

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年1月4日(04.01.2024)



(10) 国際公開番号

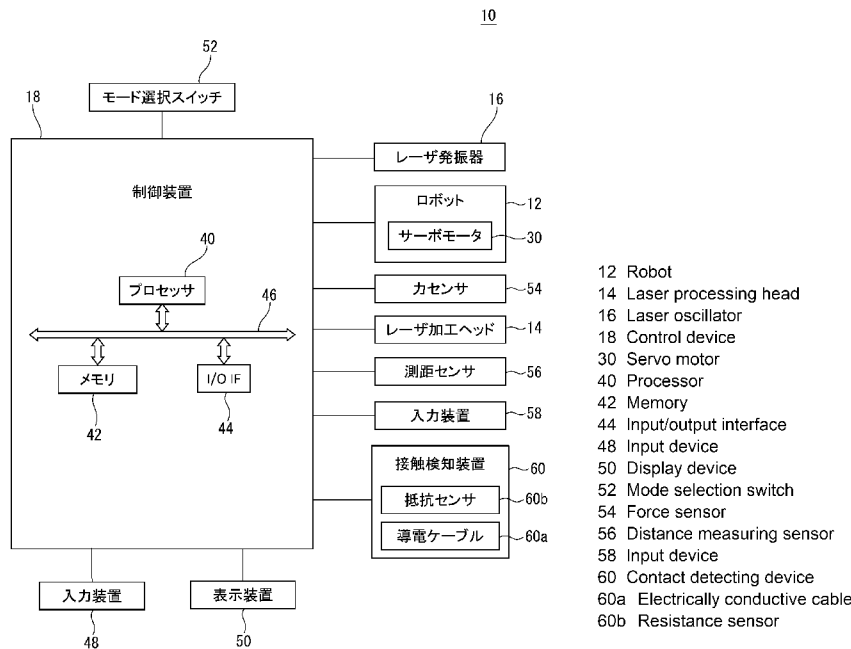
WO 2024/004044 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/00 (2014.01) *B23K 26/082* (2014.01)
B23K 26/08 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/025800
- (22) 国際出願日: 2022年6月28日(28.06.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: ファナック株式会社 (FANUC CORPORATION) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 Yamanashi (JP).
- (72) 発明者: 和泉 貴士 (IZUMI, Takashi); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 2 3 番 1 号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: LASER PROCESSING SYSTEM, AND LASER PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: レーザ加工システム、及びレーザ加工方法

図2



(57) Abstract: In laser processing systems, laser processing is sometimes executed in an automatic operating mode in which a robot and a laser oscillator operate automatically in accordance with a processing program. In such automatic operation, work safety must be ensured. A laser processing system 10 comprises: a laser processing head 14; a robot 12 for moving the laser processing head 14; a distance measuring sensor 56 for measuring a distance between the laser processing head 14 and a workpiece; a control device 18 for controlling a laser emission operation of the laser oscillator

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

16 and a movement operation of the robot 12; and a mode selection switch 52 for selecting an operating mode for the laser processing. The control device 18 executes the laser emission operation and the movement operation as the automatic operating mode if the automatic operating mode is selected by the mode selection switch 52 and the distance measured by the distance measuring sensor 56 is within a predetermined range.

(57) 要約：レーザ加工システムにおいて、ロボット及びレーザ発振器を加工プログラムに従って自動運転する自動運転モードでレーザ加工を実行する場合がある。このような自動運転において、作業の安全性を確保することが求められる。レーザ加工システム10は、レーザ加工ヘッド14と、レーザ加工ヘッド14を移動させるロボット12と、レーザ加工ヘッド14とワークとの距離を測定する測距センサ56と、レーザ発振器16のレーザ出射動作、及びロボット12の移動動作を制御する制御装置18と、レーザ加工の運転モードを選択するモード選択スイッチ52とを備える。制御装置18は、モード選択スイッチ52によって自動運転モードが選択され、且つ、測距センサ56が測定した距離が予め定めた範囲内である場合に、該自動運転モードとしてレーザ出射動作及び移動動作を実行する。

明 細 書

発明の名称： レーザ加工システム、及びレーザ加工方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ加工システム、及びレーザ加工方法に関する。

背景技術

[0002] ワークをレーザ加工するレーザ加工システムが知られている（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-167974号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] レーザ加工システムにおいて、ロボット及びレーザ発振器を加工プログラムに従って自動運転する自動運転モードでレーザ加工を実行する場合がある。このような自動運転において、作業の安全性を確保することが求められる。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様において、ワークをレーザ加工するレーザ加工システムは、レーザ発振器が生成したレーザ光を出射するレーザ加工ヘッドと、レーザ加工ヘッドをワークに対して相対的に移動させるロボットと、レーザ加工ヘッドとワークとの距離を測定する測距センサと、レーザ発振器を動作させてレーザ加工ヘッドからレーザ光を出射するレーザ出射動作、及び、ロボットを動作させてレーザ加工ヘッドをワークに対して移動させる移動動作を制御する制御装置と、レーザ加工の運転モードを選択するモード選択スイッチとを備える。

[0006] 制御装置は、モード選択スイッチによって、運転モードとして、加工プログラムに従ってレーザ出射動作及び移動動作を自動で実行する自動運転モー

ドが選択され、且つ、測距センサが測定した距離が予め定めた範囲内である場合に、該自動運転モードとして該レーザ出射動作及び該移動動作を実行する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]一実施形態に係るレーザ加工システムの概略図である。

[図2]図 2 に示すレーザ加工システムのブロック図である。

[図3]図 1 に示すレーザ加工ヘッドの拡大図である。

[図4]図 1 に示すモード選択スイッチの拡大図である。

[図5]図 2 に示す接触検知装置の機能を説明するための図である。

[図6]図 2 に示すレーザ加工ヘッドの動作フローの一例を示すフローチャートである。

[図7]図 6 中のステップ S 2 のフローの一例を示すフローチャートである。

[図8]図 6 中のステップ S 3 のフローの一例を示すフローチャートである。

[図9]図 2 に示すレーザ加工システムの他の機能を示すブロック図である。

[図10]図 6 中のステップ S 3 のフローの他の例を示すフローチャートである。

[図11]図 6 中のステップ S 3 のフローのさらに他の例を示すフローチャートである。

[図12]図 9 に示すレーザ加工システムの動作フローの一例を示すフローチャートである。

[図13]他の実施形態に係るモード選択スイッチの拡大図である。

[図14]図 1 2 中のステップ S 2 のフローの一例を示すフローチャートである。

[図15]図 1 2 中のステップ S 3 のフローの一例を示すフローチャートである。

[図16]図 1 2 中のステップ S 5 のフローの一例を示すフローチャートである。

[図17]モード選択スイッチ画像の一例を示す。

[図18]他の実施形態に係るレーザ加工システムの概略図である。

[図19]図18に示すレーザ加工システムのブロック図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本開示の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に説明する種々の実施形態において、同様の要素には同じ符号を付し、重複する説明を省略する。まず、図1及び図2を参照して、一実施形態に係るレーザ加工システム10について説明する。レーザ加工システム10は、オペレータと協働でワークWに対するレーザ加工（レーザ溶接、レーザ切断等）を実行できるシステムである。

[0009] 具体的には、レーザ加工システム10は、ロボット12、レーザ加工ヘッド14、レーザ発振器16、及び制御装置18を備える。ロボット12は、レーザ加工ヘッド14をワークWに対して相対的に移動させる。本実施形態においては、ロボット12は、垂直多関節ロボットであって、ロボットベース20、旋回胴22、下腕部24、上腕部26、及び手首部28を有する。

[0010] ロボットベース20は、作業セルの床の上に固定されている。旋回胴22は、鉛直軸周りに旋回可能となるように、ロボットベース20に設けられている。下腕部24は、旋回胴22に水平軸周りに回動可能に設けられている。上腕部26は、下腕部24の先端部に回動可能に設けられている。手首部28は、互いに直交する2つの軸周りに回動可能となるように上腕部26の先端部に設けられた手首ベース28aと、該手首ベース28aに回動可能に設けられた手首フランジ28bとを有する。

[0011] ロボット12の各コンポーネント（つまり、ロボットベース20、旋回胴22、下腕部24、上腕部26、及び手首部28）には、複数のサーボモータ30（図2）がそれぞれ設けられている。これらサーボモータ30は、制御装置18からの指令に応じて、ロボット12の各可動コンポーネント（つまり、旋回胴22、下腕部24、上腕部26、手首部28、手首フランジ28b）を駆動軸周りに回動させる。これにより、ロボット12は、ワークWに対してレーザ加工ヘッド14を移動させる。

- [0012] レーザ加工ヘッド１４は、ロボット１２の手首フランジ２８ｂに着脱可能に取り付けられ、レーザ発振器１６が生成したレーザ光ＬＢを出射する。具体的には、図３に示すように、レーザ加工ヘッド１４は、ヘッド本体３２、ノズル３４、着脱具３６、及び把持部３８を備える。ヘッド本体３２は、中空であって、その内部に、光学レンズ（コリメートレンズ、フォーカスレンズ等）、及び、制御装置１８からの指令に応じて該光学レンズを変位させるレンズ駆動部（例えば、サーボモータ）等の光学系コンポーネントを収容している。
- [0013] ノズル３４は、中空であって、ヘッド本体３２の先端部に設けられている。ノズル３４は、その基端部から先端部へ向かうにつれて断面積が小さくなるような円錐台状の外形を有し、その先端部に射出口３４ａが形成されている。ヘッド本体３２及びノズル３４の内部には、空洞のチャンバが形成され、該チャンバ内に、外部に設けられたアシストガス供給装置（図示せず）からアシストガスＡＧが供給される。レーザ発振器１６が生成したレーザ光ＬＢは、該チャンバ内を伝搬し、アシストガスＡＧとともに射出口３４ａから光軸Ａに沿って出射される。
- [0014] 着脱具３６は、ヘッド本体３２に設けられ、ロボット１２の手首フランジ２８ｂに着脱される。一例として、着脱具３６は、ボルト等の締結具を有し、該締結具によって手首フランジ２８ｂに締結されてもよい。他の例として、着脱具３６は、手首フランジ２８ｂに形成された被係合部と脱離可能に係合する係合部を有し、該被係合部と該係合部との係合によって、手首フランジ２８ｂに着脱されてもよい。さらに他の例として、着脱具３６は、電磁石を有し、該電磁石が発生させる電磁力によって、手首フランジ２８ｂに吸着固定されてもよい。この着脱具３６を介して、レーザ加工ヘッド１４は、ロボット１２の手首フランジ２８ｂに着脱可能に取り付けられる。
- [0015] 把持部３８は、オペレータが片手で把持可能となるように、ヘッド本体３２の基端部に一体に設けられている。把持部３８は、オペレータが片手で把持し易くするために、該片手の指に対応する凹凸部を有してもよい。オペレ

ータは、該把持部 38 を把持してレーザ加工ヘッド 14 を手首フランジ 28 b から取り外すことで、レーザ加工ヘッド 14 を持ち運ぶことができる。

[0016] 図 1 及び図 2 を参照して、レーザ発振器 16 は、制御装置 18 からの指令（レーザパワー指令等）に応じて内部でレーザ発振し、レーザ光 LB を生成する。レーザ発振器 16 は、ファイバレーザ発振器、パルスレーザ発振器、ダイレクトダイオードレーザ（DDL）、CO₂レーザ発振器、又は固体レーザ（YAGレーザ）発振器等、如何なるタイプのものであってもよい。レーザ発振器 16 は、生成したレーザ光 LB を、導光路 39 を介して、レーザ加工ヘッド 14 に供給する。導光路 39 は、光ファイバ、空洞、水晶等の導光材、反射鏡、又は、光学レンズ等によって、構成され得る。

[0017] 制御装置 18 は、レーザ発振器 16 を動作させてレーザ加工ヘッド 14 からレーザ光 LB を出射するレーザ出射動作 LO と、ロボット 12 を動作させて、該ロボット 12 に取り付けられたレーザ加工ヘッド 14 をワーク W に対して移動させる移動動作 MO とを制御する。

[0018] 具体的には、制御装置 18 は、図 2 に示すように、プロセッサ 40、メモリ 42、及び I/O インターフェース 44 を有するコンピュータである。プロセッサ 40 は、CPU 又は GPU 等を有し、メモリ 42 及び I/O インターフェース 44 とバス 46 を介して通信可能に接続され、これらコンポーネントと通信しつつ、後述するレーザ加工を実行するための各種演算処理を行う。メモリ 42 は、RAM 又は ROM 等を有し、プロセッサ 40 で実行される演算処理で利用される各種データ、及び演算処理の途中で生成される各種データを、一時的又は恒久的に記憶する。

[0019] I/O インターフェース 44 は、例えば、イーサネット（登録商標）ポート、USB ポート、光ファイバコネクタ、又は HDMI（登録商標）端子を有し、プロセッサ 40 からの指令の下、外部機器との間でデータを有線又は無線で通信する。ロボット 12（具体的には、各サーボモータ 30）、レーザ加工ヘッド 14（具体的には、レンズ駆動部）、及びレーザ発振器 16 は、I/O インターフェース 44 に通信可能に接続されている。

- [0020] 制御装置 18 には、入力装置 48 及び表示装置 50 がさらに設けられている。入力装置 48 は、キーボード、マウス、又はタッチパネル等を有し、オペレータからデータの入力を受け付ける。表示装置 50 は、液晶ディスプレイ又は有機 EL ディスプレイ等を有し、各種データを表示する。
- [0021] 入力装置 48 及び表示装置 50 は、I/O インターフェース 44 に、有線又は無線で通信可能に接続されている。なお、入力装置 48 及び表示装置 50 は、制御装置 18 の筐体に一体に組み込まれてもよいし、又は、例えば 1 つのコンピュータ（PC 等）として、制御装置 18 の筐体とは別体として設けられてもよい。
- [0022] レーザ加工システム 10 は、さらに、モード選択スイッチ 52、力センサ 54（図 2）、測距センサ 56、入力装置 58、及び接触検知装置 60 を備える。モード選択スイッチ 52 は、制御装置 18 が実行するレーザ加工の運転モード DM を選択するためのものである。本実施形態においては、モード選択スイッチ 52 は、制御装置 18 に一体に設けられている。
- [0023] より具体的には、図 4 に示すように、モード選択スイッチ 52 は、運転モード DM を、「A U T O」として表される自動運転モード DM1 と、「M A N U A L」として表される手動運転モード DM2 との間で切り替え可能に構成されている。自動運転モード DM1 は、制御装置 18 のプロセッサ 40 が、予め作成された加工プログラム PP に従って、レーザ出射動作 LO 及び移動動作 MO を自動で実行する運転モード DM である。
- [0024] 具体的には、プロセッサ 40 は、後述する自動運転開始指令 CM1 を受け付けると、加工プログラム PP に従ってレーザ発振器 16 への指令を順次生成し、該指令に従ってレーザ発振器 16 を動作させて、レーザ加工ヘッド 14 からレーザ光 LB を出射するレーザ出射動作 LO を自動で実行する。
- [0025] レーザ出射動作 LO とともに、プロセッサ 40 は、加工プログラム PP に従ってロボット 12（具体的には、各サーボモータ 30）への指令（位置指令、速度指令、トルク指令等）を順次生成し、該指令に従ってロボット 12 を動作させて、レーザ加工ヘッド 14 をワーク W に対して移動させる移動動

作MOを自動で実行する。

- [0026] この加工プログラムPPは、オペレータによって作成され、メモリ42に予め格納される。なお、加工プログラムPPは、レーザ発振器16の動作を規定する第1の加工プログラムPP_Aと、ロボット12の動作を規定する第2の加工プログラムPP_Bとを有してもよい。
- [0027] 一方、手動運転モードDM2は、オペレータがレーザ加工ヘッド14を手で把持して持ち運び、制御装置18にレーザ出射動作LOを手動で実行させて、レーザ加工ヘッド14から出射されるレーザ光LBでワークWを手動でレーザ加工する運転モードDMである。この手動運転モードDM2においては、オペレータは、後述する手動レーザ出射指令CM2を制御装置18に手動で与え、該制御装置18のプロセッサ40は、該手動レーザ出射指令CM2に応じて、レーザ出射動作LOを実行する。
- [0028] オペレータは、モード選択スイッチ52を操作することによって、運転モードDMを、自動運転モードDM1と手動運転モードDM2との間で切り替えることができる。なお、図4は、モード選択スイッチ52によって自動運転モードDM1（「AUTO」）が選択されている状態を示している。
- [0029] モード選択スイッチ52によって自動運転モードDM1が選択されると、モード選択スイッチ52は、自動運転モード移行指令CM3を制御装置18へ供給する。一方、モード選択スイッチ52によって手動運転モードDM2が選択されると、モード選択スイッチ52は、手動運転モード移行指令CM4を制御装置18へ供給する。なお、自動運転モード移行指令CM3及び手動運転モード移行指令CM4は、ON/OFF信号（例えば、自動運転モード移行指令CM3：ON信号又は「1」信号、手動運転モード移行指令CM4：OFF信号又は「0」信号）であってもよい。
- [0030] 力センサ54（図2）は、ロボット12に設けられ、該ロボット12に加えられた外力Fを検出する。一例として、力センサ54は、ロボット12の各サーボモータ30に設けられ、該サーボモータ30の出力シャフトに掛かるトルクをそれぞれ検出する複数のトルクセンサ54Aを有する。

[0031] 他の例として、力センサ54は、ロボット12のコンポーネント（例えば、ロボットベース20、又は手首部28）に設けられ、6軸方向の力を検出可能な6軸力覚センサ54Bを有する。制御装置18のプロセッサ40は、力センサ54の検出データDFに基づいて、ロボット12に加えられた外力Fの大きさ及び方向を求めることができるとともに、該外力Fが加えられたロボット12の部位（例えば、手首部28）を特定できるようになっている。

[0032] 測距センサ56は、レーザ加工ヘッド14（例えば、出射口34a）とワークWとの距離dを測定する。具体的には、測距センサ56は、例えば、静電容量型、赤外線型、レーザ型、又は音波型（例えば、超音波型）の測距センサである。例えば、静電容量型の場合、測距センサ56は、レーザ加工ヘッド14に最も近い位置に在る対象物との距離を測定するように、ヘッド本体32（又はノズル34）に設けられる。

[0033] 一方、赤外線型、レーザ型、又は音波型の場合、測距センサ62は、対象物との距離dを測定する測定方向D（換言すれば、赤外線、レーザ又は音波の放射方向）が光軸Aと平行となるように、レーザ加工ヘッド14のヘッド本体32（又はノズル34）に取り付けられている。すなわち、この場合、測距センサ56は、レーザ加工ヘッド14（出射口34a）とワークWとの間の、光軸Aの方向の距離dを測定する。

[0034] 入力装置58は、制御装置18のプロセッサ40にレーザ出射動作LOを実行させるための手動レーザ出射指令CM2の入力操作を受け付ける。具体的には、入力装置58は、オペレータが手で入力操作可能な押しボタン、スイッチ、又はタッチパネル等を有し、レーザ加工ヘッド14（例えば、ヘッド本体32又は把持部38）に設けられている。入力装置58は、オペレータによる入力操作を受け付けると、手動レーザ出射指令CM2を制御装置18へ供給する。なお、手動レーザ出射指令CM2は、ON信号（又は、「1」信号）であってもよい。

[0035] 制御装置18のプロセッサ40は、手動運転モードDM2を実行中に手動

レーザ出射指令CM2を受け付けると、該手動レーザ出射指令CM2に応じて、レーザ出射動作LOを実行する。こうして、オペレータは、手動運転モードDM1として、レーザ加工ヘッド14を手で持ち運びつつ、該レーザ加工ヘッド14の出射口34aから出射されるレーザ光LBによって、ワークWを手動でレーザ加工することができる。なお、本実施形態においては、入力装置58は、オペレータが把持部38を把持した片手で入力操作可能となるように、該把持部38に隣接して、レーザ加工ヘッド14に設けられている。

[0036] 接触検知装置60は、レーザ加工ヘッド14とワークWとが接触しているか、又は非接触となっているかを検知する。具体的には、接触検知装置60は、導電ケーブル60a、及び抵抗センサ60b（図2、図5）を有する。導電ケーブル60aは、その一端が、レーザ加工ヘッド14のヘッド本体32に電氣的に接続され、その他端が、ワークWに電氣的に接続され、これにより、レーザ加工ヘッド14とワークWとを電氣的に接続する。

[0037] ここで、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド14のヘッド本体32及びノズル34は、少なくとも一部が導電材（例えば、金属）から構成されている。また、ワークWは、金属（例えば、鉄又は銅）から構成されている。したがって、仮に、レーザ加工ヘッド14のノズル34の先端がワークWと接触したとき、図5に示すように、ワークW、レーザ加工ヘッド14のヘッド本体32及びノズル34、並びに、導電ケーブル60aによって、閉回路62が形成されることになる。

[0038] 抵抗センサ60bは、この閉回路62に電圧を印加することで、該閉回路62の抵抗Rを測定する。図5に示すようにレーザ加工ヘッド14とワークWとが接触している場合、抵抗センサ60bが測定する抵抗Rは、極小さな値 R_0 （ $R_0 \div 0$ ）となる。一方、レーザ加工ヘッド14とワークWとが非接触となった（つまり、ノズル34の先端がワークWから離隔した）場合、抵抗センサ60bが測定する抵抗Rは、極大きな値 R_1 （ $R_1 \div \infty \gg R_0$ ）となる。

- [0039] 接触検知装置 60 は、抵抗センサ 60b が測定する抵抗 R に基づいて、レーザ加工ヘッド 14 とワーク W とが接触しているか、又は非接触となっているかを検知することができるようになっている。抵抗センサ 60b は、測定した抵抗 R の測定データ、又は、レーザ加工ヘッド 14 とワーク W との接触又は非接触を示す接触判定データを、検知データ DD として、制御装置 18 に供給する。
- [0040] 制御装置 18 のプロセッサ 40 は、抵抗センサ 60b の検知データ DD から、レーザ加工ヘッド 14 とワーク W との接触又は非接触を判定できる。なお、抵抗センサ 60b は、ヘッド本体 32 に内蔵されてもよい。なお、力センサ 54、測距センサ 56、入力装置 58、及び接触検知装置 60（抵抗センサ 60b）は、制御装置 18 の I/O インターフェース 44 に、無線又は有線で通信可能に接続されてもよい。
- [0041] 次に、図 6 を参照して、レーザ加工システム 10 の動作について説明する。制御装置 18 のプロセッサ 40 は、例えば、オペレータ、上位コントローラ、又は動作プログラム OP から動作開始指令（例えば、電源 ON 指令）を受け付けたときに、図 6 のフローを開始する。
- [0042] ステップ S1 において、プロセッサ 40 は、モード選択スイッチ 52 によって自動運転モード DM1 が選択されたか否かを判定する。具体的には、プロセッサ 40 は、モード選択スイッチ 52 から自動運転モード移行指令 CM3 を受け付けたか、又は手動運転モード移行指令 CM4 を受け付けたかを判定する。プロセッサ 40 は、自動運転モード移行指令 CM3 を受け付けた場合は YES と判定し、ステップ S2 へ進む一方、手動運転モード移行指令 CM4 を受け付けた場合は NO と判定し、ステップ S3 へ進む。
- [0043] ステップ S2 において、プロセッサ 40 は、動作モード DM を自動運転モード DM1 へ移行し、自動運転モード DM1 のフローを実行する。自動運転モード DM1 への移行後、プロセッサ 40 は、自動運転開始指令 CM1 を受け付け可能な状態となる一方、入力装置 58 から供給される手動レーザ出射指令 CM2 を拒絶する。以下、図 7 を参照して、ステップ S2 の自動運転モ

ードDM1のフローについて説明する。

- [0044] ステップS11において、プロセッサ40は、自動運転モードDM1での自動運転を開始するための自動運転開始指令CM1を受け付けたか否かを判定する。具体的には、プロセッサ40は、自動運転を開始するためのボタン画像が表示された自動運転開始画像IM1（図示せず）を生成し、表示装置50に表示する。
- [0045] オペレータは、制御装置18の入力装置48を操作して、自動運転開始画像IM1に表示されたボタン画像を画像上でクリックすることで、自動運転開始指令CM1をプロセッサ40に与えるための入力を行うことができる。プロセッサ40は、自動運転開始指令CM1を受け付けたときはYESと判定し、ステップS14へ進む一方、NOと判定したときはステップS12へ進む。
- [0046] ステップS12において、プロセッサ40は、例えば、オペレータ、上位コントローラ、又は動作プログラムOPから動作終了指令（例えば、シャットダウン指令）を受け付けたか否かを判定する。プロセッサ40は、動作終了指令を受け付けたときはYESと判定し、図7に示すステップS2のフローを終了し、以って、図6に示すフローを終了する。一方、プロセッサ40は、NOと判定した場合、ステップS13へ進む。
- [0047] ステップS13において、プロセッサ40は、モード選択スイッチ52によって依然として自動運転モードDM1が選択されているか否かを判定する。プロセッサ40は、YESと判定した場合はステップS11へ戻る一方、NOと判定した（つまり、モード選択スイッチ52が操作されて手動運転モードDM2に切り替えられた）場合は、図6中のステップS3へ進む。
- [0048] 一方、ステップS11でYESと判定した場合、ステップS14において、プロセッサ40は、ロボット12に加えられた外力Fを取得する動作と、レーザ加工ヘッド14とワークWとの距離dを取得する動作とを、それぞれ開始する。具体的には、プロセッサ40は、力センサ54から検出データDFを連続的（例えば、周期的）に取得し、該検出データDFに基づいて、ロ

ボット 12 に加えられた外力 F を連続的に求める。また、プロセッサ 40 は、測距センサ 56 が測定したレーザ加工ヘッド 14 とワーク W との距離 d を連続的（例えば、周期的）に取得する。こうして、プロセッサ 40 は、このステップ $S14$ の開始後、外力 F 及び距離 d を監視する。

[0049] ステップ $S15$ において、プロセッサ 40 は、上述のステップ $S13$ と同様に、モード選択スイッチ 52 によって依然として自動運転モード $DM1$ が選択されているか否かを判定する。プロセッサ 40 は、YES と判定した場合はステップ $S16$ へ進む一方、NO と判定した場合は、ステップ $S25$ へ進む。

[0050] ステップ $S16$ において、プロセッサ 40 は、直近に取得したレーザ加工ヘッド 14 とワーク W との距離 d が、予め定めた範囲 RG 内であるか否かを判定する。例えば、この範囲 RG は、 $d \leq d_{th}$ （例えば、 $d_{th} = 3$ [mm]）の範囲として定められてもよいし、又は、 $[d_{th1}, d_{th2}]$ （例えば、 $d_{th1} = 0.1$ [mm]、 $d_{th2} = 3$ [mm]）の範囲（つまり、 $d_{th1} \leq d \leq d_{th2}$ ）として定められてもよい。プロセッサ 40 は、距離 d が範囲 RG 内に在る場合は YES と判定し、ステップ $S17$ へ進む一方、距離 d が範囲 RG 外である場合は NO と判定し、ステップ $S23$ へ進む。

[0051] ステップ $S17$ において、プロセッサ 40 は、自動運転を開始する。具体的には、プロセッサ 40 は、メモリ 42 から加工プログラム PP を読み出して実行し、該加工プログラム PP に従って、レーザ発振器 16 への指令と、ロボット 12 への指令とを順次生成する。こうして、プロセッサ 40 は、加工プログラム PP に従ってレーザ出射動作 LO 及び移動動作 MO を自動で実行する自動運転を開始する。

[0052] このように、本実施形態においては、プロセッサ 40 は、モード選択スイッチ 52 によって自動運転モード $DM1$ が選択され（ステップ $S15$ で YES と判定され）、且つ、測距センサ 56 が測定した距離 d が範囲 RG 内である（ステップ $S16$ で YES と判定された）という条件を満たした場合に、自動運転モード $DM1$ としてレーザ出射動作 LO 及び移動動作 MO を実行す

る。

[0053] ステップS 1 8において、プロセッサ4 0は、上述のステップS 1 3と同様に、モード選択スイッチ5 2によって依然として自動運転モードDM 1が選択されているか否かを判定する。プロセッサ4 0は、YESと判定した場合はステップS 1 9へ進む一方、NOと判定した場合は、ステップS 2 4へ進む。

[0054] ステップS 1 9において、プロセッサ4 0は、上述のステップS 1 6と同様に、直近に取得したレーザ加工ヘッド1 4とワークWとの距離dが範囲RG内であるか否かを判定する。プロセッサ4 0は、YESと判定した場合はステップS 2 0へ進む一方、NOと判定した場合は、ステップS 2 2へ進む。

[0055] ステップS 2 0において、プロセッサ4 0は、直近に取得した外力Fが、予め定めた閾値 F_{th1} を超えた($F > F_{th1}$)か否かを判定する。プロセッサ4 0は、 $F > F_{th1}$ である場合はYESと判定し、ステップS 2 2へ進む一方、 $F \leq F_{th1}$ である場合はNOと判定し、ステップS 2 1へ進む。

[0056] なお、プロセッサ4 0は、力センサ5 4の検出データDFに基づいて、ロボット1 2の特定の部位（例えば、上腕部2 6、又は手首部2 8）に加えられた外力F 1を監視し、このステップS 2 0において、該外力F 1が閾値 F_{1th1} を超えた($F 1 > F_{1th1}$)場合に、YESと判定してもよい。

[0057] ステップS 2 1において、プロセッサ4 0は、自動運転が終了したか否かを判定する。例えば、プロセッサ4 0は、実行中の加工プログラムPPから、該加工プログラムPPに規定されているレーザ出射動作LO及び移動動作MOのための命令コードを全て実行したか否かを判定できる。

[0058] プロセッサ4 0は、YESと判定した場合はステップS 1 2へ戻る一方、NOと判定した場合はステップS 1 8へ戻る。こうして、プロセッサ4 0は、ステップS 1 8又はS 1 9でNOと判定するか、若しくは、ステップS 2 0又はS 2 1でYESと判定するまで、ステップS 1 8～S 2 1のループを繰り返し実行し、自動運転モードDM 1としてレーザ出射動作LO及び移動

動作MOを継続して実行する。

[0059] 一方、ステップS 1 9でNOと判定するか、又は、ステップS 2 0でYESと判定した場合、ステップS 2 2において、プロセッサ4 0は、自動運転モードDM 1でのレーザ出射動作LO及び移動動作MOの少なくとも一方を停止する。一例として、プロセッサ4 0は、このステップS 2 2において、レーザ出射動作LO及び移動動作MOの双方を停止する。

[0060] 具体的には、プロセッサ4 0は、ロボット1 2の各サーボモータ3 0への指令（トルク指令等）を停止することで該サーボモータ3 0の動作を停止し、以って、移動動作MOを停止する。代替的には、各サーボモータ3 0の出力シャフトを制動するブレーキ機構が設けられている場合において、プロセッサ4 0は、各ブレーキ機構を作動することで各サーボモータ3 0の動作を強制的に停止させ、以って、移動動作MOを停止してもよい。

[0061] また、プロセッサ4 0は、レーザ発振器1 6のレーザ光生成動作を停止させることで、レーザ出射動作LOを停止する。代替的には、レーザ発振器1 6に、レーザ光LBの光路を自動で開閉するシャッタ（図示せず）が設けられている場合において、プロセッサ4 0は、該シャッタによってレーザ光LBを遮蔽することで、レーザ出射動作LOを停止してもよい。

[0062] 他の例として、プロセッサ4 0は、ステップS 1 9でNOと判定した後のステップS 2 2では、レーザ出射動作LOを停止する一方で移動動作MOを継続し、ステップS 2 0でYESと判定した後のステップS 2 2では、レーザ出射動作LO及び移動動作MOの双方を停止してもよい。

[0063] このように、本実施形態においては、ロボット1 2は、力センサ5 4が検出した外力Fに応じて移動動作MOを緊急停止可能な協働ロボットである。このように緊急停止可能な協働ロボットの場合、ステップS 1 9でNOと判定したとしても、レーザ出射動作LOだけを停止させれば、オペレータの安全を確保でき得る。

[0064] ステップS 2 3において、プロセッサ4 0は、警告信号ALを生成する。例えば、ステップS 1 6又はS 1 9でNOと判定した後のステップS 2 3に

において、プロセッサ40は、「レーザ加工ヘッドに対してワークが適切な位置に設置されていない可能性があります。ワークの設置状態を確認してください。」という画像又は音声の警告信号AL1を生成する。

[0065] 一方、ステップS20でYESと判定した後のステップS23において、プロセッサ40は、例えば、「ロボットが環境物と干渉した可能性があります。ロボットの周囲を確認してください。」という画像又は音声の警告信号AL2を生成する。プロセッサ40は、生成した警告信号AL1又はAL2を、表示装置50に画像として表示するか、又は、制御装置18に設けられたスピーカ（図示せず）から音声として出力してもよい。ステップS23の後、プロセッサ40は、ステップS12へ戻る。

[0066] 一方、ステップS18でNOと判定した場合、ステップS24において、プロセッサ40は、上述のステップS22と同様に、レーザ出射動作LO及び移動動作MOの少なくとも一方を停止する。例えば、プロセッサ40は、このステップS24において、レーザ出射動作LO及び移動動作MOの双方を停止する。

[0067] ステップS25において、プロセッサ40は、警告信号ALを生成する。例えば、プロセッサ40は、「運転モードが変更されたため自動運転を実行できません。」という画像又は音声の警告信号AL3を生成する。プロセッサ40は、生成した警告信号AL3を、表示装置50に画像として表示するか、又はスピーカから音声として出力してもよい。ステップS25の後、プロセッサ40は、図6中のステップS3へ進む。

[0068] 再度、図6を参照して、ステップS1でNOと判定した場合（若しくは、図7中のステップS13でNOと判定した場合、又は、ステップS25の後）、プロセッサ40は、ステップS3において、動作モードDMを手動運転モードDM2へ移行し、手動運転モードDM2のフローを実行する。

[0069] 手動運転モードDM2への移行後、プロセッサ40は、入力装置58から供給される手動レーザ出射指令CM2を受け付け可能な状態となる一方、自動運転開始指令CM1を拒絶する。以下、図8を参照して、ステップS3の

手動運転モードDM2のフローについて説明する。

- [0070] ステップS31において、プロセッサ40は、接触検知装置60によってレーザ加工ヘッド14とワークWとの接触又は非接触を検知する動作を開始する。具体的には、プロセッサ40は、抵抗センサ60bに抵抗Rを測定させ、該抵抗センサ60bから検知データDDを連続的（例えば、周期的）に取得する動作を開始する。
- [0071] ステップS32において、プロセッサ40は、入力装置58から手動レーザ出射指令CM2を受け付けたか否かを判定する。プロセッサ40は、入力装置58から手動レーザ出射指令CM2を受け付けた場合はYESと判定し、ステップS33へ進む一方、NOと判定した場合は、手動運転モードDM2でのレーザ出射動作LOを実行せずに、ステップS41へ進む。仮に、このステップS32の開始時点で、後述のステップS35のレーザ出射動作LOを実行しており、且つ、このステップS32でNOと判定した場合、プロセッサ40は、該レーザ出射動作LOを停止する。
- [0072] ステップS33において、プロセッサ40は、上述のステップS1と同様に、モード選択スイッチ52によって自動運転モードDM1が選択されたか否かを判定する。プロセッサ40は、YESと判定した場合（つまり、モード選択スイッチ52が自動運転モードDM1に切り替えられた場合）は、ステップS37へ進む。一方、プロセッサ40は、NOと判定した場合（つまり、モード選択スイッチ52によって手動運転モードDM2が依然として選択されている場合）は、ステップS34へ進む。
- [0073] ステップS34において、プロセッサ40は、レーザ加工ヘッド14とワークWとが接触しているか否かを判定する。具体的には、プロセッサ40は、直近に抵抗センサ60bから取得した検知データDDに基づいて、接触検知装置60がレーザ加工ヘッド14とワークWとの接触を検知しているか、又は非接触を検知しているかを判定する。プロセッサ40は、レーザ加工ヘッド14とワークWとの接触が検知されている場合はYESと判定し、ステップS35へ進む一方、レーザ加工ヘッド14とワークWとの非接触が検知

された場合はNOと判定し、ステップS39へ進む。

- [0074] ステップS35において、プロセッサ40は、入力装置58を通して受け付けた手動レーザ出射指令CM2に応じて、手動運転モードDM2としてレーザ出射動作LOを実行する。ここで、本実施形態においては、手動運転モードDM2でのワークWの加工条件C_pと、該手動運転モードDM2のレーザ出射動作LOで出射されるレーザ光LBの出力条件C_oとを互いに関連付けて格納したデータテーブルDTが、メモリ42に予め格納される。
- [0075] 加工条件C_pは、例えば、ワークWの材質（SUS、アルミ等）、厚さ[m]、及び融点[℃]を含む。一方、出力条件C_oは、例えば、レーザ光LBのレーザパワー[kW]、デューティ比[%]、及びパルス発振周波数[Hz]を含む。データテーブルDTは、複数の加工条件C_p（材質、厚さ、融点）毎に、出力条件C_o（レーザパワー、デューティ比、パルス発振周波数）を関連付けて格納している。
- [0076] プロセッサ40は、データテーブルDTに基づいて、手動運転モードDM2での出力条件C_oを予め設定する。一例として、オペレータは、加工対象とするワークWの加工条件C_p（例えば、材質及び厚さ）に対応する出力条件C_oを、データテーブルDTの中から手動で選択してもよい。この場合において、プロセッサ40は、データテーブルDTの画像を生成し、表示装置50に表示してもよい。
- [0077] オペレータは、データテーブルDTの画像を視認しつつ、制御装置18の入力装置48を操作して、加工対象とするワークWの加工条件C_pに対応する出力条件C_oを、データテーブルDTから検索して選択する。プロセッサ40は、入力装置48を通してオペレータの入力を受け付けて、データテーブルDTから選択された出力条件C_oを、手動運転モードDM2での出力条件として設定する。
- [0078] 他の例として、オペレータは、入力装置48を操作して、加工対象とするワークWの加工条件C_pを入力してもよい。この場合、プロセッサ40は、入力装置48を通してオペレータによって入力された加工条件C_pに対応する出

力条件C₀を、データテーブルD Tから自動で検索し、検索した出力条件C₀を、手動運転モードDM 2での出力条件として設定する。こうして、プロセッサ4 0は、データテーブルD Tに基づいて、手動運転モードDM 2での出力条件C₀を予め設定する。

[0079] プロセッサ4 0は、このステップS 3 5において、手動レーザ出射指令CM 2に応じて、予め設定した出力条件C₀に従ってレーザ発振器1 6への指令を生成し、出力条件C₀に規定されたレーザパワー、デューティ比、及びパルス発振周波数を有するレーザ光LBを生成するように、レーザ出射動作LOを実行する。その結果、オペレータは、片手で把持したレーザ加工ヘッド1 4から、所望の出力条件C₀のレーザ光LBを出射して、ワークを手動でレーザ加工することができる。

[0080] ステップS 3 6において、プロセッサ4 0は、上述のステップS 1 2と同様に、動作終了指令を受け付けたか否かを判定する。プロセッサ4 0は、YESと判定した場合は、図8に示すステップS 3のフローを終了し、以って、図6に示すフローを終了する。一方、プロセッサ4 0は、NOと判定した場合、ステップS 3 2へ戻る。

[0081] こうして、プロセッサ4 0は、ステップS 3 2でYESと判定している間（つまり、入力装置5 8から手動レーザ出射指令CM 2を受信している間）、ステップS 3 3又はS 3 6でYESと判定するか、若しくは、ステップS 3 4でNOと判定するまで、ステップS 3 2～S 3 6のループを繰り返し実行し、手動運転モードDM 2としてレーザ出射動作LOを継続して実行する。これにより、オペレータは、手に把持したレーザ加工ヘッド1 4によってワークWを手動でレーザ加工できる。

[0082] 一方、ステップS 3 3でYESと判定した場合、ステップS 3 7において、手動運転モードDM 2でのレーザ出射動作LOを停止する。例えば、プロセッサ4 0は、レーザ発振器1 6のレーザ光生成動作を停止させるか、又は、上述のシャッタによってレーザ光LBを遮蔽することで、レーザ出射動作LOを停止する。

- [0083] ステップS 3 8において、プロセッサ4 0は、警告信号A Lを生成する。例えば、プロセッサ4 0は、「運転モードが変更されたため手動運転を実行できません。」という画像又は音声の警告信号A L 4を生成する。プロセッサ4 0は、生成した警告信号A L 4を、表示装置5 0に画像として表示するか、又はスピーカから音声として出力してもよい。ステップS 3 8の後、プロセッサ4 0は、図6中のステップS 2へ進む。
- [0084] 一方、ステップS 3 4でN Oと判定した場合、ステップS 3 9において、プロセッサ4 0は、上述のステップS 3 7と同様に、手動運転モードD M 2でのレーザ出射動作L Oを停止する。そして、ステップS 4 0において、プロセッサ4 0は、警告信号A Lを生成する。例えば、プロセッサ4 0は、「レーザ加工ヘッドがワークから離隔している可能性があります。レーザ加工ヘッドをワークに接触させてください。」という画像又は音声の警告信号A L 5を生成し、表示装置5 0に表示するか、又はスピーカから出力してもよい。ステップS 4 0の後、プロセッサ4 0は、ステップS 3 2へ戻る。
- [0085] 一方、ステップS 3 2でN Oと判定した場合、ステップS 4 1において、プロセッサ4 0は、上述のステップS 3 3と同様に、モード選択スイッチ5 2によって自動運転モードD M 1が選択されたか否かを判定する。プロセッサ4 0は、Y E Sと判定した場合は、図6中のステップS 2へ進む一方、N Oと判定した場合は、ステップS 3 6へ進む。
- [0086] 以上のように、本実施形態においては、制御装置1 8（具体的には、プロセッサ4 0）は、モード選択スイッチ5 2によって、運転モードD Mとして、加工プログラムP Pに従ってレーザ出射動作L O及び移動動作M Oを自動で実行する自動運転モードD M 1が選択され（ステップS 1 5又はS 1 8でY E Sと判定し）、且つ、測距センサ5 6が測定した距離dが予め定めた範囲R G内である（ステップS 1 6又はS 1 9でY E Sと判定した）場合に、該自動運転モードD M 1としてレーザ出射動作L O及び移動動作M Oを実行する。
- [0087] すなわち、本実施形態において、制御装置1 8に自動運転モードD M 1で

のレーザ出射動作L O及び移動動作M Oの自動運転を実行させるためには、オペレータは、モード選択スイッチ5 2を手動で操作して自動運転モードD M 1を選択し、且つ、ワークWをレーザ加工ヘッド1 4に対し、距離dが範囲R G内となる適切位置に設置するという、2つの条件を満たす必要がある。

[0088] この構成によれば、自動運転モードD M 1のレーザ出射動作L Oが意図せず実行されること、及び、該レーザ出射動作L Oでレーザ加工ヘッド1 4からレーザ光L Bが、ワークW以外の意図しない方向（例えば、オペレータの方向）へ出射されることを、確実に回避できる。したがって、レーザ加工システム1 0の自動運転を安全に実行することができる。

[0089] また、本実施形態においては、入力装置5 8は、制御装置1 8にレーザ出射動作L Oを実行させるための手動レーザ出射指令C M 2の入力操作を受け付ける。また、接触検知装置6 0は、レーザ加工ヘッド1 4とワークWとの接触又は非接触を検知する。また、モード選択スイッチ5 2は、運転モードD M 1を、自動運転モードD M 1と手動運転モードD M 2との間で切り替え可能に構成されている。

[0090] そして、制御装置1 8は、モード選択スイッチ5 2によって手動運転モードD M 2が選択され、且つ、接触検知装置6 0がレーザ加工ヘッド1 4とワークWとの接触を検知しているときに、入力装置5 8を通して受け付けた手動レーザ出射指令C M 2に応じて、該手動運転モードD M 2としてレーザ出射動作L Oを実行する。

[0091] すなわち、本実施形態においては、制御装置1 8に手動運転モードD M 2でのレーザ出射動作L Oを実行させるためには、オペレータは、モード選択スイッチ5 2を手動で操作して手動運転モードD M 2を選択し、且つ、レーザ加工ヘッド1 4をワークWに接触させるという、2つの条件を満たす必要がある。

[0092] この構成によれば、手動運転モードD M 2のレーザ出射動作L Oが意図せず実行されること、及び、該レーザ出射動作L Oでレーザ加工ヘッド1 4か

らレーザ光L BがワークW以外の方向（例えば、オペレータの方向）へ出射されることを、確実に回避できる。したがって、オペレータは、手動でのレーザ加工を安全に実行することができる。

[0093] また、本実施形態においては、接触検知装置60は、レーザ加工ヘッド14とワークWとを電氣的に接続する導電ケーブル60aと、ワークW、該ワークWに接触するレーザ加工ヘッド14、及び導電ケーブル60aによって形成される閉回路62の抵抗Rを測定する抵抗センサ60bとを有する。

[0094] これにより、接触検知装置60は、抵抗センサ60bが測定する抵抗Rに基づいて、レーザ加工ヘッド14とワークWとの接触又は非接触を検知するように構成されている。この構成によれば、レーザ加工ヘッド14とワークWとの接触又は非接触を、比較的簡単な構成で、迅速且つ確実に検知できる。

[0095] また、本実施形態においては、制御装置18は、手動運転モードDM2でレーザ出射動作LOを実行しているときに、モード選択スイッチ52が操作されて手動運転モードDM2が非選択となるか（ステップS33でYESと判定するか）、又は、接触検知装置60が非接触を検知した（ステップS34でNOと判定した）場合、該レーザ出射動作LOを停止する。

[0096] この構成によれば、手動運転モードDM2でレーザ出射動作LOを実行しているときに、意図せずにモード選択スイッチ52が別の運転モードDM（具体的には、自動運転モードDM1）に切り替えられた場合に、レーザ加工ヘッド14からのレーザ光L Bが、意図しない方向（例えば、オペレータの方向）へ出射されるのを防止できる。

[0097] また、手動運転モードDM2でレーザ出射動作LOを実行しているときに、レーザ加工ヘッド14がワークWから離隔して、該レーザ加工ヘッド14からのレーザ光L Bが、意図しない方向へ出射されるのも防止できる。これにより、手動運転モードDM1でのオペレータの安全を、より確実に確保できる。

[0098] また、本実施形態においては、レーザ加工ヘッド14は、オペレータが片

手で把持可能な把持部 38 を有し、入力装置 58 は、把持部 38 を把持した該片手で入力操作可能となるように、把持部 38 に隣接して、レーザ加工ヘッド 14 に設けられている。この構成によれば、オペレータは、片手で把持部 38 を把持してレーザ加工ヘッド 14 をロボット 12 から取り外し、該片手で入力装置 58 を操作することで、手動運転モード DM1 でのレーザ出射動作 LO を容易に実行できる。

[0099] また、本実施形態においては、制御装置 18 は、自動運転モード DM1 を開始するための自動運転開始指令 CM1 を受け付けた（ステップ S11 で YES と判定した）ときに、モード選択スイッチ 52 によって自動運転モード DM1 が非選択となっているか（ステップ S15 で NO と判定するか）、又は、測距センサ 56 が測定した距離 d が範囲 RG 外となっている（ステップ S16 で NO と判定した）場合は、自動運転モード DM1 としてレーザ出射動作 LO 及び移動動作 MO の少なくとも一方（例えば、双方）を開始しない。この構成によれば、自動運転を開始するときのオペレータの安全を、確実に確保できる。

[0100] なお、プロセッサ 40 は、自動運転開始指令 CM1 を受け付けたとき、モード選択スイッチ 52 によって自動運転モード DM1 が非選択となっているか、又は距離 d が範囲 RG 外となっている場合でも、自動運転モード DM1 としてレーザ出射動作 LO 又は移動動作 MO を開始してもよい。

[0101] 具体的には、ロボット 12 が上述のように緊急停止可能な協働ロボットである場合、モード選択スイッチ 52 によって自動運転モード DM1 が非選択となっているか、又は距離 d が範囲 RG 外となっている場合でも、自動運転モード DM1 として移動動作 MO を開始したとしても、オペレータの安全を確保でき得る。代替的には、仮に、オペレータが、ロボット 12 の動作範囲を取り囲むように作業セルに設置された安全柵（図示せず）の外側に居る場合は、自動運転モード DM1 としてレーザ出射動作 LO を開始したとしても、オペレータの安全を確保でき得る。

[0102] また、本実施形態においては、制御装置 18 は、自動運転モード DM1 と

してレーザ出射動作L O及び移動動作M Oを実行しているときに、モード選択スイッチ5 2が操作されて自動運転モードDM 1が非選択となるか（ステップS 1 8でN Oと判定し）、又は、測距センサ5 6が測定した距離dが範囲R G外となった（ステップS 1 9でN Oと判定した）場合は、レーザ出射動作L O及び移動動作M Oのうちの少なくとも一方を停止する（ステップS 2 2、S 2 4）。この構成によれば、自動運転中のオペレータの安全を、確実に確保できる。

[0103] なお、レーザ加工システム1 0から、入力装置5 8及び接触検知装置6 0を省略してもよい。また、運転モードDMとして、自動運転モードDM 1のみが設定され、モード選択スイッチ5 2は、自動運転モードDM 1と、いずれの運転モードDMも選択しないO F Fモードとを選択可能に構成されてもよい。この場合、プロセッサ4 0は、ステップS 2の自動運転モードDM 1のフローのみを実行してもよい。

[0104] また、ステップS 2のフローから、ステップS 1 5及びS 1 6を省略してもよい。代替的には、ステップS 2のフローから、ステップS 1 8及びS 1 9を省略してもよい。なお、接触検知装置6 0は、導電ケーブル6 0 aと抵抗センサ6 0 bとを有する形態に限らず、例えば、レーザ加工ヘッド1 4とワークWとの接触を検知可能な近接センサ等、如何なるセンサを有してもよい。

[0105] なお、プロセッサ4 0は、手動運転モードDM 2の実行中に、オペレータによる手動のレーザ加工を補助するための協働動作をロボット1 2に実行させる協働動作プログラムC O Pを実行してもよい。この協働動作プログラムC O Pは、例えば、オペレータが手動でレーザ加工を実行している間に、ワークWを保持して移動（例えば、回転）させるか、又は、ワークWを治具にローディングする協働動作をロボット1 2に実行させるように構成されてもよい。

[0106] この場合において、ロボット1 2の手首部2 8に、レーザ加工ヘッド1 4に加えて（又は、代わりに）、ワークWを保持可能なロボットハンドが取り

付けられてもよい。この構成によれば、オペレータは、手動のレーザ加工を、ロボット12と協働して効果的に実行することができる。

[0107] 次に、図9を参照して、レーザ加工システム10の他の機能について説明する。本実施形態においては、制御装置18は、計時部64をさらに有する。計時部64は、プロセッサ40とバス46を介して通信可能に接続され、該プロセッサ40からの指令に応じて、ある時点からの経過時間 t を計時する。なお、計時部64は、制御装置18の筐体に内蔵されてもよい。代替的には、計時部64は、例えば電子時計として、制御装置18の筐体に外付けされ、I/Oインターフェース44に接続されてもよい。

[0108] 図9に示す制御装置18のプロセッサ40は、図6中のステップS3として、図10のフローを実行する。なお、図10に示すフローにおいて、図8のフローと同様のプロセスには同じステップ番号を付し、重複する説明を省略する。ここで、本実施形態においては、プロセッサ40は、接触検知装置60によってレーザ加工ヘッド14とワークWとの非接触が検知された（つまり、ステップS34でNOと判定した）時点 t_0 から、ステップS39でレーザ出射動作L0を停止するまでの待機時間 t_{th1} を、予め設定する。

[0109] 例えば、オペレータは、制御装置18の入力装置48を操作して、待機時間 t_{th1} を入力する（例えば、 $t_{th1}=0.3[s ec]$ ）。プロセッサ40は、入力された待機時間 t_{th1} をメモリ42に格納し、待機時間設定情報として登録する。こうして、プロセッサ40は、待機時間 t_{th1} を予め設定する。

[0110] 図10に示すステップS3においては、プロセッサ40は、ステップS34でNOと判定したとき、ステップS42において、経過時間 t の計時を開始する。具体的には、プロセッサ40は、計時部64を起動して、ステップS34でNOと判定した時点 t_0 からの経過時間 t の計時を開始させる。

[0111] ステップS43において、プロセッサ40は、計時部64が計時している経過時間 t が、予め設定した待機時間 t_{th1} に達した（つまり、 $t \geq t_{th1}$ ）か否かを判定する。プロセッサ40は、 $t \geq t_{th1}$ となった場合はYESと判定し、ステップS39へ進む一方、 $t < t_{th1}$ である場合はNOと判定し、ス

テップS 4 4へ進む。

[0112] ステップS 4 4において、プロセッサ4 0は、上述のステップS 3 4と同様に、接触検知装置6 0によってレーザ加工ヘッド1 4とワークWとの接触が検知されたか否かを判定する。プロセッサ4 0は、YESと判定した場合はステップS 3 2へ戻る一方、NOと判定した場合（つまり、レーザ加工ヘッド1 4とワークWとが依然として非接触である場合）は、ステップS 4 3へ戻る。

[0113] 以下、ステップS 4 2～S 4 4の技術的意義について、説明する。このステップS 4 2～S 4 4によれば、プロセッサ4 0は、ステップS 3 5の実行後、レーザ出射動作LOを継続している間（つまり、ステップS 3 2でYESと判定し続けている間）に、ステップS 3 4でNOと判定した場合、該ステップS 3 4でNOと判定した時点 t_0 から待機時間 t_{th1} が経過するまで（つまり、ステップS 4 3でYESと判定するまで）は、ステップS 3 9を実行しない（換言すれば、レーザ出射動作LOが継続される）。

[0114] そして、プロセッサ4 0は、待機時間 t_{th1} が経過するまでにステップS 4 4で継続的にNOと判定した場合（すなわち、期間 t_{th1} に亘ってレーザ加工ヘッド1 4とワークWとの非接触が継続して検知された場合）に、ステップS 3 9でレーザ出射動作LOを停止することになる。その一方で、待機時間 t_{th1} が経過するまでにステップS 4 4でYESと判定した場合は、プロセッサ4 0は、ステップS 3 9を実行せずに、レーザ出射動作LOを継続することになる。

[0115] 以上のように、本実施形態においては、制御装置1 8は、手動運転モードDM 1でレーザ出射動作LOを実行しているときに接触検知装置6 0が非接触を検知した時点 t_0 から該レーザ出射動作LOを停止するまでの待機時間 t_{th1} を設定する。そして、制御装置1 8は、時点 t_0 から待機時間 t_{th1} が経過したときに、手動運転モードDM 2でのレーザ出射動作LOを停止する。

[0116] ここで、オペレータは、手動運転モードDM 2において、レーザ加工ヘッド1 4の先端をワークWに当接させつつ、該レーザ加工ヘッド1 4を該ワー

クWに対して移動させながら、該レーザ加工ヘッド14から出射されたレーザ光LBでレーザ加工を実行する場合がある。

[0117] この場合において、例えばワークWの表面上の凹凸部によって、レーザ加工ヘッド14が、瞬時的に（例えば、0.1[s e c]だけ）、ワークWから離隔し得る。このようにレーザ加工ヘッド14がワークWから瞬時的に離隔しても、レーザ加工ヘッド14からのレーザ光LBがオペレータの方向へ出射される可能性は低く、故に、オペレータの安全を確保でき得る。

[0118] 本実施形態によれば、ステップS39でレーザ出射動作LOを停止するまでの待機時間 t_{th1} を設定することにより、上述のようなワークWからのレーザ加工ヘッド14の瞬時的な離隔が発生したとしても、レーザ出射動作LOを継続できる。その一方で、待機時間 t_{th1} が経過しても、依然として、レーザ加工ヘッド14とワークWとの非接触が検知されている場合は、即座にステップS39を実行することで、レーザ出射動作LOを停止できる。したがって、本実施形態によれば、手動運転モードDM2でのレーザ加工の作業を効率的に進めることができるとともに、オペレータの安全を確実に確保できる。

[0119] 次に、図11を参照して、図9に示す制御装置18が実行するステップS3の他のフローについて説明する。本実施形態においては、プロセッサ40は、上述の待機時間 t_{th1} に加えて、ステップS34でNOと判定した時点 t_0 から、ステップS40で警告信号ALを生成するまでの第2の待機時間 t_{th2} を、予め設定する。

[0120] 例えば、オペレータは、制御装置18の入力装置48を操作して、第2の待機時間 t_{th2} を、待機時間 t_{th1} よりも長い時間 t_{th2} （ $t_{th2} > t_{th1}$ ）として、入力する（例えば、 $t_{th2} = 0.4$ [s e c]）。プロセッサ40は、入力された第2の待機時間 t_{th2} をメモリ42に格納し、待機時間 t_{th1} とともに、待機時間設定情報として登録する。

[0121] 図11に、本実施形態に係るステップS3のフローを示す。なお、図11に示すフローにおいて、図10のフローと同様のプロセスには同じステップ

番号を付し、重複する説明を省略する。図 11 のフローにおいては、プロセッサ 40 は、ステップ S 39 でレーザ出射動作 L O を停止した後、ステップ S 45 及び S 46 をさらに実行する。

[0122] 具体的には、ステップ S 45 において、プロセッサ 40 は、計時部 64 が計時している経過時間 t が、予め設定した第 2 の待機時間 t_{th2} に達した（つまり、 $t \geq t_{th2}$ ）か否かを判定する。プロセッサ 40 は、 $t \geq t_{th2}$ となった場合は YES と判定し、ステップ S 40 へ進む一方、 $t_{th1} \leq t < t_{th2}$ である場合は NO と判定し、ステップ S 46 へ進む。

[0123] ステップ S 46 において、プロセッサ 40 は、上述のステップ S 44 と同様に、接触検知装置 60 によってレーザ加工ヘッド 14 とワーク W との接触が検知されたか否かを判定する。プロセッサ 40 は、YES と判定した場合はステップ S 32 へ戻る一方、NO と判定した場合は、ステップ S 45 へ戻る。

[0124] このように、本実施形態においては、プロセッサ 40 は、ステップ S 39 の後、さらに、期間 $t' = t_{th2} - t_{th1}$ が経過するまでは、ステップ S 40 を実行しない。この構成によれば、レーザ加工ヘッド 14 とワーク W との非接触が検知されている期間が長い場合にのみ、警告信号 AL 5 を生成し、オペレータに報知できる。これにより、警告信号 AL 5 が頻繁に発信されるのを回避できる。

[0125] 次に、図 12 を参照して、図 9 に示すレーザ加工システム 10 の動作フローのさらに他の例について、説明する。本実施形態においては、プロセッサ 40 は、上述の自動運転モード DM1 及び手動運転モード DM2 に加えて、ダイレクトティーチモード DM3 を実行する。ダイレクトティーチモード DM3 は、プロセッサ 40 が、オペレータによってロボット 12 に加えられた外力 F に従って該ロボット 12 を動作させるとともに、オペレータが入力装置 58 を通して入力した手動レーザ出射指令 CM2 に応じてレーザ出射動作 L O を実行する運転モード DM である。

[0126] 図 13 に示すように、本実施形態においては、モード選択スイッチ 52 は

、自動運転モードDM1：「AUTO」と、手動運転モードDM2：「MANUAL」と、「TEACH」として表されるダイレクトティーチモードDM3との間で切り替え可能に構成されている。モード選択スイッチ52によってダイレクトティーチモードDM3が選択されると、モード選択スイッチ52は、ダイレクトティーチモード移行指令CM5を制御装置18へ供給する。

[0127] 以下、図12を参照して、本実施形態に係るレーザ加工システム10の動作フローについて説明する。なお、図12に示すフローにおいて、図6のフローと同様のプロセスには同じステップ番号を付し、重複する説明を省略する。図12に示すフローにおいては、ステップS1でNOと判定した場合、ステップS4において、プロセッサ40は、モード選択スイッチ52によって手動運転モードDM2が選択されたか、又は、ダイレクトティーチモードDM3が選択されたか、判定する。

[0128] 具体的には、プロセッサ40は、モード選択スイッチ52から手動運転モード移行指令CM4を受け付けた場合はYESと判定し、ステップS3へ進む。一方、プロセッサ40は、モード選択スイッチ52からダイレクトティーチモード移行指令CM5を受け付けた場合はNOと判定し、ステップS5へ進む。

[0129] 図14に、図12中のステップS2のフローを示す。なお、図14に示すフローにおいて、図7のフローと同様のプロセスには同じステップ番号を付し、重複する説明を省略する。図14に示すフローにおいては、ステップS13でNOと判定したとき、ステップS26において、プロセッサ40は、上述のステップS4と同様に、モード選択スイッチ52によって手動運転モードDM2が選択されたか、又は、ダイレクトティーチモードDM3が選択されたかを判定する。

[0130] プロセッサ40は、手動運転モードDM2が選択された場合はYESと判定し、図12中のステップS3へ進む一方、ダイレクトティーチモードDM3が選択された場合はNOと判定し、図12中のステップS5へ進む。また

、プロセッサ40は、ステップS25の後、ステップS26へ進む。

[0131] 図15に、図12中のステップS3のフローを示す。なお、図15に示すフローにおいて、図11のフローと同様のプロセスには同じステップ番号を付し、重複する説明を省略する。図15に示すフローにおいては、ステップS33でNOと判定したとき、ステップS47において、プロセッサ40は、ダイレクトティーチモードDM3が選択された（つまり、ダイレクトティーチモード移行指令CM5を受け付けた）か否かを判定する。プロセッサ40は、YESと判定した場合はステップS48へ進む一方、NOと判定した場合はステップS34へ進む。

[0132] ステップS48において、プロセッサ40は、上述のステップS37と同様に、手動運転モードDM2でのレーザ出射動作LOを停止する。そして、ステップS49において、プロセッサ40は、上述のステップS38と同様に、警告信号AL4を生成した後、図12中のステップS5へ進む。

[0133] 一方、ステップS41でNOと判定したとき、ステップS50において、プロセッサ40は、上述のステップS47と同様に、ダイレクトティーチモードDM3が選択されたか否かを判定する。プロセッサ40は、YESと判定した場合は図12中のステップS5へ進む一方、NOと判定した場合はステップS36へ進む。

[0134] 再度、図12を参照して、ステップS4でNOと判定された場合（若しくは、図14中のステップS26でNOと判定された場合、図15中のステップS49の後、又は図15中のステップS50でYESと判定された場合）、プロセッサ40は、ステップS5において、動作モードDMをダイレクトティーチモードDM3へ移行し、ダイレクトティーチモードDM3のフローを実行する。

[0135] ダイレクトティーチモードDM3への移行後、プロセッサ40は、入力装置58を通した手動レーザ出射指令CM2を受け付け可能な状態となる一方、自動運転開始指令CM1を拒絶する。以下、図16を参照して、ステップS5のダイレクトティーチモードDM3のフローについて説明する。なお、

図 1 6 に示すフローにおいて、図 1 5 のフローと同様のプロセスには同じステップ番号を付し、重複する説明を省略する。

- [0136] ステップ S 5 1 において、プロセッサ 4 0 は、ロボット 1 2 に加えられた外力 F を取得する動作を開始する。具体的には、プロセッサ 4 0 は、力センサ 5 4 から検出データ $D F$ を連続的（例えば、周期的）に取得し、該検出データ $D F$ に基づいて、ロボット 1 2 に加えられた外力 F の大きさ及び方向と、該外力 F が加えられたロボット 1 2 の部位とを、連続的に求める。その後、プロセッサ 4 0 は、上述のステップ S 3 1 を実行する。
- [0137] ステップ S 3 1 の後、ステップ S 5 2 において、プロセッサ 4 0 は、直近に取得した外力 F の大きさが、予め定めた閾値 F_{th2} を超えた（ $F > F_{th2}$ ）か否かを判定する。この閾値 F_{th2} は、上述のステップ S 2 0（図 7、図 1 4）で参照する閾値 F_{th1} よりも小さい値（ $F_{th2} < F_{th1}$ ）に設定されてもよい。プロセッサ 4 0 は、 $F > F_{th2}$ である場合は YES と判定し、ステップ S 5 3 へ進む一方、 $F \leq F_{th2}$ である場合は NO と判定し、ステップ S 3 2 へ進む。
- [0138] ステップ S 5 3 において、プロセッサ 4 0 は、直近に取得した外力 F に従って、ロボット 1 2 を動作させる。具体的には、プロセッサ 4 0 は、直近に取得した外力 F が加えられたロボット 1 2 の部位（例えば、手首部 2 8）を、該外力 F の方向へ移動させるための指令（トルク指令等）を生成し、該指令に従って、ロボット 1 2 の各サーボモータ 3 0 を駆動する。その結果、ロボット 1 2 は、外力 F に従って、該外力 F が加えられた部位を、該外力 F の方向へ移動させることになる。
- [0139] 例えば、オペレータが、レーザ加工ヘッド 1 4 の把持部 3 8 を把持し、該レーザ加工ヘッド 1 4 に外力 F を加えて所望の方向 ϕ へ押したとする。このように方向 ϕ に加えられた外力 F は、レーザ加工ヘッド 1 4 からロボット 1 2 の手首フランジ 2 8 b に加えられ、力センサ 5 4 によって検出されることになる。
- [0140] この場合、プロセッサ 4 0 は、力センサ 5 4 が検出した外力 F に従ってロ

ロボット12を動作させて、該ロボット12の手首フランジ28b（つまり、レーザ加工ヘッド14）を方向 ϕ へ移動させる。こうして、オペレータは、ロボット12を手動で操作して、レーザ加工ヘッド14を所望の方向 ϕ へ、ロボット12の動作により移動させることができる。

[0141] なお、このステップS53において、プロセッサ40は、外力Fが加えられたロボット12の部位（例えば、手首フランジ28b）を、予め定めた一定の速度Vで、所定の距離 δ だけ、移動させてもよい。この速度V及び距離 δ は、ダイレクトティーチモードDM3のための所要値として、オペレータによって予め定められ得る。

[0142] ステップS53の後、プロセッサ40は、上述のステップS32及びS33を実行する。ステップS33でNOと判定したとき、ステップS54において、プロセッサ40は、手動運転モードDM2が選択された（つまり、手動運転モード移行指令CM4を受け付けた）か否かを判定する。プロセッサ40は、YESと判定した場合は、上述のステップS48及びS49を順次実行し、図12中のステップS3へ進む。

[0143] 一方、プロセッサ40は、ステップS54でNOと判定した場合、上述のステップS34～36、S42～S44、S39、S45、S46及びS40を順次実行する。プロセッサ40は、ステップS36でNOと判定した場合、ステップS44若しくはS46でYESと判定した場合、又は、ステップS40を実行した後、ステップS52へ戻る。

[0144] 一方、ステップS41でNOと判定した場合、ステップS55において、プロセッサ40は、上述のステップS54と同様に、手動運転モードDM2が選択されたか否かを判定する。プロセッサ40は、YESと判定した場合は、図12中のステップS3へ進む一方、NOと判定した場合は、ステップS36へ進む。

[0145] こうして、プロセッサ40は、図16に示すステップS5のダイレクトティーチモードDM3において、オペレータが加えた外力Fに従ってロボット12を動作させて（ステップS53）、レーザ加工ヘッド14を方向 ϕ へ移

動させつつ、オペレータが入力装置 58 を操作して入力した手動レーザ出射指令 CM2 に従ってレーザ出射動作 LO を実行する（ステップ S35）。

[0146] これにより、オペレータは、ロボット 12 を手動で操作して、該ロボット 12 の動作によってレーザ加工ヘッド 14 を所望の方向 ϕ へ移動させつつ、入力装置 58 を操作して、レーザ光 LB をレーザ加工ヘッド 14 から手動で出射させて、ワーク W をレーザ加工することができる。このとき、ロボット 12 は、上述したように一定の速度 V でレーザ加工ヘッド 14 を移動させてもよい。この構成によれば、レーザ加工の仕上がり品質を向上させることができる。

[0147] また、このダイレクトティーチモード DM3 でレーザ加工を実行している間に、レーザ加工ヘッド 14 とワーク W とが待機時間 t_{th1} に亘って非接触となった（ステップ S43 で YES と判定した）場合は、ステップ S39 でレーザ出射動作 LO を停止できる。したがって、オペレータの安全を確保することもできる。

[0148] なお、図 16 に示すフローから、ステップ S45 及び S46 を省略し、図 10 のフローと同様に構成してもよい。又は、図 16 に示すフローから、ステップ S42 ～ S46 を省略し、図 8 のフローと同様に構成してもよい。図 16 に示すフローからステップ S42 ～ S46 を省略した場合は、計時部 64 が省略された図 2 に示す制御装置 18 が、図 16 のフローを実行できる。

[0149] また、図 16 に示すステップ S5 のフローにおいて、ステップ S34 の代わりに、図 14 に示すステップ S19 を適用するとともに、ステップ S42 ～ S44、S45、S46 及び S40 を省略してもよい。この場合、図 16 のフローからステップ S31 を省略し、ステップ S51 において、プロセッサ 40 は、図 14 のステップ S14 と同様に、外力 F と距離 d とを取得する動作を開始する。そして、プロセッサ 40 は、ステップ S54 で NO と判定したとき、ステップ S19 を実行し、距離 d が範囲 RG 内であるか否かを判定する。プロセッサ 40 は、距離 d が範囲 RG 内である場合は YES と判定し、ステップ S35 へ進む。

- [0150] 一方、プロセッサ40は、距離 d が範囲RG外である場合はNOと判定し、ステップS39を実行してレーザ出射動作LOを停止した後、上述のステップS23を実行し、警告信号AL1を生成する。その後、プロセッサ40は、ステップS52へ戻る。すなわち、この場合、プロセッサ40は、ダイレクトティーチモードDM3でのレーザ出射動作LO（ステップS35）を実行中に、レーザ加工ヘッド14とワークWとの距離 d が所定の範囲RG外となった場合に、レーザ出射動作LOを停止することになる。
- [0151] なお、上述のステップS2（自動運転モードDM1のフロー）において、プロセッサ40は、ステップS17で自動運転を開始した後、レーザ加工ヘッド14とワークWとの距離 d を、予め定めた目標距離 d_0 に制御するギャップ制御GCを実行してもよい。この目標距離 d_0 は、例えば、ステップS16及びS19で参照する範囲RG内の値（例えば、 $d_{th1} < d_0 < d_{th2}$ ）として、オペレータによって定められ得る。
- [0152] このギャップ制御GCにおいて、プロセッサ40は、測距センサ56から取得した距離 d に基づいて、ロボット12の各サーボモータ30をフィードバック制御し、距離 d を目標距離 d_0 に一致させるように、ロボット12の動作によってレーザ加工ヘッド14の光軸Aの方向の位置を調整する。
- [0153] なお、プロセッサ40は、図6のフローと、図7に示すステップS2のフローと、図8、図10又は図11に示すステップS3のフローとを、動作プログラムOPに従って実行してもよい。この動作プログラムOPは、上述の加工プログラムPPとは別のプログラムとして、オペレータによって予め作成され、メモリ42に格納されてもよい。
- [0154] この場合、プロセッサ40は、動作プログラムOPに従って、図7のステップS2のフローを実行し、ステップS17を開始したときに、加工プログラムPPをメモリ42から読み出して実行することで、レーザ出射動作LO及び移動動作MOの自動運転を開始する。
- [0155] また、上述のギャップ制御GCのためのギャップ制御プログラムGPが、さらに用意されてもよい。この場合、プロセッサ40は、ステップS17を

開始したときに、加工プログラムP Pとともに、ギャップ制御プログラムG Pを並行して実行し、自動運転と並行してギャップ制御G Cを実行する。

[0156] なお、動作プログラムO Pは、図6のフローをプロセッサ40に実行させる第1の動作プログラムO P 1と、ステップS 2のフローをプロセッサ40に実行させる第2の動作プログラムO P 2と、ステップS 3のフローをプロセッサ40に実行させる第3の動作プログラムO P 3とを有してもよい。

[0157] 同様に、プロセッサ40は、図12のフローと、図14に示すステップS 2のフローと、図15に示すステップS 3のフローと、図16に示すステップS 5のフローとを、動作プログラムO Pに従って実行してもよい。この場合において、動作プログラムO Pは、図12のフローをプロセッサ40に実行させる第1の動作プログラムO P 1と、ステップS 2のフローをプロセッサ40に実行させる第2の動作プログラムO P 2と、ステップS 3のフローをプロセッサ40に実行させる第3の動作プログラムO P 3と、ステップS 5のフローをプロセッサ40に実行させる第4の動作プログラムO P 4とを有してもよい。

[0158] なお、入力装置58は、レーザ加工ヘッド14に設けられなくてもよく、例えば、レーザ加工ヘッド14とは別体として、オペレータが持ち運び可能な携帯型ボタン装置、若しくは、オペレータが足で入力操作可能なフットペダル（又はフットスイッチ）として構成されてもよい。また、測距センサ56は、レーザ加工ヘッド14に設けられなくてもよく、例えば、ワークWに隣接して設けられてもよい。

[0159] なお、レーザ加工システム10は、ステップS 3の手動運転モードDM 2においてレーザ加工ヘッド14にアシストガスA Gを出射させるためのアシストガス出射指令の入力操作を受け付ける第2の入力装置をさらに備えてもよい。オペレータが手動運転モードDM 2の実行時に第2の入力装置を操作すると、プロセッサ40は、第2の入力装置から送信されるアシストガス出射指令に応じて、アシストガス供給装置を動作させ、レーザ加工ヘッド14にアシストガスA Gを供給する。この場合において、第2の入力装置は、把

持部 38 を把持した該片手で入力操作可能となるように、把持部 38 に隣接して、レーザ加工ヘッド 14 に設けられてもよい。

[0160] なお、モード選択スイッチ 52 は、制御装置 18 に限らず、如何なるコンポーネントに設けられてもよい。例えば、モード選択スイッチ 52 は、レーザ加工ヘッド 14 に設けられてもよいし、又は、制御装置 18 とは別体として設けられた、オペレータが持ち運び可能な携帯型スイッチとして構成されてもよい。代替的には、モード選択スイッチ 52 は、制御装置 18 に通信可能に接続され、ロボット 12 及びレーザ発振器 16 に動作を教示するための教示装置（ティーチングペンダント、タブレット型端末装置等）に設けられてもよい。

[0161] なお、上述の実施形態においては、モード選択スイッチ 52 が、物理スイッチとして制御装置 18 に設けられている場合について述べた。しかしながら、モード選択スイッチ 52 は、ソフトウェアのスイッチ（又は、仮想スイッチ）として、制御装置 18 に実装されてもよい。

[0162] 例えば、制御装置 18 のプロセッサ 40 は、運転モード DM を選択するためのモード選択スイッチ画像 100 を生成し、表示装置 50 に表示する。図 17 に、モード選択スイッチ画像 100 の一例を示す。モード選択スイッチ画像 100 は、オペレータに運転モード DM を選択可能とするためのグラフィカルユーザインターフェース（GUI）であって、自動運転ボタン画像 102、及び手動運転ボタン画像 104 を含む。

[0163] 「A U T O」として表される自動運転ボタン画像 102 は、自動運転モード DM1 に対応し、「M A N U A L」として表される手動運転ボタン画像 104 は、手動運転モード DM2 に対応している。オペレータは、制御装置 18 の表示装置 50 に表示されたモード選択スイッチ画像 100 を視認しつつ、入力装置 48 を操作して、自動運転ボタン画像 102 又は手動運転ボタン画像 104 を画像上でクリックすることで、自動運転モード DM1 又は手動運転モード DM2 を選択可能になっている。

[0164] プロセッサ 40 は、入力装置 48 を通してオペレータから自動運転ボタン

画像１０２を選択する入力（つまり、自動運転モード移行指令ＣＭ３）を受け付けると、運転モードＤＭを、自動運転モードＤＭ１（上述のステップＳ２）へ移行する。一方、プロセッサ４０は、入力装置４８を通してオペレータから手動運転ボタン画像１０４を選択する入力（つまり、手動運転モード移行指令ＣＭ４）を受け付けると、運転モードＤＭを、手動運転モードＤＭ２（上述のステップＳ３）へ移行する。

[0165] このように、自動運転ボタン画像１０２、及び手動運転ボタン画像１０４は、ソフトウェアとしてのモード選択スイッチ５２を構成し、オペレータは、該モード選択スイッチ５２を画像上で操作することにより、運転モードＤＭを、自動運転モードＤＭ１と手動運転モードＤＭ２との間で切り替え可能になっている。

[0166] なお、ソフトウェアとしてのモード選択スイッチ５２は、自動運転モードＤＭ１、手動運転モードＤＭ２、又はダイレクトティーチモードＤＭ３を選択するように構成可能であることを理解されよう。また、ソフトウェアとしてのモード選択スイッチ５２は、制御装置１８に限らず、上述の教示装置、又は、制御装置１８に通信可能に接続された他の如何なる通信機器（ＰＣ、タブレット端末）に実装されてもよい。

[0167] なお、上述の実施形態においては、運転モードＤＭとして、自動運転モードＤＭ１、手動運転モードＤＭ２、及びダイレクトティーチモードＤＭ３を例示した。しかしながら、運転モードＤＭは、これに限らず、例えば、ロボット１２及びレーザ発振器１６に動作を教示するための教示モードＤＭ４等、他の如何なる運転モードＤＭを含んでもよい。

[0168] また、上述の実施形態においては、制御装置１８が、ロボット１２とレーザ発振器１６とを制御する場合について述べた。しかしながら、制御装置１８は、ロボット１２を制御する第１の制御装置１８Ａと、レーザ発振器１６を制御する第２の制御装置１８Ｂとを有してもよい。このような形態を、図１８及び図１９に示す。

[0169] 図１８及び図１９に示すレーザ加工システム１０’においては、制御装置

18は、ロボット12の移動動作MOを制御する第1の制御装置18Aと、レーザ発振器16のレーザ光出射動作LOを制御する第2の制御装置18Bとを有する。第1の制御装置18Aは、プロセッサ40A、メモリ42A、I/Oインターフェース44A、及びバス46Aを有するコンピュータである。

[0170] 第1の制御装置18AのI/Oインターフェース44Aには、ロボット12（サーボモータ30）、レーザ加工ヘッド14（レンズ駆動部）、入力装置48A、表示装置50A、力センサ54、測距センサ56、入力装置58、及び接触検知装置60（抵抗センサ60b）が通信可能に接続されている。また、上述のモード選択スイッチ52は、第1の制御装置18Aに設けられている。

[0171] 第2の制御装置18Bは、プロセッサ40B、メモリ42B、I/Oインターフェース44B、及びバス46Bを有するコンピュータである。第2の制御装置18BのI/Oインターフェース44Bには、入力装置48B、表示装置50B、レーザ発振器16、及び第1の制御装置18AのI/Oインターフェース44Aが、通信可能に接続されている。

[0172] なお、レーザ発振器16、第2の制御装置18B、入力装置48B、及び表示装置50Bは、共通の筐体に一体に組み込むことでユニット化し、単体のレーザ発振装置72を構成してもよい。第1の制御装置18Aのプロセッサ40Aと、第2の制御装置18Bのプロセッサ40Bとは、互いに通信しつつ、図6～図8、図10～図12、図14～図16に示すフローを実行してもよい。

[0173] なお、レーザ加工ヘッド14は、例えばレーザスキャナ（又は、ガルバノスキャナ）等、如何なるタイプの加工ヘッドであってもよい。このレーザスキャナは、レーザ発振器16から供給されたレーザ光LBを各々反射する複数のミラーと、該複数のミラーを個別に駆動する複数のミラー駆動部と、該ミラーによって反射されたレーザ光を集光する光学レンズ等を有する。レーザスキャナは、複数のミラーの向きをミラー駆動部によって変化させること

で、ワークに照射されるレーザ光の照射点を、ワークWの表面上で高速移動させることができる。

[0174] なお、ロボット12は、垂直多関節型ロボットに限らず、例えば、水平多関節型ロボット、又はパラレルリンク型ロボットであってもよいし、ワークWを水平面内で移動させる第1及び第2のボールねじ機構と、レーザ加工ヘッド14を鉛直方向へ移動させる第3のボールねじ機構とを有するように構成されてもよい。また、レーザ加工システム10又は10'から導光路39を省略してもよい。この場合において、レーザ発振器16を、レーザ加工ヘッド14に直接的に連結してもよい。以上、実施形態を通じて本開示を説明したが、上述の実施形態は、特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。

符号の説明

- [0175] 10, 10' レーザ加工システム
- 12 ロボット
- 14 レーザ加工ヘッド
- 16 レーザ発振器
- 18 制御装置
- 40, 40A, 40B プロセッサ
- 48, 48A, 48B, 58 入力装置
- 52 モード選択スイッチ
- 54 力センサ
- 56 測距センサ
- 60 接触検知装置

請求の範囲

[請求項1]

ワークをレーザ加工するレーザ加工システムであって、
レーザ発振器が生成したレーザ光を出射するレーザ加工ヘッドと、
前記レーザ加工ヘッドを前記ワークに対して相対的に移動させるロボットと、
前記レーザ加工ヘッドと前記ワークとの距離を測定する測距センサと、
前記レーザ発振器を動作させて前記レーザ加工ヘッドからレーザ光を出射するレーザ出射動作、及び、前記ロボットを動作させて前記レーザ加工ヘッドを前記ワークに対して移動させる移動動作を制御する制御装置と、
前記レーザ加工の運転モードを選択するモード選択スイッチと、を
備え、
前記制御装置は、前記モード選択スイッチによって、前記運転モードとして、加工プログラムに従って前記レーザ出射動作及び前記移動動作を自動で実行する自動運転モードが選択され、且つ、前記測距センサが測定した前記距離が予め定めた範囲内である場合に、該自動運転モードとして該レーザ出射動作及び該移動動作を実行する、レーザ加工システム。

[請求項2]

前記制御装置に前記レーザ出射動作を実行させるための手動レーザ出射指令の入力操作を受け付ける入力装置と、
前記レーザ加工ヘッドと前記ワークとの接触又は非接触を検知する接触検知装置と、をさらに備え、
前記モード選択スイッチは、前記運転モードを、前記自動運転モードと、前記制御装置が前記手動レーザ出射指令に応じて前記レーザ出射動作を実行する手動運転モードとの間で切り替え可能に構成され、
前記制御装置は、前記モード選択スイッチによって前記手動運転モードが選択され、且つ、前記接触検知装置が前記接触を検知している

ときに、前記入力装置を通して受け付けた前記手動レーザ出射指令に応じて、該手動運転モードとして前記レーザ出射動作を実行する、請求項 1 に記載のレーザ加工システム。

[請求項3]

前記接触検知装置は、

前記レーザ加工ヘッドと前記ワークとを電氣的に接続する導電ケーブルと、

前記ワーク、該ワークに接触する前記レーザ加工ヘッド、及び前記導電ケーブルによって形成される閉回路の抵抗を測定する抵抗センサと、を有し、

前記抵抗センサが測定する前記抵抗に基づいて、前記接触又は前記非接触を検知するように構成されている、請求項 2 に記載のレーザ加工システム。

[請求項4]

前記制御装置は、前記手動運転モードで前記レーザ出射動作を実行しているときに、前記モード選択スイッチが操作されて前記手動運転モードが非選択となるか、又は、前記接触検知装置が前記非接触を検知した場合、該レーザ出射動作を停止する、請求項 2 又は 3 に記載のレーザ加工システム。

[請求項5]

前記制御装置は、

前記手動運転モードで前記レーザ出射動作を実行しているときに前記接触検知装置が前記非接触を検知した時点から該レーザ出射動作を停止するまでの待機時間を設定し、

前記時点から前記待機時間が経過したときに、前記手動運転モードでの前記レーザ出射動作を停止する、請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工システム。

[請求項6]

前記レーザ加工ヘッドは、オペレータが片手で把持可能な把持部を有し、

前記入力装置は、前記把持部を把持した前記片手で入力操作可能となるように、前記把持部に隣接して前記レーザ加工ヘッドに設けられ

る、請求項 2 ～ 5 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工システム。

[請求項7] 前記制御装置は、前記自動運転モードを開始するための自動運転開始指令を受け付けたときに、前記モード選択スイッチによって前記自動運転モードが非選択となっているか、又は、前記測距センサが測定した前記距離が前記範囲外となっている場合は、前記自動運転モードとして前記レーザ出射動作及び前記移動動作の少なくとも一方を開始しない、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工システム。

[請求項8] 前記制御装置は、前記自動運転モードとして前記レーザ出射動作及び前記移動動作を実行しているときに、前記モード選択スイッチが操作されて前記自動運転モードが非選択となるか、又は、前記測距センサが測定した前記距離が前記範囲外となった場合は、該レーザ出射動作及び該移動動作のうちの少なくとも一方を停止する、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工システム。

[請求項9] 前記制御装置は、前記自動運転モードとして前記レーザ出射動作及び前記移動動作を実行しているときに、前記測距センサが測定した前記距離に基づいて、該距離を予め定めた目標距離に一致させるように前記ロボットを動作させるギャップ制御を実行する、請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工システム。

[請求項10] 請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工システムを用いてレーザ加工する方法であって、

前記制御装置が、

前記モード選択スイッチによって前記自動運転モードが選択されているか否かを判定し、

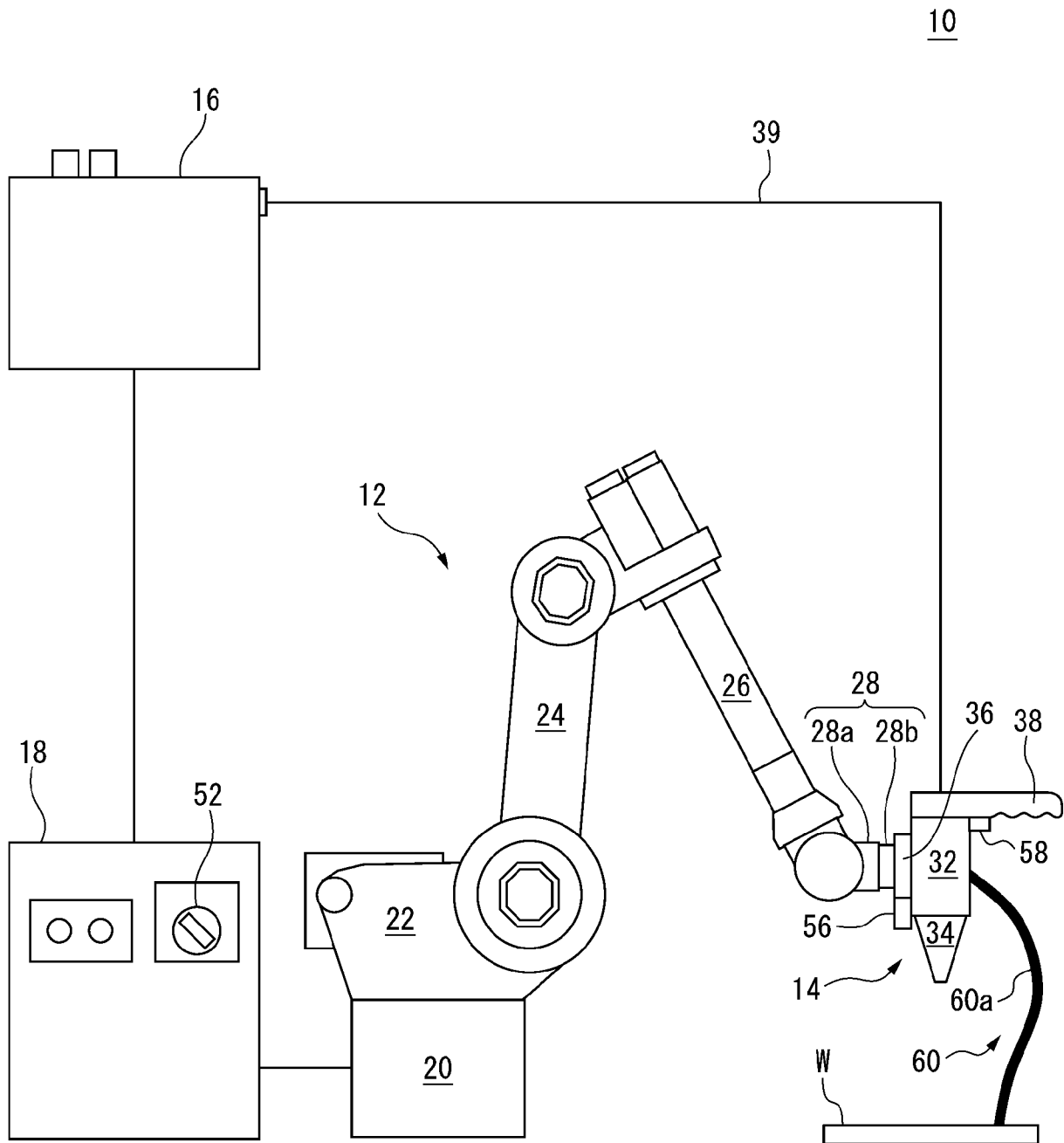
前記測距センサが測定した前記距離が前記範囲内であるか否かを判定し、

前記モード選択スイッチによって前記自動運転モードが選択され、且つ、前記測距センサが測定した前記距離が前記範囲内である場合に、該自動運転モードとして前記レーザ出射動作及び前記移動動作を

実行する、方法。

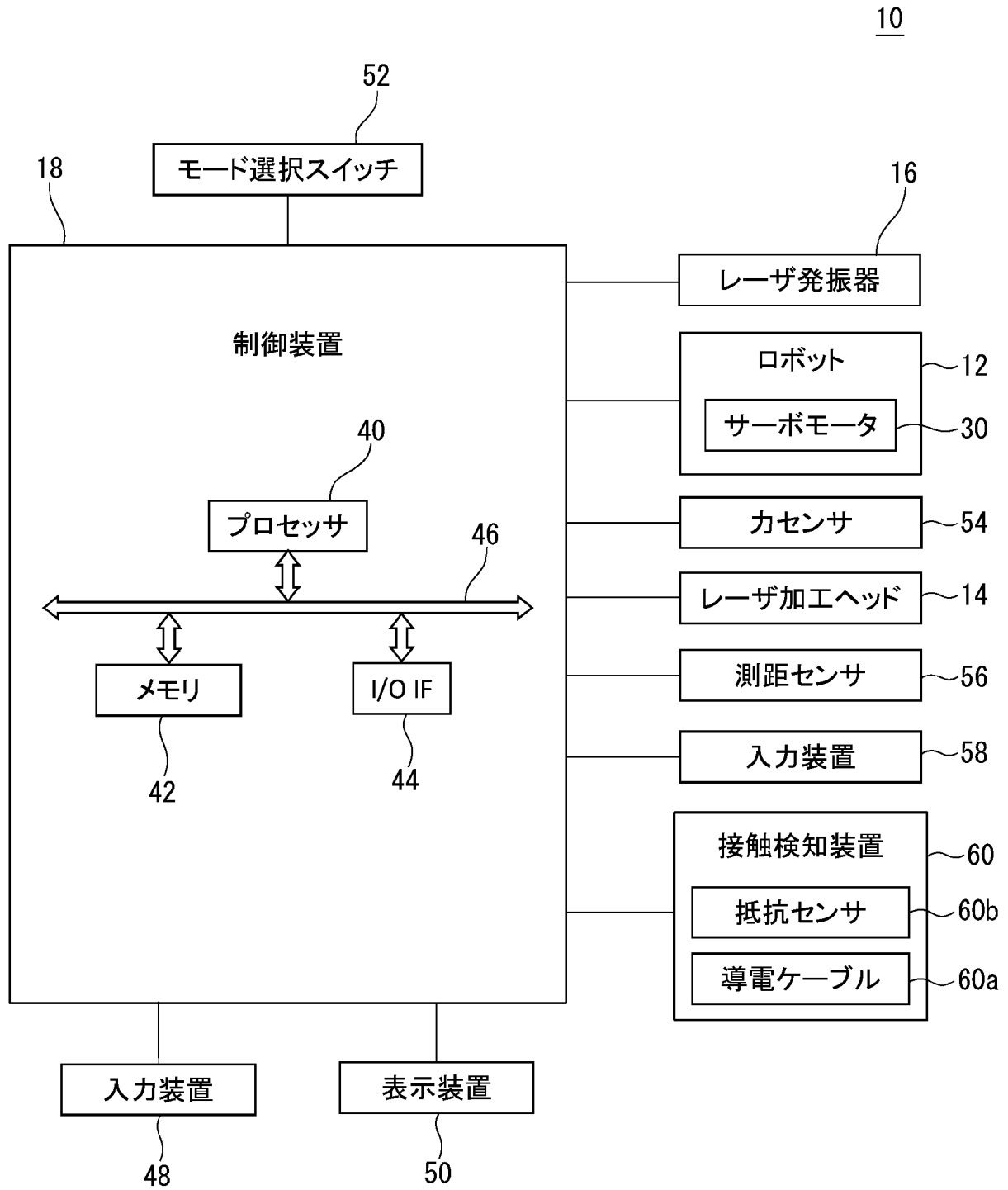
[図1]

图1



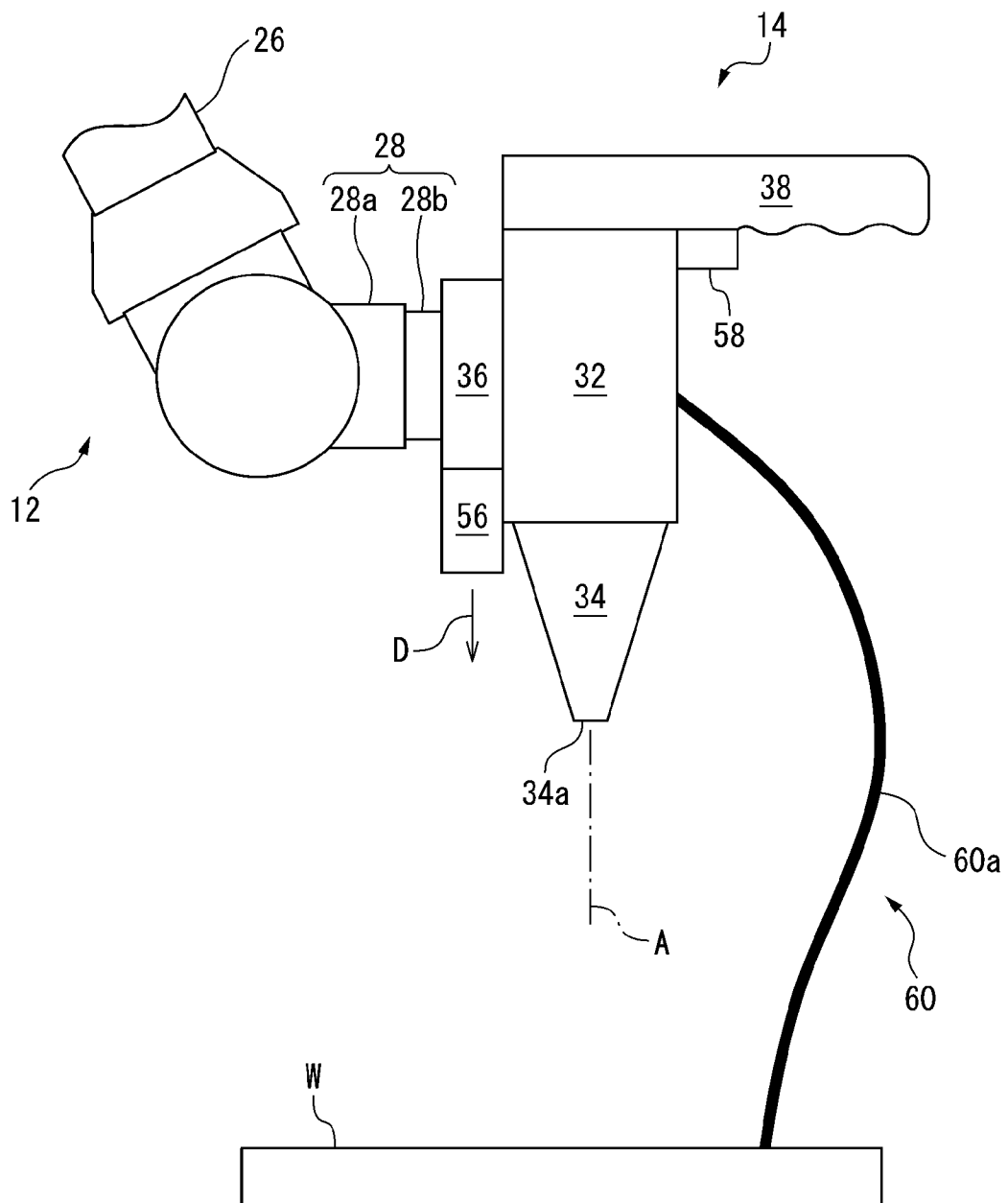
[図2]

図2



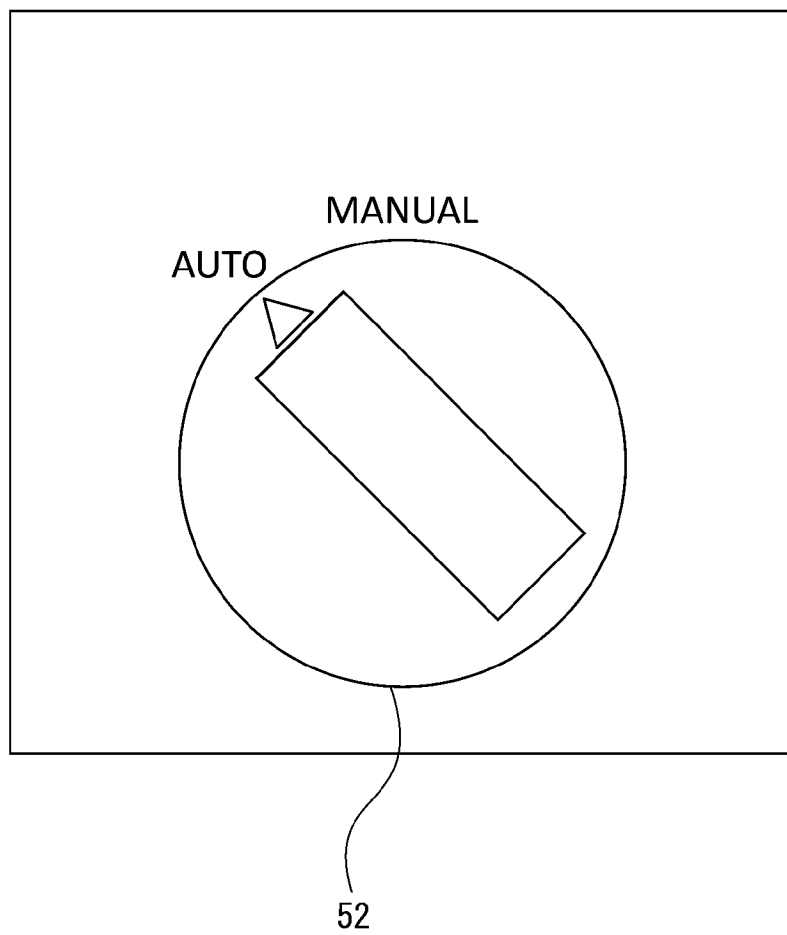
[図3]

図3



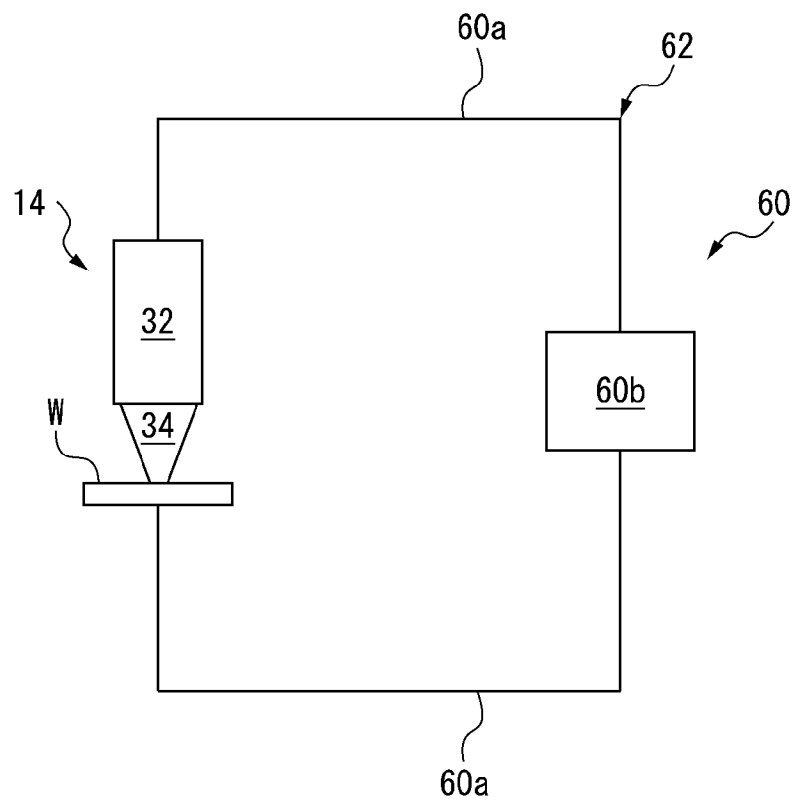
[図4]

図4



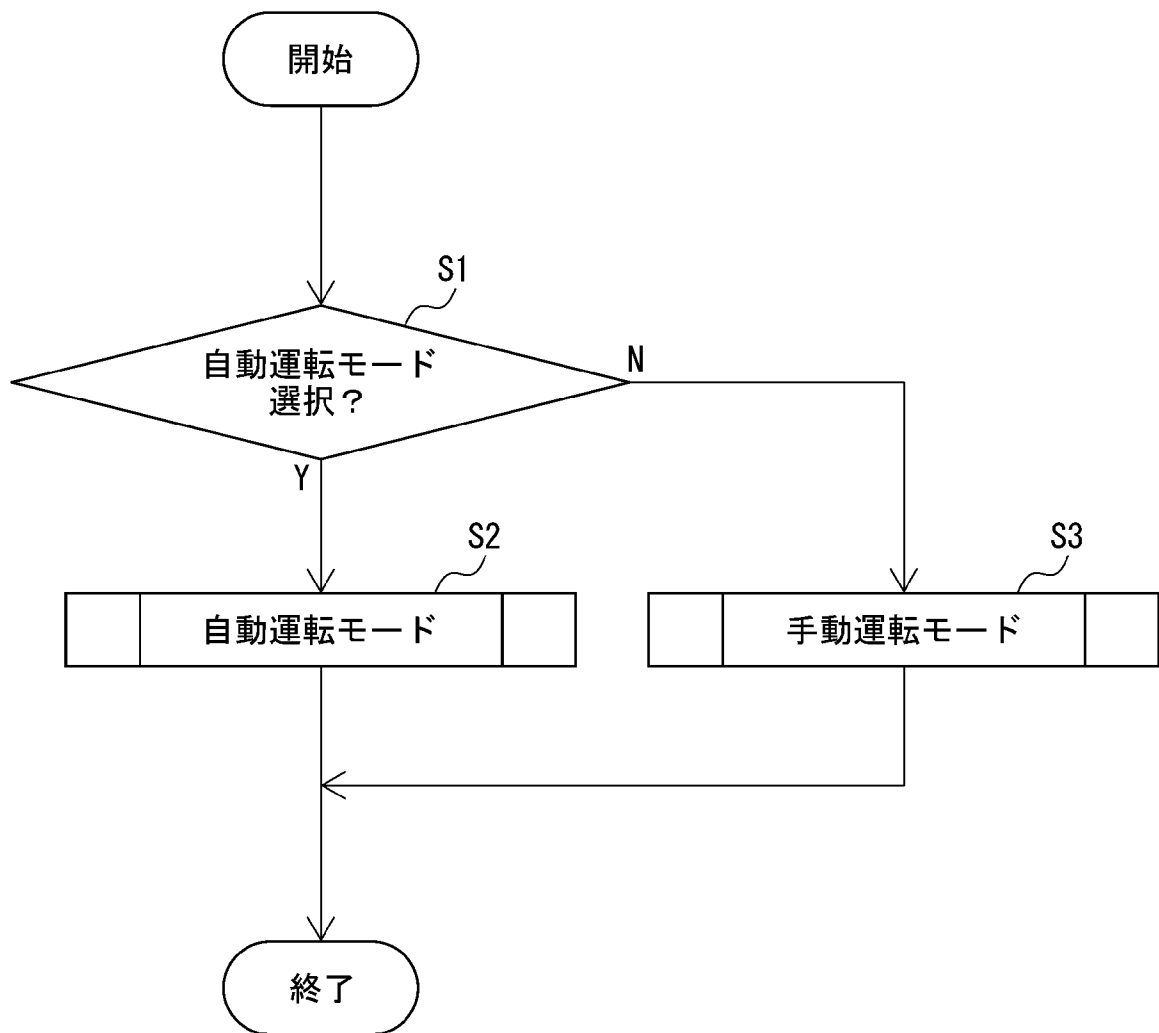
[図5]

図5

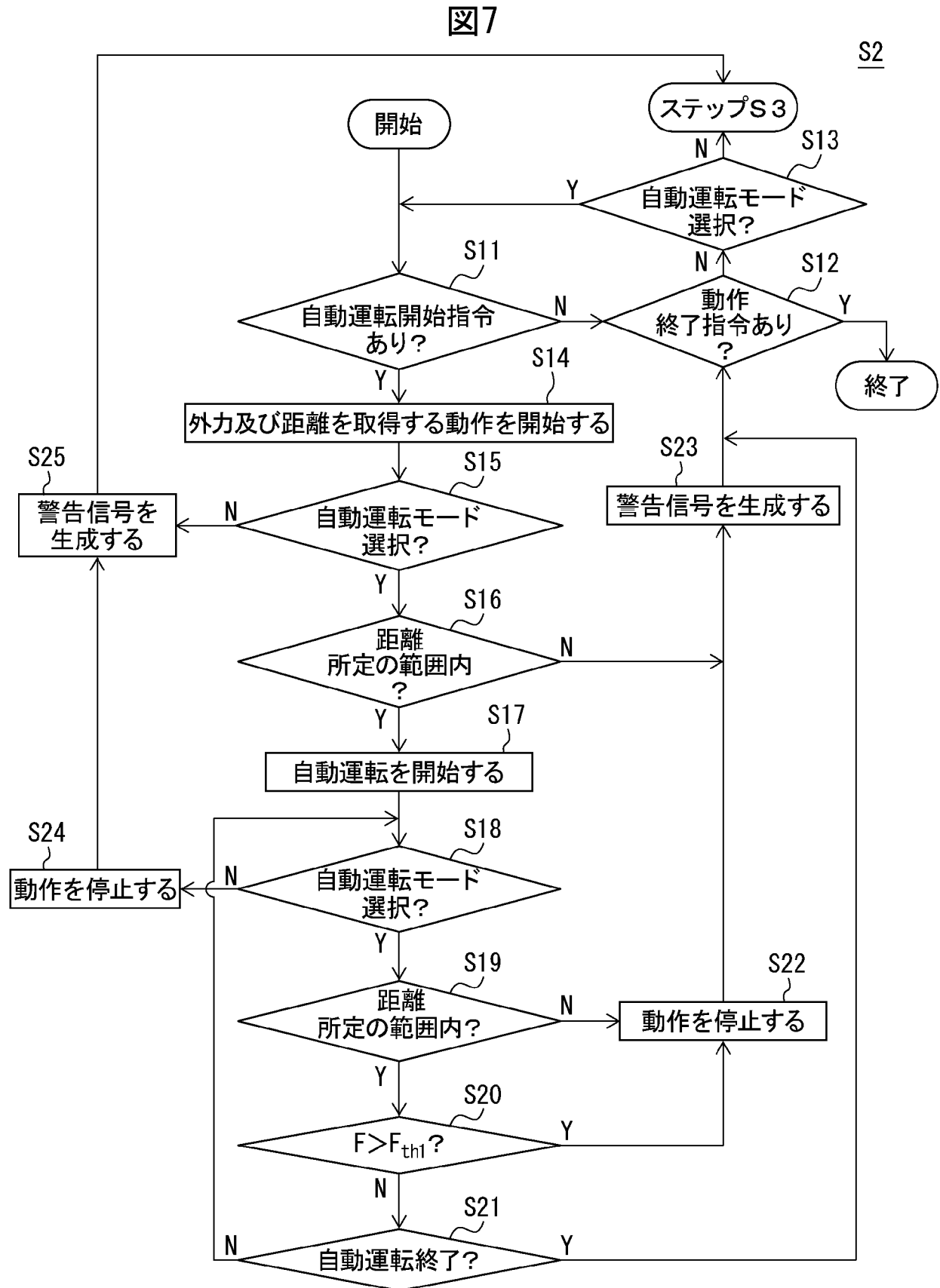


[図6]

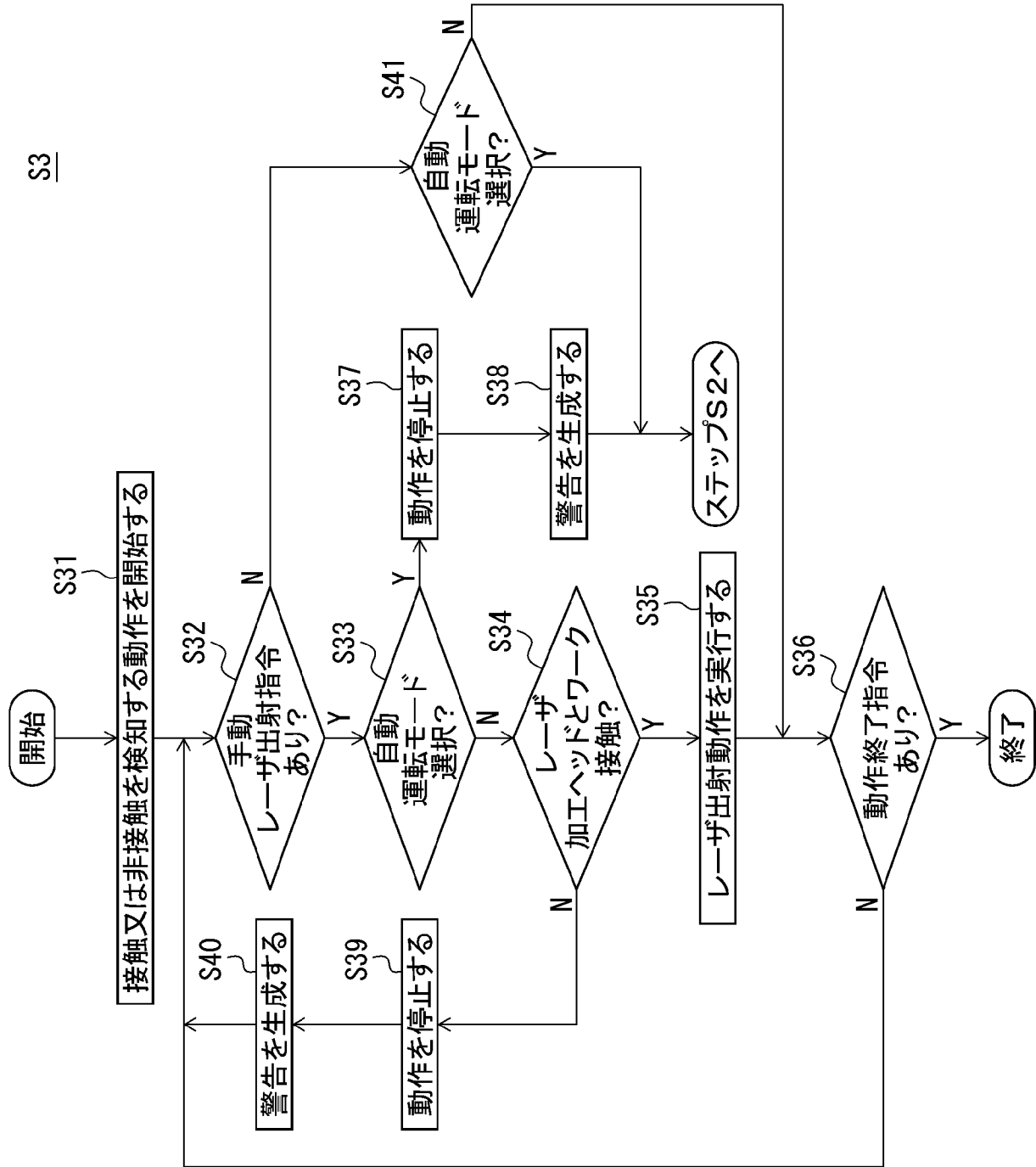
図6



[図7]

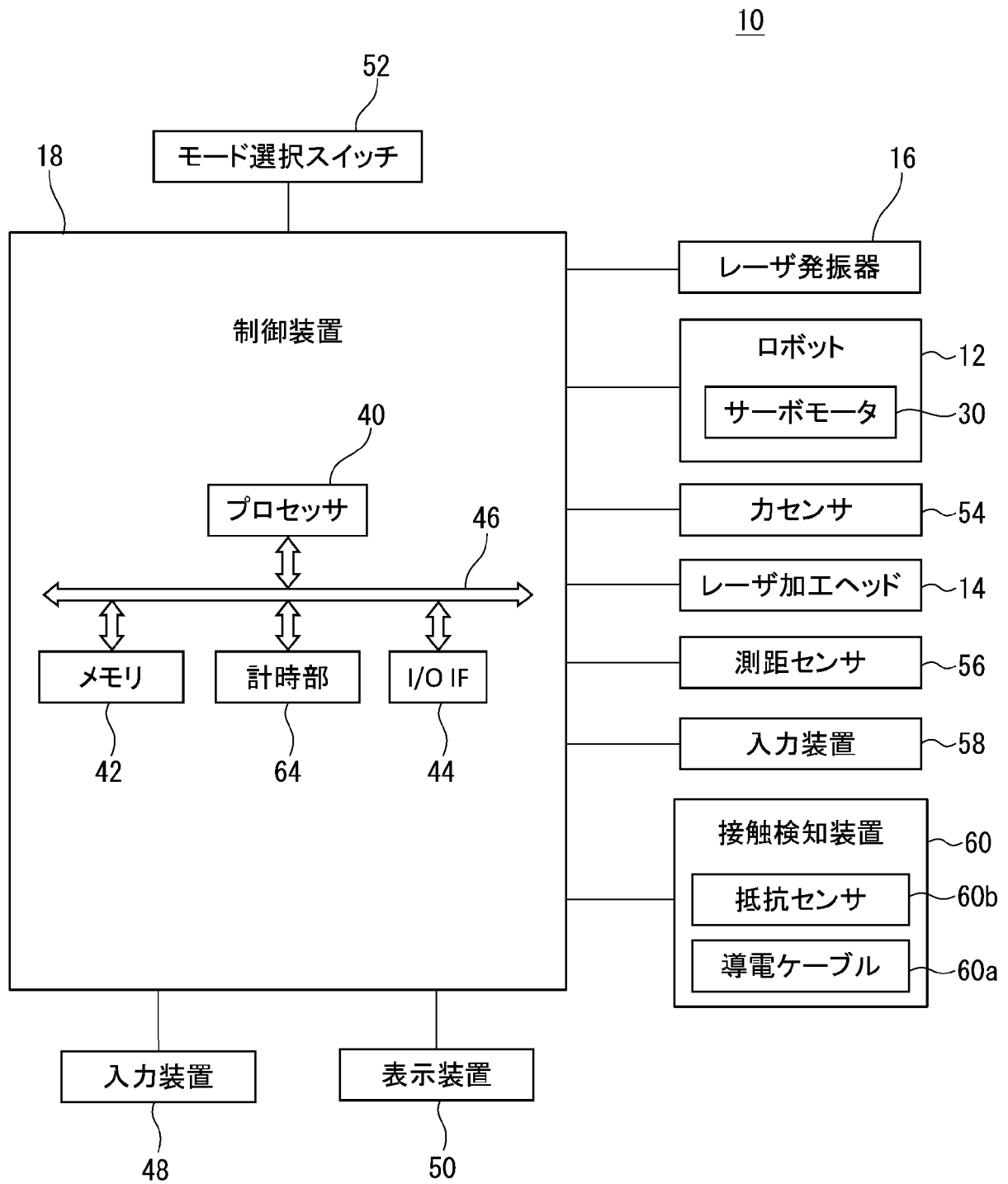


[図8]

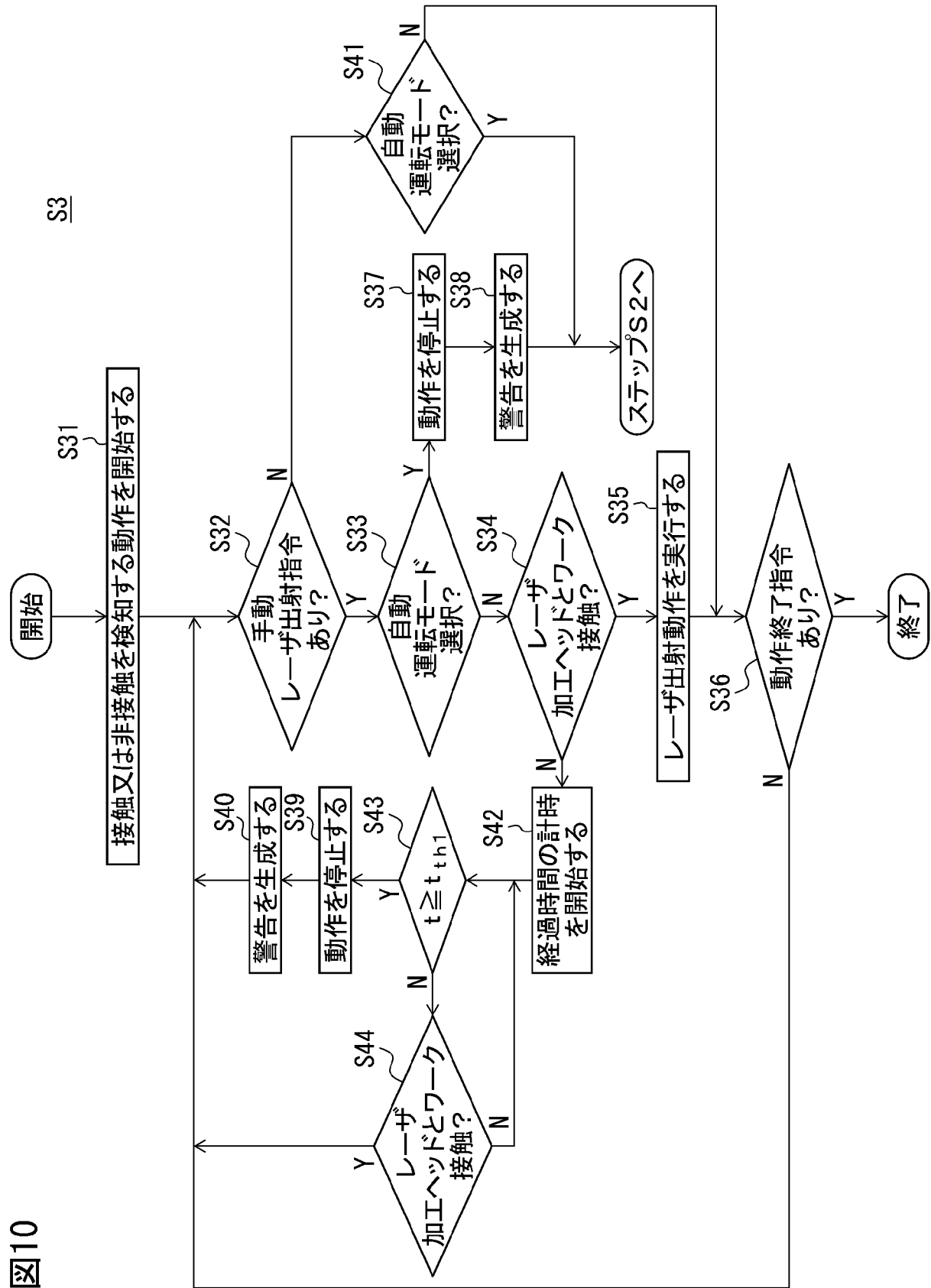


[図9]

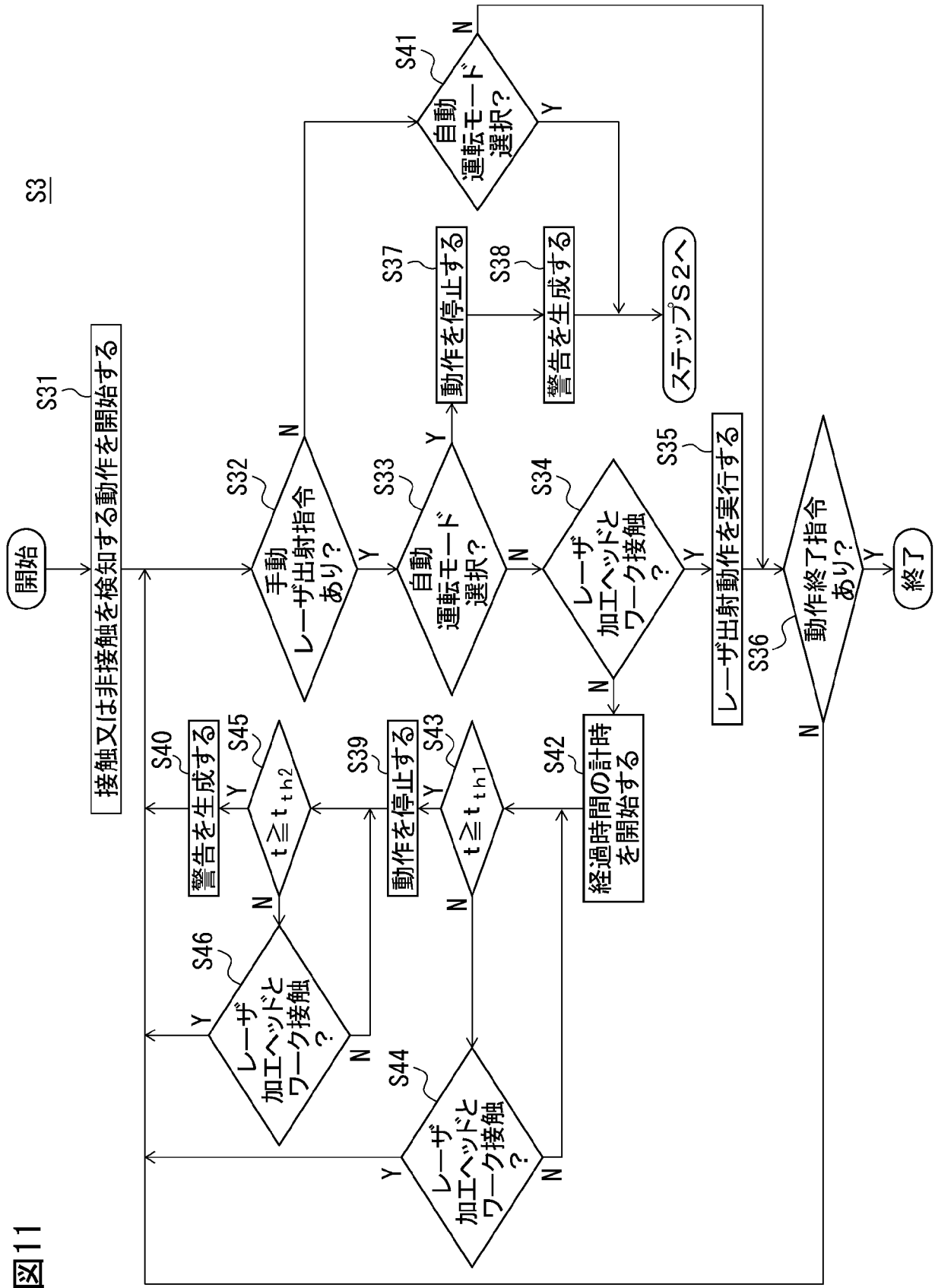
図9



[図10]

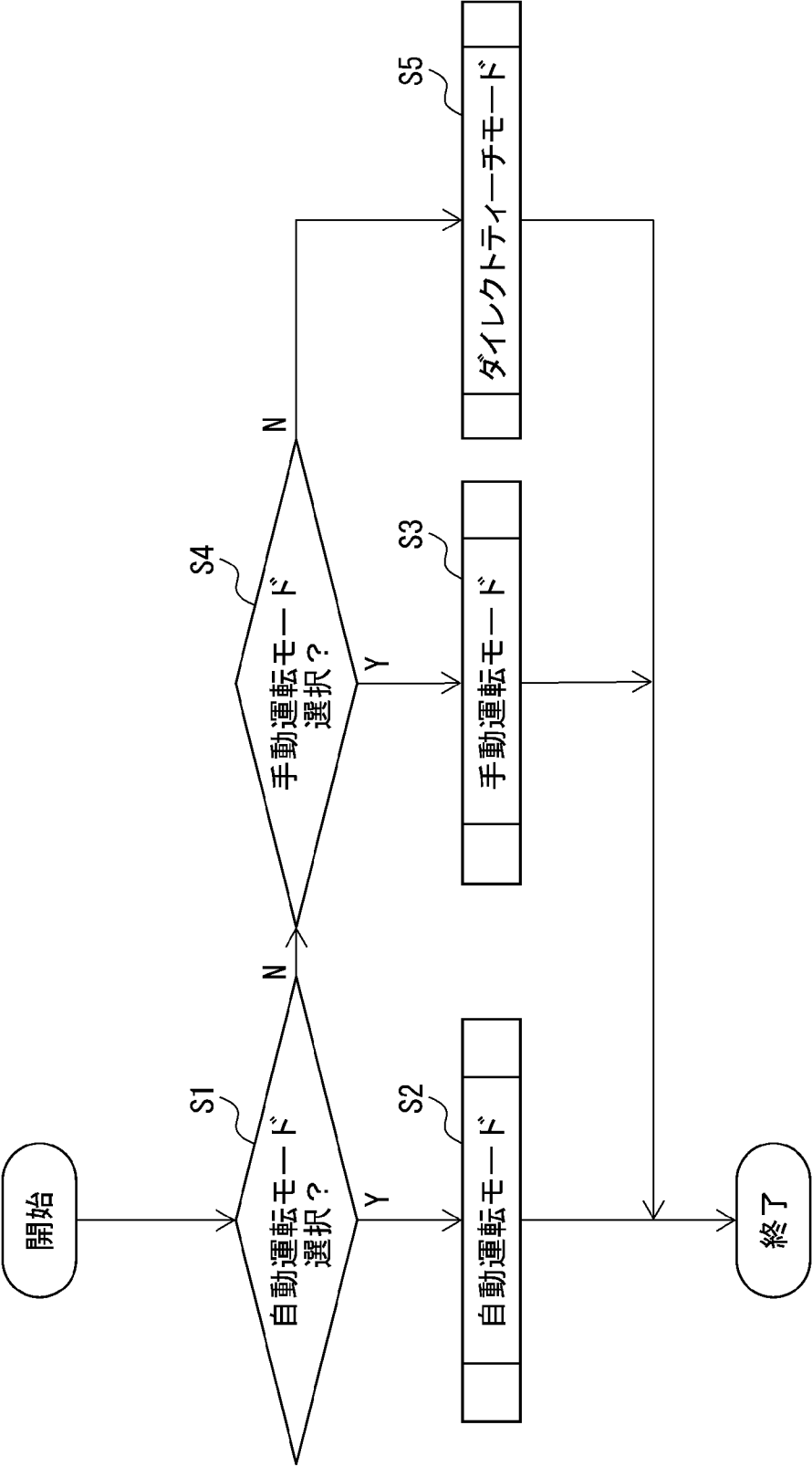


[図11]



[図12]

図12



[図13]

図13

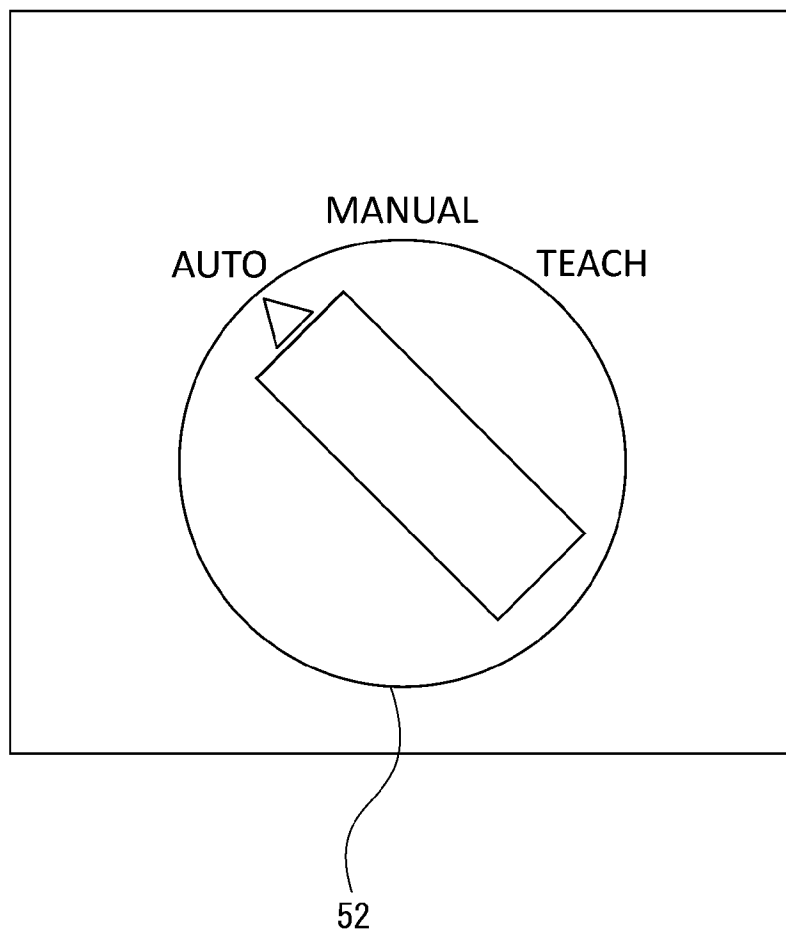
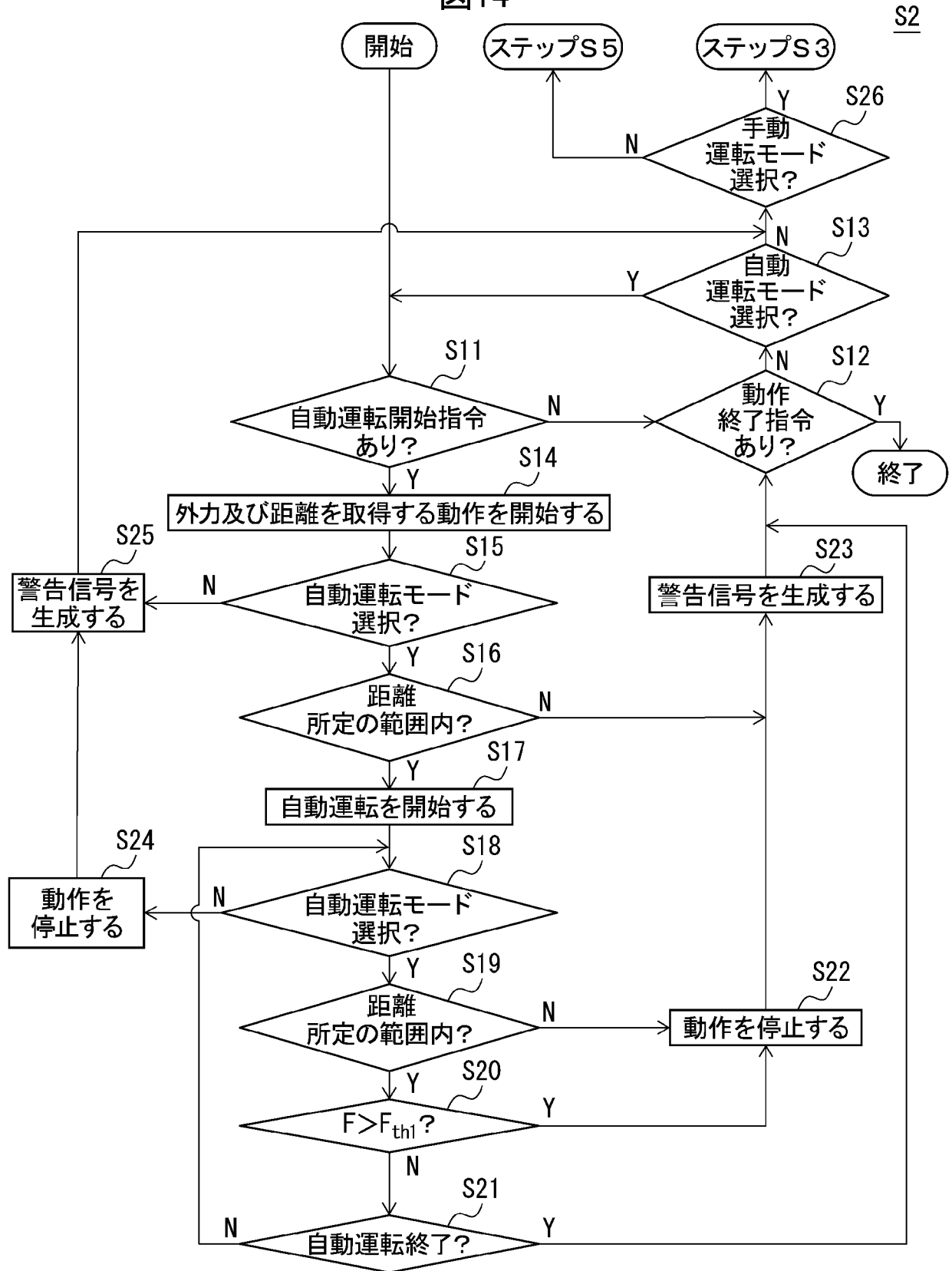
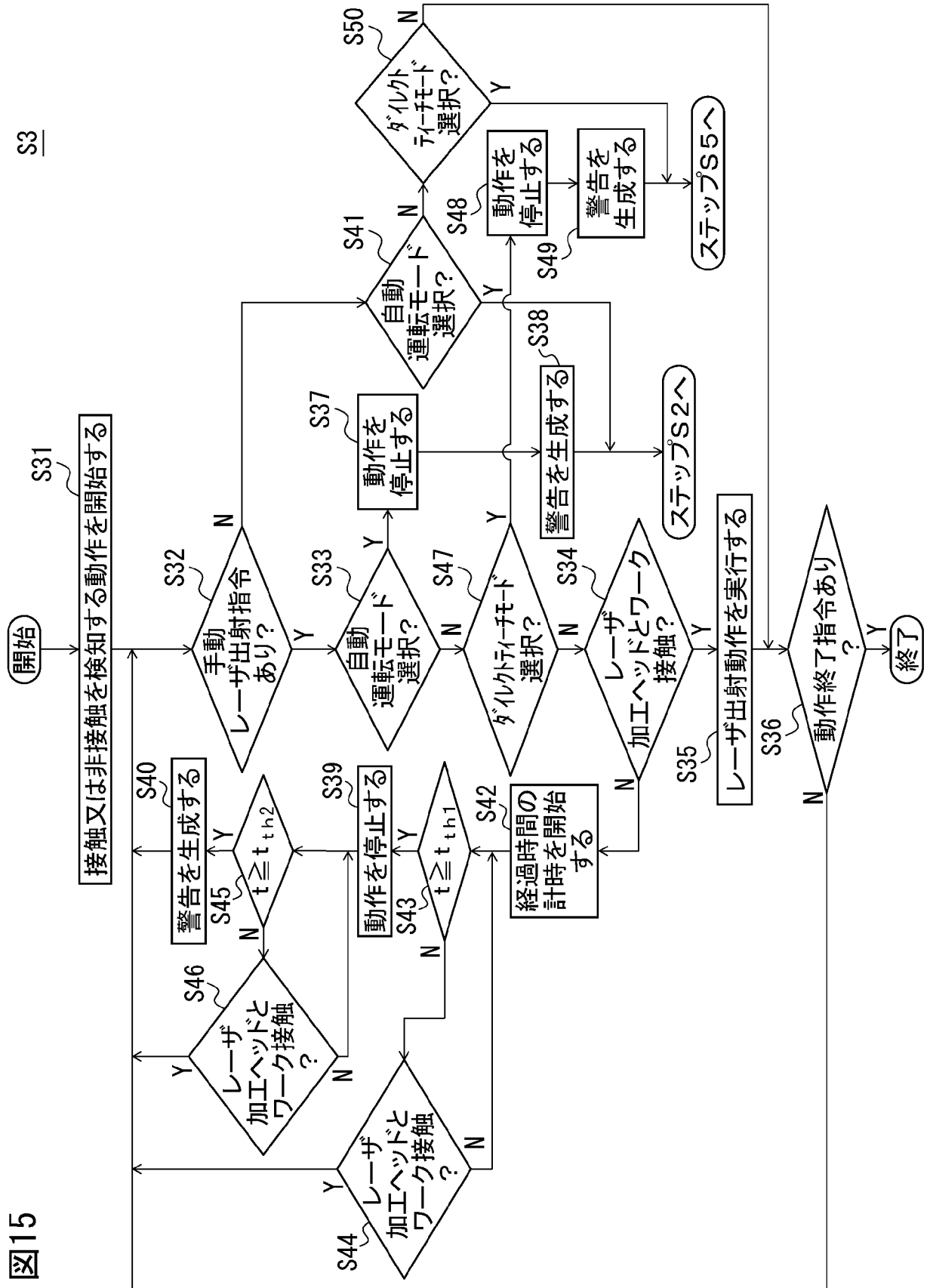


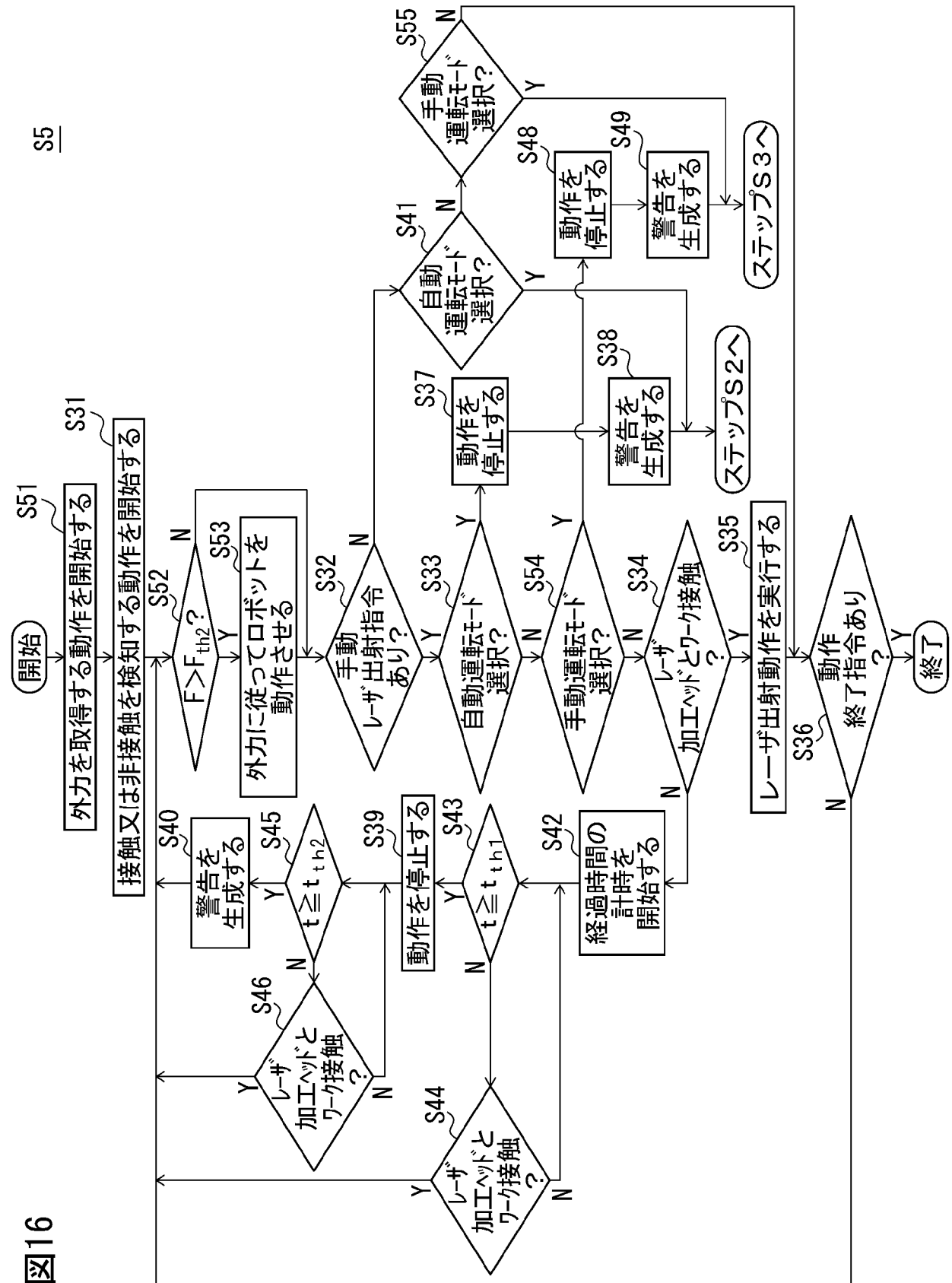
图14



[図15]

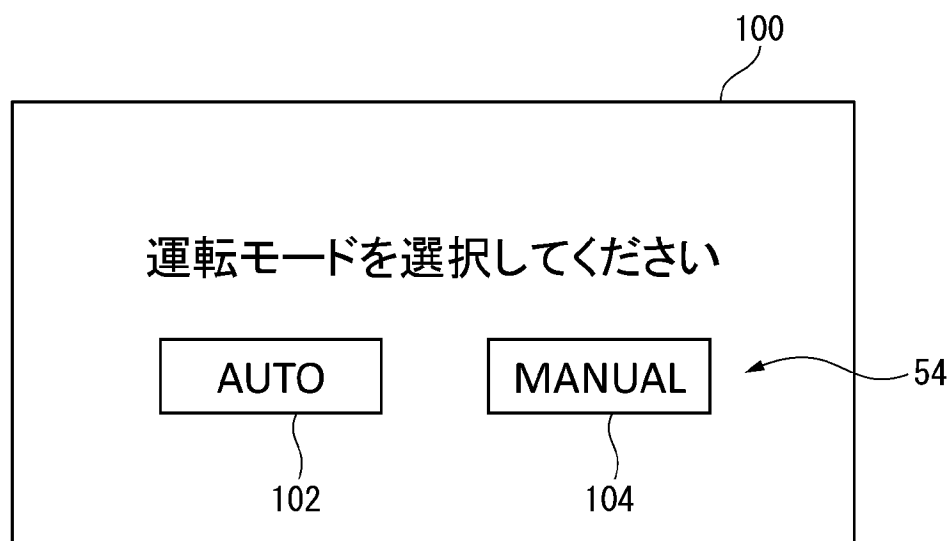


[図16]

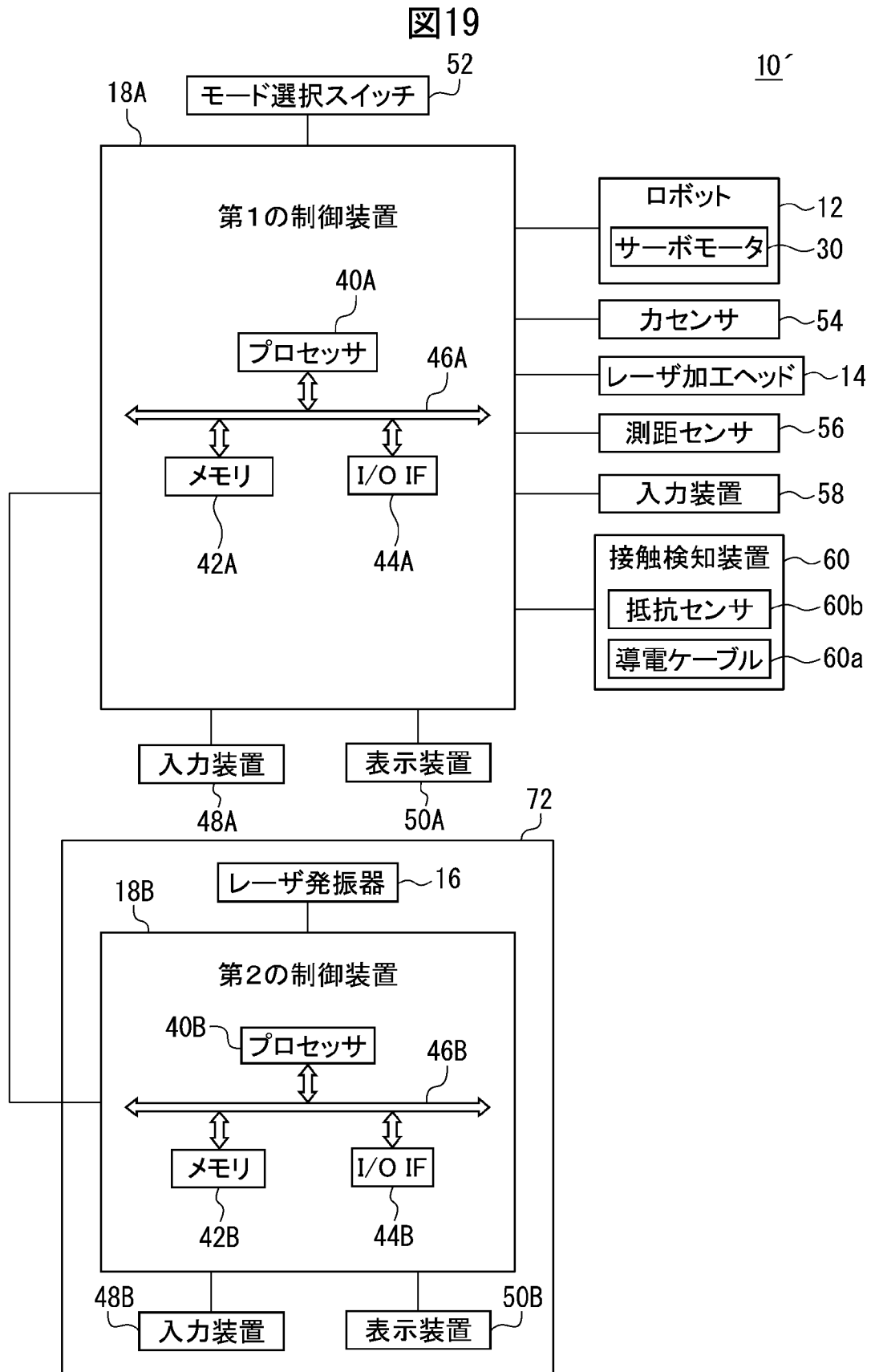


[図17]

図17



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/025800

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 26/00**(2014.01)i; **B23K 26/08**(2014.01)i; **B23K 26/082**(2014.01)i

FI: B23K26/00 M; B23K26/08 H

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K26/00-26/70

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-71542 A (AMADA CO LTD) 17 March 1998 (1998-03-17) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2019-5800 A (KOMATSU INDUSTRIES CORPORATION) 17 January 2019 (2019-01-17) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2008-43989 A (OMRON LASERFRONT INC) 28 February 2008 (2008-02-28) entire text, all drawings	1-10
A	WO 2021/152450 A1 (NETALUX NV) 05 August 2021 (2021-08-05) entire text, all drawings	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 September 2022

Date of mailing of the international search report

20 September 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/025800

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	10-71542	A	17 March 1998	US	6243619	B1	
				entire text, all drawings			
				WO	1997/046926	A2	
JP	2019-5800	A	17 January 2019	US	2021/0086297	A1	
				entire text, all drawings			
				WO	2019/003557	A1	
				CN	110545949	A	
JP	2008-43989	A	28 February 2008	CN	101130217	A	
				KR	10-2008-0017281	A	
WO	2021/152450	A1	05 August 2021	BE	1028012	A1	
				CA	3168614	A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/00(2014.01)i; B23K 26/08(2014.01)i; B23K 26/082(2014.01)i FI: B23K26/00 M; B23K26/08 H										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B23K26/00-26/70										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
A	JP 10-71542 A（株式会社アマダ）17.03.1998（1998 - 03 - 17） 全文、全文図	1-10								
A	JP 2019-5800 A（コマツ産機株式会社）17.01.2019（2019 - 01 - 17） 全文、全文図	1-10								
A	JP 2008-43989 A（オムロンレーザーフロント株式会社）28.02.2008（2008 - 02 - 28） 全文、全文図	1-10								
A	WO 2021/152450 A1（NETALUX NV）05.08.2021（2021 - 08 - 05） 全文、全文図	1-10								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 07.09.2022	国際調査報告の発送日 20.09.2022									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 後藤 泰輔 3P 4647 電話番号 03-3581-1101 内線 3363									

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/025800

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	10-71542	A	17.03.1998	US	6243619	B1	
				全文、全図			
				WO	1997/046926	A2	
JP	2019-5800	A	17.01.2019	US	2021/0086297	A1	
				全文、全図			
				WO	2019/003557	A1	
				CN	110545949	A	
JP	2008-43989	A	28.02.2008	CN	101130217	A	
				KR	10-2008-0017281	A	
WO	2021/152450	A1	05.08.2021	BE	1028012	A1	
				CA	3168614	A1	