

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3967630号
(P3967630)

(45) 発行日 平成19年8月29日(2007.8.29)

(24) 登録日 平成19年6月8日(2007.6.8)

(51) Int. Cl.	F I	
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00	358K
FO2D 41/14 (2006.01)	FO2D 45/00	358C
FO1N 3/00 (2006.01)	FO2D 41/14	31OK
FO1N 3/20 (2006.01)	FO2D 41/14	31OF
FO2D 41/22 (2006.01)	FO2D 41/14	31OL
請求項の数 9 (全 26 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2002-141617 (P2002-141617)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成14年5月16日(2002.5.16)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2003-328823 (P2003-328823A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成15年11月19日(2003.11.19)	(74) 代理人	100081721
審査請求日	平成16年11月30日(2004.11.30)		弁理士 岡田 次生
		(74) 代理人	100105393
			弁理士 伏見 直哉
		(74) 代理人	100111969
			弁理士 平野 ゆかり
		(72) 発明者	安井 裕司
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
			社本田技術研究所内
		(72) 発明者	北川 浩
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
			社本田技術研究所内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 排ガスセンサの故障を検出する装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

排気管の触媒の下流に配置された排ガスセンサの故障を検出する装置であって、

前記排ガスセンサの出力および前記触媒の上流に配置された空燃比センサの出力をフィルタリングするフィルタと、

前記フィルタリングされた排ガスセンサの出力の振幅と、前記フィルタリングされた空燃比センサの出力の振幅との比に基づいて、前記排ガスセンサの故障を検出する手段と、を備え、

前記フィルタは、前記触媒の劣化により影響される周波数成分とは異なり、かつ前記排ガスセンサの劣化により影響される周波数成分を通過させるフィルタである、装置。

【請求項2】

前記比は、前記排ガスセンサの出力のうち所定値以上の振幅と、前記空燃比センサの出力のうち所定値以上の振幅と、に基づいて求められる、請求項1に記載の排ガスセンサの故障を検出する装置。

【請求項3】

前記比は、前記排ガスセンサの出力のうち局所的に極大となる振幅と、前記空燃比センサの出力のうち局所的に極大となる振幅と、に基づいて求められる、請求項1または請求項2のいずれかに記載の排ガスセンサの故障を検出する装置。

【請求項4】

10

20

前記比は、前記排ガスセンサの出力のうち局所的に極大となる振幅および該極大となる振幅の周辺の振幅と、前記空燃比センサの出力のうち局所的に極大となる振幅および該極大となる振幅の周辺の振幅と、に基づいて求められる、請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載の排ガスセンサの故障を検出する装置。

【請求項 5】

前記比に対し、逐次型最小 2 乗法により統計処理を実施する統計処理手段をさらに備え、前記統計処理手段によって算出された値に基づいて前記排ガスセンサの故障を検出する、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の排ガスセンサの故障を検出する装置。

【請求項 6】

前記排ガスセンサの出力および前記空燃比センサの出力のそれぞれに対し、逐次型最小 2 乗法により統計処理を実施する統計処理手段をさらに備え、

前記比は、前記統計処理手段によって算出された前記排ガスセンサの出力の振幅と、前記統計処理手段によって算出された前記空燃比センサの出力の振幅との比である、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の排ガスセンサの故障を検出する装置。

【請求項 7】

前記排ガスセンサの出力および前記空燃比センサの出力は、車両がクルーズ状態にあるときに取得される、請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の排ガスセンサの故障を検出する装置。

【請求項 8】

前記排ガスセンサの出力および前記空燃比センサの出力は、車両の内燃機関が所定の運転状態にあるときに取得される、請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の排ガスセンサの故障を検出する装置。

【請求項 9】

前記フィルタは、バンドパスフィルタを含む、請求項 1 から 8 のいずれかに記載の排ガスセンサの故障を検出する装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、内燃機関の排気系に設けられた排ガスセンサの故障を検出する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

内燃機関の排気系には、触媒装置が設けられている。触媒装置は、内燃機関に供給される混合気の空燃比がリーンのとき、排気ガス中に存在する過剰の酸素で H C および C O を酸化し、空燃比がリッチのとき、H C および C O によって N o x を還元する。空燃比が理論空燃比領域にあるとき、H C、C O および N o x が同時にかつ効果的に浄化される。

【0003】

触媒装置の下流には、排ガスセンサが設けられている。排ガスセンサは、排気系に排気されたガス中の酸素濃度を検出する。排ガスセンサの検出値は、内燃機関の様々な制御に用いられる。排ガスセンサの応答性が劣化すると、内燃機関を適切に制御することができなくなり、運転状態の悪化を招くおそれがある。

【0004】

特許第 2 8 1 2 2 5 2 号公報は、排ガスセンサの出力の微分値に基づいて、排ガスセンサの異常を検出する方法を開示する。排ガスセンサの出力の微分値が所定値以上である頻度が所定回数以下であるとき、排ガスセンサが異常と判定する。この判定手法は、排ガスセンサが正常である場合、該排ガスセンサの出力を時間で微分した値がゼロ近傍以外の大きさのものも存在するのに対し、排ガスセンサが故障している場合、該時間微分値はゼロ近傍のものしか存在しないという知見に基づいている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

触媒装置と排ガスセンサは直列に配置されているので、排ガスセンサの出力の微分値は、触媒の遅れ特性（ローパス特性）の影響を受ける。すなわち、触媒の劣化の程度が変化すると、排ガスセンサの出力も変化する。従来技術に示されるような排ガスセンサ出力の微分値の変動を分析しても、該変動が触媒の応答特性の変化に起因するのか、排ガスセンサの応答特性の変化に起因するのかを判別することは困難である。

【0006】

したがって、排ガスセンサの故障を、触媒の劣化と区別して検出することのできる装置および方法が必要とされている。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

この発明の一つの側面によると、排気管の触媒の下流に配置された排ガスセンサの故障を検出する装置は、該排ガスセンサの出力の振幅と、触媒の上流に配置された空燃比センサの出力の振幅との比に基づいて、排ガスセンサの故障を検出する。

【0008】

この発明によると、空燃比センサにより検出される空燃比変動に応じた排ガスセンサの変動を評価して、排ガスセンサの正常／故障を判別することができる。振幅比に基づいて故障を検出するので、空燃比の変動によって空燃比センサの出力が変動した場合でも、排ガスセンサの故障を安定的に検出することができる。さらに、この発明によると、故障検出のために空燃比を意図的に操作せず、偶発的に生じた空燃比変動が用いられる。したがって、有害な排ガス成分の排出量を増加させることなく、故障検出を実施することができる。

【0009】

この発明の一つの側面によると、排ガスセンサの出力のうち所定値以上となる振幅と、空燃比センサの出力のうち所定値以上となる振幅との比に基づいて、排ガスセンサの故障を検出する。この発明によると、排ガスセンサの故障を顕著に検出することのできる空燃比変動を空燃比センサにより取得することができる。該取得された空燃比変動に対応する排ガスセンサの出力を評価して、排ガスセンサの状態を良好な精度で判別することができる。

【0010】

この発明の一実施形態によると、排ガスセンサの出力のうち局所的に極大となる振幅と、空燃比センサの出力のうち局所的に極大となる振幅との比に基づいて、排ガスセンサの故障を検出する。

【0011】

また、この発明の他の実施形態によると、排ガスセンサの出力のうち局所的に極大となる振幅および該極大となる振幅の周辺の振幅と、空燃比センサの出力のうち局所的に極大となる振幅および該極大となる振幅の周辺の振幅との比に基づいて、排ガスセンサの故障を検出する。

【0012】

空燃比センサの出力の極大値と、排ガスセンサの出力の極大値を取得することにより、高い相関性を持つ一対の出力値に基づいて排ガスセンサの故障を検出することができる。極大値の周辺の値を取得すれば、高い相関性を持つ数組の対の出力値に基づいて排ガスセンサの故障を検出することができる。内燃機関の運転状態に応じて、空燃比センサ出力と排ガスセンサ出力との間の時間的な相関関係は変化する。しかしながら、両者の極大値を相関させることにより、該時間差の影響を最小限にすることができる。

【0013】

この発明の一つの側面によると、排ガスセンサの出力の振幅と空燃比センサの出力の振幅との比に対し、逐次型最小2乗法により統計処理が実施される。統計処理された振幅比に基づいて、排ガスセンサの故障を検出する。

【0014】

この発明の他の側面によると、空燃比センサの出力に対して逐次型最小2乗法により統計

10

20

30

40

50

処理を実施することによって算出された値と、排ガスセンサの出力に対して逐次型最小2乗法により統計処理を実施することによって算出された値との比に基づいて、排ガスセンサの故障を検出する。

【0015】

ノイズの影響、車両および内燃機関の運転状態の影響により、空燃比センサおよび排ガスセンサの出力にはバラツキが生じる。逐次型最小2乗法によって統計処理を実施することにより、このバラツキに起因する故障検出への影響を最小にすることができる。

【0016】

この発明の一つの側面によると、排ガスセンサの出力および空燃比センサの出力は、車両がクルーズ状態にあるときに取得される。車両がクルーズ状態で安定的に走行している時のセンサ出力を用いることで、故障検出の精度を向上させることができる。

10

【0017】

また、この発明の他の側面によると、排ガスセンサの出力および空燃比センサの出力は、車両の内燃機関が所定の運転状態にあるときに取得される。車両および内燃機関の運転状態により、センサ出力にはバラツキが生じる。所定の運転状態という条件を課すことにより、このようなバラツキを抑制して故障検出の精度を向上させることができる。

【0018】

この発明の一つの側面によると、故障検出装置は、フィルタをさらに備え、上記の排ガスセンサの出力は、フィルタによってフィルタリング処理を施された排ガスセンサの出力であり、上記の空燃比センサの出力は、該フィルタによってフィルタリング処理を施された空燃比センサの出力である。この発明によると、排ガスセンサおよび空燃比センサの出力にフィルタリング処理が施されるので、排ガスセンサの出力に対する触媒の劣化またはノイズの影響を小さくし、故障検出の精度を向上させることができる。

20

【0019】

この発明の一実施形態によると、フィルタリング処理は、バンドパスフィルタを用いて実施される。好ましくは、フィルタリング処理は、触媒の劣化により影響される周波数成分とは異なり、かつ排ガスセンサの劣化により影響される周波数成分を通過させるフィルタを用いて実施される。こうして、触媒の劣化が影響を与える周波数成分を除去しつつ、排ガスセンサの劣化が大きく影響する周波数成分の変動を強調するので、故障検出の精度を向上させることができる。

30

【0020】

【発明の実施の形態】

内燃機関および制御装置の構成

次に図面を参照してこの発明の実施の形態を説明する。図1は、この発明の実施形態による内燃機関（以下、「エンジン」という）およびその制御装置の全体的なシステム構成図である。

【0021】

電子制御ユニット（以下、「ECU」という）5は、車両の各部から送られてくるデータを受け入れる入力インターフェース5a、車両の各部の制御を行うための演算を実行するCPU5b、読み取り専用メモリ（ROM）およびランダムアクセスメモリ（RAM）を有するメモリ5c、および車両の各部に制御信号を送る出力インターフェース5dを備えている。メモリ5cのROMには、車両の各部の制御を行うためのプログラムおよび各種のデータが格納されている。この発明に従う故障検出を実現するためのプログラム、および該プログラムの実行の際に用いるデータおよびテーブルは、このROMに格納されている。ROMは、EEPROMのような書き換え可能なROMでもよい。RAMには、CPU5bによる演算のための作業領域が設けられる。車両の各部から送られてくるデータおよび車両の各部に送り出す制御信号は、RAMに一時的に記憶される。

40

【0022】

エンジン1は、たとえば4気筒を備えるエンジンである。吸気管2が、エンジン1に連結されている。吸気管2の上流側にはスロットル弁3が設けられている。スロットル弁3に

50

連結されたスロットル弁開度センサ（ θ TH）4は、スロットル弁3の開度に応じた電気信号を、ECU5に供給する。

【0023】

スロットル弁3をバイパスする通路21が、吸気管2に設けられている。エンジン1に供給する空気量を制御するためのバイパス弁22が、バイパス通路21に設けられている。バイパス弁22は、ECU5からの制御信号に従って駆動される。

【0024】

燃料噴射弁6は、エンジン1とスロットル弁3の間であって、吸気管2の吸気弁（図示せず）の少し上流側に各気筒毎に設けられている。燃料噴射弁6は、燃料ポンプ（図示せず）に接続され、該燃料ポンプを介して燃料タンク（図示せず）から燃料の供給を受ける。燃料噴射弁6は、ECU5からの制御信号に従って駆動される。

10

【0025】

吸気管圧力（Pb）センサ8および吸気温（Ta）センサ9は、吸気管2のスロットル弁3の下流側に設けられている。Pbセンサ8およびTaセンサ9によって検出された吸気管圧力Pbおよび吸気温Taは、それぞれECU5に送られる。

【0026】

エンジン水温（Tw）センサ10は、エンジン1のシリンダブロックの、冷却水が充満した気筒周壁（図示せず）に取り付けられる。Twセンサ10によって検出されたエンジン冷却水の温度Twは、ECU5に送られる。

【0027】

20

回転数（Ne）センサ13は、エンジン1のカム軸またはクランク軸（共に図示せず）周辺に取り付けられる。Neセンサ13は、たとえばピストンのTDC位置に関連したクランク角度で出力されるTDC信号パルスの周期よりも短いクランク角度（たとえば、30度）の周期で、CRK信号パルスを出力する。CRK信号パルスは、ECU5によってカウントされ、エンジン回転数Neが検出される。

【0028】

エンジン1の下流側には排気管14が連結されている。エンジン1は、排気管14を介して排気する。排気管14の途中に設けられた触媒装置15は、排気管14を通る排気ガス中のHC、CO、NO_xなどの有害成分を浄化する。触媒装置15には、2つの触媒が設けられている。上流側に設けられた触媒を上流触媒と呼び、下流側に設けられた触媒を下流触媒と呼ぶ。

30

【0029】

広域空燃比センサ（LAF）センサ16は、触媒装置15の上流に設けられている。LAFセンサ16は、リーンからリッチにわたる広範囲の空燃比領域において、排気ガス中の酸素濃度をリニアに検出する。検出された酸素濃度は、ECU5に送られる。

【0030】

O₂（排ガス）センサ17は、上流触媒と下流触媒の間に設けられている。O₂センサ17は2値型の排気ガス濃度センサである。O₂センサは、空燃比が理論空燃比よりもリッチであるとき高レベルの信号を出力し、空燃比が理論空燃比よりもリーンであるとき低レベルの信号を出力する。出力された電気信号は、ECU5に送られる。

40

【0031】

車両の速度を検出する車速（VP）センサ23がECU5に接続され、検出した車速信号をECU5に送る。

【0032】

ECU5に向けて送られた信号は入力インターフェース5aに渡され、アナログ→デジタル変換される。CPU5bは、変換されたデジタル信号を、メモリ5cに格納されているプログラムに従って処理し、車両のアクチュエータに送るための制御信号を作り出す。出力インターフェース5dは、これらの制御信号を、バイパス弁22、燃料噴射弁6、およびその他の機械要素のアクチュエータに送る。

【0033】

50

図2の(a)は、触媒装置15の構造を示す。排気管14に流入した排気ガスは、上流触媒25を通過し、その後下流触媒26を通過する。上流および下流触媒の間に設けられたO₂センサの出力に基づく空燃比制御の方が、下流触媒の下流に設けられたO₂センサの出力に基づく空燃比制御よりも、N_oxの浄化率を最適に維持しやすいことがわかっている。そのため、この発明に従う実施形態では、O₂センサ17を、上流および下流触媒の間に設ける。O₂センサ17は、上流触媒25を通過した後の排気ガスの酸素濃度を検出する。

【0034】

図2の(b)は、図2の(a)のLAFセンサ16からO₂センサ17にいたるブロック図である。LAFセンサ16は、上流触媒25に供給される排ガスの空燃比Kactを検出する。O₂センサ17は、上流触媒25によって浄化された排ガスの酸素濃度を、電圧Voutとして出力する。

10

【0035】

上流触媒25とO₂センサ17は、直列に配置されている。したがって、空燃比KactとO₂センサ17の出力Voutとの間には、上流触媒25およびO₂センサ17の遅れおよびむだ時間が存在する。

【0036】

図3は、O₂センサ出力Voutをフーリエ変換した結果を示す。触媒の劣化が進むと、センサ出力Voutのパワースペクトルは、矢印41によって示される方向に増大する。反対に、触媒が新品に近いほど、センサ出力Voutのパワースペクトルは、矢印42によって示される方向に減少する。この特性に基づいて、触媒の劣化を判定することができる。一方、O₂センサが劣化すると、その遅れ特性が大きくなるので、センサ出力Voutのパワースペクトルは、矢印42の方向に減少する。

20

【0037】

このように、O₂センサが劣化または故障すると、センサ出力Voutのパワースペクトルが減少するので、触媒の劣化を正確に検出することができなくなる。言い換えると、センサ出力Voutのパワースペクトルの変化からは、触媒が新品の状態とO₂センサが劣化している状態とを区別することができない。

【0038】

触媒劣化とO₂センサ故障の判別

30

発明の理解を助けるため、触媒の劣化とO₂センサの故障を区別する手法の概念を説明する。最初に、図4および図5を参照して、触媒の劣化を検出する手法の概念を説明する。

【0039】

図4は、(a)触媒が新品の時、(b)触媒の浄化率が十分残っている時、(c)触媒の浄化率が不十分な時の、O₂センサ出力Voutのパワースペクトルを示す。図4の(a)～(c)における、周波数3～7Hzに対応するセンサ出力Voutのパワースペクトルのレベル変化が、参照番号45によって示されている。

【0040】

図5の(a)から(c)は、図4の(a)から(c)のセンサ出力Voutに、バンドパスフィルタによってフィルタリング処理を施した結果をそれぞれ示す。周波数3～7Hzにおけるセンサ出力Voutのパワースペクトルが、フィルタによって強調されている。参照番号46によって示されるように、触媒が劣化するほど、周波数3～7Hzにおけるセンサ出力Voutのパワースペクトルが増加している。このように、周波数3～7Hzにおけるセンサ出力Voutを評価することにより、触媒の劣化状態を判定することができる。

40

【0041】

次に、O₂センサの故障を検出する手法の概念を説明する。図6の(a)は、LAFセンサによって検出される空燃比Kactの変動の一例を示す、図6の(b)は、図6の(a)の空燃比Kactの変動に応じたO₂センサの出力を示す。グラフ51は、正常なO₂センサからの出力Voutを示し、グラフ52は、故障したO₂センサからの出力Voutを示す。

【0042】

50

正常なO₂センサと故障したO₂センサとの間には、空燃比Kactの変動に応じた出力に差があることがわかる。特に、時間50～80において、振幅の大きい低周波の変動が空燃比Kactに生じたとき、正常なO₂センサの出力と故障したO₂センサの出力との間に顕著な差が現れる。正常なO₂センサの出力の振幅は大きく、故障したO₂センサの出力の振幅は小さい。このように、低周波の大きな空燃比変動が生じた時のO₂センサ出力の振幅に基づいて、O₂センサの故障を検出することができる。

【0043】

図6に示される空燃比Kactの低周波の大きな変動、および該空燃比の変動に対応するO₂センサ出力を強調して抽出するため、空燃比Kactおよびセンサ出力Voutに対し、バンドパスフィルタによるフィルタリング処理を施す。図7の(a)および(b)は、空燃比Kactについて用いられるバンドパスフィルタのフィルタ特性の一例を示し、図7の(c)および(d)は、センサ出力Voutについて用いられるバンドパスフィルタのフィルタ特性の一例を示す。

10

【0044】

空燃比Kact用のフィルタは、0.05～1.0(Hz)の周波数成分を抽出するように設計されている。センサ出力Voutのフィルタは、0.1～1.0(Hz)の周波数成分を抽出するように設計されている。この実施例では、より良好な精度でO₂センサの故障を検出するため、異なる通過特性を持つフィルタを用いて、空燃比Kactおよびセンサ出力Voutにフィルタリング処理を施す。

【0045】

20

図8の(a)は、図6の(a)の空燃比がフィルタリング処理された空燃比Kact_fを示す。図8の(b)は、図6の(b)のO₂センサが正常な場合のセンサ出力51がフィルタリング処理されたセンサ出力Vout_fを示す。図8の(c)は、図6の(b)のO₂センサが故障している場合のセンサ出力52がフィルタリング処理されたセンサ出力Vout_fを示す。図6と比較して明らかなように、フィルタリング処理を実施することにより、空燃比Kact_fの変動とO₂センサ出力Vout_fの変動との相関性がはっきり現れる。低周波の大きな空燃比Kact_fの変動が生じた時の、正常なO₂センサの出力と故障したO₂センサの出力の振幅差55が、顕著に抽出されている。この振幅差55を評価することにより、O₂センサの正常／故障を判定することができる。

【0046】

30

図9は、低周波の大きな空燃比変動およびそれに応じたセンサ出力の振幅差を抽出するために設定されるしきい値を示す。図9の(a)に示されるように、フィルタリングされた空燃比Kact_fに、上限値Kact_f_Hおよび下限値Kact_f_Lが設定される。図9の(b)に示されるように、センサ出力Voutに、上限値Vout_f_Hおよび下限値Vout_f_Lが設定される。

【0047】

図10は、フィルタリングされた空燃比Kact_fおよびセンサ出力Vout_fの相関関係を示す。フィルタリングされた空燃比Kact_fがゼロより大きい領域はリッチ領域であり、ゼロより小さい領域はリーン領域である。

【0048】

点61は、O₂センサが正常な場合に、上限値Kact_f_Hを超えた空燃比Kact_fについてセンサ出力Vout_fをプロットしたものである。点62は、O₂センサが正常な場合に、下限値Kact_f_Lを下回った空燃比Kact_fについてセンサ出力Vout_fをプロットしたものである。点63は、O₂センサが故障している場合に、上限値Kact_f_Hを超えた空燃比Kact_fについてセンサ出力Vout_fをプロットしたものである。点64は、O₂センサが故障している場合に、下限値Kact_f_Lを下回った空燃比Kact_fについてセンサ出力Vout_fをプロットしたものである。

40

【0049】

プロットされた点61および62に基づいて直線66を描画することができる。プロットされた点63および64に基づいて直線67を描画することができる。直線66および67は、空燃比Kact_fとセンサ出力Vout_fの相関関数を表しており、該相関関数の傾きは、

50

空燃比Kact_fの変動量とセンサ出力Vout_fの変動量の比を表している。O₂センサの正常／故障は、この傾きの差として現れる。したがって、本発明は、相関関数の傾きを算出し、該算出された傾きに基づいてO₂センサの故障を検出する。

【0050】

リッチ領域およびリーン領域の相関関数は、それぞれ式(1)および(2)のように表されることができる。ここで、A_{o2r}およびA_{o2l}は、リッチ領域における相関関数の傾きおよびリーン領域における相関関数の傾きをそれぞれ表す。A_{o2r}およびA_{o2l}は、以下、リッチ相関係数およびリーン相関係数と呼ばれる。dは、上流触媒およびO₂センサにおけるむだ時間を示す。kは、制御サイクルを識別する識別子である。相関係数A_{o2r}およびA_{o2l}を算出し、該算出された相関係数A_{o2r}およびA_{o2l}に基づいて、O₂センサの正常／故障を判定することができる。

10

【0051】

【数1】

$$Vout_f(k) = Ao2r \cdot Kact_f(k-d) \quad \text{式(1)}$$

【0052】

【数2】

$$Vout_f(k) = Ao2l \cdot Kact_f(k-d) \quad \text{式(2)}$$

【0053】

20

このように、触媒の劣化は、主に3～7Hzの周波数域におけるO₂センサ出力に影響を与えるので、該周波数域におけるO₂センサ出力Voutを比較することにより検出される。一方、より低い周波数域において大きな空燃比変動が生じたときの、空燃比センサの出力KactとO₂センサ出力Voutを比較することにより、O₂センサの劣化を検出することができる。両者の手法は、異なる周波数域におけるO₂センサ出力に基づくので、触媒の劣化とO₂センサの劣化を明確に区別することができる。

【0054】

故障検出装置の構成

図11は、本発明の第1の実施例に従う、O₂センサの故障を検出する装置の機能ブロック図である。LAFセンサ16およびO₂センサ17によってそれぞれ検出された空燃比Kactおよびセンサ出力Voutは、図7に示されるようなフィルタ特性を有するバンドパスフィルタに適用される。第1のバンドパスフィルタ71は、式(3)に従って、空燃比Kactをフィルタリングする。第2のバンドパスフィルタ72は、式(4)に従って、センサ出力Voutをフィルタリングする。ak1, ak2, ..., akn, bk0, bk1, ..., bkmおよびav1, av2, ..., avn, bv0, bv1, ..., bvmは、予めシミュレーション等で定められるフィルタ係数である。

30

【0055】

【数3】

$$Kact_f(k) = ak1 \cdot Kact_f(k-1) + ak2 \cdot Kact_f(k-2) + \dots + akn \cdot Kact_f(k-n) \\ + bk0 \cdot Kact(k) + bk1 \cdot Kact(k-1) + \dots + bkm \cdot Kact(k-m) \quad \text{式(3)}$$

40

【0056】

【数4】

$$Vout_f(k) = av1 \cdot Vout_f(k-1) + av2 \cdot Vout_f(k-2) + \dots + avn \cdot Vout_f(k-n) \\ + bv0 \cdot Vout(k) + bv1 \cdot Vout(k-1) + \dots + bvm \cdot Vout(k-m) \quad \text{式(4)}$$

【0057】

この実施例では、図7を参照して説明したように、空燃比Kactとセンサ出力Voutについて、異なる通過特性を持つフィルタを使用する。しかしながら、同じ通過特性を持つフィル

50

タを用いてもよい。代替的に、バンドパスフィルタの代わりに、ローパスフィルタを用いてもよい。また、低周波の通過域を持つバンドパスフィルタは不安定になりやすいので、ハイパスフィルタとローパスフィルタを順番に適用してもよい。

【0058】

第1のサンプリング部73は、フィルタリングされた空燃比 $Kact_f$ と、上記の上限値 $Kact_f_H$ を比較し、上限値 $Kact_f_H$ を超える $Kact_f$ をサンプリングする。サンプリングされたサンプルを、リッチ側サンプルと呼ぶ。同様に、第1のサンプリング部73は、フィルタリングされた空燃比 $Kact_f$ と、上記の下限值 $Kact_f_L$ を比較し、下限値 $Kact_f_L$ を下回る $Kact_f$ をサンプリングする。サンプリングされたサンプルを、リーン側サンプルと呼ぶ。第2のサンプリング部74は、第1のサンプリング部73によってサンプリングされた $Kact_f$ に対応するセンサ出力 $Vout_f$ をサンプリングする。

10

【0059】

第1のピーク処理部75は、第1のサンプリング部73によってサンプリングされたリッチ側サンプル $Kact_f$ のうち、最大の絶対値を持つサンプルをピーク値として抽出し、保持する（ピークホールド処理）。さらに、第1のピーク処理部75は、該保持されたピーク値を基準として、該ピーク値の周辺にあるサンプルを抽出する。

【0060】

同様に、第1のピーク処理部75は、第1のサンプリング部73によってサンプリングされたリーン側サンプル $Kact_f$ のうち、最大の絶対値を持つサンプルをピーク値として抽出し、保持する（ピークホールド処理）。さらに、第1のピーク処理部75は、該保持されたピーク値を基準として、該ピーク値の周辺にあるサンプルを抽出する。

20

【0061】

第2のピーク処理部76は、第2のサンプリング部74によってサンプリングされたリッチ側サンプル $Vout_f$ のうち、最大の絶対値を持つサンプルをピーク値として抽出し、保持する（ピークホールド処理）。さらに、第2のピーク処理部76は、該保持されたピーク値を基準として、該ピーク値の周辺にあるサンプルを抽出する。

【0062】

同様に、第2のピーク処理部76は、第2のサンプリング部74によってサンプリングされたリーン側サンプル $Kact_f$ のうち、最大の絶対値を持つサンプルをピーク値として抽出し、保持する（ピークホールド処理）。さらに、第2のピーク処理部76は、該保持されたピーク値を基準として、該ピーク値の周辺にあるサンプルを抽出する。

30

【0063】

ここで、ピークホールド処理の理解を助けるため、図12を参照する。曲線81は、リッチ領域におけるフィルタリングされた空燃比 $Kact_f$ の変化の一例を示し、曲線82は、リッチ領域におけるフィルタリングされたセンサ出力 $Vout_f$ の変化の一例を示す。

【0064】

第1のサンプリング部73により、上限値 $Kact_f_H$ を超えるサンプルP1～P7がサンプリングされる。第1のピーク処理部75は、サンプルP1～P7のうち、最大の振幅を持つサンプルP4を、ピーク値 $Kact_f_peakr$ として保持する。第1のピーク処理部75は、さらに、サンプルP4を基準に、左側にある3個のサンプルP1～P3、および右側にある3個のサンプルP5～P7を抽出する。

40

【0065】

同様の処理が、センサ出力 $Vout$ にも適用される。第1のサンプリング部73によってサンプリングされたサンプルP1からP7に対応するサンプルP11～P17が、第2のサンプリング部74によってサンプリングされる。サンプリングされたサンプルP11～P17のうち、サンプルP14が、ピーク値 $Vout_f_peakr$ として保持される。サンプルP14を基準に、左側にある3個のサンプルP11～P13および右側にある3個のサンプルP15～P17が抽出される。

【0066】

このピークホールド処理を実施することにより、フィルタリングされた空燃比 $Kact_f$ およ

50

びセンサ出力Vout_fの相関性を高めることができる。すなわち、Kact_fのピーク値と出力Vout_fのピーク値を対応づけることにより、Kact_fの他のサンプルとVout_fの他のサンプルが時間的に適切に対応づけられる。こうして、ピーク値の対(P 4, P 1 4)を基準として、(P 1, P 1 1)、(P 2, P 1 2)、(P 3, P 1 3)、(P 5, P 1 5)、(P 6, P 1 6)、(P 7, P 1 7)が生成される。空燃比とセンサ出力の相関性を高めることにより、より良好な精度で相関係数を求めることができる。

【0067】

図11に戻り、統計処理部77は、抽出されたサンプルに逐次型最小2乗法を適用し、相関係数Ao2rおよびAo2lを算出する。式(5)～(8)は、抽出されたリッチ側サンプルに逐次型最小2乗法を適用して、リッチ側相関係数Ao2rを算出する式を示す。

10

【0068】

【数5】

$$Ao2r(k) = Ao2r(k-1) + K Pr(k) \cdot Eo2r(k) \quad \text{式(5)}$$

【0069】

式(5)に示される誤差Eo2r(k)は式(6)に従って算出され、ゲイン係数KPr(k)は式(7)に従って算出される。

【0070】

【数6】

20

$$Eo2r(k) = \begin{cases} Vout_f(k) - Ao2r(k-1) \cdot Kact_f(k-d) \\ \quad \text{但し、} Vout_f(k) \geq Vout_f_H \text{ および } Kact_f(k) \geq Kact_f_H \\ 0 \quad \quad \quad \text{但し、} Vout_f(k) < Vout_f_H \text{ または } Kact_f(k) < Kact_f_H \end{cases}$$

式(6)

【0071】

30

【数7】

$$K Pr(k) = \frac{Pr(k) \cdot Kact_f(k-d)}{1 + Pr(k) \cdot Kact_f(k-d)^2} \quad \text{式(7)}$$

【0072】

式(7)におけるPrは、式(8)に従って算出される。

【0073】

【数8】

40

$$Pr(k+1) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} \left(1 - \frac{\lambda_2 \cdot Pr(k) \cdot Kact_f(k-d)}{\lambda_1 + \lambda_2 \cdot Pr(k) \cdot Kact_f(k-d)^2} \right) \cdot Pr(k) \\ \quad \text{但し、} Vout_f(k) \geq Vout_f_H \text{ および } Kact_f(k) \geq Kact_f_H \\ Pr(k) \quad \quad \quad \text{但し、} Vout_f(k) < Vout_f_H \text{ または } Kact_f(k) < Kact_f_H \end{cases}$$

式(8)

50

【 0 0 7 4 】

同様に、リーン側相関係数 A_{o2l} は、抽出されたリーン側サンプルに、式 (9) ~ (1 2) に従って逐次型最小 2 乗法を適用することにより算出される。

【 0 0 7 5 】

【 数 9 】

$$A_{o2l}(k) = A_{o2l}(k-1) + K_{Pl}(k) \cdot E_{o2l}(k) \quad \text{式 (9)}$$

【 0 0 7 6 】

式 (9) に示される誤差 $E_{o2l}(k)$ は式 (1 0) に従って算出され、ゲイン係数 $K_{Pl}(k)$ は式 (1 1) に従って算出される。 10

【 0 0 7 7 】

【 数 1 0 】

$$E_{o2l}(k) = \begin{cases} V_{out_f}(k) - A_{o2l}(k-1) \cdot K_{act_f}(k-d) \\ \quad \text{但し、} V_{out_f}(k) \leq V_{out_f_L} \text{ および } K_{act_f}(k) \leq K_{act_f_L} \\ 0 \quad \text{但し、} V_{out_f}(k) > V_{out_f_L} \text{ または } K_{act_f}(k) > K_{act_f_L} \end{cases}$$

20

式 (1 0)

【 0 0 7 8 】

【 数 1 1 】

$$K_{Pl}(k) = \frac{Pl(k) \cdot K_{act_f}(k-d)}{1 + Pl(k) \cdot K_{act_f}(k-d)^2} \quad \text{式 (1 1)}$$

【 0 0 7 9 】

30

式 (1 1) における Pl は、式 (1 2) に従って決定される。

【 0 0 8 0 】

【 数 1 2 】

$$Pl(k+1) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} \left(1 - \frac{\lambda_2 \cdot Pl(k) \cdot K_{act_f}(k-d)}{\lambda_1 + \lambda_2 \cdot Pl(k) \cdot K_{act_f}(k-d)^2} \right) \cdot Pl(k) \\ \quad \text{但し、} V_{out_f}(k) \leq V_{out_f_L} \text{ および } K_{act_f}(k) \leq K_{act_f_L} \\ Pl(k) \quad \text{但し、} V_{out_f}(k) > V_{out_f_L} \text{ または } K_{act_f}(k) > K_{act_f_L} \end{cases}$$

40

式 (1 2)

【 0 0 8 1 】

ノイズの影響、または車両や内燃機関の運転状態の影響によって、 LAF センサ出力および O_2 センサ出力にはバラツキがある。逐次型最小 2 乗法を適用することにより、該バラツキが故障検出に及ぼす影響を最小にすることができる。さらに、逐次型最小 2 乗法を実施することにより、各サイクルで統計処理が完了した後は、該サイクルの空燃比 K_{act_f} およびセンサ出力 V_{out_f} を保持する必要がないので、メモリを節約することができる。 50

【0082】

代替的に、逐次型ではない最小2乗法を用いてもよい。また、上記の式(8)および(12)における λ_1 および λ_2 の値により、適用する最小2乗法の種類が定められる。たとえば、固定ゲイン法では、 $\lambda_1 = 1$ 、 $\lambda_2 = 0$ である。最小2乗法では、 $\lambda_1 = 1$ 、 $\lambda_2 = 1$ である。漸減ゲイン法では、 $\lambda_1 = 1$ 、 $\lambda_2 = \lambda$ である。重み付き最小2乗法では、 $\lambda_1 = \lambda$ 、 $\lambda_2 = 1$ である。

【0083】

故障判定部78は、統計処理部77によって求められた相関係数に基づいて、O2センサの正常／故障を判定する。リッチ領域においては、相関係数 A_{O2r} が所定値 A_{O2r_BR} より小さければ、O2センサは故障していると判断する。相関係数 A_{O2r} が該所定値 A_{O2r_BR} 以上ならば、O2センサは正常と判定する。

10

【0084】

同様に、故障判定部78は、リーン領域において、相関係数 A_{O2l} が所定値 A_{O2l_BR} より小さければ、O2センサは故障していると判断する。相関係数 A_{O2l} が該所定値 A_{O2l_BR} 以上ならば、O2センサは正常と判定する。

【0085】

O2センサが正常と判定されれば、フラグ F_{O2BR} はゼロにセットされる。O2センサが故障と判定されれば、フラグ F_{O2BR} は1にセットされる。フラグ F_{O2BR} の値が1のとき、MIL(警告灯)を点灯して、O2センサに異常が生じていることを示すようにしてもよい。

20

【0086】

故障判定部78は、リッチ領域およびリーン領域のいずれかにおいてフラグ F_{O2BR} に1がセットされたならば、O2センサが故障していると判定する。代替的に、リッチ領域またはリーン領域のどちらか一方の相関係数を算出し、O2センサの正常／故障を判定するようにしてもよい。

【0087】

図13は、本発明の第2の実施例に従う、O2センサの故障を検出する装置の機能ブロック図である。上記の第1の実施例では、図10に示される相関関数の傾きに対して統計処理を実施したのに対し、第2の実施例では、フィルタリングされた空燃比 $Kact_f$ およびセンサ出力 $Vout_f$ のそれぞれに統計処理を実施し、統計処理された $Kact_f$ および $Vout_f$ から相関関数の傾きを算出する。

30

【0088】

第1および第2のバンドパスフィルタ71および72、第1および第2のサンプリング部73および74、第1および第2のピーク処理部75および76は、第1の実施例と同様の動作を実行する。

【0089】

第1の統計処理部91は、第1のピーク処理部75によって抽出されたリッチ側サンプル $Kact_f$ に、式(13)～(16)に従って逐次型2乗法を適用し、リッチ領域についての統計処理済み $Kact_f_LSH$ を求める。

【0090】

40

【数13】

$$Kact_f_LSH(k) = Kact_f_LSH(k-1) + KPkah(k) \cdot Ekah(k) \quad \text{式(13)}$$

【0091】

式(13)に示される誤差 $Ekah(k)$ は式(14)に従って算出され、ゲイン係数 $KPkah(k)$ は式(15)に従って算出される。

【0092】

【数14】

$$E_{kah}(k) = \begin{cases} Kact_f(k) - Kact_f_LSH(k-1) & \text{但し、} Kact_f(k) \geq Kact_f_H \\ 0 & \text{但し、} Kact_f(k) < Kact_f_H \end{cases}$$

式 (14)

【0093】

10

【数15】

$$KP_{kah}(k) = \frac{P_{kah}(k)}{1 + P_{kah}(k)} \quad \text{式 (15)}$$

【0094】

式 (15) における P_{kah} は、式 (16) に従って決定される。

【0095】

【数16】

$$P_{kah}(k+1) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} \left(1 - \frac{\lambda_2 \cdot P_{kah}(k)}{\lambda_1 + \lambda_2 \cdot P_{kah}(k)} \right) \cdot P_{kah}(h) & \text{但し、} Kact_f(k) \geq Kact_f_H \\ P_{kah}(k) & \text{但し、} Kact_f(k) < Kact_f_H \end{cases}$$

式 (16)

20

【0096】

同様に、第1の統計処理部91は、第1のピーク処理部75によって抽出されたリーン側サンプル $Kact_f$ に、式 (17) ~ (20) に従って逐次型2乗法を適用し、リーン領域についての統計処理済み $Kact_f_LSL$ を求める。

【0097】

【数17】

$$Kact_f_LSL(k) = Kact_f_LSL(k-1) + KP_{kal}(k) \cdot E_{kal}(k) \quad \text{式 (17)}$$

【0098】

式 (17) に示される誤差 $E_{kal}(k)$ は式 (18) に従って算出され、ゲイン係数 $KP_{kal}(k)$ は式 (19) に従って算出される。

【0099】

【数18】

30

40

$$E_{kal}(k) = \begin{cases} K_{act_f}(k) - K_{act_f_LSL}(k-1) & \text{但し、} K_{act_f}(k) \leq K_{act_f_L} \\ 0 & \text{但し、} K_{act_f}(k) > K_{act_f_L} \end{cases}$$

式 (18)

【0100】

10

【数19】

$$K_{Pkal}(k) = \frac{P_{kal}(k)}{1 + P_{kal}(k)} \quad \text{式 (19)}$$

【0101】

式 (19) における P_{kal} は、式 (20) に従って決定される。

【0102】

【数20】

$$P_{kal}(k+1) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} \left(1 - \frac{\lambda_2 \cdot P_{kal}(k)}{\lambda_1 + \lambda_2 \cdot P_{kal}(k)} \right) \cdot P_{kal}(k) & \text{但し、} K_{act_f}(k) \leq K_{act_f_L} \\ P_{kal}(k) & \text{但し、} K_{act_f}(k) > K_{act_f_L} \end{cases}$$

式 (20)

20

【0103】

第2の統計処理部92は、第2のピーク処理部76によって抽出されたリッチ側サンプル V_{out_f} に、式 (21) ~ (24) に従って逐次型2乗法を適用し、リッチ領域についての統計処理済み $V_{out_f_LSH}$ を求める。

【0104】

【数21】

$$V_{out_f_LSH}(k) = V_{out_f_LSH}(k-1) + K_{Po2h}(k) \cdot E_{o2h}(k) \quad \text{式 (21)}$$

【0105】

式 (21) に示される誤差 $E_{o2h}(k)$ は式 (22) に従って算出され、ゲイン係数 $K_{Po2h}(k)$ は式 (23) に従って算出される。

【0106】

【数22】

30

40

$$Eo2h(k) = \begin{cases} Vout_f(k) - Vout_f_LSH(k-1) & \text{但し、} Vout_f(k) \geq Vout_f_H \\ 0 & \text{但し、} Vout_f(k) < Vout_f_H \end{cases}$$

式 (22)

【0107】

10

【数23】

$$KPo2h(k) = \frac{Po2h(k)}{1 + Po2h(k)} \quad \text{式 (23)}$$

【0108】

式 (23) における Pko2h は、式 (24) に従って決定される。

【0109】

【数24】

$$Po2h(k+1) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} \left(1 - \frac{\lambda_2 \cdot Po2h(k)}{\lambda_1 + \lambda_2 \cdot Po2h(k)} \right) \cdot Po2h(k) & \text{但し、} Vout_f(k) \geq Vout_f_H \\ Po2h(k) & \text{但し、} Vout_f(k) < Vout_f_H \end{cases}$$

式 (24)

20

【0110】

30

同様に、第2の統計処理部92は、第2のピーク処理部76によって抽出されたリーン側サンプル $Vout_f$ に、式 (25) ~ (28) に従って逐次型2乗法を適用し、リーン領域についての統計処理済み $Vout_f_LSL$ を求める。

【0111】

【数25】

$$Vout_f_LSL(k) = Vout_f_LSL(k-1) + KPo2l(k) \cdot Eo2l(k) \quad \text{式 (25)}$$

【0112】

40

式 (25) に示される誤差 $Eo2l(k)$ は式 (26) に従って算出され、ゲイン係数 $KPo2l(k)$ は式 (27) に従って算出される。

【0113】

【数26】

$$Eo2l(k) = \begin{cases} Vout_f(k) - Vout_f_LSL(k-1) & \text{但し、} Vout_f(k) \leq Vout_f_L \\ 0 & \text{但し、} Vout_f(k) > Vout_f_L \end{cases}$$

式 (26)

10

【0114】

【数27】

$$KPo2l(k) = \frac{Po2l(k)}{1 + Po2l(k)} \quad \text{式 (27)}$$

【0115】

式 (27) における Po2l は、式 (28) に従って決定される。

【0116】

【数28】

20

$$Po2l(k+1) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1} \left(1 - \frac{\lambda_2 \cdot Po2l(k)}{\lambda_1 + \lambda_2 \cdot Po2l(k)}\right) \cdot Po2l(k) & \text{但し、} Vout_f(k) \leq Vout_f_L \\ Po2l(k) & \text{但し、} Vout_f(k) > Vout_f_L \end{cases}$$

式 (28)

30

【0117】

故障判定部 93 は、リッチ側領域について、第 1 および第 2 の統計処理部 91 および 92 によって算出された統計処理済み Kact_f_LSH とセンサ出力 Vout_f_LSH の比を求める。該比 Vout_f_LSH / Kact_f_LSH が、所定値 A o 2 r _ B R より小さければ、O 2 センサが故障していると判定する。該比 Vout_f_LSH / Kact_f_LSH が所定値 A o 2 r _ B R 以上ならば、O 2 センサは正常と判定する。所定値 A o 2 r _ B R は、第 1 の実施例において用いられたものと同じである。

【0118】

40

同様に、故障判定部 93 は、リーン領域について、第 1 および第 2 の統計処理部 91 および 92 によって算出された統計処理済み Kact_f_LSL とセンサ出力 Vout_f_LSL の比を求める。該比 Vout_f_LSL / Kact_f_LSL が所定値 A o 2 r _ B R より小さければ、O 2 センサが故障していると判定する。該比 Vout_f_LSL / Kact_f_LSL が所定値 A o 2 r _ B R 以上ならば、O 2 センサは正常と判定する。

【0119】

O 2 センサが正常と判定されれば、フラグ F _ O 2 B R はゼロにセットされる。O 2 センサが故障と判定されれば、フラグ F _ O 2 B R は 1 にセットされる。

【0120】

O 2 センサの故障を検出するフローチャート

50

図14は、この発明の第1の実施例に従う、O2センサの故障を検出するメインルーチンを示す。ステップS101において、センサ活性フラグが1かどうかを調べる。センサ活性フラグは、O2センサおよびLAFセンサの両方が活性化された時に1にセットされるフラグである。センサ活性フラグがゼロならば、タイマTMFLTSTに所定値TMFSTWTをセットする(S102)。所定値TMFSTWTは、バンドパスフィルタの出力が安定するのに必要な時間(たとえば、1.0秒)が設定される。ステップS103およびS104において、継続フラグFCKactHおよびFCKactLがゼロに初期化される。

【0121】

ステップS101においてセンサ活性フラグが1ならば、上記の式(3)および(4)に従い、空燃比Kactおよびセンサ出力Voutにフィルタリング処理を施し、Kact_f(k)およびVout_f(k)を求める(S105)。ステップS106において、車両のクルーズ状態を検出するため、式(29)に従って車速Vpにローパスフィルタを適用し、車速フィルタリング値Vfltを求める。ここで、afl,...,afnおよびbf0,...,bfmは、ローパスフィルタ係数を示す。ローパスフィルタは、たとえばバターワースフィルタ等を用いることができる。

【0122】

【数29】

$$Vflt(k) = afl \cdot Vflt(k-1) + \dots + afn \cdot Vflt(k-n) + bf0 \cdot Vp(k) + \dots + bfm \cdot Vp(k-m)$$

式(29)

【0123】

ステップS107において、ステップS102でセットされたタイマTMFLTSTがゼロになったかどうかを調べる。タイマがゼロになっていれば、O2フィードバック制御が実施されているかどうかを調べる(S108)。O2フィードバック制御が実施されていれば、ステップS109に進む。こうして、バンドパスフィルタの出力が安定し、O2フィードバック制御によって空燃比が適切に制御されている時に、O2センサの故障検出が実施されるようにする。

【0124】

ステップS109において、ステップS106で求められた、今回のサイクルにおける車速フィルタリング値Vflt(k)および前回のサイクルにおける車速フィルタリング値Vflt(k-1)を比較し、車速の変動が所定値より大きいかどうかを判断する。車速の変動が所定値X_DVLMより大きければ、車速の変動が大きく、O2センサの故障検出に適切な状況ではないので、ステップS103に進む。ステップS110において、エンジン回転数NEが所定範囲内(下限値X_NELおよび上限値X_NEHの間)にあるかどうかを調べる。エンジン回転数NEが所定範囲に無いならば、エンジン回転数の変動が大きく、O2センサの故障検出に適切な状況ではないので、ステップS103に進む。ステップS110において、吸気管圧力PBが所定範囲内(下限値X_PBLおよび上限値X_PBHの間)にあるかどうかを調べる。吸気管圧力PBが所定範囲に無いならば、エンジン負荷の変動が大きく、O2センサの故障検出に適切な状況ではないので、ステップS103に進む。

【0125】

ステップS109~S111のすべての判断がYesならば、故障検出を実施するためにステップS112に進む。ステップS112において、リッチ領域において空燃比Kact_fおよびセンサ出力Vout_fのサンプルを求める処理(図15)を実施する。ステップS113において、リーン領域において空燃比Kact_fおよび出力Vout_fのサンプルを求める処理(図16)を実施する。ステップS114においてリッチ側相関係数A_o2Rを算出し(図17)、ステップS115においてリーン側相関係数A_o2Lを算出する(図18)。ステップS116において、相関係数A_o2RおよびA_o2Lに基づいて、O2センサの故障を判定する(図19)。

【0126】

図15は、図14のステップS112において実施されるリッチ側サンプルを求める処理

10

20

30

40

50

のフローチャートを示す。ステップ S 1 2 0 において、今回のサイクルにおけるフィルタリングされた空燃比 $Kact_f(k-d)$ と、所定の上限値 $Katct_f_H$ (図 9 および図 1 0 参照) とを比較する。フィルタリングされた空燃比 $Kact_f(k-d)$ が上限値 $Katct_f_H$ より大きければ、継続フラグ F_CKactH に 1 がセットされているかどうかを調べる (S 1 2 1)。継続フラグ F_CKactH は、所与のサイクルでリッチ側サンプルの抽出処理が完了したときに 1 がセットされるフラグである。

【0 1 2 7】

ステップ S 1 2 1 において継続フラグ F_CKactH がゼロならば、前回のサイクルにおいてリッチ側サンプルの抽出処理が実施されなかったことを示す。この場合、ステップ S 1 2 2 ~ S 1 3 0 における初期化を実施する。初期化において、 $Kact_f$ および $Vout_f$ のそれぞれについて用意されたリングバッファ $Kact_f_Br(j)$ および $Vout_f_Br(j)$ をクリアする。バッファは、それぞれ、この実施例では 2 0 個用意されている。

10

【0 1 2 8】

ステップ S 1 2 7 において、空燃比 $Kact_f$ のピーク値が格納されるバッファ番号を示す $IPKAr$ 、およびセンサ出力 $Vout_f$ のピーク値が格納されるバッファ番号を示す $IPK02r$ をゼロに初期化する。ステップ S 1 2 9 および S 1 3 0 において、 $Kact_f$ のピーク値を記憶する $Kact_f_peakr$ および $Vout_f$ のピーク値を記憶する $Vout_f_peakr$ をそれぞれゼロに初期化する。

【0 1 2 9】

ステップ S 1 2 1 において継続フラグ F_CKactH が 1 ならば、前回のサイクルにおいてリッチ側サンプルの抽出処理が実施されたことを示す。ステップ S 1 3 1 に進み、 i に 1 をセットする。ステップ S 1 3 2 および S 1 3 3 において、 $Kact_f$ および $Vact_f$ のそれぞれのリングバッファを 1 つだけシフトする。すなわち、 $(i-1)$ 番目のバッファ $Kact_f_Br(i-1)$ に格納されている $Kact_f$ を、 i 番目のバッファ $Kact_f_Br(i)$ にシフトし、 $(i-1)$ 番目のバッファ $Vout_f_Br(i-1)$ に格納されている $Vout_f$ を、 i 番目のバッファ $Vout_f_Br(i)$ にシフトする。このシフトを、 $i=1$ から $i=20$ になるまで繰り返す (S 1 3 7)。こうして、0 番目のバッファ $Kact_f_Br(0)$ および $Vout_f_Br(0)$ を空にする。

20

【0 1 3 0】

リングバッファを 1 つだけシフトしたので、ピークバッファ番号 $IPKAr$ および $IPK02r$ に 1 を加算する (S 1 3 5 および S 1 3 6)。ステップ S 1 3 8 および S 1 3 9 において、シフト操作によって空にされたゼロ番目のバッファに、今回のサイクルにおける $Kact_f(k-d)$ および $Vout_f(k-d)$ を格納する。

30

【0 1 3 1】

ステップ S 1 4 0 において、今回のサイクルにおける $Kact_f(k-d)$ が、現在のピーク値 $Kact_f_peakr$ より大きければ、該 $Kact_f(k-d)$ でピーク値 $Kact_f_peakr$ を更新する (S 1 4 1)。ゼロ番目のバッファにピーク値が格納されたので、ピークバッファ番号 $IPKAr$ にゼロをセットする (S 1 4 2)。

【0 1 3 2】

ステップ S 1 4 3 において、今回のサイクルにおける $Vout_f(k-d)$ が、現在のピーク値 $Vout_f_peakr$ より大きければ、該 $Vout_f(k-d)$ でピーク値 $Vout_f_peakr$ を更新する (S 1 4 4)。ゼロ番目のバッファにピーク値が格納されたので、ピークバッファ番号 $IPK02r$ にゼロをセットする (S 1 4 5)。今回のサイクルにおけるサンプル抽出処理が完了したので、継続フラグ F_CKactH に 1 をセットする (S 1 4 6)。

40

【0 1 3 3】

ステップ S 1 2 0 に戻り、フィルタリングされた空燃比 $Kact_f(k-d)$ が上限値 $Katct_f_H$ 以下ならば、継続フラグ F_CKactH の値を調べる (S 1 4 7)。継続フラグ F_CKactH が 1 ならば、前回のサイクルまでに抽出されたリッチ側サンプルに基づいて相関係数を算出するため、許可フラグ $F_A02RLSG0$ に 1 をセットし (S 1 4 8)、継続フラグ F_CKactH にゼロをセットする (S 1 4 9)。ステップ S 1 4 7 において継続フラグ F_CKactH がゼロならば、許可フラグ $F_A02RLSG0$ にゼロをセットする (S 1 5 0)。

50

【0134】

図16は、図14のステップS113において実施される、リーン側サンプルを求める処理のフローチャートを示す。リーン側サンプルを求める処理は、図15のリッチ側サンプルを求める処理と同様の手順を有するので、詳細な説明は省略する。

【0135】

今回のサイクルの空燃比 $Kact_f(k-d)$ が下限値 $Kact_f_L$ （図9および図10参照）より小さく（S160）、かつ継続フラグ F_CKactL がゼロのとき（S161）、ステップS162～S170で示される初期化を行う。

【0136】

ステップS161において継続フラグ F_CKactL が1のとき、前回のサイクルにおいてリーン側サンプルの抽出処理が実施されたことを示す。ステップS171～S177において、リーン側サンプルのために用意されたリングバッファ $Kact_f_Bl(i)$ および $Vout_f_Bl(i)$ のそれぞれを、1つだけシフトする。ステップS178およびS179において、今回のサイクルのフィルタリングされた空燃比 $Kact_f(k-d)$ および出力 $Vout_f(k-d)$ を、それぞれ、バッファ $Kact_f_Bl(0)$ および $Vout_f_Bl(0)$ に格納する。ステップS180からS182において、フィルタリングされた空燃比 $Kact_f$ のリーン側ピーク値 $Kact_f_peakl$ を更新し、ピークバッファ番号 $IPKKA1$ をゼロにする。ステップS183からS185において、フィルタリングされた出力の $Vout_f$ のリーン側ピーク値 $Vout_f_peakl$ を更新し、ピークバッファ番号 $IPK021$ をゼロにする。ステップS186において、継続フラグ F_CKactL に1をセットする。

【0137】

ステップS160に戻り、今回のサイクルにおけるフィルタリングされた空燃比 $Kact_f(k-d)$ が下限値 $Kact_f_L$ 以上で、継続フラグ F_CKactL が1ならば（S187）、前回のサイクルまでに抽出されたリーン側サンプルに基づいて相関係数を算出するため、許可フラグ $F_A02LLSG0$ に1をセットし（S188）、継続フラグ F_CKactL にゼロをセットする（S189）。ステップS187において継続フラグ F_CKactL がゼロならば、許可フラグ $F_A02LLSG0$ にゼロをセットする（S190）。

【0138】

図17は、図14のステップS114において実施される、リッチ側相関係数 $Ao2R$ を算出する処理のフローチャートを示す。この実施例では、図12に示されるように、ピーク値を基準とした7個のサンプルに基づいて相関係数 $Ao2R$ を算出する。許可フラグ $F_A02RLSG0$ に1がセットされているとき、このルーチンに入る（S201）。

【0139】

ステップS202において、ピークバッファ番号 $IPKKA_r$ および $IPK02_r$ が3以上かどうかを調べる。ピークバッファ番号 $IPKKA_r$ および $IPK02_r$ は、ピーク値を格納するバッファの番号を示す。ピークバッファ番号 $IPKKA_r$ が2以下の場合、空燃比 $Kact_f$ について、ピーク値を基準としたサンプル数が5個以下であることを示す。同様に、ピークバッファ番号 $IPK02_r$ が2以下の場合、センサ出力 $Vout_f$ について、ピーク値を基準としたサンプル数が5個以下であることを示す。抽出されたサンプル $Kact_f$ および $Vout_f$ の数が少なすぎると、適切な統計処理を実施することができない。したがって、ピークバッファ番号 $IPKKA_r$ および $IPK02_r$ のいずれかが2以下の場合、このルーチンを抜ける。

【0140】

ステップS203において、 k にゼロをセットする。ステップS204～S207において、逐次型最小2乗法による統計処理を実施する。ステップS204では、上記の式（6）に従って誤差 $Eo2r$ を求める。ステップS204で示される $Ao2_r$ は、前回のサイクルで求められたリッチ側相関係数である。ステップS205において、上記の式（7）に従ってゲイン係数 KPr を求める。ステップS205で示される P_r は、前回のサイクルにおいて上記の式（8）に従って計算されたものである。ステップS206において、次のサイクルで使用される P_r を算出する。ステップS207において、上記の式（5）に従い、ステップS204およびS205で算出された誤差 $Eo2r$ およびゲイン係数 Kpr を用いて

、リッチ側相関係数 A_{O2r} を算出する。

【0141】

ステップ204から207の演算は、ステップS209において $k=6$ に等しくなるまで実施される。たとえば、ピーク値が4番目のバッファに格納されているとすると、1番目のバッファから7番目のバッファに格納されたサンプルが処理される。

【0142】

図18は、図14のステップS115において実施される、リーン側相関係数 A_{O2l} を算出する処理のフローチャートを示す。リーン側相関係数を算出する処理は、リッチ側相関係数を算出する処理と同様の手順を有するので、詳細な説明は省略する。ピーク値（絶対値が最大）を中心とした7個のサンプル（ピーク値を基準に、左側に3個および右側に3個）のそれぞれに、逐次型2乗法が適用され、相関係数 A_{O2l} が求められる。

10

【0143】

図19は、算出された相関係数 A_{O2r} および A_{O2l} に基づいてO2センサの故障を判定する処理のフローチャートを示す。ステップS251において、リッチ側相関係数 A_{O2r} が所定値 A_{O2r_BR} より小さいとき、O2センサに故障があると判定される。ステップS252において、リーン側相関係数 A_{O2l} が所定値 A_{O2l_BR} より小さいとき、O2センサに故障があると判定される。故障があると判定されたときは、フラグ F_{O2BR} に1がセットされる。

【0144】

ステップS251およびS252の判断が両方ともNのとき、O2センサは正常と判定され、故障フラグ F_{O2BR} に1をセットすることなくこのルーチンを抜ける。

20

【0145】

なお、相関係数 A_{O2r} および A_{O2l} の初期値は、ゼロとするか、またはバックアップRAMに格納された、前回のエンジン停止時のものを用いてもよい。

【0146】

本発明は、クランク軸を鉛直方向とした船外機などのような船舶推進機用エンジンにも適用が可能である。

【0147】

【発明の効果】

この発明によると、触媒の下流に設けられた排ガスセンサの故障を、該触媒の劣化と区別して検出することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例に従う、内燃機関およびその制御装置を概略的に示す図。

【図2】この発明の一実施例に従う、触媒装置および排ガスセンサの配置を示す図。

【図3】排ガスセンサ出力の周波数応答の一例を示す図。

【図4】排ガスセンサ出力の周波数応答が、触媒の劣化の程度に応じて変化する様子を示す図。

【図5】フィルタリングされた排ガスセンサ出力の周波数応答が、触媒の劣化の程度に応じて変化する様子を示す図。

【図6】空燃比の変動に応じて、排ガスセンサの正常／故障により該排ガスセンサの出力が変動する様子を示す図。

40

【図7】この発明の一実施例に従う、バンドパスフィルタのフィルタ特性を示す図。

【図8】この発明の一実施例に従う、図6の空燃比および排ガスセンサ出力をフィルタリングした結果を示す図。

【図9】この発明の一実施例に従う、フィルタリングされた空燃比および排ガスセンサ出力に設定されるしきい値を示す図。

【図10】この発明の一実施例に従う、排ガスセンサが正常な場合と故障している場合における空燃比と排ガスセンサ出力の相関関係を示す図。

【図11】この発明の第1の実施例に従う、故障検出装置の機能ブロック図。

【図12】この発明の一実施例に従う、空燃比と排ガスセンサ出力のピークホールド処理

50

において抽出されたサンプルを示す図。

【図 1 3】この発明の第 2 の実施例に従う、故障検出装置の機能ブロック図。

【図 1 4】この発明の一実施例に従う、故障検出処理のメインルーチンを示すフローチャート。

【図 1 5】この発明の一実施例に従う、リッチ側サンプルを抽出するルーチンを示すフローチャート。

【図 1 6】この発明の一実施例に従う、リーン側サンプルを抽出するルーチンを示すフローチャート。

【図 1 7】この発明の一実施例に従う、リッチ側相関係数を算出するルーチンを示すフローチャート。

【図 1 8】この発明の一実施例に従う、リーン側相関係数を算出するルーチンを示すフローチャート。

【図 1 9】この発明の一実施例に従う、故障判定ルーチンを示すフローチャート。

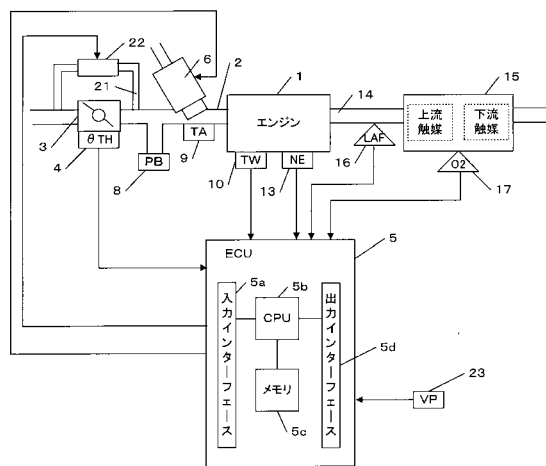
【符号の説明】

- 1 エンジン
- 5 ECU
- 14 排気管
- 15 触媒装置
- 16 LAF センサ
- 17 O₂ センサ
- 25 上流触媒
- 26 下流触媒

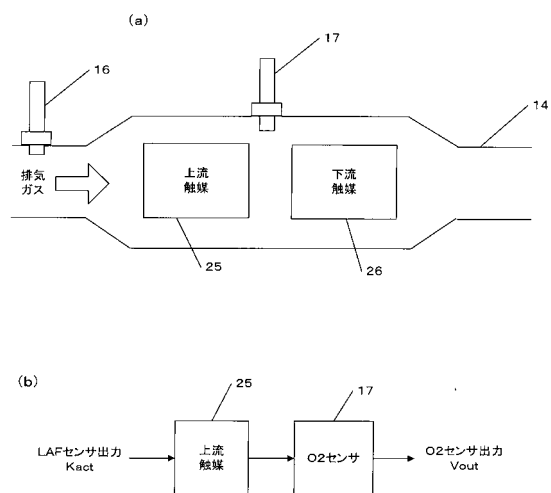
10

20

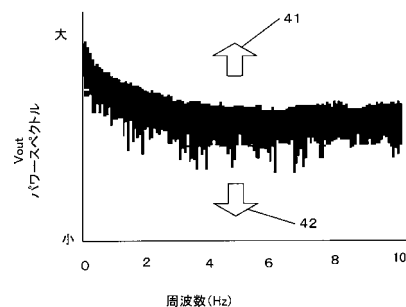
【図 1】



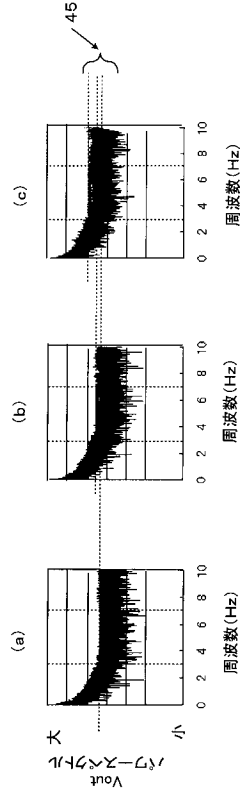
【図 2】



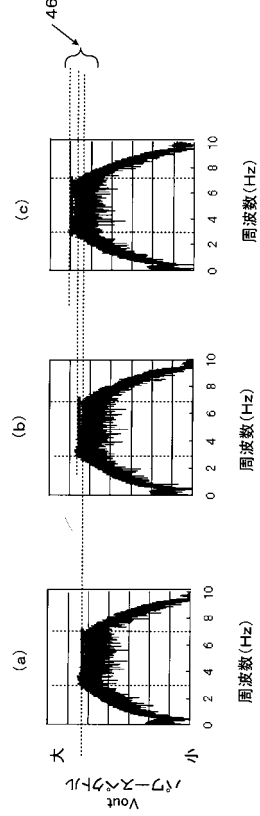
【図 3】



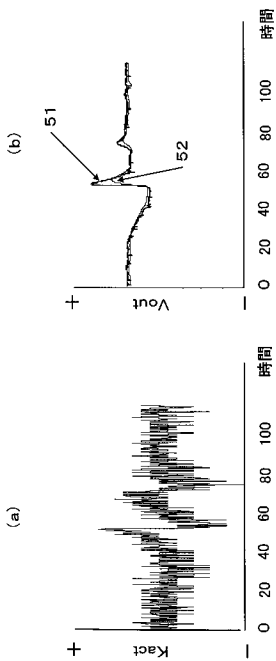
【図 4】



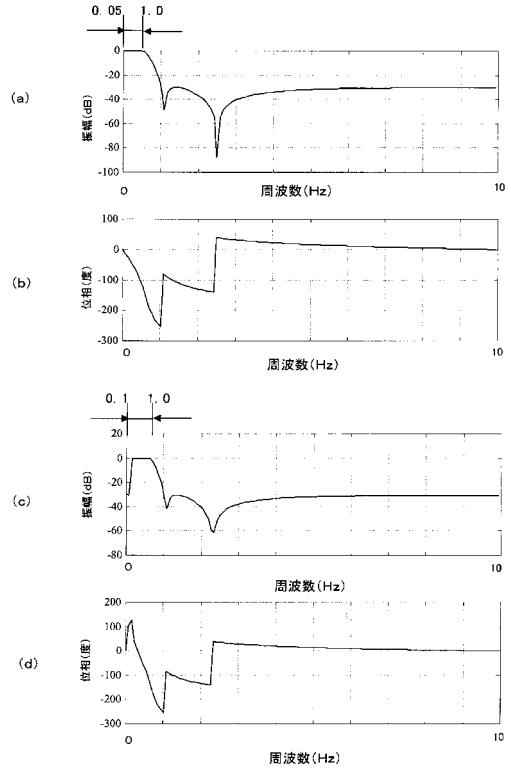
【図 5】



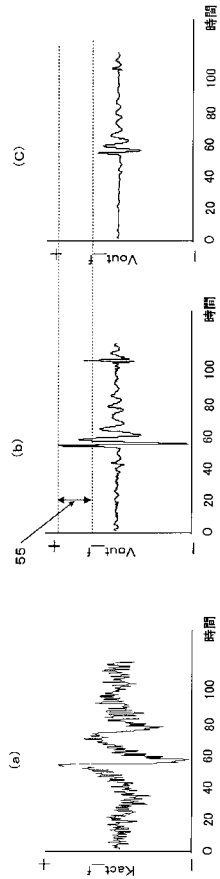
【図 6】



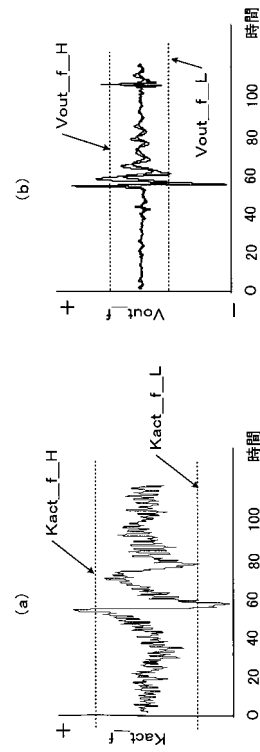
【図 7】



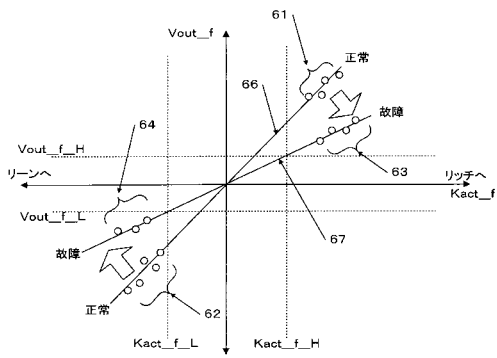
【図 8】



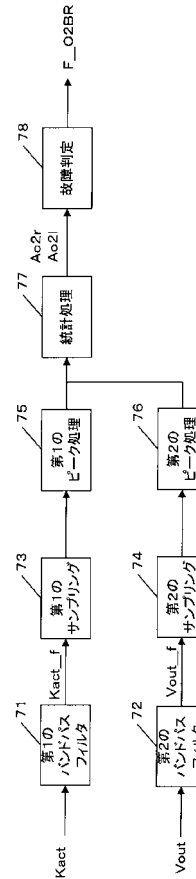
【図 9】



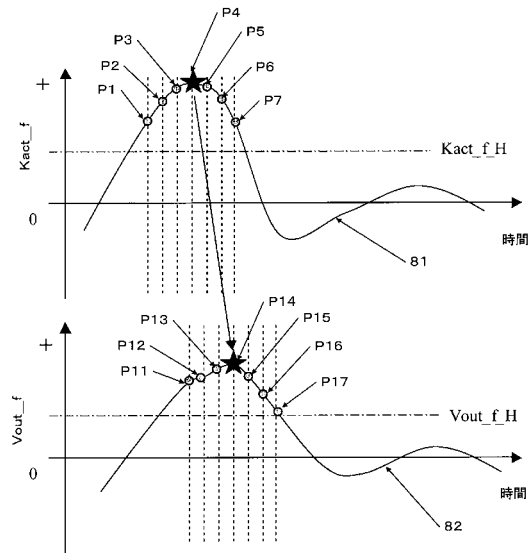
【図 10】



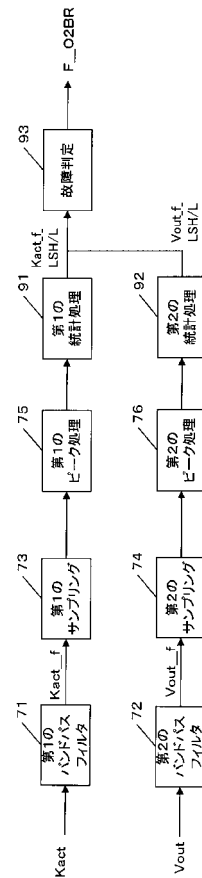
【図 11】



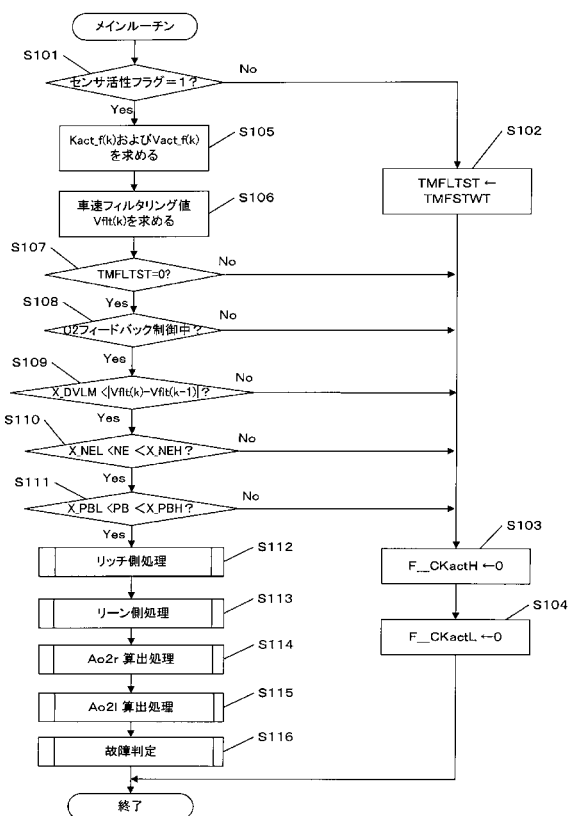
【図 1 2】



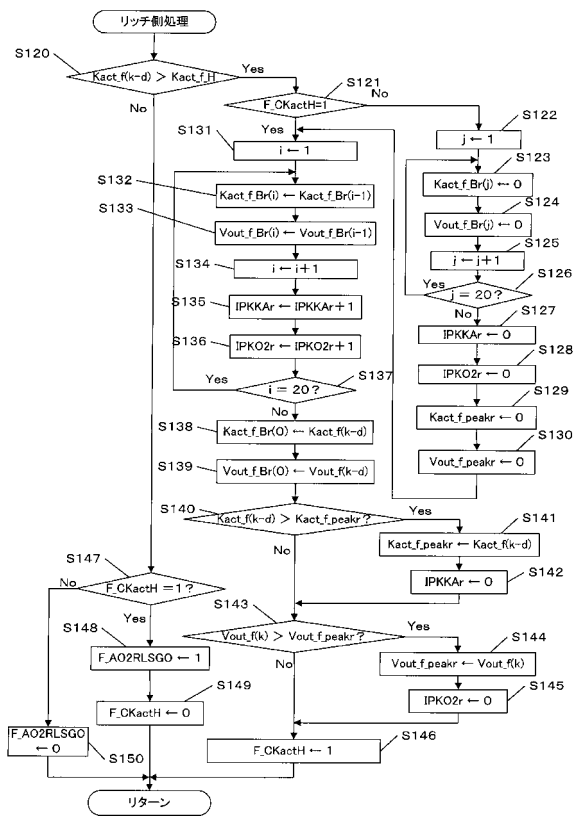
【図 1 3】



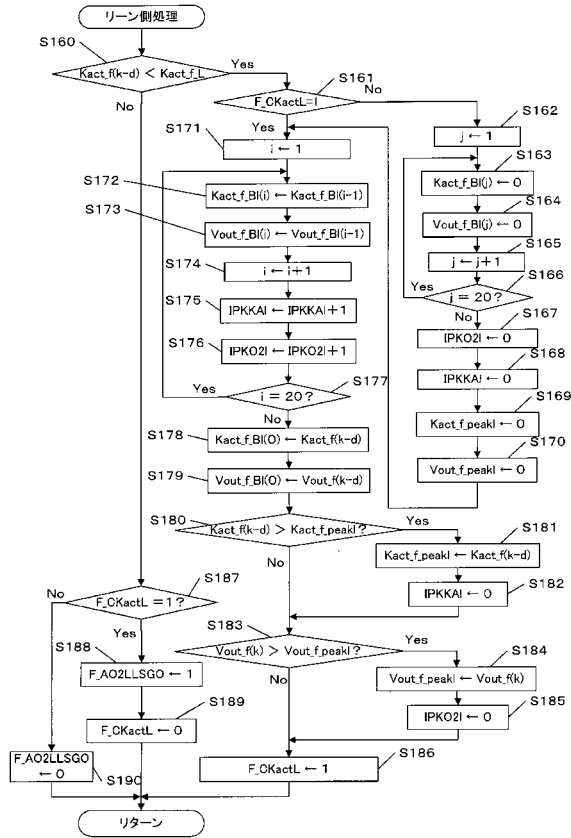
【図 1 4】



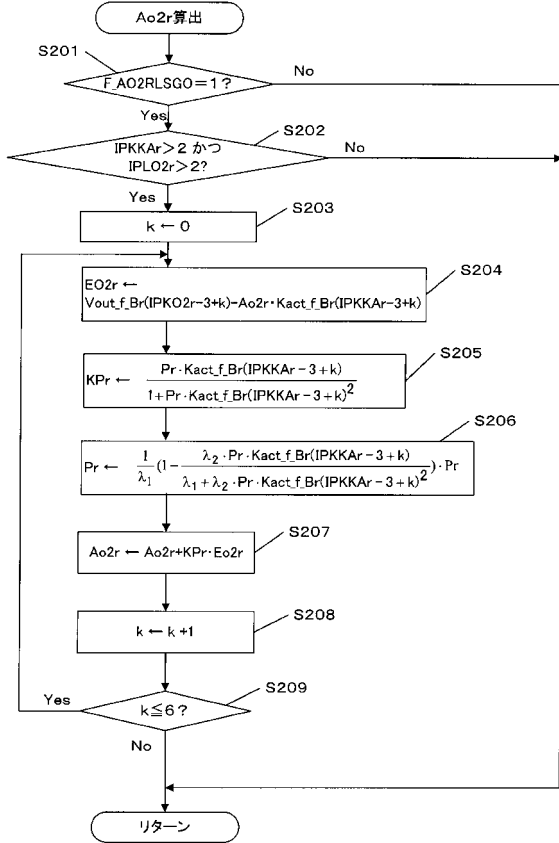
【図 1 5】



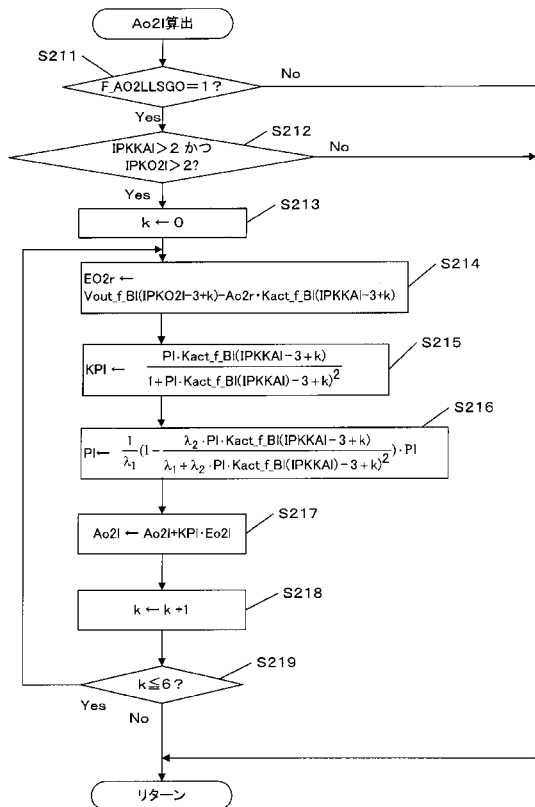
【図 16】



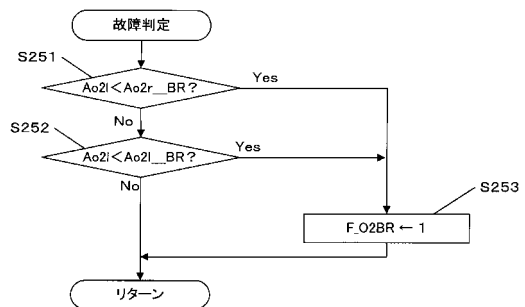
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

F 0 1 N 3/00

F

F 0 1 N 3/20

C

F 0 2 D 41/22

3 0 5 K

審査官 小原 一郎

(56)参考文献 特開平09-166569 (JP, A)

特開平05-296088 (JP, A)

特開平08-218850 (JP, A)

特開平07-077481 (JP, A)

特開平03-189371 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 45/00

F01N 3/00

F01N 3/20

F02D 41/00-41/40