

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7675926号
(P7675926)

(45)発行日 令和7年5月13日(2025.5.13)

(24)登録日 令和7年5月1日(2025.5.1)

(51)国際特許分類	F I
F 0 2 B 31/04 (2006.01)	F 0 2 B 31/04 5 0 0 A
F 0 2 F 1/42 (2006.01)	F 0 2 F 1/42 F
F 0 2 B 23/08 (2006.01)	F 0 2 B 23/08 C

請求項の数 7 (全26頁)

(21)出願番号	特願2024-511062(P2024-511062)	(73)特許権者	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和4年3月31日(2022.3.31)	(74)代理人	100169111 弁理士 神澤 淳子
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/016655	(74)代理人	中村 訓
(87)国際公開番号	WO2023/188310	(72)発明者	久米 孝志 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式 会社本田技術研究所内
(87)国際公開日	令和5年10月5日(2023.10.5)	(72)発明者	中村 洋平 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式 会社本田技術研究所内
審査請求日	令和6年7月9日(2024.7.9)	審査官	津田 真吾

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内燃機関の吸気構造

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリンダ軸線(C)の方向において、燃焼室(20)に連なる吸気通路(38)に、前記燃焼室(20)でタンブル流を生じさせるための第1吸気通路(64)と、第2吸気通路(66)とが重なるように設けられている内燃機関(110)の吸気構造(S, S1)であって、

前記第1吸気通路(64)は、前記シリンダ軸線(C)の方向において前記第2吸気通路(66)から離れるように湾曲するとともに、前記シリンダ軸線(C)に直交するとともに吸排気方向に直交する幅方向において湾曲するように形成され、

前記第1吸気通路(64)は、前記シリンダ軸線(C)の方向においてクランク軸(17)側に凸に湾曲するように形成され、

前記第2吸気通路(66)の前記第1吸気通路(64)側を区画形成する下流側壁面(us)は、前記第1吸気通路(64)の下流側部分(64L)の湾曲形状に対応する湾曲形状を有している

ことを特徴とする内燃機関(110)の吸気構造(S1)。

【請求項2】

前記シリンダ軸線(C)の方向において前記クランク軸(17)側からシリンダヘッド(14)側の方向を第1方向と定義するとき、

前記第2吸気通路(66)は、第1吸気通路(64)の前記第1方向側に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の内燃機関(110)の吸気構造(S1)。

10

20

【請求項 3】

前記第 1 吸気通路 (6 4) の前記第 2 吸気通路 (6 6) への合流部 (6 5) は、前記幅方向において、吸気ポート (3 4) の開口部 (2 8) に対して偏っていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関 (1 1 0) の吸気構造 (S 1) 。

【請求項 4】

前記シリンダ軸線 (C) を含むとともに前記吸排気方向に延びる仮想面 (I S) を定めるとき、

前記仮想面 (I S) の一方側に、前記合流部 (6 5) と、前記燃焼室 (2 0) に臨む点火プラグが配置されている

ことを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関 (1 1 0) の吸気構造 (S 1) 。

10

【請求項 5】

前記幅方向において、前記第 1 吸気通路 (6 4) は、前記合流部 (6 5) が偏っている側と同じ側に凸に湾曲するように形成されている

ことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の内燃機関 (1 1 0) の吸気構造 (S 1) 。

【請求項 6】

(削除)

【請求項 7】

前記第 1 吸気通路 (6 4) を区画形成する前記第 2 吸気通路 (6 6) 側の壁面 (d s) は、前記シリンダ軸線 (C) の方向において前記クランク軸 (1 7) 側に凸になるように湾曲している

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の内燃機関 (1 1 0) の吸気構造 (S 1) 。

20

【請求項 8】

前記第 1 吸気通路 (6 4) の前記下流側部分 (6 4 L) は、吸気流れ方向で下流側に至るほど、前記シリンダ軸線 (C) の方向において前記クランク軸 (1 7) 側からシリンダヘッド (2 4) 側に近づくように形成されている

ことを特徴とする請求項 1 から 5、7 のいずれか一項に記載の内燃機関 (1 1 0) の吸気構造 (S 1) 。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、タンブル流用の通路とそれ以外の通路とを吸気通路に備える内燃機関の吸気構造に関する。

【背景技術】

【0002】

スロットル弁の下流側の吸気通路が、仕切部により複数の通路に分けられる内燃機関の吸気構造が種々提案されている。例えば、特許文献 1 の内燃機関の吸気構造では、スロットル弁の下流側にタンブル弁を設け、そのタンブル弁の下流側にインレットパイプから吸気ポートへと続けて仕切部である仕切板部を設け、この仕切板部により吸気通路を上下の下側副通路と上側主通路とに分けることが行われる。下側副通路がタンブル通路となり、タンブル弁は上側主通路を実質的に閉閉するものである。なお、上記タンブル弁は、吸気振分け弁または吸気制御弁とも称され得るバルブであり、上記仕切部が設けられた内燃機関において、設けられない場合もある (例えば特許文献 2 参照) 。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第 6 7 1 4 7 6 4 号公報

【文献】特許第 6 4 3 9 0 7 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0004】

前述のように、吸気通路を、タンブル流を生じさせるためのタンブル通路と、それ以外の通路である上側の主通路とに分けた内燃機関がある。この内燃機関では、吸気弁の開弁時に、タンブル通路からの吸気は、主通路からの吸気に干渉される場合があり、タンブル通路からの吸気によるタンブル流の形成が影響を受ける場合がある。一方で、昨今の環境への配慮の更なる高まりにより、燃焼室での燃焼性を更に改善するべく、強いタンブル流つまり正タンブル流を得ることに対する強い要求がある。本発明の目的は、シリンダ軸線の方向において吸気通路にタンブル流用の通路とそれ以外の通路とが重なるように設けられている内燃機関において、燃焼室でより強いタンブル流を生じさせることを可能にする構成を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために、本発明の一態様は、

シリンダ軸線の方向において、燃焼室に連なる吸気通路に、前記燃焼室でタンブル流を生じさせるための第1吸気通路と、第2吸気通路とが重なるように設けられている内燃機関の吸気構造であって、

前記第1吸気通路は、前記シリンダ軸線の方向において前記第2吸気通路から離れるように湾曲するとともに、前記シリンダ軸線に直交するとともに吸排気方向に直交する幅方向において湾曲するように形成されている

ことを特徴とする内燃機関の吸気構造

を提供する。

20

【0006】

上記構成によれば、燃焼室でタンブル流を生じさせるための第1吸気通路は、シリンダ軸線の方向において第2吸気通路から離れるように湾曲するとともに、シリンダ軸線に直交するとともに吸排気方向に直交する幅方向において湾曲するように形成される。第1吸気通路をシリンダ軸線の方向において第2吸気通路から離れるように形成することで、第1吸気通路からの吸気をタンブル流を形成するように滑らかに燃焼室に流入させることができ、第1吸気通路からの吸気の流れの流速を高めることが可能である場合もある。また、第1吸気通路をシリンダ軸線に直交するとともに吸排気方向に直交する幅方向において湾曲するように形成することで、第1吸気通路からの吸気が第2吸気通路からの吸気に干渉される度合いを下げることができる。よって、上記構成によれば、燃焼室でより強いタンブル流を生じさせることができる。

30

【0007】

好ましくは、前記シリンダ軸線の方向においてクランク軸側からシリンダヘッド側の方向を第1方向と定義するとき、前記第2吸気通路は、第1吸気通路の前記第1方向側に設けられている。この構成によれば、第2吸気通路は第1吸気通路の前記第1方向側に設けられ、かつ、前述のように第1吸気通路をシリンダ軸線の方向において第2吸気通路から離れるようにしているので、第1吸気通路が第2吸気通路に合流する箇所での、第1吸気通路からの吸気の剥離を積極的に促すことができる。よって、第1吸気通路からの吸気の流れを高めることが可能になる。

40

【0008】

好ましくは、前記第1吸気通路の前記第2吸気通路への合流部は、前記幅方向において、吸気ポートの開口部に対して偏っている。この構成によれば、吸入行程時に吸気弁が開いて燃焼室に流入する第1吸気通路からの吸気の流れに、その偏りに応じた角度をつけることが可能になる。よって、第1吸気通路からの吸気が第2吸気通路からの吸気に干渉される度合いをより下げることができる。

【0009】

好ましくは、前記シリンダ軸線を含むとともに前記吸排気方向に延びる仮想面を定めるとき、前記仮想面の一方側に、前記合流部と、前記燃焼室に臨む点火プラグが配置されている。この構成によれば、第1吸気通路からの吸気により、点火プラグによる火花をより

50

迅速に燃焼室中央側に運ぶことが可能になり、これにより火炎伝播速度をより高めることが可能になる。

【0010】

好ましくは、前記幅方向において、前記第1吸気通路は、前記合流部が偏っている側と同じ側に凸に湾曲するように形成されている。これにより、第1吸気通路からの吸気が第2吸気通路からの吸気に干渉される度合いを更に下げることができ、よって燃焼室においてタンブル流をより好適に形成することが可能になる。

【0011】

好ましくは、前記第1吸気通路は、前記シリンダ軸線方向においてクランク軸側に凸に湾曲するように形成されている。これにより、第1吸気通路の第2吸気通路への合流部で、第1吸気通路からの吸気が吸気通路壁面から剥離することを積極的に促すことができる。

10

【0012】

好ましくは、前記第1吸気通路を区画形成する前記第2吸気通路側の壁面は、前記シリンダ軸線方向において前記クランク軸側に凸になるように湾曲している。この構成により、第1吸気通路のシリンダ軸線方向の幅を概ね同じにして、第1吸気通路からの吸気をよりタンブル流を生成するように指向させることができる。

【0013】

好ましくは、前記第1吸気通路の下流側部分は、吸気流れ方向で下流側に至るほど、前記シリンダ軸線方向において前記クランク軸側からシリンダヘッド側に近づくように形成されている。これにより、第1吸気通路の第2吸気通路への合流部での、第1吸気通路からの吸気の吸気通路壁面からの剥離をより積極的に促すことができる。

20

【0014】

好ましくは、前記第2吸気通路の前記第1吸気通路側を区画形成する下流側壁面は、前記第1吸気通路の下流側部分の湾曲形状に対応する湾曲形状を有している。この構成によれば、第2吸気通路からの吸気は、下流側壁面で燃焼室に向けてジャンプするように流れることができ、第1吸気通路からの吸気に滑らかに合流するように指向される。これにより、より強いタンブル流の生成を促すことが可能になる。

【発明の効果】

【0015】

本発明の上記態様によれば、上記構成を備えるので、シリンダ軸線方向において吸気通路にタンブル流用の第1吸気通路とそれ以外の通路である第2吸気通路とが重なるように設けられている内燃機関において、燃焼室でより強いタンブル流を生じさせることが可能になる。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】参考例の内燃機関の概略構成図である。

【図2】図1の内燃機関の吸気通路の下流側の立体モデルの平面図である。

【図3】図2の立体モデルの正面図である。

【図4】図2の立体モデルの底面図である。

40

【図5】図2の立体モデルの背面図である。

【図6】図2の立体モデルの右側面図である。

【図7】図2の立体モデルの左側面図である。

【図8】図2の立体モデルの左側からの斜視図である。

【図9】図2の立体モデルの右側からの斜視図である。

【図10】図5に示す立体モデルの透視図であり、燃料噴射弁から噴射された噴霧燃料を模式的に示す図である。

【図11】図10に示すのと同様に燃料噴射弁から噴射された噴霧燃料を模式的に示す、図2に示す立体モデルの透視図である。

【図12】図10に示すのと同様に燃料噴射弁から噴射された噴霧燃料を模式的に示す、

50

図 2 の立体モデルの吸気流れ方向に沿った断面図である。

【図 1 3 A】図 1 0 に示すのと同様に燃料噴射弁から噴射した噴霧燃料を有する図 2 の立体モデルの断面図であり、図 2 の S A - S A 線に沿った位置での断面図である。

【図 1 3 B】図 1 0 に示すのと同様に燃料噴射弁から噴射した噴霧燃料を有する図 2 の立体モデルの断面図であり、図 2 の S B - S B 線に沿った位置での断面図である。

【図 1 3 C】図 1 0 に示すのと同様に燃料噴射弁から噴射した噴霧燃料を有する図 2 の立体モデルの断面図であり、図 2 の S C - S C 線に沿った位置での断面図である。

【図 1 4 A】図 1 3 に示す立体モデルの部分の斜視図であり、図 1 3 A の立体モデルに対応する図である。

【図 1 4 B】図 1 3 に示す立体モデルの部分の斜視図であり、図 1 3 B の立体モデルに対応する図である。

10

【図 1 4 C】図 1 3 に示す立体モデルの部分の斜視図であり、図 1 3 C の立体モデルに対応する図である。

【図 1 5】第 1 実施形態に係る内燃機関の概略構成図である。

【図 1 6】図 1 5 の内燃機関の燃焼室から吸気系の部分を中心とした立体モデルの平面図である。

【図 1 7】図 1 6 の立体モデルの底面図である。

【図 1 8】図 1 6 の立体モデルの側面図である。

【図 1 9】タンブル通路からの吸気の流れを模式的に示す図 1 8 に相当する側面図である。

【図 2 0】参考例の図 1 の内燃機関に関する図 5 の立体モデルを組み込んだ立体モデルの側面図である。

20

【図 2 1】第 2 実施形態に係る内燃機関の吸気構造を有する立体モデルの側面図である。

【図 2 2】コンピュータシミュレーション結果を示す図である。

【図 2 3】コンピュータシミュレーション結果を示す図である。

【図 2 4】コンピュータシミュレーション結果を示す図である。

【図 2 5】コンピュータシミュレーション結果を示す図である。

【図 2 6】コンピュータシミュレーション結果を示す図である。

【図 2 7】タンブル通路のオフセット量とタンブル流の軸傾きとの関係で実験結果を示すグラフである。

【図 2 8】スワール比とタンブル流の軸傾きとの関係で実験結果を示すグラフである。

30

【図 2 9】タンブル比とタンブル流の軸傾きとの関係で実験結果を示すグラフである。

【図 3 0】タンブル通路のオフセット量を説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明に係る実施形態を添付図に基づいて説明する。同一の部品（又は構成）には同一の符号を付してあり、それらの名称及び機能も同じである。したがって、それらについての詳細な説明は繰返さない。

【0018】

（参考例）

まず、本発明に係る実施形態を説明する前に、参考例に係る内燃機関 10 について説明する。内燃機関 10 の概略構成を図 1 に示す。図 1 は、内燃機関 10 のシリンダブロック 12 のシリンダボア 12b の軸線（シリンダ軸線）C に沿った、内燃機関 10 の断面図である。なお、内燃機関 10 は、単気筒エンジンである。

40

【0019】

シリンダブロック 12 のシリンダボア 12b 内を往復動するピストン 15 は、クランクケース部 16 のクランク軸 17 のクランクピンと、コネクティングロッド 18 により連結されている。シリンダブロック 12 のシリンダボア 12b 内に摺動自在に嵌合されるピストン 15 の頂面 15a と、頂面 15a が対向するシリンダヘッド 14 の燃焼室天井面 14a との間には燃焼室 20 が構成される。

【0020】

50

内燃機関10は、SOHC型式の2バルブシステムを採用しており、シリンダヘッド14に動弁機構22が設けられている。動弁機構22を覆うように、シリンダヘッド14にはシリンダヘッドカバー24が重ねられて被せられる。シリンダヘッドカバー24内の動弁機構22に動力伝達を行うため、図示しない無端状のカムチェーンが、クランクケース部16、シリンダブロック12、シリンダヘッド14のクランク軸方向の一方側に設けられた図示しないカムチェーン室を通して、カム軸26とクランク軸17との間に架設され、カム軸26はクランク軸17に同期して1/2の回転速度で回転する。なお、シリンダヘッド14においてカムチェーン室と反対側(クランク軸方向の他方側)から燃焼室20内に向かって点火プラグが嵌挿されている。なお、図1において、燃焼室20に臨む点火プラグは紙面手前側に位置し、カムチェーン室は紙面奥側に位置する。

10

【0021】

シリンダヘッド14において、燃焼室天井面14aに開口した吸気弁口28と排気弁口30からは、各々吸気ポート32と排気ポート34が互いに上下に離れる方向に湾曲しながら延出して形成される。なお、上記のように2バルブシステムを採用して、シリンダヘッド14には、単一の吸気ポート32及び単一の排気ポート34が区画形成されている。

【0022】

吸気ポート32の上流端は、シリンダヘッド14の上方に向けて開口し、インレットパイプ36と接続して、連続した吸気通路38が構成され、インレットパイプ36の上流側に、スロットルボディ40が接続される。排気ポート34の下流端は、シリンダヘッド14の下方に向けて開口し、排気管42に連結される。排気管42の下流側には、排気浄化装置及び消音装置が設けられ得る。

20

【0023】

シリンダヘッド14における吸気ポート32の湾曲外壁部32aに一体に円筒状の吸気弁ガイド44が嵌着されている。吸気弁ガイド44に摺動可能に支持された吸気弁46が、吸気ポート32の燃焼室20に臨む吸気弁口28を開閉する。

【0024】

また、シリンダヘッド14における排気ポート34の湾曲外壁部34aに一体に嵌着された排気弁ガイド48に摺動可能に支持された排気弁50が、排気ポート34の燃焼室20に臨む排気弁口30を開閉する。

【0025】

吸気弁46および排気弁50はその傘部46a、50aが、いずれも燃焼室20に臨む吸気弁口28、排気弁口30を閉じるように、弁ばねにより上方に付勢されている。カム軸26の吸気カム、排気カムに当接揺動する吸気ロッカアーム56、排気ロッカアーム58によって、吸気弁46、排気弁50のステムエンド46b、50bが押し下げられて、所定のタイミングで吸気弁46、排気弁50が開弁し、吸気ポート32と燃焼室20、また、排気ポート34と燃焼室20が連通し、所定のタイミングの吸気、排気がなされる。

30

【0026】

内燃機関10の吸気ポート32の上流端には、インシュレ-タ60を介してインレットパイプ36が接続して、連続した吸気通路38が構成され、インレットパイプ36の上流側に、スロットルボディ40が接続される。スロットルボディ40は、内燃機関10の燃焼室20に連なる吸気通路38の一部を構成する断面略円形の吸気路40aを有し、その上流側は、図示しないエアクリーナ装置に接続している。

40

【0027】

スロットルボディ40は、その吸気路40aの吸気の流れ方向と垂直、すなわち吸気路40aの中心軸線と直角に交差するスロットル弁軸40bによってスロットルボディ40内に回転自在に軸支されて、吸気路40aの流路面積を可変制御し、吸気路40aを開閉し得るスロットル弁40cを備えている。スロットル弁40cはバタフライ式のもので、スロットル弁軸40bと、スロットル弁軸40bに固定される共に一体的に回転する円盤状の弁体40dとを有している。

【0028】

50

スロットル弁40cは運転者の操作等により、図1において時計回りに開弁方向に回動可能となっているとともに、図示しない復帰ばねにより、弁体40dはその縁部が吸気路40aの内壁面に当接する全閉位置に位置するように、閉弁方向に反時計回りに付勢されている。スロットル弁40cは、例えば低負荷運転状態において吸気路40aを所定の微小開度にし、高負荷運転状態において吸気路40aを全開にするように制御される。

【0029】

以上の内燃機関10において、燃焼室20でのより好ましい燃料つまり混合気の燃焼を得るために燃焼室20において燃料・空気混合気のタンブル渦流つまりタンブル流、すなわち縦回転を与えるための吸気構造S0が構成されている。吸気構造S0は、シリンダ軸線Cの方向において吸気通路38を複数に分けるように、吸気通路38に設けられた仕切部62を備える。すなわち、吸気通路38は、インレットパイプ36から吸気ポート32へと続く仕切部62によって、吸気流れ方向に沿って分割され、通った吸気が燃焼室20内でタンブル流を発生するように構成されたタンブル通路64と、タンブル通路64を除く主通路66とに仕切られている。タンブル通路64が第1吸気通路に相当し、主通路66が第2吸気通路に相当する。なお、タンブル通路64は副通路と称されてもよい。

10

【0030】

なお、吸気流れ方向に板状に延在する仕切部62は、吸気通路38の下流側を実質的に上下方向において二分するように、ここでは流れ方向に延びる軸線に略平行に実質的に延びるように設けられている。本参考例では、タンブル通路64の流路断面積は主通路66の流路断面積よりも小さい。しかし、タンブル通路64の流路断面積が主通路66の流路断面積よりも大きくなるように仕切部62は設けられてもよく、それらを略同じにすることも可能である。

20

【0031】

吸気通路38の仕切部62によって仕切られた下側部分がタンブル通路64、上側部分が主通路66となるが、本明細書においてはそれらはその上下配置に限定されない。なお、本明細書において、吸気通路38などについての「上」、「下」とは、シリンダ軸線C方向においてクランク軸17側からシリンダヘッド14ないしシリンダヘッドカバー24側の方向を「上」又は「上」方向、この「上」方向とは逆向きの方向つまりシリンダヘッド14側からクランク軸17側の方向を「下」又は「下」方向といい、空間上の絶対的な「上」、「下」の意味ではない。この「上」又は「上」方向は第1方向に相当し、「下」又は「下」方向は第2方向に相当する。

30

【0032】

なお、仕切部62の上流側かつスロットル弁40cの下流側に吸気制御弁が更に設けられてもよい。この吸気制御弁は、例えば主通路66の流路面積を可変制御するように設けられる。当該吸気制御弁は、タンブル弁、タンブル制御弁又はTCVなどとも称され得、例えば低負荷運転状態において主通路66を全閉にし、高負荷運転状態において主通路66を全開にするように制御される。なお、スロットル弁40cは、以下に説明するように電子制御されるが、電子制御されることに限定されず、例えばスロットルケーブルで機械的にコントロールされる弁であってもよく、これは吸気制御弁を設ける場合も同様である。

【0033】

40

内燃機関10では、燃料噴射弁68、70が設けられている。一方の燃料噴射弁（以下、第1燃料噴射弁）68は、仕切部62の上流側端部62uよりも上流側に設けられて、該上流側端部62uよりも上流側の吸気通路38の部分に燃料を噴射するように設けられている。他方の燃料噴射弁（以下、第2燃料噴射弁）70は、吸気ポート32に燃料を噴射するように設けられている。第2燃料噴射弁70は、主通路66に臨むように設けられ、ここではインレットパイプ36に設けられている。このように、第2燃料噴射弁70は、主通路66側から燃料を噴射し、吸気ポート32を介して燃焼室20に燃料を供給するように設けられている。なお、図1から明らかかなように、第2燃料噴射弁70は、吸気通路38を区画形成する部材の上側の壁部に取り付けられている。なお、本開示は、燃料噴射弁の数を2つに限定するものではなく、例えば1つであってもよい。この場合、例えば、第2燃料噴射弁70のみを

50

設けることができる。

【0034】

内燃機関10を制御するECU(電子制御ユニット)72は、所謂コンピュータとしての構成を備え、吸気制御部74及び燃料噴射制御部76を備えている。つまり、ECU72は、プロセッサ(例えばCPU)、メモリ(例えばROM及びRAM)を備える。ECU72は、エンジン回転速度センサ、エンジン負荷センサなどの各種センサからの出力に基づいて内燃機関10の運転状態を解析して、吸気制御部74により、スロットル弁40cの作動を制御する。また、ECU72は、解析した内燃機関10の運転状態に基づいて、燃料噴射制御部76により、燃料噴射弁68、70の各作動を制御する。なお、ECU72には、これらの制御のためのプログラム及び各種データが記憶されている。

10

【0035】

ここで、図2から図9に、吸気通路38の下流側の立体モデルMを示す。立体モデルMは、インレットパイプ36の下流側端部から吸気ポート32を含み、その下流側においては吸気弁口28で終端する。なお、立体モデルMは吸気通路38の下流側端部のモデルであるので、立体モデルMの外表面80は、吸気通路38の下流側を区画形成する部材であるインレットパイプ36の内面36s、インシュレータ60の内面60s及びシリンダヘッド14の内壁面14sに対応する部分を有し、一部は仕切部62の表面62sに対応し、部分的に後述する偏位部90の表面90sに対応する。そこで、理解を容易にするように、インレットパイプ36の内面36s、インシュレータ60の内面60s、シリンダヘッド14の内壁面14s、仕切部62の表面62s、偏位部90の表面90sに対応する立体モデルMの個所に、それらの符号を付す。また、第2燃料噴射弁70が取り付けられてその噴射口が吸気通路38に臨む部分(以下、取付部)に符号「70s」を付す。更に、シリンダ軸線Cの方向において上側に符号「U」を用い、下側に符号「D」を用い、吸気流れ方向で上流側から下流側をみたときの右側に付号「R」を用い、そして左側に付号「L」を用いる。

20

【0036】

図1及び図2から図9より理解できるように、仕切部62は、その下流側において、シリンダ軸線Cに交差する左右方向(L-R方向)つまり幅方向の幅が仕切部62の上流側端部(上流端)62uよりも狭い偏位部90を有する。偏位部90は、吸気通路38を吸気が上流側から下流側に流れる方向つまり吸気流れ方向において吸気弁46に対して向かったときに吸気弁46のバルブ軸線の一方側からもう一方側に延びる方向として定められ得る幅方向において、仕切部62の幅狭の部分である。図4に示すように、タンブル通路64において、シリンダヘッド14により区画形成された部分のうちの仕切部62の上流側端部62u側に位置する上流端側部分の幅方向の幅W1よりも、下流端側部分64dの幅方向の幅W2は明らかに狭い。仕切部62は吸気通路38にタンブル通路64を区画形成するように設けられて形成されているので、この幅W2の部分に関する偏位部90は相対的に幅狭である。

30

【0037】

更に、偏位部90は、左右方向つまり幅方向において一方向に偏っている。ここでは、タンブル通路64の下流端側部分64dは右R側に偏るように区画形成されている。したがって、このタンブル通路64の偏っている下流端側部分64dを少なくとも部分的に区画形成する仕切部62の下流側の偏位部90は、ここでは右R側に偏っている。したがって、ここでは、図1において、シリンダ軸線Cは紙面に平行に延び、幅方向は同紙面に略直交するように延びる方向であるので、仕切部62の下流側に延びる偏位部90はあらわれず、よって実線ではなく二点破線で示している。よって、主通路66とタンブル通路64との合流部65は、右R側に偏っている。

40

【0038】

そして、第2燃料噴射弁70の取付部70sは、図6及び図7から明らかなように、吸気通路38の左L側に位置付けられている。このように、第2燃料噴射弁70は、偏位部90が偏った方向とは反対側の方向に偏った位置に設けられている。このように、第2燃料噴射弁70は、偏位部90が偏った方向とは異なる方向に、より好ましくは反対側の方向に燃料を噴射することができるように設けられている。なお、第2燃料噴射弁70は、上側つまり

50

主通路66側に設けられていて、主通路66側から燃料を噴射する。

【0039】

ここで、図5に示す立体モデルMの透視図である図10において、左L側に偏った位置に設けた第2燃料噴射弁70から噴射された噴霧燃料Fを模式的に表す。また、図10に示すのと同様に燃料噴射弁から噴射された噴霧燃料Fを模式的に示す、立体モデルMの透視図を図11に示す。更に、図10に示すのと同様に燃料噴射弁から噴射された噴霧燃料Fを模式的に示す、立体モデルMの吸気流れ方向に沿った断面図を図12に示す。図10から図12より、第2燃料噴射弁70から噴射された燃料Fは仕切部62に阻まれることなく、その少なくとも一部が、ここでは特にその少なくとも過半が、より好ましくはその全てが、まず主通路66を流れ、次に主通路66とタンブル通路64との合流部65に流れ、そして直接的に吸気弁口28に到達し、燃焼室20に導入されることが理解できる。このような燃料噴射を可能にするように、第2燃料噴射弁70の配置、及び、偏位部90を含む仕切部62の形状等は設計されている。特に、仕切部62の仕切本体部92はその下流側で終端して主通路66とタンブル通路64との合流を可能にし、また、偏位部90の表面90sに沿って偏位部90に好ましくは触れることなく、第2燃料噴射弁70から噴射された燃料Fが吸気弁口28に達するように、仕切部62の仕切本体部92及び偏位部90は設計されている（例えば図11参照）。

10

【0040】

ここで、図10の噴射燃料Fを含む立体モデルMにおける断面図を図13Aから図14Cに示す。ただし、図13Aは図2のSA-SA線に沿った位置での立体モデルMの断面図であり、図13Bは図2のSB-SB線に沿った位置での立体モデルMの断面図であり、図13Cは図2のSC-SC線に沿った位置での立体モデルMの断面図である。図14Aから図14Cは図13Aから図13Cの立体モデルMの部分の斜視図であり、図14Aの立体モデルは図13Aの立体モデルに対応し、図14Bの立体モデルは図13Bの立体モデルに対応し、図14Cの立体モデルは図13Cの立体モデルに対応する。

20

【0041】

図13A及び図14Aの切断箇所では、タンブル通路64と主通路66とが完全に分かれている。この図2のSA-SA線の位置では、仕切部62は、タンブル通路64と主通路66との間において幅方向の両端でインレットパイプ36の内面36sにまで延びていて、偏位部90の上流側につながる仕切本体部92が延在する。なお、図13A及び図14Aでは、仕切部62の表面62s及びそのうちの仕切本体部92の表面92sに対応する個所にそれらの符号を付している。

30

【0042】

図13B及び図14Bの切断箇所では、タンブル通路64と主通路66とは部分的につながっている。また、図13B及び図14Bの切断面では、仕切部62の表面62sが幅方向に延びるとともに上下方向にも延びていて、右側に偏っている。これより、図2のSB-SB線の位置では、仕切部62は仕切本体部92から偏位部90に移行していて、その偏位部90がタンブル通路64と主通路66とを完全に隔てない程度に、吸気ポート32にシリンダヘッド14の内壁面14sの右側の箇所から左方向に延在していることがわかる。つまり、吸気流れ方向において偏位部90が延在する領域において主通路66とタンブル通路64とが連通するように、タンブル通路64及び主通路66は区画形成されている。換言すると、仕切部62の仕切本体部92よりも下流側において該仕切本体部92の一部を流れ方向に延長するように、仕切本体部92につながる偏位部90は仕切本体部92の下流側に延出して形成されている。なお、図13B及び図14Bでは、仕切部62の表面62s及びそのうちの偏位部90の表面90sに対応する個所にそれらの符号を付していて、これは図13C及び図14Cでも同様である。

40

【0043】

図13C及び図14Cの切断箇所では、図13B及び図14Bの切断箇所と比べて、偏位部90のシリンダヘッド14の内壁面14からの左方向の突き出し量が減少している。このように、偏位部90は、吸気流れ方向の下流側ほど狭くなるように、形成されている。こ

50

れにより、図13B及び図14Bの切断箇所よりも、図13C及び図14Cの切断箇所、主通路66とタンブル通路64との連通の程度が増している。つまり、図13C及び図14Cの切断位置でのタンブル通路64と主通路66とのつながる量は、図13B及び図14Bの切断位置でのそれらのつながる量よりも大きくなっている。より具体的には、吸気流れ方向において偏位部90が延在する領域において主通路66が偏位部90の脇つまり側方にまで下方に延びるように、タンブル通路64及び主通路66は区画形成されている。この主通路66の下方への拡張は、偏位部90が偏った方向とは反対側の方向で実施され、ここでは偏位部90の左側で行われている。なお、この主通路66の下方への拡張及びそれによる主通路66とタンブル通路64との融合は、偏位部90の下流側ほど顕著である。

【0044】

更に、図13Aから図14Cに示すように、主通路66側から燃烧室20に向けて燃料Fを噴射するように設けられている第2燃料噴射弁70は、偏位部90が偏った方向とは反対側の方向に燃料を噴射するように設けられている。したがって、仕切部62を、特にその偏位部90を吸気流れ方向でより下流側にまで延ばすことができる。そして、タンブル通路64は偏位部90が偏った方向に下流側で偏るように区画形成されている。したがって、吸気流れ方向でより下流側にまで延長された仕切部62の偏位部90で、タンブル通路64からの吸気により強い指向性を与えることができる。

【0045】

このように、仕切部62は、その上流側の仕切本体部92で主通路66とタンブル通路64とを完全に仕切り、その下流側において、偏位部90を有して、主通路66とタンブル通路64とのつながりを実現しつつもタンブル通路64からの流れをより下流側まで特徴づけるように設計されている。また、第2燃料噴射弁70は偏位部90が偏った方向とは逆側に偏って配置され、ここでは幅方向において反対側に配置され、偏位部90とは異なる方向に燃料を噴射でき、吸気弁口28を介して概ね直接的に燃烧室20に燃料を導入することができる。つまり、燃烧室への燃料の供給を良好に確保することができる。したがって、仕切部62の下流側部分である偏位部90をより下流側にまで延ばすことができる。よって、タンブル通路64からの流れにより強い指向性を与えることができる。この指向性は燃烧室20でより強いタンブル流を形成するように吸気弁口28と開弁時の吸気弁46の傘部46aとの間に向けられているので、タンブル通路64からの吸気で燃烧室20により好適にタンブル流を形成することができる。

【0046】

なお、タンブル通路64が仕切部62の下流側縁部つまり偏位部90の下流側縁部90dよりも下流側で主通路66と連通し、燃烧室20に連なる単一の吸気通路となるように、タンブル通路64及び主通路66は区画形成されている。これにより、タンブル通路64からの吸気は主通路66からの吸気とともに燃烧室20に導入され得、単一の吸気通路である単一の吸気ポート32からの吸気で、燃烧室20への燃料の供給とタンブル流の形成とを生じさせることが可能になる。なお、この構成は、部品点数の増加を抑制でき、コスト面でも優れる。

【0047】

(第1実施形態)

以上述べたように、上記構成を有する内燃機関10の吸気構造S0は優れた作用及び効果を奏するが、その構成を備えた上で、タンブル流を更に強化することに向けられた構成を備える本発明の第1実施形態に係る内燃機関110、特にその吸気構造Sについて以下説明する。内燃機関110の吸気構造Sは、内燃機関10の吸気構造S0の前述の構成を概ね備え、更なる構成つまり特徴を有するので、以下では、上記内燃機関10との相違点について内燃機関110を主として説明し、内燃機関110において既に説明した構成要素に相当する又は対応する構成要素には既に用いた符号を同様に用いて更なる重複説明を省略する。なお、内燃機関110は、単気筒エンジンであるが、本発明が適用される内燃機関は単気筒エンジンに限定されず、多気筒エンジンであってもよい。

【0048】

図15に示すように、内燃機関110は、内燃機関10と比して、上記第1燃料噴射弁68

10

20

30

40

50

を備えず、上記第2燃料噴射弁に相当する燃料噴射弁70aを備える。なお、内燃機関110は、内燃機関10と同じく、第1燃料噴射弁68を備えてもよい。そして、内燃機関110は、仕切部62により仕切られた主通路66を開閉可能なように前述のタンブル弁94cを備えている。インレットパイプ36の上流端には、インシュレ-タ95を介してタンブル弁ボディ94が接続されている。このタンブル弁ボディ94は、吸気通路38の一部を構成する断面略円形の吸気路94aを有し、その上流端に前述のスロットルボディ40が接続されている。

【0049】

タンブル弁ボディ94は、その吸気路94aの吸気流れ方向と垂直、すなわち吸気路94aの中心軸線と直角に交差する弁軸94bによってタンブル弁ボディ94内に回転自在に軸支されて、吸気路94aの流路面積を可変制御し、吸気路94aの上側領域を仕切部62と協働して開閉し得るタンブル弁94cを備えている。タンブル弁94cの作動は、内燃機関110の運転状態に応じてここでは電子制御されるが、これに限定されない。タンブル弁94cは、例えば低負荷運転状態において主通路66を全閉にし、高負荷運転状態において主通路66を全開にするように制御される。タンブル弁94cはバタフライ式のもので、弁軸94bと、この弁軸94bに固定される共に一体的に回転する略円盤状の弁体94dとを有している。このように、タンブル弁94cは弁軸94bと一体的に回転する単一の弁部材である弁体94dを備えて構成されている。ただし、タンブル弁94cの弁軸94bはスロットル弁軸40bと平行である。

【0050】

そして、内燃機関110は、タンブル通路64に関して特徴を有する。タンブル通路64について、図16から図18に基づいて説明する。

【0051】

図16から図18に内燃機関110の燃焼室20の上部から吸気系の下流側、例えば吸気ポート32を中心とした立体モデルM1を示す。図16は、立体モデルM1の平面図又は上面図であり、内燃機関10の平面図(図2)に対応し、図17は、立体モデルM1の底面図であり、内燃機関10の底面図(図4)に対応し、図18は、立体モデルM1の側面図であり、内燃機関10の背面図(図5)に対応する。内燃機関110でも、内燃機関10と同じく、燃焼室20に連なる吸気通路38は、シリンダ軸線Cの方向において、仕切部62により、第1吸気通路であるタンブル通路64と、第2吸気通路である主通路66とに分けられている。主通路66は、シリンダ軸線Cの方向においてタンブル通路64の上側に設けられている。そして、シリンダ軸線Cの方向からみた上面視(図16)において、タンブル通路64は主通路66に概ね重なり、タンブル通路64の主通路66への合流部65は、吸気ポート32の開口部つまり吸気弁口28に対して偏っていて、ここでは既に説明したように右R側に偏っている。その上で、内燃機関110では、燃焼室20でタンブル流を生じさせるように設けられたタンブル通路64は、シリンダ軸線Cの方向において主通路66から離れるように湾曲するとともに、シリンダ軸線Cに直交するとともに吸排気方向に直交する幅方向において湾曲するように形成されている。

【0052】

図16及び図17に、シリンダ軸線Cを含むとともに吸排気方向に延びる仮想面ISを引く。この仮想面ISは、吸排気方向に延びるとともに吸気弁口28及び排気弁口30の中心を通りかつシリンダ軸線Cを含む仮想面であり、図16及び図17では線(中心線)Lxとして表されている。この中心線Lxと対比することで、主通路66は、上流側から下流側に向けて、つまり、燃焼室20に向けて、下流側ほど左右方向の幅が単に狭まるように形成されていることがわかる。一方、本実施形態の内燃機関110の立体モデルM1では、タンブル通路64の右側の輪郭64rは中心線Lxに平行ではなく、右外側に凸に湾曲する。輪郭64rは、吸気流れ方向で上流側から下流側に至るにしたがって、まず右外側に突出するように広がり、最大右突出部64sを経て、中心線Lx側に近づくように延びる。つまり、図16の上面視において、タンブル通路64は、合流部65が偏っている側と同じ側に凸に湾曲するように形成されている。このように、内燃機関110では、タンブル通路64は、シリンダ軸線Cに直交するとともに吸排気方向つまり線Lxに直交する幅方向つまり左右方向において湾曲するように形成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

更に、図 1 8 に示すように、立体モデル M1 では、タンブル通路 64 は、主通路 66 から離れるように湾曲している。仕切部 62 は、吸気通路 38 の途中に設けられ、主通路 66 からタンブル通路 64 が分岐し、その下流側でタンブル通路 64 が主通路 66 に合流するように設けられていて、タンブル通路 64 が主通路 66 から離れるように湾曲することで、タンブル通路 64 は主通路 66 とは反対側に凸湾曲する。より具体的には、タンブル通路 64 は、シリンダ軸線 C の方向においてクランク軸 17 側に凸に湾曲するように形成されていて、つまり、下側に凸に湾曲している。図 1 8 において、シリンダ軸線 C に直交するとともにタンブル通路 64 の下側の輪郭 64t に接する面つまり線 L y を引く。輪郭 64t は、吸気流れ方向で上流側から下流側に向けて、まず下側に突出するように向かい、最大下突出部 64u を経て、上側に向くように延びる。輪郭 64t は、その両端でなく、最大突出部 64u で線 L y に接する。タンブル通路 64 の上下方向の幅は吸気流れ方向において上流側から下流側に向けて大きく変化しない。したがって、内燃機関 110 では、シリンダ軸線 C に直交する方向からみた側面視（図 1 8）において、タンブル通路 64 は、シリンダ軸線 C の方向において湾曲し、より具体的には、最大下突出部 64u のあたりで、シリンダ軸線 C の方向において最も下側に凸になるように湾曲するように、略 U 字状に湾曲する。したがって、図 1 8 において、タンブル通路 64 の下流側部分 64L は、吸気流れ方向で下流側に至るほど、シリンダ軸線 C の方向においてクランク軸 17 側からシリンダヘッド 24 側に近づくように形成されている。特に、タンブル通路 64 の下流側部分 64L は、タンブル通路 64 において最大突出部 64u よりも下流側の部分を含む。タンブル通路 64 の上下方向の幅は吸気流れ方向において上流側から下流側に向けて大きく変化しないので、この輪郭 64t の湾曲形状は、シリンダ軸線 C に直交する方向からみた側面視つまり図 1 8 において、タンブル通路 64 を区画形成する仕切部 62 の壁面 ds においても同様である。すなわち、図 1 8 において、タンブル通路 64 を区画形成する仕切部 62 の壁面 ds は、シリンダ軸線 C の方向においてクランク軸 17 側に凸になるように湾曲している。

10

20

【 0 0 5 4 】

図 1 6 に示すように、つまり、シリンダ軸線 C の方向からみた上面視において、シリンダ軸線 C を含むとともに吸排気方向に延びる仮想面 IS の一方側に、ここでは右 R 側に、合流部 65 と、燃焼室 20 に臨む点火プラグが配置されている。図 1 6 では、点火プラグの点火部 p が示されている。

30

【 0 0 5 5 】

上記構成を有する内燃機関 110 の吸気構造 S によれば、以下の作用効果が奏される。

【 0 0 5 6 】

例えば、タンブル弁 94c が閉じられる運転状態のとき、吸気行程でタンブル通路 64 からの吸気を燃焼室 20 に流入させることで、燃焼室 20 でタンブル流を生じさせようとする。しかし、ある吸気行程から次の吸気行程の間に、合流部 65 を介して主通路 66 には吸気が滞留するようになる。図 2 0 に、参考例の内燃機関 10 の吸気構造 S0 の立体モデル M を組み込んだ立体モデル M2 を示す。図 2 0 の立体モデル M2 では、タンブル通路 64 及び主通路 66 の上流側において、既に説明したように図示しないがスロットル弁 40c 及びその下流側のタンブル弁 94c が設けられている。スロットル弁 40c が開かれ、タンブル弁 94c が全閉にされている場合、図 2 0 に示すように、吸気行程において吸気弁が開かれたとき、スロットル弁 40c 周囲を通過した吸気はタンブル通路 64 に流れ、燃焼室 20 に流入する（矢印 A 1 参照）。このとき、主通路 66 に滞留する吸気も燃焼室 20 に吸入されるが、タンブル通路 64 からの吸気と交差するように流れる（矢印 A 2 参照）。そのため、主通路 66 からの吸気の流れにより、タンブル通路 64 からの吸気の流れが影響を受ける可能性があった。これに対して、上記構成の内燃機関 110 の吸気構造 S1 は上記構成を有するので、この影響を改善することができる。

40

【 0 0 5 7 】

内燃機関 110 の吸気構造 S では、仕切部 62 により吸気通路 38 が分けられて、タンブル通路 64 の上側に主通路 66 が形成されている。つまり、シリンダ軸線 C の方向において、燃焼

50

室20に連なる吸気通路38に、燃焼室20でタンブル流を生じさせるためのタンブル通路64と、主通路66とが重なるように設けられている。そして、タンブル通路64は、シリンダ軸線Cに直交するとともに吸排気方向に直交する幅方向において湾曲するように形成されている。したがって、例えばスロットル弁40cを開いてタンブル弁94cを閉じていて（例えば軽負荷運転時）、吸気弁46を開いたとき、タンブル通路64からの吸気は、主通路66からの吸気に対して右側方から合流部65を介して燃焼室20に流入するようになる。これにより、タンブル通路64からの吸気は、主通路66からの吸気に干渉される度合いが下がり、燃焼室においてタンブル流を好適に形成することが可能になる。更に、タンブル通路64は、シリンダ軸線Cの方向において主通路66から離れるように湾曲している。したがって、タンブル通路64からの吸気をタンブル流を形成するように滑らかに燃焼室20に流入させることができる。したがって、燃焼室でより強いタンブル流を生じさせることができる。

10

【0058】

特に、吸気構造Sでは、図16の上面視において、合流部65は、吸気ポート32の開口部28に対して偏っている。したがって、吸入行程時に吸気弁46が開いて燃焼室に流入する吸気の流れに、その偏りに応じた角度をつけることが可能になる。更に、タンブル通路64は、合流部65が偏っている側と同じ側に凸に湾曲するように形成されている。よって、タンブル通路64からの吸気が主通路66からの吸気に干渉される度合いを更に下げることができ、燃焼室においてタンブル流を好適に形成することが可能になる。

【0059】

更に、図18において、タンブル通路64は、シリンダ軸線Cの方向においてクランク軸17側に凸に湾曲するように形成されている。したがって、タンブル通路64からの吸気が合流部65でタンブル通路64を形成する壁部、特にタンブル通路64の下側の輪郭64tを定める壁部64wから剥離することを積極的に促すことができる。このときのタンブル通路64からの吸気の流れを図19において矢印A3で示す。これにより、タンブル通路64からの吸気の流れを高めて、より強いタンブル流を生成することが可能になる。そして、タンブル通路64をシリンダ軸線Cの方向においてクランク軸17側に凸に湾曲するように形成しているので、合流部65の位置は、図19に示すように、吸気弁46の傘部46aが当たる部分46sよりも上側の位置になる。この合流部65の位置を実験等に基づいてより調整することで、タンブル通路64からの吸気の向きを適正化することができ、タンブル流の生成を更に促すことができる。

20

30

【0060】

加えて、図18において、タンブル通路64の下流側部分64Lは、吸気流れ方向で下流側に至るほど、シリンダ軸線Cの方向においてクランク軸17側からシリンダヘッド24側に近づくように形成されている。したがって、タンブル通路64からの吸気がタンブル通路64の下側の輪郭64tを定める壁部64wから剥離することをより積極的に促すことができる。

【0061】

更に、図18において、タンブル通路64を区画形成する仕切部62の壁面dsは、シリンダ軸線Cの方向においてクランク軸17側に凸になるように湾曲している。したがって、タンブル通路の上下方向の幅を概ね同じにして、タンブル通路64からの吸気をよりタンブル流を生成するように指向させることができる。なお、壁面dsは、タンブル通路64を区画形成する主通路66側の壁面である。

40

【0062】

更に、図16の上面視において、シリンダ軸線Cを含むとともに吸排気方向に延びる仮想面ISの一方側に、ここでは右R側に、合流部65と、燃焼室20に臨む点火プラグが配置されている。したがって、タンブル通路64からの吸気により、点火プラグによる火花をより迅速に燃焼室中央側に運ぶことが可能になり、これにより火炎伝播速度をより高めることが可能になる。

【0063】

（第2実施形態）

50

次に、第2実施形態を説明する。以下では、第2実施形態における、第1実施形態との相違点つまり特徴を主として説明する。ただし、以下では、既に説明した構成要素に相当する又は対応する構成要素には既に用いた符号を同様に用いて更なる重複説明を省略する。

【0064】

第2実施形態の内燃機関は、第1実施形態の内燃機関110における特徴、例えばタンブル通路64の上記構成を有するが、内燃機関110に対して主通路66の構成について更なる特徴を有する。その特徴について図21に基づいて説明する。図21に、第2実施形態に係る内燃機関の吸気構造S1を有する立体モデルM3を示す。なお、図21では、タンブル通路64及び主通路66の上流側において、図示しないスロットル弁40c及びタンブル弁94cが設けられていて、スロットル弁40cが全開にされ、タンブル弁94cが全閉にされている。

10

【0065】

第2実施形態に係る内燃機関の吸気構造S1では、シリンダ軸線Cに直交する方向からみた側面視である図21において、主通路66を区画形成する仕切部62の下流側壁面usは、主通路66のタンブル通路64側を区画形成する下流側壁面であり、タンブル通路64の下流側部分64Lの湾曲形状に対応する湾曲形状を有している。これは、下流側壁面usの湾曲形状が、下流側部分64Lの湾曲形状に似ている又は近い、好ましくは同じことを意味する。先に図18に基づいて説明したように、タンブル通路64の下流側部分64Lは、吸気流れ方向で下流側に至るほど、シリンダ軸線Cの方向においてクランク軸17側からシリンダヘッド24側に近づくように形成されている。特に、この上側に向けるような湾曲形状を、主通路66を区画形成する仕切部62の下流側壁面usは有する。下流側壁面usがこの湾曲形状を有することで、下流側壁面usは下に凸のような又はそれに近い湾曲形状を有するようになる。

20

【0066】

主通路66を区画形成する仕切部62の下流側壁面usが上記構成を有することで、例えばタンブル弁94cが閉じられる運転状態のとき、主通路66の吸気(矢印A4参照)は、下流側壁面usで燃焼室20に向けてジャンプするように流れることができ、タンブル通路64からの吸気(矢印A5参照)に滑らかに合流するように指向される。これにより、より強いタンブル流の生成を促すことが可能になる。

【0067】

(実験例)

第1実施形態に係る内燃機関の吸気構造Sについてコンピュータシミュレーションを行った。比較例として、参考例の内燃機関の吸気構造S0についてもコンピュータシミュレーションを行った。なお、コンピュータシミュレーションでは、スロットル弁40cを全開にして、タンブル弁94cを全閉にした。

30

【0068】

まず、第1のコンピュータシミュレーションの結果を図22から図24に示す。第1のコンピュータシミュレーションでは、タンブル通路64の構成のうち、特にシリンダ軸線Cの方向におけるタンブル通路64の湾曲つまり下側に凸の湾曲(図18及び図19参照)による効果を検証するために、シリンダ軸線Cに直交する方向から燃焼室20側を見たときの吸気ポート32側から燃焼室20への吸気の流れを計算した。図22から図24では、流速が速い吸気の流れほど黒くなるように吸気の流れを示している。なお、クランク角(deg)は、360°が上死点に相当する。

40

【0069】

内燃機関10の吸気構造S0の比較例では、吸気弁口28における吸気側からも燃焼室20に吸気が強く流入している(例えば図22の円R1の部分参照)。これに対して、内燃機関110の吸気構造Sの実施例では、吸気弁口28における吸気側からの燃焼室20への吸気の流れは抑制されていて、吸気弁口28における排気側からの燃焼室20への吸気の流れが強化されている。これにより、実施例では、図22から図24において反時計回りの正タンブル流の流れが速くかつ強化されている(例えば図24の円R2の部分参照)。これらより、内燃機関110の吸気構造Sによれば、逆タンブル流を軽減し、正タンブル流を強化でき

50

るため、筒内流動が向上することが理解できる。

【0070】

次に、第2のコンピュータシミュレーションの結果を図25及び図26に示す。第2のコンピュータシミュレーションでは、タンブル通路64の構成のうち、シリンダ軸線Cに直交するとともに吸排気方向に直交する幅方向におけるタンブル通路64の湾曲つまり右側への湾曲（図16及び図17参照）による効果を検証するために、シリンダ軸線Cの方向において上側から燃焼室20側を見たときの吸気ポート32側から燃焼室20への吸気の流れを計算した。図25及び図26では、流速の速い吸気の流れほど黒い線になるように吸気の流れを示している。なお、クランク角（deg）は、360°が上死点に相当する。

【0071】

内燃機関10の吸気構造S0の比較例に比して、内燃機関110の吸気構造Sの実施例では、吸気タンブル通路64からの速い吸気は右側から角度をつけて燃焼室20に流入している。例えば図26に示すように、比較例の黒い線の流入進路は概ね吸排気方向であるが（方向マークR3参照）、実施例の黒い線の流入進路は吸排気方向に対して傾いていて、右側から左側に角度をつけた方向となった（方向マークR4参照）。これらより、内燃機関110の吸気構造Sによれば、タンブル通路64の幅方向の湾曲により、吸入行程時の筒内への流れに角度をつけることができ、正タンブル流の回転軸線を傾かせることができ、タンブル通路64からの吸気を右側から燃焼室20に流入させることができることが理解できる。これは、タンブル通路64が偏った右側にある点火プラグからの火炎伝播を促すのに適する。

【0072】

上記コンピュータシミュレーション結果から、正タンブル流の回転軸線の傾き（軸傾き）、スワール比、及び、タンブル比を算出した。その結果を、図27から図29に示す。なお、横軸の「オフセット量」は、図30に示すように、シリンダ軸線Cを含むとともに吸排気方向に延びる仮想面ISつまり中心線Lxと、中心線Lxに平行であるタンブル通路64の右側の輪郭64rの接線L1との間の距離R0に対応する。したがって、オフセット量が大きくなるとは、タンブル通路64の右側への湾曲の程度が増すことを意味する。なお、図30のモデルでは、タンブル通路64の右側への湾曲の程度は、図16のモデルM1でのタンブル通路64の右側への湾曲の程度よりも強くなっている、タンブル通路64の一部（例えば最大右突出部64s）は主通路66に重なっていない。

【0073】

図27から図29には、5つのシミュレーションの結果が示されている。5つのシミュレーションのうち3つのシミュレーションは、第1実施形態の内燃機関110の構成を備えるモデルでのシミュレーションであり、タンブル通路64のシリンダ軸線Cの方向の湾曲（図18参照）を同じとして、タンブル通路64の右側への湾曲の程度を変えて行った。その結果をプロットP1からP3として図27から図29に示す。つまり、例えば図27から図29におけるプロットP1は同一のシミュレーションにより得られたものである。そして、比較例として、参考例の内燃機関10の構成を備えたモデルでのシミュレーションにより得られた結果を図27から図29に破線で示すとともに、タンブル通路64を図18に示すようにシリンダ軸線Cの方向に湾曲させたが右側には湾曲させなかったモデルでのシミュレーションにより得られた結果を図27から図29にプロットRPで示す。

【0074】

タンブル流つまり正タンブル流の強化のためには、スワール比が小さく、タンブル比が大きいとよい。また、火炎伝播をより好適に生じさせるためには、点火プラグが設けられている右側にタンブル流の回転軸線が傾くことがよく、右側にタンブル流の回転軸線が傾くほど図27では縦軸の軸傾きが大きくなる。

【0075】

図27から図29より、タンブル通路64をシリンダ軸線の方向に湾曲させることで、スワール比を下げ、タンブル比を上げることができることがわかる。そして、タンブル通路64を右側に湾曲させることで、スワール比を下げつつ、タンブル比を上げたまま、右側にタンブル流の回転軸線を傾かせることができることがわかる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

以上、本発明に係る実施形態及びその変形例等について説明したが、本発明はそれらに限定されない。本願の請求の範囲によって定義される本発明の精神及び範囲から逸脱しない限り、種々の置換、変更が可能である。

【 0 0 7 7 】

上記上記第 1 及び第 2 実施形態の内燃機関の吸気構造 S , S 1 では、タンブル通路 64 を右側に偏らせて湾曲させたが、左側に偏らせて湾曲させてもよい。この場合、合流部 65 及び点火プラグは、仮想面 I S の左側に設けられるとよい。なお、上記第 1 及び第 2 実施形態の内燃機関の吸気構造 S , S 1 は、参考例の吸気構造 S 0 の特徴、例えば偏位部 90 を有したが、この偏位部を有さないことも可能である。例えば、吸気構造 S , S 1 のタンブル通路 64 は主通路 66 との合流部 65 まで完全に主通路 66 から独立するように形成されてもよい。

10

【 符号の説明 】

【 0 0 7 8 】

10... 内燃機関、12... シリンダブロック
 14... シリンダヘッド、15... ピストン
 20... 燃焼室、28... 吸気弁口、30... 排気弁口
 32... 吸気ポート、34... 排気ポート
 38... 吸気通路、40... スロットルボディ
 40c... スロットル弁
 46... 吸気弁、50... 排気弁
 62... 仕切部
 64... タンブル通路（第 1 吸気通路）
 66... 主通路（第 2 吸気通路）
 68... 第 1 燃料噴射弁、70... 第 2 燃料噴射弁
 70a... 燃料噴射弁
 94c... タンブル弁
 M、M 1、M 2、M 3... 立体モデル、S 0、S、S 1... 吸気構造

20

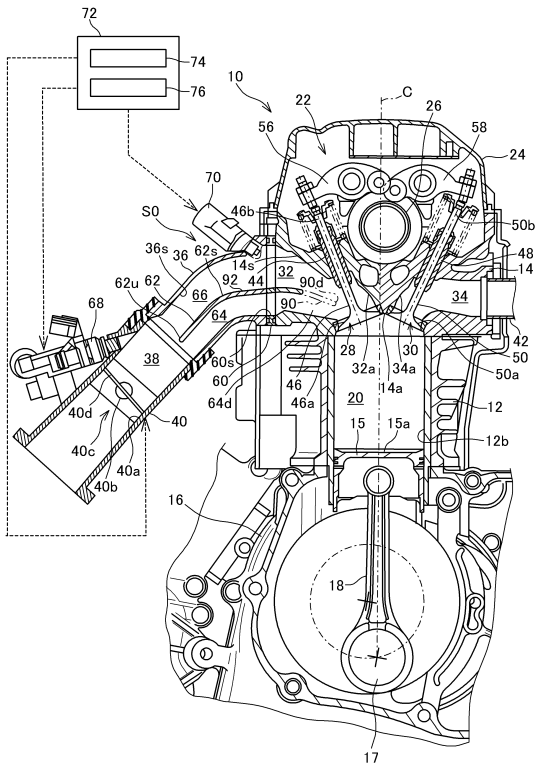
30

40

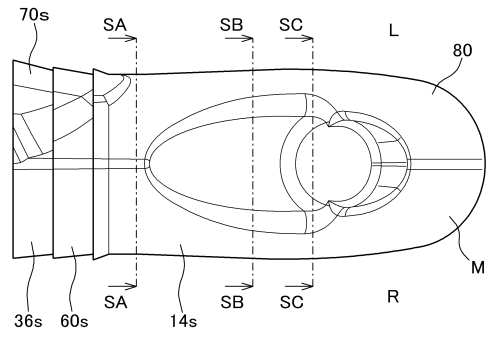
50

【図面】

【図 1】



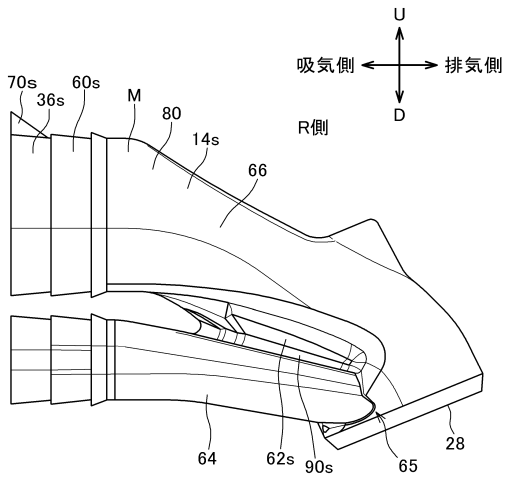
【図 2】



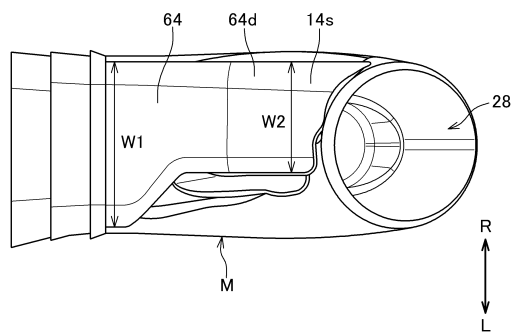
10

20

【図 3】



【図 4】

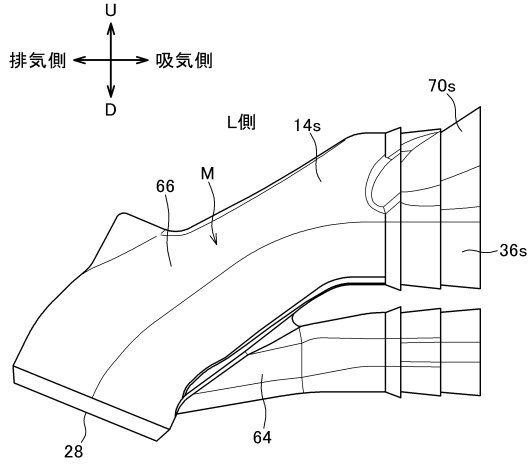


30

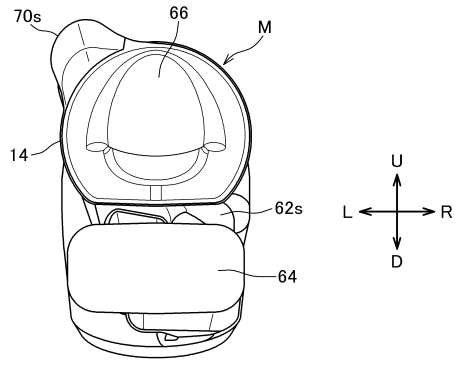
40

50

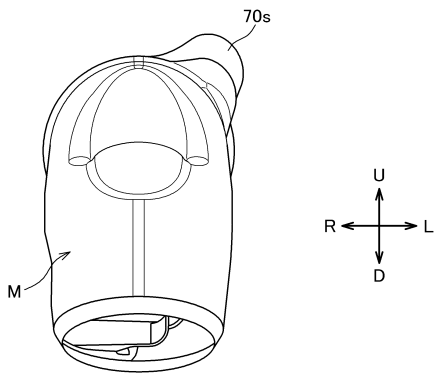
【図5】



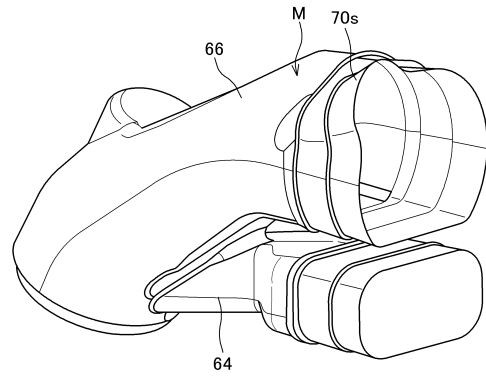
【図6】



【図7】



【図8】



10

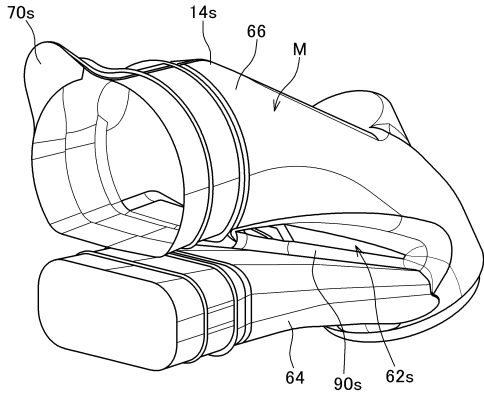
20

30

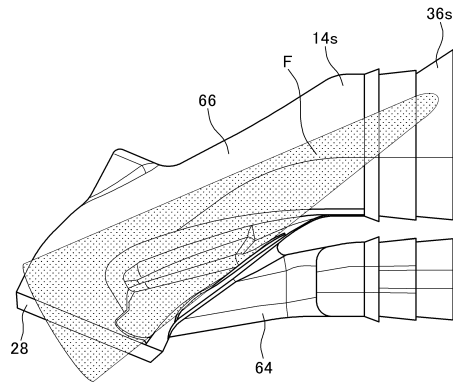
40

50

【 図 9 】



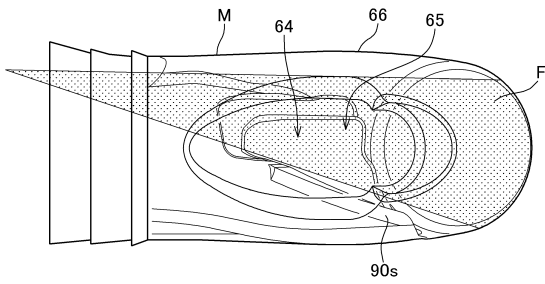
【 図 10 】



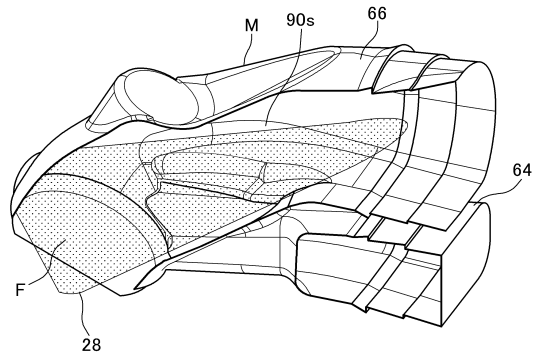
10

20

【 図 11 】



【 図 12 】

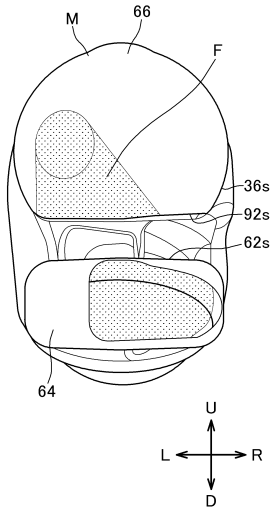


30

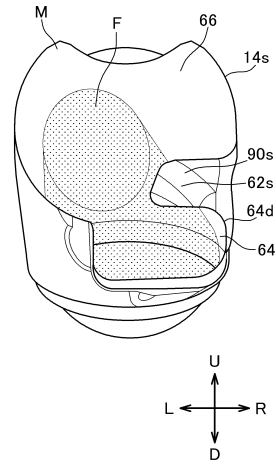
40

50

【図 13 A】



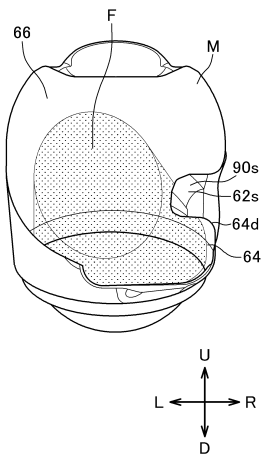
【図 13 B】



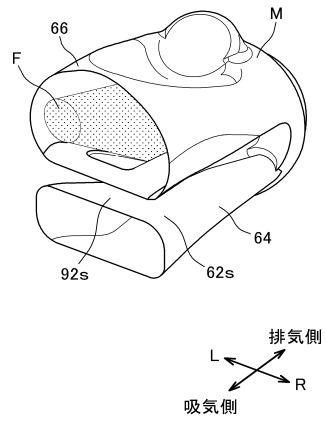
10

20

【図 13 C】



【図 14 A】

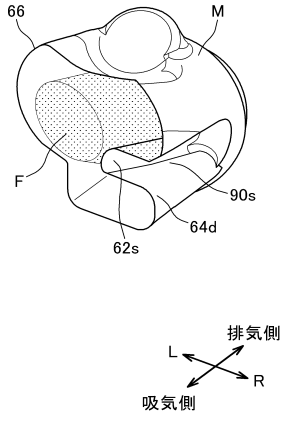


30

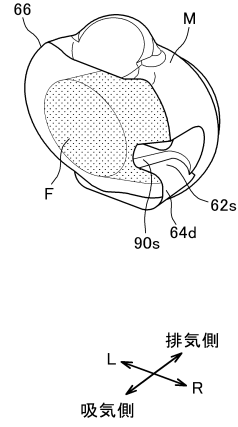
40

50

【図14B】



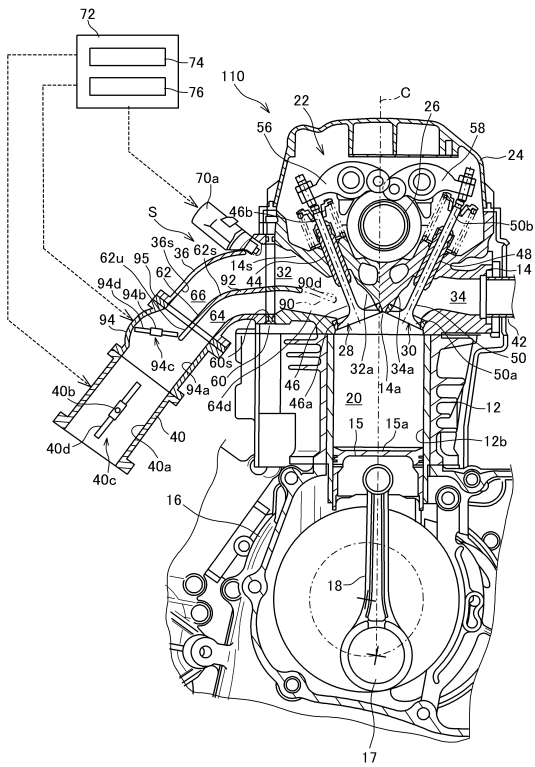
【図14C】



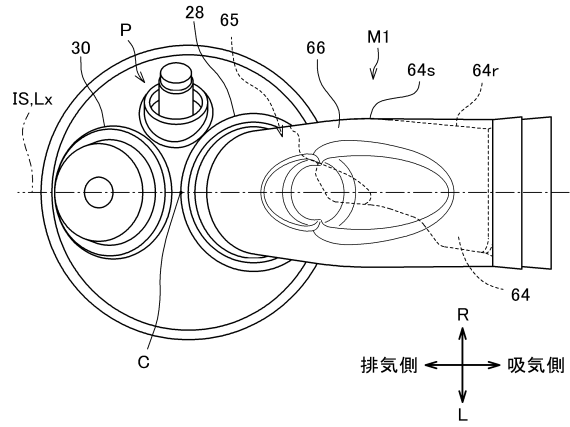
10

20

【図15】



【図16】

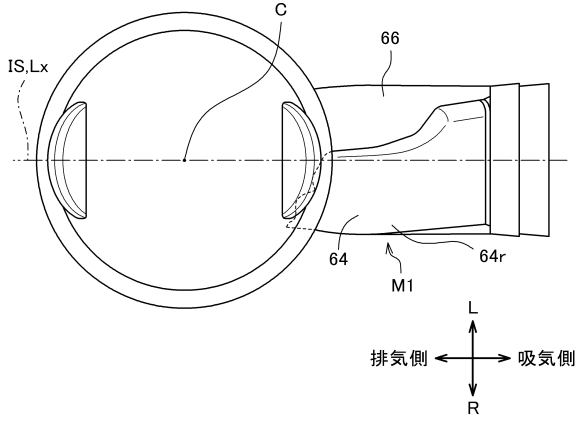


30

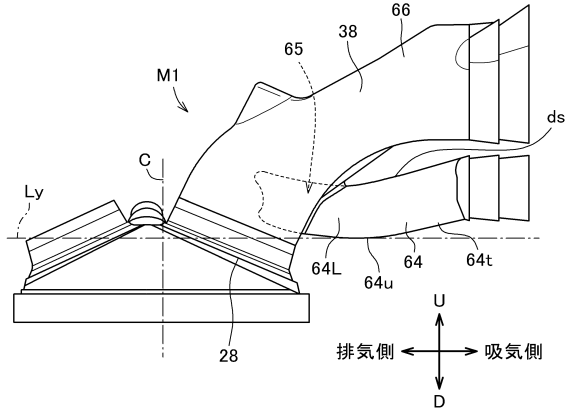
40

50

【図 17】

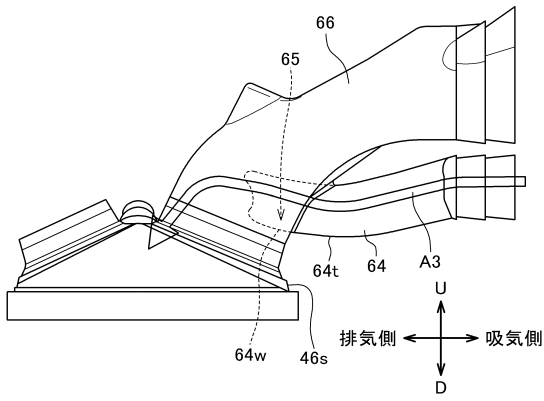


【図 18】

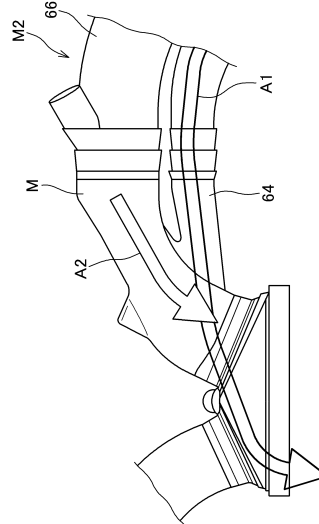


10

【図 19】



【図 20】



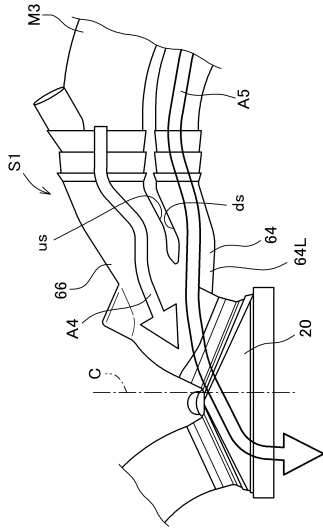
20

30

40

50

【図 2 1】



【図 2 2】

クランク角 (deg)	比較例	実施例
360		
385		

10

20

【図 2 3】

クランク角 (deg)	比較例	実施例
395		
405		

30

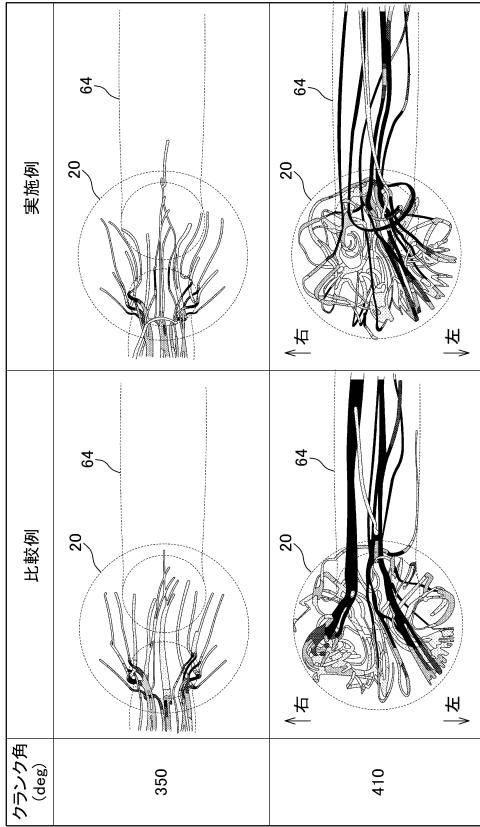
40

【図 2 4】

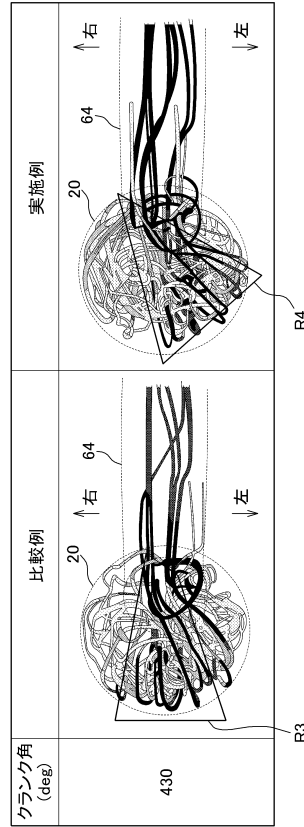
クランク角 (deg)	比較例	実施例
415		
440		

50

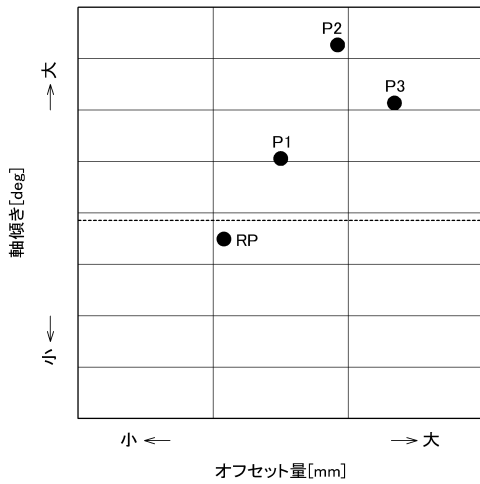
【図 25】



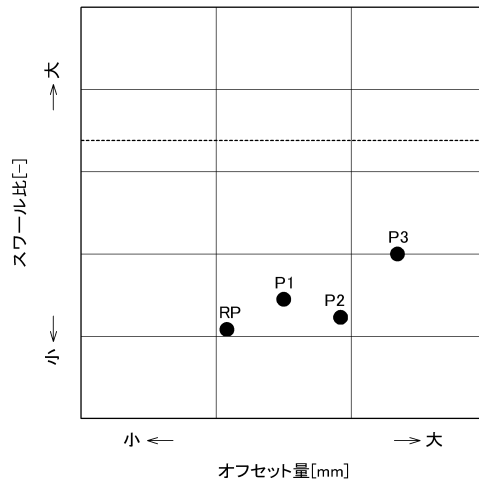
【図 26】



【図 27】



【図 28】



10

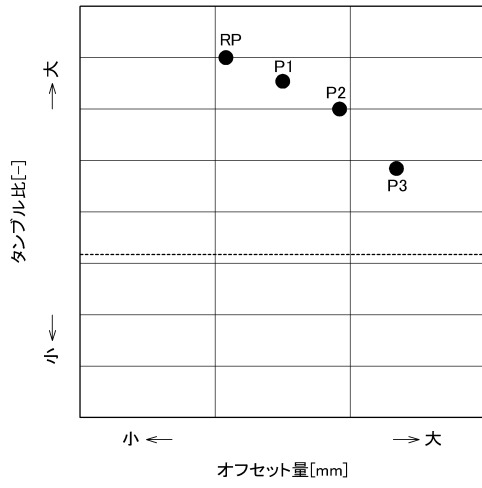
20

30

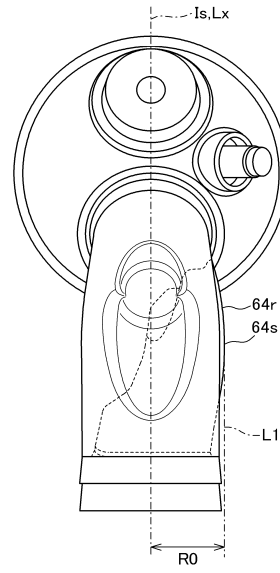
40

50

【図 29】



【図 30】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 独国特許出願公開第19740229 (DE, A1)
特開2005-351235 (JP, A)
特開2019-157804 (JP, A)
国際公開第2019/009061 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F02B 31/04
F02F 1/42
F02B 23/08