

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4543978号
(P4543978)

(45) 発行日 平成22年9月15日(2010.9.15)

(24) 登録日 平成22年7月9日(2010.7.9)

(51) Int.Cl.

F 1

F O 2 D 41/32 (2006.01)

F O 2 D 41/32 A

F O 1 L 13/00 (2006.01)

F O 1 L 13/00 3 O 1 Y

F O 2 D 13/02 (2006.01)

F O 2 D 13/02 J

F O 2 D 41/20 (2006.01)

F O 2 D 41/20 3 2 5

F O 2 D 45/00 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 1 2 H

請求項の数 9 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-78296 (P2005-78296)
 (22) 出願日 平成17年3月18日(2005.3.18)
 (65) 公開番号 特開2006-258014 (P2006-258014A)
 (43) 公開日 平成18年9月28日(2006.9.28)
 審査請求日 平成20年2月19日(2008.2.19)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100112852
 弁理士 武藤 正
 (72) 発明者 齋藤 晴彦
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 (72) 発明者 土屋 富久
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

筒内に燃料を噴射するための燃料噴射手段を備えた内燃機関の制御装置であって、
 前記内燃機関は、シリンダ孔の軸心を鉛直線に一致させた場合のシリンダの側面視で、
 シリンダヘッドの一側部に形成された吸気通路と、前記吸気通路の他側部に形成された排
 気通路と、前記シリンダ孔を上下動するピストンと、前記シリンダ孔内に放電部が臨む点
 火プラグとを含み、前記燃料噴射手段により噴射された燃料は、前記シリンダの平面視で
 、前記放電部を挟む八の字形状の噴霧を形成し、
 前記制御装置は、
 前記内燃機関の負荷状態を検知するための検知手段と、
 前記負荷状態に基づいて、前記燃料噴射手段に供給される燃料の圧力を変化させるため
 の燃圧制御手段と、
 前記負荷状態に基づいて、前記筒内に吸入される空気量を変化させるための空気量制御
 手段と、
負荷が小さい場合に、吸気行程において前記筒内に燃料を噴射するように前記燃料噴射
手段を制御するための噴射制御手段とを含み、

前記燃圧制御手段は、
負荷が大きい場合に、前記八の字形状の噴霧が交錯しない噴霧形態になるように、前記
燃料の圧力が高くなるように制御するための手段と、

負荷が小さい場合に、前記八の字形状の噴霧が前記点火プラグ近傍で交錯する噴霧形態

になるように、前記燃料の圧力が低くなるように制御するための手段とを含み、
前記空気量制御手段は、
負荷が大きい場合に、前記空気量が多くなるように制御するための手段と、
負荷が小さい場合に、前記空気量が少なくなるように制御するための手段とを含む、内
燃機関の制御装置。

【請求項 2】

前記燃料の圧力が低くなるように制御するための手段は、負荷が小さい場合に、前記筒
内の負圧で噴霧の厚みを広げることによって前記八の字形状の噴霧が前記点火プラグ近傍
で交錯する噴霧形態になるように、前記燃料の圧力が低くなるように制御する、請求項 1
に記載の内燃機関の制御装置。

10

【請求項 3】

前記空気量制御手段は、前記吸気通路に設けられたスロットルバルブの開度を調整する
ことにより、前記空気量を変化させるための手段を含む、請求項 1 または 2 に記載の内燃
機関の制御装置。

【請求項 4】

前記内燃機関は、吸気バルブのリフト量を変化させる可変リフト量制御機構が設けられ
、
前記空気量制御手段は、前記可変リフト量制御機構を制御して前記リフト量を調整する
ことにより、前記空気量を変化させるための手段を含む、請求項 1 または 2 に記載の内燃
機関の制御装置。

20

【請求項 5】

前記シリンダの平面視で、前記八の字形状の 2 つの噴霧の広がり角は約 40° ~ 約 50°
である、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】

前記シリンダの平面視で、前記八の字形状の 1 つの噴霧の厚さは前記燃料噴射手段の噴
口から約 30 mm の位置で約 5° ~ 約 12° である、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の内
燃機関の制御装置。

【請求項 7】

前記シリンダの側面視で、前記八の字形状の 1 つの噴霧の厚さは前記燃料噴射手段の噴
口から約 40 mm の位置で約 29.5° ~ 約 37.5° である、請求項 1 ~ 6 のいずれか
に記載の内燃機関の制御装置。

30

【請求項 8】

前記内燃機関は、吸気通路内に燃料を噴射するための燃料噴射手段をさらに含む、請求
項 1 ~ 7 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 9】

前記筒内に燃料を噴射するための燃料噴射手段は、筒内噴射用インジェクタであって、
前記吸気通路内に燃料を噴射するための燃料噴射手段は、吸気通路噴射用インジェクタ
である、請求項 8 に記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、車両の内燃機関に関し、特に、少なくとも筒内に向けて燃料を噴射する第 1
の燃料噴射手段（筒内噴射用インジェクタ）を有し、さらに、吸気通路または吸気ポート
内に向けて燃料を噴射する第 2 の燃料噴射手段（吸気通路噴射用インジェクタ）を備えた
内燃機関に関する。

【背景技術】

【0002】

機関吸気通路内に燃料を噴射するための吸気通路噴射用インジェクタと、機関燃焼室内
に燃料を噴射するための筒内噴射用インジェクタとを具備し、機関負荷が予め定められた
設定負荷よりも低いときには吸気通路噴射用インジェクタからの燃料噴射を停止すると

50

もに機関負荷が設定負荷よりも高いときには吸気通路噴射用インジェクタから燃料を噴射するようにした内燃機関が公知である。

【 0 0 0 3 】

また、このような内燃機関の筒内噴射用インジェクタに関連する技術として、筒内に噴射された燃料の微粒化により燃焼効率の向上、排ガス浄化を図る筒内噴射式エンジンがある。たとえば、特開 2 0 0 3 - 2 5 4 1 9 9 号公報（特許文献 1）は、内燃機関の低負荷時など、シリンダ孔内における混合気の全体の平均空燃比が大きくて、混合気が平均して希薄な場合でも、圧縮比を高く設定できるようにして、燃費をより確実に向上させるようにする筒内燃料噴射式内燃機関を開示する。この筒内燃料噴射式内燃機関は、シリンダ孔の軸心を鉛直線に一致させた場合のシリンダの側面視で、シリンダヘッドの一側部に吸気通路を形成する一方、他側部に排気通路を形成し、シリンダヘッドの一側部の端部側からシリンダ孔内に向い斜め下方に向って燃料を噴射可能とする燃料噴射弁を設け、シリンダ孔のほぼ軸心上でシリンダ孔内に放電部が臨む点火プラグを設けた筒内燃料噴射式内燃機関において、燃料噴射弁により噴射される燃料が、シリンダの平面視で、放電部を挟む八の字形状となるようにし、吸気行程で燃料噴射弁に燃料の噴射をさせる。

【 0 0 0 4 】

この筒内燃料噴射式内燃機関によると、燃料噴射弁から噴射される燃料は放電部を挟む八の字形状であり、かつ、内燃機関の吸気行程ではピストンは上死点から下降するのであってその方向と、燃料噴射弁による燃料の噴射の方向とはいずれも下方であって同じ方向である。このため、燃料噴射弁から噴射された燃料は放電部の各外側方を進行し、また、この際、ピストンの上面と勢いよく衝突するということが防止されて、噴射された方向に向って円滑に進行する。そして、噴射された左右各燃料のそれぞれ先端部がシリンダ孔の内周面やピストンの上面に達すると、これら各面に案内されて各燃料のそれぞれ一部分同士がシリンダ孔の周方向で互いに接近させられ、その一方、各燃料のそれぞれ他部分はシリンダ孔の周方向で互いに離反させられる。すると、吸気行程とこれに続く圧縮行程とで、シリンダ孔内に噴射された燃料の多くがこのシリンダ孔の内周面近傍域に集められ、かつ、その周方向ほぼ均一となるよう集められ、つまり、このシリンダ孔内では、シリンダの平面視で、シリンダ孔の軸心をほぼ中心とするドーナツ形状の濃い混合気層と、この濃い混合気層で囲まれて放電部の近傍に位置する薄い混合気層とが成形されることとなる。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 2 5 4 1 9 9 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

上述した筒内燃料噴射式内燃機関においては、筒内噴射用インジェクタに高い圧力で燃料を噴射し、その圧力により貫徹力を維持して、所望の燃料噴霧形態を維持している。しかしながら、内燃機関の負荷状態によっては、このような燃料噴霧形態よりも、より好ましい燃料噴霧形態がある。上述した特許文献 1 においては、このような観点を開示していない。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであって、その目的は、少なくとも筒内に直接燃料を噴射する内燃機関において、内燃機関の筒内における燃料噴霧形態をより好ましい状態とすることができる、内燃機関の制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

第 1 の発明に係る内燃機関の制御装置は、筒内に燃料を噴射するための燃料噴射手段を備えた内燃機関を制御する。この内燃機関は、シリンダ孔の軸心を鉛直線に一致させた場合のシリンダの側面視で、シリンダヘッドの一側部に形成された吸気通路と、吸気通路の他側部に形成された排気通路と、シリンダ孔を上下動するピストンと、シリンダ孔内に放電部が臨む点火プラグとを含む。燃料噴射手段により噴射された燃料は、シリンダの平面視で、放電部を挟む八の字形状の噴霧を形成する。この制御装置は、内燃機関の負荷状態

を検知するための検知手段と、負荷状態に基づいて、燃焼噴射手段に供給される燃料の圧力を変化させるための燃圧制御手段と、負荷状態に基づいて、筒内に吸入される空気量を変化させるための空気量制御手段とを含む。

【 0 0 0 8 】

第1の発明によると、高負荷状態（大きな出力が要求されている状態）においては、筒内に吸入される空気量を増加させるとともに燃料噴射手段により筒内に噴射される燃料量も増加させる。このような場合には筒内の圧力は大きな負圧にならない（大気圧よりも低い但其の絶対値は小さい）。燃焼噴射手段に供給される燃料の圧力を高くして、高い燃圧により燃料噴射手段から噴射された燃料の貫徹力が大きくなるようにする。このようにすると、高負荷領域においては、高い燃圧で大きな貫徹力を有し負圧が小さいので、放電部を挟む八の字形の噴霧が交錯しない。このため、燃料噴射手段から噴射された燃料が所望の状態になり筒内に拡散する。これにより、筒内における燃料の均質性を高めて、良好な均質燃焼を実現することができる。一方、低負荷領域（大きな出力が要求されていない状態）においては、筒内に吸入される空気量を減少させるとともに燃料噴射手段により筒内に噴射される燃料量も減少させる。このような場合には筒内の圧力は大きな負圧になる（大気圧よりも低く其の絶対値が大きい）。燃焼噴射手段に供給される燃料の圧力を低くして、低い燃圧により燃料噴射手段から噴射された燃料の貫徹力が小さくなるようにする。このようにすると、低負荷領域においては、低い燃圧で小さな貫徹力を有し負圧が大きいので、放電部を挟む八の字形の噴霧を筒内の負圧でその厚みを広げることにより噴霧同士を点火プラグ近傍で重なり合わせて（双方の噴霧を交錯させて）点火プラグ近傍がリッチな状態でその周囲がリーンな状態になるようにすることができる。これにより、筒内における燃料の成層性を高めて、良好な成層（弱成層）燃焼を実現することができ、着火性を向上させ、燃費を向上させることができる。このように、負荷の状態に基づいて、燃焼噴射手段に供給される燃料の圧力や筒内に吸入される空気量を変化させて、筒内の燃料状態を変化させることができる。その結果、少なくとも筒内に直接燃料を噴射する内燃機関において、内燃機関の筒内における燃料噴霧形態をより好ましい状態とすることができる、内燃機関の制御装置を提供することができる。

【 0 0 0 9 】

第2の発明に係る内燃機関の制御装置においては、第1の発明の構成に加えて、燃圧制御手段は、負荷が大きいと、燃料の圧力が高くなるように制御するための手段を含む。空気量制御手段は、負荷が大きいと、空気量が多くなるように制御するための手段を含む。

【 0 0 1 0 】

第2の発明によると、高負荷状態においては、筒内に吸入される空気量を増加させて、燃焼噴射手段に供給される燃料の圧力を高くして、高い燃圧により燃料噴射手段から噴射された燃料の貫徹力が大きくなるようにする。このようにすると、高負荷領域においては、高い燃圧で大きな貫徹力を有し負圧が小さいので、放電部を挟む八の字形の噴霧が交錯しない。このため、燃料噴射手段から噴射された燃料が所望の状態になり筒内に拡散するので、筒内における燃料の均質性を高めて、良好な均質燃焼を実現することができる。

【 0 0 1 1 】

第3の発明に係る内燃機関の制御装置においては、第1の発明の構成に加えて、燃圧制御手段は、負荷が小さいと、燃料の圧力が低くなるように制御するための手段を含む。空気量制御手段は、負荷が小さいと、空気量が少なくなるように制御するための手段を含む。

【 0 0 1 2 】

第3の発明によると、低負荷領域においては、筒内に吸入される空気量を減少させて、燃焼噴射手段に供給される燃料の圧力を低くして、低い燃圧により燃料噴射手段から噴射された燃料の貫徹力が小さくなるようにする。このようにすると、低負荷領域においては、低い燃圧で小さな貫徹力を有し負圧が大きいので、放電部を挟む八の字形の噴霧を筒内の負圧でその厚みを広げることにより噴霧同士を点火プラグ近傍で重なり合わせて（双方の噴霧を交錯させて）点火プラグ近傍がリッチな状態でその周囲がリーンな状態になるよ

10

20

30

40

50

うにすることができる。このため、筒内における燃料の成層性を高めて、良好な成層（弱成層）燃焼を実現することができ、着火性を向上させ、燃費を向上させることができる。

【0013】

第4の発明に係る内燃機関の制御装置においては、第1～3のいずれかの発明の構成に加えて、空気量制御手段は、吸気通路に設けられたスロットルバルブの開度を調整することにより、空気量を変化させるための手段を含む。

【0014】

第4の発明によると、スロットルバルブの開度を大きくして筒内に吸入される空気量を多くして、スロットルバルブの開度を小さくして筒内に吸入される空気量を少なくすることができる。

10

【0015】

第5の発明に係る内燃機関の制御装置においては、第1～3のいずれかの発明の構成に加えて、空気量制御手段は、内燃機関に設けられた吸気バルブのリフト量を変化させる可変リフト量制御機構を制御してリフト量を調整することにより、空気量を変化させるための手段を含む。

【0016】

第5の発明によると、内燃機関に設けられた可変リフト量制御機構により、吸気バルブのリフト量を大きくして筒内に吸入される空気量を多くして、吸気バルブのリフト量を小さくして筒内に吸入される空気量を少なくすることができる。

【0017】

20

第6の発明に係る内燃機関の制御装置においては、第1～5のいずれかの発明の構成に加えて、シリンダの平面視で、八の字形状の2つの噴霧の広がり角は約 40° ～約 50° である。

【0018】

第6の発明によると、シリンダの平面視で、八の字形状の2つの噴霧の広がり角は約 40° ～約 50° であるので、所望の高い燃圧で（かつ筒内の負圧が大きくない場合に）、互いの噴霧が交錯することなく筒内における燃料の噴霧状態を均質状態にすることができる。また、所望の低い燃圧で（かつ筒内の負圧が大きい場合に）、互いの噴霧がそれぞれ負圧で吸引されて広がって互いに交錯して交錯部分に点火プラグを配置させるので、点火プラグ近傍において燃料の濃度をリッチな状態にその周囲をリーンな状態にすることができる。

30

【0019】

第7の発明に係る内燃機関の制御装置においては、第1～6のいずれかの発明の構成に加えて、シリンダの平面視で、八の字形状の1つの噴霧の厚さは燃料噴射手段の噴口から約30mmの位置で約 5° ～約 12° である。

【0020】

第7の発明によると、シリンダの平面視で、八の字形状の1つの噴霧の厚さは燃料噴射手段の噴口から約30mmの位置で約 5° ～約 12° であるので、所望の高い燃圧で（かつ筒内の負圧が大きくない場合に）、互いの噴霧が交錯することなく筒内における燃料の噴霧状態を均質状態にすることができる。また、所望の低い燃圧で（かつ筒内の負圧が大きい場合に）、互いの噴霧がそれぞれ負圧で吸引されて広がって互いに交錯して交錯部分に点火プラグを配置させるので、点火プラグ近傍において燃料の濃度をリッチな状態にその周囲をリーンな状態にすることができる。

40

【0021】

第8の発明に係る内燃機関の制御装置においては、第1～7のいずれかの発明の構成に加えて、シリンダの側面視で、八の字形状の1つの噴霧の厚さは燃料噴射手段の噴口から約40mmの位置で約 29.5° ～約 37.5° である。

【0022】

第8の発明によると、シリンダの側面視で、八の字形状の1つの噴霧の厚さは燃料噴射手段の噴口から約40mmの位置で約 29.5° ～約 37.5° であるので、所望の高い

50

燃圧で（かつ筒内の負圧が大きくない場合に）、互いの噴霧が交錯することなく筒内における燃料の噴霧状態を均質状態にすることができる。また、所望の低い燃圧で（かつ筒内の負圧が大きい場合に）、互いの噴霧がそれぞれ負圧で吸引されて広がって互いに交錯して交錯部分に点火プラグを配置させるので、点火プラグ近傍において燃料の濃度をリッチな状態にその周囲をリーンな状態にすることができる。

【 0 0 2 3 】

第 9 の発明に係る内燃機関は、第 1 ～ 8 のいずれかの発明の構成に加えて、内燃機関は、吸気通路内に燃料を噴射するための燃料噴射手段をさらに含む。

【 0 0 2 4 】

第 9 の発明によると、筒内噴射用インジェクタに加えて、吸気通路内に燃料を吸気通路噴射用インジェクタで噴射して、均質燃焼時の混合気の均質性を向上させることができる。

10

【 0 0 2 5 】

第 1 0 の発明に係る内燃機関の制御装置においては、第 9 の発明の構成に加えて、筒内に燃料を噴射するための燃料噴射手段は、筒内噴射用インジェクタであって、吸気通路内に燃料を噴射するための燃料噴射手段は、吸気通路噴射用インジェクタである。

【 0 0 2 6 】

第 1 0 の発明によると、筒内に燃料を噴射する燃料噴射手段である筒内噴射用インジェクタと吸気通路内に燃料を噴射する吸気通路噴射用インジェクタとを別個に設けて噴射燃料を分担する内燃機関において、点火プラグ付近に濃い混合気を形成することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 7 】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品には同一の符号を付してある。それらの名称およ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。

【 0 0 2 8 】

図 1 に、本発明の実施の形態に係る内燃機関の制御装置であるエンジン E C U (Electronic Control Unit) で制御されるエンジンシステムの概略構成図を示す。なお、図 1 には、エンジンとして直列 4 気筒ガソリンエンジンを示すが、本発明はこのような形式のエンジンに限定されるものではなく、V 型 6 気筒、V 型 8 気筒、直列 6 気筒などの形式であってもよい。また、以下においては、筒内噴射用インジェクタと吸気通路噴射用インジェクタとを有するエンジンについて説明するが、少なくとも筒内噴射用インジェクタを有するエンジンであれば、本発明は適用できる。

30

【 0 0 2 9 】

さらに、以下においては、エンジンシステムは、バルブリフト量可変機構（吸排気バルブのリフト量を連続的にまたは非連続的に変化させることができる機構）を有するものとして説明するが、本発明はこのバルブリフト量可変機構を有しないエンジンシステムであっても適用できる。

【 0 0 3 0 】

40

図 1 に示すように、エンジン 1 0 は、4 つの気筒 1 1 2 を備え、各気筒 1 1 2 はそれぞれ対応するインテークマニホールド 2 0 を介して共通のサージタンク 3 0 に接続されている。サージタンク 3 0 は、吸気ダクト 4 0 を介してエアクリーナ 5 0 に接続され、吸気ダクト 4 0 内にはエアフローメータ 4 2 が配置されるとともに、電動モータ 6 0 によって駆動されるスロットルバルブ 7 0 が配置されている。このスロットルバルブ 7 0 は、アクセルペダル 1 0 0 とは独立してエンジン E C U (Electronic Control Unit) 3 0 0 の出力信号に基づいてその開度が制御される。一方、各気筒 1 1 2 は共通のエキゾーストマニホールド 8 0 に連結され、このエキゾーストマニホールド 8 0 は三元触媒コンバータ 9 0 に連結されている。

【 0 0 3 1 】

50

各気筒１１２に対しては、筒内に向けて燃料を噴射するための筒内噴射用インジェクタ１１０と、吸気ポートまたは／および吸気通路内に向けて燃料を噴射するための吸気通路噴射用インジェクタ１２０とがそれぞれ設けられている。これらインジェクタ１１０、１２０はエンジンＥＣＵ３００の出力信号に基づいてそれぞれ制御される。また、各気筒内噴射用インジェクタ１１０は共通の燃料分配管１３０に接続されており、この燃料分配管１３０は燃料分配管１３０に向けて流通可能な逆止弁１４０を介して、機関駆動式の高圧燃料ポンプ１５０に接続されている。なお、本実施の形態においては、２つのインジェクタが別個に設けられた内燃機関について説明するが、本発明はこのような内燃機関に限定されない。たとえば、筒内噴射機能と吸気通路噴射機能とを併せ持つような１個のインジェクタを有する内燃機関であってもよい。

10

【００３２】

図１に示すように、高圧燃料ポンプ１５０の吐出側は電磁スピル弁１５２を介して高圧燃料ポンプ１５０の吸入側に連結されており、この電磁スピル弁１５２の開度が小さいときほど、高圧燃料ポンプ１５０から燃料分配管１３０内に供給される燃料量が増大され、電磁スピル弁１５２が全開にされると、高圧燃料ポンプ１５０から燃料分配管１３０への燃料供給が停止されるように構成されている。なお、電磁スピル弁１５２はエンジンＥＣＵ３００の出力信号に基づいて制御される。

【００３３】

一方、各吸気通路噴射用インジェクタ１２０は、共通する低圧側の燃料分配管１６０に接続されており、燃料分配管１６０および高圧燃料ポンプ１５０は共通の燃料圧レギュレータ１７０を介して、電動モータ駆動式の低圧燃料ポンプ１８０に接続されている。さらに、低圧燃料ポンプ１８０は燃料フィルタ１９０を介して燃料タンク２００に接続されている。燃料圧レギュレータ１７０は低圧燃料ポンプ１８０から吐出された燃料の燃料圧が予め定められた設定燃料圧よりも高くなると、低圧燃料ポンプ１８０から吐出された燃料の一部を燃料タンク２００に戻すように構成されており、したがって吸気通路噴射用インジェクタ１２０に供給されている燃料圧および高圧燃料ポンプ１５０に供給されている燃料圧が上記設定燃料圧よりも高くなるのを阻止している。

20

【００３４】

エンジンＥＣＵ３００は、デジタルコンピュータから構成され、双方向性バス３１０を介して相互に接続されたＲＯＭ(Read Only Memory)３２０、ＲＡＭ(Random Access Memory)３３０、ＣＰＵ(Central Processing Unit)３４０、入力ポート３５０および出力ポート３６０を備えている。

30

【００３５】

エアフローメータ４２は吸入空気量に比例した出力電圧を発生し、このエアフローメータ４２の出力電圧はＡ／Ｄ変換器３７０を介して入力ポート３５０に入力される。エンジン１０には機関冷却水温に比例した出力電圧を発生する水温センサ３８０が取付けられ、この水温センサ３８０の出力電圧は、Ａ／Ｄ変換器３９０を介して入力ポート３５０に入力される。

【００３６】

燃料分配管１３０には燃料分配管１３０内の燃料圧に比例した出力電圧を発生する燃料圧センサ４００が取付けられ、この燃料圧センサ４００の出力電圧は、Ａ／Ｄ変換器４１０を介して入力ポート３５０に入力される。三元触媒コンバータ９０上流のエキゾーストマニホールド８０には、排気ガス中の酸素濃度に比例した出力電圧を発生する空燃比センサ４２０が取付けられ、この空燃比センサ４２０の出力電圧は、Ａ／Ｄ変換器４３０を介して入力ポート３５０に入力される。

40

【００３７】

本実施の形態に係るエンジンシステムにおける空燃比センサ４２０は、エンジン１０で燃焼された混合気の空燃比に比例した出力電圧を発生する全域空燃比センサ（リニア空燃比センサ）である。なお、空燃比センサ４２０としては、エンジン１０で燃焼された混合気の空燃比が理論空燃比に対してリッチであるかリーンであるかをオン・オフ的に検出す

50

る O_2 センサを用いてもよい。

【 0 0 3 8 】

アクセルペダル 1 0 0 は、アクセルペダル 1 0 0 の踏込み量に比例した出力電圧を発生するアクセル開度センサ 4 4 0 に接続され、アクセル開度センサ 4 4 0 の出力電圧は、A/D変換器 4 5 0 を介して入力ポート 3 5 0 に入力される。また、入力ポート 3 5 0 には、機関回転数を表わす出力パルスが発生する回転数センサ 4 6 0 が接続されている。エンジン ECU 3 0 0 のROM 3 2 0 には、上述のアクセル開度センサ 4 4 0 および回転数センサ 4 6 0 により得られる機関負荷率および機関回転数に基づき、運転状態に対応させて設定されている燃料噴射量の値や機関冷却水温に基づく補正值などが予めマップ化されて記憶されている。

10

【 0 0 3 9 】

図 2 に、図 1 の部分拡大図を示す。図 2 は、図 1 の各気筒 1 1 2 における筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 および吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 の位置関係、ならびにインテークマニホールド 2 0、吸気バルブ 1 2 2、排気バルブ 1 2 1、点火プラグ 1 1 9 およびピストン 1 2 3 の位置関係を説明する図である。

【 0 0 4 0 】

インテークマニホールド 2 0 の燃焼室側には吸気バルブ 1 2 2 が設けられており、その吸気バルブ 1 2 2 の上流側に吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 が配置されている。吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 は、吸気通路であるインテークマニホールド 2 0 の内壁にに向けて燃料を噴射する。

20

【 0 0 4 1 】

この吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 の燃料噴射方向については、一例として、以下のようにすることが考えられる。

【 0 0 4 2 】

このインテークマニホールド 2 0 の内壁には、吸気バルブ 1 2 2 と、排気バルブ 1 2 1 とのオーバーラップにより燃焼室内のPM(Particulate Matter)がインテークマニホールド 2 0 に逆流し、吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 により噴射された燃料が噴霧され微細化された燃料が接着剤として働き、インテークマニホールド 2 0 の吸気バルブ 1 2 2 の近い側の内壁にデポジットとして堆積することがある。吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 の燃料噴射方向は、このデポジットに向けられた方向になるように設けられている。これにより、吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 から噴射された燃料により、このデポジットを洗い流すことができる。

30

【 0 0 4 3 】

また、このインテークマニホールド 2 0 には、スワールコントロールバルブなどであって、燃焼室内に渦流を形成するものが設けられない。このスワールコントロールバルブなどが設けられると、流量係数を低下せしめることになり、WOT時に必要十分な空気を燃焼室に流入させることができない。ところが、本実施の形態における内燃機関においては、流量係数を高くするようにして、高流量ポートを実現した。なお、高流量を実現できるのであれば、タンジェンシャル型(tangential type)の吸気ポートであってもよい。このタンジェンシャル型ポートは、吸気バルブ 1 2 2 の周辺で渦巻状となって左右に振れた形状とはならず、真っ直ぐに伸びて上下に大きく円弧を描いた先端部を有する。したがって吸気ポート内での流れに対する抵抗が小さく、吸気ポートの流量係数はスワールポートに比しはるかに大きくなり、エンジン 1 0 の体積効率が高くなり、多量の空気が燃焼室内に吸入することができるものである。このときの吸気ポートの流量係数 C_f は0.5~0.7以上が好ましい。

40

【 0 0 4 4 】

図 2 に示すように、ピストン 1 2 3 の頂部には、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 に対向する位置に緩やかな曲線から形成されるくぼみであるキャビティ 1 2 3 C が設けられている。このキャビティ 1 2 3 C に向けて筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 から燃料が噴射される。このとき、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 に対向するピストン 1 2 3 の頂部は角部を

50

有しないので、筒内噴射用インジェクタ 110 から噴射された燃料により形成された噴霧が角部により分裂されることがない。このような分裂があると燃焼に悪影響を与えるローカルリッチ（ここでいうローカルリッチとは、点火プラグ 119 近傍以外でリッチな混合気が形成されることを意味する）の状態になる場合があり得るが、そのような状態になることを回避できる。なお、筒内噴射用インジェクタ 110 の燃料噴霧の形状の詳細については後述する。また、筒内噴射用インジェクタ 110 から噴射された燃料により形成された燃料噴霧がキャビティ 123C により変化する形態についての詳細は後述する。また、図 2 に示すように配置された筒内噴射用インジェクタ 110 と吸気通路噴射用インジェクタ 120 との燃料分担比率の詳細については、後述する。

【0045】

10

図 3 (A) および図 3 (B) を参照して、吸気バルブ 122 および排気バルブ 121 について説明する。図 3 (A) および図 3 (B) に示すように、このエンジン 10 は、吸気バルブ 122 を 2 つ（第 1 の吸気バルブ 122 A と第 2 の吸気バルブ 122 B）、排気バルブ 121 を 2 つ（第 1 の排気バルブ 121 A と第 2 の排気バルブ 121 B）を有する。なお、本発明は、排気バルブの数が 2 個に限定されるものではない。たとえば、排気バルブは 1 個でもよい。

【0046】

この 4 つのバルブの中央付近に点火プラグ 119 が設けられている。この吸気バルブ 122 A と吸気バルブ 122 B との間に筒内噴射用インジェクタ 110 が設けられる。

【0047】

20

図 4 に、エンジン 10 を上方から見た断面図を示す。インテークマニホールド 20 は吸気バルブ 122 の数に対応するように、シリンダヘッドとの連結点手前で 2 つに分岐される。インテークマニホールド 20 を通った吸気は、吸気バルブ 122 A および吸気バルブ 122 B を介してシリンダ内に導入される。

【0048】

燃焼室で燃焼された排気は、排気バルブ 121 A および排気バルブ 121 B を介してエキゾーストマニホールド 80 に送られる。このときにも、エキゾーストマニホールド 80 はシリンダヘッドとの連結点直後で 1 つに集合される。さらに、4 気筒分のエキゾーストマニホールド 80 が 1 つに集合される。

【0049】

30

図 4 に示すように、筒内噴射用インジェクタ 110 は、吸気バルブ 122 A と吸気バルブ 122 B との間に設けられる。

【0050】

図 5 を参照して、上述したエンジン 10 の燃料供給機構について説明する。図 5 に示すように、この燃料供給機構は、燃料タンク 200 に設けられ、低圧（プレッシャーレギュレータ圧力である 400 kPa 程度）の吐出圧で燃料を供給するフィードポンプ 1100 と（図 1 の低圧燃料ポンプ 180 と同じ）、カム 1210 により駆動される高圧燃料圧送装置 150（高圧燃料ポンプ 1200）と、筒内噴射用インジェクタ 110 に高圧燃料を供給するために設けられた高圧デリバリパイプ 1110（図 1 の燃料分配管 130 と同じ）と、高圧デリバリパイプ 1110 に設けられた各気筒 1 個ずつの筒内噴射用インジェクタ 110 と、吸気通路噴射用インジェクタ 120 に燃料を供給するために設けられた低圧デリバリパイプ 1120 と、低圧デリバリパイプ 1120 に設けられた各気筒のインテークマニホールドに 1 個ずつの吸気通路噴射用インジェクタ 120 とを含む。

40

【0051】

燃料タンク 200 のフィードポンプ 1100 の吐出口は、低圧供給パイプ 1400 に接続され、低圧供給パイプ 1400 は、低圧デリバリ連通パイプ 1410 とポンプ供給パイプ 1420 とに分岐する。低圧デリバリ連通パイプ 1410 は、吸気通路噴射用インジェクタ 120 が設けられた低圧デリバリパイプ 1120 に接続されている。

【0052】

ポンプ供給パイプ 1420 は、高圧燃料ポンプ 1200 の入り口に接続される。高圧燃

50

料ポンプ１２００の入り口の手前には、パルセーションダンパー１２２０が設けられ、燃料脈動の低減を図っている。

【００５３】

高圧燃料ポンプ１２００の吐出口は、高圧デリバリ連通パイプ１５００に接続され、高圧デリバリ連通パイプ１５００は、高圧デリバリパイプ１１１０に接続される。高圧デリバリパイプ１１１０に設けられたリリーフバルブ１１４０は、高圧デリバリリターンパイプ１６１０を介して高圧燃料ポンプリターンパイプ１６００に接続される。高圧燃料ポンプ１２００のリターン口は、高圧燃料ポンプリターンパイプ１６００に接続される。高圧燃料ポンプリターンパイプ１６００は、リターンパイプ１６３０に接続され、燃料タンク２００に接続される。

10

【００５４】

図６に、図５の高圧燃料圧送装置１５０付近の拡大図を示す。高圧燃料圧送装置１５０は、高圧燃料ポンプ１２００と、カム１２１０で駆動され上下に摺動するポンププランジャー１２０６と、電磁スピル弁１２０２とリーク機能付きチェックバルブ１２０４とを主な構成部品としている。

【００５５】

カム１２１０によりポンププランジャー１２０６が下方方向に移動しているときであって電磁スピル弁１２０２が開いているときに燃料が導入され（吸い込まれ）、カム１２１０によりポンププランジャー１２０６が上方方向に移動しているときに電磁スピル弁１２０２を閉じるタイミングを変更して、高圧燃料ポンプ１２００から吐出される燃料量を制御する。ポンププランジャー１２０６が上方方向に移動している加圧行程中における電磁スピル弁１２０２を閉じる時期が早いほど多くの燃料が吐出され、遅いほど少ない燃料が吐出される。この最も多く吐出される場合の電磁スピル弁１２０２の駆動デューティを１００％とし、この最も少なく吐出される場合の電磁スピル弁１２０２の駆動デューティを０％としている。電磁スピル弁１２０２の駆動デューティが０％の場合には、電磁スピル弁１２０２は閉じることなく開いたままの状態になり、カム１２１０が回転している限り（エンジン１０が回転している限り）ポンププランジャー１２０６は上下方向に摺動するが、電磁スピル弁１２０２が閉じないので、燃料は加圧されない。

20

【００５６】

加圧された燃料は、リーク機能付きチェックバルブ１２０４（設定圧６０ｋＰａ程度）を押し開けて高圧デリバリ連通パイプ１５００を介して高圧デリバリパイプ１１１０へ圧送される。このとき、高圧デリバリパイプ１１１０に設けられた燃料圧センサ４００により燃圧がフィードバック制御される。

30

【００５７】

図７を参照して、筒内噴射用インジェクタ１１０について説明する。図７は、筒内噴射用インジェクタ１１０の縦方向の断面図である。

【００５８】

図７に示すように、筒内噴射用インジェクタ１１０は、その本体７４０の下端にノズルボディ７６０がスペーサを介してノズルホルダによって固定される。ノズルボディ７６０は、その下端に噴口５００Ａおよび噴口５００Ｂを形成しており、ノズルボディ７６０内にニードル５２０が上下可動に配置される。ニードル５２０の上端は本体７４０内を摺動自在なコア５４０に当接しており、スプリング５６０はコア５４０を介してニードル５２０を下向きに付勢しており、ニードル５２０はノズルボディ７６０の内周シート面５２２に着座され、その結果、常態では噴口５００Ａおよび噴口５００Ｂを閉鎖している。

40

【００５９】

本体７４０の上端にはスリーブ５７０が挿入固定され、スリーブ５７０内には燃料通路５８０が形成され、燃料通路５８０の下端側は、本体７４０内の通路を介してノズルボディ７６０の内部まで連通され、ニードル５２０のリフト時に燃料は噴口５００Ａおよび噴口５００Ｂから噴射される。燃料通路５８０の上端側は、フィルタ６００を介して燃料導入口６２０に接続され、この燃料導入口６２０は、図１の燃料分配管１３０に接続される

50

。

【 0 0 6 0 】

電磁ソレノイド 6 4 0 は、本体 7 4 0 内においてスリーブ 5 7 0 の下端部を包囲するように配置される。ソレノイド 6 4 0 の通電時においては、コア 5 4 0 はスプリング 5 6 0 に抗して上昇され、燃料圧はニードル 5 2 0 を押し上げ、噴口 5 0 0 A および噴口 5 0 0 B が開放されるので燃料噴射が実行される。ソレノイド 6 4 0 は絶縁ハウジング 6 5 0 内のワイヤ 6 6 0 に取り出され、開弁のための電気信号を、エンジン E C U 3 0 0 から受信することができる。この開弁のための電気信号をエンジン E C U 3 0 0 が出力しないと、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 からの燃料噴射が行なわれない。

【 0 0 6 1 】

10

エンジン E C U 3 0 0 から受信した開弁のための電気信号により、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の燃料噴射時期および燃料噴射期間が制御される。この燃料噴射期間を制御することにより、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 からの燃料噴射量を調節できる。すなわち、この電気信号により、（最小燃料噴射量以上の領域において）、少量の燃料を噴射するように制御することもできる。なお、このような制御のために、エンジン E C U 3 0 0 と筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 との間に、E D U (Electronic Driver Unit) が設けられることもある。なお、このような構造を有する筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 に供給される燃料の圧力は非常に高圧（13 MPa 程度）である。

【 0 0 6 2 】

図 8 に、噴口 5 0 0 A および噴口 5 0 0 B を、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の内部から見た状態を示す。図 8 に示すように、縦長のスリット形状の噴口が平行に形成されている（縦 W スリット）。このような噴口 5 0 0 A および噴口 5 0 0 B により噴射された燃料は、図 9 に示すように、上面から見て八の字型に広がる。この八の字型に開いた部分に点火プラグ 1 1 9 が設けられている。また、噴口 5 0 0 A および噴口 5 0 0 B により噴射された燃料は、図 9 に示すように、側面から見て上下の両方向に広がった扇型の形状に広がる。

20

【 0 0 6 3 】

上面から見た場合においては、八の字型に開いた間に点火プラグ 1 1 9 が設けられるので、噴霧が点火プラグ 1 1 9 に当たって霧化が促進されないことを回避できる。また、側面から見た場合においては、上下の両方向に広がった扇型の形状となっているが、ピストン 1 2 3 の頂部に緩やかな曲線から形成されたくぼみを有する。平面状のピストン頂部であると筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 から噴射された燃料が平面状に付着して霧化を阻害するが、このくぼみによりこのような霧化が阻害されることもない。

30

【 0 0 6 4 】

なお、噴霧形状については、

- 1) 上面視（平面視）で、点火プラグ 1 1 9 を挟む扇形状であって、かつ、側面視で扇形状であってよいし、
- 2) 上面視で、点火プラグ 1 1 9 を挟む扇形状であって、かつ、側面視で上部のみの扇の形状であってよいし、
- 3) 上面視で、点火プラグ 1 1 9 を挟む扇形状であって、かつ、側面視で下部のみの扇の形状であってよいし、
- 4) 側面視で、点火プラグ 1 1 9 を挟む扇形状であってよい。

40

【 0 0 6 5 】

図 9 の上面視で示されるように、2 つの噴霧は点火プラグ 1 1 9 を挟むように噴射される。ところで、エンジン 1 0 に要求される出力（負荷）に対応して、吸入空気量や燃料噴射量が制御される。

【 0 0 6 6 】

スロットルバルブ 7 0 の開度により調整される吸入空気量や吸気バルブ 1 2 2 のリフト量により調整される吸入空気量が変化すると、筒内の圧力が変化する。すなわち、吸入空気量が多いときには筒内の負圧が小さく（つまり、負圧であっても大気圧を基準として大

50

気圧により近く、圧力の符号はマイナスであるが圧力の絶対値は小さい)、吸入空気量が少ないときには筒内の負圧が大きい(つまり、負圧であっても大気圧を基準として大気圧からより低く、圧力の符号はマイナスであって圧力の絶対値は大きい)。たとえば、筒内の圧力は、WOT時には-3kPa程度、アイドル時には-70kPa程度の差が発生する。

【0067】

さらに、吸入空気量が低いときには通常筒内噴射用インジェクタ110からの燃料噴射量も少なく、吸入空気量が多いときには通常筒内噴射用インジェクタ110からの燃料噴射量も多い。

【0068】

以上のことから、高出力領域(高負荷領域)においては、吸入空気量も多く筒内の圧力はさほど大きな負圧にならないで、燃料噴射量も多い。このような領域においては、2つの噴霧を互いに重なり合うことなく貫徹力が強い状態で噴射して、筒内における燃料の均質性を高めて、均質燃焼を実現する。一方、低出力領域(低負荷領域)においては、吸入空気量も少なく筒内の圧力は大きな負圧になり、燃料噴射量も少ない。このような領域においては、2つの噴霧を互いに重なり合うように貫徹力が弱い状態で噴射して、負圧により噴霧が吸引されて貫徹力に抗して細いスリット状の噴霧が広がらせる。広がった2つの噴霧は、その中央付近で重なり合うことになるが、その重なり部分に点火プラグ119が配置されているので、点火プラグ119近傍において噴霧が重なり合い、点火プラグ119近傍に濃い混合気を形成することができる。これにより、筒内における燃料の濃度分布を点火プラグ119近傍において濃く、その周囲において薄くする成層燃焼または弱成層燃焼(以下、弱成層燃焼と記載する)を実現する。

【0069】

この出力(負荷)の差により、均質燃焼と弱成層燃焼とを実現するために、筒内噴射用インジェクタ110と吸気通路噴射用インジェクタ120との燃料分担の比率(DI比率 r)を変更することも考えられる。本発明においては吸気通路噴射用インジェクタ120を有せず筒内噴射用インジェクタ110のみを有するエンジン10においても適用できるように、筒内噴射用インジェクタ110に供給される燃料の圧力を変化させて貫徹力を変化させる制御を行なうことにより、このような燃焼形態の差異を実現する。以下、このような本発明の特徴的な制御について説明する。

【0070】

図10を参照して、本実施の形態に係るエンジン10を制御するエンジンECU300で実行されるプログラムの制御構造について説明する。

【0071】

ステップ(以下、ステップをSと略す)100にて、エンジンECU300は、アクセル開度を検知する。このとき、エンジンECU300は、アクセルペダル100に設けられたアクセル開度センサ440から入力された信号に基づいて、アクセル開度を検知する。

【0072】

S110にて、エンジンECU300は、エンジン10に求められる負荷率 K_L を算出する。このとき、エンジンECU300は、運転者の加速要求等による負荷率の上昇分は、検知したアクセル開度の変化により算出できる。また、車両の運動制御システムから要求されるエンジン10の出力要求に対応して負荷率 K_L が算出されることもある。

【0073】

S120にて、エンジンECU300は、算出された負荷率 K_L が予め定められた高負荷領域であるか否かを判断する。算出された負荷率 K_L が予め定められた高負荷領域であると(S120にてYES)、処理はS130へ移される。もしそうでないと(S120にてNO)、処理はS140へ移される。

【0074】

S130にて、エンジンECU300は、燃圧を上昇(既に高負荷領域に入っており燃

10

20

30

40

50

圧が十分に上昇している状態の場合には燃圧を維持)する処理を行なう。このとき、エンジン ECU 300 は、電磁スピル弁 1202 に、電磁スピル弁 1202 の駆動デューティを制御する信号(駆動デューティが 100%に近い方へ上昇させる)を出力する。このときの燃圧は 12 ~ 13 MPa 程度である。また、エンジン ECU 300 は、この燃圧制御に加えて、スロットルバルブ 70 の開度を増加させる処理および/または吸気バルブ 122 のリフト量を増加させる処理を行なう。このとき、エンジン ECU 300 は、バルブリフト量可変機構にバルブリフト量を増大させるように制御信号を出力して、吸気バルブ 122 が上下動する距離が大きくなるように制御される。このスロットルバルブ 70 または吸気バルブ 122 の制御により、吸入空気量が増加する。その結果、筒内の負圧が - 3 kPa 程度まで上昇する(大気圧に近い方へ筒内の負圧が上昇する)。

10

【0075】

S140 にて、エンジン ECU 300 は、燃圧を低下(既に低負荷領域に入っており燃圧が十分に低下している状態の場合には燃圧を維持)する処理を行なう。このとき、エンジン ECU 300 は、電磁スピル弁 1202 に、電磁スピル弁 1202 の駆動デューティを制御する信号(駆動デューティが 0%に近い方へ低下させる)を出力する。このときの燃圧は 4 MPa 程度である。ただし、この燃圧値(4 MPa)に限定されるものではない。また、エンジン ECU 300 は、この燃圧制御に加えて、スロットルバルブ 70 の開度を低下させる処理および/または吸気バルブ 122 のリフト量を低下させる処理を行なう。このとき、エンジン ECU 300 は、バルブリフト量可変機構にバルブリフト量を減少させるように制御信号を出力して、吸気バルブ 122 が上下動する距離が小さくなるように制御される。このスロットルバルブ 70 または吸気バルブ 122 の制御により、吸入空気量が減少する。その結果、筒内の負圧が - 70 kPa 程度まで低下する(大気圧よりも低い方へ筒内の負圧が低下する)。

20

【0076】

以上のような構造およびフローチャートに基づく、本実施の形態に係るエンジン 10 の動作について説明する。

【0077】

[低負荷から高負荷への変化]

エンジン 10 のアイドル運転中においては、検知されたアクセル開度が小さく、小さな負荷率 KL が算出される(S100, S110)。この状態においてはエンジン 10 は低負荷領域で運転されている。

30

【0078】

この状態で、運転者がアクセルを踏む(または踏込むと)、検知されたアクセル開度が大きくなり、大きな負荷率 KL が算出される(S100, S110)。エンジン 10 は高負荷領域で運転されると判断され(S120 にて YES)、筒内噴射用インジェクタ 110 へ供給される燃料の圧力(燃圧)が、たとえば 4 MPa 程度から 12 ~ 13 MPa まで上昇されるように電磁スピル弁 1202 への制御デューティ信号が上昇される。また、スロットル 70 の開度が増加するように、または/および、吸気バルブ 122 のリフト量が増加するように調整されて吸入空気量が増加する。このとき、筒内噴射用インジェクタ 110 からの燃料噴射量も上昇して、エンジン 10 の出力が増加する。

40

【0079】

このときの筒内の状態を図 11 に示す。図 11 は、シリンダの上面視であって、大きな燃圧による強い貫徹力と弱い負圧とにより、筒内噴射用インジェクタ 110 から噴射された燃料により形成された噴霧はスリット状の形態を維持している。このとき、図 11 に示すように、八の字形の 2 つの噴霧の広がり角度は約 40° ~ 約 50° が好ましい。さらに、噴霧の広がり(八の字形の 2 つの噴霧のうちのいずれか一方の広がりであってシリンダの上面視における広がり)は、筒内噴射用インジェクタ 110 の先端から 30 mm の位置で約 5° ~ 約 12° であることが好ましい。また、図示しないが、噴霧の広がり(八の字形の 2 つの噴霧のうちのいずれか一方の広がりであってシリンダの側面視における広がり)は、筒内噴射用インジェクタ 110 の先端から約 40 mm の位置で約 29.5° ~ 約

50

37.5°であることが好ましい。このような角度を有するスリットである場合に、最も筒内の燃料の均質性を高めることができ、良好な均質燃焼を実現できる。

【0080】

[高負荷から低負荷への変化]

エンジン10の高負荷運転中においては(たとえば、追い越し加速中)、検知されたアクセル開度が大きく、大きな負荷率KLが算出される(S100, S110)。この状態においてはエンジン10は高負荷領域で運転されている。

【0081】

この状態で、運転者がアクセルを踏むことを止めると、検知されたアクセル開度が小さくなり、小さな負荷率KLが算出される(S100, S110)。エンジン10は低負荷領域で運転されると判断され(S120にてNO)、筒内噴射用インジェクタ110へ供給される燃料の圧力(燃圧)が、たとえば12~13MPaから4MPa程度まで低下するように電磁スプール弁1202への制御デューティ信号が低下される。また、スロットル70の開度が低下するように、または/および、吸気バルブ122のリフト量が低下するように調整されて吸入空気量が減少する。このとき、筒内噴射用インジェクタ110からの燃料噴射量も低下して、エンジン10の出力が低下する。

【0082】

このときの筒内の状態を図12に示す。図12も図11と同様、シリンダの上面視であって、小さな燃圧による弱い貫徹力と強い負圧とにより、筒内噴射用インジェクタ110から噴射された燃料により形成された噴霧はスリット状の形態を維持していない。弱い貫徹力と大きな負圧により、負圧に起因して細いスリットの形態を維持できないで大きく拡散している。すなわち、筒内噴射用インジェクタ110の噴口である各スリットからの噴霧同士を筒内の大きな負圧により噴霧厚みを広げることにより噴霧同士を点火プラグ119近傍で重なり合わせて(双方の噴霧を交錯させて)いる。図12に示すように、一点鎖線で示される1つの噴口からの噴霧と点線で示されるもう1つの噴口からの噴霧とが点火プラグ119近傍で重なり合う。このような場合に、点火プラグ119近傍の燃料の濃度を高く(リッチ)、その周囲の燃料の濃度を低く(リーン)とすることができ着火性を向上させて、良好な弱成層燃焼を実現でき、燃費を向上させることができる。

【0083】

なお、低負荷領域においては、上述したように弱い貫徹力と強い負圧とにより燃料が拡散されるが、図13に示すように、シリンダの側面視において、筒内に導入された気流(図13に示す矢印)およびシリンダ頂面に設けられたキャビティ123Cとにより、燃料は点火プラグ119近傍へ集められる。このように、低負荷領域においては、シリンダの上面視においては、点火プラグ119近傍において2つの噴霧が重なり合い、シリンダの側面視においては、気流とキャビティ123Cとにより点火プラグ119近傍に噴霧が導かれて、点火プラグ119近傍の空燃比をリッチな状態にして、その周囲をリーンな状態にすることができる。

【0084】

以上のようにして、本実施の形態に係るエンジンシステムによると、シリンダの上面視でハの字形で、シリンダの側面視で扇形の噴霧を形成するスリットを有する筒内噴射用インジェクタにおいて均質燃焼と弱成層燃焼とを実現できる。すなわち、高出力領域(高負荷領域)においては、噴霧の拡散性を向上させるために各スリットからの噴霧が交錯しないように高い燃圧で燃料を筒内噴射用インジェクタから噴射して、筒内における燃料の均質性を高めて、良好な均質燃焼を実現することができる。一方、低出力領域(低負荷領域)においては、各スリットからの噴霧同士を筒内の負圧で噴霧厚みを広げることにより噴霧同士を点火プラグ近傍で重なり合わせて(双方の噴霧を交錯させて)点火プラグ近傍がリッチな状態でその周囲がリーンな状態になるように、低い燃圧で燃料を筒内噴射用インジェクタから噴射する。このようにして、筒内における燃料の成層性を高めて、良好な弱成層燃焼を実現することができ燃費を向上させることができる。

【0085】

<この制御装置が適用されるに適したエンジン（その１）>

以下、本実施の形態に係る制御装置が適用されるに適したエンジン（その１）について説明する。

【００８６】

図１４および図１５を参照して、エンジン１０の運転状態に対応させた情報である、筒内噴射用インジェクタ１１０と吸気通路噴射用インジェクタ１２０との噴き分け比率（以下、ＤＩ比率（ r ）とも記載する。）を表わすマップについて説明する。これらのマップは、エンジンＥＣＵ３００のＲＯＭ３２０に記憶される。図１４は、エンジン１０の温間用マップであって、図１５は、エンジン１０の冷間用マップである。

【００８７】

図１４および図１５に示すように、これらのマップは、エンジン１０の回転数を横軸にして、負荷率を縦軸にして、筒内噴射用インジェクタ１１０の分担比率がＤＩ比率 r として百分率で示されている。

【００８８】

図１４および図１５に示すように、エンジン１０の回転数と負荷率とに定まる運転領域ごとに、ＤＩ比率 r が設定されている。「ＤＩ比率 $r = 100\%$ 」とは、筒内噴射用インジェクタ１１０からのみ燃料噴射が行なわれる領域であることを意味し、「ＤＩ比率 $r = 0\%$ 」とは、吸気通路噴射用インジェクタ１２０からのみ燃料噴射が行なわれる領域であることを意味する。「ＤＩ比率 $r = 0\%$ 」、「ＤＩ比率 $r = 100\%$ 」および「 $0\% < \text{ＤＩ比率 } r < 100\%$ 」とは、筒内噴射用インジェクタ１１０と吸気通路噴射用インジェクタ１２０とで燃料噴射が分担して行なわれる領域であることを意味する。なお、概略的には、筒内噴射用インジェクタ１１０は、出力性能の上昇に寄与し、吸気通路噴射用インジェクタ１２０は、混合気の均一性に寄与する。このような特性の異なる２種類のインジェクタを、エンジン１０の回転数と負荷率とで使い分けることにより、エンジン１０が通常運転状態（たとえば、アイドル時の触媒暖気時が、通常運転状態以外の非通常運転状態の一例であるといえる）である場合には、均質燃焼のみが行なわれるようにしている。

【００８９】

さらに、これらの図１４および図１５に示すように、温間時のマップと冷間時のマップとに分けて、筒内噴射用インジェクタ１１０と吸気通路噴射用インジェクタ１２０のＤＩ分担率 r を規定した。エンジン１０の温度が異なると、筒内噴射用インジェクタ１１０および吸気通路噴射用インジェクタ１２０の制御領域が異なるように設定されたマップを用いて、エンジン１０の温度を検知して、エンジン１０の温度が予め定められた温度しきい値以上であると図１４の温間時のマップを選択して、そうではないと図１５に示す冷間時のマップを選択する。それぞれ選択されたマップに基づいて、エンジン１０の回転数と負荷率とに基づいて、筒内噴射用インジェクタ１１０および／または吸気通路噴射用インジェクタ１２０を制御する。

【００９０】

図１４および図１５に設定されるエンジン１０の回転数と負荷率について説明する。図１４のＮＥ（１）は $2500 \sim 2700 \text{ rpm}$ に設定され、ＫＬ（１）は $30 \sim 50\%$ 、ＫＬ（２）は $60 \sim 90\%$ に設定されている。また、図１５のＮＥ（３）は $2900 \sim 3100 \text{ rpm}$ に設定されている。すなわち、 $\text{NE}(1) < \text{NE}(3)$ である。その他、図１４のＮＥ（２）や、図１５のＫＬ（３）、ＫＬ（４）も適宜設定されている。

【００９１】

図１４および図１５を比較すると、図１４に示す温間用マップのＮＥ（１）よりも図１５に示す冷間用マップのＮＥ（３）の方が高い。これは、エンジン１０の温度が低いほど、吸気通路噴射用インジェクタ１２０の制御領域が高いエンジン回転数の領域まで拡大されることを示す。すなわち、エンジン１０が冷えている状態であるので、（たとえば、筒内噴射用インジェクタ１１０から燃料を噴射しなくても）筒内噴射用インジェクタ１１０の噴口にデポジットが堆積しにくい。このため、吸気通路噴射用インジェクタ１２０を使って燃料を噴射する領域を拡大するように設定され、均質性を向上させることができ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 9 2 】

図 1 4 および図 1 5 を比較すると、エンジン 1 0 の回転数が、温間用マップにおいては N E (1) 以上の領域において、冷間用マップにおいては N E (3) 以上の領域において、「 D I 比率 $r = 1 0 0 \%$ 」である。また、負荷率が、温間用マップにおいては K L (2) 以上の領域において、冷間用マップにおいては K L (4) 以上の領域において、「 D I 比率 $r = 1 0 0 \%$ 」である。これは、予め定められた高エンジン回転数領域では筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみを使用され、予め定められた高エンジン負荷領域では筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみを使用されるということを示す。すなわち、高回転領域や高負荷領域においては、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみで燃料を噴射しても、エンジン 1 0 の回転数や負荷が高く吸気量が多いので筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみでも混合気を均質化しやすいためである。このようにすると、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 から噴射された燃料は燃焼室内で気化潜熱を伴い（燃焼室から熱を奪い）気化される。これにより、圧縮端での混合気の温度が下がる。これにより対ノッキング性能が向上する。また、燃焼室の温度が下がるので、吸入効率が向上し高出力が見込める。

10

【 0 0 9 3 】

図 1 4 に示す温間マップでは、負荷率 K L (1) 以下では、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみを用いられる。これは、エンジン 1 0 の温度が高いときであって、予め定められた低負荷領域では筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみを使用されるということを示す。これは、温間時においてはエンジン 1 0 が暖まった状態であるので、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の噴口にデポジットが堆積しやすい。しかしながら、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 を使って燃料を噴射することにより噴口温度を低下させることができるので、デポジットの堆積を回避することも考えられ、また、筒内噴射用インジェクタの最小燃料噴射量を確保して、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 を閉塞させないことも考えられ、このために、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 を用いた領域としている。

20

【 0 0 9 4 】

図 1 4 および図 1 5 を比較すると、図 1 5 の冷間用マップにのみ「 D I 比率 $r = 0 \%$ 」の領域が存在する。これは、エンジン 1 0 の温度が低いときであって、予め定められた低負荷領域（ K L (3) 以下）では吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 のみを使用されるということを示す。これはエンジン 1 0 が冷えていてエンジン 1 0 の負荷が低く吸気量も低いいため燃料が霧化しにくい。このような領域においては筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 による燃料噴射では良好な燃焼が困難であるため、また、特に低負荷および低回転数の領域では筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 を用いた高出力を必要としないため、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 を用いないで、吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 のみを用いる。

30

【 0 0 9 5 】

また、通常運転時以外の場合、エンジン 1 0 がアイドル時の触媒暖気時の場合（非通常運転状態であるとき）、成層燃焼を行なうように筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 が制御される。このような触媒暖気運転中にのみ成層燃焼させることで、触媒暖気を促進させ、排気エミッションの向上を図る。

【 0 0 9 6 】

< この制御装置が適用されるに適したエンジン（その 2 ） >

以下、本実施の形態に係る制御装置が適用されるに適したエンジン（その 2 ）について説明する。なお、以下のエンジン（その 2 ）の説明において、エンジン（その 1 ）と同じ説明については、ここでは繰り返さない。

40

【 0 0 9 7 】

図 1 6 および図 1 7 を参照して、エンジン 1 0 の運転状態に対応させた情報である、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 と吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 との噴き分け比率を表わすマップについて説明する。これらのマップは、エンジン E C U 3 0 0 の R O M 3 2 0 に記憶される。図 1 6 は、エンジン 1 0 の温間用マップであって、図 1 7 は、エンジン 1 0 の冷間用マップである。

50

【 0 0 9 8 】

図 1 6 および図 1 7 を比較すると、以下の点で図 1 4 および図 1 5 と異なる。エンジン 1 0 の回転数が、温間用マップにおいては $NE(1)$ 以上の領域において、冷間用マップにおいては $NE(3)$ 以上の領域において、「 DI 比率 $r = 100\%$ 」である。また、負荷率が、温間用マップにおいては低回転数領域を除く $KL(2)$ 以上の領域において、冷間用マップにおいては低回転数領域を除く $KL(4)$ 以上の領域において、「 DI 比率 $r = 100\%$ 」である。これは、予め定められた高エンジン回転数領域では筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみを使用されること、予め定められた高エンジン負荷領域では筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみを使用される領域が多いことを示す。しかしながら、低回転数領域の高負荷領域においては、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 から噴射された燃料により形成される混合気のみキシングが良好ではなく、燃焼室内の混合気が不均質で燃焼が不安定になる傾向を有する。このため、このような問題が発生しない高回転数領域へ移行するに伴い筒内噴射用インジェクタの噴射比率を増大させるようにしている。また、このような問題が発生する高負荷領域へ移行するに伴い筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の噴射比率を減少させるようにしている。これらの DI 比率 r の変化を図 1 6 および図 1 7 に十字の矢印で示す。このようにすると、燃焼が不安定であることに起因するエンジンの出力トルクの変動を抑制することができる。なお、これらのことは、予め定められた低回転数領域へ移行するに伴い筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の噴射比率を減少させることや、予め定められた低負荷領域へ移行するに伴い筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の噴射比率を増大させることと、略等価であることを確認的に記載する。また、このような領域（図 1 6 および図 1 7 で十字の矢印が記載された領域）以外の領域であって筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみで燃料を噴射している領域（高回転側、低負荷側）においては、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 のみでも混合気を均質化しやすい。このようにすると、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 から噴射された燃料は燃焼室内で気化潜熱を伴い（燃焼室から熱を奪い）気化される。これにより、圧縮端での混合気の温度が下がる。これにより対ノッキング性能が向上する。また、燃焼室の温度が下がるので、吸入効率が向上し高出力が見込める。

【 0 0 9 9 】

なお、図 1 4 ~ 図 1 7 を用いて説明したこのエンジン 1 0 においては、均質燃焼は筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の燃料噴射タイミングを吸気行程とすることにより、成層燃焼は筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の燃料噴射タイミングを圧縮行程とすることにより実現できる。すなわち、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の燃料噴射タイミングを圧縮行程とすることで、点火プラグ周りにリッチ混合気が偏在させることにより燃焼室全体としてはリーンな混合気に着火する成層燃焼を実現することができる。また、筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 の燃料噴射タイミングを吸気行程としても点火プラグ周りにリッチ混合気を偏在させることができれば、吸気行程噴射であっても成層燃焼を実現できる。

【 0 1 0 0 】

また、ここでいう成層燃焼には、成層燃焼と以下に示す弱成層燃焼の双方を含むものである。弱成層燃焼とは、吸気通路噴射用インジェクタ 1 2 0 を吸気行程で燃料噴射して燃焼室全体にリーンで均質な混合気を生成して、さらに筒内噴射用インジェクタ 1 1 0 を圧縮行程で燃料噴射して点火プラグ周りにリッチな混合気を生成して、燃焼状態の向上を図るものである。このような弱成層燃焼は触媒暖気時に好ましい。これは、以下の理由による。すなわち、触媒暖気時には高温の燃焼ガスを触媒に到達させるために点火時期を大幅に遅角させ、かつ良好な燃焼状態（アイドル状態）を維持する必要がある。また、ある程度の燃料量を供給する必要がある。これを成層燃焼で行なおうとしても燃料量が少ないという問題があり、これを均質燃焼で行なおうとしても良好な燃焼を維持するために遅角量が成層燃焼に比べて小さいという問題がある。このような観点から、上述した弱成層燃焼を触媒暖気時に用いることが好ましいが、成層燃焼および弱成層燃焼のいずれであっても構わない。

【 0 1 0 1 】

また、図 1 4 ~ 図 1 7 を用いて説明したエンジンにおいては、筒内噴射用インジェクタ

１１０による燃料噴射のタイミングは、以下のような理由により、圧縮行程で行なうことが好ましい。ただし、上述したエンジン１０は、基本的な大部分の領域には（触媒暖気時にのみに行なわれる、吸気通路噴射用インジェクタ１２０を吸気行程噴射させ、筒内噴射用インジェクタ１１０を圧縮行程噴射させる弱成層燃焼領域以外を基本的な領域という）、筒内噴射用インジェクタ１１０による燃料噴射のタイミングは、吸気行程である。しかしながら、以下に示す理由があるので、燃焼安定化を目的として一時的に筒内噴射用インジェクタ１１０の燃料噴射タイミングを圧縮行程噴射とするようにしてもよい。

【０１０２】

筒内噴射用インジェクタ１１０からの燃料噴射時期を圧縮行程中とすることで、筒内温度がより高い時期において、燃料噴射により混合気が冷却される。冷却効果が高まるので、対ノック性を改善することができる。さらに、筒内噴射用インジェクタ１１０からの燃料噴射時期を圧縮行程中とすると、燃料噴射から点火時期までの時間が短いことから噴霧による気流の強化を実現でき、燃焼速度を上昇させることができる。これらの対ノック性の向上と燃焼速度の上昇とから、燃焼変動を回避して、燃焼安定性を向上させることができる。

【０１０３】

さらに、エンジン１０の温度によらず（すなわち、温間時および冷間時のいずれの場合であっても）、オフアイドル時（アイドルスイッチがオフの場合、アクセルペダルが踏まれている場合）には、図１４または図１６に示す温間マップを用いるようにしてもよい（冷間温間を問わず、低負荷領域において筒内噴射用インジェクタ１１０を用いる）。

【０１０４】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【０１０５】

【図１】本発明の実施の形態に係る制御装置で制御されるエンジンシステムの概略構成図である。

【図２】図１の部分拡大図である。

【図３】吸気バルブおよび排気バルブの配置を示す図（その１）である。

【図４】吸気バルブおよび排気バルブの配置を示す図（その２）である。

【図５】図１のエンジンシステムにおける燃料供給機構の全体概要図である。

【図６】図５の部分拡大図である。

【図７】筒内噴射用インジェクタの断面図である。

【図８】筒内噴射用インジェクタの噴口の断面図である。

【図９】筒内噴射用インジェクタの噴霧形状を示す図である。

【図１０】図１のエンジンＥＣＵで実行されるプログラムの制御構造を示すフローチャートである。

【図１１】筒内噴射用インジェクタの他の噴霧形状を示す図（その１）である。

【図１２】筒内噴射用インジェクタの他の噴霧形状を示す図（その２）である。

【図１３】筒内噴射用インジェクタの他の噴霧形状を示す図（その３）である。

【図１４】本発明の実施の形態に係る制御装置が適用されるに好適なエンジンの温間時のＤＩ比率マップを表わす図（その１）である。

【図１５】本発明の実施の形態に係る制御装置が適用されるに好適なエンジンの冷間時のＤＩ比率マップを表わす図（その１）である。

【図１６】本発明の実施の形態に係る制御装置が適用されるに好適なエンジンの温間時のＤＩ比率マップを表わす図（その２）である。

【図１７】本発明の実施の形態に係る制御装置が適用されるに好適なエンジンの冷間時のＤＩ比率マップを表わす図（その２）である。

【符号の説明】

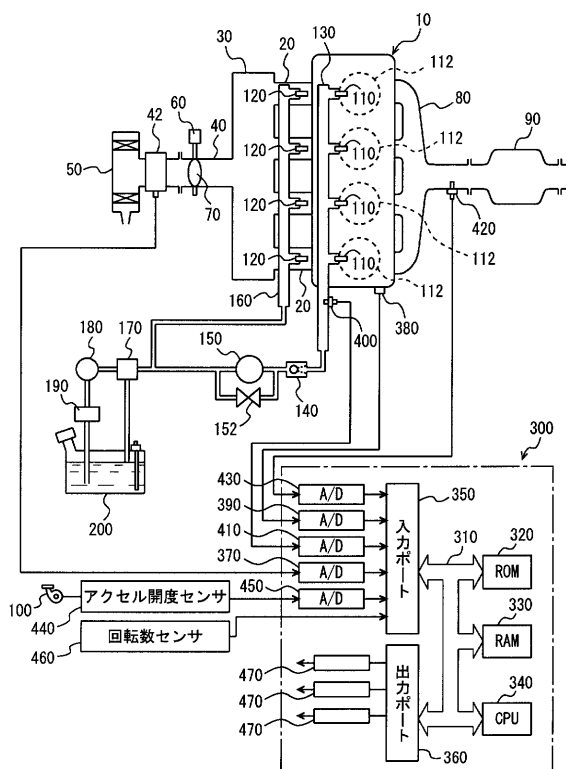
【 0 1 0 6 】

10 エンジン、20 インテークマニホールド、30 サージタンク、40 吸気ダクト、42 エアフローメータ、50 エアクリーナ、60 電動モータ、70 スロットルバルブ、80 エキゾーストマニホールド、90 三元触媒コンバータ、100 アクセルペダル、110 筒内噴射用インジェクタ、112 気筒、119 点火プラグ、120 吸気通路噴射用インジェクタ、121A, 121B 排気バルブ、122A, 122B 吸気バルブ、123 ピストン、130 燃料分配管、140 逆止弁、150 高圧燃料ポンプ、152 電磁スピル弁、160 燃料分配管（低圧側）、170 燃料圧レギュレータ、180 低圧燃料ポンプ、190 燃料フィルタ、200 燃料タンク、300 エンジンECU、310 双方向性バス、320 ROM、330 RAM、340 CPU、350 入力ポート、360 出力ポート、370, 390, 410, 430, 450 A/D変換器、380 水温センサ、400 燃料圧センサ、420 空燃比センサ、440 アクセル開度センサ、460 回転数センサ、500A, 500B 噴口、1100 フィードポンプ、1110 高圧デリバリパイプ、1120 低圧デリバリパイプ、1140 リリーフバルブ、1200 高圧燃料ポンプ、1202 電磁スピル弁、1204 リーク機能付きチェックバルブ、1206 ポンプブランジャー、1210 カム、1220 パルセーションダンパー、1400 低圧供給パイプ、1410 低圧デリバリ連通パイプ、1420 ポンプ供給パイプ、1500 高圧デリバリ連通パイプ、1600 高圧燃料ポンプリターンパイプ、1610 高圧デリバリリターンパイプ、1630 リターンパイプ。

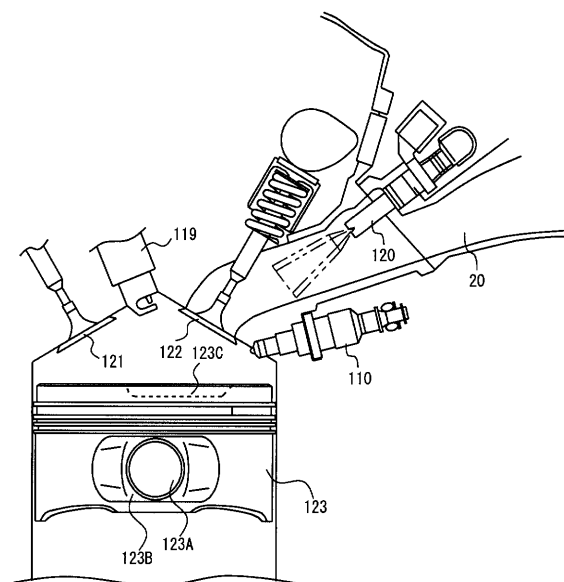
10

20

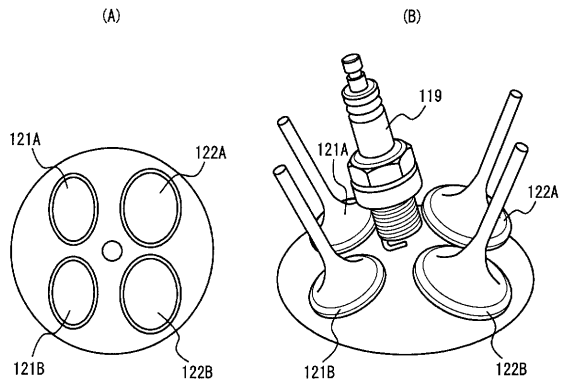
【図1】



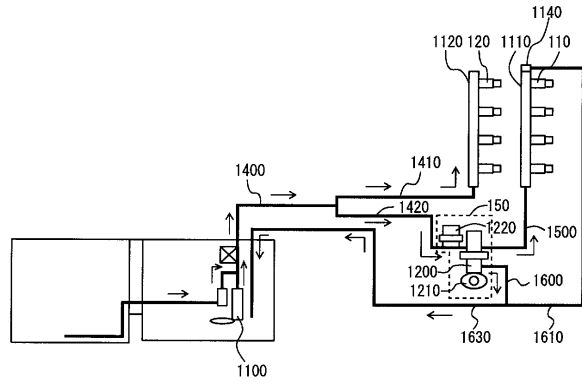
【図2】



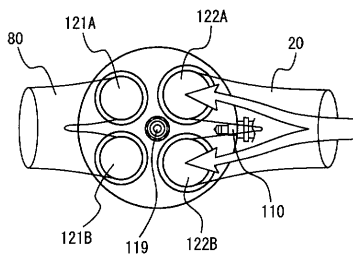
【図 3】



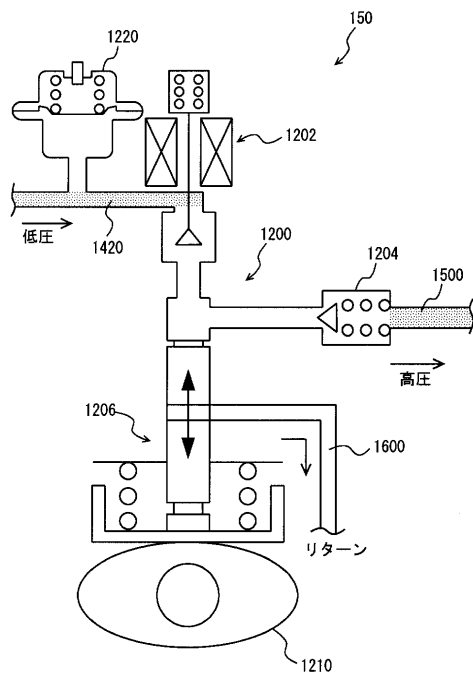
【図 5】



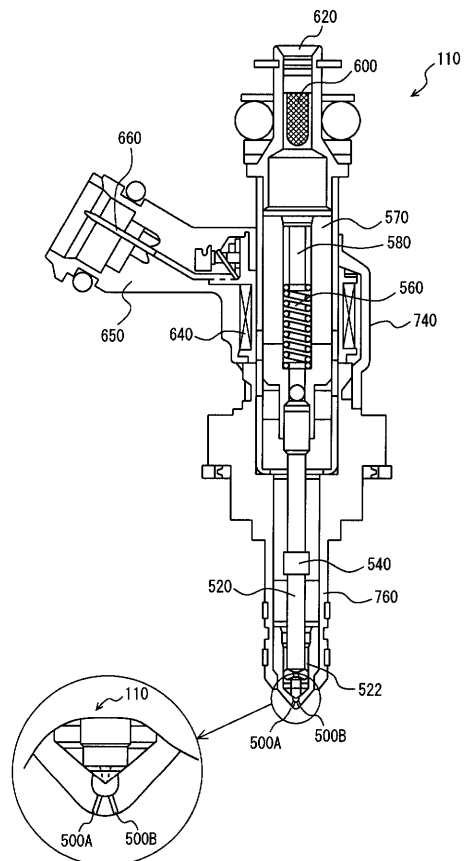
【図 4】



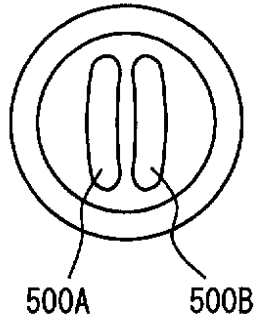
【図 6】



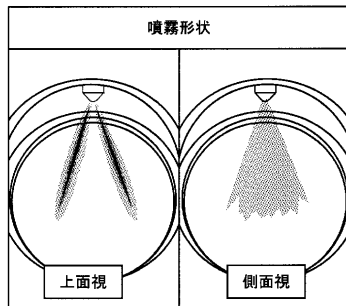
【図 7】



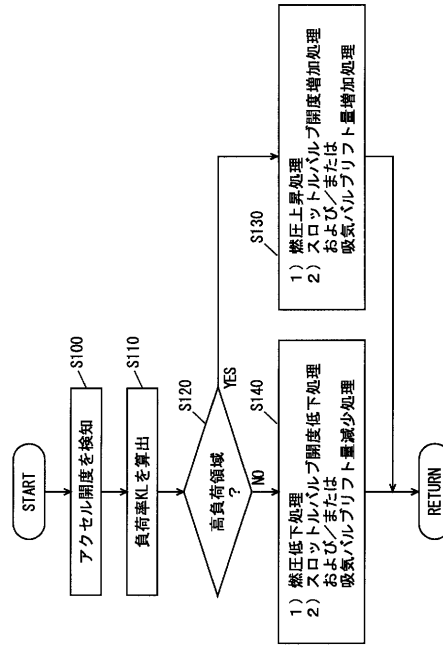
【図 8】



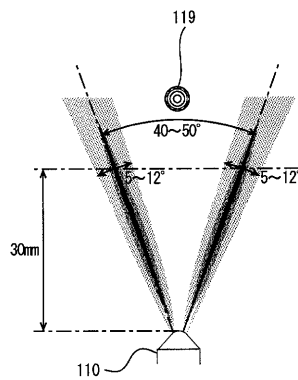
【図 9】



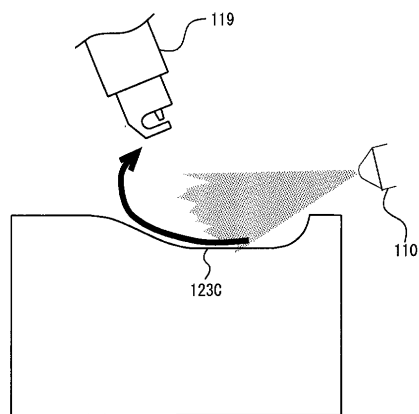
【図 10】



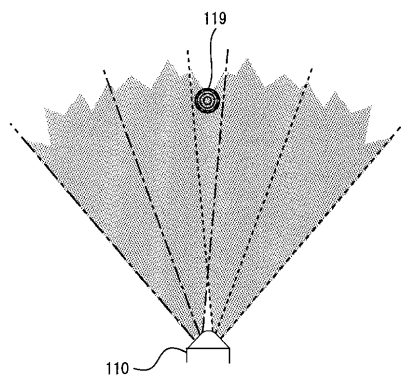
【図 11】



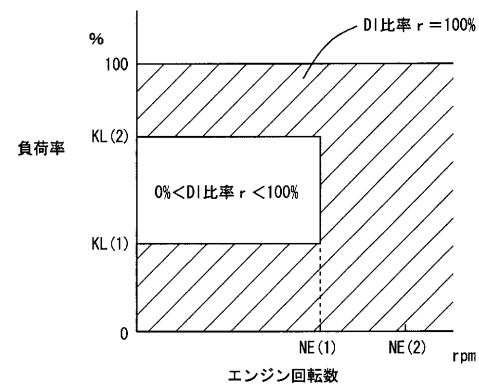
【図 13】



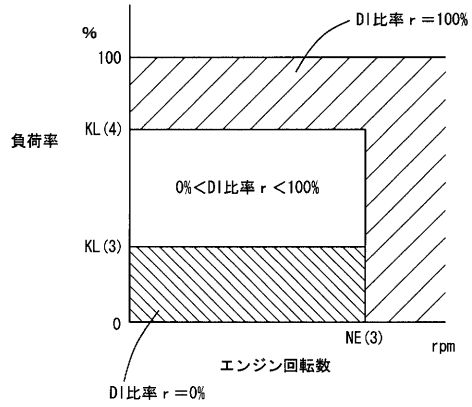
【図 12】



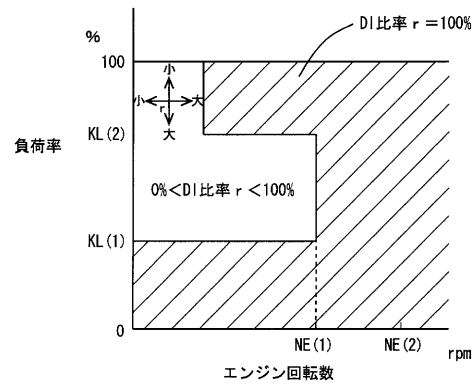
【図 14】



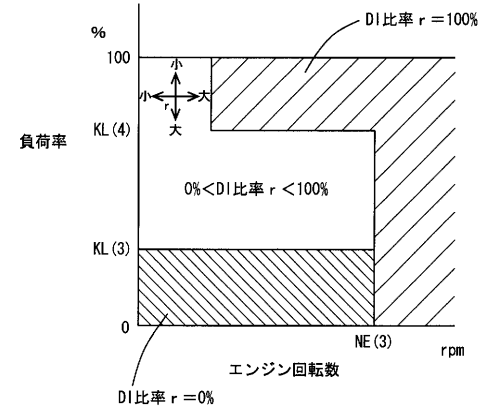
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 B 17/00 (2006.01) F 0 2 B 17/00 1 0 1

審査官 小川 恭司

(56)参考文献 特開平 0 5 - 2 8 0 3 4 3 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 0 6 1 8 0 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 5 4 1 9 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F 0 2 D 4 1 / 0 0 - 4 1 / 4 0
F 0 2 D 4 3 / 0 0 - 4 5 / 0 0
F 0 2 M 3 9 / 0 0 - 7 1 / 0 4