

(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
2014年1月23日(23.01.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/013553 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 41/14 (2006.01) F02D 45/00 (2006.01)
F01N 3/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/068125
- (22) 国際出願日: 2012年7月17日(17.07.2012)
- (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): 本田技研工業株式会社(HONDA MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1078556 東京都港区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP). デルファイ・テクノロジーズ・ホールディング・エス. アー. エール. エル. (Delphi Technologies Holding S.a.r.l.) [LU/LU]; L4940 バシラージュ アヴニュー・ドウ・ルクセンブルク Bascharage (LU).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 安井 祐司(YASUI, Yuji) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 松永 英樹(MATSUNAGA, Hideki) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央1丁目4番

1号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). ハルダム ハンス(HARDAM, Hans) [NL/JP]; 〒1920081 東京都八王子市横山町25-6 日本デルファイ・オートモーティブ・システムズ株式会社内 Tokyo (JP). 高橋 俊晴(TAKAHASHI, Toshiharu) [JP/JP]; 〒1920081 東京都八王子市横山町25-6 日本デルファイ・オートモーティブ・システムズ株式会社内 Tokyo (JP). 山田 正俊(YAMADA, Masatoshi) [JP/JP]; 〒1920081 東京都八王子市横山町25-6 日本デルファイ・オートモーティブ・システムズ株式会社内 Tokyo (JP). 鶴池 洋(UIKE, Hiroshi) [JP/JP]; 〒1920081 東京都八王子市横山町25-6 日本デルファイ・オートモーティブ・システムズ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 正林 真之, 外(SHOBAYASHI, Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内1-7-12 サピアタワー Tokyo (JP).

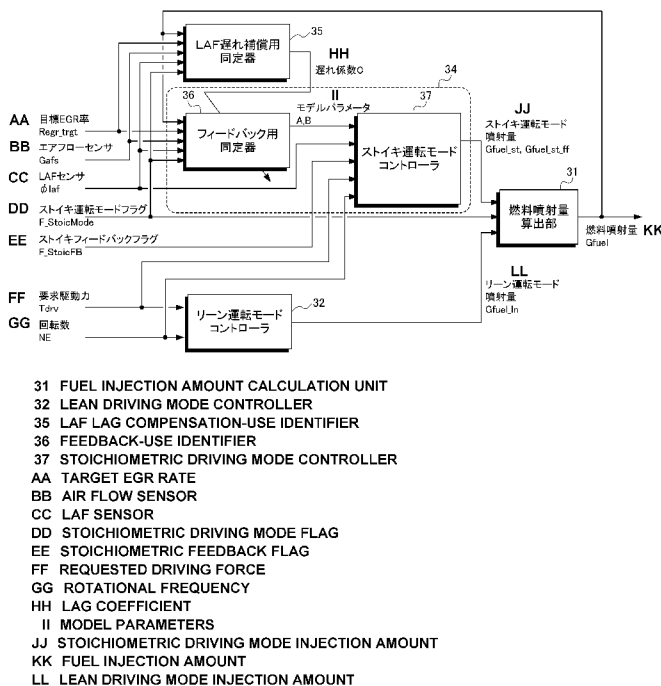
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置

【図1】



(57) Abstract: The objective of the present invention is to provide a control device for an internal combustion engine that enables precise control of the equivalence ratio. The system from the fuel injection amount (Gfuel) to the output (Ølaf) from a LAF sensor is modeled as an injection amount-sensor output model by means of a model equation containing model parameters (A, B) and a lag coefficient (C). The system from the equivalence ratio (Øexp) calculated using this model equation for the injection amount-sensor output model to the LAF sensor output (Ølaf) is modeled as a port equivalence ratio-sensor output model by means of a model equation containing the lag coefficient (C). The control device is equipped with: a feedback-use identifier (36) that successively identifies values for the model parameters (A, B); a LAF lag compensation-use identifier (35) that successively identifies values for the lag coefficient (C) on the basis of the LAF sensor output (Ølaf); and a stoichiometric driving mode controller (37) that determines the value of a fuel injection amount (Gfuel_st) on the basis of the model parameters (A, B).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/013553 A1



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, RW, 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.

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).

- (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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、高精度な当量比制御が可能な内燃機関の制御装置を提供することを目的とする。燃料噴射量 (G_{fuel}) から LAF センサの出力 (ϕ_{laf}) までの系は、モデルパラメータ (A, B) 及び遅れ係数 (C) を含むモデル式によって噴射量-センサ出力モデルとしてモデル化される。この噴射量-センサ出力モデルのモデル式を利用して算出される当量比 (ϕ_{exp}) から LAF センサの出力 (ϕ_{laf}) までの系は、遅れ係数 (C) を含むモデル式によってポート当量比-センサ出力モデルとしてモデル化される。制御装置は、モデルパラメータ (A, B) の値を逐次同定するフィードバック用同定器 (36) と、LAF センサの出力 (ϕ_{laf}) に基づいて遅れ係数 (C) の値を逐次同定する LAF 遅れ補償用同定器 (35) と、モデルパラメータ (A, B) に基づいて燃料噴射量 (G_{fuel_st}) の値を決定するストイキ運転モードコントローラ (37) と、を備える。

明 細 書

発明の名称： 内燃機関の制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、内燃機関の排気浄化システムに関する。

背景技術

[0002] 内燃機関の排気浄化システムは、機関の排ガスに含まれるHC（炭化水素）、CO（一酸化炭素）、及びNO_x（窒素酸化物）を浄化する。排気浄化システムは、排気通路に設けられた様々な種類の触媒における反応を利用して排ガス中の上記三元成分を浄化するものが主流となっている。排ガスを浄化する触媒には、酸化触媒（DOC（Diesel Oxidation Catalyst））、三元触媒（TWC（Three-Way Catalyst））、NO_x吸蔵還元型触媒（NSC（NO_x Storage Catalyst））、及び選択還元触媒（SCR触媒（Selective Catalytic Reduction Catalyst））など、機能が異なる様々な触媒が提案されている。

[0003] 酸化触媒は、混合気の当量比をリーンとし酸素を多く含んだ排ガス（リーン当量比の排ガス）下でHC及びCOの酸化反応を進行させることで、HC及びCOを浄化する酸化機能を有する。またこの酸化触媒は、混合気の当量比をストイキとした排ガス（ストイキ当量比の排ガス）下ではHC及びCOの酸化反応とNO_xの還元反応とが同時に高効率で進行する三元浄化機能も備える。三元触媒は、上記酸化触媒に酸素吸蔵材（OSC材）を付加したものに相当し、上記酸化触媒と比較すれば、三元浄化ウィンドウ、すなわち三元浄化機能を発揮する当量比幅が広がっている。この効果は、触媒前空燃比の変動に対する触媒内空燃比変動の幅が、OSC材の酸素吸蔵効果により減少することによって生じる。

[0004] 選択還元触媒は、NH₃やHCなど外部から供給されるか又は排ガス中に存在する還元剤の存在下でNO_xを還元する。NO_x吸蔵還元型触媒は、リーン当量比の排ガス下で排ガス中のNO_xを吸蔵しておき、ストイキ又はスト

イキよりリッチの当量比の排ガス下で吸蔵しておいた NO_x を還元剤によって還元する。リーン燃焼式のガソリンエンジンやディーゼルエンジンなど、リーン燃焼を基本とした機関の排気浄化システムは、リーン当量比の排ガス下での NO_x 浄化性能を確保するために、これら選択還元触媒や NO_x 吸蔵還元型触媒など DeNO_x 触媒と呼称される触媒を、上述のような酸化触媒や三元触媒と組み合わせて用いる場合が多い。

[0005] 特許文献1には、以上のような触媒のうち NO_x 吸蔵還元触媒と三元触媒とを組み合わせた排気浄化システムが提案されている。この排気浄化システムは、 NO_x 吸蔵還元型触媒が活性に達する前は、混合気の当量比をストイキにし、主として三元触媒によって排ガスの三元成分を浄化する。また、この排気浄化システムは、 NO_x 吸蔵還元型触媒が活性に達した後は、混合気の当量比をリーンにし、三元触媒では HC 及び CO を浄化するとともに、 NO_x 吸蔵還元型触媒によって NO_x を浄化する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-293585号公報

[0007] 以上のような特許文献1の排気浄化システムによれば、混合気の当量比をリーンに制御するリーン運転時と、混合気の当量比をストイキに制御するストイキ運転時との両方で排ガス中の三元成分を浄化することができる。しかしながら、このように間欠的に三元浄化機能を利用したシステムでは、以下で説明するように、特にストイキ運転時に精度良く当量比制御を行うことが重要となっている。しかしながらこの点は、特許文献1において十分に検討されていない。

[0008] 先ず、混合気の当量比を精度良くストイキに制御できないとすると、三元浄化機能を発揮させる触媒には、十分な量の OSC 材を含有し十分な幅の浄化ウィンドウを備えた三元触媒を使用せねばならない。また、このように OSC 材の含有量が増えてしまうと、その分だけコストが増加するだけでなく、リーン当量比の排ガス下での HC や CO の酸化性能が低下してしまうとい

う弊害も生じる。さらに、OSC材の含有量を増やすと、リーン運転中にOSC材に吸蔵される酸素も多量になってしまうため、触媒前空燃比をリーンからストイキへ変化させたときにOSC材が酸素を放出しきるまでにかかる時間、すなわち触媒上の空燃比雰囲気がリーンからストイキに切り替わるまでにかかる時間が長くなり、ひいてはNO_x浄化率が高まるまでに必要な時間も長くなるという弊害も生じる。なお、OSC材の酸素放出時間を短くするために空燃比をリッチ化することも考えられるが、この場合触媒下流へのHCやCOの排出量が増加してしまう。

[0009] また、一般的なNO_x吸蔵還元型触媒や選択還元触媒などのDeNO_x触媒は、排ガスボリュームが増加しかつ排ガス温度が高くなるような高負荷運転時にはNO_x浄化性能が低下する。このため、高負荷運転時にもストイキ運転を行い、ストイキ当量比の排ガス下での三元触媒の三元浄化機能を利用し、DeNO_x触媒の浄化性能の低下を補うことが考えられる。しかしながら、このような高負荷運転時は、三元触媒の浄化ウィンドウも狭くなってしまうため、十分な三元浄化機能を発揮させるためには、やはり高精度な当量比制御が必要となる。

[0010] 本発明は、以上のような点を考慮してなされたものであり、高精度な当量比制御が可能な内燃機関の制御装置を提供することを目的とする。

発明の概要

[0011] (1) 本発明の内燃機関（例えば、後述のエンジン1）の制御装置（例えば、後述のECU3, 3A）は、内燃機関の排ガスの当量比を検出する排ガスセンサ（例えば、後述のLAFセンサ21）の出力に基づいて、前記機関の混合気の当量比を制御するものであって、前記機関の燃料噴射量に関するパラメータから前記排ガスセンサの出力に関するパラメータまでの系を、第1モデルパラメータ(A,B)及び第2モデルパラメータ(C)を含むモデル式によって第1モデル（例えば、後述の噴射量－センサ出力モデル）としてモデル化するとともに、前記第1モデルパラメータ(A,B)の値を逐次同定する第1同定部（例えば、後述のフィードバック用同定器35）と、前記第1モ

デルのモデル式を利用して算出されるパラメータの値から前記排ガスセンサの出力までの系を、前記第2モデルパラメータ(C)を含むモデル式によって第2モデル(例えば、後述のポート当量比-センサ出力モデル)としてモデル化するとともに、前記排ガスセンサの出力(ϕ_{laf})に基づいて前記第2モデルパラメータ(C)の値を逐次同定する第2同定部(例えば、後述のLAF遅れ補償用同定器35)と、前記第1モデルパラメータ(A,B)に基づいて前記機関の混合気の当量比を制御するためのパラメータ(Gfuel)の値を決定するコントローラ(例えば、後述のストイキ運転モードコントローラ37)と、を備える。ここで、燃料噴射量及びLAFセンサの出力に関するパラメータとは、燃料噴射量やLAFセンサの出力そのものの他、燃料噴射量やLAFセンサの出力から所定の演算式を経て得られる物理量を含むものとする。

[0012] (2) この場合、前記第2同定部は、少なくとも前記排ガスセンサの出力(ϕ_{laf})が変化している間に前記第2モデルパラメータ(C)の値を更新することが好ましい。

[0013] (3) この場合、前記第1同定部は、前記機関が特定の第1運転条件下にある間に前記第1モデルパラメータ(A,B)の値を更新し、前記第2同定部は、前記機関が前記第1運転条件よりも広い第2運転条件下にある間に前記第2モデルパラメータ(C)の値を更新することが好ましい。

[0014] (4) この場合、前記第2モデルパラメータ(C)は、前記排ガスセンサの検出遅れ特性に関するパラメータであり、前記制御装置は、前記第2同定部によって同定された前記第2モデルパラメータ(C)の値と所定の異常判定閾値(C_{aged})との比較によって、前記排ガスセンサの異常を判定する異常判定部(例えば、後述のS40の実行に係る手段)をさらに備えることが好ましい。

[0015] (5) この場合、前記第2モデルパラメータは、前記排ガスセンサの検出遅れ特性に関するパラメータであり、前記第1同定部は、前記燃料噴射量を入力として、前記第1モデルパラメータ及び第2モデルパラメータを含む第1モデルのモデル式によって前記排ガスセンサの出力の推定値を算出するセ

ンサ出力推定演算部と、当該推定値と前記排ガスセンサの出力との誤差が最小になるように第1モデルパラメータの値を同定する同定演算部と、を備えることが好ましい。

- [0016] (6) この場合、前記第2モデルパラメータは、前記排ガスセンサの検出遅れ特性に関するパラメータであり、前記第1同定部は、前記燃料噴射量に前記第2モデルパラメータによって特徴付けられる遅れ演算を行う遅れ演算部と、前記遅れ演算部の出力に前記第1モデルパラメータによって特徴付けられる所定の演算を行うことによって前記排ガスセンサの出力の推定値を算出するセンサ出力推定演算部と、当該推定値と前記排ガスセンサの出力との誤差が最小になるように第1モデルパラメータの値を同定する同定演算部と、を備えることが好ましい。

発明の効果

- [0017] (1) 燃料噴射量から排ガスセンサの出力までの系は、第1モデルとしてモデル化される。また、この第1モデルから得られるパラメータの値から排ガスセンサの出力までの系、すなわち上記第1モデルに包含される系は、第2のモデルとしてモデル化される。第1同定部は、第1モデルに含まれる第1、第2モデルパラメータのうち、第1モデルパラメータの値を同定する。第2同定部は、上記第1モデルに含まれる第2モデルパラメータの値を排ガスセンサの出力に基づいて同定する。そして、コントローラは、第1モデルパラメータを利用して機関の混合気の当量比を制御するためのパラメータの値を決定する。このように、本発明では、モデルを利用して混合気の当量比を制御することにより、排ガスセンサの出力にオーバーシュートや振動的挙動を生じさせることなく高い精度で当量比を制御できる。また、現実の系と第1モデルとの間には、現実の系を構成する各種装置の個体ばらつきや経年変化の影響によって誤差（モデル化誤差）がある。本発明では、このモデル化誤差は、第1、第2同定部によって、第1、第2モデルパラメータの値に反映させることができる。したがって、本発明によれば、各種装置の個体ばらつき等による影響を最小にしながら、高い精度で当量比を制御できる。

[0018] ここで、1つのモデル（第1モデル）に含まれる2種類のモデルパラメータ（第1、第2モデルパラメータ）の値を、2つの同定部（第1、第2同定部）で同定することの利点を説明する。上記モデル化誤差は、各種装置の個体ばらつき等に起因した定常的な誤差の他、例えば排ガスセンサの出力の過渡的な特性において生じ得る動的な誤差と、に分けられる。これら2種類の誤差は、発生するタイミングが異なる。したがって、1つの同定部のみ用いて上記2種類のモデルパラメータの値を同時に同定すると、2種類の誤差を切り分けることができないため、結果としてモデルパラメータの同定精度が低下する。本発明では、2つの同定部を備えることにより、例えば第1同定部では定常的な誤差を補償するように第1モデルパラメータの値を同定し、第2同定部では動的な誤差を補償するように第2モデルパラメータの値を同定することができる。すなわち、誤差の特性ごとに同定部を振り分け、各々で適切なタイミングでモデルパラメータの値を精度良く同定することができる。したがって、本発明によれば、高い精度で当量比を制御できる。

[0019] （2）本発明では、第2同定部により排ガスセンサの出力が変化している間に第2モデルパラメータの値を更新することにより、第2モデルパラメータの同定精度を向上できる。これにより、第1同定部による第1モデルパラメータの同定精度も向上できる。したがって、より高い精度で当量比を制御できる。

[0020] （3）上述のように、第1同定部は、第1モデルに含まれる第1、第2モデルパラメータのうち第1モデルパラメータの値を同定し、第2同定部は、第2モデルパラメータの値を同定する。すなわち、第1同定部により同定される第1モデルパラメータの値が、正確なものであるためには、第2同定部により第2モデルパラメータの値が正確に同定されている必要がある。したがって、第2同定部では、第1同定部よりも広い運転条件下で第2モデルパラメータの値を更新することにより、結果として第1同定部による第1モデルパラメータの同定精度も向上できる。

[0021] （4）上述のように本発明では、2つの同定部を用いて2種類のモデルパ

ラメータを同定するので、これらモデルパラメータを精度良く同定できる。したがって、このように精度良く同定された第2モデルパラメータを利用して排ガスセンサの異常を判定することにより、精度良く排ガスセンサの劣化を検知できる。

[0022] (5) 本発明によれば、第1同定部では、第2同定部によって同定される第2モデルパラメータと第1モデルパラメータとを利用したモデル式を利用して、燃料噴射量から排ガスセンサの出力の推定値を算出すると同時に、この推定値と実際のセンサの出力との誤差が最小になるように第1モデルパラメータの値を同定する。すなわち、第1同定部では、センサ出力推定演算部と同定演算部の演算を反復して行うことにより、精度良く第1モデルパラメータの値を同定することができる。

[0023] (6) 本発明によれば、第1同定部では、燃料噴射量から排ガスセンサの出力の推定値を算出するに当り、先ずは燃料噴射量を入力として第2モデルパラメータによって特徴付けられる遅れ演算を行った後、この遅れ演算によって得られた値に第1モデルパラメータによって特徴付けられる所定の演算を行うことによって排ガスセンサの出力の推定値を算出する。そして、この推定値と実際のセンサ出力との誤差が最小になるように第1モデルパラメータの値を同定する。すなわち本発明によれば、センサ出力推定演算部及び同定演算部からなる第1モデルパラメータの演算ループから、第2モデルパラメータを含む遅れ演算を外すことができる。このため、上記(5)の発明と比較すれば、同定演算部における同定速度を向上できるため、センサ出力推定演算部と同定演算部の演算を短時間で反復して行うことができ、ひいては短時間で第1モデルパラメータの値を正確に同定できる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の一実施形態に係るエンジン及びその排気浄化システムの構成を示す模式図である。

[図2]リーン当量比の排ガス下での NO_x 浄化を担う床下触媒の NO_x 浄化性能の温度特性を示す図である。

- [図3]本発明の当量比制御の概念を説明するための第1の図である。
- [図4]本発明の当量比制御の概念を説明するための第2の図である。
- [図5]本発明の当量比制御の概念を説明するための第3の図である。
- [図6]当量比制御の手順を示すメインフローチャートの一部を示す図である。
- [図7]モード判定制御の手順を示すフローチャートである。
- [図8]EGR制御の手順を示すフローチャートである。
- [図9]燃料噴射制御の実行に係るブロック図である。
- [図10]リーン運転モード及びストイキ運転モードにおける噴射パターンの一例を示す図である。
- [図11]適応ストイキコントローラによって実現される当量比制御の概念を説明するための図である。
- [図12]適応ストイキコントローラのシミュレーション結果を示す図である。
- [図13]従来装置のシミュレーション結果を示す図である。
- [図14]LAFセンサの応答遅れ特性の推定誤差が制御結果へ及ぼす影響を示す図である。
- [図15]基準遅れ係数を決定するマップの一例を示す図である。
- [図16]重み関数の設定例を示す図である。
- [図17]LAF遅れ補償用同定器のシミュレーション結果を示す図である。
- [図18]燃料噴射制御の手順を示すフローチャートである。
- [図19]燃料噴射制御によって発生し得るトルク段差を説明する図である。
- [図20]噴射パターン制御の手順を示すフローチャートである。
- [図21]リーン運転モードにおける噴射パターンの一例を示す図である。
- [図22]メイン噴射タイミングを決定するマップの一例を示す図である。
- [図23]ストイキ運転モードにおける噴射パターンの一例を示す図である。
- [図24]トルク変換効率を算出するマップの一例を示す図である。
- [図25]メイン噴射タイミングの修正値を算出するマップの一例を示す図である。
- [図26]噴射パターン制御を実行することによって実現されるトルク補償制御

の概念を説明する図である。

[図27]上記実施形態に係るフィードバック用同定器における演算の手順を示すブロック図である。

[図28]上記フィードバック用同定器の変形例における演算の手順を示すブロック図である。

[図29]図28を等価変換して得られるブロック図である。

[図30]床下触媒をNO_x吸蔵還元型触媒とした場合における排気浄化システムの構成を示す図である。

[図31]LAFセンサの上流側に酸化触媒（又は三元触媒）を設けた例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の一実施形態を、図面を参照して説明する。

図1は、本実施形態に係る内燃機関（以下「エンジン」という）1と、その制御装置を備えた排気浄化システム2の構成を示す模式図である。エンジン1は、混合気の当量比をストイキよりもリーンとする所謂リーン燃焼を基本としたもの、より具体的にはディーゼルエンジンやリーンバーンガソリンエンジンなどである。本実施形態では、エンジン1はディーゼルエンジンとして説明する。

[0026] 排気浄化システム2は、エンジン1の排気通路11に設けられた触媒浄化装置4と、排気通路11を流通する排気の一部を吸気通路12内に還流するEGR装置5と、エンジン1、触媒浄化装置4及びEGR装置5を制御する制御装置としての電子制御ユニット（以下、「ECU」という）3と、を含んで構成される。

[0027] エンジン1には、各シリンダに燃料を噴射する燃料噴射弁が設けられている（図示せず）。この燃料噴射弁を駆動するアクチュエータは、ECU3に電磁的に接続されている。ECU3は、後に詳述する手順により燃料噴射弁からの燃料噴射量及び噴射タイミングなどを決定するとともに、決定した燃料噴射態様が実現されるように燃料噴射弁を制御する。

[0028] 触媒浄化装置 4 は、排気通路 1 1 のうち、上流側に設けられた第 1 触媒コンバータ 4 1 と、この第 1 触媒コンバータ 4 1 より下流側に設けられた第 2 触媒コンバータ 4 2 と、第 2 触媒コンバータ 4 2 に還元剤を供給する還元剤供給装置 4 3 と、を備える。第 1 触媒コンバータ 4 1 は、排気通路 1 1 のうちエンジン 1 の直下に設けられている。従って以下では、第 1 触媒コンバータを直下触媒コンバータという。また、第 2 触媒コンバータ 4 2 は、エンジン 1 から離れた位置、より具体的には、排気浄化システム 2 を図示しない車両に搭載した状態で床下に設けられる。従って以下では、第 2 触媒コンバータを床下触媒コンバータという。直下触媒コンバータ 4 1 及び床下触媒コンバータ 4 2 には、それぞれ排ガスに含まれる HC、CO、NO_xなどの成分を浄化する反応を促進するための触媒が設けられている。

[0029] 直下触媒コンバータ 4 1 が備える直下触媒には、少なくとも三元浄化機能を有する触媒が用いられる。三元浄化機能とは、ストイキ当量比の排ガスの下で、三元浄化反応、すなわち HC 及び CO の酸化と NO_x の還元とが同時に行われる反応が進行する機能を言う。このような三元浄化機能を備える触媒としては、酸化触媒、三元触媒、及び NO_x 吸蔵還元型触媒が挙げられる。直下触媒には、これら 3 つの触媒の何れかが好ましく用いられる。

[0030] 酸化触媒 (DOC) は、ストイキ当量比の排ガス下では上記三元浄化反応によって HC、CO、NO_x を浄化し、リーン当量比の排ガス下では HC 及び CO を酸化することによって浄化する。

三元触媒 (TWC) は、この酸化触媒に酸素吸蔵材を付加したものに相当する。三元触媒と酸化触媒は基本的な浄化機能は同じである。ただし三元触媒は、酸化触媒と比較すると三元浄化ウィンドウが広がっている点で優れている。

NO_x 吸蔵還元型触媒 (NSC) は、ストイキ当量比の排ガスの下では上記酸化触媒と同様に三元浄化反応によって HC、CO、NO_x を浄化し、リーン当量比の排ガス下では NO_x を吸蔵することによって浄化する。なお、吸蔵した NO_x は、排ガスの当量比をストイキ又はストイキよりもリッチ側

にすることによって放出され、排ガス中に含まれるHCを還元剤として還元される。

[0031] 床下触媒コンバータ42が備える床下触媒には、酸素が多く含まれるリーソ当量比の排ガスの中でNOx浄化反応が進行する触媒が用いられる。このようなNOx浄化機能を備える触媒としては、上述のNOx吸蔵還元型触媒の他、選択還元触媒が挙げられる。

選択還元触媒（SCR）は、NH₃やHCなど外部から供給されるか又は排ガス中に存在するHCの存在下でNOxを還元する。なお、本実施形態は、床下触媒は選択還元触媒とした例について説明する。床下触媒をNOx吸蔵還元型触媒とした場合の変更点については、後に説明する。

[0032] 還元剤供給装置43は、尿素水タンク431と、尿素水インジェクタ432とを備える。尿素水タンク431は、床下触媒コンバータ42における還元剤（NH₃）の前駆体である尿素水を貯蔵する。尿素水タンク431は、尿素水供給路433及び図示しない尿素水ポンプを介して尿素水インジェクタ432に接続されている。尿素水インジェクタ432は、図示しないアクチュエータで駆動されると開閉し、尿素水タンク431から供給される尿素水を排気通路11内の床下触媒コンバータ42の上流側に噴射する。インジェクタ432から噴射された尿素水は、排ガス中又は床下触媒コンバータ42においてNH₃に加水分解され、NOxの還元消費される。尿素水インジェクタ432のアクチュエータは、ECU3に電磁的に接続されている。ECU3は、後述のNOxセンサ22の出力に応じて必要な尿素水噴射量を算出するとともに、この噴射量に応じた量の尿素水が噴射されるように尿素水インジェクタ432を制御する。なお、ECU3による尿素水噴射制御の詳細な説明は省略する。

[0033] EGR装置5は、EGR通路51と、EGR制御弁52と、図示しないEGRクーラ等を含んで構成される。EGR通路51は、排気通路11のうち直下触媒コンバータ41より上流側と吸気通路12とを接続する。EGR制御弁52は、EGR通路51に設けられ、このEGR通路51を介してエン

ジン 1 のシリンダ内に還流される排ガス（以下、「EGR ガス」という）の量を制御する。この EGR 制御弁 5 2 を駆動するアクチュエータは、ECU 3 に電磁的に接続されている。ECU 3 は、EGR ガス量（又は EGR 率）の推定値を算出するとともに、後に詳述する手順により EGR ガス量（又は、EGR 率）の目標値を定め、この推定値が目標値になるように EGR 制御弁を制御する。

[0034] ECU 3 には、排気浄化システム 2 及びエンジン 1 の状態を検出するためのセンサとして、LAF センサ 2 1、NO_x センサ 2 2、触媒温度センサ 2 3、クランク角度位置センサ 1 4、アクセル開度センサ 1 5、エアフローセンサ 1 6 などが接続されている。

[0035] LAF センサ 2 1 は、エンジン 1 の排気ポートより下流かつ直下触媒コンバータ 4 1 より上流の排ガスの当量比を検出し、検出値に略比例した信号を ECU 3 に送信する。NO_x センサ 2 2 は、床下触媒コンバータ 4 2 より下流側の排ガス中の NO_x 濃度を検出し、検出値に略比例した信号を ECU 3 に送信する。触媒温度センサ 2 3 は、床下触媒コンバータ 4 2 の温度を検出し、検出値に略比例した信号を ECU 3 に送信する。クランク角度位置センサ 1 4 は、エンジン 1 のクランク軸の回転角度を検出するとともに、所定クランク角ごとのパルス信号を ECU 3 に供給する。ECU 3 では、このパルス信号に基づいてエンジン 1 の回転数 NE が算出される。アクセル開度センサ 1 5 は、図示しないアクセルペダルの踏み込み量を検出し、検出値に略比例した信号を ECU 3 に送信する。ECU 3 では、クランク角度位置センサ 1 4 やアクセル開度センサ 1 5 に基づいて、ドライバ要求駆動力 T_{drv} を算出する。エアフローセンサ 1 6 は、吸気通路 1 2 を流通する新気の流量、すなわちエンジン 1 のシリンダ内に供給される新気量を検出し、検出値に略比例した信号を ECU 3 に送信する。

[0036] また、ECU 3 には、ドライバに LAF センサ 2 1 の異常を報知するため、センサ異常警告灯 1 7 が接続されている。このセンサ異常警告灯 1 7 は、例えば、車両のメータパネルに設けられ、LAF センサ 2 1 が異常であると

判定されたことに応じて点灯する（後述の図18のS41参照）。

[0037] ECU3は、各種センサからの入力信号波形を整形し、電圧レベルを所定のレベルに修正し、アナログ信号値をデジタル信号値に変換する等の機能を有する入力回路と、中央演算処理ユニット（以下「CPU」という）とを備える。この他、ECU3は、後述の当量比制御を実行するためにCPUで実行される各種演算プログラム及び演算結果等を記憶する記憶回路と、エンジン1の燃料噴射弁、尿素水インジェクタ432、及びEGR制御弁52等に制御信号を出力する出力回路と、を備える。

[0038] 次に、図2～図5を参照して、上述のような三元浄化機能及びNO_x浄化機能を有効に発揮させるための本発明の当量比制御の概念について説明する。この当量比制御の具体的な手順については、図6～図26を参照して詳細に説明する。

[0039] 図2は、リーン当量比の排ガス下でのNO_x浄化を担う床下触媒のNO_x浄化性能の温度特性を示す図である。横軸は触媒温度〔℃〕であり、縦軸はリーン当量比の排ガス下でのNO_x浄化率〔%〕である。また、実線は床下触媒を選択還元触媒（SCR触媒）とした場合を示し、破線は床下触媒をNO_x吸蔵還元型触媒（NSC）とした場合を示す。この図に示すように、これら床下触媒は、排ガスの当量比がリーンであり、かつ、触媒温度が適切な温度範囲にある場合には、高いNO_x浄化性能を発揮する。なお、横軸を排ガスボリューム（単位時間当りの排ガス量）としても図2と同様に上に凸の特性を示す。

[0040] このため、排ガス温度が高くなりかつ排ガスボリュームが増加する高負荷運転時には、触媒温度や排ガスボリュームが適切な範囲を超えて大きくなってしまい、NO_x浄化率が低下する。このような高負荷運転時におけるNO_x浄化率の低下は、床下触媒装置の容積を大きくしたり、触媒への貴金属担持量やゼオライトなどの還元反応材の担持量を増加したりすることである程度は補えるものの、その分だけコストが増加したり装置の搭載性が悪化する。本発明の当量比制御は、このような高負荷運転時には混合気の当量比をリ

ーンからストイキにすることにより、直下触媒において三元浄化反応を進行させることにより、床下触媒の NO_x 浄化性能の低下を補う。次に、図3～図5を参照して、この当量比制御の概念について説明する。

[0041] 図3は、本発明の当量比制御の概念を説明するための第1の図である。図3には、上段から順に、シリンダに導入されるガスの内訳、 Inert-EGR 率[%]、燃料噴射量、 LAF センサ出力、及び NO_x 浄化率[%]を示す。なお、 Inert-EGR とは、 EGR 通路を介してシリンダ内に還流される EGR ガスのうち酸素を除いた不活性成分を言う。

[0042] シリンダに導入されるガスは、 EGR ガス中の酸素を含めた新気成分と、 Inert-EGR 成分と、に分けられる。図3の最上段において、2つの破線はそれぞれシリンダ内ガス量の目標値（目標シリンダ内ガス量）及び Inert-EGR 量の目標値（目標 Inert-EGR 量）を示す。目標シリンダ内ガス量から目標 Inert-EGR 量を差し引いた値は、新気量の目標値（目標新気量）に相当する。また、図3の最上段において、2つの実線はそれぞれシリンダ内ガス量の実際の値（実シリンダ内ガス量）及び Inert-EGR 量の実際の値（実 Inert-EGR 量）を示す。実シリンダ内ガス量から実 Inert-EGR 量を差し引いた値は、新気量の実際の値（実新気量）に相当する。また、これら実シリンダ内ガス量及び実 Inert-EGR 量は、それぞれの目標値に追従するように制御される。

[0043] 図3中最上段に示すように、目標シリンダ内ガス量は、ドライバの要求駆動力に応じて大きくなるように決定される。目標シリンダ内ガス量が大きくなると、排ガスの温度が高くなりかつ排ガスボリュームも大きくなるため、図2を参照して説明したように、床下触媒の NO_x 浄化性能が低下する。そこで、本発明の当量比制御では、目標シリンダ内ガス量に対し所定の閾値 $G_{\text{cyl_st}}$ を設定することにより、エンジンの運転モードをリーン運転モードとストイキ運転モードとで切り換える。

[0044] リーン運転モードでは、 ECU は、混合気の当量比がストイキよりもリーン側になるように、燃料噴射量及び Inert-EGR 率等を、予め定めら

れたアルゴリズムで定め、床下触媒による NO_x 浄化機能を積極的に利用し、 NO_x 浄化率を高く維持する。

[0045] ストイキ運転モードでは、ECUは、混合気の当量比がストイキになるように、燃料噴射量及び Inert-EGR 率等を制御し、直下触媒による三元浄化機能を積極的に利用し、床下触媒による NO_x 浄化性能の低下を補う。この際ECUは、混合気の当量比をストイキに制御するため、リーン運転モード時と同じアルゴリズムで定められた場合と比較して、 Inert-EGR 率（又は Inert-EGR 量）を増加し、かつ、燃料噴射量を増量する。ここで、燃料噴射量は、エンジンの燃焼効率を意図的に低下させることによって増量することが好ましい。なお、エンジンの燃焼効率は、後に詳述するように、燃料噴射タイミングをリーン運転モード時と比較して遅角化したり、燃料噴射を分割したりすることによって低下させることができる。またエンジンがガソリンエンジンである場合には、点火時期を遅角化することによって、エンジンの燃焼効率を低下させることができる。

[0046] 図4は、本発明の当量比制御の概念を説明するための第2の図である。

図3を参照して説明したように、ストイキ運転モードでは、 Inert-EGR 率の増加と燃料噴射量の増量とを組み合わせることによって排ガスの当量比をストイキに制御する。ここで、 Inert-EGR 率は、例えば EGR 制御弁の開度を調整することによって増加させることができる。しかしながら、この EGR 制御弁の流量特性は、個体ばらつきや経年変化によって変化する。このため、図4に示すように、実 Inert-EGR 率と目標 Inert-EGR 率との間に定常偏差が生じてしまい、結果として LAF センサの出力（実当量比）と目標当量比（ストイキ）との間に、定常偏差が生じてしまう場合がある。 LAF センサの出力がストイキから外れてしまうと、直下触媒では三元浄化反応が進行しなくなってしまうため、 NO_x 浄化率は目標としていたものよりも大きく低下してしまう。

図4には、 EGR 制御弁に個体ばらつきや経年変化が生じた場合を例示したが、この他、燃料を噴射するインジェクタの流量特性に個体ばらつきや経

年変化が生じた場合も同様にL A Fセンサ出力に定常偏差が生じてしまう場合がある。

[0047] 図5は、本発明の当量比制御の概念を説明するための第3の図である。

図4を参照して説明したような、ストイキ運転モード時のL A Fセンサ出力の定常偏差を解消するためには、L A Fセンサ出力を利用したフィードバック制御を行う必要がある。図5には、リーン運転モードからストイキ運転モードに切り換わった時点から(F_StoicMode: 0 → 1)、所定時間が経過した時点(F_StoicFB: 0 → 1)でL A Fセンサ出力を利用したストイキフィードバック制御を開始し、L A Fセンサの出力がストイキになるように燃料噴射量を修正した場合を示す。図5に示すように、ストイキ運転モードでは、このようなストイキフィードバック制御を行うことにより、E G R制御弁やインジェクタに個体ばらつきなどがある場合にも混合気の当量比を精度良く制御し、N O x 浄化率を高くすることができる。

[0048] 図5に例示するように、リーン運転モードからストイキ運転モードに切り換わった直後、L A Fセンサの出力はストイキよりも十分に小さい。また、この状態から混合気の当量比をストイキに制御するためには、燃料噴射量は増量する必要がある。このため、リーン運転モードからストイキ運転モードに切り換わった直後に上述のストイキフィードバック制御を開始すると、燃料噴射量が急激に増加してしまい、エンジントルクに意図しない変化が生じてしまうおそれがある。このため、ストイキフィードバック制御は、ストイキ運転モードの開始後、L A Fセンサの出力がストイキよりもやや小さな値に設定されたフィードバック開始当量比を上回ったことに応じて開始する。このように、L A Fセンサの出力がある程度までストイキに近づいてからストイキフィードバック運転モードを開始することにより、燃料噴射量が急激に増加しないようにし、意図しないトルク変化を抑制する。

[0049] なお、図3～図5では、リーン運転モード中にストイキ運転モードに切り換える場合について説明したが、図2を参照して説明したように、床下触媒は最適な温度範囲から外れて低くなった場合もN O x 浄化性能が低下する。

このため、本発明の当量比制御では、エンジン始動直後から床下触媒が活性温度に達するまでの間もエンジンの運転モードをストイキ運転モードにし、直下触媒の三元浄化機能を利用する。直下触媒は、床下触媒よりもエンジンに近い位置に設けられているため、床下触媒よりも速やかに活性に達する。したがって、始動直後のエンジンの運転モードをストイキ運転モードとすることにより、始動直後から NO_x 浄化率を高くすることができる。

[0050] 図6は、当量比制御の手順を示すメインフローチャートの一部を示す図である。この当量比制御は、所定の制御周期（例えば、TDC周期）ごとにECUにおいて実行される。図6に示すように、ECUにおいて実行される当量比制御には、モード判定制御（S1）と、EGR制御（S2）と、燃料噴射制御（S3）と、噴射パターン制御（S5）と、を含む。

[0051] S1のモード判定制御では、エンジンや排気浄化システムの状態に応じて、現在の適切な運転モードを判定する。このモード判定制御の具体的な手順については、後に図7を参照して説明する。

[0052] S2のEGR制御では、選択された運転モード等に応じて、目標EGR量及び目標EGR率を決定する。このEGR制御の具体的な手順については、後に図8を参照して説明する。

[0053] S3の燃料噴射制御では、選択された運転モードや目標EGR量等に応じて、燃料噴射量を決定する。この燃料噴射制御の具体的な手順については、後に図9から図18を参照して説明する。

[0054] S5の噴射パターン制御では、S3で定められた燃料噴射量を、S1で判定された運転モード等に応じて分割する。この噴射パターン制御の具体的な手順については、後に図19から図26を参照して説明する。

[0055] <モード判定制御>

図7は、モード判定制御の手順を示すフローチャートである。このモード判定制御では、ECUは、ストイキ浄化モードフラグF_StoicMode及びストイキフィードバックフラグF_StoicFBの値を設定する。ストイキ浄化モードフラグF_StoicModeは、現在の運転モードがストイキ運転モードであることを示す

フラグである。ストイキフィードバックフラグF_StoicFBは、ストイキフィードバック制御の実行に適した状態であることを示すフラグである。

[0056] S 1 1 では、E C U は、直下触媒が活性に達したか否かを判別する。S 1 1 の判別がY E S の場合には、S 1 2 に移る。

S 1 2 では、E C U は、床下触媒が活性に達したか否か、すなわち床下触媒温度Tdenox(k)が活性を判定するために設定された閾値Tdenox_act以上であるか否かを判別する。なお、この床下触媒温度Tdenox(k)は、触媒温度センサの出力に基づいて算出される。この判別がY E S の場合にはS 1 3 に移り、N O の場合にはS 1 4 に移る。

S 1 3 では、E C U は、目標シリンダ内ガス量Gcyl_trgt(k)が所定の床下触媒活性後のストイキ運転閾値Gcyl_st_dnx以上であるか否かを判別する。

S 1 4 では、E C U は、目標シリンダ内ガス量Gcyl_trgt(k)が所定の床下触媒活性前のストイキ運転閾値Gcyl_st_aes以上であるか否かを判別する。

[0057] ここで、目標シリンダ内ガス量Gcyl_trgt(k)は、図示しない処理によりドライバの要求駆動力に応じて所定のマップを検索することで、所定の制御周期ごとに定められる。また、床下触媒活性後のストイキ運転閾値Gcyl_st_dnxは、床下触媒活性前のストイキ運転閾値Gcyl_st_aes以上に設定される（ $Gcyl_st_dnx \geq Gcyl_st_aes$ ）。

なお、S 1 3 及びS 1 4 では、シリンダ内ガス量を引数として判別したが、エンジントルク、エンジン出力、排ガスボリュームなどの物理量を引数としても実質的に同等の判別を行うことができる。

[0058] 上記S 1 1 ～S 1 4 の判定において、直下触媒が活性に達する前（S 1 1 の判別がN O の場合）、床下触媒が活性に達する前かつ目標ガス量Gcyl_trgt(k)が閾値Gcyl_st_aesより小さい場合（S 1 4 の判別がN O の場合）、床下触媒が活性に達した後かつ目標ガス量Gcyl_trgt(k)が閾値Gcyl_st_dnxより小さい場合（S 1 3 の判別がN O の場合）、S 1 5 に移る。S 1 5 では、E C U は、現在の適切な運転モードはリーン運転モードであると判定し、ストイキ浄化モードフラグF_StoicModeを0に設定し、図7の処理を終了する（下記

式（１）参照）。

[数1]

$$F_StoicMode(k) = \begin{cases} 1 & (Gcyl_trgt(k) \geq Gcyl_st_dnx \ \& \ Tdenox(k) \geq Tdenox_act) \\ 0 & (Gcyl_trgt(k) < Gcyl_st_dnx \ \& \ Tdenox(k) \geq Tdenox_act) \\ 1 & (Gcyl_trgt(k) \geq Gcyl_st_aes \ \& \ Tdenox(k) < Tdenox_act) \\ 0 & (Gcyl_trgt(k) < Gcyl_st_aes \ \& \ Tdenox(k) < Tdenox_act) \end{cases} \quad (1)$$

[0059] 上記 S 1 1 ～ S 1 4 の判定において、床下触媒が活性に達する前かつ目標ガス量 $Gcyl_trgt(k)$ が閾値 $Gcyl_st_aes$ 以上である場合（S 1 4 の判別が Y E S の場合）、床下触媒が活性に達した後かつ目標ガス量 $Gcyl_trgt(k)$ が閾値 $Gcyl_st_dnx$ 以上である場合（S 1 3 の判別が N O の場合）、S 1 6 に移る。S 1 6 では、E C U は、現在の適切な運転モードはストイキ運転モードであると判定し、ストイキ浄化モードフラグ $F_StoicMode$ を 1 に設定し、S 1 7 に移る（上記式（１）参照）。

[0060] S 1 7 では、E C U は、下記式（２）に従ってストイキフィードバックフラグ $F_StoicFB$ を設定し、図 7 の処理を終了する。より具体的には、E C U は、前回制御時から今回制御時にかけて L A F センサ出力 ϕ_{laf} が、1（ストイキ当量比）よりもやや小さな値に設定されたフィードバック開始閾値 ϕ_{fb} を超えた場合に、フラグ $F_StoicFB$ を 0 から 1 に切り換え、前回制御時から今回制御時にかけてストイキ浄化フラグ $F_StoicMode$ が 1 から 0 に切り換わった場合に、フラグ $F_StoicFB$ を 1 から 0 にリセットする。その他の場合、フラグ $F_StoicFB$ は、前回の状態が維持される。以上のようにしてストイキフィードバックフラグ $F_StoicFB$ の値を更新することにより、後述の適応ストイキコントローラによるストイキフィードバック制御は、エンジンの運転モードがリーン運転モードからストイキ運転モードに切り換った後、L A F センサ出力 ϕ_{laf} が、フィードバック開始閾値 ϕ_{fb} を上回るのを待ってから開始させることができる。

[数2]

$$F_StoicFB(k) = \begin{cases} 1 & (\phi_{laf}(k) \geq \phi_{fb} \ \& \ \phi_{laf}(k-1) < \phi_{fb} \ \& \ F_StoicMode(k) = 1) \\ 0 & (F_StoicMode(k) = 0 \ \& \ F_StoicMode(k-1) = 1) \quad (2) \\ F_StoicFB(k-1) & (\text{その他の場合}) \end{cases}$$

[0061] <EGR制御>

図8は、EGR制御の手順を示すフローチャートである。このEGR制御では、ECUは、EGRガス量の目標値（目標EGR量）Gegr_trgt及びEGR率の目標値（目標EGR率）Regr_trgtを決定する。

[0062] S21では、現在の運転モードがストイキ運転モードであるか否か、すなわちストイキ浄化フラグF_StoicModeが1であるか否かを判別する。S21の判別がNOの場合、すなわちリーン運転モード中である場合には、S22に移り、ECUは、混合気の当量比がリーンである状態が維持されるように、かつ、ドライバの要求駆動力が実現されるように目標EGR量Gegr_trgt及び目標EGR率Regr_trgtを決定する。これら目標EGR量Gegr_trgt及び目標EGR率Regr_trgtは、所定のリーン運転モード時用のマップを検索することによって決定される。

[0063] S21の判別がYESの場合、すなわちストイキ運転モード中である場合には、S23に移り、ECUは、後に図9以降を参照して説明するように、ドライバの要求駆動力が実現するように決定される燃料噴射量Gfuelに対し、混合気の当量比がストイキになるように目標EGR量Gegr_trgt及び目標EGR率Regr_trgtを決定する。より具体的には、ECUは、下記式（3-1）～（3-4）に従って、目標EGR量Gegr_trgt及び目標EGR率Regr_trgtを決定する。

[数3]

$$Gfsh_trgt(k) = \alpha_{st} \cdot Gfuel(k) \quad (3-1)$$

$$Giegr_trgt(k) = Gcyl_trgt(k) - Gfsh_trgt(k) \quad (3-2)$$

$$Gegr_trgt(k) = \phi_{laf}(k-d) \cdot Giegr_trgt(k) \quad (3-3)$$

$$Regr_trgt(k) = Gegr_trgt(k) / Gcyl_trgt(k) \quad (3-4)$$

[0064] 上記式（3-1）において、Gfsh_trgt(k)は、目標シリンダ内新気量であ

る。 $G_{fuel}(k)$ は、後述の燃料噴射制御において決定される燃料噴射量である。定数 α_{st} は、ストイキ空燃比（例えば、14.6）である。すなわち、目標シリンダ内新気量 G_{fsh_trgt} は、ドライバ要求駆動力が実現するような量の燃料をストイキ燃焼させるために必要な量に設定される。

[0065] 上記式（3-2）において、 $G_{iegr_trgt}(k)$ は、目標 $I n e r t - E G R$ 量である。 $G_{cyl_trgt}(k)$ は、目標シリンダ内ガス量である。すなわち、目標シリンダ内ガス量 $G_{cyl_trgt}(k)$ から目標シリンダ内新気量 $G_{fsh_trgt}(k)$ を減算した値が、目標 $I n e r t - E G R$ 量 $G_{iegr_trgt}(k)$ となる。

[0066] また、目標 $E G R$ 量 $G_{egr_trgt}(k)$ は、以上のように定められた目標 $I n e r t - E G R$ 量 $G_{iegr_trgt}(k)$ が実現するように、上記式（3-3）に従って決定される。より具体的には、目標 $E G R$ 量 $G_{egr_trgt}(k)$ は、 $E G R$ ガスが $E G R$ 通路を介してシリンダ内に還流されるまでにかかる時間 d （ $E G R$ 還流時間）を考慮し、 $E G R$ 還流時間 d 前の $L A F$ センサ出力 $\phi_{laf}(k-d)$ に現在の目標 $I n e r t - E G R$ 量 $G_{iegr_trgt}(k)$ を乗じた値に決定される。また、目標 $E G R$ 率 $R_{egr_trgt}(k)$ は、上記式（3-4）に示すように、目標 $E G R$ 量 $G_{egr_trgt}(k)$ を目標シリンダ内ガス量 $G_{cyl_trgt}(k)$ で割ることにより算出される。

[0067] <燃料噴射制御>

図9は、エンジンの燃料噴射量 G_{fuel} を決定する燃料噴射制御の実行に係るブロック図である。この燃料噴射制御は、燃料噴射量算出部31、リーン運転モードコントローラ32、適応フィードバックコントローラ34、及び $L A F$ 遅れ補償用同定器35などの機能ブロックを組み合わせで実現される。

[0068] 燃料噴射量算出部31は、リーン運転モードコントローラ32により算出された燃料噴射量 G_{fuel_ln} と、適応フィードバックコントローラ33により算出された燃料噴射量（ G_{fuel_st} 又は $G_{fuel_st_ff}$ ）と、の何れかを、現在のエンジンの運転モードに応じて選択する。より具体的には、燃料噴射量算出部31は、上記式（1）及び（2）に従って更新されるフラグ $F_StoicMode$ 及び $F_StoicFB$ の値に応じて、下記式（4）に示すように、3つの燃料噴射量 G_f

uel_ln、Gfuel_st_ff、Gfuel_stのうちの何れかを、最終的な燃料噴射量Gfuelとして決定する。

[数4]

$$Gfuel(k) = \begin{cases} Gfuel_st_ff(k) & (F_StoicMode(k)=1 \ \& \ F_StoicFB(k)=0) \\ Gfuel_st(k) & (F_StoicMode(k)=1 \ \& \ F_StoicFB(k)=1) \\ Gfuel_ln(k) & (F_StoicMode(k)=0) \end{cases} \quad (4)$$

[0069] 上記式(4)において、噴射量Gfuel_ln(k)は、リーン運転モード時用の燃料噴射量である。噴射量Gfuel_st_ff(k)は、ストイキ運転モード中であって、ストイキフィードバック制御を開始する前の噴射量である。噴射量Gfuel_st(k)は、ストイキフィードバック制御時用の噴射量である。

[0070] 先ず、リーン運転モード時の噴射量Gfuel_lnを算出する手順について説明する。

リーン運転モードコントローラ32は、ドライバ要求駆動力Tdrv及びエンジン回転数NEに基づいて、ドライバ要求駆動力が実現するように、かつ、混合気の当量比がリーンになるような噴射量を算出し、これをリーン運転モード時用の燃料噴射量Gfuel_lnとして決定する。より具体的には、リーン運転モードコントローラ32は、要求駆動力Tdrv及び回転数NEを引数として、予め定められたリーン運転モード時用のマップ(図示せず)を検索することにより、噴射量Gfuel_lnを決定する。なお、このリーン運転モードコントローラ32において、噴射量Gfuel_lnを算出するために用いられるマップは、リーン運転モードにおいて図10中破線で示すような態様で燃料噴射量を分割することを前提として定められたものが用いられる。すなわち、リーン運転モード時は、図10において破線で示すように、上死点近傍で実行されるメイン噴射と、このメイン噴射に先立つパイロット噴射とを実行することを前提とする。

[0071] 次に、図9に戻って、ストイキ運転モード時の噴射量Gfuel_st及びGfuel_st_ffを算出する手順について説明する。

適応フィードバックコントローラ34は、燃料噴射量GfuelからLAFセンサの出力φlafまでの物理系を所定のモデル式でモデル化し、このモデルを利

用してストイキ運転モード時の噴射量 G_{fuel_st} を決定する。先ず、このモデルについて詳細に説明し、次に、このモデルを用いて噴射量 G_{fuel_st} を具体的に決定する手順について説明する。

[0072] エンジンのシリンダに導入されるガスは、新気とEGRガスで構成される。したがって、エンジンの排気ポートにおける排ガスの当量比 ϕ_{exp} は、直前のEGR率 $Regr$ 、新気の当量比 ϕ_{fsh} 、及びEGRガスの当量比 ϕ_{egr} によって、下記式(5-1)で表される。式(5-1)中の新気の当量比 ϕ_{fsh} は、燃料噴射量 G_{fuel} を新気量 G_{fsh} で割り、ストイキ空燃比 α_{st} (例えば、14.6)を乗算することで算出される(下記式(5-2)参照)。また、エンジンのシリンダ内に導入されるEGRガスは、LAFセンサを通過した後、時間 d を掛けてEGR通路を還流したものであることから、式(5-1)中のEGRガスの当量比 ϕ_{egr} は、還流時間 d だけ過去のLAFセンサの出力値 $\phi_{laf}(k-d)$ とすることが妥当である(下記式(5-3)参照)。

[数5]

$$\phi_{exp}(k+1) = (1 - Regr(k)) \phi_{fsh}(k) + Regr(k) \phi_{egr}(k) \quad (5-1)$$

$$\phi_{fsh}(k) = \alpha_{st} G_{fuel}(k) / G_{fsh}(k) \quad (5-2)$$

$$\phi_{egr}(k) = \phi_{laf}(k-d) \quad (5-3)$$

[0073] したがって、これら式(5-1)～(5-3)により、下記式(6)が導出される。

[数6]

$$\phi_{exp}(k+1) = \frac{\alpha_{st} (1 - Regr(k))}{G_{fsh}(k)} G_{fuel}(k) + Regr(k) \phi_{laf}(k-d) \quad (6)$$

[0074] 上記式(6)を構成する物理量のうち、EGR率 $Regr$ と新気量 G_{fsh} は、直接観測できる量ではない。しかしながら、EGR率 $Regr$ は、その目標値 $Regr_trgt$ (上記式(3-4)参照)で代用できる。また、新気量 G_{fsh} は、エアフローセンサの出力 G_{afs} で代用できる。すなわち、これらEGR率の目標値 $Regr_trgt$ 及びエアフローセンサの出力 G_{afs} を利用して、下記式(7)が導出される。

[数7]

$$\phi_{\text{exp}}(k+1) = \frac{\alpha_{\text{st}} (1 - \text{Regr_trgt}(k))}{G_{\text{afs}}(k)} G_{\text{fuel}}(k) + \text{Regr_trgt}(k) \phi_{\text{laf}}(k-d) \quad (7)$$

[0075] 上記式（7）に示すように、排気ポートの当量比 ϕ_{exp} は、燃料噴射量 G_{fuel} に比例した項と、燃料噴射量 G_{fuel} に比例していない外乱項とに分けられる。なお、式（7）に示すように、外乱項はEGR率に比例している。一般的なディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンと比較してEGR率が高いため、相対的にこの外乱項の寄与も大きくなっている。このため、本発明ではこの外乱項も正確に取り入れたモデルを構築する。

[0076] 次に、燃料噴射量 G_{fuel} に比例した項の比例係数をモデルパラメータ $A(k)$ で定義し、外乱項をモデルパラメータ $B(k)$ で定義することにより、下記式（8）に示す第1のモデル式が導出される。

[数8]

$$\phi_{\text{exp}}(k+1) = A(k) G_{\text{fuel}}(k) + B(k) \quad (8)$$

[0077] また、これらモデルパラメータ A, B の値は、上記理論式（7）と、現実の系との誤差（モデル化誤差）を考慮して、下記式（9-1）～（9-4）に示すように、EGR率に関するパラメータ Regr_trgt から算出される基準値 $A_{\text{bs}}, B_{\text{bs}}$ と、モデル化誤差としての修正値 dA, dB とに分けて定義する。これら式（8）及び（9-1）～（9-4）で定義された第1のモデル式によれば、上記理論式（7）を導出するに当り物理量 $\text{Regr}, G_{\text{fsh}}$ を代用したことによるモデル化誤差や、EGR制御弁及び燃料噴射弁の流量特性やエアフローメータ及びLAFセンサの観測精度などの個体ばらつきや経年変化によるモデル化誤差は、これら2つの修正値 dA, dB によって表現される。

[数9]

$$A(k) = \text{Abs}(k) + dA(k) \quad (9-1)$$

$$B(k) = \text{Bbs}(k) + dB(k) \quad (9-2)$$

$$\text{Abs}(k) = \frac{\alpha_{st} (1 - \text{Regr_trgt}(k))}{\text{Gafs}(k)} \quad (9-3)$$

$$\text{Bbs}(k) = \text{Regr_trgt}(k) \phi_{laf}(k-d) \quad (9-4)$$

[0078] また、L A F センサには応答遅れ特性がある。この応答遅れ特性は、個体ばらつきや経年変化によって変化する。特にディーゼルエンジンや直噴ガソリンエンジンの場合、排ガス中にすすが含まれているため、このすすがL A F センサの検出素子に付着することによってセンサの応答遅れ特性が変化する。L A F センサの出力 ϕ_{laf} には、このような応答遅れ特性があり、またこの特性は1次遅れの係数Cで表現されたとすると、L A F センサの出力 ϕ_{laf} と排気ポートにおける排ガスの当量比 ϕ_{exp} との間に、下記式(10)に示す第2のモデル式が導出される。以下では、この第2のモデル式中の係数Cを、L A F センサの応答遅れ係数と言う。

[数10]

$$\phi_{laf}(k) = (1 - C(k-1)) \phi_{laf}(k-1) + C(k-1) \phi_{exp}(k-d') \quad (10)$$

[0079] 以上をまとめると、燃料噴射量 G_{fuel} からL A F センサの出力 ϕ_{laf} までの系は、第1のモデル式(上記式(8)及び(9-1)～(9-4))と第2のモデル式(上記式(10))とによってモデル化される。以下では、これら第1、第2のモデル式で構成されるモデルを噴射量－センサ出力モデルと言う。また、排気ポートにおける排ガスの当量比 ϕ_{exp} からL A F センサの出力 ϕ_{laf} までの系は、第2のモデル式のみによって構成される。以下では、この第2のモデル式によって構成されるモデルを、ポート当量比－センサ出力モデルと言う。

[0080] 図9に戻って、適応フィードバックコントローラ34は、フィードバック用同定器36及びストイキ運転モードコントローラ37を備える。

フィードバック用同定器36は、上述の噴射量－センサ出力モデルを利用

して、このモデルに含まれるモデルパラメータA,Bの値を、所定のタイミングで逐次同定する。

ストイキ運転モードコントローラ37は、フィードバック用同定器36によってその値が同定されたモデルパラメータA,Bを利用してストイキフィードバック制御時用の噴射量Gfuel_stを算出する。

また、LAF遅れ補償用同定器35は、上述のポート当量比センサ出力モデルを利用して、このモデルに含まれる応答遅れ係数Cの値を逐次同定する。なお、図9に示すように、LAF遅れ補償用同定器35は、上記フィードバック用同定器36とは別に構成されており、フィードバック用同定器36から独立した演算によって、応答遅れ係数Cの値を同定することが可能になっている。

[0081] 以下、これらフィードバック用同定器36、ストイキ運転モードコントローラ37、及びLAF遅れ補償用同定器35で実行される演算の手順について順に説明する。

[0082] フィードバック用同定器36では、噴射量センサ出力モデルを利用し、排気ポートにおける排ガスの当量比の推定値 ϕ_{exp_hat} と、LAFセンサ出力の推定値 ϕ_{laf_hat} を下記式(11-1)及び(11-2)で定義する。

[数11]

$$\phi_{exp_hat}(k) = A(k-1)G_{fuel}(k-1) + B(k-1) \quad (11-1)$$

$$\phi_{laf_hat}(k) = (1 - C(k-1))\phi_{laf_hat}(k-1) + C(k-1)\phi_{exp_hat}(k-d') \quad (11-2)$$

[0083] フィードバック用同定器36は、LAFセンサの出力値 $\phi_{laf}(k)$ と、上記モデル式(11-1)及び(11-2)から導出されるLAFセンサ出力の推定値 $\phi_{laf_hat}(k)$ との同定誤差 $E_{id}(k)$ を下記式(12)で定義し、この同定誤差 $E_{id}(k)$ が最小になるように2つのモデルパラメータの値A(k),B(k)を逐次同定する。

[数12]

$$E_{id}(k) = \phi_{laf}(k) - \phi_{laf_hat}(k) \quad (12)$$

[0084] これら2つのモデルパラメータA,Bの同定に用いられるアルゴリズムとしては、例えば、以下で説明する逐次型最小2乗法アルゴリズムが適している。

この場合、先ず、モデルパラメータA,Bを成分とするモデルパラメータベクトル θ を下記式(13)で定義する。

[数13]

$$\theta(k) = [A(k), B(k)] \quad (13)$$

[0085] ところで、上記式(9-3)及び(9-4)に示すように、モデルパラメータA,Bは、それぞれEGR率を含んでいるため、その値は大きく変動する。このため、このモデルパラメータベクトル θ の値を直接同定すると、特定したいモデル化誤差はEGR率の変動に埋もれてしまい、逐次精度良く同定することが困難である。そこで、このモデルパラメータベクトル θ は、EGR率等のパラメータに応じて逐次演算できる基準ベクトル θ_{bs} と、モデル化誤差に相当する修正ベクトル $d\theta$ との和で定義する(下記式(14-1)、(14-2)参照)。ここで、基準ベクトル θ_{bs} の成分 A_{bs} , B_{bs} は、モデル式(9-3)及び(9-4)で定義されたものを用いる。

[数14]

$$\theta(k) = \theta_{bs}(k) + d\theta(k) \quad (14-1)$$

$$\theta_{bs}(k) = [A_{bs}(k), B_{bs}(k)] \quad (14-2)$$

[0086] 同定誤差 E_{id} (上記式(12)参照)を最小にする修正ベクトル $d\theta$ は、逐次型最小2乗法アルゴリズムによれば、下記式(15)で算出される。

[数15]

$$d\theta(k) = \begin{cases} \Lambda d\theta(k-1) + K_p(k) E_{id}(k) & (F_StoicMode(k) = 1) \\ [0,0] & (F_StoicMode(k) = 0) \end{cases} \quad (15)$$

[0087] ここで、行列 Λ は、忘却行列であり、下記式(16-4)で定義される。忘却行列 Λ の対角成分 λ_1 , λ_2 は、それぞれ、0から1の間で設定される。また λ_1 , λ_2 の何れかは1とすることが好ましい。

また、行列 K_p は、モデルパラメータ更新ゲイン行列であり、下記式(1

6-1) で定義される。この式 (16-1) 中、行列 P は、適応ゲイン行列であり、下記式 (16-3) で定義される。適応ゲイン行列 P の対角成分 p_1 , p_2 は、それぞれ、正の値に設定される。また、ベクトル ζ は、入出力ベクトルであり、下記式 (16-2) で定義される。

[数16]

$$KP(k) = \frac{P \zeta(k)}{1 + \zeta^T(k) P \zeta(k)} \quad (16-1)$$

$$\zeta^T = [G_{fuel}(k-1), 1] \quad (16-2)$$

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & 0 \\ 0 & p_2 \end{bmatrix} \quad (16-3)$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} \quad (16-4)$$

[0088] また、上記式 (15) に示すように、フィードバック用同定器 36 は、ストイキ運転モードが開始したことに応じて ($F_StoicMode: 0 \rightarrow 1$)、同定誤差 E_id が最小になるようにモデルパラメータ A, B の値を更新する。すなわち、ストイキフィードバック制御が開始する前からモデルパラメータ A, B の値の更新を開始する。また、フィードバック用同定器 36 は、リーン運転モード中 ($F_StoicMode=0$) では、モデルパラメータ A, B の値を基準値 Abs, Bbs とする。

[0089] 次に、ストイキ運転モードコントローラ 37 において実行される演算について説明する。ストイキ運転モードコントローラ 37 は、以下順に説明するように、ストイキ運転モード開始時用のフィードフォワード噴射量 $G_{fuel_st_ff}$ と、ストイキフィードバック制御時用の噴射量 G_{fuel_st} とを、それぞれ異なるアルゴリズムによって決定する。

[0090] ストイキ運転モード開始時用のフィードフォワード噴射量 $G_{fuel_st_ff}$ は、ストイキ運転モードコントローラ 37 において、ドライバ要求駆動力 T_{drv} 及びエンジン回転数 NE を引数として、予め定められたストイキ運転モード時用のマップ (図示せず) を検索することによって決定される。なお、このストイキ運転モード時用のマップは、上述のリーン運転モードコントローラ 32 において参照されるマップとは異なり、上記要求駆動力 T_{drv} や回転数 NE など

の引数に対し、L A F センサの出力がストイキになるように設定されたものが用いられる。また、このストイキ運転モード時用のマップは、ストイキ運転モードにおいて、図 10 中実線で示すような態様で燃料噴射量を分割することを前提として定められたものが用いられる。すなわち、ストイキ運転モード時は、図 10 において実線で示すように、メイン噴射及びパイロット噴射に加え、膨張行程中に実行されるアフター噴射を実行することを前提とする。

[0091] ストイキフィードバック制御時用の噴射量 G_{fuel_st} は、ストイキ運転モードコントローラ 37 において、上記噴射量－センサ出力モデルの 2 つのモデルパラメータ A, B に基づいて算出される。より具体的には、ストイキ運転モードコントローラ 37 は、先ず、排気ポートにおける排ガスの当量比 ϕ_{exp} に対する目標値（目標当量比） ϕ_{trgt} を、直下触媒において三元浄化反応が進行するように、ストイキに相当する 1（下記式（17）参照）、又は予め設定されたストイキ近傍の値や所定のアルゴリズムによって算出されたストイキ近傍の値に設定する。

[数17]

$$\phi_{trgt}(k) = 1 \quad (17)$$

[0092] また、ストイキ運転モードコントローラ 37 は、モデルパラメータ A, B を利用して算出される当量比 ϕ_{exp} が（上記式（8）参照）、上記式（17）によって定められた目標当量比 ϕ_{trgt} になるように、噴射量 G_{fuel_st} を決定する（下記式（18－1）参照）。なお、下記式（18－1）は、式（18－2）に示すように、上記式（17）の目標当量比 ϕ_{trgt} が、モデル式（8）から導出される当量比 ϕ_{exp} と等しいすることにより導出される。

[数18]

$$G_{fuel_st}(k) = \frac{\phi_{trgt}(k) - B(k)}{A(k)} \quad (18-1)$$

$$\phi_{trgt}(k) = \phi_{exp}(k+1) = A(k) G_{fuel}(k) + B(k) \quad (18-2)$$

[0093] 次に、以上のように構成された適応ストイキコントローラ 34 の効果につ

いて、図 1 1 ~ 図 1 3 を参照して説明する。

図 1 1 は、適応ストイキコントローラ 3 4 によって実現される当量比制御の概念を説明するための図である。図 1 1 には、上段から順に、シリンダに導入されるガスの内訳、 $Inert-EGR$ 率 [%]、フィードバック用同定器 3 6 によって同定されるモデルパラメータベクトル θ 及び θ_{bs} 、燃料噴射量、 LAF センサ出力、及び NO_x 浄化率 [%] を示す。

[0094] 図 1 1 に示すように、目標シリンダ内ガス量 G_{cyl_trgt} が閾値 $G_{cyl_st_dnx}$ 又は $G_{cyl_st_aes}$ を上回ったことに応じて、エンジンの運転モードは、リーン運転モードからストイキ運転モードに切り換る（上記式（1）参照）。

[0095] 運転モードがストイキ運転モードに切り換ると（ $F_StoicMode:0 \rightarrow 1$ ）、フィードバック用同定器 3 6 は、 LAF センサの出力値と燃料噴射量—センサ出力モデルによる推定値との誤差が最小となるようにモデルパラメータベクトル θ の値を更新する（上記式（15）参照）。これにより、図 1 1 に示すように、モデルパラメータ θ の値は、基準値 θ_{bs} から変化する。すなわち、ストイキ運転モードに切り換った時点から、フィードバック用同定器 3 6 によって現実の系とモデルとの誤差が検出される。また、運転モードがストイキ運転モードに切り換ると燃料噴射量 G_{fuel} は、リーン運転モード時用の噴射量 G_{fuel_ln} から、ストイキ運転モード時用のフィードフォワード噴射量 $G_{fuel_st_ff}$ に持ち替えられる（上記式（4）参照）。これによって、ストイキ運転モードの開始以降、 LAF センサの出力がストイキに向けて上昇する。

[0096] ストイキ運転モード中に、 LAF センサの出力 ϕ_{laf} がフィードバック開始閾値 ϕ_{fb} を上回ると、ストイキ浄化フラグ $F_StoicFB$ が 0 から 1 に切り換り、ストイキフィードバック制御が開始する（上記式（2）参照）。

[0097] ストイキフィードバック制御が開始すると、燃料噴射量 G_{fuel} は、フィードフォワード噴射量 $G_{fuel_st_ff}$ からストイキフィードバック制御時用の噴射量 G_{fuel_st} に持ち替えられる（上記式（4）参照）。また、この噴射量 G_{fuel_st} は、モデル式（8）から得られる排気ポートの当量比 ϕ_{exp} が目標値（ストイキ）になるように決定される（上記式（17）及び（18-1）参照）。

これにより、図 1 1 に示すように、ストイキフィードバック制御の開始以降、L A F センサの出力はストイキに制御され、直下触媒による三元浄化反応が進行する。

[0098] 本発明の適応ストイキコントローラ 3 4 では、このようなストイキフィードバック制御を開始するに先立ち、運転モードがリーン運転モードからストイキ運転モードに切り換った時点から早期にフィードバック用同定器でモデル化誤差を検出することにより、L A F センサの出力を早期にかつ正確にストイキに制御することが可能となる。またこれにより、直下触媒において三元浄化反応を進行させることができる時間（ストイキ浄化時間）をできるだけ長く確保できる。

[0099] 図 1 2 は、適応ストイキコントローラのシミュレーション結果を示す図である。図 1 2 には、目標シリンダ内ガス量を図示のような態様で変化させたときにおける、燃料噴射量、L A F センサ出力、各部分の当量比（ ϕ_{fsh} , ϕ_{exp} , ϕ_{egr} ）、E G R 率、モデルパラメータ A, B、及びフラグの変化を示す。

[0100] 図 1 2 に示すように、目標シリンダ内ガス量が大きくなると、これに応じてストイキ浄化モードフラグ F_StoicMode が 1 にセットされ、その後、ストイキフィードバックフラグ F_StoicFB が 1 にセットされる。また、図 1 2 に示すように、本発明の適応ストイキコントローラによれば、ストイキフィードバック制御中は、L A F センサの出力はオーバシュートや振動的な挙動を示すことなく、高精度にストイキに制御できることが検証された。

[0101] 特に、図 1 2 のこのシミュレーションは、E G R 装置に個体ばらつきや経年変化があることを想定し、E G R 率 Regr とその目標値 Regr_trgt に定常偏差が生じるような条件下で行った。適応ストイキコントローラは、ストイキ運転モードが開始する直後から、この E G R 装置の個体ばらつき等をモデルパラメータ A, B の基準値 Abs, Bbs からの誤差として検出する。このため、適応ストイキコントローラは、E G R 装置、燃料噴射弁、エアフローメータ等の個体ばらつき等によらず混合気の当量比を高精度に制御できる。

[0102] 図 1 3 は、従来装置のシミュレーション結果を示す図である。ここで、従

来装置とは、ストイキフィードバック制御を、上記適応ストイキコントローラとは異なり、LAFセンサの出力値 ϕ_{laf} とその目標値（ストイキ）との偏差 E_{ϕ} を入力として、既知のPIコントローラで上記フィードフォワード噴射量 $G_{fuel_st_ff}$ に対する補正噴射量 ΔG_{fuel_fb} を決定したものを言う。また、その他のシミュレーション条件は、図12と同じである。

[0103] 上述のようなEGR装置等に生じる個体ばらつき等は、従来のPIコントローラでも検出できる。このため、図13に示すように、従来装置でも、LAFセンサの出力値をストイキにすることはできる。しかしながら、LAFセンサ出力及び当量比パラメータの振る舞いを、図13と図12とで比較して明らかなように、従来装置では、LAFセンサの出力にオーバシュートや振動的な挙動が目立つ。これは、従来のLAFセンサの偏差入力に基づくPIコントローラでは、偏差の補償遅れが避けられないためである。このため、ストイキ浄化時間は短くなってしまう。以上により、本実施形態の適応ストイキコントローラの優位性が検証された。

[0104] 次に、図9に戻って、LAF遅れ補償用同定器35で行われる演算の手順について説明する。

LAF遅れ補償用同定器35は、適応ストイキコントローラ33において利用される燃料噴射量—センサ出力モデルに含まれる遅れ係数C（上記式（10）参照）の値を同定する。まず、この遅れ係数Cの誤差が、上記適応ストイキコントローラ33の制御結果に及ぼす影響について説明する。

[0105] 図14は、LAFセンサの応答遅れ特性の推定誤差が制御結果へ及ぼす影響を示す図である。上述のように、適応ストイキコントローラは、LAF遅れ補償用同定器によって同定された遅れ係数Cの下で、LAFセンサの出力の推定値 ϕ_{laf_hat} がLAFセンサの出力値 ϕ_{laf} に一致するようにモデルパラメータA,Bの値を同定した上で、これらモデルパラメータA,Bに基づいて燃料噴射量を決定する。したがって、このように燃料噴射量を決定した結果、モデルで想定するように現実のLAFセンサの出力 ϕ_{laf} が推定値 ϕ_{laf_hat} と一致するためには、遅れ係数Cの値が正確に同定されている必要がある。すな

わち、L A F 遅れ補償用同定器により算出された遅れ係数Cに誤差があると、フィードバック用同定器により同定されるモデルパラメータA, Bにずれが生じてしまい、結果として現実のL A F センサの出力値 ϕ_{laf} は推定値 ϕ_{laf_hat} と異なった挙動を示す。図14の(a)は現実のL A F センサの遅れが推定よりも大きい場合の挙動を示し、図14の(b)は現実のL A F センサの遅れが推定とほぼ同じであった場合の挙動を示し、図14の(c)は現実のL A F センサの遅れが推定よりも小さい場合の挙動を示す。

[0106] 図14の(b)に示すように、遅れ係数Cが正確に推定されていれば、推定値 ϕ_{laf_hat} と実際のL A F センサの出力値 ϕ_{laf} とは同じ振る舞いを示す。これに対し、図14の(a)や(c)に示すように、遅れ係数Cの推定に誤差があると、実際の出力値 ϕ_{laf} は推定値 ϕ_{laf_hat} に対しオーバーシュートしたり遅れたりする。このため、ストイキ浄化時間は短縮する。

[0107] 以上のような理由から、遅れ係数Cの値は、逐次正確に同定される必要がある。加えて、このL A F センサの遅れ特性は、排ガスボリュームによって大きく変化する。すなわち、遅れ係数Cの値は、運転状態に応じて逐次大きく変化するようになっている。以下、このように大きく変動し、かつ個体ばらつき等によっても特性が変化する遅れ係数Cを、正確に同定するアルゴリズムについて説明する。

[0108] L A F 遅れ補償用同定器35では、ポート当量比—センサ出力モデルのモデル式(10)において、現実には観測できない排気ポートの当量比 ϕ_{exp} を、式(11—1)によって算出可能な推定値 ϕ_{exp_hat} に置き換えて得られるモデル式(下記式(19)参照)を利用して、遅れ係数Cの値を同定する。

[数19]

$$\phi_{laf}(k) = (1 - C(k-1)) \phi_{laf}(k-1) + C(k-1) \phi_{exp_hat}(k-d') \quad (19)$$

[0109] ただし、上記式(19)では、変数 ϕ_{laf} と ϕ_{exp_hat} の両方に遅れ係数C(k-1)が乗算されているため、一般的な同定アルゴリズムでは同定できなくなっている。そこで、下記式(20—1)と(20—2)に示すように仮想出力W

(k)とその推定値 $\hat{W}(k)$ を定義する。これにより、上記式(19)が満たされるように遅れ係数 C の値を同定することと、仮想出力 W とその推定値 $\hat{W}$ の誤差が最小になるように遅れ係数 C の値を算出することは等価となる。

[数20]

$$W(k) = \phi_{laf}(k) - \phi_{laf}(k-1) \quad (20-1)$$

$$\hat{W}(k) = C(k-1)(\phi_{exp_hat}(k-d') - \phi_{laf}(k-1)) \quad (20-2)$$

[0110] また、LAFセンサの遅れ特性は、排ガスボリュームによって変化する特性がある。より具体的には、排ガスボリュームが大きくなるほど、LAFセンサの遅れ特性は小さくなる特性がある。このように逐次大きく変動する値を、上記仮想出力 W と推定値 $\hat{W}$ との誤差が最小になるように、直接算出するのは困難であり、かつ誤差が大きい。そこで、LAF遅れ補償用同定器35では、図15に示すように、排ガスボリュームの関数として基準遅れ係数 $C_{bs}(k)$ を定義し、下記式(21)に示すように、遅れ係数 $C(k)$ を、基準遅れ係数 $C_{bs}(k)$ と遅れ係数の修正係数 $K_c(k)$ との積に分離する。すなわち、遅れ係数 $C(k)$ を、排ガスボリュームを要因として変化する基準値 $C_{bs}(k)$ と、個体ばらつきやすすの付着等のその他を要因として変化する修正係数 $K_c(k)$ との積に分離する。遅れ係数 $C(k)$ をこのように定義することにより、遅れ係数 $C(k)$ のうち、排ガスボリュームによって逐次大きく変動する分は、同定アルゴリズムを経ることなく、排ガスボリュームを引数として図15に示すようなマップを検索することで算出できる。

[数21]

$$C(k) = K_c(k) C_{bs}(k) \quad (21)$$

[0111] 上述のように、LAFセンサの検出特性に個体ばらつきがあったり、検出素子にすすが付着したりすると、LAFセンサの遅れ係数 C の排ガスボリューム特性は、図15に示す基準遅れ係数 C_{bs} から変化すると考えられる。しかしながら、この基準遅れ係数 C_{bs} からのずれは、排ガスボリュームの大きさに対して一律ではない。そこで、このような非線形性を再現するため、上記遅れ

係数の修正係数 $K_c(k)$ は、下記式（22）に示すように、排ガスボリュームを引数とした複数の重み関数 $\omega_i(k)$ の線形結合として定義する。以下、各重み関数 $\omega_i(k)$ に付随した係数 K_{c_i} を、局所修正係数と言う。また以下では、一例として、重み関数の数を3とした場合について説明する。

[数22]

$$K_c(k) = \sum_{i=1}^3 \omega_i(k) K_{c_i}(k) \quad (22)$$

[0112] 図16は、重み関数 ω_i の設定例を示す図である。

図16に示すように、0～所定の上限値まで変化する排ガスボリュームに対し、各重み関数 ω_i の定義域が重複するように、かつ、重み関数 ω_i の値の和が全ての排ガスボリュームに対して等しくなるように設定される。また、基準遅れ係数 C_{bs} が大きく変化する領域では、その誤差も大きく変化すると考えられる。このため、図16に示すように、基準遅れ係数 C_{bs} が大きく変化する領域（排ガスボリュームが小さな領域）では、重み関数 ω_i は密になるように設定することが好ましい。

[0113] LAF遅れ補償用同定器では、以上のようにして遅れ係数 $C(k)$ を局所修正係数 K_{c_i} の線形結合で表した上で、仮想出力 W とその推定値 $\hat{W}$ の同定誤差 E_{id} が最小になるように、各局所修正係数 K_{c_i} の値を同定する。また、この局所修正係数 K_{c_i} の値を同定するアルゴリズムとして、逐次最小2乗法アルゴリズムを採用すると、局所修正係数 K_{c_i} の値は、下記式（23）で表される。

[数23]

$$K_{c_i}(k) = K_{c_i}(k-1) + K_{p'}(k) \omega_i(k) E_{id}(k) \quad (23)$$

[0114] 上記式（23）において、係数 $K_{p'}$ は、修正ゲイン更新ゲインであり、下記式（24-1）で表される。下記式（24-1）において、係数 P は、適応ゲインであり、所定の正の値に設定される。また、係数 ζ' は、遅れ係数同定用仮想入力値であり、下記式（24-2）で表される。

[数24]

$$Kp'(k) = \frac{P \zeta'(k)}{1 + P \zeta'(k)^2} \quad (24-1)$$

$$\zeta(k) = Cbs(k-1)(\phi_{exp_hat}(k-d') - \phi_{laf}(k-1)) \quad (24-2)$$

[0115] なお、上述の当量比の推定値 ϕ_{exp_hat} には、燃料噴射弁、EGR装置、エアフローセンサなどの個体ばらつきや経年変化などによって生じる定常誤差が含まれ得る。このため、この推定値 ϕ_{exp_hat} から算出される仮想入力 W の推定値 W_hat と仮想入力 W とが、常に一致するように遅れ係数 $C(k)$ を同定すると、この誤差が蓄積してしまい、遅れ係数 $C(k)$ に誤差が生じてしまうおそれがある。また、遅れ係数 $C(k)$ は、LAFセンサの出力の過渡的な特性を表す係数である。したがって、遅れ係数 $C(k)$ の値は、LAFセンサの出力が変化している間に同定することが好ましい。以上の理由から、LAF遅れ補償用同定器は、LAFセンサの出力値に有意な変化が現れている過渡時にのみ、遅れ係数 $C(k)$ の値を更新する。より具体的には、LAF遅れ補償用同定器は、下記式(25-1)に示すように、LAFセンサの出力値の変動に応じて過渡判定フラグ F_Trans の値を更新し、下記式(25-2)に示すように過渡状態であると判定されている間のみ0でない同定誤差を入力する。

[数25]

$$F_Trans(k) = \begin{cases} 1 & (|\phi_{laf}(k) - \phi_{laf}(k-1)| \geq \Delta\phi_{laf_Trans}) \\ 0 & (|\phi_{laf}(k) - \phi_{laf}(k-1)| < \Delta\phi_{laf_Trans}) \end{cases} \quad (25-1)$$

$$E_id'(k) = \begin{cases} W(k) - W_hat(k) & (F_Trans(k) = 1) \\ 0 & (F_Trans(k) = 0) \end{cases} \quad (25-2)$$

[0116] 図17は、LAF遅れ補償用同定器のシミュレーション結果を示す図である。図17には、排ガスボリュームを図示のような態様で変化させたときにおける、LAFセンサの出力、仮想入力 W 、同定誤差 E_id' 、遅れ係数 C 、及び過渡判定フラグ F_Trans の変化を示す。

[0117] 図17に示すように、周期的に排ガスボリュームを変化させると、LAFセンサの出力も周期的に変化し、これに応じて過渡判定フラグ F_Trans も周期的に変化する。また、過渡判定フラグ F_Trans が1である間のみ遅れ係数 $C(k)$

の値が更新される。ここで、図 17 の遅れ係数 C の振る舞いに注目すると、初めは実際の遅れ係数から離れ基準値 C_{bs} 側を推移していたのに対し、時間の経過とともに遅れ係数 C は、実際の遅れ係数とほぼ同じ振る舞いを示すようになる。また、このときの同定誤差 $E_{id'}$ の値も時間の経過とともに 0 へ収束するようになる。以上より、本実施形態の L A F 遅れ補償用同定器の優位性が検証された。

[0118] 図 18 は、以上のような燃料噴射制御の手順を示すフローチャートである。この燃料噴射量制御では、E C U は、以下に示す手順により運転モードに応じた燃料噴射量 G_{fuel} を決定する。

[0119] S 3 1 では、E C U は、L A F センサや温度センサなど、燃料噴射制御の実行に係る各種センサが正常であるか否かを判定する。S 3 1 の判別が N O の場合、E C U は、S 3 2 に移り、現在の運転モードによらずリーン運転時用の噴射量 G_{fuel_ln} を燃料噴射量 G_{fuel} として決定し、この処理を終了する。S 3 1 の判別が Y E S の場合、E C U は、S 3 3 に移る。

[0120] S 3 3 では、E C U は、ストイキ運転モード中であるか否か、すなわちストイキ浄化フラグ $F_{StoicMode}=1$ であるか否かを判別する。S 3 3 の判別が N O であり、リーン運転モード中である場合、E C U は、S 3 4 に移りリーン運転時用の噴射量 G_{fuel_ln} を燃料噴射量 G_{fuel} として決定し、S 3 9 に移る。S 3 3 の判別が Y E S であり、ストイキ運転モード中である場合、E C U は、S 3 5 に移る。

[0121] S 3 5 では、E C U は、上記式 (11-1) ~ (16-4) に示す演算を実行し、モデルパラメータ A, B の値を同定し、S 3 6 に移る。S 3 6 では、E C U は、ストイキフィードバック制御を開始するのに適した状態であるか否か、すなわちストイキフィードバックフラグ $F_{StoicFB}=1$ であるか否かを判別する。S 3 6 の判別が N O である場合、E C U は、S 3 7 に移り、ストイキ運転モード開始時用の噴射量 $G_{fuel_st_ff}$ を燃料噴射量 G_{fuel} として決定し、S 3 9 に移る。S 3 6 の判別が Y E S である場合、E C U は、S 3 8 に移り、ストイキフィードバック制御時用の噴射量 G_{fuel_st} を燃料噴射量 G_{fuel} とし

て決定し、S 3 9に移る。

[0122] S 3 9では、ECUは、上記式(19)～(25-2)に示す演算を実行し、LAFセンサの遅れ係数Cの値を同定し、S 4 0に移る。S 4 0では、ECUは、遅れ係数Cの修正係数Kcの値が、所定の異常判定閾値Kc_Agedより小さいか否かを判別する。S 4 0の判別がNOの場合、ECUは、LAFセンサは正常であると判断し、この処理を終了する。S 4 0の判別がYESの場合、ECUは、LAFセンサは遅れが大きく異常な状態であると判断し、S 4 1に移り、警告灯を点灯した後、この処理を終了する。

[0123] なお、図18のフローチャートを参照して明らかなように、LAF遅れ補償用同定器は、運転モードによらず遅れ係数Cの値を更新するのに対し、フィードバック用同定器はストイキ運転モード中でのみモデルパラメータA,Bの値を更新する。すなわち、LAF遅れ補償用同定器は、フィードバック用同定器よりも広い運転条件下で遅れ係数Cの値を更新する。上述のように、フィードバック用同定器によってモデルパラメータA,Bの値が正確に同定されているためには、遅れ係数Cの値が正確に同定されていることが前提となる。したがって、このようにLAF補償用同定器の同定する運転条件をフィードバック用同定器よりも広くすることにより、すなわちリーン運転中も含むものとするにより、モデルパラメータA,Bを常に正確な値になるようにできる。

[0124] <噴射パターン制御>

図19は、上述の燃料噴射制御によって発生し得るトルク段差を説明する図である。より具体的には、図19は、ストイキ運転モード中において、ストイキフィードバック制御を開始する前と後で、同じ噴射態様で燃料を噴射した場合に生じる可能性のあるトルク段差を模式的に示す図である。

上述のように、ストイキフィードバック制御を開始すると、燃料噴射量Gfuelは、フィードフォワード噴射量Gfuel_st_ffからストイキフィードバック制御時用の噴射量Gfuel_stに持ち替えられる。この際、噴射量Gfuel_stは、LAFセンサの出力を、ストイキよりリーン側からストイキに近づけるように、フィードフォワード噴射量Gfuel_st_ffよりも大きくなる。このため、スト

イキフィードバック制御の開始の前後で同じ態様で燃料を噴射すると、図示するような意図しないトルク段差が発生する場合がある。以下では、このようなトルク段差を解消するための噴射パターン制御の手順について説明する。

[0125] 図20は、噴射パターン制御の手順を示すフローチャートである。この噴射パターン制御では、ECUは、上記燃料噴射制御において排ガスの当量比を最適するように定めた燃料噴射量 G_{fuel} を変更しないように、かつ上記トルク段差が発生しないような噴射パターンを決定する。噴射パターンは、メイン噴射を実行するタイミングに相当するメイン噴射タイミング θ_m 、アフター噴射を実行するタイミングに相当するアフター噴射タイミング θ_a 、パイロット噴射で噴射する燃料量に相当するパイロット噴射量 G_{f_p} 、メイン噴射で噴射する燃料量に相当するメイン噴射量 G_{f_m} 、及びアフター噴射で噴射する燃料量に相当するアフター噴射量 G_{f_a} などの複数の燃料噴射パラメータで特徴付けられる。なお、パイロット噴射を実行するタイミングに相当するパイロット噴射タイミング θ_p は、固定値が用いられるか或いは上記燃料噴射パラメータなどに応じて一意的に定められる値が用いられるため、以下ではその説明を省略する。

[0126] S51では、ECUは、ストイキ運転モード中であるか否か、すなわちストイキ浄化フラグ $F_{StoicMode}$ が1であるか否かを判別する。ECUは、S51の判別がNOでありリーン運転モード中である場合はS52に移り、S51の判別がYESでありストイキ運転モード中である場合にはS53に移る。

[0127] リーン運転モード中である場合、ECUは、図21に例示するように、パイロット噴射とメイン噴射のみを実行することを前提とし、これらパイロット噴射とメイン噴射の実行に係る燃料噴射パラメータ ($\theta_m, G_{f_m}, G_{f_p}$) の値を決定し (S52)、この処理を終了する。リーン運転モード時におけるメイン噴射タイミング θ_m は、例えば、 $Inert-EGR$ 率の推定値 (又は EGR 率の推定値 $Regr_hat$) などを引数として、図22に示すメイン噴射タ

イミング決定マップを検索することによって決定される。図22に例示するマップによれば、メイン噴射タイミング Θ_m は、 $I n e r t - E G R$ 率が大きくなるに従い、上死点の近傍で進角側へ補正されるように決定される。また、メイン噴射量 Gf_m 及びパイロット噴射量 Gf_p は、先の燃料噴射量制御で定められた燃料噴射量 $Gfuel$ を分割するように、リーン運転モード時用のマップを検索することで定められる。

[0128] ストイキ運転モード中である場合、ECUは、図23に例示するように、パイロット噴射、メイン噴射、及びアフター噴射を実行することを前提とし、これらパイロット噴射とメイン噴射とアフター噴射の実行に係る燃料噴射パラメータ ($\Theta_m, \Theta_a, Gf_m, Gf_p, Gf_a$) の値を以下で説明する手順で決定し (S53、S54)、この処理を終了する。

[0129] S53では、ECUは、メイン噴射タイミングの暫定値 Θ_{m_tmp} 、アフター噴射タイミング Θ_a 、及びパイロット噴射量 Gf_p の値を決定する。メイン噴射タイミングの暫定値 Θ_{m_tmp} は、リーン運転モード時と同様に、図22に示すメイン噴射タイミング決定マップを検索することによって決定される。アフター噴射タイミング Θ_a 及びパイロット噴射量 Gf_a は、ストイキ運転モード時用のマップを検索することで定められる。

[0130] S54では、ECUは、以下に示す手順で、メイン噴射タイミング Θ_m 、メイン噴射量 Gf_m 、アフター噴射量 Gf_a の値を決定する。

まず、ドライバの要求駆動力 $Tdrv$ を実現するように、かつ、燃料噴射制御で定められた燃料噴射量 $Gfuel$ を分割するようにメイン噴射量 Gf_m 及びアフター噴射量 Gf_a を決定するため、二つの噴射量 Gf_m, Gf_a に対し、下記の2つの恒等式を課す。下記式(26-1)において、係数 $Ita_m(k), Ita_a(k)$ は、それぞれメイン噴射及びアフター噴射のトルク変換効率に相当し、各々の噴射タイミングを引数として図24に示すマップを検索することで算出される。

[数26]

$$Tdrv(k) = Ita_m(k) Gf_m(k) + Ita_a(k) Gf_a(k) \quad (26-1)$$

$$Gfuel(k) = Gf_p(k) + Gf_m(k) + Gf_a(k) \quad (26-2)$$

[0131] 上記式（26-1）及び（26-2）を、メイン噴射量 Gf_m 及びアフター噴射量 Gf_a について解くと、下記式が導出される。

[数27]

$$Gf_a(k) = \frac{Tdrv(k) - Ita_m(k)(Gfuel(k) - Gf_p(k))}{Ita_a(k) - Ita_m(k)} \quad (27-1)$$

$$Gf_m(k) = \frac{-Tdrv(k) + Ita_a(k)(Gfuel(k) - Gf_p(k))}{Ita_a(k) - Ita_m(k)} \quad (27-2)$$

[0132] また、アフター噴射はトルク変換効率が悪いいため、アフター噴射量 Gf_a が過剰に多くなると、HC排出量が増加したりオイルダイリューションが発生する。このため、アフター噴射量 Gf_a には、上限値 Gf_a_max が設定される。そこで、ECUは、アフター噴射量 Gf_a が上限値 Gf_a_max を超えないようにメイン噴射タイミングの暫定値 Θ_m_tmp を調整し、最終的なメイン噴射量 Gf_m 及びアフター噴射量 Gf_a の値を決定する。

[0133] より具体的には、ECUは、先ず、S54において決定されたアフター噴射タイミング Θ_a 及びメイン噴射タイミングの暫定値 Θ_m_tmp を引数としてマップを検索し、暫定的なアフター噴射及びメイン噴射のトルク変換効率 Ita_a_tmp, Ita_m_tmp を算出する。そして、ECUは、これらトルク変換効率 Ita_a_tmp, Ita_m_tmp を上記式（27-1）及び（27-2）に代入することで、下記式（28-1）及び（28-2）に示すアフター噴射量の暫定値 Gf_a_tmp 及びメイン噴射量の暫定値 Gf_m_tmp を算出する。

[数28]

$$Gf_a_tmp(k) = \frac{Tdrv(k) - Ita_m_tmp(k)(Gfuel(k) - Gf_p(k))}{Ita_a_tmp(k) - Ita_m_tmp(k)} \quad (28-1)$$

$$Gf_m_tmp(k) = \frac{-Tdrv(k) + Ita_a_tmp(k)(Gfuel(k) - Gf_p(k))}{Ita_a_tmp(k) - Ita_m_tmp(k)} \quad (28-2)$$

[0134] ECUは、算出したアフター噴射量の暫定値 Gf_a_tmp と上限値 Gf_a_max とを比較し、暫定値 Gf_a_tmp が上限値 Gf_a_max よりも小さい場合には、暫定値 Gf_a_tmp をアフター噴射量の確定値 $Gf_a(k)$ として決定し、暫定値 Gf_a_tmp が上限値 Gf_a_max 以上である場合には、上限値 Gf_a_max をアフター噴射量の確定値 $Gf_a(k)$ として決定する（下記式（29）参照）。

[数29]

$$Gf_a(k) = \begin{cases} Gf_a_tmp(k) & (Gf_a_tmp(k) < Gf_a_max) \\ Gf_a_max & (Gf_a_tmp(k) \geq Gf_a_max) \end{cases} \quad (29)$$

[0135] また、ECUは、アフター噴射量の暫定値 Gf_a_tmp が上限値 Gf_a_max よりも小さい場合には、暫定値 Gf_m_tmp をメイン噴射量の確定値 $Gf_m(k)$ として決定し、暫定値 Gf_a_tmp が上限値 Gf_a_max 以上である場合には、修正値 Gf_m_mod をメイン噴射量の確定値 $Gf_m(k)$ として決定する（下記式（30-1）参照）。ここで、メイン噴射量の修正値 $Gf_m_mod(k)$ は、下記式（30-2）に示すように、ポスト噴射量を上限値 Gf_a_max で制限した分だけ増量した値が用いられる。

[数30]

$$Gf_m(k) = \begin{cases} Gf_m_tmp(k) & (Gf_a_tmp(k) < Gf_a_max) \\ Gf_m_mod(k) & (Gf_a_tmp(k) \geq Gf_a_max) \end{cases} \quad (30-1)$$

$$Gf_m_mod(k) = Gfuel(k) - Gf_p(k) - Gf_a_max \quad (30-2)$$

[0136] また、ECUは、アフター噴射量の暫定値 Gf_a_tmp が上限値 Gf_a_max よりも小さい場合には、暫定値 θ_m_tmp をメイン噴射タイミングの確定値 $\theta_m(k)$ として決定し、暫定値 Gf_a_tmp が上限値 Gf_a_max 以上である場合には、修正値 θ_m_mod をメイン噴射タイミングの確定値 $\theta_m(k)$ として決定する（下記式（31）参照）。

[数31]

$$\theta_m(k) = \begin{cases} \theta_m_tmp(k) & (Gf_a_tmp(k) < Gf_a_max) \\ \theta_m_mod(k) & (Gf_a_tmp(k) \geq Gf_a_max) \end{cases} \quad (31)$$

[0137] ここで、メイン噴射タイミングの修正値 $\theta_m_mod(k)$ は、以下の手順で算出される。まず、アフター噴射量 Gf_a を上限値 Gf_a_max で制限する場合、メイン噴射量 Gf_m はその分だけ増量した修正値 Gf_m_mod が用いられる。噴射量をこのように決定することにより、上記式（26-1）から、必要なメイン噴射のトルク変換効率 Ita_m_mod が算出される（下記式（32）参照）。すると、メイン噴射タイミングの修正値 θ_m_mod は、トルク変換効率 Ita_m_mod を引

数として図25に示すマップを検索することによって決定される。なお、図25のマップは、図24に示すマップの入力と出力とを入れ替えたものに相当し、実質的に等価である。したがって、アフター噴射量の暫定値 Gf_a_tmp が上限値 Gf_a_max を超えてしまうような場合には、アフター噴射量は上限値 Gf_a_max で制限され、その分だけメイン噴射量は暫定値 Gf_m_tmp から増量側に修正され、メイン噴射タイミングは燃焼効率が低下するように暫定値 Θm_tmp から遅角側に修正される。

[数32]

$$Ita_m_mod(k) = \frac{Tdrv(k) - Ita_a(k) (Gfuel(k) - Gf_p(k))}{Gf_m_mod(k)} \quad (32)$$

[0138] 図26は、上述の噴射パターン制御を実行することによって実現されるトルク補償制御の概念を説明する図である。

先ず、リーン運転モードからストイキ運転モードへ切り換ると、メイン噴射に加えてアフター噴射が実行される。その後、ストイキフィードバック制御が開始すると、LAFセンサの出力がリーン側からストイキになるように、燃料噴射量が増量される。この際、当量比がストイキになるように定められた燃料噴射量は、上記式(26-1)～(32)に従ってアフター噴射量とメイン噴射量とに適切に分割される。これによって、直下触媒で三元浄化反応が進行するような当量比に制御しつつ、トルク段差が発生するのを抑制することができる。

[0139] <変形例>

以下、上記実施形態のフィードバック用同定器の変形例について説明する。

図27は、上記実施形態のフィードバック用同定器32における演算(上記式(11-1)～式(16-4)参照)の手順を示すブロック図である。

フィードバック用同定器32は、燃料噴射量 $Gfuel(k-1)$ 及び基準値 Bbs (上記式(9-4)参照)を入力として、モデルパラメータ A, B 及び応答遅れ係数 C を含む噴射量－センサ出力モデルを利用した式(11-1)及び(11-2)

）によって、L A F センサ出力の推定値 $\phi_{laf_hat}(k)$ を算出する L A F センサ出力推定演算部 3 2 1 と、推定値 $\phi_{laf_hat}(k)$ と L A F センサの出力値 $\phi_{laf}(k)$ との同定誤差 $E_{id}(k)$ （式（1 2）参照）が最小になるように 2 つのモデルパラメータの値 $A(k), B(k)$ を、上記式（1 3）～（1 6-4）を参照して説明した手順により逐次同定する同定演算部 3 2 2 と、を含んで構成される。

[0140] フィードバック用同定器 3 2 では、これとは別に設けられた L A F 遅れ補償用同定器 3 5 によって同定された遅れ係数 $C(k)$ を利用して、図 2 7 中矢印で示すように L A F センサ出力推定演算部 3 2 1 の演算と同定演算部 3 2 2 の演算とを繰り返すことにより、モデルパラメータの値 $A(k), B(k)$ （より狭義にはその修正値 dA, dB ）を同定する。

[0141] このとき、図 2 7 に示すように、L A F センサ出力推定演算部 3 2 1 における演算は、燃料噴射量 $G_{fuel}(k-1)$ を入力としてモデルパラメータ A, B を含む式（1 1-1）によって排ガスの当量比の推定値 ϕ_{exp_hat} を算出する演算 3 2 1' と、この排ガスの当量比の推定値 ϕ_{exp_hat} を入力として遅れ係数 C を含む式（1 1-2）の演算 3 2 1'' と、に分けられる。したがって、この図から明らかなように、フィードバック用同定器 3 2 では、モデルパラメータの値 $A(k), B(k)$ を一回更新するに当りローパスフィルタ要素 $G(z)$ の演算を経ることから、要素 $G(z)$ の応答遅れとむだ時間を考慮し、モデルパラメータの値 $A(k), B(k)$ の演算が不安定にならないよう同定演算部 3 2 2 の同定速度を（上記式（1 6-3）中のゲイン行列 P の成分に相当）を十分に遅くする必要がある。換言すれば、フィードバック用同定器 3 2 のモデルパラメータの値 $A(k), B(k)$ の同定速度には制限がある。

[0142] 図 2 8 は、このような同定速度を向上すべく構成されたフィードバック用同定器の変形例 3 2 A における演算の手順を示すブロック図である。このフィードバック用同定器 3 2 A は、図 2 7 のフィードバック用同定器 3 2 を等価変換して得られる。

[0143] フィードバック用同定器 3 2 A は、燃料噴射量 $G_{fuel}(k-1)$ 及び基準値 Bbs に

、遅れ係数 C によって特徴付けられる遅れ演算を行う遅れ演算部323Aと、この遅れ演算部323Aの出力にモデルパラメータ A, B によって特徴付けられる所定の演算を行うことによってLAFセンサの出力の推定値 $\phi_{laf_hat}(k)$ を算出するLAFセンサ出力推定演算部321Aと、推定値 $\phi_{laf_hat}(k)$ とLAFセンサの出力値 $\phi_{laf}(k)$ との同定誤差 $E_{id}(k)$ （式（12）参照）が最小になるように2つのモデルパラメータの値 $A(k), B(k)$ を逐次同定する同定演算部322Aと、を含んで構成される。

[0144] 遅れ演算部323Aは、燃料噴射量 G_{fuel} 、燃料噴射量に基準値を乗じて得られる値 $G_{fuel} \cdot Abs$ 、及び基準値 Bbs に対し、LAF遅れ補償用同定器35によって同定された遅れ係数 $C(k)$ を利用した遅れ演算（下記式（33-1）～（33-3）参照）を行うことにより、下記フィルタ値 $AG_f(k), Bbs(k), Gf_f(k)$ を算出する。

[数33]

$$AG_f(k) = (1 - C(k-1))AG_f(k-1) + C(k-1) Abs(k-d-1) G_{fuel}(k-d-1) \quad (33-1)$$

$$Bbs_f(k) = (1 - C(k-1)) Bbs_f(k-1) + C(k-1) Bbs(k-d-1) \quad (33-2)$$

$$Gf_f(k) = (1 - C(k-1)) Gf_f(k-1) + C(k-1) G_{fuel}(k-d-1) \quad (33-3)$$

[0145] LAFセンサ出力推定演算部321Aは、これらフィルタ値 $AG_f(k), Bbs(k), Gf_f(k)$ にモデルパラメータ A, B の修正値 dA, dB で特徴付けられる下記式（34）に示す演算を行うことにより、LAFセンサの出力の推定値 $\phi_{laf_hat}(k)$ を算出する。

[数34]

$$\phi_{laf_hat}(k) = AG_f(k) + dA(k-1) Gf_f(k) + Bbs(k) + dB(k-1) \quad (34)$$

[0146] 同定演算部322Aは、LAFセンサの出力値 $\phi_{laf}(k)$ と、上記モデル式（11-1）及び（11-2）から導出されるLAFセンサ出力の推定値 $\phi_{laf_hat}(k)$ との同定誤差 E_{id} が最小になるように、2つのモデルパラメータの修正値 $dA(k), dB(k)$ を逐次同定する。しかし、推定値 $\phi_{laf_hat}(k)$ には、式（34）に示すように、モデルパラメータの修正値 dA, dB の何れにも比例していない項が存在することから、上記式（12）に示すように同定誤差 E_{id} を定

義し、これが最小となるように直接修正値 $dA(k)$, $dB(k)$ を同定することはできない。そこで、演算の便宜上、同定演算部322Aでは、LAFセンサの出力を直接扱わずに、LAFセンサの出力値 $\phi_{laf}(k)$ から上記式(34)の右辺の定数項 $AG_f(k)$ 及び $Bbs(k)$ を減算して得られる仮想出力 $V(k)$ (下記式(35-1)参照)と、この仮想出力 $V(k)$ の推定値 $V_{\hat{}}(k)$ (下記式(35-2)参照)とを定義し、これらの偏差によって定義される同定誤差 $E_{id''}(k)$ を用いる(下記式(35-3)参照)。

[数35]

$$V(k) = \phi_{laf}(k) - AG_f(k) - Bbs_f(k) \quad (35-1)$$

$$V_{\hat{}}(k) = dA(k-1)Gf_f(k) + dB(k-1) \quad (35-2)$$

$$E_{id''}(k) = V(k) - V_{\hat{}}(k) \quad (35-3)$$

[0147] なお、この同定誤差の E_{id} から $E_{id''}$ への再定義は、図28に示すブロック図を、図29に示すブロック図に書き換えることと等価であり、また得られる結果も等しい。

[0148] 同定演算部322Aでは、モデルパラメータ A, B の修正値 dA, dB を成分とする修正ベクトル $d\theta'$ を下記式(36-1)で定義し、入出力ベクトル ζ' を下記式(36-2)で定義する。

[数36]

$$d\theta'(k) = [dA(k), dB(k)] \quad (36-1)$$

$$\zeta'^T(k) = [Gf_f(k), 1] \quad (36-2)$$

[0149] 以上の定義の下、同定誤差 $E_{id''}(k)$ を最小にする修正ベクトル $d\theta'$ は、逐次型最小2乗法アルゴリズムによれば、上記式(15)と同様に下記式(37)で算出される。

[数37]

$$d\theta'(k) = \begin{cases} \Lambda' d\theta'(k-1) + Kp'(k) E_{id''}(k) & (F_StoicMode(k) = 1) \\ [0, 0] & (F_StoicMode(k) = 0) \end{cases} \quad (37)$$

[0150] ここで、行列 Λ' は、忘却行列であり、下記式(38-3)で定義される。忘却行列 Λ' の対角成分 λ_1' , λ_2' は、それぞれ、0から1の間で設定さ

れる。また $\lambda 1'$, $\lambda 2'$ の何れかは1とすることが好ましい。

また、行列 Kp' は、モデルパラメータ更新ゲイン行列であり、下記式（38-1）で定義される。この式（38-1）中、行列 P' は、適応ゲイン行列であり、下記式（38-2）で定義される。適応ゲイン行列 P' の対角成分 $p1'$, $p2'$ は、それぞれ、正の値に設定される。

[数38]

$$KP'(k) = \frac{P' \zeta'(k)}{1 + \zeta'^T(k) P' \zeta'(k)} \quad (38-1)$$

$$P' = \begin{bmatrix} p1' & 0 \\ 0 & p2' \end{bmatrix} \quad (38-2)$$

$$\Lambda' = \begin{bmatrix} \lambda 1' & 0 \\ 0 & \lambda 2' \end{bmatrix} \quad (38-3)$$

[0151] 同定演算部322Aでは、以上のような演算式によって、再定義された同定誤差 E_id' ' を最小にするようなモデルパラメータA,Bの修正値dA,dBを同定する。なお、モデルパラメータA,Bの値は、式（9-1）及び（9-2）から算出される。以上説明した図28及び図29に示すフィードバック用同定器32Aによれば、図27に示すフィードバック用同定器32と異なり、モデルパラメータA(k),B(k)の演算ループ内にフィルタ要素G(z)が存在しないため、同定演算部322Aの同定速度を向上できる。

[0152] なお、上記実施形態では、床下触媒を選択還元触媒とした例について説明したが、本発明は、これに限らない。上述のように床下触媒は、NOx吸蔵還元型触媒としても効果的である。

[0153] 図30は、床下触媒コンバータ42Aの床下触媒をNOx吸蔵還元型触媒とした場合における排気浄化システム2Aの構成を示す図である。上記実施形態の排気浄化システム2では、選択還元触媒に還元剤を供給するために還元剤供給装置43が必要であった。しかし、NOx吸蔵還元型触媒は、排ガス中のHCを還元剤として利用するため、この排気浄化システム2Aでは、還元剤供給装置を設ける必要はない。ただし、この排気浄化システム2Aでは、ECU3Aは、NOx吸蔵還元型触媒で吸着したNOxを還元するため

に、排ガスの当量比をストイキ又はストイキよりリッチ側にする当量比制御を、上記実施形態で説明した当量比制御とは別に適宜実行する必要がある。排気浄化システム 2 A には、このような NO_x を還元するための当量比制御を実行するタイミングを ECU 3 A で判断するため、床下触媒コンバータ 4 3 A の上流側には、LAF センサ（又は酸素濃度センサ）2 2 A が設けられる。また、図 3 0 に示すような排気浄化システムでは、直下触媒にも NO_x 吸蔵還元型触媒を用いる場合、すなわち、直下触媒と床下触媒との両方に NO_x 吸蔵還元触媒を用いる場合、これら直下触媒と床下触媒は、一体のものとしてもよい。

[0154] また、上述のように、LAF センサの出力特性は、その検出素子にすすが付着することによって変化する。そこで、このような検出素子へのすすの付着を防止するため、図 3 1 に示すように、LAF センサ 2 1 の上流側に酸化触媒（又は三元触媒）4 4 B をさらに設けてもよい。

[0155] また、上記実施形態では、エンジンをディーゼルエンジンとした例について説明したが、本発明はこれに限らず、リーン燃焼方式のガソリンエンジンとしてもよい。

[0156] また、上記実施形態では、燃料噴射量 G_{fuel} を入力とした噴射量－センサ出力モデル（式（8）～（10）参照）を定義したが、モデルの入力は燃料噴射量そのものに限らず、燃料噴射量から所定の演算を経て得られる物理量でもよい。例えば、燃料噴射量 $G_{\text{fuel}}(k)$ を所定のマップ値（フィードフォワード噴射量 $G_{\text{fuel_st_ff}}$ ）で除算することにより定義される新たな物理量 $K_g(k)$ （下記式（39）参照）を入力としたモデルを定義してもよい。

[数39]

$$K_g(k) = G_{\text{fuel}}(k) / G_{\text{fuel_st_ff}}(k) \quad (39)$$

[0157] 燃料噴射量 $G_{\text{fuel}}(k)$ の代わりに、上記物理量 $K_g(k)$ を入力とした場合、上記式（8）のモデル式は、下記式（40－1）で置き換えられる。また、この場合、モデルパラメータ $A'(k)$ の定義式（9－1）は、下記式（40－2）で置き換えられ、モデルパラメータ $A'(k)$ の基準値 $Abs'(k)$ の定義式（9－

3) は、下記式 (40-3) で置き換えられる。

[数40]

$$\phi_{\text{exp}}(k+1) = A'(k) Kg(k) + B(k) \quad (40-1)$$

$$A'(k) = \text{Abs}'(k) + dA(k) \quad (40-2)$$

$$\text{Abs}'(k) = \frac{\alpha_{\text{st}}(1 - \text{Regr_trgt}(k)) G_{\text{fuel_st_ff}}}{G_{\text{afs}}(k)} \quad (40-3)$$

[0158] 以上のように、燃料噴射量 G_{fuel} から新たな物理量 Kg を定義し、これをモデルの入力としても、上記式 (40-1) ~ (40-3) に示すように各種パラメータを適宜再定義することにより、同様の結果を得ることができる。また、これと同じことはモデルの出力についても同様に成り立つ。すなわち、L A F センサの出力 ϕ_{laf} を出力とした噴射量-センサ出力モデル (式 (8) ~ (10) 参照) を定義したが、モデルの出力は L A F センサの出力そのものに限らず、L A F センサの出力から所定の演算を経て得られる物理量でもよい。例えば、L A F センサの出力の逆数に係数 (例えば、14.5) を乗算して得られる空燃比をモデルの出力としてもよい。

符号の説明

- [0159] 1 … エンジン (内燃機関)
- 1 1 … 排気通路
- 2 … 排気浄化システム
- 2 1 … L A F センサ (排ガスセンサ)
- 3 … E C U (制御装置)
- 3 1 … 燃料噴射量算出部
- 3 2 … リーン運転モードコントローラ
- 3 4 … 適応フィードバックコントローラ
- 3 5 … L A F 遅れ補償用同定器 (第 2 同定部)
- 3 6 … フィードバック同定器 (第 1 同定部)
- 3 7 … ストイキ運転モードコントローラ (コントローラ)
- 4 … 触媒浄化装置

請求の範囲

[請求項1] 内燃機関の排ガスの当量比を検出する排ガスセンサの出力に基づいて、前記機関の混合気の当量比を制御する内燃機関の制御装置であって、

前記機関の燃料噴射量に関するパラメータから前記排ガスセンサの出力に関するパラメータまでの系を、第1モデルパラメータ及び第2モデルパラメータを含むモデル式によって第1モデルとしてモデル化するとともに、前記第1モデルパラメータの値を逐次同定する第1同定部と、

前記第1モデルのモデル式を利用して算出されるパラメータの値から前記排ガスセンサの出力までの系を、前記第2モデルパラメータを含むモデル式によって第2モデルとしてモデル化するとともに、前記排ガスセンサの出力に基づいて前記第2モデルパラメータの値を逐次同定する第2同定部と、

前記第1モデルパラメータに基づいて前記機関の混合気の当量比を制御するためのパラメータの値を決定するコントローラと、を備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項2] 前記第2同定部は、少なくとも前記排ガスセンサの出力が変化している間に前記第2モデルパラメータの値を更新することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項3] 前記第1同定部は、前記機関が特定の第1運転条件下にある間に前記第1モデルパラメータの値を更新し、

前記第2同定部は、前記機関が前記第1運転条件よりも広い第2運転条件下にある間に前記第2モデルパラメータの値を更新することを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項4] 前記第2モデルパラメータは、前記排ガスセンサの検出遅れ特性に関するパラメータであり、

前記第2同定部によって同定された前記第2モデルパラメータの値

と所定の異常判定閾値との比較によって、前記排ガスセンサの異常を判定する異常判定部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れかに記載の内燃機関の制御装置。

[請求項5]

前記第 1 同定部は、

前記燃料噴射量を入力として、前記第 1 モデルパラメータ及び第 2 モデルパラメータを含む第 1 モデルのモデル式によって前記排ガスセンサの出力の推定値を算出するセンサ出力推定演算部と、

当該推定値と前記排ガスセンサの出力との誤差が最小になるように第 1 モデルパラメータの値を同定する同定演算部と、を備えることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れかに記載の内燃機関の制御装置。

[請求項6]

前記第 2 モデルパラメータは、前記排ガスセンサの検出遅れ特性に関するパラメータであり、

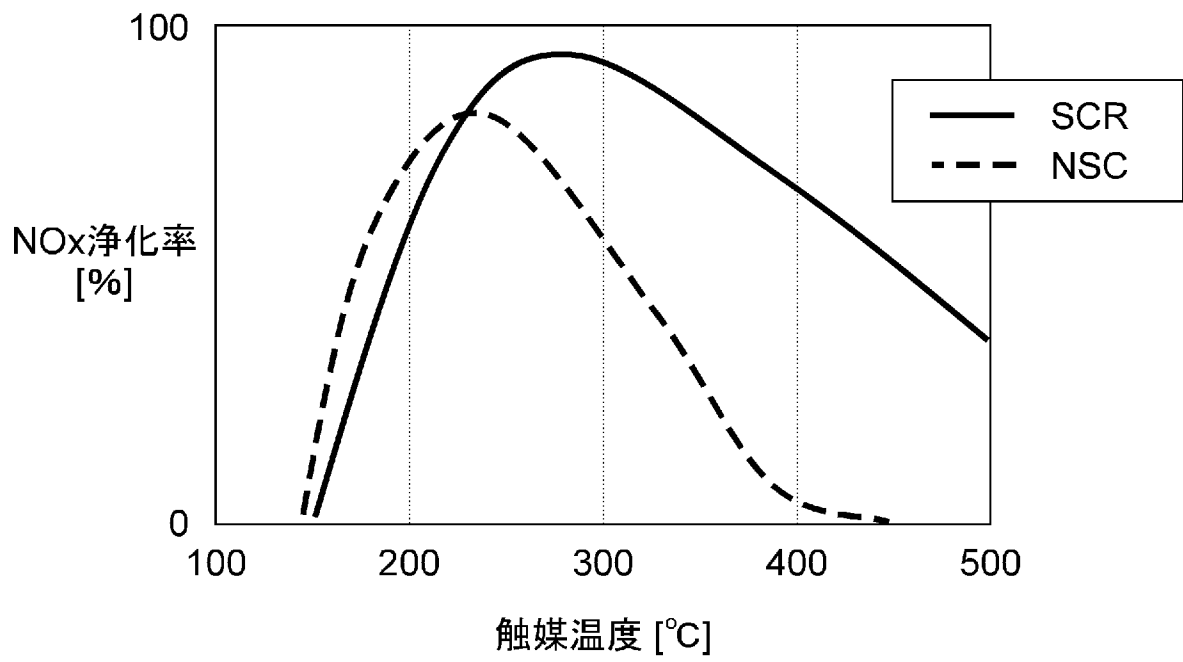
前記第 1 同定部は、

前記燃料噴射量に前記第 2 モデルパラメータによって特徴付けられる遅れ演算を行う遅れ演算部と、

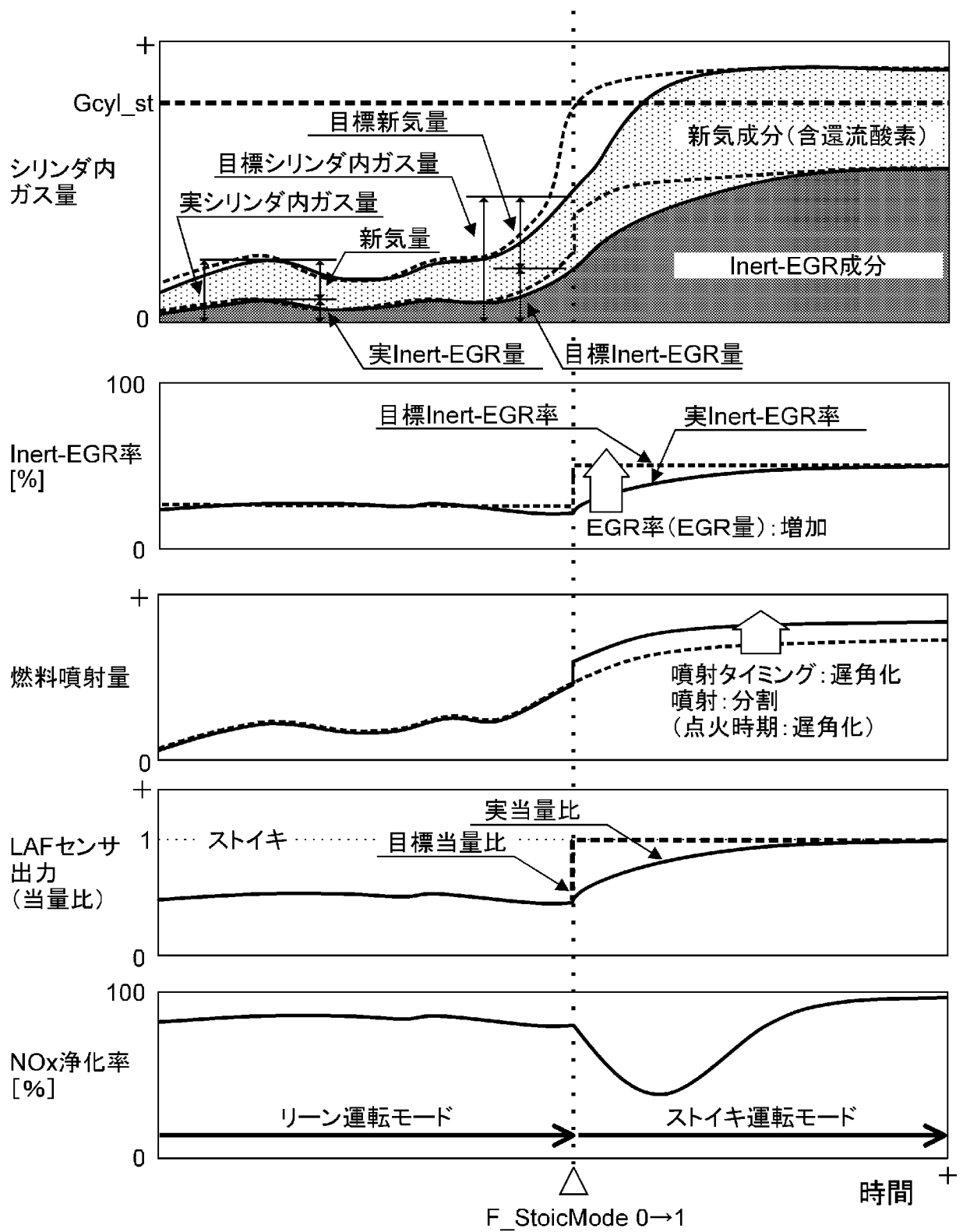
前記遅れ演算部の出力に前記第 1 モデルパラメータによって特徴付けられる所定の演算を行うことによって前記排ガスセンサの出力の推定値を算出するセンサ出力推定演算部と、

当該推定値と前記排ガスセンサの出力との誤差が最小になるように第 1 モデルパラメータの値を同定する同定演算部と、を備えることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れかに記載の内燃機関の制御装置。

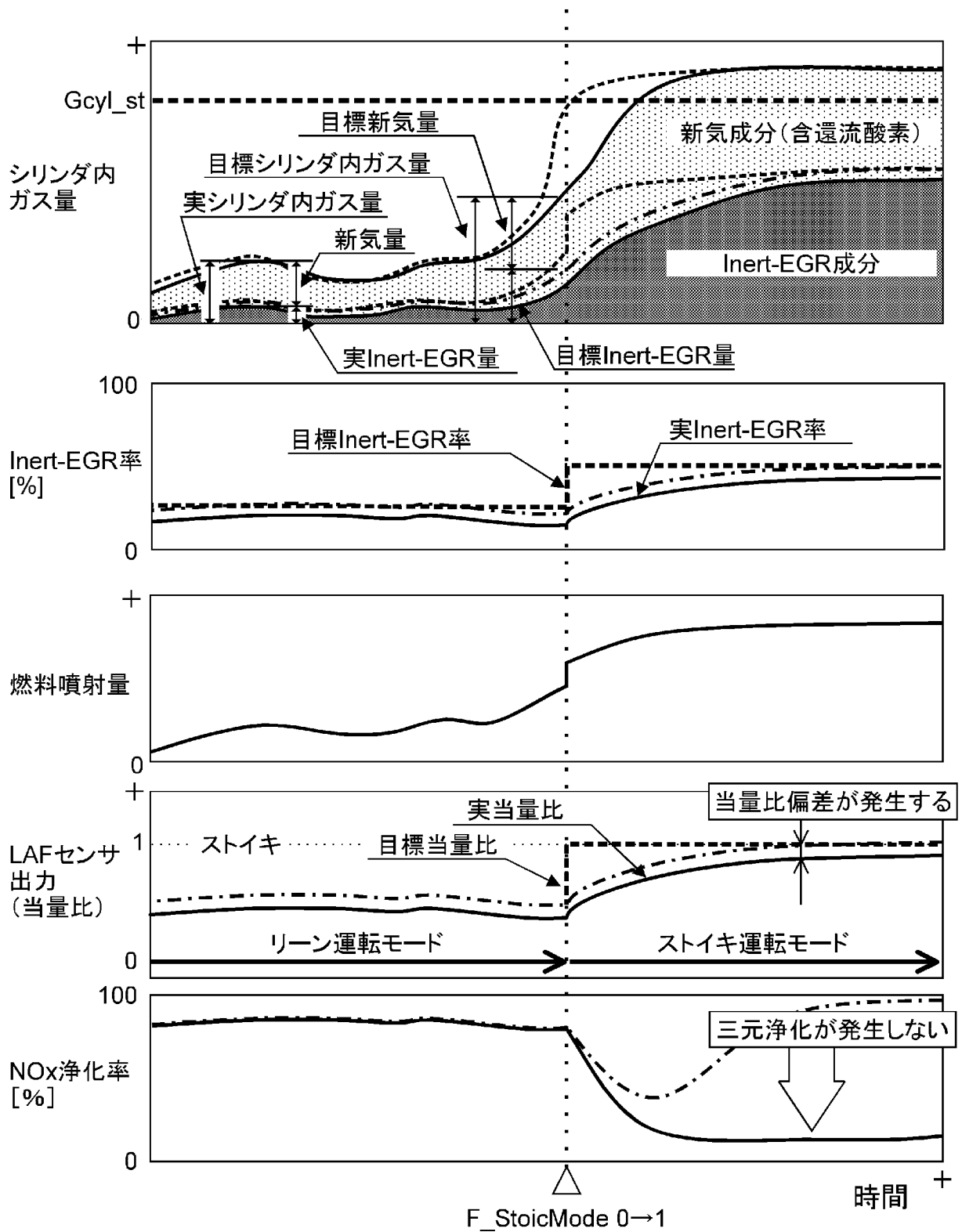
[図2]



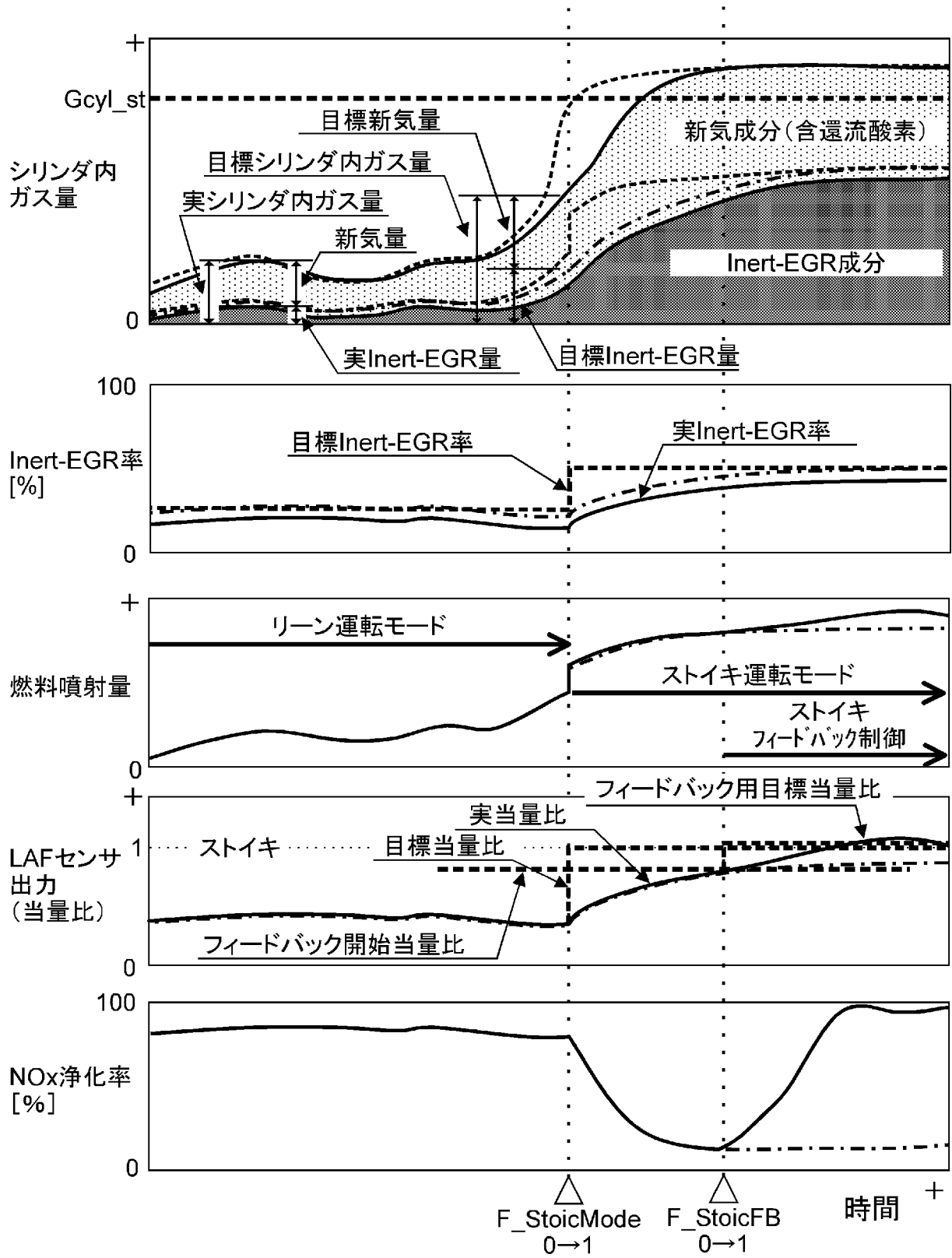
[図3]



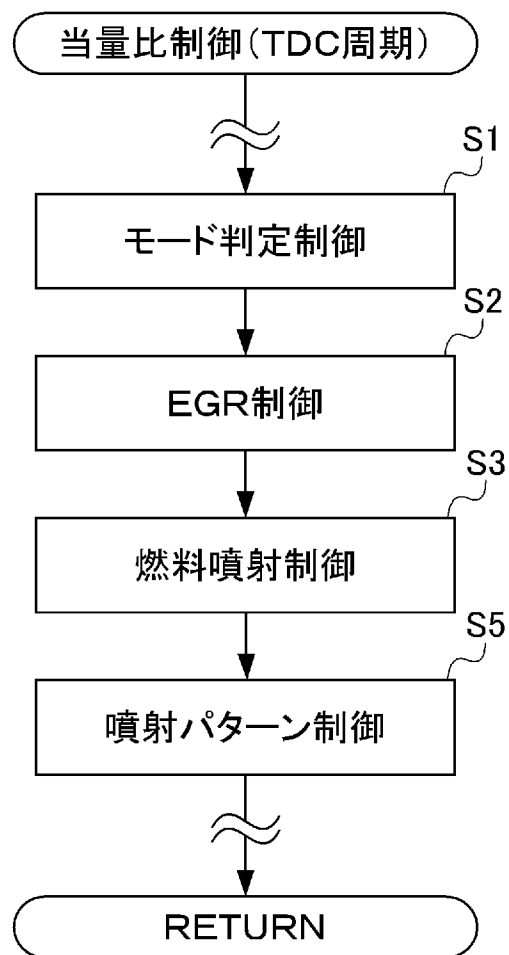
[図4]



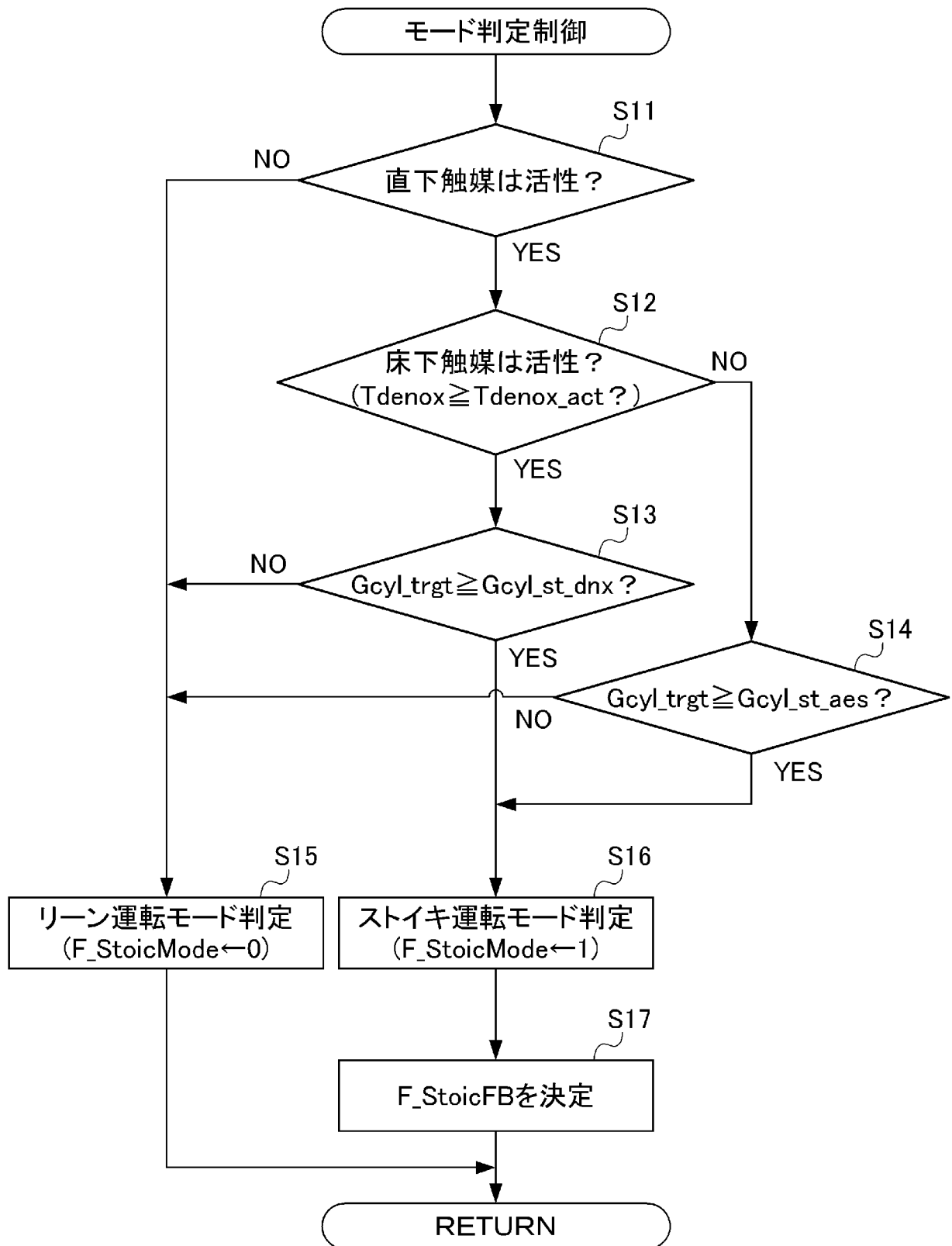
[図5]



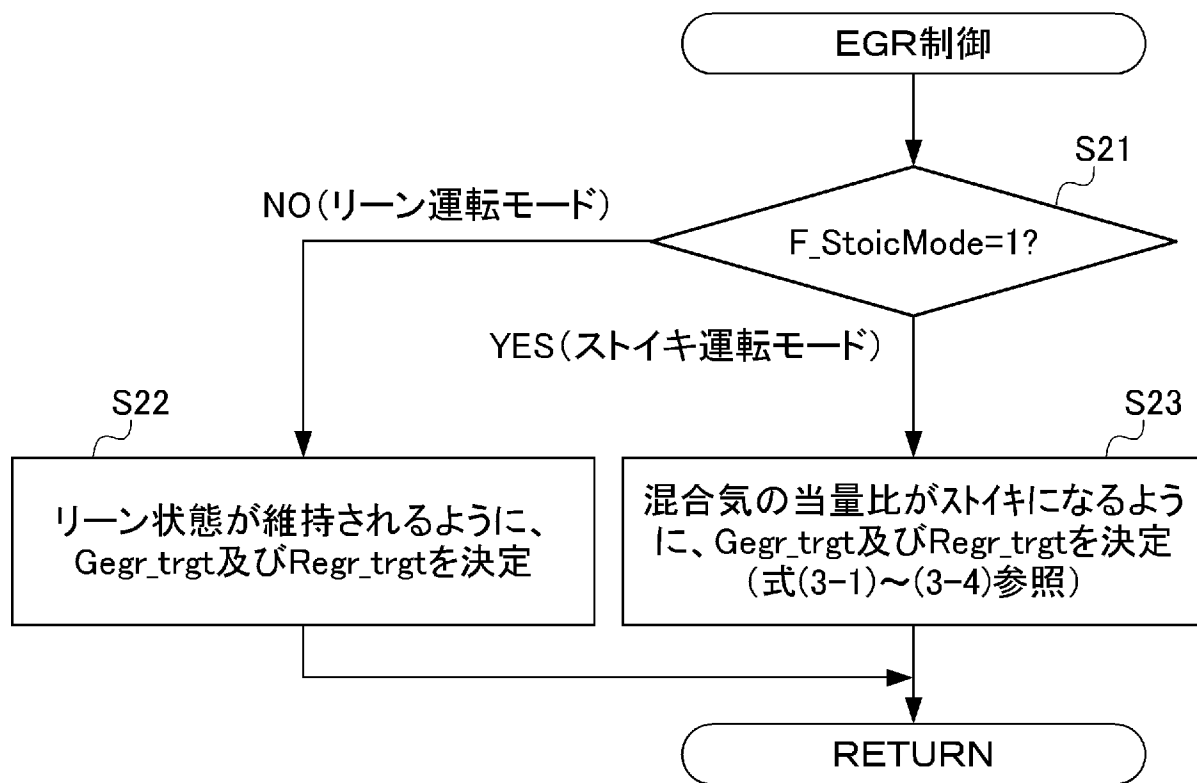
[図6]



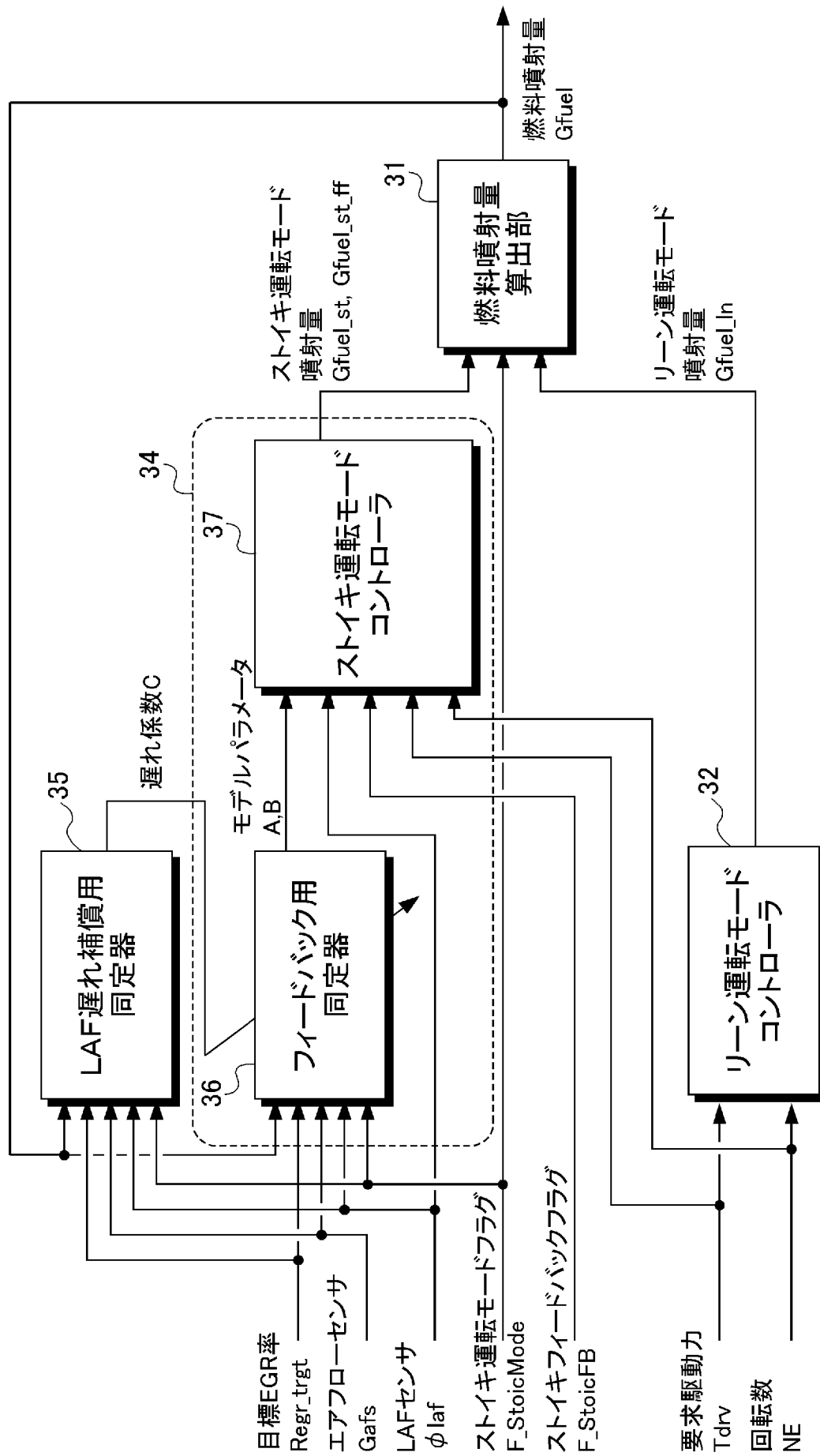
[図7]



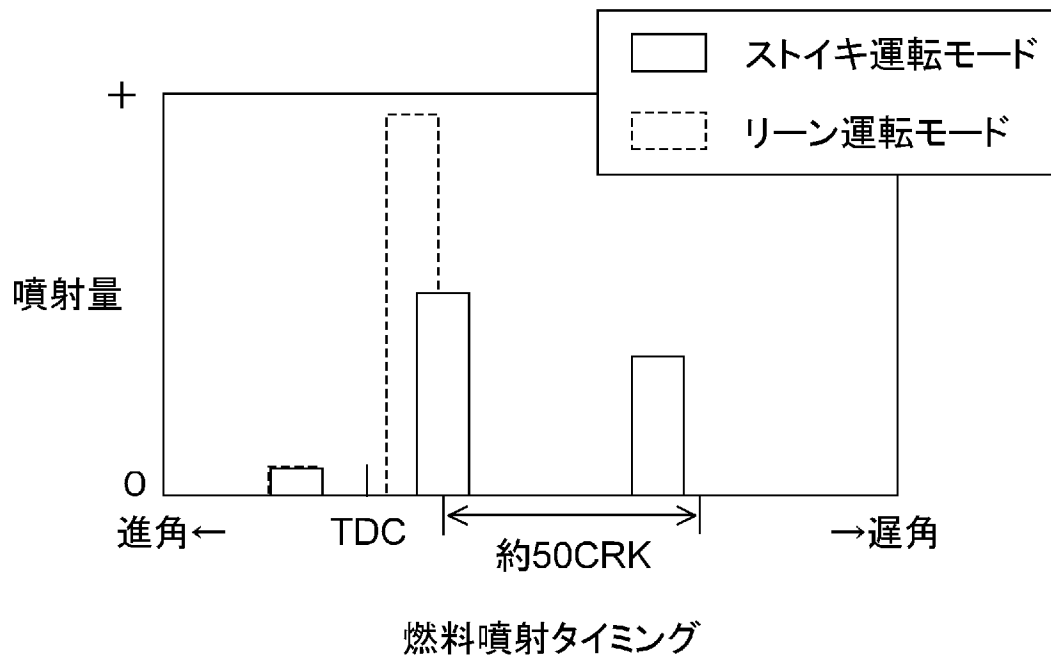
[図8]



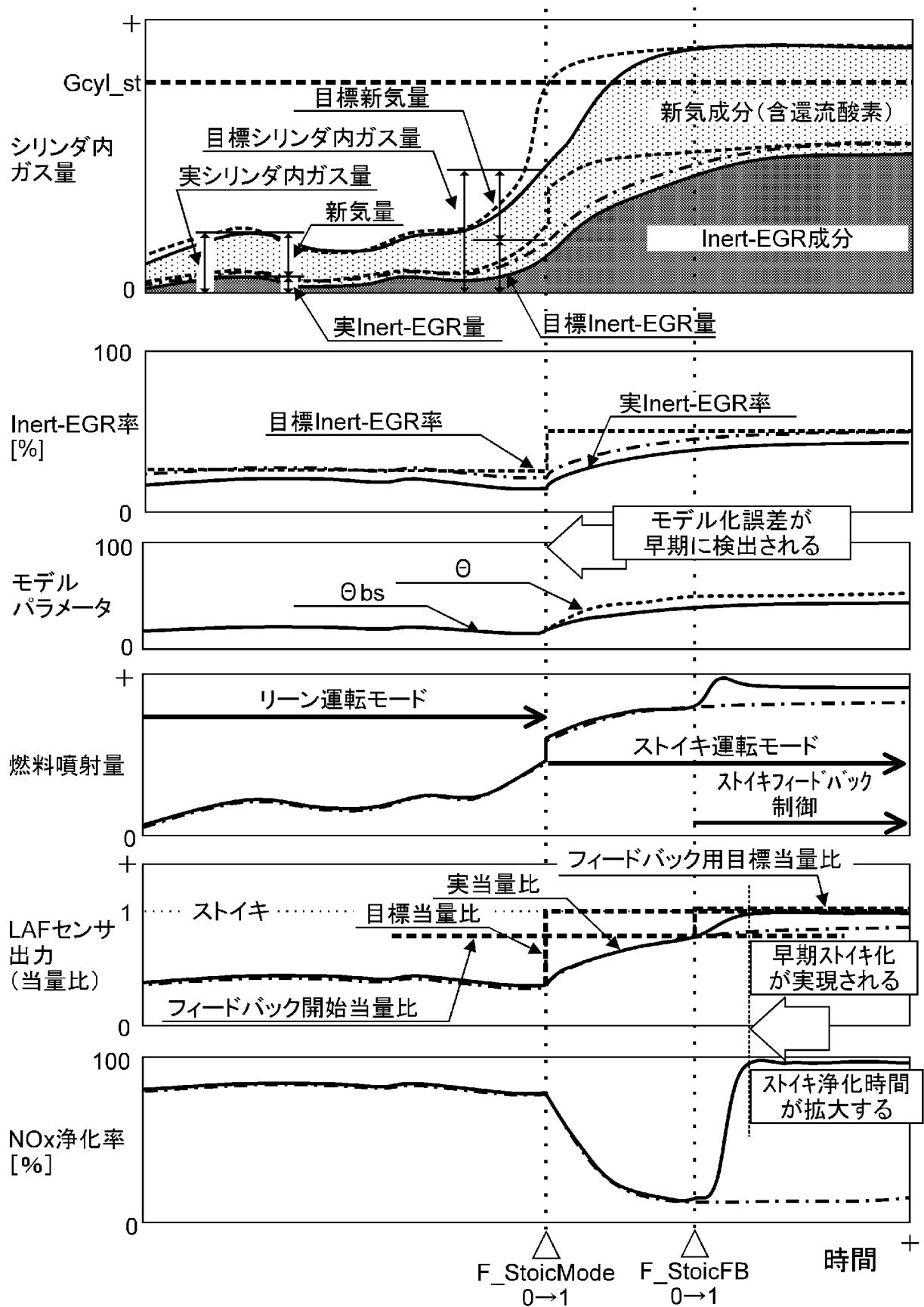
[図9]



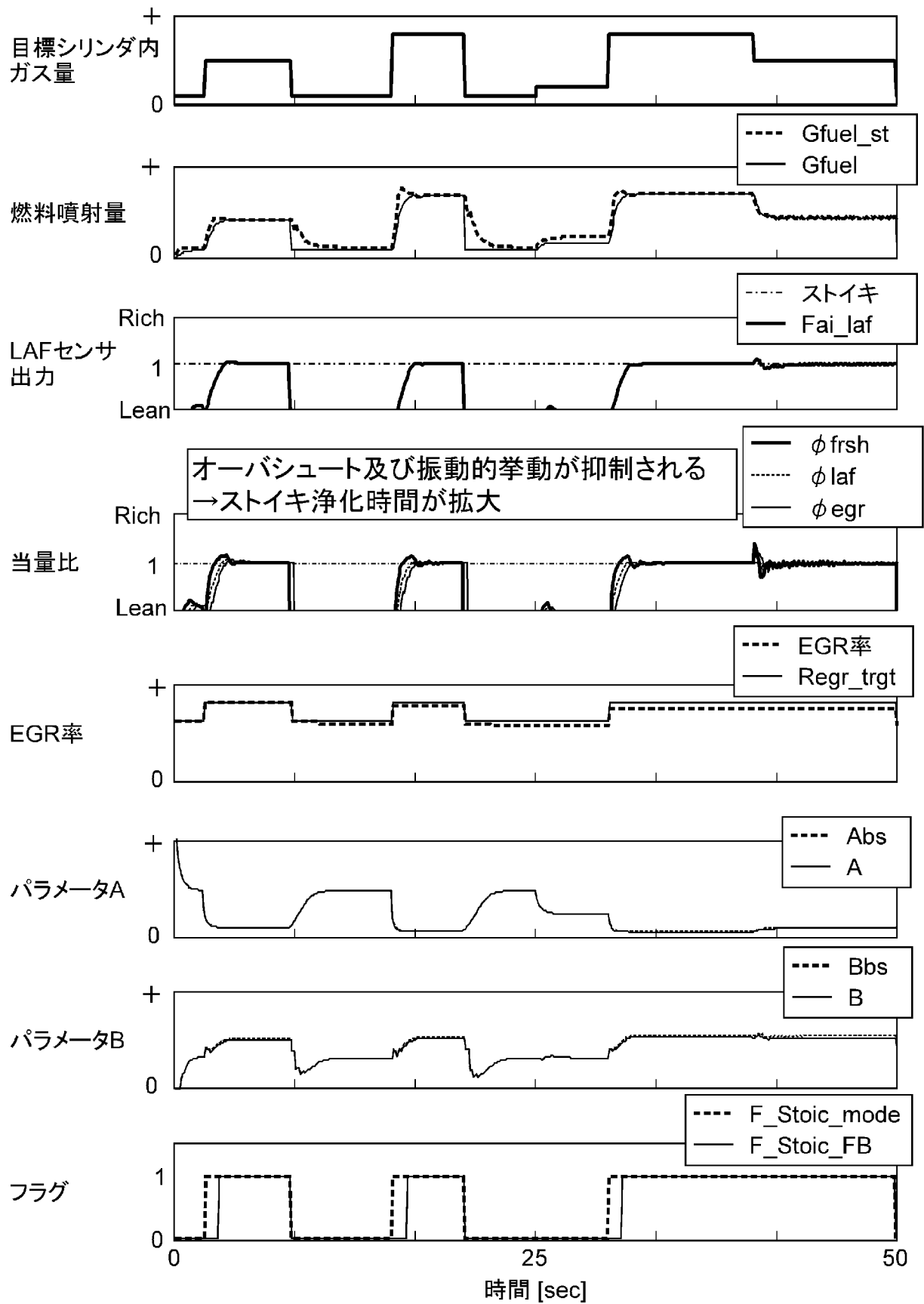
[図10]



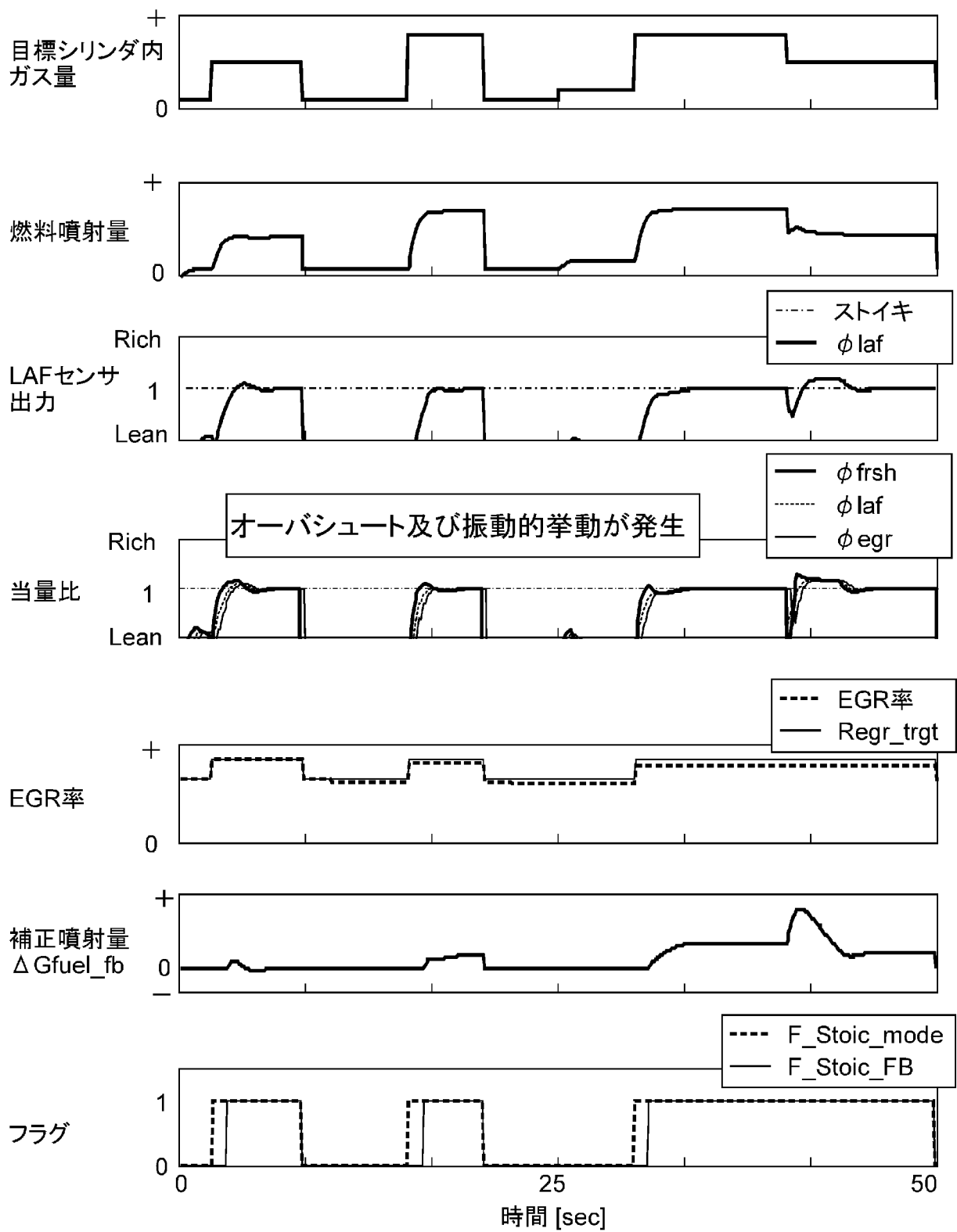
[図11]



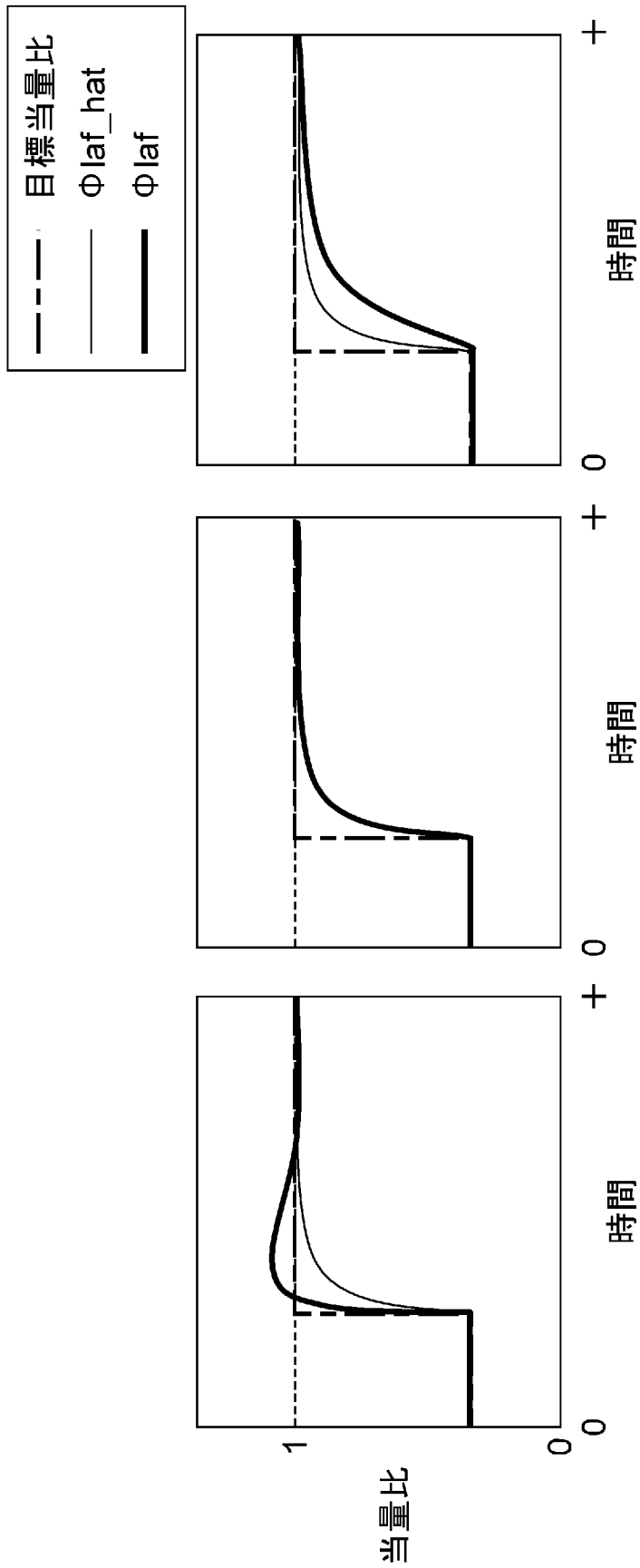
[図12]



[図13]



[図14]

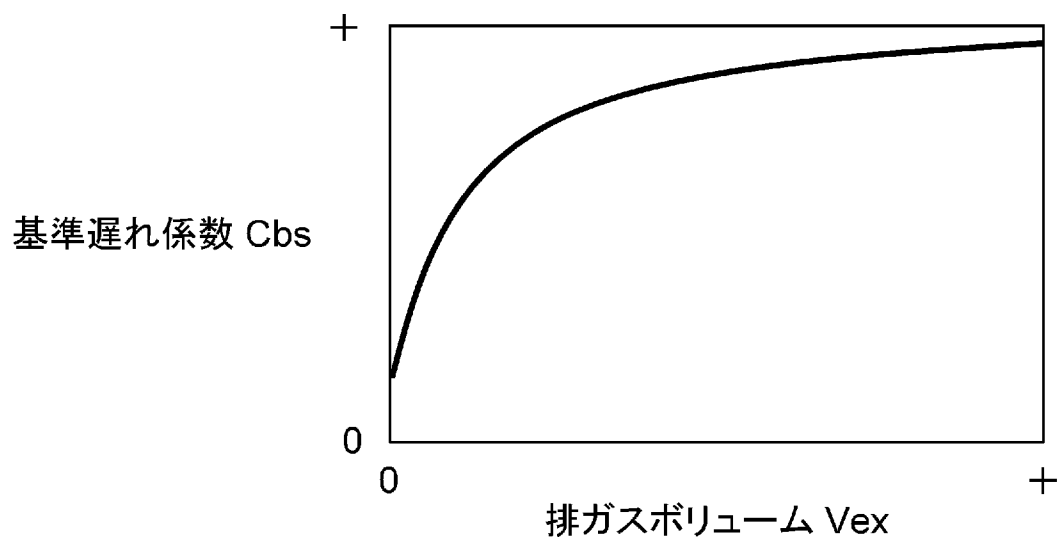


(c) 遅れが小さい場合

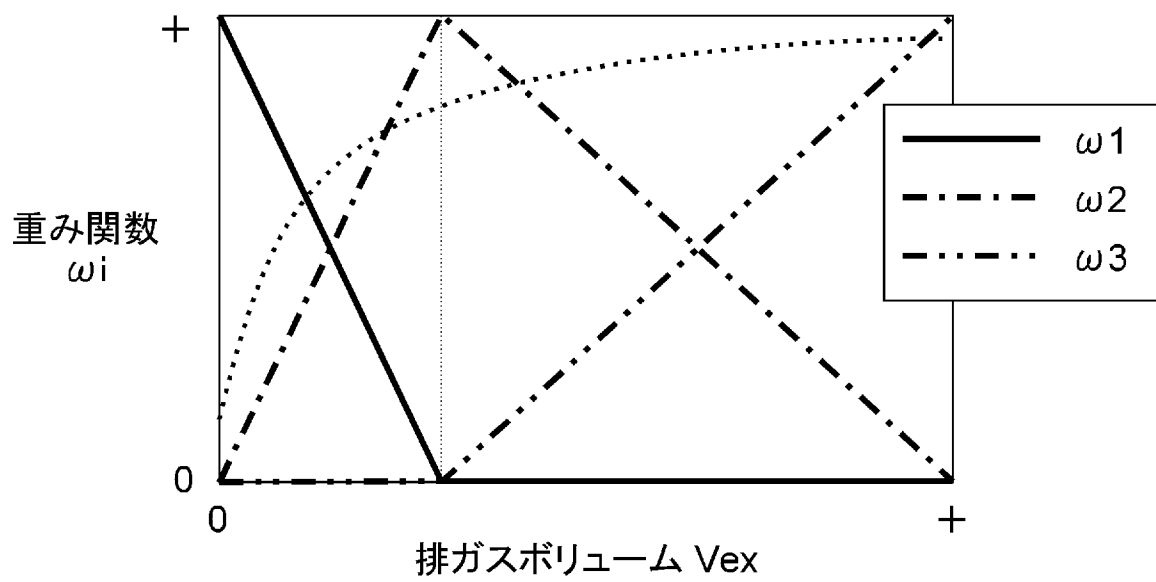
(b) 遅れが標準である場合

(a) 遅れが大きい場合

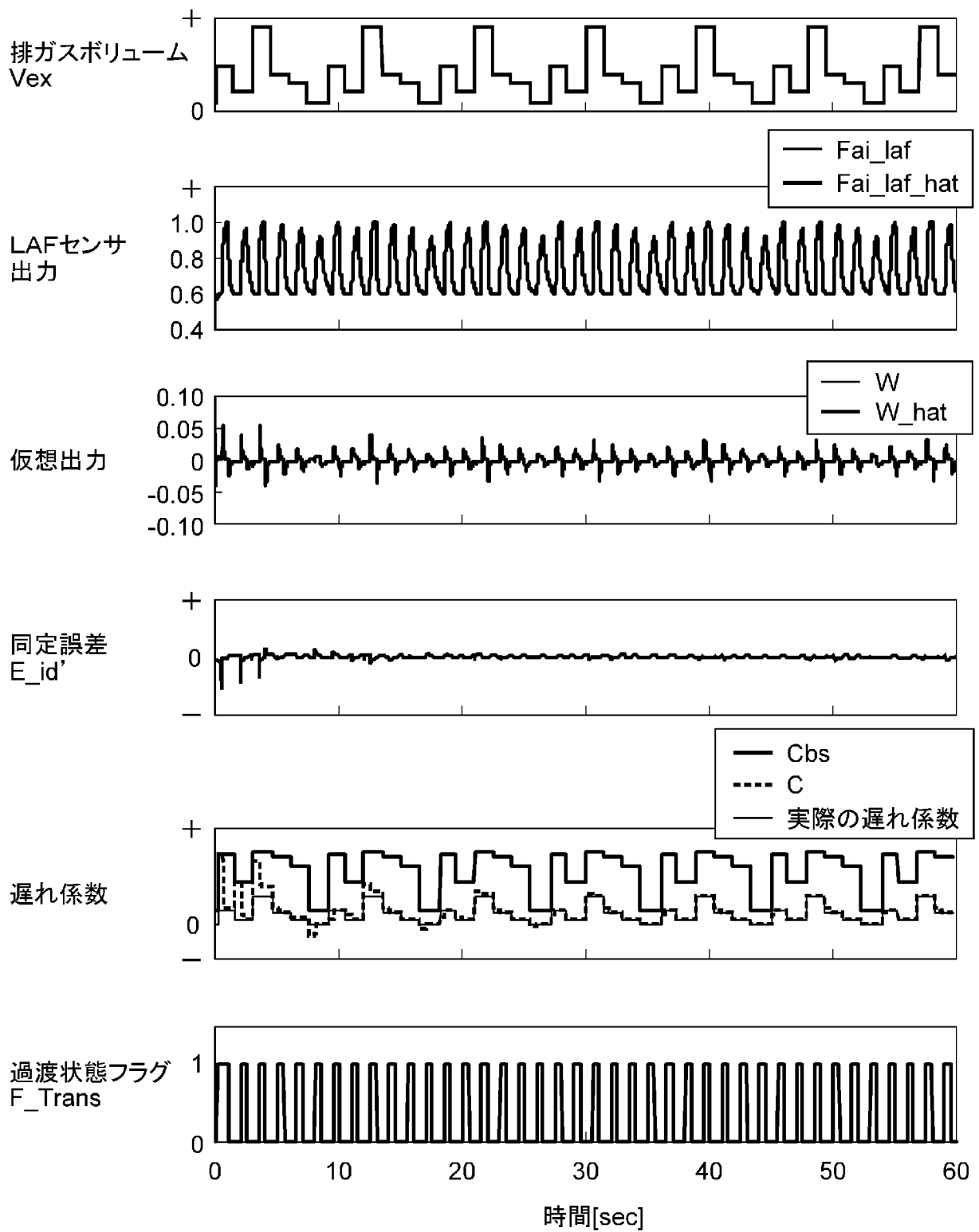
[図15]



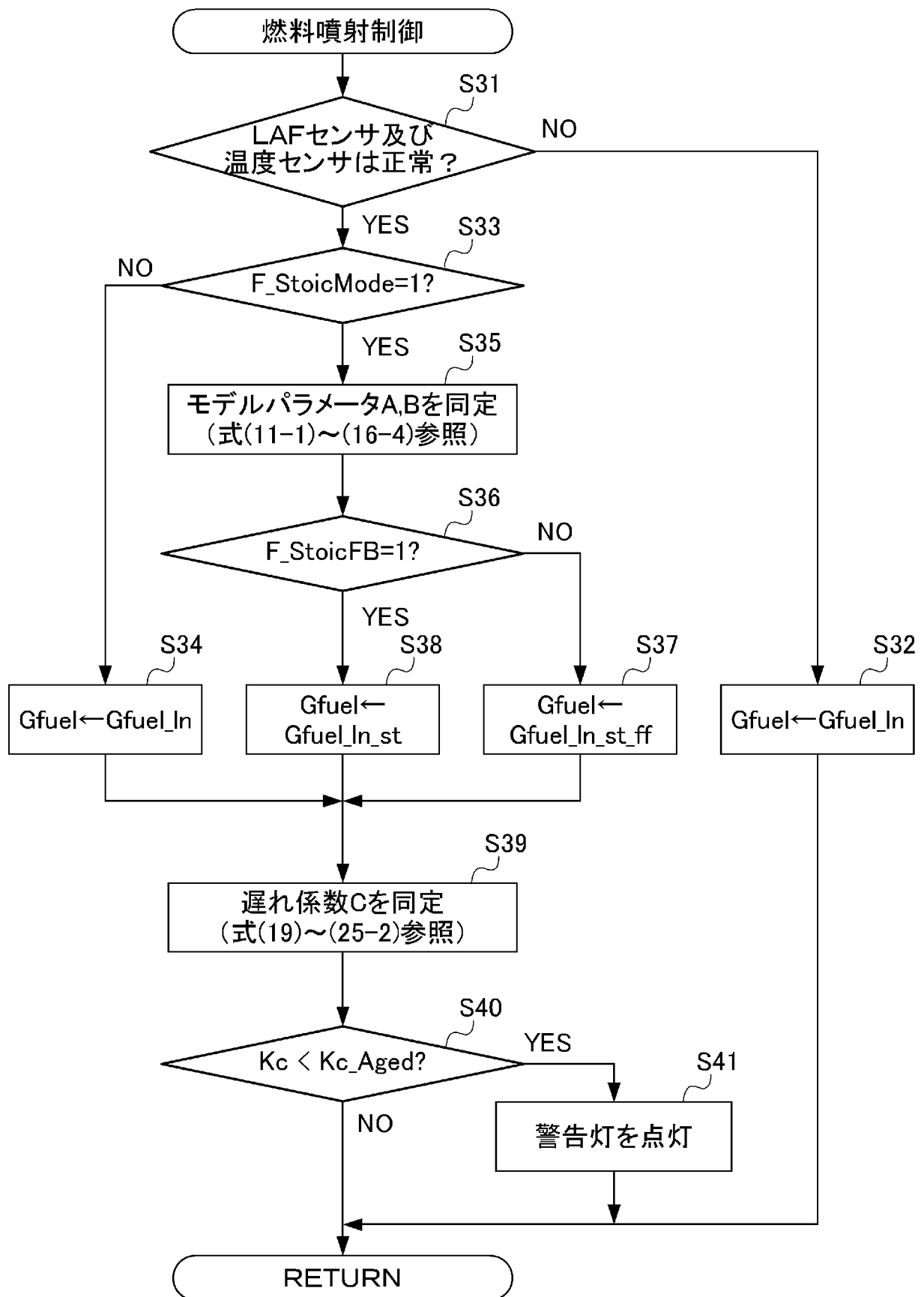
[図16]



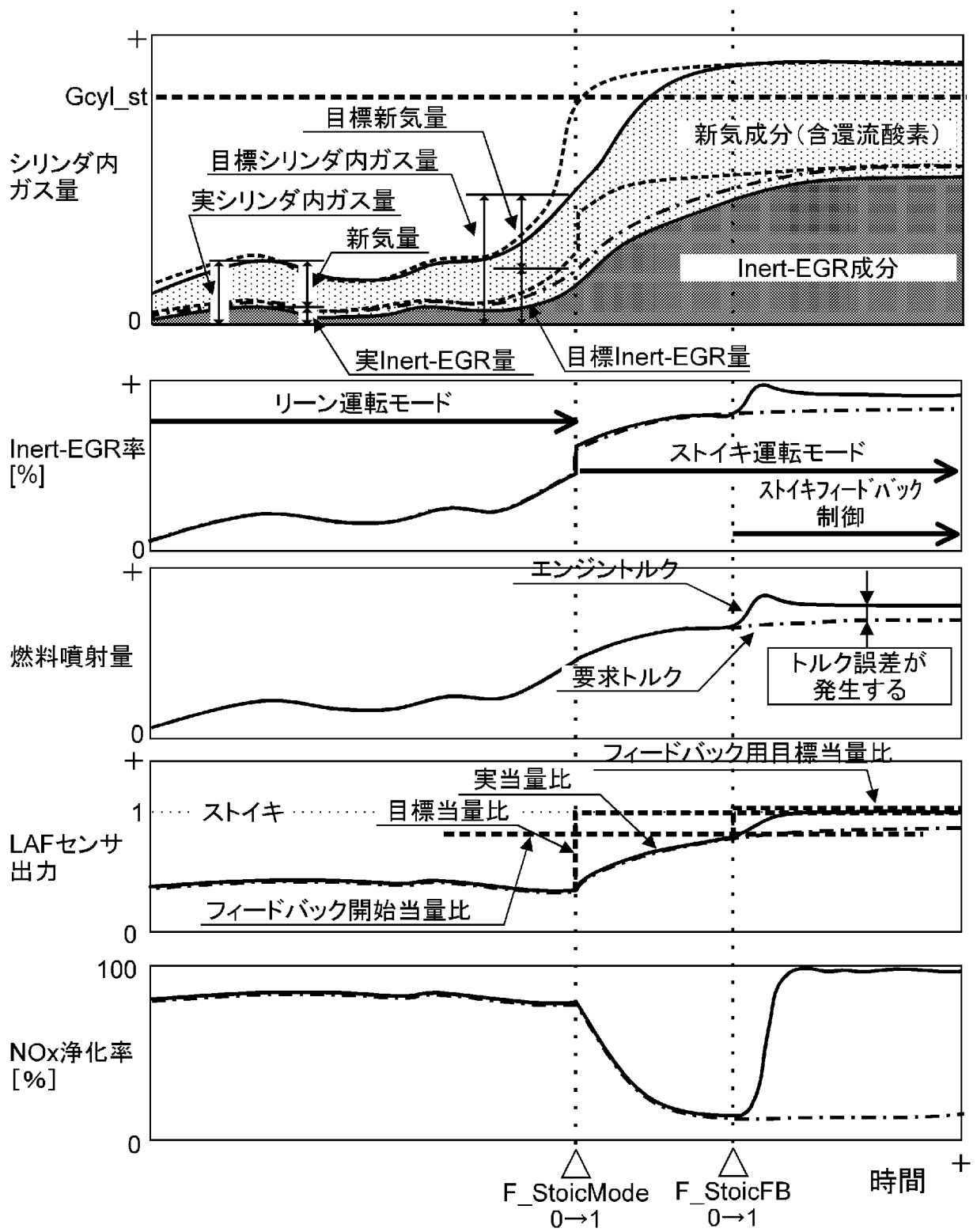
[図17]



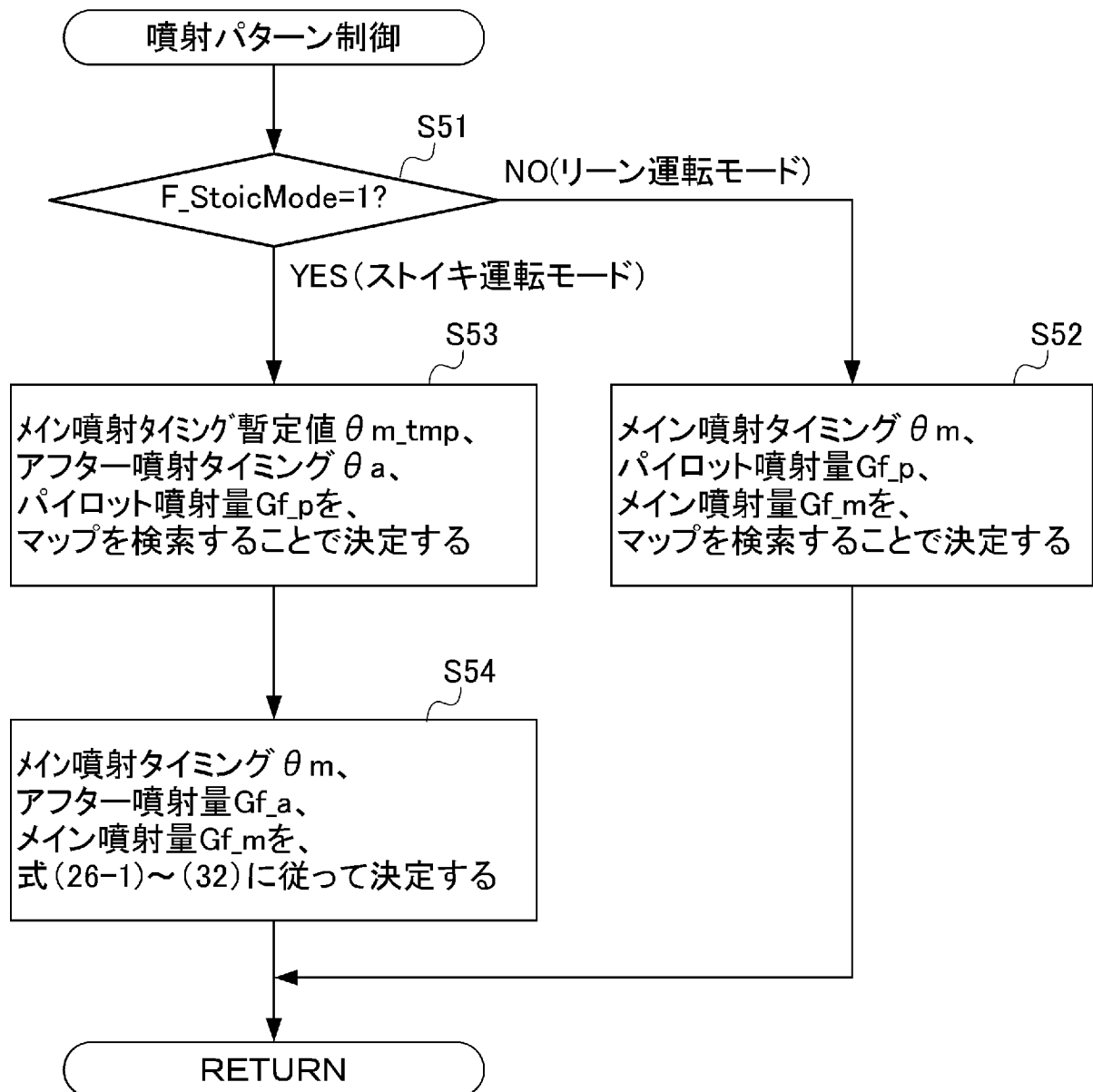
[図18]



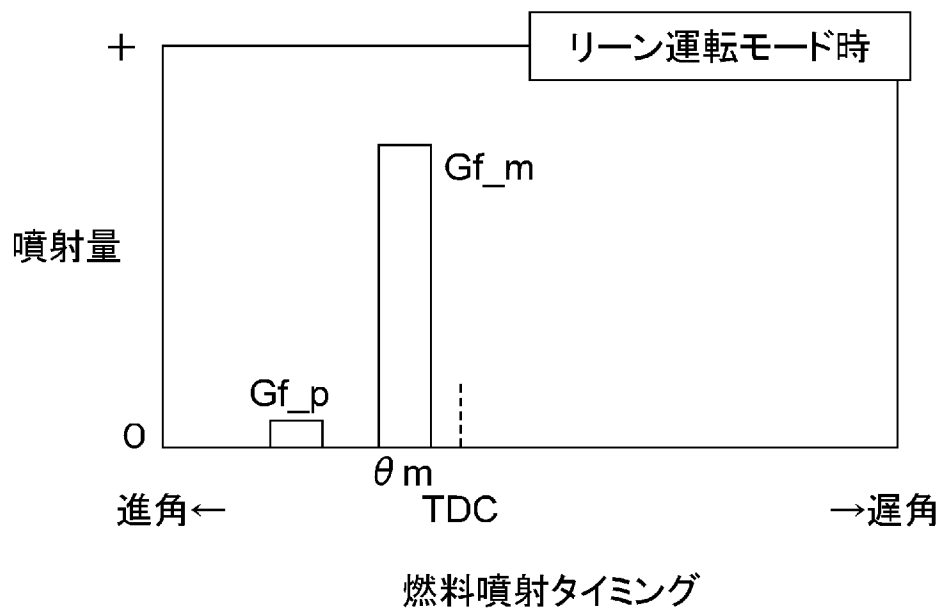
[図19]



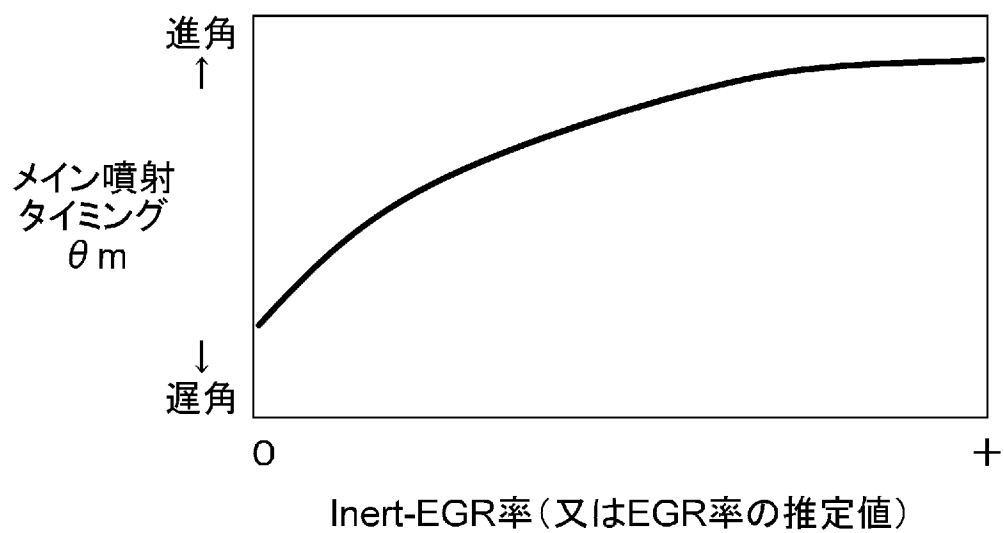
[図20]



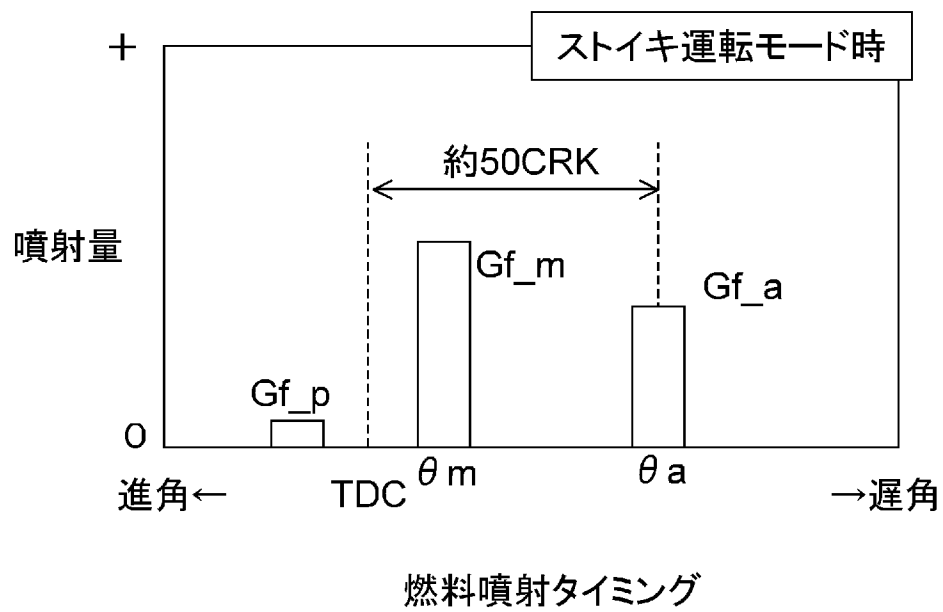
[図21]



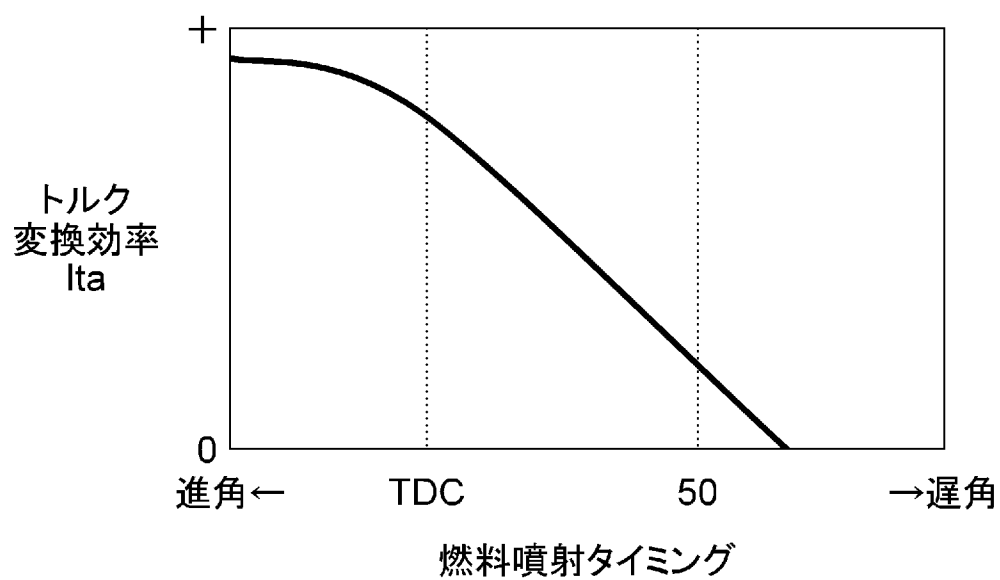
[図22]



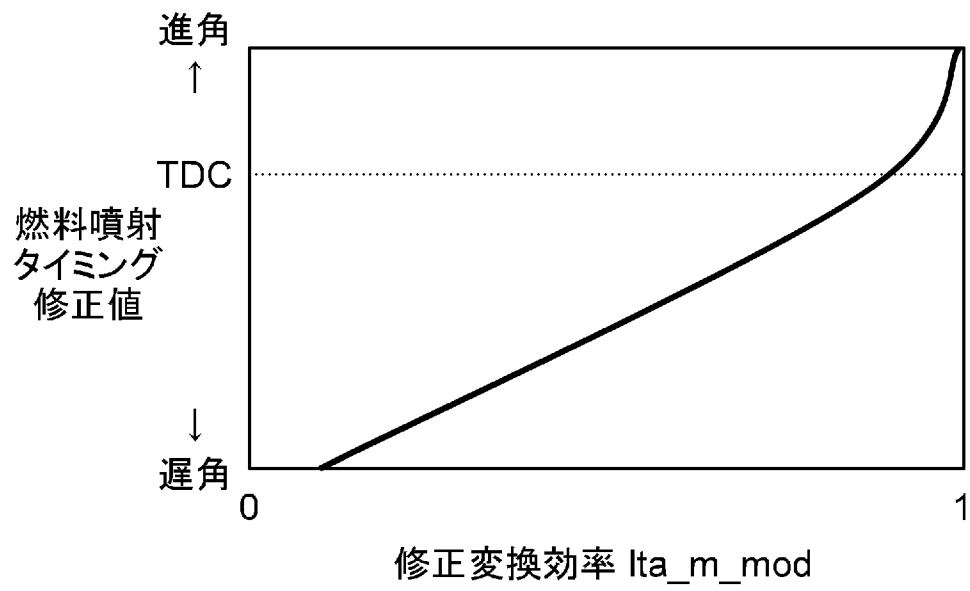
[図23]



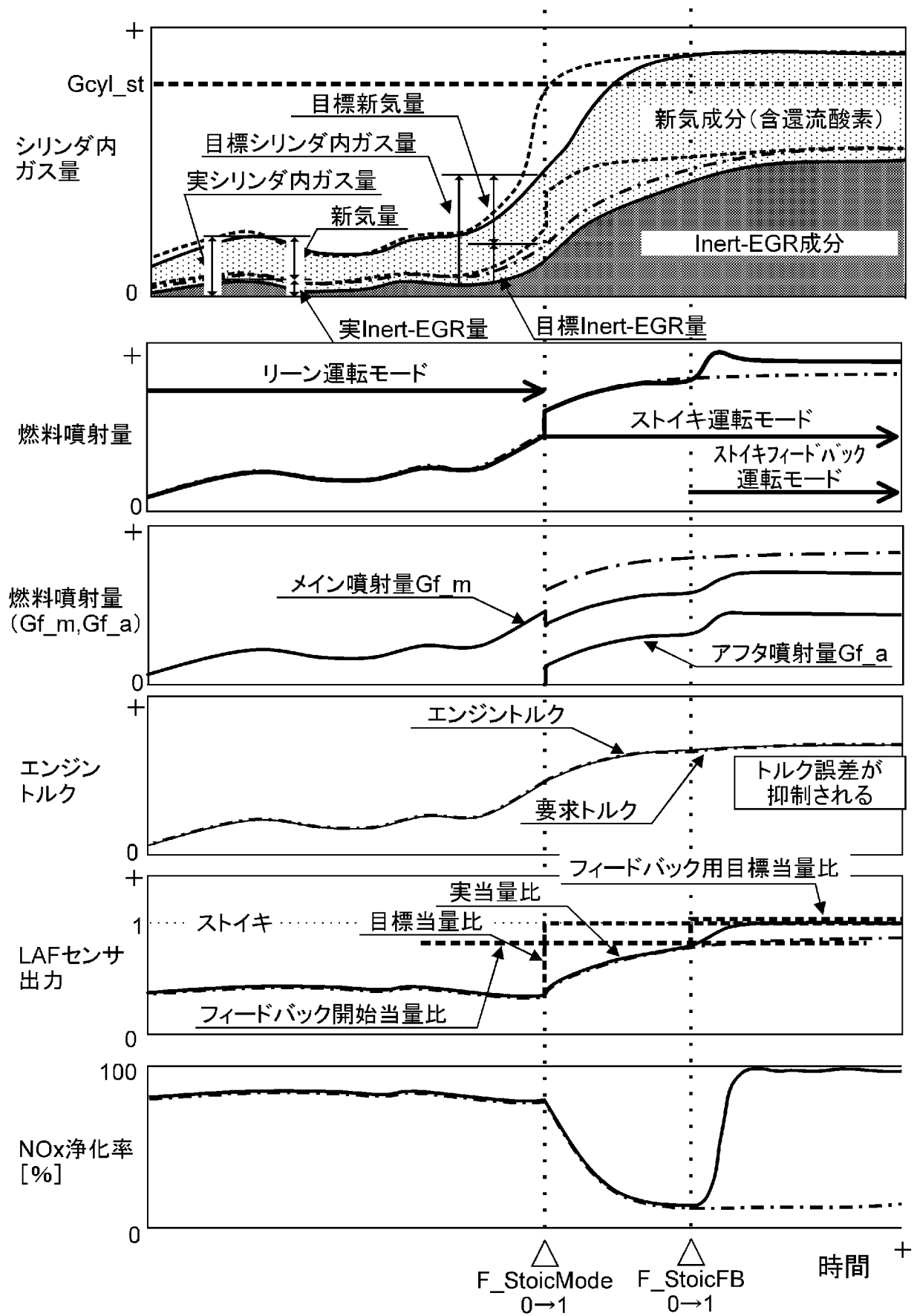
[図24]



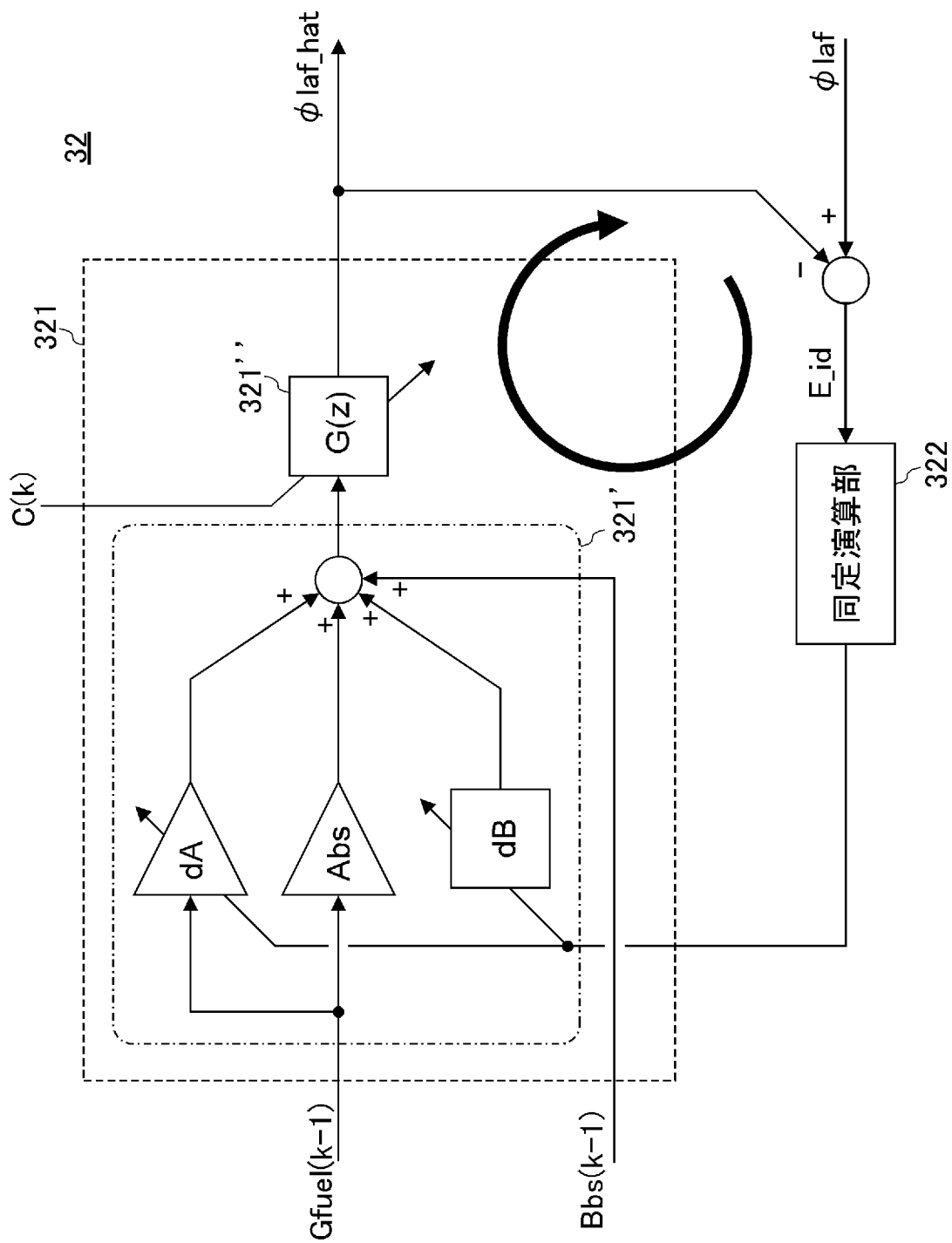
[図25]



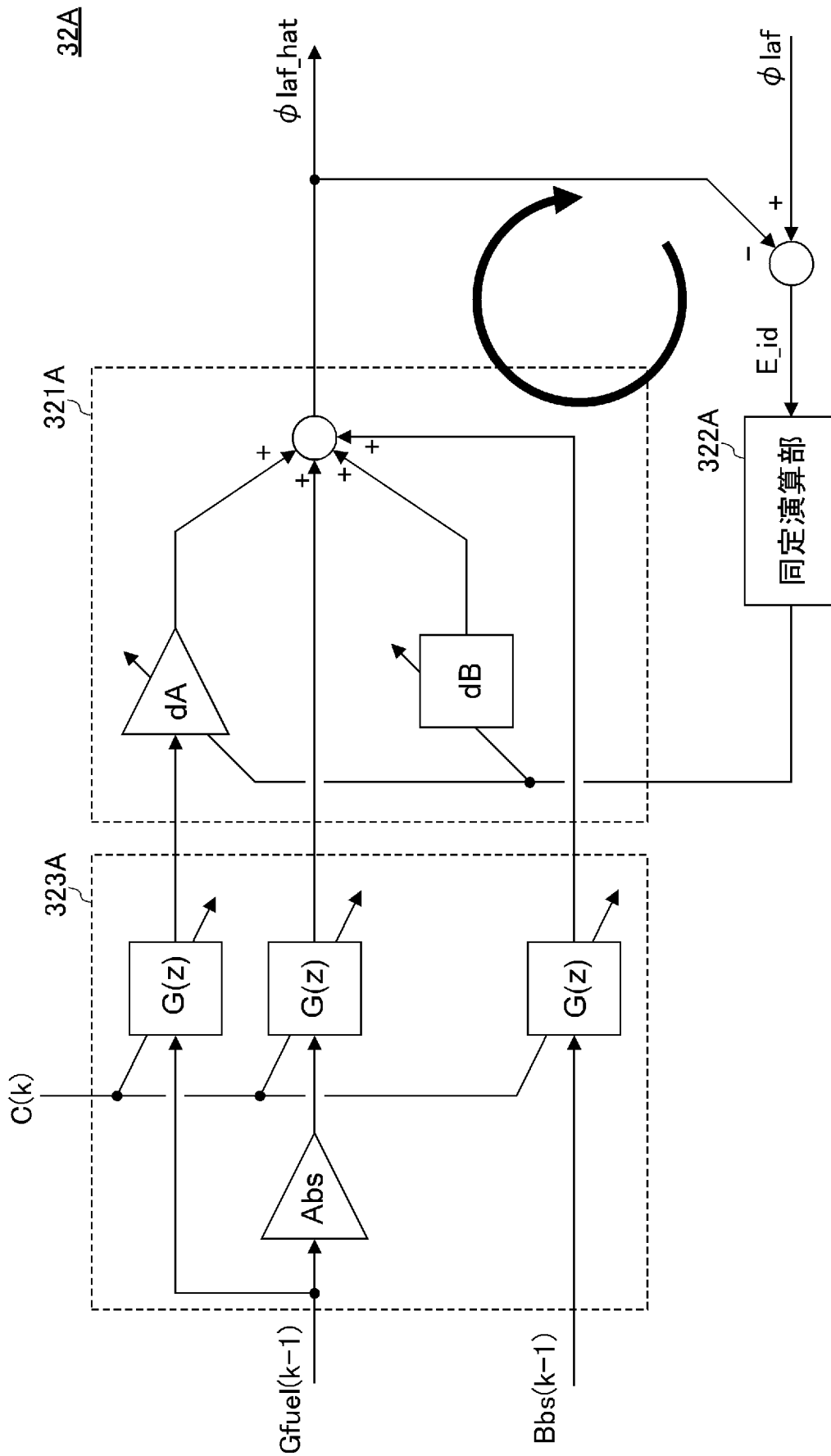
[図26]



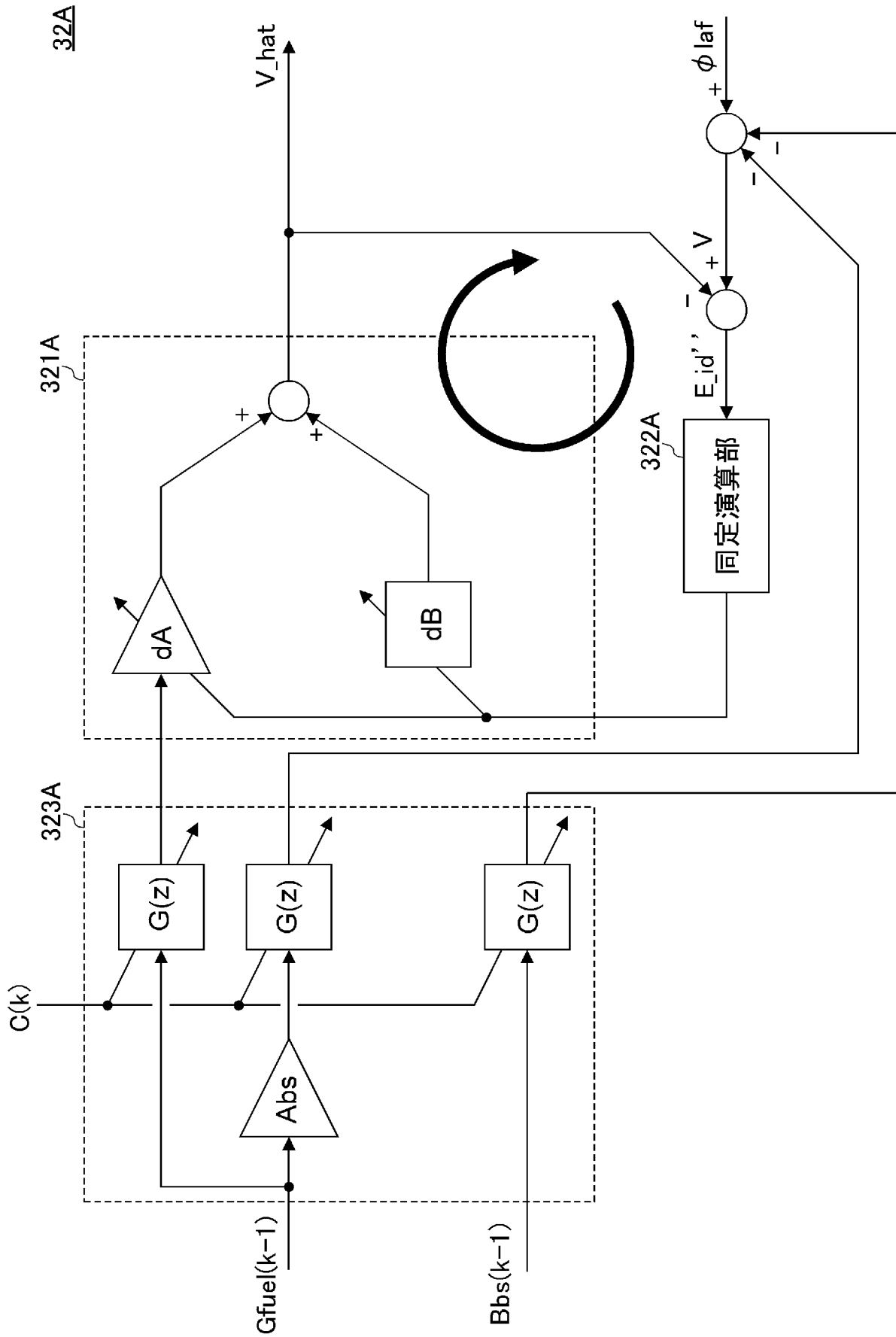
[図27]



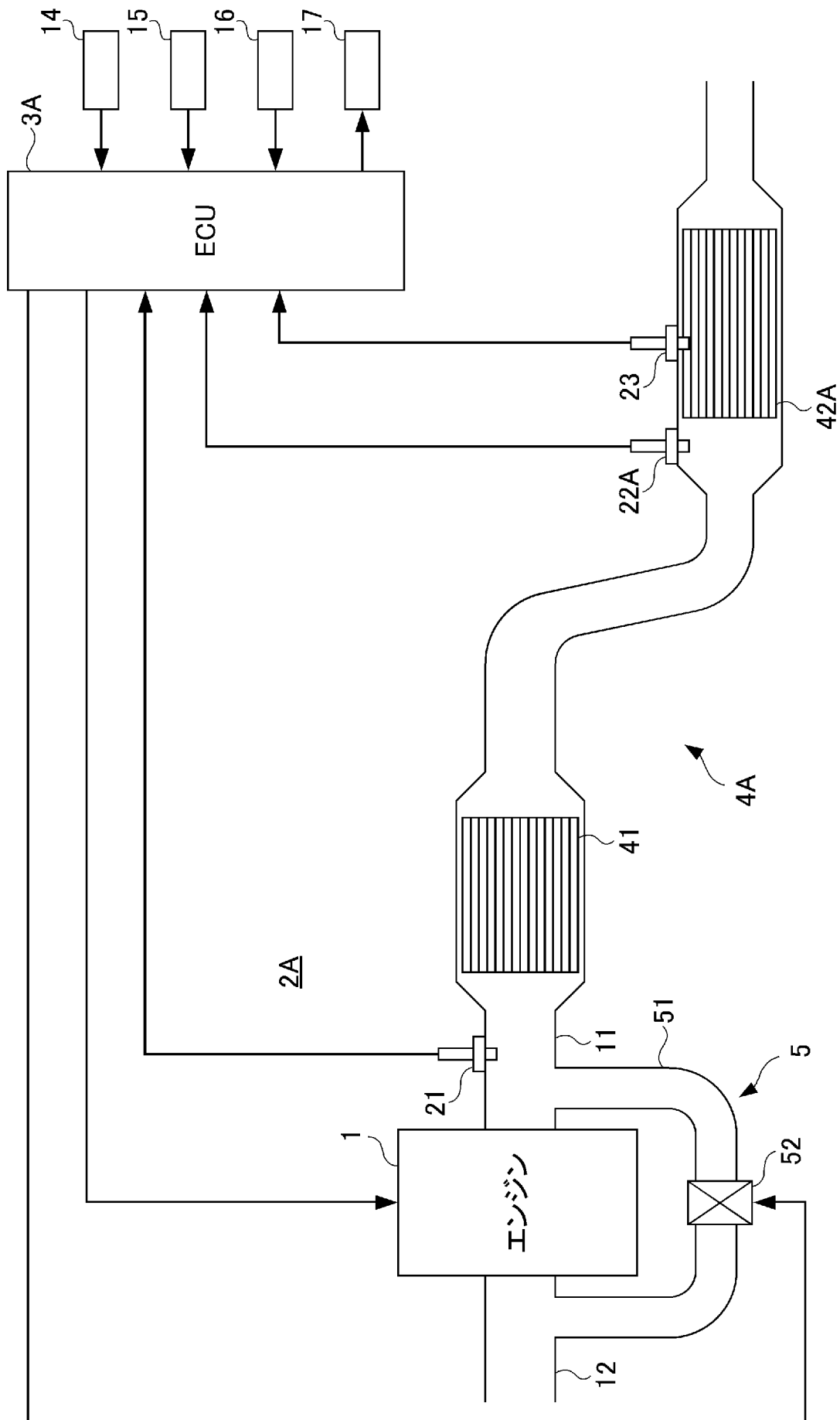
[図28]



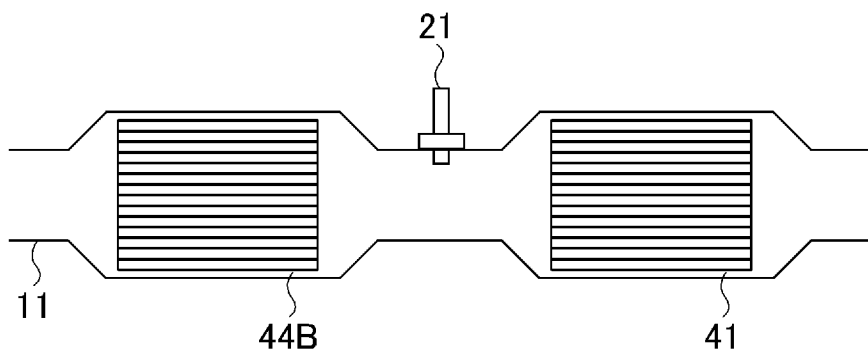
[図29]



[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/068125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D41/14 (2006.01) i, F01N3/24 (2006.01) i, F02D45/00 (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)

F02D41/14, F01N3/24, F02D45/00

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 2012-098989 A (Honda Motor Co., Ltd.), 24 May 2012 (24.05.2012), entire text; all drawings & EP 2450760 A1 & US 2012/0116545 A1	1-6
A	JP 2012-088866 A (Honda Motor Co., Ltd.), 10 May 2012 (10.05.2012), entire text; all drawings & EP 2441942 A1 & US 2012/0095658 A1	1-6
A	JP 08-234807 A (Mazda Motor Corp.), 13 September 1996 (13.09.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

☒ 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
21 August, 2012 (21.08.12)Date of mailing of the international search report
04 September, 2012 (04.09.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/068125

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 2012-127356 A (Toyota Motor Corp.), 05 July 2012 (05.07.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F02D41/14(2006.01)i, F01N3/24(2006.01)i, F02D45/00(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 (I P C))

Int.Cl. F02D41/14, F01N3/24, F02D45/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2012-098989 A (本田技研工業株式会社) 2012. 05. 24, 全文, 全図 & EP 2450760 A1 & US 2012/0116545 A1	1-6
A	JP 2012-088866 A (本田技研工業株式会社) 2012. 05. 10, 全文, 全図 & EP 2441942 A1 & US 2012/0095658 A1	1-6

☒ 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

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

国際調査を完了した日

2 1 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

有賀 信

3 Z

3 9 2 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 5

C (続き) . 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 08-234807 A (マツダ株式会社) 1996. 09. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2012-127356 A (トヨタ自動車株式会社) 2012. 07. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6