

(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
2013年2月14日(14.02.2013)



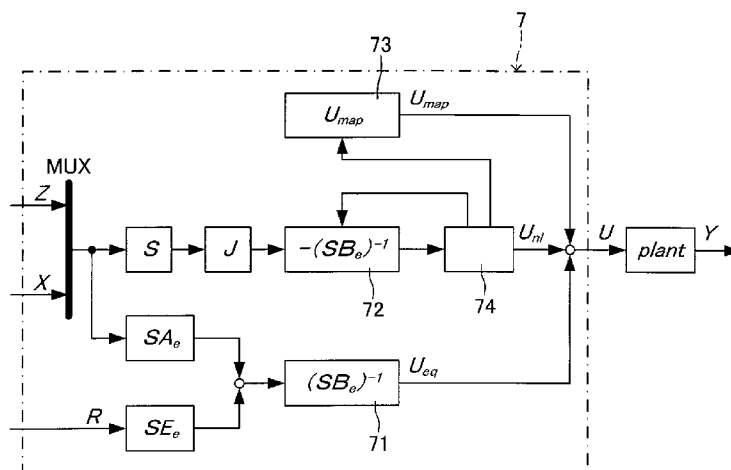
(10) 国際公開番号
WO 2013/021453 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 45/00 (2006.01) F02D 23/00 (2006.01)
F02D 21/08 (2006.01) G05B 13/00 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/068099
 - (22) 国際出願日: 2011年8月9日(09.08.2011)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 家村 暁幸 (IEMURA Akiyuki) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
 - (74) 代理人: 特許業務法人プロスペック特許事務所 (PROSPEC PATENT FIRM); 〒4530801 愛知県名古屋市中村区太閤三丁目1番18号 名古屋KSビル12階 Aichi (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: SLIDING MODE CONTROLLER, AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE SYSTEM CONTROL APPARATUS

(54) 発明の名称: スライディングモードコントローラ、及び内燃機関システム制御装置

[図2]



(57) Abstract: The present invention relates to a sliding mode controller for controlling a system to be controlled by using adaptive sliding mode control. The present invention also relates to an internal combustion engine system control apparatus for controlling an internal combustion engine system by using adaptive sliding mode control. The present invention is characterized by an adaptive law input term learning means for learning an adaptive law input term such that the steady-state deviation of a reaching law input term in adaptive sliding mode control is switched to an adaptive law input term.

(57) 要約: 本発明は、適応スライディングモード制御を用いて制御対象システムを制御する、スライディングモードコントローラに関する。また、本発明は、適応スライディングモード制御を用いて内燃機関システムを制御する、内燃機関システム制御装置に関する。本発明の特徴は、適応スライディングモード制御における到達則入力項の定常偏差を適応則入力項に振り替えるように適応則入力項を学習する、適応則入力項学習手段を備えたことにある。

WO 2013/021453 A1

明 細 書

発明の名称：

スライディングモードコントローラ、及び内燃機関システム制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、適応スライディングモード制御を用いて制御対象システムを制御する、スライディングモードコントローラに関する。また、本発明は、内燃機関システム（内燃機関及びこれに付帯する装置を含む）を、適応スライディングモード制御を用いて制御する、内燃機関システム制御装置に関する。

背景技術

[0002] 各種システムに対して、スライディングモード制御を適用する試みが、従来から広く行われている。スライディングモード制御は、切換関数によって表される超平面（切換超平面）を予め構築し、制御対象における状態量を到達則入力によって超平面上に収束させ（到達モード）、さらに、かかる状態量を超平面上に拘束しつつ等価制御入力によって所定の点に収束させる（スライディングモード）という、可変構造型のフィードバック制御手法である。ここで、切換関数は、制御対象における状態量を変数とする線形関数である。

[0003] このスライディングモード制御においては、状態量をひとたび超平面上に収束してしまえば、以後は外乱等の影響をほとんど受けずに、状態量を超平面上の所定の平衡点（収束点）に安定的に収束させることができる。もっとも、状態量が超平面上に収束するまでは（すなわち到達モードにおいては）、外乱等の影響を受けることになる。

[0004] そこで、各種システムに対して、適応スライディングモード制御を適用する試みもまた、従来から広く行われている。適応スライディングモード制御は、状態量の超平面への収束に際して、通常のスライディングモード制御における到達則入力に加えて、適応則入力（切換関数の時間積分に依存した入

力)を用いるものである。この適応則入力を用いることは、実質的に超平面自体を動かすことに相当する。このような適応スライディングモード制御を用いることで、状態量の目標値への収束をより高い安定性で実現することが可能になる。

- [0005] なお、スライディングモード制御及び適応スライディングモード制御は、周知技術であって、例えば、野波健蔵・田宏奇著、「スライディングモード制御－非線形ロバスト制御の設計理論－」（株式会社コロナ社、1994年）に詳しく記載されている。また、車両を含む内燃機関システムの制御（例えば、空燃比制御、EGR制御、動弁系制御、制動制御、変速機制御、等。）に対する適応スライディングモード制御の適用例としては、例えば、特許第3261038号公報（特開平9-273440号公報）、特許第3261059号公報（特開平9-324681号公報）、特許第3819257号公報（特開2002-364430号公報）、特許第4145520号公報（特開2003-155938号公報）、特許第4263448号公報（特開2004-114764号公報）、米国特許第5,845,491号明細書、米国特許第7,813,867号明細書、等参照。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特許第3261038号公報（特開平9-273440号公報）
特許文献2：特許第3261059号公報（特開平9-324681号公報）
特許文献3：特許第3819257号公報（特開2002-364430号公報）
特許文献4：特許第4145520号公報（特開2003-155938号公報）
特許文献5：特許第4263448号公報（特開2004-114764号公報）
特許文献6：米国特許第5,845,491号明細書
特許文献7：米国特許第7,813,867号明細書

発明の概要

- [0007] 従来この種の装置においては、状態量の最終的な収束値の、システム個体差等に起因するズレが、適応則入力項に吸収される。このため、状態量の超平面上への収束速度が、システム個体毎に変化してしまう。したがって、従来この種の装置においては、状態量の目標値への追従性能に関して、さらなる改善の余地があった。本発明は、かかる課題に対処するためになされたものである。
- [0008] 本発明の特徴は、適応スライディングモード制御における到達則入力項の定常偏差を適応則入力項に振り替えるように前記適応則入力項を学習する、適応則入力項学習手段を備えたことにある。
- [0009] かかる構成を備えた本発明の装置においては、システム個体差等に起因して前記到達則入力項に前記定常偏差が生じた場合に、かかる定常偏差が、前記適応則入力項に振り替えられる（持ち替えられる或いは移し替えられる）。これにより、前記到達則入力項が振動的に動作することが可及的に抑制され、以て、制御対象システム（内燃機関システム等）が振動的に動作することが可及的に抑制される。したがって、本発明によれば、前記制御対象システムにおける制御対象量である状態量（内燃機関システムにおける具体例としては過給圧等）の、目標値への良好な追従性能が得られる。
- [0010] なお、前記適応則入力項学習手段は、前記制御対象システムの運転領域（内燃機関システムにおける具体例としては機関回転数や機関負荷等）毎に、前記適応則入力項を学習するようになっていてもよい。これにより、前記制御対象システムの運転状態の変化に伴ってシステム個体差の影響が変化するような場合であっても、前記状態量の前記目標値への良好な追従性能が得られる。
- [0011] 具体的には、前記制御対象システムの状態を表す複数のパラメータであって前記運転領域を構成するものとは異なるもの（内燃機関システムにおける具体例としては冷却水温や外気温等）毎に、適応則入力項学習マップが設けられていてもよい。この場合、前記運転領域毎にそれぞれの前記適応則入力

項学習マップを更新することで、前記適応則入力項の学習が行われる。

- [0012] さらに、前記複数のパラメータが、それぞれ、前記制御対象システムの制御目標に対する複数の補正值に対応したものである場合、前記適応則入力項学習手段は、前記複数の補正值同士の大小関係に応じて、前記定常偏差を前記適応則入力項学習マップに振り替えるようになっていてもよい。すなわち、内燃機関システムにおける具体例としては、例えば、EGR率の目標値が冷却水温、外気温、及び外気圧によって補正される場合（特開2000-2122号公報等参照）、前記適応則入力項学習手段は、目標EGR率の冷却水温補正值、外気温補正值、及び外気圧補正值の大小関係（例えば基準状態における値との差分同士の比）に応じて、前記定常偏差をそれぞれベース冷却水温用適応則入力項学習マップとベース外気温用適応則入力項学習マップとベース外気圧用適応則入力項学習マップとに振り替える値を調整する（配分する）ようになっていてもよい。これにより、環境条件等の変化に伴って、前記制御対象システムに設けられた各種操作対象に対する定常時の指令状態（指令値）が変化するような場合であっても、前記状態量の前記目標値への良好な追従性能が得られる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]図1は、本発明の一実施形態が適用された制御対象システムである内燃機関システムの概略構成を示す図である。
- [図2]図2は、図1に示されている、本発明の一実施形態である制御ユニットのブロック線図である。
- [図3]図3は、本実施形態の動作の概要を説明するためのタイムチャートである。
- [図4]図4は、図1及び図2に示されている制御ユニットによって実行される処理の一例を示すフローチャートである。
- [図5]図5は、図1及び図2に示されている制御ユニットによって実行される処理の他の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。なお、本実施形態に対して施され得る各種の変更（変形例：modification）は、当該実施形態の説明中に挿入されると、一貫した実施形態の説明の理解が妨げられるので、末尾にまとめて記載されている。

[0015] [構成]

図1は、本発明の一実施形態が適用された制御対象システムである内燃機関システム1の概略構成を示す図である。本実施形態においては、内燃機関システム1は、内燃機関2と、この内燃機関2に接続された吸気系統3及び排気系統4と、吸気系統3と排気系統4との間に設けられたEGR系統5（EGRは、“Exhaust Gas Recirculation（排気再循環）”の略である。）及び過給器6と、を備えている。本実施形態に係る制御ユニット7は、かかる内燃機関システム1の動作を制御するように設けられている。

[0016] 吸気系統3には、スロットルバルブ31やインタークーラ32等の補機類、及び、EGR率や過給圧（吸気管内圧力）等を検出するためのセンサ33、34等の各種センサ類が装着されている。なお、排気系統4にも、図示しない排気浄化装置（触媒）等の補機類やセンサ類が装着されている。

[0017] EGR系統5は、EGR通路51と、EGRバルブ52と、EGRクーラ53と、を備えている。EGR通路51は、吸気系統3のスロットルバルブ31よりも内燃機関2側（吸気通流方向における下流側）と、排気系統4の後述するタービン61よりも内燃機関2側（排気通流方向における上流側）と、を接続するように設けられている。EGRバルブ52は、EGR通路51における排気の通流状態（内燃機関2から排出された排気の吸気系統3への導入量）を制御するように、EGR通路51に装着されている。EGRクーラ53は、EGR通路51を通流する排気を冷却するように、EGR通路51に装着されている。

[0018] 過給器6は、タービン61と、ノズルベーン62と、コンプレッサ63と、シャフト64と、を備えている。タービン61は、排気系統4の上述した

図示しない排気浄化装置よりも内燃機関2側（排気通流方向における上流側）に設けられている。本実施形態における過給器6はいわゆる可変ノズルターボチャージャであって、ノズルベーン62は、タービン61に吹き付ける排気の流速を可変にするために、タービン61と対向する位置に設けられている。コンプレッサ63は、吸気系統3のスロットルバルブ31及びインタークーラ32よりも吸気通流方向における上流側に設けられている。タービン61とコンプレッサ63とは、シャフト64によって連結されている。

[0019] 制御ユニット7（以下、「ECU7」と称する。）は、プロセッサ（CPU: Central Processing Unit）、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）、フラッシュメモリ（書き換え可能な不揮発性メモリ）、A/D変換回路、D/A変換回路、等を包有するマイクロコンピュータである。ECU7は、EGR率、過給圧（吸気管内圧力）、エンジン回転数、アクセル操作量、冷却水温、吸気温、外気温、大気圧、等の各種パラメータを取得するための、上述の各種センサ類と電氣的に接続されている。また、ECU7は、内燃機関システム1の運転状態を制御するための、スロットルバルブ31、EGRバルブ52、ノズルベーン62等の操作部（動作部或いは操作対象とも称され得る。）と電氣的に接続されている。

[0020] 本発明のスライディングモードコントローラ及び内燃機関システム制御装置の一実施形態である、ECU7は、ROMに予め格納されたルーチン（プログラム）やテーブル（マップ）等をCPUによって読み出して当該ルーチンをCPUに実行させることで、上述の操作部の動作を、上述の各種センサ類を通じて取得した各種パラメータに基づいて制御するようになっている。具体的には、本実施形態においては、ECU7は、適応スライディングモード制御を用いて、EGR率及び過給圧（吸気管内圧力）を制御するようになっている。

[0021] 図2は、図1に示されているECU7のブロック線図である。図2に示されているように、ECU7は、等価制御入力項発生部71と、到達則入力項

発生部 7 2 と、適応則入力項発生部 7 3 と、適応則入力項学習部 7 4 と、を備えている。

[0022] 等価制御入力項発生部 7 1 は、操作部に与えるべき制御入力 U のうちの等価制御入力項（線形入力項あるいは線形項とも称され得る） $U_{e,q}$ を発生するようになっている。また、到達則入力項発生部 7 2 は、制御入力 U のうちの到達則入力項（非線形入力項あるいは非線形項とも称され得る） $U_{n,l}$ を発生するようになっている。また、適応則入力項発生部 7 3 は、制御入力 U のうちの適応則入力項（適応項とも称され得る） $U_{m,a,p}$ を発生するようになっている。適応則入力項学習部 7 4 は、到達則入力項 $U_{n,l}$ の定常偏差を適応則入力項 $U_{m,a,p}$ に振り替えることで適応則入力項 $U_{m,a,p}$ の学習を行うようになっている。

[0023] [動作の概要]

以下、図 1 及び図 2、並びに必要に応じて数式を用いつつ、本実施形態の ECU 7 の動作の概要について説明する。

[0024] まず、ECU 7 は、上述のセンサ類を通じて取得した各種パラメータに基づいて、要求燃料噴射量を決定する。次に、ECU 7 は、少なくともエンジン回転数及び要求燃料噴射量に基づき、目標 EGR 率及び目標過給圧を設定する。ECU 7 の ROM またはフラッシュメモリには、予め、エンジン回転数及び要求燃料噴射量に応じて設定すべき各目標値を示すマップデータが記憶されている。そこで、ECU 7 は、エンジン回転数及び要求燃料噴射量をキーとしてマップを検索し、EGR 率及び過給圧の目標値を取得する。

[0025] その後、ECU 7 は、センサ 3 3、3 4 の出力する信号に基づいて、EGR 率及び過給圧の現在値を取得（検出）する。そして、ECU 7 は、各制御量の現在値と目標値との偏差から、EGR バルブ 5 2 やノズルベーン 6 2 やスロットルバルブ 3 1 の操作量（開度）を演算し、各々の操作量に対応する駆動信号をこれらの操作部に入力することで、EGR 率及び過給圧を制御する。

[0026] 図 3 は、本実施形態の動作の概要を説明するためのタイムチャートである

。図3中、横軸は時間（経過）を示す。また、図3中、（1）の実線は制御対象量（過給圧等）の実際の変化の様子を示し、一点鎖線は目標値を示す。

（2）の実線は、適応スライディングモード制御における等価制御入力項（線形入力項） $U_{e,q}$ の変化の様子を示し、（3）の実線は、到達則入力項（非線形入力項） $U_{n,l}$ の変化の様子を示し、（4）の実線は、適応則入力項（適応項） $U_{m,a,p}$ の変化の様子を示す。そして、（i）は適応則入力項の学習前の様子を示し、（ii）は学習後の様子を示す。なお、適応スライディングモード制御の内容については本願の出願時においてすでに周知であるが（例えば上記の各文献参照）、念のため、その概略については後述する。

[0027] 図3における（i）に示されているように、到達則入力項 $U_{n,l}$ には、システム個体差等に起因して、定常偏差（図中 $\Delta U_{n,l,s,s}$ 参照）が発生することがある。これは、以下の理由によるものであると考えられる。すなわち、通常（従来）の適応スライディングモード制御においては、適応則入力項 $U_{m,a,p}$ が、ノミナルモデルにおける制御対象量の収束値に基づいて設定される。このため、制御対象量の最終的な収束値の、システム個体差等に起因するズレが、適応則入力項 $U_{m,a,p}$ に吸収される。

[0028] このように、システム個体差等に起因して到達則入力項 $U_{n,l}$ に定常偏差が生じると、制御対象量の超平面への拘束特性もまたシステム個体差等に応じて変化するとともに、到達則入力項 $U_{n,l}$ が振動的に動作する。その結果、図3における（i）に示されているように、制御対象量も振動的に変化することになってしまう。

[0029] そこで、本実施形態においては、到達則入力項 $U_{n,l}$ の定常偏差 $\Delta U_{n,l,s,s}$ を適応則入力項 $U_{m,a,p}$ に振り替える（持ち替える或いは移し替える）ように、適応則入力項 $U_{m,a,p}$ を学習する（図中 $\Delta U_{m,a,p}$ 参照）。すると、図3における（ii）に示されているように、到達則入力項 $U_{n,l}$ の定常偏差が解消されるとともに、到達則入力項 $U_{n,l}$ の動作特性が安定する。これにより、制御対象量の目標値への安定した追従性能が得られる。

[0030] 以下、EGR率及び過給圧の適応スライディングモード制御に関して追記

する（必要であれば、例えば、特開2010-229968号公報、特開2010-229974号公報、特開2011-111966号公報等参照）。

[0031] 本実施形態においては、EGR率 y_1 及び過給圧（吸気管内圧力） y_2 を制御出力変数（出力ベクトル Y ）とし、EGRバルブ52の開度 u_1 、可変ターボのノズルベーン62の開度 u_2 、及びスロットルバルブ31の開度 u_3 を制御入力ベクトル U とする、3入力-2出力のフィードバック制御が行われるものとする。但し、下記の状態方程式（数1）に示すように、本実施形態においては、状態量ベクトル X を、出力ベクトル Y から直接知得できる構造とする（すなわちセンサ33、34等の各種センサ類を介して検出可能な量を直接の制御対象とする）。これにより、状態推定オブザーバが必要なくなり、これを用いた場合の推定誤差に伴う制御性能の低下が回避される。状態方程式及び出力方程式は、下記の式（数1）の通りである。

[数1]

$$\begin{aligned}\dot{X} &= AX + BU \\ Y &= CX\end{aligned}$$

[0032] 上記の式中、行列 C は既知である（本実施形態では単位行列とする）。プラントのモデル化（ノミナルモデル同定）は、以下のようにして行われる：EGRバルブ52、ノズルベーン62、及びスロットルバルブ31に様々な周波数からなる M 系列信号を入力して開度を操作し、EGR率及び過給圧の値を観測する。このときの入出力データから、状態方程式（数1）における行列 A 、 B を同定する。

[0033] ここで、「ノミナルモデル」とは、本実施形態に即していえば、EGRバルブ52、ノズルベーン62、及びスロットルバルブ31に関する状態方程式を利用してこれらEGRバルブ52、ノズルベーン62、及びスロットルバルブ31の動作状態を制御したときの、EGR率及び過給圧（吸気管内圧力）の挙動を現したモデルをいう。なお、EGRバルブ52、ノズルベーン62、及びスロットルバルブ31に入力する M 系列信号を、互いに無相関な

ものとするこゝで、各制御量の相互干渉を考慮したモデルを作成することができる。

[0034] ECU7におけるスライディングモードコントローラ（図2参照：以下単に「スライディングモードコントローラ」と称する。）の設計手順には、周知のとおり、超平面の設計と、状態量を超平面に拘束するための非線形切換入力的设计と、が含まれる。1形のサーボ系を構成するべく、当初の状態量ベクトル X にベクトル Z を付加した新たな状態量ベクトル X_e を定義すると、下記の式（数2）に示す拡大系の状態方程式が得られる。ここで、ベクトル Z は、目標値ベクトル R （EGR率の目標値と過給圧の目標値とを要素とするベクトル）と出力ベクトル Y との偏差の積分値を要素とするベクトルである。状態量 $X_e = [x_{e1} \ x_{e2} \ x_{e3} \ x_{e4}]^T$ は、その成分として、制御出力 Y と目標値 R との偏差の時間積分 x_{e1} 、 x_{e2} と、制御出力 Y 自体 x_{e3} 、 x_{e4} とを含んでいる。状態変数 x_{e3} はEGR率 y_1 そのものであり、状態変数 x_{e4} は過給圧 y_2 そのものである。

[数2]

$$\dot{X}_e = A_e X + B_e U + E_e R$$

$$\text{但し、 } X_e = \begin{bmatrix} Z \\ X \end{bmatrix}, \quad A_e = \begin{bmatrix} 0 & -C \\ 0 & A \end{bmatrix}, \quad B_e = \begin{bmatrix} 0 \\ B \end{bmatrix}, \quad E_e = \begin{bmatrix} I \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0035] 安定余裕を考慮し、超平面の設計には、システムの零点を用いた設計手法が用いられる。すなわち、上式（数2）の拡大系がスライディングモードを生じているときの等価制御系が安定となるように、超平面が設計される。切換関数 σ を下記の式（数3）で定義すると、状態が超平面に拘束されている場合に、 $\sigma = 0$ 且つ下記の式（数4）が成立する。

[数3]

$$\sigma = S X_e$$

[数4]

$$\begin{aligned}\dot{\sigma} &= S\dot{X}_e \\ &= S(A_e X_e + B_e U + E_e R) \\ &= 0\end{aligned}$$

[0036] 故に、スライディングモードが生じているときの等価制御入力（線形入力）は、下式（数5）となる。

[数5]

$$U_{eq} = -(SB_e)^{-1}(SA_e X_e + SE_e R)$$

[0037] 上式（数5）の等価制御入力を拡大系の状態方程式（数2）に代入すると、下式（数6）の等価制御系となる。

[数6]

$$\dot{X}_e = (A_e - B_e(SB_e)^{-1}SA_e)X_e + (E_e - B_e(SB_e)^{-1}SE_e)R$$

[0038] この等価制御系が安定になるように超平面を設計することと、目標値Rを無視した系に対して設計することとは等価であるので、下式（数7）が成立する。

[数7]

$$\dot{X}_e = (A_e - B_e(SB_e)^{-1}SA_e)X_e$$

[0039] 上式（数7）の系に対して安定度 ε を考慮し、最適制御理論を用いてフィードバックゲインを求め、それを超平面とすると、下式（数8）となる。

[数8]

$$S = B_e^T P_s$$

[0040] 行列 P_s は、下記のリカッチ方程式（数9）の正定解である。

[数9]

$$P_s A_e' + A_e'^T P_s - P_s B_e R_s^{-1} B_e^T P_s + Q_s = 0$$

$$A_e' = A_e + \varepsilon I$$

$$Q_s = \text{diag} [q_1, q_2, q_3, q_4]$$

$$R_s = \text{diag} [r_1, r_2, r_3]$$

[0041] リカッチ方程式（数9）において、 Q_s は制御目的の重み行列で、非負定な対称行列である。 q_1 、 q_2 は偏差の積分Zに対する重みであり、制御系の周波数応答の速さの違いにより決定される。 q_3 、 q_4 は出力Yに対する重みであり、ゲインの大きさの違いにより決定される。 R_s は制御入力の重み行列であり、正定対称行列である。 ε は安定余裕係数で、 $\varepsilon \geq 0$ となるように指定される。

[0042] なお、上記式（数8）、（数9）に代えて、以下に示す離散系の超平面構築式（数10）及び代数リカッチ方程式（数11）が用いられてもよい。

[数10]

$$S = (R_s + B_e^T P_s B_e) B_e^T P_s A_e$$

[数11]

$$A_e'^T P_s A_e' - P_s - A_e'^T P_s B_e (B_e^T P_s B_e + R_s)^{-1} B_e^T P_s A_e' + Q_s = 0$$

[0043] 状態量を超平面に拘束するための入力の設計には、最終スライディングモード法が用いられる。ここでは、制御入力Uを、等価制御入力（線形入力） U_{eq} と新たな入力すなわち到達則入力（非線形入力） U_{nl} との和として、下式（数12）で表す。

[数12]

$$\begin{aligned} U &= U_{eq} + U_{nl} \\ &= -(SB_e)^{-1}(SA_e X_e + SE_e R) + U_{nl} \end{aligned}$$

[0044] 切換関数 σ を安定させたいので、 σ についてのリアプノフ関数を下式（数13）のように選び、これを微分すると下記の式（数14）となる。

[数13]

$$V = \frac{1}{2} \sigma^T \sigma$$

[数14]

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \sigma^T \dot{\sigma} \\ &= \sigma^T S(A_e X_e + B_e U + E_e R) \end{aligned}$$

[0045] 式(数12)を式(数14)に代入すると、下式(数15)となる。

[数15]

$$\dot{V} = \sigma^T (S B_e) U_{nl}$$

[0046] 到達則入力 U_{nl} を下式(数16)とすると、リアプノフ関数の微分は下記の式(数17)となる。

[数16]

$$U_{nl} = -(S B_e)^{-1} k \frac{\sigma}{\|\sigma\|}$$

[数17]

$$\dot{V} = -k \frac{\sigma^T \sigma}{\|\sigma\|}$$

[0047] したがって、切換ゲイン k を正とすれば、リアプノフ関数の微分値を負とすることができ、スライディングモードの安定性が保証される。

[0048] そして、式(数16)における切換ゲイン k を下式(数18)で置き換えると、到達則入力 U_{nl} は下記の式(数19)となる。

[数18]

$$k = J \|\sigma\|$$

[数19]

$$U_{nl} = -(SB_e)^{-1} J \sigma$$

[0049] 非線形ゲイン J は、下式(数20)に示すように、ベクトル因数 J_k にスカラ因数 k を乗じたものである。

[数20]

$$J = k J_k$$

[0050] 式(数20)におけるベクトル $J_k = [j_{k1}, j_{k2}, j_{k3}]^T$ は、EGRバルブ52の開度 u_1 、ノズルベーン62の開度 u_2 、及びスロットルバルブ31の開度 u_3 の各々と、EGR率 y_1 及び過給圧 y_2 の各々との間の入出力特性に基づいて決定される。各制御入力 u_1 、 u_2 、 u_3 に対する各制御出力 y_1 、 y_2 のステップ応答を観測すれば、EGRバルブ52の開度 u_1 、ノズルベーン62の開度 u_2 、及びスロットルバルブ31の開度 u_3 が単位量(典型的には、開度値1%)変化したときのEGR率 y_1 及び過給圧 y_2 の変化量を知ることができる。

[0051] J_k は、ステップ応答における、EGRバルブ52、ノズルベーン62、及びスロットルバルブ31の制御出力 y_1 、 y_2 に対する寄与度を均等化するように定めることが好ましい。すなわち、EGRバルブ52の開度変化に対する制御出力 y_1 、 y_2 の感度は比較的低い(EGRバルブ52を操作しても制御出力 y_1 、 y_2 はあまり変化しない)ので、EGRバルブ52に係る到達則入力値 u_{n11} を算出するために乗ずるべきゲイン j_{k1} は比較的大きな値とする。逆に、ノズルベーン62の開度変化に対する制御出力 y_1 、 y_2 の感度は比較的高い(ノズルベーン62を操作することで制御出力 y_1 、 y_2 が少なからず変化する)ので、ノズルベーン62に係る到達則入力値 u_{n12} を算出するために乗ずるべきゲイン j_{k2} は比較的小きな値とする。

[0052] ベクトル J_k は、例えば $J_k = [2.18, 0.68, 1]^T$ と決定する。この例示値 J_k は、ステップ応答において、EGRバルブ52の開度 u_1 を2.18%変化させた際に生ずる制御入力 y_1 、 y_2 の変化量と、ノズルベーン6

2の開度 u_2 を 0.68% 変化させた際に生ずる制御入力 y_1 、 y_2 の変化量と、スロットルバルブ 31 の開度 u_3 を 1% 変化させたときに生ずる制御入力 y_1 、 y_2 の変化量とが、概ね等しいと考えられることを意味している。

[0053] また、式 (数 20) におけるスカラー k は適合係数であり、スライディングモードコントローラ設計時の適合を通じて適宜に決定される。

[0054] したがって、スライディングモードコントローラが算出する制御入力 U は、下式 (数 21) となる。

[数21]

$$U = -(SB_e)^{-1} (SA_e X_e + SE_e R + J\sigma)$$

[0055] もっとも、本実施形態のような 3 入力-2 出力のシステムにおいては、 $\det(SB_e) = 0$ が成立するので、行列 (SB_e) は正則とはならない。そこで、逆行列 $(SB_e)^{-1}$ は、一般化逆行列として算定される。一般化逆行列には、例えばムーア・ペンローズ型の逆行列 $(SB_e)^+$ が用いられる。

[0056] さらに、等価制御入力 $U_{e,q}$ と到達則入力 $U_{n,l}$ との和である制御入力 U (数 25) に対して、補正項 U_{map} が加味される。スライディングモードコントローラの設計においては、上述の通り、特定の運転領域、すなわち或る特定のエンジン回転数及び要求燃料噴射量の下における内燃機関システム 1 のノミナルモデル (行列 A 、 B) を同定し、上記の状態方程式 (数 2) を得て、切換超平面 S が導出される。ここで、ノミナルモデルと実プラントとの間のモデル化誤差 (摂動) は、ノミナルポイントから離れた領域 (低回転低負荷域や高回転高負荷域等) では拡大する。補正項 U_{map} は、このモデル化誤差を縮小して到達則入力 (非線形入力) $U_{n,l}$ を速やかに 0 へと収束させるための、適応則入力項 (マップ項) である。

[0057] U_{map} マップの初期値 (本発明の特徴である上述の学習が行われる前の値) は、以下のようにして作成される: まず、個々の運転領域 [エンジン回転数, 要求燃料噴射量] 毎に、その運転領域に適した (又は代表的な) 目標 EGR 率及び目標過給圧を定め、この目標を実機の内燃機関システム 1 で達成す

る、定常状態における各操作部（EGRバルブ52、ノズルベーン62、及びスロットルバルブ31）の操作量 U_{base} を計測する。これとともに、同一の目標をスライディングモードコントローラに与えて、偏差のない定常状態における線形入力 U_{eq} を演算する。実機での各操作部の操作量（開度）の実測値 U_{base} から、スライディングモードコントローラによる線形入力の算出値 U_{eq} を減算すれば、個々の運転領域〔エンジン回転数，要求燃料噴射量〕に対応したマップ項 $U_{map} = U_{base} - U_{eq}$ が得られる。

[0058] ECU7のフラッシュメモリには、予め、エンジン回転数及び要求噴射量に応じて設定すべき適応則入力項 U_{map} を示すマップデータが記憶されている。ECU7は、エンジン回転数及び要求噴射量をキーとしてマップを検索することで適応則入力項 U_{map} を知得し、この値 U_{map} を、スライディングモードコントローラが算出した制御入力 U （等価制御入力 U_{eq} 及び到達則入力 U_{nl} ）に加算する。最終的に、各操作部（EGRバルブ52、ノズルベーン62、及びスロットルバルブ31）に与えられる制御入力 U は、式（数21）に適応則入力項 U_{map} を追加した、下式（数22）となる。

[数22]

$$U = -(SB_e)^{-1} (SA_e X_e + SE_e R + J\sigma) + U_{map}$$

[0059] [動作の具体例]

図4は、図1及び図2に示されている制御ユニット7によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。以下、本実施形態における適応則入力項（適応項） U_{map} の学習処理の一つの具体例について、フローチャートを用いて説明する。なお、図4のフローチャートにおいて、「ステップ」は「S」と略記されている（後述する変形例における図5においても同様である）。

[0060] ECU7に備えられたCPU（以下、単に「CPU」と称する。）は、図4に示されている適応項学習処理ルーチン400を、所定時間経過毎に繰り返し起動する。かかるルーチン400が起動されると、まず、CPUは、ス

ステップ410にて、現在の運転状態が定常状態であるか否かを、上記の各種パラメータ、各操作部における操作量の変化量、及び状態量の目標値に対する収束度に基づいて判定する。現在の運転状態が定常状態ではない場合（ステップ410＝No）、ステップ420以降の処理がスキップされ、本ルーチンが一旦終了する。よって、以下の説明においては、現在の運転状態が定常状態である（ステップ410＝Yes）ものとする。

[0061] 次に、処理がステップ420に進行し、CPUは、到達則入力項（到達項） U_{n1} の値が安定しているか（すなわち変動幅が所定範囲内であるか）否かを判定する。到達則入力項 U_{n1} の値が安定している場合（ステップ420＝Yes）、処理がステップ430以降に進行する一方、到達則入力項 U_{n1} の値が安定していない場合（ステップ420＝No）、ステップ430以降の処理がスキップされ（すなわち適応則入力項 U_{map} の学習が今回はスキップされ）、本ルーチンが一旦終了する。

[0062] 処理がステップ430に進行すると、CPUは、到達則入力項 U_{n1} に定常偏差（図3における ΔU_{n1_ss} 参照）が生じているか否かを判定する。到達則入力項 U_{n1} に定常偏差が生じている場合（ステップ430＝Yes）、処理がステップ440及び450に進行して、運転領域に対応した適応則入力項 U_{map} の学習が行われた後、本ルーチンが一旦終了する。この学習の際、ステップ440にて、CPUは、現在の運転領域〔エンジン回転数、要求燃料噴射量〕を判定する。そして、ステップ450にて、CPUは、適応則入力項 U_{map} のマップにおける、現在の運転領域に対応した値を更新する。一方、到達則入力項 U_{n1} に定常偏差が生じていない場合（ステップ430＝No）、ステップ440及び450の処理がスキップされ（すなわち適応則入力項 U_{map} のマップにおける、現在の運転領域に対応した値の更新が今回は行われず）、本ルーチンが一旦終了する。

[0063] [変形例の例示列举]

なお、上述の実施形態は、出願人が取り敢えず本願の出願時点において最良であると考えた本発明の代表的な実施形態を単に例示したものにすぎない

。よって、本発明はもとより上述の実施形態に何ら限定されるものではない。したがって、本発明の本質的部分を変更しない範囲内において、上述の実施形態に対して種々の変形が施され得ることは、当然である。

[0064] 以下、代表的な変形例について、幾つか例示する。もっとも、言うまでもなく、変形例として、以下に列挙されたものに限定されるものではない。また、複数の変形例が、技術的に矛盾しない範囲内において、適宜、複合的に適用され得る。

[0065] 本発明（特に、本発明の課題を解決するための手段を構成する各構成要素における、作用的あるいは機能的に表現されているもの）は、上述の実施形態や、下記変形例の記載に基づいて限定解釈されてはならない。このような限定解釈は、（特に先願主義の下で出願を急ぐ）出願人の利益を不当に害する反面、模倣者を不当に利するものであって、許されない。

[0066] 本発明は、上述の実施形態にて開示された具体的な装置構成に限定されない。すなわち、本発明の適用対象は、内燃機関システムに限定されない。具体的には、例えば、本発明が車両に適用される場合、内燃機関を備えない車両（燃料電池車や電気自動車等）における制動制御等に対して、本発明は良好に適用可能である。

[0067] また、本発明が内燃機関システム（内燃機関の他にモータ等の駆動源を備えた、いわゆる「ハイブリッド車両」を含む。）に適用される場合においても、例えば、ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、メタノールエンジン、バイオエタノールエンジン、その他任意のタイプの内燃機関を備えたものに、本発明は良好に適用可能である。気筒数、気筒配列方式（直列、V型、水平対向）、燃料供給方式、着火方式、過給方式も、特に限定はない。

[0068] 本発明は、上述の実施形態にて開示された具体的な処理態様に限定されない。例えば、上述の具体例において、運転領域を規定する機関負荷として、要求燃料噴射量に代えて、アクセル操作量や吸入空気流量等が用いられてもよい。

[0069] 到達則入力項 U_{n1} の定常偏差 ΔU_{n1_ss} を適応則入力項 U_{map} に振り替える

方法としては、発生した定常偏差 ΔU_{n1_ss} を一度に適応則入力項 U_{map} に振り替える方法の他に、一次なましを用いる方法等、任意の方法が可能である。

[0070] また、現実の内燃機関システム1の制御においては、運転領域〔エンジン回転数、要求燃料噴射量〕が同一であったとしても、達成すべき目標値（目標EGR率や目標過給圧）が相異なるケースが発生し得る。このため、現実の制御における目標が、マップの作成の際に定めた目標と異なる場合、最適な適応則入力項 U_{map} も変わってくるものと考えられる。したがって、マップを参照して取得した適応則入力項 U_{map} に、さらに環境補正を加えるようにすることが、より好ましい。環境補正は、目標値の基本値を補正するパラメータ（冷却水温、吸気温、外気温、大気圧等）に応じて、適応則入力項 U_{map} を補正するものである。

[0071] 具体的には、例えば、所定の標準的な環境状態（以下、「基準状態」と称する。）に基づいて作成されたマップから読み出された適応則入力項 U_{map} に対して、上述のパラメータによる補正係数（例えば目標EGR率補正係数）を乗算した値が、補正された適応則入力項 U_{map} として用いられ得る。このとき、上述の補正係数は、そのすべてが乗算に用いられてもよいし、代表値（最大値あるいは最小値）のみが用いられてもよい。

[0072] また、これらのパラメータ毎に適応則入力項 U_{map} のマップが用意されていて、到達則入力項 U_{n1} の定常偏差 ΔU_{n1_ss} をそれぞれのマップに振り替える程度が、補正係数の比に応じて適宜調整（振り替える量が補正係数の比に応じて配分）されてもよい。この場合、具体的には、例えば、目標EGR率に対する冷却水温補正值が0.4、外気温補正值が0.8、外気圧補正值が0.9である場合、基準状態（1.0）との差分同士の比である $(1 - 0.4) : (1 - 0.8) : (1 - 0.9) = 6 : 2 : 1$ の割合で、到達則入力項 U_{n1} の定常偏差 ΔU_{n1_ss} が、ベース冷却水温用適応則入力項学習マップとベース外気温用適応則入力項学習マップとベース外気圧用適応則入力項学習マップとに振り替えられる。これにより、状態量の目標値への良好な追従性能

が得られる。

[0073] 図5は、かかる変形例に対応するフローチャートである。本変形例のルーチン500におけるステップ510~530は、上述の具体例のルーチン400におけるステップ410~440と同様である。すなわち、現在の運転状態が定常状態であり（ステップ510=Y e s）、到達則入力項 U_{n1} の値が安定しており（ステップ520=Y e s）、且つ、到達則入力項 U_{n1} に定常偏差が生じている場合（ステップ530=Y e s）、処理がステップ540以降に進行し、冷却水温（ T_w ）、外気温（ T_{air} ）、及び外気圧（ P_a ）に対応して設けられた適応則入力項マップ U_{map_Tw} 、 U_{map_Tair} 、及び U_{map_Pa} の学習が、それぞれ、運転領域〔エンジン回転数、要求燃料噴射量〕に対応して行われる。

[0074] 具体的には、まず、CPUは、ステップ540において、現在の運転領域〔エンジン回転数、要求燃料噴射量〕を判定する。次に、CPUは、ステップ545において、基準状態におけるすべての運転領域にて適応則入力項マップが学習済みであるか否かを判定する。学習未完了の場合（ステップ545=N o）、これ以降の処理はスキップされ（すなわち今回は学習がスキップされ）、本ルーチンが一旦終了する。一方、基準状態におけるすべての運転領域にて適応則入力項マップが学習済みである場合（ステップ545=Y e s）、処理がステップ547に進行する。

[0075] ステップ547においては、到達則入力項 U_{n1} の定常偏差 ΔU_{n1_ss} を適応則入力項マップ U_{map_Tw} 、 U_{map_Tair} 、及び U_{map_Pa} に振り替えるための学習値 ΔU_{map_Tw} 、 ΔU_{map_Tair} 、及び ΔU_{map_Pa} が、目標EGR率の補正係数 K_{Tw} 、 K_{Tair} 、及び K_{Pa} に応じて配分される。すなわち、例えば、目標EGR率に対する冷却水温補正係数 K_{Tw} が0.4、外気温補正係数 K_{Tair} が0.8、外気圧補正係数 K_{Pa} が0.9である場合、 $\Delta U_{map_Tw} : \Delta U_{map_Tair} : \Delta U_{map_Pa} = (1 - 0.4) : (1 - 0.8) : (1 - 0.9) = 6 : 2 : 1$ となるように、学習値 ΔU_{map_Tw} 、 ΔU_{map_Tair} 、及び ΔU_{map_Pa} が設定される。その後、ステップ547にて、適応則入力項マップ U_{map_Tw} 、 U_{map_Tair} 、及び U_{map_Pa} が更新される。

$u_{map_Ta_ir}$ 、及び U_{map_Pa} における学習値が ΔU_{map_Tw} 、 $\Delta U_{map_Ta_ir}$ 、及び ΔU_{map_Pa} によって更新され、本ルーチンが一旦終了する。

[0076] なお、上記の変形例において、ステップ545は省略可能である。また、補正值としては、EGR補正值の他に、過給圧補正值（特開2005-248910号公報等参照）も用いられ得る。

[0077] その他、特段に言及されていない変形例についても、本発明の本質的部分を変更しない範囲内において、本発明の範囲内に含まれることは当然である。

[0078] また、本発明の課題を解決するための手段を構成する各要素における、作用的あるいは機能的に表現されている要素は、上述の実施形態や変形例にて開示されている具体的構造の他、当該作用あるいは機能を実現可能ないかなる構造をも含む。さらに、本明細書にて公報番号や文献名を引用した各文献については、技術的に矛盾しない範囲内において、その記載内容（明細書及び図面を含む）が、本明細書の一部を構成するものとして適宜援用され得る。

請求の範囲

- [請求項1] 内燃機関及びこれに付帯する装置を含む内燃機関システムを、適応スライディングモード制御を用いて制御する、内燃機関システム制御装置において、
- 前記適応スライディングモード制御における到達則入力項の定常偏差を適応則入力項に振り替えるように前記適応則入力項を学習する、適応則入力項学習手段を備えたことを特徴とする、内燃機関システム制御装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の、内燃機関システム制御装置であって、
- 前記適応則入力項学習手段は、前記内燃機関システムの運転領域毎に、前記適応則入力項を学習することを特徴とする、内燃機関システム制御装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の、内燃機関システム制御装置であって、
- 前記適応則入力項学習手段は、
- 前記内燃機関システムの状態を表す複数のパラメータであって前記運転領域を構成するものとは異なるもの毎に、適応則入力項学習マップを有していて、
- 前記運転領域毎に前記適応則入力項学習マップを更新することで、前記適応則入力項を学習することを特徴とする、内燃機関システム制御装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の、内燃機関システム制御装置であって、
- 前記複数のパラメータは、それぞれ、前記内燃機関システムの制御目標に対する複数の補正值に対応したものであり、
- 前記適応則入力項学習手段は、前記複数の補正值同士の大小関係に応じて、前記定常偏差を前記適応則入力項学習マップに振り替えることを特徴とする、内燃機関システム制御装置。
- [請求項5] 制御対象システムを、適応スライディングモード制御を用いて制御する、スライディングモードコントローラにおいて、

前記適応スライディングモード制御における到達則入力項の定常偏差を適応則入力項に振り替えるように前記適応則入力項を学習する、適応則入力項学習手段を備えたことを特徴とする、スライディングモードコントローラ。

[請求項6]

請求項5に記載の、スライディングモードコントローラであって、前記適応則入力項学習手段は、前記制御対象システムの運転領域毎に、前記適応則入力項を学習することを特徴とする、スライディングモードコントローラ。

[請求項7]

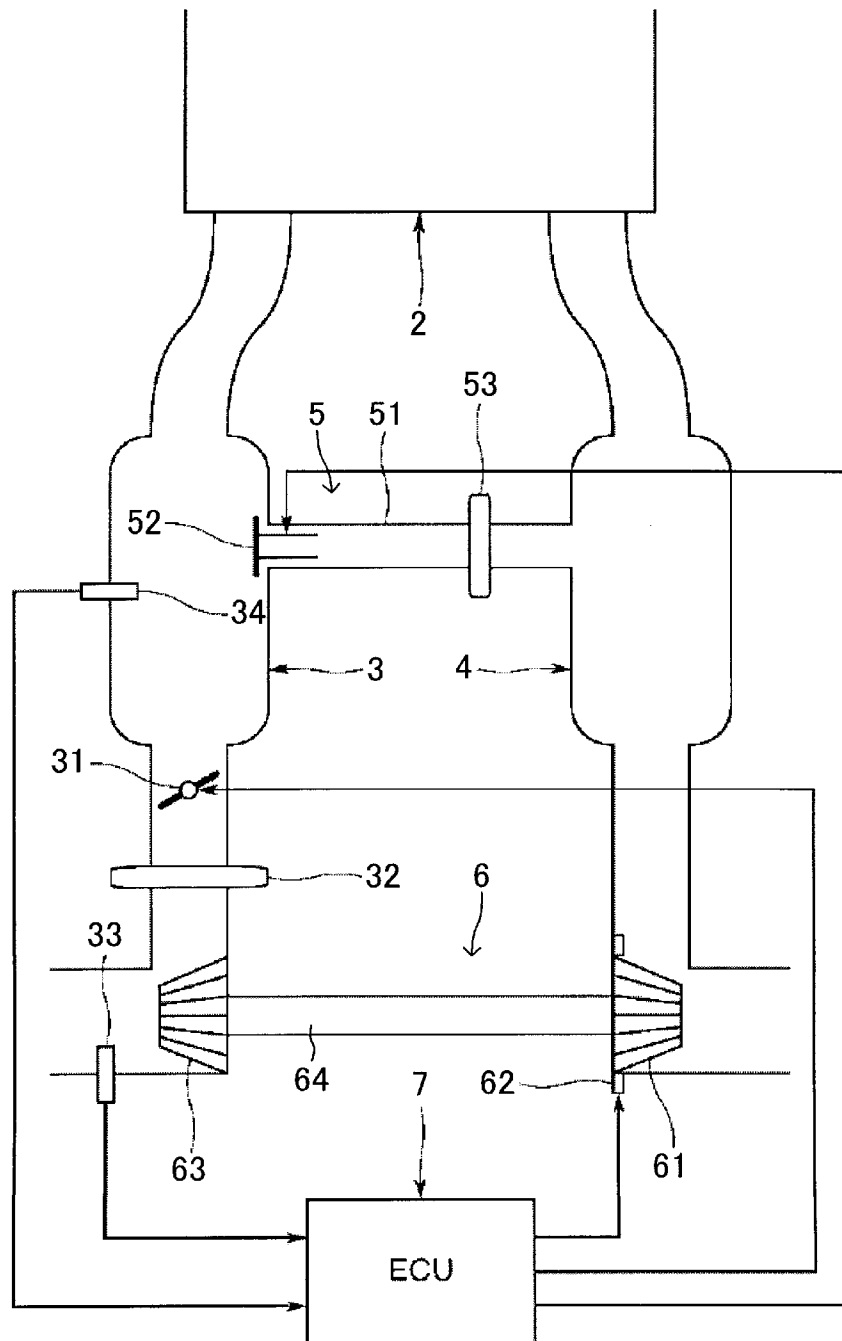
請求項6に記載の、スライディングモードコントローラであって、前記適応則入力項学習手段は、前記制御対象システムの状態を表す複数のパラメータであって前記運転領域を構成するものとは異なるもの毎に、適応則入力項学習マップを有していて、前記運転領域毎に前記適応則入力項学習マップを更新することで、前記適応則入力項を学習することを特徴とする、スライディングモードコントローラ。

[請求項8]

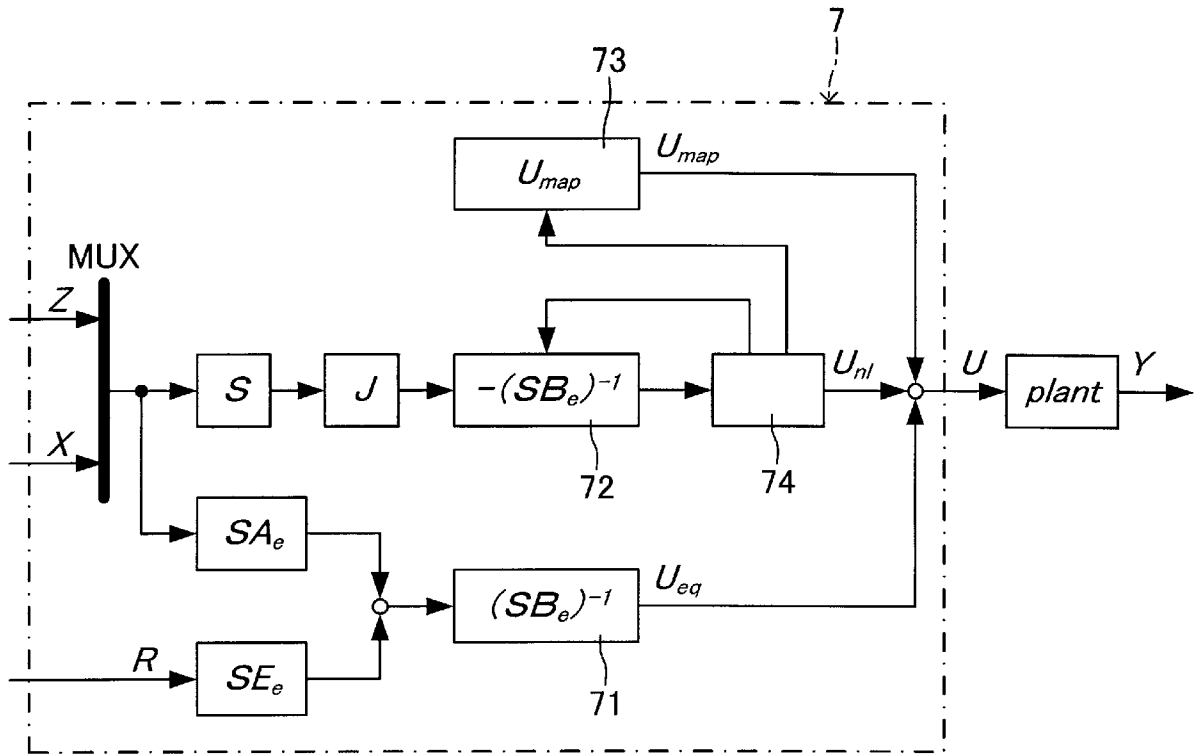
請求項7に記載の、スライディングモードコントローラであって、前記複数のパラメータは、それぞれ、前記制御対象システムの制御目標に対する複数の補正值に対応したものであり、前記適応則入力項学習手段は、前記複数の補正值同士の大小関係に応じて、前記定常偏差を前記適応則入力項学習マップに振り替えることを特徴とする、スライディングモードコントローラ。

[図1]

1

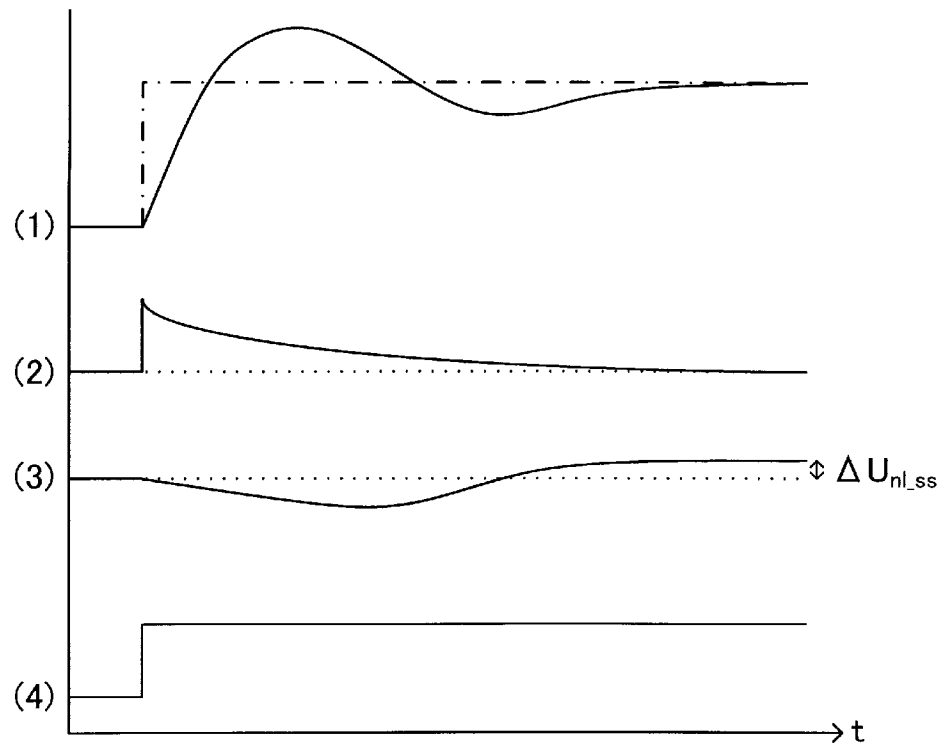


[図2]

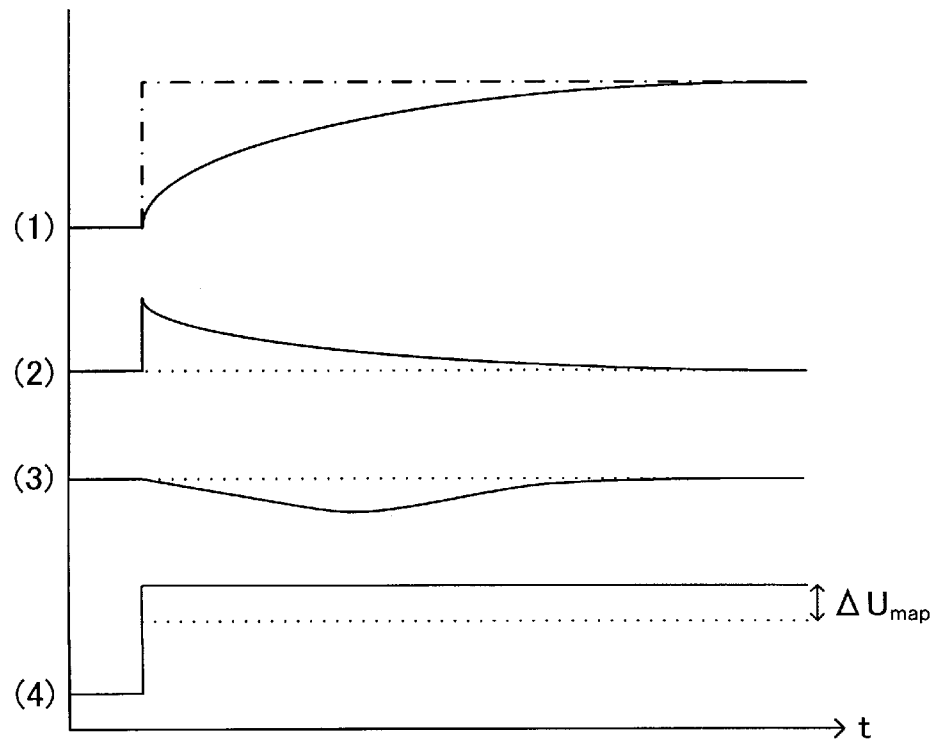


[図3]

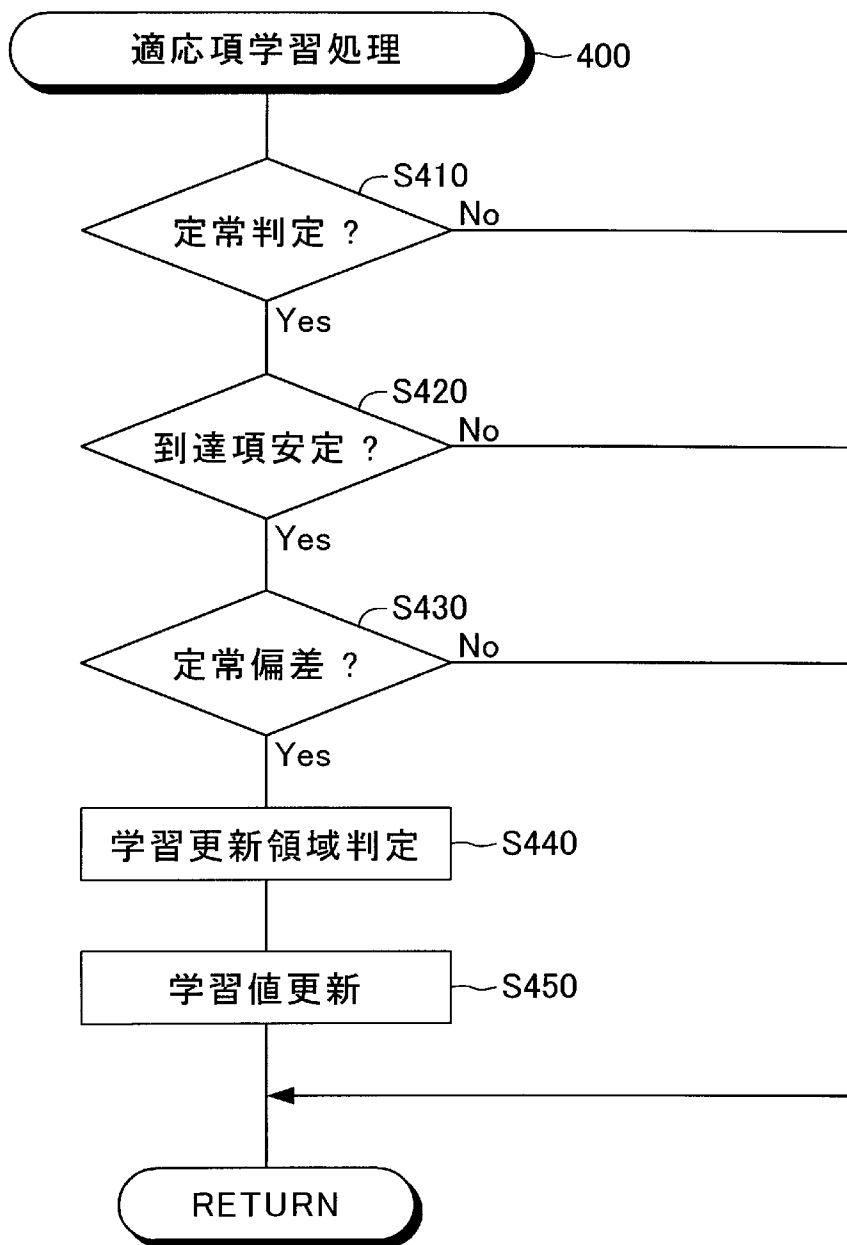
(i)



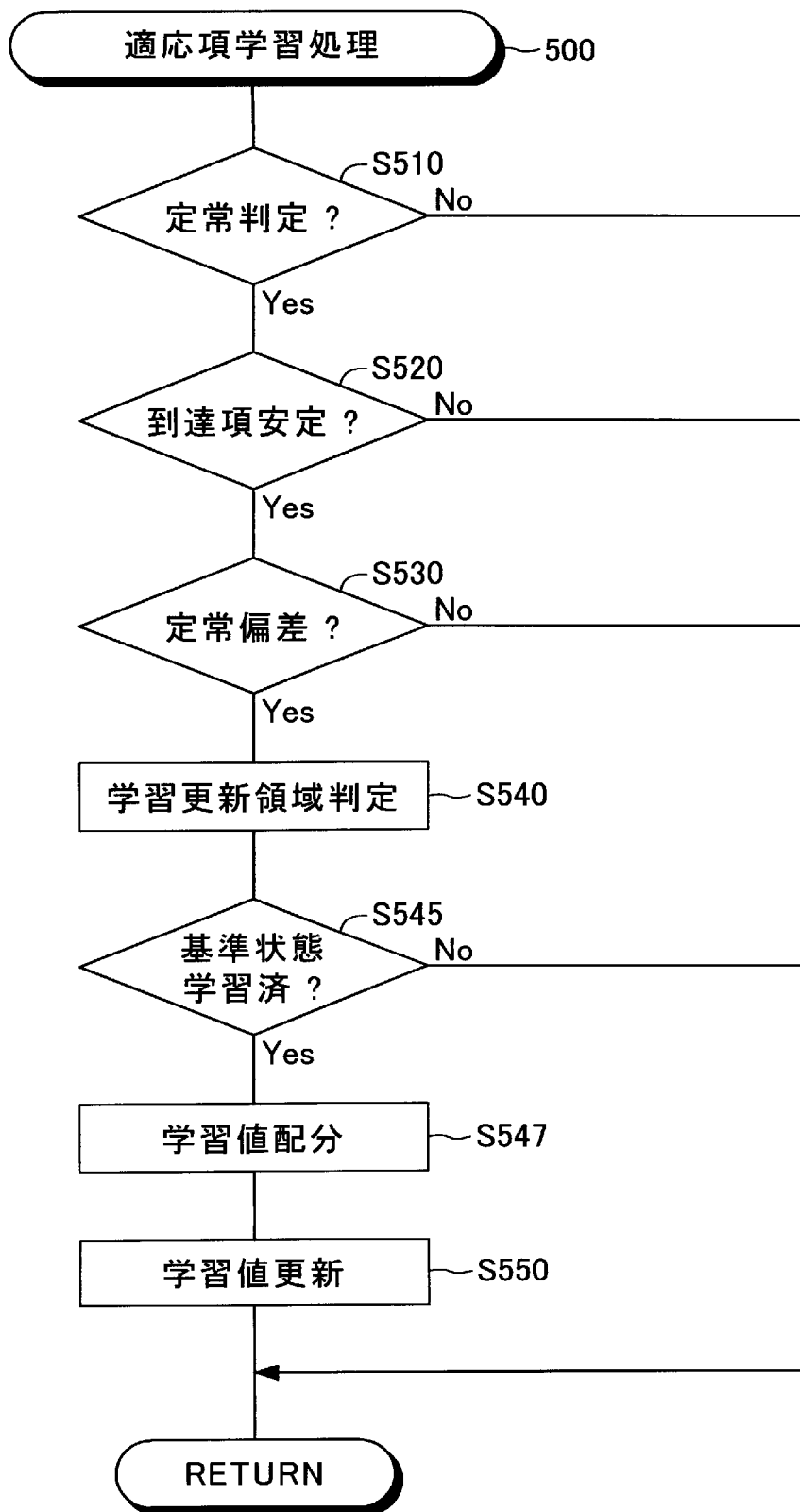
(ii)



[圖4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/068099

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D45/00(2006.01)i, F02D21/08(2006.01)i, F02D23/00(2006.01)i, G05B13/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02D45/00, F02D21/08, F02D23/00, G05B13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 2011-111966 A (Daihatsu Motor Co., Ltd.), 09 June 2011 (09.06.2011), paragraph [0085] (Family: none)	1-8
A	JP 2011-43152 A (Daihatsu Motor Co., Ltd.), 03 March 2011 (03.03.2011), paragraph [0059] (Family: none)	1-8
A	JP 2003-172178 A (Hitachi Unisia Automotive, Ltd.), 20 June 2003 (20.06.2003), paragraph [0024] (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 August, 2011 (26.08.11)

Date of mailing of the international search report
06 September, 2011 (06.09.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F02D45/00(2006.01)i, F02D21/08(2006.01)i, F02D23/00(2006.01)i, G05B13/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F02D45/00, F02D21/08, F02D23/00, G05B13/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2011年
 日本国実用新案登録公報 1996-2011年
 日本国登録実用新案公報 1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-111966 A (ダイハツ工業株式会社) 2011.06.09, 段落[0085] (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2011-43152 A (ダイハツ工業株式会社) 2011.03.03, 段落[0059] (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2003-172178 A (株式会社日立ユニシアオートモティブ) 2003.06.20, 段落[0024] (ファミリーなし)	1-8

☐ 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。

<p>* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献</p>
--	---

国際調査を完了した日 26.08.2011	国際調査報告の発送日 06.09.2011
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 堀川 泰宏 電話番号 03-3581-1101 内線 3355