

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6065624号
(P6065624)

(45) 発行日 平成29年1月25日 (2017. 1. 25)

(24) 登録日 平成29年1月6日 (2017. 1. 6)

(51) Int. Cl.	F 1
FO2D 41/04 (2006.01)	FO2D 41/04 380Z
FO2D 41/40 (2006.01)	FO2D 41/04 380P
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 41/40 F
	FO2D 45/00 370B

請求項の数 2 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-20576 (P2013-20576)	(73) 特許権者	000003137
(22) 出願日	平成25年2月5日 (2013. 2. 5)		マツダ株式会社
(65) 公開番号	特開2014-152633 (P2014-152633A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43) 公開日	平成26年8月25日 (2014. 8. 25)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成27年3月12日 (2015. 3. 12)		弁理士 小谷 悦司
前置審査		(74) 代理人	100115381
			弁理士 小谷 昌崇
		(74) 代理人	100176304
			弁理士 福成 勉
		(72) 発明者	胡木 隆
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
		(72) 発明者	平林 千典
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料噴射量演算方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンの燃料噴射弁が噴射する燃料の量に影響する当該燃料噴射弁に関する物理量である噴射弁因子、燃料の圧力伝達に影響する当該燃料の物理量である燃圧応答因子、燃料の流動抵抗に影響する当該燃料の物理量である燃料流動抵抗因子、および燃料の有する運動エネルギーに影響する当該燃料の物理量である燃料質量因子のうち、少なくとも噴射弁因子を含む複数の影響因子を独立変数とし、燃料噴射量を目的変数とする重回帰式を設定する重回帰式設定工程と、

前記複数の独立変数および前記目的変数の実際のデータを重回帰分析し、前記重回帰式設定工程で設定した前記重回帰式の各係数を決定することにより、前記燃料噴射弁から実際に噴射される燃料噴射量の予測値であってエンジンの運転状態に応じて設定される基本燃料噴射量に対応した予測値である予測燃料噴射量を演算するための演算式を導出する演算式導出工程と、

エンジンの運転中に、前記噴射弁因子、前記燃圧応答因子、前記燃料流動抵抗因子および前記燃料質量因子のうち前記独立変数に対応するデータを取得するエンジン運転中データ取得工程と、

エンジンの運転状態に基づいて、前記燃料噴射弁に噴射させる燃料の量の目標値である前記基本燃料噴射量を演算する基本燃料噴射量演算工程と、

前記エンジン運転中データ取得工程で取得したデータを前記演算式導出工程で求められた演算式の前記独立変数とし、当該演算式と前記基本燃料噴射量とに基づき前記予測燃料

10

20

噴射量を演算する予測燃料噴射量演算工程と、

前記予測燃料噴射量に基づいて前記基本燃料噴射量を補正し、前記燃料噴射弁の開時間を求める弁開時間演算工程と、を含み、

上記演算式は、下記式であることを特徴とする燃料噴射量演算方法。

$$\text{予測燃料噴射量} = K_1 \cdot (A_1 + C_1)^{N_1} + K_2 \cdot (A_2 + C_2)^{N_2} \cdots \cdots + K_n \cdot (A_n + C_n)^{N_n + K_{(n+1)}}$$

$$K_n = K_{na} \cdot (\text{燃圧応答因子}) + K_{nb} \cdot (\text{燃料流動抵抗因子}) + K_{nc} \cdot (\text{燃料質量因子}) + K_{nd}$$

$$\text{燃圧応答因子} = (K_{na11} \cdot PF + K_{na12}) \cdot (K_{na21} \cdot QF + K_{na22}) \cdot (K_{na31} \cdot BM + K_{na32})$$

$$\text{燃料流動抵抗因子} = (K_{nb11} \cdot PF + K_{nb12}) \cdot (K_{nb21} \cdot QF + K_{nb22}) \cdot (K_{nb31} \cdot BM + K_{nb32}) \cdot (K_{nb41} \cdot VC + K_{nb42})$$

$$\text{燃料質量因子} = (K_{nc11} \cdot PF + K_{nc12}) \cdot (K_{nc21} \cdot QF + K_{nc22}) \cdot (K_{nc31} \cdot BM + K_{nc32}) \cdot (K_{nc41} \cdot DEN + K_{nc42})$$

ここに、 A_n : 噴射弁因子

PF : 燃料噴射圧

QF : 基本燃料噴射量

BM : 燃料の体積弾性率

VC : 燃料粘度

DEN : 燃料密度

$K_{(n+1)}$ 、 $K_{na} \sim K_{nd}$ 、 C_n 、 N_n 、 $K_{na11} \sim K_{na32}$ 、 $K_{nb11} \sim K_{nb42}$ 、 $K_{nc11} \sim K_{nc42}$

: 定数

n : 1以上の自然数

【請求項2】

請求項1に記載の燃料噴射量演算方法において、

上記エンジンは、燃料を昇圧してコモンレールで蓄圧しつつ複数の前記燃料噴射弁に給送するディーゼルエンジンであって、上記噴射弁因子は、上記コモンレールにおけるレールオリフィス径、燃料噴射弁における制御弁リフト量、ニードル先端着座部径およびニードル最先端部径、所定圧力の燃料が前記燃料噴射弁に給送されたときの当該燃料噴射弁内の入口側オリフィス流量、出口側オリフィス流量および噴孔流量のうち、一乃至複数の因子であることを特徴とする燃料噴射量演算方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンの運転状態に応じて燃料噴射量を演算する燃料噴射量演算方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

自動車エンジンでは、運転状態に応じて目標燃料噴射量が演算され、この目標燃料噴射量に応じて燃料噴射弁の開弁時間等が制御されることで、燃焼室内への燃料の噴射が行われる。この場合、種々の要因が複雑に絡み合って燃料噴射量にばらつきが生じるため、目標燃料噴射量に等しい燃料を正確に噴射することが難しい。そのため、一般には、エンジンの運転状態に応じて基本となる燃料噴射量（基本燃料噴射量）を一旦求めた上で、各種マップを用いてこの基本燃料噴射量を補正することにより最終的な燃料噴射弁の開弁時間を決定している。これにより燃料噴射弁による燃料噴射量の精度を高めることが行われている。

【0003】

なお、最近では、特許文献1に開示されるように、冷却水温等を変数とする燃料噴射弁の温度推定式を重回帰分析により予め求めておき、内燃機関の運転中、冷却水温等のデー

10

20

30

40

50

タを取得して上記推定式に基づき燃料噴射弁の温度を演算し、この演算結果（燃料噴射弁の温度）を加味して目標燃料噴射量となるように燃料噴射弁の開弁時間を決定することが考えられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-321694号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

引用文献1に開示されるように、重回帰分析により定めた推定式を用いて燃料噴射弁の温度を推定する手法は、燃料噴射弁の開弁時間を定める上でも有用な手法と考えられる。特に、このような手法によれば、多くのマップデータを用いることなく目標燃料噴射量となる燃料噴射弁の開弁時間を比較的精度よく定めることが可能になると考えられる。しかしながら、引用文献1には、重回帰分析により定めた推定式を用いて燃料噴射量（または、その燃料噴射量となる燃料噴射弁の開弁時間）を求める点についての開示はない。

【0006】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、多くのマップデータを用いることなく燃料噴射量（燃料噴射弁の開弁時間）を精度よく定めることが可能な技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明のエンジンの燃料噴射量演算方法は、エンジンの燃料噴射弁が噴射する燃料の量に影響する当該燃料噴射弁に関する物理量である噴射弁因子、燃料の圧力伝達に影響する当該燃料の物理量である燃圧応答因子、燃料の流動抵抗に影響する当該燃料の物理量である燃料流動抵抗因子、および燃料の有する運動エネルギーに影響する当該燃料の物理量である燃料質量因子のうち、少なくとも噴射弁因子を含む複数の影響因子を独立変数とし、燃料噴射量を目的変数とする重回帰式を設定する重回帰式設定工程と、前記複数の独立変数および前記目的変数の実際のデータを重回帰分析し、前記重回帰式設定工程で設定した前記重回帰式の各係数を決定することにより、前記燃料噴射弁から実際に噴射される燃料噴射量の予測値であってエンジンの運転状態に応じて設定される基本燃料噴射量に対応した予測値である予測燃料噴射量を演算するための演算式を導出する演算式導出工程と、エンジンの運転中に、前記噴射弁因子、前記燃圧応答因子、前記燃料流動抵抗因子および前記燃料質量因子のうち前記独立変数に対応するデータを取得するエンジン運転中データ取得工程と、エンジンの運転状態に基づいて、前記燃料噴射弁に噴射させる燃料の量の目標値である前記基本燃料噴射量を演算する基本燃料噴射量演算工程と、前記エンジン運転中データ取得工程で取得したデータを前記演算式導出工程で求められた演算式の前記独立変数として、当該演算式と前記基本燃料噴射量とに基づき前記予測燃料噴射量を演算する予測燃料噴射量演算工程と、前記予測燃料噴射量に基づいて前記基本燃料噴射量を補正し、前記燃料噴射弁の開弁時間を求める開弁時間演算工程と、を含み、上記演算式は、下記式であるものである。

【0008】

予測燃料噴射量 = $K_1 \cdot (A_1 + C_1)^{N_1} + K_2 \cdot (A_2 + C_2)^{N_2} \dots \dots + K_n \cdot (A_n + C_n)^{N_n} + K_{(n+1)}$

$K_n = K_{na} \cdot (\text{燃圧応答因子}) + K_{nb} \cdot (\text{燃料流動抵抗因子}) + K_{nc} \cdot (\text{燃料質量因子}) + K_{nd}$

燃圧応答因子 = $(K_{na11} \cdot PF + K_{na12}) \cdot (K_{na21} \cdot QF + K_{na22}) \cdot (K_{na31} \cdot BM + K_{na32})$

燃料流動抵抗因子 = $(K_{nb11} \cdot PF + K_{nb12}) \cdot (K_{nb21} \cdot QF + K_{nb22}) \cdot (K_{nb31} \cdot BM + K_{nb32}) \cdot (K_{nb41} \cdot VC + K_{nb42})$

10

20

30

40

50

$$\text{燃料質量因子} = \frac{(K_{nc11} \cdot PF + K_{nc12}) \cdot (K_{nc21} \cdot QF + K_{nc22}) \cdot (K_{nc31} \cdot BM + K_{nc32}) \cdot (K_{nc41} \cdot DEN + K_{nc42})}{A_n}$$

ここに、 A_n : 噴射弁因子

PF : 燃料噴射圧

QF : 基本燃料噴射量

BM : 燃料の体積弾性率

VC : 燃料粘度

DEN : 燃料密度

$K_{(n+1)}$ 、 $K_{na} \sim K_{nd}$ 、 C_n 、 N_n 、 $K_{na11} \sim K_{na32}$ 、 $K_{nb11} \sim K_{nb42}$ 、 $K_{nc11} \sim K_{nc42}$

: 定数

n : 1 以上の自然数

10

このような燃料噴射量演算方法によれば、重回帰分析により設定された演算式を用いて予測燃料噴射量が求められ、この予測燃料噴射量に基づいて基本燃料噴射量が補正されることにより最終的な燃料噴射弁の開弁時間が決定される。そのため、最終的な燃料噴射弁の開弁時間をより少ない数のマップデータで決定することが可能となる。特に、予測燃料噴射量の演算式は、燃料噴射弁が噴射する燃料の量に影響する影響因子を独立変数として重回帰分析により求められているため、当該演算式により求められる予測燃料噴射量はある程度信頼性の高いものとなる。

【0009】

すなわち、エンジンの運転中は、噴射弁因子 A_n 、燃料噴射圧 PF 、基本燃料噴射量 QF 、燃料の体積弾性率 BM 、燃料粘度 VC 、燃料密度 DEN のデータが取得され、これらのデータと上記演算式とに基づき予測燃料噴射量が演算される。なお、上記の重回帰式を設定するに際しては、各影響因子（燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子、燃料質量因子）を、それらに含まれる個別因子の単純な積で規定してもよいが、単純な積とすると、各個別因子の感度が同等に扱われるため、燃料噴射量の推定精度をより高めるという観点からは望ましくない。そこで、各影響因子（燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子、燃料質量因子）に含まれる個別因子については、当該個別因子を変数とする一次関数式で規定した。

20

【0010】

なお、噴射弁因子としては種々考えられるが、例えば、上記エンジンが、燃料を昇圧してコモンレールで蓄圧しつつ複数の前記燃料噴射弁に給送するディーゼルエンジンである場合には、上記噴射弁因子は、上記コモンレールにおけるレールオリフィス径、燃料噴射弁における制御弁リフト量、ニードル先端着座部径およびニードル最先端部径、所定圧力の燃料が前記燃料噴射弁に給送されたときの当該燃料噴射弁内の入口側オリフィス流量、出口側オリフィス流量および噴孔流量のうち、一乃至複数の因子であるのが好適である。

30

【0011】

この構成によれば、上記ディーゼルエンジンにおいて、多くのマップデータを用いることなく、ある程度信頼性の高い燃料噴射量を決定することが可能となる。

【発明の効果】

【0012】

以上説明したように、本発明の燃料噴射量演算方法によれば、多くのマップデータ等を用いることなく、比較的信頼性の高い燃料噴射量（燃料噴射弁の開弁時間）を決定することが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明が適用される燃料噴射システムを示すブロック図である。

【図2】燃料噴射弁の縦断面図である。

【図3】燃料噴射弁の先端部を示す図2の要部拡大図である。

【図4】燃料噴射量（燃料噴射弁の開弁時間）と燃料噴射率との関係を示すグラフである。

【図5】燃料温度及び燃料噴射圧力（燃料圧力）と燃料の体積弾性率との関係を示すグラ

50

フである。

【図 6】燃料温度及び燃料噴射圧力（燃料圧力）と燃料の粘度との関係を示すグラフである。

【図 7】燃料温度及び燃料噴射圧力（燃料圧力）と燃料の密度との関係を示すグラフである。

【図 8】（a）～（d）は、互いに異なる燃料温度における燃料噴射量の演算値と試験値（シミュレーション）との関係を示すグラフである。

【図 9】燃料温度、燃料噴射圧、基本燃料噴射量（指示噴射量）の全てを変化させた場合における燃料噴射量の演算値と試験値（シミュレーション）との関係を示すグラフである。

10

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、添付図面を参照しながら本発明の好ましい実施の一形態について詳述する。

【0015】

図 1 は、本発明が適用された燃料噴射システム、具体的には、4 気筒の車載用ディーゼルエンジンの燃料噴射システムをブロック図で示している。

【0016】

図中の符号 10 は、車載用ディーゼルエンジンを示している。このディーゼルエンジン 10（以下、エンジン 10 と略す）の各気筒には、燃焼室（シリンダ）内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁 12 a～12 d が配設されている。これら燃料噴射弁 12 a～12 d の燃料入口側（後記高圧燃料通路 45）はそれぞれ分配通路 16 を介してコモンレール 14 に接続されている。コモンレール 14 は、燃料噴射弁 12 a～12 d に供給する高圧燃料を蓄圧する蓄圧容器である。

20

【0017】

コモンレール 14 は、燃料配管 18 a を介して燃料タンク 20 に接続され、この燃料配管 18 a の途中には燃料ポンプ 22 が介設されている。これにより、燃料タンク 20 の燃料が、燃料ポンプ 22 により昇圧されてコモンレール 14 に給送され、当該コモンレール 14 で蓄圧されつつ各燃料噴射弁 12 a～12 d に分配給送される。なお、燃料ポンプ 22 は、内部のポンプ制御弁および戻し配管 18 c を介して後記リリーフ配管 18 b に接続されており、過剰な燃料がポンプ制御弁および戻し配管 18 c 等を介して燃料タンク 20 に戻される。

30

【0018】

コモンレール 14 には、燃料を燃料タンク 20 に戻すリリーフ配管 18 b が接続されている。コモンレール 14 とリリーフ配管 18 b との間には図外の圧力安全弁が介設されており、コモンレール 14 内の燃料圧力が設定値を越えると、当該コモンレール 14 内の燃料の一部が圧力安全弁を介してリリーフ配管 18 b に排出され、これによりコモンレール 14 内の燃圧が一定値以下に保たれる。

【0019】

前記燃料噴射弁 12 a～12 d は、前記コモンレール 14 内に蓄圧された高圧燃料を各気筒に噴射するものであり、電子制御ユニット 30 から出力される制御信号に応じて燃料の噴射量等が制御される。なお、各燃料噴射弁 12 a～12 d の燃料出口側（後記低圧燃料通路 48）は、図外のリターン通路を介して前記リリーフ配管 18 b に接続されている。

40

【0020】

図 2 は、前記燃料噴射弁 12 a～12 d の具体的な構造を断面図で示している。当実施形態の燃料噴射弁 12 a～12 d は、いわゆるピエゾインジェクタである。

【0021】

燃料噴射弁 12 a～12 d のボディ 40 には、その先端側（下端側）から順に、噴孔 41、ニードル収納室 42、背圧室 43、制御室 44、変位拡大ユニット 56 およびピエゾスタック 60 が設けられている。

50

【0022】

前記ニードル収納41には、ニードル52が上下方向に変位可能に収納されている。ニードル52は、スプリング53によって下向きに付勢されており、この付勢力によってニードル収納部下端のニードルシート部42aに着座することで前記噴孔41を閉止し、当該付勢力に抗してニードルシート部42aから上方に離間することで前記噴孔41を開放する。ニードル収納室42には、高圧燃料通路45および前記分配通路16を介して前記コモンレール14から高圧燃料が供給される。なお、ニードル52の上部は背圧室43に挿入されている。

【0023】

前記制御室44には、制御弁54が上下方向に変位可能に収納されている。制御室44は、その内底面側に開口する第1連通路46を介して前記ニードル収納室42に連通するとともに、INオリフィス47aを途中部分に有する第2連通路47を介して前記背圧室43に連通している。また、OUTオリフィス48aを途中部分に有する低圧燃料通路48の一端部が、制御室44の天井面側に開口している。制御弁54は、スプリング55によって上向きに付勢されており、この付勢力によって当該制御弁54が制御室44の上側シート部44aに着座することで制御室44と低圧燃料通路48とを遮断する一方、前記付勢力に抗して制御弁54が制御室44の下側シート部44bに着座することで制御室44と第1連通路46とを遮断するようになっている。但し、制御室44と背圧室43とは第2連通路47を介して常時連通している。

【0024】

制御弁54は、プレッシャピン58を介して変位拡大ユニット56のピストン57に連結されている。そして、このピストン57がスプリング59により下向きに付勢されるとともに、変位拡大ユニット56の後方側がピエゾスタック60に連結されている。このピエゾスタック60は、複数の圧電素子が積層された積層体であって、逆圧電効果により伸縮するアクチュエータである。具体的には、ピエゾスタック60は、充電されることで伸長し、放電されることで縮小する。

【0025】

前記燃料噴射弁12a～12dの作動は次の通りである。まず、ピエゾスタック60へ電流が供給されずピエゾスタック60が収縮状態にあるときには、制御弁54がスプリング55によって上向きに付勢されて制御室44の上側シート部44aに着座する。これにより制御室44と低圧燃料通路48とが遮断される一方で、第1連通路46と第2連通路47とが制御室44を介して連通状態となる。従って、高圧燃料通路45の高圧燃料が背圧室43に導入されることとなり、その結果、背圧室43内の燃料の圧力（コモンレール14内の燃料の圧力）及びスプリング53の弾性力によって、ニードル52がボディ40先端側へと押されてニードルシート部42aに着座した燃料噴射弁12a～12dの閉弁状態、つまり噴孔41が閉止された状態となる。

【0026】

一方、ピエゾスタック60へ電流が供給されることで当該ピエゾスタック60が伸長状態となると、制御弁54がスプリング55の弾発力に抗して制御室44の下側シート部44bに着座する。これにより制御室44と低圧燃料通路48とが連通状態となる一方で、第1連通路46と制御室44とが遮断される。従って、背圧室43の圧力が低下し、背圧室10c内の燃料及びスプリング53がニードル52をボディ40先端側を押圧する力よりも、ニードル収納室42内の燃料がニードル52をボディ40後方側へ押圧する力が大きくなり、ニードル52がニードルシート部42aから離間した燃料噴射弁12a～12dの開弁状態、つまり噴孔41が開放された状態となり、噴孔41から高圧燃料が噴射される。

【0027】

前記電子制御ユニット30（以下、ECU30という）は、論理演算を実行するCPU、そのCPUを制御する種々のプログラムなどを記憶するROM、各種データを一時的に記憶するRAM、その他の入出回路等を含むマイクロコンピュータで構成されている。

【0028】

ECU30には、エンジン10が搭載される車両の運転状態を検知するための複数のセンサから種々の情報が入力されている。具体的には、図1に示すように、前記車両には、図外のアクセルペダルの踏込み量に応じたアクセル開度を検出するためのアクセル開度センサSW1、エンジン10の出力軸の回転数を検出するための速度センサSW2、エンジン10の冷却水温度を検出するための水温センサSW3、エンジンオイルの温度を検出するための油温センサSW4等が設けられており、これら各センサSW1～SW4と上記ECU30とが電氣的に接続されている。また、燃料噴射弁12a～12dに供給される燃料の圧力、つまりコモンレール14内の燃料圧を検出するためのレール圧センサSW5が設けられるとともに、燃料温度を検出するための燃温センサSW6が前記戻し配管18cに設けられており、これらのセンサSW5、SW6が上記ECU30に電氣的に接続されている。

10

【0029】

ECU30は、複数の機能構成を含んでおり、本発明との関係では、同図に示すように、燃料噴射制御部32、燃料噴射量演算部34および記憶部36等の機能構成を含む。

【0030】

燃料噴射制御部32は、各燃料噴射弁12a～12dに所定の制御信号を出力することにより、各燃料噴射弁12a～12dによる燃料の噴射量、噴射圧及び噴射タイミングを制御するものである。

【0031】

20

燃料噴射量演算部34は、車両の運転状態に応じた各燃料噴射弁12a～12dの目標燃料噴射量を演算するものであり、前記センサSW1等から入力される情報および前記記憶部36に記憶されている情報に基づき目標燃料噴射量を演算する。具体的には、アクセル開度センサSW1及び速度センサSW2からの入力情報と記憶部36に記憶されているマップ等に基づき各燃料噴射弁12a～12dに噴射させる基本燃料噴射量を演算する。さらに、この基本燃料噴射量を元に、燃料噴射弁12a～12dによる実際の燃料噴射量に影響を与える種々の要因を加味した燃料噴射量を演算し、当該燃料噴射量（以下、予測燃料噴射量と称す）と前記基本燃料噴射量との偏差に応じて当該基本燃料噴射量を補正することで最終的な燃料噴射弁12a～12dの開弁時間を決定する。前記燃料噴射制御部32は、最終的に求められた開弁時間に対応する制御信号を各燃料噴射弁12a～12d

30

【0032】

ここで、噴射量演算部34は、上記のように基本燃料噴射量を元に予測燃料噴射量を演算するが、これは、燃料噴射弁12a～12dの具体的な構造や燃料の粘度、密度、体積弾性率といった性状に起因する実際の燃料噴射量の変動を加味することで、燃料噴射弁12a～12dによる実際の燃料噴射量をより精度良く制御するためである。

【0033】

より具体的に説明すると、前記記憶部36には、上記予測燃料噴射量を求めるための以下のような演算式（式1）が予め記憶されており、噴射量演算部34は、レール圧センサSW5及び燃温センサSW6からの入力情報（燃料噴射圧（燃料圧力）、燃料温度）と記憶部36に記憶されているデータに基づき予測燃料噴射量を求める。

40

【0034】

[式1]

$$\text{予測燃料噴射量} = \frac{K_1 \cdot (A_1 + C_1)^{N_1} + K_2 \cdot (A_2 + C_2)^{N_2} + K_3 \cdot (A_3 + C_3)^{N_3} + K_4 \cdot (A_4 + C_4)^{N_4} + K_5 \cdot (A_5 + C_5)^{N_5} + K_6 \cdot (A_6 + C_6)^{N_6} + K_7 \cdot (A_7 + C_7)^{N_7} + K_8 \cdot (A_8 + C_8)^{N_8} + K_9}{1d}$$

$$K_1 = K_{1a} \cdot (\text{燃圧応答因子}) + K_{1b} \cdot (\text{燃料流動抵抗因子}) + K_{1c} \cdot (\text{燃料質量因子}) + K$$

1d

$$K_2 = K_{2a} \cdot (\text{燃圧応答因子}) + K_{2b} \cdot (\text{燃料流動抵抗因子}) + K_{2c} \cdot (\text{燃料質量因子}) + K$$

2d

50

... ..

$$K_8 = K_{8a} \cdot (\text{燃圧応答因子}) + K_{8b} \cdot (\text{燃料流動抵抗因子}) + K_{8c} \cdot (\text{燃料質量因子}) + K_{8d}$$

$$\text{燃圧応答因子} = (K_{na11} \cdot PF + K_{na12}) \cdot (K_{na21} \cdot QF + K_{na22}) \cdot (K_{na31} \cdot BM + K_{na32})$$

$$\text{燃料流動抵抗因子} = (K_{nb11} \cdot PF + K_{nb12}) \cdot (K_{nb21} \cdot QF + K_{nb22}) \cdot (K_{nb31} \cdot BM + K_{nb32}) \cdot (K_{nb41} \cdot VC + K_{nb42})$$

$$\text{燃料質量因子} = (K_{nc11} \cdot PF + K_{nc12}) \cdot (K_{nc21} \cdot QF + K_{nc22}) \cdot (K_{nc31} \cdot BM + K_{nc32}) \cdot (K_{nc41} \cdot DEN + K_{nc42})$$

ここで、PF：燃料噴射圧（コモンレール 1 4 内の燃料圧力）、QF：指示噴射量（上記基本燃料噴射量）、BM：燃料の体積弾性率、VC：燃料粘度、DEN：燃料密度、 $K_1 \sim K_8$ 、 $K_{1a} \sim K_{8d}$ 、 $C_1 \sim C_8$ 、 $N_1 \sim N_8$ 、 $K_{na11} \sim K_{na32}$ 、 $K_{nb11} \sim K_{nb42}$ 、 $K_{nc11} \sim K_{nc42}$ ：係数（定数）、 n ：1 以上の自然数である。また、 $A_1 \sim A_8$ はそれぞれ、燃料噴射弁 1 2 a ～ 1 2 d が噴射する燃料の量に影響する当該燃料噴射弁 1 2 a ～ 1 2 d に関する物理量であり、具体的には、 A_1 ：レールオリフィス径、 A_2 ：INオリフィス流量（または径）、 A_3 ：OUTオリフィス流量（または径）、 A_4 ：噴孔流量（または径）、 A_5 ：ノズルセット荷重、 A_6 ：ニードル先端着座部径、 A_7 ：制御弁リフト量、 A_8 ：ニードル最先端部径である。

【0035】

前記レールオリフィス径（ A_1 ）は、コモンレール 1 4 内の通路のうちそれぞれ分配通路 1 6 に繋がる分岐通路に形成されたオリフィスの内径であり、INオリフィス流量（または径）（ A_2 ）は、前記 INオリフィス 4 7 a を流れる燃料の単位時間あたりの流量（または INオリフィス 4 7 a の内径）であり、OUTオリフィス流量（または径）（ A_3 ）は、前記 OUTオリフィス 4 8 a を流れる燃料の単位時間あたりの流量（または OUTオリフィス 4 8 a の内径）である。噴孔流量（または内径）（ A_4 ）は、所定の燃料噴射圧（コモンレール 1 4 内の燃料圧力）の下で燃料噴射弁 1 2 a ～ 1 2 d が開弁されたときの上記噴孔 4 1 における燃料の単位時間あたりの流量（または噴孔 4 1 の内径）であり、ノズルセット荷重（ A_5 ）は、噴孔 4 1 を閉止するのに必要な当該ニードル 5 2 の押圧力であり、制御弁リフト量（ A_7 ）は、制御室 4 4 内における上記制御弁 5 4 の許容変位量である。また、ニードル先端着座部径（ A_6 ）は、図 3 に示すように、ニードル 5 2 のうち実際に上記ニードルシート部 4 2 a に着座する部分（同図中の符号 5 2 a で示す部分）の外径であり、ニードル最先端部径（ A_8 ）は、ニードル 5 2 の先端部分（同図中の符号 5 2 b で示す部分）の外径である。

【0036】

次に、上記演算式（式 1）を規定した理由について説明する。

【0037】

上記演算式（式 1）は、燃料噴射弁 1 2 a（～1 2 d）による燃料噴射量を目的変数とし、この燃料噴射量の変動に影響のある因子（噴射弁因子、燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子）をそれぞれ独立変数とする重回帰式を設定し、実試験もしくは仮想試験（シミュレーション等）により取得した実際の燃料噴射弁 1 2 a ～ 1 2 d の燃料噴射量等のデータに基づき、各係数 $K_{1a} \sim K_{8d}$ 、 $C_1 \sim C_8$ 、 $N_1 \sim N_8$ を重回帰分析により決定したものである。

【0038】

ここで、重回帰式の設定については、まず、噴射弁因子のみを考えた。噴射弁因子は、燃料噴射弁 1 2 a（～1 2 d）が噴射する燃料の量に影響する当該燃料噴射弁 1 2 a（～1 2 d）に関する物理量であり、当例では、上記の通り、レールオリフィス径（ A_1 ）、INオリフィス流量（または内径）（ A_2 ）、OUTオリフィス流量（または内径）（ A_3 ）、噴孔流量（または径）（ A_4 ）、ノズルセット荷重（ A_5 ）、ニードル先端着座部径（ A_6 ）、制御弁リフト量（ A_7 ）、ニードル最先端部径（ A_8 ）を噴射弁因子とした。そして、燃料噴射弁 1 2 a（～1 2 d）による燃料噴射量を目的変数とし、噴射弁因子を独立変数として下記の重回帰式を設定した。

10

20

30

40

50

【0039】

〔式2〕

$$\text{燃料噴射量} = \frac{K_1 \cdot (A_1 + C_1)^{N_1} + K_2 \cdot (A_2 + C_2)^{N_2} + K_3 \cdot (A_3 + C_3)^{N_3} + K_4 \cdot (A_4 + C_4)^{N_4} + K_5 \cdot (A_5 + C_5)^{N_5} + K_6 \cdot (A_6 + C_6)^{N_6} + K_7 \cdot (A_7 + C_7)^{N_7} + K_8 \cdot (A_8 + C_8)^{N_8} + K_9}{1}$$

ここで、燃料噴射弁12a～12dが実際に噴射する燃料の量は、上記噴射弁因子以外にもいくつかの要因により変動する。つまり、上記重回帰式の係数 $K_1 \sim K_9$ 、 $C_1 \sim C_8$ 、 $N_1 \sim N_8$ の値は、上記噴射弁因子以外の要因により変わる。そのため、さらに燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子の各影響因子に着目した。前記燃圧応答因子は、燃料の圧力伝達に影響する当該燃料の物理量であり、前記燃料流動抵抗因子は、燃料の流動抵抗に影響する当該燃料の物理量であり、前記燃料質量因子は、燃料の有する運動エネルギーに影響する当該燃料の物理量である。

10

【0040】

上記噴射弁因子以外の因子としては、大凡、これら三つの影響因子が、燃料噴射弁12a～12dによる実際の燃料噴射量を左右するものと考えられる。そこで、上記式2の係数 $K_1 \sim K_9$ 、 $C_1 \sim C_8$ 、 $N_1 \sim N_8$ を各々目的変数とし、燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子を独立変数とする重回帰式をさらに設定することを考えた。

【0041】

まず、各影響因子（燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子）に含まれる個別の因子（以下、個別因子と称す）を特定した。まず、燃圧応答因子は、燃料噴射圧（PF）、指示噴射量（QF）および燃料の体積弾性率（BM）とした。燃料流動抵抗因子は、燃料噴射圧（PF）、指示噴射量（QF）、燃料の体積弾性率（BM）および燃料粘度（VC）とした。燃料質量因子は、燃料噴射圧（PF）、指示噴射量（QF）、燃料の体積弾性率（BM）および燃料密度（DEN）とした。なお、燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子に共通の因子として、燃料噴射圧（PF）、指示噴射量（QF）および燃料の体積弾性率（BM）が含まれているが、これらの因子は燃料の圧力伝達のみならず、燃料の流動抵抗や運動エネルギーにも大きく影響すると考えられるためである。特に、指示噴射量（QF）は、その大小により燃料噴射弁12a～12d内での燃料の流動状態が異なり、燃料の圧力伝達、流動抵抗および運動エネルギーに大きく影響する。つまり、図4に示すように、燃料噴射弁12a～12dによる燃料の噴射率は、指示噴射量が多いほど（開弁時間が長いほど）噴射率が安定する時間が長く、指示噴射量が少ない場合には噴射率が不安定になり易く、従って、燃料の圧力伝達、流動抵抗および運動エネルギーに大きく影響する。そのため、指示噴射量（QF）は、燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子に共通の因子とした。

20

30

【0042】

なお、燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子を独立変数とする重回帰式の設定に際しては、各影響因子（燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子）を、それらに含まれる個別因子の積で規定してもよいが、単純な積とすると、各個別因子の感度が同等に扱われるため、燃料噴射量の推定精度をより高めるという観点からは望ましくない。そこで、各影響因子（燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子、燃料質量因子）に含まれる個別因子については、当該個別因子を変数とする一次関数式で規定した。

40

【0043】

このようにして、燃料噴射量（予測燃料噴射量）を目的変数とし、噴射弁因子、燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子をそれぞれ独立変数とする重回帰式を設定した。そして、各影響因子のデータと燃料噴射弁12a～12dの実際の燃料噴射量とを試験的に検出した上で、それらのデータを用いて各係数 $K_{1a} \sim K_{8d}$ 、 $C_1 \sim C_8$ 、 $N_1 \sim N_8$ を重回帰分析により決定することにより上記演算式（式1）を得た。

【0044】

この燃料噴射システムでは、エンジン10の運転中は、燃料噴射量演算部34が、アクセル開度センサSW1及び速度センサSW2からの入力情報と記憶部36に記憶されているマップ等に基づき各燃料噴射弁12a～12dの基本燃料噴射量を演算し、さらに、こ

50

の基本燃料噴射量を指示噴射量 (QF) として、記憶部 36 に記憶されている上記演算式 (式 1) に基づき上記予測燃料噴射量を演算する。より詳しくは、燃料噴射量演算部 34 は、まず、ルール圧センサ SW5 による検出値 (燃料噴射圧 (PF)) と燃温センサ SW6 による検出値 (燃料温度) とに基づき燃料の体積弾性率 (BM)、燃料粘度 (VC) および燃料密度 (DEN) を特定する。ここで、記憶部 36 には、例えば図 5～図 7 に示すような、燃料温度及び燃料噴射圧と、燃料の体積弾性率 (BM)、燃料粘度 (VC) および燃料密度 (DEN) との関係を示すデータが記憶されており、燃料噴射量演算部 34 は、当該データと上記各 SW5、SW6 の検出値とに基づき燃料の体積弾性率 (BM)、燃料粘度 (VC) および燃料密度 (DEN) を求める (取得する)。また、記憶部 36 には、ルールオリフィス径等の噴射弁因子 ($A_1 \sim A_8$) 及び各係数 $K_{1a} \sim K_{8d}$ 、 $C_1 \sim C_8$ 、 $N_1 \sim N_8$ のデータが予め記憶されており、燃料噴射量演算部 34 は、記憶部 36 から当該データ ($A_1 \sim A_8$ 等) を読み出し (取得し)、当該データ ($A_1 \sim A_8$ 等) と、燃料噴射圧 (PF) と、燃料の体積弾性率 (BM)、燃料粘度 (VC) および燃料密度 (DEN) と、上記基本燃料噴射量 (指示噴射量 (QF)) とを用いて、前記演算式 (式 1) から予測燃料噴射量を演算し、さらにこの予測燃料噴射量と上記基本燃料噴射量との偏差に応じて当該基本燃料噴射量を補正することで最終的な目標燃料噴射量を決定し、これより、燃料噴射弁の開弁時間を決定する。なお、記憶部 36 に記憶されているルールオリフィス径等の噴射弁因子 ($A_1 \sim A_8$) の各データとしては設計基準値が記憶されている。

10

【0045】

そして、燃料噴射量演算部 34 によって求められた、目標燃料噴射量となる上記開弁時間に基づき、前記燃料噴射制御部 32 が各燃料噴射弁 12a～12d に制御信号を出力することにより、燃料噴射弁 12a～12d による燃料の噴射が行われることとなる。

20

【0046】

以上のように、この燃料噴射システムによれば、重回帰分析により設定された上記演算式 (式 1) を用いて予測燃料噴射量が求められ、この予測燃料噴射量と基本燃料噴射量との偏差に応じて基本燃料噴射量が補正されることにより最終的な目標燃料噴射量となる、燃料噴射弁 12a～12d の開弁時間が決定される。そのため、従来に比べると、最終的な目標燃料噴射量となる、燃料噴射弁 12a～12d の開弁時間をより少ない数のマップデータで決定することが可能となる。

【0047】

しかも、上記演算式 (式 1) は、燃料の噴射量に影響する燃料噴射弁 12a～12d に関する因子 (噴射弁因子)、燃料の圧力伝達に影響する因子 (燃圧応答因子)、燃料の流動抵抗に影響する因子 (燃料流動抵抗因子)、燃料の有する運動エネルギーに影響する因子 (燃料質量因子) をそれぞれ独立変数として重回帰分析により求められたものであるため、当該演算式 (式 1) により求められる予測燃料噴射量の信頼性が比較的高い。例えば図 8 (a)～(d) は、互いに異なる燃料温度について、上記演算式 (式 1) に基づき、係数 (定数) $K_1 \sim K_9$ 、 $C_1 \sim C_8$ 、 $N_1 \sim N_8$ を燃料温度のみを変化させて求めた予測燃料噴射量と試験値 (シミュレーション) との関係を示したグラフであり、図 9 は、上記演算式 (式 1) において、燃料温度 (体積弾性率 (BM)、燃料粘度 (VC)、燃料密度 (DEN) と関係する)、燃料噴射圧 (PF)、基本燃料噴射量 (指示噴射量) (QF) の全てを変化させて求めた予測燃料噴射量と試験値 (シミュレーション) との関係を示したグラフである。これらの図からも、上記演算式 (式 1) に基づき求められる予測燃料噴射量とその試験値との偏差が小さく、求められる予測燃料噴射量の信頼性が高いことが考察できる。従って、上記燃料噴射システムによれば、最終的に求められる目標燃料噴射量である、燃料噴射弁 12a～12d の開弁時間の信頼性も高く、燃料噴射弁 12a～12d の燃料噴射量をより精度良く制御することが可能となる。

30

40

【0048】

ところで、以上説明した燃料噴射システムは、本発明にかかる燃料噴射量制御装置 (本発明の燃料噴射量演算装置が適用される燃料噴射量制御装置/本発明の燃料噴射量決定方法が適用される燃料噴射量制御装置) の好ましい実施形態の例示であって、燃料噴射量制

50

御装置や燃料噴射量演算装置の具体的な構成、および燃料噴射量のより具体的な決定方法等は、本発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

【0049】

例えば、予測燃料噴射量を演算するための具体的な演算式は上記演算式（式1）に限定されるものではなく、燃料噴射量（予測燃料噴射量）を目的変数とし、噴射弁因子、燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子の少なくとも一つを独立変数とする重回帰式に基づいて規定されたものであればよい。この場合、独立変数として、噴射弁因子、燃圧応答因子、燃料流動抵抗因子および燃料質量因子以外の影響因子をさらに含む演算式を規定してもよい。

【0050】

10

また、上記演算式（式1）において、噴射弁因子は、レーンオリフィス径（ A_1 ）、INオリフィス流量（又は径）（ A_2 ）、OUTオリフィス流量（又は径）（ A_3 ）、噴孔流量（又は径）（ A_4 ）、ノズルセット荷重（ A_5 ）、ニードル先端着座部径（ A_6 ）、制御弁リフト量（ A_7 ）、ニードル最先端部径（ A_8 ）であるが、必ずしもこれら全てを噴射弁因子とする必要はなく、この一部を噴射弁因子として上記演算式（式1）を規定してもよい。また、噴射弁因子として、上記レーンオリフィス径（ A_1 ）等以外の因子を噴射弁因子として上記演算式（式1）を規定してもよい。

【0051】

また、上記実施形態では、本発明をディーゼルエンジン10に適用した場合について説明したが、本発明は、特に筒内噴射型のエンジンに有用なものであり、従って、筒内噴射型のガソリンエンジンについても十分に適用可能である。

20

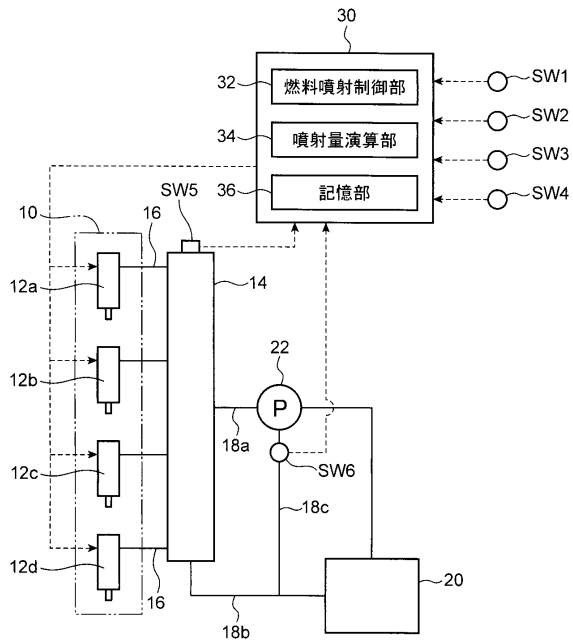
【符号の説明】

【0052】

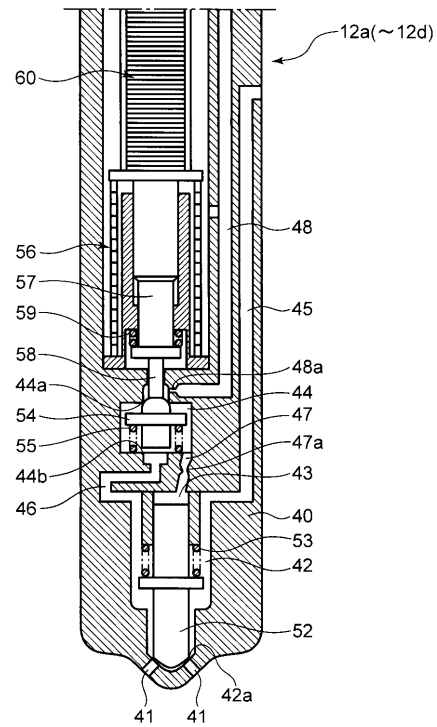
- 10 エンジン
- 12a～12d 燃料噴射弁
- 14 コモンレール
- 20 燃料タンク
- 22 燃料ポンプ
- 30 ECU
- 32 燃料噴射制御部
- 34 噴射量演算部
- 36 記憶部

30

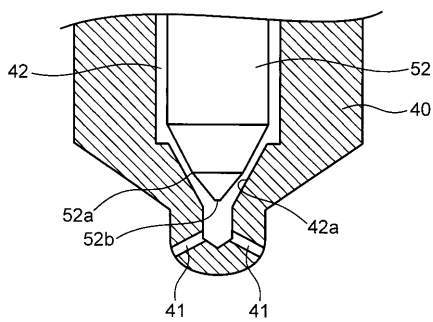
【図 1】



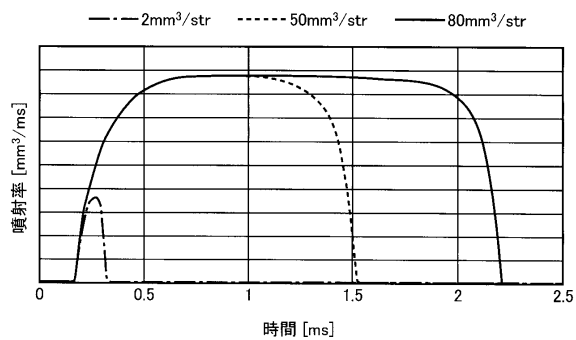
【図 2】



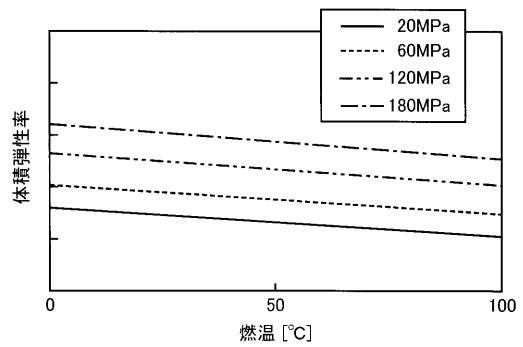
【図 3】



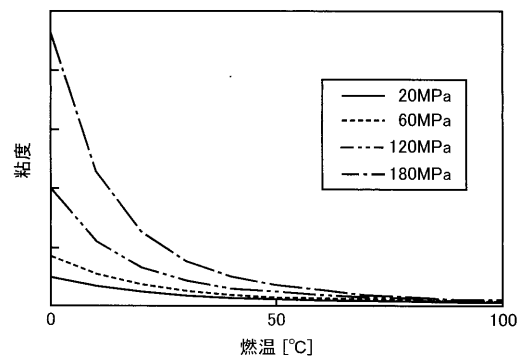
【図 4】



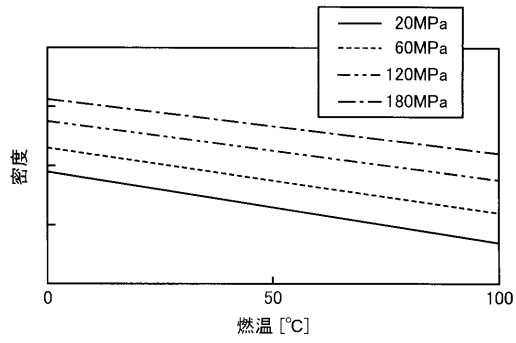
【図 5】



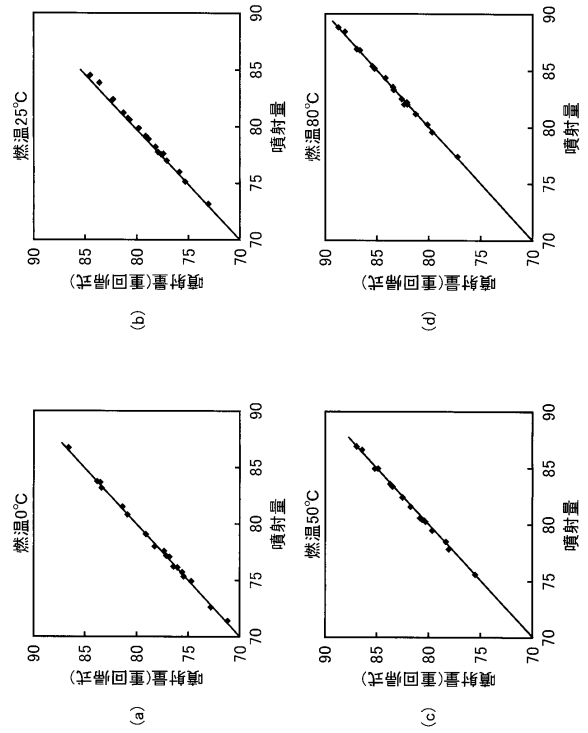
【図 6】



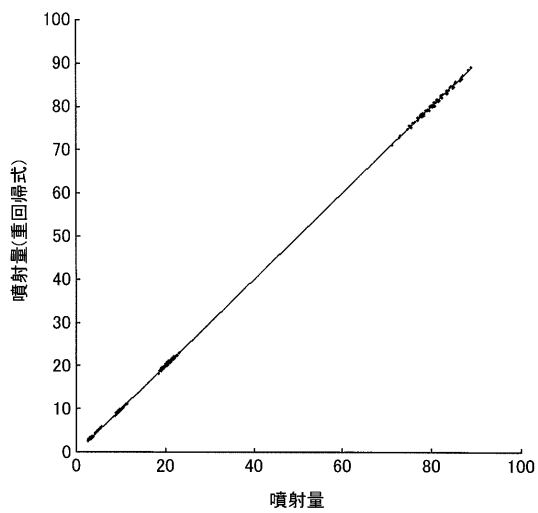
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 白井 裕久
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 三石 直哉
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 上村 敏浩
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

審査官 戸田 耕太郎

- (56)参考文献 特開2012-127264 (JP, A)
特開平04-047161 (JP, A)
特開平11-210535 (JP, A)
特開平05-001608 (JP, A)
特開2006-329110 (JP, A)
特開2011-252418 (JP, A)
特開2007-247641 (JP, A)
特開2003-120393 (JP, A)
特開平10-220272 (JP, A)
特開2008-274927 (JP, A)
特開2005-307911 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F02D | 41/04 |
| F02D | 41/40 |
| F02D | 45/00 |