

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年9月27日(27.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/127574 A1

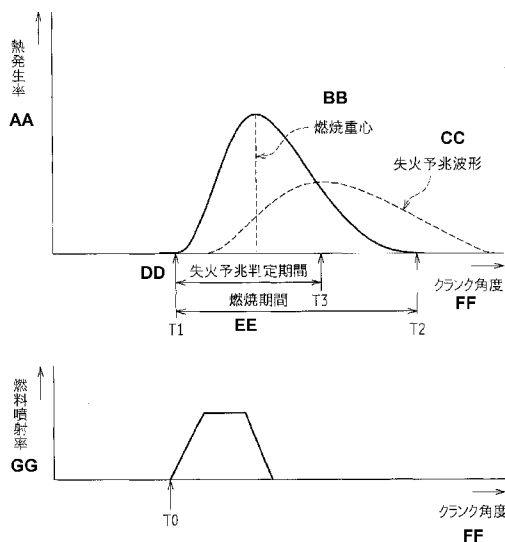
- (51) 国際特許分類:
F02D 45/00 (2006.01) *F02D 41/38* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/056599
- (22) 国際出願日: 2011年3月18日(18.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 灘 光博 (NADA Mitsuhiro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人あーく特許事務所 (ARC PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満4丁目14番3号住友生命御堂筋ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置

[図5]



AA Rate of heat release
BB Median point of combustion
CC Misfire prediction waveform
DD Misfire prediction assessment period
EE Combustion period
FF Crank angle
GG Fuel injection rate

(57) Abstract: The threshold rate of heat release for misfire prediction, which is the amount of heat released per unit volume of fuel assigned to each misfire prediction assessment period set during a fuel combustion period, is compared with the actual rate of heat release, which is the actual amount of heat released per unit volume of fuel in each misfire prediction assessment period. If the actual rate of heat release has not reached the threshold rate of heat release for misfire prediction, there is deemed to be a prediction of misfire within the combustion chamber, and at least one of the following is carried out: correction to increase the quantity of fuel injected; correction to the fuel injection timing; or staging of the number of fuel injections.

(57) 要約: 燃料の燃焼期間中に設定された失火予兆判定時期毎に割り当てられた燃料の単位体積当たりの発生熱量である失火予兆熱発生効率閾値と、各失火予兆判定時期における実際の燃料の単位体積当たりの発生熱量である実熱発生効率とを比較し、この実熱発生効率が失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定して、燃料噴射量の増量補正、燃料噴射タイミングの進角補正、燃料噴射回数

WO 2012/127574 A1

WO 2012/127574 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称 : 内燃機関の制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、ディーゼルエンジンに代表される圧縮自着火式の内燃機関の制御装置に係る。特に、本発明は、燃焼室内での失火発生の予兆を認識するための対策、及び、失火の発生を回避（予防）するための対策に関する。

背景技術

[0002] 従来、自動車用エンジン等として使用されるディーゼルエンジン（以下、単にエンジンと呼ぶ場合もある）において、燃焼室内での燃焼の安定性等を判断するために、燃焼状態の評価を行うことが提案されている（下記の特許文献 1 及び特許文献 2）。

[0003] この燃焼状態の評価手法として具体的には、燃焼室内での熱発生率（クランク軸の単位回転角度当たりの熱発生量）の変化である熱発生率波形や、燃焼重心位置（例えば熱発生率が最大となるクランク角度位置）を求め、熱発生率波形が理想的な波形となっているか否か、また、燃焼重心位置が適正な範囲内にあるか否かを判断することで燃焼室内での燃焼状態を評価するようにしていた。

[0004] 例えば、特許文献 1 には、筒内圧センサの出力信号に基づいて燃焼室内での燃焼に伴う熱発生率を計算し、この熱発生率の変化を示す熱発生率波形を利用して熱発生率のピーク値を求めることで、燃焼状態の評価を行うことが開示されている。また、特許文献 2 には、燃焼室内の圧力に基づいて逐次求められる熱発生率から、燃料の着火時期、熱発生率のピーク値、熱発生率積分値（発生した熱量を累積した絶対量）を求めることで、燃焼状態の評価を行うことが開示されている。

[0005] このような燃焼状態の評価手法を利用すれば、例えば燃焼室内での失火発生の予兆を認識することが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2006-183466号公報

特許文献2：特開平11-173201号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] このように、従来では、熱発生率波形等を用い、燃焼室内での燃焼状態を逐次モニタしながら、つまり、燃焼室内での熱発生量（燃焼室内で発生している熱の絶対量）をモニタしながら燃焼状態を評価していた。このため、熱発生率波形を作成して失火の予兆の有無を判断するためには、この熱発生率波形がどのように変化すれば失火の予兆があると判定できるのかといった判定基準を予め規定しておく必要がある。ところが、波形認識によって失火予兆の有無を判定する場合に、その判定基準を設定することは難しく、様々な失火発生パターン（燃料噴射量のずれによる失火発生パターン、酸素濃度の低下による失火発生パターン、酸素過剰率の低下による失火発生パターン、筒内温度の低下による失火発生パターンといった様々な失火発生パターン）を解析しながら、そのパターン毎に判定基準を設定していく必要があるため、この判定基準の作成に多大な労力が必要であった。

[0008] また、エンジンの種類毎及び燃料噴射量毎に個別に失火予兆判定のための判定基準を規定しておく必要がある。言い換えると、熱発生率波形がどのように変化すれば失火の予兆があると判定できるのかといった判定基準をエンジンの種類毎及び燃料噴射量毎に規定しておく必要がある。このように、これまで、種々のエンジン及び各燃料噴射量に共通した体系的な失火予兆判定のための判定基準については未だ確立されておらず、この体系的な失火予兆判定のための判定基準（失火予兆判定を行うために定量化された指標）の提案が求められていた。つまり、失火予兆判定のための基準値の定量化が求められていた。

[0009] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、圧縮自着火式の内燃機関における失火予兆判定が容易に行えると共に、

その判定に基づいて失火の予兆があると判定された場合には失火の発生を回避することが可能な内燃機関の制御装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 一課題の解決原理一

上記の目的を達成するために講じられた本発明の解決原理は、所定の失火予兆判定時期までの期間を対象として、失火予兆の判断基準となる燃料の単位体積当たりの発生熱量の閾値（失火予兆判定のための閾値；失火予兆熱発生効率閾値）を規定すると共に、その失火予兆判定時期までにおける実際の燃料の単位体積当たりの発生熱量（実熱発生効率）を求め、これらと比較して、実熱発生効率が失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、燃焼状態が悪化しており失火の予兆があると判断するようにしている。そして、失火の予兆があると判断された場合には、燃料噴射量の増量補正等の補正動作を実行するようにしている。

[0011] 一解決手段一

具体的に、本発明は、燃料噴射量指令値に従って燃料噴射弁から燃焼室内に向けて噴射された燃料の自着火による燃焼を行う圧縮自着火式の内燃機関の制御装置を前提とする。この内燃機関の制御装置に対し、上記噴射された燃料の燃焼期間内に失火予兆判定時期を予め設定する。また、上記噴射された燃料の燃焼期間の全期間における燃料の単位体積当たりの発生熱量の最大値である基準熱発生効率に対して、失火発生の予兆の有無の閾値となる所定の比率を乗算することで規定される失火予兆熱発生効率閾値を、上記失火予兆判定時期に予め割り当てておく。そして、上記噴射された燃料の燃焼によって上記失火予兆判定時期までに実際に発生した熱量を、上記燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を算出する実熱発生効率算出手段と、上記実熱発生効率が上記失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合に、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定する失火予兆判定手段とを設ける。

[0012] 燃焼室内において理想的な燃焼が行われている場合、上記失火予兆判定時

期における燃料の単位体積当たりの発生熱量（実熱発生効率）は上記失火予兆熱発生効率閾値に達している。これに対し、燃焼室内における燃焼状態が悪化している場合、上記実熱発生効率は上記失火予兆熱発生効率閾値に達しておらず、この場合、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定される。このような判定手法によれば、内燃機関の種類毎及び燃料噴射量毎に個別に失火発生の予兆の有無の判定基準を規定しておく必要がなくなり、種々の内燃機関及び各燃料噴射量に共通した体系的な失火発生の予兆の有無の判定基準を確立することが可能となる。このため、失火発生の予兆の有無の判定基準の定量化を図ることができて、判定動作の簡素化を図ることができる。

[0013] また、失火予兆熱発生効率閾値と実熱発生効率との比較（数値同士の比較）により失火発生の予兆の有無を判定することができるため、熱発生率波形の解析によって失火の予兆の有無を判定するものに対し、比較的簡単な演算により失火の予兆の有無の判定が可能になり、また、その判定基準の設定も容易である。

[0014] 失火の予兆の有無の判定動作として具体的には以下のものが挙げられる。つまり、上記失火予兆判定時期としては以下のように設定される。つまり、失火予兆判定時期を、上記噴射された燃料の燃焼期間内における複数の時期に設定し、各失火予兆判定時期それぞれに対して上記失火予兆熱発生効率閾値を予め割り当てておく。そして、上記各失火予兆判定時期において算出された上記実熱発生効率のうち一つでも、その失火予兆判定時期に割り当てられている失火予兆熱発生効率閾値に達していないものがある場合、上記失火予兆判定手段が、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定する構成としている。

[0015] このような失火の予兆の有無の判定動作によれば、例えば燃焼室内を予熱するための燃焼やトルク発生のための燃焼それぞれに対して失火の予兆の有無を個別に判定することが可能となる。例えば、燃焼室内の予熱が不十分であってトルク発生のための燃焼に失火が発生する可能性がある状況や、燃焼室内の予熱は十分であるもののトルク発生のための燃焼に失火が発生する可

能性がある状況などを判別することが可能になる。

[0016] また、燃料噴射形態として副噴射と主噴射とが実行される場合における失火の予兆の有無の判定動作としては以下のものが挙げられる。まず、上記燃料噴射弁から燃焼室内に向けての燃料噴射として、少なくとも、主噴射と、この主噴射に先立って行われる副噴射とが実行される場合に、副噴射によって噴射された燃料の燃焼が終了するまでに主噴射によって噴射された燃料の燃焼が開始される状況において、上記失火予兆判定時期を、副噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点から主噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点までの期間内、及び、主噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点からその燃焼の終了時点までの期間内においてそれぞれ設定するものである。

[0017] また、上記燃料噴射弁から燃焼室内に向けての燃料噴射として、少なくとも、主噴射と、この主噴射に先立って行われる副噴射とが実行される場合に、副噴射によって噴射された燃料の燃焼が終了した後に主噴射によって噴射された燃料の燃焼が開始される状況において、上記失火予兆判定時期を、副噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点からその燃焼の終了時点までの期間内、及び、主噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点からその燃焼の終了時点までの期間内においてそれぞれ設定するものである。

[0018] このように複数回の噴射が行われる際に、副噴射によって噴射された燃料の燃焼が終了した後に主噴射によって噴射された燃料の燃焼が開始される場合には、それぞれの燃焼状態を個別に評価することが可能になる。つまり、副噴射で噴射された燃料の燃焼における失火の予兆の有無の判定動作と、主噴射で噴射された燃料の燃焼における失火の予兆の有無の判定動作とを同一の燃焼行程中に行うことが可能になる。

[0019] また、失火の予兆が有ると判定された場合の動作として、上記実熱発生効率が上記失火予兆熱発生効率閾値に達しておらず、上記失火予兆判定手段が、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定した場合に、燃料噴射形態の補正を行う補正手段を設けている。

[0020] そして、この補正手段は、燃料噴射量の増量補正、燃料噴射タイミングの進角補正、燃料噴射回数の多段化のうち少なくとも一つを実行するよう構成している。

発明の効果

[0021] 本発明では、失火予兆の判断基準となる失火予兆熱発生効率閾値と実際の燃料の単位体積当たりの発生熱量である実熱発生効率とを比較し、実熱発生効率が失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、燃烧状態が悪化しており失火の予兆があると判断するようにしている。このため、内燃機関の種類毎及び燃料噴射量毎に個別に失火予兆の判定基準を規定しておく必要がなくなり、種々の内燃機関及び各燃料噴射量に共通した体系的な失火予兆の判定基準を確立することが可能となる。また、熱発生率波形の解析によって失火予兆の有無を判定するものに対し、比較的簡単な演算により失火予兆の有無を判定することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1] 図1は、実施形態に係るエンジン及びその制御システムの概略構成を示す図である。

[図2] 図2は、ディーゼルエンジンの燃焼室及びその周辺部を示す断面図である。

[図3] 図3は、ECU等の制御系の構成を示すブロック図である。

[図4] 図4は、燃焼行程時の熱発生率（クランク軸の単位回転角度当たりの熱発生量）の変化及び燃料噴射率（クランク軸の単位回転角度当たりの燃料噴射量）の変化をそれぞれ示す波形図である。

[図5] 図5は、失火予兆判定手法を説明するための熱発生率波形及び燃料噴射率波形の一例を示す図である。

[図6] 図6は、種々の燃料噴射量で燃焼室内において燃焼を行わせた場合の実験結果を示しており、図6（a）は各燃料噴射量毎の熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図6（b）は燃料噴射量と熱発生効率（燃料の単位体積当たりの発生熱量）との関係をそれぞれ示す図である。

[図7] 図7は、種々の燃料噴射圧力で燃焼室内において燃焼を行わせた場合の実験結果を示しており、図7（a）は各燃料噴射圧力毎の熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図7（b）は燃料噴射圧力と熱発生効率との関係をそれぞれ示す図である。

[図8] 図8は、種々の燃料噴射タイミングで燃焼室内において燃焼を行わせた場合の実験結果を示しており、図8（a）は各燃料噴射タイミング毎の熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図8（b）は燃料噴射タイミングと熱発生効率との関係をそれぞれ示す図である。

[図9] 図9は、種々の酸素過剰率で燃焼室内において燃焼を行わせた場合の実験結果を示しており、図9（a）は各酸素過剰率毎の熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図9（b）は酸素過剰率と熱発生効率との関係をそれぞれ示す図である。

[図10] 図10は、変形例1に係る失火予兆判定手法を説明するための熱発生率波形及び燃料噴射率波形の一例を示す図である。

[図11] 図11は、変形例1における失火予兆判定動作及び失火回避動作の手順を示すフローチャート図である。

[図12] 図12は、変形例2に係る失火予兆判定手法を説明するための熱発生率波形及び燃料噴射率波形の一例を示す図である。

[図13] 図13は、種々の燃焼状態における実験結果を示す図であって、図13（a）は熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図13（b）は累積熱量の変化波形をそれぞれ示す図である。

[図14] 図14は、種々の燃焼状態における実験結果を示す図であって、熱発生効率の変化波形を示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施形態は、自動車に搭載されたコモンレール式筒内直噴型多気筒（例えば直列4気筒）ディーゼルエンジン（圧縮自着火式内燃機関）に本発明を適用した場合について説明する。

[0024] ーエンジンの構成ー

先ず、本実施形態に係るディーゼルエンジン（以下、単にエンジンという）の概略構成について説明する。図１は本実施形態に係るエンジン１及びその制御システムの概略構成図である。また、図２は、ディーゼルエンジンの燃焼室３及びその周辺部を示す断面図である。

[0025] 図１に示すように、本実施形態に係るエンジン１は、燃料供給系２、燃焼室３、吸気系６、排気系７等を主要部とするディーゼルエンジンシステムとして構成されている。

[0026] 燃料供給系２は、サプライポンプ２１、コモンレール２２、インジェクタ（燃料噴射弁）２３、遮断弁２４、燃料添加弁２６、機関燃料通路２７、添加燃料通路２８等を備えて構成されている。

[0027] 上記サプライポンプ２１は、燃料タンクから燃料を汲み上げ、この汲み上げた燃料を高圧にした後、機関燃料通路２７を介してコモンレール２２に供給する。コモンレール２２は、サプライポンプ２１から供給された高圧燃料を所定圧力に保持（蓄圧）する蓄圧室としての機能を有し、この蓄圧した燃料を各インジェクタ２３に分配する。インジェクタ２３は、その内部に圧電素子（ピエゾ素子）を備え、適宜開弁して燃焼室３内に燃料を噴射供給するピエゾインジェクタにより構成されている。このインジェクタ２３からの燃料噴射制御の詳細については後述する。

[0028] また、上記サプライポンプ２１は、燃料タンクから汲み上げた燃料の一部を、添加燃料通路２８を介して燃料添加弁２６に供給する。添加燃料通路２８には、緊急時において添加燃料通路２８を遮断して燃料添加を停止するための上記遮断弁２４が備えられている。

[0029] また、上記燃料添加弁２６は、ＥＣＵ１００による添加制御動作によって排気系７への燃料添加量が目標添加量（排気Ａ／Ｆが目標Ａ／Ｆとなるような添加量）となるように、また、燃料添加タイミングが所定タイミングとなるように開弁時期が制御される電子制御式の開閉弁により構成されている。つまり、この燃料添加弁２６から所望の燃料が適宜のタイミングで排気系７

（排気ポート 7 1 から排気マニホールド 7 2）に噴射供給される構成となっている。

[0030] 吸気系 6 は、シリンダヘッド 1 5（図 2 参照）に形成された吸気ポート 1 5 a に接続される吸気マニホールド 6 3 を備え、この吸気マニホールド 6 3 に、吸気通路を構成する吸気管 6 4 が接続されている。また、この吸気通路には、上流側から順にエアクリーナ 6 5、エアフローメータ 4 3、スロットルバルブ（吸気絞り弁） 6 2 が配設されている。上記エアフローメータ 4 3 は、エアクリーナ 6 5 を介して吸気通路に流入される空気量に応じた電気信号を出力するようになっている。

[0031] また、この吸気系 6 には、燃焼室 3 内でのスワール流（水平方向の旋回流）を可変とするためのスワールコントロールバルブ（スワール速度可変機構） 6 6 が備えられている（図 2 参照）。具体的に、上記吸気ポート 1 5 a としては、ノーマルポート及びスワールポートの 2 系統が各気筒毎に備えられており、そのうち図 2 に示されているノーマルポート 1 5 a に、開度調整可能なバタフライバルブで成るスワールコントロールバルブ 6 6 が配置されている。このスワールコントロールバルブ 6 6 には図示しないアクチュエータが連繋されており、このアクチュエータの駆動によって調整されるスワールコントロールバルブ 6 6 の開度に応じてノーマルポート 1 5 a を通過する空気の流量が変更できるようになっている。そして、スワールコントロールバルブ 6 6 の開度が大きいほど、ノーマルポート 1 5 a から気筒内に吸入される空気量が増加する。このため、スワールポート（図 2 では図示省略）により発生したスワールは相対的に弱まり、気筒内は低スワール（スワール速度が低い状態）となる。逆に、スワールコントロールバルブ 6 6 の開度が小さいほど、ノーマルポート 1 5 a から気筒内に吸入される空気量が減少する。このため、スワールポートにより発生したスワールは相対的に強められ、気筒内は高スワール（スワール速度が高い状態）となる。

[0032] 排気系 7 は、シリンダヘッド 1 5 に形成された上記排気ポート 7 1 に接続される排気マニホールド 7 2 を備え、この排気マニホールド 7 2 に対して、

排気通路を構成する排気管 73, 74 が接続されている。また、この排気通路には、NO_x 吸蔵触媒（NSR 触媒：NO_x Storage Reduction 触媒）75 及びDPNR 触媒（Diesel Particulate-NO_x Reduction 触媒）76 を備えたマニバータ（排気浄化装置）77 が配設されている。以下、これら NSR 触媒 75 及びDPNR 触媒 76 について説明する。

[0033] NSR 触媒 75 は、吸蔵還元型 NO_x 触媒であって、例えばアルミナ（Al₂O₃）を担体とし、この担体上に例えばカリウム（K）、ナトリウム（Na）、リチウム（Li）、セシウム（Cs）のようなアルカリ金属、バリウム（Ba）、カルシウム（Ca）のようなアルカリ土類、ランタン（La）、イットリウム（Y）のような希土類と、白金（Pt）のような貴金属とが担持された構成となっている。

[0034] この NSR 触媒 75 は、排気中に多量の酸素が存在している状態においては NO_x を吸蔵し、排気中の酸素濃度が低く、かつ還元成分（例えば燃料の未燃成分（HC））が多量に存在している状態においては NO_x を NO₂ 若しくは NO に還元して放出する。NO₂ や NO として放出された NO_x は、排気中の HC や CO と速やかに反応することによってさらに還元されて N₂ となる。また、HC や CO は、NO₂ や NO を還元することで、自身は酸化されて H₂O や CO₂ となる。即ち、NSR 触媒 75 に導入される排気中の酸素濃度や HC 成分を適宜調整することにより、排気中の HC、CO、NO_x を浄化することができるようになっている。本実施形態のものでは、この排気中の酸素濃度や HC 成分の調整を上記燃料添加弁 26 からの燃料添加動作によって行うことが可能となっている。

[0035] 一方、DPNR 触媒 76 は、例えば多孔質セラミック構造体に NO_x 吸蔵還元型触媒を担持させたものであり、排気ガス中の PM は多孔質の壁を通過する際に捕集される。また、排気ガスの空燃比がリーンの場合、排気ガス中の NO_x は NO_x 吸蔵還元型触媒に吸蔵され、空燃比がリッチになると、吸蔵した NO_x は還元・放出される。さらに、DPNR 触媒 76 には、捕集し

たPMを酸化・燃焼する触媒（例えば白金等の貴金属を主成分とする酸化触媒）が担持されている。

[0036] ここで、ディーゼルエンジンの燃焼室3及びその周辺部の構成について、図2を用いて説明する。この図2に示すように、エンジン本体の一部を構成するシリンダブロック11には、各気筒（4気筒）毎に円筒状のシリンダボア12が形成されており、各シリンダボア12の内部にはピストン13が上下方向に摺動可能に收容されている。

[0037] ピストン13の頂面13aの上側には上記燃焼室3が形成されている。つまり、この燃焼室3は、シリンダブロック11の上部にガスケット14を介して取り付けられたシリンダヘッド15の下面と、シリンダボア12の内壁面と、ピストン13の頂面13aとにより区画形成されている。そして、ピストン13の頂面13aの略中央部には、キャビティ（凹陷部）13bが凹設されており、このキャビティ13bも燃焼室3の一部を構成している。

[0038] 尚、このキャビティ13bの形状としては、その中央部分（シリンダ中心線P上）では凹陷寸法が小さく、外周側に向かうに従って凹陷寸法が大きくなっている。つまり、図2に示すようにピストン13が圧縮上死点付近にある際、このキャビティ13bによって形成される燃焼室3としては、中央部分では比較的容積の小さい狭小空間とされ、外周側に向かって次第に空間が拡大される（拡大空間とされる）構成となっている。

[0039] 上記ピストン13は、コネクティングロッド18の小端部18aがピストンピン13cにより連結されており、このコネクティングロッド18の大端部はエンジン出力軸であるクランクシャフトに連結されている。これにより、シリンダボア12内でのピストン13の往復移動がコネクティングロッド18を介してクランクシャフトに伝達され、このクランクシャフトが回転することでエンジン出力が得られるようになっている。また、燃焼室3に向けてグロープラグ19が配設されている。このグロープラグ19は、エンジン1の始動直前に電流が流されることにより赤熱し、これに燃料噴霧の一部が吹きつけられることで着火・燃焼が促進される始動補助装置として機能する

。

[0040] 上記シリンダヘッド 15 には、燃焼室 3 へ空気を導入する上記吸気ポート 15a と、燃焼室 3 から排気ガスを排出する上記排気ポート 71 とがそれぞれ形成されていると共に、吸気ポート 15a を開閉する吸気バルブ 16 及び排気ポート 71 を開閉する排気バルブ 17 が配設されている。これら吸気バルブ 16 及び排気バルブ 17 はシリンダ中心線 P を挟んで対向配置されている。つまり、本エンジン 1 はクロスフロータイプとして構成されている。また、シリンダヘッド 15 には、燃焼室 3 の内部へ直接的に燃料を噴射する上記インジェクタ 23 が取り付けられている。このインジェクタ 23 は、シリンダ中心線 P に沿う起立姿勢で燃焼室 3 の略中央上部に配設されており、上記コモンレール 22 から導入される燃料を燃焼室 3 に向けて所定のタイミングで噴射するようになっている。

[0041] 更に、図 1 に示す如く、このエンジン 1 には、過給機（ターボチャージャ）5 が設けられている。このターボチャージャ 5 は、タービンシャフト 51 を介して連結されたタービンホイール 52 及びコンプレッサホイール 53 を備えている。コンプレッサホイール 53 は吸気管 64 内部に臨んで配置され、タービンホイール 52 は排気管 73 内部に臨んで配置されている。このためターボチャージャ 5 は、タービンホイール 52 が受ける排気流（排気圧）を利用してコンプレッサホイール 53 を回転させ、吸気圧を高めるといった所謂過給動作を行うようになっている。本実施形態におけるターボチャージャ 5 は、可変ノズル式ターボチャージャであって、タービンホイール 52 側に可変ノズルベーン機構（図示省略）が設けられており、この可変ノズルベーン機構の開度を調整することにより、エンジン 1 の過給圧を調整することができる。

[0042] 吸気系 6 の吸気管 64 には、ターボチャージャ 5 での過給によって昇温した吸入空気を強制冷却するためのインタークーラ 61 が設けられている。

[0043] このインタークーラ 61 よりも更に下流側に設けられた上記スロットルバルブ 62 は、その開度を無段階に調整することができる電子制御式の開閉弁

であり、所定の条件下において吸入空気の流路面積を絞り、この吸入空気の供給量を調整（低減）する機能を有している。

[0044] また、エンジン 1 には、吸気系 6 と排気系 7 とを接続する排気還流通路（EGR 通路）8 が設けられている。この EGR 通路 8 は、排気の一部を適宜吸気系 6 に還流させて燃焼室 3 へ再度供給することにより燃焼温度を低下させ、これによって NO_x 発生量を低減させるものである。また、この EGR 通路 8 には、電子制御によって無段階に開閉され、同通路を流れる排気流量を自在に調整することができる EGR バルブ 8 1 と、EGR 通路 8 を通過（還流）する排気を冷却するための EGR クーラ 8 2 とが設けられている。これら EGR 通路 8、EGR バルブ 8 1、EGR クーラ 8 2 等によって EGR 装置（排気還流装置）が構成されている。

[0045] ーセンサ類ー

エンジン 1 の各部位には、各種センサが取り付けられており、それぞれの部位の環境条件や、エンジン 1 の運転状態に関する信号を出力する。

[0046] 例えば、上記エアフローメータ 4 3 は、吸気系 6 内のスロットルバルブ 6 2 上流において吸入空気の流量（吸入空気量）に応じた検出信号を出力する。吸気温センサ 4 9 は、吸気マニホールド 6 3 に配置され、吸入空気の温度に応じた検出信号を出力する。吸気圧センサ 4 8 は、吸気マニホールド 6 3 に配置され、吸入空気圧力に応じた検出信号を出力する。A/F（空燃比）センサ 4 4 は、排気系 7 のマニバータ 7 7 の下流において排気中の酸素濃度に応じて連続的に変化する検出信号を出力する。排気温センサ 4 5 は、同じく排気系 7 のマニバータ 7 7 の下流において排気ガスの温度（排気温度）に応じた検出信号を出力する。レール圧センサ 4 1 はコモンレール 2 2 内に蓄えられている燃料の圧力に応じた検出信号を出力する。スロットル開度センサ 4 2 はスロットルバルブ 6 2 の開度を検出する。

[0047] ー ECUー

ECU 1 0 0 は、図 3 に示すように、CPU 1 0 1、ROM 1 0 2、RAM 1 0 3 及びバックアップ RAM 1 0 4などを備えている。ROM 1 0 2 は

、各種制御プログラムや、それら各種制御プログラムを実行する際に参照されるマップ等が記憶されている。CPU 101は、ROM 102に記憶された各種制御プログラムやマップに基づいて各種の演算処理を実行する。RAM 103は、CPU 101での演算結果や各センサから入力されたデータ等を一時的に記憶するメモリである。バックアップRAM 104は、例えばエンジン1の停止時にその保存すべきデータ等を記憶する不揮発性のメモリである。

[0048] 以上のCPU 101、ROM 102、RAM 103及びバックアップRAM 104は、バス107を介して互いに接続されるとともに、入力インターフェース105及び出力インターフェース106と接続されている。

[0049] 入力インターフェース105には、上記レール圧センサ41、スロットル開度センサ42、エアフローメータ43、A/Fセンサ44、排気温センサ45、吸気圧センサ48、吸気温センサ49が接続されている。さらに、この入力インターフェース105には、エンジン1の冷却水温に応じた検出信号を出力する水温センサ46、アクセルペダルの踏み込み量に応じた検出信号を出力するアクセル開度センサ47、エンジン1の出力軸（クランクシャフト）が一定角度回転する毎に検出信号（パルス）を出力するクランクポジションセンサ40、外気の圧力を検出する外気圧センサ4A、及び、筒内圧力を検出する筒内圧センサ4Bなどが接続されている。

[0050] 一方、出力インターフェース106には、上記サプライポンプ21、インジェクタ23、燃料添加弁26、スロットルバルブ62、スワールコントロールバルブ66、及び、EGRバルブ81などが接続されている。また、出力インターフェース106には、その他に、上記ターボチャージャ5の可変ノズルベーン機構に備えられたアクチュエータ（図示省略）も接続されている。

[0051] そして、ECU 100は、上記した各種センサからの出力、その出力値を利用する演算式により求められた演算値、または、上記ROM 102に記憶された各種マップに基づいて、エンジン1の各種制御を実行する。

- [0052] 例えば、ECU 100は、インジェクタ23の燃料噴射制御として、パイロット噴射（副噴射）とメイン噴射（主噴射）とを実行する。
- [0053] 上記パイロット噴射は、インジェクタ23からのメイン噴射に先立ち、予め少量の燃料を噴射する動作である。また、このパイロット噴射は、メイン噴射による燃料の着火遅れを抑制し、安定した拡散燃焼に導くための噴射動作であって、副噴射とも呼ばれる。また、本実施形態におけるパイロット噴射は、上述したメイン噴射による初期燃焼速度を抑制する機能ばかりでなく、気筒内温度を高める予熱機能をも有するものとなっている。つまり、このパイロット噴射の実行後、燃料噴射を一旦中断し、メイン噴射が開始されるまでの間に圧縮ガス温度（気筒内温度）を十分に高めて燃料の自着火温度（例えば1000K）に到達させるようにし、これによってメイン噴射で噴射される燃料の着火性を良好に確保するようにしている。
- [0054] 上記メイン噴射は、エンジン1のトルク発生のための噴射動作（トルク発生用燃料の供給動作）である。このメイン噴射での噴射量は、基本的には、エンジン回転数、アクセル操作量、冷却水温度、吸気温度等の運転状態に応じ、要求トルクが得られるように決定される。例えば、エンジン回転数（クランクポジションセンサ40の検出値に基づいて算出されるエンジン回転数）が高いほど、また、アクセル操作量（アクセル開度センサ47により検出されるアクセルペダルの踏み込み量）が大きいほど（アクセル開度が大きいほど）エンジン1のトルク要求値としては高く得られ、それに応じてメイン噴射での燃料噴射量としても多く設定されることになる。また、上記パイロット噴射によって気筒内の予熱が十分に行われている場合には、メイン噴射で噴射された燃料は、直ちに自着火温度以上の温度環境下に晒されて熱分解が進み、噴射後は直ちに燃焼が開始されることになる。
- [0055] 具体的に、ディーゼルエンジンにおける燃料の着火遅れとしては、物理的着火遅れと化学的着火遅れとがある。物理的着火遅れは、燃料液滴の蒸発・混合に要する時間であり、燃焼場のガス温度に左右される。一方、化学的着火遅れは、燃料蒸気の化学的結合・分解かつ酸化発熱に要する時間である。

そして、上述した如く気筒内の予熱が十分になされている状況では上記物理的着火遅れを最小限に抑えることができ、その結果、着火遅れも最小限に抑えられることになる。従って、メイン噴射によって噴射された燃料の燃焼形態としては、予混合燃焼が殆ど行われなくなり、大部分が拡散燃焼となる。その結果、メイン噴射の噴射タイミングを制御することがそのまま拡散燃焼の開始タイミングを制御することに略等しくなり、燃焼の制御性を大幅に改善することができる。つまり、メイン噴射で噴射された燃料の予混合燃焼の割合を最小限に抑えることで、メイン噴射での燃料噴射タイミング及び燃料噴射量を制御することによる着火時期及び熱発生量の制御によって燃焼の制御性を大幅に改善することが可能になる。

[0056] 尚、上述したパイロット噴射及びメイン噴射の他に、アフタ噴射やポスト噴射が必要に応じて行われる。アフタ噴射は、排気ガス温度を上昇させるための噴射動作である。具体的には、供給された燃料の燃焼エネルギーがエンジン1のトルクに変換されることなく、その大部分が排気の熱エネルギーとして得られるタイミングでアフタ噴射は実行される。また、ポスト噴射は、排気系7に燃料を直接的に導入して上記マニバータ77の昇温を図るための噴射動作である。例えば、DPNR触媒76に捕集されているPMの堆積量が所定量を超えた場合（例えばマニバータ77の前後の差圧を検出することにより検知）、ポスト噴射が実行されるようになっている。

[0057] また、ECU100は、エンジン1の運転状態に応じてEGRバルブ81の開度を制御し、吸気マニホールド63に向けての排気還流量（EGR量）を調整する。このEGR量は、上記ROM102に予め記憶されたEGRマップに従って設定される。具体的に、このEGRマップは、エンジン回転数及びエンジン負荷をパラメータとしてEGR量（EGR率）を決定するためのマップである。尚、このEGRマップは、予め実験やシミュレーション等によって作成されたものとなっている。つまり、上記クランクポジションセンサ40の検出値に基づいて算出されたエンジン回転数及びスロットル開度センサ42によって検出されたスロットルバルブ62の開度（エンジン負荷

に相当)とをEGRマップに当て嵌めることでEGR量(EGRバルブ81の開度)が得られるようになっている。

[0058] 更に、ECU100は、上記スワールコントロールバルブ66の開度制御を実行する。このスワールコントロールバルブ66の開度制御としては、燃焼室3内に噴射された燃料の噴霧の単位時間当たり(または単位クランク回転角度当たり)における気筒内の周方向の移動量を変更するように行われる。

[0059] ー燃料噴射圧ー

燃料噴射を実行する際の燃料噴射圧は、コモンレール22の内圧により決定される。このコモンレール内圧として、一般に、コモンレール22からインジェクタ23へ供給される燃料圧力の目標値、即ち目標レール圧は、エンジン負荷(機関負荷)が高くなるほど、及び、エンジン回転数(機関回転数)が高くなるほど高いものとされる。即ち、エンジン負荷が高い場合には燃焼室3内に吸入される空気量が多いため、インジェクタ23から燃焼室3内に向けて多量の燃料を噴射しなければならず、よってインジェクタ23からの噴射圧力を高いものとする必要がある。また、エンジン回転数が高い場合には噴射可能な期間が短いため、単位時間当たりに噴射される燃料量を多くしなければならず、よってインジェクタ23からの噴射圧力を高いものとする必要がある。このように、目標レール圧は一般にエンジン負荷及びエンジン回転数に基づいて設定される。尚、この目標レール圧は例えば上記ROM102に記憶された燃圧設定マップに従って設定される。つまり、この燃圧設定マップに従って燃料圧力を決定することで、インジェクタ23の開弁期間(噴射率波形)が制御され、その開弁期間中における燃料噴射量を規定することが可能になる。

[0060] 尚、本実施形態では、エンジン負荷等に応じて燃料圧力が30MPa~200MPaの間で調整されるようになっている。

[0061] 上記パイロット噴射やメイン噴射などの燃料噴射パラメータについて、その最適値はエンジン1や吸入空気等の温度条件によって異なるものとなる。

[0062] 例えば、上記ＥＣＵ１００は、コモンレール圧がエンジン運転状態に基づいて設定される目標レール圧と等しくなるように、即ち燃料噴射圧が目標噴射圧と一致するように、サプライポンプ２１の燃料吐出量を調量する。また、ＥＣＵ１００はエンジン運転状態に基づいて燃料噴射量及び燃料噴射形態を決定する。具体的には、ＥＣＵ１００は、クランクポジションセンサ４０の検出値に基づいてエンジン回転速度を算出するとともに、アクセル開度センサ４７の検出値に基づいてアクセルペダルの踏み込み量（アクセル開度）を求め、このエンジン回転速度及びアクセル開度に基づいて総燃料噴射量（パイロット噴射での噴射量とメイン噴射での噴射量との和）を決定する。

[0063] ー目標燃料圧力の設定ー

次に、上記目標燃料圧力の設定手法について説明する。ディーゼルエンジン１においては、ＮＯ_x発生量やスモーク発生量を削減することによる排気エミッションの改善、燃焼行程時の燃焼音の低減、エンジントルクの十分な確保といった各要求を連立することが重要である。これら要求を連立するための手法として、燃焼行程時における気筒内での熱発生率の変化状態（熱発生率波形で表される変化状態）を適切にコントロールすることが有効である。

[0064] 図４の上段に示す波形のうちの実線は、横軸をクランク角度、縦軸を熱発生率とし、パイロット噴射及びメイン噴射で噴射された燃料の燃焼に係る理想的な熱発生率波形を示している。図中のＴＤＣはピストン１３の圧縮上死点に対応したクランク角度位置を示している。また、図４の下段に示す波形は、インジェクタ２３から噴射される燃料の噴射率（クランク軸の単位回転角度当たりの燃料噴射量）波形を示している。

[0065] 上記熱発生率波形としては、例えば、ピストン１３の圧縮上死点（ＴＤＣ）付近からメイン噴射で噴射された燃料の燃焼が開始され、ピストン１３の圧縮上死点後の所定ピストン位置（例えば、圧縮上死点後１０度（ＡＴＤＣ１０°）の時点）で熱発生率が極大値（ピーク値）に達し、更に、圧縮上死点後の所定ピストン位置（例えば、圧縮上死点後２５度（ＡＴＤＣ２５°）

の時点)で上記メイン噴射において噴射された燃料の燃焼が終了するようになっている。このような熱発生率の変化状態で混合気の燃焼を行わせるようにすれば、例えば圧縮上死点后10度(ATDC10°)の時点で気筒内の混合気のうちの50%が燃焼を完了した状況となる。つまり、圧縮上死点后10度(ATDC10°)の時点が燃焼重心となって、膨張行程における総熱発生量の約50%がATDC10°までに発生し、高い熱効率でエンジン1を運転させることが可能となる。

[0066] また、この燃焼重心に到達した時点でのクランク角度と燃料噴射率波形との関係としては、インジェクタ23に対して燃料噴射停止信号を送信した時点から燃料噴射が完全に停止するまでの期間(図4における期間T)に燃焼重心が位置することになる。

[0067] このような理想的な熱発生率波形による燃焼が行われる状況にあつては、パイロット噴射によって気筒内の予熱が十分に行われ、この予熱により、メイン噴射で噴射された燃料は、直ちに自着火温度以上の温度環境下に晒されて熱分解が進み、噴射後は直ちに燃焼が開始されることになる。

[0068] また、図4に二点鎖線 α で示す波形は、燃料噴射圧力が、適正值よりも高く設定された場合の熱発生率波形であり、燃焼速度及び熱発生率のピーク値が共に高くなりすぎており、燃焼音の増大やNO_x発生量の増加が懸念される状態である。一方、図4に二点鎖線 β で示す波形は、燃料噴射圧力が、適正值よりも低く設定された場合の熱発生率波形であり、燃焼速度が低く且つ熱発生率のピークの現れるタイミングが大きく遅角側に移行していることで十分なエンジントルクが確保できないことが懸念される状態である。

[0069] 一失火予兆判定手法一

次に、本実施形態の特徴である失火予兆判定手法(燃焼状態悪化の判定手法)について説明する。

[0070] (熱発生効率について)

失火予兆判定手法について説明する前に、この失火予兆判定を行うための指標となる熱発生効率について説明する。

- [0071] 燃焼室 3 内に向けて燃料噴射を行い、その燃料の大部分が良好に燃焼して熱量を発生した場合、つまり、燃焼室 3 内の酸素濃度及び酸素過剰率が十分に確保されており（例えば、酸素濃度が 17% 以上で、酸素過剰率が 1.5 以上であり）、筒内温度が燃料の自着火温度（例えば、1000 K）に達しており、且つ ECU 100 からの燃料噴射量指令値に応じた適切な量の燃料がインジェクタ 23 から噴射されている場合には、その燃料の燃焼期間全体における燃料の単位体積当たりの発生熱量は常に一定（燃料噴射量や燃料噴射タイミング等が異なっても一定）の値となる。つまり、その燃焼期間全体における燃料の単位体積当たりの発生熱量の最大値（良好な燃焼が行われている場合、燃料の大部分が熱量発生に寄与することになるので、この場合、単位体積当たりの発生熱量は最大となる）は常に一定の値となる。
- [0072] ここでいう燃料の単位体積当たりの発生熱量とは、上記燃焼期間の終了時点までにインジェクタ 23 から噴射された燃料（燃料噴射量指令値に従って噴射された燃料）が上記燃焼期間の全期間での燃焼によって発生した場合の熱量を、上記燃料噴射量指令値に応じた燃料量で除算した値である。言い換えると、上記燃焼期間における燃料の単位体積当たりの発生熱量の平均値である。
- [0073] このように、燃料の単位体積当たりの発生熱量の最大値が常に一定の値となることは、上記パイロット噴射で噴射された燃料の燃焼期間、上記メイン噴射で噴射された燃料の燃焼期間、及び、これら両期間に亘る燃焼の全期間の何れにおいても当て嵌まる。
- [0074] 以下の説明では、本発明の理解を容易にするために、1 回の燃料噴射（例えば 1 回のメイン噴射）が実行された場合について説明する。
- [0075] 図 5 は、熱発生率波形及び燃料噴射率波形の一例を示す図である。この図 5 に示すように、1 回の燃料噴射が実行されると、その噴射開始後、僅かな遅れ（着火遅れ）をもって燃料の燃焼が開始され（図 5 におけるタイミング T1）、燃焼重心に達するまでの期間にあっては熱発生率は次第に上昇していく。そして、燃焼重心に達した後、熱発生率は次第に低下していき、大部

分の燃料の燃焼が完了すると、熱発生率は「0」となる（図5におけるタイミングT2）。この場合、燃焼室3内で良好な燃焼が行われていると、燃料の大部分が熱量発生に寄与することになるので、燃焼期間全体（図5におけるタイミングT1からタイミングT2の期間）における燃料の単位体積当たりの発生熱量は最大となる。

[0076] 尚、上記燃焼開始タイミング（タイミングT1）及び燃焼終了タイミング（タイミングT2）の取得は、上記筒内圧センサ4Bによって検出された筒内圧力の変化に基づいて行われる。また、燃料噴射後の着火遅れ期間を筒内環境（各種センサのセンシング値）から算出し、それによって燃焼開始タイミング（タイミングT1）を取得するようにしてもよい。更には、事前に基準燃焼（理想的な熱発生率波形による燃焼）で得られたタイミングを上記各タイミングT1、T2として設定しておくようにしてもよい。

[0077] 上述した如く、理想的な燃焼が行われている場合には、燃焼期間全体（図5におけるタイミングT1からタイミングT2の期間）に亘る燃料の単位体積当たりの発生熱量は最大値となる。以下、この燃焼期間全体における燃料の単位体積当たりの発生熱量の最大値を「基準熱発生効率」と呼ぶこととする。

[0078] 具体的な値として、軽油の場合、燃料の単位体積当たりの発生熱量の最大値（基準熱発生効率）は 30 J/mm^3 となる。この値は実験的に求められた値である。尚、軽油の単位質量当たりの発熱量は 42.94 kJ/g であり、軽油の密度は $0.834 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$ であるため、単位体積当たりの発生熱量の最大値は、理論上では 35.8 J/mm^3 となるが、実際の燃料（軽油）では、燃焼室3内での燃焼行程における熱発生に寄与しない燃料（例えば排気行程において燃焼を行う燃料や、排気系7において燃焼を行う燃料）が存在するため、実際の燃料の単位体積当たりの発生熱量の最大値（基準熱発生効率）は 30 J/mm^3 となる。つまり、一般的なエンジン1は実行率が 83.8% （ $=30/35.8$ ）で稼働している。

[0079] ちなみに、上述の如く基準熱発生効率が規定できることから、この基準熱

発生効率と燃料噴射量とに基づき、理想的な燃焼が行われている（失火発生の予兆が無い）場合の発生熱量を求めることもできる（発生熱量（J）＝基準熱発生効率（J/mm³）×燃料噴射量（mm³））。このため、この発生熱量（基準熱発生効率と燃料噴射量とから求められる発生熱量；以下、基準熱発生量と呼ぶ）を基準とし、この基準熱発生量（または、この基準熱発生量に所定の比率を乗算した値）と実際の熱発生量とを比較することで失火発生の予兆を判定することも可能であり、本発明は、このような判定手法も技術的思想の範疇に含まれる。つまり、「実熱発生効率が失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定すること（請求項の記載）」は、「実熱発生効率に燃料噴射量を乗算した値が、失火予兆熱発生効率閾値に燃料噴射量を乗算した値に達していない場合には、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定すること」と同義である。

[0080] 本発明の発明者は、上記基準熱発生効率が30 J/mm³であることを確認するために実験を行った。

[0081] 図6は、燃料噴射量（パイロット噴射及びメイン噴射それぞれの噴射量）を異ならせて燃焼室3内で理想的な燃焼（燃焼室3内の酸素濃度及び酸素過剰率が十分に確保されており、筒内温度が燃料の自着火温度に達しており、燃料噴射量指令値に応じた量の燃料がインジェクタ23から噴射されている場合の燃焼）を行わせた場合の実験結果を示している。図6（a）は各燃料噴射毎の熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図6（b）は燃料噴射量（パイロット噴射での燃料噴射量）と熱発生効率（パイロット噴射で噴射された燃料の燃焼期間とメイン噴射で噴射された燃料の燃焼期間との全体における燃料の単位体積当たりの発生熱量）との関係をそれぞれ示している。図6（a）における実線はパイロット噴射量が16 mm³でメイン噴射量が19 mm³である場合を、破線はパイロット噴射量が12 mm³でメイン噴射量が23 mm³である場合を、一点鎖線はパイロット噴射量が8 mm³でメイン噴射量が27 mm³である場合をそれぞれ示している。図6（b）から明らかなように、

各噴射の燃料噴射量が異なったとしても理想的な燃焼が行われた場合の燃料の単位体積当たりの発生熱量（基準熱発生効率）は約 30 J/mm^3 となっている。

[0082] 図7は、種々の燃料噴射圧力（レール圧）において燃焼室3内で理想的な燃焼を行わせた場合の実験結果を示している。図7（a）は各燃料噴射圧力毎の熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図7（b）は燃料噴射圧力と熱発生効率との関係をそれぞれ示している。この図7（a）は、一点鎖線、破線、実線の順で燃料噴射圧力を高く設定していった場合の実験結果を示している。図7（b）から明らかなように、燃料噴射圧力が異なったとしても理想的な燃焼が行われた場合の燃料の単位体積当たりの発生熱量（基準熱発生効率）は約 30 J/mm^3 となっている。

[0083] また、図8は、燃料噴射タイミング（2回のパイロット噴射を実行する場合に第2回目のパイロット噴射の噴射タイミング）を異ならせて燃焼室3内で理想的な燃焼を行わせた場合の実験結果を示している。図8（a）は各燃料噴射タイミング毎の熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図8（b）は燃料噴射タイミングと熱発生効率との関係をそれぞれ示している。この図8（a）は、一点鎖線、破線、実線の順で第2回目のパイロット噴射の噴射タイミングを進角させていった場合の実験結果を示している。図8（b）から明らかなように、燃料噴射タイミングが異なったとしても理想的な燃焼が行われた場合の燃料の単位体積当たりの発生熱量（基準熱発生効率）は約 30 J/mm^3 となっている。

[0084] 更に、図9は、種々の酸素過剰率において燃焼室3内で理想的な燃焼を行わせた場合の実験結果を示している。図9（a）は各酸素過剰率毎の熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図9（b）は酸素過剰率と熱発生効率との関係をそれぞれ示している。この図9（a）は、一点鎖線、破線、実線の順で酸素過剰率を高めていった場合の実験結果を示している。図9（b）から明らかなように、酸素過剰率が異なったとしても、その酸素過剰率が適正な範囲にあって理想的な燃焼が行われた場合の燃料の単位体積当たりの発生熱量

（基準熱発生効率）は約 30 J/mm^3 となっている。

[0085] このように、軽油の場合、燃焼期間全体に亘る燃料の単位体積当たりの発生熱量の最大値は約 30 J/mm^3 となる。

[0086] （失火予兆判定）

次に、失火予兆判定手法の原理について説明する。上述した如く、燃料噴射量指令値に従って噴射された燃料の大部分が良好に燃焼する状況にあっては、その燃焼期間の全期間における燃料の単位体積当たりの発生熱量は最大値（ 30 J/mm^3 ）となる。つまり、上記基準熱発生効率となる。

[0087] 本実施形態では、噴射された燃料の失火の予兆を判定するための手法として、まず、上記燃焼期間の全期間（図5におけるタイミングT1からタイミングT2の期間）内に失火の予兆を判定する時期として失火予兆判定時期（例えば図5におけるタイミングT3）を予め設定する。この失火予兆判定時期は任意の時期として設定可能であるが、失火予兆判定の精度向上のために、燃焼重心よりも遅角側に設定することが好ましい。本実施形態の場合には、燃焼室3内で良好な燃焼が行われていると仮定した場合の総熱発生量のうち80%の熱発生量が得られる時点を失火予兆判定時期として設定している。具体的に、この失火予兆判定時期は、燃焼開始時期を基準にして設定される。例えば、燃焼開始時期から所定クランク角度だけ（総熱発生量のうち80%の熱発生量が得られる時点となるクランク角度だけ；例えば 20° CA だけ）遅角側に設定される。例えば、圧縮上死点（TDC）で燃焼が開始された場合には、クランク角度で圧縮上死点後 20° （ATDC 20° ）の時点が失火予兆判定時期として設定されることになる。

[0088] そして、上記噴射された燃料の燃焼期間の全期間における基準熱発生効率（ 30 J/mm^3 ）に対して所定の比率（失火発生の予兆の有無の閾値となる所定の比率）を乗算することで失火予兆熱発生効率閾値を規定し、この失火予兆熱発生効率閾値を上記失火予兆判定時期に予め割り当てる。

[0089] 具体的には、上記燃焼開始から失火予兆判定時期までの期間での熱発生効率（ $24 \text{ J/mm}^3 = 30 \text{ J/mm}^3 \times 0.8$ ）に対し、更に80%（本発明で

いう失火発生の予兆の有無の閾値となる所定の比率)の熱発生効率を失火発生の予兆の有無の閾値として設定している。

[0090] つまり、燃焼室3内で良好な燃焼が行われている場合には、この失火予兆判定時期において $19.2 \text{ J/mm}^3 (= 24 \text{ J/mm}^3 \times 0.8)$ 以上の熱発生効率を得られていることになる。

[0091] この失火予兆熱発生効率閾値は、上述した如く基準熱発生効率 (30 J/mm^3) に対して所定の比率 ($64\% = 80\% \times 80\%$) を乗算したものである。ここでいう比率は、例えば、理想的な燃焼が行われている場合の燃焼期間の全期間における熱発生量に対する上記失火予兆判定時期までの期間での発生熱量の比率に、失火発生の可能性のある発生熱量の比率を乗算した値に相当する。つまり、本実施形態の場合には、この比率が 64% であるため上記失火予兆熱発生効率閾値は 19.2 J/mm^3 となる。尚、この失火予兆熱発生効率閾値は、実験やシミュレーション等により設定されていてもよい。

[0092] そして、実際に燃焼室3内において燃料の燃焼が行われる場合に、その燃料の燃焼によって上記失火予兆判定時期までに実際に発生した熱量を上記燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を求め(実熱発生効率算出手段による実熱発生効率の算出動作)、この実熱発生効率が上記失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定するようにしている(失火予兆判定手段による失火発生の予兆の判定動作)。

[0093] 具体的には、図5におけるタイミングT1からタイミングT3までの期間を失火予兆判定期間として設定しておき、この失火予兆判定期間において発生した熱量を燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を求め、この実熱発生効率と上記失火予兆熱発生効率閾値とを対比することになる。例えば失火予兆熱発生効率閾値が 19.2 J/mm^3 に設定されている場合には、上記失火予兆判定時期までに、噴射された燃料の 64% の燃焼が完了していなければ将来的に失火の可能性があるとの判断基準をもって失火予兆の判定を行うことになる。そして、この失火予兆

判定時期における実熱発生効率が 19.2 J/mm^3 以上である場合には、失火の予兆は無いとして燃料噴射量の補正などは必要ないと判断するのに対し、失火予兆判定時期における実熱発生効率が 19.2 J/mm^3 未満である場合には、失火の予兆が有るとして失火回避（失火予防）のための補正動作を実行する。例えば、図5において破線で示す熱発生率波形では、上記失火予兆判定時期における実熱発生効率が 10 J/mm^3 となっており、この場合には、失火の予兆が有るとして失火回避のための補正動作を実行する。

[0094] 尚、上記実熱発生効率の算出にあたっては、上記燃料噴射量指令値に応じた燃料量が確定している必要がある。つまり、この燃料量での燃料噴射が完了している必要がある。このため、上記失火予兆判定時期は、燃料の噴射動作が完了している時点以降のタイミングとして設定されることになる。

[0095] また、失火予兆判定時期が燃焼重心に設定されている場合には、失火予兆熱発生効率閾値が 12 J/mm^3 ($= 30 \text{ J/mm}^3 \times 50\% \times 80\%$) に設定され、この燃焼重心における実熱発生効率（燃焼開始から燃焼重心までの期間において発生した熱量を燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより求められた実熱発生効率）が 12 J/mm^3 未満である場合には、失火の予兆が有るとして失火回避のための補正動作を実行することになる。

[0096] 一失火予兆判定結果に応じた補正動作一

このように、実熱発生効率が失火予兆熱発生効率閾値に達している場合には、燃焼室3内では理想的な燃焼が行われており、失火が発生する可能性は低い（失火の予兆は無い）ため、燃料噴射形態を補正する必要はないと判断する。

[0097] これに対し、実熱発生効率が失火予兆熱発生効率閾値よりも低い場合には、燃焼室3内で適正な熱量が得られておらず燃焼状態が悪化しており、失火の予兆が有ると判定する。このように失火の予兆があると判定された場合には、燃料噴射形態を補正するなどして、燃焼状態の改善（失火の回避）を図るようにする（補正手段による燃料噴射形態の補正動作）。以下、具体的に

説明する。

- [0098] この失火の予兆が有ると判定された場合における燃焼状態の改善手法としては、燃料噴射量の増量補正、燃料噴射タイミングの進角補正、燃料噴射回数の多段化等が挙げられる。この場合、失火の予兆が有ると判定された燃焼行程に対し、次に燃焼行程を迎える気筒に対して上記燃焼改善動作が実行されることになる。また、同一気筒における次の燃焼行程において上記燃焼改善動作を実行するようにしてもよい。
- [0099] つまり、燃料噴射量の増量補正によって燃焼室 3 内での発熱量を増大させ、これによって失火を回避する。この燃料噴射量の増量補正量としては、上記失火予兆判定時期における失火予兆熱発生効率閾値に対する実熱発生効率の乖離量に応じ、この乖離量が大きいほど増量補正量を多く設定するようにしている。例えば、実験やシミュレーションによって作成された増量補正量マップを予め上記 ROM 102 に記憶させておき、この増量補正量マップに従って増量補正量を求める。
- [0100] また、燃料噴射タイミングの進角補正によって、燃焼室 3 内で燃料を拡散させ、これによって燃焼場での当量比の適正化を図り（当量比がオーバリッチになることを抑制し）、燃焼効率を高めて発熱量を増大させること、また、燃焼速度の低下を補うために予熱期間を拡大して失火を回避する。この場合の進角補正量としては、上記失火予兆判定時期における失火予兆熱発生効率閾値に対する実熱発生効率の乖離量に応じ、この乖離量が大きいほど進角補正量を多く設定するようにしている。例えば、実験やシミュレーションによって作成された進角補正量マップを予め上記 ROM 102 に記憶させておき、この進角補正量マップに従って進角補正量を求める。
- [0101] また、燃料噴射回数の多段化によって、燃焼室 3 内における燃焼場の分割化を行い、これによって各燃焼場での当量比の適正化を図り、燃焼効率を高めて発熱量を増大させることで失火を回避する。この場合の分割回数としては、上記失火予兆判定時期における失火予兆熱発生効率閾値に対する実熱発生効率の乖離量に応じ、この乖離量が大きいほど分割回数を多段化するよう

にしている。例えば、実験やシミュレーションによって作成された分割回数マップを予め上記ROM 102に記憶させておき、この分割回数マップに従って分割回数を求める。

[0102] これら燃料噴射量の増量補正、燃料噴射タイミングの進角補正、燃料噴射回数の多段化は、失火の予兆が有ると判定された場合に、何れか一つを実行するようにしてもよいし、これらのうち複数を同時に実行するようにしてもよい。

[0103] 以上の如く、本実施形態では、上記失火予兆熱発生効率閾値と実熱発生効率とを対比することにより失火の予兆の有無を判定するようにしている。そして、これら失火予兆熱発生効率閾値及び実熱発生効率は、エンジンの種類や燃料噴射量が異なったとしても定量的に得ることができるものである。このため、本実施形態では、エンジンの種類毎及び燃料噴射量毎に個別に失火予兆判定のための判定基準を規定しておく必要はなく、種々のエンジン及び種々の燃料噴射量に共通した体系的な失火予兆の判定基準を確立することが可能となる。その結果、失火予兆判定のための判定基準の定量化を図ることができて、判定動作の簡素化を図ることができる。

[0104] また、失火予兆熱発生効率閾値と実熱発生効率とを比較（数値同士を比較）することにより失火の予兆の有無を判定するようにしているため、熱発生率波形の解析によって失火の予兆の有無を判定するものに対し、比較的簡単な演算により失火の予兆の有無の判定が可能になり、また、その判定基準の設定も容易になる。

[0105] また、上記失火予兆熱発生効率閾値及び実熱発生効率は、所定期間（上記失火予兆判定期間）における燃料の単位体積当たりの発生熱量の平均値として得られているため、誤差の小さな値として取得され、その結果、失火の予兆の有無の判定精度を高く得ることができる。

[0106] また、本実施形態の手法を利用すれば、熱発生効率が50%となっている時点でのクランク角度位置を検出することが可能である。つまり、燃焼重心位置を検出することが可能である。このため、良好な燃焼が行われている場

合の燃焼重心位置に対して、実際の燃焼における燃焼重心位置のずれ（位相のずれ）を認識することも可能となる。

[0107] 更に、本実施形態によれば、パイロット噴射での燃料噴射量の適正化を図ることができる。つまり、微小噴射量の適正化を図るために従来から行われていた微小噴射量学習（微小Q学習とも呼ばれる）を不要にすることができる。この従来の微小噴射量学習は、インジェクタへの指令噴射量が零となる無噴射時（例えば走行中にアクセル開度が「0」となったときなど）にパイロット噴射量と同等の極少量の燃料を特定の気筒（ピストンが圧縮上死点付近にある気筒）に向けて噴射し（以下、この燃料噴射を「単発噴射」と呼ぶ）、この単発噴射に伴うエンジン回転数の変化量など（エンジン運転状態の変化量）を認識し、正確に所定量の単発噴射が実行された場合のエンジン運転状態の変化量データと、実際に単発噴射を行った場合のエンジン運転状態の変化量とを比較し、そのずれ量に応じてパイロット噴射量設定マップの学習値を補正していくものであった。つまり、学習の実行機会が限られたものであり、且つ無駄な燃料噴射を必要とするものであった。本実施形態によれば、エンジン1の通常運転中において上記燃料噴射量の補正によって微小噴射量（パイロット噴射量）の適正化を図ることができるため、従来の微小噴射量学習を不要とすることができる。

[0108] ー変形例ー

上述した実施形態では、1回の燃料噴射によって燃料が燃焼する場合について説明した。以下では、その他の燃焼形態において失火の予兆の有無を判定する場合について説明する。

[0109] （変形例1）

本変形例は、パイロット噴射で噴射された燃料の燃焼（以下、パイロット燃焼と呼ぶ場合もある）による熱発生率波形とメイン噴射で噴射された燃料の燃焼（以下、メイン燃焼と呼ぶ場合もある）による熱発生率波形とが重畳する場合、つまり、パイロット燃焼が終了するまでにメイン燃焼が開始される場合において、パイロット燃焼及びメイン燃焼それぞれに対する失火の予

兆の有無を判定するものである。

[0110] 図 10 は、このような場合における失火予兆判定手法を説明するための熱発生率波形及び燃料噴射率波形を示す図である。

[0111] 本例では、失火予兆判定時期を、パイロット燃焼の燃焼期間中及びメイン燃焼の燃焼期間中のそれぞれに設定し、各失火予兆判定時期において、パイロット燃焼に対する失火予兆の有無の判定及びメイン燃焼に対する失火予兆の有無の判定を行うようにしている。つまり、噴射された燃料の燃焼期間内における複数の時期に失火予兆判定時期を設定し、各失火予兆判定時期それぞれに対して上記失火予兆熱発生効率閾値を予め割り当てることで失火予兆の有無の判定を行うようにしている。

[0112] 先ず、パイロット燃焼に対する失火予兆の有無の判定について説明する。パイロット燃焼の燃焼期間中の失火予兆判定時期は任意の時期として設定可能であるが、失火予兆判定の精度向上のために、パイロット燃焼における燃焼重心よりも遅角側に設定することが好ましい。本例の場合には、パイロット燃焼が良好に行われていると仮定した場合の総熱発生量のうち約 70% の熱発生量が得られる時点をパイロット燃焼に関する失火予兆判定時期として設定している。つまり、燃焼室 3 内で良好なパイロット燃焼が行われている場合には、この失火予兆判定時期において 21 J/mm^3 以上の熱発生効率を得られていることになる。この失火予兆判定時期は、パイロット燃焼の燃焼開始時期を基準にして設定される。例えば、良好なパイロット燃焼が行われている場合に、パイロット燃焼の開始時期から所定クランク角度だけ（総熱発生量のうち 70% の熱発生量が得られる時点となるクランク角度だけ）遅角側に設定される。

[0113] この場合の失火予兆熱発生効率閾値は、パイロット燃焼の燃焼期間の全期間における基準熱発生効率（ 30 J/mm^3 ）に対して所定の比率を乗算することで規定され、この失火予兆熱発生効率閾値が上記失火予兆判定時期に予め割り当てられる。

[0114] 具体的には、上記パイロット燃焼開始から失火予兆判定時期までの期間で

の熱発生効率 ($21 \text{ J/mm}^3 = 30 \text{ J/mm}^3 \times 0.7$) に対し、更に約 60 % (本発明でいう失火発生の予兆の有無の閾値となる所定の比率) の熱発生効率を失火発生の予兆の有無の閾値として設定している。

[0115] つまり、燃焼室 3 内で良好なパイロット燃焼が行われている場合には、この失火予兆判定時期において約 $12.5 \text{ J/mm}^3 (= 21 \text{ J/mm}^3 \times 0.6)$ 以上の熱発生効率を得られていることになる。

[0116] この失火予兆熱発生効率閾値は、上述した如く基準熱発生効率 (30 J/mm^3) に対して所定の比率 ($42\% = 70\% \times 60\%$) を乗算したものである。つまり、本例の場合には、この比率が 42 % であるため上記失火予兆熱発生効率閾値は約 12.5 J/mm^3 となる。尚、この失火予兆熱発生効率閾値は、実験やシミュレーション等により設定されていてもよい。

[0117] そして、実際に燃焼室 3 内においてパイロット燃焼が行われる場合に、その燃料の燃焼によって上記失火予兆判定時期までに実際に発生した熱量を上記燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を求め、この実熱発生効率が上記失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、パイロット燃焼において失火発生の予兆があると判定するようにしている。

[0118] 具体的には、図 10 におけるタイミング T4 からタイミング T5 までの期間をパイロット燃焼用の失火予兆判定期間として設定しておき、この失火予兆判定期間において発生した熱量を、パイロット噴射に対する燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を求め、この実熱発生効率と上記失火予兆熱発生効率閾値とを対比することになる。例えば失火予兆熱発生効率閾値が 12.5 J/mm^3 に設定されている場合には、上記失火予兆判定時期までに、噴射された燃料の約 42 % の燃焼が完了していなければ将来的に失火の可能性があるとの判断基準をもって失火予兆の判定を行うことになる。そして、この失火予兆判定時期における実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 以上である場合には、失火の予兆は無いとして燃料噴射量の補正などはないと判断するのに対し、失火予兆判定時期にお

ける実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 未満である場合には、失火の予兆が有るとして失火回避のための補正動作を実行する。

[0119] このようにパイロット燃焼に失火の予兆が有ると判断された場合、失火回避のために行われる補正動作は上述した実施形態の場合と同様にして実行される。

[0120] 次に、メイン燃焼に対する失火予兆の有無の判定について説明する。メイン燃焼の燃焼期間中の失火予兆判定時期は任意の時期として設定可能であるが、失火予兆判定の精度向上のために、メイン燃焼における燃焼重心よりも遅角側に設定することが好ましい。本例の場合には、メイン燃焼が良好に行われていると仮定した場合の総熱発生量（この場合、パイロット燃焼での熱発生量とメイン燃焼での熱発生量との和）のうち約90%の熱発生量が得られる時点をメイン燃焼に関する失火予兆判定時期として設定している。つまり、燃焼室3内で良好なパイロット燃焼及びメイン燃焼が行われている場合には、この失火予兆判定時期において 27 J/mm^3 以上の熱発生効率が得られていることになる。この失火予兆判定時期は、パイロット燃焼の燃焼開始時期を基準にして設定される。例えば、良好なパイロット燃焼及びメイン燃焼が行われている場合に、パイロット燃焼の開始時期から所定クランク角度だけ（総熱発生量のうち90%の熱発生量が得られる時点となるクランク角度だけ；例えば 30° CA だけ）遅角側に設定される。例えば、圧縮上死点前 10° （ $\text{BTDC } 10^\circ$ ）でパイロット燃焼が開始された場合には、圧縮上死点后 20° （ $\text{ATDC } 20^\circ$ ）の時点がメイン燃焼に関する失火予兆判定時期として設定されることになる。

[0121] この場合の失火予兆熱発生効率閾値は、パイロット燃焼及びメイン燃焼の燃焼期間の全期間における基準熱発生効率（ 30 J/mm^3 ）に対して所定の比率を乗算することで規定され、この失火予兆熱発生効率閾値が上記失火予兆判定時期に予め割り当てられる。

[0122] 具体的には、上記燃焼開始から失火予兆判定時期までの期間での熱発生効率（ $27 \text{ J/mm}^3 = 30 \text{ J/mm}^3 \times 0.9$ ）に対し、更に90%（本発明で

いう失火発生の予兆の有無の閾値となる所定の比率)の熱発生効率を失火発生の予兆の有無の閾値として設定している。

[0123] つまり、燃焼室3内で良好な燃焼が行われている場合には、この失火予兆判定時期において約 24 J/mm^3 ($= 27 \text{ J/mm}^3 \times 0.9$)以上の熱発生効率を得られていることになる。

[0124] この失火予兆熱発生効率閾値は、上述した如く基準熱発生効率 (30 J/mm^3) に対して所定の比率 ($81\% = 90\% \times 90\%$) を乗算したものである。つまり、本例の場合には、この比率が81%であるため上記失火予兆熱発生効率閾値は約 24 J/mm^3 となる。尚、この失火予兆熱発生効率閾値は、実験やシミュレーション等により設定されていてもよい。

[0125] そして、実際に燃焼室3内においてメイン燃焼が行われる場合に、その燃料の燃焼によって上記失火予兆判定時期までに実際に発生した熱量を上記燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を求め、この実熱発生効率が上記失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、メイン燃焼において失火発生の予兆があると判定するようにしている。

[0126] 具体的には、図10におけるタイミングT4からタイミングT6までの期間をメイン燃焼用の失火予兆判定期間として設定しておき、この失火予兆判定期間において発生した熱量を、パイロット噴射及びメイン噴射それぞれに対する燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量の和で除算することにより実熱発生効率を求め、この実熱発生効率と上記失火予兆熱発生効率閾値とを対比することになる。例えば失火予兆熱発生効率閾値が 24 J/mm^3 に設定されている場合には、上記失火予兆判定時期までに、噴射された燃料の約80%の燃焼が完了していなければ将来的に失火の可能性があるとの判断基準をもって失火予兆の判定を行うことになる。そして、この失火予兆判定時期における実熱発生効率が 24 J/mm^3 以上である場合には、失火の予兆は無いとして燃料噴射量の補正などはないと判断するのに対し、失火予兆判定時期における実熱発生効率が 24 J/mm^3 未満である場合には、失火

の予兆が有るとして失火回避のための補正動作を実行する。

[0127] このようにパイロット燃焼に失火の予兆が有ると判断された場合、失火回避のために行われる補正動作は上述した実施形態の場合と同様にして実行される。

[0128] 図 1 1 は、本例における失火予兆判定動作・失火回避動作の具体的な手順を示すフローチャートである。この図 1 1 に示すフローチャートは、エンジン 1 の始動後、燃焼室 3 内での燃焼行程が開始される毎に実行される。尚、このフローチャートでは、パイロット燃焼の失火予兆判定時期を T D C とし、メイン燃焼の失火予兆判定時期を A T D C 2 0 ° とした場合であって、パイロット燃焼における失火予兆熱発生効率閾値が 12.5 J/mm^3 であり、メイン燃焼における失火予兆熱発生効率閾値が 24 J/mm^3 である場合を示している。また、各失火予兆判定時期において算出された実熱発生効率のうち一つでも、その失火予兆判定時期に割り当てられている失火予兆熱発生効率閾値に達していないものがある場合には、燃焼室 3 内において失火発生の予兆があると判定する場合を示している。

[0129] 先ず、ステップ S T 1 において、クランクシャフトのクランク角度位置が T D C (ピストン 1 3 の圧縮上死点) に達したか否かが判定される。クランク角度位置が未だ T D C に達しておらずステップ S T 1 で N O 判定された場合にはそのままリターンされる。

[0130] クランク角度位置が T D C に達し、ステップ S T 1 で Y E S 判定された場合には、ステップ S T 2 に移り、このクランク角度位置が T D C に達した時点での実熱発生効率の算出を行う。つまり、パイロット噴射によって噴射された燃料が、クランク角度位置が T D C に達するまでに発生した熱量を、パイロット噴射での燃料噴射量指令値に応じた燃料量で除算することで実熱発生効率を算出する。

[0131] そして、ステップ S T 3 に移り、上記算出した実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 に達しているか否かを判定する。この実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 に達しており、ステップ S T 3 で Y E S 判定された場合には、パイロット

噴射で噴射された燃料の燃焼は良好である、つまり、パイロット燃焼による筒内の予熱は良好に行われており、このパイロット噴射で噴射された燃料の燃焼に失火の予兆は無いとしてステップS T 4に移る。

[0132] これに対し、実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 に達しておらず、ステップS T 3でNO判定された場合には、パイロット噴射で噴射された燃料の燃焼は悪化しており、このパイロット噴射で噴射された燃料の燃焼に失火の予兆が有るとしてステップS T 7に移る。このステップS T 7では、パイロット噴射で噴射された燃料の燃焼を改善するための失火回避動作が実行される。この失火回避動作としては、上述した燃料噴射量の増量補正、燃料噴射タイミングの進角補正、燃料噴射回数の多段化等がある。この場合、失火の予兆が有ると判定された燃焼行程に対し、次に燃焼行程を迎える気筒に対して上記燃焼改善動作が実行されることになる。また、同一気筒における次の燃焼行程において上記燃焼改善動作を実行するようにしてもよい。

[0133] 一方、ステップS T 4では、クランクシャフトのクランク角度位置が圧縮上死点后20度（ATDC20°）に達したか否かが判定される。クランク角度位置が未だATDC20°に達しておらずステップS T 4でNO判定された場合には、クランク角度位置がATDC20°に達するのを待つ。そして、クランク角度位置がATDC20°に達し、ステップS T 4でYES判定された場合には、ステップS T 5に移り、このクランク角度位置がATDC20°に達した時点での実熱発生効率の算出を行う。つまり、上記パイロット噴射によって噴射された燃料及びメイン噴射によって噴射された燃料が、クランク角度位置がATDC20°に達するまでに発生した熱量を、パイロット噴射での燃料噴射量指令値に応じた燃料量とメイン噴射での燃料噴射量指令値に応じた燃料量との和で除算することで実熱発生効率を算出する。

[0134] そして、ステップS T 6に移り、上記算出した実熱発生効率が 24 J/mm^3 に達しているか否かを判定する。この実熱発生効率が 24 J/mm^3 に達しており、ステップS T 6でYES判定された場合には、メイン噴射で噴射された燃料の燃焼は良好である、つまり、メイン燃焼により適正なトルクが生

じており、このメイン噴射で噴射された燃料の燃焼に失火の予兆は無いとしてリターンされる。

[0135] これに対し、実熱発生効率が 24 J/mm^3 に達しておらず、ステップ S T 6 で N O 判定された場合には、メイン噴射で噴射された燃料の燃焼は悪化しており、このメイン噴射で噴射された燃料の燃焼に失火の予兆が有るとしてステップ S T 7 に移る。このステップ S T 7 では、メイン噴射で噴射された燃料の燃焼を改善するための失火回避動作が実行される。この失火回避動作としては、上述した燃料噴射量の増量補正、燃料噴射タイミングの進角補正、燃料噴射回数の多段化等がある。この場合も、失火の予兆が有ると判定された燃焼行程に対し、次に燃焼行程を迎える気筒に対して上記燃焼改善動作が実行されることになる。また、同一気筒における次の燃焼行程において上記燃焼改善動作を実行するようにしてもよい。

[0136] 尚、本例の場合、上記失火回避動作を行ったにも拘わらず、実熱発生効率が改善（実熱発生効率が失火予兆熱発生効率閾値に近づくように改善）されない場合には、上記実熱発生効率が失火予兆熱発生効率閾値よりも低くなっていた原因は、吸気系 6 の異常にあると判断し、燃焼室 3 内への導入酸素量を増量する補正動作を行うようにしてもよい。例えば E G R バルブ 8 1 の開度を小さくして E G R ガス量を減少させたり、過給機 5 の可変ノズルベーン機構を制御する（ノズルベーンの開度を小さくする）ことで過給量の増量を行う。

[0137] （変形例 2）

本変形例は、パイロット噴射での熱発生率波形とメイン噴射での熱発生率波形とが互いに独立する場合、つまり、パイロット燃焼による熱発生量が「0」となった後にメイン燃焼による熱発生量が生じる場合において、パイロット燃焼及びメイン燃焼それぞれに対する失火の予兆の有無を判定するものである。

[0138] 図 1 2 は、このような場合における失火予兆判定手法を説明するための熱発生率波形及び燃料噴射率波形を示す図である。

- [0139] 本例においても、失火予兆判定時期を、パイロット燃焼の燃焼期間中及びメイン燃焼の燃焼期間中のそれぞれに設定し、各失火予兆判定時期において、パイロット燃焼に対する失火予兆の有無の判定及びメイン燃焼に対する失火予兆の有無の判定を行うようにしている。
- [0140] 本例におけるパイロット燃焼に対する失火予兆の有無の判定は上述した変形例 1 の場合と同様にして行われる。つまり、図 12 におけるタイミング T4 からタイミング T5 までの期間をパイロット燃焼用の失火予兆判定期間として設定しておき、この失火予兆判定期間において発生した熱量を、パイロット噴射に対する燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を求め、この実熱発生効率と上記失火予兆熱発生効率閾値とを対比することになる。例えば失火予兆熱発生効率閾値が 12.5 J/mm^3 に設定されている場合には、上記失火予兆判定時期までに、噴射された燃料の 42% の燃焼が完了していなければ将来的に失火の可能性があるとの判断基準をもって失火予兆の判定を行うことになる。そして、この失火予兆判定時期における実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 以上である場合には、失火の予兆は無いとして燃料噴射量の補正などは必要ないと判断するのに対し、失火予兆判定時期における実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 未満である場合には、失火の予兆が有るとして失火回避のための補正動作を実行する。
- [0141] このようにパイロット燃焼に失火の予兆が有ると判断された場合、失火回避のために行われる補正動作は上述した実施形態の場合と同様にして実行される。
- [0142] 次に、本例におけるメイン燃焼に対する失火予兆の有無の判定について説明する。本例におけるメイン燃焼用の失火予兆判定期間としては、メイン燃焼の燃焼開始タイミング（図 12 におけるタイミング T7）から失火予兆判定時期（図 12 におけるタイミング T8）までの期間として設定される。この失火予兆判定時期は任意の時期として設定可能であるが、失火予兆判定の精度向上のために、メイン燃焼における燃焼重心よりも遅角側に設定するこ

とが好ましい。本例の場合には、メイン燃焼が良好に行われていると仮定した場合の総熱発生量（この場合、メイン燃焼のみでの熱発生量）のうち約90%の熱発生量が得られる時点を中心にメイン燃焼に関する失火予兆判定時期として設定している。つまり、燃焼室3内で良好なメイン燃焼が行われている場合には、この失火予兆判定時期において 27 J/mm^3 以上の熱発生効率が得られていることになる。この失火予兆判定時期は、パイロット燃焼の燃焼開始時期を基準にして設定される。例えば、良好なメイン燃焼が行われている場合に、メイン燃焼の開始時期から所定クランク角度だけ（総熱発生量のうち90%の熱発生量が得られる時点となるクランク角度だけ）遅角側に設定される。

[0143] この場合の失火予兆熱発生効率閾値は、メイン燃焼の燃焼期間の全期間における基準熱発生効率（ 30 J/mm^3 ）に対して所定の比率を乗算することで規定され、この失火予兆熱発生効率閾値が上記失火予兆判定時期に予め割り当てられる。

[0144] 具体的には、上記燃焼開始から失火予兆判定時期までの期間での熱発生効率（ $27 \text{ J/mm}^3 = 30 \text{ J/mm}^3 \times 0.9$ ）に対し、更に90%（本発明でいう失火発生の予兆の有無の閾値となる所定の比率）の熱発生効率を失火発生の予兆の有無の閾値として設定している。

[0145] つまり、燃焼室3内で良好な燃焼が行われている場合には、この失火予兆判定時期において約 24 J/mm^3 （ $= 27 \text{ J/mm}^3 \times 0.9$ ）以上の熱発生効率が得られていることになる。

[0146] この失火予兆熱発生効率閾値は、上述した如く基準熱発生効率（ 30 J/mm^3 ）に対して所定の比率（ $81\% = 90\% \times 90\%$ ）を乗算したものである。つまり、本例の場合には、この比率が81%であるため上記失火予兆熱発生効率閾値は約 24 J/mm^3 となる。尚、この失火予兆熱発生効率閾値は、実験やシミュレーション等により設定されていてもよい。

[0147] そして、実際に燃焼室3内においてメイン燃焼が行われる場合に、その燃料の燃焼によって上記失火予兆判定時期までに実際に発生した熱量（メイン

燃焼での熱量)をメイン噴射に対して燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を求め、この実熱発生効率が上記失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、メイン燃焼において失火発生の予兆があると判定するようにしている。

[0148] 具体的には、図12におけるタイミングT7からタイミングT8までの期間をメイン燃焼用の失火予兆判定期間として設定しておき、この失火予兆判定期間において発生した熱量を、メイン噴射に対する燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を求め、この実熱発生効率と上記失火予兆熱発生効率閾値とを対比することになる。例えば失火予兆熱発生効率閾値が 24 J/mm^3 に設定されている場合には、上記失火予兆判定期間までに、噴射された燃料の80%の燃焼が完了していなければ将来的に失火の可能性があるとの判断基準をもって失火予兆の判定を行うことになる。そして、この失火予兆判定期間における実熱発生効率が 24 J/mm^3 以上である場合には、失火の予兆は無いとして燃料噴射量の補正などはないと判断するのに対し、失火予兆判定期間における実熱発生効率が 24 J/mm^3 未満である場合には、失火の予兆が有るとして失火回避のための補正動作を実行する。

[0149] このようにメイン燃焼に失火の予兆が有ると判断された場合、失火回避のために行われる補正動作は上述した実施形態の場合と同様にして実行される。

[0150] (実験例)

次に、実験例について説明する。この実験例では、種々の燃焼状態において失火の予兆の有無及びその後の失火の発生の有無を検証したものである。図13及び図14は、種々の燃焼状態(筒内温度やガス状態を互いに異ならせた種々の燃焼状態)における実験結果を示す図であって、図13(a)は熱発生率波形及び燃料噴射率波形を、図13(b)は累積熱量の変化波形をそれぞれ示しており、図14は、熱発生効率の変化波形を示している。

[0151] 各図において実線及び破線で示す燃焼状態にあつては、クランク角度位置

がTDCの時点において実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 に達しており、且つ圧縮上死点後 20° （ATDC 20° ）の時点において実熱発生効率が 24 J/mm^3 に達している（図14を参照）。この場合、燃焼期間全体に亘る燃焼は良好であって失火の予兆は無く、その後に失火も発生しなかった。

[0152] これに対し、各図において一点鎖線で示す燃焼状態にあつては、クランク角度位置が圧縮上死点後 20° （ATDC 20° ）の時点において実熱発生効率は 24 J/mm^3 に達しているものの、TDCの時点において実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 に達していない。この場合、パイロット燃焼において失火の予兆が有り、その後、パイロット燃焼が失火し、それに伴って予熱量が不足することでメイン燃焼にも失火を招くこととなった。また、失火発生前の状態では、パイロット燃焼による筒内予熱が不十分であることからメイン燃焼に着火遅れが生じ、このメイン燃焼の開始初期時における熱発生率の勾配が大きく燃焼音が許容範囲を超えるものとなっていた（図13（a）を参照）。

[0153] また、各図において二点鎖線で示す燃焼状態にあつては、クランク角度位置がTDCの時点において実熱発生効率が 12.5 J/mm^3 に達しておらず、且つ圧縮上死点後 20° （ATDC 20° ）の時点において実熱発生効率が 24 J/mm^3 に達していない。この場合、パイロット燃焼及びメイン燃焼の両方において失火の予兆が有り、その後、パイロット燃焼及びメイン燃焼が共に失火することとなった。

[0154] 以上のことから、クランク角度位置がTDCでの失火予兆熱発生効率及び圧縮上死点後 20° （ATDC 20° ）での失火予兆熱発生効率を適切に設定することで失火の予兆の有無を正確に判定できることが確認された。

[0155] ー基準値及び実値の変形例ー

上述した実施形態及び各変形例では、失火予兆判定期間における失火予兆熱発生効率閾値を失火予兆判定のための閾値としていた。また、失火予兆判定期間における実熱発生効率を失火予兆判定のための実値としていた。

[0156] これに代えて、本変形例では、上記失火予兆熱発生効率閾値に、燃料噴射

量指令値により指令された燃料噴射量を乗算することにより得られた「基準熱発生量」を失火予兆判定のための閾値として規定し、この「基準熱発生量」と、失火予兆判定期間において実際に発生した熱量（実熱発生量）とを対比することによって失火予兆の有無の判定を行うようにしている。

[0157] 本例の場合、上記「基準熱発生量」は、熱発生効率（失火予兆熱発生効率閾値）に基づいて算出されているため、エンジンの種類に関わらず燃料噴射量に応じた定量的な値として算出されることになる。このため、エンジンの種類毎及び燃料噴射量毎に個別に失火予兆判定のための判定基準を規定しておく必要はなく、種々のエンジン及び種々の燃料噴射量に共通した体系的な失火予兆の判定基準を確立することが可能となる。

[0158] ー燃焼期間の全期間における熱発生効率についてー

上述した実施形態及び変形例は、燃焼期間の全期間における熱発生効率が最大値（ 30 J/mm^3 ）となっていることを前提とした技術である。つまり、燃料噴射量指令値に応じた適切な量の燃料がインジェクタ 23 から噴射されていることを前提としている。

[0159] 仮に、燃焼期間の全期間における熱発生効率が 30 J/mm^3 未満である場合、燃料噴射量指令値に応じた量の燃料が噴射されていないか、既に失火が発生していると判断できる。このため、上述した実施形態及び変形例に対し、燃焼期間の全期間における熱発生効率が最大値（ 30 J/mm^3 ）となっているか否かを判断し、この熱発生効率が 30 J/mm^3 未満となっている場合には、燃料噴射量の増量補正を行うか、若しくは、上述した失火予兆判定動作の禁止を行うようにする。

[0160] ー他の実施形態ー

以上説明した実施形態及び各変形例は、自動車に搭載される直列 4 気筒ディーゼルエンジンに本発明を適用した場合について説明した。本発明は、自動車用に限らず、その他の用途に使用されるエンジンにも適用可能である。また、気筒数やエンジン形式（直列型エンジン、V 型エンジン、水平対向型エンジン等の別）についても特に限定されるものではない。

[0161] また、上記実施形態及び変形例では、失火予兆判定期間の開始時期を燃焼期間の開始時期として規定していた。本発明はこれに限らず、燃料噴射の開始時期を失火予兆判定期間の開始時期として規定するようにしてもよい。例えば、図5におけるタイミングT0を失火予兆判定期間の開始時期として規定するものである。また、上記失火予兆判定期間の終了時期（失火予兆判定時期）としては燃焼重心を基準に規定することも可能である。例えば、燃焼重心からクランク開度で遅角側に 10° の位置を失火予兆判定期間の終了時期として規定する場合などが挙げられる。

[0162] また、上記変形例では、失火予兆判定時期を、圧縮上死点（TDC）及び圧縮上死点後 20° （ATDC 20° ）の時点に設定していた。これは、例えば、パイロット燃焼の開始時期が圧縮上死点前 10° （BTDC 10° ）であり、メイン燃焼の開始時期が圧縮上死点（TDC）である場合の一例である。従って、上記失火予兆判定時期は、各燃料噴射の開始時期に応じて適宜設定される。例えば、排気エミッションの改善のために、燃料噴射時期が遅角される場合には、それに応じて失火予兆判定時期も遅角側に設定される。例えば、パイロット燃焼の開始時期が圧縮上死点前 5° （BTDC 5° ）であり、メイン燃焼の開始時期が圧縮上死点後 10° （ATDC 10° ）である場合には、失火予兆判定時期は、圧縮上死点後 5° （ATDC 5° ）及び圧縮上死点後 30° （ATDC 30° ）の時点にそれぞれ設定される。

[0163] また、上記変形例では、失火予兆判定時期を2箇所を設定していた。本発明はこれに限らず、失火予兆判定時期を3箇所以上に設定するようにしてもよい。

[0164] また、上記実施形態及び変形例では、通電期間においてのみ全開の開弁状態となることにより燃料噴射率を変更するピエゾインジェクタ23を適用したエンジン1について説明したが、本発明は、可変噴射率インジェクタを適用したエンジンへの適用も可能である。

[0165] 加えて、上記実施形態及び変形例では、マニバータ77として、NSR触媒75及びDPNR触媒76を備えたものとしたが、NSR触媒75及びD

P F (D i e s e l P a t i c u l a t e F i l t e r) を備えたものとしてもよい。

- [0166] また、上記実施形態及び変形例では、燃料の単位体積当たりの発生熱量を基準に失火発生の予兆の有無を判定するようにしていたが、燃料の単位質量当たりの発生熱量を基準に失火発生の予兆の有無を判定することも可能である。つまり、燃料の体積と質量とには相関があるため（質量＝密度×体積）、「燃料の単位体積当たりの発生熱量（請求項の記載）」は、「燃料の単位質量当たりの発生熱量」と同義である。

産業上の利用可能性

- [0167] 本発明は、自動車に搭載されるコモンレール式筒内直噴型多気筒ディーゼルエンジンにおいて、燃焼室内での失火を未然に防ぐ燃焼制御に適用可能である。

符号の説明

- [0168] 1 エンジン（内燃機関）
2 3 インジェクタ（燃料噴射弁）
3 燃焼室
4 B 筒内圧センサ
5 過給機
8 排気還流通路
8 1 E G R バルブ
1 0 0 E C U

請求の範囲

[請求項1]

燃料噴射量指令値に従って燃料噴射弁から燃焼室内に向けて噴射された燃料の自着火による燃焼を行う圧縮自着火式の内燃機関の制御装置において、

上記噴射された燃料の燃焼期間内に失火予兆判定時期を予め設定しておく一方、

上記噴射された燃料の燃焼期間の全期間における燃料の単位体積当たりの発生熱量の最大値である基準熱発生効率に対して、失火発生の予兆の有無の閾値となる所定の比率を乗算することで規定される失火予兆熱発生効率閾値を、上記失火予兆判定時期に予め割り当てておき、

上記噴射された燃料の燃焼によって上記失火予兆判定時期までに実際に発生した熱量を、上記燃料噴射量指令値により指令された燃料噴射量で除算することにより実熱発生効率を算出する実熱発生効率算出手段と、

上記実熱発生効率が上記失火予兆熱発生効率閾値に達していない場合には、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定する失火予兆判定手段とが設けられていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項2]

請求項1記載の内燃機関の制御装置において、

上記失火予兆判定時期は、上記噴射された燃料の燃焼期間内における複数の時期に設定され、各失火予兆判定時期それぞれに対して上記失火予兆熱発生効率閾値が予め割り当てられており、

上記失火予兆判定手段は、上記各失火予兆判定時期において算出された上記実熱発生効率のうち一つでも、その失火予兆判定時期に割り当てられている失火予兆熱発生効率閾値に達していないものがある場合には、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定するよう構成されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項3]

請求項2記載の内燃機関の制御装置において、

上記燃料噴射弁から燃焼室内に向けての燃料噴射として、少なくとも、主噴射と、この主噴射に先立って行われる副噴射とが実行される場合に、

上記失火予兆判定時期は、副噴射によって噴射された燃料の燃焼が終了するまでに主噴射によって噴射された燃料の燃焼が開始される状況において、副噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点から主噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点までの期間内、及び、主噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点からその燃焼の終了時点までの期間内においてそれぞれ設定されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項4]

請求項2記載の内燃機関の制御装置において、

上記燃料噴射弁から燃焼室内に向けての燃料噴射として、少なくとも、主噴射と、この主噴射に先立って行われる副噴射とが実行される場合に、

上記失火予兆判定時期は、副噴射によって噴射された燃料の燃焼が終了した後に主噴射によって噴射された燃料の燃焼が開始される状況において、副噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点からその燃焼の終了時点までの期間内、及び、主噴射によって噴射された燃料の燃焼開始時点からその燃焼の終了時点までの期間内においてそれぞれ設定されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項5]

請求項1～4のうち何れか一つに記載の内燃機関の制御装置において、

上記実熱発生効率が上記失火予兆熱発生効率閾値に達しておらず、上記失火予兆判定手段が、燃焼室内において失火発生の予兆があると判定した場合、燃料噴射形態の補正を行う補正手段が設けられていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

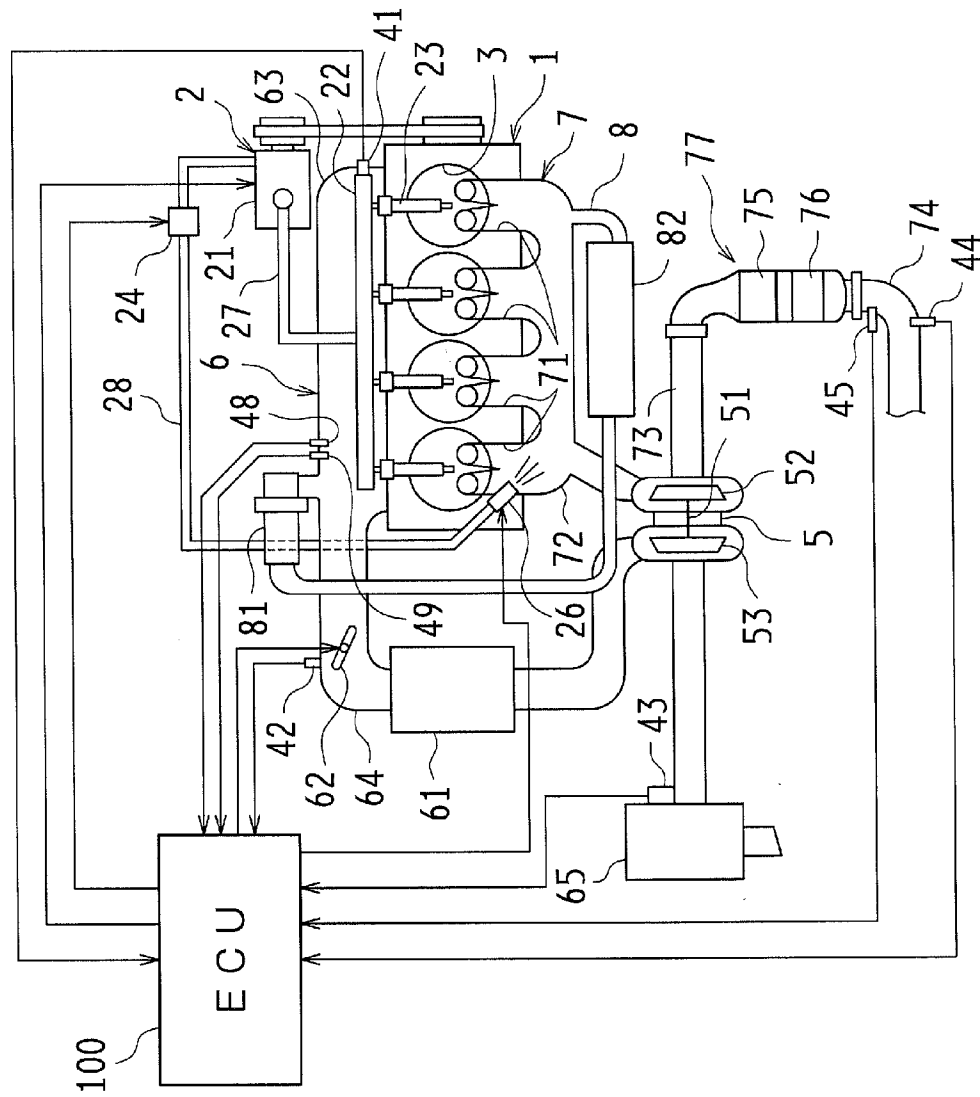
[請求項6]

請求項5記載の内燃機関の制御装置において、

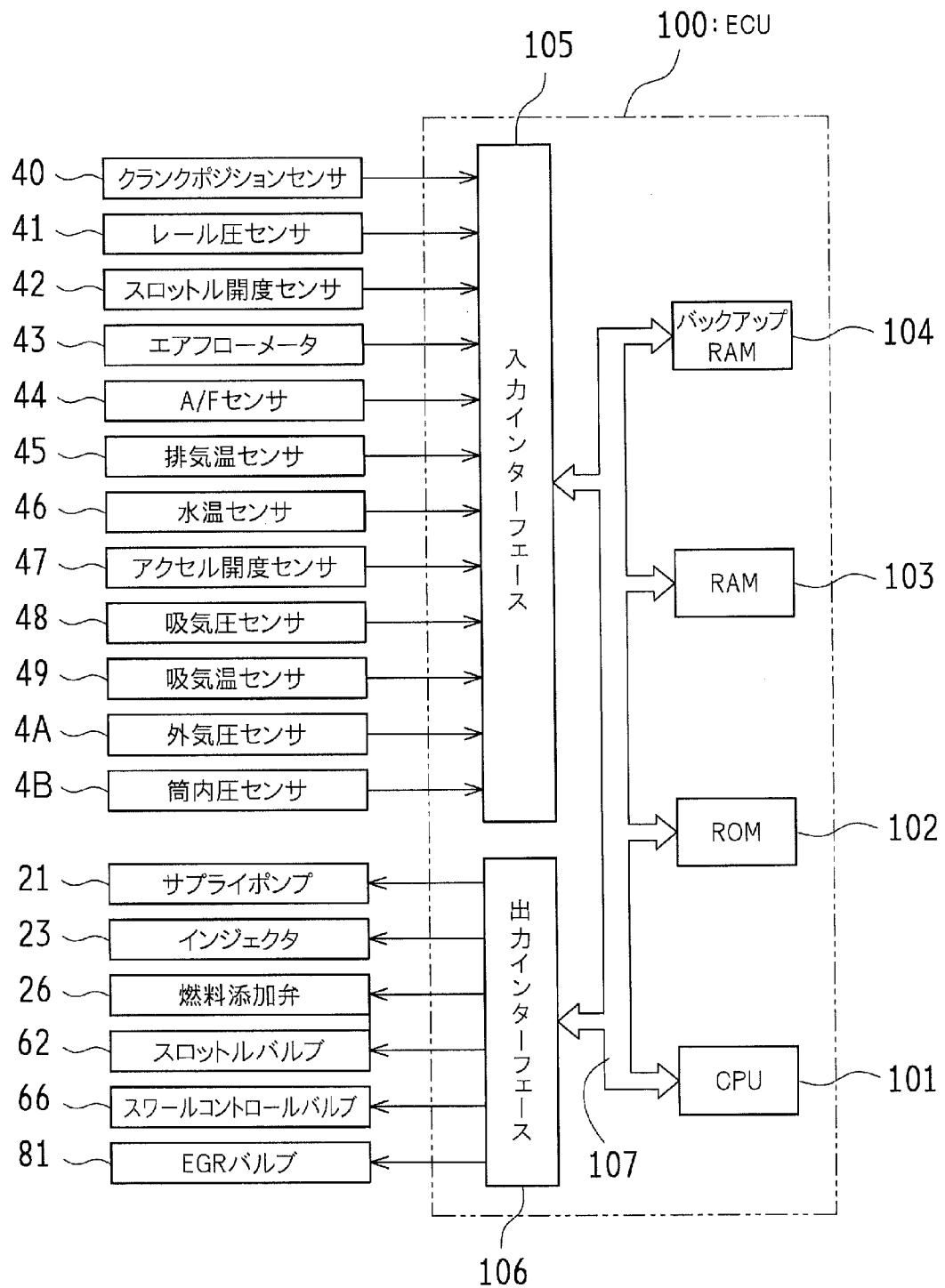
上記補正手段は、燃料噴射量の増量補正、燃料噴射タイミングの進

角補正、燃料噴射回数の多段化のうち少なくとも一つを実行するよう構成されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

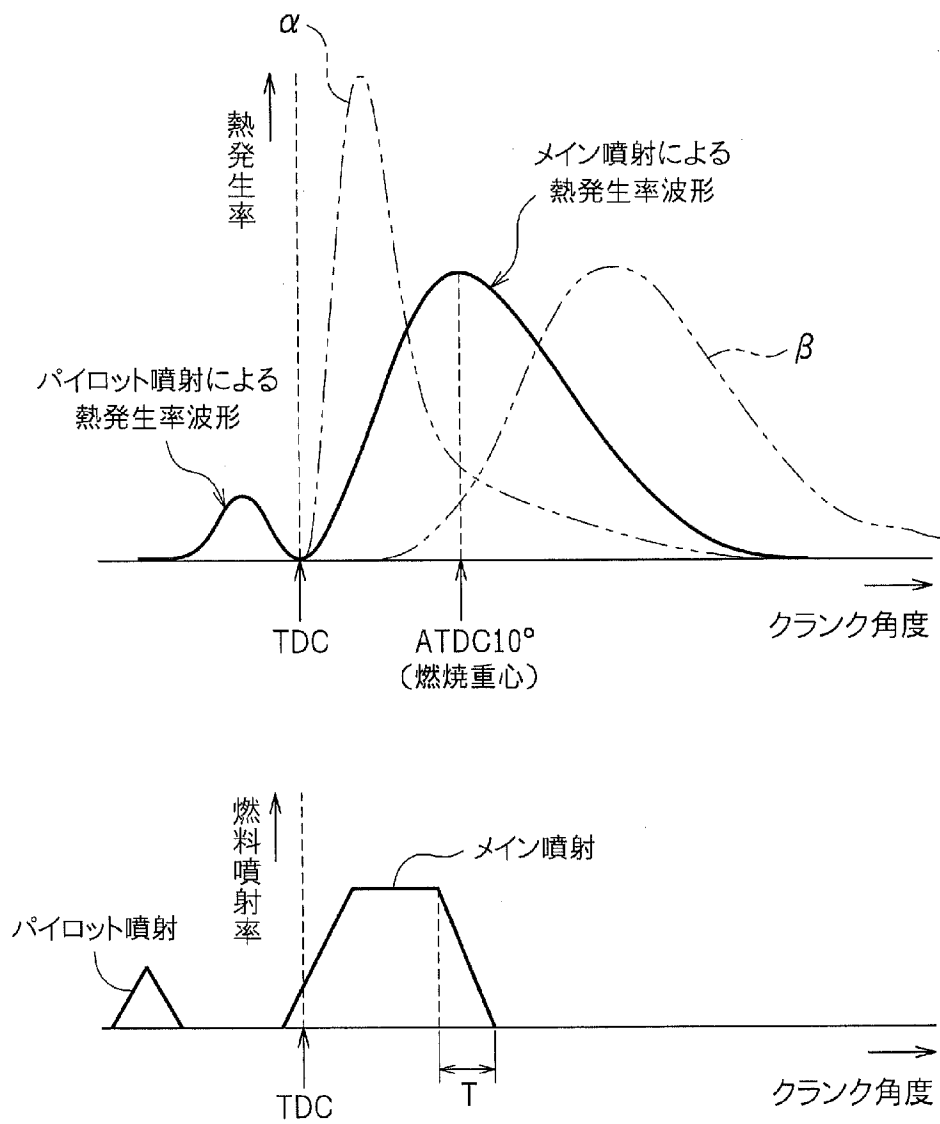
[図1]



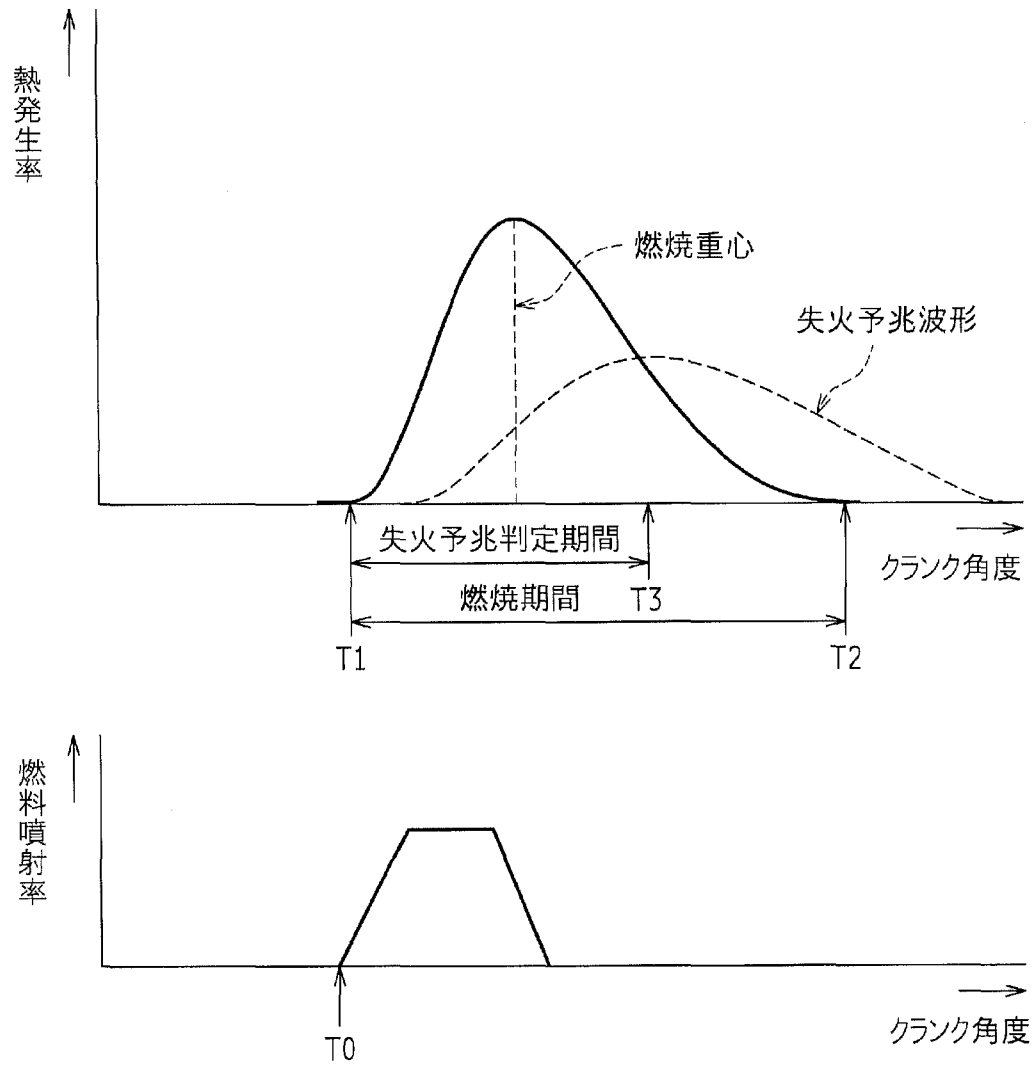
[図3]



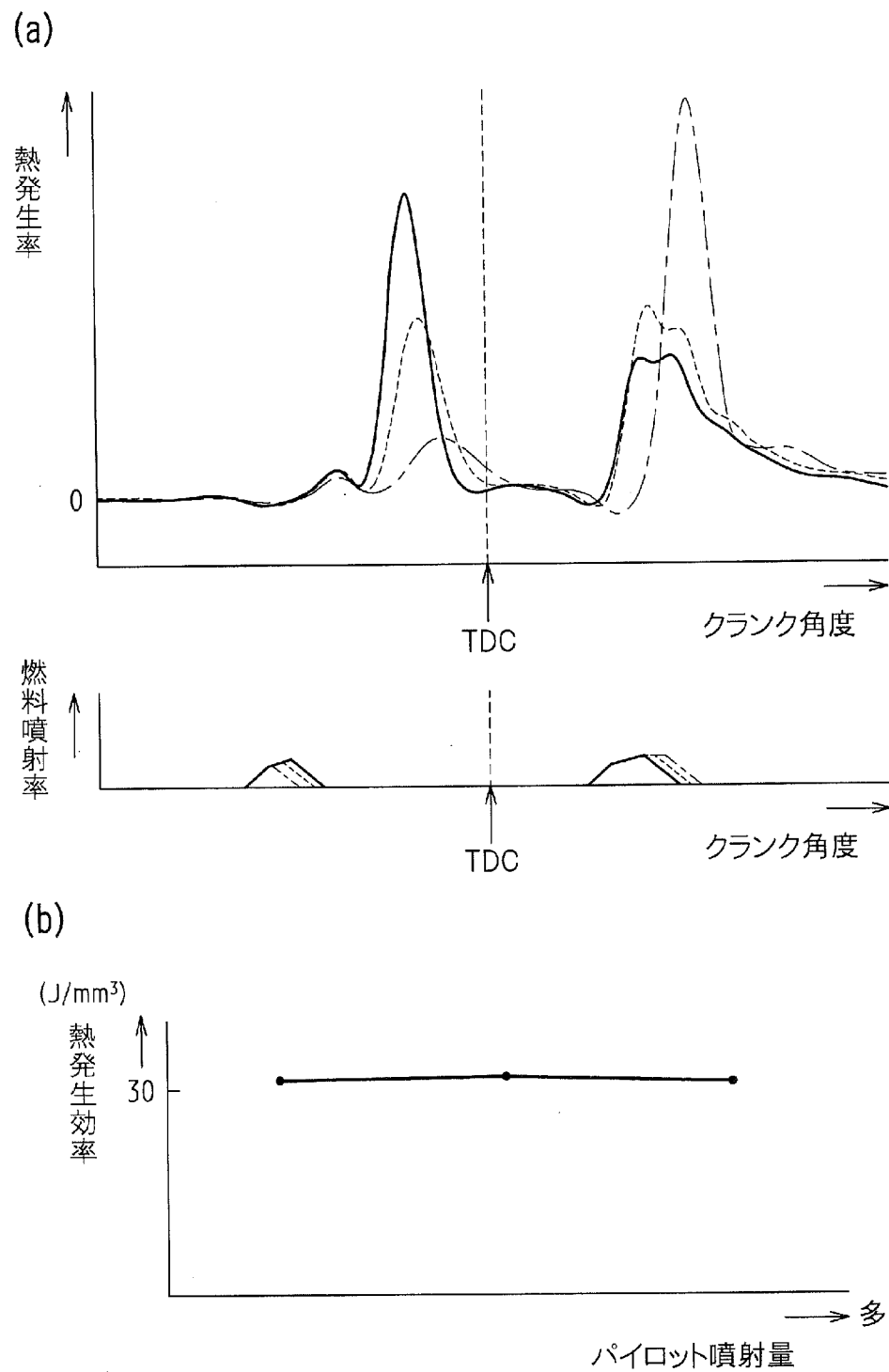
[図4]



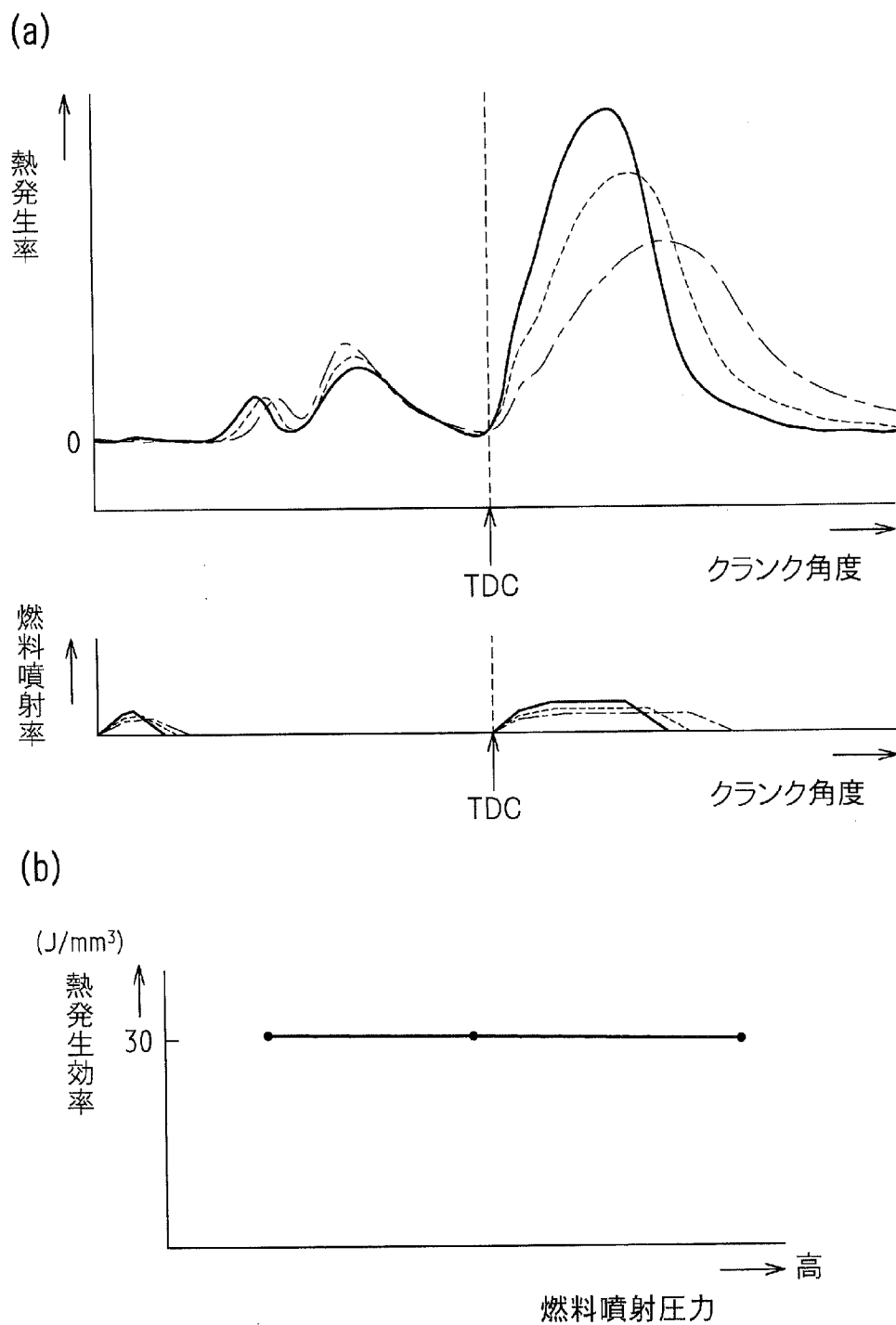
[図5]



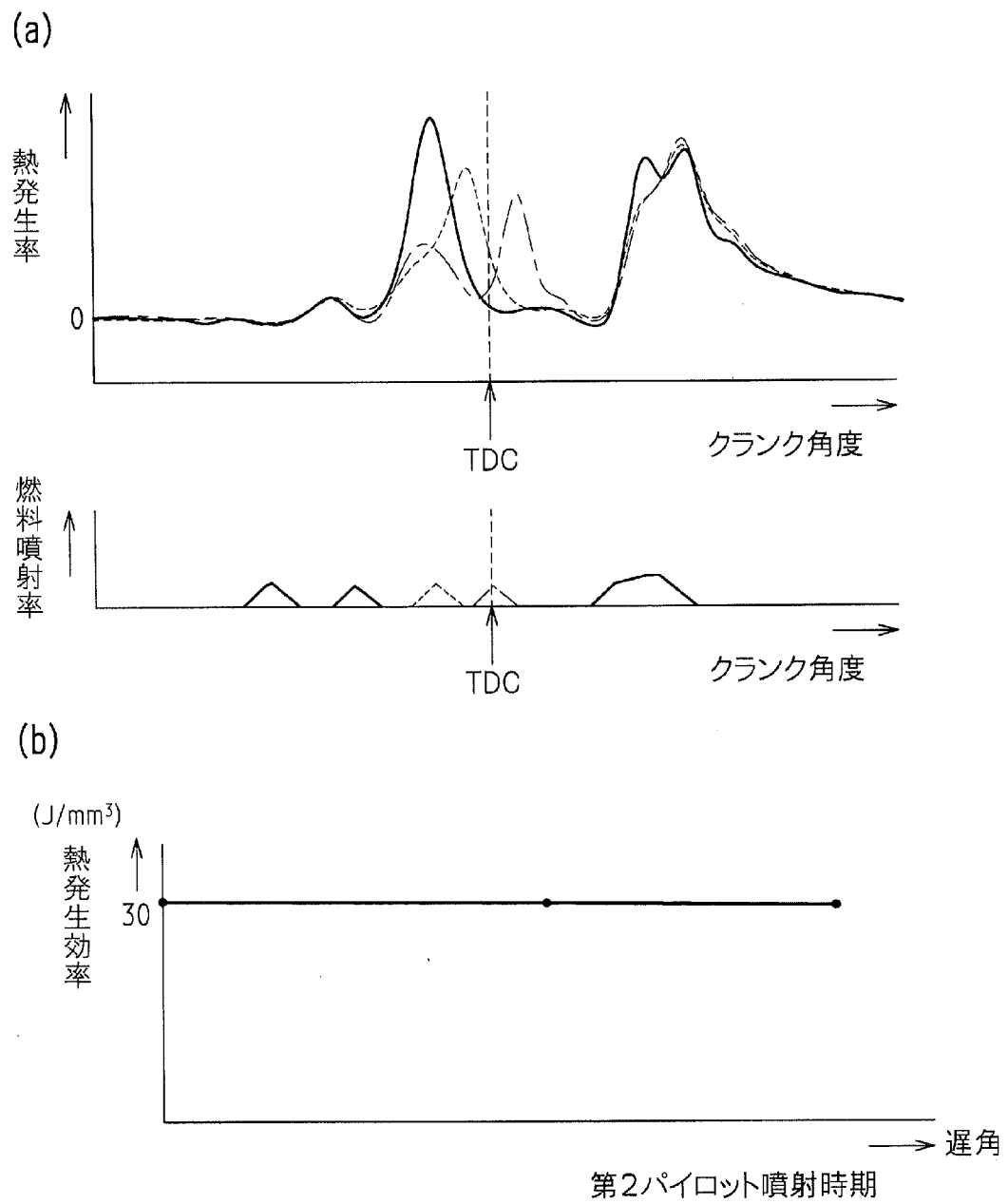
[図6]



[図7]

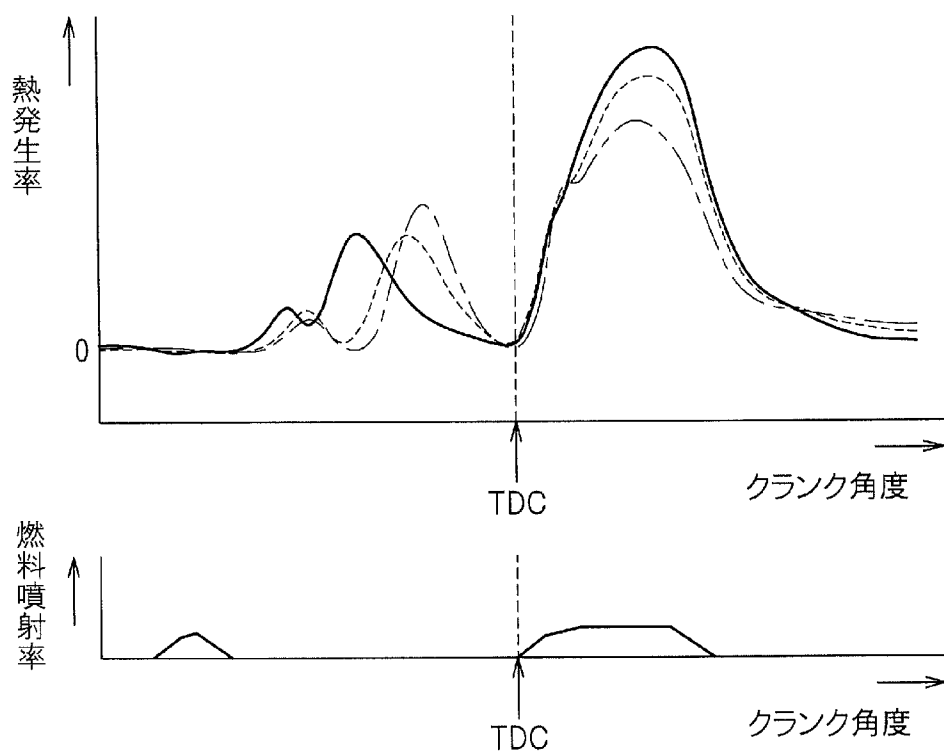


[図8]

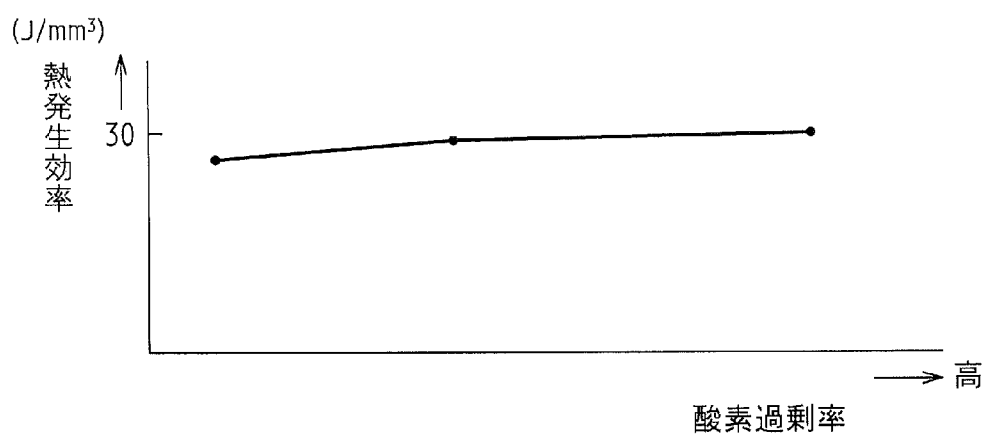


[図9]

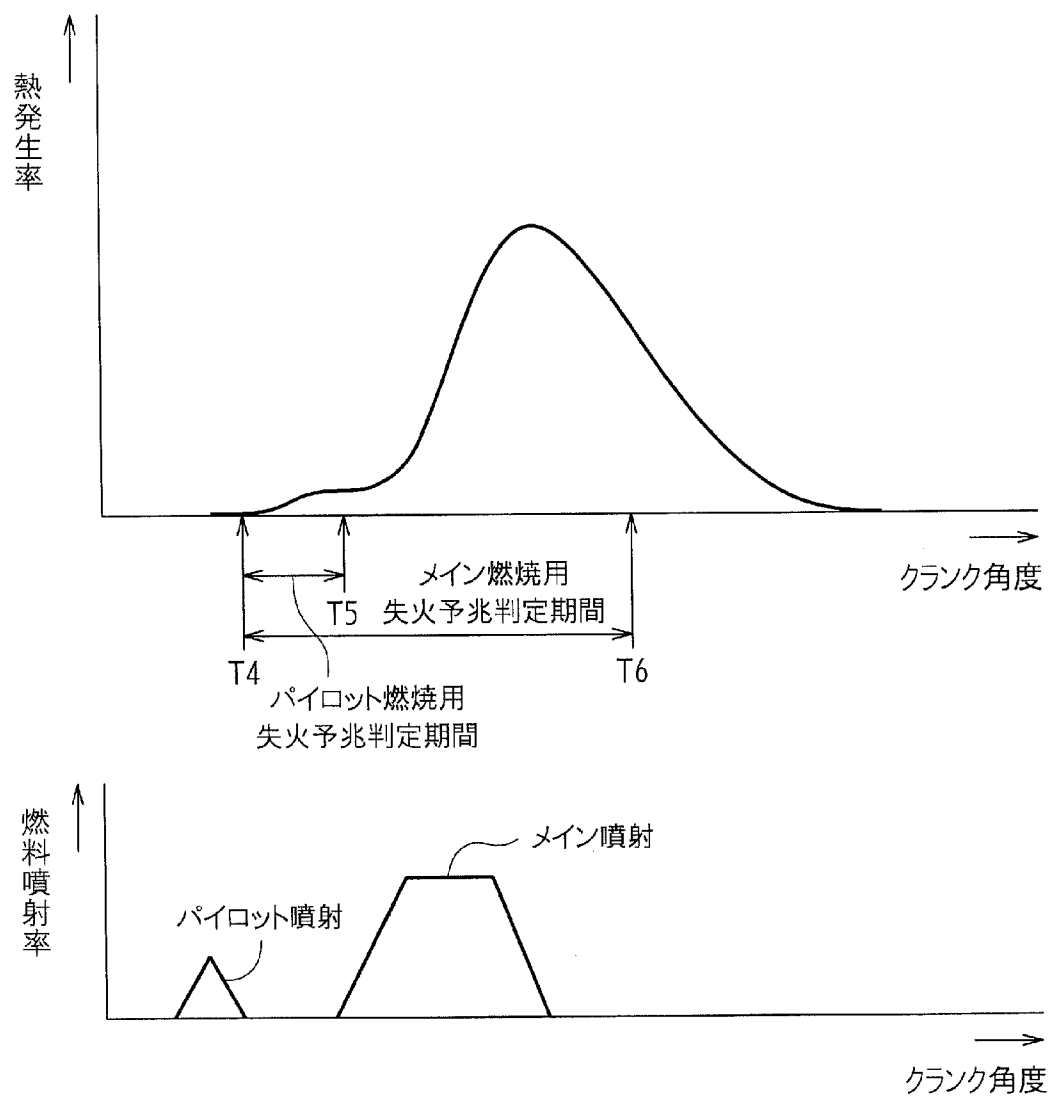
(a)



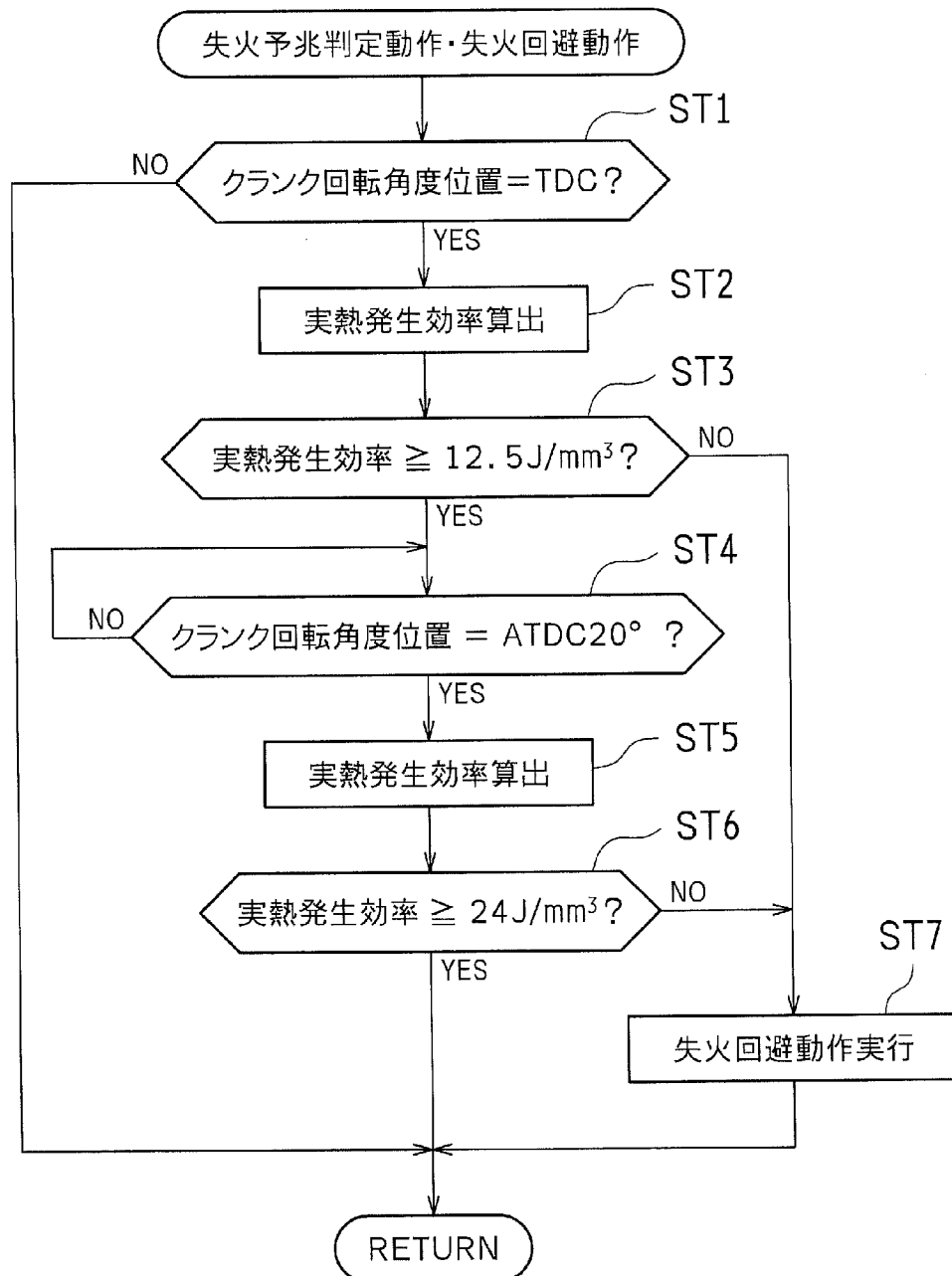
(b)



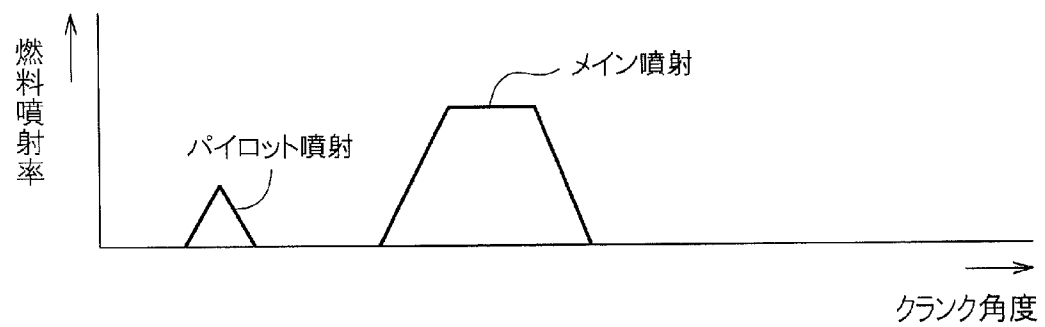
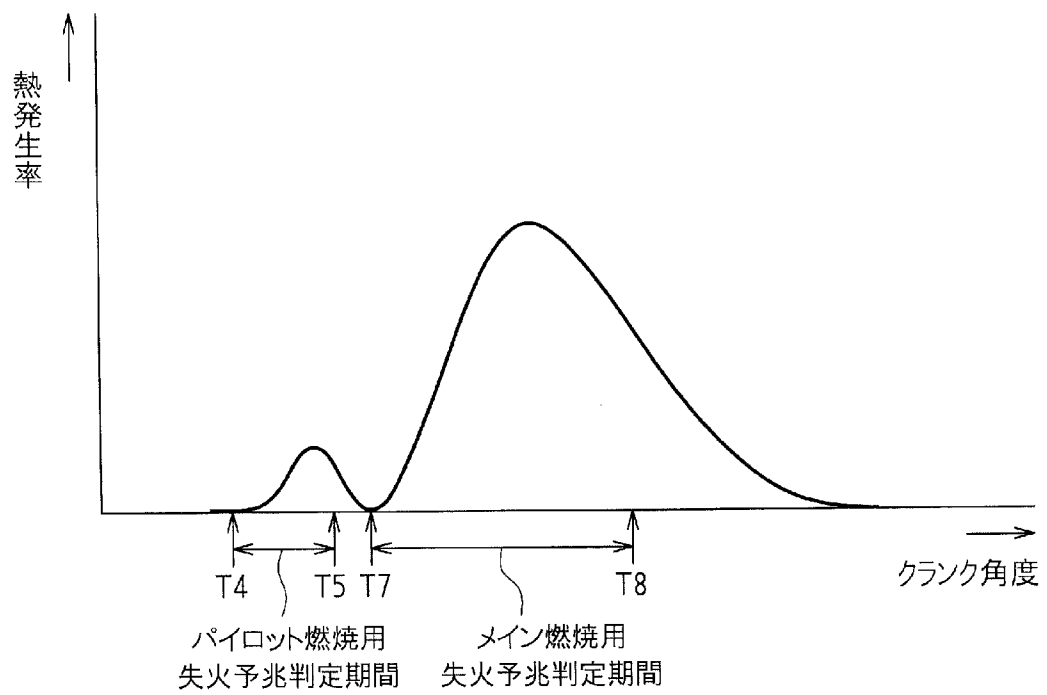
[図10]



[図11]

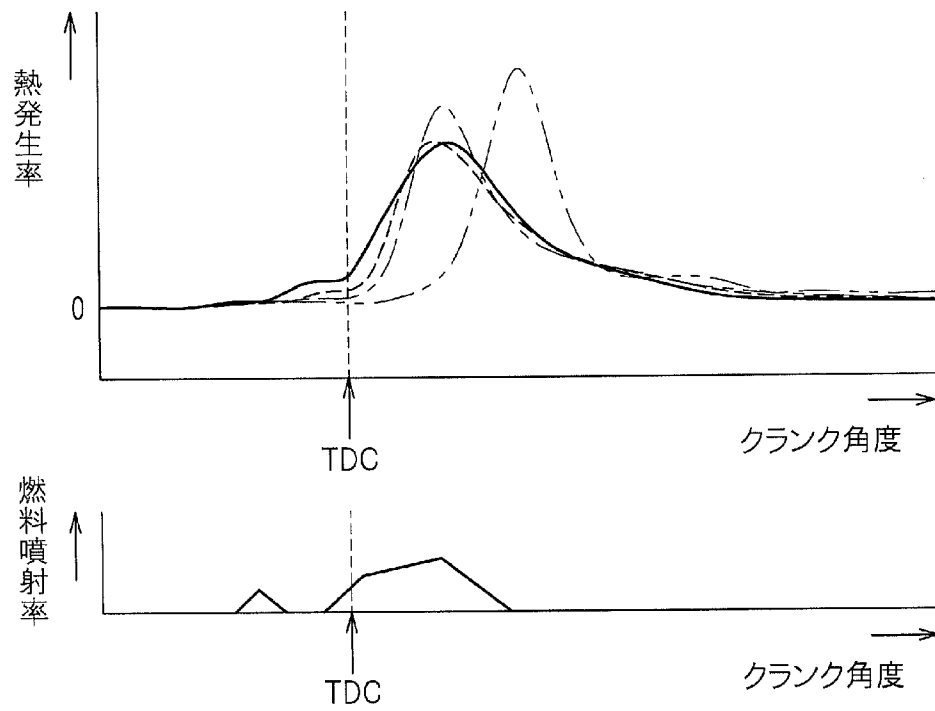


[図12]

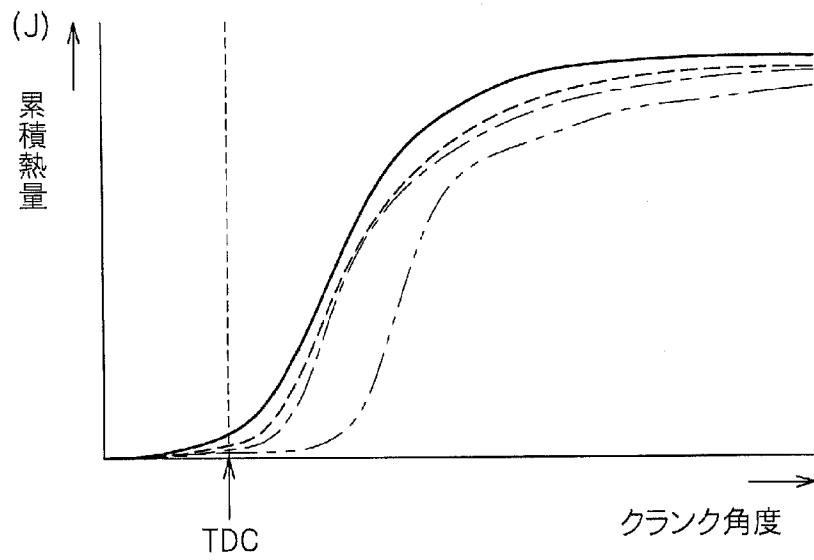


[図13]

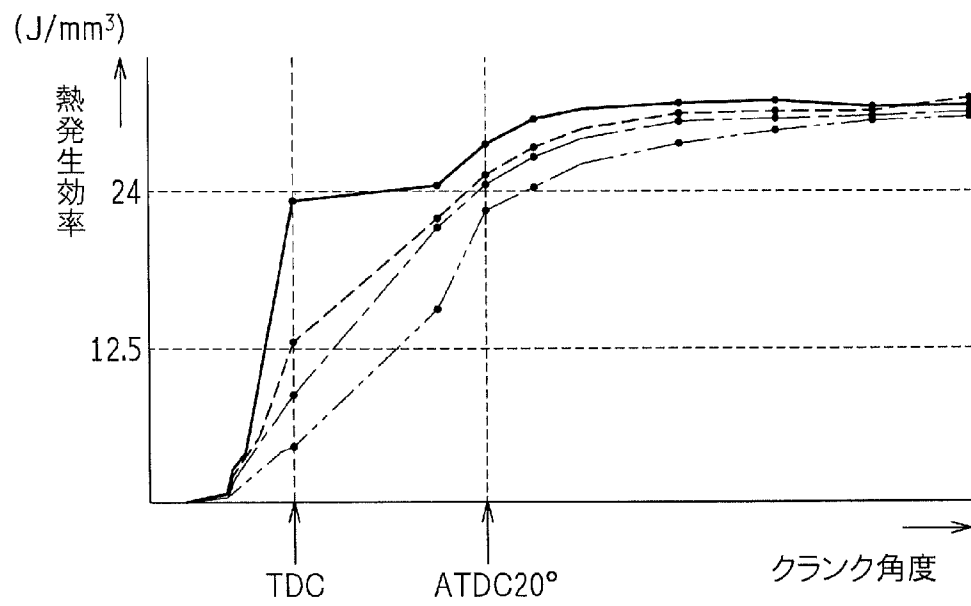
(a)



(b)



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/056599

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D45/00 (2006.01) i, F02D41/38 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02D45/00, F02D41/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2009-203938 A (Toyota Motor Corp.), 10 September 2009 (10.09.2009), paragraphs [0056] to [0060] (Family: none)	1, 5, 6 2-4
X A	JP 2005-207407 A (Toyota Motor Corp.), 04 August 2005 (04.08.2005), paragraphs [0067] to [0076] (Family: none)	1, 5, 6 2-4
X A	JP 2008-2329 A (Toyota Motor Corp.), 10 January 2008 (10.01.2008), paragraphs [0030] to [0036] (Family: none)	1, 5, 6 2-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 April, 2011 (08.04.11)

Date of mailing of the international search report
19 April, 2011 (19.04.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/056599

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-170345 A (Toyota Motor Corp.), 05 July 2007 (05.07.2007), paragraphs [0053] to [0055] (Family: none)	1-6
A	JP 9-329049 A (Hitachi, Ltd.), 22 December 1997 (22.12.1997), claim 7 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. F02D45/00(2006.01)i, F02D41/38(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F02D45/00, F02D41/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2009-203938 A（トヨタ自動車株式会社）2009.09.10, 段落 [0056]-[0060]（ファミリーなし）	1, 5, 6 2-4
X A	JP 2005-207407 A（トヨタ自動車株式会社）2005.08.04, 段落 [0067]-[0076]（ファミリーなし）	1, 5, 6 2-4
X A	JP 2008-2329 A（トヨタ自動車株式会社）2008.01.10, 段落 [0030]-[0036]（ファミリーなし）	1, 5, 6 2-4

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

堀川 泰宏

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 5

3 Z

4 0 1 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-170345 A (トヨタ自動車株式会社) 2007.07.05, 段落 [0053]-[0055] (ファミリーなし)	1-6
A	JP 9-329049 A (株式会社日立製作所) 1997.12.22, [請求項7] (フ ァミリーなし)	1-6