

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4474555号
(P4474555)

(45) 発行日 平成22年6月9日(2010.6.9)

(24) 登録日 平成22年3月19日(2010.3.19)

(51) Int.Cl. F I
G 0 5 B 13/02 (2006.01) G O 5 B 13/02 A

請求項の数 2 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-12848 (P2007-12848)	(73) 特許権者	504136568
(22) 出願日	平成19年1月23日 (2007.1.23)		国立大学法人広島大学
(65) 公開番号	特開2008-181221 (P2008-181221A)		広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
(43) 公開日	平成20年8月7日 (2008.8.7)	(74) 代理人	100077931
審査請求日	平成21年2月6日 (2009.2.6)		弁理士 前田 弘
		(74) 代理人	100110939
			弁理士 竹内 宏
		(74) 代理人	100110940
			弁理士 嶋田 高久
		(74) 代理人	100113262
			弁理士 竹内 祐二
		(74) 代理人	100115059
			弁理士 今江 克実
		(74) 代理人	100115691
			弁理士 藤田 篤史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 P I D制御装置及びP I D制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

P I D制御対象を制御するためのP I Dパラメータを決定するP I Dパラメータ決定手段と、該P I Dパラメータ決定手段により決定されたP I Dパラメータを用いて、上記制御対象を制御する制御手段とを備えたP I D制御装置であって、

上記P I Dパラメータ決定手段は、時刻tの時点での上記制御対象への入力、該制御対象からの出力及び目標値をそれぞれu (t)、y (t)及びr (t)とし、上記入力の差分に対する重み係数を とし、むだ時間をkとし、差分演算子を としたとき、

$$(t + k) = y (t + k) - r (t) + u (t)$$

で表される一般化出力 (t + k) が小さくなるように、上記P I Dパラメータを決定するよう構成されていることを特徴とするP I D制御装置。

10

【請求項2】

P I D制御対象を制御するためのP I Dパラメータを決定するP I Dパラメータ決定ステップと、該P I Dパラメータ決定ステップで決定されたP I Dパラメータを用いて、上記制御対象を制御する制御ステップとを備えたP I D制御方法であって、

上記P I Dパラメータ決定ステップは、時刻tの時点での上記制御対象への入力、該制御対象からの出力及び目標値をそれぞれu (t)、y (t)及びr (t)とし、上記入力の差分に対する重み係数を とし、むだ時間をkとし、差分演算子を としたとき、

$$(t + k) = y (t + k) - r (t) + u (t)$$

で表される一般化出力 (t + k) が小さくなるように上記P I Dパラメータを決定する

20

ステップであることを特徴とするPID制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、PID制御対象を制御するためのPIDパラメータを決定して、このPIDパラメータを用いて上記制御対象を制御するPID制御装置及びPID制御方法に関する技術分野に属する。

【背景技術】

【0002】

近年、産業界においては、資源高騰の煽りを受けて、生産性の向上や省エネルギー・省力化、品質向上、生産コストの低減がより一層進められている。このような現状において、制御システムが果たす役割はこれまで以上に重要視されてきている。とりわけ化学プロセスや石油精製プロセス等においては、操業条件の変更（製品銘柄の変更等）、原料及び環境の変化、又はシステムそのものが持つ非線形性等により、対象とするシステムの特性が変化することが往々にして存在する。そのようなシステムに対して高精度な制御性を得るためには、本来、システムの特性に対応して制御システム（PIDパラメータ）が自己調整されることが望ましい。その一つのアプローチとしてセルフチューニング制御法があり、非特許文献1には、この考え方に基づいたセルフチューニングPID制御法が開示されている。この非特許文献1のセルフチューニングPID制御法は、一般化最小分散制御（GMVC）に基づくPIDパラメータ調整法であって、評価規範の最小化に基づいて制御則（GMVC則）を導出する。そして、PID制御対象への入力と該入力に対する該制御対象からの出力（モデル化誤差）とに基づいて構築した予測モデルに基づいて、上記制御則（GMVC則）を用いてPIDパラメータを決定する。

【非特許文献1】山本、兼田，「一般化最小分散制御則に基づくセルフチューニングPID制御器の一設計」，システム制御情報学会論文誌，1998年，第11巻，第1号，p. 1 - 9

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、上記従来のPIDパラメータ決定方法では、予測モデルの構築（つまりシステムパラメータの同定）を逐次行わなければならない、信頼性の面で問題がある。すなわち、制御対象からの出力にノイズが加わって誤ったモデルを構築する可能性があり、このように誤ったモデルを構築すると、制御系が却って不安定になる可能性が高くなる。また、モデル化誤差（予測誤差）に基づいて制御系が調整されるため、定常状態でかつモデル化誤差が小さい場合に制御性能を改善することができない。

【0004】

本発明は、斯かる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、予測モデルを構築しないで最適なPIDパラメータを容易に決定できるようにして、制御の信頼性を向上させるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の目的を達成するために、この発明では、一般化出力が小さくなるようにPIDパラメータを決定するようにした。

【0006】

具体的には、請求項1の発明では、PID制御対象を制御するためのPIDパラメータを決定するPIDパラメータ決定手段と、該PIDパラメータ決定手段により決定されたPIDパラメータを用いて、上記制御対象を制御する制御手段とを備えたPID制御装置を対象とする。

【0007】

そして、上記PIDパラメータ決定手段は、時刻tの時点での上記制御対象への入力、

10

20

30

40

50

該制御対象からの出力及び目標値をそれぞれ $u(t)$ 、 $y(t)$ 及び $r(t)$ とし、上記入力の差分に対する重み係数を w とし、むだ時間を k とし、差分演算子を Δ としたとき、

$$\Delta y(t+k) = y(t+k) - r(t) + w \Delta u(t)$$

で表される一般化出力 $y(t+k)$ が小さくなるように、上記 P I D パラメータを決定するよう構成されているものとする。

【0008】

上記の構成により、P I D パラメータ決定手段によって P I D パラメータが決定され、制御手段により、その決定された P I D パラメータを用いて制御対象が制御される。上記 P I D パラメータ決定手段は、P I D パラメータを決定する際、一般化出力 $y(t+k)$ が小さくなるようにする。ここで、一般化出力 $y(t+k)$ は、制御誤差と、重み係数が掛けられた入力の差分との和であるので、一般化出力 $y(t+k)$ を小さくすることで、制御誤差及び入力の差分を小さくすることができる。制御誤差と入力の差分との比率は、重み係数で決まるので、どちらをより小さくするかによって重み係数を決定すればよい。この結果、製品品質を確保しつつ、入力の差分(入力の振れ)を抑えて、アクチュエータに多大な負担がかかるのを防止することができる。また、一般化出力 $y(t+k)$ を常に小さくなるように P I D パラメータを決定するので、定常状態であっても制御性能を改善することができるとともに、予測モデルを構築しなくても済む。よって、最適な P I D パラメータを容易に決定することができるとともに、制御の信頼性を向上させることができる。

【0009】

請求項2の発明は、P I D 制御対象を制御するための P I D パラメータを決定する P I D パラメータ決定ステップと、該 P I D パラメータ決定ステップで決定された P I D パラメータを用いて、上記制御対象を制御する制御ステップとを備えた P I D 制御方法の発明である。

【0010】

そして、この発明では、上記 P I D パラメータ決定ステップは、時刻 t の時点での上記制御対象への入力、該制御対象からの出力及び目標値をそれぞれ $u(t)$ 、 $y(t)$ 及び $r(t)$ とし、上記入力の差分に対する重み係数を w とし、むだ時間を k とし、差分演算子を Δ としたとき、

$$\Delta y(t+k) = y(t+k) - r(t) + w \Delta u(t)$$

で表される一般化出力 $y(t+k)$ が小さくなるように上記 P I D パラメータを決定するステップであるものとする。

【0011】

この発明により、請求項1の発明と同様の作用効果が得られる。

【発明の効果】

【0012】

以上説明したように、本発明の P I D 制御装置及び P I D 制御方法によると、一般化出力が小さくなるように P I D パラメータを決定するようにしたので、予測モデルを構築しないで最適な P I D パラメータを容易に決定することができ、制御の信頼性を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0014】

図1は本発明の実施形態に係る P I D 制御装置を示し、この P I D 制御装置は、P I D 制御対象を制御するための P I D パラメータを決定する P I D パラメータ決定手段としての P I D パラメータ決定部1と、該 P I D パラメータ決定部1により決定された P I D パラメータを用いて、上記制御対象を制御する制御手段としての P I D 制御部2とを備えている。

【0015】

図 1 において、 r は目標値、 u は上記制御対象への入力（操作量）、 y は上記制御対象からの出力（制御量）、 e は制御誤差、 $\xi(t)$ は平均が 0 であつ分散が Δ^2 のガウス性白色雑音である。また、 P は上記制御対象での伝達関数、 C は P I D 制御部 2 での伝達関数を示す。さらに、 Δ は差分演算子を表し、 $\Delta = 1 - z^{-1}$ で定義され、 z^{-1} は時間遅れ演算子である。

【 0 0 1 6 】

ここで、下記の式 (1) で表される、1 入力 1 出力の離散時間モデルを考える。この式 (1) は、C A R I M A (Controlled Auto-Regressive and Integrated Moving Average) モデルである。尚、式 (1) において、 k はむだ時間であり、 $u(t)$ 、 $y(t)$ 及び $\xi(t)$ は、時刻 t の時点での入力、出力及び白色雑音をそれぞれ示す。

10

【 0 0 1 7 】

【数 1】

$$A(z^{-1})y(t) = z^{-k}B(z^{-1})u(t) + \frac{\xi(t)}{\Delta} \dots\dots\dots (1)$$

【 0 0 1 8 】

上記式 (1) 中の $A(z^{-1})$ 及び $B(z^{-1})$ は、下記の式 (2) で示される多項式であつて、互いに既約であるとする。

【 0 0 1 9 】

【数 2】

$$\left. \begin{aligned} A(z^{-1}) &= 1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_{na} z^{-na} \\ B(z^{-1}) &= b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_{nb} z^{-nb} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

20

【 0 0 2 0 】

尚、 $z^{-k} B(z^{-1}) / A(z^{-1})$ は上記制御対象での伝達関数 $P(z^{-1})$ に相当するものである。

【 0 0 2 1 】

上記入力と制御誤差との間には、下記の式 (3) で示すような関係がある。尚、式 (3) において、 $r(t)$ は時刻 t の時点での目標値（本実施形態では、 t の値に関係なく一定）であり、 $e(t)$ は時刻 t の時点での制御誤差である。

30

【 0 0 2 2 】

【数 3】

$$u(t) = \frac{C(z^{-1})}{\Delta} \{ r(t) - y(t) \} = \frac{C(z^{-1})}{\Delta} e(t) \dots\dots\dots (3)$$

【 0 0 2 3 】

また、式 (3) を P I D パラメータ（比例ゲイン k_c 、積分時間 T_I 及び微分時間 T_D ）で書き直すと、下記の式 (4) のようになる。尚、 T_s はサンプリング時間である。

【 0 0 2 4 】

【数 4】

$$u(t) = k_c \left\{ 1 + \frac{T_s}{\Delta T_I} + \frac{\Delta T_D}{T_s} \right\} e(t) \dots\dots\dots (4)$$

40

【 0 0 2 5 】

さらに、 $K_p = k_c$ 、 $K_I = k_c T_s / T_I$ 、 $K_D = k_c T_D / T_s$ とすると、式 (4) は式 (5) に書き換えられる。 K_I は積分ゲインと呼ばれ、 K_D は微分ゲインと呼ばれ、比例ゲイン K_p 、積分ゲイン K_I 及び微分ゲイン K_D も P I D パラメータと呼ばれる。

【 0 0 2 6 】

【数5】

$$u(t) = \left\{ K_p + \frac{K_I}{\Delta} + \Delta K_D \right\} e(t) \dots\dots\dots (5)$$

【0027】

上記PIDパラメータ決定部1は、下記の式(6)で表される一般化出力 (t+k) が小さくなるように、上記PIDパラメータ(比例ゲインK_p、積分ゲインK_I及び微分ゲインK_D)を決定する。

【0028】

【数6】

$$\phi(t+k) = y(t+k) - r(t) + \lambda \Delta u(t) \dots\dots\dots (6)$$

10

【0029】

このPIDパラメータの決定方法を具体的に説明する。

【0030】

上記式(6)は、上記式(1)及び(3)を用いて、下記の式(7)に変形することができる。

【0031】

【数7】

$$\phi(t+k) = G(z^{-1}) \xi(t+k) + S(z^{-1}) \xi(t) \dots\dots\dots (7)$$

20

【0032】

上記式(7)において、S(z⁻¹)は下記の式(8)で表される。

【0033】

【数8】

$$S(z^{-1}) = \frac{F(z^{-1}) - B(z^{-1})C(z^{-1})G(z^{-1}) - \lambda C(z^{-1})}{T(z^{-1})} \dots\dots\dots (8)$$

【0034】

上記式(8)において、T(z⁻¹)は下記の式(9)で表される。

30

【0035】

【数9】

$$T(z^{-1}) = \Delta A(z^{-1}) + z^{-k} B(z^{-1}) C(z^{-1}) \dots\dots\dots (9)$$

【0036】

また、上記式(7)及び式(8)におけるG(z⁻¹)は、下記の式(10)(Diphantine方程式)を満たすものである。

【0037】

【数10】

$$1 = \Delta A(z^{-1}) G(z^{-1}) + z^{-k} B(z^{-1}) \dots\dots\dots (10)$$

40

【0038】

上記式(7)より、一般化出力 (t+k)は、時刻tの時点での雑音と、時刻t+kの時点での雑音とに分離することができ、最適な制御を行えば、時刻tの時点での雑音の項(式(7)の右辺第2項)は出来る限り小さく(延いては0に)することができる。一方、時刻t+kの時点での雑音の項は、将来に生じる雑音であるため、制御することができない雑音である。そこで、式(7)の右辺第2項の雑音を出来る限り小さくすることを考える。

【0039】

ここで、上記一般化出力 (t+k)を時刻tでの一般化出力 (t)で書き直すと、

50

下記の式 (1 1) のようになる。

【 0 0 4 0 】

【 数 1 1 】

$$\phi(t) = G(z^{-1}) \xi(t) + S(z^{-1}) \xi(t-k) \dots\dots\dots (11)$$

【 0 0 4 1 】

そして、 $\phi(t) = L(z^{-1}) \xi(t)$ とすると、

$$\phi(t-k) = L(z^{-1}) \xi(t-k)$$

となるので、上記式 (1 1) は下記の式 (1 2) のように変形される。尚、式 (1 2) において、 $\phi(t) = G(z^{-1}) \xi(t)$ である。

10

【 0 0 4 2 】

【 数 1 2 】

$$\phi(t) = \varepsilon(t) + \frac{S(z^{-1})}{L(z^{-1})} \phi(t-k) \dots\dots\dots (12)$$

【 0 0 4 3 】

さらに、上記式 (1 2) は、自己回帰パラメータ α_i ($i = 1, 2, \dots, m$) を用いて、下記の式 (1 3) のように書ける。

【 0 0 4 4 】

【 数 1 3 】

$$\phi(t) = \varepsilon(t) + \sum_{i=1}^m \alpha_i \phi(t-k-i+1) \dots\dots\dots (13)$$

20

【 0 0 4 5 】

上記式 (1 3) において、 i の値は正確には 1 ~ 無限大となるが、近似的に次数 m (例えば 2 0) で打ち切る。

【 0 0 4 6 】

上記式 (1 3) は雑音モデルであり、この雑音モデルを最小二乗法で同定する。すなわち、最適な制御を行えば、上述の如く、式 (1 3) の右辺第 2 項は 0 になるので、こうなるように自己回帰パラメータ α_i を最小二乗法で同定する。このとき、同定のためのデータを n 個 (例えば 5 0 0 個) 用いるとする。

30

【 0 0 4 7 】

上記式 (1 3) を、式 (1 4) ~ 式 (1 7) で示すベクトルを用いて書き直すと、式 (1 8) のようになる。尚、式 (1 4) ~ 式 (1 6) において、 $[\cdot, \cdot, \dots, \cdot]^T$ は、行ベクトルを列ベクトルに転置することを意味する。

【 0 0 4 8 】

【数 1 4】

$$\Phi(t) = [\phi(t), \phi(t-1), \dots, \phi(t-n+1)]^T \dots\dots\dots (14)$$

$$\alpha(t) = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m]^T \dots\dots\dots (15)$$

$$\Xi(t) = [\varepsilon(t), \varepsilon(t-1), \dots, \varepsilon(t-n+1)]^T \dots\dots\dots (16)$$

$$X(t) = \begin{bmatrix} \phi(t-k) & \dots & \phi(t-k-m+1) \\ \phi(t-k-1) & \dots & \phi(t-k-m) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi(t-k-n+1) & \dots & \phi(t-k-m-n+2) \end{bmatrix} \dots\dots (17)$$

10

【0 0 4 9】

【数 1 5】

$$\Phi(t) = X(t) \alpha(t) + \Xi(t) \dots\dots\dots (18)$$

20

【0 0 5 0】

そして、下記の式(19)のJを、式(20)のように (t) で偏微分した値が0になるようにする。

【0 0 5 1】

【数 1 6】

$$J = [\Phi(t) - X(t) \alpha(t)]^T [\Phi(t) - X(t) \alpha(t)] \dots\dots\dots (19)$$

【0 0 5 2】

【数 1 7】

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha(t)} = -2X(t)^T \{ \Phi(t) - X(t) \alpha(t) \} = 0 \dots\dots\dots (20)$$

30

【0 0 5 3】

式(20)より、パラメータ (t) は式(21)のようになる。

【0 0 5 4】

【数 1 8】

$$\alpha(t) = (X(t)^T X(t))^{-1} X(t)^T \Phi(t) \dots\dots\dots (21)$$

【0 0 5 5】

40

ここで、性能評価指標として、下記の式(22)で表される制御性能評価指標 を考える。J_{min} は、式(18)の右辺第1項の雑音の分散であり、J₀ は右辺第2項の雑音の分散である。

【0 0 5 6】

【数 1 9】

$$\kappa = \frac{J_{\min}}{J_{\min} + J_0} = \frac{[\Phi(t) - X(t) \alpha(t)]^T [\Phi(t) - X(t) \alpha(t)]}{\Phi(t)^T \Phi(t)} \dots\dots (22)$$

【0 0 5 7】

50

上記制御性能評価指標 の値は 0 ~ 1 の範囲内にあり、最適な制御を行えば、 J_0 は 0 になるので、制御性能評価指標 の値は 1 になる。そこで、制御性能評価指標 の値が 1 になるように、PID パラメータ (比例ゲイン K_p 、積分ゲイン K_I 及び微分ゲイン K_D) を、下記の式 (23) で表される最急降下法を用いて決定する。

【 0 0 5 8 】
【 数 2 0 】

$$K(t) = K(t-k) - \eta \frac{\partial(1-k)}{\partial K(t-k)} \dots\dots\dots (23)$$

【 0 0 5 9 】

10

尚、上記式 (23) の $K(t)$ は下記の式 (24) で表されるベクトルであり、 η は学習係数を表す。

【 0 0 6 0 】
【 数 2 1 】

$$K(t) = [K_p, K_I, K_D]^T \dots\dots\dots (24)$$

【 0 0 6 1 】

上記式 (23) は式 (25) に書き換えることができる。

20

【 0 0 6 2 】
【 数 2 2 】

$$K(t) = K(t-k) - \eta \frac{\partial k}{\partial K(t-k)} \dots\dots\dots (25)$$

【 0 0 6 3 】

このようにして PID パラメータを決定することで、上記式 (6) の一般化出力 ($t + k$) を小さくしていくことができる (制御性能評価指標 の値は 1 に近づいていく)。この PID パラメータを用いて、制御対象を制御することで、制御誤差 e 及び入力差分 u を小さくすることができ、製品品質を確保しつつ、入力の差分 (入力の振れ) を抑えて、アクチュエータに多大な負担がかかるのを防止することができる。また、一般化出力 ($t + k$) を常に小さくなるように PID パラメータを決定するので、定常状態であっても制御性能を改善することができるとともに、予測モデルを構築しなくても済む。よって、最適な PID パラメータを容易に決定することができるとともに、制御の信頼性を向上させることができる。

30

【 0 0 6 4 】

(数値例 1)

先ず、初期 PID パラメータが不適切な場合を考える。制御対象を、下記の式 (26) のような一次遅れ + むだ時間系で与えるものとし、サンプリング間隔 T_s は 20 秒とした。そして、初期 PID パラメータを、 $K_p = 0.75$ 、 $K_I = 0.15$ 、 $K_D = 0.15$ とした。但し、サンプリング間隔毎に評価を行うのではなく、評価間隔を 50 ステップと

40

【 0 0 6 5 】
【 数 2 3 】

$$P(z^{-1}) = \frac{10}{100s+1} e^{-8s} \dots\dots\dots (26)$$

【 0 0 6 6 】

制御対象への入力の差分に対する重み係数 を 1.0 にして、本発明の方法と PID パラメータを固定して用いる方法 (以下、固定 PID 法という) とで制御性能評価指標 の値がどのように変化するかを調べた。この結果を図 2 に示す。また、本発明の方法により

50

調整したPIDパラメータの時間的推移を図3に示す。本発明の方法によると、制御性能評価指標が改善する(1に近づく)ようにPIDパラメータが調整され、10000ステップ以降に制御性能評価指標が改善していることが分かる。

【0067】

さらに、制御誤差 e 、入力の差分 u 及び入力 u の時間的推移を図4～図6にそれぞれ示す。各図の(a)が本発明の方法によるものであり、(b)が固定PID法によるものである。このことより、本発明の方法では、制御誤差 e 、入力の差分 u 及び入力 u が、10000ステップ以降に、僅かではあるが、固定PID法よりも小さくなっていることが分かる。

【0068】

続いて、重み係数 w を100にして、本発明の方法と固定PID法とで制御性能評価指標の値がどのように変化するかを調べた。この結果を図7に示す。また、本発明の方法により調整したPIDパラメータの時間的推移を図8に示す。本発明の方法によると、5000ステップ以降に制御性能評価指標が改善していることが分かる。

【0069】

さらに、制御誤差 e 、入力の差分 u 及び入力 u の時間的推移を図9～図11にそれぞれ示す。各図の(a)が本発明の方法によるものであり、(b)が固定PID法によるものである。このことより、本発明の方法では、特に入力の差分 u 及び入力 u が、固定PID法よりも明らかに小さくなっていることが分かる。これは、重み係数 w を前例よりもかなり大きくしたためである。したがって、入力の差分 u の分散(又は入力 u の分散)の最小化に重きを置く場合には、重み係数 w を大きくすればよい。逆に、制御誤差 e の分散の最小化に重きを置く場合には、重み係数 w を小さくすればよい。

【0070】

(数値例2)

次にシステム変動が生じる場合を考える。制御対象を、下記の式(27)で与え、各種システムパラメータ(時定数 T 、システムゲイン K 及びむだ時間 k)を式(28)～(30)のようにそれぞれ変化させた。但し、式(28)～(30)において、 $t_1 = 2000$ 、 $h = 1000$ であり、サンプリング間隔 T_s は1秒とした。

【0071】

10

20

【数 2 4】

$$P(z^{-1}) = \frac{K}{Ts+1} e^{-ks} \dots\dots\dots (27)$$

$$T = \begin{cases} 10 & (1 \leq t < t_1) \\ 10-0.002(t-t_1) & (t_1 \leq t < t_1+h) \\ 8 & (t_1+h \leq t < 7t_1) \\ 8+0.002(t-7t_1) & (7t_1 \leq t < 7t_1+h) \\ 10 & (7t_1+h \leq t) \end{cases} \dots\dots\dots (28)$$

10

$$K = \begin{cases} 10 & (1 \leq t < t_1) \\ 10+0.015(t-t_1) & (t_1 \leq t < t_1+h) \\ 25 & (t_1+h \leq t < 7t_1) \\ 25-0.015(t-7t_1) & (7t_1 \leq t < 7t_1+h) \\ 10 & (7t_1+h \leq t) \end{cases} \dots\dots\dots (29)$$

20

$$k = \begin{cases} 8 & (1 \leq t < t_1) \\ 8-0.003(t-t_1) & (t_1 \leq t < t_1+h) \\ 5 & (t_1+h \leq t < 7t_1) \\ 5+0.003(t-7t_1) & (7t_1 \leq t < 7t_1+h) \\ 8 & (7t_1+h \leq t) \end{cases} \dots\dots\dots (30)$$

【 0 0 7 2 】

入力の差分に対する重み係数 を 1 0 0 にして、本発明の方法で制御性能評価指標 の値がどのように変化するかを調べた。この結果を図 1 2 に示す。また、本発明の方法により調整した P I D パラメータの時間的推移を図 1 3 に示す。これにより、本発明の方法では、システム変動があっても、定常状態であっても、制御性能評価指標 を改善する方向に常に P I D パラメータが修正されていることが分かる。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 3 】

本発明は、 P I D 制御対象を制御するための P I D パラメータを決定して、この P I D パラメータを用いて上記制御対象を制御する P I D 制御装置及び P I D 制御方法に有用である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 4 】

40

- 【図 1】本発明の実施形態に係る P I D 制御装置を示すブロック図である。
- 【図 2】数値例 1 (= 1 . 0) での制御結果であり、本発明の方法と固定 P I D 法とによる制御性能評価指標の時間的推移を示すグラフである。
- 【図 3】数値例 1 (= 1 . 0) での本発明の方法による制御結果であり、(a) は比例ゲインの時間的推移を、(b) は積分ゲインの時間的推移を、(c) は微分ゲインの時間的推移をそれぞれ示すグラフである。
- 【図 4】数値例 1 (= 1 . 0) での制御結果であり、(a) は本発明の方法による制御誤差の時間的推移を、(b) は固定 P I D 法による制御誤差の時間的推移をそれぞれ示すグラフである。
- 【図 5】数値例 1 (= 1 . 0) での制御結果であり、(a) は本発明の方法による制御

50

対象への入力の差分の時間的推移を、(b)は固定PID法による制御対象への入力の差分の時間的推移をそれぞれ示すグラフである。

【図6】数値例1 ($\tau = 1.0$)での制御結果であり、(a)は本発明の方法による制御対象への入力の時間的推移を、(b)は固定PID法による制御対象への入力の時間的推移をそれぞれ示すグラフである。

【図7】数値例1 ($\tau = 1.0$)での制御結果であり、本発明の方法と固定PID法とによる制御性能評価指標の時間的推移を示すグラフである。

【図8】数値例1 ($\tau = 1.0$)での本発明の方法による制御結果であり、(a)は比例ゲインの時間的推移を、(b)は積分ゲインの時間的推移を、(c)は微分ゲインの時間的推移をそれぞれ示すグラフである。

10

【図9】数値例1 ($\tau = 1.0$)での制御結果であり、(a)は本発明の方法による制御誤差の時間的推移を、(b)は固定PID法による制御誤差の時間的推移をそれぞれ示すグラフである。

【図10】数値例1 ($\tau = 1.0$)での制御結果であり、(a)は本発明の方法による制御対象への入力の差分の時間的推移を、(b)は固定PID法による制御対象への入力の差分の時間的推移をそれぞれ示すグラフである。

【図11】数値例1 ($\tau = 1.0$)での制御結果であり、(a)は本発明の方法による制御対象への入力の時間的推移を、(b)は固定PID法による制御対象への入力の時間的推移をそれぞれ示すグラフである。

【図12】数値例2での本発明の方法による制御結果であり、制御性能評価指標の時間的推移を示すグラフである。

20

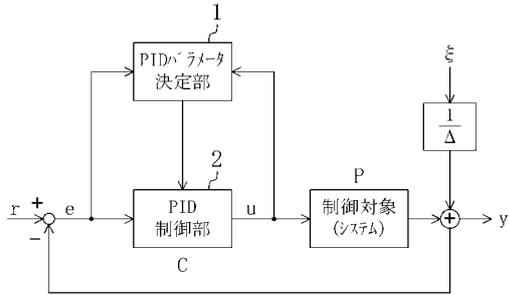
【図13】数値例2での本発明の方法による制御結果であり、(a)は比例ゲインの時間的推移を、(b)は積分ゲインの時間的推移を、(c)は微分ゲインの時間的推移をそれぞれ示すグラフである。

【符号の説明】

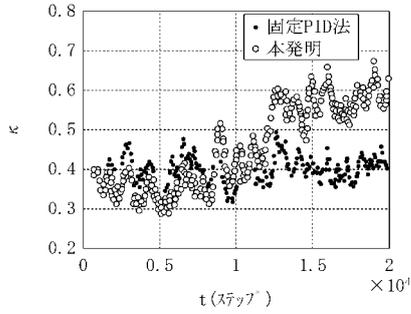
【0075】

- 1 PIDパラメータ決定部 (PIDパラメータ決定手段)
- 2 PID制御部 (制御手段)

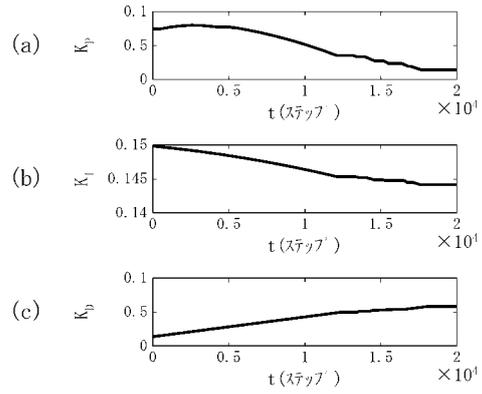
【図1】



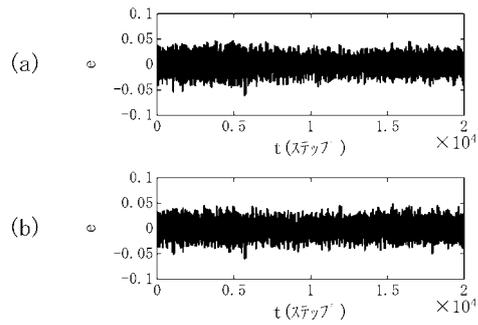
【図2】



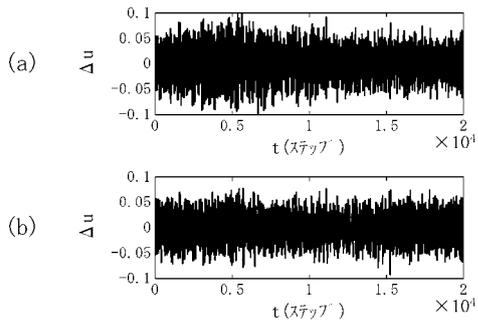
【図3】



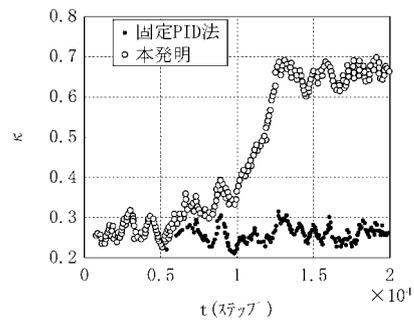
【図4】



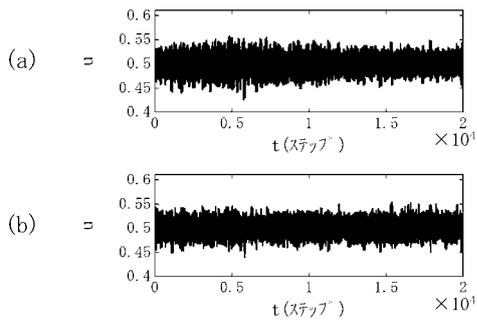
【図5】



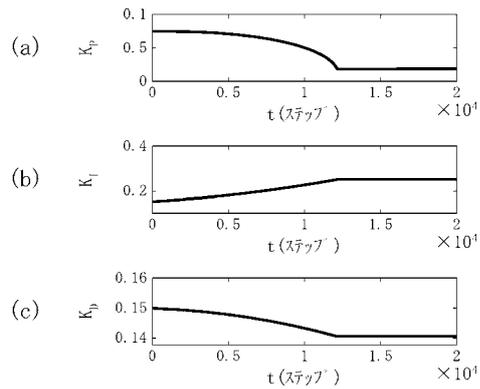
【図7】



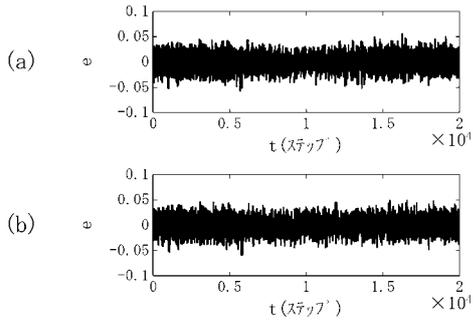
【図6】



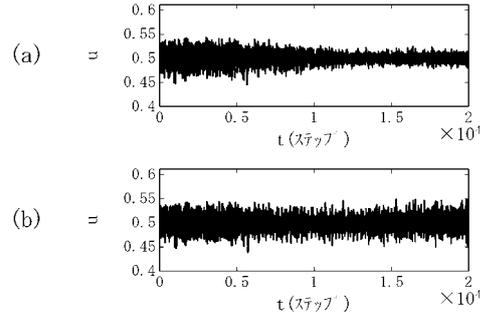
【図8】



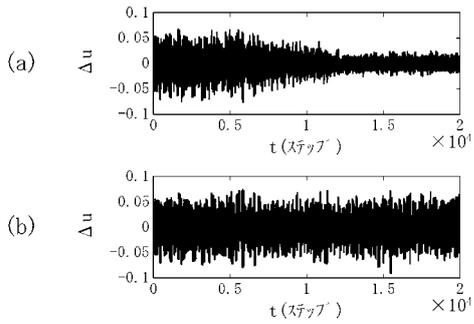
【 図 9 】



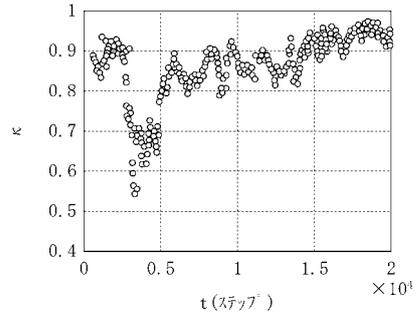
【 図 1 1 】



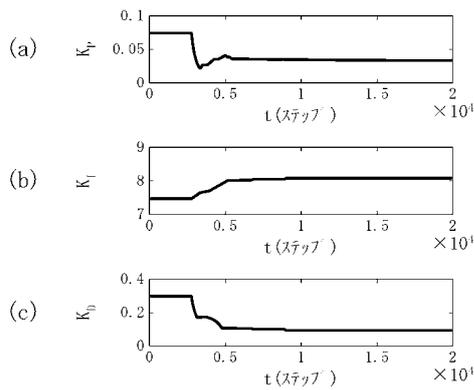
【 図 1 0 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

(74)代理人 100117581

弁理士 二宮 克也

(74)代理人 100117710

弁理士 原田 智雄

(74)代理人 100121728

弁理士 井関 勝守

(74)代理人 100124671

弁理士 関 啓

(74)代理人 100131060

弁理士 杉浦 靖也

(72)発明者 山本 透

広島県東広島市鏡山一丁目1番1号 国立大学法人広島大学大学院教育学研究科内

(72)発明者 高尾 健司

広島県東広島市鏡山一丁目1番1号 国立大学法人広島大学大学院工学研究科内

審査官 柿崎 拓

(56)参考文献 特開2002-295658(JP,A)

特開平8-16205(JP,A)

特開平10-91211(JP,A)

特開2003-61377(JP,A)

特開平7-138658(JP,A)

特開2000-3205(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 13/02