

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6835151号
(P6835151)

(45) 発行日 令和3年2月24日 (2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月8日 (2021.2.8)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00 P
B 2 3 K 26/21 (2014.01)	B 2 3 K 26/00 Q
	B 2 3 K 26/21 A

請求項の数 13 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2019-121885 (P2019-121885)	(73) 特許権者	000006622
(22) 出願日	令和1年6月28日 (2019.6.28)		株式会社安川電機
(65) 公開番号	特開2021-7957 (P2021-7957A)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(43) 公開日	令和3年1月28日 (2021.1.28)	(74) 代理人	110002147
審査請求日	令和2年1月31日 (2020.1.31)		特許業務法人酒井国際特許事務所
		(72) 発明者	福島 誠一郎
			福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		(72) 発明者	小林 祐也
			福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		(72) 発明者	本吉 隆
			福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 評価装置、評価方法、評価システムおよび評価プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワークへ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報を取得する取得部と、
前記レーザが前記ワークへ照射されることによって発生する戻り光の時系列の強度情報を検出する検出部と、

前記軌跡情報と前記強度情報とを時間に対応付けることによって前記ワークにおける強度分布情報を生成する生成部と、

前記強度分布情報に基づいて溶接状態を評価する評価部と
を備えることを特徴とする評価装置。

【請求項 2】

前記取得部は、

前記レーザの照射軌跡の形状を変更可能なレーザヘッドの動作と、前記レーザヘッドを前記ワークに対して移動させるロボットの動作とをそれぞれ制御するコントローラの動作指令に基づいて前記軌跡情報を取得すること

を特徴とする請求項 1 に記載の評価装置。

【請求項 3】

前記取得部は、

前記ワークを撮像する画像センサの出力に基づいて前記軌跡情報を取得すること
を特徴とする請求項 1 に記載の評価装置。

【請求項 4】

10

20

前記生成部は、

前記軌跡情報が同一の経路を 1 回よりも多く描く軌跡を含む場合には、1 回の前記経路ごとの前記強度分布情報を生成し、

前記評価部は、

当該経路に対応する少なくとも 1 つ以上の前記強度分布情報に基づいて前記溶接状態を評価すること

を特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一つに記載の評価装置。

【請求項 5】

前記評価部は、

当該経路に対応する複数の前記強度分布情報の平均または総和に基づいて前記溶接状態を評価すること

を特徴とする請求項 4 に記載の評価装置。

【請求項 6】

前記評価部は、

当該経路に対応する複数の前記強度分布情報の時系列の変化に基づいて前記溶接状態を評価すること

を特徴とする請求項 4 に記載の評価装置。

【請求項 7】

前記評価部は、

前記強度分布情報に基づき、前記溶接状態が正常または異常であるかを判定するとともに、前記溶接状態が異常である場合には異常状態の種別を判定すること

を特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一つに記載の評価装置。

【請求項 8】

ワークへ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報を取得する取得工程と、

前記レーザが前記ワークへ照射されることによって発生する戻り光の時系列の強度情報を検出する検出工程と、

前記軌跡情報と前記強度情報とを時間に対応付けることによって前記ワークにおける強度分布情報を生成する生成工程と、

前記強度分布情報に基づいて溶接状態を評価する評価工程と

を含むことを特徴とする評価方法。

【請求項 9】

ワークへ照射するレーザの照射軌跡の形状を変更可能なレーザヘッドと、

前記レーザヘッドを前記ワークに対して移動させるロボットと、

前記レーザヘッドおよび前記ロボットの動作を制御するコントローラと、

前記レーザによる前記ワークの溶接状態を評価する評価装置と

を備え、

前記評価装置は、

前記ワークへ照射される前記レーザの照射位置の軌跡情報を前記コントローラから取得する取得部と、

前記レーザが前記ワークへ照射されることによって発生する戻り光の時系列の強度情報を検出する検出部と、

前記軌跡情報と前記強度情報とを時間に対応付けることによって前記ワークにおける強度分布情報を生成する生成部と、

前記強度分布情報に基づいて溶接状態を評価する評価部と

を備えることを特徴とする評価システム。

【請求項 10】

前記強度分布情報と当該強度分布情報に付与された前記溶接状態の評価結果の正解値とにより生成または選択された教師データを用いた教師あり学習を行うことにより、入力された前記強度分布情報に対応する評価結果を出力する計算モデルを生成する機械学習部

を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の評価システム。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記強度分布情報を用いた教師なし学習を行うことにより、入力された前記強度分布情報に対応する評価結果を出力する計算モデルを生成する機械学習部を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の評価システム。

【請求項 1 2】

前記評価部は、
前記機械学習部によって生成または更新された前記計算モデルに基づいて前記溶接状態の評価を行うこと
を特徴とする請求項 1 0 または 1 1 に記載の評価システム。

【請求項 1 3】

ワークへ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報を取得する取得手順と、
前記レーザが前記ワークへ照射されることによって発生する戻り光の時系列の強度情報を検出する検出手順と、
前記軌跡情報と前記強度情報とを時間に対応付けることによって前記ワークにおける強度分布情報を生成する生成手順と、
前記強度分布情報に基づいて溶接状態を評価する評価手順と
をコンピュータに実行させることを特徴とする評価プログラム。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

20

【0 0 0 1】

開示の実施形態は、評価装置、評価方法、評価システムおよび評価プログラムに関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

従来、複数の関節をそれぞれ駆動して動作するロボットが知られている。かかるロボットの先端には、加工や溶接、把持等の用途にあわせたエンドエフェクタが取り付けられ、ワークの加工や溶接といった様々な作業が行われる。

【0 0 0 3】

また、上記したエンドエフェクタとして、レーザの照射軌跡による形状を変更可能なレーザヘッドを利用し、レーザ溶接を行いながら溶接箇所の検査を行う検査装置が提案されている（たとえば、特許文献 1 参照）。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0 0 0 4】**

【特許文献 1】特開 2 0 1 4 - 1 9 8 3 4 5 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 5】**

しかしながら、上記した従来技術には、穴あき等の溶接欠陥の有無の評価精度の観点から改善の余地がある。

40

【0 0 0 6】

実施形態の一態様は、溶接欠陥の評価精度を向上させることができる評価装置、評価方法、評価システムおよび評価プログラム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】**【0 0 0 7】**

実施形態の一態様に係る評価装置は、取得部と、検出部と、生成部と、評価部とを備える。取得部は、ワークへ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報を取得する。検出部は、レーザがワークへ照射されることによって発生する戻り光の時系列の強度情報を検出する。生成部は、軌跡情報と強度情報とを時間に対応付けることによってワークにおける強度

50

分布情報を生成する。評価部は、強度分布情報に基づいて溶接状態を評価する。

【0008】

また、実施形態の一態様に係る評価方法は、取得工程と、検出工程と、生成工程と、評価工程とを含む。取得工程は、ワークへ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報を取得する。検出工程は、レーザがワークへ照射されることによって発生する戻り光の時系列の強度情報を検出する。生成工程は、軌跡情報と強度情報とを時間で対応付けることによってワークにおける強度分布情報を生成する。評価工程は、強度分布情報に基づいて溶接状態を評価する。

【0009】

また、実施形態の一態様に係る評価システムは、レーザヘッドと、ロボットと、コントローラと、評価装置とを備える。レーザヘッドは、ワークへ照射するレーザの照射軌跡の形状を変更可能である。ロボットは、レーザヘッドをワークに対して移動させる。コントローラは、レーザヘッドおよびロボットの動作を制御する。評価装置は、レーザによるワークの溶接状態を評価する。また、評価装置は、取得部と、検出部と、生成部と、評価部とを備える。取得部は、ワークへ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報をコントローラから取得する。検出部は、レーザがワークへ照射されることによって発生する戻り光の時系列の強度情報を検出する。生成部は、軌跡情報と強度情報とを時間で対応付けることによってワークにおける強度分布情報を生成する。評価部は、強度分布情報に基づいて溶接状態を評価する。

【0010】

また、実施形態の一態様に係る評価プログラムは、取得手順と、検出手順と、生成手順と、評価手順とをコンピュータに実行させる。取得手順は、ワークへ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報を取得する。検出手順は、レーザがワークへ照射されることによって発生する戻り光の時系列の強度情報を検出する。生成手順は、軌跡情報と強度情報とを時間で対応付けることによってワークにおける強度分布情報を生成する。評価手順は、強度分布情報に基づいて溶接状態を評価する。

【発明の効果】

【0011】

実施形態の一態様によれば、溶接欠陥の評価精度を向上させることができる評価装置、評価方法、評価システムおよび評価プログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、実施形態に係る評価方法の概要を示す説明図である。

【図2】図2は、ロボットシステムの構成例を示す説明図である。

【図3】図3は、ヘッド部の構成例を示す模式図である。

【図4】図4は、評価装置および学習装置の構成例を示すブロック図である。

【図5】図5は、強度分布情報の生成処理の一例を示す説明図である。

【図6】図6は、評価装置が実行する処理の手順を示すフローチャートである。

【図7】図7は、第1変形例に係る強度分布情報の生成処理を示す説明図である。

【図8】図8は、第2変形例に係る強度分布情報の生成処理を示す説明図である。

【図9】図9は、第2変形例に係る強度分布情報の生成処理を示す説明図である。

【図10】図10は、第3変形例に係る軌跡情報の取得処理を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して、本願の開示する評価装置、評価方法、評価システムおよび評価プログラムを詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0014】

また、以下に示す実施形態において、「一定」、「直交」、「垂直」あるいは「平行」といった表現は、厳密に「一定」、「直交」、「垂直」あるいは「平行」であることを要

10

20

30

40

50

しない。すなわち、上記した各表現は、製造精度、設置精度などのずれを許容するものとする。

【0015】

<評価方法の概要>

まず、実施形態に係る評価方法の概要について図1を参照して説明する。図1は、実施形態に係る評価方法の概要を示す説明図である。なお、図1には、レーザ溶接を行うヘッド部100と、ヘッド部100が取り付けられるロボット10の先端部と、ヘッド部100およびヘッド部100の動作を制御するコントローラ20とを示している。

【0016】

図1に示すヘッド部100は、レーザの照射方向を変更するガルバノミラー等の機構を一組有しており、異なる回転軸まわりに揺動する2つのミラーをそれぞれ駆動することでレーザの照射方向を任意に変更可能である。これにより、ヘッド部100は、レーザの照射軌跡Pを任意の形状とすることができる。たとえば、図1には、円形の照射軌跡Pを示している。

10

【0017】

ロボット10は、ワークWに設定される加工線に沿ってヘッド部100を移動させることができる。加工線とは、ワークWにおける加工領域の延伸向きに沿って設定される仮想線のことである。ここでは図示を省略するが、ヘッド部100を加工線に沿って移動させることで、たとえば螺旋状の照射軌跡PをワークW上に描くことができる。

20

【0018】

コントローラ20は、ヘッド部100およびロボット10の動作を制御する。具体的には、コントローラ20は、ヘッド部100およびロボット10に対して動作指令を出力し、ヘッド部100およびロボット10は、コントローラ20から出力される動作指令に基づいて動作する。

【0019】

従来、溶接状態の評価は、レーザ照射に起因するプラズマ光や赤外線等の戻り光等の強度を検出し、その時系列データ（波形データ）を解析することによって行われていた。

【0020】

しかしながら、戻り光の強度の時系列データには、たとえば溶接部のヒューム、スパッタの飛翔、溶融プールの振動等といった外乱ノイズが含まれることからノイズを除いた値を精度よく解析することが難しい。すなわち、従来の評価方法には、評価精度の観点から改善の余地がある。

30

【0021】

そこで、実施形態に係る評価方法では、強度の時系列データとレーザ照射の軌跡情報とを組み合わせることで、ワークWにおける戻り光200の空間的な強度分布（以下、「強度分布情報」と記載する）を生成することとした。そして、生成した強度分布情報に基づき、溶接状態の評価を行うこととした。

【0022】

実施形態に係る評価方法では、まず、ワークWへ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報を取得する（図1のステップS01）。軌跡情報は、ワークWにおけるレーザの照射位置の時間変化を示す情報である。ここでは、ワークWにおけるレーザの照射位置が、X座標およびY座標の二次元座標で表される場合の例を示している。

40

【0023】

軌跡情報は、たとえばコントローラ20から出力される動作指令に基づいて取得することができる。これに限らず、軌跡情報は、ワークWを撮像する画像センサの出力に基づいて取得してもよい。

【0024】

また、実施形態に係る評価方法では、レーザに対応する戻り光200の時系列の強度情報を検出する（図1のステップS02）。ここで、戻り光200とは、レーザ照射によるワークWに対する加工プロセスによって発生する光であり、具体的には、レーザの反射光

50

、レーザ照射により発生するプラズマ光および赤外線のうち少なくとも１つを含む光のことである。

【００２５】

つづいて、実施形態に係る評価方法では、軌跡情報と強度情報とに基づいてワークWにおける強度分布情報を生成する（図１のステップＳ０３）。強度分布情報は、ワークW上に固定された座標系の各座標における戻り光２００の強度を、その座標に対応する画素の画素値とする画像情報である。強度分布情報は、軌跡情報と強度情報とを時間に対応付けることによって生成される。なお、図１では、強度分布情報の一例として、各座標における戻り光２００の強度が色の濃淡で示された画像を示している。

【００２６】

そして、実施形態に係る評価方法では、生成した強度分布情報を解析することによって溶接状態を評価する。具体的には、画像認識処理によって強度分布情報としての画像を溶接状態ごとに分類する。これにより、たとえば、溶接状態が正常または異常であるかを判定するとともに、異常である場合には異常状態の種別を判定することができる。

【００２７】

このように、実施形態に係る評価方法によれば、時系列の波形データを解析する場合と比べて、溶接状態を空間的に捉えて評価することが容易となる。穴あき等の溶接欠陥は、ワークW上における複数の座標に跨がって生じる可能性が高い。したがって、実施形態に係る評価方法のように、強度分布情報を用いて溶接状態を空間的に評価することで、穴あき等の溶接欠陥の評価精度を向上させることができる。

【００２８】

また、実施形態に係る評価方法は、強度分布情報に基づく溶接状態の評価を行う際の評価基準を、機械学習を用いて生成または更新するようにしてもよい。これにより、強度分布情報としての画像の溶接状態に応じた分類を高精度に行うことができる。かかる点については後述する。

【００２９】

<ロボットシステムの構成>

次に、図１を参照して説明した評価方法を実行するロボットシステム１の構成について図２を参照して説明する。図２は、ロボットシステム１の構成例を示す説明図である。

【００３０】

図２に示すように、ロボットシステム１は、ロボット１０と、コントローラ２０と、評価装置５０と、学習装置６０と、ヘッド部１００と、レーザ発振器１２０とを備える。

【００３１】

ロボット１０は、たとえば、６軸の垂直多関節ロボットであり、先端にヘッド部１００が取り付けられている。

【００３２】

コントローラ２０は、ロボットコントローラ２１と、ヘッド部コントローラ２２とを備える。ロボットコントローラ２１は、ロボット１０の動作を制御する。ヘッド部コントローラ２２は、ロボットコントローラ２１と別体であり、ヘッド部１００の動作を制御する。たとえば、ロボットコントローラ２１は、ロボットコントローラ２１と有線または無線により接続された端末装置からヘッド部１００の設定値を取得し、取得した設定値に基づき、ヘッド部コントローラ２２に対し、ヘッド部１００への動作指令を出力する。

【００３３】

ここで、ヘッド部１００の設定値は、レーザの照射軌跡Pをヘッド部１００に固定された座標系を用いて規定した情報である。ロボット１０とヘッド部１００との協調動作によってレーザ溶接を行う場合、ヘッド部１００の位置や向きはロボット１０によって変更されることとなる。すなわち、ヘッド部１００に固定された座標系自体が移動することとなる。この場合、ロボットコントローラ２１は、既知であるロボット１０の姿勢からヘッド部１００の位置、向きを計算し、計算結果に基づき、ヘッド部１００の設定値により示される照射位置の座標を、ロボット１０の動きを加味した相対的な照射位置の座標に変換す

10

20

30

40

50

る。そして、ロボットコントローラ 2 1 は、変換後における照射位置の座標を含む動作指令をヘッド部コントローラ 2 2 へ出力する。

【 0 0 3 4 】

また、ロボットコントローラ 2 1 は、ヘッド部コントローラ 2 2 に対してレーザ強度等の指示を行う。

【 0 0 3 5 】

ヘッド部コントローラ 2 2 は、ロボットコントローラ 2 1 から受け取ったヘッド部 1 0 0 の動作指令に基づき、ヘッド部 1 0 0 が備えるガルバノミラー等の機構を制御する。具体的には、ヘッド部コントローラ 2 2 は、通信ケーブル 2 2 1 を介してヘッド部 1 0 0 に接続されており、通信ケーブル 2 2 1 を介して高速シリアル通信や P W M モータ指令等を行うことにより、ガルバノミラーの駆動軸等の動作を制御する。また、ヘッド部コントローラ 2 2 は、通信ケーブル 2 2 2 を介してレーザ発振器 1 2 0 に接続される。ヘッド部コントローラ 2 2 は、ロボットコントローラ 2 1 からの指示に基づき、通信ケーブル 2 2 2 を介してレーザ発振器 1 2 0 にアナログ信号を送信することにより、ヘッド部 1 0 0 の動作指令に同期してレーザの強度を調整するようレーザ発振器 1 2 0 に指令する。レーザ発振器 1 2 0 は、ヘッド部コントローラ 2 2 からの指令に従ってレーザの強度を調整したうえで、光ファイバ 1 2 1 を介してヘッド部 1 0 0 へレーザを出力する。

【 0 0 3 6 】

なお、本実施形態では、ロボットコントローラ 2 1 とヘッド部コントローラ 2 2 とが別体である場合を例示したが、たとえば、ロボットコントローラ 2 1 内にヘッド部コントローラ 2 2 の機能を持たせてもよい。

【 0 0 3 7 】

評価装置 5 0 は、強度分布情報の生成と、生成した強度分布情報に基づく溶接状態の評価とを行う。評価装置 5 0 は、ロボットコントローラ 2 1 およびヘッド部 1 0 0 と接続される。また、評価装置 5 0 は、学習装置 6 0 と接続される。

【 0 0 3 8 】

学習装置 6 0 は、強度分布情報に基づく溶接状態の評価を行う際の評価基準を機械学習を用いて生成する。

【 0 0 3 9 】

なお、図 2 では、評価装置 5 0 と、学習装置 6 0 とが別体である場合を例示したが、たとえば、評価装置 5 0 内に学習装置 6 0 の機能を持たせてもよい。

【 0 0 4 0 】

レーザ発振器 1 2 0 は、光ファイバ 1 2 1 を介してヘッド部 1 0 0 にレーザを出力する。

【 0 0 4 1 】

ヘッド部 1 0 0 は、ヘッド部コントローラ 2 2 からの動作指令に従ってレーザの照射位置を変更させる。ここで、ヘッド部 1 0 0 の構成例について図 3 を参照して説明する。図 3 は、ヘッド部 1 0 0 の構成例を示す模式図である。なお、ヘッド部 1 0 0 は、図 3 に示す構成以外にも、たとえば、光ファイバ 1 2 1 の端部で拡散されたレーザを並行光にするコリメーティングレンズや並行光をワーク W の加工面上で集光する集光レンズ等を備える場合があるが、これらについては図示を省略している。

【 0 0 4 2 】

図 3 に示すように、ヘッド部 1 0 0 は、第 1 入射ミラー 1 0 1 と、ミラー部 1 0 2 と、第 1 駆動部 1 0 3 と、第 2 駆動部 1 0 4 と、駆動制御部 1 0 5 とを備える。また、ヘッド部 1 0 0 は、ハーフミラー 1 0 6 と、第 2 入射ミラー 1 0 7 と、強度センサ 1 0 8 とを備える。

【 0 0 4 3 】

第 1 入射ミラー 1 0 1 は、光ファイバ 1 2 1 を介してヘッド部 1 0 0 に入射されたレーザを反射させてミラー部 1 0 2 へ入射させる。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

ミラー部 102 は、たとえば第 1 ガルバノミラーと第 2 ガルバノミラーとを含む。第 1 駆動部 103 は、第 1 ガルバノミラーをたとえば X 軸まわりに揺動させる。第 2 駆動部 104 は、第 2 ガルバノミラーをたとえば Y 軸まわりに回転させる。駆動制御部 105 は、ヘッド部コントローラ 22 から入力される動作指令に従って第 1 駆動部 103 および第 2 駆動部 104 の動作を制御する。

【0045】

このように、ヘッド部 100 は、第 1 駆動部 103 および第 2 駆動部 104 を用いてミラー部 102 を駆動することによってレーザの照射方向を変更することができる。これにより、ヘッド部 100 は、動作指令に応じた形状の照射軌跡 P をワーク W 上に描くことができる。

10

【0046】

ハーフミラー 106 は、レーザ発振器 120 からヘッド部 100 に入射されたレーザを透過させつつ、戻り光 200 を反射させて第 2 入射ミラー 107 へ入射させる。第 2 入射ミラー 107 は、戻り光 200 を反射させて強度センサ 108 へ入射させる。

【0047】

強度センサ 108 は、入射された戻り光 200 を受光してその強度を検出する。また、強度センサ 108 は、検出結果を評価装置 50 へ出力する。

【0048】

なお、戻り光 200 は、レーザの照射位置の一点のみからではなく、レーザの照射位置を中心とする周辺領域 R から照射されるが、この点については後述する。

20

【0049】

< 評価装置 50 および学習装置 60 の構成 >

次に、評価装置 50 および学習装置 60 の構成例について図 4 を参照して説明する。図 4 は、評価装置 50 および学習装置 60 の構成例を示すブロック図である。

【0050】

まず、評価装置 50 の構成例について説明する。図 4 に示すように、評価装置 50 は、制御部 51 と、記憶部 52 とを備える。制御部 51 は、取得部 51a と、検出部 51b と、生成部 51c と、評価部 51d とを備える。また、記憶部 52 は、軌跡情報 52a と、強度情報 52b と、強度分布情報 52c と、評価モデル 52d とを記憶する。

【0051】

なお、評価装置 50 は、たとえば、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、入出力ポートなどを有するコンピュータや各種の回路を含む。

30

【0052】

コンピュータの CPU は、たとえば、ROM に記憶された評価プログラムを読み出して実行することによって、制御部 51 の取得部 51a、検出部 51b、生成部 51c および評価部 51d として機能する。なお、取得部 51a、検出部 51b、生成部 51c および評価部 51d の少なくともいずれか一つまたは全部は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、GPU (Graphics Processing Unit)、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のハードウェアで構成されてもよい。

40

【0053】

また、記憶部 52 は、たとえば、RAM や HDD に対応する。RAM や HDD は、軌跡情報 52a、強度情報 52b、強度分布情報 52c および評価モデル 52d を記憶することができる。なお、評価装置 50 は、有線や無線のネットワークで接続された他のコンピュータや可搬型記録媒体を介して上記したプログラムや各種情報を取得することとしてもよい。

【0054】

取得部 51a は、ロボット 10 およびヘッド部 100 への動作指令をロボットコントローラ 21 から取得し、取得した動作指令から軌跡情報 52a を生成する。

【0055】

50

具体的には、取得部 5 1 a は、ロボット 1 0 への動作指令に基づき、ヘッド部 1 0 0 への動作指令に含まれる相対的な照射位置情報をワーク W 上に固定された座標系における照射位置情報に変換する。そして、取得部 5 1 a は、変換後の照射位置情報を、たとえば動作指令を取得した時間と関連付けることによって軌跡情報 5 2 a を生成し、生成した軌跡情報 5 2 a を記憶部 5 2 に記憶させる。

【 0 0 5 6 】

検出部 5 1 b は、ヘッド部 1 0 0 が備える強度センサ 1 0 8 (図 3 参照) から戻り光 2 0 0 の強度の検出結果を取得し、たとえば検出結果を取得した時間と関連付けることによって強度情報 5 2 b を生成する。検出部 5 1 b は、生成した強度情報 5 2 b を記憶部 5 2 に記憶させる。

10

【 0 0 5 7 】

生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a と強度情報 5 2 b とを時間で対応付けることによって強度分布情報 5 2 c を生成する。上述したように、強度分布情報 5 2 c は、ワーク W 上に固定された座標系の各座標における戻り光 2 0 0 の強度を、その座標に対応する画素の画素値とする画像情報である。

【 0 0 5 8 】

ここで、強度分布情報 5 2 c の生成処理の一例について図 5 を参照して説明する。図 5 は、強度分布情報 5 2 c の生成処理の一例を示す説明図である。

【 0 0 5 9 】

ワーク W にレーザが照射されるタイミングとその戻り光 2 0 0 が検出されるタイミングとの間には、タイムラグが存在する。そこで、生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a と強度情報 5 2 b とを時間で対応付ける際に、上記タイムラグを加味した対応付けを行ってもよい。

20

【 0 0 6 0 】

たとえば、図 5 に示すように、上記タイムラグに相当する時間を「 t_d 」とする。この場合、生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a のうち時間 t_1 におけるレーザ照射位置の座標 $C(t_1)$ と、強度情報 5 2 b のうち時間 $t_1 + t_d$ における戻り光 2 0 0 の強度 V_1 とを対応付ける。これにより、生成部 5 1 c は、時間 $t_1 + t_d$ における強度 V_1 を座標 $C(t_1)$ に対応する画素の画素値とする強度分布情報 5 2 c を生成する。

【 0 0 6 1 】

30

このように、生成部 5 1 c は、強度分布情報 5 2 c を生成する場合に、ある時間 (第 1 の時間) における軌跡情報 5 2 a を、第 1 の時間よりも時系列的にずれた時間 (第 2 の時間) における強度情報 5 2 b と対応付けるようにしてもよい。これにより、より正確な強度分布情報を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

図 4 に戻り、評価部 5 1 d について説明する。評価部 5 1 d は、記憶部 5 2 に記憶された強度分布情報 5 2 c と評価モデル 5 2 d とに基づいて溶接状態の評価を行う。具体的には、評価部 5 1 d は、溶接状態が正常または異常であるかを判定する。

【 0 0 6 3 】

また、評価部 5 1 d は、溶接状態が異常である場合には、異常状態の種別を判定する。異常状態の種別としては、たとえば、「穴あき」の他、「溶け落ち」、「ビード蛇行」、「ビード形状不揃い」などがある。「穴あき」は、ワーク W を貫通する穴がワーク W にある状態を示す。「溶け落ち」は、ワーク W の接合端部 (母材端) が溶けて溶接ビードから離れている状態を示す。「ビード蛇行」は、照射軌跡 P に対して溶接ビードが左右に蛇行している状態を示す。「ビード形状不揃い」は、溶接ビードの形状 (ビード幅や余盛高さなど) が大きく異なる部分がある状態を示す。

40

【 0 0 6 4 】

評価部 5 1 d は、記憶部 5 2 に記憶された評価モデル 5 2 d に従って、強度分布情報 5 2 c としての画像を溶接状態ごとに分類する。具体的には、評価部 5 1 d は、強度分布情報 5 2 c としての画像を正常または異常に分類し、異常である場合には異常状態の種別ご

50

とにさらに分類する。評価モデル52dは、たとえば上記画像認識処理に用いられる計算モデル、すなわち、画像から溶接状態を分類する計算モデルであり、後述する学習装置60によって生成される。

【0065】

評価部51dは、強度分布情報52cおよび評価結果をたとえば評価装置50に接続された外部装置150に出力する。また、評価部51dは、強度分布情報52cを学習装置60へ出力する。

【0066】

つづいて、学習装置60の構成例について説明する。学習装置60は、制御部61と、記憶部62とを備える。制御部61は、入力部61aと、正解付与部61bと、機械学習部61cとを備える。また、記憶部62は、強度分布情報52cと、学習用情報62aとを記憶する。

10

【0067】

なお、学習装置60は、たとえば、CPU、ROM、RAM、HDD、入出力ポートなどを有するコンピュータや各種の回路を含む。コンピュータのCPUは、たとえば、ROMに記憶された評価プログラムを読み出して実行することによって、制御部61の入力部61a、正解付与部61bおよび機械学習部61cとして機能する。

【0068】

また、記憶部62は、たとえば、RAMやHDDに対応する。RAMやHDDは、強度分布情報52cと学習用情報62aとを記憶することができる。なお、学習装置60は、有線や無線のネットワークで接続された他のコンピュータや可搬型記録媒体を介して上記したプログラムや各種情報を取得することとしてもよい。

20

【0069】

入力部61aは、評価装置50から強度分布情報52cを取得して記憶部62に記憶させる。

【0070】

正解付与部61bは、記憶部62に記憶された強度分布情報52cに対し、強度分布情報52cに対応する評価結果すなわち溶接状態の分類結果の正解値を付与することによって学習用情報62aとして教師データとなる情報を選択または生成して記憶部62に記憶させる。

30

【0071】

たとえば、正解付与部61bは、強度分布情報52cあるいは溶接部の実際の状況を見た人間による評価結果を上記正解値として取得してもよい。この場合、正解付与部61bは、たとえば学習装置60に接続されるキーボード等の入力装置への入力操作によって正解値を取得することができる。また、正解付与部61bは、上記正解値をインターネット等のネットワークを介して取得してもよい。

【0072】

なお、ここでは、正解付与部61bが強度分布情報52cを評価装置50から取得して学習用情報62aを生成する場合の例を示したが、正解付与部61bは、強度分布情報52cと正解値とが予め対応付けられた正解付きデータを外部から取得してもよい。

40

【0073】

機械学習部61cは、記憶部62に記憶された学習用情報62aを用いた機械学習すなわち教師あり学習を行うことによって評価モデルを生成する。そして、機械学習部61cは、生成した評価モデルを用いて評価装置50の記憶部52に記憶された評価モデル52dを更新する。言い換えれば、機械学習部61cは、記憶部52に記憶された評価モデル52dのパラメータを更新する。

【0074】

評価モデル52dの生成は、機械学習に関する種々の従来技術を適宜用いて行われてもよい。たとえば、評価モデル52dの生成は、CNN(Convolutional Neural Network)、RNN(Recurrent Neural Network)等の種々のディープラーニングの技術を適宜

50

用いて行われてもよい。また、評価モデル 5 2 d の生成は、S V M (Support Vector Machine) 等により行われてもよい。これら評価モデル 5 2 d の生成に関する記載は例示であり、評価モデル 5 2 d の生成は、取得可能な情報等に応じて適宜選択された学習手法により行うことができる。

【 0 0 7 5 】

ここでは、学習装置 6 0 が教師あり学習を行う場合の例について説明したが、学習装置 6 0 が行う機械学習は、教師なし学習であってもよい。具体的には、機械学習部 6 1 c は、学習用情報 6 2 a を用いた教師あり学習に代えて、記憶部 6 2 に記憶された強度分布情報 5 2 c を用いて溶接状態の特徴を抽出する教師なし学習を行ってもよい。なお、教師なし学習の手法としては、たとえばクラスター分析や主成分分析など、各種公知技術を用い

10

【 0 0 7 6 】

< 評価装置 5 0 の処理手順 >

次に、評価装置 5 0 が実行する処理の手順について図 6 を参照して説明する。図 6 は、評価装置 5 0 が実行する処理の手順を示すフローチャートである。

【 0 0 7 7 】

図 6 に示すように、評価装置 5 0 は、ロボットコントローラ 2 1 から入力される動作指令に基づいて軌跡情報 5 2 a を取得する (ステップ S 1 0 1)。また、評価装置 5 0 は、ヘッド部 1 0 0 から入力される戻り光 2 0 0 の強度の検出結果に基づき、戻り光 2 0 0 の時系列の強度情報 5 2 b を検出する (ステップ S 1 0 2)。そして、評価装置 5 0 は、軌跡情報 5 2 a と強度情報 5 2 b とを時間で対応付けることによって強度分布情報 5 2 c を生成し (ステップ S 1 0 3)、生成した強度分布情報 5 2 c に基づいて溶接状態を評価する (ステップ S 1 0 4)。そして、評価装置 5 0 は、評価結果をたとえば外部装置 1 5 0 に出力する (ステップ S 1 0 5)。

20

【 0 0 7 8 】

(第 1 変形例)

図 7 は、第 1 変形例に係る強度分布情報の生成処理を示す説明図である。上述したように、戻り光 2 0 0 は、レーザが照射された位置のみからではなく、レーザが照射された際の加工プロセスにより発生するプラズマ光やヒュームからのレーザ光の輻射や、ワーク W 表面のレーザによって溶かされた部分からの熱線の放射など、レーザが照射された位置を中心とする周辺領域 R (図 3 参照) から発生する。したがって、戻り光 2 0 0 は、周辺領域 R の情報を含んでいると言える。

30

【 0 0 7 9 】

そこで、図 7 に示すように、生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a と強度情報 5 2 b とを対応付ける際に、レーザの照射位置の座標 C およびその周辺に位置する複数の座標に対して戻り光 2 0 0 の強度を対応付けるようにしてもよい。すなわち、生成部 5 1 c は、戻り光 2 0 0 の強度を、座標 C に対応する画素およびその周辺に位置する複数の画素の画素値とする強度分布情報 5 2 c を生成してもよい。この際、生成部 5 1 c は、座標 C の周辺に位置する複数の画素に対し、座標 C における戻り光 2 0 0 の強度をそのまま対応付けてもよい。また、生成部 5 1 c は、座標 C の周辺に位置する複数の画素に対し、座標 C における戻り光 2 0 0 の強度に係数 (1 未満の正の数) を乗じた値を対応付けてもよい。

40

【 0 0 8 0 】

このように、レーザの照射位置を中心とする領域に含まれる複数の座標に対して戻り光 2 0 0 の強度を対応付けることで、実際の溶接状態により近い強度分布情報 5 2 c を得ることができる。

【 0 0 8 1 】

(第 2 変形例)

図 8 および図 9 は、第 2 変形例に係る強度分布情報 5 2 c の生成処理を示す説明図である。図 8 に示すように、ロボットシステム 1 は、ヘッド部 1 0 0 に対し、同一の経路として、たとえば同一の閉ループを 1 周よりも多く周回する照射軌跡 P にてレーザ照射を行わ

50

せてもよい。たとえば、図 8 には、円形状の閉ループを N 回周回する照射軌跡 P を示している。

【 0 0 8 2 】

このような場合、図 9 に示すように、生成部 5 1 c は、周回ごとの強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を生成してもよい。すなわち、生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a のうち 1 周目の情報と、強度情報 5 2 b のうち 1 周目の情報とに基づき、1 周目の強度分布情報 5 2 c 1 を生成する。また、生成部 5 1 c は、同様の手順により、2 周目の強度分布情報 5 2 c 2 乃至 N 周目の強度分布情報 5 2 c N を生成する。

【 0 0 8 3 】

周回ごとの強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を生成する場合、評価部 5 1 d は、たとえば、各閉ループに対応する複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N の時系列の変化に基づいて溶接状態を評価してもよい。

10

【 0 0 8 4 】

たとえば、評価部 5 1 d は、時系列的に前後する 2 つの周回の強度分布情報（たとえば、1 周目の強度分布情報 5 2 c 1 と 2 周目の強度分布情報 5 2 c 2 ）とを比較することにより、戻り光 2 0 0 の強度の減少率が閾値を超えた領域が存在するか否かを判定する。そして、評価部 5 1 d は、戻り光 2 0 0 の強度の減少率が閾値を超えた領域が存在する場合に、その領域において「穴あき」の異常が生じていると判定してもよい。なお、上記領域は、1 つの画素からなる領域であってもよいし、互いに隣接する複数の画素からなる領域であってもよい。

20

【 0 0 8 5 】

このように、時間的な変化を評価対象に含めることにより、溶接状態の評価精度をさらに高めることができる。また、たとえば、閉ループを複数回周回させたときの何周目で異常が発生したかを確認することもできる。

【 0 0 8 6 】

また、評価部 5 1 d は、各閉ループに対応する複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を重畳した情報を用いて溶接状態を評価してもよい。

【 0 0 8 7 】

たとえば、評価部 5 1 d は、複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を平均した平均強度分布情報を生成し、生成した平均強度分布情報に基づいて溶接状態を評価してもよい。これにより、たとえばヒューム等による外乱ノイズを低減することができるため、溶接状態の評価精度を高めることができる。なお、評価部 5 1 d は、時系列的に新しいものほど重み付けが大きくなるように各強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を加重平均してもよい。

30

【 0 0 8 8 】

また、評価部 5 1 d は、複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を総和した総和強度分布情報を生成し、生成した総和強度分布情報に基づいて溶接状態を評価してもよい。これにより、溶接部に加えられたトータルの熱量により近い強度分布情報を得ることができるため、溶接状態の評価精度を高めることができる。

【 0 0 8 9 】

その他、評価部 5 1 d は、たとえば、複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N のうちの一部、たとえば最終周の強度分布情報（N 周目の強度分布情報 5 2 c N）のみに基づいて溶接状態の評価を行ってもよい。このように、評価部 5 1 d は、同一の経路に対応する少なくとも 1 つ以上の強度分布情報に基づいて溶接状態を評価してもよい。

40

【 0 0 9 0 】

なお、評価部 5 1 d は、複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を時系列順に並べることによって強度分布の時間的な変化を動的に表したアニメーション画像を生成して外部装置 1 5 0 等へ出力してもよい。

【 0 0 9 1 】

このように、生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a が同一の閉ループを 1 周よりも多く周回する軌跡を含む場合には、周回ごとの強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を生成してもよい

50

。また、この場合、評価部 5 1 d は、周回ごとの強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N に基づいて溶接状態を評価してもよい。

【 0 0 9 2 】

なお、「同一の閉ループ」とは、同一形状および同一大きさの閉ループのことを指す。たとえば二重丸のように同心円状に複数の閉ループを描く場合、照射軌跡 P には大きさの異なる複数の閉ループが含まれることとなるが、これら大きさの異なる複数の閉ループ同士は「同一の閉ループ」には該当しない。

【 0 0 9 3 】

また、上述した実施形態および変形例では、照射軌跡 P として閉ループを描く場合の例を示したが、照射軌跡 P における「同一の経路」は、必ずしも閉ループであることを要さず、たとえば、ジグザグや S 字、C 字のような形状であってもよい。

10

【 0 0 9 4 】

(第 3 変形例)

図 1 0 は、第 3 変形例に係る軌跡情報 5 2 a の取得処理を示す説明図である。図 1 0 に示すように、ロボットシステム 1 は、撮像部 3 0 0 を備えていてもよい。撮像部 3 0 0 は、たとえば C C D (Charge Coupled Device)、C I S (CMOS Image Sensor) 等の画像センサを内蔵し、画像センサによって撮像された画像を評価装置 5 0 に出力する。具体的には、撮像部 3 0 0 は、ワーク W の表面 (加工面) を撮像する。すなわち、撮像部 3 0 0 は、ワーク W 上に描かれるレーザの実際の軌跡を撮像する。

【 0 0 9 5 】

20

この場合、評価装置 5 0 の取得部 5 1 a は、撮像部 3 0 0 から出力される画像を取得し、取得した画像に基づいて軌跡情報 5 2 a を生成してもよい。

【 0 0 9 6 】

このように、取得部 5 1 a は、ロボット 1 0 やヘッド部 1 0 0 への動作指令に限らず、ワーク W を撮像する画像センサの出力に基づいて軌跡情報 5 2 a を取得してもよい。これにより、動作指令に基づく軌跡情報 5 2 a と比較して、ワーク W 上に描かれた実際の軌跡により近い軌跡情報 5 2 a を得ることができる。

【 0 0 9 7 】

上述してきたように、実施形態に係る評価装置 5 0 は、取得部 5 1 a と、検出部 5 1 b と、生成部 5 1 c と、評価部 5 1 d とを備える。取得部 5 1 a は、ワーク W へ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報 5 2 a を取得する。検出部 5 1 b は、レーザがワーク W へ照射されることによって発生する戻り光 2 0 0 の時系列の強度情報 5 2 b を検出する。生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a と強度情報 5 2 b とを時間で対応付けることによってワーク W における強度分布情報 5 2 c を生成する。評価部 5 1 d は、強度分布情報 5 2 c に基づいて溶接状態を評価する。

30

【 0 0 9 8 】

このように、時系列の強度情報 5 2 b を空間的な位置情報である軌跡情報 5 2 a と組み合わせることにより、穴あきなどの形状的な溶接欠陥を空間的に評価することが可能となり、溶接状態を高精度に評価することができる。

【 0 0 9 9 】

40

取得部 5 1 a は、レーザの照射軌跡 P の形状を変更可能なヘッド部 1 0 0 (レーザヘッドの一例) の動作と、ヘッド部 1 0 0 をワーク W に対して移動させるロボット 1 0 の動作とをそれぞれ制御するロボットコントローラ 2 1 およびヘッド部コントローラ 2 2 (コントローラの一例) の動作指令に基づいて軌跡情報 5 2 a を取得してもよい。動作指令に基づいて軌跡情報 5 2 a を取得することで、高精度かつ低処理負荷で空間的な軌跡情報を得ることができる。

【 0 1 0 0 】

取得部 5 1 a は、ワーク W を撮像する撮像部 3 0 0 (画像センサの一例) の出力に基づいて軌跡情報 5 2 a を取得してもよい。

【 0 1 0 1 】

50

生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a が同一の経路として、同一の閉ループを 1 周よりも多く周回する軌跡を含む場合には、周回ごとの強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N を生成してもよい。この場合、評価部 5 1 d は、当該閉ループに対応する複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N に基づいて溶接状態を評価してもよい。このように、周回する軌跡の場合に、周回ごとの強度分布にそれぞれ基づいて溶接状態を評価することで、評価に対する入力情報を増やすことが可能となり、評価精度を高めることができる。

【 0 1 0 2 】

評価部 5 1 d は、当該経路としての閉ループに対応する複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N の平均または総和に基づいて溶接状態を評価してもよい。これにより、低処理負荷で溶接状態を評価することができる。

10

【 0 1 0 3 】

評価部 5 1 d は、当該経路としての閉ループに対応する複数の強度分布情報 5 2 c 1 ~ 5 2 c N の時系列の変化に基づいて溶接状態を評価してもよい。このように、時間的な変化を評価対象に含めることで評価精度を高めることができる。

【 0 1 0 4 】

評価部 5 1 d は、強度分布情報 5 2 c に基づき、溶接状態が正常または異常であるかを判定するとともに、溶接状態が異常である場合には異常状態の種別を判定してもよい。このように、溶接状態の良否だけでなく異常状態の種別の判定も行うことで、より詳細な評価結果をユーザに提供することができる。

【 0 1 0 5 】

20

また、実施形態に係る評価方法は、取得工程と、検出工程と、生成工程と、評価工程とを含む。取得工程は、ワーク W へ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報 5 2 a を取得する。検出工程は、レーザがワーク W へ照射されることによって発生する戻り光 2 0 0 の時系列の強度情報 5 2 b を検出する。生成工程は、軌跡情報 5 2 a と強度情報 5 2 b とを時間に対応付けることによってワーク W における強度分布情報 5 2 c を生成する。評価工程は、強度分布情報 5 2 c に基づいて溶接状態を評価する。

【 0 1 0 6 】

このように、時系列の強度情報 5 2 b を空間的な位置情報である軌跡情報 5 2 a と組み合わせることにより、穴あきなどの形状的な溶接欠陥を空間的に評価することが可能となり、溶接状態を高精度に評価することができる。

30

【 0 1 0 7 】

また、実施形態に係るロボットシステム 1 (評価システムの一例) は、ヘッド部 1 0 0 と、ロボット 1 0 と、ロボットコントローラ 2 1 およびヘッド部コントローラ 2 2 (コントローラの一例) と、評価装置 5 0 とを備える。ヘッド部 1 0 0 は、ワーク W へ照射するレーザの照射軌跡 P の形状を変更可能である。ロボット 1 0 は、ヘッド部 1 0 0 をワーク W に対して移動させる。ヘッド部コントローラ 2 2 およびロボットコントローラ 2 1 は、ヘッド部 1 0 0 およびロボット 1 0 の動作を制御する。評価装置 5 0 は、レーザによるワーク W の溶接状態を評価する。また、評価装置 5 0 は、取得部 5 1 a と、検出部 5 1 b と、生成部 5 1 c と、評価部 5 1 d とを備える。取得部 5 1 a は、ワーク W へ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報 5 2 a をロボットコントローラ 2 1 から取得する。検出部 5 1 b は、レーザがワーク W へ照射されることによって発生する戻り光 2 0 0 の時系列の強度情報 5 2 b を検出する。生成部 5 1 c は、軌跡情報 5 2 a と強度情報 5 2 b とを時間に対応付けることによってワーク W における強度分布情報 5 2 c を生成する。評価部 5 1 d は、強度分布情報 5 2 c に基づいて溶接状態を評価する。

40

【 0 1 0 8 】

このように、時系列の強度情報 5 2 b を空間的な位置情報である軌跡情報 5 2 a と組み合わせることにより、穴あきなどの形状的な溶接欠陥を空間的に評価することが可能となり、溶接状態を高精度に評価することができる。

【 0 1 0 9 】

実施形態に係るロボットシステム 1 は、機械学習部 6 1 c を備えていてもよい。機械学

50

習部 6 1 c は、強度分布情報 5 2 c と当該強度分布情報 5 2 c に付与された溶接状態の評価結果の正解値とにより生成または選択された教師データを用いた教師あり学習を行うことにより、入力された強度分布情報 5 2 c に対応する評価結果を出力する評価モデル 5 2 d (計算モデルの一例)を生成する。これにより、評価モデル 5 2 d を用いた溶接状態の高精度な評価を評価部 5 1 d に対して行わせることができる。

【0 1 1 0】

また、機械学習部 6 1 c は、強度分布情報 5 2 c を用いた教師なし学習を行うことにより、入力された強度分布情報 5 2 c に対応する評価結果を出力する計算モデルを生成してもよい。

【0 1 1 1】

また、評価部 5 1 d は、機械学習部 6 1 c によって生成または更新された評価モデル 5 2 d に基づいて溶接状態の評価を行ってもよい。このように、機械学習により得られた評価モデル 5 2 d を用いることで、溶接状態の評価精度を高めることができる。

【0 1 1 2】

また、実施形態の一態様に係る評価プログラムは、取得手順と、検出手順と、生成手順と、評価手順とをコンピュータに実行させる。取得手順は、ワーク W へ照射されるレーザの照射位置の軌跡情報 5 2 a を取得する。検出手順は、レーザがワーク W へ照射されることによって発生する戻り光 2 0 0 の時系列の強度情報 5 2 b を検出する。生成手順は、軌跡情報 5 2 a と強度情報 5 2 b とを時間に対応付けることによってワーク W における強度分布情報 5 2 c を生成する。評価手順は、強度分布情報 5 2 c に基づいて溶接状態を評価する。

【0 1 1 3】

このように、時系列の強度情報 5 2 b を空間的な位置情報である軌跡情報 5 2 a と組み合わせることにより、穴あきなどの形状的な溶接欠陥を空間的に評価することが可能となり、溶接状態を高精度に評価することができる。

【0 1 1 4】

さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施例に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

【符号の説明】

【0 1 1 5】

P 照射軌跡
R 周辺領域
W ワーク
1 ロボットシステム
1 0 ロボット
2 0 コントローラ
2 1 ロボットコントローラ
2 2 ヘッド部コントローラ
5 0 評価装置
5 1 制御部
5 1 a 取得部
5 1 b 検出部
5 1 c 生成部
5 1 d 評価部
5 2 記憶部
5 2 a 軌跡情報
5 2 b 強度情報

10

20

30

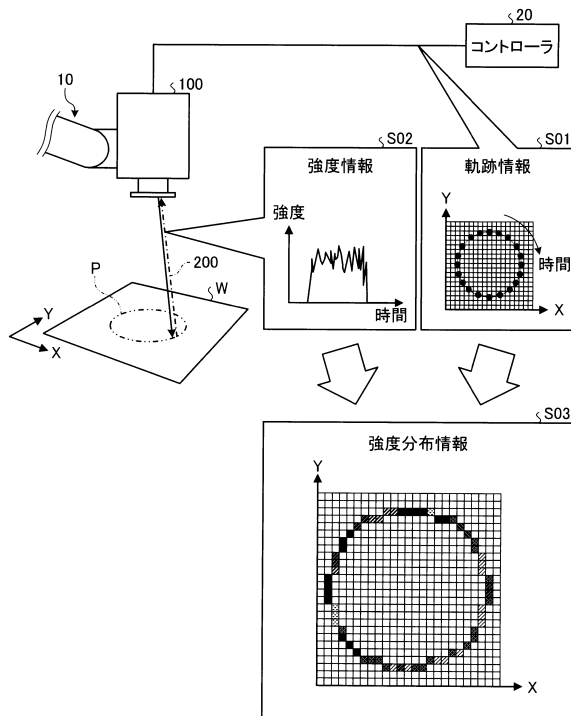
40

50

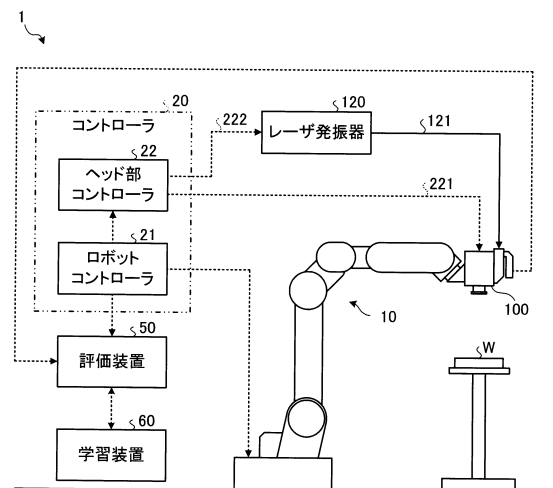
5 2 c 強度分布情報
 5 2 d 評価モデル
 6 0 学習装置
 6 1 制御部
 6 1 a 入力部
 6 1 b 正解付与部
 6 1 c 機械学習部
 6 2 記憶部
 6 2 a 学習用情報
 1 0 0 ヘッド部
 2 0 0 戻り光

10

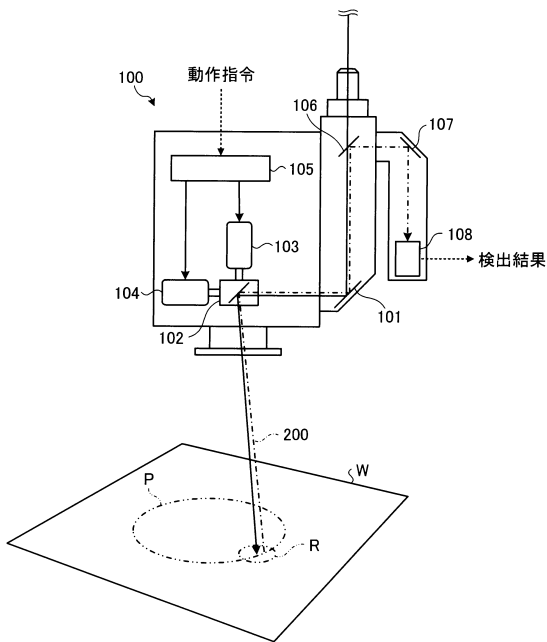
【図 1】



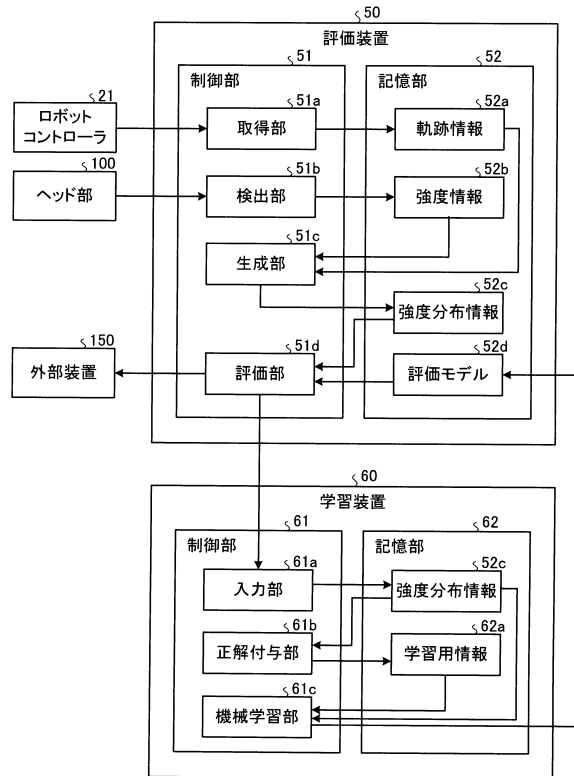
【図 2】



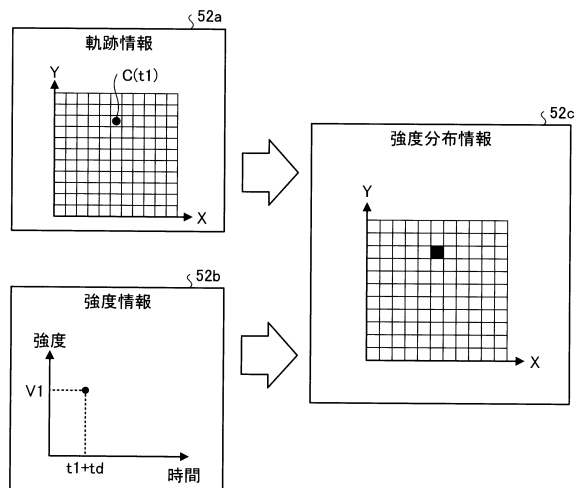
【図 3】



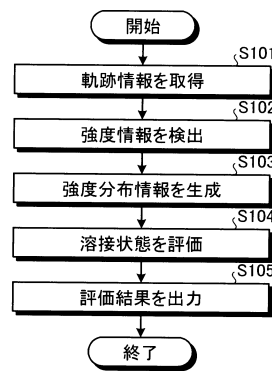
【図 4】



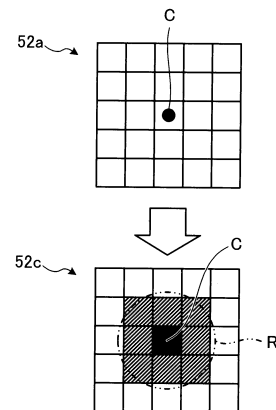
【図 5】



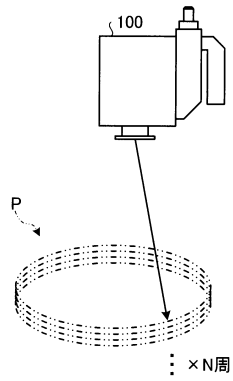
【図 6】



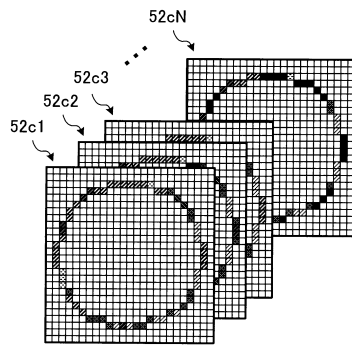
【図 7】



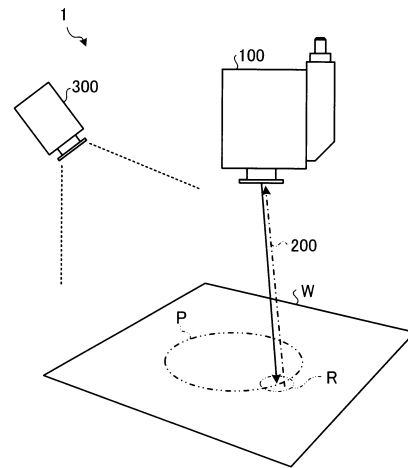
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 柏原 郁昭

(56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 1 6 0 5 5 3 (J P , A)
再公表特許第 2 0 1 9 / 2 4 4 4 8 4 (J P , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 3 K 2 6 / 0 0
B 2 3 K 2 6 / 2 1