(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
2020年9月10日(10.09.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/179531 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 11/42 (2006.01) *G05B 13/02* (2006.01)
G05D 23/19 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/007347

(22) 国際出願日： 2020年2月25日(25.02.2020)

(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 2019-040501 2019年3月6日(06.03.2019) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

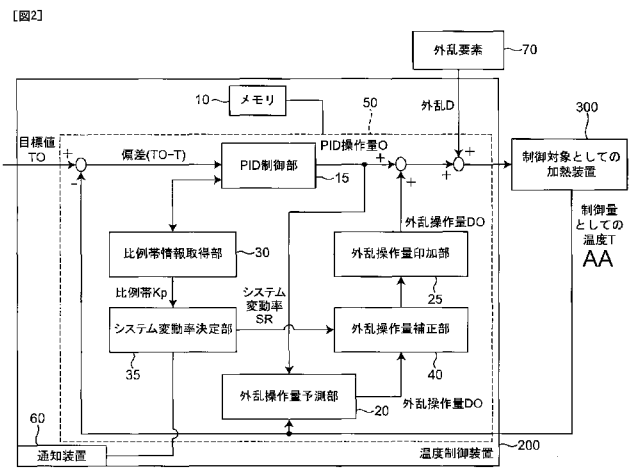
(72) 発明者: 山口 昌平 (**YAMAGUCHI, Shohei**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 柿原 凌汰(**KAKIHARA, Ryota**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 山尾 憲人, 外 (**YAMAO, Norihito** et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町８番１号梅田阪急ビルオフィスタワー 青山特許事務所 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,

(54) **Title:** DISTURBANCE SUPPRESSION DEVICE, DISTURBANCE SUPPRESSION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： 外乱抑制装置、外乱抑制方法、およびプログラム



10 Memory
15 PID control unit
20 Disturbance operation amount prediction unit
25 Disturbance operation amount application unit
30 Proportional band information acquisition unit
35 System fluctuation rate determination unit
40 Disturbance operation amount correction unit
60 Notification device
70 Disturbance element
200 Temperature control unit
300 Heating device to be controlled
D Disturbance
DO Disturbance operation amount
Kp Proportional band
O PID operation amount
SR System fluctuation rate
TO Target value
TO-T Deviation
AA Temperature T as control amount

(57) **Abstract:** This disturbance suppression device enables highly accurate suppression of disturbance even in the case of occurrence of system fluctuation. A temperature control device (disturbance suppression device)(200) is provided with a proportional band information acquisition unit (30), a system fluctuation rate determination unit (35), and disturbance operation amount correction unit (40). The proportional band information acquisition unit (30) performs an adjustment process on a control system so as to adjust control parameters for a PID control unit (15) in accordance with a period of time, and acquires information indicating a proportional band. The system fluctuation rate determination unit (35) calculates a proportional band change rate between a first proportional band, information of which is obtained in a first period of time, and a second proportional band, information of which is obtained in a second period of time later than the first period of time, and determines the system fluctuation rate of the control system by using the proportional band

WO 2020/179531 A1

[続葉有]

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, 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, 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:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

change rate. The disturbance operation amount correction unit (40) creates a disturbance operation amount FF2 for a second period of time by dividing, by the system fluctuation rate, a disturbance operation amount FF1 for the first period of time created by a disturbance operation amount prediction unit (20).

(57) 要約:外乱抑制装置において、システム変動が生じたとしても、精度の高い外乱抑制を行うことを可能とする。温度制御装置(外乱抑制装置)(２００)は、比例帯情報取得部(３０)と、システム変動率決定部(３５)と、外乱操作量補正部(４０)とを備える。比例帯情報取得部(３０)は、制御系について、時期に応じて、ＰＩＤ制御部(１５)の制御パラメータを調整する調整処理を行って、比例帯を表す情報を取得する。システム変動率決定部(３５)は、第１の時期に、情報取得された第１の比例帯と、第１の時期よりも後の第２の時期に、情報取得された第２の比例帯との間の、比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、制御系のシステム変動率を決定する。外乱操作量補正部(４０)は、第１の時期について外乱操作量予測部(２０)が作成した外乱操作量ＦＦ１を、システム変動率で除算することにより、第２の時期についての外乱操作量ＦＦ２を作成する。

明　細　書

発明の名称 ： 外乱抑制装置、外乱抑制方法、およびプログラム

技術分野

[0001] この発明は、外乱抑制装置、外乱抑制方法、およびプログラムに関し、たとえば、制御系に対する外乱による影響を抑制することが可能な、外乱抑制装置、外乱抑制方法、およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 制御系に対して印加される外乱を予測し、当該制御系に対する当該外乱による影響を低減する技術が、存在する（たとえば、特許文献１：特開２０００－２２７８０１号公報）。特許文献１には、外乱操作量予測手段および外乱操作量印加手段が、記載されている。外乱操作量予測手段は、外乱を打ち消すための外乱操作量を予測する。そして、外乱操作量印加手段は、外乱が印加された時、当該外乱を打ち消すように、上記外乱操作量を、ＰＩＤ制御手段からの操作量に加える。これにより、制御対象に対して、外乱の影響を抑制することを図っている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０００－２２７８０１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、時間の経過とともに、上記制御系において、システム変動が生じ得る。ここで、当該制御系がヒータを含む場合には、当該ヒータの劣化により、システム変動が生じる。また、システム変動は、夏－冬間の周囲温度の変化、および処理対象のワークの変動等によっても、生じ得る。そして、精度のよい外乱抑制を達成するためには、システム変動が発生する前に予測した外乱操作量を、システム変動が発生した後においても使用することは、適切ではないと考えられる。

[0005] そこで、この発明の課題は、外乱抑制装置において、システム変動が生じたとしても、精度の高い外乱抑制を行うことが可能な、外乱抑制装置、外乱抑制方法、および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

[0006] 上記課題を解決するため、この開示に係る外乱抑制装置は、

制御系に印加される外乱の抑制を行う外乱抑制装置であって、

上記制御系は、

制御対象と、

目標値と制御量との偏差をなくすように、上記制御対象に対してＰＩＤ操作量を出力するＰＩＤ制御部とを含み、

上記外乱抑制装置は、

上記制御系に印加される外乱に対応して、当該外乱を打ち消すように作用する外乱操作量を予測して作成する外乱操作量予測部と、

上記外乱操作量を上記ＰＩＤ操作量に印加し得る、外乱操作量印加部と、

上記制御系について、時期に応じて、上記ＰＩＤ制御部の制御パラメータを調整する調整処理を行って、比例帯を表す情報を取得する、比例帯情報取得部と、

第１の時期に、上記比例帯情報取得部により情報取得された第１の比例帯と、上記第１の時期よりも後の第２の時期に、上記比例帯情報取得部により情報取得された第２の比例帯との間の、比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、上記制御系のシステム変動率を決定する、システム変動率決定部と、

上記第１の時期について上記外乱操作量予測部が作成した上記外乱操作量を、上記システム変動率で除算することにより、上記第２の時期についての外乱操作量を作成する、外乱操作量補正部とを、備える、ことを特徴とする。

[0007] 本明細書で、ＰＩＤ制御（部）とは、フィードバック制御の一種であって、比例制御（Ｐ制御）、積分制御（Ｉ制御）、および、微分制御（Ｄ制御）

を行うものをいう。

[0008] また、「外乱操作量」とは、外乱を打ち消すために、印加される操作量を意味する。外乱による上記フィードバック制御系に対する影響が、時間の経過に伴って定形化されたものであれば、外乱操作量も時間の経過に伴って定形化（パターン化）される。

[0009] また、「比例帯」とは、操作量を０から１００％まで変化させるために必要な制御量の幅を意味する。また、「比例帯変化率」とは、比例帯の変化率を意味する。

[0010] この開示に係る外乱抑制装置では、外乱操作量予測部は、外乱を打ち消すように作用する外乱操作量を予測・作成する。比例帯情報取得部は、時期に応じて、ＰＩＤ制御部の制御パラメータを調整する調整処理を行って、比例帯を表す情報を取得する。システム変動率決定部は、第１の時期に、比例帯情報取得部により情報取得された第１の比例帯と、上記第２の時期に、比例帯情報取得部により情報取得された第２の比例帯との間の、比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、上記システム変動率を決定する。外乱操作量補正部は、第１の時期について外乱操作量予測部が作成した外乱操作量を、上記システム変動率で除算することにより、上記第２の時期についての外乱操作量を作成する。ここで、比例帯変化率は、システム変動率に比例する。したがって、比例帯変化率を用いて、上記システム変動率が決定され、上記外乱操作量を、上記システム変動率で除算することにより、システム変動後において、より適切な外乱操作量を決定することができる。よって、上記制御系においてシステム変動が生じたとしても、精度の高い外乱抑制を行うことができる。

[0011] なお、上記調整処理が時期に応じて順次複数回実施される場合、例えば、上記第１の時期は第１回の時期に相当し、上記第２の時期は第２回の時期に相当する。

[0012] 一実施形態の外乱抑制装置では、

上記比例帯情報取得部は、

上記調整処理を時期に応じて順次複数回実施して、上記比例帯を表す情報を順次複数回取得し、

上記システム変動率決定部は、ｎを３以上の整数としたとき、

第（ｎ－１）回の時期に、上記比例帯情報取得部により情報取得された第（ｎ－１）の比例帯と、上記第（ｎ－１）回の時期の次の第ｎ回の時期に、上記比例帯情報取得部により情報取得された第ｎの比例帯との間の、上記比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、上記システム変動率を決定し、

上記外乱操作量補正部は、

上記第（ｎ－１）回の時期について当該外乱操作量補正部が作成した上記外乱操作量と、上記システム変動率とを用いて、上記第ｎ回の時期についての外乱操作量を作成する、

ことを特徴とする。

[0013] この一実施形態の外乱抑制装置により、外乱操作量補正部が一度、外乱操作量を作成した後、当該外乱操作量補正部が新たに外乱操作量を作成する際に、外乱操作量予測部が作成した外乱操作量を用いる必要がなくなる。したがって、外乱操作量補正部が一度、外乱操作量を作成した後、外乱操作量予測部で、外乱操作量を作成する必要がなくなる。よって、システム変動が発生した後の外乱操作量予測部による外乱チューニングが、不要となる。

[0014] 一実施形態の外乱抑制装置では、

上記比例帯情報取得部は、

上記調整処理を時期に応じて順次複数回実施して、上記比例帯を表す情報を順次複数回取得し、

上記システム変動率決定部は、ｎを３以上の整数としたとき、

上記第１の比例帯と、第ｎ回の時期に、上記比例帯情報取得部により情報取得された第ｎの比例帯との間の、上記比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、上記システム変動率を決定し、

上記外乱操作量補正部は、

上記システム変動率と、上記外乱操作量予測部が作成した上記外乱操作量を用いて、上記第ｎ回の時期についての外乱操作量を作成する、ことを特徴とする。

[0015] この一実施形態の外乱抑制装置により、外乱操作量予測部が作成した外乱操作量を用いて、外乱操作量補正部は第ｎ回の時期についての外乱操作量を作成することができる。したがって、外乱操作量補正部は、第ｎ回の時期について外乱操作量を、精度よく、決定することができる。

[0016] 一実施形態の外乱抑制装置は、

上記比例帯変化率が、予め設定された閾値を超えたとき、その旨を通知する、通知装置を、さらに備える、ことを特徴とする。

[0017] この一実施形態の外乱抑制システムでは、比例帯情報取得部が異常な値の比例帯を取得したときに、その旨を、ユーザに知らせることができる。よって、当該異常な比例帯を用いて外乱操作量補正部で作成された、不適切な外乱操作量を、ＰＩＤ制御部からの操作量に印加することを、事前に防止することができる。

[0018] 別の局面では、この開示の外乱抑制方法は、

制御系に印加される外乱の抑制を行う外乱抑制方法であって、

上記制御系は、

制御対象と、

目標値と制御量との偏差をなくすように、上記制御対象に対してＰＩＤ操作量を出力するＰＩＤ制御部とを含み、

上記外乱抑制方法は、

第１の時期に、

上記制御系に印加される外乱に対応して、当該外乱を打ち消すように作用する外乱操作量を予測して作成し、上記外乱操作量を上記ＰＩＤ操作量に印加するとともに、

上記制御系について、上記ＰＩＤ制御部の制御パラメータを調整する調整処理を行って、比例帯としての第１の比例帯を表す情報を取得し、

上記第１の時期よりも後の第２の時期に、

上記制御系について、上記調整処理を行って、上記比例帯としての第２の比例帯を表す情報を取得し、

上記第１の比例帯と上記第２の比例帯との間の、比例帯変化率を求め、この比例帯の変化率を用いて、上記制御系のシステム変動率を決定し、

上記第１の時期についての上記外乱操作量を、上記システム変動率で除算することにより、上記第２の時期についての外乱操作量を作成し、

上記第２の時期についての上記外乱操作量を、上記ＰＩＤ操作量に印加する、ことを特徴とする。

[0019] この発明の外乱抑制方法では、外乱を打ち消すように作用する外乱操作量が予測・作成される。第１の時期に、上記調整処理を行って、第１の比例帯を表す情報が取得される。上記第２の時期に、上記調整処理を行って、第２の比例帯を表す情報が取得される。上記第１の比例帯と上記第２の比例帯との間の、比例帯変化率が求められ、当該比例帯の変化率を用いて、上記システム変動率が決定される。上記第１の時期についての上記外乱操作量を、上記システム変動率で除算することにより、上記第２の時期についての外乱操作量が作成される。そして、上記第２の時期についての上記外乱操作量が、ＰＩＤ操作量に印加される。ここで、比例帯変化率は、システム変動率に比例する。したがって、比例帯変化率を用いて、上記システム変動率が決定され、上記外乱操作量を、上記システム変動率で除算することにより、システム変動後において、より適切な外乱操作量を決定することができる。よって、外乱抑制システムにおいてシステム変動が生じたとしても、精度の高い外乱抑制を行うことができる。

[0020] さらに別の局面では、この開示のプログラムは、外乱抑制方法を、コンピュータに実行させるためのプログラムである。

[0021] この開示のプログラムをコンピュータに実行させることによって、上記外乱抑制方法を実施することができる。

発明の効果

[0022] 以上より明らかなように、この開示の、外乱抑制システムおよび外乱抑制方法によれば、システム変動が生じたとしても、精度の高い外乱抑制を行うことができる。また、この開示のプログラムをコンピュータに実行させることによって、上記外乱抑制方法を実施することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]実施の形態に係るシステム全体の概略構成を示す図である。

[図2]実施の形態に係る外乱抑制装置が適用された温度制御装置の構成を示す図である。

[図3]外乱により温度が時系列的に変化する場合に、当該外乱を打消すように作成された外乱操作量の一例を示す図である。

[図4]上記温度制御装置における、外乱抑制のための準備処理動作の流れを示す図である。

[図5]図３の準備処理動作に含まれる外乱チューニング動作の流れを示す図である。

[図6]温度制御装置で実施される外乱操作量を作成する動作の流れを示す図である。

[図7]システム変動前後における、温度の変化および外乱操作量の変化を例示する図である。

[図8]直前に作成された外乱操作量を用いて、新たに外乱操作量を作成する方法により作成された、各時期に対応する外乱操作量を例示する図である。

[図9]外乱操作量予測部で作成された外乱操作量を用いて、新たに外乱操作量を作成する方法により作成された、各時期に対応する外乱操作量を例示する図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、この発明の実施の形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0025] 図１は、本実施の形態に係る制御システムの構成を、示している。当該制御システムは、システム制御装置１００、一実施形態の外乱抑制装置が適用された温度制御装置２００、制御対象としての加熱装置（以下、単に「加熱

装置」と称する）３００、およびワーク搬送装置４００を含む。図１に示すように、システム制御装置１００は、温度制御装置２００およびワーク搬送装置４００と、通信可能に接続されている。また、温度制御装置２００は、加熱装置３００と、通信可能に接続されている。ここで説明した接続方法は、有線による接続であっても、無線による接続であってもよい。

[0026] 図１に示すシステムでは、ワーク搬送装置４００により、被加熱体（図示せず）が、加熱装置３００へ搬送される。そして、当該加熱装置３００が当該被加熱体に対して加熱処理を行うことにより、加熱処理後の物品が生成される。

[0027] システム制御装置１００は、システム全体の制御を担っている。当該システム制御装置１００は、温度制御装置２００に対して、加熱制御に関する各信号を送信し、ワーク搬送装置４００に対して、上記被加熱体および加熱処理後の物品の搬送制御に関する搬送信号ＣＳを送信する。当該搬送信号ＣＳに基づいて、ワーク搬送装置４００は、システム外から加熱装置３００への被加熱体移動、および加熱装置３００からシステム外への加熱処理後の物品の移動を、制御する。加熱装置３００は、当該加熱装置３００に搬送されてくる被加熱体に対して、熱処理を施す。

[0028] 温度制御装置２００は、加熱装置３００において、所望の温度での加熱処理が実現されるように、当該加熱装置３００が有する加熱体３００ａの温度制御を行う。なお、加熱装置３００は、加熱処理の温度を検出することが可能な温度センサ３００ｂを有している。温度センサ３００ｂの検出値は、制御量としての温度Ｔ（以下、単に「温度Ｔ」と称する）である。温度制御装置２００は、上記温度Ｔが目標値ＴＯとなるように、ＰＩＤ操作量Ｏを含む信号を、加熱装置３００に送信する。そして、当該加熱装置３００は、受信したＰＩＤ操作量Ｏを含む信号を用いて、加熱処理の温度Ｔが上記目標値ＴＯとなるように、加熱体３００ａの加熱を制御する。

[0029] 図２は、温度制御装置２００の具体的な構成例を示す。温度制御装置２００は、メモリ１０、プロセッサ５０、および通知装置６０を含む。プロセッ

サ５０は、ＰＩＤ制御部１５、外乱操作量予測部２０、外乱操作量印加部２５、比例帯情報取得部３０、システム変動率決定部３５、および外乱操作量補正部４０としての機能を、実現する。後述する外乱抑制方法を含む、温度制御装置２００を制御するためのプログラムが、メモリ１０に、格納されている。プロセッサ５０は、メモリ１０と通信可能に接続されており、メモリ１０からプログラムを読み込む。これにより、プロセッサ５０は、外乱抑制方法を含む各種動作を、実行する。なお、プロセッサ５０は、通知装置６０と、通信可能に接続されている。

[0030] 図２に示すように、温度制御装置２００内のＰＩＤ制御部１５は、制御対象としての加熱装置３００を制御する制御系を構成している。なお、「制御系」は、加熱装置３００とＰＩＤ制御部１５とを含む。ＰＩＤ制御部１５は、目標値ＴＯと温度Ｔ（上述したように、温度センサ３００ｂの検出温度Ｔ）との偏差（ＴＯ－Ｔ）をなくすように、加熱装置３００に対してＰＩＤ操作量Ｏを出力する。

[0031] ところで、図１に示すシステムの運転を開始し、被加熱体の当該システム内への搬送が開始されると、図２に示すように、当該運転開始に伴う外乱要素７０による外乱Ｄが生じる。ここで、外乱要素７０としては、被加熱体のシステムの侵入に伴う当該システム内への空気の流入、被加熱体が加熱体３００ａに接触することによる、加熱体３００ａの温度の低下等がある。ここで、このシステムでは、当該外乱要素７０は、予知可能である。したがって、上記制御系に印加される、各外乱要素７０に対応する各外乱Ｄも、予め予測できる。

[0032] そこで、温度制御装置２００内の外乱操作量予測部２０は、上記制御系に印加される外乱Ｄに対応して、当該外乱Ｄを打ち消すように作用する外乱操作量ＤＯ（図１，２参照）を予測する。また、図２に示すように、外乱操作量印加部２５は、外乱操作量予測部２０が予測した外乱操作量ＤＯを、上記ＰＩＤ操作量Ｏに印加し得る。

[0033] ここで、図３の下段に示すように、外乱操作量ＤＯとは、外乱Ｄを打ち消

すために、印加される操作量である。外乱Ｄによる上記制御系に対する影響が、時間の経過に伴って定形化されたものであれば、当該外乱操作量ＤＯも時間の経過に伴って定形化（パターン化）される。図３の例では、階段状のパターンになっている（つまり、外乱操作量ＤＯは、複数のセグメントＳａ～Ｓｄから構成される）。なお、図３の上段には、外乱Ｄの印加により、温度Ｔが時系列的に変化する様子を示している。外乱要素７０、外乱Ｄ、外乱操作量ＤＯ、ＰＩＤ制御部１５の動作、外乱操作量予測部２０の動作、および外乱操作量印加部２５の動作等は、たとえば特開２０００－２２７８０１号公報に詳細に記載されている。

[0034] 図２に示すように、本実施の形態に係る温度制御装置２００は、比例帯情報取得部３０と、システム変動率決定部３５と、外乱操作量補正部４０とを、機能ブロックとして、有している。比例帯情報取得部３０は、上記制御系について、時期に応じて、ＰＩＤ制御部１５の制御パラメータを調整する調整処理を行って、比例帯を表す情報を取得する（以下単に、比例帯を取得すると称する）。システム変動率決定部３５は、比例帯変化率（上記で取得された二つの比例帯の比）を求め、当該比例帯変化率を用いて、上記制御系のシステム変動率ＳＲを決定する。また、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＤＯを、上記システム変動率ＳＲで除算することにより、補正された外乱操作量ＤＯを作成する。

[0035] 以下、本実施の形態に係る温度制御装置２００の動作について説明する。当該動作は、二つの処理に大別される。一方は、準備処理であり、他方は、加熱装置制御処理である。

[0036] （準備処理の動作）

図４は、上記温度制御装置２００における、外乱抑制のための準備処理動作の流れを示している。まず、ステップＳ１において、図２に示すＰＩＤ制御部１５に対するＰＩＤチューニングが、実施される。加熱装置３００を含む制御系に対応する、ＰＩＤ制御部１５の制御パラメータ（ゲイン、比例帯、積分時間、および微分時間など）を調整するために、当該ＰＩＤチューニ

ングは実施される。ここで、ＰＩＤチューニングとしては、たとえば、特開２００５－２８４８２８号公報に詳述されているような、リミットサイクル法によるオートチューニングを採用することができる。なお、ステップ応答法によるオートチューニング、最小２乗法によるシステム同定法などによって、制御パラメータを調整してもよい。

[0037] 上記のように、準備処理のステップＳ１において（第１回の時期において）、上述したＰＩＤチューニング（ＰＩＤ制御部１５の制御パラメータを調整する調整処理）が実施される。比例帯情報取得部３０は、上記ＰＩＤチューニングを行うことにより、比例帯Ｋｐを取得する（ステップＳ１）。ここで、上記第１回の時期に、比例帯情報取得部３０により取得された比例帯Ｋｐを、比例帯Ｋｐ１と称する。当該比例帯Ｋｐ１は、メモリ１０に格納される。なお、ＰＩＤチューニングにより、比例帯Ｋｐを取得することは、たとえば、特開２０１８－１１２９５４号公報に、記載されている。

[0038] 次に、図４のステップＳ２において、図２に示す外乱操作量予測部２０は、外乱チューニングを行う。上述したように、図２に示す外乱要素７０は、加熱装置３００およびワーク搬送システム４００を用いた、被加熱体に対する処理（搬送および加熱）の運転開始に伴って生じ、当該外乱要素７０は、予め特定することができる。外乱操作量予測部２０は、上記処理の運転開始によって印加される予期可能な外乱Ｄに対応した、外乱操作量ＤＯを予測するため、当該外乱操作量予測部２０は、上記外乱チューニングを実施する。

[0039] なお、後述する加熱装置制御処理において、外乱操作量ＤＯは、フィードフォワード的に、ＰＩＤ操作量Ｏに加えられる。これにより、加熱装置制御処理の際に、外乱Ｄを打ち消すような操作信号Ｏ，ＤＯを、加熱装置３００に与えることができる。

[0040] ここで、図４のステップＳ２の外乱チューニングにより、外乱操作量ＤＯが決定される動作を、図５を用いて説明する。図５は、外乱チューニングの各動作を示している。

[0041] まず、上述した制御系において、温度Ｔが目標値ＴＯと略一致している状

態を、作り出す。その後、外乱操作量予測部２０は、上記外乱チューニングを開始する。具体的に、準備処理において、被加熱体に対する処理（搬送および加熱）の運転が、開始される（図３の「システム運転開始」参照）。システム制御装置１００が、温度制御装置２００に対して、当該システム運転開始に係る信号を送信することにより、外乱操作量予測部２０は、当該運転開始の時点を、認識することができる。そして、当該信号の受信により、外乱操作量予測部２０は、外乱チューニングを開始する。

[0042] その後、外乱Ｄを打ち消す処理を行わず、通常のＰＩＤフィードバック制御のみが実施される。つまり、当該運転開始後、制御系に外乱Ｄが印加された状態で、温度Ｔ、目標値ＴＯおよびＰＩＤ操作量Ｏを用いた、ＰＩＤ制御（つまり、温度Ｔと目標値ＴＯとを一致させるフィードバック制御）のみが、上記制御系において実施される。このように、上記運転開始後、外乱Ｄが印加され、上記フィードバック制御が実施される。

[0043] 上記運転開始後、上記フィードバック制御中において、外乱操作量予測部２０は、外乱開始時点ｔｉ（図３の上段参照）を検知する（図５のステップＳ１１）。ここで、外乱開始時点ｔｉとは、上記運転開始後、目標値ＴＯと温度Ｔとの間の温度偏差｜ＴＯ－Ｔ｜が、予め設定した温度閾値Ｔｔｈを、上回った時点を意味する。

[0044] ステップＳ１１の後、外乱操作量予測部２０は、上記フィードバック制御を行いながら、温度ＴおよびＰＩＤ操作量Ｏを、時系列に、メモリ１０にロギング（記録）する（ステップＳ１２）。そして、外乱操作量予測部２０が、外乱終了時点ｔｆ（図３の上段参照）を検知する（ステップＳ１３）。ここで、外乱終了時点ｔｆとは、ステップＳ１１後、温度偏差｜ＴＯ－Ｔ｜が、予め設定した温度閾値Ｔｔｈを下回った時点を意味する。なお、ステップＳ１３後、温度ＴおよびＰＩＤ操作量Ｏのロギング（記録）は、終了する。

[0045] ステップＳ１３後、外乱操作量予測部２０は、ステップＳ１２において記録した、各温度Ｔおよび各ＰＩＤ操作量Ｏを用いて、図３の下段に示すような外乱操作量ＤＯを作成（予測）する（ステップＳ１４）。準備処理におい

て、外乱操作量予測部２０で作成された上記外乱操作量（第１回の時期に関して外乱操作量予測部２０が作成した、外乱操作量と把握できる）ＤＯは、メモリ１０に格納される。なお、第１回の時期に関して、外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＤＯを、外乱操作量ＦＦ１と称する。ここで、外乱操作量予測部２０における、外乱操作量ＤＯの作成および外乱チューニングは、たとえば、特開２０００－２２７８０１号公報に詳述されている。

[0046] このようにして、外乱チューニング（図４のステップＳ２）を終了する。そして、図４に示す準備処理も終了する。

[0047] （加熱装置制御処理）

次に、上記準備処理後に実施される、加熱装置制御処理の動作を説明する。概して言うと、当該加熱装置制御処理では、温度制御装置２００は、ＰＩＤ操作量Ｏに外乱操作量ＤＯをフィードフォワード的に印加した操作量Ｏ，ＤＯを、加熱装置３００へ送信する。また、本実施の形態に係る温度制御装置２００は、外乱操作量補正部４０で作成（補正）された外乱操作量ＤＯを、フィードフォワード的に、ＰＩＤ操作量Ｏに印加することも可能である。

[0048] 図６を用いて、加熱装置制御処理を詳述する。なお、図６は、加熱装置制御処理の動作を示している。

[0049] 上記準備処理後、上述した制御系において、温度Ｔが目標値ＴＯと略一致している状態を、作り出す。その後、被加熱体に対する処理（搬送および加熱）の運転が、開始される。当該開始の時点で、システム制御装置１００は、温度制御装置２００に対して、上述した運転開始に係る信号を送信する。被加熱体に対するシステム内への搬送が開始されると、外乱要素７０による外乱Ｄが上述した制御系に印加される。一方で、温度制御装置２００は、加熱装置３００の温度センサ３００ｂで検出した温度Ｔを受信する。温度制御装置２００のＰＩＤ制御部１５は、目標値ＴＯと受信した温度Ｔとの差分を、受信する。そして、ＰＩＤ制御部１５は、当該差分に応じたＰＩＤ操作量Ｏを出力する。つまり、ＰＩＤ制御部１５は、準備処理で実施されたＰＩＤチューニングにより決定された各パラメータを用いて、目標値ＴＯと温度Ｔ

との間の温度偏差｜ＴＯ－Ｔ｜をなくすように、ＰＩＤ操作量Ｏを出力する。

[0050] また、温度制御装置２００が運転開始に関する信号を受信した後、所定のタイミングで、外乱操作量印加部２５は、ＰＩＤ操作量Ｏに対して、外乱操作量ＤＯを印加し、外乱抑制処理が実行される（図６のステップＳ２１）。ここで、ステップＳ２１における外乱抑制処理では、外乱操作量印加部２５は、準備処理で外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＦＦ１を、ＰＩＤ操作量Ｏに、フィードフォワード的に印加する。

[0051] ところで、上述したように、時間の経過とともに、上記制御系において、システム変動が生じ得る。システム変動の一例として、当該加熱装置３００が有する加熱体３００ａの劣化が想定される。そこで、本実施の形態では、たとえば、システム変動が生じた可能性がある場合には、ユーザは、上記制御系について、ＰＩＤチューニングを再度実施する（ステップＳ２２）。そして、当該ＰＩＤチューニングにより、比例帯情報取得部３０は、第２回の時期において、比例帯Ｋｐ２を取得する（ステップＳ２２）。当該比例帯Ｋｐ２は、メモリ１０に格納される。当該第２回の時期は、上記第１回の時期の次に、ＰＩＤチューニングが実施される時期である。

[0052] 次に、システム変動率決定部３５は、上述した比例帯Ｋｐ１と、上述した比例帯Ｋｐ２との間の、比例帯変化率（Ｋｐ２／Ｋｐ１）を求める。そして、システム変動率決定部３５は、当該比例帯変化率（Ｋｐ２／Ｋｐ１）を、第２回の時期に関する、上記制御系のシステム変動率ＳＲとして決定する（ステップＳ２３）。

[0053] 次に、ステップＳ２４において、外乱操作量補正部４０は、上述した、第１回の時期について外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＦＦ１と、上記システム変動率（Ｋｐ２／Ｋｐ１）とを用いて、第２回の時期についての外乱操作量ＤＯを作成する。より具体的に、上記外乱操作量ＦＦ１を、システム変動率（Ｋｐ２／Ｋｐ１）で除算することにより、第２回の時期についての外乱操作量ＤＯが作成される。なお、第２回の時期に関して、外乱操

作量補正部４０が作成した外乱操作量ＤＯを、外乱操作量ＦＦ２と称する。当該外乱操作量ＦＦ２は、メモリ１０に格納される。また、たとえば、以後、外乱操作量ＦＦ１および比例帯Ｋｐ１を用いない場合には、外乱操作量ＦＦ１および比例帯Ｋｐ１は、メモリから削除される。

[0054] そして、ステップＳ２５において、外乱操作量印加部２５は、外乱操作量ＦＦ１でなく、外乱操作量ＦＦ２を、ＰＩＤ操作量Ｏに、フィードフォワード的に印加する。なお、図７は、システム変動前後の温度Ｔの時系列的変化と、システム変動前後の外乱操作量ＦＯの変化とを、例示している。

[0055] ところで、第２回の時期後においても、上記制御系においてシステム変動が生じる可能性がある。このような場合には、外乱操作量補正部４０は、新たに外乱操作量ＤＯを作成する。ここで、第３回の時期以降に関して、外乱操作量ＤＯを作成する態様として、たとえば、第１の態様と第２の態様とがある。以下、例として、当該第１の態様および第２の態様による、外乱操作量ＤＯの作成方法について、説明する。

[0056] （第１の態様）

第２回の時期後において、システム変動が生じた可能性がある場合には、ユーザは、上記制御系について、三度目のＰＩＤチューニングを実施する（図６のステップＳ２２参照）。そして、当該ＰＩＤチューニングにより、比例帯情報取得部３０は、第３回の時期において、比例帯Ｋｐ３を取得する（ステップＳ２２）。当該比例帯Ｋｐ３は、メモリ１０に格納される。当該第３回の時期は、上記第２回の時期の次に、ＰＩＤチューニングが実施される時期である。

[0057] 次に、システム変動率決定部３５は、上述した比例帯Ｋｐ２と、上述した比例帯Ｋｐ３との間の、比例帯変化率（Ｋｐ３／Ｋｐ２）を求める。そして、システム変動率決定部３５は、当該比例帯変化率（Ｋｐ３／Ｋｐ２）を用いて、第３回の時期に関して、システム変動率ＳＲを決定する（ステップＳ２３）。ここでは、外乱操作量補正部４０は、上記比例帯変化率（Ｋｐ３／Ｋｐ２）を、第３回の時期に関するシステム変動率ＳＲとして決定する。

[0058] 次に、ステップＳ２４において、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量補正部４０が作成した、第２回の時期に関する上記外乱操作量ＦＦ２と、第３回の時期に関するシステム変動率（Ｋｐ３／Ｋｐ２）とを用いて、第３回の時期についての外乱操作量ＤＯを作成する。なお、第３回の時期に関して、外乱操作量補正部４０が作成した外乱操作量ＤＯを、外乱操作量ＦＦ３と称する。たとえば、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量ＦＦ２を、システム変動率（Ｋｐ３／Ｋｐ２）で除算することにより、第３回の時期についての外乱操作量ＦＦ３を作成する。当該外乱操作量ＦＦ３は、メモリ１０に格納され、たとえば、外乱操作量ＦＦ２および比例帯Ｋｐ２は、メモリから削除される。そして、ステップＳ２５において、外乱操作量印加部２５は、外乱操作量ＦＦ１，ＦＦ２でなく、外乱操作量ＦＦ３を、ＰＩＤ操作量Ｏに、フィードフォワード的に印加する。

[0059] 同様に、第３回の時期後において、システム変動が生じた可能性がある場合には、ユーザは、上記制御系について、四度目のＰＩＤチューニングを実施する（図６のステップＳ２２参照）。そして、当該ＰＩＤチューニングにより、比例帯情報取得部３０は、第４回の時期において、比例帯Ｋｐ４を取得する（ステップＳ２２）。当該比例帯Ｋｐ４は、メモリ１０に格納される。当該第４回の時期は、上記第３回の時期の次に、ＰＩＤチューニングが実施される時期である。

[0060] 次に、システム変動率決定部３５は、上述した比例帯Ｋｐ３と、上述した比例帯Ｋｐ４との間の、比例帯変化率（Ｋｐ４／Ｋｐ３）を求める。そして、システム変動率決定部３５は、当該比例帯変化率（Ｋｐ４／Ｋｐ３）を用いて、第４回の時期に関するシステム変動率ＳＲを決定する（ステップＳ２３）。ここでは、外乱操作量補正部４０は、上記比例帯変化率（Ｋｐ４／Ｋｐ３）を、第４回の時期に関するシステム変動率ＳＲとして決定する。

[0061] 次に、ステップＳ２４において、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量補正部４０が作成した第３回の時期に関する外乱操作量ＦＦ３と、第４回の時期に関するシステム変動率（Ｋｐ４／Ｋｐ３）とを用いて、第４回の時期に

ついての外乱操作量ＤＯを作成する。なお、第４回の時期に関して、外乱操作量補正部４０が作成した外乱操作量ＤＯを、外乱操作量ＦＦ４と称する。たとえば、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量ＦＦ３を、システム変動率（Ｋｐ４／Ｋｐ３）で除算することにより、第４回の時期についての外乱操作量ＦＦ４を作成する。当該外乱操作量ＦＦ４は、メモリ１０に格納され、たとえば、外乱操作量ＦＦ３および比例帯Ｋｐ３は、メモリから削除される。そして、ステップＳ２５において、外乱操作量印加部２５は、外乱操作量ＦＦ１，ＦＦ２，ＦＦ３でなく、外乱操作量ＦＦ４を、ＰＩＤ操作量Ｏに、フィードフォワード的に印加する。

[0062] 図８は、第１の態様が実施された場合の、比例帯Ｋｐ、システム変動率ＳＲ、および外乱操作量ＤＯとの関係を、例示している。図８の例では、第１回の時期において、比例帯Ｋｐ１として、４が取得され、第２回の時期において、比例帯Ｋｐ２として、２が取得され、第３回の時期において、比例帯Ｋｐ３として、８が取得され、第４回の時期において、比例帯Ｋｐ４として、１が取得される。また、図８の例では、第２回の時期に関して、システム変動率ＳＲは、Ｋｐ２／Ｋｐ１＝２／４＝０．５であり、第３回の時期に関して、システム変動率ＳＲは、Ｋｐ３／Ｋｐ２＝８／２＝４であり、第４回の時期に関して、システム変動率ＳＲは、Ｋｐ４／Ｋｐ３＝１／８＝０．１２５である。よって、第１の態様を例示する図８では、第２回の時期に関する外乱操作量ＦＦ２は、ＦＦ２＝ＦＦ１／０．５であり、第３回の時期に関する外乱操作量ＦＦ３は、ＦＦ３＝ＦＦ２／４であり、第４回の時期に関する外乱操作量ＦＦ４は、ＦＦ４＝ＦＦ３／０．１２５である。

[0063] このように、第１の態様では、ｎを３以上の整数としたとき、外乱操作量補正部４０は、第（ｎ－１）回の時期に関して当該外乱操作量補正部４０が作成した外乱操作量ＦＦ（ｎ－１）と、第（ｎ－１）回の時期の次の第ｎ回の時期に関するシステム変動率ＳＲとを用いて、第ｎ回の時期についての外乱操作量ＦＦｎを作成する。

[0064] （第２の態様）

次に、第２の態様について、説明する。第２回の時期後において、システム変動が生じた可能性がある場合には、ユーザは、上記制御系について、三度目のＰＩＤチューニングを実施する（図６のステップＳ２２参照）。そして、当該ＰＩＤチューニングにより、比例帯情報取得部３０は、第３回の時期において、比例帯Ｋｐ３を取得する（ステップＳ２２）。当該比例帯Ｋｐ３は、メモリ１０に格納される。当該第３回の時期は、上記第２回の時期の次に、ＰＩＤチューニングが実施される時期である。

[0065] 次に、システム変動率決定部３５は、上述した比例帯Ｋｐ１と、上述した比例帯Ｋｐ３との間の、比例帯変化率（Ｋｐ３／Ｋｐ１）を求める。そして、システム変動率決定部３５は、当該比例帯変化率（Ｋｐ３／Ｋｐ１）を用いて、第３回の時期に関するシステム変動率ＳＲを決定する（ステップＳ２３）。ここでは、外乱操作量補正部４０は、上記比例帯変化率（Ｋｐ３／Ｋｐ１）を、第３回の時期に関するシステム変動率ＳＲとして決定する。

[0066] 次に、ステップＳ２４において、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量予測部２０が作成した第１回の時期に関する上記外乱操作量ＦＦ１と、第３回の時期に関するシステム変動率（Ｋｐ３／Ｋｐ１）とを用いて、第３回の時期についての外乱操作量ＤＯを作成する。なお、ここでは、第３回の時期に関して、外乱操作量補正部４０が作成した外乱操作量ＤＯを、外乱操作量ＦＦ３’と称する。たとえば、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量ＦＦ１を、システム変動率（Ｋｐ３／Ｋｐ１）で除算することにより、第３回の時期についての外乱操作量ＦＦ３’を作成する。当該外乱操作量ＦＦ３’は、メモリ１０に格納される。そして、ステップＳ２５において、外乱操作量印加部２５は、外乱操作量ＦＦ１，ＦＦ２でなく、外乱操作量ＦＦ３’を、ＰＩＤ操作量Ｏに、フィードフォワード的に印加する。

[0067] 同様に、第３回の時期後において、システム変動が生じた可能性がある場合には、ユーザは、上記制御系について、四度目のＰＩＤチューニングを実施する（図６のステップＳ２２参照）。そして、当該ＰＩＤチューニングにより、比例帯情報取得部３０は、第４回の時期において、比例帯Ｋｐ４を取

得する（ステップＳ２２）。当該比例帯Ｋｐ４は、メモリ１０に格納される。当該第４回の時期は、上記第３回の時期の次に、ＰＩＤチューニングが実施される時期である。

[0068] 次に、システム変動率決定部３５は、上述した比例帯Ｋｐ１と、上述した比例帯Ｋｐ４との間の、比例帯変化率（Ｋｐ４／Ｋｐ１）を求める。そして、システム変動率決定部３５は、当該比例帯変化率（Ｋｐ４／Ｋｐ１）を用いて、第４回の時期に関するシステム変動率ＳＲを決定する（ステップＳ２３）。ここでは、外乱操作量補正部４０は、上記比例帯変化率（Ｋｐ４／Ｋｐ１）を、第４回の時期に関するシステム変動率ＳＲとして決定する。

[0069] 次に、ステップＳ２４において、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量予測部２０が作成した第１回の時期に関する上記外乱操作量ＦＦ１と、第４回の時期に関するシステム変動率（Ｋｐ４／Ｋｐ１）とを用いて、第４回の時期についての外乱操作量ＤＯを作成する。なお、ここでは、第４回の時期に関して、外乱操作量補正部４０が作成した外乱操作量ＤＯを、外乱操作量ＦＦ４’と称する。たとえば、外乱操作量補正部４０は、外乱操作量ＦＦ１を、システム変動率（Ｋｐ４／Ｋｐ１）で除算することにより、第４回の時期についての外乱操作量ＦＦ４’を作成する。当該外乱操作量ＦＦ４’は、メモリ１０に格納される。そして、ステップＳ２５において、外乱操作量印加部２５は、外乱操作量ＦＦ１，ＦＦ２，ＦＦ３’でなく、外乱操作量ＦＦ４’を、ＰＩＤ操作量Ｏに、フィードフォワード的に印加する。

[0070] 図９は、第２の態様が実施された場合の、比例帯Ｋｐ、システム変動率ＳＲ、および外乱操作量ＤＯとの関係を、例示している。図９の例では、各時期に取得される比例帯Ｋｐは、図８の例と同じである。図９の例では、第２回の時期に関して、システム変動率ＳＲは、Ｋｐ２／Ｋｐ１＝２／４＝０．５であり、第３回の時期に関して、システム変動率ＳＲは、Ｋｐ３／Ｋｐ１＝８／４＝２であり、第４回の時期に関して、システム変動率ＳＲは、Ｋｐ４／Ｋｐ１＝１／４＝０．２５である。よって、第２の態様を例示する図９では、第２回の時期に関する外乱操作量ＦＦ２は、ＦＦ２＝ＦＦ１／０．５

であり、第３回の時期に関する外乱操作量ＦＦ３’は、ＦＦ３’＝ＦＦ１／２であり、第４回の時期に関する外乱操作量ＦＦ４’は、ＦＦ４’＝ＦＦ１／０．２５である。

[0071] このように、第２の態様では、ｎを３以上の整数としたとき、外乱操作量補正部４０は、第１回の時期に関して外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＦＦ１と、第ｎ回の時期に関するシステム変動率ＳＲとを用いて、第ｎ回の時期についての外乱操作量ＦＯを作成する。

[0072] ここで、各時期における比例帯変化率が、予め設定された閾値を超える場合には、温度制御装置２００が備える通知装置が、比例帯変化率が当該閾値を超える旨を、通知してもよい。

[0073] （効果）

本実施の形態に係る外乱抑制装置が適用された温度制御装置２００では、比例帯情報取得部３０は、上記制御系について、時期に応じて、ＰＩＤチューニングを行って、比例帯Ｋｐを取得する。システム変動率決定部３５は、第１回の時期に、比例帯情報取得部３０により取得された比例帯Ｋｐ１と、第１回の時期よりも後の第２回の時期に、比例帯情報取得部３０により取得された比例帯Ｋｐ２との間の、比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、システム変動率ＳＲを決定する。そして、外乱操作量補正部４０は、第１回の時期について外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＦＦ１を、システム変動率ＳＲで除算することにより、第２回の時期についての外乱操作量ＦＦ２を作成する。

[0074] ここで、比例帯変化率は、システム変動率ＳＲに比例する。したがって、比例帯変化率を用いて、システム変動率ＳＲが決定され、外乱操作量ＦＯを、上記システム変動率ＳＲで除算することにより、システム変動後において、より適切な外乱操作量ＦＯを決定することができる。よって、上記制御系においてシステム変動が生じたとしても、精度の高い外乱抑制を行うことができる。

[0075] また、本実施形態に係る温度制御装置２００では、ｎを３以上の整数とし

たとき、外乱操作量補正部４０は、第（ｎ－１）回の時期に関して当該外乱操作量補正部４０が作成した外乱操作量ＦＦ（ｎ－１）と、第（ｎ－１）回の時期の次の第ｎ回の時期に関するシステム変動率ＳＲとを用いて、第ｎ回の時期についての外乱操作量ＦＦｎを作成する（第１の態様参照）。

[0076] したがって、外乱操作量補正部４０が一度、外乱操作量ＦＯを作成した後、当該外乱操作量補正部４０が新たに外乱操作量ＦＯを作成する際に、外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＦＯ（ＦＦ１）を用いる必要がなくなる。したがって、外乱操作量補正部４０が一度、外乱操作量ＦＯを作成した後、外乱操作量予測部２０で、外乱操作量を作成する必要がなくなる。よって、システム変動が発生した後の外乱操作量予測部２０による外乱チューニングが、不要となる。

[0077] また、本実施形態に係る温度制御装置２００では、ｎを３以上の整数としたとき、外乱操作量補正部４０は、第１回の時期に関して外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＦＦ１と、第ｎ回の時期に関するシステム変動率ＳＲとを用いて、第ｎ回の時期についての外乱操作量ＦＯを作成してもよい（第２の態様参照）。

[0078] したがって、外乱操作量予測部２０が作成した外乱操作量ＦＯ（ＦＦ１）を用いて、外乱操作量補正部４０は、第ｎ回の時期についての外乱操作量ＦＯを作成することができる。したがって、外乱操作量補正部４０は、第ｎ回の時期について外乱操作量ＦＯを、精度よく、決定することができる。

[0079] 本実施形態に係る温度制御装置２００では、上記比例帯変化率が、予め設定された閾値を超えたとき、その旨を通知する、通知装置６０をさらに備える。したがって、比例帯情報取得部３０が異常な値の比例帯を取得したときに、その旨を、ユーザに知らせることができる。よって、当該異常な比例帯を用いて外乱操作量補正部４０で作成された、不適切な外乱操作量ＦＯを、ＰＩＤ制御部１５からの操作量Ｏに印加することを、事前に防止することができる。

[0080] 以上の実施の形態は例示であり、この発明の範囲から離れることなく様々

な変形が可能である。上述した複数の実施の形態は、それぞれ単独で成立し得るものであるが、実施の形態同士の組みあわせも可能である。また、異なる実施の形態の中の種々の特徴も、それぞれ単独で成立し得るものであるが、異なる実施の形態の中の特徴同士の組みあわせも可能である。

符号の説明

[0081] １５　ＰＩＤ制御部

２０　外乱操作量予測部

２５　外乱操作量印加部

３０　比例帯情報取得部

３５　システム変動率決定部

４０　外乱操作量補正部

６０　通知装置

２００　温度制御装置（外乱抑制装置）

３００　加熱装置（制御対象）

請求の範囲

[請求項1] 制御系に印加される外乱の抑制を行う外乱抑制装置であって、

前記制御系は、

制御対象と、

目標値と制御量との偏差をなくすように、前記制御対象に対してＰＩＤ操作量を出力するＰＩＤ制御部とを含み、

前記外乱抑制装置は、

前記制御系に印加される外乱に対応して、当該外乱を打ち消すように作用する外乱操作量を予測して作成する、外乱操作量予測部と、

前記外乱操作量を前記ＰＩＤ操作量に印加し得る、外乱操作量印加部と、

前記制御系について、時期に応じて、前記ＰＩＤ制御部の制御パラメータを調整する調整処理を行って、比例帯を表す情報を取得する、比例帯情報取得部と、

第１の時期に、前記比例帯情報取得部により情報取得された第１の比例帯と、前記第１の時期よりも後の第２の時期に、前記比例帯情報取得部により情報取得された第２の比例帯との間の、比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、前記制御系のシステム変動率を決定する、システム変動率決定部と、

前記第１の時期について前記外乱操作量予測部が作成した前記外乱操作量を、前記システム変動率で除算することにより、前記第２の時期についての外乱操作量を作成する、外乱操作量補正部とを、備える、

外乱抑制装置。

[請求項2] 請求項１に記載の外乱抑制装置であって、

前記比例帯情報取得部は、

前記調整処理を時期に応じて順次複数回実施して、前記比例帯を表す情報を順次複数回取得し、

前記システム変動率決定部は、ｎを３以上の整数としたとき、

第（ｎ－１）回の時期に、前記比例帯情報取得部により情報取得された第（ｎ－１）の比例帯と、前記第（ｎ－１）回の時期の次の第ｎ回の時期に、前記比例帯情報取得部により情報取得された第ｎの比例帯との間の、前記比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、前記システム変動率を決定し、

前記外乱操作量補正部は、

前記第（ｎ－１）回の時期について当該外乱操作量補正部が作成した前記外乱操作量と、前記システム変動率とを用いて、前記第ｎ回の時期についての外乱操作量を作成する、

ことを特徴とする外乱抑制装置。

[請求項3] 請求項１に記載の外乱抑制装置であって、

前記比例帯情報取得部は、

前記調整処理を時期に応じて順次複数回実施して、前記比例帯を表す情報を順次複数回取得し、

前記システム変動率決定部は、ｎを３以上の整数としたとき、

前記第１の比例帯と、第ｎ回の時期に、前記比例帯情報取得部により情報取得された第ｎの比例帯との間の、前記比例帯変化率を求め、当該比例帯変化率を用いて、前記システム変動率を決定し、

前記外乱操作量補正部は、

前記システム変動率と、前記外乱操作量予測部が作成した前記外乱操作量を用いて、前記第ｎ回の時期についての外乱操作量を作成する、

ことを特徴とする外乱抑制装置。

[請求項4] 請求項１に記載の外乱抑制装置であって、

前記比例帯変化率が、予め設定された閾値を超えたとき、その旨を通知する、通知装置を、さらに備える、

ことを特徴とする外乱抑制装置。

[請求項5] 制御系に印加される外乱の抑制を行う外乱抑制方法であって、

前記制御系は、

制御対象と、

目標値と制御量との偏差をなくすように、前記制御対象に対してＰＩＤ操作量を出力するＰＩＤ制御部とを含み、

前記外乱抑制方法は、

第１の時期に、

前記制御系に印加される外乱に対応して、当該外乱を打ち消すように作用する外乱操作量を予測して作成し、前記外乱操作量を前記ＰＩＤ操作量に印加するとともに、

前記制御系について、前記ＰＩＤ制御部の制御パラメータを調整する調整処理を行って、比例帯としての第１の比例帯を表す情報を取得し、

前記第１の時期よりも後の第２の時期に、

前記制御系について、前記調整処理を行って、前記比例帯としての第２の比例帯を表す情報を取得し、

前記第１の比例帯と前記第２の比例帯との間の、比例帯変化率を求め、この比例帯の変化率を用いて、前記制御系のシステム変動率を決定し、

前記第１の時期についての前記外乱操作量を、前記システム変動率で除算することにより、前記第２の時期についての外乱操作量を作成し、

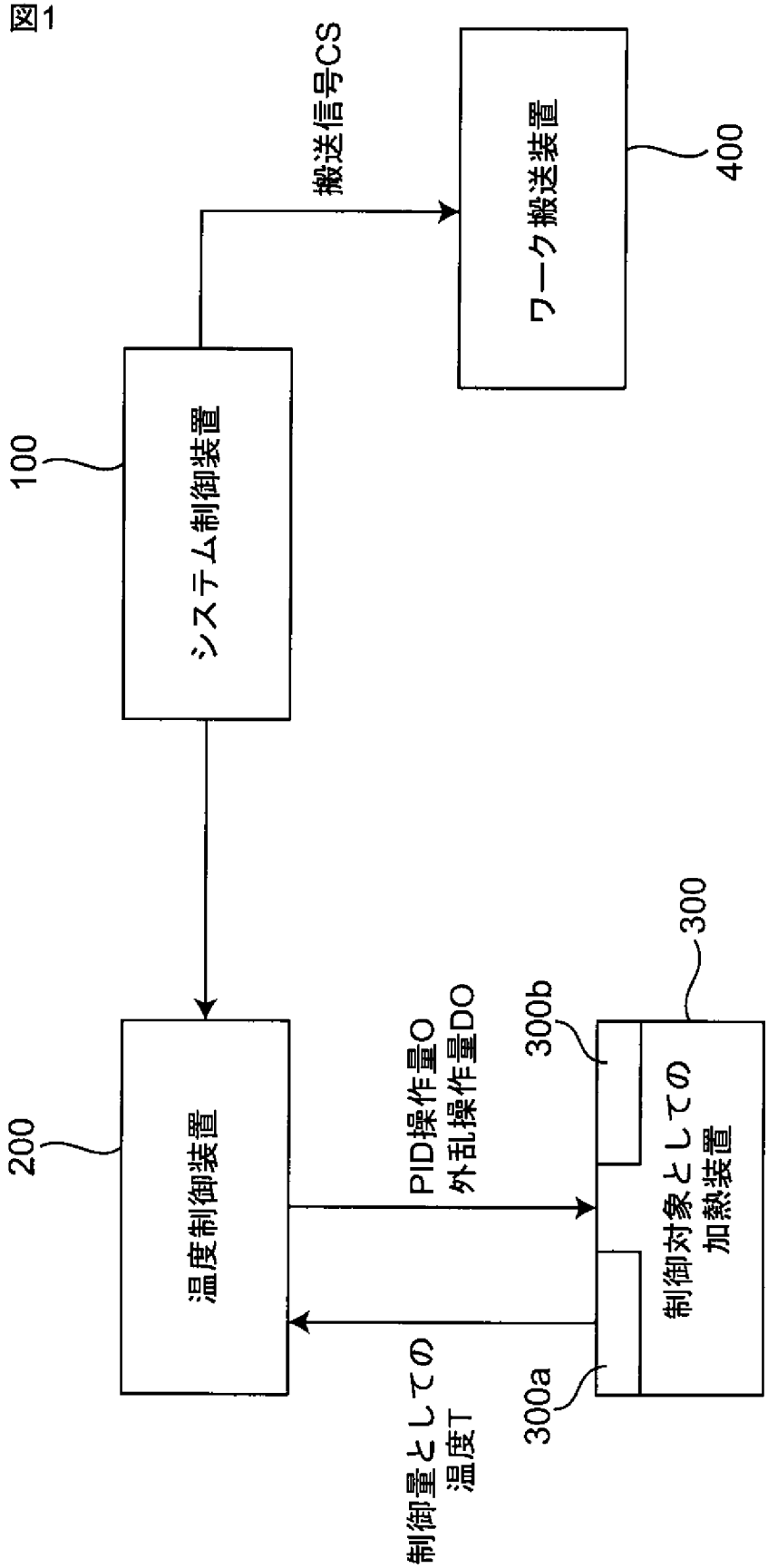
前記第２の時期についての前記外乱操作量を、前記ＰＩＤ操作量に印加する、

外乱抑制方法。

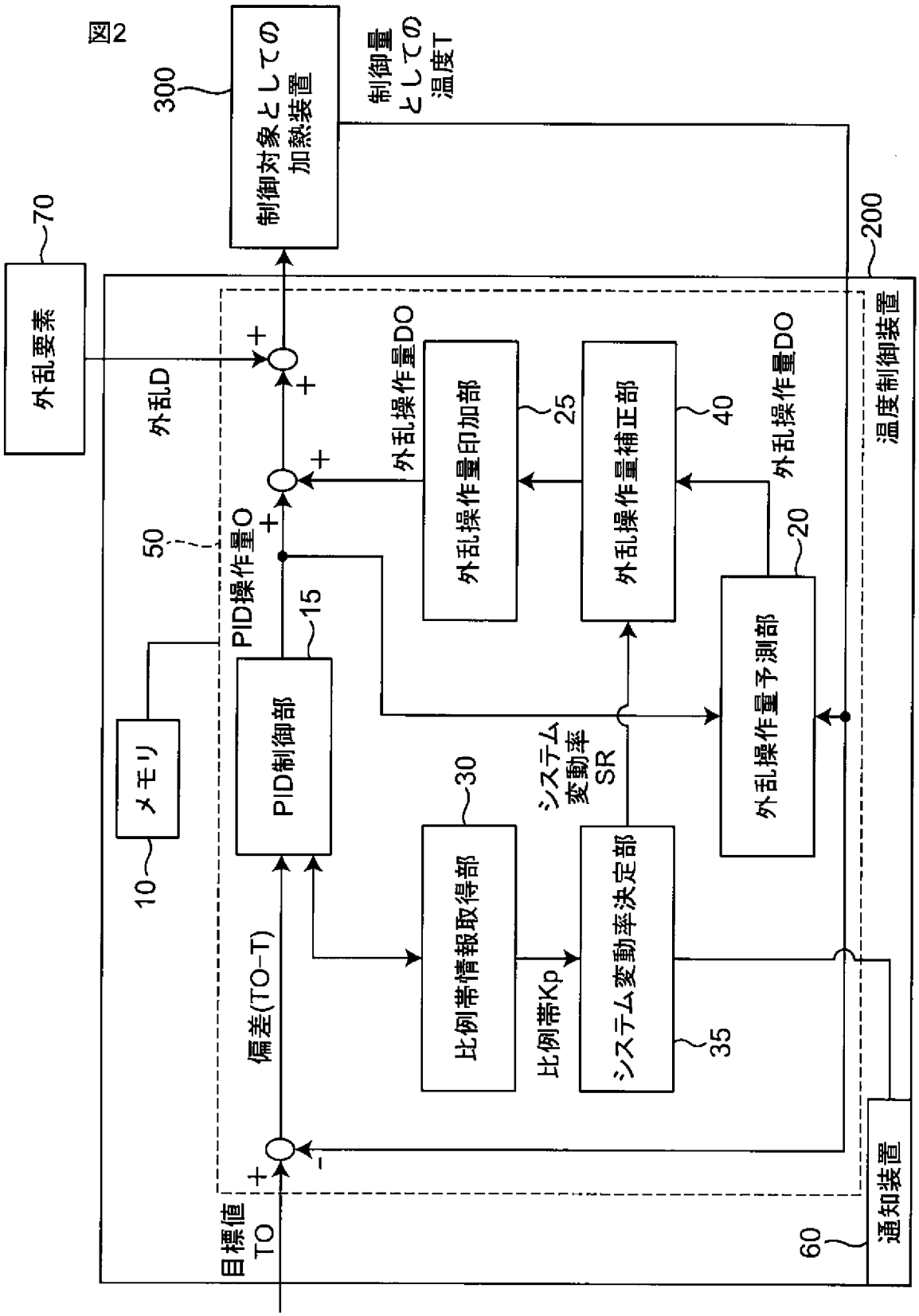
[請求項6] 請求項５に記載の外乱抑制方法を、コンピュータに実行させるためのプログラム。

[図1]

図1

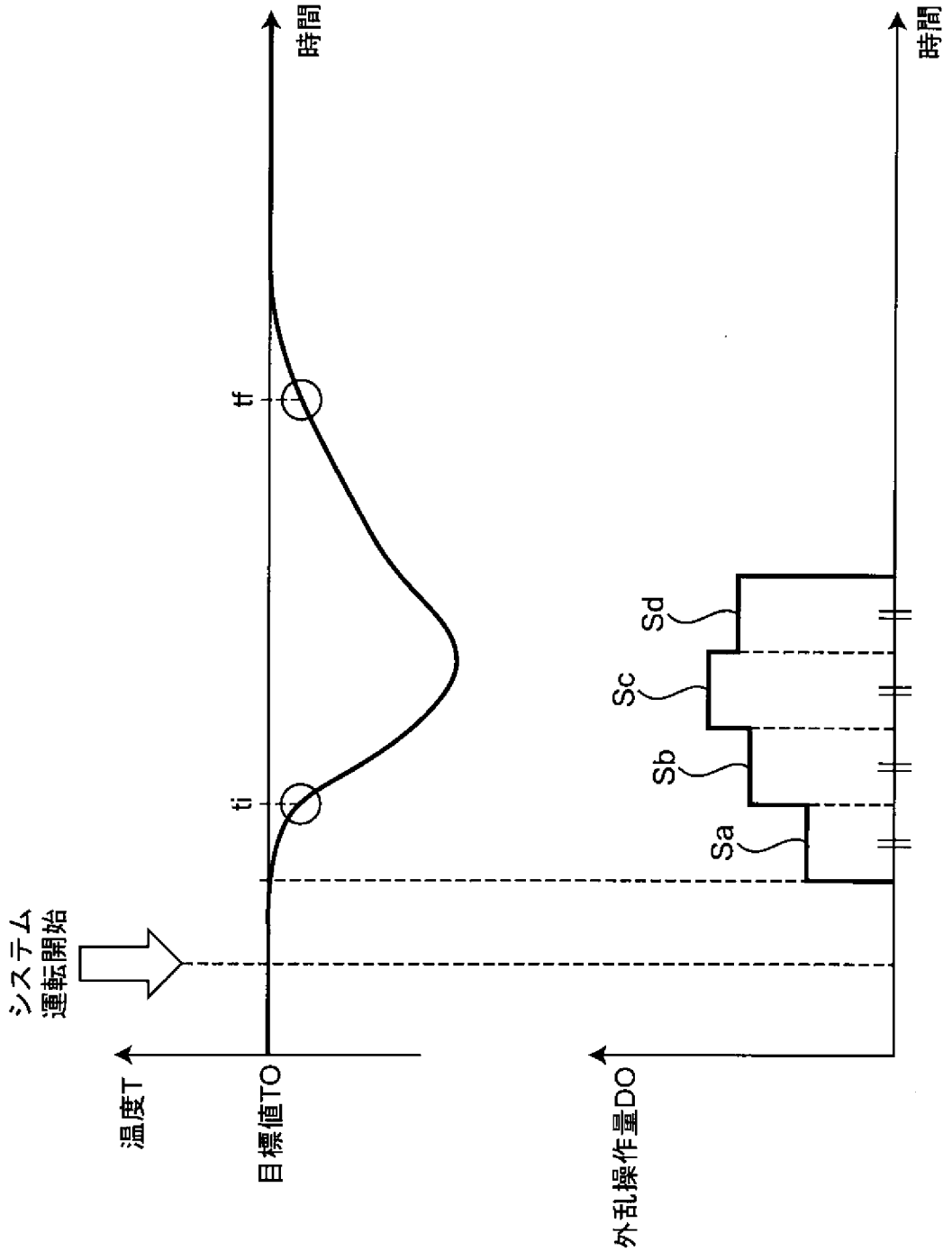

搬送信号CS
ワーク搬送装置
400
100
システム制御装置
200
温度制御装置
PID操作量O
外乱操作量DO
300b
300
制御対象としての
加熱装置
制御量としての
温度T
300a

[図2]


図2
300
制御対象としての加熱装置
制御量としての温度T
70
外乱要素
外乱D
200
温度制御装置
外乱操作量DO
外乱操作量印加部
25
外乱操作量補正部
40
外乱操作量DO
50
PID操作量O
15
PID制御部
20
外乱操作量予測部
メモリ
10
30
比例帯情報取得部
システム変動率SR
システム変動率決定部
35
偏差(TO-T)
比例帯Kp
目標値TO
通知装置
60

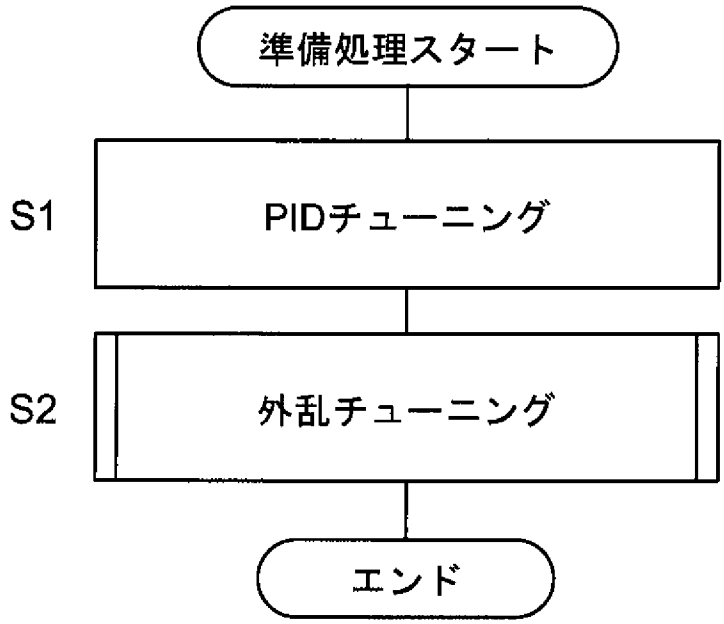
[図3]

図3



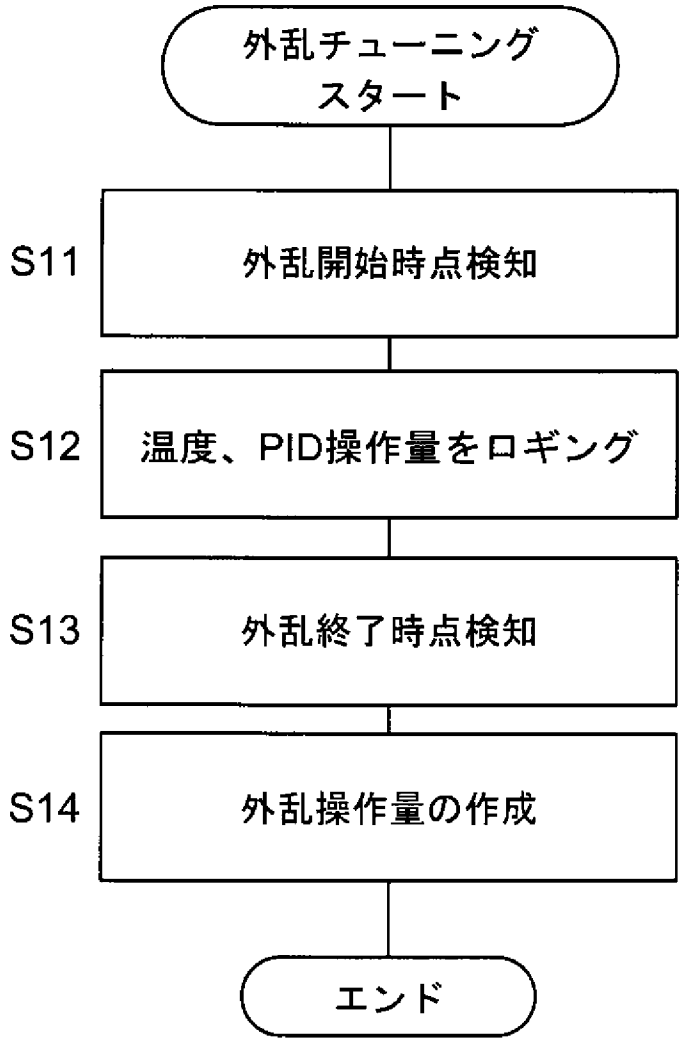
[図4]

図4


準備処理スタート
S1
PIDチューニング
S2
外乱チューニング
エンド

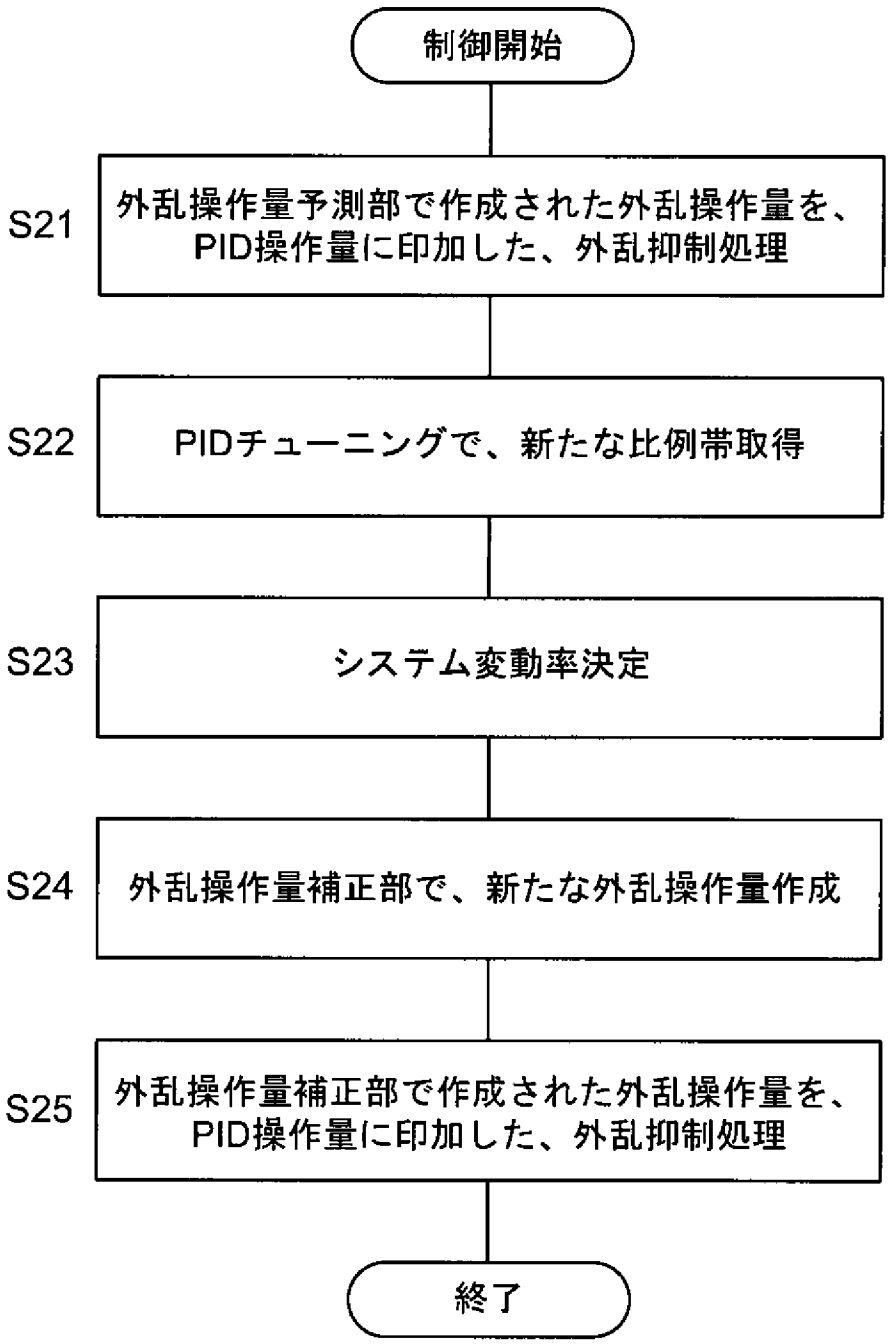
[図5]

図5


外乱チューニング
スタート
S11
外乱開始時点検知
S12
温度、PID操作量をロギング
S13
外乱終了時点検知
S14
外乱操作量の作成
エンド

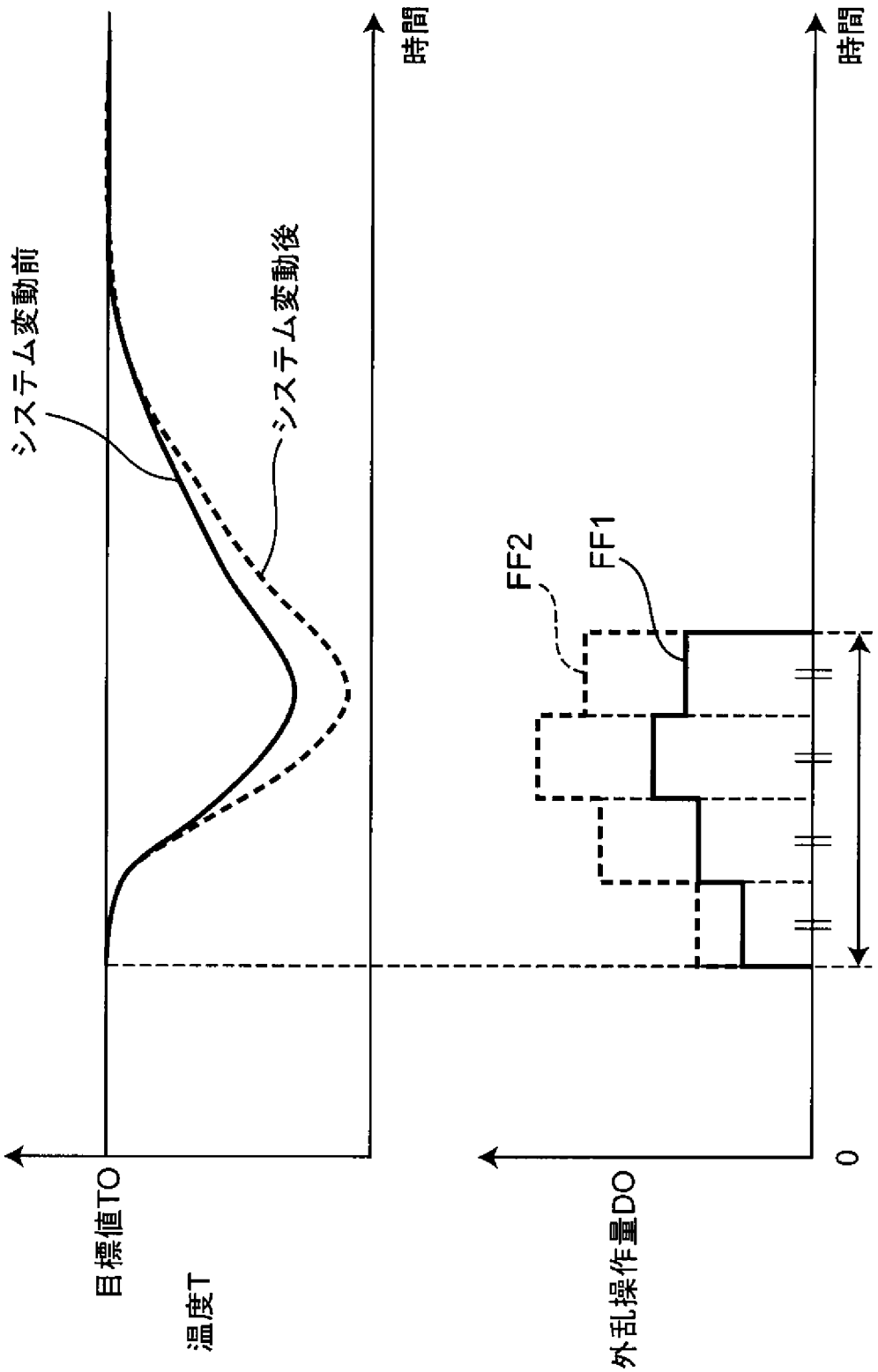
[図6]

図6


制御開始
S21
外乱操作量予測部で作成された外乱操作量を、PID操作量に印加した、外乱抑制処理
S22
PIDチューニングで、新たな比例帯取得
S23
システム変動率決定
S24
外乱操作量補正部で、新たな外乱操作量作成
S25
外乱操作量補正部で作成された外乱操作量を、PID操作量に印加した、外乱抑制処理
終了

[図7]

図7



[図8]

図8

時期	比例帯Kp	システム変動率	外乱操作量DO
第1回	4	—	FF1
第2回	2	2/4=0.5	FF2=FF1/0.5
第3回	8	8/2=4	FF3=FF2/4
第4回	1	1/8=0.125	FF4=FF3/0.125

[図9]

図9

時期	比例帯Kp	システム変動率	外乱操作量DO
第1回	4	—	FF1
第2回	2	2/4=0.5	FF2=FF1/0.5
第3回	8	8/4=2	FF3=FF1/2
第4回	1	1/4=0.25	FF4=FF1/0.25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/007347

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05B 11/42(2006.01)i; G05D 23/19(2006.01)n; G05B 13/02(2006.01)i
FI: G05B13/02 C; G05B11/42 Z; G05D23/19 J

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)
G05B11/42; G05D23/19; G05B13/02

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2000-227801 A (OMRON CORP.) 15.08.2000 (2000-08-15) entire text, all drawings	1-6
A	JP 6-274205 A (TOSHIBA CORP.) 30.09.1994 (1994-09-30) entire text, all drawings	1-6
A	JP 10-222207 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 21.08.1998 (1998-08-21) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2005-284828 A (OMRON CORP.) 13.10.2005 (2005-10-13) paragraphs [0109]-[0156], fig. 1-10	1-6
A	WO 2016/042589 A1 (RKC INSTRUMENT INC.) 24.03.2016 (2016-03-24) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2018-112954 A (OMRON CORP.) 19.07.2018 (2018-07-19) entire text, all drawings	4

☐ 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	Date of mailing of the international search report
15 May 2020 (15.05.2020)	26 May 2020 (26.05.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/007347

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2000-227801 A	15 Aug. 2000	(Family: none)	
JP 6-274205 A	30 Sep. 1994	US 5535117 A entire text, all drawings CN 1093179 A	
JP 10-222207 A	21 Aug. 1998	(Family: none)	
JP 2005-284828 A	13 Oct. 2005	(Family: none)	
WO 2016/042589 A1	24 Mar. 2016	CN 107077104 A	
JP 2018-112954 A	19 Jul. 2018	EP 3349075 A1 entire text, all drawings	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/007347

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G05B 11/42(2006.01)i; G05D 23/19(2006.01)n; G05B 13/02(2006.01)i
FI: G05B13/02 C; G05B11/42 Z; G05D23/19 J

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））

G05B11/42; G05D23/19; G05B13/02

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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 2000-227801 A (オムロン株式会社) 15.08.2000 (2000-08-15) 全文、全図	1-6
A	JP 6-274205 A (株式会社東芝) 30.09.1994 (1994-09-30) 全文、全図	1-6
A	JP 10-222207 A (三菱重工業株式会社) 21.08.1998 (1998-08-21) 全文、全図	1-6
A	JP 2005-284828 A (オムロン株式会社) 13.10.2005 (2005-10-13) [０１０９]－[０１５６]、図１－１０	1-6
A	WO 2016/042589 A1 (理化工業株式会社) 24.03.2016 (2016-03-24) 全文、全図	1-6
A	JP 2018-112954 A (オムロン株式会社) 19.07.2018 (2018-07-19) 全文、全図	4

☐ 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	国際調査報告の発送日
15.05.2020	26.05.2020

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）

中田　善邦 3U 3225

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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/JP2020/007347

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2000-227801 A	15.08.2000	（ファミリーなし）	
JP 6-274205 A	30.09.1994	US 5535117 A 全文、全図 CN 1093179 A	
JP 10-222207 A	21.08.1998	（ファミリーなし）	
JP 2005-284828 A	13.10.2005	（ファミリーなし）	
WO 2016/042589 A1	24.03.2016	CN 107077104 A	
JP 2018-112954 A	19.07.2018	EP 3349075 A1 全文、全図	