

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4736613号
(P4736613)

(45) 発行日 平成23年7月27日 (2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年5月13日 (2011.5.13)

(51) Int.Cl. F I
G05B 19/418 (2006.01) G O 5 B 19/418 Z
H05K 3/34 (2006.01) H O 5 K 3/34 5 1 2 A

請求項の数 14 (全 31 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-233665 (P2005-233665) (22) 出願日 平成17年8月11日 (2005.8.11) (65) 公開番号 特開2007-48158 (P2007-48158A) (43) 公開日 平成19年2月22日 (2007.2.22) 審査請求日 平成20年2月22日 (2008.2.22)</p>	<p>(73) 特許権者 000002945 オムロン株式会社 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 801番地 (74) 代理人 100127030 弁理士 増井 義久 (74) 代理人 100125944 弁理士 比村 潤相 (72) 発明者 熊本 浩 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内 審査官 佐々木 一浩</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工程管理装置、工程管理プログラム、工程管理プログラムを記録した記録媒体、および工程管理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被対象物に対して処理を行う処理システムにおいて発生しうる複数の不良結果のそれぞれに対して、不良要因の候補を1つ以上対応付けるとともに、各不良結果から該不良結果に対応する各不良要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐による木構造の知識として示す要因推定知識情報を記録する推定知識記録部と、

上記推定知識記録部に記録されている上記要因推定知識情報に基づいて要因推定処理を行う推論処理手段と、

上記推論処理手段によって要因推定処理が行われる過程において、上記要因推定知識情報に含まれる条件に対応する質問に対するユーザからの回答を取得する入力制御手段と、

上記入力制御手段によって取得された回答に基づいて、該条件を満たす度合いを示す適合度を算出する適合度演算手段と、

特定の診断パスおよび不良要因を要因推定対象外として設定する診断パス絞り込み手段とを備え、

上記診断パス絞り込み手段が要因推定対象外として設定する特定の診断パスおよび不良要因が、上記適合度演算手段によって算出された適合度が所定の閾値以下となった場合の該条件を含む診断パスおよび不良要因、あるいは、上記適合度演算手段によって算出された適合度のうち、特定の診断パスに含まれる適合度の集合を代表する値が所定の閾値以下となった場合の該診断パスおよび不良要因であり、

上記適合度は、0以上1以下の数字で表されるとともに、該適合度が0より大きく1よ

り小さい値となるような条件に対する上記回答が許容されるようになっていることを特徴とする工程管理装置。

【請求項 2】

上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている診断パスおよび不良要因からなる要因推定知識情報を表示部に表示する表示制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の工程管理装置。

【請求項 3】

上記表示制御手段が、上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象外と設定されていない不良要因の数が所定の閾値以下となった場合に、上記要因推定知識情報を表示部に表示することを特徴とする請求項 2 記載の工程管理装置。

10

【請求項 4】

上記表示制御手段が、上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている診断パスに含まれる全ての条件に対する回答が得られたとしても、その回答によって絞り込める不良要因の数が変わらない場合に、上記要因推定知識情報を表示部に表示することを特徴とする請求項 2 記載の工程管理装置。

【請求項 5】

上記処理システムにおける処理過程を検査する検査装置から検査結果データを受け付ける検査結果入力手段と、

上記検査結果入力手段によって受け付けられた検査結果データを記録する検査結果記録部とをさらに備え、

20

上記入力制御手段が、上記推論処理手段によって要因推定処理が行われる過程において、上記要因推定知識情報に含まれる条件に対応する質問の内容に応じて、回答をユーザから取得する場合と、上記検査結果データから取得する場合とを切り替えることを特徴とする請求項 1 記載の工程管理装置。

【請求項 6】

上記表示制御手段が、上記適合度演算手段によって算出された適合度に関する情報を、該適合度に対応する条件に対応させて表示部に表示することを特徴とする請求項 2 記載の工程管理装置。

【請求項 7】

上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている不良要因に関して、該不良要因に至る診断パスに含まれる条件に対する適合度の集合を代表する値を確信度として算出する確信度演算手段をさらに備え、

30

上記表示制御手段が、上記確信度に関する情報を上記不良要因と対応させて表示部に表示することを特徴とする請求項 2 記載の工程管理装置。

【請求項 8】

上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている不良要因に関して、該不良要因に至る診断パスに含まれる条件のうち、有効な回答が得られたものの割合を示す値を信頼度として算出する信頼度演算手段をさらに備え、

上記表示制御手段が、上記信頼度に関する情報を上記不良要因と対応させて表示部に表示することを特徴とする請求項 2 記載の工程管理装置。

40

【請求項 9】

上記入力制御手段が、表示部に表示されている、要因推定対象と設定されている不良要因の選択入力を受け付けるとともに、

上記推論処理手段が、上記選択入力によって指定された不良要因に対応する診断パスに含まれる条件に関して検証を行うことを特徴とする請求項 2 記載の工程管理装置。

【請求項 10】

上記入力制御手段が、表示部に表示されている、要因推定対象と設定されている不良要因の削除指示入力を受け付けるとともに、

上記診断パス絞り込み手段が、上記削除指示入力によって指定された不良要因に対応する診断パスおよび該不良要因を要因推定対象外として設定することを特徴とする請求項 2

50

記載の工程管理装置。

【請求項 1 1】

上記表示制御手段が、上記要因推定処理が行われる過程においてユーザに対して提示された質問が表示される質問表示領域、上記要因推定処理が行われる過程において不良要因の候補として残っている不良要因が表示される不良要因候補表示領域、および、上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている診断パスおよび不良要因からなる要因推定知識情報が表示される要因推定知識情報表示領域を表示部上に設けることを特徴とする請求項 2 記載の工程管理装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の工程管理装置を動作させる工程管理プログラムであって、コンピュータを上記の各手段として機能させるための工程管理プログラム。

10

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の工程管理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。

【請求項 1 4】

被対象物に対して処理を行う処理システムにおいて発生しうる複数の不良結果のそれぞれに対して、不良要因の候補を 1 つ以上対応付けるとともに、各不良結果から該不良結果に対応する各不良要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐による木構造の知識として示す要因推定知識情報を記録する推定知識記録ステップと、

上記推定知識記録ステップにおいて記録された上記要因推定知識情報に基づいて要因推定処理を行う推論処理ステップと、

20

上記推論処理ステップにおいて要因推定処理が行われる過程において、上記要因推定知識情報に含まれる条件に対応する質問に対するユーザからの回答を取得する入力制御ステップと、

上記入力制御ステップにおいて取得された回答に基づいて、該条件を満たす度合いを示す適合度を算出する適合度演算ステップと、

特定の診断パスおよび不良要因を要因推定対象外として設定する診断パス絞り込みステップとを有し、

上記診断パス絞り込みステップにおいて要因推定対象外として設定される特定の診断パスおよび不良要因が、上記適合度演算ステップにおいて算出された適合度が所定の閾値以下となった場合の該条件を含む診断パスおよび不良要因、あるいは、上記適合度演算ステップにおいて算出された適合度のうち、特定の診断パスに含まれる適合度の集合を代表する値が所定の閾値以下となった場合の該診断パスおよび不良要因であり、

30

上記適合度は、0 以上 1 以下の数字で表されるとともに、該適合度が 0 より大きく 1 より小さい値となるような条件に対する上記回答が許容されるようになっていることを特徴とする工程管理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被対象物の処理工程を管理する工程管理装置、工程管理方法、工程管理プログラム、および該プログラムを記録した記録媒体に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

工場の生産ラインにおいて、歩留まりを向上させるために工程の改善処理が必要とされている。工程の改善処理としては、まず製造品の不良の要因となる工程を特定し、その要因を取り除くように機器の調整や清掃などが行われる。

【0003】

しかしながら、複数の工程からなる製造工程においては、不良の要因の候補として、製造装置の部品の欠陥、製造装置の設定の問題、および搬送経路での問題など、多種多様な要因が考えられる。例えば回路基板の表面実装システムの工程は、プリント工程 - 実装工

50

程 - リフロー工程にわかれている。プリント工程では、基板上に半田ペーストが塗られ、実装工程では、基板上に部品が設置される。最後のリフロー工程では、熱を加えることによって半田を溶かして部品が接着される。このような表面実装システムにおいて、ブリッジ不良が起こった場合、ブリッジ不良を起こす要因としては、マスクずれ、下型よごれなど多く考えられるが、この内の1つあるいは複数が根本の要因となる。

【0004】

不良の要因となる現象が現れると、製造品に不良の症状が現れるのはもちろんのこと、製造装置の動作履歴や検査装置の検査履歴に対しても何らかの影響を与えることになる。これらの不良品の症状に関するデータ、および、製造装置の動作履歴や検査装置の検査履歴に関するデータは膨大なものとなり、不良の発生に関する分析を行うことも困難である

10

【0005】

ここで、生産管理に関する経験が豊富な生産管理担当者は、不良要因が不良品、製造装置、検査装置に与える影響の関係、およびその影響の解釈の仕方を経験的に知っており、効率的に工程改善を実施することが可能である。しかしながら、経験の浅い生産管理担当者は、要因を1つずつ吟味して要因の特定を行うことになり、工程の改善処理に多大な時間を費やすことになる。

【0006】

したがって、生産現場において、いかなる熟練度の生産管理担当者であっても、異常要因の推定を高確度かつ高効率で実現可能な手法が要望されている。このような手法として、以下に示す特許文献1には、各工程（プリント工程 - 実装工程 - リフロー工程）に設けられた検査機から情報を取得し、それにより推論を行う方法が提案されている。

20

【0007】

しかしながら、表面実装システムにおいて、要因推定に必要とされる情報を全て検査機から取得できるとは限らない。例えば、基板の正面から撮影した半田の面積なら画像処理の技術を利用することで収集できるが、基板の反りといった情報は、人間が基板の側面から確認する必要がある。ここで、基板の反りを検知するための構成を設けることも考えられるが、検査機のコストを必要以上に大きくすることは好ましくない。よって、検査機からの検査結果データに加えて、人間からの情報の入力を行うことが好ましい。すなわち、要因推定を行うためには、機械と人との協調型の推論を行うことが必要となる。

30

【0008】

人間からの情報の入力によって要因推定を行う際には、いかにして質問数を減らしかつ精度良く推論を実施するかが問題となる。例えば以下に示す特許文献2には、質問順序を決定する方法として事前に発生頻度による評価値を持たせる方法が提案されている。

【特許文献1】特開平6-196900号公報（平成6年7月15日(1994.7.15)公開）

【特許文献2】特開平6-103073号公報（平成6年4月15日(1994.4.15)公開）

【特許文献3】特開2004-126641号公報（平成16年4月22日(2004.4.22)公開）

【特許文献4】特開2002-297387号公報（平成14年10月11日(2002.10.11)公開）

【特許文献5】特開2004-117229号公報（平成16年4月15日(2004.4.15)公開）

【特許文献6】特開2004-198436号公報（平成16年7月15日(2004.7.15)公開）

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上記の特許文献2に開示されている方法では、発生頻度が高い質問から行われるようになっていく。この場合、発生頻度が低い質問は後の方に行われることになるが、実際には、このような発生頻度が低い質問が重要となる場合もありうる。すなわち、状況によっては、不良要因の推定に多大な時間が必要とされる可能性があるという問題がある。

【0010】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、ユーザからの回答を利用して不良要因を推定する場合に、どのような状況においても、不良要因を特定する

50

際に必要とされる質問数を低く抑えることを可能とする工程管理装置、工程管理プログラム、工程管理プログラムを記録した記録媒体、および工程管理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係る工程管理装置は、上記課題を解決するために、被対象物に対して処理を行う処理システムにおいて発生しうる複数の不良結果のそれぞれに対して、不良要因の候補を1つ以上対応付けるとともに、各不良結果から該不良結果に対応する各不良要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐による木構造の知識として示す要因推定知識情報を記録する推定知識記録部と、上記推定知識記録部に記録されている上記要因推定知識情報に基づいて要因推定処理を行う推論処理手段と、上記推論処理手段によって要因推定処理が行われる過程において、上記要因推定知識情報に含まれる条件に対応する質問に対するユーザからの回答を取得する入力制御手段と、上記入力制御手段によって取得された回答に基づいて、該条件を満たす度合いを示す適合度を算出する適合度演算手段と、特定の診断パスおよび不良要因を要因推定対象外として設定する診断パス絞り込み手段とを備え、上記診断パス絞り込み手段が要因推定対象外として設定する特定の診断パスおよび不良要因が、上記適合度演算手段によって算出された適合度が所定の閾値以下となった場合の該条件を含む診断パスおよび不良要因、あるいは、上記適合度演算手段によって算出された適合度のうち、特定の診断パスに含まれる適合度の集合を代表する値が所定の閾値以下となった場合の該診断パスおよび不良要因であり、上記適合度は、0以上1以下の数字で表されるとともに、該適合度が0より大きく1より小さい値となるような条件に対する上記回答が許容されるようになっていることを特徴としている。

10

20

【0012】

また、本発明に係る工程管理方法は、被対象物に対して処理を行う処理システムにおいて発生しうる複数の不良結果のそれぞれに対して、不良要因の候補を1つ以上対応付けるとともに、各不良結果から該不良結果に対応する各不良要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐による木構造の知識として示す要因推定知識情報を記録する推定知識記録ステップと、上記推定知識記録ステップにおいて記録された上記要因推定知識情報に基づいて要因推定処理を行う推論処理ステップと、上記推論処理ステップにおいて要因推定処理が行われる過程において、上記要因推定知識情報に含まれる条件に対応する質問に対するユーザからの回答を取得する入力制御ステップと、上記入力制御ステップにおいて取得された回答に基づいて、該条件を満たす度合いを示す適合度を算出する適合度演算ステップと、特定の診断パスおよび不良要因を要因推定対象外として設定する診断パス絞り込みステップとを有し、上記診断パス絞り込みステップにおいて要因推定対象外として設定される特定の診断パスおよび不良要因が、上記適合度演算ステップにおいて算出された適合度が所定の閾値以下となった場合の該条件を含む診断パスおよび不良要因、あるいは、上記適合度演算ステップにおいて算出された適合度のうち、特定の診断パスに含まれる適合度の集合を代表する値が所定の閾値以下となった場合の該診断パスおよび不良要因であり、上記適合度は、0以上1以下の数字で表されるとともに、該適合度が0より大きく1より小さい値となるような条件に対する上記回答が許容されるようになっていることを特徴としている。

30

40

【0013】

上記の構成または方法では、各不良結果から該不良結果に対応する各不良要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐による木構造の知識として示す要因推定知識情報に基づいて要因推定処理が行われる。この要因推定処理は、要因推定知識情報に含まれる条件に対応する質問がユーザに対して提示され、これに対してユーザが回答することによって進行することになるが、この過程において、条件を満たす度合いを示す適合度が算出される。そして、適合度が所定の閾値以下となっている条件を含む診断パスおよび不良要因、あるいは、特定の診断パスに含まれる適合度の集合を代表する値が所定の閾値以下となった場合の該診断パスおよび不良要因が要因推定対象外として設定される。

50

【0014】

したがって、ユーザに対して提示される質問の数を削減することができるので、要因推定処理に必要とされる時間および手間を削減することが可能となる。また、適合度が閾値以下である場合、または、適合度の集合を代表する値が所定の閾値以下となった場合、その不良要因が該当不良結果の真の不良要因となる可能性が低いと判断することができるので、診断パスの絞り込みの判断基準として適合度を用いることにより、不良発生がどのような状況で生じていても、的確に診断パスを削減し、質問数を減らすことが可能となる。すなわち、上記構成または方法によれば、どのような状況においても、より短時間に真の不良要因にたどり着くことが可能となる。

【0015】

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている診断パスおよび不良要因からなる要因推定知識情報を表示部に表示する表示制御手段をさらに備える構成としてもよい。

【0016】

上記の構成によれば、診断パス絞り込み手段によって絞り込まれた診断パスおよび不良要因からなる要因推定知識情報が表示部に表示されることになる。よって、ユーザに対して要因推定処理の過程において絞り込まれていく要因推定知識情報を提示することによって、要因推定処理の過程および今後の見通し、ならびに要因推定結果の妥当性などをユーザに認識させることが可能となる。

【0017】

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記表示制御手段が、上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象外と設定されていない不良要因の数が所定の閾値以下となった場合に、上記要因推定知識情報を表示部に表示する構成としてもよい。

【0018】

上記の構成によれば、不良要因の候補として残った不良要因の数が所定の閾値以下となった状態で要因推定知識情報が表示部に表示されることになるので、ユーザに対して、ある程度不良要因が絞り込まれた状態の要因推定知識情報を提示することが可能となる。これにより、必要以上に膨大な情報が提示されることによって、かえってユーザが混乱するというような事態を防止することができる。

【0019】

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記表示制御手段が、上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている診断パスに含まれる全ての条件に対する回答が得られたとしても、その回答によって絞り込める不良要因の数が変わらない場合に、上記要因推定知識情報を表示部に表示する構成としてもよい。

【0020】

上記の構成によれば、条件と不良要因とが1対1で対応することになるので、ユーザに対して、ある程度不良要因が絞り込まれた状態の要因推定知識情報を提示することが可能となる。これにより、必要以上に膨大な情報が提示されることによって、かえってユーザが混乱するというような事態を防止することができる。

【0021】

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記処理システムにおける処理過程を検査する検査装置から検査結果データを受け付ける検査結果入力手段と、上記検査結果入力手段によって受け付けられた検査結果データを記録する検査結果記録部とをさらに備え、上記入力制御手段が、上記推論処理手段によって要因推定処理が行われる過程において、上記要因推定知識情報に含まれる条件に対応する質問の内容に応じて、回答をユーザから取得する場合と、上記検査結果データから取得する場合とを切り替える構成としてもよい。

【0022】

上記の構成によれば、検査装置において検査された結果としての検査結果データが検査結果入力手段によって受け付けられ、この受け付けられた検査結果データが検査結果記録

10

20

30

40

50

部に記録されることになる。また、要因推定処理が行われる過程において、質問の内容に応じて、ユーザからの回答を取得する場合と、検査結果データによって回答を取得する場合とで切り替えられるようになっている。よって、検査結果データによって判断可能な条件は検査結果データに基づいて判断し、検査結果データでは判断不可能な条件はユーザからの回答に基づいて判断することが可能となる。これにより、機械による判断と人間による判断とを協働させて要因推定を行うことにより、効率良く、かつ的確な推論を行うことが可能となる。

【0023】

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記表示制御手段が、上記適合度演算手段によって算出された適合度に関する情報を、該適合度に対応する条件に対応させて表示部に表示する構成としてもよい。

10

【0024】

上記の構成によれば、表示部に、適合度に関する情報が条件に対応させて表示されることになる。よって、要因推定処理の過程に関する、より詳細な情報をユーザに提示することが可能となり、ユーザによる要因推定の判断を行いやすくすることができる。

【0025】

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている不良要因に関して、該不良要因に至る診断パスに含まれる条件に対する適合度の集合を代表する値を確信度として算出する確信度演算手段をさらに備え、上記表示制御手段が、上記確信度に関する情報を上記不良要因と対応させて表示部に表示する構成としてもよい。

20

【0026】

上記の構成によれば、不良要因の候補に対して、確信度に関する情報が表示されることになる。確信度とは、該不良要因が、推定対象としての不良結果の不良要因である可能性の高さを示す値であるので、ユーザに対して、各不良要因の候補が真の不良要因であるか否かの判断の指標を提示することが可能となる。なお、適合度の集合を代表する値としては、例えば最小値、および平均値などが挙げられる。

【0027】

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記診断パス絞り込み手段によって要因推定対象と設定されている不良要因に関して、該不良要因に至る診断パスに含まれる条件のうち、有効な回答が得られたものの割合を示す値を信頼度として算出する信頼度演算手段をさらに備え、上記表示制御手段が、上記信頼度に関する情報を上記不良要因と対応させて表示部に表示する構成としてもよい。

30

【0028】

上記の構成によれば、不良要因の候補に対して、信頼度に関する情報が表示されることになる。信頼度とは、該不良要因に対して算出されている確信度の信頼性を示す値であるので、ユーザに対して、各不良要因の候補が真の不良要因であるか否かの判断の指標を提示することが可能となる。

【0029】

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記入力制御手段が、表示部に表示されている、要因推定対象と設定されている不良要因の選択入力を受け付けるとともに、上記推論処理手段が、上記選択入力によって指定された不良要因に対応する診断パスに含まれる条件に関して検証を行う構成としてもよい。

40

【0030】

上記の構成によれば、要因推定対象と設定されている不良要因の中から特定の不良要因が選択されると、その不良要因に関する要因推定処理が行われることになる。よって、ユーザは、表示されている不良要因の候補の中から、真の不良要因である可能性が高いと思う不良要因に対する質問を先に行わせることが可能となり、要因推定処理を効率的に行うことが可能となる。

【0031】

50

また、本発明に係る工程管理装置は、上記の構成において、上記入力制御手段が、表示部に表示されている、要因推定対象と設定されている不良要因の削除指示入力を受け付けるとともに、上記診断パス絞り込み手段が、上記削除指示入力によって指定された不良要因に対応する診断パスおよび該不良要因を要因推定対象外として設定する構成としてもよい。

【0032】

上記の構成によれば、要因推定対象と設定されている不良要因の中から特定の不良要因に対して削除指示されると、その不良要因に対応する診断パスおよび該不良要因が要因推定対象外として設定されることになる。よって、ユーザは、不良要因の候補の中から、真の不良要因である可能性が低いと思う不良要因を不良要因の候補から外すことが可能となり、要因推定処理を効率的に行うことが可能となる。

10

【0033】

なお、上記工程管理装置は、コンピュータによって実現してもよく、この場合には、コンピュータを上記各手段として動作させることにより上記工程管理装置をコンピュータにて実現させる工程管理プログラム、およびそれを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体も、本発明の範疇に入る。

【発明の効果】

【0034】

本発明に係る工程管理装置は、以上のように、被対象物に対して処理を行う処理システムにおいて発生しうる複数の不良結果のそれぞれに対して、不良要因の候補を1つ以上対応付けるとともに、各不良結果から該不良結果に対応する各不良要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐による木構造の知識として示す要因推定知識情報を記録する推定知識記録部と、上記推定知識記録部に記録されている上記要因推定知識情報に基づいて要因推定処理を行う推論処理手段と、上記推論処理手段によって要因推定処理が行われる過程において、上記要因推定知識情報に含まれる条件に対応する質問に対するユーザからの回答を取得する入力制御手段と、上記入力制御手段によって取得された回答に基づいて、該条件を満たす度合いを示す適合度を算出する適合度演算手段と、特定の診断パスおよび不良要因を要因推定対象外として設定する診断パス絞り込み手段とを備え、上記診断パス絞り込み手段が要因推定対象外として設定する特定の診断パスおよび不良要因が、上記適合度演算手段によって算出された適合度が所定の閾値以下となった場合の該条件を含む診断パスおよび不良要因、あるいは、上記適合度演算手段によって算出された適合度のうち、特定の診断パスに含まれる適合度の集合を代表する値が所定の閾値以下となった場合の該診断パスおよび不良要因である構成となっている。これにより、どのような状況においても、より短時間に真の不良要因にたどり着くことが可能となるという効果を奏する。

20

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

本発明の一実施形態について図面に基づいて説明すると以下の通りである。本実施形態では、プリント基板の生産ラインを有する生産システムに適用される工程管理システムについて説明するが、本発明は、プリント基板の生産システムに限定されるものではなく、被対象物の処理工程の管理全般に適用することが可能である。なお、被対象物の処理工程とは、例えば、工業製品の生産工程、鋳工業製品、農産物、または原料の検査工程、廃棄対象物（例えば、工場廃棄物、工場廃水、廃ガス、ゴミ等）の処理工程、廃棄対象物の検査工程、設備の検査工程、リサイクル工程等を意味する。

40

【0036】

（生産システムの構成）

まず、本実施形態に係る工程管理システムが適用されるプリント基板の生産システム（処理システム）1について、図2に基づいて説明する。生産システム1における生産ラインは、プリント基板を製造する各工程（印刷工程、実装工程、リフロー工程等）を含んでいる。同図に示す例では、生産システム1は、基板上に半田をペーストする半田印刷工程を行う印刷装置11、基板上に電子部品を実装する部品実装工程を行う装着装置12、基

50

板上の電子部品を半田付けするリフロー工程を行う半田付け装置 1 3、および生産システム 1 の管理を行う工程管理装置 1 0 を備えている。印刷装置 1 1、装着装置 1 2、および半田付け装置 1 3 は、生産システム 1 の製造品の流れにおける上流から下流に向けてこの順序で配置されている。

【 0 0 3 7 】

また、印刷装置 1 1 の近傍には印刷検査装置 1 4 a が配置され、装着装置 1 2 の近傍には装着検査装置 1 4 b が配置され、半田付け装置 1 3 の近傍には半田付け検査装置 1 4 c が配置されている。印刷検査装置 1 4 a は、印刷装置 1 1 にて処理された基板の品質を検査するものである。装着検査装置 1 4 b は、装着装置 1 2 にて処理された基板を検査するものである。半田付け検査装置 1 4 c は、半田付け装置 1 3 にて処理された基板を検査するものである。なお、以下では、印刷検査装置 1 4 a、装着検査装置 1 4 b、および半田付け検査装置 1 4 c を区別する必要のない場合には、単に検査装置 1 4 と称する。

10

【 0 0 3 8 】

また、工程管理装置 1 0 は、生産システム 1 全体を統括管理するとともに、後述する要因推定処理および分析処理を行う。この工程管理装置 1 0 は、生産管理者としてのユーザから各種情報の入力や指示入力を受け、各種処理を行う。

【 0 0 3 9 】

工程管理装置 1 0、印刷装置 1 1、装着装置 1 2、半田付け装置 1 3、印刷検査装置 1 4 a、装着検査装置 1 4 b、および半田付け検査装置 1 4 c は、通信回線によって互いに接続されることによって通信ネットワークを形成している。なお、通信ネットワークとしては、各装置が互いに通信可能な形態であればどのようなものでもよく、例えば LAN (Local Area Network) が形成される形態が想定される。

20

【 0 0 4 0 】

なお、工程管理装置 1 0 とは別に、ユーザが操作入力を行う端末装置を上記通信ネットワークに接続した状態で別に設け、この端末装置によって工程管理装置 1 0 へのデータ入力や各種画面表示が行われる形態としてもよい。

【 0 0 4 1 】

また、上記の例では、印刷装置 1 1、装着装置 1 2、および半田付け装置 1 3 のそれぞれに対応して検査装置 1 4 を設けた構成となっているが、生産システム 1 において少なくとも 1 つの検査装置 1 4 が設けられていればよい。例えば、少なくとも半田付け検査装置 1 4 c が設けられていれば、最終的な製造結果に発生している不良を検出することが可能となる。

30

【 0 0 4 2 】

(工程管理装置の構成)

次に、工程管理装置 1 0 の構成について図 1 を参照しながら以下に説明する。同図に示すように、工程管理装置 1 0 は、制御部 3 0、検査結果入力部 (検査結果入力手段) 4 0、入力部 2 1、表示部 2 2、推定知識記録部 2 3、質問データ記録部 2 4、推論過程一時記憶部 2 5、および工程状態データベース 2 6 を備えた構成となっている。

【 0 0 4 3 】

入力部 2 1 は、ユーザからの指示入力、および情報入力などを受け付けるものであり、例えばキーボードやボタンなどのキー入力手段や、マウスなどのポインティングデバイスなどによって構成される。表示部 2 2 は、工程管理装置 1 0 における各種処理内容を表示するものであり、例えば液晶表示装置、CRT (Cathode Ray Tube) などの表示装置によって構成される。

40

【 0 0 4 4 】

検査結果入力部 4 0 は、生産システム 1 における製造過程の検査結果に関するデータを受け付けるものであり、印刷結果入力部 4 1、装着結果入力部 4 2、半田付け結果入力部 4 3、および製造装置履歴入力部 4 4 を備えている。印刷結果入力部 4 1 は、印刷検査装置 1 4 a による検査結果を受け付ける。装着結果入力部 4 2 は、装着検査装置 1 4 b による検査結果を受け付ける。半田付け結果入力部 4 3 は、半田付け検査装置 1 4 c による検

50

査結果を受け付ける。製造装置履歴入力部 4 4 は、印刷装置 1 1、装着装置 1 2、および半田付け装置 1 3 から、製造履歴に関する情報を受け付ける。

【 0 0 4 5 】

なお、検査結果入力部 4 0 は、印刷装置 1 1、装着装置 1 2、半田付け装置 1 3、印刷検査装置 1 4 a、装着検査装置 1 4 b、および半田付け検査装置 1 4 c の少なくとも 1 つの装置から検査結果に関する情報を受け付けるようになっていけばよい。例えば、半田付け検査装置 1 4 c から半田付け結果に関する検査結果データのみを受け付けるようになっていけば、最終的な製造結果に発生している不良に関する検査結果データを取得することが可能となる。

【 0 0 4 6 】

推定知識記録部 2 3 は、要因推定知識情報を記録している。要因推定知識情報は、複数の不良結果のそれぞれに対して、その要因を探索するための情報であり、因果ネットワークとして記録されている。この因果ネットワークの詳細については後述する。

【 0 0 4 7 】

質問データ記録部 2 4 は、要因推定を行う上でユーザに対して提示される質問情報を質問データベースとして記録している。この質問データベースに含まれる各質問情報は、推定知識記録部 2 3 に記録されている要因推定知識情報とリンクされており、因果ネットワークの各ノードに対応している。

【 0 0 4 8 】

推論過程一時記憶部 2 5 は、推論部 3 2 において行われる推論処理において、推論の進行に応じて得られている推論過程情報を記憶するものである。

【 0 0 4 9 】

工程状態データベース 2 6 は、検査結果入力部 4 0 によって受け付けられた、生産システム 1 における製造過程の検査結果に関するデータ（検査結果データ）を記録するデータベースである。すなわち、工程状態データベース 2 6 には、印刷検査装置 1 4 a による検査結果、装着検査装置 1 4 b による検査結果、半田付け検査装置 1 4 c による検査結果、印刷装置 1 1、装着装置 1 2、および半田付け装置 1 3 から、製造履歴に関する情報が記録される。

【 0 0 5 0 】

上記の推定知識記録部 2 3、質問データ記録部 2 4、および工程状態データベース 2 6 は、例えばハードディスク装置などの不揮発性の記録媒体によって実現される。また、推論過程一時記憶部 2 5 は、例えば R A M (Random Access Memory) などのワークメモリによって実現される。

【 0 0 5 1 】

制御部 3 0 は、工程管理装置 1 0 における処理を制御するものであり、入力表示制御部（入力制御手段・表示制御手段）3 1、推論部 3 2、知識変換部 3 3、質問生成部 3 4、および特徴量演算部 3 5 を備えている。

【 0 0 5 2 】

知識変換部 3 3 は、推定知識記録部 2 3 に記録されている要因推定知識情報を読み出し、推論知識としてのプロダクションルールを生成する。プロダクションルールは、詳細は後述するが、要因推定の推論処理をコンピュータに行わせるのに適したデータ形式の情報である。

【 0 0 5 3 】

質問生成部 3 4 は、推論部 3 2 からの要求に応じて、推論処理の各過程に対応した質問情報を質問データ記録部 2 4 から読み出し、質問を生成する。特徴量演算部 3 5 は、推論部 3 2 からの要求に応じて、工程状態データベース 2 6 に記録されている検査結果データを読み出し、統計演算などを行うことによって必要とされる特徴量を算出する。

【 0 0 5 4 】

入力表示制御部 3 1 は、入力部 2 1 からの入力情報を受け付けるとともに、表示部 2 2 に対して表示制御を行うものであり、質問入出力制御部 5 1、要因入出力制御部 5 2、お

10

20

30

40

50

よび推論過程表示制御部 5 3 を備えている。

【 0 0 5 5 】

質問入出力制御部 5 1 は、推論部 3 2 からの指示に応じて質問を表示部 2 2 に表示するとともに、該質問に対する回答入力を受け付けて推論部 3 2 へ伝送する処理を行う。要因入出力制御部 5 2 は、推論部 3 2 からの指示に応じて推定される要因の候補および各要因に関する情報を表示部 2 2 に表示するとともに、表示されている要因に対する指示入力を受け付けて推論部 3 2 へ伝送する処理を行う。推論過程表示制御部 5 3 は、推論部 3 2 からの指示に応じて、推論過程における因果ネットワークを表示部 2 2 に表示する処理を行う。

【 0 0 5 6 】

推論部 3 2 は、要因を推定する推論処理を行うものであり、推論処理部（推論処理手段）6 1、適合度演算部（適合度演算手段）6 2、確信度演算部（確信度演算手段）6 3、信頼度演算部（信頼度演算手段）6 4、および診断パス絞り込み部（診断パス絞り込み手段）6 5 を備えている。

【 0 0 5 7 】

推論処理部 6 1 は、要因推定処理を統括的に制御する処理を行う。適合度演算部 6 2 は、因果ネットワークの特定のノードに対応付けられている質問に対する回答が得られた場合に、該回答の内容に応じて、そのノードの次に接続されているノードに対する適合度を算出する処理を行う。確信度演算部 6 3 は、推定される各要因に対して、要因推定処理によって得られた適合度に基づいて確信度を算出する処理を行う。信頼度演算部 6 4 は、推定される各要因に対して、確信度がどの程度信頼できるものかを示す信頼度を算出する処理を行う。診断パス絞り込み部 6 5 は、所定の条件に応じて、因果ネットワークの診断パスを絞り込む処理を行う。なお、上記の推論処理、適合度算出処理、確信度算出処理、信頼度算出処理、診断パスの絞り込み処理の詳細については後述する。

【 0 0 5 8 】

（因果ネットワーク）

次に、推定知識記録部 2 3 に記録されている要因推定知識情報としての因果ネットワークについて説明する。因果ネットワークは、各不良結果から該不良結果の要因（以降、不良要因と称する）に至る推論の過程をツリー構造の知識として示す情報である。因果ネットワークには、不良結果から不良要因に至る診断パスの途中で複数のノードが存在している。このノードにおいて診断パスの分岐が生じることによって、特定の不良結果から複数の不良要因に至る診断パスが形成されることになる。

【 0 0 5 9 】

なお、各ノードは特定の現象を示しており、あるノードに対応する現象の要因が、該ノードの診断パスにおける下流側のノードに対応する現象である可能性が高い場合に、この 2 つのノード間の適合度が高いことになる。

【 0 0 6 0 】

図 3 は、因果ネットワークの一例を模式的に表している。同図において、d 1 が不良結果を示しており、c 1 ~ c 4 が不良要因を示しており、s 1 ~ s 5 がノードに対応する現象を示している。同図に示す例では、d 1 の不良結果に対して、c 1 ~ c 4 の不良要因が候補として想定されており、各不良要因に対応する診断パスが s 1 ~ s 5 のノードの連鎖によって構成されている。この因果ネットワークの場合、図 4 に示すように 5 通りの診断パスが含まれている。

【 0 0 6 1 】

ここで、例えば d 1 の不良結果に対して、直接 c 1 ~ c 4 の不良要因を接続するような知識構造とした場合、各不良要因に対する適合度を判定するための条件は極めて複雑なものとなる。これに対して、上記のようなツリー構造の知識構造とした場合、不良結果を引き起こす現象、各現象を引き起こす現象、および各現象を引き起こす不良要因の適合度を判定するための条件は、それぞれに関して見れば比較的単純なものとなる。よって、比較的単純な条件を検証していくことによって要因推定の推論処理を行うことが可能となり、

10

20

30

40

50

熟練度の低いユーザであっても適切に要因を絞っていくことが可能となる。

【 0 0 6 2 】

(プロダクションルールの生成)

次に、知識変換部 3 3 による、因果ネットワークの診断パスからプロダクションルールを生成する処理について説明する。プロダクションルールは、前記したように、要因推定の推論処理をコンピュータに行わせるのに適したデータ形式の情報である。知識変換部 3 3 は、推定知識記録部 2 3 に記録されている因果ネットワークの情報から対象となる診断パスの情報を読み出し、該診断パスに対応するプロダクションルールを生成する。

【 0 0 6 3 】

プロダクションルールは、特定の診断パスにおいて、不良結果から不良要因に至る間の各ノード間の条件の情報と、これらの条件を全て満たした場合に真となる不良要因の情報とを含んだものである。したがって、各ノード間の条件が全て満たされたか否かという単純な判定を行うことによって、該当不良要因が真であるか否かを判定することが可能となり、コンピュータ処理に適合した情報となっている。

10

【 0 0 6 4 】

図 5 (a) は、診断パスの一例を示している。同図に示す例では、d 1 の不良結果から s 1 ~ s 3 の現象としてのノードをこの順で経由して c 1 の不良要因に至る診断パスとなっている。また、各ノード間の条件に対応する診断知識として、f 1 ~ f 4 に関する条件に関する情報が設定されている。すなわち、d 1 の不良結果が s 1 の現象に由来するものであると推定するためには、f 1 = large という条件を満たす必要があり、以降同様に、s 1 から s 2 への推定のための条件が f 2 = large、s 2 から s 3 への推定のための条件が f 3 = large、s 3 から c 1 への推定のための条件が f 4 = large となっている。

20

【 0 0 6 5 】

以上のような診断パス情報に基づいて、知識変換部 3 3 は図 5 (b) に示すようなプロダクションルールを生成する。プロダクションルールは、不良結果から不良要因に至る診断パスに含まれる全てのノード間の条件を and で結合した条件を満たした場合に、該当不良要因が真である、という情報となる。図 5 (b) に示すプロダクションルールでは、f 1 = large、f 2 = large、f 3 = large、および f 4 = large の全ての条件を満たした場合に、c 1 が真である、という情報が示されている。

30

【 0 0 6 6 】

なお、ノード間の条件として、and で結合された複数の条件が設定されている場合には、プロダクションルールは、この and で結合された複数の条件も含めて、不良結果から不良要因に至る診断パスに含まれる全てのノード間の条件を and で結合した条件を満たした場合に、該当不良要因が真である、という情報となる。

【 0 0 6 7 】

図 6 (a) に示す例では、s 1 から s 2 への推定のための条件が f 2 = large and f 5 = large となっている。この場合のプロダクションルールは、図 6 (b) に示すように、f 1 = large、f 2 = large、f 5 = large、f 3 = large、および f 4 = large の全ての条件を満たした場合に、c 1 が真である、という情報となる。

【 0 0 6 8 】

また、ノード間の条件として、or で結合された複数の条件が設定されている場合には、or で結合されたそれぞれの条件に対応したプロダクションルールが生成される。すなわち、各プロダクションルールは、不良結果から不良要因に至る診断パスに含まれる、or で結合された複数の条件が設定されているノード間以外の全てのノード間の条件、および、or で結合された条件のいずれか 1 つの条件を and で結合した条件を満たした場合に、該当不良要因が真である、という情報となる。また、or で結合された複数の条件の数だけプロダクションルールが生成されることになる。

40

【 0 0 6 9 】

図 7 (a) に示す例では、s 1 から s 2 への推定のための条件が f 2 = large or f 5 = large となっている。この場合、図 7 (b) に示すように、f 1 = large、f 2 = large

50

、 $f_3 = \text{large}$ 、および $f_4 = \text{large}$ の全ての条件を満たした場合に、 c_1 が真である、というプロダクションルールと、 $f_1 = \text{large}$ 、 $f_5 = \text{large}$ 、 $f_3 = \text{large}$ 、および $f_4 = \text{large}$ の全ての条件を満たした場合に、 c_1 が真である、というプロダクションルールとの2つが生成される。

【0070】

また、補足パスが存在する場合には、該補足パスに含まれる条件を、同一の不良要因に至る診断パスに対応するプロダクションルールに対してand結合したプロダクションルールが生成される。なお、診断パスのノードは、不良から要因にたどり着くための中間の現象を定義したものである。しかしながら、中間の現象ではなく、全体の傾向など直接要因に関係する現象が記述される知識が存在する。これが補足パスとして記述される。

10

【0071】

図8(a)に示す例では、補足パスとして、 s_4 の現象から c_1 の不良要因に至る診断パスが存在し、この条件が $f_5 = \text{large}$ となっている。この場合、図8(b)に示すように、 $f_1 = \text{large}$ 、 $f_2 = \text{large}$ 、 $f_3 = \text{large}$ 、 $f_4 = \text{large}$ 、および $f_5 = \text{large}$ の全ての条件を満たした場合に、 c_1 が真であるというプロダクションルールが生成される。

【0072】

(適合度の算出処理)

次に、適合度演算部62による適合度の算出処理について説明する。適合度とは、上記のプロダクションルールにおける、各ノード間に設定されている条件を満たす度合いを示している。この適合度は、0以上1以下の数字で表され、数が大きいほど条件を満たす度合いが高いものとする。

20

【0073】

ここで、条件が、完全に満たすか完全に満たさないかの2通りの選択肢がない場合には、適合度は1または0の2通りとなる。これに対して、本実施形態では、ファジィ理論を利用することによって、適合度が0より大きく1より小さい値となるような条件に対する回答が許容されるようになっている。これにより、条件に対する回答があいまいとなるような場合にも、そのあいまいな状態が反映された推論結果を得ることが可能となる。よって、あいまいな回答を極端な回答に強制する必要がなくなるので、不適切な推論が行われることを防止することが可能となる。また、適合度の数値は、次のノードへの推論の確かさの度合いを示すことになるので、適合度の数値を推論の適否を判定する材料として利用

30

【0074】

具体的には、まず、該当条件に対する回答の候補となる言語値にはそれぞれメンバーシップ関数が設定される。そして、各言語値に対する適合度は、回答として入力された言語値に応じて、メンバーシップ関数を参照することによって算出される。詳しく説明すると、まず、回答として入力された言語値に対する適合度は1.0となる。そして、回答として入力された言語値以外の言語値に対する適合度は、該言語値に対応するメンバーシップ関数と、入力された言語値に対応するメンバーシップ関数との \min をとり、その \max 値を算出することによって得られるものとする。ここで、回答として入力された言語値に対応するメンバーシップ関数と、入力された言語値に対応するメンバーシップ関数とで交

40

【0075】

各条件に対する回答の候補となる言語値およびそれぞれのメンバーシップ関数に関する情報は、推定知識記録部23に記録される。そして、適合度演算部62は、推定知識記録部23に記録されているこれらの情報を読み出すことによって、適合度の算出を行う。また、適合度演算部62は、算出された適合度の情報を、該適合度に対応する条件の情報とともに、推論過程一時記憶部25に記録する。

【0076】

ここで、一例として、「～は大きいか?」という条件が設定されており、これに対する回答として、「大きい(large)」「普通(mid)」「小さい(small)」の3通りが想定

50

される場合における適合度の算出処理について説明する。図9(a)および図9(b)は、「大きい(large)」「普通(mid)」「小さい(small)」の3通りの回答に対するメンバーシップ関数の一例を示している。図9(a)に示す例の場合、回答が「大きい(large)」であると、largeとしての適合度は1.0、midとしての適合度は0.5、smallとしての適合度は0.0となる。また、図9(b)に示す例の場合、回答が「大きい(large)」であると、largeとしての適合度は1.0、midとしての適合度は0.7、smallとしての適合度は0.3となる。

【0077】

(確信度の算出処理)

次に、確信度演算部63による確信度の算出処理について説明する。確信度とは、各不良要因に対応して設けられる値であり、該不良要因が、推定対象としての不良結果の不良要因である可能性の高さを示す値である。

【0078】

確信度は、次のようにして求められる。まず、推定対象としての不良結果から該当不良要因に至る診断パスに対応するプロダクショナルルールが抽出される。そして、抽出されたプロダクショナルルールに含まれる条件のうち、適合度が算出された条件が抽出され、これらのうちで最も小さい値となる適合度が確信度として設定される。なお、推定対象としての不良結果から該当不良要因に至る診断パスに対応するプロダクショナルルールが複数存在する場合には、それぞれのプロダクショナルルールに対して確信度が算出され、算出された確信度のうちで最も大きい確信度が、該当不良要因に対する確信度として設定される。

【0079】

なお、確信度演算部63は、推論過程一時記憶部25に記録されている適合度の情報および該適合度に対応する条件の情報を読み出すことによって、必要とされる適合度を取得し、確信度を算出する。また、算出された確信度は、対応する不良要因の情報とともに、推論過程一時記憶部25に記録される。

【0080】

例えば、図7(a)および図7(b)に示した例の場合、c1の不良要因に対する確信度は次のように求められる。まず、f1~f5の全ての条件に対する適合度が抽出される。ここで、これらの適合度をg1~g5とする。すると、c1の不良要因に対する確信度 certainty factorは、

$$\text{certainty factor}(c1) = \max(\min(g1, g2, g3, g4), \min(g1, g3, g4, g5))$$

によって求められる。

【0081】

なお、上記の例では、抽出されたプロダクショナルルールに含まれる条件の適合度のうちで最も小さい値となる適合度が確信度として設定されるようになっているが、これに限定されるものではなく、該プロダクショナルルールに含まれる適合度の集合を代表する値、例えば平均値などであってもよい。

【0082】

(信頼度の算出処理)

次に、信頼度演算部64による信頼度の算出処理について説明する。信頼度とは、各不良要因に対応して設けられる値であり、該不良要因に対して算出されている確信度の信頼性を示す値である

信頼度は次の式で求められる。

$$\text{confidence}_i = (\text{AnsNum}_i - \text{UnknownNum}_i) / (\text{QuestNum}_i)$$

上式において、 confidence_i は不良要因iに対する信頼度を示している。 QuestNum_i は、推定対象としての不良結果から該当不良要因に至る診断パスに含まれる条件(質問)の数を示している。 AnsNum_i は、上記診断パスに含まれる条件(質問)のうち、回答が得られているものの数を示している。 UnknownNum_i は、回答が得られている条件(質問)のうち、不明であると回答されているものの数を示している。すなわち、信頼度は、推定対象と

10

20

30

40

50

しての不良結果から該当不良要因に至る診断パスに含まれる条件（質問）に対して、有効な回答が得られたものの割合を示す値となっている。条件全てに対して有効な回答が得られた場合には、信頼度は最大値の1.0をとることになる。

【0083】

なお、信頼度演算部64は、推論過程一時記憶部25に記録されている適合度の情報および該適合度に対応する条件の情報を読み出すことによって、必要とされる適合度を取得し、信頼度を算出する。また、算出された信頼度は、対応する不良要因の情報とともに、推論過程一時記憶部25に記録される。

【0084】

（因果ネットワークの具体例）

次に、因果ネットワークの具体例について図10を参照しながら説明する。同図に示す例では、不良結果としての「ブリッジ不良」についての因果ネットワークが示されている。この例において、「ブリッジ不良」に対して、「実装位置ずれ」、「リード曲がり」、「ペーストのフラックス活性度が低い」、「部品の酸化」、「部品の汚れ」、「ペーストの面積が大きい」、「ペーストの位置ずれ」、および「ヒーターの温度設定が高い」の8個の不良要因が候補となっている。そして、「ブリッジ不良」という不良結果から、上記8個の不良要因に至るまでの診断パスがツリー構造の知識として設定されている。

【0085】

図10に示す例において、「実装位置ずれ」、「リード曲がり」、および「ペーストのフラックス活性度が低い」の3つの不良要因に至る診断パスから得られるプロダクション

ルールは、
IF((リードとランドの接触がある) = Yes & (部品位置ずれ) = (大きい)) then (実装位置ずれ)

IF((リードとランドの接触がある) = Yes & (部品位置ずれ) = (普通)) then (リード曲がり)

IF((ペーストが無いランドがある) = Yes & (ランドに不濡れがある) = Yes & (ペーストのフラックスの活性度) = (低い)) then (ペーストのフラックス活性度が低い)

となる。

【0086】

また、図10に示す例において、「ペーストの面積が大きい」という不良要因に至る診断パスは2通り存在するので、これらから得られるプロダクションルールは次の2つ、すなわち、

IF((熱だれ性が規定値外である) = Yes & (ペーストの量) = (多い)) then (ペーストの面積が大きい)

IF((リードの肩までペーストがぬれ上がる現象がある) = Yes & (リフロー炉の温度) = (普通)) then (ペーストの面積が大きい)

となる。

【0087】

また、図10に示す例において、「ヒーターの温度設定が高い」という不良要因に至る診断パスは、補足パスも含んでいるので、これから得られるプロダクションルールは、

IF((リードの肩までペーストがぬれ上がる現象がある) = Yes & (リフロー炉の温度) = (高い) & (ヒーターの設定値) = (高い) & (基板全体でペーストがぬれ上がる現象がある) = Yes) then (ヒーターの温度設定が高い)

となる。

【0088】

（診断パスの絞り込み処理）

次に、診断パス絞り込み部65による診断パスの絞り込み処理について説明する。図10に示すような知識構造の場合、要因を特定する際の探索手法として、一般的には幅優先探索、深さ優先探索などが挙げられる。幅優先探索は、あるノードにおける選択肢が複数ある場合に、まずそれらの選択肢を全て検証した後に、各選択肢からさらに伸びる選択肢

10

20

30

40

50

を検証していく手法である。また、深さ優先探索は、あるノードにおける選択肢が複数ある場合、1つの選択肢についてさらにその奥にある選択肢を検証していき、結論に至った後に次の選択肢を結論まで検証していく手法である。

【0089】

本実施形態においては、幅優先探索を採用することによって後述する診断パスの絞り込み処理を行う。図10に示す因果ネットワークにおいて幅優先探索を行う場合、図11中に括弧付きの数字で示した順番でノード間の条件に対する適合性の判断が行われる。

【0090】

各ノード間の条件に対して、適合度演算部62によって適合度が算出されると、診断パス絞り込み部65は、算出された適合度が所定の閾値以下であるか否かを判断する。ここで、適合度が閾値以下であると判断された場合には、診断パス絞り込み部65は、診断パスにおいて、該条件を含む診断パスのノードおよび不良要因を要因推定対象外として設定する。すなわち、適合度が閾値以下である場合、その条件によって推定されるノードを含む診断パスの不良要因が該当不良結果の真の不良要因となる可能性が低いと判断することができるので、その診断パスの要因推定処理を省くことによって処理の効率化を図ることができる。

10

【0091】

例えば図12に示すように、(1)の条件、すなわち、「リードとランドの接触がある」という条件に対する回答によって、該条件に対する適合度が0.2であると算出されるとともに、上記の閾値が0.3と設定されていたとする。この場合、(1)の条件によって推定されるノード「リードの位置がランドに接触」以降の知識構造のパスが要因推定対象外として設定される。すなわち、この時点で、「実装位置ずれ」、「リード曲がり」という不良要因は、不良要因候補から外れることになる。

20

【0092】

なお、上記の例では、要因推定対象外として設定される診断パスおよび不良要因は、適合度が閾値以下である条件が含まれるか否かによって決定されているが、上記の確信度が所定の閾値以下となった場合の該診断パスおよび不良要因を要因推定対象外として設定してもよい。すなわち、確信度が閾値以下である場合、該確信度に対応する診断パスの不良要因が該当不良結果の真の不良要因となる可能性が低いと判断することができるので、その診断パスの要因推定処理を省くことによって処理の効率化を図ることができる。

30

【0093】

(因果ネットワークの表示制御)

以上のようにして診断パスの絞り込み処理が行われると、推論過程表示制御部53は、次に示す2つの表示条件の少なくともどちらか一方が満たされた状態となった場合に、表示部22に対して絞り込みが行われた因果ネットワークを表示させる。第1の表示条件は、不良要因の候補として残った不良要因の数が所定の閾値以下となることであり、第2の表示条件は、残っている条件に対する回答が得られたとしても、その回答によって絞り込める不良要因の数が変わらないことである。

【0094】

第1の表示条件を満たした場合、不良要因の候補として残った不良要因の数が所定の閾値以下となるので、この状態で表示部22に因果ネットワークを表示させることにより、ユーザに対して、ある程度不良要因が絞り込まれた状態の要因推定因果関係を提示することが可能となる。

40

【0095】

第2の表示条件を満たした場合、条件と不良要因とが1対1で対応することになるので、この状態で表示部22に因果ネットワークを表示させることにより、ユーザに対して、ある程度不良要因が絞り込まれた状態の不良要因を提示することが可能となる。

【0096】

ここで、上記のような診断パスの絞り込み処理が行われない状態で因果ネットワークが表示部22に表示される場合を考える。この場合、因果ネットワークで示される要因推定

50

の知識量は通常膨大なものであるので、このような因果ネットワークが表示部 2 2 に表示されたとしても、ユーザは情報量が多すぎて混乱することになる。

【 0 0 9 7 】

これに対して、以上のような表示条件を満たした場合にのみ表示部 2 2 に対して因果ネットワークが表示されることによって、ユーザは、ある程度条件が絞り込まれた状態での今後の要因推定の全体像を把握することが可能となる。これにより、全ての条件を検証することなくユーザの判断によって不良要因が特定されたり、検証する条件がユーザによって選択されたりすることが可能となる。

【 0 0 9 8 】

例えば、図 1 2 に示す状態から、さらに探索が進み、図 1 2 に示す (2) の条件に対する適合度が 1 . 0、(3) の条件に対する適合度が 0 . 0、(4) の条件に対する適合度が 0 . 3 であったとする。この場合、残ったルートは図 1 3 に示すように、(2) の条件によって推定されるノード「ペーストがランドから落ちる」以降の知識構造の枝となる。ここで、第 1 の表示条件における閾値が「 3 」に設定されているとすると、図 1 3 に示す状態では、不良要因の候補が 3 個になっているので、この状態の因果ネットワークが表示部 2 2 に表示されることになる。

【 0 0 9 9 】

また、図 1 1 に示す状態において、(1) の条件に対する適合度が 0 . 8、(2) の条件に対する適合度が 0 . 2、(3) の条件に対する適合度が 0 . 9、(4) の条件に対する適合度が 0 . 7 であったとし、適合度の閾値が 0 . 3 に設定されているとすると、残ったルートは、図 1 4 に示すようになる。この場合、残っている条件に対する回答が得られたとしても、その回答によって絞り込める不良要因の数が変わらない状態となるので、第 2 の表示条件を満たすことになり、この状態の因果ネットワークが表示部 2 2 に表示されることになる。

【 0 1 0 0 】

(要因推定処理の表示画面例)

次に、要因推定処理においてユーザに対して表示部 2 2 に表示される表示画面例について説明する。図 1 5 は、要因推定処理の過程において、ユーザに対して質問を提示し、回答入力を受け付ける質問画面の例を示している。同図に示すように質問画面には、質問表示領域と、不良要因候補表示領域と、因果ネットワーク表示領域とが設けられている。

【 0 1 0 1 】

質問表示領域には、要因推定処理の過程においてユーザに対して提示された質問およびそれに対するユーザの回答の履歴が表示される。この質問表示領域における質問の表示およびユーザからの回答入力は、質問入出力制御部 5 1 によって制御される。推論処理部 6 1 は、要因推定の進行に伴って質問生成部 3 4 から取得した質問データを質問入出力制御部 5 1 に伝送し、質問入出力制御部 5 1 はこの質問データを質問表示領域に表示させる。また、質問入出力制御部 5 1 において受け付けられた質問に対する回答入力は、推論処理部 6 1 に伝送され、推論過程一時記憶部 2 5 に記録される。すなわち、推論過程一時記憶部 2 5 には、ユーザに対して提示された質問およびそれに対する回答入力の履歴が記録され、質問入出力制御部 5 1 は、推論過程一時記憶部 2 5 に記録されている履歴を読み出すことによって履歴の表示を行う。

【 0 1 0 2 】

不良要因候補表示領域には、要因推定処理の過程において不良要因の候補として残っている不良要因が表示される。なお、詳細は後述するが、不良要因の候補のそれぞれに対して確信度および/または信頼度が表示されるようになっていてもよい。また、詳細は後述するが、不良要因候補表示領域において表示されている不良要因の候補の中から、質問の対象とする不良要因を選択する入力、あるいは不良要因候補から外す不良要因を選択する入力が受け付けられるようになっていてもよい。この不良要因候補表示領域における不良要因候補の表示および選択入力の受付は、要因入出力制御部 5 2 によって行われる。

【 0 1 0 3 】

10

20

30

40

50

因果ネットワーク表示領域には、要因推定処理の過程において診断パス絞り込み部 6 5 によって診断パスが絞り込まれ、上記の表示条件を満たした場合に、該当する因果ネットワークが表示される。この因果ネットワーク表示領域における因果ネットワークの表示は、推論過程表示制御部 5 3 によって行われる。なお、不良要因候補表示領域に表示される不良要因の候補の表示も、上記の表示条件を満たした場合に表示される。

【 0 1 0 4 】

次に、図 1 5 に示す要因推定の過程について説明する。同図に示す例では、不良結果として「ブリッジ不良」が設定されており、「ペーストが無いランドがありますか？」という質問に対して「Yes」という回答が入力された状態を示している。また、「ブリッジ不良」という不良結果から「ペーストがランドから落ちる」というノード以外のノードに対する適合度は所定の閾値よりも小さくなっており、これらのノード以降の診断パスが診断パス絞り込み部 6 5 によって削除されているものとする。この場合、「ペーストがランドから落ちる」というノード以降の診断パスによる不良要因の候補が「ペーストのフラックス活性度が低い」、「部品の酸化」、および「部品の汚れ」の 3 つとなり、表示条件を満たしているため、因果ネットワーク表示領域に因果ネットワークが表示されている。また、この 3 つの不良要因の候補が、不良要因候補表示領域に表示される。

10

【 0 1 0 5 】

また、「ペーストが無いランドがありますか？」という質問に対して「Yes」という回答が入力されたことにより、「ブリッジ不良」という不良結果から「ペーストがランドから落ちる」というノードに至るパスの適合度は 1 . 0 となっている。この適合度の数値情報が因果ネットワーク表示領域の該当パス上に表示される。また、適合度が算出されると、適合度の数値情報が表示されるとともに、適合度の大きさに応じた線の太さで該当パスが表示されている。なお、適合度の表示形態は上記の例に限定されるものではなく、適合度情報の表示およびパスの線の太さ表示のいずれか一方のみでもよく、その他、適合度をユーザが認識可能な形態であればどのような表示形態であってもよい。

20

【 0 1 0 6 】

なお、この状態において、「ペーストのフラックス活性度が低い」という不良要因に対する確信度および信頼度は次のように算出される。まず、該不良要因に対応する診断パスのプロダクションルールは、

IF ((ペーストが無いランドがある) = Yes & (ランドに不濡れがある) = 未入力 & (ペーストのフラックスの活性度) = 未入力) then (ペーストのフラックス活性度が低い) となる。

30

【 0 1 0 7 】

この場合、確信度は 1 . 0 となる。また、質問数 3 つに対して 1 個の回答が得られているので、信頼度は、1 / 3 = 0 . 3 となる。

【 0 1 0 8 】

次に、図 1 6 に示す要因推定の過程について説明する。この過程では、図 1 5 に示す状態から、不良要因候補表示領域に表示されている「ペーストのフラックス活性度が低い」という不良要因に対して質問選択がなされている。そして、「ペーストの活性度はどの程度ですか？」という質問が行われ、「普通」という回答が入力されている。

40

【 0 1 0 9 】

同図に示すように、不良要因候補表示領域において表示されている不良要因の中から、ユーザが質問を行わせたいと判断する不良要因を指定することが可能となっている。推論処理部 6 1 は、質問選択された不良要因に至るパスに対応する条件の質問を因果ネットワークから抽出し、質問入出力制御部 5 1 は、推論処理部 6 1 によって抽出された質問が質問表示領域に表示されるように制御する。これにより、ユーザは、表示されている不良要因の候補の中から、真の不良要因である可能性が高いと思う不良要因に対する質問を先に行わせることが可能となり、要因推定処理を効率的に行うことが可能となる。

【 0 1 1 0 】

また、「ペーストの活性度はどの程度ですか？」という質問に対する回答が「普通」と

50

なっていることにより、適合度演算部 62 は、該当質問に対応するメンバーシップ関数を考慮することによって適合度 0.5 を算出する。この適合度情報が因果ネットワーク表示領域の該当パス上に表示されるとともに、適合度の大きさに応じた線の太さで該当パスが表示される。

【0111】

なお、この状態において、「ペーストのフラックス活性度が低い」という不良要因に対する確信度および信頼度は次のように算出される。まず、該不良要因に対応する診断パスのプロダクションルールは、

IF((ペーストが無いランドがある) = Yes & (ランドに不濡れがある) = 未入力 & (ペーストのフラックスの活性度) = (普通)) then (ペーストのフラックス活性度が低い) 10

【0112】

この場合、確信度は 0.5 となる。また、質問数 3 つに対して 2 個の回答が得られているので、信頼度は、 $2 / 3 = 0.7$ となる。

【0113】

次に、図 17 に示す要因推定の過程について説明する。この過程では、図 15 に示す状態から、不良要因候補表示領域に表示されている「ペーストのフラックス活性度が低い」という不良要因に対して削除指示がなされている。このような削除指示が行われると、図 18 に示すような表示に変更される。すなわち、不良要因候補表示領域から削除指示された不良要因が削除され、因果ネットワーク表示領域には、削除指示された不良要因に至る診断パスが削除された状態の因果ネットワークが表示される。 20

【0114】

このように、ユーザは、不良要因候補表示領域において表示されている不良要因の候補の中から、真の不良要因である可能性が低いと思う不良要因を不良要因の候補から外すことが可能となっている。これにより、要因推定処理を効率的に行うことが可能となる。

【0115】

次に、図 19 に示す要因推定の過程について説明する。この過程では、図 16 に示す状態において、「ペーストの活性度はどの程度ですか？」という質問に対して「低い」という回答が入力された状態で、不良要因候補表示領域に表示されている「ペーストのフラックス活性度が低い」という不良要因に対してさらに質問選択がなされている。そして、これにより、「ランドに不濡れがありますか？」という質問がなされている。 30

【0116】

このように、特定の不良要因に対して質問選択が繰り返されることにより、該当不良要因に至る診断パスに含まれる条件が下流側から質問としてユーザに提示されることになる。これにより、特定の不良要因に対する質問を優先的に行うことによって、該当不良要因に対する信頼度を効率的に向上させることができる。すなわち、ユーザは、真の不良要因であると予想される不良要因の候補がある場合に、その不良要因に対して信頼度を優先的に向上させることによって、その予想が適切であるか否かの判断を早急に行うことが可能となる。

【0117】 40

なお、図 19 に示す例では、不良要因候補表示領域において表示されている不良要因のそれぞれに対して、その時点での確信度および信頼度の情報が表示されるようになっている。同図に示す例では、各不良要因の右側に「(確信度 / 信頼度)」という形式で表示が行われている。

【0118】

次に、図 20 に示す要因推定の過程について説明する。この過程では、図 16 に示す状態において、「ペーストの活性度はどの程度ですか？」という質問に対して「低い」という回答が入力された状態で、不良要因候補表示領域に表示されている「部品の酸化」および「部品の汚れ」という不良要因の両方に対して質問選択がなされている。そして、これにより、「部品に汚れはありますか？」という質問がなされている。 50

【 0 1 1 9 】

すなわち、複数の不良要因に対して質問選択がなされた場合には、選択された不良要因のそれぞれに対する確信度に差が生じる可能性の高い質問が行われることになる。すなわち、ユーザは、真の不良要因であると予想される不良要因の候補が複数ある場合に、それぞれに対する確信度に差が生じる可能性の高い質問を行わせることによって、どの不良要因が真の不良要因である可能性が高いかを迅速に確認することが可能となる。

【 0 1 2 0 】

次に、診断結果の表示例について図 2 1 および図 2 2 を参照しながら説明する。上記した質問画面において、特定の不良要因が選択され、診断画面表示を行わせる指示がユーザによって行われると、該当不良要因に対する診断結果を表示する診断画面が表示される。この診断画面には、質問表示領域と、診断結果表示領域とが設けられている。

10

【 0 1 2 1 】

質問表示領域には、要因推定処理の過程においてユーザに対して提示された質問およびそれに対するユーザの回答の履歴が表示される。質問入出力制御部 5 1 は、推論過程一時記憶部 2 5 に記録されている履歴を読み出すことによって履歴の表示を行う。

【 0 1 2 2 】

診断結果表示領域には、選択された不良要因に至る診断パスが表示される。この診断パスは、推論処理部 6 1 によって因果ネットワークから抽出され、抽出された診断パスは推論過程表示制御部 5 3 によって診断結果表示領域に表示される。

【 0 1 2 3 】

また、この診断パス上には、各ノード間のパスに対応する適合度の数値情報が表示されるとともに、適合度の大きさに応じた線の太さで該当パスが表示される。なお、適合度の表示形態は上記の例に限定されるものではなく、適合度情報の表示およびパスの線の太さ表示のいずれか一方のみでもよく、その他、適合度をユーザが認識可能な形態であればどのような表示形態であってもよい。

20

【 0 1 2 4 】

このように、特定の不良要因に対する質問回答履歴および診断パスの情報が表示されることによって、ユーザに対して要因推定結果の正当性を提示することが可能となる。

【 0 1 2 5 】

なお、図 2 1 は、不良結果 d 1 に関して、不良要因 c 1 に対する診断結果例を示しており、図 2 2 は、「ブリッジ不良」という不良結果に関して、「部品の汚れ」という不良要因に対する診断結果例を示している。これらの図に示すように、診断パスに含まれる全ての質問に対する回答が得られていない状態であっても、診断結果が表示されてもよく、また、診断パスに含まれる全ての質問に対する回答が得られた状態で診断結果が表示されてもよい。

30

【 0 1 2 6 】

(要因推定処理の流れ)

次に、要因推定処理の流れについて図 2 3 に示すフローチャートを参照しながら説明する。要因推定処理が開始されると、まずステップ 1 (以降、S 1 のように称する)において、入力表示制御部 3 1 によって表示部 2 2 に対して質問画面が表示される。この質問画面における質問表示領域には、不良結果を入力する領域が設けられる。この不良結果を入力する領域に対して、ユーザによって不良結果が入力され、この入力情報が質問入出力制御部 5 1 によって受け付けられる (S 2)。そして、不良結果情報が、推論処理部 6 1 によって推論過程一時記憶部 2 5 に記憶される。

40

【 0 1 2 7 】

不良結果が入力されると、推論処理部 6 1 は、該当不良結果に対する因果ネットワークの情報を推定知識記録部 2 3 から抽出する (S 3)。この際に、推論処理部 6 1 は、知識変換部 3 3 によってプロダクシヨナルールに変換された因果ネットワークの情報を取得する。そして、推論処理部 6 1 は、抽出した因果ネットワークに対して幅優先探索を実行する (S 4)。

50

【 0 1 2 8 】

推論処理部 6 1 は、幅優先探索によって検証対象となる条件を順次読み出し、その条件がユーザからの入力によって適合度を判断するものであるか、検査装置 1 4 によって得られた検査結果に基づいて適合度を判断するものであるかを判定する (S 5) 。

【 0 1 2 9 】

S 5 において、読み出した条件が、検査結果に基づいて適合度を判断するものであると判定された場合、特徴量演算部 3 5 が工程状態データベース 2 6 から検査結果データを読み出し、該当条件の判断に必要となる特徴量を算出する。一方、S 5 において、読み出した条件が、ユーザからの入力によって適合度を判断するものであると判定された場合、質問入出力制御部 5 1 によって質問画面における質問表示領域に質問が表示され、ユーザからの質問に対する回答が入力される (S 7) 。

10

【 0 1 3 0 】

その後、適合度演算部 6 2 は、S 6 において得られた特徴量または S 7 において得られたユーザ入力に基づいて適合度を算出する (S 8) 。適合度が算出されると、診断パス絞り込み部 6 5 は、該適合度が所定の閾値以下であるか否かを判定し、閾値以下である場合に、その条件以降にあるノードおよび不良要因を要因推定対象外として設定する (S 9) 。

【 0 1 3 1 】

次に、推論過程表示制御部 5 3 は、上記の表示条件が満たされているか否かを判断し (S 1 0) 、表示条件が満たされていない場合には、S 5 からの処理に戻って次の条件に対する検証が行われる。

20

【 0 1 3 2 】

一方、表示条件が満たされている場合には、推論過程表示制御部 5 3 は、その時点において診断パスが絞り込まれている因果ネットワークを、質問画面における因果ネットワーク表示領域に表示する制御を行う。また、要因入出力制御部 5 2 は、その時点において絞り込まれている不良要因の候補を、質問画面における不良要因候補表示領域に表示する制御を行う (S 1 1) 。また、不良要因の候補のそれぞれについて、確信度演算部 6 3 が確信度を算出し、信頼度演算部 6 4 が信頼度を算出する (S 1 2) 。

【 0 1 3 3 】

不良要因の候補および因果ネットワークが表示されると、後述する S 1 3 、 S 1 5 、 S 1 7 、および S 1 9 によるユーザ指示入力の確認処理が行われる。なお、フローチャートでは、これらのステップが順次行われるようになっているが、実際にはユーザ指示入力があった時点で、指示入力内容に該当するステップが行われることになる。

30

【 0 1 3 4 】

S 1 3 では、特定の不良要因に対して質問選択のユーザ指示入力があったか否かが要因入出力制御部 5 2 によって判断される。質問選択のユーザ指示入力があった場合には、推論処理部 6 1 は、質問選択された不良要因に対する質問を抽出し (S 1 4) 、 S 5 からの処理に戻って、抽出された質問に対する検証が行われる。

【 0 1 3 5 】

S 1 5 では、特定の不良要因に対して削除のユーザ指示入力があったか否かが要因入出力制御部 5 2 によって判断される。削除のユーザ指示入力があった場合には、診断パス絞り込み部 6 5 は、その時点での因果ネットワークから、削除指示された不良要因に至る診断パスを削除する (S 1 6) 。また、要因入出力制御部 5 2 によって、不良要因候補表示領域から削除指示された不良要因が削除され、推論過程表示制御部 5 3 によって、因果ネットワーク表示領域に、削除指示された不良要因に至る診断パスが削除された状態の因果ネットワークが表示される。その後、S 5 からの処理に戻って、次の条件に対する検証が行われる。

40

【 0 1 3 6 】

S 1 7 では、診断結果を表示する旨のユーザ指示入力があったか否かが要因入出力制御部 5 2 によって判断される。診断結果表示指示があった場合には、該当不良要因に対する

50

診断結果を表示する診断画面が表示される。

【0137】

S19では、要因推定処理の終了を指示するユーザ指示入力があったか否かが入力表示制御部31によって判断される。終了指示が行われていない場合には、S5からの処理に戻って、次の条件に対する検証が行われ、終了指示が行われた場合には、要因推定処理を終了する。

【0138】

なお、工程管理装置10の制御部30が備える各ブロックは、ハードウェアロジックによって構成してもよいし、次のようにCPUを用いてソフトウェアによって実現してもよい。

【0139】

すなわち、制御部30は、各機能を実現する制御プログラムの命令を実行するCPU (central processing unit)、上記プログラムを格納したROM (read only memory)、上記プログラムを展開するRAM (random access memory)、上記プログラムおよび各種データを格納するメモリ等の記憶装置(記録媒体)などを備えている。そして、本発明の目的は、上述した機能を実現するソフトウェアである制御部30の制御プログラムのプログラムコード(実行形式プログラム、中間コードプログラム、ソースプログラム)をコンピュータで読み取り可能に記録した記録媒体を、上記制御部30に供給し、そのコンピュータ(またはCPUやMPU)が記録媒体に記録されているプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成可能である。

【0140】

上記記録媒体としては、例えば、磁気テープやカセットテープ等のテープ系、フロッピー(登録商標)ディスク/ハードディスク等の磁気ディスクやCD-ROM/MO/MD/DVD/CD-R等の光ディスクを含むディスク系、ICカード(メモリカードを含む)/光カード等のカード系、あるいはマスクROM/EPROM/EEPROM/フラッシュROM等の半導体メモリ系などを用いることができる。

【0141】

また、制御部30を通信ネットワークと接続可能に構成し、上記プログラムコードを通信ネットワークを介して供給してもよい。この通信ネットワークとしては、特に限定されず、例えば、インターネット、イントラネット、エキストラネット、LAN、ISDN、VAN、CATV通信網、仮想専用網(virtual private network)、電話回線網、移動体通信網、衛星通信網等が利用可能である。また、通信ネットワークを構成する伝送媒体としては、特に限定されず、例えば、IEEE1394、USB、電力線搬送、ケーブルTV回線、電話線、ADSL回線等の有線でも、IrDAやリモコンのような赤外線、Bluetooth(登録商標)、802.11無線、HDR、携帯電話網、衛星回線、地上波デジタル網等の無線でも利用可能である。なお、本発明は、上記プログラムコードが電子的な伝送で具現化された、搬送波に埋め込まれたコンピュータデータ信号の形態でも実現され得る。

【0142】

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0143】

本発明に係る工程管理装置は、例えば、プリント基板の生産工程の管理に好適であるが、これに限定されず、工業製品の生産工程、鋳工業製品、農産物、または原料の検査工程、廃棄対象物(例えば、工場廃棄物、工場廃水、廃ガス、ゴミ等)の処理工程、廃棄対象物の検査工程、設備の検査工程、リサイクル工程等の被対象物の処理工程全般に広く適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 4 4 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る工程管理装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 2】上記工程管理装置を含む生産システムの概略構成を示すブロック図である。

【図 3】因果ネットワークの一例を模式的に示す図である。

【図 4】図 3 に示す因果ネットワークから得られる診断パスを示す図である。

【図 5】(a) は、診断パスの一例を示す図であり、(b) は、(a) の診断パスによって生成されるプロダクションルールを示す図である。

【図 6】(a) は、診断パスの他の例を示す図であり、(b) は、(a) の診断パスによって生成されるプロダクションルールを示す図である。

【図 7】(a) は、診断パスのさらに他の例を示す図であり、(b) は、(a) の診断パスによって生成されるプロダクションルールを示す図である。 10

【図 8】(a) は、診断パスのさらに他の例を示す図であり、(b) は、(a) の診断パスによって生成されるプロダクションルールを示す図である。

【図 9】(a) および(b) は、「大きい(large)」「普通(mid)」「小さい(small)」の 3 通りの回答に対するメンバーシップ関数の一例を示す図である。

【図 10】因果ネットワークの具体例を示す知識構造図である。

【図 11】図 10 に示す知識構造において、幅優先探索が行われる順番をさらに示した知識構造図である。

【図 12】図 10 に示す知識構造において、絞り込み処理によって削除されるパスをさらに示した知識構造図である。 20

【図 13】図 10 に示す知識構造において、絞り込み処理によってパスが削除された状態の一例を示す知識構造図である。

【図 14】図 10 に示す知識構造において、絞り込み処理によってパスが削除された状態の他の例を示す知識構造図である。

【図 15】要因推定処理の過程において、ユーザに対して質問を提示し、回答入力を受け付ける質問画面の例を示す表示画面図である。

【図 16】上記質問画面の他の例を示す表示画面図である。

【図 17】上記質問画面のさらに他の例を示す表示画面図である。

【図 18】上記質問画面のさらに他の例を示す表示画面図である。

【図 19】上記質問画面のさらに他の例を示す表示画面図である。 30

【図 20】上記質問画面のさらに他の例を示す表示画面図である。

【図 21】不良要因に対する診断結果を表示する診断画面の例を示す表示画面図である。

【図 22】上記診断画面の具体例を示す表示画面図である。

【図 23】要因推定処理の流れを示すフローチャートである。

【符号の説明】

【 0 1 4 5 】

1 0 工程管理装置

1 1 印刷装置

1 2 装着装置

1 3 装置

1 4 検査装置

1 4 a 印刷検査装置

1 4 b 装着検査装置

1 4 c 検査装置

2 1 入力部

2 2 表示部

2 3 推定知識記録部

2 4 質問データ記録部

2 5 推論過程一時記憶部

2 6 工程状態データベース

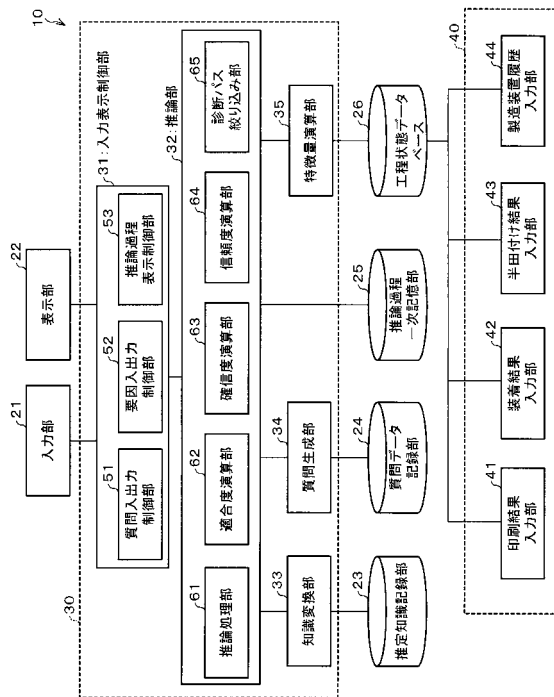
40

30

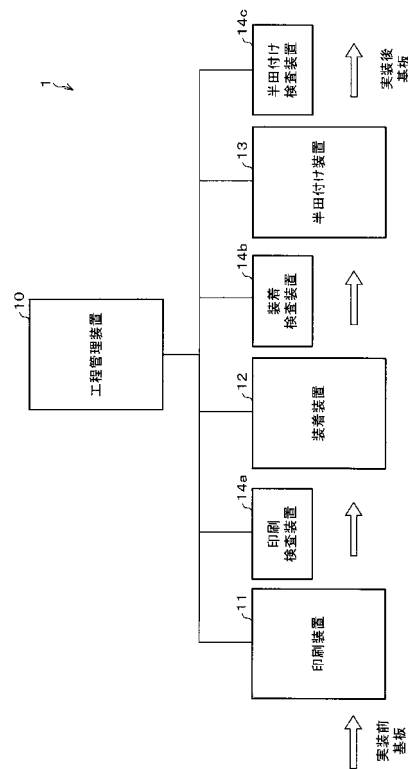
50

- 3 0 制御部
- 3 1 入力表示制御部（入力制御手段・表示制御手段）
- 3 2 推論部
- 3 3 知識変換部
- 3 4 質問生成部
- 3 5 特徴量演算部
- 4 0 検査結果入力部（検査結果入力手段）
- 4 1 印刷結果入力部
- 4 2 装着結果入力部
- 4 3 半田付け結果入力部
- 4 4 製造装置履歴入力部
- 5 1 質問入出力制御部
- 5 2 要因入出力制御部
- 5 3 推論過程表示制御部
- 6 1 推論処理部（推論処理手段）
- 6 2 適合度演算部（適合度演算手段）
- 6 3 確信度演算部（確信度演算手段）
- 6 4 信頼度演算部（信頼度演算手段）
- 6 5 診断パス絞り込み部（診断パス絞り込み手段）

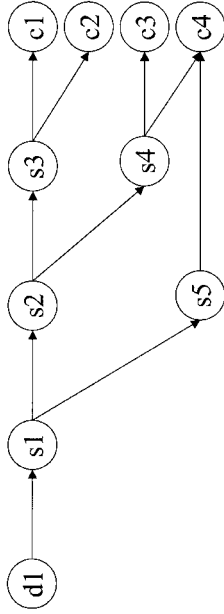
【図 1】



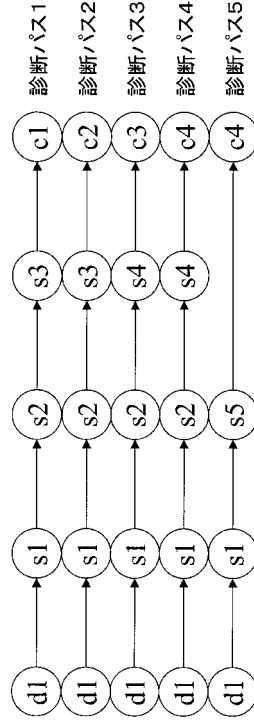
【図 2】



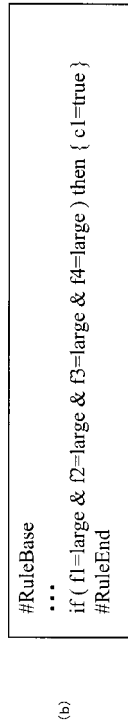
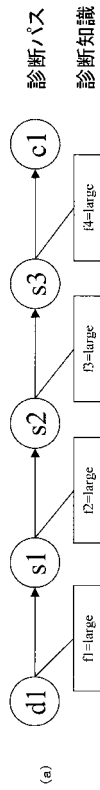
【 図 3 】



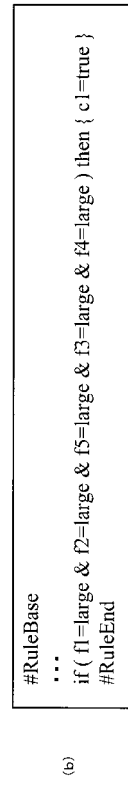
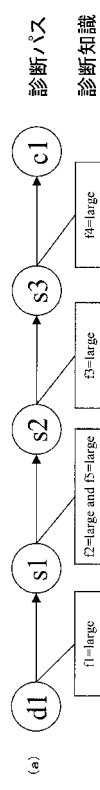
【 図 4 】



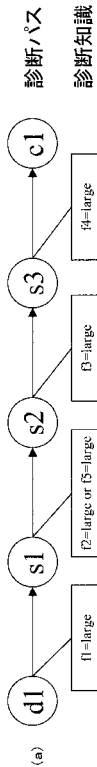
【 図 5 】



【 図 6 】

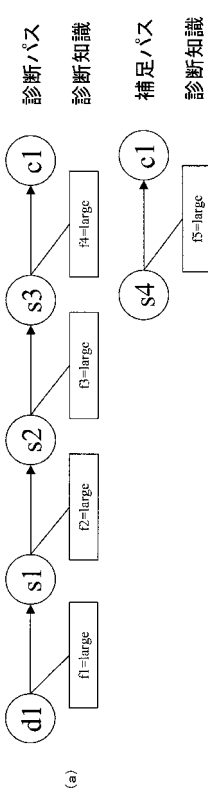


【 図 7 】



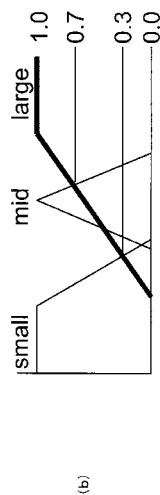
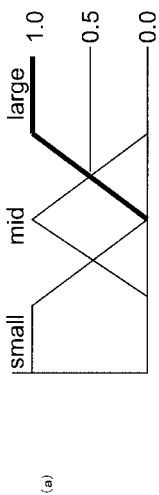
```
#RuleBase 001_01_001
...
if ( f1=large & f2=large & f3=large & f4=large ) then { c1=true }
if ( f1=large & f5=large & f3=large & f4=large ) then { c1=true }
#RuleEnd
```

【 図 8 】

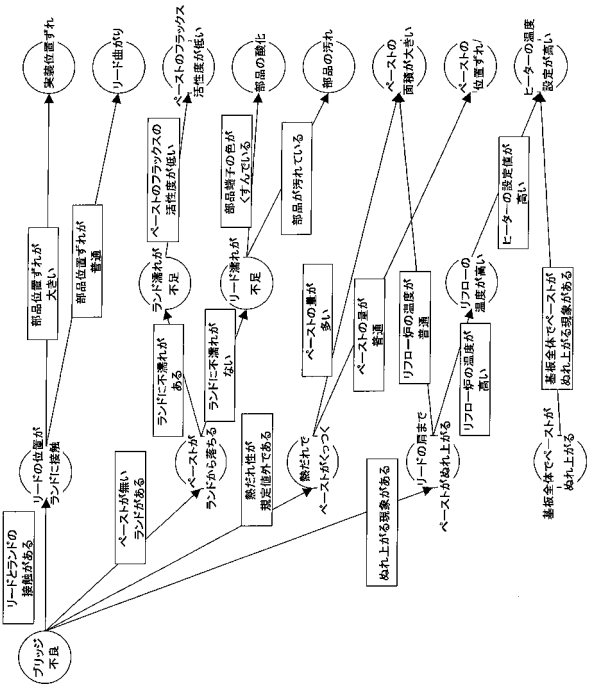


```
#RuleBase 001_01_001
...
if ( f1=large & f2=large & f3=large & f4=large & f5=large ) then { c1=true }
#RuleEnd
```

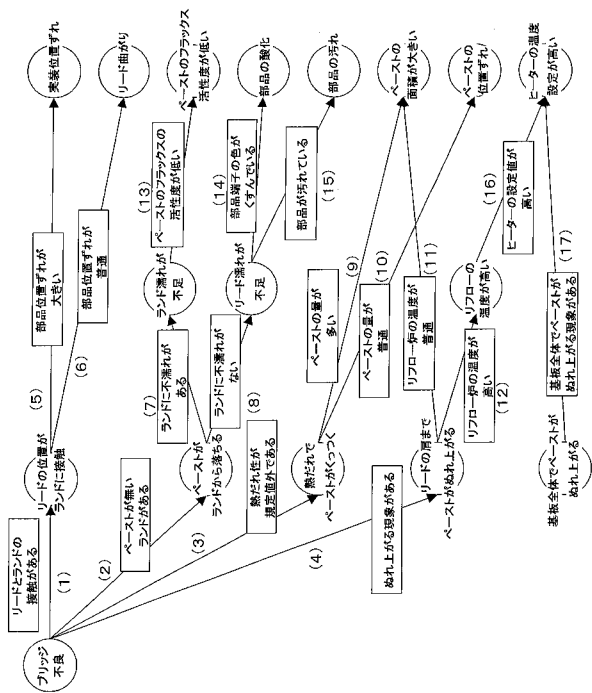
【 図 9 】



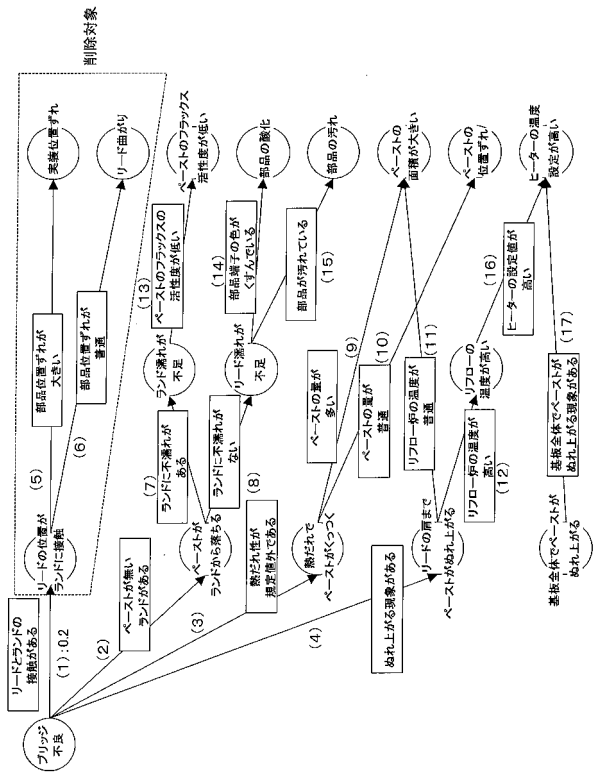
【 図 10 】



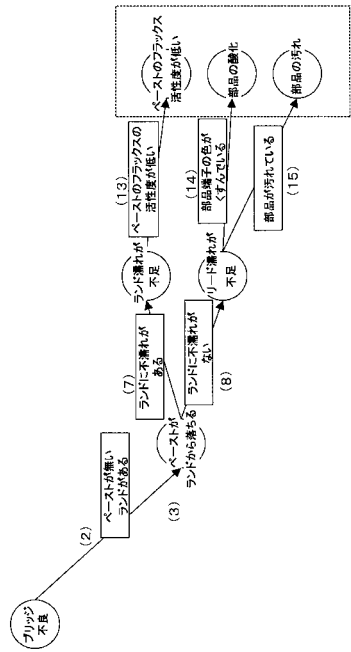
【 図 1 1 】



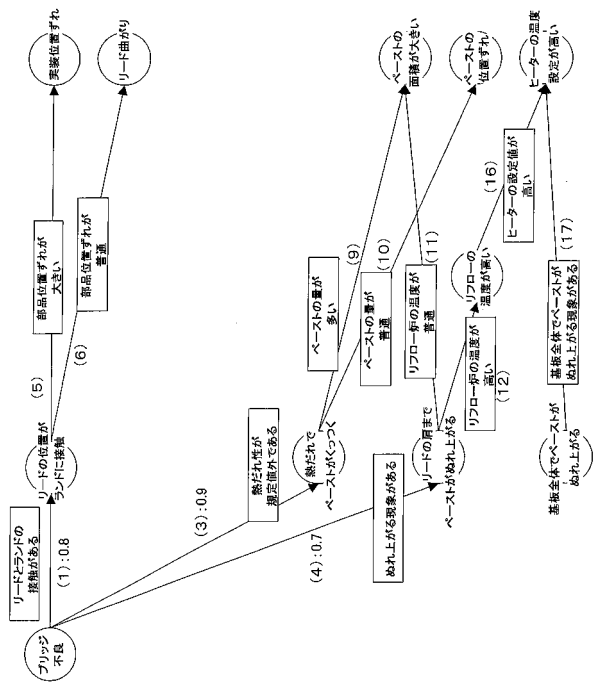
【 図 1 2 】



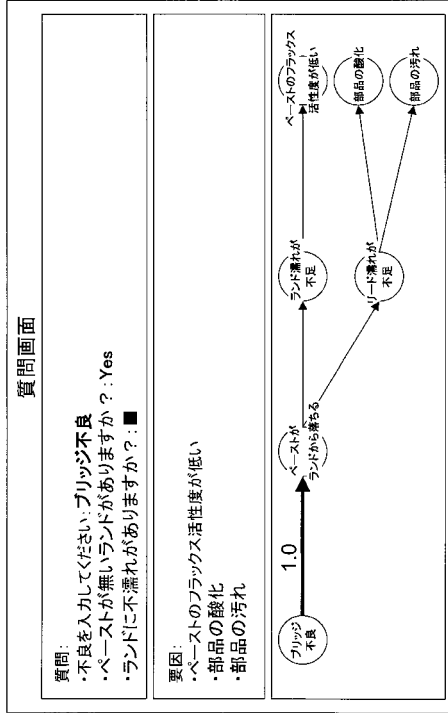
【 図 1 3 】



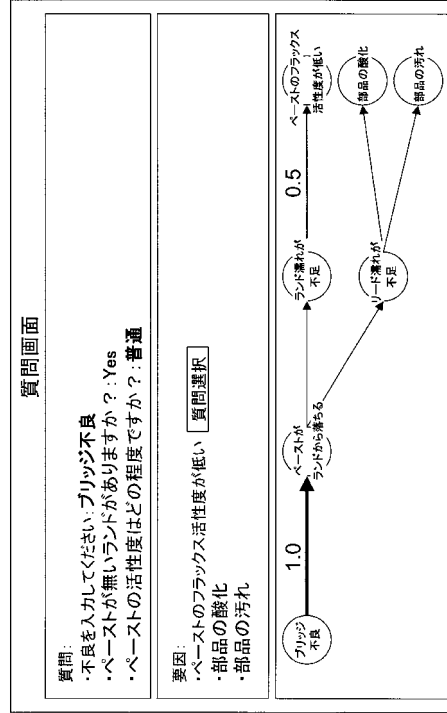
【 図 1 4 】



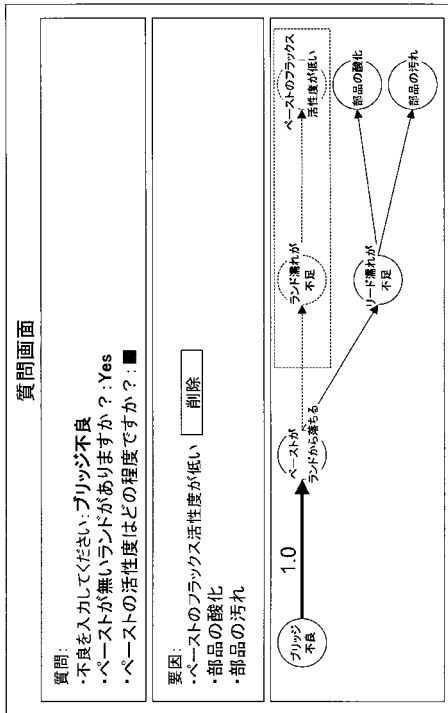
【 図 1 5 】



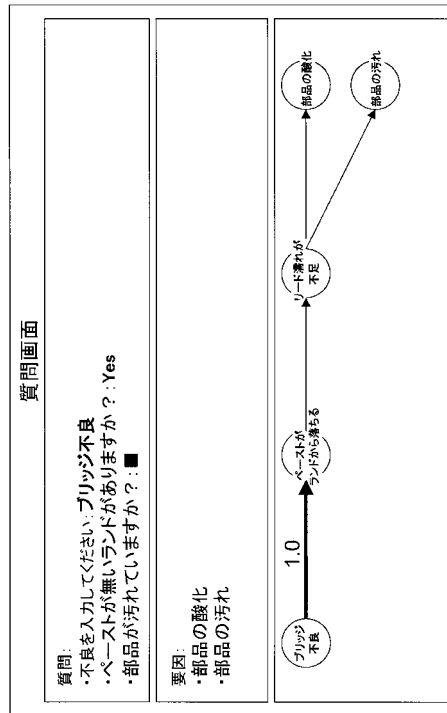
【 図 1 6 】



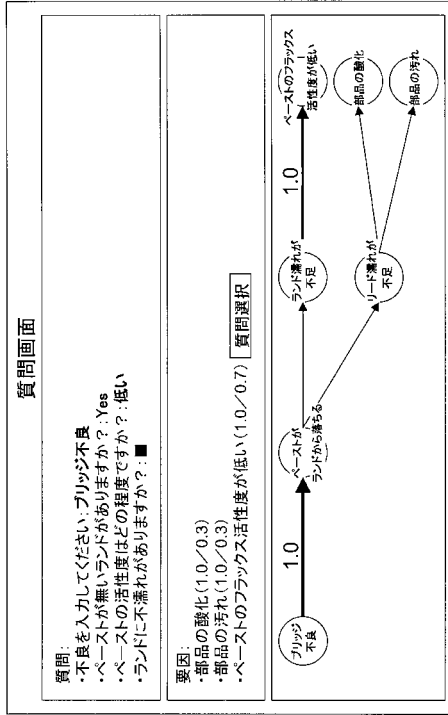
【 図 1 7 】



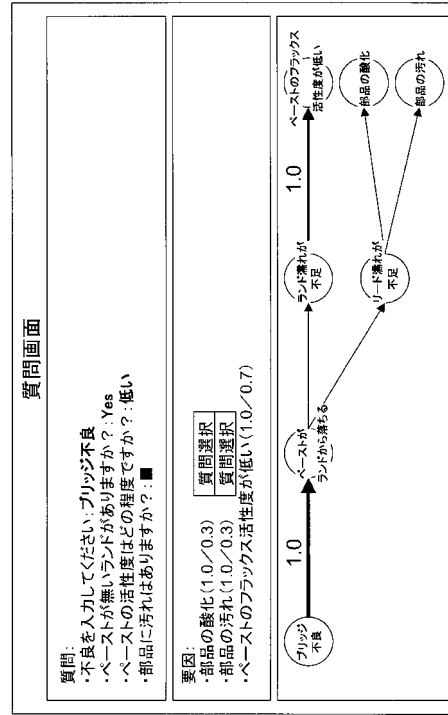
【 図 1 8 】



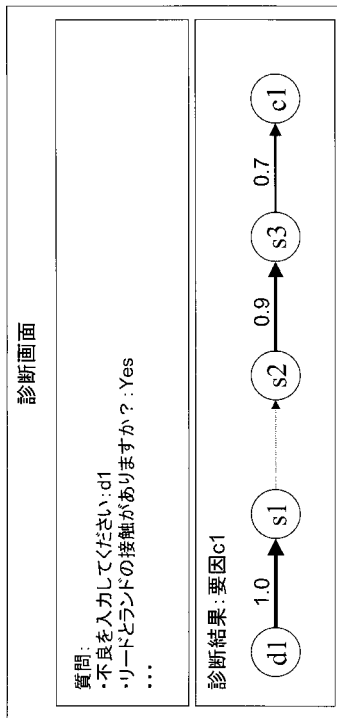
【図 19】



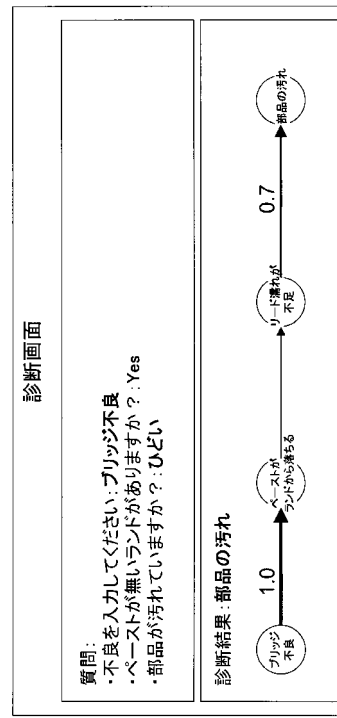
【図 20】



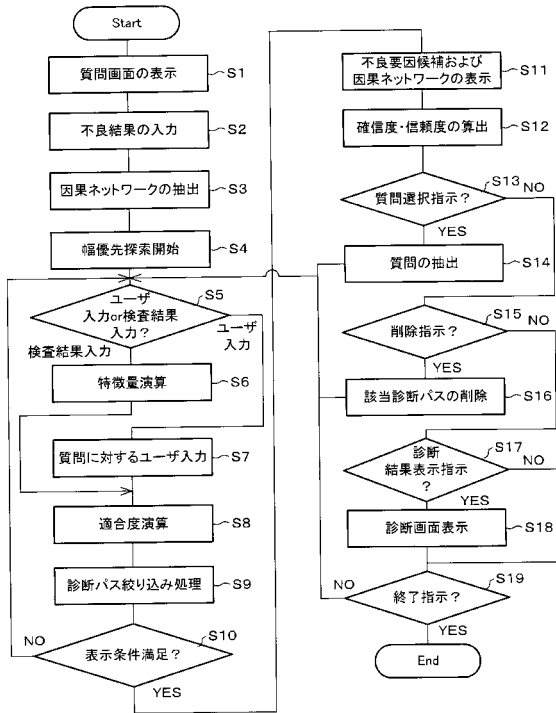
【図 21】



【図 22】



【図23】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-351538(JP,A)
特開2000-155700(JP,A)
特開平09-026820(JP,A)
特開平02-146629(JP,A)
特開昭63-253409(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 19/418

H05K 3/34