

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6028603号
(P6028603)

(45) 発行日 平成28年11月16日 (2016. 11. 16)

(24) 登録日 平成28年10月28日 (2016. 10. 28)

(51) Int. Cl.	F 1
FO2M 65/00 (2006.01)	FO2M 65/00 303
FO2M 55/02 (2006.01)	FO2M 65/00 304
FO2D 41/38 (2006.01)	FO2M 55/02 360Z
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 41/38 A
	FO2D 45/00 340H
	請求項の数 6 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-21511 (P2013-21511)
 (22) 出願日 平成25年2月6日 (2013. 2. 6)
 (65) 公開番号 特開2014-152658 (P2014-152658A)
 (43) 公開日 平成26年8月25日 (2014. 8. 25)
 審査請求日 平成27年5月18日 (2015. 5. 18)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100121821
 弁理士 山田 強
 (74) 代理人 100139480
 弁理士 日野 京子
 (74) 代理人 100125575
 弁理士 松田 洋
 (72) 発明者 仲井 雄大
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 審査官 木村 麻乃

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料噴射状態推定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料を蓄圧保持する蓄圧容器(42)と、前記燃料を噴射孔(11b)から噴射する燃料噴射弁(10)と、前記蓄圧容器から前記噴射孔まで前記燃料を流通させる燃料通路(42b、11a)と、前記燃料通路内の燃料圧力を検出する燃圧センサ(20)と、を備える燃料噴射システムに適用される燃料噴射状態推定装置(30)であって、

前記燃料噴射弁による前記燃料の噴射時に前記燃圧センサにより検出される前記燃料圧力に基づいて、前記燃料圧力の変化を表す第1波形を取得する第1波形取得部と、

予め作成されたモデルに基づいて、前記燃料噴射弁による前記燃料の噴射時に前記蓄圧容器から前記燃料通路を通じて前記燃料噴射弁へ供給される燃料によって発生する供給脈動の波形を演算する演算部と、

前記演算部により演算される前記供給脈動の波形を前記第1波形から除去した第2波形を取得する第2波形取得部と、

前記第2波形取得部により取得される前記第2波形に基づいて、前記燃料の噴射状態を推定する推定部と、

前記第1波形取得部により取得される前記第1波形のうち、燃料圧力が最小となる点の出現時期に基づいて、前記モデルにおける前記供給脈動の波形が前記第1波形に重畳開始する時期を更新する更新部と、

を備えることを特徴とする燃料噴射状態推定装置。

【請求項2】

前記更新部は、前記第 1 波形取得部により取得される前記第 1 波形のうち、燃料圧力が最小となる点から燃料圧力が上昇する部分の傾きに基づいて、前記モデルにおける前記供給脈動の波形のうち上昇部分の傾きを更新する請求項 1 に記載の燃料噴射状態推定装置。

【請求項 3】

燃料を蓄圧保持する蓄圧容器 (4 2) と、前記燃料を噴射孔 (1 1 b) から噴射する燃料噴射弁 (1 0) と、前記蓄圧容器から前記噴射孔まで前記燃料を流通させる燃料通路 (4 2 b、1 1 a) と、前記燃料通路内の燃料圧力を検出する燃圧センサ (2 0) と、を備える燃料噴射システムに適用される燃料噴射状態推定装置 (3 0) であって、

前記燃料噴射弁による前記燃料の噴射時に前記燃圧センサにより検出される前記燃料圧力に基づいて、前記燃料圧力の変化を表す第 1 波形を取得する第 1 波形取得部と、

予め作成されたモデルに基づいて、前記燃料噴射弁による前記燃料の噴射時に前記蓄圧容器から前記燃料通路を通じて前記燃料噴射弁へ供給される燃料によって発生する供給脈動の波形を演算する演算部と、

前記演算部により演算される前記供給脈動の波形を前記第 1 波形から除去した第 2 波形を取得する第 2 波形取得部と、

前記第 2 波形取得部により取得される前記第 2 波形に基づいて、前記燃料の噴射状態を推定する推定部と、

前記第 1 波形取得部により取得される前記第 1 波形のうち、燃料圧力が最小となる点から燃料圧力が上昇する部分の傾きに基づいて、前記モデルにおける前記供給脈動の波形のうち上昇部分の傾きを更新する更新部と、

を備えることを特徴とする燃料噴射状態推定装置。

【請求項 4】

前記更新部は、前記第 1 波形取得部により取得される前記第 1 波形のうち、燃料圧力が最小となる点から燃料圧力が上昇して一定となるまでの上昇量に基づいて、前記モデルにおける前記供給脈動の波形の上昇量を更新する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の燃料噴射状態推定装置。

【請求項 5】

燃料を蓄圧保持する蓄圧容器 (4 2) と、前記燃料を噴射孔 (1 1 b) から噴射する燃料噴射弁 (1 0) と、前記蓄圧容器から前記噴射孔まで前記燃料を流通させる燃料通路 (4 2 b、1 1 a) と、前記燃料通路内の燃料圧力を検出する燃圧センサ (2 0) と、を備える燃料噴射システムに適用される燃料噴射状態推定装置 (3 0) であって、

前記燃料噴射弁による前記燃料の噴射時に前記燃圧センサにより検出される前記燃料圧力に基づいて、前記燃料圧力の変化を表す第 1 波形を取得する第 1 波形取得部と、

予め作成されたモデルに基づいて、前記燃料噴射弁による前記燃料の噴射時に前記蓄圧容器から前記燃料通路を通じて前記燃料噴射弁へ供給される燃料によって発生する供給脈動の波形を演算する演算部と、

前記演算部により演算される前記供給脈動の波形を前記第 1 波形から除去した第 2 波形を取得する第 2 波形取得部と、

前記第 2 波形取得部により取得される前記第 2 波形に基づいて、前記燃料の噴射状態を推定する推定部と、

前記第 1 波形取得部により取得される前記第 1 波形のうち、燃料圧力が最小となる点から燃料圧力が上昇して一定となるまでの上昇量に基づいて、前記モデルにおける前記供給脈動の波形の上昇量を更新する更新部と、

を備えることを特徴とする燃料噴射状態推定装置。

【請求項 6】

前記更新部は、前記モデルを更新する量を学習値として記憶し、前記学習値に基づいて前記モデルを補正する請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の燃料噴射状態推定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、燃料噴射時に燃圧センサにより検出される燃料圧力に基づき燃料圧力の変化を表す第1波形を取得し、取得した第1波形に基づき燃料噴射状態を推定する燃料噴射状態推定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、この種の装置において、コモンレールの吐出口から燃料配管を通じて燃料噴射弁へ流れ込む燃料の流れによって発生する供給脈動の波形を上記第1波形から差し引いた波形に基づいて、燃料噴射状態を推定するものがある（特許文献1参照）。特許文献1に記載のものでは、供給脈動の波形を予めモデル化しており、このモデルに基づいて供給脈動の波形を演算している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-77653号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、コモンレール及び燃料配管の製造ばらつきや特性の経時変化等により、実際の供給脈動の波形と上記モデルの波形とがずれるおそれがある。その場合、モデルに基づく供給脈動の波形を第1波形から差し引いた波形が、燃料噴射状態を正確に反映しなくなるため、燃料噴射状態を推定する精度が低下するおそれがある。

20

【0005】

本発明は、こうした課題を解決するためになされたものであり、その主たる目的は、燃料噴射状態推定装置において、燃料噴射状態の推定精度が低下することを抑制することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について記載する。

【0007】

第1の発明は、燃料を蓄圧保持する蓄圧容器と、前記燃料を噴射孔から噴射する燃料噴射弁と、前記蓄圧容器から前記噴射孔まで前記燃料を流通させる燃料通路と、前記燃料通路内の燃料圧力を検出する燃圧センサと、を備える燃料噴射システムに適用される燃料噴射状態推定装置であって、前記燃料噴射弁による前記燃料の噴射時に前記燃圧センサにより検出される前記燃料圧力に基づいて、前記燃料圧力の変化を表す第1波形を取得する第1波形取得部と、予め作成されたモデルに基づいて、前記燃料噴射弁による前記燃料の噴射時に前記蓄圧容器から前記燃料通路を通じて前記燃料噴射弁へ供給される燃料によって発生する供給脈動の波形を演算する演算部と、前記演算部により演算される前記供給脈動の波形を前記第1波形から除去した第2波形を取得する第2波形取得部と、前記第2波形取得部により取得される前記第2波形に基づいて、前記燃料の噴射状態を推定する推定部と、前記第1波形取得部により取得される前記第1波形のうち、燃料圧力が最小となる点から燃料圧力が上昇して一定となる点までの所定部分に基づいて、前記モデルを更新する更新部と、を備えることを特徴とする。

30

40

【0008】

上記構成によれば、蓄圧容器に燃料が蓄圧保持され、燃料通路を通じて蓄圧容器から燃料噴射弁の噴射孔まで燃料が流通させられる。燃料通路内の燃料圧力が燃圧センサにより検出される。

【0009】

燃料噴射弁による燃料の噴射時に燃圧センサにより検出される燃料圧力に基づいて、燃料圧力の変化を示す第1波形が取得される。また、予め作成されたモデルに基づいて、燃料噴射弁による燃料の噴射時に蓄圧容器から燃料通路を通じて燃料噴射弁へ供給される燃

50

料によって発生する供給脈動の波形が演算される。そして、第1波形から供給脈動の波形が除去されて第2波形が取得される。この第2波形に基づいて、燃料の噴射状態が推定される。このため、燃料の噴射状態の推定において、供給脈動の影響による誤差が生じることを抑制することができる。なお、上記モデルは、上記特許文献1に記載されたモデルと同一であってもよいし、異なってもよい。

【0010】

ここで、供給脈動の波形を反映する第1波形に基づいてモデルが更新される。このため、実際の供給脈動の波形に合わせてモデルを更新することができる。さらに、本願発明者は、第1波形のうち、燃料圧力が最小となる点から燃料圧力が上昇して一定となる点までの所定部分に、実際の供給脈動の波形が直接的に反映されることを見出した。この点、第1波形のうち特にこの所定部分に基づいてモデルが更新されるため、モデルにより供給脈動の波形を演算する精度を向上させることができる。その結果、蓄圧容器及び燃料通路の製造ばらつきや特性の経時変化等が生じたとしても、燃料噴射状態の推定精度が低下することを抑制することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】燃料噴射システムの概略を示す模式図。

【図2】(a)噴射指令信号、(b)燃料噴射率、及び(c)検出圧力を示すタイムチャート。

【図3】噴射脈動及び供給脈動の発生メカニズムを説明する模式図。

20

【図4】センサ波形の補正手順及び噴射率波形の推定手順を示すフローチャート。

【図5】(a)センサ波形W及び供給脈動波形W_a、(b)供給脈動波形のモデル波形W_m、及び(c)補正後のセンサ波形W'を示すタイムチャート。

【図6】モデル波形W_mを演算する手順を示すフローチャート。

【図7】モデル波形W_mを補正する手順を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、車載ディーゼルエンジンのコモンレール式燃料噴射システムに適用した一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。ディーゼルエンジン(内燃機関)は、4つの気筒#1~#4を備えており、気筒内に高圧燃料を噴射して圧縮自着火燃焼させる。

30

【0013】

図1は、燃料噴射システムの概略を示す模式図である。まず、燃料噴射弁10を含むエンジンの燃料噴射システムについて説明する。

【0014】

燃料タンク40内の燃料は、燃料ポンプ41によりコモンレール42(蓄圧容器)に圧送されて蓄圧保持される。コモンレール42には、各燃料配管42bを介して、各気筒の燃料噴射弁10(#1~#4)が接続されている。コモンレール42内の燃料は、各吐出口42aから各燃料配管42bを通じて、燃料噴射弁10(#1~#4)へ分配供給される。複数の燃料噴射弁10(#1~#4)は、所定の順序で燃料の噴射を行う。本実施形態では、#1 #3 #4 #2の順番で繰り返し噴射することを想定している。

40

【0015】

なお、燃料ポンプ41にはプランジャポンプが用いられており、プランジャの往復動に同期して燃料が圧送される。そして、燃料ポンプ41は、エンジン出力を駆動源としてクランク軸により駆動され、#1 #3 #4 #2の順番で噴射される期間中に、決められた回数だけ燃料を圧送する。

【0016】

燃料噴射弁10は、以下に説明するボデー11、ニードル形状の弁体12及び電動アクチュエータ13等を備えている。ボデー11は、内部に高圧通路11aを形成するとともに、燃料を噴射する噴射孔11bを形成している。弁体12は、ボデー11内に収容されて噴射孔11bを開閉する。なお、上記燃料配管42b及び高圧通路11aによって、コ

50

モンレール 4 2 から噴射孔 1 1 b まで燃料を流通させる燃料通路が構成されている。

【 0 0 1 7 】

ボデー 1 1 内には弁体 1 2 に背圧を付与する背圧室 1 1 c が形成されており、高圧通路 1 1 a 及び低圧通路 1 1 d は背圧室 1 1 c と接続されている。電動アクチュエータ 1 3 は、高圧通路 1 1 a 及び低圧通路 1 1 d と背圧室 1 1 c との連通状態を切り換えるように、制御弁 1 4 を作動させる。電動アクチュエータ 1 3 の駆動は、ECU 3 0 により制御される。

【 0 0 1 8 】

背圧室 1 1 c が低圧通路 1 1 d と連通するよう制御弁 1 4 を作動させると、背圧室 1 1 c 内の燃料圧力は低下して弁体 1 2 はリフトアップ（開弁作動）し、噴射孔 1 1 b が開かれる。その結果、モンレール 4 2 から高圧通路 1 1 a へ供給された高圧燃料は、噴射孔 1 1 b から燃焼室へ噴射される。一方、背圧室 1 1 c が高圧通路 1 1 a と連通するよう制御弁 1 4 を作動させると、背圧室 1 1 c 内の燃料圧力は上昇して弁体 1 2 はリフトダウン（閉弁作動）し、噴射孔 1 1 b が閉じられて燃料噴射が停止される。

10

【 0 0 1 9 】

燃圧センサ 2 0 は、以下に説明するステム 2 1（起歪体）及び圧力センサ素子 2 2 等を備えている。ステム 2 1 はボデー 1 1 に取り付けられており、ステム 2 1 に形成されたダイヤフラム部 2 1 a が高圧通路 1 1 a を流通する高圧燃料の圧力を受けて弾性変形する。圧力センサ素子 2 2 はダイヤフラム部 2 1 a に取り付けられており、ダイヤフラム部 2 1 a で生じた弾性変形量に応じて圧力検出信号を ECU 3 0 へ出力する。燃圧センサ 2 0 は、全ての燃料噴射弁 1 0 に搭載されている。

20

【 0 0 2 0 】

ECU 3 0（電子制御装置）は、CPU、ROM、RAM、記憶装置、及び入出力インターフェイス等を備える周知のマイクロコンピュータである。ECU 3 0 は、車両のアクセルペダルの操作量やエンジン負荷、エンジン回転速度 NE 等に基づき目標噴射状態（噴射段数、噴射開始時期、噴射終了時期、噴射量等）を算出する。例えば、エンジン負荷及びエンジン回転速度に対応する最適噴射状態を、噴射状態マップにして記憶させておく。そして、現状のエンジン負荷及びエンジン回転速度に基づき、噴射状態マップを参照して目標噴射状態を算出する。

【 0 0 2 1 】

そして、算出した目標噴射状態に基づき噴射指令信号（図 2（a）参照）を設定する。例えば、目標噴射状態に対応する噴射指令信号を指令マップにして記憶させておき、算出した目標噴射状態に基づき、指令マップを参照して噴射指令信号を設定する。以上により、エンジン負荷及びエンジン回転速度に応じた噴射指令信号が設定され、ECU 3 0 から燃料噴射弁 1 0 へ出力される。

30

【 0 0 2 2 】

ここで、噴射孔 1 1 b の磨耗等、燃料噴射弁 1 0 の経年劣化に起因して、噴射指令信号に対する実際の噴射状態は変化していく。そこで、後に詳述するように燃圧センサ 2 0 により検出された燃料圧力のセンサ波形（第 1 波形）に基づき燃料の噴射率波形を演算して噴射状態を推定する。推定した噴射状態と噴射指令信号（パルスオン時期 t_1 、パルスオフ時期 t_2 及びパルスオン期間 T_q ）との相関関係を学習し、その学習結果に基づき、指令マップに記憶された噴射指令信号を補正する。これにより、実噴射状態が目標噴射状態に一致するよう、燃料噴射状態を高精度で制御できる。

40

【 0 0 2 3 】

次に、燃料噴射中の燃料噴射弁 1 0 に搭載された燃圧センサ 2 0 により検出されたセンサ波形（図 2（c）参照）と、その燃料噴射弁 1 0 にかかる燃料噴射率の変化を表した噴射率波形（図 2（b）参照）との相関について説明する。

【 0 0 2 4 】

図 2（a）は、燃料噴射弁 1 0 のアクチュエータ 1 3 へ ECU 3 0 から出力される噴射指令信号を示しており、この指令信号のパルスオンによりアクチュエータ 1 3 が通電作動

50

して噴射孔 1 1 b が開弁する。すなわち、噴射指令信号のパルスオン時期 t_1 により噴射開始が指令され、パルスオフ時期 t_2 により噴射終了が指令される。よって、指令信号のパルスオン期間（噴射指令期間 T_q ）により噴射孔 1 1 b の開弁時間を制御することで、噴射量 Q が制御される。

【 0 0 2 5 】

図 2 (b) は、上記噴射指令に伴って、噴射孔 1 1 b から噴射される燃料の噴射率の変化（噴射率波形）を示す。図 2 (c) は、燃料噴射中の燃料噴射弁 1 0 に設けられた燃圧センサ 2 0 により検出された燃料圧力の変化（第 1 波形）を示す。

【 0 0 2 6 】

圧力波形と噴射率波形とは以下に説明する相関があるため、検出された圧力波形から噴射率波形を推定（検出）することができる。まず、図 2 (a) に示すように噴射開始指令がなされた t_1 時点の後、噴射率が R_1 の時点で上昇を開始して噴射が開始される。一方、検出圧力は、 R_1 の時点で噴射率が上昇を開始してから遅れ時間 C_1 が経過した時点で、変化点 P_1 にて下降を開始する。その後、 R_2 の時点で噴射率が最大噴射率に到達したことに伴い、検出圧力の下降は変化点 P_2 にて停止する。次に、 R_3 の時点で噴射率が下降を開始してから遅れ時間 C_3 が経過した時点で、検出圧力は変化点 P_3 にて上昇を開始する。その後、 R_4 の時点で噴射率がゼロになり実際の噴射が終了したことに伴い、検出圧力の上昇は変化点 P_5 にて停止する。

【 0 0 2 7 】

以上説明したように、圧力波形と噴射率波形とは相関が高い。そして、噴射率波形には、噴射開始時期（ R_1 出現時期）や、噴射終了時期（ R_4 出現時期）、噴射量（図 2 (b) 中の網点部分の面積）が表されているので、圧力波形から噴射率波形を推定することで噴射状態を推定できる。

【 0 0 2 8 】

ただし、燃圧センサ 2 0 により検出されたセンサ波形は噴射状態をそのまま反映している訳ではなく、以下に説明する供給脈動の波形がセンサ波形に重畳しているため、この供給脈動の波形成分をセンサ波形から除去する補正を実施して、その補正後のセンサ波形（第 2 波形）に基づき噴射状態を推定することが要求される。

【 0 0 2 9 】

図 3 は、コモンレール 4 2 の吐出口 4 2 a から、燃料配管 4 2 b 及び燃料噴射弁 1 0 の高圧通路 1 1 a を通じて噴射孔 1 1 b に至るまでの燃料通路を模式化した図である。以下、「噴射脈動」及び「供給脈動」の発生メカニズム等について図 3 を用いて説明する。

【 0 0 3 0 】

まず、噴射孔 1 1 b からの燃料噴射が開始されると、高圧通路 1 1 a のうち噴射孔 1 1 b の近傍部分では、燃圧低下の脈動（噴射脈動 M_a ）が発生する（図 3 (a) 参照）。その後、発生した噴射脈動 M_a は、高圧通路 1 1 a 内をコモンレール 4 2 へ向けて伝播していく（図 3 (b) 参照）。そして、燃圧センサ 2 0 のダイヤフラム部 2 1 a に噴射脈動 M_a が到達した図 3 (c) の時点で、センサ波形は下降を開始する（すなわち変化点 P_1 が現れる）。

【 0 0 3 1 】

その後、コモンレール 4 2 の吐出口 4 2 a に噴射脈動 M_a が到達した図 3 (d) の時点で、コモンレール 4 2 内の高圧燃料が吐出口 4 2 a から燃料配管 4 2 b へ供給されることとなる。このように燃料供給が開始されると、燃料配管 4 2 b 内のうち吐出口 4 2 a の近傍部分では、燃圧上昇の脈動（供給脈動 M_b ）が発生する（図 3 (e) 参照）。その後、発生した供給脈動 M_b は、高圧通路 1 1 a 内を噴射孔 1 1 b へ向けて伝播していく（図 3 (f) 参照）。そして、燃圧センサ 2 0 のダイヤフラム部 2 1 a に供給脈動 M_b が到達した図 3 (g) の時点で、センサ波形は上昇を開始する（すなわち変化点 P_2 が現れる）。

【 0 0 3 2 】

その後、高圧通路 1 1 a 内のうち燃圧センサ 2 0 近傍部分において、コモンレール 4 2 から供給される燃料の流量と、噴射孔 1 1 b から噴射される燃料の流量とが釣り合った時

10

20

30

40

50

点（図2（c）に示す変化点P2a時点）で、センサ波形の上昇は停止して一定の値（平衡圧）に維持される。

【0033】

要するに、センサ波形には噴射脈動Maによる波形成分に、供給脈動Mbによる波形成分（図2（c）中の変化点P2～P2aの部分）が重畳していると言える。なお、センサ波形のうち変化点P2時点までの部分は、供給脈動Mbが未だ燃圧センサ20に伝播していないため、噴射脈動Maのみを表した波形であって供給脈動Mbが重畳していないと言える。

【0034】

そこで本実施形態では、供給脈動Mbの波形成分を予め作成されたモデルに基づいて演算し（図5（b）参照）、演算したモデル波形Wmをセンサ波形Wから差し引いて除去する補正を実施する。そして、その補正後のセンサ波形W'（第2波形）に基づき噴射状態を推定している。

10

【0035】

次に、上記補正の手順、及び補正後のセンサ波形W'から噴射率波形を推定する手順の一例を、図4のフローチャートを用いて説明する。なお、図4に示す一連の処理は、ECU30（燃料噴射状態推定装置）によって、燃料の噴射を1回実施する毎に実行される。

【0036】

まず、図4に示すステップS10において、1回の燃料噴射期間中に噴射気筒の燃圧センサ20から所定のサンプリング周期で出力された複数の検出値（センサ波形W）を取得する。なお、図5（a）中の実線はセンサ波形Wを示し、点線は供給脈動波形Waを示す。続くステップS20では、供給脈動波形Waのモデル波形Wm（図5（b）参照）を演算する。この演算法については後に詳述する。続くステップS30では、供給脈動波形Waのモデル波形Wmを学習値により補正する。この補正手法（更新手法）については後に詳述する。

20

【0037】

続くステップS40では、演算したモデル波形Wmをセンサ波形Wから差し引いて、供給脈動波形Waが除去されたセンサ波形W'を演算する（ $W' = W - Wm$ ）。図5（c）中の点線は、補正前のセンサ波形W（第1波形）を示し、実線は、補正後のセンサ波形W'（第2波形）を示す。

30

【0038】

続くステップS50では、補正後のセンサ波形W'のうち、弁体12の開弁作動開始に伴い圧力下降していく部分である下降波形W(P1-P2)（P1～P2の部分の波形）の近似直線Laを演算する（図2（c）参照）。次のステップS60では、補正後のセンサ波形W'のうち、弁体12の開弁作動開始に伴い圧力上昇していく部分である上昇波形W(P3-P5)（P3～P5の部分の波形）の近似直線Lb（モデル化した上昇波形）を演算する（図2（c）参照）。これらの近似直線La, Lbは、例えば下降波形W(P1-P2)又は上昇波形W(P3-P5)を構成する複数の検出値を最小二乗法により直線近似して算出してもよいし、下降波形W(P1-P2)のうち微分値が最小となる点での接線を直線モデルとして算出してもよいし、上昇波形W(P3-P5)のうち微分値が最大となる点での接線を直線モデルとして算出してもよい。

40

【0039】

次に、ステップS70において、補正後のセンサ波形W'のうち圧力下降を開始する直前（変化点P1の直前）の圧力（基準圧Pbase）を算出し、この基準圧Pbaseに基づき、以降の処理で用いる基準直線Lc, Ld（図2（c）参照）を算出する。なお、噴射指令信号の出力開始（パルスオン時期t1）から変化点P1が現れるまでの期間における圧力の平均値を、前記基準圧Pbaseとして算出すればよく、例えば、噴射指令信号の出力開始から所定時間が経過するまでの圧力平均値を基準圧Pbaseとして算出すればよい。基準直線Lcには基準圧Pbaseと同じ値が採用されている。基準直線Ldには、基準圧Pbaseよりも所定量だけ圧力低下させた値が採用されている。この所定量は、変化点P1での圧力

50

から変化点 P 2 での圧力への圧力下降量 $P(P1-P2)$ が大きいほど、或いは噴射指令信号のパルスオン期間（噴射指令期間 Tq ）が長いほど大きい値に設定される。

【 0 0 4 0 】

続くステップ S 8 0 では、基準直線 Lc と近似直線 La との交点を算出する（図 2（c）参照）。この交点が示す時期は変化点 P 1 の出現時期と殆ど一致する。したがって、基準直線 Lc と近似直線 La との交点が示す時期は噴射開始時期 $R1$ との相関が高いため、この交点に基づき噴射開始時期 $R1$ を算出する。続くステップ S 9 0 では、基準直線 Ld と近似直線 Lb との交点を算出する。この交点が示す時期は噴射終了時期 $R4$ との相関が高いため、この交点に基づき噴射終了時期 $R4$ を算出する（図 2（c）参照）。

【 0 0 4 1 】

続くステップ S 1 0 0 では、噴射率が上昇する部分の傾き R （図 2（b）参照）と近似直線 La の傾きとは相関性が高いことに着目し、近似直線 La の傾きに基づき噴射率波形の上昇の傾き R を算出する。また、噴射率が下降する部分の傾き R （図 2（b）参照）と近似直線 Lb の傾きとは相関性が高いことに着目し、近似直線 Lb の傾きに基づき噴射率波形の下降の傾き R を算出する。続くステップ S 1 1 0 では、変化点 P 1 での圧力から変化点 P 2 での圧力への圧力下降量 $P(P1-P2)$ と最大噴射率 Rh （図 2（b）参照）とは相関性が高いことに着目し、圧力下降量 $P(P1-P2)$ に基づき最大噴射率 Rh を算出する。

【 0 0 4 2 】

以上による図 4 の処理によれば、噴射開始時期 $R1$ 、噴射終了時期 $R4$ 、噴射率上昇の傾き R 、噴射率下降の傾き R 、及び最大噴射率 Rh が算出される。よって、図 2（b）に例示される噴射率波形を推定することができる。なお、ステップ S 1 0 の処理が第 1 波形取得部としての処理に相当し、ステップ S 2 0 の処理が演算部としての処理に相当し、ステップ S 3 0 の処理が更新部としての処理に相当し、ステップ S 4 0 の処理が第 2 波形取得部としての処理に相当し、ステップ S 5 0 ~ S 1 1 0 の処理が推定部としての処理に相当する。

【 0 0 4 3 】

次に、上記ステップ S 2 0 において、供給脈動波形 Wa のモデル波形 Wm （図 5（b）参照）を演算する手法を説明する。

【 0 0 4 4 】

図 5（a）に示すように、実際の供給脈動波形 Wa は、 t_a 時点までは圧力ゼロであり、重畳を開始する t_a 時点から徐々に圧力上昇し、 t_b 時点でその圧力上昇が停止して一定の圧力になる。したがって、重畳開始する t_a 時点、 t_a 時点から t_b 時点までの圧力上昇の傾き P 、及び圧力上昇量 P が推定できれば、供給脈動波形 Wa のモデル波形 Wm （図 5（b）参照）を規定できると言える。本実施形態では、これらの重畳開始時期 t_a 、傾き P 、上昇量 P を以下の手法により算出することで、モデル波形 Wm を演算している。

【 0 0 4 5 】

供給脈動波形 Wa の傾き P （上昇速度）は、下降波形 $W(P1-P2)$ の傾き P （下降速度）と相関がある。両傾き P 、 P は比例関係にあり、下降波形 $W(P1-P2)$ の下降速度が速いほど、供給脈動波形 Wa の上昇速度が速くなる。この比例関係の式を予め試験して取得しておき、検出したセンサ波形 W から下降波形 $W(P1-P2)$ の傾き P を演算し、演算した傾き P を比例関係の式に代入して供給脈動波形 Wa の傾き P を算出する。なお、下降波形 $W(P1-P2)$ の傾き P は、先述した近似直線 La （図 2（c）参照）の傾きをそのまま用いればよい。

【 0 0 4 6 】

次に、重畳開始時期 t_a の算出手法を説明する。まず、下降開始時期 Tst_a から重畳開始時期 t_a までに要する時間（供給脈動伝播時間 Ta ）を演算する。詳しくは、燃圧センサ 2 0 の位置（正確にはダイヤフラム部 2 1 a の位置）から吐出口 4 2 a までの経路長 L 、及び噴射脈動 Ma 及び供給脈動 Mb の伝播速度 a （音速）に基づいて、供給脈動伝播

10

20

30

40

50

時間 T_a を演算する。伝播速度 a は、その時の燃料圧力に応じて変化するため、例えば先述した基準圧 P_{base} に基づき伝播速度 a を算出すればよい。経路長 L は設計値、 a は基準圧 P_{base} に基づき算出可能である。供給脈動伝播時間 T_a は、経路長 L の 2 倍を伝播速度 a で割って算出する ($T_a = 2L/a$)。 T_{sta} はセンサ波形 W から算出可能である。そして、このように演算した供給脈動伝播時間 T_a を下降開始時期 T_{sta} に加算すれば、重畳開始時期 t_a を算出できる ($t_a = T_{sta} + T_a$)。

【0047】

次に、圧力上昇量 P の算出手法を説明する。下降開始時期 T_{sta} での圧力及び重畳開始時期 t_a での圧力をセンサ波形 W から検出し、これらの圧力に基づいて圧力上昇量 P を演算する (詳細は特許文献 1 参照)。

10

【0048】

図 6 は、上述の如く供給脈動波形 W_a のモデル波形 W_m を演算する手順の一例を示すフローチャートであり、図 4 中のステップ S_{20} のサブルーチン処理である。ここで、下降波形 $W(P_1-P_2)$ の傾き P とモデル波形 W_m の傾き P との相関を示す相関式、基準圧 P_{base} と供給脈動伝播時間 T_a との関係を示すマップ、圧力上昇量 P を演算する式が、予めメモリに記憶されている。

【0049】

まず、図 6 のステップ S_{21} において、下降波形の $W(P_1-P_2)$ の傾き P をセンサ波形 W から検出し、メモリに記憶された相関式に、検出した傾き P を代入して、モデル波形 W_m の上昇の傾き P を演算する。

20

【0050】

続くステップ S_{22} では、基準圧 P_{base} に基づき、供給脈動伝播時間 T_a との関係を示すマップを参照して供給脈動伝播時間 T_a を算出する。続くステップ S_{23} では、センサ波形 W から検出した下降開始時期 T_{sta} に、ステップ S_{22} で算出した供給脈動伝播時間 T_a を加算することで、重畳開始時期 t_a を算出する。

【0051】

続くステップ S_{24} では、センサ波形 W から検出される下降開始時期 T_{sta} での圧力及び重畳開始時期 t_a での圧力の値に基づいて、圧力上昇量 P を算出する。続くステップ S_{25} では、ステップ S_{21} 、 S_{23} 、 S_{24} で算出した傾き P 、重畳開始時期 t_a 及び上昇量 P に基づき、図 5 (b) に例示される供給脈動波形 W_a のモデル波形 W_m を規定 (演算) する。

30

【0052】

ここで、コモンレール 4 2 及び燃料配管 4 2 b の製造ばらつきや特性の経時変化等により、実際の供給脈動波形 W_a とモデル波形 W_m (モデルに基づき演算した供給脈動波形) とがずれるおそれがある。その場合、モデル波形 W_m をセンサ波形 W から差し引いたセンサ波形 W' が、燃料噴射状態を正確に反映しなくなるため、燃料噴射状態を推定する精度が低下するおそれがある。この点、本実施形態では、供給脈動波形のモデル波形 W_m と実際の供給脈動波形 W_a とのずれ量を算出し、このずれ量に基づいてモデル波形 W_m を更新する。

【0053】

40

詳しくは、燃料噴射弁 1 0 による燃料の噴射中は、燃料配管 4 2 b 及び高圧通路 1 1 a 内を流通する燃料が噴射孔 1 1 b によって絞られ、一定流量の燃料が噴射孔 1 1 b から噴射される状態となる。このため、仮に供給脈動波形 W_a がセンサ波形 W に重畳しないとすると、センサ波形 W は最小値に到達した後にその最小値で一定期間維持されると考えられる (図 5 (c) の除去補正後のセンサ波形 W' 参照)。これに対して、実際のセンサ波形 W が最小値に到達した後に、最小値で一定期間維持されず上昇しているのは (図 5 (a) のセンサ波形 W 参照)、供給脈動波形 W_a がセンサ波形 W' に重畳したことによると考えられる。

【0054】

こうした考察から、本願発明者は、センサ波形 W のうち燃料圧力が最小となる変化点 P

50

2の出現時期は、供給脈動波形W_aがセンサ波形Wに重畳開始する時期t_aと略一致することを見出した(図5(a)参照)。また、本願発明者は、センサ波形Wのうち、燃料圧力が最小となる変化点P₂から燃料圧力が上昇する部分(変化点P₂から変化点P_{2a}までの部分)の傾きは、供給脈動波形W_aのうち上昇部分の傾きに略一致することを見出した。さらに、本願発明者は、センサ波形Wのうち燃料圧力が最小となる変化点P₂から燃料圧力が上昇して一定となる変化点P_{2a}までの上昇量Pは、供給脈動波形W_aの上昇量Pと略一致することを見出した。

【0055】

本実施形態では、供給脈動波形のモデル波形W_mと実際の供給脈動波形W_aとのずれ量を表す学習値により、モデル波形W_mを補正する。図7は、モデル波形W_mを補正する手順を示すフローチャートであり、図4中のステップS30のサブルーチン処理である。

10

【0056】

まず、図7のステップS31において、センサ波形Wのうち、燃料圧力が最小となる点から燃料圧力が上昇する部分の傾きに基づいて、供給脈動波形W_aの上昇の傾きPを算出する。詳しくは、図5(a)において、センサ波形Wのうち変化点P₂から変化点P_{2a}までの近似直線を最小二乗法により算出し、この近似直線の傾きを供給脈動波形W_aの傾きPとして算出する。なお、上昇波形W(P₂-P_{2a})において微分値の最大値を、供給脈動波形W_aの傾きPとして算出してもよい。

【0057】

続くステップS32では、図6に示した処理により演算したモデル波形W_mの傾きPと、上記ステップS31で算出した実際の傾きPとの差分量を算出する。

20

【0058】

続く、ステップS33において、センサ波形Wのうち、燃料圧力が最小となる点の出現時期に基づいて、供給脈動波形W_aがセンサ波形Wに重畳開始する時期t_aを算出する。詳しくは、図5(a)において、センサ波形Wにおける変化点P₂の出現時期を、センサ波形Wへの供給脈動波形W_aの重畳開始時期t_aとして算出する。

【0059】

続くステップS34では、図6に示した処理により演算したモデル波形W_mの重畳開始時期t_aと、上記ステップS33で算出した実際の重畳開始時期t_aとの差分量を算出する。

30

【0060】

続くステップS35では、センサ波形Wのうち、燃料圧力が最小となる点から燃料圧力が上昇して一定となるまでの上昇量に基づいて、供給脈動波形W_aの上昇量Pを算出する。詳しくは、図5(a)において、センサ波形Wのうち変化点P₂から変化点P_{2a}までの上昇量Pを、供給脈動波形W_aの上昇量Pとして算出する。

【0061】

続くステップS36では、図6に示した処理により演算したモデル波形W_mの上昇量Pと、上記ステップS35で算出した実際の上昇量Pとの差分量を算出する。

【0062】

続くステップS37では、ステップS32, S34, S36で算出した各差分量を、傾きP, 重畳開始時期t_a, 上昇量Pの各学習値としてメモリに記憶させる。

40

【0063】

続くステップS38では、ステップS37でメモリに記憶させた各学習値に基づいて、モデル波形W_mを補正する。詳しくは、モデル波形W_mの傾きP, 重畳開始時期t_a, 上昇量Pに、それぞれの学習値を加算して、補正後のモデル波形W_mを算出する(モデル波形W_mを更新する)。

【0064】

なお、ステップS31~S38の処理が、更新部としての処理に相当する。

【0065】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。

50

【 0 0 6 6 】

・供給脈動波形 W_a を反映するセンサ波形 W に基づいてモデル波形 W_m が更新される。このため、実際の供給脈動波形 W_a に合わせてモデル波形 W_m を更新することができる。さらに、本願発明者は、センサ波形 W のうち、燃料圧力が最小となる変化点 P_2 から燃料圧力が上昇して一定となる変化点 $P_2 a$ までの所定部分に、実際の供給脈動波形 W_a が直接的に反映されることを見出した。この点、センサ波形 W のうち特にこの所定部分に基づいてモデル波形 W_m が補正（更新）されるため、供給脈動波形 W_a のモデル波形 W_m を演算する精度を向上させることができる。その結果、コモンレール 4 2、燃料配管 4 2 b、及び高压通路 1 1 a の製造ばらつきや特性の経時変化等が生じたとしても、燃料噴射状態の推定精度が低下することを抑制することができる。

10

【 0 0 6 7 】

・本願発明者は、センサ波形 W のうち燃料圧力が最小となる変化点 P_2 の出現時期は、供給脈動波形 W_a がセンサ波形 W に重畳開始する時期 t_a と略一致することを見出した。この点、センサ波形 W のうち燃料圧力が最小となる変化点 P_2 の出現時期に基づいて、モデル波形 W_m がセンサ波形 W に重畳開始する時期 t_a が補正（更新）されるため、モデル波形 W_m を演算する精度を向上させることができる。

【 0 0 6 8 】

・本願発明者は、センサ波形 W のうち、燃料圧力が最小となる変化点 P_2 から燃料圧力が上昇する部分の傾きは、供給脈動波形 W_a のうち上昇部分の傾きに略一致することを見出した。この点、センサ波形 W のうち、燃料圧力が最小となる変化点 P_2 から燃料圧力が上昇する部分の傾きに基づいて、モデル波形 W_m のうち上昇部分の傾き P が補正（更新）されるため、モデル波形 W_m を演算する精度を向上させることができる。

20

【 0 0 6 9 】

・本願発明者は、センサ波形 W のうち燃料圧力が最小となる変化点 P_2 から燃料圧力が上昇して一定となる変化点 $P_2 a$ までの上昇量は、供給脈動波形 W_a の上昇量 P と略一致することを見出した。この点、センサ波形 W のうち、燃料圧力が最小となる変化点 P_2 から燃料圧力が上昇して一定となる変化点 $P_2 a$ までの上昇量に基づいて、モデル波形 W_m の上昇量 P が補正（更新）されるため、モデル波形 W_m を演算する精度を向上させることができる。

【 0 0 7 0 】

・モデル波形 W_m を更新する量が学習値として記憶され、この学習値に基づいてモデル波形 W_m が補正される。したがって、実際の供給脈動波形 W_a に合わせてモデル波形 W_m を補正するのみならず、補正前のモデル波形 W_m （基準となるモデル波形 W_m ）からのずれ量を学習値として把握することができる。

30

【 0 0 7 1 】

なお、上記実施形態に限定されず、以下のように変更して実施してもよい。

【 0 0 7 2 】

・上記実施形態では、供給脈動波形 W_a の重畳開始時期 t_a 、傾き P 、上昇量 P を演算してモデル波形 W_m を規定しているが、予め複数のパターンのモデルを記憶させておき、下降波形 $W(P1-P2)$ （例えば下降開始時期 $T_s t_a$ や傾き P 等）に基づき複数パターンのモデルから最適モデルを選択するようにしてもよい。

40

【 0 0 7 3 】

・上記実施形態では、燃圧センサ 2 0 を燃料噴射弁 1 0 に搭載しているが、燃圧センサはコモンレール 4 2 の吐出口 4 2 a から噴射孔 1 1 b に至るまでの燃料経路内の燃圧を検出するよう配置された燃圧センサであればよい。よって、例えば燃料配管 4 2 b に燃圧センサを搭載してもよい。

【 0 0 7 4 】

・上記実施形態では、図 7 のステップ S_{32} 、 S_{34} 、 S_{36} で算出した各差分量を、傾き P 、重畳開始時期 t_a 、上昇量 P の各学習値としてメモリに記憶させ、モデル波形 W_m の傾き P 、重畳開始時期 t_a 、上昇量 P に、それぞれの学習値を加算して、補

50

正後のモデル波形 W_m を算出した。しかしながら、これに代えて図7のステップ S 3 2 , S 3 4 , S 3 6 において、モデル波形 W_m に対する傾き P , 重畳開始時期 t_a , 及び上昇量 P のそれぞれの比を各学習値としてメモリに記憶させ、モデル波形 W_m の傾き P , 重畳開始時期 t_a , 上昇量 P に、それぞれの学習値を乗算して、補正後のモデル波形 W_m を算出してもよい。

【 0 0 7 5 】

・上記実施形態では、モデル波形 W_m を更新する量を学習値として記憶し、この学習値に基づいてモデル波形 W_m を補正した。しかしながら、各学習値が反映されるようにモデル波形 W_m を更新した上で、この更新されたモデル波形 W_m に基づいて供給脈動波形 W_a を演算するようにしてもよい。

10

【 0 0 7 6 】

・上記実施形態では、図6に示す手順によりモデル波形 W_m を演算した。しかしながら、図7に示す手順により、基準となる燃料噴射システム（マスタ燃料噴射弁等）について傾き P , 重畳開始時期 t_a , 及び上昇量 P を算出し、これらに基づいて基準となるモデル波形 W_m を作成することもできる。

【 0 0 7 7 】

・ディーゼルエンジンに限らず、デリバリパイプを備える直噴ガソリンエンジンに、本実施形態の噴射状態推定装置を適用することもできる。

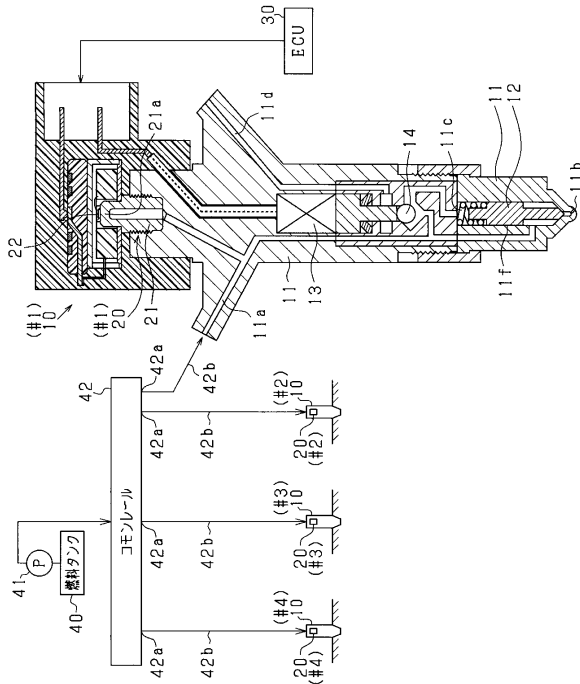
【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

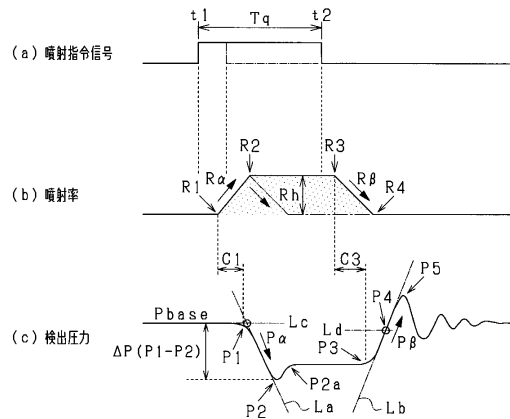
20

1 0 ... 燃料噴射弁、1 1 a ... 高压通路、1 1 b ... 噴射孔、2 0 ... 燃圧センサ、3 0 ... ECU、4 2 ... コモンレール、4 2 b ... 燃料配管。

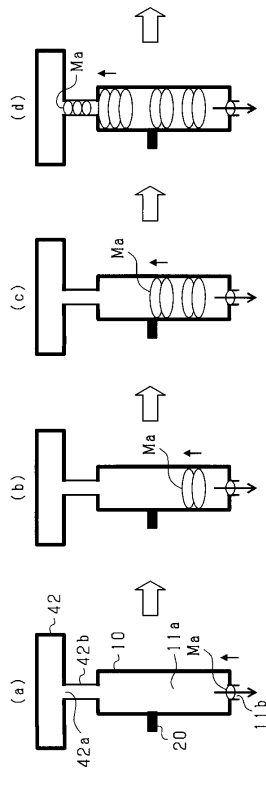
【 図 1 】



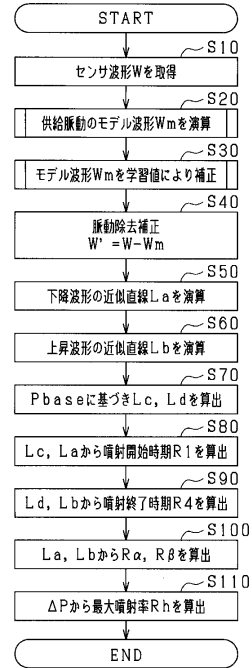
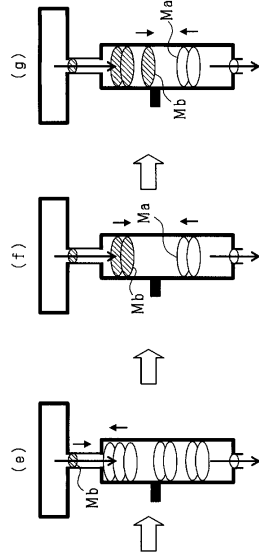
【 図 2 】



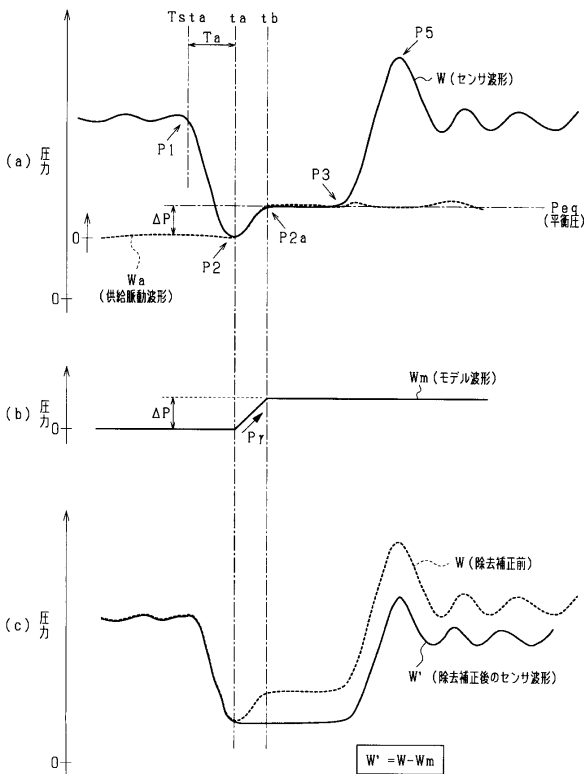
【図3】



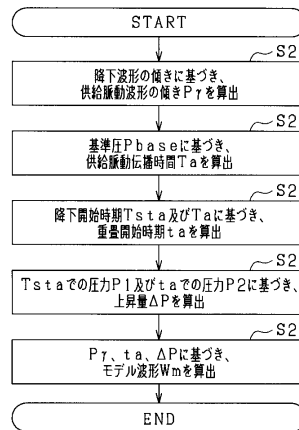
【図4】



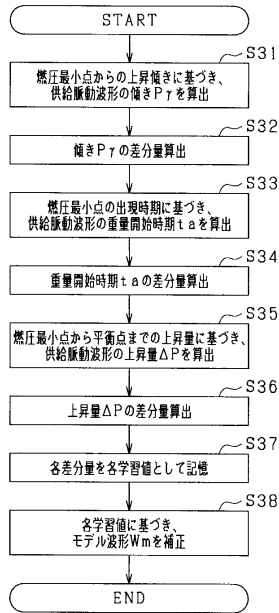
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 D 45/00 3 7 2 Z

(56)参考文献 特開2010-003004(JP,A)
特開2012-077653(JP,A)
特開2009-057928(JP,A)
特開2012-002176(JP,A)
特開2013-007341(JP,A)
特開2012-158999(JP,A)
特開2014-152674(JP,A)
特開2015-014249(JP,A)

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