



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

診断対象のシステムにおいて発生した結果から要因を推定する要因推定装置であって、上記システムにおいて発生し得る複数の結果のそれぞれに対して、要因の候補を1つ以上対応付けるとともに、各結果から該結果に対応する各要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐によるネットワーク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、

上記システムにおいて発生し得る現象を示す複数の現象情報と、上記要因推定知識情報に含まれる複数の条件とを対応付けた現象条件対応情報を記録する現象条件対応記録部と

10

ユーザからの入力を受け付けるユーザ入力部と、

情報を外部に出力する情報出力部とを備えており、

上記ユーザ入力部から上記現象情報を取得する現象情報取得手段と、

取得した現象情報に対応する条件を上記現象条件対応情報から検索する条件検索手段と

検索した条件に対応する入力項目を、上記情報出力部を介して出力して、上記入力項目の情報を上記ユーザ入力部から取得する項目情報取得手段と、

取得した入力項目の情報と上記要因推定知識情報とに基づいて要因推定処理を行う推論処理手段とを備えることを特徴とする要因推定装置。

**【請求項 2】**

20

上記現象条件対応情報における現象情報は、階層構造となっていることを特徴とする請求項 1 に記載の要因推定装置。

**【請求項 3】**

上記項目情報取得手段が取得した入力項目の情報と、上記要因推定知識情報とに基づいて、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込手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の要因推定装置。

**【請求項 4】**

上記項目情報取得手段が取得した入力項目の情報に基づいて、上記条件分岐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、

上記要因推定のパスに含まれる条件分岐に対する適合度の集合を代表する値を確信度として上記要因ごとに算出する確信度演算手段とをさらに備えており、

30

上記診断パス絞込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は、上記確信度演算手段が算出した確信度が所定の閾値以下となる診断パスおよび不良要因であることを特徴とする請求項 3 に記載の要因推定装置。

**【請求項 5】**

上記現象条件対応情報は、

上記複数の現象情報と、上記条件分岐先の複数のノードとを対応付けた現象ノード対応情報と、

上記要因推定知識情報に含まれる条件であって、上記ノードを含む要因推定のパスに含まれる条件を上記複数のノードごとに対応付けたノード条件対応情報とを含んでおり、

40

上記条件検索手段は、上記現象情報取得手段が取得した現象情報に対応するノードを現象ノード対応情報から検索し、検索したノードに対応する条件をノード条件対応情報から検索することを特徴とする請求項 1 に記載の要因推定装置。

**【請求項 6】**

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た不良結果から不良要因を推定することを特徴とする請求項 1 に記載の要因推定装置。

**【請求項 7】**

請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の要因推定装置を動作させる要因推定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要因推定プログラム

50

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載の要因推定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 9】

診断対象のシステムにおいて発生した結果から要因を推定する要因推定装置であって、上記システムにおいて発生し得る複数の結果のそれぞれに対して、要因の候補を 1 つ以上対応付けるとともに、各結果から該結果に対応する各要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐によるネットワーク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、上記システムにおいて発生し得る現象を示す複数の現象情報と、上記要因推定知識情報に含まれる複数の条件とを対応付けた現象条件対応情報を記録する現象条件対応記録部と、ユーザからの入力を受け付けるユーザ入力部と、情報を外部に出力する情報出力部とを備える要因推定装置の要因推定方法であって、

10

上記ユーザ入力部から上記現象情報を取得する現象情報取得ステップと、

取得した現象情報に対応する条件を上記現象条件対応情報から検索する条件検索ステップと、

検索した条件に対応する入力項目を、上記情報出力部を介して出力して、上記入力項目の情報を上記ユーザ入力部から取得する項目情報取得ステップと、

取得した入力項目の情報と上記要因推定知識情報とに基づいて要因推定処理を行う推論処理ステップとを含むことを特徴とする要因推定装置の要因推定方法。

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、診断対象のシステムにおいて発生した結果から要因を推定する要因推定装置、要因推定プログラム、要因推定プログラムを記録した記録媒体、および要因推定方法に関するものである。特に、本発明は、被対象物の処理工程を管理する工程管理装置などに関するものである。

## 【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。

30

## 【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。

40

## 【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。

## 【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

50

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。

【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。

10

【特許文献1】特開平6 - 196900号公報（1994年7月15日公開）

【特許文献2】特開平5 - 035484号公報（1993年2月12日公開）

【特許文献3】特開平5 - 108355号公報（1993年4月30日公開）

【特許文献4】特開平5 - 108354号公報（1993年4月30日公開）

【特許文献5】特開平9 - 245015号公報（1997年9月19日公開）

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

一般的な推論方法では、知識情報がネットワーク構造となっており、ルートノードからパスに従って探索を行っている。このため、推論を効率よく行うには、例えば、推論を行う上で重要な項目を上流側のノードとするなど、上記ネットワーク構造を階層化することが望ましい。

【0009】

しかしながら、これには多大な労力およびコストが必要となる。また、推論を行う状況によっては、上記重要な項目が変化することがある。したがって、階層化されたネットワーク構造を構築することは非常に困難である。

30

【0010】

一方、階層化されていないネットワーク構造の場合、ユーザに対する質問が階層的になされないので、関連性の薄い質問が次々となされる可能性があり、ユーザが戸惑うことになる。

【0011】

また、ユーザは、診断対象のシステムにてどのような現象が発生しているかを把握することは容易である。しかしながら、従来の推論方法では、ユーザが把握した現象に対する質問が直ちになされるとは限らず、ユーザを苛立たせることになる。

【0012】

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、ユーザインタフェースの改善された要因推定装置などを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明に係る要因推定装置は、診断対象のシステムにおいて発生した結果から要因を推定する要因推定装置であって、上記課題を解決するために、上記システムにおいて発生し得る複数の結果のそれぞれに対して、要因の候補を1つ以上対応付けるとともに、各結果から該結果に対応する各要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐によるネットワーク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、上記システムにおいて発生し得る現象を示す複数の現象情報と、上記要因推定知識情報に含まれる複数の条

50

件とを対応付けた現象条件対応情報を記録する現象条件対応記録部と、ユーザからの入力を受け付けるユーザ入力部と、情報を外部に出力する情報出力部とを備えており、上記ユーザ入力部から上記現象情報を取得する現象情報取得手段と、取得した現象情報に対応する条件を上記現象条件対応情報から検索する条件検索手段と、検索した条件に対応する入力項目を、上記情報出力部を介して出力して、上記入力項目の情報を上記ユーザ入力部から取得する項目情報取得手段と、取得した入力項目の情報と上記要因推定知識情報とに基づいて要因推定処理を行う推論処理手段とを備えることを特徴としている。

**【0014】**

また、本発明に係る要因推定装置の要因推定方法は、診断対象のシステムにおいて発生した結果から要因を推定する要因推定装置であって、上記システムにおいて発生し得る複数の結果のそれぞれに対して、要因の候補を1つ以上対応付けるとともに、各結果から該結果に対応する各要因に至る要因推定の診断パスを、条件分岐によるネットワーク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、上記システムにおいて発生し得る現象を示す複数の現象情報と、上記要因推定知識情報に含まれる複数の条件とを対応付けた現象条件対応情報を記録する現象条件対応記録部と、ユーザからの入力を受け付けるユーザ入力部と、情報を外部に出力する情報出力部とを備える要因推定装置の要因推定方法であって、上記課題を解決するために、上記ユーザ入力部から上記現象情報を取得する現象情報取得ステップと、取得した現象情報に対応する条件を上記現象条件対応情報から検索する条件検索ステップと、検索した条件に対応する入力項目を、上記情報出力部を介して出力して、上記入力項目の情報を上記ユーザ入力部から取得する項目情報取得ステップと、取得した入力項目の情報と上記要因推定知識情報とに基づいて要因推定処理を行う推論処理ステップとを含むことを特徴としている。

**【0015】**

上記の構成および方法によると、まず、現象情報をユーザから取得し、取得した現象情報に対応する条件を現象条件対応情報から検索する。次に、検索した条件に対応する入力項目を外部に出力して、入力項目の情報をユーザから取得する。そして、取得した情報と要因推定知識情報とに基づいて要因推定処理を行う。

**【0016】**

すなわち、ユーザから見ると、まず、ユーザが知見した現象を要因推定装置に入力することにより、上記現象に関連する入力項目が要因推定装置から出力される。そして、該入力項目の情報を要因推定装置に入力した後に、要因推定装置が要因推定処理を行うことになる。したがって、要因推定装置は、ユーザが入力し易い情報をまず入力させるので、ユーザインタフェースが向上する。

**【0017】**

ところで、一般に、現象は階層的に分類することが容易である。例えば、生産システムにて発生する異常現象は、工程、対象、属性、および値によって階層的に分類することができる。

**【0018】**

そこで、上記現象条件対応情報における現象情報は、階層構造となっていることが好ましい。これにより、ユーザは、階層ごとに含まれる要素を、上位の階層から下位の階層に向けて次々と選択することにより、システムにおいて発生した現象情報を容易かつ的確に入力することができる。

**【0019】**

本発明に係る要因推定装置では、上記項目情報取得手段が取得した入力項目の情報と、上記要因推定知識情報とに基づいて、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込手段をさらに備えることが好ましい。具体的には、本発明に係る要因推定装置では、上記項目情報取得手段が取得した入力項目の情報に基づいて、上記条件分岐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、上記要因推定のパスに含まれる条件分岐に対する適合度の集合を代表する値を確信度として上記要因ごとに算出する確信度演算手段とをさらに備えており、上記診断パス絞込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要要因は、上記確信度演算手段が算出した確信度が所定の閾値以下となる診断パスおよび不良要因であることが好ましい。

【0020】

上記の構成によると、診断パスを絞り込むことができるので、要因推定の効率を向上させることができる。

【0021】

ところで、要因推定知識情報における条件分岐先のノードの内容は、診断対象のシステムにおいて発生し得る現象の内容となる。すなわち、上記ノードの内容と上記現象の内容とは容易に対応付けることができる。一方、要因推定知識情報に含まれる条件は、上記条件分岐先のノードに対応している。

10

【0022】

そこで、上記現象条件対応情報は、上記複数の現象情報と、上記条件分岐先の複数のノードとを対応付けた現象ノード対応情報と、上記要因推定知識情報に含まれる条件であって、上記ノードを含む要因推定のパスに含まれる条件を上記複数のノードごとに対応付けたノード条件対応情報とを含んでおり、上記条件検索手段は、上記現象情報取得手段が取得した現象情報に対応するノードを現象ノード対応情報から検索し、検索したノードに対応する条件をノード条件対応情報から検索してもよい。この場合、現象条件対応情報をノードを介して容易に作成することができる。

【0023】

なお、本発明に係る要因推定装置は、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た不良結果から不良要因を推定する工程管理装置に好適である。

20

【0024】

なお、上記要因推定装置は、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要因推定装置をコンピュータにて実現させる要因推定プログラム、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】

【0025】

本発明に係る要因推定装置は、以上のように、ユーザが知見した現象を要因推定装置に入力することにより、上記現象に関連する入力項目が要因推定装置から出力され、該入力項目の情報を要因推定装置に入力した後に、要因推定装置が要因推定処理を行うことになるので、ユーザが入力し易い情報をまず入力することができ、ユーザインタフェースが向上する効果を奏する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

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

【0027】

（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13、および生産システ

50

ム 1 の管理を行う工程管理装置（要因推定装置）10を備えている。印刷装置11、装着装置12、および半田付け装置13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。

【0028】

また、印刷装置11の近傍には印刷検査装置14aが配置され、装着装置12の近傍には装着検査装置14bが配置され、半田付け装置13の近傍には半田付け検査装置14cが配置されている。印刷検査装置14aは、印刷装置11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14bは、装着装置12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14cは、半田付け装置13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14a、装着検査装置14b、および半田付け検査装置14cを区別する必要のない場合には、単に検査装置14と称する。

10

【0029】

また、工程管理装置10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10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。

【0030】

工程管理装置10、印刷装置11、装着装置12、半田付け装置13、印刷検査装置14a、装着検査装置14b、および半田付け検査装置14c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（

20

Local Area Network）が形成される形態が想定される。

【0031】

なお、工程管理装置10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10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。

【0032】

また、上記の例では、印刷装置11、装着装置12、および半田付け装置13のそれぞれに対応して検査装置14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14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14c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

30

となる。

【0033】

（工程管理装置の構成）

次に、工程管理装置10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10は、制御部30、検査結果入力部40、入力部21、表示部22、推定知識記録部23、質問データ記録部24、推論過程一時記憶部25、工程状態データベース26、現象項目対応記録部28、および項目データ取得方法記録部29を備えた構成となっている。

【0034】

入力部21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22は、工程管理装置10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。なお、表示部22は、例えば印刷装置など、情報をユーザに提示する任意の出力装置とすることもできる。

40

【0035】

検査結果入力部40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41、装着結果入力部42、半田付け結果入力部43、および製造装置履歴入力部44を備えている。印刷結果入力部41は、印刷検査装置14aによる検査結果を受け付ける。装着結果入力部42は、装着検査装置14bによ

50

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。

【0036】

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 の少なくとも一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なければならない。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なければならない。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。

10

【0037】

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。

【0038】

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、項目データ取得方法記録部 2 9 に記録されている入力項目の情報とリンクされている。この質問データベースの詳細については後述する。ここで、入力項目は、詳細は後述するが、因果ネットワークにおけるノード間の条件に対応するものである。

20

【0039】

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。この推論過程情報の詳細については後述する。

【0040】

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。

30

【0041】

現象項目対応記録部 2 8 は、生産システム 1 において発生し得る現象を示す複数の現象情報と、入力項目との対応関係を現象項目対応テーブルとして記録している。項目データ取得方法記録部 2 9 は、各入力項目のデータを取得する方法の情報を項目データ取得方法データベースとして記録している。上記現象項目対応テーブルおよび上記項目データ取得方法データベースの詳細については後述する。

【0042】

上記の推定知識記録部 2 3、質問データ記録部 2 4、工程状態データベース 2 6、現象項目対応記録部 2 8、および項目データ取得方法記録部 2 9 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。

40

【0043】

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 3 1、推論部 3 2、知識変換部 3 3、質問生成部 3 4、特徴量演算部 3 5、および項目検索部 3 6 を備えている。

【0044】

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

50

である。

【0045】

質問生成部34は、推論部32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24から読み出し、質問を生成する。特徴量演算部35は、推論部32からの要求に応じて、工程状態データベース26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。項目検索部36は、推論部32にて選択された現象情報に対応する入力項目を、現象項目対応記録部28の現象項目対応テーブルから検索する。

【0046】

入力表示制御部31は、入力部21からの入力情報を受け付けるとともに、表示部22 10  
に対して表示制御を行うものであり、質問入出力制御部51および要因出力制御部52を備えている。

【0047】

質問入出力制御部51は、推論部32からの指示に応じて質問を表示部22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32へ伝送する処理を行う。要因出力制御部52は、推論部32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22に表示する。

【0048】

推論部32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)61、適合度演算部(適合度演算手段)62、確信度演算部(確信度演算手段)63、 20  
現象情報取得部64、項目データ取得部65、および診断パス絞込部66を備えている。

【0049】

推論処理部61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62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入力項目に対するデータが得られた場合に、該データに応じて、下流側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63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。

【0050】

現象情報取得部64は、入力表示制御部31に指示して、各種の現象情報を階層構造で表示部22に表示し、ユーザが入力部21にて選択した現象情報を取得する処理を行う。 30  
項目データ取得部65は、項目検索部36が検索した入力項目のデータを取得する処理を行う。診断パス絞込部66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。

【0051】

なお、上記の推論処理、適合度算出処理、確信度算出処理、現象情報取得処理、項目データ取得処理、および診断パス絞込処理の詳細については後述する。

【0052】

(因果ネットワーク)

次に、推定知識記録部23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ネットワーク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に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。なお、因果ネットワークは、親のノードがただか1つであるツリー構造の知識として示す情報であってもよい。 40

【0053】

なお、各ノードは特定の現象を示しており、或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。

【0054】

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、d1が不良結果を示しており、c1～c4が不良要因を示しており、s1～s5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、d1の不良結果に対して、c1～c4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s1～s5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。

#### 【0055】

ここで、例えばd1の不良結果に対して、直接c1～c4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、上記のようなネットワーク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、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。

#### 【0056】

(プロダクションルールの生成)

次に、知識変換部33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33は、推定知識記録部23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。

#### 【0057】

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。

#### 【0058】

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、d1の不良結果からs1～s3の現象としてのノードをこの順で経由してc1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、f1～f4に関する条件に関する情報が設定されている。すなわち、d1の不良結果がs1の現象に由来するものであると推定するためには、f1 = largeという条件を満たす必要があり、以降同様に、s1からs2への推定のための条件がf2 = large、s2からs3への推定のための条件がf3 = large、s3からc1への推定のための条件がf4 = largeとなっている。

#### 【0059】

以上のような診断パス情報に基づいて、知識変換部33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、f1 = large、f2 = large、f3 = large、およびf4 = largeの全ての条件を満たした場合に、c1が真である、という情報が示されている。

#### 【0060】

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。

#### 【0061】

図6(a)に示す例では、s1からs2への推定のための条件がf2 = large and f5 = 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、

10

20

30

40

50

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。

【0062】

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。

10

【0063】

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、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、というプロダクションルールと、f 1 = 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、というプロダクションルールとの2つが生成される。

【0064】

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。

20

【0065】

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 = largeとなっている。この場合、図8(b)に示すように、f 1 = large、f 2 = large、f 3 = large、f 4 = large、および f 5 = 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。

【0066】

(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、数が多いほど条件を満たす度合いが高いものとする。

30

【0067】

ここで、条件が、完全に満たすか完全に満たさないかの2通りの選択肢しかない場合には、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することができる。

40

【0068】

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

50

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わりがない場合には、適合度を 0.0 とする。

【0069】

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。

10

【0070】

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。

20

【0071】

(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。

【0072】

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ンルールが抽出される。そして、抽出されたプロダクション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ン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ン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。

30

【0073】

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。図 10 は、推論過程一時記憶部 25 に記憶されている現在の確信度の具体例を示している。図示のように、確信度は、不良要因ごとに格納されている。

40

【0074】

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。

【0075】

なお、上記の例では、抽出されたプロダクションルールに含まれる条件の適合度のうち

50

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はいるが、これに限定されるものではなく、該プロダクション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。

【0076】

また、確信度としては、適合度の代表値を利用する以外にも、例えば、事後確率、事後確率に基づいたスコア、ユークリッド距離などの距離に基づいたスコアなどのような、確からしさや尤もらしさを表すスコアを利用することができる。

【0077】

(現象情報の取得処理)

次に、現象情報取得部64による現象情報の取得処理について説明する。現象情報取得部64は、まず、現象項目対応記録部28の現象項目対応テーブルから現象情報を読み出す。

10

【0078】

図11は、現象項目対応テーブルの具体例を示している。ところで、生産システムにて発生し得る現象は、工程、対象、属性、値などのように階層的に分類することができる。例えば「印刷工程において、半田の面積が大きい」という現象の場合、工程=印刷、対象=半田、属性=面積、および値=大となる。

【0079】

そこで、本実施形態では、図11に示すように、現象項目対応テーブルには、現象情報が階層構造で含まれている。そして、現象項目対応テーブルには、最下位層の現象情報が

20

【0080】

図11に示す例では、ノードに関連する項目IDとして、当該ノードを分岐先とする条件に対応する入力項目の項目IDが記載されている。その他にも、例えば、当該ノードを含む全ての診断パスに含まれる条件に対応する入力項目の項目IDでもよい。また、同図に示すように、ノードに関連する項目IDは、1つの場合もあれば、複数の場合もある。

【0081】

現象情報の取得処理の説明に戻ると、現象情報取得部64は、まず、現象項目対応テーブルから最上位層(工程)の現象情報を取得し、表示部22に表示させる。次に、ユーザ

30

【0082】

次に、現象情報取得部64は、取得した現象情報に対応する次の階層の現象情報を現象項目対応テーブルから取得し、表示部22に表示させる。次に、ユーザが入力部21にて選択した現象情報を取得する。以下、これらの処理を最下位層の現象情報まで繰り返す。

【0083】

これにより、ユーザは、階層ごとに含まれる現象情報を、上位の階層から下位の階層に向けて次々と選択することにより、システムにおいて発生した現象情報を容易かつ的確に入力することができる。

【0084】

(項目データ取得処理)

次に、項目データ取得部65による入力項目のデータの取得処理について説明する。項目データ取得部65は、現象情報取得部64が取得した最下位層の現象情報を項目検索部36に送り出す。項目検索部36は、上記最下位層の現象情報に対応する入力項目(実際には項目ID)を、現象項目対応記録部28の現象項目対応テーブルから検索する。項目検索部36が検索した入力項目を項目データ取得部に送り出す。

40

【0085】

次に、項目データ取得部65は、項目検索部36または推論処理部61から受け取った入力項目に対応するデータ取得方法の情報を項目データ取得方法記録部29から読み出す。

50

## 【 0 0 8 6 】

図 1 2 は、項目データ取得方法記録部 2 9 に記録されている項目データ取得方法データベースの具体例を示している。図示のように、項目データ取得方法データベースには、入力項目毎に、入力項目を識別する項目 ID と、入力項目のデータを人および検査結果の何れか一方から取得するか、或いは両方から取得するかを示す情報と、人が行う場合の質問文を識別する質問文 ID と、検査結果が行う場合の計算アルゴリズムの情報とが格納されている。なお、入力項目のデータを人のみから取得する場合、計算アルゴリズムの情報として「Null」が格納される。一方、入力項目のデータを検査結果のみから取得する場合、質問文 ID として「Null」が格納される。

## 【 0 0 8 7 】

すなわち、項目データ取得部 6 5 は、項目データ取得方法データベースを参照して、1 または複数の入力項目の各項目 ID に対応する質問文 ID および / または計算アルゴリズムを取得する。なお、人および検査結果の何れか一方から取得すればよい場合には、項目データ取得部 6 5 は、コストや作業時間に基づいて、人および検査結果の何れから取得するかを判断すればよい。

## 【 0 0 8 8 】

次に、項目データ取得部 6 5 は、入力項目のデータを取得する。すなわち、項目データ取得方法記録部 2 9 から質問文 ID を取得した場合、項目データ取得部 6 5 は、質問文 ID を質問生成部 3 4 に送り出す。

## 【 0 0 8 9 】

質問生成部 3 4 は、項目データ取得部 6 5 から受け取った質問文 ID に対応する情報を質問データ記録部 2 4 から読み出して質問を生成する。図 1 3 は、質問データ記録部 2 4 に記録されている質問データベースの具体例を示している。図示のように、質問データベースには、質問文毎に、質問文 ID と、質問文の内容と、質問文に対する回答の選択肢とが格納されている。

## 【 0 0 9 0 】

すなわち、質問生成部 3 4 は、質問文 ID に対応する質問文および選択肢を質問データ記録部 2 4 から読み出す。読み出された質問文および選択肢は、質問入出力制御部 5 1 を介して表示部 2 2 に表示される。そして、ユーザからの回答が、入力部 2 1 および質問入出力制御部 5 1 を介して項目データ取得部 6 5 に送られる。項目データ取得部 6 5 は、受け取った回答に基づいて、入力項目のデータを作成する。

## 【 0 0 9 1 】

一方、項目データ取得方法記録部 2 9 から計算アルゴリズムの情報を取得した場合、項目データ取得部 6 5 は、計算アルゴリズムの情報を特徴量演算部 6 5 に送り出す。特徴量演算部 6 5 は、受け取った計算アルゴリズムの情報に基づいて演算を行って特徴量を取得し、取得した特徴量を項目データ取得部 6 5 に送り出す。項目データ取得部 6 5 は、受け取った特徴量に基づいて、入力項目のデータを作成する。

## 【 0 0 9 2 】

そして、項目データ取得部 6 5 は、作成した入力項目のデータを、対応する項目 ID とともに、推論過程一時記憶部 2 5 に記録する。図 1 4 は、推論過程一時記憶部 2 5 に記憶される入力項目のデータの具体例を示している。図示のように、入力項目のデータ形式は、入力項目ごとに設定されており、例えば、「はい・いいえ」の回答に対応する「True・False」、「大・中・小」の回答に対応する「Large・Middle・Small」、特徴量に対応する数値が挙げられる。なお、データが未入力である場合、「Null」が格納される。これにより、各入力項目のデータが入力済であるか未入力であるかを判断することができる。

## 【 0 0 9 3 】

( 診断パスの絞り込み処理 )

次に、診断パス絞込部 6 6 による診断パスの絞り込み処理について説明する。項目データ取得部 6 5 が、ユーザに対し質問して回答を取得したり、検査装置 1 4 から検査結果デ

10

20

30

40

50

ータを取得したりすることにより、確信度演算部 63 が、各不良要因の確信度を算出すると、診断パス絞込部 66 は、算出された確信度が所定の閾値以下であるか否かを判断する。ここで、確信度が閾値以下であると判断された場合には、診断パス絞込部 66 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、確信度が閾値以下である不良要因が、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。

#### 【0094】

(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 15 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ネットワーク構造の知識として設定されている。

#### 【0095】

図 15 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。

#### 【0096】

また、図 15 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。

#### 【0097】

また、図 15 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 (ペーストの面積が大きい)

となる。

#### 【0098】

(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 16 および図 17 に示すフローチャートを参照しながら説明する。図 16 は上記要因推定処理の全体の流れを示しており、図 17 は上記要因推定処理における推論処理の詳細を示している。

#### 【0099】

図 16 に示すように、要因推定処理が開始されると、まずステップ 1 (以降、S1 のよ

10

20

30

40

50

うに称する)において、入力表示制御部31によって表示部22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51によって受け付けられる(S2)。そして、不良結果情報が、推論処理部61によって推論過程一時記憶部25に記憶される。

#### 【0100】

不良結果が入力されると、推論処理部61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23から抽出する(S3)。この際に、推論処理部61は、知識変換部33によってプロダクション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、推論部32は、抽出した因果ネットワークに基づいて推論処理を実行する(S4)。推論処理の終了後、要因出力制御部52が診断結果の画像を表示部22に表示させる(S5)。その後、要因推定処理を終了する。

10

#### 【0101】

次に、S4の推論処理の流れについて説明する。図17に示すように、推論処理が開始されると、まず、推論過程一時記憶部25に記憶されている各種のデータをクリアする(S11)。

#### 【0102】

次に、ユーザ主導の推論処理が行われる(S12~S17)。まず、現象情報取得部64が、ユーザに不良現象を階層的に選択させて、最下位層の現象情報を取得する(S12)。次に、取得した最下位層の現象情報に対応する入力項目を、項目検索部36が現象項目対応記録部28の現象項目対応テーブルを検索して特定する(S13)。

20

#### 【0103】

次に、特定した入力項目に対応する質問文IDを、項目データ取得部65が項目データ取得方法記録部29の項目データ取得方法データベースを検索して特定する。次に、特定した質問文IDに対応する質問文および選択肢を、質問生成部34が質問データ記録部24から読み出して、入力表示制御部31が表示部に表示させる(S14)。

#### 【0104】

次に、上記質問文に対して選択肢から選択された回答を、項目データ取得部65が入力表示制御部31を介して取得すると(S15)、取得したデータに基づいて、適合度演算部62が現在の適合度を算出し、確信度演算部63が現在の確信度を算出する(S16)

30

#### 【0105】

次に、算出された確信度が閾値以下である不良要因とその診断パスを、診断パス絞込部66が推論処理から除外する(S17)。そして、絞り込まれた診断パスと、算出された適合度および確信度とを利用して、推論部32が、システム(工程管理装置10)主導の推論処理を行って(S18)、要因を特定し、その後、要因推定処理を終了する。

#### 【0106】

診断経過の表示例について図18および図19を参照しながら説明する。図18は、ユーザ主導の推論処理(S12~S17)にて表示される診断画面を示している。

#### 【0107】

図18に示すように、診断画面の上部には、ユーザが選択可能な現象情報が表示されている。具体的には、最上部に最上位の階層(工程)の現象情報が選択可能に表示される。ユーザが何れかの現象情報を選択すると、選択された現象情報に対応する次の階層(対象)の現象情報が選択可能に表示され、以下同様に表示される。

40

#### 【0108】

診断画面の下部には、最下位層まで選択された現象情報に対応する1または複数の質問文が表示される。この質問文にユーザが回答すると、回答を反映したシステム主導の推論処理(S18)が開始される。

#### 【0109】

図19は、システム主導の推論処理にて表示される診断画面を示している。図示のよう

50

に、診断画面には、左側に質問表示領域が設けられ、右側に診断結果表示領域が設けられている。質問表示領域には、推論処理を行うために必要な1または複数の質問文が表示され、この質問文にユーザが回答すると、推論部32が推論処理を行って、別の質問文が表示される。以下これを繰り返して、不良要因が推定された段階で、推定された不良要因と、該不良要因に至る診断パスとが診断結果表示領域に表示される。この診断パスは、推論処理部61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要因出力制御部52によって診断結果表示領域に表示される。

**【0110】**

以上より、本実施形態の工程管理装置10は、まず、現象情報をユーザから取得し、取得した現象情報に対応する項目IDを現象項目対応テーブルから検索する。次に、検索した項目IDに対応する質問文を外部に表示して、入力項目のデータをユーザから取得する。そして、取得したデータと要因推定知識情報とに基づいて要因推定処理を行う。

10

**【0111】**

すなわち、ユーザから見ると、まず、ユーザが知見した現象を工程管理装置10に入力することにより、上記現象に関連する質問文が工程管理装置10の表示部22に表示される。そして、質問文に対する回答を工程管理装置10に入力した後に、工程管理装置10が要因推定処理を行うことになる。したがって、工程管理装置10は、ユーザが入力し易い情報をまず入力させるので、ユーザインタフェースが向上する。

**【0112】**

なお、本実施形態では、現象情報と項目IDとを対応付ける現象項目対応テーブルを利用している。しかしながら、現象情報はノードに対応付けることができ、項目IDが示す入力項目は、ノードに接続する条件に対応している。

20

**【0113】**

そこで、現象項目対応テーブルの代わりに、現象情報とノードとを対応付ける現象ノード対応テーブルと、ノードと項目IDとを対応付けるノード項目対応テーブルとを、現象項目対応記録部28に記録してもよい。この場合、現象情報取得部64は、現象ノード対応テーブルを利用することになる。また、項目検索部36は、現象情報取得部64が取得した現象情報に対応するノードを現象ノード対応テーブルから特定し、特定したノードに対応する項目IDをノード項目対応テーブルから特定することになる。

**【0114】**

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。

30

**【0115】**

例えば、上記実施形態では、生産ラインにおける不良要因を推定する工程管理システムについて説明しているが、本発明は、工程管理システムに限定されるものではなく、例えば、クレーム処理への対応を支援するためのソフトウェア、定期点検を行う作業員を支援するためのシステム、カスタマイズ製品の販売を支援するためのツールなど、要因の推定を行う種々の装置などに適用することが可能である。

**【0116】**

また、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。

40

**【0117】**

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

50

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。

【0118】

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。

【0119】

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。

【産業上の利用可能性】

【0120】

本発明に係る要因推定装置は、生産ラインにおける不良要因を推定する工程管理システムに好適であるが、これに限定されず、クレーム処理への対応を支援するためのソフトウェア、定期点検を行う作業員を支援するためのシステム、カスタマイズ製品の販売を支援するためのツールなど、要因の推定を行う種々の装置などに適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0121】

- 【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。 30
- 【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。
- 【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。 40
- 【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】上記工程管理装置における推論過程一時記憶部に記憶されている現在の確信度の具体例を表形式で示す図である。
- 【図11】上記工程管理装置における現象項目対応記録部に記録されている現象項目対応テーブルの具体例を表形式で示す図である。
- 【図12】上記工程管理装置における項目データ取得方法記録部に記録されている項目データ取得方法データベースの具体例を表形式で示す図である。
- 【図13】上記工程管理装置における質問データ記録部に記録されている質問データベース 50

スの具体例を表形式で示す図である。

【図14】上記工程管理装置における推論過程一時記憶部に記憶される入力項目のデータの具体例を表形式で示す図である。

【図15】因果ネットワークの具体例を示す知識構造図である。

【図16】要因推定処理の流れを示すフローチャートである。

【図17】上記要因推定処理における推論処理の流れを示すフローチャートである。

【図18】上記要因推定処理におけるユーザ主導の推論処理にて表示される診断画面の例を示す表示画面図である。

【図19】上記要因推定処理におけるシステム主導の推論処理にて表示される診断画面の例を示す表示画面図である。

10

【符号の説明】

【0122】

10 工程管理装置（要因推定装置）

11 印刷装置

12 装着装置

13 装置

14 検査装置

14 a 印刷検査装置

14 b 装着検査装置

14 c 検査装置

20

21 入力部

22 表示部

23 推定知識記録部

24 質問データ記録部

25 推論過程一時記憶部

26 工程状態データベース

28 現象項目対応記録部

29 項目データ取得方法記録部

30 制御部

31 入力表示制御部

30

32 推論部

33 知識変換部

34 質問生成部

35 特徴量演算部

36 項目検索部

40 検査結果入力部

41 印刷結果入力部

42 装着結果入力部

43 半田付け結果入力部

44 製造装置履歴入力部

40

51 質問入出力制御部

52 要因出力制御部

61 推論処理部（推論処理手段）

62 適合度演算部（適合度演算手段）

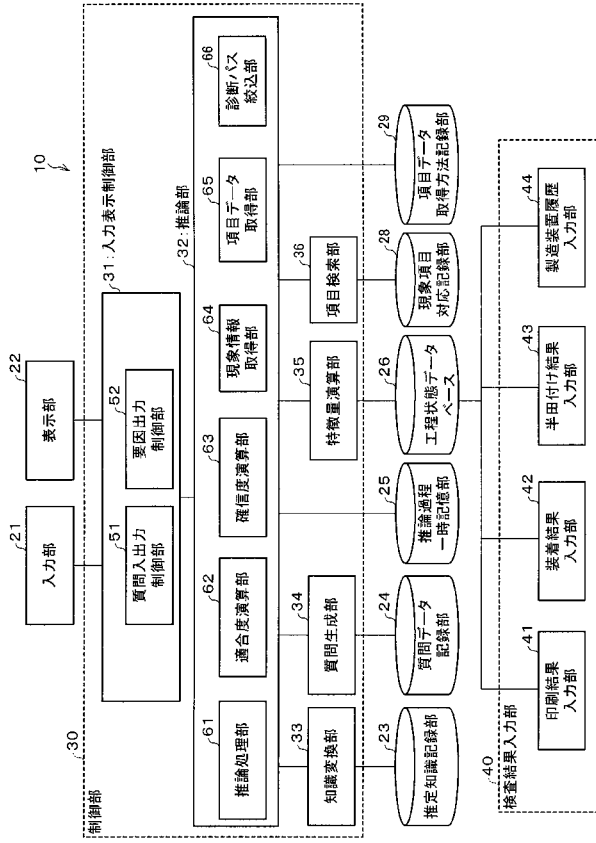
63 確信度演算部（確信度演算手段）

64 現象情報取得部

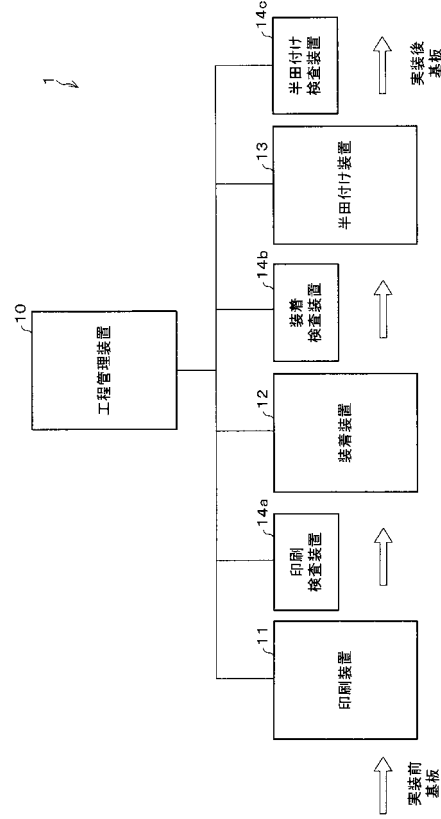
65 項目データ取得部

66 診断パス絞込部

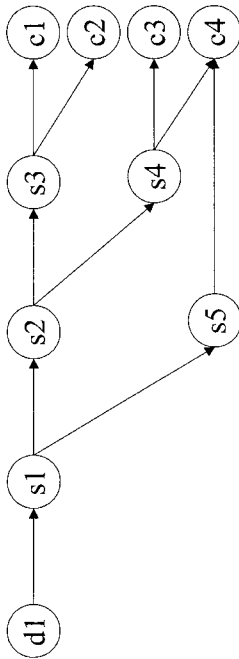
【 図 1 】



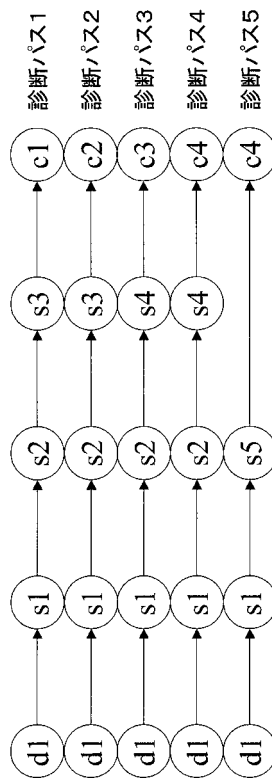
【 図 2 】



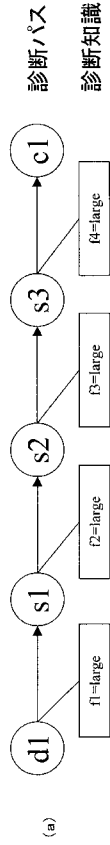
【 図 3 】



【 図 4 】



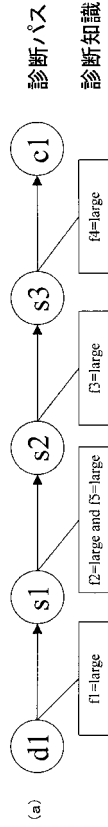
【 図 5 】



```

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

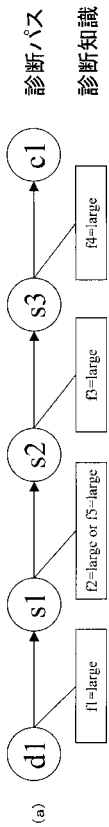
【 図 6 】



```

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

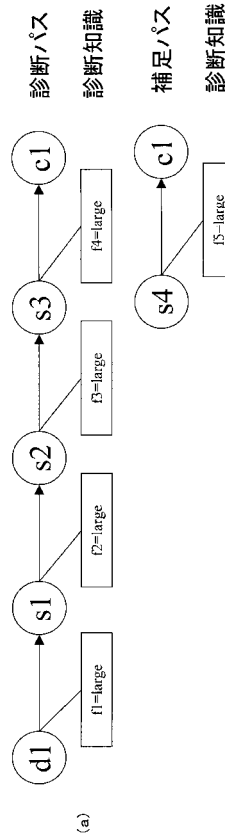
【 図 7 】



```

#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
  
```

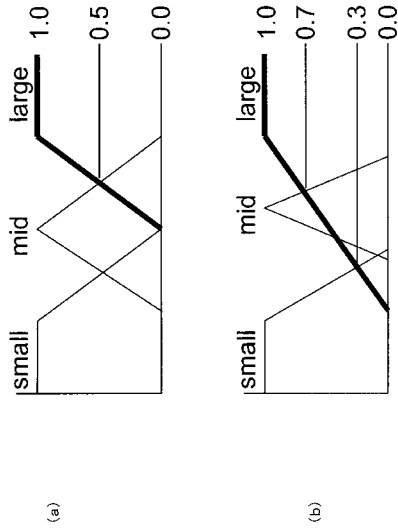
【 図 8 】



```

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

【 図 9 】



【 図 1 0 】

	確信度
不良要因c1	0.0
不良要因c2	0.7
不良要因c3	0.9
不良要因c4	0.5
⋮	⋮

【 図 1 3 】

質問文ID	質問文	選択肢
Q1	部品位置はずれていますか	ずれている/ずれていない
Q2	はんだペースト量を確認してください	多い/適正/少ない
Q3	部品に汚れがありますか	汚れている/汚れていない
⋮	⋮	⋮

【 図 1 4 】

入力項目ID	データ
T1	True
T2	Large
T3	3.228
T4	Null

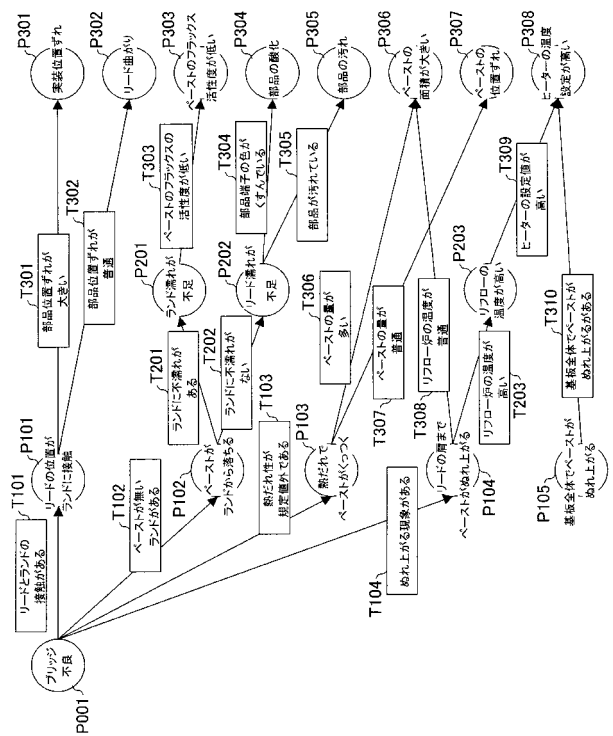
【 図 1 1 】

工程	対象	属性	値	ノード	項目ID
印刷P	はんだ	面積	大	P306	T306,T308
		位置ズレ	あり	P307	T307
		ブリッジ	あり	P001	T101,T102,T103,T104
実装Z	はんだ	活性度	低	P303	T303
		欠落	あり	P102	T102,T201,T202
	部品	リード	接触	P101	T101,T301,T302
			曲がり	P302	T302
		位置ズレ	あり	P301	T301
		汚れ	あり	P305	T305
リフロー-S	はんだ	酸化	あり	P304	T304
		リードぬれ	不足	P202	T202,T304,T305
			過多	P104	T104,T203,T308
		ランドぬれ	不足	P201	T201,T303
		過多	P105	T310	
	熱だれ	あり	P103	T103,T306,T307	
	リフロー炉	温度	高	P203	T203,T309
	ヒーター	温度	高	P308	T309,T310

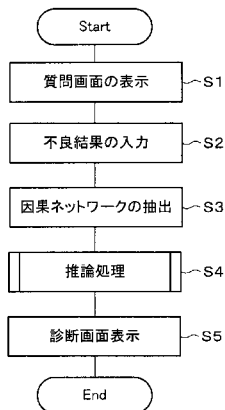
【 図 1 2 】

項目ID	人 and/or 検索結果	質問文ID	計算アルゴリズム
T1	人 or 検索結果	Q1	1枚の対象基板に関する位置ズレ検出センサの出力の絶対値の総和
T2	人	Q2	Null
T3	検索結果	Null	指定ロット生産時におけるリフロー炉の平均温度
T4	人	Q3	Null
⋮	⋮	⋮	⋮

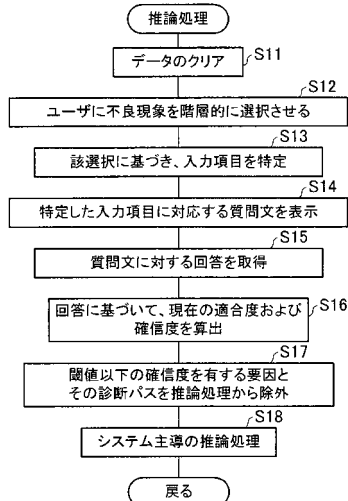
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

要因推定ナビ ユーザ主導対話画面

工程  
P工程 Z工程 S工程

対象  
印刷後はんだ

属性  
位置ずれ にじみ だれ 面積  
高さ ブリッジ ツバ(クラウン)状 カスレ

値  
大きすぎ 小さすぎ

印刷面積が大きい(だれとにじみは含まない)ですか？  
小さいですか？  
【使用ツール】 3点照合-P工程  
【調査対象】 不良発生箇所  
【調査範囲】 不良発生基板  
 大きい  
 適正  
 小さい  
 わかりません

印刷面積はどのような傾向がありますか？  
【使用ツール】 印刷面積変動管理グラフ  
【調査対象】 不良発生箇所  
【調査範囲】 不良発生基板の前後数枚分

OK Cancel

【 図 1 9 】

要因推定ナビ

設計要因:0  
製造要因:0  
<残り要因数>

印刷面積が大きい(だれとにじみは含まない)ですか？  
小さいですか？  
【使用ツール】 3点照合-P工程  
【調査対象】 不良発生箇所  
【調査範囲】 不良発生基板  
 大きい  
 適正  
 小さい  
 わかりません

印刷面積が大きい(だれとにじみは含まない)ですか？  
小さいですか？  
【使用ツール】 3点照合-P工程  
【調査対象】 不良発生箇所  
【調査範囲】 不良発生基板  
 大きい  
 適正  
 小さい  
 わかりません

はんだの周辺部がツバ状になっていますか？  
【使用ツール】 3点照合-P工程  
【調査対象】 不良発生箇所  
【調査範囲】 不良発生基板

ヘルプ ヘルプ

不良情報入力画面へ  
要因対話画面へ  
1回やり直し  
ユーザー主導入力  
不良情報入力画面に戻る  
回答して次へ

フロントページの続き

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 5 B 19/418

Z