(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2012-139711
(P2012-139711A)
(43)公開日　平成24年7月26日(2012.7.26)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
B23K 26/00	(2006.01)	B23K 26/00	M	2H141
B23K 26/08	(2006.01)	B23K 26/08	H	4E068
G02B 26/08	(2006.01)	G02B 26/08	E	

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 17 頁）

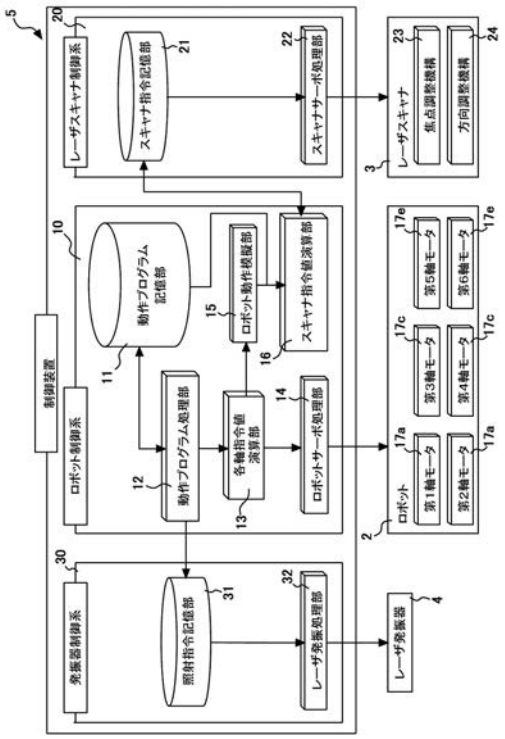
(21)出願番号　特願2010-293337 (P2010-293337)
(22)出願日　平成22年12月28日 (2010.12.28)

(71)出願人　000000974
川崎重工業株式会社
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号
(74)代理人　110000556
特許業務法人　有古特許事務所
(72)発明者　白尾　純一
兵庫県明石市川崎町１番１号　川崎重工業株式会社明石工場内
(72)発明者　平塚　充一
兵庫県明石市川崎町１番１号　川崎重工業株式会社明石工場内
(72)発明者　長谷川　省吾
兵庫県明石市川崎町１番１号　川崎重工業株式会社明石工場内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】レーザ加工システム及びその制御方法

(57)【要約】
【課題】　レーザスキャナの運動状態によらず加工位置にレーザを正確に照射することができるレーザ加工システムを提供する。
【解決手段】　レーザ加工システム１は、先端部２ａにレーザスキャナ３が取り付けられたロボット２と、ロボット制御系１０及びレーザスキャナ制御系２０を有する制御装置５を備えている。ロボット制御系１０は、ロボット２の動作の制御しながら同時にレーザスキャナ３の動作に関するスキャナ指令を出力し、制御遅れ時間Δｔ後のロボット２の動作をシミュレーションするロボット動作模擬部１５と、そのシミュレーション結果に基づいてスキャナ指令を出力するスキャナ指令値演算部１６とを有している。レーザスキャナ制御系２０は、スキャナ指令に応じてレーザスキャナ３の動作を制御する。そして、制御遅れ時間Δｔがスキャナ指令の出力から前記スキャナ制御系２０が制御を開始するまで時間に設定されている。
【選択図】　図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
レーザをワークに照射してレーザ加工を行なうレーザスキャナと、
前記レーザスキャナを移動させるように動作するロボットと、
前記ロボットの動作を制御しながら同時に前記レーザスキャナの動作に関するスキャナ指令を出力するロボット制御系と、前記スキャナ指令に応じて前記レーザスキャナの動作を制御するスキャナ制御系とを有する制御装置とを備え、
前記ロボット制御系は、前記ロボットの動作を制御する制御時点から所定時間後の前記ロボットの姿勢をシミュレーションするロボット動作模擬部と、前記ロボット動作模擬部のシミュレーション結果に基づいて前記スキャナ指令を出力するスキャナ指令部とを有し、
前記所定時間は、前記スキャナ指令が出力されてから前記スキャナ制御系の制御を開始するまでの制御遅れ時間に設定されている、レーザ加工システム。

【請求項２】
前記レーザスキャナは、前記レーザの焦点位置及び照射方向を変更できるように構成され、
前記スキャナ指令部は、前記ロボット動作模擬部のシミュレーション結果に基づいて前記レーザスキャナの姿勢、及び前記レーザスキャナと前記レーザで加工すべき加工位置との相対座標を演算し、この演算結果に基づいて前記スキャナ指令を出力し、
前記スキャナ制御系は、前記スキャナ指令に基づいて前記レーザスキャナの動作を制御して前記レーザの照射方向及び焦点位置を変えるようになっている、請求項１に記載のレーザ加工システム。
【請求項３】
前記スキャナ制御系は、前記レーザ加工において前記加工位置を取り囲むように無端状の図形を描くように前記レーザスキャナの動作を制御するようになっている、請求項１又は２に記載のレーザ加工システム。
【請求項４】
前記スキャナ制御系は、前記ロボット制御系から出力される応答要求信号に対して応答信号を出力するようになっており、
前記ロボット制御系は、前記応答要求信号を出力してから前記応答信号を受け取るまでの時間を測定し、その測定時間に応じて前記制御遅れ時間を設定するようになっている、請求項１乃至３の何れか１つに記載のレーザ加工システム。
【請求項５】
レーザを照射してワークにレーザ加工を行なうレーザスキャナと、前記レーザスキャナを移動させるように動作するロボットとを備えるレーザ加工システムの制御方法であって、
前記ロボットの動作を制御するロボット動作制御工程と、
前記ロボットの姿勢をシミュレーションするロボット動作模擬工程と、
前記ロボット動作模擬工程のシミュレーション結果に基づいて前記レーザスキャナの動作に関するスキャナ指令を出力するスキャナ指令出力工程と、
前記スキャナ指令出力工程で出力された前記スキャナ指令に基づいて前記レーザスキャナの動作を制御するスキャナ制御工程とを有し、
前記ロボット動作模擬工程では、前記ロボットの動作を制御する制御時点から設定時間後の前記ロボットの姿勢がシミュレーションされ、
前記所定時間は、前記スキャナ指令が出力されてから前記スキャナ制御系の制御を開始するまでの制御遅れ時間に設定されている、レーザ加工システムの制御方法。
【請求項６】
前記レーザスキャナは、前記レーザの焦点位置及び照射方向を変更できるように構成され、

前記スキャナ指令出力工程は、前記ロボット動作模擬工程のシミュレーション結果に基づいて前記レーザスキャナの姿勢、及び前記レーザスキャナと前記レーザで加工すべき加工位置との相対座標を演算し、この演算結果に基づいて前記スキャナ指令を出力し、

前記スキャナ制御工程は、前記スキャナ指令に基づいて前記レーザの照射方向及び焦点位置を変えるように前記レーザスキャナの動作を制御するようになっている、請求項５に記載のレーザ加工システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、ワークにレーザを照射して溶接、切断及び穿孔等の加工を行うレーザ加工システム及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、レーザ発振器の高効率化を受けて、離れた位置からワークに向かってレーザを照射して溶接するリモートレーザ溶接の適用が進められており、このリモートレーザ溶接は、例えば抵抗スポット溶接等が用いられていた溶接箇所にも適用することができる。リモートレーザ溶接は、例えば、特許文献1のようなレーザ加工ヘッド（いわゆる、レーザスキャナ）とロボットとを備えるレーザ溶接装置によって行なわれる。

【０００３】

レーザスキャナは、高速動作ができ、且つ高い精度でレーザを照射することができるようになっている。また、ロボットは、様々な動きができるように構成され、その動作範囲に柔軟性を有している。このようなレーザスキャナ及びロボットを組み合わせることで、レーザ溶接装置は、生産性の向上に期待が寄せられている。また、リモートレーザ溶接では、溶接位置で止めることなくロボットを動かしながらレーザスキャナからレーザを発振させてワークに照射する（いわゆる、オンザフライ制御）ことにより、効率的な溶接作業を実現し、溶接時間を大幅に短縮させることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００７－９８４１６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

特許文献1の記載レーザ溶接装置は、ロボットを制御するロボット制御部と、レーザスキャナを制御するスキャナ制御部とが別々に設けられ、各々の動作が独立して制御されている。ロボット制御部及びスキャナ制御部は、互いを同期させる機能を有していない。そのため、ロボットとレーザスキャナを厳密に協調させて制御することが難しく、ロボットの動作に対してレーザスキャナの動作に制御遅れが生じる。オンザフライ制御の場合、この遅れにより、所望の溶接位置から離れた位置にレーザが照射されてしまう。

【０００６】

このような問題点を解決すべく、特許文献１のレーザ溶接装置では、レーザの照射位置を補正してするようになっている。具体的には、特許文献１のレーザ溶接装置は、数値化モデルを用いてレーザスキャナの予測位置を算出し、この予測位置とレーザスキャナの実測位置とを比較してその差によりレーザの照射位置のずれを補正している。

【０００７】

しかし、特許文献１には、この補正方法に関してレーザスキャナが所定速度で等速直線運動しているときに適用した場合しか記載されておらず、加減速運動のように速度が時々刻々と変化するときに適用した場合について何ら考慮されていない。というのも、この補正方法は、現時点でのズレ量に基づいて次のレーザスキャナの動作を制御するので、その時々によってズレ量が変わる加減速運動の場合に適用すると、制御前後のレーザスキャナ

の運動状態に応じてズレ量が大きくなってしまうことがある。それ故、特許文献１の補正方法は、レーザスキャナが等速直線運動するときにしか適用できず、ロボットの動きの自由度が低下し、作業中におけるレーザスキャナの移動経路を試行錯誤する必要がある。

【０００８】

そこで本発明は、レーザスキャナの運動状態に寄らずにレーザを正確な位置に照射することができるレーザ加工システム及びその制御方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明のレーザ加工システムは、レーザをワークに照射してレーザ加工を行なうレーザスキャナと、前記レーザスキャナを移動させるように動作するロボットと、前記ロボットの動作の制御しながら同時に前記レーザスキャナの動作に関するスキャナ指令を出力するロボット制御系と、前記スキャナ指令に応じて前記レーザスキャナの動作を制御するスキャナ制御系とを有する制御装置とを備え、前記ロボット制御系は、前記ロボットの動作を制御する制御時点から所定時間後の前記ロボットの姿勢をシミュレーションするロボット動作模擬部と、前記ロボット動作模擬部のシミュレーション結果に基づいて前記スキャナ指令を出力するスキャナ指令部とを有し、前記所定時間は、前記スキャナ指令が出力されてから前記スキャナ制御系の制御を開始するまでの制御遅れ時間に設定されているものである。

【００１０】

本発明に従えば、シミュレーションにより制御遅れ時間後のロボットの姿勢、即ちレーザスキャナの動作制御開始時におけるロボットの姿勢を予測することができる。これにより、レーザスキャナの動作制御開始時におけるロボットの予測の姿勢に基づいてレーザスキャナの動作が制御されるので、制御遅れに伴うレーザの照射位置のズレをなくすことができ、レーザを正確な位置に照射して加工することができる。また、レーザスキャナの動作制御開始時にロボットの予測の姿勢に基づいてレーザスキャナの動作が制御されるので、動作制御開始時前後のレーザスキャナの運動状態に寄らずにレーザを正確な位置に照射して加工することができる。

【００１１】

このように本発明は、レーザスキャナの運動状態に関係なくレーザを正確な位置に照射して加工することができるので、レーザスキャナを加減速運動や角速度運動等をさせることができる。これにより、ロボットの動作の自由度を向上させることができ、動作中のレーザスキャナの移動経路の自由度も向上させることができる。

【００１２】

上記発明において、前記レーザスキャナは、前記レーザの焦点位置及び照射方向を変更できるように構成され、前記スキャナ指令部は、前記ロボット動作模擬部のシミュレーション結果に基づいて前記レーザスキャナの姿勢、及び前記レーザスキャナと前記レーザで加工すべき加工位置との相対座標を演算し、この演算結果に基づいて前記スキャナ指令を出力し、前記スキャナ制御系は、前記スキャナ指令に基づいて前記レーザの照射方向及び焦点位置を変えるように前記レーザスキャナの動作を制御するようになっていることが好ましい。

【００１３】

上記構成に従えば、シミュレーション結果に基づいてレーザスキャナの姿勢及び相対座標が演算され、これら演算結果に基づいてレーザの照射方向及び焦点位置を変えるようにレーザスキャナの動作が制御される。それ故、レーザスキャナの動作制御に対する自由度を更に向上させることができる。このように自由度が向上することで、動作中のレーザスキャナの移動経路の自由度が更に向上し、レーザ加工の加工時間を短縮することができる。

【００１４】

上記発明において、前記スキャナ制御系は、前記レーザ加工において前記加工位置を取り囲むように無端状の図形を描くように前記レーザスキャナの動作を制御するようになっ

ていることが好ましい。

【００１５】

上記構成に従えば、レーザを正確な位置に照射することができるので、前記レーザスキャナの動作を制御して無端状の図形を描くようにレーザを照射したときに、レーザの照射位置のズレにより図形が無端状にならずに開いてしまうことを抑えることができる。これにより、無端状の図形を描くようにレーザを照射してワークを強固に溶接したり、任意の形状にワークを刳り貫いたりすることができる。

【００１６】

上記発明において、前記スキャナ制御系は、前記ロボット制御系から出力される応答要求信号に対して応答信号を出力するようになっており、前記ロボット制御系は、前記応答要求信号を出力してから前記応答信号を受け取るまでの時間を測定し、その測定時間に応じて制御遅れ時間を設定するようになっていることが好ましい。

【００１７】

上記構成に従えば、ロボット制御系により制御遅れ時間が正確に測定されて設定される。これにより、レーザが更に正確な位置に照射されるようにすることができる。

【００１８】

本発明のレーザ加工システムの制御方法において、前記ロボットの動作を制御するロボット動作制御工程と、前記ロボットの姿勢をシミュレーションするロボット動作模擬工程と、前記ロボット動作模擬工程のシミュレーション結果に基づいて前記レーザスキャナの動作に関するスキャナ指令を出力するスキャナ指令出力工程と、前記スキャナ指令出力工程で出力された前記スキャナ指令に基づいて前記レーザスキャナの動作を制御するスキャナ制御工程とを有し、前記ロボット動作模擬工程では、前記ロボットの動作を制御する制御時点から設定時間後の前記ロボットの姿勢がシミュレーションされ、前記所定時間は、前記スキャナ指令が出力されてから前記スキャナ制御系の制御を開始するまでの制御遅れ時間に設定されていることが好ましい。

【００１９】

上記構成に従えば、このシミュレーションにより制御遅れ時間後のロボットの姿勢、即ちレーザスキャナの動作制御開始時におけるロボットの姿勢を予測することができる。これにより、レーザスキャナの動作制御開始時にロボットが予測の姿勢に基づいてレーザスキャナの動作が制御されるので、制御遅れに伴うレーザの照射位置のズレをなくすことができ、レーザを正確な位置に照射して加工することができる。また、レーザスキャナの動作制御開始時にロボットの予測の姿勢に基づいてレーザスキャナの動作が制御されるので、動作制御開始時前後のレーザスキャナの運動状態に寄らずにレーザを正確な位置に照射して加工することができる。

【００２０】

このように本発明は、レーザスキャナの運動状態に関係なくレーザを正確な位置に照射して加工することができるので、レーザスキャナを加減速運動や角速度運動等をさせることができる。これにより、ロボットの動作の自由度を向上させることができ、動作中のレーザスキャナの移動経路の自由度も向上させることができる。

【００２１】

上記発明において、前記レーザスキャナは、前記レーザの焦点位置及び照射方向を変更できるように構成され、前記スキャナ指令出力工程は、前記ロボット動作模擬工程のシミュレーション結果に基づいて前記レーザスキャナの姿勢、及び前記レーザスキャナと前記レーザで加工すべき加工位置との相対座標を演算し、この演算結果に基づいて前記スキャナ指令を出力し、前記スキャナ制御工程は、前記スキャナ指令に基づいて前記レーザの照射方向及び焦点位置を変えるように前記レーザスキャナの動作を制御するようになっていることが好ましい。

【００２２】

上記構成に従えば、シミュレーション結果に基づいてレーザスキャナの姿勢及び相対座標が演算され、これら演算結果に基づいて前記レーザの照射方向及び焦点位置を変えるよ

うに前記レーザスキャナの動作が制御される。それ故、レーザスキャナの動作制御に対する自由度を更に向上させることができる。このように自由度が向上することで、動作中のレーザスキャナの移動経路の自由度が更に向上し、レーザ加工の加工時間を短縮することができる。

【発明の効果】

【００２３】

本発明によれば、レーザスキャナの運動状態に寄らずにレーザを正確な位置に照射することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２４】

【図１】本発明の実施形態に係るレーザ加工ロボットの全体構成を示す概念図である。

【図２】図１に示すレーザ加工システムの制御系の構成を示すブロック図である。

【図３】図１に示すレーザ加工システムにおいて実行される制御方法の処理手順を示すフローチャートである。

【図４】図１に示すレーザ加工システムの動きを示す動作図であり、（ａ）は、図３にて手順を示した制御方法を適用した場合の動作図であり、（ｂ）は、従来の制御方法を適用した場合の動作図である。

【発明を実施するための形態】

【００２５】

以下では、前述する図面を参照しながら、本発明の実施形態に係るレーザ加工システム１を説明する。なお、実施形態における上下の方向の概念は、説明の便宜上使用するものであって、レーザ加工システム１に関して、それらの構成の配置及び向き等をその方向に限定することを示唆するものではない。また、以下に説明するレーザ加工システム１は、本発明の一実施形態に過ぎず、本発明は実施の形態に限定されず、発明の趣旨を逸脱しない範囲で追加、削除、及び変更が可能である。

【００２６】

レーザ加工システム１は、車両の車体を製造する設備等に設けられ、金属又は樹脂から成るワーク７にレーザを照射してそのワーク７を溶接、切断又は穿孔可能に構成されている。レーザ加工システム１は、図１に示すように、ロボット２、レーザスキャナ３、レーザ発振器４及び制御装置５を備える。ロボット２は、レーザスキャナ３を移動させるためのロボットであり、例えば６軸ロボットが用いられている。なお、ロボット２は、６軸ロボットに限定されず、垂直型や水平型ロボットであってもよく、レーザスキャナ３を取付けて移動可能な移動用ロボットであればよい。

【００２７】

ロボット２は、複数のアーム及び複数のモータ１７ａ～１７ｆ（図２参照）を有しており、複数のモータ１７ａ～１７ｆを駆動してアームを回動させることでロボット２の姿勢を変化させることができるようになっている。このようにロボット２の姿勢を変えることでロボット２の先端部２ａを様々な位置に動かし、またその先端部２ａを様々な方向に向けることができる。ロボット２の先端部２ａには、レーザスキャナ３が取付けられている。

【００２８】

レーザスキャナであるレーザスキャナ３は、レーザを照射口３ａからワーク７に向かって照射して溶接できるようになっている。レーザスキャナ３は、大略直方体状の筐体を有しており、その筐体の中には、焦点調整機構２３及び照射方向調整機構２４（図２参照）が収容されている。焦点調整機構２３は、例えば複数のレンズ群及びレンズ駆動用モータ（図示せず）を有しており、レンズ駆動用モータによりレンズ群を動かすことでレーザの焦点位置を調整できるようになっている。また、照射方向調整機構２４は、反射ミラー及びミラー駆動用モータ（図示せず）を有しており、ミラー駆動用モータにより反射ミラーを動かすことでレーザの照射方向を調整できるようになっている。なお、ミラーの高速及び高精度の動作を可能にすべく軽量の反射ミラーを用い、更にミラー駆動用モータには、

例えばガルバノモータが用いられている。

【００２９】

このように構成されているレーザスキャナ３は、光ファイバケーブル８を介してレーザ発振器４に接続されている。レーザ発振器４は、高出力のレーザを発振可能なレーザ源であり、発振されたレーザは、光ファイバケーブル８を介してレーザスキャナ３に送られる。そして、レーザスキャナ３は、送られてきたレーザの焦点位置及び照射方向を焦点調整機構２３及び照射方向調整機構２４により調整し、レーザをワーク７に照射して溶接、切断、穿孔等の加工を行なうようになっている。このようにレーザを照射するレーザスキャナ３は、ロボット２の姿勢を変えてその先端部２ａを動かすことで様々な位置に移動させることができ、先端部２ａの向き（姿勢）を変えることによってレーザスキャナ３の姿勢を変えることができる。このようにロボット２及びレーザスキャナ３は、様々な動作ができるように構成されており、それらの動作は制御装置５によって制御されている。

【００３０】

制御装置５は、通信ケーブル９ａ，９ｂ，９ｃを介してロボット２、レーザスキャナ３及びレーザ発信器４に接続されており、ロボット制御系１０と、レーザスキャナ制御系２０と、発振器制御系３０とを有している。ロボット制御系１０は、ロボット２の動作を制御するようになっており、レーザスキャナ制御系２０は、レーザスキャナ３の動作、即ち焦点調整機構２３及び照射方向調整機構２４の動きを制御するようになっており、発信器制御系３０は、レーザ発信器４の動作、即ちレーザの発振を制御するようになっている。以下では、各制御系１０，２０，３０の電気的構成について詳述する。

【００３１】

ロボット制御系１０は、動作プログラム記憶部１１と、動作プログラム処理部１２と、各軸指令値演算部１３と、ロボットサーボ処理部１４と、ロボット動作模擬部１５と、スキャナ指令値演算部１６とを有している。動作プログラム記憶部１１は、動作プログラムを記憶している。動作プログラムは、ロボット２、レーザスキャナ３及びレーザ発振器４の動作に関するプログラムであり、そこに、ロボット２の先端部２ａの移動先の位置、溶接位置、及びレーザスキャナ３の動作タイプ等が示されている。レーザスキャナ３の動作タイプには、連続動作及び停止動作がある。連続動作は、動作後に連続して次の指令値が送られてくること知らせるものであり、速度を保ったまま移動先の位置に到着させることを指令するものである。他方、停止動作は、動作後に次の指令値がない、即ち連続動作させた後の最後に送られてくる指令であり、移動先の位置にて停止することを指令するものである。この動作プログラムを記憶する動作プログラム記憶部１１は、動作プログラム処理部１２に接続されている。

【００３２】

動作プログラム処理部１２は、動作プログラム記憶部１１に記憶される動作プログラムを処理して、動作プログラムに示された移動先の位置、溶接位置、及びレーザスキャナ３の動作タイプを実現できるようにロボット２の動きを決定するようになっている。本実施形態では、溶接位置を取り囲むようにその周りに無端状（本実施形態では、円環状の軌跡）の図形が描かれるようにレーザを連続照射させるようにレーザスキャナ３を動作させるべく、移動先の位置、溶接位置、及びレーザスキャナ３の動作タイプを組み合わせて動作プログラムが作成されている。なお、レーザスキャナ３を動作させて描く図形は、必ずしも円環状等の無端状の図形に限定されず、直線や曲線等の有端状の図形を描いてもよい。また、動作プログラム処理部１２は、各軸指令値演算部１３に接続されている。

【００３３】

各軸指令値演算部１３は、動作プログラム処理部１２にて決定されたロボット２の動きに基づいてロボット２の各軸の回動量、即ち各モータ１７ａ～１７ｆの駆動量を演算するようになっている。各軸指令値演算部１３は、ロボットサーボ処理部１４とロボット動作模擬部１５とに接続され、それらに演算したモータ１７ａ～１７ｆの駆動量を各軸指令値として出力するようになっている。

【００３４】

ロボットサーボ処理部１４は、複数のモータ１７ａ～１７ｆに夫々接続されており、各軸指令値演算部１３からの各軸指令値に応じて各モータ１７ａ～１７ｆに流す電流を制御するようになっている。ロボットサーボ処理部１４がモータ１７ａ～１７ｆに電流を流すことにより前記モータ１７ａ～１７ｆが駆動し、ロボット２の各アームが回動する。そうすることで、ロボット２が動いてその姿勢を変え、ロボット２の先端部２ａが動作プログラムに示された移動位置に移動する。

【００３５】

他方、各軸指令値演算部１３に接続されているロボット動作模擬部１５は、各軸指令値に基づいてロボット２の姿勢をシミュレーションして、ロボット２の先端部２ａの位置及び向きを予測するように構成されている。シミュレーションは、例えば、ロボット２のサーボ系を構成しているパラメータ等を用いて線形近似した線形モデル又はロボット２のばね系等の影響を更に考慮した非線形モデル等の数値化モデルやニューラルネットワーク等が用いられる。なお、このシミュレーションによりロボット２の先端部２ａの位置及び向きだけを演算するようになっていてもよく、予め計測されたロボット２の実動作データに基づいてシミュレーションを行ってもよい。このロボット動作模擬部１５は、スキャナ指令値演算部１６に接続されている。

【００３６】

スキャナ指令値演算部１６は、さらに動作プログラム記憶部１１にも接続されており、動作プログラムに示された溶接位置（ロボット座標系の３次元座標）及びロボット動作模擬部１５のシミュレーション結果に基づいてレーザスキャナ３と溶接位置との相対位置（即ち、スキャナ座標系における３次元座標）を演算するようになっている。また、スキャナ指令値演算部１６は、演算された相対位置と動作プログラムに示された動作タイプを取得するようになっている。この取得した動作タイプと前記相対位置とに基づいて焦点調整機構２３及び照射方向調整機構の制御量（即ち各調整機構２３，２４のモータの駆動量）を演算するようになっている。また、スキャナ指令値演算部１６は、スキャナ制御系２０に電気的に接続され、この焦点調整機構２３及び照射方向調整機構２４の制御量をスキャナ指令としてスキャナ制御系２０に出力するようになっている。

【００３７】

スキャナ制御系２０は、ロボット制御系１０と別の基板に接続されている。これら２つの制御系１０，２０は、互いに同期制御がされておらず、制御時期がズレることがある。レーザスキャナ制御系２０は、スキャナ指令値記憶部２１と、スキャナサーボ処理部２２とを有している。スキャナ指令値記憶部２１は、スキャナ指令値演算部１６から出力されたスキャナ指令値を記憶するようになっている。スキャナ指令値記憶部２１は、スキャナサーボ処理部２２に接続されており、それにスキャナ指令値である調整機構２３，２４の制御量を出力するようになっている。

【００３８】

スキャナサーボ処理部２２は、レーザスキャナ３の焦点調整機構２３及び照射方向調整機構２４に接続されており、スキャナ指令値に応じて各調整機構２３，２４のモータに電流を流すようになっている。これにより、スキャナ指令値に応じた照射方向にレーザスキャナ３の照射口３ａから照射されるレーザの光軸が向けられ、且つスキャナ指令値に応じた焦点位置にレーザの焦点を合わせることができる。そして、スキャナ指令値の動作タイプが連続動作の場合、その動作タイプに応じてレーザスキャナ３を連続的に動作させて溶接位置を取り囲むようにその周りに円環状にレーザを照射することができる。

【００３９】

このように動作するレーザスキャナ３は、レーザ発振器４で発振されて光ファイバケーブル８を介して導かれたレーザを照射口３ａから発射するようになっている。そして、レーザ発振器４におけるレーザの発振は、発振器制御系３０によって制御されている。発振器制御系３０は、ロボット制御系１０の動作プログラム処理部１２に接続されており、この動作プログラム処理部１２は、動作プログラムに基づいてレーザを発振すべき旨の発振指令を発振器制御系３０に出力するようになっている。

【００４０】
発振器制御系３０は、発振指令記憶部３１と、レーザ発振処理部３２とを有している。発振指令記憶部３１は、動作プログラム処理部１２に接続されており、そこから出力された発振指令を記憶するようになっており、レーザ発振処理部３２に接続されている。レーザ発振処理部３２は、レーザ発振器４に接続されており、レーザ発振器４の動作、つまりレーザの発振動作を制御するようになっている。
【００４１】
このように構成されるレーザ加工システム１は、動作プログラム処理部１２に記憶されている動作プログラムに基づいてレーザ加工のオンザフライ制御を行う。オンザフライ制御では、ロボット２のアームを動かしてその先端部２ａを移動させながらレーザスキャナ３を動作させ、更にレーザを発振制御する。そのため、ロボット制御系１０及びスキャナ制御系２０間の制御遅れにより、予め定められた溶接位置から離れた位置にレーザが不所望に照射されるおそれがある。そこで、レーザ加工システム１は、予め定められた溶接位置の周りに正確にレーザを照射するようにロボット動作模擬部１５を利用してロボット２、レーザスキャナ３及びレーザ発振器４の動作を制御している。以下では、レーザ加工システム１の制御方法について、図３のフローチャートを参照しながら説明する。
【００４２】
レーザ加工システム１は、図示しない入力手段等によりレーザ加工を開始すべき旨の指令が与えられると、レーザ加工制御処理を開始、ステップＳ１に移行する。ステップＳ１であるプログラム処理工程では、動作プログラム記憶部１１で記憶された動作プログラムを動作プログラム処理部１２が処理してロボット２の動きを決定する、いわゆるプログラム処理が行なわれる。このプログラム処理では、動作プログラムに基づいてロボット２の先端部２ａの移動先までの経路、及び移動先までの運動状態（例えば、等速直線運動、角速度運動、及び加速度運動等）を決定する。このプログラム処理が終了すると、ステップＳ２に移行する。
【００４３】
ステップＳ２である各軸指令値演算工程では、プログラム処理工程にて決定された経路及び運動状態に基づいて各モータ１７ａ～１７ｆに与える各軸指令値を各軸指令値演算部１３が演算する。各軸指令値演算部１３は、予め定められた制御周期毎にロボットサーボ処理部１４に各軸指令値を出力するようになっており、各制御時点における各軸指令値を演算する。そして、各軸指令値演算部１３は、演算した各軸指令値をロボットサーボ処理部１４に出力し、ステップＳ３に移行する。
【００４４】
ステップＳ３であるロボットサーボ処理工程では、各軸指令値演算部１３から取得した各軸指令値に基づいてロボットサーボ処理部１４が各モータ１７ａ～１７ｆに流す電流を制御する。これにより、ロボット２の各アームが回動し、先端部２ａが移動する。ロボットサーボ処理部１４は、制御周期毎に各軸指令値演算部１３から各軸指令値を取得し、その指令値に基づいて連続的にモータ１７ａ～１７ｆを駆動する。これにより、先端部２ａがステップＳ２にて決定される経路及び運動状態で運動し、動作プログラムに示された移動先に移動する（ステップＳ４）。
【００４５】
また、ステップＳ２の各軸指令値演算工程において、各軸指令値演算部１３は、演算した各軸指令値をロボットサーボ処理部１４に出力すると共に各軸指令値をロボット動作模擬部１５に出力する。これによりステップＳ５へと移行する。ステップＳ５であるシミュレーション工程では、ロボット動作模擬部１５がステップＳ２で計算した各軸指令値に基づいて各軸指令値を受け付けた時点からの制御遅れ時間Δｔと、ロボットサーボ処理部の応答遅れ時間を考慮したロボット２の姿勢をシミュレーションし、先端部２ａの位置及び向きを予測する。
【００４６】
ここで、制御遅れ時間Δｔとは、別々の基板に形成されたロボット制御系１０とスキャ

ナ制御系２０との間に生じる制御遅れの時間である。つまり、ロボット制御系１０からの指令に対してスキャナ制御系２０がレーザスキャナ３の動作を制御開始するまでに掛かる時間である。この制御遅れ時間Δｔは、例えば制御装置５を起動した時に測定するようになっている。制御遅れ時間Δｔの測定方法は、ロボット制御系１０からスキャナ制御系２０に応答要求信号を出力してそのコマンドに対する応答に要する応答時間を測定し、測定された応答時間Ｒの半分時間Ｒ／２を制御遅れ時間Δｔとする方法が考えられる。ただし、この方法に限定されず、経験や統計等に基づいて予め設定しておいてもよい。ロボット動作模擬部１５は、その予測結果をスキャナ指令値演算部１６に出力し、ステップＳ６に移行する。

【００４７】

ステップＳ６であるスキャナ指令値演算工程では、ステップＳ５の予測結果と動作プログラムに示された溶接位置とに基づいてレーザスキャナ３と溶接位置との相対位置をスキャナ指令値演算部１６が演算する。これにより、制御時点から制御遅れ時間Δｔ後の予測相対位置が演算される。次に、スキャナ指令値演算部１６は、動作プログラム記憶部１１から動作タイプを取得する。そして、この動作タイプと演算された予測相対位置とに基づいて焦点調整機構２３及び照射方向調整機構２４の制御量を演算する。スキャナ指令値演算部１６は、この制御量を制御周期毎に演算してスキャナ指令値としてスキャナ指令値記憶部２１に出力する。つまり、スキャナ指令値演算部１６は、各制御時点においてその制御遅れ時間Δｔ後におけるロボット２の予測位置に基づいて演算した制御量をスキャナ指令値としてスキャナ指令値記憶部２１に出力する。スキャナ指令値を出力すると、ステップＳ７に移行する。

【００４８】

ステップＳ７であるスキャナ指令値記憶工程では、スキャナ指令値演算部１６から出力されたスキャナ指令値をスキャナ指令値記憶部２１に記憶し、ステップＳ８に移行する。ステップＳ８であるスキャナサーボ処理工程では、スキャナ指令値に含まれる制御量に応じてスキャナサーボ処理部２２が焦点調整機構２３及び照射方向調整機構２４のモータに流す電流を制御する。これにより、制御時点から制御遅れ時間Δｔ後のロボット２の先端部２ａ位置に合わせて焦点調整機構２３のレンズ群の位置及び照射方向調整機構２４のミラーの角度が調整される。スキャナサーボ処理部２２は、ロボット制御系１０の制御周期毎にスキャナ指令値記憶部２１に送られてくるスキャナ指令値に応じてレンズ郡の位置及びミラーの角度を連続的に調整することで、溶接位置の周りに円環状にレーザが照射されるようにレーザスキャナ３を動作させることができる（ステップＳ９）。

【００４９】

また、ステップＳ１のプログラム処理工程では、ロボット２の先端部２ａの移動先までの経路、移動先までの運動状態と共に、動作プログラム処理部１２がレーザの発振時期を決定する。この発振時期は、発振指令として動作プログラム処理部１２から発振器制御系３０の発振指令記憶部３１に出力される。発振指令が出力されると、ステップＳ１０に移行する。なお、ステップＳ１０は、ステップＳ２と同時に進行するようになっている。

【００５０】

ステップＳ１０である照射指令記憶工程では、ロボット制御系１０からの発振指令を記憶し、ステップＳ１１に移行する。ステップＳ１１であるレーザ発振工程では、記憶された発振指令に応じて連続的又は断続的にレーザ発振処理部３２がレーザの発振を制御するようになっている。

【００５１】

このように制御装置５は、シミュレーションにより制御遅れ時間Δｔ後のロボット１の姿勢、即ちレーザスキャナ３の動作制御開始時におけるロボット２の姿勢を予測することができる。これにより、レーザスキャナ３の動作制御開始時におけるロボット２の予測の姿勢に基づいてレーザスキャナ３の動作が制御されるので、制御遅れに伴うレーザの照射位置のズレをなくすことができ、レーザを正確な位置に照射して溶接することができる。また、レーザスキャナ３の動作制御開始時にロボット２の予測の姿勢に基づいてレーザス

キャナの動作が制御されるので、動作制御開始時前後のレーザスキャナの運動状態に寄らずにレーザを正確な位置に照射して溶接することができる。

【００５２】

このようにレーザを正確な位置に照射することができるので、図４（ａ）に示すように、溶接跡４１が円環状になるように溶接位置の周辺に正確に溶接することができる。このように溶接跡４１が無端状になるようにレーザを照射することで、ワークを強固に溶接することができる。また、ワークの切断に使用する場合、ワークの刳り貫きを行うことができる。なお、制御遅れ時間Δｔを考慮せずにレーザスキャナ３の動作を制御すると、図４（ｂ）に示すように溶接位置（２点鎖線の符号４１参照）から距離Ｌ離れた位置で溶接されてしまい、正確な位置への溶接ができない。また、円環状に溶接することができずに図４（ｂ）に示すように開いた図形の溶接跡４２となり、所望の溶接強度が得られない。

【００５３】

このように本実施形態のレーザ加工システム１は、その制御方法によりレーザスキャナ３の運動状態に関係なくレーザを正確な位置に照射して加工することができるので、レーザスキャナを加減速運動や角速度運動等をさせることができる。これにより、ロボット２の動作の自由度を向上させることができ、動作中のレーザスキャナ３の移動経路の自由度も向上させることができる。

【００５４】

また、本実施形態のレーザ加工システム１は、シミュレーション結果に基づいてレーザスキャナ３の姿勢及び相対座標が演算され、これら演算結果に基づいて前記レーザの照射方向及び焦点位置を変えるようにレーザスキャナ３の動作が制御される。それ故、レーザスキャナ３の動作制御に対する自由度を更に向上させることができる。このように自由度が向上することで、動作中のレーザスキャナ３の移動経路の自由度が更に向上し、レーザ加工の加工時間を短縮することができる。

【００５５】

更に、本実施形態のレーザ加工システム１は、起動時等において予め制御遅れ時間を測定しているので、制御遅れ時間が正確に測定されて設定される。これにより、レーザが更に正確な位置に照射されるようにすることができる。

【００５６】

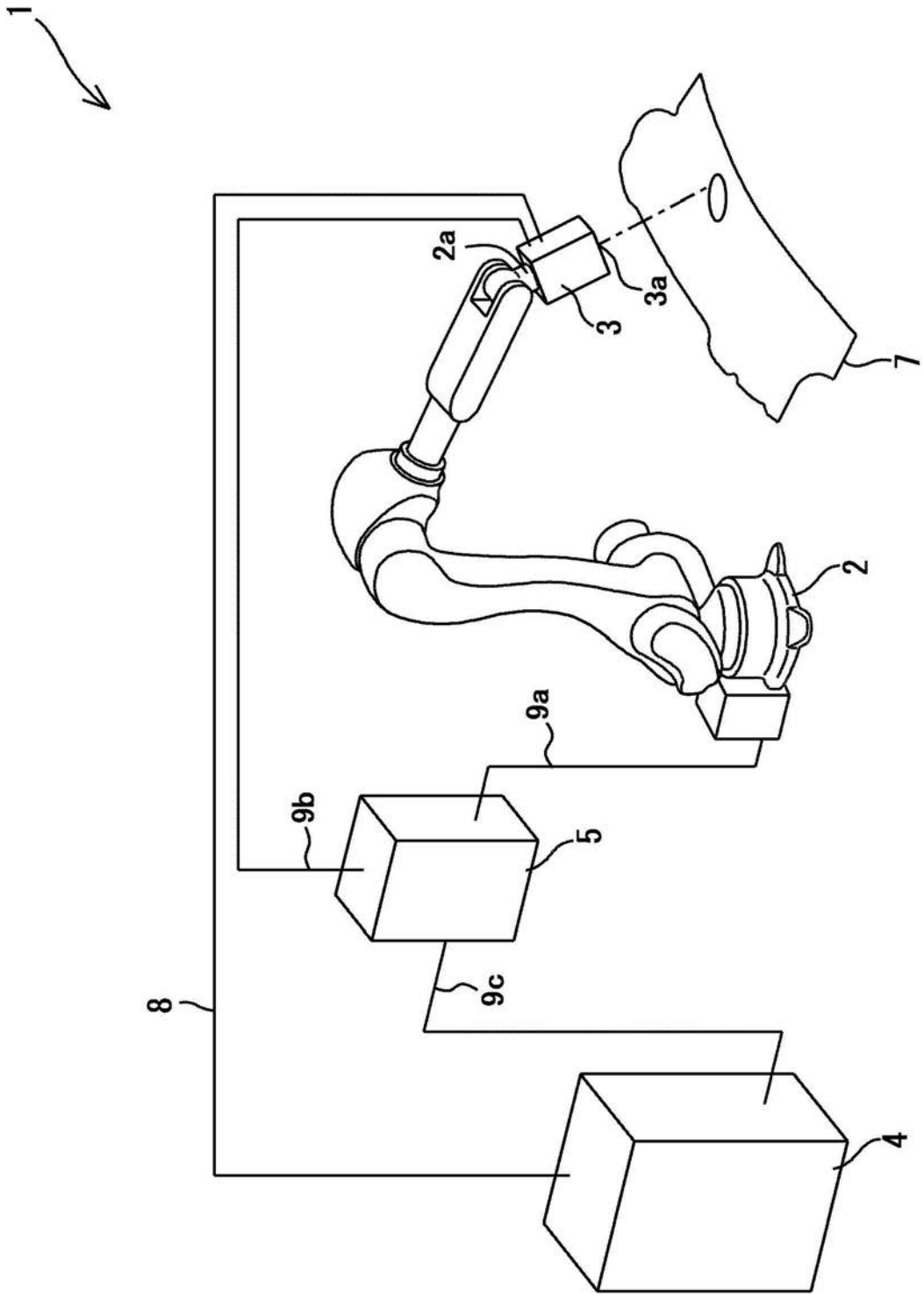
本実施形態のレーザ加工システム１では、焦点調整機構２３及び照射方向調整機構２４のモータの制御量がスキャナ指令値として出力されているが、相対位置及び動作タイプをスキャナ指令値として出力し、スキャナ制御系２０で前記制御量を演算するようになっていてもよい。また、本実施形態のレーザ加工システム１は、スキャナ制御系２０とロボット制御系１０とが別の基板に設けられているものに適用されているが、同じ基板に設けられていてもこれらの制御系１０，２０が異なる制御周期を有し、又は基板が同じでも異なるチップ上に形成されている場合にも適用されることができる。

【符号の説明】

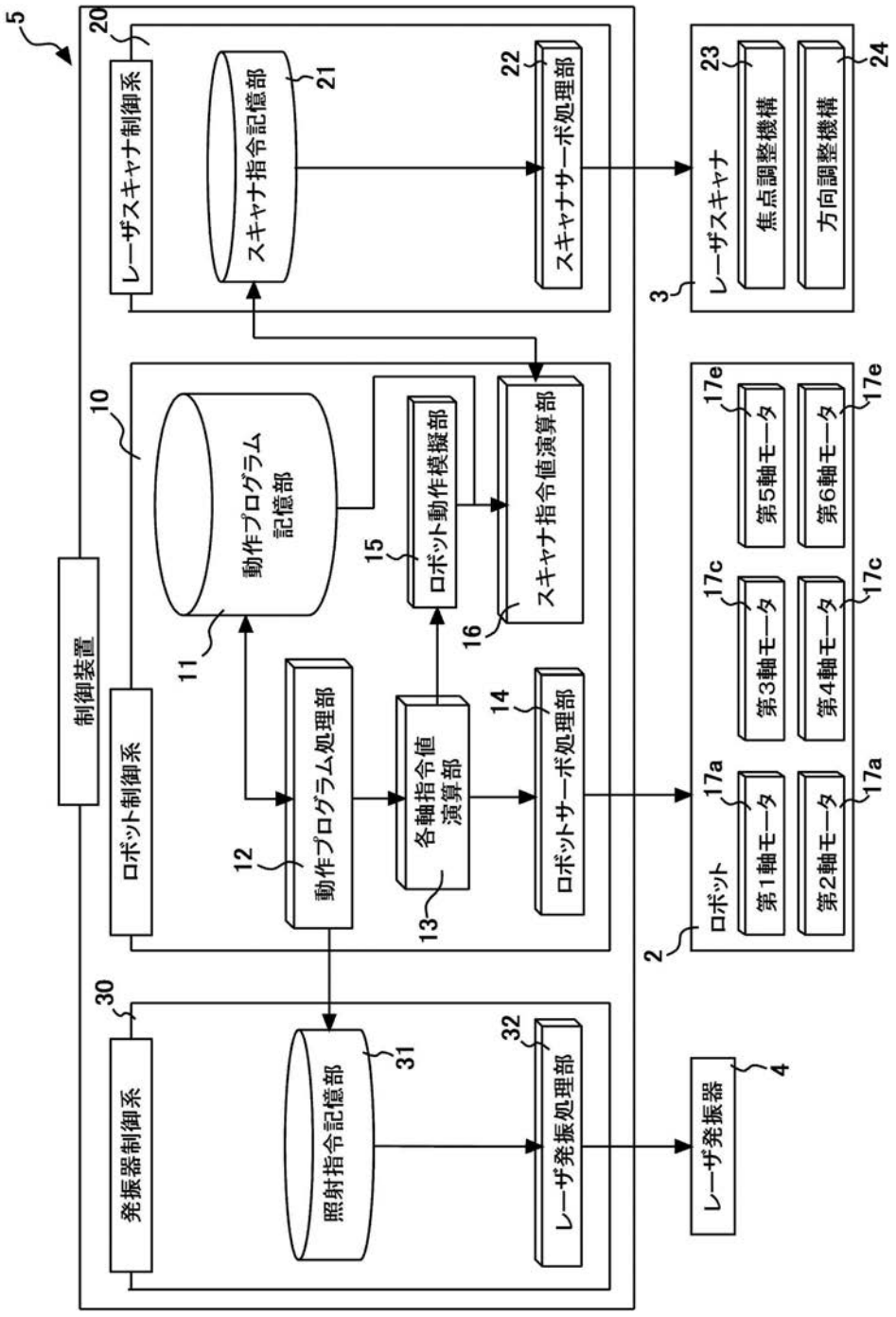
【００５７】

１　レーザ加工システム
２　ロボット
３　レーザスキャナ
４　レーザ発振器
５　制御装置
７　ワーク
１０　ロボット制御系
１５　ロボット動作模擬部
１６　スキャナ指令値演算部
２０　スキャナ制御系

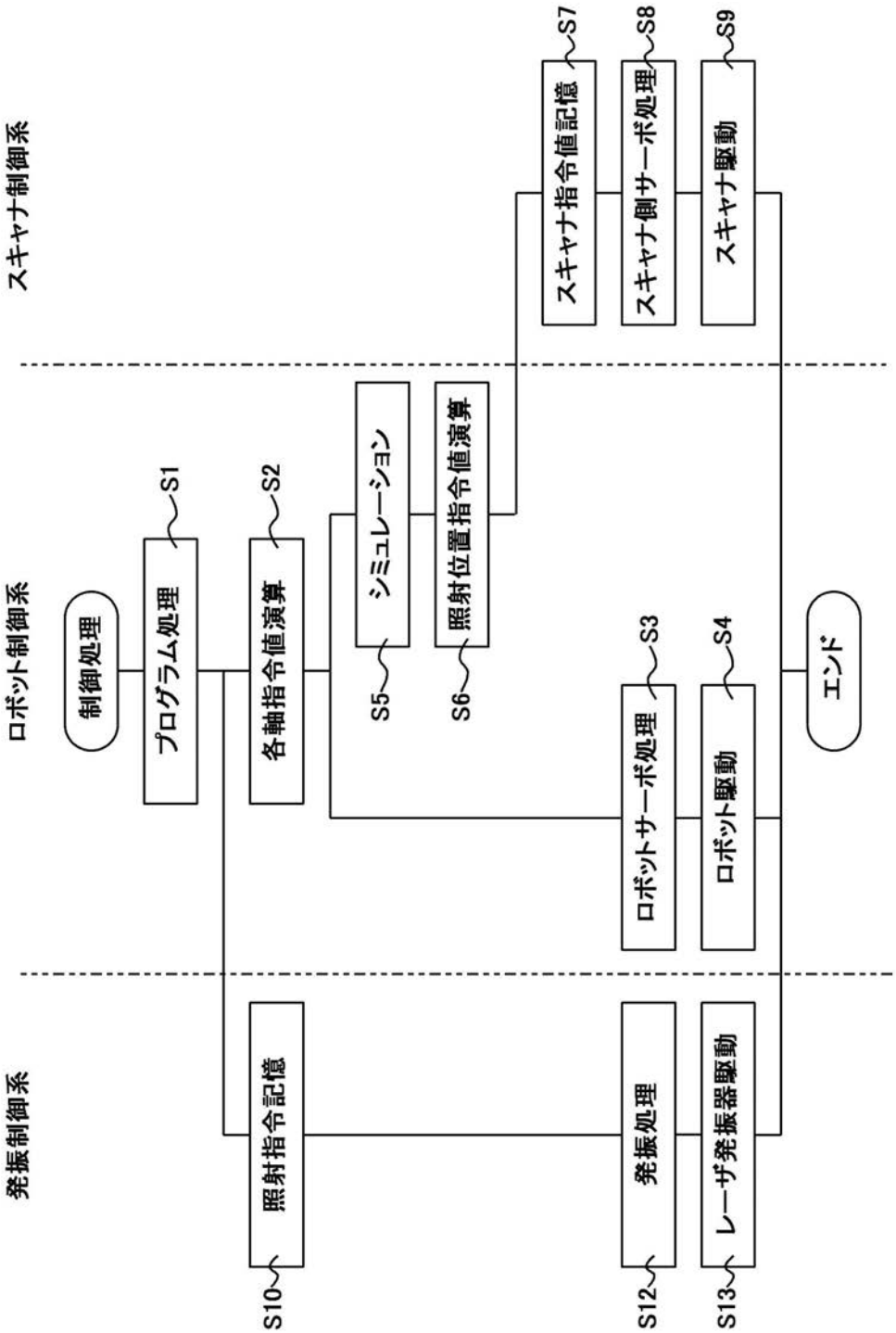
【図１】



【図２】

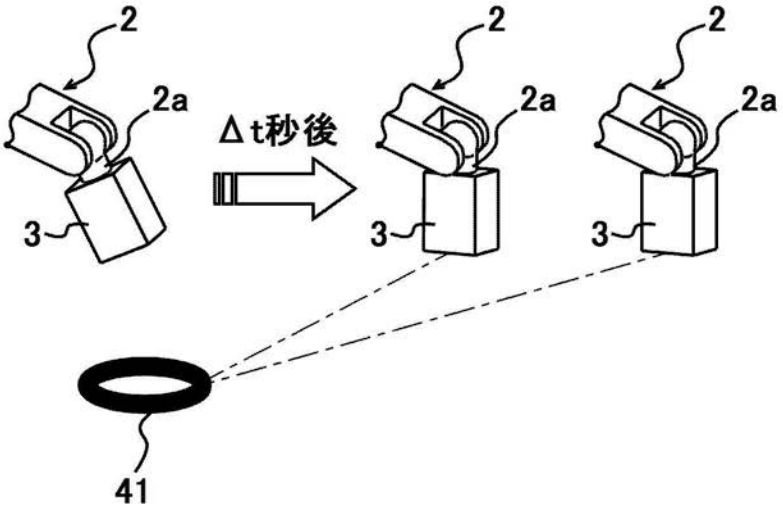

5
制御装置
20
レーザスキャナ制御系
スキャナ指令記憶部
21
22
スキャナサーボ処理部
3
レーザスキャナ
23
焦点調整機構
24
方向調整機構
10
ロボット制御系
動作プログラム記憶部
11
15
ロボット動作模擬部
16
スキャナ指令値演算部
12
動作プログラム処理部
各軸指令値演算部
13
14
ロボットサーボ処理部
2
ロボット
17a
第1軸モータ
第2軸モータ
17c
第3軸モータ
第4軸モータ
17e
第5軸モータ
第6軸モータ
30
発振器制御系
照射指令記憶部
31
32
レーザ発振処理部
4
レーザ発振器

【図３】

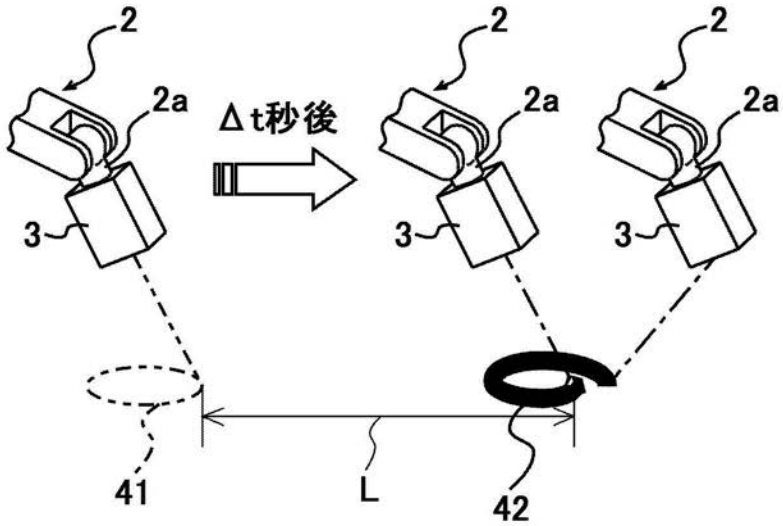

スキャナ制御系
ロボット制御系
発振制御系
制御処理
プログラム処理
S1
各軸指令値演算
S2
シミュレーション
S5
照射位置指令値演算
S6
スキャナ指令値記憶
S7
スキャナ側サーボ処理
S8
スキャナ駆動
S9
ロボットサーボ処理
S3
ロボット駆動
S4
エンド
照射指令記憶
S10
発振処理
S12
レーザ発振器駆動
S13

【図４】

(a)



(a)



フロントページの続き

(72)発明者　村田　隆行
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号　川崎重工業株式会社神戸工場内

Ｆターム(参考) 2H141 MB24 MB37 ME06 ME25 MG05
4E068 AE00 AF00 BA00 CA09 CA11 CB02 CE03 CE06