

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5102873号  
(P5102873)

(45) 発行日 平成24年12月19日(2012.12.19)

(24) 登録日 平成24年10月5日(2012.10.5)

(51) Int.Cl.		F I			
FO1N	3/023	(2006.01)	FO1N	3/02	321K
FO1N	3/02	(2006.01)	FO1N	3/02	ZAB
BO1D	46/42	(2006.01)	BO1D	46/42	B

請求項の数 19 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-506174 (P2010-506174)	(73) 特許権者	508205718
(86) (22) 出願日	平成19年5月1日(2007.5.1)		マック トラックス インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2010-526234 (P2010-526234A)		アメリカ合衆国 27409 ノースカロライナ州 グリーンズボロ, ナショナルサービス ロード 7900
(43) 公表日	平成22年7月29日(2010.7.29)	(74) 代理人	100098729
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/067888		弁理士 重信 和男
(87) 国際公開番号	W02008/133694	(74) 代理人	100116757
(87) 国際公開日	平成20年11月6日(2008.11.6)		弁理士 清水 英雄
審査請求日	平成22年4月9日(2010.4.9)	(74) 代理人	100123216
			弁理士 高木 祐一
		(74) 代理人	100089336
			弁理士 中野 佳直

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディーゼルエンジン排気システムのディーゼル排気微粒子フィルタを保全する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧力センサ装置と制御システムとを用いたDPFの保全方法であって、  
前記圧力センサ装置によってDPF両端における圧力降下量を測定すること、  
前記制御システムによってDPF内のすす目詰まり質量の初期推定値を再帰フィルタに適用することであって、

該推定値には、すすが均一に目詰まりしていると仮定した場合のDPF両端における前記圧力降下量の関数として決定された第1の成分と、すすの反応速度とDPFにおける排気ガス流速との関数により決定された、モデル化された不均一分散したすす質量である第2の成分とが含まれており、

前記制御システムによって前記再帰フィルタを使用して、測定された前記圧力降下量に基づいてすす目詰まり質量の前記初期推定値を更新し、該更新によってDPF内のすす目詰まり量の更新推定値を求めること、及び

前記制御システムによってすす目詰まり質量の前記更新推定値が所定値に達することを含む少なくとも1つのトリガ条件の最初の条件が発生すると、DPFの能動再生を開始すること

を含む、DPFの保全方法。

【請求項2】

前記再帰フィルタがカルマンフィルタである、請求項1に記載のDPFの保全方法。

【請求項3】

前記圧力センサ装置によってDPF両端における前記圧力降下量を少なくとも定期的に測定すること、及び、前記制御システムによって少なくとも定期的に測定された該圧力降下量のそれぞれに基づいてすす目詰まり質量の更新推定値を少なくとも定期的に更新し、該更新によってすす目詰まり質量の更新推定値を複数得ること、及び、前記制御システムによってすす目詰まり量の該更新推定値の標準偏差を算出することを含み、

前記制御システムによってすす目詰まり質量の前記更新推定値と複数のすす目詰まり質量の更新推定値の前記標準偏差又は前記推定誤差の関数との和が所定値を上回る場合、再生を開始することを含む、請求項1に記載のDPFの保全方法。

【請求項4】

再帰フィルタがカルマンフィルタである、請求項3に記載のDPFの保全方法。

10

【請求項5】

前記カルマンフィルタの測定ノイズ共分散が、前記モデル化された不均一分散したすす質量の関数である、請求項4に記載のDPFの保全方法。

【請求項6】

前記制御システムによってDPFの能動再生の開始後、少なくとも1つの停止条件のうち別の最初の条件が発生すると、DPFの能動再生を停止することを含む方法であって、

前記少なくとも1つの停止条件の1つとして、すす目詰まり質量の前記更新推定値が別の所定値に達することを含む、請求項1に記載のDPFの保全方法。

【請求項7】

前記再帰フィルタがカルマンフィルタである、請求項6に記載のDPFの保全方法。

20

【請求項8】

前記カルマンフィルタの測定ノイズ共分散が、前記モデル化された不均一分散したすす質量の関数である、請求項7に記載のDPFの保全方法。

【請求項9】

前記モデル化された不均一分散したすす質量が、DPF内の排気ガス流速及びすす反応速度の関数である、請求項8に記載のDPFの保全方法。

【請求項10】

前記少なくとも1つの停止条件の別の条件の1つとして、所定時間の経過を含む、請求項6に記載のDPFの保全方法。

【請求項11】

請求項1の方法を実行するための、コンピュータ可読媒体に格納されたコンピュータプログラム。

30

【請求項12】

圧力センサ装置と制御システムとを用いてDPFにおけるすす目詰まり量を推定する方法であって、

前記圧力センサ装置によってDPFの両端における圧力降下量を測定すること、前記制御システムによってDPF内のすす目詰まり質量の推定値を再帰フィルタに適用することであって、

前記推定値には、すすが均一に目詰まりしていると仮定した場合のDPF両端における前記圧力降下量の関数として決定された第1の成分と、すすの反応速度とDPFにおける排気ガス流速との関数により決定された、モデル化された不均一分散したすす質量である第2の成分とが含まれており、及び

40

前記制御システムによって再帰フィルタを使用して、測定された前記圧力降下量に基づいてすす目詰まり質量の前記初期推定値を更新し、該更新によってDPF内のすす目詰まり質量の更新推定値を求めること

を含む、DPFにおけるすす目詰まり量を推定する方法。

【請求項13】

前記フィルタがカルマンフィルタである、請求項12に記載のDPFにおけるすす目詰まり量を推定する方法。

【請求項14】

50

前記カルマンフィルタの測定ノイズ共分散が、不均一分散したすす質量推定値の関数である、請求項 1 3 に記載の D P F におけるすす目詰まり量を推定する方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 の方法を実行するための、コンピュータ可読媒体に格納されたコンピュータプログラム。

【請求項 1 6】

ディーゼルエンジンと、

該エンジンの下流側の D P F と、

D P F の両端における圧力降下量を測定する圧力センサ装置と、

D P F 内のすす目詰まり質量の推定値及び圧力センサ装置からの D P F の両端における前記圧力降下量の測定値が得られると、D P F 内のすす目詰まり質量の前記更新推定値が求められるよう、且つ、すす目詰まり質量の前記更新推定値を含めた少なくとも 1 つのトリガ条件にตอบสนองして D P F の能動再生を開始するよう構成された再帰フィルタを有する制御システムであって、前記推定値には、すすが均一に目詰まりしていると仮定した場合の D P F 両端における前記圧力降下量の関数として決定された第 1 の成分と、すすの反応速度と D P F における排気ガス流速との関数により決定された、モデル化された不均一分散したすす質量である第 2 の成分とが含まれている、制御システムとを備えるディーゼルエンジンシステム。

10

【請求項 1 7】

前記圧力センサ装置が、D P F の両端における圧力降下量を少なくとも定期的に測定し

20

、前記制御システムが、該少なくとも定期的に測定された圧力降下量のそれぞれに基づいてすす目詰まり質量の前記更新推定値を定期的に更新し、該更新によってすす目詰まり質量の更新推定値が複数得られるよう、且つ、該複数のすす目詰まり質量の更新推定値の標準偏差を定期的に算出するよう構成されており、

すす目詰まり質量の前記更新推定値と前記複数のすす目詰まり質量の更新推定値の前記標準偏差又は前記推定誤差の関数との和が所定値を上回る場合、前記制御システムが再生を開始する、請求項 1 6 に記載のディーゼルエンジンシステム。

【請求項 1 8】

前記再帰フィルタがカルマンフィルタである、請求項 1 6 に記載のディーゼルエンジンシステム。

30

【請求項 1 9】

前記カルマンフィルタの測定ノイズ共分散が、モデル化された不均一分散したすす質量の関数である、請求項 1 8 に記載のディーゼルエンジンシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、概して、ディーゼル排気微粒子フィルタ ( D P F ) を有する排気システムを備えたディーゼルエンジンに関し、特に、D P F の能動再生の開始及び停止を行う方法及び装置に関する。

40

【背景技術】

【0 0 0 2】

今日では、ディーゼルエンジンにおいて、エンジン排気の微粒子を濾過するためにエンジンの下流側に D P F を使用することが一般的である。D P F により捕集されたすすの量が過剰になると、すすの燃焼を制御できなくなり、D P F が割れたり溶解したりする可能性がある。この現象は、「暴走 ( r u n a w a y ) 」又は非制御 ( u n c o n t r o l l e d ) 再生と称される。D P F に過剰なすすが蓄積することから派生して、その他の問題も生じる可能性がある。例えば、エンジン背圧が増加すると、エンジン動作、ひいては燃料消費にも悪影響が及ぶことが考えられる。

【0 0 0 3】

50

暴走再生などの上記問題を回避するには、D P Fを損傷させない制御状態において、 $O_2$ 酸化により所謂能動再生を行い、すすを完全に燃焼させることでD P Fを定期的にクリーニングすることが一般的である。排気システムにおいては、通常、D P Fフィルタのすすの目詰まり量が約5 g / l ( 1リットル当たりのグラム数 ) のレベルに達すると、能動再生が行われる。フィルタが或るすすモデルを有する場合、そのすす目詰まり量のレベルに対応している或る圧力降下量をD P Fの両端で測定するセンサを用いて、この能動再生サイクルが開始される。所定時間にわたる動作など、他の事象によっても能動再生が生じ得る。

#### 【 0 0 0 4 】

本明細書において、エンジン動作の態様の「モデル」という表現は、概して、既知のエンジンパラメータ及び/又はセンサ測定値に基づいてリアルタイム又はオフラインでのそれらの動作態様を算出するシミュレーションソフトのことを指す。そのようなモデルの開発は、ディーゼルエンジンの分野では既知であるが、このようなモデルの多くは、開発対象の特定のエンジンのみに関するものであって、このようなモデルの開発は、別途明記のない限り、本発明の一部として組み込まれるものではない。そのようなエンジン動作モデルに関連した変数及びパラメータは、通常、エンジン動作に関する広範な試験によって決定されるが、それらを決定するプロセスも、ディーゼルエンジンの分野において既知である。

10

#### 【 0 0 0 5 】

理想的なケースでは、すすがD P Fに均一に捕集されるが、実際には必ずしもそうでない。すす分布が不均一になる要因として、例えば、ハイウェイ走行中にしばしば生じるように、D P Fを通過する流速が高速であることと、排気ガス中の $NO_2$ を用いてすすを酸化させる際に行われる受動再生との2つが挙げられる。受動再生は、一般的に、D P Fの通常動作温度の範囲内に少なくとも部分的に含まれる約250 °C ~ 450 °Cの温度範囲において行われる。能動再生は通常、550 °Cを上回る温度において行われる。

20

#### 【 0 0 0 6 】

D P Fの両端における圧力降下量の関数に基づいた能動再生サイクルの開始は、均一なすす分布を前提としている。すすの分布が不均一であると、D P F両端における圧力降下がトリガ点に達していなくても、D P Fの一部では暴走再生を引き起こし得るレベル以上の量のすすが目詰まりしている一方で、D P Fの他の部分ではすす目詰まり量のレベルがそのレベルよりも低くなってしまふ可能性がある。つまり、条件によっては、圧力降下の測定値が、D P Fの一部における実際のすす目詰まり量よりも低くなってしまい、これが原因となってD P Fが損傷する可能性がある。

30

#### 【 0 0 0 7 】

一旦、能動再生が開始すると、フィルタの再生スケジュールに従って所定時間にわたり再生が行われ、すすが完全に又はほぼ完全に燃焼される。

#### 【 発明の概要 】

#### 【 発明が解決しようとする課題 】

#### 【 0 0 0 8 】

すす目詰まり量が均一でないことがあるD P Fにおいては、能動再生を開始させるシステム及び方法が求められている。また、すす目詰まり量が均一でないことがあるD P Fにおいて、能動再生を終了させるシステム及び方法も求められている。

40

#### 【 課題を解決するための手段 】

#### 【 0 0 0 9 】

本発明の一実施形態において、D P Fを保全する方法を開示する。この方法では、D P F両端における圧力降下量が測定される。好適な実施形態として、D P F内のすす目詰まり量の初期推定値が再帰フィルタに適用される。本発明の別の実施形態においては、代替的に、コスト関数又は重量関数を適用してもよい。再帰フィルタを使用して、測定された圧力降下に基づいて、すす目詰まり量の初期推定値を更新し、この更新によってD P Fのすす目詰まり量の更新推定値が得られる。少なくとも1つのトリガ条件の最初の条件が発

50

生すると、D P F の能動再生が開始されるが、すす目詰まり量の更新推定値が所定値に達することも、その少なくとも1つのトリガ条件の1つである。

【0010】

本発明の別の実施形態において、D P F 内のすす目詰まり量を推定する方法を開示する。この方法では、D P F 両端における圧力低下量が測定される。D P F 内のすす目詰まり量の初期推定値が再帰フィルタに適用される。再帰フィルタを使用して、測定された圧力低下に基づいてすす目詰まり量の初期推定値が更新され、この更新によってD P F 内のすす目詰まり量の更新推定値が得られる。

【0011】

本発明の別の実施形態において、ディーゼルエンジンシステムは、ディーゼルエンジンと、エンジンの下流側のD P F と、D P F 両端における圧力低下量を測定する圧力センサ装置と、制御システムとを備える。その制御システムは、D P F 内のすす目詰まり量の推定値及び圧力センサ装置からのD P F 両端における圧力低下量の測定値が得られると、D P F 内のすす目詰まり量の更新推定値が求められるよう、更に、すす目詰まり量の更新推定値を含めた少なくとも1つのトリガ条件にตอบสนองしてD P F の能動再生が開始されるように構成された再帰フィルタを有する。

10

【0012】

本発明の特徴及び利点は、同様の構成要素には同様の参照符号が付与された図面に対応した以下の詳細な説明により、十分に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

20

【0013】

【図1】本発明の実施形態による、D P F を含むエンジン排気システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

図1に示す本発明の実施形態によるディーゼルエンジンシステム21は、ディーゼルエンジン23と、エンジンシリンダの下流側にD P F 27を含む排気管25とを備える。通常は差圧(デルタP)センサを含むセンサ装置29が、D P F 27の入口及び出口で圧力を測定する。能動再生中に排気ガス流の温度を上昇させるために、D P F 27の内部又は上流側に加熱素子又は装置(図示せず)を配置する。センサ装置29は一般的に、通常は少なくともD P F 内で、D P F の上流側及び下流側で排気ガス流の温度を監視するためのモニタも有する。

30

【0015】

コントローラ31が設けられている。コントローラ31は、デルタPセンサ及び温度モニタから信号を受け取り、その信号を処理し、信号に応じて能動再生を開始すべきかどうかを、あるいは能動再生が開始している場合、それを停止すべきかどうかを決定する。能動再生を開始すべきであるとコントローラ31が決定した場合、その信号がコントローラ31から加熱素子に送られ、排気ガス流が加熱される。能動再生を停止すべきであるとコントローラ31が決定した場合、その信号がコントローラ31から加熱素子に送られ、排気ガス流の加熱が停止される。

【0016】

40

コントローラ31を用いて、D P F 25内の推定すす目詰まり量の関数に応じて能動再生の開始及び停止を行うことができる。すす目詰まり量の推定値は、デルタPセンサ及び温度モニタからの入力を用いた、コントローラ31が実行する再帰フィルタリング手順から得られる。現段階では、推定値を得るには、離散的カルマンフィルタを使用することが好ましいと思われる。

【0017】

本発明の実施形態において、D P F のすす目詰まり量は、好ましくはカルマンフィルタなどの再帰フィルタリング手法を使用して推定される。D P F の能動再生の開始及び停止を、すす目詰まり量の推定値の関数に応じて行ってよい。再帰カルマンフィルタを使用して、蓄積したすす質量及び不均一に分布したすす量を推定するためのプロセスを以下に

50

記載する。

【 0 0 1 8 】

〔すす目詰まり量の推定 / モデル予測 - x〕

カルマン方程式解析に基づいて、DPFのすす目詰まりプロセスによるDPFのすす目詰まり量の推定値を一次確率微分方程式を用いて求める。

【 0 0 1 9 】

【数 1】

$$(1) \quad x_k = A_k x_{k-1} + B_k u_{k-1} + w_{k-1}$$

【 0 0 2 0 】

10

但し、

$x_k$  は、時間  $k$  における推定すす目詰まり量であり、

$A$  は、運転関数又はプロセスノイズのいずれか一方がない状態で、直前の時間ステップ  $k - 1$  におけるすす目詰まりの状態  $x_{k-1}$  を、現在の時間ステップ  $k$  における状態  $x_k$  と関連付ける  $n \times n$  マトリックスであって、DPF再生モデルによって決定され、

$u$  は、エンジンすす発生モデルによって決定されるエンジンすす発生率に対する制御入力値であり、

$B$  は、前の時間ステップ  $k - 1$  における値  $u$  を、時間ステップ  $k$  におけるすす目詰まり状態  $x_k$  と関連付ける、フィルタ効率によって決定される  $n \times 1$  マトリックスであり、

$w$  は、プロセスモデルの不確定性 (ノイズ) である。

20

【 0 0 2 1 】

〔測定値 - z〕

測定値、特にDPFの両端での圧力低下量は、次式で表される。

【 0 0 2 2 】

【数 2】

$$(2) \quad z_k = H_k x_k + v_k$$

【 0 0 2 3 】

但し、

$z_k$  は、時間ステップ  $k$  における、DPFの両端における圧力低下 (以下ではデルタ P ) の、デルタ P センサからの測定値であり、

30

$H$  は、すす目詰まり状態、すなわち  $x$  を DPFの両端におけるデルタ P の測定値  $z_k$  と関連付ける  $m \times n$  マトリックスであり、

$v$  は、測定値の不確定性 (ノイズ) である。

【 0 0 2 4 】

プロセスノイズ又は不確定性  $w$  及び測定ノイズ又は不確定性  $v$  のランダム変数が互いに独立的であって、正規確率分布を有するとする。

【 0 0 2 5 】

【数 3】

$$(3) \quad p(w) \sim N(0, Q)$$

40

【 0 0 2 6 】

【数 4】

$$(4) \quad p(v) \sim N(0, R)$$

【 0 0 2 7 】

但し、

$Q$  は、プロセスノイズ共分散であり、

$R$  は、測定ノイズ共分散である。

$Q$  及び  $R$  の値を試験セルで較正する。 $Q$  は、内部モデル  $x_k = A_k x_{k-1} + B_k u_k$

50

$z_k = H_k \cdot x_k + w_k$  の予測誤差の測定値により較正され、 $R$  は、センサからのモデル  $z_k = H_k \cdot x_k + v_k$  の予測誤差の測定値により較正される。モデル予測及び測定値の不確定性は独立であり、平均値ゼロの正規分布として記述される。

【0028】

〔すす発生率 -  $u$ 〕

エンジンすす発生率  $u$  は、エンジンすす発生モデルを用いて推定される。過渡サイクルインジケータ  $I_t$  を導入することで、予測値を調節し、推定値の精度を改善することができる。 $I_t$  は、次式のように表される。

【0029】

【数5】

$$(5) \quad I_t = C_1 + \frac{C_2}{T_s} \cdot \left( \frac{AFR_{k-1}}{AFR_k} - 1 \right)$$

【0030】

$AFR$  は、空燃比であり、

$T_s$  は、サンプリング時間間隔であり、

$C_1$  は、エンジンすす発生モデルを適正に較正する際の「1」に等しいパラメータであり、

$C_2$  は、特定のすす発生モデルについての較正パラメータである。

【0031】

過渡サイクルインジケータ  $I_t$  は、常に  $C_1$  以上である、すなわち  $AFR_{k-1} < AFR_k$  のとき、アルゴリズムにおいて  $I_t$  が  $C_1$  として自動的に設定される。

【0032】

〔すす再生ファクタ -  $A$ 〕

排気ガスを通常動作中に比較的低温下で  $NO_2$  と反応させること、及び、排気ガスを再生プロセス中に  $O_2$  と反応させることにより、すすを完全に燃焼させることで、DPFが再生される。 $NO_2$  及び  $O_2$  はそれぞれ、約  $250 \sim 450^\circ C$  及び  $550^\circ C$  未満の温度範囲でDPFのすすと反応する。すす再生モデルは、次式のように表される。

【0033】

【数6】

$$(6) \quad A_k = 1 - T_s \cdot rr_k$$

【0034】

$T_s$  は、制御システムのサンプリング時間であり、

$rr$  はすす反応速度であって、これは次式：

【数7】

$$(7) \quad rr_k = C_3 \cdot [O_2]_k \cdot \exp[-E_{o_2} / (R_g T_k)] + C_4 \cdot [NO_2]_k \cdot \exp[-E_{no_2} / R_g T_k]$$

【数8】

$$(8) \quad [O_2]_k = \frac{(AFR_k - AFR_s) \times 0.21}{AFR_k + 0.065 \times AFR_s}$$

として表される。

$[O_2]$  は、排気ガス流中の酸素濃度であり、

$[NO_2]$  は、排気ガス流中の  $NO_2$  濃度であり、

$R_g$  は、ガス定数であり、

$AFR_k$  は、時間  $k$  における空燃比であり、

$AFR_s$  は、ディーゼルの確率空燃比であり、

$C_3$ 、 $C_4$ 、 $E_0$  及び  $E_{no_2}$  は、試験によって決定された較正パラメータである。

【0035】

10

20

30

40

50

〔デルタPセンサ測定値  $z$  に基づく、すす目詰まり量推定値  $x$  に対する不均一なすす分布調節値  $x_{nud}$  〕

すす目詰まり分布がDPF全体にわたって均一である場合、デルタP測定値に基づくすす目詰まり量推定値は、次式により表される。

【0036】

【数9】

$$(9) \quad x_{p(k)} = z_k / H_k$$

【0037】

$x_{p(k)}$  は、均一分布の場合のデルタPセンサ予測すす目詰まり量であり、

$z_k$  は、デルタPセンサの測定値であり、

$H_k$  は、排気ガスの体積流量及び排気ガスの温度に基づいて算出された、デルタPセンサに基づくすす目詰まり量推定値である。

【0038】

しかし、実際のDPFにおけるすす分布は不均一であることが多く、その場合、デルタPセンサに基づくすすモデルによって予測されるすす目詰まり量は、DPFの少なくとも一部の領域では、実際のすす目詰まり量より低くなりがちである。従って、この差を推定するために不均一分布モデル  $x_{nud(k)}$  を用いる。

$$x_{tot(k)} - x_{nud(k-1)}$$

(但し、 $x_{tot}$  = 推定全すす目詰まり量) であり、且つ、

$$v_{k-1} > v_0$$

である場合、不均一分散モデルは、次式のように表される。

【0039】

【数10】

$$(10) \quad x_{nud(k)} = x_{nud(k-1)} + [k_1 \cdot rr_{(k-1)} + k_2 \cdot (v_{(k-1)} - v_0)^2] [x_{tot(k-1)} - x_{nud(k-1)}]$$

【0040】

$x_{nud(k)}$  は、時間  $k$  における不均一に分散したすす質量の推定値であり、

$x_{nud(k-1)}$  は、時間  $k-1$  における不均一に分散したすす質量の推定値であり、

$v_{el(k-1)}$  は、時間  $k-1$  における排気ガス流速であり、

$v_0$  は、不均一なすす分布が生じ得る排気ガス流速の最低速度であり、

$k_1$ 、 $k_2$  は、較正パラメータであり、

$rr_{(k-1)}$  は、時間  $k-1$  におけるすす反応速度である。

方程式(10)のモデルは、すす再生及び排気ガス速度が高いことにより、すすが不均一に分散するという予想に基づく。方程式(10)において、 $rr > 0$  のとき、何らかの  $x_{nud}$  が生じ、或いは、排気ガス速度が閾値を上回る場合、何らかの  $x_{nud}$  が生じる。現時点で存在する  $x_{nud}$  の値が大きいほど、 $x_{nud}$  の値が小さくなる。一旦  $x_{nud} = x_{tot}$  となると、それ以上の  $x_{nud}$  が発生することはない。

$$x_{tot(k-1)} - x_{nud(k-1)}$$

であり、且つ、

$$v_{k-1} = v_0$$

不均一分布モデルは、次式のように表される。

【0041】

【数11】

$$(11) \quad x_{nud(k)} = x_{nud(k-1)} + k_1 \cdot rr_{(k-1)} \cdot [x_{tot(k-1)} - x_{nud(k-1)}]$$

【0042】

$v_{k-1} = v_0$ 、すなわち  $v_{k-1} = 0$  のとき、方程式(10)から該当箇所が消去される。

$x_{tot(k-1)} < x_{nud(k-1)}$  のとき、

10

20

30

40

50

【数 1 2】

$$(12) \quad x_{nud(k)} = x_{nud(k-1)} - rr_{(k-1)} \cdot x_{tot(k-1)}$$

であり、このとき、 $x_{k-1} < v_0$  である。全すす量は  $x_{nud}$  であり、全すす目詰まり量が減少中であることがわかる。従って、 $x_{nud}$  は減少するはずであり、その減少速度は  $rr \cdot x_{tot}$  である。

【0043】

不均一なすすの分布を、上記のように調節すると、デルタ P センサに基づくすす目詰まり量モデルは、次式のように表される。

【0044】

【数 1 3】

$$(13) \quad z_{tot(k)} = H_k (x_{p(k)} + x_{nud(k)})$$

【0045】

$z_{tot(k)}$  は、 $x_{p(k)} + x_{nud(k)}$  が正常であるとして算出された圧力降下量である。モデル推定値の分散、すなわち測定ノイズ共分散は、次式に基づいて調節される。

【0046】

【数 1 4】

$$(14) \quad R_k = R_0 \cdot \exp(k_3 \cdot x_{nud(k)})$$

【0047】

$R_0$  は、すすが均一に分散している場合のモデル推定値の分散であり、

$k_3$  は、較正パラメータである。

【0048】

アプリアリすす目詰まり量推定値及びデルタ P センサ測定値を使用して離散時間カルマンフィルタを作成することにより、DPF のすす目詰まり量のアポステリオリ推定値が得られる。離散時間カルマンフィルタ時間更新又は予測方程式は、時間  $k$  におけるアプリアリ状態推定値によって表される（次式において、 $x_k = x_{p(k)} + x_{nud(k)}$  且つ  $x_{k-1} = x_{p(k-1)} + x_{nud(k-1)}$  が理解されよう）。

【数 1 5】

$$(15) \quad \hat{x}_k^- = A_k \hat{x}_{k-1} + B_k u_{k-1} = \hat{x}_{k-1} - Ts \cdot rr_k \cdot \hat{x}_{k-1} + B_k u_{k-1}$$

また、この式は、アプリアリ推定値誤差共分散によっても表される。

【数 1 6】

$$(16) \quad P_k^- = P_{k-1} A_k^2 + Q = P_{k-1} + Ts \cdot rr \cdot (Ts \cdot rr - 2) \cdot P_{k-1} + Q$$

カルマンフィルタ測定値更新又は補正方程式は、カルマン利得方程式：

【数 1 7】

$$(17) \quad K_k = P_k^- H_k (P_k^- H_k^2 + R_k)^{-1}$$

によって、また測定  $z_{tot(k)}$  を行った時間  $k$  におけるアポステリオリ状態推定値：

【数 1 8】

$$(18) \quad \hat{x}_k = \hat{x}_{k-1} + [B_k u_{k-1} + K_k (z_{tot(k)} - H_k \hat{x}_k^-) - Ts \cdot rr \cdot \hat{x}_{k-1}]$$

によって表される。（但し、残留 ( $z_{tot(k)} - H_k \hat{x}_k^-$ ) は、実際のデルタ P 測定値と DPF 両端におけるデルタ P 測定値との差である）（「 $H_k \hat{x}_k^-$ 」の「 $x$ 」の上に「 $\wedge$ 」の記号を付与；数式 18 参照）。

また、アポステリオリ推定値誤差共分散方程式：

10

20

30

40

【数 19】

$$(19) \quad P_k = P_{k-1} + [Q - K_k H_k P_k^- + Ts \cdot rr \cdot (Ts \cdot rr - 2) \cdot P_{k-1}]$$

によって表される。

【0049】

直前のアポステリオリすす目詰まり量推定値に基づいてすす目詰まり量を連続的にアポステリオリ推定を行い、測定データを使用して更新を行い、それによって新しいアポステリオリすす目詰まり量推定値が得られる。アポステリオリすす目詰まり量推定値に応じて、能動再生の開始及び停止をトリガすることができる。

【0050】

〔能動再生開始のトリガ〕

アポステリオリ推定すす目詰まり量  $x_k$  とアポステリオリ推定すす目詰まり量の標準偏差  $E_k$  との和が所定値、すなわち  $x_k + E_k$  トリガ値に達するか、それを上回る場合、能動再生が開始される。

【0051】

〔能動再生停止のトリガ〕

推定すす目詰まり量が所定値より少ない、又は能動再生の合計時間が所定の時間制限に達する、又はすす発生速度及びすす酸化速度の差が所定値を下回る一方で、DPF温度が所定の閾値を上回る場合、いずれが最初に達しても、能動再生が停止される。

【0052】

通常はカルマンフィルタである再帰フィルタを有する制御システム31を備えるディーゼルエンジンシステム21の動作が進み、DPF25内のすす目詰まり量の初期推定値  $x_{k-1}$  (「初期推定値  $x_{k-1}$ 」の「x」の上に「^」の記号を付与；数式18参照)及び誤差共分散  $P_{k-1}$  と、DPF両端における圧力降下のセンサ装置29による測定値  $z_{tot}(k)$  とが求められると、DPF内のすす目詰まり量の更新推定値  $x_k$  (「更新推定値  $x_k$ 」の「x」の上に「^」の記号を付与；数式18参照)が得られる。カルマンフィルタは一般的に、任意のコンピュータ可読媒体のコンピュータプログラムの一部であってよい。

【0053】

すす目詰まり量の更新推定値  $x_k$  を含めた少なくとも1つのトリガ状態にตอบสนองして、DPF25の能動再生がトリガされる、すなわち制御システム31が再生プロセスが開始される。

【0054】

センサ装置29は通常、DPF25の両端での圧力降下を少なくとも定期的に測定し、DPFの入口及び出口の近傍に圧力センサを有する。加えて、センサ装置29は通常、DPF内のガス温度も測定する。制御システム31は通常、少なくとも定期的な圧力降下測定値  $z_{tot}(k)$  のそれぞれの測定値に基づいてすす目詰まり量の更新推定値  $x_k$  を定期的に更新し、それによって複数のすす目詰まり量更新推定値  $x_k$  が得られ、複数のすす目詰まり量更新推定値の標準偏差  $E_k$  を定期的に算出する。制御システム31は通常、すす目詰まり量更新推定値  $x_k$  と複数のすす目詰まり量更新推定値の標準偏差  $E_k$  との和が所定値を上回る場合、再生をトリガするよう構成されている。少なくとも1つの停止条件のうち別の最初の条件が生じると、再生を停止させることができ、すす目詰まり量更新推定値  $x_k$  が別の所定値に達することは、少なくとも1つの停止条件の1つである。別の停止条件は、例えば、再生の開始から所定の時間が経過することである。

【0055】

カルマンフィルタ  $R_k$  における測定ノイズ共分散は、方程式(14)として上述した関係に基づいた不均一分散のすす質量推定値  $x_{nud}(k)$  の関数として表され、ここで不均一分散のすす質量推定値  $x_{nud}(k)$  は、方程式(10)、(11)及び(12)に上述した関係に基づいてDPF25内の排気ガス流速  $v_{(k-1)}$  及びすす反応速度  $r_{r(k-1)}$  の関数である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

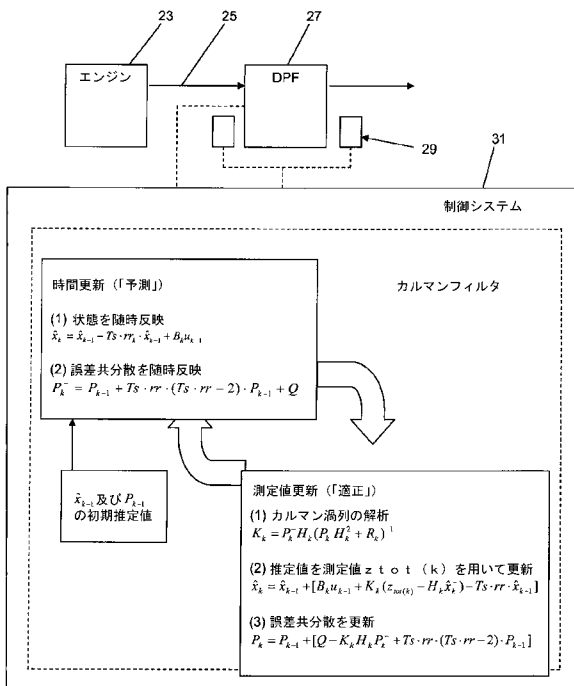
本明細書において、「含む」などの用語は、広義的に用いられており、「有する」等の用語と同じ意味を有し、記載した以外にも構成要素、材料又は動作が存在する可能性を排除しないものとする。同様に、「できる」又は「よい」等の用語も、広義的に用いられており、その構成要素、材料又は動作が必須ではないことを示唆するものとするが、そのような用語を使用しないことが、構成要素、材料及び動作が必須であることを示すわけではない。構成要素、材料及び動作が現時点で必須であるとみなされる場合にのみ、これらが必須であると理解されたい。

【 0 0 5 7 】

以上、好ましい実施形態に関連させて本発明を図示及び説明してきたが、これらに様々な修正及び改変を加えた実施形態も、添付の特許請求の範囲に含まれるものとする。

10

【 図 1 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100163212

弁理士 溝渕 良一

(74)代理人 100148161

弁理士 秋庭 英樹

(72)発明者 タイ, チュン

アメリカ合衆国 21742 メリーランド州, ハガースタウン, キングス クレスト ブールバ  
ード 20339

(72)発明者 スヴェンソン, ケンス, アイ.

アメリカ合衆国 21740 メリーランド州 ハガースタウン モンロー アヴェニュー 98  
8

審査官 今関 雅子

(56)参考文献 特開2004-044457(JP, A)

特開2004-019523(JP, A)

特開2005-171979(JP, A)

特開2005-207404(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01N 3/02- 9/00

B01D 46/00-46/54