

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年5月7日(07.05.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/064066 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 21/08 (2006.01) F02D 41/02 (2006.01)
F02D 21/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/005381
- (22) 国際出願日: 2014年10月23日(23.10.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-224534 2013年10月29日(29.10.2013) JP
- (71) 出願人: マツダ株式会社(MAZDA MOTOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 Hiroshima (JP).
- (72) 発明者: 長津 和弘(NAGATSU, Kazuhiro); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 井上 淳(INOUE, Atsushi); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 松本 浩太(MATSUMOTO, Kota); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 神長 隆史(KAMINAGA, Takashi); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 宮本 亨(MIYAMOTO, Toru); 〒7308670 広島県安芸郡府中

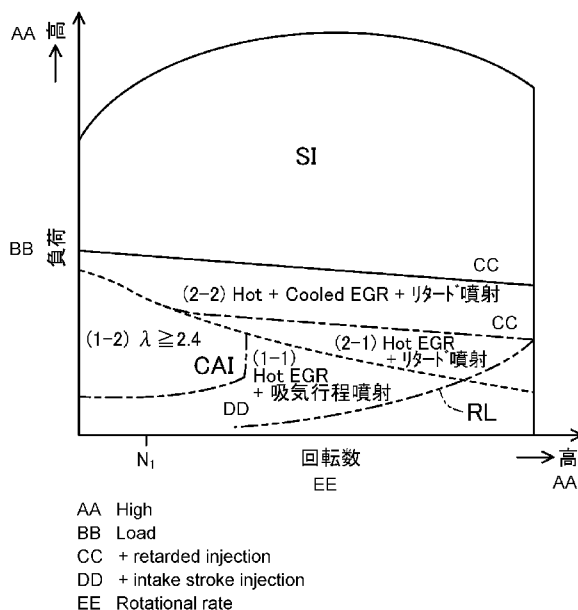
町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 養祖 隆(YOUSHO, Takashi); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人前田特許事務所(MAEDA & PARTNERS); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町2丁目5番7号 大阪丸紅ビル5階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR COMPRESSION-IGNITION ENGINE

(54) 発明の名称: 圧縮着火式エンジンの制御装置



(57) Abstract: In the present invention, a control device for a compression-ignition engine is provided with a controller configured so that an engine main unit is operated by allowing combustion by compression-ignition when the operational state of the engine main unit is in a compression-ignition range. When the operational state of the engine main body is in a prescribed range with high load in the compression-ignition range, in a low-speed range, the controller makes the exhaust gas recirculation (EGR) rate low, using a gas-state adjusting system, so that the excess air ratio (λ) of the mixed air in the cylinder is lean and greater than 1, while maximizing the fullness of the cylinder, and in a high-speed range with higher speeds than in the low-speed range, the controller makes the EGR rate high, using the gas-state adjusting system, so that the excess air ratio (λ) of the mixed air in the cylinder is 1 or less, while maximizing the fullness of the cylinder.

(57) 要約: 圧縮着火式エンジンの制御装置は、エンジン本体の運転状態が圧縮着火領域にあるときに圧縮着火燃焼させることにより、エンジン本体を運転するように構成された制御器を備える。制御器は、エンジン本体の運転状態が圧縮着火領域における負荷の高い所定領域内にあるときには、低速側領域においては、ガス状態調整システムによって、気筒の充填量を最大にしつつ、気筒内の混合気の空気過剰率 λ が1より大きいリーンとなるように、EGR率を低くし、低速側領域よりも高速の高速側領域においては、気筒の充填量を最大にしつつ、気筒内の混合気の空気過剰率 λ が1以下となるように、EGR率を高くする。

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：圧縮着火式エンジンの制御装置

技術分野

[0001] ここに開示する技術は、圧縮着火式エンジンの制御装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば特許文献 1 には、エンジンの運転状態が低速かつ部分負荷の所定運転領域にあるときには、気筒内の混合気を圧縮着火燃焼させるよう構成されたエンジンが記載されている。

[0003] また、特許文献 2 にも、エンジンの運転状態が所定の切替負荷以下の運転領域にあるときには、気筒内の混合気を圧縮着火燃焼させる一方で、当該切替負荷よりも負荷の高い運転領域にあるときには、気筒内の混合気に点火プラグによって強制点火を行って燃焼させるよう構成されたエンジンが記載されている。このエンジンでは、圧縮着火燃焼を行うときには、吸気行程中に排気弁を再度、開弁することによって、排気側に排出した排気ガスの一部を気筒内に導入する、いわゆる排気二度開きを行う。この排気二度開きによる内部 E G R ガスの導入は、圧縮開始温度、ひいては圧縮端温度を高めて、圧縮着火の着火性及び燃焼安定性の向上に有利になる。

[0004] 特許文献 3 には、エンジンの運転状態に応じて圧縮着火燃焼と、火花点火燃焼とを切り換えるエンジンが記載されている。特許文献 3 にはまた、圧縮着火燃焼から火花点火燃焼への切り換え時に、E G R 通路を介して排気ガスの一部を気筒内に導入すると共に、混合気の空燃比をリッチ化することにより、ノッキングを回避することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献 1：特開 2 0 0 7 - 1 5 4 8 5 9 号公報

特許文献 2：特開 2 0 1 2 - 1 7 2 6 6 5 号公報

特許文献 3：特開 2 0 0 9 - 9 1 9 9 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、特許文献2に記載されているエンジンでは、ポンプ損失を低減するために、圧縮着火燃焼を行う領域では、気筒の充填量を最大にしつつ、気筒内に導入する新気量と排気ガス量との割合を、エンジンの負荷に応じて変更している。具体的には、エンジンの負荷が高くなるに従い、気筒内の温度状態も高くなることから、気筒内に導入する内部EGRガス量を減らしつつ、新気量を増やす。このことは、気筒内の温度状態が高くなり過ぎることを抑制して、圧縮着火燃焼に伴う気筒内の圧力上昇（つまり、 dP/dt ）が急峻になることを回避する上で有効である。また、気筒内の混合気の空気過剰率 λ は、エンジンの負荷の高低に拘わらず、実質的に1である。このことにより、三元触媒を利用して排気エミッション性能を良好にすることが可能になる。

[0007] ここで、圧縮着火燃焼を行う領域内で気筒内の温度状態が高くなる高負荷側の運転領域内においても、低速側の領域は、単位時間当たりが発生する熱量が相対的に低いため、気筒内の温度状態も、高速側の領域と比較して相対的に低くなる。従って、低速側の領域では、燃費改善の観点から、高速側の領域とは異なる燃焼態様を採用することが考えられる。

[0008] ここに開示する技術は、か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、所定の領域において圧縮着火燃焼を行う圧縮着火式エンジンにおいて、その圧縮着火燃焼を行う領域における負荷の高い領域内の低速側領域での燃費改善を図ることにある。

課題を解決するための手段

[0009] ここに開示する技術は、圧縮着火式エンジンの制御装置に係り、この圧縮着火式エンジン制御装置は、気筒を有するエンジン本体と、前記気筒内に供給する燃料を噴射するよう構成された燃料噴射弁と、前記気筒内に導入する新気の量と排気ガスの量とをそれぞれ調整することによって、前記気筒内のガス状態を調整するよう構成されたガス状態調整システムと、前記エンジ

ン本体の運転状態が、予め設定された圧縮着火領域にあるときには、前記気筒内の混合気を圧縮着火燃焼させることにより、前記エンジン本体を運転するように構成された制御器と、を備える。

[0010] そして、前記制御器は、前記エンジン本体の運転状態が前記圧縮着火領域における負荷の高い所定領域内にあるときには、低速側領域においては、前記ガス状態調整システムによって、前記気筒の充填量を最大にしつつ、前記気筒内の混合気の空気過剰率 λ が1よりも大きいリーンとなるように、前記気筒内の全ガス量に対する前記排気ガスの量の割合であるEGR率を低くし、前記低速側領域よりも高速の高速側領域においては、前記気筒の充填量を最大にしつつ、前記気筒内の混合気の空気過剰率 λ が1以下となるように、前記EGR率を高くする。

[0011] ここで、「ガス状態調整システム」は、気筒内に導入するガス量（つまり、充填量）及び気筒内に導入する新気量と排気ガス量との割合を調整するシステムである。気筒内に導入する新気量は、スロットル弁の開度、吸気弁の開弁時期、及び／又は、気筒内に導入する排気ガス量等によって調整可能である。気筒内に導入する排気ガス量は、エンジン本体の吸気弁及び排気弁それぞれの開弁期間を制御することによって、排気ガスの一部を気筒内に残留及び／又は導入するよう構成された内部EGRシステム、及び／又は、エンジン本体の排気通路と吸気通路とを連通するEGR通路を介して、排気ガスの一部を気筒内に導入する外部EGRシステムを通じて調整すればよい。エンジン本体の運転状態が圧縮着火領域にあるときには特に、内部EGRシステムによる内部EGRガスを気筒内に導入することが好ましい。内部EGRガスは比較的溫度が高いため、圧縮端溫度を高くして圧縮着火の着火性及び燃焼安定性に有利になる。

[0012] また、「低速側領域」は、前述したように、単位時間あたりに発生する熱量が低く、それによって気筒内の溫度状態が低くなるような領域であり、その低い溫度状態によって、圧縮着火燃焼に伴う気筒内の圧力上昇が急峻になることが回避し得るような領域である。低速側領域は、例えばエンジン本体

の回転数領域の $1/2$ よりも低速側において適宜設定してもよい。

[0013] 前記の構成によると、制御器は、エンジン本体の運転状態が予め設定された圧縮着火領域にあるときには、気筒内の混合気を圧縮着火燃焼させることによりエンジン本体を運転する。そして、エンジン本体の運転状態が、その圧縮着火領域における負荷の高い所定領域にあるときには、ガス状態調整システムにより、低速側領域と、その低速側の領域よりも高速の高速側領域とで、気筒内のガス状態を変更する。

[0014] 具体的に低速側領域においては、気筒内の充填量を最大にしつつ、混合気の空気過剰率 λ が1よりも大きいリーンとなるように、EGR率を低く設定する。つまり、気筒内に導入する排気ガス量を少なくしかつ、新気量を多くする。エンジン本体の回転数が低速であるときには、単位時間当たりが発生する熱量が少なくなるため、気筒内の温度状態が比較的低くなる。これは、圧縮端温度が高くなり過ぎることを抑制する。そのため、気筒内の圧力上昇 (dP/dt) が急峻になってしまうことが回避されかつ、Raw NOxの生成も抑制される。

[0015] そこで、エンジン本体の運転状態が低速側領域にあるときには、混合気の空気過剰率 λ を1よりも大きいリーンにし、熱効率の向上による燃費の向上を図る。尚、空気過剰率 λ は、例えばNOx浄化触媒を備えている構成においては、1よりも大きい任意の値にしてもよい。一方、例えばNOx浄化触媒を備えていない構成においては、空気過剰率 λ は、例えば2.4以上に設定することが好ましい。空気過剰率 λ を2.4以上に設定することによって、Raw NOxの生成が抑制され、NOx浄化触媒を備えていない構成においても、NOxの排出が抑制される。尚、NOx浄化触媒を備えていない構成においては特に、空気過剰率 λ を2.4以上に設定する前記の低速側領域は、所定負荷以下に設定することが好ましい。エンジン本体の負荷が高まると、燃料噴射量が増大することから、空気過剰率 λ を2.4以上に設定することが困難になるためである。

[0016] また、前記の構成における「圧縮着火領域における負荷の高い所定領域」

は、エンジン本体の負荷が低すぎる領域（例えば軽負荷領域）を除く意味である。つまり、エンジン本体の運転状態が軽負荷領域にあるときには、未燃燃料が増えやすいため、混合気の空気過剰率 λ を1よりも大きいリーンして熱効率向上による燃費向上効果よりも、気筒内に導入する排気ガス量を増やして未燃損失低減による燃費向上効果の方が有効になる。そこで、前記の「低速側領域」は、混合気をリーンにすることによる燃費向上効果が相対的に有利になるエンジン本体の負荷領域に制限し、それよりも負荷の低い領域、つまり、未燃損失低減による燃費向上効果が相対的に有利になるエンジン本体の負荷領域では、混合気の空気過剰率 λ を1以下にしつつ、EGR率を比較的高くすることが好ましい。

[0017] 前述した低速側領域よりも高速の高速側領域では、気筒の充填量を最大にしつつ、気筒内の混合気の空気過剰率 λ が1以下となるように、EGR率を高くする。気筒内に導入する排気ガス量を増やすことによって燃焼温度が低下し、 RawNO_x の発生を抑制する上で有利になる。気筒内の混合気の空気過剰率 λ を実質的に1（つまり、 λ をほぼ1）に設定すれば、三元触媒を利用して排気エミッション性能を良好に維持することが可能になる。また、高速側領域では、低速側領域と比較して気筒内の温度状態が高くなるものの、排気ガス量も相対的に多いため、圧縮着火燃焼の緩慢化により燃焼騒音の低減に有利になる。

[0018] 好ましくは、前記燃料噴射弁は、前記気筒内に燃料を直接噴射するように構成され、前記制御器は、前記所定領域の前記低速側領域においては、前記燃料噴射弁による燃料噴射時期を圧縮行程前半以前にし、前記所定領域の前記高速側領域においては、前記燃料噴射弁による燃料噴射時期を圧縮行程後半以降にする、ことである。

[0019] すなわち、エンジン本体の運転状態が高負荷側の領域にあるときには、気筒内の温度状態が高くなる。そのため、内部EGRガス量の調整を含む、気筒内の温度状態をコントロールすることだけでは、圧縮着火燃焼に伴う気筒内の圧力上昇（ dP/dt ）が急峻になってしまうことを回避することがで

きなく虞がある。

[0020] この点について、燃料噴射弁による気筒内への燃料噴射時期を、圧縮行程後半以降にすることにより、モータリングにより気筒内の圧力が次第に低下する膨張行程期間において圧縮着火燃焼を行うことが可能になる。ここで、「圧縮行程後半」とは、圧縮行程をクランク角の進行について前半と後半とに二等分したときの後半に相当し、「圧縮行程後半以降」には、圧縮行程後半と膨張行程とが含まれる。尚、以下において、このように比較的遅い時期に行う燃料噴射をリタード噴射と呼ぶ場合がある。このリタード噴射技術を、前記所定領域の高速側領域において適用することにより、低速側領域と比較して気筒内の温度状態が相対的に高くなる所定領域の高速側領域において、圧縮着火燃焼に伴う気筒内の圧力上昇が急峻になってしまうことが回避される。

[0021] 尚、リタード噴射は、混合気の形成期間が短くなるため、局所的にリッチな混合気が形成される場合があり、排気エミッション性能を確保する上では、混合気の空気過剰率 λ を実質的に1にして三元触媒の利用を可能にすることが望ましい。

[0022] これに対し、低速側領域は、前述の通り、気筒内の温度状態が低くなることから、前述したリタード噴射を採用する必要はない。そこで、所定領域の低速側領域においては、燃料噴射弁による燃料噴射時期を圧縮行程前半以前にする。ここで、「圧縮行程前半」とは、圧縮行程をクランク角の進行について前半と後半とに二等分したときの前半に相当し、「圧縮行程前半以前」には、圧縮行程前半と吸気行程とが含まれる。また、リタード噴射を採用しないことによって、混合気の空気過剰率 λ を1よりも大きくすることが可能である。燃料噴射時期を比較的早い時期にすることにより、均質なリーン混合気を形成することが可能になる。

[0023] 前記圧縮着火式エンジンの制御装置は、前記気筒内に導入する新気にオゾンを追加するよう構成されたオゾン発生器をさらに備え、前記制御器は、前記所定領域の前記低速側領域において、前記オゾン発生器により、前記気筒

内に導入する新気にオゾンを添加する、としてもよい。ここで、「オゾン発生器」は、吸気通路上に設けられかつ、気筒内に導入する新気に対してオゾンを添加するように構成してもよい。

[0024] この構成によると、前述の通り、所定領域の低速側領域では、混合気をリーンに設定するため、気筒内には比較的大量の新気が導入される。この領域において、気筒内に導入する新気に対しオゾンを添加することにより、気筒内に大量のオゾンを導入することが可能になる。これは、圧縮着火の着火性及び圧縮着火燃焼の安定性を高める上で有利になる。

[0025] 前記制御器は、外気温度が所定温度以下のときに、前記所定領域の前記低速側領域において、前記オゾン発生器により、前記気筒内に導入する新気にオゾンを添加する、としてもよい。

[0026] 外気温度が所定温度以下の低温時には、気筒内に導入される新気の温度が低くなるため、気筒内の圧縮開始温度が低くなる。これは圧縮端温度を低くして、圧縮着火の着火性及び圧縮着火燃焼の安定性を低下させる。特に、前述した所定領域の低速側領域においては、気筒内に導入される新気量が比較的多いため、低い外気温度による圧縮開始温度及び圧縮端温度の低下が、顕著になる。

[0027] このときに、気筒内に導入する新気にオゾンを添加することによって、前述の通り、比較的大量のオゾンを気筒内に導入することが可能になるから、圧縮端温度が低いときでも、圧縮着火の着火性が高まると共に、圧縮着火燃焼の安定性が高まる。

発明の効果

[0028] 以上説明したように、前記の圧縮着火式エンジンの制御装置は、エンジン本体の運転状態が、圧縮着火領域における負荷の高い所定領域内であって、低速側領域にあるときには、気筒の充填量を最大にしつつ、混合気の空気過剰率 λ が1よりも大きいリーンになるように、EGR率を低くする。このことによって、圧縮着火燃焼に伴う気筒内の温度上昇 (dP/dt) が急峻になることを抑制しつつ、熱効率向上による燃費向上効果が得られる。一方で

、エンジン本体の運転状態が、圧縮着火燃焼領域における負荷の高い所定領域内であって、高速側領域にあるときには、気筒の充填量を最大にしつつ、混合気の空気過剰率 λ が1以下になるようにEGR率を高くする。このことによって、NO_xの発生を抑制して排気エミッション性能が確保されると共に、燃焼騒音の低減に有利になる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]図1は、圧縮着火式エンジンの構成を示す概略図である。

[図2]図2は、圧縮着火式エンジンの制御に係るブロック図である。

[図3]図3は、燃焼室を拡大して示す断面図である。

[図4]図4は、オゾン発生器の構成を例示する概念図である。

[図5]図5は、大リフトと小リフトとに切り替え可能に構成された吸気弁のリフトカーブの例示と、通常の開弁動作と、吸気行程時に再開弁する特殊動作とに切り替え可能に構成された排気弁のリフトカーブとの例示である。

[図6]図6は、エンジンの運転制御マップを例示する図である。

[図7A]図7Aは、CAIモードにおいて吸気行程噴射を行う場合の燃料噴射時期の一例と、それに伴うCAI燃焼の熱発生率の例示である。

[図7B]図7Bは、CAIモードにおいて高圧リタード噴射を行う場合の燃料噴射時期の一例と、それに伴うCAI燃焼の熱発生率の例示である。

[図7C]図7Cは、CAIモードにおいて、さらに高負荷の領域において高圧リタード噴射を行う場合の燃料噴射時期の一例と、それに伴うCAI燃焼の熱発生率の例示である。

[図7D]図7Dは、SIモードにおいて高圧リタード噴射を行う場合の燃料噴射時期及び点火時期の一例と、それに伴うSI燃焼の熱発生率の例示である。

[図8]エンジンの負荷の高低に対するEGR率の関係を例示する図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、圧縮着火式エンジンの制御装置の実施形態を図面に基づいて説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、例示である。図1, 2は、エンジン

(エンジン本体) 1 の概略構成を示す。このエンジン 1 は、車両に搭載されると共に、少なくともガソリンを含有する燃料が供給される火花点火式ガソリンエンジンである。エンジン 1 は、複数の気筒 18 が設けられたシリンダブロック 11 (尚、図 1 では、1 つの気筒のみを図示するが、例えば 4 つの気筒が直列に設けられる) と、このシリンダブロック 11 上に配設されたシリンダヘッド 12 と、シリンダブロック 11 の下側に配設され、潤滑油が貯留されたオイルパン 13 とを有している。各気筒 18 内には、コンロッド 142 を介してクランクシャフト 15 と連結されているピストン 14 が往復動可能に嵌挿されている。ピストン 14 の頂面には、図 3 に拡大して示すように、ディーゼルエンジンでのリエントラント型のようなキャビティ 141 が形成されている。キャビティ 141 は、ピストン 14 が圧縮上死点付近に位置するときには、後述するインジェクタ 67 に相対する。シリンダヘッド 12 と、気筒 18 と、キャビティ 141 を有するピストン 14 とは、燃焼室 19 を区画する。尚、燃焼室 19 の形状は、図示する形状に限定されるものではない。例えばキャビティ 141 の形状、ピストン 14 の頂面形状、及び、燃焼室 19 の天井部の形状等は、適宜変更することが可能である。

[0031] このエンジン 1 は、理論熱効率の向上や、後述する圧縮着火燃焼の安定化等を目的として、1.5 以上の比較的高い幾何学的圧縮比に設定されている。尚、幾何学的圧縮比は 1.5 以上 2.0 以下程度の範囲で、適宜設定すればよい。

[0032] シリンダヘッド 12 には、気筒 18 毎に、吸気ポート 16 及び排気ポート 17 が形成されていると共に、これら吸気ポート 16 及び排気ポート 17 には、燃焼室 19 側の開口を開閉する吸気弁 21 及び排気弁 22 がそれぞれ配設されている。

[0033] 吸気弁 21 及び排気弁 22 をそれぞれ駆動する動弁系の内、排気側には、排気弁 22 の作動モードを通常モードと特殊モードとに切り替える、例えば油圧作動式の可変機構 (図 2 参照。以下、VVL (Variable Valve Lift) と称する) 71 と、クランクシャフト 15 に対する排気カムシャフトの回転位

相を変更することが可能な位相可変機構（以下、VVT（Variable Valve Timing）と称する）75と、が設けられている。VVL71は、その構成の詳細な図示は省略するが、カム山を一つ有する第1カムとカム山を2つ有する第2カムとの、カムプロファイルの異なる2種類のカム、及び、その第1及び第2カムのいずれか一方のカムの作動状態を選択的に排気弁に伝達するロスモーション機構を含んで構成されている。第1カムの作動状態を排気弁22に伝達しているときには、図5に実線で例示するように、排気弁22は、排気行程中において一度だけ開弁される通常モードで作動するのに対し、第2カムの作動状態を排気弁22に伝達しているときには、図5に破線で例示するように、排気弁22が、排気行程中において開弁すると共に、吸気行程中においても開弁するような、いわゆる排気の二度開きを行う特殊モードで作動する。VVL71の通常モードと特殊モードとは、エンジンの運転状態に応じて切り替えられる。具体的に、特殊モードは、内部EGRに係る制御の際に利用される。以下の説明においては、VVL71を通常モードで作動させ、排気二度開きを行わないことを、「VVL71をオフにする」といい、VVL71を特殊モードで作動させ、排気二度開きを行うことを、「VVL71をオンにする」という場合がある。尚、こうした通常モードと特殊モードとの切り替えを可能にする上で、排気弁22を電磁アクチュエータによって駆動する電磁駆動式の動弁系を採用してもよい。

[0034] 尚、内部EGRの実行は、排気二度開きのみによって実現されるのではない。例えば吸気弁21を二回開く、吸気の二度開きによって内部EGR制御を行うことも可能であるし、排気行程乃至吸気行程において吸気弁21及び排気弁22の双方を閉じるネガティブオーバーラップ期間を設けて既燃ガスを気筒18内に残留させる内部EGR制御を行うことも可能である。但し、後述の通り、圧縮端温度を高くする上では、排気二度開きが最も好ましい。

[0035] VVT75は、液压式、電磁式又は機械式の公知の構造を適宜採用すればよく、その詳細な構造についての図示は省略する。排気弁22は、VVT75によって、その開弁時期及び閉弁時期を、所定の範囲内で連続的に変更可

能である。

[0036] VVL71及びVVT75を備えた排気側の動弁系と同様に、吸気側には、図2に示すように、VVL74とVVT72とが設けられている。吸気側のVVL74は、排気側のVVL71とは異なる。吸気側のVVL74は、吸気弁21のリフト量を相対的に大きくする大リフトカムと、吸気弁21のリフト量を相対的に小さくする小リフトカムとの、カムプロファイルの異なる2種類のカム、及び、大リフトカム及び小リフトカムのいずれか一方のカムの作動状態を選択的に吸気弁21に伝達するロストモーション機構を含んで構成されている。VVL74が大リフトカムの作動状態を吸気弁21に伝達しているときには、図5に実線で示すように、吸気弁21は、相対的に大きいリフト量で開弁すると共に、その開弁期間も長くなる。これに対し、VVL74が小リフトカムの作動状態を吸気弁21に伝達しているときには、吸気弁21は、図5に破線で示すように、相対的に小さいリフト量で開弁すると共に、その開弁期間も短くなる。大リフトカムと小リフトカムとは、その開弁時期又は閉弁時期を同じにして切り替わるように設定されている。

[0037] 吸気側のVVT72は、排気側のVVT75と同様に、液圧式、電磁式又は機械式の公知の構造を適宜採用すればよく、その詳細な構造についての図示は省略する。吸気弁21もまた、VVT72によって、その開弁時期及び閉弁時期を、所定の範囲内で連続的に変更可能である。

[0038] シリンダヘッド12にはまた、気筒18毎に、気筒18内に燃料を直接噴射する（直噴）インジェクタ67が取り付けられている。インジェクタ67は、図3に拡大して示すように、その噴口が燃焼室19の天井面の中央部分から、その燃焼室19内に臨むように配設されている。インジェクタ67は、エンジン1の運転状態に応じて設定された噴射タイミングでかつ、エンジン1の運転状態に応じた量の燃料を、燃焼室19内に直接噴射する。この例において、インジェクタ67は、詳細な図示は省略するが、複数の噴口を有する多噴口型のインジェクタである。これによって、インジェクタ67は、燃料噴霧が、燃焼室19の中心位置から放射状に広がるように、燃料を噴射

する。図3に矢印で示すように、ピストン14が圧縮上死点付近に位置するタイミングで、燃焼室19の中央部分から放射状に広がるように噴射された燃料噴霧は、ピストン頂面に形成されたキャビティ141の壁面に沿って流動する。キャビティ141は、ピストン14が圧縮上死点付近に位置するタイミングで噴射された燃料噴霧を、その内部に収めるように形成されている、と言い換えることが可能である。この多噴口型のインジェクタ67とキャビティ141との組み合わせは、燃料の噴射後、混合気形成期間を短くすると共に、燃焼期間を短くする上で有利な構成である。尚、インジェクタ67は、多噴口型のインジェクタに限定されず、外開弁タイプのインジェクタを採用してもよい。

[0039] 図外の燃料タンクとインジェクタ67との間は、燃料供給経路によって互いに連結されている。この燃料供給経路上には、燃料ポンプ63とコモンレール64とを含みかつ、インジェクタ67に、比較的高い燃料圧力で燃料を供給することが可能な燃料供給システム62が介設されている。燃料ポンプ63は、燃料タンクからコモンレール64に燃料を圧送し、コモンレール64は圧送された燃料を、比較的高い燃料圧力で蓄えることが可能である。インジェクタ67が開弁することによって、コモンレール64に蓄えられている燃料がインジェクタ67の噴口から噴射される。ここで、燃料ポンプ63は、図示は省略するが、プランジャー式のポンプであり、エンジン1によって駆動される。このエンジン駆動のポンプを含む構成の燃料供給システム62は、30MPa以上の高い燃料圧力の燃料を、インジェクタ67に供給することを可能にする。燃料圧力は、最高で120MPa程度に設定してもよい。インジェクタ67に供給される燃料の圧力は、後述するように、エンジン1の運転状態に応じて変更される。尚、燃料供給システム62は、この構成に限定されるものではない。

[0040] シリンダヘッド12にはまた、図3に示すように、燃焼室19内の混合気に強制点火する点火プラグ25が取り付けられている。点火プラグ25は、この例では、エンジン1の排気側から斜め下向きに延びるように、シリンダ

ヘッド 12 内を貫通して配置されている。図 3 に示すように、点火プラグ 25 の先端は、圧縮上死点に位置するピストン 14 のキャビティ 141 内に臨んで配置される。

[0041] エンジン 1 の一側面には、図 1 に示すように、各気筒 18 の吸気ポート 16 に連通するように吸気通路 30 が接続されている。一方、エンジン 1 の他側面には、各気筒 18 の燃焼室 19 からの既燃ガス（排気ガス）を排出する排気通路 40 が接続されている。

[0042] 吸気通路 30 の上流端部には、吸入空気を濾過するエアクリーナ 31 が配設されている。また、吸気通路 30 における下流端近傍には、サージタンク 33 が配設されている。このサージタンク 33 よりも下流側の吸気通路 30 は、気筒 18 毎に分岐する独立通路とされ、これら各独立通路の下流端が各気筒 18 の吸気ポート 16 にそれぞれ接続されている。

[0043] 吸気通路 30 におけるエアクリーナ 31 とサージタンク 33 との間には、空気を冷却又は加熱する、水冷式のインタークーラ／ウォーマ 34 と、各気筒 18 への吸入空気量を調節するスロットル弁 36 とが配設されている。吸気通路 30 にはまた、インタークーラ／ウォーマ 34 をバイパスするインタークーラバイパス通路 35 が接続されており、このインタークーラバイパス通路 35 には、当該通路 35 を通過する空気流量を調整するためのインタークーラバイパス弁 351 が配設されている。インタークーラバイパス弁 351 の開度調整を通じて、インタークーラバイパス通路 35 の通過流量とインタークーラ／ウォーマ 34 の通過流量との割合を調整することにより、気筒 18 に導入する新気の温度を調整することが可能である。尚、インタークーラ／ウォーマ 34 及びそれに付随する部材は、省略することも可能である。

[0044] 排気通路 40 の上流側の部分は、気筒 18 毎に分岐して排気ポート 17 の外側端に接続された独立通路と該各独立通路が集合する集合部とを有する排気マニホールドによって構成されている。この排気通路 40 における排気マニホールドよりも下流側には、排気ガス中の有害成分を浄化する排気浄化装置として、直キャタリスト 41 とアンダーフットキャタリスト 42 とがそれ

ぞれ接続されている。直キャタリスト41及びアンダーフットキャタリスト42はそれぞれ、筒状ケースと、そのケース内の流路に配置した、例えば三元触媒とを備えて構成されている。尚、このエンジン1は、NO_x浄化触媒を備えていない。

[0045] 吸気通路30におけるサージタンク33とスロットル弁36との間の部分と、排気通路40における直キャタリスト41よりも上流側の部分とは、排気ガスの一部を吸気通路30に還流するためのEGR通路50を介して接続されている。このEGR通路50は、排気ガスをエンジン冷却水によって冷却するためのEGRクーラ52が配設された主通路51と、EGRクーラ52をバイパスするためのEGRクーラバイパス通路53と、を含んで構成されている。主通路51には、排気ガスの吸気通路30への還流量を調整するためのEGR弁511が配設され、EGRクーラバイパス通路53には、EGRクーラバイパス通路53を流通する排気ガスの流量を調整するためのEGRクーラバイパス弁531が配設されている。

[0046] また、吸気通路30におけるスロットル弁36とサージタンク33との間には、気筒18に導入する新気にオゾンを追加するオゾン発生器(O₃発生器)76が介設している。オゾン発生器76は、例えば図4に示すように、吸気管301の横断面上で、上下又は左右方向に所定間隔を設けて並列された複数の電極を備えて構成されている。オゾン発生器76は、吸気に含まれる酸素を原料ガスとして、無声放電によりオゾンを生成する。つまり、電極に対して、図外の電源から高周波交流高電圧を印加することにより、放電間隙において無声放電が発生し、そこを通過する空気(つまり、吸気)がオゾン化される。こうしてオゾンが添加された吸気は、サージタンク33から吸気マニホールドを介して、各気筒18内に導入される。オゾン発生器76の電極に対する電圧の印加態様を変更する、及び／又は、電圧を印加する電極の数を変更することによって、オゾン発生器76を通過した後の、吸気中のオゾン濃度を調整することが可能である。後述するように、PCM10は、こうしたオゾン発生器76に対する制御を通じて、気筒18内に導入する吸気

中のオゾン濃度の調整を行う。

- [0047] エンジン 1 は、パワートレイン・コントロール・モジュール（以下、PCM という）10 によって制御される。PCM 10 は、CPU、メモリ、カウンタタイマ群、インターフェース及びこれらのユニットを接続するバスを有するマイクロプロセッサで構成されている。この PCM 10 が制御器を構成する。
- [0048] PCM 10 には、図 1, 2 に示すように、各種のセンサ SW1～SW16 の検出信号が入力される。この各種のセンサには、次のセンサが含まれる。すなわち、エアクリーナ 31 の下流側で、新気の流量を検出するエアフローセンサ SW1 及び新気の温度を検出する吸気温度センサ SW2、インタークーラ／ウォーマ 34 の下流側に配置されかつ、インタークーラ／ウォーマ 34 を通過した後の新気の温度を検出する、第 2 吸気温度センサ SW3、EGR 通路 50 における吸気通路 30 との接続部近傍に配置されかつ、外部 EGR ガスの温度を検出する EGR ガス温センサ SW4、吸気ポート 16 に取り付けられかつ、気筒 18 内に流入する直前の吸気の温度を検出する吸気ポート温度センサ SW5、シリンダヘッド 12 に取り付けられかつ、気筒 18 内の圧力を検出する筒内圧センサ SW6、排気通路 40 における EGR 通路 50 の接続部近傍に配置されかつ、それぞれ排気温度及び排気圧力を検出する排気温センサ SW7 及び排気圧センサ SW8、直キャタリスト 41 の上流側に配置されかつ、排気中の酸素濃度を検出するリニア O₂ センサ SW9、直キャタリスト 41 とアンダーフットキャタリスト 42 との間に配置されかつ、排気中の酸素濃度を検出するラムダ O₂ センサ SW10、エンジン冷却水の温度を検出する水温センサ SW11、クランクシャフト 15 の回転角を検出するクランク角センサ SW12、車両のアクセルペダル（図示省略）の操作量に対応したアクセル開度を検出するアクセル開度センサ SW13、吸気側及び排気側のカム角センサ SW14, SW15、及び、燃料供給システム 62 のコモンレール 64 に取り付けられかつ、インジェクタ 67 に供給する燃料圧力を検出する燃圧センサ SW16 である。

[0049] P C M 1 0 は、これらの検出信号に基づいて種々の演算を行うことによってエンジン 1 や車両の状態を判定し、これに応じてインジェクタ 6 7、点火プラグ 2 5、吸気弁側の V V T 7 2 及び V V L 7 4、排気弁側の V V T 7 5 及び V V L 7 1、燃料供給システム 6 2、並びに、各種の弁（スロットル弁 3 6、インタークーラバイパス弁 3 5 1、E G R 弁 5 1 1、E G R クーラバイパス弁 5 3 1）のアクチュエータ、及びオゾン発生器 7 6 へ制御信号を出力する。こうして P C M 1 0 は、エンジン 1 を運転する。

[0050] 図 6 は、エンジン 1 の運転制御マップの一例を示している。このエンジン 1 は、燃費の向上や排気エミッション性能の向上を目的として、エンジン負荷が相対的に低い低負荷域では、点火プラグ 2 5 による点火を行わずに、圧縮着火燃焼によって燃焼を行う圧縮着火燃焼（つまり、制御自着火燃焼）を行う。図 6 の例では、実線で示す燃焼切替負荷よりも低い領域が、圧縮着火燃焼を行う圧縮着火領域に対応する。

[0051] エンジン 1 の負荷が高くなるに従って、圧縮着火燃焼では、燃焼が急峻になりすぎてしまい、例えば燃焼騒音等の問題を引き起こすことになる。そのため、このエンジン 1 では、エンジン負荷が相対的に高い高負荷域では、圧縮着火燃焼を止めて、点火プラグ 2 5 を利用した強制点火燃焼（ここでは火花点火燃焼）に切り替える。図 6 の例では、実線で示す燃焼切替負荷以上の領域が、火花点火燃焼を行う火花点火領域に対応する。このように、このエンジン 1 は、エンジン 1 の運転状態、特にエンジン 1 の負荷に応じて、圧縮着火燃焼を行う C A I（Controlled Auto Ignition）モードと、火花点火燃焼を行う S I（Spark Ignition）モードとを切り替えるように構成されている。但し、モード切り替えの境界線は、図例に限定されるものではない。

[0052] C A I モードはさらに、エンジン負荷の高低及びエンジン回転数の高低に応じて概ね 4 つの領域に分けられている。4 つの領域は、気筒 1 8 内のガス状態と、気筒 1 8 内に噴射する燃料噴射態様との組み合わせが互いに異なる。尚、C A I モードの全域において、スロットル弁 3 6 は全開であり、気筒 1 8 の充填量は最大に維持されている。これにより、ポンプ損失を低減して

いる。

[0053] C A I モード内における低中負荷に相当する領域（１－１）（１－２）及び（２－１）では、圧縮着火燃焼の着火性及び安定性を高めるために、相対的に温度の高いホット E G R ガスを気筒 1 8 内に導入する。これは、詳しくは後述するが、排気側の V V L 7 1 をオンにして、排気弁 2 2 を吸気行程中に開弁する排気の二度開きを行うことによる。ホット E G R ガスの導入は、気筒 1 8 内の圧縮端温度を高め、これらの領域において、圧縮着火の着火性及び燃焼安定性を高める上で有利になる。

[0054] ホット E G R ガスを気筒 1 8 内に導入する領域（１－１）（１－２）及び（２－１）の中で、領域（１－１）及び（１－２）では、図 7 A に示すように、少なくとも吸気行程から圧縮行程前半までの期間内において、インジェクタ 6 7 が気筒 1 8 内に燃料を噴射する。このことにより、気筒内に均質な混合気を形成する。燃料噴射時期は、排気弁 2 2 が再開弁している時期に一致させることが好ましい。こうすることで、燃料の気化霧化に有利になる。均質混合気は、図 7 A に示すように、圧縮上死点付近において圧縮自己着火する。

[0055] また、領域（１－１）、つまり、低速側における軽負荷領域と高速側の領域を含む領域では、混合気の空気過剰率 λ を 1 以下にする。好ましくは、空気過剰率 λ を実質的に 1 にする（ $\lambda \div 1$ ）。こうすることで、三元触媒を利用して、排気エミッション性能を確保することが可能になる。

[0056] これに対し、領域（１－２）、つまり、低速側における所定負荷以上の領域では、混合気の空気過剰率 λ を 1 よりも高くする。好ましくは、空気過剰率 λ を 2.4 以上のリーンにする。このことで、熱効率を高めて燃費の向上に有利になる。また、空気過剰率 λ を 2.4 以上にすることによって、R a w N O x の生成が抑制され、N O x 浄化触媒を備えていないエンジン 1 において、排気エミッション性能を確保することが可能になる。

[0057] 領域（１－１）よりも負荷が高くてかつ、高速側の領域である領域（２－１）は、気筒 1 8 内の温度状態が高くなる。このため、吸気行程から圧縮行

程中期までの期間内で気筒 18 内に燃料を噴射してしまうと、過早着火等の異常燃焼が生じたり、気筒 18 内の圧力上昇 (dP/dt) が急峻になって燃焼騒音の問題が生じたりする虞がある。その一方で、ホット EGR ガスを気筒 18 内に導入しないで、圧縮開始温度及び圧縮端温度を低くしたのでは、今度は、圧縮着火の着火性の悪化や圧縮着火燃焼の安定性の低下を招いてしまう。つまり、領域 (2-1) は、気筒 18 内の温度制御だけでは、圧縮着火燃焼を安定して行い得ない。そこで、この領域 (2-1) では、気筒 18 内の温度制御に加えて、燃料噴射態様を工夫することによって過早着火等の異常燃焼や燃焼騒音を回避しつつ、圧縮着火燃焼の安定化を図る。具体的に、この燃料噴射形態は、従来と比較して大幅に高圧化した燃料圧力でもって、図 7 B に示すように、少なくとも圧縮行程後半から膨張行程初期までの期間（以下、この期間をリタード期間と呼ぶ）内で、気筒 18 内に燃料噴射を実行する。この特徴的な燃料噴射形態を、以下においては「高圧リタード噴射」又は単に「リタード噴射」と呼ぶ。このような高圧リタード噴射により、領域 (2-1) での異常燃焼を回避しつつ、膨張行程において安定的に圧縮着火燃焼を行うことが可能になる。この高圧リタード噴射の詳細については、後述する。尚、領域 (2-1) において、混合気の空気過剰率 λ は、領域 (1-1) と同様に 1 以下（具体的には、 $\lambda \div 1$ ）にする。リタード噴射は、燃料噴射時期が遅いため、局所的にリッチな混合気が生じる虞がある。そのため、排気エミッション性能を確保すべく、混合気の空気過剰率 λ を実質的に 1 にして、三元触媒の利用を可能にする。

[0058] CAI モードと SI モードとの切り替え境界線（つまり、燃焼切替負荷）を含む、CAI モード内において高負荷の領域 (2-2) では、気筒 18 内の温度環境がさらに高くなる。そのため、過早着火を抑制するためにホット EGR ガス量を低下させる一方で、EGR クーラ 52 を通過することによって冷却されたクールド EGR ガスを気筒 18 内に導入する。このことにより、圧縮端温度が高くなり過ぎることを回避する。尚、EGR クーラ 52 をバイパスした外部 EGR ガスを気筒 18 内に導入することも可能である。また

、図7Cに示すように、この領域（2-2）では、領域（2-1）と同様にリタード噴射を行う。これにより、膨張行程において圧縮着火燃焼を安定的に行って、異常燃焼及び燃焼騒音をそれぞれ回避する。こうしてこのエンジン1は、CAIモードの領域を、可能な限り高負荷側に拡大している。

[0059] このようなCAIモードに対し、SIモードは、図6においては明示していないが、排気側のVVL71をオフにして、ホットEGRガスの導入を中止する一方で、クールドEGRガスの導入は継続する。SIモードではまた、詳細は後述するが、スロットル弁36を、可能な限り、全開にする一方で、EGR弁511の開度調整により、気筒18内に導入する新気量及び外部EGRガス量を調整する。こうして気筒18内に導入するガス割合を調整することによって、ポンプ損失の低減と共に、大量のクールドEGRガスを気筒18内に導入することによる異常燃焼の回避、火花点火燃焼の燃焼温度を低く抑えることによるRaw NOxの生成抑制及び冷却損失の低減が図られる。尚、全開負荷域では、EGR弁511を閉弁することにより、外部EGRをゼロにする。

[0060] このエンジン1の幾何学的圧縮比は、前述の通り、1.5以上（例えば1.8）に設定されている。高い圧縮比は、圧縮端温度及び圧縮端圧力を高くするため、CAIモードの、特に低負荷の領域（例えば領域（1-1）（1-2））では、圧縮着火燃焼の安定化に有利になる。一方で、この高圧縮比エンジン1は、高負荷域であるSIモードにおいては、過早着火やノッキングといった異常燃焼が生じやすくなるという問題がある。

[0061] そこでこのエンジン1では、SIモードにおいては、前述した高圧リタード噴射を行うことにより、異常燃焼を回避するようにしている。より詳細には、30MPa以上の高い燃料圧力をもって、図7Dに示すように、圧縮行程後半から膨張行程初期にかけてリタード期間内で、気筒18内に燃料噴射を実行する高圧リタード噴射を行い、その後、圧縮上死点付近において点火を行う。尚、SIモードにおいては、リタード期間内での高圧リタード噴射に加えて、噴射する燃料の一部を、吸気弁21が開弁している吸気行程期間

内で気筒 18 内に噴射するようにしてもよい（つまり、分割噴射を行うとしてもよい）。

[0062] ここで、S1モードにおける高圧リタード噴射について簡単に説明すると、例えば本願出願人が先に出願をした前記特許文献 2（特開 2012-172665 号公報）に、詳細に記載しているように、高圧リタード噴射は、燃料の噴射開始から燃焼の終了までの反応可能時間の短縮を図り、そのことによって異常燃焼を回避することを目的とする。すなわち、反応可能時間は、インジェクタ 67 が燃料を噴射する期間（（1）噴射期間）と、噴射終了後、点火プラグ 25 の周りに可燃混合気形成されるまでの期間（（2）混合気形成期間）と、点火によって開始された燃焼が終了するまでの期間（（3）燃焼期間）と、を足し合わせた時間、つまり、（1）+（2）+（3）である。高圧リタード噴射は、高い圧力で、気筒 18 内に燃料を噴射することにより、噴射期間及び混合気形成期間をそれぞれ短縮する。噴射期間及び混合気形成期間の短縮は、燃料の噴射タイミング、より正確には噴射開始タイミングを、比較的遅いタイミングにすることを可能にするから、高圧リタード噴射では、圧縮行程後期から膨張行程初期にかけてのリタード期間内に燃料噴射を行う。

[0063] 高い燃料圧力で気筒 18 内に燃料を噴射することに伴い、その気筒内の乱れが強くなり、気筒 18 内の乱れエネルギーが高まる。このことと、燃料噴射のタイミングを比較的遅いタイミングに設定することにより、高い乱れエネルギーを維持したまま、火花点火を行って燃焼を開始することが可能になる。これは、燃焼期間を短くする。

[0064] こうして高圧リタード噴射は、噴射期間、混合気形成期間、及び、燃焼期間をそれぞれ短縮し、その結果、未燃混合気の反応可能時間を、従来の吸気行程中での燃料噴射の場合と比較して大幅に短くすることを可能にする。反応可能時間が短くなる結果として、燃焼終了時における未燃混合気の反応の進行を抑制し、異常燃焼を回避することが可能になる。

[0065] ここで、燃料圧力は、例えば 30 MPa 以上に設定することによって、燃

焼期間を効果的に短縮化することが可能である。また、30MPa以上の燃料圧力は、噴射期間及び混合気形成期間も、それぞれ有効に短縮化することが可能である。尚、燃料圧力は、少なくともガソリンを含有する、使用燃料の性状に応じて適宜設定するのが好ましい。その上限値は、一例として、120MPaとしてもよい。

[0066] 高圧リタード噴射は、気筒18内への燃料噴射の形態を工夫することによってSIモードにおける異常燃焼の発生を回避する。これとは異なり、異常燃焼の回避を目的として点火タイミングを遅角することが、従来から知られている。点火タイミングの遅角化は熱効率及びトルクの低下を招くのに対し、高圧リタード噴射を行う場合は、燃料噴射の形態の工夫によって異常燃焼を回避する分、点火タイミングを進角させることが可能であるから、熱効率及びトルクが向上する。つまり、高圧リタード噴射は、異常燃焼を回避するだけでなく、その回避可能な分だけ、点火タイミングを進角することを可能にして、燃費の向上に有利になる。

[0067] 以上説明したように、SIモードでの高圧リタード噴射は、噴射期間、混合気形成期間及び燃焼期間をそれぞれ短縮することが可能であるが、CAIモードの領域(2-1)及び(2-2)で行う高圧リタード噴射は、噴射期間及び混合気形成期間をそれぞれ短縮することが可能である。つまり、気筒18内に高い燃料圧力で燃料を噴射することにより気筒18内の乱れが強くなることで、微粒化した燃料のミキシング性が高まり、圧縮上死点付近の遅いタイミングで燃料を噴射しても、比較的均質な混合気を速やかに形成することが可能になるのである。CAIモードにおける高圧リタード噴射は、未燃混合気の反応開始時期のコントロールを可能にする。

[0068] CAIモードでの高圧リタード噴射は、比較的負荷の高い領域において、圧縮上死点付近の遅いタイミングで燃料を噴射することにより、そもそも気筒18内に燃料が噴射されていない圧縮行程期間中の過早着火を防止しつつ、前述の通り、概ね均質な混合気が速やかに形成されるため、圧縮上死点以降において、確実に圧縮着火させることが可能になる。そうして、モータリ

ングにより気筒 18 内の圧力が次第に低下する膨張行程期間において、圧縮着火燃焼が行われることで、燃焼が緩慢になり、圧縮着火燃焼に伴う気筒 18 内の圧力上昇 (dP/dt) が急峻になってしまうことが回避される。これは、NVH の制約を解消するから、CAI モードの領域を高負荷側に拡大させる。CAI モードにおける高圧リタード噴射は、圧縮着火燃焼の時期をコントロール可能にするから、異常燃焼及び燃焼騒音の回避に有効である。

[0069] ここで、図 6 に示す運転制御マップにおいて特徴的な点をさらに詳細に説明をする。まず、領域 (1-2) と領域 (2-1) とを比較する。CAI モードにおいては、その全域に亘って、気筒 18 の充填量を最大に設定している。領域 (1-2) においては、混合気の空気過剰率 λ を 1 よりも大きいリーンにするため、気筒 18 内に導入される新気量が多くかつ、気筒内 18 に導入される排気ガス量 (内部 EGR ガス量) が少なくなる。逆に、領域 (2-1) においては、混合気の空気過剰率 λ を 1 以下 (具体的には、 $\lambda \div 1$) にするため、同一負荷であっても、気筒 18 内に導入される新気量は相対的に少なくかつ、気筒内 18 に導入される排気ガス量 (内部 EGR ガス量) は相対的に多くなる。

[0070] 前述の通り、領域 (2-1) ではエンジン 1 の負荷が高く、それに伴い気筒 18 内の温度状態が高い。そのため、異常燃焼及び燃焼騒音の回避のために、リタード噴射を採用していると共に、混合気の空気過剰率 λ を実質的に 1 にしている。

[0071] これに対し、領域 (1-2) は、領域 (2-1) と比較して、エンジン 1 の回転数が相対的に低い。この低速側の領域 (1-2) では、単位時間当たりが発生する熱量が少なくなるため、気筒 18 内の温度状態が、領域 (2-1) と比較して低くなる。そのため、リタード噴射を採用しなくても、異常燃焼及び燃焼騒音の回避が可能になる。そこで、圧縮着火領域における低速側の領域 (1-2) では、燃費の改善を目的として、前述の通り、混合気の空気過剰率 λ を 1 よりも大きいリーンにしている。このような領域 (1-2) は、エンジン 1 の回転数領域における 1/2 よりも低速側において設けれ

ばよい。

[0072] 尚、図6において領域(1-2)の下側に相当する、低速側の軽負荷領域においても、燃費の改善を目的として混合気の空気過剰率 λ を1よりも大きいリーンにすることが考えられる。しかしながら、エンジン1の負荷が低い領域は未燃燃料が増大するため、混合気の空気過剰率を1よりも大きいリーンにしてEGRガス量を減らすよりも、EGRガス量をできるだけ増やして、未燃損失を低減した方が、燃費の改善効果が高い。従って、領域(1-2)の下側の領域は、混合気の空気過剰率 λ を1以下にすることが好ましい。言い換えると、領域(1-2)は、所定負荷以上にすることが好ましい。

[0073] 一方、エンジン1の負荷が高くなると燃料噴射量が増えるから、混合気の空気過剰率 λ を2.4以上にすることが困難になる。そこで、特にNO_x浄化触媒を備えていないエンジン1においては、領域(1-2)は、所定負荷よりも低い領域にすることが好ましい。尚、NO_x浄化触媒を備えているエンジンにおいては、混合気の空気過剰率 λ が1よりも大きいリーンにする領域(1-2)を、図例よりもさらに高負荷側までに拡大してもよい。

[0074] また、同一のエンジン負荷で(つまり、CAIモードにおける中高負荷において)、領域(1-2)と領域(1-1)とを比較したときも、低速側の領域(1-2)は、空気過剰率 λ を1よりも大きいリーンにし、その分、EGR率を低くするのに対し、高速側の領域(1-1)は、空気過剰率 λ を1以下にしかつ、EGR率を高くすることになる。高速側の領域(1-1)では、相対的に大量のEGRガスを気筒18内に導入することと、空気過剰率 λ を1以下にすることとによって、NO_x排出の抑制と燃焼騒音の回避とが可能になる。

[0075] ここで、混合気の空気過剰率 λ を1よりも大きいリーンにする領域(1-2)においては、圧縮着火の着火性及び圧縮着火燃焼の安定性を確保する観点から、オゾン発生器76を作動させ、気筒18内に導入する吸気にオゾンを添加してもよい。気筒18内にオゾンを導入することは、混合気の着火性を高め、圧縮着火燃焼の安定性を高める。尚、最大のオゾン濃度は、例えば

50～30ppm程度としてもよい。領域（１－２）においては、大量の新気が気筒１８内に導入されるため、オゾン濃度が低くしても気筒１８内に導入されるオゾン量は多くなる。オゾン濃度を低く設定することは、オゾンの発生に必要な電力消費を最低限にして、燃費の向上に有利になる。

[0076] 領域（１－２）においてオゾンを導入することは特に、外気温度が所定温度以下であるときに行ってもよい。外気温度が低いときには、気筒１８内における圧縮開始温度が低くなり、それに伴い圧縮端温度も低くなる。特に、領域（１－２）においては、前述の通り、気筒１８内に導入する新気量が多いため、低い外気温度による圧縮端温度の低下が、より一層顕著である。そこで、外気温度が所定温度以下であるときには、領域（１－２）において、気筒１８内にオゾンを導入することによって、圧縮着火の着火性及び圧縮着火燃焼の安定性を高めるようにしてもよい。

[0077] また、図６に示す運転制御マップにおいて、領域（１－２）と領域（２－１）とは、ホットＥＧＲガスを気筒１８内に導入してＥＧＲ率を所定以上に設定する点は同じであるが、燃料噴射時期が互いに相違する。具体的に、低速側の領域（１－２）では、ホットＥＧＲガスを気筒１８内に導入して、ＥＧＲ率を所定以上に設定しつつ、圧縮行程前半以前に気筒１８内に燃料を噴射する。領域（１－２）では、エンジン１の回転数が相対的に低くて、気筒１８内の温度状態が低くなるため、燃料噴射時期を比較的早い時期に設定しても、異常燃焼や燃焼騒音を回避することが可能である。これに対し、高速側の領域（２－１）では、エンジン１の回転数が相対的に高くて、気筒１８内の温度状態が高くなる。そこで、燃料噴射時期をリタード期間内に設定することにより、前述の通り、異常燃焼や燃焼騒音を有効に回避することが可能になる。

[0078] さらに、領域（１－２）及び（２－１）と領域（２－２）とを比較すると、領域（１－２）及び（２－１）では、ホットＥＧＲガスのみを気筒１８内に導入するのに対し、これらの領域よりも負荷の高い領域（２－２）では、ホットＥＧＲガスに加えて、クールドＥＧＲガスを気筒１８内に導入する点

で相違する。圧縮着火領域における最高負荷を含む領域（２－２）では、エンジン１の回転数の高低に拘わらず気筒１８内の温度状態が高くなる結果、圧縮着火燃焼に伴う気筒１８内の圧力上昇（ dP/dt ）が急峻になってしまう虞がある。そこで、領域（２－１）においては、クールドＥＧＲガスを気筒１８内に導入することにより、圧縮開始時の気筒内温度が高くなりすぎることを抑制し、圧縮端温度を適度の温度に抑制する。このことは、ＣＡＩモードの高負荷側の領域（２－２）において燃焼騒音の回避に有利になり、ＣＡＩモードを、さらに高負荷側まで拡大することを可能にする。

[0079] ここで、領域（２－１）と領域（２－２）とはそれぞれ、圧縮着火領域における高速側において、図６に二点鎖線で例示するロードロードラインＲＬ以上の負荷領域における領域に相当し、燃料噴射時期を共にリタード期間内に設定する点で共通する。燃料噴射の開始時期は、例えば圧縮上死点前 $30 \sim 40^\circ$ ＣＡに設定される。尚、図７Ｂ、７Ｃに示すように、相対的に負荷の高い領域（２－２）の燃料噴射時期は、同じリタード期間内でも、相対的に負荷の低い領域（２－１）の燃料噴射時期よりも遅角側になる。

[0080] 一方、前述したように、領域（２－１）では、ホットＥＧＲガスのみを気筒１８内に導入するのに対し、領域（２－１）よりも負荷の高い領域（２－２）では、ホットＥＧＲガスとクールドＥＧＲガスとの双方を気筒１８内に導入する。こうして、領域（２－１）及び領域（２－２）のそれぞれにおいて、リタード噴射によって未燃混合気の反応開始時期をコントロールしつつ、エンジン１の負荷の高低に対応して気筒１８内の温度状態をコントロールすることによって、異常燃焼及び燃焼騒音を共に回避することが可能になる。

[0081] 図８は、例えば回転数が N_1 （図６参照）で一定のときの、エンジン１の負荷の高低に対するＥＧＲ率の変化（つまり、気筒１８内のガス組成の変化）を示している。以下、気筒１８内のガス組成の変化について、高負荷側から低負荷側に向かって順に説明する。

[0082] （最大負荷 T_{max} から切替負荷 T_3 まで）

切替負荷 T_3 よりも負荷の高い領域はSモードに相当する。このS領域では、前述したように、クールドEGRガスのみを気筒18内に導入する。すなわち、スロットル弁36の開度は全開に維持されると共に、EGR弁511は、全開負荷では閉弁している一方で、エンジン負荷の低下に従い次第に開く。こうして、Sモードにおいては、混合気の空燃比を理論空燃比($\lambda \div 1$)に設定する条件下でEGR率を最大に設定している。これは、ポンプ損失の低減に有利である。また、混合気の空燃比を理論空燃比に設定することは、三元触媒の利用を可能にする。エンジン負荷の低下に従い燃料噴射量が低下するため、EGR率は連続的に高くなる。このことは、エンジン負荷が連続的に変化するようなときには、気筒18内のガス組成を連続的に変化させることになるから、制御性の向上に有利である。

[0083] 火花点火燃焼においては、気筒18内に導入する排気ガスの量が多すぎると燃焼安定性が低下してしまう。そのため、火花点火燃焼において設定可能な最高のEGR率（つまり、EGR限界）が存在する。前述の通り、エンジン負荷の低下に従いEGR率は連続的に高くなるものの、所定負荷 T_4 において、EGR率はEGR限界になる。そのため、所定負荷 T_4 よりも低負荷側では、EGR率をEGR限界に制限する。従って、所定負荷 T_4 から切替負荷 T_3 までの間は、EGR率はEGR限界で一定になる、こうして、EGR率がEGR限界によって制限されると、混合気の空燃比を理論空燃比($\lambda \div 1$)に設定する上で、気筒18内に導入する新気量を減らさなければならない。ここでは、吸気弁21の閉弁時期を吸気下死点以降に遅らせることによって、気筒18内に導入する新気量を減らしている。尚、吸気弁21の閉弁時期の制御の代わりに、例えばスロットル弁36の開度制御を行っても、気筒18内に導入する新気を減らすことが可能である。但し、吸気弁21の閉弁時期を制御することは、ポンプ損失の低減に有利である。

[0084] （切替負荷 T_3 から所定負荷 T_2 まで）

切替負荷 T_3 は、前述したようにCAモードとSモードとの切り替えに係り、切替負荷 T_3 以下の低負荷側においてはCAモードとなる。CAモード

ードとS Iモードとの切替負荷を挟んだ低負荷側と高負荷側とのそれぞれにおいて、混合気の空燃比は理論空燃比 ($\lambda \div 1$) に設定している。CAIモードにおいては、前述したEGR率の制限が無くなることから、気筒18内に導入する新気量を減らさずに、気筒18の充填量を最大にする。

[0085] CAIモードにおいては、排気側のVVL71をオンにして、内部EGRガス（つまりホットEGRガス）を気筒18内に導入する。従って、切替負荷 T_3 を境にして、排気側のVVL71のオン・オフが切り替わる。

[0086] 切替負荷 T_3 に対し低負荷側に隣接する領域（つまり、領域（2-2））では、切替負荷 T_3 に対し高負荷側に隣接する領域から継続するように、比較的大量のEGRガス（クールドEGRガス）を気筒18内に導入しながら、前述した30MPa以上の高い燃料圧力でかつ、圧縮上死点付近において燃料を噴射する高圧リタード噴射を行って圧縮着火燃焼を行うことになる。

[0087] （所定負荷 T_2 から特定負荷 T_1 まで）

所定負荷 T_2 以下の領域は、図6における領域（1-2）に対応する。前述の通り、この領域では、混合気の空気過剰率 λ を1よりも大きくする。従って、図8において一点鎖線で示す $\lambda \div 1$ のラインよりも気筒18内に導入される新気量は増えかつ、排気ガス量（ここでは、内部EGRガス量）は $\lambda \div 1$ のラインよりも減る。尚、切替負荷 T_3 と所定負荷 T_2 との間には、混合気の空気過剰率 λ を徐変する区間を設けている。

[0088] 所定負荷 T_2 以下の領域において、エンジン1の負荷が低下するに従い、ホットEGRガス量は次第に多くなりかつ、新気量は次第に少なくなる。ホットEGRガスの導入量を増やすことは、圧縮開始時の気筒内の温度を高め、それに伴い圧縮端温度を高くする。このことは、エンジン1の負荷が低い領域において圧縮着火の着火性を高めると共に、圧縮着火燃焼の安定性を高める上で有利である。ホットEGRガスの導入量は、吸気行程期間内で開弁する排気弁22の開弁期間に対する、吸気弁21の開弁期間の重なり具合を調整することによって行われる。具体的には、吸気側のVV72及び排気側のVV75によって、吸気弁21の開弁時期及び排気弁22の開弁時期を

調整することと、吸気側のVVL74により、吸気弁21のリフト量を大リフトと小リフトとで切り替えることとを組み合わせることとで、ホットEGRガスの導入量は調整される。

[0089] (特定負荷 T_1 から最低負荷まで)

エンジン1の負荷が低下するに従い連続的に高くなるEGR率は、特定負荷 T_1 において、最高EGR率 r_{max} に設定される。特定負荷 T_1 までは、前述の通り、エンジン1の負荷が低下するに従い、EGR率を連続的に高く設定しているが、特定負荷 T_1 よりもエンジン1の負荷が低いときには、エンジン1の負荷の高低に拘わらず、EGR率を最高EGR率 r_{max} で一定にする。ここで、EGR率を、最高EGR率 r_{max} を超えないように設定することは、EGR率を高くして気筒18内に大量の排気ガスを導入してしまうと、気筒18内のガスの比熱比が低くなることで、圧縮開始時のガス温度が高くて、圧縮端温度が逆に低くなってしまうためである。

[0090] つまり、排気ガスは、三原子分子である CO_2 や H_2O を多く含んでおり、窒素(N_2)や酸素(O_2)を含む空気と比較して、比熱比が低い。そのため、EGR率を高くして気筒18内に導入する排気ガスが増えたときには、気筒18内のガスの比熱比は低下する。

[0091] 排気ガスの温度は、新気と比較して高いため、EGR率が高くなるほど、圧縮開始時の気筒内の温度は高くなる。しかしながら、EGR率が高くなるほど、ガスの比熱比が低下することから、圧縮をしてもガスの温度がそれほど高まらず、結果として、圧縮端温度は、所定のEGR率 r_{max} で最高となり、EGR率をそれより高めても、圧縮端温度は低くなる。

[0092] そこで、このエンジン1においては、圧縮端温度が最も高くなるEGR率を最高EGR率 r_{max} に設定している。そして、エンジン1の負荷が特定負荷 T_1 よりも低いときには、EGR率を最高EGR率 r_{max} に設定し、そのことにより、圧縮端温度が低下してしまうことを回避している。この最高EGR率 r_{max} は、50～90%に設定してもよい。最高EGR率 r_{max} は、高い圧縮端温度を確保することができる限度において、できるだけ高く設定すれば

よく、好ましくは、70～90%である。このエンジン1は、高い圧縮端温度が得られるように、幾何学的圧縮比を15以上の高い圧縮比に設定している。また、できるだけ温度の高い排気ガスを気筒18内に導入するために、排気二度開きを採用している。つまり、排気二度開きは、気筒18内に導入する排気ガスを排気ポートに一旦排出するため、ネガティブオーバーラップ期間を設ける構成とは異なり、排気行程中に排気ガスを圧縮して冷却損失を増大させることなく、しかも、相対的に温度の低い吸気ポートに排気ガスを排出する吸気二度開きとは異なり、排気ガスの温度低下を抑制することができるから、圧縮開始時のガス温度を最も高くすることが可能である。できる限り高い圧縮端温度を確保するように構成しているエンジン1においては、最高EGR率 r_{max} は、例えば80%程度に設定してもよい。最高EGR率 r_{max} を、できるだけ高く設定することは、エンジン1の未燃損失の低減に有利になる。つまり、エンジン1の負荷が低いときには未燃損失が高くなり易いため、エンジン1の負荷が特定負荷 T_1 よりも低いときにEGR率をできるだけ高く設定することは、未燃損失の低減による燃費の向上に極めて有効である。

[0093] こうしてこのエンジン1においては、エンジン1の負荷が特定負荷 T_1 よりも低いときにも、高い圧縮端温度を確保することにより、圧縮着火燃焼の着火性及び燃焼安定性を確保するようにしている。

[0094] 尚、ここに開示する技術は、前述したエンジン構成への適用に限定されるものではない。例えば、吸気行程期間内における燃料噴射は、気筒18内に設けたインジェクタ67ではなく、別途、吸気ポート16に設けたポートインジェクタを通じて、吸気ポート16内に燃料を噴射してもよい。

[0095] また、エンジン1は、NO_x浄化触媒を備えるようにしてもよい。

[0096] また、エンジン1は、直列4気筒エンジンに限らず、直列3気筒、直列2気筒、直列6気筒エンジン等に適用してもよい。また、V型6気筒、V型8気筒、水平対向4気筒等の各種のエンジンに適用可能である。

[0097] 図6に示す運転制御マップは例示であり、これ以外にも様々なマップを設

けることが可能である。

[0098] また、高圧リタード噴射は、必要に応じて分割噴射にしてもよく、同様に、吸気行程噴射もまた、必要に応じて分割噴射にしてもよい。これらの分割噴射では、吸気行程と圧縮行程とのそれぞれにおいて燃料を噴射してもよい。

符号の説明

- [0099] 1 エンジン（エンジン本体）
10 PCM（制御器）
18 気筒
21 吸気弁
22 排気弁
25 点火プラグ
50 EGR通路（ガス状態調整システム）
51 主通路（ガス状態調整システム）
511 EGR弁（ガス状態調整システム）
52 EGRクーラ（ガス状態調整システム）
67 インジェクタ（燃料噴射弁）
71 （排気側）VVL（ガス状態調整システム）
72 （吸気側）VVT（ガス状態調整システム）
74 （吸気側）VVL（ガス状態調整システム）
75 （排気側）VVT（ガス状態調整システム）
76 オゾン発生器

請求の範囲

[請求項1]

気筒を有するエンジン本体と、
前記気筒内に供給する燃料を噴射するよう構成された燃料噴射弁と、
、
前記気筒内に導入する新気の量と排気ガスの量とをそれぞれ調整することによって、前記気筒のガス状態を調整するように構成されたガス状態調整システムと、
前記エンジン本体の運転状態が、予め設定された圧縮着火領域にあるときには、前記気筒内の混合気を圧縮着火燃焼させることにより、前記エンジン本体を運転するように構成された制御器と、を備え、
前記制御器は、前記エンジン本体の運転状態が前記圧縮着火領域における負荷の高い所定領域内にあるときには、
低速側領域においては、前記ガス状態調整システムによって、前記気筒の充填量を最大にしつつ、前記気筒内の混合気の空気過剰率 λ が1よりも大きいリーンとなるように、前記気筒内の全ガス量に対する前記排気ガスの量の割合であるEGR率を低くし、
前記低速側領域よりも高速の高速側領域においては、前記気筒の充填量を最大にしつつ、前記気筒内の混合気の空気過剰率 λ が1以下となるように、前記EGR率を高くする圧縮着火式エンジンの制御装置。

[請求項2]

請求項1に記載の圧縮着火式エンジンの制御装置において、
前記気筒内に導入する新気にオゾンを添加するよう構成されたオゾン発生器をさらに備え、
前記制御器は、前記所定領域の低速側領域において、前記オゾン発生器により、前記気筒内に導入する新気にオゾンを添加する圧縮着火式エンジンの制御装置。

[請求項3]

請求項2に記載の圧縮着火式エンジンの制御装置において、
前記制御器は、外気温度が所定温度以下のときに、前記所定領域の

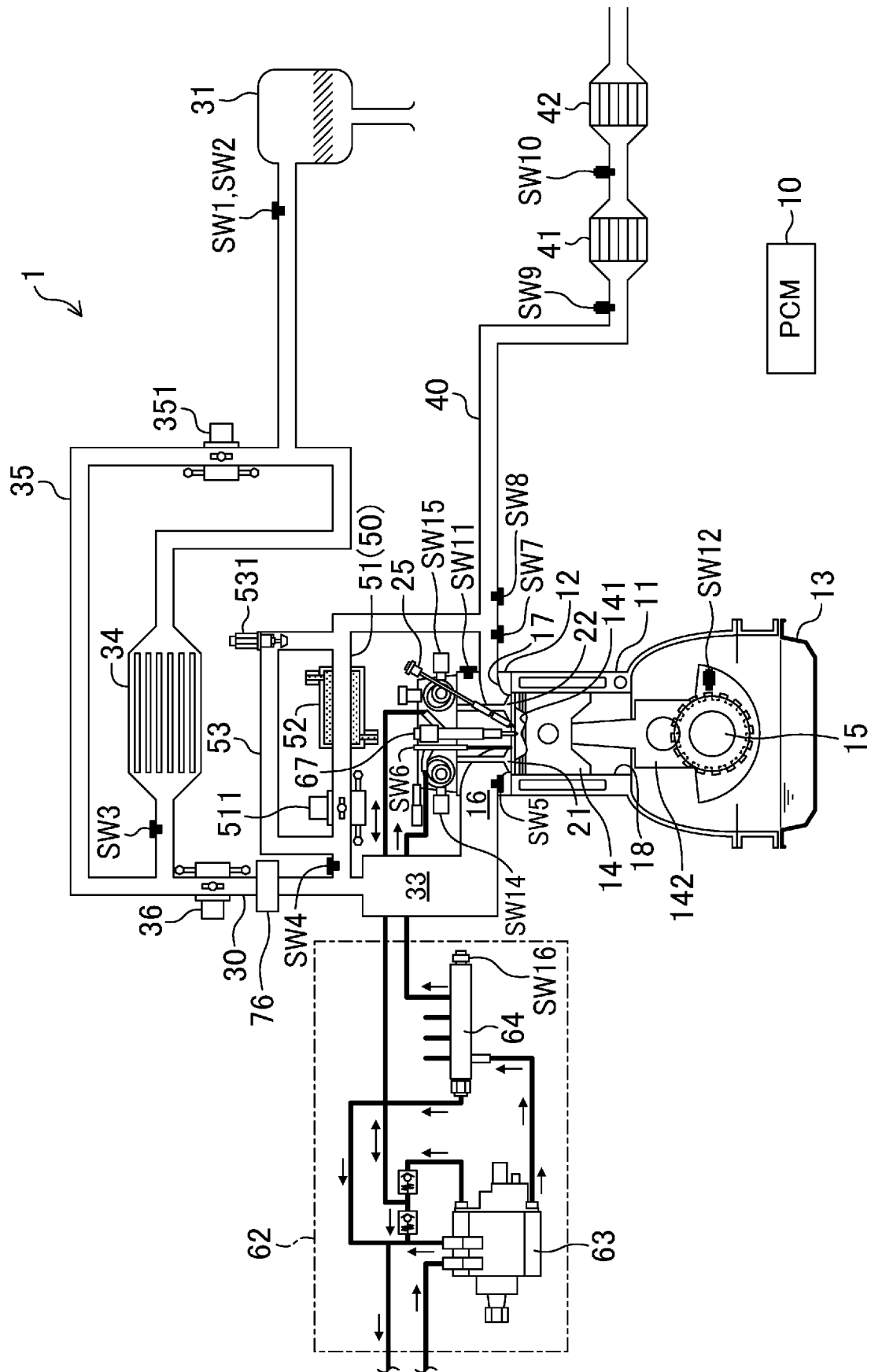
低速側領域において、前記オゾン発生器により、前記気筒内に導入する新気にオゾンを添加する圧縮着火式エンジンの制御装置。

[請求項4] 請求項1～3のいずれか1項に記載の圧縮着火式エンジンの制御装置において、

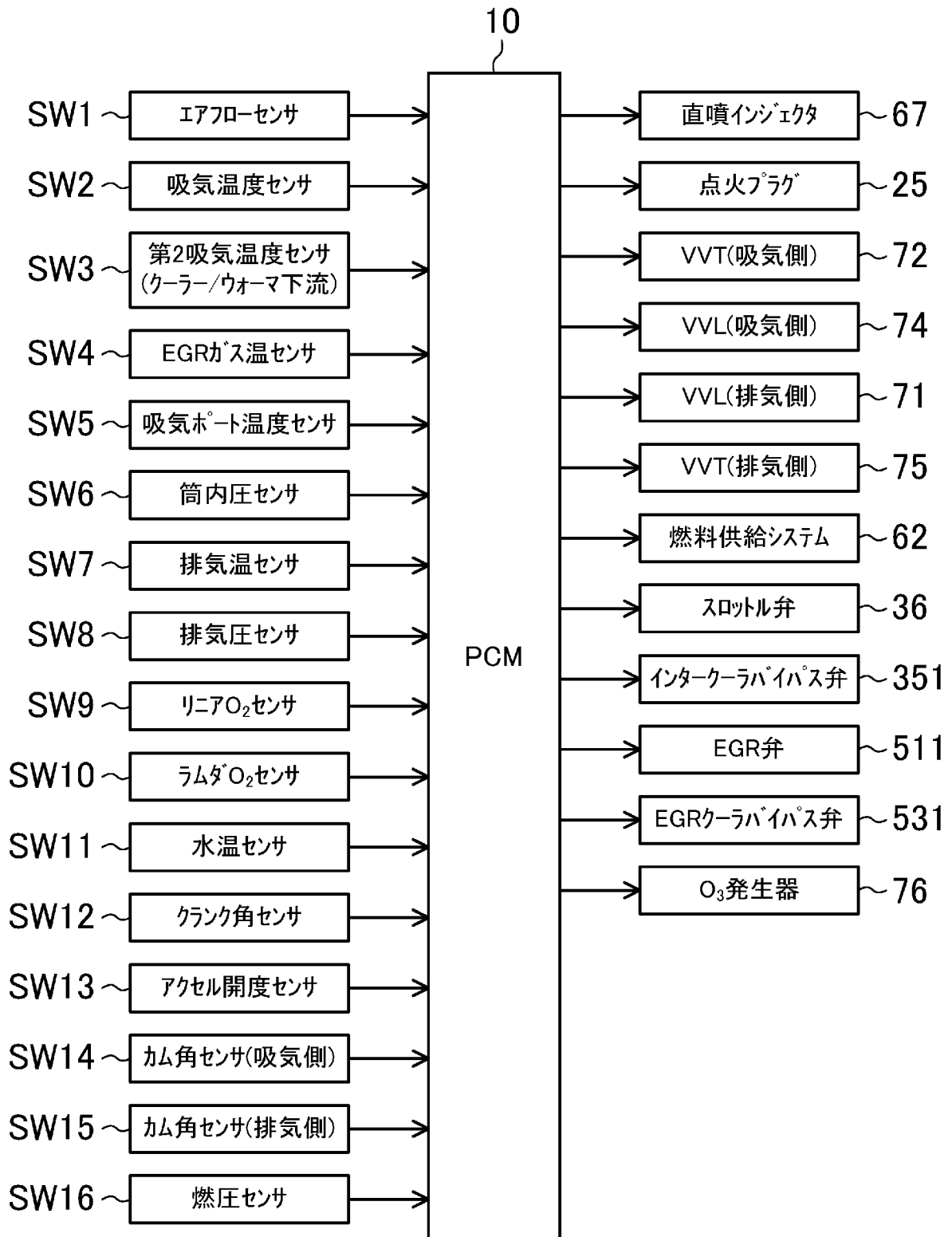
前記燃料噴射弁は、前記気筒内に燃料を直接噴射するように構成され、

前記制御器は、前記所定領域の低速側領域においては、前記燃料噴射弁による燃料噴射時期を圧縮行程前半以前にし、前記所定領域の高速側領域においては、前記燃料噴射弁による燃料噴射時期を圧縮行程後半以降にする圧縮着火式エンジンの制御装置。

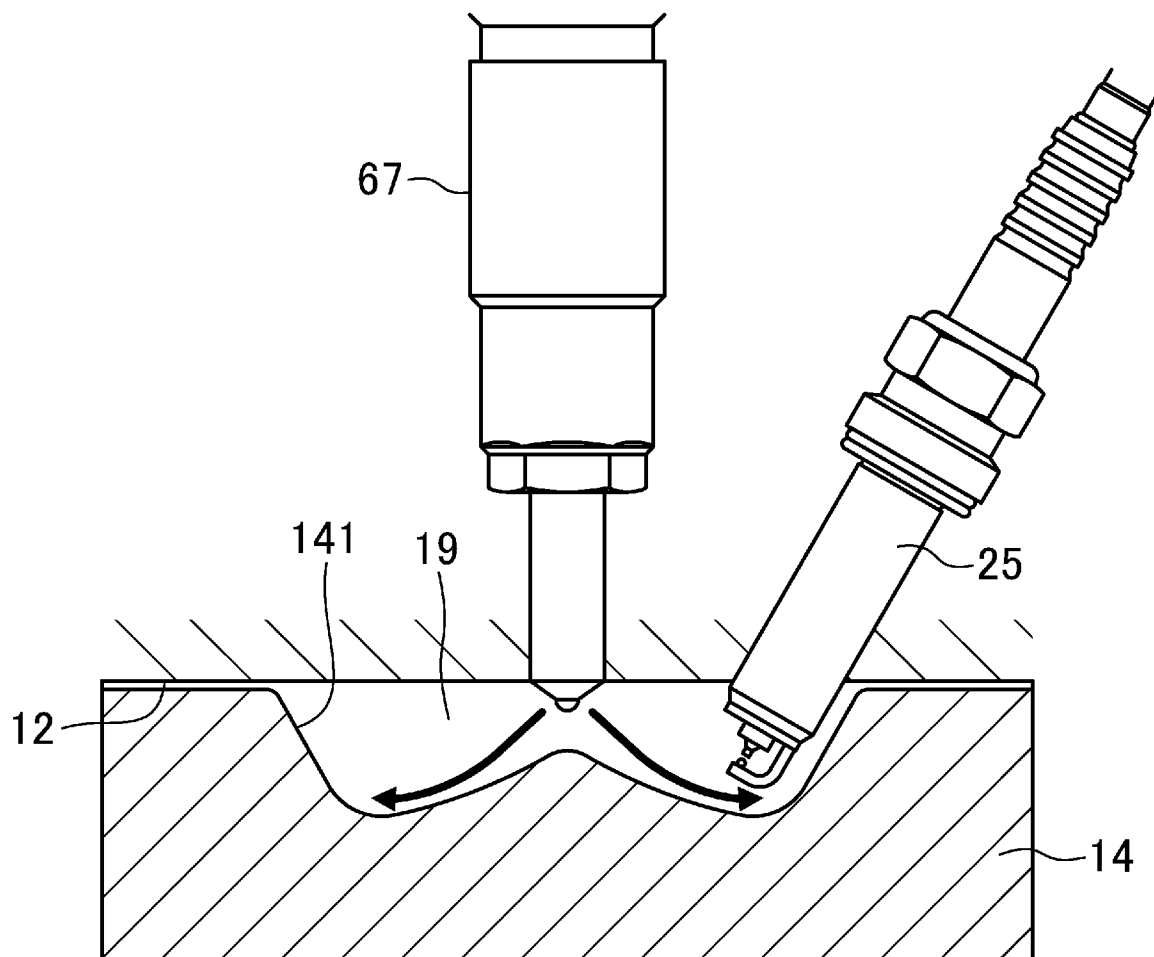
[図1]



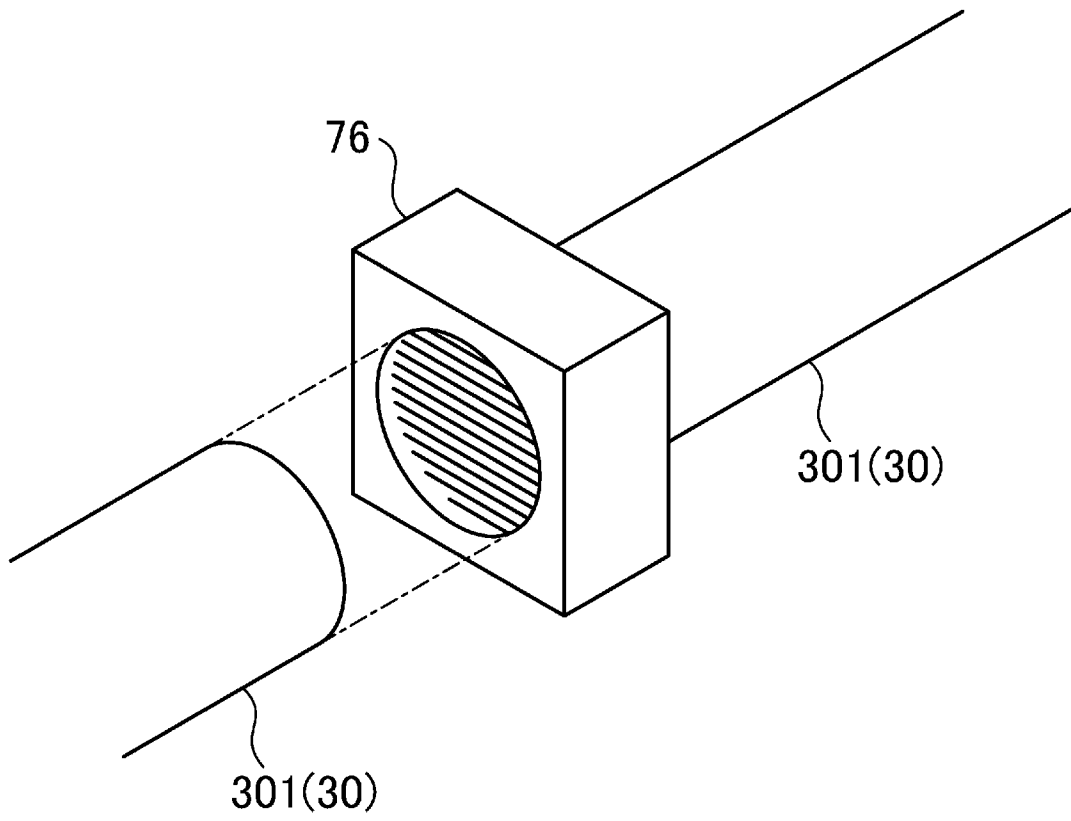
[図2]



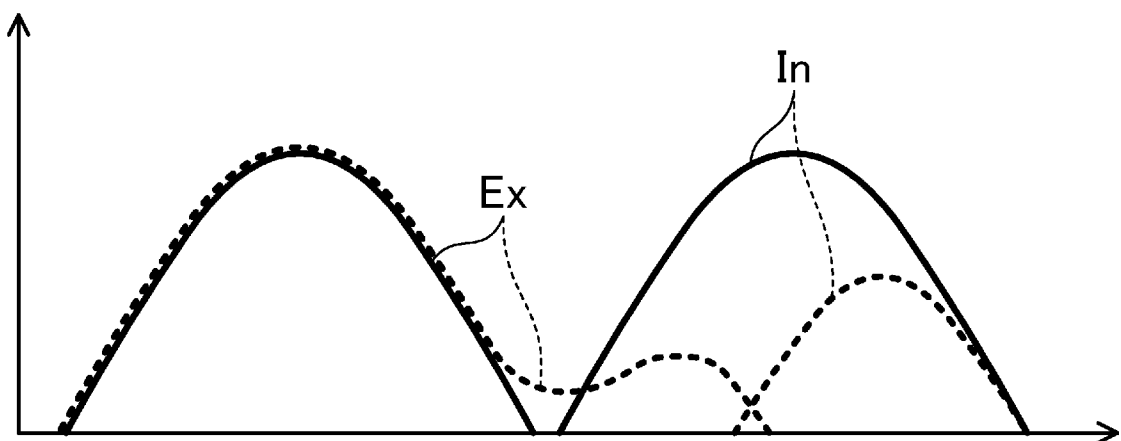
[図3]



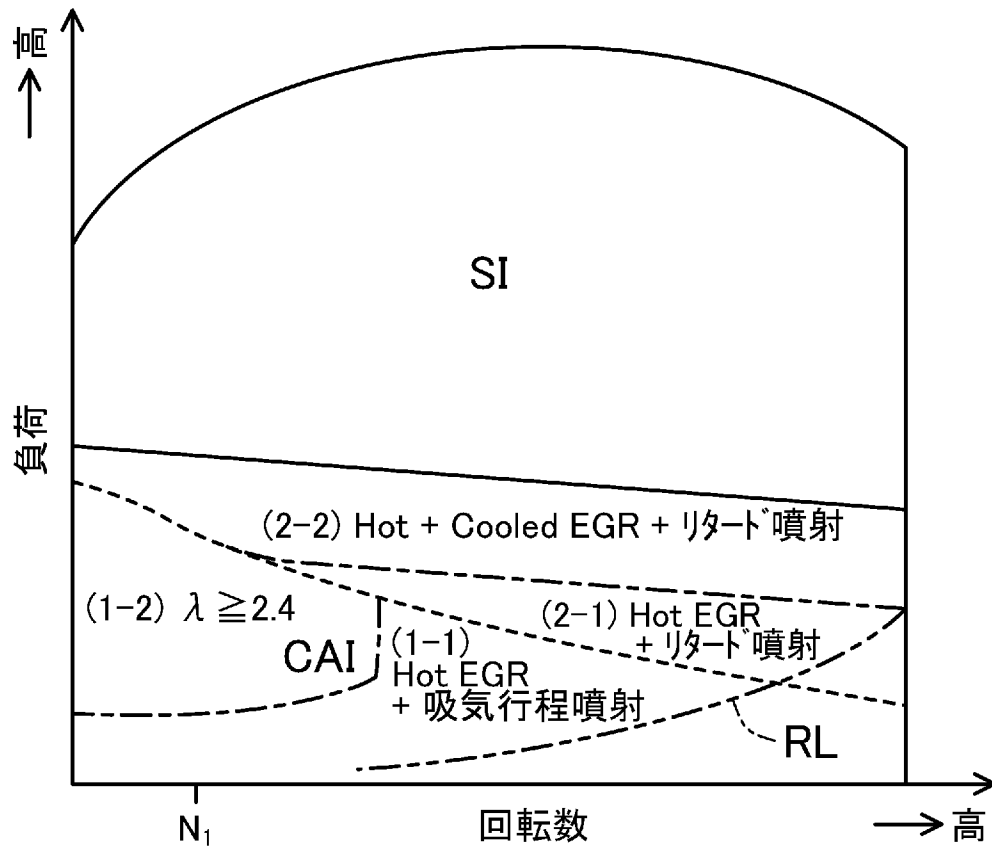
[図4]



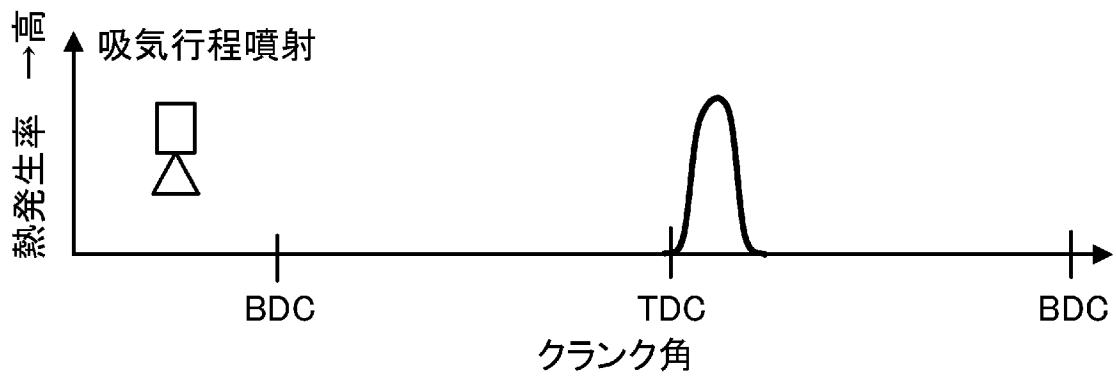
[図5]



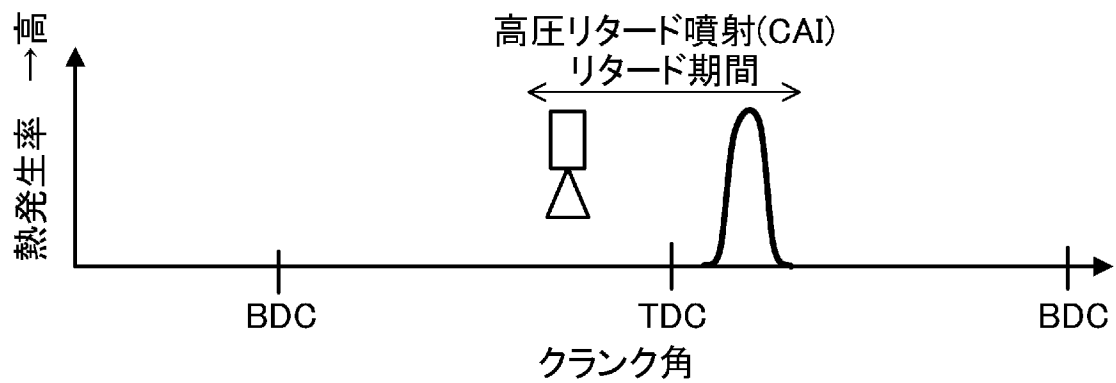
[図6]



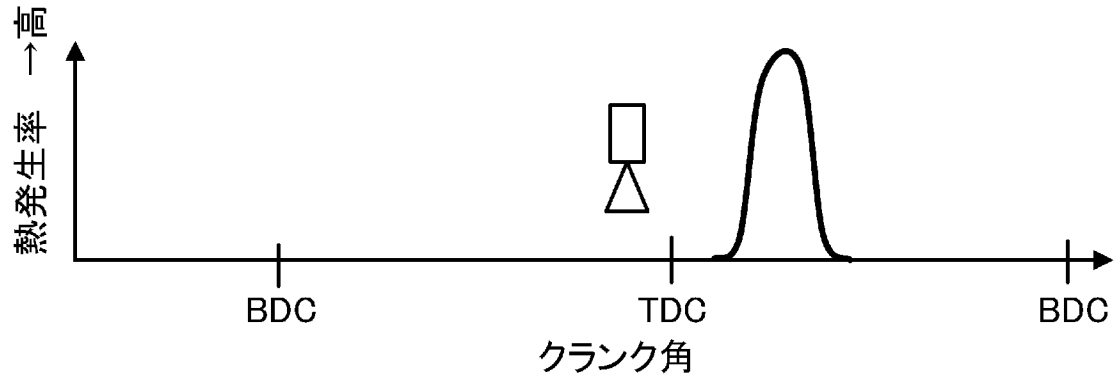
[図7A]



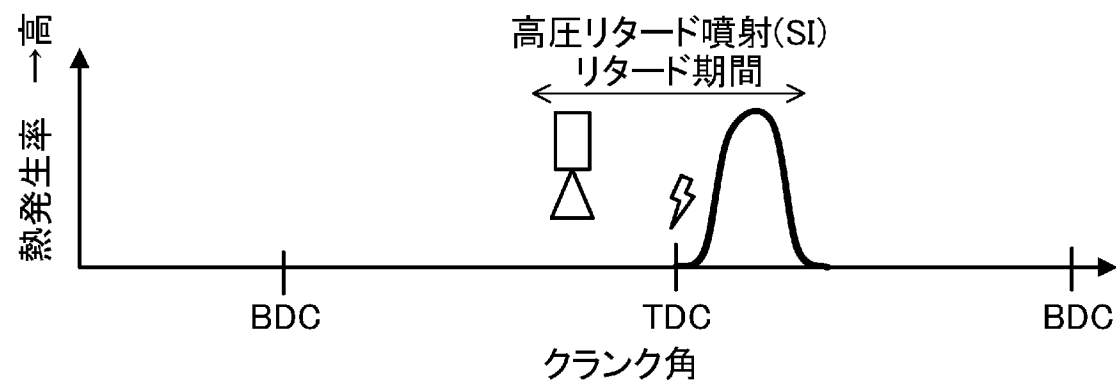
[図7B]



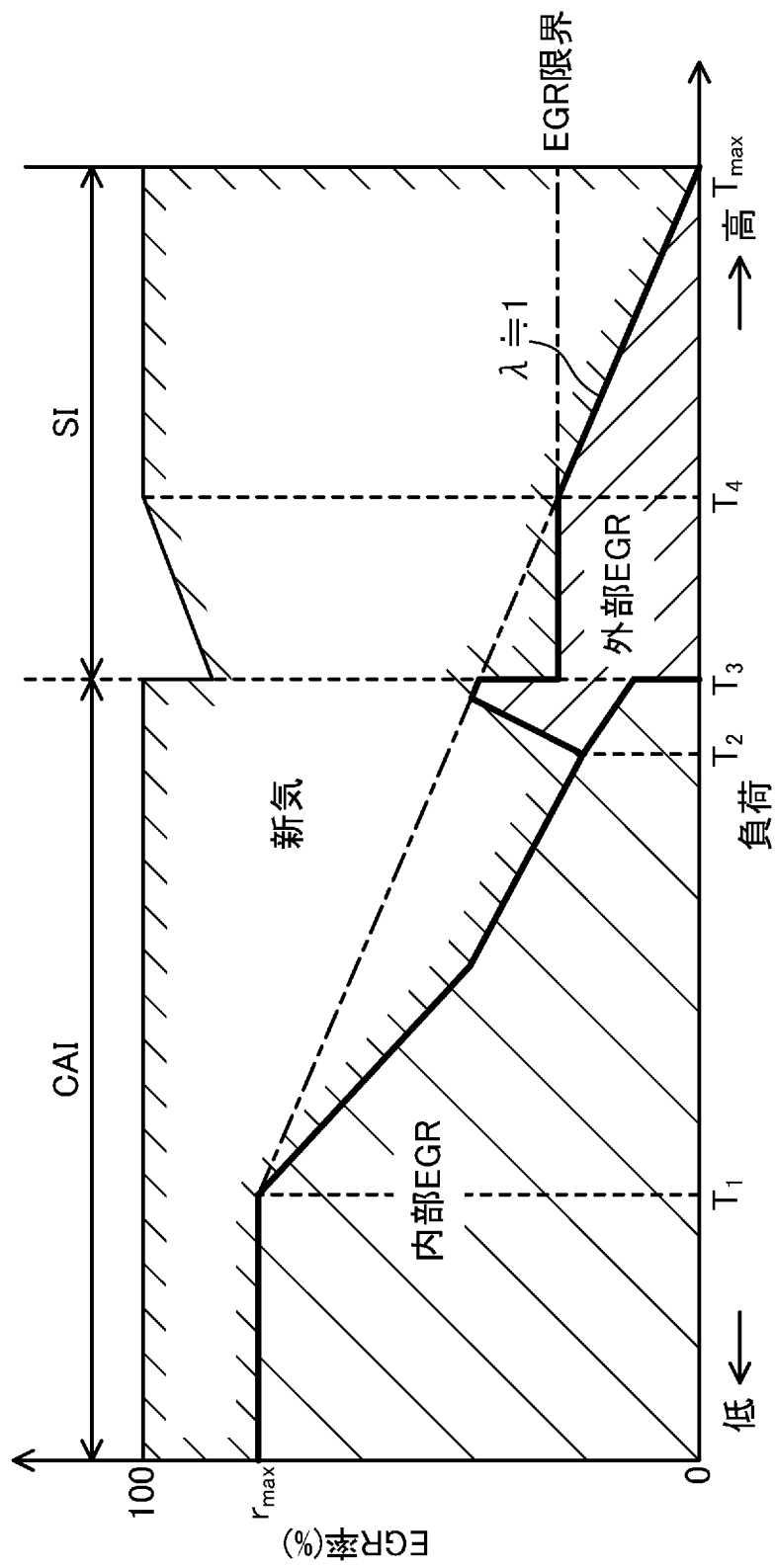
[図7C]



[図7D]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005381

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D21/08(2006.01)i, F02D21/06(2006.01)i, F02D41/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02D21/08, F02D21/06, F02D41/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-16407 A (Mazda Motor Corp.), 20 January 2005 (20.01.2005), claims 1 to 2; paragraphs [0037] to [0047]; fig. 6 & US 2005/0016496 A1 & EP 1484491 A2	1-4
A	JP 2009-91994 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 30 April 2009 (30.04.2009), paragraph [0028]; fig. 2, 7 (Family: none)	1-4
A	JP 2012-246784 A (Mazda Motor Corp.), 13 December 2012 (13.12.2012), paragraphs [0043] to [0044], [0058] to [0061]; fig. 3, 5(a), 5(b) (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 January 2015 (20.01.15)

Date of mailing of the international search report
03 February 2015 (03.02.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005381

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/118767 A1 (Imagineering, Inc.), 29 September 2011 (29.09.2011), claim 1; paragraphs [0038], [0073] & JP 2013-231355 A & US 2013/0019841 A1 & EP 2554818 A1	2, 3
A	JP 2010-285969 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 24 December 2010 (24.12.2010), claims 9 to 10; paragraphs [0079] to [0080]; fig. 13, 15 (particularly, 'ignition performance enhancing agent supply device 51') (Family: none)	2
A	JP 2012-127275 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 05 July 2012 (05.07.2012), paragraphs [0002], [0004], [0038]; fig. 1, 2, 4, 5, 7 (particularly, 'intake air reformer (active species generator 472') (Family: none)	2
A	JP 2012-172663 A (Mazda Motor Corp.), 10 September 2012 (10.09.2012), claim 5; paragraphs [0091] to [0093]; fig. 10(a), 10(b) (Family: none)	4
A	JP 2012-172665 A (Mazda Motor Corp.), 10 September 2012 (10.09.2012), paragraphs [0076] to [0078]; fig. 11(a), 11(b) & US 2012/0216776 A1 & DE 102012002315 A1 & CN 102650242 A	4
A	JP 2012-246783 A (Mazda Motor Corp.), 13 December 2012 (13.12.2012), paragraphs [0055] to [0058]; fig. 3, 5(a), 5(b) (Family: none)	4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F02D21/08(2006.01)i, F02D21/06(2006.01)i, F02D41/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F02D21/08, F02D21/06, F02D41/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-16407 A（マツダ株式会社）2005.01.20, 請求項1-2, 【0037】-【0047】, 図6 & US 2005/0016496 A1 & EP 1484491 A2	1-4
A	JP 2009-91994 A（日産自動車株式会社）2009.04.30, 【0028】, 図2、7（ファミリーなし）	1-4
A	JP 2012-246784 A（マツダ株式会社）2012.12.13, 【0043】-【0044】、【0058】-【0061】, 図3、5(a)、5(b)	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 0 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

戸田 耕太郎

3 Z

9 3 2 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 9 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	(ファミリーなし)	
A	WO 2011/118767 A1 (イマジニアリング株式会社) 2011.09.29, 請求項1, [0038]、[0073] & JP 2013-231355 A & US 2013/0019841 A1 & EP 2554818 A1	2, 3
A	JP 2010-285969 A (日産自動車株式会社) 2010.12.24, 請求項9-10, 【0079】-【0080】, 図13、15 (特に、「着火性向上剤供給装置51」) (ファミリーなし)	2
A	JP 2012-127275 A (日産自動車株式会社) 2012.07.05, 【0002】、【0004】、【0038】, 図1、2、4、5、7 (特に、「吸気改質器 (活性種発生器) 472」) (ファミリーなし)	2
A	JP 2012-172663 A (マツダ株式会社) 2012.09.10, 請求項5, 【0091】-【0093】, 図10(a)、10(b) (ファミリーなし)	4
A	JP 2012-172665 A (マツダ株式会社) 2012.09.10, 【0076】-【0078】, 図11(a)、11(b) & US 2012/0216776 A1 & DE 102012002315 A1 & CN 102650242 A	4
A	JP 2012-246783 A (マツダ株式会社) 2012.12.13, 【0055】-【0058】, 図3、5(a)、5(b) (ファミリーなし)	4