

(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2010-84621

(P2010-84621A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 345A	3G301
FO2D 43/00 (2006.01)	FO2D 43/00 301S	3G384
FO2D 41/22 (2006.01)	FO2D 43/00 301J	
	FO2D 43/00 301E	
	FO2D 41/22 305A	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2008-254441 (P2008-254441)
 (22) 出願日 平成20年9月30日 (2008.9.30)

(71) 出願人 000003137
 マツダ株式会社
 広島県安芸郡府中町新地3番1号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (72) 発明者 志々目 宏二
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
 株式会社内

最終頁に続く

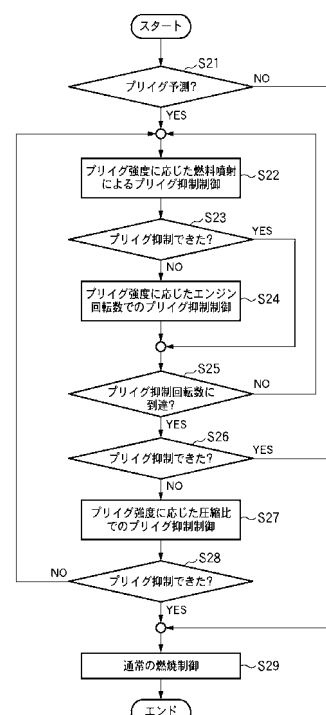
(54) 【発明の名称】 エンジンの制御方法および制御装置

(57) 【要約】

【課題】 効果的に異常燃焼を抑制する。

【解決手段】 有効圧縮比を強制的に変更する圧縮比変更手段を備えた火花点火式エンジンの制御方法であって、火花点火による正常燃焼時点より前に自着火による異常燃焼の発生を予測または検出する異常燃焼判定工程 S 2 1 と、前記エンジンの低速運転領域において前記異常燃焼が予測または検出されたときは、エンジンの回転速度を上昇させるとともに、エンジンの回転速度を上昇させた後も異常燃焼が予測又は検出されたときは、前記圧縮比変更手段により有効圧縮比を低下させる制御工程 S 2 4、S 2 7 と、を有する。

【選択図】 図 1 8



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

有効圧縮比を強制的に変更する圧縮比変更手段を備えた火花点火式エンジンの制御方法であって、

火花点火による正常燃焼時点より前に自着火による異常燃焼の発生を予測または検出する異常燃焼判定工程と、

前記エンジンの低速運転領域において前記異常燃焼が予測または検出されたときは、エンジンの回転速度を上昇させるとともに、エンジンの回転速度を上昇させた後も異常燃焼が予測又は検出されたときは、前記圧縮比変更手段により有効圧縮比を低下させる制御工程と、を有することを特徴とするエンジンの制御方法。

10

【請求項 2】

前記制御工程では、前記異常燃焼が予測又は検出されたときは、燃料噴射手段を異常燃焼が抑制される方向に制御し、その後も異常燃焼が予測または検出されたときには、前記エンジンの回転速度を上昇させ、その後も異常燃焼が予測又は検出されたときには、前記圧縮比変更手段により有効圧縮比を低下させることを特徴とする請求項 1 に記載のエンジンの制御方法。

【請求項 3】

前記制御工程では、前記エンジンの回転速度が所定回転速度まで上昇するまでは、燃料噴射手段を異常燃焼が抑制される方向に制御し、前記エンジンの回転速度を上昇させた後も異常燃焼が予測または検出されたときには、前記圧縮比変更手段により有効圧縮比を低下させることを特徴とする請求項 1 に記載のエンジンの制御方法。

20

【請求項 4】

前記制御工程では、自動変速機のロックアップ機構を解除することによってエンジンの回転速度を上昇させることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のエンジンの制御方法。

【請求項 5】

前記制御工程では、エンジンが低速高負荷運転領域における空燃比を理論空燃比以下に設定することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のエンジンの制御方法。

【請求項 6】

エンジンの低速運転領域における有効圧縮比は、低負荷領域よりも高負荷領域を高く設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のエンジンの制御方法。

30

【請求項 7】

エンジンの制御装置において、

火花点火による正常燃焼時点より前に自着火による異常燃焼の発生を予測または検出する異常燃焼判定手段と、

前記エンジンの低速運転領域において前記異常燃焼が予測または検出されたときは、エンジンの回転速度を上昇させるとともに、エンジンの回転速度を上昇させた後も異常燃焼が予測又は検出されたときは、エンジンの有効圧縮比を低下させる制御手段と、を有することを特徴とするエンジンの制御装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、プリーグニッションなどのエンジンの異常燃焼の発生を予測し抑制する技術に関する。

【背景技術】**【0002】**

圧縮比を高くすると燃費が向上することが従来より知られているが、高圧縮比にするとノッキングやプリーグニッションなどの異常燃焼が発生し易くなる。

50

【0003】

ここで、プリイグニッション（以下、プリイグ）は、エンジンの運転環境の変化などによってシリンダ内の混合気が点火後の正常燃焼時点（例えば、燃焼質量割合が10%に到達するクランク角度であるMB10%CA）より前に自己着火する現象である。プリイグはエンジンの信頼性に影響を及ぼすため、従来より、このプリイグの発生を精度良く検出し、抑制する技術が提案されている。

【0004】

例えば、特許文献1には、燃焼イオン電流によってプリイグの前兆現象であるポストプリイグの発生可否を判定し、発生時は燃料噴射増量又は点火時期をリタードすることが記載されている。

10

【0005】

また、特許文献2には、プリイグを検出又は予測し、プリイグの発生時又は予測時は、燃料噴射時期をリタードさせることが記載されている。

【0006】

さらに、特許文献3には、吸気弁閉時期をプリイグを抑制できるタイミングに補正することが記載されている。

【特許文献1】特開平11-324775号公報

【特許文献2】特開2002-339780号公報

【特許文献3】特開2001-159348号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記特許文献1-3のようにプリイグの発生を未然に抑制することは、エンジンの信頼性を向上させるために非常に重要な課題である。

【0008】

本発明は、上述の課題に鑑みてなされ、その目的は、異常燃焼の抑制効果を向上できる技術を実現することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述の課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る第1の形態は、有効圧縮比を強制的に変更する圧縮比変更手段を備えた火花点火式エンジンの制御方法であって、火花点火による正常燃焼時点より前に自着火による異常燃焼の発生を予測または検出する異常燃焼判定工程と、前記エンジンの低速運転領域において前記異常燃焼が予測または検出されたときは、エンジンの回転速度を上昇させるとともに、エンジンの回転速度を上昇させた後も異常燃焼が予測又は検出されたときは、前記圧縮比変更手段により有効圧縮比を低下させる制御工程と、を有する。このように応答性を高めつつ可能な限りエンジントルクが低下しないように制御することで、効果的に異常燃焼を抑制することができる。

30

【0010】

また、第2の形態は、前記制御工程では、前記異常燃焼が予測又は検出されたときは、燃料噴射手段を異常燃焼が抑制される方向に制御し、その後も異常燃焼が予測または検出されたときには、前記エンジンの回転速度を上昇させ、その後も異常燃焼が予測又は検出されたときには、前記圧縮比変更手段により有効圧縮比を低下させる。このように応答性を高めつつ可能な限りエンジントルクが低下しないように制御することで、効果的に異常燃焼を抑制することができる。

40

【0011】

また、第3の形態は、前記制御工程では、前記エンジンの回転速度が所定回転速度まで上昇するまでは、燃料噴射手段を異常燃焼が抑制される方向に制御し、前記エンジンの回転速度を上昇させた後も異常燃焼が予測または検出されたときには、前記圧縮比変更手段により有効圧縮比を低下させる。このようにエンジン回転数が上昇するまで燃料噴射による異常燃焼抑制制御を維持することによって応答性を高めつつ可能な限りエンジントルク

50

が低下しないように制御することで、効果的に異常燃焼を抑制することができる。

【0012】

また、第4の形態は、前記制御工程では、自動変速機のロックアップ機構を解除することによってエンジンの回転速度を上昇させる。このようにロックアップ機構を解除することによってエンジントルク低下を抑制しつつ応答性良く異常燃焼を抑制することができる。

【0013】

また、第5の形態は、前記制御工程では、エンジンが低速高負荷運転領域における空燃比を理論空燃比以下に設定する。このようにエンジン回転数を上昇させるとともに、空燃比をリッチ側へ制御することによってエンジントルクの低減を抑制しつつ効果的に異常燃焼を抑制することができる。

10

【0014】

また、第6の形態は、エンジンの低速運転領域における有効圧縮比は、低負荷領域よりも高負荷領域を高く設定されている。このように、低速高負荷運転領域での有効圧縮比が、低速低負荷運転領域での有効圧縮比に比べて高く設定されたエンジンでは自己着火による異常燃焼が発生し易くなるところを、噴射時期を制御することによって効果的に異常燃焼を抑制することができる。

【0015】

また、第7の形態は、エンジンの制御装置において、火花点火による正常燃焼時点より前に自着火による異常燃焼の発生を予測または検出する異常燃焼判定手段と、前記エンジンの低速運転領域において前記異常燃焼が予測または検出されたときは、エンジンの回転速度を上昇させるとともに、エンジンの回転速度を上昇させた後も異常燃焼が予測又は検出されたときは、エンジンの有効圧縮比を低下させる制御手段と、を有する。このように応答性を高めつつ可能な限りエンジントルクが低下しないように制御することで、効果的に異常燃焼を抑制することができる。

20

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、応答性を高めつつ可能な限りエンジントルクが低下しないように制御することで、効果的に異常燃焼を抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0017】

以下に、本発明の実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。

【0018】

尚、以下に説明する実施の形態は、本発明の実現手段としての一例であり、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で下記実施形態を修正又は変形したものに適用可能である。

【0019】

〔エンジンの制御装置〕

図1は、本発明に係る実施形態のエンジン制御系を示す概略構成図である。図2は、本発明に係る実施形態のエンジン制御系のブロック図である。

【0020】

40

図1に示すように、エンジン4は火花点火式直噴エンジンであって、4つのシリンダ11を有し、クランクシャフト14から自動変速機5に駆動力が伝達される。

【0021】

エンジン4は、シリンダブロック12と、その上に載置されるシリンダヘッド13とを備えており、ブロック12の内部にシリンダ11が形成されている。シリンダブロック12にはクランクシャフト14が回転自在に軸支されており、このクランクシャフト14が、コネクティングロッド16を介してピストン15に連結されている。

【0022】

ピストン15は、各シリンダ11内に摺動自在に嵌挿されており、シリンダ11及びシリンダヘッド13と共に燃焼室17を区画している。各シリンダ11に対して2つの吸気

50

ポート 18 がシリンダヘッド 13 に形成され、それぞれが燃焼室 17 に連通している。同様に、各シリンダ 11 に対して 2 つの排気ポート 19 がシリンダヘッド 13 に形成され、それぞれが燃焼室 17 に連通している。

【0023】

吸気弁 21 及び排気弁 22 は、それぞれ吸気ポート 18 及び排気ポート 19 を燃焼室 17 から遮断（閉）することができるように配設されている。吸気弁 21 は吸気弁駆動機構 30 により、排気弁 22 は排気弁駆動機構 40 により、それぞれ駆動され、それによって所定のタイミングで往復動して、吸気ポート 18 及び排気ポート 19 を開閉する。

【0024】

吸気弁駆動機構 30 及び排気弁駆動機構 40 は、それぞれ吸気カムシャフト 31 及び排気カムシャフト 41 を有する。カムシャフト 31, 41 は、チェーンやスプロケット等の動力伝達機構を介してクランクシャフト 14 に連結されている。

【0025】

吸気弁駆動機構 30 は、吸気カムシャフト 31 の位相を所定の角度範囲内で連続的に変更可能な位相可変機構（Variable Valve Timing：VVT）32 を含んでいる。VVT 32 は、動力伝達機構と吸気カムシャフト 31 との間に設けられている。この VVT 32 は、クランクシャフト 14 により直接駆動され且つ吸気カムシャフト 31 と同軸に配置された被駆動軸（不図示）と吸気カムシャフト 31 との間に、エンジン制御器 100 からの制御信号（バルブ位相角）VVT D に応じた位相差を設けるように構成されている。これにより、空気量（有効圧縮比）の調整が行われる。

【0026】

VVT 32 は、例えば液圧式や電磁式等の位相可変機構とすることができる。液圧式の場合、被駆動軸と吸気カムシャフト 31 との間に周方向に並ぶ複数の液室を設け、それらの液室間に圧力差を設けることによって、上記位相差を作り出すことができる。電磁式の場合、被駆動軸と吸気カムシャフト 31 との間に電磁石と一方向に位相差を設けるような付勢力を生じるスプリングとを有する構成とし、その電磁石に電力を付与することによって前記位相差を作り出すことができる。

【0027】

吸気カムシャフト 31 の位相角は、カム角センサ 35 により検出され、その出力信号 VVT A がエンジン制御器 100 に入力される。

【0028】

点火プラグ 51 は、シリンダヘッド 13 に取り付けられている。点火機構 52 は、エンジン制御器 100 からの制御信号（点火時期）SA を受けて、点火プラグ 51 が所望の点火タイミングで火花を発生するよう、それに通電する。これにより、点火時期の調整が行われる。

【0029】

燃料噴射弁 53 は、周知の構造でシリンダヘッド 13 の一側（図では吸気側）に取り付けられている。燃料噴射弁 53 の先端は、上下方向については 2 つの吸気ポート 18 の下方に、また、水平方向については 2 つの吸気ポート 18 の中間に位置して、燃焼室 17 内に臨んでいる。

【0030】

燃料供給機構 54 は、燃料噴射弁 53 に燃料を昇圧して供給する高圧ポンプ（不図示）と、この高圧ポンプに対して燃料タンクからの燃料を送る配管やホース等と、燃料噴射弁 53 を駆動する電気回路と、を備えている。この電気回路は、エンジン制御器 100 からの制御パルス信号（燃料噴射量 FP および噴射時期 FT）を受けて燃料噴射弁 53 のソレノイドを作動させ、所定量の燃料を所定の噴射タイミングで燃焼室 17 内に噴射させる。

【0031】

吸気ポート 18 は、吸気マニホールド 55 内の吸気通路 55 b によってサージタンク 55 a に連通している。図示しないエアクリーナからの吸気流は、スロットルボデー 56 を通過してサージタンク 55 a に供給される。スロットルボデー 56 にはスロットル弁 57 が

10

20

30

40

50

配置されており、このスロットル弁 57 は、サージタンク 55 a に向かう吸気流を絞って、その流量を調整する。スロットル・アクチュエータ 58 が、エンジン制御器 100 からの制御信号（スロットル開度）TVO を受けて、スロットル弁 57 の開度を調整する。これにより、空気量（吸気管圧力）の調整が行われる。

【0032】

排気ポート 19 は、排気マニホールド 60 内の排気通路を介して排気管内の通路に連通している。排気マニホールド 60 内よりも下流の排気通路には、1 つ以上の触媒コンバータ 61 を有する排気ガス浄化システムが配置されている。

【0033】

また、排気ガスの一部を吸気系に循環させる（以下、EGR）ために、吸気マニホールド 55（スロットル弁 57 よりも下流側）と排気マニホールド 60 との間が EGR パイプ 62 によって接続されている。排気側の圧力は吸入側よりも高いので、排気ガスの一部は吸気マニホールド 55 に流れ込むようになり（EGR ガス）、この吸気マニホールド 55 から燃焼室 17 に吸入される新気と混ざることになる。EGR パイプ 62 には EGR バルブ 63 が配設され、このバルブ 63 によって EGR ガスの流量を調整する。EGR バルブ・アクチュエータ 64 は、エンジン制御器 100 からの制御信号 EGR を受けて、EGR バルブ 63 の開度を調整する。

【0034】

図 2 にも示すように、エンジン制御器 100 は、周知のマイクロコンピュータをベースとするコントローラであって、プリイグ予測部 101 a やプリイグ抑制部 101 b として、後述するエンジン制御手順を記憶したプログラムを実行する中央演算処理装置（CPU）101 と、例えば RAM や ROM により構成されてエンジン制御プログラムおよび燃焼制御パラメータテーブル 102 a などのデータを格納するメモリ 102 と、電気信号の入出力をする入出力（I/O）バス 103 と、を備えている。

【0035】

エンジン制御器 100 は、アクセル・ペダルの踏み込み量を検出するアクセル開度センサ 75 からのアクセル開度信号 α 、自動変速機 5 の出力軸の回転速度を検出する車速センサ 76 からの車速信号 VSP、吸気温度センサ 77 からの吸気温度 TA、吸気湿度センサ 78 からの吸気湿度 TM、エンジン水温センサ 79 からの冷却水温度 TE、ノックセンサ 80 からのノッキング検出信号 NK、燃圧センサ 81 からの燃料圧力 P、エアフローセンサ 71 からの吸気流量 AF、吸気圧センサ 72 からの吸気マニホールド圧 MAP、クランク角センサ 73 からのクランク角パルス信号 CA、酸素濃度センサ 74 からの排気ガスの酸素濃度 O2 等の種々の入力を受ける。エンジン制御器 100 は、クランク角パルス信号 CA に基づいて、エンジン回転数 n_e を演算する。

【0036】

また、エンジン制御器 100 は、上述の種々の入力に基づいて、例えば、所定のスロットル開度 TVO、燃料噴射量 FP および噴射時期 FT、点火時期 SA、バルブ位相角 VVT D 等のエンジン 4 の制御パラメータを演算し、それらの信号を、スロットル・アクチュエータ 58、燃料供給機構 54、点火機構 52、VVT 32 等に出力する。

【0037】

また、エンジン制御器 100 は、オルタネータ 82 への発電制御信号 Ge、自動変速機 5 の変速機構 6 への変速制御信号 AT、ロックアップ機構 7 へのロックアップ制御信号 L/U を出力する。

【0038】

[プリイグの予測・抑制方法]

図 4 は、本実施形態により予測されるプリイグを説明する図である。

【0039】

図 4 (a) に示すように、本実施形態では、点火（イグニッション）後の正常燃焼における MB（Mass Burn：燃焼質量割合）10% に到達する CA（Crank Angle：クランク角度）より前で発生する初期プリイグ、および点火前に発生する暴走プリイグが予測可能で

10

20

30

40

50

あるが、以下では主に初期プリイグの予測方法について説明する。

【0040】

また、図4(b)に示すように、初期プリイグは、エンジンが低速回転(750~2000rpm程度)で運転されている領域において、牽引での発進時、坂道発進時、オーバーシフト時などのエンジン負荷が急激に上昇する高負荷時において発生する。これは高圧縮比の下で高負荷がかかることによって空燃比が理論空燃比よりリッチ側にふれて、自己着火し易い環境となることが一因と考えられる。

【0041】

図3は、本実施形態のエンジン制御器が実行するプリイグ予測・抑制手順を示すフローチャートである。

10

【0042】

図3において、先ず、エンジン制御器100のプリイグ予測部101aは、後で詳述するプリイグ予測ルーチンを実行する(S1)。その結果、プリイグの発生が予測されると判定されたならば(S2でYES)、プリイグ抑制部101bは、後で詳述するプリイグ抑制ルーチンを実行する(S3)。その後、エンジン制御器100は、メモリ102に記憶されたエンジン制御プログラムおよび予め設定された燃焼制御パラメータテーブル102aに基づいてエンジン制御を実行する(S4)。

【0043】

また、プリイグの発生が予測されないと判定されたならば(S2でNO)、プリイグ抑制ルーチンを実行しないで、エンジン制御器100は、メモリ102に記憶されたエンジン制御プログラムおよび燃焼制御パラメータテーブル102aに基づいてエンジン制御を実行する(S4)。

20

【0044】

ここで、図3のS1でのプリイグ予測ルーチンについて詳細に説明する。

【0045】

図3において、プリイグ予測部101aは、エンジン負荷(ce:吸気充填量)および回転数neごとに予め設定された燃焼制御パラメータテーブル(空燃比(A/F)、吸気弁閉時期(VVT D)、燃料噴射時期(FT)、点火時期(SA)、EGR率等からなるテーブル:図7参照)を参照して、先ず、点火後の正常燃焼MB10%CAに到達する時点を演算もしくは実験により求め、そのデータを正常燃焼マップとして記憶する(S11、図7(a))。

30

【0046】

次に、プリイグ予測部101aは、上記燃焼制御パラメータテーブル102aから点火時期SAを除外してプリイグMB10%CAに到達する時点を演算もしくは実験により求め、そのデータをプリイグマップとして記憶する(S12、図7(b))。

【0047】

次に、プリイグ予測部101aは、上記プリイグマップを、現在のエンジンの運転状態などの外部環境因子によって補正する(S13)。

【0048】

ここでは、図6(a)~(d)に示すように、上記外部環境因子として、燃焼状態に影響を及ぼす吸気温度、吸気湿度、オクタン価、有効圧縮比に応じて補正する。例えば、図6(a)に示すように、吸気温度が高いほど高温なほど自己着火し易くなるので補正量を拡大し、25℃を境に吸気温度が高く、エンジン回転数が高いほど補正量が増加する傾きを大きくし、反対に25℃より吸気温度が低く、エンジン回転数が低いほど補正量の減少の傾きが小さくなる。また、図6(b)に示すように、吸気湿度(絶対湿度)が高いほど自己着火し難くなるので補正量を減少させ、エンジン回転数が高いほど補正量の減少の傾きが大きくなる。また、図6(c)に示すように、オクタン価が高いほど自己着火し難くなるので補正量を減少させる。なお、このオクタン価は、例えば点火時期のリタード量から判定できる。また、図6(d)に示すように、生産ばらつきやカーボン付着による実圧縮比が高いほど自己着火し易くなるので補正量を拡大させる。なお、実圧縮比は吸気弁閉

40

50

時期や筒内圧をセンサなどにより検出することで判定できる。

【0049】

そして、プリイグ予測部101aは、上記補正後のプリイグMB10%CAが、上記正常燃焼MB10%CAより前側であって、両時期の差が所定値以上のときに、上記燃焼制御パラメータテーブルを補正すべきプリイグが発生することを予測する(S2)。ここで、所定値は、例えば5°C A/750rpmとし、正常燃焼MB10%CAの範囲は点火時期が膨張行程にまでリタードされている場合を含むものとする。このようにプリイグの影響が少ない時期まで正常燃焼とみなすことでプリイグ抑制制御によるトルク低下を抑えることができる。

【0050】

図7～図9は、図3のプリイグ予測手順の具体例を示している。

【0051】

ここで、図5に示すように、プリイグの特性として、正常燃焼MB10%CAより前側であるほど燃焼による熱発生量が多くなり、プリイグ強度が大きくなっていく。このプリイグ強度は、正常燃焼MB10%CAに対してどのくらい前でプリイグが発生するかを示す指標を表し、下記式により定義する。

【0052】

プリイグ強度 = MB10%CA正常燃焼マップ - MB10%CAプリイグマップ

また、本実施形態では、後述するように下記Livengood-Wu積分式を用いて点火後の自己着火時間t1を求めてプリイグの発生を予測する。

【0053】

【数1】

Livengood-Wu積分

$$\int_{t_0}^{t_1} dt / \tau = 1$$

$$\tau = A p^{-n} \exp(B/T)$$

t0: 圧縮はじめ時間 T: 温度/CA

t1: 自着火時間 p: 圧力/CA

τ : 着火時間遅れ

A, n, B: 燃料に関するパラメータA/F

【0054】

また、MB10%CAは、下記式により定義する。

【0055】

【数2】

$$\int_0^{X_{10}} dQ \cdot dCA = 10\%$$

燃料流量から
計算した総発熱量

【0056】

例えば、図7(a)の1000rpm/ce0.9の条件でのプリイグ強度は、補正前の初期条件ではX10(正常燃焼マップ) - X10(プリイグマップ) = 15 - 25 = -10

10

20

30

40

50

となり、プリイグ発生タイミングが正常燃焼MB10%CAより後になるため、プリイグは発生しないと予測できる。

【0057】

これに対して、エンジンの運転状態が変化した場合（吸気温度TAが25℃→70℃、オクタン価RONが96→91RON、実圧縮比εが14→15）、先ず、図8（a）のように、上記Livengood-Wu積分式を用いてプリイグ強度を演算すると、X10（プリイグマップ）＝＋4となる。よって、図8（b）のように、X10（正常燃焼マップ）－X10（プリイグマップ）＝15－4＝＋11となり、プリイグの発生が予測される。

【0058】

一方で、図9（a）～（c）に示すように各補正パラメータを用いてプリイグ強度を演算する方法もある。この場合、X10（プリイグマップ）＝＋25（プリイグマップ初期条件）－6.0（吸気温度補正量）－7.5（オクタン価補正量）－7.5（圧縮比ε補正量）＝＋4となる。このように各補正量を加算することでもプリイグ強度が演算できる。

【0059】

次に、図3のS3でのプリイグ抑制手順について説明する。

【0060】

図10（a）～（e）は、プリイグ抑制制御に用いる補正パラメータを例示している。

【0061】

ここでは、図10（a）～（e）に示すように、EGR率、吸気弁閉時期、燃料噴射時期、分割噴射比（後期噴射量／全噴射量×100）、空燃比などの補正パラメータが予め設定されている。例えば、図10（a）のようにEGR率が高くなるほど空燃比が高くなり自己着火し難くなるので補正量を減少させ、図10（b）のように吸気弁閉時期が遅いほど（有効圧縮比が低くなるほど）自己着火し難くなるので補正量を減少させ、図10（c）のように燃料噴射時期がリタードされているほど正常燃焼MB10%CA近くで着火し易くなるので補正量を増加させ、図10（d）のように分割噴射比が大きいほど（後期噴射量が多いほど）正常燃焼MB10%CA近くで着火し易くなるので補正量を減少させる。また、図10（e）のように最も着火し易い理論空燃比14.7を境にして空燃比が小さい（リッチ側）、あるいは空燃比が大きい（リーン側）ほど自己着火し難くなるので補正量を減少させる。

【0062】

なお、補正に係る優先順位としては、制御の応答性を考慮して、燃料噴射時期、分割噴射比、吸気弁閉時期、空燃比、EGR率の順にプリイグ抑制制御を実行することが好ましい。

【0063】

具体的には、プリイグ抑制制御として、例えば図10（c）の燃料噴射時期を280°CA（X10＝0）から20°CA（X10＝－15）に変更するようにプリイグマップを補正すると、X10（正常燃焼MB10%CA）－X10（プリイグMB10%CA）＝15－15＝±0となる。

【0064】

このように、図3のS4では、プリイグ強度が大きいほど補正量を拡大するように燃焼制御パラメータを補正して、補正後の燃焼制御パラメータに基づいてプリイグの発生を抑制しつつエンジンを制御する。

【0065】

以上のように、本実施形態によれば、プリイグ強度を求めることでプリイグの予測精度が向上し、その後のプリイグ抑制制御が実行し易くなる。また、点火後の正常燃焼MB10%CAおよびプリイグMB10%CAに到達する時点を予め実験により求めておくことで、MB10%CAとなる燃焼開始時点でのプリイグの予測精度を向上させることができる。

【0066】

<1. プリイグ強度に応じた空燃比によるプリイグ抑制制御>

10

20

30

40

50

次に、空燃比によるプリイグ抑制制御について説明する。

【0067】

なお、以下の実施形態では、上述のプリイグを予測する手法に限らず、例えばノックセンサ80からのノッキング検出信号NKや従来の燃焼イオン電流を用いて実際に発生したプリイグを検出する構成としても良い。

【0068】

図11(a)は、エンジン回転数および燃料噴射時期ごとのプリイグ限界を空燃比と有効圧縮比との関係で示す図である。

【0069】

図11(a)から、低速高負荷運転領域（換言すると、プリイグが発生し易い空燃比が均質な状態）において、理論空燃比を境にして空燃比をリッチ側に変更すると、プリイグを抑制できることがわかる。例えば、750rpm／噴射時期280°を例にとると、時点Aにおいて空燃比13／有効圧縮率9.5になりプリイグ限界を超えていた場合、時点Bのように空燃比をリッチ側に変更することで、プリイグ限界を超えなくなるため、プリイグを抑制することができる。

【0070】

これは、特に直噴エンジンは燃料を気筒内に直接噴射するので、空燃比をリッチにすると、噴射される燃料が増え、気筒内の温度が低下するため、燃料が燃焼し難くなる状態になるからである。

【0071】

さらに、図11(b)にも示すように、エンジンが低速領域で運転されている場合には、変更前の空燃比が理論空燃比に近いほど、リッチ側への変化量を大きくすることで、プリイグ抑制効果を高めることができることがわかる。

【0072】

また、図11(c)にも示すように、750rpm／噴射時期20°の場合、750rpm／噴射時期280°よりもプリイグ限界が高くなる。これにより、燃料噴射時期をリタードさせることで、プリイグが発生し難くなることがわかる。

【0073】

よって、本実施形態では、エンジンが低速運転領域においてプリイグが予測または検出された場合、空燃比をリッチ側に変更するとともに、変更前の空燃比が理論空燃比に近いほど、空燃比の変更幅を大きくして、プリイグを抑制する。これにより、トルクが必要な低速高負荷運転領域でトルクを低下させずに、プリイグを抑制することができる。つまり、図11(a)、(b)から空燃比をリーン側に変更することでも、プリイグ抑制効果が得られるものの、これでは燃料が少なくなるのでトルクが低下してしまう。

【0074】

一方、リッチ側への空燃比の変化量に規制値（すすが発生する可能性が出てくる空燃比＝10）が設けてあり、空燃比の変更量が規制値を超える場合には燃料噴射時期をリタードするようにしている。ここで、燃料噴射時期をリタードさせるとともに、圧縮行程噴射を伴う分割噴射を行うことで、更なるリッチ化に伴うスモークの増大を抑制しつつプリイグを抑制することができる。また、直噴エンジンの場合、燃料噴射圧力を高くすることで同様の効果が得られる。ここで、燃料噴射圧力は、燃圧センサ81によって検出される。

【0075】

本実施形態によれば、低速高負荷運転領域での有効圧縮比が、低速低負荷運転領域での有効圧縮比に比べて高く設定されたエンジンではプリイグが発生し易くなるところを、プリイグを抑制できる空燃比に設定することで、効果的にプリイグを抑制することができる。ここで、有効圧縮比は吸気閉弁時期の変更によって変化させる。

【0076】

また、低速高負荷運転領域での混合気の均質性を高めてスモークの発生を低減しつつトルクを確保し、この領域で効果的にプリイグを抑制することができる。

【0077】

< 2. プリイグ強度に応じた燃料噴射時期によるプリイグ抑制制御 >

次に、燃料噴射時期によるプリイグ抑制制御について説明する。

【0078】

なお、以下の実施形態では、上述のプリイグを予測する手法に限らず、例えばノックセンサ80からのノッキング検出信号NKや従来の燃焼イオン電流を用いて実際に発生したプリイグを検出する構成としても良い。

【0079】

図11(a)から、750rpm/噴射時期20°(リタード側)と750rpm/噴射時期280°とを比較すると、噴射時期をリタードさせた方がプリイグ限界が高くなる
10
ことがわかる。また、図12から燃料噴射時期をリタードさせる前の燃料噴射時期が遅いほど(圧縮上死点に近いほど)、プリイグ限界は高くなっている。

【0080】

そこで、本実施形態では、エンジンの低速高負荷運転領域では、空燃比が均質な状態となりスモークの発生を抑える吸気行程から圧縮行程前半にかけての期間内で燃料噴射(一括噴射または分割噴射)を実行することを前提として、プリイグが予測または検出されたときには、燃料噴射時期をリタードさせるとともに、リタード制御前の燃料噴射時期が早いほど、燃料噴射時期のリタード量を大きくする。

【0081】

なお、一括噴射時期のリタード限界は、図13に示すように、噴射終了時期で圧縮上死点前160°CAであり、これ以上のリタードは燃焼安定性が著しく悪化する。即ち、一括噴射の噴射終了時期をリタードしていくと、急激に燃焼変動率が大きくなる(燃焼安定性が悪化)タイミング(圧縮上死点前160°CA)が現れ、このタイミングよりリタードさせることは燃焼面から不可能となる。このため、一括噴射の場合のリタード許容時期は圧縮行程前半に設定することが好ましい。なお、圧縮上死点前160°CAよりリタードさせると、燃焼性が悪化するため、当然ながらプリイグも発生し難くなる。
20

【0082】

また、前述したように、噴射時期をリタードさせるとともに、空燃比を理論空燃比以下のリッチ側へ変化させることで、有効圧縮比の低下を抑制しつつ応答性良くプリイグを抑制することができる。
30

【0083】

本実施形態によれば、低速高負荷運転領域での有効圧縮比が、低速低負荷運転領域での有効圧縮比に比べて高く設定されたエンジンではプリイグが発生し易くなることを、プリイグを抑制できる空燃比に設定することで、効果的にプリイグを抑制することができる。ここで、有効圧縮比は吸気閉弁時期の変更によって変化させる。

【0084】

< 3. プリイグ強度に応じたエンジン回転数によるプリイグ抑制制御 >

次に、エンジン回転数によるプリイグ抑制制御について説明する。

【0085】

なお、以下の実施形態では、上述のプリイグを予測する手法に限らず、例えばノックセンサ80からのノッキング検出信号NKや従来の燃焼イオン電流を用いて実際に発生したプリイグを検出する構成としても良い。
40

【0086】

図14は、有効圧縮比の異なるエンジンごとのプリイグ限界をエンジン回転数と有効圧縮比との関係で示す図である。

【0087】

図14から、低速高負荷運転領域(換言すると、プリイグが発生し易い空燃比が均質な状態)において、エンジンの固有の有効圧縮比にかかわらず、エンジン回転数を上昇すると、プリイグ限界が高くなることがわかる。また、エンジン回転数が高いほど、回転数の上昇量を大きくすることで、プリイグ限界を高くすることができる。
50

【0088】

そこで、本実施形態では、エンジンの低速高負荷運転領域において、プリイグが予測または検出されたときには、エンジンの回転数を上昇させるとともに、プリイグの予測または検出に伴うエンジン回転数制御前の回転数が高いほど、回転数の上昇量を大きくする。

【0089】

具体的には、エンジン回転数は、図15に示すプリイグ予測領域において、図2で説明した自動変速機5のロックアップ機構7がロックアップオンであった場合、ロックアップを解除（完全解除または半解除（半クラッチ状態））するようにロックアップ制御信号L/Uを出力することによって上昇させる。図16は、ロックアップ時からロックアップが解除されたときのエンジン回転数の変化を示す図である。図16のI～IIIに示すように、ロックアップが解除されるとエンジン回転数が瞬間的に上昇することがわかる。

10

【0090】

また、エンジン回転数は、エンジンで駆動されるオルタネータなどの補機の抵抗を低下させる、つまり図2で説明したオルタネータ82に発電量を低下させるように発電制御信号Geを出力することによっても瞬間的に上昇させることができる。

【0091】

また、前述したように、エンジン回転数を上昇させるとともに、空燃比を理論空燃比以下のリッチ側へ変化させることで、有効圧縮比の低下を抑制しつつ応答性良くプリイグを抑制することができる。

【0092】

20

本実施形態によれば、低速高負荷運転領域での有効圧縮比が、低速低負荷運転領域での有効圧縮比に比べて高く設定されたエンジンではプリイグが発生し易くなることを、プリイグを抑制できる空燃比に設定することで、効果的にプリイグを抑制することができる。ここで、有効圧縮比は吸気閉弁時期の変更によって変化させる。

【0093】

＜燃料噴射、エンジン回転数、有効圧縮比を組み合わせたプリイグ抑制制御＞

次に、上記燃料噴射、エンジン回転数、有効圧縮比を各制御を組み合わせたプリイグ抑制制御について説明する。

【0094】

なお、以下の実施形態では、上述のプリイグを予測する手法に限らず、例えばノックセンサ80からのノッキング検出信号NKや従来の燃焼イオン電流を用いて実際に発生したプリイグを検出する構成としても良い。

30

【0095】

図17は、本実施形態のプリイグ抑制制御を模式的に示す図である。

【0096】

本実施形態では、エンジンの低速運転領域においてプリイグが予測又は検出されたときは、先ず、第1のプリイグ抑制制御として（図17（a））、エンジン回転数を上昇させ、その後もプリイグニッションが予測又は検出されたときは、第2のプリイグ抑制制御として（図17（c））、吸気弁閉時期により強制的に有効圧縮比を低下させる制御を実行する。

40

【0097】

ここで、エンジン回転数がプリイグ抑制回転数に到達するまでは、第3のプリイグ抑制制御として（図17（b））、上述した燃料噴射（空燃比や噴射時期）をプリイグ抑制方向に制御し、エンジンの回転数を上昇させた後もプリイグが予測または検出されたときには、第2のプリイグ抑制制御として（図17（c））、吸気弁閉時期により強制的に有効圧縮比を低下させる制御を実行する。

【0098】

上記第3のプリイグ抑制制御（図17（b））は、プリイグが予測又は検出されてから、エンジン回転数を上昇させる前に実行し、エンジン回転数がプリイグ抑制回転数に到達した後もプリイグが抑制されるまで維持される（図17（d））。

50

【0099】

ここで、エンジン回転数は、上述したように自動変速機や補機を制御することによって上昇させる。

【0100】

また、上記第3の抑制制御では、燃料噴射時期（一括または分割噴射）をリタードさせたり、空燃比を理論空燃比以下のリッチ側へ変化させることで、有効圧縮比の低下を抑制しつつプライグを抑制することができる。

【0101】

この実施形態によれば、エンジンが低速高負荷運転領域での有効圧縮比を、低速低負荷運転領域での有効圧縮比に比べて高く設定しながら、プライグを抑制することができる。ここで、有効圧縮比は吸気閉弁時期の変更によって変化させる。

10

【0102】

図18は、本実施形態のエンジン制御器が実行するプライグ抑制制御を示すフローチャートである。

【0103】

図18において、まず、S21では、上述したプライグ予測手順を実行し、プライグの発生が予測されるか判定する。S21でプライグの発生が予測される場合、S22に移行する。

【0104】

S22では、上述した1. および2. プライグ強度に応じた燃料噴射（空燃比（図10（e））、噴射時期（図10（c））、分割噴射比（図10（d）））によるプライグ抑制制御を実行する。

20

【0105】

S23では、S22でのプライグ抑制制御によりプライグの発生を抑制できたか判定する。S23でプライグの発生を抑制できないならば、S24に移行する。また、プライグの発生を抑制できたならば、S24をスキップしてS25に移行する。

【0106】

S24では、上述した3. プライグ強度に応じたエンジン回転数によるプライグ抑制制御を実行する。

【0107】

S25では、S24によりエンジン回転数がプライグを抑制するための回転数に到達したか判定する。S25でプライグ抑制回転数に到達したならば、S26に移行する。また、プライグ抑制回転数に到達していないならば、S22にリターンして燃料噴射によるプライグ抑制制御を継続する。

30

【0108】

S26では、S24でのプライグ抑制制御によりプライグの発生を抑制できたか判定する。S26でプライグの発生を抑制できないならば、S27に移行する。また、プライグの発生を抑制できたならば、S21にリターンしプライグ予測手順を実行する。

【0109】

S27では、上述したプライグ強度に応じた有効圧縮比（吸気弁閉時期（図10（b）））によるプライグ抑制制御を実行する。

40

【0110】

S28では、S27でのプライグ抑制制御によりプライグの発生を抑制できたか判定する。S28でプライグの発生を抑制できないならば、S22にリターンして燃料噴射によるプライグ抑制制御を継続する。また、プライグの発生を抑制できたならば、S29に移行する。

【0111】

S29では、プライグが抑制できたので、正常燃焼時の燃焼制御マップに応じた通常のエンジン制御に移行する。

【0112】

50

以上のように、本実施形態によれば、ブリーグが発生し易い低速高負荷運転領域での有効圧縮比が低速低負荷運転領域での有効圧縮比に比べて高く設定されたエンジンにおいてブリーグの発生が予測される場合、先ず、燃料噴射およびエンジン回転数によるブリーグ抑制制御を実行して、エンジントルクを低下させずかつ制御の応答性を良くできる。

【0113】

また、ブリーグの発生が予測または検出された場合、先ずエンジン回転数によるブリーグ抑制制御を実行して応答性を高めつつ可能な限りエンジントルクが低下しないように制御することで、効果的にブリーグを抑制することができる。

【0114】

また、エンジン回転数が上昇するまで燃料噴射によるブリーグ抑制制御を維持することによって応答性を高めつつ可能な限りエンジントルクが低下しないように制御することで、効果的にブリーグを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0115】

【図1】本発明に係る実施形態のエンジン制御系を示す概略構成図である。

【図2】本発明に係る実施形態のエンジン制御系のブロック図である。

【図3】本実施形態のエンジン制御器が実行するブリーグ予測・抑制手順を示すフローチャートである。

【図4】本実施形態により予測されるブリーグを説明する図（a）およびブリーグが発生し易い運転状態を示す図（b）である。

【図5】MB10%CAと熱発生量とブリーグ強度との関係を示す図である。

【図6】MB10%CAブリーグマップを補正するための各補正パラメータを例示する図である。

【図7】図3のブリーグ予測手順の具体例を示している。

【図8】図3のブリーグ予測手順の具体例を示している。

【図9】図3のブリーグ予測手順の具体例を示している。

【図10】ブリーグ抑制制御に用いる補正パラメータを例示する図である。

【図11】ブリーグ限界を空燃比と有効圧縮比との関係で示す図（a）、（a）において空燃比の変化量を示す図（b）および（a）において噴射時期リタード量を示す図（c）である。

【図12】ブリーグ限界を燃料噴射時期と有効圧縮比との関係で示す図である。

【図13】ブリーグ限界を燃料噴射時期と燃焼変動率との関係で示す図である。

【図14】有効圧縮比の異なるエンジンごとのブリーグ限界をエンジン回転数と有効圧縮比との関係で示す図である。

【図15】ブリーグ予測領域におけるロックアップのオン／オフマップをエンジン回転数とエンジン負荷との関係で示す図である。

【図16】ロックアップが解除されたときのエンジン回転数の変化を示す図である。

【図17】本実施形態のブリーグ抑制制御を模式的に示す図である。

【図18】本実施形態のエンジン制御器が実行するブリーグ抑制制御を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0116】

- 4 エンジン
- 5 自動変速機
- 6 変速機構
- 7 ロックアップ機構
- 11 シリンダ
- 32 VVT
- 51 点火プラグ
- 52 点火機構

10

20

30

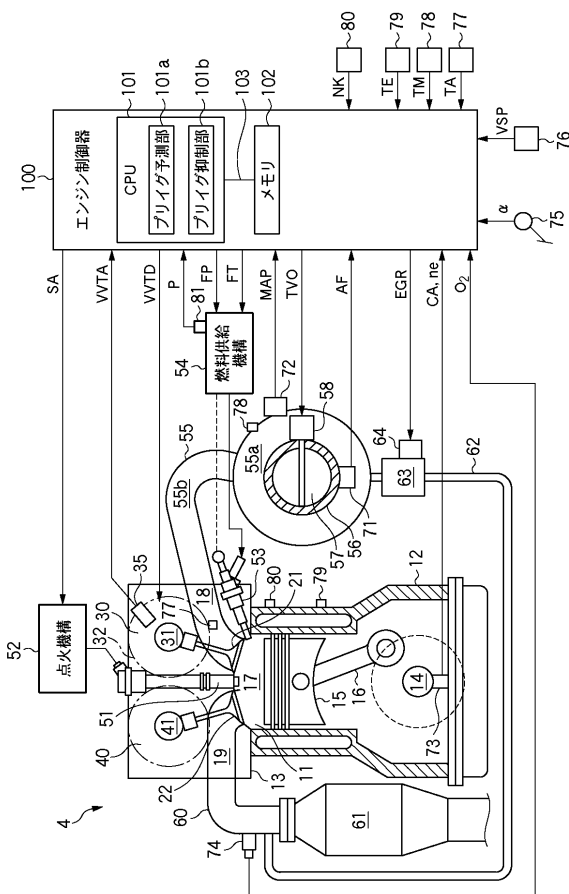
40

50

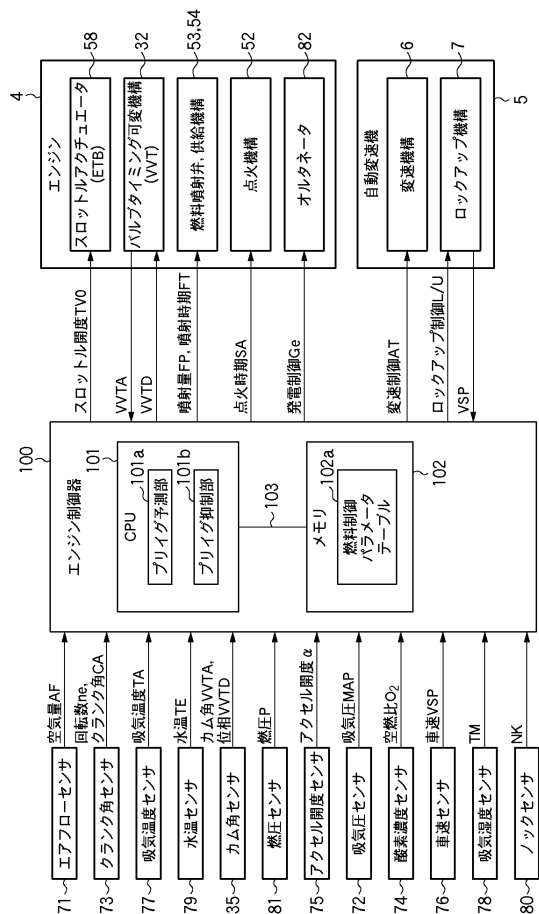
- 5 3 燃料噴射弁
- 5 4 燃料供給機構
- 7 1 エアフローセンサ
- 7 2 吸気圧センサ
- 7 3 クランク角センサ
- 7 4 酸素濃度センサ
- 7 5 アクセル開度センサ
- 7 6 車速センサ
- 7 7 吸気温度センサ
- 7 8 吸気湿度センサ
- 7 9 水温センサ
- 8 0 ノックセンサ
- 8 1 燃圧センサ
- 8 2 オルタネータ
- 1 0 0 エンジン制御器

10

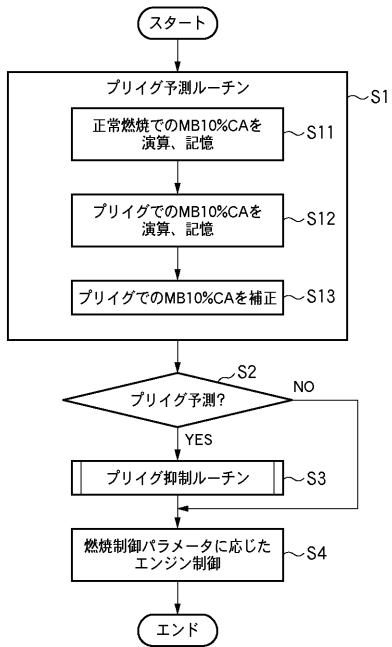
【図 1】



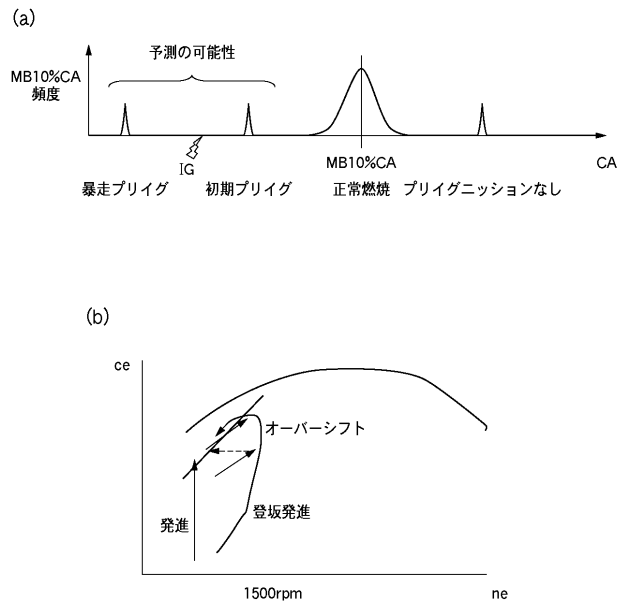
【図 2】



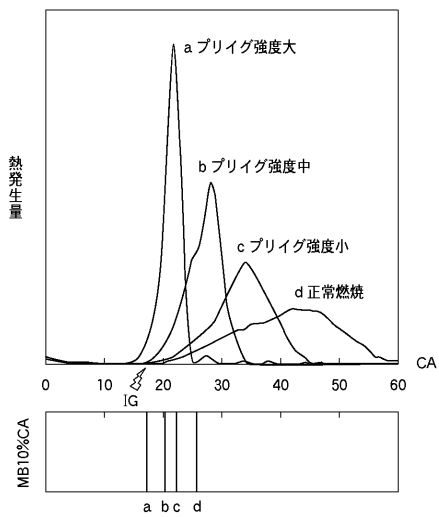
【図 3】



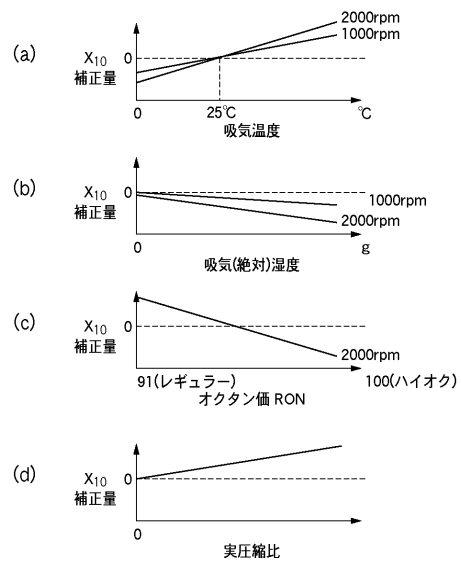
【図 4】



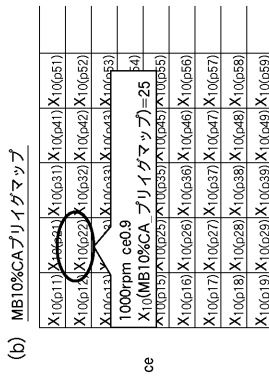
【図 5】



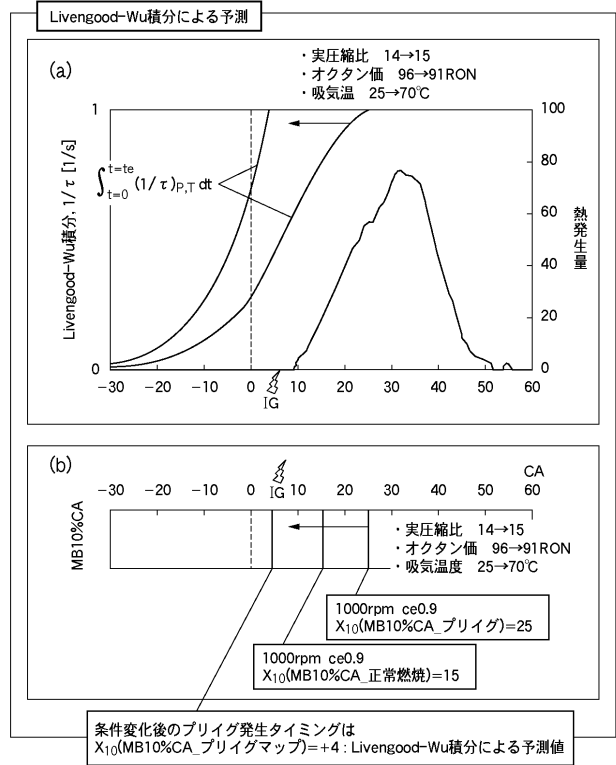
【図 6】



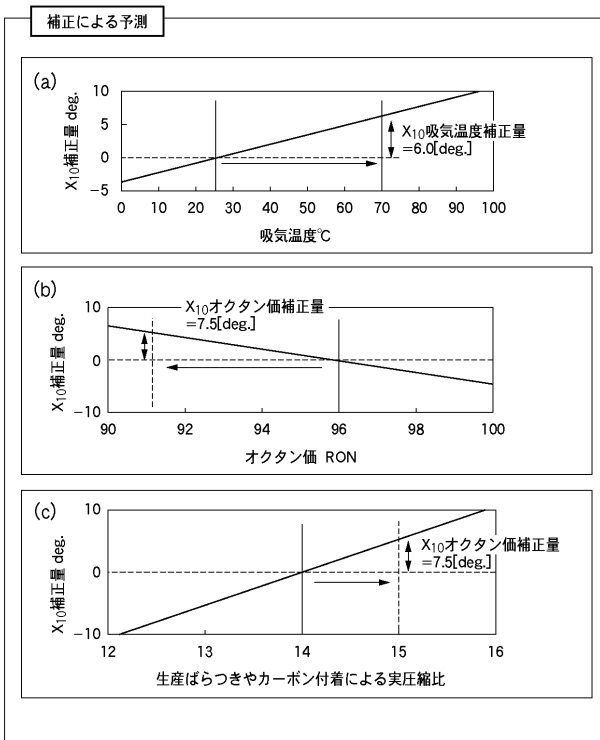
【図 7】



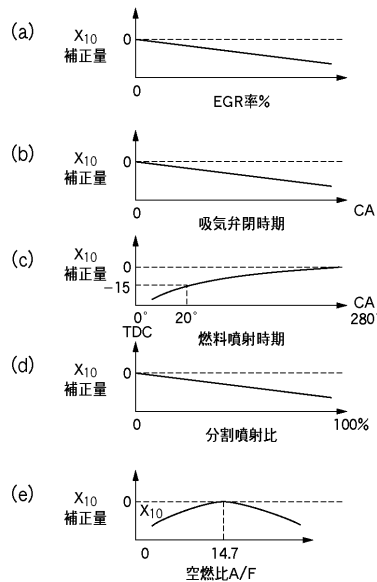
【図 8】



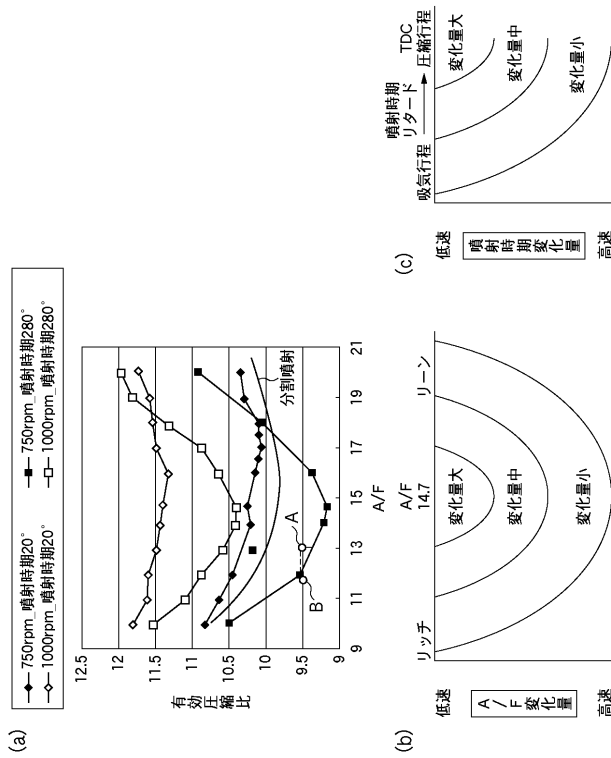
【図 9】



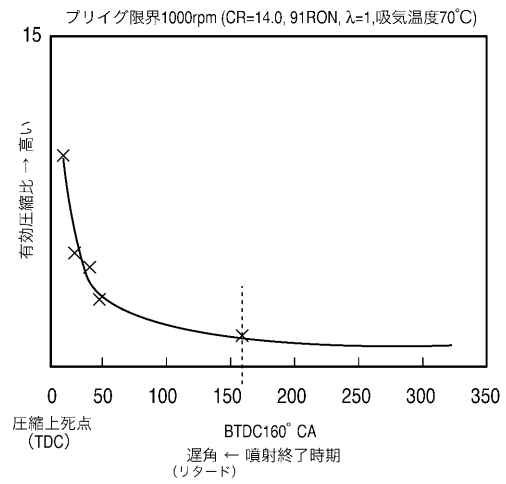
【図 10】



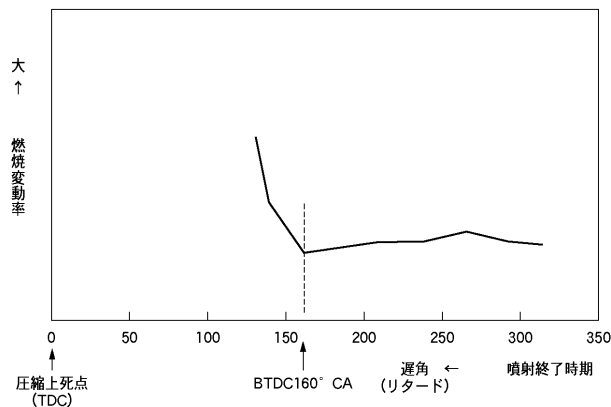
【図 1 1】



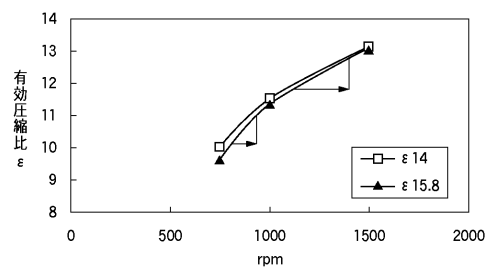
【図 1 2】



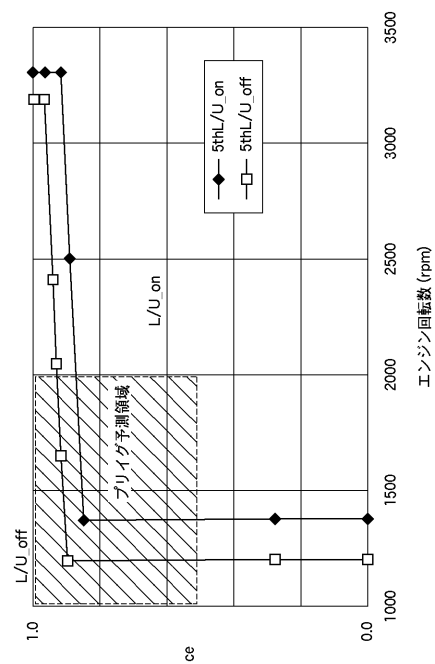
【図 1 3】



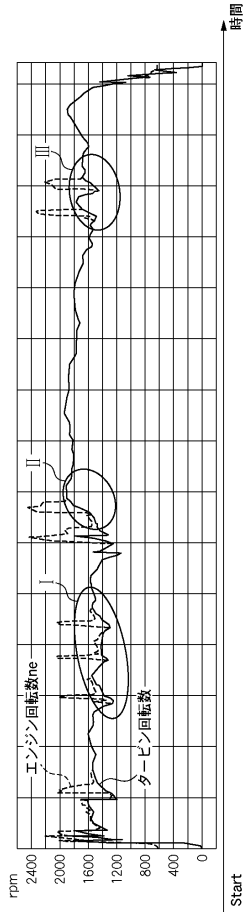
【図 1 4】



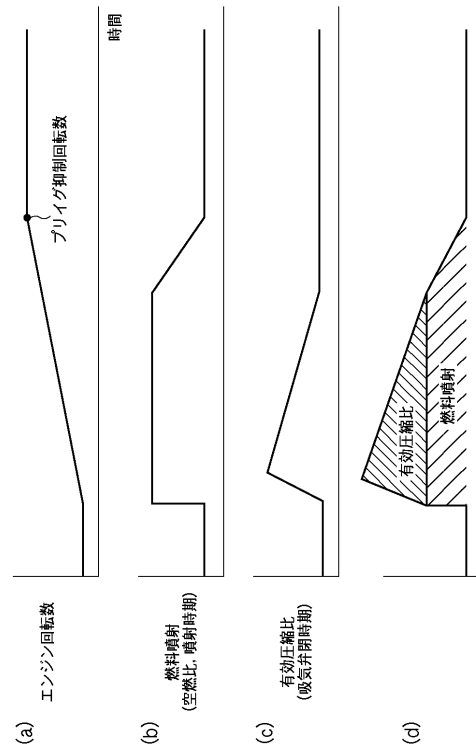
【図 1 5】



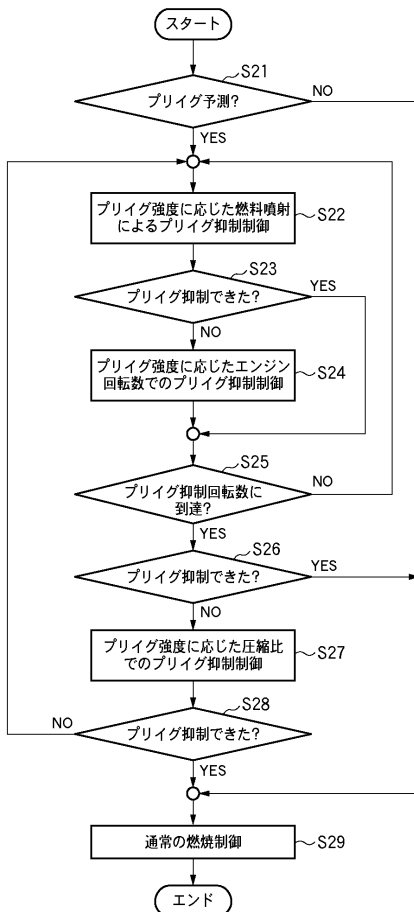
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(72)発明者 早川 元雄

広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

(72)発明者 松尾 直也

広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

(72)発明者 荒木 啓二

広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

F ターム(参考) 3G301 HA13 HA19 JA21 KA09 KA24 LA07 MA11 MA18 ND42 NE12
NE13 PA01Z PA07Z PA09Z PB08Z PC08Z PD02Z PE03Z PE08Z PF01Z
PF03Z
3G384 BA03 BA18 BA22 BA26 BA43 BA51 CA07 CA17 CA25 DA55
EA30 EB04 EB05 FA01Z FA06Z FA08Z FA15Z FA28Z FA33Z FA36Z
FA40Z FA58Z FA61Z FA79Z FA86Z FA87Z