

(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
2016年9月29日(29.09.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/152101 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 41/38 (2006.01) F02D 41/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/001512
- (22) 国際出願日: 2016年3月16日(16.03.2016)
- (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 2015-059857 2015年3月23日(23.03.2015) 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: 永澤 健(NAGASAWA, Takeshi); 〒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). 太田 統之(OTA, Noriyuki); 〒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). 内田 健司(UCHIDA, Kenji); 〒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). 大野 諒平(ONO, Ryohei); 〒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). 佐藤 圭峰(SATO, Kiyotaka); 〒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). 藤本 英史(FUJIMOTO, Hidefumi); 〒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); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番1号 新ダイビル23階 Osaka (JP).

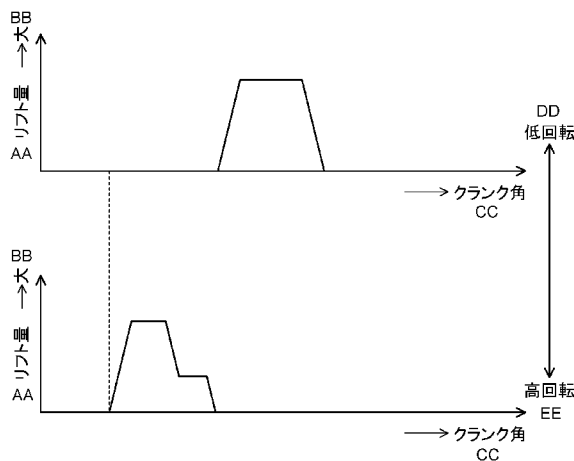
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: FUEL INJECTION CONTROL DEVICE FOR DIRECT-INJECTION ENGINE

(54) 発明の名称: 直噴エンジンの燃料噴射制御装置



AA Lift amount
BB Large
CC Crank angle
DD Low rotation
EE High rotation

(57) Abstract: A fuel injection valve (6) is configured such that the effective opening surface area of an injection opening (61) increases as the amount of lift increases. A fuel injection control unit (an engine control unit 100) injects fuel in a lift amount switching mode wherein, when fuel is injected into a combustion chamber (17) in the latter period of the compression stroke, the lift amount of the fuel injection valve is set to a prescribed large lift amount in the first half of the injection period, and in the second half of the injection period following the first half of the injection period, the lift amount is set to a small lift amount that is smaller than the large lift amount and is in a range wherein the fuel injection speed increases.

(57) 要約: 燃料噴射弁(6)は、リフト量が大きくなるほど、噴口(61)の有効開口面積が大きくなるように構成される。燃料噴射制御部(エンジン制御器100)は、圧縮行程の後期において燃焼室(17)内に燃料を噴射するときに、噴射期間の前半では、燃料噴射弁のリフト量を所定の大リフト量にしかつ、噴射期間の前半に連続する後半では、リフト量を、燃料の噴射速度が増速する範囲で大リフト量よりも小さい小リフト量にするリフト量切替モードで、燃料を噴射する。



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：直噴エンジンの燃料噴射制御装置

技術分野

[0001] ここに開示する技術は、直噴エンジンの燃料噴射制御装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、エンジンの燃焼室内に、ホローコーン状に燃料を噴射する外開弁式の燃料噴射弁が記載されている。外開弁式の燃料噴射弁は、弁本体のリフト量を変えることによって、燃料が噴射するノズル口の有効開口面積が変化する。また、特許文献 2 には、VCO (Valve Covered Orifice) ノズルタイプの燃料噴射弁が記載されている。VCO ノズルタイプの燃料噴射弁は、ニードル弁が、ノズル口が開いているシート部に直接着座して、ノズル口を閉鎖するように構成されている。ニードル弁のリフト量に応じて、ノズル口の内周面に発生するキャビティ領域の大きさが変化する。VCO ノズルタイプの燃料噴射弁では、外開弁式のインジェクタと同様に、ニードル弁のリフト量に応じて、ノズル口の有効開口面積が変化する。

[0003] 特許文献 3 には、シリンダの中心軸上に配設されかつ、ホローコーン状に燃料を噴射する外開弁式の燃料噴射弁を備えた直噴エンジンにおいて、圧縮行程の後期にシリンダ内に燃料を噴射することで、燃焼室内に混合気層と、その周囲のガス層とを形成することが記載されている。特許文献 3 に記載されたエンジンでは、混合気が燃焼するときに、周囲のガス層が断熱層として機能することで、冷却損失が低減する。

[0004] 特許文献 4 には、圧縮自己着火エンジンにおいて、燃焼室を区画する壁面を断熱材で構成することによって、燃焼室の壁面における冷却損失を低減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 2008-151043 号公報

特許文献2：特許4 1 9 4 5 6 4 号公報

特許文献3：特開2 0 1 3 － 5 7 2 6 6 号公報

特許文献4：特開2 0 0 9 － 2 4 3 3 5 5 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献3に記載されているように、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成しようとしたときには、燃焼室内への燃料の噴射は、圧縮行程の後半に行うことが有利になる。尚、圧縮行程の後半とは、圧縮行程を前半と後半とに2等分したときの後半に相当する。圧縮行程の後半に燃料を噴射することによって、圧力が高いシリンダ内に燃料を噴射することになり、燃料噴霧が飛びすぎて燃焼室の壁面にまで到達することが抑制されると共に、噴射の終了から燃焼開始までの時間が短いため、燃焼室内に形成した混合気層が断熱ガス層と混じり難くなって、燃焼時において断熱ガス層を確保することができるようになる。

[0007] ところが、エンジンの回転数が高まると、クランク角が変化することに対する時間の経過が短くなるため、燃料の噴射終了から着火までの時間が短くなってしまう。これは、噴射した燃料の気化及び燃料と空気とのミキシング性を悪化させ、例えばスモークの発生を招くことになる。

[0008] そこで、エンジンの運転状態が高回転領域にあるときには、燃料の噴射開始を進角させることが考えられるが、燃焼の噴射開始時期を進角させると、シリンダ内の圧力及び温度が低いときに燃料を噴射することになる。このため、燃料噴霧が拡散し易くなり、混合気が燃焼室の壁面に接触し易くなる。その結果、断熱ガス層が形成されなくなって、冷却損失の低減が達成されなくなる。

[0009] 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、直噴エンジンにおいて、スモークの発生を防止しながら、燃焼室内に混合気層と断熱ガス層とを確実に形成することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 例えば外開弁式の燃料噴射弁のように、リフト量が大きくなるほど、燃料を噴射する噴口の有効開口面積が大きくなるように構成された燃料噴射弁においては、燃料圧力が一定という条件の下で、噴口の有効開口面積が広くなると、燃料の噴射速度が低下する。また、噴口の有効開口面積が狭くなりすぎると、燃料が噴口を通過する際の、噴口の壁面と燃料との摩擦の影響が大きくなり、この場合も、燃料の噴射速度が低下する。従って、燃料の噴射速度が最高となるリフト量が存在し、リフト量がその最高速度リフト量よりも大きくても小さくても、燃料の噴射速度は低下する。尚、この最高速度リフト量は、比較的小さい。

[0011] また、燃料の噴射を開始するときに、燃料噴射弁のリフト量を大きくして噴口の有効開口面積を大きくすると、燃料に作用する抵抗、すなわち、燃料の流量に対する壁面摩擦抵抗の割合が小さくなるため、燃料噴射を開始した後、燃料の噴射速度が速やかに上昇する。

[0012] 燃料の噴射を開始するときに、燃料噴射弁のリフト量を大きくして、燃料の噴射速度を速やかに上昇させた後、燃料の噴射を継続しながら燃料噴射弁のリフト量を小さく変更すれば（但し、前記最高速度リフト量を下限として、リフト量を小さくする）、燃料の流れは、慣性による動的効果によって、噴射流量が減らずに、燃料の噴射速度がさらに高まるようになる。こうして、圧力及び温度が高いシリンダ内に、燃料噴霧を高い速度で噴射することにより、燃料噴霧は大きな抗力を受けながら燃焼室内を飛ぶようになる。その結果、燃料の微粒化が促進されて、短時間で、燃料が気化すると共に、空気と十分に混ざることが可能になる。これは、スモークの抑制に有利になる。

[0013] 本願発明者等は、このような燃料の噴射態様を採用すれば、燃料の噴射終了から着火までの時間が短くなることが許容されるため、例えばエンジンの運転状態が高回転領域にあるときでも、燃料の噴射開始を進角させる必要がなくなることを見出して、ここに開示する技術を完成するに至った。

[0014] 具体的に、ここに開示する技術は、直噴エンジンの燃料噴射制御装置に係り、この装置は、シリンダヘッドの天井部と、シリンダブロックに設けられ

たシリンダと、前記シリンダ内を往復動するピストンとによって区画される燃焼室を有して構成されたエンジン本体と、前記燃焼室内に、液体の燃料を噴射するように配設された燃料噴射弁を有しかつ、所定のタイミングで前記燃料を前記燃焼室内に噴射するよう構成された燃料噴射制御部と、を備える。

[0015] そして、前記燃料噴射弁は、リフト量が大きくなるほど、前記燃料を噴射する噴口の有効開口面積が大きくなるように構成され、前記燃料噴射制御部は、圧縮行程の後期において前記燃焼室内に前記燃料を噴射するときに、噴射期間の前半では、前記燃料噴射弁の前記リフト量を所定の大リフト量にし、かつ、前記噴射期間の前半に連続する後半では、前記リフト量を、前記燃料の噴射速度が増速する範囲で前記大リフト量よりも小さい小リフト量にするリフト量切替モードで、前記燃料を噴射する。

[0016] ここで、「圧縮行程の後期」は、圧縮行程を前期、中期、及び後期の3つに等分したときの後期に相当する。また、ここでいう燃焼室は、ピストンが上死点に至ったときのシリンダ内空間に限定されず、ピストン位置に拘わらず、シリンダヘッドの天井部とシリンダとピストンとによって区画される空間である、広義の燃焼室である。さらに、「噴射期間の前半」は、噴射期間において相対的に前側の期間の意味であり、噴射期間を2等分したときの前の期間に限らない。同様に、「噴射期間の後半」は、噴射期間において相対的に後ろ側の期間の意味であり、噴射期間を2等分したときの後ろの期間に限らない。

[0017] この構成によると、燃料噴射制御部は、圧縮行程の後期において燃料を噴射するときには、噴射期間の前半では、燃料噴射弁のリフト量を所定の大リフト量にする。前述したように、燃料の流量に対する壁面摩擦抵抗の割合が小さくなるため、燃料噴射を開始した後、燃料の噴射速度が速やかに上昇する。

[0018] そうして、燃料の噴射速度が十分に上昇した後に、燃料噴射制御部は、燃料の噴射を連続しながら、リフト量を、大リフト量よりも小さい小リフト量

に変更する。これにより、燃料の流れは、慣性による動的効果によって、噴射流量が減らずに、燃料の噴射速度がさらに高まる。こうして、噴射期間の後半に噴射された燃料噴霧は、圧力及び温度が高い燃焼室内で、高い抗力を受けながら飛ぶようになるから、燃料の微粒化が促進される。その結果、燃料の噴射終了後、燃料の気化及び燃料と空気とのミキシングが速やかに完了する。これは、スモークの発生を抑制する。

[0019] 従って、前記の構成は、燃料の噴射終了時期を圧縮上死点に近づけることが可能になるため、燃料の噴射開始時期も遅くすることが可能になる。そのため、シリンダ内の圧力及び温度が比較的高まった状態で、燃料の噴射を開始することができるから、混合気が燃焼室の壁面に接触することが防止される。つまり、スモークの発生を防止しながら、燃焼室内に混合気層と断熱ガス層とを確実に形成することが可能になる。

[0020] 前記燃料噴射制御部は、前記エンジン本体の運転状態が、所定の高回転領域にあるときには、前記リフト量切替モードで前記燃料を噴射し、前記エンジン本体の運転状態が、前記高回転領域よりも回転数の低い低回転領域にあるときには、前記噴射期間の前半及び後半で、前記燃料噴射弁の前記リフト量を同じにするモードで前記燃料を噴射する、としてもよい。

[0021] 前述したように、リフト量切替モードでの燃料噴射は、燃料の噴射終了時期を圧縮上死点に近づけることが可能であるため、エンジン本体の運転状態が高回転領域にあるときに、燃焼室内に混合気層と断熱ガス層とを確実に形成しながら、スモークの発生を抑制する上で有利になる。

[0022] 一方、エンジン本体の運転状態が低回転領域にあるときには、クランク角が変化することに対する時間の経過が長くなるため、高回転領域にあるときとは異なり、燃料噴霧の微粒化を促進することによって、燃料の気化及び燃料と空気とのミキシングを短時間で完了させたいとする要求は低い。そこで、エンジン本体の運転状態が低回転領域にあるときには、燃料噴射弁のリフト量を、噴射期間の前半と後半とで同じにするモードで燃料を噴射する。こうすることで、燃料噴霧の噴射速度が、噴射の途中で急に増速することがない

から、先に噴射した燃料噴霧と後から噴射した燃料噴霧とが重なりあって、局所的に過濃な混合気が形成されることが回避される。

[0023] また、低回転領域においては、燃料の噴射開始時期を早くする必要もないため、シリンダ内の圧力及び温度が高くなってから燃料の噴射を開始することが可能になる。こうして、エンジン本体の運転状態が低回転領域にあるときには、局所的に過濃な混合気に起因するスモークの発生を防止しながら、燃焼室内に混合気層と断熱ガス層とを確実に形成することができる。

[0024] 前記燃料噴射制御部は、前記エンジン本体の運転状態が、所定の高回転領域にあるときには、前記リフト量切替モードで前記燃料を噴射する後段噴射と、当該後段噴射の前に、前記大リフト量よりも小さいリフト量でかつ、前記後段噴射の噴射期間よりも長い噴射期間で前記燃料を噴射する前段噴射と、を行う、としてもよい。

[0025] 燃料噴射弁、つまり、リフト量が大きくなるほど、燃料を噴射する噴口の有効開口面積が大きくなるように構成された燃料噴射弁においては、前述したように、リフト量を大きくして噴口の有効開口面積を大きくすると、燃料噴射を開始した後、燃料の噴射速度が速やかに上昇する。逆に、燃料噴射弁のリフト量を小さくして噴口の有効開口面積を小さくすると、燃料に作用する抵抗が大きくなるため、燃料噴射を開始した後、燃料の噴射速度が上がり難くなる。このような特性から、燃料噴射弁のリフト量を大きくしかつ、噴射期間を短くすると、燃料の噴射開始後、速やかに燃料の噴射速度が上昇するものの、到達する噴射速度は比較的低くなる。一方、燃料噴射弁のリフト量を小さくかつ、噴射期間を長くすると、燃料の噴射開始当初の噴射速度は低くなるものの、後半の噴射速度は比較的高くなる。

[0026] 前記の構成では、エンジン本体の運転状態が高回転領域にあるときには、前段噴射と後段噴射との複数回の燃料噴射を行う。このような分割噴射を行う際に、噴射と噴射との時間間隔を広くする（つまり、噴射と噴射との間の休止時間を長くする）と、先の噴射によって噴射した燃料噴霧と、後の噴射によって噴射した燃料噴霧とが、燃焼室内において重なることが抑制され、

局所的に過濃な混合気が形成されることを防止することができる。これは、スモークの発生を抑制する。

[0027] しかしながら、エンジン回転数が高くなると、クランク角が変化することに対する時間の経過が短くなるため、噴射と噴射との間の休止時間が短くなってしまう。燃料噴射弁から燃料が噴射されることに伴い燃焼室内に形成される噴霧流れは、周囲の空気（又は空気を含むガス）を巻き込むようになるが、噴射と噴射との間の休止時間が短くなると、後から噴射した燃料噴霧が、先に噴射された燃料噴霧による空気流れに引き寄せられる結果、先に噴射された燃料噴霧と重なってしまう。

[0028] 前記の構成は、複数の燃料噴射を行う際に、先の噴射によって噴射した燃料噴霧と後の噴射によって噴射した燃料噴霧との重なりを回避しつつ、混合気層が燃料室の壁面に接触してしまうことを防止する。具体的に前記の構成では、リフト量が低くかつ、噴射期間が長い前段噴射を行う。これにより、燃料の噴射速度が、噴射開始当初は低くなるから、前段噴射によって噴射された燃料噴霧が飛び難くなる。前段噴射の噴射時期は早いため、シリンダ内の圧力及び温度が低いものの、燃料噴霧が燃焼室の壁面に接触することが防止される。こうして、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することが可能になる。

[0029] 前段噴射の後に行う後段噴射は、リフト量切替モードでの燃料噴射である。従って、噴射開始時のリフト量が相対的に高い。前述したように、後段噴射は、噴射開始当初の燃料の噴射速度が高くなる。尚、後段噴射は、圧縮行程の後期において行えばよい。前段噴射によって燃料が噴射されることに伴い燃焼室内に形成される噴霧流れは、周囲の空気（又は空気を含むガス）を巻き込むようになるが、後段噴射による燃料の噴射速度が高いため、前段噴射に伴う空気流れの影響を受けにくくなる。特に高回転領域においては、前段噴射と後段噴射との間の休止時間は短くなりがちであるが、後段噴射によって噴射された燃料噴霧が、空気流れによって引き寄せられて前段噴射によって噴射された燃料噴霧と重なってしまうことが防止される。これによって

、局所的に過濃な混合気が形成されてしまうことが防止され、スモークの発生が抑制される。

[0030] また、後段噴射は、リフト量切替モードでの燃料噴射であるから、燃料の噴射終了時期を圧縮上死点に近づけることが可能である。尚、後段噴射は、ピストンが上死点に至るまで（ピストンが上死点に至った時点を含む）に、終了することが好ましい。また、前述の通り、前段噴射と後段噴射との間の休止時間が短いことも許容される。従って、前段噴射の噴射開始時期を早める必要がなくなる。これは、前段噴射によって噴射された燃料噴霧が燃焼室の壁面に接触することを防止する上で有利になる。

[0031] さらに、燃料噴射弁から燃料が噴射されることに伴い燃焼室内に形成される噴霧流れは、前述したように、周囲の空気を巻き込むようになる。このときに、燃料噴霧は、燃料噴射弁の先端から広がるように噴射されるが、噴射された燃料噴霧の内側となる燃料噴射弁の噴射軸心の付近には、空気が流れ込み難い。噴射期間が長くなると、燃料噴射弁の噴射軸心の付近は、負圧が強まるようになり、燃料噴霧の内外の圧力差によって燃料噴霧は、燃料噴射弁の噴射軸心に近づくようになる。

[0032] 前段噴射の噴射期間を相対的に長くすることによって、前段噴射によって噴射された燃料噴霧は、前述した圧力差によって、噴霧角の角度方向の内方に位置するようになる。これに対し、後段噴射の噴射期間は相対的に短いため、前段噴射によって噴射された燃料噴霧は、前段噴射によって噴射された燃料噴霧よりも、噴霧角の角度方向の外方に位置するようになる。こうして、前段噴射によって噴射された燃料噴霧と後段噴射によって噴射された燃料噴霧とは、噴射方向に位置がずれるだけでなく、噴霧角の角度方向にも位置がずれるようになる。こうして、局所的に過濃な混合気が形成されることが回避される。また、前段噴射及び後段噴射のそれぞれで噴射した燃料噴霧の配置が異なるため、燃焼室内の空気の利用率も高まる。

[0033] その結果、エンジン本体の運転状態が高回転領域にあるときに、スモークの発生を防止しながら、燃焼室内に混合気層と断熱ガス層とを確実に形成す

ることが可能になる。

[0034] 前記燃料噴射制御部は、前記エンジン本体の運転状態が、前記高回転領域よりも回転数の低い低回転領域にあるときには、前記噴射期間の前半及び後半で前記燃料噴射弁の前記リフト量を同じにするモードで前記燃料を噴射する前段噴射と、当該前段噴射の後に、前記前段噴射よりもリフト量が小さくかつ、噴射期間が長い後段噴射と、を行う、としてもよい。

[0035] この構成によると、エンジン本体の運転状態が低回転領域にあるときには、噴射期間の前半及び後半で燃料噴射弁のリフト量を同じにするモードで燃料を噴射する前段噴射を行う。前段噴射は、後段噴射よりもリフト量が高くかつ、後段噴射よりも噴射期間が短い。前段噴射は、このような噴射態様により、燃料の噴射開始後、速やかに燃料の噴射速度が上昇する。前段噴射によって噴射された燃料噴霧は、燃料噴射弁から離れた位置まで到達するようになる。これによって、燃焼室内の空気の利用率が高まる。

[0036] 前段噴射はリフト量が比較的高いため、噴射速度はそれほど高くない。また、エンジン本体が低回転であるため、前段噴射と後段噴射との間の休止時間を長く確保することが可能である。このため、前段噴射の噴射開始時期を遅い時期にすることが可能である。前段噴射は、その一部又は全部を圧縮行程の後半に行ってもよい。ここで、圧縮行程の後半は、圧縮行程期間を前半と後半との2つの期間に2等分したときの後半に相当する。こうすることで、前段噴射を行うときのシリンダ内の圧力及び温度は高くなっている。これにより、燃料噴霧が飛びすぎることが回避でき、燃料噴霧が燃焼室の壁面に接触することが回避される。こうして、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することが可能になる。

[0037] 後段噴射は、前段噴射よりもリフト量が小さくかつ、前段噴射よりも噴射期間が長い噴射である。後段噴射は、このような噴射態様により、前述したように燃料の噴射速度が、噴射開始当初は低くなる。後段噴射によって噴射された燃料噴霧が、前段噴射によって噴射された燃料噴霧に追いつくことが防止される。また、低回転領域では、後段噴射は、前段噴射との間に長い休

止時間を空けた後に行われる。このため、後段噴射によって噴射された燃料噴霧が引き寄せられて、燃料噴霧同士が重なることが回避される。こうして、前段噴射によって噴射された燃料噴霧と後段噴射によって噴射された燃料噴霧とは、その噴射方向に位置がずれるようになる。

[0038] また、前述したように、前段噴射によって噴射された燃料噴霧と、後段噴射によって噴射された燃料噴霧とは、噴霧角の角度方向にも位置がずれる。その結果、スモークの発生が防止される。

[0039] 前記燃料噴射制御部は、前記エンジン本体の運転状態が、所定の負荷よりも低い低負荷領域の前記高回転領域にあるときには、圧縮行程の後期に、前記リフト量切替モードにより前記燃料を噴射し、前記エンジン本体の運転状態が、前記低負荷領域よりも負荷の高い領域の前記高回転領域にあるときには、前記リフト量切替モードで前記燃料を噴射する後段噴射と、当該後段噴射の前に、前記後段噴射の前記大リフト量よりも小さいリフト量でかつ、前記後段噴射の噴射期間よりも長い噴射期間で前記燃料を噴射する前段噴射と、を行う、としてもよい。

[0040] 低負荷領域では、燃料の噴射量が相対的に少なくなる。そこで、低負荷領域の高回転領域にあるときには、圧縮行程の後期に、リフト量切替モードにより燃料を噴射する。つまり、単段の燃料噴射を行う。これにより、前述したように、燃料の気化及び空気との混合を短時間で行って、スモークの発生を防止しながら、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することができる。

[0041] これに対し、エンジン本体の負荷が高まれば燃料の噴射量が増える。そこで、低負荷領域よりも負荷の高い領域の高回転領域にあるときには、リフト量切替モードで燃料を噴射する後段噴射と、当該後段噴射の前に、後段噴射の大リフト量よりも小さいリフト量でかつ、後段噴射の噴射期間よりも長い噴射期間で燃料を噴射する前段噴射と、を行う。つまり、複数段の燃料噴射を行う。これにより、燃料噴射量が増えても、スモークの発生を防止しながら、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することができる。

発明の効果

[0042] 以上説明したように、前記直噴エンジンの燃料噴射制御装置によると、圧縮行程の後期において燃焼室内に燃料を噴射するときに、噴射期間の前半では大リフト量にし、噴射期間の後半では、小リフト量にするリフト量切替モードで燃料を噴射することにより、噴射期間の後半に噴射された燃料噴霧の微粒化が促進されるから、スモークの発生を防止しながら、燃焼室内に混合気層とその周囲の断熱ガス層とを確実に形成することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0043] [図1]図1は、直噴エンジンの構成を示す概略図である。

[図2]図2は、燃焼室の構成を示す断面図である。

[図3]図3は、外開弁式の燃料噴射弁の、リフト量と噴口の有効開口面積との関係を示す図である。

[図4]図4の上図は、低負荷の低回転領域における燃料の噴射態様、下図は、低負荷の高回転領域における燃料の噴射態様を示す図である。

[図5]図5の上図は、燃料噴射弁のリフト量の変化を示す図、下図は、燃料の噴射速度の変化を示す図である。

[図6]図6は、低負荷の低回転時の燃焼室内における燃料噴霧の広がりの説明する図である。

[図7]図7は、低負荷の高回転時の燃焼室内における燃料噴霧の広がりの説明する図である。

[図8]図8の上図は、中負荷の低回転領域における燃料の噴射態様、下図は、中負荷の高回転領域における燃料の噴射態様を示す図である。

[図9]図9の上図は、燃料噴射弁のリフト量の相違を示す図、下図は、燃料の噴射速度の相違を示す図である。

[図10]図10は、中負荷の低回転時の燃焼室内における燃料噴霧の広がりの説明する図である。

[図11]図11は、中負荷の高回転時の燃焼室内における燃料噴霧の広がりの説明する図である。

[図12]図12は、図8とは異なる、燃料の噴射態様を示す図であり、上図は

、中負荷の低回転領域における燃料の噴射態様、下図は、中負荷の高回転領域における燃料の噴射態様を示す図である。

発明を実施するための形態

[0044] 以下、実施形態を図面に基づいて説明する。以下の説明は例示である。

[0045] (エンジンの全体構成)

図1は、実施形態に係るエンジン1の構成を示している。エンジン1のクランクシャフト15は、図示しないが、変速機を介して駆動輪に連結されている。エンジン1の出力が駆動輪に伝達されることによって、車両が推進する。ここで、エンジン1の燃料は、本実施形態ではガソリンであるが、バイオエタノール等を含むガソリンであってもよい。ここに開示する技術は、燃料噴射終了後に燃料が気化して着火する予混合燃焼のエンジンにおいて、様々な種類の液体燃料を用いるエンジンに広く適用することが可能である。

[0046] エンジン1は、シリンダブロック12と、その上に載置されるシリンダヘッド13とを備えており、シリンダブロック12の内部に複数のシリンダ11が形成されている(図1では、1つのみ示す)。エンジン1は、多気筒エンジンである。シリンダブロック12及びシリンダヘッド13の内部には、図示は省略するが冷却水が流れるウォータージャケットが形成されている。各シリンダ11内には、コネクティングロッド14を介してクランクシャフト15に連結されたピストン16が摺動自在に嵌挿されている。ピストン16は、シリンダ11及びシリンダヘッド13と共に燃焼室17を区画している。

[0047] 本実施形態では、燃焼室17の天井部170(シリンダヘッド13の下面)は、吸気ポート18の開口部180が設けられかつ、シリンダ11の中央に向かって登り勾配となった吸気側斜面171と、排気ポート19の開口部190が設けられかつ、シリンダ11の中央に向かって登り勾配となった排気側斜面172とを備えて構成されている。燃焼室17は、ペントルーフ型の燃焼室である。尚、ペントルーフの稜線は、シリンダ11のボア中心に一致する場合、及び一致しない場合の両方があり得る。また、ピストン16の

頂面 160 は、図 2 にも示すように、天井部 170 の吸気側斜面 171 及び排気側斜面 172 に対応するように、吸気側及び排気側のそれぞれにおいて、ピストン 16 の中央に向かって登り勾配となった傾斜面 161、162 によって、三角屋根状に隆起している。これにより、このエンジン 1 の幾何学的圧縮比は、1.5 以上の高い圧縮比に設定されている。また、ピストン 16 の頂面 160 には、凹状のキャビティ 163 が形成されている。

[0048] 図 1 には 1 つのみ示すが、シリンダ 11 毎に 2 つの吸気ポート 18 がシリンダヘッド 13 に形成されている。吸気ポート 18 の開口部 180 は、シリンダヘッド 13 の吸気側斜面 171 に、エンジン出力軸（つまり、クランクシャフト 15）の方向に並んで設けられ、吸気ポート 18 は、この開口部 180 を通じて燃焼室 17 に連通している。同様に、シリンダ 11 毎に 2 つの排気ポート 19 がシリンダヘッド 13 に形成されている。排気ポート 19 の開口部 190 は、シリンダヘッド 13 の排気側斜面 172 に、エンジン出力軸の方向に並んで設けられ、排気ポート 19 は、この開口部 190 を通じて燃焼室 17 に連通している。

[0049] 吸気ポート 18 は、吸気通路 181 に接続されている。吸気通路 181 には、吸気流量を調節するスロットル弁 55 が、介設されている。排気ポート 19 は、排気通路 191 に接続されている。排気通路 191 には、図示は省略するが、1 つ以上の触媒コンバータを有する排気ガス浄化システムが配設されている。触媒コンバータは、三元触媒を含む。但し、触媒コンバータは三元触媒に限定されない。

[0050] シリンダヘッド 13 には、吸気弁 21 が、吸気ポート 18 を燃焼室 17 から遮断する（つまり、燃焼室 17 を閉じる）ことができるように配設されている。吸気弁 21 は吸気弁駆動機構により駆動される。シリンダヘッド 13 にはまた、排気弁 22 が、排気ポート 19 を燃焼室 17 から遮断することができるように配設されている。排気弁 22 は排気弁駆動機構により駆動される。吸気弁 21 は所定のタイミングで往復動して吸気ポート 18 を開閉すると共に、排気弁 22 は所定のタイミングで往復動して排気ポート 19 を開閉

する。それによって、シリンダ１１内のガス交換を行う。

[0051] 吸気弁駆動機構は、図示は省略するが、クランクシャフト１５に駆動連結された吸気カムシャフトを有し、吸気カムシャフトはクランクシャフト１５の回転と同期して回転する。また、排気弁駆動機構は、図示は省略するが、クランクシャフト１５に駆動連結された排気カムシャフトを有し、排気カムシャフトはクランクシャフト１５の回転と同期して回転する。

[0052] 吸気弁駆動機構は、この例では、吸気カムシャフトの位相を所定の角度範囲内で連続的に変更可能な、液圧式又は電動式の位相可変機構（Variable Valve Timing：VVT）２３を、少なくとも含んで構成されている。尚、吸気弁駆動機構は、VVT２３と共に、弁リフト量を変更可能なリフト可変機構を備えるようにしてもよい。

[0053] 排気弁駆動機構は、この例では、排気カムシャフトの位相を所定の角度範囲内で連続的に変更可能な、液圧式又は電動式のVVT２４を、少なくとも含んで構成されている。尚、排気弁駆動機構は、VVT２４と共に、弁リフト量を変更可能なリフト可変機構を備えるようにしてもよい。

[0054] リフト可変機構は、リフト量を連続的に変更可能なCVVL（Continuous Variable Valve Lift）としてもよい。尚、吸気弁２１を駆動する動弁機構、及び、排気弁２２を駆動する動弁機構は、どのようなものであってもよく、例えば油圧式や電磁式の駆動機構を採用してもよい。

[0055] 図２に拡大して示すように、シリンダヘッド１３には、燃焼室１７内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁６が取り付けられている。燃料噴射弁６は、吸気側斜面１７１と排気側斜面１７２とが交差するペントルーフの稜線上に配設されている。燃料噴射弁６はまた、その噴射軸心Ｓが、シリンダ１１の軸線に沿うように配設されて、噴射先端が、燃焼室１７内に臨んでいる。燃料噴射弁６の噴射軸心Ｓは、シリンダ１１の軸線と一致する場合、及び、シリンダ１１の軸線からずれる場合の双方がある。

[0056] ピストン１６のキャビティ１６３は、燃料噴射弁６に向かい合うように設けられている。燃料噴射弁６は、このキャビティ１６３内に向かって、燃料

を噴射する。

[0057] 燃料噴射弁 6 は、ここでは、外開弁式の燃料噴射弁である。外開弁式の燃料噴射弁 6 は、その先端部を図 3 に拡大して示すように、燃料を噴射する噴口 6 1 が形成されたノズル本体 6 0 と、噴口 6 1 を開閉する外開弁 6 2 とを有する。

[0058] ノズル本体 6 0 は、その内部を燃料が流通するように筒状に構成されており、噴口 6 1 は、ノズル本体 6 0 の先端部に設けられている。噴口 6 1 は、先端側ほど径が大きくなるテーパ状に形成されている。

[0059] 外開弁 6 2 は、ノズル本体 6 0 の先端において、ノズル本体 6 0 から外側に露出する弁本体 6 3 と、弁本体 6 3 からノズル本体 6 0 内を通して図示省略のピエゾ素子に接続される接続部 6 4 とを有している。弁本体 6 3 は、テーパ状の噴口 6 1 と略同じ形状を有する着座部 6 5 を有する。弁本体 6 3 の着座部 6 5 と接続部 6 4 との間には、縮径部 6 6 が介在する。図 3 に示すように、縮径部 6 6 は、着座部 6 5 とは傾きが相違し、基端から先端に向かう縮径部 6 6 の傾きは、着座部 6 5 の傾きよりも緩やかである。

[0060] 図 3 に二点鎖線で示すように、着座部 6 5 が噴口 6 1 に当接しているときには、噴口 6 1 が閉口状態となる。電圧が印加されることによりピエゾ素子の変形して、外開弁 6 2 が噴射軸心 S に沿って外向きにリフトする。このことに伴い、図 3 に実線で示すように、着座部 6 5 が噴口 6 1 から離れて噴口 6 1 が開口状態となる。噴口 6 1 が開口状態となれば、燃料が、噴口 6 1 から噴射軸心 S に対して傾斜した方向であって、噴射軸心 S を中心とする半径方向に広がる方向へ噴射される。燃料は、噴射軸心 S を中心とするホローコーン状に噴射される。ピエゾ素子への電圧の印加が停止すると、ピエゾ素子が元の状態に復帰することで、外開弁 6 2 の着座部 6 5 が噴口 6 1 に当接して、噴口 6 1 を再び閉口状態にする。

[0061] ピエゾ素子に印加する電圧が大きいほど、外開弁 6 2 の、噴口 6 1 の閉じた状態からのリフト量が大きくなる。図 3 から明らかなように、リフト量が大きいほど、噴口 6 1 の開度、つまり、有効開口面積が大きくなる。有効開

口面積は、噴口 6 1 と着座部 6 5 との距離によって定義される。リフト量が大きいほど、噴口 6 1 から燃焼室 1 7 内に噴射される燃料噴霧の粒径が大きくなる。逆に、リフト量が小さいほど、噴口 6 1 から燃焼室 1 7 内に噴射される燃料噴霧の粒径が小さくなる。また、燃料が噴口 6 1 を通過する際には、縮径部 6 6 に沿うように流れることから、リフト量が大きいほど、縮径部 6 6 が噴口 6 1 から離れることで、燃料の噴霧角（つまり、ホローコーンのテーパ角度）が狭くなり、リフト量が小さいほど、縮径部 6 6 が噴口 6 1 に近づくことで、燃料の噴霧角（つまり、ホローコーンのテーパ角度）が広くなる。

[0062] また、燃料圧力が同一と仮定すれば、有効開口面積は大きいほど、噴射速度は低くなる。逆に、有効開口面積が小さくなれば、噴射速度が高まるものの、有効開口面積が小さくなりすぎると、噴口の壁面から受ける燃料の摩擦抵抗の影響が大きくなるため、噴射速度は低くなる。従って、燃料の噴射速度が最高となるリフト量が存在し、リフト量がその最高速度リフト量よりも大きくても小さくても、燃料の噴射速度は低下する。尚、この最高速度リフト量は、比較的小さい。

[0063] 図 2 に示すように、シリンダヘッド 1 3 の天井部 1 7 0 には、その天井面から凹陷する凹部 1 7 3 が設けられており、燃料噴射弁 6 の先端部は、この凹部 1 7 3 内に收容されている。凹部 1 7 3 の内周面は、燃焼室 1 7 の内方に向かうに従って次第に拡径するように傾斜している。燃料噴射弁 6 の先端部を、シリンダヘッド 1 3 の天井面から奥まった位置に配置することによって、幾何学的圧縮比を高くしながら、ピストン 1 6 が上死点に至ったときの、ピストン 1 6 の頂面 1 6 0 と燃料噴射弁 6 の先端部との間隔を、できる限り広くすることが可能になる。これは、後述するように、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成する上で有利である。また、燃料噴射弁 6 の先端部と凹部 1 7 3 の内周面との間隔が広がるため、燃料噴射弁 6 から噴射した燃料噴霧が、コアンダ効果によってシリンダヘッド 1 3 の天井面に付着することを抑制することが可能になる。

- [0064] 燃料供給システム 57 は、外開弁 62 を駆動するための電気回路と、燃料噴射弁 6 に燃料を供給する燃料供給系とを備えている。エンジン制御器 100 は、所定のタイミングで、リフト量に応じた電圧を有する噴射信号を電気回路に出力することで、該電気回路を介して外開弁 62 を作動させて、所望量の燃料を、シリンダ内に噴射させる。噴射信号の非出力時（つまり、噴射信号の電圧が 0 であるとき）には、外開弁 62 により噴口 61 が閉じられた状態となる。このようにピエゾ素子は、エンジン制御器 100 からの噴射信号によって、その作動が制御される。こうしてエンジン制御器 100 は、ピエゾ素子の作動を制御して、燃料噴射弁 6 の噴口 61 からの燃料噴射及び該燃料噴射時におけるリフト量を制御する。ピエゾ素子の応答は速く、例えば $1 \sim 2 \text{ msec}$ の間に 20 回程度の多段噴射が可能である。但し、外開弁 62 を駆動する手段としては、ピエゾ素子には限られない。
- [0065] 燃料供給系には、図示省略の高圧燃料ポンプやコモンレールが設けられており、その高圧燃料ポンプは、低圧燃料ポンプを介して燃料タンクより供給されてきた燃料をコモンレールに圧送し、コモンレールは、その圧送された燃料を、所定の燃料圧力で蓄える。そして、燃料噴射弁 6 が作動する（つまり、外開弁 62 がリフトされる）ことによって、コモンレールに蓄えられている燃料が噴口 61 から噴射される。エンジン制御器 100 と、燃料噴射弁 6 とを含んで、燃料噴射制御部が構成される。
- [0066] 燃料噴射制御部は、詳細は後述するが、図 2 に概念的に示すように、燃焼室 17 内（つまり、キャビティ 163 内）に、（可燃の）混合気層と、その周囲の断熱ガス層とが形成可能に構成されている。
- [0067] このエンジン 1 は、基本的には全運転領域で、シリンダ 11 内に形成した混合気を圧縮着火（つまり、制御自動着火（Controlled Auto Ignition: CAI））により燃焼させるように構成されている。エンジン 1 は、所定の環境下において混合気の着火をアシストするための着火アシストシステム 56 を備えている。着火アシストシステム 56 は、例えば、燃焼室 17 内に臨んで配設される放電プラグとしてもよい。つまり、燃焼室 17 で、極短パルス

放電が生じるように、制御されたパルス状の高電圧を放電プラグの電極に印加することによって、燃焼室内にストリーマ放電を発生させ、シリンダ内にオゾンを生成する。オゾンは、C A I をアシストする。尚、着火アシストシステムは、オゾンを発生させる放電プラグに限らず、火花放電を行うことで混合気にエネルギーを付与し、C A I をアシストするスパークプラグとしてもよい。

[0068] エンジン制御器 100 は、周知のマイクロコンピュータをベースとするコントローラであって、プログラムを実行する中央演算処理装置 (C P U) と、例えば R A M や R O M により構成されてプログラム及びデータを格納するメモリと、電気信号の入出力をする入出力 (I / O) バスと、を備えている。

[0069] エンジン制御器 100 は、少なくとも、エアフローセンサ 51 からの吸気流量に関する信号、クランク角センサ 52 からのクランク角パルス信号、アクセル・ペダルの踏み込み量を検出するアクセル開度センサ 53 からのアクセル開度信号、及び、車速センサ 54 からの車速信号をそれぞれ受ける。エンジン制御器 100 は、これらの入力信号に基づいて、例えば、所望のスロットル開度信号、燃料噴射パルス、着火アシスト信号、バルブ位相角信号等といった、エンジン 1 の制御パラメータを計算する。そして、エンジン制御器 100 は、それらの信号を、スロットル弁 55 (正確には、スロットル弁 55 を動かすスロットルアクチュエータ)、V V T 23、24、燃料供給システム 57 及び着火アシストシステム 56 等に出力する。

[0070] このエンジン 1 は、前述したように、幾何学的圧縮比 ε が 1.5 以上に設定されている。幾何学的圧縮比は、4.0 以下とすればよく、特に 2.0 以上 3.5 以下が好ましい。エンジン 1 は圧縮比が高いほど膨張比も高くなる構成から、高圧縮比と同時に、比較的高い膨張比を有するエンジン 1 でもある。高い幾何学的圧縮比は、C A I 燃焼を安定化する。

[0071] 燃焼室 17 は、シリンダ 11 の内周面と、ピストン 16 の頂面 160 と、シリンダヘッド 13 の下面 (天井部 170) と、吸気弁 21 及び排気弁 22

それぞれのバルブヘッドの面と、によって区画形成されている。冷却損失を低減すべく、これらの区画面に、遮熱層を設けることによって、燃焼室 17 が遮熱化されている。遮熱層は、これらの区画面の全てに設けてもよいし、これらの区画面の一部に設けてもよい。また、燃焼室 17 を直接区画する壁面ではないが、吸気ポート 18 や排気ポート 19 における、燃焼室 17 の天井部 170 側の開口近傍のポート壁面に遮熱層を設けてもよい。

[0072] これらの遮熱層は、燃焼室 17 内の燃焼ガスの熱が、区画面を通じて放出されることを抑制するため、燃焼室 17 を構成する金属製の母材よりも熱伝導率が低く設定される。

[0073] また、遮熱層は、冷却損失を低減する上で、母材よりも容積比熱が小さいことが好ましい。つまり、遮熱層の熱容量を小さくして、燃焼室 17 の区画面の温度が、燃焼室 17 内のガス温度の変動に追従して変化するようにすることが好ましい。

[0074] 前記遮熱層は、例えば、母材上に ZrO_2 等のセラミック材料をプラズマ溶射によってコーティングして形成すればよい。このセラミック材料の中には、多数の気孔を含んでいてもよい。このようにすれば、遮熱層の熱伝導率及び容積比熱をより低くすることができる。

[0075] 本実施形態では、前記の燃焼室の遮熱構造に加えて、燃焼室 17 内にガス層による断熱層を形成することで、冷却損失を大幅に低減するようにしている。

[0076] 具体的には、燃焼室 17 内の外周部に新気を含むガス層が形成されかつ中心部に混合気層が形成されるように、圧縮行程以降において燃料噴射弁 6 の噴射先端からキャビティ 163 内に向かって燃料を噴射させることにより、図 2 に示すように、燃料噴射弁 6 の近傍の、キャビティ 163 内の中心部に混合気層が形成されかつ、その周囲に新気を含む断熱ガス層が形成されるという、成層化が実現する。ここで言う混合気層は、可燃混合気によって構成される層と定義してもよく、可燃混合気は、例えば当量比 $\phi = 0.1$ 以上の混合気としてもよい。燃料の噴射開始から時間が経過すればするほど、燃料

噴霧は拡散することから、混合気層の大きさは、着火時点での大きさである。着火とは、例えば燃料の燃焼質量割合が1%以上となることをもって判定することができる。混合気は、圧縮上死点の付近において着火する。

[0077] 断熱ガス層は、新気のみであってもよく、新気に加えて、既燃ガス（E G Rガス）を含んでいてもよい。尚、断熱ガス層に少量の燃料が混じっても問題はなく、断熱ガス層が断熱層の役割を果たせるように混合気層よりも燃料リーンであればよい。

[0078] 前記のように断熱ガス層と混合気層とが形成された状態で、混合気がC A I燃焼すれば、混合気層とシリンダ11の壁面との間の断熱ガス層により、混合気層の火炎がシリンダ11の壁面に接触することが抑制されると共に、その断熱ガス層が断熱層となって、シリンダ11の壁面からの熱の放出を抑えることができるようになる。この結果、冷却損失を大幅に低減することができる。

[0079] 尚、冷却損失を低減させるだけでは、その冷却損失の低減分が排気損失に転換されて図示熱効率の向上にはあまり寄与しないところ、このエンジン1では、高圧縮比化に伴う高膨張比化によって、冷却損失の低減分に相当する燃焼ガスのエネルギーを、機械仕事に効率よく変換している。すなわち、エンジン1は、冷却損失及び排気損失を共に低減させる構成を採用することによって、図示熱効率を大幅に向上させているといえることができる。

[0080] このような混合気層と断熱ガス層とを燃焼室17内に形成するために、燃料を噴射するタイミングにおいては、燃焼室17内のガス流動は弱いことが望ましい。そのため、吸気ポートは、燃焼室17内でスワールが生じない、又は、生じ難いようなストレート形状を有していると共に、タンブル流もできるだけ弱くなるように、構成されている。

[0081] （燃料噴射制御の詳細）

燃焼室17内に混合気層と断熱ガス層とを形成する上で、燃焼室17内への燃料の噴射時期は、圧縮行程の後半とすることが好ましい。ここで、「圧縮行程の後半」は、圧縮行程期間を前半と後半との2つの期間に2等分した

ときの後半に相当する。圧縮行程の後半であれば、シリンダ 11 内の圧力及び温度が高くなるため、噴射した燃料噴霧が飛びすぎて燃焼室 17 の壁面にまで到達することを抑制することができる。また、燃料の噴射終了から燃焼開始までの時間が比較的短くなるため、燃焼室 17 内に形成した混合気層が断熱ガス層と混じり難くなって、燃焼時において断熱ガス層を確保することができるようになる。

[0082] ここで、エンジン 1 の回転数が低いときには、クランク角が変化することに対する時間の経過が長いため、圧縮行程の後半に燃料を噴射することに伴い、燃料の噴射終了時期が圧縮上死点に近づいても、着火までの間に、燃料の気化及び燃料と空気とのミキシングの時間を確保することが可能である。しかしながら、エンジン 1 の回転数が高まれば、クランク角が変化することに対する時間の経過が短くなるため、燃料の噴射終了時期が圧縮上死点に近づくと、噴射流量から着火までの時間が短くなってしまう。その結果、燃料の気化及び燃料と空気とのミキシングを十分に行うことができず、スモークの発生を招く虞がある。

[0083] その一方で、燃料の噴射終了時期を進角させるために、燃料の噴射開始時期を進角させようとする、シリンダ 11 内の圧力及び温度が低い状態で、シリンダ 11 内に燃料を噴射することになる。この場合、燃料噴霧が、燃焼室 17 の壁面に接触し易くなってしまう。

[0084] このエンジン 1 は、エンジン 1 の回転数が高い高回転領域においても、スモークの発生を防止しながら、混合気層の周囲に断熱ガス層を確実に形成するように、燃料の噴射態様を工夫している。具体的に、図 4 は、燃料の噴射量が比較的少ない低負荷領域における燃料の噴射態様を例示している。図 4 の横軸はクランク角を、縦軸は燃料噴射弁 6 のリフト量を示している。図 4 の上図は、エンジン 1 の運転状態が低回転領域にあるときの燃料噴射態様を示している。低回転領域においては、所定の一定のリフト量でかつ、所定の噴射期間で燃料噴射を行う。クランク角に対するリフト量の変化を示す波形は、台形状になる。燃料の噴射開始時期は、圧縮行程の後期における所定の

タイミングに設定される。圧縮行程の後期は、圧縮行程を前期、中期及び後期の期間に3等分した後期に相当する。低回転領域では、前述したように、燃料の噴射終了時期が圧縮上死点に近づいても、着火までの間に、燃料の気化及び燃料と空気とのミキシングの時間を確保することが可能である。そのため、低回転領域における燃料の噴射開始時期は、比較的遅い時期に設定される。

[0085] 図6は、図4の上図に示す燃料噴射態様によって、燃焼室17内に噴射された燃料噴霧の広がり概念的に示している。前述したように、燃料の噴射開始時期が比較的遅く設定されるため、シリンダ11内の圧力及び温度が相対的に高く、燃料噴射弁6から所定の噴霧角で噴射された燃料噴霧が飛びすぎることが回避される。その結果、燃料噴霧が燃焼室17の壁面に接触することが防止される。これにより、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することが可能になる。

[0086] 図4の下図は、エンジン1の運転状態が、前記低回転領域よりも回転数の高い高回転領域にあるときの燃料噴射態様を示している。尚、図4の上図と下図とでは、燃料噴射量が同一である。燃料噴射弁6のリフト量及び噴射期間は、低回転領域と高回転領域とで同じ場合、及び、異なる場合がある。高回転領域においては、低回転領域とは異なり、燃料の噴射期間の途中で、燃料噴射弁6のリフト量を変更するリフト量切替モードで、燃料噴射を行う。燃料の噴射開始時期は、圧縮行程の後期における所定のタイミングに設定される。高回転領域での噴射開始時期は、低回転領域での噴射開始時期よりも進角している。燃料の気化及び燃料と空気とのミキシングを考慮して、高回転領域では、燃料の噴射終了時期を圧縮上死点からできるだけ離すためである。

[0087] 図5は、リフト量切替モードでの、燃料噴射弁6のリフト量の変化（図5の上図）と、燃料の噴射速度の変化（図5の下図）とを示している。図3にも示すように、外開弁式の燃料噴射弁6において、リフト量を大きくすると噴口61の有効開口面積は大きくなる。燃料の噴射を開始するときに、有効

開口面積を大きくして、抵抗の影響を小さくすることによって、燃料の噴射速度を速やかに上昇させることが可能になる。図5の上図に実線で示すように、リフト量が比較的大きい大リフト量で燃料の噴射を開始する（時刻 $T_0 \sim T_1$ 参照）と、図5の下図に実線で示すように、燃料の噴射速度は速やかに上昇する。リフト量切替モードでは、噴射期間の前半は、リフト量を大リフト量とする。尚、ここでいう「噴射期間の前半」は、噴射期間において相対的に前側の期間の意味であり、噴射期間を2等分したときの前の期間に限らない。

[0088] 噴射開始時のリフト量を大きくするリフト量切替モードに対し、図5の上図に破線で示すように、燃料の噴射開始時にリフト量を小さくすると、図5の下図に破線で示すように、燃料の噴射速度の上昇は遅れる。

[0089] そうして、燃料の噴射速度が十分に高まった後、リフト量切替モードでは、図5の上図に実線で示すように、燃料の噴射を継続しながら、リフト量を大リフト量よりも小さい小リフト量にする。小リフト量は、前述した燃料の噴射速度が最高になる最高速度リフト量以上のリフト量で、適宜設定することが可能である。

[0090] リフト量を小さくすることで、噴口61の有効開口面積が小さくなる。燃料の噴射速度が十分に高まった状態で有効開口面積を小さくすることにより、燃料の流れは、慣性による動的効果により、噴射流量が減らずに、噴口61を通過する燃料の噴射速度が上昇する（時刻 $T_2 \sim T_3$ 参照）。尚、リフト量を小さくすることによって、噴口61内の燃料が押し出されるようになるため、噴射速度は速やかに上昇する。

[0091] 噴射期間の後半においては、燃料噴射弁6のリフト量を小リフト量に維持する。このことによって、燃料の噴射速度は相対的に高い速度に維持される（時刻 $T_3 \sim T_5$ 参照）。そうして、閉弁に至る（（時刻 $T_5 \sim T_6$ 参照）。リフト量を切り替えるタイミングは、前述の通り燃料の噴射速度が十分に高まった後でかつ、リフト量を切り替えた後も十分な量の燃料が噴射されるような、適宜のタイミングにすればよい。つまり、「噴射期間の後半」も、噴射

期間における相対的に後ろ側の期間の意味であり、噴射期間を2等分したときの後ろの期間に限らない。尚、リフト量切替モードによる燃料の噴射期間（噴射時間 $T_0 \sim T_6$ ）は、0.2 msec程度である。

[0092] 尚、図5の上図及び下図の破線は、燃料噴射弁6のリフト量を、噴射期間の前半及び後半で同じ小リフト量にした例である。この場合、燃料噴射の開始時のリフト量が小さいため、燃料の噴射速度の上昇が遅れている（時刻 $T_0 \sim T_5$ 参照）。

[0093] また、図5の上図に一点鎖線で示すように、燃料噴射弁6のリフト量を、噴射期間の後半においても大リフト量のままで継続したときには、図5の下図に一点鎖線で示すように、燃料の噴射速度は、増速すること無く所定の速度で一定となる（時刻 $T_2 \sim T_4$ 参照）。

[0094] リフト量切替モードでは、噴射期間の後半において、燃料の噴射速度を増速することができる。これにより、噴射期間の後半で噴射される燃料噴霧は、圧縮上死点付近の、圧力及び温度が高まったシリンダ11内に、高速で噴射されることになる。燃料噴霧は、大きな抗力を受けながら燃焼室17内を飛ぶようになるため、燃料の微粒化が促進される。その結果、燃料は、短時間で気化すると共に、燃料と空気とが速やかに混合して混合気を形成する。こうして、エンジン1が高回転領域にあって、燃料の噴射終了から着火までの時間が短くなっても、その短い時間で、燃料の気化及び燃料と空気とのミキシングが可能となるから、スモークの発生を防止することが可能になる。

[0095] 図7は、図4の下図に示す燃料噴射態様によって、燃焼室17内に噴射された燃料噴霧の広がり概念的に示している。高回転領域では、燃料の噴射開始時期が、低回転領域と比較して早く設定される。このため、燃料の噴射開始時におけるシリンダ11内の圧力及び温度は相対的に低く、燃料噴霧は、燃料噴射弁6から遠く離れた位置にまで到達するようになる。これにより、燃焼室17内の空気の利用率が高まる。尚、燃料の噴射開始時期は、燃料噴霧が燃焼室17の壁面に付着しない限度で進角側に設定される。

[0096] また、高回転領域では、燃料の噴射終了時期も低回転領域と比較して早く

なると共に、前述したように、高回転領域ではリフト量切替モードで燃料を噴射することにより、噴射期間の後半で噴射した燃料は、燃焼室 17 の中央側に位置することで分散には不利になるものの、噴射速度が高いことで気化及び混合が促進される（図 7 の一点鎖線の囲みを参照）。その結果、高回転領域においては、スモークの発生を防止しながら、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することができる。

[0097] エンジン 1 の運転状態が低負荷領域にあって、燃料噴射量が比較的少ないときには、図 4 に示すように、燃料を一括で噴射しても、混合気層をコンパクトにすることが可能であり、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することができる。これに対し、エンジン 1 の負荷が高くなって燃料噴射量が増えたときには、燃料を一括で噴射したのでは、混合気層をコンパクトにすることが困難となり、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することが難しくなる。

[0098] この点に関し、燃焼室 17 内への燃料噴射を、一括して行うのではなく、複数回の噴射に分割して行うことは、燃焼室 17 内の空気利用率を高めながら、混合気層と断熱ガス層とを形成する上で有利になる。しかしながら、燃料噴射を複数回の噴射に分割することによって、燃料噴霧同士が重なりあうことで局所的に過濃な混合気形成されて、スモークの発生を招く場合がある。

[0099] また、複数回の噴射を行う分割噴射においては、噴射と噴射との間に休止期間が設けられる。エンジン 1 の運転状態が、相対的に回転数の低い低回転領域にあるときには、クランク角の変化に対する時間経過が長くなる。そのため、燃料の噴射開始時期を早めなくても、また、燃料の噴射終了時期を遅くしなくても、噴射と噴射との間の休止時間が比較的長くなる。これにより、後から噴射した燃料噴霧が、先に噴射した燃料噴霧による空気流れの影響を受けにくくなり、後から噴射した燃料噴霧が引き寄せられて先に噴射した燃料噴霧に重なることが回避可能である。

[0100] これに対し、エンジン 1 の運転状態が、高回転領域にあるときには、クランク角の変化に対する時間経過が短くなるため、噴射と噴射との間のクラン

ク角が低回転領域と同じであるとしても、噴射と噴射との間の休止時間は短くなる。この場合、後から噴射した燃料噴霧が、先に噴射した燃料噴霧による空気流れの影響を受けやすくなり、後から噴射した燃料噴霧が引き寄せられて、先に噴射した燃料噴霧に重なりやすい。その結果、局所的に過濃な混合気が形成され、スモークの発生を招くことになる。

[0101] そこで、このエンジン 1 は、エンジン 1 の負荷が低負荷領域よりも高くなった中負荷領域では、エンジン 1 の回転数の高低に拘わらず、局所的に過濃な混合気が形成されないように、燃料の噴射態様を工夫している。

[0102] 具体的に、図 8 は、中負荷領域での燃料の噴射態様を例示している。図 4 の横軸はクランク角を、縦軸は燃料噴射弁 6 のリフト量を示している。尚、図 8 の上図と下図とでは、燃料噴射量が同一である。図 8 の上図は、エンジン 1 の運転状態が低回転領域にあるときの燃料噴射態様を示している。低回転領域においては、第 1 噴射を行った後に、第 2 噴射を行う。第 1 噴射は、リフト量が相対的に大きい第 1 リフト量で、燃料噴射を行う。また、第 1 噴射の噴射期間は、相対的に短い第 1 噴射期間である。中負荷の低回転領域では、第 1 噴射が前段噴射となり、第 2 噴射が後段噴射となる。

[0103] 図 9 は、燃料噴射弁 6 のリフト量の変化（図 9 の上図）と、燃料の噴射速度の変化（図 9 の下図）とを示している。図 9 の上図に実線で示すように、リフト量を比較的大にしたときには、有効開口面積が大きくなるため、噴口 61 の壁面による抵抗の影響が小さくなり、燃料の噴射速度を速やかに上昇させることが可能になる。その結果、図 9 の下図に実線で示すように、噴射期間が短いときでも、燃料の噴射速度は速やかに上昇し、所定の噴射速度に到達して、それを維持することが可能になる。図 8 における第 1 噴射は、この高いリフト量でかつ、短い噴射期間の燃料噴射に相当する。

[0104] 低回転領域では、第 1 噴射の噴射開始時期（クランク角）は所定の時期に設定される。具体的には、圧縮行程の後半としてもよい。エンジン 1 の回転数が低いため、燃料の噴射開始時期を早めなくても、第 1 噴射と第 2 噴射との間の休止時間を長く確保することが可能である。

[0105] 第1噴射は、そのリフト量が高いため、前述の通り、燃料の噴射速度は速やかに高まる。図10は、図8の上図に示す中負荷の低回転領域の燃料噴射状態に対応する、燃焼室17内の燃料噴霧の広がりを示している。第1噴射によって、燃料噴射弁6から所定の噴霧角で噴射された燃料噴霧は、シリンダ11内の高い圧力及び温度に抗して、燃料噴射弁6から遠く離れた位置にまで到達するようになる。これにより、燃焼室17内の空気の利用率が高まる。但し、燃料の噴射開始時期を圧縮行程の後半にすることで、噴射開始時におけるシリンダ11内の圧力及び温度が高い。このため、燃料噴霧が飛びすぎることを回避することができ、燃料噴霧が燃焼室17内の壁面に接触することは防止される。これにより、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することが可能になる。

[0106] 第1噴射の終了後、所定の間隔を空けて第2噴射を行う。第2噴射は、第1噴射の第1リフト量よりもリフト量が小さい第2リフト量でかつ、第1噴射の第1噴射期間よりも噴射期間が長い第2噴射期間で燃料を噴射する。

[0107] 図9の上図及び下図に破線で示すように、リフト量を比較的低くすることにより、燃料の噴射速度の上昇は遅れる。しかしながら、噴射期間を長くすることによって、噴射速度が次第に高まる結果、最終的に到達する噴射速度は高くなる。例えば図9の上図及び下図における一点鎖線は、比較的高いリフト量でかつ、噴射期間を長く設定したときの噴射速度の変化を示している。噴射期間の前半においては、リフト量が高い方が、噴射速度が高くなるが、噴射期間の後半においては、リフト量が低い方が、噴射速度が高くなる。

[0108] 第2噴射によって噴射される燃料噴霧は、噴射開始当初は低い噴霧速度となる。これにより、第1噴射と第2噴射との間に長い休止時間が空けられていることと相俟って、第2噴射によって噴射された燃料噴霧が、第1噴射によって噴射された燃料噴霧に追いついて、燃料噴霧同士が重なることが抑制される。また、休止時間が長いため、第2噴射によって噴射された燃料噴霧が、第1噴射に伴う空気流れに引き寄せられることも抑制される。その結果、第1噴射によって噴射された燃料噴霧と、第2噴射によって噴射された燃

料噴霧とは、噴射方向に位置がずれるようになる。

[0109] また、第2噴射は噴射期間が長いため、図10に示すように、第2噴射によって噴射された燃料噴霧は、燃料噴射弁6の噴射軸心Sに近づくようになる。つまり、燃料が噴射されることに伴い燃焼室17内に形成される噴霧流れは、周囲の空気を巻き込むようになる。しかし、燃料噴射弁6の先端部からホローコーン状に噴射される燃料噴霧の内側は、空気が流れ込み難い。そのため、噴射期間が長くなると、燃料噴射弁6の噴射軸心Sの付近は、負圧が強まるようになり、燃料噴霧の内外の圧力差によって、図10に実線の矢印で示すように、燃料噴霧は、燃料噴射弁6の噴射軸心Sに近づくようになる。これにより、第1噴射によって噴射された燃料噴霧と、第2噴射によって噴射されて燃料噴霧とは、噴霧角の角度方向にも位置がずれるようになる。より詳細には、第1噴射によって噴射された燃料噴霧の軸を基準とし、その軸方向に直交する径方向について、第2噴射によって噴射された燃料噴霧は、第1噴射によって噴射された燃料噴霧に対し径方向の内側に位置するようになる。こうして、燃料噴霧同士が重なることが防止されるから、混合気層が局所的に過濃となることを、確実に防止することが可能になる。その結果、スモークの発生を抑制することが可能になる。

[0110] 図8の下図に示すように、エンジン1の運転状態が中負荷の高回転領域にあるときには、第2噴射を先に行う。第2噴射が前段噴射に対応する。その後、後段噴射として第1噴射を行うが、高回転領域における第1噴射は、前述したリフト量切替モードでの燃料噴射である。尚、図8の上図と下図とで、燃料噴射量は、同一である。

[0111] エンジン1の回転数が高いときには、噴射と噴射との間の休止時間が短くなる。ここで、低回転領域と同様に、燃料の噴射速度が高い第1噴射を先に行うと、燃料噴霧に巻き込まれる空気流れが強くなる一方で、後で噴射する第2噴射は、噴射開始当初の噴射速度が低いため、燃料噴霧が、強い空気流れに引き寄せられて、第1噴射によって噴射された燃料噴霧と重なりやすくなる。

- [0112] また、噴射と噴射との間の休止時間が長くなるように、燃料の噴射開始時期（噴射開始クランク角）を進めると、燃料の噴射を開始するときのシリンダ 11 内の圧力及び温度が低くなる。この状態で、相対的にリフト量が高くかつ、相対的に噴射期間が短い第 1 噴射を先に行うと、高い噴射速度によって燃料噴霧が飛びすぎてしまい、燃料噴霧が燃焼室 17 の壁面に接触してしまう。
- [0113] そこで、このエンジン 1 では、高回転領域では、第 2 噴射を先に行う。また、第 2 噴射の噴射開始時期（つまり、クランク角）は、低回転領域における第 1 噴射の噴射開始時期よりも進角させる（図 8 の上図及び下図参照）。第 2 噴射は、圧縮行程の後半に噴射を開始するようにすればよい。図 11 は、図 8 の下図に示す高回転領域の燃料噴射態様に対応する、燃焼室 17 内の燃料噴霧の広がりを示している。第 2 噴射は、噴射開始当初の噴射速度が遅いため、シリンダ 11 内の圧力及び温度がそれほど高くない状態で、燃料の噴射を開始しても、燃料噴霧が飛びすぎるのが防止される。燃料噴霧が燃焼室 17 の壁面に接触することが回避されるため、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することが可能になる。また、第 2 噴射の噴射開始時期を進角させることによって、第 2 噴射と第 1 噴射との間の休止時間をできる限り長くすることが可能になる。
- [0114] 第 2 噴射はまた、噴射期間の長い噴射であるため、前述したように、燃料噴霧の内外の圧力差によって、燃料噴霧は、燃料噴射弁 6 の噴射軸心 S に近づくようになる（図 11 参照）。
- [0115] 第 2 噴射の終了後に、所定の間隔を空けて、リフト量切替モードでの第 1 噴射を行う。この第 1 噴射（つまり、後段噴射）は、圧縮行程の後期において行われる。第 1 噴射は、噴射を開始するときのリフト量、つまり噴射期間の前半のリフト量を、前記第 1 リフト量（つまり、大リフト量に相当）にする。これにより、噴射を開始した後、噴射速度は速やかに高まる。また、第 2 噴射と第 1 噴射との間の休止時間も、可能な限り長くしている。これにより、第 1 噴射によって噴射された燃料噴霧は、第 2 噴射に伴う空気流れの影

響を受けにくくなる。つまり、第1噴射によって噴射された燃料噴霧が、空気流れに引き寄せられることが防止される。また、前述したように、第2噴射によって噴射された燃料噴霧は、圧力差によって燃料噴射弁6の噴射軸心Sに近づくようになるのに対し、第1噴射は所定の噴霧角で燃料が噴射することで、第2噴射によって噴射された燃料噴霧と、第1噴射によって噴射された燃料噴霧とは、噴霧角の角度方向に位置がずれるようになる。こうして、高回転領域においても、第1噴射によって噴射された燃料噴霧と、第2噴射によって噴射された燃料噴霧とが重なることが防止され、局所的に過濃な混合気が形成されることが回避される。

[0116] 高回転領域での第1噴射（つまり、後段噴射）は、リフト量切替モードであるため、噴射期間の後半において、燃料噴射を継続しながら、燃料噴射弁6リフト量を、第1リフト量よりも小さくする（つまり、小リフト量にする）。噴射期間の後半におけるリフト量は、最高速度リフト量以上の範囲で、適宜のリフト量に設定すればよい。これにより、前述したように、噴射期間の後半で噴射される燃料噴霧は、微粒化が促進される。燃料は、短時間で気化すると共に、燃料と空気とが速やかに混合して混合気を形成する。その結果、スモークの発生を防止することが可能になる。高回転領域での後段噴射を、リフト量切替モードとすることによって、後段噴射の燃料の噴射終了時期を、可能な限り遅らせることが可能になる。これは、クランク角の変化に対する時間経過が短くなる高回転領域において、前段噴射と後段噴射との間の休止時間を長くする上で有利である。つまり、局所的に過濃な混合気が形成されることを回避して、スモークの発生を防止することが可能になる。また、前段噴射の噴射開始時期をできるだけ遅くする上でも有利である。つまり、燃焼室17内に混合気層とその周囲の断熱ガス層とを、確実に形成することが可能になる。

[0117] こうして、第1噴射と第2噴射とを行うことによって、エンジン1の運転状態が、中負荷の、低回転領域にあるとき、及び、高回転領域にあるときのそれぞれにおいて、燃焼室17内に混合気層とその周囲の断熱ガス層とを形

成しつつ、局所的に過濃な混合気が形成されることを回避して、スモークの発生を防止することが可能になる。

[0118] 図12は、図8とは異なる燃料噴射態様を示している。図12に示す燃料噴射態様と、図8に示す燃料噴射態様とは、中負荷の低回転領域における燃料噴射態様が相違する。つまり、図12の上図に示すように、中負荷の低回転領域においては、第2噴射を、複数の燃料噴射を含む多段噴射によって構成している。前述の通り、ピエゾ素子を有する燃料噴射弁6は高応答であり、 $1 \sim 2 \text{ msec}$ の間に20回程程度の多段噴射が可能である。多段噴射によって構成される第2噴射のリフト量は、図8に示す噴射態様と同様に、第2リフト量である。また、多段噴射によって構成される第2噴射の噴射期間は、図8に示す噴射態様と同様に、第1噴射の噴射期間よりも長い。第2噴射を多段噴射にした場合も、噴射した燃料噴霧は、図10に示すように、燃料噴射弁6の近くでかつ、燃料噴射弁6の噴射軸心Sに近づくようになる。こうして、第1噴射によって噴射された燃料噴霧と第2噴射によって噴射された燃料噴霧とを、その噴射方向及び噴射方向に直交する径方向のそれぞれに対し、位置をずらすことが可能になる。

[0119] 尚、図12の例では、第2噴射を構成する各燃料噴射同士の間隔を、実質的にゼロにしているが、燃料噴射と燃料噴射との間に所定の間隔を設けてもよい。また、高回転領域においては、クランク角の変化に対する時間の経過が短くなるため、多段噴射にすることは困難になる。

[0120] 尚、前記の例では、低負荷領域においては、図4に示す噴射態様とし、中負荷領域においては、図8又は図12に示す噴射態様としている。しかしながら、中負荷領域においても、図4に示す噴射態様を採用してもよいし、逆に、低負荷領域においても、図8又は図12に示す噴射態様を採用してもよい。また、エンジン1の負荷が中負荷領域よりもさらに高まったときには、燃料噴射量がさらに増えるため、混合気層の周囲に断熱ガス層を形成することが困難となる。そのため、エンジン1の負荷が高負荷領域にあるときには、前記とは異なる噴射態様を採用してもよい。

[0121] 前記の例では、燃料噴射弁 6 として外開弁式の燃料噴射弁を採用しているが、ここに開示する技術に適用可能な燃料噴射弁 6 は、外開弁式の燃料噴射弁に限らない。例えば VCO (Valve Covered Orifice) ノズルタイプのインジェクタも、ノズル口に発生するキャビテーションの度合い調整することにより、噴口の有効開口面積を変更することが可能である。従って、外開弁式の燃料噴射弁と同様に、図 4、図 8 又は図 12 に示す燃料噴射態様によって、キャビティ 163 内の中央部に混合気層を、その外周囲に断熱ガス層を形成すると共に、局所的に過濃な混合気形成されることを抑制することが可能である。

[0122] 尚、前記の例では、燃焼室及び吸気ポートの遮熱構造を採用すると共に、燃焼室内に断熱ガス層を形成するようにしたが、ここに開示する技術は、遮熱構造を採用しないエンジンに対しても適用することが可能である。

符号の説明

- [0123] 1 エンジン (エンジン本体)
- 100 エンジン制御器 (燃料噴射制御部)
 - 11 シリンダ
 - 12 シリンダブロック
 - 13 シリンダヘッド
 - 16 ピストン
 - 17 燃焼室
 - 6 燃料噴射弁
 - 61 噴口
 - 62 外開弁

請求の範囲

[請求項1]

シリンダヘッドの天井部と、シリンダブロックに設けられたシリンダと、前記シリンダ内を往復動するピストンとによって区画される燃焼室を有して構成されたエンジン本体と、

前記燃焼室内に、液体の燃料を噴射するように配設された燃料噴射弁を有しかつ、所定のタイミングで前記燃料を前記燃焼室内に噴射するよう構成された燃料噴射制御部と、を備え、

前記燃料噴射弁は、リフト量が大きくなるほど、前記燃料を噴射する噴口の有効開口面積が大きくなるように構成され、

前記燃料噴射制御部は、圧縮行程の後期において前記燃焼室内に前記燃料を噴射するときに、噴射期間の前半では、前記燃料噴射弁の前記リフト量を所定の大リフト量にしかつ、前記噴射期間の前半に連続する後半では、前記リフト量を、前記燃料の噴射速度が増速する範囲で前記大リフト量よりも小さい小リフト量にするリフト量切替モードで、前記燃料を噴射する直噴エンジンの燃料噴射制御装置。

[請求項2]

請求項1に記載の直噴エンジンの燃料噴射制御装置において、前記燃料噴射制御部は、

前記エンジン本体の運転状態が、所定の高回転領域にあるときには、前記リフト量切替モードで前記燃料を噴射し、

前記エンジン本体の運転状態が、前記高回転領域よりも回転数の低い低回転領域にあるときには、前記噴射期間の前半及び後半で、前記燃料噴射弁の前記リフト量を同じにするモードで前記燃料を噴射する直噴エンジンの燃料噴射制御装置。

[請求項3]

請求項1に記載の直噴エンジンの燃料噴射制御装置において

前記燃料噴射制御部は、前記エンジン本体の運転状態が、所定の高回転領域にあるときには、前記リフト量切替モードで前記燃料を噴射する後段噴射と、当該後段噴射の前に、前記大リフト量よりも小さいリフト量でかつ、前記後段噴射の噴射期間よりも長い噴射期間で前記

燃料を噴射する前段噴射と、を行う直噴エンジンの燃料噴射制御装置
。

[請求項4]

請求項3に記載の直噴エンジンの燃料噴射制御装置において、

前記燃料噴射制御部は、前記エンジン本体の運転状態が、前記高回転領域よりも回転数の低い低回転領域にあるときには、前記噴射期間の前半及び後半で前記燃料噴射弁の前記リフト量を同じにするモードで前記燃料を噴射する前段噴射と、当該前段噴射の後に、前記前段噴射よりもリフト量が小さくかつ、噴射期間が長い後段噴射と、を行う直噴エンジンの燃料噴射制御装置。

[請求項5]

請求項3又は4に記載の直噴エンジンの燃料噴射制御装置において、

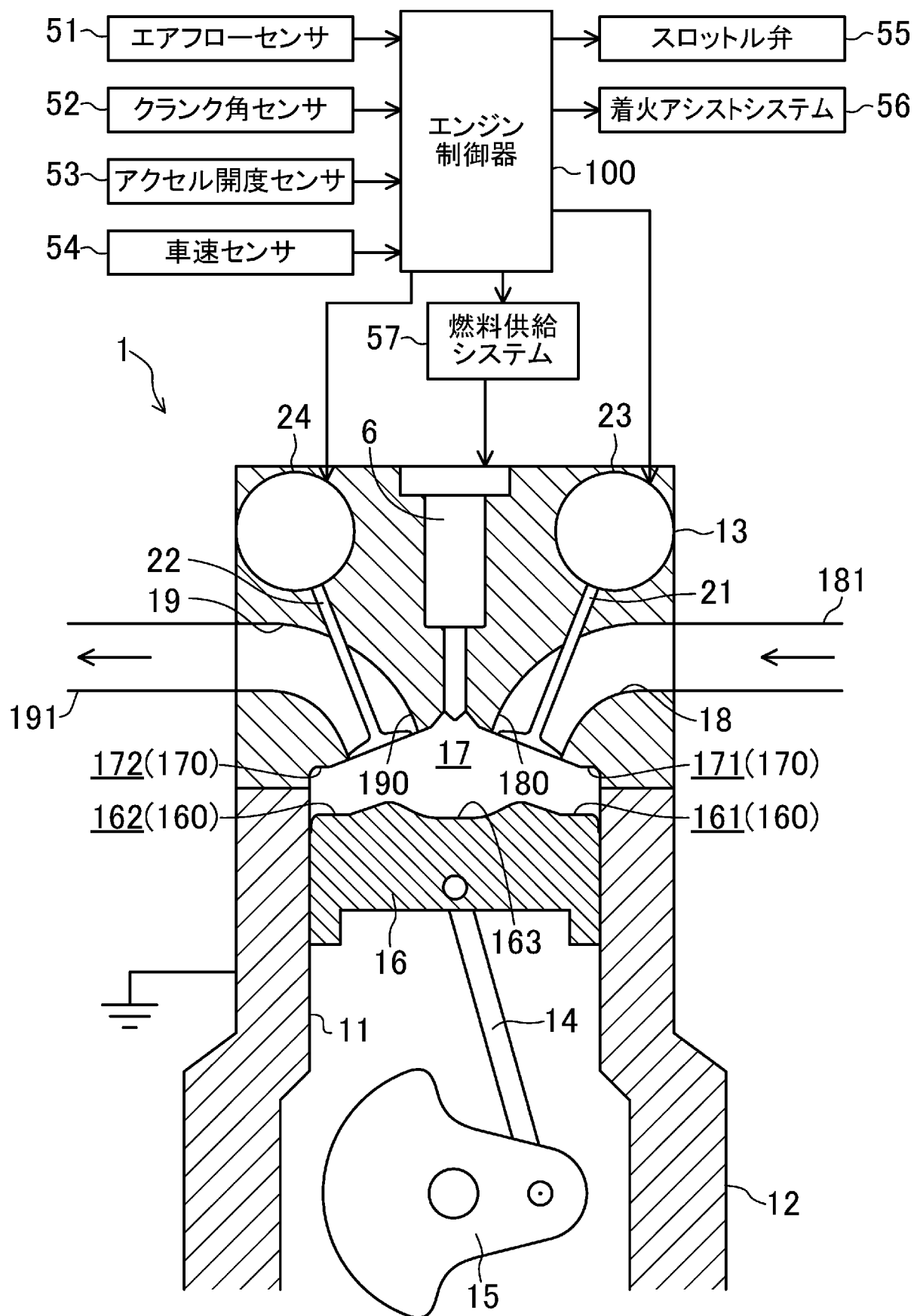
、

前記燃料噴射制御部は、

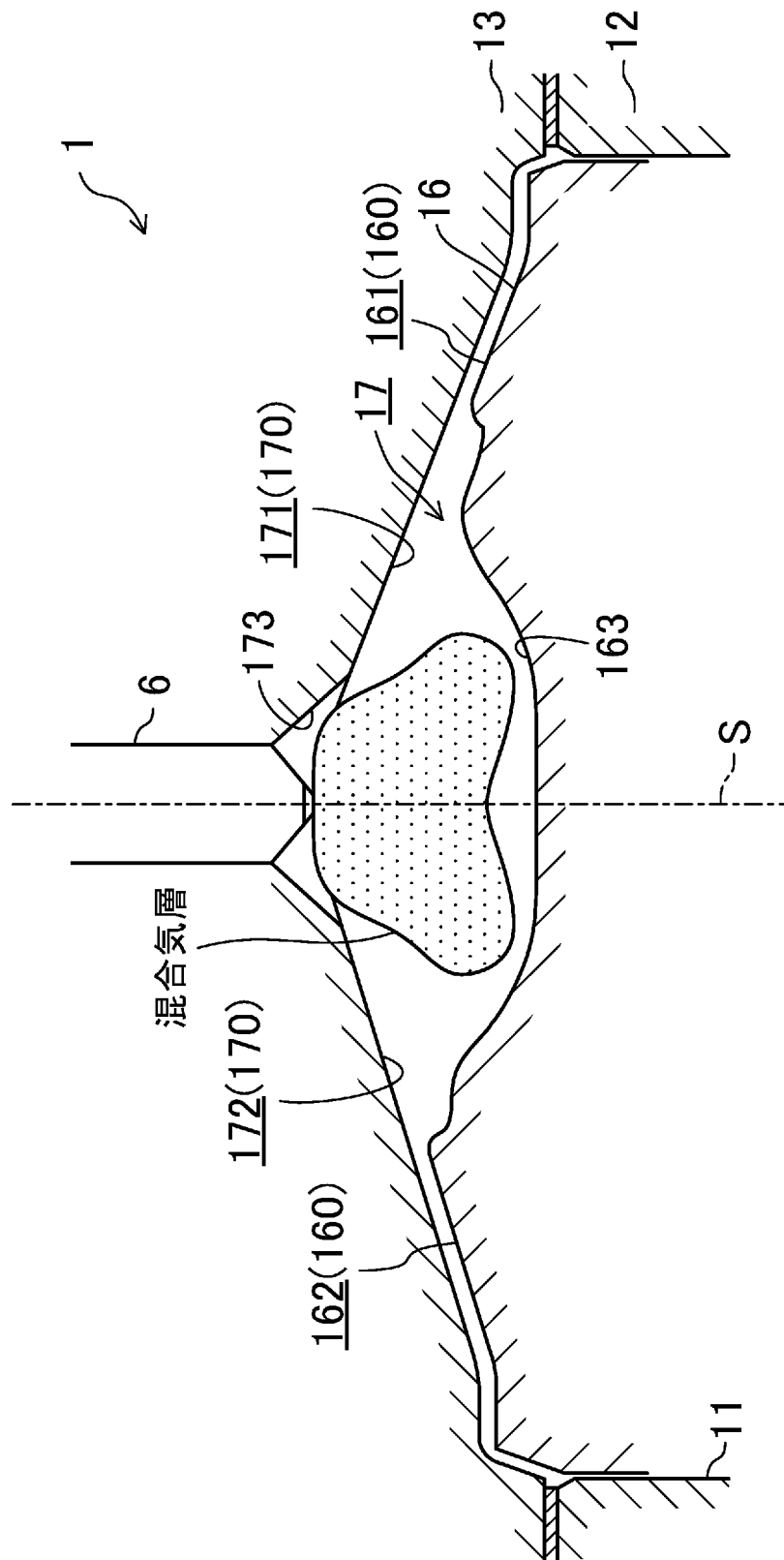
前記エンジン本体の運転状態が、所定の負荷よりも低い低負荷領域の前記高回転領域にあるときには、圧縮行程の後期に、前記リフト量切替モードにより前記燃料を噴射し、

前記エンジン本体の運転状態が、前記低負荷領域よりも負荷の高い領域の前記高回転領域にあるときには、前記リフト量切替モードで前記燃料を噴射する後段噴射と、当該後段噴射の前に、前記後段噴射の前記大リフト量よりも小さいリフト量でかつ、前記後段噴射の噴射期間よりも長い噴射期間で前記燃料を噴射する前段噴射と、を行う直噴エンジンの燃料噴射制御装置。

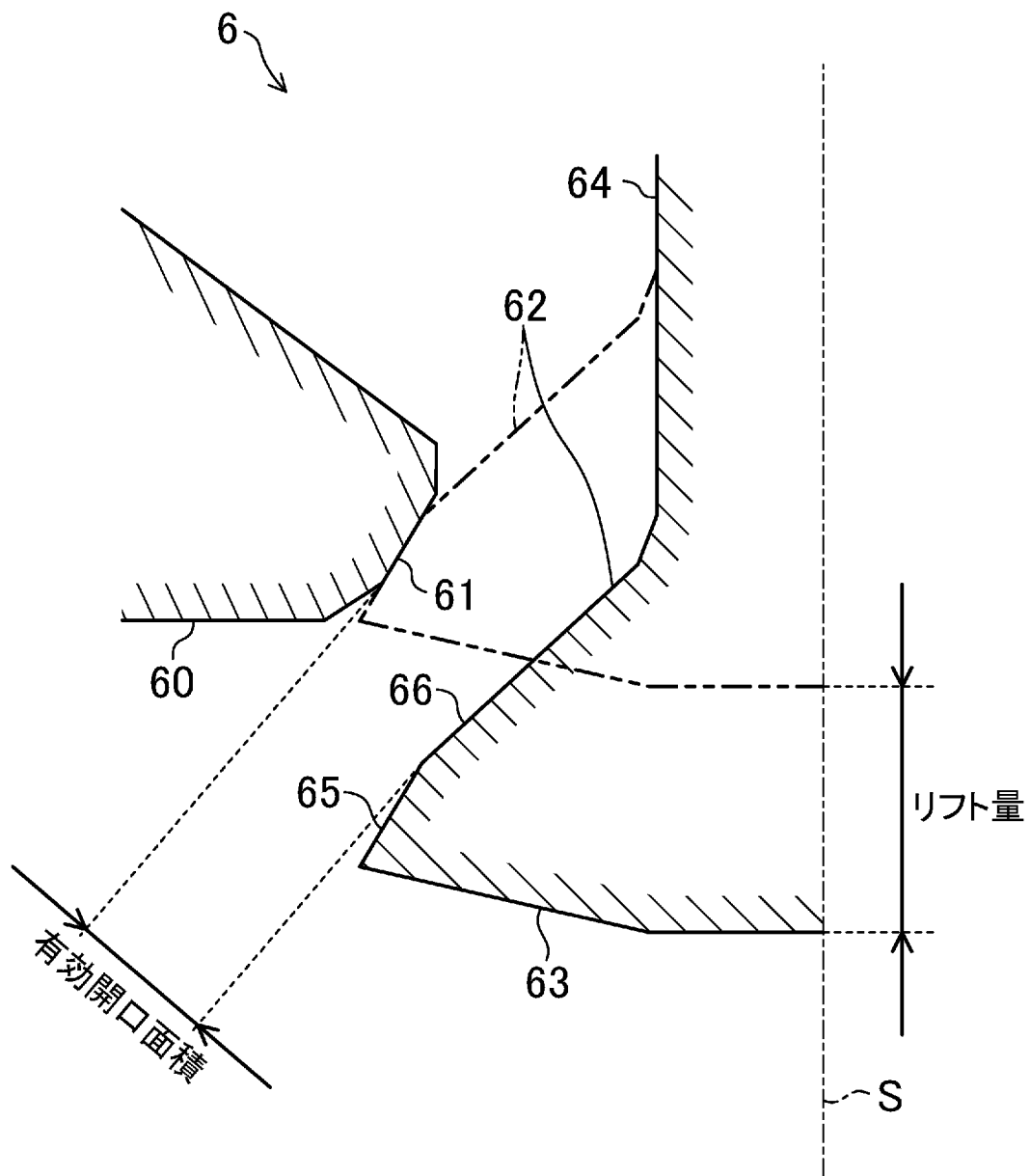
[図1]



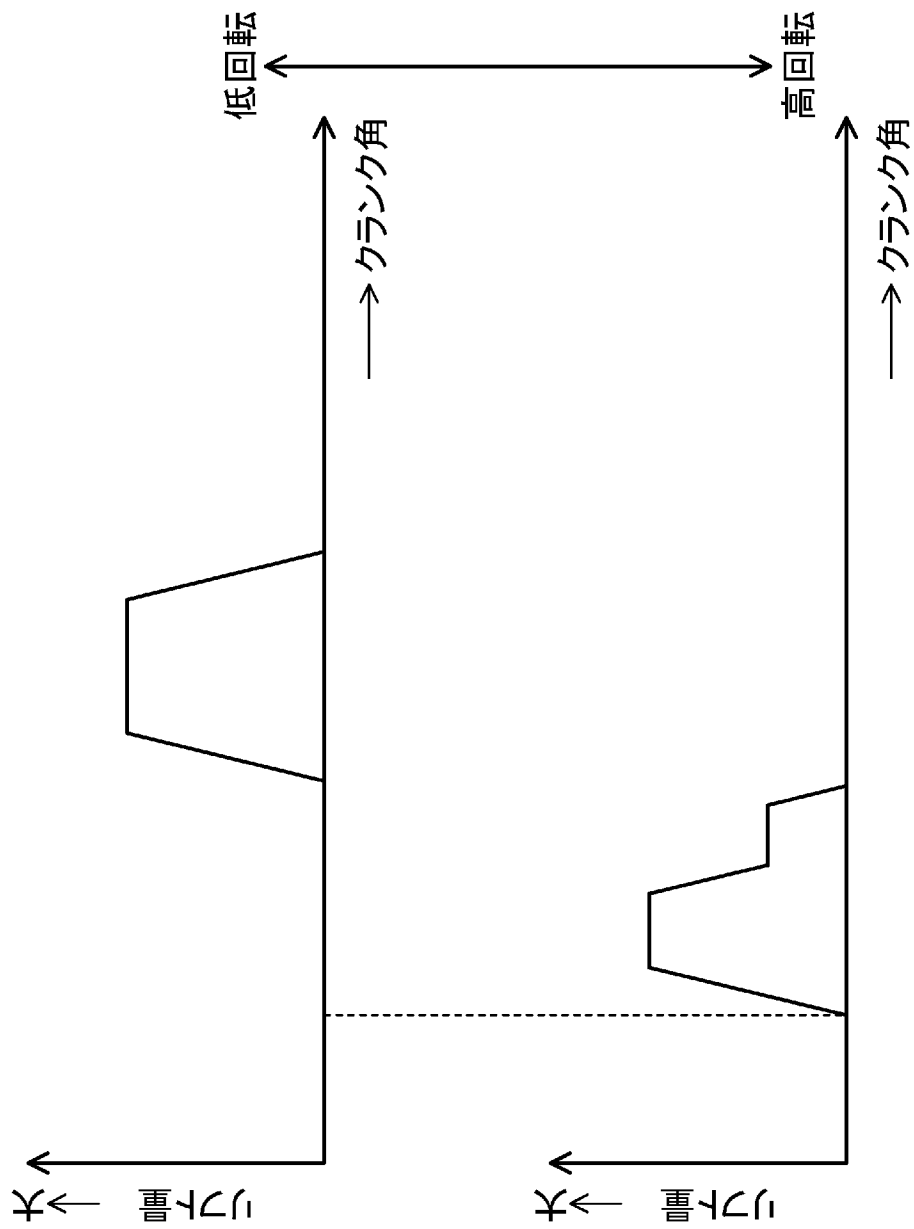
[図2]



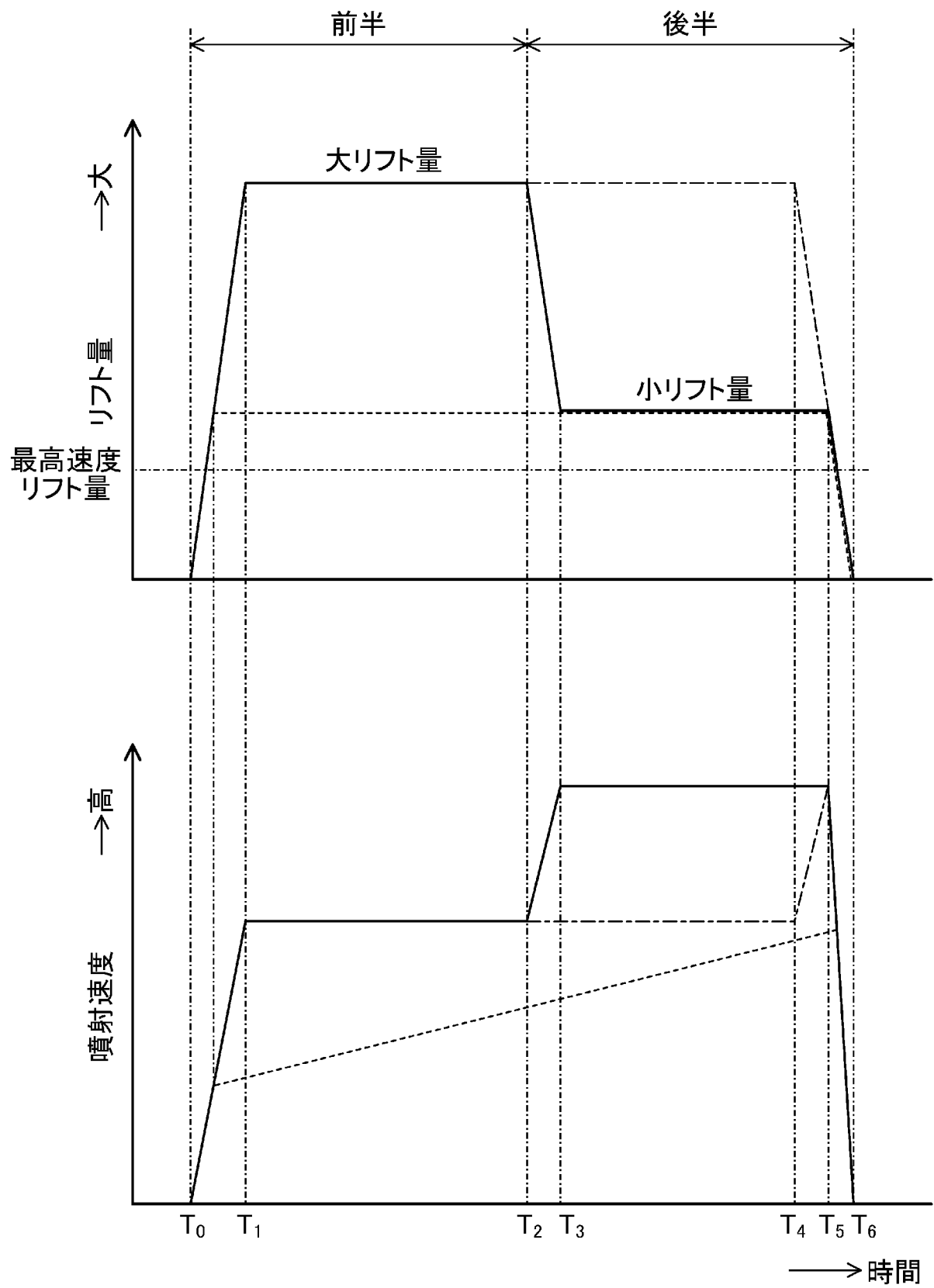
[図3]



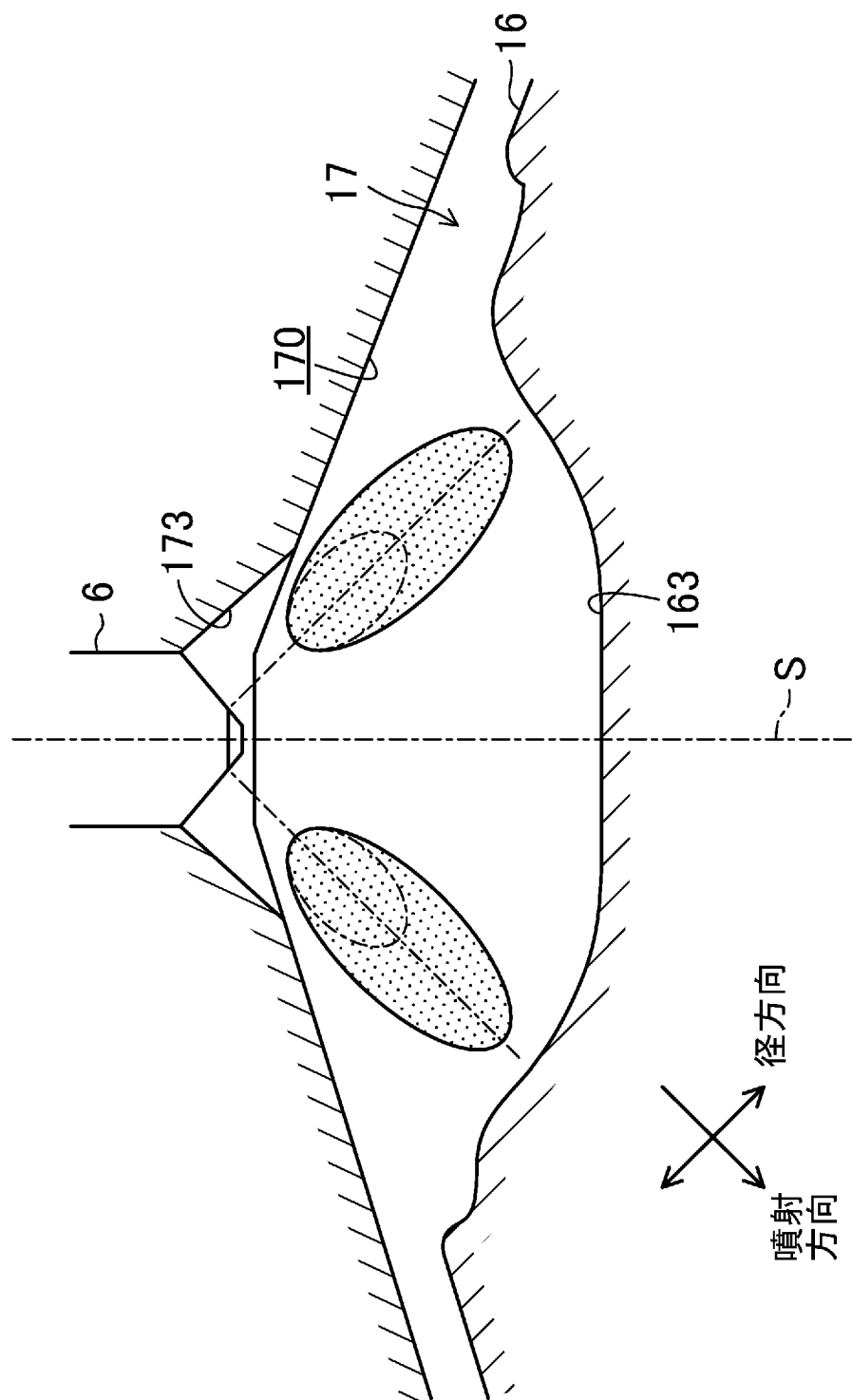
[図4]



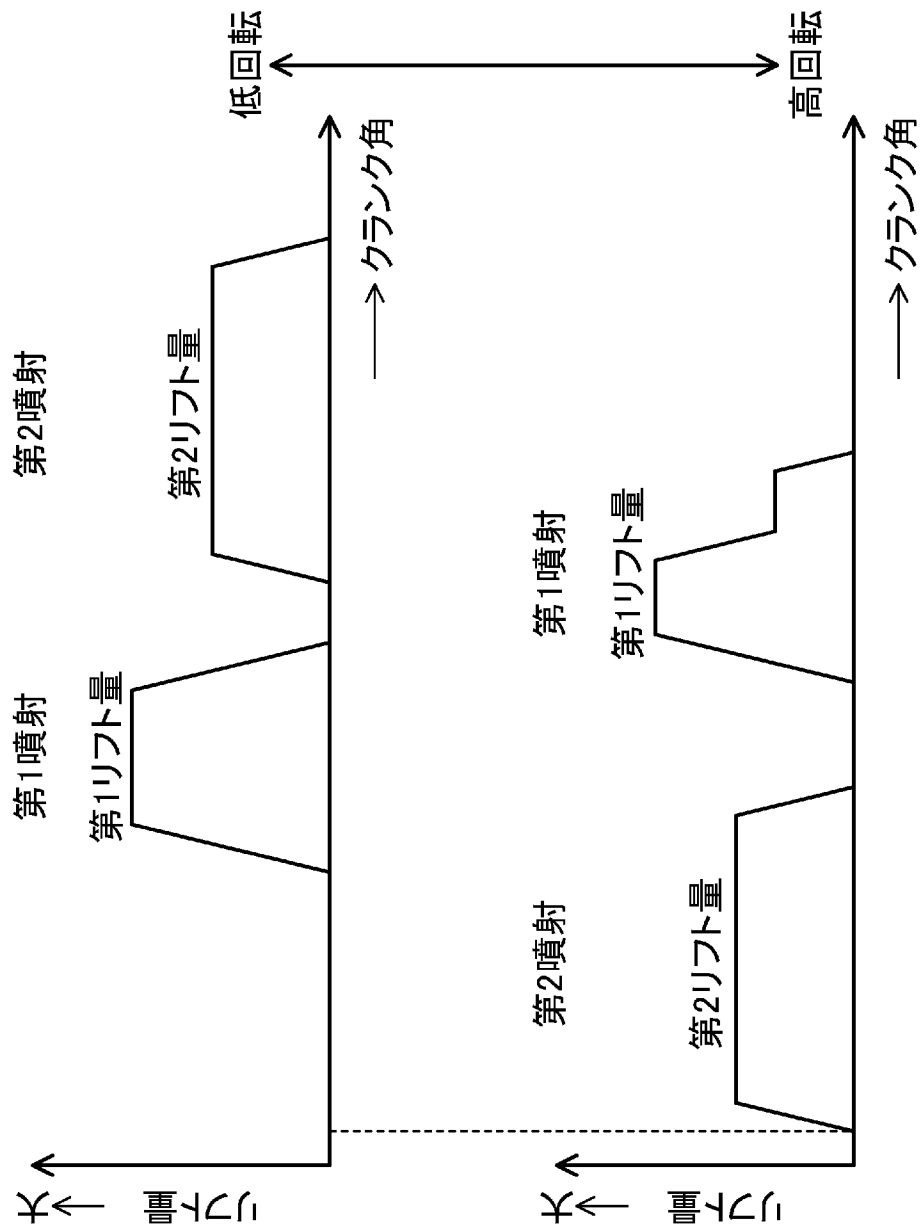
[図5]



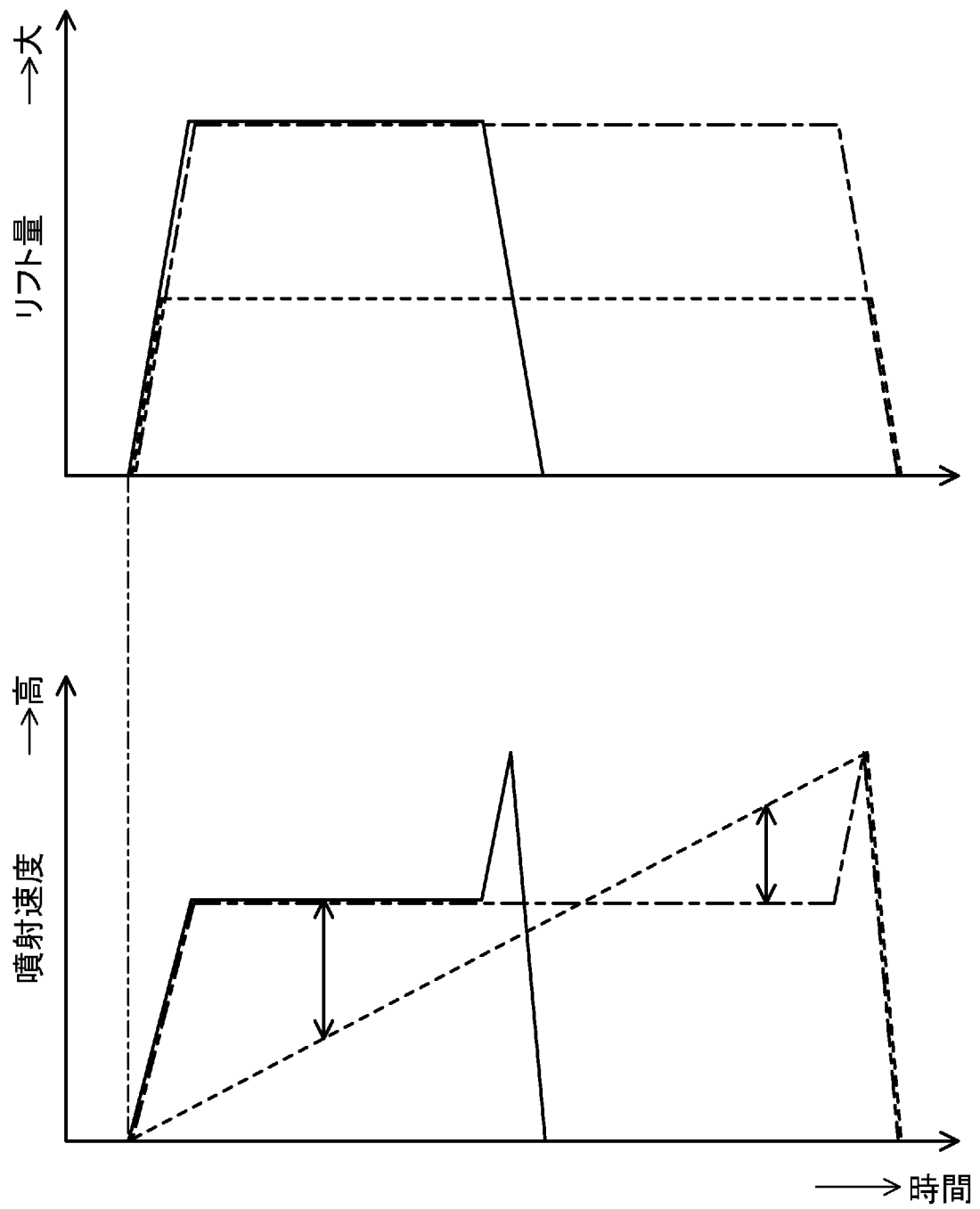
[図7]



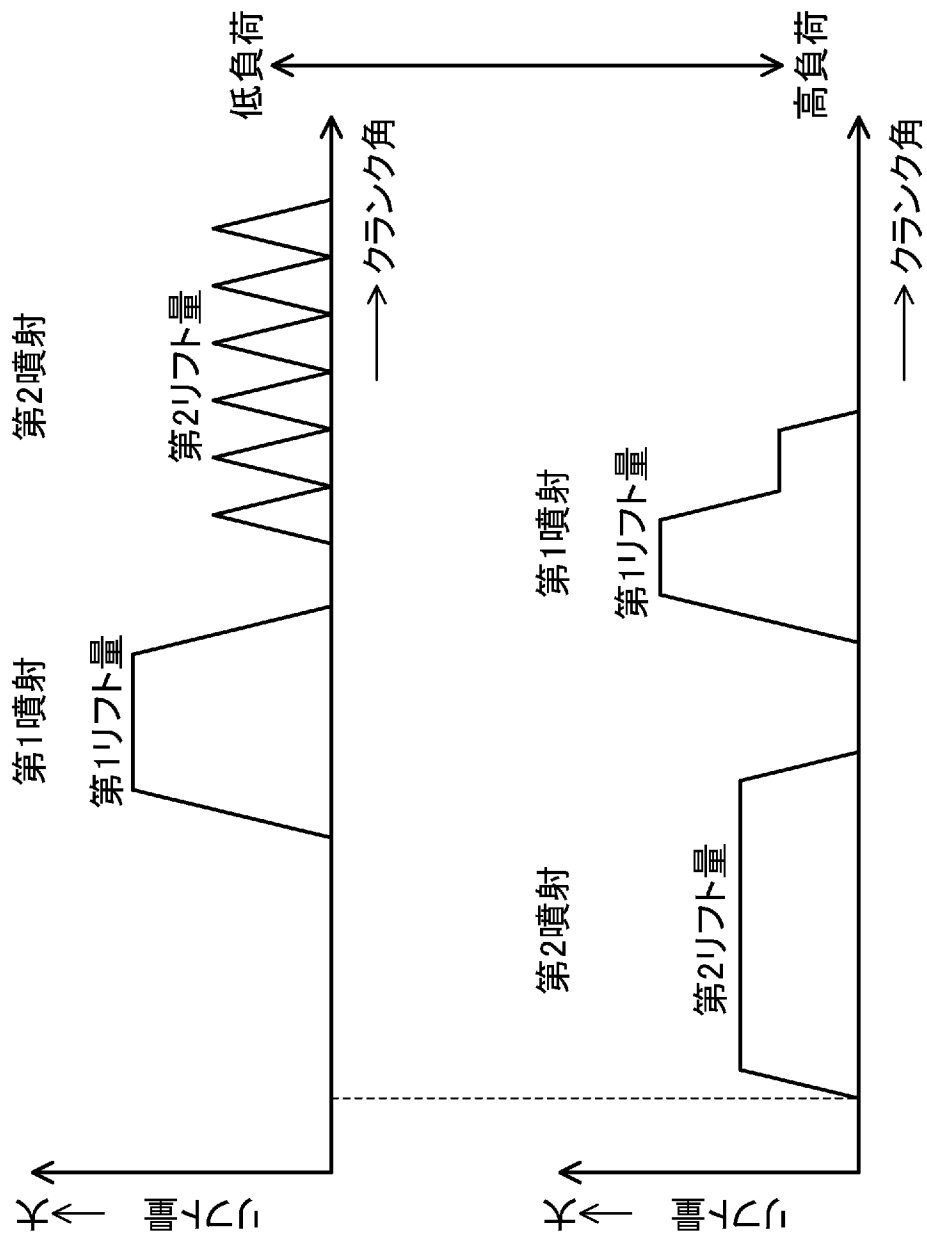
[図8]



[図9]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/001512

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D41/38(2006.01)i, F02D41/40(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)

F02D41/38, F02D41/40

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
X A	JP 2011-132849 A (Hitachi Automotive Systems, Ltd.), 07 July 2011 (07.07.2011), paragraphs [0011] to [0058]; fig. 1 to 23 & US 2011/0155105 A1 paragraphs [0056] to [0103]; fig. 1 to 23 & EP 2339163 A1	1 2-5
A	JP 11-270428 A (Zexel Corp.), 05 October 1999 (05.10.1999), fig. 3 (Family: none)	1-5
A	JP 59-58127 A (Nippondenso Co., Ltd.), 03 April 1984 (03.04.1984), fig. 2 (Family: none)	1-5

☒ 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
03 June 2016 (03.06.16)

Date of mailing of the international search report
14 June 2016 (14.06.16)

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/JP2016/001512

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-44494 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 12 February 2004 (12.02.2004), entire text; all drawings & US 2004/0194756 A1 entire text; all drawings & WO 2004/007946 A1 & EP 1522719 A1	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02D41/38(2006.01)i, F02D41/40(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（IPC））

Int.Cl. F02D41/38, F02D41/40

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
X A	JP 2011-132849 A（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2011.07.07, 段落[0011]-[0058], 図1-23 & US 2011/0155105 A1, 段落[0056]-[0103], 図1-23 & EP 2339163 A1	1 2-5
A	JP 11-270428 A（株式会社ゼクセル）1999.10.05, 図3（ファミリーなし）	1-5
A	JP 59-58127 A（日本電装株式会社）1984.04.03, 第2図（ファミリーなし）	1-5

☒ 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

03.06.2016

国際調査報告の発送日

14.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

山村 和人

3Z

3221

電話番号 03-3581-1101 内線 3395

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
A	JP 2004-44494 A (株式会社豊田中央研究所) 2004. 02. 12, 全文, 全図 & US 2004/0194756 A1, 全文, 全図 & WO 2004/007946 A1 & EP 1522719 A1	1-5