

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6481659号
(P6481659)

(45) 発行日 平成31年3月13日(2019.3.13)

(24) 登録日 平成31年2月22日(2019.2.22)

(51) Int.Cl.	F I
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 364K
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2D 41/02 301E
FO2D 41/14 (2006.01)	FO2D 45/00 368S
FO2D 41/22 (2006.01)	FO2D 41/14 310H
	FO2D 45/00 368U
請求項の数 5 (全 29 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2016-115344 (P2016-115344)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成28年6月9日(2016.6.9)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2017-219003 (P2017-219003A)	(74) 代理人	100106150 弁理士 高橋 英樹
(43) 公開日	平成29年12月14日(2017.12.14)	(74) 代理人	100082175 弁理士 高田 守
審査請求日	平成30年1月29日(2018.1.29)	(74) 代理人	100113011 弁理士 大西 秀和
		(72) 発明者	堀田 慎太郎 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	能川 真一郎 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

気筒と、
前記気筒内の燃焼圧である筒内圧を検出する筒内圧センサと、
燃料噴射弁と、
前記燃料噴射弁から噴射される燃料の静電容量を検出するアルコール濃度センサとを具備する内燃機関の制御装置において、
前記制御装置は、
前記燃料噴射弁から噴射される前記燃料の性状の学習を実施する燃料性状学習部と、
前記燃料の性状を判定する燃料性状判定部とを具備し、
前記燃料性状学習部は、
前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを前記筒内圧に基づいて算出する燃焼速度パラメータ算出部を有し、
前記燃料性状判定部は、
前記内燃機関の前回の停止時から、燃料の性状が変化する可能性が高くなる予め設定された期間が経過した後、

前記アルコール濃度センサによって検出された前記燃料の静電容量が、予め設定された第1の閾値より大きいときに、前記燃焼速度パラメータ算出部によって算出された燃焼速度パラメータが示す前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度と、予め設定された第2の閾値とを比較し、

前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度が前記第 2 の閾値よりも小さいときに、前記学習の対象となっている前記燃料に水が含まれていると判定することを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

気筒と、
 前記気筒内の燃焼圧である筒内圧を検出する筒内圧センサと、
 燃料噴射弁と、
 前記燃料噴射弁から噴射される燃料の静電容量を検出するアルコール濃度センサとを具備する内燃機関の制御装置において、
 前記制御装置は、
 前記燃料噴射弁から噴射される前記燃料の性状の学習を実施する燃料性状学習部と、
 前記燃料の性状を判定する燃料性状判定部とを具備し、
 前記燃料性状学習部は、
 前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを前記筒内圧に基づいて算出する燃焼速度パラメータ算出部を有し、
 前記燃料性状判定部は、
前記アルコール濃度センサによって検出された前記燃料の静電容量が、予め設定された第 1 の閾値以下であるときに、前記燃料に水もアルコールも含まれていないと判定すると共に、

10

前記アルコール濃度センサによって検出された前記燃料の静電容量が、前記第 1 の閾値より大きいときに、前記燃焼速度パラメータ算出部によって算出された燃焼速度パラメータが示す前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度と、予め設定された第 2 の閾値とを比較し、

20

前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度が前記第 2 の閾値以上である場合に、前記学習の対象になっている燃料にアルコールは含まれるが、水は含まれていないと判定し、

前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度が前記第 2 の閾値よりも小さいときに、前記学習の対象となっている前記燃料に水が含まれているが、アルコールは含まれていないと判定する、

ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

30

【請求項 3】

前記燃焼速度パラメータ算出部は、
 燃料噴射量フィードバック制御目標値としての空気過剰率が予め設定された値に固定された状態で燃料噴射量フィードバック制御が実行されているときに、前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを前記筒内圧に基づいて算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記内燃機関は、
 前記気筒に接続された吸気通路と、
 前記気筒に接続された排気通路と、
 前記吸気通路と前記排気通路とを接続する EGR 通路と、
 前記 EGR 通路に配置された EGR バルブとを具備し、
 前記燃焼速度パラメータ算出部は、
 EGR バルブフィードバック制御目標値としての EGR 率がゼロよりも大きい予め設定された値に固定された状態で EGR バルブフィードバック制御が実行されているときに、前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを前記筒内圧に基づいて算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の制御装置。

40

【請求項 5】

前記内燃機関は、

50

異常を報知する報知装置を具備し、
前記制御装置は、

前記学習の対象となっている前記燃料に水が含まれていると前記燃料性状判定部によって判定されたときに、前記報知装置を作動させることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は筒内圧センサとアルコール濃度センサとを有する内燃機関の制御装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来から、アルコール濃度センサ（メタノールセンサ）を有する内燃機関が知られている。この種の内燃機関の例としては、例えば特許文献 1 に記載されたものがある。

特許文献 1 に記載された内燃機関では、アルコール濃度センサ（メタノールセンサ）によって検出されたアルコール（メタノール）の濃度に基づいて燃料噴射量が補正される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 6 - 93908 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、水が含まれておらず、アルコール（メタノール）が含まれている燃料の静電容量は、水もアルコール（メタノール）も含まれていない燃料の静電容量より大きくなる。また、水が含まれており、アルコール（メタノール）が含まれていない燃料の静電容量は、水もアルコール（メタノール）も含まれていない燃料の静電容量より大きくなる。そのため、アルコール濃度センサ（メタノールセンサ）として静電容量式のアルコール濃度センサが用いられる場合であって、燃料に水が含まれているのか、あるいは、燃料にアルコールが含まれているのかを判別する手段が設けられていない場合には、燃料に水が含まれているにもかかわらず、燃料にアルコールが含まれていると誤って判定されてしまうおそれがある。

30

特許文献 1 に記載された内燃機関には、燃料に水が含まれているのか、あるいは、燃料にアルコールが含まれているのかを判別する手段が設けられていないため、特許文献 1 に記載された内燃機関では、アルコール濃度センサ（メタノールセンサ）として静電容量式のアルコール濃度センサが用いられる場合に、燃料に水が含まれているにもかかわらず、燃料にアルコールが含まれていると誤って判定されてしまうおそれがある。

【0005】

前記問題点に鑑み、本発明は、燃料に水が含まれていることを正確に判定することができる内燃機関の制御装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によれば、気筒と、

前記気筒内の燃焼圧である筒内圧を検出する筒内圧センサと、

燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁から噴射される燃料の静電容量を検出するアルコール濃度センサとを具備する内燃機関の制御装置において、

前記制御装置は、

前記燃料噴射弁から噴射される前記燃料の性状の学習を実施する燃料性状学習部と、

前記燃料の性状を判定する燃料性状判定部とを具備し、

50

前記燃料性状学習部は、
前記内燃機関の前の停止時から、燃料の性状が変化する可能性が高くなる予め設定された期間が経過した後、

前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを前記筒内圧に基づいて算出する燃焼速度パラメータ算出部を有し、

前記燃料性状判定部は、

前記アルコール濃度センサによって検出された前記燃料の静電容量が、予め設定された第1の閾値より大きいときに、前記燃焼速度パラメータ算出部によって算出された燃焼速度パラメータが示す前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度と、予め設定された第2の閾値とを比較し、

前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度が前記第2の閾値よりも小さいときに、前記学習の対象となっている前記燃料に水が含まれていると判定することを特徴とする内燃機関の制御装置が提供される。

あるいは、本発明によれば、

前記制御装置は、

前記燃料噴射弁から噴射される前記燃料の性状の学習を実施する燃料性状学習部と、

前記燃料の性状を判定する燃料性状判定部とを具備し、

前記燃料性状学習部は、

前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを前記筒内圧に基づいて算出する燃焼速度パラメータ算出部を有し、

前記燃料性状判定部は、

前記アルコール濃度センサによって検出された前記燃料の静電容量が、予め設定された第1の閾値以下であるときに、前記燃料に水もアルコールも含まれていないと判定すると共に、

前記アルコール濃度センサによって検出された前記燃料の静電容量が、前記第1の閾値より大きいときに、前記燃焼速度パラメータ算出部によって算出された燃焼速度パラメータが示す前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度と、予め設定された第2の閾値とを比較し、

前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度が前記第2の閾値以上である場合に、前記学習の対象になっている燃料にアルコールは含まれるが、水は含まれていないと判定し、

前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度が前記第2の閾値よりも小さいときに、前記学習の対象となっている前記燃料に水が含まれているが、アルコールは含まれていないと判定することを特徴とする内燃機関の制御装置が提供される。

【0007】

本発明者等の鋭意研究において、水が含まれており、アルコールが含まれていない燃料の気筒内における燃焼速度は、水もアルコールも含まれていない燃料の気筒内における燃焼速度よりも小さくなること、水もアルコールも含まれていない燃料の気筒内における燃焼速度は、水が含まれておらず、アルコールが含まれている燃料の気筒内における燃焼速度よりも小さくなること、および、燃料の気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを筒内圧に基づいて算出できることが、見い出された。

この点に鑑み、本発明の内燃機関の制御装置では、燃料の静電容量が予め設定された第1の閾値より大きいとき、つまり、燃料に水が含まれている可能性と燃料にアルコールが含まれている可能性とが存在し、燃料に水が含まれているのか、あるいは、燃料にアルコールが含まれているのかを判別できないときに、筒内圧に基づいて算出される燃焼速度パラメータが示すその燃料の気筒内における燃焼速度と、予め設定された第2の閾値とが比較される。

さらに、本発明の内燃機関の制御装置では、その燃料の気筒内における燃焼速度が第2の閾値よりも小さいときに、その燃料に水が含まれていると判定される。

そのため、本発明の内燃機関の制御装置では、燃料に水が含まれていることを正確に判

10

20

30

40

50

定することができる。

つまり、本発明の内燃機関の制御装置では、燃料に水が含まれているにもかかわらず、燃料にアルコールが含まれていると誤って判定されてしまうおそれを抑制することができる。

【0008】

本発明の内燃機関の制御装置では、前記燃焼速度パラメータ算出部が、

燃料噴射量フィードバック制御目標値としての空気過剰率が予め設定された値に固定された状態で燃料噴射量フィードバック制御が実行されているときに、前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを前記筒内圧に基づいて算出することもできる。

10

【0009】

つまり、本発明の内燃機関の制御装置では、燃料噴射量フィードバック制御目標値としての空気過剰率が予め設定された値に固定された状態で燃料噴射量フィードバック制御を実行できるときに、燃料に水が含まれていることを正確に判定することができる。

【0010】

また、本発明の内燃機関の制御装置では、前記内燃機関が、

前記気筒に接続された吸気通路と、

前記気筒に接続された排気通路と、

前記吸気通路と前記排気通路とを接続するEGR通路と、

前記EGR通路に配置されたEGRバルブとを具備することもできる。

20

さらに、本発明の内燃機関の制御装置では、前記燃焼速度パラメータ算出部が、

EGRバルブフィードバック制御目標値としてのEGR率がゼロよりも大きい予め設定された値に固定された状態でEGRバルブフィードバック制御が実行されているときに、前記学習の対象となっている前記燃料の前記気筒内における燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを前記筒内圧に基づいて算出することもできる。

【0011】

つまり、本発明の内燃機関の制御装置では、EGRバルブフィードバック制御目標値としてのEGR率がゼロよりも大きい予め設定された値に固定された状態でEGRバルブフィードバック制御を実行できるときに、燃料に水が含まれていることを正確に判定することができる。

30

【0012】

あるいは、本発明の内燃機関の制御装置では、前記内燃機関が、

異常を報知する報知装置を具備することもできる。

さらに、本発明の内燃機関の制御装置では、前記制御装置が、

前記学習の対象となっている前記燃料に水が含まれていると前記燃料性状判定部によって判定されたときに、前記報知装置を作動させることもできる。

【0013】

つまり、本発明の内燃機関の制御装置では、燃料に水が含まれているときに報知装置が作動せしめられるため、燃料に水が含まれていることを運転者に把握させることができる。

40

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、燃料に水が含まれていることを正確に判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用されたエンジンシステムの概略構成図である。

【図2】図1中のECU40の機能的なブロック図である。

【図3】第1の実施形態の内燃機関の制御装置に適用される燃焼速度パラメータと燃焼限界空気過剰率との関係などを示した図である。

50

【図4】図1中のアルコール濃度センサ46による検出原理を説明するための図である。

【図5】第1の実施形態の内燃機関の制御装置によって実行される燃料噴射量制御を説明するためのフローチャートである。

【図6】第1の実施形態の内燃機関の制御装置によって図5に示す処理が実行されているときにアルコール濃度センサ46によって検出される静電容量などのタイムチャートである。

【図7】第1の実施形態の内燃機関の制御装置に適用される燃焼速度パラメータと燃焼限界EGR率との関係などを示した図である。

【図8】第1の実施形態の内燃機関の制御装置によって実行されるEGRバルブ制御を説明するためのフローチャートである。

10

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の内燃機関の制御装置の第1の実施形態について説明する。図1は第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用されたエンジンシステムの概略構成図である。図2は図1中のECU40の機能的なブロック図である。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用されたエンジンシステムの図1に示す例では、内燃機関10が設けられている。内燃機関10の気筒14'内には、ピストン12が配置されている。気筒14'内におけるピストン12の頂部側には、燃焼室14が形成されている。燃焼室14には、吸気通路16および排気通路18が連通している。

吸気通路16の一部を構成する吸気ポートには、吸気ポートを開閉する吸気弁20が設けられている。つまり、気筒14'と吸気通路16とは、吸気弁20を介して接続されている。さらに、排気通路18の一部を構成する排気ポートには、排気ポートを開閉する排気弁22が設けられている。つまり、気筒14'と排気通路18とは、排気弁22を介して接続されている。また、吸気通路16には、スロットルバルブ24が設けられている。さらに、排気通路18には、例えば空気過剰率センサ32と、例えば三元触媒34aと、例えばNOx吸蔵還元触媒34bと、例えばNOx選択還元触媒34cとが配置されている。また、吸気通路16と排気通路18とを接続するEGR通路36が設けられている。EGR通路36には、EGRバルブ38が配置されている。

20

【0017】

図1には、一つの気筒14'のみが示されているが、図1に示す例では、気筒14'以外にも、他の気筒(図示せず)が設けられている。

30

図1に示す例では、複数の気筒を有する内燃機関10に対して第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用されているが、他の例では、一つの気筒のみを有する内燃機関に対して第1の実施形態の内燃機関の制御装置を適用することもできる。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示す例では、空気過剰率センサ32によって空気過剰率が検出されるが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、空気過剰率センサ32を省略し、例えば特許3767063号公報の段落0014に記載されているように、例えば、後述するエアフローメータ44によって検出される吸入空気量と、燃料噴射量とを用いて空気過剰率を算出することもできる。

40

【0018】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用されたエンジンシステムの図1に示す例では、内燃機関10の各気筒に、燃焼室14内(気筒14'内)に燃料を直接噴射するための燃料噴射弁26と、混合気に点火するための点火プラグ28とが設けられている。燃料噴射弁26と燃料タンク(図示せず)の間には、燃料噴射弁26から噴射される燃料の静電容量を検出するアルコール濃度センサ46が配置されている。さらに、各気筒には、気筒内の燃焼圧である筒内圧Pを検出するための筒内圧センサ30が組み込まれている。

【0019】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示す例では、複数の気筒のすべてに対して筒内圧センサ30が配置されているが、第1の実施形態の内燃機関の制御装

50

置が適用された他の例では、代わりに、筒内圧センサ30が配置されている気筒と、筒内圧センサ30が配置されていない気筒とを設け、筒内圧センサ30が配置されている気筒において筒内圧センサ30によって検出された筒内圧Pから、筒内圧センサ30が配置されていない気筒の筒内圧Pを推定することもできる。

図1に示す例では、燃料噴射弁26から気筒14'内に燃料が直接噴射される内燃機関10に対して第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用されているが、他の例では、燃料噴射弁から吸気ポート内に燃料が噴射される内燃機関に対して第1の実施形態の内燃機関の制御装置を適用することもできる。

また、図1に示す例では、点火プラグ28が設けられている内燃機関10に対して第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用されているが、他の例では、点火プラグ28が設けられていない内燃機関10に対して第1の実施形態の内燃機関の制御装置を適用することもできる。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示す例では、エンジンシステムにターボチャージャ(図示せず)が設けられていないが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、ターボチャージャをエンジンシステムに設けることもできる。ターボチャージャがエンジンシステムに設けられている例では、ターボチャージャのコンプレッサ(図示せず)が、吸気通路16のうちのスロットルバルブ24よりも上流側の部分に配置され、ターボチャージャのタービン(図示せず)が、排気通路18に配置される。

詳細には、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用され、ターボチャージャがエンジンシステムに設けられている1つの例では、吸気通路16のうちのコンプレッサよりも上流側の部分と、排気通路18のうちのタービンよりも下流側の部分とをEGR通路36によって接続することにより、低圧EGR装置が構成される。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用され、ターボチャージャがエンジンシステムに設けられている他の例では、吸気通路16のうちの例えばスロットルバルブ24よりも下流側の部分と、排気通路18のうちのタービンよりも上流側の部分とをEGR通路36によって接続することにより、高圧EGR装置が構成される。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置は、低圧EGR装置を有するエンジンシステム、高圧EGR装置を有するエンジンシステム、および、低圧EGR装置ならびに高圧EGR装置を有するエンジンシステムのいずれに対しても適用することができる。

【0020】

また、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示すエンジンシステムでは、故障などの異常を報知する例えば警告灯(MIL(Malfunction Indicator Lamp))などのような報知装置48が設けられている。

さらに、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示すエンジンシステムは、制御装置として機能するECU(電子制御ユニット)40を備えている。ECU40の入力部には、上述したアルコール濃度センサ46および筒内圧センサ30に加え、エンジン回転速度を取得するためのクランク角センサ42、および、吸入空気量を計測するためのエアフローメータ44等の内燃機関10の運転状態を取得するための各種センサが接続されている。また、ECU40の出力部には、上述したスロットルバルブ24、燃料噴射弁26、点火プラグ28、EGRバルブ38等の内燃機関10の運転を制御するための各種アクチュエータが接続されている。ECU40は、それらのセンサ出力と予め設定されたプログラムとに基づいて上記各種のアクチュエータを駆動することにより、燃料噴射量制御、EGRバルブ制御等のエンジン制御を行う。また、ECU40は、筒内圧センサ30の出力信号を、クランク角と同期させてAD変換して取得する機能を有している。これにより、AD変換の分解能が許す範囲で、任意のクランク角タイミングにおける筒内圧Pを検出することができる。

【0021】

筒内圧センサ30とクランク角センサ42とを備える図1に示すエンジンシステムでは、内燃機関10の各サイクルにおいて、クランク角ベースで筒内圧データ(筒内圧波形)

10

20

30

40

50

を取得することができる。そして、公知の手法で絶対圧補正を行った後の筒内圧波形を用いて、燃焼質量割合 M F B を算出することができる。

具体的には、筒内圧データを用いて、任意のクランク角 θ での気筒 1 4 ' 内の発熱量 Q を例えば次の式 1 にしたがって算出することができる。そして、算出された気筒 1 4 ' 内の発熱量 Q のデータを用いて、任意のクランク角 θ における燃焼質量割合 M F B [%] を例えば次の式 2 にしたがって算出することができる。したがって、この式 2 を利用して、燃焼質量割合 M F B が予め設定された割合 [%] となる時のクランク角 (C A) を取得することができる。

【 0 0 2 2 】

【数 1】

$$Q = \int P dV + \frac{1}{\kappa - 1} (PV - P_0 V_0) \dots (\text{式1})$$

【数 2】

$$MFB = \frac{Q(\theta) - Q(\theta_{sta})}{Q(\theta_{fin}) - Q(\theta_{sta})} \dots (\text{式2})$$

上記式 1 において、 P は筒内圧、 V は筒内容積、 κ は筒内ガスの比熱比である。また、 P_0 および V_0 は、計算開始点 θ_0 (想定される燃焼開始点に対して余裕をもって定められた圧縮行程中 (ただし、吸気弁 2 0 の閉弁後) の予め設定されたクランク角 θ_0) での筒内圧および筒内容積である。また、上記式 2 において、 θ_{sta} は燃焼開始点 (C A 0) であり、 θ_{fin} は燃焼終了点 (C A 1 0 0) である。

【 0 0 2 3 】

つまり、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 1 に示す例では、E C U 4 0 において、筒内圧センサ 3 0 により検出される筒内圧 P と、筒内容積 V と、例えば式 1 とに基づいて発熱量 Q が算出される。また、E C U 4 0 は、発熱量 Q と、例えば式 2 とに基づいて燃焼質量割合 M F B を算出することができる。さらに、E C U 4 0 は、例えば次の式 3 に基づいて、単位クランク角当たりの発熱量 Q である発熱率 ($dQ / d\theta$) を算出することができる。

【 0 0 2 4 】

【数 3】

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{1}{\kappa - 1} V \frac{dP}{d\theta} + \frac{\kappa}{\kappa - 1} P \frac{dV}{d\theta} \dots (\text{式3})$$

【 0 0 2 5 】

次に、代表的なクランク角について説明する。気筒 1 4 ' 内の燃焼は、点火時期にて混合気に点火を行った後に着火遅れを伴って開始する。この燃焼開始点、すなわち、燃焼質量割合 M F B が立ち上がりを示す点がクランク角 (C A 0) に相当する。クランク角 (C A 0) から燃焼質量割合 M F B が 1 0 % となる時のクランク角 (C A 1 0) までのクランク角期間 (C A 0 - C A 1 0) が初期燃焼期間に相当し、クランク角 (C A 1 0) から燃焼質量割合 M F B が 9 0 % となる時のクランク角 (C A 9 0) までのクランク角期間 (C A 1 0 - C A 9 0) が主燃焼期間に相当する。また、燃焼質量割合 M F B が 5 0 % となる時のクランク角 (C A 5 0) が燃焼重心位置に相当する。

内燃機関の低燃費技術としては、目標空気過剰率が理論空燃比 (空気過剰率の値が 1) よりもリーンな空気過剰率 (空気過剰率の値が 1 よりも大きい) に設定される希薄燃焼運転 (リーンバーン運転) が有効である。空燃比がリーンになるほど (つまり、空気過剰率が大きくなるほど)、燃費が良くなり、 NO_x 排出量が減少する。ただし、空燃比をリーンにし過ぎると (つまり、空気過剰率を大きくし過ぎると)、燃焼が悪化することで、燃費が悪化する。その一方で、トルク変動は、空燃比がリーンになるにつれて (つまり、空気過剰率が大きくなるにつれて) 徐々に大きくなり、空燃比がある値を超えてリーンにな

10

20

30

40

50

ると（つまり、空気過剰率がその値に相当する値を超えると）急激に大きくなる。

低燃費および低 NO_x 排出を実現するためには、内燃機関10の状態を監視し、ドライバビリティが悪化しない範囲内で、できるだけリーンとなるように空燃比を制御する（つまり、できるだけ大きい値になるように空気過剰率を制御する）ことが好ましいといえる。

上述した点に鑑み、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示す例では、希薄燃焼運転を実行することができる。

【0026】

詳細には、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示す例では、希薄燃焼運転が実行される場合に、筒内圧センサ30によって筒内圧 P が検出され、ECU40により筒内圧 P と、例えば式1とに基づいて発熱量 Q が算出される。また、ECU40によって、発熱量 Q と、例えば式2とに基づいて燃焼質量割合 MFB が算出される。

さらに、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1および図2に示す例では、希薄燃焼運転が実行される場合に、点火時期に相当するクランク角(SA)から、燃焼質量割合 MFB が例えば10%になるときのクランク角($CA10$)になるまでの期間であるクランク角期間($SA - CA10$)が、ECU40（図1および図2参照）の燃焼速度パラメータ算出部40a1（図2参照）によって算出される。

つまり、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1および図2に示す例では、希薄燃焼運転が実行される場合に、気筒14'（図1参照）内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータとしてクランク角期間($SA - CA10$)が用いられる。さらに、クランク角期間($SA - CA10$)が、筒内圧 P に基づき、燃焼速度パラメータ算出部40a1によって算出される。

詳細には、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1および図2に示す例では、燃料噴射弁26（図1参照）から噴射される燃料の燃焼速度が大きいとき、燃焼速度パラメータ算出部40a1によって算出される燃焼速度パラメータとしてのクランク角期間($SA - CA10$)の値は小さくなる。つまり、燃焼の所要時間が短くなる。一方、燃料噴射弁26から噴射される燃料の燃焼速度が小さいとき、燃焼速度パラメータ算出部40a1によって算出される燃焼速度パラメータとしてのクランク角期間($SA - CA10$)の値は大きくなる。つまり、燃焼の所要時間が長くなる。

【0027】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1および図2に示す例では、希薄燃焼運転が実行される場合に、気筒14'（図1参照）内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータとして、クランク角期間($SA - CA10$)が、燃焼速度パラメータ算出部40a1（図2参照）により筒内圧 P に基づいて算出されて用いられるが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、希薄燃焼運転が実行される場合に、気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータとしてクランク角期間($SA - CA$)（は10を除く、0から100までの任意の値）を用いることもできる。

あるいは、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用されたさらに他の例では、代わりに、希薄燃焼運転が実行される場合に、気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータとして、上述した発熱率(dQ/d)の例えば最大値を、燃焼速度パラメータ算出部40a1により筒内圧 P に基づいて算出して用いることもできる。この例では、燃料噴射弁26（図1参照）から噴射される燃料の燃焼速度が大きいとき、燃焼速度パラメータ算出部40a1によって算出される燃焼速度パラメータとしての発熱率(dQ/d)の最大値は大きくなる。一方、燃料噴射弁26から噴射される燃料の燃焼速度が小さいとき、燃焼速度パラメータ算出部40a1によって算出される燃焼速度パラメータとしての発熱率(dQ/d)の最大値は小さくなる。

【0028】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、燃料噴射弁26（図1参照）から噴射される燃料の噴射量を制御する燃料噴射量制御部40dがECU4

10

20

30

40

50

0 に設けられている。

詳細には、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 2 に示す例では、希薄燃焼運転が実行される場合、例えば内燃機関 10 (図 1 参照) の過渡運転時に、燃料噴射量制御部 40 d によって、燃料噴射量フィードフォワード制御が実行される。内燃機関 10 の過渡運転時には、燃焼限界空気過剰率算出部 40 b によって算出される燃焼限界空気過剰率が、燃料噴射量フィードフォワード制御の目標値として用いられる。燃焼限界空気過剰率は、燃焼限界に対応する空気過剰率 (すなわち、燃焼が悪化しない範囲内で、できるだけ大きい値に設定された空気過剰率) を示す。つまり、内燃機関 10 の過渡運転時には、燃料噴射量制御部 40 d によって、燃焼限界空気過剰率に基づく燃料噴射量フィードフォワード制御が実行される。

10

さらに、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 2 に示す例では、希薄燃焼運転が実行される場合、例えば内燃機関 10 の定常運転時に、燃料噴射量制御部 40 d によって、燃料噴射量フィードバック制御が実行される。内燃機関 10 の定常運転時には、燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部 40 c によって算出される燃焼限界燃焼速度パラメータが、燃料噴射量フィードバック制御の目標値として用いられる。燃焼限界燃焼速度パラメータは、燃焼限界に対応する気筒 14' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度 (すなわち、燃焼が悪化しない範囲内で、空気過剰率ができるだけ大きい値に設定された状態における燃料の燃焼速度) を示す。つまり、内燃機関 10 の定常運転時には、燃料噴射量制御部 40 d によって、燃焼限界燃焼速度パラメータに基づく燃料噴射量フィードバック制御が実行される。

20

【0029】

図 3 は第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置に適用される燃焼速度パラメータと燃焼限界空気過剰率との関係などを示した図である。詳細には、図 3 (A) は第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置に適用される燃焼速度パラメータと燃焼限界空気過剰率との関係を示しており、図 3 (B) は第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置に適用される燃焼速度パラメータと燃焼限界燃焼速度パラメータとの関係を示している。

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 3 (A) に示す例では、直線 L1 で示すように、気筒 14' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど、過渡運転時の燃料噴射量フィードフォワード制御目標値とすべき燃焼限界空気過剰率の値が大きくなる。

30

【0030】

詳細には、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置では、図 3 (A) に示すように、燃料噴射弁 26 (図 1 参照) から噴射される燃料の性状の変化に伴って気筒 14' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータが例えば値 CSa から値 CSref に変化するとき、直線 L1 で示す第 1 の関係に基づき、例えば燃焼限界空気過剰率算出部 40 b (図 2 参照) によって、過渡運転時の燃料噴射量フィードフォワード制御目標値である燃焼限界空気過剰率が値 a から値 ref に変更される。

そのため、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料噴射弁 26 から噴射される燃料の性状の変化に伴って燃焼速度パラメータが例えば値 CSa から値 CSref に変化するとき過渡運転時の燃料噴射量フィードフォワード制御目標値である燃焼限界空気過剰率が値 a に維持されることに伴って、希薄燃焼過渡運転中にトルク変動が生じてしまうおそれを抑制することができる。

40

【0031】

また、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置では、図 3 (A) に示すように、燃料噴射弁 26 (図 1 参照) から噴射される燃料の性状の変化に伴って気筒 14' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータが例えば値 CSref から値 CSa に変化するとき、直線 L1 で示す第 1 の関係に基づき、例えば燃焼限界空気過剰率算出部 40 b (図 2 参照) によって、過渡運転時の燃料噴射量フィードフォワード制御目標値である燃焼限界空気過剰率が値 ref から値 a に変更される。

そのため、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料噴射弁 26 から噴射される

50

燃料の性状の変化に伴って燃焼速度パラメータが例えば値 $C S r e f$ から値 $C S a$ に変化するときに過渡運転時の燃料噴射量フィードフォワード制御目標値である燃焼限界空気過剰率が値 $r e f$ に維持されることに伴って、希薄燃焼過渡運転中のエミッションが悪化してしまうおそれを抑制することができる。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、直線 $L 1$ (図3(A)参照)で示す第1の関係が、例えば実験などによって予め求められ、例えば燃焼限界空気過剰率算出部40bの記憶部40b1に格納されている。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図3(A)に示す例では、気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど燃焼限界空気過剰率が大きくなる第1の関係を示すものとして、例えば近似された直線 $L 1$ が用いられているが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど燃焼限界空気過剰率が大きくなる第1の関係を示すものとして、例えばマップなどのような直線以外の任意のものを用いることもできる。

【0032】

さらに、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図3(B)に示す例では、直線 $L 2$ で示すように、非燃焼限界時における気筒14'(図1参照)内の燃料の燃焼速度(図3(B)の横軸参照)が大きくなるほど、燃焼限界時(詳細には、燃焼限界まで空気過剰率を大きくした時)における気筒14'内の燃料の燃焼速度(図3(B)の縦軸参照)も大きくなる。

【0033】

詳細には、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、図3(B)に示すように、燃料噴射弁26(図1参照)から噴射される燃料の性状の変化に伴って気筒14'(図1参照)内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ(図3(B)の横軸参照)が例えば値 $C S a$ から値 $C S r e f$ に変化するときに、直線 $L 2$ で示す第2の関係に基づき、例えば燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部40c(図2参照)によって、定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御目標値である燃焼限界(詳細には、空気過剰率が大きいことによる燃焼限界)に対応する気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼限界燃焼速度パラメータ(図3(B)の縦軸参照)が値 $C S a'$ から値 $C S r e f'$ に変更される。

そのため、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料噴射弁26から噴射される燃料の性状の変化に伴って燃焼速度パラメータ(図3(B)の横軸参照)が例えば値 $C S a$ から値 $C S r e f$ に変化するときに定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御目標値である燃焼限界燃焼速度パラメータ(図3(B)の縦軸参照)が値 $C S a'$ に維持されることに伴って、希薄燃焼定常運転中にトルク変動が生じてしまうおそれを抑制することができる。

【0034】

また、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、図3(B)に示すように、燃料噴射弁26(図1参照)から噴射される燃料の性状の変化に伴って気筒14'(図1参照)内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ(図3(B)の横軸参照)が例えば値 $C S r e f$ から値 $C S a$ に変化するときに、直線 $L 2$ で示す第2の関係に基づき、例えば燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部40c(図2参照)によって、定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御目標値である燃焼限界燃焼速度パラメータ(図3(B)の縦軸参照)が値 $C S r e f'$ から値 $C S a'$ に変更される。

そのため、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料噴射弁26から噴射される燃料の性状の変化に伴って燃焼速度パラメータ(図3(B)の横軸参照)が例えば値 $C S r e f$ から値 $C S a$ に変化するときに定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御目標値である燃焼限界燃焼速度パラメータ(図3(B)の縦軸参照)が値 $C S r e f'$ に維持されることに伴って、希薄燃焼定常運転中のエミッションが悪化してしまうおそれを抑制することができる。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、直線 $L 2$ (図3(B)参照)で示す第2の関係が、例えば実験などによって予め求められ、例えば燃焼限

10

20

30

40

50

界燃焼速度パラメータ算出部40cの記憶部40c1に格納されている。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図3(B)に示す例では、気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど燃焼限界に対応する気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなる第2の関係を示すものとして、例えば近似された直線L2が用いられているが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど燃焼限界に対応する気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなる第2の関係を示すものとして、例えばマップなどのような直線以外の任意のものを用いることもできる。

【0035】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御の実行中、燃焼速度パラメータ算出部40a1によって算出される燃焼速度パラメータに対応する実際の燃焼速度が、定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御目標値である燃焼限界燃焼速度パラメータに対応する目標燃焼速度より小さいとき、実際の燃焼速度を目標燃焼速度まで増加させるために、例えば、燃料噴射量制御部40dによって、燃料噴射量が増加せしめられる。一方、定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御の実行中、実際の燃焼速度が目標燃焼速度より大きいとき、実際の燃焼速度を目標燃焼速度まで減少させるために、例えば、燃料噴射量制御部40dによって、燃料噴射量が減少せしめられる。

【0036】

上述したように、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示す例では、アルコール濃度センサ46が設けられている。

図4は図1中のアルコール濃度センサ46による検出原理を説明するための図である。図4に示すように、アルコール濃度センサ46には、電極46a、46bと電源46cとが設けられている。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1および図4に示す例では、燃料噴射弁26(図1参照)から噴射される燃料の静電容量Cをアルコール濃度センサ46によって検出するために、燃料が電極46aと電極46bとの間に配置される。さらに、電極46aと電極46bとの間に配置された燃料の静電容量Cが、下記の式4に基づいて、例えばECU(図1参照)によって算出される。

【0037】

$$C = \epsilon_r \times \epsilon_0 \times S / d \dots (\text{式4})$$

上記式4において、 ϵ_r は比誘電率を示しており、 ϵ_0 は真空の誘電率を示しており、Sは電極46a、46bの面積を示しており、dは電極46aと電極46bとの間の距離を示している。

【0038】

ところで、水もアルコール(エタノール)も含まれていない燃料(例えばガソリン)の比誘電率 ϵ_{rf} の値は2になり、アルコール(エタノール)の比誘電率 ϵ_{ra} の値は24になる。そのため、アルコール(エタノール)が含まれている燃料の静電容量の値 C_a は、水もアルコール(エタノール)も含まれていない燃料の静電容量の値 C_{ref} (図6(A)参照)より大きくなる。

一方、水の比誘電率 ϵ_{rw} の値は、80であり、水もアルコール(エタノール)も含まれていない燃料(例えばガソリン)の比誘電率 ϵ_{rf} の値より大きい。そのため、水が含まれている燃料の静電容量の値 C_w (図6(A)参照)は、アルコール(エタノール)が含まれている燃料の静電容量の値 C_a と同様に、水もアルコール(エタノール)も含まれていない燃料の静電容量の値 C_{ref} より大きくなる。

つまり、アルコール濃度センサ46を用いることによって、水もアルコールも含まれていない燃料と、水またはアルコールが含まれている燃料とを判別することができるものの、アルコール濃度センサ46を用いることのみによっては、水が含まれている燃料と、アルコールが含まれている燃料とを正確に判別することができない。

この点に鑑み、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料に水が含まれているか

10

20

30

40

50

否かを正確に判定するために、後述する燃料噴射量制御が実行される。

【 0 0 3 9 】

図 5 は第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置によって実行される燃料噴射量制御を説明するためのフローチャートである。

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置では、例えば内燃機関 1 0 (図 1 参照) の運転中に、図 5 に示す処理を実行することができる。図 5 に示す処理が開始されると、ステップ S 1 0 0 において、燃料性状学習を実施する必要があるか否かが、例えば E C U 4 0 (図 1 および図 2 参照) によって判定される。

例えば給油が実施されたときには、燃料噴射弁 2 6 (図 1 参照) から噴射される燃料の性状が変化する可能性が高い。この点に鑑み、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 5 に示す例では、給油が実施されたときに、ステップ S 1 0 0 において Y E S と判定される。

10

また、内燃機関 1 0 の停止期間が長くなると、燃料が重質化し、燃料噴射弁 2 6 から噴射される燃料の性状が変化する可能性が高くなる。この点に鑑み、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 5 に示す例では、例えば、内燃機関 1 0 の前回の停止時から、燃料噴射弁 2 6 から噴射される燃料の性状が変化する可能性が高くなる予め設定された期間が経過したときに、ステップ S 1 0 0 において Y E S と判定される。

ステップ S 1 0 0 において Y E S と判定されたときにはステップ S 1 0 1 に進み、ステップ S 1 0 0 において N O と判定されたときにはステップ S 1 0 8 に進む。

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 5 に示す例では、内燃機関 1 0 の前回の停止時以降の経過期間に基づいて、燃料噴射弁 2 6 から噴射される燃料の性状が変化したか否かが推定されるが、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、前回の給油実施時以降の経過期間に基づいて、燃料噴射弁 2 6 から噴射される燃料の性状が変化したか否かを推定することもできる。

20

【 0 0 4 0 】

ステップ S 1 0 1 では、アルコール濃度センサ 4 6 (図 1 および図 4 参照) の出力値が例えば E C U 4 0 (図 1 および図 2 参照) によって取得される。つまり、ステップ S 1 0 1 では、アルコール濃度センサ 4 6 によって検出された燃料噴射弁 2 6 (図 1 参照) から噴射される燃料の静電容量 C が、例えば E C U 4 0 によって取得される。

次いで、ステップ S 1 0 2 では、燃料性状学習用の状態の設定が可能か否かが、例えば E C U 4 0 によって判定される。

30

つまり、ステップ S 1 0 2 では、筒内圧 P に基づいて気筒 1 4 ' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを算出して燃料性状学習を実施するために、燃料噴射量フィードバック制御目標値として空気過剰率が予め設定された値に固定された状態で燃料噴射量フィードバック制御を実行することができるか否かが判定される。

Y E S のときにはステップ S 1 0 3 に進み、N O のときにはステップ S 1 0 8 に進む。例えば、内燃機関 1 0 (図 1 参照) の過渡運転時には、ステップ S 1 0 2 において N O と判定され、燃料性状学習が実施されない。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 1 0 3 では、例えば燃料性状学習部 4 0 a (図 2 参照) によって、燃料性状学習用の状態の設定が実行される。

40

つまり、ステップ S 1 0 3 では、筒内圧 P に基づいて気筒 1 4 ' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを算出して燃料性状学習を実施するために、燃料噴射量フィードバック制御目標値として空気過剰率が予め設定された値に固定された状態で、燃料噴射量制御部 4 0 d (図 2 参照) によって、燃料噴射量フィードバック制御が実行される。

次いで、ステップ S 1 0 4 では、その燃料噴射量フィードバック制御が実行されている状態で、燃料性状学習部 4 0 a によって、燃料噴射弁 2 6 (図 1 参照) から噴射される燃料の性状の学習が実施される。

詳細には、ステップ S 1 0 4 では、その燃料噴射量フィードバック制御が実行されてい

50

る状態で、燃料性状学習部 40a の燃焼速度パラメータ算出部 40a1 (図 2 参照) によって、例えば点火時期に相当するクランク角 (SA) から、燃焼質量割合 MFB が例えば 10% になるときのクランク角 (CA10) になるまでの期間であるクランク角期間 (SA - CA10)、発熱率 (dQ/d) の例えば最大値などのような、気筒 14' 内における燃料 (つまり、学習の対象となっている燃料) の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ (図 3 (A) および図 3 (B) の横軸参照) が筒内圧 P に基づいて算出される。

図 3 (A) および図 3 (B) に示す例では、燃料に水もアルコールも含まれていない場合にステップ S104 において例えば燃焼速度パラメータの値 CS_{ref} が算出され、燃料に水が含まれている場合にステップ S104 において例えば燃焼速度パラメータの値 CS_w が算出され、燃料にアルコールが含まれている場合にステップ S104 において例えば燃焼速度パラメータの値 CS_a が算出される。

10

すなわち、燃料にアルコールが含まれている場合には、燃料に水もアルコールも含まれていない場合よりも、燃料の燃焼速度が大きくなる。一方、燃料に含まれている水は気筒 14' 内において不活性ガスとして作用するため、燃料に水が含まれている場合には、燃料に水もアルコールも含まれていない場合よりも、燃料の燃焼速度が小さくなる。

【0042】

次いで、ステップ S105 では、ステップ S101 において取得された燃料の静電容量 C が、予め設定された第 1 の閾値 C_t (図 6 (A) 参照) 以下であるか否かが、燃料性状判定部 40h (図 2 参照) によって判定される。

第 1 の閾値 C_t は、水もアルコールも含まれていない燃料の静電容量の値 C_{ref} (図 6 (A) 参照) より大きい値であって、水が含まれている燃料の静電容量の値 C_w (図 6 (A) 参照) より小さい値に設定されている。

20

燃料の静電容量 C が第 1 の閾値 C_t 以下であるときには、ステップ S105 において YES と判定されてステップ S108 に進む。一方、燃料の静電容量 C が第 1 の閾値 C_t より大きいときには、ステップ S105 において NO と判定されてステップ S106 に進む。

図 3 (A) および図 3 (B) に示す例では、燃料に水もアルコールも含まれておらず、燃焼速度パラメータの値 CS_{ref} が算出される場合に、ステップ S105 において YES と判定される。燃料に水が含まれており、燃焼速度パラメータの値 CS_w が算出される場合に、ステップ S105 において NO と判定される。また、燃料にアルコールが含まれており、燃焼速度パラメータの値 CS_a が算出される場合にも、ステップ S105 において NO と判定される。

30

【0043】

ステップ S106 では、ステップ S104 において燃焼速度パラメータ算出部 40a1 (図 2 参照) によって算出された燃焼速度パラメータが示す学習の対象となっている燃料の気筒 14' (図 1 参照) 内における燃焼速度が、予め設定された第 2 の閾値以上であるか否かが、燃料性状判定部 40h (図 2 参照) によって判定される。

第 2 の閾値は、水が含まれている燃料の気筒 14' 内における燃焼速度よりも大きい値であって、アルコールが含まれている燃料の気筒 14' 内における燃焼速度よりも小さい値であって、例えば水もアルコールも含まれていない燃料の気筒 14' 内における燃焼速度とほぼ等しい値に設定されている。

40

学習の対象となっている燃料の気筒 14' 内における燃焼速度が第 2 の閾値以上であるときには、ステップ S106 において YES と判定され、つまり、学習の対象となっている燃料に水が含まれていないと燃料性状判定部 40h によって判定され、ステップ S108 に進む。一方、学習の対象となっている燃料の気筒 14' 内における燃焼速度が第 2 の閾値より小さいときには、ステップ S106 において NO と判定され、つまり、学習の対象となっている燃料に水が含まれていると燃料性状判定部 40h によって判定され、ステップ S107 に進む。

図 3 (A) および図 3 (B) に示す例では、燃料に水が含まれており、燃焼速度パラメータの値 CS_w が算出される場合に、ステップ S106 において NO と判定される。一方

50

、燃料にアルコールが含まれており、燃焼速度パラメータの値 CS_a が算出される場合に、ステップ S 106 において YES と判定される。

【0044】

ステップ S 107 では、例えば ECU (図 1 および図 2 参照) によって、学習の対象となっている燃料に水が含まれている旨の判定処理が実行され、ステップ S 108 に進む。

具体的には、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 1 および図 5 に示す例では、ステップ S 107 において、異常を報知する報知装置 48 (図 1 参照) が例えば ECU 40 (図 1 および図 2 参照) によって作動せしめられる。

ステップ S 107 において報知装置 48 が作動せしめられたときに、運転者は、燃料に水が含まれていることを把握することができる。

10

【0045】

ステップ S 108 では、燃料噴射量制御部 40d (図 2 参照) によって、燃料噴射量制御が実行される。

詳細には、内燃機関 10 (図 1 参照) の過渡運転時には、ステップ S 108 において、例えば、ステップ S 104 において算出された気筒 14' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ (図 3 (A) の横軸参照) の値と、図 3 (A) に直線 L1 で示す第 1 の関係とから得られる燃焼限界空気過剰率 (図 3 (A) の縦軸参照) を燃料噴射量フィードフォワード制御目標値とする燃料噴射量フィードフォワード制御が、燃料噴射量制御部 40d によって実行される。

【0046】

20

具体的には、図 3 (A) に示す例では、ステップ S 104 において気筒 14' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値 CS_{ref} (図 3 (A) 参照) が算出される場合、上述したようにステップ S 105 において YES と判定され、次いで、ステップ S 108 において、内燃機関 10 (図 1 参照) の過渡運転時に、燃焼速度パラメータの値 CS_{ref} に対応する燃焼限界空気過剰率 r_{ref} (図 3 (A) 参照) を燃料噴射量フィードフォワード制御目標値とする燃料噴射量フィードフォワード制御が、燃料噴射量制御部 40d (図 2 参照) によって実行される。

また、図 3 (A) に示す例では、ステップ S 104 において気筒 14' 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値 CS_a (図 3 (A) 参照) が算出される場合、上述したようにステップ S 105 において NO と判定され、次いで、上述したようにステップ S 106 において YES と判定され、次いで、ステップ S 108 において、内燃機関 10 の過渡運転時に、燃焼速度パラメータの値 CS_a に対応する燃焼限界空気過剰率 a (図 3 (A) 参照) を燃料噴射量フィードフォワード制御目標値とする燃料噴射量フィードフォワード制御が、燃料噴射量制御部 40d によって実行される。

30

あるいは、図 3 (A) に示す例では、ステップ S 104 において気筒 14' 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値 CS_w (図 3 (A) 参照) が算出される場合、上述したようにステップ S 105 において NO と判定され、次いで、上述したようにステップ S 106 において NO と判定され、次いで、上述したようにステップ S 107 が実行され、次いで、ステップ S 108 において、内燃機関 10 の過渡運転時に、燃焼速度パラメータの値 CS_w に対応する燃焼限界空気過剰率 w (図 3 (A) 参照) を燃料噴射量フィードフォワード制御目標値とする燃料噴射量フィードフォワード制御が、燃料噴射量制御部 40d によって実行される。

40

【0047】

さらに、内燃機関 10 (図 1 参照) の定常運転時には、ステップ S 108 において、例えば、ステップ S 104 において算出された気筒 14' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ (図 3 (B) の横軸参照) の値と、図 3 (B) に直線 L2 で示す第 2 の関係とから得られる燃焼限界燃焼速度パラメータ (図 3 (B) の縦軸参照) の値を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が、燃料噴射量制御部 40d (図 2 参照) によって実行される。

【0048】

50

具体的には、図3(B)に示す例では、ステップS104において気筒14'(図1参照)内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値CSref(図3(B)参照)が算出される場合、上述したようにステップS105においてYESと判定され、次いで、ステップS108において、内燃機関10(図1参照)の定常運転時に、燃焼速度パラメータの値CSrefに対応する燃焼限界燃焼速度パラメータの値CSref'(図3(B)参照)を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が、燃料噴射量制御部40d(図2参照)によって実行される。

また、図3(B)に示す例では、ステップS104において気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値CSa(図3(B)参照)が算出される場合、上述したようにステップS105においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS106においてYESと判定され、次いで、ステップS108において、内燃機関10の定常運転時に、燃焼速度パラメータの値CSaに対応する燃焼限界燃焼速度パラメータの値CSa'(図3(B)参照)を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が、燃料噴射量制御部40dによって実行される。

あるいは、図3(B)に示す例では、ステップS104において気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値CSw(図3(B)参照)が算出される場合、上述したようにステップS105においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS106においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS107が実行され、次いで、ステップS108において、内燃機関10の定常運転時に、燃焼速度パラメータの値CSwに対応する燃焼限界燃焼速度パラメータの値CSw'(図3(B)参照)を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が、燃料噴射量制御部40dによって実行される。

【0049】

図6は第1の実施形態の内燃機関の制御装置によって図5に示す処理が実行されているときにアルコール濃度センサ46(図1参照)によって検出される静電容量などのタイムチャートである。詳細には、図6(A)は静電容量を示しており、図6(B)は空気過剰率を示しており、図6(C)は燃焼速度パラメータの値を示している。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図6に示す例では、時間t1に給油が実施されて内燃機関10(図1参照)が始動され、図5に示す処理が開始される。

詳細には、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図6に示す例では、時間t1以前に燃料噴射弁26(図1参照)から噴射されていた燃料には水もアルコールも含まれていない。時間t1に給油された燃料には、水が含まれている。そのため、図6(A)に示すように、時間t1に、アルコール濃度センサ46(図1参照)によって検出される静電容量が、値Crefから、第1の閾値Ctより大きい値Cwに増加する。

【0050】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図6に示す例では、期間t1~t2に、図5のステップS100、S101、S102が実行される。詳細には、期間t1~t2に、ステップS100においてYESと判定され、ステップS101においてアルコール濃度センサ46(図1参照)によって静電容量の値Cw(図6(A)参照)が検出されて、アルコール濃度センサ46の出力値が例えばECU40(図1および図2参照)によって取得され、ステップS102においてYESと判定される。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図6に示す例では、図5のステップS100、S101、S102が実行される期間t1~t2に、例えば空気過剰率(図6(B)参照)の値1(つまり、理論空燃比)を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が、例えば燃料噴射量制御部40d(図2参照)によって実行される。また、図5のステップS100、S101、S102が実行される期間t1~t2に、燃焼速度パラメータ(図6(C)参照)の値がCS1になる。

【0051】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図6に示す例では、次いで、期間t2~t3に、図5のステップS103、S104、S105、S106、S107が実行

10

20

30

40

50

される。詳細には、期間 $t_2 \sim t_3$ に、ステップ S_{103} が実行されて、燃料性状学習用状態として、例えば空気過剰率の値 λ (図 6 (B) 参照) を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が、例えば燃料噴射量制御部 40d (図 2 参照) によって実行され、ステップ S_{104} において燃料性状学習が実行される。この値 λ は、値 λ_1 (つまり、理論空燃比) より大きく、燃焼限界空気過剰率の値 w (図 3 (A) 参照) より小さい値に設定されている。また、期間 $t_2 \sim t_3$ に、ステップ S_{104} において算出される燃焼速度パラメータの値 CS_w (図 3 および図 6 (C) 参照) が示す燃焼速度は、燃焼速度パラメータの値 CS_1 (図 6 (C) 参照) が示す燃焼速度より小さい。

詳細には、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 6 に示す例では、期間 $t_2 \sim t_3$ に、静電容量の値 C_w (図 6 (A) 参照) が第 1 の閾値 C_t (図 6 (A) 参照) より大きいため、ステップ S_{105} において NO と判定される。また、期間 $t_2 \sim t_3$ に、燃焼速度パラメータの値 CS_w (図 6 (C) 参照) が示す燃焼速度が、燃焼速度パラメータの値 CS_t (図 6 (C) 参照) が示す第 2 の閾値より小さいため、ステップ S_{106} において NO と判定され、ステップ S_{107} が実行される。

【0052】

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 6 に示す例では、次いで、期間 t_3 以降に、図 5 のステップ S_{108} が実行される。詳細には、期間 t_3 以降に、例えば、内燃機関 10 (図 1 参照) のアイドル運転が実行される。

つまり、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 6 に示す例では、期間 t_3 以降に、ステップ S_{108} において、燃料噴射量制御部 40d (図 2 参照) によって、燃料噴射量フィードバック制御が実行される。

詳細には、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 6 に示す例では、ステップ S_{104} において算出された燃焼速度パラメータの値 CS_w (図 3 (B) および図 6 (C) 参照) と、図 3 (B) に直線 L_2 で示す第 2 の関係とから得られる燃焼限界燃焼速度パラメータの値 CS_w' (図 3 (B) および図 6 (C) 参照) を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が、ステップ S_{108} において燃料噴射量制御部 40d によって実行される。

【0053】

仮に、図 6 の時間 t_1 に給油された燃料に、水ではなく、アルコールが含まれている場合には、図 6 (C) に一点鎖線で示すように、期間 $t_2 \sim t_3$ に、空気過剰率の値 λ (図 6 (B) 参照) を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が実行され、図 5 のステップ S_{104} において燃焼速度パラメータの値 CS_a (図 3 および図 6 (C) 参照) が算出される。次いで、期間 t_3 以降に、燃焼速度パラメータの値 CS_a (図 3 (B) および図 6 (C) 参照) と、図 3 (B) に直線 L_2 で示す第 2 の関係とから得られる燃焼限界燃焼速度パラメータの値 CS_a' (図 3 (B) および図 6 (C) 参照) を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御が、図 5 のステップ S_{108} において燃料噴射量制御部 40d (図 2 参照) によって実行される。

【0054】

上述したように、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 5 に示す例では、燃料の静電容量が予め設定された第 1 の閾値 C_t (図 6 (A) 参照) より大きいとき、つまり、燃料に水が含まれている可能性と燃料にアルコールが含まれている可能性とが存在し、燃料に水が含まれているのか、あるいは、燃料にアルコールが含まれているのかを判別できないときにステップ S_{105} において NO と判定され、ステップ S_{106} において、筒内圧 P に基づいて算出される燃焼速度パラメータが示すその燃料の気筒 $14'$ (図 1 参照) 内における燃焼速度と、予め設定された第 2 の閾値とが比較される。

さらに、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 5 に示す例では、その燃料の気筒 $14'$ 内における燃焼速度が第 2 の閾値よりも小さいときに、ステップ S_{106} において、 NO と判定され、その燃料に水が含まれていると判定される。

10

20

30

40

50

そのため、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図5に示す例では、燃料に水が含まれていることを正確に判定することができる。

つまり、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図5に示す例では、燃料に水が含まれているにもかかわらず、燃料にアルコールが含まれていると誤って判定されてしまうおそれを抑制することができる。

【0055】

上述したように、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図5に示す例では、ステップS107が実行された後のステップS108において、燃焼限界空気過剰率 w （図3（A）参照）を燃料噴射量フィードフォワード制御目標値とする燃料噴射量フィードフォワード制御、あるいは、燃焼限界燃焼速度パラメータの値 Csw' （図3（B）参照）を燃料噴射量フィードバック制御目標値とする燃料噴射量フィードバック制御、つまり、希薄燃焼運転を実行するための燃料噴射量制御が実行されるが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、ステップS107が実行された後に、希薄燃焼運転を実行せず、例えばストイキ燃焼運転を実行することもできる。

また、上述したように、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図5に示す例では、ステップS107において実行される燃料に水が含まれている旨の判定処理として、報知装置48（図1参照）が作動せしめられるが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、例えば、燃料に水が含まれていても、燃料噴射量制御目標値を変更することによって正常な運転を継続可能な場合に、ステップS107において報知装置48を作動させなくてもよい。この場合には、代わりに、例えば、ステップS107において燃料に水が含まれている旨のフラグを立てる処理を実行してもよい。

【0056】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図5に示す例では、ステップS108において、過渡運転時の燃料噴射量フィードフォワード制御目標値として、図3（A）に直線L1で示す第1の関係から得られる燃焼限界空気過剰率が用いられ、定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御目標値として、図3（B）に直線L2で示す第2の関係から得られる燃焼限界燃焼速度パラメータの値が用いられるが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、ステップS108において、過渡運転時の燃料噴射量フィードフォワード制御目標値として、図3（A）に直線L1で示す第1の関係から得られる燃焼限界空気過剰率とは異なる値を用いたり、定常運転時の燃料噴射量フィードバック制御目標値として、図3（B）に直線L2で示す第2の関係から得られる燃焼限界燃焼速度パラメータの値とは異なる値を用いたりすることもできる。

【0057】

さらに、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図1に示す例では、エミッションを向上させるためのEGR運転を実行することができる。

詳細には、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料に水が含まれているか否かを正確に判定するために、上述した燃料噴射量制御の代わりに、後述するEGRバルブ制御を実行することもできる。

【0058】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、EGRバルブ38（図1参照）の開度を制御するEGRバルブ制御部40gがECU40に設けられている。

詳細には、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、EGR運転が実行される場合、例えば内燃機関10（図1参照）の過渡運転時に、EGRバルブ制御部40gによって、EGRバルブフィードフォワード制御が実行される。内燃機関10の過渡運転時には、燃焼限界EGR率算出部40eによって算出される燃焼限界EGR率が、EGRバルブフィードフォワード制御の目標値として用いられる。燃焼限界EGR率は、燃焼限界に対応するEGR率（すなわち、燃焼が悪化しない範囲内で、できるだけ大きい値に設定されたEGR率）を示す。つまり、内燃機関10の過渡運転時には、EGRバルブ制御部40gによって、燃焼限界EGR率に基づくEGRバルブフィードフォ

ワード制御が実行される。

さらに、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、EGR運転が実行される場合、例えば内燃機関10の定常運転時に、EGRバルブ制御部40gによって、EGRバルブフィードバック制御が実行される。内燃機関10の定常運転時には、燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部40fによって算出される燃焼限界燃焼速度パラメータが、EGRバルブフィードバック制御の目標値として用いられる。燃焼限界燃焼速度パラメータは、燃焼限界に対応する気筒14'（図1参照）内における燃料の燃焼速度（すなわち、燃焼が悪化しない範囲内で、EGR率ができるだけ大きい値に設定された状態における燃料の燃焼速度）を示す。つまり、内燃機関10の定常運転時には、EGRバルブ制御部40gによって、燃焼限界燃焼速度パラメータに基づくEGRバルブフィードバック制御が実行される。

10

【0059】

図7は第1の実施形態の内燃機関の制御装置に適用される燃焼速度パラメータと燃焼限界EGR率との関係などを示した図である。詳細には、図7(A)は第1の実施形態の内燃機関の制御装置に適用される燃焼速度パラメータと燃焼限界EGR率との関係を示しており、図7(B)は第1の実施形態の内燃機関の制御装置に適用される燃焼速度パラメータと燃焼限界燃焼速度パラメータとの関係を示している。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図7(A)に示す例では、直線L3で示すように、気筒14'（図1参照）内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど、過渡運転時のEGRバルブフィードフォワード制御目標値とすべき燃焼限界EGR率の値が大きくなる。

20

【0060】

詳細には、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、図7(A)に示すように、燃料噴射弁26（図1参照）から噴射される燃料の性状の変化に伴って気筒14'（図1参照）内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータが例えば値CSaから値CSrefに変化するときに、直線L3で示す第3の関係に基づき、例えば燃焼限界EGR率算出部40e（図2参照）によって、過渡運転時のEGRバルブフィードフォワード制御目標値である燃焼限界EGR率が値EGRaから値EGRrefに変更される。

そのため、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料噴射弁26から噴射される燃料の性状の変化に伴って燃焼速度パラメータが例えば値CSaから値CSrefに変化するときに過渡運転時のEGRバルブフィードフォワード制御目標値である燃焼限界EGR率が値EGRaに維持されることに伴って、EGR過渡運転中に燃焼が悪化してしまうおそれを抑制することができる。

30

【0061】

また、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、図7(A)に示すように、燃料噴射弁26（図1参照）から噴射される燃料の性状の変化に伴って気筒14'（図1参照）内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータが例えば値CSrefから値CSaに変化するときに、直線L3で示す第3の関係に基づき、例えば燃焼限界EGR率算出部40e（図2参照）によって、過渡運転時のEGRバルブフィードフォワード制御目標値である燃焼限界EGR率が値EGRrefから値EGRaに変更される。

40

そのため、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料噴射弁26から噴射される燃料の性状の変化に伴って燃焼速度パラメータが例えば値CSrefから値CSaに変化するときに過渡運転時のEGRバルブフィードフォワード制御目標値である燃焼限界EGR率が値EGRrefに維持されることに伴って、EGR過渡運転中のエミッションが悪化してしまうおそれを抑制することができる。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、直線L3（図7(A)参照）で示す第3の関係が、例えば実験などによって予め求められ、例えば燃焼限界EGR率算出部40eの記憶部40e1に格納されている。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図7(A)に示す例では、気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど燃焼限界EGR率が大きくなる第3の関係

50

を示すものとして、例えば近似された直線 L 3 が用いられているが、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、気筒 1 4 ' 内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど燃焼限界 E G R 率が大きくなる第 3 の関係を示すものとして、例えばマップなどのような直線以外の任意のものを用いることもできる。

【 0 0 6 2 】

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 2 に示す例では、過渡運転時の E G R バルブフィードフォワード制御の実行時に、現在の E G R 率が、過渡運転時の E G R バルブフィードフォワード制御目標値である燃焼限界 E G R 率より小さいとき、現在の E G R 率が目標値まで増加するように、例えば E G R バルブ制御部 4 0 g によって、E G R バルブ 3 8 (図 1 参照) の開度が増加せしめられる。一方、過渡運転時の E G R バルブフィードフォワード制御の実行時に、現在の E G R 率が目標値より大きいとき、現在の E G R 率が目標値まで減少するように、例えば E G R バルブ制御部 4 0 g によって、E G R バルブ 3 8 の開度が減少せしめられる。

10

【 0 0 6 3 】

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 2 に示す例では、例えば特開 2 0 0 1 - 1 6 4 9 9 号公報の段落 0 1 6 5 から段落 0 1 6 7 に記載された手法によって、現在の E G R 率を算出することができる。詳細には、この例では、E G R 率が、例えば、内燃機関 1 0 (図 1 参照) に吸入される吸気の総量 (内燃機関 1 0 に吸入される新気の量と E G R ガスの量との総和) と、エアフローメータ 4 4 (図 1 参照) によって検出される新気の量とに基づいて算出される。具体的には、内燃機関 1 0 に吸入される吸気の総量が、例えば、吸気通路 1 6 (図 1 参照) に配置された圧力センサ (図示せず) によって検出される吸気圧と、内燃機関 1 0 の固有の吸気管ベース充填効率とを積算することによって算出される。吸気管ベース充填効率は、エンジン回転速度の関数として表されるか、あるいは、例えば実験などによって予め求められる。

20

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、例えば特許第 5 6 0 1 2 3 2 号公報の段落 0 0 2 9 に記載された手法により、筒内圧センサ 3 0 (図 1 参照) によって検出された筒内圧 P を利用し、現在の E G R 率を算出することもできる。

【 0 0 6 4 】

さらに、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 7 (B) に示す例では、直線 L 4 で示すように、非燃焼限界時における気筒 1 4 ' (図 1 参照) 内の燃料の燃焼速度 (図 7 (B) の横軸参照) が大きくなるほど、燃焼限界時 (詳細には、燃焼限界まで E G R 率を大きくした時) における気筒 1 4 ' 内の燃料の燃焼速度 (図 7 (B) の縦軸参照) も大きくなる。

30

【 0 0 6 5 】

詳細には、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置では、図 7 (B) に示すように、燃料噴射弁 2 6 (図 1 参照) から噴射される燃料の性状の変化に伴って気筒 1 4 ' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ (図 7 (B) の横軸参照) が例えば値 C S a から値 C S r e f に変化するとき、直線 L 4 で示す第 4 の関係に基づき、例えば燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部 4 0 f (図 2 参照) によって、定常運転時の E G R バルブフィードバック制御目標値である燃焼限界 (詳細には、E G R 率が大きいことによる燃焼限界) に対応する気筒 1 4 ' 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼限界燃焼速度パラメータ (図 7 (B) の縦軸参照) が値 C S a " から値 C S r e f " に変更される。

40

そのため、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料噴射弁 2 6 から噴射される燃料の性状の変化に伴って燃焼速度パラメータ (図 7 (B) の横軸参照) が例えば値 C S a から値 C S r e f に変化するとき定常運転時の E G R バルブフィードバック制御目標値である燃焼限界燃焼速度パラメータ (図 7 (B) の縦軸参照) が値 C S a " に維持されることに伴って、E G R 定常運転中に燃焼が悪化してしまうおそれを抑制することができる。

【 0 0 6 6 】

50

また、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、図7(B)に示すように、燃料噴射弁26(図1参照)から噴射される燃料の性状の変化に伴って気筒14'(図1参照)内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ(図7(B)の横軸参照)が例えば値CSrefから値CSaに変化するときに、直線L4で示す第4の関係に基づき、例えば燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部40f(図2参照)によって、定常運転時のEGRバルブフィードバック制御目標値である燃焼限界燃焼速度パラメータ(図7(B)の縦軸参照)が値CSref"から値CSa"に変更される。

そのため、第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、燃料噴射弁26から噴射される燃料の性状の変化に伴って燃焼速度パラメータ(図7(B)の横軸参照)が例えば値CSrefから値CSaに変化するときに定常運転時のEGRバルブフィードバック制御目標値である燃焼限界燃焼速度パラメータ(図7(B)の縦軸参照)が値CSref"に維持されることに伴って、EGR定常運転中のエミッションが悪化してしまうおそれを抑制することができる。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、直線L4(図7(B)参照)で示す第4の関係が、例えば実験などによって予め求められ、例えば燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部40fの記憶部40f1に格納されている。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図7(B)に示す例では、気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど燃焼限界に対応する気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなる第4の関係を示すものとして、例えば近似された直線L4が用いられているが、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなるほど燃焼限界に対応する気筒14'内における燃料の燃焼速度が大きくなる第4の関係を示すものとして、例えばマップなどのような直線以外の任意のものを用いることもできる。

【0067】

第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図2に示す例では、定常運転時のEGRバルブフィードバック制御の実行中、燃焼速度パラメータ算出部40a1によって算出される燃焼速度パラメータに対応する実際の燃焼速度が、定常運転時のEGRバルブフィードバック制御目標値である燃焼限界燃焼速度パラメータに対応する目標燃焼速度より小さいとき、実際の燃焼速度を目標燃焼速度まで増加させるために、例えば、EGRバルブ制御部40gによって、EGRバルブ38(図1参照)の開度が減少せしめられる。一方、定常運転時のEGRバルブフィードバック制御の実行中、実際の燃焼速度が目標燃焼速度より大きいとき、実際の燃焼速度を目標燃焼速度まで減少させるために、例えば、EGRバルブ制御部40gによって、EGRバルブ38の開度が増加せしめられる。

【0068】

図8は第1の実施形態の内燃機関の制御装置によって実行されるEGRバルブ制御を説明するためのフローチャートである。

第1の実施形態の内燃機関の制御装置では、例えば内燃機関10(図1参照)の運転中に、図8に示す処理を実行することができる。図8に示す処理が開始されると、ステップS200において、燃料性状学習を実施する必要があるか否かが、例えばECU40(図1および図2参照)によって判定される。

例えば給油が実施されたときには、燃料噴射弁26(図1参照)から噴射される燃料の性状が変化する可能性が高い。この点に鑑み、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図8に示す例では、給油が実施されたときに、ステップS200においてYESと判定される。

また、内燃機関10の停止期間が長くなると、燃料が重質化し、燃料噴射弁26から噴射される燃料の性状が変化する可能性が高くなる。この点に鑑み、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図8に示す例では、例えば、内燃機関10の前の停止時から、燃料噴射弁26から噴射される燃料の性状が変化する可能性が高くなる予め設定された期間が経過したときに、ステップS200においてYESと判定される。

ステップS200においてYESと判定されたときにはステップS101に進み、ステ

10

20

30

40

50

ステップ S 2 0 0 において N O と判定されたときにはステップ S 2 0 8 に進む。

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 8 に示す例では、内燃機関 1 0 の前回の停止時以降の経過期間に基づいて、燃料噴射弁 2 6 から噴射される燃料の性状が変化したか否かが推定されるが、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、前回の給油実施時以降の経過期間に基づいて、燃料噴射弁 2 6 から噴射される燃料の性状が変化したか否かを推定することもできる。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 1 0 1 では、図 5 のステップ S 1 0 1 と同様の処理が実行される。

次いで、ステップ S 2 0 2 では、燃料性状学習用の状態の設定が可能か否かが、例えば E C U 4 0 (図 1 および図 2 参照) によって判定される。

つまり、ステップ S 2 0 2 では、筒内圧 P に基づいて気筒 1 4 ' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを算出して燃料性状学習を実施するために、E G R バルブフィードバック制御目標値として E G R 率がゼロよりも大きい予め設定された値に固定された状態で E G R バルブフィードバック制御を実行することができるか否かが判定される。

Y E S のときにはステップ S 2 0 3 に進み、N O のときにはステップ S 2 0 8 に進む。例えば、内燃機関 1 0 (図 1 参照) の過渡運転時には、ステップ S 2 0 2 において N O と判定され、燃料性状学習が実施されない。

【 0 0 7 0 】

ステップ S 2 0 3 では、例えば燃料性状学習部 4 0 a (図 2 参照) によって、燃料性状学習用の状態の設定が実行される。

つまり、ステップ S 2 0 3 では、筒内圧 P に基づいて気筒 1 4 ' (図 1 参照) 内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータを算出して燃料性状学習を実施するために、E G R バルブフィードバック制御目標値として E G R 率がゼロよりも大きい予め設定された値に固定された状態で、E G R バルブ制御部 4 0 g (図 2 参照) によって、E G R バルブフィードバック制御が実行される。

次いで、ステップ S 2 0 4 では、その E G R バルブフィードバック制御が実行されている状態で、燃料性状学習部 4 0 a によって、燃料噴射弁 2 6 (図 1 参照) から噴射される燃料の性状の学習が実施される。

詳細には、ステップ S 2 0 4 では、その E G R バルブフィードバック制御が実行されている状態で、燃料性状学習部 4 0 a の燃焼速度パラメータ算出部 4 0 a 1 (図 2 参照) によって、例えば点火時期に相当するクランク角 (S A) から、燃焼質量割合 M F B が例えば 1 0 % になるときのクランク角 (C A 1 0) になるまでの期間であるクランク角期間 (S A - C A 1 0) 、発熱率 (d Q / d) の例えば最大値などのような、気筒 1 4 ' 内における燃料 (つまり、学習の対象となっている燃料) の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ (図 7 (A) および図 7 (B) の横軸参照) が筒内圧 P に基づいて算出される。

図 7 (A) および図 7 (B) に示す例では、燃料に水もアルコールも含まれていない場合にステップ S 2 0 4 において例えば燃焼速度パラメータの値 C S r e f が算出され、燃料に水が含まれている場合にステップ S 2 0 4 において例えば燃焼速度パラメータの値 C S w が算出され、燃料にアルコールが含まれている場合にステップ S 2 0 4 において例えば燃焼速度パラメータの値 C S a が算出される。

すなわち、燃料にアルコールが含まれている場合には、燃料に水もアルコールも含まれていない場合よりも、燃料の燃焼速度が大きくなる。一方、燃料に含まれている水は気筒 1 4 ' 内において不活性ガスとして作用するため、燃料に水が含まれている場合には、燃料に水もアルコールも含まれていない場合よりも、燃料の燃焼速度が小さくなる。

【 0 0 7 1 】

次いで、ステップ S 1 0 5 では、図 5 のステップ S 1 0 5 と同様の処理が実行される。

燃料の静電容量 C が第 1 の閾値 C t (図 6 (A) 参照) 以下であるときには、ステップ S 1 0 5 において Y E S と判定されてステップ S 2 0 8 に進む。一方、燃料の静電容量 C が第 1 の閾値 C t より大きいときには、ステップ S 1 0 5 において N O と判定されてステ

10

20

30

40

50

ップS 106に進む。

図7(A)および図7(B)に示す例では、燃料に水もアルコールも含まれておらず、燃焼速度パラメータの値 CS_{ref} が算出される場合に、ステップS 105においてYESと判定される。燃料に水が含まれており、燃焼速度パラメータの値 CS_w が算出される場合に、ステップS 105においてNOと判定される。また、燃料にアルコールが含まれており、燃焼速度パラメータの値 CS_a が算出される場合にも、ステップS 105においてNOと判定される。

【0072】

ステップS 106では、図5のステップS 106と同様の処理が実行される。

詳細には、学習の対象となっている燃料の気筒14'内における燃焼速度が第2の閾値以上であるときには、ステップS 106においてYESと判定され、つまり、学習の対象となっている燃料に水が含まれていないと燃料性状判定部40h(図2参照)によって判定され、ステップS 208に進む。一方、学習の対象となっている燃料の気筒14'内における燃焼速度が第2の閾値より小さいときには、ステップS 106においてNOと判定され、つまり、学習の対象となっている燃料に水が含まれていると燃料性状判定部40hによって判定され、ステップS 107に進む。

10

図7(A)および図7(B)に示す例では、燃料に水が含まれており、燃焼速度パラメータの値 CS_w が算出される場合に、ステップS 106においてNOと判定される。一方、燃料にアルコールが含まれており、燃焼速度パラメータの値 CS_a が算出される場合に、ステップS 106においてYESと判定される。

20

【0073】

ステップS 107では、図5のステップS 107と同様の処理が実行され、ステップS 208に進む。

ステップS 208では、EGRバルブ制御部40g(図2参照)によって、EGRバルブ制御が実行される。

詳細には、内燃機関10(図1参照)の過渡運転時には、ステップS 208において、例えば、ステップS 204において算出された気筒14'(図1参照)内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ(図7(A)の横軸参照)の値と、図7(A)に直線L3で示す第3の関係とから得られる燃焼限界EGR率(図7(A)の縦軸参照)をEGRバルブフィードフォワード制御目標値とするEGRバルブフィードフォワード制御が、EGRバルブ制御部40gによって実行される。

30

【0074】

具体的には、図7(A)に示す例では、ステップS 204において気筒14'(図1参照)内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値 CS_{ref} (図7(A)参照)が算出される場合、上述したようにステップS 105においてYESと判定され、次いで、ステップS 208において、内燃機関10(図1参照)の過渡運転時に、燃焼速度パラメータの値 CS_{ref} に対応する燃焼限界EGR率 EGR_{ref} (図7(A)参照)をEGRバルブフィードフォワード制御目標値とするEGRバルブフィードフォワード制御が、EGRバルブ制御部40g(図2参照)によって実行される。

また、図7(A)に示す例では、ステップS 204において気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値 CS_a (図7(A)参照)が算出される場合、上述したようにステップS 105においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS 106においてYESと判定され、次いで、ステップS 208において、内燃機関10の過渡運転時に、燃焼速度パラメータの値 CS_a に対応する燃焼限界EGR率 EGR_a (図7(A)参照)をEGRバルブフィードフォワード制御目標値とするEGRバルブフィードフォワード制御が、EGRバルブ制御部40gによって実行される。

40

あるいは、図7(A)に示す例では、ステップS 204において気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値 CS_w (図7(A)参照)が算出される場合、上述したようにステップS 105においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS 106においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS 107が

50

実行され、次いで、ステップS208において、内燃機関10の過渡運転時に、燃焼速度パラメータの値CSWに対応する燃焼限界EGR率EGRW(図7(A)参照)をEGRバルブフィードフォワード制御目標値とするEGRバルブフィードフォワード制御が、EGRバルブ制御部40gによって実行される。

【0075】

さらに、内燃機関10(図1参照)の定常運転時には、ステップS208において、例えば、ステップS204において算出された気筒14'(図1参照)内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータ(図7(B)の横軸参照)の値と、図7(B)に直線L4で示す第4の関係とから得られる燃焼限界燃焼速度パラメータ(図7(B)の縦軸参照)の値をEGRバルブフィードバック制御目標値とするEGRバルブフィードバック制御が、EGRバルブ制御部40g(図2参照)によって実行される。

10

【0076】

具体的には、図7(B)に示す例では、ステップS204において気筒14'(図1参照)内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値CSref(図7(B)参照)が算出される場合、上述したようにステップS105においてYESと判定され、次いで、ステップS208において、内燃機関10(図1参照)の定常運転時に、燃焼速度パラメータの値CSrefに対応する燃焼限界燃焼速度パラメータの値CSref"(図7(B)参照)をEGRバルブフィードバック制御目標値とするEGRバルブフィードバック制御が、EGRバルブ制御部40g(図2参照)によって実行される。

また、図7(B)に示す例では、ステップS204において気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値CSa(図7(B)参照)が算出される場合、上述したようにステップS105においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS106においてYESと判定され、次いで、ステップS208において、内燃機関10の定常運転時に、燃焼速度パラメータの値CSaに対応する燃焼限界燃焼速度パラメータの値CSa"(図7(B)参照)をEGRバルブフィードバック制御目標値とするEGRバルブフィードバック制御が、EGRバルブ制御部40gによって実行される。

20

あるいは、図7(B)に示す例では、ステップS204において気筒14'内における燃料の燃焼速度を示す燃焼速度パラメータの値CSW(図7(B)参照)が算出される場合、上述したようにステップS105においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS106においてNOと判定され、次いで、上述したようにステップS107が実行され、次いで、ステップS208において、内燃機関10の定常運転時に、燃焼速度パラメータの値CSWに対応する燃焼限界燃焼速度パラメータの値CSW"(図7(B)参照)をEGRバルブフィードバック制御目標値とするEGRバルブフィードバック制御が、EGRバルブ制御部40gによって実行される。

30

【0077】

上述したように、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図8に示す例では、燃料の静電容量が予め設定された第1の閾値Ct(図6(A)参照)より大きいとき、つまり、燃料に水が含まれている可能性と燃料にアルコールが含まれている可能性とが存在し、燃料に水が含まれているのか、あるいは、燃料にアルコールが含まれているのかを判別できないときにステップS105においてNOと判定され、ステップS106において、筒内圧Pに基づいて算出される燃焼速度パラメータが示すその燃料の気筒14'(図1参照)内における燃焼速度と、予め設定された第2の閾値とが比較される。

40

さらに、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図8に示す例では、その燃料の気筒14'内における燃焼速度が第2の閾値よりも小さいときに、ステップS106において、NOと判定され、その燃料に水が含まれていると判定される。

そのため、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図8に示す例では、燃料に水が含まれていることを正確に判定することができる。

つまり、第1の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図8に示す例では、燃料に水が含まれているにもかかわらず、燃料にアルコールが含まれていると誤って判定されてしまうおそれを抑制することができる。

50

【 0 0 7 8 】

上述したように、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 8 に示す例では、ステップ S 1 0 7 が実行された後のステップ S 2 0 8 において、燃焼限界 E G R 率 E G R w (図 7 (A) 参照) を E G R バルブフィードフォワード制御目標値とする E G R バルブフィードフォワード制御、あるいは、燃焼限界燃焼速度パラメータの値 C S w " (図 7 (B) 参照) を E G R バルブフィードバック制御目標値とする E G R バルブフィードバック制御、つまり、燃焼が悪化しない範囲内で E G R 率ができるだけ大きい値になる E G R 運転を実行するための E G R バルブ制御が実行されるが、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、ステップ S 1 0 7 が実行された後に、E G R 運転を実行せず、例えば E G R カットを実行することもできる。

10

また、上述したように、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 8 に示す例では、ステップ S 1 0 7 において実行される燃料に水が含まれている旨の判定処理として、報知装置 4 8 (図 1 参照) が作動せしめられるが、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、例えば、燃料に水が含まれていても、E G R バルブ制御目標値を変更することによって正常な運転を継続可能な場合に、ステップ S 1 0 7 において報知装置 4 8 を作動させなくてもよい。この場合には、代わりに、例えば、ステップ S 1 0 7 において燃料に水が含まれている旨のフラグを立てる処理を実行してもよい。

【 0 0 7 9 】

第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された図 8 に示す例では、ステップ S 2 0 8 において、過渡運転時の E G R バルブフィードフォワード制御目標値として、図 7 (A) に直線 L 3 で示す第 3 の関係から得られる燃焼限界 E G R 率が用いられ、定常運転時の E G R バルブフィードバック制御目標値として、図 7 (B) に直線 L 4 で示す第 4 の関係から得られる燃焼限界燃焼速度パラメータの値が用いられるが、第 1 の実施形態の内燃機関の制御装置が適用された他の例では、代わりに、ステップ S 2 0 8 において、過渡運転時の E G R バルブフィードフォワード制御目標値として、図 7 (A) に直線 L 3 で示す第 3 の関係から得られる燃焼限界 E G R 率とは異なる値を用いたり、定常運転時の E G R バルブフィードバック制御目標値として、図 7 (B) に直線 L 4 で示す第 4 の関係から得られる燃焼限界燃焼速度パラメータの値とは異なる値を用いたりすることもできる。

20

【 0 0 8 0 】

第 2 の実施形態では、上述した第 1 の実施形態および各例を適宜組み合わせること

30

【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

- 1 0 内燃機関
- 1 2 ピストン
- 1 4 燃焼室
- 1 4 ' 気筒
- 1 6 吸気通路
- 1 8 排気通路
- 2 0 吸気弁
- 2 2 排気弁
- 2 4 スロットルバルブ
- 2 6 燃料噴射弁
- 2 8 点火プラグ
- 3 0 筒内圧センサ
- 3 2 空気過剰率センサ
- 3 4 a 三元触媒
- 3 4 b N O x 吸蔵還元触媒
- 3 4 c N O x 選択還元触媒
- 3 6 E G R 通路

40

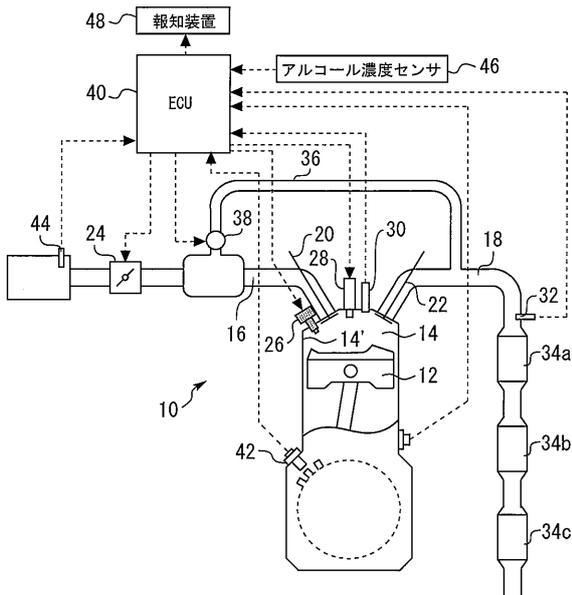
50

- 38 EGRバルブ
- 40 ECU
- 40a 燃料性状学習部
- 40a1 燃焼速度パラメータ算出部
- 40b 燃焼限界空気過剰率算出部
- 40b1 記憶部
- 40c 燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部
- 40c1 記憶部
- 40d 燃料噴射量制御部
- 40e 燃焼限界EGR率算出部
- 40e1 記憶部
- 40f 燃焼限界燃焼速度パラメータ算出部
- 40f1 記憶部
- 40g EGRバルブ制御部
- 40h 燃料性状判定部
- 42 クランク角センサ
- 44 エアフローメータ
- 46 アルコール濃度センサ
- 46a、46b 電極
- 46c 電源

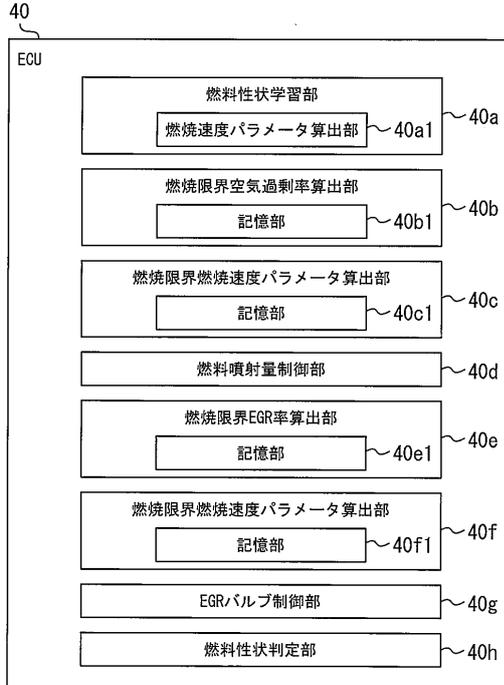
10

20

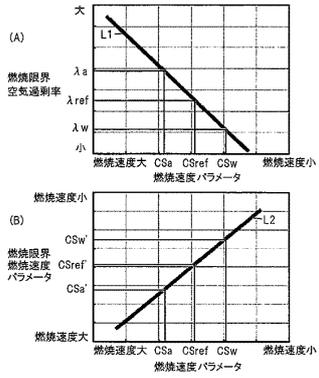
【図1】



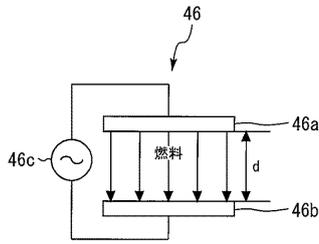
【図2】



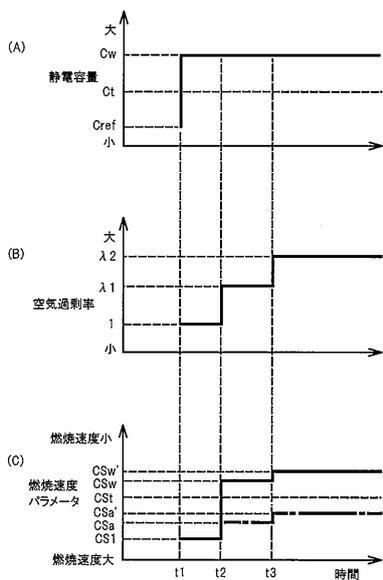
【図3】



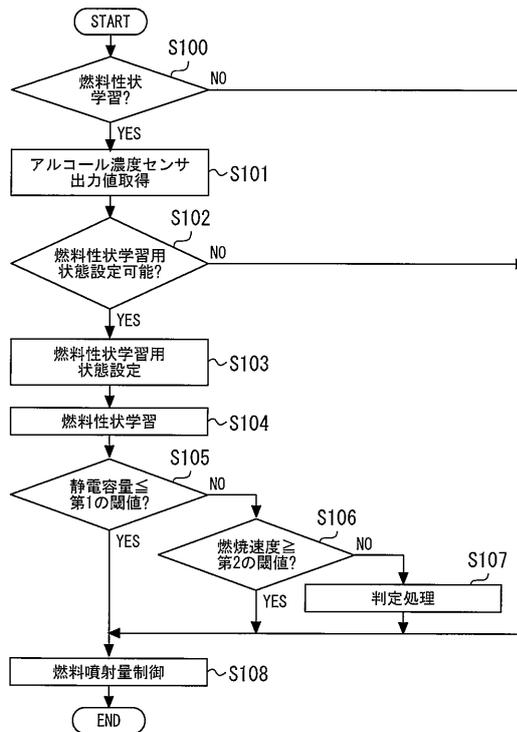
【図4】



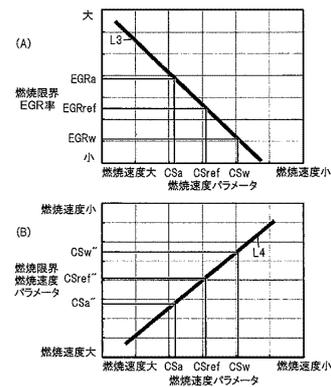
【図6】



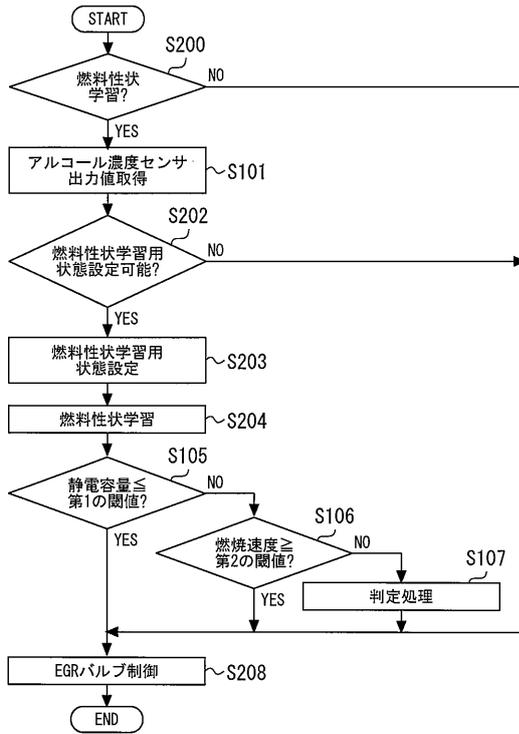
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 D 41/22 3 2 5 Z

(72)発明者 溝口 紘晶
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 入澤 泰之
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 林 雅典
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 佐々木 淳

(56)参考文献 特開2009-235909(JP,A)
特開2012-036761(JP,A)
特開2007-198198(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 2 D 4 1 / 0 2 - 4 5 / 0 0