

(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12月10日(10.12.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/246531 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 13/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/022049

(22) 国際出願日: 2020年6月4日(04.06.2020)

(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 2019-106908 2019年6月7日(07.06.2019) JP

(71) 出願人: いすゞ自動車株式会社 (ISUZU MOTORS LIMITED) [JP/JP]; 〒1408722 東京都品川区南大井6丁目2番1号 Tokyo (JP).

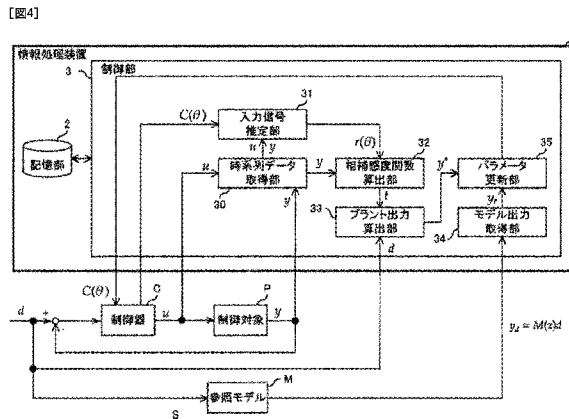
(72) 発明者: 矢作 修一(YAHAGI Shuichi); 〒2520881 神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社いすゞ中央研究所内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 日比谷 征彦, 外 (HIBIYA Yukihiko et al.); 〒1230843 東京都足立区西新井栄町一丁目19番31号 ザステージオ・イースト717 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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,

(54) Title: INFORMATION PROCESSING DEVICE, PROGRAM, AND CALCULATION METHOD

(54) 発明の名称: 情報処理装置、プログラム、及び算出方法



- 1 Information processing device
- 2 Storage unit
- 3 Control unit
- 30 Time series data acquisition unit
- 31 Input signal estimation unit
- 32 Complementary sensitivity function calculation unit
- 33 Plant output calculation unit
- 34 Model output acquisition unit
- 35 Parameter update unit
- C Controller
- M Reference model
- P Object to be controlled

(57) Abstract: Disclosed is a control system S of a closed loop system, the control system being provided with: a controller C and an object P to be controlled with an output from the controller C adopted as an input, wherein an information processing device 1 calculates parameters of the controller C. A time series data acquisition unit 30 acquires first time series data that is time series data of the output from the controller C, and second time series data that is time series data of an output from the object P to be controlled. An input signal estimation unit 31 estimates, from the parameters of the controller C, the first time series data, and the second time series data, third time series data formed of estimation values of time series data of an input signal to be input to the controller C. A complementary sensitivity function calculation unit 32 calculates a complementary sensitivity function for the controller C on the basis of the second time series data and the third time series data. A plant output calculation unit 33 calculates fourth time series data that is an output obtained when the input signal of the control system S is applied to the complementary sensitivity function.

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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 制御器Cと、制御器Cの出力を入力とする制御対象Pとを備える閉ループ系の制御システムSにおいて、制御器Cのパラメータを算出する情報処理装置1において、時系列データ取得部30は、制御器Cの出力の時系列データである第1時系列データと、制御対象Pの出力の時系列データである第2時系列データとを取得する。入力信号推定部31は、制御器Cのパラメータ、第1時系列データ、及び第2時系列データから、制御器Cに入力する入力信号の時系列データの推定値である第3時系列データを推定する。相補感度関数算出部32は、第2時系列データと第3時系列データとに基づいて、制御器Cに対する相補感度関数を算出する。プラント出力算出部33は、制御システムSの入力信号を相補感度関数に印加したときの出力である第4時系列データを算出する。

明 細 書

発明の名称： 情報処理装置、プログラム、及び算出方法

技術分野

[0001] 本開示は情報処理装置、プログラム、及び算出方法に関し、特に、閉ループ系の制御器の制御パラメータを設定する技術に関する。

背景技術

[0002] 閉ループ系における制御対象のモデルを用いない制御手法が種々提案されている。このようなモデルを用いない制御器パラメータの自動調整手法の一つとしてF R I T (Fictitious Reference Iterative Tuning) が知られている(特許文献1 参照)。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2017-182624号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] F R I T等のデータ駆動制御により得られた制御パラメータを用いて閉ループ系を制御すると、系が不安定となる場合がある。特に、F R I Tで用いられる参照モデルの応答を実現する制御パラメータが存在しない場合に系が不安定となりやすいことが知られている。

[0005] 本開示はこれらの点に鑑みてなされたものであり、F R I Tにおいて制御器パラメータを用いた制御の安定性を評価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

[0006] 本開示のある態様は、制御器と、前記制御器の出力を入力とする制御対象と、を備え、前記制御対象の出力が前記制御器の入力にフィードバックされる制御システムにおいて、前記制御器のパラメータを算出する情報処理装置である。この装置は、前記制御器の出力の時系列データである第1時系列デ

ータと、前記制御対象の出力の時系列データである第2時系列データとを取得する時系列データ取得部と、前記制御器のパラメータ、前記第1時系列データ、及び前記第2時系列データから、前記制御器に入力する入力信号の時系列データの推定値である第3時系列データを推定する入力信号推定部と、前記第2時系列データと前記第3時系列データとに基づいて、前記制御器に対する相補感度関数を算出する相補感度関数算出部と、前記制御システムの入力信号を前記相補感度関数に印加したときの出力である第4時系列データを算出するプラント出力算出部と、を備える。

[0007] 前記制御システムは、前記制御対象の入力に対する所定の応答を実現するモデルである参照モデルをさらに備えていてもよく、前記情報処理装置は、前記参照モデルに前記入力信号を入力した場合の出力の時系列データである第5時系列データを取得するモデル出力取得部と、前記第4時系列データと前記第5時系列データとの誤差に関する評価関数の評価値に基づいて前記制御器のパラメータを更新するパラメータ更新部と、をさらに備えてもよい。

[0008] 前記評価関数は、前記第4時系列データと前記第5時系列データとの誤差の二乗和であってもよく、前記パラメータ更新部は、前記評価関数の評価値が小さくなるように、反復処理によって前記制御器のパラメータを更新してもよい。

[0009] 本開示の別の態様は、プログラムである。このプログラムは、制御器と、前記制御器の出力を入力とする制御対象と、を備え、前記制御対象の出力が前記制御器の入力にフィードバックされる制御システムにおいて、前記制御器のパラメータを算出するコンピュータに、前記制御器の出力の時系列データである第1時系列データを取得する機能と、前記制御対象の出力の時系列データである第2時系列データを取得する機能と、前記制御器のパラメータ、前記第1時系列データ、及び前記第2時系列データから、前記制御器に入力する入力信号の時系列データの推定値である第3時系列データを推定する機能と、前記第2時系列データと前記第3時系列データとに基づいて、前記制御器に対する相補感度関数を算出する機能と、前記制御システムの入力信

号を前記相補感度関数に印加したときの出力である第4時系列データを算出する機能と、を実現させる。

本開示の別の態様は、算出方法である。この算出方法は、制御器と、前記制御器の出力を入力とする制御対象と、を備え、前記制御対象の出力が前記制御器の入力にフィードバックされる制御システムにおいて、前記制御器のパラメータを算出する算出方法であって、前記制御器の出力の時系列データである第1時系列データを取得すること、前記制御対象の出力の時系列データである第2時系列データを取得すること、前記制御器のパラメータ、前記第1時系列データ、及び前記第2時系列データから、前記制御器に入力する入力信号の時系列データの推定値である第3時系列データを推定すること、前記第2時系列データと前記第3時系列データとに基づいて、前記制御器に対する相補感度関数を算出すること、及び前記制御システムの入力信号を前記相補感度関数に印加したときの出力である第4時系列データを算出すること、を含む。

本開示の別の態様は、記憶媒体である。この記憶媒体は、制御器と、前記制御器の出力を入力とする制御対象と、を備え、前記制御対象の出力が前記制御器の入力にフィードバックされる制御システムにおいて、前記制御器のパラメータを算出するコンピュータによって読取可能なコンピュータプログラムを記憶する記憶媒体であって、前記コンピュータプログラムは、前記コンピュータにより実行されると、前記コンピュータに以下を実行させる：前記制御器の出力の時系列データである第1時系列データを取得すること、前記制御対象の出力の時系列データである第2時系列データを取得すること、前記制御器のパラメータ、前記第1時系列データ、及び前記第2時系列データから、前記制御器に入力する入力信号の時系列データの推定値である第3時系列データを推定すること、前記第2時系列データと前記第3時系列データとに基づいて、前記制御器に対する相補感度関数を算出すること、及び前記制御システムの入力信号を前記相補感度関数に印加したときの出力である第4時系列データを算出すること。

[0010] なお、以上の構成要素の任意の組み合わせ、本開示の表現を方法、装置、システム、コンピュータプログラム、データ構造、記録媒体などの間で変換したものもまた、本開示の態様として有効である。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、F R I Tにおいて制御器パラメータを用いた制御の安定性を評価することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、標準的なF R I Tを説明するための図である。

[図2]図2は、安定性を考慮したF R I Tの構成を模式的に示す図である。

[図3A]図3Aは、制御システムにステップ入力を印加したときのシミュレーションの結果を示す図であり、制御システムの出力を示している。

[図3B]図3Bは、制御システムにステップ入力を印加したときのシミュレーションの結果を示す図であり、図3Aに対応する入力信号を示している。

[図4]図4は、実施の形態に係る情報処理装置の機能構成を模式的に示す図である。

[図5]図5は、実施の形態に係る情報処理装置が実行する情報処理の流れを説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] [1. 概略]

F R I Tや非反証制御等のデータ駆動制御により得られた制御パラメータを用いて制御を行うと、閉ループ系が不安定化する場合がある。特に、制御器の構造上、参照モデルの応答を実現する制御パラメータが存在しない場合に不安定化が生じやすいことが知られている。この問題はSafonovが提案した疑似参照入力を使用する場合に生じる。

[0014] Engellらは、上記の問題が発生する原因として、プラント出力から疑似誤差（疑似参照信号とプラント出力の誤差）の伝達関数を求める際に不安定極が相殺されてしまうため、閉ループ系の不安定化を検知できないことを示している。そこで、Engellらは、疑似参照入力と疑似誤差に関する感度関数を

入出力データから求めた後、得られた感度関数に目標値を印加し感度関数の出力である誤差を求めることを提案した。これにより、不安定極を相殺することなく感度関数の出力である誤差を求めることができ、閉ループ系の不安定化を検知することができる。Engellらの手法において、感度関数は FIR (Finite Impulse Response) モデルに基づいて同定される。このため、感度関数の同定にプラントモデルの構造は不要である。さらに、時間領域で計算していることからオンライン計算への展開が可能となる。

[0015] Engellらは感度関数の出力である誤差を最小にする評価関数を設定した。これに対し、実施の形態に係る手法は、閉ループ系と設計者が設定した参照モデルとが一致するような評価関数を設定する。具体的には、本実施の形態では、まず、疑似参照入力を利用し、調整する制御器に対する相補感度関数を求める。すなわち相補感度関数の出力は制御パラメータの関数となる。次に、設計者が与えたい目標値を相補感度関数に印加しその出力を求める。相補感度関数の出力はプラントからの出力である。すなわち、相補感度関数の出力を見ることにより、 $FRIT$ において制御器パラメータを用いた制御の安定性を評価することができる。

[0016] 実施の形態に係る手法では、相補感度関数から得られた出力と設計者が設定した参照モデルの出力の二乗誤差が最小になる制御器パラメータを粒子群最適化等の最適化手法により求める。これにより、標準的な $FRIT$ では閉ループ系が不安定になる場合であっても、本実施の形態では安定な制御パラメータが得られる。これより、実施の形態は標準 $FRIT$ の利点を活かしたまま不安定化を軽減することができる。

[0017] [2. 安定性を考慮した $FRIT$ の導出] [2. 1. 標準 $FRIT$]

図1は、標準的な $FRIT$ を説明するための図である。図1に示す閉ループ系の制御システム S において、制御器 C は制御に用いるパラメータ θ を引数とする関数 $C(\theta)$ で表現されている。図1に示す制御システム S は、制御対象 P の出力 y と後述する参照モデル M の出力とを一致させることが目的である。具体的には、この目的を達成するために制御対象 P に入力すべき制

御量 u を出力するようなパラメータ θ を特定することが目的である。なお、図 1 において、 θ は自由に調整できるパラメータであり、 u 及び y は観測により取得可能なデータである。また、 d は制御システム S の目標値である。

[0018] F R I T は 1 組の入出力データと参照モデル M とから、制御システム S の制御器 C のパラメータ θ を自動調整する手法である。初期のパラメータ θ を用いて 1 組の閉ループ実験を行い、そのときの入出力データ u 及び y をサンプリングして計測する。このとき、制御システム S は安定であるとする。図 1 より、 $C(\theta)(r - y) = u$ であるから、制御システム S の目標値 d の推定値である疑似参照信号 r は u 及び y を用いて以下の式 (1) で表せる。

$$r(\theta, k) = C^{-1}(\theta) u(k) + y(k) \quad (1)$$

[0019] 図 1 に示す一般的なフィードバック制御の応答と、参照モデル $M(z)$ 及び疑似参照信号 $r(\theta, k)$ から得られる目標応答との誤差に関する評価関数 J_θ は次式 (2) で表される。

[0020] [数1]

$$J_\theta = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y(k) - M(z)r(k))^2 \quad (2)$$

[0021] この評価関数 J_θ を最小にする制御器 C のパラメータ θ は、制御対象 P の出力であるプラント出力 $y(k)$ と参照モデル M の出力 $M(z)r(\theta, k)$ との二乗誤差を最小化するという意味において、制御器 C の最適なパラメータ θ である。一般的な F R I T では、オフライン計算で最適なパラメータ θ が計算される。なお、評価関数は式 (2) に示す形に限られず、制御入力等の制約を考慮したものであってもよい。

[0022] 式 (1) から明らかなように、F R I T は閉ループ系の制御システム S の伝達関数と参照モデルがマッチングする最適な制御器パラメータを求めることを目的としている。すなわち、F R I T は、以下の式 (2) で表される評価関数を最小にする最適パラメータを求める。F R I T は疑似参照信号 $r(\theta, k)$ を利用して、閉ループ試験を繰り返すことなく実験により取得した 1 組の入出力データを用いてオフラインで最適制御パラメータを求めるデータ駆動制御の 1 つであるともいえる。

[0023] F R I T の評価関数 J_{θ} 、疑似参照信号 $r(\theta, k)$ 、及び疑似誤差 $e(\theta, k)$ は次式で表される。

[0024] [数2]

$$J_{\theta} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_0(k) - M(z)r(\theta, k))^2 \quad (3)$$

$$r(\theta, k) = C^{-1}(\theta)u_0(k) + y_0(k) \quad (4)$$

$$e(\theta, k) = C^{-1}(\theta)u_0(k) \quad (5)$$

[0025] [2. 2. 安定性を考慮した F R I T]

疑似参照信号 $r(\theta, k)$ を用いる場合には F R I T の閉ループ系の不安定化を検知できない。そこで、まず、疑似参照信号 $r(\theta, k)$ とプラント出力 y_0 を用いて時間領域における相補感度関数を求める。求めた相補感度関数に目標値 d を印加し、その応答 y^* を求める。この応答 y^* が参照モデル M の応答 $M(z)r(\theta, k)$ と一致するような制御器パラメータを求める。なお、相補感度関数の同定は F I R モデルを用いる。これにより、制御対象 P の構造を知る必要はなく、取得したデータのみを用いて相補感度関数を同定することができる。

[0026] まず、ラプラス領域における感度関数と相補感度関数について説明する。

パラメータ θ の調整対象とする制御器 C の感度関数 S は次式 (6) で表される。

[0027] [数3]

$$S(s) = \frac{P(s)}{R(s)} = \frac{1}{1+P(s)C(s, \theta)} = \frac{C^{-1}(s, \theta)U(s)}{C^{-1}(s, \theta)U(s) + Y(s)} \quad (6)$$

[0028] 調整対象とする制御器 C の相補感度関数 T は次式 (7) で表される。

[0029] [数4]

$$T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{P(s)C(s, \theta)}{1+P(s)C(s, \theta)} = \frac{Y(s)}{C^{-1}(s, \theta)U(s) + Y(s)} \left(= \frac{1 - C^{-1}(s, \theta)U(s)}{C^{-1}(s, \theta)U(s) + Y(s)} \right) \quad (7)$$

[0030] なお、感度関数 S と相補感度関数 T との関係は次式 (8) となる。

$$S(s) + T(s) = 1 \quad (8)$$

[0031] 続いて、時間領域における疑似参照信号 $r(\theta, k)$ とプラント出力 y_0 との関係について説明する。時間領域における疑似参照信号 $r(\theta, k)$ と P

ラント出力 y_0 との関係は次式 (9) となる。

[0032] [数5]

$$y_0(k) = t(k) * r(\theta, k) \quad (9)$$

式 (9) において、記号 $*$ は畳み込みを表し、 $t(k)$ は相補感度関数 T のインパルス応答を表す。疑似参照信号 $r(\theta, k)$ とプラント出力 y_0 とは観測可能であるが、相補感度関数 T のインパルス応答 $t(k)$ は未知である。

[0033] 式 (9) は行列を用いて表すと以下の式 (10) となる。

[0034] [数6]

$$\begin{bmatrix} y_0(k-l) \\ \vdots \\ y_0(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r(\theta, k-l) & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & r(\theta, k-l) & 0 & \ddots & 0 \\ r(\theta, k-2) & \ddots & r(\theta, k-l) & 0 & \vdots \\ r(\theta, k-1) & r(\theta, k-2) & \ddots & \ddots & 0 \\ r(\theta, k) & r(\theta, k-1) & r(\theta, k-2) & \cdots & r(\theta, k-l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t(0) \\ t(1) \\ \vdots \\ t(l-1) \\ t(l) \end{bmatrix} \quad (10)$$

[0035] 式 (10) の左辺をベクトル y_0 、右辺第1項を行列 R_θ 、右辺第2項をベクトル t とすると、相補感度関数 T のインパルス応答 $t(k)$ は、以下の式 (11) で表される。

[0036] [数7]

$$t = R_\theta^{-1} \cdot y_0 \quad (11)$$

式 (11) は、式 (9) のデコンボリューションともいえる。 t は、パラメータ θ に依存する。

[0037] 制御システム S の入力信号 d (目標値) を相補感度関数 T に印加した場合の出力 y^* を時間領域で表すと、次式 (12) となる。

[0038] [数8]

$$y^*(\theta, k) = t(k) * d(k) \quad (12)$$

[0039] 式 (12) は行列を用いて表すと以下の式 (13) となる。

[0040] [数9]

$$\begin{bmatrix} y^*(\theta, k-l) \\ \vdots \\ y^*(\theta, k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d(k-l) & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & d(k-l) & 0 & \ddots & 0 \\ d(k-2) & \ddots & d(k-l) & 0 & \vdots \\ d(k-1) & d(k-2) & \ddots & \ddots & 0 \\ d(k) & d(k-1) & d(k-2) & \cdots & d(k-l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t(0) \\ t(1) \\ \vdots \\ t(l-1) \\ t(l) \end{bmatrix} \quad (13)$$

[0041] 式（１３）の左辺をベクトル y^* 、右辺第１項を行列 D 、右辺第２項をベクトル t とし、式（１１）を用いて t を消去すると、式（１３）は式（１４）に変形できる。

[0042] [数10]

$$y^* = D \cdot R_{\theta}^{-1} \cdot y_0 \quad (14)$$

[0043] 式（１４）の右辺は全て観測により取得可能であるから、制御器 C を用いたときの目標値 d を閉ループ系の制御システム S に印加したときの出力ベクトル y^* を演算により取得することができる。この出力ベクトル y^* と参照モデル M の出力 $y_d(k) = M(z) d(k)$ との誤差 e^* の二乗和を、次式（１５）で表される評価関数 $J^*(\theta)$ とする。

[0044] [数11]

$$J^*(\theta) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N e^*(\theta, k)^2 \quad (15)$$

式（１５）において、

$$e^*(\theta, k) = y^*(\theta, k) - y_d(k) \quad (16) \text{である。}$$

[0045] 標準的な $FRIT$ では、取得したプラント出力 y_0 に一致するようにパラメータ θ の関数である疑似参照信号 $r(\theta, k)$ を調整する。これに対し、実施の形態に係る手法では、参照モデル M の出力 $M(z) d(k)$ にプラント出力 y_0 が一致するように、パラメータ θ を調整してプラント出力 y^* を変更する。すなわち、標準的な $FRIT$ は実験によりあらかじめ取得したプラント出力に合うようにパラメータ θ を求めているのに対し、実施の形態に係る手法は参照モデルの出力 $M(z) d(k)$ に合うように、パラメータ θ を求める。

[0046] [２．３．安定性を考慮した $FRIT$ の構成]

図２は、安定性を考慮した $FRIT$ の構成を模式的に示す図である。まず、パラメータ θ が初期値 θ_0 のときの制御システム S の入出力データから疑似参照信号 $r(\theta)$ が算出される。算出された疑似参照入力とプラント出力 y とを用いて相補感度関数 t を上記式（１１）を用いて求められ、制御システム S の入力信号である目標値 d を相補感度関数 t に入力される。相補感度関

数 t の出力である出力 y^* と、参照モデルの出力 $M(z)d$ との誤差を最小にする制御器 C のパラメータ θ が、最適化手法により求められる。

[0047] [3. シミュレーションによる検証] [3. 1. システムの定式化]

本願の発明者は、安定性を考慮した F R I T についてシミュレーションを用いて検証した。そこで、まず、シミュレーションで用いる制御対象 P 、参照モデル M 、制御器 C の定式化を行う。

[0048] 制御対象 P は次式 (17) に示すように、ばね質量系とする。ここで、 m 、 c 、 k 、及び L は、それぞれ質量、粘性係数、ばね剛性、及びむだ時間を表す。

[0049] [数12]

$$P(s) = \frac{1}{ms^2 + cs + k} \exp(-Ls) \quad (17)$$

[0050] 参照モデル M は、次式 (18) に示すように 1 次遅れ系とする。ここで、 τ_M はシステムの応答に関するパラメータであり、設計者が設定する。

[0051] [数13]

$$M(s) = \frac{1}{\tau_M s + 1} \quad (18)$$

[0052] 制御器 C は次式 (19) に示す P I D (Proportional-Integral-Differential) 制御器を用いる。ここで、 K_p 、 K_i 、及び K_d はそれぞれ、P ゲイン、I ゲイン、及び D ゲインである。

[0053] [数14]

$$\left. \begin{aligned} C(s, \theta) &= \theta^T \phi(s) \\ \theta^T &= [K_p \quad K_i \quad K_d] \\ \phi(s) &= \left[1 \quad \frac{1}{s} \quad \frac{s}{\tau_d s + 1} \right]^T \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

[0054] [3. 2. シミュレーション]

シミュレーションにおいてサンプリング周期は 4 ミリ秒とし、制御器 C の離散化はゼロ次ホールドを用いた。なお、最適化計算には粒子群最適化を用いた。

[0055] 図 3 A と図 3 B は、従来の F R I T と実施の形態に係る手法とのそれぞれにより調整したパラメータ θ による制御システム S の入出力データの時間履

歴を示す図である。具体的には、図3Aにおいて、破線は参照応答、実線は実施の形態に係る手法における制御システムSの出力、一点鎖線は従来のFRITにおける制御システムSの出力を示している。図3Aより、標準FRITでは制御システムSの出力が発散してグラフの枠内に収まっていないのに対し、実施の形態に係る手法は、制御の構造上モデルマッチングが実現できない場合においても閉ループ系である制御システムSが安定となる制御器Cのパラメータ θ が得られていることがわかる。

[0056] 図3Bは、図3Aに対応する入力信号を示す図である。図3Aと同様に、実線は実施の形態に係る手法における入力、一点鎖線は従来のFRITにおける入力を示している。図3Bより、標準FRITでは入力も不安定となっている。一方、実施の形態に係る手法では、入力も安定している。

[0057] [4. 小括]

従来のFRITでは、制御器Cのパラメータ θ の最適解を用いて制御しても、閉ループ系の挙動が不安定になるという問題があった。実施の形態に係る手法では、時間領域で擬似参照信号 $r(\theta, k)$ とプラント出力 y との伝達関数である相補感度関数 T を同定することで、誤差を正しく検知することを可能にした。実施の形態に係る手法により、閉ループ系が安定である制御器Cのパラメータ θ を求められる。

[0058] [5. 参考文献]

(FRIT)・相馬 将太郎, 金子 修, 藤井 隆雄, 一回の実験データに基づく制御器パラメータチューニングの新しいアプローチ Fictitious Reference Iterative Tuning の提案, システム制御情報学会論文誌, Vol. 17, No.12 (2004), pp. 528-536・奥谷 明大, 金子 修, 山本 茂, FRITを用いた多入出力むだ時間系に対するスミス補償器のチューニング, システム制御情報学会論文誌, Vol. 28, No 2 (2015), pp. 58-65
・データを直接用いた制御器のパラメータチューニング, 金子修, 計測と制御, Vol.43, No.11 (2008), pp903-908

[0059] (非反証制御)・M. G. Safonov and T. C. Tsao, The unfalsified control

, concept and learning, IEEE Trans. on Automat. Contr., Vol. 42, No. 6, pp. 843-847 (1997)

[0060] (安定性の考慮)・弓場井 一裕, 藤井 宏樹, 平井 淳之, パラメータ更新時の閉ループシステムの安定性を考慮したFCbTの提案, 電気学会論文誌D (産業応用部門誌), Vol.132, No.6 (2011), pp. 607-615・Kazuhiro Yubai, Hiroki Fujii, Junji Hirai, Fictitious Correlation-based Tuning Integrating the Data-Based Stability Test at Each Parameter Update, Electrical Power Systems and Computers, LNEE 99, pp. 511-518.

[0061] (疑似参照信号の問題と安定性)・S. Engell, T. Tometzki and T. Wonghong, A New Approach to Adaptive Unfalsified Control. In Proc. European Control Conf., Kos, 2007, 1328-1333.・T. Wonghong and S. Engell, Application of a New Scheme for Adaptive Unfalsified Control to a CSTR. Proc. IFAC World Congress, Korea, 13247-13252, 2008.

[0062] [6. 実施の形態]

以上を踏まえ、本開示の実施の形態について説明する。

[0063] 図4は、実施の形態に係る情報処理装置1の機能構成を模式的に示す図である。情報処理装置1は、記憶部2と制御部3とを備える。図4において、矢印は主なデータの流れを示しており、図4に示していないデータの流があってもよい。図4において、各機能ブロックはハードウェア（装置）単位の構成ではなく、機能単位の構成を示している。そのため、図4に示す機能ブロックは単一の装置内に実装されてもよく、あるいは複数の装置内に分かれて実装されてもよい。機能ブロック間のデータの授受は、データバス、ネットワーク、可搬記憶媒体等、任意の手段を介して行われてもよい。

[0064] 記憶部2は、情報処理装置1を実現するコンピュータのBIOS (Basic Input Output System) 等を格納するROM (Read Only Memory) や情報処理装置1の作業領域となるRAM (Random Access Memory)、OS (Operating System) やアプリケーションプログラム、当該アプリケーションプログラムの実行時に参照される種々の情報を格納するHDD (Hard Disk Drive) やS

S D (Solid State Drive) 等の大容量記憶装置である。

[0065] 制御部 3 は、情報処理装置 1 の C P U (Central Processing Unit) や G P U (Graphics Processing Unit) 等のプロセッサであり、記憶部 2 に記憶されたプログラムを実行することによって時系列データ取得部 3 0、入力信号推定部 3 1、相補感度関数算出部 3 2、プラント出力算出部 3 3、モデル出力取得部 3 4、及びパラメータ更新部 3 5 として機能する。

[0066] なお、図 4 は、情報処理装置 1 が単一の装置で構成されている場合の例を示している。しかしながら、情報処理装置 1 は、例えばクラウドコンピューティングシステムのように複数のプロセッサやメモリ等の計算リソースによって実現されてもよい。この場合、制御部 3 を構成する各部は、複数の異なるプロセッサの中の少なくともいずれかのプロセッサがプログラムを実行することによって実現される。

[0067] 情報処理装置 1 は、制御器 C と制御器 C の出力を入力とする制御対象 P とを備える制御システム S において、制御器 C のパラメータ θ を算出するための装置である。図 4 に示すように、制御システム S は、制御対象 P の出力が制御器 C の入力にフィードバックされる閉ループ系である。

[0068] 時系列データ取得部 3 0 は、制御器 C の出力の時系列データである第 1 時系列データと、制御対象 P の出力の時系列データである第 2 時系列データとを取得する。ここで、第 1 時系列データは上述した制御対象 P に入力すべき制御量 u に対応し、第 2 時系列データは上述した制御対象 P の出力 y に対応する。したがって、以下本明細書において、「第 1 時系列データ u 」、「第 2 時系列データ y 」と記載することがある。

[0069] 入力信号推定部 3 1 は、制御器 C のパラメータ θ 、第 1 時系列データ u 、及び第 2 時系列データ y から、制御器 C に入力する入力信号の時系列データの推定値である第 3 時系列データを推定する。第 3 時系列データは、上述した擬似参照信号 $r(\theta, k)$ に対応する。したがって、以下、「第 3 時系列データ $r(\theta)$ 」と記載することがある。

[0070] 相補感度関数算出部 3 2 は、第 2 時系列データ u と第 3 時系列データ r (

θ) とに基づいて、上述した式 (11) を用いて制御器 C に対する相補感度関数 t を算出する。プラント出力算出部 33 は、上述した式 (12) 又は式 (13) を用いて、制御システム S の入力信号 d を相補感度関数 t に印加したときの出力である第 4 時系列データを算出する。第 4 時系列データは、制御システム S の入力信号 d (目標値) を相補感度関数 T に印加した場合の出力 y^* に対応する。したがって、以下、「第 4 時系列データ y^* 」と記載することがある。

[0071] 制御対象 P に入力すべき制御量である第 1 時系列データ u 、制御対象 P の出力である第 2 時系列データ y 、及び制御システム S の入力信号である第 4 時系列データ d は、いずれも観測により取得可能な量である。情報処理装置 1 は、観測により取得した第 1 時系列データ u 、第 2 時系列データ y 、及び入力信号 d を用いることで、制御システム S に入力信号 d を入力したときの出力 y^* を算出することができる。出力 y^* は、プラント (制御対象 P) からの出力である。情報処理装置 1 は、この出力 y^* の振る舞い (例えば、発散するか否か、振動するか否か、収束するか否か等) を解析することで、F R I T において制御器 C のパラメータ θ を用いたプラントの制御の安定性を評価することができる。

[0072] 図 2 及び図 4 に示すように、制御システム S は制御対象 P の入力信号 d に対する出力を所定の出力とすることを実現する参照モデル M を備えている。なお、参照モデル M は、制御対象 P の出力が設計者が希望する出力となるように、設計者が決定する。モデル出力取得部 34 は、参照モデル M に入力信号 d を入力した場合の出力の時系列データである第 5 時系列データを取得する。第 5 時系列データは、上述した参照モデルの出力 $M(z)d$ に対応する。以下、第 5 時系列データを「第 5 時系列データ y_d 」と記載することがある。

[0073] ここで、情報処理装置 1 が F R I T における制御器 C のパラメータ θ を用いた制御の安定性を評価することができるのであれば、情報処理装置 1 は、制御が安定化するようにパラメータ θ を最適化することもできる。これを実

現するために、パラメータ更新部35は、第4時系列データ y^* と第5時系列データ y_d との誤差に関する評価関数 $J^*(\theta)$ の評価値に基づいて、制御器Cのパラメータ θ を更新する。

[0074] より具体的には、上述した式(15)及び式(16)に示すように、パラメータ更新部35が用いる評価関数 $J^*(\theta)$ は、第4時系列データ y^* と第5時系列データ y_d との誤差の二乗和である。パラメータ更新部35は、評価関数 $J^*(\theta)$ の評価値が小さくなるように、反復処理によって制御器Cのパラメータ θ を更新する。すなわち、パラメータ更新部35は、第4時系列データ y^* と第5時系列データ y_d との誤差の二乗和が小さくなるという意味において最適なパラメータ θ を反復によって求める。

[0075] 一般に、第4時系列データ y^* が発散したり振動したりすると、第4時系列データ y^* と第5時系列データ y_d との誤差の二乗和は大きくなる。パラメータ更新部35が第4時系列データ y^* と第5時系列データ y_d との誤差の二乗和が小さくなるように制御器Cのパラメータ θ を更新することにより、情報処理装置1は、FRTにおいて制御器Cのパラメータ θ を用いたプラントの制御を安定化させることができる。

[0076] なお、パラメータ更新部35は、評価関数の評価値が小さくなるように制御器Cのパラメータ θ を更新できるのであればどのような最適化手法を用いてもよい。一例としてパラメータ更新部35は、あらかじめ定められた所定の回数を反復回数の上限として、粒子群最適化の手法を用いて制御器Cのパラメータ θ を更新してもよい。

[0077] <情報処理装置1が実行する情報処理方法の処理フロー>

図5は、実施の形態に係る情報処理装置1が実行する情報処理の流れを説明するためのフローチャートである。本フローチャートにおける処理は、例えば情報処理装置1が起動したときに開始する。

[0078] 時系列データ取得部30は、制御器Cの出力の時系列データである第1時系列データ u を取得する(S2)。また、時系列データ取得部30は、制御対象Pの出力の時系列データである第2時系列データ y を取得する(S4)

。

[0079] 入力信号推定部31は、制御器Cのパラメータ θ 、第1時系列データ u 、及び第2時系列データ y から、式(1)を用いて、制御器Cに入力する入力信号 d の時系列データの推定値である第3時系列データ $r(\theta)$ を推定する(S6)。

[0080] 相補感度関数算出部32は、第2時系列データ y と第3時系列データ $r(\theta)$ とに基づいて、式(11)を用いて制御器Cに対する相補感度関数 t (すなわち、擬似参照信号 $r(\theta, k)$ に対する相補感度関数 t)を算出する(S8)。プラント出力算出部33は、式(14)を用いて、制御システムSの入力信号 d を相補感度関数 t に印加したときの出力である第4時系列データ y^* (すなわち、入力信号 d に対する制御対象Pの出力)を算出する(S10)。

[0081] モデル出力取得部34は、参照モデルMに入力信号 d を入力した場合の出力の時系列データである第5時系列データ y_d を取得する(S12)。パラメータ更新部35は、式(15)及び式(16)を用いて、第4時系列データ y^* と第5時系列データ y_d との誤差に関する評価関数 $J(\theta)$ の評価値を算出する(S14)。パラメータ更新部35は、評価関数 $J(\theta)$ の評価値が小さくなるように、反復処理によって制御器Cのパラメータ θ を更新する(S16)。

[0082] パラメータ更新部35が制御器Cのパラメータ θ を更新すると、本フローチャートにおける処理は終了する。情報処理装置1は、上記の処理をオンラインで繰り返すことにより、制御器Cのパラメータ θ の更新を継続する。

[0083] <実施の形態に係る情報処理装置1が奏する効果>

以上説明したように、実施の形態に係る情報処理装置1によれば、F R I Tにおいて制御器Cのパラメータ θ を用いたプラントの制御の安定性を評価することができる。また、情報処理装置1は、閉ループ系の制御が安定化するようにF R I Tにおける制御器Cパラメータ θ を最適化することもできる。

[0084] 以上、本開示を実施の形態を用いて説明したが、本開示の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、装置の全部又は一部は、任意の単位で機能的又は物理的に分散・統合して構成することができる。また、複数の実施の形態の任意の組み合わせによって生じる新たな実施の形態も、本開示の実施の形態に含まれる。組み合わせによって生じる新たな実施の形態の効果は、もとの実施の形態の効果を併せ持つ。

[0085] 本出願は、2019年6月7日付で出願された日本国特許出願（特願2019-106908）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0086] 本開示の情報処理装置、及びプログラム、及び算出方法は、F R I Tにおいて制御器パラメータを用いた制御の安定性を評価する技術を提供することができる、という点において有用である。

符号の説明

[0087] 1・・・情報処理装置
2・・・記憶部
3・・・制御部
30・・・時系列データ取得部
31・・・入力信号推定部
32・・・相補感度関数算出部
33・・・プラント出力算出部
34・・・モデル出力取得部
35・・・パラメータ更新部
C・・・制御器
M・・・参照モデル
P・・・制御対象
S・・・制御システム

請求の範囲

[請求項1] 制御器と、前記制御器の出力を入力とする制御対象と、を備え、前記制御対象の出力が前記制御器の入力にフィードバックされる制御システムにおいて、前記制御器のパラメータを算出する情報処理装置であって、

前記制御器の出力の時系列データである第1時系列データと、前記制御対象の出力の時系列データである第2時系列データとを取得する時系列データ取得部と、

前記制御器のパラメータ、前記第1時系列データ、及び前記第2時系列データから、前記制御器に入力する入力信号の時系列データの推定値である第3時系列データを推定する入力信号推定部と、

前記第2時系列データと前記第3時系列データとに基づいて、前記制御器に対する相補感度関数を算出する相補感度関数算出部と、

前記制御システムの入力信号を前記相補感度関数に印加したときの出力である第4時系列データを算出するプラント出力算出部と、
を備える情報処理装置。

[請求項2] 前記制御システムは、前記制御対象の入力に対する所定の応答を実現するモデルである参照モデルをさらに備えており、

前記情報処理装置は、

前記参照モデルに前記入力信号を入力した場合の出力の時系列データである第5時系列データを取得するモデル出力取得部と、

前記第4時系列データと前記第5時系列データとの誤差に関する評価関数の評価値に基づいて前記制御器のパラメータを更新するパラメータ更新部と、

をさらに備える請求項1に記載の情報処理装置。

[請求項3] 前記評価関数は、前記第4時系列データと前記第5時系列データとの誤差の二乗和であり、

前記パラメータ更新部は、前記評価関数の評価値が小さくなるよう

に、反復処理によって前記制御器のパラメータを更新する、
請求項 2 に記載の情報処理装置。

[請求項4] 制御器と、前記制御器の出力を入力とする制御対象と、を備え、前記制御対象の出力が前記制御器の入力にフィードバックされる制御システムにおいて、前記制御器のパラメータを算出するコンピュータに、
前記制御器の出力の時系列データである第 1 時系列データを取得する機能と、
前記制御対象の出力の時系列データである第 2 時系列データを取得する機能と、
前記制御器のパラメータ、前記第 1 時系列データ、及び前記第 2 時系列データから、前記制御器に入力する入力信号の時系列データの推定値である第 3 時系列データを推定する機能と、
前記第 2 時系列データと前記第 3 時系列データとに基づいて、前記制御器に対する相補感度関数を算出する機能と、
前記制御システムの入力信号を前記相補感度関数に印加したときの出力である第 4 時系列データを算出する機能と、
を実現させるプログラム。

[請求項5] 制御器と、前記制御器の出力を入力とする制御対象と、を備え、前記制御対象の出力が前記制御器の入力にフィードバックされる制御システムにおいて、前記制御器のパラメータを算出する算出方法であって、
前記制御器の出力の時系列データである第 1 時系列データを取得すること、
前記制御対象の出力の時系列データである第 2 時系列データを取得すること、
前記制御器のパラメータ、前記第 1 時系列データ、及び前記第 2 時系列データから、前記制御器に入力する入力信号の時系列データの推

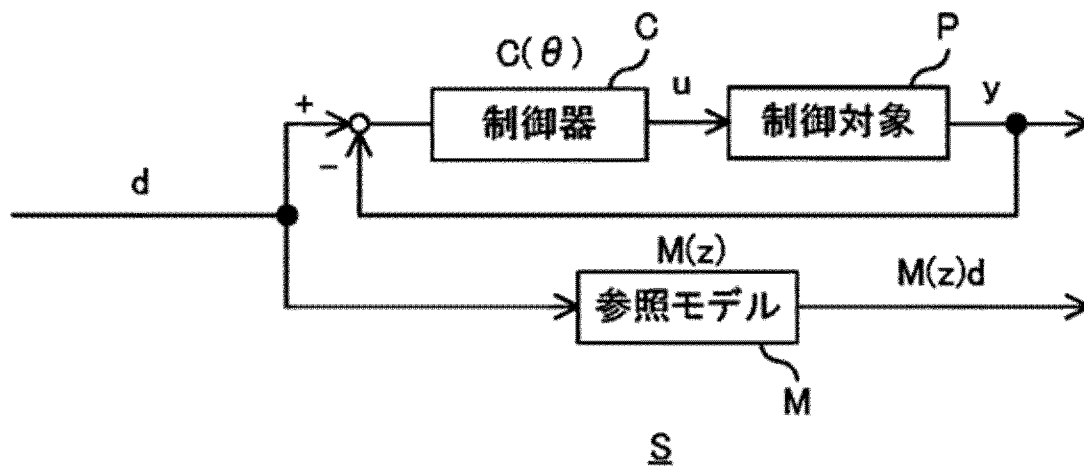
定値である第3時系列データを推定すること、

前記第2時系列データと前記第3時系列データとに基づいて、前記制御器に対する相補感度関数を算出すること、及び

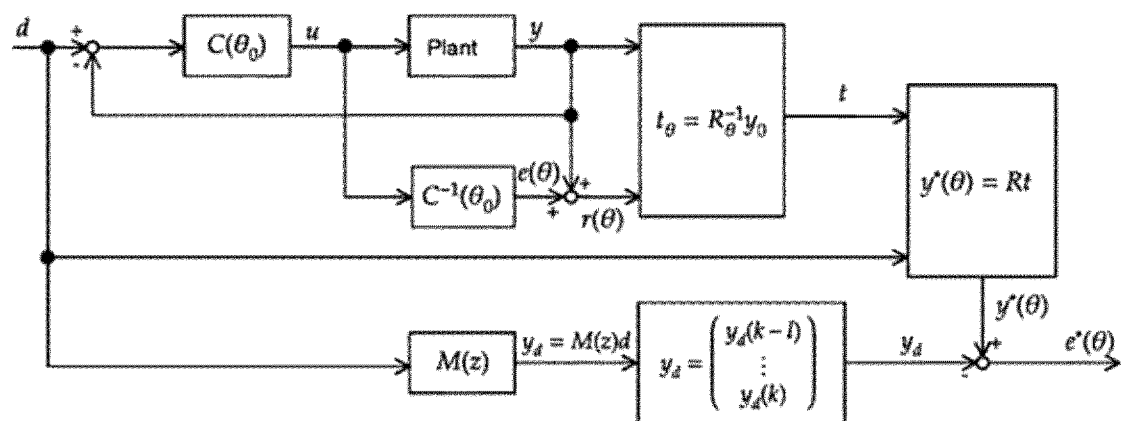
前記制御システムの入力信号を前記相補感度関数に印加したときの出力である第4時系列データを算出すること、

を含む算出方法。

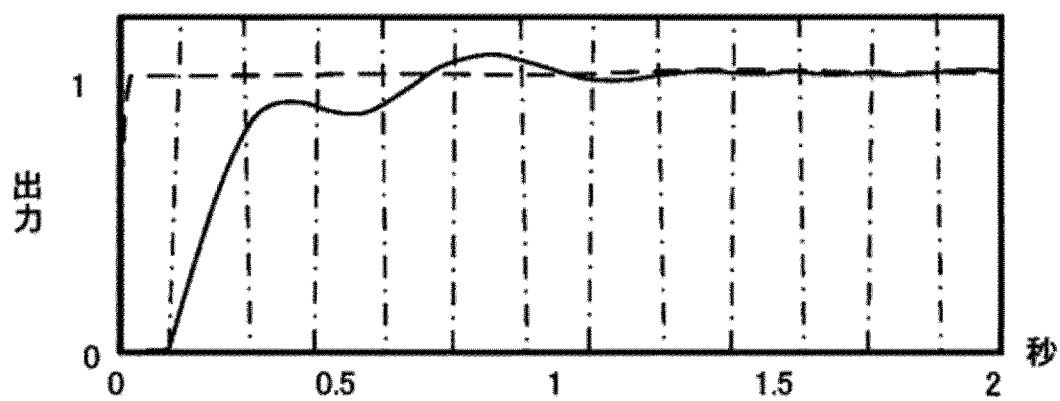
[図1]



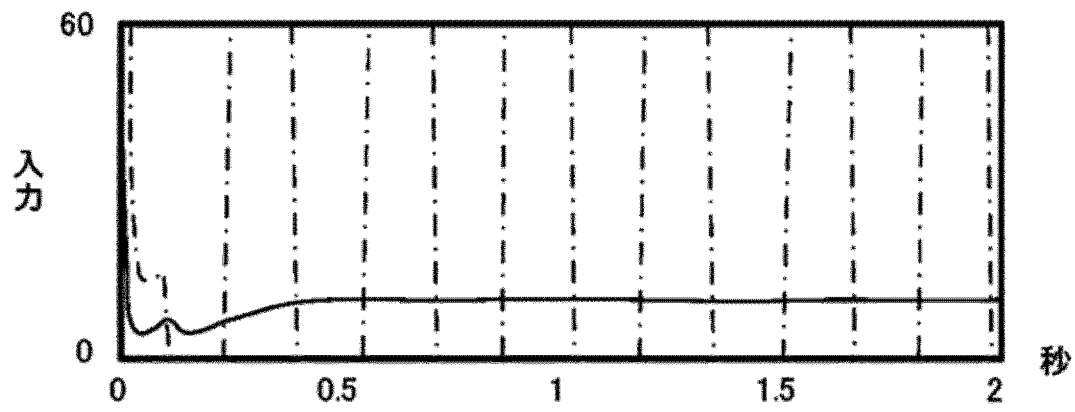
[図2]



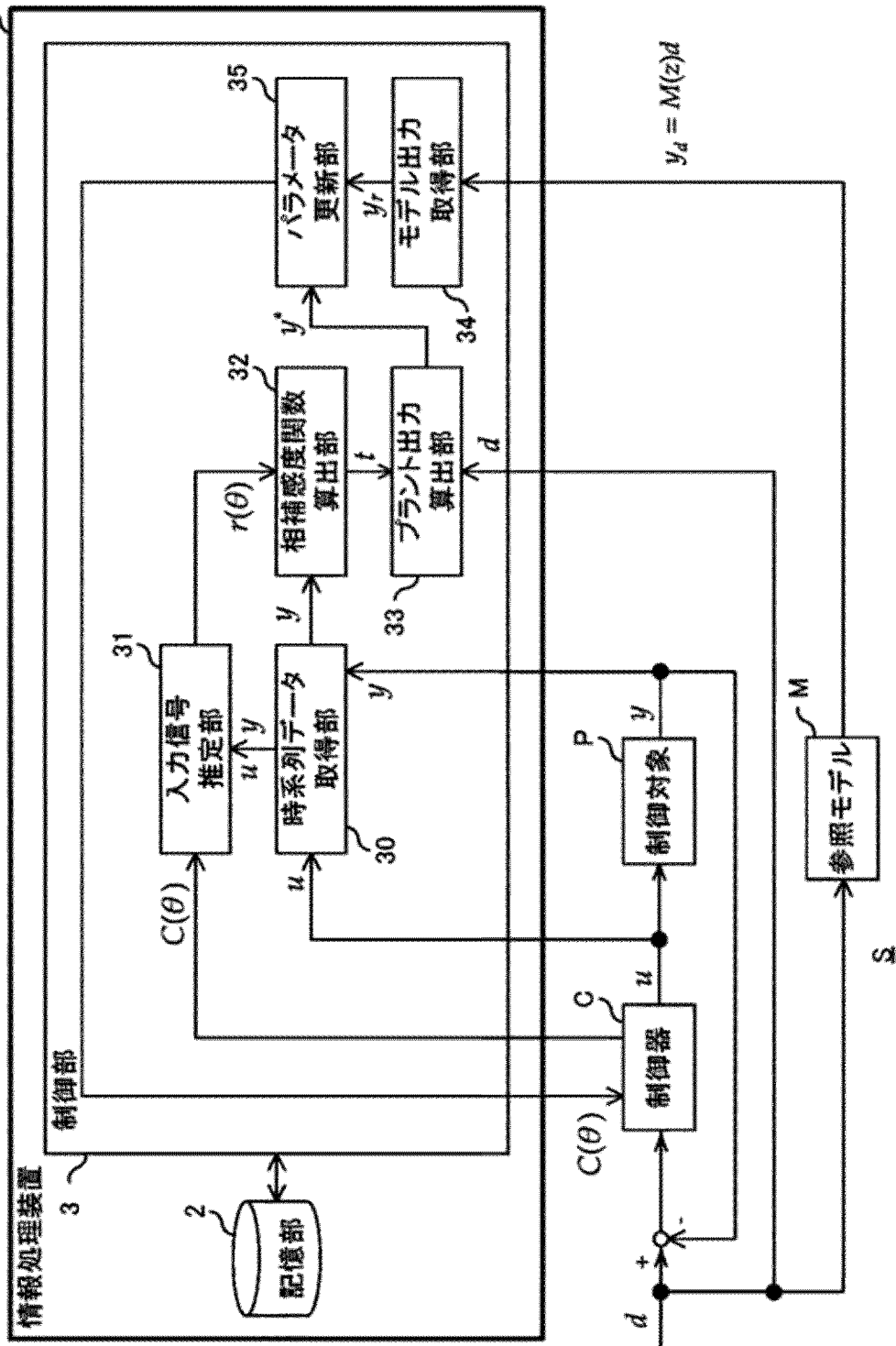
[図3A]



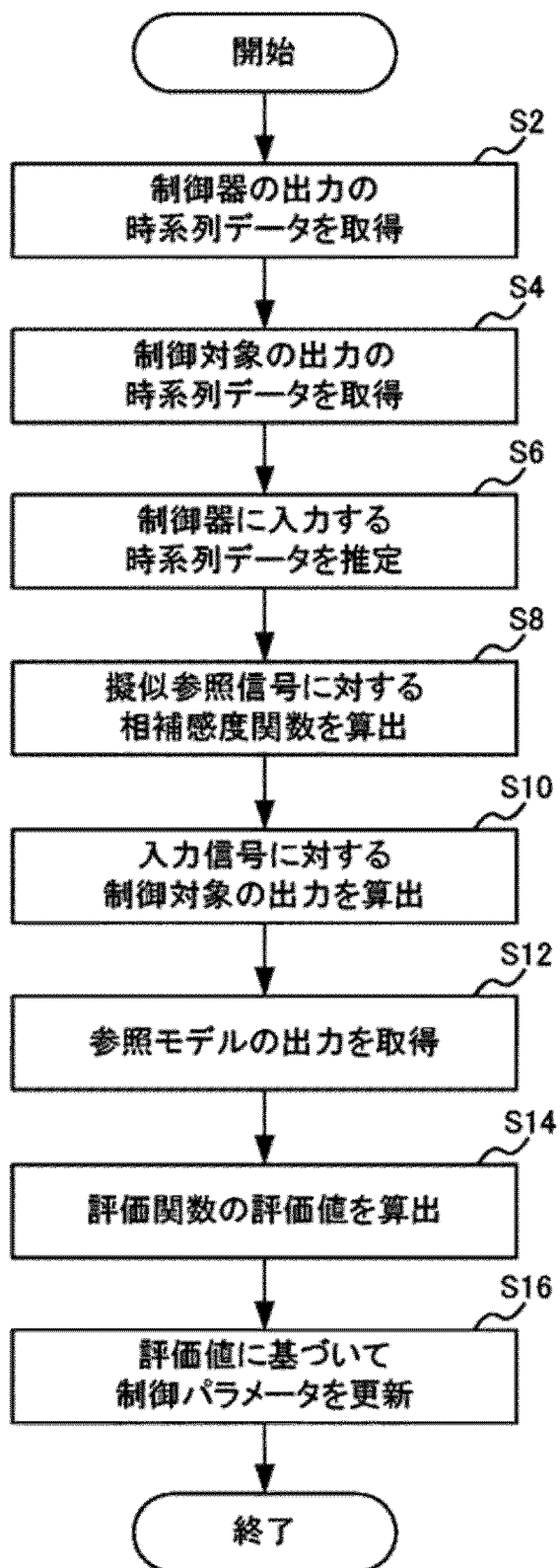
[図3B]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/022049

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 13/02 (2006.01) i

FI: G05B13/02 A

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)

G05B1/00-7/04; 11/00-13/04; 17/00-17/02; 21/00-21/02

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 2018-112857 A (YOKOGAWA ELECTRIC CORP.) 19.07.2018 (2018-07-19) entire text, all drawings	1-5
A	若山 直矢, 他 2 名, "一組の閉ループ実験データによる相関関数を利用した多変数制御器調整", 計測自動制御学会論文集, 14 December 2006 (accession date), vol. 43, no. 5, pp. 391-399, entire text, all drawings, (WAKAYAMA, Naoya et al., "Correlation-based Multivariable Controller Parameter Tuning by Using One-shot Experimental Data", Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers)	1-5
A	JP 2010-136504 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 17.06.2010 (2010-06-17) entire text, all drawings	1-5



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

07 August 2020 (07.08.2020)

Date of mailing of the international search report

18 August 2020 (18.08.2020)

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/JP2020/022049

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 2017-182624 A (BROTHER INDUSTRIES, LTD.) 05.10.2017 (2017-10-05) entire text, all drawings	1-5
A	US 2018/0296759 A1 (THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA) 18.10.2018 (2018-10-18) entire text, all drawings	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/022049

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-112857 A	19 Jul. 2018	US 2018/0196414 A1 entire text, all drawings (Family: none)	
JP 2010-136504 A	17 Jun. 2010	(Family: none)	
JP 2017-182624 A	05 Oct. 2017	(Family: none)	
US 2018/0296759 A1	18 Oct. 2018	WO 2017/088054 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 13/02(2006.01)i FI: G05B13/02 A														
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）） G05B1/00-7/04;11/00-13/04;17/00-17/02;21/00-21/02 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 <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>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020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	1971-2020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				
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													
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 2018-112857 A（横河電機株式会社）19.07.2018（2018-07-19） 全文全文	1-5												
A	若山 直矢，他2名，”一組の閉ループ実験データによる相関関数を利用した多変数制御器調整”，計測自動制御学会論文集，2006.12.14（受入日），第43巻，第5号，pp.391-399 全文全文	1-5												
A	JP 2010-136504 A（住友重機械工業株式会社）17.06.2010（2010-06-17） 全文全文	1-5												
A	JP 2017-182624 A（プラザー工業株式会社）05.10.2017（2017-10-05） 全文全文	1-5												
A	US 2018/0296759 A1（THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA）18.10.2018（2018-10-18） 全文全文	1-5												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 07.08.2020	国際調査報告の発送日 18.08.2020													
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） 藤井 浩介 3U 7870 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/JP2020/022049

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2018-112857	A	19.07.2018	US	2018/0196414	A1	
全文全図							
JP	2010-136504	A	17.06.2010	(ファミリーなし)			
JP	2017-182624	A	05.10.2017	(ファミリーなし)			
US	2018/0296759	A1	18.10.2018	WO	2017/088054	A1	