

(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2009-191802

(P2009-191802A)

(43) 公開日 平成21年8月27日(2009.8.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2D 41/02 385	3G062
FO2D 41/04 (2006.01)	FO2D 41/02 351	3G301
FO2D 41/22 (2006.01)	FO2D 41/04 385J	3G384
FO2D 41/40 (2006.01)	FO2D 41/22 385B	
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 41/40 D	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-35186 (P2008-35186)
 (22) 出願日 平成20年2月15日 (2008.2.15)

(71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
 番地の1
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 上田 松栄
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
 番地の1 株式会社豊田中央研究所内
 (72) 発明者 稲垣 和久
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
 番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

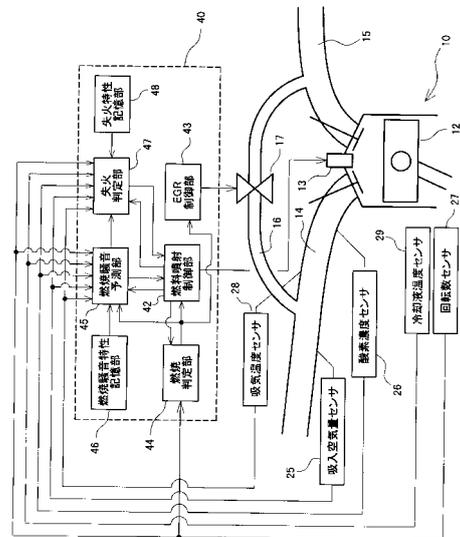
(54) 【発明の名称】 圧縮着火式内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行を燃焼騒音を低減しながら円滑に行う。

【解決手段】 燃焼判定部 4 4 は、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行するか否かを判定する。EGR制御部 4 3 は、燃焼判定部 4 4 で拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行すると判定された場合に、吸気側へ供給するEGRガスを増大させるようにEGRの制御を行う。燃焼騒音予測部 4 5 は、EGR制御部 4 3 が吸気側へ供給するEGRガスを増大させるようにEGRの制御を行う場合に、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに基づいて、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を予測する。燃料噴射制御部 4 2 は、燃焼騒音予測部 4 5 で予測された燃焼騒音に基づいて、燃料噴射時期を予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期に制御するか否かを決定する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

拡散燃焼と予混合圧縮着火燃焼とのいずれかを選択的に行い、燃焼後の排出ガスの一部を EGR ガスとして吸気側へ供給する排気再循環を行う圧縮着火式内燃機関の制御を行う装置であって、

拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行するか否かを判定する燃焼判定部と、

燃焼判定部で拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行すると判定された場合に、吸気側へ供給する EGR ガス量を増大させるように排気再循環の制御を行う EGR 制御部と、

EGR 制御部が吸気側へ供給する EGR ガス量を増大させるように排気再循環の制御を行う場合に、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに基づいて、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を予測する燃焼騒音予測部と、

燃焼騒音予測部で予測された燃焼騒音に基づいて、燃料噴射時期を予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期に制御するか否かを決定する燃料噴射制御部と、

を備える、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の制御装置であって、

燃料噴射制御部は、燃焼騒音予測部で予測された燃焼騒音が許容レベル以下である場合は、燃料噴射時期を予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期に制御する、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の圧縮着火式内燃機関の制御装置であって、

燃焼騒音予測部で予測された燃焼騒音が許容レベルを超える場合に、燃焼における失火の発生を判定する失火判定部をさらに備え、

燃料噴射制御部は、

燃焼騒音予測部で予測された燃焼騒音が許容レベルを超える場合は、燃料噴射時期を拡散燃焼を行う噴射時期に制御し、

さらに、失火判定部で失火が発生すると判定された場合は、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行う、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の圧縮着火式内燃機関の制御装置であって、

燃料噴射制御部は、失火判定部で失火が発生すると判定された場合にパイロット噴射を行っているときは、主噴射時期を進角させる、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の圧縮着火式内燃機関の制御装置であって、

燃料噴射制御部は、失火判定部で失火が発生すると判定された場合に主噴射時期を進角制限時期まで進角させているときは、パイロット噴射量を増大させる、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

【請求項 6】

請求項 3 ~ 5 のいずれか 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の制御装置であって、

失火判定部は、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに基づいて、燃焼における失火の発生を判定する、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の制御装置であって、

燃焼騒音予測部は、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧との他に、エンジン回転数と吸気温度と燃料噴射時期とエンジン冷却液温度とのいずれか 1 つ以上にも基づいて、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を予測する、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の制御装置であって、

吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに対する予混合圧縮着火

10

20

30

40

50

燃焼時の燃焼騒音の関係を表す燃焼騒音特性を記憶する燃焼騒音特性記憶部をさらに備え、

燃焼騒音予測部は、燃焼騒音特性記憶部に記憶された燃焼騒音特性において、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに対応する予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音を演算することで、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を予測する、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の制御装置であって、燃焼判定部は、エンジン回転数とエンジン負荷とに基づいて、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行するか否かを判定する、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

10

【請求項 10】

燃料を筒内に噴射して自着火させる圧縮着火式内燃機関の制御を行う装置であって、燃料の噴射制御を行う燃料噴射制御部と、燃焼における失火の発生を判定する失火判定部と、を備え、燃料噴射制御部は、失火判定部で失火が発生すると判定された場合に、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行っていないときは、パイロット噴射を行い

、パイロット噴射を行っているときは、主噴射時期を進角させ、主噴射時期を進角制限時期まで進角させているときは、パイロット噴射量を増大させる、圧縮着火式内燃機関の制御装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料を筒内に噴射して自着火させる圧縮着火式内燃機関の制御を行う装置に関する。

【背景技術】

【0002】

この種の圧縮着火式内燃機関の制御装置の関連技術が下記特許文献 1, 2 に開示されている。特許文献 1 においては、圧縮着火式内燃機関は、圧縮上死点付近にて燃料を筒内に直接噴射して筒内の燃料を自着火させる拡散燃焼と、筒内に形成した燃料と吸気との予混合気を自着火させる予混合圧縮着火燃焼 (P C C I 燃焼) とを切り替えて運転を行うとともに、燃焼後の排出ガスの一部を E G R ガスとして吸気側へ供給する排気再循環 (E G R) を行う。そして、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行時には、第 1 の中間燃焼領域を設定し、第 1 の中間燃焼領域における燃料噴射時期を、拡散燃焼における燃料噴射時期と予混合圧縮着火燃焼における燃料噴射時期との中間値よりも遅角側に制御している。これによって、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行時に、予混合気が過早なタイミングで自着火するのを抑制して、燃焼騒音の低減を図っている。

30

【0003】

また、特許文献 2 には、拡散燃焼における失火の発生を防止するために燃料噴射時期を進角する制御が開示されている。より具体的には、エンジン回転数とエンジン負荷とをパラメータとする関係に基づいて基本失火限界噴射時期を求め、この基本失火限界噴射時期を、吸気圧に基づく吸気圧進角補正值、冷却水温に基づく冷間進角補正值、及び吸気温に基づく吸気温進角補正值により補正して失火限界噴射時期を求め、さらに、失火限界噴射時期を進角上限ガード値よりも進角しないように制限する。そして、失火限界噴射時期がエンジン回転数及びエンジン負荷に基づく温間時ベース噴射時期よりも進角しているときは、失火限界噴射時期に基づいて燃料噴射時期を制御し、失火限界噴射時期が温間時ベース噴射時期よりも遅角しているときは、温間時ベース噴射時期に基づいて燃料噴射時期を制御している。これによって、失火の発生を防止するために燃料噴射時期を進角させるときに、燃料噴射時期が過度に進角されるのを抑制して、燃焼騒音の低減を図っている。

40

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献1】特開2007-211596号公報

【特許文献2】特開2000-186598号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

圧縮着火式内燃機関において、筒内に吸入される吸気中の酸素濃度が過大になると、燃焼が急峻になって燃焼騒音レベルが増大する。一方、筒内に吸入される吸気中の酸素濃度が過小になると、燃焼が緩慢になってトルク不足や失火を招きやすくなる。拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行時には、窒素酸化物(NO_x)の生成を抑制するためにEGR率を増大させるが、EGRガスを吸気側へ供給するときの応答性が低いために、EGRガスの吸気への供給量が過渡的に不足して吸気中の酸素濃度が過渡的に過大になることで、予混合気が過早なタイミングで自着火して燃焼騒音が増大する。特許文献1においては、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行時に、第1の中間燃焼領域を設定することで、EGRガスの吸気への供給量が過渡的に不足しても予混合気が過早なタイミングで自着火するのを抑制しているが、燃焼騒音を十分に低減するためには、第1の中間燃焼領域における燃料噴射時期を高精度に制御する必要がある。例えば、燃料噴射時期が少しでも遅角側にずれると、トルク不足を招きやすくなる。一方、燃料噴射時期が少しでも進角側にずれると、燃焼騒音を低減する効果が得られなくなる。その結果、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行を円滑に行うことが困難となる。

10

20

【 0 0 0 6 】

また、拡散燃焼における失火の発生を防止するために燃料噴射時期を進角する場合は、燃料噴射時期を過度に進角させると、筒内へ噴射した燃料が筒内壁に付着して燃費低下を招くとともに、燃焼騒音が増大する。特許文献2においては、燃料噴射時期を進角上限ガード値よりも進角しないように制限することで、燃焼騒音の低減を図っている。しかし、燃料噴射時期を進角上限ガード値まで進角させた状態で吸気中の酸素濃度が過小であるときは、燃焼が緩慢になって失火の発生を招きやすくなる。

【 0 0 0 7 】

本発明は、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行を燃焼騒音を低減しながら円滑に行うことができる圧縮着火式内燃機関の制御装置を提供することを目的の1つとする。また、本発明は、燃料の筒内壁への付着を低減しながら失火の発生をより確実に回避することができる圧縮着火式内燃機関の制御装置を提供することを目的の1つとする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明に係る圧縮着火式内燃機関の制御装置は、上述した目的の少なくとも一部を達成するために以下の手段を採った。

【 0 0 0 9 】

本発明に係る圧縮着火式内燃機関の制御装置は、拡散燃焼と予混合圧縮着火燃焼とのいずれかを選択的に行い、燃焼後の排出ガスの一部をEGRガスとして吸気側へ供給する排気再循環を行う圧縮着火式内燃機関の制御を行う装置であって、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行するか否かを判定する燃焼判定部と、燃焼判定部で拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行すると判定された場合に、吸気側へ供給するEGRガスを増大させるように排気再循環の制御を行うEGR制御部と、EGR制御部が吸気側へ供給するEGRガスを増大させるように排気再循環の制御を行う場合に、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに基づいて、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を予測する燃焼騒音予測部と、燃焼騒音予測部で予測された燃焼騒音に基づいて、燃料噴射時期を予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期に制御するか否かを決定する燃料噴射制御部と、を備えることを要旨とする。

40

【 0 0 1 0 】

本発明においては、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行するために吸気側へ供給す

50

る EGR ガス量を増大させる場合に、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに基づいて予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を予測することで、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音をより精度よく予測することができる。そして、この予測した燃焼騒音に基づいて燃料噴射時期を予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期に制御するか否かを決定することで、燃焼騒音が大きくなる状態で予混合圧縮着火燃焼へ移行するのを回避することができ、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を十分に低減することができる。したがって、本発明によれば、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行を燃焼騒音を低減しながら円滑に行うことができる。

【0011】

本発明の一態様では、燃料噴射制御部は、燃焼騒音予測部で予測された燃焼騒音が許容レベル以下である場合は、燃料噴射時期を予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期に制御することが好適である。

10

【0012】

本発明の一態様では、燃焼騒音予測部で予測された燃焼騒音が許容レベルを超える場合に、燃焼における失火の発生を判定する失火判定部をさらに備え、燃料噴射制御部は、燃焼騒音予測部で予測された燃焼騒音が許容レベルを超える場合は、燃料噴射時期を拡散燃焼を行う噴射時期に制御し、さらに、失火判定部で失火が発生すると判定された場合は、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行うことで、失火の発生を回避することができる。この態様では、燃料噴射制御部は、失火判定部で失火が発生すると判定された場合にパイロット噴射を行っているときは、主噴射時期を進角させることで、失火の発生をより確実に回避することができる。さらに、この態様では、燃料噴射制御部は、失火判定部で失火が発生すると判定された場合に主噴射時期を進角制限時期まで進角させているときは、パイロット噴射量を増大させることで、主噴射による燃料の筒内壁への付着を低減しながら失火の発生をより確実に回避することができる。

20

【0013】

本発明の一態様では、失火判定部は、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに基づいて、燃焼における失火の発生を判定することで、失火の発生をより精度よく判定することができる。

【0014】

本発明の一態様では、燃焼騒音予測部は、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧との他に、エンジン回転数と吸気温度と燃料噴射時期とエンジン冷却液温度とのいずれか1つ以上にも基づいて、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を予測することで、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音をさらに精度よく予測することができる。

30

【0015】

本発明の一態様では、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに対する予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音の関係を表す燃焼騒音特性を記憶する燃焼騒音特性記憶部をさらに備え、燃焼騒音予測部は、燃焼騒音特性記憶部に記憶された燃焼騒音特性において、吸気中の酸素濃度とエンジン負荷と吸入空気量または過給圧とに対応する予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音を演算することで、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音を予測することが好適である。

40

【0016】

本発明の一態様では、燃焼判定部は、エンジン回転数とエンジン負荷とに基づいて、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行するか否かを判定することが好適である。

【0017】

また、本発明に係る圧縮着火式内燃機関の制御装置は、燃料を筒内に噴射して自着火させる圧縮着火式内燃機関の制御を行う装置であって、燃料の噴射制御を行う燃料噴射制御部と、燃焼における失火の発生を判定する失火判定部と、を備え、燃料噴射制御部は、失火判定部で失火が発生すると判定された場合に、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行っていないときは、パイロット噴射を行い、パイロット噴射を行っているときは、主

50

噴射時期を進角させ、主噴射時期を進角制限時期まで進角させているときは、パイロット噴射量を増大させることを要旨とする。

【0018】

本発明によれば、燃焼における失火が発生すると判定された場合に、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行っていないときは、パイロット噴射を行い、パイロット噴射を行っているときは、主噴射時期を進角させ、主噴射時期を進角制限時期まで進角させているときは、パイロット噴射量を増大させることで、燃料の筒内壁への付着を低減しながら失火の発生をより確実に回避することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明を実施するための形態（以下実施形態という）を図面に従って説明する。

【0020】

図1は、本発明の実施形態に係る制御装置の概略構成を圧縮着火式内燃機関10とともに示す図である。圧縮着火式内燃機関10は、例えばピストン-クランク機構を用いた周知のディーゼルエンジンにより構成可能である。圧縮着火式内燃機関10（ディーゼルエンジン）では、吸気行程にて吸気通路14から筒内に吸気が吸入され、圧縮行程にて筒内に吸入された吸気がピストン12により圧縮される。ここでは、筒内への吸気を図示しないターボチャージャー等の過給器で加圧することもできる。そして、例えばピストン12が圧縮上死点付近に位置するときに燃料を燃料噴射弁13から筒内に直接噴射することで、筒内の燃料が自着火して燃焼（ディーゼル燃焼）する。燃焼後の排出ガスは、排気行程にて排気通路15へ排出される。圧縮着火式内燃機関10においては、排気通路15と吸気通路14とを繋ぐ還流通路16が設けられており、燃焼後の排出ガスの一部が還流通路16を通して吸気通路14（吸気側）へEGRガスとして供給される排気再循環（EGR）が行われる。還流通路16にはEGR制御弁17が設けられており、EGR制御弁17の開度を制御することで、排気通路15から吸気通路14への排出ガス（EGRガス）の還流量が制御され、吸気側へ供給され筒内に吸入されるEGRガス量（EGR率）が制御される。

【0021】

圧縮着火式内燃機関10には、筒内への吸入空気量IAを検出する吸入空気量センサ25と、筒内に吸入される吸気中の酸素（ O_2 ）濃度AOを検出する酸素濃度センサ26と、エンジン回転数Neを検出する回転数センサ27と、筒内に吸入される吸気の温度TIを検出する吸気温度センサ28と、圧縮着火式内燃機関10の冷却水（冷却液）の温度Twを検出する冷却液温度センサ29と、が付設されている。吸入空気量センサ25は、吸気通路14における排出ガス（EGRガス）が供給される位置よりも上流の位置にて吸入空気量IAを検出する。一方、吸気温度センサ28は、吸気通路14におけるEGRガスが供給される位置よりも下流（筒内側）の位置にて吸気温度（吸入空気温度）TIを検出する。そして、酸素濃度センサ26は、吸気通路14におけるEGRガスが供給される位置よりも下流（筒内側）の位置にて吸気中の酸素濃度AOを検出する。そのため、吸気側へ供給されたEGRガス濃度（EGR率）が増大するにつれて、酸素濃度センサ26で検出される吸気中の酸素濃度AOが減少する。吸入空気量センサ25で検出された吸入空気量IAを示す信号、酸素濃度センサ26で検出された吸気中の酸素濃度AOを示す信号、回転数センサ27で検出されたエンジン回転数Neを示す信号、吸気温度センサ28で検出された吸気温度（吸入空気温度）TIを示す信号、及び冷却液温度センサ29で検出された冷却液温度Twを示す信号は、電子制御装置（ECU）40に入力される。なお、吸入空気量IAの代わりに過給圧（吸気を過給器で加圧する場合）を検出することも可能である。

【0022】

電子制御装置40は、例えば図1に示す機能ブロックを含んで構成することができる。圧縮着火式内燃機関10の燃料の噴射制御を行う燃料噴射制御部42は、圧縮着火式内燃機関10の回転数Neや負荷等の運転状態に基づいて生成した噴射制御信号を燃料噴射弁

10

20

30

40

50

13へ出力することで、燃料噴射時期（燃料噴射開始時期） T_{inj} 及び燃料噴射量 F_u を制御する。圧縮着火式内燃機関10では、圧縮上死点付近にて燃料を筒内に直接噴射して筒内の燃料を自着火させる通常のディーゼル燃焼（拡散燃焼）だけでなく、筒内に形成した燃料と吸気との予混合気を自着火させる予混合圧縮着火燃焼（PCCI燃焼）を行うこともできる。この予混合圧縮着火燃焼を行うことで、黒煙の発生の抑制を図ることができる。予混合圧縮着火燃焼を行う際には、吸気行程または圧縮行程にて燃料を燃料噴射弁13から筒内に直接噴射して燃料と吸気との予混合気を筒内に形成し、筒内の予混合気をピストン12により圧縮して自着火させる。

【0023】

EGR制御部43は、圧縮着火式内燃機関10の回転数 N_e や負荷等の運転状態に基づいて生成したEGR制御信号をEGR制御弁17へ出力することで、EGR制御弁17の開度を制御して吸気側へ供給するEGRガス量（EGR率）を制御する。これによって、EGR（排気再循環）の制御を行う。予混合圧縮着火燃焼が行われる場合は、EGR制御部43は、EGRにより吸気側へ供給するEGRガス量（EGR率）を拡散燃焼（通常燃焼）を行う場合よりも増大させることが好ましい。空気（新気）に比べて熱容量の大きいEGRガスを吸気中に多量に混在させ、予混合気中の燃料及び酸素の濃度を低下させることで、自着火遅れ時間を延長して予混合気の自着火タイミングを圧縮上死点近傍に制御することができる。しかも、その予混合気中では、燃料及び酸素の周囲に不活性なEGRガスが略均一に分散し、これが燃焼熱を吸収することになるので、窒素酸化物（ NO_x ）の生成が大幅に抑制される。

【0024】

燃焼判定部44は、拡散燃焼と予混合圧縮着火燃焼とのいずれを行うかを判定する。ここでは、圧縮着火式内燃機関10の回転数 N_e 及びトルク T_e （負荷）に基づいて、拡散燃焼を行うか予混合圧縮着火燃焼を行うかを判定することができる。例えば、圧縮着火式内燃機関10の回転数 N_e 及びトルク T_e が図2に示す特性線Aを超えない領域である低速・低負荷領域内にある場合は、燃焼判定部44は、予混合圧縮着火燃焼を行う方を選択する。一方、圧縮着火式内燃機関10の回転数 N_e 及びトルク T_e が図2に示す特性線Aを超える領域である高速・高負荷領域内にある場合は、燃焼判定部44は、拡散燃焼を行う方を選択する。また、圧縮着火式内燃機関10の回転数 N_e が所定値 N_{e1} よりも低く且つトルク T_e が所定値 T_{e1} よりも低い場合は、燃焼判定部44は、予混合圧縮着火燃焼を行う方を選択することも可能である。一方、圧縮着火式内燃機関10の回転数 N_e が所定値 N_{e1} よりも高い条件と、圧縮着火式内燃機関10のトルク T_e が所定値 T_{e1} よりも高い条件とのいずれか1つ以上が成立する場合は、燃焼判定部44は、拡散燃焼を行う方を選択することも可能である。燃料噴射制御部42が燃焼判定部44での判定結果に基づいて燃料噴射時期を圧縮上死点付近に制御するか吸気行程（あるいは圧縮行程）に制御するかによって、圧縮着火式内燃機関10の燃焼として、拡散燃焼と予混合圧縮着火燃焼とのいずれかを選択的に行うことができる。なお、圧縮着火式内燃機関10のトルク T_e （負荷）については、例えば燃料噴射量 F_u から演算することができ、燃料噴射量 F_u については、電子制御装置40（燃料噴射制御部42）で演算された値（燃料噴射量の目標値）を用いることができる。

【0025】

EGRを行う場合は、EGRガスを吸気側へ供給するときの応答性が低いために、EGR率が目標値から外れて、吸気中の酸素濃度 A_O が目標値 A_{OT} からずれてくる運転状態が過渡的に生じる。EGR率が目標値よりも低く、吸気中の酸素濃度 A_O が目標値 A_{OT} に対して過大になると、燃料の自着火時期が早すぎることで、燃焼が急峻になって燃焼騒音レベルが増大しやすくなる。特に、圧縮着火式内燃機関10の燃焼を拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行させる場合は、燃焼ピークを遅角させて騒音を抑制するためにEGR率を増大させるが、EGRガスを吸気側へ供給するときの応答性が低いために、EGRガスの吸気への供給量が過渡的に不足して吸気中の酸素濃度 A_O が目標値 A_{OT} に対して過渡的に過大になることで、予混合気が過早なタイミングで自着火して燃焼騒音レベルが

10

20

30

40

50

増大しやすくなる。一方、EGR率が目標値よりも高く、吸気中の酸素濃度AOが目標値AOTに対して過小になると、燃料の自着火時期が遅すぎること、燃焼が緩慢になってトルク不足や失火を招きやすくなる。そこで、本実施形態では、予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLを予測する燃焼騒音予測部45と、燃焼(拡散燃焼)における失火の発生を判定する失火判定部47と、を設けている。

【0026】

予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLは、一般的に、吸気中の酸素濃度AOに応じて変化し、例えば図3(a)に示すように、吸気中の酸素濃度AOの増大に対して燃焼騒音レベルNLが増大し、吸気中の酸素濃度AOの減少に対して燃焼騒音レベルNLが減少する。そして、燃焼騒音レベルNLは、吸気中の酸素濃度AOが一定であっても、エンジントルクTe(エンジン負荷、燃料噴射量Fu)にも応じて変化し、例えば図3(b)に示すように、エンジントルクTeの増大に対して燃焼騒音レベルNLが増大し、エンジントルクTeの減少に対して燃焼騒音レベルNLが減少する。さらに、燃焼騒音レベルNLは、吸気中の酸素濃度AOが一定であっても、吸入空気量(過給圧)IAにも応じて変化し、例えば図3(c)に示すように、ある吸入空気量(過給圧)IAのレベルをピークとし、そのレベルよりも増大しても減少しても燃焼騒音レベルNLが減少する。そのため、燃焼騒音予測部45は、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTe(エンジン負荷)と吸入空気量(あるいは過給圧)IAとに基づいて、予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLを予測することができる。その際には、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTe(燃料噴射量Fu)と吸入空気量(あるいは過給圧)IAとに対する予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLの関係を表す燃焼騒音特性マップを予め作成して電子制御装置40内の燃焼騒音特性記憶部46(記憶装置)に記憶しておく。燃焼騒音予測部45は、燃焼騒音特性記憶部46に記憶された燃焼騒音特性マップにおいて、与えられた吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTe(燃料噴射量Fu)と吸入空気量(あるいは過給圧)IAとに対応する燃焼騒音レベルNLを演算することで、予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLを予測する。

10

20

【0027】

さらに、燃焼騒音レベルNLは、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTeと吸入空気量(過給圧)IAだけでなく、エンジン回転数Neや吸入空気温度TIや燃料噴射時期Tin jや冷却液温度Twによっても影響を受ける。燃焼騒音レベルNLは、例えば図3(d)に示すように、エンジン回転数Neの増大に対して増大し、エンジン回転数Neの減少に対して減少するため、燃焼騒音予測部45は、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTeと吸入空気量(過給圧)IAとの他に、エンジン回転数Neにも基づいて、予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLを予測することもできる。また、燃焼騒音レベルNLは、例えば図3(e)に示すように、吸入空気温度TIの増大に対して増大し、ある吸入空気温度TIのレベルでピークをもち、そのレベル以下では吸入空気温度TIの減少に対して減少する。そのため、燃焼騒音予測部45は、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTeと吸入空気量(過給圧)IAとの他に、吸入空気温度TIにも基づいて、予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLを予測することもできる。また、燃焼騒音レベルNLは、予混合圧縮着火燃焼と通常燃焼の両方を考えた場合、例えば図3(f)に示すように、ある燃料噴射時期Tin jをピークとし、その時期よりも進角しても遅角しても燃焼騒音レベルNLが減少する。そのため、燃焼騒音予測部45は、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTeと吸入空気量(過給圧)IAとの他に、燃料噴射時期Tin jにも基づいて、予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLを予測することもできる。また、燃焼騒音レベルNLは、例えば図3(g)に示すように、冷却液温度Twの増大に対して増大し、ある冷却液温度Twのレベルでピークをもち、そのレベル以下では冷却液温度Twの減少に対して減少する。そのため、燃焼騒音予測部45は、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTeと吸入空気量(過給圧)IAとの他に、冷却液温度Twにも基づいて、予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベルNLを予測することもできる。このように、燃焼騒音予測部45は、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTeと吸入空気量(あるい

30

40

50

は過給圧) $I A$ との他に、エンジン回転数 $N e$ と吸入空気温度 $T I$ と燃料噴射時期 $T i n j$ と冷却液温度 $T w$ とのいずれか 1 つ以上に基づいて、予混合圧縮着火燃焼時の燃焼騒音レベル $N L$ を予測することもできる。その際には、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ と吸入空気量 $I A$ とをパラメータとする燃焼騒音特性マップを用いて演算した燃焼騒音レベル $N L$ を、エンジン回転数 $N e$ と吸入空気温度 $T I$ と燃料噴射時期 $T i n j$ と冷却液温度 $T w$ とのいずれか 1 つ以上に基づいて補正することができる。また、エンジン回転数 $N e$ と吸入空気温度 $T I$ と燃料噴射時期 $T i n j$ と冷却液温度 $T w$ とのいずれか 1 つ以上を燃焼騒音特性マップのパラメータに追加して燃焼騒音レベル $N L$ を演算することもできる。

【0028】

また、失火の発生しやすさは、吸気中の酸素濃度 $A O$ に応じて変化し、例えば図 4 (a) に示すように、吸気中の酸素濃度 $A O$ が増大するにつれて失火が発生しにくくなり、吸気中の酸素濃度 $A O$ が減少するにつれて失火が発生しやすくなる。そして、失火の発生しやすさは、吸気中の酸素濃度 $A O$ が一定であっても、エンジントルク $T e$ (エンジン負荷、燃料噴射量 $F u$) に応じて変化し、例えば図 4 (b) に示すように、エンジントルク $T e$ が増大するにつれて失火が発生しにくくなり、エンジントルク $T e$ が減少するにつれて失火が発生しやすくなる。さらに、失火の発生しやすさは、吸気中の酸素濃度 $A O$ が一定であっても、吸入空気量 (過給圧) $I A$ に応じて変化し、例えば図 4 (c) に示すように、吸入空気量 (過給圧) $I A$ が増大するにつれて失火が発生しにくくなり、吸入空気量 (過給圧) $I A$ が減少するにつれて失火が発生しやすくなる。そのため、失火判定部 47 は、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ (エンジン負荷) と吸入空気量 (あるいは過給圧) $I A$ とに基づいて、失火の発生を判定することができる。その際には、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ (燃料噴射量 $F u$) と吸入空気量 (あるいは過給圧) $I A$ とに対する正常燃焼領域及び失火発生領域の関係を表す失火特性マップを予め作成して電子制御装置 40 内の失火特性記憶部 48 (記憶装置) に記憶しておく。失火判定部 47 は、失火特性記憶部 48 に記憶された失火特性マップにおいて、与えられた吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ (燃料噴射量 $F u$) と吸入空気量 (あるいは過給圧) $I A$ とに対応する領域が正常燃焼領域であるか失火発生領域であるかを判定することで、失火の発生を判定する。

【0029】

さらに、失火の発生しやすさは、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ と吸入空気量 (過給圧) $I A$ だけでなく、エンジン回転数 $N e$ や吸入空気温度 $T I$ や燃料噴射時期 $T i n j$ や冷却液温度 $T w$ によっても影響を受ける。失火は、例えば図 4 (d) に示すように、エンジン回転数 $N e$ が増大するにつれて発生しやすくなり、エンジン回転数 $N e$ が減少するにつれて発生しにくくなるため、失火判定部 47 は、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ と吸入空気量 (過給圧) $I A$ との他に、エンジン回転数 $N e$ にも基づいて、失火の発生を判定することもできる。また、失火は、例えば図 4 (e) に示すように、吸入空気温度 $T I$ が増大するにつれて発生しにくくなり、吸入空気温度 $T I$ が減少するにつれて発生しやすくなるため、失火判定部 47 は、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ と吸入空気量 (過給圧) $I A$ との他に、吸入空気温度 $T I$ にも基づいて、失火の発生を判定することもできる。また、失火は、例えば図 4 (f) に示すように、燃料噴射時期 $T i n j$ が進角するにつれて発生しにくくなり、燃料噴射時期 $T i n j$ が遅角するにつれて発生しやすくなるため、失火判定部 47 は、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ と吸入空気量 (過給圧) $I A$ との他に、燃料噴射時期 $T i n j$ にも基づいて、失火の発生を判定することもできる。また、失火は、例えば図 4 (g) に示すように、冷却液温度 $T w$ が増大するにつれて発生しにくくなり、冷却液温度 $T w$ が減少するにつれて発生しやすくなるため、失火判定部 47 は、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ と吸入空気量 (過給圧) $I A$ との他に、冷却液温度 $T w$ にも基づいて、失火の発生を判定することもできる。このように、失火判定部 47 は、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ と吸入空気量 (あるいは過給圧) $I A$ との他に、エンジン回転数 $N e$ と吸入空気温度

10

20

30

40

50

T_I と燃料噴射時期 T_{inj} と冷却液温度 T_w とのいずれか1つ以上に基づいて、失火の発生を判定することもできる。

【0030】

次に、圧縮着火式内燃機関10の燃焼を拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行させる場合に電子制御装置40が実行する処理を、図5のフローチャートに従って説明する。図5のフローチャートによる処理は、拡散燃焼を行っている場合に所定時間おきに繰り返して実行される。

【0031】

ステップS101では、エンジン回転数 N_e 及びエンジントルク T_e （エンジン負荷）が取得される。ここでのエンジントルク T_e については、燃料噴射量 F_u から演算することができ、燃料噴射量 F_u については、電子制御装置40（燃料噴射制御部42）で演算された値（燃料噴射量の目標値）を用いることができる。ステップS102では、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼（PCCI燃焼）への移行を行うか否かが燃焼判定部44により判定される。ここでは、ステップS101で取得されたエンジン回転数 N_e 及びトルク T_e （負荷）に基づいて、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行するか否かを判定する。例えば、エンジン回転数 N_e 及びトルク T_e が図2の高速・高負荷領域内から低速・低負荷領域内へ移行した場合は、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行する条件が成立したと判定することができる。一方、エンジン回転数 N_e 及びトルク T_e が図2の高速・高負荷領域内にある場合は、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行する条件が成立していないと判定することができる。拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行する条件が成立していない場合（ステップS102の判定結果がNOの場合）は、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。一方、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行すると判定された場合（ステップS102の判定結果がYESの場合）は、ステップS103に進む。

【0032】

ステップS103では、EGR制御弁17の開度を増大させることで吸気側へ供給するEGRガス量（EGR率）を増大させるようにEGRの制御がEGR制御部43により行われる。ステップS104では、吸気中の酸素濃度 A_O 、吸入空気量（あるいは過給圧） I_A 、吸入空気温度 T_I 、燃料噴射時期 T_{inj} 、及び冷却液温度 T_w が取得される。ここでの燃料噴射時期 T_{inj} については、電子制御装置40（燃料噴射制御部42）で演算された値（燃料噴射時期の目標値）を用いることができる。また、吸気中の酸素濃度 A_O については、酸素濃度センサ26により検出することができるが、筒内に吸入される吸気中の酸素濃度 A_O を推定することも可能である。その場合は、空燃比（ A/F ）から排気中の酸素濃度を推定し、EGR制御弁17の開度（EGR制御弁17へのEGR制御信号）からEGR率を推定し、EGRガス中の酸素濃度（=排気中の酸素濃度）と空気中の酸素濃度とEGR率とから吸気中の酸素濃度 A_O を推定することが可能である。そして、ステップS105では、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音レベル N_L が燃焼騒音予測部45により予測される。ここでは、吸気中の酸素濃度 A_O とエンジントルク T_e （燃料噴射量 F_u ）と吸入空気量（過給圧） I_A とに基づいて、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音レベル N_L を予測することができる。また、吸気中の酸素濃度 A_O とエンジントルク T_e （燃料噴射量 F_u ）と吸入空気量（過給圧） I_A との他に、エンジン回転数 N_e と吸入空気温度 T_I と燃料噴射時期 T_{inj} と冷却液温度 T_w とのいずれか1つ以上にも基づいて、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音レベル N_L を予測することもできる。

【0033】

ステップS106では、ステップS105で予測された燃焼騒音レベル N_L が許容レベル N_{L0} 以下であるか否かが燃料噴射制御部42により判定される。予測された燃焼騒音レベル N_L が許容レベル N_{L0} 以下である場合（ステップS106の判定結果がYESの場合）は、ステップS107において、燃料噴射時期 T_{inj} を、拡散燃焼を行う噴射時期（圧縮上死点付近）から予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期（吸気行程または圧縮行程

10

20

30

40

50

へ進角させる制御が燃料噴射制御部 42 により行われる。これによって、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行が完了し、本処理の実行を終了する。一方、予測された燃焼騒音レベル N_L が許容レベル N_{L0} を超える場合（ステップ S 106 の判定結果が NO の場合）は、燃料噴射時期 T_{inj} を拡散燃焼を行う噴射時期に維持して、ステップ S 108 に進む。

【0034】

ステップ S 108 では、拡散燃焼における失火の発生（失火の可能性があるか否か）が失火判定部 47 により判定される。ここでは、吸気中の酸素濃度 A_O とエンジントルク T_e （燃料噴射量 F_u ）と吸入空気量（過給圧） I_A とに基づいて、失火の発生を判定することができる。また、吸気中の酸素濃度 A_O とエンジントルク T_e （燃料噴射量 F_u ）と吸入空気量（過給圧） I_A との他に、エンジン回転数 N_e と吸入空気温度 T_I と燃料噴射時期 T_{inj} と冷却液温度 T_w とのいずれか 1 つ以上にも基づいて、失火の発生を判定することもできる。失火が発生しない（失火の可能性がない）と判定された場合は、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。一方、失火が発生する（失火の可能性ある）と判定された場合は、ステップ S 109 に進む。

【0035】

ステップ S 109 では、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行っているか否かが燃料噴射制御部 42 により判定される。パイロット噴射を行っていない場合（ステップ S 109 の判定結果が NO の場合）は、ステップ S 110 において、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行うように燃料噴射時期（パイロット噴射時期 $T_{inj p}$ 及び主噴射時期 $T_{inj m}$ ）が燃料噴射制御部 42 により制御される。そして、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。一方、パイロット噴射をすでに行っている場合（ステップ S 109 の判定結果が YES の場合）は、ステップ S 111 に進む。

【0036】

ステップ S 111 では、主噴射時期 $T_{inj m}$ が進角制限時期 $T_{inj m 0}$ よりも遅角しているか否かが燃料噴射制御部 42 により判定される。主噴射時期 $T_{inj m}$ が進角制限時期 $T_{inj m 0}$ よりも遅角している場合（ステップ S 111 の判定結果が YES の場合）は、ステップ S 112 において、主噴射時期 $T_{inj m}$ を進角させる制御が燃料噴射制御部 42 により行われる。ここでは、主噴射時期 $T_{inj m}$ を進角制限時期 $T_{inj m 0}$ まで進角させる。進角制限時期 $T_{inj m 0}$ は、例えば吸気中の酸素濃度 A_O に基づいて失火発生領域から外れる時期に設定される。また、パイロット噴射時期 $T_{inj p}$ 及び主噴射時期 $T_{inj m}$ の両方を進角させることもできるし、パイロット噴射時期 $T_{inj p}$ を進角させずに主噴射時期 $T_{inj m}$ のみを進角させることもできる。パイロット噴射時期 $T_{inj p}$ 及び主噴射時期 $T_{inj m}$ の両方を進角させる場合は、パイロット噴射時期 $T_{inj p}$ と主噴射時期 $T_{inj m}$ との間隔を一定に保つこともできるし、例えば主噴射時期 $T_{inj m}$ の進角量をパイロット噴射時期 $T_{inj p}$ の進角量よりも多くして、パイロット噴射時期 $T_{inj p}$ と主噴射時期 $T_{inj m}$ との間隔を変化させることもできる。そして、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。

【0037】

一方、主噴射時期 $T_{inj m}$ が進角制限時期 $T_{inj m 0}$ まですでに進角している場合（ステップ S 111 の判定結果が NO の場合）は、ステップ S 113 において、パイロット噴射量 F_{up} を増大させる制御が燃料噴射制御部 42 により行われる。そして、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。

【0038】

前述のように、圧縮着火式内燃機関 10 の燃焼を拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行させる場合は、 NO_x の生成を抑制するために EGR 率を増大させるが、EGR ガスを吸気側へ供給するときの応答性が低いために、EGR ガスの吸気への供給量が過渡的に不足して、吸気中の酸素濃度 A_O が目標値 A_{OT} に対して過渡的に過大になる。吸気中の酸素濃度 A_O が過大な状態（EGR ガスが不足する状態）で、燃料噴射時期 T_{inj} を予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期へ進角させると、予混合気が過早なタイミングで自着火し

10

20

30

40

50

て燃焼騒音レベルNLが増大する。これに対して図5のフローチャートの処理では、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ移行するためにEGR率を増大させる場合に、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音レベルNLを予測し、この予測した燃焼騒音レベルNLに基づいて燃料噴射時期Tin_jを予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期へ進角させるか否かを決定している。予測した燃焼騒音レベルNLが許容レベルNL₀よりも大きい場合は、燃料噴射時期Tin_jを拡散燃焼を行う噴射時期に維持する（予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期への進角を禁止する）ことで、燃焼騒音レベルNLが許容レベルNL₀を超える状態で予混合圧縮着火燃焼へ移行するのを回避することができる。一方、予測した燃焼騒音レベルNLが許容レベルNL₀以下の場合は、燃料噴射時期Tin_jを予混合圧縮着火燃焼を行う噴射時期へ進角させることで、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音レベルNLを十分に低減することができる。したがって、本実施形態によれば、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行を、燃焼騒音レベルNLを低減しながら円滑に行うことができる。

10

20

30

40

50

【0039】

また、燃焼騒音レベルNLは、吸気中の酸素濃度AO（EGR率）だけでなくエンジントルクTe（燃料噴射量Fu）や吸入空気量（過給圧）IAによっても影響を受け、吸気中の酸素濃度AO（EGR率）が一定であっても、エンジントルクTeや吸入空気量IAの変化に応じて変化する。これに対して本実施形態では、吸気中の酸素濃度AOだけでなくエンジントルクTeと吸入空気量（過給圧）IAも用いて予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音レベルNLを予測しているため、予混合圧縮着火燃焼へ移行したときの燃焼騒音レベルNLの予測精度を高めることができる。さらに、燃焼騒音レベルNLは、エンジン回転数Neや吸入空気温度TIや燃料噴射時期Tin_jや冷却液温度Twによっても影響を受ける。そのため、吸気中の酸素濃度AOとエンジントルクTeと吸入空気量（過給圧）IAだけでなく、エンジン回転数Neと吸入空気温度TIと燃料噴射時期Tin_jと冷却液温度Twとのいずれか1つ以上も用いて燃焼騒音レベルNLを予測することで、燃焼騒音レベルNLの予測精度をさらに高めることができる。

【0040】

また、予測した燃焼騒音レベルNLが許容レベルNL₀よりも大きく、燃料噴射時期Tin_jを拡散燃焼を行う噴射時期に維持する場合は、過渡的に不足していたEGR率が徐々に増大することで、吸気中の酸素濃度AOが徐々に減少する。吸気中の酸素濃度AOが不足すると、燃料の自着火時期がリタードして失火が発生しやすくなる。これに対して図5のフローチャートの処理では、予測した燃焼騒音レベルNLが許容レベルNL₀よりも大きい場合は、失火の発生を判定し、失火が発生すると判定された場合は、パイロット噴射を主噴射の前に行うことで、主噴射の燃焼をパイロット噴射で活発化して失火の発生を回避することができる。そして、失火が発生すると判定された場合にパイロット噴射をすでに行っているときは、主噴射時期Tin_j_mを進角させることで、失火の発生をより確実に回避することができる。

【0041】

ただし、主噴射時期Tin_j_mを過度に進角させると、主噴射による燃料が筒内壁に付着して燃費低下を招くとともに、燃焼騒音レベルNLが増大する。これに対して図5のフローチャートの処理では、失火が発生すると判定された場合に主噴射時期Tin_j_mを進角制限時期Tin_j_m₀まですでに進角させているときは、パイロット噴射量Fupを増大させることで、主噴射による燃料の筒内壁への付着及び燃焼騒音レベルNLを低減しながら、主噴射の燃焼をパイロット噴射で活発化して失火の発生をより確実に回避することができる。なお、パイロット噴射は主噴射と比べて噴射量が少ないため、パイロット噴射量Fupの増大による燃料の筒内壁への付着の影響は少ない。

【0042】

また、失火の発生しやすさは、吸気中の酸素濃度AO（EGR率）だけでなくエンジントルクTe（燃料噴射量Fu）や吸入空気量（過給圧）IAによっても影響を受け、吸気中の酸素濃度AO（EGR率）が一定であっても、エンジントルクTeや吸入空気量IA

の変化に応じて変化する。これに対して本実施形態では、吸気中の酸素濃度 $A O$ だけでなくエンジントルク $T e$ と吸入空気量（過給圧） $I A$ も用いて失火の発生を判定しているため、失火の判定精度を高めることができる。さらに、失火の発生しやすさは、エンジン回転数 $N e$ や吸入空気温度 $T I$ や燃料噴射時期 $T i n j$ や冷却液温度 $T w$ によっても影響を受ける。そのため、吸気中の酸素濃度 $A O$ とエンジントルク $T e$ と吸入空気量（過給圧） $I A$ だけでなく、エンジン回転数 $N e$ と吸入空気温度 $T I$ と燃料噴射時期 $T i n j$ と冷却液温度 $T w$ とのいずれか 1 つ以上も用いて失火の発生を判定することで、失火の判定精度をさらに高めることができる。

【0043】

なお、本実施形態では、失火の発生の判定、及び失火の発生を回避するための燃料噴射制御については、拡散燃焼から予混合圧縮着火燃焼への移行時に限らず行うことができる。以下、失火の発生を回避するための燃料噴射制御を行う場合に電子制御装置 40 が実行する処理を、図 6 のフローチャートに従って説明する。図 6 のフローチャートによる処理は、所定時間おきに繰り返して実行される。

10

【0044】

ステップ $S 2 0 1$ では、吸気中の酸素濃度 $A O$ 、エンジントルク $T e$ （エンジン負荷）、吸入空気量（あるいは過給圧） $I A$ 、エンジン回転数 $N e$ 、吸入空気温度 $T I$ 、燃料噴射時期 $T i n j$ 、及び冷却液温度 $T w$ が取得される。ステップ $S 2 0 2$ では、図 5 のフローチャートのステップ $S 1 0 8$ と同様に、燃焼における失火の発生（失火の可能性があるか否か）が失火判定部 47 により判定される。失火が発生しない（失火の可能性がない）と判定された場合は、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。一方、失火が発生する（失火の可能性ある）と判定された場合は、ステップ $S 2 0 3$ に進む。

20

【0045】

ステップ $S 2 0 3$ では、図 5 のフローチャートのステップ $S 1 0 9$ と同様に、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行っているか否かが燃料噴射制御部 42 により判定される。パイロット噴射を行っていない場合（ステップ $S 2 0 3$ の判定結果が $N O$ の場合）は、ステップ $S 2 0 4$ において、図 5 のフローチャートのステップ $S 1 1 0$ と同様に、燃料の主噴射に先行してパイロット噴射を行うように燃料噴射時期（パイロット噴射時期 $T i n j p$ 及び主噴射時期 $T i n j m$ ）が燃料噴射制御部 42 により制御される。そして、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。一方、パイロット噴射をすでに行っている場合（ステップ $S 2 0 3$ の判定結果が $Y E S$ の場合）は、ステップ $S 2 0 5$ に進む。

30

【0046】

ステップ $S 2 0 5$ では、図 5 のフローチャートのステップ $S 1 1 1$ と同様に、主噴射時期 $T i n j m$ が進角制限時期 $T i n j m 0$ よりも遅角しているか否かが燃料噴射制御部 42 により判定される。主噴射時期 $T i n j m$ が進角制限時期 $T i n j m 0$ よりも遅角している場合（ステップ $S 2 0 5$ の判定結果が $Y E S$ の場合）は、ステップ $S 2 0 6$ において、図 5 のフローチャートのステップ $S 1 1 2$ と同様に、パイロット噴射時期 $T i n j p$ 及び主噴射時期 $T i n j m$ のうち少なくとも主噴射時期 $T i n j m$ を進角させる制御が燃料噴射制御部 42 により行われる。そして、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。

40

【0047】

一方、主噴射時期 $T i n j m$ が進角制限時期 $T i n j m 0$ まですでに進角している場合（ステップ $S 2 0 5$ の判定結果が $N O$ の場合）は、ステップ $S 2 0 7$ において、図 5 のフローチャートのステップ $S 1 1 3$ と同様に、パイロット噴射量 $F u p$ を増大させる制御が燃料噴射制御部 42 により行われる。そして、本処理の実行を一旦終了し、所定時間後に本処理を再度実行する。

【0048】

図 6 のフローチャートの処理によれば、失火が発生すると判定された場合にパイロット

50

噴射を行っていないときは、パイロット噴射を主噴射の前に行うことで、主噴射の燃焼をパイロット噴射で活発化して失火の発生を回避することができる。そして、失火が発生すると判定された場合にパイロット噴射をすでに行っているときは、主噴射時期 $T_{inj m}$ を進角させることで、失火の発生をより確実に回避することができる。さらに、失火が発生すると判定された場合に主噴射時期 $T_{inj m}$ を進角制限時期 $T_{inj m 0}$ まですでに進角させているときは、パイロット噴射量 F_{up} を増大させることで、主噴射による燃料の筒内壁への付着及び燃焼騒音レベル N_L を低減しながら、主噴射の燃焼をパイロット噴射で活発化して失火の発生をより確実に回避することができる。

【0049】

以上、本発明を実施するための形態について説明したが、本発明はこうした実施形態に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の実施形態に係る制御装置の概略構成を圧縮着火式内燃機関とともに示す図である。

【図2】拡散燃焼と予混合圧縮着火燃焼との切り替えを行う条件の一例を説明する図である。

【図3】燃焼騒音レベル N_L の特性の一例を示す図である。

【図4】失火の特性の一例を示す図である。

【図5】電子制御装置が実行する処理を説明するフローチャートである。

【図6】電子制御装置が実行する他の処理を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

【0051】

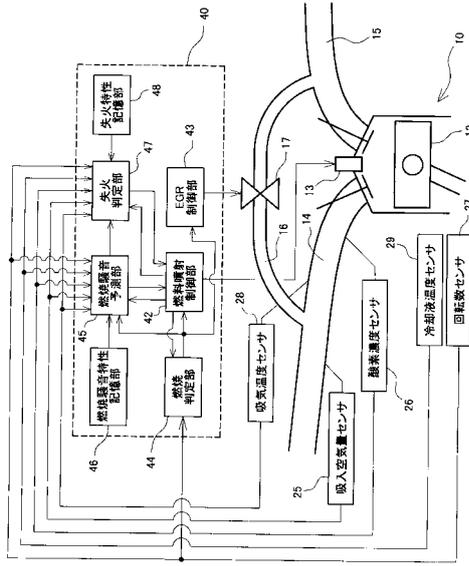
10 圧縮着火式内燃機関、12 ピストン、13 燃料噴射弁、14 吸気通路、15 排気通路、16 還流通路、17 EGR制御弁、25 吸入空気量センサ、26 酸素濃度センサ、27 回転数センサ、28 吸気温度センサ、29 冷却液温度センサ、40 電子制御装置、42 燃料噴射制御部、43 EGR制御部、44 燃焼判定部、45 燃焼騒音予測部、46 燃焼騒音特性記憶部、47 失火判定部、48 失火特性記憶部。

10

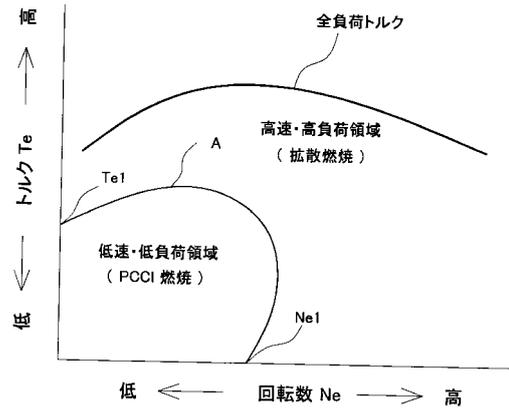
20

30

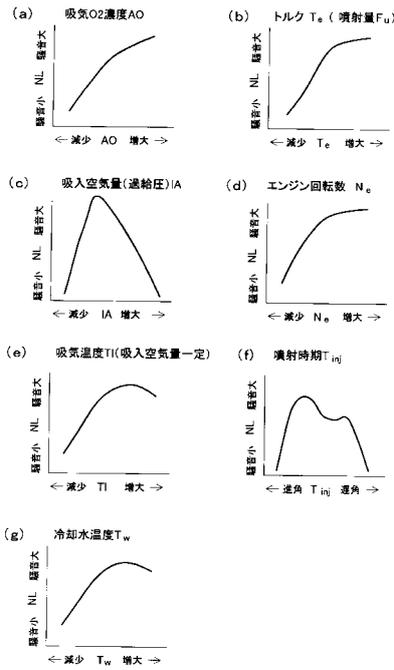
【図1】



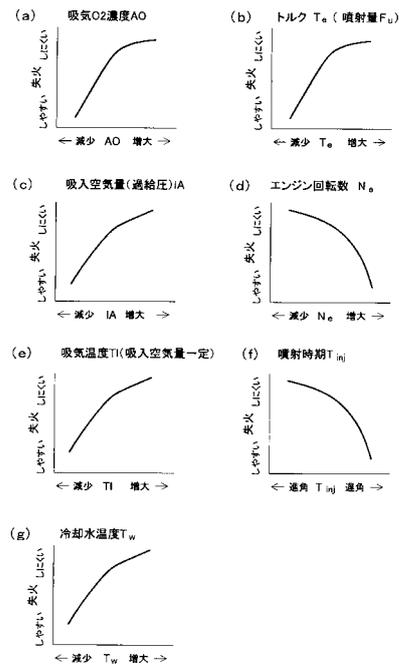
【図2】



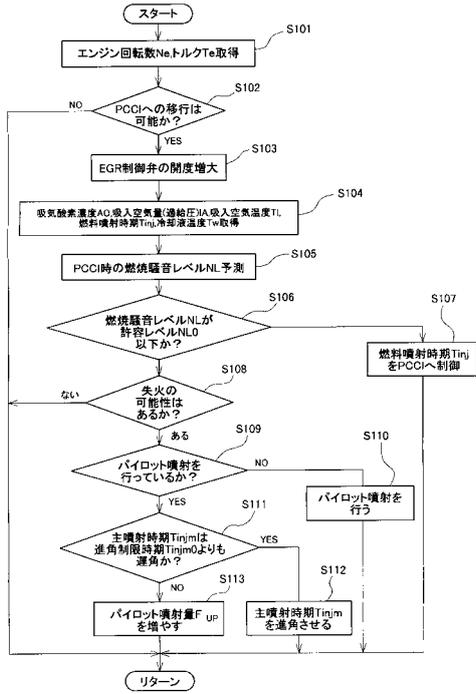
【図3】



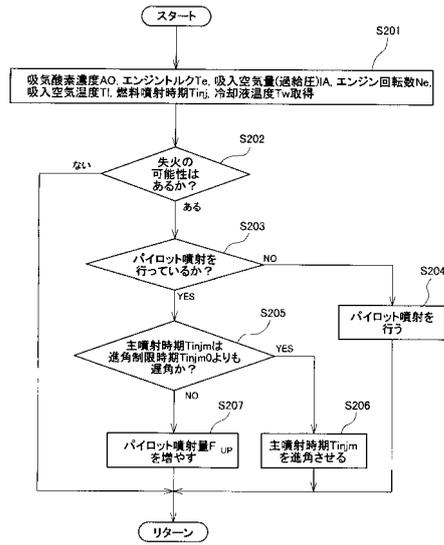
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



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 M 25/07 (2006.01)	F 0 2 D 45/00	3 4 5 B
F 0 2 D 41/38 (2006.01)	F 0 2 D 45/00	3 6 8 D
	F 0 2 D 45/00	3 6 8 S
	F 0 2 M 25/07	B
	F 0 2 M 25/07	A
	F 0 2 M 25/07	5 5 0 F
	F 0 2 D 41/38	B

(72)発明者 水田 準一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1 番地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 3G062 AA05 BA05 GA01 GA14 GA15 GA18 GA19 GA20
 3G301 HA01 HA02 HA04 HA11 HA13 JA22 JA23 LB04 LC10 MA18
 NB02 PA01Z PC08Z PC09Z
 3G384 AA02 AA06 BA18 BA27 DA07 DA56 FA01Z FA11Z FA32Z FA33Z