

(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
2024年10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号

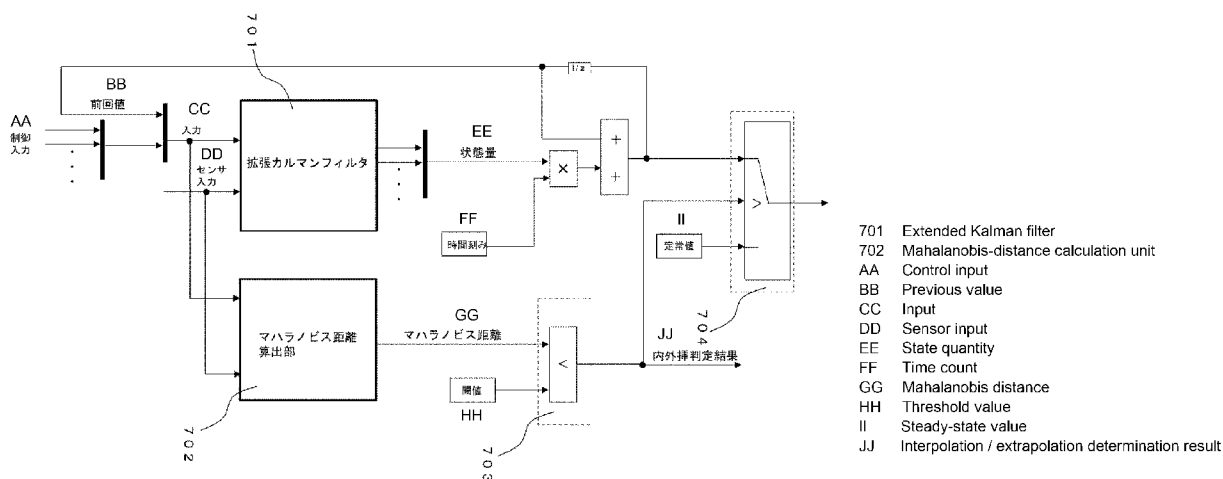
WO 2024/201709 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 45/00 (2006.01) *F02D 41/26* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012500
- (22) 国際出願日: 2023年3月28日(28.03.2023)
- (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: 日立 *A s t e m o* 株式会社(**HITACHI ASTEMO, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 小 森 章 広 (**KOMORI Akihiro**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 *A s t e m o* 株式会社内 Ibaraki (JP). 鈴木 邦彦(**SUZUKI Kunihiko**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 *A s t e m o* 株式会社内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 弁 理 士 法 人 開 知 (**KAICHI IP**); 〒1030022 東京都中央区日本橋室町四丁目 3 番 1 6 号 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, 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,

(54) Title: CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 制御装置





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：制御装置のプロセッサは、第1タイミングの車両の状態変数（前回値）と、第1タイミングの後の第2タイミングの車両の制御入力と、車両のセンサで検出される第2タイミングの観測値（センサ入力）から、第2タイミングの状態変数を計算する。プロセッサは、状態変数に関する状態方程式と、観測値に関する観測方程式から構成される状態空間モデルをニューラルネットワークモデルで近似する。プロセッサは、第2タイミングの制御入力と第2タイミングの観測値に基づく指標（マハラノビス距離）から第2タイミングの状態変数の信頼性を判定する。

明 細 書

発明の名称： 制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、制御装置に関する。

背景技術

[0002] 排気規制の強化により、高精度なパワートレイン制御が求められ、従来MAP制御で構成されていたパワートレイン制御の開発効率化に向けて、ニューラルネットワークモデルを用いた制御開発が進められている。ニューラルネットワークモデルとは、人間の脳神経回路の仕組みを模した数学モデルである。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-124419号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ニューラルネットワークモデルを用いた制御は、教師データを用いた学習が必要であり、そのニューラルネットワークモデルは学習した領域内で動作することで、演算結果の精度を保証する。しかし、学習領域外でニューラルネットワークモデルが動作した場合、精度が悪化する虞があった。上述した特許文献1には、教師データの信頼性を基にモデルの学習の可否を判定しているが、学習済みモデルの演算結果の信頼性を判定することは特許文献1に開示されていない。

[0005] 本発明の目的は、センサで検出されない車両の状態変数の計算値の信頼性を評価することができる制御装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために、本発明の制御装置は、第1タイミングの車両の状態変数と、前記第1タイミングの後の第2タイミングの前記車両の制御

入力と、前記車両のセンサで検出される前記第 2 タイミングの観測値とから、前記第 2 タイミングの前記状態変数を計算し、前記状態変数に関する状態方程式と前記観測値に関する観測方程式から構成される状態空間モデルをニューラルネットワークモデルで近似し、前記第 2 タイミングの前記制御入力と前記第 2 タイミングの前記観測値に基づく指標から前記第 2 タイミングの前記状態変数の信頼性を判定するプロセッサを備える。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、センサで検出されない車両の状態変数の計算値の信頼性を評価することができる。上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の第 1、2 の実施形態に係る内燃機関制御システムの全体概略構成図である。

[図2]本発明の第 1、2 の実施形態に係る ECU のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図3]本発明の第 1 の実施形態に係るニューラルネットワークモデルの例を示す図である。

[図4]本発明の第 1 の実施形態に係る拡張カルマンフィルタのアルゴリズムの例を示すフローチャートである。

[図5]本発明の第 1 の実施形態に係るマハラノビス距離の概要を示す図である。

[図6]本発明の第 1 の実施形態に係るマハラノビス距離の実挙動の例を示す図である。

[図7]本発明の第 1 の実施形態に係る状態量推定及びマハラノビス距離算出ブロック図である。

[図8]本発明の第 1 の実施形態に係る状態量推定及びマハラノビス距離算出を示すフローチャートである。

[図9A]本発明の第 2 の実施形態に係る後処理システムの構成例を示す概略図

である。

[図9B]本発明の第2の実施形態に係る排ガスの当量比と空燃比センサの出力との関係を説明する図である。

[図9C]本発明の第2の実施形態に係る排ガスの当量比とリア酸素センサの出力との関係を説明する図である。

[図10A]本発明の第2の実施形態に係る H_2O （水）、 CO （一酸化炭素）、 CO_2 （二酸化炭素）、 H_2 （水素）、 O_2 （酸素）の当量比に対する傾向を説明する図である。

[図10B]本発明の第2の実施形態に係る HC （炭化水素）、 NO_x （窒素酸化物）の当量比に対する傾向を説明する図である。

[図11]本発明の第2の実施形態に係る後処理システムで使用される三元触媒（セリア系）の主な反応過程を説明する図である。

[図12]本発明の第2の実施形態に係る触媒活性化温度以上における排ガス当量比に対する三元触媒の浄化率の傾向を説明する図である。

[図13]本発明の第2の実施形態に係る触媒上流当量比、触媒下流当量比、リア酸素センサ22の出力挙動を説明する図である。

[図14]本発明の第2の実施形態に係るリア酸素センサの出力特性のヒステリシスを説明する図である。

[図15]本発明の第2の実施形態に係るリア酸素センサの出力と触媒下流の NO_x 濃度及び HC 濃度の時間的变化を説明する図である。

[図16]本発明の第2の実施形態に係る触媒劣化度合いと三元触媒の酸素貯蔵能力との関係を説明する図である。

[図17]本発明の第2の実施形態に係る三元触媒の酸素貯蔵割合と、三元触媒の NO_x 浄化率との関係を説明する図である。

[図18]本発明の第2の実施形態に係る新品触媒と劣化触媒を用いた場合における、触媒上流当量比、触媒下流当量比、酸素貯蔵割合、リア酸素センサの出力挙動の比較結果を説明する図である。

[図19]本発明の第2の実施形態に係る触媒温度推定及びマハラノビス距離算

出ブロック図である。

[図20]本発明の第2の実施形態に係る触媒温度推定及びマハラノビス距離算出を示すフローチャートである。

[図21]本発明の第2の実施形態に係るニューラルネットワークモデルの例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明を実施するための形態について、添付図面を参照して説明する。本明細書及び図面において、実質的に同一の機能又は構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。

[0010] [第1の実施形態]

図1は、内燃機関制御システム100の全体概略構成図である。

[0011] 内燃機関制御システム100は、内燃機関1と、内燃機関1に添設されるECU (Electronic Control Unit) 28を備えている。ECU 28は、内燃機関1を構成する各種のセンサやアクチュエータ等へ電氣的に接続されており、内燃機関1を制御する内燃機関制御装置の一例である。

[0012] 内燃機関1は、流量センサ2 (エアフローセンサ)、ターボ過給機3、エアバイパス弁4、インタークーラ5、過給温度センサ6、スロットル弁7、吸気マニホールド8、過給圧センサ9、流動強化弁10、吸気バルブ11、バルブ開閉位相センサ12、排気バルブ13、バルブ開閉位相センサ14、燃料噴射弁15、点火プラグ16、ノックセンサ17、クランク角度センサ18、ウェイストゲート弁19、触媒上流空燃比センサ20、排気浄化触媒 (三元触媒) 21、リア酸素センサ (触媒下流酸素センサ) 22、EGR (Exhausted Gas Recirculation) 管23、EGRクーラ24、EGR弁25、排ガス温度センサ26、差圧センサ27及び触媒下流NO_xセンサ29を備えている。なお、リア酸素センサ22は、触媒下流 (リア) 空燃比センサ (不図示) へ置換可能である。

[0013] 内燃機関1の吸気流路に設けられた流量センサ2には、不図示の吸気温度センサが組付けられている。吸気温度センサは、吸気温度を計測する。

- [0014] ターボ過給機 3 は、吸気流路を臨むコンプレッサ翼を備えているコンプレッサ 3 a と、該コンプレッサ 3 a と一体的に回転するように連結されて排気流路を臨むタービン翼を備えているタービン 3 b とによって構成される。コンプレッサ 3 a とタービン 3 b は、ターボ過給機 3 内部において回転自在に軸支されている。そして、タービン 3 b は、内燃機関 1 からの排出ガスの有するエネルギーを回転エネルギーに変換する。タービン 3 b と連結されているコンプレッサ 3 a は、タービン 3 b の回転エネルギーによって、吸気流路から流入した吸入空気を圧縮する。
- [0015] 内燃機関 1 の吸気流路において、インタークーラ 5 は、ターボ過給機 3 のコンプレッサ 3 a の下流に設けられ、コンプレッサ 3 a により断熱圧縮されて上昇した吸入空気の吸気温度を冷却する。過給温度センサ 6 は、インタークーラ 5 の下流に組み付けられ、インタークーラ 5 によって冷却された吸入空気の温度（過給温度）を計測する。
- [0016] スロットル弁 7 は、インタークーラ 5 の下流に設けられ、吸気流路を絞り、内燃機関 1 のシリンダに流入する吸入空気量を制御する。スロットル弁 7 は、ECU 28 による弁開度の制御が可能な電子制御式バタフライ弁により構成される。スロットル弁 7 の下流には、過給圧センサ 9 が組み付けられた吸気マニホールド 8 が連通している。
- [0017] なお、スロットル弁 7 の下流に設けられた吸気マニホールド 8 とインタークーラ 5 とを一体化させる構成としてもよい。この場合、コンプレッサ 3 a の下流からシリンダに至るまでの容積を小さくできるので、加減速の応答性向上や制御性向上が可能になる。
- [0018] エアバイパス弁 4 は、コンプレッサ 3 a の下流からスロットル弁 7 の上流部までの圧力が過剰に上昇することを防ぐために、吸気流路においてコンプレッサ 3 a の上流と下流とを結ぶ吸気バイパス流路上に配置される。例えば、過給状態でスロットル弁 7 が急激に閉止された場合には、ECU 28 の制御に従ってエアバイパス弁 4 が開かれることにより、コンプレッサ 3 a の下流部の圧縮された吸入空気がバイパス流路を通してコンプレッサ 3 a の上流

部に逆流される。その結果、過給圧を直ちに低下させることで、サージングとよばれる現象を防止でき、コンプレッサ 3 a の破損を適切に防止する。

[0019] 流動強化弁 10 は、吸気マニホールド 8 の下流に配置され、シリンダに吸入される吸入空気に偏流を生じさせることによって、シリンダ内部の流れの乱れを強化させる。後述する排ガス再循環燃焼を実施する際に、ECU 28 により流動強化弁 10 を閉じることで乱流燃焼を促進させ、燃焼室内で発生する燃焼を安定化させることができる。

[0020] 吸気バルブ 11 及び排気バルブ 13 は、バルブ開閉の位相を連続的に可変とするための可変動弁機構をそれぞれ有している。吸気バルブ 11 及び排気バルブ 13 の可変動弁機構には、バルブの開閉位相を検知するためのバルブ開閉位相センサ 12、14 がそれぞれ組み付けられている。内燃機関 1 のシリンダには、シリンダの燃焼室内に、不図示の燃料ポンプによって加圧された燃料を噴射する直接噴射方式の燃料噴射弁 15 が備えられている。なお、燃料噴射弁 15 は、吸气流路内に燃料を噴射するポート噴射方式であってもよい。あるいは、燃料噴射弁 15 は、シリンダ毎に複数個の直接噴射方式やポート噴射方式の燃料噴射弁 15 を併用するようにしてもよい。

[0021] 内燃機関 1 のシリンダには、シリンダ内に電極部を露出させ、スパークによって可燃混合気を点火する点火プラグ 16 が組み付けられている。ノックセンサ 17 は、シリンダブロックに設けられ、燃焼室内で発生する燃焼圧力振動を起因として生じるシリンダブロック振動を検出することで、ノックの有無を検出する。クランク角度センサ 18 は、クランク軸の近傍に組み付けられ、クランク軸の回転角度に応じた信号を ECU 28 へ出力する。

[0022] 内燃機関 1 の排気管内において、上流空燃比センサ（触媒上流空燃比センサ 20）は、ターボ過給機 3 のタービン 3 b の下流であって、排気管内に設けられ、酸素貯蔵能を有する三元触媒（排気浄化触媒 21）の上流に配置されている。そして、上流空燃比センサ（触媒上流空燃比センサ 20）は、排ガスから検出した排ガス組成、すなわち排ガスの触媒上流空燃比を検出し、触媒上流空燃比を示す信号を ECU 28 へ出力する。排気浄化触媒 21 は、

三元触媒の一例であり、触媒上流空燃比センサ 20 の下流に備えられている。排気浄化触媒 21 は、排ガス中の一酸化炭素、窒素化合物及び未燃炭化水素等の有害排出ガス成分を触媒反応によって浄化する。上述したように排気浄化触媒 21 の下流には、リア酸素センサ 22 が配置されている。リア酸素センサ 22 は、排気浄化触媒 21 による浄化後の排ガスに含まれる酸素の多少を検出する。以下、排気浄化触媒 21 を三元触媒、又は触媒とも呼ぶ。

[0023] ターボ過給機 3 には、エアバイパス弁 4 及びウェイストゲート弁 19 が備えられている。エアバイパス弁 4 は、コンプレッサ 3a の下流からスロットル弁 7 の上流部までの圧力が過剰に上昇することを防ぐために、コンプレッサ 3a の上流と下流とを結ぶバイパス流路上に配置される。過給状態でスロットル弁 7 が急激に閉止された場合には、ECU 28 の制御に従ってエアバイパス弁 4 が開かれることにより、コンプレッサ 3a の下流部の圧縮された吸入空気がバイパス流路を通過してコンプレッサ 3a の上流部に逆流される。その結果、過給圧を直ちに低下させることで、サージングとよばれる現象を防止でき、コンプレッサ 3a の破損を適切に防止する。

[0024] ウェイストゲート弁 19 は、排気流路においてタービン 3b の上流と下流とを結ぶ排気バイパス流路上に配置される。ウェイストゲート弁 19 は、ECU 28 の制御によって、過給圧に対して自由に弁開度が制御可能な電動式の弁である。過給圧センサ 9 により検知された過給圧に基づいて ECU 28 によってウェイストゲート弁 19 の開度が調整されると、排ガスの一部がバイパス流路を通過することにより、排ガスがタービン 3b に与えるエネルギーを減じることができる。その結果、ウェイストゲート弁 19 は、過給圧を目標圧に調整することができる。

[0025] EGR 管 23 は、排気浄化触媒 21 の下流部の排気流路と、コンプレッサ 3a の上流部の吸气流路とを連通し、排気浄化触媒 21 の下流から排ガスを分流して、コンプレッサ 3a の上流部へ還流する。EGR 管 23 に備えられた EGR クーラ 24 は、分流した排ガスを冷却する。EGR 弁 25 は、EGR 管 23 において EGR クーラ 24 とコンプレッサ 3a の上流部との間に備

えられ、コンプレッサ 3 a の上流部へ還流する排ガスの流量を制御する。また、EGR 管 23 には、EGR 弁 25 の上流部の排ガスの排ガス温度を検出する排ガス温度センサ 26 と、EGR 弁 25 の上流と下流との差圧を検出する差圧センサ 27 とが設けられている。

[0026] ECU 28 は、後述する図 2 に示す CPU (Central Processing Unit) 205、ROM (Read Only Memory) 204、RAM (Random Access Memory) 203 の他、不図示の A/D (Analog-to-Digital) 変換器、ドライバ回路等を有し、内燃機関 1 の各構成要素を制御したり、各種のデータ処理を実行したりする制御装置である。ECU 28 は、例えば、スロットル弁 7、燃料噴射弁 15、吸気バルブ 11 及び排気バルブ 13 の可変動弁機構、EGR 弁 25 等のアクチュエータの動作を制御する。また、ECU 28 は、各種センサから入力された信号に基づいて、内燃機関 1 の運転状態を検知して、運転状態に応じて決定したタイミングで点火プラグ 16 に点火させる。

[0027] [ECU のハードウェア構成例]

図 2 は、ECU 28 のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[0028] ECU 28 は入力回路 201、入出力ポート 202、RAM 203、ROM 204、CPU 205、スロットル弁駆動回路 206、燃焼噴射弁駆動回路 207、及び点火出力回路 208 を備える。

[0029] 入力回路 201 には、各種センサからの出力信号が入力される。図 2 では、スロットル弁 7 のスロットルセンサ、流量センサ 2、過給温度センサ 6、過給圧センサ 9、バルブ開閉位相センサ 12、14、ノックセンサ 17、クランク角度センサ 18、触媒上流空燃比センサ 20 及びリア酸素センサ 22 等の出力信号が、ECU 28 の入力回路 201 に入力される例が示される。入力回路 201 に入力された信号は入出力ポート 202 に送信される。

[0030] 入出力ポート 202 に送信された信号は RAM 203 に記憶され、CPU 205 で演算処理される。演算処理の内容を記述した制御プログラムは、ROM 204 に予め書き込まれており、CPU 205 により実行される。ROM 204 は、CPU 205 が動作するために必要なプログラムやデータ等を

記録しており、ECU 28によって実行されるプログラムを格納したコンピュータ読取可能な非一過性の記憶媒体の一例として用いられる。

[0031] CPU 205が制御プログラムに従い演算した制御信号は、スロットル弁駆動回路206、燃焼噴射弁駆動回路207、点火出力回路208などの各装置へ出力される。

[0032] スロットル弁駆動回路206は、スロットル弁7の開閉駆動を制御するための駆動信号をスロットル弁7に出力する。

[0033] 燃焼噴射弁駆動回路207は、燃料噴射タイミングでの燃料噴射弁15の開閉駆動を制御するための駆動信号を燃料噴射弁15に出力する。

[0034] 点火出力回路208は、点火タイミングでの点火プラグ16の点火を制御するための駆動信号を点火出力回路208に出力する。

[0035] <ニューラルネットワークモデル>

図3にニューラルネットワークの概要を示す。ニューラルネットワークモデルとは、人間の脳神経回路の仕組みを模した数学モデルであり、モデルを構成する各ニューロンには、重みとバイアスが設定されている。

[0036] また、ニューロンには活性化関数と呼ばれる関数が定義されている。活性化関数には、ロジスティック関数やランプ関数などが適宜設定される。複数のニューロンで一つの層が形成され、入力層と出力層との間には、中間層が設定される。ニューロン数や中間層の層数を増加することで、より複雑な入出力関係を近似することができる。近似精度とモデル規模との間にはトレードオフの関係があり、双方の要求を満足する両立点を選定される。例えば、排ガスセンサ信号の周波数を入力層に、触媒劣化診断を出力層に、それぞれ設定し、各ニューロンの重みとバイアスを機械学習（教師有り）することによって、入出力関係を近似することができる。機械学習のアルゴリズムには、誤差逆伝播法を適用できる。

[0037] <拡張カルマンフィルタ>

図4は、拡張カルマンフィルタアルゴリズムの例を示すフローチャートである。本発明の構成要素の一つである拡張カルマンフィルタについて、アル

ゴリズムおよび本制御への適用方法を述べる。拡張カルマンフィルタについて、アルゴリズムおよび本制御への適用方法を述べる。拡張カルマンフィルタでは、式(1)、(2)で定義したシステムノイズ Q および観測ノイズ R を含む状態・出力方程式を前提に考える。

[0038] [数1]

$$\left. \begin{aligned} x(k+1) &= f(x(k), u(k)) + Q \\ y(k) &= h(x(k), u(k)) + R \end{aligned} \right\} \quad \dots (1)$$

[0039] 上の非線形式を次の様に区分線形近似する。

[0040] [数2]

$$\left. \begin{aligned} x(k+1) &\cong f(\hat{x}(k), u(k)) + F_k(k)(x(k) - \hat{x}(k)) + Q \\ y(k) &\cong h(\hat{x}(k), u(k)) + H_k(k)(x(k) - \hat{x}(k)) + R \end{aligned} \right\} \quad \dots (2)$$

[0041] ここで、 $F_k(k)$ および $H_k(k)$ は、それぞれ f および h の状態変数に関するヤコビ行列である。

[0042] [数3]

$$F_k(k) = \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}}, \quad H_k(k) = \left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}} \quad \dots (3)$$

[0043] 拡張カルマンフィルタアルゴリズムは、予測ステップとフィルタリングステップで構成される。予測ステップでは、入力変数とシステムノイズにもとづき、内部状態変数ベクトルおよび共分散行列を次式で更新する。

[0044] [数4]

$$\left. \begin{aligned} \hat{x}(k|k-1) &= f(\hat{x}(k-1|k-1), u(k)) \\ P(k|k-1) &= F_k(k)P(k-1|k-1)F_k^T(k) + Q \end{aligned} \right\} \quad \dots (4)$$

[0045] 次に、フィルタリングステップにおいて、更新後の共分散行列と観測ノイズで規定されるカルマンゲインを計算する。

[0046] [数5]

$$K(k) = \frac{P(k|k-1)H_k^T(k)}{R + H_k(k)P(k|k-1)H_k^T(k)} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (5)$$

[0047] カルマンゲインと観測データを用いて、内部状態変数ベクトルおよび共分散行列を次式で更新する。

[0048] [数6]

$$\left. \begin{aligned} x(k|k) &= x(k|k-1) + K(k) \left(y(k) - h(\hat{x}(k|k-1), u(k)) \right) \\ P(k|k) &= [I - K(k)H_k(k)]P(k|k-1) \end{aligned} \right\} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (6)$$

[0049] 時間ステップを更新し、式(6)に戻る。以上を繰り返すことで、実測値に基づき、直接測定困難な内部状態変数を推定することができる。

[0050] <マハラノビス距離>

図5にマハラノビス距離の概要図を示す。マハラノビス距離は多次元の分散の組み合わせにより、中心点からの距離が同様であっても、正常値または異常値の判定をし易いという特徴がある。マハラノビス距離は次式で算出する。 x は式(7)のように入力データベクトルを示す。また μ は式(8)のように平均値ベクトルを示す。

[0051] [数7]

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \quad \cdot \cdot \cdot \quad (7)$$

[0052] [数8]

$$\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)^T \quad \cdot \cdot \cdot \quad (8)$$

[0053] 式(9)は分散共分散行列を示す。 E は期待値である。式(10)でマハラノビス距離 D_M を求める。

[0054]

[数9]

$$\Sigma = \begin{bmatrix} E[(x_1 - \mu_1)(x_1 - \mu_1)] & \cdots & E[(x_1 - \mu_1)(x_n - \mu_n)] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E[(x_n - \mu_n)(x_1 - \mu_1)] & \cdots & E[(x_n - \mu_n)(x_n - \mu_n)] \end{bmatrix} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (9)$$

[0055] [数10]

$$D_M(x) = \sqrt{(x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (10)$$

[0056] 図6にマハラノビス距離の実挙動の例を示す。区間(a)及び(c)では制御入力uが内挿領域に存在し、区間(b)の時は外挿領域に存在する。また、区間(c)では、拡張カルマンフィルタに使用しているセンサが異常であり、異常なセンサ値が入力される区間である。次に、区間毎にマハラノビス距離の挙動を説明する。区間(a)では、制御入力uは内挿領域、センサは正常に動作しているため、マハラノビス距離は小さく、良好な推定精度となっている。区間(b)では、制御入力uは外挿領域にあるため、マハラノビス距離が増加し、推定精度が区間(a)よりも悪化している。区間(c)では、制御入力uは内挿領域にあるが、拡張カルマンフィルタに使用しているセンサが異常値を出力しているため、マハラノビス距離が増加し推定精度が区間(a)よりも悪化している。このように、制御入力またはセンサが異常動作している時には、マハラノビス距離が増加することで、状態観測器の推定値の信頼性を判断できる。

[0057] 次に図7を用いて本実施例の構成について説明する。まず拡張カルマンフィルタ701にECUから入力された任意の入力値が入力される。入力値には、制御値やセンサ値が含まれる。入力値を用いて、状態量を推定する。ここで状態量は微分値となっているため、規定された時間刻み値と前回値状態量を用いて、積分計算をし、現在の状態量を求める。また、同時にマハラノビス距離算出部702においても拡張カルマンフィルタ701と同種の入力値が入力される。入力値を用いて、現在入力におけるマハラノビス距離を算出する。比較部703において、規定した閾値と算出したマハラノビス距離の比較を行う。閾値より現在のマハラノビス距離が大きい場合は、0を出力し

、学習範囲外またはセンサ故障とみなす。閾値より現在のマハラノビス距離が小さい場合は、1 を出力し、学習範囲内またはセンサ正常と判断する。そして、内外挿結果を記録する。切り替え部 704 において、0 が入力された場合は、拡張カルマンフィルタ 701 が学習範囲外で動作しているまたはセンサ故障中であり正常な推定演算ができていないとみなし、規定の定常値を出力する。1 が入力された場合は、拡張カルマンフィルタ 701 が学習範囲内で動作している、またはセンサ正常動作中であり正常な推定演算ができていないとみなし、推定した状態量を出力する

次に図 8 を用いて本実施例のフローチャートについて説明する。ステップ 801 にて、ECU から制御入力及びセンサ入力値を受信する。ステップ 802 にて、ECU から制御入力及びセンサ入力値を用いてマハラノビス距離を求める。ステップ 803 にて、ステップ 802 にて規定した閾値と算出したマハラノビス距離の比較を行う。閾値よりも小さい場合は、ステップ 804 に進み、閾値よりも大きい場合は、ステップ 805 に進む。ステップ 804 に進んだ場合、拡張カルマンフィルタが学習範囲内で動作しているまたはセンサ正常動作中であるため、ECU から制御入力及びセンサ入力値を用いて拡張カルマンフィルタにより状態量（微分値）を推定し、規定された時間刻み値と前回値状態量を用いて積分計算を実施し、現在の状態量を求める。

[0058] ステップ 805 に進んだ場合は拡張カルマンフィルタが学習範囲外で動作している、またはセンサ故障中であるため、診断結果を記録し、センサ故障や再学習データとして用いる。ステップ 806 で物理式により演算した推定値や動作点で規定した MAP の出力値等の代替値を出力する。

[0059] [第 2 の実施形態]

第 2 の実施例では、触媒の温度推定を例題に説明する。

[0060] <後処理システムの構成例>

次に、内燃機関の排ガスを浄化する後処理システム 110 の構成例について、図 9A ～図 9C を参照して説明する。

[0061] 図 9A は、後処理システム 110 の構成例を示す概略図である。

[0062] 上述したように後処理システム 110 では、排ガス浄化触媒（排気浄化触媒 21）として三元触媒が用いられる。三元触媒の上流部に触媒上流空燃比センサ 20 が設けられ、下流部にリア酸素センサ 22 が設けられ、触媒上流空燃比センサ 20 及びリア酸素センサ 22 は、ECU 28 等の制御装置に接続される。ECU 28 は、触媒上流空燃比センサ 20 を介して三元触媒に流入する排ガスの触媒上流空燃比を計測し、且つ、リア酸素センサ 22 を介して触媒浄化後の排ガスに含まれる酸素の多少を検知することができる。

[0063] 図 9 B は、排ガスの当量比（＝理論空燃比／空燃比）と触媒上流空燃比センサ 20 の出力との関係を説明する図である。図 9 B の横軸は当量比、縦軸は触媒上流空燃比センサ 20 の出力をとる。

[0064] 図 9 B に示すように、当量比が増加するほど（言い換えれば、排ガスがリッチ化するほど）、触媒上流空燃比センサ 20 の出力（空燃比センサ出力）が減少する傾向を示す。ECU 28 は、この排ガスの当量比と触媒上流空燃比センサ 20 の出力との関係に基づいて、触媒上流空燃比センサ信号を触媒上流空燃比に換算する。これにより、ECU 28 は、排ガスのリーン状態からリッチ状態まで広範囲に精度良く触媒上流空燃比を検出することが可能である。

[0065] 図 9 C は、排ガスの当量比とリア酸素センサ 22 の出力との関係を説明する図である。図 9 C の横軸は当量比、縦軸はリア酸素センサ出力をとる。

[0066] リア酸素センサ出力は、リア酸素センサ電圧とも読み替えられ、排ガスに含まれる酸素濃度と空気中の酸素濃度との濃度差に伴う起電力により変化する。リア酸素センサ出力は、リーン条件では概ね最小起電力を示し、リッチ条件では最大起電力を示す。そのため触媒制御では、リア酸素センサ出力が理論空燃比（当量比 1.0）にて急変する特性を有する。ECU 28 は、このリア酸素センサ出力の変化タイミングを捉えることで、三元触媒下流に放出される排ガスの酸素の多少を検出することができる。

[0067] <排ガスの化学種濃度>

図 10 A と図 10 B は、排ガスの化学種濃度の当量比に対する傾向を説明

する図である。

[0068] 図10Aは、 H_2O （水）、 CO （一酸化炭素）、 CO_2 （二酸化炭素）、 H_2 （水素）、 O_2 （酸素）の当量比に対する傾向を説明する図である。

[0069] 図10Bは、 HC （炭化水素）、 NO_x （窒素酸化物）の当量比に対する傾向を説明する図である。図10Aと図10Bの横軸は当量比、縦軸は排ガスの化学種の濃度をとる。

[0070] 図10Aに示すように、炭化水素系燃料の燃焼ガス組成は、理論空燃比を境にしてリッチ側では CO （一酸化炭素）及び H_2 （水素）が増加し、リーン側では O_2 （酸素）が増加する傾向を示す。一方、図10Bに示すように、 NO_x （窒素酸化物）は、理論空燃比の若干リーン側で極大値を示し、そのリーン側及びリッチ側で減少する傾向を示す。 HC （未燃炭化水素）は、燃焼に至らないで排出される未燃燃料成分であり、理論空燃比に極小値を示し、理論空燃比を境にして過剰にリーン化又はリッチ化すると、燃料が完全燃焼に至らずに排出される HC 量が増加する傾向がある。

[0071] 図10Aと図10Bに示すように、燃料と空気（酸素）が過不足なく供給される理論空燃比条件においても、高温な燃焼ガス中では、 H_2O （水）や CO_2 （二酸化炭素）に至らずに CO （一酸化炭素）や NO_x （窒素酸化物）が一定量排出される。このために、後処理システム110によって排ガスを適切に浄化処理する必要がある。

[0072] <三元触媒の反応過程>

図11は、後処理システム110で使用される三元触媒（セリア系）の主な反応過程を説明する図である。図11に示す反応過程では、係数の記載を省略する。

[0073] 三元触媒反応過程は主に、酸化反応、 NO_x 還元反応、酸素貯蔵・放出反応からなる。酸化反応では、リッチ条件又は高温条件で生成する CO 、 H_2 、 HC が酸素と反応し、無害な CO_2 と H_2O が生成される。未燃炭化水素（ HC ）にはメタン、プロパン、エチレン、ブタンなどの成分が含まれ、それぞれ異なる速度で反応が進行する。

[0074] NO_x 還元反応は、主に CO と NO との反応で表され、 CO_2 と N_2 が生成される。

[0075] 酸素貯蔵・放出反応では、触媒材料である Ce （セリウム）を介して、酸素（ O_2 ）の貯蔵・放出と HC 、 CO 及び NO の各酸化・還元反応が進行する。すなわち、二酸化セリウム（ CeO_2 ）と CO 及び HC との反応によって、 CO_2 と H_2O が生成されるとともに、三酸化二セリウム（ Ce_2O_3 ）と NO との反応によって、 N_2 が生成される。このとき、同時に生成される CeO_2 と Ce_2O_3 とのバランスによって、三元触媒の酸素貯蔵割合 Ψ が規定される。すなわち、触媒中の Ce_2O_3 が全て CeO_2 となると、 NO との反応ができず、 NO が浄化できない。

[0076] このように、三元触媒の浄化率を適切に保持するためには、 CeO_2 と Ce_2O_3 とのバランス、すなわち酸素貯蔵割合 Ψ を所定値に保持する必要がある。上述した全ての反応過程は、触媒温度に強く依存するため、 $\text{ECU}28$ は、内燃機関1の始動後、早期に活性化温度以上となるように、触媒温度管理を適切に実施する必要がある。

[0077] なお、本実施形態で示すシステムでは、セリア系の三元触媒を用いる構成としているが、本発明はこれに限定されるものではない。類似の効果を示す他の材料を用いた触媒でも、制御モデルの定数を調整することによって、発明の構成を変えることなく、同様の効果を奏することができる。また、触媒反応には、図11に示した反応機構以外にも、水性ガスシフト反応などが用いられる場合がある。これらの反応機構についても、 $\text{ECU}28$ は、制御モデル定数を調整して対応することができる。

[0078] 図12は、触媒活性化温度以上における排ガス当量比に対する三元触媒の浄化率の傾向を説明する図である。図12の横軸に当量比、縦軸に触媒浄化率をとる。そして、図12より、当量比がリーンからリッチに変化した場合における NO_x 、 HC 、 CO の触媒浄化率が示される。また、触媒浄化率は、100%に近いほど、排ガス中の成分が浄化され、排ガス中の成分が排出されないことを表している。

[0079] このグラフでは、三元触媒の浄化率特性は理論空燃比（図中の「制御目標」）を境にして変化することが示される。リーン条件下では、COとHCの浄化率は概ね90%以上に保持される一方で、当量比が減少するに従い、NO_x浄化率が減少する。リッチ側では、当量比が増加するにしたがってHC及びCOの浄化率が減少する傾向を示す。理論空燃比の近傍では、NO_x、HC、COのいずれの浄化率も90%以上を達成できる。そこで、理論空燃比の近傍の点を「三元点」と呼ぶ。ECU28は、三元点である理論空燃比に当量比を保つことによって三元触媒の浄化率を高位に保つ制御を実施している。

[0080] 図13は、触媒上流当量比、触媒下流当量比、リア酸素センサ22の出力挙動を説明する図である。図13の横軸は時間、縦軸は触媒上流当量比、触媒下流当量比、リア酸素センサ出力をとる。ここでは、当量比1.0を中心にして、触媒上流当量比（触媒上流空燃比）をリーン側、又はリッチ側に時間的にステップ的（階段状）に急激に変動させた際の触媒下流の当量比（触媒下流空燃比）、及び触媒下流に設置されたリア酸素センサ22の出力挙動が示される。まず、図13において左右方向の時間軸に沿う時間帯（a）に示すように、触媒上流当量比がちょうど1.0に設定されている場合、触媒下流にはごく微量の酸素が排出される。このため、リア酸素センサ出力は、その最大起電力と最小起電力との間の値である中間状態に保持される。続いて、図13において時間帯（b）に示すように、触媒上流当量比を当量比1.0から減少させてステップ的にリーン側へ変化させると、触媒下流当量比はリーン側へと漸減し、リア酸素センサ出力は、触媒下流当量比の漸減に要する緩和時間を経た後、リーン条件での所定の最小起電力値側に急激に変化する。さらに続いて、図13において時間帯（c）に示すように、触媒上流当量比を当量比1.0よりも増加させてステップ的にリッチ側へと変化させると、これに応じて触媒下流当量比はリッチ側へと漸増を開始する。リア酸素センサ出力は、触媒下流当量比の漸増に要する緩和時間を経たのち、リッチ条件での所定の最大起電力値側に変化する。次に、図13において時間帯

(d) に示すように、触媒上流当量比を再び当量比 1.0 から減少させてステップ的にリーン側へ変化させると、再び触媒下流当量比はリーン側へと漸減する。触媒上流当量比の変化に呼応するリア酸素センサ出力は、触媒下流当量比の漸減に要する緩和時間を経た後、再びリーン条件での所定の最小起電力値側に変化する。この時間帯 (d) での触媒下流当量比のリッチからリーンへの変化に要する時間は、時間帯 (c) でのリーンからリッチへの変化に要する時間よりも短くなる、所謂ヒステリシス性を持つことが特徴である。

[0081] このように、リーンからリッチへの変化と、リッチからリーンへの変化では、触媒下流当量比の遅れ時間と、リア酸素センサ 22 の出力の遅れ時間が異なる傾向を持つ。この傾向は、図 11 で述べた三元触媒（セリア系）の CeO_2 と Ce_2O_3 の酸素貯蔵・放出反応での反応速度が、リッチからリーンへの変化とリーンからリッチへの変化で異なっていることに起因している。また、三元触媒の反応速度は触媒温度や排ガス流量にも依存するので、上述したヒステリシス性は触媒温度と排ガス流量によって変化する。

[0082] 次に、図 14 を併せて参照して、酸素センサ特性のヒステリシス性を説明する。図 14 は、酸素センサの出力特性のヒステリシス性を説明する図である。このグラフは、横軸に当量比、縦軸に酸素センサの出力をとる。酸素センサの静特性については図 9C を参照して説明した通りである。一方、酸素センサにも上述したような触媒材料が使用されている。したがって、酸素センサの動特性は、リッチからリーンへの変化とリーンからリッチへの変化が相違する、ヒステリシス性を有している。すなわち、酸素センサ信号がリッチ条件での所定の最大起電力値側からリーン条件での所定の最小起電力値側へと変化する際に要する緩和時間は、リーン条件での所定の最小起電力値側からリッチ条件での所定の最大起電力値側へと変化する際に要する緩和時間よりも短くなる。さらに、上述した酸素センサ信号の挙動は、酸素センサを構成する材料特性の使用過程における変化や、酸素センサの温度の影響を受ける。

[0083] ここで、図 1 5 を併せて参照して、触媒上流当量比 1.0（理論空燃比）で内燃機関 1 が制御された状態（ストイキメトリ制御）から、燃料カットを実施する期間（リーン条件）を経て、再度理論空燃比状態で運転復帰させる場合におけるリア酸素センサ 2 2 の出力と触媒下流 NOx 濃度の時間的变化を説明する。図 1 5 は、リア酸素センサ 2 2 の出力と触媒下流の NOx 濃度及び HC 濃度の時間的变化を説明する図である。図 1 5 の横軸は時間、縦軸は触媒上流当量比、リア酸素センサ出力、触媒下流 NOx 濃度、触媒下流 HC 濃度をとる。まず、図 1 5 において左右方向の時間軸に沿う時間帯（a）に示すように触媒上流当量比がちょうど 1.0 に設定されている場合、リア酸素センサ出力は、その最大起電力と最小起電力との間の値である中間状態に保持される。続いて、図 1 5 において時間帯（b）に示すように、触媒上流当量比 1.0 による運転から燃料カットによるリーン条件に移行する。続いて、図 1 5 において時間帯（c）に示すように、再度触媒上流当量比 1.0 による運転に復帰する。この際、リア酸素センサ出力の触媒上流当量比 1.0 の中間状態からリーン側への変化と、リーン側から触媒上流当量比 1.0 の中間状態への変化（緩和時間）は相違する。すなわち、酸素センサ信号が、燃料カットによるリーン条件での所定の最小起電力値側からストイキメトリ制御条件での中間状態（図 1 5 の時間帯（a）参照）へと変化する際に要する緩和時間は、ストイキメトリ制御条件での中間状態からリーン条件での所定の最小起電力値側へと変化する際に要する緩和時間よりも長くなる。このリア酸素センサ出力が中間状態に復帰するまでの緩和時間（遅れ期間）の間には、触媒下流の NOx 濃度がスパイク的に増加する挙動が観測される場合がある。このような触媒下流の NOx 濃度の増加には、例えば、燃料カット後、再度触媒上流当量比 1.0 による運転を開始する際に、触媒上流当量比を当量比 1.0 よりも増加させて一時的に NOx の触媒浄化率を高め（図 1 2 を参照）、これを以て触媒下流の NOx 排出量を減少させる所謂リッチ補正が行われて対処する制御が行われる。しかしながら、リッチ補正により NOx の触媒浄化率を高めることと、HC や CO の触媒浄化率とはトレー

ドオフの関係（図 1 2 参照）がある。このため、内燃機関 1 の空燃比制御においては、触媒内部の状態を考慮して、適切な補正量及び期間のリッチ補正制御を実施する必要がある。なお、内燃機関 1 の空燃比制御において触媒内部の状態を考慮するためには、例えば、触媒下流の排ガスの酸素状態を検出しているリア酸素センサ信号を判定基準として用いることができる。しかし、上述したようにリア酸素センサ 2 2 の反応には遅れ期間（図 1 4 を参照）があることに留意する必要がある。

[0084] ここでは、ストイキメトリ制御、適正なリッチ補正、過剰なリッチ補正の順に、リア酸素センサ 2 2 の出力と触媒下流の NO_x 濃度及び HC 濃度の時間的变化について説明する。

[0085] （ストイキメトリ制御）

図 1 5 においてストイキメトリ制御がされた時のリア酸素センサ 2 2 の出力と触媒下流の NO_x 濃度及び HC 濃度の時間的变化は実線で示される。図 1 3 に示したように、リーン状態からリッチ状態への変化に対して、リア酸素センサ 2 2 の出力は遅れを伴って増加する。触媒下流の NO_x 濃度は、リア酸素センサ 2 2 の出力が復帰するまでの遅れ期間に瞬間的に増加した NO_x が排出される挙動を示す。一方、触媒下流の HC 濃度は、ほぼ変化していないため、 HC の排出が防止される。

[0086] （適正なリッチ補正）

図 1 5 において適正なリッチ補正がされた時のリア酸素センサ 2 2 の出力と触媒下流の NO_x 濃度及び HC 濃度の時間的变化は破線で示される。燃料カット後、再度ファイアリング運転を開始する際に、一旦リッチ補正が実施されると、触媒上流当量比がリッチ状態となる。リア酸素センサ 2 2 の出力は、ストイキメトリ制御よりも早く当量比に到達する。また、触媒下流の NO_x 濃度と HC 濃度は、ほぼ変化していないため、 NO_x と HC の排出が防止される。

[0087] （過剰なリッチ補正）

図 1 5 において過剰なリッチ補正がされた時のリア酸素センサ 2 2 の出力

と触媒下流の NO_x 濃度及び HC 濃度の時間的变化は粗い破線で示される。リア酸素センサ22は触媒の下流ガスの酸素状態を検出している。このため、過剰なリッチ補正がされると、リア酸素センサ22の出力が反応する時点において、既に触媒の内部状態は、酸素貯蔵状態が最大又は最小状態にまで変化している。また、過剰なリッチ補正がされると、図10Bに示したように NO_x 濃度が低くなり、図12に示したように NO_x の触媒浄化率が増加するので、 NO_x の排出が防止される。

[0088] 一方で、図10Bに示したように HC 濃度が高くなり、図12に示したように HC の触媒浄化率が低下するので、 HC が排出される。つまり、リア酸素センサ22の出力が反応した後にリッチ補正を停止する制御方法をとると、触媒にとってはリッチ補正の停止タイミングが遅すぎるために、 HC を適切に防止できない。そのことから、内燃機関の空燃比制御においては、外部からは直接観測できない触媒内部の状態を考慮して、適切な期間のリッチ補正制御を施す必要がある。

[0089] 図16は、触媒劣化度合いと三元触媒の酸素貯蔵能（OSC : Oxygen Storage Capacity）との関係を説明する図である。図16の横軸は触媒劣化度合い、縦軸は酸素貯蔵能をとる。

[0090] 触媒劣化とは、熱的な影響や燃料に含まれる硫黄による被毒の影響を受けて、三元触媒の触媒作用が低下した状態を指している。図16に示すように、三元触媒の酸素貯蔵能は、図16において左右方向の触媒劣化度合いに対して略比例している。すなわち、触媒劣化が進行するにしたがって、三元触媒の酸素貯蔵能が低下する傾向がある。

[0091] 以下、酸素貯蔵能力の変化が三元触媒の浄化作用に与える影響について述べる。

[0092] 図17は、三元触媒の酸素貯蔵割合、すなわち三元触媒の現時点の酸素貯蔵量を上述の酸素貯蔵能で除した値と、 NO_x 浄化率との関係を説明する図である。図17の横軸は酸素貯蔵割合、縦軸は NO_x 浄化率をとる。図17では、新品の三元触媒の NO_x 浄化率の変化を実線で表し、劣化した三元触

媒の NO_x 浄化率の変化を破線で表す。酸素貯蔵割合が小さい時は、新品の三元触媒と、劣化した三元触媒のいずれも酸素貯蔵割合が高い。また、新品の三元触媒の方が、劣化した三元触媒よりも NO_x 浄化率が高い。図17に示すように、酸素貯蔵割合が所定値を超過すると、新品の三元触媒と、劣化した三元触媒のいずれも NO_x 浄化率が急激に悪化する傾向がある。これは、図11を参照して説明したように、 NO_x 浄化には、触媒中の Ce_2O_3 が重要であり、 Ce_2O_3 が全て反応して CeO_2 に変化すると、 Ce_2O_3 が NO との反応ができず、 NO_x が浄化できないためである。また、触媒劣化が進行して三元触媒の酸素貯蔵能が低下すると、結果的に、同一酸素貯蔵量に対する酸素貯蔵割合の値が高まってしまう。

[0093] このため、酸素貯蔵量に対する NO_x 浄化率の値は、図18において実線で示す新品の三元触媒における NO_x 浄化率よりも、図18において破線で示す劣化した三元触媒の NO_x 浄化率のほうが低くなる。したがって、 NO_x 浄化率を高位に保つためには、触媒入口の排ガス空燃比を三元点に保つのみならず、外部からは直接観測できない触媒内部の状態、すなわち三元触媒の現在の酸素貯蔵能及び酸素貯蔵割合を考慮して、酸素貯蔵割合が所定の NO_x 浄化率を得られる範囲内となるように、触媒入口の排ガス空燃比を適宜、補正制御する必要がある。なお、酸素貯蔵割合の所定の範囲内とは、図17に示すように、触媒劣化時は劣化時制御範囲36、触媒新品時は新品時制御範囲35として表され、新品時制御範囲35の方が劣化時制御範囲36よりも広い。

[0094] 次に図19を用いて本実施例の構成について説明する。まず拡張カルマンフィルタ1901にECUから排ガス流量、当量比等の制御入力と、触媒の下流側の排ガス温度を検出する排ガス温度センサ等のセンサ入力が入力され、それらの入力を基に拡張カルマンフィルタ1901が触媒温度の時間微分値を求める。その後、規定された時間刻み値と前回値状態量を用いて、積分計算をし、現在の触媒温度を求める。また、同時にマハラノビス距離算出部1902においても拡張カルマンフィルタ1901と同種の入力値が入力さ

れる。入力値を用いて、現在入力におけるマハラノビス距離を算出する。比較部 1903 において、規定した閾値と算出したマハラノビス距離の比較を行う。閾値より現在のマハラノビス距離が大きい場合は、0 を出力し、学習範囲外またはセンサ故障とみなす。閾値より現在のマハラノビス距離が小さい場合は、1 を出力し、学習範囲内またはセンサ正常と判断する。そして、内外挿結果を記録する。切り替え部 1904 において、0 が入力された場合は、拡張カルマンフィルタ 1901 が学習範囲外で動作しているまたはセンサ故障中であり正常な推定演算ができていないとみなし、規定の定常値を出力する。1 が入力された場合は、拡張カルマンフィルタ 1901 が学習範囲内で動作しているまたはセンサ正常動作中であり正常な推定演算ができていとみなし、推定した触媒温度を出力する。

[0095] 次に図 20 を用いて本実施例のフローチャートについて説明する。ステップ 2001 にて、ECU から制御入力及びセンサ入力値を受信する。ステップ 2002 にて、ECU から制御入力及びセンサ入力値を用いてマハラノビス距離を求める。ステップ 2003 にて、ステップ 2002 にて規定した閾値と算出したマハラノビス距離の比較を行う。閾値よりも小さい場合は、ステップ 2004 に進み、閾値よりも大きい場合は、ステップ 2005 に進む。ステップ 2004 に進んだ場合、拡張カルマンフィルタが学習範囲内で動作しているまたはセンサ正常動作中であるため、ECU から制御入力及びセンサ入力値を用いて拡張カルマンフィルタにより触媒温度（微分値）を推定し、規定された時間刻み値と前回値状態量を用いて積分計算を実施し、現在の触媒温度を求める。ステップ 2005 に進んだ場合は拡張カルマンフィルタが学習範囲外で動作している、またはセンサ故障中であるため、診断結果を記録し、センサ故障や再学習データとして用いる。ステップ 2006 で物理式により演算した推定値や動作点で規定した MAP の出力値等の代替値を出力する。

[0096] 上述した実施形態の主な特徴は、次のようにまとめることもできる。

[0097] 制御装置（ECU 28、図 1）のプロセッサ（CPU 205、図 2）は、

第1 タイミングの車両の状態変数（例えば、触媒温度の前回値、図19）と、第1 タイミングの後の第2 タイミングの車両の制御入力（例えば、排ガス流量、当量比、図19）と、車両のセンサで検出される第2 タイミングの観測値（センサ入力：例えば、触媒の下流側の排ガス温度、図19）から、第2 タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）を計算する。プロセッサは、状態変数（例えば、触媒温度）に関する状態方程式（式（1）の第1式）と、観測値（例えば、触媒の下流側の排ガス温度）に関する観測方程式（式（1）の第2式）から構成される状態空間モデルをニューラルネットワークモデルで近似する。プロセッサは、第2 タイミングの制御入力（例えば、排ガス流量、当量比）と第2 タイミングの観測値（例えば、触媒の下流側の排ガス温度）に基づく指標（例えば、マハラノビス距離）から第2 タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）の信頼性（確度）を判定する。なお、観測値は、状態変数と相関があるセンサ値である（式（1）の第2式）。

[0098] これにより、センサで検出されない車両の状態変数の計算値（推定値）の信頼性を評価することができる。信頼性の高い状態変数を後段の処理に利用することで、後段の処理の信頼性も向上する。

[0099] 指標の一例は、第2 タイミングの制御入力（例えば、排ガス流量、当量比）と第2 タイミングの観測値（例えば、触媒の下流側の排ガス温度）に基づくマハラノビス距離である。なお、マハラノビス距離に相関がある値を指標としてもよい。

[0100] これにより、制御入力と観測値の分散を考慮して第2 タイミングの状態変数の計算値の信頼性を評価することができる。

[0101] プロセッサ（CPU205）は、例えば、マハラノビス距離が閾値より大きい場合、第2 タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）の信頼性が低いと判定する（比較部1903、図19）。なお、第2の実施形態では、マハラノビス距離が閾値より大きい場合、第2 タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）の信頼性が低いと判定され、比較部1903から0が出力される。

- [0102] これにより、センサが正常であれば、内挿（マハラノビス距離 $\leq$ 閾値）と外挿（マハラノビス距離 $>$ 閾値）を判定することができる。センサが異常（故障、汚れの付着等）の場合、マハラノビス距離 $>$ 閾値となることがある。
- [0103] 状態方程式と観測方程式は非線形である。プロセッサ（CPU 205）は、拡張カルマンフィルタ 1901（図 19）を用いて状態変数（例えば、触媒温度）を計算する。
- [0104] これにより、状態方程式と観測方程式が非線形であっても、線形近似することで状態変数を容易に計算することができる。
- [0105] 詳細には、プロセッサ（CPU 205）は、マハラノビス距離が閾値以下である場合、拡張カルマンフィルタ 1901 を用いて計算される第 2 タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）を出力する（ステップ 2004、図 20）。プロセッサ（CPU 205）は、マハラノビス距離が閾値より大きい場合、拡張カルマンフィルタ 1901 を用いて計算される第 2 タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）を出力しないで、第 2 タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）の信頼性が低い又はセンサが故障していることを示す診断結果を出力（送信又は記憶）する（ステップ 2005、図 20）。
- [0106] これにより、信頼性の低い状態変数が後段の処理で利用されないので、後段の処理の信頼性の低下を抑制することができる。
- [0107] ニューラルネットワークモデルは、例えば、図 21 に示すように、第 1 タイミングの状態変数 $x(k)$ 及び第 1 タイミングの制御入力 $u(k)$ が入力される入力層と、第 2 タイミングの状態変数 $x(k+1)$ が出力される出力層を備える第 1 ニューラルネットワークモデルと、第 1 タイミングの状態変数 $x(k)$ 及び第 1 タイミングの制御入力 $u(k)$ が入力される入力層と、第 1 タイミングの観測値 $y(k)$ が出力される出力層を備える第 2 ニューラルネットワークモデルと、から構成される。
- [0108] これにより、状態方程式と観測方程式を解かずに、状態変数と観測値を推定することができる。また、学習によりニューラルネットワークモデルを用いて推定される状態変数と観測値の信頼性が向上する。ニューラルネットワ

ークモデルで推定された状態変数をパワートレイン制御に用いることで、高精度なパワートレイン制御を実現することができる。

[0109] プロセッサ（CPU205）は、図19に示すように、拡張カルマンフィルタ1901に、第1タイミングの状態変数（例えば、触媒温度の前回値）、第2タイミングの制御入力（例えば、排ガス流量、当量比）、及び第2タイミングの観測値（センサ入力：例えば、触媒の下流側の排ガス温度）を入力し、拡張カルマンフィルタ1901から状態変数の時間微分値（状態量）を取得する。プロセッサ（CPU205）は、状態変数の時間微分値（状態量）を積分し、積分値を第1タイミングの状態変数（例えば、触媒温度の前回値）と加算することで、第2タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）を計算する。

[0110] これにより、状態変数を高速に計算することができる。

[0111] プロセッサ（CPU205）は、マハラノビス距離が閾値以下である場合、拡張カルマンフィルタ1901を用いて計算される第2タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）を出力する。プロセッサ（CPU205）は、マハラノビス距離が閾値より大きい場合、拡張カルマンフィルタ1901を用いて計算される第2タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）を出力しないで、物理式又はマップから導かれる代替値を状態変数（例えば、触媒温度）として出力する（ステップ2006、図20）。

[0112] これにより、例えば、状態変数を利用する後段の処理が中断されない。

[0113] プロセッサ（CPU205）は、拡張カルマンフィルタ1901を用いて計算された第1タイミングの状態変数（例えば、触媒温度の前回値）と、第1タイミングの制御入力（例えば、排ガス流量、当量比）と、拡張カルマンフィルタ1901を用いて計算された第2タイミングの状態変数（例えば、触媒温度）と、を第1ニューラルネットワークモデルの教師データとして機械学習を行う。また、プロセッサ（CPU205）は、拡張カルマンフィルタ1901を用いて計算された第1タイミングの状態変数（例えば、触媒温度の前回値）と、第1タイミングの制御入力（例えば、排ガス流量、当量比

）と、第1タイミングの観測値（例えば、触媒の下流側の排ガス温度）と、を第2ニューラルネットワークモデルの教師データとして機械学習を行う。

[0114] これにより、センサで検出されない状態変数に関し、拡張カルマンフィルタを用いて計算された状態変数を用いて機械学習を行うことができる。

[0115] プロセッサ（CPU205）は、マハラノビス距離が閾値以下の場合、機械学習を行い、マハラノビス距離が閾値より大きい場合、機械学習を行わない。

[0116] これにより、拡張カルマンフィルタを用いて計算された信頼性の高い状態変数を用いて機械学習を行うことができる。その結果、ニューラルネットワークモデルを用いて推定される状態変数と観測値の信頼性が向上する。ニューラルネットワークモデルで推定された状態変数をパワートレイン制御に用いることで、高精度なパワートレイン制御を実現することができる。

[0117] なお、本発明は上述した実施形態に限られるものではなく、請求の範囲に記載した本発明の要旨を逸脱しない限りその他種々の応用例、変形例を取り得ることは勿論である。

[0118] 例えば、上述した実施形態は本発明を分かりやすく説明するためにシステムの構成を詳細かつ具体的に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されない。また、本実施形態の構成の一部について、他の構成の追加、削除、置換をすることも可能である。

[0119] また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

[0120] また、上記の各構成、機能等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD（Solid State Drive）等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の

記録媒体に置くことができる。

[0121] なお、本発明の実施形態は、以下の態様であってもよい。

[0122] (1)．現在の状態を検出するセンサを備えた自動車用のパワートレインシステム制御装置であって、センサで検出される自動車に関する状態変数と、自動車を制御するための制御入力と、状態観測器で推定される状態推定量とに基づき、前記状態観測器は、前記状態推定量の有効性を判定するための指標として、前記制御入力とセンサ検出値とに基づく異常診断指標と、判定閾値とを求める指標値設定部と、前記センサ検出対象を出力変数の一つに備えた状態空間モデルを近似したニューラルネットワークモデルを有し、前記ニューラルネットワークモデルの入力と前記センサ検出値とで規定される前記異常診断指標に基づき、前記状態観測器を用いた状態量推定結果の有効性を判定する手段を備えるパワートレインシステム制御装置。

[0123] (2)．前記制御入力と前記センサ検出値とで規定される前記異常診断指標としてマハラノビス距離を用いる手段を備えるパワートレインシステム制御装置。

[0124] (3)．前記マハラノビス距離にもとづき、前記状態観測器の状態量推定結果の有効性を判定する手段を備える(1)に記載のパワートレインシステム制御装置。

[0125] (4)．前記状態観測器として、非線形を考慮可能な拡張カルマンフィルタを用いて状態量推定を実施する手段を備える(1)に記載のパワートレインシステム制御装置。

[0126] (5)．前記マハラノビス距離が所定値以上において、前記拡張カルマンフィルタを用いた状態量推定を停止し、状態量推定またはセンサが異常であると診断し、診断結果を外部へ通知または記録する手段を備える(1)に記載のパワートレインシステム制御装置。

[0127] (6)．前記状態空間モデルを近似したニューラルネットワークモデルは、前回値を入力の一つとして用いる状態空間モデルを近似した過渡ニューラルネットワークモデルを備える(1)に記載のパワートレインシステム制御

装置。

- [0128] (7) . 前記拡張カルマンフィルタは状態量の時間微分値を求め、前回値と加算し、現在の状態量を推定することを備える(1)に記載のパワートレインシステム制御装置。
- [0129] (8) . 前記マハラノビス距離が所定値以上において、前記拡張カルマンフィルタを用いた状態量推定を停止後は、物理式やMAPより求めた代替値を出力することを備える(1)に記載のパワートレインシステム制御装置。
- [0130] (1) - (8) によれば、過渡ニューラルネットワークモデルとセンサの有効・無効を最小限の情報と演算で診断でき、制御ソフトの信頼性を保証することが可能となる。

符号の説明

- [0131] 1…内燃機関、20…触媒上流空燃比センサ、21…排気浄化触媒、22…リア酸素センサ、28…ECU、51…排ガス流量算出部、52…触媒上流状態量推定部、53…触媒下流状態量推定部、54…補正部、55…NO_xセンサ診断部、56…燃料噴射量補正部、56a…燃料噴射量補正マップ、57…燃料組成判別部、100…内燃機関制御システム、110…後処理システム

請求の範囲

- [請求項1] 第1 タイミングの車両の状態変数と、前記第1 タイミングの後の第2 タイミングの前記車両の制御入力と、前記車両のセンサで検出される前記第2 タイミングの観測値とから、前記第2 タイミングの前記状態変数を計算し、
- 前記状態変数に関する状態方程式と前記観測値に関する観測方程式から構成される状態空間モデルをニューラルネットワークモデルで近似し、
- 前記第2 タイミングの前記制御入力と前記第2 タイミングの前記観測値に基づく指標から前記第2 タイミングの前記状態変数の信頼性を判定する
- プロセッサを備える制御装置。
- [請求項2] 請求項1 に記載の制御装置であって、
- 前記指標は、前記第2 タイミングの前記制御入力と前記第2 タイミングの前記観測値に基づくマハラノビス距離である
- ことを特徴とする制御装置。
- [請求項3] 請求項2 に記載の制御装置であって、
- 前記プロセッサは、前記マハラノビス距離が閾値より大きい場合、前記第2 タイミングの前記状態変数の信頼性が低いと判定する
- ことを特徴とする制御装置。
- [請求項4] 請求項1 に記載の制御装置であって、
- 前記状態方程式と前記観測方程式は非線形であり、
- 前記プロセッサは、
- 拡張カルマンフィルタを用いて前記状態変数を計算する
- ことを特徴とする制御装置。
- [請求項5] 請求項2 に記載の制御装置であって、
- 前記プロセッサは、
- 前記マハラノビス距離が閾値以下である場合、拡張カルマンフィル

タを用いて計算される前記第2タイミングの前記状態変数を出し、
前記マハラノビス距離が閾値より大きい場合、前記拡張カルマンフィルタを用いて計算される前記第2タイミングの前記状態変数を出し、
しないで、前記第2タイミングの前記状態変数の信頼性が低い又は前記センサが故障していることを示す診断結果を出力することを特徴とする制御装置。

[請求項6]

請求項4に記載の制御装置であって、
前記ニューラルネットワークモデルは、
前記第1タイミングの前記状態変数及び前記第1タイミングの前記制御入力が入力される入力層と、前記第2タイミングの前記状態変数
が出力される出力層を備える第1ニューラルネットワークモデルと、
前記第1タイミングの前記状態変数及び前記第1タイミングの制御
入力が入力される入力層と、前記第1タイミングの前記観測値が出力
される出力層を備える第2ニューラルネットワークモデルと、
から構成されることを特徴とする制御装置。

[請求項7]

請求項4に記載の制御装置であって、
前記プロセッサは、
前記拡張カルマンフィルタに、前記第1タイミングの前記状態変数
、前記第2タイミングの前記制御入力、及び前記第2タイミングの前
記観測値を入力し、前記拡張カルマンフィルタから前記状態変数の時
間微分値を取得し、
前記状態変数の時間微分値を積分し、積分値を前記第1タイミング
の前記状態変数と加算することで、前記第2タイミングの前記状態変
数を計算する

ことを特徴とする制御装置。

[請求項8]

請求項2に記載の制御装置であって、
前記プロセッサは、
前記マハラノビス距離が閾値以下である場合、拡張カルマンフィル

タを用いて計算される第2タイミングの前記状態変数を出し、

前記マハラノビス距離が閾値より大きい場合、前記拡張カルマンフィルタを用いて計算される第2タイミングの前記状態変数を出しな
いで、物理式又はマップから導かれる代替値を前記状態変数として出
力する

ことを特徴とする制御装置。

[請求項9]

請求項6に記載の制御装置であって、

前記プロセッサは、

前記拡張カルマンフィルタを用いて計算された前記第1タイミング
の前記状態変数と、前記第1タイミングの前記制御入力と、前記拡張
カルマンフィルタを用いて計算された前記第2タイミングの前記状態
変数と、を前記第1ニューラルネットワークモデルの教師データとし
、

前記拡張カルマンフィルタを用いて計算された前記第1タイミング
の前記状態変数と、前記第1タイミングの前記制御入力と、前記第1
タイミングの前記観測値と、を前記第2ニューラルネットワークモデ
ルの教師データとし、機械学習を行う

ことを特徴とする制御装置。

[請求項10]

請求項9に記載の制御装置であって、

前記指標は、前記第2タイミングの前記制御入力と前記第2タイミ
ングの前記観測値に基づくマハラノビス距離であり、

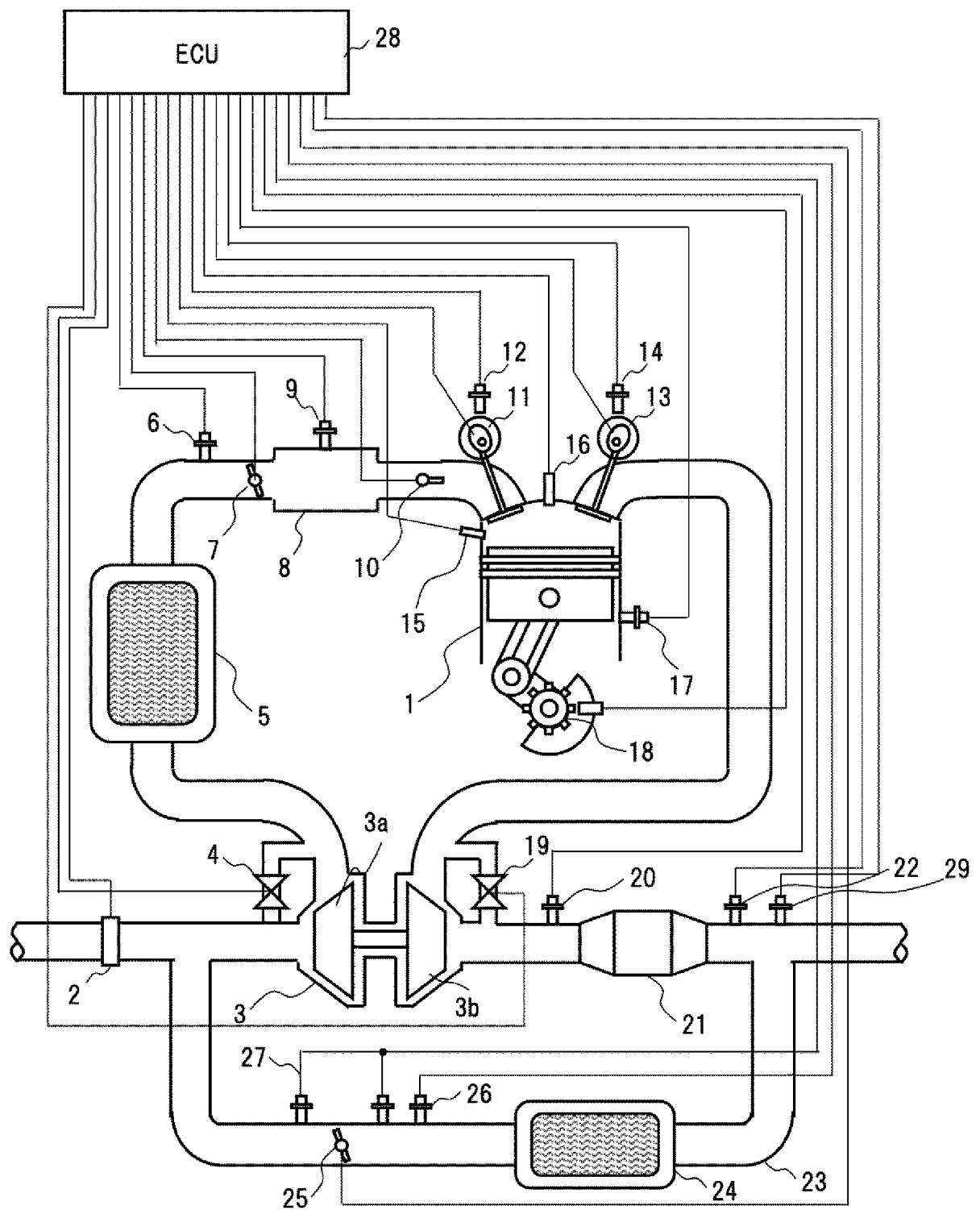
前記プロセッサは、

前記マハラノビス距離が閾値以下の場合、前記機械学習を行い、

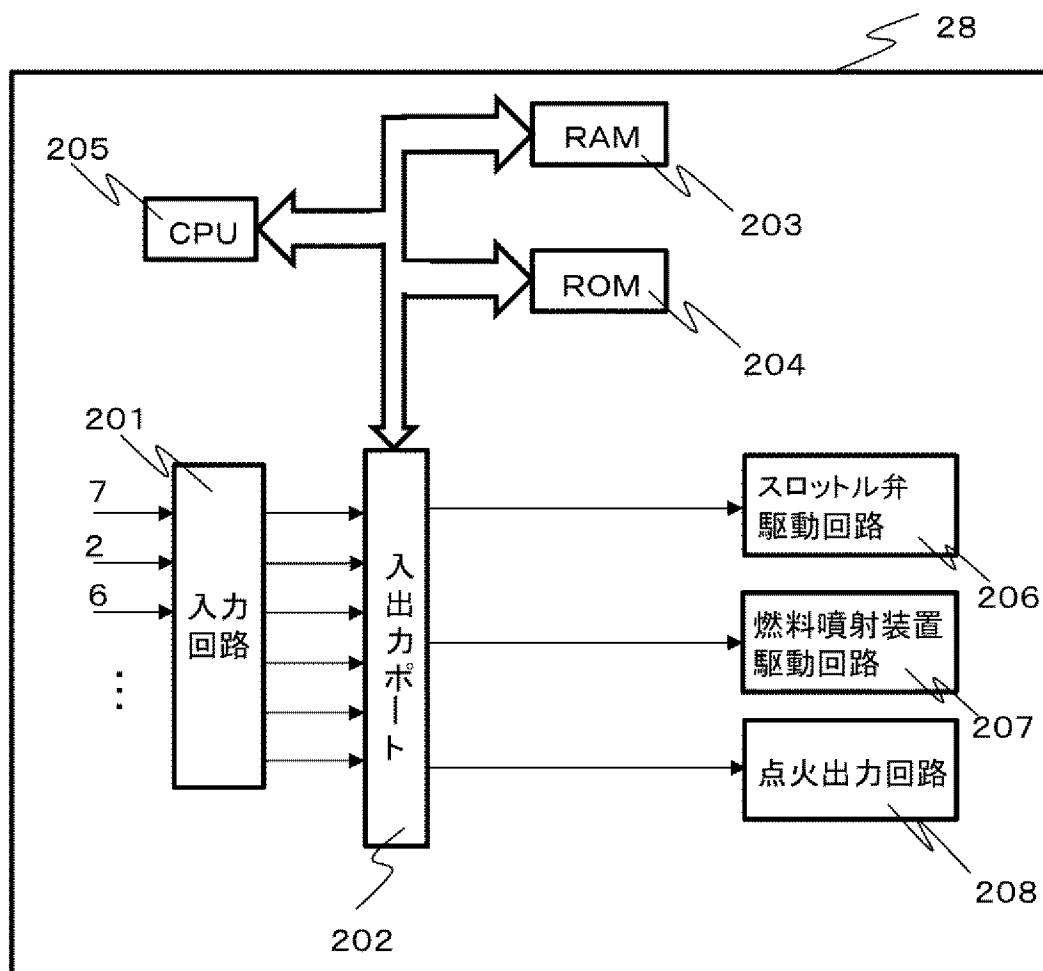
前記マハラノビス距離が閾値より大きい場合、前記機械学習を行わ
ない

ことを特徴とする制御装置。

[図1]



[図2]



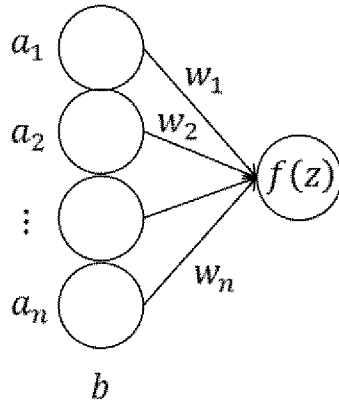
[図3]

$$z = w_1 a_1 + w_2 a_2 + \cdots + w_n a_n + b$$

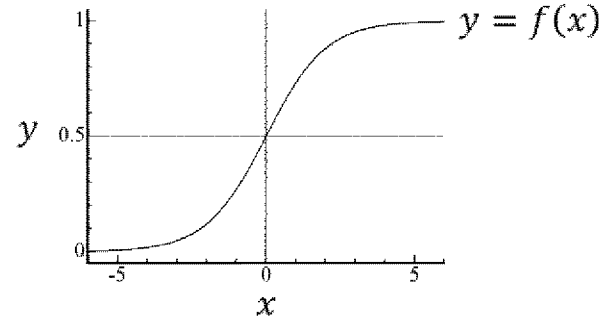
$$a = f(z)$$

w : 重み

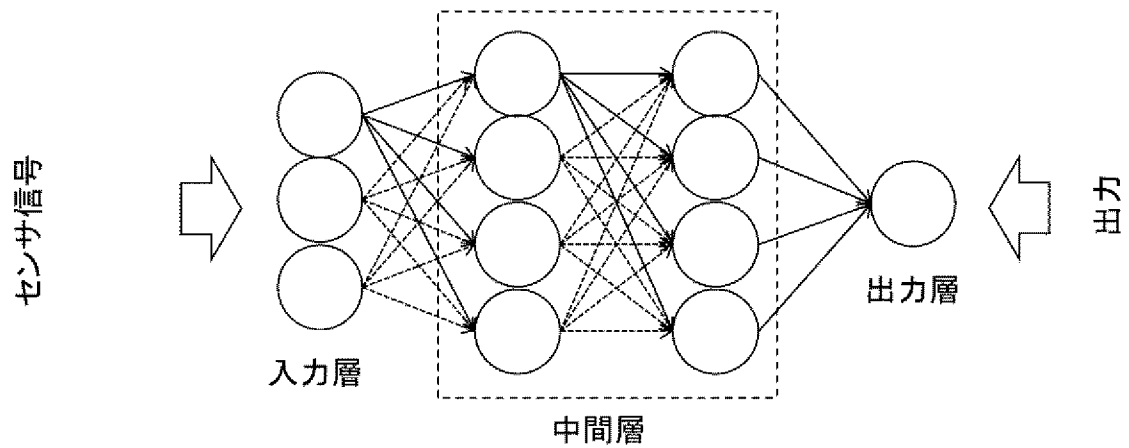
b : バイアス



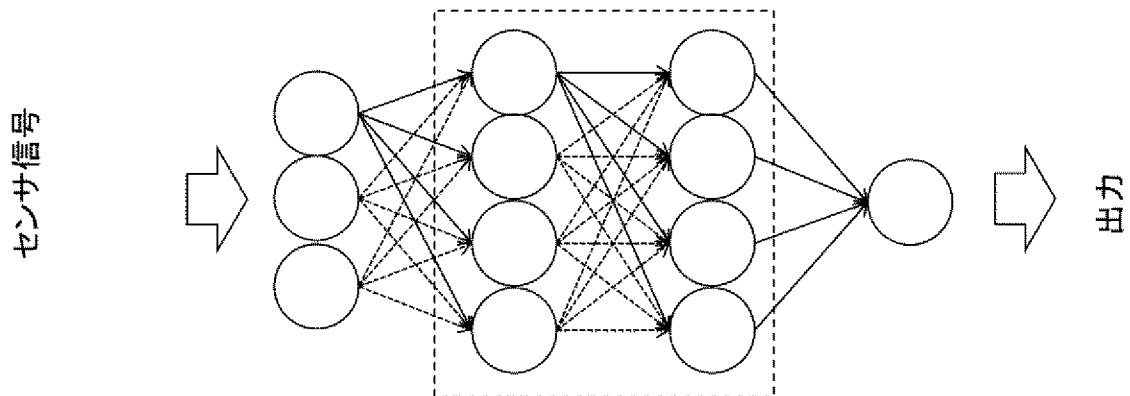
活性化関数



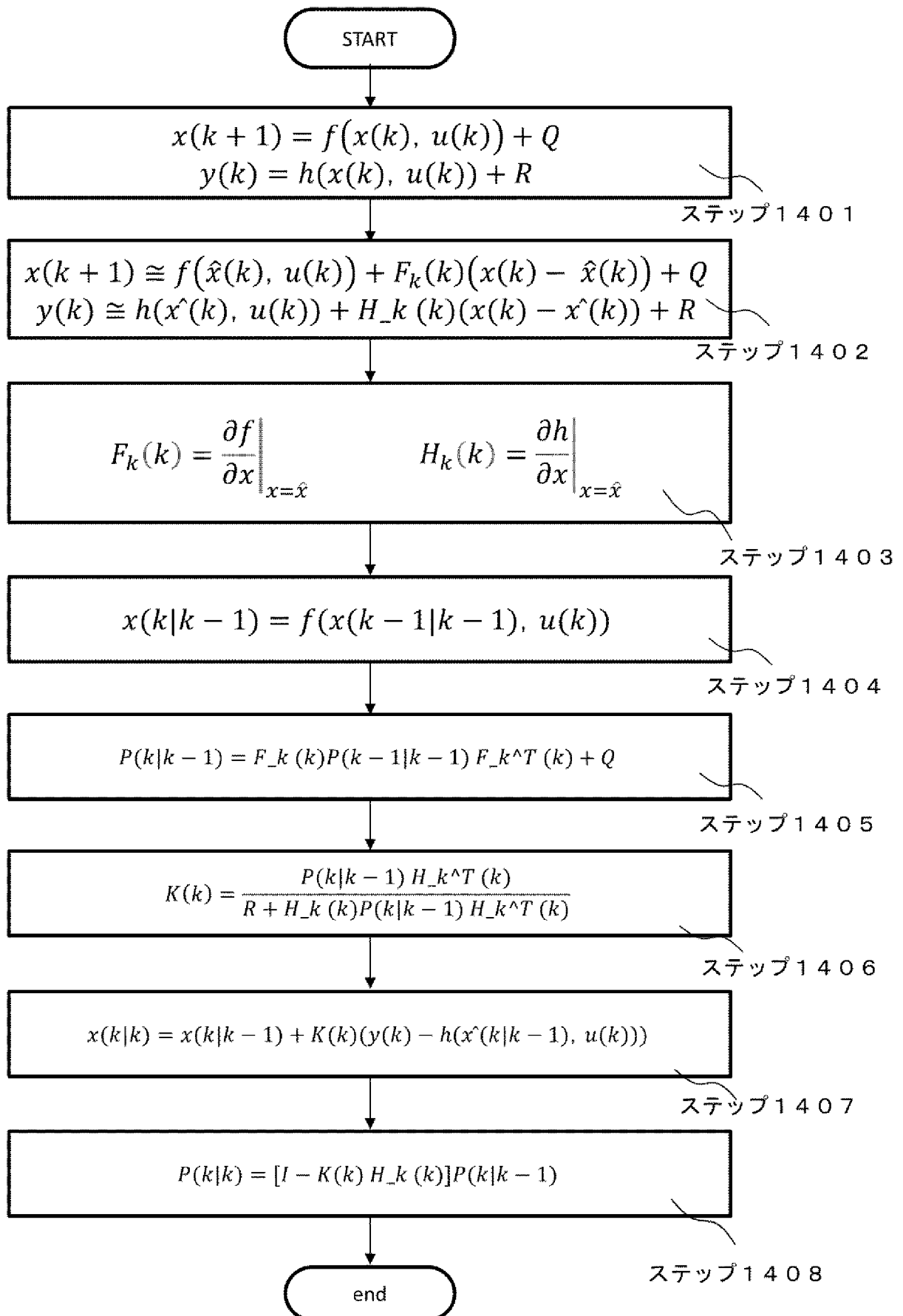
教師有り学習(誤差逆伝播法)



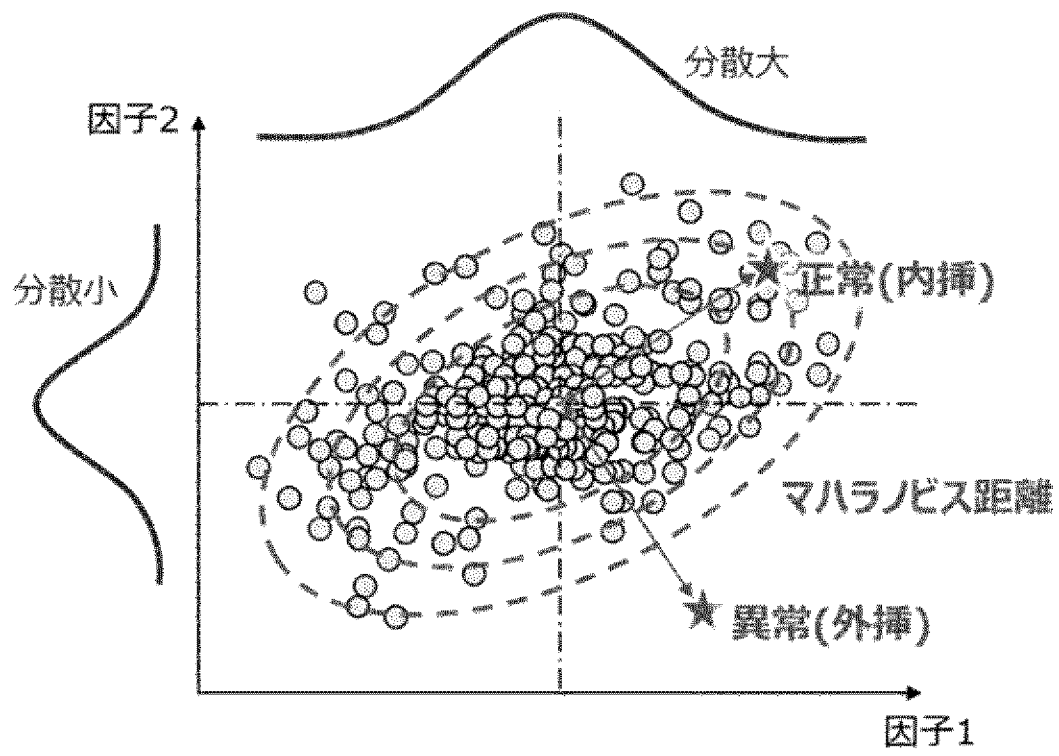
推定演算



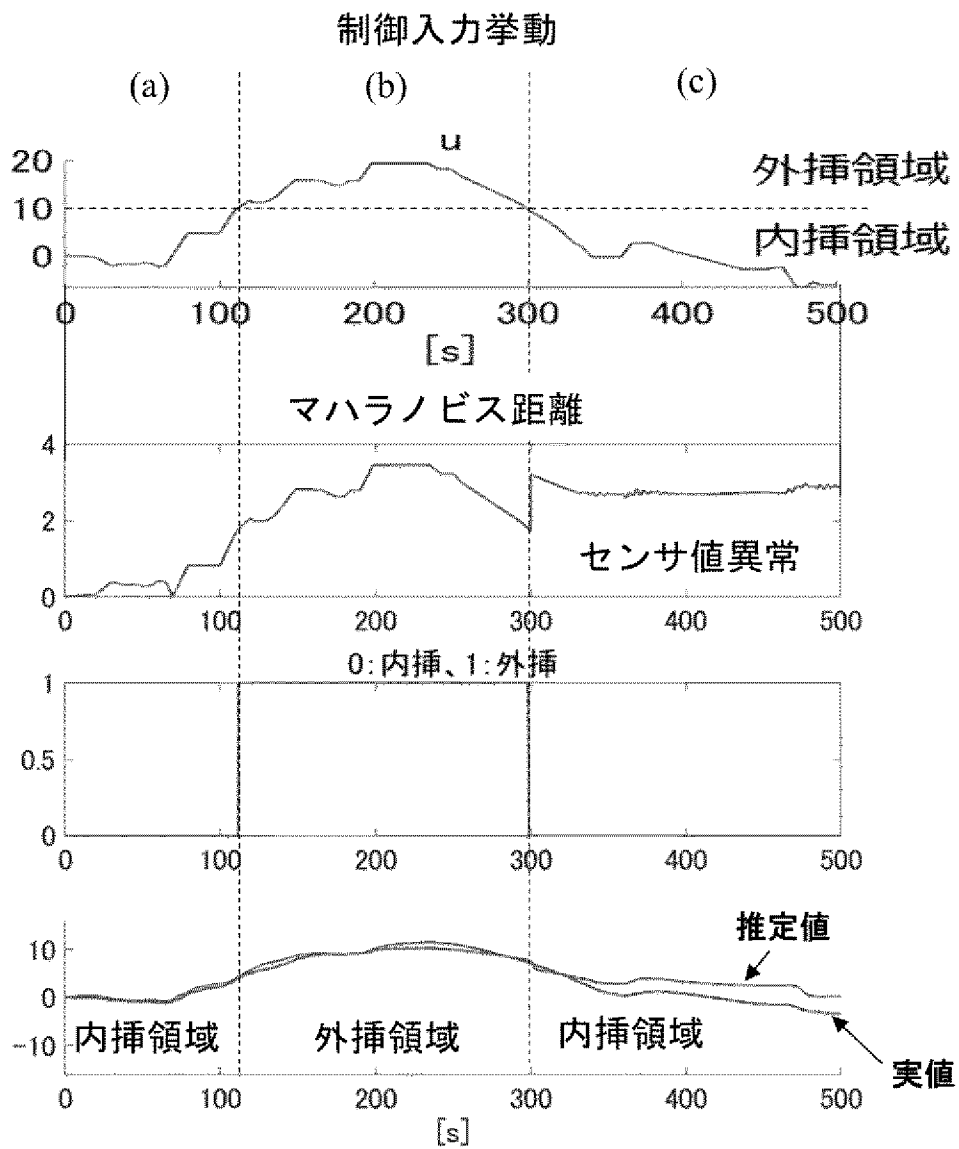
[図4]



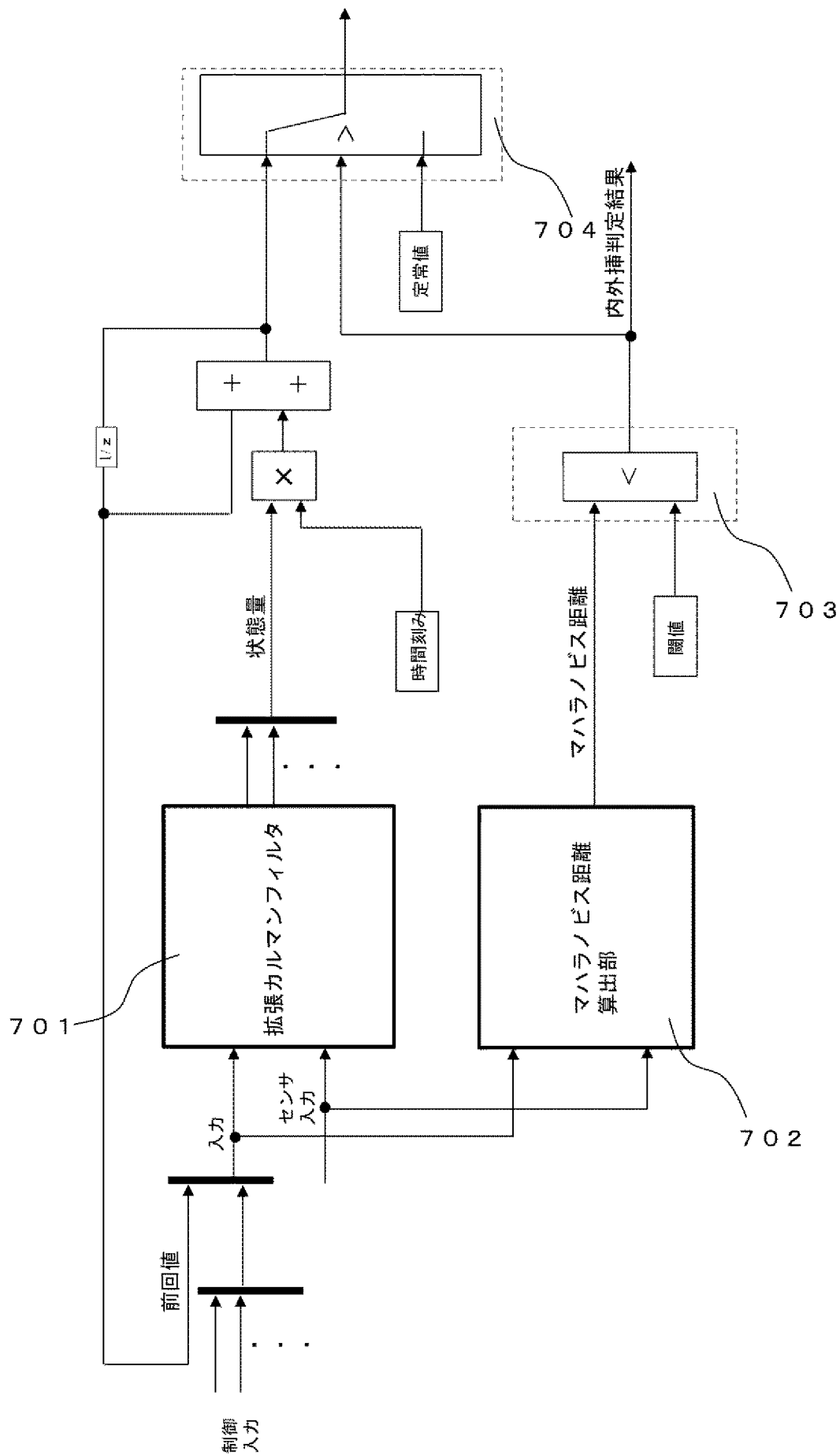
[図5]



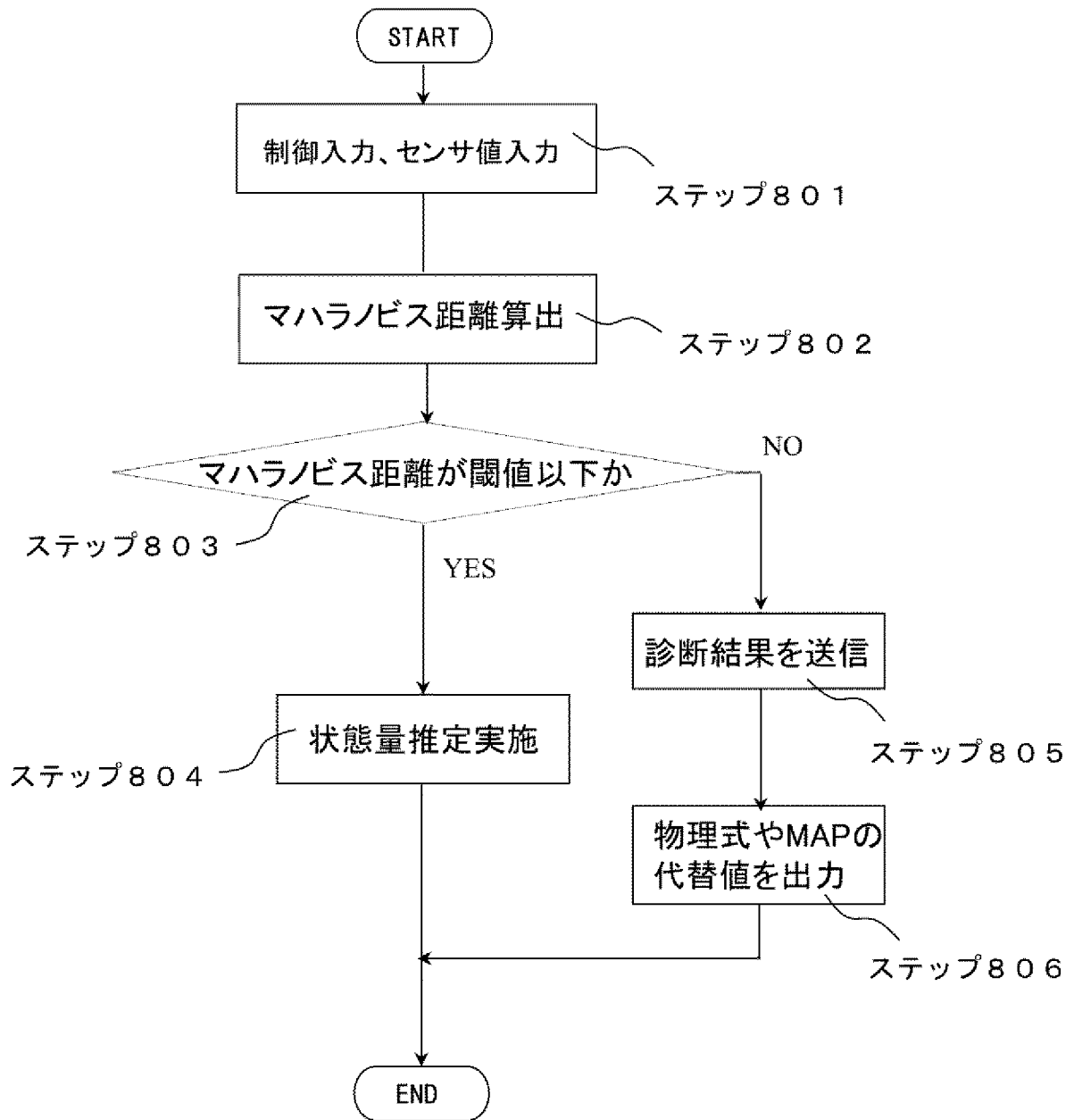
[図6]



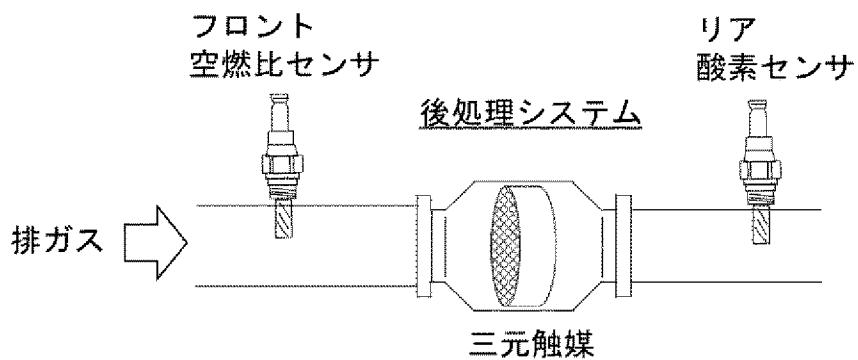
[図7]



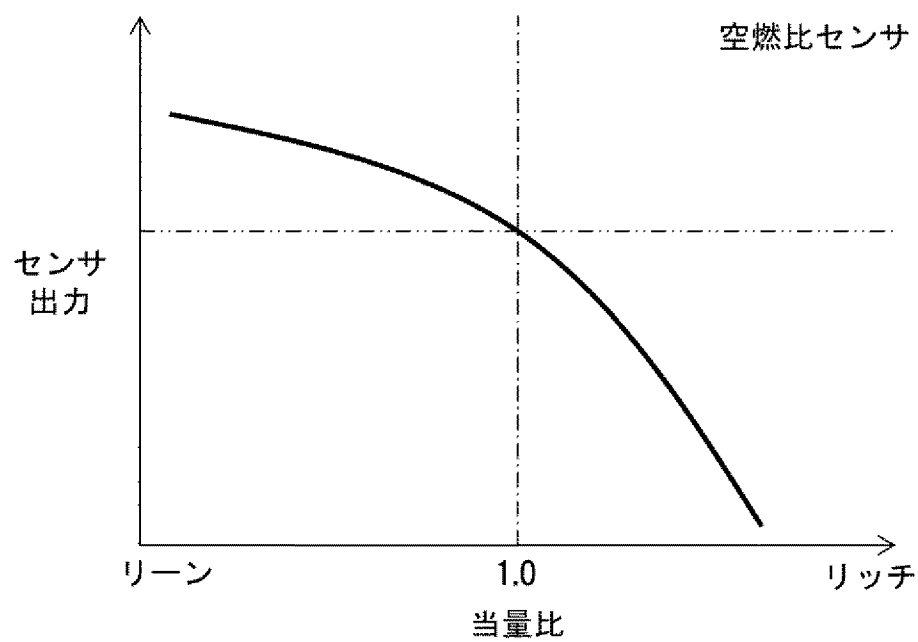
[図8]



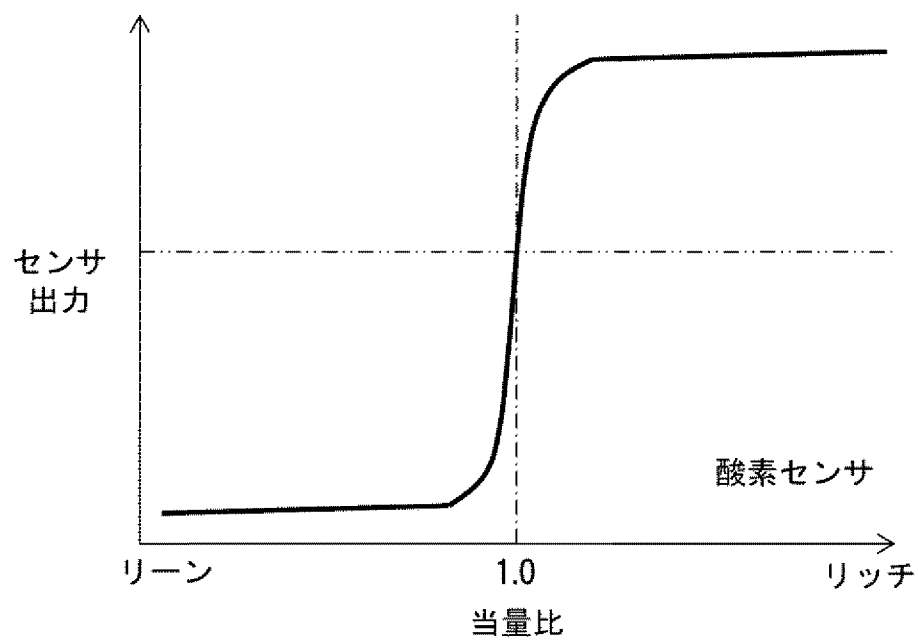
[図9A]



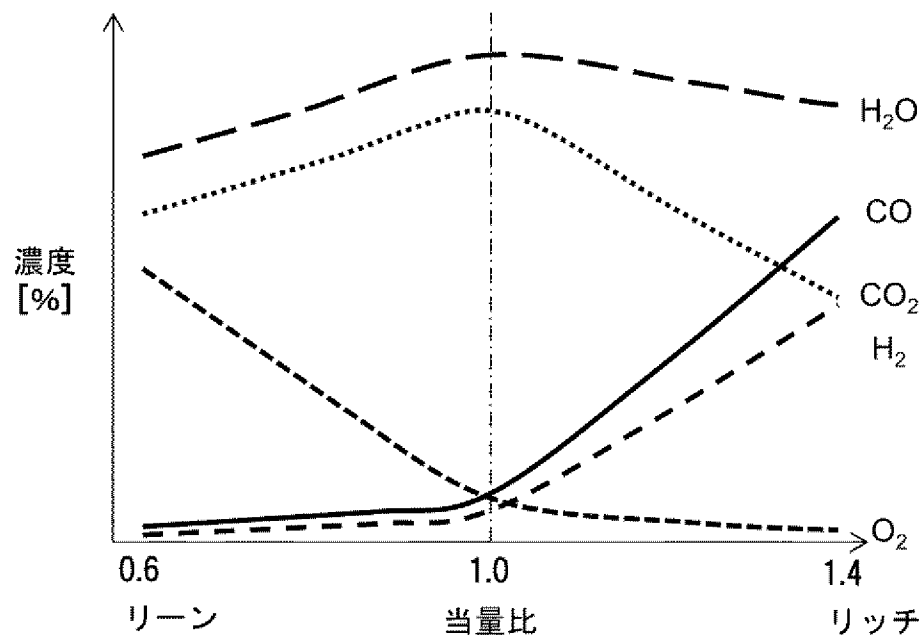
[図9B]



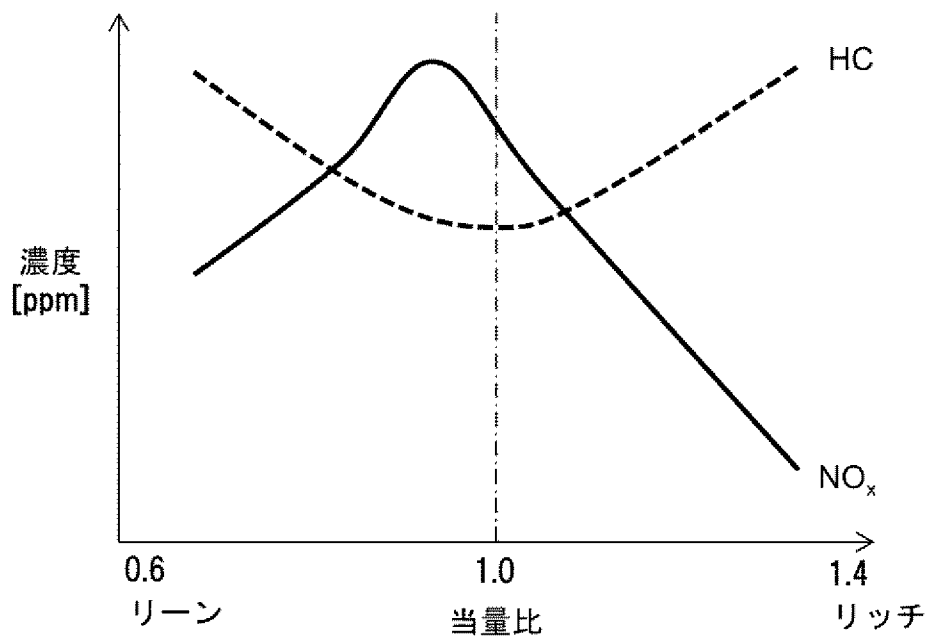
[図9C]



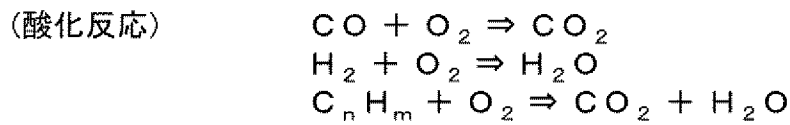
[図10A]



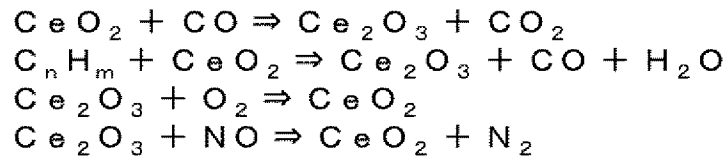
[図10B]



[図11]

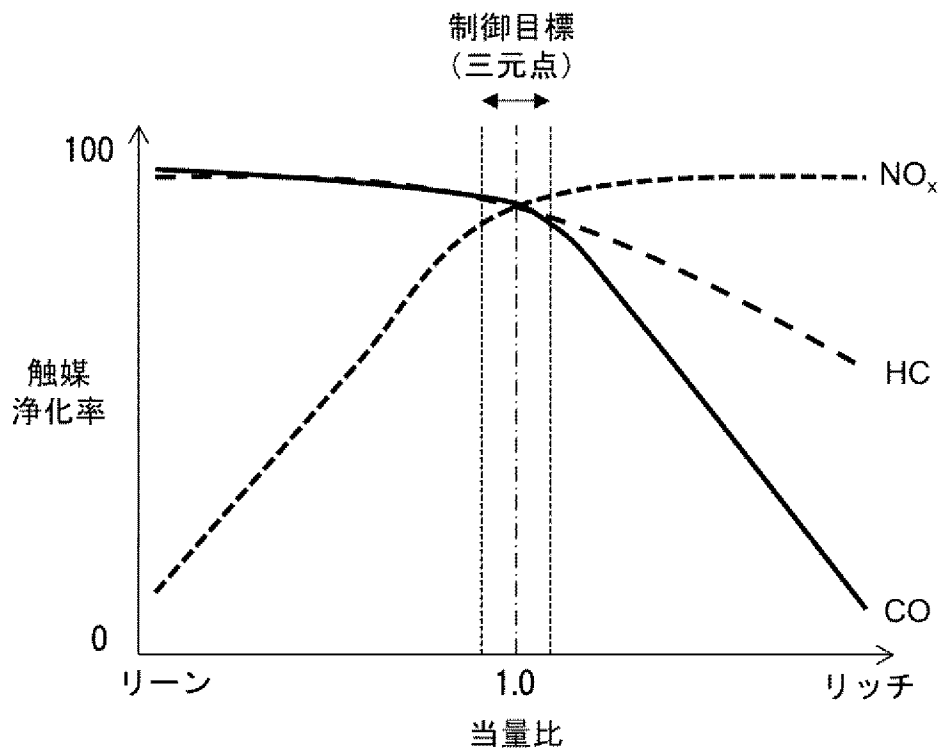
三元触媒の主な反応過程

(酸素貯蔵・放出反応)

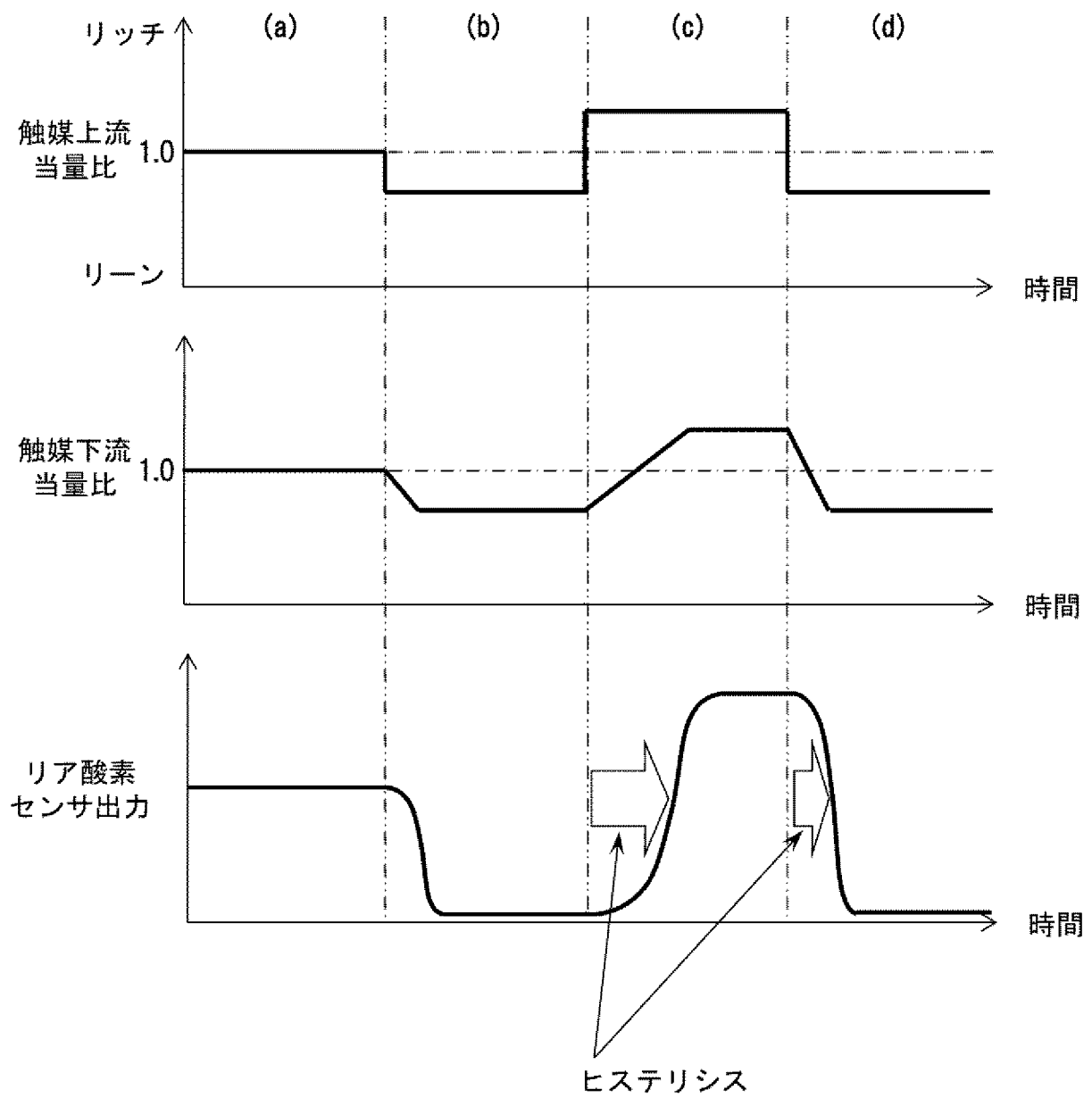


(酸素貯蔵割合) $\Psi = \text{CeO}_2 / (\text{Ce}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2)$

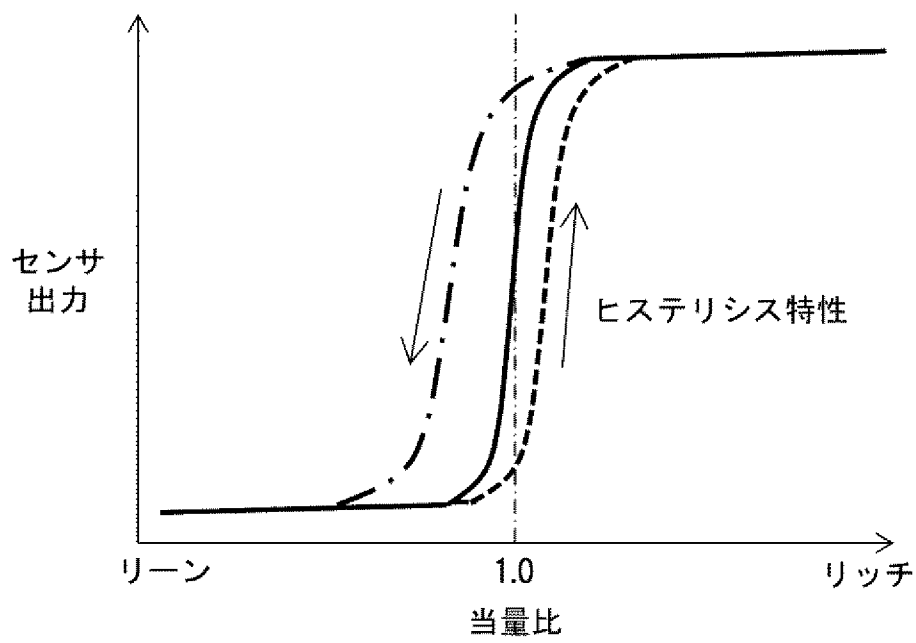
[図12]



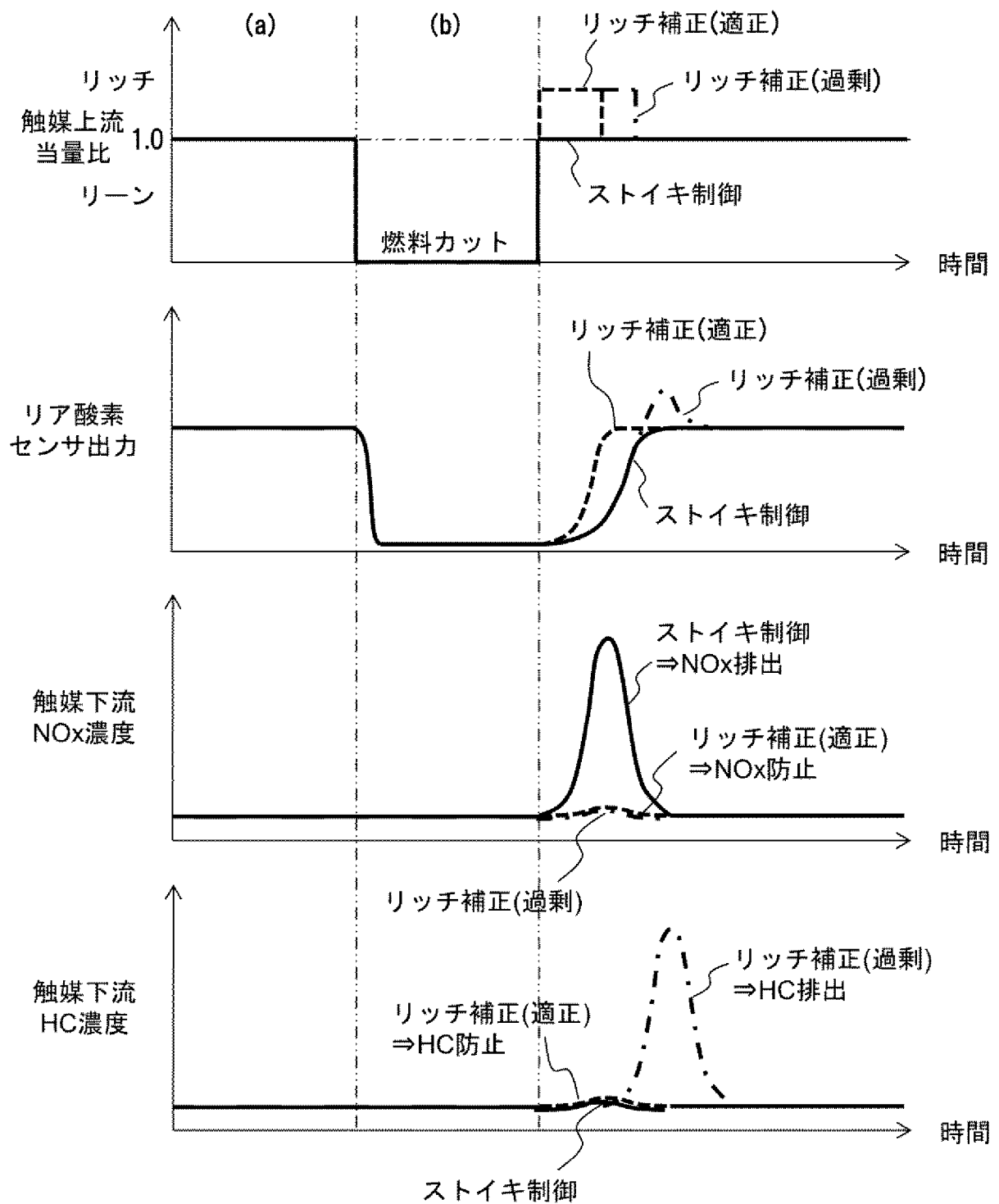
[図13]



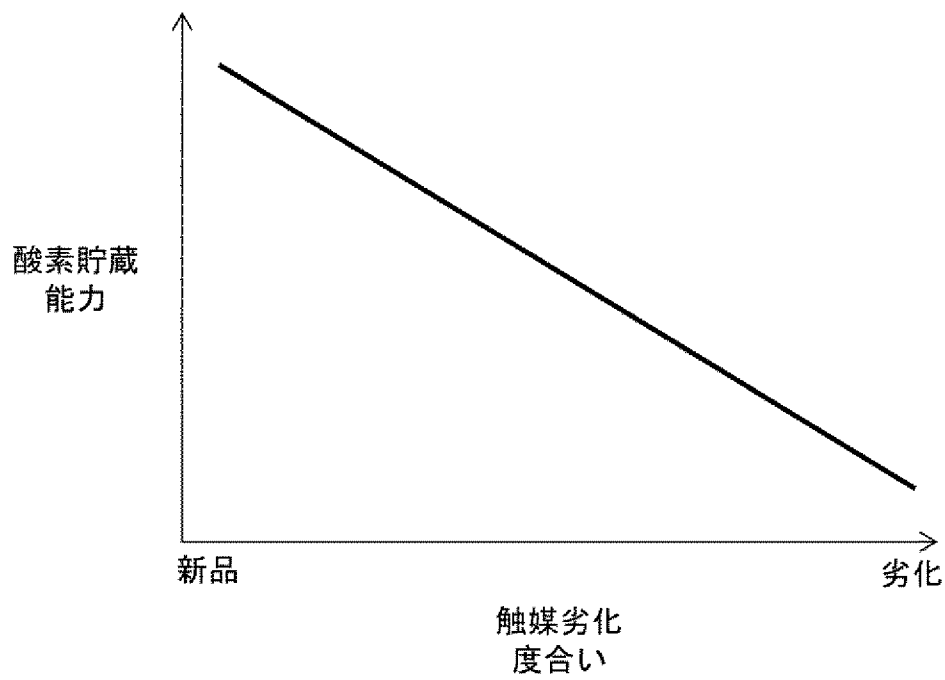
[図14]



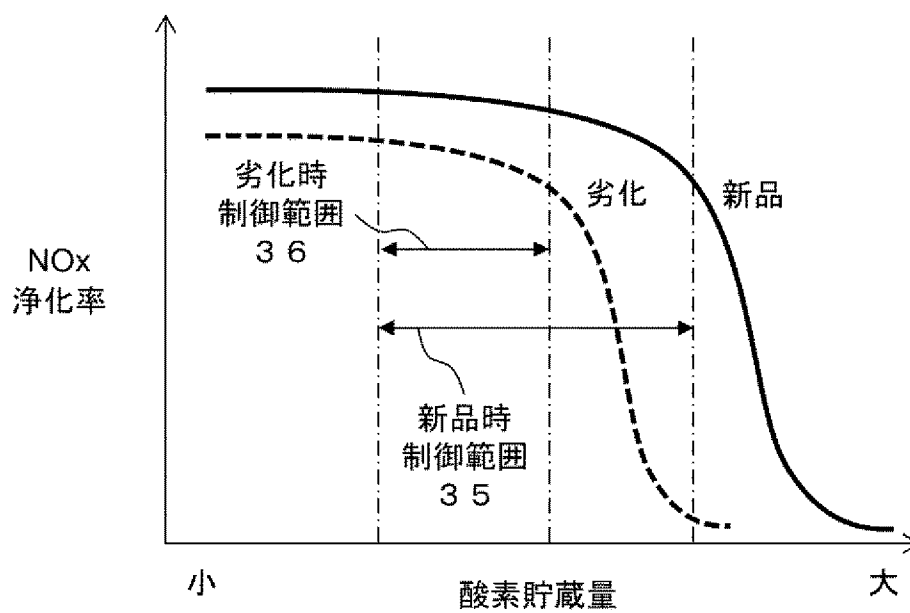
[図15]



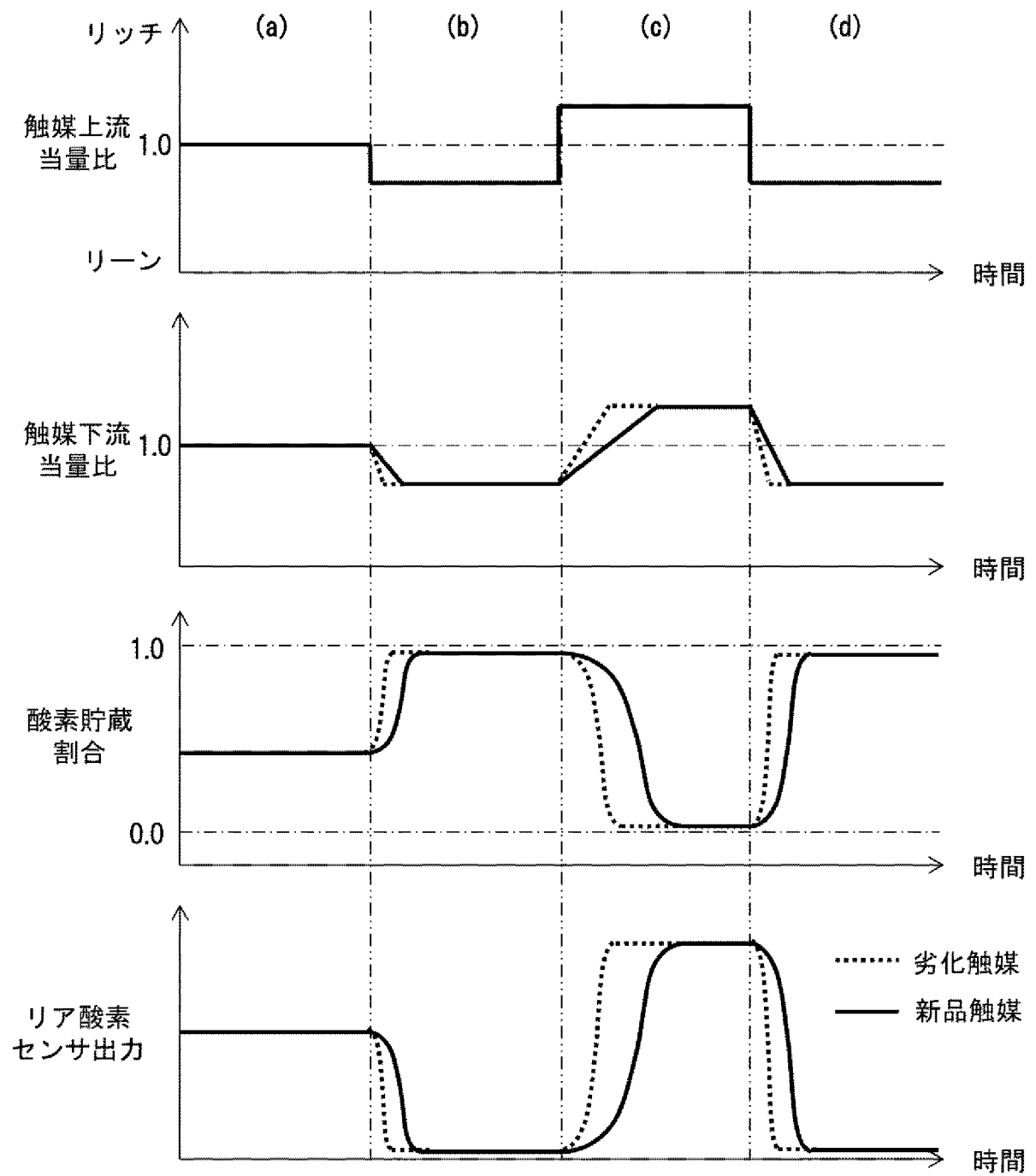
[図16]

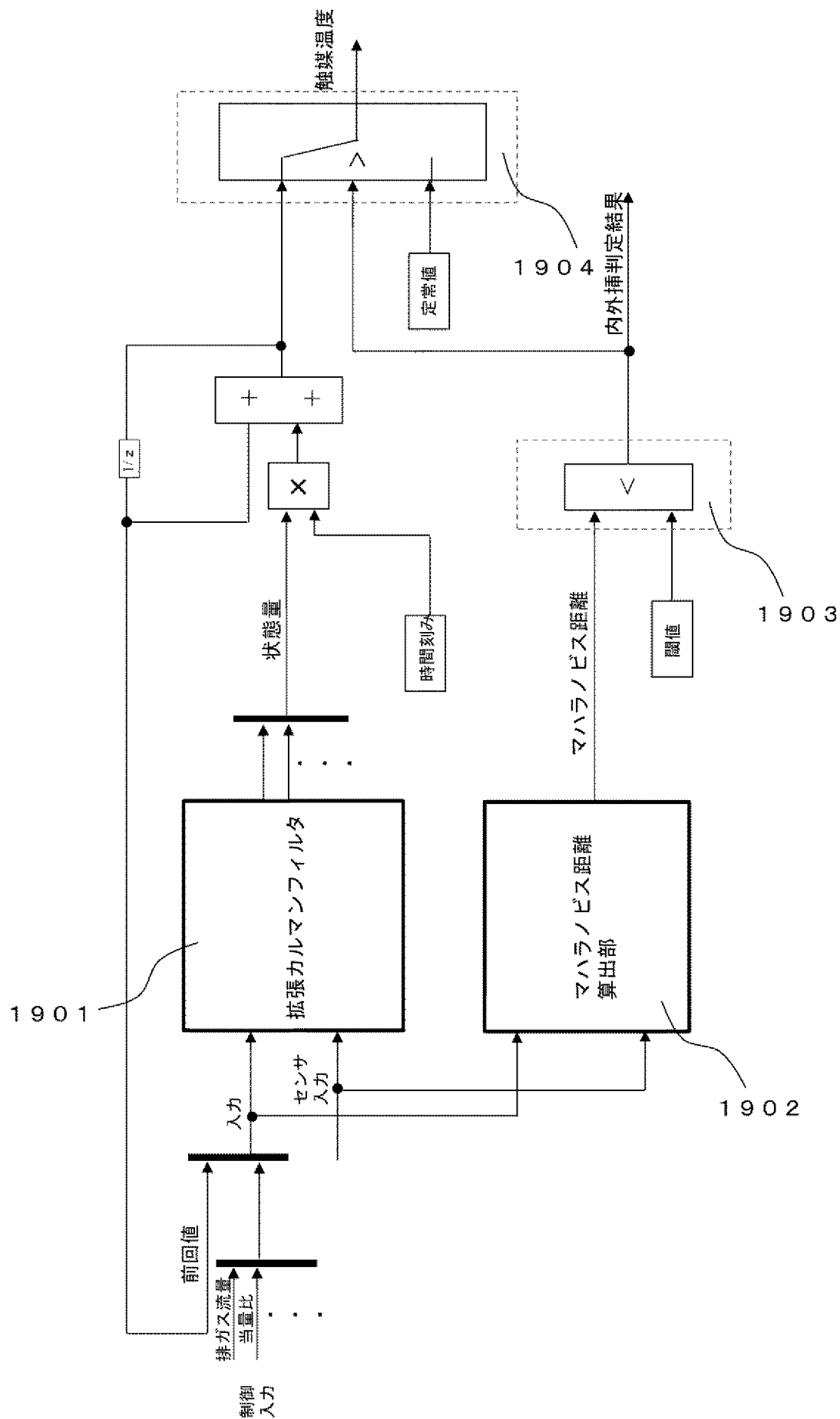


[図17]

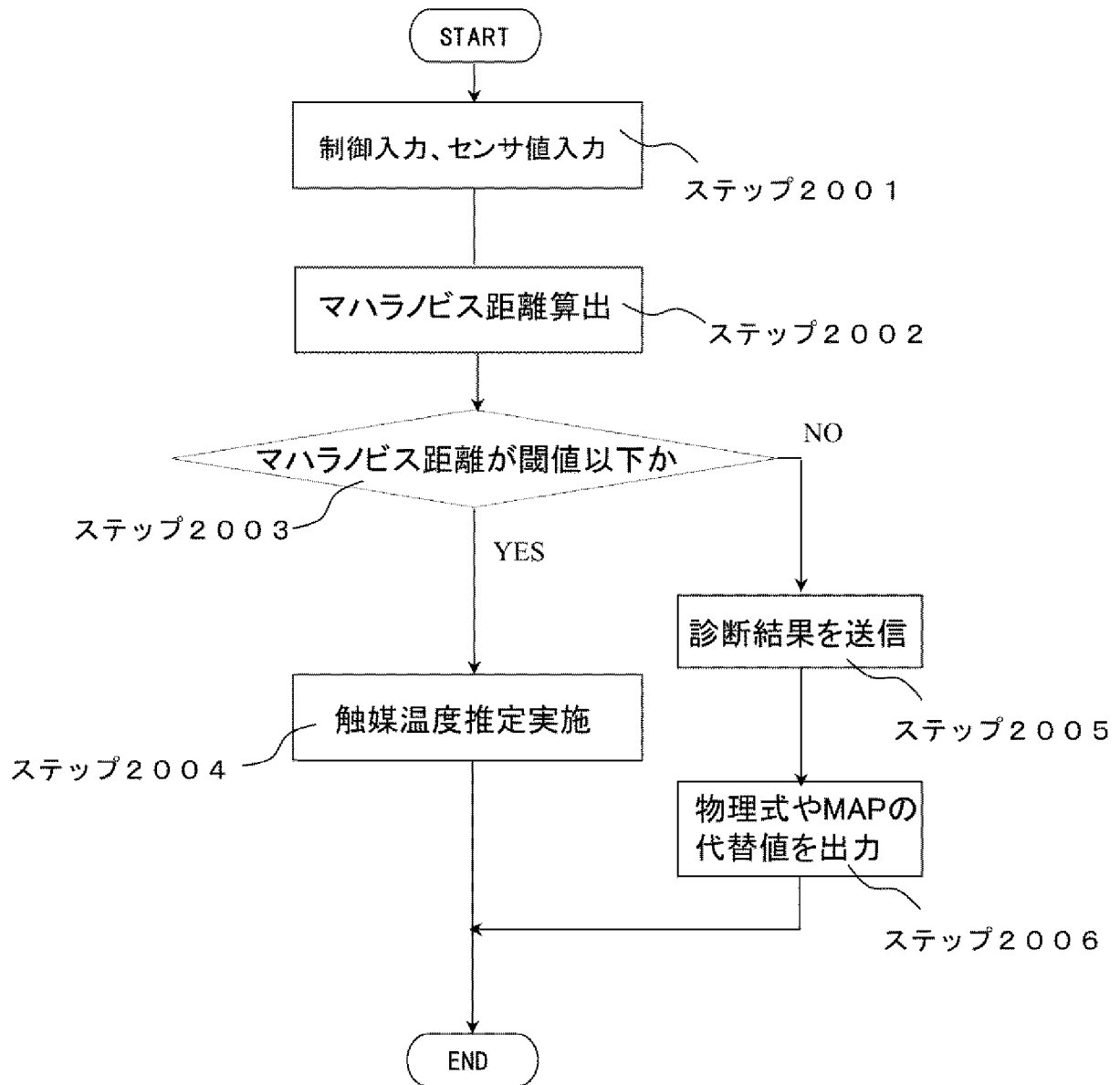


[図18]

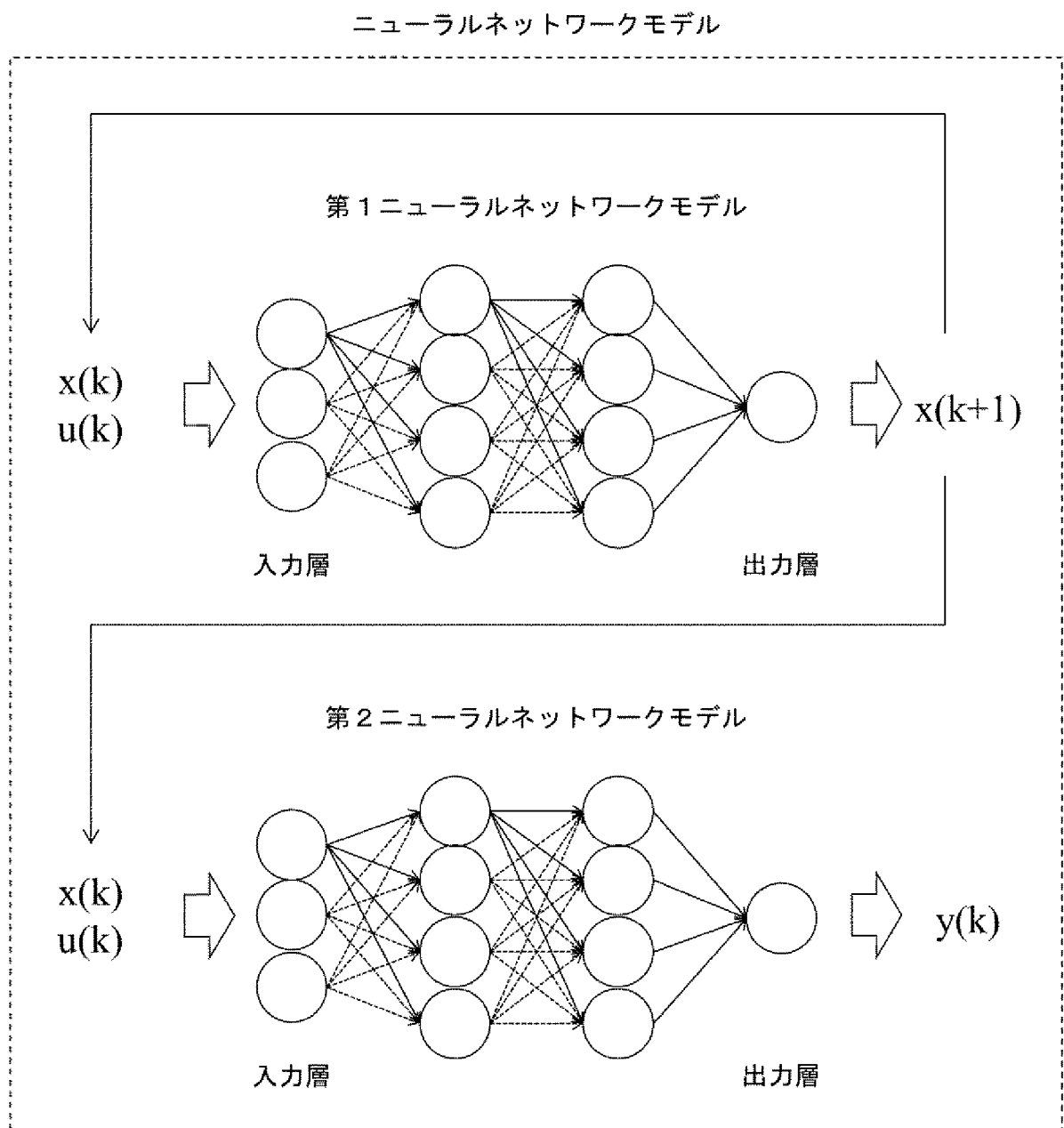




[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012500

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F02D 45/00**(2006.01)i; **F02D 41/26**(2006.01)i

FI: F02D45/00 372; F02D41/26; F02D45/00 360Z

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; F02D41/26

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	CN 111950629 A (JINGYING SHUZHI TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 November 2020 (2020-11-17) paragraphs [0039]-[0114], fig. 1-6	1-10
A	JP 2014-13560 A (JFE STEEL CORPORATION) 23 January 2014 (2014-01-23) paragraphs [0010]-[0052], fig. 1-10	1-10
A	JP 2021-124419 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 30 August 2021 (2021-08-30) paragraphs [0020]-[0081], fig. 1-12	1-10

☐ 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

06 June 2023

Date of mailing of the international search report

13 June 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/JP2023/012500

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	111950629	A	17 November 2020	(Family: none)	
JP	2014-13560	A	23 January 2014	(Family: none)	
JP	2021-124419	A	30 August 2021	US 2021/0247459 A1	
				paragraphs [0033]-[0094], fig. 1-13	
				US 2022/0236337 A1	
				EP 3862764 A1	
				CN 113219336 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F02D 45/00(2006.01)i; F02D 41/26(2006.01)i FI: F02D45/00 372; F02D41/26; F02D45/00 360Z		
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）） F02D45/00; F02D41/26 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 1971-2023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 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	CN 111950629 A (JINGYING SHUZHTECHNOLOGY CO., LTD.) 17.11.2020 (2020-11-17) 段落0039-0114, 図1-6	1-10
A	JP 2014-13560 A (JFEスチール株式会社) 23.01.2014 (2014-01-23) 段落0010-0052, 図1-10	1-10
A	JP 2021-124419 A (トヨタ自動車株式会社) 30.08.2021 (2021-08-30) 段落0020-0081, 図1-12	1-10
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 06.06.2023	国際調査報告の発送日 13.06.2023	
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） 戸田 耕太郎 3G 9329 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	

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/JP2023/012500

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	111950629	A	17.11.2020	(ファミリーなし)	
JP	2014-13560	A	23.01.2014	(ファミリーなし)	
JP	2021-124419	A	30.08.2021	US 2021/0247459 A1	
				段落 0 0 3 3 - 0 0 9 4,	
				図 1 - 1 3	
				US 2022/0236337 A1	
				EP 3862764 A1	
				CN 113219336 A	