

(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
2019年10月31日(31.10.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/208317 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 9/00 (2006.01) *B23K 9/12* (2006.01)
B23K 9/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/016251
- (22) 国際出願日: 2019年4月16日(16.04.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-087311 2018年4月27日(27.04.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社ダイヘン (DAIHEN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5328512 大阪府大阪市淀川区田川二丁目1番11号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 中川 慎一郎 (NAKAGAWA, Shinichiro); 〒5328512 大阪府大阪市淀川区田川二丁目1番11号 株式会社ダイヘン内 Osaka (JP).
廣田 周吾 (HIROTA, Shugo); 〒5328512 大阪

府大阪市淀川区田川二丁目1番11号 株式会社ダイヘン内 Osaka (JP).

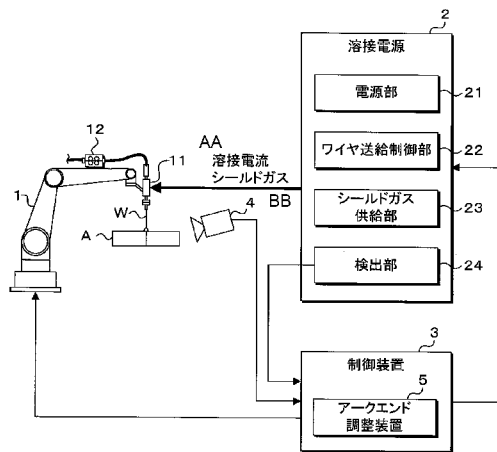
(74) 代理人: 河野 英仁, 外 (KOHNO, Hideto et al.); 〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目4番3号 河野特許事務所 Osaka (JP).

(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, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ARC END ADJUSTMENT DEVICE, WELDING SYSTEM, ARC END ADJUSTMENT METHOD, AND COMPUTER PROGRAM

(54) 発明の名称: アークエンド調整装置、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム

[図1]



- 2 Welding power source
3 Control device
5 Arc end adjustment device
21 Power source unit
22 Wire feed control unit
23 Shielding gas supply unit
24 Detection unit
AA Welding current
BB Shielding gas

(57) Abstract: An arc end adjustment device (5) for adjusting an arc end process in a repeatedly performed welding step, said device comprising an acquisition unit which acquires welding data indicating a welding state relating to a subsequent welding step, and a process adjustment unit which, on the basis of the welding data acquired by said acquisition unit, adjusts the arc end process so as to shorten the cycle time for the welding step.

(57) 要約: 繰り返し行われる溶接工程におけるアークエンド手順を調整するアークエンド調整装置(5)であって、次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データを取得する取得部と、該取得部にて取得した溶接データに基づいて、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるように、前記アークエンド手順を調整する手順調整部とを備える。

(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, 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))

明 細 書

発明の名称：

アークエンド調整装置、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、溶接工程におけるアークエンド手順を調整するアークエンド調整装置、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラムに関する。

背景技術

[0002] 溶接方法の一つに、消耗電極式のガスシールドアーク溶接法がある。ガスシールドアーク溶接法は、母材の被溶接部に送給された溶接ワイヤと、母材との間にアークを発生させ、アークの熱によって母材を溶接する手法であり、特に高温になった母材の酸化を防ぐために、シールドガスを溶接部周辺に噴射しながら溶接を行うものである。

[0003] 連続生産において、溶接ロボットを用いたアーク溶接を行う場合、溶接トーチを溶接開始位置に移動させた後、ワイヤスローダウンを開始し、溶接ワイヤが母材に接触するタイミングで溶接電流を供給するアークスタート手順によってアークを発生させる。また、溶接終了時に、溶接ワイヤに小電流を供給して溶接ワイヤを一定時間燃え上がらせるアンチスティック処理が行われる（例えば、特許文献１）。アンチスティック処理を行う理由は次の通りである。ワイヤ送給機に停止信号が入力された後も、送給モータは慣性力によって溶接ワイヤを送給する。従って、溶接ワイヤが溶融池に進入し、溶融池が冷却すると溶接ワイヤの先端部が溶着金属に固着（スティック）してしまう。この固着を防ぐために、ワイヤ送給機に停止信号を入力した後、溶接電流値よりも小さい電流を通電することによって溶接ワイヤを溶融させて、溶接ワイヤが溶融池に進入することを防止する必要がある。

[0004] なお、特許文献２には、溶接部位を撮像して得られる画像データ、当該画

像データを処理することにより得られるビードの外観データ、スパッタ発生量データ等を用いた機械学習により、溶接条件を自動的に設定する技術が開示されている。

また、特許文献3には、溶接工程中に計測される溶接電流、溶接電流、ワイヤ送給速度等の溶接モニタデータに基づいて、溶接結果の良否判定を行う技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-200867号公報

特許文献2：特開2017-30014号公報

特許文献3：特開2017-39160号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、アンチスティック処理はサイクルタイムに影響するため、その処理時間は短い方が良い。しかし、アンチスティック処理に要する時間を無理に短縮させた場合、コンタクトチップ又は母材が溶着する等の不具合が発生したり、コンタクトチップから突出する溶接ワイヤが不適当な長さとなることがあり、次溶接工程におけるアークスタート処理に要する時間が長くなり、またアークスタートに失敗することによりかえってサイクルタイムが長くなったりするという問題があった。またアンチスティック処理に要する時間を無理に短縮させた場合、溶接性に悪影響を与えることがある。

溶接品質を担保するためには、作業者が手作業で繰り返しアークエンド処理を試行し、多数の試行結果から最適と思われる条件に設定する必要があった。

[0007] 本発明の目的は、アンチスティック処理、溶着解除処理等のアークエンド処理に要する時間を自動で調整し、溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができるアークエンド調整装置、溶接システム、アークエンド調整方法

及びコンピュータプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本態様に係るアークエンド調整装置は、繰り返し行われる溶接工程におけるアークエンド手順を調整するアークエンド調整装置であって、アンチスティック処理の結果及び次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データを取得する取得部と、該取得部にて取得した溶接データに基づいて、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるように、前記アークエンド手順を調整する手順調整部とを備える。

[0009] 本態様によれば、取得部は溶接データを取得し、手順調整部は取得された溶接データに基づいて、アークエンド手順を調整する。溶接データは、アンチスティック処理の結果、及び当該アンチスティック処理に引き続く次溶接工程における溶接の状態を示す情報であり、アークエンド手順を短縮化することによりサイクルタイムを短縮することが可能であるか否か、あるいはサイクルタイムを延長させるべきか否か等の判定に資する情報が含まれる。手順調整部は、かかる溶接データを用いることによって、溶接結果を悪化させないで前記溶接工程のサイクルタイムが短縮されるよう、アークエンド手順を調整することができ、溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができる。

なお、本態様に係るアークエンド調整装置は、一の溶接電源におけるアークエンド処理、より詳細には一の溶接ワイヤに係るアークエンド処理を行う。次溶接工程は、生産ラインの下流側で行われる溶接工程では無く、上記一の溶接電源で次に行われる溶接工程である。生産ラインに複数の溶接電源が設置されている場合であっても、アークエンド調整装置は、溶接電源毎、即ち溶接ワイヤ毎にアークエンド手順の調整を行う。また、言うまでもなく各溶接電源にアークエンド調整装置を設けても良いし、一つのアークエンド調整装置が複数の溶接電源におけるアークエンド手順をそれぞれ調整するように構成しても良い。

[0010] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記取得部にて取得した溶接デー

タに基づいて、アンチスティック処理及び次溶接工程の溶接結果の良否を判定する良否判定部を備え、前記手順調整部は、前記良否判定部が良と判定した場合、前記サイクルタイムが短縮され、前記良否判定部が否と判定した場合、前記サイクルタイムが延長されるように、前記アークエンド手順の変更内容を決定する。

[0011] 本態様によれば、アンチスティック処理の結果及び次溶接工程における溶接結果が良好な場合、アークエンド調整装置は、アークエンド手順を短縮化することにより溶接工程のサイクルタイムを短縮させる余地がある可能性があるため、溶接工程のサイクルタイムを短縮させる。アンチスティック処理の結果及び次溶接工程における溶接結果が不良な場合、アークエンド調整装置は、溶接工程のサイクルタイムを延長させる。かかる調整処理によって、溶接結果を極力悪化させないように、溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができる。

[0012] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記手順調整部は、前記溶接工程のサイクルタイムを短縮させた結果、アンチスティック処理及び次溶接工程の溶接結果が良好な状態から不良状態に変化した場合、サイクルタイム短縮前の前記アークエンド手順にて調整を確定させ、確定させた前記アークエンド手順を記憶部に記憶させる。

[0013] 本態様によれば、溶接工程のサイクルタイムを最短化することができ、記憶部はサイクルタイムが最短のアークエンド手順を記憶する。当該最短のアークエンド手順は、必ずしも論理的なサイクルタイム最短のアークエンド手順では無い。最短のアークエンド手順は、溶接工程のサイクルタイムを短縮させて溶接を行ったところ、アンチスティック処理又は次溶接工程の溶接結果が良好な状態から不良状態に変化したときの、サイクルタイム短縮前のアークエンド手順を意味する。

以後、記憶部が記憶しているアークエンド手順を用いて、直ちにサイクルタイムを最短化することができる。

[0014] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記良否判定部は、次溶接工程に

係る溶接状態を示す前記溶接データが入力された場合、該溶接データが得られるときの溶接工程に係る溶接結果の良否を示すデータを出力するようにニューラルネットワークを学習させた良否判定ニューラルネットワークを備える。

[0015] 本態様によれば、良否判定ニューラルネットワークは、例えば学習済み深層ニューラルネットワークであり、溶接結果の良否を適切に判定することができる。当該ニューラルネットワークの種類は特に限定されるものではない。CNN (Convolutional Neural Network)、RNN (Recurrent Neural Network)、LSTM (Long Short-Term Memory) 等、溶接データの特性に合わせて、適宜選択すれば良い。

[0016] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記手順調整部は、前記溶接データが入力された場合、前記溶接工程のサイクルタイムを短縮可能な、前記アークエンド手順の変更内容を示すデータを出力するようにニューラルネットワークを学習させた手順調整ニューラルネットワークを備える。

[0017] 本態様によれば、手順調整ニューラルネットワークは、例えば学習済み深層ニューラルネットワークであり、アークエンド手順を適切に調整することができる。当該ニューラルネットワークの種類は特に限定されるものではない。CNN、RNN、LSTM等、溶接データの特性に合わせて、適宜選択すれば良い。

[0018] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記手順調整ニューラルネットワークは、前記アークエンド手順の変更量を示すデータを出力する。

[0019] 本態様によれば、手順調整ニューラルネットワークは、溶接工程のサイクルタイムを短縮させるべきか否かでは無く、調整可能なアークエンド手順の変更量を出力することができる。例えば、手順調整ニューラルネットワークは、溶接結果が非常に安定している場合、大きな変更量を出力し、溶接結果が良好であるものの不安定であるような場合、小さな変更量を出力することができる。従って、より速やかに溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができる。

- [0020] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記取得部にて取得した溶接データに基づいて、アンチスティック処理及び次溶接工程の溶接結果の良否を判定する良否判定部と、前記アークエンド手順を調整した後に得られる前記良否判定部の判定結果に基づいて、前記手順調整ニューラルネットワークを学習させる学習処理部とを備える。
- [0021] 本態様によれば、手順調整ニューラルネットワークは、アークエンド手順を調整したときの溶接結果を示すデータを用いて、学習を行う。従って、溶接結果が悪化しないよう、より効果的に溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができる。
- [0022] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記学習処理部は、前記良否判定部が良と判定した場合、前記サイクルタイムが短縮され、前記良否判定部が否と判定した場合、前記サイクルタイムが延長されるように、前記手順調整ニューラルネットワークを学習させる。
- [0023] 本態様によれば、溶接工程のサイクルタイムが短縮される方向に手順調整ニューラルネットワークを学習させることができる。当該学習により、溶接工程のサイクルタイムを最短化させることができる。
- [0024] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記学習処理部は、溶接結果が良好及び不良の中間的状态である場合、前記サイクルタイムが維持されるように前記手順調整ニューラルネットワークを学習させる。
- [0025] 本態様によれば、溶接結果が良好及び不良の中間的状态である場合、溶接工程のサイクルタイムが維持されるように手順調整ニューラルネットワークを学習させることができる。中間的状态は、溶接結果が比較的良好な状態ではあるものの、これ以上サイクルタイムを短縮させた場合、溶接結果が悪化する可能性がある状態である。当該学習により、溶接工程のサイクルタイムを最短化させ、かつ溶接結果を良好な状態で安定化させることができる。
- [0026] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記良否判定部は、次溶接工程に係る溶接状態を示す前記溶接データが入力された場合、該溶接データが得られるときの溶接工程に係る溶接結果の良否を示すデータを出力するように二

ニューラルネットワークを学習させた良否判定ニューラルネットワークを備える。

[0027] 本態様によれば、良否判定ニューラルネットワークは、例えば学習済み深層ニューラルネットワークであり、溶接結果の良否を適切に判定することができる。良否判定ニューラルネットワークの良否判定結果を用いることによって、より効果的に手順調整ニューラルネットワークを学習させることができる。

[0028] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記手順調整ニューラルネットワークは、前記良否判定ニューラルネットワークの全部又は一部と実質的同一のネットワーク構成を含む。

[0029] 本態様によれば、手順調整ニューラルネットワークは、良否判定ニューラルネットワークの全部又は一部と実質的同一のニューロン構成を含む。例えば、手順調整ニューラルネットワークの一部は、良否判定ニューラルネットワークの全部又は一部と同じ又は実質的同一の中間層及び重み係数を有する。溶接結果の良否の判定と、アークエンド手順の調整内容は、一部共通する特徴を有しているため、良否判定ニューラルネットワークを手順調整ニューラルネットワークに流用することができる。つまり、手順調整ニューラルネットワークの重み係数の初期値を、より適切な値に設定することができる。従って、アークエンド手順を学習させるための学習データが不足していても、溶接データ及び溶接結果の良否を示すデータの学習データを十分に用意することができれば、手順調整ニューラルネットワークの重み係数の初期値を適切に設定し、手順調整ニューラルネットワークをより効率的に学習させることができる。なお、言うまでも無く、手順調整ニューラルネットワーク及び良否判定ニューラルネットワークのネットワーク構造を同一に構成しても良い。

[0030] 本態様に係るアークエンド調整装置は、アークエンド処理における溶接トーチ、溶接ワイヤ及び母材を複数時点で撮像して得た画像データを含む状態データを取得する状態データ取得部を備え、前記手順調整部は、前記状態デ

ータ取得部にて取得した状態データ、及び前記アークエンド手順に係る行動を示す行動データに基づいて、前記状態データが示す状態における前記行動に対する評価値を算出する評価部と、前記評価部にて算出される評価値が最大の行動を選択する行動選択部とを備える。

[0031] 本態様によれば、アークエンド処理における溶接トーチ、溶接ワイヤ及び母材を複数時点で撮像して得た画像データを含む状態データに基づき、強化学習された評価部を用いて最適なアークエンド手順に係る行動を選択する。

[0032] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記取得部にて取得した溶接データに基づいて、アンチスティック処理及び次溶接工程の良否を判定する良否判定部と、前記アークエンド手順を調整した後に得られる前記良否判定部の判定結果と、溶接終了後、次溶接工程における溶接が開始されるまでの時間とに基づいて、前記アークエンド手順に対する報酬を算出する報酬算出部と、前記状態データ取得部にて取得した状態データ、前記アークエンド手順に係る行動を示す行動データ、及び前記報酬算出部にて算出された報酬に基づいて、前記評価部を学習させる強化学習部とを備える。

[0033] 本態様によれば、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるアークエンド手順を強化学習することができる。

[0034] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記評価部は、前記状態データ取得部にて取得した状態データ、及び前記アークエンド手順に係る行動を示す行動データが入力された場合、前記状態データが示す状態における前記行動に対する評価値を出力する評価ニューラルネットワークを備える。

[0035] 本態様によれば、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるアークエンド手順を深層強化学習することができる。

[0036] 本態様に係るアークエンド調整装置は、アンチスティック処理の結果を示す前記溶接データは、溶着解除処理時の電流を示すデータ、溶接ワイヤの先端部の画像、及び溶接ワイヤの先端部の温度の少なくとも一つを含み、次溶接工程に係る溶接状態を示す前記溶接データは、溶接工程中に検出された溶接電流及び溶接電圧、溶接ワイヤの送給速度、短絡状況、溶接工程中に集音

された溶接音、並びに溶接終了後に撮像された溶接部位の画像の少なくとも一つを示すデータを含む。

[0037] 本態様によれば、溶着解除処理時の電流を示すデータ、溶接ワイヤの先端部の画像、及び溶接ワイヤの先端部の温度の少なくとも一つに基づいて、アンチスティック処理の良否を判定することができる。また、次溶接工程における溶接工程中に検出された溶接電流及び溶接電圧、溶接ワイヤの送給速度、短絡状況、溶接工程中に集音された溶接音、並びに溶接終了後に撮像された溶接部位の画像の少なくとも一つを示すデータを用いて、アークエンド手順を調整することができる。

[0038] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記アークエンド手順は、アンチスティック処理における溶接電圧及び溶接電流、前記アンチスティック処理の時間、溶接ワイヤのリトラクト時間、並びに溶着解除処理の時間及びリトライ回数の少なくとも一つを含む。

[0039] 本態様によれば、アンチスティック処理における溶接電圧及び溶接電流、当該アンチスティック処理の時間、溶接ワイヤのリトラクト時間、並びに溶着解除処理の時間及びリトライ回数を調整することによって、アークエンド処理ないし溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができる。

[0040] 本態様に係るアークエンド調整装置は、前記手順調整部によってアークエンド手順の調整を行う調整強度を受け付ける受付部を備え、前記手順調整部は、前記受付部にて受け付けた調整強度にてアークエンド手順の調整を行う。

[0041] 本態様によれば、使用者は、上記手順調整部によって行われるアークエンド手順の自動調整の程度を任意に設定することができる。

[0042] 本態様に係る溶接システムは、上述のいずれか一つのアークエンド調整装置と、溶接トーチを保持する溶接ロボットと、前記溶接トーチに溶接電流を供給する溶接電源とを備える。

[0043] 本態様によれば、溶接ロボット及び溶接電源を備えた溶接システムは、溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができる。なお、アークエンド調

整装置は、溶接ロボット及び溶接電源の内部に設けても良いし、溶接ロボット及び溶接電源の動作を制御する制御装置の内部に設けても良いし、溶接ロボット、溶接電源及び制御装置の外部に別体で備えても良い。また、アークエンド調整装置はサーバであっても良く、制御装置又は溶接電源は、当該サーバと通信を行い、溶接工程のサイクルタイムを短縮するように構成しても良い。

[0044] 本態様に係るアークエンド調整方法は、繰り返し行われる溶接工程におけるアークエンド手順を調整するアークエンド調整方法であって、アンチスティック処理の結果及び次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データを取得し、取得した溶接データに基づいて、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるように、前記アークエンド手順を調整する。

[0045] 本態様によれば、溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができる。アークエンド調整方法は、溶接システムを構成する溶接電源、制御装置等が自動的に実施する態様であっても良いし、作業員が溶接システムに、アークエンド調整装置を接続してアークエンド調整方法を実施させても良い。

[0046] 本態様に係るコンピュータプログラムは、コンピュータに、繰り返し行われる溶接工程におけるアークエンド手順を調整させるためのコンピュータプログラムであって、前記コンピュータに、アンチスティック処理の結果及び次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データを取得し、取得した溶接データに基づいて、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるように、前記アークエンド手順を調整する処理を実行させるためのプログラムである。

[0047] 本態様によれば、コンピュータを上記アークエンド調整装置として機能させることができる。

発明の効果

[0048] 本発明によれば、アンチスティック処理、溶着解除処理等のアークエンド処理に要する時間を自動で調整し、溶接工程のサイクルタイムを短縮させることができる。

図面の簡単な説明

[0049] [図1]実施形態1に係るアーク溶接システムを示す模式図である。

[図2]実施形態1に係るアークエンド調整装置を示すブロック図である。

[図3A]アークエンド手順を示す概念図である。

[図3B]アークエンド手順を示す概念図である。

[図4]実施形態1に係るアークエンド調整装置を示す機能ブロック図である。

[図5]実施形態1に係るアークエンド調整方法を示すフローチャートである。

[図6]実施形態2に係るアークエンド調整装置を示す機能ブロック図である。

[図7]手順調整部のネットワーク構成を示す概念図である。

[図8]実施形態3に係るアークエンド調整装置を示す機能ブロック図である。

[図9]実施形態4に係るアークエンド調整装置を示す機能ブロック図である。

[図10]実施形態5に係るアーク溶接システムを示す模式図である。

[図11]アークエンド調整画面を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0050] 以下、本発明をその実施形態を示す図面に基づいて詳述する。また、以下に記載する実施形態の少なくとも一部を任意に組み合わせても良い。

(実施形態1)

図1は実施形態1に係るアーク溶接システムを示す模式図である。本実施形態に係るアーク溶接システムは、消耗電極式のガスシールドアーク溶接機であり、溶接ロボット1、溶接電源2、制御装置3、撮像装置4及びアークエンド調整装置5とを備える。アークエンド調整装置5は制御装置3に設けられている。なお、作図及び説明の便宜上、アークエンド調整装置5のユニットが制御装置3に含まれるものとして説明するが、制御装置3及びアークエンド調整装置5は渾然一体の構成であっても良く、見かけ上、制御装置3のハードウェア及びソフトウェアがアークエンド調整装置5の機能を実現しても良い。また、アークエンド調整装置5は溶接電源2に設けても良いし、他の装置に設けても良い。更に、アークエンド調整装置5の機能を複数の装置及びサーバで分散処理するように構成しても良い。

[0051] 溶接ロボット1は、母材Aのアーク溶接を自動で行うものである。溶接ロ

ボット 1 は、床面の適宜箇所に固定される基部を備える。基部には、複数のアームが軸部を介して回動可能に連結しており、アームの先端部には溶接トーチ 11 が保持されている。また、アームの適宜箇所にワイヤ送給装置 12 が設けられている。各アームの連結部分にはモータが設けられており、モータの回転駆動力によって軸部を中心に各アームが回動する。モータの回転は制御装置 3 によって制御されている。制御装置 3 は、各アームを回動させることによって、母材 A に対して溶接トーチ 11 を上下前後左右に移動させることができる。また、各アームの連結部分には、アームの回動位置を示す信号を制御装置 3 へ出力するエンコーダが設けられており、制御装置 3 は、エンコーダから出力された信号に基づいて、溶接トーチ 11 の位置を認識する。

[0052] 溶接トーチ 11 は、銅合金等の導電性材料からなり、溶接対象の母材 A へ溶接ワイヤ W を案内すると共に、アークの発生に必要な溶接電流を供給する円筒形状のコンタクトチップを有する。溶接電流は溶接電源 2 から供給される。溶接ワイヤ W は、図示しないワイヤ供給源からワイヤ送給装置 12 によって溶接トーチ 11 に供給される。溶接ワイヤ W は、例えばソリッドワイヤであり、消耗電極として機能する。

コンタクトチップは、その内部を挿通する溶接ワイヤ W に接触し、溶接電流を溶接ワイヤ W に供給する。また、溶接トーチ 11 は、コンタクトチップを囲繞する中空円筒形状をなし、先端の開口から母材 A へシールドガスを噴射するノズルを有する。シールドガスは、アークによって溶融した母材 A 及び溶接ワイヤ W の酸化を防止するためのものである。シールドガスは、例えば炭酸ガス、炭酸ガス及びアルゴンガスの混合ガス、アルゴン等の不活性ガス等である。シールドガスは溶接電源 2 から供給される。

[0053] 溶接電源 2 は、電源部 21、ワイヤ送給制御部 22、シールドガス供給部 23 及び検出部 24 を備える。電源部 21 は、給電ケーブルを介して、溶接トーチ 11 のコンタクトチップ及び母材 A に接続され、溶接電流を供給する。ワイヤ送給制御部 22 は、ワイヤ送給装置 12 による溶接ワイヤ W の送給

速度を制御する。シールドガス供給部 23 は、シールドガスを溶接トーチ 11 に供給する。検出部 24 は、溶接工程中にアークを流れる溶接電流と、アンチスティック処理及び溶着解除処理中の電流とを検出する電流検出部、溶接トーチ 11 及び母材 A に印加される電圧を検出する電圧検出部を含む。電源部 21 は、検出部 24 にて検出された溶接電流及び溶接電圧に基づいて PWM 制御された直流電流を出力する電源回路、信号処理回路等を含む。また、溶接電源 2 は、溶接工程中の溶接状態、アンチスティック処理及び溶着解除処理の状態を示す溶接モニタデータを制御装置 3 へ出力する。溶接モニタデータは、例えば、溶接工程中に検出された溶接電流又は溶接電圧を示す溶接電流データ又は溶接電圧データである。また、溶接モニタデータには、アンチスティック処理及び溶着解除処理中に検出される電圧又は電流のデータが含まれる。更に溶接モニタデータとして、溶接ワイヤ W の送給速度を示す送給速度データ、短絡状況を示す短絡状況データ、図示しないマイクで集音して得られる溶接音データを制御装置 3 へ出力しても良い。

なお、上記溶接モニタデータは、アンチスティック処理の結果及び次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データの一例である。

[0054] 撮像装置 4 は、アンチスティック処理中及び溶着解除処理中の溶接ワイヤ W の先端部若しくは溶接部位を撮像し、また溶接工程後、母材 A の溶接部位を撮像し、撮像して得た画像データを制御装置 3 へ出力する。また、撮像装置 4 は、溶接ワイヤ W の先端部の温度を検出する赤外線カメラであっても良い。

なお、上記画像データは、アンチスティック処理の結果及び次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データの一例である。

[0055] 制御装置 3 は、溶接ロボット 1 の動作を制御すると共に、溶接電源 2 に溶接電流、溶接電圧、溶接ワイヤ W の送給速度、シールドガスの供給量等の溶接条件を溶接電源 2 へ出力して溶接電源 2 の動作を制御する。制御装置 3 は、母材 A の材質及び開先の種類等に対する各種溶接条件を記憶している。また、制御装置 3 は、アークエンド手順を出力して、アークエンド処理を実行

させる。制御装置 3 が記憶する上記溶接条件は必ずしも最適なものでは無く、アークエンド手順については、溶接結果が悪化しない範囲で、溶接工程のサイクルタイムが最短化されるように、アークエンド調整装置 5 によって調整されている。

なお、図 1 には一組の溶接電源 2 及び溶接トーチ 1 1 のみが図示されているが、生産ラインに複数の溶接電源 2 が設置されている場合、一つのアークエンド調整装置 5 が、複数の溶接電源 2 毎に当該電源におけるアークエンド手順をそれぞれ調整するように構成しても良いし、複数の溶接電源 2 それぞれに、アークエンド調整装置 5 を各別に設け、各電源におけるアークエンド手順を調整するように構成しても良い。

[0056] 図 2 は実施形態 1 に係るアークエンド調整装置 5 を示すブロック図である。アークエンド調整装置 5 は、当該アークエンド調整装置 5 の各構成部の動作を制御する制御部 5 0 を備える。制御部 5 0 には、入力部 5 0 a、出力部 5 0 b 及び記憶部 5 0 c が接続されている。

[0057] 記憶部 5 0 c は、EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリである。記憶部 5 0 c は、溶接結果が悪化しない範囲において、アークエンド処理を最適化し、溶接工程のサイクルタイムを最短化するためのコンピュータプログラム 5 0 d を記憶している。

[0058] 制御部 5 0 は、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit) 又はマルチコア CPU 等のプロセッサ、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、入出力インタフェース等を有するコンピュータであり、インタフェースには、入力部 5 0 a、出力部 5 0 b 及び記憶部 5 0 c が接続されている。制御部 5 0 は、記憶部 5 0 c が記憶するコンピュータプログラム 5 0 d を実行することにより、生産ラインで溶接が繰り返し行われる連続生産における当該溶接工程のサイクルタイムを最短化させるアークエンド調整方法を実施し、コンピュータをアークエンド調整装置 5 として機能させる。なお、繰り返し行われる溶接工程は、生産ライ

ンに設置された一の溶接電源 2 又は溶接トーチ 11 が繰り返し行う溶接を意味する。

[0059] 入力部 50a は、溶接電源 2 及び撮像装置 4 に接続されている。入力部 50a には、溶接電源 2 から出力された溶接モニタデータと、撮像装置 4 から出力された画像データが入力される。溶接モニタデータは、例えば溶接工程中の溶接電流及び溶接電圧、アンチスティック処理及び溶着解除処理中の電流及び電圧、溶接ワイヤ W の送給速度、短絡状況、溶接音等を示す時系列データである。画像データは、溶接ワイヤ W の先端部の外観、溶接後のビードの外観を表したデータである。また、画像データは、赤外線カメラにて撮像した、溶接ワイヤ W 先端部の温度を表したデータであっても良い。

[0060] 出力部 50b は、溶接ロボット 1 及び溶接電源 2 に接続されている。制御部 50 は、溶接工程及びアークエンド手順を制御し、またアークエンド手順を変更するための制御データを溶接ロボット 1 及び溶接電源 2 へ出力する。アークエンド手順を変更するための制御データは、アークエンド手順の変更を指示するものであっても良いし、手順変更後のアークエンド手順を示すものであっても良い。

[0061] 図 3A 及び図 3B はアークエンド手順を示す概念図である。特に、図 3A はアンチスティック処理、図 3B は溶着解除処理の手順を示している。

溶接処理を終えた制御装置 3 は、図 3A に示すように、溶接時よりも小さい電流 I_a 及び電圧 V_a を、所要のアンチスティック処理時間 t_a 、供給し、溶接ワイヤ W の先端部を溶融させて燃え上がらせ、適当な寸法の凝固球を当該先端部に形成させる。また、溶接ワイヤ W を所定のリトラクト時間だけ引き上げる処理を実行しても良い。

アンチスティック処理を最適化することによって、溶接トーチ 11 のチップから突出する溶接ワイヤ W の長さを、次溶接工程を滞り無く開始できる長さにすることができ、また凝固球の形状及び大きさも次溶接工程の溶接性も良好なものとなる。

[0062] また、溶接終了時に溶接ワイヤ W が母材 A に溶着している可能性があるた

め、図3Bに示すように、制御装置3は、所要の溶接解除に係る電流 I_r を、所要の溶接解除処理時間 t_r の間、溶接ワイヤWに供給することにより、溶着箇所を溶断する処理を実行する。また、1回の溶断処理では溶着を解消できない場合があるため、溶着が解消されていない場合、所要のリトライ回数 N_r だけ、溶着解除処理を実行する。溶着の有無は、溶接ワイヤWに流れる電流を検出することによって判定することができる。

[0063] 図4は実施形態1に係るアークエンド調整装置5を示す機能ブロック図である。アークエンド調整装置5は、機能ブロックとして、溶接モニタデータ取得部51aと、画像データ取得部51bと、第1良否判定部52aと、第2良否判定部52bと、アンチスティック良否判定部52c、良否総合判定部54と、手順調整部55と、アークエンド制御部56、最短手順記憶部57とを備える。

[0064] 溶接モニタデータ取得部51aは、溶接電源2から出力される溶接モニタデータを取得し、取得した溶接モニタデータを第1良否判定部52a及びアンチスティック良否判定部52cへ出力する。

[0065] 画像データ取得部51bは、撮像装置4から出力された画像データを取得し、取得した画像データを第2良否判定部52b及びアンチスティック良否判定部52cへ出力する。

[0066] 第1良否判定部52aは、溶接モニタデータが入力された場合、当該溶接モニタデータが得られるときの溶接工程に係る溶接結果の良否を示すデータを出力する良否判定RNN53a (Recurrent Neural Network) を備える。良否判定RNN53aは、例えば、学習済みの再帰型ニューラルネットワークである。

良否判定RNN53aは、例えば、溶接結果が良好である確率を示したデータを出力する第1ニューロンと、溶接結果が不良である確率を示したデータを出力する第2ニューロンとを出力層に備える。この場合、上記良否を示すデータは、第1及び第2ニューロンから出力されたデータである。

また、良否判定RNN53aは、溶接結果の良否を2値で出力するニュー

ロンを出力層に備えても良い。この場合、上記良否を示すデータは、当該ニューロンから出力された2値のデータである。

更に、良否判定RNN53aは、溶接結果の良否の程度を示すアナログ値を出力するニューロンを出力層に備えても良い。

良否判定RNN53aは、溶接モニタデータ（入力データ）と、当該溶接データに対応する溶接結果の良否を示すデータ（教師データ）を学習データとして、学習前の再帰型深層ニューラルネットワークに与えることによって学習させれば良い。

なお、良否判定RNN53aの中間層の層数、各層のニューロン数等、その構造は特に限定されるものではない。また、良否判定RNN53aは必ずしも再帰型ニューラルネットワークである必要は無く、その他の種類のニューラルネットワークで構成しても良い。

[0067] 第2良否判定部52bは、画像データが入力された場合、当該画像データが得られるときの溶接工程に係る溶接結果の良否を示すデータを出力する良否判定CNN53b（Convolutional Neural Network）を備える。良否判定CNN53bは、学習済みの畳み込みニューラルネットワークである。

良否判定CNN53bは、例えば、溶接結果が良好である確率を示したデータを出力する第3ニューロンと、溶接結果が不良である確率を示したデータを出力する第4ニューロンとを出力層に備える。この場合、上記良否を示すデータは、第3及び第4ニューロンから出力されたデータである。

また、良否判定CNN53bは、溶接結果の良否を2値で出力するニューロンを出力層に備えても良い。この場合、上記良否を示すデータは、当該ニューロンから出力された2値のデータである。

更に、良否判定CNN53bは、溶接結果の良否の程度を示すアナログ値を出力するニューロンを出力層に備えても良い。

良否判定CNN53bは、画像データ（入力データ）と、当該溶接データに対応する溶接結果の良否を示すデータ（教師データ）を学習データとして、学習前の畳み込みニューラルネットワークに与えることによって学習させ

れば良い。

なお、良否判定CNN53bの中間層の層数、各層のニューロン数等、その構造は特に限定されるものではない。また、良否判定CNN53bは必ずしも畳み込みニューラルネットワークである必要は無く、その他の種類のニューラルネットワークで構成しても良い。

[0068] アンチスティック良否判定部52cは、例えばアークエンド処理の溶着解除処理時に流れる電流が閾値以上であるか否かを判定することによって、アンチスティック処理の良否を判定し、判定結果を良否総合判定部54へ出力する。

また、アンチスティック良否判定部52cは、アンチスティック処理時に撮像された溶接ワイヤWの先端部の画像に基づいて、アンチスティック処理の良否を判定し、判定結果を良否総合判定部54へ出力する。例えば、溶接ワイヤWの先端部に形成される凝固球の大きさが所定範囲内であるか否か、凝固球の形状が所定パターンに適合するか否かに基づいて、アンチスティック処理の良否を判定する。

[0069] 良否総合判定部54は、第1良否判定部52a、第2良否判定部52b及びアンチスティック良否判定部52cから出力されたデータに基づいて、アンチスティック処理及び次工程における溶接結果の良否を判定し、判定結果を手順調整部55へ出力する。

例えば、良否総合判定部54は、良否判定RNN53aの第1及び第2ニューロンから出力されたデータと、良否判定CNN53bの第3及び第4ニューロンから出力されたデータと、アンチスティック良否判定部52cの判定結果とを総合して判定する。具体的には、第1ニューロン及び第3ニューロンから出力されたデータの値の和と、第2及び第4ニューロンから出力されたデータの値の和とを比較することによって、次溶接結果の良否を判定すると良い。また、各ニューロンから出力されるデータの値を重み付け加算して比較しても良い。そして、良否総合判定部54は、次溶接工程における溶接結果が良好で、かつアンチスティック処理の結果も良好である場合、総合

的に良と判定する。

また、良否判定RNN53a及び良否判定CNN53bから2値データが出力される構成の場合、良否総合判定部54は、第1良否判定部52a及び第2良否判定部52bの双方が、良好であることを示すデータを出力している場合、次溶接工程の溶接結果を良と判定し、第1良否判定部52a及び第2良否判定部52bの一方が不良であることを示すデータを出力している場合、次溶接工程の溶接結果を不良と判定する。なお、総合判定の方法は一例であり、第1良否判定部52a及び第2良否判定部52bの一方が、良好であることを示すデータを出力している場合、次溶接工程の溶接結果を良と判定するように構成しても良い。

[0070] 手順調整部55は、良否総合判定部54の判定結果が良である場合、溶接工程のサイクルタイムが短縮され、判定結果が不良である場合、溶接工程のサイクルタイムが延長されるようにアークエンド手順を調整し、調整結果をアークエンド制御部56へ出力する。調整結果は、例えば、アークエンド手順の各種パラメータ、即ちアンチスティック処理における電流、電圧及び時間、リトラクト時間、溶着解除処理における電流、時間、リトライ回数等の増減を示すデータであり、手順調整部55は、アークエンド手順の各種パラメータの少なくとも一つを増減させることを示すデータをアークエンド制御部56へ出力する。

手順調整部55は、1回の調整処理で、複数のパラメータの値を変更しても良いし、一つのパラメータの値を変更しても良い。また、サイクルタイムが最短になるまで後述のステップS11～ステップS19を繰り返し実行してアークエンド手順の調整を行う場合、繰り返し行われる各調整処理で、異なるパラメータを調整するように構成しても良い。例えば、1回目の調整では、アンチスティック処理時間を調整し、2回目の調整では溶着解除処理時間を調整する等しても良い。

なお、各パラメータの増減量に相関を持たせて、変数を減少させるように構成しても良い。また、変更量を標準的なパラメータ値から所定割合の範囲

内に制限するように構成しても良い。

また、手順調整部 55 は、溶接工程のサイクルタイムを短縮させる決定を行った結果、溶接結果が良好な状態から不良状態に変化した場合、サイクルタイム短縮前のアークエンド手順を最短手順記憶部 57 に記憶させる。

更に、判定結果が不良である場合、溶接工程のサイクルタイムが延長されるようにアークエンド手順を調整する例を、上で説明したが、サイクルタイムを維持しつつ判定結果が良好になるように、パラメータを調整するように構成しても良い。

[0071] アークエンド制御部 56 は、手順調整部 55 の調整結果に基づいて、アークエンド手順を変更するための制御データを溶接電源 2 へ出力することによって、アークエンドを制御する。但し、最短手順記憶部 57 が、溶接工程のサイクルタイムが最短となるアークエンド手順を記憶している場合、アークエンド制御部 56 は、最短手順記憶部 57 が記憶するアークエンド手順に基づいて、アークエンドを制御する。

[0072] 次にアークエンド手順の調整に係る制御部 50 の処理手順を説明する。

図 5 は実施形態 1 に係るアークエンド調整方法を示すフローチャートである。制御部 50 は、例えば以下の処理を連続生産における各溶接工程毎に繰り返し実行する。制御部 50 は、記憶部 50c がサイクルタイム最短のアークエンド手順を記憶しているか否かを判定する（ステップ S11）。サイクルタイム最短のアークエンド手順を記憶していると判定した場合（ステップ S11：YES）、制御部 50 は記憶部 50c が記憶する最短のアークエンド手順に基づいて、アークエンドする（ステップ S12）。例えば、制御部 50 は、最短のアークエンド手順を示す制御データを溶接電源 2 へ出力することによって、アークエンドを制御する。もちろん、制御部 50 は、サイクルタイムが最短となるアークエンド手順とするための変更量を示す制御データを溶接電源 2 へ出力することによって、アークエンドを制御しても良い。

[0073] 記憶部 50c が、サイクルタイム最短のアークエンド手順を記憶していないと判定した場合（ステップ S11：NO）、制御部 50 は、溶接モニタデ

ータを取得し（ステップS 1 3）、画像データを取得する（ステップS 1 4）。そして、制御部5 0は、取得した溶接モニタデータ及び画像データに基づいて、アンチスティック処理及び溶接結果の良否を判定する（ステップS 1 5）。例えば、制御部5 0は、学習済みの良否判定R N N 5 3 a及び良否判定C N N 5 3 bを用いて、溶接結果の良否を判定する。アンチスティック処理及び溶着解除処理の良否は、溶着解除処理時における電流にて判定する。

[0074] 次いで、溶接結果が良好であると判定した場合（ステップS 1 5：Y E S）、制御部5 0は、溶接工程のサイクルタイムを短縮させる（ステップS 1 6）。溶接結果が不良であると判定した場合（ステップS 1 5：N O）、前回、溶接工程を短縮させた結果、溶接結果が良好な状態から不良状態に変化したか否かを判定する（ステップS 1 7）。当該不良状態への変化は、言うまでも無く、一つの溶接結果のみで判定する構成に限定されるものではなく、2つ以上の溶接結果を用いて判断する構成も含まれる。例えば、1 0回中、一定の割合以上、溶接結果が不良状態である場合、不良状態へ変化したと判定しても良い。溶接結果が良好な状態から不良状態に変化していないと判定した場合（ステップS 1 7：N O）、制御部5 0は、溶接工程のサイクルタイムを延長させる（ステップS 1 8）。ステップS 1 6、又はステップS 1 8の処理を終えた制御部5 0は、調整後のアークエンド手順に基づいて、アークエンドを制御する（ステップS 1 9）。具体的には、制御部5 0は、調整処理後のアークエンド手順を示す制御データを溶接電源2へ出力することによって、アークエンドを制御する。もちろん、制御部5 0は、アークエンド手順の変更量を示す制御データを溶接電源2へ出力することによって、アークエンドを制御しても良い。

[0075] 溶接工程のサイクルタイムを短縮させた結果、溶接結果が良好な状態から不良状態に変化したと判定した場合（ステップS 1 7：Y E S）、制御部5 0は、溶接工程のサイクルタイムを短縮前のアークエンド手順に戻し（ステップS 2 0）、サイクルタイム短縮前のアークエンド手順をサイクルタイム

最短のアークエンド手順として、記憶部 50c に記憶させ（ステップ S 21）、処理をステップ S 12 に戻す。

[0076] このように構成されたアークエンド調整装置 5、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム 50d によれば、溶接結果を悪化させることなく、アークエンド処理を最適化し、溶接工程のサイクルタイムを効果的に短縮させることができる。

[0077] また、最短化されたアークエンド手順を記憶部 50c に記憶させる構成であるため、以後、アークエンド調整装置 5 は、速やかに溶接工程のサイクルタイムを最短化させて溶接を制御することができる。

[0078] なお、本実施形態 1 ではアークエンド調整装置 5 が学習済みの良否判定 RNN 53a 及び良否判定 CNN 53b を備える例を説明したが、第 1 良否判定部 52a 及び第 2 良否判定部 52b のニューラルネットワークを規定する各種パラメータを、外部サーバからダウンロードし、更新するように構成しても良い。パラメータは、例えば、中間層の階層数、各層のニューロンの数、各ニューロンの重み係数、活性化関数の種類等を含む情報である。また、アークエンド調整装置 5 は、ダウンロードした各種パラメータを、第 1 良否判定部 52a 及び第 2 良否判定部 52b に反映させることを許可するか否かを示すフラグを記憶し、フラグが許可を示した場合にダウンロードされたパラメータを用いて良否判定 RNN 53a 及び良否判定 CNN 53b のニューラルネットワークを更新するように構成しても良い。

また、工場内に、アークエンド調整装置 5 を備える溶接システムが複数設置されている場合、必要に応じて各溶接システムのアークエンド調整装置 5 が上記パラメータを交換しても良い。

更に、アークエンド調整装置 5 をクラウドサーバとして構成しても良い。溶接電源 2 又は制御装置 3 は、当該サーバにアークエンド手順の調整を要求し、要求に応じてサーバから送信されたアークエンド手順の調整量を受信し、アークエンド手順を調整しても良い。

更に、アークエンド調整装置 5 は溶接電源 2 に備えても良い。また、アー

クエンド調整装置 5 は、アークエンド手順調整用の専用装置として実施しても良い。作業者は、溶接システムに当該専用装置を接続し、アークエンド手順を自動で調整することができる。

[0079] 更にまた、第 1 良否判定部 5 2 a 及び第 2 良否判定部 5 2 b が良否判定 R N N 5 3 a 及び良否判定 C N N 5 3 b を備える例を説明したが、各判定部の双方又は一方はニューラルネットワークを用いずに溶接結果の良否を判定するように構成しても良い。例えば、第 1 良否判定部 5 2 a は、溶接電流値と、所定の閾値とを比較する単純な判定処理で、良否を判定しても良い。また、第 2 良否判定部 5 2 b は、画像データから所定の特徴量を抽出し、特徴量の有無、特徴量の数等と、閾値とを比較する単純な判定処理で、良否を判定しても良い。更に、第 1 良否判定部 5 2 a 及び第 2 良否判定部 5 2 b の双方を備える必要は無く、いずれか一方を備えても良い。この場合、良否総合判定部 5 4 は不要である。

[0080] (実施形態 2)

実施形態 2 に係るアークエンド調整装置 2 0 5、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム 5 0 d は、実施形態 1 の手順調整部 5 5 及び最短手順記憶部 5 7 が深層ニューラルネットワークにて構成されている点が実施形態 1 と異なるため、以下では主に上記相違点を説明する。その他の構成及び作用効果は実施形態と同様であるため、対応する箇所には同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

[0081] 図 6 は実施形態 2 に係るアークエンド調整装置 2 0 5 を示す機能ブロック図である。実施形態 2 に係るアークエンド調整装置 2 0 5 は、実施形態 1 と同様、溶接モニタデータ取得部 5 1 a、画像データ取得部 5 1 b、第 1 良否判定部 5 2 a、第 2 良否判定部 5 2 b、良否総合判定部 2 5 4、手順調整部 2 5 5、学習処理部 2 5 9 及びアークエンド制御部 5 6 を備える。

[0082] 溶接モニタデータ取得部 5 1 a は、溶接電源 2 から出力される溶接モニタデータを取得し、取得した溶接モニタデータを第 1 良否判定部 5 2 a、アンチスティック良否判定部 5 2 c 及び手順調整部 2 5 5 へ出力する。

[0083] 画像データ取得部 5 1 b は、撮像装置 4 から出力された画像データを取得し、取得した画像データを第 2 良否判定部 5 2 b、アンチスティック良否判定部 5 2 c 及び手順調整部 2 5 5 へ出力する。

[0084] 実施形態 2 の良否総合判定部 2 5 4 は、溶接結果及びアンチスティック処理が良好である確率を示すデータと、溶接結果及びアンチスティック処理が不良である確率を示すデータとを学習処理部 2 5 9 へ出力する。例えば、良否判定 R N N 5 3 a の第 1 ニューロンから出力されたデータの値と、良否判定 C N N 5 3 b の第 3 ニューロンから出力されたデータの値と、アンチスティック良否判定部 5 2 c から出力されたデータの値とを用いて、溶接結果及びアンチスティック処理が良好である確率を演算すれば良い。同様に、良否判定 R N N 5 3 a の第 2 ニューロンから出力されたデータの値と、良否判定 C N N 5 3 b の第 4 ニューロンから出力されたデータと、アンチスティック良否判定部 5 2 c から出力されたデータの値とを用いて、溶接結果が不良である確率を演算すれば良い。

[0085] 手順調整部 2 5 5 は、溶接モニタデータ及び画像データが入力された場合、サイクルタイムを短縮可能なアークエンド手順の変更量を示すデータを出力する手順調整 N N (Neural Network) 2 5 8 を備える。手順調整 N N 2 5 8 は学習済み深層ニューラルネットワークである。

手順調整 N N 2 5 8 は、例えば、アンチスティック処理における電流 I_a 、電圧 V_a 及び時間 t_a 、溶着解除処理における電流 I_r 、時間 t_r 、リトライ回数 N_r 等、各調整パラメータに対する複数の調整量毎に、当該調整量が好ましい確率を示したデータを出力する複数のニューロンを出力層に備える。

また、手順調整 N N 2 5 8 は、調整量を示すデータを出力するニューロンを出力層に備える構成でも良い。更に、手順調整 N N 2 5 8 は、調整量を 2 値データで出力するニューロンを出力層に備える構成であっても良い。以下、本実施形態 2 では、手順調整 N N 2 5 8 が 2 値データでは無く、各パラメータの変更量を、当該変更量が適当であることを示す確率のデータを出力す

るのものとする。

なお、手順調整部255は、1回の調整処理で、複数のパラメータの値を変更しても良いし、一つのパラメータの値を変更しても良い。また、繰り返し行われる各調整処理で、異なるパラメータを調整するように構成しても良い。

[0086] 図7は手順調整部255のネットワーク構成を示す概念図である。手順調整部255の手順調整NN258は、溶接状態認識ネットワーク部258aと、外観認識ネットワーク部258bと、手順調整ネットワーク部258cとを有する。

溶接状態認識ネットワーク部258aは、溶接モニタデータが入力され、溶接工程中の溶接状態を認識し、当該状態に応じたデータを出力するニューラルネットワークである。溶接モニタデータが溶接電流である場合、溶接状態認識ネットワーク部258aは、溶接電流の変化状態を認識することができる。溶接状態認識ネットワーク部258aは、例えば、出力層を除き第1良否判定部52aと同様のニューラルネットワーク構造にすると良い。出力層は、複数のニューロン、好ましくは3つ以上のニューロンを備える。また、学習前の重み係数の初期値として、第1良否判定部52aを構成する各ニューロンの重み係数を設定すると良い。より効率的に手順調整部255を学習させることができる。

外観認識ネットワーク部258bは、画像データが入力され、溶接後の溶接部位の状態を認識し、当該状態に応じたデータを出力するニューラルネットワークである。外観認識ネットワーク部258bは、例えば、出力層を除き、第2良否判定部52bと同様のニューラルネットワーク構造にすると良い。出力層は、複数のニューロン、好ましくは3つ以上のニューロンを備える。また、学習前の重み係数の初期値として、第2良否判定部52bを構成する各ニューロンの重み係数を設定すると良い。より効率的に手順調整NN258を学習させることができる。

手順調整ネットワーク部258cは、溶接状態認識ネットワーク部258

a 及び外観認識ネットワーク部 258b からそれぞれ出力されたデータが入力され、短縮可能なアークエンド手順の変更量を示すデータを出力する、学習済みのニューラルネットワークである。当該ニューラルネットワークは、中間層を複数備える深層ニューラルネットワークで構成することが好ましい。

なお、手順調整部 255 のニューラルネットワーク構成は一例であり、一のニューラルネットワークで構成しても良いし、複数のニューラルネットワークを組み合わせても良い。

[0087] 学習処理部 259 は、手順調整部 255 に入力された溶接モニタデータ及び画像データを入力データ、当該データに基づいてアークエンド手順を変更したときの溶接結果及びアンチスティック処理の良否を示すデータを学習データとして、手順調整 NN 258 を学習させる処理部である。

具体的には、学習処理部 259 は、良否総合判定部 254 の判定結果より、溶接結果及びアンチスティック処理が良好である場合、サイクルタイムが短縮され、溶接結果及びアンチスティック処理が不良である場合、サイクルタイムが延長され、溶接結果が良好及び不良の中間的状态である場合、サイクルタイムが維持されるように、手順調整 NN 258 を学習させる。

溶接結果が良好とは、例えば、溶接結果が良好である確率が 50% 以上、溶接結果が不良である確率が 50% 未満であるような状態であって、アンチスティック処理の結果が良好な状態である。溶接結果が不良とは、例えば、溶接結果が良好である確率が 50% 未満、溶接結果が不良である確率が 50% 以上であるような状態、又はアンチスティック処理の結果が不良な状態である。閾値の 50% は一例であり、50% より大きな値であっても良い。

溶接結果が中間的状态とは、例えば、溶接結果が良好である確率及び溶接結果が不良である確率の双方が 50% 以上である場合、あるいは双方が 50% 未満であるような場合であって、アンチスティック処理の結果が良好な状態である。また、上記閾値が 50% より大きい場合、例えば 60% である場合、溶接結果が良好及び不良である確率が 40% ~ 60% の間にあるような

状況も中間的状态である。なお、かかる中間的状态は一例である。中間的状态は、これ以上、サイクルタイムを短縮させた場合、溶接結果が悪化する可能性がある状態である。

以上の通り、手順調整NN258を学習させることによって、溶接結果を悪化させることなく、アンチスティック処理、溶着解除処理等のアークエンド処理に要する時間を自動で調整し、溶接工程のサイクルタイムを最短化させることができる。

なお、手順調整NN258の学習初期段階においては、中間的状态である場合、サイクルタイムを維持せず、アークエンド手順を適宜変更させても良い。

[0088] なお、手順調整NN258の学習は、溶接システムを設置したとき、外部環境が変化したとき、溶接条件を変更したとき、その他段取り替えが行われたとき等、適宜のタイミングで実行させると良い。

また、本実施形態2では、手順調整NN258を学習させる例を説明したが、学習済みの手順調整NN258を備え、更なる学習を行わないように構成しても良い。

[0089] このように構成された実施形態2に係るアークエンド調整装置205、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム50dによれば、深層ニューラルネットワークにて構成される手順調整部255が、アークエンド手順の変更量を決定する構成であるため、溶接結果を悪化させることなく、より適切に溶接工程のアークエンドを制御し、最短化することが可能である。

[0090] また、手順調整部255は、溶接工程のサイクルタイムを短縮させるアークエンド手順の変更量を出力することができる。手順調整部255は、例えば、溶接結果が非常に安定している場合、大きな変更量を出力し、溶接結果が良好であるものの不安定であるような場合、小さな変更量を出力することができる。従って、より速やかに溶接工程のサイクルタイムを最短化させることができる。

[0091] 更に、手順調整部 255 は、溶接結果の良否判定結果を用いて学習することができ、溶接システムが設置された環境に適した手順調整部 255 に調整することができる。従って、溶接条件、外部環境に応じて溶接工程のサイクルタイムを最短化させることができる。

[0092] 更にまた、学習処理部 259 は、溶接工程のサイクルタイムが短縮される方向に手順調整部 255 を学習させ、溶接工程のサイクルタイムを最短化させることが可能なデータを出力できるようになった後は、良好な溶接結果が安定して得られるように手順調整ニューラルネットワークを学習させることができる。従って、溶接結果を良好な状態で安定化させ、かつ溶接工程のサイクルタイムを最短化させることができる。

[0093] なお、本実施形態 2 ではアークエンド調整装置 205 が学習済みの手順調整 NN 258 を備える例を説明したが、手順調整部 255 のニューラルネットワークを規定する各種パラメータを、外部サーバからダウンロードし、更新するように構成しても良い。パラメータは、例えば、中間層の階層数、各層のニューロンの数、各ニューロンの重み係数、活性化関数の種類等を含む情報である。また、アークエンド調整装置 205 は、ダウンロードした各種パラメータを、手順調整部 255 に反映させることを許可するか否かを示すフラグを記憶し、フラグが許可を示した場合にダウンロードされたパラメータを用いて手順調整 NN 258 のニューラルネットワークを更新するように構成しても良い。

また、工場内に、アークエンド調整装置 205 を備える溶接システムが複数設置されている場合、必要に応じて各溶接システムのアークエンド調整装置 205 が上記パラメータを交換しても良い。

[0094] また、アークエンド調整装置 205 は、学習した手順調整 NN 258 を規定する各種パラメータを外部のサーバへアップロードするように構成しても良い。他のアークエンド調整装置 205 は、サーバへアップロードされた当該パラメータを用いて、手順調整 NN 258 を更新することができる。

[0095] なお、実施形態 2 では、手順調整 NN 258、並びに第 1 良否判定部 52

a 及び第 2 良否判定部 5 2 b がニューラルネットワークを備える例を説明したが、良否判定 R N N 5 3 a 及び良否判定 C N N 5 3 b の双方又は一方はニューラルネットワークを用いずに溶接結果の良否を判定するように構成しても良い。

[0096] (実施形態 3)

図 8 は実施形態 3 に係るアークエンド調整装置 3 0 5 を示す機能ブロック図である。実施形態 3 に係るアークエンド調整装置 3 0 5、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム 5 0 d は、手順調整部 3 5 5 に入力されるデータが実施形態 2 と異なるため、以下では主に上記相違点を説明する。その他の構成及び作用効果は実施形態と同様であるため、対応する箇所には同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

[0097] 実施形態 3 に係るアークエンド調整装置 3 0 5 は、更に溶接条件データ取得部 5 1 c を更に備える。溶接条件データ取得部 5 1 c は、溶接条件データを取得する。溶接条件データは、例えば、母材 A の材質、開先形状、溶接電流設定値、溶接電圧設定値、溶接速度設定値、溶接電流を周期的に変動させるときの周波数設定値等の情報を含む。

[0098] 手順調整部 3 5 5 は、入力された溶接モニタデータ及び画像データ、並びに溶接条件データに基づいて、溶接結果を悪化させること無く溶接工程のサイクルタイムを短縮可能な、アークエンド手順の変更量を示すデータを出力する学習済みの手順調整 N N 3 5 8 を備える。実施形態 3 に係る学習済みの手順調整 N N 3 5 8 は、実施形態 2 と同様の良否総合判定部 3 5 4 及び学習処理部 3 5 9 を用いて更に学習させることができる。

[0099] 実施形態 3 に係るアークエンド調整装置 3 0 5、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム 5 0 d によれば、溶接条件を加味してアークエンド手順を調整する構成であるため、より効果的にアークエンド手順を調整することが可能である。

[0100] (実施形態 4)

図 9 は実施形態 4 に係るアークエンド調整装置 4 0 5 を示す機能ブロック

図である。実施形態４に係るアークエンド調整装置４０５、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム５０ｄは、実施形態１の手順調整部４５５及び最短手順記憶部５７が、深層強化学習にてアークエンド手順を学習するように構成されている点が実施形態１と異なるため、以下では主に上記相違点を説明する。その他の構成及び作用効果は実施形態と同様であるため、対応する箇所には同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

[0101] 実施形態４に係るアークエンド調整装置４０５は、溶接モニタデータ取得部５１ａ、画像データ取得部５１ｂ、状態データ取得部５１ｄ、第１良否判定部５２ａ、第２良否判定部５２ｂ、良否総合判定部５４、手順調整部４５５及びアークエンド制御部５６を備える。

[0102] 状態データ取得部５１ｄは、溶接システムの状態ｓを示す状態データを取得する。状態データは、例えば、アークエンド処理における溶接トーチ１１、溶接ワイヤＷ及び母材Ａを複数時点で撮像して得た画像データ、例えば動画データを含む。溶接トーチ１１、溶接ワイヤＷ及び母材Ａは、撮像装置４にて撮像しても良いし、他の動画撮像装置を用いて撮像しても良い。動画データは、溶接システムの状態ｓ、即ち溶接トーチ１１、溶接ワイヤＷ及び母材Ａの位置関係、溶接ワイヤＷの先端部に形成される凝固球を画像で認識できる画像データを含む構成が好ましい。また、画像データは、赤外線カメラで溶接ワイヤＷの先端部を撮像して得られる画像、即ち溶接ワイヤＷの先端部の温度を示す画像のデータであっても良い。

なお、本実施形態４では、状態データの例として主に画像データを説明するが、溶接ワイヤＷに流れる電流を示す電流データ、溶接ワイヤＷの温度を示すその他の温度データ等であっても良い。

[0103] 手順調整部４５５は、深層強化学習によって、溶接工程のサイクルタイムを最短化するアークエンド手順を学習させるものであり、評価部４５５ａ、行動選択部４５５ｂ、報酬算出部４５５ｃ及び強化学習部４５５ｄを備える。

[0104] 評価部455aは、状態データ取得部51dにて取得した状態データと、アークエンド手順に係る行動aを示す行動データに基づいて、状態データが示す状態における当該行動aに対する評価値Qを算出する演算機能部である。状態とは、例えば溶接トーチ11、溶接ワイヤW及び母材Aの位置関係ないし当該位置関係を表した画像である。アークエンド手順に係る行動aは、アンチスティック処理に係る電流の供給開始、電流値、溶着解除処理に係る電流の供給開始、溶着解除処理のリトライ等で定められる。評価値Qは、溶接トーチ11、溶接ワイヤW及び母材Aがある特定の位置関係にある場合、ある特定の行動aを取ったときに、溶接工程のサイクルタイムを好適に短縮させることができる程、また溶接結果が良好である程、高い値となる。

[0105] 評価部455aは、例えば、状態データ取得部51dにて取得した溶接システムの状態sを示す状態データと、アークエンド手順に係る行動aを示す行動データとが入力された場合、当該状態sにおける当該行動aに対する評価値Q(s, a)を出力する評価NN(Neural Network)455eを備える。

なお、評価NN455eは、溶接システムの状態を画像で表す状態データを認識するための畳み込みニューラルネットワークを前段に備えると良い。

また、評価部455aは、ニューラルネットワークに代えて、状態データ及び行動データと、評価値とを関係付けるテーブルを備え、当該テーブルを用いて評価値を出力するように構成しても良い。

[0106] 行動選択部455bは、ある状態sにおいて評価部455aにて算出された評価値Qが最大の行動aを選択する。手順調整部455は、行動選択部455bによって選択された行動aに基づいてアークエンド手順の調整を行い、アークエンド制御部56は、当該調整されたアークエンド手順にてアークエンドを制御する。

[0107] 報酬算出部455cは、良否総合判定部54から出力された判定結果と、溶接トーチ11が溶接箇所到達してからアークが発生するまでの時間とに基づいて、アークエンド手順に対する報酬を算出する。報酬は、溶接結果が

良好である程、アークが発生するまでの当該時間が短い程、高い値となるように算出する。報酬を算出する演算式は特に限定されるものではない。

[0108] 強化学習部455dは、評価NN455eに入力される状態データ及び行動データと、各データが入力されたときに出力される評価値Qと、報酬算出部455cにて算出される報酬とに基づいて、評価NN455eを学習させる。具体的には、下記式(1)で表される評価値Qにて、ニューラルネットの重み係数を学習させると良い。 $Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha (r + \gamma \max_{a'} Q(s_{next}, a_{next}) - Q(s, a)) \dots (1)$ 但し、s：状態 a：状態sで選択した行動 α ：学習係数 r：行動の結果得られた報酬 γ ：割引率 $\max_{a'} Q(s_{next}, a_{next})$ ：次状態で取り得る行動に対する評価値Qの最大値

[0109] 学習係数 α は1以下の正の値であり、例えば0.1程度の値である。割引率 γ は1以下の正の値であり、例えば0.9程度の値である。

[0110] 上記式(1)を用いた機械学習により、より高い報酬が得られるような行動aに対して、より高い評価値Qが与えられるように、評価NN455eを学習させることができる。なお、強化学習を行う際、一定の確率でランダムに行動させ、様々な行動に対するQ値を学習させる ϵ -グリーディ法等を用いると良い。

このように構成されたアークエンド調整装置405によれば、行動選択部455bは、溶接システムの状態s、即ち溶接トーチ11、溶接ワイヤW及び母材Aの位置関係に応じた、より適切な行動a、即ちアンチスティック処理の開始、溶接解除処理の開始を選択することができ、溶接工程のサイクルタイムを最短化させることができる。

[0111] なお、アークエンド調整装置405の強化学習は、複数の溶接装置ないし溶接システムから得られる状態データ、行動データ、評価値等のデータ、シミュレーション装置から得られるデータ等を用いて、行うと良い。

[0112] 実施形態4に係るアークエンド調整装置405、溶接システム、アークエンド調整方法及びコンピュータプログラム50dによれば、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるアークエンド手順を深層強化学習することができる。

[0113] なお、上記実施形態4では、深層強化学習を説明したが、ニューラルネットワークに代えて、行動及び状態に対応する評価値Qを配列を備え、アークエンド手順を調整するように構成しても良い。

[0114] (実施形態5)

図10は実施形態5に係るアーク溶接システムを示す模式図である。実施形態5に係る溶接システムは、アークエンド手順の調整方法を受け付ける調整方法受付部506を備える点が実施形態1～5と異なる。以下では主に上記相違点を説明する。その他の構成及び作用効果は実施形態と同様であるため、対応する箇所には同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

[0115] 図11はアークエンド調整画面507を示す模式図である。調整方法受付部506は、例えば、端末にアークエンド調整画面507を表示し、アークエンド手順の調整方法を受け付ける。アークエンド調整画面507は、例えば、アークエンド手順を自動で調整するか、手動で調整するかの選択を受け付ける調整方法選択部571を有する。調整方法選択部571は、例えばラジオボタンである。使用者は、ラジオボタンをチェックすることによって、アークエンド手順の自動調整を行うか、手動で調整するのを選択することができる。

[0116] また、アークエンド調整画面507は、アークエンド手順の自動調整が選択された場合、サイクルタイムの最短化を優先した調整を行うべきか、溶接品質を重視した調整を行うべきかを示した優先度表示部572と、優先度を指定するための優先度調整スライダ573とを有する。使用者は、優先度調整スライダ573をスライドさせることによって、溶接品質をどの程度重視してアークエンド手順を調整すべきか、あるいはサイクルタイムの最短化をどの程度重視してアークエンド手順を調整すべきかを指定することができる。

優先度調整スライダ573にて溶接品質に係る優先度を受け付ける調整方法受付部506は、手順調整部55によってアークエンド手順の調整を行う調整強度を受け付ける受付部に対応する。

- [0117] 制御装置 3 は、例えば、溶接品質の重要度が高い程、アークエンド手順の調整量を小さくしてアークエンド手順の制御を行い、サイクルタイムの最短化の重要度が高い程、アークエンド手順の調整量を大きくしてアークエンド処理を実行する。
- [0118] 実施形態 5 に係る溶接システムによれば、溶接品質又はサイクルタイムの最短化の重要度又は優先度を受け付け、使用者が所望する方法で、アークエンド手順を調整することができる。
- [0119] 今回開示された実施形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した意味ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

- [0120]
- 1 溶接ロボット
 - 2 溶接電源
 - 3 制御装置
 - 4 撮像装置
 - 5, 205, 305, 405 アークエンド調整装置
 - 11 溶接トーチ
 - 12 ワイヤ送給装置
 - 21 電源部
 - 22 ワイヤ送給制御部
 - 23 シールドガス供給部
 - 24 検出部
 - 50 制御部
 - 50a 入力部
 - 50b 出力部
 - 50c 記憶部
 - 50d コンピュータプログラム

- 5 1 a 溶接モニタデータ取得部
- 5 1 b 画像データ取得部
- 5 1 c 溶接条件データ取得部
- 5 1 d 状態データ取得部
- 5 2 a 第1良否判定部
- 5 2 b 第2良否判定部
- 5 2 c アンチスティック良否判定部
- 5 3 a 良否判定R N N
- 5 3 b 良否判定C N N
- 5 4, 2 5 4, 3 5 4 良否総合判定部
- 5 5, 2 5 5, 3 5 5, 4 5 5 手順調整部
- 5 6 アークエンド制御部
- 5 7 最短手順記憶部
- 2 5 8 手順調整N N
- 2 5 8 a 溶接状態認識ネットワーク部
- 2 5 8 b 外観認識ネットワーク部
- 2 5 8 c 手順調整ネットワーク部
- 2 5 9, 3 5 9 学習処理部
- 4 5 5 a 評価部
- 4 5 5 b 行動選択部
- 4 5 5 c 報酬算出部
- 4 5 5 d 強化学習部
- 4 5 5 e 評価N N
- 5 0 6 調整方法受付部
- 5 0 7 アークエンド調整画面
- 5 7 1 調整方法選択部
- 5 7 2 優先度表示部
- 5 7 3 優先度調整スライダ

A 母材

W 溶接ワイヤ

請求の範囲

- [請求項1] 繰り返し行われる溶接工程におけるアークエンド手順を調整するアークエンド調整装置であって、
- アンチスティック処理の結果及び次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データを取得する取得部と、
- 該取得部にて取得した溶接データに基づいて、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるように、前記アークエンド手順を調整する手順調整部と
- を備えるアークエンド調整装置。
- [請求項2] 前記取得部にて取得した溶接データに基づいて、アンチスティック処理及び次溶接工程の溶接結果の良否を判定する良否判定部を備え、
- 前記手順調整部は、
- 前記良否判定部が良と判定した場合、前記サイクルタイムが短縮され、前記良否判定部が否と判定した場合、前記サイクルタイムが延長されるように、前記アークエンド手順の変更内容を決定する
- 請求項1に記載のアークエンド調整装置。
- [請求項3] 前記手順調整部は、
- 前記溶接工程のサイクルタイムを短縮させた結果、アンチスティック処理及び次溶接工程の溶接結果が良好な状態から不良状態に変化した場合、サイクルタイム短縮前の前記アークエンド手順にて調整を確定させ、確定させた前記アークエンド手順を記憶部に記憶させる
- 請求項2に記載のアークエンド調整装置。
- [請求項4] 前記良否判定部は、
- 次溶接工程に係る溶接状態を示す前記溶接データが入力された場合、該溶接データが得られるときの溶接工程に係る溶接結果の良否を示すデータを出力するようにニューラルネットワークを学習させた良否判定ニューラルネットワークを備える
- 請求項2又は請求項3に記載のアークエンド調整装置。

- [請求項5] 前記手順調整部は、
前記溶接データが入力された場合、前記溶接工程のサイクルタイムを短縮可能な、前記アークエンド手順の変更内容を示すデータを出力するようにニューラルネットワークを学習させた手順調整ニューラルネットワークを備える
請求項1に記載のアークエンド調整装置。
- [請求項6] 前記手順調整ニューラルネットワークは、前記アークエンド手順の変更量を示すデータを出力する
請求項5に記載のアークエンド調整装置。
- [請求項7] 前記取得部にて取得した溶接データに基づいて、アンチスティック処理及び次溶接工程の溶接結果の良否を判定する良否判定部と、
前記アークエンド手順を調整した後に得られる前記良否判定部の判定結果に基づいて、前記手順調整ニューラルネットワークを学習させる学習処理部と
を備える請求項5又は請求項6に記載のアークエンド調整装置。
- [請求項8] 前記学習処理部は、
前記良否判定部が良と判定した場合、前記サイクルタイムが短縮され、前記良否判定部が否と判定した場合、前記サイクルタイムが延長されるように、前記手順調整ニューラルネットワークを学習させる
請求項7に記載のアークエンド調整装置。
- [請求項9] 前記学習処理部は、
溶接結果が良好及び不良の中間的状态である場合、前記サイクルタイムが維持されるように前記手順調整ニューラルネットワークを学習させる
請求項8に記載のアークエンド調整装置。
- [請求項10] 前記良否判定部は、
次溶接工程に係る溶接状態を示す前記溶接データが入力された場合、該溶接データが得られるときの溶接工程に係る溶接結果の良否を示

すデータを出力するようにニューラルネットワークを学習させた良否判定ニューラルネットワークを備える

請求項 7 ～請求項 9 までのいずれか一項に記載のアークエンド調整装置。

[請求項11] 前記手順調整ニューラルネットワークは、前記良否判定ニューラルネットワークの全部又は一部と実質的同一のネットワーク構成を含む請求項 10 に記載のアークエンド調整装置。

[請求項12] アークエンド処理における溶接トーチ、溶接ワイヤ及び母材を複数時点で撮像して得た画像データを含む状態データを取得する状態データ取得部を備え、

前記手順調整部は、

前記状態データ取得部にて取得した状態データ、及び前記アークエンド手順に係る行動を示す行動データに基づいて、前記状態データが示す状態における前記行動に対する評価値を算出する評価部と、

前記評価部にて算出される評価値が最大の行動を選択する行動選択部と

を備える請求項 1 に記載のアークエンド調整装置。

[請求項13] 前記取得部にて取得した溶接データに基づいて、アンチスティック処理及び次溶接工程の良否を判定する良否判定部と、

前記アークエンド手順を調整した後に得られる前記良否判定部の判定結果と、溶接終了後、次溶接工程における溶接が開始されるまでの時間とに基づいて、前記アークエンド手順に対する報酬を算出する報酬算出部と、

前記状態データ取得部にて取得した状態データ、前記アークエンド手順に係る行動を示す行動データ、及び前記報酬算出部にて算出された報酬に基づいて、前記評価部を学習させる強化学習部と

を備える請求項 12 に記載のアークエンド調整装置。

[請求項14] 前記評価部は、

前記状態データ取得部にて取得した状態データ、及び前記アークエンド手順に係る行動を示す行動データが入力された場合、前記状態データが示す状態における前記行動に対する評価値を出力する評価ニューラルネットワークを備える

請求項 1 2 又は請求項 1 3 に記載のアークエンド調整装置。

[請求項15]

アンチスティック処理の結果を示す前記溶接データは、
溶着解除処理時の電流を示すデータ、溶接ワイヤの先端部の画像、
及び溶接ワイヤの先端部の温度の少なくとも一つを含み、

次溶接工程に係る溶接状態を示す前記溶接データは、

溶接工程中に検出された溶接電流及び溶接電圧、溶接ワイヤの送給速度、短絡状況、溶接工程中に集音された溶接音、並びに溶接終了後に撮像された溶接部位の画像の少なくとも一つを示すデータを含む

請求項 1 ～請求項 1 4 までのいずれか一項に記載のアークエンド調整装置。

[請求項16]

前記アークエンド手順は、

アンチスティック処理における溶接電圧及び溶接電流、前記アンチスティック処理の時間、溶接ワイヤのリトラクト時間、並びに溶着解除処理の時間及びリトライ回数の少なくとも一つを含む

請求項 1 ～請求項 1 5 までのいずれか一項に記載のアークエンド調整装置。

[請求項17]

前記手順調整部によってアークエンド手順の調整を行う調整強度を受け付ける受付部を備え、

前記手順調整部は、

前記受付部にて受け付けた調整強度にてアークエンド手順の調整を行う

請求項 1 ～請求項 1 6 までのいずれか一項に記載のアークエンド調整装置。

[請求項18]

請求項 1 ～請求項 1 7 までのいずれか一項に記載のアークエンド調

整装置と、

溶接トーチを保持する溶接ロボットと、

前記溶接トーチに溶接電流を供給する溶接電源と

を備える溶接システム。

[請求項19] 繰り返し行われる溶接工程におけるアークエンド手順を調整するアークエンド調整方法であって、

アンチスティック処理の結果及び次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データを取得し、

取得した溶接データに基づいて、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるように、前記アークエンド手順を調整する

アークエンド調整方法。

[請求項20] コンピュータに、繰り返し行われる溶接工程におけるアークエンド手順を調整させるためのコンピュータプログラムであって、

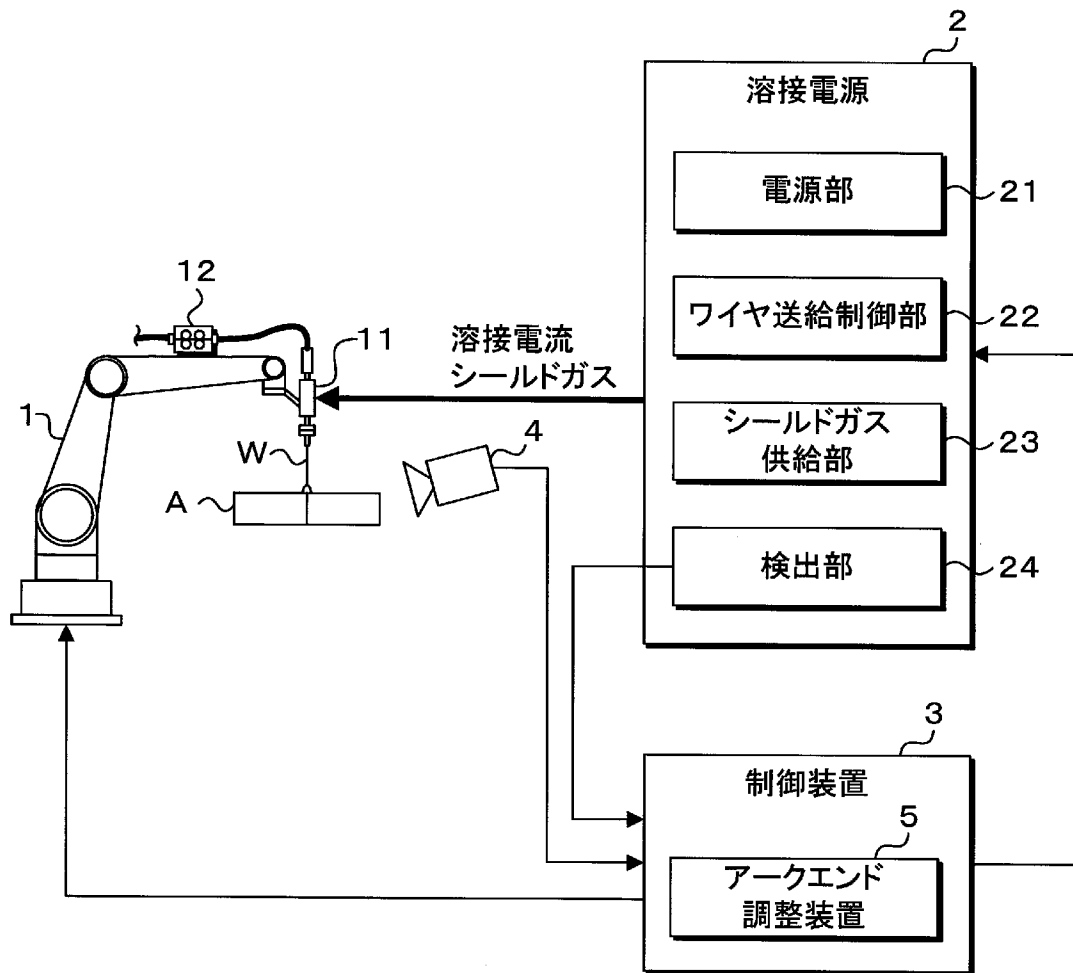
前記コンピュータに、

アンチスティック処理の結果及び次溶接工程に係る溶接状態を示す溶接データを取得し、

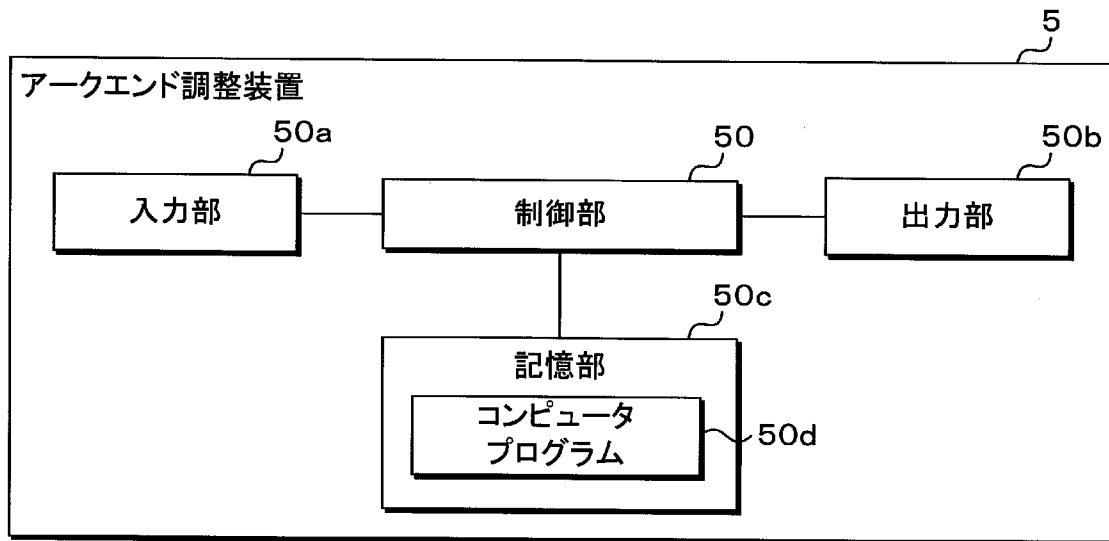
取得した溶接データに基づいて、溶接工程のサイクルタイムが短縮されるように、前記アークエンド手順を調整する

処理を実行させるためのコンピュータプログラム。

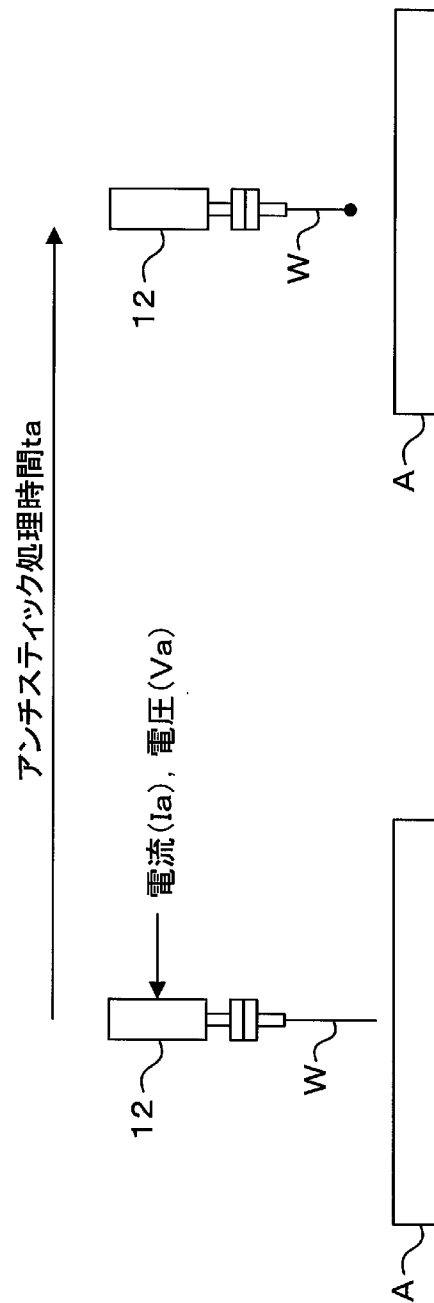
[図1]



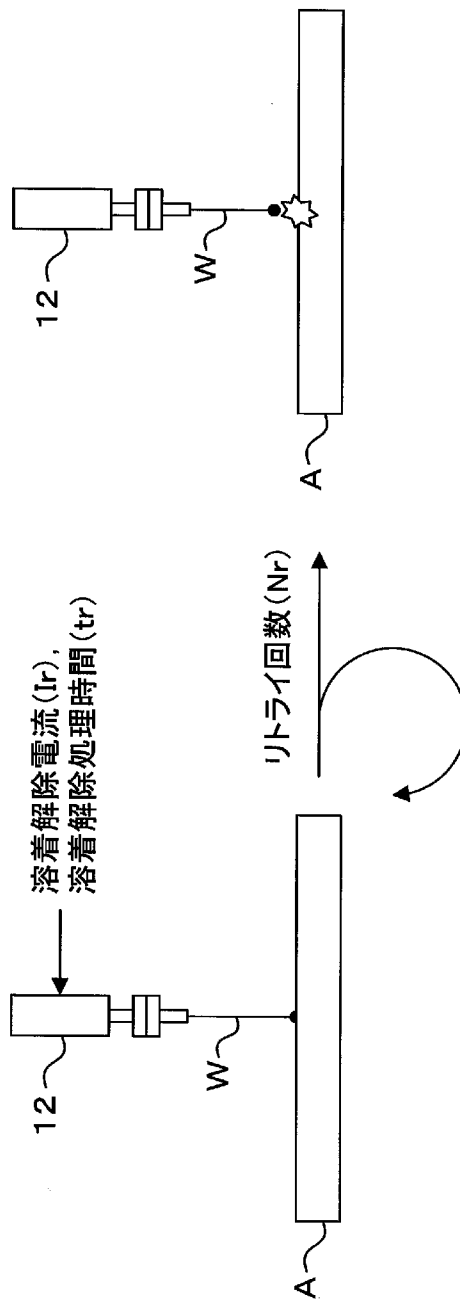
[図2]



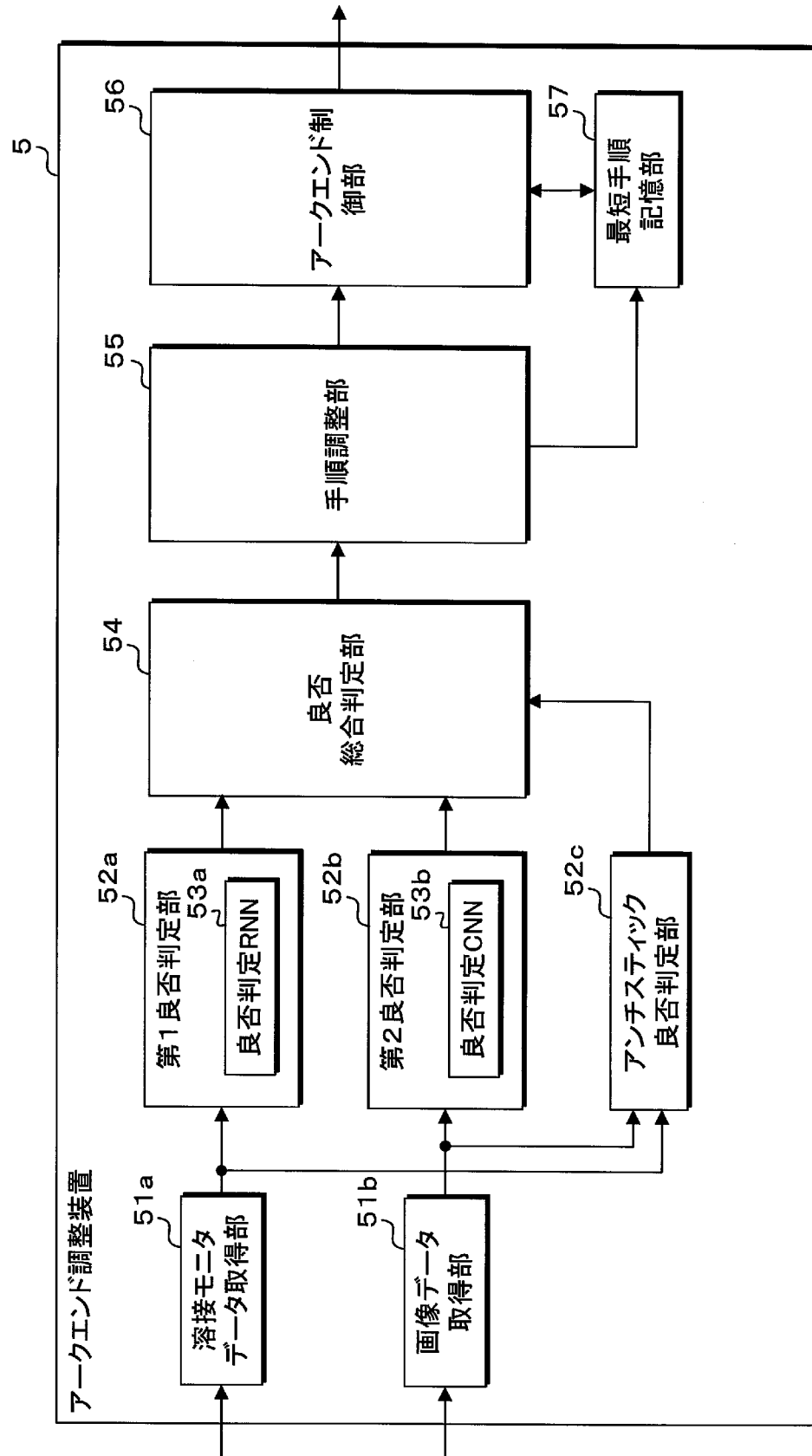
[図3A]



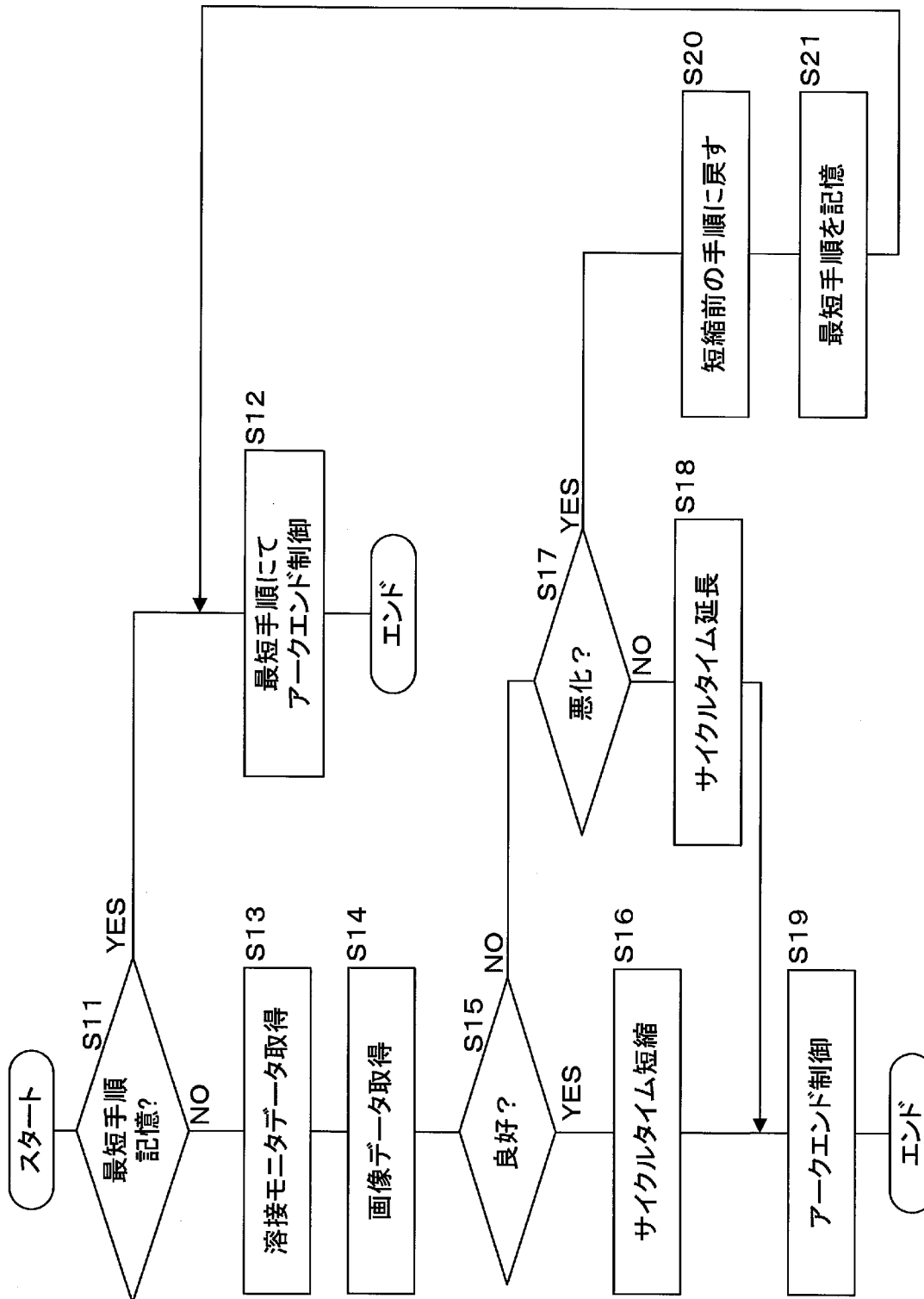
[図3B]



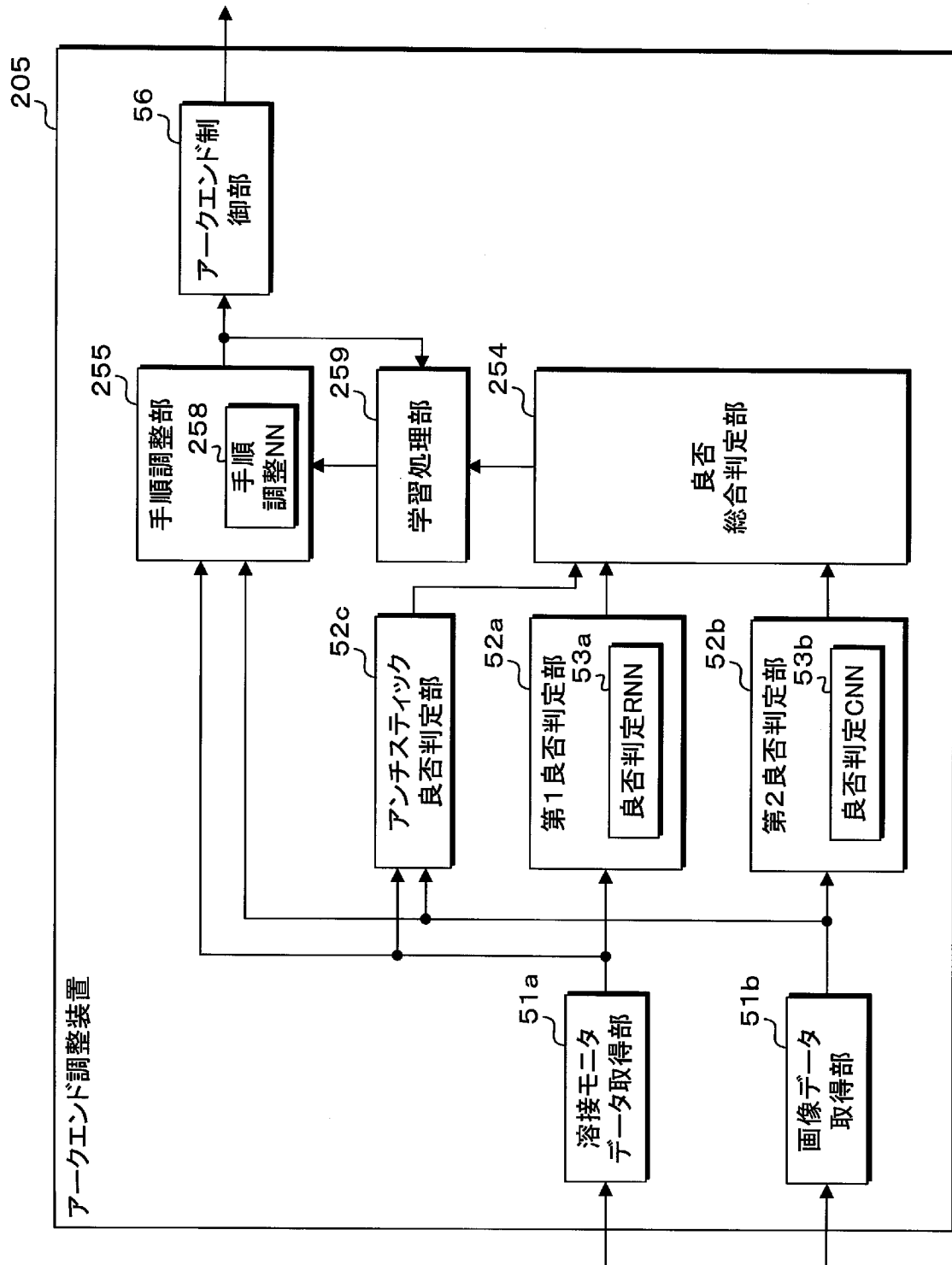
[図4]



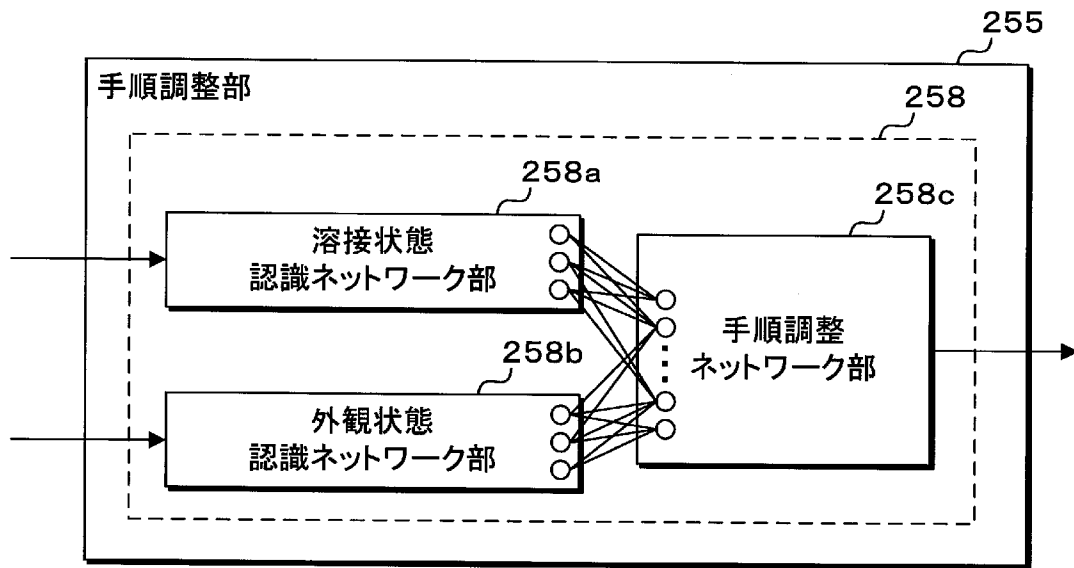
[図5]



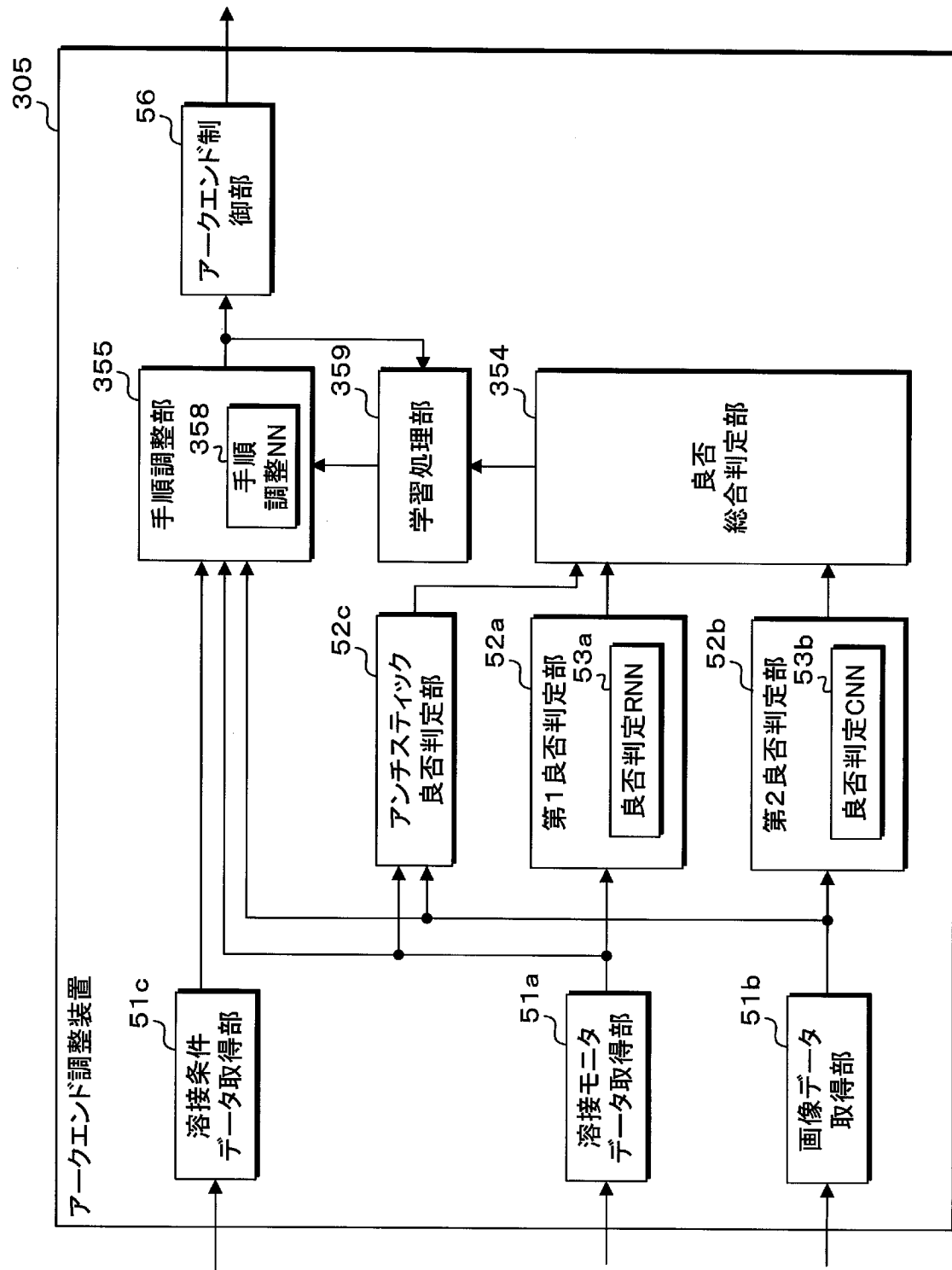
[図6]



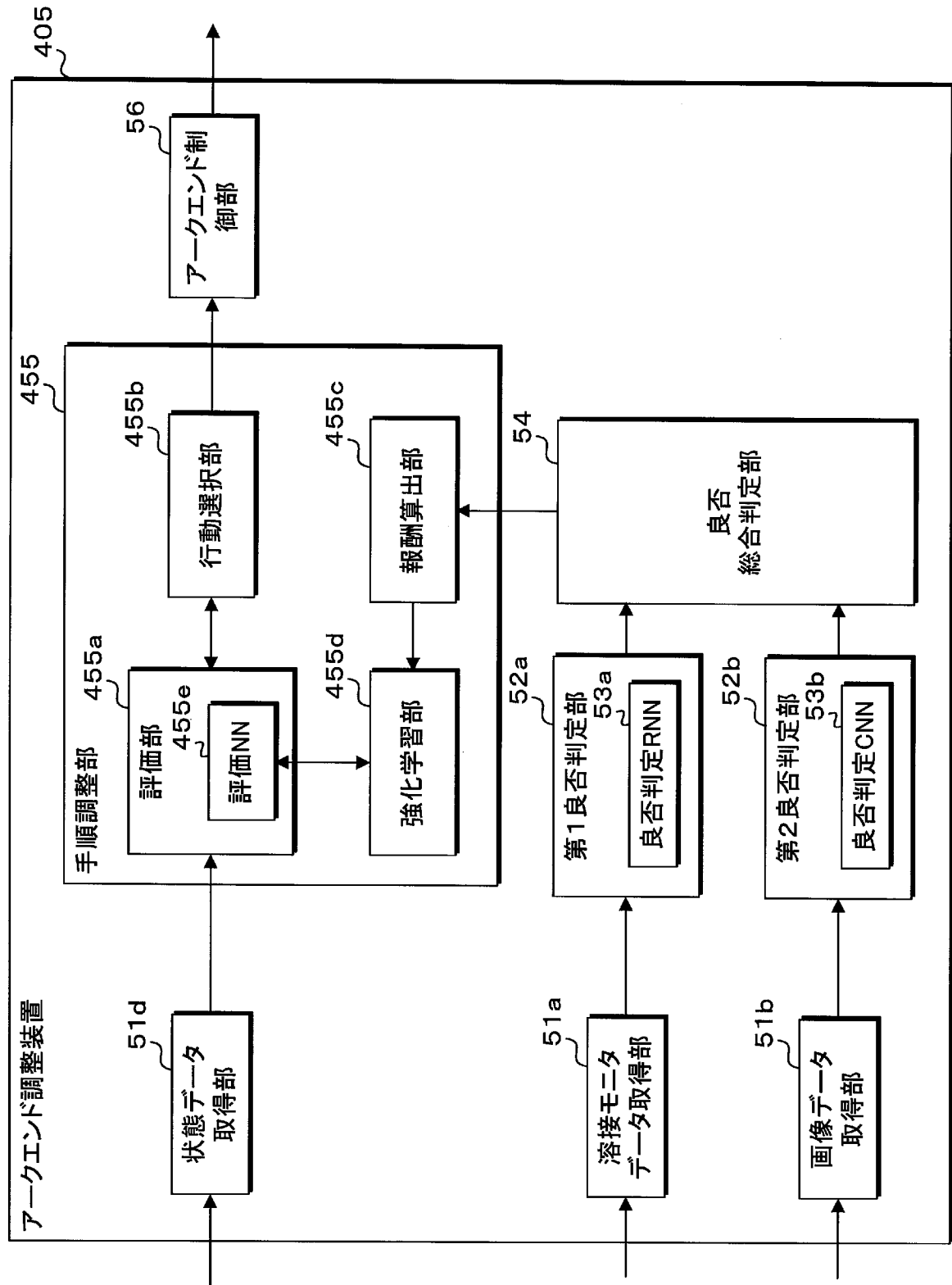
[図7]



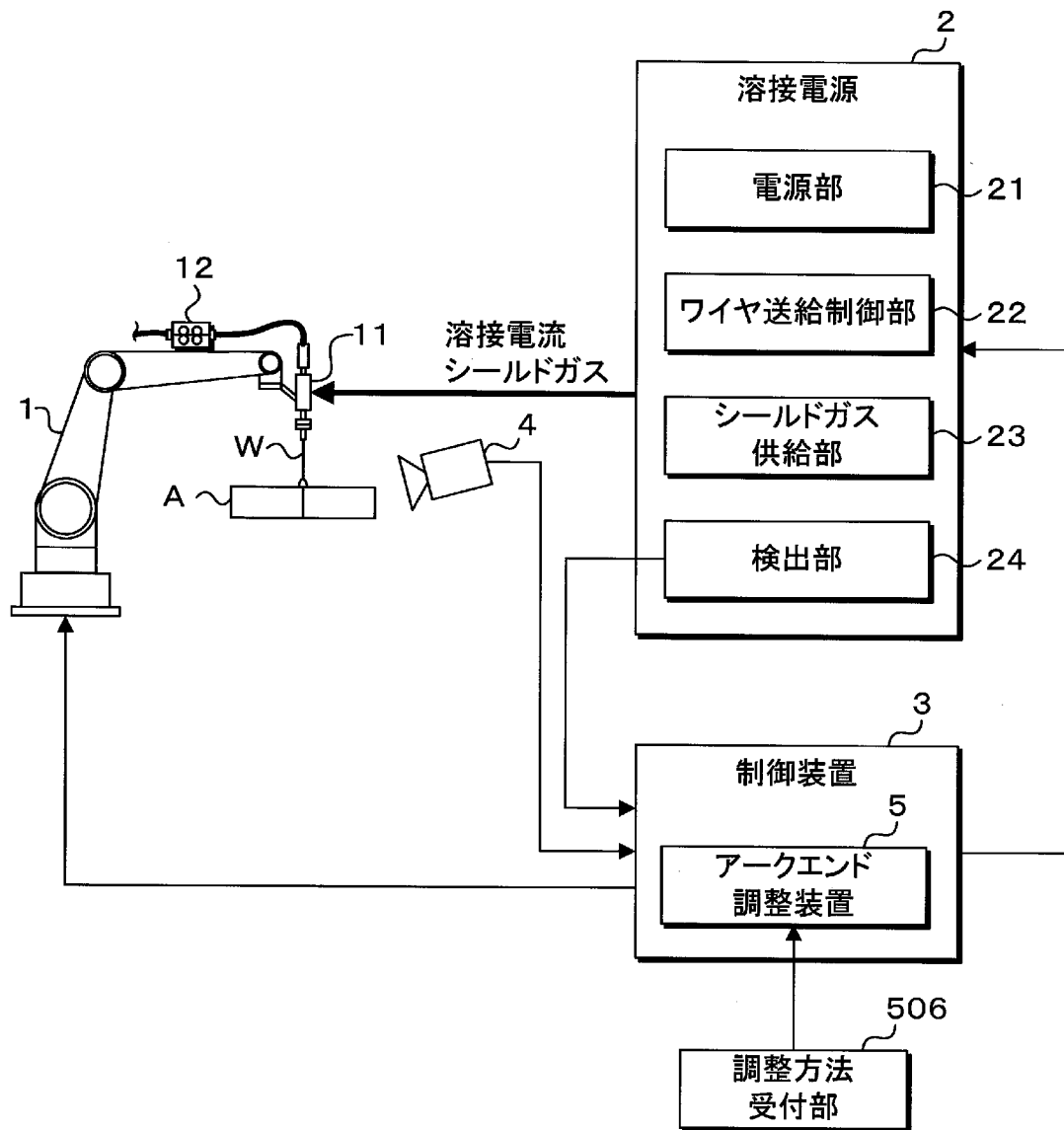
[図8]



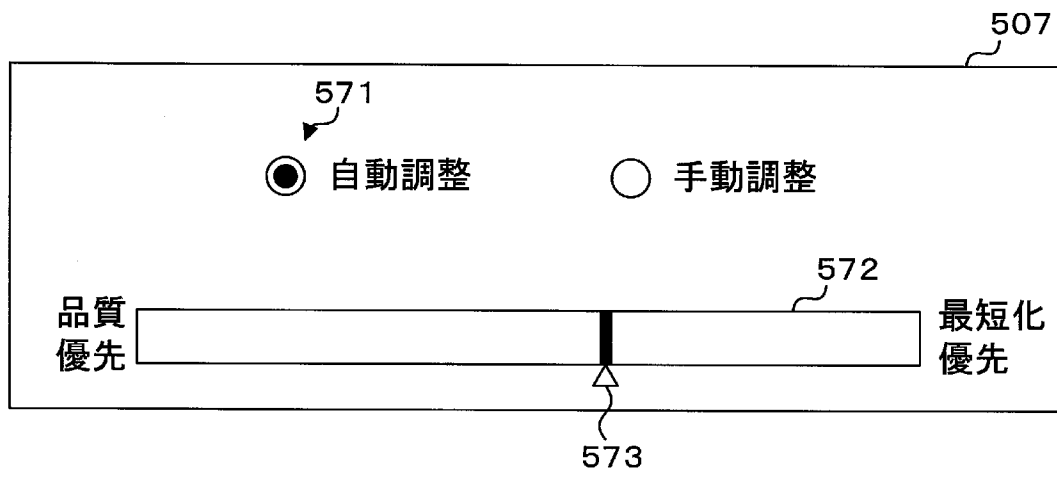
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/016251

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23K9/00 (2006.01) i, B23K9/10 (2006.01) i, B23K9/12 (2006.01) i

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)

Int.Cl. B23K9/00, B23K9/10, B23K9/12

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 2002-137060 A (NACHI-FUJIKOSHI CORP.) 14 May 2002, entire text, all drawings (Family: none)	1-20
A	JP 3841091 B2 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 01 November 2006, entire text, all drawings & US 2008/0169276 A1 & WO 2006/006383 A1 & EP 1676664 A1 & EP 2457680 A2 & CN 1839009 A	1-20
A	JP 2015-71178 A (DAIHEN CORPORATION) 16 April 2015, entire text, all drawings & CN 104511680 A & KR 10-2015-0039677 A	1-20



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

"I" 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
08 July 2019 (08.07.2019)

Date of mailing of the international search report
16 July 2019 (16.07.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/016251

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-3333 A (DAIHEN CORPORATION) 08 January 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-20
A	JP 4-210872 A (DAIHEN CORPORATION) 31 July 1992, entire text, all drawings (Family: none)	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K9/00(2006.01)i, B23K9/10(2006.01)i, B23K9/12(2006.01)i

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））

Int.Cl. B23K9/00, B23K9/10, B23K9/12

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 2002-137060 A（株式会社不二越） 2002.05.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 3841091 B2（松下電器産業株式会社） 2006.11.01, 全文, 全図 & US 2008/0169276 A1 & WO 2006/006383 A1 & EP 1676664 A1 & EP 2457680 A2 & CN 1839009 A	1-20

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。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「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矛盾するものではなく、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

08.07.2019

国際調査報告の発送日

16.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

竹下 和志

3 P

2926

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

C (続き) . 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 2015-71178 A (株式会社ダイヘン) 2015.04.16, 全文, 全図 & CN 104511680 A & KR 10-2015-0039677 A	1 - 2 0
A	JP 2015-3333 A (株式会社ダイヘン) 2015.01.08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 2 0
A	JP 4-210872 A (株式会社ダイヘン) 1992.07.31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 2 0