



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, CV, 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, ME, 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))

to calculate, on the basis of the forgetting expected time series, a corrected target deviation from an expected value of the control amount after elapse of a predetermined read-ahead length and the target deviation; an operation change amount calculation unit configured to calculate a change amount of the operation amount on the basis of the corrected target deviation and a predetermined control gain; and an operation amount calculation unit configured to calculate a new operation amount by adding a change amount of the operation amount to the operation amount.

(57) 要約: 一態様による制御装置は、制御対象に対する操作量を出力し、前記制御対象の制御量を目標値に追従させる制御装置であって、前記目標値と、現在の制御量との差である目標偏差を算出するように構成されている目標偏差算出部と、前記制御対象のプラント応答モデルを表す関数であるプラント応答関数による過去の制御量の予測値を漸近的に忘却させた忘却付き予測時系列を記憶するように構成されている忘却付き予測時系列記憶部と、前記忘却付き予測時系列に基づいて、所定の先読み長経過後における前記制御量の予測値と前記目標偏差から補正目標偏差を算出するように構成されている補正目標偏差算出部と、前記補正目標偏差と、所定の制御ゲインとに基づいて、前記操作量の変化量を算出するように構成されている操作変化量算出部と、前記操作量の変化量を前記操作量に加算して新たな操作量を算出するように構成されている操作量算出部と、を有する。

## 明 細 書

発明の名称： 制御装置、制御方法及びプログラム

### 技術分野

[0001] 本開示は、制御装置、制御方法及びプログラムに関する。

### 背景技術

[0002] 温調制御装置や P L C (Programmable Logic Controller)、D C S (Distributed Control System) 等の制御装置、パーソナルコンピュータや組み込み制御機器上で実装される制御装置等が産業上広く利用されている。

[0003] また、制御対象の制御量を目標値に追従させることを目的とする制御方式として、P I D (Proportional-Integral-Differential) 制御、モデル予測制御、内部モデル制御、L Q G (Linear-Quadratic-Gaussian) 制御、H 2 制御、H $\infty$ 制御等の各種の制御方式が知られている。

[0004] モデル予測制御は、制御対象の状態空間モデルや将来の時間応答モデルを用いた最適化計算を逐次的に行うことで望ましい応答を得る方式であり、産業界で広く用いられている（例えば、非特許文献 1）。例えば、オンラインで数値最適化アルゴリズムを実行する標準的なモデル予測制御の産業応用として、空調システムの制御等への応用が知られている（例えば、特許文献 1）。

[0005] また、現在に至るまでの過去の操作量の変化に応じた制御量の予測値と、目標値との差である補正目標偏差に基づいて新たな操作量を決定する制御装置が提案されている（例えば、特許文献 2、特許文献 3）。

[0006] 更に、制御対象プラントのモデルに基づく未来予測によって操作量を決定しつつ、そのモデルを表すプラント応答関数に含まれるモデルパラメータをオンラインで学習する制御装置が提案されている（例えば、特許文献 4）。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0007] 特許文献 1：特開 2 0 1 5 - 1 0 8 4 9 9 号公報

特許文献2：国際公開第2016/092872号

特許文献3：特開2020-21411号公報

特許文献4：特許第6901037号公報

### 非特許文献

- [0008] 非特許文献1：ヤン M. マチエヨフスキー，「モデル予測制御 制約のもとでの最適制御」，東京電機大学出版局，2005

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

- [0009] モデル予測制御は、一般に、制御対象のモデルに基づく未来予測により精密な制御を行うため、PID制御のような制御対象のモデルを持たない制御と比較して、高い制御性能を実現し得ると言われている。その反面、モデル予測制御に用いられるモデルが制御対象と大きく異なったり、事前に想定した入出力関係に含まれない未知の外乱が作用してしまったりする場合、未来予測が現実と大きく異なってしまう、その結果、制御性能が悪化してしまうことがある、という課題がある。
- [0010] 従来のモデル予測制御は、モデルが正確に制御対象を表していることを前提としているため、上記のような課題に対処することが困難であった。
- [0011] 本開示は、上記の点に鑑みてなされたもので、モデル予測制御における制御性能の低下を抑制する技術を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0012] 本開示の一態様による制御装置は、制御対象に対する操作量を出力し、前記制御対象の制御量を目標値に追従させる制御装置であって、前記目標値と、現在の制御量との差である目標偏差を算出するように構成されている目標偏差算出部と、前記制御対象のプラント応答モデルを表す関数であるプラント応答関数による過去の制御量の予測値を漸近的に忘却させた忘却付き予測時系列を記憶するように構成されている忘却付き予測時系列記憶部と、前記忘却付き予測時系列に基づいて、所定の先読み長経過後における前記制御量

の予測値と前記目標偏差から補正目標偏差を算出するように構成されている補正目標偏差算出部と、前記補正目標偏差と、所定の制御ゲインとに基づいて、前記操作量の変化量を算出するように構成されている操作変化量算出部と、前記操作量の変化量を前記操作量に加算して新たな操作量を算出するように構成されている操作量算出部と、を有する。

## 発明の効果

[0013] モデル予測制御における制御性能の低下を抑制する技術が提供される。

## 図面の簡単な説明

[0014] [図1]第一の実施形態に係る制御装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図2]第一の実施形態に係る制御装置の機能構成の一例を示す図である。

[図3]補正目標偏差計算部の動作の一例を説明するための図である。

[図4]忘却付き予測時系列記憶部の更新の一例を説明するための図である。

[図5]操作変化量計算部の動作の一例を説明するための図である。

[図6]第二の実施形態に係る制御装置の機能構成の一例を示す図である。

[図7]実施例1における制御対象プラントのステップ応答を示す図である。

[図8]実施例1におけるプラント応答モデルのステップ応答を示す図である。

[図9]実施例1における忘却を行わない場合の制御応答を示す図である。

[図10]実施例1における忘却を行った場合の制御応答を示す図である。

[図11]実施例2における制御対象プラント及びプラント応答モデルのステップ応答を示す図である。

[図12]実施例2における目標値及び外乱を示す図である。

[図13]実施例2における忘却を行った場合の制御応答を示す図である。

[図14]実施例2における忘却を行った場合の制御応答を示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の一実施形態について説明する。以下では、任意のプラントを制御対象として、その目標値が与えられた場合に、モデル予測制御により制御量を目標値に追従させるための操作量を計算する制御装置10について

説明する。このとき、以下では、忘却係数と呼ばれるものを導入し、制御対象プラントのモデル（以下、プラント応答モデルともいう。）により過去に予測した制御量を漸近的に忘却させる。これにより、プラント応答モデルの未来予測が外れることによる制御への悪影響が抑制され、その結果、未来予測が外れることによる制御性能の低下を抑制することができる。

[0016] なお、以下で説明する制御装置 10 は、例えば、PC（パーソナルコンピュータ）や汎用サーバ等で実現されてもよいし、それらと比較して計算資源が乏しいエッジデバイス（PLC や DCS 等）等で実現されてもよい。

[0017] [第一の実施形態]

以下、第一の実施形態について説明する。

[0018] 本実施形態に係る制御装置 10 は、任意の目標値  $r$  や制御対象プラント 20 の状態等を示す制御量  $y$ 、制御対象プラント 20 のプラント応答モデル等に基づいて、当該制御対象プラント 20 に対する操作量  $u$  を計算する。そして、本実施形態に係る制御装置 10 は、この操作量  $u$  に応じた制御対象プラント 20 の制御量  $y$  を計測し、目標値  $r$  や制御量  $y$ 、プラント応答モデル等に基づいて次の操作量  $u$  を計算する。このように、本実施形態に係る制御装置 10 は、制御量  $y$  を目標値  $r$  に追従させるための操作量  $u$  の計算をオンライン実行中（つまり、制御対象プラント 20 の制御中）に繰り返し実行する。

[0019] なお、制御量  $y$  としては、例えば、制御対象プラント 20 の温度、目標値  $r$  としては、例えば、設定温度等が挙げられる。ただし、制御量  $y$  及び目標値  $r$  は、温度及び設定温度に限られず、制御対象プラント 20 における任意の制御量及び当該制御量の目標となる目標値を用いることができる。

[0020] <制御装置 10 のハードウェア構成>

まず、本実施形態に係る制御装置 10 のハードウェア構成について、図 1 を参照しながら説明する。図 1 は、第一の実施形態に係る制御装置 10 のハードウェア構成の一例を示す図である。

[0021] 図 1 に示すように、本実施形態に係る制御装置 10 は、入力装置 11 と、

表示装置 1 2 と、外部 I / F 1 3 と、通信 I / F 1 4 と、プロセッサ 1 5 と、メモリ装置 1 6 とを有する。これらの各ハードウェアは、それぞれがバス 1 7 を介して通信可能に接続される。

[0022] 入力装置 1 1 は、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル、各種物理ボタン等である。表示装置 1 2 は、例えば、ディスプレイ、表示パネル等である。なお、制御装置 1 0 は、例えば、入力装置 1 1 及び表示装置 1 2 のうちの少なくとも一方を有していなくてもよい。

[0023] 外部 I / F 1 3 は、記録媒体 1 3 a 等の外部装置とのインタフェースである。記録媒体 1 3 a としては、例えば、C D (Compact Disc)、D V D (Digital Versatile Disk)、S D メモリカード (Secure Digital memory card)、U S B (Universal Serial Bus) メモリカード等が挙げられる。

[0024] 通信 I / F 1 4 は、制御装置 1 0 を通信ネットワークに接続するためのインタフェースである。プロセッサ 1 5 は、例えば、C P U (Central Processing Unit) や M P U (Micro-Processing Unit) 等の各種演算装置である。メモリ装置 1 6 は、例えば、S S D (Solid State Drive)、R A M (Random Access Memory)、R O M (Read Only Memory)、フラッシュメモリ等の各種記憶装置である。

[0025] なお、図 1 に示すハードウェア構成は一例であって、制御装置 1 0 は、他のハードウェア構成であってもよい。例えば、制御装置 1 0 は、複数のプロセッサ 1 5 や複数のメモリ装置 1 6 を有していてもよいし、図示したハードウェア以外の種々のハードウェアを有していてもよい。

[0026] <制御装置 1 0 の機能構成>

次に、本実施形態に係る制御装置 1 0 の機能構成について、図 2 を参照しながら説明する。図 2 は、第一の実施形態に係る制御装置 1 0 の機能構成の一例を示す図である。

[0027] 図 2 に示すように、本実施形態に係る制御装置 1 0 は、計測部 1 0 1 と、差分器 1 0 2 と、操作量更新部 1 0 3 と、タイマ 1 0 4 とを有する。これらは、例えば、制御装置 1 0 にインストールされた 1 以上のプログラムが、プ

ロセッサ 15 等にて実行させる処理により実現される。また、本実施形態に係る制御装置 10 は、忘却付き予測時系列記憶部 105 を有する。忘却付き予測時系列記憶部 105 は、例えば、制御装置 10 が有するメモリ装置 16 により実現される。

[0028] 計測部 101 は、制御周期  $T$  毎に、制御対象プラント 20 の制御量  $y$  を計測（観測）する。そして、計測部 101 は、計測した制御量  $y$  の最新の値を、制御量現在値  $y_0$  として出力する。なお、制御対象プラント 20 の制御量  $y$  は、操作量  $u$  と外乱  $v$  とに応じて決定される。外乱  $v$  としては、例えば、制御量  $y$  が温度である場合には外気温の低下又は上昇等が挙げられる。

[0029] また、計測部 101 は、制御周期  $T$  毎に、操作量更新部 103 から出力された操作量  $u$  を取得（観測）し、取得した操作量  $u$  の最新の値を、操作量現在値  $u_0$  として出力する。

[0030] 差分器 102 は、目標値  $r$  と、制御量現在値  $y_0$  との差（偏差）を目標偏差  $e_0$  として出力する。時刻  $t$  における目標偏差  $e_0(t)$  は、 $e_0(t) = r(t) - y_0(t)$  で計算される。なお、本実施形態では、目標値は一定、すなわち、 $r(t) = \text{定数}$  であるとする。

[0031] 操作量更新部 103 は、制御周期  $T$  毎に、制御対象プラント 20 に対する操作量  $u$  を計算する。ここで、操作量更新部 103 には、補正目標偏差計算部 111 と、操作変化量計算部 112 と、加算器 113 とが含まれる。

[0032] 補正目標偏差計算部 111 は、プラント応答関数  $\{S_0(t)\}$  と、目標偏差  $e_0(t)$  と、過去の操作量  $u$  の変化量  $du$  の時系列データである操作変化量時系列  $\{du(t)\}$  と、先読み長  $T_p$  と、忘却係数  $\lambda$  とに基づいて、目標偏差  $e_0(t)$  を補正した補正目標偏差  $e^*(t)$  を計算する。このとき、補正目標偏差計算部 111 は、忘却付き予測時系列記憶部 105 に記憶される予測時系列（未来の或る時刻までの制御量  $y$  の予測値の時系列であって、過去の予測値の忘却を考慮した予測値の時系列）を計算及び更新する。ここで、プラント応答関数  $\{S_0(t)\}$  とはモデルパラメータ  $\theta$  を含む関数であり、制御対象プラント 20 のプラント応答モデルである。プラント応答関数  $S_0$

( $\cdot$ ) としては、例えば、時刻  $t$  を入力として、制御対象プラント 20 のステップ応答を出力する関数を用いることができる。なお、補正目標偏差  $e^*(t)$  の計算方法の詳細については後述する。

[0033] 操作変化量計算部 112 は、補正目標偏差  $e^*(t)$  と制御ゲイン  $k_1$  とに基づいて、操作変化量  $du(t)$  を計算する。操作変化量計算部 112 は、例えば、 $du(t-3T_c)$ 、 $du(t-2T_c)$ 、 $du(t-T_c)$  という順序で操作変化量  $du(t)$  を計算し、出力する。なお、操作変化量  $du$  は、制御周期  $T_c$  毎に操作量  $u$  が変化した量である。

[0034] 加算器 113 は、計測部 101 から出力された操作量現在値  $u_0$  と、操作変化量計算部 112 から出力された操作変化量  $du$  とを加算して、新たな操作量  $u$  を計算する。そして、加算器 113 は、この新たな操作量  $u$  を制御対象プラント 20 に出力する。新たな操作量  $u$  は、 $u(t) = u_0 + du(t) = u(t-T_c) + du(t)$  で計算される。

[0035] タイマ 104 は、制御周期  $T_c$  毎に、計測部 101 と操作量更新部 103 とを動作させる。すなわち、タイマ 104 は、制御周期  $T_c$  毎に、計測部 101 と操作量更新部 103 の動作トリガーとして動作する。制御周期  $T_c$  は、制御対象プラント 20 を制御する周期のことであり、その値は予め設定される。

[0036] 忘却付き予測時系列記憶部 105 は、補正目標偏差計算部 111 によって計算された予測時系列（未来の或る時刻までの制御量  $y$  の予測値の時系列であって、過去の予測値の忘却を考慮した予測値の時系列）を記憶する。

[0037] 以上の機能構成を有することにより、本実施形態に係る制御装置 10 は、制御周期  $T_c$  毎に、計測部 101 による制御量  $y$  及び操作量  $u$  の計測と、操作量更新部 103 による新たな操作量  $u$  の計算とを逐次的に繰り返し、制御対象プラント 20 を制御することができる。

[0038] <補正目標偏差計算部 111 の動作>

次に、補正目標偏差計算部 111 の動作について、図 3 を参照しながら説明する。図 3 は、補正目標偏差計算部 111 の動作の一例を説明するための図である。

[0039] 図3に示すように、補正目標偏差計算部111は、プラント応答関数  $\{S_\theta(t)\}$  と、目標偏差  $e_0(t)$  と、操作変化量時系列  $\{du(t)\}$  と、先読み長  $T_p$  とが入力されると、過去の予測値の忘却を考慮して、制御量が過去の操作変化量によって現在時刻  $t$  から  $T_p$  経過後に変化すると予測される値を先読み応答補正值  $y_n(t)$  として算出する。

[0040] そして、補正目標偏差計算部111は、先読み応答補正值  $y_n(t)$  により目標偏差  $e_0(t)$  を補正した補正目標偏差  $e^*(t)$  を出力する。ここで、補正目標偏差  $e^*(t)$  は、 $e^*(t) = r(t) - (y_0(t) + y_n(t)) = e_0(t) - y_n(t)$  で計算される。

[0041] ここで、先読み応答補正值  $y_n(t)$  は、忘却付き予測時系列記憶部105に記憶されている予測時系列を用いて計算される。以下、その計算方法の具体例について説明する。

[0042] 時刻  $t$  で予測した時刻  $s$  における制御量  $y$  の予測値を一般化予測値  $y_{n,c}(s|t)$  と定義し、以下により計算する。なお、この一般化予測値  $y_{n,c}(s|t)$  は忘却付き予測値と呼ばれてもよい。

[0043] [数1]

$$y_{n,c}(s|t) = \sum_{k=0}^M \lambda^k S_\theta(s + kT_c) du(t - kT_c)$$

ここで、 $M$ は、一般化予測値の計算に使用するモデルの長さ（モデル区間）である。また、 $\lambda$ は、忘却係数であり、 $0 \leq \lambda \leq 1$  を取る値である。なお、 $\lambda$ は、1未満かつ1に近い値（例えば、 $\lambda = 0.9$  や  $\lambda = 0.99$  等）であることが好ましい、

このとき、忘却付き予測時系列記憶部105には、現在時刻を  $t$  として、時刻  $t - \Delta t$  から未来の時刻  $t + T_b$  までの一般化予測値  $y_{n,c}(s|t)$  が時系列として記憶されているものとする。すなわち、忘却付き予測時系列記憶部105には、 $y_{n,c}(t - \Delta t | t)$  ,  $y_{n,c}(t | t)$  ,  $y_{n,c}(t +$

$\Delta t \mid t)$ ,  $\dots$ ,  $y_{n,c}(t + T_b \mid t)$  が記憶されているものとする。

ここで、 $T_b$ は、忘却付き予測時系列記憶部 105 に記憶される一般化予測値  $y_{n,c}$  の長さ（時系列長）を決める定数であり、 $T_b = N_1 \Delta t$  ( $N_1$  は、予め決められた任意の正の整数) と表されるものとする。また、 $\Delta t$  は予測間隔であり、 $\Delta t = T_c$  であるものとする。

[0044] 一般化予測値  $y_{n,c}$  を用いると、操作変化量時系列  $\{du(t)\}$  のみによる先読み時刻  $t + T_p$  における制御量  $y$  の予測値である先読み応答予測値  $y_{n,A}(t)$  は、 $y_{n,A}(t) = y_{n,c}(t + T_p \mid t)$  となる。また、操作変化量時系列  $\{du(t)\}$  のみによる現在時刻  $t$  における制御量  $y$  の予測値である自由応答予測値  $y_{n,B}(t)$  は、 $y_{n,B}(t) = y_{n,c}(t \mid t)$  となる。先読み応答予測値  $y_{n,A}(t)$  と自由応答予測値  $y_{n,B}(t)$  とを用いることで、先読み応答補正值  $y_n(t)$  は、 $y_n(t) = y_{n,A}(t) - y_{n,B}(t)$  と計算できる。

[0045] ここで、忘却付き予測時系列記憶部 105 は、新たな操作変化量  $du(t)$  が操作変化量計算部 112 によって計算される毎に、補正目標偏差計算部 111 によって更新される。このため、忘却付き予測時系列記憶部 105 を用いることで、一般化予測値  $y_{n,c}$  を毎回再計算するのに比べて、少ない計算量と少ないメモリ量で補正目標偏差  $e^*(t)$  を計算することができる。以下、忘却付き予測時系列記憶部 105 の更新方法の具体例について説明する。

[0046] 時刻  $t$  で予測した  $m \Delta t$  先における一般化予測値  $y_{n,c}(t + m \Delta t \mid t)$  は、以下で表される。

[0047] [数2]

$$y_{n,c}(t + m \Delta t \mid t) = \sum_{k=0}^M \lambda^k S_\theta(m \Delta t + k \Delta t) du(t - k \Delta t)$$

ここで、 $m = 0, 1, \dots, N_1$  である。

[0048] また、時刻  $t + \Delta t$  で予測した  $m \Delta t$  先における一般化予測値  $y_{n,c}(t +$

$\Delta t + m \Delta t \mid t + \Delta t$  は、以下で表される。

[0049] [数3]

$$\begin{aligned}
 y_{n,c}(t + \Delta t + m \Delta t \mid t + \Delta t) &= \sum_{k=0}^M \lambda^k S_{\theta}(m \Delta t + k \Delta t) du(t + \Delta t - k \Delta t) \\
 &= S_{\theta}(m \Delta t) du(t + \Delta t) + \sum_{k=1}^M \lambda^k S_{\theta}(m \Delta t + k \Delta t) du(t + \Delta t - k \Delta t) \\
 &= S_{\theta}(m \Delta t) du(t + \Delta t) + \lambda \sum_{k=0}^M \lambda^k S_{\theta}(m \Delta t + \Delta t + k \Delta t) du(t - k \Delta t) \\
 &= S_{\theta}(m \Delta t) du(t + \Delta t) + \lambda \cdot y_{n,c}(t + (m + 1) \Delta t \mid t)
 \end{aligned}$$

すなわち、時刻  $t + \Delta t$  で予測した  $m \Delta t$  先における一般化予測値  $y_{n,c}(t + \Delta t + m \Delta t \mid t + \Delta t)$  は、 $y_{n,c}(t + \Delta t + m \Delta t \mid t + \Delta t) = S_{\theta}(m \Delta t) du(t + \Delta t) + \lambda \cdot y_{n,c}(t + (m + 1) \Delta t \mid t)$  となる。これは、 $y_{n,c}(t + \Delta t + m \Delta t \mid t + \Delta t)$  は、時刻  $t$  で予測した  $(m + 1) \Delta t$  先の一般化予測値  $y_{n,c}$  に忘却係数  $\lambda$  を乗じた値に対して、時刻  $t + \Delta t$  における操作変化量  $du(t + \Delta t)$  による影響を加えた値として計算できることを意味する。このため、時刻  $t$  で忘却付き予測時系列記憶部 105 に記憶されている予測時系列と、操作変化量  $du(t + \Delta t)$  とを用いて、時刻  $t + \Delta t$  における忘却付き予測時系列記憶部 105 を更新することができる。

[0050] 一例として、時刻  $t$  で忘却付き予測時系列記憶部 105 に記憶されている予測時系列と、操作変化量  $du(t + \Delta t)$  とを用いて、時刻  $t + \Delta t$  における忘却付き予測時系列記憶部 105 を更新する場合について、図 4 を参照しながら説明する。図 4 は、忘却付き予測時系列記憶部 105 の更新の一例を説明するための図である。なお、先読み長  $T_p$  は、 $T_p = N_2 \Delta t$  ( $N_2$  は、 $N_2 \leq N_1$  を満たす予め決められた任意の正の整数) と表されるものとする。

[0051] 時刻  $t + \Delta t$  における忘却付き予測時系列記憶部 105 は、 $y_{n,c}(t \mid t$

$+ \Delta t)$ ,  $y_{n,c}(t + \Delta t | t + \Delta t)$ ,  $y_{n,c}(t + 2\Delta t | t + \Delta t)$ ,  
 $\dots$ ,  $y_{n,c}(t + \Delta t + T_p | t + \Delta t)$ ,  $\dots$ ,  $y_{n,c}(t + \Delta t + T_b | t + \Delta t)$  という予測時系列が記憶される。このとき、 $y_{n,c}(t | t + \Delta t)$  は、 $y_{n,c}(t | t)$  に忘却係数  $\lambda$  を乗じた値として計算できる。次に、 $y_{n,c}(t + \Delta t | t + \Delta t)$  は、 $y_{n,c}(t + \Delta t | t)$  に忘却係数  $\lambda$  を乗じた値に対して、 $S_\theta(0) du(t + \Delta t)$  を加えた値として計算できる。以降、同様に、 $m = 1, 2, \dots, N_1 - 1$  に関して、 $y_{n,c}(t + \Delta t + m\Delta t | t + \Delta t)$  は、 $\lambda \cdot y_{n,c}(t + (m+1)\Delta t | t)$  に対して  $S_\theta(m\Delta t) du(t + \Delta t)$  を加えた値として計算できる。なお、 $y_{n,c}(t + \Delta t + T_b | t + \Delta t)$  は、上記の数 1 に従って計算される。

[0052] このように、忘却付き予測時系列記憶部 105 では、時刻  $t$  における予測値を忘却係数  $\lambda$  によって忘却しつつ、新しい操作変化量  $du(t + \Delta t)$  の影響を加算することで、時刻  $t + \Delta t$  における予測値に更新される。

[0053] <操作変化量計算部 112 の動作>

次に、操作変化量計算部 112 の動作について、図 5 を参照しながら説明する。図 5 は、操作変化量計算部 112 の動作の一例を説明するための図である。

[0054] 図 5 に示すように、操作変化量計算部 112 は、補正目標偏差  $e^*(t)$  と制御ゲイン  $k_1$  とが入力されると、補正目標偏差  $e^*(t)$  に対して制御ゲイン  $k_1$  を乗じて操作変化量  $du(t)$  を出力する。すなわち、操作変化量計算部 112 は、 $du(t) = k_1 \times e^*(t)$  により操作変化量  $du(t)$  を算出する。

[0055] ただし、補正目標偏差  $e^*(t)$  に対して制御ゲイン  $k_1$  を乗じた結果が上限値  $du_{max}$  を超える場合、操作変化量計算部 112 は、 $du_{max}$  を操作変化量  $du(t)$  とする。同様に、補正目標偏差  $e^*(t)$  に対して制御ゲイン  $k_1$  を乗じた結果が下限値  $du_{min}$  を下回る場合、操作変化量計算部 112 は、 $du_{min}$  を操作変化量  $du(t)$  とする。これにより、上下限範囲に対するリミッターを設けることができる。なお、操作量現在値  $u_0$  と操作変化量  $du$  と

が加算器 113 によって加算された後の操作量  $u$  が所定の上下限範囲を逸脱しないように、 $du_{max}$  及び  $du_{min}$  を都度設定してもよい。

[0056]     〔第二の実施形態〕

以下、第二の実施形態について説明する。なお、第二の実施形態では、第一の実施形態との相違点について説明し、第一の実施形態と同様の構成要素についてはその説明を省略する。

[0057]     本実施形態に係る制御装置 10 は、制御量  $y$  を目標値  $r$  に追従させるための操作量  $u$  の計算とプラント応答モデルのモデルパラメータの推定とをオンライン実行中に繰り返し実行する。これにより、例えば、制御対象プラント 20 の運用開始後において、プラント特性の季節変動や経年劣化等の継時的変化に追従したモデルパラメータを推定することが可能となる。

[0058]     <制御装置 10 の機能構成>

本実施形態に係る制御装置 10 の機能構成について、図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、第二の実施形態に係る制御装置 10 の機能構成の一例を示す図である。

[0059]     図 6 に示すように、本実施形態に係る制御装置 10 は、第一の実施形態で説明した計測部 101、差分器 102、操作量更新部 103、タイマ 104 及び忘却付き予測時系列記憶部 105 に加えて、モデルパラメータ推定部 106 を有する。モデルパラメータ推定部 106 は、例えば、制御装置 10 にインストールされた 1 以上のプログラムが、プロセッサ 15 等を実行させる処理により実現される。

[0060]     モデルパラメータ推定部 106 は、制御周期  $T$  毎に、制御量現在値  $y_0(t)$  と操作量現在値  $u_0(t)$  とを入力し、プラント応答関数  $\{S_\theta(t)\}$  のモデルパラメータの推定値  $\theta_{est}$  を計算し、出力する。モデルパラメータ推定部 106 は、例えば、逐次最小二乗法等といった既知の手法（例えば、特許文献 4 に記載されている手法等）によりモデルパラメータの推定値  $\theta_{est}$  を計算すればよい。このモデルパラメータの推定値  $\theta = \theta_{est}$  は、プラント応答関数  $\{S_\theta(t)\}$  に設定される。なお、モデルパラメータの推定値  $\theta_{est}$  を

計算する際に、モデルパラメータの初期値  $\theta_0$  が入力されてもよい。

[0061] ここで、モデルパラメータ  $\theta$  の一例として、プラント応答関数  $\{S_\theta(t)\}$  として自己回帰移動平均モデル (ARMA (autoregressive moving average) モデル) を用いた場合について説明する。例えば、制御量  $y$  については過去  $N$  点の自己回帰、操作量  $u$  については現在値と過去  $M$  点の移動平均を用いた ARMA モデルは、以下で表される。

[0062] 
$$y(k) = a_1 y(k-1) + a_2 y(k-2) + \dots + a_N y(k-N) + b_0 u(k) + b_1 u(k-1) + b_2 u(k-2) + \dots + b_M u(k-M)$$

なお、 $N$  及び  $M$  は、予め設定された 1 以上の整数である。

[0063] このとき、モデルパラメータ  $\theta$  は以下で表される。

[0064] [数4]

$$\theta = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_N \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_M \end{bmatrix}$$

すなわち、モデルパラメータ  $\theta$  の各要素は、ARMA モデルの各係数である。ここで、 $k$  はインデックスであり、 $k=1$  から開始する整数である。

[0065] なお、上記の ARMA モデルは一例であって、例えば、過去  $L$  点 ( $L$  は予め設定された 1 以上の整数) の外乱  $v$  を考慮したモデルであってもよい。また、ARMA モデルに限られるものではなく、例えば、ARMAX モデル等がプラント応答関数  $\{S_\theta(t)\}$  として用いられてもよい。

[0066] タイマ 104 は、制御周期  $T$  毎に、計測部 101 と操作量更新部 103 とモデルパラメータ推定部 106 とを動作させる。すなわち、タイマ 104 は

、制御周期 $T$ 。毎に、更にモデルパラメータ推定部106の動作トリガーとしても動作する。

[0067] 以上の機能構成を有することにより、本実施形態に係る制御装置10は、制御周期 $T$ 。毎に、計測部101による制御量 $y$ 及び操作量 $u$ の計測と、モデルパラメータ推定部106によるモデルパラメータ $\theta = \theta_{est}$ の推定と、操作量更新部103による新たな操作量 $u$ の計算とを逐次的に繰り返し、制御対象プラント20を制御することができる。

[0068] [実施例1]

以下、第二の実施形態に係る制御装置10の実施例1について説明する。本実施例では、制御対象プラント20とプラント応答モデルとの間に誤差がある場合に、第二の実施形態に係る制御装置10の有効性を示す。

[0069] 本実施例では、制御対象プラント20のプラント応答モデルが以下のARMAモデルで表されているものとする。

[0070]  $y(k) = \theta_1 y(k-1) + \theta_2 y(k-2) + \theta_3 u(k) + \theta_4 u(k-1) + \theta_5 u(k-2)$

状態ベクトルを以下で定義する。

[0071] [数5]

$$\varphi(k) = \begin{bmatrix} y(k-1) \\ y(k-2) \\ u(k) \\ u(k-1) \\ u(k-2) \end{bmatrix}$$

また、モデルパラメータ $\theta$ を以下で定義する。

[0072]

[数6]

$$\theta(k) = \begin{bmatrix} \theta_1(k) \\ \theta_2(k) \\ \theta_3(k) \\ \theta_4(k) \\ \theta_5(k) \end{bmatrix}$$

このとき、プラント応答モデルによる制御量の推定値を  $y_{est}$  とすれば、制御量推定値は  $y_{est}(k) = \phi(k)^T \theta(k-1)$  で計算される。 $T$  は転置を表す。

[0073] なお、第一の実施形態に係る制御装置 10 を用いる場合は、モデルパラメータ  $\theta$  が時間変化せずに固定値であるものとすればよい。すなわち、モデルパラメータ  $\theta(k)$  がインデックス  $k$  に依存しない、つまり  $\theta(k) = \theta$  とすればよい。

[0074] 本実施例における制御対象プラント 20 のステップ応答を図 7 に示す。一方で、本実施例におけるプラント応答モデルのステップ応答を図 8 に示す。図 7 及び図 8 はいずれも時刻 0 で操作量  $u$  が単位ステップ状に変化した際の制御量  $y$  の変化を表している。図 7 及び図 8 に示すように、制御対象プラント 20 よりもプラント応答モデルの方が、時定数が長く、プラント応答モデルに誤差（モデル誤差）が生じていると言える。

[0075] 忘却を行わない場合（つまり、 $\lambda = 1$  とした場合）におけるプラント応答モデルの制御応答を図 9 に示す。図 9 に示すように、モデル誤差の影響により、制御量  $y$  の目標値  $r$  への追従が遅れている。

[0076] 一方で、忘却を行った場合（本実施例では、 $\lambda = 0.99$  とした。）におけるプラント応答モデルの制御応答を図 10 に示す。図 10 に示すように、図 9 と比較すると、制御量  $y$  の目標値  $r$  への追従性能が改善している。したがって、第二の実施形態に係る制御装置 10（又は、モデルパラメータ  $\theta$  が時間変化せずに固定値である場合は第一の実施形態に係る制御装置 10 でも

よい。)では、忘却を考慮した予測時系列の効果により、モデル誤差によって予測が外れることによる制御への悪影響を抑制することができているといえる。

[0077] [実施例 2]

以下、第二の実施形態に係る制御装置 10 の実施例 2 について説明する。本実施例では、未知の外乱が制御対象プラント 20 に印加されている場合に、第二の実施形態に係る制御装置 10 の有効性を示す。なお、特に言及した場合を除き、実施例 1 と同様の設定であるものとする。

[0078] 本実施例における制御対象プラント 20 及びプラント応答モデルのステップ応答を図 11 に示す。図 11 は、時刻 0 で操作量  $u$  が単位ステップ状に変化した際の制御量  $y$  の変化を表している。本実施例では、制御対象プラント 20 とプラント応答モデルとが一致しているものとする。

[0079] 本実施例における目標値  $r$  及び外乱  $v$  を図 12 に示す。図 12 に示すように、本実施例では、時刻 500 で未知の外乱  $v$  がステップ状に印加されるものとする。

[0080] 忘却を行わない場合（つまり、 $\lambda = 1$  とした場合）におけるプラント応答モデルの制御応答を図 13 に示す。図 13 に示すように、未知の外乱  $v$  の影響により、時刻 500 以降で制御量  $y$  と目標値  $r$  との間にずれが生じており、時刻 2000 までオフセットが継続している。

[0081] 一方で、忘却を行った場合（本実施例では、 $\lambda = 0.99$  とした。）におけるプラント応答モデルの制御応答を図 14 に示す。図 14 に示すように、図 13 と比較すると、制御量  $y$  の目標値  $r$  への追従性能が改善している。したがって、第二の実施形態に係る制御装置 10（又は、モデルパラメータ  $\theta$  が時間変化せずに固定値である場合は第一の実施形態に係る制御装置 10 でもよい。）では、忘却を考慮した予測時系列の効果により、未知の外乱によって予測が外れることによる制御への悪影響を抑制することができているといえる。

[0082] 以上の実施例 1 及び 2 により、第二の実施形態に係る制御装置 10（又は

、モデルパラメータ $\theta$ が時間変化せずに固定値である場合は第一の実施形態に係る制御装置10でもよい。)は、モデル予測制御における未来予測が外れることによる悪影響を抑制し、その結果、制御性能の低下を抑制することができる。

[0083] [まとめ]

以上のように、第一の実施形態に係る制御装置10は、過去に行った予測を漸近的に忘却するため、モデル予測制御の予測が外れることによる制御への悪影響を抑制することができる。また、このとき、忘却付き予測時系列記憶部105の更新は高速に実行できるため、応答性を低下させずに、モデル予測制御の予測が外れることによる制御への悪影響を抑制することができる。更に、忘却係数の値は適宜設定することが可能であるため、忘却の強度をユーザ等が調整することも可能である。それに加えて、制御時に目標偏差がオフセットを持つ場合にも有効に対処することができる。

[0084] 第二の実施形態に係る制御装置10は、第一の実施形態で説明した事項に加えて、更にモデルパラメータ $\theta$ を逐次的に推定(学習)する。このため、例えば、モデルパラメータ $\theta$ 自体が経時変化していくような場合に、学習が不十分であった過去の予測を能動的に忘却させることが可能となり、予測が外れやすくなる悪影響を抑制することができる。

[0085] 本発明は、具体的に開示された上記の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲の記載から逸脱することなく、種々の変形や変更、既知の技術との組み合わせ等が可能である。

[0086] 本願は、日本国に2022年4月15日に出願された基礎出願2022-067612号に基づくものであり、その全内容はここに参照をもって援用される。

## 符号の説明

|        |    |      |
|--------|----|------|
| [0087] | 10 | 制御装置 |
|        | 11 | 入力装置 |
|        | 12 | 表示装置 |

|       |              |
|-------|--------------|
| 1 3   | 外部 I / F     |
| 1 3 a | 記録媒体         |
| 1 4   | 通信 I / F     |
| 1 5   | プロセッサ        |
| 1 6   | メモリ装置        |
| 1 7   | バス           |
| 2 0   | 制御対象プラント     |
| 1 0 1 | 計測部          |
| 1 0 2 | 差分器          |
| 1 0 3 | 操作量更新部       |
| 1 0 4 | タイマ          |
| 1 0 5 | 忘却付き予測時系列記憶部 |
| 1 0 6 | モデルパラメータ推定部  |
| 1 1 1 | 補正目標偏差計算部    |
| 1 1 2 | 操作変化量計算部     |
| 1 1 3 | 加算器          |

## 請求の範囲

- [請求項1] 制御対象に対する操作量を出力し、前記制御対象の制御量を目標値に追従させる制御装置であって、
- 前記目標値と、現在の制御量との差である目標偏差を算出するように構成されている目標偏差算出部と、
- 前記制御対象のプラント応答モデルを表す関数であるプラント応答関数による過去の制御量の予測値を漸近的に忘却させた忘却付き予測時系列を記憶するように構成されている忘却付き予測時系列記憶部と、
- 前記忘却付き予測時系列に基づいて、所定の先読み長経過後における前記制御量の予測値と前記目標偏差から補正目標偏差を算出するように構成されている補正目標偏差算出部と、
- 前記補正目標偏差と、所定の制御ゲインとに基づいて、前記操作量の変化量を算出するように構成されている操作変化量算出部と、
- 前記操作量の変化量を前記操作量に加算して新たな操作量を算出するように構成されている操作量算出部と、
- を有する制御装置。
- [請求項2] 前記忘却付き予測時系列に含まれる各予測値は、
- 現在の前記操作量の変化量と前記プラント応答関数による制御量の予測値との積と、
- 現在の時刻よりも1つ前の時刻における忘却付き予測時系列に含まれる各予測値のうち、前記プラント応答関数による制御量の予測値の時刻に対応する時刻の予測値を所定の忘却係数により忘却させた値と、
- の和で表される、請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 現在の時刻を  $t$ 、現在よりも1つ前の時刻を  $t - \Delta t$ 、前記プラント応答関数を  $S(\cdot)$ 、前記忘却係数を  $\lambda$ 、0以上の整数を  $m$  として、
- 前記忘却付き予測時系列に含まれる各予測値  $y_{n,c}(t + m \Delta t |$

$t$ ) は、

現在の前記操作量の変化量  $du(t)$  と前記プラント応答関数による制御量の予測値  $S(m\Delta t)$  との積  $S(m\Delta t) du(t)$  と、 $\lambda \cdot y_{n,c}(t+m\Delta t | t-\Delta t)$  との和で表される、請求項2に記載の制御装置。

[請求項4] 前記忘却係数  $\lambda$  は、 $0 \leq \lambda \leq 1$  を満たす実数である、請求項3に記載の制御装置。

[請求項5] 前記制御量と前記操作量とに基づいて、前記プラント応答関数のモデルパラメータを逐次推定するように構成されているモデルパラメータ推定部を更に有する請求項1乃至4の何れか一項に記載の制御装置。

[請求項6] 制御対象に対する操作量を出力し、前記制御対象の制御量を目標値に追従させる制御装置が、

前記目標値と、現在の制御量との差である目標偏差を算出する目標偏差算出手順と、

前記制御対象のプラント応答モデルを表す関数であるプラント応答関数による過去の制御量の予測値を漸近的に忘却させた忘却付き予測時系列を記憶部に記憶させる忘却付き予測時系列記憶手順と、

前記忘却付き予測時系列に基づいて、所定の先読み長経過後における前記制御量の予測値と前記目標偏差から補正目標偏差を算出する補正目標偏差算出手順と、

前記補正目標偏差と、所定の制御ゲインとに基づいて、前記操作量の変化量を算出する操作変化量算出手順と、

前記操作量の変化量を前記操作量に加算して新たな操作量を算出する操作量算出手順と、

を実行する制御方法。

[請求項7] 制御対象に対する操作量を出力し、前記制御対象の制御量を目標値に追従させる制御装置に、

前記目標値と、現在の制御量との差である目標偏差を算出する目標偏差算出手順と、

前記制御対象のプラント応答モデルを表す関数であるプラント応答関数による過去の制御量の予測値を漸近的に忘却させた忘却付き予測時系列を記憶部に記憶させる忘却付き予測時系列記憶手順と、

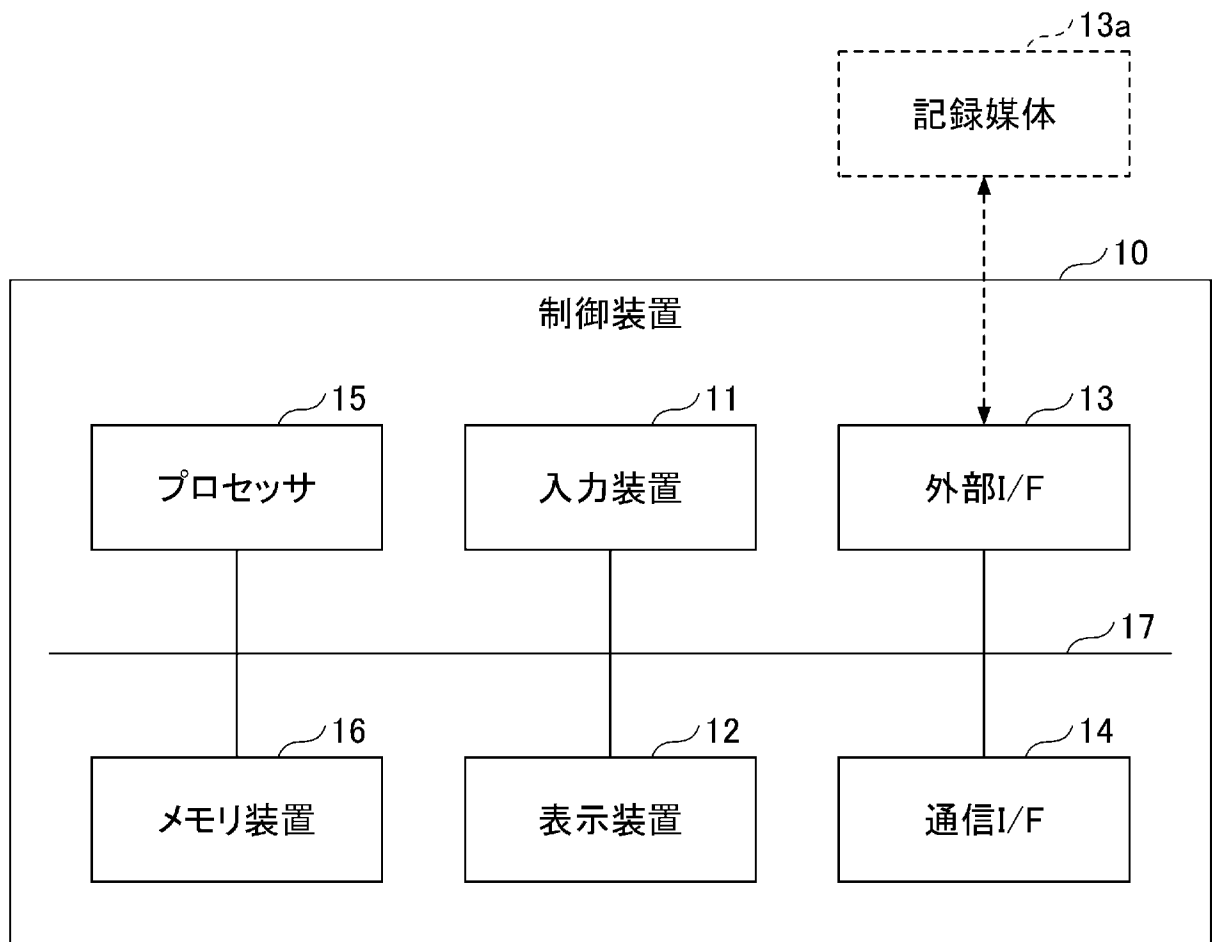
前記忘却付き予測時系列に基づいて、所定の先読み長経過後における前記制御量の予測値と前記目標偏差から補正目標偏差を算出する補正目標偏差算出手順と、

前記補正目標偏差と、所定の制御ゲインとに基づいて、前記操作量の変化量を算出する操作変化量算出手順と、

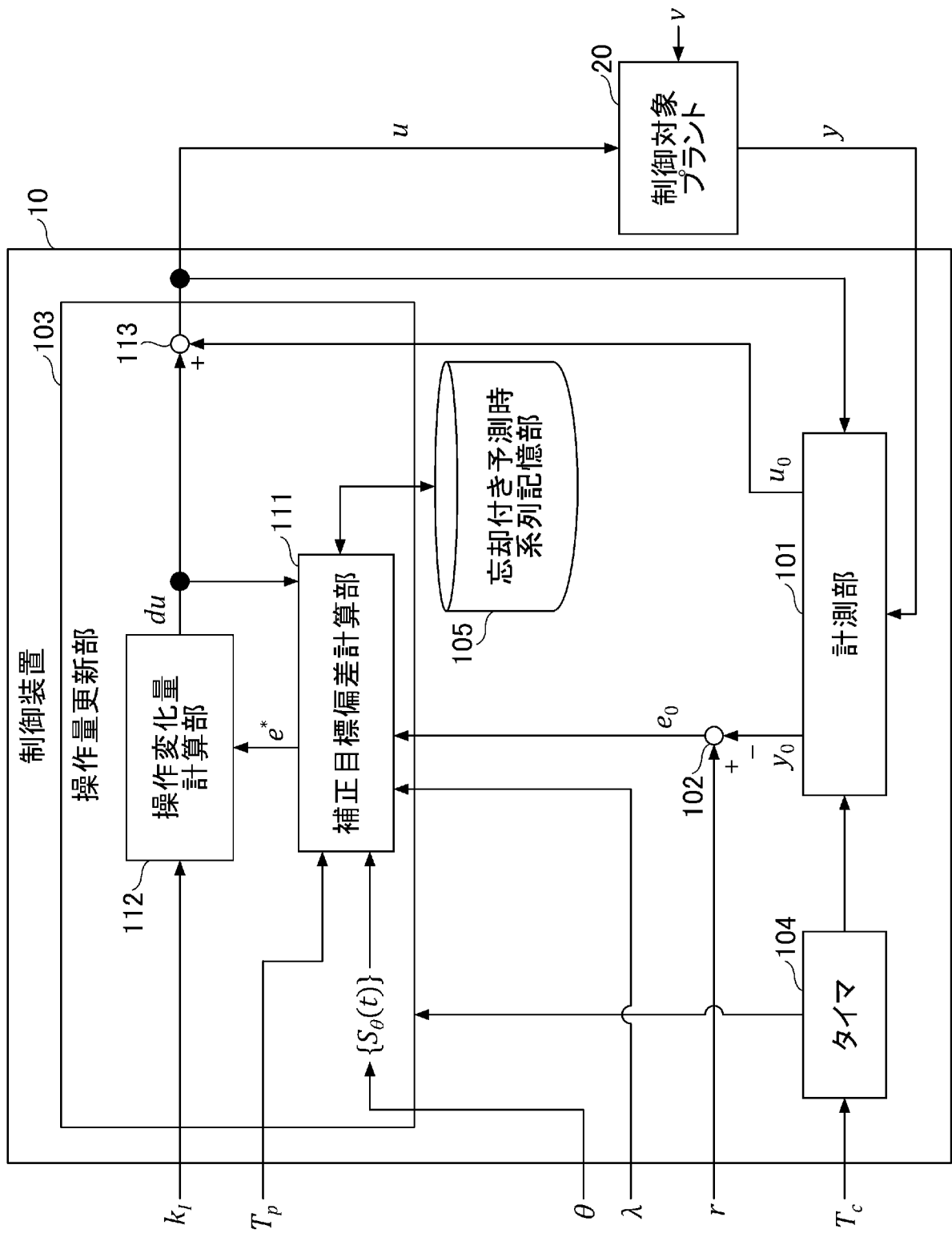
前記操作量の変化量を前記操作量に加算して新たな操作量を算出する操作量算出手順と、

を実行させるプログラム。

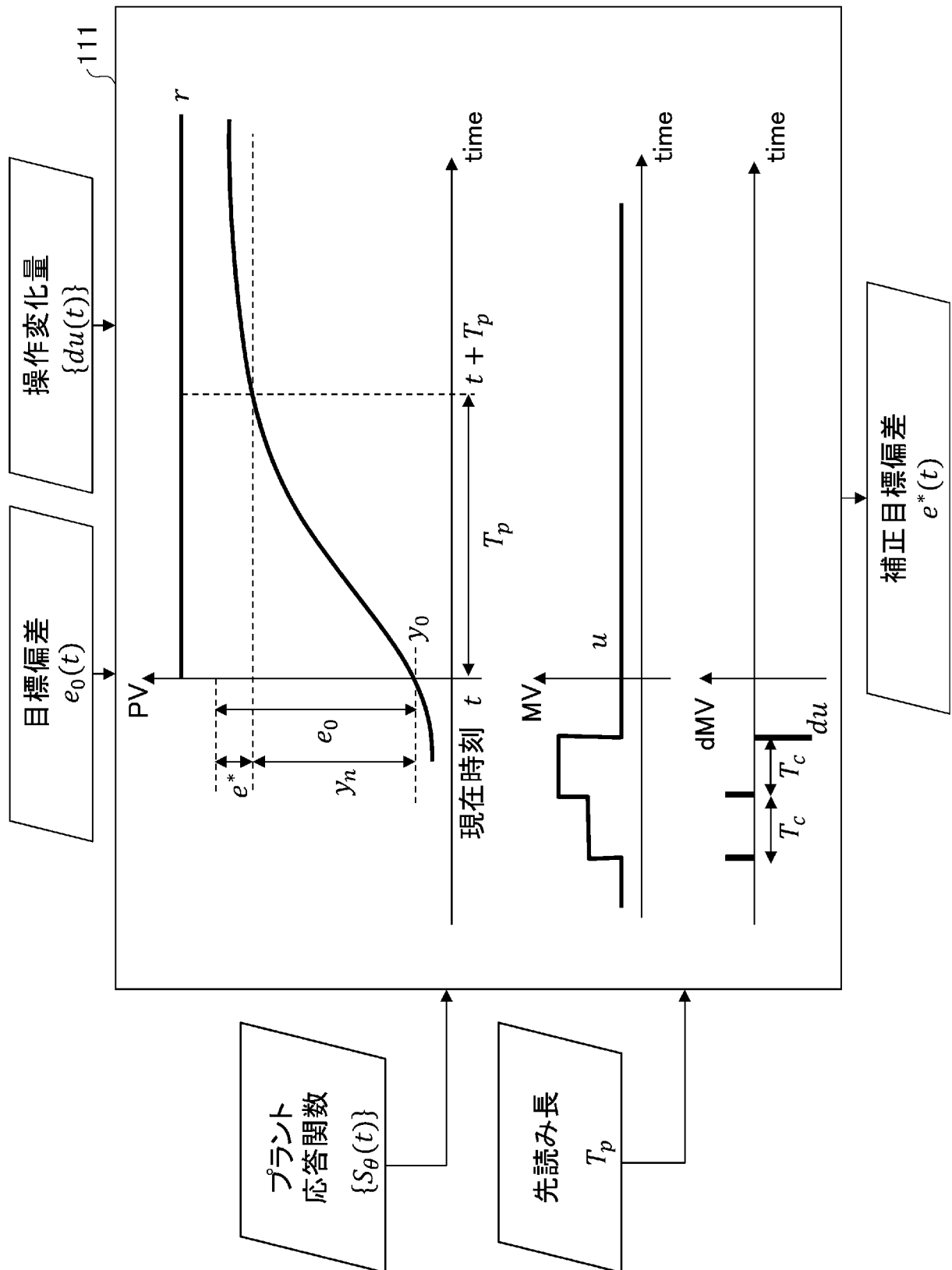
[図1]



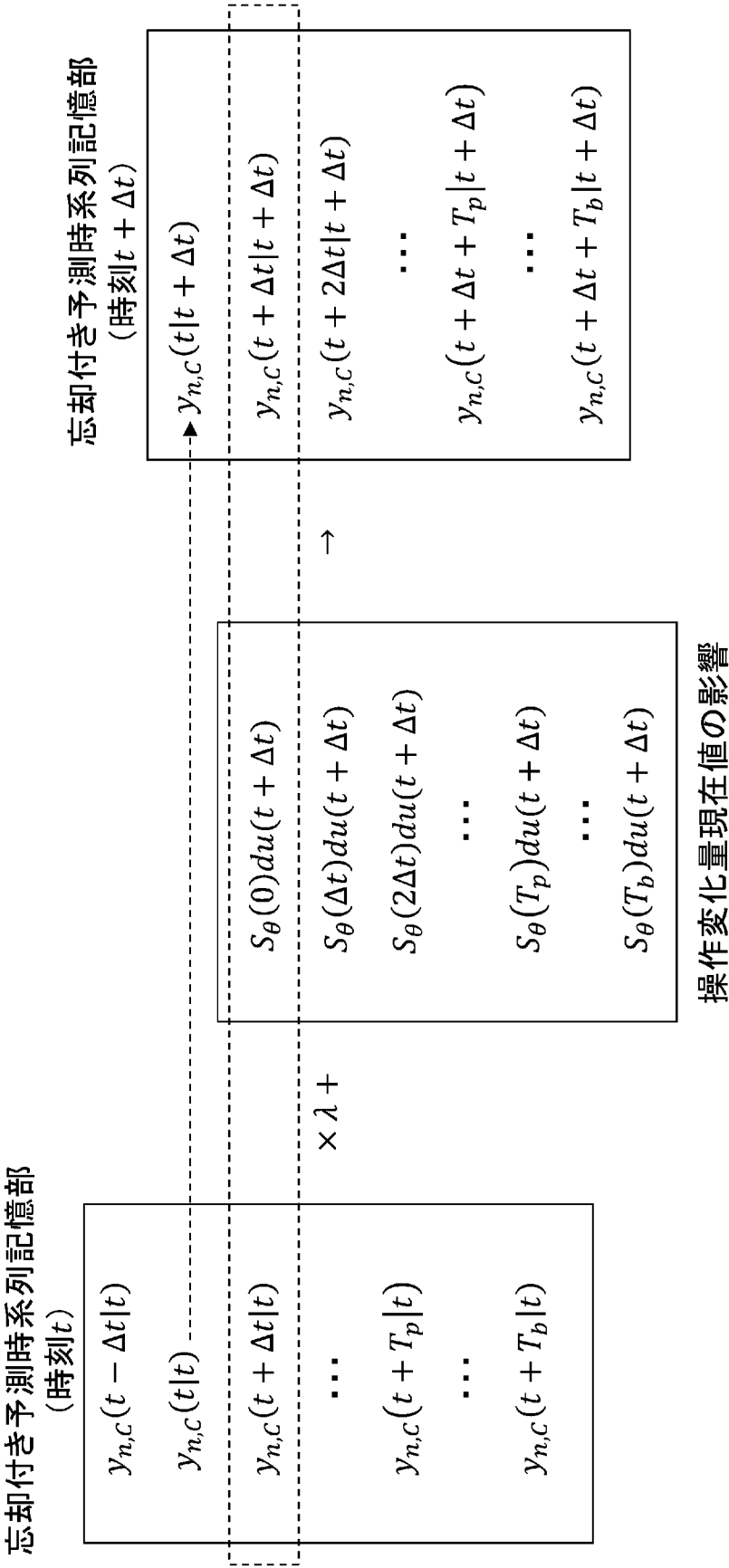
[図2]



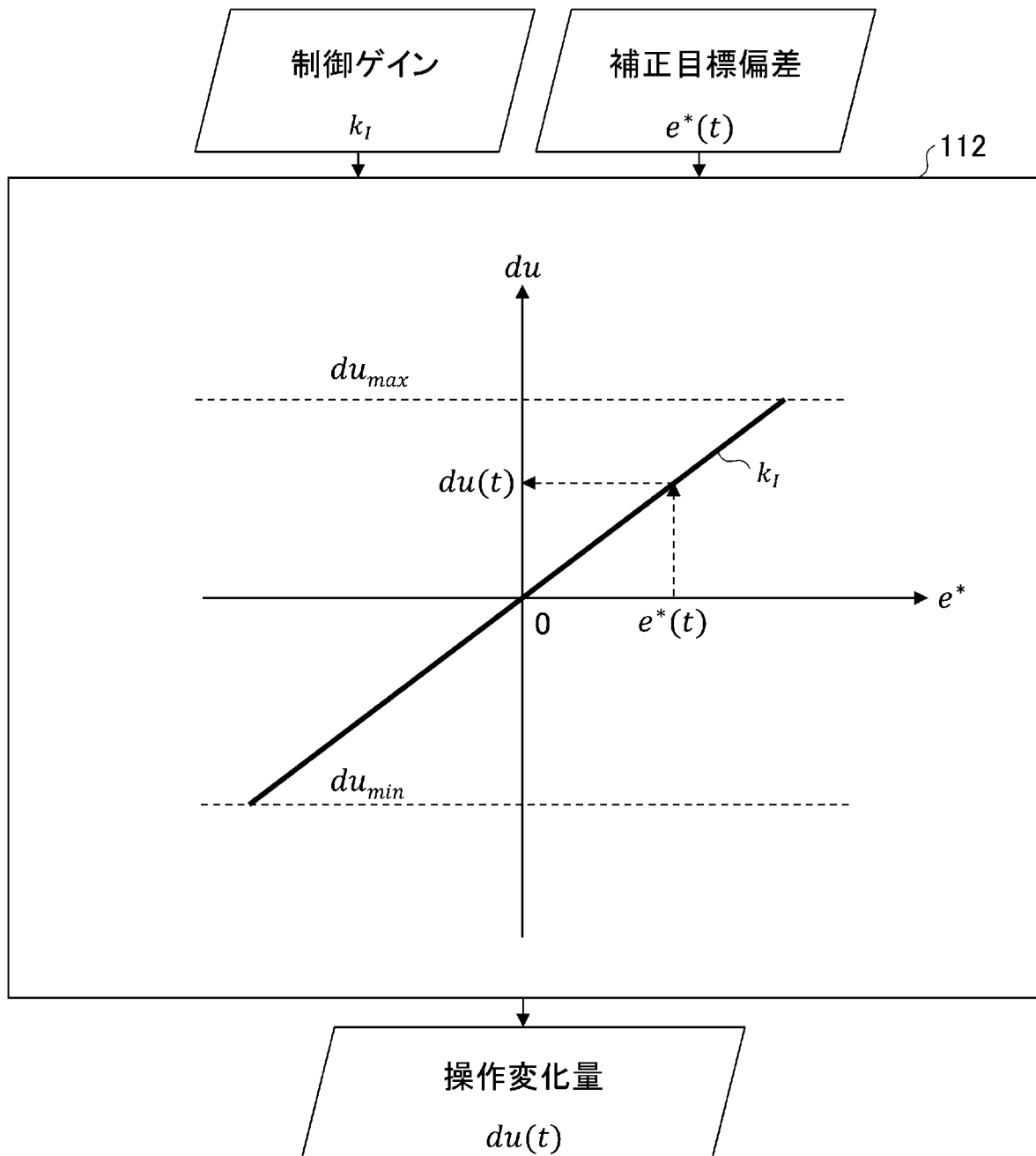
[図3]



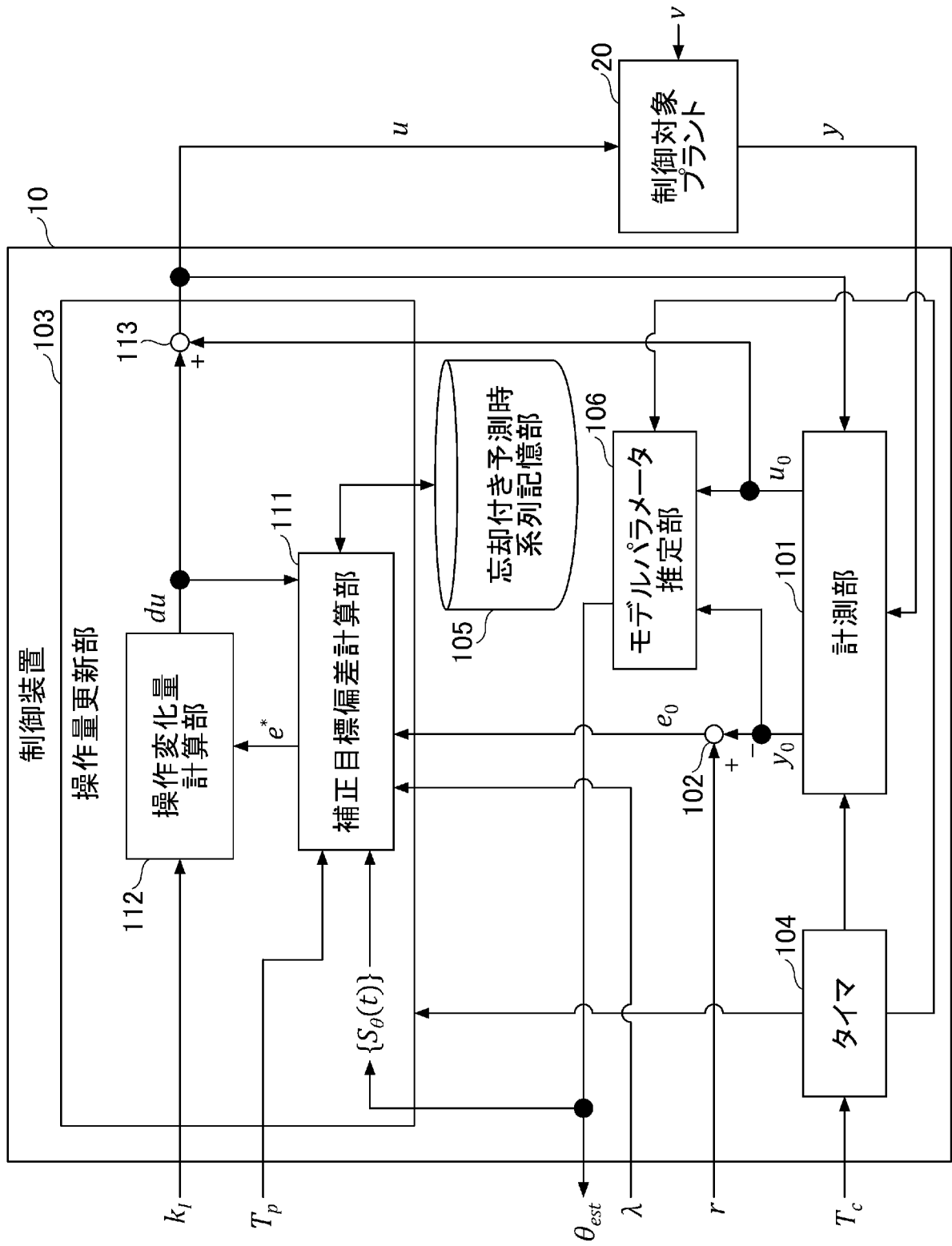
[図4]



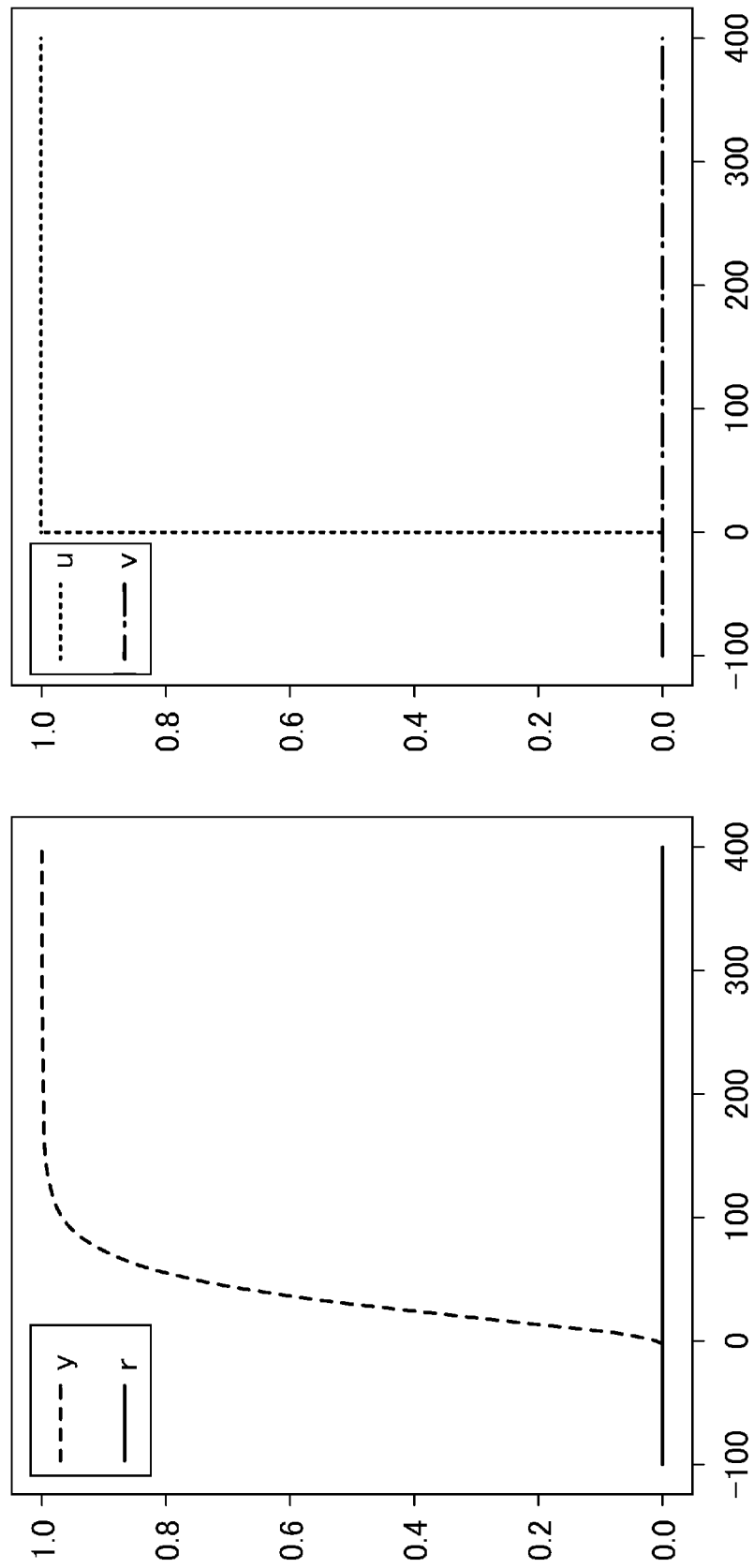
[図5]



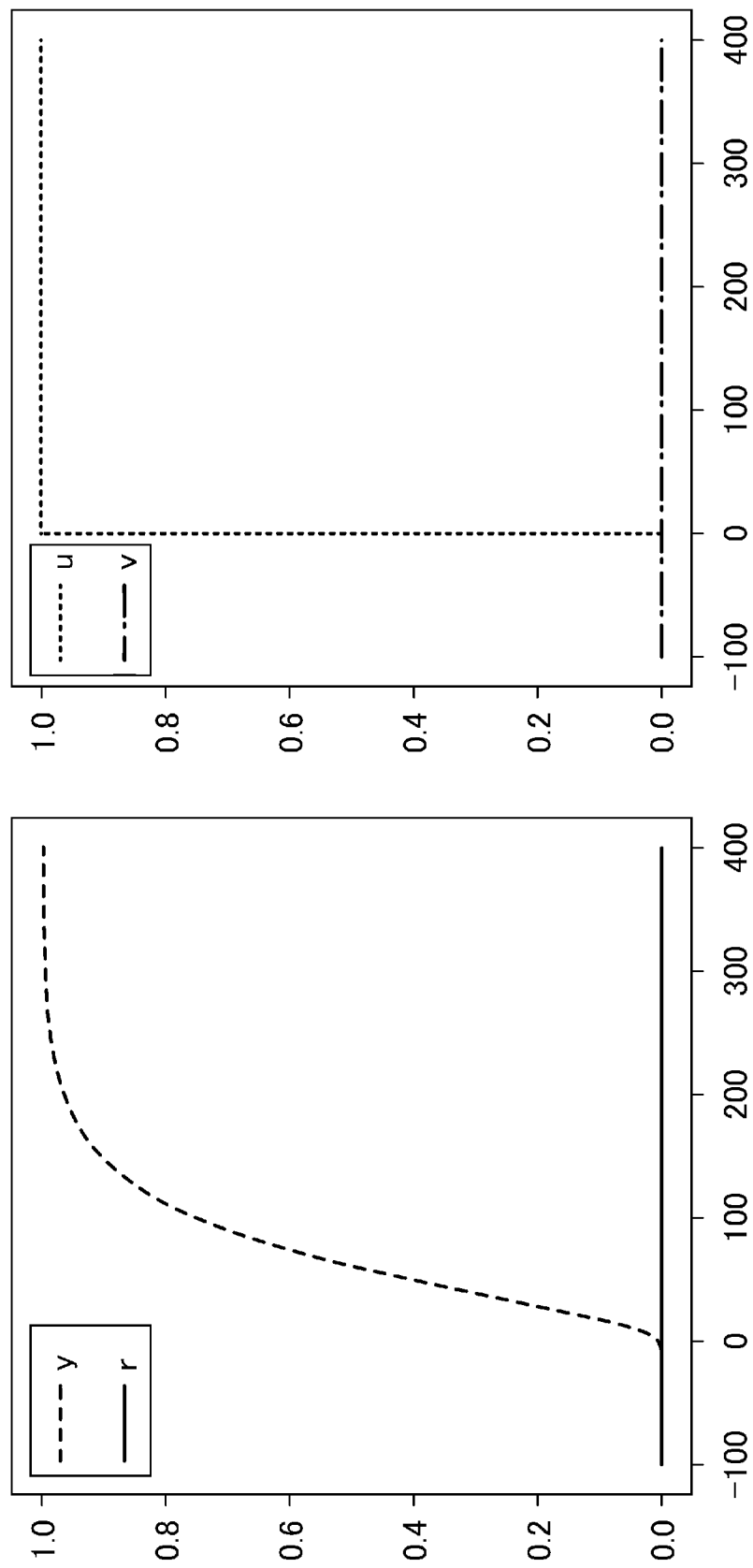
[図6]



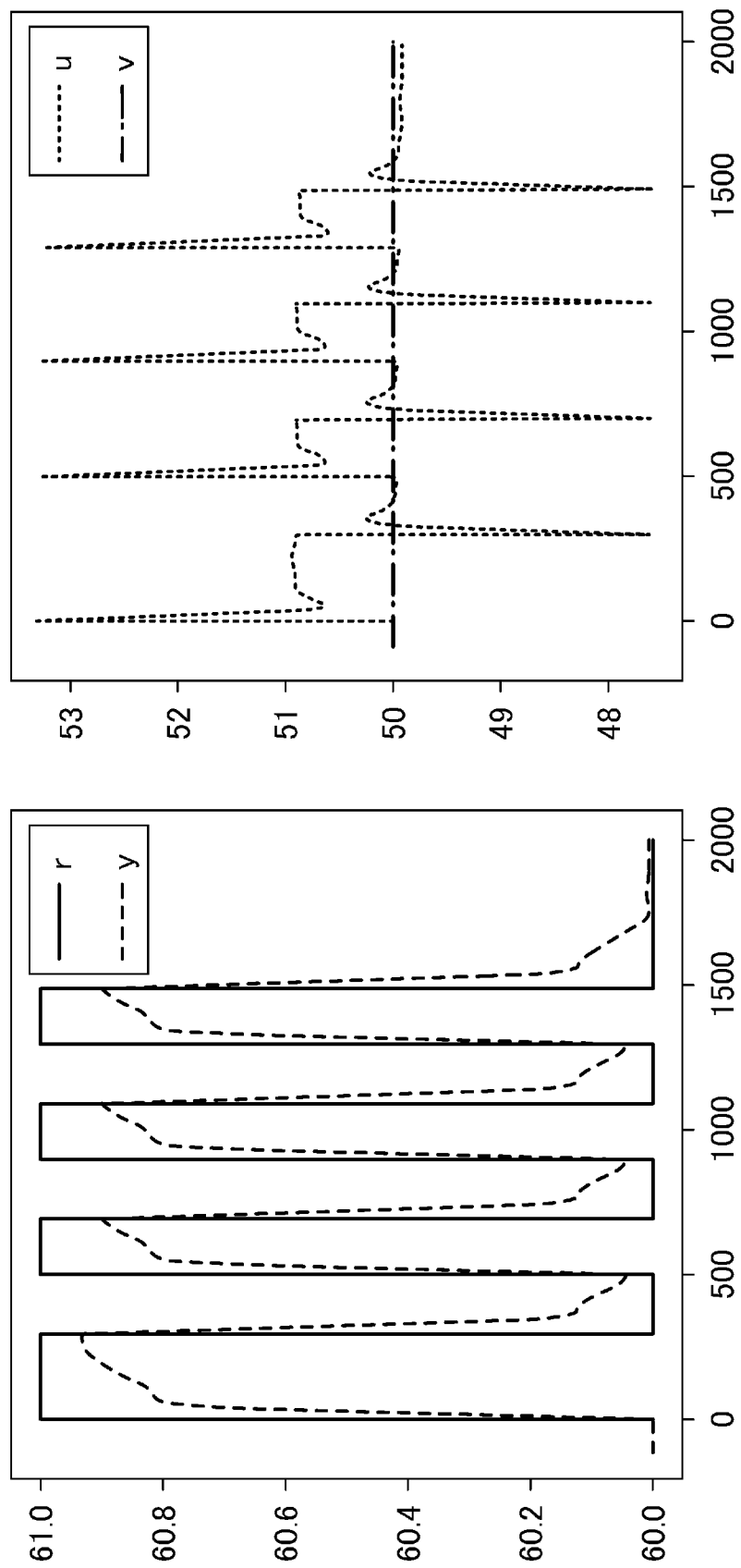
[図7]



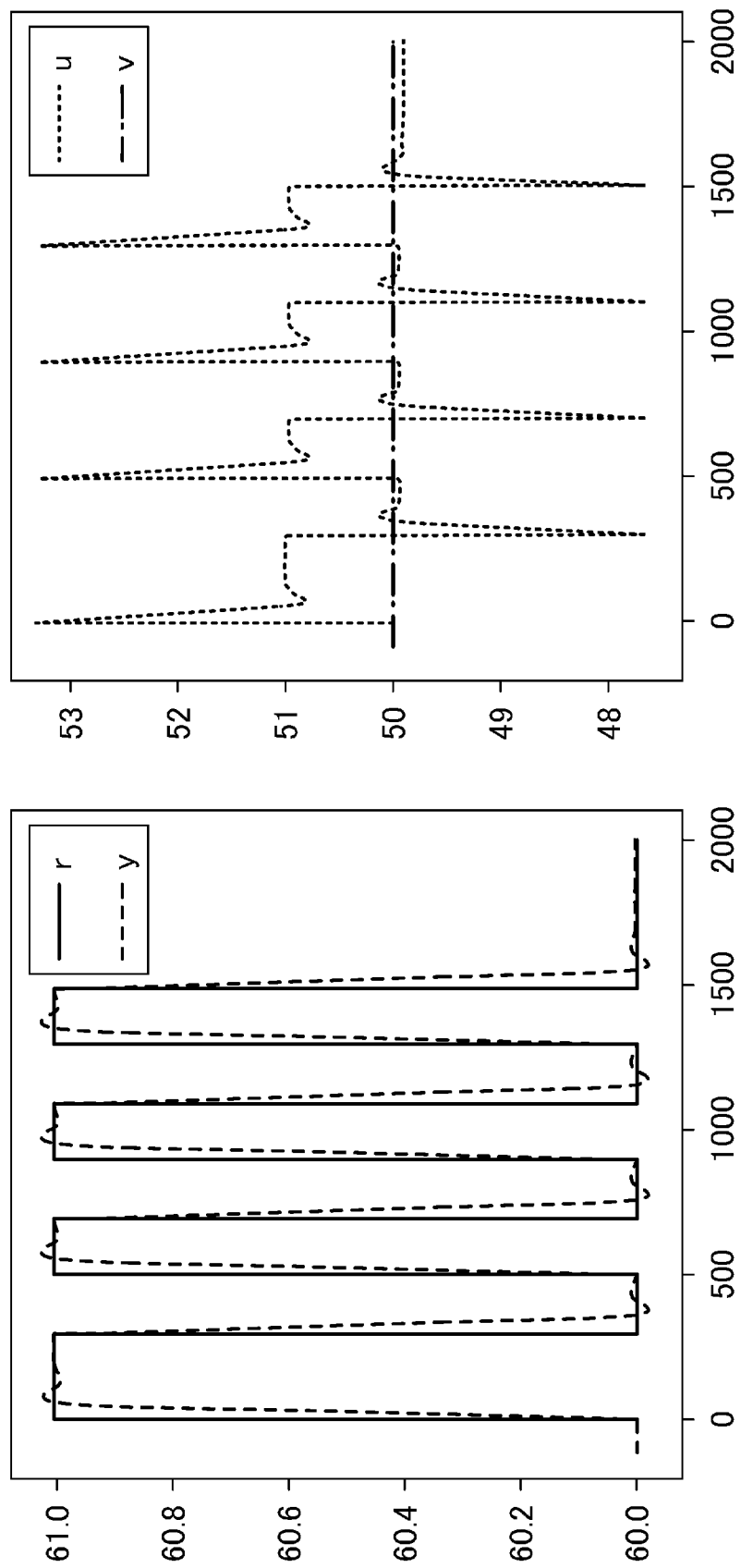
[図8]



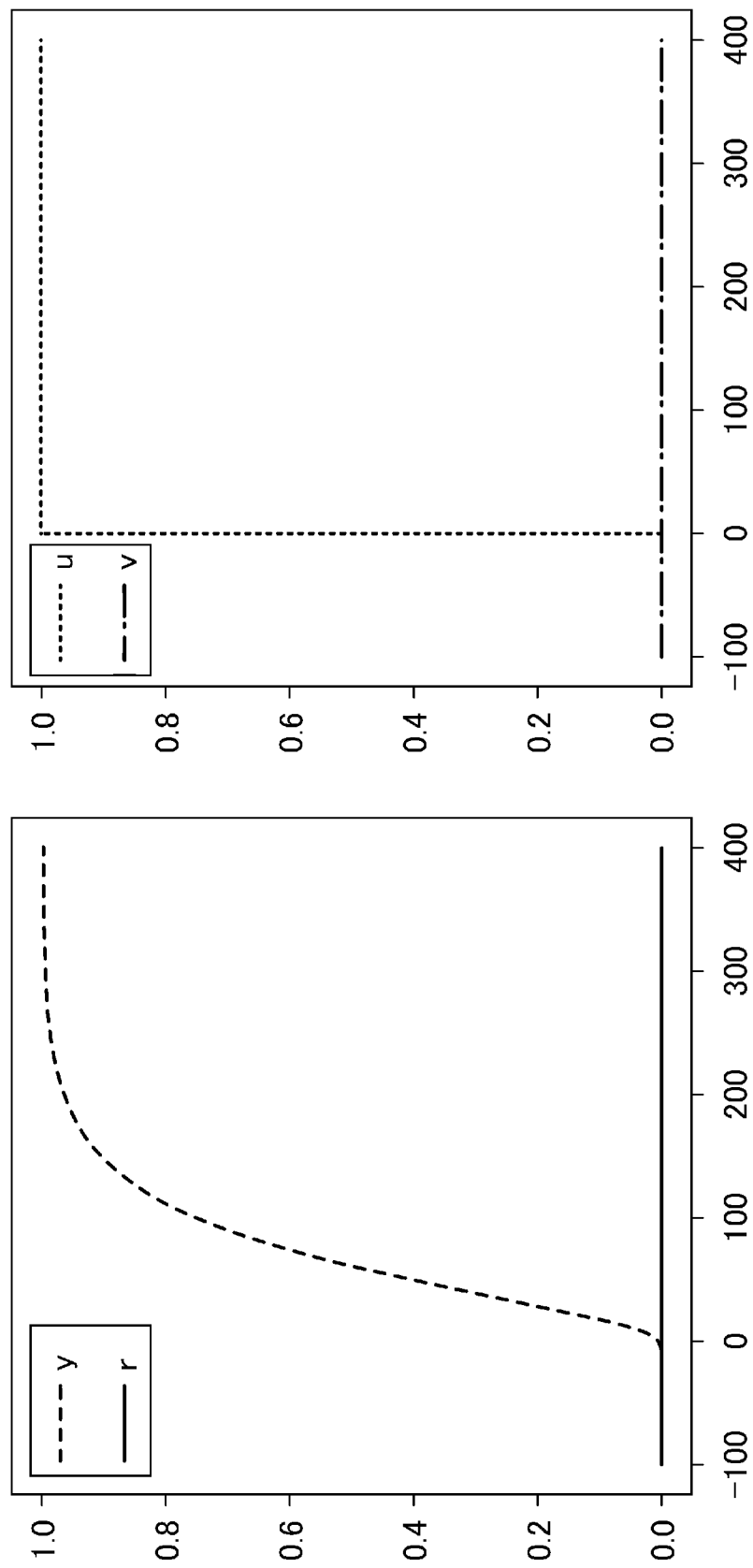
[図9]



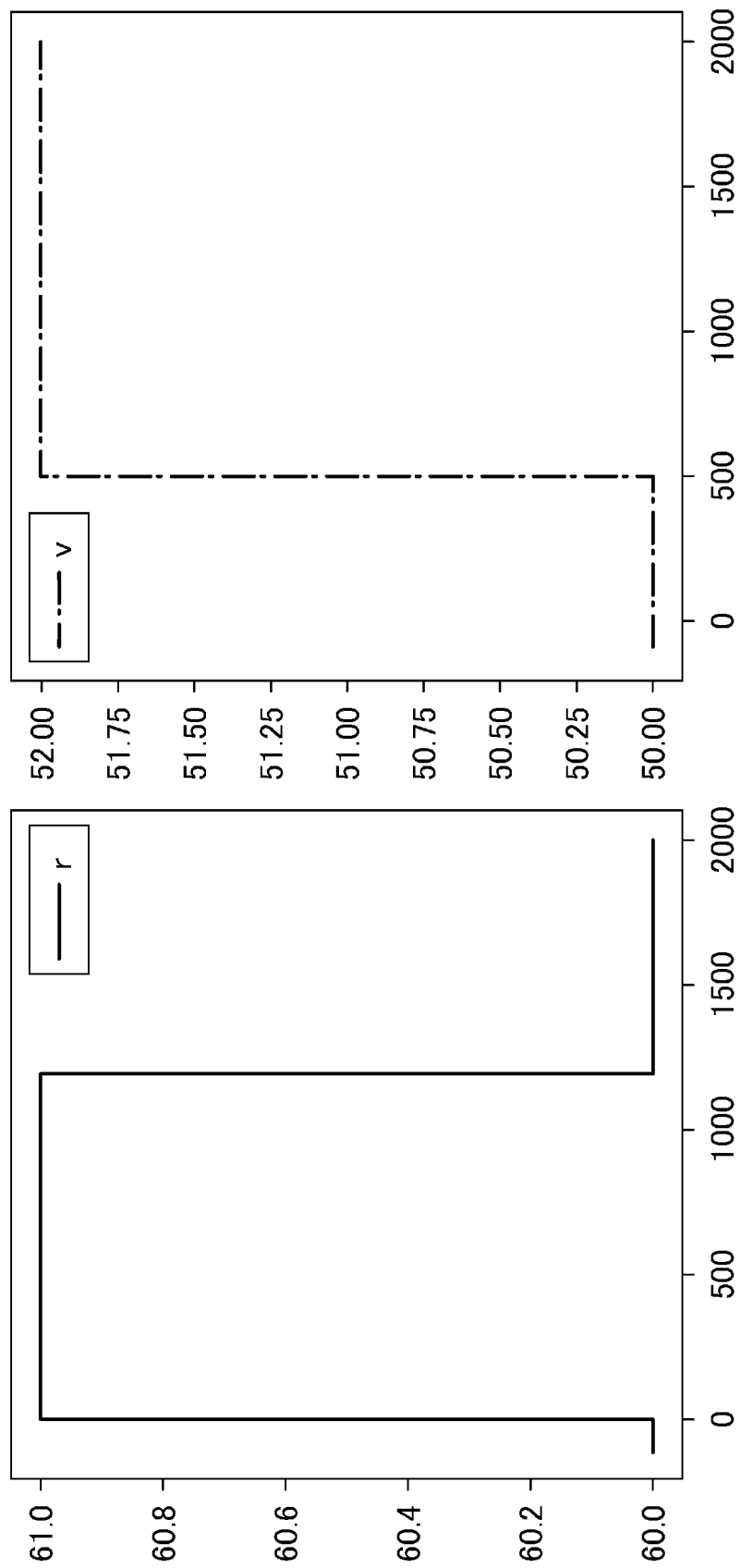
[図10]



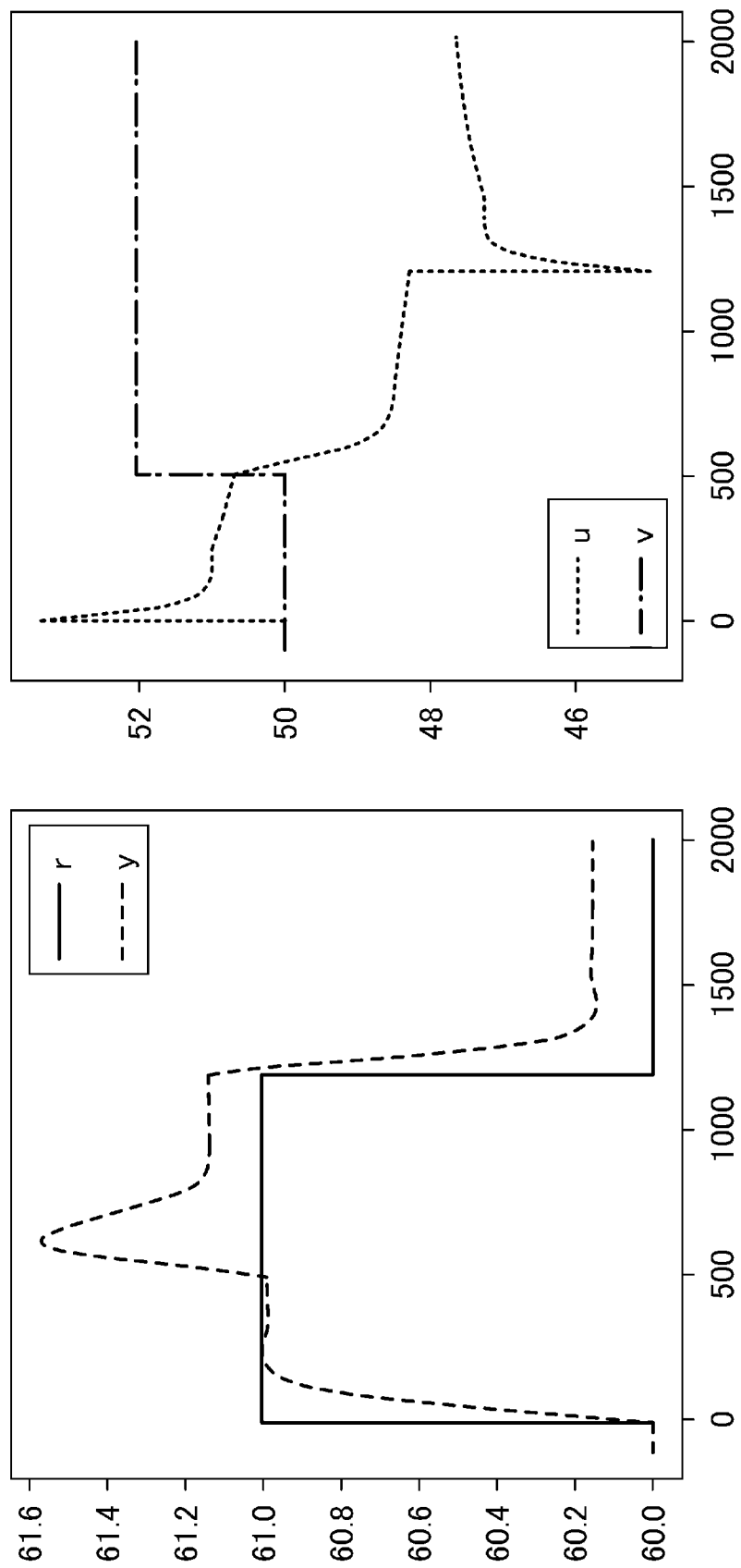
[図11]



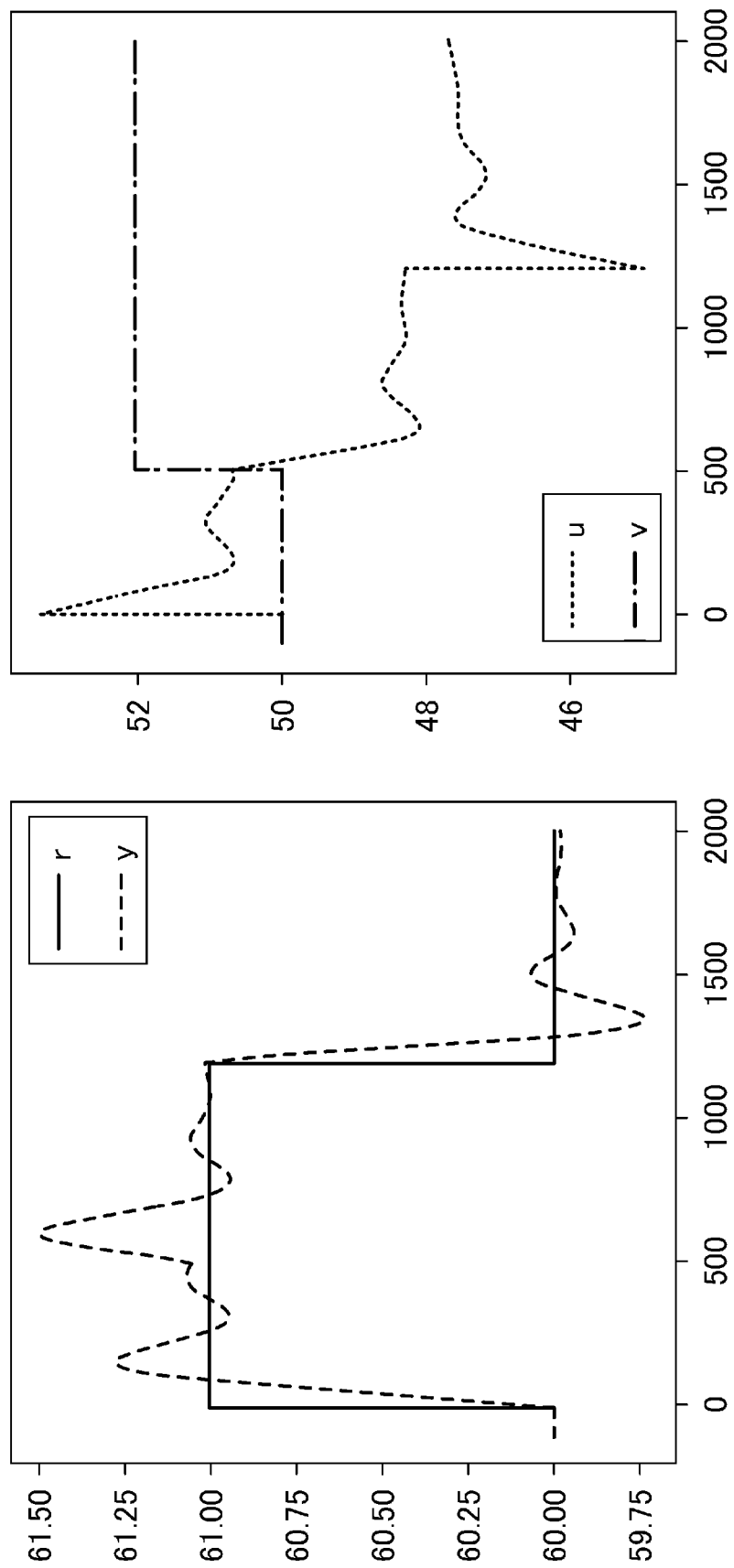
[図12]



[図13]



[図14]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004834

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G05B 13/04**(2006.01)i

FI: G05B13/04

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)

G05B13/04

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 7014330 B1 (FUJI ELECTRIC CO LTD) 01 February 2022 (2022-02-01)<br>entire text, all drawings   | 1-7                   |
| A         | JP 2019-145730 A (KOKUSAI ELECTRIC CORP) 29 August 2019 (2019-08-29)<br>entire text, all drawings | 1-7                   |



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

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 March 2023

Date of mailing of the international search report

11 April 2023

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/JP2023/004834**

| Patent document<br>cited in search report |             |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-------------|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 7014330     | B1 | 01 February 2022                     | (Family: none)          |                                      |
| JP                                        | 2019-145730 | A  | 29 August 2019                       | US 2019/0267267 A1      |                                      |
|                                           |             |    | entire text, all drawings            |                         |                                      |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G05B 13/04(2006.01)i<br>FI: G05B13/04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>G05B13/04<br>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<br><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 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                |                                                                       | 日本国実用新案公報                                                                                                                                                                                                                          | 1922 - 1996年                                                                                                                                                                                                   | 日本国公開実用新案公報 | 1971 - 2023年 | 日本国実用新案登録公報 | 1996 - 2023年 | 日本国登録実用新案公報 | 1994 - 2023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 - 2023年                                                                                                                                                                                                   |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| 日本国実用新案登録公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1996 - 2023年                                                                                                                                                                                                   |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| 日本国登録実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1994 - 2023年                                                                                                                                                                                                   |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号                                                        |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | JP 7014330 B1（富士電機株式会社）01.02.2022（2022 - 02 - 01）<br>全文, 全図                                                                                                                                                    | 1-7                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | JP 2019-145730 A（株式会社KOKUSAI ELECTRIC）29.08.2019<br>（2019 - 08 - 29）<br>全文, 全図                                                                                                                                 | 1-7                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 引用文献のカテゴリー<br/> “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<br/> “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<br/> “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）<br/> “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br/> “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 style="vertical-align: top;"> “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<br/> “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<br/> “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<br/> “&amp;” 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<br>“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<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |             |              |             |              |             |              |
| * 引用文献のカテゴリー<br>“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<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| 国際調査を完了した日<br>31.03.2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                | 国際調査報告の発送日<br>11.04.2023                                              |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>大古 健一 3U 1180<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3364 |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                |             |              |             |              |             |              |

国際出願番号  
PCT/JP2023/004834

| 引用文献 |             |    | 公表日        | パテントファミリー文献 | 公表日             |
|------|-------------|----|------------|-------------|-----------------|
| JP   | 7014330     | B1 | 01.02.2022 | (ファミリーなし)   |                 |
| JP   | 2019-145730 | A  | 29.08.2019 | US          | 2019/0267267 A1 |
|      |             |    |            | 全文, 全図      |                 |