

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6112195号
(P6112195)

(45) 発行日 平成29年4月12日(2017.4.12)

(24) 登録日 平成29年3月24日(2017.3.24)

(51) Int.Cl.	F I
FO2P 5/15 (2006.01)	FO2P 5/15 Z
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2D 41/02 375
FO2D 41/22 (2006.01)	FO2D 41/22 375
FO2D 41/38 (2006.01)	FO2D 41/38 B
	FO2D 41/38 D

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-519585 (P2015-519585)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(86) (22) 出願日	平成25年5月31日(2013.5.31)	(74) 代理人	100100549 弁理士 川口 嘉之
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/065242	(74) 代理人	100085006 弁理士 世良 和信
(87) 国際公開番号	W02014/192147	(74) 代理人	100113608 弁理士 平川 明
(87) 国際公開日	平成26年12月4日(2014.12.4)	(74) 代理人	100123319 弁理士 関根 武彦
審査請求日	平成27年11月24日(2015.11.24)	(74) 代理人	100123098 弁理士 今堀 克彦
		(74) 代理人	100143797 弁理士 宮下 文徳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも一部の運転領域において、主噴射による燃料に対して圧縮自着火による拡散燃焼を実施し、前記主噴射よりも前に噴射される燃料に対して点火プラグでの火花点火による成層燃焼を実施する内燃機関の制御システムにおいて、

前記拡散燃焼が起こるか否か判定する判定部と、

前記判定部により前記拡散燃焼が起こらないと判定された場合には、前記主噴射による燃料に対して前記点火プラグでの火花点火による燃焼を実施する制御部と、

を備え、

前記判定部は、前記成層燃焼を実施するために前記点火プラグで火花点火を実施した後、前記内燃機関の気筒内の温度が所定温度以上であり、且つ、前記主噴射の開始から所定期間までに前記主噴射による燃料の燃焼が検出されない場合に、前記拡散燃焼が起こらないと判定する、内燃機関の制御システム。

【請求項2】

少なくとも一部の運転領域において、主噴射による燃料に対して圧縮自着火による拡散燃焼を実施し、前記主噴射よりも前に噴射される燃料に対して点火プラグでの火花点火による成層燃焼を実施する内燃機関の制御システムにおいて、

前記拡散燃焼が起こるか否か判定する判定部と、

前記判定部により前記拡散燃焼が起こらないと判定された場合には、前記主噴射による燃料に対して前記点火プラグでの火花点火による燃焼を実施する制御部と、

を備え、

前記判定部は、前記成層燃焼を実施するために前記点火プラグで火花点火を実施した後、前記内燃機関の気筒内の温度が所定温度未満の場合に、前記拡散燃焼が起こらないと判定し、

前記制御部は、前記判定部により前記拡散燃焼が起こらないと判定された場合には、気筒内の空燃比が理論空燃比よりも低くなるように前記主噴射による燃料量を調整し、且つ、前記主噴射による燃料に対して前記点火プラグでの火花点火による燃焼を実施する、内燃機関の制御システム。

【請求項 3】

前記制御部は、前記主噴射の開始後における前記内燃機関の気筒内の圧力上昇率が所定率以上となった場合には、前記主噴射を途中で停止する請求項 1 に記載の内燃機関の制御システム。

10

【請求項 4】

前記制御部は、前記主噴射を途中で停止した後、前記主噴射を再度開始する請求項 3 に記載の内燃機関の制御システム。

【請求項 5】

前記制御部は、前記主噴射が開始される前に、前記内燃機関の気筒内の温度が所定温度以上となるまで、前記成層燃焼を複数回実施する請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の内燃機関の制御システム。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の制御システムに関する。

【背景技術】

【0002】

点火プラグ周辺に混合気を形成して火花点火を実施した後、燃焼室内に直接燃料を噴射して圧縮自着火燃焼をさせることが知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。

【0003】

また、軽負荷運転時には、予混合気に火花点火を行うことで火炎伝播による燃焼を実施し、高負荷運転時には、圧縮自着火による拡散燃焼を実施することが知られている（例えば、特許文献 2 参照。）。そして、火炎伝播による燃焼と、拡散燃焼とを切り替える際には、パイロット噴射燃料に対して強制的な点火を行って混合気を燃焼させてから、メイン噴射燃料を圧縮自着火拡散燃焼させた後に、切り替えている。

30

【0004】

また、ノックが発生しやすい運転領域では、圧縮上死点より前に気筒内に第 1 の燃料噴射を行い、噴射した燃料を火花点火により燃焼させるとともに、第 1 の燃料噴射終了後に第 2 の燃料噴射を行い、噴射した燃料を拡散燃焼により燃焼させることが知られている（例えば、特許文献 3 参照。）。

【0005】

また、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の内部または噴霧近傍に点火電極部が位置する様に点火プラグを設け、燃料噴射後に点火プラグで燃料に点火して火炎を生じさせ、生じた火炎により新たに 1 回以上の噴霧を拡散燃焼させ、燃焼行程中の全ての噴射が終了後に、少なくとも新たに 1 回以上点火させることが知られている（例えば、特許文献 4 参照。）。

40

【0006】

また、予混合圧縮着火（HCCI）を行う内燃機関において、燃焼状態が所定範囲から失火側に外れている気筒がある場合は、点火プラグによる着火補助を行うことが知られている（例えば、特許文献 5 参照。）。しかし、予混合圧縮着火を行う内燃機関では、気筒内が均一に理論空燃比よりも大幅に高い空燃比（リーン空燃比）となっているため、点火プラグによる着火は困難である。

50

【 0 0 0 7 】

ここで、火花点火による燃焼を実施した後に圧縮自着火による拡散燃焼を実施すると、熱効率を高めることができる。しかし、拡散燃焼が成立する運転領域は狭い。そして、この運転領域を外れてしまうと、拡散燃焼が起これば未燃燃料が排出される虞がある。また、火花点火による燃焼を実施した後の燃焼室内の温度及び圧力のばらつきによって、拡散燃焼が起こればない虞もある。そして、拡散燃焼が起こればないと、燃料と空気の混合が進むので、予混合圧縮着火(HCCI)のように、多量の燃料が一度に自着火する虞がある。そうすると、燃焼時において急激な圧力上昇を伴う虞がある。そして、この圧力上昇により、燃焼騒音が増大する虞がある。

【 先行技術文献 】

10

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 3 - 2 5 4 1 0 5 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 8 - 1 6 9 7 1 4 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 7 - 0 6 4 1 8 7 号 公 報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 7 - 2 7 8 2 5 7 号 公 報

【 特許文献 5 】 特開 2 0 0 7 - 0 1 6 7 7 7 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

20

本発明は、上記したような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、失火及び急激な圧力上昇を抑制することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

上記課題を達成するために本発明は、
少なくとも一部の運転領域において、主噴射による燃料に対して圧縮自着火による拡散燃焼を実施し、前記主噴射よりも前に噴射される燃料に対して点火プラグでの火花点火による成層燃焼を実施する内燃機関の制御システムにおいて、

前記拡散燃焼が起これるか否か判定する判定部と、

30

前記判定部により前記拡散燃焼が起こればないと判定された場合には、前記主噴射による燃料に対して前記点火プラグでの火花点火による燃焼を実施する制御部と、

を備える。

【 0 0 1 1 】

ここで、主噴射よりも前に成層燃焼を実施することにより、気筒内の温度及び圧力が上昇する。これにより、拡散燃焼を容易に実施することが可能となる。しかし、空燃比のばらつき、成層燃焼時における温度または圧力のばらつきなどにより、その後の圧縮自着火による拡散燃焼が困難となる場合もある。すなわち、主噴射を行っても、拡散燃焼が起こればない場合もある。このような場合には、急激な圧力上昇を伴って燃料が燃焼したり、失火する虞がある。これに対して、主噴射後に火花点火を用いれば、主噴射による燃料をより確実に燃焼させることができる。

40

【 0 0 1 2 】

なお、拡散燃焼が起こればない場合とは、例えば、成層燃焼後に気筒内の温度が拡散燃焼可能な温度まで上昇しなかった場合、又は、主噴射をしてから所定期間が経過しても熱が発生しない場合である。なお、熱が発生しない場合は、燃焼が検出されない場合、又は、圧力上昇量が所定値未満の場合としてもよい。

【 0 0 1 3 】

また、本発明においては、前記判定部は、前記成層燃焼を実施するために前記点火プラグで火花点火を実施した後に、前記内燃機関の気筒内の温度が所定温度以上であり、且つ、前記主噴射の開始から所定期間までに前記主噴射による燃料の燃焼が検出されない場合

50

に、前記拡散燃焼が起こらないと判定することができる。

【0014】

ここでいう所定温度は、圧縮自着火による拡散燃焼が可能な温度とすることができる。また、所定温度は、予混合圧縮着火(HCCI)が起こる温度としてもよい。また、所定期間は、主噴射による燃料が拡散燃焼可能な期間の上限とすることができる。また、所定期間は、拡散燃焼が起こる場合の、主噴射の開始から燃料の燃焼が検出されるまでの期間の上限としてもよい。さらに、所定期間は、拡散燃焼が起こる場合の、主噴射の開始から熱の発生が検出されるまでの期間の上限としてもよい。すなわち、主噴射の開始から所定期間が経過したときに、拡散燃焼が始まっていなければ、その後失火する虞がある。また、空気と燃料との混合が進むことにより、予混合圧縮着火が起こる虞がある。ここで、成層燃焼により気筒内の温度が所定温度まで上昇したとしても、何らかの原因により、その後の拡散燃焼が困難となる場合がある。これに対して、主噴射による燃料を点火プラグでの火花点火により燃焼させれば、失火または予混合圧縮着火が起こることを抑制できる。

10

【0015】

また、本発明においては、前記判定部は、前記成層燃焼を実施するために前記点火プラグで火花点火を実施した後に、前記内燃機関の気筒内の温度が所定温度未満の場合に、前記拡散燃焼が起こらないと判定し、

前記制御部は、前記判定部により前記拡散燃焼が起こらないと判定された場合には、気筒内の空燃比が理論空燃比よりも低くなるように前記主噴射による燃料量を調整し、且つ、前記主噴射による燃料に対して前記点火プラグでの火花点火による燃焼を実施することができる。

20

【0016】

ここでいう所定温度は、圧縮自着火による拡散燃焼が可能な温度とすることができる。ここで、成層燃焼を実施しても、温度が十分に上昇しない場合もある。このような場合に拡散燃焼を実施しようとする、主噴射による燃料が急激な圧力上昇を伴って燃焼したり、失火する虞がある。これに対して、拡散燃焼の代わりに点火プラグでの火花点火による燃焼を実施すれば、失火や予混合圧縮着火による急激な圧力上昇を抑制することができる。また、予混合圧縮着火は、理論空燃比よりも高い空燃比(リーン空燃比)で発生し易いため、気筒内の空燃比が理論空燃比よりも低い空燃比(リッチ空燃比)となるように燃料量を調整すれば、予混合圧縮着火が起こることを抑制できる。また、リッチ空燃比とすることにより、火花点火による燃焼もより確実に実施することができる。

30

【0017】

また、本発明においては、前記制御部は、前記主噴射の開始後における前記内燃機関の気筒内の圧力上昇率が所定率以上となった場合には、前記主噴射を途中で停止することができる。

【0018】

圧力上昇率は、単位時間当たりの圧力上昇量としてもよい。ここでいう所定率は、予混合圧縮着火が起こった場合の圧力上昇率、または、予混合圧縮着火が起こる虞のある圧力上昇率とすることができる。この所定率は、圧縮自着火による拡散燃焼が起こった場合の圧力上昇率よりも大きな値である。また、所定率は、気筒内の圧力が許容範囲を超える虞のある圧力上昇率としてもよい。ここで、主噴射時において圧力上昇率が高い場合には、予混合圧縮着火が起こっている可能性がある。このような場合に主噴射を継続すると、圧力がより上昇して、燃焼騒音が増大する虞がある。これに対して、主噴射を途中で停止することにより、以後の圧力上昇を抑制することができる。

40

【0019】

また、本発明においては、前記制御部は、前記主噴射を途中で停止した後に、前記主噴射を再度開始することができる。

【0020】

主噴射を途中で停止した場合には、要求トルクに対して燃料噴射量が不足する。これに

50

対して、主噴射を再度開始すれば、要求トルクに対する燃料噴射量の不足分を補うことができる。また、主噴射を再度開始した後に内燃機関の気筒内の圧力上昇率が所定率以上となった場合には、主噴射を再度停止してもよい。このようにして、要求トルクに応じた燃料噴射量となるまで、主噴射を複数回に分けて実施してもよい。なお、主噴射による燃料の残量が、拡散燃焼可能な燃料噴射量よりも少ない場合には、この残量分の燃料は噴射しなくてもよい。

【0021】

また、本発明においては、前記制御部は、前記主噴射が開始される前に、前記内燃機関の気筒内の温度が所定温度以上となるまで、前記成層燃焼を複数回実施することができる。

10

【0022】

ここでいう所定温度は、圧縮自着火による拡散燃焼が可能な温度とすることができる。このようにして気筒内の温度を所定温度以上まで上昇させれば、圧縮自着火による拡散燃焼をより確実に実施することができる。成層燃焼を実施する毎に、気筒内の温度を検出し、気筒内の温度が所定温度未満の場合には、成層燃焼を再度実施する。成層燃焼は、主噴射が実施されるまで、繰り返し実施することができる。そして、成層燃焼を複数回実施しても気筒内の温度が所定温度未満の場合には、火花点火による燃焼を実施することで、失火や予混合圧縮着火による急激な圧力上昇を抑制することができる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、失火及び急激な圧力上昇を抑制することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】実施例1のシステム構成を説明するための図である。

【図2】実施例1に係る燃料噴射時期及び点火時期の関係を示した図である。

【図3】実施例1に係る燃料噴射弁及び点火プラグの制御フローを示したフローチャートである。

【図4】ステップS108における燃料噴射時期及び点火時期の関係を示した図である。

【図5】実施例2に係る燃料噴射時期及び点火時期の関係を示した図である。

【図6】実施例2に係る燃料噴射弁及び点火プラグの制御フローを示したフローチャートである。

30

【図7】実施例3に係る燃料噴射時期と筒内圧力との関係を示した図である。

【図8】図7に示したサイクルの次のサイクルにおける燃料噴射時期と筒内圧力との関係を示した図である。

【図9】実施例3に係る燃料噴射弁及び点火プラグの制御フローを示したフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下に図面を参照して、この発明を実施するための形態を、実施例に基づいて例示的に詳しく説明する。ただし、この実施例に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは、特に記載がない限りは、この発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

40

【0026】

(実施例1)

図1は、本実施例のシステム構成を説明するための図である。本実施例では、内燃機関1を備えている。内燃機関1は、ガソリンエンジンである。図1には、複数の気筒2のうちの1気筒のみを示している。内燃機関1は、例えば車両に搭載される。

【0027】

内燃機関1は、内部にピストン3を有するシリンダブロック4を備えている。ピストン3は、コネクティングロッド5を介してクランクシャフト6と接続されている。クランク

50

シャフト6の近傍には、クランク角センサ61が設けられている。クランク角センサ61は、クランクシャフト6の回転角度(すなわち、クランク角)を検出する。

【0028】

シリンダブロック4の上部にはシリンダヘッド7が組み付けられている。シリンダヘッド7は、気筒2内に通じる吸気ポート9を備えている。また、シリンダヘッド7には、吸気管10が接続されている。吸気ポート9は、吸気管10と気筒2内とを連通している。この吸気ポート9と気筒2内との接続部には吸気バルブ11が設けられている。

【0029】

また、シリンダヘッド7は、気筒2内に通じる排気ポート13を備えている。排気ポート13と気筒2内との接続部には排気バルブ14が設けられている。

10

【0030】

また、内燃機関1には、気筒2内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁21、気筒2内に電気火花を発生させる点火プラグ22、気筒2内の圧力を測定する圧力センサ23が取り付けられている。例えば、燃料噴射弁21から噴射される燃料の噴霧の内部または噴霧近傍で火花が発生するように点火プラグ22を設ける。

【0031】

また、本実施例のシステムは、電子制御装置としてのECU60を備えている。ECU60の出力側には、スロットル12、燃料噴射弁21、及び点火プラグ22等が接続されている。ECU60の入力側には、上記センサの他、運転者がアクセルペダル62を踏み込んだ量に応じた電気信号を出力するアクセル開度センサ63等が接続されている。ECU60は、各センサの出力に基づいて、燃料噴射制御や点火時期制御のような内燃機関1全体の制御を実行する。

20

【0032】

そして、ECU60は、燃料噴射弁21及び点火プラグ22を制御することで、気筒2内の成層燃焼可能な範囲に混合気を形成し、該混合気に対して火花点火による成層燃焼を実施する。また、成層燃焼を実施した後の同じサイクル内において、さらに燃料噴射を行って圧縮自着火による拡散燃焼を実施する。例えば、成層燃焼のための燃料噴射及び火花点火を圧縮上死点よりも前に実施し、拡散燃焼のための燃料噴射を圧縮上死点付近又は圧縮上死点よりも後に実施する。このように成層燃焼を実施した後に圧縮自着火による拡散燃焼を実施するのは、一部の運転領域であってもよく、全部の運転領域であってもよい。

30

【0033】

ここで、火花点火による成層燃焼により、気筒2内の温度及び圧力が上昇する。これにより、その後に燃料噴射を行った場合に、燃料噴射から自着火までの時間を短縮することができる。そして、圧縮自着火による拡散燃焼をより確実に実施することができる。

【0034】

なお、成層燃焼は、例えば、スプレーガイド方式、エアガイド方式、または、ウォールガイド方式によって実施することができる。スプレーガイド方式では、燃料噴射弁21と点火プラグ22との距離が比較的短く、噴霧により混合気が形成される。そして、燃料噴射弁21から噴射される燃料の噴霧の内部または噴霧近傍で火花が発生するように点火プラグ22を設ける。また、エアガイド方式では、気筒2内のガス流動により燃料の噴霧を点火プラグ22へ誘導する。さらに、ウォールガイド方式では、ピストン3に形成されたキャピティの形状を利用して、燃料の噴霧を点火プラグ22へ誘導する。なお、本実施例では、スプレーガイド方式によって成層燃焼を実施する。

40

【0035】

ガソリン機関において圧縮自着火による拡散燃焼を実施することにより、失火の抑制、強いノッキングの発生抑制、トルク低減の抑制などを達成することができる。そして、全ての燃料を火花点火により燃焼させる場合と比較して、熱効率を高くすることができる。

【0036】

このようにして、ECU60は、ガソリン機関において圧縮自着火による拡散燃焼を実

50

施している。なお、本実施例に係る拡散燃焼とは、燃料噴射弁 2 1 から噴射された燃料の噴霧の先端が自着火し、燃料と空気とが混ざり合ったところから順次燃焼していくことをいう。この拡散燃焼は、予混合圧縮着火 (HCCI) のように、気筒 2 内の混合気の濃度が均一の状態、多量の燃料が一度に自着火する燃焼とは異なる。

【0037】

ところで、成層燃焼時における温度上昇量や圧力上昇量が変化すると、拡散燃焼のための燃料が噴射されてから熱が発生するまでの時間 (以下、着火遅れ時間ともいう。) が変化する。この着火遅れ時間が長くなると、拡散燃焼が困難となり、失火する虞がある。また、着火遅れ時間が長くなると、気筒 2 内において空燃比の均一化が進むため、予混合圧縮着火が起こり、圧力が急激に上昇する虞がある。

10

【0038】

これに対して ECU 6 0 は、燃料噴射弁 2 1 により拡散燃焼のための燃料が噴射されてから、所定時間が経過しても熱が発生しない場合には、点火プラグ 2 2 による火花点火を実施する。すなわち、着火遅れ時間が、所定時間以上の場合には、点火プラグ 2 2 により電気火花を発生させることで燃料に着火する。これにより、予混合圧縮着火の発生が抑制されるため、急激な圧力上昇を抑制することができる。

【0039】

なお、気筒 2 内において熱が発生しているか否かは、圧力センサ 2 3 により測定される圧力の上昇率または上昇量から判定する。また、成層燃焼後の気筒 2 内の温度が、拡散燃焼可能な温度に達していない場合には、拡散燃焼のための燃料噴射を実施しても拡散燃焼は起こらない。この場合には、成層燃焼を再度実施して気筒 2 内の温度を高めるようにしてもよい。すなわち、1 サイクル中に 2 回以上の成層燃焼を実施してもよい。また、1 回または複数回の成層燃焼後に気筒 2 内の温度が、拡散燃焼可能な温度に達しない場合には、拡散燃焼ではなく、火花点火による燃焼を実施してもよい。

20

【0040】

図 2 は、本実施例に係る燃料噴射時期及び点火時期の関係を示した図である。横軸はクランクアングルである。「燃料噴射弁制御信号」は、燃料噴射弁 2 1 を開閉するための信号を示しており、ON のときに開弁され、OFF のときに閉弁される。「点火プラグ制御信号」は、点火プラグ 2 2 に電気火花を発生させるための信号を示しており、ON のときに電気火花が発生し、OFF のときに電気火花が発生しない。また、一点鎖線は、圧縮上死点を示している。

30

【0041】

図 2 に示される 1 回目の燃料噴射は、成層燃焼のための燃料噴射である。この成層燃焼のための燃料噴射に合わせて点火プラグ 2 2 による点火が行われる。この成層燃焼は、圧縮上死点前に実施される。また、2 回目の燃料噴射は、圧縮自着火による拡散燃焼のための燃料噴射である。この拡散燃焼のための燃料噴射は、圧縮上死点近傍から開始される。なお、拡散燃焼の燃料噴射は、圧縮上死点よりも前から開始してもよく、圧縮上死点よりも後から開始してもよい。

【0042】

図 3 は、本実施例に係る燃料噴射弁 2 1 及び点火プラグ 2 2 の制御フローを示したフローチャートである。本ルーチンは、ECU 6 0 により、所定の時間毎に実行される。

40

【0043】

ステップ S 1 0 1 では、要求トルクが算出される。要求トルクは、アクセル開度センサ 6 3 により検出される。また、要求トルクに基づいて、1 サイクルの燃料噴射量が算出される。この燃料噴射量は、成層燃焼時に噴射する燃料と拡散燃焼時に噴射する燃料とを合わせた値となる。また、理論空燃比よりも高い空燃比 (リーン空燃比) となるように、燃料噴射量が決定される。そして、ステップ S 1 0 1 の処理が完了すると、ステップ S 1 0 2 へ進む。

【0044】

ステップ S 1 0 2 では、成層燃焼のための燃料噴射量が算出される。なお、成層燃焼の

50

ための燃料噴射量は、一定値としてもよく、内燃機関1の吸入空気量に応じて決定してもよい。ここで、拡散燃焼を実施するために必要な熱は、吸入空気量によって変わる。すなわち、気筒2内の空気の温度を拡散燃焼が可能となる温度まで上昇させる必要があるため、吸入空気量が多いほど、多くの燃料を必要とする。したがって、吸入空気量に基づいて、拡散燃焼を実施するための熱を求め、該熱を発生させるための燃料噴射量を、成層燃焼のための燃料噴射量として算出してもよい。また、燃料噴射量を一定値とする場合には、内燃機関1の吸入空気量がどのような値であっても、その後に拡散燃焼が可能となるように、該一定値を設定する。これらの最適値は、予め実験またはシミュレーション等により求めてマップ化し、ECU60に記憶させておいてもよい。燃料噴射量が算出されると、該燃料噴射量にしたがって、成層燃焼のための燃料噴射が実施される。そして、点火プラグ22による火花点火が実施される。このようにして、本ステップでは、成層燃焼が実施される。そして、ステップS102の処理が完了すると、ステップS103へ進む。

10

【0045】

ステップS103では、着火したか否か判定される。すなわち、成層燃焼のための燃料が、実際に燃焼したか否か判定される。なお、本ステップでは、成層燃焼のための燃料が噴射されてから所定時間後の気筒2内の圧力上昇量が、所定量以上であれば、着火したと判定される。

【0046】

ステップS103で肯定判定がなされた場合にはステップS104へ進む。そして、ステップS104では、気筒2内の温度が所定温度以上であるか否か判定される。ここでいう所定温度は、拡散燃焼が可能な温度である。すなわち、気筒2内の温度が所定温度に達していなければ、その後に燃料噴射を実施しても、拡散燃焼が困難である。このような場合には、拡散燃焼を実施しない。気筒2内の温度は、気筒2内の圧力に基づいて推定することができる。また、気筒2内の温度を測定するセンサを取り付けてもよい。

20

【0047】

ステップS104で肯定判定がなされた場合にはステップS107へ進む。一方、ステップS103またはステップS104で否定判定がなされた場合には、ステップS105へ進む。ステップS105では、2回目の成層燃焼のための燃料噴射量が算出される。すなわち、1回目の成層燃焼のための燃料に着火しなかった場合、または、気筒2内の温度上昇が十分でない場合には、2回目の成層燃焼を実施する。なお、本ステップでは、ステップS102と同様にして、燃料噴射量を算出してもよい。また、1回目の成層燃焼において、ある程度の温度上昇があった場合も考えられるため、ステップS102よりも少ない燃料噴射量としてもよい。燃料噴射量が算出されると、該燃料噴射量にしたがって、成層燃焼のための燃料噴射が実施される。そして、点火プラグ22による火花点火が実施される。このようにして、本ステップでは、成層燃焼が実施される。そして、ステップS105の処理が完了すると、ステップS106へ進む。

30

【0048】

ステップS106では、ステップS104と同様に、気筒2内の温度が所定温度以上であるか否か判定される。ステップS106で肯定判定がなされた場合には、ステップS107へ進む。

40

【0049】

ステップS107では、拡散燃焼のための燃料噴射（主噴射）が実施される。このときの燃料噴射量は、ステップS101で算出される要求トルクに応じた燃料量から、ステップS102及びステップS105において噴射される燃料量を減算した値となる。そして、ステップS107の処理が完了すると、ステップS109へ進む。

【0050】

一方、ステップS106で否定判定がなされた場合には、ステップS108へ進む。この場合、拡散燃焼が起こる条件が成立していない。ステップS108では、気筒2内の空燃比が、理論空燃比よりも低い空燃比（リッチ空燃比）となるように燃料を噴射し、さらに、点火プラグ22による火花点火を実施する。このときには、空燃比が例えば9から1

50

4.5の間の値となるように燃料噴射量を調整する。

【0051】

ここで、図4は、ステップS108における燃料噴射時期及び点火時期の関係を示した図である。主に図2との違いを説明する。図4において、破線は、1サイクル中に成層燃焼を2回実施する場合の、2回の目の燃料噴射弁制御信号及び点火プラグ制御信号を示している。

【0052】

図4に示される、ステップS108における成層燃焼のための燃料噴射は、図2に示した場合と同じである。一方、ステップS108では、圧縮上死点より後に、火花点火による燃焼のための燃料噴射が実施される。この火花点火による燃焼のための燃料噴射は、圧縮上死点近傍から開始される。そして、火花点火による燃焼のための燃料噴射に合わせて、火花点火が実施される。このように、ステップS108へ進むと、気筒2内に噴射される燃料は、全て、火花点火により燃焼される。

【0053】

このように、拡散燃焼が困難であると考えられる場合には、ステップS108へ進んで火花点火を実施する。ここで、予混合圧縮着火は、一般的に理論空燃比以上で発生する。このため、理論空燃比よりも低い空燃比(リッチ空燃比)となるように燃料噴射量を調整すれば、予混合圧縮着火の発生を抑制できる。これにより、急激な圧力上昇を抑制できる。また、リッチ空燃比とすることで、火花点火による燃焼が起こり易い状態となるので、燃料をより確実に燃焼させることができる。そして、ステップS108の処理が完了すると、本ルーチンを終了させる。

【0054】

また、ステップS109では、ステップS107における燃料噴射の開始から所定期間が経過したか否か判定される。所定期間は、主噴射による燃料が拡散燃焼可能な期間の上限とすることができる。また、所定期間は、拡散燃焼が起こる場合の、主噴射の開始から熱が発生するまでの期間の上限としてもよい。さらに、所定期間は、拡散燃焼が起こる場合の、着火遅れ時間としてもよい。すなわち、主噴射の開始から所定期間が経過したときに、拡散燃焼が始まっていなければ、その後に失火する虞がある。また、予混合が進むことにより、予混合圧縮着火が起こる虞がある。なお、気筒2内の温度と着火遅れ時間とは相関関係にあるため、所定期間は、気筒2内の温度に基づいて算出される。この関係は、予め実験またはシミュレーション等により求めてECU60に記憶させておく。ステップS109で肯定判定がなされた場合にはステップS110へ進み、一方、否定判定がなされた場合には、ステップS109を再度処理する。

【0055】

ステップS110では、熱が発生したか否か判定される。すなわち、拡散燃焼が実際に行われたか否か判定される。本ステップでは、気筒2内の圧力の上昇率または上昇量が所定値以上であれば、熱が発生したと判定する。この所定値は、熱が発生したときの値として、予め実験またはシミュレーション等により求めてECU60に記憶させておく。なお、拡散燃焼が起こるためには、燃料噴射中に自着火が起こらなければならない。したがって、本ステップでは、拡散燃焼のための燃料噴射が実施されている期間において、熱が発生したか否か判定すればよい。ステップS110で肯定判定がなされた場合には本ルーチンを終了させる。一方、否定判定がなされた場合にはステップS111へ進む。

【0056】

ステップS111では、点火プラグ22による火花点火が実施される。ステップS111では、拡散燃焼が起こる条件が成立していない。すなわち、予混合圧縮着火または失火が起こる虞があるため、火花点火により燃料を燃焼させる。

【0057】

なお、本実施例においてはステップS102及びステップS105を処理するECU60が、本発明における制御部に相当する。また、本実施例においてはステップS106またはステップS110を処理するECU60が、本発明における判定部に相当する。また

10

20

30

40

50

、本実施例においてはステップS 1 0 8またはステップS 1 1 1を処理するECU 6 0も、本発明における制御部に相当する。

【0058】

また、本実施例では、ステップS 1 0 4において否定判定がなされた場合には、ステップS 1 0 5において2回目の成層燃焼を実施しているが、ステップS 1 0 5及びステップS 1 0 6を処理せずに、ステップS 1 0 8へ進んでもよい。この場合、ステップS 1 0 4を処理するECU 6 0が、本発明における判定部に相当する。また、ステップS 1 0 6において否定判定がなされた場合には、3回目の成層燃焼を実施してもよい。

【0059】

以上説明したように、本実施例によれば、成層燃焼の後に拡散燃焼を行うときに、拡散燃焼が起こる条件が成立しない場合には、火花点火を実施することにより、予混合圧縮着火や失火が起こることを抑制できる。また、成層燃焼を複数回実施することにより、拡散燃焼が起こる条件が成立しやすくなる。また、成層燃焼を実施しても気筒2内の温度が拡散燃焼が起こる温度まで上昇しない場合には、リッチ空燃比とすることにより、予混合圧縮着火や失火が起こることを抑制できる。

【0060】

(実施例2)

本実施例では、拡散燃焼のための燃料噴射時において、気筒2内の圧力上昇が急激な場合には、燃料噴射を途中で停止させる。すなわち、主噴射を途中で停止させる。その他の装置等は実施例1と同じため説明を省略する。

【0061】

ここで、拡散燃焼のための燃料噴射時において、気筒2内の圧力上昇が急激な場合には、予混合圧縮着火が起こっていると考えられる。このような場合に、燃料噴射を続けると、更なる圧力上昇を招いてしまう。そこで、本実施例では、気筒2内の圧力の上昇率(単位時間当たりの上昇量)が所定率以上の場合には、拡散燃焼のための燃料噴射の途中であっても、燃料噴射を停止させる。

【0062】

図5は、本実施例に係る燃料噴射時期及び点火時期の関係を示した図である。実線は、本実施例に係る燃料噴射を示し、破線は、実施例1に係る燃料噴射を示している。1回目の燃料噴射弁制御信号及び点火プラグ制御信号は、実施例1と同じである。

【0063】

ここで、拡散燃焼のための燃料噴射を途中で停止すると、要求トルクを得ることができなくなる。このため、本実施例では、その後、拡散燃焼のための燃料噴射を再度実施する。再度の燃料噴射においても、気筒2内の圧力の上昇率が所定率以上となった場合には、燃料噴射を停止させる。なお、図5に示した場合では、拡散燃焼のための燃料噴射を3回実施している。

【0064】

図6は、本実施例に係る燃料噴射弁21及び点火プラグ22の制御フローを示したフローチャートである。本ルーチンは、ECU 60により、所定の時間毎に実行される。なお、前記実施例と同じ処理がなされるステップについては、同じ符号を付して説明を省略する。また、ステップS 1 0 7よりも前の処理は、図3に示したフローと同じため、図示を省略している。なお、本実施例においては、図6に示したルーチンを処理するECU 60が、本発明における制御部に相当する。

【0065】

本ルーチンでは、ステップS 1 0 7の処理が完了すると、ステップS 2 0 1へ進む。ステップS 2 0 1では、気筒2内の圧力上昇率が所定率以上であるか否か判定される。本ステップでは、急激な圧力上昇があるか否か判定される。ここでいう所定率は、予混合圧縮着火が起こっているときの圧力上昇率、または予混合圧縮着火が起こる虞があるときの圧力上昇率とすることができる。また、所定率は、内燃機関1の燃焼騒音が許容範囲を超えるとき単位時間当たりの圧力上昇量としてもよい。所定率は、予め実験またはシミュレ

10

20

30

40

50

ーション等により求めて ECU 60 に記憶させておく。

【0066】

ステップ S 201 で肯定判定がなされた場合にはステップ S 202 へ進み、一方、否定判定がなされた場合には本ルーチンを終了させる。

【0067】

ステップ S 202 では、燃料カットが実施される。すなわち、拡散燃焼のための燃料噴射（主噴射）の途中で、燃料噴射を停止させる。これにより、気筒 2 内の圧力上昇を抑制する。ステップ S 202 の処理が完了すると、ステップ S 203 へ進む。

【0068】

ステップ S 203 では、拡散燃焼のための燃料噴射量の残量が所定量よりも多いか否か判定される。ここでいう所定量とは、燃料噴射をしても拡散燃焼が起らない燃料噴射量の上限值である。本実施例では、拡散燃焼のための燃料噴射を途中で停止させた場合に、同じサイクル中に残りの燃料を噴射させるが、燃料噴射量が少なすぎると、拡散燃焼が困難となる。したがって、拡散燃焼が困難な場合には、燃料噴射を行わない。

10

【0069】

ステップ S 203 で肯定判定がなされた場合にはステップ S 204 へ進み、一方、否定判定がなされた場合には本ルーチンを終了させる。

【0070】

ステップ S 204 では、拡散燃焼のための残りの燃料を噴射する。ステップ S 204 の処理が完了すると、ステップ S 201 へ戻る。これにより、2 回目の拡散燃焼のための燃料噴射時に急激な圧力上昇があれば、燃料噴射が再度停止される。これにより、1 サイクル中に拡散燃焼のための燃料噴射が複数回行われることがある。

20

【0071】

以上説明したように、本実施例によれば、拡散燃焼のための燃料噴射により予混合圧縮着火が起こることを抑制できるため、急激な圧力上昇を抑制することができる。これにより、燃焼騒音を低減することができる。

【0072】

（実施例 3）

本実施例では、拡散燃焼時の気筒 2 内の圧力が最大となる時期に基づいて、次のサイクルの拡散燃焼時の燃料噴射時期を決定する。その他の装置等は実施例 1 と同じため説明を省略する。

30

【0073】

本実施例では、次のサイクルの拡散燃焼時に圧力が最大となる時期が、燃焼効率がより高くなる時期となるように、次のサイクルの燃料噴射時期を調整する。このために、現サイクルにおいて、圧力が最大となる時期と、燃焼効率が最も高くなる場合における圧力が最大となる時期と、の差がなくなるように、次のサイクルの燃料噴射時期を調整している。

【0074】

図 7 は、本実施例に係る燃料噴射時期と筒内圧力との関係を示した図である。横軸は、クランクアングルである。図 7 において A は、燃焼効率が最も高くなる場合の筒内圧力が最大となる時期（以下、最適値ともいう。）である。また、B は、実際に測定された筒内圧力が最大となる時期である。このように、測定された圧力が最大となる時期が最適値よりも遅い場合には、燃料噴射時期を早くすることで、筒内圧力が最大となる時期を早くする。

40

【0075】

図 8 は、図 7 に示したサイクルの次のサイクルにおける燃料噴射時期と筒内圧力との関係を示した図である。実線は次のサイクルを示し、破線は現サイクルを示している。図 7 における B と A との差（ $B - A$ ）と等しい時期だけ、燃料噴射の開始時期を進角させている。なお、図 7 における B と A との差に基づいて、予め求めておいた関係にしたがって、燃料噴射時期の進角量を決定してもよい。また、測定された圧力が最大となる時期が最適

50

値から遅れている場合には、燃料噴射の開始時期を一定量進角させてもよい。

【 0 0 7 6 】

同様に、測定された圧力が最大となる時期が最適値よりも早い場合には、次のサイクルの拡散燃焼時の燃料噴射時期を遅くする。

【 0 0 7 7 】

図 9 は、本実施例に係る燃料噴射弁 2 1 及び点火プラグ 2 2 の制御フローを示したフローチャートである。本ルーチンは、ECU 6 0 により、所定の時間毎に実行される。なお、前記実施例と同じ処理がなされるステップについては、同じ符号を付して説明を省略する。また、ステップ S 1 0 7 よりも前の処理は、図 3 に示したフローと同じため、図示を省略している。

10

【 0 0 7 8 】

本ルーチンでは、ステップ S 1 0 7 の処理が完了すると、ステップ S 3 0 1 へ進む。ステップ S 3 0 1 では、前回のサイクルにおいて、気筒 2 内の圧力が最大となる時期と、最適値と、に差があるか否かが判定される。本ステップでは、気筒 2 内の圧力が最大となる時期が、最適値からずれているか否かが判定される。最適値は、予め実験またはシミュレーション等により求めて ECU 6 0 に記憶させておく。なお、最適値には、ある程度の幅があってもよい。また、前回のサイクルとは、当該気筒 2 における前回のサイクルとしてもよく、前回の爆発気筒におけるサイクルとしてもよい。

【 0 0 7 9 】

ステップ S 3 0 1 で肯定判定がなされた場合にはステップ S 3 0 2 へ進み、一方、否定判定がなされた場合には本ルーチンを終了させる。

20

【 0 0 8 0 】

ステップ S 3 0 2 では、気筒 2 内の圧力が最大となる時期が、最適値よりも早いかなどが判定される。そして、ステップ S 3 0 2 で肯定判定がなされた場合には、ステップ S 3 0 3 へ進み、燃料噴射の開始時期が遅角される。すなわち、気筒 2 内の圧力が最大となる時期が、最適値よりも早いため、気筒 2 内の圧力が最大となる時期が遅くなるように、燃料噴射の開始時期が遅角される。このときには、気筒 2 内の圧力が最大となる時期と、最適値との差に相当する時期だけ、燃料噴射の開始時期を遅角してもよい。また、気筒 2 内の圧力が最大となる時期と、最適値との差に基づいて、予め設定されている関係に従って、燃料噴射の開始時期を遅角してもよい。

30

【 0 0 8 1 】

一方、ステップ S 3 0 2 で否定判定がなされた場合には、ステップ S 3 0 4 へ進み、燃料噴射の開始時期が進角される。すなわち、気筒 2 内の圧力が最大となる時期が、最適値よりも遅いため、気筒 2 内の圧力が最大となる時期が早くなるように、燃料噴射の開始時期が進角される。このときには、気筒 2 内の圧力が最大となる時期と、最適値との差に相当する時期だけ、燃料噴射の開始時期を進角してもよい。また、気筒 2 内の圧力が最大となる時期と、最適値との差に基づいて、予め設定されている関係に従って、燃料噴射の開始時期を進角してもよい。

【 0 0 8 2 】

以上説明したように、本実施例によれば、燃料噴射の開始時期を調整することにより、気筒 2 内の圧力が最大となる時期が最適値となるので、燃焼効率を高めることができる。これにより、燃費を向上させることができる。

40

【 符号の説明 】

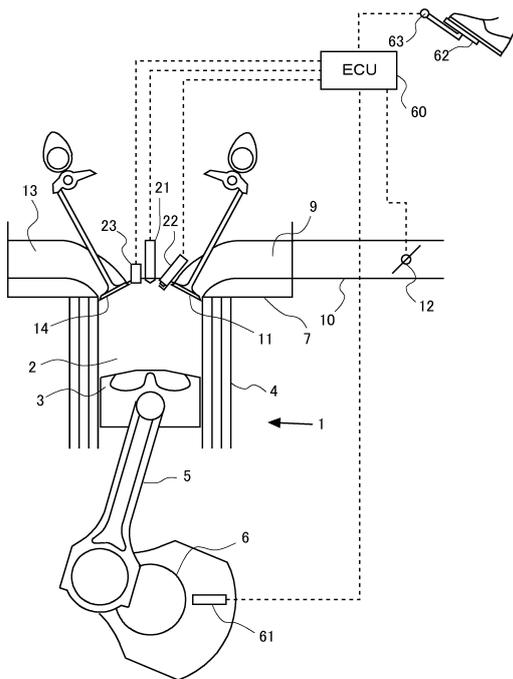
【 0 0 8 3 】

- 1 内燃機関
- 2 気筒
- 3 ピストン
- 6 クランクシャフト
- 9 吸気ポート
- 10 吸気管

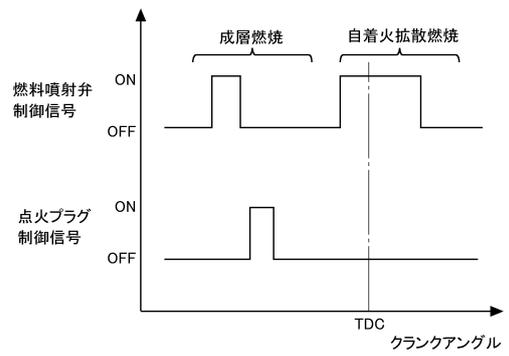
50

- 1 1 吸気バルブ
- 1 2 スロットル
- 1 3 排気ポート
- 1 4 排気バルブ
- 2 1 燃料噴射弁
- 2 2 点火プラグ
- 2 3 圧力センサ
- 6 0 E C U
- 6 1 クランク角センサ
- 6 2 アクセルペダル
- 6 3 アクセル開度センサ

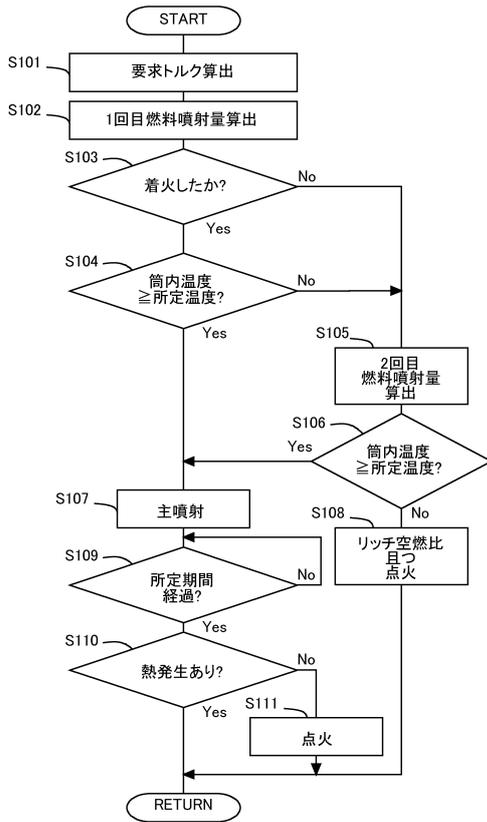
【図1】



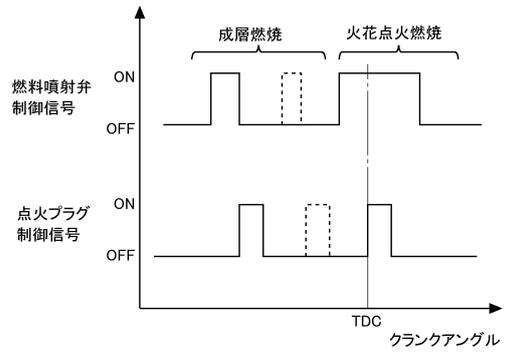
【図2】



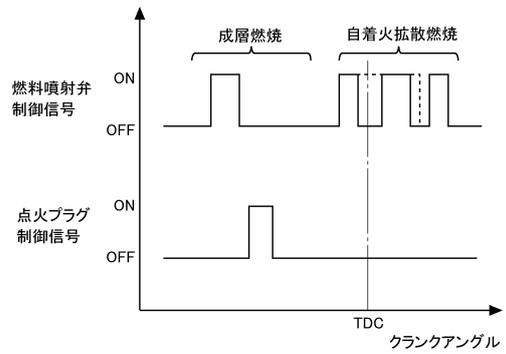
【図3】



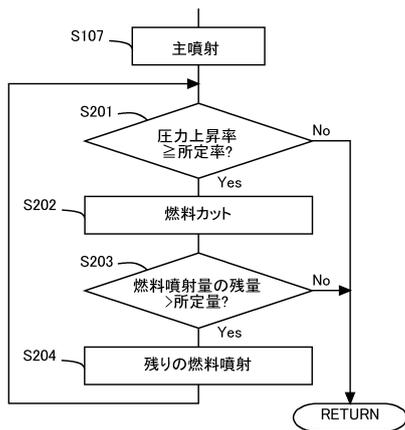
【図4】



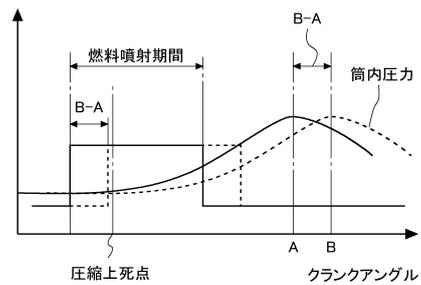
【図5】



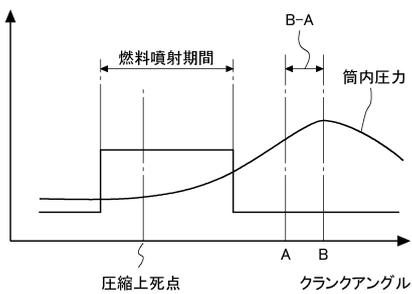
【図6】



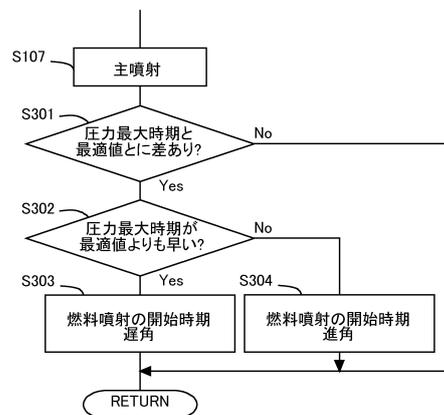
【図8】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(74)代理人 100176201

弁理士 小久保 篤史

(72)発明者 越智 雄大

日本国愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 柏倉 利美

日本国愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 吉松 昭夫

日本国愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 神山 貴行

(56)参考文献 特開2008-169714(JP,A)

特開2001-140681(JP,A)

特開2012-246784(JP,A)

特開2010-236467(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 41/00 ~ 45/00

F02P 5/145 ~ 5/155