

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-98823

(P2015-98823A)

(43) 公開日 平成27年5月28日(2015.5.28)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
FO1N	3/023	(2006.01)	FO1N	3/02	321K	2G060
FO1N	3/02	(2006.01)	FO1N	3/02	301Z	3G190
GO1N	27/04	(2006.01)	GO1N	27/04	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2013-238968 (P2013-238968)  
 (22) 出願日 平成25年11月19日 (2013.11.19)

(71) 出願人 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 永澤 広偉  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 Fターム(参考) 2G060 AA03 AE07 AF02 AG03 HB01 HE01

最終頁に続く

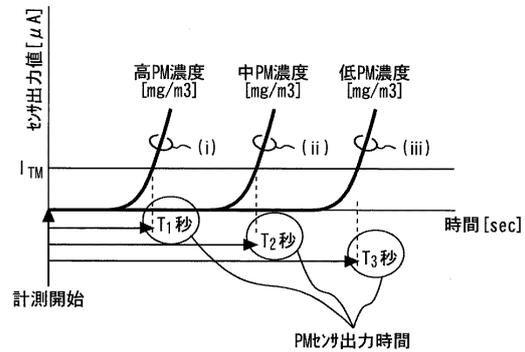
(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気微粒子濃度検出装置

(57) 【要約】

【課題】この発明はディーゼル機関から排出される排気微粒子の濃度を検出するうえで好適な排気微粒子濃度検出装置に関し、PMの付着量に応じた出力値を発生するPMセンサを用いて、排気ガス中のPM濃度を精度良く検知することを目的とする。

【解決手段】PMの付着量に応じた出力値を発生するセンサ素子30を具備するPMセンサ22を排気通路16に配置する。PMセンサ22は更にセンサ素子30に付着したPMを消失させるヒータ42を備える。ECU24は、PMの消失によるPMセンサ22のリセット後、出力値が立ち上がるまでに要した出力立ち上がり時間(T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>)に基づいてPMの濃度検出値を算出する。濃度検出値は、出力立ち上がり時間(T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>)が短いほど大きな値に算出される。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

排気微粒子の付着量に応じた出力値を発するセンサ素子と、当該センサ素子に付着した排気微粒子を消失させる微粒子除去機構とを備える排気微粒子センサと、

前記排気微粒子の消失によるリセットの後、前記出力値が立ち上がるまでに要した出力立ち上がり時間に基づいて排気微粒子の濃度を表す濃度検出値を算出する電子機器とを備え、

前記濃度検出値は、前記出力立ち上がり時間が短いほど大きな値に算出されることを特徴とする内燃機関の排気微粒子濃度検出装置。

**【請求項 2】**

前記センサ素子は、内燃機関の排気通路に露出された絶縁体と、当該絶縁体に配置された一对の電極と、当該一对の電極間に電圧を印加する電源機構と、を具備し、

前記微粒子除去機構は、前記絶縁体を加熱して排気微粒子を焼失させるヒータを具備することを特徴とする請求項 1 に記載の排気微粒子濃度検出装置。

**【請求項 3】**

前記出力立ち上がり時間は、前記リセットの後、前記出力値が判定閾値を越えるまでに要した時間であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の排気微粒子濃度検出装置。

**【請求項 4】**

前記出力立ち上がり時間は、前記リセットの後、前記出力値の増加率が判定閾値を越えるまでに要した時間であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の排気微粒子濃度検出装置。

**【請求項 5】**

前記電子機器は、内燃機関の排気流速に基づいて前記濃度検出値を補正し、

当該補正は、少なくとも一部の排気流速域では、排気流速が低いほど、前記濃度検出値が大きな値になるように大きな補正率で行われることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の排気微粒子濃度検出装置。

**【請求項 6】**

前記排気流速の変化に対する前記補正率の変化の傾きは、排気流速が変局値より低い低排気流速域においてより、排気流速が前記変局値より高い高排気流速域において緩やかであることを特徴とする請求項 5 に記載の排気微粒子濃度検出装置。

**【請求項 7】**

前記電子機器は、排気ガスと前記センサ素子の温度差に基づいて前記濃度検出値を補正し、

当該補正は、排気ガスが前記センサ素子に比して高温であるほど前記濃度検出値が小さな値になるように行われることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の排気微粒子濃度検出装置。

**【請求項 8】**

排気微粒子濃度推定モデルを用いて、内燃機関から排出される排気微粒子の濃度推定値を算出する排気微粒子濃度推定手段と、

前記濃度推定値が前記濃度検出値に近づくように前記排気微粒子濃度推定モデルのパラメータを学習するパラメータ学習手段と、

を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の排気微粒子濃度検出装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

この発明は、内燃機関の排気微粒子濃度検出装置に係り、特に、ディーゼル式の内燃機関から排出される排気微粒子の濃度を検出するうえで好適な排気微粒子濃度検出装置に関する。

**【背景技術】**

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 2 】

下記特許文献 1 には、内燃機関から排出される排気微粒子（以下「PM」（Particulate Matter）と称す）の濃度を PM センサを用いて検出するシステムが開示されている。このシステムが用いる PM センサは、絶縁体と、そこに配置された一対の電極とを備えている。電極対には、それらの間に電圧を印加するための電源回路が接続されている。

## 【 0 0 0 3 】

PM センサの絶縁体は排気通路内に晒されている。このため、絶縁体表面には、排気ガス中に含まれる PM が、時間の経過と共に堆積されていく。PM は導電体であるため、電極対間の電気抵抗は、PM の堆積量が増えるに従って低下する。上記従来システムはこの性質を利用して、以下のような手法で PM 濃度を検出することとしている。

10

## 【 0 0 0 4 】

すなわち、上記従来システムは、電極間に電圧を印加し、その状態で電極対間に流れる電流を出力値として検知する。そして、このシステムは、所定の計測時間の前後で出力値に生じた変化量を検知し、その変化量に基づいて PM 濃度を計算する。

## 【 0 0 0 5 】

PM センサの絶縁体には、PM 濃度が高いほど多くの PM が付着する。そして、PM センサの出力値は、計測時間中に付着した PM の量に応じた変化を示す。このため、出力値の変化量は PM 濃度と相関を有しており、上記の手法によれば排気ガス中の PM 濃度をある程度正確に検知することができる。

## 【 先行技術文献 】

20

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 2 - 1 5 0 0 2 8 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 8 - 1 9 0 5 0 2 号 公 報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 7 】

しかしながら、PM センサの出力値に現れる変化量は、計測時間中に新たに付着した PM 量だけを反映したのではなく、計測時間の開始時点で既に付着していた PM 量の影響をも受けている。このため、上記の計測時間を任意のタイミングで開始した場合、その後で生じた出力値の変化量からは、PM 濃度を精度良く検知することはできない。

30

## 【 0 0 0 8 】

上記の PM センサは、絶縁体に付着している PM をヒータ加熱によって焼失させることができる。計測時間の開始前にこの機能によって PM を焼失させれば、その開始の時点における PM の付着状態を揃えることが可能である。しかしながら、このような処理を行ったとしても、計測時間の前後に生ずる出力値の変化量は、必ずしも排気ガス中の PM 濃度と正確に対応した値にはならない。

## 【 0 0 0 9 】

すなわち、上記の焼失により絶縁体表面の PM が除去されると、その後ある程度の PM が付着するまでの間は、電極対間に電流の流通経路が存在しない状態となり、その間は出力値が発生しない。そして、出力値が発生しない時間は、排気ガス中の PM 濃度に応じて大幅に変動する。このため、適当なタイミングで計測時間を開始する手法では、その計測時間中のどの時点で出力値に変化が現れ始めるかが定まらないため、結局のところ計測時間の前後で出力値に現れる変化量は、PM 濃度を正しく表したもとはならない。

40

## 【 0 0 1 0 】

以上のような理由により、上記従来システムは、PM 濃度を精度良く検出するという意味において、必ずしも最適なものではなかった。そして、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、PM の付着量に応じた出力値を発する PM センサを用いて、排気ガス中の PM 濃度を精度良く検知することのできる内燃機関の PM 濃度検出装置を提供することを目的とする。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

第1の発明は、上記の目的を達成するため、内燃機関の排気微粒子濃度検出装置であって、排気微粒子の付着量に応じた出力値を発するセンサ素子と、当該センサ素子に付着した排気微粒子を消失させる微粒子除去機構とを備える排気微粒子センサと、前記排気微粒子の消失によるリセットの後、前記出力値が立ち上がるまでに要した出力立ち上がり時間に基づいて排気微粒子の濃度を表す濃度検出値を算出する電子機器とを備え、前記濃度検出値は、前記出力立ち上がり時間が短いほど大きな値に算出されることを特徴とする。

## 【0012】

また、第2の発明は、第1の発明において、前記センサ素子は、内燃機関の排気通路に露出された絶縁体と、当該絶縁体に配置された一对の電極と、当該一对の電極間に電圧を印加する電源機構と、を具備し、前記微粒子除去機構は、前記絶縁体を加熱して排気微粒子を焼失させるヒータを具備することを特徴とする。

10

## 【0013】

また、第3の発明は、第1又は第2の発明において、前記出力立ち上がり時間は、前記リセットの後、前記出力値が判定閾値を越えるまでに要した時間であることを特徴とする。

## 【0014】

また、第4の発明は、第1又は第2の発明において、前記出力立ち上がり時間は、前記リセットの後、前記出力値の増加率が判定閾値を越えるまでに要した時間であることを特徴とする。

20

## 【0015】

また、第5の発明は、第1乃至第4の発明の何れかにおいて、前記電子機器は、内燃機関の排気流速に基づいて前記濃度検出値を補正し、当該補正は、少なくとも一部の排気流速域では、排気流速が低いほど前記濃度検出値が大きな値になるように、排気流速が低いほど大きな補正率で行われることを特徴とする。

## 【0016】

また、第6の発明は、第5の発明において、前記排気流速の変化に対する前記補正率の変化の傾きは、排気流速が変局値より低い低排気流速域においてより、排気流速が前記変局値より高い高排気流速域において緩やかであることを特徴とする。

30

## 【0017】

また、第7の発明は、第1乃至6の発明の何れかにおいて、前記電子機器は、排気ガスと前記センサ素子の温度差に基づいて前記濃度検出値を補正し、当該補正は、排気ガスが前記センサ素子に比して高温であるほど前記濃度検出値が小さな値になるように行われることを特徴とする。

## 【0018】

また、第8の発明は、第1乃至7の発明の何れかにおいて、排気微粒子濃度推定モデルを用いて、内燃機関から排出される排気微粒子の濃度推定値を算出する排気微粒子濃度推定手段と、前記濃度推定値が前記濃度検出値に近づくように前記排気微粒子濃度推定モデルのパラメータを学習するパラメータ学習手段と、を備えることを特徴とする。

40

## 【発明の効果】

## 【0019】

第1の発明によれば、リセットの後の出力立ち上がり時間に基づいて排気微粒子の濃度検出値を算出することができる。この出力立ち上がり時間は、排気ガス中のPM濃度と高い相関を有している。このため、本発明によれば、排気ガス中のPM濃度を精度良く表す濃度検出値を得ることができる。

## 【0020】

第2の発明によれば、第1の発明におけるセンサ素子を、絶縁体と、一对の電極と、その間に電圧を印加する電源機構とで実現することができる。また、この発明によれば、第1の発明における微粒子除去機構をヒータにより実現することができる。

50

## 【 0 0 2 1 】

第3の発明によれば、リセットの後、センサ素子の出力値が判定閾値を越えるまでの時間を計数することで出力立ち上がり時間を検知することができる。

## 【 0 0 2 2 】

第4の発明によれば、リセットの後、センサ素子の出力値の増加率が判定閾値を越えるまでの時間を計数することで出力立ち上がり時間を検知することができる。

## 【 0 0 2 3 】

第5の発明によれば、少なくとも一部の排気流速域で、排気流速が低いほど濃度検出値を大きな値に補正することができる。排気流速が低い領域では、PMがセンサ素子まで辿り着けない事態が生じ易く、濃度検出値が現実のPM濃度に対して過少な値と成り易い。本発明によればこのような特性を相殺して、現実のPM濃度と精度良く一致する濃度検出値を得ることができる。

10

## 【 0 0 2 4 】

第6の発明によれば、排気流速の変化に対する補正率の変化の傾きを、高排気流速域において、低排気流速域においてより緩やかにすることができる。この場合、低排気流速域では排気流速の変化に対して高い感度で濃度検出値が補正され、一方、高排気流速域では、排気流速の変化に対する濃度検出値の補正感度が低く抑えられることになる。低排気流速域では、排気流速が下がるほどPMはセンサ素子に辿り着きにくくなるため、その影響を相殺するためには感度良く濃度検出値を補正する必要がある。これに対して、高排気流速域では、排気流速が早くなるに連れてPMがセンサ素子に辿り着き易くなる一方で、センサ素子に付着しているPMが吹き飛ばされ易くなる。このため、高排気流速域では、PM付着量が排気流速に影響され難くなり、排気流速の変化に対する補正の必要性が低下する。本発明によれば、上述した高排気流速域と低排気流速域の違いを適切に補正に反映させることができ、全排気流速域において精度良く現実のPM濃度と一致する濃度検出値を得ることができる。

20

## 【 0 0 2 5 】

第7の発明によれば、排気ガスがセンサ素子に比して高温であるほど濃度検出値を小さな値に補正することができる。排気ガスがセンサ素子に比して高温であると、その温度差に起因する熱泳動により、排気ガス中のPMはセンサ素子に向かって移動する現象が生ずる。このため、排気ガスがセンサ素子に比して高温であるほど、センサ素子に付着するPMの量が現実のPM濃度に対して過大になり易く、従って、濃度検出値も過大になり易い。本発明によればこのような特性を相殺して、現実のPM濃度と精度良く一致する濃度検出値を得ることができる。

30

## 【 0 0 2 6 】

第8の発明によれば、排気微粒子濃度推定モデルを用いて、PM濃度を表す濃度推定値を算出することができる。更に、本発明によれば、その濃度推定値が濃度検出値に近づくように排気微粒子濃度推定モデルのパラメータを学習することができる。本発明では、現実のPM濃度と精度良く一致する濃度検出値が得られている。このため、濃度推定値が濃度検出値と一致するようにパラメータを学習すれば、排気微粒子濃度推定モデルを、現実のPM濃度と精度良く一致する濃度推定値が算出できる状態に維持することができる。

40

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 7 】

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

【 図 2 】 図 1 に示すシステムが備えるPMセンサの断面図である。

【 図 3 】 図 2 に示すPMセンサの出力特性を説明するための図である。

【 図 4 】 図 2 に示すPMセンサにより検出される出力立ち上がり時間を濃度検出値に換算するためのマップの一例である。

【 図 5 】 PMセンサにより検出される出力立ち上がり時間と排気流速との関係を示す実験結果の一例である。

【 図 6 】 排気流速が濃度検出値に与える影響を排除するための補正係数のマップの一例で

50

ある。

【図 7】PM センサにより検出される出力立ち上がり時間と、排気ガスとセンサ素子の温度差との関係を示す実験結果の一例である。

【図 8】排気ガスとセンサ素子の温度差が濃度検出値に与える影響を排除するための補正係数のマップの一例である。

【図 9】図 9 ( a ) は排気流速の時間的変化を示す図である。図 9 ( b ) は排気流速の影響を考慮していない濃度検出値と、その濃度検出値に基づいて学習された PM 濃度推定モデルによって推定された濃度推定値の時間的変化を示す図である。

【図 10】図 10 ( a ) は排気流速の時間的変化を示す図である。図 10 ( b ) は排気流速の影響を排除した濃度検出値と、その濃度検出値に基づいて学習された PM 濃度推定モデルによって推定された濃度推定値の時間的変化を示す図である。

10

【図 11】図 1 に示すシステムにおいて実行される PM 濃度検出制御のブロック線図である。

【図 12】図 1 に示すシステムにおいて実行される PM 濃度検出制御のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0028】

実施の形態 1 .

[ 実施の形態 1 のシステム構成 ]

図 1 は、本発明の実施の形態 1 のシステムのハードウェア構成を説明するための図である。本実施形態のシステムはディーゼル式の内燃機関 10 を備えている。内燃機関 10 は、吸気通路 12 にエアフロメータ 14 を備えている。エアフロメータ 14 は吸気通路 12 を流れる空気の流量に応じた出力を発する。

20

【0029】

内燃機関 10 の排気通路 16 には、ディーゼルパーティキュレートフィルタ (DPF) 18 が配置されている。DPF 18 は、内燃機関 10 から排出される排気ガスに含まれる PM を除去するためのフィルタである。

【0030】

DPF 18 の上流には、排気温度センサ 20 が配置されている。また、DPF 18 の下流には、PM センサ 22 が配置されている。内燃機関 10 には、これらのセンサの他にも、機関回転数 NE を検知するための NE センサ、アクセル開度 AA を検知するためのアクセル開度センサ、冷却水温度 THW を検知するための水温センサなどが搭載されている ( 何れも図示省略 )。上述したエアフロメータ 14 を含めて、これらのセンサは何れも ECU 24 と電氣的に接続されている。

30

【0031】

ECU 24 は、その内部にマイクロコンピュータやメモリを備える電子機器である。本実施形態において、ECU 24 には、PM センサ 22 の出力等に基づいて排気ガス中の PM 濃度を検知するためのプログラムが格納されている。このプログラムの実行に際して、ECU 24 は、エアフロメータ 14 の出力に基づいて排気流速を、排気温度センサ 20 の出力に基づいて排気ガスの温度を、また、上述した各種センサの出力に基づいて機関回転数等の物理量を検知することができる。

40

【0032】

図 2 は、上述した PM センサ 22 の構成を説明するための断面図である。PM センサ 22 は、排気通路 16 に固定されるハウジング 26 を有している。ハウジング 26 の内部には、センサ素子 30 が保持されている。センサ素子 30 は、排気通路 16 の内外を隔絶するように装着される絶縁体 32 を備えている。絶縁体 32 の表面、即ち排気通路 16 の内部に晒される面には電極対 34 , 36 が配置されている。

【0033】

電極対 34 , 36 には、電源機構 38 と電流検知機構 40 が接続されている。電源機構 38 は、ECU 24 の指令に応じて電極対間に電圧を印加することができる。また、電流

50

検知機構 40 は、電極対 34, 36 の間を流れる電流を検知して、その結果を PM センサ 22 の出力値として ECU 24 に提供することができる。

【0034】

センサ素子 30 は、また、絶縁体 32 の裏面に貼付されたヒータ 42 と、このヒータ 42 を制御するためのヒータ制御機構 44 を備えている。ヒータ制御機構 44 は、ECU 24 の指令に応じて、ヒータ 42 の駆動を制御することができる。

【0035】

センサ素子 30 は、排気通路 16 の内部でカバー 46 により覆われている。カバー 46 には、その中に排気ガスを導くために、多数の通気孔が設けられている。また、カバー 46 には、センサ素子 30 の近傍に位置するように、素子温度センサ 48 が装着されている。素子温度センサ 48 は、センサ素子 30 の温度を検知して、その結果を ECU 24 に提供することができる。

10

【0036】

図 2 に示すように、内燃機関 10 から排出される排気ガス中には PM が含まれている。排気ガス中の PM は、通気孔を通してカバー 46 の内側に流入することができる。流入した PM の一部は絶縁体 32 の表面に付着する。本実施形態において、PM センサ 22 は、ヒータ 42 により絶縁体 32 を加熱することにより、このようにして付着した PM を焼失させることができる。

【0037】

絶縁体 32 の表面に PM が存在しない状況下では、二つの電極 34, 36 が電氣的に絶縁された状態となる。この場合、電極対間に電流が流通しないため PM センサ 22 (電流検知機構 40) から出力値は発せられない。一方、図 2 に示すように電極対間が PM によって埋められると、PM が導電性を有するため、電極 34, 36 間に電流が流れ得る状態となる。この場合、PM センサ 22 は、電源機構 38 によって印加される電圧と電極対間の電気抵抗とに応じた出力値を発する。

20

【0038】

[PM 濃度検出値の算出原理]

図 3 は、PM センサ 22 の出力特性を説明するための図である。本発明の発明者は、PM センサ 22 が、上述した特性を有することから、図 3 に示すような出力特性を示すことを見出した。本実施形態では、その出力特性を利用して、排気ガス中の PM 濃度を表す濃度検出値が算出される。

30

【0039】

図 3 中に示す  $I_{TH}$  は、本実施形態において用いられる判定閾値である。判定閾値  $I_{TH}$  は、PM センサ 22 の電極対 34, 36 間 PM によって埋められていく過程で、PM センサ 22 の出力値が急増する初期の段階で発生する電流として予め実験的に定めた値である。

【0040】

図 3 中に示す波形 (i) は、計測開始から  $T_1$  秒を要して PM センサ 22 の出力値が立ち上がった様子、即ち、計測開始の後、出力値が判定閾値  $I_{TH}$  を越えるまでに  $T_1$  秒の時間を要した様子を示している。また、波形 (ii) 及び波形 (iii) は、それぞれ、出力値が判定閾値  $I_{TH}$  を越えるのに  $T_2$  秒又は  $T_3$  秒の時間を要した様子を示している。以下、この時間を「出力立ち上がり時間」と称する。

40

【0041】

図 3 に示す「計測開始」は、内燃機関 10 の作動中に、絶縁体 32 に付着していた PM を焼失させた状態で電極対 34, 36 に電圧を印加し始めた時点の意味する。計測開始の後、電極 34, 36 間に付着 PM による導電経路が形成されるまでは出力値がほぼゼロに維持される。そして、電極 34, 36 間に PM の導電経路が形成されることにより出力値が発生し始め、その後、PM 付着量が増加して導通経路の電気抵抗が下がることにより出力値は大きな値に変化する。

【0042】

50

この際、出力立ち上がり時間は、PM付着量の増加速度が速いほど短時間となる。そして、PM付着量の増加速度は、排気ガス中のPM濃度が高いほど高速となる。このため、図3に示すように、出力立ち上がり時間 ( $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ ) は、排気ガス中のPM濃度が高いほど短時間となる ( $T_1 < T_2 < T_3$ )。

【0043】

図4は、PMセンサ22の出力立ち上がり時間 [sec] と、排気ガス中のPM濃度 [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] との関係を示すマップである。図4に示すマップは、排気ガス中のPM濃度を变化させてPM濃度毎に出力立ち上がり時間を計測した実験の結果から得たものである。このマップを参照すれば、PMセンサ22の出力立ち上がり時間に基づいて、排気ガス中のPM濃度を大まかに検知することが可能である。本明細書では、このようにして検知する値を「濃度検出値」と称す。

10

【0044】

[排気流速に基づく濃度検出値の補正]

図5は、出力立ち上がり時間と排気流速との関係を示す。この関係は、PM濃度を一定に維持したまま排気流速を变化させ、排気流速毎に出力立ち上がり時間を計測した実験の結果から得たものである。図5に示す結果は、以下の2つの現象を示している。

(1) 排気流速が変局値である30 [ $\text{m}/\text{s}$ ] を下回る低排気流速域では、排気流速が低いほど出力立ち上がり時間が長くなる。

(2) 排気流速が上記の変局値を超える高排気流速域では、排気流速が出力立ち上がり時間に殆ど影響しない。

20

【0045】

上記(1)の現象は、低排気領域では、排気流速が下がるほど排気ガス中のPMがカバー46内に進入し難くなり、PMが絶縁体32に付着し難くなることに起因すると考えられる。一方、上記(2)の現象は、高排気領域では、下記の2つの事象が相殺し合うことにより生じていると考えられる。

(a) 排気流速が増えるほどPMがカバー46内に進入し易くなり、PMが絶縁体32に付着し易くなる。

(b) 排気流速が増えるほど、絶縁体32に付着しているPMが吹き飛ばされ易くなり、PM付着量が増え難くなる。

【0046】

30

図5に示す結果は、物理的な意味においては、出力立ち上がり時間が、低排気流速域では現実のPM濃度に対して過大になることを示している。より具体的には、図5に示す結果は、出力立ち上がり時間に基づいて正確な濃度検出値を得るためには、低排気流速域では、出力立ち上がり時間を、排気流速が低いほど短く補正する必要があることを示している。

【0047】

図6は、上記の補正を可能にするためにECU24が用いる排気流速補正係数のマップの一例である。図6に示すマップによれば、排気流速が30 [ $\text{m}/\text{s}$ ] を越える高排気流速域では、排気流速補正係数が一定値「1」となる。また、排気流速が30 [ $\text{m}/\text{s}$ ] を下回る低排気流速域では、排気流速に対して比例的に、1より小さな排気流速補正係数が設定される。本実施形態において、ECU24は、このマップを参照して設定した補正係数を掛け合わせるにより出力立ち上がり時間を補正する。この結果、ECU24は、排気流速の高低に影響されることなく、現実のPM濃度に対応する出力立ち上がり時間を算出することができる。

40

【0048】

[温度差に基づく濃度検出値の補正]

図7は、排気温度からセンサ素子30の温度を差し引くことで得られる温度差と出力立ち上がり時間との関係を示す。この関係は、PM濃度を一定に維持したまま上記の温度差を变化させ、その温度差毎に出力立ち上がり時間を計測した実験の結果から得たものである。この関係は、PM濃度が一定である場合、排気温度がセンサ素子30の温度に対して

50

高いほど、出力立ち上がり時間が短くなることを示している。

【 0 0 4 9 】

絶縁体 3 2 に付着する P M の量は、熱泳動の影響を受けることが知られている。すなわち、絶縁体 3 2 の近傍を浮遊する P M は、排気ガスの温度が絶縁体 3 2 の温度より高いと、その温度差の影響で絶縁体 3 2 に向かう力を受ける。そして、その力は、排気ガスの温度が絶縁体 3 2 の温度に比して高いほど大きなものとなる。

【 0 0 5 0 】

図 7 に示す結果は、排気ガスが絶縁体 3 2 ( センサ素子 3 0 ) に比して高温であるほど、熱泳動の影響で P M が絶縁体 3 2 に付着し易くなり、その結果、出力立ち上がり時間が短くなることを表している。この結果は、物理的には、排気ガスがセンサ素子 3 0 に比して高温であるほど、現実の P M 濃度に対して出力立ち上がり時間が短くなり過ぎることを示している。従って、出力立ち上がり時間に基づいて正確な濃度検出値を得るためには、それらの温度差が大きいほど、出力立ち上がり時間を長くする補正が必要である。

10

【 0 0 5 1 】

図 8 は、上記の補正を可能にするために E C U 2 4 が用いる温度差補正係数のマップの一例である。図 8 に示すマップによれば、排気温度からセンサ素子温度を差し引くことで得られる温度差に対して、比例的に変化する温度差補正係数を得ることができる。E C U 2 4 は、このマップを参照して設定した補正係数を掛け合わせるにより出力立ち上がり時間を補正する。この結果、E C U 2 4 は、上記の温度差に影響されることなく、現実の P M 濃度に対応する出力立ち上がり時間を算出することができる。

20

【 0 0 5 2 】

[ P M 濃度推定モデルとその学習 ]

本実施形態のシステムは、P M センサ 2 2 を用いた P M 濃度の検出処理を行うと同時に、公知の P M 濃度推定モデルを用いた P M 濃度の推定処理を行う。以下、この推定処理について説明する。

【 0 0 5 3 】

E C U 2 4 には、特開 2 0 0 7 - 4 6 4 7 7 号公報に開示されているものと同様の P M 濃度推定モデルが搭載されている。このモデルによれば、E C U 2 4 は、機関回転数 N E 、アクセル開度 A A 、及び冷却水温度 T H W 等に基づいて、内燃機関 1 0 から排出されてくる排気ガス中の P M 濃度を推定することができる。

30

【 0 0 5 4 】

E C U 2 4 は、上述した通り、P M センサ 2 2 の出力に基づいて排気ガス中の P M 濃度に対応する濃度検出値を算出することができる。P M センサ 2 2 は D P F 1 8 の下流に位置しているため、その濃度検出値は、D P F 1 8 をすり抜けてきた P M の濃度に対応したのものとなる。ここで、D P F 1 8 をすり抜ける P M の割合 ( 以下、「D P F すり抜け率」と称す ) は既知又は検知が可能である。そして、その D P F すり抜け率を用いれば、D P F 1 8 下流の濃度検出値を D P F 1 8 上流の濃度検出値に換算することが可能である。

【 0 0 5 5 】

本実施形態において、E C U 2 4 は、上述したモデルを用いて D P F 1 8 上流の P M 濃度を推定する ( 以下、その値を「濃度推定値」と称す ) と共に、上記の手法を用いて D P F 1 8 上流の P M 濃度を表す濃度検出値を計算する。D P F 1 8 が正常である間は、濃度推定値と濃度検出値はほぼ同じ値となる。一方、D P F 1 8 に異常が生じてその下流にすり抜ける P M 量が増加すると、濃度推定値に対して濃度検出値が急に大きな値となる。E C U 2 4 は、この特性を利用して D P F 1 8 の異常を検知することができる ( モデルと実測を併用することによる第 1 の利点 ) 。

40

【 0 0 5 6 】

P M 濃度を推定するためのモデルは、種々のパラメータが公差の中央値にある等の前提の下で適合される。このため、内燃機関 1 0 の個体差、経時変化、運転状態の変動、等の条件変化に対応する推定値を得るためには、濃度推定値が現実の P M 濃度に一致するように、モデルを適宜学習していくことが有益である。

50

## 【 0 0 5 7 】

P Mセンサ 2 2 の出力値には、内燃機関 1 0 に関わる条件変化の影響が反映される。このため、その出力値に基づいて算出される濃度検出値は現実の P M 濃度をみなすことができる。そこで、本実施形態において、E C U 2 4 は、モデルに基づく濃度推定値が、P Mセンサ 2 2 の出力値に基づく濃度検出値に一致するように、モデルを学習することとしている。

## 【 0 0 5 8 】

図 9 及び図 1 0 は、上記のモデル学習の基礎として、本実施形態の手法で得られた濃度検出値が用いられることによる効果を説明するためのタイミングチャートの 1 例である。これらの図は、具体的には、モデル学習が濃度検出値に基づいて行われ、かつ、その濃度検出値が、排気流速の影響に関わらず常に現実の P M 濃度を正しく表すことにより得られる効果を説明している。

10

## 【 0 0 5 9 】

図 9 ( a ) 中に ( i ) を付して示す波形は現実の排気流速の変化を示す。また、同図中に示す破線は、モデル適合に用いられた排気流速の値 ( 以下、「モデル適合値」と称す) を示す。図 9 ( a ) は、排気流速 ( i ) が、時刻  $t_1$  まではモデル適合値と同等であったが、その後徐々に低下した様子を示している。

## 【 0 0 6 0 】

図 9 ( b ) 中に ( ii ) を付して示す波形は、D P F 1 8 上流における現実の P M 濃度を示し、( iii ) を付して示す波形は、排気流速に基づく補正を行わなかった場合の濃度検出値を示す。更に、同図中に ( iv ) を付して示す波形は、濃度検出値 ( iii ) に基づく学習の結果が反映された濃度推定値を示す。図 9 ( b ) において、時刻  $t_2$  は濃度推定値のモデル学習が開始された時刻である。

20

## 【 0 0 6 1 】

排気流速に基づく補正が行われなければ、時刻  $t_1$  以後、排気流速 ( i ) が減少するのに伴って、濃度検出値 ( iii ) は、現実の P M ( ii ) に比して小さな値として算出される。時刻  $t_2$  以後、モデル学習が開始されることにより、濃度推定値 ( iv ) は必然的にその濃度検出値 ( iii ) と等しい値に収束していく。この場合、濃度検出値 ( iii ) と同様に濃度推定値 ( iv ) も現実の P M 濃度 ( ii ) から乖離した値となる。

## 【 0 0 6 2 】

図 1 0 ( a ) は、図 9 ( a ) と同様に、排気流速のモデル適合値 ( 破線 ) と、現実の排気流速 ( i ) とを示す。ここでも、排気流速 ( i ) は時刻  $t_1$  以後減少を示している。図 1 0 ( b ) 中に ( v ) を付して示す波形は、排気流速に基づく補正が行われた場合の濃度検出値を示す。また、同図中に ( vi ) を付して示す波形は、その濃度検出値 ( v ) に基づくモデル学習の結果が反映された濃度推定値を示す。

30

## 【 0 0 6 3 】

排気流速に基づく補正が行われれば、時刻  $t_1$  以後、排気流速 ( i ) が減少しても、濃度検出値 ( v ) は現実の P M ( ii ) と整合する値に算出される。この場合、時刻  $t_2$  以後モデル学習が開始されれば、濃度推定値 ( vi ) は必然的に、現実の P M 濃度 ( ii ) と一致する値に収束していく。

40

## 【 0 0 6 4 】

上述した通り、本実施形態のシステムは、濃度検出値を排気流速に基づいて補正する。このため、このシステムによれば、図 1 0 に示すように、排気流速 ( i ) がモデル適合値から乖離した状況下でも、モデル学習を正しく進めることができ、現実の P M 濃度と精度良く整合する濃度推定値 ( vi ) を算出することができる。

## 【 0 0 6 5 】

加えて、本実施形態では、濃度検出値に、排気温度とセンサ素子温度の差に基づく補正が施される。更に、本実施形態では、濃度検出値が、出力立ち上がり時間 ( 図 3 参照 ) に基づいて、精度良く現実の P M 濃度を表す値として検出される。このため、本実施形態のシステムによれば、あらゆる状況下で、モデル学習を正しく進めることができ、現実の P

50

M濃度と精度良く整合する濃度推定値を算出することができる。

【0066】

[PM濃度に関する制御の流れ]

図11は、ECU24が実行するPM濃度に関する制御のブロック線図を示す。図11に示すブロック線図の制御は、具体的には、ECU24が図12に沿ったルーチンを実行することにより実現される。

【0067】

本実施形態において、ECU24は、内燃機関10が始動された後、図12に示すルーチンを所定時間毎に繰り返し実行する。ここでは、先ず、PM濃度検出の前提としてPMセンサ22が活性化されているか否かが判別される(ステップ100)。ここでは、具体的には、センサ素子30の温度が所定の活性温度に達しているか、及びセンサ素子30に付着しているPMの焼却除去が終了しているかが判別される。前者の判断は素子温度センサ48の出力に基づいて行われる。また、後者の判断は、PM焼却のためのヒータ42への通電時間に基づいて行われる。

【0068】

PMセンサ22の活性化が認められると、次に、PMセンサ22の出力立ち上がり時間が取得される(ステップ102)。ここでは、先ず、電極対34,36に対する電圧印加が開始される。電圧印加は、電流検知機構40が検出する電流値が判定閾値 $I_{TH}$ を越えるまで継続される。ECU24は、電圧印加の開始後、電流値が判定閾値 $I_{TH}$ を越えるまでに要した時間を出力立ち上がり時間として取得する。

【0069】

次に、排気流速に基づく補正と、温度差に基づく補正とが実行される(ステップ104)。前者の補正については、先ず、エアフロメータ14の出力に基づいてPMセンサ22の周囲における排気流速が検出される。次いで、図6に示すマップにその排気流速が当てはめられて排気流速補正係数が特定される。温度差に基づく補正については、先ず、排気温度センサ20の出力と素子温度センサ48の出力とに基づいて温度差(=排気温度-センサ素子温度)が算出される。次いで、図8に示すマップにその温度差が当てはめられて温度差補正係数が特定される。ここでは、これら二つの補正係数が、上記ステップ102で取得された出力立ち上がり時間に掛け合わされることにより、排気流速に基づく補正と温度差に基づく補正とが実行される。

【0070】

上記の処理が終わると、次に、図4に示すマップに従ってPMの濃度検出値が取得される(ステップ106)。具体的には、上記ステップ104で補正された出力立ち上がり時間を図4に示すPM濃度マップに当てはめることにより、その立ち上がり時間に対応する濃度検出値が特定される。

【0071】

以上説明した通り、本実施形態では、PMの濃度検出値が、PMセンサ22の出力立ち上がり時間に基づいて特定されている。出力立ち上がり時間は、常に一定の状態から、即ち、センサ素子30にPMが付着していない状態から計測が開始されるため、現実のPM濃度に対して優れた再現性を示す。更に、濃度検出値の特定には、排気ガスとセンサ素子との温度差の影響、並びに排気流量の影響が反映された出力立ち上がり時間が用いられる。このため、本実施形態によれば、排気流速の多少によらず、また、温度差の高低によらず、現実のPM濃度と精度良く一致する濃度検出値を得ることができる。

【0072】

上記ステップ106で取得した濃度検出値は、DPF18下流のPM濃度を表す値である。ここでは、その濃度検出値を、下記(1)式により、DPF18上流のPM濃度検出値とする変換処理が行われる(ステップ108)。

(DPF上流PM濃度検出値)

$$= (\text{DPF下流PM濃度検出値}) / (\text{DPFすり抜け率}) \quad \dots (1)$$

但し、DPFすり抜け率は、上述した通りECU24にとって既知又は検知可能である

10

20

30

40

50

。

## 【 0 0 7 3 】

図 1 2 に示すルーチンでは、次に、上述したモデルに基づいて、D P F 1 8 上流の P M 濃度推定値が取得される（ステップ 1 1 0）。

## 【 0 0 7 4 】

次いで、下記（ 2 ）式により、P M 濃度の推定値と検出値の比が、その推定値に最終補正を施すための補正係数として算出される（ステップ 1 1 2）。

$$(\text{補正係数}) = (\text{D P F 上流 P M 濃度検出値}) / (\text{D P F 上流 P M 濃度推定値}) \dots (2)$$

## 【 0 0 7 5 】

このようにして算出された補正係数は、上記ステップ 1 1 0 で取得された濃度推定値の補正に用いられると共に（ステップ 1 1 4）、モデル学習のための学習マップに記録される（ステップ 1 1 6）。ステップ 1 1 4 の補正、及び学習マップに記録された補正係数は、最終的な濃度推定値が D P F 1 8 上流の濃度検出値に近づくように利用される。このため、上記の処理によれば、内燃機関 1 0 の経時変化等に影響されることなく、P M の濃度検出値と精度良く一致する濃度推定値を得ることができる。

## 【 0 0 7 6 】

## [ 変形例 ]

ところで、上述した実施の形態 1 では、モデルを用いた P M 濃度の推定と、P M センサ 2 2 を用いた P M 濃度の検出と単一のシステムに共存させることとしているが、本発明の適用は、この種のシステムに限定されるものではない。即ち、D P F 1 8 の上流に P M センサを追加して、その位置での P M 濃度はそのセンサにより実測することとしてもよい。更に、D P F 1 8 の上下で P M 濃度を知る必要がない場合には、何れか一方だけに P M センサを配置することとしてもよい。

## 【 0 0 7 7 】

また、上述した実施の形態 1 では、出力立ち上がり時間の終端を、P M センサ 2 2 の出力値が判定閾値  $I_{TH}$  に達した時点としているが、その終端はこれに限定されるものではない。すなわち、出力立ち上がり時間の終端は、P M センサ 2 2 の出力値の増加率が予め設定しておいた判定閾値を越えた時点として定めることとしてもよい。

## 【 0 0 7 8 】

また、上述した実施の形態 1 では、P M センサ 2 2 の出力立ち上がり時間を排気流速 [ m / s ] に基づいて補正することとしているが、排気流速は排気流量で置き換えることとしてもよい。この点において、本明細書において、排気流速は排気流量を含む概念であるものとする。

## 【 0 0 7 9 】

また、上述した実施の形態 1 では、排気流速補正係数を、図 6 に示すように、低排気流速域では排気流速の変化に対して比例的に変化させ、また、高排気流速域では一定値に維持することとしている。しかしながら、排気流速補正係数の傾向はこれに限定されるものではない。例えば、排気流速補正係数は、排気流速の変化に対する変化の傾きが、排気流速の増加に伴って徐々に緩やかになるように変化させることとしてもよい。

## 【 0 0 8 0 】

更に、上述した実施の形態 1 では、ヒータ 4 2 により付着 P M を焼失させることにより P M センサ 2 2 をリセットすることとしているが、リセットの手法はこれに限定されるものではない。すなわち、電極対 3 4 , 3 6 間に付着している P M を消失させることができれば、リセットの手法としては如何なる公知の手法を用いてもよい。

## 【 0 0 8 1 】

尚、上述した実施の形態 1 においては、P M センサ 2 2 のヒータ 4 2 が前記第 1 の発明における「微粒子除去機構」に相当している。また、上述した実施の形態 1 においては、E C U 2 4 が上記ステップ 1 1 0 の処理を実行することにより前記第 8 の発明における「排気微粒子濃度推定手段」が実現されている。また、E C U 2 4 が上記ステップ 1 1 6 の

10

20

30

40

50

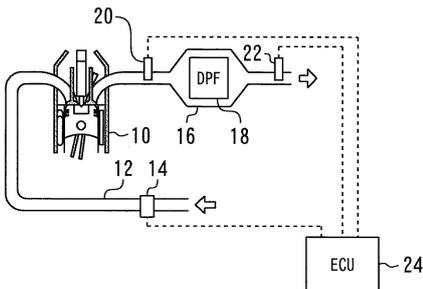
処理を実行することにより前記第 8 の発明における「パラメータ学習手段」が実現されている。更に、上述した実施の形態 1 においては、排気流速に基づく補正の実行下で得られた濃度検出値と、その補正が行われなかった場合に得られる濃度検出値との比が前記請求項 5 又は 6 における「補正率」に相当している。

【符号の説明】

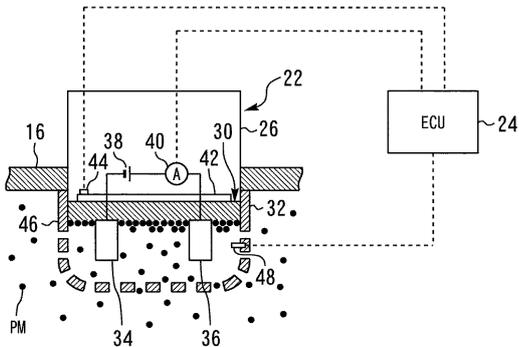
【 0 0 8 2 】

- 1 0 内 燃 機 関
- 1 8 D P F
- 2 0 排 気 温 度 セ ン サ
- 2 2 P M セ ン サ
- 2 4 E C U
- 3 0 セ ン サ 素 子
- 3 2 絶 縁 体
- 3 4 , 3 6 電 極 ( 電 極 対 )
- 3 8 電 源 機 構
- 4 2 ヒ ー タ
- 4 8 素 子 温 度 セ ン サ

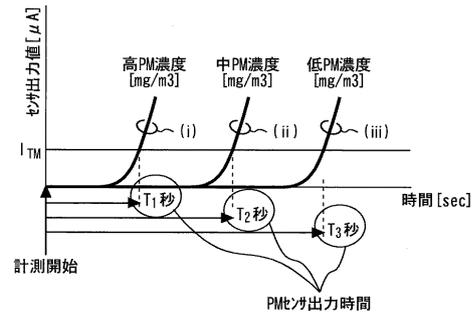
【 図 1 】



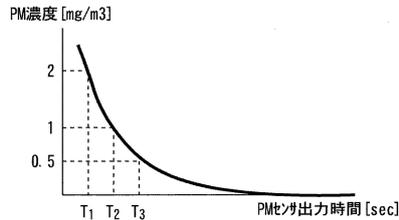
【 図 2 】



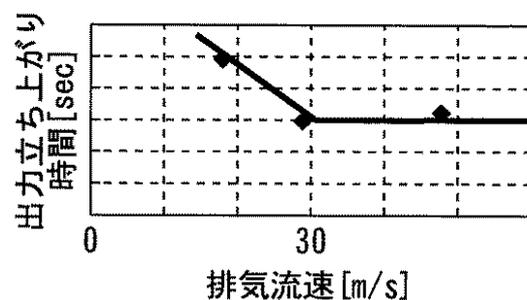
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】





---

フロントページの続き

Fターム(参考) 3G190 AA12 BA05 BA39 CA01 CB34 CB35 DB03 DD02 DD08 DD12  
DD14 EA01 EA02 EA23 EA26 EA33 EA42