

(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
2017年5月18日(18.05.2017)



(10) 国際公開番号

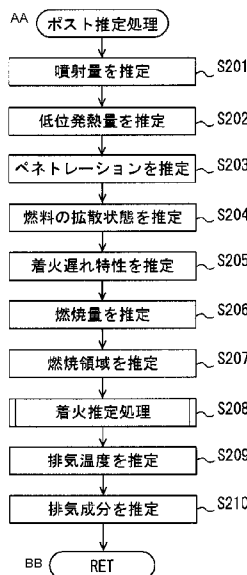
WO 2017/081932 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 41/38 (2006.01) F02D 45/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/076880
- (22) 国際出願日: 2016年9月13日(13.09.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-222316 2015年11月12日(12.11.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 岡林 篤紀(OKABAYASHI Atsunori); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 星 真弥(HOSHI Shinya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 金 順姫(JIN Shunji); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: COMBUSTION SYSTEM ESTIMATION DEVICE AND CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 燃焼システムの推定装置及び制御装置



S201 Estimate injection amount
S202 Estimate lower heating value
S203 Estimate penetration
S204 Estimate diffusion state of fuel
S205 Estimate ignition delay characteristic
S206 Estimate combustion amount
S207 Estimate combustion zone
S208 Ignition estimation process
S209 Estimate exhaust temperature
S210 Estimate exhaust components
AA Post estimation process
BB Return

(57) Abstract: An estimation device (80) that is used in a combustion system, said combustion system having an internal combustion engine (10), comprises a mixture acquisition unit (S101, S401), a combustion amount estimation unit (S206), a zone estimation unit (S207), and a period estimation unit (S208). The mixture acquisition unit (S101, S401) acquires the mixing ratio for each component included in a fuel that is used for combustion in the internal combustion engine. The combustion amount estimation unit (S206) estimates, on the basis of the mixing ratios acquired by the mixture acquisition unit, the amount of fuel combusted by a post-combustion, said post-combustion being caused by a post-injection that injects fuel into a combustion chamber (11a) of the internal combustion engine. The zone estimation unit (S207) estimates, on the basis of the mixing ratios, the combustion zone of the post-combustion in the combustion chamber. The period estimation unit (S208) estimates, on the basis of the mixing ratios, an ignition period, during which ignition occurs in the combustion chamber due to the post-injection.

(57) 要約: 内燃機関(10)を有する燃焼システムに適用された推定装置(80)は、混合取得部(S101, S401)と、燃焼量推定部(S206)と、領域推定部(S207)と、時期推定部(S208)と、を備える。混合取得部(S101, S401)は、内燃機関での燃焼に用いる燃料に含まれた各種成分の混合割合を取得する。燃焼量推定部(S206)は、燃料がポスト噴射により内燃機関の燃焼室(11a)に噴射されることで発生するポスト燃焼について、ポスト燃焼による燃料の燃焼量を、混合取得部により取得された混合割合に基づいて推定する。領域推定部(S207)は、燃焼室におけるポスト燃焼の燃焼領域を、混合割合に基づいて推定する。時期推定部(S208)は、ポスト噴射により燃焼室において着火が生じる着火時期を、混合割合に基づいて推定する。

WO 2017/081932 A1

WO 2017/081932 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 燃焼システムの推定装置及び制御装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2015年11月12日に出願された日本出願番号2015-222316号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、燃焼システムでのポスト噴射による燃焼状態を推定する推定装置、及び燃焼システムの制御を行う制御装置に関する。

背景技術

[0003] 従来より、内燃機関を有する燃焼システムにおいて、燃焼室に対して1燃焼サイクル中に燃料を複数回噴射する多段噴射という技術が知られている。例えば特許文献1では、多段噴射のうちポスト噴射を対象として噴射時期等が制御されることで、排気中の未燃燃料を増加させることや、排気温度を上昇させることが可能になっている。この構成では、内燃機関の排気通路に微粒子捕集装置DPF (Diesel Particulate Filter) が設けられており、DPFに堆積したPMの燃焼を促進させるように、燃料のセタン価に応じてポスト噴射の噴射時期等が設定される。例えば、燃料のセタン価が高いほど、ポスト噴射時期が遅角側に設定されるとともに、ポスト噴射量が小さい値に設定される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2010-96056号公報

[0005] しかしながら、内燃機関での燃焼に用いられる燃料としては、様々な性状を有する燃料が存在する。このため、セタン価が同一の燃料について、実際には燃料に含まれている成分が異なっていたり成分の混合割合が異なっていたりした場合は、セタン価に応じてポスト噴射の噴射時期等が設定されても、所望の排気成分や排気温度を得られないことが懸念される。すなわち、燃

料のセタン価に応じてポスト噴射の制御が行われる構成では、排気の後処理が適正に行われていないことが懸念される。

発明の概要

[0006] 本開示は、ポスト噴射により排気の後処理を適正化できる燃焼システムの推定装置及び制御装置を提供することを目的とする。

[0007] 本開示の第一の態様において、内燃機関を有する燃焼システムに適用された推定装置は、前記内燃機関での燃焼に用いる燃料に含まれた各種成分の混合割合を取得する混合取得部を備える。前記推定装置は、前記燃料がポスト噴射により前記内燃機関の燃焼室に噴射されることで発生するポスト燃焼について、前記ポスト燃焼による前記燃料の燃焼量を、前記混合取得部により取得された前記混合割合に基づいて推定する燃焼量推定部を、更に備える。前記推定装置は、前記燃焼室における前記ポスト燃焼の燃焼領域を、前記混合割合に基づいて推定する領域推定部を、更に備える。前記推定装置は、前記ポスト噴射により前記燃焼室において着火が生じる着火時期を、前記混合割合に基づいて推定する時期推定部を、更に備える。

[0008] 本開示の第二の態様において、内燃機関を有する燃焼システムに適用された制御装置は、前記内燃機関での燃焼に用いる燃料に含まれた各種成分の混合割合を取得する混合取得部を、備える。前記制御装置は、前記燃料がポスト噴射により前記内燃機関の燃焼室に噴射されることで発生するポスト燃焼について、前記ポスト燃焼による前記燃料の燃焼量を、前記混合取得部により取得された前記混合割合に基づいて推定する燃焼量推定部を、更に備える。前記制御装置は、前記燃焼室における前記ポスト燃焼の燃焼領域を前記混合割合に基づいて推定する領域推定部を、更に備える。前記制御装置は、前記ポスト噴射により前記燃焼室において着火が生じる着火時期を前記混合割合に基づいて推定する時期推定部を、更に備える。前記制御装置は、前記燃焼量推定部、前記領域推定部及び前記時期推定部の各推定結果に基づいて、前記燃焼システムの制御を行う燃焼制御部を、更に備える。

図面の簡単な説明

- [0009] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
- [図1]第1実施形態における燃焼システムの概略図であり、
- [図2]着火遅れ時間の説明図であり、
- [図3]複数の着火遅れ時間、燃えやすさを表わすパラメータ、および各種成分の混合量の関係を説明する図であり、
- [図4]筒内酸素濃度に起因して生じる着火遅れ時間の変化を表す特性線と、燃料の分子構造種との関係を示す図であり、
- [図5]筒内温度に起因して生じる着火遅れ時間の変化を表す特性線と、燃料の分子構造種との関係を示す図であり、
- [図6]着火遅れ時間にに基づき特定される特性線と、分子構造種の混合割合との関係を示す図であり、
- [図7]ポスト制御処理の手順を示すフローチャートであり、
- [図8]ポスト推定処理の手順を示すフローチャートであり、
- [図9]噴射パラメータとしての噴射量の推定について説明するための図であり、
- [図10]噴射パラメータとしての低位発熱量の推定について説明するための図であり、
- [図11]蒸留性状について説明するための図であり、
- [図12]噴射パラメータとしてのペネトレーションの推定について説明するための図であり、
- [図13]ペネトレーションを推定するための数式を示す図であり、
- [図14]噴射パラメータとしての拡散状態の推定について説明するための図であり、
- [図15]拡散状態を推定するための数式を示す図であり、
- [図16]燃焼パラメータとしての燃焼量を推定するための数式を示す図であり、
- [図17]燃焼率を推定するための数式を示す図であり、

[図18]着火推定処理の手順を示すフローチャートであり、
[図19]OHラジカルの生成量について説明するための図であり、また
[図20]第2実施形態におけるポスト制御処理の手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照しながら開示を実施するための複数の形態を説明する。各形態において、先行する形態で説明した事項に対応する部分には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する場合がある。各形態において、構成の一部のみを説明している場合は、構成の他の部分については先行して説明した他の形態を参照し適用することができる。

[0011] (第1実施形態)

本実施形態に係る燃焼システムの推定装置及び制御装置は、図1に示す電子制御装置(ＥＣＵ８０)により提供される。ＥＣＵ８０は、マイクロコンピュータ(マイコン８０a)や、図示しない入力処理回路および出力処理回路等を備える。マイコン８０aは、図示しない中央処理装置(ＣＰＵ)およびメモリ８０bを備える。メモリ８０bに記憶された所定のプログラムをＣＰＵが実行することで、マイコン８０aは、燃焼システムが備える燃料噴射弁１５、燃料ポンプ１５p、ＥＧＲバルブ１７a、調温バルブ１７d、および過給調圧機器２６等の作動を制御する。これらの制御により、燃焼システムが備える内燃機関１０での燃焼状態は、所望の状態に制御される。燃焼システムおよびＥＣＵ８０は車両に搭載されたものであり、当該車両は、内燃機関１０の出力を駆動源として走行する。

[0012] 内燃機関１０は、シリンダブロック１１、シリンダヘッド１２およびピストン１３等を備える。シリンダヘッド１２には、吸気バルブ１４in、排気バルブ１４ex、燃料噴射弁１５および筒内圧センサ２１が取り付けられている。

[0013] 燃料ポンプ１５pは、燃料タンク内の燃料をコモンレール１５cへ圧送する。ＥＣＵ８０が燃料ポンプ１５pの作動を制御することで、コモンレール

15c内の燃料は、目標圧力 P_{trg} に維持された状態でコモンレール15cに蓄えられる。コモンレール15cは、蓄圧された燃料を各気筒の燃料噴射弁15へ分配する。燃料噴射弁15から噴射された燃料は、燃焼室11aで吸気と混合して混合気を形成し、混合気はピストン13により圧縮されて自着火する。要するに、内燃機関10は圧縮自着火式のディーゼルエンジンであり、燃料には軽油が用いられている。なお、燃料噴射弁15による燃料の噴射としては、燃料を霧状に噴く噴霧が挙げられる。

[0014] 燃料噴射弁15は、電磁アクチュエータおよび弁体をボデー内部に収容して構成されている。電磁アクチュエータへの通電をECU80がオンさせると、電磁アクチュエータの電磁吸引力により図示しない背圧室のリーク通路が開弁し、背圧低下に伴い弁体が開弁作動し、ボデーに形成されている噴孔が開弁されて噴孔から燃料が噴射される。上記通電をオフさせると、弁体が閉弁作動して燃料噴射が停止される。

[0015] シリンダヘッド12に形成されている吸気ポート12inおよび排気ポート12exには、吸気管16inおよび排気管16exが接続されている。吸気管16inおよび排気管16exにはEGR管17が接続されており、排気の一部（EGRガス）がEGR管17を通じて吸気管16inへ流入（還流）する。EGR管17にはEGRバルブ17aが取り付けられている。ECU80がEGRバルブ17aの作動を制御することで、EGR管17の開度が制御され、EGRガスの流量が制御される。

[0016] さらに、EGR管17のうちEGRバルブ17aの上流部分には、EGRガスを冷却するEGRクーラ17b、バイパス管17cおよび調温バルブ17dが取り付けられている。バイパス管17cは、EGRガスがEGRクーラ17bをバイパスするバイパス流路を形成する。調温バルブ17dは、バイパス流路の開度を調整することで、EGRクーラ17bを流れるEGRガスと、バイパス流路を流れるEGRガスとの割合を調整し、ひいては、吸気管16inへ流入するEGRガスの温度を調整する。ここで、吸気ポート12inへ流入する吸気には、吸気管16inから流入する外部空気（新気）

およびEGRガスが含まれる。したがって、調温バルブ17dによりEGRガスの温度を調整することは、吸気ポート12inへ流入する吸気の温度（インマニ温度）を調整することを意味する。

[0017] 燃焼システムは図示しない過給機を備える。過給機は、排気管16exに取り付けられるタービン、および吸気管16inに取り付けられるコンプレッサを有する。排気の流速エネルギーによりタービンが回転すると、タービンの回転力によりコンプレッサが回転し、コンプレッサにより新気が圧縮（過給）される。先述した過給調圧機器26は、タービンの容量を変化させる機器であり、ECU80が過給調圧機器26の作動を制御することで、タービン容量が調整され、これにより、コンプレッサによる過給圧が制御される。

[0018] また、燃焼システムは、NOx浄化触媒31、DPF32を備えている。NOx浄化触媒31は、排気中の窒素酸化物NOxを吸着する吸着触媒や、NOxを窒素N₂に還元する還元触媒などを有しており、排気管16exにおいてタービンの下流側に配置されている。DPF32（Diesel Particulate Filter）は、NOx浄化触媒31の更に下流側に配置されており、排気に含まれている微粒子を捕集する微粒子捕集装置である。排気管16exを流れる排気は、NOx浄化触媒31及びDPF32の両方を通過した後に、排気管16exの下流端部から放出される。なお、燃焼システムにおいては、NOx浄化触媒31及びDPF32が排気浄化装置を構成している。

[0019] ECU80には、筒内圧センサ21、酸素濃度センサ22、レール圧センサ23、クランク角センサ24、アクセルペダルセンサ25、排気温度センサ33、排気圧センサ34および触媒温度センサ35等、各種センサによる検出信号が入力される。

[0020] 筒内圧センサ21は、燃焼室11aの圧力（筒内圧）に応じた検出信号を出力する。筒内圧センサ21は、圧力検出素子に加えて温度検出素子21aを有しており、燃焼室11aの温度（筒内温度）に応じた検出信号を出力する。酸素濃度センサ22は、吸気管16inに取り付けられ、吸気中の酸素濃度に応じた検出信号を出力する。検出対象となる吸気は、新気とEGRガ

スが混合したものである。レール圧センサ 23 はコモンレール 15c に取り付けられており、蓄圧されている燃料の圧力（レール圧）に応じた検出信号を出力する。クランク角センサ 24 は、ピストン 13 により回転駆動するクランク軸の回転速度（エンジン回転数）に応じた検出信号を出力する。アクセルペダルセンサ 25 は、車両運転者により踏み込み操作されるアクセルペダルの踏込量（エンジン負荷）に応じた検出信号を出力する。

[0021] 排気温度センサ 33 は、排気管 16ex に取り付けられて排気温度を検出する。排気圧センサ 34 は、排気管 16ex に取り付けられて排気圧を検出する。排気温度センサ 33 及び排気圧センサ 34 は、排気管 16ex において NOx 浄化触媒 31 とタービンとの間に配置されている。

[0022] 触媒温度センサ 35 は、排気管 16ex において NOx 浄化触媒 31 と DPF 32 との間に設けられており、NOx 浄化触媒 31 を通過した排気の温度を検出することで NOx 浄化触媒 31 の内部温度を検出する。なお、触媒温度センサ 35 は、NOx 浄化触媒 31 に取り付けられていてもよい。

[0023] ECU 80 は、センサ 21～25, 33～35 の各検出信号に基づき、燃料噴射弁 15、燃料ポンプ 15p、EGR バルブ 17a、調温バルブ 17d および過給調圧機器 26 の作動を制御する。これにより、燃料の噴射開始時期、噴射量、噴射圧、EGR ガス流量、インマニ温度および過給圧が制御される。

[0024] 燃料噴射弁 15 の作動を制御している時のマイコン 80a は、燃料の噴射開始時期、噴射量、および多段噴射に係る噴射段数を制御する噴射制御部 83 として機能する。1 燃焼サイクル中に同一の燃料噴射弁 15 から複数回噴射（多段噴射）させるように噴射制御する場合がある。これら複数回の噴射には、最も噴射量が多く設定されたメイン噴射と、メイン噴射より前のタイミングで行われるパイロット噴射と、メイン噴射より後のタイミングで行われるポスト噴射とが含まれている。

[0025] 燃料ポンプ 15p の作動を制御している時のマイコン 80a は、噴射圧を制御する燃圧制御部 84 として機能する。EGR バルブ 17a の作動を制御

している時のマイコン 80a は、EGR ガス流量を制御する EGR 制御部 85 として機能する。調温バルブ 17d の作動を制御している時のマイコン 80a は、インマニ温度を制御するインマニ温度制御部 87 として機能する。過給調圧機器 26 の作動を制御している時のマイコン 80a は、過給圧を制御する過給圧制御部 86 として機能する。

[0026] マイコン 80a は、燃焼に関する物理量の検出値（燃焼特性値）を取得する燃焼特性取得部 81 としても機能する。本実施形態に係る燃焼特性値とは、図 2 に示す着火遅れ時間 TD のことである。図 2 の上段は、マイコン 80a から出力されるパルス信号を示す。パルス信号にしたがって燃料噴射弁 15 への通電が制御される。具体的には、パルスオンの t1 時点で通電が開始され、パルスオン期間 Tq に通電オンが継続される。要するに、パルスオンのタイミングにより噴射開始時期が制御される。また、パルスオン期間 Tq により噴射期間が制御され、ひいては噴射量が制御される。

[0027] 図 2 の中段は、パルス信号にしたがって弁体が開弁作動および閉弁作動した結果生じる、噴孔からの燃料の噴射状態の変化を示す。具体的には、単位時間あたりに噴射される燃料の噴射量（噴射率）の変化を示す。図示されるように、通電開始の t1 時点から、実際に噴射が開始される t2 時点までにはタイムラグが存在する。また、通電終了時点から実際に噴射が停止されるまでにもタイムラグが存在する。実際に噴射が為されている期間 Tq1 は、パルスオン期間 Tq で制御される。

[0028] 図 2 の下段は、噴射された燃料の、燃焼室 11a での燃焼状態の変化を示す。具体的には、噴射された燃料と吸気の混合気が自着火燃焼することに伴い生じる、単位時間あたりの熱量（熱発生率）の変化を示す。図示されるように、噴射開始の t2 時点から、実際に燃焼が開始される t3 時点までにはタイムラグが存在する。本実施形態では、通電開始の t1 時点から燃焼開始の t3 時点までの時間を着火遅れ時間 TD と定義する。

[0029] 燃焼特性取得部 81 は、筒内圧センサ 21 で検出される筒内圧の変化に基づき、燃焼開始の t3 時点进行推定する。具体的には、ピストン 13 が上死点

に達してからクランク角が所定量だけ回転する期間において、筒内圧が急上昇した時期を燃焼開始時期（ t_3 時点）と推定する。この推定結果に基づき、着火遅れ時間 T_D は燃焼特性取得部81により算出される。さらに燃焼特性取得部81は、燃焼時の各種状態（燃焼条件）を、燃焼毎に取得する。具体的には、筒内圧、筒内温度、吸気酸素濃度および噴射圧力を、燃焼条件として取得する。

[0030] これらの燃焼条件は、燃料の燃えやすさを表わすパラメータであり、燃焼直前での筒内圧が高いほど、燃焼直前での筒内温度が高いほど、吸気酸素濃度が高いほど、噴射圧力が高いほど、混合気が自着火しやすく燃えやすいと言える。燃焼直前での筒内圧および筒内温度として、例えば、燃料噴射弁15への通電を開始する t_1 時点で検出された値を用いればよい。筒内圧は筒内圧センサ21により検出され、筒内温度は温度検出素子21aにより検出され、吸気酸素濃度は酸素濃度センサ22により検出され、噴射圧力はレーン圧センサ23により検出される。燃焼特性取得部81は、取得した着火遅れ時間 T_D を、その燃焼に係る上記パラメータ（燃焼条件）と関連付けてメモリ80bに記憶させる。

[0031] マイコン80aは、異なる燃焼条件で検出された複数の燃焼特性値に基づき、燃料に含まれている分子構造種の混合割合を推定する、混合割合推定部82としても機能する。例えば、異なる燃焼条件毎の着火遅れ時間 T_D を図3に示す行列式に代入することで、分子構造種の混合量を算出する。なお、算出された各々の混合量を総量で除算することで、分子構造種の混合割合が算出される。

[0032] 図3の左辺にある行列は、 x 行1列であり x 個の数値から構成される。これらの数値は、各種成分の混合量を表わす。各種成分とは、分子構造の種類の違いにより分類される成分である。分子構造の種類には、直鎖パラフィン類、側鎖パラフィン類、ナフテン類および芳香族類が含まれている。

[0033] 右辺の左側にある行列は、 x 行 y 列であり、例えば $a_{00} \dots a_{XY}$ という数値から構成される。これらの数値は、予め実施した試験に基づき定められた定

数である。右辺の右側にある行列は、 y 行 1 列であり y 個の数値から構成される。これらの数値は、燃焼特性取得部 81 により取得された着火遅れ時間 TD である。例えば、1 行 1 列目の数値は、パラメータの所定の組み合わせからなる燃焼条件 i の時に取得された着火遅れ時間 $TD(i)$ であり、2 行 1 列目の数値は、燃焼条件 j の時に取得された着火遅れ時間 $TD(j)$ である。燃焼条件 i と燃焼条件 j とでは、全てのパラメータが異なる値に設定されている。なお、図 3 中の符号 $P(i)$ 、 $T(i)$ 、 $O_2(i)$ 、 $P_c(i)$ の各々は、燃焼条件 i に係る筒内圧、筒内温度、吸気酸素濃度および噴射圧力を示し、符号 $P(j)$ 、 $T(j)$ 、 $O_2(j)$ 、 $P_c(j)$ の各々は、燃焼条件 j に係る各パラメータを示す。

[0034] 次に、図 4、図 5 および図 6 を用いて、図 3 の行列式に燃焼条件毎の着火遅れ時間 TD を代入することで分子構造種の混合量が算出できる理屈を説明する。

[0035] 図 4 に示すように、燃焼に係る混合気に含まれる酸素の濃度（筒内酸素濃度）が高いほど自着火しやすくなるので、着火遅れ時間 TD が短くなる。図中の 3 本の実線 (1) (2) (3) は、筒内酸素濃度と着火遅れ時間 TD との関係を示す特性線である。但し、この特性線は燃料に応じて異なる。厳密には、燃料に含まれている各々の分子構造種の混合割合に応じて異なる。したがって、筒内酸素濃度が $O_2(i)$ の場合の着火遅れ時間 TD を検出すれば、いずれの分子構造種であるかを推測できる。特に、筒内酸素濃度が $O_2(i)$ の場合と $O_2(j)$ の場合とで着火遅れ時間 TD を比較すれば、より高精度で混合割合を推定できる。

[0036] 同様にして、図 5 に示すように、筒内温度が高いほど自着火しやすくなるので、着火遅れ時間 TD が短くなる。図中の 3 本の実線 (1) (2) (3) は、筒内温度と着火遅れ時間 TD との関係を示す特性線である。但し、この特性線は燃料に応じて異なる。厳密には、燃料に含まれている各々の分子構造種の混合割合に応じて異なる。したがって、筒内温度が $B1$ の場合の着火遅れ時間 TD を検出すれば、いずれの分子構造種であるかを推測できる。特

に、筒内温度が $T(i)$ の場合と $T(j)$ の場合とで着火遅れ時間 T_D を比較すれば、より高精度で混合割合を推定できる。

[0037] また、筒内酸素濃度に係る特性線（図4参照）に対する影響度の高い分子構造種と、筒内温度に係る特性線（図5参照）に対する影響度の高い分子構造種とは異なる。このように、複数の燃焼条件の各々に係る特性線に対して影響度の高い分子構造種は異なる。したがって、複数のパラメータ（燃焼条件）を異なる値にして取得された着火遅れ時間 T_D の組み合わせに基づけば、例えば図6の如くいずれの分子構造種の混合割合が多いのかを高精度で推定できる。

[0038] 図6に例示する分子構造種Aは、筒内酸素濃度（第1パラメータ）に係る特性線（第1特性線）に対する影響度が高い分子構造種である。また、分子構造種Bは、筒内温度（第2パラメータ）に係る特性線（第2特性線）に対する影響度が高い分子構造種であり、分子構造種Cは、第3パラメータに係る特性線（第3特性線）に対する影響度が高い分子構造種である。第1パラメータの変化に対して着火遅れ時間 T_D の変化が大きく現れるほど、分子構造種Aが多く混合していると言える。同様にして、第2パラメータの変化に対して着火遅れ時間 T_D の変化が大きく現れるほど分子構造種Bが多く混合しており、第3パラメータの変化に対して着火遅れ時間 T_D の変化が大きく現れるほど分子構造種Cが多く混合していると言える。したがって、異なる燃料（1）（2）（3）の各々に対し、分子構造種A、B、Cの混合割合を推定できる。

[0039] 次に、燃焼特性取得部81が実行するプログラムの処理について説明する。この処理は、パイロット噴射が指令される毎に実行される。

[0040] 先ず、燃焼特性取得部81は、上述した通り筒内圧センサ21の検出値に基づき燃焼開始の t_3 時点を推定して、パイロット噴射に係る着火遅れ時間 T_D を算出する。次に、複数のパラメータ（燃焼条件）と関連付けて、着火遅れ時間 T_D をメモリ80bに記憶させる。

[0041] 具体的には、各パラメータが取り得る数値範囲を複数の領域に区分けして

おき、複数のパラメータの領域の組み合わせ予め設定しておく。例えば図3に示す着火遅れ時間 $TD(i)$ は、 $P(i)$ 、 $T(i)$ 、 $O_2(i)$ 、 $P_c(i)$ の領域の組み合わせ時に取得された着火遅れ時間 TD を表わす。同様に、着火遅れ時間 $TD(j)$ は、 $P(j)$ 、 $T(j)$ 、 $O_2(j)$ 、 $P_c(j)$ の領域の組み合わせ時に取得された着火遅れ時間 TD を表わす。

[0042] なお、ユーザが給油することに起因して、燃料タンクに貯留されている燃料に別の燃料が混合した可能性が高い場合に、分子構造種の混合割合が変化したとみなし、推定されていた混合量の値をリセットする。例えば、内燃機関10の運転停止時に、燃料タンクの燃料残量を検出するセンサにより燃料残量の増大が検出された場合にリセットする。

[0043] 燃焼特性取得部81は、着火遅れ時間 TD を図3の行列式に代入して、分子構造種毎の混合量を算出する。なお、サンプリング数、つまり行列式の右辺右側の行列の行数に応じて、定数を表わす行列の列数を変更する。或いは、取得されていない着火遅れ時間 TD については、予め設定しておいたノミナル値を着火遅れ時間 TD の行列に代入する。このように算出された分子構造種毎の混合量に基づき、分子構造種毎の混合割合を算出する。

[0044] 先述した通り、マイコン80aは、噴射制御部83、燃圧制御部84、EGR制御部85、過給圧制御部86およびインマニ温度制御部87としても機能する。これらの制御手段は、エンジン回転数、エンジン負荷およびエンジン冷却水温度等に基づき目標値を設定し、制御対象が目標値となるようにフィードバック制御する。或いは、目標値に対応する内容でオープン制御する。

[0045] 噴射制御部83は、噴射開始時期、噴射量および噴射段数が目標値となるように図2のパルス信号を設定することで、噴射開始時期、噴射量および噴射段数を制御（噴射制御）する。上記噴射段数とは、先述した多段噴射に係る噴射回数のことである。具体的には、上記目標値に対応するパルス信号のオン時間（通電時間）およびパルスオン立ち上がり時期（通電開始時期）を、マップ上に予め記憶させておく。そして、目標値に対応する通電時間およ

び通電開始時期をマップから取得してパルス信号を設定する。

[0046] また、噴射により得られた出力トルクや、 NO_x 量およびPM量等のエミッション状態値を記憶しておく。そして、次回以降の噴射において、エンジン回転数およびエンジン負荷等に基づき目標値を設定するにあたり、上述の如く記憶された値に基づき、目標値を補正する。要するに、実際の出力トルクやエミッション状態値と、所望する出力トルクやエミッション状態値との偏差をゼロにするよう、目標値を補正してフィードバック制御する。

[0047] 燃圧制御部84は、燃料ポンプ15pに吸入される燃料の流量を制御する調量弁の作動を制御する。具体的には、レール圧センサ23で検出された実レール圧と目標圧力 P_{trg} （目標値）との偏差に基づき、調量弁の作動をフィードバック制御する。その結果、燃料ポンプ15pによる単位時間当りの吐出量が制御され、実レール圧が目標値となるように制御（燃圧制御）される。

[0048] EGR制御部85は、エンジン回転数およびエンジン負荷等に基づき、EGR量の目標値を設定する。そして、この目標値に基づき、EGRバルブ17aのバルブ開度を制御（EGR制御）してEGR量を制御する。過給圧制御部86は、エンジン回転数およびエンジン負荷等に基づき、過給圧の目標値を設定する。そして、この目標値に基づき、過給調圧機器26の作動を制御（過給圧制御）して過給圧を制御する。インマニ温度制御部87は、外気温度、エンジン回転数およびエンジン負荷等に基づき、インマニ温度の目標値を設定する。そして、この目標値に基づき、調温バルブ17dのバルブ開度を制御（インマニ温度制御）してインマニ温度を制御する。

[0049] ここで、マイコン80aは、噴射制御部83として機能することで、ポスト噴射についての制御を行うポスト制御処理を実行する。ここでは、ポスト制御処理について図7のフローチャートを参照しつつ説明する。この処理は、内燃機関10の運転期間中、所定周期で繰返し実行される。

[0050] 先ず、図7のステップS101において、混合割合推定部82により推定された混合割合（実混合割合）を取得する。つまり、図3の左辺に示す分子

構造種の各々についての混合割合を取得する。一方、分子構造種の各々に対する混合割合の基準値（基準混合割合）が、予め設定されてメモリ80bに記憶されている。これらの基準混合割合は、車両の使用が装置される国や地域で流通している燃料を鑑みて設定されている。本ステップS101では、直鎖パラフィン類、側鎖パラフィン類、ナフテン類、芳香族類などグループ化された分子構造種の量を推定している。なお、ステップS101が混合取得部に対応する。

[0051] ステップS102では、基準混合割合をメモリ80bから読み込んで取得する。ステップS103では、ポスト噴射についての噴射条件を取得する。噴射条件としては、コモンレール15c内の燃料圧力であるレール圧や、噴射量の目標値である目標噴射量、燃料噴射弁15への通電期間、燃料噴射弁15のニードルリフト量などが挙げられる。なお、レール圧は、燃焼条件の噴射圧力である。

[0052] ステップS104では、ポスト噴射が行われる場合の筒内環境条件を取得する。筒内環境条件としては、燃焼室11aの温度である筒内温度や、燃焼室11aの酸素濃度である筒内酸素濃度、燃焼室11aでの混合気の流速である筒内流速などが挙げられる。なお、筒内温度は、燃焼条件にも含まれている。また、筒内酸素濃度は、燃焼条件に含まれている吸気酸素濃度に基づいて取得される。

[0053] ステップS105では、ポスト推定処理を行う。ポスト推定処理については、図8のフローチャートを参照しつつ説明する。ここで、ポスト噴射による燃料の燃焼をポスト燃焼と称し、その状態をポスト燃焼状態と称する。この場合、燃料の性状（例えばセタン価）が同一の燃料であっても、その燃料に含まれている分子構造種の混合割合が異なれば、ポスト燃焼状態が異なってくる。ポスト推定処理では、ポスト噴射やポスト燃焼の状態についての推定を行い、この推定結果に基づいて排気エミッションの状態を推定する。

[0054] 図8において、ステップS201～S205では、ステップS101にて取得した分子構造種の実混合割合に基づいて、ポスト噴射の噴射状態を推定

する。ポスト噴射の噴射状態を示す噴射パラメータとしては、噴射量、低位発熱量、ペネトレーション、拡散状態及び着火遅れ特性の5つが挙げられる。ここで、基準混合割合を有する基準燃料については、筒内環境に応じた各噴射パラメータの値が試験等によりあらかじめ取得されており、これら取得データが基準データとしてメモリ80bに記憶されている。そして、実混合割合を有する実燃料については、基準データと比較することで各噴射パラメータの値を推定する。

[0055] ステップS201では、実混合割合に基づいて、ポスト噴射の噴射量を推定する。ここでは、図9に示すように、実混合割合に基づいて、燃料の一般性状のうち動粘度及び密度を推定し、これら動粘度及び密度と噴射条件の噴射圧力及び噴射期間とに対して所定の関数 $f_1()$ を用いることで、噴射量を推定する。この場合、動粘度や密度は、化学的な影響を受ける燃料特性の一部であり、噴射圧力や噴射期間は、物理的な影響を受ける使用条件や環境条件の一部である。なお、ステップS201が噴射量推定部に対応する。また、噴射量を推定する場合、関数 $f_1()$ に代えて、重回帰モデル等の推定モデルやマップなどを用いてもよい。さらに、噴射期間として、パルスオン期間 T_q を用いてもよい。

[0056] ステップS202では、実混合割合に基づいて、実燃料の低位発熱量を推定する。ここでは、図10に示すように、実混合割合に基づいて、実燃料の平均炭素数及び平均水素数を推定し、これら平均炭素数及び平均水素数に対して所定の関数 $f_2()$ を用いることで、低位発熱量を推定する。この場合、平均炭素数及び平均水素数は、化学的な影響を受ける燃料特性により定められるものである。なお、低位発熱量を推定する場合、関数 $f_2()$ に代えて、推定モデルやマップなどを用いてもよい。なお、ステップS202が発熱量推定部に対応する。

[0057] ステップS203では、実混合割合に基づいて、ポスト噴射による燃料のペネトレーションを推定する。ペネトレーションは、燃料噴射弁15から噴射された燃料が燃焼室11aを直進する力を示す貫徹力である。噴射された

燃料については、燃焼室 1 1 a での蒸発量が多いほどペネトレーションが低下しやすい。そこで、複数の蒸留性状に基づいて燃料の揮発性を推定することで、その燃料のペネトレーションを推定する。なお、ステップ S 2 0 3 が貫徹力推定部に対応する。

[0058] 図 1 1 に示すように、基準混合割合を有する基準燃料と、実混合割合を有する実燃料とを比較した場合、5 0 % が蒸発する蒸留性状 T 5 0 が基準燃料と実燃料とで同じであったとしても、蒸留性状 T 1 0, T 9 0 が基準燃料と実燃料とで異なることがある。この場合、複数の蒸留性状に基づいて燃料のペネトレーションを推定することで、その推定精度が高められる。加えて、蒸留性状 T 5 0 自体も基準燃料と実燃料とで大きく異なることがある。このため、燃料ごとの平均炭素数等から平均蒸留特性である蒸留性状 T 5 0 を推定比較することでペネトレーションの推定精度を高めることができる。

[0059] 噴射されることで燃焼室 1 1 a において拡散した燃料については、粒子の質量が大きいほど運動量が大きくなり、ペネトレーションが大きくなりやすい。この場合、動粘度が大きくて微粒子化しにくい燃料ほど噴霧内の燃料密度が大きくなり、粒子の質量が大きくなりやすい。特に、空気に対する燃料のせん断力や、噴孔における燃料の噴射速度、燃料の密度などは、動粘度や粘度から影響を受けやすい。また、燃料のせん断力は、筒内圧力から影響を受けやすく、筒内圧力が高いほど燃料のせん断力が高くなりやすい。燃料においては、揮発性が高いほど粒子は質量を失い、運動量が小さくなる。例えば、蒸留性状の初留点～T 5 0 までの温度が低い燃料は、比較的気化しやすく、ペネトレーションが小さくなりやすい。

[0060] 上記ステップ S 2 0 3 では、図 1 2 に示すように、密度、動粘度及び複数の蒸留性状を含む燃料特性と、筒内温度及び筒内流速を含む筒内環境と、ステップ S 2 0 1 にて推定した噴射量と、に基づいてペネトレーションを推定する。ペネトレーションは、筒内環境条件や噴射条件によって左右されるものであり、図 1 3 に示すような数式によっても推定可能になっている。この数式においては、筒内環境条件や噴射条件に応じたペネトレーション P_1 ,

P 2, P 3...が、あらかじめ定められた定数 b 及び動粘度等の燃料特性に基づいて推定される。定数 b は、 x 行 y 列であり、例えば $b_{00} \dots b_{XY}$ という数値を有する行列になっている。

[0061] なお、実混合割合に基づいて暫定ペネトレーションを推定し、その暫定ペネトレーションを噴射量で補正することによりペネトレーションを推定することも可能である。また、蒸留性状は、燃料に含まれた実混合割合に基づいて推定される。このため、燃料特性には、密度、動粘度及び蒸留性状といった一般性状に加えて、実混合割合の要素も含まれていることになる。

[0062] 図 8 に戻り、ステップ S 2 0 4 では、実混合割合に基づいて、ポスト噴射による噴射される燃料の拡散状態を推定する。拡散状態は、噴射された燃料がどの程度拡散するのかわを示す拡散度合いである。噴射された燃料については、燃焼室 1 1 a での蒸発量が多いほど拡散しやすい。そこで、ペネトレーションと同様に、複数の蒸留性状に基づいて燃焼の揮発性を推定することで、その燃料の拡散状態を推定する。なお、ステップ S 2 0 4 が拡散推定部に対応する。

[0063] このステップ S 2 0 4 では、図 1 4 に示すように、密度、動粘度及び複数の蒸留性状を含む燃料特性と、筒内温度及び筒内流速を含む筒内環境と、ステップ S 2 0 1 にて推定した噴射量と、に基づいて拡散状態を推定する。拡散状態は、筒内環境条件や噴射条件によって左右されるものであり、図 1 5 に示すような数式によっても推定可能になっている。この数式においては、筒内環境条件や噴射条件に応じた拡散状態 $D_1, D_2, D_3 \dots$ が、あらかじめ定められた定数 c 及び動粘度等の燃料特性に基づいて推定される。定数 c は、 x 行 y 列であり、例えば $c_{00} \dots c_{XY}$ という数値を有する行列になっている。

[0064] なお、拡散状態は、噴霧の運動量理論を示す周知の数式を用いて算出することも可能になっている。

[0065] ステップ S 2 0 5 では、実混合割合に基づいて、実燃料の着火遅れ特性を推定する。着火遅れ特性は、着火しやすさを示す特性であり、例えば、筒内

環境が着火を促す状態にある場合について、燃料の着火が開始されるまでに要する時間で表現されるものである。筒内環境が着火を促す状態としては、例えば、筒内温度及び筒内圧が着火の発生にとって十分に高くなっている状態などが挙げられる。なお、ステップS 2 0 5 が着火遅れ推定部に対応する。

[0066] ステップS 2 0 6～S 2 0 8では、ステップS 2 0 1～S 2 0 5にて推定した各噴射パラメータを用いて、ポスト噴射による燃料の燃焼状態を推定する。この燃焼状態を示す燃焼パラメータとしては、燃焼量、燃焼領域、着火時期の3つが挙げられる。ここで、基準燃料については、筒内環境に応じた各燃焼パラメータの値が試験等によりあらかじめ取得されており、噴射パラメータと同様に、これら取得データが基準データとしてメモリ80bに記憶されている。そして、実燃料については、基準データと比較することで各燃焼パラメータの値を推定する。なお、着火時期は着火遅れ時間TDに相当する。

[0067] ステップS 2 0 6では、ポスト噴射による燃焼量を推定する。燃焼量の推定には、噴射量、低位発熱量、ペネトレーション、拡散状態及び着火遅れ特性の5つの噴射パラメータの全てを用いる。例えば、燃焼量は、図16に示す数式を用いて算出される。この数式においては、 Q_{burn} が燃焼量、 α が燃焼率、 $\rho \times Q_{inj}$ がステップS 2 0 1にて推定した噴射量、 A がステップS 2 0 2にて推定した低位発熱量である。図17に示すように、燃焼率 α は、ステップS 2 0 3にて推定したペネトレーションと、ステップS 2 0 4にて推定した拡散状態と、ステップS 2 0 5にて推定した着火遅れ特性と、に対して所定の関数 $f_3()$ を用いることで推定される。なお、ポスト噴射の噴霧体積も、ペネトレーション及び拡散状態を用いて推定される。また、ステップS 2 0 6が燃焼量推定部に対応する。

[0068] ステップS 2 0 7では、ポスト噴射による燃焼領域を推定する。燃焼領域の推定には、5つの噴射パラメータのうち噴射量、ペネトレーション、拡散状態及び着火遅れ特性の4つを用いる。例えば、噴射量、ペネトレーション

、拡散状態及び着火遅れ特性に対して所定の関数やマップ、モデルなどを用いることで燃焼領域を推定する。なお、ステップS 2 0 7が領域推定部に対応する。

[0069] ステップS 2 0 8では、ポスト噴射による着火時期を推定するための着火推定処理を行う。着火推定処理については、図18のフローチャートを参照しつつ説明する。

[0070] 図18において、ステップS 3 0 1では、筒内環境条件として筒内温度を取得し、ステップS 3 0 2では、筒内環境条件として筒内酸素濃度を取得する。なお、ステップS 3 0 2では、筒内環境条件として燃焼室11aの酸素量を筒内酸素量として取得してもよい。また、ステップS 3 0 1が温度取得部に対応し、ステップS 3 0 2が酸素取得部に対応する。

[0071] ステップS 3 0 3では、ポスト噴射が行われるタイミングについて、実混合割合、筒内温度及び筒内酸素濃度に基づいて、燃焼室11aでのOHラジカルの発生状態をOHラジカル分布として推定する。OHラジカル分布としては、例えばOHラジカルの密度や量、位置などが挙げられる。OHラジカルの位置としては、OHラジカルが発生した領域の重心位置が挙げられる。なお、ステップS 3 0 3がOHラジカル推定部に対応する。また、OHラジカル分布を、実混合割合、筒内温度及び筒内酸素濃度に加えて、噴射圧力に基づいて推定してもよい。

[0072] ここで、1燃焼サイクルにおいては、筒内温度の上昇中に行われるパイロット噴射、メイン噴射、アフター噴射、筒内温度の低下中に行われるポスト噴射が、この順番で行われる。筒内酸素濃度は、パイロット噴射が行われるタイミングが最も大きく、メイン噴射、アフター噴射の順で小さくなり、ポスト噴射が行われるタイミングが最も小さくなる。

[0073] 筒内温度は、吸気開始後のパイロット噴射が行われるタイミングが最も低い低温であり、メイン噴射及びアフター噴射が行われるタイミングで十分に高い高温に上昇する。その後、筒内温度は、ピストンの膨張行程においてシリンダ容積の増加に伴って低下するが、ポスト噴射が行われるタイミングで

はパイロット噴射が行われるタイミングよりも高い中温になっている。燃焼室 11a においては、例えば低温域を 900 K 以下とし、中温域を 900 K ~ 1100 K とし、高温域が 1100 K 以上とする。

[0074] 1 燃焼サイクルにおいては、燃料の噴射に伴って OH ラジカルが発生することで、ケトンやアルデヒド等の燃焼性分子の酸化により化学的な燃焼が開始される。OH ラジカルを発生させる反応としては、不活性 H_2O_2 ラジカルとアルケンから生成された過酸化水素 H_2O_2 が OH ラジカルに分解される分解反応と、炭化水素に酸素が付与され、燃焼性分子が生成される過程で OH ラジカルの生成及び消費を繰り返す連鎖分岐反応とが挙げられる。連鎖分岐反応については、OH ラジカルの生成量と消費量とがほぼ同じであり、OH ラジカルに寄与する成分を推定することは、燃焼性分子の生成量を推定することと同義である。

[0075] 燃料の各分子構造種には、連鎖分岐反応の過程で OH ラジカルを生成しやすい生成分子と、OH ラジカルを生成しにくいインヒビター分子とが含まれている。生成分子としては直鎖パラフィン類があり、インヒビター分子としては芳香族類がある。燃料においては、連鎖分岐反応だけでなくどの場合でも、生成分子とインヒビター分子との密度分布に応じて着火のしやすさが異なる。ただし、高温域において H_2O_2 の分解が過剰の場合は、OH ラジカルの生成状態と噴霧内外の流体的な乱れとに応じて着火時期が変化する。生成分子とインヒビター分子との密度分布は、連鎖分岐反応により生成される OH ラジカル分布の時系列に沿った発生位置に影響を与えるものであり、連鎖分岐反応の発生態様は燃料成分に相関しているといえる。

[0076] 燃料の噴射に伴う着火の生じやすさは、その時の筒内温度がどの温度域にあるのかによって変わる。図 19 に示すように、筒内温度が 900 K 以下の低温域においては、 H_2O_2 が分解されにくく、 H_2O_2 の分解反応による OH ラジカルの生成量が非常に少ない。その一方で、燃料成分のうち、分子内異性化により水素を引き抜き歪エネルギーの小さい構造を持つことができる成分による連鎖分岐反応が発生しやすく、この連鎖分岐反応に関わる OH ラジ

カルの生成量が比較的多くなっている。この場合、生成分子が数多く存在していることで連鎖分岐反応が発生しやすく、 H_2O_2 の分解反応は発生しにくい。

[0077] これに対して、発明者らは、パイロット噴射が行われる温度域である低温域では、燃料成分に対する着火時期の依存度が高いという知見を得た。この場合、実混合割合によっては、高温時の H_2O_2 分解に伴うOHラジカル生成と β 開裂により炭素数が1～3個（C1～C3）のケトンやアルデヒド等の燃焼性分子に強制的に分解されて着火が行われる場合に比べて、着火遅れが生じやすくなる。

[0078] 低温域から筒内温度が高くなるにつれて、連鎖分岐反応によるOHラジカルの生成量が徐々に減少するとともに、 H_2O_2 の分解反応によるOHラジカルの生成量が急激に増加する。

[0079] 例えば、筒内温度が900K～1100Kの中温域においては、 H_2O_2 が分解しやすくなっているものの、 H_2O_2 の分解反応によるOHラジカルの生成量が温度上昇に伴っても急増はしていない。この場合、燃料成分による連鎖分岐反応によって生成するOHラジカルに比べ、 H_2O_2 の分解反応によるOHラジカルの生成量が多くなる。そして、連鎖分岐反応が起こる歪エネルギーの小さい構造を形成する前に平均炭素数1～3個の構造を持つ分子が増加し、連鎖分岐反応は徐々に減少する。

[0080] これに対して、発明者らは、ポスト噴射が行われる温度域である中温域での着火時期について、連鎖分岐反応を起こす燃料成分としての生成分子に依存する着火遅れと、生成分子等の燃料成分に感度を持たない H_2O_2 の分解反応による着火遅れとを考慮する必要がある、という知見を得た。このため、中温域においては、燃料成分に対する着火時期の依存度がパイロット噴射の行われる低温域に比べて低く、実混合割合によっては、ポスト噴射の方がパイロット噴射に比べて着火遅れが生じにくくなる。

[0081] また、筒内温度が1100K以上の高温域においては、 H_2O_2 が分解しやすく、 H_2O_2 の分解反応によるOHラジカルの生成量が温度上昇に伴って急

激に増加している。その一方で、燃料成分による連鎖分岐反応を起こす分子が減少し、連鎖分岐反応によるOHラジカルの生成量が非常に少なくなっている。これに対して、発明者らは、メイン噴射やアフター噴射が行われる温度域である高温域では、着火時期が燃料の化学的な燃焼に影響されることがほぼない、という知見を得た。このため、実混合割合によっては、メイン噴射やアフター噴射の方がポスト噴射に比べて着火遅れが生じにくくなる。

[0082] 図18に戻り、ステップS304では、ポスト噴射による着火時期を推定する。着火時期の推定には、5つの噴射パラメータのうち噴射量、拡散状態、着火遅れ特性の3つを用いる。また、着火時期の推定には、3つの噴射パラメータに加えてOHラジカル分布を用いる。例えば、噴射量、拡散状態及び着火遅れ特性に対して所定の関数やマップ、モデルを用いて暫定着火時期を推定し、OHラジカル分布を構成する分子構造量の重量分布にて暫定着火時期を補正することで、着火時期を推定する。なお、ステップS304が時期推定部に対応する。

[0083] 図8に戻り、ステップS209では、ステップS206～S208にて推定した各燃焼パラメータを用いて、排気温度を推定する。ここでは、燃焼サイクルの排気行程について、排気バルブ14exの開放が開始されたタイミングを開放時期として取得し、各燃焼パラメータに加えて排気バルブ14exの開放時期に基づいて、排気温度を推定する。また、排気バルブ14exの開放が開始される前の排気温度を推定しておき、排気バルブ14exの開放後の排気温度の上昇量を推定する。

[0084] ステップS210では、ステップS209と同様にステップS206～S208にて推定した各燃焼パラメータを用いて、排気成分を推定する。ここでは、ステップS209と同様に、各燃焼パラメータに加えて排気バルブ14exの開放時期に基づいて、排気成分を推定する。

[0085] 図7に戻り、ステップS106では、メモリ80bから基準燃料の燃焼量を読み込み、この基準燃料の燃焼量と実燃料の燃焼量との「ずれ」を差分として算出し、この差分があらかじめ定められた基準量より小さいか否かを判

定する。この場合の差分は、基準燃料の燃焼量と実燃料の燃焼量との差の絶対値である。

[0086] ここで、ポスト噴射による燃焼量等の燃焼パラメータの目標値は、内燃機関 10 の運転状態や排気浄化装置の状態に応じて設定され、差分の判定基準は燃焼パラメータの目標値に応じて設定される。例えば、エンジン始動直後などにおいて NOx 浄化触媒 31 の温度が NOx 還元に適した温度より低い場合、触媒温度センサ 35 により検出された NOx 浄化触媒 31 の温度が上昇するように燃焼パラメータの目標値が設定される。また、DPF 32 が捕集した PM を燃焼させる DPF 再生を行う場合、排気温度センサ 33 により検出された排気温度が DPF 再生に適した温度になるように燃焼パラメータの目標値が設定される。NOx 浄化や DPF 再生のために燃焼パラメータの目標値が設定された場合は、NOx 浄化や DPF 再生に関係なく運転者の運転操作に応じて燃焼パラメータの目標値が設定された場合に比べて、差分の判定基準が大きい値に設定される。

[0087] 燃焼量の差分が基準量より小さくない場合、ステップ S107 に進み、差分が基準量より小さくなるように燃焼量の調整処理を行う。ここでは、実燃料の燃焼量が基準燃料の燃焼量より小さい場合に、燃焼量を増加させるための増加処理を行い、実燃料の燃焼量が基準燃料の燃焼量より大きい場合に、燃焼量を減少させるための減少処理を行う。増加処理としては、噴射量を増加させる処理や、噴射圧を上昇させる処理、噴射時期をピストン 13 の上死点 TDC 側にずらす処理、EGR 率を低下させる処理などが挙げられる。減少処理としては、噴射量を減少させる処理や、噴射圧を低下させる処理、噴射時期をピストン 13 の化死点 BDC 側にずらす処理、EGR 率を増加させる処理などが挙げられる。

[0088] 燃焼量の調整処理においては、燃焼量の差分を基準量より小さくするための目標値を実混合割合に基づいて設定する。この場合、暫定の目標値を基準混合割合に基づいて取得し、この暫定の目標値を実混合割合を用いて補正することで、目標値を算出する。例えば、噴射量を増加させる処理においては

、噴射量の目標値を、基準混合割合を用いて且つ燃焼量の差分と基準量との差分に基づいて取得し、この暫定の目標値を実混合割合を用いて補正することで目標値を算出する。これにより、噴射量を増加させる処理を行ったにもかかわらず、実混合割合に起因して噴射量が不足していたということが抑制される。

[0089] 燃焼量の差分が基準量より小さい場合、燃焼量の調整処理が必要ないとして、そのままステップS108に進む。

[0090] ステップS108では、メモリ80bから基準燃料の燃焼領域を読み込み、この基準燃料の燃焼領域と実燃料の燃焼領域との「ずれ」を差分として算出し、この差分があらかじめ定められた基準距離より小さいか否かを判定する。この場合の差分は、燃料噴射弁15の噴孔の延び方向において基準燃料の燃焼領域の先端と実燃料の燃焼領域の先端との離間距離の絶対値である。

[0091] 燃焼領域の差分が基準距離より小さくない場合、ステップS109に進み、差分が基準距離より小さくなるように燃焼領域の調整処理を行う。ここでは、噴孔を基準として、実燃料の燃焼領域の先端が基準燃料の燃焼領域の先端より遠い位置にある場合に、実燃料の燃焼領域の先端を噴孔に近付ける接近処理を行う。また、噴孔を基準として、実燃料の燃焼領域の先端が基準燃料の燃焼領域の先端より近い位置にある場合に、実燃料の燃焼領域の先端を噴孔から遠ざける離間処理を行う。接近処理としては、ポスト噴射の噴射段数を増加させる処理や、噴射時期をTDC側にずらす処理が挙げられる。離間処理としては、ポスト噴射の噴射段数を減少させる処理や、噴射時期をBDC側にずらす処理が挙げられる。なお、燃焼室11aに対してグロープラグが設けられた構成では、接近処理としてグロープラグによる混合気の加熱処理を行ってもよい。

[0092] 燃焼領域の調整処理においては、燃焼領域の差分を基準距離より小さくするための目標値を実混合割合に基づいて設定する。この場合、燃焼量の調整処理の場合と同様に、暫定の目標値を基準混合割合に基づいて取得し、この暫定の目標値を実混合割合を用いて補正することで、目標値を算出する。

- [0093] 燃焼領域の差分が基準距離より小さい場合、燃焼領域の調整処理が必要ないとして、そのままステップS 1 1 0に進む。
- [0094] ステップS 1 1 0では、メモリ8 0 bから基準燃料の着火時期を読み込み、この基準燃料の着火時期と実燃料の着火時期との「ずれ」を差分として算出し、この差分があらかじめ定められた基準時間より小さいか否かを判定する。この場合の差分は、基準燃料の着火時期と実燃料の着火時期との差の絶対値である。
- [0095] 着火時期の差分が基準時間より小さくない場合、ステップS 1 1 1に進み、差分が基準時間より小さくなるように着火時期の調整処理を行う。ここでは、実燃料の着火時期が基準燃料の着火時期より遅い場合に、着火時期を早めるための早め処理を行い、実燃料の着火時期が基準燃料の着火時期より早い場合に着火時期を遅らせるための遅らせ処理を行う。早め処理としては、噴射時期を早める処理や、噴射段数を増加させる処理が挙げられ、遅らせ処理としては、噴射時期を遅らせる処理や、噴射段数を減少させる処理が挙げられる。
- [0096] 着火時期の調整処理においては、着火時期の差分を基準時間より小さくするための目標値を実混合割合に基づいて設定する。この場合、燃焼量の調整処理の場合と同様に、暫定の目標値を基準混合割合に基づいて取得し、この暫定の目標値を実混合割合を用いて補正することで、目標値を算出する。
- [0097] 着火時期の差分が基準時間より小さい場合、着火時期の調整処理が必要ないとして、そのまま本ポスト制御処理を終了する。なお、ステップS 1 0 7, S 1 0 9, S 1 1 1が燃焼制御部に対応する。
- [0098] ここまで説明した第1実施形態の作用効果を、以下に説明する。
- [0099] 第1実施形態によれば、着火遅れが比較的生じやすいポスト噴射について燃料の燃焼状態が推定されるため、排気温度や排気成分を適正に管理することができる。ここで、発明者らは、燃焼量、燃焼領域及び着火時期という3つの燃焼パラメータの関係性が、燃料に含まれた分子構造種の混合割合に対して規則性を有しているわけではない、という知見を得た。これに対して、

3つの燃焼パラメータが個別に推定されるため、実燃料に含まれた分子構造種が異なっていたり分子構造種の混合割合が異なっていたりしても、ポスト噴射による燃焼状態を適正に推定できる。この場合、内燃機関10の排気について排気成分や排気温度の推定精度も向上するため、NO_x浄化触媒31のNO_x浄化やDPF32のPM燃焼といった排気の後処理を適正に行うことができる。

[0100] 第1実施形態によれば、噴射量、低位発熱量、ペネトレーション、拡散状態及び着火遅れ特性という5つの噴射パラメータを用いて3つの燃焼パラメータが推定されている。この場合、例えば、実混合割合に対して関数やマップ、モデルを用いて燃焼パラメータを直接的に推定される場合に比べて、関数やマップ、モデルに対する推定結果の依存度を低くすることや、関数やマップ、モデルの作成難易度を下げることが可能になる。このため、燃焼パラメータの推定精度を高めることができる。

[0101] 第1実施形態では、5つの噴射パラメータが実混合割合に基づいて個別に推定されている。このため、仮に実混合割合の影響度合いが噴射パラメータごとに異なっていたとしても、燃焼量の推定に際して5つの噴射パラメータの全てが用いられることで、実混合割合の影響度合いの違いを考慮して燃焼量を推定することができる。また、発明者らは、5つの噴射パラメータが実混合割合に応じた相関関係を有している、という知見を試験やシミュレーション等により得た。この場合でも、5つの噴射パラメータの全てをあえて用いることで、燃焼量の推定精度を高めることができる。

[0102] 第1実施形態によれば、燃焼量の推定には、5つの噴射パラメータの全てが用いられているため、燃焼量の推定精度を高めることができる。

[0103] 第1実施形態によれば、燃焼領域の推定には、5つの噴射パラメータのうち噴射量、ペネトレーション、拡散状態、着火遅れ特性の4つが用いられているため、この推定に際しての処理負担を低減できる。また、燃焼領域の推定に際して、燃焼領域に対する影響力の低い低位発熱量を使用しないことは、低位発熱量の推定に対する実混合割合の影響を燃焼領域の推定結果に含め

ないことになる。このため、燃焼領域の推定に用いる噴射パラメータの数を増やすことでかえって推定精度が低下するということを回避できる。

[0104] 第1実施形態によれば、着火時期の推定に、5つの噴射パラメータのうち噴射量、拡散状態、着火遅れ特性の3つが用いられているため、この推定に際しての処理負担を低減できる。ここで、着火時期の推定に際して、着火時期に対する影響力の低い低位発熱量及びペネトレーションを使用しないことは、低位発熱量及びペネトレーションの推定に対する実混合割合の影響を燃焼領域の推定結果に含めないことになる。このため、着火時期の推定に用いる噴射パラメータの数を増やすことでかえって推定精度が低下するということを回避できる。

[0105] 第1実施形態によれば、実混合割合を推定しているため、OHラジカルの生成や消費に寄与する分子構造種の量を推定できており、連鎖分岐反応を起こす生成分子の量やOHラジカル分布を把握することができる。ポスト噴射が行われる中温域において、連鎖分岐反応の発生から着火するまでの所要時間が燃料成分によって異なっても、連鎖分岐反応に依存する分の着火時期を適正に推定できる。また、中温域においては、着火を促進する H_2O_2 の分解反応も着火時期に影響を与える。

[0106] 第1実施形態によれば、OHラジカル分布が、実混合割合に加えて筒内温度及び筒内酸素濃度に基づいて推定される。この場合、連鎖分岐反応を起こす燃料成分に依存する着火遅れと、 H_2O_2 の分解反応による酸化反応に依存する着火遅れとの両方を考慮して着火時期を推定することになるため、この推定精度を高めることができる。

[0107] 第1実施形態によれば、燃焼量や燃焼領域、着火時期の各調整処理が実混合割合に基づいて行われるため、これら調整処理を行ったにもかかわらず燃焼量や燃焼領域、着火時期のずれが基準量や基準距離、基準時間内に含まれない、という事態の発生を抑制できる。このため、実混合割合を用いることで燃焼量や燃焼領域、着火時期の推定精度を高めた構成において、高い推定精度を内燃機関10の制御に有効に活用できる。

[0108] (第2実施形態)

上記第1実施形態では、ポスト推定処理が行われていたが、第2実施形態では、ポスト推定処理に加えてメイン噴射の推定処理が行われる。ここでは、本実施形態のポスト制御処理について図20のフローチャートを参照しつつ説明する。

[0109] 図20において、ステップS401～S405では、上記第1実施形態のステップS101～S105と同じ処理を行う。ステップS406では、メイン燃焼の排気状態を推定する。ここでは、メイン噴射による燃料の燃焼をメイン燃焼と称し、メイン燃焼後の燃焼室11a内の状態を排気状態として、実混合割合及び筒内環境に基づいて推定する。排気状態としては、未燃HCなどの燃焼排気物の量が挙げられ、この燃焼排気物の量を推定することが排気状態を推定することになる。また、排気状態としては、メイン燃焼の後の分子構造種の変化態様も挙げられ、分子構造種の変化態様を推定することが排気状態を推定することになる。

[0110] ステップS407～S412では、上記第1実施形態のステップS106～S111と同じ処理を行う。ステップS413では、メイン燃焼の排気状態が適正であるか否かを判定する。ここで、基準燃料について、燃焼排気物の量などメイン燃焼の排気状態が試験等によりあらかじめ取得されており、この取得データがメモリ80bに記憶されている。ここでは、メモリ80bから基準燃料の燃焼排気物の量を読み込み、この燃焼排気物の量と実燃料の燃焼排気物の量との「ずれ」を差分として算出し、この差分があらかじめ定められた基準量より小さいか否かを判定する。この場合の差分は、基準燃料の燃焼排気物の量と実燃料の燃焼排気物の量との差の絶対値である。この差分が基準量より小さくない場合、メイン燃焼の排気状態が適正でないとして、ステップS414に進む。

[0111] ステップS414では、メイン燃焼の調整処理を行う。ここでは、実燃料の燃焼排気物の量が基準燃料の燃焼排気物の量より大きい場合に、ポスト噴射により燃焼排気物の量を減少させるための減少処理を行う。また、実燃料

の燃焼排気物の量が基準燃料の燃焼排気物の量より小さい場合に、ポスト噴射により燃焼排気物の量を保持するための保持処理を行う。減少処理としては、噴射圧を増加させる処理や、噴射時期をピストン１３のＴＤＣ側にずらす処理などが挙げられ、保持処理としては、噴射圧を減少させる処理や、噴射時期をピストン１３のＢＤＣ側にずらす処理などが挙げられる。なお、ステップＳ４０８，Ｓ４１０，Ｓ４１２，Ｓ４１４が燃焼制御部に対応する。

[0112] 第２実施形態によれば、メイン燃焼の排気状態を推定する際に実混合割合を用いることで、この推定精度を高めることができる。この場合、メイン燃焼及びポスト燃焼の各推定精度が実混合割合により高められているため、ポスト噴射に合わせて排気管１６exに排出される排気の温度や成分を適正に管理できる。

[0113] (他の実施形態)

以上、開示の好ましい実施形態について説明したが、開示は上述した実施形態に何ら制限されることなく、以下に例示するように種々変形して実施することが可能である。各実施形態で具体的に組合せが可能であることを明示している部分同士の組合せばかりではなく、特に組合せに支障が生じなければ、明示してなくとも実施形態同士を部分的に組み合わせることも可能である。

[0114] 変形例１として、混合割合推定部８２が、複数の燃焼特性値に基づき分子構造種の混合割合を推定するのではなく、燃料の一般性状をセンサで検出し、その検出結果に基づき上記混合割合を推定してもよい。上記一般性状の具体例としては、燃料の密度、動粘度、蒸留温度等が挙げられる。

[0115] また、混合割合推定部８２による推定結果と、上記センサの検出結果の両方に基づいて、上記混合割合を推定してもよい。例えば、推定結果及び検出結果のいずれか一方に基づいて推定された混合割合を、他方に基づいて補正すればよい。また、分子構造種に応じて異なる手法で推定してもよい。例えば、第１の分子構造種の混合割合については、混合割合推定部８２による推定結果に基づいて推定し、第２の分子構造種の混合割合については、上記セ

ンサの検出結果に基づいて推定する。

- [0116] 変形例 2 として、燃料に含まれた分子構造種の混合割合を推定するのではなく、燃料に含まれている水素や炭素、硫黄、窒素、酸素といった成分の混合割合を推定してもよい。例えば、平均炭素数や平均水素数、水素数と炭素数との比である H/C 比などが、水素や炭素についての混合割合として挙げられる。この構成では、各種成分の混合割合に基づいて、噴射量等の噴射パラメータや燃焼量等の燃焼パラメータが推定される。この場合、実燃料に含まれた成分が異なっていたり成分の混合割合が異なっていたりしても、ポスト噴射による燃焼状態を適正に推定できる。なお、平均炭素数等の燃料成分を中間パラメータと称することもできる。
- [0117] 変形例 3 として、上記第 1 実施形態のステップ S 107 等の調整処理や、上記第 2 実施形態のステップ 408 等の調整処理が、実混合割合に基づいて行われるのではなく、実混合割合に関係なく行われてもよい。例えば、上記第 1 実施形態において、ステップ S 206 にて実混合割合に基づいて燃焼量が推定された後、ステップ S 107 において、燃焼量を調整するために目標噴射量等が実混合割合に関係なく設定される構成とする。
- [0118] 変形例 4 として、燃焼システムの制御処理が、燃料に含まれた分子構造種の混合割合に基づいて行われるのではなく、分子構造種の混合割合に関係なく行われてもよい。この場合でも、分子構造種の混合割合を用いたポスト燃焼の推定結果を、燃焼システムの制御処理に反映させることができる。
- [0119] 変形例 5 として、燃焼量等の燃焼パラメータを、噴射量等の 5 つの噴射パラメータの少なくとも 1 つを用いて推定してもよい。例えば、燃焼量を噴射量だけを用いて推定する。この場合でも、5 つの噴射パラメータが互いに相関関係にあることに起因して、燃焼量を推定する上である程度の推定精度を確保することができる。
- [0120] 変形例 6 として、着火時期を推定する場合に OH ラジカル分布を用いなくてもよい。この場合でも、5 つの噴射パラメータの少なくとも 1 つを用いて着火時期を推定することで、ある程度の推定精度を確保することができる。

- [0121] 変形例 7 として、OH ラジカル分布を推定する場合に、筒内温度及び筒内酸素濃度の両方を用いるのではなく、これら筒内温度及び筒内酸素濃度のうち一方を用いてもよい。また、燃焼室 11a 内の H_2O_2 の量を用いてもよい。いずれの場合でも、OH ラジカル分布を推定する場合に少なくとも実混合割合を用いていけばよい。
- [0122] 変形例 8 として、ポスト燃焼について、低位発熱量を噴射パラメータとして用いるのではなく、高位発熱量を噴射パラメータとして用いてもよい。また、低位発熱量及び高位発熱量の両方を含んだ発熱量を噴射パラメータとして用いてもよい。
- [0123] 変形例 9 として、実混合割合及び基準混合割合のそれぞれについて、噴射量等の噴射パラメータや燃焼量等の燃焼パラメータを個別に推定しなくてもよい。例えば、実混合割合と基準混合割合との差分を算出し、この差分に基づいて噴射パラメータや燃焼パラメータの差分を推定する。この場合、基準燃料の燃焼状態と実燃料の燃焼状態との「ずれ」を直接的に推定することになる。
- [0124] 変形例 10 として、燃焼量等の燃焼パラメータを噴射量等の噴射パラメータを用いずに推定してもよい。例えば、燃焼量を、噴射パラメータに基づいて推定するのではなく、筒内圧センサ 21 の検出信号及び実混合割合に基づいて推定する。この場合でも、燃焼量の推定に燃料の実混合割合を反映させることができる。
- [0125] 変形例 11 として、燃料の一般性状を検出する性状センサが設けられていてもよい。例えば、燃料の動粘度や密度を検出する性状センサが燃料タンクやコモンレールに設けられた構成とする。この構成では、燃料の平均炭素数や平均水素数が、性状センサの検出結果に基づいて推定されてもよい。また、燃料の低位発熱量等の発熱量が、性状センサの検出結果に基づいて推定されてもよい。
- [0126] 変形例 12 として、筒内温度は、温度検出素子 21a により検出されるのではなく、筒内圧センサ 21 により検出された筒内圧に基づき推定してもよ

い。具体的には、筒内温度を、筒内圧力、シリンダ容積、シリンダ内のガス重量、ガス定数から演算して推定する。

[0127] 変形例 13 として、燃焼システムの推定装置及び制御装置としての ECU 80 が提供する手段および／または機能は、実体的な記憶媒体に記録されたソフトウェアおよびそれを実行するコンピュータ、ソフトウェアのみ、ハードウェアのみ、あるいはそれらの組合せによって提供することができる。例えば、燃焼システムの制御装置がハードウェアである回路によって提供される場合、それは多数の論理回路を含むデジタル回路、またはアナログ回路によって提供することができる。

[0128] 上述の第 1 の開示による推定装置 80 は、内燃機関 10 を有する燃焼システムに適用される。推定装置 80 は、混合取得部 S101 と、燃焼量推定部 S206 と、領域推定部 S207 と、時期推定部 S208 と、を備える。混合取得部 S101 は、内燃機関での燃焼に用いる燃料に含まれた各種成分の混合割合を取得する。燃焼量推定部 S206 は、燃料がポスト噴射により内燃機関の燃焼室 11a に噴射されることで発生するポスト燃焼について、ポスト燃焼による燃料の燃焼量を、混合取得部により取得された混合割合に基づいて推定する。領域推定部 S207 は、燃焼室におけるポスト燃焼の燃焼領域を、混合割合に基づいて推定する。時期推定部 S208 は、ポスト噴射により燃焼室において着火が生じる着火時期を、混合割合に基づいて推定する。

[0129] 第 1 の開示によれば、ポスト噴射により生じたポスト燃焼について、燃焼量、燃焼領域及び着火時期を推定することで、排気温度や排気成分を把握することができる。例えば、燃焼量が小さい場合や、燃焼領域が燃料の噴射元から遠く且つ着火時期が遅い場合には、排気温度が上昇しにくく、排気成分としての PM の量が多くなりやすい。このため、燃焼量、燃焼領域及び着火時期を適正に管理することで、所望の排気温度や排気成分を得ることができる。

[0130] しかも、燃焼量、燃焼領域及び着火時期がいずれも、燃料に含まれた各種

成分の混合割合に基づいて推定される。このため、燃料に含まれている成分が異なっていたり成分の混合割合が異なっていたりしても、燃焼量、燃焼領域及び着火時期のそれぞれを適正に管理できる。したがって、様々な性状を有する燃料のいずれが使用された場合でも、NO_x浄化触媒やDPF等を用いた排気の後処理を適正に行うことができる。

[0131] 上述の第2の開示による制御装置80は、内燃機関10を有する燃焼システムに適用される。制御装置80は、混合取得部S101と、燃焼量推定部S206と、領域推定部S207と、時期推定部S208と、燃焼制御部S107、S109、S111、S408、S410、S412、S414と、を備える。混合取得部S101は、内燃機関での燃焼に用いる燃料に含まれた各種成分の混合割合を取得する。燃焼量推定部S206は、燃料がポスト噴射により内燃機関の燃焼室11aに噴射されることで発生するポスト燃焼について、ポスト燃焼による燃料の燃焼量を、混合取得部により取得された混合割合に基づいて推定する。領域推定部S207は、燃焼室におけるポスト燃焼の燃焼領域を混合割合に基づいて推定する。時期推定部S208は、ポスト噴射により燃焼室において着火が生じる着火時期を混合割合に基づいて推定する。燃焼制御部S107、S109、S111、S408、S410、S412、S414は、燃焼量推定部、領域推定部及び時期推定部の各推定結果に基づいて、燃焼システムの制御を行う。

[0132] 第2の開示によれば、上記第1の開示と同様の効果を奏する。

[0133] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1] 内燃機関（10）を有する燃焼システムに適用された推定装置（80）であって、

前記内燃機関での燃焼に用いる燃料に含まれた各種成分の混合割合を取得する混合取得部（S101，S401）と、

前記燃料がポスト噴射により前記内燃機関の燃焼室（11a）に噴射されることで発生するポスト燃焼について、前記ポスト燃焼による前記燃料の燃焼量を、前記混合取得部により取得された前記混合割合に基づいて推定する燃焼量推定部（S206）と、

前記燃焼室における前記ポスト燃焼の燃焼領域を、前記混合割合に基づいて推定する領域推定部（S207）と、

前記ポスト噴射により前記燃焼室において着火が生じる着火時期を、前記混合割合に基づいて推定する時期推定部（S208）と、
を備えている燃焼システムの推定装置。

[請求項2] 前記ポスト噴射による噴射量を、前記混合割合に基づいて推定する噴射量推定部（S201）と、

前記ポスト燃焼における前記燃料の発熱量を、前記混合割合に基づいて推定する発熱量推定部（S202）と、

前記ポスト噴射による前記燃料の貫徹力を、前記混合割合に基づいて推定する貫徹力推定部（S203）と、

前記ポスト噴射による前記燃料の拡散状態を、前記混合割合に基づいて推定する拡散推定部（S204）と、

前記燃料の着火しやすさである着火遅れ特性を、前記混合割合に基づいて推定する着火遅れ推定部（S205）と、

の少なくとも1つを備え、

前記燃焼量推定部、前記領域推定部及び前記時期推定部は、前記噴射量、前記発熱量、前記貫徹力、前記拡散状態及び前記着火遅れ特性の少なくとも1つに基づいて、前記燃焼量、前記燃焼領域及び前記着

火時期を推定するものである請求項 1 に記載の燃焼システムの推定装置。

[請求項3] 前記燃焼量推定部は、前記噴射量、前記発熱量、前記貫徹力、前記拡散状態及び前記着火遅れ特性に基づいて前記燃焼量を推定するものである請求項 2 に記載の燃焼システムの推定装置。

[請求項4] 前記領域推定部は、前記噴射量、前記発熱量、前記貫徹力、前記拡散状態及び前記着火遅れ特性のうち、前記噴射量、前記貫徹力、前記拡散状態及び前記着火遅れ特性に基づいて前記燃焼領域を推定するものである請求項 2 又は 3 に記載の燃焼システムの推定装置。

[請求項5] 前記時期推定部は、前記噴射量、前記発熱量、前記貫徹力、前記拡散状態及び前記着火遅れ特性のうち、前記噴射量、前記拡散状態及び前記着火遅れ特性に基づいて前記着火時期を推定するものである請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 つに記載の燃焼システムの推定装置。

[請求項6] 前記燃焼室の内部温度が前記ポスト噴射の行われる温度域にある場合について、OH ラジカルの発生状態を OH ラジカル分布として、前記混合割合に基づいて推定する OH ラジカル推定部（S 3 0 3）を備え、

前記時期推定部は、前記噴射量、前記発熱量、前記貫徹力、前記拡散状態及び前記着火遅れ特性の少なくとも 1 つに加えて、前記 OH ラジカル推定部により推定された前記 OH ラジカル分布に基づいて、前記着火時期を推定するものである請求項 2 ～ 5 のいずれか 1 つに記載の燃焼システムの推定装置。

[請求項7] 前記燃焼室の内部温度を取得する温度取得部（S 3 0 1）と、
前記燃焼室の酸素濃度を取得する酸素取得部（S 3 0 2）と、
を備え、

前記 OH ラジカル推定部は、

前記混合割合に加えて、前記温度取得部により取得された前記内部温度と、前記酸素取得部により取得された前記酸素濃度とに基づいて

、前記OHラジカル分布を推定するものである請求項6に記載の燃焼システムの推定装置。

[請求項8] 内燃機関（10）を有する燃焼システムに適用された制御装置（80）であって、

前記内燃機関での燃焼に用いる燃料に含まれた各種成分の混合割合を取得する混合取得部（S101）と、

前記燃料がポスト噴射により前記内燃機関の燃焼室（11a）に噴射されることで発生するポスト燃焼について、前記ポスト燃焼による前記燃料の燃焼量を、前記混合取得部により取得された前記混合割合に基づいて推定する燃焼量推定部（S206）と、

前記燃焼室における前記ポスト燃焼の燃焼領域を前記混合割合に基づいて推定する領域推定部（S207）と、

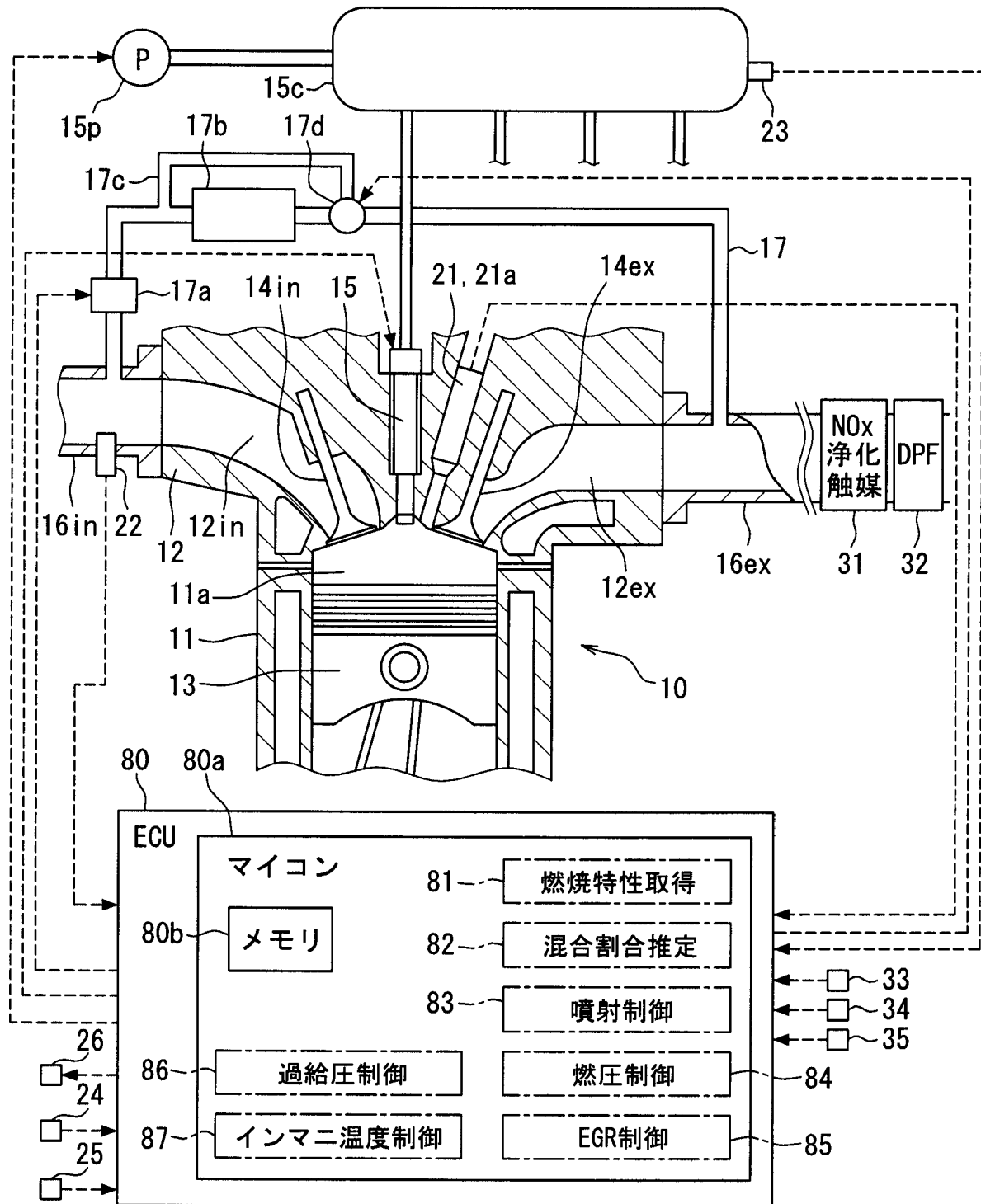
前記ポスト噴射により前記燃焼室において着火が生じる着火時期を前記混合割合に基づいて推定する時期推定部（S208）と、

前記燃焼量推定部、前記領域推定部及び前記時期推定部の各推定結果に基づいて、前記燃焼システムの制御を行う燃焼制御部（S107, S109, S111, S408, S410, S412, S414）と、

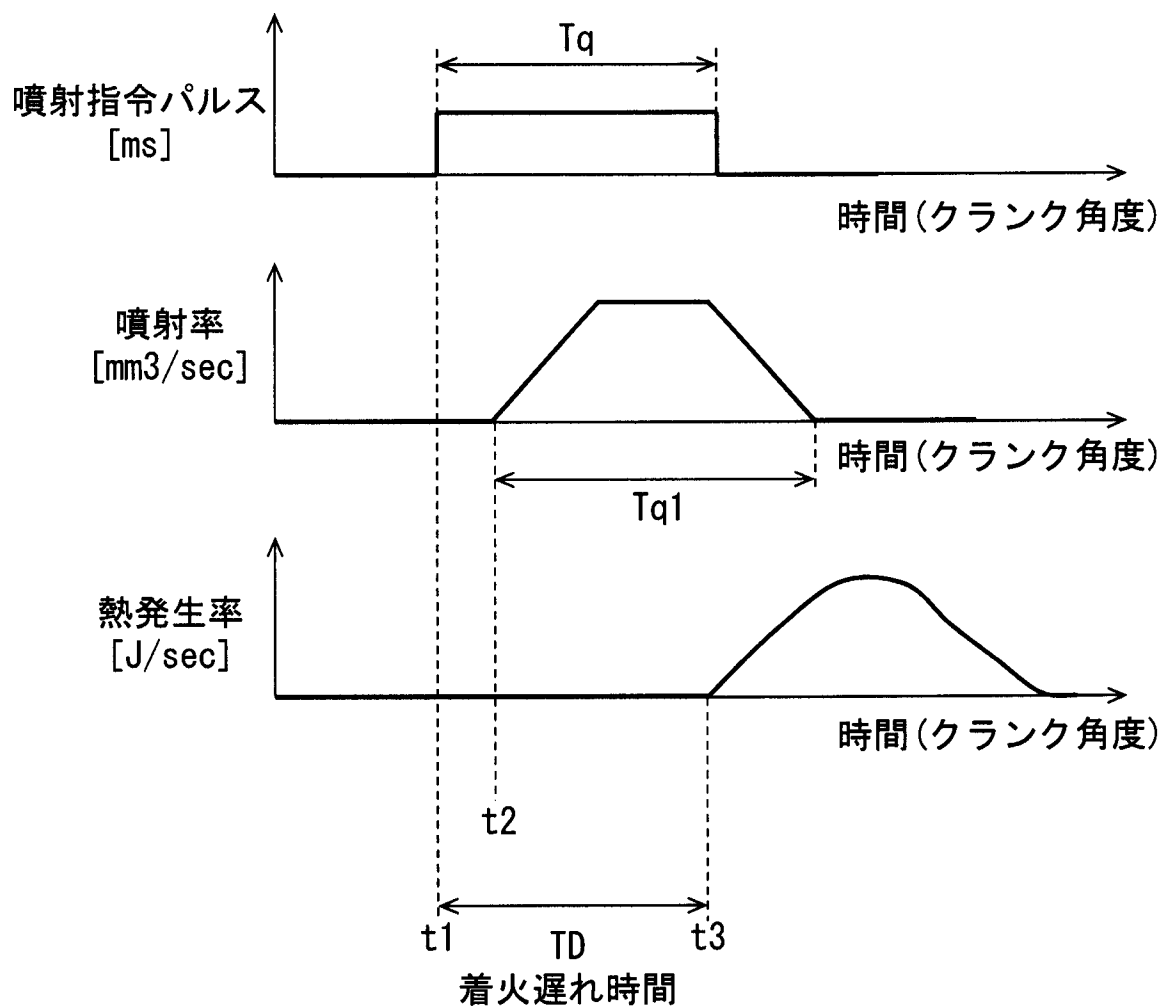
を備えている燃焼システムの制御装置。

[請求項9] 前記燃焼制御部は、前記燃焼量推定部、前記領域推定部及び前記時期推定部の各推定結果に加えて、前記混合割合に基づいて、前記燃焼システムの制御を行うものである請求項8に記載の燃焼システムの制御装置。

[図1]



[図2]



[図3]

分子構造種

$$\begin{pmatrix} \text{直鎖パラフィン類の混合量} \\ \text{ナフテン類の混合量} \\ \text{側鎖パラフィン類の混合量} \\ \text{芳香族類の混合量} \\ \vdots \end{pmatrix}$$

定数

$$\begin{pmatrix} a_{00} & \cdots & a_{0Y} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{X0} & \cdots & a_{XY} \end{pmatrix}$$

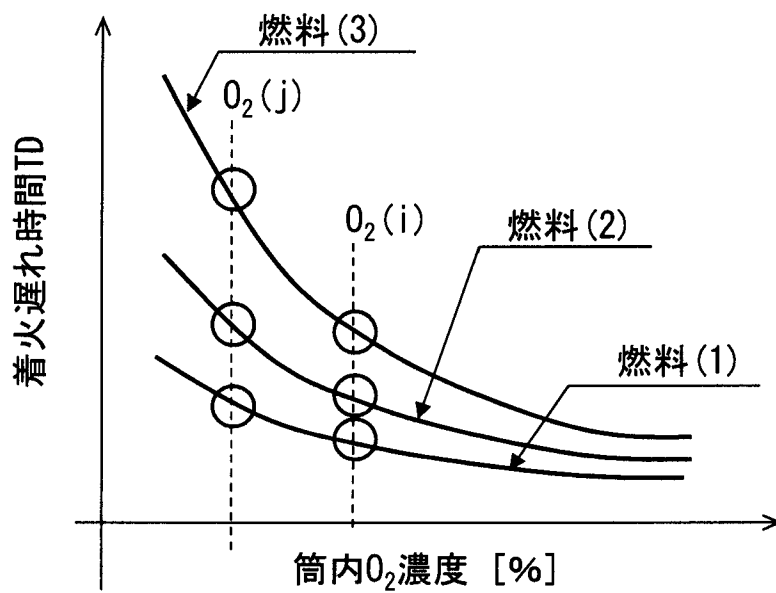
燃えやすさパラメータ

$$\begin{pmatrix} \text{着火遅れ時間TD}(i) \\ \text{着火遅れ時間TD}(j) \\ \text{着火遅れ時間TD}(k) \\ \text{着火遅れ時間TD}(l) \\ \vdots \end{pmatrix}$$

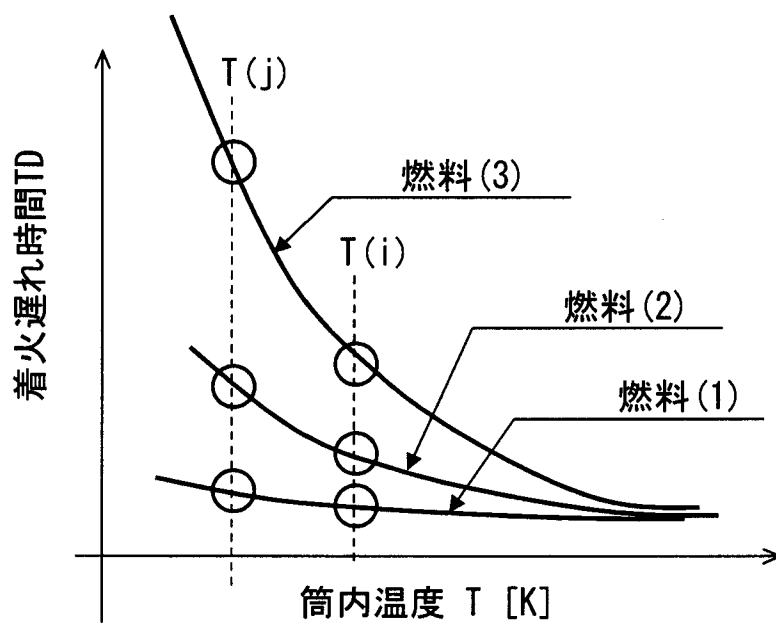
$$\begin{matrix} : P(i), T(i), O_2(i), Pc(i) \\ : P(j), T(j), O_2(j), Pc(j) \\ : P(k), T(k), O_2(k), Pc(k) \\ : P(l), T(l), O_2(l), Pc(l) \end{matrix}$$

$$=$$

[図4]



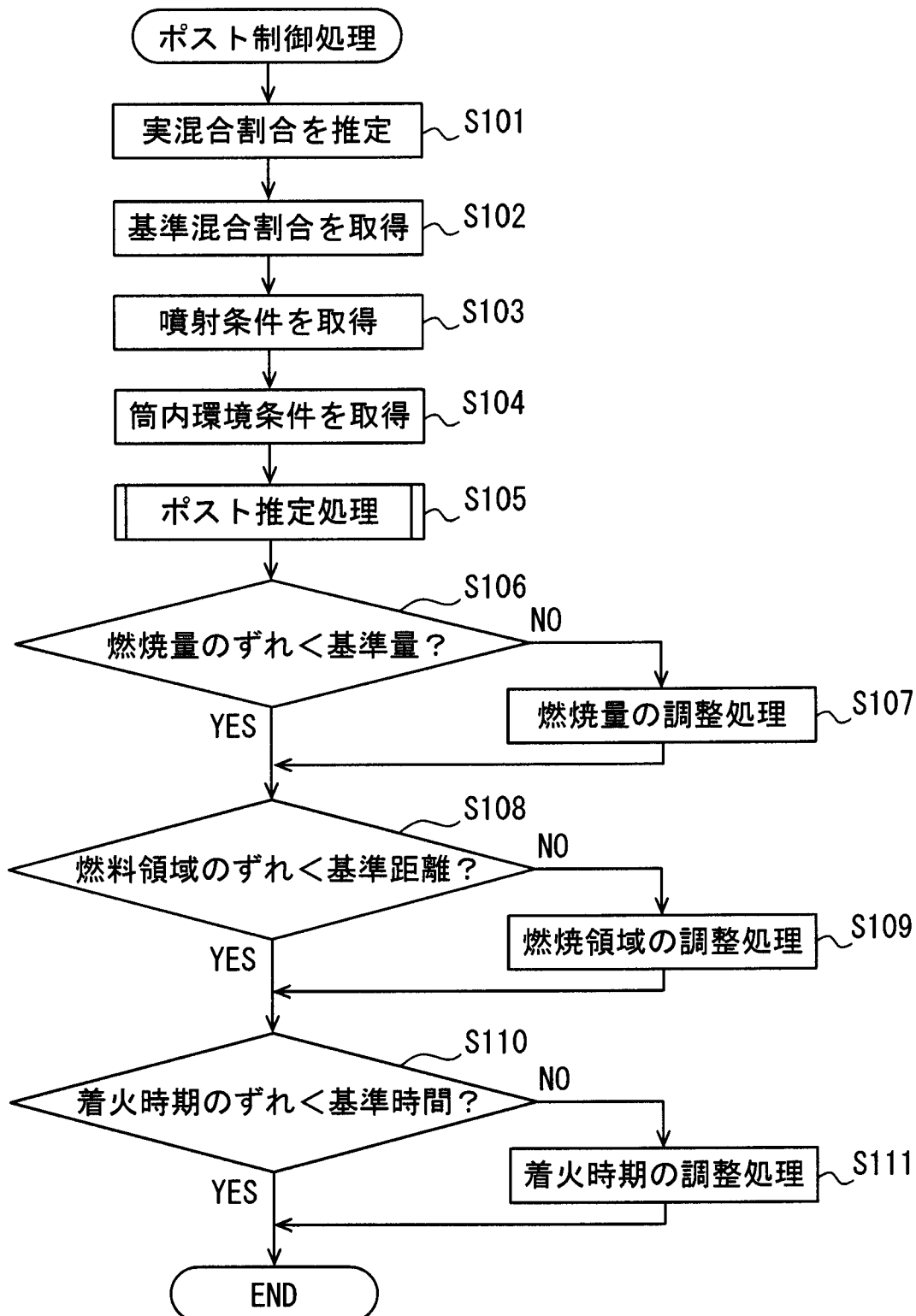
[図5]



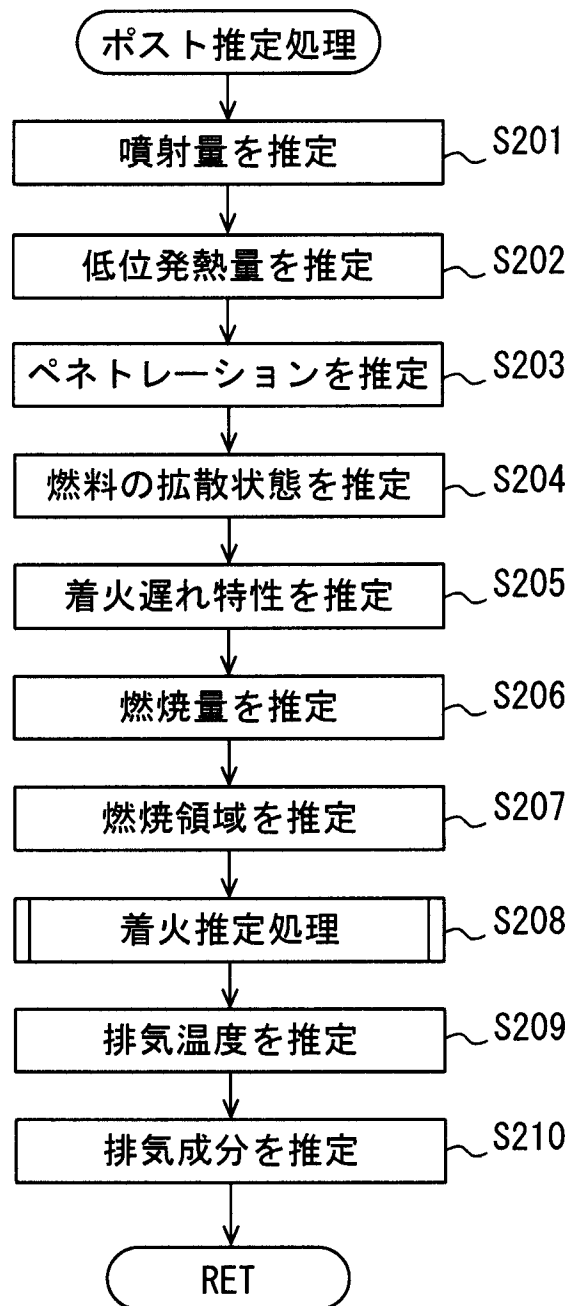
[図6]

	分子構造種A	分子構造種B	分子構造種C
燃料(1)	多	多	少
燃料(2)	少	多	少
燃料(3)	多	少	多

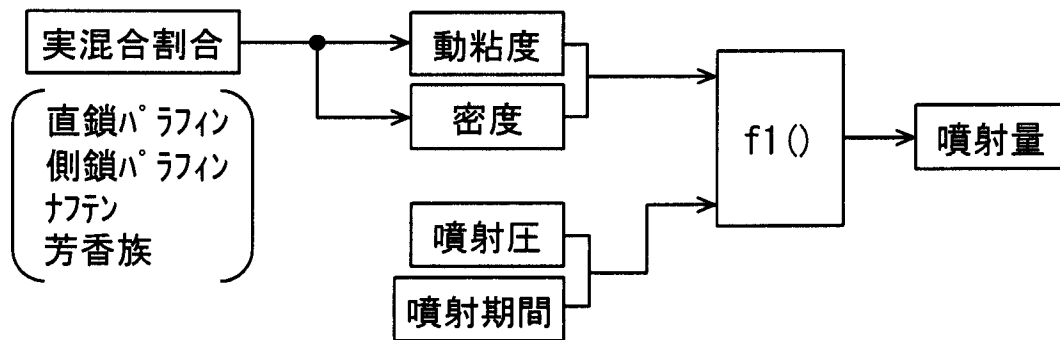
[図7]



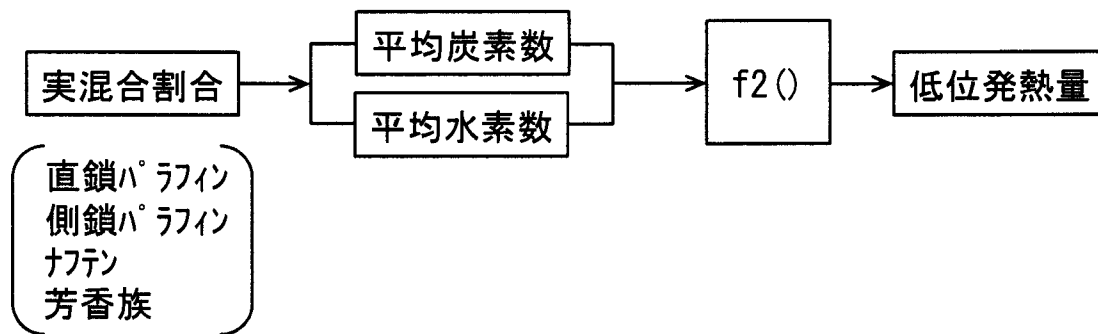
[図8]



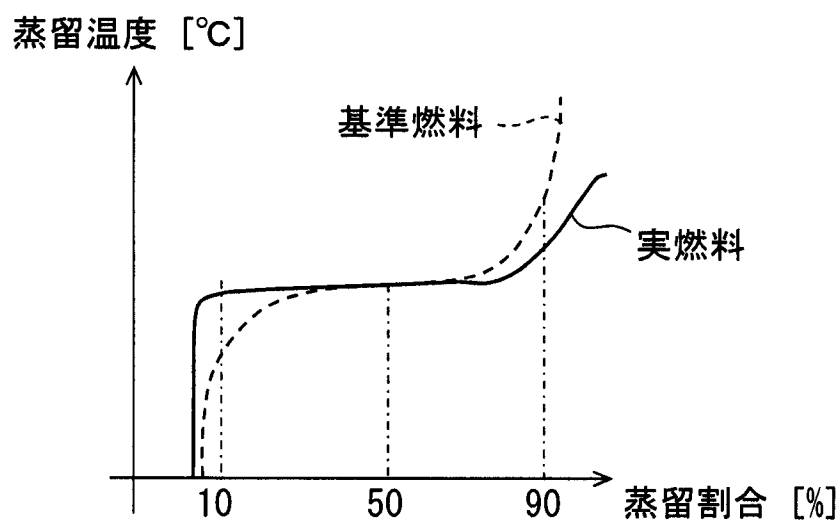
[図9]



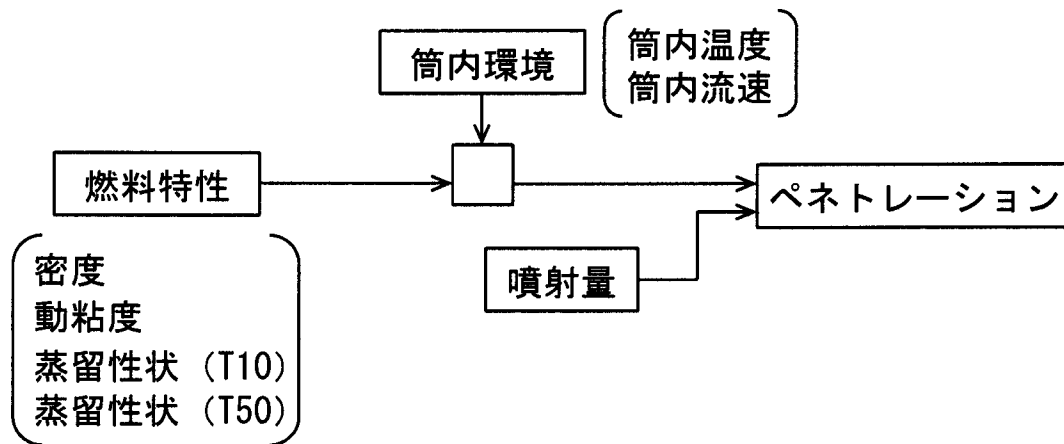
[図10]



[図11]



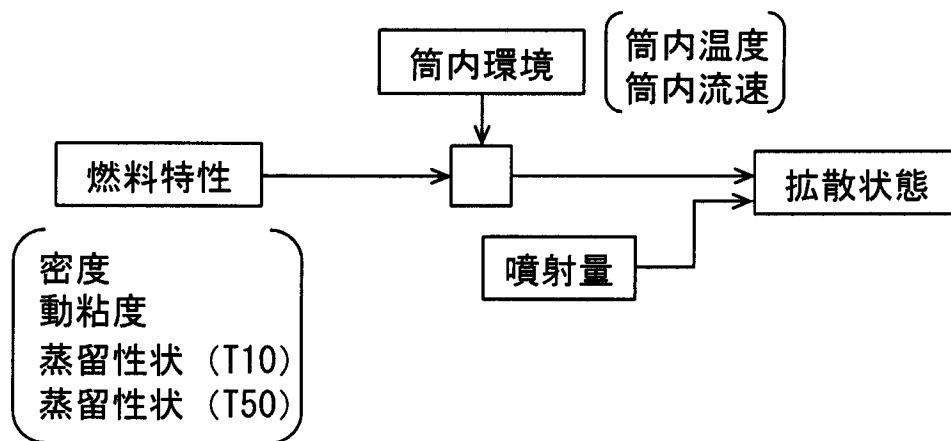
[図12]



[図13]

$$\begin{pmatrix} \text{ペネトレーションP1} \\ \text{ペネトレーションP2} \\ \text{ペネトレーションP3} \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{00} & \cdots & b_{0Y} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{X0} & \cdots & b_{XY} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \text{動粘度} \\ \text{密度} \\ \text{蒸留特性 : T10} \\ \text{蒸留特性 : T50} \\ \vdots \end{pmatrix}$$

[図14]



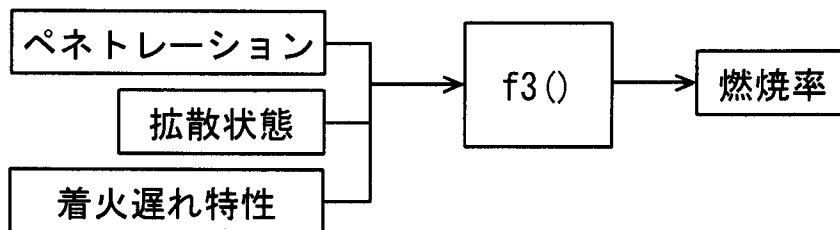
[図15]

$$\begin{pmatrix} \text{拡散状態D1} \\ \text{拡散状態D2} \\ \text{拡散状態D3} \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{00} & \cdots & C_{0Y} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{X0} & \cdots & C_{XY} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \text{動粘度} \\ \text{密度} \\ \text{蒸留特性 : T10} \\ \text{蒸留特性 : T50} \\ \vdots \end{pmatrix}$$

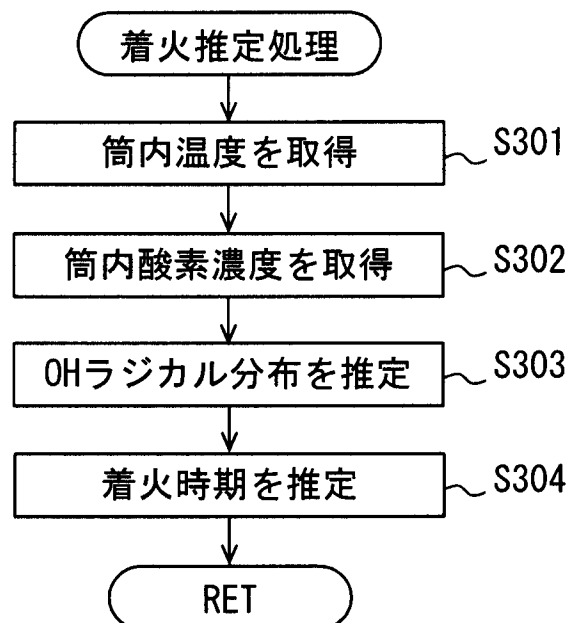
[図16]

$$\underbrace{Q_{burn}}_{\text{燃焼量}} [\text{J}] = \underbrace{\alpha}_{\text{燃焼率}} [-] \cdot \underbrace{\rho}_{\text{噴射量}} [\text{g/mm}^3] \cdot \underbrace{Q_{inj}}_{\text{噴射量}} [\text{mm}^3/\text{st}] \cdot \underbrace{A}_{\text{低位発熱量}} [\text{J/g}]$$

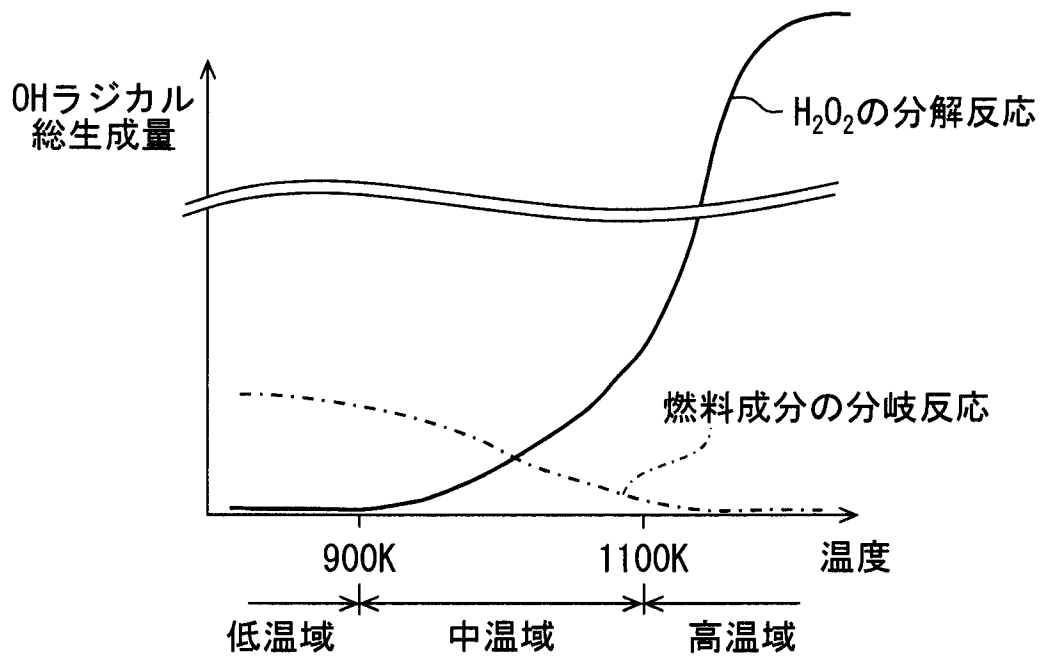
[図17]



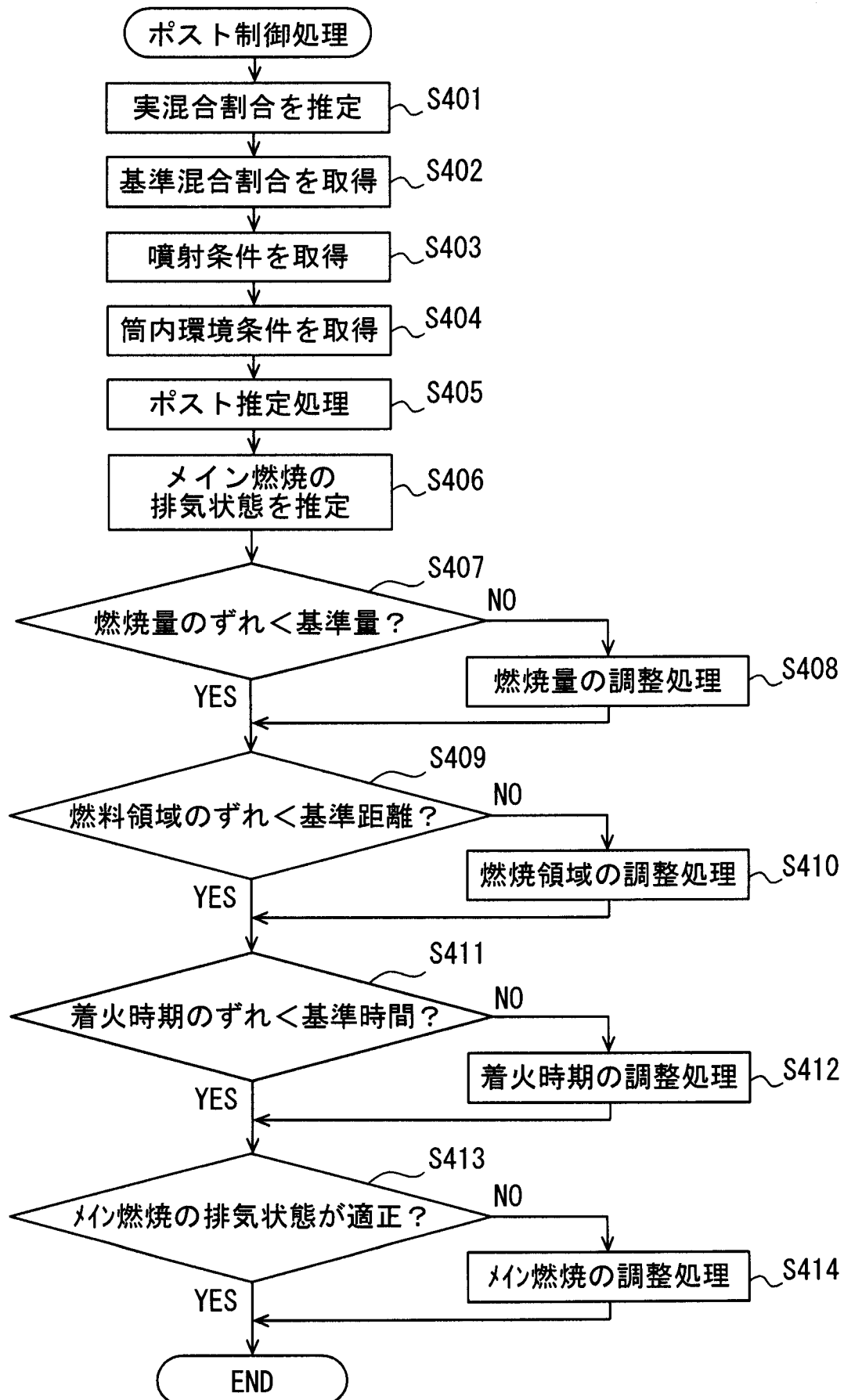
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/076880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

F02D41/38, F02D45/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y A	JP 2013-245646 A (Toyota Motor Corp.), 09 December 2013 (09.12.2013), paragraphs [0095] to [0098] (Family: none)	1-2, 8-9 3-7
Y A	JP 2015-169127 A (Denso Corp.), 28 September 2015 (28.09.2015), paragraphs [0022] to [0033], [0056] to [0058] & DE 102015103341 A1	1-2, 8-9 3-7
Y A	JP 2011-80395 A (Cosmo Oil Co., Ltd.), 21 April 2011 (21.04.2011), paragraphs [0045] to [0054] & US 2011/0079194 A1 paragraphs [0050] to [0059] & EP 2312142 A2	1-2, 8-9 3-7

☒ 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
07 November 2016 (07.11.16)

Date of mailing of the international search report
15 November 2016 (15.11.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/076880

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2012-255392 A (Toyota Motor Corp.), 27 December 2012 (27.12.2012), paragraphs [0032] to [0038] (Family: none)	1-2, 8-9 3-7
A	JP 2009-138688 A (Toyota Motor Corp.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0194] to [0196] (Family: none)	6-7
A	JP 2011-196367 A (Honda Motor Co., Ltd.), 06 October 2011 (06.10.2011), paragraph [0050] (Family: none)	6-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02D41/38(2006.01)i, F02D45/00(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（IPC））

Int.Cl. F02D41/38, F02D45/00

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y A	JP 2013-245646 A（トヨタ自動車株式会社）2013.12.09, 段落[0095]-[0098]（ファミリーなし）	1-2, 8-9 3-7
Y A	JP 2015-169127 A（株式会社デンソー）2015.09.28, 段落[0022]-[0033], [0056]-[0058] & DE 102015103341 A1	1-2, 8-9 3-7
Y A	JP 2011-80395 A（コスモ石油株式会社）2011.04.21, 段落[0045]-[0054] & US 2011/0079194 A1, 段落[0050]-[0059] & EP 2312142 A2	1-2, 8-9 3-7

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

07.11.2016

国際調査報告の発送日

15.11.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

山村 和人

3Z

3221

電話番号 03-3581-1101 内線 3395

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
Y A	JP 2012-255392 A (トヨタ自動車株式会社) 2012. 12. 27, 段落[0032]-[0038] (ファミリーなし)	1-2, 8-9 3-7
A	JP 2009-138688 A (トヨタ自動車株式会社) 2009. 06. 25, 段落[0194]-[0196] (ファミリーなし)	6-7
A	JP 2011-196367 A (本田技研工業株式会社) 2011. 10. 06, 段落[0050] (ファミリーなし)	6-7