

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： エンジン

技術分野

[0001] 本発明は、エンジンに係わり、特に、所定の運転領域において、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を気筒内の燃焼室に直接噴射して、圧縮上死点後に点火を行うエンジンに関する。

背景技術

[0002] 一般的には、ガソリン又はガソリンを主成分とする燃料を用いるエンジンでは、点火プラグによって着火する火花点火方式が広く採用されている。近年では、燃費の向上を図る観点などから、エンジンの幾何学的圧縮比として高圧縮比（例えば1.4以上）を適用して、ガソリン又はガソリンを主成分とする燃料を用いつつ、所定の運転領域において、圧縮自己着火（具体的にはHCCI（Homogeneous-Charge Compression Ignition）と呼ばれる予混合圧縮自己着火）を行う技術が開発されている。

[0003] このような圧縮自己着火を行うようにしたエンジンの燃焼室構造が、例えば特許文献1に開示されている。特許文献1には、高圧縮比エンジンに適用される燃焼室構造に関して、ピストン上面の中央部に形成されたキャビティ内を十分に掃気するように構成して、充填効率の向上を図った技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2014-43782号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のような高圧縮比エンジンにおいては、所定の運転領域（例えば低回転・高負荷域）では、いわゆるプリイグニッション（過早着火）を抑制すべく、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料噴射弁の複数の噴口から

燃料を噴射して、圧縮上死点後に点火プラグによる強制点火を行い、短期間で燃焼を完了させる必要がある。

[0006] しかしながら、例えばエンジンの燃焼室天井が切妻型の屋根状（ペントルーフ形状）に形成されている場合、各噴口が燃料を噴射する方向における燃焼室の容積が不均等であり、且つ、燃料を噴射してから点火するまでの時間が短いことにより、火花点火時において燃焼室内に混合気の濃い部分と薄い部分とが生じる傾向にある、つまり燃焼室内の混合気の均質性が確保されない傾向にある。このように混合気の均質性が確保されなかった場合には、燃料を含む混合気が燃えずに排出されたり、燃焼すべきタイミングの後に燃焼（後燃え）が生じたりして、燃費が悪くなってしまう。加えて、スモークが発生して、エミッションも悪化してしまう。

[0007] 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、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を噴射して圧縮上死点後に点火を行うエンジンにおいて、点火時期における燃焼室内の混合気の均質性を適切に確保することができる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

[0008] 上記の目的を達成するために、本発明によるエンジンは、所定の運転領域において、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を気筒内の燃焼室に直接噴射して、圧縮上死点後に点火を行うエンジンであって、上面の中央部に下方に凹んだキャビティが形成されたピストンと、ペントルーフ形状の燃焼室を形成するように構成されたシリンダヘッドと、ピストンの中央部に対応する位置においてシリンダヘッドに配置され、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間においてピストンのキャビティ内に入るように燃料を噴射する燃料噴射弁と、燃料噴射弁が設けられた位置に対応するピストンの中央部よりも径方向外側で、且つピストンのキャビティの上方に対応する位置においてシリンダヘッドに配置された点火プラグと、を有し、燃料噴射弁は、その燃料噴射弁の長手軸線を囲む周方向に配置された複数の噴口を有し、各噴口は、圧縮上死点における燃焼室を、燃料噴射弁の長手軸線から互いに隣接

する各噴口の間を通して気筒の径方向に延びる垂直面により、各噴口の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域に区分したとき、各噴口の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口の開口面積が大きくなるように形成されている、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、燃料噴射弁の長手軸線を囲む周方向に配置された複数の噴口は、圧縮上死点における燃焼室を、燃料噴射弁の長手軸線から互いに隣接する各噴口の間を通して気筒の径方向に延びる垂直面により、各噴口の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域に区分したとき、各噴口の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口の開口面積が大きくなるように形成されているので、エンジンの燃焼室がペントルーフ形状に形成されていること等により各噴口の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が異なっても、各燃料噴射領域の容積に応じた量の燃料を各噴口から噴射させることができ、これにより、点火時期における燃焼室内の混合気の均質性を確保することができる。

[0009] また、本発明において、好ましくは、各噴口は、各噴口の開口面積比と、各噴口の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積比とが一致するように形成されている。

このように構成された本発明においては、各噴口から噴射される燃料の量を、各噴口の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積と比例させることができ、これにより、各燃料噴射領域の容積が異なっても、各燃料噴射領域における混合気の濃度を揃えることができ、点火時期における燃焼室内の混合気の均質性を確実に確保することができる。

発明の効果

[0010] 本発明のエンジンによれば、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を噴射して圧縮上死点後に点火を行うエンジンにおいて、燃焼室内の混合気の均質性を適切に確保することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施形態によるエンジンの1つの気筒をシリンダ軸線方向の下

方から見た概略平面図である。

[図2]本発明の実施形態によるピストンをシリンダ軸線方向の上方から見た平面図である。

[図3]図1中のIII-III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4]本発明の実施形態による燃料噴射弁の先端部をその長手軸線方向の下方から見た平面図である。

[図5]図4中のV-Vに沿って見た、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6]本発明の実施形態によるエンジンの1つの気筒をシリンダ軸線方向の下方から見た概略平面図であって、本発明の実施形態による燃料噴射弁の各噴口の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域を示す図である。

[図7]図6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って、本発明の実施形態による燃料噴射弁の各噴口から噴射された燃料の噴霧輸送経路を示す図である。

[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って、本発明の実施形態による燃料噴射弁の各噴口から噴射された燃料の噴霧輸送経路を示す図である。

[図9]本発明の実施形態による燃料噴射弁の各噴口の噴口径及び噴射角を示す表である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態によるエンジンを説明する。

[0013] まず、本発明の実施形態の内容を説明する前に、本発明の実施形態によるエンジンの前提構成について簡単に説明する。本発明の実施形態によるエンジンは、幾何学的圧縮比が例えば1.4以上（好適には1.8～2.0）である高圧縮比にて運転を行うと共に、所定の低負荷領域において、HCCIと呼ばれる予混合圧縮自己着火を行うものである。また、本発明の実施形態による

エンジンは、所定の運転領域（例えば低回転・高負荷域）において、プリイグニッションなどを抑制する観点から、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を噴射（リタード噴射）して、圧縮上死点後に点火を行うものである。このようなエンジンに係る前提構成は、車両内のECU（Electronic Control Unit）による制御によって実現される。

[0014] 次に、図1乃至図3を参照して、本発明の実施形態によるエンジンの燃焼室構造について具体的に説明する。

[0015] 図1は、本発明の実施形態によるエンジンの1つの気筒をシリンダ軸線方向の下方から見た概略平面図であり、図2は、本発明の実施形態によるピストンをシリンダ軸線方向の上方から見た平面図であり、図3は、図1中のIII-III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。なお、図3は、ピストンが圧縮上死点に位置するときの図を示している。

[0016] 図1において、符合Zは紙面直角方向に伸びるシリンダ軸線を示し、符合Yは、紙面上下方向に伸びる、クランク軸線に対応する線分である。本実施形態によるエンジンでは、シリンダヘッド側の燃焼室天井が切妻型の屋根状（ペントルーフ形状）に形成された燃焼室が適用されている（図3も参照）。上記した符合Yで示す線分は、燃焼室を構成するペントルーフ形状の稜線（以下では適宜「ペントルーフ稜線」と呼ぶ。）に相当する。また、符号Xは、燃焼室の中心を通り、つまりシリンダの中心軸線を通り、ペントルーフ稜線Yに直交する線分を示す。なお、図3は、このようなペントルーフ稜線Yに直交する線分Xに沿った面で切断した、ピストン及びシリンダヘッドなどの一部分の断面図である。

[0017] 図1に示すように、1つの気筒（シリンダ）には、ペントルーフ稜線Yを挟んで一方側（図中左側）の領域に、2つの吸気バルブ1が配設されている。この2つの吸気バルブ1は、ペントルーフ稜線Y方向に並んで配設されている。図1中の符号5は、吸気バルブ1により開閉される吸気ポートを示している。また、1つの気筒には、ペントルーフ稜線Yを挟んで他方側（図中

右側)の領域に、2つの排気バルブ2が配設されている。2つの排気バルブ2は、ペントルーフ稜線Y方向に並んで配設されている。図1中の符号6は、排気バルブ2により開閉される排気ポートを示している。また、シリンダ軸線Z上に、1つの燃料噴射弁3が配設されている。加えて、2つの吸気バルブ1及び2つの排気バルブ2のそれぞれの間に、2つの点火プラグ4が配設されている。

[0018] 次に、図2に示すように、ピストン10の上面の中央部には、下方に凹んだキャビティ11が形成されている(図3も参照)。具体的には、キャビティ11は、シリンダ軸線Z方向から見たときにほぼ円形となるように形成されており、中央部に、山形の突起部11aが形成され、且つ、この突起部11aの径方向外側に、突起部11aよりも高さが低い凹部11bが突起部11aを取り囲むように形成されている。このようなキャビティ11の突起部11aの真上に、燃料噴射弁3が配置されており、また、キャビティ11の凹部11b内に、2つの点火プラグ4が配置されている(図1及び図3も参照)。

[0019] 更に、ピストン10の上部には、キャビティ11の外縁からピストン10の上面の外縁まで延び、キャビティ11の径方向外側を取り囲む環状部13が設けられている。この環状部13には、例えば1mm程度、下方に凹んだ4つのバルブリセス15が設けられている。4つのバルブリセス15は、それぞれ、2つの吸気バルブ1に対応する位置及び2つの排気バルブ2に対応する位置に設けられている。また、4つのバルブリセス15のそれぞれの間の部分17は、凹んでおらず(つまりバルブリセス15よりも高さが高くなっている)、ほぼ平坦となっている。以下では、4つのバルブリセス15のそれぞれの間の部分17を適宜「ピストン上面部17」と呼ぶ。

[0020] 次に、図3に示すように、燃料噴射弁3は、ピストン10の中央部に対応するシリンダヘッド40上の箇所に設けられ、具体的には当該燃料噴射弁3の長手軸線が上記したシリンダ軸線Zに沿うように設けられ、燃焼室30内に燃料を直接噴射する。燃料噴射弁3は、複数の噴口27を有しており、こ

これらの噴口 27 からシリンダ軸線 Z について軸対称に傘状に燃料を噴霧する。この場合、燃料噴射弁 3 は、前述した ECU による制御の下で圧縮行程後半から膨張行程前半までの間（例えば上死点前 60° ）に噴射した燃料が、ピストン 10 のキャビティ 11 内に入るように（図 3 の矢印参照）、言い換えるとピストン 10 の環状部 13 やシリンダ側壁（例えばシリンダライナなど）に衝突しないように、各噴口 27 からの燃料の噴射角 θ が設定されている。また、燃料噴射弁 3 は、燃料噴射位置からキャビティ 11 に燃料が衝突する位置までの噴霧衝突距離が、燃料噴射位置から燃料の初期分裂が生じる位置までの長さ（分裂長さ）よりも大きくなるように、噴射角 θ が設定されている。

なお、噴射角 θ は、燃料噴射弁 3 の長手軸線（即ちシリンダ軸線 Z）を基準にして規定された、各噴口 27 からの燃料の噴射方向の傾斜角に相当する。また、燃料噴射弁 3 には、比較的高い燃圧（例えば $40\text{ MPa} \sim 120\text{ MPa}$ ）にて燃料が供給される。

[0021] 更に、2つの点火プラグ 4 は、それぞれ、ピストン 10 の中央部よりも径方向外側で、且つピストン 10 のキャビティ 11 の上方に対応するシリンダヘッド 40 上の箇所に設けられている。つまり、点火プラグ 4 は、その先端部の電極 4a が径方向においてキャビティ 11 内に含まれるような位置に設けられている。また、点火プラグ 4 は、電極 4a が燃焼室天井 30a（言い換えるとシリンダヘッド 40 の下面である。以下同様とする。）に沿うように配置されている。詳しくは、点火プラグ 4 は、燃焼室 30 への電極 4a の突出をできるだけ抑えつつ、電極 4a 部分の傾斜方向が燃焼室天井 30a の傾斜に沿うように、シリンダヘッド 40 に設けられている。

[0022] なお、図 3 において、符号 SA を付したエリアは、ピストン上面部 17 と燃焼室天井 30a との隙間に形成される空間である、スキッシュエリアを示している。このようなスキッシュエリア SA は、ピストン上面部 17 と燃焼室天井 30a との隙間だけでなく、吸気バルブ 1 及び排気バルブ 2 に対応する位置に設けられたバルブリセス 15（図 2 参照）の上面と燃焼室天井 30

aとの隙間にも形成される。

[0023] 次に、図4及び図5により、本発明の実施形態による燃料噴射弁3について詳細に説明する。図4は、本発明の実施形態による燃料噴射弁3の先端部をその長手軸線方向の下方から見た平面図であり、図5は、図4中のV-Vに沿って見た、本発明の実施形態による燃料噴射弁3の先端部の部分断面図である。

[0024] 図4及び図5に示すように、燃料噴射弁3は、燃料噴射弁3の長手軸線方向に延びる有底円筒状のバルブボディを備えており、このバルブボディ19の内部に、燃料噴射弁3の長手軸線方向に延びる円柱状のニードル21が配置されている。ニードル21は、高応答性ソレノイド（図示せず）により、燃料噴射弁3の長手軸線に沿って上下に駆動される。バルブボディ19の底面は下方に凹んだ凹球面状に形成され、この底面の外周部分には、高応答性ソレノイドにより下方に移動したニードル21の先端部が押接されるシート部23が形成されている。また、バルブボディ19の内周面とニードル21の外周面との間の空間は、燃料通路25となっている。更に、バルブボディの底面において、シート部23よりも先端側には、複数の噴口27が形成されている。

[0025] 各噴口27は、燃料噴射弁3の長手軸線を囲む周方向に配置され、長手軸線から所定の噴射角 θ 傾斜した方向へ向けて燃料を噴射するように形成されている。本実施形態では、図4に示すように、燃料噴射弁3には10個の噴口27が、燃料噴射弁3の長手軸線を囲む周方向に等角度間隔（即ち 36° 間隔）で配置されている。また、図5に示すように、各噴口27は、その中心軸線と燃料噴射弁3の長手軸線との成す角が θ となるように形成される。

[0026] 次に、図6乃至図9を参照して、本発明の実施形態による燃料噴射弁3の噴口27の大きさ及び噴射角について説明する。

[0027] 図6は、本発明の実施形態によるエンジンの1つの気筒をシリンダ軸線方向の下方から見た概略平面図であって、本発明の実施形態による燃料噴射弁3の各噴口27の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域を示す図である。

また、図 7 及び図 8 は、それぞれ、図 6 中の VII-VII 及び VIII-VIII に沿って見た、本発明の実施形態によるピストン 10 及びシリンダヘッド 40 などの部分断面図であって、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 の各噴口 27 から噴射された燃料の噴霧輸送経路を示す図である。また、図 9 は、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 の各噴口 27 の噴口径及び噴射角を示す表である。

[0028] まず、図 6 に示すように、各噴口 27 の大きさを決定するため、圧縮上死点における燃焼室 30 を、燃料噴射弁 3 の長手軸線から互いに隣接する各噴口 27 の中間を通過して気筒の径方向に延びる仮想的な垂直面により、複数の燃料噴射領域に区分する。

図 6 の例では、燃料噴射弁 3 の 10 個の噴口 27 を、それぞれ記号 A 乃至 J で表すと共に、各噴口 27 が向けられた方向を一点鎖線で示している。即ち、気筒をシリンダ軸線方向の下方から見てペントルフ稜線 Y 方向に沿って図 6 の紙面上方に向けられた噴口 27 を A とし、他の噴口 27 を時計回りに B 乃至 J としている。

そして、燃料噴射弁 3 の長手軸線（即ちシリンダ軸線 Z）から互いに隣接する噴口 A と噴口 B との中間を通過して気筒の径方向に延びる仮想的な垂直面 P_{AB} と、互いに隣接する噴口 J と噴口 A との中間を通過して気筒の径方向に延びる仮想的な垂直面 P_{JA} とにより、噴口 A の噴射方向に位置する燃料噴射領域 V_A が区分される。同様に、各噴口 B 乃至 J の噴射方向に位置する燃料噴射領域 V_B 乃至 V_J が区分される。図 6 に示すように、これらの各燃料噴射領域は平面視で扇形に形成され、燃料噴射弁 3 の長手軸線を囲む周方向に配置されている。

[0029] 上述のように燃焼室 30 を各噴口 27 に対応する複数の燃料噴射領域に区分した場合において、各噴口 27 は、各噴口 27 の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口 27 の開口面積が大きくなるように形成されている。より好ましくは、各噴口 27 は、各噴口 27 の開口面積比と、各噴口 27 の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積比とが一致するよ

うに形成される。

[0030] 図6の例では、各燃料噴射領域の中で、燃料噴射領域の高さ（即ちピストン10の上面と燃焼室天井30aとの距離）が最も高くなるペントルフ稜線Y方向に延びるように区分された燃料噴射領域 V_A 及び V_F の容積が最も大きく、ペントルフ稜線Yに直交する線分Xに最も近い方向に延びるように区分された燃料噴射領域 V_C 、 V_D 、 V_H 、 V_I の容積が最も小さい。図9に示すように、本実施形態では、最も小さい燃料噴射領域 V_C 、 V_D 、 V_H 、 V_I の容積を1とした場合、各燃料噴射領域の容積比は、 $(V_C, V_D, V_H, V_I) : (V_B, V_E, V_G, V_J) : (V_A, V_F) = 1 : 1.1 : 1.3$ となっている。

[0031] 本実施形態では、各噴口27は、各噴口27の開口面積比が、各噴口27の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積比と一致するように、即ち、 $(C, D, H, I) : (B, E, G, J) : (A, F) = 1 : 1.1 : 1.3$ となるように、且つ、円形の各噴口27の噴口径の平均値が0.100mmとなるように噴口径を設定している。具体的には、図9に示すように、噴口C、D、H、Iの噴口径が0.095mm、噴口B、E、G、Jの噴口径が0.100mm、噴口A、Fの噴口径が1.3mmに設定されている。

[0032] また、各噴口27の噴射角を決定するため、各噴口27から噴射された燃料がキャビティ11を介して燃焼室天井30aに到達するまでの経路の長さである噴霧輸送経路長を特定する。

噴霧輸送経路長は、燃料噴射弁3の噴口27から噴射角 θ で噴射された燃料がキャビティ11の表面に衝突する位置までの距離と、燃料がキャビティ11の表面に衝突した位置からキャビティ11の凹部11bを経由して燃焼室天井30aに到達するまでの移動距離との和として求められる。

図7の例では、噴口Cの噴霧輸送経路長 L_c は、噴口Cから噴射角 θ_c で噴射された燃料がキャビティ11の表面に衝突する位置までの距離 L_{c1} と、燃料がキャビティ11の表面に衝突した位置からキャビティ11の凹部11bを経由して燃焼室天井30aに到達するまでの移動距離 L_{c2} との和であり、噴口Hの噴霧輸送経路長 L_h は、噴口Hから噴射角 θ_h で噴射された燃料がキャビティ

11の表面に衝突する位置までの距離 L_{H1} と、燃料がキャビティ11の表面に衝突した位置からキャビティ11の凹部11bを経由して燃焼室天井30aに到達するまでの移動距離 L_{H2} との和である。

また、図8の例では、噴口Aの噴霧輸送経路長 L_A は、噴口Aから噴射角 θ_A で噴射された燃料がキャビティ11の表面に衝突する位置までの距離 L_{A1} と、燃料がキャビティ11の表面に衝突した位置からキャビティ11の凹部11bを経由して燃焼室天井30aに到達するまでの移動距離 L_{A2} との和であり、噴口Fの噴霧輸送経路長 L_F は、噴口Hから噴射角 θ_F で噴射された燃料がキャビティ11の表面に衝突する位置までの距離 L_{F1} と、燃料がキャビティ11の表面に衝突した位置からキャビティ11の凹部11bを経由して燃焼室天井30aに到達するまでの移動距離 L_{F2} との和である。

[0033] ここで、噴口27の噴射角が同一の場合、各噴口27の噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さが高いほど（即ちキャビティ11の縁端部11dから燃焼室天井30aまでの距離が長いほど）、噴霧輸送経路長は長くなる。また、各噴口27の噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さが同一の場合には、噴口27の噴射角 θ が大きいほど噴霧輸送経路長が短くなる。

そこで、本実施形態では、各噴口27を、各噴口27の噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さが高いほどその噴口27の噴射角が大きくなるように形成することで、各噴口27の噴霧輸送経路長が等しくなるようにしている。

[0034] 図6の例では、各噴口27の中で、ペントルフ稜線Yに直交する線分Xに最も近い方向に向けられた噴口C、D、H、Iの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さが最も低く、ペントルフ稜線Y方向に向けられた噴口A、Fの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さが最も高い。

例えば、図7及び図8に示すように、噴口Cの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さを h_c と、噴口Hの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さを h_h とは等しいが、噴口Aの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さを h_a 及び噴口Fの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さを h_f は、それぞれ h_c よりも高い。そこで、噴口Cの噴射角 θ_c と噴口Hの噴射角 θ_h を等しくし、噴口Aの噴射角 θ_a 及び噴口Hの噴射角 θ_f を、噴口Cの噴射角 θ_c よりも大きくすることで、噴口A、C、F及びHの噴霧輸送経路長が等しくなるようにしている。

[0035] 本実施形態では、図9に示すように、噴口C、D、H、Iの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さ h_c 、 h_d 、 h_h 、 h_i を0mmとした場合、噴口B、E、G、Jの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さ h_b 、 h_e 、 h_g 、 h_j は0.90mm、噴口A、Fの噴射方向におけるキャビティ11の縁端部11dに対応する位置の燃焼室天井30aの高さ h_a 、 h_f は2.80mmとなっている。

また、燃焼室天井30aの高さが最も低い噴口C、D、H、Iの噴射角 θ_c 、 θ_d 、 θ_h 、 θ_i を 50° としたときの噴霧輸送経路長 L_c 、 L_d 、 L_h 、 L_i は40mmである。

この場合、噴口B、E、G、Jの噴射角 θ_b 、 θ_e 、 θ_g 、 θ_j を 52° とし、噴口A、Fの噴射角 θ_a 、 θ_f を 55° とすることにより、各噴口27の噴霧輸送経路長が40mmとなり、全ての噴口27の噴霧輸送経路長が等しくなる。

[0036] 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、燃焼室30がペントルフ形状に形成されたエンジンを示したが（図3等参照）、本発明は、燃焼室30がペントルフ形状ではない形状（例えば半球型やバスタブ型など）に形成されたエンジンにも

適用可能である。

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３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３を有するエンジンにも適用可能である。

[0037] 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エンジンの作用効果を説明する。

[0038] まず、燃料噴射弁３の長手軸線を囲む周方向に配置された複数の噴口２７は、圧縮上死点における燃焼室３０を、燃料噴射弁３の長手軸線から互いに隣接する各噴口２７の間を通して気筒の径方向に延びる垂直面により、各噴口２７の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域に区分したとき、各噴口２７の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口２７の開口面積が大きくなるように形成されているので、エンジンの燃焼室３０がペントルーフ形状に形成されていること等により各噴口２７の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が異なっても、各燃料噴射領域の容積に応じた量の燃料を各噴口２７から噴射させることができ、これにより、点火時期における燃焼室３０内の混合気の均質性を確保することができる。

[0039] 特に、各噴口２７は、各噴口２７の開口面積比と、各噴口２７の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積比とが一致するように形成されているので、各噴口２７から噴射される燃料の量を、各噴口２７の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積と比例させることができ、これにより、各燃料噴射領域の容積が異なっても、各燃料噴射領域における混合気の濃度を揃えることができ、点火時期における燃焼室３０内の混合気の均質性を確実に確保することができる。

[0040] また、燃料噴射弁３の長手軸線を囲む周方向に配置され且つ長手軸線から所定の噴射角傾斜した方向へ向けて燃料を噴射する複数の噴口２７は、各噴口２７の噴射方向におけるキャビティ１１の縁端部１１ｄに対応する位置の燃焼室３０の天井高さが高いほど、その噴口２７の噴射角が大きくなるように形成されているので、各噴口２７の噴射方向におけるキャビティ１１の縁

端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室 3 0 の天井高さが高いことによる噴霧輸送経路長の増大を、噴口 2 7 の噴射角の拡大により抑制することができ、これにより、各噴口 2 7 から噴射された燃料が燃焼室天井 3 0 a に到達する時期を揃えることができ、点火時期における燃焼室 3 0 内の混合気の均質性を確実に確保することができる。

[0041] 特に、各噴口 2 7 の噴射角は、各噴口 2 7 から噴射された燃料がキャビティ 1 1 を介して燃焼室 3 0 の天井に到達するまでの経路の長さである噴霧輸送経路長が、点火プラグ 4 に最も近い噴口 2 7 の噴霧輸送経路長と等しくなるように設定されているので、各噴口 2 7 から噴射された燃料が燃焼室天井 3 0 a に到達する時期を、点火プラグ 4 に最も近い噴口 2 7 から噴射された燃料を含む混合気が点火プラグ 4 周辺に到達する時期に揃えることができ、これにより、点火時期における燃焼室 3 0 内の混合気の均質性を確保しつつ、点火プラグ 4 による着火性も適切に確保することができる。

符号の説明

- [0042]
- 1 吸気バルブ
 - 2 排気バルブ
 - 3 燃料噴射弁
 - 4 点火プラグ
 - 4 a 電極
 - 5 吸気ポート
 - 6 排気ポート
 - 1 0 ピストン
 - 1 1 キャビティ
 - 1 1 a 突起部
 - 1 1 b 凹部
 - 1 1 c キャビティの曲面
 - 1 1 d キャビティの縁端部
 - 1 3 環状部

- 1 5 バルブリセス
- 1 7 ピストン上面部
- 1 9 バルブボディ
- 2 1 ニードル
- 2 3 シート部
- 2 5 燃料通路
- 2 7 噴口
- 3 0 燃焼室
- 3 0 a 燃焼室天井
- 4 0 シリンダヘッド

請求の範囲

[請求項1]

所定の運転領域において、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を気筒内の燃焼室に直接噴射して、圧縮上死点後に点火を行うエンジンであって、

上面の中央部に下方に凹んだキャビティが形成されたピストンと、
ペントルーフ形状の燃焼室を形成するように構成されたシリンダヘッドと、

上記ピストンの中央部に対応する位置において上記シリンダヘッドに配置され、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間において上記ピストンのキャビティ内に入るように燃料を噴射する燃料噴射弁と、

上記燃料噴射弁が設けられた位置に対応する上記ピストンの中央部よりも径方向外側で、且つ上記ピストンのキャビティの上方に対応する位置において上記シリンダヘッドに配置された点火プラグと、を有し、

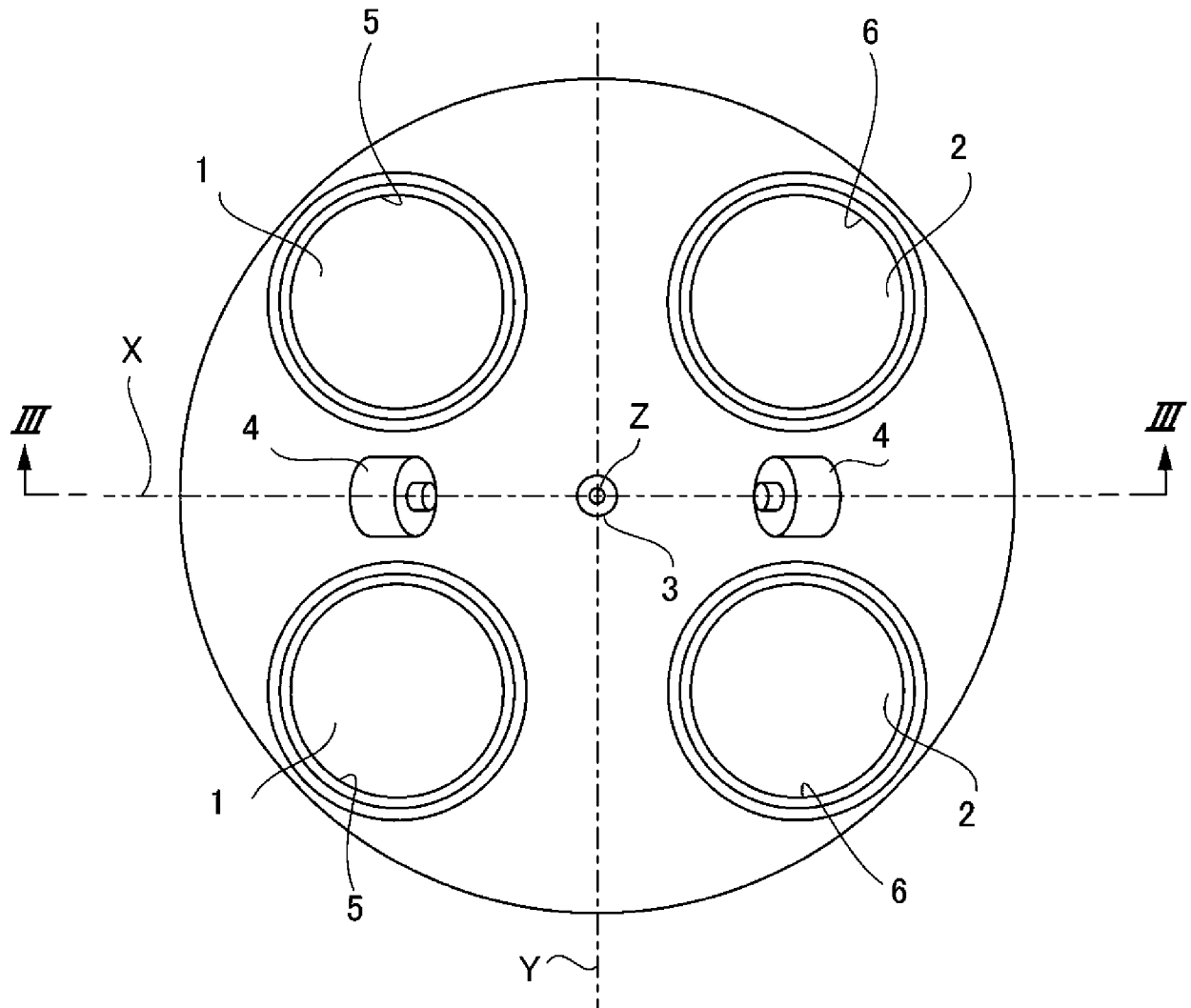
上記燃料噴射弁は、その燃料噴射弁の長手軸線を囲む周方向に配置された複数の噴口を有し、

上記各噴口は、圧縮上死点における上記燃焼室を、上記燃料噴射弁の長手軸線から互いに隣接する上記各噴口の間を通して上記気筒の径方向に延びる垂直面により、上記各噴口の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域に区分したとき、各噴口の噴射方向に位置する上記燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口の開口面積が大きくなるように形成されている、ことを特徴とするエンジン。

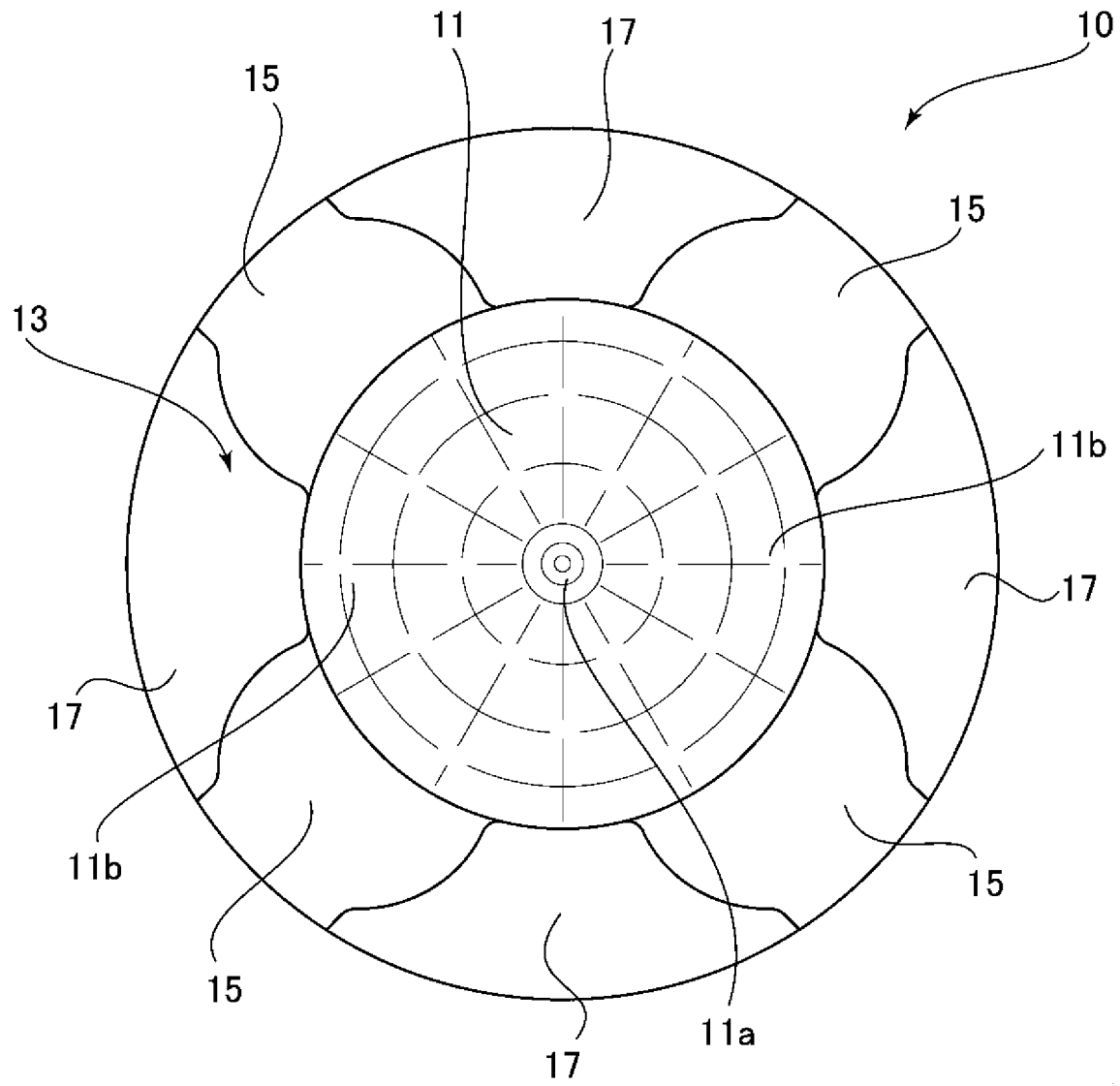
[請求項2]

上記各噴口は、上記各噴口の開口面積比と、上記各噴口の噴射方向に位置する上記各燃料噴射領域の容積比とが一致するように形成されている、請求項1に記載のエンジン。

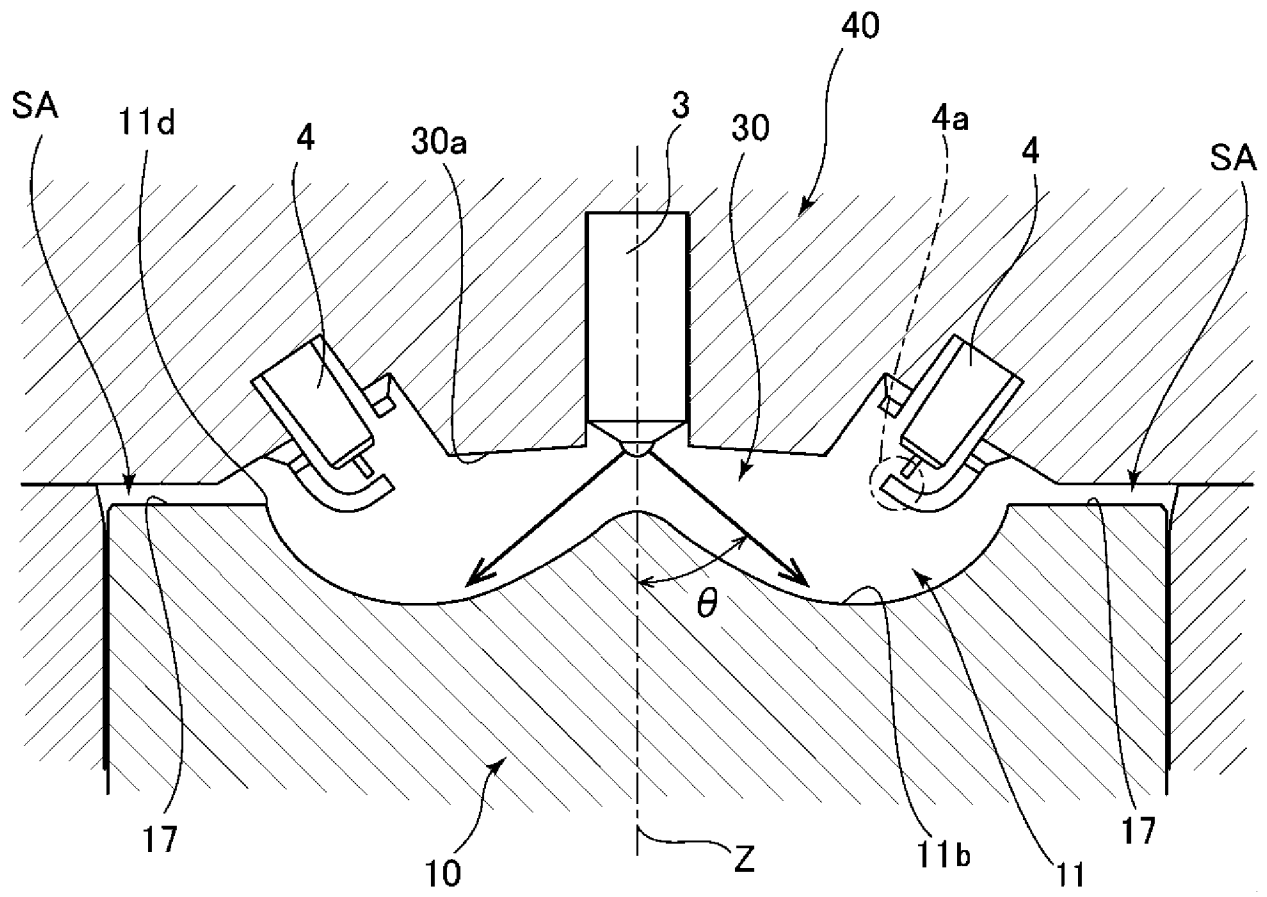
[図1]



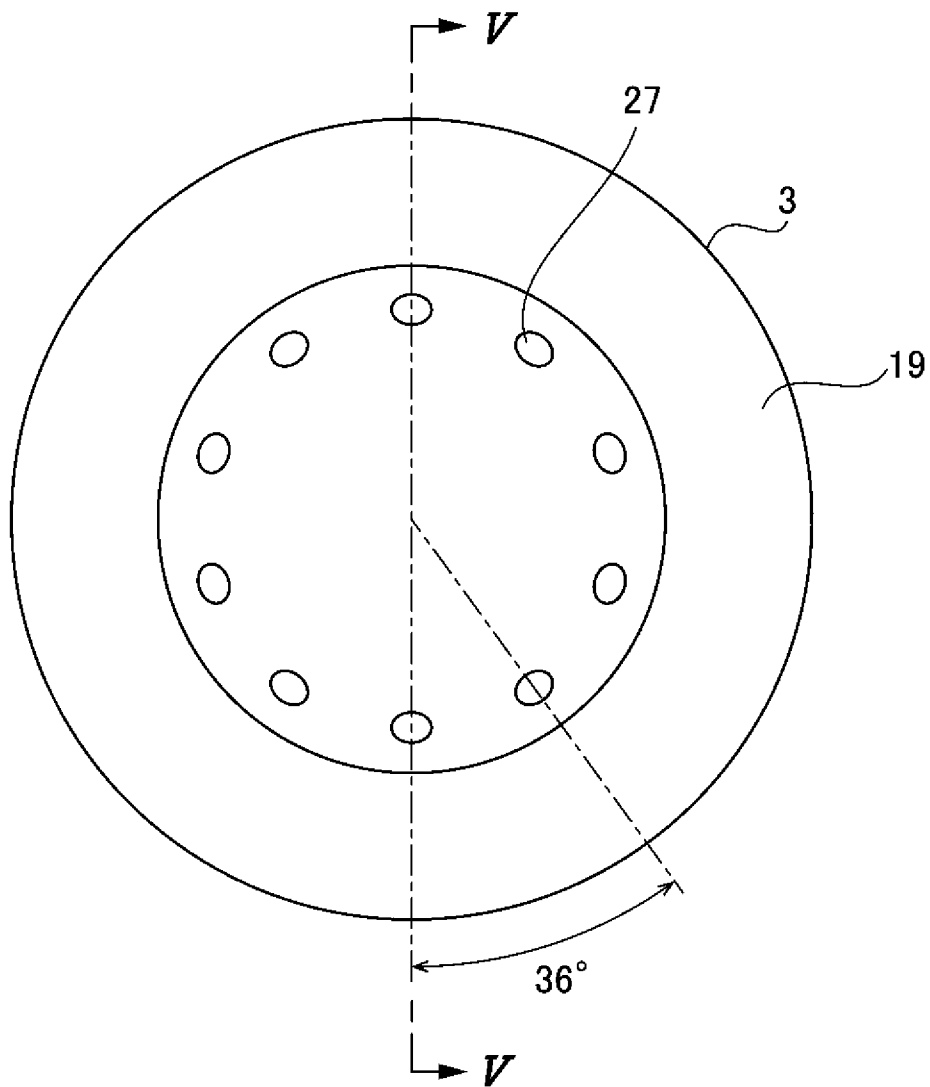
[図2]



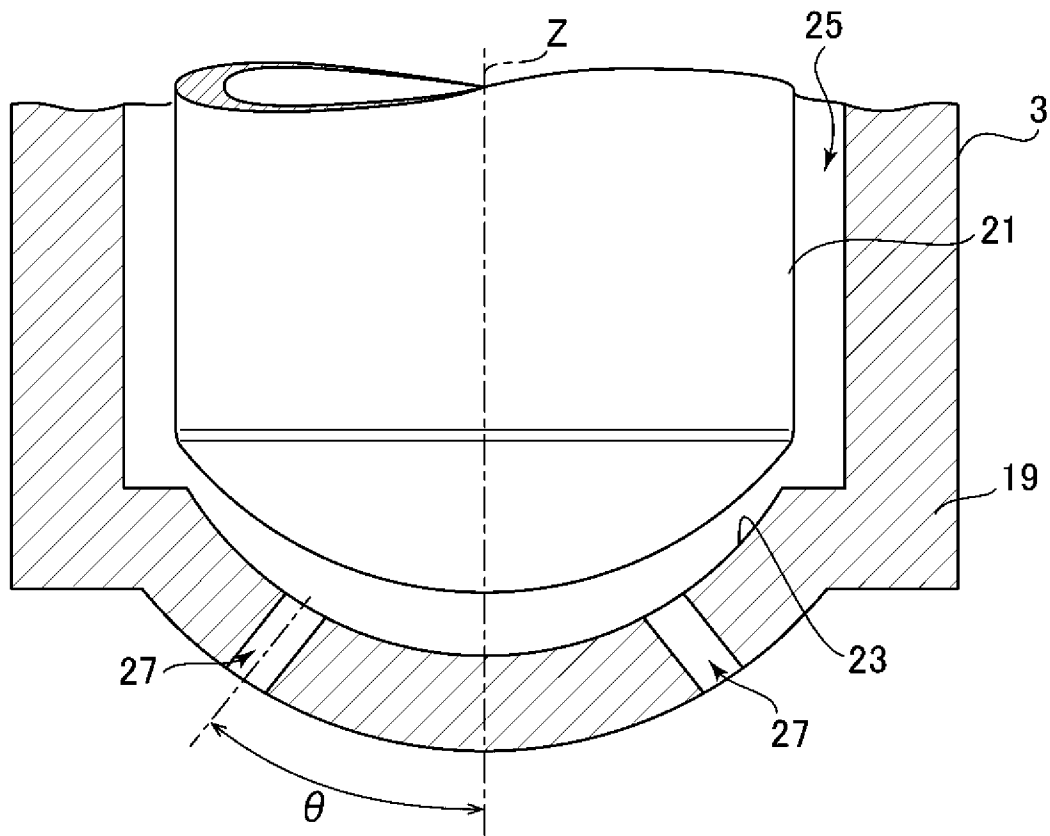
[図3]

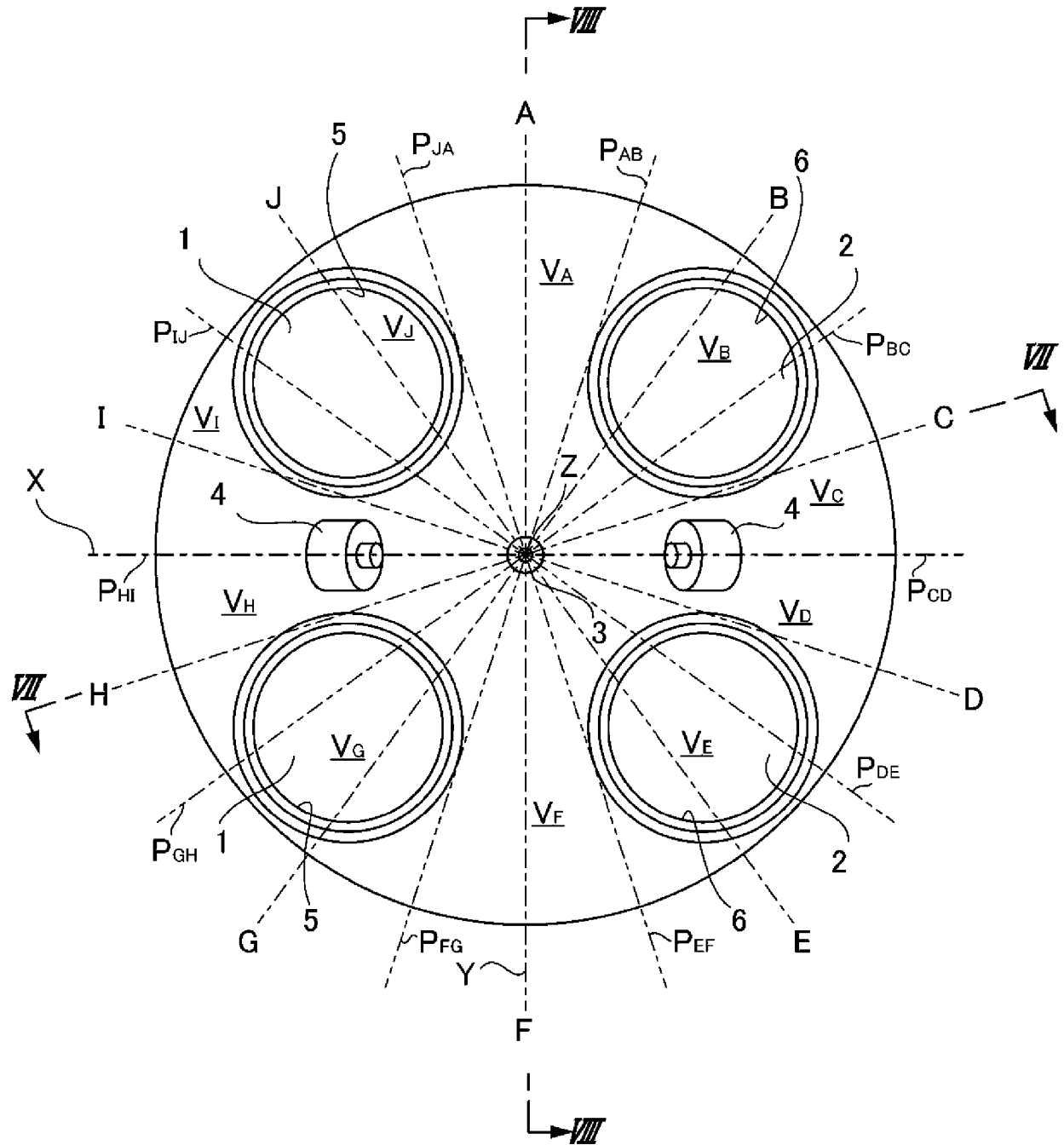


[図4]

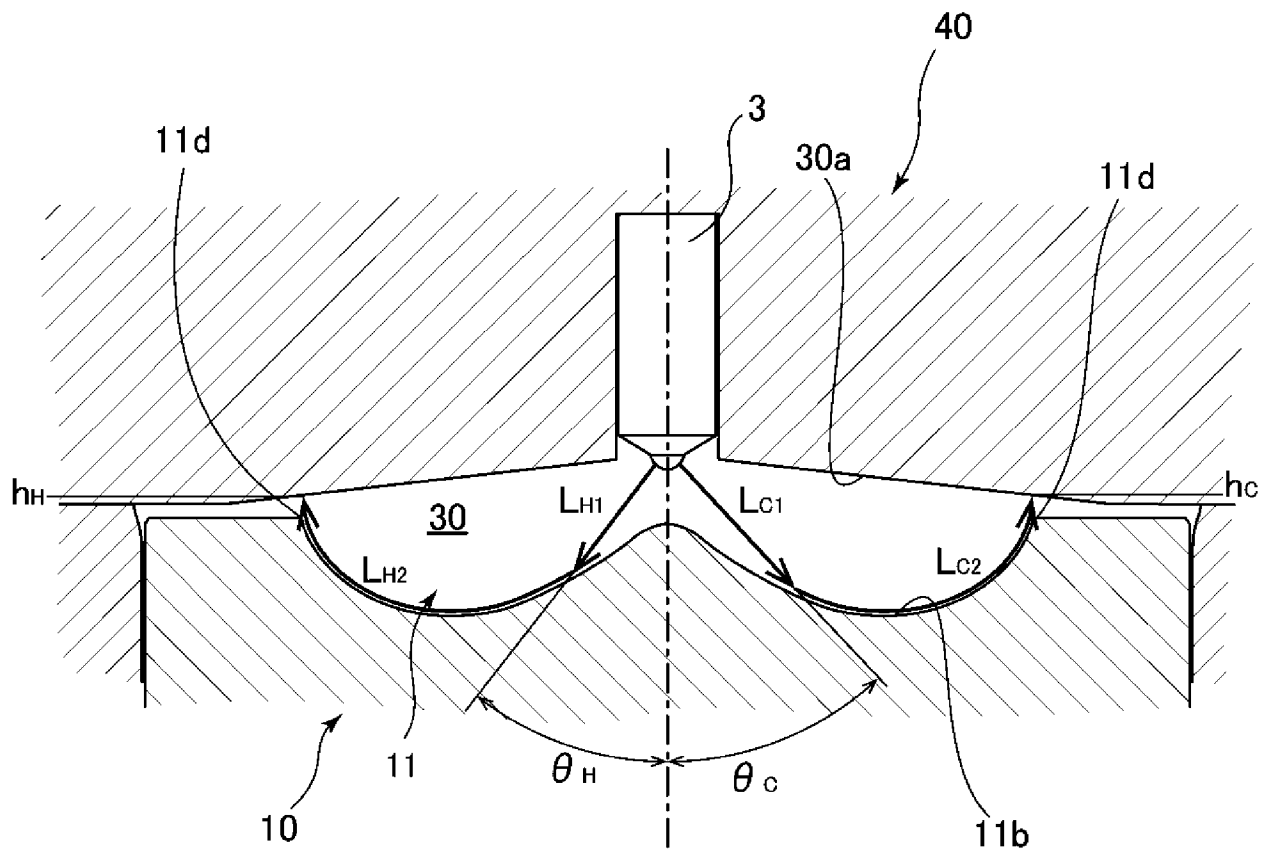


[図5]

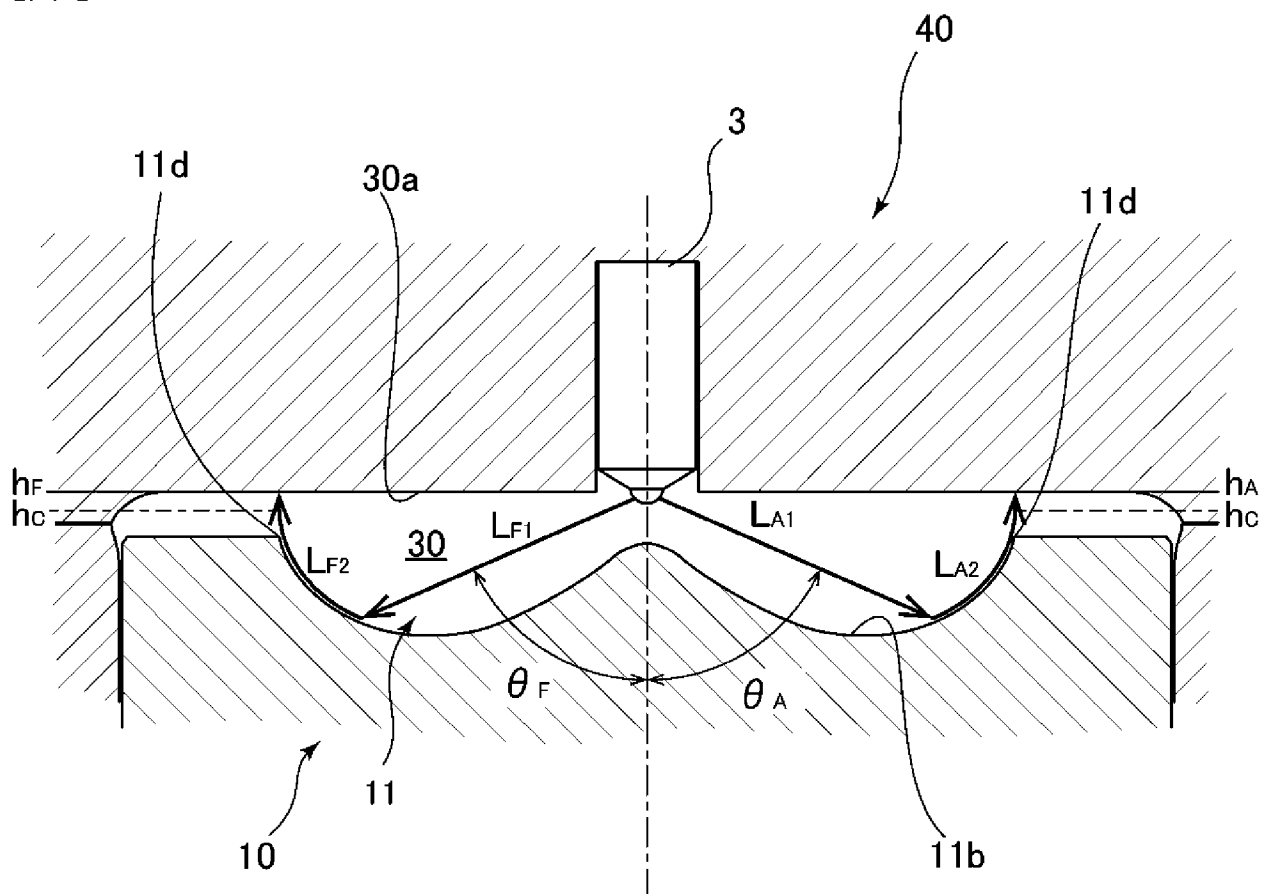




[図7]



[図8]



[図9]

噴口	燃料噴射領域	容積比	噴口径(mm)	開口面積比	天井高さh (mm)	噴射角 θ (deg)	噴霧輸送経路長L (mm)
A	V _A	1.3	0.109	1.3	2.80	55	40.00
B	V _B	1.1	0.100	1.1	0.90	52	40.00
C	V _C	1	0.095	1	0.00	50	40.00
D	V _D	1	0.095	1	0.00	50	40.00
E	V _E	1.1	0.100	1.1	0.90	52	40.00
F	V _F	1.3	0.109	1.3	2.80	55	40.00
G	V _G	1.1	0.100	1.1	0.90	52	40.00
H	V _H	1	0.095	1	0.00	50	40.00
I	V _I	1	0.095	1	0.00	50	40.00
J	V _J	1.1	0.100	1.1	0.90	52	40.00

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078064

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02M61/18(2006.01)i, F02B15/00(2006.01)i, F02B23/00(2006.01)i, F02B23/10(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)

F02M61/18, F02B15/00, F02B23/00, F02B23/10

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.
Y	JP 2005-155624 A (Robert Bosch GmbH), 16 June 2005 (16.06.2005), paragraph [0015]; fig. 2A to 2B & EP 1533491 A1 & DE 10354827 A	1-2
Y	JP 6-221163 A (Mazda Motor Corp.), 09 August 1994 (09.08.1994), paragraphs [0013] to [0024]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-2

☐ 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
27 October 2016 (27.10.16)

Date of mailing of the international search report
08 November 2016 (08.11.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02M61/18(2006.01)i, F02B15/00(2006.01)i, F02B23/00(2006.01)i, F02B23/10(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. F02M61/18, F02B15/00, F02B23/00, F02B23/10

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
Y	JP 2005-155624 A（ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミツ ト ベシユレンクテル ハフツング）2005.06.16, 段落 0015, 図 2A-2B & EP 1533491 A1 & DE 10354827 A	1-2
Y	JP 6-221163 A（マツダ株式会社）1994.08.09, 段落 0013-0024, 図 1-4（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

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

27.10.2016

国際調査報告の発送日

08.11.2016

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）

堀内 亮吾

3G

4651

電話番号 03-3581-1101 内線 3355