

(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2009-203883

(P2009-203883A)

(43) 公開日 平成21年9月10日(2009.9.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>FO2D 45/00 (2006.01)</b>	FO2D 45/00 368S	3G384
	FO2D 45/00 368Z	
	FO2D 45/00 368A	
	FO2D 45/00 301M	
	FO2D 45/00 301E	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-46927 (P2008-46927)  
 (22) 出願日 平成20年2月27日 (2008. 2. 27)

(71) 出願人 000006208  
 三菱重工業株式会社  
 東京都港区港南二丁目16番5号  
 (74) 代理人 100083024  
 弁理士 高橋 昌久  
 (74) 代理人 100137257  
 弁理士 松本 廣  
 (72) 発明者 安部 正孝  
 横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社横浜研究所内  
 (72) 発明者 本間 将嗣  
 横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社横浜研究所内

最終頁に続く

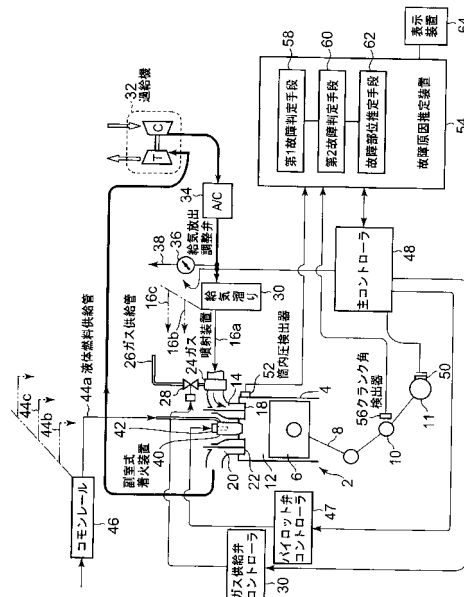
(54) 【発明の名称】 内燃機関の故障原因推定方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 燃焼室内における筒内圧力検出値に基づいて判定した、失火、消炎、ノッキング等の異常燃焼の発生状態から故障原因を精度よく特定することで、速やかな対応処置を可能にする内燃機関の故障原因推定方法および装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関の故障原因推定方法において、前記燃焼室内における筒内圧力およびエンジンのクランク角を検出し、圧縮行程および燃焼行程における一定クランク角における筒内圧力に基づいて第1故障状態を判定し、前記筒内圧力とは異なるクランク角における圧力、または同一のクランク角における筒内圧力であって異なる判定基準によって第2故障状態を判定し、前記第1故障状態後に前記第2故障状態が発生したか否かに基づいて故障原因の発生部位を推定する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関の故障原因推定方法において、

前記燃焼室内における筒内圧力およびエンジンのクランク角を検出し、圧縮行程および燃焼行程における一定クランク角における筒内圧力に基づいて第 1 故障状態を判定し、前記筒内圧力とは異なるクランク角における圧力、または同一のクランク角における筒内圧力であって異なる判定基準によって第 2 故障状態を判定し、前記第 1 故障状態の発生と前記第 2 故障状態の発生の組み合わせに基づいて故障原因の発生部位を推定することを特徴とする内燃機関の故障原因推定方法。

10

**【請求項 2】**

前記第 1 故障状態および第 2 故障状態が、複数シリンダで一定割合以上発生しているときには、複数シリンダの共通部位での故障と推定することを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の故障原因推定方法。

**【請求項 3】**

前記内燃機関が燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室に供給するとともに、副室式着火装置にパイロット燃料を供給して着火せしめるガスエンジンであり、前記第 1 故障状態が消炎発生であり、第 2 故障状態が失火発生であり、消炎発生および失火発生の場合には前記燃焼室への燃料ガスの供給系部位の故障と推定し、消炎発生があつて失火発生がない場合には前記パイロット燃料供給系部位の故障と推定することを特徴とする請求項 1

20

**【請求項 4】**

前記内燃機関が燃料ガスを過給機による過給空気と混合してエンジンの燃焼室に供給するように構成されたガスエンジンであり、前記第 1 故障状態がノッキング発生であり、第 2 故障状態がクランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みであり、ノッキング発生および上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みの発生の場合には給気系の故障と推定し、ノッキング発生があつて上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みが生じない場合には燃料ガス供給系部位の故障と推定することを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の故障原因推定方法。

**【請求項 5】**

燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関の故障原因推定装置において、

前記燃焼室内における筒内圧力を検出する筒内圧力検出器と、エンジンのクランク角を検出するクランク角検出器とを設けるとともに、前記筒内圧力検出器および前記クランク角検出器からの圧縮行程中および燃焼行程中の一定クランク角における筒内圧力の検出値に基づいて第 1 故障状態を判定する第 1 故障判定手段と、前記筒内圧力とは異なる圧力、または同一であつて異なる判定基準によって第 2 故障状態を判定する第 2 故障判定手段と、前記第 1 故障状態の発生と前記第 2 故障状態の発生の組み合わせに基づいて故障原因の発生部位を推定する故障部位推定手段とを備えたことを特徴とする内燃機関の故障原因推定装置。

30

40

**【請求項 6】**

前記故障部位推定手段は、前記第 1 故障状態および第 2 故障状態が、複数シリンダで一定割合以上発生しているときには、複数シリンダの共通部位での故障と推定することを特徴とする請求項 5 記載の内燃機関の故障原因推定装置。

**【請求項 7】**

前記内燃機関が燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室に供給するとともに、副室式着火装置にパイロット燃料を供給して着火せしめるガスエンジンであり、前記第 1 故障状態が消炎発生であり、第 2 故障状態が失火発生であり、前記故障部位推定手段は、消炎発生および失火発生の場合には前記燃焼室への燃料ガスの供給系部位の故障と推定し、消炎発生があつて失火発生がない場合には前記パイロット燃料供給系部位の故障と推定する

50

ことを特徴とする請求項 5 記載の内燃機関の故障原因推定装置。

【請求項 8】

前記内燃機関が燃料ガスを過給機による過給空気と混合してエンジンの燃焼室に供給するように構成されたガスエンジンであり、前記第 1 故障状態がノッキング発生であり、第 2 故障状態がクランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みであり、前記故障部位推定手段は、ノッキング発生および上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みの発生の場合には給気系の故障と推定し、ノッキング発生があつて上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みが生じない場合には燃料ガス供給系部位の故障と推定することを特徴とする請求項 5 記載の内燃機関の故障原因推定装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスエンジンおよびディーゼルエンジンを含む内燃機関の故障原因推定方法および、推定装置に関し、特に、失火、消炎、ノッキング等の故障発生の原因を推定する発明である。

【背景技術】

【0002】

内燃機関、特に都市ガス等の清浄ガスを主燃料とするガスエンジンにおいては、燃焼室内に主燃料のガスが十分に供給されていない場合や、副室式着火装置にパイロット燃料が十分に供給されていない場合や、給気過給機の故障が原因で給気量に変動が生じた場合には、着火燃料不足やガス燃料の混合気濃度の変動によって失火や、消炎や、ノッキング等が生じる。

20

従って、かかる故障の発生を確実に特定して速やかに対応処置を行ってエンジンの耐久性、性能の安定性を維持することが要求される。

【0003】

例えば、失火発生の原因推定には、失火発生率を計測して、この発生率の発生パターンより行っている。すなわち、エンジン回転数と負荷から負荷マップを作成し、負荷マップ上のどの領域で失火率が高いかのパターン識別をする。例えば、高回転、高負荷領域で失火率が高い場合には、燃料吐出量不足が原因であると推定する。

【0004】

30

一方、内燃機関の燃焼室内における失火や、消炎や、ノッキング等の燃焼状態を検知する技術として、特開 2005 - 9457 号公報（特許文献 1）、特開平 9 - 178617 号公報（特許文献 2）等が知られている。

該特許文献 1 には、燃焼室内における筒内圧力検出値およびクランク角検出値に基づいて圧縮行程中の基準筒内圧力と上死点における圧縮圧力との圧縮圧力比等を算出して、該圧縮圧力比を用いて燃焼状態を診断して過早着火、失火、ノッキング等の異常燃焼を判定する手法が示されている。

【0005】

また、特許文献 2 には、クランク軸の回転変動から失火を検出して、機関回転速度と機関負荷とに応じた所定の運転領域における点火数に対する失火数の失火率を算出して、失火原因を所定の運転領域毎に、失火率に基づいて推定する手法が示されている。

40

【0006】

【特許文献 1】特開 2005 - 9457 号公報

【特許文献 2】特開平 9 - 178617 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、前記特許文献 1 においては、燃焼室内における筒内圧力検出値に基づいて燃焼状態を診断して過早着火、失火、ノッキング等の異常燃焼を判定する手法が示されているが、異常燃焼の発生原因を推定する手法までは示されてなく、原因特定においては不十分

50

である。

また、特許文献2においては、失火原因を所定の運転領域毎の失火率に基づいて推定する手法が示されているが、機関回転数速度と機関負荷とから定まる機関運転状態から一意的に故障の原因が特定することができない場合がある。例えば、高回転、高負荷運転領域でも点火コイルの異常で失火が起こる場合もあるため、故障原因の特定においては十分とはいえず、誤判定が出る場合がある。

【0008】

そこで、本発明は、このような背景に鑑みてなされたものであり、燃焼室内における筒内圧力検出値に基づいて判定した、失火、消炎、ノッキング等の異常燃焼の発生状態から故障原因を精度よく特定することで、速やかな対応処置を可能にする内燃機関の故障原因推定方法および装置を提供することを課題とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するため、本発明は、燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関の故障原因推定方法において、前記燃焼室内における筒内圧力およびエンジンのクランク角を検出し、圧縮行程および燃焼行程における一定クランク角における筒内圧力に基づいて第1故障状態を判定し、前記筒内圧力とは異なるクランク角における圧力、または同一のクランク角における筒内圧力であって異なる判定基準によって第2故障状態を判定し、前記第1故障状態の発生と前記第2故障状態の発生の組み合わせに基づいて故障原因の発生部位を推定することを特徴とする。

20

【0010】

また、かかる方法発明を実施する装置としては、燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室内にて燃焼せしめるように構成されたガスエンジンを含む内燃機関の故障原因推定装置において、前記燃焼室内における筒内圧力を検出する筒内圧力検出器と、エンジンのクランク角を検出するクランク角検出器とを設けるとともに、前記筒内圧力検出器および前記クランク角検出器からの圧縮行程中および燃焼行程中の一定クランク角における筒内圧力の検出値に基づいて第1故障状態を判定する第1故障判定手段と、前記筒内圧力とは異なる圧力、または同一であって異なる判定基準によって第2故障状態を判定する第2故障判定手段と、前記第1故障状態の発生と前記第2故障状態の発生の組み合わせに基づいて故障原因の発生部位を推定する故障部位推定手段とを備えたことを特徴とする。

30

【0011】

かかる方法および装置発明によれば、前記燃焼室内における筒内圧力検出値およびエンジンのクランク角検出値に基づいて圧縮行程中及び燃焼行程中の一定クランク角における筒内圧力に基づいて第1の故障状態を判定する。具体的には、消炎発生、またはノッキング発生の有無を判定する。さらに、引き続いて前記筒内圧力とは異なる圧力、または同一であって異なる判定基準によって第2の故障状態を判定する。具体的には、消炎発生し且つ失火状態になったか、ノッキング発生し且つ上死点近傍における圧縮行程の筒内圧力の落ち込みがあったかを判定する。

そして第1故障状態が発生し、且つ第2故障状態が生じたか否か、具体的には消炎発生し且つ失火状態となったか、またはノッキング発生し且つ圧縮行程の筒内圧力の低下があったか否かによって故障部位を推定するものである。

40

【0012】

このように、引き続き起こる異なる故障状態を基準にしてエンジンの故障発生部位を推定するため、エンジン回転速度とエンジン負荷に基づく運転領域に応じた故障発生部位の推定よりも、エンジンに表れる故障現象を直接的に検出して判定するため、故障原因の特定の精度が向上する。

【0013】

また、好ましくは、かかる方法発明において、前記第1故障状態および第2故障状態が、複数シリンダで一定割合以上発生しているときには、複数シリンダの共通部位での故障

50

と推定するとよく、さらに、装置発明においても、前記故障部位推定手段は、前記第1故障状態および第2故障状態が、複数シリンダで一定割合以上発生しているときには、複数シリンダの共通部位での故障と推定するとよい。

【0014】

かかる方法および装置発明によれば、前記第1故障状態および第2故障状態が、複数シリンダにおいて一定割合以上で発生しているときには、複数シリンダの共通部位での故障と推定するため、例えば、ガスエンジンの副室式着火装置にパイロット燃料の供給がコモンレールによる場合には、パイロット燃料の供給異常が複数シリンダで発生している場合には、該コモンレールの故障と特定できる。また、給気系に異常が発生している場合には、共通部品の給気溜りや過給機等の故障というように高い確率で原因部位の特定が可能になる。

10

【0015】

また、具体的には、方法発明において、前記内燃機関が燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室に供給するとともに、副室式着火装置にパイロット燃料を供給して着火せしめるガスエンジンであり、前記第1故障状態が消炎発生であり、第2故障状態が失火発生であり、消炎発生および失火発生の場合には前記燃焼室への燃料ガスの供給系部位の故障と推定し、消炎発生があつて失火発生がない場合には前記パイロット燃料供給系部位の故障と推定することを特徴とする。

【0016】

方法を行うための装置においては、前記内燃機関が燃料ガスを空気と混合してエンジンの燃焼室に供給するとともに、副室式着火装置にパイロット燃料を供給して着火せしめるガスエンジンであり、前記第1故障状態が消炎発生であり、第2故障状態が失火発生であり、前記故障部位推定手段は、消炎発生および失火発生の場合には前記燃焼室への燃料ガスの供給系部位の故障と推定し、消炎発生があつて失火発生がない場合には前記パイロット燃料供給系部位の故障と推定することを特徴とする。

20

【0017】

かかる方法および装置発明によれば、前記第1故障状態の消炎発生、および第2故障状態の失火発生である場合には、燃焼室への主燃料のガス供給系部位の故障と推定し、消炎発生があつて失火発生がない場合にはパイロット燃料供給系部位の故障と推定するものである。

30

【0018】

すなわち、主燃料のガスが給気通路から供給されていれば、着火は正常には行われませんが、主燃料ガスが自己着火することがあり、後燃え（消炎）となることがあるので、失火には至らないと判断されるため、失火は生じずに消炎状態が判定されている場合には、主燃料ガスの供給系ではなく、パイロット燃料が副室式着火装置に十分供給されていないと判断できる。このため、パイロット燃料供給系部位の故障と推定する。逆に、失火に至っていれば、主燃料のガス供給系部位の故障と推定するものである。

さらに、この判定手法に前記の複数シリンダの共通部品での発生割合の手法を加えることで一層、故障部位の特定が確実になる。

【0019】

さらに、具体的には、方法発明において、前記内燃機関が燃料ガスを過給機による過給空気と混合してエンジンの燃焼室に供給するように構成されたガスエンジンであり、前記第1故障状態がノッキング発生であり、第2故障状態がクランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みであり、ノッキング発生および上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みの発生の場合には給気系の故障と推定し、ノッキング発生があつて上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みが生じない場合には燃料ガス供給系部位の故障と推定することを特徴とする。

40

【0020】

方法を行うための装置においては、前記内燃機関が燃料ガスを過給機による過給空気と混合してエンジンの燃焼室に供給するように構成されたガスエンジンであり、前記第1故

50

障状態がノッキング発生であり、第2故障状態がクランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みであり、前記故障部位推定手段は、ノッキング発生および上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みの発生の場合には給気系の故障と推定し、ノッキング発生があつて上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みが生じない場合には燃料ガス供給系部位の故障と推定することを特徴とする。

【0021】

かかる方法および装置発明によれば、前記第1の故障状態のノッキングの発生と、第2故障状態のクランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みがある場合には、給気系の故障と推定し、ノッキング発生があつて上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みが生じない場合には燃料ガス供給系部位の故障と推定する。

すなわち、ノッキングの発生は、ガスエンジンにおいては主燃料のガス量に比べて空気量が減少してガス燃料の過剰の状態おいて生じるため、給気系の故障によるものか、ガス燃料の供給系の故障によるものかを、圧縮行程のクランク角上死点近傍における筒内圧力の落ち込みが生じるか否かによって判定している。

【0022】

従つて、ノッキングが発生し、さらにクランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みが生じた場合には、給気系の故障によって燃料ガスに対して空気量が十分に確保されずにガス量が空気に対して多くなっているためと推定できる。

また、この給気系の故障の判定において、前記の複数シリンダの共通部品での発生割合の手法を加えることで、複数シリンダで共通して発生していれば共通部品の過給機の故障、例えば過給気サージングによるものと推定できるため、故障部位の特定が一層確実になる。

また、ノッキングの発生はあつたが、クランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みが生じない場合には、ガス燃料の供給系の故障、例えば、ガス供給弁の故障のように特定することができる。なお、この場合にも、複数シリンダの共通部品での発生割合の手法を加えることで、故障部位の特定を一層確実にできる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、燃焼室内における筒内圧力検出値に基づいて判定した、失火、消炎、ノッキング等の異常燃焼の発生状態から故障原因を精度よく特定することで、速やかな対応処置を可能にする内燃機関の故障原因推定方法および装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、図面を参照して本発明の好適な実施の形態を例示的に詳しく説明する。但しこの実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定の記載がない限りは、この発明の範囲をそれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例に過ぎない。

【0025】

図1に、内燃機関の例として発電機用のガスエンジン2についての故障原因推定装置3の全体構成を示す。

ガスエンジン2は多シリンダの4サイクルガスエンジンであり、シリンダ4内に往復摺動自在に嵌合されたピストン6、該ピストン6の往復動を、コネクティングロッド8を介して回転に変換するクランク軸10を備えている。そして、クランク軸10によって発電機11が駆動されるようになっている。

【0026】

また、前記ガスエンジン2は、ピストン6の上面とシリンダ4の内面との間に区画形成される燃焼室12、該燃焼室12に接続される給気ポート14及び給気管16、該給気ポート14を開閉する給気弁18を備え、さらに前記燃焼室12に接続される排気ポート20、該排気ポート20を開閉する排気弁22を備えている。

【0027】

10

20

30

40

50

前記給気管 16 の途中には、該給気管 16 a 内を流通する空気（給気）中に燃料ガスを噴射して空気と混合せしめるガス噴射装置 24 が設けられている。このガス噴射装置 24 には燃料ガス供給管 26 がガス供給電磁弁 28 を介して接続され、ガス供給電磁弁 28 はガス供給弁コントローラ 30 からの制御信号によって開閉せしめられてガス噴射量が調整される。

ガス噴射装置 24 で予混合された燃料ガスと空気とが給気ポート 14 及び給気弁 18 を通って燃焼室 12 内に供給される。

【0028】

また、前記ガス噴射装置 24 の上流には給気溜り 30 が設けられ、該空気溜り 30 には過給機 32 からの加圧空気をエアクーラ 34 で冷却した空気が溜められ、空気溜り 30 から各シリンダの給気管 16 a、16 b、16 c ... へ空気を供給するようになっている。さらに、過給機 32 によって加圧される給気圧力を調整するために、給気溜り 30 の上流側に給気放出調整弁 36 が設置され、給気放出管 38 を介して大気へ放出している。

10

【0029】

燃焼室 12 に臨んで副室式着火装置 40 が設けられ、副室内に軽油等のパイロット燃料を噴射インジェクタ 42 により噴射して着火燃焼させ、この燃焼火炎を前記燃焼室 12 に噴出するように構成されている。該副室式着火装置 40 には軽油等のパイロット燃料を供給する液体燃料供給管 44 a が接続され、液体燃料供給管 44 a は複数シリンダ共通のコモンレール 46 から供給されるようになっている。コモンレール 46 内圧力は一定に保持され各シリンダの液体燃料供給管 44 a、44 b、44 c、... が接続される。また、副室式着火装置 40 はパイロット弁コントローラ 47 によって制御され、パイロット燃料の噴射時期、噴射量が制御されている。

20

【0030】

主コントローラ 48 は、図示しない回転検出器から入力されるエンジン回転数、負荷検出器 50 から入力されるエンジン負荷等のエンジン運転条件に従って、ガス供給弁コントローラ 30 を制御してガス供給電磁弁 28 の作動を制御してガス噴射量が制御し、さらに、パイロット弁コントローラ 47 を制御して、副室式着火装置 40 の噴射時期および噴射量を調整するようになっている。

【0031】

各シリンダ 4 の筒内圧力はそれぞれのシリンダ 4 に設置された筒内圧力検出器 52 で計測され、故障原因推定装置 54 に入力される。また、前記故障原因推定装置 54 にはクランク角検出器 56 によって検出されたガスエンジン 2 のクランク角の検出値が入力される。

30

そして、故障原因推定装置 54 は、第 1 故障判定手段 58 と、第 2 故障判定手段 60 と、故障部位推定手段 62 とを備えて構成され、燃焼状態の異常が生じたときに故障原因を推定し、故障原因の推定結果を表示装置 64 に出力するとともに主コントローラ 48 に出力するようになっている。

【0032】

故障原因推定装置 54 では、前記筒内圧力検出器 52 から入力される筒内圧力検出値と前記クランク角検出器 56 から入力されるクランク角検出値とにより、図 4 に示されるような筒内圧力 P - クランク角 関係線図が求められる。

40

図 4 に示される筒内圧力線図において、A は正常燃焼時、B はノッキング発生時、C は失火（圧縮のみで後燃え状態もない）発生時、D は消炎（正常に燃焼せずに後燃え状態となる）発生時を示す。

【0033】

（第 1 実施形態）

図 2 を参照して、消炎の発生が第 1 故障状態で、失火の発生が第 2 故障状態の場合の第 1 実施形態について説明する。

ステップ S1 でスタートすると、ステップ S2 で、シリンダ a の筒内圧力検出器 52 からの筒内圧力データおよびクランク角検出器 56 からのクランク角検出データを燃焼サイ

50

クル毎に読み込み、ステップ S 3 で筒内圧比  $P_1 / P_0$  を算出する。この  $P_0$  は、図 6 の筒内圧力線図に示されるクランク角  $\theta_0$  ( 圧縮行程での上死点近傍 ) における筒内圧力を示し、 $P_1$  は、クランク角  $\theta_1$  ( 上死点後  $10^\circ \sim 15^\circ$  ) における筒内圧力を示す。

( 上記アングライン部について、 $P_0$  のクランク角位置を上死点位置近傍としました。次の第 2 実施形態の給気サージングの落ち込み判定位置  $P_0$  の上死点位置と整合させるためです。

$P_0$ 、 $P_1$  の、クランク角についてご確認をお願いします。 )

#### 【 0 0 3 4 】

図 7 は、複数シリンダにおける消炎が発生した状態を示す筒内圧力線図であり、着火は正常には行われずに筒内圧力の立ち上がりはないが、主燃料ガスが自己着火することがあり、クランク角のゼロ ( 圧縮行程での上死点近傍 ) 後に、図 7 の P 領域で後燃え部分が生じている。失火の場合には、この後燃えの P 領域のような筒内圧力部分がなく低下するため消炎発生と失火発生とを区別できる。

10

#### 【 0 0 3 5 】

そのため、算出した筒内圧比  $P_1 / P_0$  を消炎発生判断閾値  $P_{gn}$  ( 例えば、1.3 の閾値 ) と比較して、消炎発生判断閾値  $P_{gn}$  未満の場合には、Yes でステップ S 4 に進み、ステップ S 4 ではさらに、筒内圧比  $P_1 / P_0$  を用いて失火発生判断閾値  $P_{en}$  ( 例えば、1.1 の閾値 ) と比較する。

#### 【 0 0 3 6 】

失火発生判断閾値  $P_{en}$  未満の場合には、Yes で失火も生じたと判定する。そして、ステップ S 5 に進んで、複数シリンダでの失火発生割合を算出する。すなわち消炎かつ失火発生のシリンダ数  $X$  が判定基準シリンダ数  $X_s$  ( 例えば 3 シリンダ ) を超えるかを判断する。

20

判定基準シリンダ数を超えれば、ステップ S 6 に進み、複数シリンダの共通部位での故障と判断する。消炎かつ失火が発生するのは、燃料ガスの供給系部位の故障と考えられるため、複数シリンダ共通部位の場合には給気放出調整弁 3 6、ガス供給弁コントローラ 3 0 の異常と推定する。

また、ステップ S 5 で判定基準シリンダ数を超えなければ、ステップ S 7 に進み、シリンダ a 単独にかかる故障と考えられるため、燃料ガスの供給系部位の故障でシリンダ別の部品として、ガス供給電磁弁 2 8 の異常と推定する。

30

#### 【 0 0 3 7 】

さらに、ステップ S 4 で、筒内圧比  $P_1 / P_0$  が、失火発生判断閾値  $P_{en}$  未満でない場合には、消炎のみが発生していると判断してステップ S 8 に進んで、複数シリンダでの消炎発生割合を算出する。すなわち消炎発生シリンダ数  $Y$  が判定基準シリンダ数  $Y_s$  ( 例えば 3 シリンダ ) を超えるかを判断する。

#### 【 0 0 3 8 】

判定基準シリンダ数を超えれば、ステップ S 9 に進み、複数シリンダの共通部位での故障と判断する。消炎状態が発生するのは、パイロット燃料供給系部位の故障と考えられるため、複数シリンダ共通部位の場合には、コモンレール 4 6 の異常、パイロット弁コントローラ 4 7 の異常と推定する。

40

また、ステップ S 8 で判定基準シリンダ数を超えなければ、ステップ S 10 に進み、シリンダ a 単独にかかる故障と考えられるため、パイロット燃料供給系部位の故障でシリンダ別の部品として、副室式着火装置 4 0 内の噴射インジェクタ 4 2 の異常と推定する。

#### 【 0 0 3 9 】

そして、異常原因を推定した後ステップ S 11 で再度リターンして、次の燃焼サイクルについて判定する。

ステップ S 2 ~ ステップ S 10 で示したシリンダ a についての一連の手順については、シリンダ b、シリンダ c 等の他の各シリンダでも同様に行われる。

#### 【 0 0 4 0 】

また、ステップ S 3 の消炎発生の判断、ステップ S 4 の失火発生の判断については、図

50



2においては、一サイクル毎の判定を示したが、図3のステップS31に示すように、一定燃焼サイクル数内における消炎発生サイクルの消炎発生率（消炎発生回数／一定サイクル数、例えば4回／10サイクル）を求めて、該消炎発生率が消炎発生率設定値を超えた場合に消炎発生と判断してもよい。

同様に、失火判定についても、図3のステップS41に示すように、一定燃焼サイクル数における失火発生サイクルの失火発生率（失火発生回数／一定サイクル数、例えば4回／10サイクル）を求めて、該失火発生率が失火発生率設定値を超えた場合に失火発生と判断してもよい。

#### 【0041】

以上第1実施形態の故障原因の発生部位の特定は、主燃料のガス燃料が給気管16aから供給されていれば、副室式着火装置40からパイロット燃料が供給されていなくても着火は正常には行われませんが、主燃料ガスが自己着火することがあり、後燃え（消炎）となるため、失火には至らず消炎と判断されるため、失火は生じずに消炎状態が判定される場合には、主燃料ガスの供給系ではなく、パイロット燃料が副室式着火装置40に十分供給されていないと判断するものである。この考えによって、消炎だけで失火に至っていない場合にはパイロット燃料供給系部位の故障と推定できる。さらに、失火に至っていれば、ガス燃料自体が供給されていないと考え、主燃料のガス供給系部位の故障と推定することができる。

また、複数シリンダでの発生割合が一定以上ある場合には、共通部品の故障と推定することで、故障部位の特定が一層確実になる。

#### 【0042】

第1実施形態によれば、消炎の発生と、それに続く失火の発生の有無によって、故障原因の特定を確実にこなうことができる。その結果を表示装置64に表示し、また、主コントローラ48の制御に反映可能とともに、適切な対応処置をとることができる。

#### 【0043】

（第2実施形態）

次に、図4を参照して、ノッキングの発生が第1故障状態で、圧縮行程のクランク角上死点近傍における筒内圧力の落ち込みの発生が第2故障状態である第2実施形態について説明する。

ステップS1でスタートすると、ステップS2で、シリンダaの筒内圧力検出器52からの筒内圧力データおよびクランク角検出器56からのクランク角検出データを燃焼サイクル毎に読み込み、ステップS3で筒内最高圧力 $P_p$ がノッキング許容圧力 $P_k$ 以上であって、筒内圧力変動率 $P/\quad$ が、筒内圧力変動率閾値 $I_k$ 以上の場合にノッキングの発生と判断する。

#### 【0044】

そして、ノッキングの発生と判断したときは、ステップS54へ進み、筒内圧比 $P_0/P_{-1}$ を算出する。この $P_0$ は、図4の筒内圧力線図に示されるクランク角 $\theta_0$ （圧縮行程での上死点近傍）における筒内圧力を示し、 $P_{-1}$ は、クランク角 $\theta_{-1}$ （上死点前 $-15^\circ \sim -20^\circ$ ）における筒内圧力を示す。

（上記アンダライン部について、 $P_0$ のクランク角位置を上死点位置近傍としました。次の第2実施形態の給気サージングの落ち込み判定位置 $P_0$ の上死点位置と整合させるためです。

$P_0$ 、 $P_{-1}$ の、クランク角についてご確認をお願いします。）

#### 【0045】

筒内圧比 $P_0/P_{-1}$ が、給気圧落ち込み閾値 $P_{no}$ 未満の場合には、圧縮行程において十分な圧力がシリンダ内に発生していないと判断する。

図8は、複数シリンダにおいて、過給気サージングによって筒内圧力の落ち込みが生じて、ノッキングが発生した状態を示す筒内圧力線図であり、正常燃焼の線図L1に対して、給気サージングが生じた場合の線図L2は、クランク角が略ゼロの圧縮行程上死点の領域Qにおいて、落ち込みが見られる。この落ち込み発生を給気圧落ち込み閾値 $P_{no}$ によ

10

20

30

40

50

って判断する。

【0046】

次に、ステップS55に進んで、複数シリンダでのノッキングかつ $P_0$ の落ち込みが発生したシリンダ数の割合を算出する。すなわち、ノッキングかつ $P_0$ の落ち込みのシリンダ数Zが判定基準シリンダ数 $Z_s$ （例えば3シリンダ）を超えるかを判断する。

【0047】

判定基準シリンダ数を超えれば、ステップS56に進み、複数シリンダの共通部位での故障と判断する。ノッキングが生ずるのは、主燃料のガス量に比べて空気量が減少してガス燃料が過剰状態にある場合であり、さらに $P_0$ が落ち込むのは、過給機32を含む給気系の故障と考えられるため、複数シリンダ共通部位の場合には過給機32の異常回転による給気サージングの発生によるものと推定する。

10

また、ステップS55で判定基準シリンダ数を超えなければ、ステップS57に進み、シリンダa単独にかかる故障と考えられるため、シリンダaの給気弁、排気弁の異常と推定する。

【0048】

さらに、ステップS54で、筒内圧比 $P_0/P_{-1}$ が、給気圧落ち込み閾値 $P_{no}$ 未満でない場合には、ノッキングのみが発生していると判断して、ステップS58に進んで、複数シリンダでのノッキングの発生割合を算出する。すなわち、ノッキング発生シリンダ数Wが判定基準シリンダ数 $W_s$ （例えば3シリンダ）を超えているかを判断する。

【0049】

20

判定基準シリンダ数を超えていれば、ステップS59に進み、複数シリンダの共通部位での故障と判断する。ノッキング生ずるのは、主燃料のガス量に比べて空気量が減少してガス燃料が過剰状態にあると考えられるため、複数シリンダ共通部位の場合には、給気放出調整弁36の異常、またはガス供給弁コントローラ30の異常と推定する。

また、ステップS58で判定基準シリンダ数を超えていなければ、ステップS60に進み、シリンダa単独にかかる故障と考えられるため、ガス供給電磁弁28の異常と推定する。

【0050】

そして、異常原因を推定した後ステップS61で再度リターンして、次の燃焼サイクルについて判定する。ステップS52～ステップS60で示したシリンダaについての一連の手順については、シリンダb、シリンダc等の他の各シリンダでも同様に行われる。

30

【0051】

以上第2実施形態の故障原因の発生部位の特定は、ノッキングの発生は、ガスエンジンにおいては主燃料のガス量に比べて空気量が減少してガス燃料が過剰状態において生じるため、給気系の故障によるものか、ガス燃料の供給系の故障によるものかを、クランク角上死点近傍における圧縮行程の筒内圧力の落ち込みが生じるか否かによって判定している。

【0052】

従って、ノッキングが発生し、さらにクランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みが生じた場合には、給気系の故障によって燃料ガスに対して空気量が十分に確保されずにガス量が空気に対して多くなっているためと推定できる。

40

また、この給気系の故障の判定において、複数シリンダでの発生割合が一定以上ある場合には、共通部品の過給機の故障、例えば過給気サージングによるものと推定できるため、故障部位の特定が一層確実になる。

【0053】

また、クランク角上死点近傍における圧縮圧力の落ち込みがさらに生じない場合には、空気量に対してガス燃料が過剰に供給されていると考えられるので、ガス供給系の故障と推定して、複数シリンダでの発生割合が一定以上ある場合には、共通部品の給気放出調整弁36、さらにガス供給弁コントローラ30の異常と推定するものである。共通部品でない場合にはシリンダ個別のガス供給電磁弁28の故障と推定できる。

【0054】

50

第2実施形態によれば、ノッキングの発生と、それに続く圧縮上死点における筒内圧力の低下を検出することで、故障原因の特定を確実にこなうことができる。その結果を表示装置64に表示し、また、主コントローラ48の制御に反映可能とともに、適切な対応処置をとることができる。

【0055】

また、ステップS53のノッキング発生の判断、ステップS54の筒内圧力P<sub>0</sub>の落ち込みの判断については、図4においては、一サイクル毎の判定を示したが、図5のステップS531に示すように、一定燃焼サイクル数内における消炎発生サイクルの消炎発生率（消炎発生回数/一定サイクル数、例えば4回/10サイクル）を求めて、該消炎発生率が消炎発生率設定値を超えた場合に消炎発生と判断してもよい。

10

同様に、筒内圧力P<sub>0</sub>の落ち込みの判定についても、図5のステップS541に示すように、一定燃焼サイクル数における失火発生サイクルの失火発生率（失火発生回数/一定サイクル数、例えば4回/10サイクル）を求めて、該失火発生率が失火発生率設定値を超えた場合に失火発生と判断してもよい。

【0056】

また、前記第1実施形態において筒内圧力P<sub>1</sub>、P<sub>0</sub>、および第2実施形態において筒内圧力P<sub>0</sub>、P<sub>-1</sub>の検出値を用いて圧力比を算出したが、図6で示すP<sub>b</sub>のような、給気弁18および排気弁22が開き給気圧力とほぼ同一の圧縮始め以前の筒内圧力を規準圧力P<sub>b</sub>にとり、筒内圧力の検出値Pと該基準圧力P<sub>b</sub>との差圧P（P<sub>1</sub>=P<sub>1</sub>-P<sub>b</sub>、P<sub>0</sub>=P<sub>0</sub>-P<sub>b</sub>、P<sub>-1</sub>=P<sub>-1</sub>-P<sub>b</sub>）をクランク角検出器56から入力されるクランク角に対応させて算出して用いてもよいことは勿論である。

20

【産業上の利用可能性】

【0057】

本発明によれば、燃焼室内における筒内圧力検出値に基づいて判定した、失火、消炎、ノッキング等の異常燃焼の発生状態から故障原因を精度よく特定することで、速やかな対応処置を可能とするので、内燃機関の故障原因推定方法および装置への適用に際して有益である。

【図面の簡単な説明】

【0058】

- 【図1】本発明の内燃機関の故障原因推定装置の全体構成図である。
- 【図2】第1実施形態にかかる故障原因推定装置の推定制御フローチャートである。
- 【図3】第1実施形態の一部変形例を示す推定制御フローチャートである。
- 【図4】第2実施形態にかかる故障原因推定装置の推定制御フローチャートである。
- 【図5】第2実施形態の一部変形例を示す推定制御フローチャートである。
- 【図6】ガスエンジンの筒内圧力線図である。
- 【図7】複数気筒における消炎発生状態を示す筒内圧力線図である。
- 【図8】複数気筒における給気サージング状態を示す筒内圧力線図である。

30

【符号の説明】

【0059】

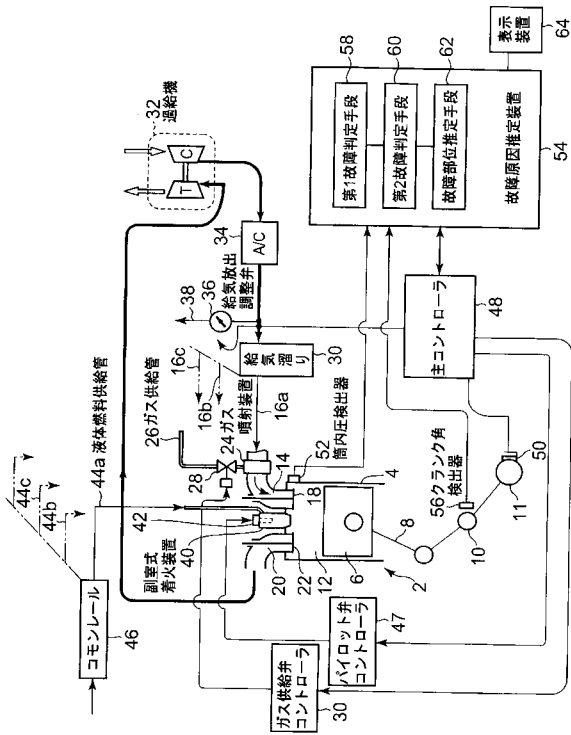
- 2                   ガスエンジン
- 4                   シリンダ
- 10                  クランク軸
- 11                  発電機
- 12                  燃焼室
- 26                  ガス供給管
- 30                  給気溜り
- 32                  過給機
- 36                  給気放出調整弁
- 40                  副室式着火装置
- 46                  コモンレール

40

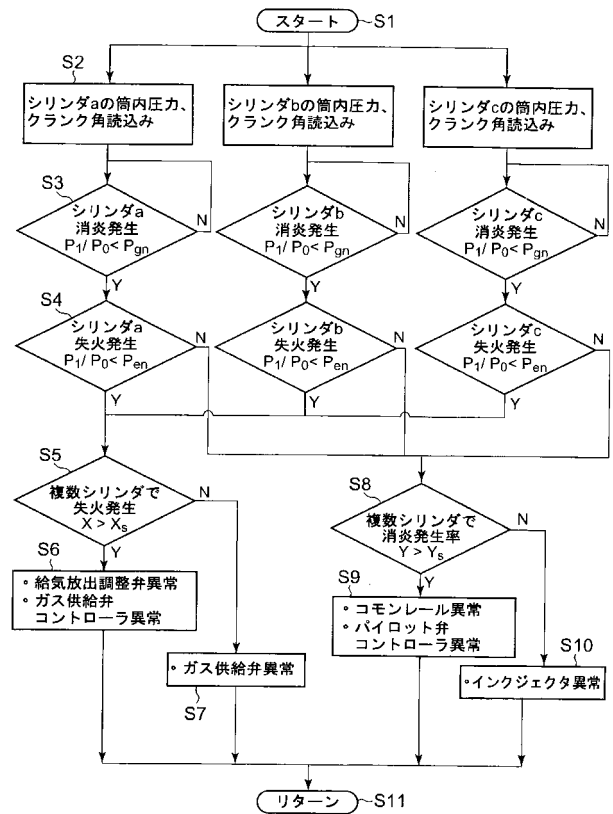
50

- 5 2 筒内圧力検出器
- 5 4 故障原因推定装置
- 5 6 クランク角検出器
- 5 8 第1故障判定手段
- 6 0 第2故障判定手段
- 6 2 故障部位推定手段

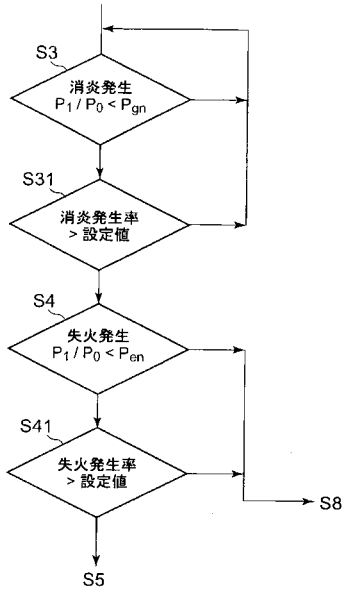
【 図 1 】



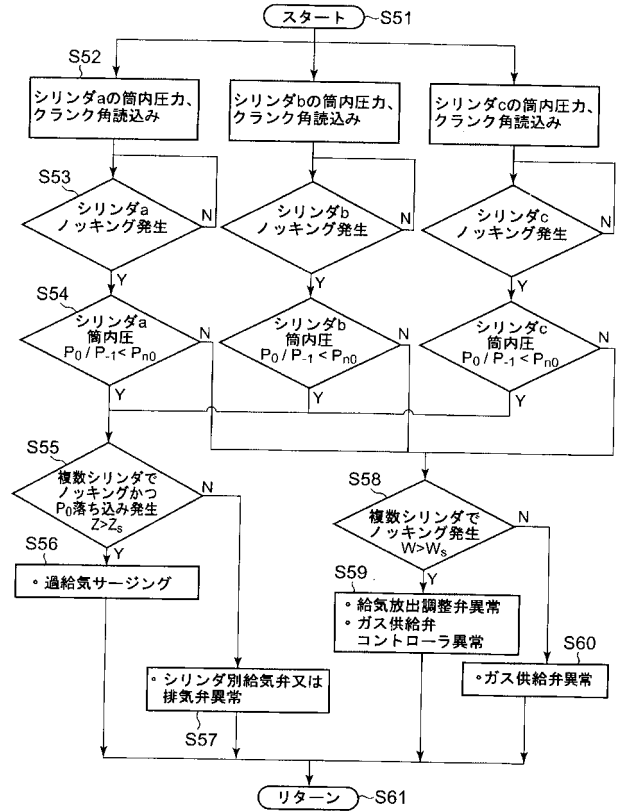
【 図 2 】



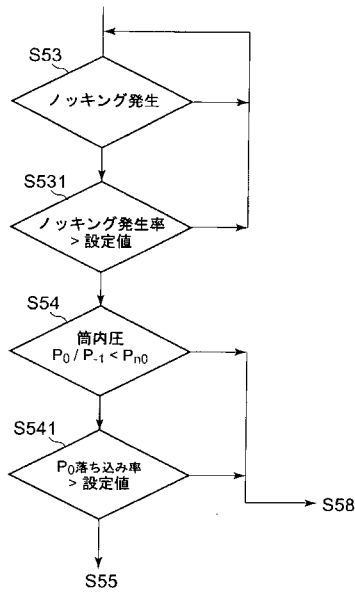
【 図 3 】



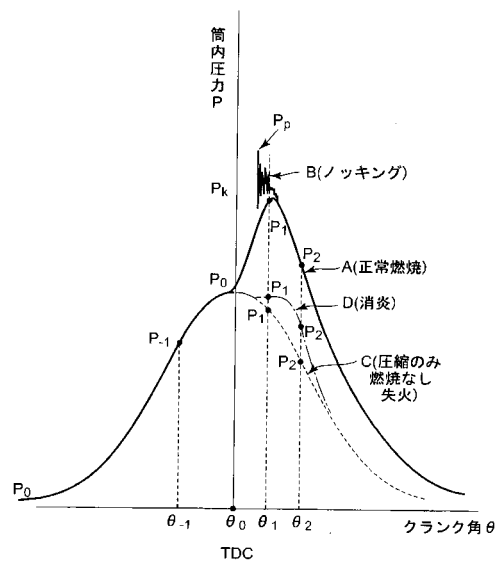
【 図 4 】



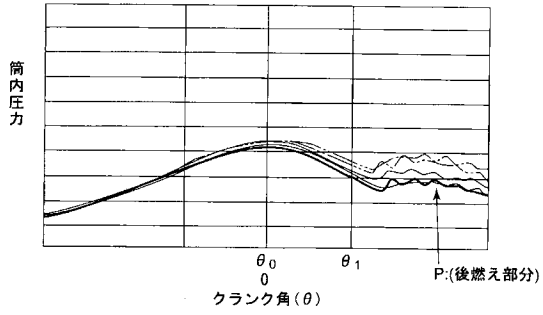
【 図 5 】



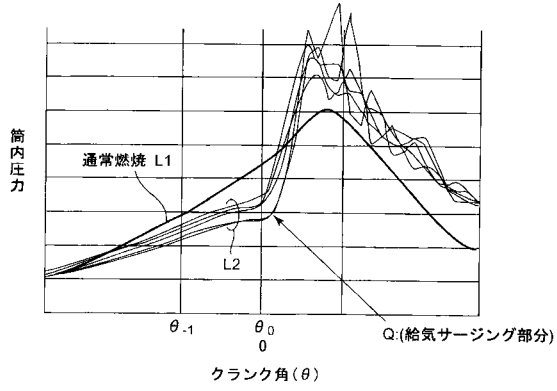
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

F 0 2 D 45/00 3 4 5 Z

Fターム(参考) 3G384 AA03 AA14 AA16 AA22 BA07 BA13 BA18 CA04 CA16 DA42  
DA54 DA55 EC05 EC11 ED07 FA26Z FA29Z FA32B FA33B FA56Z  
FA58Z FA62Z