

(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  
2022年2月17日(17.02.2022)



(10) 国際公開番号

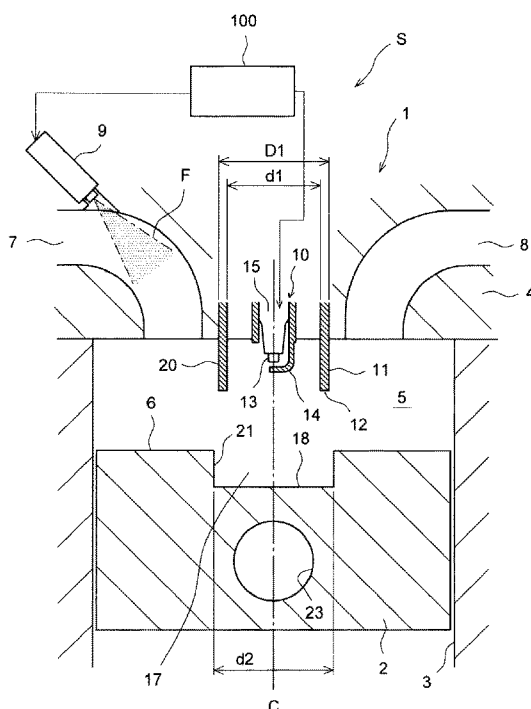
**WO 2022/034566 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*F02B 19/12* (2006.01) *F02F 3/26* (2006.01)  
*F02P 5/145* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/IB2021/059146
- (22) 国際出願日: 2021年10月6日(06.10.2021)
- (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 2020-135842 2020年8月11日(11.08.2020) JP
- (71) 出願人: いすゞ自動車株式会社 (**ISUZU MOTORS LIMITED**) [JP/JP]; 〒1408722 東京都品川区南大井6丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 徳永素久 (**TOKUNAGA, Motohisa**); 〒2520881 神奈川県藤沢市土棚8番地 いすゞ自動車株式会社 藤沢工場内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 日比谷征彦, 外 (**HIBIYA, Yukihiro et al.**); 〒1230843 東京都足立区西新井栄町一丁目19番31号 ザステージオ・イースト717 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, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) **Title:** ENGINE SYSTEM AND CONTROL METHOD FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: エンジンシステムおよび内燃機関の制御方法

[図1]



(57) **Abstract:** This engine system S comprises an internal combustion engine 1 and a control unit 100. The internal combustion engine is equipped with: a main chamber 5 which is defined by a piston 2, a cylinder 3, and a cylinder head 4; a spark plug 10 which is attached to the cylinder head; an auxiliary chamber pipe 11 which surrounds the spark plug and protrudes downward from the cylinder head; an auxiliary chamber hole 17 which is formed in the piston and into which the auxiliary chamber pipe can be inserted; and an injector 9 which injects fuel to be supplied into the main chamber.



WO 2022/034566 A1

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,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, 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 :

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則48.2(h))
- 優先権主張に対する優先権の回復のための請求に関する情報 (規則26の2.3及び48.2(b)(vii))

---

The control unit causes the spark plug to fire when the auxiliary chamber pipe is inserted in the auxiliary chamber hole, and causes fuel to be injected from the injector at a timing which is prior to spark plug firing and prior to insertion of the auxiliary chamber pipe in the auxiliary chamber hole.

(57) 要約 : エンジンシステム S は内燃機関 1 と制御ユニット 100 を備える。内燃機関は、ピストン 2、シリンダ 3 およびシリンダヘッド 4 により画成された主室 5 と、シリンダヘッドに取り付けられた点火プラグ 10 と、点火プラグを取り囲むと共にシリンダヘッドから下方に突出された副室管 11 と、ピストンに形成され副室管が挿入可能な副室穴 17 と、主室内に供給される燃料を噴射するインジェクタ 9 とを備える。制御ユニットは、副室管が副室穴に挿入されているときに点火プラグを点火させ、点火プラグの点火前でかつ副室管が副室穴に挿入される前の時期に、インジェクタから燃料を噴射させる。

## 明 細 書

**発明の名称**： エンジンシステムおよび内燃機関の制御方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、内燃機関と制御ユニットを備えたエンジンシステム、および内燃機関の制御方法に関する。

### 背景技術

[0002] 一般に火花点火式内燃機関では、圧縮上死点直前のタイミングで点火し、圧縮上死点直後のタイミングで筒内圧ピークを得る。そして点火時期を進角することで筒内圧ピーク値を上昇させ、エンジンの出力トルクを増加させている。

[0003] なお、シリンダ内に形成された通常の燃焼室に加えて副燃焼室を有する火花点火式内燃機関も知られている（例えば特許文献1参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2007-285273号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 一般的な火花点火式内燃機関では、圧縮上死点直後のタイミングで筒内圧ピークが発生するため、筒内圧をクランクシャフトのトルクに変換する際の機械効率が必ずしも良好とは言えないタイミングで筒内圧ピークが発生する。このため、点火時期を進角して筒内圧ピーク値が高まったとしても、クランクシャフトに対して変換されるトルクはそれ程大きくなり、内燃機関の熱効率を向上するのが困難である。

[0006] そこで本開示は、かかる事情に鑑みて創案され、その目的は、内燃機関の熱効率向上に有利なエンジンシステムおよび内燃機関の制御方法を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

- [0007] 本開示の一の態様によれば、  
内燃機関と制御ユニットを備えたエンジンシステムであって、  
前記内燃機関は、  
ピストン、シリンダおよびシリンダヘッドにより画成された主室と、  
前記シリンダヘッドに取り付けられた点火プラグと、  
前記点火プラグを取り囲むと共に前記シリンダヘッドから下方に突出された副室管と、  
前記ピストンに形成され、前記副室管が挿入可能な副室穴と、  
前記主室内に供給される燃料を噴射するインジェクタと、  
を備え、  
前記制御ユニットは、  
前記点火プラグの点火時期と、前記インジェクタの噴射量および噴射時期  
とを制御するように構成され、  
前記副室管が前記副室穴に挿入されているときに、前記点火プラグを点火  
させ、  
前記点火プラグの点火前であつ前記副室管が前記副室穴に挿入される前の  
時期に、前記インジェクタから燃料を噴射させる  
エンジンシステムが提供される。
- [0008] 好ましくは、前記制御ユニットは、前記点火プラグの点火後に発生する筒  
内圧ピークが、クランク半径とコンロッド中心軸がなす角度が $90^\circ$  または  
その付近となるタイミングで発生するよう、前記点火時期を制御する。
- [0009] 好ましくは、筒内圧ピークが発生する前記タイミングは、圧縮上死点後 $10\sim 80^\circ$  の範囲内におけるタイミングである。
- [0010] 好ましくは、前記副室管は一定の外径を有し、前記副室穴は、前記副室管  
の外径より大きい一定の内径を有する。
- [0011] 本開示の他の態様によれば、  
ピストン、シリンダおよびシリンダヘッドにより画成された主室と、  
前記シリンダヘッドに取り付けられた点火プラグと、

前記点火プラグを取り囲むと共に前記シリンダヘッドから下方に突出された副室管と、

前記ピストンに形成され、前記副室管が挿入可能な副室穴と、

前記主室内に供給される燃料を噴射するインジェクタと、

を備えた内燃機関の制御方法であって、

前記点火プラグの点火前であつ前記副室管が前記副室穴に挿入される前の時期に、前記インジェクタから燃料を噴射させる第1ステップと、

前記副室管が前記副室穴に挿入されているときに、前記点火プラグを点火させる第2ステップと、

を備えた内燃機関の制御方法が提供される。

## 発明の効果

[0012] 本開示によれば、内燃機関の熱効率向上に有利なエンジンシステムおよび内燃機関の制御方法を提供することができる。

## 図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、エンジンシステムを示す概略縦断面図である。

[図2]図2は、圧縮上死点のタイミングにおける点火プラグ付近の様子を示す概略縦断面図である。

[図3]図3は、クランク角と筒内圧の関係を示すグラフである。

[図4]図4は、比較例の筒内圧ピーク発生タイミングにおける状態を示す概略図である。

[図5]図5は、圧縮上死点後のタイミングにおける点火プラグ付近の様子を示す概略縦断面図である。

[図6]図6は、図5のタイミングよりさらに後のタイミングにおける点火プラグ付近の様子を示す概略縦断面図である。

[図7]図7は、本実施形態の筒内圧ピーク発生時期における状態を示す概略図である。

[図8]図8は、比較例における圧縮行程の様子を示す概略図である。

[図9]図9は、本実施形態の第1実施例における圧縮行程の様子を示す概略図

である。

[図10]図10は、本実施形態の第2実施例における圧縮行程の様子を示す概略図である。

### 発明を実施するための形態

[0014] 以下、添付図面を参照して本開示の実施形態を説明する。なお本開示は以下の実施形態に限定されない点に留意されたい。

[0015] 図1に示すように、本実施形態のエンジンシステムSは、内燃機関（エンジン）1と、これを制御する制御ユニット、回路要素（circuitry）もしくはコントローラとしての電子制御ユニット（ECU（Electronic Control Unit））100とを備える。周知のようにECU100は、演算機能を有するCPU（Central Processing Unit）、記憶媒体であるROM（Read Only Memory）およびRAM（Random Access Memory）、入出力ポート、ならびにROMおよびRAM以外の記憶装置等を含む。

[0016] エンジン1は火花点火式内燃機関であり、具体的には、圧縮天然ガス（CNG（Compressed Natural Gas））を燃料とするガスエンジンである。但し、ガソリンを燃料とするガソリンエンジンであってもよく、他の燃料を使用する火花点火式内燃機関であってもよい。本実施形態のエンジン1は車両用であり、特にトラック等の大型車両の動力源として使用される。しかしながらエンジンの用途はこれに限定されず、車両以外の移動体、例えば船舶、建設機械、または産業機械に適用されるものであってもよい。またエンジンは、移動体に搭載されたものでなくてもよく、定置式のものであってもよい。図1では1気筒分しか示されていないが、本実施形態のエンジン1は多気筒エンジンである。エンジン1は図示しないターボチャージャを備える。

[0017] エンジン1は、ピストン2と、ピストン2が昇降可能かつ同軸に収容されたシリンダ3と、シリンダ3の上端開口を閉じるシリンダヘッド4と、これらピストン2、シリンダ3およびシリンダヘッド4により画成された主燃焼室すなわち主室5とを備える。主室5は、一般的な火花点火式内燃機関の燃焼室に相当するものである。

- [0018] シリンダヘッド4には吸気ポート7と排気ポート8が形成される。これら吸気ポート7および排気ポート8は、それぞれ図示しない吸気弁および排気弁により開閉される。吸気ポート7にはインジェクタ9が設けられる。インジェクタ9は、後に主室5内に供給されることとなる燃料Fを吸気ポート7内に噴射する。よってインジェクタ9はポート噴射用インジェクタをなす。
- [0019] なお、インジェクタは、シリンダ3内に燃料を直接噴射する直噴用インジェクタであってもよいし、ポート噴射用インジェクタと直噴用インジェクタの組み合わせであってもよい。主室5内に供給される燃料Fを噴射できれば何れの形態のインジェクタであってもよい。
- [0020] シリンダの中心軸すなわちシリンダ軸を符号Cで示す。以下特に断らない限り、シリンダ軸Cを基準とした軸方向、半径方向および周方向を単に軸方向、半径方向および周方向というものとする。
- [0021] シリンダヘッド4の半径方向の中心部には、点火プラグ10と、これを取り囲む副室管11とが取り付けられている。これら点火プラグ10と副室管11はシリンダ軸Cと同軸に配置され、シリンダヘッド4から下方に突出されている。点火プラグ10は周知のように、中心電極13と、外側電極14と、これら電極間に介在される絶縁体15とを備える。
- [0022] 副室管11は、軸方向に延びる円筒状とされ、半径方向の隙間を隔てて点火プラグ10を取り囲む。副室管11は、点火プラグ10よりも大きくシリンダヘッド4から突出される。副室管11は、直管状に形成され、一定の内径d1および外径D1を有する。副室管11の下端面12は軸方向に垂直である。副室管11の下端は主室5内に開放されている。
- [0023] 一方、ピストン2の上面6には、副室管11が挿入可能な副室穴17が形成されている。副室穴17は、軸方向に延びる有底円筒状とされ、その上端は開放され、下端は閉止されている。副室穴17は、一定の内径d2を有する。この内径d2は副室管11の外径D1より僅かに大きい。副室穴17の下端面すなわち底面18は軸方向に垂直である。
- [0024] 図2には圧縮上死点(TDC (Top Dead Center))のときの状態を示す。

この状態では、副室管 1 1 が副室穴 1 7 に挿入され、両者によって副燃焼室すなわち副室 1 6 が形成される。副室 1 6 はプレチャンバーとも称され、主室 5 より容積が小さい燃焼室をなす。図 2 は、副室管 1 1 が副室穴 1 7 に最大に挿入され、副室 1 6 の容積が最小となっているときの状態を示す。副室管 1 1 が挿入されているとき、副室管 1 1 の下端面 1 2 と副室穴 1 7 の底面 1 8 との間には軸方向の隙間（底部隙間という）1 9 が形成され、副室管 1 1 の外周面 2 0 と副室穴 1 7 の内周面 2 1 との間には半径方向の隙間（周部隙間という）2 2 が形成される。

[0025] 図 1 に戻って、ピストン 2 における副室穴 1 7 の下方の位置にはピストンピン穴 2 3 が設けられる。周知のように、ピストンピン穴 2 3 にはピストンピン（図示せず）が挿入され、このピストンピンを介してピストン 2 とコンロッド（図示せず）の小端部とが連結される。

[0026] ECU 1 0 0 は、点火プラグ 1 0 の点火時期と、インジェクタ 9 の噴射量および噴射時期とを制御するように構成されている。以下、これらの制御方法を説明する。

[0027] まず、本実施形態とは異なる一般的な火花点火式内燃機関（比較例という）の場合を説明する。比較例では、副室が設けられておらず、点火プラグは主室内の中心部に配置される。そして点火プラグを点火させると、主室内における燃料と空気の混合気が、点火位置を起点として半径方向外側に燃え広がる。比較例もポート噴射用インジェクタを備え、その噴射時期は吸気行程中かその前である。

[0028] 図 3 には、クランク角  $\theta$  と筒内圧  $P$  の関係を示す。ここでいう筒内圧とは主室内の圧力を意味する。線 a, b, c は比較例の場合で、線 a, b, c と進むに従って点火時期が進角される。例えば、線 a の場合の点火時期は圧縮上死点前  $10^\circ$ （BTDC (Before Top Dead Center)  $10^\circ$ ）、線 b の場合の点火時期は圧縮上死点前  $15^\circ$ （BTDC  $15^\circ$ ）、線 c の場合の点火時期は圧縮上死点前  $20^\circ$ （BTDC  $20^\circ$ ）である。

[0029] 図中の  $P_{lim}$  は、比較例および本実施形態の場合においてノッキングが

起きない筒内圧の最大値、すなわちノック限界を示す。なお比較例のエンジンの圧縮比は予め定められた一般的な値（例えば10.0）であり、この圧縮比を基準圧縮比という。

[0030] 図示するように、比較例において、筒内圧の極大ピークすなわち筒内圧ピーク（ $p_a$ ,  $p_b$ ,  $p_c$ で示す）は、圧縮上死点直後のタイミング（例えばATDC（After Top Dead Center）15°付近）で発生する。そして点火時期が進角されるにつれ、筒内圧ピークの筒内圧の値（筒内圧ピーク値）は上昇し、ノック限界 $P_{lim}$ に近づいていき、また筒内圧ピークの発生タイミングは進角されていく。

[0031] しかし、このような筒内圧ピークが発生する圧縮上死点直後のタイミングは、筒内圧をクランクシャフトのトルクに変換する際の機械効率が必ずしも良好とは言えないタイミングである。

[0032] 図4には、その筒内圧ピーク発生タイミングでのピストン2、コンロッド25およびクランクシャフト26の位置を示す。筒内圧 $P$ は、ピストン2に対する下向きの力を発生させ、この力はコンロッド25を通じてクランクシャフト26に伝達され、クランクシャフト26を回転させるためのトルクに変換される。しかし当該タイミングだと、クランクシャフト中心およびクランクピン中心を結ぶクランク半径 $R$ と、コンロッド中心軸 $C_c$ とがなす角度 $\theta$ が90°よりかなり大きく、180°付近となっている。このため、クランクシャフト26にかかる力のモーメントを計算する際の腕の長さ $r$ は、クランク半径 $R$ よりかなり短くなり、大きな筒内圧 $P$ を与えても、クランクシャフト26にはそれ程大きなトルクが与えられない。それ故、筒内圧をクランクシャフトのトルクに変換する際の機械効率（以下、単に機械効率という）は必ずしも良好とは言えない。

[0033] 図3に示したように、点火時期を進角して筒内圧ピーク値を上昇させても、筒内圧ピーク発生タイミングはそれ程変わらず、むしろ進角されていくので、角度 $\theta$ が増大し、腕の長さ $r$ が短くなる方向に変化する。従って進角量に対するトルクの増加率はそれ程大きくなり、点火時期を進角しても、トル

クはそれ程大きくなり、エンジンの熱効率を向上するのが困難である。

[0034] そこで本実施形態では、この課題を解決するため、上記構成のエンジンを採用し、次のような制御を行う。

[0035] 図3において、線dは本実施形態の場合を示す。本実施形態の点火時期は、副室管11が副室穴17に挿入され副室16が形成されているタイミングである。具体的には圧縮上死点近傍であり、圧縮上死点と等しいかその後であるのが好ましいが、圧縮上死点の前であってもよい。いずれにしても、比較例より後のタイミングであるのが好ましい。

[0036] 図3には一例として、圧縮上死点(TDC)と等しい本実施形態の点火時期 $\theta_{ig}$ を示す。この点火時期 $\theta_{ig}$ より前では筒内混合気の自己着火は起これない。従って点火時期 $\theta_{ig}$ より前ではモータリング時と同様に筒内圧が上昇する。点火時期 $\theta_{ig}$ において点火が行われると、筒内混合気が着火、燃焼し、筒内圧が次第に上昇していく。

[0037] 図2に星印で示すように、圧縮上死点で点火が行われると、副室16内の混合気が着火し燃焼する(これを副燃焼という)。これによってできた火炎ないし火炎核は、底部隙間19および周部隙間22を通じて全周から放射状に主室5内に拡散し、主室5内に伝播すると共に主室5内の混合気を燃焼させる。

[0038] 点火後、ピストン2は図5に示すように徐々に下降し、これと共に副室16内の火炎は矢印aで示す如く底部隙間19および周部隙間22を通じて主室5内に伝播していく。ピストン2の下降につれ、底部隙間19は次第に大きくなっていくが、周部隙間22の大きさはほぼ一定である。副室16内の火炎は、絞りとして機能する周部隙間22を通じて比較的ゆっくりと主室5内に伝播していく。図6に示すように、副室管11が副室穴17から抜けて副室16が開放された後には、副室16内の火炎が主室5内に直接伝播するようになる。

[0039] このように本実施形態では、副室16から主室5への火炎伝播を遅延させることができ、点火時以降のバーンアングルを伸ばすことができる。そして

図3に示すように、点火後に筒内圧をゆっくりと上昇させ、筒内圧ピーク発生タイミングを遅らせることができると共に、比較的高い筒内圧を長く維持することができる。

[0040] 好ましくは、筒内圧ピーク  $p_d$  が発生するピーク時期  $\theta_{pd}$  が、機械効率が最大となる時期に一致するか、またはその時期の付近となるよう、点火時期  $\theta_{ig}$  が制御される。

[0041] 図7には、機械効率が最大となる時期（機械効率最大時期という）でのピストン2、コンロッド25およびクランクシャフト26の位置を示す。この時期では、クランク半径  $R$  とコンロッド中心軸  $C_c$  とがなす角度  $\theta$  が  $90^\circ$  に等しい。このため、クランクシャフト26にかかる力のモーメントを計算する際の腕の長さ  $r$  が、クランク半径  $R$  に等しくなり、機械効率は最大となる。それ故、機械効率最大時期またはその付近で筒内圧ピーク  $p_d$  が発生するよう、点火時期  $\theta_{ig}$  を制御することにより、エンジンの熱効率を向上することができる。

[0042] このようにECU100は、筒内圧ピーク  $p_d$  が、クランク半径  $R$  とコンロッド中心軸  $C_c$  がなす角度  $\theta$  が  $90^\circ$  またはその付近となるタイミングで発生するよう、点火時期  $\theta_{ig}$  を制御する。このタイミングは例えば圧縮上死点後  $10 \sim 80^\circ$  の範囲内におけるタイミングであり、より好適には  $45 \sim 80^\circ$  の範囲内におけるタイミングである。例えば連桿比3.1のエンジンで圧縮上死点後  $70^\circ$  というタイミングを例示することができる。

[0043] 他方、燃料噴射制御について、ECU100は、点火プラグ10の点火前でかつ副室管11が副室穴17に挿入される前の時期に、インジェクタ9から燃料を噴射させる。これにより、副室16内に混合気を形成してこれを確実に点火させることができる。このときECU100は、主室5および副室16内の混合気が点火プラグ10の点火前に自己着火しないような量の燃料をインジェクタ9から噴射させる。自己着火しないような量とは、例えば、高圧縮比（圧縮比  $\epsilon$  が1.5以上）かつ冷却効率が悪く、更に燃焼室内にヒートスポットが出来やすい形状を持ったエンジンにおける高負荷運転時にて自

己着火しない量をいう。

[0044] 本実施形態の燃料噴射時期は、比較例と同様、吸気行程中かその前（例えば排気行程中）の時期である。なおインジェクタが直噴用インジェクタの場合には、燃料噴射時期を吸気行程中または圧縮行程中の時期とすることができる。本実施形態の燃料噴射量は、理論空燃比相当の量よりも少ない量とすることができる。

[0045] ところで、エンジンの熱効率向上には圧縮比を高めることが有利である。しかし、過度に高圧縮比化するとノッキングが発生する虞がある。そこで本実施形態では上記のように、副室管11を副室穴17に挿入して副室16を形成する。これにより、副室16の圧縮比を主室5の圧縮比より実質的に低下させることができ、高圧縮比化によるノッキングを抑制することができる。

[0046] 図8は比較例の場合、図9および図10は本実施形態の場合を示す。各図において状態Aは圧縮下死点、状態Cは圧縮上死点、状態Bはその中間タイミングの状態を示す。

[0047] まず図8に示す比較例では、副室管11も副室穴17も設けられていない。YA、YB、YCはシリンダヘッド4からピストン上面6までの距離である。YA = 10 YC、YB = 5 YC = (1/2) YAである。圧縮比εについては便宜上、状態Aでε = 1、状態Bでε = 2、状態Cでε = 10と考えることができる。

[0048] 次に、図9に示す本実施形態の第1実施例を説明する。YA、YB、YCの関係は前記同様にYA = 10 YC、YB = 5 YC = (1/2) YAである。一方、ZA、ZB、ZCはシリンダヘッド4から副室穴底面18までの距離である。ZA = 15 YC、ZB = 10 YC、ZC = 6 YCである。ちなみに副室穴17の深さZは5 YCである。

[0049] 主室5を、ピストン上面6の真上に位置する半径方向外側の主室領域R1と、副室穴底面18の真上に位置する半径方向内側の副室領域R2とに分けて考える。状態Aでは、主室領域R1と副室領域R2の圧縮比がいずれもε

= 1 である。

[0050] 状態Bでは、副室管 1 1 の下端面 1 2 がピストン上面 6 と同じ高さ位置にあり、副室管 1 1 が副室穴 1 7 に丁度挿入を開始するタイミングになっている。このときも、主室領域 R 1 と副室領域 R 2 の圧縮比は等しく、 $\varepsilon = 2$  である。

[0051] このとき以降、副室管 1 1 が副室穴 1 7 に挿入されるため、副室 1 6 は主室 5 から実質的に分離される。そして両室内は個別に圧縮される。

[0052] 状態Cにおいて、主室領域 R 1 すなわち主室 5 の圧縮比は比較例と同様に  $\varepsilon = 10$  である。一方、副室領域 R 2 すなわち副室 1 6 は状態Bから実質的に圧縮開始されるため、その圧縮比は  $\varepsilon = 2 \times (Z_B / Z_C) = 3.33$  である。よって副室 1 6 の圧縮比を主室 5 の圧縮比より低下させることができ、高圧縮比化によるノッキングを抑制することができる。

[0053] ところで、図 9 に示す第 1 実施例は、副室 1 6 の圧縮比を主室 5 の圧縮比より比較的大きく低下させることができるものの、副室穴 1 7 の深さ Z が大きくなり、ピストン 2 の長さ L が長くなるため、エンジンパッケージング上好ましくない場合がある。

[0054] そこで、この問題に対処したのが図 10 に示す本実施形態の第 2 実施例である。以下、これについて説明する。

[0055] 前記同様、 $Y_A = 10 Y_C$  である。しかし、 $Y_B$  については第 1 実施例と異なり、 $Y_B = 2 Y_C = (1/5) Y_A$  である。一方、シリンダヘッド 4 から副室穴底面 1 8 までの距離については、 $Z_A = 12 Y_C$ 、 $Z_B = 4 Y_C$ 、 $Z_C = 3 Y_C$  である。副室穴 1 7 の深さ Z は  $2 Y_C$  である。

[0056] この場合、状態Aでは、主室領域 R 1 と副室領域 R 2 の圧縮比がいずれも  $\varepsilon = 1$  である。

[0057] 図 10 の状態Bでは、図 9 の状態Bと同様、副室管 1 1 が副室穴 1 7 に丁度挿入を開始するタイミングになっている。このとき、主室領域 R 1 と副室領域 R 2 の圧縮比は等しく、 $\varepsilon = 5$  である。

[0058] 状態Cにおいて、主室 5 の圧縮比は比較例と同様に  $\varepsilon = 10$  である。一方

、副室16の圧縮比は $\varepsilon = 5 \times (ZB / ZC) = 6.66$ である。よって副室16の圧縮比を主室5の圧縮比より低下させることができ、高圧縮比化によるノッキングを抑制することができる。

[0059] 本実施例は、図9に示した第1実施例と比較して、主室5の圧縮比に対する副室16の圧縮比の低下量は少ないものの、副室穴17の深さZを少なくしてピストン2の長さLを短くすることができる。よって好ましいエンジンパッケージングを実現することが可能である。

[0060] 本実施形態によれば、副室16の圧縮比を主室5の圧縮比より低下させることができる。こうするとノッキングを抑制できるほか、点火プラグ10における点火エネルギー（具体的には点火プラグ10に印加する点火コイル二次電圧）を少なくすることができる。低圧縮比の方が気体密度が低いからである。またこの点火エネルギー減少により、副室16内での点火直後の火炎核成長速度を抑制することができる。火炎核成長速度を抑制すれば、これに伴って副室16から主室5への火炎伝播、さらには主室5内での火炎伝播を遅らせることができる。よって筒内圧ピーク発生時期 $\theta_{pd}$ を機械効率最大時期に近づけるのに有利となる。

[0061] また図2および図5に示したように、点火後、ピストン2の下降と共に、副室16内の火炎は周部隙間22を通じて主室5内に伝播する。周部隙間22の大きさは、ピストン2が首振り運動しても副室穴17の内面が副室管11に衝突しないような最小の隙間とされている。よって副室16内の火炎は周部隙間22を通じて主室5内にゆっくりと伝播し、筒内圧ピーク発生時期 $\theta_{pd}$ を機械効率最大時期に近づけるのに有利となる。

[0062] 副室管11の外径D1と副室穴17の内径d2とを一定としたため、点火後かつピストン下降中の周部隙間22の大きさを、上記のような小さい値にほぼ一定に保つことができる。よって副室管11が副室穴17から抜けるまで、副室16から主室5への火炎伝播速度を低速に保つことができる。

[0063] なお、例えば図9において、状態Bから状態Cに向かって圧縮するとき、周部隙間22を通じた副室16からの圧縮漏れがあるため、真の圧縮比は上

述のようにならない。しかし、実際の圧縮は高速で行われるため、上述のように計算された圧縮比はある程度妥当なものである。

[0064] また、仮に本実施形態の筒内圧ピーク値が比較例より低下したとしても、本実施形態では機械効率最大時期またはその付近で筒内圧ピーク  $p_d$  が発生するので、発生するエンジントルク、すなわちエンジンの熱効率の観点からすれば、比較例よりも向上することが可能である。

[0065] 因みに点火時期  $\theta_{i g}$  は、必ずしもピーク時期  $\theta_{p d}$  が機械効率最大時期またはその付近に一致する点火時期でなくてもよく、ピーク時期  $\theta_{p d}$  が機械効率最大時期またはその付近より前の時期となる点火時期であってもよい。こうしても依然として、ピーク時期  $\theta_{p d}$  を比較例よりも機械効率最大時期に近づけることができ、熱効率向上に有利である。

[0066] このように本実施形態によれば、内燃機関の熱効率向上に有利なエンジンシステムと内燃機関の制御方法とを提供することができる。

[0067] 以上、本開示の実施形態を詳細に述べたが、本開示は他の実施形態および変形例も可能である。

[0068] (1) 例えば、副室管 11 および副室穴 17 の軸方向に垂直な断面形状を円形以外とすることができ、例えば楕円形、または四角形等の多角形とすることができ。

[0069] (2) 図 8～図 10 の例で示した圧縮比の値は一例である。その値は任意に変更可能である。

[0070] 本開示の実施形態は前述の実施形態のみに限らず、特許請求の範囲によって規定される本開示の思想に包含されるあらゆる変形例や応用例、均等物が本開示に含まれる。従って本開示は、限定的に解釈されるべきではなく、本開示の思想の範囲内に帰属する他の任意の技術にも適用することが可能である。

[0071] 本出願は、2020年8月11日付で出願された日本国特許出願（特願2020-135842）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

**産業上の利用可能性**

[0072] 本開示に係るエンジンシステムおよび内燃機関の制御方法は、内燃機関の熱効率向上に有利である。

### 符号の説明

- [0073] 1 内燃機関（エンジン）  
2 ピストン  
3 シリンダ  
4 シリンダヘッド  
5 主室  
9 インジェクタ  
10 点火プラグ  
11 副室管  
17 副室穴  
100 電子制御ユニット（ECU）

## 請求の範囲

- [請求項1] 内燃機関と制御ユニットを備えたエンジンシステムであって、  
前記内燃機関は、  
ピストン、シリンダおよびシリンダヘッドにより画成された主室と、  
、  
前記シリンダヘッドに取り付けられた点火プラグと、  
前記点火プラグを取り囲むと共に前記シリンダヘッドから下方に突出された副室管と、  
前記ピストンに形成され、前記副室管が挿入可能な副室穴と、  
前記主室内に供給される燃料を噴射するインジェクタと、  
を備え、  
前記制御ユニットは、  
前記点火プラグの点火時期と、前記インジェクタの噴射量および噴射時期とを制御するように構成され、  
前記副室管が前記副室穴に挿入されているときに、前記点火プラグを点火させ、  
前記点火プラグの点火前であつ前記副室管が前記副室穴に挿入される前の時期に、前記インジェクタから燃料を噴射させる  
エンジンシステム。
- [請求項2] 前記制御ユニットは、前記点火プラグの点火後に発生する筒内圧ピークが、クランク半径とコンロッド中心軸がなす角度が $90^{\circ}$  またはその付近となるタイミングで発生するよう、前記点火時期を制御する  
請求項1に記載のエンジンシステム。
- [請求項3] 筒内圧ピークが発生する前記タイミングは、圧縮上死点後 $10\sim 80^{\circ}$  の範囲内におけるタイミングである  
請求項2に記載のエンジンシステム。
- [請求項4] 前記副室管は一定の外径を有し、前記副室穴は、前記副室管の外径より大きい一定の内径を有する

請求項 1～3 のいずれか一項に記載のエンジンシステム。

[請求項5] ピストン、シリンダおよびシリンダヘッドにより画成された主室と、

、

前記シリンダヘッドに取り付けられた点火プラグと、

前記点火プラグを取り囲むと共に前記シリンダヘッドから下方に突出された副室管と、

前記ピストンに形成され、前記副室管が挿入可能な副室穴と、

前記主室内に供給される燃料を噴射するインジェクタと、

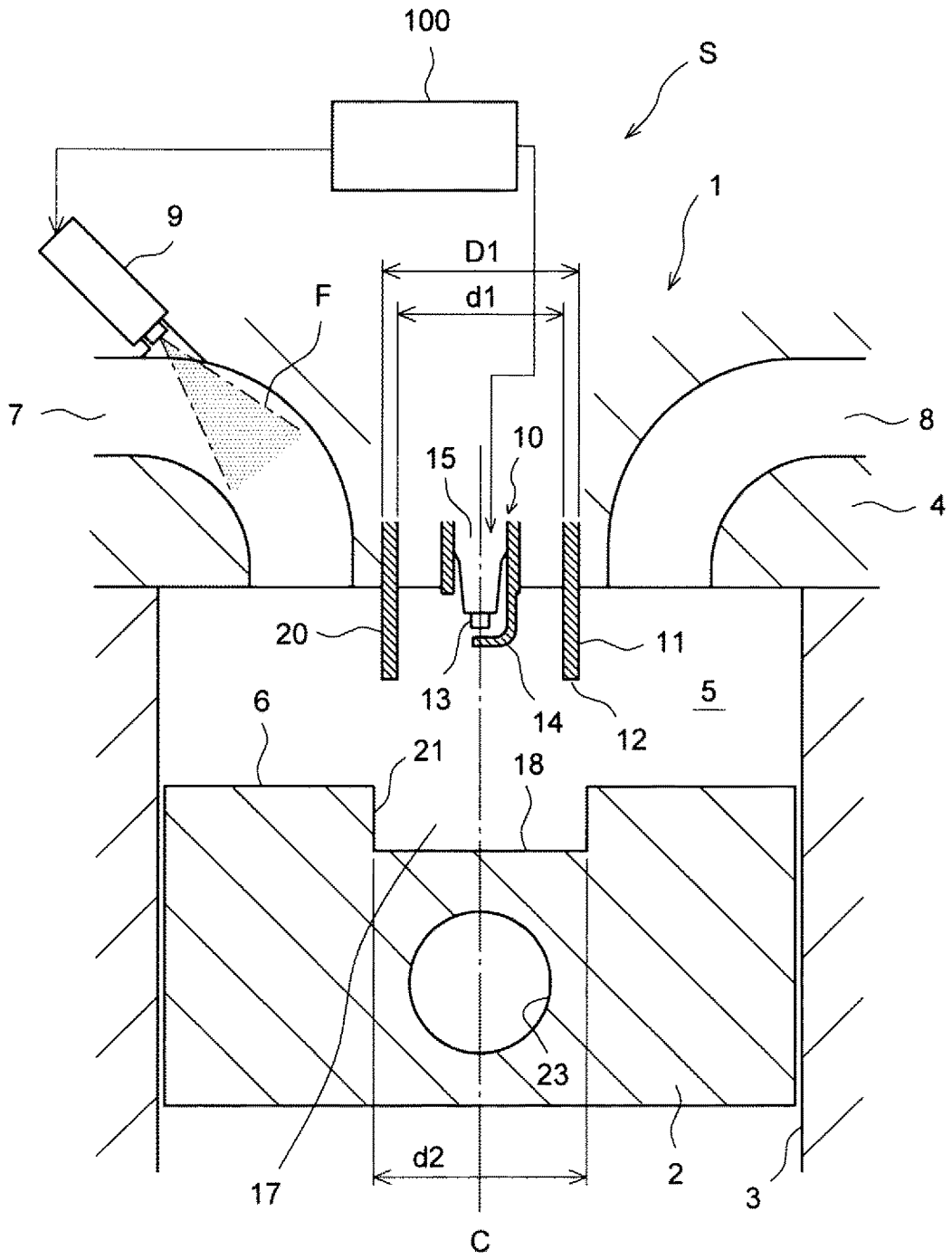
を備えた内燃機関の制御方法であって、

前記点火プラグの点火前でかつ前記副室管が前記副室穴に挿入される前の時期に、前記インジェクタから燃料を噴射させる第 1 ステップと、

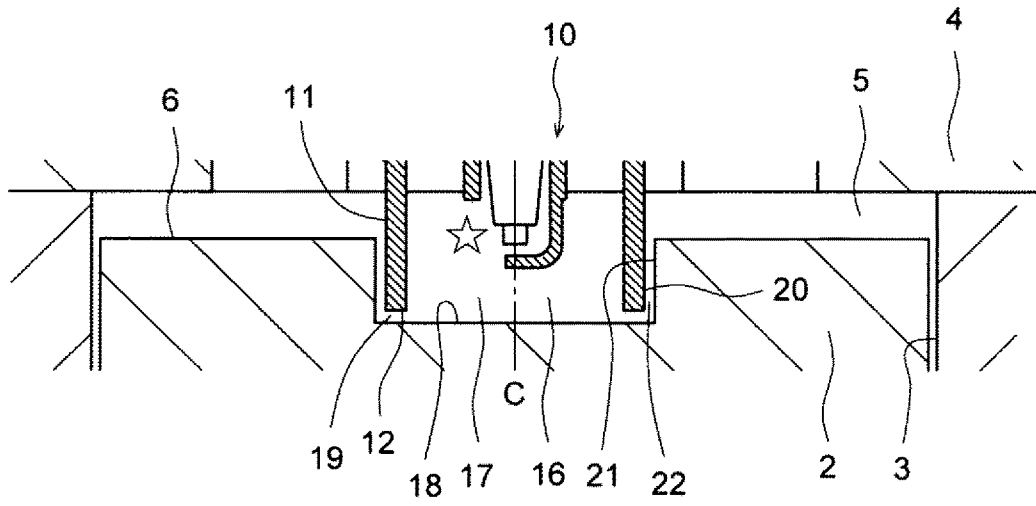
前記副室管が前記副室穴に挿入されているときに、前記点火プラグを点火させる第 2 ステップと、

を備えた内燃機関の制御方法。

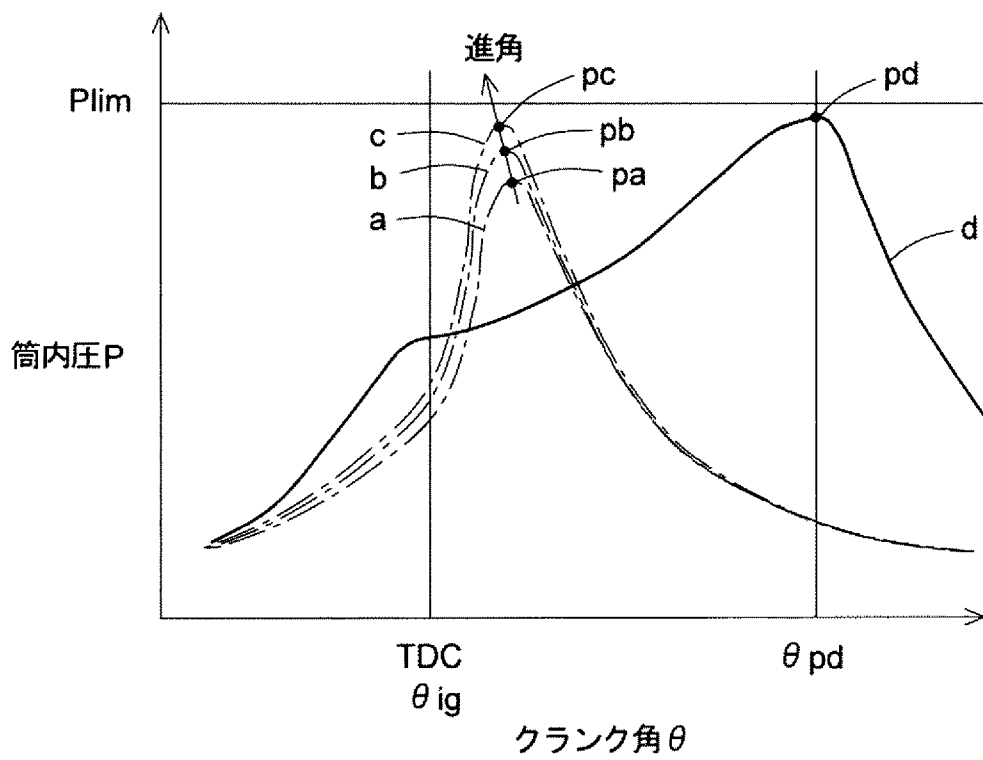
[図1]



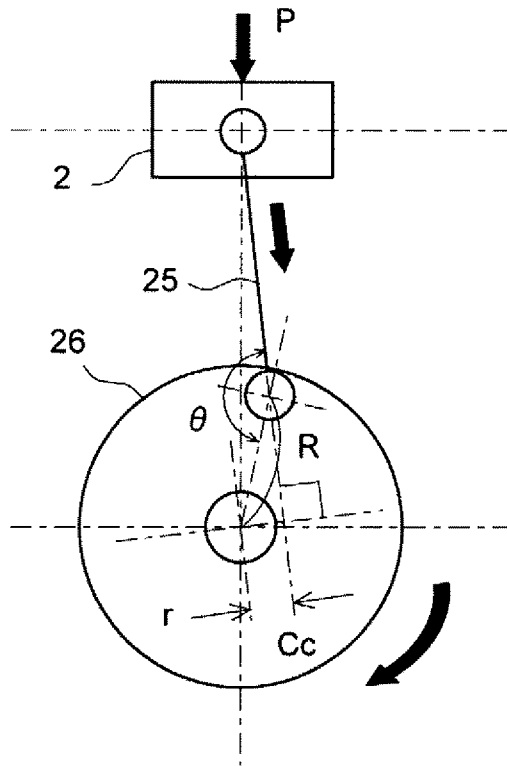
[図2]



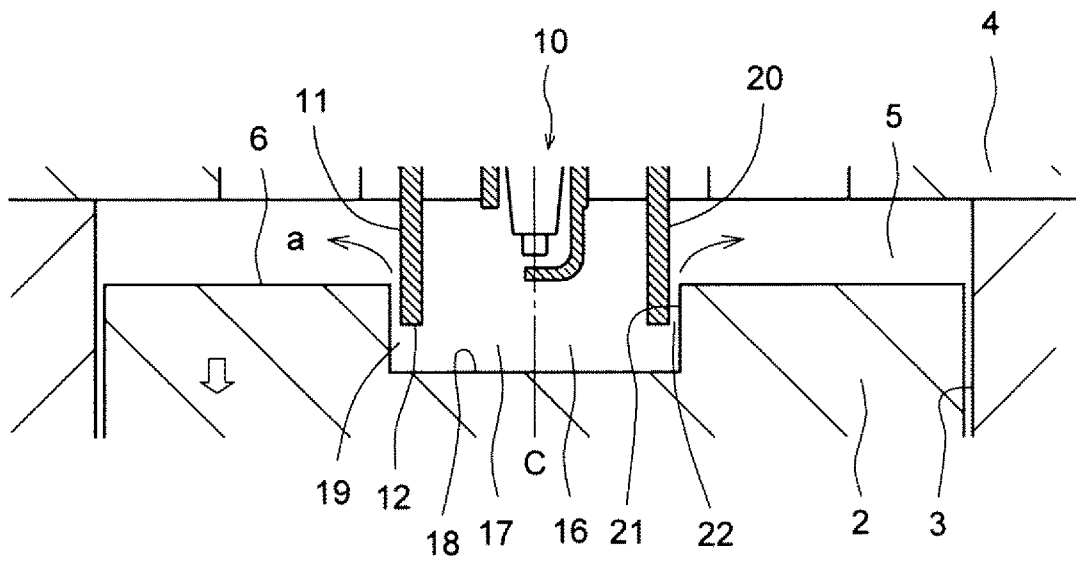
[図3]



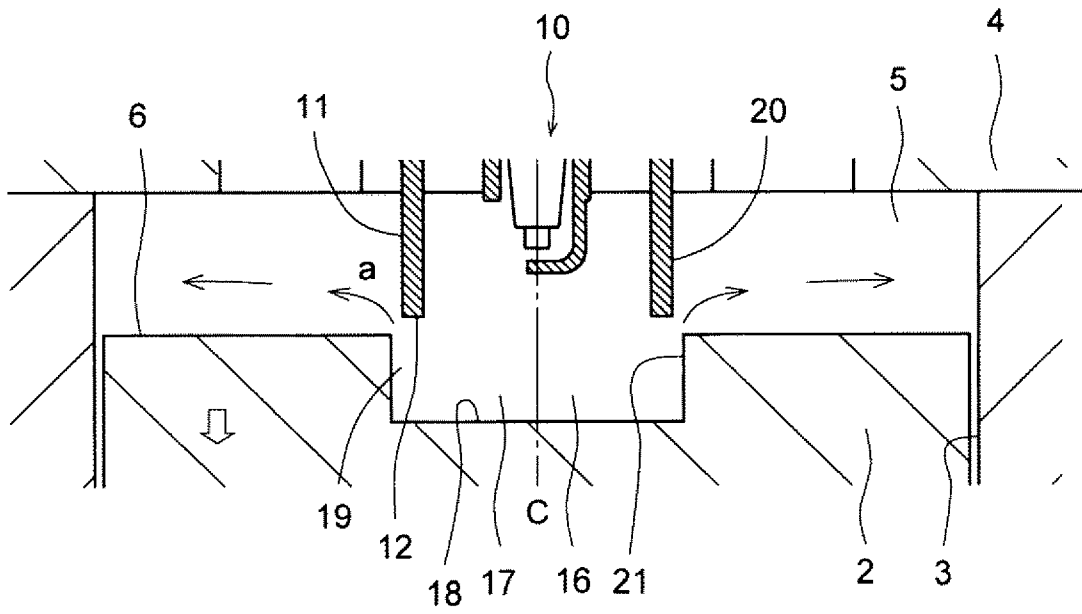
[圖4]



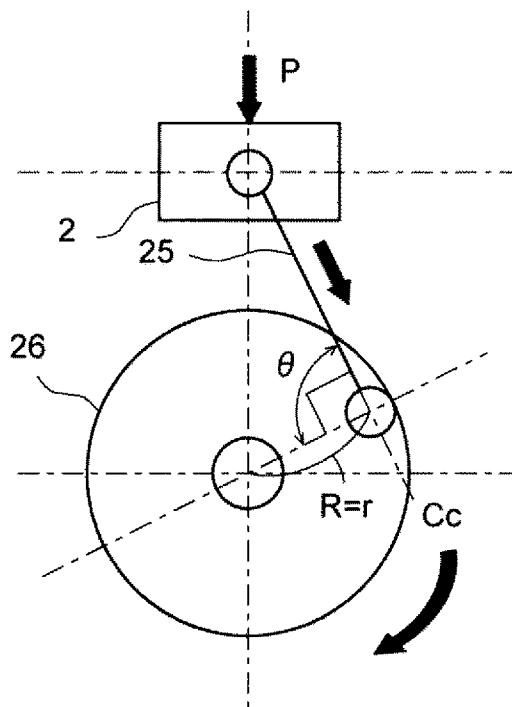
[圖5]



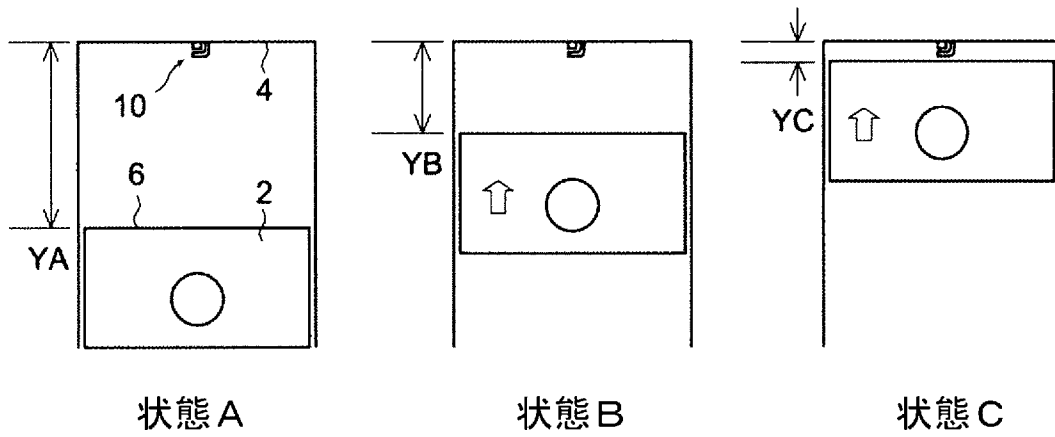
[圖6]



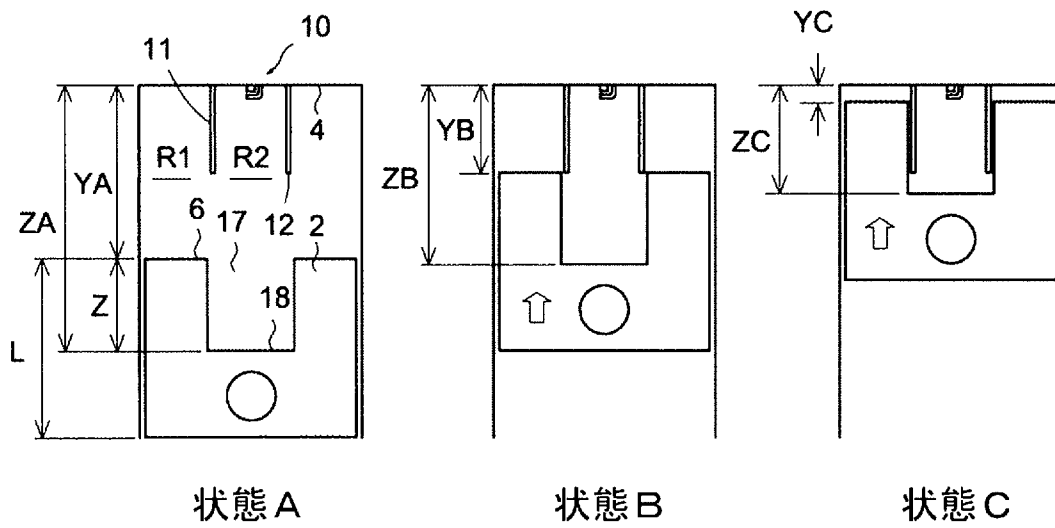
[圖7]



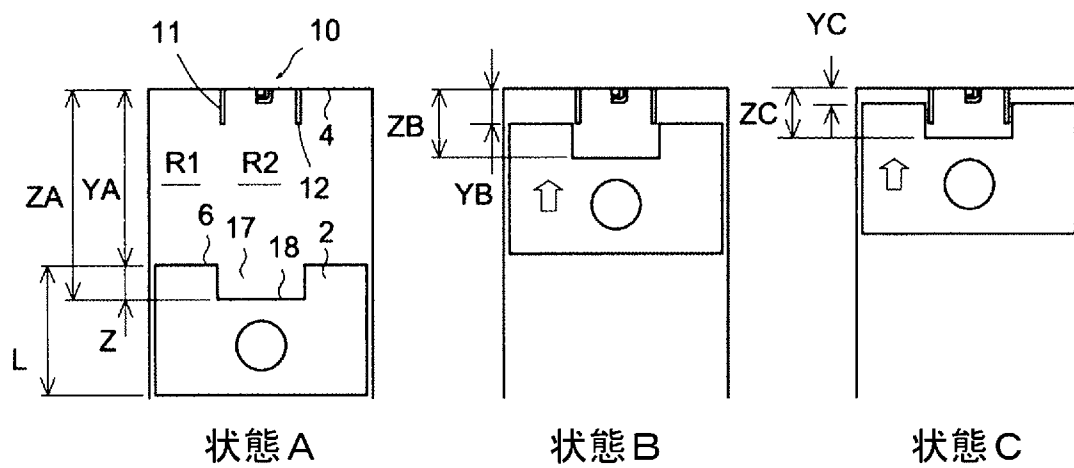
[图8]



[图9]



[图10]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2021/059146

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

**F02B 19/12**(2006.01)i; **F02P 5/145**(2006.01)i; **F02F 3/26**(2006.01)i  
 FI: F02B19/12 D; F02B19/12 A; F02F3/26 C; F02P5/145 B

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)

F02B19/12; F02P5/145; F02F3/26

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 2003-120298 A (ISHIMA RYUTAI KENKYUSHO KK) 23 April 2003 (2003-04-23) paragraphs [0017], [0019], [0022], [0023], fig. 1, 3, 5	1, 4-5
A	paragraphs [0017], [0019], [0022], [0023], fig. 1, 3, 5	2-3
Y	JP 2007-285273 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 01 November 2007 (2007-11-01) paragraph [0053], fig. 9	1, 4-5
A	paragraph [0053], fig. 9	2-3
Y	FR 690119 A (GYSENS, Amedee and CORTIER, Charles) 16 September 1930 (1930-09-16) p. 2, line 89 to p. 3, line 47, fig. 1, 2	4
A	p. 2, line 89 to p. 3, line 47, fig. 1, 2	2-3
A	JP 57-146015 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 09 September 1982 (1982-09-09) entire text, all drawings	1-5
A	JP 56-69417 A (HISADA, Narikazu) 10 June 1981 (1981-06-10) entire text, all drawings	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

**29 November 2021**

Date of mailing of the international search report

**07 December 2021**

Name and mailing address of the ISA/JP

**Japan Patent Office (ISA/JP)  
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915  
 Japan**

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/IB2021/059146**

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2939842 A1 (LOUIS, Chauville) 18 June 2010 (2010-06-18) entire text, all drawings	1-5
<hr/>		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/IB2021/059146**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2003-120298 A	23 April 2003	(Family: none)	
JP 2007-285273 A	01 November 2007	(Family: none)	
FR 690119 A	16 September 1930	(Family: none)	
JP 57-146015 A	09 September 1982	(Family: none)	
JP 56-69417 A	10 June 1981	(Family: none)	
FR 2939842 A1	18 June 2010	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F02B 19/12(2006.01)i; F02P 5/145(2006.01)i; F02F 3/26(2006.01)i FI: F02B19/12 D; F02B19/12 A; F02F3/26 C; F02P5/145 B										
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）） F02B19/12; F02P5/145; 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年									
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 2003-120298 A (株式会社石間流体研究所) 23.04.2003 (2003 - 04 - 23) 段落0017, 0019, 0022-0023, 図1, 3, 5	1, 4-5								
A	段落0017, 0019, 0022-0023, 図1, 3, 5	2-3								
Y	JP 2007-285273 A (日産自動車株式会社) 01.11.2007 (2007 - 11 - 01) 段落0053, 図9	1, 4-5								
A	段落0053, 図9	2-3								
Y	FR 690119 A (GYSENS, Amedee and CORTIER, Charles) 16.09.1930 (1930 - 09 - 16) 第2ページ第89行-第3ページ第47行, 図1-2	4								
A	第2ページ第89行-第3ページ第47行, 図1-2	2-3								
A	JP 57-146015 A (日産自動車株式会社) 09.09.1982 (1982 - 09 - 09) 全文, 全図	1-5								
A	JP 56-69417 A (久田 鎗一) 10.06.1981 (1981 - 06 - 10) 全文, 全図	1-5								
A	FR 2939842 A1 (LOUIS, Chauville) 18.06.2010 (2010 - 06 - 18) 全文, 全図	1-5								
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 29. 11. 2021	国際調査報告の発送日 07. 12. 2021									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  齊藤 彬 3G 5072  電話番号 03-3581-1101 内線 3355									

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/IB2021/059146

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2003-120298	A	23.04.2003	(ファミリーなし)	
JP	2007-285273	A	01.11.2007	(ファミリーなし)	
FR	690119	A	16.09.1930	(ファミリーなし)	
JP	57-146015	A	09.09.1982	(ファミリーなし)	
JP	56-69417	A	10.06.1981	(ファミリーなし)	
FR	2939842	A1	18.06.2010	(ファミリーなし)	