

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7453126号
(P7453126)

(45)発行日 令和6年3月19日(2024.3.19)

(24)登録日 令和6年3月11日(2024.3.11)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 T 7/00 (2017.01)

G 0 6 T 7/00 3 0 0 F

G 0 6 Q 50/20 (2012.01)

G 0 6 T 7/00 C

G 0 6 Q 50/20

請求項の数 16 (全20頁)

(21)出願番号	特願2020-192435(P2020-192435)	(73)特許権者	000005108
(22)出願日	令和2年11月19日(2020.11.19)		株式会社日立製作所
(65)公開番号	特開2022-81102(P2022-81102A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43)公開日	令和4年5月31日(2022.5.31)	(74)代理人	110001678
審査請求日	令和4年12月8日(2022.12.8)		藤央弁理士法人
		(72)発明者	吉川 裕
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所内
		(72)発明者	大橋 洋輝
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所内
		(72)発明者	永吉 洋登
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所内
		(72)発明者	水野 靖之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 作業観察システム、作業解析方法、及び教育支援システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

作業者が工具を用いて作業領域で作業する状態を撮像する作業観察システムであって、
第1の方向から前記作業領域を撮像して、第1の画像を取得する第1の撮像装置と、
第2の方向から前記作業領域を撮像して、第2の画像を取得する第2の撮像装置と、
前記第1の画像及び前記第2の画像を用いて、作業を解析する解析装置とを備え、
前記解析装置は、
少なくとも前記第2の画像に映る前記工具の位置及び姿勢の特徴量を計算し、
前記作業における前記工具の位置及び姿勢の特徴量を出力することを特徴とする作業観察システム。

【請求項2】

請求項1に記載の作業観察システムであって、
前記作業領域に配置される作業対象物には、少なくとも二つの第1のマーカが付されていることを特徴とする作業観察システム。

【請求項3】

請求項1に記載の作業観察システムであって、
前記第1の画像は、作業者が視認する画像と同じ方向から撮影されたものであることを特徴とする作業観察システム。

【請求項4】

請求項1に記載の作業観察システムであって、

前記第 1 の撮像装置と前記第 2 の撮像装置とは異なる倍率で前記作業領域を撮影することを特徴とする作業観察システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の作業観察システムであって、

前記第 1 の撮像装置は、前記第 2 の撮像装置より高い倍率で前記作業領域を撮影することを特徴とする作業観察システム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の作業観察システムであって、

前記第 1 の撮像装置と前記第 2 の撮像装置とは、同期した時刻に基づいて、前記作業領域を撮影することを特徴とする作業観察システム。

10

【請求項 7】

請求項 2 に記載の作業観察システムであって、

前記第 1 のマーカの各々は、前記作業領域の背景と異なり、かつ互いに異なる色に着色されていることを特徴とする作業観察システム。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の作業観察システムであって、

前記工具には、少なくとも二つの第 2 のマーカが付されていることを特徴とする作業観察システム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の作業観察システムであって、

前記第 2 のマーカは、球形であり、

前記第 2 のマーカの各々は、前記工具の先端から異なる位置に設けられることを特徴とする作業観察システム。

20

【請求項 10】

請求項 9 に記載の作業観察システムであって、

前記解析装置は、前記第 2 のマーカの位置関係を用いて、前記工具の位置及び姿勢を計算することを特徴とする作業観察システム。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の作業観察システムであって、

前記解析装置は、前記工具の位置及び姿勢の特徴量と予め記憶された標準的な位置及び姿勢の特徴量とを比較して、前記比較の結果を出力することを特徴とする作業観察システム。

30

【請求項 12】

請求項 1 に記載の作業観察システムであって、

前記解析装置は、前記工具の先端位置、前記工具の角度、前記工具が作業対象物に接した回数のいずれかを前記位置及び姿勢の特徴量として計算することを特徴とする作業観察システム。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の作業観察システムであって、

前記第 2 の画像に映る前記工具の位置の特徴量は、前記各撮像装置から前記工具までの距離情報を含むことを特徴とする作業観察システム。

40

【請求項 14】

請求項 1 に記載の作業観察システムであって、

前記解析装置が、第 1 の作業者について計測した前記特徴量と、第 2 の作業者について計測した前記特徴量とに基づいて作成されたグラフを表示するためのデータを出力する出力部を有することを特徴とする作業観察システム。

【請求項 15】

作業領域で工具によって行われる作業を解析装置が解析する作業解析方法であって、

前記解析装置は、

所定の演算処理を実行して以下の各機能部を実現する演算装置と、前記演算処理に使用

50

されるデータが記憶される記憶装置とを有し、

前記作業解析方法は、

前記演算装置が、第1の方向から前記作業領域を撮像した第1の画像を取得する第1の撮像装置と、第2の方向から前記作業領域を撮像した、第2の画像を取得する第2の撮像装置とから画像を取得し、

前記解析装置が、少なくとも前記第2の画像に映る前記工具の位置及び姿勢の特徴量を計算し、

前記演算装置が、前記作業における前記工具の位置及び姿勢の特徴量を出力することを特徴とする作業解析方法。

【請求項16】

作業者が工具を用いて作業領域で作業する状態を撮像する教育支援システムであって、第1の方向から前記作業領域を撮像して、第1の画像を取得する第1の撮像装置と、第2の方向から前記作業領域を撮像して、第2の画像を取得する第2の撮像装置と、前記第1の画像及び前記第2の画像を用いて、作業を解析する解析装置とを備え、前記第1の撮像装置と前記第2の撮像装置とは異なる倍率で前記作業領域を撮影するものであって、

前記解析装置は、

少なくとも前記第2の画像に映る前記工具の位置及び姿勢の特徴量を計算し、

前記作業における前記工具の位置及び姿勢の特徴量を出力することを特徴とする教育支援システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、作業観察システムに関する。

【背景技術】

【0002】

精密機器の微細な加工のような熟練手技を必要とする作業者の育成において、定性的な指導が中心であり、手技の結果としての出来栄を確認しながら試行錯誤を繰り返して、手技を習得させて、作業品質を向上している。

【0003】

本技術分野の背景技術として、特開2012-198644号公報（特許文献1）、特開2011-134224号公報（特許文献2）、特開2017-71033号公報（特許文献3）がある。

【0004】

特開2012-198644号公報には、一作業区間に関する第1の一連の作業画像情報を記憶する記憶部と、前記一作業区間に関する第2の一連の作業画像情報をカメラから取得する取得部と、前記記憶部に記憶された第1の一連の作業画像情報と、前記取得部により取得された第2の一連の作業画像情報と、を比較することにより、前記第1の一連の作業画像情報の撮影時の作業に対する前記第2の一連の作業画像情報の撮影時の作業の良否を判定する判定部と、前記判定部による判定結果に応じて、前記第1の一連の作業画像情報を前記第2の一連の作業画像情報に更新する更新部と、前記更新部による更新結果を出力する出力部と、を備えることを特徴とする作業支援装置が記載されている。

【0005】

特開2011-134224号公報には、組立作業における作業者への作業を支援する組立作業支援システムであって、作業のシナリオを記録する作業シナリオ記録手段と、前記作業のシナリオに従って行われる作業の作業時間を計測する作業時間計測手段と、前記作業時間計測手段で計測された作業時間の最も短い作業から予め定められた順番までの作業を撮像した動画、および前記作業時間計測手段で計測された作業時間の最も長い作業から予め定められた順番までの作業を撮像した動画を記録する動画記録手段とを備えることを特徴とする組立作業支援システムが記載されている。

【0006】

特開2017-71033号公報には、ロボットアームを有するロボット装置で使用され、光学的に検知して前記ロボットアームの制御に用いる座標系を調整可能な指標を有する作業用基準物体における指標の位置ずれ情報を測定する測定工程と、前記測定工程により測定した前記位置ずれ情報を、光学的に読み取り可能な情報画像に変換して前記作業用基準物体に記録する記録工程と、を有することを特徴とする作業用基準物体の製造方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開2012-198644号公報

【文献】特開2011-134224号公報

【文献】特開2017-71033号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

精密機器の微細な加工のような熟練手技を必要とする作業者の育成において、定性的な指導が中心であり、手技の結果としての出来栄を確認しながら試行錯誤を繰り返して、手技を習得させている。そのため、微細な加工のような熟練手技の場合は、指導にあたる熟練作業者の微細な加工中の動作や加工対象の状態を指導を受ける作業者が直接観察できないことがあり、作業者の育成に数か月あるいはそれ以上の時間を要することがあり、早期に作業者を技能向上させ生産性を向上させることが望まれていた。

【0009】

前述した先行技術を用いると技能者の育成を支援できるが、特開2012-198644号公報に記載の作業支援装置では、作業者の手本動画になるより良い動画を判定して更新する。また、特開2011-134224号公報に記載の組立作業支援システムでは、作業者の手本動画になるより良い動画を判定して更新する。また、特開2017-71033号公報に記載の作業用基準物体の製造方法では、ロボットアーム先端のマーカーを固定カメラで座標取得し位置ずれ判定するが、固定カメラとロボットアームにカメラを配置する。このようにいずれの先行技術でも、微細な加工の熟練手技の早期育成について考慮されていない。

【0010】

本願発明では、作業者を従来よりも早期に育成し、作業品質の平準化を図る作業観察システムの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本願において開示される発明の代表的な一例を示せば以下の通りである。すなわち、作業者が工具を用いて作業領域で作業する状態を撮像する作業観察システムであって、第1の方向から前記作業領域を撮像して、第1の画像を取得する第1の撮像装置と、第2の方向から前記作業領域を撮像して、第2の画像を取得する第2の撮像装置と、前記第1の画像及び前記第2の画像を用いて、作業を解析する解析装置とを備え、前記解析装置は、少なくとも前記第2の画像に映る前記工具の位置及び姿勢の特徴量を計算し、前記作業における前記工具の位置及び姿勢の特徴量を出力することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明の一態様によれば、作業品質を向上できる。前述した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施例の説明によって明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】作業観察システムの構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2】作業観察システムの各機器の配置を示す図である。
【図 3】ワークの構成例を示す図である。
【図 4】工具の構成例を示す図である。
【図 5】解析装置の物理的な構成を示す図である。
【図 6】解析装置の論理的な構成を示す図である。
【図 7】キャリブレーション処理のフローチャートである。
【図 8】キャリブレーション画面の例を示す図である。
【図 9】キャリブレーション画面の例を示す図である。
【図 10】計測処理のフローチャートである。
【図 11】計測画面の例を示す図である。
【図 12】計測画面の例を示す図である。
【図 13】解析結果表示画面の例を示す図である。
【図 14】解析結果表示画面の例を示す図である。
【図 15】解析結果表示画面の例を示す図である。
【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

【0015】

図 1 は本発明の実施例の作業観察システムの構成を示す図であり、図 2 は作業観察システムの各機器の配置を示す図である。

【0016】

まず、本実施例の作業観察システムの概要を説明する。ステレオ画像を撮影する側方カメラ 22、23 を作業者の手元に設置し、作業者が持つ工具 5 に取り付けられた二つの微小な第 2 のマーカ 52A、52B を 2 台の側方カメラ 22、23 に同時に映るように撮影する。顕微鏡カメラ 20 は、作業者が使用する顕微鏡 2 の鏡筒に取り付けており、作業者が作業中に視認する画像、すなわち複数のマーカ 33A～33D を取り付けられたワーク 3 を撮影する。

【0017】

作業前のキャリブレーションで、顕微鏡カメラ 20 と側方カメラ 22、23 で撮影した映像間の幾何的な関係を取得する。側方カメラ 22、23 で工具 5 のマーカ 52A、52B の三次元位置を計測して、工具 5 の先端部 51 の位置を計算する。そして、計算された先端位置を顕微鏡カメラ 20 の座標に変換する (S115)。さらに、顕微鏡カメラ 20 でワーク 3 のマーカ 33A～33D を計測して、ワーク 3 に対する工具 5 の細かな動きを取得する。

【0018】

次に、本実施例の作業観察システムの詳細を説明する。本実施例の作業観察システムは、作業領域 1 を撮影する顕微鏡カメラ 20 と、作業領域 1 を撮影する側方カメラ 22、23 と、複数のカメラ 20、22、23 に同期信号を供給する信号発生器 24 と、作業解析を実行する解析装置 10 と、解析装置 10 に接続されたディスプレイ装置 27 及びスピーカ 28 によって構成される。

【0019】

顕微鏡カメラ 20 は、作業領域 1 を拡大して撮影し、撮影した画像を解析装置 10 に送信する。顕微鏡カメラ 20 が搭載される顕微鏡 2 は、作業者が作業領域 1 を見るための接眼レンズ 21 を有する。これによって、顕微鏡カメラ 20 は、作業者が見る画像と同じ画像を撮影できる。

【0020】

作業領域 1 には、加工対象であるワーク 3 が置かれる治具 4 が設置されている。作業者は、工具 5 を使用してワーク 3 を加工する。顕微鏡 2 は、顕微鏡支柱 6 を介して、作業台上に置かれた治具 4 と連結されている。

【0021】

ワーク 3 の一例は、図 3 に示すように、四角形の外形の本体部 3 1 に円形部 3 2 が取り付けられている。円形の電子部品である円形部 3 2 は、本体部 3 1 に電氣的に接続が必要な部品である。円形部 3 2 に電極部 3 0 0 a が、本体部 3 1 に電極部 3 0 0 b がそれぞれ設けられている。電極部 3 0 0 b には配線部 3 0 0 c が接続されており、図 3 では配線部 3 0 0 c の接続先の図示を省略している。

【0022】

電極部 3 0 0 a と電極部 3 0 0 b は対応する形状であり、一般にリフロー後の半田が接続しやすいよう電極部 3 0 0 a より電極部 3 0 0 b の方が大きい。電極部 3 0 0 a、3 0 0 b は、図示した以外の形状でもよい。また、電極部 3 0 0 a は円形部 3 2 の上面だけでなく側面部に伸びるように配置すると、より電極部 3 0 0 a と電極部 3 0 0 b との接続が

10

【0023】

まず、作業者は、電極部 3 0 0 b にはんだペーストを塗布する。その後、作業者は、本体部 3 1 上に電極部 3 0 0 a と電極部 3 0 0 b の位置を仮決めし、円形部 3 2 を配置する。次に、作業者は、工具 5 を用いてはんだペーストを適切な厚みや塗布量となるように整形する。塗布され工具 5 によって整形されたはんだペーストのリフローを行うと、はんだペーストの量や厚みによって、電子部品である円形部 3 2 の移動や傾きが生じるため、適切な量のはんだペーストとする必要がある。

【0024】

20

また、電子部品である円形部 3 2 や電極部 3 0 0 a の形状や厚みにばらつきが生じるため、円形部 3 2 や電極部 3 0 0 a や電極部 3 0 0 b の形状や厚みのばらつきを考慮して、作業者は工具 5 を用いてはんだペーストを伸ばしたり整形する。工具 5 の先端部 5 1 は細く形成された形状以外にもゴムや樹脂製のスキージ等であって先端が平らで変形するような部材でもよい。代表して円形部 3 2 を電子部品として説明したが、円形部 3 2 は他の形状であっても、複数の電極部 3 0 0 a を有してもよい。また、円形部 3 2 は複数の電子部品を有する基板でもよい。

【0025】

他の例として、はんだペーストとリフロー工程を設けず、電極部 3 0 0 a と電極部 3 0 0 b を直接はんだ付けを行ってもよい。この場合は、一組の電極部 3 0 0 a と電極部 3 0 0 b をはんだ付けにより位置を仮決めし、他の電極部 3 0 0 a と 3 0 0 b との組をはんだ付けすることで位置合わせができる。

30

【0026】

次に、マーカの認識方法について説明する。円形部 3 2 には複数のマーカ 3 3 A ~ 3 3 D が設けられている。マーカ 3 3 A ~ 3 3 D は、作業領域 1 においてカメラで認識しやすい色や形（例えば所定色の正方形）とするとよい。例えば、作業領域 1 の背景と異なる色にすることによって、作業領域 1 におけるマーカ 3 3 A ~ 3 3 D のカメラによる視認性を向上できる。図示したワーク 3 には四つのマーカ 3 3 A ~ 3 3 D が設けられるが、少なくとも二つのマーカを設ければ、本体部 3 1 や円形部 3 2 の位置ずれや回転を測定できる。また、各マーカ 3 3 A ~ 3 3 D は、区別可能な態様（例えば、色及び／又は形状が異なる）とすることによって、本体部 3 1 や円形部 3 2 の位置ずれや回転を測定できる。また、電極部 3 0 0 a や電極部 3 0 0 b をマーカとして利用してもよい。

40

【0027】

また、他の例として、円形部 3 2 と本体部 3 1 が樹脂で形成されており、図示しない円形部 3 2 に凸部と、円形部 3 2 の凸部に対応する凹部を本体部 3 1 に設け、これらの凹凸部を嵌め合わせる構造である場合について説明する。

【0028】

凹凸部は、円形部 3 2 と本体部 3 1 の樹脂部材が射出成形や積層造形等によって製造された場合に、凹凸部のバリや熱収縮によって、微細な凹凸部が嵌め合わせられない場合がある。このような場合に、工具 5 としてけがき針、エンドミル、刃物等を用いて、円形部

50

３２と本体部３１の凹凸部を切削又は変形させることによって嵌め合わせできるように微細な加工を行う。

【００２９】

工具５は、図４に示すように、先端部５１が取り付けられた柄５３によって構成されている。先端部５１には、複数のマーカ５２Ａ、５２Ｂが取り付けられている。マーカ５２Ａ、５２Ｂは、作業領域１においてカメラで認識しやすい色や形（例えば白色の球形）となっている。マーカ５２Ａ、５２Ｂ及び先端部５１の先端は、後述するキャリブレーション処理において認識され、それらの位置関係が測定される。マーカ５２Ａ、５２Ｂの取付位置が工具５によって異なっても、これらの位置関係が測定されることによって、マーカ５２Ａ、５２Ｂの距離、及びマーカ５２Ａと先端部５１の先端との距離を知ることができる。そして、キャリブレーション処理における測定結果を用いて、作業中に測定されるマーカ５２Ａ、５２Ｂの位置から先端部５１の先端位置や、先端部５１の傾きを計算できる。

10

【００３０】

側方カメラ２２、２３は、顕微鏡カメラ２０と異なる方向から作業領域１、すなわち作業者の手元でマーカ５２Ａ、５２Ｂを撮影する。側方カメラ２２と側方カメラ２３は、異なる方向から作業領域１を撮影してステレオ画像を撮影するステレオカメラを構成している。すなわち、側方カメラ２２、２３がマーカ５２Ａ、５２Ｂを撮影することによって、マーカ５２Ａ、５２Ｂの距離情報を含む三次元画像が得られる。側方カメラ２２、２３は、一体に構成し、画像情報と距離情報を含む距離画像を出力するように構成してもよい。

20

【００３１】

側方カメラ２２、２３は、作業領域１から等距離に設置するとよい。例えば、側方カメラ２２、２３は、水平方向に自由に移動できるようにフレームに配置したり、作業領域１を中心とした円弧状のレール上を移動できるように配置する。また、側方カメラ２２は、垂直方向の位置を変えられるように（例えば、エレベータ付き雲台上に）設置されるとよい。さらに側方カメラ２２は、上下及び左右に首を振ることができる雲台上に設置して、撮影方向を変えられるようにしてもよい。雲台は、単に台座や三脚等でもよい。

【００３２】

信号発生器２４は、複数のカメラ２０、２２、２３に同期信号を供給する。複数のカメラ２０、２２、２３に信号発生器２４から出力された同期信号をトリガとして動画の撮影を開始する。また、信号発生器２４は、複数のカメラ２０、２２、２３に共通の時刻を提供して、各カメラ２０、２２、２３が同期した時刻で動画の撮影してもよい。さらに、信号発生器２４を設けずに、１台のカメラが他のカメラに同期信号を供給してもよい。この場合の同期信号は、動画撮影開始トリガでも、共通の時刻でもよい。必ずしも各カメラの同期は必要ではないが、各カメラを同期することによって、作業者や先端部５１の動作をより高い精度で検出できる。

30

【００３３】

各カメラ２０、２２、２３と解析装置１０との間は、ネットワークで接続されるとよいが、専用のケーブルで接続されてもよい。また、信号発生器２４と各カメラ２０、２２、２３との間は、信号伝送の遅延が生じないように専用のケーブルで接続されるとよいが、遅延の影響がないプロトコルを用いれば、ネットワークで接続されてもよい。

40

【００３４】

解析装置１０は、図５に示すように、プロセッサ（ＣＰＵ）１１、メモリ１２、補助記憶装置１３、通信インターフェース１４、入力インターフェース１５及び出力インターフェース１８を有する計算機によって構成される。

【００３５】

プロセッサ１１は、メモリ１２に格納されたプログラムを実行する。具体的には、プロセッサ１１がプログラムを実行することによって、後述する画像取得部４１と、キャリブレーション部４２と、工具位置推定部４３と、逸脱判定部４４と、出力部４５とが実現される。なお、プロセッサ１１がプログラムを実行して行う処理の一部を、他の形式の（例えばハードウェアによる）演算装置（例えば、ＦＰＧＡ（Field Programable Gate Arr

50

ay) や A S I C (Application Specific Integrated Circuit)、C P L D (Complex Programmable Logic Device) 等) で実行してもよい。

【0036】

メモリ12は、不揮発性の記憶素子であるROM及び揮発性の記憶素子であるRAMを含む。ROMは、プログラム(例えば、BIOS)などを格納する。RAMは、DRAM(Dynamic Random Access Memory)のような高速かつ揮発性の記憶素子であり、プロセッサ11が実行するプログラム及びプログラムの実行時に使用されるデータを一時的に格納する。

【0037】

補助記憶装置13は、例えば、磁気記憶装置(HDD: Hard Disk Drive)、フラッシュメモリ(SSD: Solid State Drive)等の大容量かつ不揮発性の記憶装置であり、プロセッサ11が実行するプログラム及びプログラムの実行時に使用されるデータを格納する。すなわち、プログラムは、補助記憶装置13から読み出されて、メモリ12にロードされて、プロセッサ11によって実行される。補助記憶装置13は、解析装置10の内部に設けられても、解析装置10と別体に設けられたストレージ装置でもよい。

【0038】

通信インターフェース14は、所定のプロトコルに従って、他の装置(顕微鏡カメラ20、側方カメラ22、23など)との通信を制御するネットワークインターフェース装置である。

【0039】

入力インターフェース15は、キーボード16やマウス17などが接続され、オペレータからの入力を受けるインターフェースである。出力インターフェース18は、ディスプレイ装置27やスピーカ28などが接続され、プログラムの実行結果をオペレータが視認可能な形式で出力するインターフェースである。入力インターフェース15と出力インターフェース18は、タッチパネルによる入力手段と液晶等による画面表示が可能な出力手段が一体となるタブレット端末でもよい。

【0040】

プロセッサ11が実行するプログラムは、リムーバブルメディア(CD-ROM、フラッシュメモリなど)又はネットワークを介して解析装置10に提供され、非一時的記憶媒体である不揮発性の補助記憶装置13に格納される。このため、解析装置10は、リムーバブルメディアからデータを読み込むインターフェースを有するとよい。

【0041】

解析装置10は、物理的に一つの計算機上で、又は、論理的又は物理的に構成された複数の計算機上で構成される計算機システムであり、同一の計算機上で別個のスレッドで動作してもよく、複数の物理的計算機資源上に構築された仮想計算機上で動作してもよい。た、解析装置10の各機能部は異なる計算機上で実現されてもよい。

【0042】

図6は、解析装置10の論理的な構成を示す図である。

【0043】

解析装置10は、機能ブロックとして、画像取得部41、キャリブレーション部42、工具位置推定部43、逸脱判定部44及び出力部45を有する。また、解析装置10は、画像データ46、カメラパラメータ47、標準作業モデル(閾値)48及び工具位置データ49を補助記憶装置13に格納する。

【0044】

画像取得部41は、カメラ20、22、23が撮影した動画を画像データ46に格納する。また、画像取得部41は、カメラ20、22、23が撮影したキャリブレーション用静止画像をキャリブレーション部42に送る。また、画像取得部41は、カメラ20、22、23が撮影した作業中の動画を工具位置推定部43に送る。

【0045】

キャリブレーション部42は、カメラ20、22、23が撮影したキャリブレーション

10

20

30

40

50

用静止画像を用いてキャリブレーション処理を実行して、キャリブレーション結果をカメラパラメータ４７に記録する（図７、図８、図９参照）。

【００４６】

工具位置推定部４３は、カメラ２０、２２、２３が撮影した作業中の動画像から工具５の位置及び姿勢の特徴量を推定し、逸脱判定部４４に送り、工具位置データ４９に記録する。工具位置推定部４３が推定する位置及び姿勢の特徴量は例えば下記のものがある。

- ・ワーク３の原点位置から先端部５１の先端位置までの距離 r
- ・ワーク３の基準方向から先端部５１の先端位置の偏角 θ
- ・画像内の基準方向から先端部５１の先端位置の偏角 ϕ
- ・工具５の傾き（先端部５１とワーク３の表面（水平面）との角度）
- ・作業開始から作業終了までの作業時間
- ・先端部５１が円形部３２の外周を移動する角速度
- ・１工程の作業において、先端部５１がワーク３に接触した回数
- ・１工程の作業において、先端部５１がワーク３に最初に接触した位置
- ・１工程の作業において、先端部５１がワーク３から離れた位置
- ・１工程の作業において、先端部５１がワーク３に接触してから離れるまでの時間

10

【００４７】

逸脱判定部４４は、工具位置推定部４３が推定した作業中の工具５の位置を監視し、標準作業モデル４８として定められた閾値と比較し、異常と判定された場合に出力部４５に通知する。

20

【００４８】

出力部４５は、逸脱判定部４４によって工具５の位置が異常と判定された場合、作業員に対してアラームを出力する。本実施例の作業観察システムでは、作業中の作業員は接眼レンズ２１から目を離さないのので、音や接眼レンズ２１を通して視認可能な画像を出力して作業員に警告するとよい。また、出力部４５は、画像データ４６に蓄積された作業中の動画像データや、工具位置データ４９に記録された工具５の位置の推定結果を出力する（図１３参照）。

【００４９】

画像データ４６は、カメラ２０、２２、２３が撮影し、画像取得部４１が取得した作業中の動画像である。カメラパラメータ４７は、キャリブレーション部４２によるキャリブレーション処理の結果である。標準作業モデル４８は、標準作業として定められた工具５の位置及び姿勢のデータであり、逸脱を判定するための閾値が記録される。また、標準作業モデル４８には、熟練者の作業で記録された工具５の位置データを記録してもよい。工具位置データ４９は、工具位置推定部４３による工具５の位置の推定結果の時系列データである。

30

【００５０】

次に、キャリブレーション処理について説明する。図７はキャリブレーション部４２が実行するキャリブレーション処理のフローチャートであり、図８、図９はキャリブレーション画面の例を示す図である。

【００５１】

キャリブレーション処理が起動されると、まず、水平に置かれた工具５を撮影し、工具５に取り付けられたマーカ５２Ａ、５２Ｂと先端部５１の先端を認識し、マーカ５２Ａ、５２Ｂの位置と先端部５１の先端位置を計測し、マーカ５２Ａ、５２Ｂの距離、及びマーカ５２Ａと先端部５１の先端との距離を計算する（Ｓ１０１）。計算されたこれらの距離を用いると、作業中に測定されるマーカ５２Ａ、５２Ｂの位置から工具５の先端の位置を計算できる。なお、マーカ５２Ａ、５２Ｂの位置が既知の場合、ステップＳ１０１のキャリブレーション処理は省略できる。また、顕微鏡カメラ２０のように、光軸が鉛直方向と一致するカメラでは、工具５を水平に設置して撮影するとよい。このように設置することで、レンズの歪みによる要因を除けば、画像上で計測した距離の比率と、実際の三次元世界における距離の比率とが一致するため、キャリブレーションが容易になる。顕微鏡カメ

40

50

ラ 20 のようにレンズの歪みが少なく、かつ倍率が高いカメラを用いることによって、より正確なキャリブレーションができる。

【0052】

次に、側方カメラ 22、23 の内部パラメータ（例えば、側方カメラ 22、23 の焦点距離）及び外部パラメータ（側方カメラ 22、23 の位置関係）を推定する（S102）。例えば、二つの側方カメラ 22、23 で 3 点の相対位置が決まっている図形（例えば市松模様のテストパターン）を撮影し、当該 3 点の画像内の位置関係から、側方カメラ 22、23 が撮影する画像内の点の位置関係を取得する。キャリブレーション用の点は最低 3 点が必要だが、4 点以上を用いると精度を向上できる。なお、側方カメラ 22、23 の位置関係や撮影パラメータ（ズーム倍率）が不変なステレオカメラである場合、ステップ S102 のキャリブレーションは不要である。

10

【0053】

次に、顕微鏡カメラ 20 の内部パラメータ（例えば、焦点距離）及び外部パラメータ（顕微鏡カメラ 20 と側方カメラ 22、23 の相対位置関係）を推定する（S103）。例えば、キャリブレーション部 42 は、各カメラ 20、22、23 が所定のキャリブレーション用治具を撮影した画像から、大きさが既知の物体（キャリブレーション球）を認識する。図 8 に示すキャリブレーション画面には、右側に顕微鏡カメラ 20 の画像、左側に側方カメラ 22、23 の画像が表示される。「キャリブレーション開始」ボタンを操作すると、ステップ S103 のキャリブレーション処理を開始し、画面に撮影指示が表示される。作業者が「撮影」ボタンを操作するとフレーム画像がキャプチャーされ、これを繰り返して複数枚（例えば 15 枚）の静止画像を撮影する。

20

【0054】

顕微鏡カメラ 20 と治具 4 の距離は既知なので、顕微鏡カメラ 20 が撮影した画像中の認識結果（キャリブレーション球の大きさ）によって、顕微鏡カメラ 20 のズーム倍率を計算できる。また、側方カメラ 22、23 のズーム倍率が計算されているので、側方カメラ 22、23 が撮影した画像中の認識結果（キャリブレーション球の大きさ）によって、側方カメラ 22、23 と治具 4 の距離を計算できる。これによって、顕微鏡カメラ 20 と側方カメラ 22、23 との位置関係が分かる。同時に撮影された三つの画像において、キャリブレーション球が認識され、各画像内の位置関係が計算される。また、複数枚の静止画像から認識されたキャリブレーション球の大きさを平均化すると、計算される位置関係の精度を向上できる。

30

【0055】

なお、ステップ S103 で、キャリブレーション球の大きさが未知であっても、別の大きさや認識ターゲット間の距離が既知の物体（例えば、所定の大きさの図形が描かれたテストパターン）を使用して各カメラ 20、22、23 のズーム倍率を推定すればよい。この場合、テストパターンによって各カメラ 20、22、23 のズーム倍率が分かり、キャリブレーション球によって各カメラ 20、22、23 の位置関係が分かる。

【0056】

次に、ワーク 3 の上面の位置及び傾きを計測する（S104）。例えば、先端部 51 の先端がワーク 3 に接した状態に工具 5 を置き、顕微鏡カメラ 20 及び側方カメラ 22、23 で作業領域 1 を撮影する。図 9 に示すキャリブレーション画面には、顕微鏡カメラ 20 の画像が表示される。「キャリブレーション開始」ボタンを操作すると、ステップ S104 のキャリブレーション処理を開始し、画面に撮影指示が表示される。作業者が「撮影」ボタンを操作すると側方カメラ 22、23 が撮影したフレーム画像がキャプチャーされ、これを繰り返して複数枚（例えば 3 枚）の静止画像を撮影する。撮影された画像において、マーカ 52A、52B が認識される。マーカ 52A、52B の間隔とマーカ 52A と先端部 51 の先端の距離は、ステップ S101 のキャリブレーションで計算されていることから、側方カメラ 22、23 が撮影した画像からワーク 3 の上面の垂直方向の位置を計算できる。また、複数枚の静止画像から認識されたキャリブレーション球の大きさを平均化すると、計算される位置関係の精度を向上できる。

40

50

【0057】

全てのキャリブレーションの終了後、計測待機状態になる。

【0058】

図10は、解析装置10が実行する計測処理のフローチャートである。

【0059】

まず、計測待機状態から計測処理が起動されると、画像取得部41は、図11に示す画面を表示し、「計測開始／停止」ボタンの操作によって、撮影開始のカウントダウンを開始する。そして、画像取得部41は、カウント0になったタイミングで、各カメラ20、22、23が同期して動画像の撮影を開始するような、撮影開始指示を信号発生器24に送る(S101)。信号発生器24は、解析装置10の撮影開始カウンタが0になるタイミングで、撮影開始トリガを顕微鏡カメラ20及び側方カメラ22、23に送る、顕微鏡カメラ20及び側方カメラ22、23は、撮影開始トリガを受信すると、同期して動画像の撮影を開始する。

10

【0060】

図11に示す画面は、左上部にステータス表示として計測開始までの時間を表示し、画面左側に顕微鏡カメラ20が撮影した画像が表示される領域と、画面右側に工具5（先端部51の先端）の動きを解析した位置データの経時変化が表示される領域を有する。

【0061】

また、画面上部には、画面に表示する作業員名を選択するための「作業員名」ボタンと、作業者が行った作業を選択するための「作業選択」ボタンと、計測を開始又は停止するための「計測開始／停止」ボタンが設けられる。また、画面下部には、前の画面に戻るための「戻る」ボタンと、過去に記録された動画像を再生するための「再生」ボタンと、表示中の作業記録を解析するための「解析」ボタンと、作業中の計測値が所定の閾値から逸脱したことを示す警告を発報するかを切り替えるための「逸脱アラート」スイッチ（チェックボックス）と、解析された位置データに閾値を重畳して表示するかを切り替えるための「しきい値」スイッチ（チェックボックス）が設けられる。

20

【0062】

図10に戻ってフローチャートの説明を続ける。次に、画像取得部41は、各カメラ20、22、23から動画像を取得し、画像データ46に格納する(S102)。

【0063】

次に、工具位置推定部43は、側方カメラ22、23が撮影した画像からマーカ52A、52Bの位置を認識する。そして、キャリブレーション処理のS101で計算されたマーカ52A、52Bの距離、及びマーカ52Aと先端部51の先端との距離を用いて、認識されたマーカ52A、52Bの位置から、先端部51の先端位置を計算して、工具位置データ49に記録する(S113)。

30

【0064】

次に、工具位置推定部43は、側方カメラ22、23が撮影した画像から認識されたマーカ52A、52Bの位置と、キャリブレーション処理のS104で計算されたワーク3の上面の傾きから、ワーク3の上面に対する先端部51の角度 α を計算して、工具位置データ49に記録する(S114)。

40

【0065】

次に、工具位置推定部43は、顕微鏡カメラ20が撮影した画像の座標における先端部51の先端位置を推定して、工具位置データ49に記録する(S115)。例えば、顕微鏡カメラ20が撮影した画像における顕微鏡座標系は、当該画像における1点を原点として画像中の所定方向を0度とする極座標や、当該画像における1点を原点として画像の特定の辺をX軸又はY軸とする直交座標であるが、工具5の動きを的確に解析できるように、ワーク3によって変えるとよい。図3に示すワーク3では、ワーク3の上面を含む平面において、円形部32の中心を極（原点）として、顕微鏡カメラ20が撮影した画像の一つの辺方向を0度とした極座標を用いて、原点からの距離 r 、基準軸からの偏角 ϕ を計算するとよい。

50

【0066】

次に、工具位置推定部43は、顕微鏡カメラ20が撮影したワーク3のマーカ33A～33Dの位置からワーク座標の原点及び基準方向を計算し、顕微鏡カメラ画像の座標との変換パラメータを計算し、計算された変換パラメータと線形変換や射影変換などの数学的手法を用いて、ワーク座標系のステップS115で計算された先端部51の先端位置を計算して、工具位置データ49に記録する（S116）。例えば、顕微鏡カメラ20が撮影した画像の顕微鏡座標は、ワーク3における1点を原点として画像中の所定の方向を0度とする極座標や、ワーク3における1点を原点としてワーク3の特定の辺をX軸又はY軸とする直交座標であるが、工具5の動きを的確に解析できるように、ワーク3によって変えらるとよい。図3に示すワーク3では、ワーク3の上面を含む平面において、円形部32の中心を極（原点）として、円形部32のマーカ33A～33Dのいずれか一つの位置を0度とした極座標を用いて、偏角 θ を推定するとよい。なお、ステップS115で使用される極座標と、ステップS116で使用される極座標は、半径 r は同じであるが、円形部32の回転によって θ の基準方向と ϕ の基準方向が異なるため、基準方向の差だけ θ と ϕ が異なる。

10

【0067】

これらの工具位置推定部43による解析は動画像の毎フレームで行ってもよいが、逸脱アラームの発報に遅延が生じない程度で、数フレーム毎に行ってもよい。

【0068】

次に、逸脱判定部33は、ステップS111～S114で推定された工具5の位置を標準作業モデル48として定められた閾値と比較し、正常値の範囲を逸脱した場合に逸脱アラームを発報するよう出力部45に通知する（S117）。

20

【0069】

次に、出力部45は、蓄積された画像データ46及び記録された工具位置データ49を読み出して、動画像及び時系列チャートを表示するための表示データを出力する（S118）。例えば、出力部45は、図12に示すように、画面左側上部にステータス表示として「計測中」及び撮影開始からの経過時間を、画面左側に顕微鏡カメラ20が撮影した画像を、画面右側に工具5（先端部51の先端）の動きを解析した位置データの経時変化を表示する。図12に示す画面の他の要素は図11に示す画面と同じである。

【0070】

図13から図15は、出力部45が出力する解析結果表示画面の例を示す図である。図13に示す解析結果表示画面は計測された作業者の動作と、事前に計測された熟練者の教師データとを比較可能に表示し、図14に示す解析結果表示画面は熟練者及び作業者の動作を解析した時系列チャートを比較可能に表示する。

30

【0071】

画面上部には、作業者が行った作業を選択するための「作業選択」ボタンと、画面に表示する作業員名を選択するための「作業員選択」ボタンと、画面で再生する教師データの動画像ファイル又は解析結果の時系列チャートを選択するための「教師データ選択」ボタンと、再生する作業者の動画像ファイル又は時系列チャートを選択するための「動画選択」ボタンが設けられる。

40

【0072】

画面中央には、動画像を表示するか（図13）、時系列チャートを表示するか（図14）を切り替えるための「動画／チャート」ボタンと、当該「動画／チャート」ボタンの左側に教師データを表示する教師データ表示領域と、当該「動画／チャート」ボタンの右側に当該作業者のデータを表示する作業者データ表示領域が設けられる。

【0073】

また、画面下部には、動画像の再生を制御するための再生ボタンと、動画像の生成位置を指定するためのタイムスライダと、再生方法選択ラジオボタンが設けられる。また、制御領域の下部には、前の画面に戻るための「戻る」ボタンと、作業者の動作の評価結果を表示する（図15参照）ための「評価」ボタンが設けられる。

50

【0074】

熟練者の動画画はディスプレイ装置27に表示するだけでなく、作業中の作業者が視認できるようにしてもよい。例えば、ワーク3にプロジェクションマッピングによって熟練者の動画画を投影して、作業者に見せてもよい。また、顕微鏡2の接眼レンズ21から対物レンズまでの光路にプリズムを配置して、小型ディスプレイ装置の画像を接眼レンズ21に導いてもよく、熟練者の動画画が接眼レンズ21から視認できるようにしてもよい。さらに、デジタル顕微鏡を使用する場合は、接眼レンズ21から視認される画像に熟練者の動画画を重畳して、作業者が視認できるようにしてもよい。

【0075】

図13、図14に示す解析結果表示画面では、熟練者及び作業者の動画画や動作を解析した時系列チャートを並べて表示することによって、作業者と熟練者の作業の違いを分かりやすく表示でき、学習効果を向上できる。

10

【0076】

図15に示す解析結果表示画面は、作業者の動作の解析結果をスコア化した評価結果をレーダーチャートで表示する。

【0077】

画面上部には、作業者が行った作業の動画ファイルを選択するための「作業1動画選択」ボタン及び「作業2動画選択」ボタンと、画面に表示する作業員名を選択するための「作業員選択」ボタンが設けられる。

20

【0078】

画面中央には、選択された作業を解析した時系列チャートを表示するデータ表示領域と、スコア化した作業員の動作を表示するレーダーチャート表示領域が設けられる。

【0079】

また、画面下部には、前の画面に戻るための「戻る」ボタンが設けられる。

【0080】

図15に示す解析結果表示画面によって、熟練者と比較した作業者の習熟度を分かりやすく表示でき、学習効果を向上できる。

【0081】

次に、前述した実施例の作業観察システムを適用した教育支援システムについて説明する。本実施例の教育支援システムは、前述した作業観察システムに記憶された作業データと熟練者の動作を比較・分析して、作業者と熟練者の作業の違いを分かりやすく表示でき、高い教育効果を得られる。また、作業者の動作の解析結果をスコア化した評価結果を表示して、作業者の動作の優劣を分かりやすく表示でき、高い教育効果を得られる。

30

【0082】

以上に説明したように、本実施例の作業観察システムは、第1の方向から作業領域1を撮像して、第1の画像を取得する第1の撮像装置（顕微鏡カメラ20）と、第2の方向から作業領域1を撮像して、距離情報を含む第2の画像を取得する第2の撮像装置（側方カメラ22、23）と、第1の画像及び第2の画像を用いて、作業を解析する解析装置10とを備え、解析装置10は、少なくとも第2の画像に映る工具5の位置及び姿勢の特徴量を計算し、作業における工具5の位置及び姿勢の特徴量を出力するので、作業品質を向上できる。すなわち、従来は、手技の結果としての出来栄を確認しながら試行錯誤を繰り返す定性的な指導により手技を習得させており、技能者の育成に数カ月要していた。そこで、作業者の動作をデジタル化して、一般作業者の手技と熟練作業者の手技とを比較して、作業者を早期に育成できる。

40

【0083】

また、顕微鏡カメラ20と側方カメラ22、23とは異なる倍率で作業領域1を撮影してもよく、顕微鏡カメラ20は側方カメラ22、23より高い倍率で作業領域1を撮影してもよい。例えば、顕微鏡カメラ20による拡大画像を用いる微細な手作業（微細な加工）を1ミリメートル以下の精度で三次元定位できる。微細な手作業又は微細な加工とは、作業者の加工中の動作、加工対象のワーク3、及び加工に用いる工具5を第三者が肉眼に

50

よる観察が難しい作業である。つまり、肉眼による観察は、ワーク３によって工具５が隠れたり、工具５によってワーク３が隠れることによって、作業者の加工中の動作、ワーク３、工具５を肉眼では複数の視野で肉眼で観察することは難しい。ワーク３の加工領域や工具５が小さいため、ルーペ等によって倍率を上げることで肉眼で観察することが可能であるが、肉眼では他の視野で観察することは難しい。そのため、前述した異なる倍率のカメラによって三次元的に観察することが可能となる。

【００８４】

また、前記作業領域に配置される作業対象物（ワーク３）には、少なくとも二つの第１のマーカ３３Ａ～３３Ｄが付されているので、ワーク３中に円形部３２のような円形の部分があっても、円形部３２の回転を検出できる。

【００８５】

また、第１の画像は、作業者が視認する画像と同じ方向から撮影されたものであるので、作業者視点の画像を用いることによって、作業内容を分かりやすく作業者に説明でき、教育効果を向上できる。

【００８６】

また、顕微鏡カメラ２０と側方カメラ２２、２３とは、同期した時刻に基づいて、前記作業領域を撮影するので、時間的ズレがない画像を撮影でき、特徴量を正確に分析できる。

【００８７】

また、第１のマーカ３３Ａ～３３Ｄの各々は、作業領域１の背景と異なり、かつ互いに異なる色に着色されているので、作業領域１におけるマーカ３３Ａ～３３Ｄの視認性を向上でき、マーカ３３Ａ～３３Ｄの視認性誤認識を低減できる。

【００８８】

また、工具５には、少なくとも二つの第２のマーカ５２Ａ、５２Ｂが付されているので、マーカ５２Ａ、５２Ｂの位置の計測によって、工具５の位置及び姿勢の特徴量を計算できる。

【００８９】

また、第２のマーカ５２Ａ、５２Ｂは、球形であり、第２のマーカ５２Ａ、５２Ｂの各々は、工具５の先端から異なる位置に設けられるので、工具５の位置及び姿勢の特徴量を簡単に計算できる。

【００９０】

また、解析装置１０は、第２のマーカ５２Ａ、５２Ｂの位置関係を用いて、工具５の位置及び姿勢を計算するので、工具５の位置及び姿勢の特徴量を簡単に計算できる。

【００９１】

また、解析装置１０は、工具５の位置及び姿勢の特徴量と予め記憶された標準的な位置及び姿勢の特徴量とを比較して、比較の結果を出力するので、作業者と熟練者の作業の違いを分かりやすく表示でき、学習効果を向上できる。

【００９２】

また、第２の画像に映る工具５の位置の特徴量は、顕微鏡カメラ２０から工具５までの距離情報及び側方カメラ２２から工具５までの距離情報及び側方カメラ２３から工具５までの距離情報を含むので、各カメラが正確に設置されていなくても、キャリブレーションによって工具５の位置を正確に測定できる。

【００９３】

また、出力部４５が、作業観察システムが、第１の作業者について計測した特徴量と、第２の作業者について計測した特徴量とに基づいて作成されたグラフを表示するためのデータを出力するので、作業者による差を分かりやすく表示でき、効果的な教育を実施できる。

【００９４】

なお、本発明は前述した実施例に限定されるものではなく、添付した特許請求の範囲の趣旨内における様々な変形例及び同等の構成が含まれる。例えば、前述した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構

10

20

30

40

50

成を備えるものに本発明は限定されない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えてもよい。また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えてもよい。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をしてもよい。

【0095】

また、前述した各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等により、ハードウェアで実現してもよく、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し実行することにより、ソフトウェアで実現してもよい。

【0096】

各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリ、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記憶装置、又は、ICカード、フラッシュメモリ、DVD等の記録媒体に格納することができる。

【0097】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、実装上必要な全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には、ほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えてよい。

【符号の説明】

【0098】

- 1 作業領域
- 2 顕微鏡
- 20 顕微鏡カメラ
- 21 接眼レンズ
- 3 ワーク
- 31 本体部
- 32 円形部
- 33 工具位置推定部
- 33A、33B、33C、33D マーカ
- 4 作業台
- 5 工具
- 51 先端部
- 52A、52B マーカ
- 53 柄
- 6 顕微鏡支柱
- 10 解析装置
- 11 プロセッサ
- 12 メモリ
- 13 補助記憶装置
- 14 通信インターフェース
- 15 入力インターフェース
- 16 キーボード
- 17 マウス
- 18 出力インターフェース
- 22、23 側方カメラ
- 24 信号発生器
- 27 ディスプレイ装置
- 28 スピーカ
- 41 画像取得部
- 42 キャリブレーション部
- 43 逸脱判定部
- 44 逸脱判定部

10

20

30

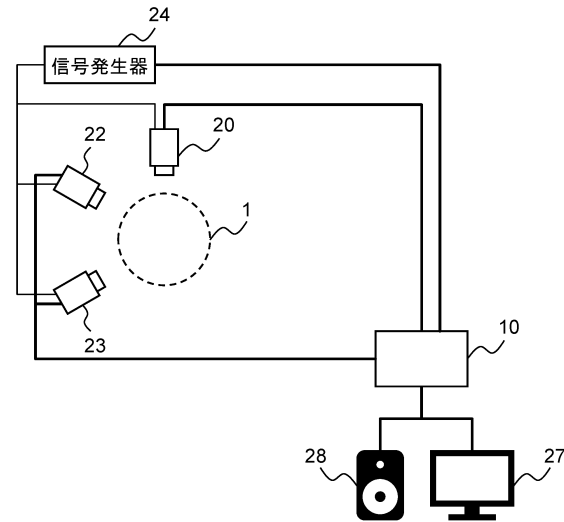
40

50

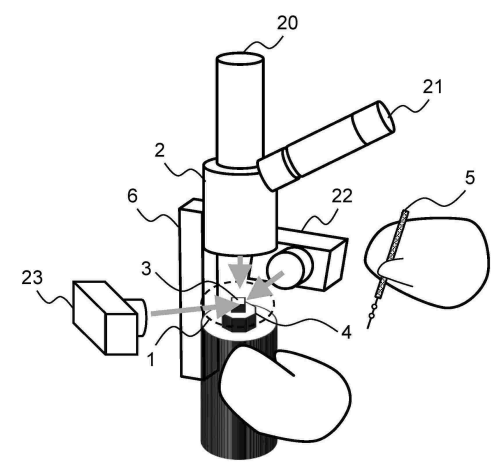
- 4 5 出力部
- 4 6 画像データ
- 4 7 カメラパラメータ
- 4 8 標準作業モデル
- 4 9 工具位置データ

【図面】

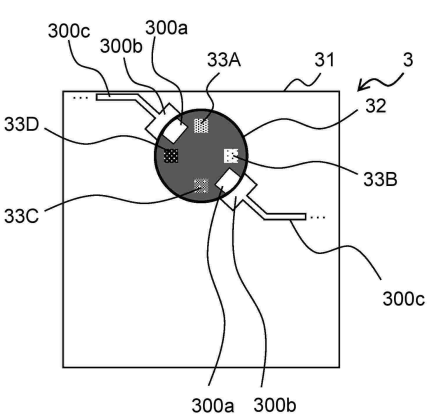
【図 1】



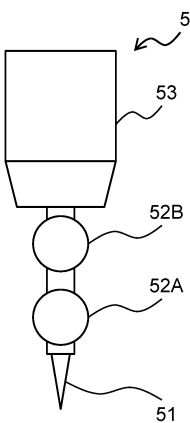
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

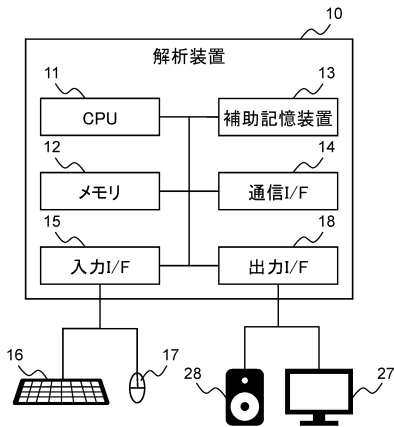
20

30

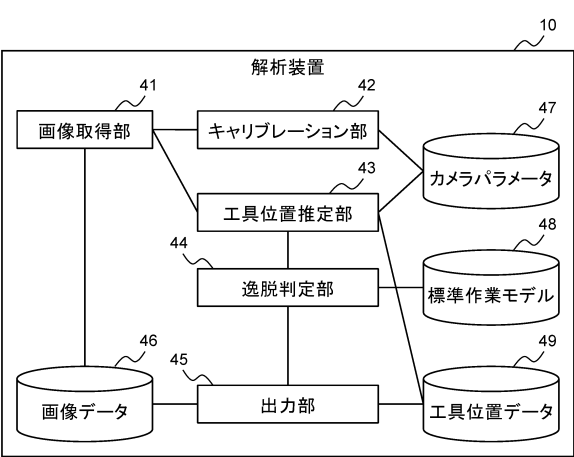
40

50

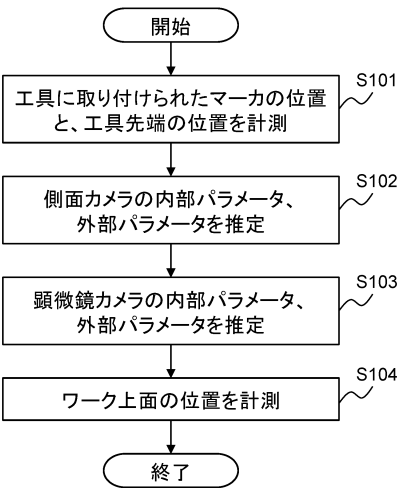
【図 5】



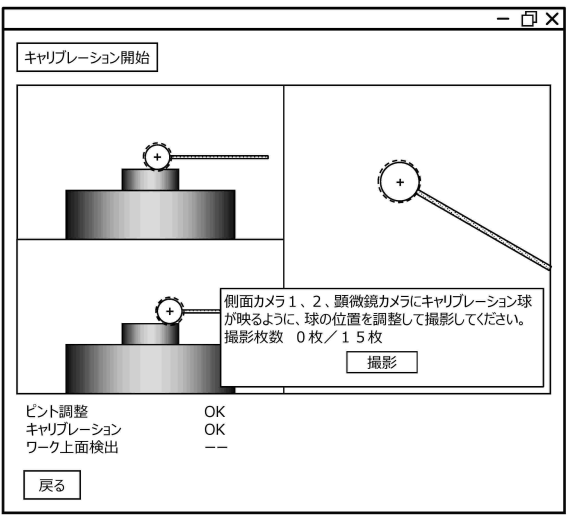
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

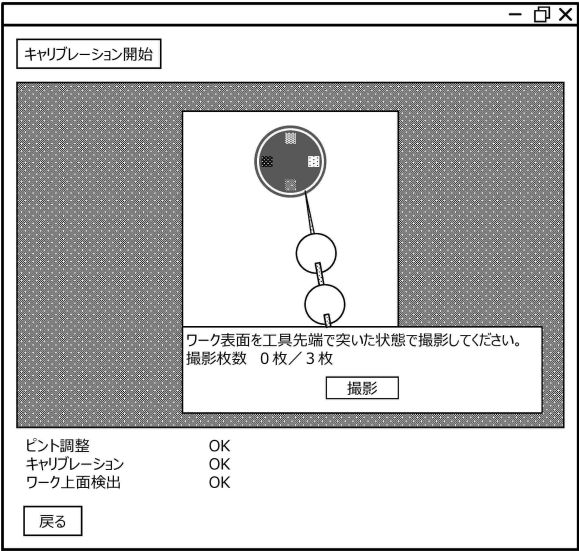
20

30

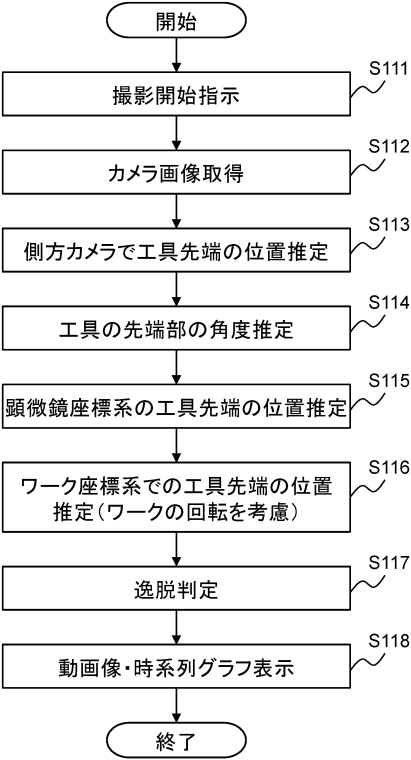
40

50

【図 9】



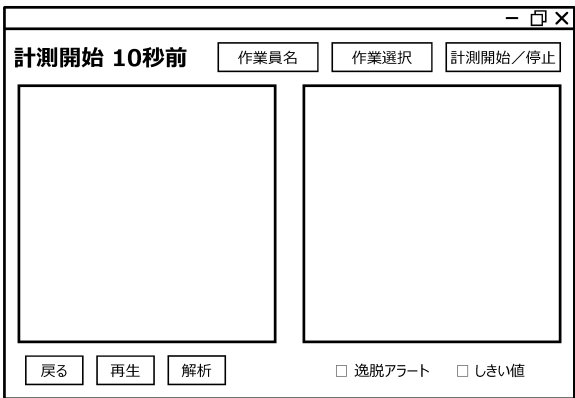
【図 10】



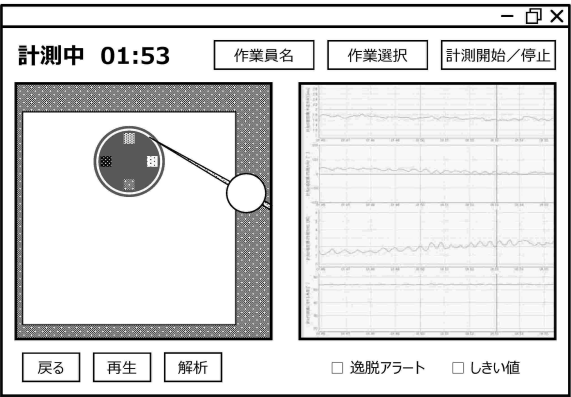
10

20

【図 11】



【図 12】

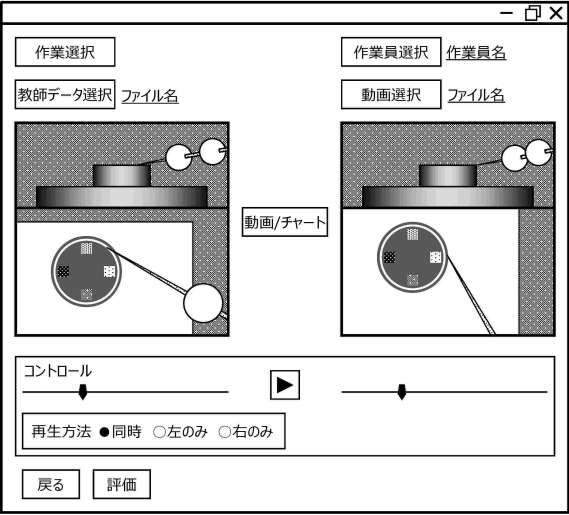


30

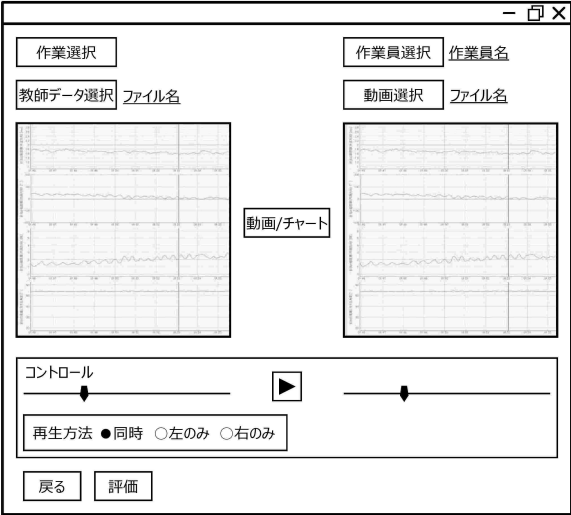
40

50

【図 1 3】

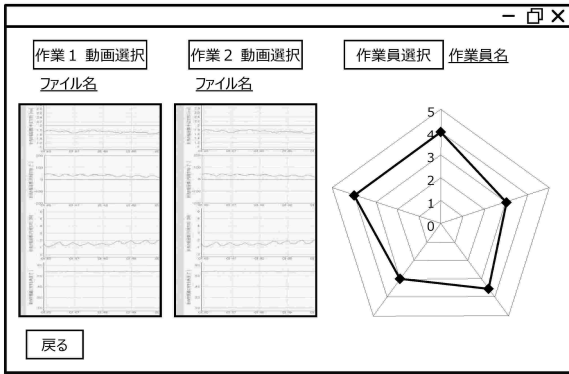


【図 1 4】



10

【図 1 5】



20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内
(72)発明者 岡山 優作
東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内
(72)発明者 星野 光太
東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内
審査官 小池 正彦
(56)参考文献 特開 2 0 2 0 - 1 5 4 4 3 4 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 5 6 6 2 2 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 5 1 7 1 2 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 1 2 3 2 8 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 2 1 7 6 0 7 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
G 0 6 T 7 / 0 0
G 0 6 Q 5 0 / 2 0