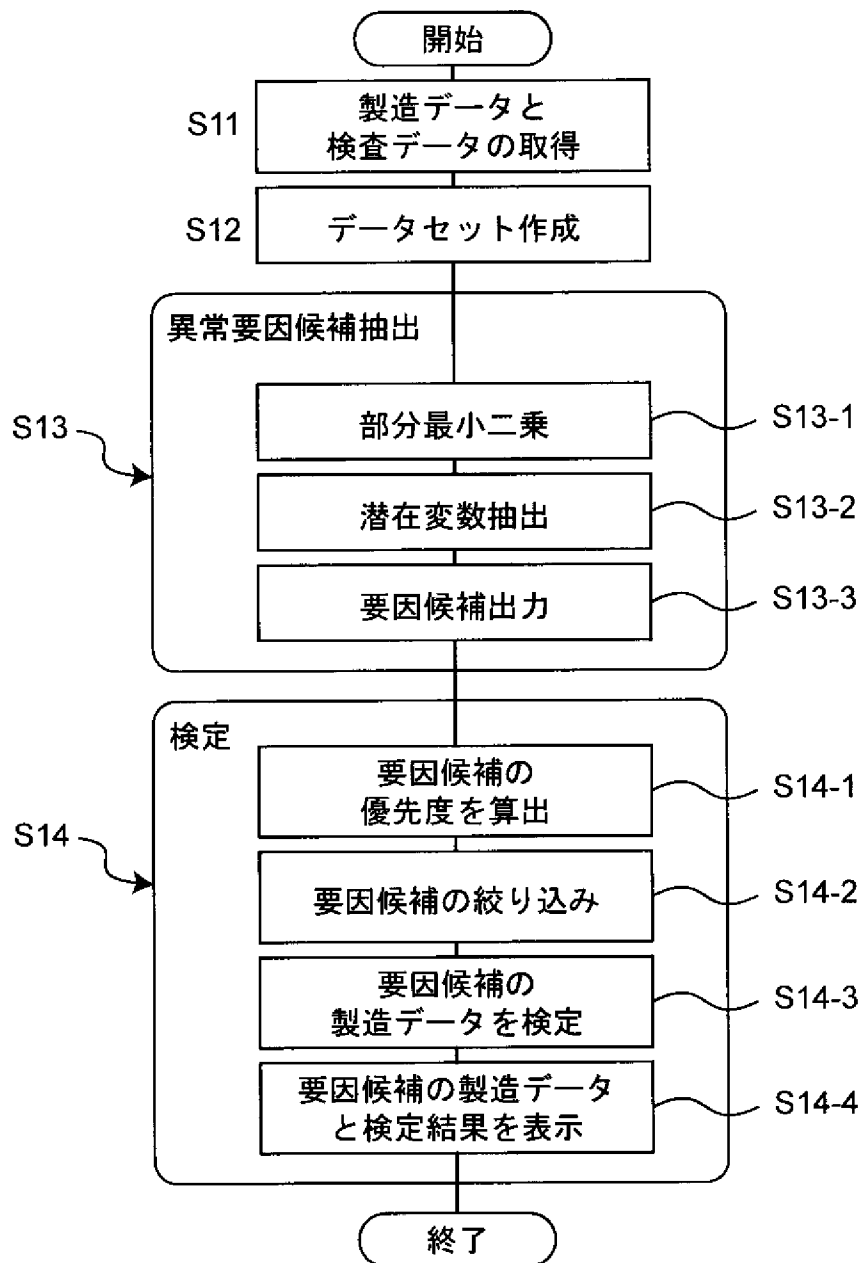
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

8A

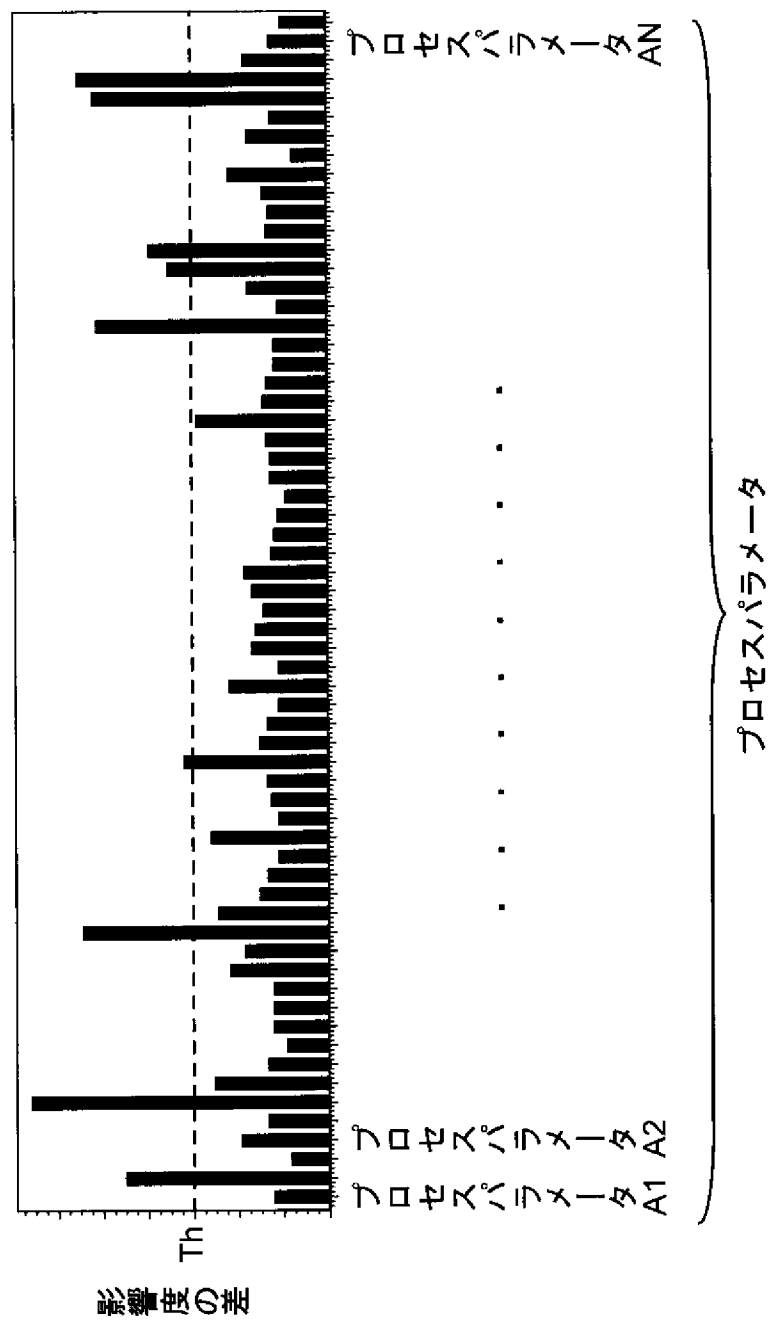
製品ID	性能Q1	性能Q2	性能Q3	性能Q4	性能QM	プロセス パラメータ A1	プロセス パラメータ A2	プロセス パラメータ A6	プロセス パラメータ A7	プロセス パラメータ A8	...	プロセス パラメータ AN
Lt1	11.8	0.58	0.10	2217	M1	56027	1455	107.5	44.3	3828	...	N1
Lt2	15.6	0.56	0.10	2232	M2	56136	1510	102.5	44.9	3861	...	N2
Lt3	14.6	0.57	0.11	2222	M3	54170	1415	107.7	44.6	3685	...	N3
Lt4	14.7	0.56	0.10	2223	M4	53492	1604	106.9	44.0	3761	...	N4
Lt5	15.6	0.58	0.10	2229	M5	58811	1504	105.5	44.5	3805	...	N5
Lt6	15.6	0.57	0.10	2237	M6	57341	1466	109.8	44.5	3757	...	N6
Lt7	15.3	0.57	0.11	2245	M7	57400	1439	110.2	43.7	3789	...	N7
Lt8	15.4	0.57	0.10	2272	M8	53741	1507	106.9	44.4	3792	...	N8
Lt9	14.7	0.57	0.11	2218	M9	58197	1504	106.4	45.0	3831	...	N9
Lt10	14.9	0.56	0.10	2228	M10	58431	1507	109.4	44.3	3772	...	N10
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
LtL	14.7	0.56	0.10	2300	M _L	53487	1593	108.0	44.8	3896	...	N _L

8c

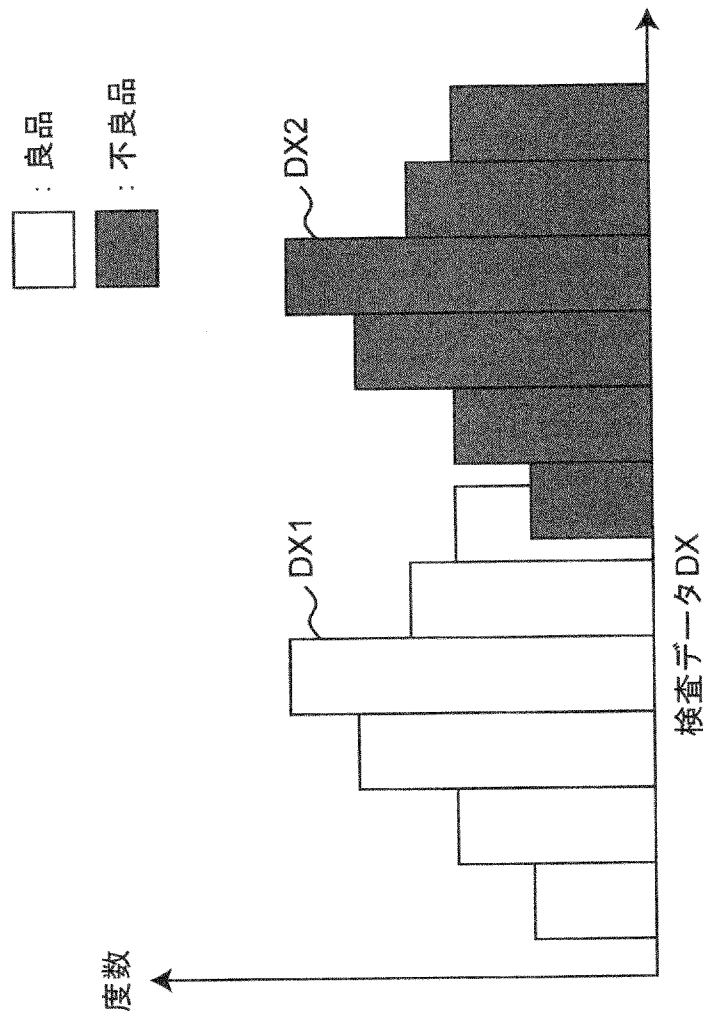
8a

8b

[図5]



[図6]



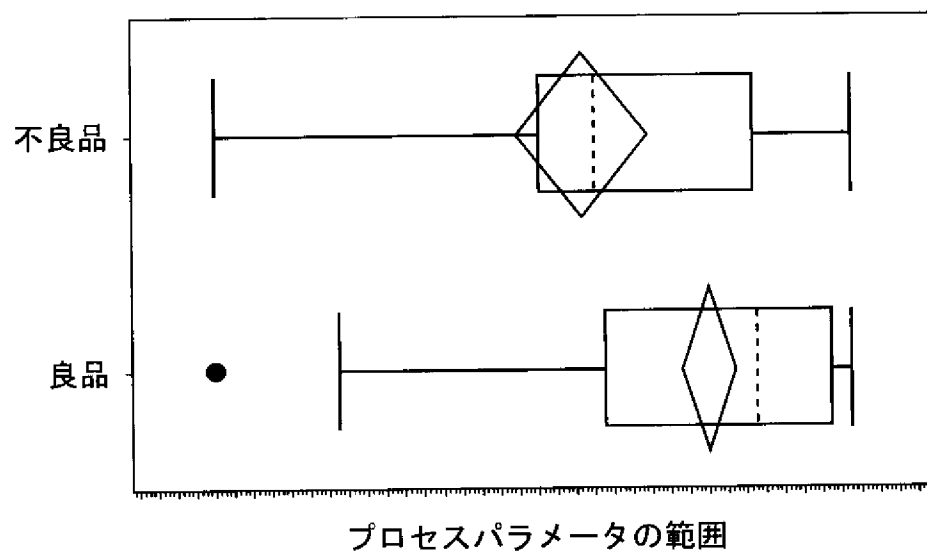
[図7]

プロセスパラメータ	不良品	良品	合計
A3	f11	f12	f1・
A8	f21	f22	f2・
合計	f・1	f・2	n

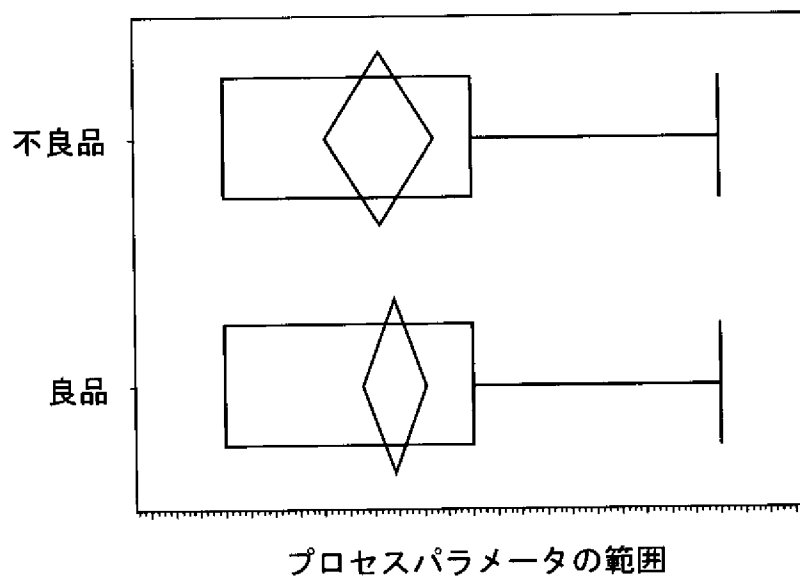
[図8]

プロセスパラメータ	検定指標
A3	3.0
A8	2.1
A5	1.8
A2	1.6
・	・
・	・
・	・

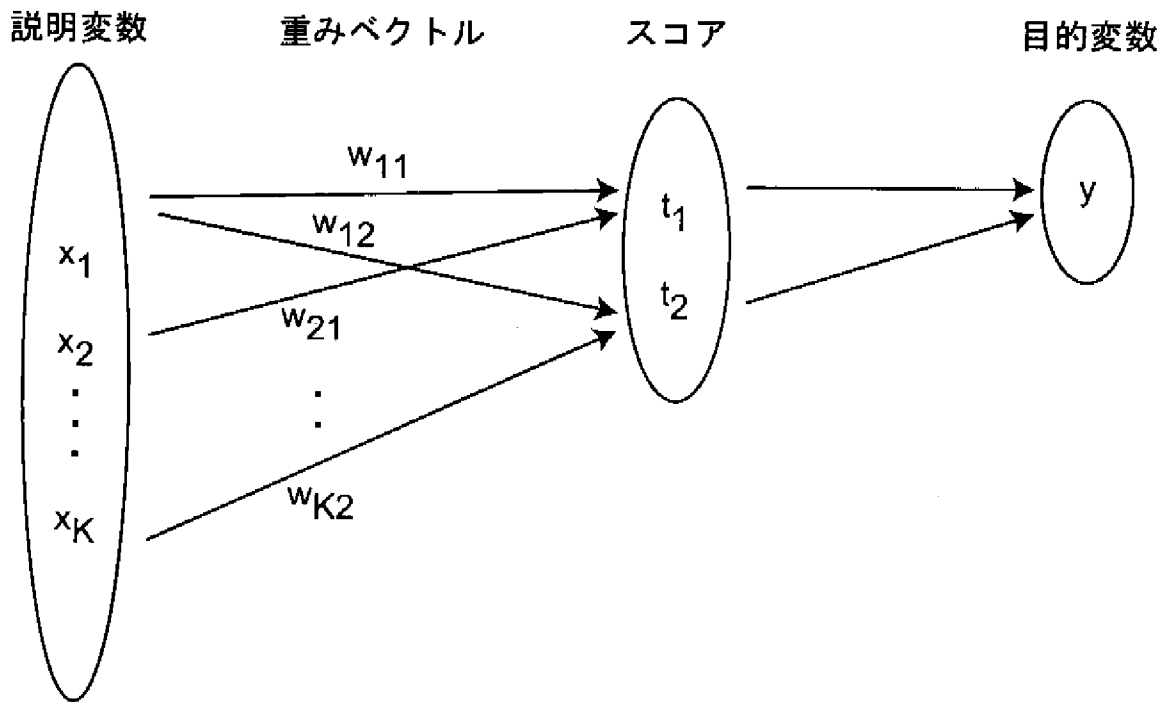
[図9]



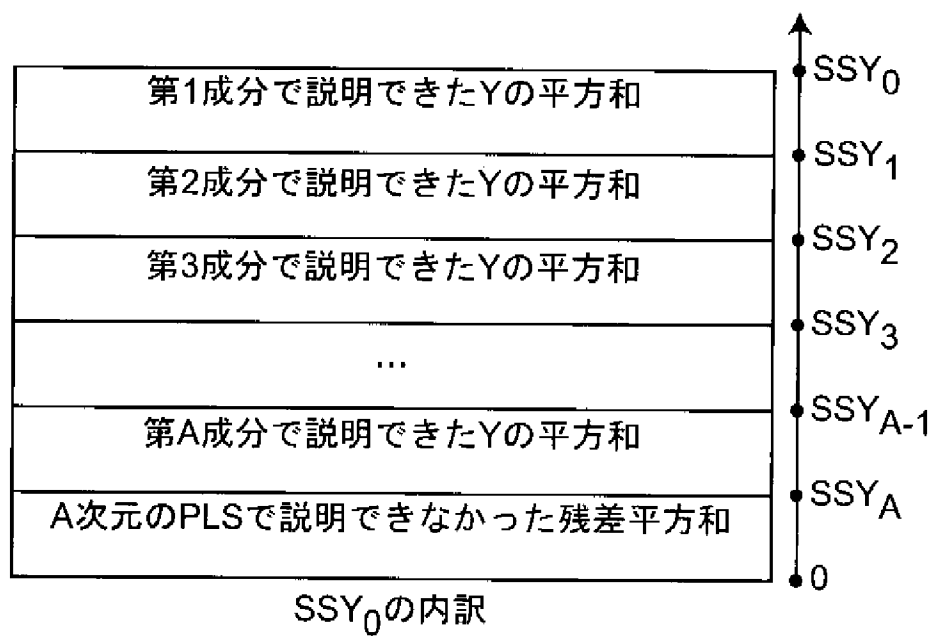
[図10]



[図11A]



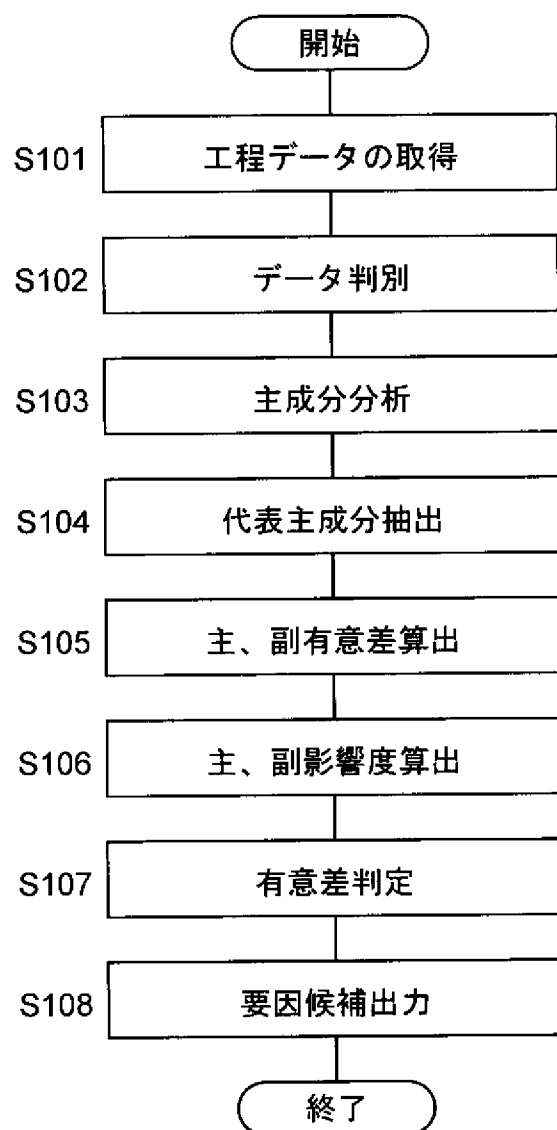
[図11B]



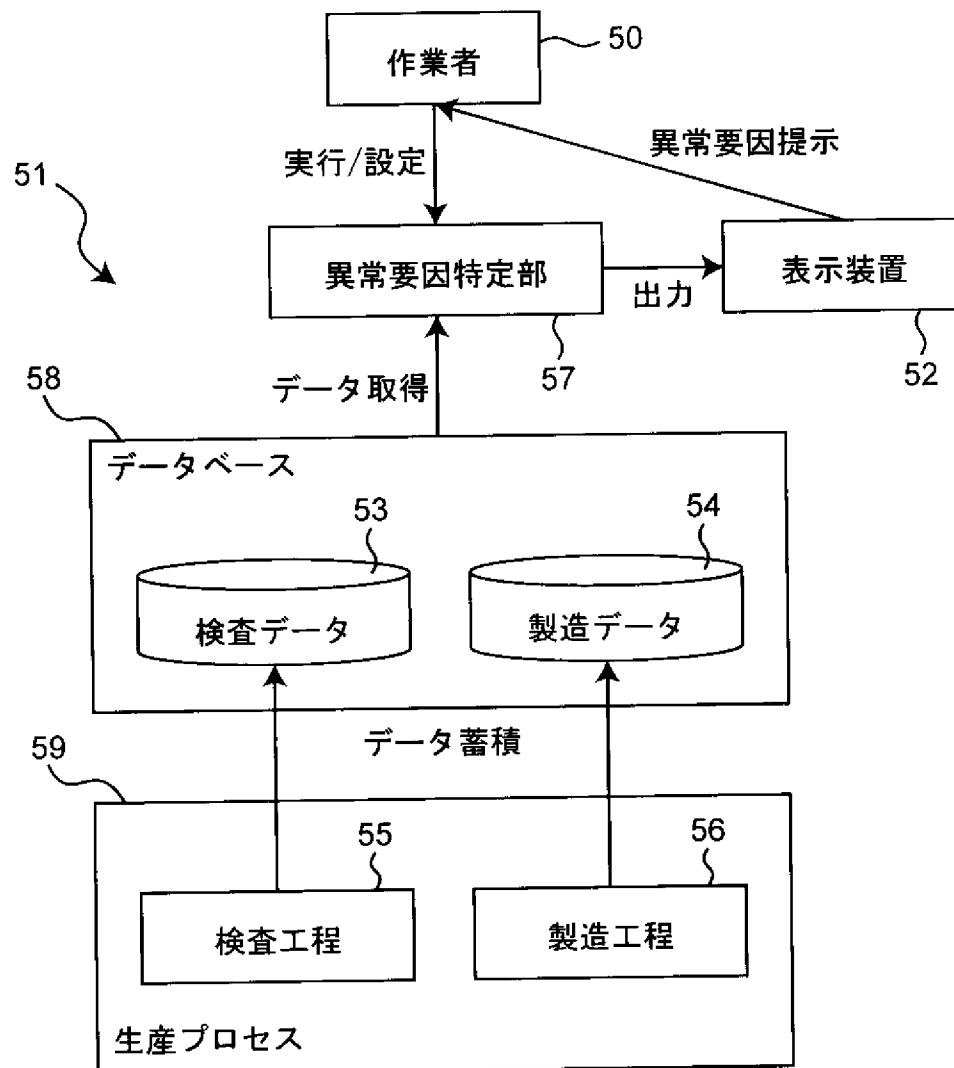
[図12]

優先度	プロセスパラメータ	評価指標
1	A8	5.6
2	A5	4.4
3	A3	4.1
4	A2	3.6
⋮	⋮	⋮

[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059072

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B19/418(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L21/66(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)

G05B19/418, H01L21/02, H01L21/66

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	JP 2009-9299 A (Sharp Corp.), 15 January 2009 (15.01.2009), paragraphs [0049] to [0090]; fig. 1 to 12 & EP 2161636 A1 & WO 2009/001775 A1 & CN 101689051 A	1-13
A	JP 2009-21348 A (Sharp Corp.), 29 January 2009 (29.01.2009), paragraphs [0053] to [0105]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-13

☐ 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
09 May, 2012 (09.05.12)

Date of mailing of the international search report
22 May, 2012 (22.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G05B19/418(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L21/66(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（I P C））

Int.Cl. G05B19/418, H01L21/02, H01L21/66

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
A	JP 2009-9299 A（シャープ株式会社）2009.01.15, 段落【0049】－【0090】，図1－12 & EP 2161636 A1 & WO 2009/001775 A1 & CN 101689051 A	1－13
A	JP 2009-21348 A（シャープ株式会社）2009.01.29, 段落【0053】－【0105】，図1－7 （ファミリーなし）	1－13

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

0 9 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

稲垣 浩司

3 U

9 5 5 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3324