(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2011-27042
(P2011-27042A)
(43)公開日　平成23年2月10日(2011.2.10)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
F02M 25/07	(2006.01)	F02M	25/07	550N	3G062
		F02M	25/07	550M	
		F02M	25/07	550F	

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 23 頁）

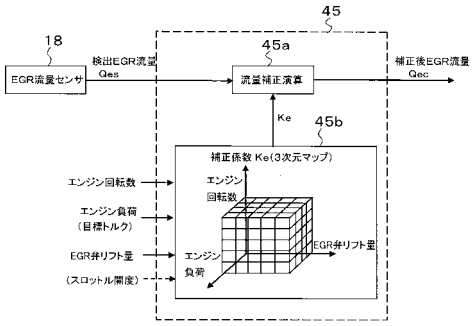
(21)出願番号　特願2009-174693 (P2009-174693)
(22)出願日　平成21年7月27日 (2009.7.27)

(71)出願人　509186579
日立オートモティブシステムズ株式会社
茨城県ひたちなか市高場２５２０番地
(74)代理人　100091096
弁理士　平木　祐輔
(72)発明者　市原　隆信
茨城県ひたちなか市高場２５２０番地　日立オートモティブシステムズ株式会社内
(72)発明者　兼利　和彦
茨城県ひたちなか市高場２５２０番地　日立オートモティブシステムズ株式会社内
(72)発明者　加藤木　工三
茨城県ひたちなか市高場２５２０番地　日立オートモティブシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】内燃機関のＥＧＲ流量制御装置

(57)【要約】
【課題】ＥＧＲ通路のガス流量計測装置の計測するＥＧＲガス流量を高精度に補正して、ガス流量調節弁を高精度に制御し、排気ガス中のＰＭやＮＯｘの排出量を低減することができる内燃機関のＥＧＲ流量制御装置を提供する。
【解決手段】排気管７と吸気管１１とを連通するＥＧＲ流路１６，２０と、ＥＧＲ流路２６，２０に取り付けられて、ＥＧＲガス流量を調節するガス流量調節弁１７と、ＥＧＲ流路１６，２０の前記流量調節弁１７に対して吸気管側７に取り付けられ、ＥＧＲ流路１６，２０を流れるＥＧＲガス流量を計測するガス流量計測装置１８と、を備えた内燃機関のＥＧＲ流量制御装置１０であって、ＥＧＲ流量制御装置１０は、内燃機関の吸気管または排気管の圧力変動に関連する第一の運転状態パラメータと、前記ＥＧＲ流路の流路抵抗に関連する第二の運転状態パラメータと、に基づいて、前記ＥＧＲガス流量を補正するガス流量補正手段４５を備えてなる。
【選択図】図９



【特許請求の範囲】
【請求項１】
排気管と吸気管とを連通するＥＧＲ流路と、前記ＥＧＲ流路に取り付けられて、ＥＧＲガス流量を調節するガス流量調節弁と、前記ＥＧＲ流路の前記ガス流量調節弁に対して吸気管側に取り付けられ、前記ＥＧＲ流路を流れる前記ＥＧＲガス流量を計測するガス流量計測装置と、を備えた内燃機関のＥＧＲ流量制御装置であって、
該ＥＧＲ流量制御装置は、前記内燃機関の前記吸気管または前記排気管の圧力変動に関連する第一の運転状態パラメータと、前記ＥＧＲ流路の流路抵抗に関連する第二の運転状態パラメータと、に基づいて、前記ＥＧＲガス流量を補正するガス流量補正手段を備えることを特徴とする内燃機関のＥＧＲ流量制御装置。
【請求項２】
前記ガス流量補正手段は、前記第一の運転状態パラメータとして、内燃機関の回転数、内燃機関の負荷、目標トルク、燃料噴射量、吸気管圧力、スロットル弁開度、及び排気管圧力のうち少なくとも１つを用い、前記第二の運転状態パラメータとして、前記ガス流量調節弁の開度、前記ＥＧＲガス流量、内燃機関の回転数、内燃機関の負荷、及び目標トルクのうち少なくとも１つを用いて、前記ＥＧＲガス流量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ＥＧＲ流量制御装置。
【請求項３】
前記ガス流量補正手段は、前記第一の運転状態パラメータとして、内燃機関の負荷、燃料噴射量、及び目標トルクのうちのいずれかと、内燃機関の回転数と、を用い、前記第二の運転状態パラメータとして、前記ガス流量調節弁の開度を用いて、前記ＥＧＲガス流量を補正することを特徴とする請求項１記載の内燃機関のＥＧＲ流量制御装置。
【請求項４】
排気管と吸気管とを連通するＥＧＲ流路と、前記ＥＧＲ流路に取り付けられて、ＥＧＲガス流量を調節するガス流量調節弁と、前記ＥＧＲ流路の前記ガス流量調節弁に対して吸気管側に取り付けられ、前記ＥＧＲ流路を流れる前記ＥＧＲガス流量を計測するガス流量計測装置と、を備えた内燃機関のＥＧＲ流量制御装置であって、
該ＥＧＲ流量制御装置は、前記ＥＧＲガス流量の脈動周波数、または前記ＥＧＲガス流量の時間変化量に基づいて、前記ＥＧＲガス流量を補正するガス流量補正手段を備えることを特徴とする内燃機関のＥＧＲ流量制御装置。
【請求項５】
前記ガス流量補正手段は、前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が所定周波数より低周波であるときは、前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が高くなるに従って、前記ＥＧＲガス流量が増加する方向へのＥＧＲガス流量の補正量を増加させ、
前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が所定周波数より高周波であるときは、前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が高くなるに従って、前記ＥＧＲガス流量が増加する方向へのＥＧＲガス流量の補正量を減少させることを特徴とする請求項４に記載の内燃機関のＥＧＲ流量制御装置。
【請求項６】
排気管と吸気管とを連通するＥＧＲ流路と、前記ＥＧＲ流路に取り付けられて、ＥＧＲガス流量を調節するガス流量調節弁と、前記ＥＧＲ流路の前記ガス流量調節弁に対して吸気管側に取り付けられ、前記ＥＧＲ流路を流れる前記ＥＧＲガス流量を計測するガス流量計測装置と、を備えた内燃機関のＥＧＲ流量制御装置であって、
該ＥＧＲ流量制御装置は、少なくとも内燃機関の回転数を含む運転状態パラメータに基づいて、前記ＥＧＲガス流量を補正するガス流量補正手段を備えることを特徴とする内燃機関のＥＧＲ流量制御装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ＥＧＲ流路のＥＧＲガス流量を計測して、ＥＧＲガス流量を制御するための

内燃機関のＥＧＲ流量制御装置に係り、内燃機関の排気ガス中のＮＯｘ，ＰＭ（煤）を低減に好適な内燃機関のＥＧＲ流量制御装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年では、内燃機関（エンジン）の燃費向上のため、エンジンのなかでも、ディーゼルエンジンや点火式リーンバーンエンジンが有望視されている。しかし、ディーゼルエンジンやリーンバーンエンジンは、他のエンジンに比べて排気ガスにＮＯｘを多く含む傾向がある。また、ディーゼルエンジンでは、ＮＯｘのほかにも、ＰＭ（煤）が排出される。これらのエンジンにおいて、排気ガスに含まれるＮＯｘやＰＭを低減するためには、燃料の燃焼温度を低下させることが有効であり、排気管と吸気管とを連通するＥＧＲ流路を介して、排気ガスの一部を吸気側に戻して、燃焼制御を行う排気ガス再循環（ＥＧＲ）制御が、従来から行われている。

【０００３】

このためにＥＧＲ通路にＥＧＲガス流量を計測するセンサ（ＥＧＲ流量センサ）を配置し、ＥＧＲ流量センサによる測定値が、制御装置で演算された目標値となるようにＥＧＲ制御弁（ＥＧＲ弁）のリフト量（開度）を制御するＥＧＲ流量制御装置が、例えば、特許文献１等で提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００６－２１４２７５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

ところで、ＥＧＲ通路は、排気管の排気通路と吸気管の吸気通路と、を接続したガス流路であるので、当該ＥＧＲ通路の排気ガスは、排気圧力とインテークマニホールド内圧力（吸気圧力）との差圧に応じて排気側から吸気側へ流れるものであり、実際にＥＧＲ通路を流れる排気ガスの流量（ＥＧＲガス流量）は、排気管圧力変動とインテークマニホールド内圧力の変動（吸気管圧力変動）の影響を受けて変動（脈動）する。

【０００６】

しかしながら、例えば、特許文献１に記載のＥＧＲ流量制御装置を用いた場合であって、このような脈動によるＥＧＲガス流量の計測誤差を、その計測値等に応じて校正した場合であっても、充分に、その計測誤差を修正することができない場合があった。

【０００７】

発明者らの検討によれば、ＥＧＲ弁に対して排気管側のＥＧＲ通路内では排気圧力の変動の影響を強く受け、ＥＧＲ弁に対する排気管側のＥＧＲガス流量の脈動の振幅は、その吸気管側のＥＧＲ通路内の脈動の振幅に比べて大きいことが確認されている。

【０００８】

このことから、ＥＧＲ流量センサをＥＧＲ弁に対して排気管側に配置するとＥＧＲ流量センサの計測誤差が大きくなることがわかった。ＥＧＲ弁に対して吸気管側のＥＧＲ通路内ではＥＧＲ弁体部の流路抵抗により、排気圧力の変動の影響が緩和されＥＧＲガス流量の脈動の振幅が排気管側に比べて小さくなる。このことからＥＧＲ流量センサはＥＧＲ弁に対して吸気管側のＥＧＲ通路内に配置することがＥＧＲ流量センサの流量計測誤差を低減するのに有効であることがわかった。

【０００９】

さらに、発明者らの実験評価によれば、前記ＥＧＲ流量センサをＥＧＲ弁に対して吸気管側に配置したＥＧＲ流量制御装置においては、ＥＧＲ流量センサの計測位置でＥＧＲガス流量の脈動振幅は排気管側配置に比べて減少するが、ＥＧＲ弁のリフト量（開度）によってはＥＧＲ流量センサの計測誤差が大きくなる場合があることがわかった。これによりＥＧＲ弁のリフト量が変化した時に排気ガス中のＰＭやＮＯｘが増加することがあった。

【００１０】
そこで、試験エンジンでＥＧＲ弁のリフト量によりＥＧＲ流量センサの計測誤差が大きくなる原因について、発明者らの検討によれば、ＥＧＲ流量センサが配置されるＥＧＲ弁より下流（吸気管側）の通路においては、回転が一定の条件においてＥＧＲ弁のリフト量が小さいときは、リフト量が大きいときに比べてセンサ計測位置のＥＧＲガス流量の脈動周波数が高くなることが観測された。
【００１１】
すなわちＥＧＲ弁のリフト量が変化することよりＥＧＲガス流量の脈動周波数が大きく変化することがわかった。この結果として、ＥＧＲ弁のリフト量変化に伴う脈動周波数の高周波域への変動により、ＥＧＲ流量センサの計測誤差が大きくなることが新たにわかった。
【００１２】
一方、ＥＧＲ通路は通路両端から排気管圧力変動と吸気管圧力変動により加振される。このとき排気管圧力変動と吸気管圧力変動とは位相差を生じ、これらの圧力変動の干渉により高周波の脈動が発生し易い。ここで発明者らの検討によれば、ＥＧＲ弁のリフト量（弁開度）の変化によりＥＧＲ弁の絞り部の流路抵抗が変化し、ＥＧＲ通路の共鳴周波数が変化することがわかった。またＥＧＲ弁のリフト量が小さいとき、ＥＧＲ弁下流の通路では圧力変動が大きくなり高周波の圧力変動が減衰しにくいこともわかった。
【００１３】
以上の要因によりＥＧＲ弁下流のＥＧＲ通路ではＥＧＲ弁リフト量が変化したときに脈動周波数が高周波側に大きく変動する。これに対し吸気通路（スロットル弁上流）では、通路の一端が大気開放となるため、高周波の圧力変動が生じにくく、スロットル弁開度が変化しても脈動周波数の変動はほとんど発生しない。このことからＥＧＲ弁のリフト量の変化によりＥＧＲガス流量の脈動周波数が高周波側に大きく変化するのはＥＧＲ弁下流（吸気管側）の通路特有の現象であると考えられる。
【００１４】
発明者らは、さらにＥＧＲガス流量の脈動周波数とＥＧＲ流量センサの計測誤差の関係について検討を行った。前述したＥＧＲガスの流量を計測するＥＧＲ流量センサは、ＥＧＲ通路内のセンサが配置される位置におけるガス流速を計測している。一般にＥＧＲ通路内の断面方向位置によりガス流速は異なるが、ＥＧＲ通路全体を流れるガスの流量（ＥＧＲガス流量）は、センサ位置のガス流速と一定の相関関係があるとして、ＥＧＲ流量センサ位置の流速計測値によりＥＧＲガス流量を計測している。
【００１５】
発明者らの検討により、ＥＧＲガスの脈動周波数の変化によってＥＧＲ通路全体を流れるガス流量とＥＧＲ流量センサの計測位置におけるガス流速の関係は一定でなく、ＥＧＲガスの脈動周波数の変化によって変動することが新たにわかった。
【００１６】
このことからＥＧＲ流量センサをＥＧＲ弁に対し吸気管側に配置したＥＧＲ流量制御装置においては、ＥＧＲ弁のリフト量変化によってＥＧＲガス流量の脈動周波数が変化しＥＧＲ流量センサによる流量計測値に誤差を生じたことがわかった。
【００１７】
本発明は、ＥＧＲ（ガス）流量センサをＥＧＲ弁に対し下流（吸気管側）のＥＧＲ通路に配置することを前提とした場合に、前述したＥＧＲ弁下流のＥＧＲ通路特有の環境において、ＥＧＲ弁のリフト量変化（開度変化）等によるＥＧＲガス流量の脈動周波数の変動に起因するＥＧＲ流量センサの計測誤差を低減し、これによりＥＧＲガス流量の制御精度を向上し、排気ガス中のＰＭやＮＯｘを低減する内燃機関のＥＧＲ流量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】
【００１８】
上記課題を解決するための本発明に係る内燃機関のＥＧＲ流量制御装置は、排気管と吸

気管とを連通するＥＧＲ流路と、前記ＥＧＲ流路に取り付けられて、ＥＧＲガス流量を調節するガス流量調節弁と、前記ＥＧＲ流路の前記ガス流量調節弁に対して吸気管側に取り付けられ、前記ＥＧＲ流路を流れる前記ＥＧＲガス流量を計測するガス流量計測装置と、を備えた内燃機関のＥＧＲ流量制御装置であって、該ＥＧＲ流量制御装置は、前記内燃機関の前記吸気管または前記排気管の圧力変動に関連する第一の運転状態パラメータと、前記ＥＧＲ流路の流路抵抗に関連する第二の運転状態パラメータと、に基づいて、前記ＥＧＲガス流量を補正するガス流量補正手段を備えることを特徴とする。

【００１９】

本発明によれば、ガス流量調節弁の弁開度の変化に伴うガス流量計測装置の計測誤差を低減することができる。また、高精度にＥＧＲガス流量を制御することができるので排気ガス中のＰＭやＮＯｘの排出量を低減することができる。

【００２０】

より好ましくは、本発明に係る内燃機関のＥＧＲ流量制御装置は、前記ガス流量補正手段が、前記第一の運転状態パラメータとして、内燃機関の回転数、内燃機関の負荷、目標トルク、燃料噴射量、吸気管圧力、スロットル弁開度、及び排気管圧力のうち少なくとも１つを用い、前記第二の運転状態パラメータとして、前記ガス流量調節弁の開度、前記ＥＧＲガス流量、内燃機関の回転数、内燃機関の負荷、及び目標トルクのうち少なくとも１つを用いて、前記ＥＧＲガス流量を補正するものである。

【００２１】

さらに、より好ましくは、本発明に係る内燃機関のＥＧＲ流量制御装置は、前記ガス流量補正手段が、前記第一の運転状態パラメータとして、内燃機関の負荷、燃料噴射量、及び目標トルクのうちのいずれかと、内燃機関の回転数と、を用い、前記第二の運転状態パラメータとして、前記ガス流量調節弁の開度を用いて、前記ＥＧＲガス流量を補正する。

【００２２】

別の態様では、本発明に係る内燃機関のＥＧＲ流量制御装置は、排気管と吸気管とを連通するＥＧＲ流路と、前記ＥＧＲ流路に取り付けられて、ＥＧＲガス流量を調節するガス流量調節弁と、前記ＥＧＲ流路の前記ガス流量調節弁に対して吸気管側に取り付けられ、前記ＥＧＲ流路を流れる前記ＥＧＲガス流量を計測するガス流量計測装置と、を備えた内燃機関のＥＧＲ流量制御装置であって、該ＥＧＲ流量制御装置は、前記ＥＧＲガス流量の脈動周波数、または前記ＥＧＲガス流量の時間変化量に基づいて、前記ＥＧＲガス流量を補正するガス流量補正手段を備えることを特徴とする。

【００２３】

本発明によれば、ＥＧＲガス流量の脈動周波数やＥＧＲガス流量の時間変化量によりガス流量計測装置の計測誤差を低減することができる。これによりガス流量調節弁等部品の特性ばらつきやエンジンのカム等の形状ばらつきにより、ＥＧＲガスが脈動により、そのガス流量が変動しても常に高精度にＥＧＲガス流量を計測することができる。また、高精度にＥＧＲガス流量を制御することができ、排気ガス中のＰＭやＮＯｘ排出量を低減することができる。

【００２４】

より好ましくは、本発明に係る内燃機関のＥＧＲ流量制御装置は、前記ガス流量補正手段は、前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が所定周波数より低周波であるときは、前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が高くなるに従って、前記ＥＧＲガス流量が増加する方向へのＥＧＲガス流量の補正量を増加させ、前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が所定周波数より高周波であるときは、前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が高くなるに従って、前記ＥＧＲガス流量が増加する方向へのＥＧＲガス流量の補正量を減少させることを特徴とする。

【００２５】

別の態様では、本発明に係る内燃機関のＥＧＲ流量制御装置は、排気管と吸気管とを連通するＥＧＲ流路と、前記ＥＧＲ流路に取り付けられて、ＥＧＲガス流量を調節するガス流量調節弁と、前記ＥＧＲ流路の前記ガス流量調節弁に対して吸気管側に取り付けられ、

前記ＥＧＲ流路を流れる前記ＥＧＲガス流量を計測するガス流量計測装置と、を備えた内燃機関のＥＧＲ流量制御装置であって、該ＥＧＲ流量制御装置は、少なくとも内燃機関の回転数を含む運転状態パラメータに基づいて、前記ＥＧＲガス流量を補正するガス流量補正手段を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【００２６】

本発明によれば、ＥＧＲ通路においてガス流量計測装置の計測するＥＧＲガス流量を高精度に補正して、ガス流量調節弁を高精度に制御することができる。この結果、排気ガス中のＰＭやＮＯｘの排出量を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

【図１】本実施形態に係る内燃機関のＥＧＲ流量制御装置を含む制御装置を備えたエンジン制御システムの全体構成図。

【図２】図１に示す内燃機関のＥＧＲ流量制御装置の概略構成図。

【図３】内燃機関の回転数が、一定回転数におけるＥＧＲ弁のリフト量とＥＧＲ流量センサの計測誤差の関係の測定例を示した図。

【図４】内燃機関の回転数が一定条件下におけるＥＧＲガス流量とＥＧＲ弁のリフト量との関係を示した図。

【図５】ＥＧＲ流量センサの計測位置とＥＧＲ通路内の流速分布の関係を示した図であり、（ａ）は、ＥＧＲ流量センサの装置構成図であり、ＥＧＲガスの脈動が発生しているときのＥＧＲ通路断面におけるガスの流速分布の測定結果を示した図。

【図６】ＥＧＲガスの脈動周波数とＥＧＲ流量センサの流量計測誤差の測定結果の一例を示した図。

【図７】エンジンの回転が高回転及び低回転におけるＥＧＲガス流量の脈動の変化を示した図。

【図８】第一実施形態に係るエンジン制御装置のうちＥＧＲ流量制御に関連する制御ブロック図。

【図９】図８に示す第一実施形態に係るＥＧＲ流量補正手段のブロック図。

【図１０】あるエンジン回転数、エンジン負荷の動作点においてＥＧＲ弁リフト量が変化したときの補正特性の例を示した図。

【図１１】エンジン負荷変化時（過渡時）のＥＧＲ弁リフト量の動作を示した図。

【図１２】エンジン回転数によって流量補正係数を変化させた図。

【図１３】第一実施形態のＥＧＲ制御装置の動作を示すフローチャート。

【図１４】図１３に示すステップ１３０のＥＧＲガス流量の算出方法を示すフローチャート。

【図１５】第二実施形態におけるＥＧＲガス流量の計算方法を示すフローチャート。

【図１６】第二実施形態におけるＥＧＲガス流量の補正方法を示す図。

【図１７】第二実施形態におけるＥＧＲガスの脈動周波数に対する補正特性を示す図。

【図１８】第三実施形態におけるＥＧＲ流量センサの構成図。

【図１９】バイパス通路を有するＥＧＲ流量センサの脈動周波数と誤差の特性例を示した図。

【図２０】第三実施形態におけるＥＧＲガス流量の計算方法を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【００２８】

〔第一実施形態〕

本発明の内燃機関のＥＧＲ流量制御装置をディーゼルエンジンに適用し、ＥＧＲ流路を流れるＥＧＲガス流量を好適に制御することができるいくつか実施形態について、以下に説明する。ここで、本実施形態に係る内燃機関の制御装置は、ディーゼルエンジンに限定されず、ＥＧＲガス流量を制御するガソリンエンジンにも適用可能である。

【００２９】

図１は、本実施形態に係る内燃機関のＥＧＲ流量制御装置を含む制御装置を備えたエンジン制御システムの全体構成図である。図１に示されているように、ディーゼルエンジン１（以下、エンジン（内燃機関）１と云う）は、ターボチャージャ３を備えており、吸入する空気は、エアクリーナ（図示省略）より取り込まれ、ターボチャージャ３のコンプレッサ３Ａによって過給される。ここで吸入空気量は、ターボチャージャ３の上流に配置された吸入空気量センサ２によって計測される。

【００３０】

また、ターボチャージャ３の下流には、インタークーラ４が設けられており、このターボチャージャ３により過給された吸入空気は、インタークーラ４によって冷却される。さらに、インタークーラ４の下流には、スロットル弁５を介して、インテークマニホールド６が設けられており、インテークマニホールド６によって分配された吸入空気は、各気筒毎に分配される。

【００３１】

分配された吸入空気は、吸気ポート７を経て、吸気弁を介して燃焼室８内に吸入される。この際に、燃焼室８に吸入する吸入空気量は、制御装置１０からの制御信号に基づいて、スロットル弁５により制御される。また、必要に応じてスロットル弁５の下流の吸気管７には、吸気管圧力センサ２６が設けられる。

【００３２】

さらに、エンジン１には、燃焼室８内に燃料を噴射する燃料噴射弁９が取り付けられており、燃料噴射弁９により燃焼室８に噴射された燃料は、吸入空気との混合気を生成し、燃焼室８内で、燃焼する。

【００３３】

燃焼室８で燃焼した既燃焼ガス（排気ガス）は、排気ポート１１Ａを介して排気管１１へ排出され、ターボチャージャ３のタービン３Ｂを駆動する。ここで吸気圧を可変に制御できる過給エンジンでは、吸気圧制御用のＶＧＴ（Variable Geometry Turbocharger）アクチュエータ（ＶＧＴ弁）１４が装着されている。ＶＧＴアクチュエータ１４は、制御装置１０から出力されるＶＧＴ制御量に応じた制御信号によって、制御される。これにより、吸気管６の吸気圧（過給圧）を制御することができる。

【００３４】

さらに、本実施形態に係るエンジン１は、排気管１１と吸気管７を連通する取入側及び取出側のＥＧＲ配管（ＥＧＲ流路）１６，２０と、ＥＧＲ流路に取り付けられたＥＧＲ制御弁（ガス流量調節弁）１７と、ガス流量調節弁（以下ＥＧＲ弁という）１７に対して吸気管７側に取り付けられたＥＧＲ流量センサ（ガス流量計測装置）１８と、を備えている。

【００３５】

具体的には、排気ポート１１Ａからタービン３Ｂまでの排気管１１の途中には、ＥＧＲ取入口１５が形成されている。排気管１１を流れる排気ガスの一部（ＥＧＲガス）は、ＥＧＲ取入口１５から取り入れられ、取入側ＥＧＲ管１６を通って、ＥＧＲクーラ１９、及びリフト弁機構を有したＥＧＲ制御弁（ＥＧＲ弁）１７を順次流れるように構成されている。さらに、ＥＧＲ弁１７を通過したＥＧＲガスは、取出側ＥＧＲ管２０を流れ、ＥＧＲ取出口２１を介して、吸気側であるインテークマニホールド６内に還流されるようになっている。

【００３６】

ここで、ＥＧＲガス流量は、制御装置１０からの制御信号に基づいて、ＥＧＲ弁１７によって、弁開度（弁体１７Ａのリフト量）が調節される。また、ＥＧＲ弁１７には、弁開度を計測するリフトセンサ１７Ｂも取り付けられている。さらに、取出側ＥＧＲ管２０のＥＧＲ弁１７より下流（吸気側）には、ＥＧＲ流量センサ１８が取り付けられており、ＥＧＲ流量センサ１８により、ＥＧＲ弁１７で調整されたＥＧＲガス流量を計測することができる。

【００３７】

さらに、エンジン１には、エンジンを冷却する冷却水温度を測定する水温センサ２５が取り付けられる。クランクシャフト１２には、内燃機関の回転数やクランク角度位置を測定するために、クランク角度プレート１３と、クランク角度プレートの回転位置を計測するクランク角センサ２３が取り付けられる。他にドライバーのアクセル操作量を計測するアクセルセンサ２４が設けられる。そして、内燃機関の制御装置１０は、各センサの信号を取り込み、制御量を演算し各アクチュエータへ制御信号を出力する。

【００３８】

図２は、図１に示す図１に示す内燃機関のＥＧＲ流量制御装置の概略構成図である。エンジン制御装置（内燃機関の制御装置）１０は、電子制御式のものであり、本実施形態では、エンジン制御装置１０の機能のなかでうち、特に、ＥＧＲガス流量を制御に関連する機能を有した部分の装置について説明する。

【００３９】

図２に示すように、エンジンの制御装置（内燃機関のＥＧＲ流量制御装置）１０は、各種センサの信号が入力される入力回路３１と、入力された信号に基づいて、各種アクチュエータの制御量を演算するマイクロコンピュータユニット３７と、制御量に基づいて、各種アクチュエータに制御信号を出力する出力回路３８と、を備えている。

【００４０】

具体的には、エアフローセンサ２、クランク角センサ２３、アクセルセンサ２４、ＥＧＲ弁リフトセンサ１７Ｂ、及びＥＧＲ流量センサ１８等の各種センサで計測されたセンサ信号は、入力回路３１を介して、マイクロコンピュータユニット３７に入力される。

【００４１】

マイクロコンピュータユニット３７は、ＣＰＵ３４、ＲＯＭ３５、及びＲＡＭ３６で構成される。マイクロコンピュータユニット３７は、ＲＯＭ３５及びＲＡＭ３６からのデータと、入力されたセンサ信号の値に基づいて、燃料噴射弁９、スロットル弁５、及びＥＧＲ弁１７等の各種アクチュエータの制御量を演算する。演算された制御量は、出力回路３８を介して制御信号に変換され、燃料噴射弁９、スロットル弁５、及びＥＧＲ弁１７等の各種アクチュエータに制御信号を出力する。これにより、各種アクチュエータは、エンジン制御装置２０により、制御される。

【００４２】

ここで、本実施形態に係るエンジン制御装置（内燃機関のＥＧＲ制御装置）１０の詳細の構成を説明する前に、以下に、発明者らが、ＥＧＲガス流量の脈動に関する検討及びその検討から得られた新たな知見について、図３～７を参照して、説明する。

【００４３】

発明者ら、鋭意検討を重ねた結果によれば、ＥＧＲ弁１７に対し、排気管１１側のＥＧＲ通路内では排気圧力の変動の影響を強く受け、ＥＧＲ弁１７に対し吸気管側のＥＧＲ通路内に比べてＥＧＲガス流量の脈動の振幅が大きくなることが確認されている。これによりＥＧＲ流量センサ１８をＥＧＲ弁１７に対し排気管側に配置した場合には、吸気管側に配置した場合に比べて、ＥＧＲ流量センサ１８の計測誤差が大きくなることがわかった。

【００４４】

これは、ＥＧＲ弁１７に対し、吸気管７側のＥＧＲ通路２０内では、ＥＧＲ弁体部１７Ａに流れるＥＧＲガスの流路抵抗により、排気圧力の変動の影響が緩和され、ＥＧＲガス流量（ＥＧＲガス）の脈動の振幅が排気管側の脈動に比べて小さくなることによる。このことからＥＧＲ流量センサ１８はＥＧＲ弁１７に対し吸気管８側に配置することが、ＥＧＲ流量センサ１８の流量計測誤差を低減するのに有効な方法であることが、発明者らの新た知見として得られた。

【００４５】

そこで、発明者らのこの新たな知見に基づいて、発明者らは実験を繰り返し、ＥＧＲ流量センサ１８をＥＧＲ弁１７に対し、吸気管１１側に配置した場合には、ＥＧＲ流量センサ１８に以下に示す誤差特性が、発生することがわかった。以下に、ＥＧＲ流量センサ１８の誤差特性について、図３を参照しながら、説明する。

【００４６】
図３は、内燃機関の回転数（エンジン回転数）が、一定回転数におけるＥＧＲ弁１７のリフト量とＥＧＲ流量センサ１８の計測誤差の関係の測定例を示した図である。ここで計測誤差は（計測流量と実流量の相対比－１）×１００％で求められる。
【００４７】
図３に示すように、測定結果より、ＥＧＲ弁１７のリフト量により流量の計測誤差が変化することがわかった。流量の計測誤差が一定であれば、計測値を一定の補正量で校正することで、この計測誤差を低減することも可能であるが、ＥＧＲ弁１７の開度（リフト量）は運転状態の変化により変動するため、このような校正を行ったとしても、ＥＧＲ弁１７のリフト量が変化すると計測誤差は依然発生したままとなる。この計測誤差により、ＥＧＲガス流量の制御誤差が発生しＰＭやＮＯｘ排出量が増加してしまう。このことから、発明者らの実験により、ＥＧＲ弁１７のリフト量変化によるＥＧＲ流量センサの計測誤差の低減が、課題となることがわかった。
【００４８】
そこで、試験エンジンを用いて、ＥＧＲ弁１７のリフト量によりＥＧＲ流量センサ１８の計測誤差が、大きくなる原因についてさらなる調査を行った。図４は、内燃機関の回転数（エンジン回転数）が一定条件下におけるＥＧＲガス流量とＥＧＲ弁のリフト量との関係を示した図である。
【００４９】
図４に示すように、エンジン回転数が一定の条件で、各ＥＧＲ弁１７のリフト量におけるＥＧＲガス流量の変化を測定した場合には、ＥＧＲ弁１７の吸気側位置（センサ計測位置）において、図４に示すように、ＥＧＲ弁１７のリフト量が小さいときは、リフト量が大きいときに比べて、ＥＧＲガス流量の脈動周波数が高くなることが観測された。すなわちＥＧＲ弁１７のリフト量が変化することよりＥＧＲガス流量の脈動周波数が大きく変化することがわかった。
【００５０】
ＥＧＲ通路を通過するＥＧＲガス（ＥＧＲガス流量）は、該通路両端から排気管圧力変動と吸気管圧力変動により加振される。このとき排気管圧力変動と吸気管圧力変動とは、位相差を生じることとなり、これらの圧力変動の干渉により、ＥＧＲ通路内において、高周波の脈動が発生し易い。
【００５１】
発明者らの検討によれば、ＥＧＲ弁１７のリフト量が小さくなるとＥＧＲ弁１７の絞り部の流路抵抗が大きくなる。これにより、ＥＧＲ弁１７の絞り部がＥＧＲ管の気柱共鳴振動の節となり、ＥＧＲ流量センサ１８が配置されるＥＧＲ通路の実効長さ（気柱長さ）が短くなるために脈動周波数がさらに高周波側に大きく変化することがわかった。
【００５２】
これは、以下の理由によるものと、考えられる。つまり、図１を再度参照して説明すると、ＥＧＲ通路の通路長は、ＥＧＲ弁１７のリフト量が大きいときには、ＥＧＲガスのＥＧＲ取入口１５からＥＧＲ取出口２１までの通路長Ｌ１となる。しかしながら、ＥＧＲ弁リフト量が小さいときには、ＥＧＲ弁体部１７Ａの流路抵抗が大きくなる。この結果、ＥＧＲ流量センサ１８が配置される通路の実効長は、ＥＧＲ弁体部１７ＡからＥＧＲ取出口２１までの距離Ｌ２と、リフト量が大きいときに比べて短くなる、この結果、ＥＧＲ通路の共鳴周波数が高周波に変化する。
【００５３】
また、ＥＧＲ弁１７のリフト量が小さいときは、ＥＧＲ弁（絞り部）下流の通路で圧力変動が大きくなり高周波の圧力変動が減衰しにくいという特徴がある。これらの要因によりＥＧＲ弁１７のリフト量の変化により、通路共鳴周波数が高域側にシフトしたときに、高周波の共鳴（脈動）が発生すると考えられる。
【００５４】
さらに、これに対し吸気通路（スロットル弁上流）では、通路の一端が大気開放となる

ため高周波の圧力変動が発生しにくく、スロットル弁開度が変化しても脈動周波数の高周波域への変化はほとんど発生しない。

【００５５】

これらのことからＥＧＲ弁１７のリフト量（絞り弁開度）によって、ＥＧＲガスの脈動周波数が広い周波数範囲に亘って変化するのは、ＥＧＲ弁１７より吸気管７側のＥＧＲ通路において発生する特有の現象と考えられる。

【００５６】

次に発明者らは、上記現象を踏まえて、ＥＧＲガス流量の脈動周波数が変化した場合のＥＧＲ流量センサの流量計測値への影響について、さらなる検討を行った。この検討及びその結果を、図５を参照して、以下に示す。

【００５７】

図５は、ＥＧＲ流量センサ１８の計測位置とＥＧＲ通路内の流速分布の関係を示した図である。図５（ａ）は、ＥＧＲ流量センサ１８の装置構成図の一例であり、ＥＧＲ流量センサ８は、ＥＧＲ通路２０内に配置される発熱抵抗体５２ａの放熱量によりガス流速を計測する。測温抵抗体５２ｂは、ガス温度による影響を補正するための抵抗素子である。

【００５８】

ガス流速は、ＥＧＲ通路２０の断面位置により異なることから、ＥＧＲ流量センサ１８は、発熱抵抗体５２ａの位置（計測位置）におけるガス流速を計測している。これは、ＥＧＲ流量センサ１８は、ＥＧＲ通路全体を流れるガス流量と、計測位置のガス流速の間に一定の関係があるとして、ＥＧＲガス流量を計測している。

【００５９】

図５（ｂ）は、ＥＧＲガスの脈動が発生しているときのＥＧＲ通路断面におけるガスの流速分布の測定結果を示した図である。ＥＧＲガスの脈動を考慮して、ＥＧＲ通路断面における流速分布は、各位置における流速の時間平均である。

【００６０】

図５（ｂ）に示す実線は、ＥＧＲガス（ＥＧＲガス流量）の脈動周波数が低周波の場合の流速分布を、破線は、ＥＧＲガス（ＥＧＲガス流量）の脈動周波数が高周波の場合の流速分布である。ここで脈動周波数が低周波の場合と、高周波の場合において、ＥＧＲ通路全体を流れるＥＧＲガス流量を等しくしたときの、ＥＧＲガスの流速分布を示している。

【００６１】

図５（ｂ）に示す測定結果より、ＥＧＲガス（ＥＧＲガス流量）の脈動周波数が高周波の場合は、低周波の場合に比べて計測位置の平均流速が低下する。すなわち発明者らの検討に依ればＥＧＲ通路全体を流れるガス流量と計測位置の平均ガス流速の間の関係は一定でなく、ＥＧＲガスの脈動周波数により変化し、このことがＥＧＲ流量センサ１８の誤差要因となることが新たにわかった。

【００６２】

図６は、ＥＧＲガス（ＥＧＲガス流量）の脈動周波数とＥＧＲ流量センサ１８の流量計測誤差の測定結果の一例を示した図である。ＥＧＲ流量センサ１８の計測誤差は、ＥＧＲ通路全体の実流量に対するセンサ計測値の誤差特性を示している。この誤差特性は、ＥＧＲ通路全体の実流量および脈動振幅は同じで、脈動周波数のみ変更するようにした場合の特性である。また脈動が無い状態の計測誤差を０としたときの誤差の相対値を示している。図６に示す測定結果より、脈動周波数が上昇するに従い、流量低下方向に誤差が大きくなることがわかる。

【００６３】

以上、発明者らの検討によれば、前述したＥＧＲ弁リフト量(弁開度）変化時のＥＧＲ流量センサの計測誤差は、ＥＧＲ弁リフト量の変化により、ＥＧＲガスの脈動周波数が変化し、これにより、ＥＧＲ通路の流速分布が変化したことによるとわかった。

【００６４】

また、ＥＧＲガス流量の脈動周波数は、ＥＧＲ弁１７のリフト量のほかに、エンジン回転数により排気圧力、吸気圧力の脈動周波数も変化するのでエンジン回転数によっても変

化する。

【００６５】

図７は、エンジンの回転が高回転及び低回転におけるＥＧＲガス流量の脈動の変化を示した図である。図７に示すようにＥＧＲガス流量の脈動周波数は、エンジンの低回転時に比べ、高回転時の方が高くなる。このためエンジン回転数変化時には、ＥＧＲ弁のリフト量変化時と同様に、ＥＧＲガス流量の脈動周波数が変化する。この脈動周波数の変化に伴い、ＥＧＲ通路の流速分布が変化し、この流速分布の変化が、ＥＧＲ流量センサ１８の計測誤差の要因となる。

【００６６】

前述したようにＥＧＲ弁１７より吸気側のＥＧＲ通路内では脈動周波数が高周波となり易いので、エンジン回転数の上昇により脈動周波数がさらに高周波側にシフトする。このような場合では脈動周波数の変動によるＥＧＲ流量センサの誤差が大きくなると考えられる。

【００６７】

以上が、発明者らの新たな知見であり、この知見に基づいて、上述したＥＧＲ流量センサの計測誤差を低減するための本実施形態に係るＥＧＲ流量制御装置の構成の一例について、以下に説明する。

【００６８】

図８は、本実施形態に係るエンジン制御装置１０のうちＥＧＲ流量制御に関連する制御ブロック図である。図８に示すように、本実施形態に係る内燃機関の制御装置（ＥＧＲ流量制御装置）１０は、目標トルク演算手段４１と、目標運転状態演算手段４２と、目標空気量演算手段４３と、スロットル開度補正手段４４と、ＥＧＲ流量補正手段（ガス流量補正手段）４５と、ＥＧＲ弁リフト補正手段４６と、を少なくとも備えている。

【００６９】

目標トルク演算手段４１は、ドライバーの踏込むアクセルペダルのアクセル操作量（踏込み量）を計測し、アクセル操作量に応じて、ドライバーが車両に要求する目標トルク（要求トルク）を演算する。

【００７０】

目標運転状態演算手段４２は、演算された目標トルクと、クランク角センサ２３より計算されたエンジン回転数より、目標運転状態に関連した制御量を演算する。具体的には、各目標トルク、各エンジン回転数において、ドライバーが要求する目標トルクを実現し、かつ、排気ガス（ＮＯｘ、ＰＭ）の排出量が少なくなるような吸入空気量及びＥＧＲ率となるように、燃料噴射量、目標空燃比、目標スロットル開度、目標ＥＧＲ弁リフト量、目標ＥＧＲ流量(目標ＥＧＲガス流量）等を演算する。燃料噴射量、目標空燃比、目標スロットル開度、目標ＥＧＲ弁リフト量、等の目標ＥＧＲ流量等の制御パラメータは、目標トルクＴＱとエンジン回転数Ｎとで定められたマップ状のメモリに予め記憶されており、この制御パラメータは、目標トルクＴＱとエンジン回転数Ｎとに対応した制御パラメータを、メモリから引き出すことにより、演算することができる。

【００７１】

次に、目標空気量演算手段４３は、目標運転状態演算手段４２で演算された燃料噴射量と、目標空燃比に基づいて、目標空気量を演算する。さらに、スロットル開度補正手段４４は、吸入空気量センサ２により計測された検出空気量の値が目標空気量の値となるよう、目標運転状態演算手段４２で演算された目標スロットル開度を補正し、補正されたスロットル開度を制御信号としてスロットル弁５を出力して、スロットル弁５の開度を制御する。

【００７２】

一方、ＥＧＲ流量センサ１８により計測される計測ＥＧＲガス流量（計測流量）が目標ＥＧＲガス流量となるようＥＧＲ弁１７のリフト量を制御する。具体的には、本実施形態では、後述するように、ＥＧＲ流量センサ１８により計測される計測ＥＧＲ流量を補正する流量補正手段４５を設けている。

【００７３】
そして、目標運転状態演算手段４２により演算された目標ＥＧＲ流量（目標ＥＧＲガス流量）と、補正されたＥＧＲガス流量（補正後ＥＧＲガス流量）Ｑｅｃとを比較して、ＥＧＲ弁リフト補正手段４６は、その差分に応じて、目標ＥＧＲ弁リフト量を補正し、補正されたＥＧＲ弁のリフト量を制御信号として、ＥＧＲ弁１７に出力して、ＥＧＲ弁１７の制御を行う。
【００７４】
ここで、本実施形態では、目標ＥＧＲガス流量をマップ上のメモリより読み出すようにしたが、目標ＥＧＲ率を上記メモリに記憶しておき、検出空気量と目標ＥＧＲ率より目標ＥＧＲガス流量を算出するようにしても良い。
【００７５】
次に、本実施形態のＥＧＲガス流量制御の特徴であるＥＧＲ流量補正手段４５について、図９を参照して詳細に説明する。図９は、図８に示すＥＧＲ流量補正手段４５のブロック図である。
【００７６】
図９に示すように、ＥＧＲ流量補正手段４５は、流量補正演算手段４５ａ、および流量補正係数演算手段４５ｂで構成される。ＥＧＲ流量補正手段４５は、ＥＧＲ流量センサ１８の計測信号を取り込み、前述したＥＧＲ弁１７のリフト量の変化に伴ったＥＧＲガスの脈動周波数の変化に応じて、ＥＧＲ流量センサ１８の計測流量を補正（計測誤差を修正）する手段である。具体的には、ＥＧＲ流量センサ１８の計測信号から得られる計測流量をＥＧＲ流量補正手段４５にて、運転状態に応じた補正後のＥＧＲガス流量（流量補正値）Ｑｅｃを演算する。
【００７７】
流量補正値ＱｅｃはＥＧＲ流量センサ１８の計測流量をＱｅｓ、補正係数をＫｅとして下式等で算出される。
【００７８】
【数１】

$$Qec = Qes \times Ke$$

【００７９】
前述したようにＥＧＲ流量センサ１８の計測位置におけるＥＧＲガス流量の脈動周波数、および脈動振幅（流量の変動幅）は、ＥＧＲ通路両端の吸気管または排気管の圧力変動、およびＥＧＲ通路（ＥＧＲ弁）の流路抵抗により変動するので、ＥＧＲ流量センサの計測誤差もこれらの要因によって変動する。
【００８０】
このことから本発明のＥＧＲ制御装置においては吸気管または排気管の圧力変動に関連する第一運転状態パラメータ、およびＥＧＲ通路の流路抵抗に関連する第二の運転状態パラメータによりＥＧＲ流量センサ１８の計測流量を補正するようにする。
【００８１】
吸気管または排気管の圧力変動に関連する第一の運転状態パラメータの例としてはエンジン回転数（内燃機関の回転数）及びエンジン負荷（内燃機関の負荷）を用いたが、この他にも、目標トルク、燃料噴射量、吸気管圧力、スロットル弁開度、排気管圧力、及びＶＧＴ制御量等のうち、少なくとも１つを挙げることができる。
【００８２】
ＥＧＲ通路の流路抵抗に関連する第二の運転状態パラメータとしてはＥＧＲ弁のリフト量（開度）を用いたが、計測されたＥＧＲガス流量のほか、ＥＧＲ弁の基本リフト量がエンジン回転数、エンジン負荷、燃料噴射量、目標トルク等のパラメータに対して設定される場合にはこれらのパラメータも流路抵抗に関連する運転状態パラメータと考えられる。このことから流量補正係数演算手段４５ｂは、これらの入力パラメータに応じた補正係数

を出力する。

【００８３】

本実施形態では吸気管または排気管の圧力変動に関連する第一の運転状態パラメータとしてエンジン回転数、エンジン負荷を、ＥＧＲ通路の流路抵抗に関連する第二の運転状態パラメータとしてＥＧＲ弁リフト量を入力として、これらの入力パラメータの組合せに対し記憶された補正係数データを参照し出力する。

【００８４】

補正係数データの設定方法としては、入力パラメータの組合せで判定される各運転状態においてＥＧＲ流量センサの誤差を０とする補正係数を予めエンジン試験等により求めておき、各入力パラメータの組合せに対する補正係数をマップ状のメモリに記憶させておく。

【００８５】

図１０は、あるエンジン回転数、エンジン負荷の動作点においてＥＧＲ弁リフト量が変化したときの補正特性の例を示した図である。例として、ＥＧＲ弁リフト量が中間リフト量（所定の弁開度）よりも小さいときには、ＥＧＲガスの脈動周波数が上昇し、上述したように、流速分布が流速低下方向に変化するので、中間リフト量（所定の開度）と比較して、その中間リフト量よりも小さいときには、リフト量が小さくなるに従って、流量補正係数が大きくなるようにして、計測したＥＧＲガス流量Ｑｅｓ（流量増加側に補正）する。

【００８６】

ここでＥＧＲ流量センサが逆流を判定できない構成である場合には、ＥＧＲ弁リフト量が全閉に近いとき脈動による逆流の影響で流速上昇方向に誤差を生じる場合があるが、このような場合は逆流により流量増加方向に誤差を生ずるＥＧＲ弁リフト量で流量補正係数を減少側に補正するようにしても良い。

【００８７】

ここで、ＥＧＲ弁の基本リフト量がエンジン回転数、エンジン負荷に対して設定されるＥＧＲ制御装置においては、エンジン回転数とエンジン負荷のパラメータの組合せでＥＧＲ弁のリフト量の代用とすることもできる。この場合は流量補正を行うためのパラメータとして、ＥＧＲ弁のリフト量（通路の流路抵抗）に関係する第二の運転状態パラメータはエンジン回転数とエンジン負荷であり、吸気圧変動、排気圧変動に関係する第一の運転状態パラメータもエンジン回転数とエンジン負荷となるが、エンジン回転数とエンジン負荷は、両者に共通するパラメータであるので、流量補正係数はエンジン回転数とエンジン負荷の２つのパラメータに対し設定すれば良い。

【００８８】

本実施形態のような第一の運転状態パラメータとしてエンジン回転数及びエンジン負荷と、第二の運転状態パラメータとしてＥＧＲ弁リフト量を用いて、流量補正係数を算出する方法では、以下の利点がある。図１１にエンジン負荷変化時（過渡時）のＥＧＲ弁リフト量の動作を示す。例として（ａ）のようにエンジン負荷が減少する場合は、（ｂ）の排気圧力がエンジン負荷に応じて変化するのに対し、吸気圧力の変化はターボチャージャ３の応答遅れ等のため（ｃ）のようにエンジン負荷の変化に対し遅れて変化する。このためこのようなエンジン負荷が減少する過渡時ではＥＧＲ弁の差圧（排気圧力と吸気圧力の差）は定常時に対し減少する。このため、（ｄ）の破線に示す定常時のＥＧＲ弁リフト量の設定では（ｅ）の破線に示すようにＥＧＲガス流量（ＥＧＲ率）が不足し、ＮＯｘ排出量が増加する。

【００８９】

このような過渡時のＥＧＲ弁の差圧変動に対し、ＥＧＲ率の変動を抑制するＥＧＲ弁リフト量の適正値を（ｄ）の実線に示す。過渡時ＥＧＲ弁の差圧が減少したときはＥＧＲ弁リフト量を一時的に大きくすることでＥＧＲ率を定常の適正値に保つことができる。

【００９０】

すなわち定常時と過渡時では、同一のエンジン負荷、回転の動作点であってもＥＧＲ弁

リフト量の適正値が異なる。このことから本実施形態ではエンジン回転数、エンジン負荷、及び、ＥＧＲ弁リフト量の３つのパラメータでＥＧＲ流量補正値を算出するようにして、過渡時においてもＥＧＲ流量センサの計測精度を向上するようにした。

【００９１】

ここで流量補正係数の算出のための入力パラメータとしてエンジン負荷の代わりに、前述した燃料噴射量または目標トルクを使用しても良い。

【００９２】

さらに、流量補正係数の算出のための入力パラメータとして吸気圧変動に関連するパラメータである吸気管圧力センサ２６による吸気管圧力の計測値を用いても良い。

【００９３】

また、ＥＧＲ通路内の流速分布の変動要因となるＥＧＲガス流量の脈動周波数の変化はＥＧＲ弁リフト量のほかにエンジン回転数の変化に伴う排気圧力、吸気圧力の変動周波数の変化によっても起こるので図１２に示すようにエンジン回転数によって流量補正係数を変化させるようにしても良い。この場合には、低回転に比べ高回転でＥＧＲガスの脈動周波数が高くなり、流速分布が流速低下方向に変化することから、低回転時の流量補正係数に対し、高回転時の流量補正係数を大きく（流量増加側に補正）するよう設定している。

【００９４】

また、エンジンによっては、スロットル弁５の開度の変化によりＥＧＲ通路出口の吸気圧の変動量が変化し、これによりＥＧＲ通路の脈動周波数が変動する場合があるので、補正のためのパラメータとしてＥＧＲ弁リフト量の他にスロットル弁の開度を入力するようにしてもよい。

【００９５】

図１３は、本実施形態のＥＧＲ制御装置の動作を示すフローチャートである。ステップ１００では車両が運転中であることを判定するためイグニッションスイッチがＯＮであるかをチェックする。イグニッションスイッチがＯＮであればステップ１１０でエンジン回転数、エンジン負荷、ＥＧＲ弁リフト量等の運転状態パラメータを取り込む。ステップ１２０ではＥＧＲ流量センサの信号を取り込む。ステップ１３０ではＥＧＲ流量センサの信号よりＥＧＲガス流量を算出する。ステップ１４０では運転状態パラメータより、予め各運転状態に対応して記憶されたマップより目標ＥＧＲガス流量を算出する。ステップ１５０ではステップ１３０で求められたＥＧＲガス流量の算出値が目標ＥＧＲガス流量となるようにＥＧＲ弁リフト量を調整する。

【００９６】

ステップ１３０のＥＧＲガス流量の算出方法について図１４により説明する。ＥＧＲ流量センサの信号は一般には電圧レベルで取り込まれるのでステップ２００でＥＧＲ流量センサの信号を流量に変換しＥＧＲガス流量の計測値Ｑｅｓとする。ステップ２１０ではＥＧＲガス流量の補正係数Ｋｅを算出する。ＥＧＲガス流量の補正係数は図９で説明したように、取り込まれたエンジン回転数、エンジン負荷、ＥＧＲ弁リフト量等の運転状態パラメータに応じて、運転状態ごとに予め記憶されたＥＧＲガス流量の補正係数マップより該当する運転状態の補正係数を読み出すようにする。補正係数Ｋｅは前述したようにＥＧＲ弁リフト量、エンジン回転数の変化に伴うＥＧＲガス脈動周波数の変化による誤差を減少させるように設定される。

【００９７】

ステップ２２０ではＥＧＲ流量センサ１８の計測流量をＱｅｓと補正係数Ｋｅより、流量補正値Ｑｅｃを前述した数１により算出する。

【００９８】

以上説明した本発明のＥＧＲ流量制御装置によればＥＧＲ弁リフト量の変化等に伴うＥＧＲガス流量の脈動周波数の変化に起因するＥＧＲ流量センサの計測誤差を低減できる。これによりＥＧＲガス流量の制御精度が向上し排気ガス中のＰＭやＮＯｘの排出量を減少させることができる。

【００９９】

〔第二実施形態〕
第一実施形態は、ＥＧＲガスの脈動周波数の変動によるＥＧＲ流量センサの誤差を、エンジンを表す第一及び第二の運転状態パラメータにより補正するものであるが、本発明の第二実施形態は、ＥＧＲ流量センサの計測信号（計測したＥＧＲガス流量）の時間変化により、ＥＧＲガス(ＥＧＲガス流量）の脈動周波数（又は時間変化量）に応じてＥＧＲ流量センサのＥＧＲガス流量を補正するものである。本実施形態に係るＥＧＲ制御装置を含むエンジンシステムの構成は第一実施形態と同様である。
【０１００】
本実施形態のＥＧＲ制御装置の動作フローは、第一実施形態（図７）と同様である。図７のステップ１３０のＥＧＲガス流量の計算方法に特徴を有する。本実施形態におけるＥＧＲガス流量の計算方法について図１５により説明する。
【０１０１】
ステップ３００にて、ＥＧＲ流量センサの信号（電圧）をＥＧＲガス流量に変換し計測ＥＧＲ流量（ＥＧＲガス流量）Ｑｅｓとする。ステップ３１０でＥＧＲガス流量の変化方向（増加方向または減少方向）を判定する。ＥＧＲガス流量の変化方向の判定方法の例について説明する。
【０１０２】
まずＥＧＲガス流量（計測したＥＧＲガス流量）Ｑｅｓの低域フィルタ値Ｑｅｓｆ［ｎ］を下式の数２で求める。下記フィルタ計算は所定のサンプリング周期ごとに実施される。
【０１０３】
【数２】

$$Qesf[n] = KHP \times (Qes[n] - Qesf[n-1]) + Qesf[n-1]$$

ここで　Ｑｅｓ［ｎ］　：今回の計測流量
Ｑｅｓｆ［ｎ－１］：前回の低域フィルタ値
ＫＨＰ　：フィルタ係数

【０１０４】
ＥＧＲガス流量の変化方向はＱｅｓ［ｎ］－Ｑｅｓｆ［ｎ］＞０のとき流量上昇方向とし、Ｑｅｓ［ｎ］－Ｑｅｓｆ［ｎ］＜０のとき流量低下方向と判定する。
【０１０５】
次にステップ３２０で流量変化方向に応じて予めメモリに記憶された補正ゲインを読込み補正ゲインＫＨとする。流量上昇方向であるときはＫＨを所定値ＫＨＵに設定する。流量低下方向であるときは補正ゲインＫＨを所定値ＫＨＤに設定する。ＥＧＲ流量センサの誤差が流量減少方向の誤差であるときに流量増加方向に補正したい場合には、ＫＨＵ＞ＫＨＤとなるよう設定する。ＥＧＲ流量センサの誤差が流量増加方向の誤差であるときに流量減少方向に補正したい場合には、ＫＨＵ＜ＫＨＤとなるよう設定する。
【０１０６】
ステップ３３０では流量補正値Ｑｅｃを下式等で求める。下式の数３のＫＨ ×（Ｑｅｓ－Ｑｅｓｆ）が補正項である。
【０１０７】
【数３】

$$Qec = Qes + KH \times (Qes - Qesf)$$

【０１０８】
上式によればＥＧＲガスの脈動に伴うＥＧＲ通路の流速分布の変動により、ＥＧＲ流量

センサの誤差が流量減少方向であるときは、図１６に示すように計測流量Ｑｅｓに対し流量補正値Ｑｅｃは立ち上がりが速くなるように補正されることで流量増加方向に補正される。逆に、ＥＧＲ流量センサの誤差が流量増加方向であるときは、計測流量Ｑｅｓに対し流量補正値Ｑｅｃは立下りが速くなるように補正されることで流量減少方向に補正される。すなわち、ＥＧＲ流量補正手段は、本実施形態では、ＥＧＲガス流量の時間変化量に基づいて、ＥＧＲガス流量を補正することになる。

【０１０９】

ＥＧＲガスの脈動周波数が変化したときの補正特性を図１７に示す。点線は実際のＥＧＲガス流量である。破線はＥＧＲ流量センサの計測流量Ｑｅｓの例であり、脈動周波数が高くなるにしたがって通路の流速分布の変化により流量減少方向の誤差が大きくなる。実線は流量補正値（補正後のＥＧＲガス流量）Ｑｅｃであり、ＥＧＲガスの脈動周波数が高くなると数３のＱｅｓ－Ｑｅｓｆの絶対値（Ｑｅｓのサンプリング周期間の変化量に対応）が大きくなるため、Ｑｅｓに対する補正量を増加させ、補正ゲインを誤差特性に合わせて設定することでＱｅｃは実際の流量とほぼ一致するよう補正される。すなわち本補正方法によればＥＧＲガス流量の脈動周波数（時間変化量）に応じた誤差の補正が可能となり、ＥＧＲ弁等部品の特性ばらつきやエンジンのカム等の形状ばらつきによりＥＧＲガスの脈動周波数が変動しても常に高精度にＥＧＲガス流量を計測することができる。これによりＥＧＲガス流量の制御精度が向上し排気ガス中のＰＭやＮＯｘの排出量を減少させることができる。

【０１１０】

ここで、ＥＧＲガスの脈動周波数に応じた計測流量の補正方法としてフィルタを用いる方式のほかに、ＥＧＲガス流量の脈動周期を計測して、脈動周波数を算出し計測したＥＧＲガス流量を補正するようにしても良い。

【０１１１】

また、ＥＧＲガスの脈動周波数や運転状態の変化に対し誤差をきめ細かく補正するために第一実施形態の補正方法と第二実施形態の補正方法を併用しても良い。

【０１１２】

〔第三実施形態〕

図１８は、第三実施形態におけるＥＧＲ流量センサの構成図である。ＥＧＲ流量センサの構成としては、図１２のようなＥＧＲ通路内に発熱抵抗体を配置するもの以外に、図１８に示すようにＥＧＲガスの脈動による流量計測誤差を低減するためＥＧＲ通路内にガスの脈動を抑制するバイパス通路を設け、バイパス通路内に発熱抵抗体を配置することで、ＥＧＲガスの脈動による流量計測誤差を低減するものがある。このような構成では後述するバイパス通路の慣性効果により計測誤差特性が変化する。本発明の第三の実施形態はＥＧＲガスの脈動周波数の変動による流速分布変化の影響と上記バイパス通路の慣性効果の影響を考慮し、ＥＧＲ流量センサの計測流量を補正するものである。

【０１１３】

バイパス通路を有するＥＧＲ流量センサの構成例としては図１８に示すようにＥＧＲ通路２０内に設けられるバイパス通路６０、およびバイパス通路６０内に配置される発熱抵抗体５２ａ、測温抵抗体５２ｂにより構成される。

【０１１４】

バイパス通路６０はＥＧＲガスの流れ方向に対向する開口部６１を有し、ＥＧＲガスは開口部６１より流入し、ガス流速を計測する発熱抵抗体５２ａを経て出口部６２より流出する。次にＥＧＲガスの脈動周波数とバイパス通路６０内の流速の関係について説明する。ＥＧＲガスの脈動が発生しているときバイパス通路６０内の圧損により、バイパス通路６０内のガス流速の変化はＥＧＲ通路２０内のガス流速の変化に対し遅れを生ずる。これは一般にバイパス通路の慣性効果と呼ばれる。ＥＧＲガスの脈動周波数が高くなると慣性効果によるバイパス通路の流速変化遅れが大きくなることで最大流速が減少し、流速の２乗関数である圧損の時間平均値が減少するので脈動周波数が低いときに比べて平均ガス流速が上昇する。

【０１１５】
図１９は、バイパス通路を有するＥＧＲ流量センサの脈動周波数と誤差の特性例を示した図であり、図１９（ａ）にバイパス通路を有するＥＧＲ流量センサの脈動周波数と誤差の特性例を示す。脈動周波数が低周波から中周波（ｆｍ）までは、第１及び２実施形態で述べた脈動周波数変化に起因するＥＧＲ通路の流速分布変化の影響により誤差は流量低下方向となる。脈動周波数が高周波（＞ｆｍ）になると、前述したバイパス通路の慣性効果により脈動周波数が上昇するに従って流速が上昇し、（実際の誤差は上記流速分布変化の影響による流量低下方向の誤差とバイパス通路の慣性効果による流量増加方向の誤差の合成となるため）流量低下方向の誤差が減少する。
【０１１６】
上記の誤差特性を補正するための本実施形態のＥＧＲ制御装置の構成について説明する。
本発明のＥＧＲ制御装置を適用するエンジンシステムの構成は第一実施形態と同様である。本実施形態のＥＧＲ制御装置の動作フローは、第一実施形態（図７）と同様である。図７ステップ１３０のＥＧＲガス流量の計算方法に特徴を有する。本実施形態におけるＥＧＲガス流量の計算方法について図２０により説明する。
【０１１７】
ステップ３００は、第二実施形態と同様に、ＥＧＲ流量センサの信号（電圧）をＥＧＲガス流量に変換し計測流量Ｑｅｓとする。ステップ４１０ではＱｅｓにバンドパスフィルタ処理を行う。後述するがバンドパスフィルタ処理は脈動周波数によって変化する誤差を補正するためのゲイン調節のために行う。
【０１１８】
図１９（ｂ）にバンドパスフィルタの周波数特性を示す。（ａ）に示したＥＧＲ流量センサの誤差特性の例では脈動周波数変化に伴うＥＧＲ通路の流速分布変化の影響による流速低下とＥＧＲ流量センサのバイパス通路の慣性効果による流速上昇の影響によりある脈動周波数ｆｍで流量低下方向の計測誤差の絶対値が最大となる。バンドパスフィルタの周波数特性は上記計測誤差特性に合わせて、上記誤差の絶対値が最大となる周波数ｆｍ周辺のゲインを高め、それ以外の周波数ではゲインを小さく設定する。
【０１１９】
バンドパスフィルタは一般に使用されるもので、伝達関数Ｈ(z)が下式の数４で示されるディジタルフィルタにより実現される。
【０１２０】
【数４】

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \cdots + b_N z^{-N}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \cdots + a_M z^{-M}}$$

Ｑｅｓのバンドパスフィルタ値をＱｅｓｂとするとＱｅｓｂは下式の数５で算出される。
【０１２１】
【数５】

$$Qesb = H(z) \times Qes$$

【０１２２】
図２０ステップ４２０ではＱｅｓｂの変化方向（増加方向または減少方向）を判定する。ＥＧＲガス流量の変化方向の判定方法については第二実施形態と同様で以下に例を示す。
【０１２３】
Ｑｅｓｂの低域フィルタ値Ｑｅｓｂｆ［ｎ］を下式で求める。下記フィルタ計算は所定

の周期ごとに実施される。

【０１２４】

【数６】

$$Qesbf[n] = KHP \times (Qesb[n] - Qesbf[n-1]) + Qesbf[n-1]$$

ここで　Ｑｅｓｂ［ｎ］　　：今回のＱｅｓのバンドパスフィルタ値

Ｑｅｓｂｆ［ｎ－１］：前回のＱｅｓｂｆ計算値

ＫＨＰ　　：低域フィルタ係数

【０１２５】

ＥＧＲガス流量の変化方向はＱｅｓｂ［ｎ］－Ｑｅｓｂｆ［ｎ］＞０のとき流量上昇方向とし、Ｑｅｓｂ［ｎ］－Ｑｅｓｂｆ［ｎ］＜０のとき流量低下方向と判定する。以下の補正ゲインの設定、およびは流量補正値の算出方法は第二実施形態と同様である。

【０１２６】

ステップ４３０で流量変化方向に応じて補正ゲインＫＨを設定する。流量上昇方向であるときはＫＨを所定値ＫＨＵに設定する。流量低下方向であるときはＫＨを所定値ＫＨＤに設定する。ＥＧＲ流量センサの誤差が流量減少方向であるときに、流量増加方向に補正したい場合はＫＨＵ＞ＫＨＤとなるよう設定する。ＥＧＲ流量センサの誤差が流量増加方向である場合で流量減少方向に補正したい場合はＫＨＵ＜ＫＨＤとなるよう設定する。

【０１２７】

ステップ４４０では流量補正値Ｑｅｃを下式等で求める。下式のＫＨ ×（Ｑｅｓｂ－Ｑｅｓｂｆ）が補正項である。

【０１２８】

【数７】

$$Qec = Qesb + KH \times (Qesb - Qesbf)$$

【０１２９】

上式によればＥＧＲガスの脈動に伴うＥＧＲ通路の流速分布の変動により、ＥＧＲ流量センサの誤差が流量減少方向であるときは、計測したＥＧＲガス流量Ｑｅｓに対し流量補正値Ｑｅｃは立ち上がりが速くなるように補正ゲインＫＨを設定することで、第二実施形態の図１６のように流量増加方向に補正される。ＥＧＲ流量センサの誤差が流量増加方向であるときは、計測したＥＧＲガス流量Ｑｅｓに対し流量補正値Ｑｅｃは立下りが速くなるように補正ゲインＫＨを設定することで流量減少方向に補正される。ここで前述のバンドパスフィルタは計測誤差が大きくなる脈動周波数帯域ではゲインが大きくなるよう設定されており、計測したＥＧＲガス流量の値Ｑｅｓの変化量が増幅される。これにより上記補正項ＫＨ ×（Ｑｅｓｂ－Ｑｅｓｂｆ）が大きくなるので、図１９（ｃ）のように計測誤差が大きくなる脈動周波数帯域で流量補正量を大きくすることができる。すなわち、前記ガス流量補正手段は、ＥＧＲガス流量の脈動周波数が所定周波数ｆｍより低周波であるときは、ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が高くなるに従って、ＥＧＲガス流量が増加する方向へのＥＧＲガス流量の補正量を増加させ、一方、ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が所定周波数ｆｍより高周波であるときは、前記ＥＧＲガス流量の前記脈動周波数が高くなるに従って、ＥＧＲガス流量が増加する方向へのＥＧＲガス流量の補正量を減少させている。

【０１３０】

以上の処理によりＥＧＲガス流量の補正を実施したときの誤差特性を（ｄ）に示す。脈動周波数変化に伴うＥＧＲ通路の流速分布変化とＥＧＲ流量センサのバイパス通路の慣性

効果（流速上昇）の変化の両者による誤差を低減することが可能となる。これにより脈動周波数の変化に起因する複数の誤差要因があってもＥＧＲガス流量を高精度に制御することが可能となり排気ガス中のＰＭやＮＯｘの排出量を減少させることができる。

【０１３１】

ここで、図３の流量補正手段４５は、第一から第三実施形態では、図１のエンジン制御装置２２のプログラム処理にて実行されるよう構成したが、流量補正手段４５をエンジン制御装置２０とは別体の制御装置として、該別体の制御装置をＥＧＲ流量センサ（ガス流量計測装置）に含んでもよい。すなわち、本発明にいう、内燃機関のＥＧＲ流量制御装置は、内燃機関の制御装置に含まれるばかりでなく、ＥＧＲ流量センサ（ガス流量計測装置）内において、ガス流量補正手段（流量補正手段）が計測信号を補正する手段として含んでいるものも、その範囲に含まれるものとする。

【産業上の利用可能性】

【０１３２】

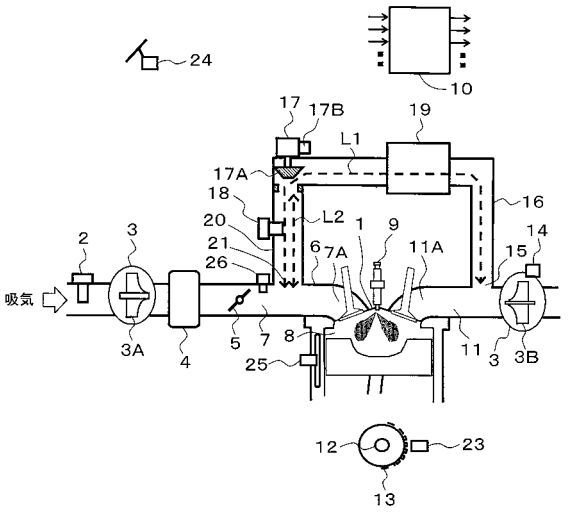
本発明は、内燃機関制御に関連したものであり、自動車だけでなく、ガス還流システムを有した船舶用エンジンや建設機用エンジン、半固定発電機用エンジンにも適用可能である。

【符号の説明】

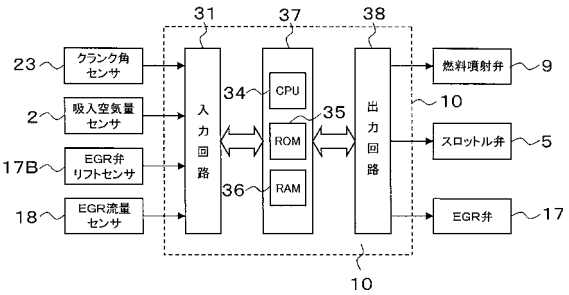
【０１３３】

５　　スロットル弁
９　　燃料噴射弁
１０　　内燃機関のＥＧＲ流量制御装置
１６　　ＥＧＲ通路
１７　　ＥＧＲ弁
１８　　ＥＧＲ流量センサ
４５　　ＥＧＲ流量補正手段（ガス流量補正手段）
５２ａ　発熱抵抗体
６０　　バイパス通路

【図１】



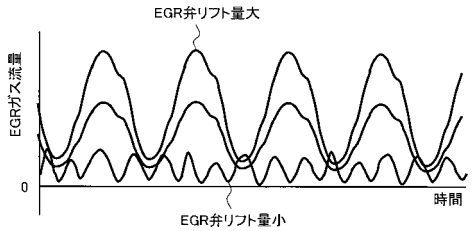
【図２】



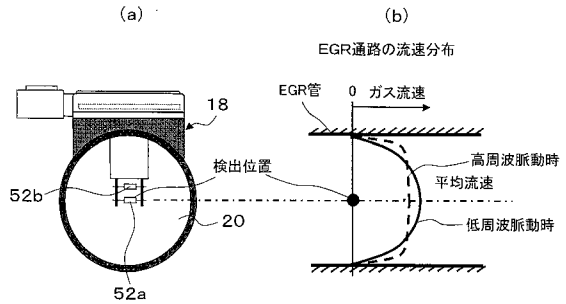
【図３】



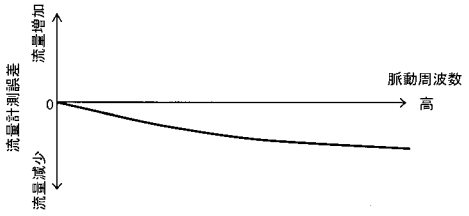
【図４】



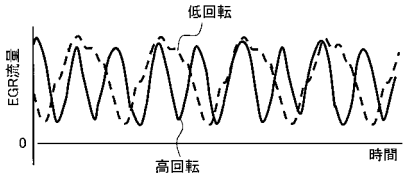
【図５】



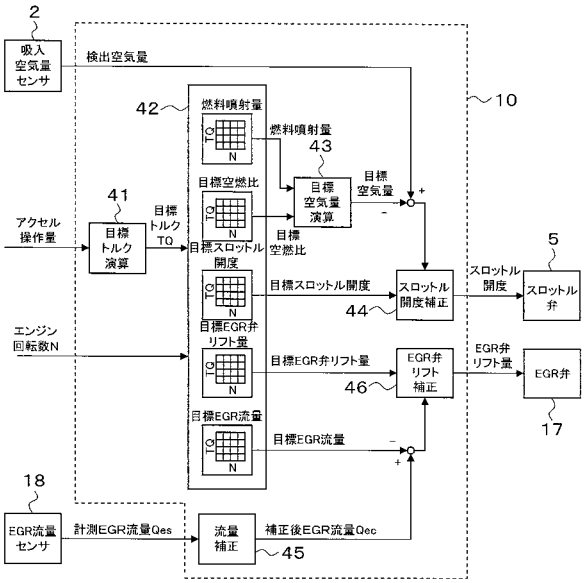
【図６】



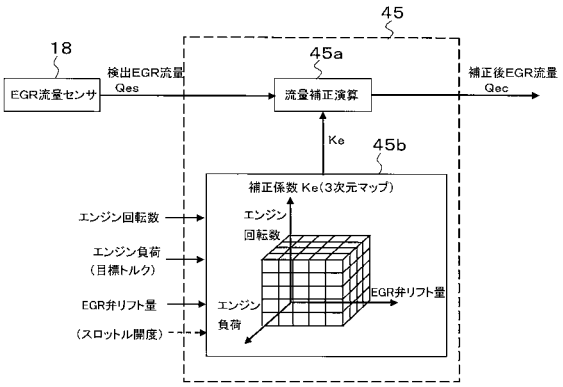
【図７】



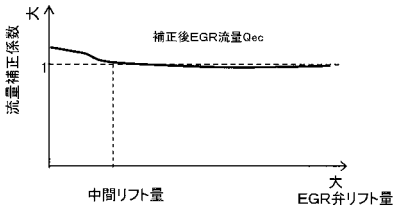
【図８】



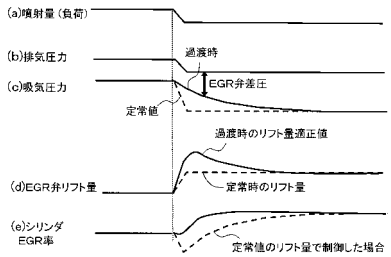
【図９】



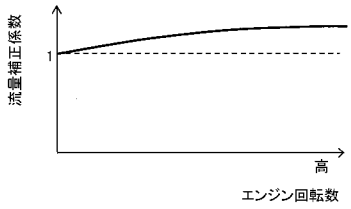
【図１０】



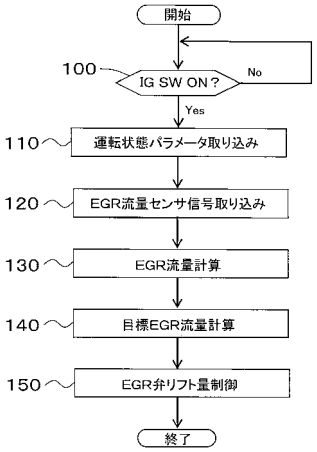
【図１１】



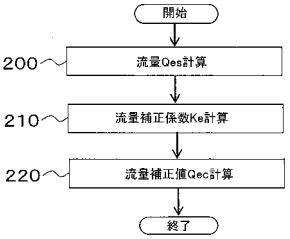
【図１２】



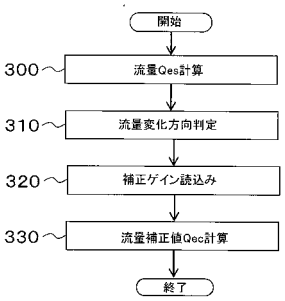
【図１３】



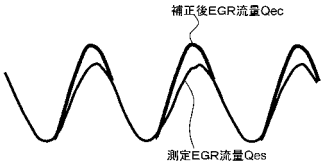
【図１４】



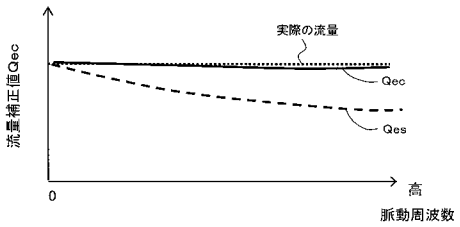
【図１５】



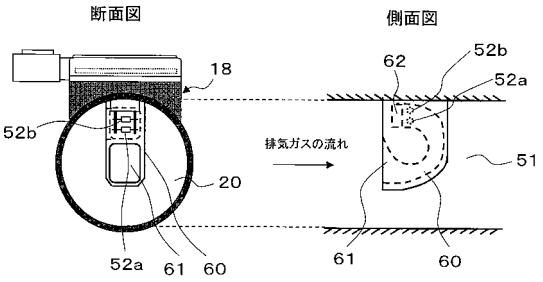
【図１６】



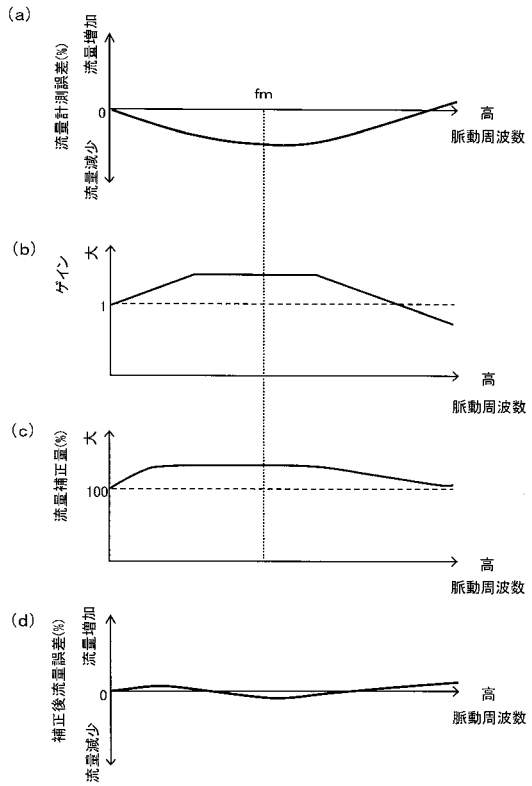
【図１７】



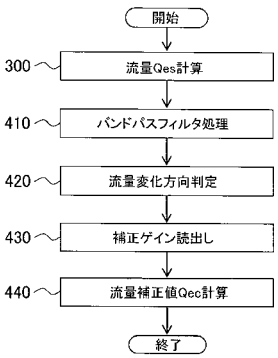
【図１８】



【図１９】



【図２０】



フロントページの続き

(72)発明者　星加　浩昭
茨城県ひたちなか市高場２４７７番地　株式会社日立カーエンジニアリング内

Ｆターム(参考) 3G062 AA01　AA06　BA02　CA07　FA02　FA05　FA10　GA01　GA06　GA21