

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-181218

(P2018-181218A)

(43) 公開日 平成30年11月15日(2018.11.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G05B 19/4155 (2006.01)</b>	G05B 19/4155	V 2G051
<b>G01N 21/84 (2006.01)</b>	G01N 21/84	D 3C269
<b>G01N 21/93 (2006.01)</b>	G01N 21/93	
<b>G05B 19/18 (2006.01)</b>	G05B 19/18	W

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2017-84040 (P2017-84040)  
 (22) 出願日 平成29年4月20日 (2017. 4. 20)

(71) 出願人 390008235  
 ファナック株式会社  
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358  
 〇番地  
 (74) 代理人 110001151  
 あいわ特許業務法人  
 (72) 発明者 相澤 誠彰  
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358  
 〇番地 ファナック株式会社内  
 (72) 発明者 萱沼 友一  
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358  
 〇番地 ファナック株式会社内  
 (72) 発明者 トウセイ  
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358  
 〇番地 ファナック株式会社内  
 最終頁に続く

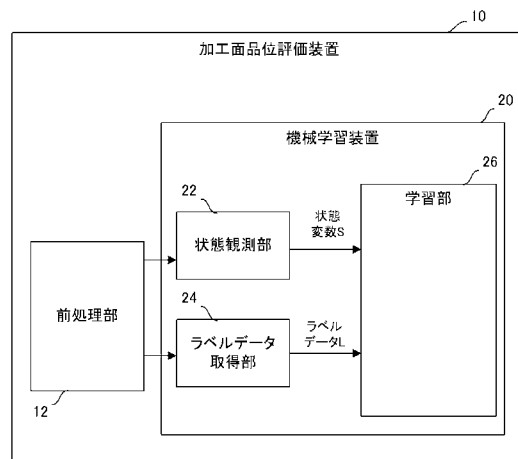
(54) 【発明の名称】 加工面品位評価装置

(57) 【要約】

【課題】良品ワークの評価指標を定量化することが可能な加工面品位評価装置を提供すること。

【解決手段】本発明の加工面品位評価装置10は、検査装置によるワークの加工面品位の検査結果に基づいて、観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を判定する。加工面品位評価装置10は、検査装置による検査結果に対応する観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を学習する機械学習装置20を備え、機械学習装置20は、検査装置によるワークの加工面品位の検査結果を状態変数として観測する状態観測部22と、観察者によるワークの加工面品位の評価結果を示すラベルデータを取得するラベルデータ取得部24と、状態変数と、ラベルデータとを関連付けて学習する学習部26と、を備える。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

検査装置によるワークの加工面品位の検査結果に基づいて、観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を判定する加工面品位評価装置において、

前記検査装置による検査結果に対応する観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を学習する機械学習装置を備え、

前記機械学習装置は、

前記検査装置によるワークの加工面品位の検査結果を状態変数として観測する状態観測部と、

前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を示すラベルデータを取得するラベルデータ取得部と、

前記状態変数と、前記ラベルデータとを関連付けて学習する学習部とを備える、加工面品位評価装置。

10

**【請求項 2】**

前記学習部は、

前記状態変数から前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を判定する相関性モデルと予め用意された教師データから識別される相関性特徴との誤差を計算する誤差計算部と、

前記誤差を縮小するように前記相関性モデルを更新するモデル更新部とを備える、

請求項 1 に記載の加工面品位評価装置。

20

**【請求項 3】**

前記学習部は、前記状態変数と前記ラベルデータとを多層構造で演算する、

請求項 1 に記載の加工面品位評価装置。

**【請求項 4】**

前記学習部による学習結果に基づいて判定された前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を出力する判定出力部を更に備える、

請求項 1 に記載の加工面品位評価装置。

**【請求項 5】**

前記判定出力部は、前記学習部により判定された前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果があらかじめ設定された閾値を超えた場合に警告を出力する、

請求項 4 に記載の加工面品位評価装置。

30

**【請求項 6】**

前記検査装置によるワークの加工面品位の検査結果とは、前記ワークの表面粗さ  $S_a$ 、表面の最大高さ  $S_v$ 、表面性状のアスペクト比  $S_{tr}$ 、尖り度  $S_{ku}$ 、偏り度  $S_{sk}$ 、界面の展開面積比  $S_{dr}$ 、光反射率、画像の特徴のうち、少なくとも 1 つを利用して得られた値であることを特徴とする、

請求項 1 に記載の加工面品位評価装置。

**【請求項 7】**

前記学習部による前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果の判定を行うために、前記検査装置に対してあらかじめ定められた所定の動作を行わせる、

請求項 1 に記載の加工面品位評価装置。

40

**【請求項 8】**

前記判定を行うためのあらかじめ定められた所定の動作は、自動、あるいは作業者の要求により行われる、

請求項 7 に記載の加工面品位評価装置。

**【請求項 9】**

前記加工面品位評価装置は、前記検査装置の一部として構成されている、

請求項 1 に記載の加工面品位評価装置。

**【請求項 10】**

前記加工面品位評価装置は、複数の前記検査装置をネットワークを介して管理する管理

50

装置の一部として構成されている、  
請求項 1 に記載の加工面品位評価装置。

【請求項 1 1】

検査装置によるワークの加工面品位の検査結果に基づいて、観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を判定する加工面品位評価装置において、

前記検査装置によるワークの加工面品位の検査結果と、前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を示すラベルデータと、の相関性を示すモデルと、

前記モデルに基づいて判定された前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を出力する判定出力部と、を備える

加工面品位評価装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加工面品位評価装置に関し、特に良品ワークの評価指標を定量化する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、加工プログラムを作成し、該加工プログラムに基づいて工作機械を制御して材料を加工し、部品や金型などのワークを製作することが行われている。このように製作されたワークの品質評価指標の一つに、加工面品位がある。加工面品位とは、加工物の形状変化が滑らかである（加工面の傷や筋目が目立たず、光を均一に反射する）度合いをいう。

20

【0003】

加工面品位を向上させるための種々の技術も開示されている。例えば、特許文献 1 には、工作機械の振動データを用いて機械学習を行うことにより、加工面品位と加工時間とのバランスの取れた最適な速度分布を求める方法が記載されている。

【0004】

このように、加工面品位はワークの重要な品質評価指標の一つである。そして、加工面品位自体も様々な指標に基づいて評価される。加工面品位の典型的な評価方法の一つは、レーザ顕微鏡で観察可能な様々な評価項目に基づいて数値的な評価を行うことである。例えば、表面の算術平均高さ（表面粗さ） $S_a$  は加工面品位の代表的な評価項目である。その他の数値的な評価項目として、表面の最大高さ  $S_v$ 、表面性状のアスペクト比  $S_{tr}$ 、尖り度  $S_{ku}$ 、偏り度  $S_{sk}$ 、界面の展開面積比  $S_{dr}$  などが存在する。

30

【0005】

加工面品位のもう一つの重要な評価指標は、人の心象である。すなわち、観察者が加工されたワークの表面を観察して、その見た目を「良い」と判断するかどうかである。一般に、心象による評価指標は、観察者によって判断基準が異なるので定量化が困難である。すなわち、どのようなときに人は「良い」と判断するのかが、従来、必ずしも明らかではなかった。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特願 2015 - 189542 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

心象による評価指標の定量化の試みとして、レーザ顕微鏡などの計測機から得られる数値的な評価項目（例えば表面粗さ  $S_a$ ）と、人の心象による評価結果と、を比較することが考えられる。ところが、両者は単純に比較可能とはいえないことが分かっている。例えば、従来も、どのような数値的な評価項目が変動すると、表面にどのような性状変化が現れ

50

るか、といった傾向は把握可能であった。しかしながら、人の心象の善し悪しには、様々な数値的評価項目が複合的に絡み合っており、それらの相関関係は明らかになっていない。また、同じ表面を観察した場合でも、観察者によって心象が異なる場合も少なくない。結局、加工済みワークの加工面品位が良好であるかどうかは観察者の感覚に左右される。このことは、ワークが一定品質を保持しているか否かの判断を困難にしている。また、第三者から見た場合にも、品質評価基準がわかりにくいという問題がある。

【0008】

本発明はこのような問題を解決するためになされたものであり、良品ワークの評価指標を定量化することが可能な加工面品位評価装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

【0009】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、検査装置によるワークの加工面品位の検査結果に基づいて、観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を判定する加工面品位評価装置において、前記検査装置による検査結果に対応する観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を学習する機械学習装置を備え、前記機械学習装置は、前記検査装置によるワークの加工面品位の検査結果を状態変数として観測する状態観測部と、前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を示すラベルデータを取得するラベルデータ取得部と、前記状態変数と、前記ラベルデータとを関連付けて学習する学習部と、を備える。

【0010】

20

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記学習部は、前記状態変数から前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を判定する相関性モデルと予め用意された教師データから識別される相関性特徴との誤差を計算する誤差計算部と、前記誤差を縮小するように前記相関性モデルを更新するモデル更新部とを備える。

【0011】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記学習部は、前記状態変数と前記ラベルデータとを多層構造で演算する。

【0012】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記学習部による学習結果に基づいて判定された前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果を出力する判定出力部を更に備える。

30

【0013】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記判定出力部は、前記学習部により判定された前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果があらかじめ設定された閾値を超えた場合に警告を出力する。

【0014】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記検査装置によるワークの加工面品位の検査結果とは、前記ワークの表面粗さ $S_a$ 、表面の最大高さ $S_v$ 、表面性状のアスペクト比 $S_{tr}$ 、尖り度 $S_{ku}$ 、偏り度 $S_{sk}$ 、界面の展開面積比 $S_{dr}$ 、光反射率、画像の特徴のうち、少なくとも1つを利用して得られた値であることを特徴とする。

40

【0015】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記学習部による前記観察者による前記ワークの加工面品位の評価結果の判定を行うために、前記検査装置に対してあらかじめ定められた所定の動作を行わせる。

【0016】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記判定を行うためのあらかじめ定められた所定の動作は、自動、あるいは作業者の要求により行われる。

【0017】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記加工面品位評価装置は、前記検査装置の一部として構成されている。

50

## 【 0 0 1 8 】

本発明の一実施の形態における加工面品位評価装置は、前記加工面品位評価装置は、複数の前記検査装置をネットワークを介して管理する管理装置の一部として構成されている。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 9 】

本発明により、良品ワークの評価指標を定量化することが可能な加工面品位評価装置を提供することが可能となる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 第 1 の実施形態による加工面品位評価装置の概略的な機能ブロック図である。

【 図 2 】 加工面品位評価装置の一形態を示す概略的な機能ブロック図である。

【 図 3 A 】 ニューロンを説明する図である。

【 図 3 B 】 ニューラルネットワークを説明する図である。

【 図 4 】 第 2 の実施形態による加工面品位評価装置の概略的な機能ブロック図である。

【 図 5 】 加工面品位評価システムの一形態を示す概略的な機能ブロック図である。

【 図 6 】 加工面品位評価システムの他の形態を示す概略的な機能ブロック図である。

【 図 7 】 管理装置を備えた加工面品位評価システムの一形態を示す概略的な機能ブロック図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 1 】

以下、本発明の一実施の形態である加工面品位評価装置の構成例を示す。ただし、本発明の加工面品位評価装置の構成は下記の例に限定されるものではなく、本発明の目的を実現可能なものであれば、どのような構成を採用しても良い。

## 【 0 0 2 2 】

図 1 は、本発明の実施形態である加工面品位評価装置 1 0 の概略的な構成を示す機能ブロック図である。加工面品位評価装置 1 0 は、例えば、加工済みワークの検査装置とデータ通信できるように有線 / 無線の通信回線で接続されたコンピュータなどとして実装することができる。検査装置には、例えば加工面解析装置（典型的にはレーザ顕微鏡）、加工面画像撮影装置、光反射率測定装置などがあるが、これに限定されるものではない。加工面品位評価装置 1 0 は、検査装置から取得されるデータに対して前処理を施す前処理部 1 2、加工面品位の評価について、いわゆる機械学習により自ら学習するためのソフトウェア（学習アルゴリズム等）及びハードウェア（コンピュータの CPU 等）を含む機械学習装置 2 0 を備える。加工面品位評価装置 1 0 が備える機械学習装置 2 0 が学習する加工面品位の評価は、検査装置による検査結果（検査装置から取得される数値データ）と、当該検査結果が得られたワークに対する観察者の評価結果（加工面品位の良し悪しに関する心象評価の結果）との、相関性を表すモデル構造に相当する。

## 【 0 0 2 3 】

図 1 に機能ブロックで示すように、加工面品位評価装置 1 0 が備える機械学習装置 2 0 は、検査装置（図示せず）から取得されるワークの検査結果を示す数値データを、環境の現在状態を表す状態変数 S として観測する状態観測部 2 2 と、当該ワークに対する観察者の評価結果を示すラベルデータ L を取得するラベルデータ取得部 2 4 と、状態変数 S とラベルデータ L とを用いて、状態変数 S にラベルデータ L を関連付けて学習する学習部 2 6 とを備える。

## 【 0 0 2 4 】

前処理部 1 2 は、例えばコンピュータの CPU の一機能として構成できる。或いは状態観測部 2 2 は、例えばコンピュータの CPU を機能させるためのソフトウェアとして構成できる。前処理部 1 2 は、検査装置又は検査装置に取り付けられたセンサから得られるデータや、該データを利用乃至変換して得られるデータなどに対して前処理を行い、前処理後のデータを状態観測部 2 2 へと出力する。また、前処理部 1 2 は、当該ワークに対する

10

20

30

40

50

観察者の評価結果、換言すれば加工面品位の心象による評価結果を、入力部（図示しない）から取得して必要な前処理を行い、前処理後のデータをラベルデータ取得部 24 へと出力する。

【0025】

状態変数  $S$  を得るために前処理部 12 が行う前処理には、例えば表面粗さ  $S_a$ 、表面の最大高さ  $S_v$ 、表面性状のアスペクト比  $S_{tr}$ 、尖り度  $S_{ku}$ 、偏り度  $S_{sk}$ 、界面の展開面積比  $S_{dr}$ 、加工済みワークの光反射率、加工面の画像の特徴などを評価するための種々の公知の処理が含まれる。また、ラベルデータ  $L$  を得るために前処理部 12 が行う前処理には、例えば観察者による評価結果を記録したファイルの入力及び解析、キーボード等のインターフェイスから直接入力される観察者による評価結果の取得及び解析等が含まれる。

10

【0026】

状態観測部 22 は、例えばコンピュータの CPU の一機能として構成できる。或いは状態観測部 22 は、例えばコンピュータの CPU を機能させるためのソフトウェアとして構成できる。状態観測部 22 が観測する状態変数  $S$  である数値データは、例えば検査装置又は検査装置に付設されるセンサから得られるデータや、該データを利用乃至変換して得られるデータに対して前処理部 12 により処理されたデータを含む加工面の検査結果を示すデータを用いることができる。

【0027】

また、状態変数  $S$  には、後述のラベルデータ  $L$  にかかる評価を実施する観察者、より具体的には担当者、事業者などを示す識別データを含めることができる。これにより、検査装置による加工面品位の検査結果と、観察者の心象による加工面品位の評価結果との関係性を、観察者毎に独立して学習することができるようになる。したがって、観察者によって加工面品位の心象評価の基準が異なる場合であっても、検査装置による加工面品位の検査結果に対応する適切な観察者の心象による加工面品位の評価結果を出力できる。なお、状態変数  $S$  観察者を示す識別データを含めなければ、観察者を区別しない一般的な評価結果が得られる。

20

【0028】

また、状態変数  $S$  には、後述のラベルデータ  $L$  にかかる評価の対象部位、すなわち加工済みワークのどの部位の加工面品位を評価するかを示す識別データを含めることができる。これにより、検査装置による加工面品位の検査結果と、観察者の心象による加工面品位の評価結果との関係性を、対象部位毎に独立して学習することができるようになる。したがって、対象部位によって加工面品位の心象評価の基準が異なる場合であっても、検査装置による加工面品位の検査結果に対応する適切な観察者の心象による加工面品位の評価結果を出力できる。

30

【0029】

ラベルデータ取得部 24 は、例えばコンピュータの CPU の一機能として構成できる。或いはラベルデータ取得部 24 は、例えばコンピュータの CPU を機能させるためのソフトウェアとして構成できる。ラベルデータ取得部 24 が取得するラベルデータ  $L$  は、例えば観察者により加工後のワークについての評価が行われた結果として加工面品位評価装置 10 に与えられる申告データに対して前処理部 12 が前処理をした後のデータを用いることができる。ラベルデータ  $L$  は、状態変数  $S$  の下での加工面品に対する観察者の心象による評価結果を示す。観察者の心象による評価結果は、加工済みワークが良品であるか否かを示す 2 値であっても良いし、例えばレベル 1 - 10 などのように多値であっても良い。

40

【0030】

このように、加工面品位評価装置 10 が備える機械学習装置 20 が学習を進める間、環境においては、工作機械による加工の実施、検査装置による加工済みワークの加工面品位の一面を示す評価項目の測定、観察者による加工面品位の判定が実施される。

【0031】

学習部 26 は、例えばコンピュータの CPU の一機能として構成できる。或いは学習部

50

26は、例えばコンピュータのCPUを機能させるためのソフトウェアとして構成できる。学習部26は、機械学習と総称される任意の学習アルゴリズムに従い、加工面品位の評価を学習する。学習部26は、加工済みワークの加工面品位に関する状態変数SとラベルデータLとを含むデータ集合に基づく学習を反復実行することができる。

#### 【0032】

このような学習サイクルを繰り返すことにより、学習部26は、検査装置による検査結果（検査装置から取得される数値データ）と、当該検査結果が得られたワークに対する観察者の評価結果（加工面品位の良し悪しに関する心象評価の結果）との相関性を暗示する特徴を自動的に識別することができる。学習アルゴリズムの開始時には検査装置による検査結果と当該ワークに対する観察者の評価結果との相関性は実質的に未知であるが、学習部26は、学習を進めるに従い徐々に特徴を識別して相関性を解釈する。検査装置による検査結果と当該ワークに対する観察者の評価結果との相関性が、ある程度信頼できる水準まで解釈されると、学習部26が反復出力する学習結果は、現在の検査結果に対して人の心象としての評価結果をどのように判定するべきかという行動の選択（つまり意思決定）を行うために使用できるものとなる。つまり学習部26は、学習アルゴリズムの進行に伴い、検査装置による検査結果と、当該現在の検査結果に対して観察者の心象としての評価結果をどのように判定するべきかという行動との、相関性を最適解に徐々に近づけることができる。

10

#### 【0033】

上記したように、加工面品位評価装置10が備える機械学習装置20は、状態観測部22が観測した状態変数Sとラベルデータ取得部24が取得したラベルデータLとを用いて、学習部26が機械学習アルゴリズムに従い、検査装置による検査結果に対応する観察者の心象としての評価結果を学習するものである。状態変数Sは、検査装置による検査結果という、外乱の影響を受け難いデータで構成され、またラベルデータLは、観察者の申告データに基づいて一義的に求められる。したがって、加工面品位評価装置10が備える機械学習装置20によれば、学習部26の学習結果を用いることで、検査装置による検査結果に対応する観察者の心象としての評価結果の判定を、演算や目算によらずに自動的に、しかも正確に行うことができるようになる。

20

#### 【0034】

観察者の心象としての評価結果の判定を、演算や目算によらずに自動的に行うことができれば、工作機械によるワーク加工後に検査装置において検査を行うだけで、該ワークに係る観察者の心象としての評価結果を迅速に推定することができる。したがって、観察者の心象としての加工面品位の評価結果の判定に掛かる時間を短縮することができる。また、作業者は加工面品位評価装置10が判定した内容を元に加工済みワークが良品かどうか判断したり、加工面品位を改善するためのチューニングなどを容易に行うことが可能となる。

30

#### 【0035】

加工面品位評価装置10が備える機械学習装置20の一変形例として、学習部26は、複数の検査装置のそれぞれについて得られた状態変数S及びラベルデータLを用いて、それら検査装置のそれぞれの検査結果に対応する観察者の心象としての加工面品位の評価結果を学習することができる。この構成によれば、一定時間で得られる状態変数SとラベルデータLとを含むデータ集合の量を増加できるので、より多様なデータ集合を入力として、検査装置の検査結果に対応する観察者の心象としての加工面品位の評価結果の学習の速度や信頼性を向上させることができる。

40

#### 【0036】

上記構成を有する機械学習装置20では、学習部26が実行する学習アルゴリズムは特に限定されず、機械学習として公知の学習アルゴリズムを採用できる。図2は、図1に示す加工面品位評価装置10の一形態であって、学習アルゴリズムの一例として教師あり学習を実行する学習部26を備えた構成を示す。教師あり学習は、入力とそれに対応する出力との既知のデータセット（教師データと称する）が予め大量に与えられ、それら教師デ

50

ータから入力と出力との相関性を暗示する特徴を識別することで、新たな入力に対する所要の出力を推定するための相関性モデル（本願の機械学習装置 20 では検査装置の検査結果に対応する観察者の心象としての加工面品位の評価結果）を学習する手法である。

【0037】

図 2 に示す加工面品位評価装置 10 が備える機械学習装置 20 において、学習部 26 は、状態変数 S から観察者の心象としての加工面品位の評価結果を導く相関性モデル M と予め用意された教師データ T から識別される相関性特徴との誤差 E を計算する誤差計算部 32 と、誤差 E を縮小するように相関性モデル M を更新するモデル更新部 34 とを備える。学習部 26 は、モデル更新部 34 が相関性モデル M の更新を繰り返すことによって検査装置の検査結果に対応する観察者の心象としての加工面品位の評価結果を学習する。

10

【0038】

相関性モデル M は、回帰分析、強化学習、深層学習などで構築することができる。相関性モデル M の初期値は、例えば、状態変数 S と観察者の心象としての加工面品位の評価結果との相関性を単純化して表現したものと、教師あり学習の開始前に学習部 26 に与えられる。教師データ T は、例えば、過去の検査装置の検査結果に対応する観察者の心象としての加工面品位の評価結果を記録することで蓄積された経験値（検査装置の検査結果と、観察者の心象としての加工面品位の評価結果と、の既知のデータセット）によって構成でき、教師あり学習の開始前に学習部 26 に与えられる。誤差計算部 32 は、学習部 26 に与えられた大量の教師データ T から検査装置の検査結果と観察者の心象としての加工面品位の評価結果との相関性を暗示する相関性特徴を識別し、この相関性特徴と、現在状態における状態変数 S に対応する相関性モデル M との誤差 E を求める。モデル更新部 34 は、例えば予め定めた更新ルールに従い、誤差 E が小さくなる方向へ相関性モデル M を更新する。

20

【0039】

次の学習サイクルでは、誤差計算部 32 は、更新後の相関性モデル M に従って検査装置による検査により得られた状態変数 S 及び観察者の評価結果であるラベルデータ L を用いて、それら状態変数 S 及びラベルデータ L に対応する相関性モデル M に関し誤差 E を求め、モデル更新部 34 が再び相関性モデル M を更新する。このようにして、未知であった環境の現在状態（検査装置による検査結果）とそれに対する状態の判定（観察者の心象としての評価結果）との相関性が徐々に明らかになる。つまり相関性モデル M の更新により、検査装置による検査結果と、観察者の心象としての評価結果との関係が、最適解に徐々に近づけられる。

30

【0040】

前述した教師あり学習を進める際に、例えばニューラルネットワークを用いることができる。図 3 A は、ニューロンのモデルを模式的に示す。図 3 B は、図 3 A に示すニューロンを組み合わせ構成した三層のニューラルネットワークのモデルを模式的に示す。ニューラルネットワークは、例えば、ニューロンのモデルを模した演算装置や記憶装置等によって構成できる。

【0041】

図 3 A に示すニューロンは、複数の入力  $x$ （ここでは一例として、入力  $x_1 \sim$  入力  $x_3$ ）に対する結果  $y$  を出力するものである。各入力  $x_1 \sim x_3$  には、この入力  $x$  に対応する重み  $w$  ( $w_1 \sim w_3$ ) が掛けられる。これにより、ニューロンは、次の数 2 式により表現される出力  $y$  を出力する。なお、数 1 式において、入力  $x$ 、出力  $y$  及び重み  $w$  は、すべてベクトルである。また、 $\theta$  はバイアスであり、 $f_k$  は活性化関数である。

40

【0042】

【数 1】

$$y = f_k \left( \sum_{i=1}^n x_i w_i - \theta \right)$$

【0043】

50

図3Bに示す三層のニューラルネットワークは、左側から複数の入力 $x$ （ここでは一例として、入力 $x_1$ ～入力 $x_3$ ）が入力され、右側から結果 $y$ （ここでは一例として、結果 $y_1$ ～結果 $y_3$ ）が出力される。図示の例では、入力 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ のそれぞれに対応の重み（総称して $w_1$ で表す）が乗算されて、個々の入力 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ がいずれも3つのニューロン $N_{11}$ 、 $N_{12}$ 、 $N_{13}$ に入力されている。

【0044】

図3Bでは、ニューロン $N_{11}$ ～ $N_{13}$ の各々の出力を、総称して $z_1$ で表す。 $z_1$ は、入力ベクトルの特徴量を抽出した特徴ベクトルと見なすことができる。図示の例では、特徴ベクトル $z_1$ のそれぞれに対応の重み（総称して $w_2$ で表す）が乗算されて、個々の特徴ベクトル $z_1$ がいずれも2つのニューロン $N_{21}$ 、 $N_{22}$ に入力されている。特徴ベクトル $z_1$ は、重み $w_1$ と重み $w_2$ との間の特徴を表す。

10

【0045】

図3Bでは、ニューロン $N_{21}$ ～ $N_{22}$ の各々の出力を、総称して $z_2$ で表す。 $z_2$ は、特徴ベクトル $z_1$ の特徴量を抽出した特徴ベクトルと見なすことができる。図示の例では、特徴ベクトル $z_2$ のそれぞれに対応の重み（総称して $w_3$ で表す）が乗算されて、個々の特徴ベクトル $z_2$ がいずれも3つのニューロン $N_{31}$ 、 $N_{32}$ 、 $N_{33}$ に入力されている。特徴ベクトル $z_2$ は、重み $w_2$ と重み $w_3$ との間の特徴を表す。最後にニューロン $N_{31}$ ～ $N_{33}$ は、それぞれ結果 $y_1$ ～ $y_3$ を出力する。

【0046】

加工面品位評価装置10が備える機械学習装置20においては、状態変数 $S$ を入力 $x$ として、学習部26が上記したニューラルネットワークに従う多層構造の演算を行うことで、人の心象としての加工面品位の評価結果（結果 $y$ ）を出力することができる。なおニューラルネットワークの動作モードには、学習モードと判定モードとがあり、例えば学習モードで学習データセットを用いて重み $w$ を学習し、学習した重み $w$ を用いて判定モードで人の心象としての加工面品位の評価結果の判定を行うことができる。なお判定モードでは、検出、分類、推論等を行うこともできる。

20

【0047】

上記した加工面品位評価装置10の構成は、コンピュータのCPUが実行する機械学習方法（或いはソフトウェア）として記述できる。この機械学習方法は、検査装置による検査結果に対応する人の心象としての加工面品位の評価結果を学習する機械学習方法であって、コンピュータのCPUが、検査装置による検査結果を示す状態変数 $S$ として観測するステップと、人の心象としての加工面品位の評価結果を示すラベルデータ $L$ を取得するステップと、状態変数 $S$ とラベルデータ $L$ とを用いて、検査装置による検査結果と、人の心象としての加工面品位の評価結果と、を関連付けて学習するステップとを有する。

30

【0048】

図4は、第2の実施形態による加工面品位評価装置40を示す。加工面品位評価装置40は、前処理部42と、機械学習装置50と、前処理部42に入力されるデータを状態データ $S_0$ として取得する状態データ取得部46とを備える。状態データ取得部46は、検査装置や、検査装置に付設されるセンサ、作業員による適宜のデータ入力から、状態データ $S_0$ を取得することができる。

40

【0049】

加工面品位評価装置40が有する機械学習装置50は、検査装置による検査結果に対応する観察者の心象による評価結果を機械学習により自ら学習するためのソフトウェア（学習アルゴリズム等）及びハードウェア（コンピュータのCPU等）に加えて、学習部26が検査装置による検査結果に基づいて判定した観察者の心象による評価結果を、表示装置（図示せず）への文字の表示、スピーカ（図示せず）への音あるいは音声による出力、警報ランプ（図示せず）による出力、あるいはそれらの組合せとして出力するためのソフトウェア（演算アルゴリズム等）及びハードウェア（コンピュータのCPU等）を含むものである。加工面品位評価装置40が含む機械学習装置50は、1つの共通のCPUが、学習アルゴリズム、演算アルゴリズム等の全てのソフトウェアを実行する構成を有すること

50

もできる。

【 0 0 5 0 】

判定出力部 5 2 は、例えばコンピュータの CPU の一機能として構成できる。或いは判定出力部 5 2 は、例えばコンピュータの CPU を機能させるためのソフトウェアとして構成できる。判定出力部 5 2 は、学習部 2 6 が検査装置による検査結果に基づいて判定した観察者の心象による評価結果を文字の表示、音あるいは音声による出力、警報ランプによる出力、あるいはそれらの組合せとして作業者に対して通知するように指令を出力する。判定出力部 5 2 は、加工面品位評価装置 4 0 が備える表示装置などに対して通知の指令を出力するようにしても良いし、検査装置が備える表示装置などに対して通知の指令を出力するようにしても良い。

10

【 0 0 5 1 】

上記構成を有する加工面品位評価装置 4 0 が備える機械学習装置 5 0 は、前述した機械学習装置 2 0 と同等の効果を奏する。特に機械学習装置 5 0 は、判定出力部 5 2 の出力によって環境の状態を変化させることができる。他方、機械学習装置 2 0 では、学習部 2 6 の学習結果を環境に反映させるための判定出力部に相当する機能を、外部装置（例えば工作機械の制御装置）に求めることができる。

【 0 0 5 2 】

加工面品位評価装置 4 0 の一変形例として、判定出力部 5 2 は、学習部 2 6 が検査装置による検査結果に基づいて判定した観察者の評価結果のそれぞれについて、あらかじめ定めた所定の閾値を設けておき、学習部 2 6 が検査装置による検査結果に基づいて判定した観察者の評価結果が閾値を下回った場合に、警告としての情報を出力するようにしても良い。

20

【 0 0 5 3 】

図 5 は、検査装置 6 0 を備えた一実施形態による加工面品位評価システム 7 0 を示す。加工面品位評価システム 7 0 は、同様の内容及び精度の検査を行える複数の検査装置 6 0、6 0' と、それら検査装置 6 0、6 0' を互いに接続するネットワーク 7 2 とを備え、複数の検査装置 6 0、6 0' のうち少なくとも 1 つが、上記した加工面品位評価装置 4 0 を備える検査装置 6 0 として構成される。また加工面品位評価システム 7 0 は、加工面品位評価装置 4 0 を備えない検査装置 6 0' を含むことができる。検査装置 6 0、6 0' は、加工済みワークの加工面品位の検査をするために必要とされる一般的な構成を有する。

30

【 0 0 5 4 】

上記構成を有する加工面品位評価システム 7 0 は、複数の検査装置 6 0、6 0' のうち加工面品位評価装置 4 0 を備える検査装置 6 0 が、学習部 2 6 の学習結果を用いて、検査装置 6 0 による検査結果に対応する観察者の心象による評価結果を、演算や目算によらずに自動的に、しかも正確に求めることができる。また、少なくとも 1 つの検査装置 6 0 の加工面品位評価装置 4 0 が、他の複数の検査装置 6 0、6 0' のそれぞれについて得られた状態変数 S 及びラベルデータ L に基づき、全ての検査装置 6 0、6 0' に共通する検査装置 6 0、6 0' による検査結果に対応する観察者の心象による評価結果を学習し、その学習結果を全ての検査装置 6 0、6 0' が共有するように構成できる。したがって加工面品位評価システム 7 0 によれば、より多様なデータ集合（状態変数 S 及びラベルデータ L を含む）を入力として、検査装置による検査結果に対応する観察者の心象による評価結果の学習の速度や信頼性を向上させることができる。

40

【 0 0 5 5 】

図 6 は、検査装置 6 0' を備えた他の実施形態による加工面品位評価システム 7 0' を示す。加工面品位評価システム 7 0' は、加工面品位評価装置 4 0（又は 1 0）と、同一の内容及び精度で検査を実施できる複数の検査装置 6 0' と、それら検査装置 6 0' と加工面品位評価装置 4 0（又は 1 0）とを互いに接続するネットワーク 7 2 とを備える。

【 0 0 5 6 】

上記構成を有する加工面品位評価システム 7 0' は、加工面品位評価装置 4 0（又は 1 0）が、複数の検査装置 6 0' のそれぞれについて得られた状態変数 S 及びラベルデータ

50

Lに基づき、全ての検査装置60'に共通する検査装置による検査結果に対応する観察者の心象による評価結果を学習し、その学習結果を用いて、検査装置による検査結果に応じた観察者の心象による評価結果を、演算や目算によらずに自動的に、しかも正確に求めることができる。

【0057】

加工面品位評価システム70'は、加工面品位評価装置40(又は10)が、ネットワーク72に用意されたクラウドサーバに存在する構成を有することができる。この構成によれば、複数の検査装置60'のそれぞれが存在する場所や時期に関わらず、必要なときに必要な数の検査装置60'を加工面品位評価装置40(又は10)に接続することができる。

10

【0058】

加工面品位評価システム70、70'に従事する作業者は、加工面品位評価装置40(又は10)による学習開始後の適当な時期に、加工面品位評価装置40(又は10)による検査装置による検査結果に対応する観察者の心象による評価結果の学習の到達度が要求レベルに達したか否かの判断を実行することができる。

【0059】

加工面品位評価システム70、70'の一変形例として、加工面品位評価装置40を、検査装置60、60'を管理する管理装置80に組み込んだ形で実装することも可能である。図7に示すように、管理装置80には、ネットワーク72を介して複数の検査装置60、60'が接続されており、管理装置80は、ネットワーク72を介して各検査装置60、60'の稼働状態や検査結果に関するデータを収集する。管理装置80は、任意の検査装置60、60'からの情報を受け取り、加工面品位評価装置40に対して該検査装置60、60'の検査結果を判定するように指令し、その結果を管理装置80が備える表示装置などに出力したり、判定対象の検査装置60、60'に対して結果を出力したりすることができる。このように構成することで、検査装置60、60'の判定結果などを管理装置80で一元管理することができ、また、再学習の際に、複数の検査装置60、60'からサンプルとなる状態変数を集めることができるため、再学習用のデータを多く集めやすいという利点がある。

20

【0060】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上述した実施の形態の例のみに限定されることなく、適宜の変更を加えることにより様々な態様で実施することができる。

30

【0061】

例えば、機械学習装置20、50が実行する学習アルゴリズム、機械学習装置50が実行する演算アルゴリズム、加工面品位評価装置10、40が実行する制御アルゴリズム等は、上述したものに限定されず、様々なアルゴリズムを採用できる。

【0062】

また、上記した実施形態では前処理部12を加工面品位評価装置40(または加工面品位評価装置10)上に設けた構成としていたが、前処理部12を検査装置上に設けるようにしても良い。このとき、前処理は、加工面品位評価装置40(または加工面品位評価装置10)、検査装置のいずれか、あるいは両方で実行するようにしても良く、処理能力と通信の速度を鑑みて処理する場所を適宜設定できるようにしても良い。

40

【0063】

また、上記した実施形態では学習部26が教師あり学習のアルゴリズムを利用する場合を主に説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、状態観測部22は、観察者により良品と判断されたワークに関する検査装置の検査結果のみを状態変数Sとして入力し、学習部26は、教師なし学習アルゴリズムにより、良品と判断されたワークの検査結果の特徴を示すクラスタを形成するよう構成しても良い。この場合、学習部26は、新たに製作された加工済みワークに関する検査装置の検査結果が、上記クラスタに属するか否かを判定するにより、当該加工済みワークに関する観察者の心象による評価結果

50

を推定することができる。ある検査結果がクラスタに属するか否かの判定は、たとえばクラスタ中心からの距離のしきい値判定などにより行うことができる。

【0064】

この場合、例えば観察者や対象部位毎に学習プロセスを独立させる、すなわち観察者や対象部位毎にそれぞれ異なる学習部26を用いて学習を行うこともできる。これにより、観察者や対象部位毎に異なるクラスタが形成されるので、検査装置による加工面品位の検査結果と、観察者の心象による加工面品位の評価結果との関係性を、観察者や対象部位毎に独立して学習することができるようになる。したがって、観察者や対象部位によって加工面品位の心象評価の基準が異なる場合であっても、検査装置による加工面品位の検査結果に対応する適切な観察者の心象による加工面品位の評価結果を出力できる。

10

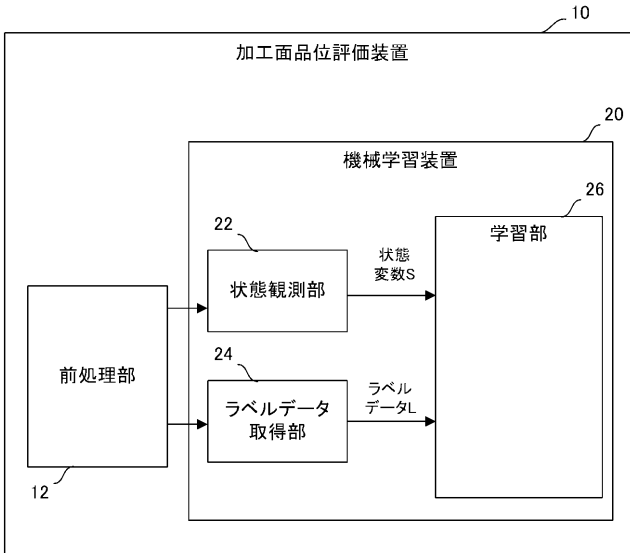
【符号の説明】

【0065】

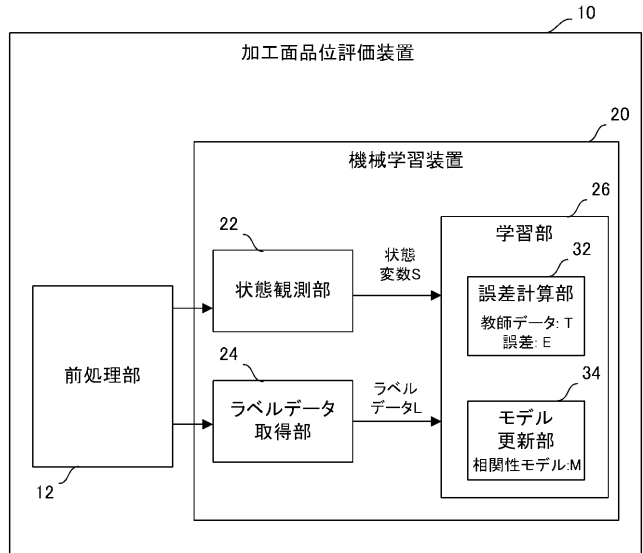
- 10 加工面品位評価装置
- 12 前処理部
- 20 機械学習装置
- 22 状態観測部
- 24 ラベルデータ取得部
- 26 学習部
- 32 誤差計算部
- 34 モデル更新部
- 40 加工面品位評価装置
- 42 前処理部
- 46 状態データ取得部
- 50 機械学習装置
- 52 判定出力部
- 60, 60' 検査装置
- 70, 70' 加工面品位評価システム
- 72 ネットワーク
- 80 管理装置

20

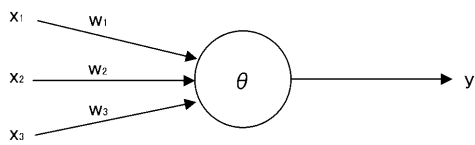
【 図 1 】



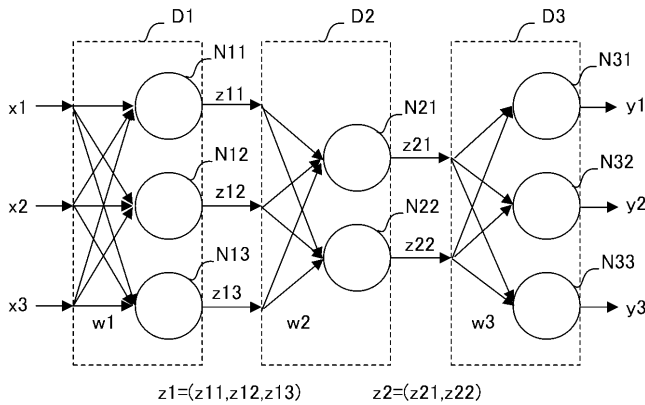
【 図 2 】



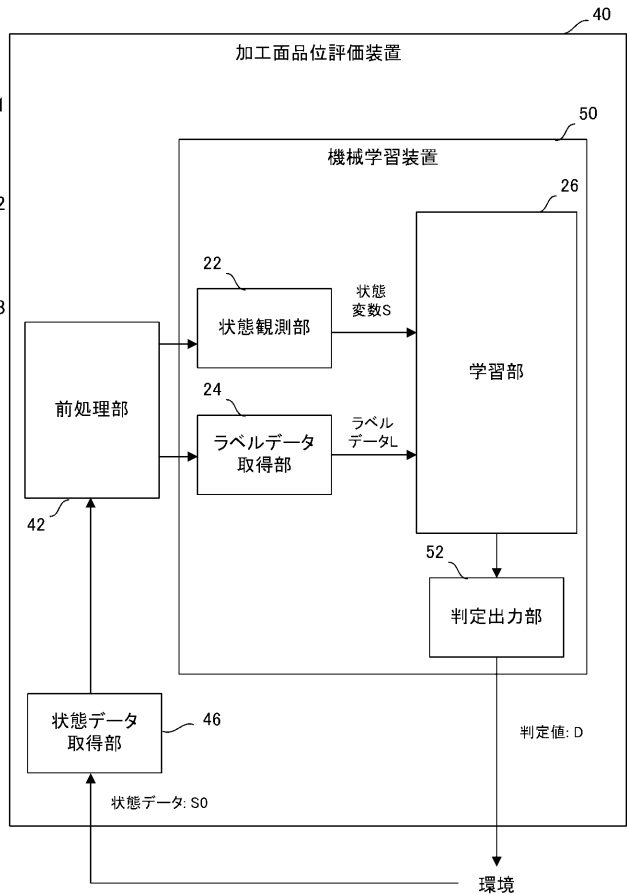
【 図 3 A 】



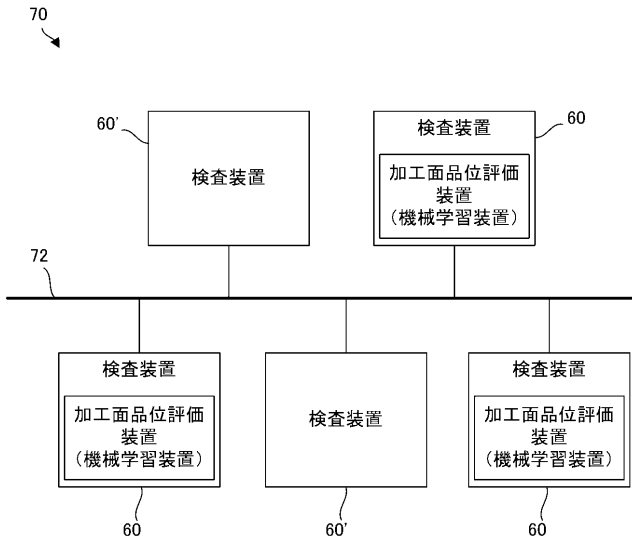
【 図 3 B 】



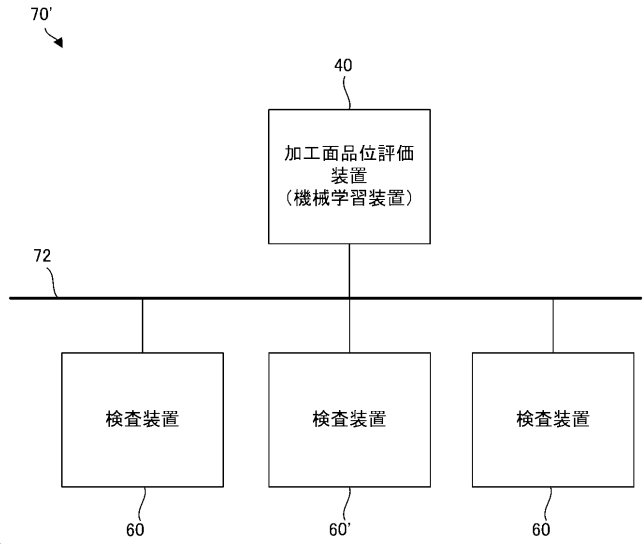
【 図 4 】



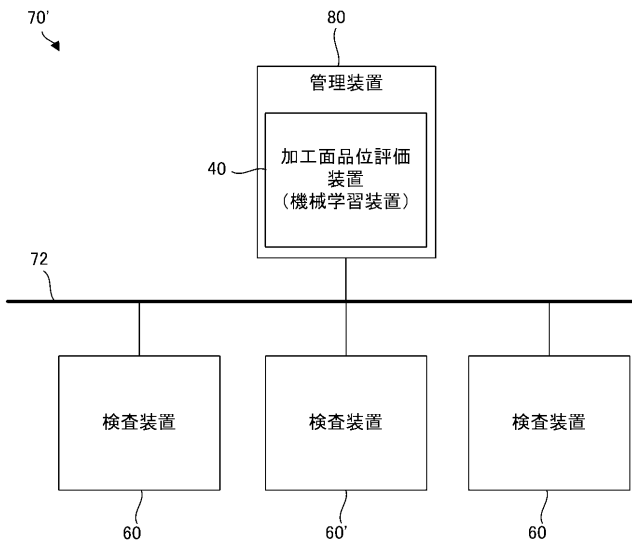
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G051 AA90 AB07 AC22 CA12 EA14 EB02 EC06  
3C269 AB26 BB03 EF94 MN44