

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4500595号
(P4500595)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月23日(2010.4.23)

(51) Int. Cl.		F I	
FO2D	41/14	(2006.01)	FO2D 41/14 310F
FO2D	45/00	(2006.01)	FO2D 45/00 368G
FO1L	1/34	(2006.01)	FO1L 1/34 E
FO1L	13/00	(2006.01)	FO1L 13/00 301L
FO2D	13/02	(2006.01)	FO2D 13/02 G

請求項の数 7 (全 55 頁)

(21) 出願番号	特願2004-177195 (P2004-177195)
(22) 出願日	平成16年6月15日(2004.6.15)
(65) 公開番号	特開2006-2591 (P2006-2591A)
(43) 公開日	平成18年1月5日(2006.1.5)
審査請求日	平成18年11月28日(2006.11.28)

(73) 特許権者	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(74) 代理人	100095566 弁理士 高橋 友雄
(72) 発明者	安井 裕司 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 社本田技術研究所内
(72) 発明者	佐藤 正浩 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 社本田技術研究所内
(72) 発明者	齊藤 光宣 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 社本田技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の気筒内に吸入される吸入空気量を可変吸気機構を介して制御するとともに燃焼室内に供給される燃料量を制御することにより、当該燃焼室内の混合気の空燃比を制御する内燃機関の制御装置であって、

前記可変吸気機構の動作状態を表す動作状態パラメータを検出する動作状態パラメータ検出手段と、

前記内燃機関の排気通路を流れる排ガスの空燃比を表す空燃比パラメータを検出する空燃比パラメータ検出手段と、

前記混合気の実空燃比制御の目標となる目標空燃比を算出する目標空燃比算出手段と、

前記空燃比パラメータに応じて、前記混合気の実空燃比を前記目標空燃比になるように制御するための空燃比制御パラメータを算出する空燃比制御パラメータ算出手段と、

当該空燃比制御パラメータおよび前記空燃比パラメータの一方に応じて、前記動作状態パラメータを補正する補正手段と、

当該補正された動作状態パラメータおよび前記空燃比制御パラメータに応じて、前記燃焼量を決定する燃焼量決定手段と、

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】

前記補正手段は、前記空燃比制御パラメータおよび前記空燃比パラメータの一方に基づいて、前記混合気の実空燃比の制御状態を表す制御状態値を算出し、当該制御状態値に所定

10

20

の逐次型統計処理を施すことにより統計処理値を算出するとともに、当該統計処理値に応じて、前記動作状態パラメータを補正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】

前記補正手段は、前記統計処理値が所定の範囲外にあるときには、前記統計処理値が当該所定の範囲内になるように、前記動作状態パラメータを前記統計処理値に応じて補正し、前記統計処理値が前記所定の範囲内にあるときには、前記動作状態パラメータの補正量を一定値に保持することを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記内燃機関の吸気通路内を流れる空気の流量を検出する空気流量検出手段と、
前記内燃機関の負荷を表す負荷パラメータを検出する負荷パラメータ検出手段と、
をさらに備え、

10

前記燃料量決定手段は、前記燃料量を、前記負荷パラメータが所定の第 1 範囲にあるときには、前記補正された動作状態パラメータおよび前記空燃比制御パラメータに応じて決定するとともに、前記負荷パラメータが前記所定の第 1 範囲と異なる所定の第 2 範囲にあるときには、前記空気の流量および前記空燃比制御パラメータに応じて決定することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

内燃機関の気筒内に吸入される吸入空気量を可変吸気機構を介して制御するとともに、
燃焼室内の混合気の点火時期および空燃比を制御する内燃機関の制御装置であって、

20

前記可変吸気機構の動作状態を表す動作状態パラメータを検出する動作状態パラメータ検出手段と、

前記内燃機関の排気通路を流れる排ガス中の空燃比を表す空燃比パラメータを検出する空燃比パラメータ検出手段と、

前記混合気空燃比制御の目標となる目標空燃比を設定する目標空燃比設定手段と、

前記空燃比パラメータに応じて、前記混合気空燃比を前記目標空燃比になるように制御する空燃比制御手段と、

当該空燃比制御手段による前記混合気空燃比の制御状態および前記空燃比パラメータの一方に応じて、前記動作状態パラメータを補正する補正手段と、

当該補正された動作状態パラメータに応じて、前記点火時期を決定する点火時期決定手段と、

30

を備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 6】

前記空燃比制御手段は、前記空燃比パラメータに応じて、前記混合気空燃比を前記目標空燃比になるように制御するための空燃比制御パラメータを算出し、

前記補正手段は、当該空燃比制御パラメータおよび前記空燃比パラメータの一方に基づいて、前記混合気空燃比の制御状態を表す制御状態値を算出し、当該制御状態値に所定の逐次型統計処理を施すことにより統計処理値を算出するとともに、当該統計処理値に応じて、前記動作状態パラメータを補正することを特徴とする請求項 5 に記載の内燃機関の制御装置。

40

【請求項 7】

前記内燃機関の吸気通路内を流れる空気の流量を検出する空気流量検出手段と、
前記内燃機関の負荷を表す負荷パラメータを検出する負荷パラメータ検出手段と、
をさらに備え、

前記点火時期決定手段は、前記点火時期を、前記負荷パラメータが所定の第 1 範囲にあるときには、前記補正された動作状態パラメータに応じて決定するとともに、前記負荷パラメータが前記所定の第 1 範囲と異なる所定の第 2 範囲にあるときには、前記空気の流量に応じて決定することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、可変吸気機構を介して気筒内に吸入される吸入空気量を制御するとともに、空燃比および点火時期を制御する内燃機関の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、可変吸気機構を介して気筒内に吸入される吸入空気量を制御する内燃機関の制御装置として、特許文献1に記載されたものが知られている。この制御装置は、内燃機関の吸気通路内の空気流量を検出するエアフローセンサと、クランクシャフトの回転状態を検出するクランク角センサと、アクセルペダルの開度（以下「アクセル開度」という）を検出するアクセル開度センサと、これらのセンサからの検出信号が入力されるコントローラとを備えている。コントローラは、クランク角センサの検出信号に基づいて、機関回転数を算出するとともに、エアフローセンサの検出信号に基づいて、吸入空気量を算出する。また、内燃機関には、可変吸気機構として、スロットル弁機構および可変バルブリフト機構が設けられており、このスロットル弁機構により、吸気通路内の空気流量が自在に変更されるとともに、可変バルブリフト機構により、吸気弁のリフト（以下「バルブリフト」という）が自在に変更される。

10

【0003】

この制御装置では、以下に述べるように、コントローラにより吸入空気量が制御される。まず、機関回転数、アクセル開度および吸入空気量などに基づいて、内燃機関がどのような運転負荷域にあるかが判定される。そして、内燃機関がアイドル運転域を含む低回転かつ低負荷域にあると判定されたときには、可変バルブリフト機構を介して、バルブリフトが所定の低リフトに制御されるとともに、スロットル弁機構を介して、スロットル弁の開度が機関回転数およびアクセル開度に応じた値に制御される。一方、内燃機関が中回転かつ中負荷域から高回転かつ高負荷域にあると判定されたときには、スロットル弁が全開状態に制御されるとともに、バルブリフトが機関回転数およびアクセル開度に応じた値に制御される。

20

【0004】

【特許文献1】特開2003-254100号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

上記特許文献1の制御装置では、エアフローセンサの分解能の低さに起因して、吸入空気量を適切に算出することができなくなる場合がある。例えば、内燃機関には、気筒内への吸気の充填効率を高めるべく、吸気通路内の流動抵抗を低減するために、吸気通路の口径を大きな値（すなわち大口径）に設定したものがあ。そのような内燃機関に、上記制御装置を適用した場合、内燃機関が低回転かつ低負荷域にあるときには、吸気流速が極めて低い値になるので、上記制御装置では、エアフローセンサの分解能の低さに起因して、吸入空気量を適切に算出することができなくなり、吸入空気量制御の制御精度が低下する。その結果、そのような吸入空気量に基づいて燃焼室内の混合気の空燃比を制御すると、その制御精度も低下してしまうことで、燃費および排ガス特性の悪化を招くおそれがある。

40

【0006】

一方、内燃機関の点火時期制御では、内燃機関の負荷を表す負荷パラメータとして、機関回転数および吸入空気量を用いるとともに、そのような負荷パラメータに対して点火時期のマップ値が予め設定された点火時期マップを用いる手法が、従来より行われており、前述した大口径の内燃機関でも、そのような制御手法により点火時期を制御することが想定される。しかし、上述したように、特許文献1の制御装置では、低負荷域で、エアフローセンサの分解能の低さに起因して、吸入空気量を適切に算出できないため、点火時期制御の制御精度も低下してしまう。

【0007】

50

以上のような従来の制御装置の問題点を解決できる内燃機関の制御装置として、本出願人は、特願 2004-133677号（公開公報は未発行）に記載されたものをすでに提案している。この制御装置は、吸気通路内の空気流量を検出するエアフローセンサと、バルブリフトを検出するための回動角センサと、吸気弁を開閉駆動するカムシャフトのクランクシャフトに対する位相（以下「カム位相」という）を検出するためのカム角センサおよびクランク角センサなどを備えている。また、内燃機関は、大口径の吸気通路と、可変吸気機構としての可変バルブリフト機構および可変カム位相機構とを備えている。この内燃機関では、可変バルブリフト機構および可変カム位相機構により、バルブリフトおよびカム位相がそれぞれ自在に変更され、その結果、吸入空気量が自在に変更される。

【0008】

この制御装置では、吸入空気量として、低負荷域では、第1推定吸気量がバルブリフトおよびカム位相に応じて算出され、高負荷域では、第2推定吸気量が空気流量に応じて算出されるとともに、低負荷域と高負荷域との間の負荷域では、第1および第2推定吸気量の加重平均値が算出される。さらに、このように算出された吸入空気量を用いて、空燃比制御および点火時期制御が実行される。これにより、内燃機関の吸気系が大口径であることで、第2推定吸気量の信頼性が第1推定吸気量よりも低下する低負荷域では、信頼性の高い方の第1推定吸気量を用いるとともに、その逆の状態が発生する高負荷域では、信頼性のより高い方の第2推定吸気量を用いることにより、特許文献1の制御装置と比べて、空燃比制御および点火時期制御の制御精度を向上させることができる。

【0009】

しかし、この制御装置によれば、回動角センサ、カム角センサおよびクランク角センサの検出信号が温度変化などに起因してドリフトした場合、または、可変バルブリフト機構および可変カム位相機構の構成部品の摩耗、汚れの付着および経年変化による遊びなどに起因して、両可変機構の動特性（すなわち制御入力に対するバルブリフトおよびカム位相の関係）が変化した場合には、各センサの検出結果の信頼性が低下することで、第1推定吸気量が実際の吸入空気量を正しく表さなくなり、実際の吸入空気量に対してずれてしまう可能性がある。そのような状態が発生した場合、吸入空気量として第1推定吸気量を用いる負荷域では、燃料量および点火時期を適切に算出できなくなることで、空燃比制御および点火時期制御の制御精度が低下する可能性がある。具体的には、空燃比および点火時期が不適切な値となることで、燃焼が不安定になったり、燃焼効率が低下したりする可能性がある。

【0010】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、可変吸気機構の動作状態の検出結果の信頼性が低下している場合でも、実際の吸入空気量に応じて、空燃比制御および点火時期制御を適切に行うことができる内燃機関の制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、請求項1に係る発明は、内燃機関3の気筒3a内に吸入される吸入空気量を可変吸気機構（例えば実施形態における可変バルブリフト機構50、可変カム位相機構70）を介して制御するとともに燃焼室内に供給される燃料量（燃料噴射量TOUT）を制御することにより、燃焼室内の混合気の空燃比を制御する内燃機関3の制御装置1, 1Aであって、可変吸気機構の動作状態を表す動作状態パラメータ（バルブリフトLiftin、カム位相Cain）を検出する動作状態パラメータ検出手段（ECU2、クランク角センサ20、回動角センサ25、カム角センサ26）と、内燃機関3の排気通路13aを流れる排ガスの空燃比を表す空燃比パラメータ（検出空燃比KACT）を検出する空燃比パラメータ検出手段（ECU2、LAFセンサ24）と、混合気空燃比制御の目標となる目標空燃比KCMDを算出する目標空燃比算出手段（ECU2、目標空燃比算出部108、ステップ22）と、空燃比パラメータ（検出空燃比KACT）に応じて、混合気空燃比を目標空燃比KCMDになるように制御するための空燃比制御パラメータ（空燃比補正係数KSTR）を算出する空燃比制御パラメータ算出手段（ECU2

、空燃比補正係数算出部 109、ステップ 2～7)と、空燃比制御パラメータおよび空燃比パラメータの一方に応じて、動作状態パラメータを補正する補正手段(ECU2、補正後値算出部 113、213、ステップ 81～92)と、補正された動作状態パラメータ(補正後バルブリフト Liftin_comp、補正後カム位相 Cain_comp)および空燃比制御パラメータに応じて、燃料量を決定する燃料量決定手段(ECU2、空燃比コントローラ 100、200、ステップ 20～25)と、を備えることを特徴とする。

【0012】

この内燃機関の制御装置によれば、混合気空燃比を目標空燃比になるように制御するための空燃比制御パラメータが、内燃機関の排気通路を流れる排ガスの空燃比を表す空燃比パラメータに応じて算出され、空燃比制御パラメータおよび空燃比パラメータの一方に応じて、可変吸気機構の動作状態を表す動作状態パラメータが補正されるとともに、補正された動作状態パラメータおよび空燃比制御パラメータに応じて、燃焼室内に供給される燃料量が決定される。この場合、可変吸気機構により、気筒内に吸入される吸入空気量が自在に変更されるので、可変吸気機構の動作状態を表す動作状態パラメータは、気筒内に吸入される吸入空気量を表すものに相当し、そのため、空燃比制御の実行中、動作状態パラメータの検出値が実際の値に対してずれていると、それに起因して、混合気の実際の空燃比が目標空燃比に対してリーン側またはリッチ側にずれてしまう。一方、空燃比制御パラメータは、空燃比パラメータに応じて混合気空燃比を目標空燃比になるように制御するための値、すなわち空燃比をリーン側またはリッチ側のいずれの方向に制御しているのかを表す値として算出されるので、上記のような空燃比のずれを反映する。また、空燃比パラメータは、内燃機関の排気通路を流れる排ガスの空燃比を表す値であるので、混合気空燃比が目標空燃比になるように制御された場合、やはり、上記のような空燃比のずれを反映した値として検出される。したがって、そのような空燃比制御パラメータまたは空燃比パラメータに応じて、動作状態パラメータを補正することにより、動作状態パラメータの検出値と実際の値との間のずれを適切に補正することができる。その結果、動作状態パラメータ検出手段における検出値のドリフト、可変吸気機構における構成部品の摩耗、汚れの付着および経年変化による遊びなどに起因して、動作状態パラメータの検出値が実際の値に対してずれている場合でも、そのようなずれの影響を補償しながら、燃料量を適切に決定することができる。それにより、空燃比制御を適切に行うことができ、安定した燃焼状態および良好な排ガス特性をいずれも確保することができる。

【0013】

請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に記載の内燃機関 3 の制御装置 1、1A において、補正手段は、空燃比制御パラメータおよび空燃比パラメータの一方に基づいて、混合気空燃比の制御状態を表す制御状態値(空燃比指標値 KAF、空燃比偏差 EAF)を算出し、制御状態値に所定の逐次型統計処理(式(16)～(17)、式(43)～(44))を施すことにより統計処理値 KAF_LS、EAF_LS を算出するとともに、統計処理値 KAF_LS、EAF_LS に応じて、動作状態パラメータを補正する(ステップ 89～92)ことを特徴とする。

【0014】

この内燃機関の制御装置によれば、空燃比制御における混合気空燃比の制御状態を表す制御状態値が、空燃比制御パラメータおよび空燃比パラメータの一方に基づいて算出され、この制御状態値に所定の逐次型統計処理を施すことにより統計処理値が算出されるとともに、この統計処理値に応じて、動作状態パラメータが補正される。一般に、空燃比制御では、内燃機関の運転状態または燃焼状態が変化すると、それに伴って、空燃比の制御状態がリーン側の方向とリッチ側の方向との間で振動的に変動し、それにより、空燃比制御パラメータおよび空燃比パラメータも振動的に変動し、上記制御状態値も振動的に変動することになる。そのため、そのような制御状態値を用いて動作状態パラメータを補正した場合、動作状態パラメータを補正した値も振動的に変動し、空燃比制御の制御精度が低下することによって、サージングおよび機関回転数の変動が発生し、運転性が低下する可能性がある。これに対して、この制御装置では、制御状態値に所定の逐次型統計処理を施

10

20

30

40

50

した統計処理値に応じて、動作状態パラメータが補正されるので、内燃機関における運転状態または燃焼状態の変化に伴って、制御状態値が振動的に変動しているときでも、その影響を回避しながら、動作状態パラメータを適切に補正することができる。その結果、空燃比を良好な制御精度で制御することができ、良好な運転性を確保することができる。

【0015】

請求項3に係る発明は、請求項2に記載の内燃機関3の制御装置1, 1Aにおいて、補正手段は、統計処理値 KAF_LS , EAF_LS が所定の範囲($KAF_LSL < KAF_LS < KAF_LSH$, $EAF_LSL < EAF_LS < EAF_LSH$)外にあるときには、統計処理値が所定の範囲内になるように、動作状態パラメータを統計処理値に応じて補正し(ステップ101, 104, 116, 119)、統計処理値が所定の範囲内

10

【0016】

請求項2に記載の内燃機関の制御装置では、燃料量が、補正された動作状態パラメータおよび空燃比制御パラメータに応じて決定されるので、動作状態パラメータの補正処理と空燃比制御処理とが互いに干渉する可能性があり、その場合には、空燃比制御の制御精度が低下したり、排ガス特性が悪化したりする可能性がある。これに対して、この制御装置によれば、制御状態値が所定の範囲外にあるときには、統計処理値が所定の範囲内になるように、動作状態パラメータが統計処理値に応じて補正されるとともに、統計処理値が所定の範囲内にあるときには、動作状態パラメータの補正量が一定値に保持される。したがって、この所定の範囲を、動作状態パラメータの補正処理により、補正された動作状態パラメータと実際の値との間のずれが小さくなっていることで、動作状態パラメータの補正量を一定値に保持しても、空燃比制御の制御精度が低下しないような統計処理値の範囲に設定することにより、上述した2つの処理の干渉を回避しながら、空燃比制御を精度良く行うことができる。それにより、空燃比制御の制御精度を向上させることができ、排ガス特性を向上させることができる。

20

【0017】

請求項4に係る発明は、請求項1ないし3のいずれかに記載の内燃機関3の制御装置1, 1Aにおいて、内燃機関3の吸気通路12a内を流れる空気の流量 Gin を検出する空気流量検出手段(エアフローセンサ22)と、内燃機関3の負荷を表す負荷パラメータ(機関回転数 NE 、バルブリフト $Liftin$ 、カム位相 $Cain$)を検出する負荷パラメータ検出手段($ECU2$ 、クランク角センサ20、回動角センサ25、カム角センサ26)と、をさらに備え、燃料量決定手段は、燃料量を、負荷パラメータが所定の第1範囲(Gin_vt $Gin1$)にあるときには、補正された動作状態パラメータおよび空燃比制御パラメータに応じて決定する(ステップ31, 37, 38)とともに、負荷パラメータが所定の第1範囲と異なる所定の第2範囲($Gin2$ Gin_vt)にあるときには、空気の流量および空燃比制御パラメータに応じて決定する(ステップ30, 37, 38)ことを特徴とする。

30

【0018】

この内燃機関の制御装置によれば、燃料量が、負荷パラメータが所定の第1範囲にあるときには、補正された動作状態パラメータおよび空燃比制御パラメータに応じて決定されるとともに、負荷パラメータが所定の第1範囲と異なる所定の第2範囲にあるときには、検出された空気の流量および空燃比制御パラメータに応じて決定される。この場合、補正された動作状態パラメータおよび空気の流量の検出値は双方とも、吸入空気量を表すものであるので、所定の第1範囲を、補正された動作状態パラメータの方が空気の流量の検出値よりも信頼性が高くなる範囲に設定し、所定の第2範囲を空気の流量の検出値の方が補正された動作状態パラメータよりも信頼性が高くなる範囲に設定することにより、双方の負荷域において、信頼性がより高い方の吸入空気量を表す値に応じて燃料量を決定することができ、空燃比制御の制御精度をより一層、向上させることができる。

40

50

【 0 0 1 9 】

請求項5に係る内燃機関3の制御装置1, 1Aは、内燃機関3の気筒3a内に吸入される吸入空気量を可変吸気機構(可変バルブリフト機構50、可変カム位相機構70)を介して制御するとともに、燃烧室内の混合気の点火時期I g l o gおよび空燃比を制御する内燃機関3の制御装置1であって、可変吸気機構の動作状態を表す動作状態パラメータ(バルブリフトL i f t i n、カム位相C a i n)を検出する動作状態パラメータ検出手段(E C U 2、クランク角センサ20、回動角センサ25、カム角センサ26)と、内燃機関3の排気通路13aを流れる排ガスの空燃比を表す空燃比パラメータ(検出空燃比K A C T)を検出する空燃比パラメータ検出手段(E C U 2、L A Fセンサ24)と、混合気
10
の空燃比制御の目標となる目標空燃比K C M Dを算出する目標空燃比算出手段(E C U 2、目標空燃比算出部108、ステップ22)と、空燃比パラメータ(検出空燃比K A C T)に応じて、混合気
の空燃比を目標空燃比K C M Dになるように制御する空燃比制御手段(E C U 2、空燃比コントローラ100, 200)と、空燃比制御手段による混合気
の空燃比の制御状態(空燃比補正係数K S T R、空燃比指標値K A F)および空燃比パラメータの一方に応じて、動作状態パラメータを補正する補正手段(E C U 2、補正後値算出部113, 213、ステップ81~92)と、補正された動作状態パラメータに応じて、点火時期I g l o gを決定する点火時期決定手段(E C U 2、点火時期コントローラ130, 230、ステップ70~74)と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

この内燃機関の制御装置によれば、空燃比制御手段により、内燃機関の排気通路を流れる排ガスの空燃比を表す空燃比パラメータに応じて、混合気
20
の空燃比が目標空燃比になるように制御され、この空燃比制御手段による混合気
の空燃比の制御状態および空燃比パラメータの一方に応じて、可変吸気機構の動作状態を表す動作状態パラメータが補正されるとともに、補正された動作状態パラメータに応じて、点火時期が決定される。前述したように、可変吸気機構により、気筒内に吸入される吸入空気量が自在に変更されるので、可変吸気機構の動作状態を表す動作状態パラメータは、気筒内に吸入される吸入空気量を表すものに相当し、そのため、空燃比制御の実行中、動作状態パラメータの検出値が実際の値に対してずれていると、それに起因して、混合気
30
の実際の空燃比が目標空燃比に対してリーン側またはリッチ側にずれてしまう。一方、空燃比制御手段により、空燃比パラメータに応じて混合気
の空燃比が目標空燃比になるように制御されるので、その空燃比制御の状態は、上記のような空燃比のずれを反映する。また、空燃比パラメータは、内燃機関の排気通路を流れる排ガスの空燃比を表す値であるので、混合気
の空燃比が目標空燃比になるように制御されている場合、やはり、上記のような空燃比のずれを反映した値として検出される。したがって、そのような空燃比の制御状態または空燃比パラメータに応じて、動作状態パラメータを補正することにより、動作状態パラメータの検出値と実際の値との間のずれを適切に補正することができる。その結果、動作状態パラメータ検出手段における検出値のドリフト、可変吸気機構における構成部品の摩耗、汚れの付着および経年変化による遊びなどに起因して、動作状態パラメータの検出値が実際の値に対してずれている場合でも、そのようなずれの影響を補償しながら、点火時期を適切に決定することができる。それにより、点火時期制御における良好な制御精度を確保でき、燃烧効率および燃費
40
をいずれも良好な状態に維持することができる。

【 0 0 2 1 】

請求項6に係る発明は、請求項5に記載の内燃機関3の制御装置1, 1Aにおいて、空燃比制御手段は、空燃比パラメータ(検出空燃比K A C T)に応じて、混合気
の空燃比を目標空燃比K C M Dになるように制御するための空燃比制御パラメータ(空燃比補正係数K S T R)を算出し、補正手段は、空燃比制御パラメータおよび空燃比パラメータの一方に基づいて、混合気
の空燃比の制御状態を表す制御状態値(空燃比指標値K A F、空燃比偏差E A F)を算出し、制御状態値に所定の逐次型統計処理(式(16)~(17), 式(43)~(44))を施すことにより統計処理値K A F _ L S, E A F _ L Sを算出するとともに、統計処理値K A F _ L S, E A F _ L Sに応じて、動作状態パラメータを補
50

正する（ステップ 89～92）ことを特徴とする。

【0022】

この内燃機関の制御装置によれば、混合気の空燃比を目標空燃比になるように制御するための空燃比制御パラメータが、空燃比パラメータに応じて算出され、混合気の空燃比の制御状態を表す制御状態値が、空燃比制御パラメータおよび空燃比パラメータの一方に基づいて算出され、この制御状態値に所定の逐次型統計処理を施すことにより統計処理値が算出されるとともに、この統計処理値に応じて、動作状態パラメータが補正される。前述したように、空燃比制御では、内燃機関の運転状態または燃焼状態が変化すると、それに伴って、空燃比の制御状態がリーン側とリッチ側との間で振動的に変動し、それにより、空燃比パラメータも振動的に変動し、上記制御状態値も振動的に変動することになる。そのため、そのような制御状態値を用いて動作状態パラメータを補正した場合、その補正值も振動的に変動し、点火時期制御の制御精度が低下することによって、サージングおよび機関回転数の変動が発生し、運転性が低下する可能性がある。これに対して、この制御装置では、制御状態値に所定の逐次型統計処理を施した統計処理値に応じて、動作状態パラメータが補正されるので、内燃機関における運転状態または燃焼状態の変化に伴って、制御状態値が振動的に変動しているときでも、その影響を回避しながら、動作状態パラメータを補正することができる。その結果、点火時期制御の制御精度を向上させることができ、運転性を向上させることができる。

10

【0023】

請求項 7 に係る発明は、請求項 5 または 6 に記載の内燃機関 3 の制御装置 1, 1A において、内燃機関 3 の吸気通路 12a 内を流れる空気の流量 G_{in} を検出する空気流量検出手段（エアフローセンサ 22）と、内燃機関 3 の負荷を表す負荷パラメータ（機関回転数 NE 、バルブリフト $Lift_{in}$ 、カム位相 Ca_{in} ）を検出する負荷パラメータ検出手段（ECU 2、クランク角センサ 20、回動角センサ 25、カム角センサ 26）と、をさらに備え、点火時期決定手段は、点火時期を、負荷パラメータが所定の第 1 範囲（ $G_{in_vt} \sim G_{in1}$ ）にあるときには、補正された動作状態パラメータに応じて決定する（ステップ 31, 37, 70, 71）とともに、負荷パラメータが所定の第 1 範囲と異なる所定の第 2 範囲（ $G_{in2} \sim G_{in_vt}$ ）にあるときには、空気の流量に応じて決定する（ステップ 30, 37, 70, 71）ことを特徴とする。

20

【0024】

この内燃機関の制御装置によれば、点火時期が、負荷パラメータが所定の第 1 範囲にあるときには、補正された動作状態パラメータに応じて決定されるとともに、負荷パラメータが所定の第 1 範囲と異なる所定の第 2 範囲にあるときには、検出された空気の流量に応じて決定される。この場合、補正された動作状態パラメータおよび空気の流量の検出値は双方とも、吸入空気量を表すものであるため、所定の第 1 範囲を、補正された動作状態パラメータの方が空気の流量の検出値よりも信頼性が高くなる範囲に設定し、所定の第 2 範囲を空気の流量の検出値の方が補正された動作状態パラメータよりも信頼性が高くなる範囲に設定することにより、双方の負荷域において、信頼性がより高い方の吸入空気量を表す値に応じて点火時期を決定することができ、点火時期制御の制御精度をさらに向上させることができる。

30

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、図面を参照しながら、本発明の第 1 実施形態に係る内燃機関の制御装置について説明する。この制御装置 1 は、図 2 に示すように、ECU 2 を備えており、この ECU 2 は、後述するように、内燃機関（以下「エンジン」という）3 の運転状態に応じて、空燃比制御および点火時期制御などの制御処理を実行する。

【0026】

図 1 および図 3 に示すように、エンジン 3 は、4 組の気筒 3a およびピストン 3b（1 組のみ図示）を有する直列 4 気筒ガソリンエンジンであり、図示しない自動変速機付きの車両に搭載されている。エンジン 3 は、気筒 3a 毎に設けられ、吸気ポートおよび排気ポ

50

ートをそれぞれ開閉する吸気弁 4 および排気弁 7 と、吸気弁 4 駆動用の吸気カムシャフト 5 および吸気カム 6 と、吸気弁 4 を開閉駆動する可変式吸気動弁機構 40 と、排気弁 7 駆動用の排気カムシャフト 8 および排気カム 9 と、排気弁 7 を開閉駆動する排気動弁機構 30 と、燃料噴射弁 10 と、点火プラグ 11 (図 2 参照) などを備えている。

【 0027 】

吸気弁 4 は、そのステム 4 a がガイド 4 b に摺動自在に嵌合しており、このガイド 4 b は、シリンダヘッド 3 c に固定されている。さらに、吸気弁 4 は、図 4 に示すように、上下のスプリングシート 4 c , 4 d と、これらの間に設けられたバルブスプリング 4 e とを備えており、このバルブスプリング 4 e により、閉弁方向に付勢されている。

【 0028 】

また、吸気カムシャフト 5 および排気カムシャフト 8 はそれぞれ、図示しないホルダを介して、シリンダヘッド 3 c に回動自在に取り付けられている。この吸気カムシャフト 5 の一端部上には、吸気スプロケット (図示せず) が同軸に配置され、回轉自在に設けられている。この吸気スプロケットは、図示しないタイミングチェーンを介してクランクシャフト 3 d に連結され、後述する可変カム位相機構 70 を介して吸気カムシャフト 5 に連結されている。以上の構成により、吸気カムシャフト 5 は、クランクシャフト 3 d が 2 回轉する毎に 1 回轉する。また、吸気カム 6 は、吸気カムシャフト 5 上にこれと一体に回轉するように気筒 3 a 毎に設けられている。

【 0029 】

さらに、可変式吸気動弁機構 40 は、吸気カムシャフト 5 の回轉に伴って、各気筒 3 a の吸気弁 4 を開閉駆動するとともに、吸気弁 4 のリフトおよびバルブタイミングを無段階に変更するものであり、その詳細については、後述する。なお、本実施形態では、「吸気弁 4 のリフト (以下「バルブリフト」という) 」は、吸気弁 4 の最大揚程を表すものとする。

【 0030 】

一方、排気弁 7 は、そのステム 7 a がガイド 7 b に摺動自在に嵌合しており、このガイド 7 b は、シリンダヘッド 3 c に固定されている。さらに、排気弁 7 は、上下のスプリングシート 7 c , 7 d と、これらの間に設けられたバルブスプリング 7 e とを備えており、このバルブスプリング 7 e により、閉弁方向に付勢されている。

【 0031 】

また、排気カムシャフト 8 は、これと一体の排気スプロケット (図示せず) を備え、この排気スプロケットおよび図示しないタイミングチェーンを介してクランクシャフト 3 d に連結されており、それにより、クランクシャフト 3 d が 2 回轉する毎に 1 回轉する。さらに、排気カム 9 は、排気カムシャフト 8 上にこれと一体に回轉するように気筒 3 a 毎に設けられている。

【 0032 】

さらに、排気動弁機構 30 は、ロッカアーム 31 を備えており、このロッカアーム 31 が排気カム 9 の回轉に伴って回動することにより、バルブスプリング 7 e の付勢力に抗しながら、排気弁 7 を開閉駆動する。

【 0033 】

一方、燃料噴射弁 10 は、気筒 3 a 毎に設けられ、燃料を燃焼室内に直接噴射するように、傾斜した状態でシリンダヘッド 3 c に取り付けられている。すなわち、エンジン 3 は直噴エンジンとして構成されている。また、燃料噴射弁 10 は、ECU 2 に電氣的に接続されており、ECU 2 により、開弁時間および開弁タイミングが制御され、それにより、燃料噴射量が制御される。

【 0034 】

また、点火プラグ 11 も、気筒 3 a 毎に設けられ、シリンダヘッド 3 c に取り付けられている。点火プラグ 11 は、ECU 2 に電氣的に接続されており、ECU 2 により、後述する点火時期に応じたタイミングで燃焼室内の混合気を燃焼させるように、放電状態が制御される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

一方、エンジン 3 には、クランク角センサ 2 0 および水温センサ 2 1 が設けられている。このクランク角センサ 2 0 は、マグネットロータおよび M R E ピックアップで構成されており、クランクシャフト 3 d の回転に伴い、いずれもパルス信号である C R K 信号および T D C 信号を E C U 2 に出力する。この C R K 信号は、所定クランク角（例えば 10° ）毎に 1 パルスが出力され、E C U 2 は、この C R K 信号に基づき、エンジン 3 の機関回転数（以下「エンジン回転数」という）N E を算出する。また、T D C 信号は、各気筒 3 a のピストン 3 b が吸気行程の T D C 位置よりも若干、手前の所定のクランク角位置にあることを表す信号であり、所定クランク角毎に 1 パルスが出力される。本実施形態では、クランク角センサ 2 0 が、動作状態パラメータ検出手段および負荷パラメータ検出手段に相当し、エンジン回転数 N E が負荷パラメータに相当する。

10

【 0 0 3 6 】

また、水温センサ 2 1 は、例えばサーミスタなどで構成されており、エンジン水温 T W を表す検出信号を E C U 2 に出力する。このエンジン水温 T W は、エンジン 3 のシリンダブロック 3 h 内を循環する冷却水の温度である。

【 0 0 3 7 】

さらに、エンジン 3 の吸気管 1 2 では、スロットル弁機構が省略されているとともに、その吸気通路 1 2 a が大口径に形成されており、それにより、流動抵抗が通常のエンジンよりも小さくなるように設定されている。この吸気管 1 2 には、エアフローセンサ 2 2 および吸気温センサ 2 3（図 2 参照）が設けられている。

20

【 0 0 3 8 】

このエアフローセンサ 2 2（空気流量検出手段）は、熱線式エアフローメータで構成されており、吸気通路 1 2 a 内を流れる空気の流量（以下「空気流量」という）G i n を表す検出信号を E C U 2 に出力する。なお、空気流量 G i n の単位は、g / s e c である。また、吸気温センサ 2 3 は、吸気通路 1 2 a 内を流れる空気の温度（以下「吸気温」という）T A を表す検出信号を E C U 2 に出力する。

【 0 0 3 9 】

さらに、エンジン 3 の排気管 1 3 には、図示しない触媒装置よりも上流側に L A F センサ 2 4（空燃比パラメータ検出手段）が設けられている。L A F センサ 2 4 は、ジルコニアおよび白金電極などで構成され、理論空燃比よりもリッチなリッチ領域から極リーン領域までの広範囲な空燃比の領域において、排気管 1 3 の排気通路 1 3 a 内を流れる排気ガス中の酸素濃度をリニアに検出し、それを表す検出信号を E C U 2 に出力する。E C U 2 は、この L A F センサ 2 4 の検出信号の値に基づき、排気ガス中の空燃比を表す検出空燃比 K A C T を算出する。なお、この検出空燃比 K A C T（空燃比パラメータ）は、具体的には当量比として算出される。

30

【 0 0 4 0 】

次に、前述した可変式吸気動弁機構 4 0 について説明する。この可変式吸気動弁機構 4 0 は、図 4 に示すように、吸気カムシャフト 5、吸気カム 6、可変バルブリフト機構 5 0 および可変カム位相機構 7 0 などで構成されている。

【 0 0 4 1 】

この可変バルブリフト機構 5 0（可変吸気機構）は、吸気カムシャフト 5 の回転に伴って吸気弁 4 を閉閉駆動するとともに、バルブリフト L i f t i n を所定の最大値 L i f t i n m a x と最小値 L i f t i n m i n との間で無段階に変更するものであり、気筒 3 a 毎に設けられた四節リンク式のロッカアーム機構 5 1 と、これらのロッカアーム機構 5 1 を同時に駆動するリフトアクチュエータ 6 0（図 5 参照）などを備えている。

40

【 0 0 4 2 】

各ロッカアーム機構 5 1 は、ロッカアーム 5 2 および上下のリンク 5 3、5 4 などで構成されている。この上リンク 5 3 の一端部は、上ピン 5 5 を介して、ロッカアーム 5 2 の上端部に回動自在に取り付けられており、他端部は、ロッカアームシャフト 5 6 に回動自在に取り付けられている。このロッカアームシャフト 5 6 は、図示しないホルダを介して

50

、シリンダヘッド 3 c に取り付けられている。

【 0 0 4 3 】

また、ロッカアーム 5 2 の上ピン 5 5 上には、ローラ 5 7 が回動自在に設けられている。このローラ 5 7 は、吸気カム 6 のカム面に当接しており、吸気カム 6 が回転する際、そのカム面に案内されながら吸気カム 6 上を転動する。これにより、ロッカアーム 5 2 は上下方向に駆動されるとともに、上リンク 5 3 が、ロッカアームシャフト 5 6 を中心として回動する。

【 0 0 4 4 】

さらに、ロッカアーム 5 2 の吸気弁 4 側の端部には、アジャストボルト 5 2 a が取り付けられている。このアジャストボルト 5 2 a は、吸気カム 6 の回転に伴ってロッカアーム 5 2 が上下方向に移動すると、バルブスプリング 4 e の付勢力に抗しながら、ステム 4 a を上下方向に駆動し、吸気弁 4 を開閉する。

【 0 0 4 5 】

また、下リンク 5 4 の一端部は、下ピン 5 8 を介して、ロッカアーム 5 2 の下端部に回動自在に取り付けられており、下リンク 5 4 の他端部には、連結軸 5 9 が回動自在に取り付けられている。下リンク 5 4 は、この連結軸 5 9 を介して、リフトアクチュエータ 6 0 の後述する短アーム 6 5 に連結されている。

【 0 0 4 6 】

一方、リフトアクチュエータ 6 0 は、図 5 に示すように、モータ 6 1、ナット 6 2、リンク 6 3、長アーム 6 4 および短アーム 6 5 などを備えている。このモータ 6 1 は、ECU 2 に接続され、エンジン 3 のヘッドカバー 3 g の外側に配置されている。モータ 6 1 の回転軸は、雄ねじが形成されたねじ軸 6 1 a になっており、このねじ軸 6 1 a に、ナット 6 2 が螺合している。このナット 6 2 は、リンク 6 3 を介して、長アーム 6 4 に連結されている。このリンク 6 3 の一端部は、ピン 6 3 a を介して、ナット 6 2 に回動自在に取り付けられ、他端部は、ピン 6 3 b を介して、長アーム 6 4 の一端部に回動自在に取り付けられている。

【 0 0 4 7 】

また、長アーム 6 4 の他端部は、回動軸 6 6 を介して短アーム 6 5 の一端部に取り付けられている。この回動軸 6 6 は、断面円形に形成され、エンジン 3 のヘッドカバー 3 g を貫通しているとともに、これに回動自在に支持されている。この回動軸 6 6 の回転に伴い、長アーム 6 4 および短アーム 6 5 はこれと一体に回動する。

【 0 0 4 8 】

さらに、短アーム 6 5 の他端部には、前述した連結軸 5 9 が回動自在に取り付けられており、これにより、短アーム 6 5 は、連結軸 5 9 を介して、下リンク 5 4 に連結されている。

【 0 0 4 9 】

次に、以上のように構成された可変バルブリフト機構 5 0 の動作について説明する。この可変バルブリフト機構 5 0 では、ECU 2 からの後述するリフト制御入力 U_{Lift} in がリフトアクチュエータ 6 0 に入力されると、ねじ軸 6 1 a が回転し、それに伴うナット 6 2 の移動により、長アーム 6 4 および短アーム 6 5 が回動軸 6 6 を中心として回動するとともに、この短アーム 6 5 の回転に伴って、ロッカアーム機構 5 1 の下リンク 5 4 が、下ピン 5 8 を中心として回動する。すなわち、リフトアクチュエータ 6 0 により、下リンク 5 4 が駆動される。

【 0 0 5 0 】

その際、ECU 2 の制御により、短アーム 6 5 の回動範囲は、図 5 (a) に示す最大リフト位置と図 5 (b) に示す最小リフト位置との間に規制され、それにより、下リンク 5 4 の回動範囲も、図 4 に実線で示す最大リフト位置と、図 4 に 2 点鎖線で示す最小リフト位置との間に規制される。

【 0 0 5 1 】

下リンク 5 4 が最大リフト位置にある場合、ロッカアームシャフト 5 6、上下のピン 5

10

20

30

40

50

5, 58および連結軸59によって構成される四節リンクでは、上ピン55および下ピン58の中心間の距離が、ロッカアームシャフト56および連結軸59の中心間の距離よりも長くなるように構成されており、それにより、図6(a)に示すように、吸気カム6が回転すると、これとローラ57との当接点の移動量よりも、アジャストボルト52aの移動量の方が大きくなる。

【0052】

一方、下リンク54が最小リフト位置にある場合、上記四節リンクでは、上ピン55および下ピン58の中心間の距離が、ロッカアームシャフト56および連結軸59の中心間の距離よりも短くなるように構成されており、それにより、図6(b)に示すように、吸気カム6が回転すると、これとローラ57との当接点の移動量よりも、アジャストボルト52aの移動量の方が小さくなる。

【0053】

以上の理由により、吸気弁4は、下リンク54が最大リフト位置にあるときには、最小リフト位置にあるときよりも大きなバルブリフトL i f t i nで開弁する。具体的には、吸気カム6の回転中、吸気弁4は、下リンク54が最大リフト位置にあるときには、図7の実線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、バルブリフトL i f t i nは、その最大値L i f t i n m a xを示す。一方、下リンク54が最小リフト位置にあるときには、図7の2点鎖線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、バルブリフトL i f t i nは、その最小値L i f t i n m i nを示す。

【0054】

したがって、この可変バルブリフト機構50では、アクチュエータ60を介して、下リンク54を最大リフト位置と最小リフト位置との間で回動させることにより、バルブリフトL i f t i nを、最大値L i f t i n m a xと最小値L i f t i n m i nとの間で無段階に変化させることができる。

【0055】

なお、この可変バルブリフト機構50には、図示しないロック機構が設けられており、このロック機構により、リフト制御入力U__L i f t i nが後述する故障時用値U__L i f t i n__f sに設定されているときや、断線などによりE C U 2からのリフト制御入力U__L i f t i nがリフトアクチュエータ60に入力されないときには、可変バルブリフト機構50の動作がロックされる。すなわち、可変バルブリフト機構50によるバルブリフトL i f t i nの変更が禁止され、バルブリフトL i f t i nが最小値L i f t i n m i nに保持される。なお、この最小値L i f t i n m i nは、カム位相C a i nが後述するロック値に保持されている場合において、吸入空気量として後述する所定の故障時用値G c y l__f sを確保できるような値に設定されている。この所定の故障時用値G c y l__f s(所定値)は、停車中はアイドル運転やエンジン始動を適切に行うことができると同時に、走行中は低速走行状態を維持できるような値に設定されている。

【0056】

また、エンジン3には、回動角センサ25が設けられており(図2参照)、この回動角センサ25は、回動軸66すなわち短アーム65の回動角を検出して、その検出信号をE C U 2に出力する。E C U 2は、この回動角センサ25の検出信号に基づき、バルブリフトL i f t i nを算出する。本実施形態では、回動角センサ25が動作状態パラメータ検出手段および負荷パラメータ検出手段に相当し、バルブリフトL i f t i nが動作状態パラメータおよび負荷パラメータに相当する。

【0057】

次に、前述した可変カム位相機構70(可変吸気機構)について説明する。この可変カム位相機構70は、吸気カムシャフト5のクランクシャフト3dに対する相対的な位相(以下「カム位相」という)C a i nを無段階に進角側または遅角側に変更するものであり、吸気カムシャフト5の吸気スプロケット側の端部に設けられている。図8に示すように、可変カム位相機構70は、ハウジング71、3枚羽根式のペーン72、油圧ポンプ73および電磁弁機構74などを備えている。

10

20

30

40

50

【0058】

このハウジング71は、吸気カムシャフト5上の吸気スプロケットと一体に構成されており、互いに等間隔に形成された3つの隔壁71aを備えている。ベーン72は、吸気カムシャフト5の吸気スプロケット側の端部に同軸に取り付けられ、吸気カムシャフト5から外方に放射状に延びているとともに、ハウジング71内に回転可能に収容されている。また、ハウジング71では、隔壁71aとベーン72との間に、3つの進角室75および3つの遅角室76が形成されている。

【0059】

油圧ポンプ73は、クランクシャフト3dに連結された機械式のものであり、クランクシャフト3dが回転すると、それに伴って、エンジン3のオイルパン3eに蓄えられた潤滑用のオイルを、油路77cを介して吸い込むとともに、これを昇圧した状態で、油路77cを介して電磁弁機構74に供給する。

10

【0060】

電磁弁機構74は、スプール弁機構74aおよびソレノイド74bを組み合わせたものであり、進角油路77aおよび遅角油路77bを介して、進角室75および遅角室76にそれぞれ接続されているとともに、油圧ポンプ73から供給された油圧を、進角油圧Padおよび遅角油圧Prtとして、進角室75および遅角室76にそれぞれ出力する。電磁弁機構74のソレノイド74bは、ECU2に電氣的に接続されており、ECU2からの後述する位相制御入力U_Cainが入力された際、スプール弁機構74aのスプール弁体を、位相制御入力U_Cainに応じて所定の移動範囲内で移動させることにより、進角油圧Padおよび遅角油圧Prtをいずれも変化させる。

20

【0061】

以上の可変カム位相機構70では、油圧ポンプ73の動作中、電磁弁機構74が制御入力U_Cainに応じて作動することにより、進角油圧Padが進角室75に、遅角油圧Prtが遅角室76にそれぞれ供給され、それにより、ベーン72とハウジング71との間の相対的な位相が進角側または遅角側に変更される。その結果、前述したカム位相Cainが、最遅角値Cainrt（例えばカム角0°に相当する値）と最進角値Cainad（例えばカム角55°分に相当する値）の間で連続的に変化し、それにより、吸気弁4のバルブタイミングは、図9に実線で示す最遅角タイミングと、図9に2点鎖線で示す最進角タイミングとの間で、無段階に変更される。

30

【0062】

なお、この可変カム位相機構70には、図示しないロック機構が設けられており、このロック機構により、油圧ポンプ73からの供給油圧が低いとき、位相制御入力U_Cainが後述する故障時用値U_Cain_fsに設定されているとき、および断線などにより位相制御入力U_Cainが電磁弁機構74に入力されないときには、可変カム位相機構70の動作がロックされる。すなわち、可変カム位相機構70によるカム位相Cainの変更が禁止され、カム位相Cainが所定のロック値に保持される。この所定のロック値は、前述したように、バルブリフトLiftinが最小値Liftin_minに保持されている場合において、吸入空気量として所定の故障時用値Gcyl_fsを確保できるような値に設定されている。

40

【0063】

以上のように、本実施形態の可変式吸気動弁機構40では、可変バルブリフト機構50により、バルブリフトLiftinが無段階に変更されるとともに、可変カム位相機構70により、カム位相Cainすなわち吸気弁4のバルブタイミングが前述した最遅角タイミングと最進角タイミングとの間で、無段階に変更される。また、ECU2により、後述するように、可変バルブリフト機構50および可変カム位相機構70を介して、バルブリフトLiftinおよびカム位相Cainがそれぞれ制御され、それにより、吸入空気量が制御される。

【0064】

一方、吸気カムシャフト5の可変カム位相機構70と反対側の端部には、カム角センサ

50

26 (図2参照) が設けられている。このカム角センサ26は、例えばマグネットロータおよびMREピックアップで構成されており、吸気カムシャフト5の回転に伴い、パルス信号であるCAM信号を所定のカム角(例えば1°)毎にECU2に出力する。ECU2は、このCAM信号および前述したCRK信号に基づき、カム位相Cainを算出する。本実施形態では、カム角センサ26が動作状態パラメータ検出手段および負荷パラメータ検出手段に相当し、カム位相Cainが動作状態パラメータおよび負荷パラメータに相当する。

【0065】

さらに、図2に示すように、ECU2には、アクセル開度センサ27およびイグニッション・スイッチ(以下「IG・SW」という)28が接続されている。このアクセル開度センサ27は、車両の図示しないアクセルペダルの踏み込み量(以下「アクセル開度」という)APを表す検出信号をECU2に出力する。また、IG・SW28は、イグニッションキー(図示せず)操作によりON/OFFされるとともに、そのON/OFF状態を表す信号をECU2に出力する。

【0066】

ECU2は、CPU、RAM、ROMおよびI/Oインターフェース(いずれも図示せず)などからなるマイクロコンピュータで構成されており、前述した各種のセンサ20~27の検出信号およびIG・SW28のON/OFF信号などに応じて、エンジン3の運転状態を判別するとともに、各種の制御を実行する。具体的には、ECU2は、後述するように、運転状態に応じて、空燃比制御および点火時期制御を実行する。これに加えて、補正後バルブリフトLiftin_compおよび補正後カム位相Cain_compを算出するとともに、可変バルブリフト機構50および可変カム位相機構70を介して、バルブリフトLiftinおよびカム位相Cainをそれぞれ制御することにより、吸入空気量を制御する。

【0067】

なお、本実施形態では、ECU2が、動作状態パラメータ検出手段、空燃比パラメータ検出手段、目標空燃比算出手段、空燃比制御パラメータ算出手段、補正手段、燃料量決定手段、負荷パラメータ検出手段、空燃比制御手段および点火時期決定手段に相当する。

【0068】

次に、本実施形態の制御装置1について説明する。この制御装置1は、空燃比制御を実行する空燃比コントローラ100(図10参照)と、点火時期制御を実行する点火時期コントローラ130(図16参照)とを備えており、これらはいずれも、具体的には、ECU2により構成されている。本実施形態では、空燃比コントローラ100が燃料量決定手段および空燃比制御手段に相当し、点火時期コントローラ130が点火時期決定手段に相当する。

【0069】

まず、空燃比コントローラ100について説明する。この空燃比コントローラ100は、以下に述べるように、燃料噴射量TOUT(燃料量)を燃料噴射弁10毎に算出するものであり、図10に示すように、第1および第2推定吸気量算出部101, 102、移行係数算出部103、増幅要素104, 105、加算要素106、増幅要素107、目標空燃比算出部108、空燃比補正係数算出部109、総補正係数算出部110、乗算要素111、燃料付着補正部112および補正後値算出部113を備えている。

【0070】

第1推定吸気量算出部101では、以下に述べるように、第1推定吸気量Gcyl_vtが算出される。具体的には、エンジン回転数NEおよび補正後バルブリフトLiftin_compに応じて、図11に示すマップを検索することにより、基本推定吸気量Gcyl_vt_baseを算出する。この補正後バルブリフトLiftin_compは、バルブリフトLiftinを補正した値であり、後述するように、補正後値算出部113において算出される。また、図11において、NE1~NE3は、NE1<NE2<NE3の関係が成立するエンジン回転数NEの所定値であり、この点は以下の説明においても

10

20

30

40

50

同様である。

【0071】

このマップでは、基本推定吸気量 $G_{cyl_vt_base}$ は、 $NE = NE1$ または $NE2$ の場合、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が小さい領域では、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が大きいほど、より大きい値に設定され、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が最大値 $Liftinmax$ に近い領域では、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が大きいほど、より小さい値に設定されている。これは、低・中回転域では、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が最大値 $Liftinmax$ に近い領域においてより大きな値になるほど、吸気弁4の開弁時間が長くなることで、吸気の吹き戻しにより充填効率が低下するためである。また、基本推定吸気量 $G_{cyl_vt_base}$ は、 $NE = NE3$ の場合、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が大きいほど、より大きい値に設定されている。これは、高回転域では、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が大きい領域でも、吸気の慣性力により上記吸気の吹き戻しが発生しにくくなるため、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が大きいほど、充填効率がより高くなることによる。

10

【0072】

また、エンジン回転数 NE および補正後カム位相 $Cain_comp$ に応じて、図12に示すマップを検索することにより、補正係数 K_{gcyl_vt} を算出する。この補正後カム位相 $Cain_comp$ は、カム位相 $Cain$ を補正した値であり、後述するように、補正後値算出部113において算出される。

20

【0073】

図12に示すマップでは、補正係数 K_{gcyl_vt} は、 $NE = NE1$ または $NE2$ の場合、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最遅角値 $Cainrt$ に近い領域では、最遅角値 $Cainrt$ に近いほど、より小さい値に設定され、それ以外の領域では、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最進角値 $Cainad$ 側の値であるほど、より小さな値に設定されている。これは、低・中回転域では、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最遅角値 $Cainrt$ に近い領域において、最遅角値 $Cainrt$ に近いほど、吸気弁4の開弁タイミングが遅くなることで、吸気の吹き戻しにより充填効率が低下するためであり、それ以外の領域では、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最進角値 $Cainad$ に近いほど、バルブオーバーラップの増大に伴う内部 EGR 量の増大により、充填効率が低下するためである。また、 $NE = NE3$ の場合、補正係数 K_{gcyl_vt} は、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最遅角値 $Cainrt$ に近い領域では、一定値(値1)に設定され、それ以外の領域では、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最進角値 $Cainad$ 側の値であるほど、より小さな値に設定されている。これは、高回転域では、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最進角値 $Cainad$ に近い領域でも、前述した吸気の慣性力により、吸気の吹き戻しが発生しにくくなることによる。

30

【0074】

そして、以上のように算出した基本推定吸気量 $G_{cyl_vt_base}$ および補正係数 K_{gcyl_vt} を用い、下式(1)により、第1推定吸気量 G_{cyl_vt} が算出される。

40

$$G_{cyl_vt} = K_{gcyl_vt} \cdot G_{cyl_vt_base} \quad \dots\dots (1)$$

【0075】

また、移行係数算出部103では、移行係数 K_g が以下のように算出される。まず、第1推定吸気量算出部101で算出された第1推定吸気量 G_{cyl_vt} 、およびエンジン回転数 NE を用い、下式(2)により、推定流量 G_{in_vt} (単位: g/sec) を算出する。

$$G_{in_vt} = 2 \cdot G_{cyl_vt} \cdot NE / 60 \quad \dots\dots (2)$$

【0076】

次いで、この推定流量 G_{in_vt} に応じて、図13に示すテーブルを検索することにより、移行係数 K_g を算出する。同図において、 $G_{in1,2}$ は、 $G_{in1} < G_{in2}$ の

50

関係が成立する所定値である。この所定値 G_{in1} は、 G_{in_vt} G_{in1} の範囲では、吸気通路 12a 内の空気流量が小さいことにより、エアフローセンサ 22 の分解能に起因して、第 1 推定吸気量 G_{cycl_vt} の信頼性が後述する第 2 推定吸気量 G_{cycl_afm} の信頼性を上回るような値に設定されている。また、所定値 G_{in2} は、 G_{in2} G_{in_vt} の範囲では、吸気通路 12a 内の空気流量が大きいことにより、第 2 推定吸気量 G_{cycl_afm} の信頼性が第 1 推定吸気量 G_{cycl_vt} の信頼性を上回るような値に設定されている。さらに、このテーブルでは、移行係数 K_g は、 G_{in_vt} G_{in1} の範囲では値 0 に、 G_{in2} G_{in_vt} の範囲では値 1 に設定されているとともに、 $G_{in1} < G_{in_vt} < G_{in2}$ の範囲では、値 0 と値 1 の間で、かつ推定流量 G_{in_vt} が大きいほど、より大きな値に設定されている。

10

【0077】

一方、第 2 推定吸気量算出部 102 では、空気流量 G_{in} およびエンジン回転数 NE に基づき、下式 (3) により、第 2 推定吸気量 G_{cycl_afm} (単位: g) が算出される。

$$G_{cycl_afm} = G_{in} \cdot 60 / (2 \cdot NE) \quad \dots\dots (3)$$

【0078】

増幅要素 104, 105 では、以上のように算出された第 1 および第 2 推定吸気量 G_{cycl_vt} , G_{cycl_afm} をそれぞれ $(1 - K_g)$, K_g 倍に増幅した値が算出される。そして、加算要素 106 では、そのように増幅された値に基づき、下式 (4) の加重平均演算により、算出吸気量 G_{cycl} が算出される。

20

$$G_{cycl} = K_g \cdot G_{cycl_afm} + (1 - K_g) \cdot G_{cycl_vt} \quad \dots\dots (4)$$

【0079】

この式 (4) を参照すると明らかなように、 $K_g = 0$ のとき、すなわち前述した G_{in_vt} G_{in1} の範囲では、 $G_{cycl} = G_{cycl_vt}$ となり、 $K_g = 1$ のとき、すなわち G_{in2} G_{in_vt} の範囲では、 $G_{cycl} = G_{cycl_afm}$ となるとともに、 $0 < K_g < 1$ のとき、すなわち $G_{in1} < G_{in_vt} < G_{in2}$ の範囲では、算出吸気量 G_{cycl} における第 1 および第 2 推定吸気量 G_{cycl_vt} , G_{cycl_afm} の重み付けの度合いは、移行係数 K_g の値によって決定される。

【0080】

さらに、増幅要素 107 では、算出吸気量 G_{cycl} に基づき、下式 (5) により、基本燃料噴射量 T_{cycl_bs} が算出される。

30

$$T_{cycl_bs} = K_{gt} \cdot G_{cycl} \quad \dots\dots (5)$$

ここで、 K_{gt} は、燃料噴射弁 10 毎に予め設定される換算係数である。

【0081】

また、目標空燃比算出部 108 (目標空燃比算出手段) では、算出吸気量 G_{cycl} およびアクセル開度 AP に応じて、図 14 に示すマップを検索することにより、目標空燃比 K_{CMD} が算出される。このマップでは、目標空燃比 K_{CMD} の値は、当量比として設定されているとともに、基本的には、触媒装置の排ガス浄化性能を良好な状態に保持するために、理論空燃比 (14.5) に設定されている。

【0082】

40

一方、空燃比補正係数算出部 109 は、オンボード同定器 (図示せず) を備えた STR (Self Tuning Regulator) として構成されている。この空燃比補正係数算出部 109 では、検出空燃比 K_{ACT} および目標空燃比 K_{CMD} に応じて、空燃比補正係数 K_{STR} が算出される。具体的には、空燃比補正係数 K_{STR} は、混合気空燃比すなわち検出空燃比 K_{ACT} を目標空燃比 K_{CMD} に収束させるように、以下の式 (6) ~ (13) に示す制御アルゴリズムにより算出されるとともに、当量比換算値として算出される。なお、本実施形態では、空燃比補正係数算出部 109 が空燃比制御パラメータ算出手段に相当し、空燃比補正係数 K_{STR} が空燃比制御パラメータおよび空燃比の制御状態を表す値に相当する。

【0083】

50

【数 1】

$$KSTR(n) = \text{Lim}(kstr(n)) \quad \dots\dots (6)$$

$$kstr(n) = \frac{1}{b0(n)} \{ KCMD(n) - r1(n) \cdot KSTR(n-1) - r2(n) \cdot KSTR(n-2) \\ - r3(n) \cdot KSTR(n-3) - s0(n) \cdot KACT(n) \} \quad \dots\dots (7)$$

【0084】

【数 2】

10

$$\theta(n) = \theta(n-1) + K\Gamma(n) \cdot e_str(n) \quad \dots\dots (8)$$

$$e_str(n) = KACT(n) - \theta^T(n-1) \cdot \zeta(n-3) \quad \dots\dots (9)$$

$$K\Gamma(n) = \frac{\Gamma \cdot \zeta(n-3)}{1 + \zeta^T(n-3) \cdot \Gamma \cdot \zeta(n-3)} \quad \dots\dots (10)$$

【0085】

20

【数 3】

$$\theta^T(n) = [b0(n), r1(n), r2(n), r3(n), s0(n)] \quad \dots\dots (11)$$

$$\zeta^T(n) = [KSTR(n), KSTR(n-1), KSTR(n-2), KSTR(n-3), KACT(n)] \\ \dots\dots (12)$$

【0086】

【数 4】

30

$$\Gamma = \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \gamma \end{bmatrix} \quad \dots\dots (13)$$

【0087】

これらの式(6)～(13)における記号(n)付きの各離散データは、1 燃焼サイクル毎すなわちTDC信号が連続して4回発生する毎にサンプリングまたは算出されたデータであることを示しており、記号nは各離散データのサンプリングサイクルの順番を表している。例えば、記号nは今回の制御タイミングでサンプリングされた値であることを、記号n-1は前回の制御タイミングでサンプリングされた値であることをそれぞれ示している。なお、以下の説明では、各離散データにおける記号(n)などを適宜、省略する。

40

【0088】

式(6)において、kstr(n)は、空燃比補正係数の基本値(以下単に「基本値」という)であり、式(7)により算出される。また、Lim(kstr(n))は、基本値kstr(n)にリミット処理を施した値を表しており、具体的には、基本値kstr(n)を、所定の下限値KSTRmin(例えば値0.6)と所定の上限値KSTRma

50

x (例えば値 1.4) で規定される範囲内に制限した値として算出される。すなわち、 $kstr(n) < KSTRmin$ のときには、 $Lim(kstr(n)) = KSTRmin$ となり、 $KSTRmin < kstr(n) < KSTRmax$ のときには、 $Lim(kstr(n)) = kstr(n)$ となり、 $kstr(n) > KSTRmax$ のときには、 $Lim(kstr(n)) = KSTRmax$ となる。

【0089】

以上のように、空燃比補正係数 $KSTR$ が基本値 $kstr$ にリミット処理を施した値として算出される理由は、空燃比補正係数 $KSTR$ による空燃比のフィードバック制御中、 LAF センサ 24 の故障などに起因して、混合気空燃比がリッチ過ぎる状態またはリーン過ぎる状態になることで、エンジン回転数 NE が不安定になったり、エンジンストールしたりするのを回避するためである。

10

【0090】

また、式 (7) は、以下のように導出される。すなわち、4つの気筒 3a のうちの1つを、空燃比補正係数 $KSTR$ を入力とし、検出空燃比 $KACT$ を出力とする制御対象として見なすとともに、この制御対象を離散時間系モデルとしてモデリングすると、下式 (14) が得られる。なお、下式 (14) の $b0, r1, r2, r3, s0$ は、モデルパラメータである。

$$KACT(n) = b0 \cdot KSTR(n) + r1(n) \cdot KSTR(n-4) + r2(n) \cdot KSTR(n-5) + r3(n) \cdot KSTR(n-6) + s0(n) \cdot KCMD(n) \dots\dots (14)$$

20

【0091】

ここで、目標空燃比 $KCMD$ に対する検出空燃比 $KACT$ のむだ時間は、燃焼サイクル 3 回分程度と推定されるので、 $KCMD(n) = KACT(n+3)$ の関係が成立し、これを式 (14) に適用するとともに、 $KSTR(n)$ を $kstr(n)$ と置き換えることにより、前述した式 (7) が導出される。

【0092】

また、式 (7) のモデルパラメータ $b0, r1, r2, r3, s0$ のベクトルは、式 (8) ~ (13) の同定アルゴリズムにより同定される。同式 (8) における K はゲイン係数のベクトルを、 e_str は同定誤差をそれぞれ表している。

【0093】

同定誤差 e_str は、式 (9) ~ (13) により算出され、式 (9) の T は、 T の転置行列を表しており、式 (11) のように定義される。また、ゲイン係数のベクトル K は、式 (10) により算出される。この式 (10) の T は、その転置行列が式 (12) のように定義されるベクトルであり、式 (10) の T は、式 (13) により定義される 5 次の方行列である。この式 (13) の K は、適応ゲインであり、 $0 < K < \infty$ となるように設定される。

30

【0094】

一方、総補正係数算出部 110 では、エンジン水温 TW および吸気温度 TA などの運転状態を表す各種のパラメータに応じて、図示しないマップおよびテーブルを検索することにより、各種の補正係数を算出するとともに、これらの各種の補正係数を互いに乗算することにより、総補正係数 $KTOTAL$ が算出される。

40

【0095】

また、乗算要素 111 では、下式 (15) により、要求燃料噴射量 $Tcycl$ が算出される。

$$Tcycl = Tcycl_bs \cdot KSTR \cdot KTOTAL \dots\dots (15)$$

【0096】

さらに、燃料付着補正部 112 では、以上のように算出された要求燃料噴射量 $Tcycl$ に、所定の燃料付着補正処理を施すことにより、燃料噴射量 $TOUT$ が算出される。そして、この燃料噴射量 $TOUT$ に基づいて、燃料噴射弁 10 の燃料噴射タイミングおよび開弁時間が決定され、燃料噴射弁 10 が制御される。

50

【0097】

以上の式(5), (15)に示すように、空燃比コントローラ100では、燃料噴射量TOUTが、算出吸気量Gcylに基づいて算出され、式(4)に示すように、Kg = 0のときには、Gcyl = Gcyl_vtとなり、Kg = 1のときには、Gcyl = Gcyl_afmとなる。これは、前述したように、Gin_vt Gin1の範囲では、第1推定吸気量Gcyl_vtの信頼性が第2推定吸気量Gcyl_afmの信頼性を上回るため、そのような範囲では、燃料噴射量TOUTをより信頼性の高い第1推定吸気量Gcyl_vtに基づいて算出することにより、良好な算出精度を確保するためである。また、Gin2 Gin_vtの範囲では、吸気通路12a内の空気流量が大きいことで、第2推定吸気量Gcyl_afmの信頼性が第1推定吸気量Gcyl_vtの信頼性を上回るため、そのような範囲では、燃料噴射量TOUTをより信頼性の高い第2推定吸気量Gcyl_afmに基づいて算出することにより、良好な算出精度を確保するためである。

10

【0098】

また、0 < Kg < 1のときには、算出吸気量Gcylにおける第1および第2推定吸気量Gcyl_vt, Gcyl_afmの重み付けの度合いが、移行係数Kgの値によって決定される。これは、Gcyl_vt, Gcyl_afmの一方から他方に直接的に切り換えると、第1および第2推定吸気量Gcyl_vt, Gcyl_afmの値の差が大きいことに起因して、トルク段差が発生するような場合が考えられるので、それを回避するためである。すなわち、前述したように、移行係数Kgが0 < Kg < 1となるGin1 < Gin_vt < Gin2の範囲では、移行係数Kgが推定流量Gin_vtに比例する値になるように設定されているので、推定流量Gin_vtがGin1およびGin2の間で変化すると、それに伴って移行係数Kgが徐々に変化することにより、算出吸気量GcylがGcyl_vt, Gcyl_afmの一方側の値から他方側の値に徐々に変化することになる。その結果、トルク段差の発生を回避することができる。

20

【0099】

次に、前述した補正後値算出部113について説明する。この補正後値算出部113は、以下に述べるように、バルブリフトLiftinおよびカム位相Cainをそれぞれ補正することにより、補正後バルブリフトLiftin_compおよび補正後カム位相Cain_compを算出するものである。本実施形態では、補正後値算出部113が補正手段に相当し、補正後バルブリフトLiftin_compおよび補正後カム位相Cain_compが、補正された動作状態パラメータに相当する。

30

【0100】

図15に示すように、補正後値算出部113は、空燃比指標値算出部114、最小2乗法フィルタ115、非線形処理フィルタ116, 117および加算要素118, 119を備えている。まず、空燃比指標値算出部114では、空燃比補正係数KSTRを目標空燃比KCMDで除算することにより、空燃比指標値KAF (= KSTR / KCMD)が算出される。本実施形態では、空燃比指標値KAFが制御状態値および空燃比の制御状態を表す値に相当する。

【0101】

次に、最小2乗法フィルタ115では、下式(16), (17)に示す固定ゲイン式の逐次型最小2乗法アルゴリズムにより、空燃比指標値の統計処理値(以下、単に「統計処理値」という)KAF_LSが算出される。

40

【0102】

【数5】

$$KAF_LS(k) = KAF_LS(k-1) + \frac{P_ls}{1+P_ls} \cdot e_ls(k) \quad \dots\dots (16)$$

$$e_ls(k) = KAF(k) - KAF_LS(k-1) \quad \dots\dots (17)$$

【0103】

50

この式(16)において、 e_{ls} は、式(17)により算出される偏差であり、 P_{ls} は、所定のゲイン(一定値)を表している。また、これらの式(16)、(17)において、記号(k)付きの各離散データは、所定の制御周期 T (本実施形態では5 msec)に同期してサンプリング(または算出)されたデータであることを示しており、記号kは各離散データのサンプリングサイクルの順番を表している。例えば、記号kは今回の制御タイミングでサンプリングされた値であることを、記号k-1は前回の制御タイミングでサンプリングされた値であることをそれぞれ示している。この点は、以下の離散データにおいても同様である。なお、以下の説明では、各離散データにおける記号(k)を適宜省略する。

【0104】

10

また、非線形処理フィルタ116では、上記統計処理値KAF_{LS}と所定の上下限值KAF_{LSH}、KAF_{LSL}との比較結果に基づき、以下の式(18)~(20)のいずれかにより、リフト補正值Dl_{iftin_comp}(動作状態パラメータの補正量)が算出される。なお、式(18)、(20)のD_{inc}、D_{dec}は、いずれも正の所定値である。

- ・KAF_{LS}(k) > KAF_{LSH}のとき

$$Dl_{iftin_comp}(k) = Dl_{iftin_comp}(k-1) + D_{inc} \quad \dots\dots (18)$$

- ・KAF_{LSL} < KAF_{LS}(k) < KAF_{LSH}のとき

$$Dl_{iftin_comp}(k) = Dl_{iftin_comp}(k-1) \quad \dots\dots (19)$$

- ・KAF_{LS}(k) < KAF_{LSL}のとき

$$Dl_{iftin_comp}(k) = Dl_{iftin_comp}(k-1) - D_{dec} \quad \dots\dots (20)$$

20

【0105】

次いで、加算要素118では、下式(21)により、補正後バルブリフトL_{iftin_comp}が算出される。

$$L_{iftin_comp}(k) = L_{iftin}(k) + Dl_{iftin_comp}(k) \quad \dots\dots (21)$$

【0106】

この補正後値算出部113では、補正後バルブリフトL_{iftin_comp}およびリフト補正值Dl_{iftin_comp}が以上のように算出される。これは以下の理由による。すなわち、前述したような可変バルブリフト機構50および回動角センサ25を用いて、バルブリフトL_{iftin}を制御している際、温度変化または衝撃などによる取り付け角度の変化に起因して、回動角センサ25の検出信号のドリフトが発生したり、アジャストボルト52aの摩耗により、タペットクリアランスが変化したりすることがあり、その場合、回動角センサ25の検出信号に基づいて算出されたバルブリフトL_{iftin}が、実際のバルブリフト(以下「実際値」という)に対してずれてしまう。

30

【0107】

このようなバルブリフトL_{iftin}の実際値に対するずれが発生している場合において、安定した運転状態のとき例えばアイドル運転のときに、空燃比補正係数KSTRによる空燃比のフィードバック制御を実行すると、ずれに起因して、検出空燃比KACTが目標空燃比KCMDに収束せず、空燃比のリーン側への制御またはリッチ側への制御が継続されることになる。例えば、バルブリフトL_{iftin}が実際値よりも小さい値を示している場合、実際の吸入空気量が算出吸気量G_{cy1}よりも大きい値になることで、検出空燃比KACTが目標空燃比KCMDよりもリーン側にずれてしまう。その結果、空燃比のリッチ側への制御が継続され、空燃比補正係数KSTRが目標空燃比KCMDよりも大きい値に設定されることにより、空燃比指標値KAF(=KSTR/KCMD)は値1よりも大きい値を示すことになる。これとは逆に、バルブリフトL_{iftin}が実際値よりも大きい値を示している場合には、空燃比指標値KAFは値1よりも小さい値を示すことになる。

40

【0108】

バルブリフトL_{iftin}の実際値に対するずれと、空燃比指標値KAFとの間には、以上のような相関関係があり、本実施形態では、補正後バルブリフトL_{iftin_co}

50

mp に応じて算出した算出吸気量 G c y l を用いて、空燃比制御が実行されるので、補正後バルブリフト L i f t i n _ c o m p の実際値に対するずれが、空燃比指標値 K A F に反映される。

【 0 1 0 9 】

したがって、K A F _ L S (k) K A F _ L S H のときには、算出吸気量 G c y l の算出に用いている補正後バルブリフト L i f t i n _ c o m p が、実際値よりも小さい側にずれていることで、空燃比のリッチ側への制御が実行されていることになるので、式 (1 8) のように、リフト補正值 D l i f t i n _ c o m p を増大させることにより、補正後バルブリフト L i f t i n _ c o m p を実際のバルブリフトに近づけることができる (後述する図 3 6 参照) 。一方、K A F _ L S (k) K A F _ L S L のときには、補正後

10

【 0 1 1 0 】

また、K A F _ L S L < K A F _ L S (k) < K A F _ L S H のときには、リフト補正值 D l i f t i n _ c o m p が更新されず、一定値に保持される。これは、リフト補正值 D l i f t i n _ c o m p を一定値に保持し、補正後バルブリフト L i f t i n _ c o m p の更新を中止することで、補正後バルブリフト L i f t i n _ c o m p の算出処理と、空燃比のフィードバック制御とが互いに干渉するのを回避するためである。また、上下限

20

【 0 1 1 1 】

一方、前述した非線形処理フィルタ 1 1 7 では、上記統計処理値 K A F _ L S と所定の上下限值 K A F _ L S H , K A F _ L S L との比較結果に基づき、以下の式 (2 2) ~ (2 4) のいずれかにより、位相補正值 D c a i n _ c o m p (動作状態パラメータの補正量) が算出される。

30

- ・ K A F _ L S (k) K A F _ L S H のとき

$$D c a i n _ c o m p (k) = D c a i n _ c o m p (k - 1) + D c o m p \dots\dots (2 2)$$
- ・ K A F _ L S L < K A F _ L S (k) < K A F _ L S H のとき

$$D c a i n _ c o m p (k) = D c a i n _ c o m p (k - 1) \dots\dots (2 3)$$
- ・ K A F _ L S (k) K A F _ L S L のとき

$$D c a i n _ c o m p (k) = D c a i n _ c o m p (k - 1) + D c o m p ' \dots\dots (2 4)$$

【 0 1 1 2 】

上記式 (2 2) , (2 4) における D c o m p , D c o m p ' は、補正項であり、カム位相 C a i n と、進角側および遅角側の所定値 C a i n _ a d v , C a i n _ r e t との比較結果に基づき、以下のような値に設定される。なお、下記の D a d v , D r e t は、

40

- ・ C a i n (k) > C a i n _ a d v のとき

$$D c o m p = D a d v$$

$$D c o m p ' = - D r e t$$
- ・ C a i n _ r e t < C a i n (k) < C a i n _ a d v のとき

$$D c o m p = 0$$

$$D c o m p ' = 0$$
- ・ C a i n (k) < C a i n _ r e t のとき

$$D c o m p = - D r e t$$

$$D c o m p ' = D a d v$$

50

【 0 1 1 3 】

次いで、加算要素 1 1 9 では、下式 (2 5) により、補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ が算出される。

$$C a i n_c o m p(k) = C a i n(k) + D c a i n_c o m p(k) \quad \dots\dots (2 5)$$

【 0 1 1 4 】

この補正後値算出部 1 1 3 では、補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ および位相補正值 $D c a i n_c o m p$ が以上のように算出される。これは以下の理由による。すなわち、前述したような可変カム位相機構 7 0、クランク角センサ 2 0 およびカム角センサ 2 6 を用いて、カム位相 $C a i n$ を制御した場合、2 つのセンサ 2 0、2 6 の温度変化などによるドリフト、およびタイミングチェーンのたるみなどに起因して、2 つのセンサ 2 0、2 6 の検出信号に基づいて算出されたカム位相 $C a i n$ が、実際のカム位相 (以下「実際値」という) に対して進角側または遅角側にずれてしまう可能性がある。

10

【 0 1 1 5 】

このように、カム位相 $C a i n$ が実際の値よりも進角側または遅角側にずれている場合において、上述したように空燃比のフィードバック制御を実行すると、バルブオーバーラップの変化または吸気弁 4 の遅閉じによる吹き戻し量の変化に起因して、検出空燃比 $K A C T$ が目標空燃比 $K C M D$ に収束せず、空燃比のリーン側への制御またはリッチ側への制御が継続されることになり、その結果、空燃比指標値 $K A F$ が値 1 よりも小さい値または大きい値を示すことになる。カム位相 $C a i n$ の実際値に対するずれと、空燃比指標値 $K A F$ との間にも、以上のような相関関係があり、本実施形態では、補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ に応じて算出した算出吸気量 $G c y l$ を用いて、空燃比制御が実行されるので、補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ の実際値に対するずれが、空燃比指標値 $K A F$ に反映される。

20

【 0 1 1 6 】

したがって、 $K A F_L S(k) < K A F_L S H$ で、空燃比のリッチ側への制御が実行されている場合、 $C a i n(k) > C a i n_a d v$ で、カム位相 $C a i n$ が進角側領域の値であるときには、算出吸気量 $G c y l$ の算出に用いている補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ が、実際値よりも遅角側にずれていることにより、バルブオーバーラップの減少に起因して、実際の吸入空気量が算出吸気量 $G c y l$ よりも大きい値となっており、その結果、検出空燃比 $K A C T$ が目標空燃比 $K C M D$ よりもリーン側にずれていると推定される。そのため、補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ をより進角側に補正する必要があるため、式 (2 2) において、位相補正值 $D c a i n_c o m p$ がより大きな値として算出されるように、補正項 $D c o m p$ が値 $D a d v$ に設定される。

30

【 0 1 1 7 】

さらに、 $K A F_L S(k) > K A F_L S H$ の場合において、 $C a i n(k) < C a i n_r e t$ で、カム位相 $C a i n$ が遅角側領域の値であるときには、補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ が実際値よりも進角側にずれていることにより、吸気弁 4 の遅閉じ度合いの減少に起因して、吸気の吹き戻し量が減少し、実際の吸入空気量が算出吸気量 $G c y l$ よりも大きい値となっており、その結果、検出空燃比 $K A C T$ が目標空燃比 $K C M D$ よりもリーン側にずれていると推定される。そのため、補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ をより遅角側に補正する必要があるため、式 (2 2) において、位相補正值 $D c a i n_c o m p$ がより小さな値として算出されるように、補正項 $D c o m p$ が値 $- D r e t$ に設定される。

40

【 0 1 1 8 】

一方、 $K A F_L S(k) < K A F_L S L$ で、空燃比のリーン側への制御が実行されている場合、 $C a i n(k) > C a i n_a d v$ で、カム位相 $C a i n$ が進角側領域の値であるときには、補正後カム位相 $C a i n_c o m p$ が実際値よりも進角側にずれていることにより、バルブオーバーラップの増大に起因して、実際の吸入空気量が算出吸気量 $G c y l$ よりも小さい値となっており、その結果、検出空燃比 $K A C T$ が目標空燃比 $K C M D$ よりもリッチ側にずれていると推定される。そのため、補正後カム位相 $C a i n_c o$

50

mpをより遅角側に補正する必要があるので、式(24)において、位相補正值 $Dcain_comp$ がより小さな値として算出されるように、補正項 $Dcomp'$ が値 $-Dret$ に設定される。

【0119】

さらに、 $KAF_LS(k) < KAF_LSL$ の場合において、 $Cain(k) < Cain_ret$ で、カム位相 $Cain$ が遅角側領域の値であるときには、補正後カム位相 $Cain_comp$ が実際値よりも遅角側にずれていることにより、吸気弁4の遅閉じ度合いの増大に起因して、吸気の吹き戻し量が増大し、実際の吸入空気量が算出吸気量 $Gcyl$ よりも小さい値となっており、その結果、検出空燃比 $KACT$ が目標空燃比 $KCMD$ よりもリッチ側にずれていると推定される。そのため、補正後カム位相 $Cain_comp$ をより進角側に補正する必要があるので、式(24)において、位相補正值 $Dcain_comp$ がより大きな値として算出されるように、補正項 $Dcomp'$ が値 $Dadv$ に設定される。

【0120】

一方、 $KAF_LSL < KAF_LS(k) < KAF_LSH$ のとき、および $Cain_ret < Cain(k) < Cain_adv$ のときには、位相補正值 $Dcain_comp$ が更新されず、一定値に保持される。これは、位相補正值 $Dcain_comp$ を一定値に保持し、補正後カム位相 $Cain_comp$ の更新を停止することで、補正後カム位相 $Cain_comp$ の算出処理と、空燃比のフィードバック制御とが互いに干渉するのを回避するためである。また、上下限值 KAF_LSH 、 KAF_LSL は、補正後カム位相 $Cain_comp$ と実際値との間のずれが小さくなっていることで、位相補正值 $Dcain_comp$ を一定値に保持し、補正後カム位相 $Cain_comp$ の更新を停止しても、空燃比制御の制御精度が低下しないような前述した値(例えば $KAF_LSH = 1.1$ 、 $KAF_LSL = 0.9$)に設定されている。さらに、所定値 $Cain_adv$ 、 $Cain_ret$ も、空燃比制御の制御精度の低下を回避するために、カム位相 $Cain$ の実際値の変化に対する吸入空気量の変化がかなり小さい範囲で、補正後カム位相 $Cain_comp$ の更新を停止させることができる値(例えば、 $Cain_adv$ はカム角 30° 相当値、 $Cain_ret$ はカム角 10° 相当値)に設定されている。

【0121】

次に、図16を参照しながら、点火時期コントローラ130(点火時期決定手段)について説明する。同図に示すように、この点火時期コントローラ130では、その一部が前述した空燃比コントローラ100と同様に構成されているので、以下、同じ構成については、同じ符号を付すとともに、その説明は省略する。点火時期コントローラ130は、以下に述べるように、点火時期 $Ilog$ を算出するものであり、第1および第2推定吸気量算出部101、102、移行係数算出部103、増幅要素104、105、加算要素106、最大推定吸気量算出部131、除算要素132、基本点火時期算出部133、点火補正值算出部134および加算要素135を備えている。

【0122】

最大推定吸気量算出部131では、以下に述べるように、エンジン回転数 NE および補正後カム位相 $Cain_comp$ に応じて、最大推定吸気量 $Gcyl_max$ が算出される。具体的には、まず、エンジン回転数 NE に応じて、図17に示すテーブルを検索することにより、最大推定吸気量の基本値 $Gcyl_max_base$ を算出する。このテーブルでは、基本値 $Gcyl_max_base$ は、低中回転域では、エンジン回転数 NE が高いほど、より大きな値に設定され、高回転域では、エンジン回転数 NE が高いほど、より小さな値に設定されているとともに、中回転域の所定値のときに、その最大値を示すように設定されている。これは、運転性の観点から、中回転域の所定値のときに充填効率が最も高くなるように吸気系が構成されているためである。

【0123】

また、エンジン回転数 NE および補正後カム位相 $Cain_comp$ に応じて、図18に示すマップを検索することにより、補正係数 K_gcyl_max を算出する。このマ

10

20

30

40

50

マップでは、補正係数 K_{gcyl_max} は、 $NE = NE1$ または $NE2$ の場合、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最遅角値 $Cain_rt$ に近い領域では、最遅角値 $Cain_rt$ に近いほど、より小さい値に設定され、それ以外の領域では、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最進角値 $Cain_ad$ 側の値であるほど、より小さな値に設定されている。さらに、 $NE = NE3$ の場合、補正係数 K_{gcyl_max} は、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最遅角値 $Cain_rt$ に近い領域では、一定値（値1）に設定され、それ以外の領域では、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最進角値 $Cain_ad$ 側の値であるほど、より小さな値に設定されている。このように補正係数 K_{gcyl_max} が設定されている理由は、前述した補正係数 K_{gcyl_vt} の算出に用いる図12のマップの説明で述べた理由と同じである。

10

【0124】

そして、以上のように算出した最大推定吸気量の基本値 $G_{cyl_max_base}$ および補正係数 K_{gcyl_max} を用い、下式(26)により、最大推定吸気量 G_{cyl_max} が算出される。

$$G_{cyl_max} = K_{gcyl_max} \cdot G_{cyl_max_base} \quad \dots\dots (26)$$

【0125】

一方、除算要素132では、正規化吸気量 K_{gcyl} が、下式(27)により算出される。

$$K_{gcyl} = G_{cyl} / G_{cyl_max} \quad \dots\dots (27)$$

20

【0126】

さらに、基本点火時期算出部133では、以下に述べるように、正規化吸気量 K_{gcyl} 、エンジン回転数 NE および補正後カム位相 $Cain_comp$ に応じて、基本点火時期マップを検索することにより、基本点火時期 I_{gl_map} が算出される。この場合、基本点火時期マップとしては、図19に示す $Cain_comp = Cain_rt$ 用のマップと、図20に示す $Cain_comp = Cain_ad$ 用のマップと、補正後カム位相 $Cain_comp$ が最遅角値 $Cain_rt$ と最進角値 $Cain_ad$ との間にあるとき複数段階の補正後カム位相 $Cain_comp$ の値にそれぞれ対応して設定された複数のマップ（図示せず）とで構成されている。

【0127】

30

以上の基本点火時期マップの検索では、正規化吸気量 K_{gcyl} 、エンジン回転数 NE および補正後カム位相 $Cain_comp$ に基づいて複数の値を選択するとともに、当該複数の選択値の補間演算により、基本点火時期 I_{gl_map} が算出される。

【0128】

以上のように、基本点火時期算出部133では、基本点火時期マップのマップ値を設定するためのパラメータとして、正規化吸気量 K_{gcyl} を用いており、その理由は、以下による。すなわち、従来のように、正規化吸気量 K_{gcyl} に代えて算出吸気量 G_{cyl} をパラメータとして、基本点火時期マップのマップ値を設定した場合、算出吸気量 G_{cyl} の最大設定値が互いに異なるとともに、算出吸気量 G_{cyl} が大きい領域、すなわちノッキングが発生し始める高負荷域でのマップ値の設定数が、エンジン回転数 NE 毎にばらつくようになり、その結果、設定データ数が増大してしまう。これは、気筒3aにおける吸気の充填効率がエンジン回転数 NE に応じて変化するのに起因して、ノッキングが発生し始める高負荷域での吸入空気量の最大値も、エンジン回転数 NE に応じて変化してしまうことによる。

40

【0129】

これに対して、基本点火時期算出部133の基本点火時期マップでは、算出吸気量 G_{cyl} に代えて正規化吸気量 K_{gcyl} をパラメータとして用いているので、図19, 20に示すように、ノッキングが発生し始めるような高負荷域、すなわち K_{gcyl} が値1を含む値1付近の領域でもエンジン回転数の各設定値 $NE1 \sim NE3$ 間で、マップ値の数を同じ数に設定でき、それにより、設定データ数を上述した従来の場合よりも低減できるこ

50

とが判る。すなわち、本実施形態のように、算出吸気量 G_{cyl} に代えて正規化吸気量 $K_{g_{cyl}}$ をパラメータとして用いることにより、ECU2のROMの記憶容量を低減することができ、その分、製造コストを削減できるためである。

【0130】

また、前述した点火補正值算出部134では、吸気温 T_A 、エンジン水温 T_W および目標空燃比 K_{CMD} などに応じて、図示しないマップおよびテーブルを検索することにより、各種の補正值が算出され、これらの各種の補正值に基づき、点火補正值 $D_{i_{log}}$ が算出される。

【0131】

さらに、加算要素135では、点火時期 I_{log} が、下式(28)により算出される。

$$I_{log} = I_{log_map} + D_{i_{log}} \quad \dots\dots (28)$$

【0132】

そして、点火プラグ11が、この点火時期 I_{log} に応じた放電タイミングで放電するように制御される。

【0133】

以下、図21を参照しながら、ECU2により実行される空燃比補正係数 K_{STR} の算出処理について説明する。本処理は、前述した空燃比補正係数算出部109での算出処理に相当するものであり、1燃焼サイクル毎すなわちTDC信号が連続して4回発生する毎に実行される。

【0134】

まず、ステップ1(図では「S1」と略す。以下同じ)において、実行条件フラグ F_{AFFBOK} が「1」であるか否かを判別する。この実行条件フラグ F_{AFFBOK} は、空燃比フィードバック制御の実行条件が成立しているか否かを表すものであり、図示しない処理において、以下の(c1)~(c4)の実行条件がいずれも成立しているときには、「1」に設定され、(c1)~(c4)の実行条件のうちの少なくとも1つが不成立のときには、「0」に設定される。

(c1) LAFセンサが活性化していること。

(c2) エンジン3がリーンバーン運転中でなくかつフューエルカット運転中でないこと。

(c3) エンジン回転数 N_E およびアクセル開度 A_P がいずれも、所定の範囲内の値であること。

(c4) 点火時期の遅角制御中でないこと。

【0135】

ステップ1の判別結果がYESで、空燃比フィードバック制御の実行条件が成立しているときには、ステップ2に進み、基本値 k_{str} を、前述した式(7)~(13)の制御アルゴリズムにより算出する。

【0136】

次いで、ステップ2で算出した基本値 k_{str} に、以下のステップ3~7のリミット処理を施すことにより、空燃比補正係数 K_{STR} を算出する。このリミット処理は、前述した式(6)に相当する。すなわち、ステップ3で、基本値 k_{str} が下限値 K_{STRmin} より小さいか否かを判別する。この判別結果がYESで、 $k_{str} < K_{STRmin}$ のときには、ステップ4に進み、空燃比補正係数 K_{STR} を下限値 K_{STRmin} に設定し、RAMに記憶する。

【0137】

一方、ステップ3の判別結果がNOのときには、ステップ5に進み、基本値 k_{str} が上限値 K_{STRmax} より大きいか否かを判別する。この判別結果がNOで、 $K_{STRmin} < k_{str} < K_{STRmax}$ のときには、ステップ6に進み、空燃比補正係数 K_{STR} を基本値 k_{str} に設定し、RAMに記憶する。

【0138】

10

20

30

40

50

一方、ステップ5の判別結果がYESで、 $KSTR_{max} < kstr$ のときには、ステップ7に進み、空燃比補正係数KSTRを上限値 $KSTR_{max}$ に設定し、RAMに記憶する。

【0139】

以上のステップ4, 6または7に続くステップ8では、空燃比補正係数KSTRを前述した式(6)~(13)の制御アルゴリズムにより算出したこと、すなわち空燃比フィードバック制御を実行中であることを表すために、フィードバック制御中フラグF_AFFBを「1」に設定した後、本処理を終了する。

【0140】

一方、ステップ1の判別結果がNOで、空燃比フィードバック制御の実行条件が成立していないときには、ステップ9に進み、空燃比補正係数KSTRを目標空燃比KCMDに設定する。次いで、ステップ10で、空燃比フィードバック制御を実行していないことを表すために、フィードバック制御中フラグF_AFFBを「0」に設定した後、本処理を終了する。

10

【0141】

以下、図22を参照しながら、ECU2により実行される空燃比制御処理について説明する。本処理は、燃料噴射量TOUTを燃料噴射弁10毎に算出するものであり、前述した空燃比コントローラ100での算出処理に相当し、TDC信号の発生タイミングに同期して実行される。

【0142】

20

まず、ステップ20において、基本燃料噴射量Tcyl_b sを算出する。この基本燃料噴射量Tcyl_b sの算出処理は、具体的には、図23に示すように実行される。すなわち、まず、ステップ30で、前述した式(3)により、第2推定吸気量Gcyl_a f mを算出する。

【0143】

次に、ステップ31で、前述した手法により、第1推定吸気量Gcyl_v tを算出する。すなわち、エンジン回転数NEおよび補正後バルブリフトL i f t i n _ c o m p に応じて、図11に示すマップを検索することにより、基本推定吸気量Gcyl_v t _ b a s eを算出するとともに、エンジン回転数NEおよび補正後カム位相C a i n _ c o m p に応じて、図12に示すマップを検索することにより、補正係数K_g c y l _ v tを算出する。そして、これらの値Gcyl_v t _ b a s e, K_g c y l _ v tに基づき、前述した式(1)により、第1推定吸気量Gcyl_v tを算出する。

30

【0144】

次に、ステップ32で、前述した式(2)により、推定流量G i n _ v tを算出する。その後、ステップ33に進み、可変機構故障フラグF_V D N Gが「1」であるか否かを判別する。

【0145】

この可変機構故障フラグF_V D N Gは、図示しない故障判定処理において、可変バルブリフト機構50および可変カム位相機構70の少なくとも一方が故障していると判定されたときには「1」に、いずれも正常であると判定されたときには「0」にそれぞれ設定される。なお、以下の説明では、可変バルブリフト機構50および可変カム位相機構70をまとめて「2つの可変機構」と呼ぶ。

40

【0146】

ステップ33の判別結果がNOで、2つの可変機構がいずれも正常であるときには、ステップ34に進み、エアフローセンサ故障フラグF_A F M N Gが「1」であるか否かを判別する。このエアフローセンサ故障フラグF_A F M N Gは、図示しない故障判定処理において、エアフローセンサ22が故障していると判定されたときには「1」に、正常であると判定されたときには「0」にそれぞれ設定される。

【0147】

ステップ34の判別結果がNOで、エアフローセンサ22が正常であるときには、ステ

50

ップ35に進み、前述したように、移行係数 K_g を、推定流量 G_{in_vt} に応じて、図13に示すテーブルを検索することにより算出する。

【0148】

一方、ステップ34の判別結果がYESで、エアフローセンサ22が故障しているときには、ステップ36に進み、移行係数 K_g を値0に設定する。

【0149】

ステップ35または36に続くステップ37では、前述した式(4)により、算出吸気量 G_{cyl} を算出する。次いで、ステップ38で、基本燃料噴射量 T_{cyl_bs} を、換算係数と算出吸気量の積 $K_{gt} \cdot G_{cyl}$ に設定した後、本処理を終了する。

【0150】

一方、ステップ33の判別結果がYESで、2つの可変機構の少なくとも一方が故障していると判定されたときには、ステップ39に進み、算出吸気量 G_{cyl} を前述した所定の故障時値 G_{cyl_fs} に設定する。次いで、前述したステップ38を実行した後、本処理を終了する。

【0151】

図22に戻り、ステップ20で、以上のように基本燃料噴射量 T_{cyl_bs} を算出した後、ステップ21に進み、総補正係数 K_{TOTAL} を算出する。具体的には、前述したように、各種の運転パラメータ(例えば吸気温 T_A や、大気圧 P_A 、エンジン水温 T_W 、アクセル開度 A_P など)に応じて、各種のテーブルやマップを検索することで各種の補正係数を算出するとともに、これらの各種の補正係数を互いに乗算することにより、総補正係数 K_{TOTAL} が算出される。

【0152】

次いで、ステップ22に進み、前述したように、アクセル開度 A_P および算出吸気量 G_{cyl} に応じて、図14に示すマップを検索することにより、目標空燃比 K_{CMD} を算出し、RAMに記憶する。

【0153】

次に、ステップ23に進み、RAMに記憶されている空燃比補正係数 K_{STR} の値を読み込む。すなわち、空燃比補正係数 K_{STR} をサンプリングする。

【0154】

次いで、ステップ24に進み、前述した式(15)により、要求燃料噴射量 T_{cyl} を算出する。次に、ステップ25で、前述したように、要求燃料噴射量 T_{cyl} に、所定の燃料付着補正処理を施すことにより、燃料噴射量 T_{OUT} を算出する。この後、本処理を終了する。以上により、この燃料噴射量 T_{OUT} に基づいて、燃料噴射弁10の燃料噴射タイミングおよび開弁時間が決定され、燃料噴射弁10が制御される。その結果、混合気の空燃比すなわち検出空燃比 K_{ACT} が、目標空燃比 K_{CMD} に収束するようにフィードバック制御される。

【0155】

次に、図24を参照しながら、ECU2により実行される点火時期制御処理について説明する。本処理は、以下に述べるように点火時期 I_{log} を算出するものであり、前述した点火時期コントローラ130での算出処理に相当し、TDC信号の発生タイミングに同期して、前述した空燃比制御処理に続けて実行される。

【0156】

この処理では、まず、ステップ50で、前述した可変機構故障フラグ F_{VDNG} が「1」であるか否かを判別する。この判別結果がNOで、2つの可変機構がいずれも正常であるときには、ステップ51に進み、エンジン始動フラグ $F_{ENGSTART}$ が「1」であるか否かを判別する。

【0157】

このエンジン始動フラグ $F_{ENGSTART}$ は、図示しない判定処理において、エンジン回転数 NE および $IG \cdot SW28$ のON/OFF信号に応じて、エンジン始動制御すなわちクランキング中であるか否かを判定することにより設定されるものであり、具体

10

20

30

40

50

的には、エンジン始動制御中であるときには「1」に、それ以外のときには「0」にそれぞれ設定される。

【0158】

ステップ51の判別結果がYESで、エンジン始動制御中であるときには、ステップ52に進み、点火時期Igl o gを、所定の始動時用値I g _ c r k（例えばBTDC10°）に設定した後、本処理を終了する。

【0159】

一方、ステップ51の判別結果がNOで、エンジン始動制御中でないときには、ステップ53に進み、アクセル開度APが所定値APREFより小さいか否かを判別する。この所定値APREFは、アクセルペダルが踏まれていないことを判別するためのものであり、アクセルペダルが踏まれていないことを判別可能な値（例えば1°）に設定されている。

10

【0160】

この判別結果がYESで、アクセルペダルが踏まれていないときには、ステップ54に進み、触媒暖機制御の実行時間Tcat（エンジン3の始動終了直後からの経過時間の計時値）が所定値Tcatlmt（例えば30sec）より小さいか否かを判別する。この触媒暖機制御は、排気管13に設けられた触媒装置内の触媒をエンジン始動後に急速に活性化させるためのものである。この判別結果がYESで、 $Tcat < Tcatlmt$ のときには、触媒暖機制御を実行すべきであるとして、ステップ55に進み、触媒暖機用値I g _ a s tを算出する。この触媒暖機用値I g _ a s tは、具体的には、下式(29)～(31)の応答指定型制御アルゴリズム（スライディングモード制御アルゴリズムまたはバックステップング制御アルゴリズム）により、算出される。

20

【0161】

【数6】

$$I g_{ast} = I g_{ast_base} - K r c h \cdot \sigma(m) - K a d p \cdot \sum_{i=0}^m \sigma(i) \quad \dots\dots (29)$$

$$\sigma(m) = E n a s t(m) + p o l e \cdot E n a s t(m-1) \quad \dots\dots (30)$$

30

$$E n a s t(m) = N E(m) - N E_{ast} \quad \dots\dots (31)$$

【0162】

これらの式(29)～(31)における記号(m)付きの各離散データは、所定の制御周期（本実施形態ではTDC信号の発生周期）に同期してサンプリング（または算出）されたデータであることを示しており、記号mは各離散データのサンプリングサイクルの順番を表している。なお、以下の説明では、各離散データにおける記号(m)などを適宜、省略する。

【0163】

上記式(29)において、I g _ a s t _ b a s eは、所定の触媒暖機用の基準点火時期（例えばBTDC5°）を表し、K r c h, K a d pは、所定のフィードバックゲインを表している。また、 σ は、式(30)のように定義される切換関数である。同式(30)において、p o l eは、 $-1 < p o l e < 0$ の関係が成立するように設定される応答指定パラメータであり、E n a s tは、式(31)により算出される追従誤差である。式(31)において、N E _ a s tは、所定の触媒暖機用の目標回転数（例えば1800rpm）である。以上の制御アルゴリズムにより、触媒暖機用値I g _ a s tは、エンジン回転数NEを上記触媒暖機用の目標回転数N E _ a s tに収束させる値として、算出される。

40

【0164】

次いで、ステップ56に進み、点火時期Igl o gを上記触媒暖機用値I g _ a s tに

50

設定した後、本処理を終了する。

【0165】

一方、ステップ53または54の判別結果がNOのとき、すなわち $T_{cat} < T_{cat_limt}$ であるとき、またはアクセルペダルが踏まれているときには、ステップ57に進み、通常点火時期制御処理を実行する。

【0166】

この通常点火時期制御処理は、具体的には、図25に示すように実行される。まず、ステップ70で、最大推定吸気量 G_{cyl_max} を、前述した手法により算出する。すなわち、エンジン回転数 NE に応じて、図17に示すテーブルを検索することにより、最大推定吸気量の基本値 $G_{cyl_max_base}$ を算出し、エンジン回転数 NE および補正後カム位相 $Cain_comp$ に応じて、図18に示すマップを検索することにより、補正係数 $K_{g_{cyl_max}}$ を算出する。そして、以上のように算出した2つの値 $G_{cyl_max_base}$ 、 $K_{g_{cyl_max}}$ に基づき、前述した式(26)により、最大推定吸気量 G_{cyl_max} を算出する。

10

【0167】

次いで、ステップ71で、正規化吸気量 $K_{g_{cyl}}$ を、前述した式(27)により算出する。この後、ステップ72で、基本点火時期 I_{glog_map} を前述した手法により算出する。すなわち、正規化吸気量 $K_{g_{cyl}}$ 、エンジン回転数 NE および補正後カム位相 $Cain_comp$ に応じて、図19、20などの基本点火時期マップを検索し、複数の値を選択するとともに、当該複数の選択値の補間演算により、基本点火時期 I_{glog_map} を算出する。

20

【0168】

次に、ステップ73で、点火補正值 D_{iglog} を前述した手法により算出する。すなわち、吸気温度 TA 、エンジン水温 TW および目標空燃比 $KCMD$ などに応じて、図示しないマップおよびテーブルを検索することにより、各種の補正值を算出し、これらの各種の補正值に基づき、点火補正值 D_{iglog} を算出する。次いで、ステップ74で、点火時期 I_{glog} を、前述した式(28)により算出した後、本処理を終了する。

【0169】

図24に戻り、ステップ57で、以上のように通常点火時期制御処理を実行した後、本処理を終了する。

30

【0170】

一方、ステップ50の判別結果がYESで、2つの可変機構の少なくとも一方が故障しているときには、ステップ58に進み、故障時用値 I_{g_fs} を算出する。この故障時用値 I_{g_fs} は、具体的には、下式(32)~(34)の応答指定型制御アルゴリズム(スライディングモード制御アルゴリズムまたはバックステッピング制御アルゴリズム)により、算出される。

【0171】

【数7】

$$I_{g_fs} = I_{g_fs_base} - K_{rch}^{\#} \cdot \sigma^{\#}(m) - K_{adp}^{\#} \cdot \sum_{i=0}^m \sigma^{\#}(i) \quad \dots\dots (32) \quad 40$$

$$\sigma^{\#}(m) = Enfs(m) + pole^{\#} \cdot Enfs(m-1) \quad \dots\dots (33)$$

$$Enfs(m) = NE(m) - NE_{fs} \quad \dots\dots (34)$$

【0172】

上記式(32)において、 $I_{g_fs_base}$ は、所定の故障時用の基準点火時期(例えば $TDC \pm 0^\circ$)を表し、 $K_{rch}^{\#}$ 、 $K_{adp}^{\#}$ は、所定のフィードバックゲインを表している。また、 $\sigma^{\#}$ は、式(33)のように定義される切換関数である。同式(33

50

)において、 $pole^{\#}$ は、 $-1 < pole^{\#} < 0$ の関係が成立するように設定される応答指定パラメータであり、 $Enfs$ は、式(34)により算出される追従誤差である。式(34)において、 NE_fs は、所定の故障時目標回転数(例えば2000rpm)である。以上の制御アルゴリズムにより、故障時値 Ig_fs は、エンジン回転数 NE を上記故障時目標回転数 NE_fs に収束させる値として、算出される。

【0173】

次いで、ステップ59に進み、点火時期 $Iglog$ を上記故障時値 Ig_fs に設定した後、本処理を終了する。

【0174】

次に、図26を参照しながら、ECU2により実行される補正後値算出処理について説明する。本処理は、以下に述べるように、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ を算出するものであり、前述した補正後値算出部113での算出処理に相当し、所定の制御周期 T (本実施形態では5msec)に同期して実行される。

10

【0175】

まず、ステップ80で、前述したフィードバック制御中フラグ F_AFFB が「1」であるか否かを判別する。この判別結果がNOで、空燃比フィードバック制御を実行中でないときには、そのまま本処理を終了する。一方、この判別結果がYESで、空燃比フィードバック制御を実行中であるときには、ステップ81に進み、RAMに記憶されている空燃比補正係数 $KSTR$ の値を、RAMに記憶されている目標空燃比 $KCMD$ の値で除算することにより、空燃比指標値 KAF を算出する。

20

【0176】

次いで、ステップ82に進み、前述した式(16)、(17)の逐次型最小2乗法アルゴリズムにより、空燃比指標値の統計処理値 KAF_LS を算出する。

【0177】

次に、ステップ83で、エンジン水温 TW が所定水温 $TWREF$ (例えば85)より高いか否かを判別する。この判別結果がNOで、エンジン3の暖機が完了していないときには、本処理を終了する。

【0178】

一方、ステップ83の判別結果がYESで、エンジン3の暖機が完了しているときには、ステップ84に進み、アイドル運転フラグ F_IDLE が「1」であるか否かを判別する。このアイドル運転フラグ F_IDLE は、アイドル運転中であるときには「1」に、それ以外のときには「0」にそれぞれ設定される。

30

【0179】

この判別結果がYESで、アイドル運転中であるときには、ステップ85に進み、アイドル運転の実行時間 $Tidle$ が所定値 $TREF$ 以上であるか否かを判別する。この判別結果がYESのときには、ステップ86に進み、回転偏差 DNE が所定値 $DNEREF$ (例えば20rpm)より小さいか否かを判別する。この回転偏差 DNE は、アイドル運転の目標回転数 NE_cmd とエンジン回転数 NE との偏差の絶対値として算出される。

【0180】

ステップ86の判別結果がYESのときには、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ の算出条件が成立しているとして、後述するステップ89に進む。一方、ステップ85または86の判別結果がNOのときには、本処理を終了する。これらのステップ85、86の判別により、高回転運転状態からの減速によるアイドル運転への移行開始時や、アイドル運転中の運転者による空ぶかしが行われた直後において、エンジン3の運転状態が安定するまでの間、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ の算出が回避されるとともに、運転状態が安定した以降、算出が実行される。

40

【0181】

一方、ステップ84の判別結果がNOで、アイドル運転中でないときには、ステップ8

50

7に進み、アクセル偏差フラグF__DAPが「1」であるか否かを判別する。このアクセル偏差フラグF__DAPは、アクセル開度APが安定した状態にあるか否かを表すものであり、具体的には、アクセル開度の今回値AP(k)と前回値AP(k-1)との偏差の絶対値が所定値以下である状態が、所定時間以上継続したときには「1」に、それ以外のときには「0」に設定される。

【0182】

ステップ87の判別結果がYESで、アクセル開度APが変動することなく、安定した状態にあるときには、ステップ88に進み、回転偏差フラグF__DNEが「1」であるか否かを判別する。この回転偏差フラグF__DNEは、エンジン回転数NEが安定した状態にあるか否かを表すものであり、具体的には、エンジン回転数NEの今回値NE(k)と前回値NE(k-1)との偏差の絶対値が所定値以下である状態が、所定時間以上継続したときには「1」に、それ以外のときには「0」に設定される。

10

【0183】

ステップ88の判別結果がYESで、エンジン回転数NEが変動することなく、安定した状態にあるときには、補正後バルブリフトLiftin_compおよび補正後カム位相Cain_compの算出条件が成立しているとして、後述するステップ89に進む。一方、ステップ87または88の判別結果がNOのときには、本処理を終了する。これらのステップ87, 88の判別により、アクセル開度APおよびエンジン回転数NEが安定するまでの間、すなわちエンジン3の運転状態が安定するまでの間、補正後バルブリフトLiftin_compおよび補正後カム位相Cain_compの算出が回避されるとともに、運転状態が安定した以降、算出が実行される。

20

【0184】

ステップ86または88に続くステップ89では、前述した算出手法により、リフト補正值Dliftin_compを算出する。すなわち、図27に示すように、まず、ステップ100で、統計処理値KAF_LSが下限値KAF_LSL以下であるか否かを判別する。

【0185】

この判別結果がYESで、KAF_LS < KAF_LSLのときには、ステップ101で、リフト補正值の今回値Dliftin_comp(k)を、前回値Dliftin_comp(k-1)から所定値Decを減算した値に設定した後、本処理を終了する。

30

【0186】

一方、ステップ100の判別結果がNOのときには、ステップ102に進み、統計処理値KAF_LSが上限値KAF_LSH未満であるか否かを判別する。この判別結果がYESで、KAF_LSL < KAF_LS < KAF_LSHのときには、ステップ103で、リフト補正值の今回値Dliftin_comp(k)を、前回値Dliftin_comp(k-1)に設定した後、本処理を終了する。すなわち、リフト補正值Dliftin_compが更新されず、一定値に保持される。

【0187】

一方、ステップ102の判別結果がNOで、KAF_LSH < KAF_LSのときには、ステップ104で、リフト補正值の今回値Dliftin_comp(k)を、前回値Dliftin_comp(k-1)と所定値Dincとの和に設定した後、本処理を終了する。

40

【0188】

図26に戻り、ステップ89で、リフト補正值Dliftin_compを以上のように算出した後、ステップ90に進み、補正後バルブリフトLiftin_compを、前述した式(21)により算出する。

【0189】

次いで、ステップ91で、前述した算出手法により、位相補正值Dcain_compを算出する。すなわち、図28に示すように、まず、ステップ110で、カム位相Cainが遅角側の所定値Cain_ret未満であるか否かを判別する。この判別結果がYE

50

Sで、カム位相 $Cain$ が遅角側領域の値であるときには、ステップ 111 に進み、補正項 $Dcomp$ を値 $-Dret$ に、補正項 $Dcomp'$ を値 $Dadv$ にそれぞれ設定する。

【0190】

一方、ステップ 110 の判別結果が NO のときには、ステップ 112 に進み、カム位相 $Cain$ が進角側の所定値 $Cain_adv$ 以下であるか否かを判別する。この判別結果が YES で、 $Cain_ret$ $Cain$ $Cain_adv$ のときには、ステップ 113 に進み、2つの補正項 $Dcomp$, $Dcomp'$ をいずれも値 0 に設定する。

【0191】

一方、ステップ 112 の判別結果が NO で、カム位相 $Cain$ が進角側領域の値であるときには、ステップ 114 に進み、補正項 $Dcomp$ を値 $-Dret$ に、補正項 $Dcomp'$ を値 $Dadv$ にそれぞれ設定する。

10

【0192】

以上のステップ 111 , 113 または 114 に続くステップ 115 では、統計処理値 KAF_LS が下限値 KAF_LSL 以下であるか否かを判別する。

【0193】

この判別結果が YES で、 KAF_LS KAF_LSL のときには、ステップ 116 で、位相補正值の今回値 $Dcain_comp(k)$ を、前回値 $Dcain_comp(k-1)$ と補正項 $Dcomp'$ との和に設定した後、本処理を終了する。

【0194】

一方、ステップ 115 の判別結果が NO のときには、ステップ 117 に進み、統計処理値 KAF_LS が上限値 KAF_LSH 未満であるか否かを判別する。この判別結果が YES で、 $KAF_LSL < KAF_LS < KAF_LSH$ のときには、ステップ 118 で、位相補正值の今回値 $Dcain_comp(k)$ を、前回値 $Dcain_comp(k-1)$ に設定した後、本処理を終了する。すなわち、位相補正值 $Dcain_comp$ が更新されず、一定値に保持される。

20

【0195】

一方、ステップ 117 の判別結果が NO で、 KAF_LSH KAF_LS のときには、ステップ 119 で、位相補正值の今回値 $Dcain_comp(k)$ を、前回値 $Dcain_comp(k-1)$ と補正項 $Dcomp$ との和に設定した後、本処理を終了する。

【0196】

図 26 に戻り、ステップ 91 で、位相補正值 $Dcain_comp$ を以上のように算出した後、ステップ 92 に進み、補正後カム位相 $Cain_comp$ を、前述した式 (25) により算出する。その後、本処理を終了する。

30

【0197】

以上のように、この補正後値算出処理では、ステップ 83 ~ 86 の判別結果がいずれも YES のとき、または、ステップ 84 の判別結果が NO で、かつステップ 87 , 88 の判別結果がいずれも YES のときに、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ の算出が実行される。すなわち、エンジン 3 の暖機の終了後において、アイドル運転中で、エンジン 3 の運転状態が安定しているとき、または、アイドル運転以外で、アクセル開度 AP およびエンジン回転数 NE の変動量が小さく、安定した運転状態にあるときに、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ が算出されるので、良好な算出精度を確保することができる。

40

【0198】

以下、図 29 を参照しながら、ECU 2 により実行される可変機構制御処理について説明する。本処理は、2つの可変機構をそれぞれ制御するための2つの制御入力 U_Liftin , U_Cain を算出するものであり、前述した所定の制御周期 T で、前述した補正後値算出処理に続けて実行される。

【0199】

この処理では、まず、ステップ 130 で、前述した可変機構故障フラグ F_VDNG が

50

「1」であるか否かを判別する。この判別結果がNOで、2つの可変機構がいずれも正常であるときには、ステップ131に進み、前述したエンジン始動フラグF_ENGSTARTが「1」であるか否かを判別する。

【0200】

この判別結果がYESで、エンジン始動制御中であるときには、ステップ132に進み、目標バルブリフトLiftin_cmdを、エンジン水温TWに応じて、図30に示すテーブルを検索することにより算出する。

【0201】

このテーブルでは、目標バルブリフトLiftin_cmdは、エンジン水温TWが所定値TWREF1より高い範囲では、エンジン水温TWが低いほど、より大きな値に設定されているとともに、TW TWREF1の範囲では、所定値Liftin_refに設定されている。これは、エンジン水温TWが低い場合、可変バルブリフト機構50のフリクションが増大するので、それを補償するためである。

10

【0202】

次いで、ステップ133で、目標カム位相Cain_cmdを、エンジン水温TWに応じて、図31に示すテーブルを検索することにより算出する。

【0203】

このテーブルでは、目標カム位相Cain_cmdは、エンジン水温TWが所定値TWREF2より高い範囲では、エンジン水温TWが低いほど、より遅角側の値に設定されているとともに、TW TWREF2の範囲では、所定値Cain_refに設定されている。これは、エンジン水温TWが低い場合、カム位相Cainをエンジン水温TWが高い場合よりも遅角側に制御し、バルブオーバーラップを小さくすることで、吸気流速を上昇させ、燃焼の安定化を図るためである。

20

【0204】

次に、ステップ134に進み、下式(35)~(38)に示す目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、リフト制御入力U_Liftinを算出する。

【0205】

【数8】

$$U_Liftin = -Krch_lf \cdot \sigma_lf(k) - Kadp_lf \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_lf(i) \quad \dots\dots (35)$$

30

$$\sigma_lf(k) = E_lf(k) + pole_lf \cdot E_lf(k-1) \quad \dots\dots (36)$$

$$E_lf(k) = Liftin_comp(k) - Liftin_cmd_f(k) \quad \dots\dots (37)$$

$$Liftin_cmd_f(k) = -pole_f_lf \cdot Liftin_cmd_f(k-1) \\ + (1 + pole_f_lf) \cdot Liftin_cmd(k) \quad \dots\dots (38)$$

40

【0206】

同式(35)において、Krch__lfは所定の到達則ゲインを、Kadp__lfは所定の適応則ゲインをそれぞれ表しており、さらに、__lfは、式(36)のように定義される切換関数である。同式(36)において、pole__lfは、 $-1 < pole_lf < 0$ の関係が成立するように設定される応答指定パラメータであり、E__lfは、式(37)により算出される追従誤差である。同式(37)において、Liftin_cmd__fは、目標バルブリフトのフィルタ値であり、式(38)に示す一次遅れフィルタアルゴリズムにより算出される。同式(38)において、pole__f__lfは、 $-1 < po$

50

$1 - e_{-f_lf} < 0$ の関係が成立するように設定される目標値フィルタ設定パラメータである。

【0207】

次に、ステップ135に進み、下式(39)～(42)に示す目標値フィルタ型2自由度スライディングモード制御アルゴリズムにより、位相制御入力 U_Cain を算出する。

【0208】

【数9】

$$U_Cain = -Krch_ca \cdot \sigma_ca(k) - Kadp_ca \cdot \sum_{i=0}^k \sigma_ca(i) \quad \dots\dots (39) \quad 10$$

$$\sigma_ca(k) = E_ca(k) + pole_ca \cdot E_ca(k-1) \quad \dots\dots (40)$$

$$E_ca(k) = Cain_comp(k) - Cain_cmd_f(k) \quad \dots\dots (41)$$

$$Cain_cmd_f(k) = -pole_f_ca \cdot Cain_cmd_f(k-1) \\ + (1 + pole_f_ca) \cdot Cain_cmd(k) \quad \dots\dots (42) \quad 20$$

【0209】

同式(39)において、 $Krch_ca$ は所定の到達則ゲインを、 $Kadp_ca$ は所定の適応則ゲインをそれぞれ表しており、さらに、 σ_ca は、式(40)のように定義される切換関数である。同式(40)において、 $pole_ca$ は、 $-1 < pole_ca < 0$ の関係が成立するように設定される応答指定パラメータであり、 E_ca は、式(41)により算出される追従誤差である。同式(41)において、 $Cain_cmd_f$ は、目標カム位相のフィルタ値であり、式(42)に示す一次遅れフィルタアルゴリズムにより算出される。同式(42)において、 $pole_f_ca$ は、 $-1 < pole_f_ca < 0$ の関係が成立するように設定される目標値フィルタ設定パラメータである。 30

【0210】

ステップ135で、位相制御入力 U_Cain を以上のように算出した後、本処理を終了する。

【0211】

一方、ステップ131の判別結果がNOで、エンジン始動制御中でないときには、ステップ136に進み、アクセル開度 AP が所定値 $APREF$ より小さいか否かを判別する。この判別結果がYESで、アクセルペダルが踏まれていないときには、ステップ137に進み、触媒暖機制御の実行時間 $Tcat$ が所定値 $Tcatlmt$ より小さいか否かを判別する。

【0212】

この判別結果がYESで、 $Tcat < Tcatlmt$ のときには、触媒暖機制御を実行すべきであるとして、ステップ138に進み、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ を、触媒暖機制御の実行時間 $Tcat$ およびエンジン水温 TW に応じて、図32に示すマップを検索することにより算出する。同図において、 $TW1 \sim TW3$ は、 $TW1 < TW2 < TW3$ の関係が成立するエンジン水温 TW の所定値を示しており、この点は以下の説明においても同様である。

【0213】

このマップでは、目標バルブリフト $Liftin_cmd$ は、エンジン水温 TW が低いほど、より大きな値に設定されている。これは、エンジン水温 TW が低いほど、触媒の活性化に要する時間が長くなるので、排気ガスボリュームを大きくすることで、触媒の活性 50

化に要する時間を短縮するためである。これに加えて、このマップでは、目標バルブリフト $L i f t i n_c m d$ は、触媒暖機制御の実行時間 $T c a t$ が短い間は、実行時間 $T c a t$ が長いほど、より大きな値に設定され、実行時間 $T c a t$ がある程度経過した後は、実行時間 $T c a t$ が長いほど、より小さな値に設定されている。これは、実行時間 $T c a t$ の経過に伴い、エンジン 3 の暖機が進むことで、フリクションが低下した場合において、吸入空気量を低減しないと、エンジン回転数 $N E$ を目標値に維持するために点火時期が過剰にリタード制御された状態となり、燃焼状態が不安定になってしまうので、それを回避するためである。

【0214】

次いで、ステップ 139 で、目標カム位相 $C a i n_c m d$ を、触媒暖機制御の実行時間 $T c a t$ およびエンジン水温 $T W$ に応じて、図 33 に示すマップを検索することにより算出する。

10

【0215】

このマップでは、目標カム位相 $C a i n_c m d$ は、エンジン水温 $T W$ が低いほど、より進角側の値に設定されている。これは、エンジン水温 $T W$ が低いほど、上述したように触媒の活性化に要する時間が長くなるので、ポンピングロスを減少させ、吸入空気量を増大させることで、触媒の活性化に要する時間を短縮するためである。これに加えて、このマップでは、目標カム位相 $C a i n_c m d$ は、触媒暖機制御の実行時間 $T c a t$ が短い間は、実行時間 $T c a t$ が長いほど、より遅角側の値に設定され、実行時間 $T c a t$ がある程度経過した後は、実行時間 $T c a t$ が長いほど、より進角側の値に設定されている。これは、図 32 の説明で述べたのと同じ理由による。

20

【0216】

次いで、前述したように、ステップ 134, 135 を実行した後、本処理を終了する。

【0217】

一方、ステップ 136 または 137 の判別結果が $N O$ のとき、すなわち $T c a t \quad T c a t l m t$ であるとき、またはアクセルペダルが踏まれているときには、ステップ 140 に進み、目標バルブリフト $L i f t i n_c m d$ を、エンジン回転数 $N E$ およびアクセル開度 $A P$ に応じて、図 34 に示すマップを検索することにより算出する。同図において、 $A P 1 \sim A P 3$ は、 $A P 1 < A P 2 < A P 3$ の関係が成立するアクセル開度 $A P$ の所定値を示しており、この点は以下の説明においても同様である。

30

【0218】

このマップでは、目標バルブリフト $L i f t i n_c m d$ は、エンジン回転数 $N E$ が高いほど、またはアクセル開度 $A P$ が大きいほど、より大きな値に設定されている。これは、エンジン回転数 $N E$ が高いほど、またはアクセル開度 $A P$ が大きいほど、エンジン 3 に対する要求出力が大きいことで、より大きな吸入空気量が要求されることによる。

【0219】

次いで、ステップ 141 で、目標カム位相 $C a i n_c m d$ を、エンジン回転数 $N E$ およびアクセル開度 $A P$ に応じて、図 35 に示すマップを検索することにより算出する。このマップでは、目標カム位相 $C a i n_c m d$ は、アクセル開度 $A P$ が小さくかつ中回転域にあるときには、それ以外のときよりも進角側の値に設定されている。これは、そのような運転状態では、内部 $E G R$ 量を低減し、ポンピングロスを減少させる必要があるためである。

40

【0220】

ステップ 141 に続いて、前述したように、ステップ 134, 135 を実行した後、本処理を終了する。

【0221】

一方、ステップ 130 の判別結果が $Y E S$ で、2 つの可変機構の少なくとも一方が故障しているときには、ステップ 142 に進み、リフト制御入力 $U_L i f t i n$ を所定の故障時値 $U_L i f t i n_f s$ に、位相制御入力 $U_C a i n$ を所定の故障時値 $U_C a i n_f s$ にそれぞれ設定した後、本処理を終了する。これにより、前述したように

50

、バルブリフト $Liftin$ が最小値 $Liftin_{min}$ に、カム位相 $Cain$ が所定のロック値にそれぞれ保持され、それにより、停車中はアイドル運転やエンジン始動を適切に実行できると同時に、走行中は低速走行状態を維持できる。

【0222】

次に、以上のように構成された第1実施形態の制御装置1による空燃比制御のシミュレーション結果について説明する。図36は、回動角センサ25の検出信号に基づいて算出されるバルブリフト $Liftin$ (実線で示す値) が、実際のバルブリフト (2点鎖線で示す値) よりも小さい側にずれている場合において、アイドル運転中、空燃比補正係数 $KSTR$ による空燃比のフィードバック制御を実行したときの制御結果例を示している。

【0223】

同図において、ハッチングで示す領域が、リフト補正值 $Dliftin_comp$ および補正後バルブリフト $Liftin_comp$ がいずれも更新(変更)される領域を表している。なお、アイドル運転中は、カム位相 $Cain$ が $Cain_ret$ $Cain$ $Cain_adv$ の範囲内に制御されるため、補正後カム位相 $Cain_comp$ および位相補正值 $Dcain_comp$ はいずれも変化しないので、図36では、これらの値 $Cain_comp$, $Dcain_comp$ を示す曲線が省略されている。

【0224】

また、図37は、比較のために、バルブリフト $Liftin$ (破線で示す値) が、実際のバルブリフト (2点鎖線で示す値) よりも小さい側にずれている場合において、アイドル運転中、バルブリフト $Liftin$ を補正することなく(すなわち補正後バルブリフト $Liftin_comp$ を用いることなく)、空燃比補正係数 $KSTR$ による空燃比のフィードバック制御を実行したときの制御結果例を示している。

【0225】

図37に示すように、空燃比のフィードバック制御の開始時点において、バルブリフト $Liftin$ が、実際のバルブリフトよりも小さい側にずれているとともに、そのずれ度合いが比較的、大きい場合、両者のずれに起因して、気筒3aに吸入される実際の空気量が算出吸気量 G_{cyl} よりもかなり多くなり、混合気の実際の空燃比がリーン側にずれてしまうので、検出空燃比 $KACT$ が目標空燃比 $KCMD$ よりもリーン側にかなり乖離した状態になる。このような状態を補正するために、空燃比制御では、空燃比補正係数 $KSTR$ が、上限値 $KSTR_{max}$ を上回るようなかなりリッチ側の値として算出されるものの、前述したリミット処理により、上限値 $KSTR_{max}$ に制限されてしまう。その結果、検出空燃比 $KACT$ は、時間が経過しても、目標空燃比 $KCMD$ に収束せず、目標空燃比 $KCMD$ よりもリーン側の値に保持されてしまう。

【0226】

一方、図36に示すように、本実施形態の制御装置1の場合、空燃比のフィードバック制御の開始時点(時刻 t_0) では、バルブリフト $Liftin$ および補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が、実際のバルブリフト (2点鎖線で示す値) よりも小さい側にずれていることに起因して、検出空燃比 $KACT$ が目標空燃比 $KCMD$ よりもリーン側にかなり乖離した状態となり、空燃比指標値 KAF が最大値 KAF_{max} ($= KSTR_{max} / KCMD$) に保持されている。

【0227】

そして、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ の算出処理が進行するのに伴って、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が実際のバルブリフトに近づくように補正される。これに並行して、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ を用いた空燃比のフィードバック制御が進行するのに伴い、検出空燃比 $KACT$ が目標空燃比 $KCMD$ に収束するように変化し、空燃比指標値の統計処理値 KAF_LS が、上限値 KAF_LSH を横切り、 $KAF_LSL < KAF_LS < KAF_LSH$ の範囲内の値になる(時刻 t_1)。それ以降、リフト補正值 $Dliftin_comp$ が一定値に保持され、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が一定値に保持されるとともに、検出空燃比 $KACT$ が目標空燃比 $KCMD$ に収束するように制御される。以上のように、本実施形態の制御装

10

20

30

40

50

置 1 によれば、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ が実際値に近づくように算出されるので、そのような補正後バルブリフト $Liftin_comp$ を用いながら、空燃比フィードバック制御を実行することにより、検出空燃比 $KACT$ を目標空燃比 $KCMD$ に迅速に収束させることができることが判る。

【 0 2 2 8 】

また、空燃比のフィードバック制御の進行に伴い、運転状態の変化に起因して、空燃比指標値 KAF は振動状態で変動するものの、統計処理値 KAF_LS は、逐次型最小 2 乗法アルゴリズムで算出されることにより、空燃比指標値 KAF の変動状態を影響を回避しながら、安定した変動状態を示す値として算出されることが判る。

【 0 2 2 9 】

以上のように、本実施形態の制御装置 1 によれば、エンジン 3 のアイドル運転中、または安定した運転状態にある場合において、空燃比補正係数 $KSTR$ による空燃比のフィードバック制御が実行されているときに、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ がそれぞれ、空燃比指標値の統計処理値 KAF_LS に応じてバルブリフト $Liftin$ およびカム位相 $Cain$ を補正した値として算出される。前述した理由により、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ (またはバルブリフト $Liftin$) の実際値に対するずれ、または補正後カム位相 $Cain_comp$ (またはカム位相 $Cain$) の実際値に対するずれが発生している場合、そのようなずれに起因して、空燃比指標値 KAF が値 1 よりも大きい値または小さい値を示す。すなわち、上記のずれは、空燃比指標値 KAF に反映されるので、そのような空燃比指標値の統計処理値 KAF_LS に応じて算出した補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ を用いながら、燃料噴射量 $TOUT$ および点火時期 $Igllog$ が算出されることにより、上記のずれの影響を補償しながら、空燃比制御および点火時期制御を適切に実行することができる。それにより、安定した燃焼状態および良好な排ガス特性をいずれも確保できるとともに、燃焼効率および燃費をいずれも良好な状態に維持することができる。

【 0 2 3 0 】

また、一般に、空燃比制御では、エンジン 3 の運転状態または燃焼状態が変化すると、それに伴って、空燃比の制御状態がリーン側の方向とリッチ側の方向との間で振動的に変動し、それにより、空燃比補正係数 $KSTR$ が振動的に変動し、空燃比指標値 KAF も振動的に変動することになる。そのため、そのような空燃比指標値 KAF を用いて、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ を算出した場合、これらの算出値も振動的に変動し、空燃比制御および点火時期制御の制御精度が低下することによって、サージングおよびエンジン回転数 NE の変動が発生し、運転性が低下する可能性がある。これに対して、本発明では、逐次型最小 2 乗法アルゴリズムにより、空燃比指標値 KAF に統計処理を施した統計処理値 KAF_LS を用いているので、サージングおよびエンジン回転数 NE の変動が発生するのを回避でき、良好な運転性を確保することができる。

【 0 2 3 1 】

さらに、統計処理値 KAF_LS が $KAF_LSL < KAF_LS < KAF_LSH$ の範囲にないときには、統計処理値 KAF_LS がこの範囲内になるように、リフト補正值 $Dliftin_comp$ および位相補正值 $Dcain_comp$ が更新されるとともに、統計処理値 KAF_LS が上記範囲内になったときには、2 つの補正值 $Dliftin_comp$, $Dcain_comp$ の更新が中止され、一定値に保持されるので、補正後バルブリフト $Liftin_comp$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ の算出処理と、空燃比のフィードバック制御とが互いに干渉するのを回避することができる。それにより、空燃比制御の制御精度を向上させることができ、排ガス特性を向上させることができる。

【 0 2 3 2 】

また、第 1 推定吸気量 $Gcyl_vt$ が、補正後バルブリフト $Liftin_comp$

10

20

30

40

50

および補正後カム位相 $Cain_comp$ に応じて算出され、第2推定吸気量 G_{cyl_afm} が、エアフローセンサ22により検出された空気流量 G_{in} に応じて算出される。そして、算出吸気量 G_{cyl} が、式(4)により、第1および第2推定吸気量 G_{cyl_vt} 、 G_{cyl_afm} の加重平均値として算出されるとともに、 G_{in_vt} G_{in1} の範囲では、 $G_{cyl} = G_{cyl_vt}$ となり、 G_{in2} G_{in_vt} の範囲では、 $G_{cyl} = G_{cyl_afm}$ となる。

【0233】

空燃比制御では、燃料噴射量 $TOUT$ が算出吸気量 G_{cyl} に基づいて算出されるので、 G_{in_vt} G_{in1} のとき、すなわち、吸気通路12a内の空気流量が小さいことで、エアフローセンサ22の検出信号の信頼性が低く、第1推定吸気量 G_{cyl_vt} の信頼性が第2推定吸気量 G_{cyl_afm} の信頼性を上回る際には、信頼性がより高い方の第1推定吸気量 G_{cyl_vt} に基づいて、燃料噴射量 $TOUT$ を精度良く算出することができる。また、 G_{in2} G_{in_vt} のとき、すなわち、吸気通路12a内の空気流量が大きいことで、エアフローセンサ22の検出信号の信頼性が高く、第2推定吸気量 G_{cyl_afm} の信頼性が第1推定吸気量 G_{cyl_vt} の信頼性を上回る際には、信頼性がより高い方の第2推定吸気量 G_{cyl_afm} に基づいて、燃料噴射量 $TOUT$ を精度良く算出することができる。以上のように、第1推定吸気量 G_{cyl_vt} の信頼性が第2推定吸気量 G_{cyl_afm} の信頼性を上回る低負荷域、またはその逆の負荷域においても、燃料噴射量 $TOUT$ を精度良く算出することができるので、空燃比制御の制御精度を向上させることができる。その結果、燃費および排ガス特性を向上させることができる。

【0234】

一方、点火時期制御では、点火時期 Igl_{og} が、算出吸気量 G_{cyl} と最大推定吸気量 G_{cyl_max} との比である正規化吸気量 $K_{g_{cyl}}$ を用いて算出されるので、 G_{in_vt} G_{in1} のとき、または G_{in2} G_{in_vt} のとき、すなわち第1および第2推定吸気量 G_{cyl_vt} 、 G_{cyl_afm} の一方の信頼性が他方を上回るような負荷域でも、より信頼性の高い方の値に基づいて、点火時期 Igl_{og} を精度良く算出することができる。これにより、点火時期制御の制御精度を向上させることができ、その結果、燃費および燃焼安定性を向上させることができる。

【0235】

なお、第1実施形態は、空燃比指標値 KAF を逐次型最小2乗法アルゴリズムにより統計処理した統計処理値 KAF_LS に応じて、補正後バルブリフト $Lift_{in_comp}$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ を算出した例であるが、統計処理値 KAF_LS 代えて、空燃比指標値 KAF に応じて、補正後バルブリフト $Lift_{in_comp}$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ を算出してもよい。さらに、統計処理値 KAF_LS に代えて、空燃比補正係数 $KSTR$ または空燃比補正係数 $KSTR$ を逐次型最小2乗法アルゴリズムにより統計処理した値に応じて、補正後バルブリフト $Lift_{in_comp}$ および補正後カム位相 $Cain_comp$ を算出してもよい。

【0236】

また、補正後バルブリフト $Lift_{in_comp}$ を、バルブリフト $Lift_{in}$ および統計処理値 KAF_LS (または空燃比指標値 KAF) に応じて、マップ検索により算出してもよい。これと同様に、補正後カム位相 $Cain_comp$ も、カム位相 $Cain$ および統計処理値 KAF_LS (または空燃比指標値 KAF) に応じて、マップ検索により算出してもよい。

【0237】

さらに、統計処理値 KAF_LS を算出する統計処理アルゴリズムは、第1実施形態の固定ゲイン式の逐次型最小2乗法アルゴリズムに限らず、空燃比指標値 KAF の振動的な変動の影響を回避できるような統計処理アルゴリズムであればよい。例えば、統計処理値 KAF_LS を算出する統計処理アルゴリズムとして、可変ゲイン式の逐次型最小2乗法アルゴリズムや移動平均アルゴリズムなどを用いてもよい。

【 0 2 3 8 】

次に、本発明の第2実施形態に係る制御装置1Aについて説明する。この制御装置1Aは、前述した第1実施形態の制御装置1と比べると、一部を除いて同様に構成されているので、以下、第1実施形態の制御装置1と異なる点を中心として説明する。この制御装置1Aは、図38および図39に示すように、空燃比コントローラ200および点火時期コントローラ230を備えており、これらの空燃比コントローラ200および点火時期コントローラ230は、具体的にはECU2により構成されている。本実施形態では、空燃比コントローラ200が燃料量決定手段および空燃比制御手段に相当し、点火時期コントローラ230が点火時期決定手段に相当する。

【 0 2 3 9 】

10

両図に示すように、この空燃比コントローラ200および点火時期コントローラ230では、補正後値算出部213以外の部分は、前述した空燃比コントローラ100および点火時期コントローラ130と同様に構成されているので、以下、2つのコントローラ100, 130と同じ構成については、同じ符号を付し、その説明は省略するとともに、補正後値算出部213(補正手段)についてのみ説明する。

【 0 2 4 0 】

この補正後値算出部213は、目標空燃比KCMDおよび検出空燃比KACTに依じて、補正後バルブリフトLiftin_compおよび補正後カム位相Cain_compを算出するものであり、図40に示すように、空燃比偏差算出部214、最小2乗法フィルタ215、非線形処理フィルタ216, 217および加算要素218, 219を備えて

20

【 0 2 4 1 】

まず、空燃比偏差算出部214では、検出空燃比KACTから目標空燃比KCMDを減算することにより、空燃比偏差EAF(=KACT-KCMD)が算出される。本実施形態では、空燃比偏差EAFが制御状態値に相当する。

【 0 2 4 2 】

次に、最小2乗法フィルタ215では、下式(43), (44)に示す固定ゲイン式の逐次型最小2乗法アルゴリズムにより、空燃比偏差の統計処理値(以下、単に「統計処理値」という)EAF_LSが算出される。

【 0 2 4 3 】

30

【 数 1 0 】

$$EAF_LS(k) = EAF_LS(k-1) + \frac{P_ls'}{1+P_ls'} \cdot e_ls'(k) \quad \dots\dots (43)$$

$$e_ls'(k) = EAF(k) - EAF_LS(k-1) \quad \dots\dots (44)$$

【 0 2 4 4 】

この式(43)において、e_ls'は、式(44)により算出される偏差であり、P_ls'は、所定のゲイン(一定値)を表している。

40

【 0 2 4 5 】

また、非線形処理フィルタ216では、上記統計処理値EAF_LSと所定の上下限值EAF_LSH, EAF_LSLとの比較結果に基づき、以下の式(45)~(47)のいずれかにより、リフト補正值Dliftin_compが算出される。

・EAF_LS(k) EAF_LSHのとき

$$Dliftin_comp(k) = Dliftin_comp(k-1) - Ddec \quad \dots\dots (45)$$

・EAF_LSL < EAF_LS(k) < EAF_LSHのとき

$$Dliftin_comp(k) = Dliftin_comp(k-1) \quad \dots\dots (46)$$

・EAF_LS(k) EAF_LSLのとき

$$Dliftin_comp(k) = Dliftin_comp(k-1) + Dinc \quad \dots\dots (47)$$

50

【0246】

次いで、加算要素218では、下式(48)により、補正後バルブリフトLiftin_compが算出される。

$$\text{Liftin_comp}(k) = \text{Liftin}(k) + \text{Dliftin_comp}(k) \quad \dots\dots (48)$$

【0247】

この補正後値算出部213では、補正後バルブリフトLiftin_compおよびリフト補正值Dliftin_compが以上のように算出される。これは以下の理由による。すなわち、前述した理由により、回動角センサ25の検出信号に基づいて算出されたバルブリフトLiftinが、実際値に対してずれている場合において、安定した運転状態のときに、空燃比のフィードバック制御を実行すると、バルブリフトLiftinのずれに起因して、検出空燃比KACTが目標空燃比KCMDに収束せず、リーン側またはリッチ側にずれた状態になる。

10

【0248】

例えば、バルブリフトLiftinが実際値よりも小さい値を示している場合、実際の吸入空気量が算出吸気量Gcylよりも大きい値になることで、検出空燃比KACTが目標空燃比KCMDよりもリーン側にずれてしまう。その結果、例えばKCMD = 1のときには、空燃比偏差EAF (= KACT - KCMD) < 0となる。これとは逆に、バルブリフトLiftinが実際値よりも大きい値を示している場合、検出空燃比KACTが目標空燃比KCMDよりもリッチ側にずれてしまうので、例えばKCMD = 1のときには、EAF > 0となる。バルブリフトLiftinの実際値に対するずれと、空燃比偏差EAFとの間には、以上のような相関関係があり、本実施形態では、補正後バルブリフトLiftin_compに応じて算出した算出吸気量Gcylを用いて、空燃比制御が実行されるので、補正後バルブリフトLiftin_compの実際値に対するずれが、空燃比偏差EAFに反映される。

20

【0249】

したがって、EAF_LS(k) > EAF_LSHのときには、バルブリフトLiftinが実際値よりも大きい側にずれていることになるので、前述した式(45)のように、リフト補正值Dliftin_compを減少させることにより、補正後バルブリフトLiftin_compを実際のバルブリフトに近づけることができる。一方、EAF_LS(k) < EAF_LSLのときには、バルブリフトLiftinが実際値よりも小さい側にずれていることになるので、前述した式(47)のように、リフト補正值Dliftin_compを増大させることにより、補正後バルブリフトLiftin_compを実際値に近づけることができる(後述する図41参照)。

30

【0250】

また、EAF_LSL < EAF_LS(k) < EAF_LSHのときには、リフト補正值Dliftin_compが更新されず、一定値に保持される。これは、前述したように、補正後バルブリフトLiftin_compの算出処理と、空燃比のフィードバック制御とが互いに干渉するのを回避するためである。また、上下限值EAF_LSH, EAF_LSLは、補正後バルブリフトLiftin_compと実際値との間のずれが小さくなっていることで、リフト補正值Dliftin_compを一定値に保持し、補正後バルブリフトLiftin_compの更新を中止しても、空燃比制御の制御精度が低下しないような値(例えばEAF_LSH = 0.1, EAF_LSL = -0.1)に設定されている。

40

【0251】

一方、非線形処理フィルタ217では、上記統計処理値EAF_LSと所定の上下限值EAF_LSH, EAF_LSLとの比較結果に基づき、以下の式(49)~(51)のいずれかにより、位相補正值Dcain_compが算出される。

・EAF_LS(k) > EAF_LSHのとき

$$\text{Dcain_comp}(k) = \text{Dcain_comp}(k-1) + \text{Dcomp} \quad \dots\dots (49)$$

・EAF_LSL < EAF_LS(k) < EAF_LSHのとき

50

$$Dcain_comp(k) = Dcain_comp(k-1) \quad \dots\dots (50)$$

・EAF_LS(k) EAF_LSLのとき

$$Dcain_comp(k) = Dcain_comp(k-1) + Dcomp' \quad \dots\dots (51)$$

【0252】

上記式(49)、(51)における補正項Dcomp、Dcomp'は、カム位相Cainと、進角側および遅角側の所定値Cain__adv、Cain__retとの比較結果に基づき、以下のような値に設定される。

・Cain(k) > Cain__advのとき

$$Dcomp = -Dret$$

$$Dcomp' = Dadv$$

10

・Cain__ret < Cain(k) < Cain__advのとき

$$Dcomp = 0$$

$$Dcomp' = 0$$

・Cain(k) < Cain__retのとき

$$Dcomp = Dadv$$

$$Dcomp' = -Dret$$

【0253】

次いで、加算要素219では、下式(52)により、補正後カム位相Cain__compが算出される。

$$Cain_comp(k) = Cain(k) + Dcain_comp(k) \quad \dots\dots (52)$$

20

【0254】

補正後値算出部213では、補正後カム位相Cain__compおよび位相補正值Dcain__compが以上のように算出される。これは以下の理由による。すなわち、前述した理由により、2つのセンサ20、26の検出信号に基づいて算出されたカム位相Cainが、実際のカム位相に対して進角側または遅角側にずれている場合、空燃比のフィードバック制御を実行すると、バルブオーバーラップの変化または吸気弁4の遅閉じによる吹き戻し量の変化に起因して、検出空燃比KACTが目標空燃比KCMDに収束せず、リーン側またはリッチ側にずれた状態になる。その結果、例えばKCMD = 1のときには、EAF < 0またはEAF > 0となる。カム位相Cainの実際値に対するずれと、空燃比偏差EAFとの間には、以上のような相関関係があり、本実施形態では、補正後カム位相Cain__compに応じて算出した算出吸気量Gcylを用いて、空燃比制御が実行されるので、補正後カム位相Cain__compの実際値に対するずれが、空燃比指標値KAFに反映される。

30

【0255】

したがって、EAF_LS(k) EAF_LSHの場合において、Cain(k) > Cain__advで、カム位相Cainが進角側領域の値であるときには、算出吸気量Gcylの算出に用いている補正後カム位相Cain__compが、実際値よりも進角側にずれていることにより、バルブオーバーラップの増大に起因して、実際の吸入空気量が算出吸気量Gcylよりも小さい値となっており、その結果、検出空燃比KACTが目標空燃比KCMDよりもリッチ側にずれていると推定される。そのため、補正後カム位相Cain__compをより遅角側に補正する必要があるので、式(49)において、位相補正值Dcain__compがより小さな値として算出されるように、補正項Dcompが値-Dretに設定される。

40

【0256】

さらに、EAF_LS(k) EAF_LSHの場合において、Cain(k) < Cain__retで、カム位相Cainが遅角側領域の値であるときには、補正後カム位相Cain__compが実際値よりも遅角側にずれていることにより、吸気弁4の遅閉じ度合いの増大に起因して、吸気の吹き戻し量が増大し、実際の吸入空気量が算出吸気量Gcylよりも小さい値となっており、その結果、検出空燃比KACTが目標空燃比KCMDよりもリッチ側にずれていると推定される。そのため、補正後カム位相Cain__comp

50

をより進角側に補正する必要があるので、式(49)において、位相補正值 D_{cain_comp} がより大きな値として算出されるように、補正項 D_{comp} が値 D_{adv} に設定される。

【0257】

一方、 $EAF_LS(k) = EAF_LSL$ の場合において、 $Cain(k) > Cain_{adv}$ で、カム位相 $Cain$ が進角側領域の値であるときには、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ が実際値よりも遅角側にずれていることにより、バルブオーバーラップの減少に起因して、実際の吸入空気量が算出吸気量 G_{cyl} よりも大きい値となっており、その結果、検出空燃比 $KACT$ が目標空燃比 $KCMD$ よりもリーン側にずれていると推定される。そのため、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ をより進角側に補正する必要があるので、式(51)において、位相補正值 D_{cain_comp} がより大きな値として算出されるように、補正項 D_{comp}' が値 D_{adv} に設定される。

10

【0258】

さらに、 $EAF_LS(k) = EAF_LSL$ の場合において、 $Cain(k) < Cain_{ret}$ で、カム位相 $Cain$ が遅角側領域の値であるときには、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ が実際値よりも進角側にずれていることにより、吸気弁4の遅閉じ度合いの減少に起因して、吸気の吹き戻し量が減少し、実際の吸入空気量が算出吸気量 G_{cyl} よりも大きい値となっており、その結果、検出空燃比 $KACT$ が目標空燃比 $KCMD$ よりもリーン側にずれていると推定される。そのため、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ をより遅角側に補正する必要があるので、式(51)において、位相補正值 D_{cain_comp} がより小さな値として算出されるように、補正項 D_{comp}' が値 $-D_{ret}$ に設定される。

20

【0259】

一方、 $EAF_LSL < EAF_LS(k) < EAF_LSH$ のとき、および $Cain_{ret} < Cain(k) < Cain_{adv}$ のときには、位相補正值 D_{cain_comp} が更新されず、一定値に保持される。これは、位相補正值 D_{cain_comp} を一定値に保持し、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ の更新を停止することで、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ の算出処理と、空燃比のフィードバック制御とが互いに干渉するのを回避するためである。また、上下限值 EAF_LSH , EAF_LSL 、および所定値 $Cain_{adv}$, $Cain_{ret}$ は、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ と実際値との間のずれが小さくなっていることで、位相補正值 D_{cain_comp} を一定値に保持し、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ の更新を停止しても、空燃比制御の制御精度が低下しないような値に設定されている。

30

【0260】

次に、以上のように構成された第2実施形態の制御装置1Aによる制御結果について説明する。図41は、回動角センサ25の検出信号に基づいて算出されるバルブリフト $Liftin$ (実線で示す値) が、実際のバルブリフト(2点鎖線で示す値)よりも小さい側にずれている場合において、アイドル運転中、空燃比補正係数 $KSTR$ による空燃比のフィードバック制御および補正後値算出処理を実行したときの制御結果の一例を示している。

40

【0261】

同図において、ハッチングで示す領域が、リフト補正值 D_{liftin_comp} および補正後バルブリフト $Liftin_{comp}$ がいずれも更新される領域を表している。また、前述したように、アイドル運転中は、カム位相 $Cain$ が $Cain_{ret} < Cain < Cain_{adv}$ の範囲内に制御されるため、補正後カム位相 $Cain_{comp}$ および位相補正值 D_{cain_comp} はいずれも変化しないので、図41では、これらの値 $Cain_{comp}$, D_{cain_comp} を示す曲線が省略されている。

【0262】

図41に示すように、第2実施形態の制御装置1Aの場合、空燃比のフィードバック制御の開始時点(時刻 t_{10})では、バルブリフト $Liftin$ すなわち補正後バルブリフ

50

トL i f t i n__c o m pが、実際のバルブリフトよりも小さい側にずれていることに起因して、検出空燃比K A C Tが目標空燃比K C M Dよりもリーン側にかなり乖離した状態となり、空燃比偏差E A Fが値 - 1 付近の値になる。そのため、空燃比補正係数K S T Rが最大値K S T R m a xをかなり上回った値として算出されることで、前述したリミット処理により、最大値K S T R m a xに制限されている。

【0263】

そして、補正後バルブリフトL i f t i n__c o m pの算出処理が進行するのに伴って、補正後バルブリフトL i f t i n__c o m pが実際のバルブリフトに近づくように補正される。これに並行して、補正後バルブリフトL i f t i n__c o m pを用いた空燃比のフィードバック制御が進行するのに伴い、検出空燃比K A C Tが目標空燃比K C M D側に向かって変化し、空燃比偏差の統計処理値E A F__L Sが、下限値E A F__L S Lを横切り、 $E A F__L S L < E A F__L S < E A F__L S H$ の範囲内の値になる(時刻t 1 1)。それ以降、リフト補正值D l i f t i n__c o m pが一定値に保持され、補正後バルブリフトL i f t i n__c o m pも一定値に保持される。その結果、検出空燃比K A C Tは目標空燃比K C M Dよりもリーン側に若干、乖離した状態に保持されるとともに、空燃比補正係数K S T Rが最大値K S T R m a xに保持される。

10

【0264】

また、空燃比のフィードバック制御の進行に伴い、空燃比偏差E A Fは振動状態で変動するものの、統計処理値E A F__L Sは、逐次型最小2乗法アルゴリズムにより算出されることによって、空燃比偏差E A Fの変動状態の影響を回避しながら、安定した変動状態を示す値として算出されることが判る。

20

【0265】

さらに、この第2実施形態の制御装置1 Aの場合、空燃比偏差の統計処理値E A F__L Sが、 $E A F__L S L < E A F__L S < E A F__L S H$ の範囲内の値になった以降、空燃比補正係数K S T Rが最大値K S T R m a xに保持されてしまうので、前述した第1実施形態の制御装置1の方が、空燃比制御において、より良好な制御性および安定性を確保できることが判る。

【0266】

以上のように、第2実施形態の制御装置1 Aでも、補正後バルブリフトL i f t i n__c o m pおよび補正後カム位相C a i n__c o m pがそれぞれ、バルブリフトL i f t i nおよびカム位相C a i nを実際値側に補正した値として算出されるので、そのような補正後バルブリフトL i f t i n__c o m pおよび補正後カム位相C a i n__c o m pを用いながら、空燃比フィードバック制御および点火時期制御を実行することができ、それにより、前述した第1実施形態の制御装置1と同様の作用効果を得ることができる。

30

【0267】

なお、各実施形態は、本発明の制御装置1を車両用の内燃機関3に適用した例であるが、本発明の制御装置1はこれに限らず、船舶用および発電用などの様々な用途の内燃機関に適用可能である。

【0268】

また、各実施形態は、可変吸気機構として、可変バルブリフト機構5 0および可変カム位相機構7 0を用いた例であるが、可変吸気機構はこれらに限らず、エンジン3の燃焼室内に吸入される吸入空気量を変更可能なものであればよい。例えば、可変吸気機構として、従来のようなスロットル弁機構を用いてもよく、その場合、スロットル弁の開度を動作状態パラメータとして用いればよい。

40

【0269】

さらに、各実施形態は、動作状態パラメータとして、バルブリフトL i f t i nおよびカム位相C a i nを用いた例であるが、これらの一方のみを動作状態パラメータとして用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0270】

50

【図1】本発明の第1実施形態に係る制御装置が適用された内燃機関の概略構成を示す模式図である。

【図2】制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図3】内燃機関の可変式吸気動弁機構および排気動弁機構の概略構成を示す断面図である。

【図4】可変式吸気動弁機構の可変バルブリフト機構の概略構成を示す断面図である。

【図5】(a)リフトアクチュエータの短アームが最大リフト位置にある状態と(b)最小リフト位置にある状態を示す図である。

【図6】(a)可変バルブリフト機構の下リンクが最大リフト位置にあるときの吸気弁の開弁状態と(b)最小リフト位置にあるときの吸気弁の開弁状態を示す図である。

10

【図7】可変バルブリフト機構の下リンクが最大リフト位置にあるときの吸気弁のバルブリフト曲線(実線)と、最小リフト位置にあるときのバルブリフト曲線(2点鎖線)をそれぞれ示す図である。

【図8】可変カム位相機構の概略構成を模式的に示す図である。

【図9】可変カム位相機構により、カム位相が最遅角値に設定されているときの吸気弁4のバルブリフト曲線(実線)と、カム位相が最進角値に設定されているときの吸気弁4のバルブリフト曲線(2点鎖線)をそれぞれ示す図である。

【図10】空燃比コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図11】基本推定吸気量 $G_{cyl_vt_base}$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

20

【図12】補正係数 $K_{g_{cyl_vt}}$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図13】移行係数 K_g の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図14】目標空燃比 K_{CMD} の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図15】補正後値算出部の構成を示すブロック図である。

【図16】点火時期コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図17】最大推定吸気量 G_{cyl_max} の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図18】補正係数 $K_{g_{cyl_max}}$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図19】 $C_{ain_comp} = C_{ain_{rt}}$ 用の基本点火時期マップの一例を示す図である。

30

【図20】 $C_{ain_comp} = C_{ain_{ad}}$ 用の基本点火時期マップの一例を示す図である。

【図21】空燃比補正係数 K_{STR} の算出処理を示すフローチャートである。

【図22】空燃比制御処理を示すフローチャートである。

【図23】基本燃料噴射量 T_{cyl_bs} の算出処理を示すフローチャートである。

【図24】点火時期制御処理を示すフローチャートである。

【図25】通常点火時期制御処理を示すフローチャートである。

【図26】補正後値算出処理を示すフローチャートである。

【図27】リフト補正值 D_{liftin_comp} の算出処理を示すフローチャートである。

40

【図28】位相補正值 D_{cain_comp} の算出処理を示すフローチャートである。

【図29】可変機構制御処理を示すフローチャートである。

【図30】エンジン始動中、目標バルブリフト L_{iftin_cmd} の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図31】エンジン始動中、目標カム位相 C_{ain_cmd} の算出に用いるテーブルの一例を示す図である。

【図32】触媒暖機制御中、目標バルブリフト L_{iftin_cmd} の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図33】触媒暖機制御中、目標カム位相 C_{ain_cmd} の算出に用いるマップの一例を示す図である。

50

【図34】通常運転中、目標バルブリフト $L i f t i n _ c m d$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図35】通常運転中、目標カム位相 $C a i n _ c m d$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図36】第1実施形態の制御装置による空燃比の制御結果の一例を示すタイミングチャートである。

【図37】比較例の空燃比の制御結果を示すタイミングチャートである。

【図38】第2実施形態の制御装置の空燃比コントローラの概略構成を示すブロック図である。

【図39】第2実施形態の制御装置の点火時期コントローラの概略構成を示すブロック図である。

10

【図40】第2実施形態の補正後値算出部の構成を示すブロック図である。

【図41】第2実施形態の制御装置による空燃比の制御結果の一例を示すタイミングチャートである。

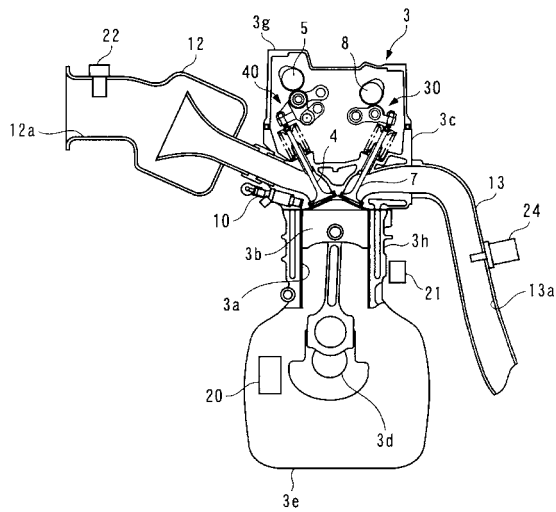
【符号の説明】

【0271】

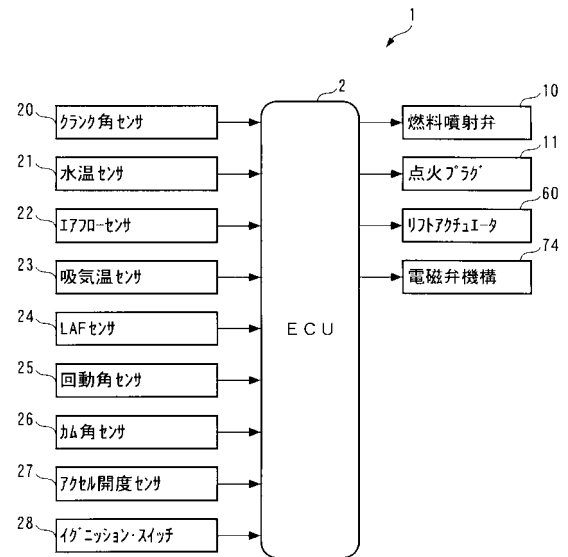
1, 1A	制御装置	
2	ECU (動作状態パラメータ検出手段、空燃比パラメータ検出手段、目標空燃比算出手段、空燃比制御パラメータ算出手段、補正手段、燃料量決定手段、負荷パラメータ検出手段、空燃比制御手段、点火時期決定手段)	20
3	内燃機関	
3a	気筒	
12a	吸気通路	
13a	排気通路	
20	クランク角センサ (動作状態パラメータ検出手段、負荷パラメータ検出手段)	
22	エアフローセンサ (空気流量検出手段)	
24	LAFセンサ (空燃比パラメータ検出手段)	
25	回動角センサ (動作状態パラメータ検出手段、負荷パラメータ検出手段)	
26	カム角センサ (動作状態パラメータ検出手段、負荷パラメータ検出手段)	
50	可変バルブリフト機構 (可変吸気機構)	30
70	可変カム位相機構 (可変吸気機構)	
100	空燃比コントローラ (燃料量決定手段、空燃比制御手段)	
108	目標空燃比算出部 (目標空燃比算出手段)	
109	空燃比補正係数算出部 (空燃比制御パラメータ算出手段)	
113	補正後値算出部 (補正手段)	
130	点火時期コントローラ (点火時期決定手段)	
200	空燃比コントローラ (燃料量決定手段、空燃比制御手段)	
213	補正後値算出部 (補正手段)	
230	点火時期コントローラ (点火時期決定手段)	
	$L i f t i n$ バルブリフト (動作状態パラメータ、負荷パラメータ)	40
	$L i f t i n _ c o m p$ 補正後バルブリフト (補正された動作状態パラメータ)	
	$D l i f t i n _ c o m p$ リフト補正值 (動作状態パラメータの補正量)	
	$C a i n$ カム位相 (動作状態パラメータ、負荷パラメータ)	
	$C a i n _ c o m p$ 補正後カム位相 (補正された動作状態パラメータ)	
	$D c a i n _ c o m p$ 位相補正值 (動作状態パラメータの補正量)	
	KACT 検出空燃比 (空燃比パラメータ)	
	KCMD 目標空燃比	
	KSTR 空燃比補正係数 (空燃比制御パラメータ、空燃比の制御状態)	
	KAF 空燃比指標値 (制御状態値、空燃比の制御状態)	50

K A F _ L S 統計処理値
E A F 空燃比偏差 (制御状態値)
E A F _ L S 統計処理値
N E 機関回転数 (負荷パラメータ)
G i n 空気の流量
T O U T 燃料噴射量 (燃料量)
I g l o g 点火時期

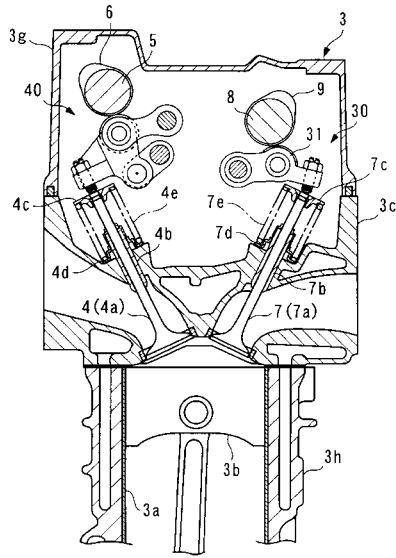
【図1】



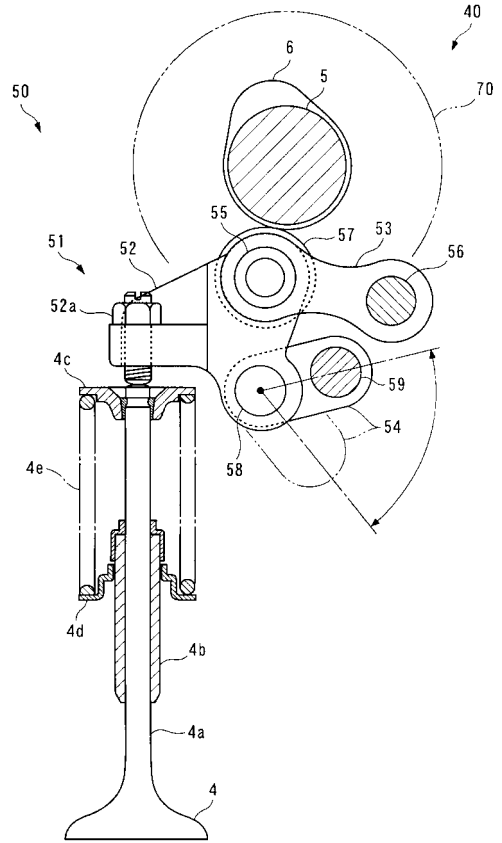
【図2】



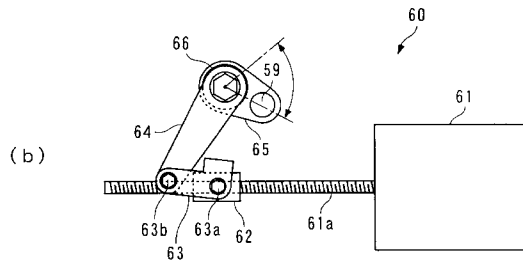
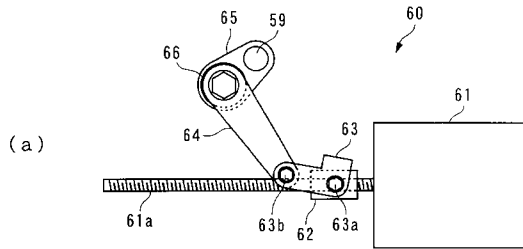
【 図 3 】



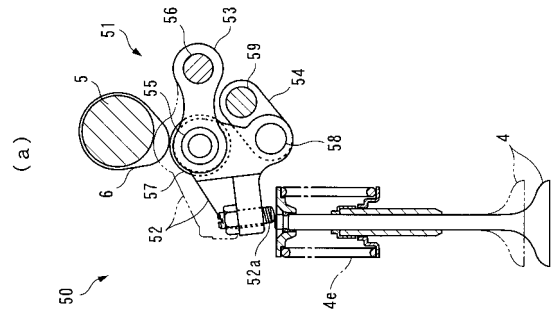
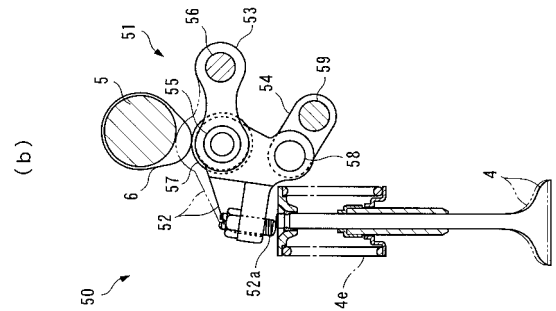
【 図 4 】



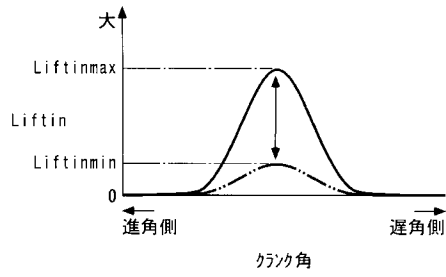
【 図 5 】



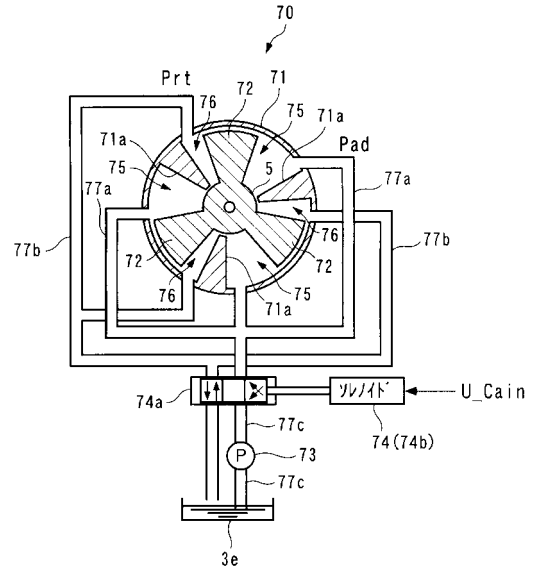
【 図 6 】



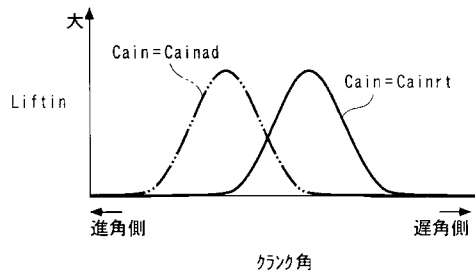
【図7】



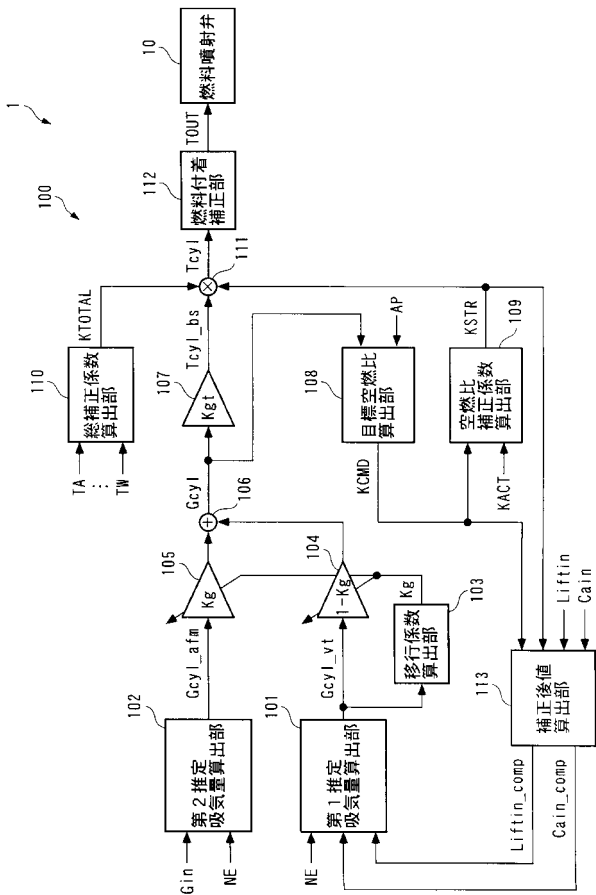
【図8】



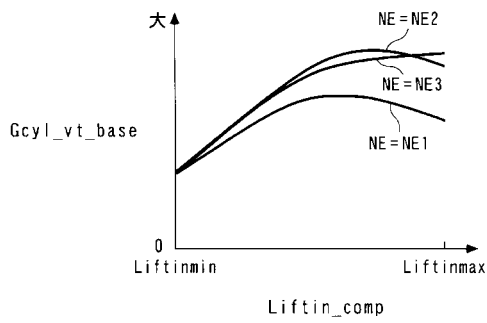
【図9】



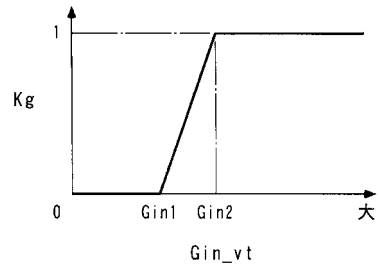
【図10】



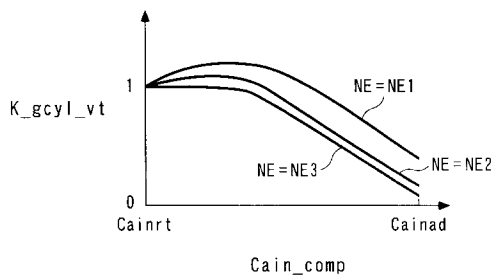
【図11】



【図13】



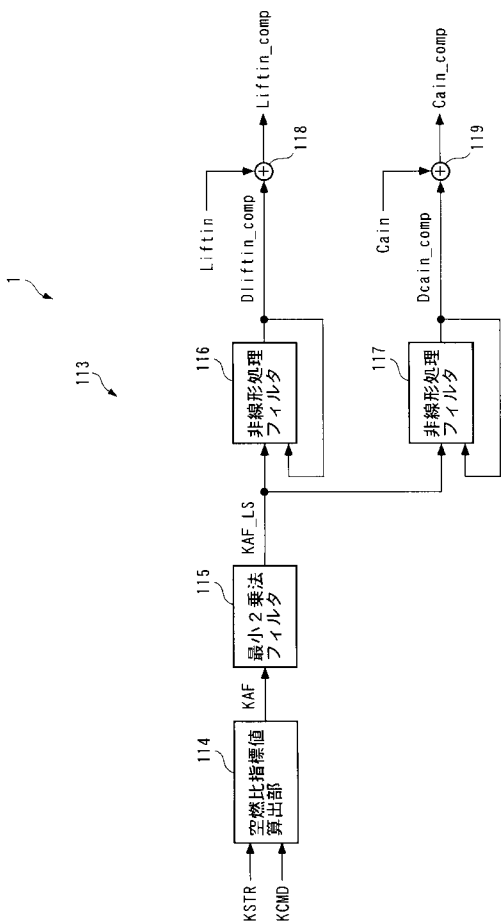
【図12】



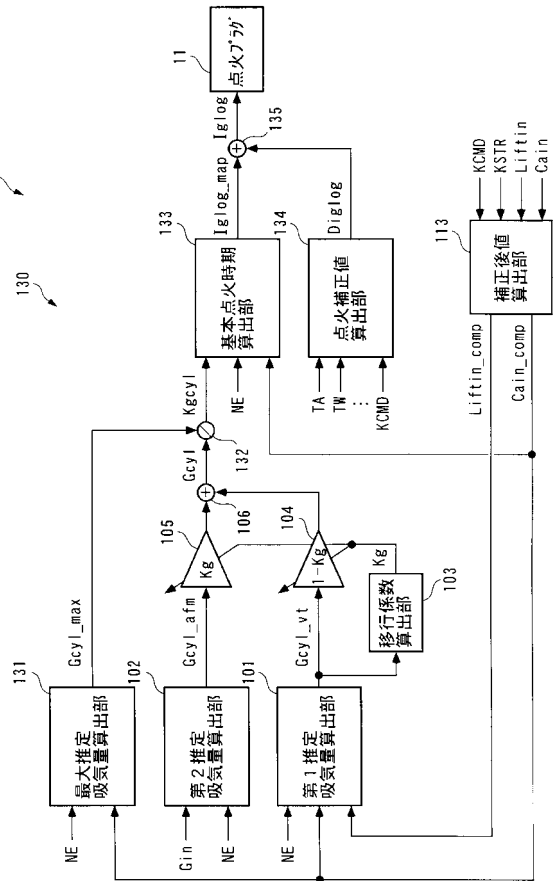
【図14】

	AP	AP1	APj
Gcyl		KCMD11	KCMD1j
...	
Gcyl		KCMDi1	KCMDij

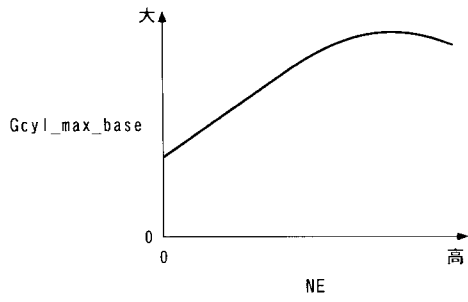
【図15】



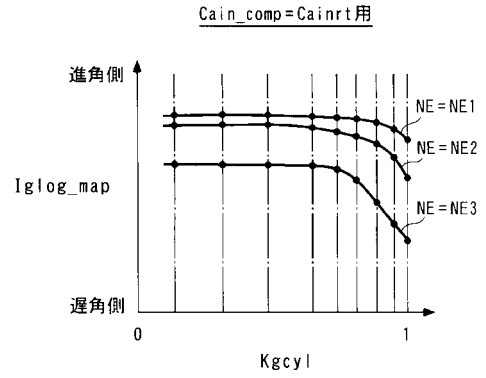
【図16】



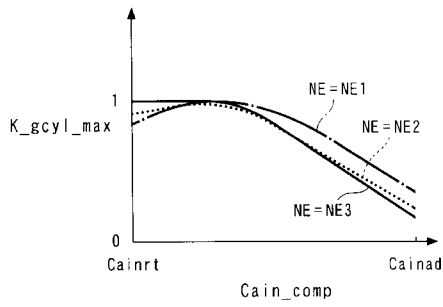
【図17】



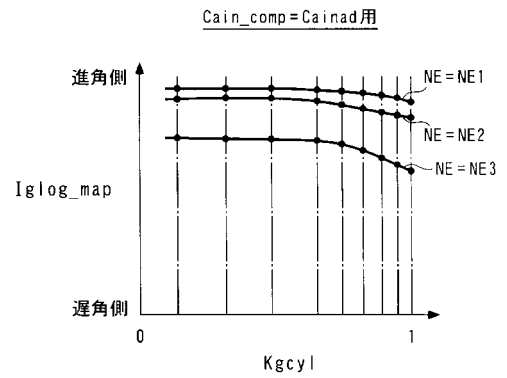
【図19】



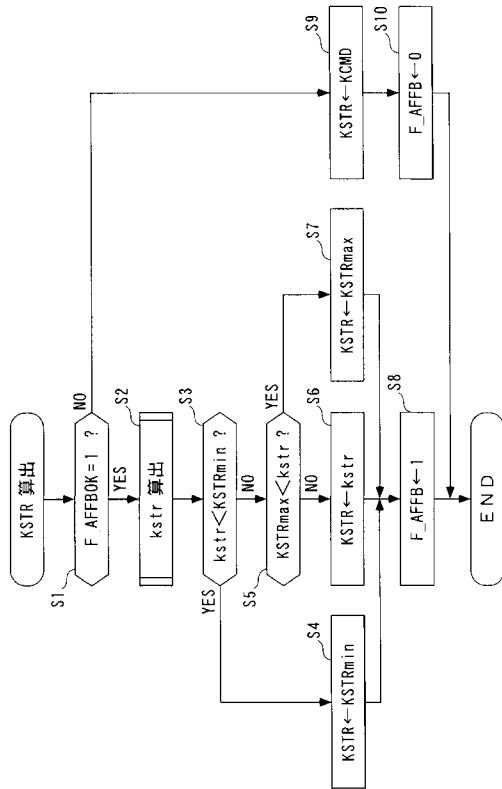
【図18】



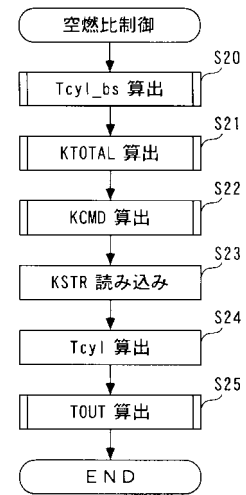
【図20】



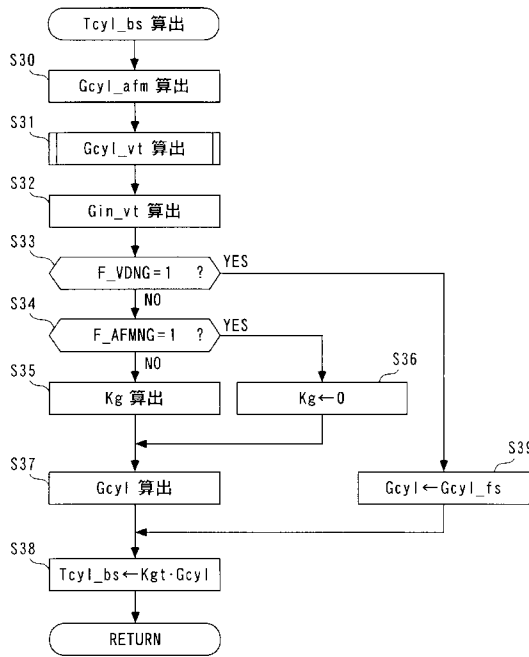
【図21】



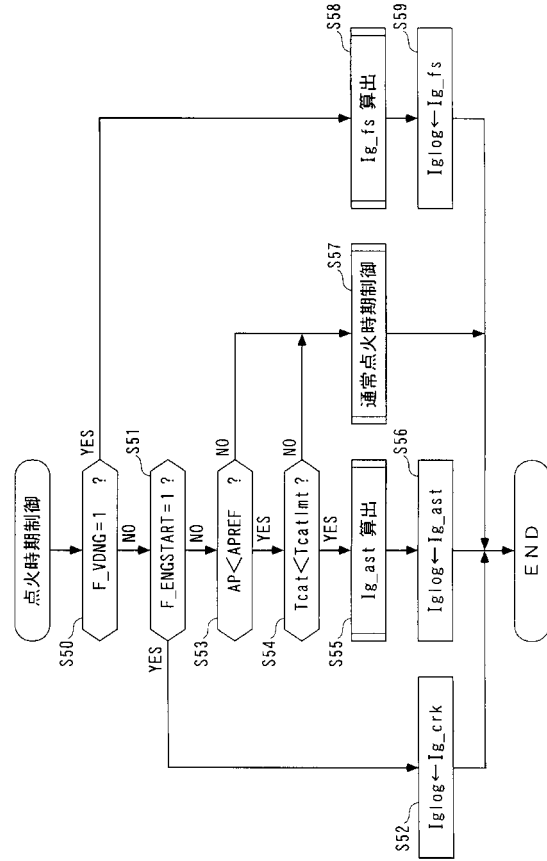
【図22】



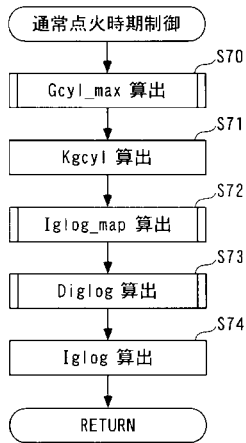
【図23】



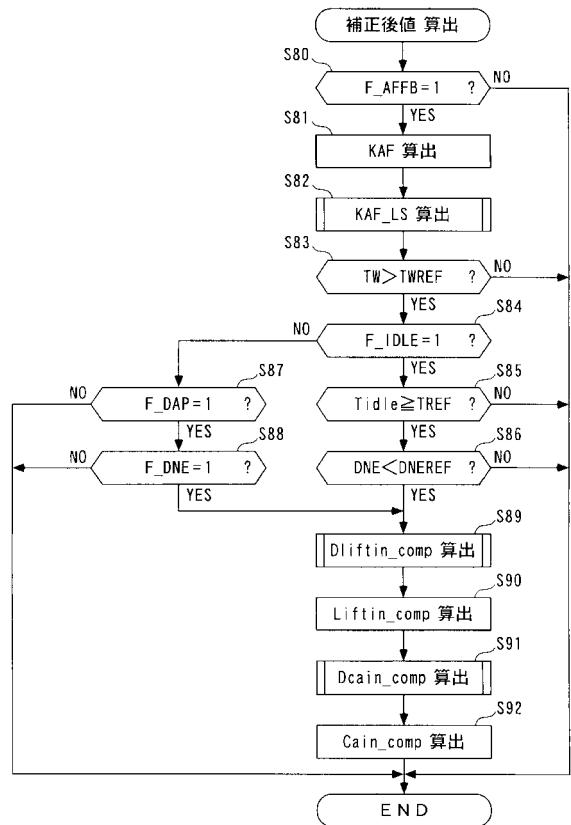
【図24】



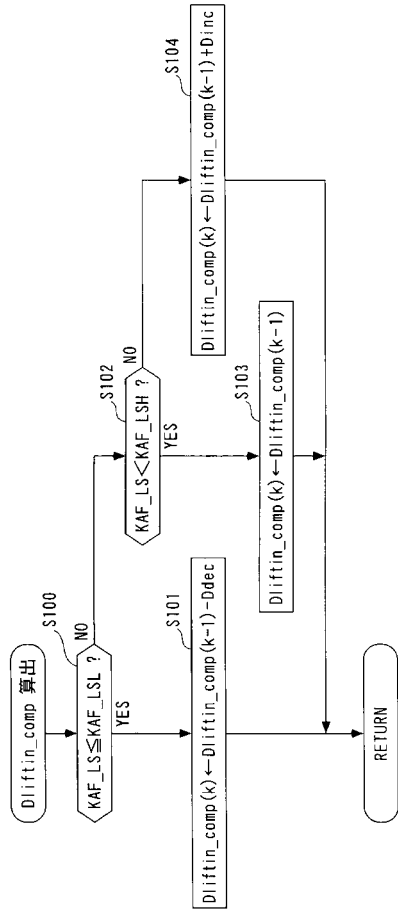
【図25】



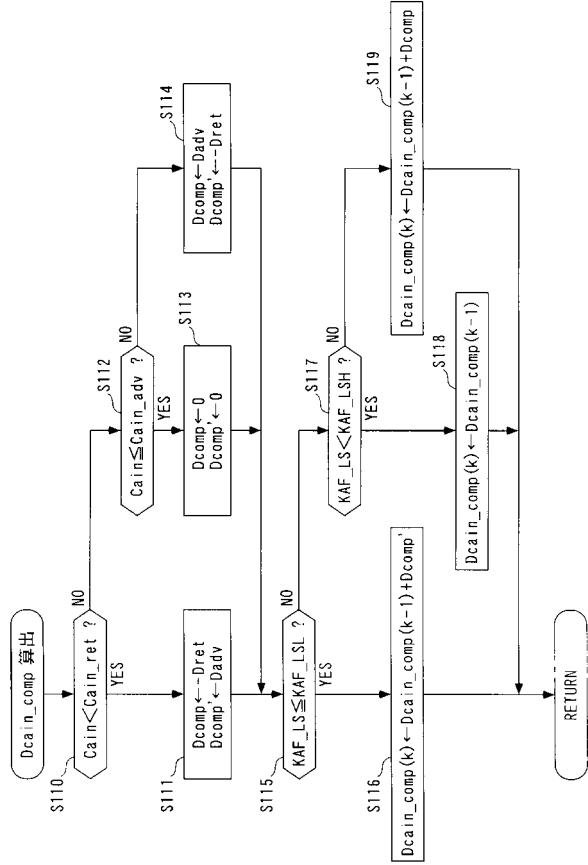
【図26】



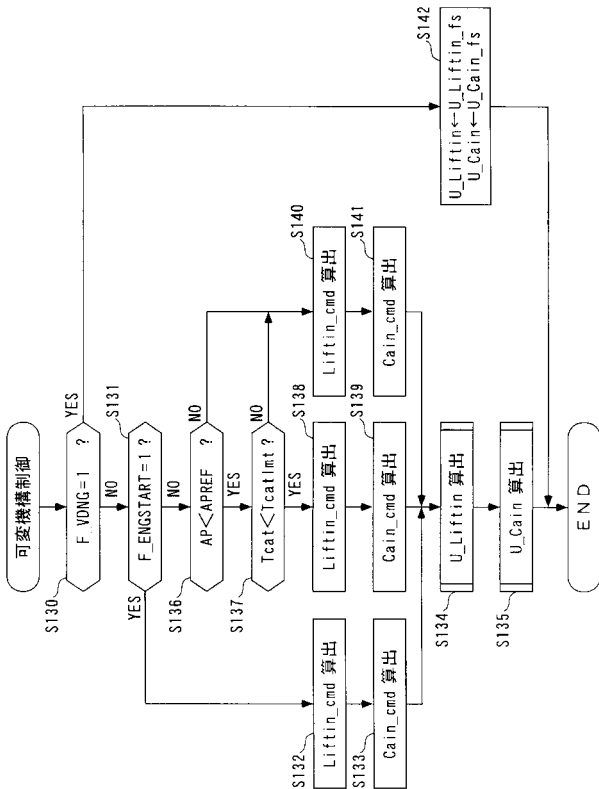
【 図 27 】



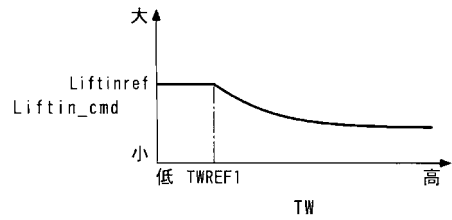
【 図 28 】



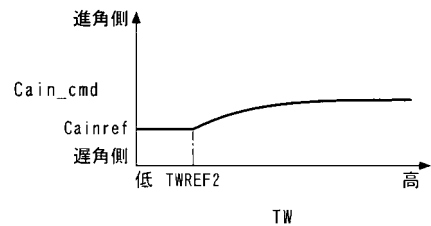
【 図 29 】



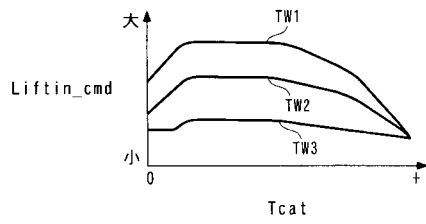
【 図 30 】



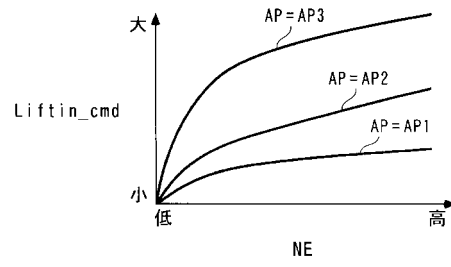
【 図 31 】



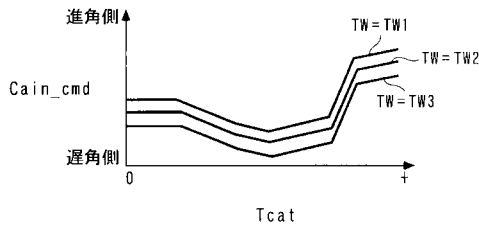
【図32】



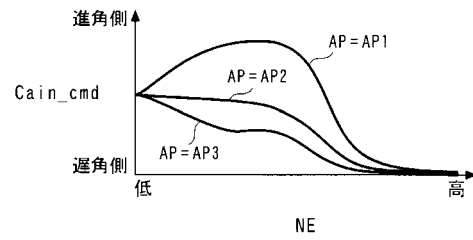
【図34】



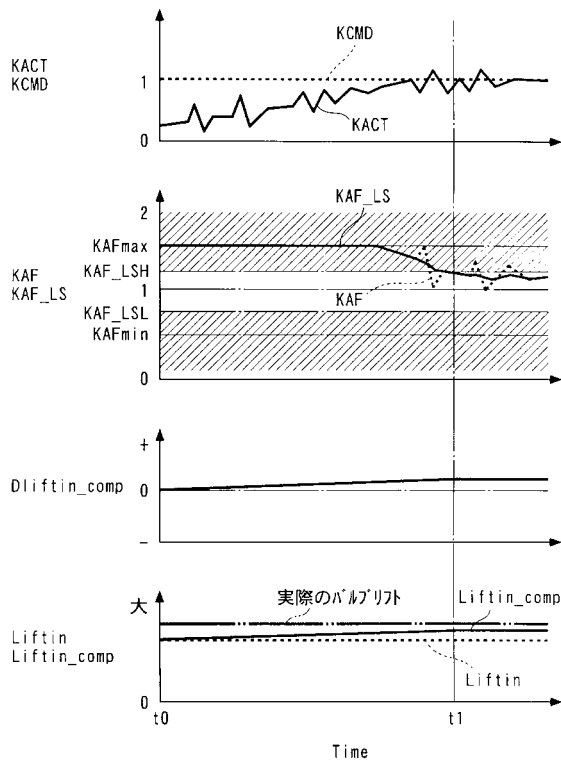
【図33】



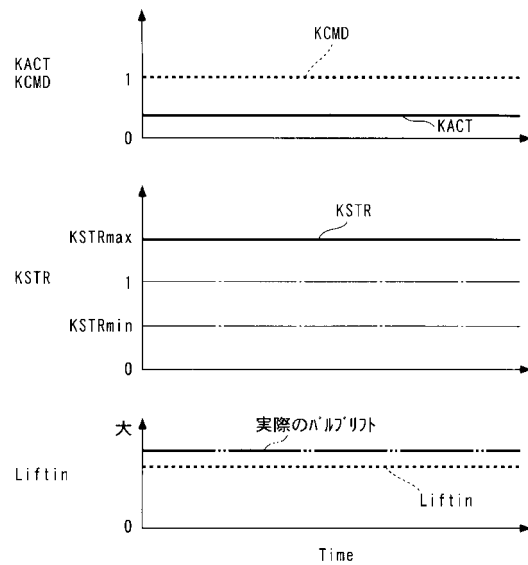
【図35】



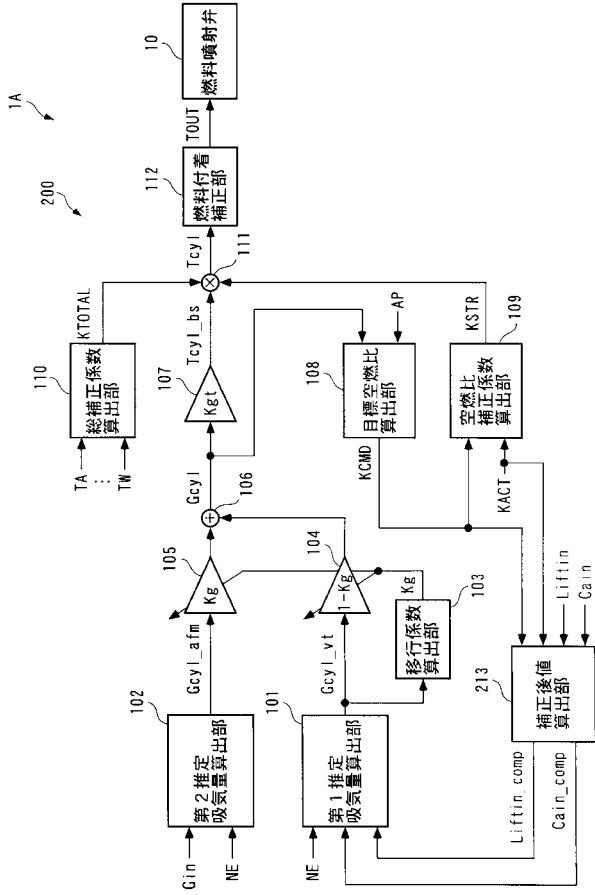
【図36】



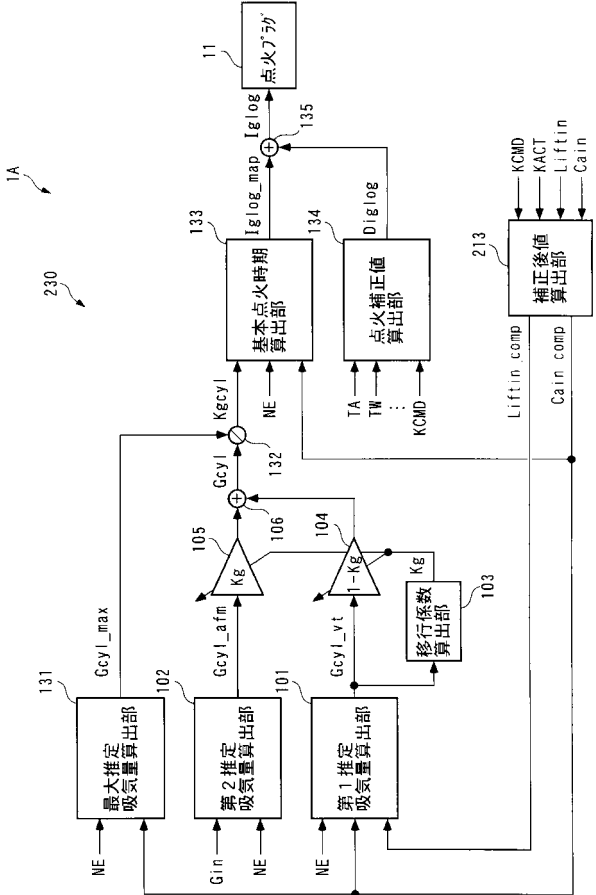
【図37】



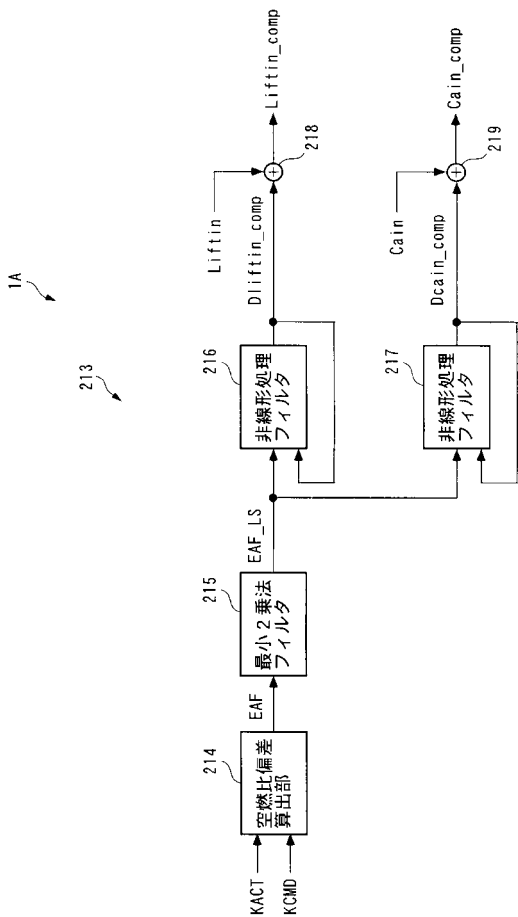
【図38】



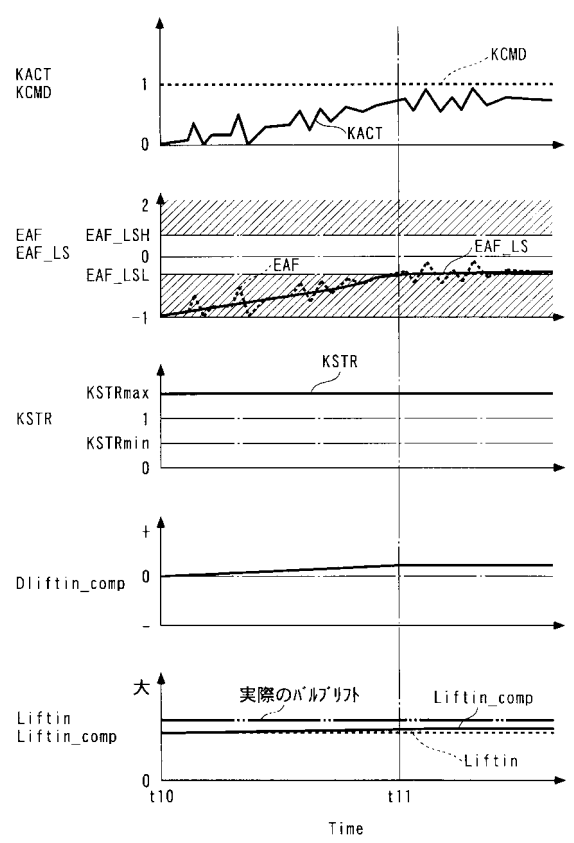
【図39】



【図40】



【図41】



フロントページの続き

- (72)発明者 田上 裕
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
- (72)発明者 東谷 幸祐
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

審査官 佐々木 正章

- (56)参考文献 特開2001-295686(JP,A)
特開2002-256930(JP,A)
特開平11-264330(JP,A)
特開2003-148210(JP,A)
特開2004-036473(JP,A)
特開2001-304029(JP,A)
特開2004-044454(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F02D | 41/14 |
| F02D | 13/02 |
| F02D | 45/00 |