

(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
2018年5月31日(31.05.2018)



(10) 国際公開番号

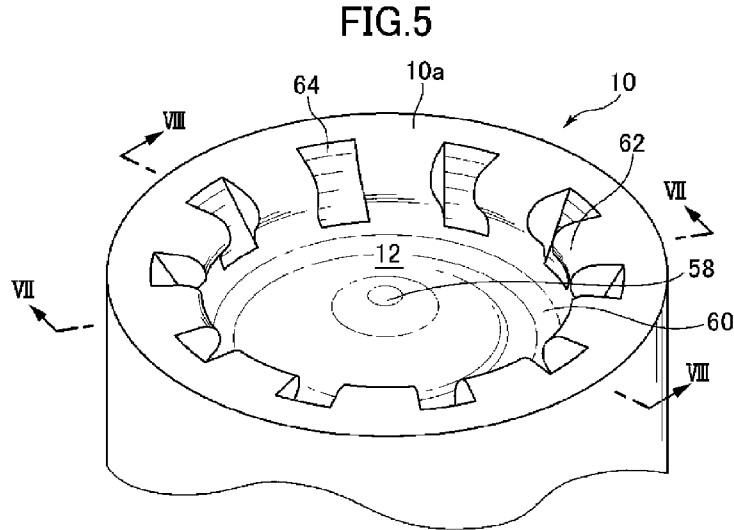
WO 2018/096592 A1

- (51) 国際特許分類:
F02B 23/06 (2006.01) *F02F 3/26* (2006.01)
F02B 23/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/084628
- (22) 国際出願日: 2016年11月22日(22.11.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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: 神崎 淳(KANZAKI Jun); 〒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). 片岡 一司(KATAOKA

Motoshi); 〒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). 金尚奎(KIM Sangyu); 〒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). 飯田 晋也(IIDA Shinya); 〒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). 岡田 晋太郎(OKADA Shintaro); 〒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). 原田 朋礼(HARADA Tomonori); 〒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). 難波 駿(NANBA Shun); 〒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).

(54) Title: DIESEL ENGINE

(54) 発明の名称: ディーゼルエンジン



(57) Abstract: Provided is a diesel engine capable of both reducing cooling loss and improving mixing properties between a fuel spray mist and air by increasing the flowability of air inside a cavity without increasing the penetration of the fuel spray mist. A crown surface (10a) of a piston (10) of this diesel engine (1) has formed therein a cavity (12) that is recessed toward the opposite side from a cylinder head (6), and that is circular in a planar view. A wall surface forming the cavity has a lip part (62) that is formed at the circumferential edge of the cavity and that protrudes toward the inner side in the radial direction of the piston. The lip part has formed therein a plurality of cut-out parts (64) recessed from the circumferential edge of the cavity toward the outer side in the radial direction of the piston. A fuel injection valve (34) is arranged at the center of the cylinder head, and has formed therein a plurality of injection holes (56) each oriented toward the inside of the cavity so as to spray a fuel into the cavity radially in a planar view. The cut-out parts are each arranged

(74) 代理人: 西島 孝喜, 外 (NISHIJIMA Takaki et al.); 〒1008355 東京都千代田区丸の内 3 丁目 3 番 1 号 新東京ビル 中村合同特許法律事務所 Tokyo (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, 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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

between the respective orientation directions of the injection holes.

(57) 要約: 燃料噴霧のペネトレーションを強めることなくキャビティ内の空気の流動性を高めることにより、冷却損失の低減と、燃料噴霧と空気の混合性向上とを両立することが可能なディーゼルエンジンを提供する。ディーゼルエンジン(1)のピストン(10)の冠面(10a)には、シリンダヘッド(6)とは反対側に凹んだ平面視円形のキャビティ(12)が形成され、キャビティを形成する壁面は、キャビティの周縁に形成され且つピストンの径方向内側に突出したリップ部(62)を有し、リップ部には、キャビティの周縁からピストンの径方向外側に凹んだ複数の切欠き部(64)が形成され、燃料噴射弁(34)は、シリンダヘッドの中央に配置され、キャビティ内に平面視で放射状に燃料を噴霧するようにキャビティ内を指向する複数の噴孔(56)が形成され、切欠き部は、複数の噴孔の各指向方向の間に配置されている。

明 細 書

発明の名称：ディーゼルエンジン

技術分野

[0001] 本発明は、ディーゼルエンジンに係わり、特に、シリンダの一端を覆うシリンダヘッドと、シリンダヘッドに対向する冠面を備えシリンダ内を往復動するピストンと、シリンダヘッドに取り付けられた燃料噴射弁とを有するディーゼルエンジンに関する。

背景技術

[0002] ディーゼルエンジン、特に、乗用車等に用いられる比較的小型のディーゼルエンジンにおいては、ピストンの冠面にリエントラント型のキャビティ、つまり、中央部が隆起するとともに開口部が上窄まり状に絞られたキャビティが形成することが知られている（例えば下記特許文献1参照）。

[0003] リエントラント型のキャビティをピストンに形成し特許文献1のようなディーゼルエンジンでは、例えばエンジンの中負荷域または高負荷域において燃料噴射弁が比較的多量の燃料を噴射したときに、キャビティの周縁部に到達した燃料噴霧がキャビティの壁面に沿って反転する（即ちピストンの径方向中心側に向けて方向転換する）ような流れが起き、これによって燃料噴霧と空気との混合が促進される。これにより、燃料がリッチな領域において局所燃焼による高温と酸素不足に起因して発生するNO_xやスート（煤）の発生量を低減することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-232288号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のような中・高負荷域での燃料噴霧と空気の混合の促進効果をより高めるには、燃料噴射弁から噴射される燃料のペネトレーション（貫徹力）を

強めることが考えられる。噴霧のペネトレーションが強いと、燃料噴射弁から十分に離れた位置でも噴霧の速度が高速に保たれるので、燃焼室内でより広範囲に噴霧を行き渡らせることが可能だからである。

[0006] しかしながら、低負荷域では燃料噴射量が少ないので、燃料噴霧がキャビティの壁面に沿って反転するような流れはほとんど起きない。この場合、燃焼ガスはキャビティの周縁部近傍からあまり移動せずにキャビティの壁面に接触する。したがって、中・高負荷域での燃料噴霧と空気の混合性向上のために噴霧のペネトレーションを強くし過ぎると、低負荷域において燃焼ガスがキャビティの壁面に接触する面積が大きくなり、冷却損失が増大するので、エンジンの燃費性能が低下する。

[0007] したがって、冷却損失の低減と、燃料噴霧と空気の混合性向上とを両立するためには、燃料噴霧のペネトレーションを強めることなくキャビティ内の空気の流動性を高めることが求められる。

[0008] 本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、燃料噴霧のペネトレーションを強めることなくキャビティ内の空気の流動性を高めることにより、冷却損失の低減と、燃料噴霧と空気の混合性向上とを両立することが可能なディーゼルエンジンを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記の目的を達成するために、本発明によるディーゼルエンジンは、シリンダの一端を覆うシリンダヘッドと、シリンダヘッドに対向する冠面を備えシリンダ内を往復動するピストンと、シリンダヘッドに取り付けられた燃料噴射弁とを有するディーゼルエンジンであって、ピストンの冠面には、シリンダヘッドとは反対側に凹んだ平面視円形のキャビティが形成され、キャビティを形成する壁面は、キャビティの周縁に形成され且つピストンの径方向内側に突出したリップ部を有し、リップ部には、キャビティの周縁からピストンの径方向外側に凹んだ複数の切欠き部が形成され、燃料噴射弁は、シリンダヘッドの中央に配置され、キャビティ内に平面視で放射状に燃料を噴霧するようにキャビティ内を指向する複数の噴孔が形成され、切欠き部は、複

数の噴孔の各指向方向の間に配置されている、ことを特徴とする。

このように構成された本発明においては、ピストン冠面のキャビティの周縁に形成され且つピストンの径方向内側に突出したリップ部に、ピストンの径方向外側に凹んだ複数の切欠き部が形成されているので、ピストン冠面の上方においてキャビティよりもピストンの径方向外側を流れる空気が切欠き部からキャビティ内へ流入し、キャビティの壁面に沿ってピストンの径方向内側へ進む空気流動が発生する。これにより、キャビティ内における空気の流動性を高めることができる。また、切欠き部は燃料噴射弁の噴孔の各指向方向の間に配置されているので、キャビティ内に平面視で放射状に噴霧され、リップ部に沿ってピストンの径方向内側に反転する燃料の流れと、切欠き部からキャビティ内へ流入したピストンの径方向の速度成分を持つ空気流動とを合流させ、キャビティ内における燃料と空気との混合を促進することができる。このように、燃料噴霧のペネトレーションを強めることなくキャビティ内における空気の流動性を高めることができ、冷却損失の低減と、燃料噴霧と空気の混合性向上とを両立することができる。

[0010] また、本発明において、好ましくは、噴孔は、ピストンの径方向におけるリップ部の先端よりもシリンダヘッドとは反対側を指向する。

このように構成された本発明においては、燃料噴射弁から噴射された燃料は、リップ部の先端よりもシリンダヘッドとは反対側においてキャビティの壁面に沿ってピストンの径方向内側に反転し、ピストンの中心側に向けて流れるので、その燃料の流れと同じ方向に、切欠き部からキャビティ内へ流入したピストンの径方向の速度成分を持つ空気流動を発生させることができ、これにより、キャビティ内における燃料と空気との混合を一層促進することができる。

[0011] また、本発明において、好ましくは、シリンダヘッドには、シリンダ内にスワール流を生成するように吸気ポートが形成されている。

このように構成された本発明においては、ピストン冠面の上方においてキャビティよりもピストンの径方向外側を流れるスワール流が切欠き部からキ

ャビティ内へ流入し、キャビティの壁面に沿ってピストンの径方向内側へ進む空気流動が発生する。このように、スワール流によるシリンダの中心軸線まわりに流れる横渦に加えて、ピストンの径方向の速度成分を持つ空気流動を発生させることにより、燃料噴霧のペネトレーションを強めることなくキャビティ内における空気の流動性を一層高めることができ、冷却損失の低減と、燃料噴霧と空気の混合性向上とを両立することができる。

[0012] また、本発明において、好ましくは、キャビティを形成する壁面は、キャビティの中心側ほど燃料噴射弁に近づくように隆起した中央隆起部を有する。

このように構成された本発明においては、キャビティの壁面に沿ってピストンの径方向内側に反転し、中央隆起部に沿ってピストンの径方向内側へ進む燃料の流れと、切欠き部からキャビティ内へ流入し中央隆起部に沿ってピストンの径方向内側へ進む空気流動とを合流させ、キャビティ内における燃料と空気との混合を一層促進することができる。

発明の効果

[0013] 本発明のディーゼルエンジンによれば、燃料噴霧のペネトレーションを強めることなくキャビティ内の空気の流動性を高めることにより、冷却損失の低減と、燃料噴霧と空気の混合性向上とを両立することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の実施形態によるディーゼルエンジンの構成を示す概略図である。

[図2]本発明の実施形態によるディーゼルエンジンにおける吸気ポート及び排気ポートの配置を概略的に示す平面図である。

[図3]本発明の実施形態による燃料噴射弁の先端部の部分断面図である。

[図4]本発明の実施形態によるディーゼルエンジンの運転状態に応じて異なるように設定された燃料の噴射形態の一例を示す図である。

[図5]本発明の実施形態によるピストンの斜視図である。

[図6]本発明の実施形態によるピストンの平面図である。

[図7]図5中のVII-VIIに沿って見た、本発明の実施形態によるピストン及びシリンダヘッドなどの部分断面図である。

[図8]図6中のVIII-VIIIに沿って見た、本発明の実施形態によるピストン及びシリンダヘッドなどの部分断面図である。

[図9]本発明の実施形態による燃焼室内の空気流動を概念的に示す斜視図である。

[図10]本発明の実施形態による燃焼室内の燃料噴霧と空気の流動を概念的に示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態によるディーゼルエンジンを説明する。

[0016] まず、図1乃至図4を参照して、本発明の実施形態によるディーゼルエンジンの構成を説明する。

図1は、本発明の実施形態によるディーゼルエンジンの構成を示す概略図であり、図2は、本発明の実施形態によるディーゼルエンジンにおける吸気ポート及び排気ポートの配置を概略的に示す平面図であり、図3は、本発明の実施形態による燃料噴射弁の先端部の部分断面図であり、図4は、本発明の実施形態によるディーゼルエンジンの運転状態に応じて異なるように設定された燃料の噴射形態の一例を示す図である。

[0017] 図1において、符号1は本発明の実施形態によるディーゼルエンジンを示し、ディーゼルエンジン1は、気筒2（シリンダ）が設けられたシリンダブロック4と、このシリンダブロック4上に配設されたシリンダヘッド6と、シリンダブロック4の下側に配設され、潤滑油が貯溜されたオイルパン8とを有している。気筒2内には、ピストン10が往復動可能に嵌挿されていて、シリンダヘッド6に対向するピストン10の冠面10aには、シリンダヘッド6と反対側に凹んだキャビティ12が形成されている。ピストン10は、コンロッド14を介してクランク軸16と連結されている。

[0018] シリンダヘッド6には、第1及び第2の吸気ポート18、20並びに第1

及び第2の排気ポート22、24が形成されている。これら第1及び第2の吸気ポート18、20は、シリンダヘッド6のピストン10側の面（下面）と、シリンダヘッド6の一方の側面（吸気側の側面）とに開口し、第1及び第2の排気ポート22、24は、シリンダヘッド6のピストン10側の面と、シリンダヘッド6の他方の側面（排気側の側面）とに開口している。

[0019] また、シリンダヘッド6には、第1及び第2の吸気ポート18、20のピストン側開口18a、20aをそれぞれ開閉する第1及び第2の吸気弁26、28と、第1及び第2の排気ポート22、24のピストン側開口22a、24aをそれぞれ開閉する第1及び第2の排気弁30、32とが配設されている。

[0020] さらに、シリンダヘッド6には、燃料を噴射する燃料噴射弁34と、ディーゼルエンジン1の冷間時に吸入空気を暖めて燃料の着火性を高めるためのグロープラグ36とが設けられている。燃料噴射弁34は、ピストン10側の端部がキャビティ12の中心部を臨むような姿勢で取り付けられている。なお、燃料噴射弁34は、燃料供給管38を介して図外のコモンレールに連結されていて、燃料供給管38及びコモンレールを介して図外の燃料タンクから燃料が供給される。余剰燃料は、リターン管40を通じて燃料タンクへ戻される。

[0021] シリンダヘッド6の吸気側の側面には、第1及び第2の吸気ポート18、20に連通するように吸気通路42が接続されている。この吸気通路42の上流端部には、吸入空気を濾過する図外のエアクリーナが配設されており、このエアクリーナで濾過した吸入空気が吸気通路42及び吸気ポート18、20を介して気筒2内に供給される。吸気通路42における下流端近傍には、サージタンク44が配設されている。このサージタンク44よりも下流側の吸気通路42は、第1及び第2の吸気ポート18、20にそれぞれ対応して分岐する独立通路42a、42bとされ、これら各独立通路42a、42bの下流端が気筒2の吸気ポート18、20にそれぞれ接続されている。

[0022] シリンダヘッド6の排気側の側面には、気筒2内から既燃ガス（排気ガス

)を排出するための排気通路46が接続されている。この排気通路46の上流側の部分は、第1及び第2の排気ポート22、24にそれぞれ対応して分岐する独立通路46a、46bとされ、これら各独立通路46a、46bの上流端が排気ポート22、24にそれぞれ接続されている。

[0023] 図2に示すように、第1及び第2の吸気ポート18、20のピストン側開口18a、20a並びに第1及び第2の排気ポート22、24のピストン側開口22a、24aは、気筒2の中心軸線方向のシリンダヘッド6側(上側)から見て、時計回りに、第2の吸気ポート20のピストン側開口20a、第1の吸気ポート18のピストン側開口18a、第2の排気ポート24のピストン側開口24a、第1の排気ポート22のピストン側開口22aの順に配置されている。

[0024] 気筒2内には、吸気行程において上側から見て時計回りの吸気スワール流S(気筒2の中心軸線まわりに流れる横渦)が生成される。本実施形態において、第1の吸気ポート18は、ピストン側開口18aから気筒2内に流入する吸気の流れを気筒2の周方向(第1の吸気ポート18のピストン側開口18aの近傍を流れる吸気スワール流Sの進行方向)に指向させるいわゆるタンジェンシャルポートとして形成されている。また、第2の吸気ポート20は、ピストン側開口20aから気筒2内に吸気を螺旋状に流入させるいわゆるヘリカルポートとして形成されている。これらの第1及び第2の吸気ポート18、20により、気筒2内の吸気スワール流Sが強化される。

[0025] 図3に示すように、燃料噴射弁34は、コモンレールから燃料が導入される燃料流路48が内部に形成された筒状のバルブボディ50と、バルブボディ50の燃料流路48内に進退可能に配設されたニードル弁52とを有している。バルブボディ50は半球状の先端部50aを有しており、この先端部50aに対応する燃料流路48の終端は半球状の副室48aとされている。さらに、副室48aの周囲のバルブボディ50の内面には、ニードル弁52の前進時にその先端部が着座されるシート部54が形成されている。

[0026] バルブボディ50の先端部50aには複数の噴孔56が設けられている。

各噴孔56は先端部50aを貫通するように設けられ、バルブボディ50の先端部50aの表面と副室48aとを連通している。なお、本実施形態では、合計10個の噴孔56が先端部50aに設けられており、各噴孔56は周方向にほぼ等間隔に並ぶように配設されている。このような噴孔56を通過することにより、燃料は平面視で放射状に噴射される。

[0027] バルブボディ50には、図外のソレノイドが設けられており、このソレノイドの吸引力によってニードル弁52が進退駆動される。ニードル弁52が前進駆動されてシート部54に着座すると、副室48aへの燃料の導入が遮断され、各噴孔56からの燃料の噴射が停止される。一方、その状態からニードル弁52が後退駆動されると（図3はこの状態を図示）、副室48aに燃料が導入されて、各噴孔56からの燃料の噴射が開始される。ニードル弁52を後退駆動する時間を制御することにより、燃料の噴射量を調節することができる。

[0028] 燃料噴射弁34は、気筒2と同軸に取り付けられている。即ち、バルブボディ50の先端部50aの中心を通過して上下方向に延びる直線を燃料噴射弁34の中心軸線とすると、この中心軸線が気筒2の中心軸線と一致するような姿勢で燃料噴射弁34が取り付けられている。

[0029] 図4に示すように、本実施形態のディーゼルエンジン1では、例えばエンジンの負荷が極めて低い運転領域A1において、3回のプレ噴射 Q_p1 と1回のメイン噴射 Q_m1 とに分けて燃料噴射弁34から燃料が噴射される。メイン噴射 Q_m1 では、圧縮上死点（圧縮行程終了時の上死点）付近で燃料噴射が開始され、その噴射量は1～5 mm^3 程度に設定される。プレ噴射 Q_p1 では、メイン噴射 Q_m1 よりも少ない量の燃料が圧縮上死点よりも前に噴射される。

[0030] 一方、運転領域A1よりも負荷が高く加速時に多用される中負荷の運転領域A2では、2回のプレ噴射 Q_p2 と、1回のメイン噴射 Q_m2 と、さらに1回のアフター噴射 Q_a2 とに分けて燃料噴射弁34から燃料が噴射される。メイン噴射 Q_m2 では、圧縮上死点付近で燃料噴射が開始され、その噴射

量は10～30mm³程度に設定される。プレ噴射Q_{p2}では、メイン噴射Q_{m2}よりも少ない量の燃料が圧縮上死点よりも前に噴射される。アフター噴射Q_{a2}では、メイン噴射Q_{m2}よりも少ない量の燃料が、メイン噴射Q_{m2}が終了した後（膨張行程の途中）で噴射される。

[0031] なお、図示されていないA1、A2以外の運転領域での燃料噴射の形態（噴射回数、噴射タイミング、噴射量）としては種々のパターンが採用され得るが、総じていえば、メイン噴射（圧縮上死点付近で開始される燃料噴射）の噴射量は負荷が高くなるほど増大される傾向にある。このため、例えば運転領域A2よりもさらに高負荷側では、メイン噴射の噴射量が運転領域A2の場合（10～30mm³）よりもさらに増やされることになる。

[0032] 以上のような各運転領域での燃料噴射の形態は、図外のPCM（Powertrain Control Module）の制御によって実現される。即ち、PCMは、エアフローセンサ、エンジン回転速度センサ、アクセル開度センサ等（何れも不図示）の各種センサから入力された信号によりエンジンの運転状態を逐次判断し、運転状態ごとに予め設定された目標の噴射形態に適合するように燃料噴射弁34を制御する。

[0033] 次に、図5乃至図8を参照して、本発明の実施形態によるピストン10の形状を説明する。

図5は、本発明の実施形態によるピストン10の斜視図であり、図6は、図5に示したピストン10の平面図であり、図7は、図5中のVII-VIIに沿って見たピストン10及びシリンダヘッド6などの部分断面図であり、図8は、図5中のVIII-VIIIに沿って見たピストン10及びシリンダヘッド6などの部分断面図である。

なお、図7及び図8では、上死点まで上昇したときのピストン10を示すとともに、図6及び図7では、燃料噴射弁34の噴孔56から噴射された燃料の噴霧を符号Fとして示している。これらの図から理解されるように、キャビティ12は、少なくともピストン10が上死点にあるときに燃料噴射弁34から噴射された燃料（噴霧F）を受け入れ可能な形状および大きさに形

成されている。

[0034] 図5乃至図7に示すように、キャビティ12は、いわゆるリエントラント型のキャビティとされている。即ち、キャビティ12を形成する壁面は、ほぼ山型の中央隆起部58と、中央隆起部58よりもピストン10の径方向外側に形成された平面視円形の周辺凹部60と、周辺凹部60とピストン10の冠面10aとの間（即ちキャビティ12の周縁）に形成された平面視円形のリップ部62とを有している。

[0035] 中央隆起部58は、キャビティ12の中心側ほど燃料噴射弁34に近づくように隆起しており、その隆起の頂部が燃料噴射弁34の先端部50aの直下方に位置するように形成されている。周辺凹部60は、中央隆起部58と連続し、断面視でピストン10の径方向外側に凹入する円弧状をなすように形成されている。リップ部62は、周辺凹部60と連続し、図7に示すように断面視でピストン10の径方向内側に凸となる円弧状をなすように形成されている。燃料噴射弁34の各噴孔56は、リップ部62と周辺凹部60との接続部付近を指向している。

[0036] 図5、図6及び図8に示すように、リップ部62には、キャビティ12の周縁からピストン10の径方向外側に凹んだ複数の切欠き部64が形成されている。各切欠き部64は、燃料噴射弁34の噴孔56の各指向方向の間に配置される。上述したように、本実施形態では、合計10個の噴孔56が周方向にほぼ等間隔に並ぶように配設されており、燃料は平面視で放射状に噴射される。したがって図6に示すように、本実施形態では、合計10個の切欠き部64が、燃料噴射弁34の噴孔56の各指向方向の間に周方向にほぼ等間隔に並ぶように配置されている。

[0037] 図6に示すように、切欠き部64は、平面視でピストン10の径方向内側に突出するリップ部62の先端からピストン10の径方向外側に凹んだほぼ矩形の凹形に形成されている。即ち、切欠き部64を形成する壁面は、平面視でピストン10の周方向に沿って延びる底面64aと、底面64aの両端からピストン10の径方向内側に延びる2つの側面64bとを有している。

平面視においてピストン10の中心と切欠き部64の底面64aの両端とを結ぶ直線が成す中心角 α （切欠き部64の幅に相当する）は、本実施形態では例えば 14° である。

また、図8に示すように、切欠き部64の底面64aは、断面視でキャビティ12の底面64aからピストン10の冠面10aに向かってピストン10の径方向外側に傾斜している。切欠き部64の底面64aとピストン10の軸線方向とが成す角（すり鉢角） θ は、本実施形態では例えば 30° である。切欠き部64の底面64aの周辺凹部60側の端部は、周辺凹部60の周縁と連続している。

[0038] 次に、図9及び図10を参照して、本発明の実施形態によるディーゼルエンジン1の作用を説明する。図9は、本発明の実施形態による燃焼室内の空気流動を概念的に示す斜視図であり、図10は、本発明の実施形態による燃焼室内の燃料噴霧と空気の流動を概念的に示す斜視図である。

[0039] 上述したように、気筒2内には、吸気行程において上側から見て時計回りの吸気スワール流Sが生成され、第1及び第2の吸気ポート18、20により、気筒2内の吸気スワール流Sが強化される。

[0040] 続く圧縮行程において、ピストン冠面10aの上方においてキャビティ12よりもピストン10の径方向外側を流れる吸気スワール流S（気筒2の中心軸線まわりに流れる横渦）は、図9に示すように、切欠き部64からキャビティ12の周辺凹部60へ落ち込み、中央隆起部58に沿ってピストン10の径方向内側へ進む。これにより、キャビティ12内には、吸気スワール流Sによる気筒2の中心軸線まわりに流れる横渦に加えて、ピストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動Vが発生する。本実施形態によれば、周辺凹部60に沿って流れる空気流動Vのピストン10の径方向の速度成分は、切欠き部64を有しない場合の約3倍に達する。

[0041] 圧縮行程が進み圧縮上死点付近で燃料噴射弁34により燃料噴射が行われると、噴孔56から噴射された燃料はリップ部62と周辺凹部60との接続部付近に到達する。

図4における運転領域A1のような低負荷域では、燃料噴射弁34からの燃料の噴射量が少ないので、燃料の噴霧Fはリップ部62と周辺凹部60との接続部付近に到達した時点でかなり減速している。したがって、噴霧Fがキャビティ12の壁面に沿って径方向内側に反転するような流れは、噴霧F自体の運動量によってはほとんど生じない。

しかしながら、吸気スワール流Sが切欠き部64からキャビティ12の周辺凹部60へ落ち込むことにより、キャビティ12内には、ピストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動Vが存在している。したがって、図10に示すように、リップ部62と周辺凹部60との接続部付近に到達した噴霧Fは空気流動Vと合流し、キャビティ12の壁面に沿って径方向内側に反転しながら空気と混合する。これにより、燃料の噴射量が少ない低負荷域においても燃料噴霧Fと空気との混合性を向上することができ、冷却損失を低減することができる。

[0042] また、図4における運転領域A2のような中負荷域、あるいはさらに高負荷側の領域では、燃料噴射弁34からの燃料の噴射量が多いので、噴霧Fは、キャビティ12の壁面に沿って径方向内側に反転し、キャビティ12の壁面に沿ってピストン10の中心側に向けて流れるとともに、その過程で空気と反応し、燃焼する。このとき、低負荷域における冷却損失低減のために燃料噴霧Fのペネトレーションを弱めていると、キャビティ12の中心側に向かう噴霧Fの流れが弱くなる。

しかしながら、吸気スワール流Sが切欠き部64からキャビティ12の周辺凹部60へ落ち込むことにより、キャビティ12内には、ピストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動Vが存在している。したがって、図10に示すように、リップ部62と周辺凹部60との接続部付近に到達した噴霧Fは、キャビティ12の壁面に沿って径方向内側に反転しながら空気流動Vと合流し、空気と混合する。これにより、中・高負荷域において燃料噴霧Fのペネトレーションを強めることなく燃料噴霧Fと空気との混合性を向上することができ、NO_xやスート（煤）の発生量を低減することができる。

[0043] 次に、本発明の実施形態のさらなる変形例を説明する。

上記した実施形態では、平面視においてピストン10の中心と切欠き部64の底面64aの両端とを結ぶ直線が成す中心角 α が例えば 14° であり、切欠き部64の底面64aとピストン10の軸線方向とが成す角（すり鉢角） θ が例えば 30° であると説明したが、切欠き部64をこれとは異なる寸法により形成してもよい。

[0044] また、上記した実施形態では、10個の噴口27を備えた燃料噴射弁34を示したが、本発明は、これとは異なる複数の噴口27を備えた燃料噴射弁34を有するエンジンにも適用可能である。

[0045] 次に、上述した本発明の実施形態及び本発明の実施形態の変形例によるディーゼルエンジン1の作用効果を説明する。

[0046] まず、ピストン10の冠面10aには、キャビティ12の周縁からピストン10の径方向外側に凹んだ切欠き部64が形成されているので、ピストン冠面10aの上方においてキャビティ12よりもピストン10の径方向外側を流れるスワール流Sが切欠き部64からキャビティ12内へ流入し、キャビティ12の壁面に沿ってピストン10の径方向内側へ進む空気流動が発生する。このように、スワール流Sによる気筒2の中心軸線まわりに流れる横渦に加えて、ピストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動を発生させることにより、燃料噴霧Fのペネトレーションを強めることなくキャビティ12内における空気の流動性を高めることができ、冷却損失の低減と、燃料噴霧Fと空気の混合性向上とを両立することができる。

[0047] 特に、ピストン10の冠面10aには、複数の切欠き部64が形成されているので、キャビティ12内のより広い範囲においてピストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動を発生させることができ、これにより、キャビティ12内における空気の流動性を一層高めることができる。

[0048] また、燃料噴射弁34には、キャビティ12内に平面視で放射状に燃料を噴霧するようにキャビティ12内を指向する複数の噴孔56が形成されているので、キャビティ12内に平面視で放射状に噴霧された燃料の流動を、ピ

ストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動により促進することができ、燃料噴霧Fのペネトレーションを強めることなく燃料噴霧Fと空気の混合性を一層向上することができる。

[0049] 特に、切欠き部64は、複数の噴孔56の各指向方向の間に配置されているので、キャビティ12内に平面視で放射状に噴霧され、キャビティ12の壁面に沿ってピストン10の径方向内側に反転する燃料の流れと、スワール流Sが切欠き部64からキャビティ12内に流入することにより発生したピストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動とを合流させ、キャビティ12内における燃料と空気との混合を促進することができ、これにより、燃料噴霧Fのペネトレーションを強めることなく燃料噴霧Fと空気の混合性を一層向上することができる。

[0050] また、ピストン冠面10aのキャビティ12の周縁に形成され且つピストン10の径方向内側に突出したリップ部62に、ピストン10の径方向外側に凹んだ複数の切欠き部64が形成されているので、ピストン冠面10aの上方においてキャビティ12よりもピストン10の径方向外側を流れる空気が切欠き部64からキャビティ12内へ流入し、キャビティ12の壁面に沿ってピストン10の径方向内側へ進む空気流動が発生する。これにより、キャビティ12内における空気の流動性を高めることができる。また、切欠き部64は燃料噴射弁34の噴孔56の各指向方向の間に配置されているので、キャビティ12内に平面視で放射状に噴霧され、リップ部62に沿ってピストン10の径方向内側に反転する燃料の流れと、切欠き部64からキャビティ12内へ流入したピストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動とを合流させ、キャビティ12内における燃料と空気との混合を促進することができる。このように、燃料噴霧Fのペネトレーションを強めることなくキャビティ12内における空気の流動性を高めることができ、冷却損失の低減と、燃料噴霧Fと空気の混合性向上とを両立することができる。

[0051] 特に、噴孔56は、ピストン10の径方向におけるリップ部62の先端よりもシリンダヘッド6とは反対側を指向するので、燃料噴射弁34から噴射

された燃料は、リップ部62の先端よりもシリンダヘッド6とは反対側においてキャビティ12の壁面に沿ってピストン10の径方向内側に反転し、ピストン10の中心側に向けて流れるので、その燃料の流れと同じ方向に、切欠き部64からキャビティ12内へ流入したピストン10の径方向の速度成分を持つ空気流動を発生させることができ、これにより、キャビティ12内における燃料と空気との混合を一層促進することができる。

[0052] また、キャビティ12を形成する壁面は、キャビティ12の中心側ほど燃料噴射弁34に近づくように隆起した中央隆起部58を有するので、キャビティ12の壁面に沿ってピストン10の径方向内側に反転し、中央隆起部58に沿ってピストン10の径方向内側へ進む燃料の流れと、切欠き部64からキャビティ12内へ流入し中央隆起部58に沿ってピストン10の径方向内側へ進む空気流動とを合流させ、キャビティ12内における燃料と空気との混合を一層促進することができる。

符号の説明

- [0053]
- 1 ディーゼルエンジン
 - 2 気筒
 - 6 シリンダヘッド
 - 10 ピストン
 - 10a 冠面
 - 12 キャビティ
 - 18 第1の吸気ポート
 - 20 第2の吸気ポート
 - 22 第1の排気ポート
 - 24 第2の排気ポート
 - 34 燃料噴射弁
 - 56 噴孔
 - 58 中央隆起部
 - 60 周辺凹部

6 2 リップ部

6 4 切欠き部

6 4 a 底面

6 4 b 側面

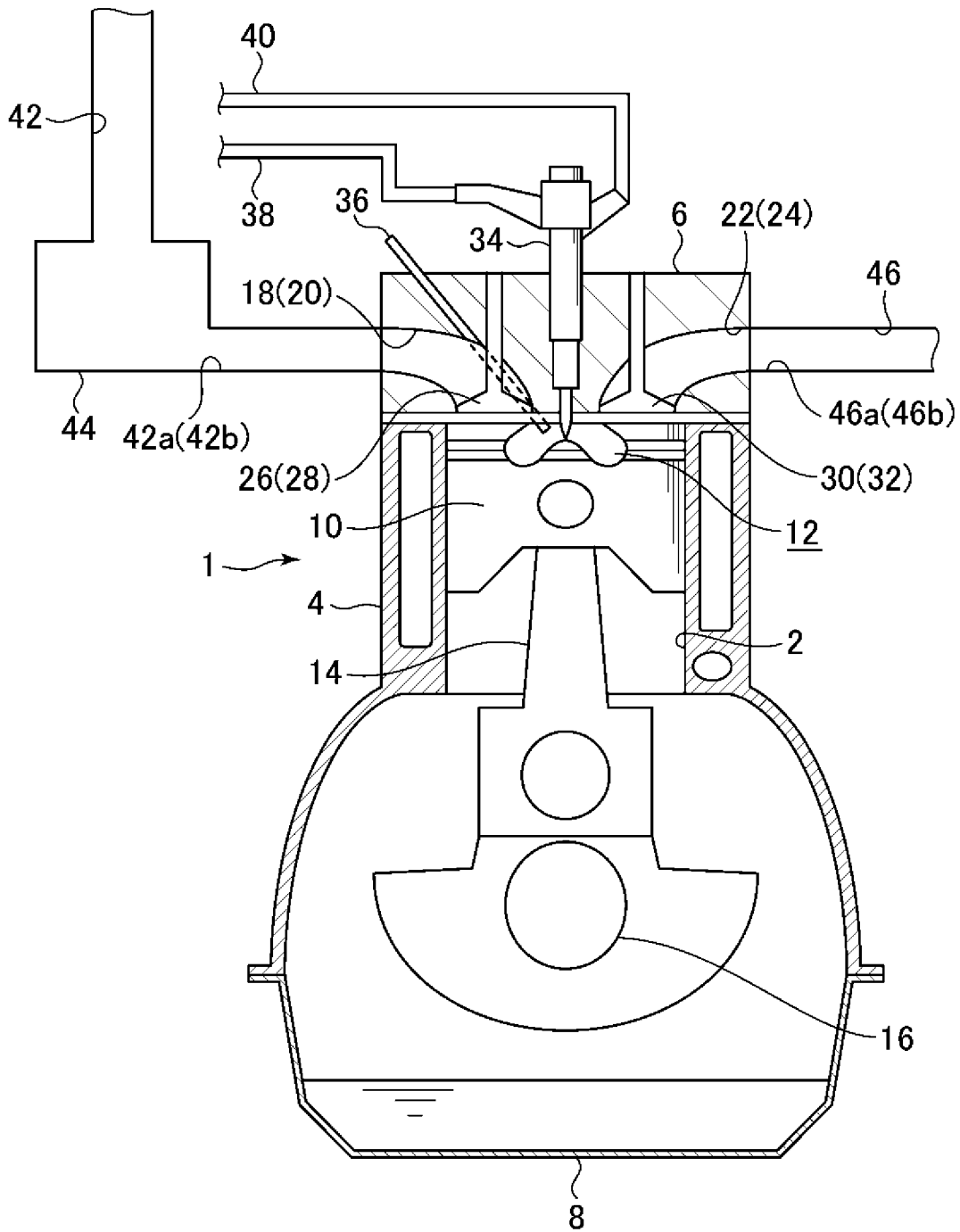
S スワール流

請求の範囲

- [請求項1] シリンダの一端を覆うシリンダヘッドと、前記シリンダヘッドに対向する冠面を備え前記シリンダ内を往復動するピストンと、前記シリンダヘッドに取り付けられた燃料噴射弁とを有するディーゼルエンジンであって、
- 前記ピストンの冠面には、前記シリンダヘッドとは反対側に凹んだ平面視円形のキャビティが形成され、
- 前記キャビティを形成する壁面は、当該キャビティの周縁に形成され且つ前記ピストンの径方向内側に突出したリップ部を有し、
- 前記リップ部には、前記キャビティの周縁から前記ピストンの径方向外側に凹んだ複数の切欠き部が形成され、
- 前記燃料噴射弁は、前記シリンダヘッドの中央に配置され、前記キャビティ内に平面視で放射状に燃料を噴霧するように当該キャビティ内を指向する複数の噴孔が形成され、
- 前記切欠き部は、前記複数の噴孔の各指向方向の間に配置されている、
- ことを特徴とするディーゼルエンジン。
- [請求項2] 前記噴孔は、前記ピストンの径方向における前記リップ部の先端よりも前記シリンダヘッドとは反対側を指向する、請求項1に記載のディーゼルエンジン。
- [請求項3] 前記シリンダヘッドには、前記シリンダ内にスワール流を生成するように吸気ポートが形成されている請求項1又は2に記載のディーゼルエンジン。
- [請求項4] 前記キャビティを形成する壁面は、当該キャビティの中心側ほど前記燃料噴射弁に近づくように隆起した中央隆起部を有する、請求項1乃至3の何れか1項に記載のディーゼルエンジン。

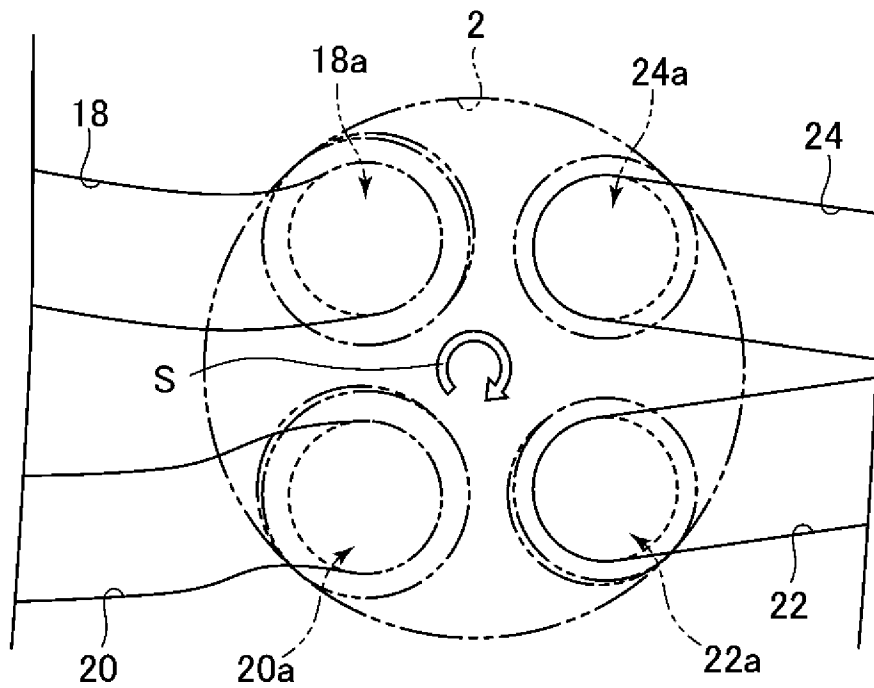
[図1]

FIG.1



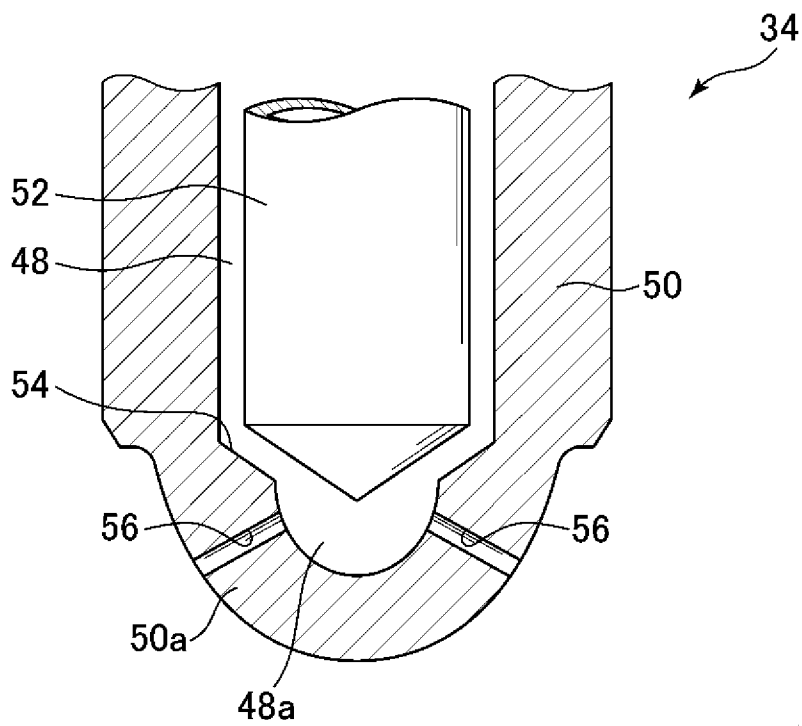
[図2]

FIG.2



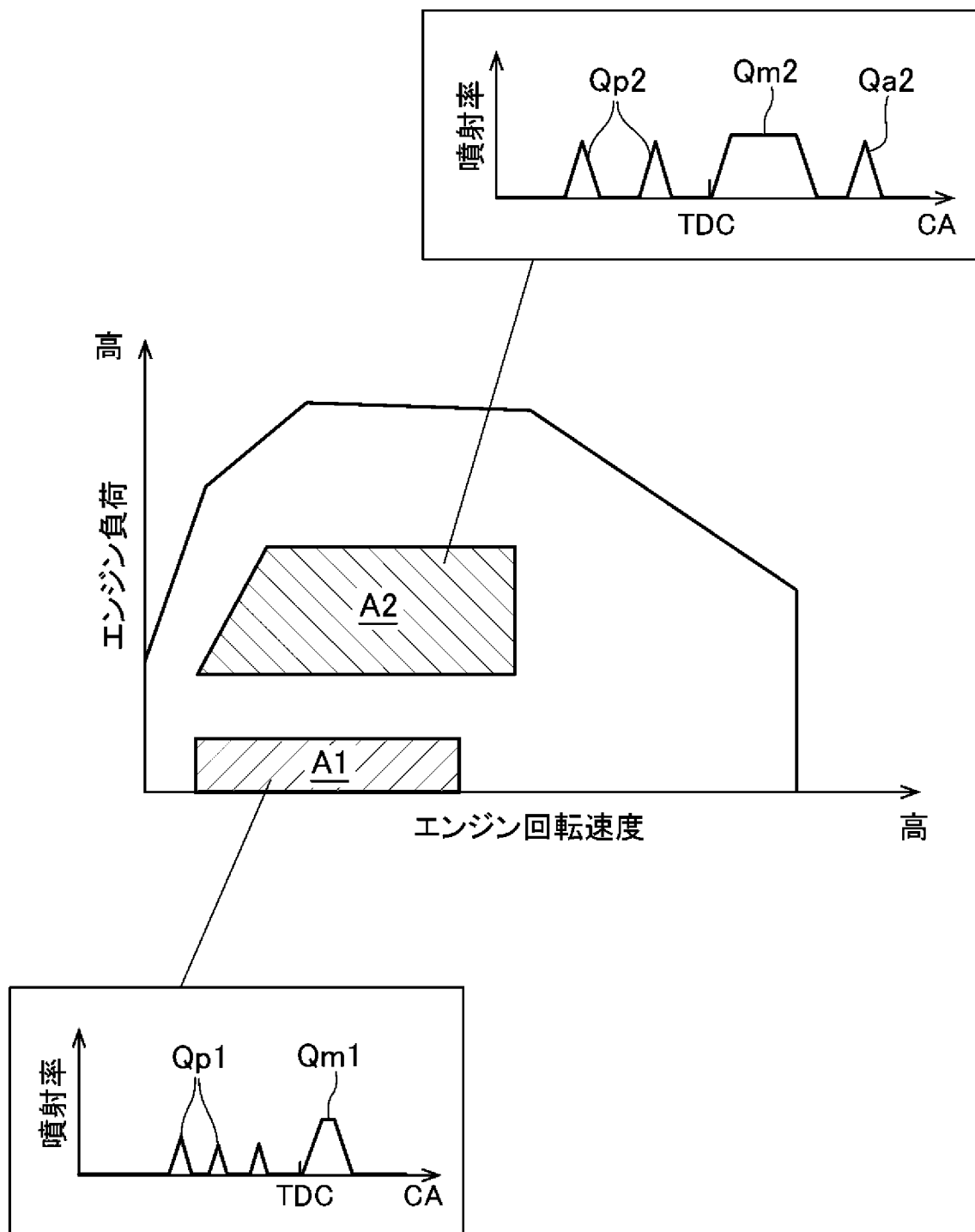
[図3]

FIG.3



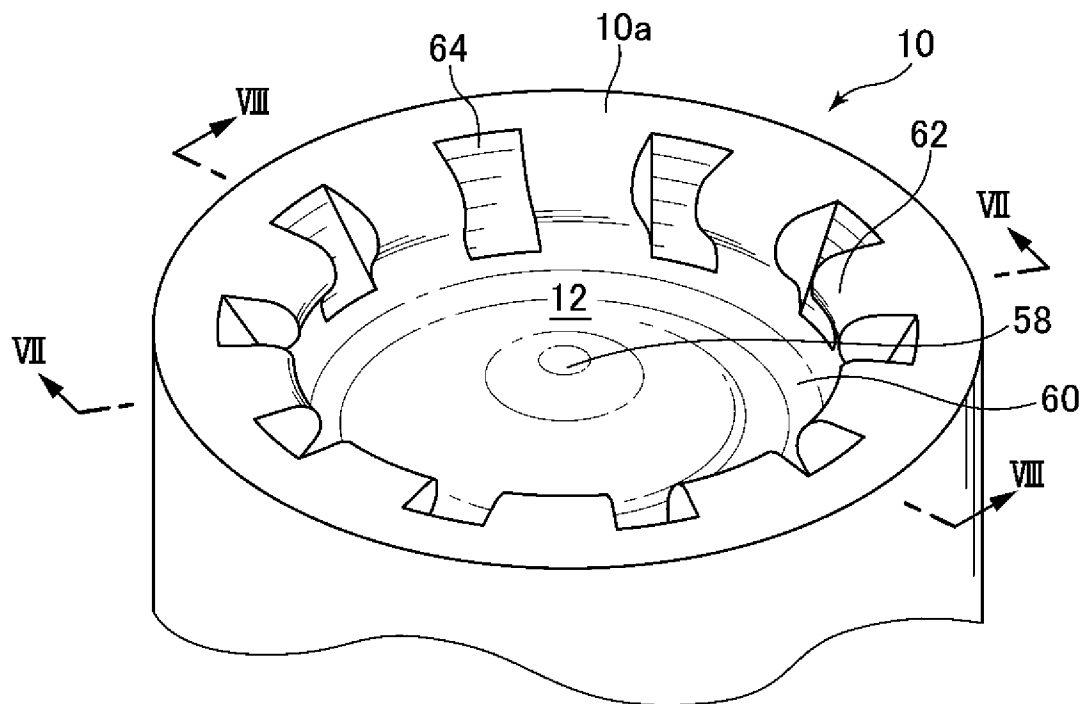
[図4]

FIG.4



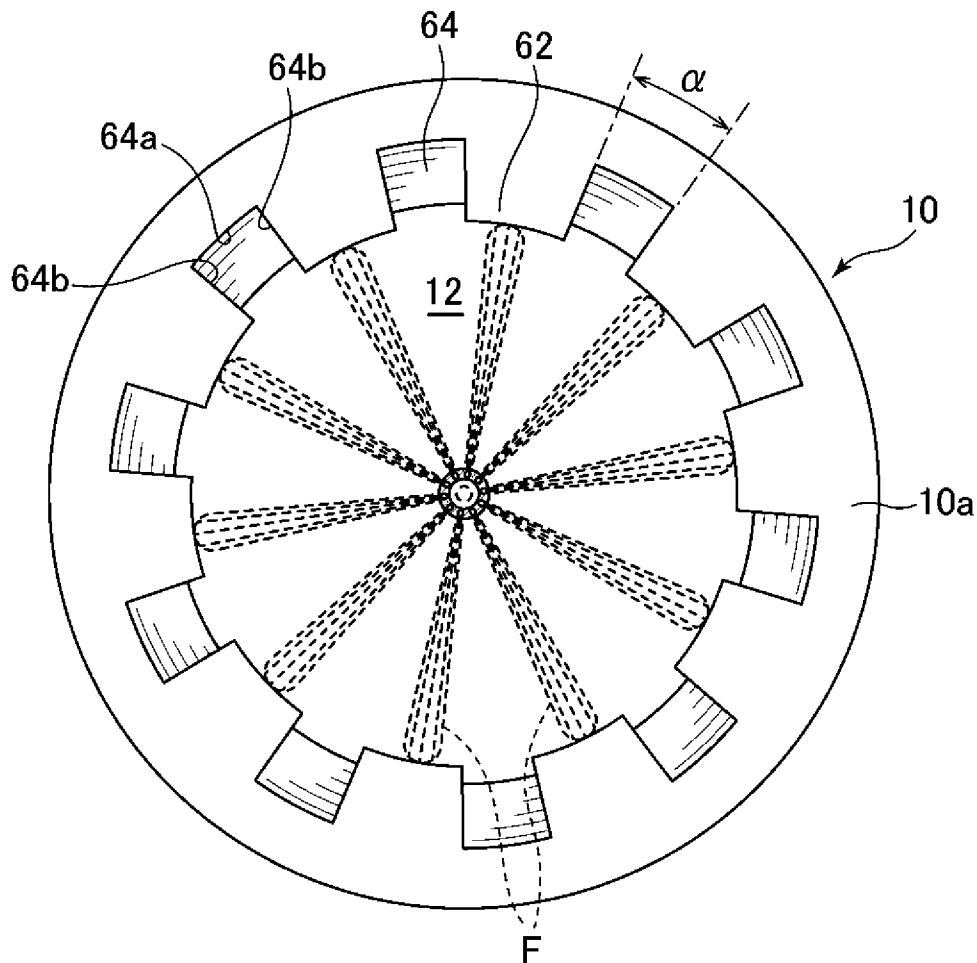
[図5]

FIG.5



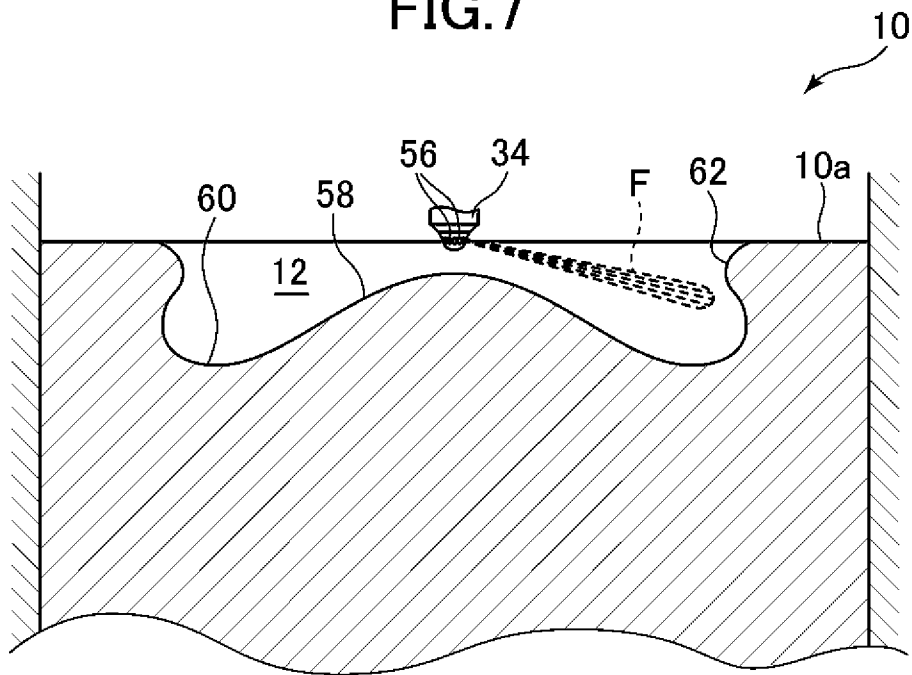
[図6]

FIG.6



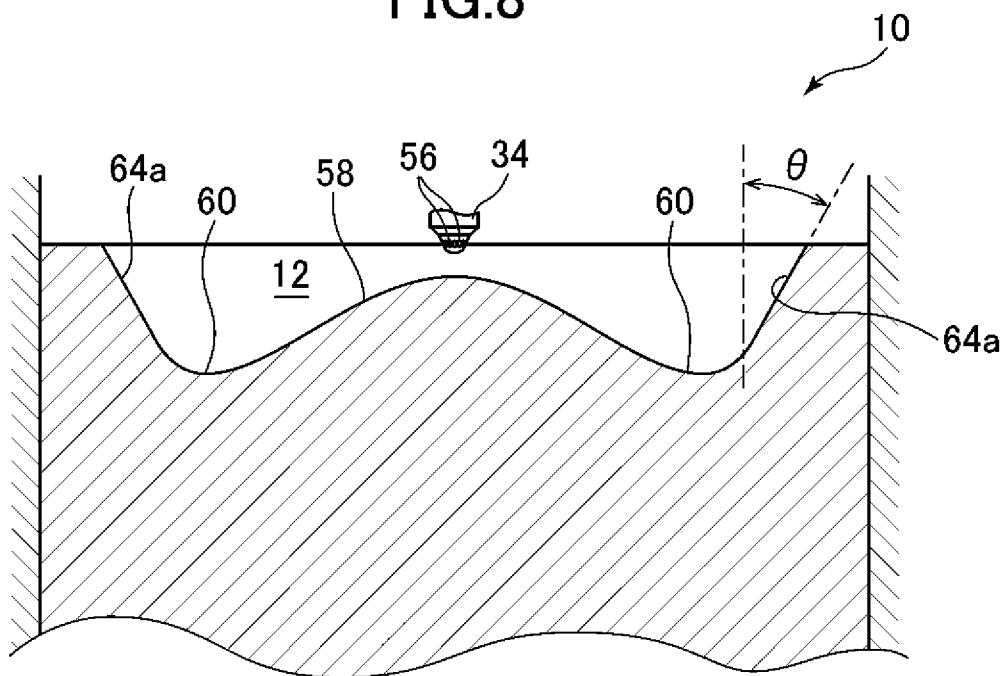
[図7]

FIG.7



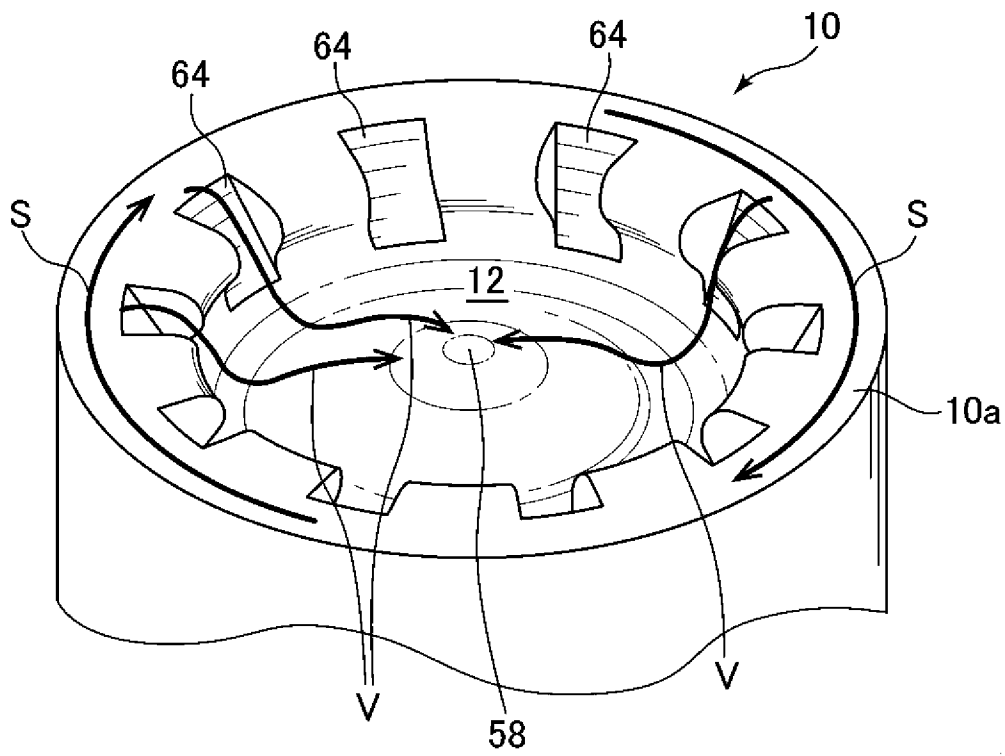
[図8]

FIG.8



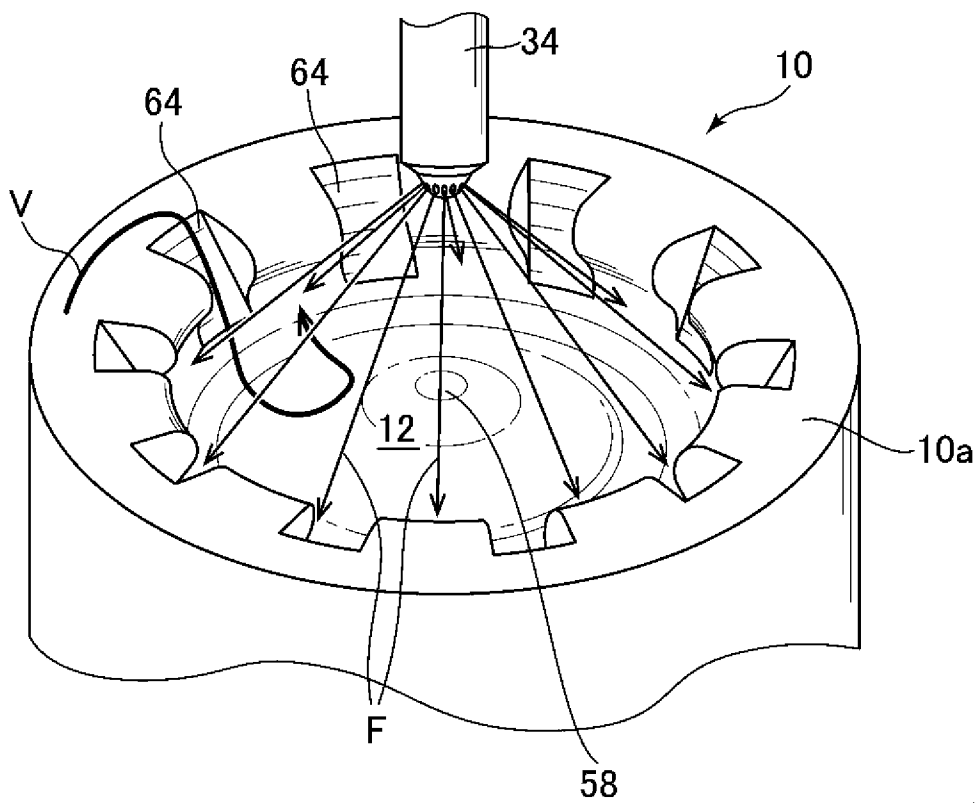
[図9]

FIG.9



[図10]

FIG.10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/084628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F02B23/06(2006.01)i, F02B23/10(2006.01)i, F02F3/26(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)
F02B23/06, F02B23/10, F02F3/26

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	JP 2000-274247 A (Toyota Motor Corp.), 03 October 2000 (03.10.2000), paragraphs [0006] to [0015]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1, 3
X	JP 2015-105570 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 08 June 2015 (08.06.2015), paragraphs [0019] to [0025]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1, 4
X	JP 9-13972 A (Nissan Diesel Motor Co., Ltd.), 14 January 1997 (14.01.1997), paragraphs [0015] to [0020]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1, 4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 22 December 2016 (22.12.16)	Date of mailing of the international search report 10 January 2017 (10.01.17)
--	--

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/JP2016/084628

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-256851 A (Daihatsu Motor Co., Ltd.), 30 September 1997 (30.09.1997), paragraphs [0008] to [0012]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. F02B23/06(2006.01)i, F02B23/10(2006.01)i, F02F3/26(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. F02B23/06, F02B23/10, F02F3/26		
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	JP 2000-274247 A（トヨタ自動車株式会社）2000.10.03, 段落 0006-0015, 図 1-7（ファミリーなし）	1, 3
X	JP 2015-105570 A（株式会社豊田中央研究所）2015.06.08, 段落 0019-0025, 図 1-6（ファミリーなし）	1, 4
X	JP 9-13972 A（日産ディーゼル工業株式会社）1997.01.14, 段落 0015-0020, 図 1-2（ファミリーなし）	1, 4
X	JP 9-256851 A（ダイハツ工業株式会社）1997.09.30, 段落 0008-0012, 図 1-2（ファミリーなし）	1-2
☐ 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 22.12.2016	国際調査報告の発送日 10.01.2017	
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） 堀内 亮吾 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	3G 4651