

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6312049号
(P6312049)

(45) 発行日 平成30年4月18日(2018.4.18)

(24) 登録日 平成30年3月30日(2018.3.30)

(51) Int. Cl.	F 1
FO2M 26/53 (2016.01)	FO2M 26/53
FO2M 26/22 (2016.01)	FO2M 26/22
FO2M 26/41 (2016.01)	FO2M 26/41 3 1 1
FO2M 26/05 (2016.01)	FO2M 26/05

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-42402 (P2016-42402)	(73) 特許権者	000003137
(22) 出願日	平成28年3月4日(2016.3.4)		マツダ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-155728 (P2017-155728A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43) 公開日	平成29年9月7日(2017.9.7)	(74) 代理人	100086771
審査請求日	平成29年3月23日(2017.3.23)		弁理士 西島 孝喜
		(74) 代理人	100059959
			弁理士 中村 稔
		(74) 代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100088694
			弁理士 弟子丸 健
		(74) 代理人	100162824
			弁理士 石崎 亮

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジンの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンの制御装置であって、

排気通路内の排気ガスをEGRガスとして吸気通路に還流させるEGR通路と、EGR通路を通過するEGRガスを調整するEGRバルブと、を備え、少なくともエンジンの冷却水によってEGRガスが冷却されるEGR装置と、

EGRバルブの上流側のガスの圧力であるEGRバルブ上流圧を検出する上流圧検出手段と、

EGRバルブの下流側のガスの圧力であるEGRバルブ下流圧を検出する下流圧検出手段と、

EGRバルブの上流側のガスの温度であるEGRバルブ上流温度を推定する上流温度推定手段と、

エンジンの運転状態に基づいて、EGR装置によって還流させるEGRガスの目標EGR率を設定して、この目標EGR率に応じてEGRバルブを制御するEGR制御手段と、を有し、

上記上流温度推定手段は、EGRガスがEGR通路を流れるときに、このEGR通路の壁面から少なくとも上記冷却水へと熱が伝わり、EGRガスの温度が低下する現象をモデル化した熱交換モデルを用いて、EGR通路によってEGRガスを取り出す部分での温度であるEGRガス取り出し部温度から、上記EGRバルブ上流温度を推定し、

上記EGR制御手段は、上記EGRバルブ上流圧と、上記EGRバルブ下流圧と、上記

EGRバルブ上流温度とに基づき、上記目標EGR率を実現するEGRバルブの目標開度を求め、この目標開度にEGRバルブを設定する制御を行い、

上記熱交換モデルは、EGR通路を熱伝達係数に基づき複数に分割した経路のそれぞれについて規定される、ことを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項2】

上記EGR制御手段は、上記EGRバルブ上流圧と、上記EGRバルブ下流圧と、上記EGRバルブ上流温度に応じたEGRバルブの上流側のガスの密度とに基づき、ベルヌーイの定理に従って、EGRバルブの目標開度を求める、請求項1に記載のエンジンの制御装置。

【請求項3】

上記EGR装置は、EGRバルブの上流側のEGR通路にEGRクーラを備え、
上記上流圧検出手段は、EGRクーラとEGRバルブとの間のEGRガスの圧力を、上記EGRバルブ上流圧として検出する、請求項1又は2に記載のエンジンの制御装置。

【請求項4】

吸気通路に設けられたコンプレッサと排気通路に設けられたタービンとを備えるターボ過給機を更に備え、

上記EGR装置のEGR通路は、ターボ過給機のタービンの上流側とターボ過給機のコンプレッサの下流側とに接続され、

上記EGR制御手段は、ターボ過給機による過給域において、EGR装置によってEGRガスを吸気通路に還流させるようにEGRバルブを制御する、請求項1乃至3のいずれか一項に記載のエンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンの制御装置に係わり、特に、排気ガスを吸気通路に還流するEGR (Exhaust Gas Recirculation) 装置を有するエンジンの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、エンジンの運転状態に基づき、特にエンジン回転数やエンジン負荷に基づき、EGR装置によるEGRガスの還流を制御する技術が知られている。例えば、特許文献1には、EGR装置を有するエンジンの制御装置に関して、エンジンの高回転高負荷域において、エンジン回転数が高くなるほどEGRガスを増加させること、高回転高負荷域において、エンジン負荷が高くなるほどEGRガスを増加させること、及び、低回転低負荷域においてEGRガスを導入すること、が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-24974号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、エンジンの運転状態に応じた目標EGR率(目標EGRガス量と同義である。以下同様とする。)を実現するためにEGRバルブ開度の制御が行われる。この場合、エンジンの運転状態と設定すべきEGRバルブ開度との関係を予め規定しておき、そのような関係に従って現在のエンジンの運転状態に対応するEGRバルブ開度に設定して、目標EGR率を実現しようとする方法が考えられる。しかしながら、この方法だと、EGR制御の制御性や外乱に対するロバスト性を確保できない場合がある。例えば、高地や過渡時などでは、エンジンの運転状態に応じて設定すべきEGRバルブ開度が、上記した予め規定しておいた関係より設定されるEGRバルブ開度からずれることで、目標EGR率を適切に実現できなくなる。

10

20

30

40

50

【0005】

本発明は、上述した従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、EGRバルブ開度を適切に制御して目標EGR率を精度良く実現することができるエンジン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】

【0006】

上記の目的を達成するために、本発明は、エンジンの制御装置であって、排気通路内の排気ガスをEGRガスとして吸気通路に還流させるEGR通路と、EGR通路を通過するEGRガスを調整するEGRバルブと、を備え、少なくともエンジンの冷却水によってEGRガスが冷却されるEGR装置と、EGRバルブの上流側のガスの圧力であるEGRバルブ上流圧を検出する上流圧検出手段と、EGRバルブの下流側のガスの圧力であるEGRバルブ下流圧を検出する下流圧検出手段と、EGRバルブの上流側のガスの温度であるEGRバルブ上流温度を推定する上流温度推定手段と、エンジンの運転状態に基づいて、EGR装置によって還流させるEGRガスの目標EGR率を設定して、この目標EGR率に応じてEGRバルブを制御するEGR制御手段と、を有し、上流温度推定手段は、EGRガスがEGR通路を流れるときに、このEGR通路の壁面から少なくとも冷却水へと熱が伝わり、EGRガスの温度が低下する現象をモデル化した熱交換モデルを用いて、EGR通路によってEGRガスを取り出す部分での温度であるEGRガス取り出し部温度から、EGRバルブ上流温度を推定し、EGR制御手段は、EGRバルブ上流圧と、EGRバルブ下流圧と、EGRバルブ上流温度とに基づき、目標EGR率を実現するEGRバルブの目標開度を求め、この目標開度にEGRバルブを設定する制御を行い、熱交換モデルは、EGR通路を熱伝達係数に基づき複数に分割した経路のそれぞれについて規定される、ことを特徴とする。

このように構成された本発明では、検出したEGRバルブ上流圧及びEGRバルブ下流圧と、推定したEGRバルブ上流温度とに基づき、エンジンの運転状態に応じた目標EGR率を実現するEGRバルブの目標開度（目標EGRバルブ開度）を求めるので、EGRバルブ開度を適切に制御して目標EGR率を精度良く実現することができる。具体的には、本発明によれば、EGR率の制御性と外乱に対するロバスト性を向上させることができる。また、本発明によれば、EGR制御と他の制御との協調制御を適切に行うことができる。具体的には、目標EGR率に応じたEGRガスを適切に把握できるので、このEGRガスを考慮して吸気量制御や燃料噴射制御を精度良く行うことができる。

また、本発明によれば、温度推定手段は、EGRガスがEGR通路を流れるときに、このEGR通路の壁面から少なくとも冷却水へと熱が伝わり、EGRガスの温度が低下する現象をモデル化した熱交換モデル（EGR通路を熱伝達係数に基づき複数に分割した経路のそれぞれについて規定される）を用いて、EGR通路によってEGRガスを取り出す部分での温度であるEGRガス取り出し部温度から、EGRバルブ上流温度を推定する。これにより、EGRバルブ上流温度を精度良く求めることができる。

【0007】

本発明において、好ましくは、EGR制御手段は、EGRバルブ上流圧と、EGRバルブ下流圧と、EGRバルブ上流温度に応じたEGRバルブの上流側のガスの密度とに基づき、ベルヌーイの定理に従って、EGRバルブの目標開度を求める。

このように構成された本発明によれば、検出したEGRバルブ上流圧及びEGRバルブ下流圧と、推定したEGRバルブ上流温度に応じたEGRバルブの上流側のガスの密度とに基づき、ベルヌーイの定理に従って、目標EGR率を実現する目標EGRバルブ開度を精度良く求めることができる。

【0009】

本発明において、好ましくは、EGR装置は、EGRバルブの上流側のEGR通路にEGRクーラを備え、上流圧検出手段は、EGRクーラとEGRバルブとの間のEGRガスの圧力を、EGRバルブ上流圧として検出する。

このように構成された本発明によれば、EGRクーラとEGRバルブとの間のEGRガ

10

20

30

40

50

スの圧力（つまりEGRバルブの直上流側の圧力）をEGRバルブ上流圧として用いて目標EGRバルブ開度を求めるので、目標EGR率を実現する目標EGRバルブ開度をより精度良く求めることができる。

【0010】

本発明において、好ましくは、吸気通路上に設けられたコンプレッサと排気通路上に設けられたタービンとを備えるターボ過給機を更に備え、EGR装置のEGR通路は、ターボ過給機のタービンの上流側とターボ過給機のコンプレッサの下流側とに接続され、EGR制御手段は、ターボ過給機による過給域において、EGR装置によってEGRガスを吸気通路に還流させるようにEGRバルブを制御する。

このように構成された本発明によれば、ターボ過給機による過給域においてEGRガスを導入し、この過給域において上記のようにして求めた目標EGRバルブ開度を適用してEGR制御を行うので、過給域においてノッキング抑制や熱負荷軽減や燃料増量の低減などを適切に実現することができる。

【発明の効果】

【0011】

本発明のエンジンの制御装置によれば、EGRバルブ開度を適切に制御して目標EGR率を精度良く実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施形態によるエンジンの制御装置が適用されたエンジンシステムの概略構成図である。

【図2】本発明の実施形態によるエンジンの制御装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の実施形態によるエンジン制御処理を示すフローチャートである。

【図4】本発明の実施形態による点火時期マップの一例を模式的に示した図である。

【図5】本発明の実施形態によるEGR制御処理を示すフローチャートである。

【図6】本発明の実施形態によるEGR通路モデル及びEGRバルブモデルを模式的に示すブロック図である。

【図7】本発明の実施形態によるEGR率マップに関して、同一のエンジン回転数で見たとときのエンジン負荷とEGR率との関係を示すグラフである。

【図8】本発明の実施形態による吸気バルブ及び排気バルブの動作の一例を示すグラフである。

【図9】本発明の実施形態による吸気バルブ及び排気バルブの動作タイミングを規定したマップである。

【図10】本発明の実施形態によるEGR率マップに関して、同一のエンジン負荷で見たとときのエンジン回転数とEGR率との関係を示すグラフである。

【図11】本発明の実施形態によるEGR率マップに規定された、エンジン回転数とEGR導入制限負荷との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態によるエンジンの制御装置について説明する。

【0014】

<システム構成>

まず、図1及び図2を参照して、本発明の実施形態によるエンジンの制御装置が適用されたエンジンシステムについて説明する。図1は、本発明の実施形態によるエンジンの制御装置が適用されたエンジンシステムの概略構成図であり、図2は、本発明の実施形態によるエンジンの制御装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【0015】

図1及び図2に示すように、エンジンシステム100は、主に、外部から導入された吸

10

20

30

40

50

気（空気）が通過する吸気通路 1 と、この吸気通路 1 から供給された吸気と、後述する燃料噴射弁 1 3 から供給された燃料との混合気を燃焼させて車両の動力を発生するエンジン 1 0（具体的にはガソリンエンジン）と、このエンジン 1 0 内の燃焼により発生した排気ガスを排出する排気通路 2 5 と、エンジンシステム 1 0 0 に関する各種の状態を検出するセンサ 4 0 ~ 5 3 と、エンジンシステム 1 0 0 全体を制御する P C M 6 0 と、を有する。

【 0 0 1 6 】

吸気通路 1 には、上流側から順に、外部から導入された吸気を浄化するエアクリーナ 3 と、通過する吸気を昇圧させる、ターボ過給機 4 のコンプレッサ 4 a と、外気や冷却水により吸気を冷却するインタークーラ 5 と、通過する吸気量（吸入空気量）を調整するスロットルバルブ 6 と、エンジン 1 0 に供給する吸気を一時的に蓄えるサージタンク 7 と、
10
が設けられている。

【 0 0 1 7 】

また、吸気通路 1 には、コンプレッサ 4 a によって過給された吸気の一部を、コンプレッサ 4 a の上流側に還流するためのエアバイパス通路 8 が設けられている。具体的には、エアバイパス通路 8 の一端は、コンプレッサ 4 a の下流側で且つスロットルバルブ 6 の上流側の吸気通路 1 に接続され、エアバイパス通路 8 の他端は、エアクリーナ 3 の下流側で且つコンプレッサ 4 a の上流側の吸気通路 1 に接続されている。

【 0 0 1 8 】

このエアバイパス通路 8 には、エアバイパス通路 8 を流れる吸気の流量を開閉動作により調節するエアバイパスバルブ 9 が設けられている。エアバイパスバルブ 9 は、エアバイパス通路 8 を完全に閉じる閉状態と完全に開く開状態とに切り換え可能な、いわゆるオン
20
オフバルブである。

【 0 0 1 9 】

エンジン 1 0 は、主に、吸気通路 1 から供給された吸気を燃焼室 1 1 内に導入する吸気バルブ 1 2 と、燃焼室 1 1 に向けて燃料を噴射する燃料噴射弁 1 3 と、燃焼室 1 1 内に供給された吸気と燃料との混合気に点火する点火プラグ 1 4 と、燃焼室 1 1 内での混合気の燃焼により往復運動するピストン 1 5 と、ピストン 1 5 の往復運動により回転されるクランクシャフト 1 6 と、燃焼室 1 1 内での混合気の燃焼により発生した排気ガスを排気通路 2 5 へ排出する排気バルブ 1 7 と、を有する。

【 0 0 2 0 】

また、エンジン 1 0 は、吸気バルブ 1 2 及び排気バルブ 1 7 のそれぞれの動作タイミング（つまり開閉時期）を、可変バルブ機構（Variable Valve Timing Mechanism）としての可変吸気バルブ機構 1 8 及び可変排気バルブ機構 1 9 によって可変に構成されている。可変吸気バルブ機構 1 8 及び可変排気バルブ機構 1 9 としては、公知の種々の形式を適用可能であるが、例えば電磁式又は油圧式に構成された機構を用いて、吸気バルブ 1 2 及び排気バルブ 1 7 の動作タイミングを変化させることができる。

【 0 0 2 1 】

排気通路 2 5 には、上流側から順に、通過する排気ガスによって回転され、この回転によってコンプレッサ 4 a を駆動するターボ過給機 4 のタービン 4 b と、例えば N O x 触媒や三元触媒や酸化触媒などの、排気ガスの浄化機能を有する排気浄化触媒 3 5 a、3 5 b
40
が設けられている。

【 0 0 2 2 】

また、排気通路 2 5 上には、排気ガスの一部を E G R ガスとして吸気通路 1 に還流させる E G R 装置 2 6 が設けられている。E G R 装置 2 6 は、一端がタービン 4 b の上流側の排気通路 2 5 に接続され、他端がコンプレッサ 4 a の下流側で且つスロットルバルブ 1 1 の下流側の吸気通路 1 に接続された E G R 通路 2 7 と、E G R ガスを冷却する E G R クーラ 2 8 と、E G R 通路 2 7 を流れる E G R ガス量（流量）を制御する E G R バルブ 2 9 と、を有する。この E G R 装置 2 6 は、いわゆる高圧 E G R 装置（H P L（High Pressure Loop）E G R 装置）に相当する。

【 0 0 2 3 】

10

20

30

40

50

また、排気通路 25 には、排気ガスをターボ過給機 4 のタービン 4 b に通過させずに迂回させるタービンバイパス通路 30 が設けられている。このタービンバイパス通路 30 には、タービンバイパス通路 30 を流れる排気ガスの流量を制御するウェイストゲートバルブ（以下「WGバルブ」と称する）31 が設けられている。

【0024】

また、排気通路 25 においては、EGR 通路 27 の上流側の接続部分とタービンバイパス通路 30 の上流側の接続部分との間の通路が、第 1 通路 25 a と第 2 通路 25 b とに分岐されている。第 1 通路 25 a は第 2 通路 25 b よりも径が大きく、換言すると第 2 通路 25 b は第 1 通路 25 a よりも径が小さく、第 1 通路 25 a には開閉バルブ 25 c が設けられている。開閉バルブ 25 c が開いている場合には、排気ガスは基本的には第 1 通路 25 a に流れ、開閉バルブ 25 c が閉じている場合には、排気ガスは第 2 通路 25 b にのみ流れる。そのため、開閉バルブ 25 c が閉じている場合には、開閉バルブ 25 c が開いている場合よりも、排気ガスの流速が大きくなる。開閉バルブ 25 c は低回転数領域において閉じられ、流速が上昇された排気ガスをターボ過給機 4 のタービン 4 b に供給して、低回転数領域でもターボ過給機 4 による過給が行えるようになっている。

【0025】

エンジンシステム 100 には、当該エンジンシステム 100 に関する各種の状態を検出するセンサ 40 ~ 53 が設けられている。これらセンサ 40 ~ 53 は、具体的には以下の通りである。アクセル開度センサ 40 は、アクセルペダルの開度（ドライバがアクセルペダルを踏み込んだ量に相当する）であるアクセル開度を検出する。エアフローセンサ 41 は、エアクリーナ 3 とコンプレッサ 4 a との間の吸気通路 1 を通過する吸気の流量に相当する吸入空気量を検出する。温度センサ 42 は、エアクリーナ 3 とコンプレッサ 4 a との間の吸気通路 1 を通過する吸気の温度を検出する。圧力センサ 43 は、過給圧を検出する。スロットル開度センサ 44 は、スロットルバルブ 6 の開度であるスロットル開度を検出する。圧力センサ 45 は、下流圧検出手段として機能し、エンジン 10 に供給される吸気の圧力であるインマニ圧力（EGR バルブ下流圧に相当する）を検出する。クランク角センサ 46 は、クランクシャフト 16 におけるクランク角を検出する。吸気側カム角センサ 47 は、吸気カムシャフトのカム角を検出する。排気側カム角センサ 48 は、排気カムシャフトのカム角を検出する。圧力センサ 49 は、上流圧検出手段として機能し、EGR バルブ 29 の上流側のガスの圧力、具体的には EGR クーラ 28 と EGR バルブ 29 との間の EGR ガスの圧力（EGR バルブ上流圧）を検出する。WG 開度センサ 50 は、WG バルブ 31 の開度を検出する。O₂ センサ 51 は、排気ガス中の酸素濃度を検出する。排気温度センサ 52 は、排気温度を検出する。車速センサ 53 は、車両の速度（車速）を検出する。これらの各種センサ 40 ~ 53 は、それぞれ、検出したパラメータに対応する検出信号 S 140 ~ S 153 を PCM 60 に出力する。

【0026】

PCM 60 は、上述した各種センサ 40 ~ 53 から入力された検出信号 S 140 ~ S 153 に基づいて、エンジンシステム 100 内の構成要素に対する制御を行う。具体的には、図 2 に示すように、PCM 60 は、スロットルバルブ 6 に制御信号 S 106 を供給して、スロットルバルブ 6 の開閉時期やスロットル開度を制御し、エアバイパスバルブ 9 に制御信号 S 109 を供給して、エアバイパスバルブ 9 の開閉を制御し、WG バルブ 31 に制御信号 S 131 を供給して、WG バルブ 31 の開度を制御し、燃料噴射弁 13 に制御信号 S 113 を供給して、燃料噴射量や燃料噴射タイミングを制御し、点火プラグ 14 に制御信号 S 114 を供給して、点火時期を制御し、可変吸気バルブ機構 18 及び可変排気バルブ機構 19 のそれぞれに制御信号 S 118、S 119 を供給して、吸気バルブ 12 及び排気バルブ 17 の動作タイミングを制御し、EGR バルブ 29 に制御信号 S 129 を供給して、EGR バルブ 29 の開度を制御する（以下では当該制御を適宜「EGR 制御」と呼ぶ）。

【0027】

これらの PCM 60 の各構成要素は、CPU、当該 CPU 上で解釈実行される各種のプ

10

20

30

40

50

プログラム（OSなどの基本制御プログラムや、OS上で起動され特定機能を実現するアプリケーションプログラムを含む）、及びプログラムや各種のデータを記憶するためのROMやRAMの如き内部メモリを備えるコンピュータにより構成される。

【0028】

なお、詳細は後述するが、PCM60は、本発明における「上流温度推定手段」及び「EGR制御手段」として機能する。

【0029】

<エンジン制御処理>

次に、図3を参照して、本発明の実施形態によるエンジン制御処理について説明する。図3は、本発明の実施形態によるエンジン制御処理を示すフローチャートである。このフローは、車両のイグニッションがオンにされ、PCM60に電源が投入された場合に起動され、所定の周期で繰り返し実行される。

10

【0030】

エンジン制御処理が開始されると、ステップS101において、PCM60は、車両における各種情報を取得する。具体的には、PCM60は、アクセル開度センサ40によって検出されたアクセル開度や、車速センサ53によって検出された車速や、クランク角センサ46によって検出されたクランク角に対応するエンジン回転数や、車両の変速機に現在設定されているギヤ段などを取得する。

【0031】

次いで、ステップS102では、PCM60は、ステップS101において取得された車両の運転状態に基づき、目標加速度を設定する。具体的には、PCM60は、種々の車速及び種々のギヤ段について規定された加速度特性マップ（予め作成されてメモリなどに記憶されている）の中から、現在の車速及びギヤ段に対応する加速度特性マップを選択し、選択した加速度特性マップを参照して、アクセル開度センサ40によって検出されたアクセル開度に対応する目標加速度を決定する。

20

【0032】

次いで、ステップS103では、PCM60は、ステップS102で決定した目標加速度を実現するためのエンジン10の目標トルクを決定する。この場合、PCM60は、現在の車速、ギヤ段、路面勾配、路面 μ などに基づき、エンジン10が出力可能なトルクの範囲内で目標トルクを決定する。

30

【0033】

次いで、ステップS104では、PCM60は、ステップS101で取得した現在のエンジン回転数及びステップS103で決定した目標トルクを含むエンジン10の運転状態に応じて、点火プラグ14による目標点火時期を設定する。例えば、PCM60は、目標トルクにフリクションロスやポンピングロスによる損失トルクを加味した目標図示トルクを算出し、種々の充填効率及び種々のエンジン回転数について点火時期と図示トルクとの関係を規定した点火時期マップ（点火進角マップ）の中から、現在のエンジン回転数に対応し且つMBT近傍で目標図示トルクが得られる点火時期マップを選択し、選択した点火時期マップを参照して、目標図示トルクに対応する目標点火時期を設定する。また、PCM60は、ノッキングが生じている場合には、このように設定した目標点火時期を遅角側に補正する。

40

【0034】

ここで、図4を参照して、本発明の実施形態による点火時期マップの一例について説明する。図4は、ノッキング抑制を主目的として規定された、本発明の実施形態による点火時期マップを模式的に示した図である。図4では、横軸にエンジン負荷を示し、縦軸にノッキング抑制の観点から規定された点火時期を示している。エンジン負荷が高くなるほど、ノッキングが生じやすくなるので、図4に示す点火時期マップは、エンジン負荷が高くなるほど、点火時期が遅角側に設定されるように規定されている。

【0035】

図3に戻って説明を再開する。ステップS105では、PCM60は、ステップS10

50

3で決定した目標トルクをエンジン10に出力させるための目標充填効率を設定する。具体的には、PCM60は、上記した目標図示トルクを出力するために必要な要求平均有効圧力を求めると共に、この要求平均有効圧力に相当する熱量(要求熱量)を求め、上記した目標点火時期に設定された条件での熱効率(基準熱効率)と、エンジン10の実際の運転条件による熱効率(実熱効率)との大小関係に応じて、基準熱効率及び実熱効率のいずれかと要求熱量とに基づき目標充填効率を求める。なお、PCM60は、要求平均有効圧力などに応じて、こうして求めた目標充填効率を適宜制限してもよい。

【0036】

次いで、ステップS106では、PCM60は、ステップS105で設定した目標充填効率に相当する空気がエンジン10に導入されるように、エアフローセンサ41が検出した空気量を考慮して、スロットルバルブ6の開度と、可変吸気バルブ機構18を介した吸気バルブ12の開閉時期とを決定する。

10

【0037】

次に、ステップS107では、PCM60は、ステップS106で決定したスロットル開度及び吸気バルブ12の開閉時期に基づき、スロットルバルブ6及び可変吸気バルブ機構18を制御するとともに、エンジン10の運転状態等に応じて決定された目標当量比と、エアフローセンサ41により検出された空気量等に基づき推定した実空気量とに基づき、燃料噴射弁13を制御する。

【0038】

また、ステップS106~S107の処理と並行して、ステップS108において、PCM60は、ターボ過給機4による目標過給圧を取得する。例えば、エンジン回転数やエンジン負荷や目標トルクなどに対して設定すべき目標過給圧が対応付けられたマップが予めメモリ等に記憶されており、PCM60は、そのマップを参照して、現時点でのエンジン回転数やエンジン負荷や目標トルクなどに対応する目標過給圧を取得する。このような目標過給圧のマップでは、少なくともエンジン10の高負荷域において、ターボ過給機4による過給が実施されるように目標過給圧が規定されている。

20

【0039】

次いで、ステップS109において、PCM60は、ステップS108において取得した目標過給圧を実現するための、WGバルブ31の開度を決定する。

【0040】

次いで、ステップS110において、PCM60は、ステップS109において設定した開度に基づき、WGバルブ31のアクチュエータを制御する。この場合、PCM10は、ステップS109において設定した開度に応じてWGバルブ31のアクチュエータを制御すると共に、圧力センサ43により検出される過給圧を、ステップS108において取得した目標過給圧に近づけるようにアクチュエータをフィードバック制御する。

30

【0041】

また、ステップS106~S107及びステップS108~S110の処理と並行して、ステップS111において、PCM60は、ステップS104において設定した目標点火時期にて点火が行われるように、点火プラグ14を制御する。

【0042】

< EGR制御処理 >

次に、図5を参照して、本発明の実施形態において、EGR装置26によるEGRガスの還流を制御する処理(EGR制御処理)について説明する。このEGR制御処理では、エンジン10の運転状態に応じた目標EGR率(一義的に目標EGRガス量に対応する)を実現すべく、EGRバルブ29の開度を制御するものである。図5は、本発明の実施形態によるEGR制御処理を示すフローチャートである。このEGR制御処理は、PCM60によって所定の周期で繰り返し実行され、また、図3に示したエンジン制御処理と並行して実行される。なお、上記したEGR率は、エンジン10の気筒に導入される全ガス量(新気及びEGRガスを含む)に対するEGRガス量の割合である。

40

【0043】

50

まず、ステップS201では、PCM60は、車両における各種情報を取得する。具体的には、PCM60は、クランク角センサ46によって検出されたクランク角に対応するエンジン回転数や、エアフローセンサ41によって検出された吸入空気量に対応するエンジン負荷などを取得する。また、PCM60は、当該フローを前回実行したときに求められたEGRガス量も取得する。

【0044】

次いで、ステップS202では、PCM60は、ステップS201で取得したエンジン回転数及びエンジン負荷に応じた目標EGR率を設定する。具体的には、PCM60は、エンジン回転数及びエンジン負荷に対して設定すべきEGR率が事前に規定されたマップ（EGR率マップ）を参照して、ステップS201で取得したエンジン回転数及びエンジン負荷に対応するEGR率を目標EGR率として設定する。なお、EGR率マップについては、後のセクションで詳述する。

10

【0045】

次いで、ステップS203では、PCM60は、ステップS202で設定した目標EGR率及び目標充填量（図3のステップS105で設定された目標充填効率に対応する）に基づき、目標EGRガス量（流量）を算出する。具体的には、PCM60は、目標EGR率と目標充填量とを乗算することで目標EGRガス量を求める。

【0046】

次いで、ステップS204では、PCM60は、圧力センサ45によって検出された、EGRバルブ29の下流側のガスの圧力であるEGRバルブ下流圧（インマニ圧力に相当する）と、圧力センサ49によって検出された、EGRバルブ29の上流側のガスの圧力であるEGRバルブ上流圧とを取得する。

20

【0047】

次いで、ステップS205では、PCM60は、EGR通路27上での圧力損失、熱交換及び輸送遅れをモデル化したEGR通路モデルを用いて、EGRバルブ29の上流側のガスの温度である、詳しくはEGRクーラ28の下流側で且つEGRバルブ29の直上流部におけるEGRガスの温度である、EGRバルブ上流温度を算出する。このEGR通路モデルについては、後の図6を参照して詳述する。

【0048】

次いで、ステップS206では、PCM60は、EGRバルブ下流圧、EGRバルブ上流圧及びEGRバルブ開度などに基づきEGRガス量（流量）を予測するためのモデルであって、圧縮性流体のベルヌーイの式に従って規定されたEGRバルブモデルを用いて、ステップS204で取得したEGRバルブ下流圧及びEGRバルブ上流圧と、ステップS205で算出したEGRバルブ上流温度とに基づき、ステップS203で算出した目標EGRガス量を実現する目標EGRバルブ開度を算出する。このEGR通路モデルについても、後の図6を参照して詳述する。

30

【0049】

次いで、ステップS207では、PCM60は、ステップS206で算出した目標EGRバルブ開度に設定するようにEGRバルブ29を制御する。

【0050】

次に、図6を参照して、上述したEGR通路モデル及びEGRバルブモデルについて具体的に説明する。図6は、本発明の実施形態によるEGR通路モデル及びEGRバルブモデルを模式的に示すブロック図である。

40

【0051】

図6に示すように、まず、PCM60は、EGR通路27上での圧力損失モデル、熱交換モデル及び輸送遅れモデルを含むEGR通路モデルを用いて、EGRバルブ上流温度を算出する。特に、PCM60は、EGR通路モデルとして熱交換モデルを用いて、EGR通路27によってEGRガスを取り出す部分での温度（EGRガス取り出し部温度）から、EGRバルブ上流温度を算出する。この熱交換モデルは、EGR通路27をEGRガスが流れると、EGR通路27の壁面から外部（冷却水や空気）に熱が伝わり、EGRガス

50

の温度が低下する現象をモデル化したものである。また、この熱交換モデルは、熱伝達の形態の違い（熱伝達係数の違いなど）の観点から EGR 通路 27 を複数に分割した経路のそれぞれについて規定される。PCM60 は、このような熱交換モデルを用いて、EGR ガス取り出し部温度や外気温や冷却水温度などに基づき、EGR バルブ上流温度を算出する。例えば、熱交換モデルは、以下の式（1）のように表される。

【0052】

$$T_{h2} = T_c + (T_{h1} - T_c) \cdot e^{-\frac{1}{G_h c_h} AU} \quad \text{式 (1)}$$

式（1）において、「 T_{h1} 」は EGR ガス取り出し部温度であり、「 T_{h2} 」は EGR バルブ上流温度であり、「 T_c 」は EGR 通路 27 を通過する EGR ガスと熱交換する流体の温度（外気温や冷却水温度など）であり、「 AU 」は熱伝達係数であり（事前にキャリブレーションなどにより求められる）、「 G_h 」は EGR ガス量（流量）であり、「 c_h 」は EGR ガスの比熱である。なお、EGR ガス取り出し部温度には、例えば所定のモデルによって推定された排気温度が適用される。

【0053】

次いで、PCM60 は、圧縮性流体のベルヌーイの式に従って規定された EGR バルブモデルを用いて、検出された EGR バルブ下流圧及び EGR バルブ上流圧と、上記の EGR 通路モデルから算出した EGR バルブ上流温度とに基づき、目標 EGR ガス量を実現する目標 EGR バルブ開度を算出する。例えば、EGR バルブモデルは、以下の式（2）のように表される。

$$\dot{m}_{egr} = CdA \sqrt{2 \cdot \rho_{up} \cdot P_{up}} \cdot \Psi \left(\frac{P_{down}}{P_{up}} \right) \quad \text{式 (2)}$$

$$\Psi \left(\frac{P_{down}}{P_{up}} \right) = \left(\frac{P_{down}}{P_{up}} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \cdot \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \cdot \left\{ 1 - \left(\frac{P_{down}}{P_{up}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right\}} \quad \text{式 (3)}$$

式（2）において、「 \dot{m}_{egr} 」は EGR ガス量（質量流量）である。

「 P_{up} 」は EGR バルブ上流圧であり、「 P_{down} 」は EGR バルブ下流圧であり、「 ρ_{up} 」は EGR バルブ 29 の上流側の EGR ガスの密度であり、この密度は EGR バルブ上流温度に応じた値となり、 CdA は EGR 通路 27 の流量係数と通路面積とを乗算した値であり、EGR バルブ開度に応じた値となる。また、式（2）中の関数「 Ψ 」は、式（3）のように表される。式（3）中の「 κ 」は比熱比（物性値）である。なお、式（2）中の密度 ρ_{up} は、例えば、気体の状態方程式を用いて、検出された EGR バルブ上流圧 P_{up} 及び推定した EGR バルブ上流温度から求めればよい。

【0055】

PCM60 は、検出された EGR バルブ上流圧及び EGR バルブ下流圧と、EGR 通路モデル（熱交換モデル）により求められた EGR バルブ上流温度に応じた EGR ガスの密度と、EGR 率マップより設定された目標 EGR 率に応じた目標 EGR ガス量と、を式（2）に代入して「 CdA 」を求め、この「 CdA 」から設定すべき目標 EGR バルブ開度を算出する。

【0056】

以上述べたように、本実施形態では、物理量としての EGR ガス量をベースにして EGR 制御を行っている。つまり、本実施形態では、EGR ガス量と EGR バルブ開度との関係を示す物理モデル（EGR バルブモデル）を用いて、EGR バルブ 29 をフィードフォ

10

20

30

40

50

ワード制御している。このような本実施形態によれば、エンジン10の運転状態と設定すべきEGRバルブ開度との関係を予め規定しておき、そのような関係に従って現在のエンジン10の運転状態に対応するEGRバルブ開度に制御する比較例の方法と比較して、EGR率(EGRガス量)の制御性と外乱に対するロバスト性を向上させることができる。例えば、高地や過渡時などにおいて、比較例の方法では、エンジン10の運転状態と設定すべきEGRバルブ開度との関係を規定したときのEGRバルブ上流圧やEGRバルブ下流圧やEGRバルブ上流温度がずれることで、目標EGR率を適切に実現できなくなるが、本実施形態によれば、EGRバルブ上流圧及びEGRバルブ下流圧を検出すると共にEGRバルブ上流温度を推定してEGRバルブ開度を制御するので、目標EGR率を適切に実現することができる。また、本実施形態によれば、EGR制御と他の制御との協調制御を適切に行うことができる。具体的には、EGRガス量を適切に把握できるので、このEGRガス量を考慮して吸気量制御や燃料噴射制御を精度良く行うことができる。

10

【0057】

< EGR率マップ >

次に、本発明の実施形態によるEGR率マップについて説明する。このEGR率マップは、エンジン回転数及びエンジン負荷に応じて設定すべきEGR率に対応付けられたマップであり、図5のEGR制御処理におけるステップS202において、目標EGR率を設定するときに参照されるものである。以下では、EGR率マップに規定された、エンジン回転数及びエンジン負荷とEGR率との関係の典型的な傾向について説明する。

【0058】

20

まず、図7を参照して、本発明の実施形態によるEGR率マップに規定された、エンジン負荷とEGR率との関係について説明する。図7は、EGR率マップに関して、同一のエンジン回転数で見たとときのエンジン負荷(横軸)とEGR率(縦軸)との関係を示すグラフである。

【0059】

図7に示すように、本実施形態では、高負荷域R11(第1領域)と、この高負荷域R11よりも低負荷側の中負荷域R12(第2領域)とにおいて、EGR率が0よりも大きな値に設定され、EGR装置26によってEGRガスを導入するようにEGR率マップが規定されている。また、同一のエンジン回転数で見ると、高負荷域R11では中負荷域R12よりもEGR率が小さくなるようにEGR率マップが規定されている。この高負荷域R11は、ターボ過給機4による過給域に含まれる。他方で、中負荷域R12よりも低負荷側の低負荷域R13(第3領域)では、EGR率がほぼ0に設定され、EGR装置26によってEGRガスを導入しないようにEGR率マップが規定されている。

30

【0060】

図7に示すようにEGR率マップを規定している理由は以下の通りである。基本的には、EGRガスを導入すると、吸気圧(インマニ圧力)が上昇すると共に排気圧が下降するので、ポンピングロスを低減することができ、燃費を改善することができる。また、高負荷域においてEGRガスを導入すると、冷却されたEGRガスによってエンジン10の圧縮混合気の温度を低下させることができ、ノッキングを抑制することができる。更に、高負荷域においてEGRガスを導入すると、冷却されたEGRガスによって燃焼温度を低下させて、エンジン10の温度(特にエンジン10のボア間(気筒間の部材)の温度)を低下させることができる。加えて、高負荷域においてEGRガスを導入すると、排気温度が低下するので、エンジン10における熱害を抑制するための燃料噴射量の増量を低減することができる。

40

【0061】

このようなことから、高負荷域においてEGRガスを導入することが望ましいと言える。しかしながら、エンジン負荷が高くなるとノッキングを抑制するために点火時期を遅角させていくが(図4参照)、そのように燃焼が不安定になりやすい高負荷域において多量のEGRガスを導入すると、燃焼が一層不安定になりやすく、トルク変動が生じてしまう。加えて、高負荷高回転域においては空燃比をリッチにするため、燃焼が更に不安定にな

50

りやすい。したがって、本実施形態では、高負荷域 R 1 1 において E G R ガスを導入するが、高負荷域 R 1 1 において導入する E G R ガス量のある程度制限するようにしている、具体的には高負荷域 R 1 1 では中負荷域 R 1 2 よりも E G R 率を小さくしている（図 7 参照）。

【 0 0 6 2 】

これにより、高負荷域 R 1 1 において E G R ガスの導入を適切に確保して、エンジン 1 0 の温度（ボア間温度など）の低下や熱害抑制のための燃料増量の低減などを適切に実現しつつ、高負荷域 R 1 1 での E G R ガス量のある程度抑えることにより（具体的には高負荷域 R 1 1 での E G R 率を中負荷域 R 1 2 よりも小さくする）、E G R ガス導入によって引き起こされるエンジン出力の低下や燃焼安定性の悪化を適切に抑制することができる。更に、中負荷域 R 1 2 において比較的少量の E G R ガスを導入することで、ポンピングロスを確実に低減して、燃費を効果的に改善することが可能となる。加えて、そのような E G R ガスの導入によりノッキングを抑制することができ、その結果、ノッキング抑制のための点火時期の遅角を緩和することができる、つまり、E G R ガスを導入しない場合よりも点火時期を進角させることができる。これによっても燃費を改善することが可能となる。

10

【 0 0 6 3 】

他方で、本実施形態では、ターボ過給機 4 による過給域においても、上記したような E G R ガスを導入するメリットの観点から、具体的にはノッキング抑制や熱負荷軽減や燃料増量の低減などの効果を得るべく、E G R ガスを導入するようにする。本実施形態では、少なくとも高負荷域においてターボ過給機 4 による過給を実施するようにしており、ターボ過給機 4 による過給域に上記した高負荷域 R 1 1 が含まれるので、過給域においては E G R 率マップに従って E G R ガスが導入されることとなる。ここで、本実施形態では、このような過給域としての高負荷域 R 1 1 において E G R ガスを適切に導入できるように E G R 装置 2 6 を構成している。具体的には、本実施形態では、過給域において少量の E G R ガスを導入できるように、E G R 装置 2 6 の E G R 通路 2 7 などを比較的大きなサイズに構成している。そのように E G R 装置 2 6 を構成した場合、低負荷域 R 1 3 において E G R ガスを導入させようとすると適切な E G R 制御を行うことが困難となる、つまり E G R 率の制御性を確保することが困難となる。具体的には、運転状態の変化により E G R 率が大きく変化して、燃焼が不安定になったり、エミッションが悪化したりする。

20

30

【 0 0 6 4 】

したがって、本実施形態では、低負荷域 R 1 3 において E G R ガスを導入しないようにした（図 7 参照）。この場合、低負荷域 R 1 3 において E G R ガスを導入しないと、ポンピングロスを低減できなくなる。そのため、本実施形態では、低負荷域 R 1 3 において、E G R ガスを導入しない代わりに、エンジンの吸気バルブ 1 2 及び排気バルブ 1 7 の開閉時期を制御することで、ポンピングロスを低減するようにする。

【 0 0 6 5 】

図 8 及び図 9 を参照して、本発明の実施形態において行われる、吸気バルブ 1 2 及び排気バルブ 1 7 の動作タイミングの制御について具体的に説明する。図 8 は、横軸にクランク角を示し、縦軸にバルブリフト量を示しており、クランク角に応じた排気バルブ 1 7 の動作（グラフ G 1 1 参照）と、クランク角に応じた吸気バルブ 1 2 の動作（グラフ G 1 2 参照）とを重ねて示している。図 9 では、エンジン負荷に応じて吸気バルブ 1 2 の動作タイミングを規定したマップを（a）に示し、エンジン負荷に応じて排気バルブ 1 7 の動作タイミングを規定したマップを（b）に示している。

40

【 0 0 6 6 】

吸気バルブ 1 2 は、図 9（a）に示すマップの動作タイミングに従って、可変吸気バルブ機構 1 8 を介して動作され、排気バルブ 1 7 は、図 9（b）に示すマップの動作タイミングに従って、可変排気バルブ機構 1 9 を介して動作される。ここで、吸気バルブ 1 2 及び排気バルブ 1 7 は、それぞれ、可変吸気バルブ機構 1 8 及び可変排気バルブ機構 1 9 によって、開弁時間（開弁期間の長さ）が固定された状態にて、開弁時期及び閉弁時期の両

50

方が連動して変化される。つまり、動作タイミングが遅角側に設定されると、開弁時期及び閉弁時期の両方が遅角側に設定され、一方で、動作タイミングが進角側に設定されると、開弁時期及び閉弁時期の両方が進角側に設定されることとなる。

【0067】

図9(a)及び(b)に示すように、本実施形態では、低負荷域において、吸気バルブ12及び排気バルブ17の動作タイミングを遅角側に設定している。これにより、低負荷域において、排気バルブ17の閉弁時期が遅角されると共に(図8中の矢印A11参照)、吸気バルブ12の閉弁時期が遅角される(図8中の矢印A12参照)。本実施形態では、PCM60は、スロットルバルブ6を開き側に制御しつつ、このように吸気バルブ12の閉弁時期を遅角させる。これにより、スロットルバルブ6が開き側にあることでインマニ圧力が確保されてポンピングロスが低減することができると共に、この状態において吸気バルブ12の閉弁時期を遅角側で調整することで吸気の充填量を適切に制御することができる。また、排気バルブ17の閉弁時期を遅角することで、吸気行程において排気バルブ17と吸気バルブ12とのバルブオーバーラップ期間が生じてエンジン10の気筒に内部EGRガスが導入されるため、上記したように外部EGRガスを導入する場合と同様に、ポンピングロスを適切に低減することができる。なお、目標充填量を実現しつつ、ポンピングロスが適切に抑制されるように、吸気バルブ12を介した新気量と排気バルブ17を介した内部EGR量とのバランスなどを考慮して、スロットルバルブ6の開度、吸気バルブ12の閉弁時期及び排気バルブ17の閉弁時期のそれぞれを設定するのがよい。

【0068】

次に、図10を参照して、本発明の実施形態によるEGR率マップに規定された、エンジン回転数とEGR率との関係について説明する。具体的には、図10は、EGR率マップに関して、同一のエンジン負荷で見たときのエンジン回転数(横軸)とEGR率(縦軸)との関係を示すグラフである。

【0069】

図10に示すように、本実施形態では、同一のエンジン負荷で見たときに、エンジン回転数が大きくなるほど、EGR率を大きくするようにEGR率マップが規定されている。また、本実施形態では、エンジン回転数が所定値N1以上の領域では、エンジン回転数によらずにEGR率がほぼ一定になるようにEGR率マップが規定されている。

【0070】

図10に示すようにEGR率マップを規定している理由は以下の通りである。エンジン10の低回転域では、排気ガス量が少ないため排気圧が低くなるので、エミッションなどの観点から、EGRガスを少なくするのが望ましい。一方で、エンジン回転数が高くなると、排気ガス量が多くなり排気圧が高くなるので、EGRガスを増加させることができる。したがって、本実施形態では、エンジン回転数が大きくなるほど、EGR率を大きくしている(図10参照)。こうすることで、高回転域では、EGRガスの導入による燃費改善効果や熱負荷軽減効果を向上させることができ、一方で、低回転域では、EGR率を小さくするので、EGRガスの導入によって引き起こされるエミッションの悪化などを抑制することができる。

【0071】

他方で、エンジン回転数が所定値N1以上の高回転域では、運転状態の変化によりEGR率が大きく変化するため、EGR率の制御性が低下する傾向にある。具体的には、EGR制御における制御値と実際の値とのずれが生じ、空燃比が変動してエミッションが悪化したり、燃焼が不安定になったりする。したがって、本実施形態では、エンジン回転数が所定値N1以上の領域では、エンジン回転数によらずにEGR率をほぼ一定にしている(図10参照)。こうすることで、エンジン回転数が所定値N1以上の領域において、EGRガスの導入による燃費改善効果や熱負荷軽減効果を確保しつつ、EGR率の制御性を確保してエミッションや燃焼安定性の悪化を適切に抑制することができる。

【0072】

なお、図10に示すように、低回転域では、具体的にはアイドル回転数付近の低回転域

10

20

30

40

50

では、EGR率がほぼ0に設定されている。このような回転域は使用頻度が低いため、EGRガスを導入するメリットを得るよりもEGRガスを導入するデメリット（エミッションや燃焼安定性の悪化）を回避すべく、EGRガスを導入しないようにしている。

【0073】

次に、図11を参照して、本発明の実施形態によるEGR率マップに規定された、EGRガスの導入を制限するためのエンジン負荷（EGR導入制限負荷）について説明する。本実施形態では、EGR率マップ上にエンジン回転数に応じたEGR導入制限負荷を規定し、エンジン負荷が当該EGR導入制限負荷以上である領域においてEGRガスの導入を制限するようにしている。図11は、EGR率マップに規定された、エンジン回転数（横軸）とEGR導入制限負荷（縦軸）との関係を示すグラフである。

10

【0074】

図11に示すように、本実施形態では、エンジン負荷がEGR導入制限負荷以上の領域ではEGRガスを導入しないようにし（この場合「EGR率=0」に設定される）、エンジン負荷がEGR導入制限負荷未満の領域においてEGRガスを導入するように（この場合EGR率が0よりも大きな値に設定される）、EGR率マップが規定されている。また、本実施形態では、エンジン回転数が大きくなるほど、EGR導入制限負荷が大きくなるように、EGR率マップが規定されている。そのため、エンジン回転数が大きくなると、EGRガスの導入の制限が緩和されて、EGRガスが導入される負荷域が広がっていく。

【0075】

20

図11に示すようにEGR率マップを規定している理由は以下の通りである。特にターボ過給機4による過給を行う低回転高負荷域では、排気圧がインマニ圧よりも相対的に低い状態となって、EGRガスを導入するとEGRガスが逆流してしまう場合がある。そのため、低回転域では、エンジン負荷に対して制限を課した上でEGRガスを導入することが望ましい、つまりエンジン負荷がある負荷未満である領域（具体的には過給域でない領域）でのみEGRガスを導入することが望ましい。一方で、エンジン回転数が高くなると、排気ガス量が多くなり排気圧が高くなるため、上記のようなEGRガスの逆流が生じにくくなるので、EGRガスを導入するときにエンジン負荷に対して課す制限を緩和するのが望ましい、つまりEGRガスを導入するエンジン負荷の領域を広げることが望ましい。したがって、本実施形態では、エンジン回転数が大きくなるほど、EGR導入制限負荷を大きくしている。このようなEGR導入制限負荷を用いることで、低回転域では、EGR導入制限負荷によってEGRガスの導入を制限して、EGRガスの逆流や、EGRガスの導入に起因するエミッションの悪化などを抑制することができ、高回転域では、そのようなEGRガスの導入の制限を緩和して、過給域（高負荷域）でも適切にEGRガスを導入することができ、燃費改善効果や熱負荷軽減効果を得ることができる。

30

【0076】

<作用効果>

次に、本発明の実施形態によるエンジンの制御装置の作用効果について説明する。

【0077】

本実施形態によれば、検出したEGRバルブ上流圧及びEGRバルブ下流圧と、推定したEGRバルブ上流温度とに基づき、エンジンの運転状態に応じた目標EGR率を実現する目標EGRバルブ開度を求めるので、EGRバルブ開度を適切に制御して目標EGR率を精度良く実現することができる。具体的には、本実施形態によれば、EGR率（EGRガス量）の制御性と外乱に対するロバスト性を向上させることができる。また、本実施形態によれば、EGR制御と他の制御との協調制御を適切に行うことができる。具体的には、EGRガス量を適切に把握できるので、このEGRガス量を考慮して吸気量制御や燃料噴射制御を精度良く行うことができる。

40

【0078】

特に、本実施形態によれば、検出したEGRバルブ上流圧及びEGRバルブ下流圧と、推定したEGRバルブ上流温度に応じたEGRバルブ29の上流側のガスの密度とに基づ

50

き、ベルヌーイの定理に従って、目標 EGR 率を実現する目標 EGR バルブ開度を精度良く求めることができる。

【0079】

また、本実施形態によれば、EGR ガスが EGR バルブ 29 に到達するまでの間に行った熱交換による EGR ガスの温度低下に基づいて、EGR バルブ上流温度を精度良く求めることができる。

【0080】

また、本実施形態によれば、EGR クーラ 28 と EGR バルブ 29 との間の EGR ガスの圧力（つまり EGR バルブ 29 の直上流側の圧力）を EGR バルブ上流圧として用いて目標 EGR バルブ開度を求めるので、目標 EGR 率を実現する目標 EGR バルブ開度をより精度良く求めることができる。

10

【0081】

また、本実施形態では、過給域において EGR ガスを導入し、この過給域において上記のようにして求めた目標 EGR バルブ開度を適用して EGR 制御を行うので、過給域においてノッキング抑制や熱負荷軽減や燃料増量の低減などを適切に実現することができる。

【0082】

<変形例>

上記した実施形態では、低負荷域 R13 において EGR 率をほぼ 0 に設定して EGR ガスを導入しないようにしたが（図 7 参照）、低負荷域 R13 において EGR 率を 0 に設定せずに少量の EGR ガス（高負荷域 R11 及び中負荷域 R12 よりも小さな流量の EGR ガス）を導入してもよい。

20

【0083】

また、上記した実施形態では、エンジン回転数が所定値 N1 以上の領域では、エンジン回転数によらずに EGR 率をほぼ一定に設定していたが（図 10 参照）、エンジン回転数に応じて EGR 率を大きくしてもよい。その場合、エンジン回転数が所定値 N1 以上の領域では、エンジン回転数が所定値 N1 未満の領域よりも、エンジン回転数に応じた EGR 率の変化度合い（エンジン回転数の上昇に応じた EGR 率の増加率）が小さくなるように、EGR 率マップを規定すればよい。

【0084】

また、上記した実施形態では、エンジン回転数に基づき EGR 導入制限負荷を設定していたが、エンジン回転数以外のパラメータに基づき、具体的には排気ガス量を表すパラメータに基づき、EGR 導入制限負荷を設定してもよい。

30

【符号の説明】

【0085】

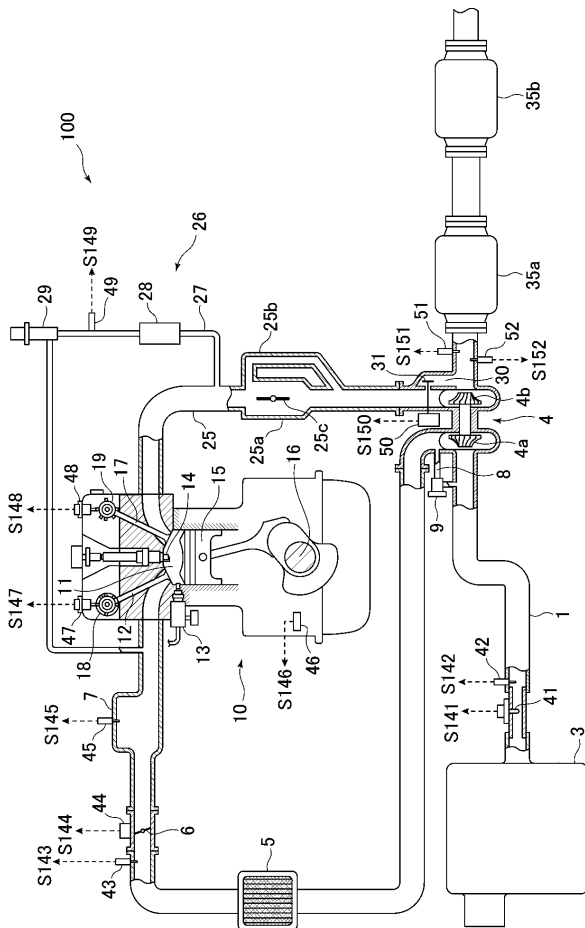
- 1 吸気通路
- 4 ターボ過給機
- 4 a コンプレッサ
- 4 b タービン
- 6 スロットルバルブ
- 10 エンジン
- 12 吸気バルブ
- 13 燃料噴射弁
- 14 点火プラグ
- 17 排気バルブ
- 25 排気通路
- 26 EGR 装置
- 27 EGR 通路
- 28 EGR クーラ
- 29 EGR バルブ
- 45、49 圧力センサ

40

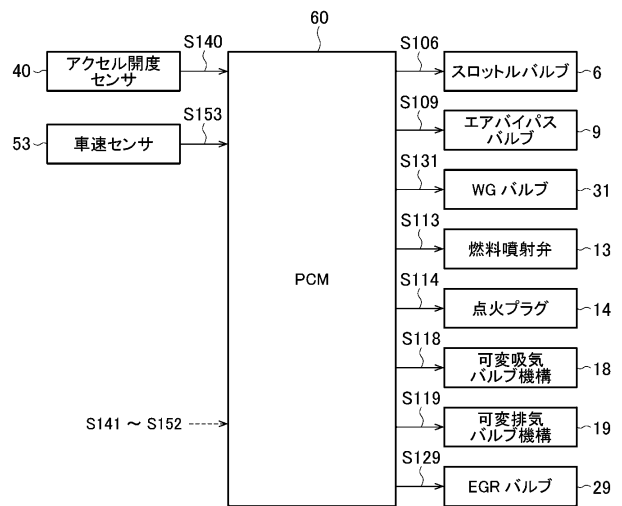
50

60 PCM
100 エンジンシステム

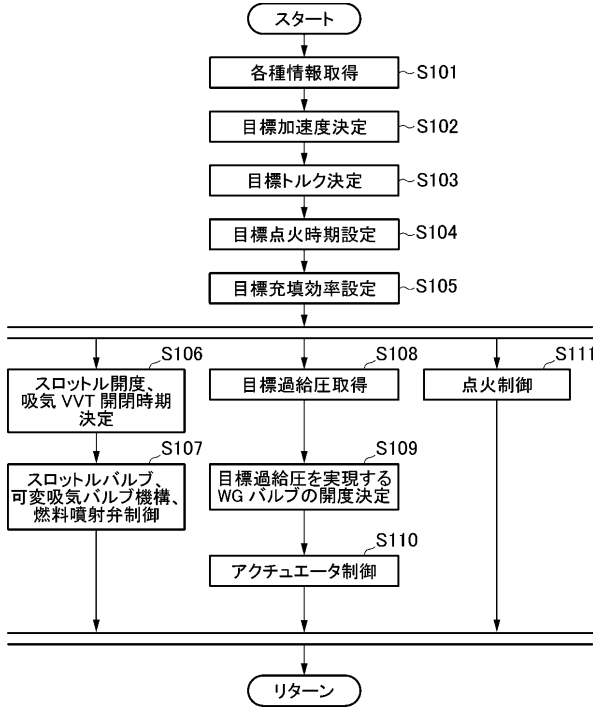
【図1】



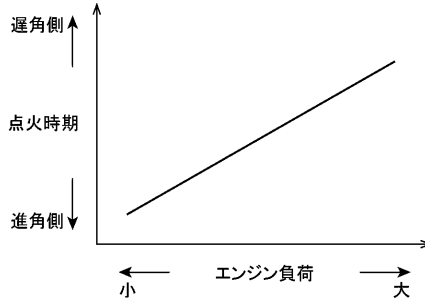
【図2】



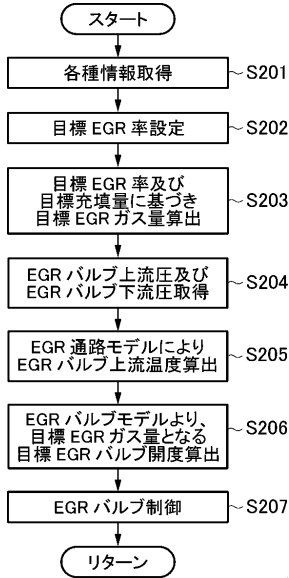
【図3】



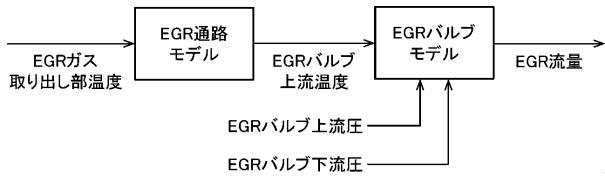
【図4】



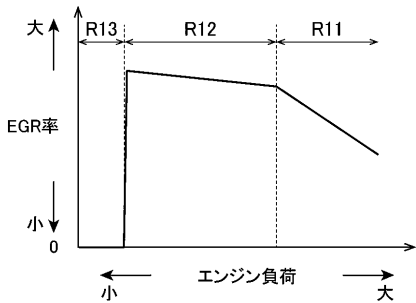
【図5】



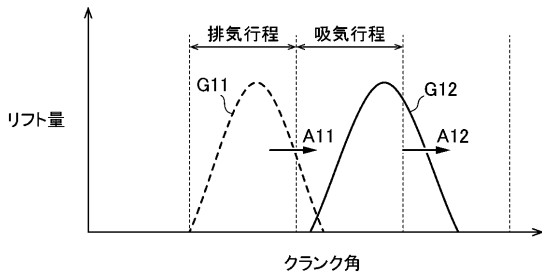
【図6】



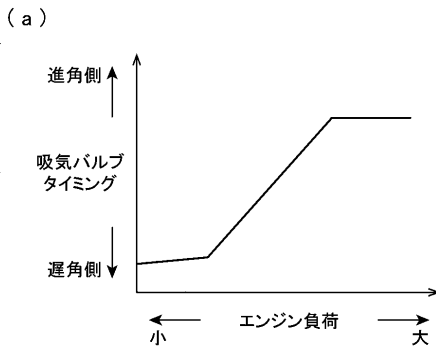
【図7】



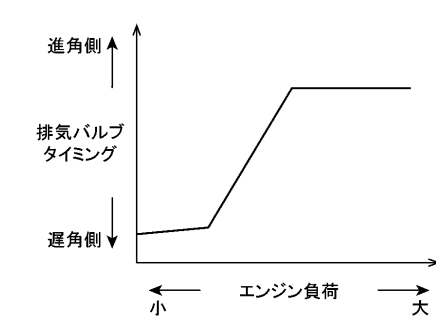
【図8】



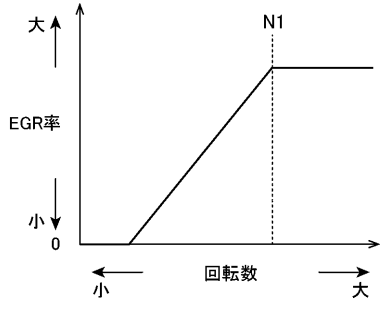
【図9】



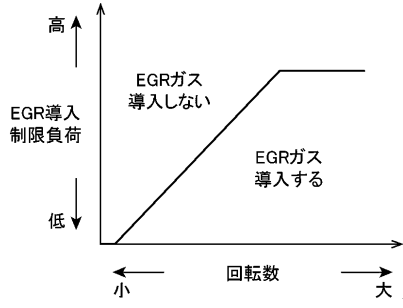
(b)



【図 1 0】



【図 1 1】



フロントページの続き

- (72)発明者 松本 直輔
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 相賀 正一
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 松尾 佳朋
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 西村 和浩
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 藤山 智彰
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 西尾 貴史
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

審査官 小林 勝広

- (56)参考文献 特開2014-047718(JP,A)
特開平09-079092(JP,A)
国際公開第2015/177888(WO,A1)
特表2010-510426(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02B 33/00 - 41/10、47/08 - 47/10
F02D 13/00 - 28/00
F02M 26/00 - 26/74