

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5962856号  
(P5962856)

(45) 発行日 平成28年8月3日(2016.8.3)

(24) 登録日 平成28年7月8日(2016.7.8)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>FO2D 41/22</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2D	41/22	305K	
<b>FO2D 41/12</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2D	41/12	330J	
<b>FO2D 45/00</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2D	45/00	368F	
		FO2D	45/00	368H	

請求項の数 17 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2015-523743 (P2015-523743)	(73) 特許権者	000003207
(86) (22) 出願日	平成25年6月26日 (2013.6.26)		トヨタ自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/067570		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(87) 国際公開番号	W02014/207854	(74) 代理人	100099759
(87) 国際公開日	平成26年12月31日 (2014.12.31)		弁理士 青木 篤
審査請求日	平成27年10月13日 (2015.10.13)	(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100153729
			弁理士 森本 有一
		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100147555
			弁理士 伊藤 公一
		(74) 代理人	100130133
			弁理士 曾根 太樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の排気通路に配置されると共に流入する排気ガス中の酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒と、該排気浄化触媒の排気流れ方向下流側に配置されると共に前記排気浄化触媒から流出する排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサとを具備し、燃焼室への燃料供給を停止又は減量する燃料カット制御と、燃料カット制御の終了後に排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比よりもリッチなりッチ空燃比に制御する復帰後リッチ制御とを実行する内燃機関の診断装置において、

前記空燃比センサから出力される出力空燃比に基づいて、前記燃料カット制御の終了後、前記空燃比センサの出力空燃比が、理論空燃比以上の一部の空燃比領域である第一空燃比領域を最初に通過するときの第一空燃比変化特性を算出する第一変化特性算出手段と、

前記空燃比センサから出力される出力空燃比に基づいて、前記燃料カット制御の終了後、前記空燃比センサの出力空燃比が、前記第一空燃比領域とは異なる第二空燃比領域を最初に通過するときの第二空燃比変化特性を算出する第二変化特性算出手段と、

前記第一空燃比変化特性に基づいて、空燃比センサの状態について正常、異常、判定保留のうちのいずれか一つとして判定すると共に、前記第一空燃比変化特性に基づいて判定保留と判定されたときには前記第二空燃比変化特性に基づいて空燃比センサの状態が正常、異常のうちのいずれか一方であると判定する異常診断手段とを具備する、内燃機関の診断装置。

【請求項2】

前記第一空燃比領域は前記第二空燃比領域よりもリーンな空燃比領域を含む、請求項 1 に記載の内燃機関の診断装置。

【請求項 3】

前記第二空燃比領域は前記第一空燃比領域よりもリッチな空燃比領域を含む、請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の診断装置。

【請求項 4】

前記第二空燃比領域は、理論空燃比を含む領域である、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

【請求項 5】

前記空燃比センサは、該空燃比センサを通過する排気ガスの空燃比が所定空燃比領域内にあるときに限界電流を出力する限界電流式空燃比センサであり、前記第一空燃比領域及び前記第二空燃比領域は、前記空燃比センサが限界電流を発生させる前記所定空燃比領域内である、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

10

【請求項 6】

前記第一空燃比領域は、第一領域上限空燃比と該第一領域上限空燃比よりもリッチ側の第一領域下限空燃比との間の領域であり、前記第二空燃比領域は、第二領域上限空燃比と該第二領域上限空燃比よりもリッチ側な第二領域下限空燃比との間の領域であり、前記第二領域上限空燃比は理論空燃比よりもリーンである、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の診断装置。

【請求項 7】

20

前記第二領域上限空燃比は前記第一領域下限空燃比よりもリッチである、請求項 6 に記載の内燃機関の診断装置。

【請求項 8】

前記第二領域下限空燃比は理論空燃比以下である、請求項 6 又は 7 に記載の内燃機関の診断装置。

【請求項 9】

前記第一空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第一空燃比領域を最初に通過するときの変化速度である第一空燃比変化速度であり、

前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化速度が異常基準変化速度よりも遅い場合には前記空燃比センサに異常があると判定し、前記第一空燃比変化速度が正常基準変化速度よりも速い場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第一空燃比変化速度が前記異常基準変化速度と前記正常基準変化速度との間である場合には判定保留として判定する、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

30

【請求項 10】

前記第二空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第二空燃比領域を最初に通過するときの変化速度である第二空燃比変化速度であり、

前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化特性に基づいて判定保留として判定されたときには、前記第二空燃比変化速度が正常・異常判定基準変化速度よりも遅い場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第二空燃比変化速度が前記正常・異常判定基準変化速度よりも速い場合には前記空燃比センサは異常であると判定する、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

40

【請求項 11】

前記空燃比変化速度は、前記空燃比センサの出力空燃比が、対応する空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比に変化する時間に基づいて算出される、請求項 9 又は 10 に記載の内燃機関の診断装置。

【請求項 12】

前記第一空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第一空燃比領域内にあるときの該出力空燃比を積算した第一空燃比積算値であり、

前記異常診断手段は、前記第一空燃比積算値が異常基準積算値よりも大きい場合には、前記空燃比センサに異常があると判定し、前記第一空燃比積算値が正常基準積算値よりも

50

小さい場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第一空燃比積算値が前記異常基準積算値と前記正常基準積算値との間である場合には判定保留として判定する、請求項 1 ~ 8、10、11 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

【請求項 13】

前記第二空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第二空燃比領域内にあるときの該出力空燃比を積算した第二空燃比積算値であり、

前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化特性に基づいて判定保留として判定されたときには、前記第二空燃比積算値が正常・異常判定基準積算値よりも大きい場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第二空燃比積算値が正常・異常判定基準積算値よりも小さい場合には前記空燃比センサは異常であると判定する、請求項 1 ~ 9、11、12 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

10

【請求項 14】

前記第一空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第一空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する間に前記空燃比センサの配置された排気通路を通過した排気ガスを積算した第一排気ガス量積算値であり、

前記異常診断手段は、前記第一排気ガス量積算値が異常基準積算値よりも大きい場合には、前記空燃比センサに異常があると判定し、前記第一排気ガス量積算値が正常基準積算値よりも小さい場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第一排気ガス量積算値が前記異常基準積算値と前記正常基準積算値との間である場合には判定保留として判定する、請求項 1 ~ 8、10、11、13 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

20

【請求項 15】

前記第二空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第二空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する間に前記空燃比センサの配置された排気通路を通過した排気ガスを積算した第二排気ガス量積算値であり、

前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化特性に基づいて判定保留として判定されたときには、前記第二排気ガス量積算値が正常・異常判定基準積算値よりも大きい場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第二排気ガス量積算値が正常・異常判定基準積算値よりも小さい場合には前記空燃比センサは異常であると判定する、請求項 1 ~ 9、11、12、14 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

【請求項 16】

前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化特性に基づいて前記空燃比センサが正常であると判定された場合、及び前記第二空燃比変化特性に基づいて前記空燃比センサが異常であると判定された場合には、前記排気浄化触媒が劣化していると判定する、請求項 1 ~ 15 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

30

【請求項 17】

前記異常診断手段によって前記空燃比センサが異常であると判定されたときに、警告灯を点灯させる警告手段をさらに具備する、請求項 1 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、内燃機関の診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、内燃機関の排気通路に空燃比センサを設け、この空燃比センサの出力に基づいて内燃機関に供給する燃料量を制御するように構成された内燃機関が知られている。

【0003】

このような内燃機関に用いられる空燃比センサは、使用に伴って徐々に劣化する。このような劣化としては、例えば、空燃比センサの応答性劣化が挙げられる。空燃比センサの応答性劣化は、センサ素子が被水することを防止するためのセンサカバーに設けられた通

50

気孔がパーティキュレート（PM）により部分的に塞がってしまうこと等により生じる。このように通気孔が部分的に塞がると、センサカバーの内側と外側との間のガス交換が遅くなり、その結果、空燃比センサの出力が鈍くなってしまふ。このような空燃比センサの劣化が生じると、内燃機関の制御装置が実行する各種制御に支障が生じてしまふ。

【0004】

そこで、空燃比センサの劣化を診断する診断装置が提案されている（例えば、特許文献1～4を参照）。このような診断装置としては、例えば、目標空燃比をステップ的に変化させると共に、これに伴って空燃比センサの出力値が第1所定値に到達するまでの第1応答時間と、第1所定値よりも大きい第2所定値に到達するまでの第2応答時間とを検出し、第1応答時間と第2応答時間の二つに基づいて空燃比センサの劣化を判定するものが提案されている（例えば、特許文献1）。ここで、空燃比センサの劣化パターンとしては、応答時間が遅れる応答性劣化に加えて応答そのものが増減するゲイン劣化が存在する。これに対して、特許文献1に記載の診断装置によれば、第1応答時間と第2応答時間の二つに基づいて空燃比センサの劣化を判定することにより、二つの劣化パターンのうちいずれにより空燃比センサの劣化が生じているのかを正確に特定することができるとされている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-192093号公報

20

【特許文献2】特開2011-196230号公報

【特許文献3】特開2001-242126号公報

【特許文献4】特開2011-106415号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、空燃比センサの応答性劣化の診断は、内燃機関から排出される排気ガスの空燃比をステップ状に変化させ、このステップ状の変化に対する空燃比センサの応答性を検出することによって行われる。そして、内燃機関から排出される排気ガスの空燃比をステップ状に変化させる幅が大きいほど、応答性劣化の診断精度は高くなる。

30

【0007】

ここで、燃焼室への燃料供給を停止又は大幅に減量する燃料カット制御を実行する際には、排気浄化触媒から流出する排気ガスの空燃比は理論空燃比よりもリーンとなり、そのリーン度合いが極めて大きなものとなる。したがって、燃料カット制御の開始直後或いは燃料カット制御の終了直後には、内燃機関から排出される排気ガスの空燃比が大きくステップ状に変化せしめられる。このため、燃料カット制御の開始直後或いは燃料カット制御の終了直後には高精度の応答性劣化診断を行うことができる。

【0008】

一方、空燃比センサの出力に基づいて燃料量を制御する内燃機関では、排気浄化触媒の下流側に空燃比センサが設けられることも多い。このような場合には、内燃機関から排出された排気ガスは排気浄化触媒を通過してから下流側の空燃比センサに到達する。このため、排気浄化触媒が酸素吸蔵能力を有するような場合には、下流側の空燃比センサに到達する排気ガスの空燃比は、内燃機関から排出された排気ガスのみならず排気浄化触媒の酸素吸蔵能力や酸素吸蔵量等に応じて変化する。

40

【0009】

このため、上述したように応答性劣化診断を行うべく内燃機関から排出される排気ガスの空燃比をステップ状に大幅に変化させたときに、排気浄化触媒の状態に応じて下流側空燃比センサの出力が変化してしまう場合がある。このような場合、下流側空燃比センサの実際の応答性が一定であっても、排気浄化触媒の状態が変化すると、それに伴って、下流側空燃比センサの出力が変化してしまう。

50

## 【0010】

これに対して、例えば、燃料カット制御の終了直後に応答性劣化診断を行えば、排気浄化触媒における酸素吸蔵量を把握した状態で診断を行うことができる。このため、下流側空燃比センサの出力に対する排気浄化触媒の状態の影響を低減することができ、この結果、下流側空燃比センサの応答性劣化の診断精度を高めることができる。

## 【0011】

しかしながら、このように燃料カット制御の終了直後に応答性劣化診断を行っても、なお、排気浄化触媒の状態に応じて下流側空燃比センサの出力が変化する。そして、このように排気浄化触媒の状態に応じて下流側空燃比センサの出力が変化すると、下流側空燃比センサの応答性劣化を正確に診断することができなくなってしまう。

10

## 【0012】

そこで、上記課題に鑑みて、本発明の目的は、排気浄化触媒の状態の変化の影響を抑制しつつ、下流側空燃比センサの応答性劣化の異常を正確に診断することができる内燃機関の診断装置を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0013】

上記課題を解決するために、第1の発明では、内燃機関の排気通路に配置されると共に流入する排気ガス中の酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒と、該排気浄化触媒の排気流れ方向下流側に配置されると共に前記排気浄化触媒から流出する排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサとを具備し、燃焼室への燃料供給を停止又は減量する燃料カット制御と、燃料カット制御の終了後に排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比よりもリッチなリッチ空燃比に制御する復帰後リッチ制御とを実行する内燃機関の診断装置において、前記空燃比センサから出力される出力空燃比に基づいて、前記燃料カット制御の終了後、前記空燃比センサの出力空燃比が、理論空燃比以上の一部の空燃比領域である第一空燃比領域を最初に通過するときの第一空燃比変化特性を算出する第一変化特性算出手段と、前記空燃比センサから出力される出力空燃比に基づいて、前記燃料カット制御の終了後、前記空燃比センサの出力空燃比が、前記第一空燃比領域とは異なる第二空燃比領域を最初に通過するときの第二空燃比変化特性を算出する第二特性速度算出手段と、前記第一空燃比変化特性に基づいて、空燃比センサの状態について正常、異常、判定保留のうちのいずれか一つとして判定すると共に、前記第一空燃比変化特性に基づいて判定保留と判定されたときには前記第二空燃比変化特性に基づいて空燃比センサの状態が正常、異常のうちのいずれか一方であると判定する異常診断手段とを具備する、内燃機関の診断装置が提供される。

20

30

## 【0014】

第2の発明では、第1の発明において、前記第一空燃比領域は前記第二空燃比領域よりもリッチな空燃比領域を含む。

## 【0015】

第3の発明では、第1又は第2の発明において、前記第二空燃比領域は前記第一空燃比領域よりもリッチな空燃比領域を含む。

## 【0016】

第4の発明では、第1～第3のいずれか一つの発明において、前記第二空燃比領域は、理論空燃比を含む領域である。

40

## 【0017】

第5の発明では、第1～第4のいずれか一つの発明において、前記空燃比センサは、該空燃比センサを通過する排気ガスの空燃比が所定空燃比領域内にあるときに限界電流を出力する限界電流式空燃比センサであり、前記第一空燃比領域及び前記第二空燃比領域は、前記空燃比センサが限界電流を発生させる前記所定空燃比領域内である。

## 【0018】

第6の発明では、第1～第5のいずれか一つの発明において、前記第一空燃比領域は、第一領域上限空燃比と該第一領域上限空燃比よりもリッチ側の第一領域下限空燃比との間

50

の領域であり、前記第二空燃比領域は、第二領域上限空燃比と該第二領域上限空燃比よりもリッチ側な第二領域下限空燃比との間の領域であり、前記第二領域上限空燃比は理論空燃比よりもリーンである。

【 0 0 1 9 】

第 7 の発明では、第 5 の発明において、前記第二領域上限空燃比は前記第一領域下限空燃比よりもリッチである。

【 0 0 2 0 】

第 8 の発明では、第 6 又は第 7 の発明において、前記第二領域下限空燃比は理論空燃比以下である。

【 0 0 2 1 】

第 9 の発明では、第 1 ~ 第 8 のいずれか一つの発明において、前記第一空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第一空燃比領域を最初に通過するときの変化速度である第一空燃比変化速度であり、前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化速度が異常基準変化速度よりも遅い場合には前記空燃比センサに異常があると判定し、前記第一空燃比変化速度が正常基準変化速度よりも速い場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第一空燃比変化速度が前記異常基準変化速度と前記正常基準変化速度との間である場合には判定保留として判定する。

【 0 0 2 2 】

第 1 0 の発明では、第 1 ~ 第 9 のいずれか一つの発明において、前記第二空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第二空燃比領域を最初に通過するときの変化速度である第二空燃比変化速度であり、前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化特性に基づいて判定保留として判定されたときには、前記第二空燃比変化速度が正常・異常判定基準変化速度よりも遅い場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第二空燃比変化速度が前記正常・異常判定基準変化速度よりも速い場合には前記空燃比センサは異常であると判定する。

【 0 0 2 3 】

第 1 1 の発明では、第 8 又は第 9 の発明において、前記空燃比変化速度は、前記空燃比センサの出力空燃比が、対応する空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比に変化する時間に基づいて算出される。

【 0 0 2 4 】

第 1 2 の発明では、第 1 ~ 第 8、第 1 0 及び第 1 1 のいずれか一つの発明において、前記第一空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第一空燃比領域内にあるときの該出力空燃比を積算した第一空燃比積算値であり、前記異常診断手段は、前記第一空燃比積算値が異常基準積算値よりも大きい場合には、前記空燃比センサに異常があると判定し、前記第一空燃比積算値が正常基準積算値よりも小さい場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第一空燃比積算値が前記異常基準積算値と前記正常基準積算値との間である場合には判定保留として判定する。

【 0 0 2 5 】

第 1 3 の発明では、第 1 ~ 第 9、第 1 1 及び第 1 2 のいずれか一つの発明において、前記第二空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第二空燃比領域内にあるときの該出力空燃比を積算した第二空燃比積算値であり、前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化特性に基づいて判定保留として判定されたときには、前記第二空燃比積算値が正常・異常判定基準積算値よりも大きい場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第二空燃比積算値が正常・異常判定基準積算値よりも小さい場合には前記空燃比センサは異常であると判定する。

【 0 0 2 6 】

第 1 4 の発明では、第 1 ~ 第 8、第 1 0、第 1 1 及び第 1 3 のいずれか一つの発明において、前記第一空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第一空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する間に前記空燃比センサの配置された排気通路を通過した排気ガスを積算した第一排気ガス量積算値であり、前記異常診断手段は、前記

10

20

30

40

50

第一排気ガス量積算値が異常基準積算値よりも大きい場合には、前記空燃比センサに異常があると判定し、前記第一排気ガス量積算値が正常基準積算値よりも小さい場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第一排気ガス量積算値が前記異常基準積算値と前記正常基準積算値との間である場合には判定保留として判定する。

【0027】

第15の発明では、第1～第9、第11、第12及び第14のいずれか一つの発明において、前記第二空燃比変化特性は、前記空燃比センサの出力空燃比が前記第二空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する間に前記空燃比センサの配置された排気通路を通過した排気ガス量を積算した第二排気ガス量積算値であり、前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化特性に基づいて判定保留として判定されたときには、前記第二排気ガス量積算値が正常・異常判定基準積算値よりも大きい場合には前記空燃比センサは正常であると判定し、前記第二排気ガス量積算値が正常・異常判定基準積算値よりも小さい場合には前記空燃比センサは異常であると判定する。

10

【0028】

第16の発明では、第1～第15のいずれか一つの発明において、前記異常診断手段は、前記第一空燃比変化特性に基づいて前記空燃比センサが正常であると判定された場合、及び前記第二空燃比変化特性に基づいて前記空燃比センサが異常であると判定された場合には、前記排気浄化触媒が劣化していると判定する。

【0029】

第17の発明では、第1～第16のいずれか一つの発明において、前記異常診断手段によって前記空燃比センサが異常であると判定されたときに、警告灯を点灯させる警告手段をさらに具備する。

20

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、排気浄化触媒の状態の変化の影響を抑制しつつ、下流側空燃比センサの応答性劣化の異常を正確に診断することができる内燃機関の診断装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】図1は、本発明の診断装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

【図2】図2は、空燃比センサの概略的な断面図である。

30

【図3】図3は、各排気空燃比におけるセンサ印加電圧と出力電流との関係を示す図である。

【図4】図4は、印加電圧を一定にしたときの排気空燃比と出力電流Iとの関係を示す図である。

【図5】図5は、上流側出力空燃比及び下流側出力空燃比等の、燃料カット制御前後におけるタイムチャートである。

【図6】図6は、上流側出力空燃比及び下流側出力空燃比等の、燃料カット制御前後におけるタイムチャートである。

【図7】図7は、下流側出力空燃比の燃料カット制御前後におけるタイムチャートである。

40

【図8】図8は、第一実施形態における異常診断制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図9】図9は、下流側出力空燃比等の燃料カット制御前後におけるタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、図面を参照して本発明の内燃機関の診断装置について詳細に説明する。なお、以下の説明では、同様な構成要素には同一の参照番号を付す。図1は、本発明の第一実施形態に係る診断装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

【0033】

50

< 内燃機関全体の説明 >

図1を参照すると1は機関本体、2はシリンダブロック、3はシリンダブロック2内で往復動するピストン、4はシリンダブロック2上に固定されたシリンダヘッド、5はピストン3とシリンダヘッド4との間に形成された燃焼室、6は吸気弁、7は吸気ポート、8は排気弁、9は排気ポートをそれぞれ示す。吸気弁6は吸気ポート7を開閉し、排気弁8は排気ポート9を開閉する。

【0034】

図1に示したようにシリンダヘッド4の内壁面の中央部には点火プラグ10が配置され、シリンダヘッド4の内壁面周辺部には燃料噴射弁11が配置される。点火プラグ10は、点火信号に応じて火花を発生させるように構成される。また、燃料噴射弁11は、噴射信号に応じて、所定量の燃料を燃焼室5内に噴射する。なお、燃料噴射弁11は、吸気ポート7内に燃料を噴射するように配置されてもよい。また、本実施形態では、燃料として理論空燃比が14.6であるガソリンが用いられる。しかしながら、本発明の診断装置が用いられる内燃機関では、他の燃料を用いても良い。

【0035】

各気筒の吸気ポート7はそれぞれ対応する吸気枝管13を介してサージタンク14に連結され、サージタンク14は吸気管15を介してエアクリーナ16に連結される。吸気ポート7、吸気枝管13、サージタンク14、吸気管15は吸気通路を形成する。また、吸気管15内にはスロットル弁駆動アクチュエータ17によって駆動されるスロットル弁18が配置される。スロットル弁18は、スロットル弁駆動アクチュエータ17によって回転せしめられることで、吸気通路の開口面積を変更することができる。

【0036】

一方、各気筒の排気ポート9は排気マニホールド19に連結される。排気マニホールド19は、各排気ポート9に連結される複数の枝部とこれら枝部が集合した集合部とを有する。排気マニホールド19の集合部は上流側排気浄化触媒20を内蔵した上流側ケーシング21に連結される。上流側ケーシング21は、排気管22を介して下流側排気浄化触媒24を内蔵した下流側ケーシング23に連結される。排気ポート9、排気マニホールド19、上流側ケーシング21、排気管22及び下流側ケーシング23は、排気通路を形成する。

【0037】

電子制御ユニット( ECU ) 31はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス32を介して相互に接続されたRAM(ランダムアクセスメモリ)33、ROM(リードオンリメモリ)34、CPU(マイクロプロセッサ)35、入力ポート36および出力ポート37を具備する。吸気管15には、吸気管15内を流れる空気流量を検出するためのエアフロメータ39が配置され、このエアフロメータ39の出力は対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。また、排気マニホールド19の集合部には排気マニホールド19内を流れる排気ガス(すなわち、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガス)の空燃比を検出する上流側空燃比センサ40が配置される。加えて、排気管22内には排気管22内を流れる排気ガス(すなわち、上流側排気浄化触媒20から流出して下流側排気浄化触媒24に流入する排気ガス)の空燃比を検出する下流側空燃比センサ41が配置される。これら空燃比センサ40、41の出力も対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。なお、これら空燃比センサ40、41の構成については後述する。

【0038】

また、アクセルペダル42にはアクセルペダル42の踏込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ43が接続され、負荷センサ43の出力電圧は対応するAD変換器38を介して入力ポート36に入力される。クランク角センサ44は例えばクランクシャフトが15度回転する毎に出力パルスを発生し、この出力パルスが入力ポート36に入力される。CPU35ではこのクランク角センサ44の出力パルスから機関回転数が計算される。一方、出力ポート37は対応する駆動回路45を介して点火プラグ10、燃料噴射弁11及びスロットル弁駆動アクチュエータ17に接続される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 9 】

## &lt; 排気浄化触媒の説明 &gt;

上流側排気浄化触媒 2 0 及び下流側排気浄化触媒 2 4 は、いずれも同様な構成を有する。以下では、上流側排気浄化触媒 2 0 についてのみ説明するが、下流側排気浄化触媒 2 4 も同様な構成及び作用を有する。

## 【 0 0 4 0 】

上流側排気浄化触媒 2 0 は、酸素吸蔵能力を有する三元触媒である。具体的には、上流側排気浄化触媒 2 0 は、セラミックから成る担体に、触媒作用を有する貴金属（例えば、白金（Pt））及び酸素吸蔵能力を有する物質（例えば、セリア（CeO<sub>2</sub>））を担持させたものである。上流側排気浄化触媒 2 0 は、所定の活性温度に達すると、未燃ガス（HC や CO 等）と窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）とを同時に浄化する触媒作用に加えて、酸素吸蔵能力を発揮する。

10

## 【 0 0 4 1 】

上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵能力によれば、上流側排気浄化触媒 2 0 は、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比よりもリーン（以下、「リーン空燃比」という）であるときには排気ガス中の酸素を吸蔵する。一方、上流側排気浄化触媒 2 0 は、流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比よりもリッチ（以下、「リッチ空燃比」という）であるときには、上流側排気浄化触媒 2 0 に吸蔵されている酸素を放出する。なお、「排気ガスの空燃比」は、その排気ガスが生成されるまでに供給された空気の質量に対する燃料の質量の比率を意味するものであり、通常はその排気ガスが生成されるにあたって燃焼室 5 内に供給された空気の質量に対する燃料の質量の比率を意味する。本明細書では、排気ガスの空燃比を「排気空燃比」という場合もある。

20

## 【 0 0 4 2 】

上流側排気浄化触媒 2 0 は、触媒作用及び酸素吸蔵能力を有することにより、酸素吸蔵量に応じて NO<sub>x</sub> 及び未燃ガスの浄化作用を有する。上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比がリーン空燃比である場合、酸素吸蔵量が少ないときには上流側排気浄化触媒 2 0 により排気ガス中の酸素が吸蔵され、これに伴って NO<sub>x</sub> が還元浄化される。ただし、酸素吸蔵能力には限界があり、上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量が上限吸蔵量を超えると、それ以上、上流側排気浄化触媒 2 0 に酸素がほとんど吸蔵されなくなる。この場合、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比がリーン空燃比であると、上流側排気浄化触媒 2 0 から流出する排気ガスの空燃比もリーン空燃比となる。

30

## 【 0 0 4 3 】

一方、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比である場合、酸素吸蔵量が多いときには上流側排気浄化触媒 2 0 に吸蔵されている酸素が放出され、排気ガス中の未燃ガスが酸化浄化される。ただし、上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量が少なくなって下限吸蔵量を下回ると、それ以上、上流側排気浄化触媒 2 0 から酸素がほとんど放出されなくなる。この場合、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比であると、上流側排気浄化触媒 2 0 から流出する排気ガスの空燃比もリッチ空燃比となる。

## 【 0 0 4 4 】

以上のように、本実施形態において用いられる排気浄化触媒 2 0、2 4 によれば、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比及び酸素吸蔵量に応じて排気ガス中の NO<sub>x</sub> 及び未燃ガスの浄化特性が変化する。なお、触媒作用及び酸素吸蔵能力を有していれば、排気浄化触媒 2 0、2 4 は三元触媒とは異なる触媒であってもよい。

40

## 【 0 0 4 5 】

## &lt; 空燃比センサの説明 &gt;

本実施形態では、空燃比センサ 4 0、4 1 としては、限界電流式の空燃比センサが用いられる。図 2 を用いて、空燃比センサ 4 0、4 1 の構造について簡単に説明する。空燃比センサ 4 0、4 1 は、固体電解質層 5 1 と、その一方の側面上に配置された排気側電極 5 2 と、その他方の側面上に配置された大気側電極 5 3 と、通過する排気ガスの拡散律速を

50

行う拡散律速層 5 4 と、拡散律速層 5 4 を保護する保護層 5 5 と、空燃比センサ 4 0、4 1 の加熱を行うヒータ部 5 6 とを具備する。

【 0 0 4 6 】

固体電解質層 5 1 は、 $ZrO_2$  (ジルコニア)、 $HfO_2$ 、 $ThO_2$ 、 $Bi_2O_3$ 等に  $CaO$ 、 $MgO$ 、 $Y_2O_3$ 、 $Yb_2O_3$ 等を安定剤として配当した酸素イオン伝導性酸化物の焼結体により形成されている。また、拡散律速層 5 4 は、アルミナ、マグネシア、けい石質、スピネル、ムライト等の耐熱性無機物質の多孔質焼結体により形成されている。さらに、排気側電極 5 2 及び大気側電極 5 3 は、白金等の触媒活性の高い貴金属により形成されている。

【 0 0 4 7 】

また、排気側電極と大気側電極との間には、ECU 3 1 に搭載された電圧印加装置 6 0 によりセンサ印加電圧  $V$  が印加される。加えて、ECU 3 1 には、センサ印加電圧を印加したときに固体電解質層を介してこれら電極 5 2、5 3 間に流れる電流  $I$  を検出する電流検出装置 6 1 が設けられる。この電流検出装置 6 1 によって検出される電流が空燃比センサ 4 0、4 1 の出力電流である。

【 0 0 4 8 】

このように構成された空燃比センサ 4 0、4 1 は、図 3 に示したような電圧 - 電流 ( $V - I$ ) 特性を有する。図 3 からわかるように、出力電流 ( $I$ ) は、排気空燃比が大きくなるほど (リーンになるほど)、大きくなる。また、各排気空燃比における  $V - I$  線には、 $V$  軸に平行な領域、すなわちセンサ印加電圧が変化しても出力電流がほとんど変化しない領域が存在する。この電圧領域は限界電流領域と称され、このときの電流は限界電流と称される。図 3 では、排気空燃比が 1 8 であるときの限界電流領域及び限界電流をそれぞれ  $W_{18}$ 、 $I_{18}$  で示している。

【 0 0 4 9 】

一方、センサ印加電圧が限界電流領域よりも低い領域では、センサ印加電圧にほぼ比例して出力電流が変化する。斯かる領域は比例領域と称される。このときの傾きは、固体電解質層 5 1 の直流素子抵抗によって定まる。また、センサ印加電圧が限界電流領域よりも高い領域では、センサ印加電圧の増加に伴って出力電流も増加する。この領域では、排気側電極 5 2 上にて排気ガス中に含まれる水分の分解等が生じること等により、センサ印加電圧の変化に応じて出力電圧が変化する。

【 0 0 5 0 】

図 4 は、印加電圧を 0 . 4 V 程度で一定にしたときの、排気空燃比と出力電流  $I$  との関係を示す図である。図 4 からわかるように、空燃比センサ 4 0、4 1 では、排気空燃比が大きくなるほど (すなわち、リーンになるほど)、空燃比センサ 4 0、4 1 からの出力電流  $I$  が大きくなる。加えて、空燃比センサ 4 0、4 1 は、排気空燃比が理論空燃比であるときに出力電流  $I$  が零になるように構成される。また、排気空燃比が一定以上 (本実施形態では 1 8 以上) に大きくなったとき、或いは一定以下に小さくなったときには、排気空燃比の変化に対する出力電流の変化の割合が小さくなる。

【 0 0 5 1 】

なお、上記例では、空燃比センサ 4 0、4 1 として図 2 に示した構造の限界電流式の空燃比センサを用いている。しかしながら、少なくとも理論空燃比近傍において、排気空燃比の変化に対して出力値がなだらかに変化すれば、他の構造の限界電流式の空燃比センサや、限界電流式ではない空燃比センサ等、如何なる空燃比センサを用いてもよい。

【 0 0 5 2 】

< 基本的な制御 >

このように構成された内燃機関では、上流側空燃比センサ 4 0 及び下流側空燃比センサ 4 1 の出力に基づいて、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比が機関運転状態に基づいた最適な空燃比となるように、燃料噴射弁 1 1 からの燃料噴射量が設定される。このような燃料噴射量の設定方法としては、上流側空燃比センサ 4 0 の出力に基づいて上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比が目標空燃比となるように制御す

10

20

30

40

50

ると共に、下流側空燃比センサ 4 1 の出力に基づいて上流側空燃比センサ 4 0 の出力を補正したり、目標空燃比を変更したりする方法が挙げられる。

【 0 0 5 3 】

また、本発明の実施形態に係る内燃機関では、内燃機関を搭載した車両の減速時等に、燃料噴射弁 1 1 からの燃料噴射を停止又は大幅に減量して燃焼室 5 内への燃料供給を停止又は大幅に減量する燃料カット制御が実施される。斯かる燃料カット制御は、例えば、アクセルペダル 4 2 の踏み込み量がゼロ又はほぼゼロ（すなわち、機関負荷がゼロ又はほぼゼロ）であり且つ機関回転数がアイドリング時の回転数よりも高い所定の回転数以上であるときに実施される。

【 0 0 5 4 】

燃料カット制御が行われたときは、内燃機関から空気又は空気と同様な排気ガスが排出されることになるため、上流側排気浄化触媒 2 0 には空燃比の極めて高い（すなわち、リーン度合いの極めて高い）ガスが流入することになる。この結果、燃料カット制御中には、上流側排気浄化触媒 2 0 に多量の酸素が流入し、上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量は上限吸蔵量に達する。

【 0 0 5 5 】

また、本実施形態の内燃機関では、燃料カット制御中に上流側排気浄化触媒 2 0 に吸蔵された酸素を放出させるために、燃料カット制御の終了直後には、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比をリッチ空燃比にする復帰後リッチ制御が行われる。この様子を図 5 に示す。

【 0 0 5 6 】

図 5 は、燃料カット制御を行った際に、上流側空燃比センサ 4 0 の出力値に相当する空燃比（以下、「上流側出力空燃比」という）と、上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量と、下流側空燃比センサ 4 1 の出力値に相当する空燃比（以下、「下流側出力空燃比」という）とのタイムチャートである。図示した例では、時刻  $t_1$  において燃料カット制御が開始されると共に、時刻  $t_3$  において燃料カット制御が終了せしめられる。

【 0 0 5 7 】

図示した例では、時刻  $t_1$  において、燃料カット制御が開始せしめられると、機関本体 1 からはリーン空燃比の排気ガスが排出され、これに伴って上流側空燃比センサ 4 0 の出力空燃比が増大する。このとき、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガス中の酸素は上流側排気浄化触媒 2 0 に吸蔵されるため、上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量は増大し、一方、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比は理論空燃比のままとなる。

【 0 0 5 8 】

その後、時刻  $t_2$  において上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量が上限吸蔵量（ $C_{max}$ ）に達すると上流側排気浄化触媒 2 0 はそれ以上酸素を吸蔵することができなくなる。このため、時刻  $t_2$  以降においては、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比が理論空燃比よりもリーンになる。

【 0 0 5 9 】

時刻  $t_3$  において、燃料カット制御が終了せしめられると、燃料カット制御中に上流側排気浄化触媒 2 0 に吸蔵された酸素を放出させるために、復帰後リッチ制御が行われる。復帰後リッチ制御では、機関本体 1 からは理論空燃比よりも僅かにリッチな空燃比の排気ガスが排出される。これに伴って、上流側空燃比センサ 4 0 の出力空燃比がリッチ空燃比になると共に、上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量が徐々に減少する。このとき、上流側排気浄化触媒 2 0 にリッチ空燃比の排気ガスが流入せしめられても、上流側排気浄化触媒 2 0 に吸蔵されている酸素と排気ガス中の未燃ガスとが反応するため、上流側排気浄化触媒 2 0 から排出される排気ガスの空燃比はほぼ理論空燃比となる。このため、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比はほぼ理論空燃比となる。

【 0 0 6 0 】

酸素吸蔵量の減少が続くと、ついには酸素吸蔵量がほぼゼロとなって、上流側排気浄化触媒 2 0 から未燃ガスが流出する。これにより、時刻  $t_4$  において、下流側空燃比センサ

10

20

30

40

50

41によって検出された排気空燃比が理論空燃比よりもリッチとなる。このように、下流側空燃比センサ41の出力空燃比が理論空燃比よりも僅かにリッチである終了判定空燃比に達すると、復帰後リッチ制御が終了せしめられる。その後、通常空燃比制御が開始され、図示した例では、機関本体から排出される排気ガスの空燃比が理論空燃比になるように制御される。

【0061】

なお、復帰後リッチ制御の終了条件は必ずしも下流側空燃比センサ41によってリッチ空燃比が検出された時でなくてもよく、例えば、燃料カット制御の終了後、一定時間が経過した時等、他の条件で終了するようにされてもよい。

【0062】

< 応答性劣化診断における課題 >

上述したように、空燃比センサ40、41に基づいて燃料噴射量を設定する場合には、空燃比センサ40、41に異常が生じて、空燃比センサ40、41の出力の精度が悪化してしまうと、燃料噴射量を最適に設定することができなくなる。その結果、排気エミッションの悪化や燃費の悪化を招いてしまう。このため、多くの内燃機関では、空燃比センサ40、41の異常を自己診断する診断装置が設けられている。

【0063】

ところで、このような空燃比センサ40、41の出力異常としては、応答性劣化が挙げられる。空燃比センサの応答性劣化は、例えば、センサ素子が被水することを防止するためのセンサカバー（保護層55よりも外側に設けられたカバー）に設けられた通気孔がパーティキュレート（PM）により部分的に塞がってしまうことより生じる。このような応答性劣化が生じたときにおける空燃比センサの推移の様子を、図6に示す。

【0064】

図6は、燃料カット制御の実行前後における、上流側出力空燃比及び下流側出力空燃比の、図5と同様なタイムチャートである。図示した例では、時刻 $t_1$ において燃料カット制御が開始されると共に、時刻 $t_3$ において燃料カット制御が終了せしめられる。燃料カット制御が終了せしめられると、復帰後リッチ制御により上流側排気浄化触媒20にはリッチ空燃比の排気ガスが流入せしめられる。

【0065】

下流側空燃比センサ41に応答性劣化が生じていない場合、下流側空燃比センサ41の出力空燃比は図6に実線Aで示したように推移する。すなわち、燃料カット制御の終了後、機関本体1から下流側空燃比センサ41まで距離があるため、燃料カット制御の終了から僅かに遅れて、下流側空燃比センサ41の出力空燃比が低下し始める。また、このとき上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比はほぼ理論空燃比となっているため、下流側空燃比センサ41の出力空燃比もほぼ理論空燃比に収束する。

【0066】

一方、下流側空燃比センサ41に応答性劣化が生じている場合、下流側空燃比センサ41の出力空燃比は図6に破線Bで示したように推移する。すなわち、下流側空燃比センサ41に応答性劣化が生じていない場合（実線A）に比べて、出力空燃比の低下速度が遅くなる。このように、下流側空燃比センサ41の応答性劣化の有無に応じて、下流側空燃比センサ41の出力空燃比の低下速度が変化する。このため、この低下速度を算出することにより、下流側空燃比センサ41の応答性劣化の有無を診断することができる。特に、このような応答性劣化の診断は、排気空燃比が18程度と17程度との間の領域の低下速度に基づいて行うのが好ましい。

【0067】

ところで、燃料カット制御の終了後の下流側空燃比センサ41の出力空燃比の推移は、上流側排気浄化触媒20の劣化度合いに応じて変化する。例えば、上流側排気浄化触媒20の劣化度合いが高くて、その酸素吸蔵能力が低下している場合には、燃料カット制御中においても上流側排気浄化触媒20にはほとんど酸素が吸蔵されない。このため、燃料カット制御が終了して上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃

10

20

30

40

50

比にされると、これに伴って、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比も急激に低下する。

【0068】

この様子を、図 6 中に一点鎖線 C で示す。図 6 の一点鎖線 C は、下流側空燃比センサ 41 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 20 の劣化度合いが高い場合の出力空燃比の推移を表している。図 6 の実線 A と一点鎖線 C との比較からもわかるように、燃料カット制御の終了後においては、下流側空燃比センサ 41 の出力空燃比の低下速度は、上流側排気浄化触媒 20 に劣化が生じていない場合に比べて速くなる。

【0069】

一方、下流側空燃比センサ 41 に応答性劣化が生じており且つ上流側排気浄化触媒 20 の劣化度合いが高い場合には、応答性劣化に伴う出力空燃比の低下速度の低下と、上流側排気浄化触媒 20 の劣化に伴う出力空燃比の低下速度の増大とが合わさる。この結果、斯かる場合には、下流側空燃比センサ 41 の出力空燃比は、図 6 中に二点鎖線 D で示したように、排気空燃比が 1.8 程度と 1.7 程度との間の領域において、実線 A の場合（下流側空燃比センサ 41 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 20 の劣化度合いが低い場合）における出力空燃比と同様に推移する。

【0070】

このため、上述したように出力空燃比の低下速度に基づいて応答性劣化を診断していると、図 6 中に二点鎖線 D で示したような場合には、下流側空燃比センサ 41 に応答性劣化の異常が生じているにもかかわらず、異常判定することができない。

【0071】

<本発明における異常診断の原理>

これに対して、本発明に係る実施形態では、異なる二つの空燃比領域において、その空燃比領域における下流側空燃比センサ 41 の出力空燃比の変化速度をそれぞれ算出し、算出された各空燃比領域における変化速度に基づいて下流側空燃比センサ 41 の異常（特に、応答性劣化）を診断するようにしている。以下では、まず、本発明における下流側空燃比センサ 41 の異常診断の原理について説明する。

【0072】

上述したように、出力空燃比が 1.8 程度と 1.7 程度との間の領域では、上流側排気浄化触媒 20 の劣化度合いが低い限り、下流側空燃比センサ 41 の出力空燃比の応答性劣化の有無を検出することができる。そこで、本実施形態では、まず、燃料カット制御の終了後、下流側空燃比センサ 41 の出力空燃比が初めて 1.8 と 1.7 との間の第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の低下速度（以下、「第一空燃比変化速度」という）を算出する。特に、本実施形態では、第一空燃比領域の上限空燃比（すなわち、1.8）から第一空燃比領域の下限空燃比（すなわち、1.7）まで変化する時間  $T_1$  が第一空燃比変化速度を表すパラメータとして用いられる。この第一空燃比変化時間  $T_1$  は長くなるほど、第一空燃比変化速度が遅くなることを意味する。なお、図 1 中の第一空燃比変化時間  $T_1$  は実線 A についての第一空燃比変化速度を表すパラメータである。

【0073】

加えて、本実施形態では、下流側空燃比センサ 41 の出力空燃比が 1.6 と理論空燃比（1.46）との間の第二空燃比領域 Y 内にあるときの出力空燃比の変化速度（以下、「第二空燃比変化速度」という）を算出する。この第二空燃比変化速度についても、第一空燃比変化速度と同様に、第二空燃比領域の上限空燃比（すなわち、1.6）から第二空燃比領域の下限空燃比（すなわち、理論空燃比）まで変化する時間  $T_2$  が第二空燃比変化速度を表すパラメータとして用いられる。この第二空燃比変化時間  $T_2$  も長くなるほど、第二空燃比変化速度が遅くなることを意味する。なお、図 1 中の第二空燃比変化時間  $T_2$  は実線 A についての第一空燃比変化速度を表すパラメータである。

【0074】

本発明の実施形態によれば、このようにして算出された第一空燃比変化速度及び第二空燃比変化速度に基づいて、下流側空燃比センサ 41 の異常診断が行われる。まず、第一空

10

20

30

40

50

燃比変化速度（第一空燃比領域 X 内における変化速度）が、異常基準変化速度よりも遅い（すなわち、時間  $T_1$  が異常基準閾値よりも長い）場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が発生していると判定する。

【 0 0 7 5 】

すなわち、第一空燃比領域 X 内における出力空燃比 A ~ D を比較すると、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低い実線 A に対して破線 B では傾きが小さくなっている。そして、破線 B は、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じている場合を示している。したがって、第一空燃比変化速度が、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じていないときの空燃比変化速度よりも遅くなっている場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が発生しているといえる。そこで、本実施形態では、異常基準変化速度よりも下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比の変化速度が遅い場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が発生していると判定するようにしている。

10

【 0 0 7 6 】

なお、異常基準変化速度は、例えば、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低いときに第一空燃比領域 X 内における変化速度が取り得る最低速度よりも僅かに遅い速度とされる。そして、異常基準変化速度は、予め定められた値であってもよいし、復帰後リッチ制御中における機関回転数や機関負荷等の運転パラメータに応じて変化する値であってもよい。

【 0 0 7 7 】

20

一方、第一空燃比変化速度（第一空燃比領域 X 内における変化速度）が、正常基準変化速度よりも速い（すなわち、時間  $T_1$  が正常基準閾値よりも短い）場合には、下流側空燃比センサ 4 1 には応答性劣化の異常が発生していないと判定する。すなわち、第一空燃比領域 X 内における出力空燃比 A ~ D を比較すると、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低い実線 A に対して一点鎖線 C では傾きが大きくなっている。そして、一点鎖線 C は、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じていない場合を示している。したがって、第一空燃比変化速度が、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じているときの空燃比変化速度よりも速くなっている場合には、下流側空燃比センサ 4 1 には応答性劣化の異常が発生していないといえる。そこで、本実施形態では、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比の変化速度が正常基準変化速度よりも速い場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が発生していないと判定するようにしている。

30

【 0 0 7 8 】

なお、正常基準変化速度は、例えば、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低いときに第一空燃比領域 X 内における変化速度が取り得る最高速度よりも僅かに速い変化速度とされる。そして、正常基準変化速度は、予め定められた値であってもよいし、復帰後リッチ制御中における機関回転数や機関負荷等の運転パラメータに応じて変化する値であってもよい。

【 0 0 7 9 】

これに対して、第一空燃比変化速度（第一空燃比領域 X 内における変化速度）が、異常基準変化速度よりも速く且つ正常基準変化速度よりも遅い場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が発生しているか否か不明（異常状態不明）であり判定保留として判定する。すなわち、上述したように、第一空燃比領域 X 内では、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いも低い場合（実線 A）と、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が生じていて且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが高い場合（二点鎖線 D）とのいずれにおいても、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比は同様に推移する。したがって、いずれの場合においても、第一空燃比変化速度は、異常基準変化速度よりも速く且つ正常基準変化速度よりも遅くなってしまう。そこで、本実施形態では、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比の変化速度が異常基準変化速度よりも速く且つ正常基準変化速度よりも遅い場合には、判定保留と

40

50

して判定するようにしている。

【0080】

一方、第一空燃比変化速度に基づく判定において判定保留として判定された実線 A と二点鎖線 D とを比較する。実線 A の場合（下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いも低い場合）には、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比は理論空燃比に漸近的に収束していく。これは、上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低いため、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比であっても、上流側排気浄化触媒 2 0 に吸蔵されていた酸素により未燃ガスが酸化・浄化されるためである。この結果、実線 A の場合には、第二空燃比変化速度（第二空燃比領域 Y 内における変化速度）は遅くなる。

10

【0081】

一方、二点鎖線 B の場合（下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が生じていて且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが高い場合）には、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比は理論空燃比を越えてリッチ空燃比まで迅速に変化する。これは、上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが高いため、上流側排気浄化触媒 2 0 にはほとんど酸素が吸蔵されておらず、その結果、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入した排気ガスがそのまま上流側排気浄化触媒 2 0 を通過するためである。この結果、二点鎖線 D の場合には、第二空燃比変化速度（第二空燃比領域 Y 内における変化速度）は速くなる。

【0082】

なお、図 6 に示した例で、一点鎖線 C 及び二点鎖線 D において、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比がリッチ空燃比に変化した後すぐに理論空燃比へと変化している。これは、当該出力空燃比がリッチ空燃比に変化した直後（より、正確には、終了判定空燃比に到達した直後）に復帰後リッチ制御が終了せしめられ、上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの目標空燃比が理論空燃比に切り替えられるためである。

20

【0083】

そこで、本実施形態では、第一空燃比変化速度に基づく判定において判定保留と判定された場合には、第二空燃比変化速度に基づいて下流側空燃比センサ 4 1 の異常診断が行われる。具体的には、第二空燃比変化速度が、正常・異常判定基準変化速度よりも遅い場合には、下流側空燃比センサ 4 1 には応答性劣化の異常が発生していないと判定するようにしている。一方、第二空燃比変化速度が、正常・異常判定基準変化速度よりも速い場合には、下流側空燃比センサ 4 1 には応答性劣化の異常が発生していると判定するようにしている。なお、正常・異常判定基準変化速度は、例えば、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低いときに第二空燃比領域 Y 内における変化速度が取り得る最高速度よりも僅かに速い変化速度である。そして、正常・異常判定基準変化速度は、予め定められた値であってもよいし、復帰後リッチ制御中における機関回転数や機関負荷等の運転パラメータに応じて変化する値であってもよい。

30

【0084】

したがって、これらを総合すると、本実施形態では、第一空燃比変化速度が異常基準変化速度よりも遅い場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に異常が発生していると判定し、第一空燃比変化速度が正常基準変化速度よりも速い場合には、下流側空燃比センサ 4 1 が正常であると判定する。また、第一空燃比変化速度が異常基準変化速度よりも速く且つ正常基準変化速度よりも遅い場合には、判定保留（すなわち、異常状態不明）であると判定する。そして、第一空燃比変化速度に基づいて判定保留であると判定された場合には、第二空燃比変化速度が正常・異常判定基準変化速度よりも遅いときには下流側空燃比センサ 4 1 が正常であると判定し、正常・異常判定基準変化速度よりも速いときには下流側空燃比センサ 4 1 に異常が発生していると判定する。下流側空燃比センサ 4 1 の異常診断をこのように行うことにより、上流側排気浄化触媒 2 0 に劣化が生じても下流側空燃比センサ 4 1 の応答性劣化の異常を正確に診断することができるようになる。

40

【0085】

50

なお、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比に基づく第一空燃比変化速度の算出は第一変化速度算出手段により行われ、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比に基づく第二空燃比変化速度の算出は第二変化速度算出手段により行われる。また、第一空燃比変化速度及び第二空燃比変化速度に基づく下流側空燃比センサ 4 1 の正常及び異常の判定は異常診断手段によって行われる。ECU 3 1 は、これら第一変化速度算出手段、第二変化速度算出手段及び異常診断手段として機能する。

【 0 0 8 6 】

また、上記実施形態では、各空燃比領域 X、Y 内を通過するときの空燃比変化速度として、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比が各空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する時間（空燃比変化時間）を用いている。しかしながら、空燃比変化時間の代わり  
10

【 0 0 8 7 】

或いは、各空燃比領域 X、Y 内を通過するときの空燃比変化速度の代わりに、出力空燃比が各空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する間に下流側空燃比センサ 4 1 を通過した排気ガス量の積算値を用いてもよい。この排気ガス量の積算値は、エアフロメータ 3 9 の出力値から推定するようにしてもよいし、機関負荷及び機関回転数から推定するようにしてもよい。

【 0 0 8 8 】

この場合、出力空燃比が第一空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する間に  
20

下流側空燃比センサ 4 1 を通過した排気ガス量を積算した第一排気ガス量積算値が異常基準積算値よりも大きい場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に異常が発生していると判定する。一方、第一排気ガス量積算値が正常基準積算値よりも小さい場合には下流側空燃比センサ 4 1 は正常であると判定し、第一排気ガス量積算値が異常基準積算値と正常基準積算値との間である場合には判定保留として判定する。そして、第一排気ガス量積算値に基づいて判定保留として判定された場合には、出力空燃比が第二空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する間に下流側空燃比センサ 4 1 を通過した排気ガス量を積算した第二排気ガス量積算値が正常・異常判定基準積算値よりも大きい場合には下流側空燃比センサは正常であると判定する。一方、第二排気ガス量積算値が正常・異常判定基準積算値よりも小さい場合には下流側空燃比センサ 4 1 に異常が発生している判定する。  
30

【 0 0 8 9 】

また、本実施形態では、診断装置により下流側空燃比センサ 4 1 に異常があると判定された場合には、内燃機関を搭載した車両において警告灯が点灯するように構成される。

【 0 0 9 0 】

加えて、上述したように、一点鎖線 C の場合及び二点鎖線 D の場合には、上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが高いものとなっている。したがって、これら場合には、上流側排気浄化触媒 2 0 が劣化していると判定するようにしてもよい。具体的には、第一空燃比変化速度が正常基準変化速度よりも速い場合、すなわち第一空燃比変化速度に基づいて下流側空燃比センサ 4 1 が正常であると判定された場合には、上流側排気浄化触媒 2 0 が劣化していると判定される。また、第二空燃比変化速度が正常・異常判定基準変化速度よりも速い場合、すなわち第二空燃比変化速度に基づいて下流側空燃比センサ 4 1 が異常であると判定された場合には、上流側排気浄化触媒 2 0 が劣化していると判定される。  
40

【 0 0 9 1 】

< 第一空燃比領域及び第二空燃比領域 >

ところで、第一空燃比領域を第一領域上限空燃比とこれよりもリッチ側の第一領域下限空燃比との間の領域とすると、上述した例では、第一領域上限空燃比を 1 8、第一領域下限空燃比を 1 7 としている。また、第二空燃比領域を第二領域上限空燃比とこれよりもリッチ側の第二領域下限空燃比との間の領域とすると、上述した例では、第二領域上限空燃比を 1 6、第二領域下限空燃比を理論空燃比（上述した例では、1 4 . 6）としている。しかしながら、排気浄化触媒 2 0 の特性、燃料の組成、下流側空燃比センサ 4 1 の構成等  
50

に応じて変更すべきものであるため、第一空燃比領域及び第二空燃比領域は必ずしもこれらの間の領域でなくてもよい。

【 0 0 9 2 】

まず、第一空燃比領域について説明する。第一空燃比領域は、基本的に、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じたときにその出力空燃比の変化速度が変化する領域であることが必要である。したがって、第一領域上限空燃比は、上流側排気浄化触媒 2 0 から空気が排出されているときの出力空燃比よりも低いことが必要である。

【 0 0 9 3 】

加えて、下流側空燃比センサ 4 1 として上述したように限界電流式空燃比センサを用いたときには、第一領域上限空燃比は、下流側空燃比センサ 4 1 が限界電流を発生させ得る空燃比であることが必要である。例えば、図 3 に示した例では、下流側空燃比センサ 4 1 における印加電圧を 0 . 4 V としたときには、排気空燃比が 1 8 程度であれば限界電流が出力されるが、排気空燃比がそれ以上になると限界電流は出力されない。このように限界電流が出力されなくなると、実際の空燃比に対する出力電流の精度が悪化するため、空燃比の検出精度が低下する。そこで、第一領域上限空燃比は、下流側空燃比センサ 4 1 が限界電流を発生させ得る空燃比とされ、図 3 に示した V - I 特性を有する空燃比センサでは 1 8 以下とされる。

【 0 0 9 4 】

或いは、下流側空燃比センサ 4 1 として出力電流が大きくなるにつれて印加電圧を大きくするように構成されているセンサを用いた場合には、第一領域上限空燃比は、理論空燃比に相当する排気ガスを検出する際に限界電流が発生する印加電圧を印加したときに、限界電流が発生する上限リーン空燃比としてもよい。

【 0 0 9 5 】

また、上流側排気浄化触媒 2 0 から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比よりもリッチになるタイミングは、上流側排気浄化触媒 2 0 が吸蔵可能な酸素量（最大酸素吸蔵量）に応じて変化する。したがって、第一領域下限空燃比を理論空燃比よりも低く設定すると、下流側空燃比センサ 4 1 の応答性劣化が同程度であっても、上流側排気浄化触媒 2 0 の最大酸素吸蔵量に応じて変化する。したがって、第一領域下限空燃比は理論空燃比以上であることが必要である。特に、第一領域下限空燃比は理論空燃比よりもリーンであるのが好ましい。

【 0 0 9 6 】

加えて、下流側空燃比センサ 4 1 として上述したように限界電流式空燃比センサを用いたときには、第一領域下限空燃比も、下流側空燃比センサ 4 1 が限界電流を発生させ得る空燃比であることが必要である。したがって、図 3 に示した V - I 特性を有する空燃比センサでは、1 2 以上とされる。なお、第一領域上限空燃比及び第一領域下限空燃比のいずれも下流側空燃比センサ 4 1 が限界電流を発生させ得る空燃比であることが必要である点を考慮すると、第一空燃比領域は下流側空燃比センサ 4 1 が限界電流を発生させる空燃比領域内の領域であるといえる。

【 0 0 9 7 】

次に、第二空燃比領域について説明する。第二空燃比領域は、基本的に、下流側空燃比センサ 4 1 の応答性劣化の有無にかかわらず、上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いに応じてその出力空燃比の変化速度が変化する領域であることが必要である。上述したように、上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いに応じて理論空燃比近傍における出力空燃比が変化することから、第二空燃比領域は理論空燃比近傍の領域を含むことが好ましい。

【 0 0 9 8 】

第二領域上限空燃比は、上述した第一領域上限空燃比と同様に、上流側排気浄化触媒 2 0 から空気が排出されているときの出力空燃比よりも低いことが必要である。また、下流側空燃比センサ 4 1 として限界電流式空燃比センサを用いたときには、第二領域空燃比は、下流側空燃比センサ 4 1 が限界電流を発生させ得る空燃比であることが必要である。さらに、第二空燃比変化速度に、第一空燃比領域における空燃比変化速度の影響が入ること

10

20

30

40

50

を防止するために、第二領域上限空燃比は第一領域下限空燃比よりもリッチ（低い）であることが好ましい。

【 0 0 9 9 】

一方、第二領域下限空燃比は、上述したように上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いに応じて理論空燃比近傍における出力空燃比の推移が変化することから、第二空燃比領域が理論空燃比近傍を含むような空燃比とされる。具体的には、第二領域下限空燃比は、理論空燃比よりも僅かにリーンな空燃比から理論空燃比よりもリッチな空燃比までの範囲内とされる。また、復帰後リッチ制御の終了タイミングを、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比が理論空燃比よりもリッチな終了判定空燃比に達したときとしている場合には、終了判定空燃比を第二領域下限空燃比としてもよい。また、下流側空燃比センサ 4 1 として上述したように限界電流式空燃比センサを用いたときには、第二空燃比領域も下流側空燃比センサ 4 1 が限界電流を発生させる空燃比領域内の領域とされる。

10

【 0 1 0 0 】

なお、第一空燃比領域及び第二空燃比領域の関係を概略的に説明すると、本実施形態では、第一空燃比領域は第二空燃比領域よりもリーンな空燃比領域を含むのが好ましく、第二空燃比領域は第一空燃比領域よりもリッチな空燃比領域を含むのが好ましいといえる。

【 0 1 0 1 】

<フローチャート>

図 8 は、本実施形態における異常診断制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。図 8 に示した異常診断制御は、ECU 3 1 において行われる。

20

【 0 1 0 2 】

図 8 に示したように、まず、ステップ S 1 1 において、内燃機関を始動してから、或いは内燃機関を搭載した車両のイグニッションキーをオンにしてから、下流側空燃比センサ 4 1 の異常診断が既に行われたか否かが判定される。ステップ S 1 1 において、異常診断が既に完了したと判定された場合には制御ルーチンが終了せしめられる。一方、ステップ S 1 1 において、下流側空燃比センサ 4 1 の異常診断が未了であると判定された場合にはステップ S 1 2 へと進む。

【 0 1 0 3 】

ステップ S 1 2 では、下流側空燃比センサ 4 1 の出力に基づいて第一空燃比変化時間  $T_1$  が算出される。具体的には、燃料カット制御の終了後、復帰後リッチ制御の開始後、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比が最初に第一領域上限空燃比（例えば、1 8）に到達してから最初に第一領域下限空燃比（例えば、1 7）に到達するまでの時間が第一空燃比変化時間  $T_1$  として算出される。

30

【 0 1 0 4 】

次いで、ステップ S 1 3、1 4 では、ステップ S 1 2 で算出された第一空燃比変化時間  $T_1$  が、異常判定閾値  $T_{1up}$  以上であるか、正常判定閾値  $T_{1low}$  以下であるか、或いは、異常判定閾値  $T_{1up}$  と正常判定閾値  $T_{1low}$  との間であるかが判定される。第一空燃比変化時間  $T_1$  が異常判定閾値  $T_{1up}$  以上であると判定された場合にはステップ S 1 5 へと進む。ステップ S 1 5 では、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が発生していると判定される。一方、ステップ S 1 3、1 4 において、第一空燃比変化時間  $T_1$  が正常判定閾値  $T_{1low}$  以下であると判定された場合には、ステップ S 1 6 へと進む。ステップ S 1 6 では下流側空燃比センサ 4 1 には応答性劣化の異常は発生していないと判定される。一方、ステップ S 1 3、1 4 において、第一空燃比変化時間  $T_1$  が、異常判定閾値  $T_{1up}$  と正常判定閾値  $T_{1low}$  との間であると判定された場合には、ステップ S 1 7 へと進む。

40

【 0 1 0 5 】

ステップ S 1 7 では、下流側空燃比センサ 4 1 の出力に基づいて第二空燃比変化時間  $T_2$  が算出される。具体的には、燃料カット制御の終了後、復帰後リッチ制御の開始後、下流側空燃比センサ 4 1 の出力空燃比が最初に第二領域上限空燃比（例えば、1 6）に到達してから最初に第二領域下限空燃比（例えば、理論空燃比）に到達するまでの時間が第

50

二空燃比変化時間  $T_2$ として算出される。

【0106】

次いで、ステップS18では、ステップS17で算出された第二空燃比変化時間  $T_2$ が、正常・異常判定閾値  $T_{2mid}$ よりも小さいか否かが判定される。第二空燃比変化時間  $T_2$ が、正常・異常判定閾値  $T_{2mid}$ よりも小さいと判定された場合にはステップS19へと進む。ステップS19では、下流側空燃比センサ41に応答性劣化の異常が発生していると判定される。一方、ステップS18において、第二空燃比変化時間  $T_2$ が、正常・異常判定閾値  $T_{2mid}$ 以上であると判定された場合にはステップS20へと進む。ステップS20では、下流側空燃比センサ41には応答性劣化の異常は発生していないと判定される。

10

【0107】

なお、上記例では、第一空燃比変化時間  $T_1$ 及び第二空燃比変化時間  $T_2$ に基づいて異常診断を行っている。しかしながら、上述したように、第一空燃比変化時間  $T_1$ の代わりに、第一領域上限空燃比から第一領域下限空燃比を減算した値を第一空燃比変化時間で除算した第一空燃比変化速度  $V_1$ を用いてもよい。また、第二空燃比変化時間  $T_2$ の代わりに、第二領域上限空燃比から第二領域下限空燃比を減算した値を第二空燃比変化時間で除算した第二空燃比変化速度  $V_2$ を用いてもよい。

【0108】

或いは、上述したように、第一空燃比変化時間  $T_1$ の代わりに、出力空燃比が第一領域上限空燃比から第一領域下限空燃比まで変化する間に下流側空燃比センサ41を通過した排気ガス量を積算した第一排気ガス量積算値を用いてもよい。また、第二空燃比変化時間  $T_2$ の代わりに、出力空燃比が第二領域上限空燃比から第二領域下限空燃比まで変化する間に下流側空燃比センサ41を通過した排気ガス量を積算した第二排気ガス量積算値を用いてもよい。

20

【0109】

この場合、ステップS13では、第一空燃比変化速度  $V_1$ が異常基準変化速度以下である場合にステップS15へと進み、下流側空燃比センサ41に異常が発生していると判定される。また、ステップS14では、第一空燃比変化速度  $V_1$ が正常基準変化速度以上である場合にステップS16へと進み、下流側空燃比センサ41には異常が発生していないと判定される。同様に、ステップS18では、第二空燃比変化速度  $V_2$ が、正常・異常基準変化速度以上である場合にステップS19へと進み、下流側空燃比センサ41に異常が発生していると判定される。

30

【0110】

<第二実施形態>

次に、図9を参照して、本発明の第二実施形態に係る診断装置について説明する。第二実施形態に係る診断装置は、基本的に第一実施形態に係る診断装置と同様に構成される。しかしながら、第一実施形態では、下流側空燃比センサ41の出力空燃比の変化速度に基づいて異常診断が行われているのに対して、第二実施形態では、下流側空燃比センサ41の出力空燃比の積算値（積分値）に基づいて異常診断が行われる。

40

【0111】

下流側空燃比センサ41の出力空燃比の応答性劣化の有無については、出力空燃比の積算値も、空燃比変化速度と同様な傾向を示す。この様子を、図9に示す。

【0112】

図9は、図7と同様なタイムチャートである。図9の  $I_{1A}$  は、下流側空燃比センサ41に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒20の劣化度合いが低い場合（実線A）に、出力空燃比が初めて第一空燃比領域X内を通過するときの出力空燃比の積算値である。また、図9の  $I_{1B}$  は、下流側空燃比センサ41に応答性劣化が生じており且つ上流側排気浄化触媒20の劣化度合いが低い場合（実線B）に、出力空燃比が初めて第一空燃比領域X内を通過するときの出力空燃比の積算値である。さらに、図9の  $I_{1C}$  は、下流側空燃比センサ41に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒20の劣化度合い

50

が高い場合（一点鎖線 C）に、出力空燃比が初めて第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値である。

【 0 1 1 3 】

これら積算値  $I_{1A}$ 、 $I_{1B}$ 、 $I_{1C}$  を比較すると、積算値  $I_{1B}$  は積算値  $I_{1A}$  よりも大きい。したがって、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じると、第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値は大きくなるのがわかる。また、積算値  $I_{1C}$  は積算値  $I_{1A}$  よりも小さい。したがって、上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが高くなると、第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値は小さくなるのがわかる。

【 0 1 1 4 】

一方、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低い場合（二点鎖線 D）には、出力空燃比は第一空燃比領域 X 内において実線 A と同様な挙動を示す。このため、実線 A で示したような場合と二点鎖線 D で示したような場合は、出力空燃比が初めて第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値は同程度となる。

【 0 1 1 5 】

そこで、本実施形態では、出力空燃比が初めて第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値が、異常基準積算値よりも大きい場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が発生していると判定する。なお、異常基準積算値は、例えば、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低いときに第一空燃比領域 X 内における出力空燃比の積算値が取り得る最大値よりも僅かに大きい値とされる。

【 0 1 1 6 】

一方、出力空燃比が初めて第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値が、正常基準積算値よりも大きい場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常は発生していないと判定する。なお、正常基準積算値は、例えば、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化が生じておらず且つ上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが低いときに第一空燃比領域 X 内における出力空燃比の積算値が取り得る最小値よりも僅かに小さい値とされる。

【 0 1 1 7 】

また、出力空燃比が初めて第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値が、異常基準積算値と正常基準積算値との間である場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に応答性劣化の異常が発生しているか否か不明（異常状態不明）であり判定保留として判定する。

【 0 1 1 8 】

また、図 9 の  $I_{2A}$  は、実線 A で示したような場合に、出力空燃比が初めて第二空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値である。また、図 9 の  $I_{2D}$  は、二点鎖線 D で示したような場合に、出力空燃比が初めて第二空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値である。これら積算値  $I_{2A}$ 、 $I_{2D}$  を比較すると、積算値  $I_{2A}$  は積算値  $I_{2D}$  よりも大きい。したがって、上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いが高くなると、第二空燃比領域 Y 内を通過するときの出力空燃比の積算値は大きくなるのがわかる。

【 0 1 1 9 】

そこで、本実施形態では、出力空燃比が初めて第一空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値に基づく判定において判定保留として判定された場合には、第二空燃比領域 Y 内を通過するときの出力空燃比の積算値に基づいて異常診断が行われる。具体的には、出力空燃比が初めて第二空燃比領域 X 内を通過するときの出力空燃比の積算値が、正常・異常判定基準積算値よりも大きい場合には、下流側空燃比センサ 4 1 には応答性劣化の異常が発生していないと判定するようにしている。一方、この積算値が、正常・異常判定基準積算値よりも小さい場合には、下流側空燃比センサ 4 1 には応答性劣化の異常が発生していると判定するようにしている。

【 0 1 2 0 】

10

20

30

40

50

したがって、これらを総合すると、本実施形態では、第一空燃比領域 X における積算値が異常基準積算値よりも大きい場合には、下流側空燃比センサ 4 1 に異常が発生していると判定し、第一空燃比領域 X における積算値が正常基準積算値よりも小さい場合には、下流側空燃比センサ 4 1 が正常であると判定する。また、第一空燃比領域 X における積算値が異常基準積算値と正常基準積算値との間である場合には、判定保留として判定する。そして、第一空燃比領域 X における積算値に基づいて判定保留として判定された場合には、第二空燃比積算値が正常・異常判定基準積算値よりも大きいときには下流側空燃比センサ 4 1 が正常であると判定し、正常・異常判定基準積算値よりも小さいときには下流側空燃比センサ 4 1 に異常が発生していると判定する。下流側空燃比センサ 4 1 の異常診断をこのように行うことにより、上流側排気浄化触媒 2 0 に劣化が生じても下流側空燃比センサ 4 1 の応答性劣化の異常を正確に診断することができる。

10

## 【 0 1 2 1 】

上述した第一実施形態と第二実施形態をまとめて表現すると、本発明の実施形態によれば、第一変化特性算出手段 ( E C U 3 1 ) により、出力空燃比が第一空燃比領域を最初に通過するときの第一空燃比変化特性が算出される。加えて、第二変化特性算出手段 ( E C U 3 1 ) により、第二空燃比領域を最初に通過するときの第二空燃比変化特性が算出される。そして、異常診断手段 ( E C U 3 1 ) により、第一空燃比変化特性に基づいて、下流側空燃比センサ 4 1 の状態について正常、異常、判定保留 ( すなわち、異常状態不明 ) のうちのいずれか一つであるとして判定され、第一空燃比変化特性に基づいて判定保留と判定されたときには第二空燃比変化特性に基づいて下流側空燃比センサ 4 1 の状態が正常、異常のうちのいずれか一方であると判定される。

20

## 【 0 1 2 2 】

空燃比変化特性としては、上述した実施形態では、空燃比変化速度 ( 空燃比変化時間 ) 、空燃比積算値、出力空燃比が各空燃比領域の上限空燃比から下限空燃比まで変化する間に下流側空燃比センサ 4 1 を通過した排気ガス量の積算値等が挙げられる。しかしながら、空燃比変化特性としては、下流側空燃比センサ 4 1 の応答性劣化異常の有無及び上流側排気浄化触媒 2 0 の劣化度合いに対して、空燃比変化速度等と同様な傾向を示すパラメータであれば、上記パラメータ以外のパラメータを用いてもよい。

## 【 符号の説明 】

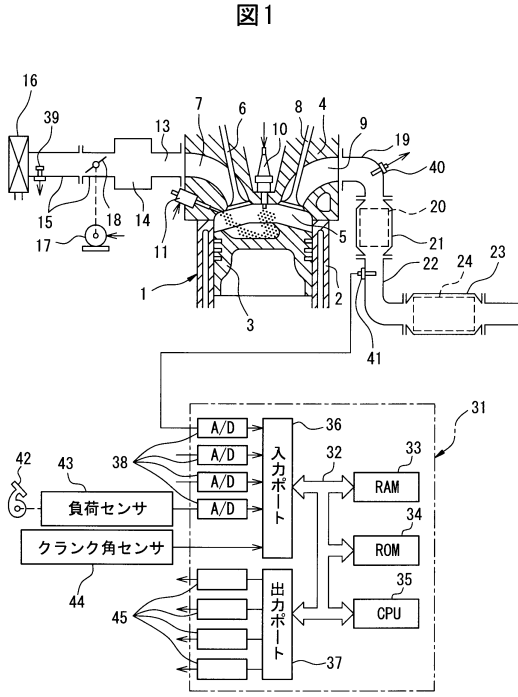
## 【 0 1 2 3 】

- 1 機関本体
- 5 燃焼室
- 6 吸気弁
- 8 排気弁
- 1 1 燃料噴射弁
- 1 9 排気マニホールド
- 2 0 上流側排気浄化触媒
- 2 1 上流側ケーシング
- 2 3 下流側ケーシング
- 2 4 下流側排気浄化触媒
- 3 1 電子制御ユニット ( E C U )
- 4 0 上流側空燃比センサ
- 4 1 下流側空燃比センサ

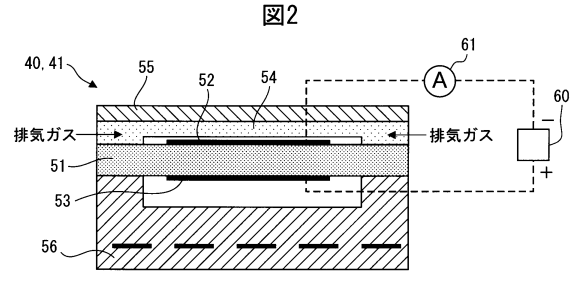
30

40

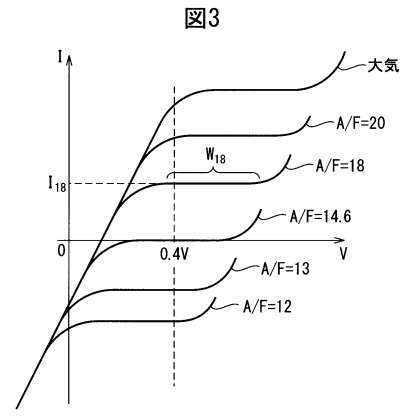
【図1】



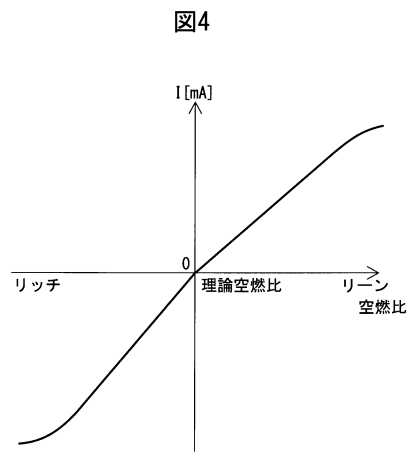
【図2】



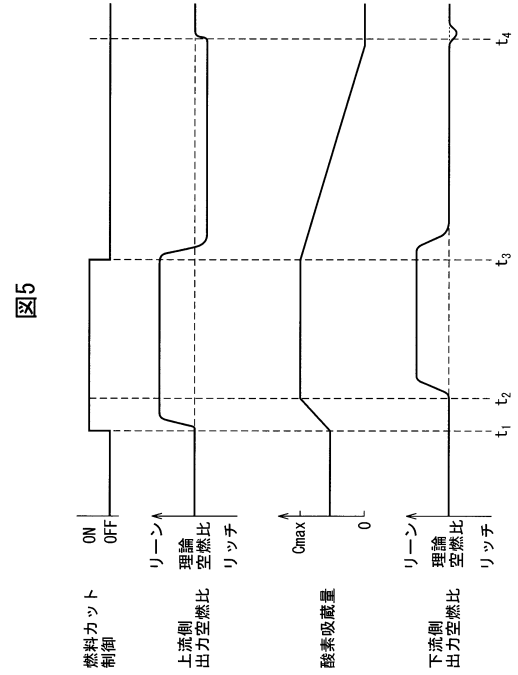
【図3】



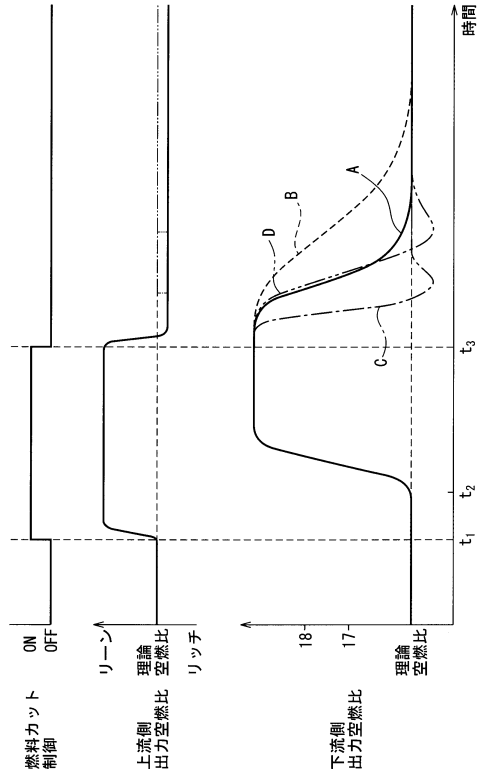
【図4】



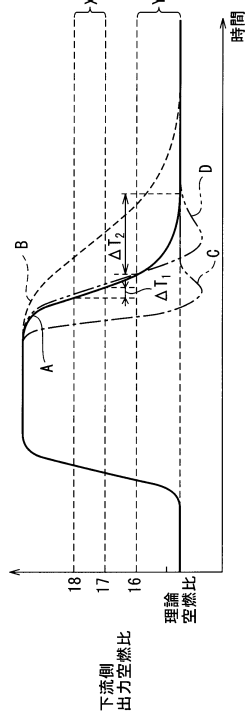
【図5】



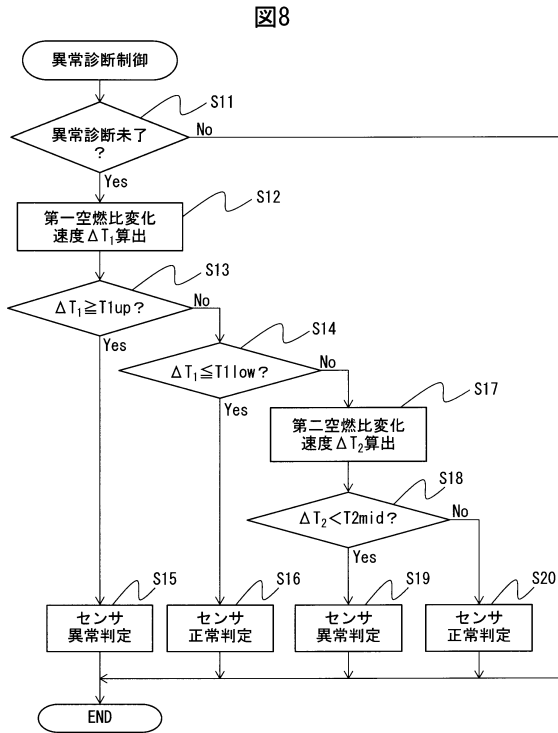
【図6】



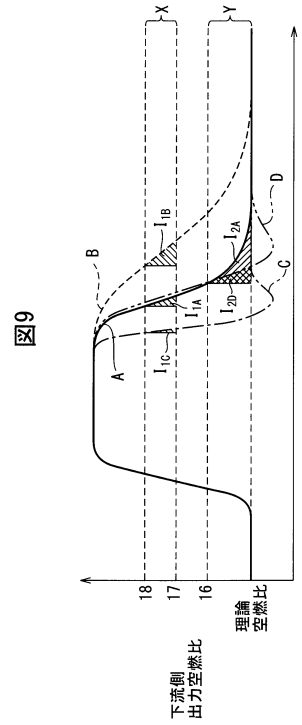
【図7】



【図8】



【図9】



## フロントページの続き

- (72)発明者 宮本 寛史  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 三好 悠司  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 岩崎 靖志  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 木所 徹  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 青木 圭一郎  
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 有賀 信

- (56)参考文献 特開2008-169776(JP,A)  
特開平10-169493(JP,A)  
特開2007-192093(JP,A)  
特開2012-251435(JP,A)  
特開2002-130010(JP,A)  
特開2001-215205(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 41/00 41/40  
F02D 43/00 45/00