

(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2017-180438

(P2017-180438A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
 F O 2 D 21/08 (2006.01) F O 2 D 21/08 L 3 G O 9 2

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-73276 (P2016-73276)
 (22) 出願日 平成28年3月31日 (2016. 3. 31)

(71) 出願人 000003137
 マツダ株式会社
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号
 (74) 代理人 110001427
 特許業務法人前田特許事務所
 (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
 (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 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

最終頁に続く

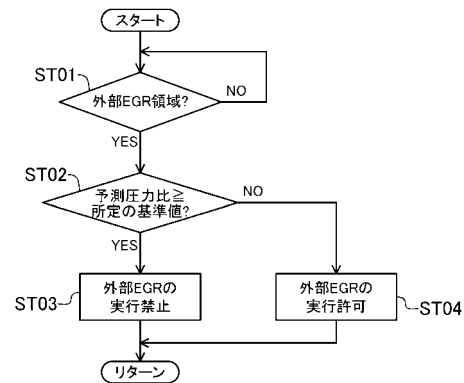
(54) 【発明の名称】 エンジンの制御装置

(57) 【要約】

【課題】外部EGRの実行を適切に制御して外部EGRのハンチングの発生を抑制する。

【解決手段】EGRバルブ(67)よりも排気通路(7)側での排気の圧力を P_{ex} 、外部EGRによって還流される排気と混合された状態の吸気の圧力を P_{in} 、外部EGRによって還流される排気の分圧の目標値を P_{tex} 、外部EGRを実行しているときにエンジン(1)の気筒(13)内に吸入される吸気の圧力のうちの排気に分圧を P_{rex} としたとき、 $P_{in} + (P_{tex} - P_{rex})$ と P_{ex} との圧力比に基づいて、外部EGRの実行を許可又は禁止する。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

排気通路に排出された排気を吸気通路へ還流させる排気再循環通路と、
前記排気再循環通路を流通する排気の還流量を制御する排気再循環バルブと、を備え、
前記排気再循環バルブを開くことにより排気の一部を前記排気再循環通路を通じて再循環させる排気再循環が行われるエンジンの制御装置であって、

前記排気再循環バルブの開閉制御を行うバルブ制御部と、

排気再循環によって還流される排気の分圧の目標値である目標排気分圧を算出する目標排気分圧算出部と、

排気再循環を実行しているときにエンジンの気筒内に吸入される吸気の圧力のうちの排気 10
の分圧である実排気分圧を算出する実排気分圧算出部と、を備え、

前記バルブ制御部は、前記排気再循環バルブよりも前記排気通路側での排気の圧力を P_{e_x} 、排気再循環によって還流される排気と混合された状態の吸気の圧力を P_{i_n} 、前記目標排気分圧を $P_{t_{e_x}}$ 、前記実排気分圧を $P_{r_{e_x}}$ としたとき、 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ と P_{e_x} との圧力比に基づいて、排気再循環の実行を許可又は禁止することを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載されたエンジンの制御装置において、

エンジンの気筒内に吸入される吸気の総量のうちの排気再循環による排気分量の目標 20
値である目標排気再循環率を設定する排気再循環率設定部と、

前記 P_{e_x} に対する前記 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ の圧力比が大きいほど前記目標排気再循環率を下げるように調整する排気再循環率調整部をさらに備え、

前記バルブ制御部は、前記排気再循環率調整部により調整された目標排気再循環率に基づいて、前記排気再循環バルブの開度を制御することを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載されたエンジンの制御装置において、

前記バルブ制御部は、

排気再循環の実行が許可された状態では、前記 P_{e_x} に対する前記 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ の圧力比が 1 以上の値に設定された所定の許可基準値以上であるときに排気 30
再循環の実行を禁止し、

排気再循環の実行が禁止された状態では、前記 P_{e_x} に対する前記 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ の圧力比が前記許可基準値よりも小さな所定の禁止基準値以下であるときに排気再循環の実行を許可する

ことを特徴とするエンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

ここに開示された技術は、吸気通路と排気通路とを接続する排気再循環通路を介して排気の一部を吸気に還流させる排気再循環 (Exhaust Gas Recirculation、以下、「EGR」 40
と称する)、いわゆる外部 EGR が行われるエンジンの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

この種のエンジンでは、EGR 通路に EGR バルブが設けられ、この EGR バルブの開度をエンジンの運転状態、例えばエンジン回転数やエンジン負荷などに応じて調節することにより、吸気通路に還流される排気の還流量 (以下、「EGR 流量」と称する) が制御される (例えば、特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2008-163953号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のようなエンジンでは、EGRバルブの上流側の圧力であるEGRバルブ上流圧力とEGRバルブの下流側の圧力であるEGRバルブ下流圧力との差圧が小さくなるほど、つまりはEGRバルブ上流圧力に対するEGRバルブ下流圧力の圧力比が1に近づくほど、EGRバルブの開度調節によるEGR流量の制御性が悪化する。このため、EGRバルブ下流圧力に対するEGRバルブ上流圧力の圧力比が所定の基準値よりも小さい場合には外部EGRの実行を禁止し、当該圧力比が所定の基準値よりも大きい場合のみに外部EGRの実行を許可することが考えられる。

10

【0005】

しかし、そうした外部EGRの実行制御では、外部EGRを行っているときに当該外部EGRの実行が禁止されると、外部EGRを停止させるためにEGRバルブが全閉して、還流されていた排気の圧力分が吸気圧から差し引かれる。このため、吸気圧に対する排気圧の圧力比が急に大きくなり所定の設定値を直ぐに超え、外部EGRの実行が再び許可されて、外部EGRが停止後早々に再開される。外部EGRが再開されると、当該排気圧の圧力比がまた所定の設定値よりも小さくなって、外部EGRの実行が禁止される。こうして、外部EGRの制御において実行と停止を短い周期で繰り返すハンチングが発生するおそれがある。

20

【0006】

外部EGRにハンチングが発生すると、エンジンの運転制御がその影響を受けて不安定になることが懸念される。外部EGRの実行制御にハンチングが発生するのを防止するには、外部EGRの実行について許可した状態と禁止した状態とを切り替える上記の基準値に一定の幅、いわゆるヒステリシスを持たせることが考えられる。こうしたハンチング対策では、外部EGRの実行を許可している状態から禁止するか否かを判断する基準値である禁止基準値を、外部EGRの実行を禁止している状態から許可するか否かを判断する基準値である許可基準値よりも高くし、これら許可基準値と禁止基準値との差（ヒステリシス幅）を、EGRバルブの最大開度を考慮して比較的大きく設定する必要がある。

30

【0007】

けれどもそうすると、エンジンの運転状態によっては、EGR流量の制御性がさほど悪くならないのに、外部EGRを行えなくなる事態に陥ることがある。例えば、要求されるEGR流量を実現するのに必要なEGRバルブの開度が小さく、外部EGRを実行してもEGRバルブ上流圧力とEGRバルブ下流圧力との差圧変化が小さい場合などに、そうした事態に陥る。したがって、外部EGRの実行が許可されるエンジンの運転状態が限られてしまい、その結果、外部EGRの実行により改善していたエミッション性能や燃費が低下し兼ねない。

【0008】

ここに開示された技術は、斯かる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、外部EGRの実行を適切に制御して外部EGRの実行制御にハンチングが発生するのを抑制することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の目的を達成するために、ここに開示された技術では、EGRバルブの開度を調節したときのEGRバルブ下流圧力の変化を見越して外部EGRの実行を制御するようにした。

【0010】

具体的には、ここに開示された技術は、排気通路に排出された排気を吸気通路へ還流させるEGR通路と、EGR通路を流通する排気の還流量、すなわちEGR流量を制御するEGRバルブとを備え、EGRバルブを開くことにより排気の一部をEGR通路を通じて

50

再循環させる外部 EGR が行われるエンジンの制御装置を対象とする。

【0011】

このエンジンの制御装置は、EGRバルブの開閉制御を行うバルブ制御部と、外部 EGR によって還流される排気の分圧の目標値である目標排気分圧を算出する目標排気分圧算出部と、外部 EGR を実行しているときにエンジンの気筒内に吸入される吸気の圧力のうちの排気分圧である実排気分圧を算出する実排気分圧算出部とを備える。そして、バルブ制御部は、EGRバルブよりも排気通路側での排気の圧力を P_{e_x} 、外部 EGR によって還流される排気と混合された状態の吸気の圧力を P_{i_n} 、目標排気分圧を $P_{t_{e_x}}$ 、実排気分圧を $P_{r_{e_x}}$ としたとき、 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ と P_{e_x} との圧力比に基づいて、外部 EGR の実行を許可又は禁止する。

10

【0012】

この構成によると、目標排気分圧を見込んだ EGRバルブ下流圧力の要素 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ 、つまり目標排気分圧の実現に向けて EGRバルブの開度を調節したときの圧力変化を見越した EGRバルブ下流圧力の予測値と、EGRバルブ上流圧力の要素 P_{e_x} との比に基づいて、外部 EGR の実行を許可又は禁止するようにしたので、これら EGRバルブ上流圧力の予測値と EGRバルブ下流圧力との圧力比が外部 EGR の実行制御にハンチングを起こす関係にあるときには、外部 EGR の実行について許可した状態と禁止した状態とを切り替えないでおくことができる。

【0013】

それによって、外部 EGR の実行制御にハンチングが発生するのを抑制できる。また、要求される EGR 流量を実現するのに必要な EGRバルブの開度が小さく、外部 EGR を実行しても EGRバルブ上流圧力と EGRバルブ下流圧力との差圧変化が小さい場合など、外部 EGR の実行について許可した状態と禁止した状態とを切り替える基準値にヒステリシスを持たせる場合に外部 EGR が行えなくなるエンジンの運転状態においても、要求に応じて外部 EGR を実行することができる。

20

【0014】

上記の制御装置は、エンジンの気筒内に吸入される吸気の総量のうちの外部 EGR による排気分量の目標値である目標 EGR 率を設定する EGR 率設定部と、前記 P_{e_x} に対する前記 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ の圧力比が大きいほど目標 EGR 率を下げるように調整する EGR 率調整部をさらに備えていてもよい。この場合、バルブ制御部は、EGR 率調整部により調整された目標 EGR 率に基づいて、EGRバルブの開度を制御することが好ましい。

30

【0015】

EGRバルブの開度調節による EGR 流量の制御性は、EGRバルブ上流圧力に対する EGRバルブ下流圧力の圧力比が大きいほど悪化する。上記の構成によると、目標排気分圧を踏まえた EGRバルブ下流圧力の EGRバルブ上流圧力に対する圧力比が大きいほど目標 EGR 率を下げるようにしたので、EGRバルブの制御性が悪くなるに連れて EGRバルブの開度を小さくし、外部 EGR 実行時の EGR 率のばらつきによるエンジンの運転制御への悪影響を低減することができる。それによって、エンジンの運転制御をよりいっそう安定化させることができる。

40

【0016】

また、バルブ制御部は、外部 EGR の実行が許可された状態では、上記 P_{e_x} に対する上記 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ の圧力比が 1 以上の値に設定された所定の許可基準値以上であるときに外部 EGR の実行を禁止し、外部 EGR の実行が禁止された状態では、上記 P_{e_x} に対する上記 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ の圧力比が許可基準値よりも小さな所定の禁止基準値以下であるときに外部 EGR の実行を許可するようになっていることが好ましい。

【0017】

この構成によると、目標排気分圧を見込んだ EGRバルブ下流圧力と EGRバルブ上流圧力との圧力比に基づいて外部 EGR の実行を許可又は禁止することに加え、外部 EGR

50

の実行について許可した状態と禁止した状態とを切り替える基準値にヒステリシスを持たせるようにしたので、外部 E G R の実行制御にハンチングが発生するのをよりいっそう抑制できる。

【発明の効果】

【0018】

上記エンジンの制御装置によれば、外部 E G R の実行を適切に制御して外部 E G R の実行制御にハンチングが発生するのを抑制できる。その結果、外部 E G R を含むエンジンの運転制御が不安定になることを回避し、且つエミッション性能や燃費の低下を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0019】

【図1】実施形態1に係るエンジンの概略構成図である。

【図2】実施形態1に係る E C U の機能構成図である。

【図3】実施形態1に係る E G R 率調整マップのイメージ図である。

【図4】実施形態1に係る目標 E G R 比率の調整方法を示すブロック図である。

【図5】実施形態1に係る外部 E G R の実行制御を示すフローチャートである。

【図6】実施形態2に係る外部 E G R の実行制御を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、例示的な実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

20

【0021】

《実施形態1》

図1に、この実施形態1に係る制御装置が適用されたエンジン1の概略構成図を示す。

【0022】

エンジン1は、過給機付きの火花点火式直噴エンジンであって、主に、図1に示すように、吸気（空気）と燃料との混合気を燃焼させるエンジン本体3と、エンジン本体3に導入される吸気が流通する吸気通路5と、エンジン本体3での混合気の燃焼により発生した排気が流通する排気通路7と、排気のエネルギーを利用して吸気を過給するターボ過給機8と、外部 E G R を行うための外部 E G R 機構9と、当該エンジン1の制御に利用される情報を検出するセンサ類と、当該エンジン1の全体を制御する E C U (Engine Control Unit) 11とを備える。

30

【0023】

<エンジン本体>

エンジン本体3は、複数の気筒13（例えば4つ、図1では1つのみ示す）が直列に設けられたシリンダブロック15と、このシリンダブロック15上に配置されたシリンダヘッド17とを備える。これらシリンダブロック15及びシリンダヘッド17の内部には、図示しないが、エンジン冷却水が流れるウォータジャケットが設けられている。

【0024】

各気筒13には、混合気を燃焼させる燃焼室19を区画するピストン21が往復動可能に嵌め入れられている。このピストン21は、コネクティングロッド23を介してクランクシャフト25に連結されている。さらに、エンジン本体3には、インジェクタと呼ばれる燃料噴射装置27が設けられている。燃料噴射装置27は、E C U 11からの制御信号に従って、所定のタイミングで燃焼室19に向けて燃料（例えばガソリン）を噴射する。

40

【0025】

また、シリンダヘッド17には、気筒13毎に、燃焼室19の天井面にそれぞれ開口した吸気ポート29及び排気ポート31が形成されている。吸気ポート29には、その燃焼室19側の開口を開閉する吸気バルブ33が設けられている。他方、排気ポート31には、その燃焼室19側の開口を開閉する排気バルブ35が設けられている。

【0026】

これら吸気バルブ33及び排気バルブ35は、エンジン本体3に設けられた図示しない

50

動力伝達機構を介してクランクシャフト 25 に連結されている。動力伝達機構は、クランクシャフト 25 の回転に連動して吸気バルブ 33 及び排気バルブ 35 を開位置と閉位置との間で往復駆動する。この駆動によって、吸気バルブ 33 は吸気ポート 29 を、排気バルブ 35 は排気ポート 31 を、それぞれ所定のタイミングで開閉する。

【0027】

シリンダヘッド 17 にはさらに、気筒 13 毎に、燃焼室 19 内の混合気に点火する点火プラグ 37 が設けられている。点火プラグ 37 は、ECU 11 からの制御信号に従って、所定のタイミングで火花を発生し、その火花によって混合気を爆発燃焼させる。この爆発燃焼により、ピストン 21 が気筒 13 内を往復運動し、そのピストン 21 の往復運動がクランクシャフト 25 の回転運動に変換されてトルク（回転動力）として出力される。

10

【0028】

< 吸気通路 >

吸気通路 5 には、上流側から順に、外部から吸入される空気中に含まれるゴミ等の異物を取り除いて吸気を浄化するエアクリーナ 39 と、通過する吸気を昇圧させるコンプレッサ 41 と、通過する吸気を冷却するインタークーラ 43 と、エンジン本体 3 に導入される吸気の流量を調節するスロットルバルブ 45 と、エンジン本体 3 に供給される吸気を一時的に蓄えるサージタンク 47 とが設けられている。

【0029】

吸気通路 5 にはさらに、コンプレッサ 41 によって過給された吸気の一部をコンプレッサ 41 の上流側に環流させるためのエアバイパス通路 49 が設けられている。このエアバイパス通路 49 には、当該エアバイパス通路 49 を流通する吸気の流量を調節するエアバイパスバルブ 51 が設けられている。エアバイパスバルブ 51 は、例えば、エアバイパス通路 49 を全閉状態と全開状態とに切り換え可能な、いわゆるオンオフバルブである。

20

【0030】

吸気通路 5 のうちサージタンク 47 よりも下流側の部分は、詳しくは図示しないが、エンジン本体 3 の気筒 13 毎に分岐した複数の独立吸気通路を有する吸気マニホールド 52 によって構成されている。サージタンク 47 は、この吸気マニホールド 52 に含まれている。

【0031】

< 排気通路 >

排気通路 7 には、上流側から順に、通過する排気によって回転するタービン 53 と、排気に含まれる NO_x （窒素酸化物）、 CO （一酸化炭素）、 HC （炭化水素）等の有害な大気汚染物質を浄化する排気浄化装置 55 とが設けられている。

30

【0032】

排気浄化装置 55 は、例えば、三元触媒などの排気浄化用の触媒を内部に担持した触媒コンバータ 61 を 2 つ併用してなる。排気通路 7 のうち排気バイパス通路 57 よりも上流側の部分は、詳しくは図示しないが、エンジン本体 3 の気筒 13 毎に分岐した複数の独立排気通路を有する排気マニホールド 60 を含む。

【0033】

排気通路 7 にはさらに、当該排気通路 7 に流通する排気を、タービン 53 をバイパスして流すための排気バイパス通路 57 が設けられている。この排気バイパス通路 57 には、当該排気バイパス通路 57 を流通する排気の流量を調節するウェイストゲートバルブ 59 が設けられている。このウェイストゲートバルブ 59 は、排気バイパス通路 57 の開度を全開状態と全閉状態との間で連続的に又は多段階に変化させることが可能な、いわゆるリニアバルブである。

40

【0034】

< ターボ過給機 >

ターボ過給機 8 は、吸気通路 5 に設けられた上記コンプレッサ 41 と、排気通路 7 に設けられた上記タービン 53 とを備える。これらコンプレッサ 41 とタービン 53 とは、シャフトを介して連結されており、一体に回転するようになっている。このターボ過給機 8

50

では、排気の流れを受けてタービン53が回転すると、そのタービン53の回転力を利用してコンプレッサ41が吸気を下流側に送り込み、吸気を圧縮（過給）する。

【0035】

<外部EGR機構>

外部EGR機構9は、排気通路7に排出された排気の一部を吸気通路5へ還流させるEGR通路63と、EGR通路63を通じて還流させる排気を冷却するEGRクーラ65と、EGR通路63を流通する排気の還流量、つまりEGR流量を制御するEGRバルブ67とを備える。

【0036】

EGR通路63は、スロットルバルブ45よりも下流側の吸気通路5、具体的には吸気マニホールド52と、タービン53よりも上流側の排気通路7、具体的には排気マニホールド60とを接続し、それら両マニホールド52, 60を連通させている。EGRクーラ65及びEGRバルブ67は、EGR通路63に、その上流側（排気通路7側）から順に設けられている。EGRバルブ67は、EGR通路63の開度を全開状態と全閉状態との間で連続的に又は多段階に変化させることが可能なリニアバルブである。

10

【0037】

<センサ類>

センサ類は、上述したエンジン本体3、吸気通路5、排気通路7及び外部EGR機構9の各所に設けられている。

【0038】

20

具体的には、エンジン本体3においては、クランクシャフト25の回転角度を検出するクランク角センサ69と、ウォータージャケット内のエンジン冷却水の温度であるエンジン水温を検出する水温センサ71とが設けられている。

【0039】

吸気通路5においては、エアクリーナ39とコンプレッサ41との間で吸気流量を検出するエアフローセンサ73が設けられている。このエアフローセンサ73は、吸気温度を検出する温度センサを内蔵している。さらに、コンプレッサ41とスロットルバルブ45との間で且つインタークーラ43の下流側の吸気通路5には、ターボ過給機8により圧縮された吸気の圧力、つまり過給圧を検出する第1吸気圧センサ75が設けられている。

【0040】

30

吸気通路5にはさらに、スロットルバルブ45の開度を検出するスロットル開度センサ77が設けられている。また、スロットルバルブ45の下流側の吸気通路5、詳しくはサージタンク47には、当該サージタンク47内の圧力であるインマニ圧を検出する第2吸気圧センサ79が設けられている。この第2吸気圧センサ79は、サージタンク47内の温度であるインマニ温を検出する温度センサを内蔵している。

【0041】

排気通路7においては、ウェイストゲートバルブ61の開度を検出するWG開度センサ81が設けられている。さらに、タービン53と排気浄化装置55との間の排気通路7と、2つの触媒コンバータ61の間の排気通路7とには、O₂センサ83, 85がそれぞれ設けられている。これら2つのO₂センサ83, 85の検出値は、燃焼室19内の空燃比

40

【0042】

また、外部EGR機構9においては、EGRバルブ67の開度を検出するEGR開度センサ87が設けられている。さらに、EGRクーラ65とEGRバルブ67との間のEGR通路63には、EGRバルブ67の上流側における排気の圧力であるEGRバルブ上流圧力を検出する排圧センサ89が設けられている。

【0043】

自動車の運転中は、これら各種のセンサ69~89の検出値が、ECU11に出力されるようになっている。

【0044】

50

< E C U >

E C U 1 1 は、C P U (Central Processing Unit) や R O M (Read Only Memory) とか R A M (Random Access Memory) といった内部メモリ等のハードウェアと、O S (Operating System) 等の基本制御プログラムやO S 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ソフトウェアとで構成されたコンピュータであり、上記センサ類の検出値に基づいて外部E G Rを含むエンジン1の運転を総合的に制御する。なお、E C U 1 1 は、エンジン1の制御装置の一例である。

【 0 0 4 5 】

図2に、E G Rバルブ67の開度制御に関わる部分を中心とした、E C U 1 1の機能構成図を示す。E C U 1 1は、図2に示すように、機能的には、現在のエンジン1の運転状態における充填効率である実充填効率を算出する充填効率算出部91と、現在のエンジン1の運転状態におけるE G R流量である実E G R流量を算出するE G R流量算出部93と、E G Rバルブ67の開閉制御を行うバルブ制御部95と、各種データを記憶する記憶部97とを備える。

10

【 0 0 4 6 】

充填効率算出部91は、エアフローセンサ73によって検出される吸気流量と、クランク角センサ69の検出値から求められるエンジン回転数とに基づいて、現在のエンジン1の運転状態における体積効率である実体積効率を算出する。そして、充填効率算出部91は、その実体積効率から標準大気密度(標準状態における大気の密度: 約 $1.2 \text{ kg} [\text{kg} / \text{m}^3]$)を用いて実充填効率を算出する。

20

【 0 0 4 7 】

E G R流量算出部93は、排圧センサ89によって検出されるE G Rバルブ上流圧力と、E G Rバルブ下流圧力と、E G R開度センサ87によって検出されるE G Rバルブ67の開度とに基づき、ベルヌーイの定理を用いて、実E G R流量の基本値を算出する。ここで、E G Rバルブ下流圧力は、サージタンク47内の圧力に相当する。このため、E G Rバルブ下流圧力としては、第2吸気圧センサ79によって検出されるインマニ圧が用いられる。そして、E G R流量算出部93は、その基本値を外部E G Rによって還流される排気の温度に応じて補正し、その補正後の値を最終的な実E G R流量として算出する。ここで、還流される排気の温度は、エンジン回転数及びエンジン負荷から推定される。

30

【 0 0 4 8 】

バルブ制御部95は、E G R率の目標値である目標E G R率を設定する目標E G R率設定部99と、外部E G Rによって還流される排気の分圧の目標値である目標排気分圧を算出する目標排気分圧算出部101と、外部E G Rを実行しているときにエンジン1の気筒13内に吸入される吸気の圧力のうちの現在の排気分圧である実排気分圧を算出する実排気分圧算出部103と、目標E G R率を調整する目標E G R率調整部105と、外部E G Rの実行を許可又は禁止するE G R実行制御部107とを備える。

【 0 0 4 9 】

目標E G R率設定部99は、記憶部97に予め記憶されているE G R制御マップに基づいて目標E G R率の基本値を設定する。E G R制御マップには、実充填効率及びエンジン水温とそれらに応じた目標E G R率とがエンジン回転数毎に規定されている。目標E G R率の基本値は、充填効率算出部91によって算出される実充填効率と、クランク角センサ69の検出値から求められるエンジン回転数と、水温センサ71によって検出されるエンジン水温とを、そのE G R制御マップに照らし合わせるにより設定される。

40

【 0 0 5 0 】

なお、E G R制御マップを含め、外部E G Rの実行制御に用いる各種のマップは、エンジン1に固有のものであり、実測等によって予め求められる。そのため、E G R制御マップや後述するE G R率調整マップは、一例に過ぎず、エンジン1によっては異なる特性となり得る。

【 0 0 5 1 】

目標排気分圧算出部101は、E G R流量の目標値である目標E G R流量を、第2吸気

50

圧センサ 79 によって検出されるインマニ温に基づいて圧力に変換することにより、目標排気分圧を算出する。実排気分圧算出部 103 は、EGR 流量算出部 93 によって算出される実 EGR 流量を、第 2 吸気圧センサ 79 によって検出されるインマニ温に基づいて圧力に変換することにより、実排気分圧を算出する。

【0052】

目標 EGR 率調整部 105 は、記憶部 97 に予め記憶されている EGR 率補正マップに基づいて、目標 EGR 率設定部 99 によって設定された目標 EGR 率を調整する。EGR 率調整マップには、目標 EGR 率が実現されたときの、つまりは目標排気分圧が実現されたときのインマニ圧の予測値である予測インマニ圧と排気センサ 89 によって検出された EGR バルブ上流圧力との圧力比である予測圧力比と、それに対応した EGR 率の調整係数とが規定されている。本実施形態での予測圧力比は、EGR バルブ上流圧力に対する予測インマニ圧力の圧力比である。

10

【0053】

図 3 に、EGR 率調整マップのイメージ図を示す。EGR 率調整マップにおいて、EGR 率の調整係数は、図 3 に示すように、0 ~ 1 の正の値であって、予測圧力比が一定値以上（例えば 0.8 以上）の範囲ではその予測圧力比が 1 に近づくほど小さくなる。これは、EGR バルブ 67 の開度調節による EGR 流量の制御性が EGR バルブ上流圧力に対する EGR バルブ下流圧力の圧力比が大きいほど悪化することを考慮し、EGR バルブ 67 の制御性が悪くなるに連れて EGR バルブ 67 の開度を小さくすることで、実際の排気分圧のばらつきに起因するエンジン 1 の運転制御への悪影響を低減するためである。

20

【0054】

目標 EGR 率調整部 105 は、そのような EGR 率調整マップに予測圧力比を照らし合わせることにより、EGR 率の調整係数を取得する。そして、目標 EGR 率調整部 105 は、その EGR 率の調整係数を目標 EGR 率の基本値に乗算することにより、目標 EGR 率を調整する。

【0055】

バルブ制御部 95 は、上記の目標 EGR 率設定部 99、目標排気分圧算出部 101、実排気分圧算出部 103 及び目標 EGR 率調整部 105 の機能によって、最終的な目標 EGR 率を設定する。この目標 EGR 率の設定方法について、以下に、図 4 を参照しながら説明する。図 4 は、バルブ制御部 95 による目標 EGR 率の設定方法を示すブロック図である。

30

【0056】

バルブ制御部 95 は、図 4 に示すように、まず、目標 EGR 率設定部 99 の機能によりエンジン回転数、実充填効率及びエンジン水温に基づいて目標 EGR 率の基本値を設定する。次いで、バルブ制御部 95 は、その目標 EGR 率の基本値を、スロットルバルブ 45 を通過する流量であるスロットル通過流量に基づいて流量に変換することにより、目標 EGR 流量を算出する。ここで、スロットル通過流量は、吸気通路 5 を流通する吸気の流量である。このため、スロットル通過流量としては、エアフローセンサ 73 によって検出される吸気流量が用いられる。

【0057】

バルブ制御部 95 は、そうして算出された目標 EGR 流量を、目標排気分圧算出部 101 の機能によりインマニ温に基づき圧力に変換して、目標排気分圧を取得する。また、バルブ制御部 95 は、EGR 流量算出部 93 の機能により算出された実 EGR 流量を、実排気分圧算出部 103 の機能によりインマニ温に基づき圧力に変換して、実排気分圧を取得する。バルブ制御部 95 は、こうして取得された目標排気分圧から実排気分圧を減算することにより、基本値の目標 EGR 率が実現されたときの実排気分圧の変化量の予測値である排気分圧変化量を算出する。

40

【0058】

次に、バルブ制御部 95 は、その排気分圧変化量に第 2 吸気圧センサ 79 によって検出されるインマニ圧を加算することにより、予測インマニ圧を算出する。続いて、バルブ制

50

御部 95 は、この予測インマニ圧を排圧センサ 89 によって検出される EGR バルブ上流圧力で除算することにより、予測圧力比を算出する。

【0059】

次いで、バルブ制御部 95 は、目標 EGR 率調整部 105 の機能により、図 3 に示すような EGR 率調整マップを参照して予測圧力比に対応する EGR 率の調整係数 を取得し、その調整係数 を目標 EGR 率の基本値に乘算して目標 EGR 率を調整する。バルブ制御部 95 は、その調整した値を最終的な目標 EGR 率として取得し、その目標 EGR 率が実現されるように EGR バルブ 67 の開度を調節することにより、外部 EGR を実行する。

【0060】

EGR 実行制御部 107 は、上述した外部 EGR の実行を、以下の式で表される予測圧力比 P_r に基づき、所定の基準値を用いて許可又は禁止する。

$$P_r = \{ P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}}) \} / P_{e_x}$$

ここで、 P_{e_x} は、排圧センサ 89 によって検出される EGR バルブ上流圧力である。 P_{i_n} は、第 2 吸気圧センサ 79 によって検出されるインマニ圧 (EGR バルブ下流圧力) である。 $P_{t_{e_x}}$ は、目標排気分圧算出部 101 によって算出される目標排気分圧である。 $P_{r_{e_x}}$ は、実排気分圧算出部 103 によって算出される実排気分圧である。

【0061】

具体的には、EGR 実行制御部 107 は、予測圧力比 P_r が 1.0 以上の値に設定される所定の基準値未満であるときには外部 EGR の実行を許可し、予測圧力比 P_r が当該所定の基準値以上であるときには外部 EGR の実行を禁止する。所定の基準値には、例えば 1.0 が設定される。

【0062】

この EGR 実行制御部 107 による外部 EGR の実行制御について、以下に、図 5 を参照しながら説明する。図 5 は、外部 EGR の実行制御のフローチャートである。

【0063】

EGR 実行制御部 107 は、図 5 に示すように、まず、ステップ ST01 において、現在のエンジン 1 の運転状態が外部 EGR 領域にあるか否かを判定する。外部 EGR 領域は、外部 EGR の実行が許可状態にあれば外部 EGR が実行される、低負荷乃至中負荷且つ低回転乃至中回転の運転領域である。エンジン 1 の運転状態が外部 EGR 領域にあるか否かは、エンジン回転数や充填効率、エンジン水温などに基づいて判定される。

【0064】

このとき、エンジン 1 の運転状態が外部 EGR 領域にあると判定された場合には、外部 EGR の実行を許可すべきか禁止すべきかを判定する必要があるため、そのような判定を行うステップ ST02 に進む。他方、エンジン 1 の運転状態が外部 EGR 領域にないと判定された場合には、外部 EGR が行われなことから外部 EGR の実行について禁止や許可を判定する必要がないため、リターンし、再びステップ ST01 を行う。

【0065】

次いで、ステップ ST02 において、EGR 実行制御部 107 は、予測圧力比 P_r が所定の基準値 (例えば 1.0) 以上であるか否かを判定する。

【0066】

このとき、予測圧力比 P_r が所定の基準値以上である場合には、目標 EGR 率を実現するように EGR バルブ 67 の開度を調節すると、EGR バルブ上流圧力と EGR バルブ下流圧力の差圧が比較的小さくなり、EGR バルブ 67 の開度調節による EGR 流量の制御性、つまりは EGR 率の制御性が悪くなることが予測される。とりわけ所定の基準値として 1.0 が設定されている場合には、EGR バルブ下流圧力が EGR バルブ上流圧力と均衡するか又はそれよりも大きくなり、EGR バルブ 67 の開度調節による EGR 率の制御性が著しく悪くなることが予測される。したがって、この場合には、外部 EGR の実行を許可すべきでないとして、ステップ ST03 に進む。

【0067】

10

20

30

40

50

ステップ S T 0 3 では、E G R 実行制御部 1 0 7 は、外部 E G R の実行を禁止する。

【 0 0 6 8 】

他方、ステップ S T 0 2 で予測圧力比 P_r が所定の基準値未満である場合には、目標 E G R 率を実現するように E G R バルブ 6 7 の開度を調節しても、E G R バルブ上流圧力が E G R バルブ下流圧力よりも大きく、E G R バルブ上流圧力と E G R バルブ下流圧力とに所要の差圧が確保されるので、E G R バルブ 6 7 の開度調節による E G R 率の制御性が著しくは損なわれないことが予測される。したがって、この場合には、外部 E G R の実行を許可すべきとして、ステップ S T 0 4 に進む。

【 0 0 6 9 】

ステップ S T 0 4 では、E G R 実行制御部 1 0 7 は、外部 E G R の実行を許可する。

10

【 0 0 7 0 】

ステップ S T 0 3 , S T 0 4 を終わるとリターンし、ステップ S T 0 1 以降のステップを繰り返す。

【 0 0 7 1 】

こうした外部 E G R の実行制御に従えば、目標排気分圧の実現に向けて E G R バルブの開度を調節したときの圧力変化を見越した E G R バルブ下流圧力の予測値 $P_{i_n} + (P_{t_{e_x}} - P_{r_{e_x}})$ と E G R バルブ上流圧力 P_{e_x} との圧力比が、外部 E G R の実行制御にハンチングを起こす関係にあるときには、外部 E G R の実行について許可と禁止が切り替えられない。

【 0 0 7 2 】

20

したがって、この実施形態 1 に係るエンジン 1 の E C U 1 1 によると、外部 E G R の実行制御にハンチングが発生するのを好適に抑制できる。また、外部 E G R の実行について許可と禁止を切り替える基準値にヒステリシスを持たせると外部 E G R が行えなくなるエンジン 1 の運転状態においても、要求に応じて外部 E G R を実行することができる。その結果、外部 E G R を含むエンジン 1 の運転制御が不安定になることを回避し、且つエミッション性能や燃費の低下を防止することができる。

【 0 0 7 3 】

《実施形態 2 》

この実施形態 2 に係るエンジン 1 は、E C U による外部 E G R の実行制御の方法が上記実施形態 1 と異なる。なお、この実施形態 2 では、外部 E G R の実行制御の方法が上記実施形態 1 と異なる他はエンジン 1 について上記実施形態 1 と同様に構成されているので、態様の異なる外部 E G R の実行制御の方法についてのみ説明し、同一の構成や制御方法は図 1 ~ 図 5 に基づく上記実施形態 1 の説明に譲ることにして、その詳細な説明を省略する。

30

【 0 0 7 4 】

上記実施形態 1 では、外部 E G R の実行についての禁止と許可を、許可された状態から禁止する場合と禁止された状態から許可する場合とで、同一の基準値を用いて切り替える例を説明したが、本変形例では、E G R 実行制御部 1 0 7 は、外部 E G R の実行を、予測圧力比 P_r に基づき、ヒステリシスを持たせた所定の基準値（許可基準値及び禁止基準値）を用いて許可又は禁止する。

40

【 0 0 7 5 】

具体的には、E G R 実行制御部 1 0 7 は、外部 E G R の実行が許可された状態において、予測圧力比 P_r が 1 . 0 以上の値に設定される所定の許可基準値未満であるときには外部 E G R の実行を許可したままとし、予測圧力比 P_r が許可基準値以上であるときには外部 E G R の実行を禁止する。許可基準値には、例えば 1 . 0 が設定される。

【 0 0 7 6 】

また、E G R 実行制御部 1 0 7 は、外部 E G R の実行が禁止された状態において、予測圧力比 P_r が許可基準値よりも小さな所定の禁止基準値よりも大きいときには外部 E G R の実行を禁止したままとし、予測圧力比 P_r が禁止基準値以下であるときには外部 E G R の実行を許可する。禁止基準値には、例えば 0 . 2 ~ 0 . 4 の固定値が設定される。

50

【 0 0 7 7 】

この EGR 実行制御部 107 による外部 EGR の実行制御について、以下に、図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、本変形例に係る外部 EGR の実行制御のフローチャートである。

【 0 0 7 8 】

EGR 実行制御部 107 は、図 6 に示すように、まず、ステップ ST 11 において、現在のエンジン 1 の運転状態が外部 EGR 領域にあるか否かを判定する。ステップ ST 11 は、上記実施形態 1 でのステップ ST 01 と同様であるので、その説明を省略する。

【 0 0 7 9 】

このステップ ST 11 でエンジン 1 の運転状態が外部 EGR 領域にあると判定された場合には、外部 EGR が実行されているか否かを判定する必要があるため、そのような判定を行うステップ ST 12 に進む。他方、エンジン 1 の運転状態が外部 EGR 領域にないと判定された場合には、上記実施形態 1 と同様にリターンし、再びステップ ST 11 を行う。

10

【 0 0 8 0 】

ステップ ST 12 において、EGR 実行制御部 107 は、現在、外部 EGR が実行されているか否かを判定する。

【 0 0 8 1 】

外部 EGR が実行されているか否かは、EGR 開度センサ 87 によって検出される EGR バルブ 67 の開度に基づいて判定される。具体的には、EGR 開度センサ 87 の検出値が EGR バルブ 67 の開度が 0 以外であることを示していれば、EGR バルブ 67 が開いているから、外部 EGR を実行していると判定する。また、EGR 開度センサ 87 の検出値が EGR バルブ 67 の開度が 0 であることを示していれば、EGR バルブ 67 は完全に閉じているから、外部 EGR を実行していないと判定する。

20

【 0 0 8 2 】

このとき、外部 EGR が実行されていると判定された場合には、外部 EGR の実行が許可されており、外部 EGR の実行が許可された状態から禁止するか否かを判定する必要があるため、そのような判定を行うステップ ST 13 に進む。他方、外部 EGR が実行されていないと判定された場合には、外部 EGR の実行が禁止されている可能性があり、外部 EGR の実行が禁止された状態から許可するか否かを判定する必要があるため、そのような判定を行うステップ ST 14 に進む。

30

【 0 0 8 3 】

ステップ ST 13 では、EGR 実行制御部 107 は、予測圧力比 P_r が許可基準値（例えば 1.0）以上であるか否かを判定する。

【 0 0 8 4 】

このとき、予測圧力比 P_r が許可基準値以上である場合には、上記実施形態 1 のステップ ST 02 でも説明したように EGR バルブ 67 の開度調節による EGR 率の制御性が著しく悪くなることが予測されるから、外部 EGR の実行を許可すべきでないとして、ステップ ST 15 に進む。

【 0 0 8 5 】

ステップ ST 15 では、EGR 実行制御部 107 は、外部 EGR の実行を禁止する。

40

【 0 0 8 6 】

他方、ステップ ST 13 で予測圧力比 P_r が許可基準値未満である場合には、上記実施形態 1 のステップ ST 02 でも説明したように EGR バルブ 67 の開度調節による EGR 率の制御性が著しくは損なわれないことが予測されるから、外部 EGR の実行を許可すべきとして、ステップ ST 16 に進む。

【 0 0 8 7 】

ステップ ST 16 では、EGR 実行制御部 107 は、外部 EGR の実行を許可する。

【 0 0 8 8 】

また、ステップ ST 14 では、EGR 実行制御部 107 は、予測圧力比 P_r が禁止基準

50

値（例えば 0.2 ~ 0.4 の固定値）以下であるか否かを判定する。

【0089】

このとき、予測圧力比 P_r が禁止基準値以下である場合には、目標 EGR 率を実現するように EGR バルブ 67 の開度を調節しても、EGR バルブ上流圧力と EGR バルブ下流圧力とに所要の差圧が確保されるので、EGR バルブ 67 の開度調節による EGR 率の制御性が良いことが予測される。したがって、この場合には、外部 EGR の実行を禁止すべきでないとして、ステップ ST 16 に進み、外部 EGR の実行を許可する。

【0090】

他方、予測圧力比 P_r が禁止基準値よりも大きい場合には、目標 EGR 率を実現するように EGR バルブ 67 の開度を調節すると、EGR バルブ上流圧力と EGR バルブ下流圧力の差圧が比較的小さくなり、EGR バルブ 67 の開度調節による EGR 率の制御性が悪くなることが予測される。したがって、この場合には、外部 EGR の実行を許可すべきでないとして、ステップ ST 15 に進み、外部 EGR の実行を禁止する。

10

【0091】

なお、外部 EGR の実行が許可されているときにも EGR バルブ 67 が全閉とされている場合には、このステップ ST 14 に移行されるが、予測圧力比 P_r が禁止基準値よりも大きく且つ許可基準値未満の範囲にあるので、ステップ ST 16 に進み、外部 EGR の実行が許可されたままとなる。

【0092】

ステップ ST 15, ST 16 を終えるとリターンし、ステップ ST 11 以降のステップを繰り返す。

20

【0093】

こうした外部 EGR の実行制御に従えば、目標排気分圧を見込んだ EGR バルブ下流圧力と EGR バルブ上流圧力との圧力比に基づいて外部 EGR の実行を許可又は禁止することに加え、外部 EGR の実行について許可した状態と禁止した状態とを切り替える基準値にヒステリシスを持たせるようにしたので、外部 EGR の実行制御にハンチングが発生するのをよりいっそう抑制できる。その他については、上記実施形態 1 と同様な効果を得ることができる。

【0094】

以上のように、本出願に開示する技術の例示として、好ましい実施形態を説明した。しかし、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能である。また、上記実施形態 1, 2 で説明した各構成要素や制御方法を組み合わせる新たな実施の形態とすることも可能である。また、添付図面及び詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須でない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることを以て、直ちにそれらの必須でない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

30

【0095】

例えば、上記実施形態 1, 2 について、以下のような構成としてもよい。

【0096】

上記実施形態 1 では、目標 EGR 率設定部 99 は、実充填効率に基づいて目標 EGR 率を設定するとしたが、これに限らず、実充填効率に代えて、エンジン 1 の充填効率の目標値である目標充填効率に基づいて設定されてもよい。目標充填効率は、アクセルペダルの踏み込み操作に応じた出力トルクの要求値である要求出力トルクと、 O_2 センサ 83, 85 の検出値から求められる空燃比及び熱効率とに基づいて既知の方法により算出される。

40

【0097】

また、上記実施形態 1 では、EGR 実行制御部 107 は、目標 EGR 率設定部 99 により設定された目標 EGR 率の基本値から求められた目標排気分圧を用いて、外部 EGR の実行について許可と禁止を切り替える制御を行うとしたが、これに限らず、基本値の目標 EGR 率を調整係数 の乗算により調整して得られた最終的な目標 EGR 率から目標排気

50

分圧を算出し、その目標排気分圧を用いて外部 EGR の実行制御を行ってもよい。

【0098】

また、上記実施形態 1 では、外部 EGR の実行制御に用いられる予測圧力比 P_r が EGR バルブ上流圧力 P_{ex} に対する予測インマニ圧力 $\{P_{in} + (P_{tex} - P_{rex})\}$ の圧力比、すなわち $\{P_{in} + (P_{tex} - P_{rex})\} / P_{ex}$ であるとしたが、予測圧力比 P_r は、その逆数 $P_{ex} / \{P_{in} + (P_{tex} - P_{rex})\}$ が用いられていてもよい。要は、バルブ制御部 95 が、EGR バルブ上流圧力 P_{ex} と予測インマニ圧力 $P_{in} + (P_{tex} - P_{rex})$ との圧力比に基づいて、外部 EGR の実行をハンチングが発生しないように許可又は禁止に切り替えるようになっていればよい。

【0099】

また、上記実施形態 1 では、EGR 流量算出部 93 は、実 EGR 流量を算出するのに用いる、外部 EGR によって還流される排気の温度を、エンジン回転数及びエンジン負荷から推定するとしたが、これに限らない。例えば、当該排気の温度は、実 EGR 流量の基本値を、EGR バルブ 67 と EGR クーラ 65 との間に設けられた温度センサで検出した温度に応じて補正することにより算出してもよい。

【0100】

また、上記実施形態 1 では、ターボ過給機付きのエンジンを例に挙げて説明したが、これに限らず、ここに開示された技術は、ターボ過給機を備えていないエンジンの制御装置に対しても適用可能である。

【産業上の利用可能性】

【0101】

以上説明したように、ここに開示した技術は、外部 EGR が行われるエンジンの制御装置について有用である。

【符号の説明】

【0102】

1 ... エンジン、 3 ... エンジン本体、 5 ... 吸気通路、 7 ... 排気通路、 8 ... ターボ過給機、
 9 ... 外部 EGR 機構、 11 ... ECU (エンジンの制御装置)、 13 ... 気筒、
 15 ... シリンダブロック、 17 ... シリンダヘッド、 19 ... 燃焼室、 21 ... ピストン、
 23 ... コネクティングロッド、 25 ... クランクシャフト、 27 ... 燃料噴射装置、
 29 ... 吸気ポート、 31 ... 排気ポート、 33 ... 吸気バルブ、 35 ... 排気バルブ、
 37 ... 点火プラグ、 39 ... エアクリーナ、 41 ... コンプレッサ、
 43 ... インタークーラ、 45 ... スロットルバルブ、 47 ... サージタンク、
 49 ... エアバイパス通路、 51 ... エアバイパスバルブ、 52 ... 吸気マニホールド、
 53 ... タービン、 55 ... 排気浄化装置、 57 ... 排気バイパス通路、
 59 ... ウェイストゲートバルブ、 60 ... 排気マニホールド、 61 ... 触媒コンバータ、
 63 ... EGR 通路、 65 ... EGR クーラ、 67 ... EGR バルブ、
 69 ... クランク角センサ、 71 ... 水温センサ、 73 ... エアフローセンサ、
 75 ... 第 1 吸気圧センサ、 77 ... スロットル開度センサ、 79 ... 第 2 吸気圧センサ、
 81 ... WG 開度センサ、 83, 85 ... O_2 センサ、 87 ... EGR 開度センサ、
 89 ... 排圧センサ、 91 ... 充填効率算出部、 93 ... EGR 流量算出部、
 95 ... バルブ制御部、 97 ... 記憶部、 99 ... 目標 EGR 率設定部、
 101 ... 目標排気分圧算出部、 103 ... 実排排気圧算出部、
 105 ... 目標 EGR 率調整部、 107 ... EGR 実行制御部

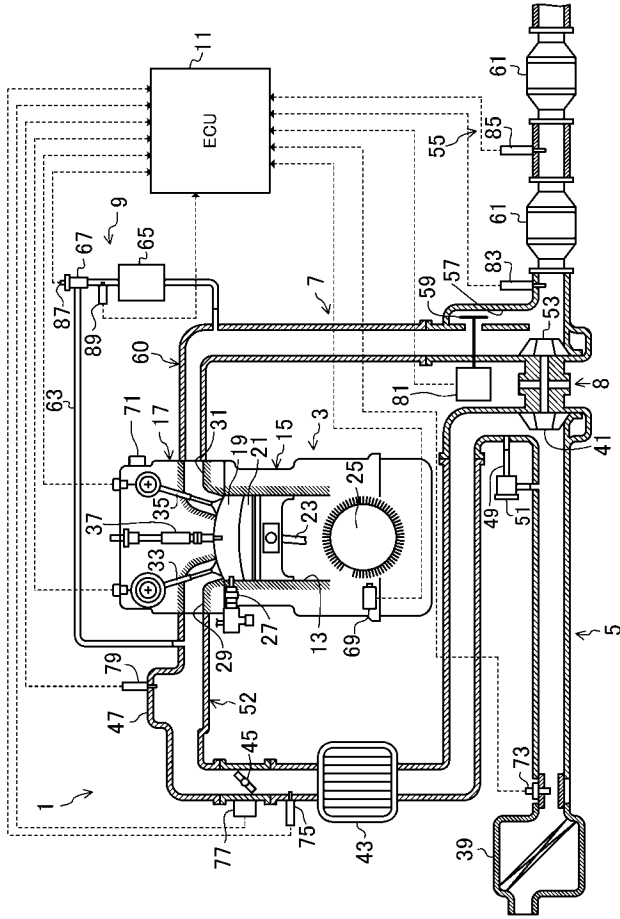
10

20

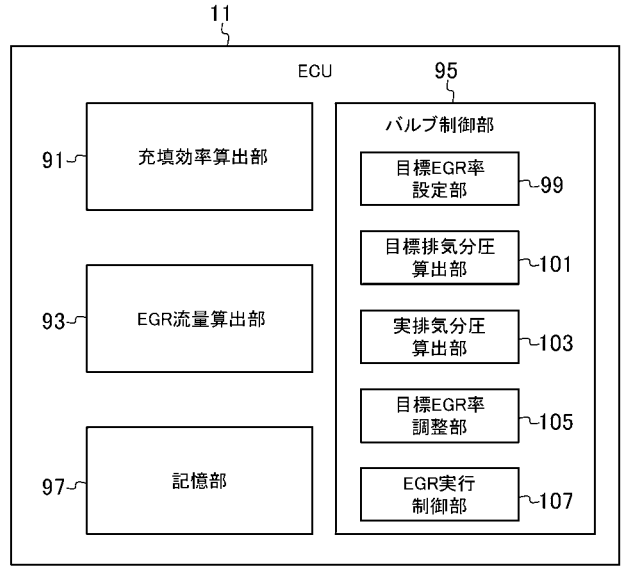
30

40

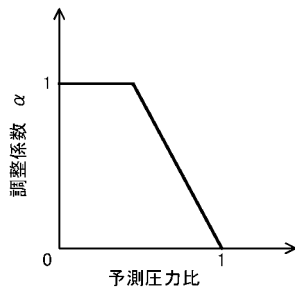
【図1】



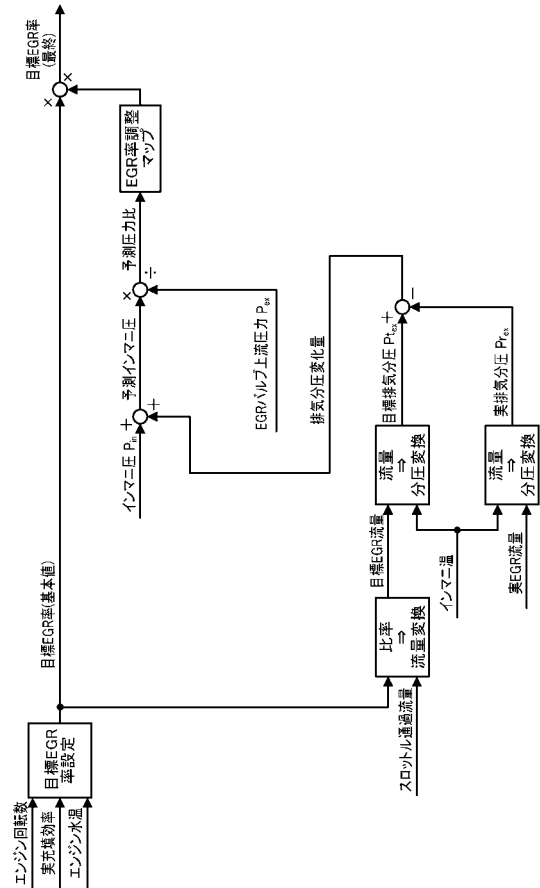
【図2】



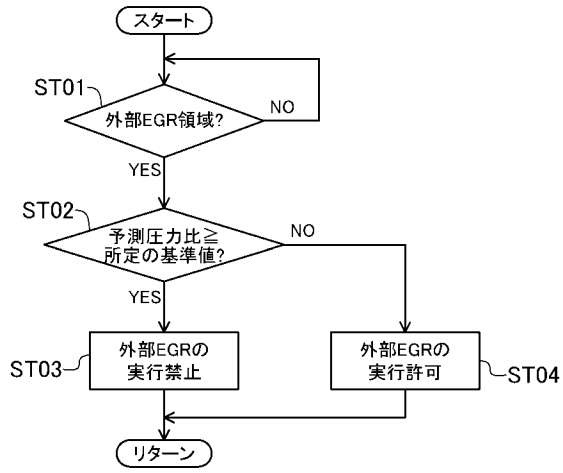
【図3】



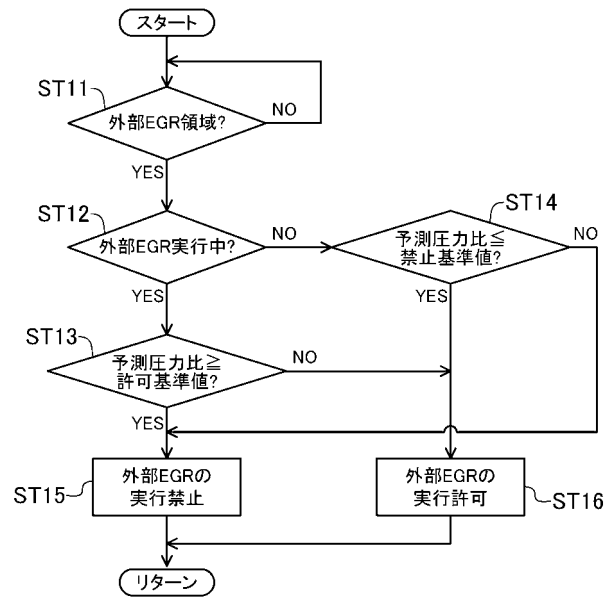
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3G092 AA01 AA17 AA18 DB03 DC09 DC10 EC01 EC10 FA05 FA15
FA24 HA01Z HA04Z HA05Z HA06Z HD05Z HD07X HD08Z HD10Z HE01Z
HE08Z