

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5884834号  
(P5884834)

(45) 発行日 平成28年3月15日 (2016. 3. 15)

(24) 登録日 平成28年2月19日 (2016. 2. 19)

(51) Int. Cl.	F 1
<b>FO2D 45/00 (2006.01)</b>	FO2D 45/00 340C
<b>FO2D 41/38 (2006.01)</b>	FO2D 45/00 340A
<b>FO2D 41/40 (2006.01)</b>	FO2D 45/00 362J
<b>FO2M 61/10 (2006.01)</b>	FO2D 45/00 310F
	FO2D 41/38 B
	請求項の数 6 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-555065 (P2013-555065)  
 (86) (22) 出願日 平成24年1月26日 (2012. 1. 26)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2012/051684  
 (87) 国際公開番号 W02013/111306  
 (87) 国際公開日 平成25年8月1日 (2013. 8. 1)  
 審査請求日 平成26年7月2日 (2014. 7. 2)

(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 100106150  
 弁理士 高橋 英樹  
 (74) 代理人 100082175  
 弁理士 高田 守  
 (74) 代理人 100113011  
 弁理士 大西 秀和  
 (72) 発明者 池本 雅里  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 審査官 立花 啓

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】

先端部にシート当接部を有するニードル弁と、  
 前記シート当接部が当接するシート部と、前記シート部よりも下流側に形成された燃料溜まり部と、前記シート部よりも下流側に形成された少なくとも1つの噴孔とを備えるノズルボディと、  
 を含み、筒内に燃料を直接噴射可能な燃料噴射弁を備える内燃機関の制御装置であって、  
 燃料噴射量を学習する燃料噴射量の学習制御を実行する学習実行手段と、  
 前記学習制御のための燃料の学習用噴射の実施に先立って燃料の学習前噴射を実行する学習前噴射実行手段と、  
 を備え、  
 前記学習前噴射は、前記燃料溜まり部を満たす燃料を噴射する充填用噴射であり、  
 前記充填用噴射により噴射される燃料の量は、前記学習用噴射により噴射される燃料の量以下であることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項2】

前記学習制御は、内燃機関の減速時において当該内燃機関のアイドル運転に必要となる燃料量よりも少ない量の燃料を前記学習用噴射として噴射し、前記学習用噴射を行った際の当該学習用噴射の量と前記内燃機関の回転変動との関係に基づいて行う微小噴射量の学習制御であることを特徴とする請求項1記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 3】

前記学習実行手段は、

前記充填用噴射を伴わずに前記学習用噴射が実行された際に当該学習用噴射により噴射される燃料噴射量についての第 1 学習パラメータを算出する第 1 学習パラメータ算出手段と、

前記充填用噴射を伴って前記学習用噴射が実行された際に当該学習用噴射により噴射される燃料噴射量についての第 2 学習パラメータを算出する第 2 学習パラメータ算出手段と、

前記第 2 学習パラメータと前記第 1 学習パラメータとの差分が所定値よりも小さい場合には、前記充填用噴射を伴わない前記学習用噴射が実行されるようにし、前記差分が前記所定値以上である場合には、前記充填用噴射を伴う前記学習用噴射が実行されるようにする噴射態様切替手段と、

を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 4】

前記燃料噴射弁を用いて、前記内燃機関のトルク発生のためのメイン噴射に加え、噴射される燃料が着火可能な時期において同じ燃料噴射量の指令値で実行される 2 回の微小噴射を実行するマルチ噴射実行手段を更に備え、

前記学習前噴射実行手段は、前回のサイクルにおいて前記微小噴射としてのポスト噴射が実行されない場合に、1 回目の前記微小噴射を前記充填用噴射として利用し、

前記学習実行手段は、1 回目の前記微小噴射により噴射された燃料噴射量についての学習パラメータを前記第 1 学習パラメータとして使用し、2 回目の前記微小噴射により噴射された燃料噴射量についての学習パラメータを前記第 2 学習パラメータとして使用することを特徴とする請求項 3 記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 5】

前記燃料噴射弁を用いて、前記内燃機関のトルク発生のためのメイン噴射に加え、1 サイクル中に 1 または複数回の微小噴射を実行するマルチ噴射実行手段を更に備え、

前記学習実行手段は、

前記充填用噴射を伴わずに前記学習用噴射が実行された際に、当該学習用噴射により噴射された燃料噴射量の推定値を当該学習用噴射のための燃料噴射量の指令値と一致させるための第 1 学習値を算出する第 1 学習実行手段と、

前記充填用噴射を伴って前記学習用噴射が実行された際に、当該学習用噴射により噴射された燃料噴射量の推定値を当該学習用噴射のための燃料噴射量の指令値と一致させるための第 2 学習値を算出する第 2 学習実行手段と、

筒内圧力の低下率が高い膨張行程中の所定期間の経過後に最初に実行される前記微小噴射に対しては前記第 1 学習値を用い、前記所定期間の経過後に 2 回目以降において前記微小噴射が実行される場合には、当該 2 回目以降の前記微小噴射に対しては前記第 2 学習値を用いるように学習値を選択する学習値選択手段と、

を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項記載の内燃機関の制御装置。

## 【請求項 6】

前記充填用噴射は、前記学習用噴射の実施に先立って、当該学習用噴射の実施を予定するサイクルの 1 つ前のサイクルにおける膨張行程中に筒内圧力が安定した時から、前記学習用噴射の実施を予定するサイクルにおいて当該学習用噴射の実施時期よりも所定期間早い時までの期間中に実行されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項記載の内燃機関の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、内燃機関の制御装置に係り、特に、筒内に燃料を直接噴射可能な燃料噴射弁を備える内燃機関の制御装置に関する。

## 【背景技術】

10

20

30

40

50

## 【0002】

従来、例えば特許文献1には、微小の燃料噴射量の学習制御を行う内燃機関の制御装置が開示されている。この微小噴射量の学習制御は、具体的には、減速時においてフューエルカットが行われる際に少量の燃料噴射を実施したうえで、この時の燃料噴射量と内燃機関の発生トルクとの関係に基づいて実行されるというものである。

## 【0003】

ところで、内燃機関に用いられる燃料噴射弁として、次のような構成を備えるものが知られている。すなわち、先端部にシート当接部を有するニードル弁と、前記シート当接部が当接するシート部を有するノズルボディを含む燃料噴射弁であって、かつ、当該ノズルボディが、シート部よりも下流側に形成された燃料溜まり部（いわゆるサックなどが該当）と、シート部よりも下流側に形成された少なくとも1つの噴孔とを備える燃料噴射弁が知られている。

10

## 【0004】

上記構成を有する燃料噴射弁では、燃料溜まり部に充填された燃料量が多い状態（液密状態）と、燃料溜まり部に充填された燃料量が少ない状態（気密状態）とで、噴射量特性などの噴射特性が変化する。従って、上記構成を有する燃料噴射弁を備える内燃機関において特許文献1に記載の微小噴射量の学習制御を行った場合、燃料溜まり部の内部状態が液密状態であるか気密状態であるかによって、実際に噴孔から噴射される燃料噴射量が変動してしまう。その結果、燃料噴射量の学習精度が低下してしまうおそれがある。そして、このような課題は、上記学習制御のように微小な燃料噴射量についての学習制御を行う際において、より顕著となる。

20

尚、出願人は、本発明に関連するものとして、上記の文献を含めて、以下に記載する文献を認識している。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】日本特開2009-115068号公報

【特許文献2】日本特開2011-226417号公報

【特許文献3】日本特開2009-114946号公報

## 【発明の概要】

30

## 【0006】

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、ニードル弁のシート当接部と当接するシート部よりも下流側に燃料溜まり部と少なくとも1つの噴孔を備えるノズルボディを有する燃料噴射弁が搭載された内燃機関において、運転中に実施される燃料噴射量の学習制御の精度を良好に向上させることのできる内燃機関の制御装置を提供することを目的とする。

## 【0007】

本発明は、先端部にシート当接部を有するニードル弁と、前記シート当接部が当接するシート部と、前記シート部よりも下流側に形成された燃料溜まり部と、前記シート部よりも下流側に形成された少なくとも1つの噴孔とを備えるノズルボディと、を含み、筒内に燃料を直接噴射可能な燃料噴射弁を備える内燃機関の制御装置であって、学習実行手段と学習前噴射実行手段とを備えている。

40

学習実行手段は、燃料噴射量を学習する燃料噴射量の学習制御を実行するものである。そして、学習前噴射実行手段は、前記学習制御のための燃料の学習用噴射の実施に先立って燃料の学習前噴射を実行するものである。前記学習前噴射は、前記燃料溜まり部を満たす燃料を噴射する充填用噴射である。前記充填用噴射により噴射される燃料の量は、前記学習用噴射により噴射される燃料の量以下である。

## 【0008】

本発明によれば、学習用噴射の実施に先立って学習前噴射を実行することにより、燃料溜まり部の内部を液密状態としたうえで、学習用噴射を実施できるようになる。これによ

50

り、噴孔から実際に噴射される燃料噴射量を安定させることができるので、燃料噴射量の学習制御による燃料噴射量の学習値のばらつきを抑制することができる。このため、燃料噴射量の学習精度を向上させることができる。さらに、本発明によれば、充填用噴射の利用により、燃料溜まり部の内部を確実に液密状態としたうえで、学習用噴射を実施できるようになる。これにより、燃料噴射量の学習精度を向上させることができる。

【0010】

また、本発明における前記学習制御は、内燃機関の減速時において当該内燃機関のアイドル運転に必要となる燃料量よりも少ない量の燃料を前記学習用噴射として噴射し、前記学習用噴射を行った際の当該学習用噴射の量と前記内燃機関の回転変動との関係に基づいて行う微小噴射量の学習制御であってもよい。

10

これにより、燃料溜まり部の内部状態の変化によってより顕著に影響を受ける微小な燃料噴射量の学習制御を行う場合において、学習精度を向上させることができる。

【0011】

また、本発明における前記学習実行手段は、前記充填用噴射を伴わずに前記学習用噴射が実行された際に当該学習用噴射により噴射される燃料噴射量についての第1学習パラメータを算出する第1学習パラメータ算出手段と、前記充填用噴射を伴って前記学習用噴射が実行された際に当該学習用噴射により噴射される燃料噴射量についての第2学習パラメータを算出する第2学習パラメータ算出手段と、前記第2学習パラメータと前記第1学習パラメータとの差分が所定値よりも小さい場合には、前記充填用噴射を伴わない前記学習用噴射が実行されるようにし、前記差分が前記所定値以上である場合には、前記充填用噴射を伴う前記学習用噴射が実行されるようにする噴射態様切替手段と、を含むものであってもよい。

20

これにより、上記差分の大きさに基づいて燃料溜まり部の内部状態を判定したうえで、学習値のばらつき（誤学習）の生ずる可能性があるときと判断できるときに限って、充填用噴射（学習前噴射）を伴う学習制御が実行されるようにすることができる。これにより、燃料溜まり部の内部状態が液密状態で安定している状況下において、不必要な充填用噴射が実行されるのを未然に防止することが可能となる。

【0012】

また、本発明は、前記燃料噴射弁を用いて、前記内燃機関のトルク発生のためのメイン噴射に加え、噴射される燃料が着火可能な時期において同じ燃料噴射量の指令値で実行される2回の微小噴射を実行するマルチ噴射実行手段を更に備えるものであってもよい。そして、前記学習前噴射実行手段は、前回のサイクルにおいて前記微小噴射としてのポスト噴射が実行されない場合に、1回目の前記微小噴射を前記充填用噴射として利用するものであってもよい。そして、前記学習実行手段は、1回目の前記微小噴射により噴射された燃料噴射量についての学習パラメータを前記第1学習パラメータとして使用し、2回目の前記微小噴射により噴射された燃料噴射量についての学習パラメータを前記第2学習パラメータとして使用するものであってもよい。

30

これにより、マルチ噴射に含まれる所定の微小噴射を利用して、燃料溜まり部の内部状態を判定することができる。

【0013】

また、本発明は、前記燃料噴射弁を用いて、前記内燃機関のトルク発生のためのメイン噴射に加え、1サイクル中に1または複数回の微小噴射を実行するマルチ噴射実行手段を更に備えるものであってもよい。

40

そして、前記学習実行手段は、前記充填用噴射を伴わずに前記学習用噴射が実行された際に、当該学習用噴射により噴射された燃料噴射量の推定値を当該学習用噴射のための燃料噴射量の指令値と一致させるための第1学習値を算出する第1学習実行手段と、前記充填用噴射を伴って前記学習用噴射が実行された際に、当該学習用噴射により噴射された燃料噴射量の推定値を当該学習用噴射のための燃料噴射量の指令値と一致させるための第2学習値を算出する第2学習実行手段と、筒内圧力の低下率が高い膨張行程中の所定期間の経過後に最初に実行される前記微小噴射に対しては前記第1学習値を用い、前記所定期間

50

の経過後に2回目以降において前記微小噴射が実行される場合には、当該2回目以降の前記微小噴射に対しては前記第2学習値を用いるように学習値を選択する学習値選択手段と、を含むものであってもよい。

このように、噴射順序に応じて学習値を使い分けることにより、学習実行時の燃料溜まり部の内部状態と実際の微小噴射の実行時の燃料溜まり部の内部状態とを合わせた状態で、微小噴射に対して適切な学習値を反映させられるようになる。これにより、微小噴射によって噴射される燃料量を精度良く制御することができる。

【0014】

また、本発明における前記充填用噴射は、前記学習用噴射の実施に先立って、当該学習用噴射の実施を予定するサイクルの1つ前のサイクルにおける膨張行程中に筒内圧力が安定した時から、前記学習用噴射の実施を予定するサイクルにおいて当該学習用噴射の実施時期よりも所定時期早い時までの期間中に実行されるものであってもよい。

これにより、充填用噴射の実施後に燃料溜まり部が気密状態となるのを確実に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施の形態1の内燃機関のシステム構成を説明するための図である。

【図2】図1に示す燃料噴射弁において燃料噴射が行われる側の先端部の構成を表した断面図である。

【図3】サックの内部が液密状態である場合と気密状態である場合との間で、噴孔から噴射される燃料噴射量を比較して表した図である。

【図4】サックの内部が液密状態である場合と気密状態である場合との間で、ニードル弁のリフト量を比較して表した図である。

【図5】学習用噴射と充填用噴射（学習前噴射）の実施時期を説明するための図である。

【図6】本発明の実施の形態1において実行されるルーチンのフローチャートである。

【図7】本発明の実施の形態2において実行されるルーチンのフローチャートである。

【図8】本発明の実施の形態2の変形例において実行されるルーチンのフローチャートである。

【図9】マルチ噴射の実施態様に応じた微小噴射量の学習値の使い分け手法を例示した図である。

【図10】本発明の実施の形態3において実行されるルーチンのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

実施の形態1.

〔内燃機関のシステム構成〕

図1は、本発明の実施の形態1の内燃機関10のシステム構成を説明するための図である。図1に示すシステムは、内燃機関10を備えている。ここでは、内燃機関10は、4サイクルのディーゼルエンジン（圧縮着火式内燃機関）10であり、車両に搭載され、その動力源とされているものとする。本実施形態の内燃機関10は、直列4気筒型であるが、本発明における内燃機関の気筒数および気筒配置はこれに限定されるものではない。

【0017】

内燃機関10の各気筒には、燃料を筒内に直接噴射するための燃料噴射弁12が設置されている。燃料噴射弁12の噴射部の詳細な構成の一例については、図2を参照して後述する。各気筒の燃料噴射弁12は、共通のコモンレール14に接続されている。コモンレール14内には、サプライポンプ（図示省略）によって加圧された高圧の燃料が供給されている。そして、このコモンレール14から各気筒の燃料噴射弁12へ燃料が供給される。各気筒から排出される排気ガスは、排気マニホールド16aによって集合され、排気通路16に流入する。

【0018】

内燃機関10は、ターボ過給機18を備えている。ターボ過給機18は、排気ガスの排

10

20

30

40

50

気エネルギーによって作動するタービン 18 a と、連結軸を介してタービン 18 a と一体的に連結され、タービン 18 a に入力される排気ガスの排気エネルギーによって回転駆動されるコンプレッサ 18 b とを有している。ターボ過給機 18 のタービン 18 a は、排気通路 16 の途中に配置されている。タービン 18 a よりも下流側の排気通路 16 には、排気ガスを浄化するために、酸化触媒 20 および DPF (Diesel Particulate Filter) 22 が上流側から順に設置されている。

【0019】

内燃機関 10 の吸気通路 24 の入口付近には、エアクリーナ 26 が設けられている。エアクリーナ 26 を通って吸入された空気は、ターボ過給機 18 のコンプレッサ 18 b で圧縮された後、インタークーラ 28 で冷却される。インタークーラ 28 を通過した吸入空気は、吸気マニホールド 24 a により分配されて、各気筒に流入する。吸気通路 24 におけるインタークーラ 28 と吸気マニホールド 24 a との間には、吸気絞り弁 30 が設置されている。

10

【0020】

吸気通路 24 におけるエアクリーナ 26 の下流近傍には、吸入空気量を検出するためのエアフローメータ 32 が設置されている。コモンレール 14 には、コモンレール 14 内の燃料圧力を検出するためのコモンレール圧センサ 34 が設置されている。また、吸気マニホールド 24 a には、吸気マニホールド圧力 (過給圧) を検出するための吸気圧力センサ 36 が設置されている。

【0021】

20

更に、本実施形態のシステムは、ECU (Electronic Control Unit) 40 を備えている。ECU 40 の入力部には、上述したエアフローメータ 32、コモンレール圧センサ 34 および吸気圧力センサ 36 に加え、エンジン回転数を検出するためのクランク角センサ 42、および、筒内圧力を検出するための筒内圧センサ 44 等の内燃機関 10 の運転状態を検出するための各種センサが接続されている。また、ECU 40 には、内燃機関 10 を搭載する車両のアクセルペダルの踏み込み量 (アクセル開度) を検出するためのアクセル開度センサ 46 が接続されている。更に、ECU 40 の出力部には、上述した燃料噴射弁 12 および吸気絞り弁 30 等の内燃機関 10 の運転を制御するための各種のアクチュエータが接続されている。ECU 40 は、それらのセンサ出力に基づいて、所定のプログラムに従って上記各種のアクチュエータを駆動することにより、内燃機関 10 の運転状態を制御するものである。

30

【0022】

図 2 は、図 1 に示す燃料噴射弁 12 において燃料噴射が行われる側の先端部の構成を表した断面図である。

図 2 に示すように、燃料噴射弁 12 は、ノズルボディ 12 a を備えている。ノズルボディ 12 a の内部には、円錐状の先端部を有するニードル弁 12 b が往復移動自在に配置されている。ノズルボディ 12 a の内周面とニードル弁 12 b の外周面との間には、燃料が流通する内部燃料通路 12 c が形成されている。内部燃料通路 12 c には、図 2 における内部燃料通路 12 c の上方側から高圧の燃料が供給されるようになっている。

【0023】

40

ニードル弁 12 b の円錐状の先端部付近のノズルボディ 12 a の内周面には、ニードル弁 12 b のシート当接部 12 b 1 が着座可能なシート部 12 a 1 が形成されている。より具体的には、ニードル弁 12 b は、燃料噴射弁 12 が備える電磁石 (図示省略) が磁力を発していない場合には、シート部 12 a 1 に着座するように構成されている。この場合には、シート部 12 a 1 の下流側に向けての燃料の流れが遮断される。一方、ニードル弁 12 b は、励磁電流の供給を受けて電磁石が磁力を発した場合には、シート部 12 a 1 から離座するように構成されている。その結果、シート部 12 a 1 の上流に蓄えられていた高圧の燃料がシート部 12 a 1 の下流側に供給される。

【0024】

また、ノズルボディ 12 a におけるシート部 12 a 1 よりも下流側には、図 2 に示すよ

50

うに、燃料溜まり部（以下、「サック」とも称する）12dおよび複数の噴孔（図2においてそのうちの2つが図示）12eがそれぞれ形成されている。サック12dは、ニードル弁12bの開弁時に上流側から燃料が供給されることによって燃料が溜まり得る部位である。噴孔12eは、このようなサック12dとシート部12a1との間においてノズルボディ12aに形成されている。尚、複数の噴孔12eは、燃料噴射弁12の中心軸線を中心として、放射状に燃料が噴射できるように所定の角度間隔をおいて設置されている。

#### 【0025】

更に、ニードル弁12bの先端部の一部は、図2に示すようにニードル弁12bがシート部12a1に着座した状態（閉弁状態）において、噴孔12eよりもサック12d側のノズルボディ12aの壁面12fと接触するように構成されている。これにより、ニードル弁12bがシート部12a1に着座した状態では、サック12dと各噴孔12eとの連通についても遮断されることになる。すなわち、本実施形態の燃料噴射弁12は、いわゆるVCO（Valve Covered Orifice）型の燃料噴射弁である。

#### 【0026】

##### [微小噴射量の学習制御]

排気ガス規制が強化される中、パイロット噴射等の微量での燃料噴射への要求精度が高まってきた。そこで、本実施形態の内燃機関10では、燃料噴射弁の個体差や経時劣化による微小噴射量の変化を補正するために、運転中に微小噴射量の学習制御を行うようにしている。

#### 【0027】

具体的には、本学習制御では、減速時におけるフューエルカットの実行中にエンジン回転数が所定値に下がった時に、1気筒ずつ順に所定の微小な噴射量での燃料噴射が実行される。この燃料噴射は、燃焼が可能なタイミング（例えば、圧縮上死点近傍）において実行される。この微小な噴射量は、アイドル運転に必要な燃料量よりも少ない量である。本学習制御では、このような噴射量での燃料噴射に伴うエンジン回転数の変動 $N_e$ を計測し、当該回転数変動 $N_e$ を生じさせるトルクに相当する推定噴射量 $Q_v$ が算出される。そして、この推定噴射量 $Q_v$ と、燃料噴射弁12に対して指令される噴射量との差を無くすために必要な燃料噴射量の補正量が学習値として算出され、ECU40に記憶される。そして、パイロット噴射等の微小噴射が実行される時に、上記補正量（学習値）に基づく補正後の噴射量で燃料噴射が行われるようにする。このようにして、微小噴射量の学習制御が実行される。

#### 【0028】

##### [実施の形態1における課題]

上述したように、VCO型の燃料噴射弁12では、ニードル弁12bのリフト終了時に、ニードル弁12bがシート部12a1に着座することによって内部燃料通路12cからの燃料供給が遮断されるとともに、ニードル弁12bの先端部が壁面12fと接触することによってサック12dと噴孔12eとの連通も遮断される。このため、閉弁中のサック12dの内部は、基本的には、液体で満たされた状態（以下、「液密状態」と称する）となることが予定されている。

#### 【0029】

しかしながら、燃料噴射弁12が新品状態である時には、ニードル弁12bとノズルボディ12aとの接触において機械的な馴染み（摺り合わせ）がとれていない。また、ニードル弁12bは、一般的に、ノズルボディ12aの内部において回転方向の変位は規制されていないため、リフト動作を行う毎にノズルボディ12aに対するニードル弁12bの回転位置が変化し得る。このような背景によって、新品状態においては、ニードル弁12bがシート部12a1に着座した際に、上記回転位置次第でニードル弁12bの先端部と壁面12fとの間に隙間が生じ、サック12dと噴孔12eとの連通が遮断されなくなることもある。

#### 【0030】

また、燃料噴射弁12からは、何十から何百MPaという高圧の燃料が勢い良く噴射さ

10

20

30

40

50

れる。このため、上記隙間が生じているような場合には、ニードル弁12bがシート部12a1に着座した後においても、サック12d内の燃料の一部が慣性によって上記隙間を介して外部に出て行こうとする。その結果、実際にサック12dから出て行った燃料と入れ替わりでガスがサック12dに浸入し、サック12d内に気泡が生じ得る。

#### 【0031】

上記のようにサック12d内に気泡が生じている状況下において膨張行程が到来し、筒内圧力（すなわち、噴孔12eの外側の圧力）が低下していくと、サック12d内のガスが膨張する。その結果、膨張したガスによってサック12dの燃料が押し出されると、サック12dの内部が気体で満たされた状態（以下、「気密状態」と称する）となる。

#### 【0032】

尚、本明細書中においては、サック12dの内部状態を分かり易く表現するために、上記のように定義された「液密状態」および「気密状態」という用語を使用する。ただし、本明細書でいう「液密状態」とは、サック12dの内部が厳密に100%液体で満たされた状態のみを指すものではなく、同様に、「気密状態」とは、サック12dの内部が厳密に100%気体で満たされた状態のみを指すものではない。すなわち、本明細書中においては、サック12dの内部に気泡の存在が認められるが大まかに見て液体で満たされているような状態をも想定して（対象として）「液密状態」と称し、同様に、サック12dの内部に液体の存在が認められるが大まかに見て気体で満たされているような状態をも想定して（対象として）「気密状態」と称している。つまり、本明細書における「液密状態」および「気密状態」という用語は、サック12dの内部に充填された燃料量が相対的に多い状態と少ない状態を区別するためにそれぞれ使用されるものである。

#### 【0033】

図3は、サック12dの内部が液密状態である場合と気密状態である場合との間で、噴孔12eから噴射される燃料噴射量を比較して表した図である。また、図4は、サック12dの内部が液密状態である場合と気密状態である場合との間で、ニードル弁12bのリフト量を比較して表した図である。尚、図3および図4は、微小噴射を行った際のデータである。

#### 【0034】

気密状態である時に微小噴射を行った場合には、液密状態である時に同様の噴射を行った場合と比べ、図3に示すように、噴孔12eから実際に噴射される燃料量が減少する。その理由の1つは、気密状態である時ではサック12d内への補充のために燃料が消費されるためである。また、更なる理由として、気密状態である時には、サック12d内の燃料によるニードル弁12bの押し上げ力の低下によって、図4に示すように、液密状態である時と比べ、ニードル弁12bのリフト量が低下することが挙げられる。尚、ここでは、燃料噴射量の変化を例に挙げたが、燃料噴射開始時のサック12dの内部状態が液密状態であるか気密状態であるかの違いによって、燃料噴射量以外の噴射量特性や噴霧も大きく変化する。

#### 【0035】

また、上述したように、燃料噴射弁12が新品状態である時には、リフト動作を行う毎にノズルボディ12aに対するニードル弁12bの回転位置が変化し得る。このため、新品状態においては、上記回転位置次第で上記隙間が生ずることとなる。その結果、燃料噴射の開始時のサック12dの内部状態が液密状態と気密状態との間で変化するという現象が生ずることとなる。微小噴射量の学習制御の実行時に上記の現象が生ずると、実際に噴孔12eから噴射される燃料噴射量が変動してしまう。その結果、学習結果にばらつきが生じ得ることとなる、すなわち、誤学習が生じ得ることとなる。

#### 【0036】

[実施の形態1における特徴的な制御]

そこで、本実施形態では、微小噴射量の学習制御のための微小噴射（学習用噴射）の実施に先立って、サック12dの内部が液密状態となるように燃料を充填するための充填用噴射（学習前噴射）を実施するようにした。具体的には、この場合の充填用の燃料噴射量

10

20

30

40

50

は、微小噴射量の学習制御の妨げにならないようにしつつサック12d内に燃料を充填するだけの超微量（例えば、 $1\text{ mm}^3 / \text{st}$ 以下）でよい。また、この燃料噴射量は、例えば、サック12dの容積相当量としてもよい。

【0037】

図5は、学習用噴射と充填用噴射（学習前噴射）の実施時期を説明するための図である。

図5中に「従来」と付して示すように充填用噴射が行われない場合には、学習用噴射は、一般的に、圧縮上死点直前の所定タイミングにて行われる。一方、本実施形態の充填用噴射は、サック12dに充填した燃料が流出してサック12dの内部が気密状態とならないようにするために、充填用噴射を行った後に学習用噴射が始まる前に筒内圧力が低下しない時期とされている。

【0038】

具体的には、学習用噴射と同一サイクルにおいて充填用噴射を行う場合であれば、充填用噴射の実施時期は、図5に示すように、吸気行程および圧縮行程中の所望の時期とされる。ただし、この場合の学習用噴射は、充填用噴射による影響を受けないようにするために、充填用噴射の実施から所定間隔（例えば、 $90^\circ\text{CA}$ 程度）を経過した後に行われるようにする。充填用噴射による上記影響としては、充填用噴射の実施に伴う、エンジン回転数の変動およびコモンレール14内の燃料の圧力変動が考えられる。このため、上記影響が収束するまで、学習用噴射を待機させるようにする。充填用噴射が圧縮行程にて実施された場合には、この充填用噴射による燃焼が圧縮上死点付近で発生する可能性がある。

このため、このような場合には、図5中の「例1」で示すように、学習用噴射の実施時期を通常よりも遅角するようにする。

【0039】

また、学習用噴射を行うサイクルの1つ前のサイクルにおいて充填用噴射を行う場合であれば、充填用噴射の実施時期は、充填用噴射後に筒内圧力が低下していく期間（膨張行程の前期）を避け、筒内圧力の低下が収まって安定した後の時期（すなわち、膨張行程後期および排気行程）とされる。

【0040】

以上のような手順で学習用噴射に先行する充填用噴射の実施時期を設定することによって充填用噴射と学習用噴射との間に膨張行程の前期を介在させないことで、サック12dの内部を確実に液密状態としたうえで、学習用噴射を実施できるようになる。

【0041】

図6は、本発明の実施の形態1における微小噴射量の学習制御を実現するために、本実施の形態1においてECU40が実行するルーチンを示すフローチャートである。尚、本ルーチンは、フューエルカットが実行される減速時にエンジン回転数が所定値以下に低下した時に起動されるものとする。

【0042】

図6に示すルーチンでは、まず、クランク角センサ42を利用して、膨張行程（前期）ではないか否かが判定される（ステップ100）。既述したように、膨張行程の特に前期においては、筒内圧力が低下していく。ECU40には、そのような筒内圧力の低下が生ずるクランク角期間が予め記憶されている。本ステップ100では、現在のクランク角度が上記クランク角期間内に位置していないかが判定される。

【0043】

上記ステップ100の判定が成立した場合には、充填用噴射が実行される（ステップ102）。具体的には、学習用噴射と同一サイクルにおいて行う場合であれば、充填用噴射は、吸気行程の開始から圧縮行程の終了までの期間中の所定の時期において実施される。また、学習用噴射の1つ前のサイクルにおいて行う場合であれば、充填用噴射は、上記クランク角期間の経過後の膨張行程から排気行程の終了までの期間中の所定の時期において実施される。

【0044】

次に、上記ステップ102において実施された充填用噴射からの所定期間（例えば、90°C A）が少なくとも確保されるように、学習用噴射を待機する処理が実行される（ステップ104）。次いで、燃焼が可能な所定の実施時期において学習用噴射が実行される（ステップ106）。

#### 【0045】

次に、学習用噴射の実施に伴うエンジン回転数の変動  $N_e$  が計測される（ステップ108）。次いで、計測された回転数変動  $N_e$  を生じさせるトルクに相当する推定噴射量  $Q_v$  が算出される（ステップ110）。次いで、微小噴射量の学習処理が実行される（ステップ112）。具体的には、算出された推定噴射量  $Q_v$  と、上記ステップ106において実行された学習用噴射の指令値との差を無くするために必要な燃料噴射量の補正量（学習値）が算出され、ECU40に記憶される。尚、このように算出された補正量は、パイロット噴射等の微小噴射が今後実行される時に使用される。

#### 【0046】

以上説明した図6に示すルーチンによれば、学習用噴射の実施に先立って、サック12dに燃料を充填するための充填用噴射（学習前噴射）が実行される。その結果、サック12dの内部を確実に液密状態としたうえで、学習用噴射を実施できるようになる。これにより、噴孔12eから実際に噴射される燃料噴射量を安定させることができるので、微小噴射量の学習制御による微小噴射量の学習値のばらつきを抑制することができる。このため、微小噴射量の学習精度を向上させることができる。更に付け加えると、サック12dの内部状態が液密状態であるか気密状態であるかの違いによる燃料噴射量の学習値のばらつきの影響は、本実施形態で行われるような微小噴射（パイロット噴射など）のための学習制御が行われる場合において、より顕著となる。つまり、学習用噴射の実施に先立つ充填用噴射の実施は、微小な噴射量の学習精度の向上を簡便な構成で実現する手法として極めて有効なものである。

#### 【0047】

また、上記ルーチンによれば、膨張行程の前期、すなわち、筒内圧力が低下していく期間を避けつつ、充填用噴射が実行される。これにより、充填用噴射の実施によって確実な液密状態が得られたサック12dの内部が、学習用噴射が実行されるまでの間に気密状態に変化するのを防止することができる。

#### 【0048】

ところで、上述した実施の形態1においては、VCO型の燃料噴射弁12（図2参照）を例に挙げて、本実施形態の制御について説明を行った。このようなVCO型の燃料噴射弁12においては、既述したように、特に新品状態では、シート部12a1に対する着座時のニードル弁12bの回転位置次第で、ニードル弁12bの先端部と壁面12fとの間に隙間が生じ得る。その結果、燃料噴射の開始時のサック12dの内部状態が液密状態と気密状態との間で変化するという現象が生ずる。このため、本実施形態の充填用噴射を事前に実施しておかないと、微小噴射量の学習制御において学習ばらつきが生じ得る。しかしながら、本発明の対象となる燃料噴射弁の構成は、上述したVCO型のものに限られない。

#### 【0049】

すなわち、本発明の対象となる燃料噴射弁は、ニードル弁のシート当接部と当接するシート部の下流側に燃料溜まり部と少なくとも1つの噴孔とを備えるノズルボディを含むものであればよい。例えば、VCO型のように噴孔と燃料溜まり部（サック）との連通を遮断できるまでにはニードル弁の先端部が延びておらず、かつ、小容積のサック（燃料溜まり部）に噴孔が接続された構成を備える燃料噴射弁（いわゆる、MS（Mini Sac）ノズル型の燃料噴射弁）を用いるようにしてもよい。このような構成を有する燃料噴射弁であっても、噴射後にサック内に入っている気泡の量がばらつくことによって、膨張行程の前期において当該気泡の膨張によってサック内から押し出される燃料量が変化することによって、微小噴射量などの燃料噴射量の学習制御の実行時における学習値のばらつき要因となる。従って、このような構成を有する燃料噴射弁を備える内燃機関においても、上述した

10

20

30

40

50

本実施形態の制御を適用することは有効である。

【0050】

尚、上述した実施の形態1においては、ECU40が上記ステップ106～110の処理を実行することにより本発明における「学習実行手段」が実現され、ECU40が上記ステップ100～104の処理を実行することにより本発明における「学習前噴射実行手段」が実現されている。

【0051】

実施の形態2.

次に、図7および図8を参照して、本発明の実施の形態2について説明する。

本実施形態のシステムは、図1に示すハードウェア構成を用いて、ECU40に図6に示すルーチンとともに後述の図7に示すルーチンを実行させることにより実現することができるものである。

【0052】

既述したように、VCO型の燃料噴射弁12では、ニードル弁12bとノズルボディ12aとの接触において機械的な馴染みがとれていない新品状態においては、シート部12a1に対する着座時のニードル弁12bの回転位置次第で、サック12dの内部状態が液密状態と気密状態との間で変化し得る。しかしながら、膨張行程における筒内圧力の低下時におけるサック12d内からの燃料の流出の度合いは、経時的に変化し得るものである。例えば、VCO型の場合には、ニードル弁12bがリフト動作を繰り返すことによってニードル弁12bとノズルボディ12aとの馴染みがとれ、その結果、基本的には、閉弁時にサック12dと噴孔12eとの連通が安定して遮断されるようになる。そうすると、微小噴射量の学習時のサック12dの内部状態が液密状態で安定する。尚、VCO型ではなくても（例えば、MSノズル型であっても）、燃料噴射後にサック（燃料溜まり部）に流入する気泡の量が変化することで、サック12d内からの燃料の流出度合いが経時的に変化する可能性がある。

【0053】

そこで、本実施形態では、サック12dの内部状態が液密状態で安定しているか否か（微小噴射量の学習制御時に上述した実施の形態1の充填用噴射（学習前噴射）を実施する必要があるか否か）を判定するようにした。そして、サック12dの内部状態が液密状態で安定していると判断できる場合には、充填用噴射を伴わない通常の微小噴射量の学習制御を実行し、一方、サック12dの内部状態が液密状態で安定していないと判断できる場合には、充填用噴射を伴う実施の形態1の微小噴射量の学習制御を実行するようにした。

【0054】

図7は、サック12dの内部状態の判定結果に応じて微小噴射量の学習制御の実行態様を切り替えるために、本実施の形態2においてECU40が実行するルーチンを示すフローチャートである。尚、本ルーチンの処理は、微小噴射量の学習制御を実施する前に毎回、或いは当該学習制御を所定の複数回実施する毎に1回行われるものである。

【0055】

図7に示すルーチンでは、先ず、通常学習（充填用噴射を伴わない微小燃料量の学習制御）を実行し、この場合の回転数変動  $N_e$  に基づいて推定噴射量  $Q_{v_{d e f}}$  が算出される（ステップ200）。次いで、上記ステップ200と同一の運転条件下において、実施の形態1の学習（充填用噴射を伴う微小噴射量の学習制御）を実行し、この場合の回転数変動  $N_e$  に基づいて推定噴射量  $Q_{v_{c t r 1}}$  が算出される（ステップ202）。

【0056】

次に、算出された2つの推定噴射量  $Q_{v_{c t r 1}}$  と推定噴射量  $Q_{v_{d e f}}$  の差分  $Q_v$  が算出される（ステップ204）。次いで、差分  $Q_v$  が所定値  $a$  よりも小さいか否かが判定される（ステップ206）。

【0057】

実施の形態1の学習はサック12dの内部状態を液密状態にしたうえで実行されるのに対し、通常学習はサック12dの内部状態としては成り行きの状態（液密状態および気密

10

20

30

40

50

状態の何れかであるか分からない状態)で実行される。仮に通常学習が液密状態下において実行された場合であれば、2つの推定噴射量 $Q_{v_{ctrl}}$ 、 $Q_{v_{def}}$ は等しいもしくは近い値となる。一方、通常学習が気密状態下において実行された場合であれば、通常学習時の推定噴射量 $Q_{v_{def}}$ は、図3および図4を参照して既述した理由により、推定噴射量 $Q_{v_{ctrl}}$ よりも少なくなる。従って、この場合の上記差分 $Q_v$ は正の値となる。本ステップ206の処理によれば、上記所定値 $a$ をこれらの2つの場合を判別し得る値として予め設定しておくことにより、上記差分 $Q_v$ の大きさに基づいて、サック12dの内部状態が液密状態で安定しているか否かを判断することができる。尚、このような差分 $Q_v$ に基づく判定は、1回の算出結果によるものに代え、過去の差分 $Q_v$ の算出値の履歴をも参照して判断するものであってもよい。

10

## 【0058】

上記ステップ206において上記差分 $Q_v$ が所定値 $a$ よりも小さいと判定された場合、すなわち、経時変化(例えば、ニードル弁12bとノズルボディ12aとの馴染み)によってサック12dの内部状態が液密状態で安定していると判断できる場合には、充填用噴射を伴わない、単発噴射による通常学習が選択される(ステップ208)。一方、上記ステップ206において上記差分 $Q_v$ が所定値 $a$ 以上であると判定された場合、すなわち、サック12dの内部状態が液密状態で安定していないと判断できる場合には、充填用噴射を伴う実施の形態1の学習が選択される(ステップ210)。

## 【0059】

以上説明した図7に示すルーチンによれば、サック12dの内部状態が液密状態で安定しているか否かを判断することにより、学習値のばらつき(誤学習)の生ずる可能性がある」と判断できるときに限って、充填用噴射を伴う学習制御が実行されるようにすることができる。これにより、サック12dの内部状態が液密状態で安定している状況下において、不必要な充填用噴射が実行されるのを未然に防止することが可能となる。

20

## 【0060】

ところで、上述した実施の形態2における2つの推定噴射量 $Q_{v_{def}}$ 、 $Q_{v_{ctrl}}$ を取得するための燃料噴射は、以下のような態様で実行されるものであってもよい。すなわち、同一サイクルにおいて燃焼が可能な時期において、充填用噴射と学習用噴射とを同一の燃料噴射量の指令値で順に実行するようにする。そして、充填用噴射による燃料噴射量の推定値を上記推定噴射量 $Q_{v_{def}}$ として利用し、学習用噴射による燃料噴射量の推定値を上記推定噴射量 $Q_{v_{ctrl}}$ として利用するようにする。このような手法によっても、上記充填用噴射によって、サック12dの内部状態が成り行きの状態での推定噴射量 $Q_{v_{def}}$ を取得することができ、その後の学習用噴射によって、サック12dの内部状態が液密状態であるときの推定噴射量 $Q_{v_{ctrl}}$ を取得することができる。

30

## 【0061】

また、上述した実施の形態2における2つの推定噴射量 $Q_{v_{def}}$ 、 $Q_{v_{ctrl}}$ を取得するための燃料噴射は、マルチ噴射を行う場合であれば、次の図8を参照して説明するような態様で実行されるものであってもよい。ここでいうマルチ噴射とは、トルク発生のためのメイン噴射と、当該メイン噴射の前後において適宜実行される所定の微小噴射とを含む燃料噴射のことである。

40

## 【0062】

図8は、本発明の実施の形態2におけるサック12dの内部状態の判定手法の変形例に相当するルーチンを示すフローチャートである。

図8に示すルーチンでは、まず、マルチ噴射における1回目の燃料噴射に伴う回転数変動 $N_e$ に基づく推定噴射量 $Q_{v_1}$ が算出される(ステップ300)。ここでは、一例として、触媒(酸化触媒20等)の暖機のためのポスト噴射は行われずに、メイン噴射による燃料の着火性向上のために圧縮行程においてメイン噴射に先立って、例えば2回のパイロット噴射が実行されるケースを想定する。このようなケースにおいては、マルチ噴射における1回目の燃料噴射には、1回目のパイロット噴射が該当する。

## 【0063】

50

次に、マルチ噴射における2回目の燃料噴射に伴う回転数変動  $N_e$  に基づく推定噴射量  $Q_{v_2}$  が算出される(ステップ302)。上記のケースにおいては、マルチ噴射における2回目の燃料噴射には、2回目のパイロット噴射が該当する。ただし、これらの1回目および2回目のパイロット噴射における燃料噴射量の指令値は同じであることを条件とする。

【0064】

次に、算出された2つの推定噴射量  $Q_{v_2}$  と推定噴射量  $Q_{v_1}$  の差分  $Q_v$  が算出される(ステップ304)。本ステップ304よりも後の処理は、上記図7に示すルーチンのものと同様であるので、ここでは詳細な説明を省略する。

【0065】

以上説明した図8に示すルーチンの処理において、上記マルチ噴射における1回目の燃料噴射は、サック12dの内部状態としては成り行きの状態(液密状態および気密状態の何れかであるか分からない状態)で実行されるものである。そして、上記マルチ噴射における2回目の燃料噴射は、1回目の燃料噴射によってサック12dの内部状態が液密状態とされたうえで実行されるものである。このため、上記ルーチンの処理によれば、排気エミッションや燃費改善のために実行されるマルチ噴射中の所定の微小噴射を利用して、サック12dの内部状態を判定することができる。そして、その判定結果に基づいて、学習ばらつき(誤学習)が生ずる可能性があるかと判断されたときに限定して、実施の形態1の充填用噴射が実施されるようにすることができる。

【0066】

また、上述した実施の形態2においては、2つの推定噴射量  $Q_{v_{def}}$ 、 $Q_{v_{ctr1}}$  の差分  $Q_v$  の大きさに基づいて、サック12dの内部状態が液密状態で安定しているかどうかを判断するようにしている。しかしながら、本発明における第1および第2学習パラメータは、上述した推定噴射量  $Q_{v_{def}}$ 、 $Q_{v_{ctr1}}$  に用いる例に限定されない。すなわち、上記学習パラメータとしては、推定噴射量  $Q_{v_{def}}$ 、 $Q_{v_{ctr1}}$  に代え、例えば、微小噴射量の学習制御における上述した学習値(補正量)を用いるようにしてもよい。

【0067】

尚、上述した実施の形態2においては、ECU40が上記ステップ200の処理を実行することにより本発明における「第1学習パラメータ算出手段」が実現され、ECU40が上記ステップ202の処理を実行することにより本発明における「第2学習パラメータ算出手段」が実現され、ECU40が上記ステップ204~210の処理を実行することにより本発明における「噴射態様切替手段」が実現されている。

また、上述した実施の形態2においては、推定噴射量  $Q_{v_{def}}$  が本発明における「第1学習パラメータ」に相当し、推定噴射量  $Q_{v_{ctr1}}$  が本発明における「第2学習パラメータ」に相当する。

また、上述した実施の形態2の変形例においては、ECU40が上記ステップ300および302における学習を伴う微小噴射を実行することにより本発明における「マルチ噴射実行手段」が実現されている。

また、上述した実施の形態2の変形例においては、推定噴射量  $Q_{v_1}$  が本発明における「第1学習パラメータ」に相当し、推定噴射量  $Q_{v_2}$  が本発明における「第2学習パラメータ」に相当する。

【0068】

実施の形態3.

次に、図9および図10を参照して、本発明の実施の形態3について説明する。

本実施形態のシステムは、図1に示すハードウェア構成を用いて、ECU40に図6に示すルーチンとともに後述の図10に示すルーチンを実行させることにより実現することができるものである。ただし、本実施形態では、VCO型の燃料噴射弁12に代え、上述したMSノズル型の燃料噴射弁が備えられているものとする。

【0069】

10

20

30

40

50

ニードル弁がノズルボディのシート部に着座している状態であってもサック（燃料溜まり部）と噴孔とが連通状態にあるMSノズル型の燃料噴射弁が用いられていると、燃料噴射の開始時のサックの内部状態は、液密状態と気密状態との間で定常的に変化する。その結果、マルチ噴射の実行時には、マルチ噴射における各微小噴射の実行順序によって、サックの内部状態が変化することになる。そうであるのに、サックの内部状態が液密状態であるか気密状態であるかを考慮せずに同じ学習値を使用することとすると、精度の良い燃料噴射量にて微小噴射を実行することができなくなる。

#### 【0070】

具体的には、気密状態下においては、液密状態下と比べ、微小噴射量を増やすように学習が実行されることになる。このため、気密状態下において学習が実行された後に、液密状態下において微小噴射が実行されると、本来の適正な燃料噴射量よりも多い燃料噴射量を燃料噴射弁12に対して指令する結果となり、スモーク排出量の増加を招くこととなる。逆に、液密状態下において学習が実行された後に、気密状態下において微小噴射が実行されると、本来の適正な燃料噴射量よりも少ない燃料噴射量を燃料噴射弁12に対して指令する結果となり、失火の発生が懸念されることとなる。

#### 【0071】

そこで、本実施形態では、液密状態および気密状態のそれぞれの状態において微小噴射量の学習制御を実行するようにした。具体的には、液密状態における微小噴射量の学習制御は、学習用噴射の実施に先立って充填用噴射を実行する実施の形態1の手法を用いて実行される。もう一方の気密状態における微小噴射量の学習制御は、充填用噴射を伴わずに学習用噴射を単発で実行する通常の学習手法を用いて実行される。MSノズルを用いている場合において通常の学習制御における学習用噴射の開始時は、減速時のフューエルカットの開始前の最後の燃料噴射がなされた後にフューエルカット中に複数回の膨張行程を経過した後のタイミングである。このため、サック内の気泡が膨張して燃料を押し出すことによって、サックの内部状態は気密状態になっていると考えられる。このため、学習用噴射を単発で実行する通常の学習制御を行うことにより、気密状態にて微小噴射量を学習することができる。

#### 【0072】

そして、本実施形態では、マルチ噴射が実行される場合には、筒内圧力の低下率が高い膨張行程中の期間（主に前期）の経過後（すなわち、筒内圧力が安定した後）に最初に実行される微小噴射に対しては、気密状態での微小噴射量の学習値を用いるようにし、上記期間の経過後に2回目以降において実行される微小噴射に対しては、液密状態での微小噴射量の学習値を用いるようにした。尚、ここでいう微小噴射量の学習値とは、学習用噴射に伴う回転数変動  $N_e$  に基づいて算出される推定噴射量  $Q_v$  と学習用噴射の指令値との差を無くするために必要な燃料噴射量の補正量に相当する値である。

#### 【0073】

図9は、マルチ噴射の実施態様に応じた微小噴射量の学習値の使い分け手法を例示した図である。

図9に示すように、本実施形態では、マルチ噴射の例として、2回のパイロット噴射とアフター噴射とを実施する例1と、例1の各微小噴射に加えてポスト噴射を実施する例2を挙げている。パイロット噴射は、既述したように、メイン噴射による燃料の着火性向上のために圧縮行程においてメイン噴射に先立って実行される微小量の噴射であり、ここでは、2回行う例を挙げる。アフター噴射は、メイン噴射の後に当該メイン噴射に近接して実行される微小量の噴射であり、メイン噴射により生じたすすの再燃焼を促進することなどを目的として実行されるものである。ポスト噴射は、既述したように、触媒（酸化触媒20等）の暖機を目的として、これ自体は燃焼に付されずに排気通路16への未燃燃料の投入のために膨張行程の後期もしくは排気行程において実行されるものである。

#### 【0074】

図9において、ポスト噴射を伴わない例1のマルチ噴射の場合には、筒内圧力の低下率が高い膨張行程中の期間（主に前期）の経過後に最初に実行される微小噴射としては、1

10

20

30

40

50

回目のパイロット噴射が該当する。従って、この場合には、1回目のパイロット噴射については、通常の学習制御によって得られた気密状態での微小噴射量の学習値が使用される。そして、残りの微小噴射である、2回目のパイロット噴射とアフター噴射については、直前の燃料噴射の経過後に、膨張行程における筒内圧力の低下を経験していないので、液密状態での微小噴射量の学習値が使用される。

【0075】

一方、図9において、ポスト噴射を伴う例2のマルチ噴射の場合には、筒内圧力の低下率が高い膨張行程中の期間（主に前期）の経過後に最初に実行される微小噴射としては、ポスト噴射が該当する。従って、この場合には、ポスト噴射については、気密状態での微小噴射量の学習値が使用される。そして、残りの微小噴射である、合計2回のパイロット噴射とアフター噴射については、液密状態での微小噴射量の学習値が使用される。

10

【0076】

図10は、マルチ噴射に含まれる各微小噴射の噴射順序に応じて学習値を使い分ける制御を実現するために、本実施の形態3においてECU40が実行するルーチンのフローチャートである。尚、本ルーチンは、所定の制御周期毎に繰り返し実行されるものとする。

【0077】

マルチ噴射における各微小噴射の噴射順序は、内燃機関10の運転条件に応じて予め設定されている。図10に示すルーチンでは、先ず、現在の内燃機関10の運転条件に対応した噴射順序を参照して、1回目のパイロット噴射のために燃料噴射弁12に指令を出す時期が到来したか否かが判定される（ステップ400）。

20

【0078】

上記ステップ400において1回目のパイロット噴射のための上記時期が到来したと判定された場合には、前回のサイクルにおいてポスト噴射が実行されていないか否かが判定される（ステップ402）。その結果、前回のサイクルにおいてポスト噴射が実行されていないと判定された場合、すなわち、1回目のパイロット噴射が筒内圧力の低下率が所定値よりも高い膨張行程中の期間（主に前期）の経過後に最初に実行される微小噴射に該当する場合には、1回目のパイロット噴射量を補正するために、気密状態での微小噴射量の学習値が選択される（ステップ404）。

【0079】

一方、上記ステップ402において前回のサイクルにおいてポスト噴射が実行されると判定された場合、すなわち、1回目のパイロット噴射が上記期間の経過後に2回目以降において実行される微小噴射に該当する場合には、1回目のパイロット噴射量を補正するために、液密状態での微小噴射量の学習値が選択される（ステップ406）。

30

【0080】

上記ステップ400の判定が不成立である場合には、2回目のパイロット噴射のために燃料噴射弁12に指令を出す時期が到来したか否かが判定される（ステップ408）。その結果、2回目のパイロット噴射のための上記時期が到来したと判定された場合には、2回目のパイロット噴射量を補正するために、液密状態での微小噴射量の学習値が選択される（ステップ406）。

【0081】

上記ステップ408の判定が不成立である場合には、アフター噴射のために燃料噴射弁12に指令を出す時期が到来したか否かが判定される（ステップ410）。その結果、アフター噴射のための上記時期が到来したと判定された場合には、アフター噴射量を補正するために、液密状態での微小噴射量の学習値が選択される（ステップ406）。

40

【0082】

上記ステップ410の判定が不成立である場合には、ポスト噴射のために燃料噴射弁12に指令を出す時期が到来したか否かが判定される（ステップ412）。その結果、ポスト噴射のための上記時期が到来したと判定された場合には、前回の燃料噴射（この場合には同一サイクルのアフター噴射が該当）の経過後に膨張行程において筒内圧力の低下を経験するケースであるため、ポスト噴射量を補正するために、気密状態での微小噴射量の学

50

習値が選択される（ステップ404）。尚、本ルーチンの処理では、メイン噴射に対しては、上述した学習値の使い分けが適用されない。しかしながら、メイン噴射に対しても、同様の思想に基づいて選択した学習値を反映させるようにしてもよい。

【0083】

以上説明した図10に示すルーチンによれば、筒内圧力の低下率が高い膨張行程中の期間（主に前期）の経過後に最初に行われる微小噴射に対しては、気密状態での微小噴射量の学習値が用いられ、一方、上記期間の経過後に2回目以降において実行される微小噴射に対しては、液密状態での微小噴射量の学習値が用いられる。このように、噴射順序に応じて学習値を使い分けることにより、学習実行時のサックの内部状態と実際の各微小噴射の実行時のサックの内部状態とを合わせた状態で、それぞれの微小噴射に対して適切な学習値を反映させられるようになる。これにより、パイロット噴射等の各微小噴射によって噴射される燃料量を精度良く制御することができる。

10

【0084】

尚、上述した実施の形態3においては、ECU40が上記図9に示された噴射順序でマルチ噴射を実行することにより本発明における「マルチ噴射実行手段」が実現され、ECU40が充填用噴射を伴わずに学習用噴射を単発で実行する通常の学習手法を用いて気密状態での学習値を算出することにより本発明における「第1学習実行手段」が実現され、ECU40が充填用噴射を伴う学習用噴射を実行する実施の形態1の学習手法を用いて液密状態での学習値を算出することにより本発明における「第2学習実行手段」が実現され、ECU40が上記図10に示すルーチンの一連の処理を実行することにより本発明における「学習値選択手段」が実現されている。

20

また、上述した実施の形態3においては、気密状態での微小噴射量の学習値が本発明における「第1学習値」に相当し、液密状態での微小噴射量の学習値が本発明における「第2学習値」に相当する。

【0085】

ところで、上述した実施の形態1乃至3においては、本発明の対象となる燃料噴射弁として、サック12dとしての燃料溜まり部を有するVCO型の燃料噴射弁12、および、同様にサックとしての燃料溜まり部を有するMSノズル型の燃料噴射弁を例に挙げて説明を行った。しかしながら、本発明における燃料噴射弁の燃料溜まり部は、ニードル弁のリフト時にシート部の下流側に導かれた燃料が溜まり得る部位であれば、燃料を一旦溜めてから噴射することを積極的に意図して形成されたもの（サック）に限らない。すなわち、本発明の燃料溜まり部は、例えば、本来的には燃料溜まり部として使用することは意図せずに、製造上（加工上）形成された空間であってもよい。

30

【0086】

また、上述した実施の形態1乃至3においては、圧縮着火式内燃機関の一例としてディーゼルエンジンである内燃機関10を例に挙げて説明を行った。しかしながら、本発明の対象となる内燃機関は、圧縮着火式内燃機関に限定されるものではなく、本発明の対象となる燃料噴射弁を備えるものであれば、ガソリンエンジン等の火花点火式内燃機関であってもよい。

【符号の説明】

40

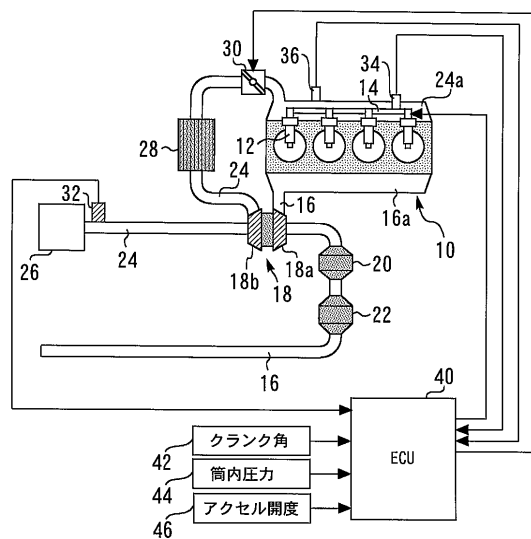
【0087】

- 10 内燃機関
- 12 燃料噴射弁
- 12a 燃料噴射弁のノズルボディ
- 12a1 ノズルボディのシート部
- 12b 燃料噴射弁のニードル弁
- 12b1 ニードル弁のシート当接部
- 12c 内部燃料通路
- 12d サック
- 12e 噴孔

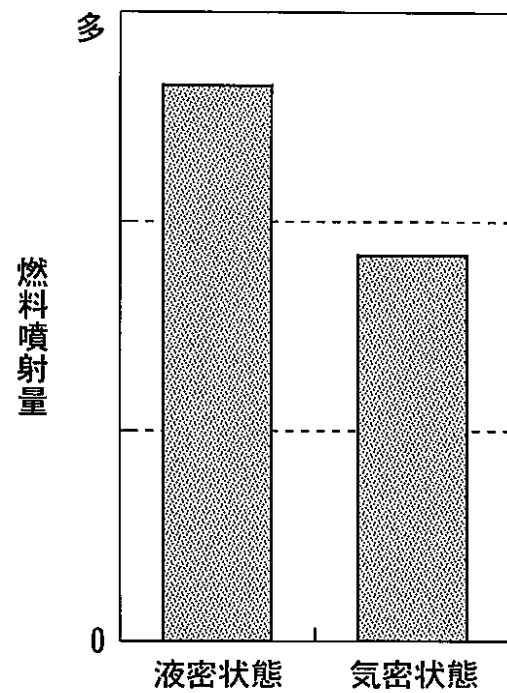
50

- 1 2 f ノズルボディの壁面
- 1 4 コモンレール
- 1 6 排気通路
- 1 8 ターボ過給機
- 2 0 酸化触媒
- 2 2 D P F
- 2 4 吸気通路
- 2 6 エアクリーナ
- 2 8 インタークーラ
- 3 0 吸気絞り弁
- 3 2 エアフローメータ
- 3 4 コモンレール圧センサ
- 3 6 吸気圧力センサ
- 4 0 E C U (Electronic Control Unit)
- 4 2 クランク角センサ
- 4 4 筒内圧センサ
- 4 6 アクセル開度センサ

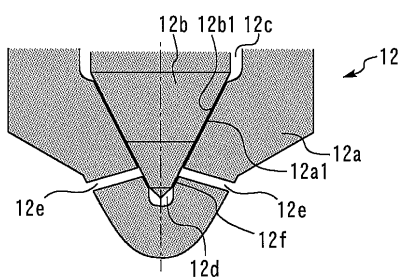
【図1】



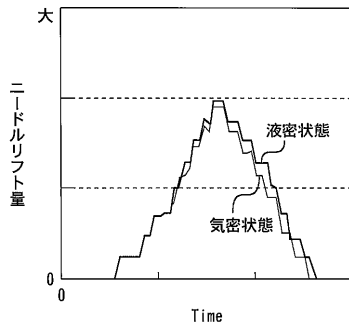
【図3】



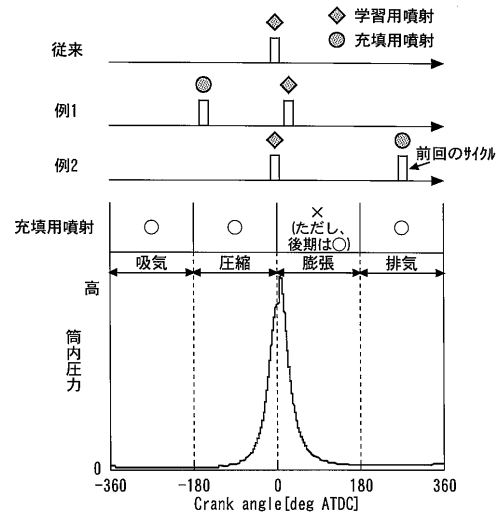
【図2】



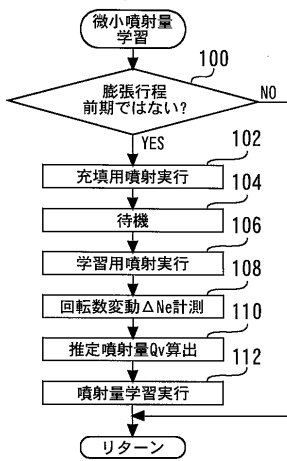
【図4】



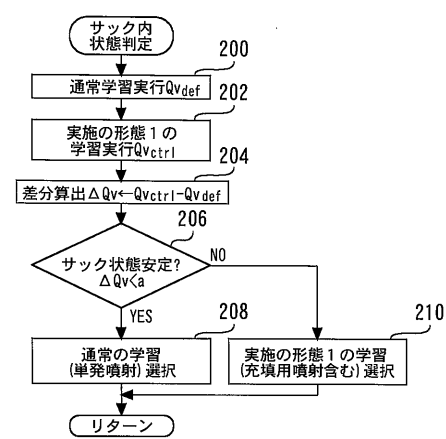
【図5】



【図6】



【図7】





---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
F 0 2 D 41/40 G  
F 0 2 M 61/10 T

(56)参考文献 特開2007-064191(JP,A)  
特開2003-148300(JP,A)  
特開2002-317735(JP,A)  
特開2008-298002(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F 0 2 D 41/00 - 45/00  
F 0 2 M 39/00 - 71/04