

(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
2018年11月29日(29.11.2018)



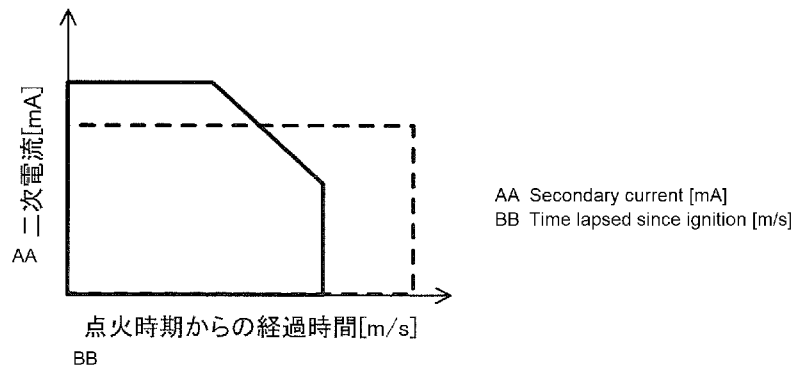
(10) 国際公開番号

WO 2018/216153 A1

- (51) 国際特許分類:
F02P 5/145 (2006.01) *F02D 41/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/019428
- (22) 国際出願日: 2017年5月24日(24.05.2017)
- (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: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 前田 洋史 (MAEDA, Hirofumi); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 葛西 理晴(KASSAI, Masaharu); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人後藤特許事務所(GOTOH & PARTNERS); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目3番1号尚友会館 Tokyo (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, 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,

(54) Title: INTERNAL COMBUSTION ENGINE CONTROL METHOD AND CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御方法及び制御装置



(57) Abstract: A combustion engine control method whereby stratified mixed air is formed inside a combustion chamber and stratified combustion is performed, by performing fuel injection at least once both between the intake stroke and the first half of the compression stroke and during the second half of the compression stroke. When there is increased flow energy around the spark plug as a result of fuel spray injected in the second half of the compression stroke, a relatively large discharge current is caused to flow to the spark plug and spark ignition is started. Thereafter the discharge current is made relatively small and discharge is performed for a prescribed period.

(57) 要約: 吸気行程から圧縮行程前半までの間と、圧縮行程後半とに少なくとも1回ずつの燃料噴射を行うことで燃焼室内に成層混合気を形成して成層燃焼を行う内燃機関の制御方法において、圧縮行程後半に噴射した燃料噴霧のエネルギーにより点火プラグ周りの流動エネルギーが増大しているときに、点火プラグに相対的に大きな放電電流を流して火花点火を開始し、その後、放電電流を相対的に小さくして所定期間放電を行う。

WO 2018/216153 A1

ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称： 内燃機関の制御方法及び制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、吸気行程から圧縮行程前半までの間と圧縮行程後半とに少なくとも1回ずつの燃料噴射を行うことで成層混合気を形成し、圧縮行程後半に噴射した燃料噴霧のエネルギーにより点火プラグ周りの流動エネルギーが増大している間に火花点火を行う内燃機関の制御に関する。

背景技術

[0002] 点火プラグ周りに可燃混合気を形成し、その他の部分には希薄混合気を形成した状態で燃焼させる、いわゆる成層燃焼が知られている。JP 1999-303721 A1には、内燃機関の低負荷運転中に成層燃焼を行う際に、放電期間を均質燃焼時の放電期間よりも長くする制御が開示されている。上記文献に開示された制御は、放電期間内に点火プラグ周りに可燃混合気が存在しないという事態を回避するためのものである。

発明の概要

[0003] ところで、成層燃焼の場合には、燃焼室全体に均質な可燃混合気を形成して燃焼させる均質燃焼の場合に比べて、点火プラグ周りの当量比は増大している。つまり、成層燃焼時には、均質燃焼時に比べて点火プラグ周りの混合気は着火し易い状態である。このため、成層燃焼時に安定した燃焼を得るための放電電流の履歴は、均質燃焼時の放電電流の履歴とは異なる。

[0004] しかしながら、上記文献では点火のタイミングと放電期間とについて言及しているものの、成層燃焼に適した放電電流の履歴については言及されていない。このため、上記文献の制御には改善の余地がある。

[0005] そこで本発明では、成層燃焼時に放電電流の履歴を成層燃焼に適したものになるよう制御する方法を提供することを目的とする。

[0006] 本発明のある態様によれば、吸気行程から圧縮行程前半までの間と、圧縮行程後半とに少なくとも1回ずつの燃料噴射を行うことで燃焼室内に成層混

合気を形成して成層燃焼を行う内燃機関の制御方法が提供される。この制御方法では、圧縮行程後半に噴射した燃料噴霧のエネルギーにより点火プラグ周りの流動エネルギーが増大しているときに、点火プラグに相対的に大きな放電電流を流して火花点火を開始し、その後、放電電流を相対的に小さくして所定期間放電を行う。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]図1は、内燃機関システムの全体構成の説明図である。
- [図2]図2は、プラグ近傍における流動付与の説明図である。
- [図3]図3は、燃料噴射弁の噴射形態を示す図である。
- [図4]図4は、噴霧ビームについて説明するための図である。
- [図5]図5は、点火プラグと燃料噴射弁の配置を示す図である。
- [図6]図6は、放電領域と噴霧ビームとの関係を示す図である。
- [図7]図7は、縮流について説明する為の図である。
- [図8]図8は、筒内に生ずるタンブル流動の説明図である。
- [図9]図9は、圧縮行程中におけるタンブル流動の説明図である。
- [図10]図10は、点火プラグ周辺の乱流強度の変化を示す図である。
- [図11]図11は、点火プラグ近傍におけるプラグ放電チャンネルの説明図である。
- [図12A]図12Aは、燃料噴射タイミングと点火時期との関係を示す図である。
- 。
- [図12B]図12Bは、燃料噴射タイミングと点火時期との関係を示す図である。
- 。
- [図13]図13は、燃焼形態マップである。
- [図14]図14は、可変圧縮比機構の一例を示す図である。
- [図15]図15は、均質リーン燃焼時における放電ギャップのガス流速及び放電ギャップの空燃比のチャートである。
- [図16]図16は、均質リーン燃焼時における、点火時期からの経過時間と二次電流との関係を示すチャートである。

[図17]図17は、成層リーン燃焼時における放電ギャップのガス流速及び放電ギャップの空燃比のチャートである。

[図18]図18は、成層リーン燃焼時における、点火時期からの経過時間と二次電流との関係を示すチャートである。

[図19]図19は、コントローラに記憶された制御ルーチンを示すフローチャートである。

[図20]図20は、リーン燃焼領域における、二次電流、放電時間、二次電圧、及び点火エネルギーと内燃機関の負荷との関係を示す図である。

[図21]図21は、リーン燃焼領域における、燃焼室全体の空燃比、機械的圧縮比及び燃費と内燃機関の負荷との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

[0009] 図1は、内燃機関システムの全体構成の説明図である。内燃機関システム1において内燃機関10は、吸気通路51に接続されている。また、内燃機関10は、排気通路52に接続されている。

[0010] 吸気通路51にはタンブルコントロールバルブ16が設けられる。タンブルコントロールバルブ16は、吸気通路51の流路断面の一部を閉塞することにより筒内にタンブル流動を生成する。

[0011] 吸気通路51にはコレクタタンク46が設けられている。コレクタタンク46にはEGR通路53bも接続されている。

[0012] 吸気通路51にはエアフローメータ33が設けられる。エアフローメータ33に接続されるコントローラ50は、エアフローメータ33から吸気通路51における吸気量を取得する。また、吸気通路51には吸気温センサ34が設けられる。吸気温センサ34に接続されるコントローラ50は、吸気温センサ34から吸気通路51を通過する空気の温度を取得する。

[0013] また、吸気通路51には電子制御スロットル41が設けられ、コントローラ50によりスロットル開度が制御される。

[0014] 排気通路52には排気浄化用の排気触媒44、45が設けられる。排気触

媒 4 4、4 5 には三元触媒等が用いられる。また、排気通路 5 2 はその途中でコレクタタンク 4 6 と接続する E G R 通路 5 3 に分岐する。

[0015] E G R 通路 5 3 には E G R クーラー 4 3 が設けられる。また、E G R 通路 5 3 には、E G R バルブ 4 2 が設けられる。E G R バルブ 4 2 は、コントローラ 5 0 に接続される。そして、内燃機関 1 0 の運転条件に応じて、コントローラ 5 0 により E G R バルブ 4 2 の開度が制御される。

[0016] 内燃機関 1 0 は、点火プラグ 1 1 と燃料噴射弁 1 2 と吸気側可変動弁機構 1 3 と排気側可変動弁機構 1 4 と燃料噴射ポンプ 1 5 を備える。燃料噴射弁 1 2 は直上噴射弁であり、点火プラグ 1 1 の近傍に設けられる。

[0017] 点火プラグ 1 1 は、駆動装置 1 7 により駆動されて、内燃機関 1 0 の燃焼室内で火花点火を行う。点火プラグ 1 1 は、コントローラ 5 0 に接続され、制御部としてのコントローラ 5 0 が点火時期を制御する。なお、本実施形態でいう「点火時期」とは、火花点火を開始するタイミングのことをいう。また、点火プラグ 1 1 は、放電ギャップ間のガス流速を検出する流速センサ 2 3 としても動作する。

[0018] 駆動装置 1 7 は、コントローラ 5 0 からの点火信号に応じて点火プラグ 1 1 に放電電圧を発生させる。また、駆動装置 1 7 は、放電開始時の火花放電を行うための回路の他に、放電期間中に点火プラグ 1 1 の電極間に放電電圧と同方向の電圧（以下、重ね電圧ともいう）を印加するための回路も有する。重ね電圧を印加するための構成については公知（例えば J P 2 0 1 6 - 5 3 3 1 2 A 1）なので詳細な説明は省略する。

[0019] 放電期間中に重ね電圧を印加することで、放電時間を長くすることが可能である。換言すると、重ね電圧を制御することにより、放電期間を任意に制御することができる。

[0020] 燃料噴射弁 1 2 は、内燃機関 1 0 の燃焼室内に燃料を直接噴射する。燃料噴射弁 1 2 は、コントローラ 5 0 に接続され、制御部としてのコントローラ 5 0 が燃料噴射タイミングを制御する。本実施形態では、吸気行程を含めて複数回燃料噴射を行う、いわゆる多段噴射が行われる。燃料噴射ポンプ 1 5

は、この燃料噴射弁 12 に接続する燃料供給配管に加圧した燃料を供給する。

- [0021] 吸気側可変動弁機構 13 は、吸気弁の開閉時期を変化させる。排気側可変動弁機構 14 は、排気弁の開閉時期を変化させる。吸気側可変動弁機構 13 及び排気側可変動弁機構 14 は、コントローラ 50 に接続される。そして、コントローラ 50 によって、これらの開閉時期が制御される。なお、ここでは、吸気側可変動弁機構 13 及び排気側可変動弁機構 14 を示しているが、いずれか一方を有するものであってもよい。
- [0022] 内燃機関 10 には、図示しないクランク角センサと筒内圧センサ及びアクセル開度センサが設けられる。クランク角センサは、内燃機関 10 におけるクランク角を検出する。クランク角センサはコントローラ 50 に接続され、内燃機関 10 のクランク角をコントローラ 50 に送る。
- [0023] 筒内圧センサは、内燃機関 10 における燃焼室の圧力を検出する。筒内圧センサはコントローラ 50 に接続される。そして、内燃機関 10 における燃焼室の圧力をコントローラ 50 に送る。
- [0024] アクセル開度センサは、運転者によるアクセルペダルの踏み込み量を検出する。
- [0025] また、内燃機関 10 は、ノックセンサ 21 や燃圧センサ 24 を備えることとしてもよい。コントローラ 50 は、前述の各種センサ及び図示しないその他のセンサからの出力を読み込み、これらに基づいて点火時期、バルブタイミング、空燃比等の制御を行う。なお、内燃機関 10 は機械的圧縮比を変更する可変圧縮比機構を備えており、コントローラ 50 はこの可変圧縮比機構の制御も行う。可変圧縮比機構の詳細については後述する。
- [0026] 図 2 は、点火プラグ 11 と燃料噴射弁 12 との位置関係を説明するための図である。上述したように、燃料噴射弁 12 は直上噴射弁であり、点火プラグ 11 の近傍に設けられる。そのため、噴射された燃料の一部は放電ギャップ近傍を通過することになり、これにより点火プラグ近傍に流動を付与することができる。なお、流動の付与については後述する。

- [0027] 図3は燃料噴射弁12から噴射される燃料噴霧の形態を示している。図4は図3の円Aを含む平面を図3の矢印IV方向から見た図である。
- [0028] 本実施形態の燃料噴射弁12は6つの噴孔から燃料が噴射される。6つの噴孔から噴射される燃料噴霧（以下、噴霧ビームともいう）をB1-B6としたとき、各噴霧ビームは噴孔から遠ざかるほど噴霧断面が広がる円錐形状である。また、噴霧ビームB1-B6を、円Aを含む平面で切断した場合の断面は、図4に示すように等間隔で円環状に並ぶ。
- [0029] 図5は、噴霧ビームB1-B6と点火プラグ11との位置関係を示す図である。燃料噴射弁12は、噴霧ビームB2の中心軸B2cと噴霧ビームB3の中心軸B3cとがなす角の二等分線である一点鎖線C上に配置される。
- [0030] 図6は、図5を矢印VIの向きから見た場合の、点火プラグ11と噴霧ビームB3との位置関係を示す図である。図6では、中心電極11aと外側電極11bとで挟まれる放電領域が、噴霧ビームB3の図中上側の外縁と図中下側の外縁とで挟まれる範囲内に配置される。なお、図示はしないが、図5を矢印VIと反対方向から見ると、点火プラグ11と噴霧ビームB2との位置関係は図6と対象になり、放電領域が噴霧ビームB2の上側の外縁と下側の外縁とで挟まれる範囲内に配置される。すなわち、噴霧ビームB2の上側外縁と噴霧ビームB3の上側外縁とを含む平面と、噴霧ビームB2の下側外縁と噴霧ビームB3の下側外縁とを含む平面とで挟まれる範囲内に放電領域が配置されるように点火プラグ11が配置されている。
- [0031] 図7は、噴霧ビームB1-B6と点火プラグ11とが図5及び図6に示す位置関係にある場合の効果の説明する為の図である。
- [0032] 燃料噴射弁12から噴射された燃料は、液滴へと分裂して噴霧になり、図中の太線矢印のように周囲の空気を取り込みながら前進する。これにより、噴霧の周りに気流の乱れが発生する。
- [0033] また、流体は、周囲に物体（流体を含む）がある場合には、いわゆるコアンダ効果によってその物体に引き寄せられ、その物体に沿って流れる。すなわち、噴霧ビームB2と噴霧ビームB3とが図7の細線矢印のように引き合

う、いわゆる縮流が生じる。これにより、噴霧ビーム B 2 と噴霧ビーム B 3 との間に非常に強い乱れが生じるので、点火プラグ 1 1 の周辺における乱流強度が増大する。

[0034] ここで、タンブル流動の強度の変化について説明する。

[0035] 図 8 は、筒内に生ずるタンブル流動の説明図である。図 9 は、タンブル流動の減衰を説明するための図である。これらの図には、吸気通路 5 1 と排気通路 5 2 と点火プラグ 1 1 と燃料噴射弁 1 2 とタンブルコントロールバルブ 1 6 が示されている。また、点火プラグ 1 1 の中心電極 1 1 a と外側電極 1 1 b が示されている。さらに、図 8 には、吸入行程における筒内のタンブル流動が矢印で示されている。図 9 には、圧縮行程における筒内のタンブル流動が矢印で示されている。

[0036] 吸入行程において、タンブルコントロールバルブ 1 6 が閉じられていると、吸気は吸気通路 5 1 の図中上側に偏って流れ、筒内に流入する。その結果、図示するように筒内には縦方向に旋回するタンブル流動が形成される。その後、圧縮行程においてピストンが上昇することにより筒内の燃焼室が狭まる。燃焼室が狭くなるにつれて、タンブル流動は押しつぶされ、徐々にその流動が弱まり（図 9）、やがて崩壊する。

[0037] したがって、点火プラグ 1 1 周りに可燃混合気が存在し、その他の部分に希薄な混合気が存在する成層混合気を形成し、かつ点火時期を圧縮行程後半まで遅角させる成層燃焼を実行する場合には、点火時期において点火プラグ 1 1 周りの流動が弱まっている。このため、点火プラグ 1 1 の電極 1 1 a、1 1 b の間、つまり放電ギャップに生ずるアーク（以下、プラグ放電チャンネル C N ともいう）が十分に伸長せずに、失火やパーシャルバーンを起こすおそれがある。なお、ここでいう「点火プラグ 1 1 周り」には、点火プラグ 1 1 の放電ギャップも含む。

[0038] そこで本実施形態では、燃料噴射することで点火プラグ 1 1 周りの乱流強度が増大する特性を利用して、プラグ放電チャンネル C N が伸長する状況を作り出すこととする。

[0039] 図10は、圧縮行程後半に燃料噴射を行った場合の、点火プラグ11周りの乱流強度の変化を示すタイミングチャートである。図10の横軸はクランク角度、縦軸は点火プラグ11周りの乱流強度を示している。図中の破線は、圧縮行程後半の燃料噴射を行わない場合の乱流強度の変化を示している。

[0040] 上述した通りタンブル流動の強度は徐々に低下するので、これに伴い点火プラグ11周りの乱流強度も低下する。しかし、圧縮行程後半に燃料噴射を行うと、燃料噴射後の所定期間は乱流強度が高まる。この、燃料噴射により乱流強度が増大している期間中が、プラグ放電チャンネルCNが伸長しやすい状況である。特に、乱流強度がピークとなるタイミングC1が点火時期として適している。一方、後述する均質リーン燃焼を行う場合には、圧縮行程後半の燃料噴射を行わないので、成層燃焼に比べて燃焼が緩慢になる。このため、均質リーン燃焼の場合の点火時期はタイミングC1よりも早いタイミングC2が適している。

[0041] 図11は、プラグ放電チャンネルCNの説明図である。図11には、点火プラグ11の中心電極11aと外側電極11b、及び伸長したプラグ放電チャンネルCNが示されている。また、ここでは、プラグ放電チャンネルCNの様子に着目するために、燃料噴射弁12を省略している。なお、プラグ放電チャンネルCNが十分伸長するように点火プラグ周りに流動を与えられれば、燃料噴射弁12の先端は必ずしも点火プラグ11に向いていなくてもよい。例えば、噴射した燃料が燃焼室内で反射して、点火プラグ周りに流動を与える実施形態でもよい。

[0042] タンブル流動が弱まるほど点火プラグ11周りの流動は小さくなる。よって、火花点火が行われると、通常であれば、中心電極11aと外側電極11bとの間をほぼ直線的に跨ぐようにプラグ放電チャンネルCNが生成される。しかしながら、本実施形態では、燃料噴射弁12による燃料噴射によって点火プラグ11周りの流動が強まっている状態で火花点火を行う。これにより、図11に示されるように中心電極11aと外側電極11bとの間のプラグ放電チャンネルCNが伸長する。

[0043] このように、タンブル流動が弱まった後に点火プラグ11周りに流動を付与し、プラグ放電チャンネルCNを伸長させることができるので、パーシャルバーン及び失火を抑制し燃焼安定性を改善することができる。

[0044] 図12A、図12Bは、プラグ放電チャンネルCNを伸長させるための燃料噴射パターンの例を示す図である。図12A、図12Bのいずれの場合も、吸気行程において全噴射量の90%以上を噴射する。残りの燃料は、圧縮行程後半に2回に分割して噴射してもよいし（図12A）、1回で噴射してもよい（図12B）。なお、ここでいう全噴射量とは、1サイクル当たりに噴射する燃料量である。

[0045] なお、上記の通り本実施形態における成層燃焼では、圧縮行程後半に噴射されて点火プラグ11周りに可燃混合気を形成する燃料量は、全噴射量の10%以下である。このため、点火プラグ11周りに形成される可燃混合気は全焼室全体のごく一部に過ぎない。このような成層燃焼を、圧縮行程後半により多くの燃料を噴射する成層燃焼と区別するため、「弱成層燃焼」と称してもよい。

[0046] ここで、コントローラ50が実行する制御について説明する。

[0047] まず、燃焼形態の切り替えについて説明する。

[0048] コントローラ50は、内燃機関10の運転状態に応じて、燃焼形態を切り換える。なお、ここでいう運転状態とは、内燃機関10の回転速度及び負荷である。回転速度はクランク角センサの検出値に基づいて公知の方法により算出可能である。負荷は、アクセル開度センサの検出値に基づいて公知の方法により算出可能である。

[0049] 図13は、各運転状態で実行する燃焼形態を示すマップである。図13の縦軸は負荷、横軸は回転速度である。

[0050] 図13に示す通り、低中回転・低中負荷領域の一部がリーン燃焼領域であり、その他の領域が均質ストイキ燃焼領域である。そして、リーン燃焼領域はさらに分割されており、負荷Q1を境界として、相対的に負荷が高い領域は成層リーン燃焼領域、相対的に負荷が低い領域が均質リーン燃焼領域とな

っている。ここでいう「成層リーン燃焼」とは、上述した成層燃焼のことをいう。均質ストイキ燃焼とは、燃焼室全体に理論空燃比の混合気を形成して行う燃焼である。負荷Q1は本実施形態を適用する内燃機関10の仕様に依りて設定するものである。

[0051] 成層リーン燃焼及び均質リーン燃焼のいずれの場合も、コントローラ50は基本的には燃焼室全体の空気過剰率 λ を2に制御する。ただし、厳密な意味で空気過剰率 $\lambda = 2$ に限られるものではなく、略2といえる程度の範囲を含むものである。また、負荷の増大に依りて、着火性確保等のためにコントローラ50は空気過剰率 λ を2よりもリッチ側に補正する場合がある。

[0052] また、以下の説明において、空気過剰率 λ に替えて空燃比 A/F を用いる場合がある。この場合、空気過剰率 $\lambda = 2$ は空燃比 $A/F \doteq 30$ と表示する。

[0053] また、コントローラ50は、内燃機関10の負荷の増大に依りて、ノッキングの発生を抑制するために機械的圧縮比を低下させる。ただし、コントローラ50は、成層リーン燃焼時には、仮に同一運転条件で均質リーン燃焼を行うとした場合よりも機械的圧縮比を高く制御する。これは、成層リーン燃焼の方が均質リーン燃焼よりも燃焼速度が高くノッキングが生じ難いからである。

[0054] ここで、可変圧縮比機構について説明する。可変圧縮比機構は公知のものを使用すればよい。ここでは公知の可変圧縮比機構の一例を説明する。

[0055] 図14は、ピストン25とクランクシャフト30とを複数のリンクで連結することによって、ピストン25の上死点位置を可変に制御可能にした可変圧縮比機構である。

[0056] ピストン25は、アッパーリンク26及びロアリンク27を介してクランクシャフト30に連結されている。アッパーリンク26の一端はピストン25に回転自在に連結され、他端はロアリンク27に回転自在に連結されている。ロアリンク27は、アッパーリンク26との連結部とは異なる部位においてクランクシャフト30のクランクピン30Aに回転自在に連結されてい

る。また、ロアリンク 27 には、コントロールリンク 28 の一端が回転自在に連結されている。コントロールリンク 28 の他端はコントロールシャフト 29 の回転中心からずれた位置に連結されている。

[0057] 上記のような構成の可変圧縮比機構では、コントロールシャフト 29 を図示しないアクチュエータ等により回転させることによって、機械的圧縮比を変化させることができる。例えば、コントロールシャフト 29 を図中反時計回り方向に所定角度回転させると、ロアリンク 27 は、コントロールリンク 28 を介してクランクピン 30A を中心として図中反時計回り方向に回転する。その結果、ピストン 25 の上死点位置が上昇し、機械的圧縮比が上昇する。これとは反対に、コントロールシャフト 29 を図中時計回り方向に所定角度回転させると、ロアリンク 27 は、コントロールリンク 28 を介してクランクピン 30A を中心として図中時計回り方向に回転する。その結果、ピストン 25 の上死点位置は下降し、機械的圧縮比が低下する。

[0058] 次に、均質リーン燃焼時と成層リーン燃焼時における点火エネルギーについて説明する。

[0059] 図 15 は、均質リーン燃焼時における、放電ギャップのガス流速及び放電ギャップの空燃比 A/F の変化を示すチャートである。図 15 の横軸はクランク角度 [deg] であり、図 10 のタイミング C2 以降の様子を示している。

[0060] 図 16 は、均質リーン燃焼時における、点火時期からの経過時間と点火プラグ 11 に流れる二次電流との関係を示すチャートである。

[0061] 図 17 は、均質リーン燃焼時における、放電ギャップのガス流速及び放電ギャップの空燃比 A/F の変化を示すチャートである。図 17 の横軸はクランク角度 [deg] であり、図 10 のタイミング C1 以降の様子を示している。

[0062] 図 18 は、成層リーン燃焼時における、点火時期からの経過時間と点火プラグ 11 に流れる二次電流との関係を示すチャートである。なお、図中の破線は、図 16 の均質リーン燃焼時のチャートである。

- [0063] 図15及び図17における「放電ギャップのガス流速」は、図10で説明した乱流強度と同義である。
- [0064] 均質リーン燃焼時には、放電ギャップのガス流速はクランク角度が進むにつれて低下する。また、均質リーン燃焼時には燃焼室全体の空気過剰率 λ が2、つまり空燃比 A/F が略30に制御されるので、当然、放電ギャップの空燃比 A/F は略30である。
- [0065] これに対し成層リーン燃焼時には、圧縮行程後半に燃料噴射を行ってから火花点火する。このため、放電ギャップのガス流速は、点火時期においては均質リーン燃焼時よりも高くなる。ただし、燃料噴射によるガス流速増大の効果は徐々に減衰するので、放電ギャップのガス流速はやがて均質リーン燃焼時と同じになる。
- [0066] また、圧縮行程後半の燃料噴射によって、点火時期における放電ギャップの空燃比 A/F は均質リーン燃焼時に比べてリッチになる。ただし、圧縮行程後半に噴射された燃料は、自身の貫徹力やタンブル流動によって拡散するため、放電ギャップの空燃比 A/F は徐々に30に戻る。
- [0067] 均質リーン燃焼時には、放電ギャップの A/F がストイキに比べて大幅にリーンな略30なので、放電ギャップの混合気は成層リーン燃焼時に比べて着火し難い。また、均質リーン燃焼時には成層リーン燃焼時に比べて燃焼速度が緩慢である。したがって、均質リーン燃焼時には、安定した燃焼を得るために相対的に大きな二次電流が流れ続けるようにする必要がある。
- [0068] 一方、成層リーン燃焼時には、点火時期における放電ギャップのガス流速が均質燃焼時に比べて高いので、ガス流動に吹き消されることなく初期火炎核を形成するためには、均質リーン燃焼時に比べて二次電流を高くする必要がある。しかし、上記の通り放電ギャップの混合気は均質リーン燃焼時に比べて着火し易いので、一旦燃焼が始まれば、二次電流を低下させても安定した燃焼が得られる。このため、成層リーン燃焼時には、点火時期の後に二次電流を小さくすることができる。また、上記の通り放電ギャップの混合気は均質リーン燃焼時に比べて着火し易いので、成層リーン燃焼時には均質リー

ン燃焼時に比べて放電時間を短くすることもできる。

- [0069] 成層リーン燃焼時には、上記のように点火時期の後に二次電流を小さくしたり、放電時間を短くしたりすることで、1サイクル当たりに消費する点火エネルギーを均質リーン燃焼時よりも小さくすることができる。
- [0070] 上記の通り、成層リーン燃焼時に適した放電波形と均質リーン燃焼時に適した放電波形とは異なる。ここでいう放電波形とは、図16及び図18に示された二次電流の履歴のことをいう。
- [0071] そこで、コントローラ50は、均質リーン燃焼時には一定の二次電流が流れるように、成層リーン燃焼時には、点火時期には相対的に大きな二次電流が流れ、その後は二次電流が小さくなるように、それぞれ駆動装置17を制御する。
- [0072] なお、図18に示した二次電流の波形は、あくまでも一例であって、点火時期に相対的に大きく、その後に相対的に小さくなり、かつ均質リーン燃焼時より点火エネルギーが小さくなるのであれば、他の波形であってもよい。例えば、点火時期からの経過時間に依じて二次電流が徐々に小さくなる波形や、点火時期からの所定時間は一定値で、所定時間経過後に二次電流がステップ的に小さくなる波形等、様々な波形が考えられる。
- [0073] 図19は、上述した制御内容を具体的に制御ルーチンとして示した図である。当該制御ルーチンはコントローラ50にプログラムされている。
- [0074] ステップS10において、コントローラ50は運転状態を読み込む。具体的には、内燃機関10の回転速度及び負荷を読み込む。
- [0075] ステップS20において、コントローラ50は、ステップS10で読み込んだ運転状態と図13のマップとを用いて、現在の運転領域がリーン燃焼領域か否かを判定する。コントローラ50は、リーン燃焼領域であればステップS30の処理を実行し、均質ストイキ燃焼領域であればステップS60の処理を実行する。
- [0076] ステップS30において、コントローラ50は現在の運転領域が成層リーン燃焼領域か否かを判定する。コントローラ50は、成層リーン燃焼領域で

あればステップS40の処理を実行し、均質リーン燃焼領域であればステップS50の処理を実行する。

[0077] ステップS40において、コントローラ50は上述した成層リーン燃焼用の放電波形となるように駆動装置17を制御する。

[0078] ステップS50において、コントローラ50は上述した均質リーン燃焼用の放電波形となるように駆動装置17を制御する。

[0079] ステップS60において、コントローラ50は均質ストイキ燃焼用の放電波形となるように駆動装置17を制御する。均質ストイキ燃焼用の放電波形は、基本的には均質リーン燃焼用の放電波形と同様であるが、均質リーン燃焼用の放電波形に比べて二次電流が小さく、かつ放電時間が短い。

[0080] 次に、上記制御ルーチンを実行することによる作用効果について説明する。

[0081] 図20は、リーン燃焼領域における、二次電流、放電時間、二次電圧、及び点火エネルギーと内燃機関10の負荷との関係を示す図である。図中の負荷Q1は、図13における負荷Q1と同じものである。図中には、リーン燃焼領域の全域で、つまり相対的に高負荷な領域でも、均質リーン燃焼を行うと仮定した場合の値を比較のために破線で示している。なお、図20における二次電流は、点火時期における電流値である。上記の通り、コントローラ50は点火時期の後に二次電流を小さくする制御を行う。

[0082] 成層リーン燃焼時の二次電流は、当該領域で均質リーン燃焼を行う場合の二次電流より高い。ただし、点火時期の後は、コントローラ50は二次電流が小さくなるよう制御するので、放電期間の中期から後期にかけては、成層リーン燃焼領域の二次電流は当該領域で均質リーン燃焼を行う場合の二次電流よりも小さくなる。

[0083] 成層リーン燃焼時の放電時間は、当該領域で均質リーン燃焼を行う場合の放電時間より短い。

[0084] リーン燃焼領域の全域にわたって、負荷の増大に応じて二次電圧が高くなり、これに伴い点火エネルギーも大きくなる。ただし、相対的に高負荷な領域

においては、二次電流及び放電時間を上記の通り制御して成層リーン燃焼を行うので、点火エネルギーは当該領域において均質リーン燃焼を行う場合に比べて小さくなる。

[0085] 図21は、リーン燃焼領域における、燃焼室全体の空燃比、機械的圧縮比及び燃費と内燃機関10の負荷との関係を示す図である。図中の負荷Q1は、図13における負荷Q1と同じものである。図中には、リーン燃焼領域の全域で、つまり相対的に高負荷な領域でも、均質リーン燃焼を行うと仮定した場合の値を比較のために破線で示している。

[0086] コントローラ50は、負荷が高くなるにつれて着火性確保等のために燃焼室全体の空燃比を30よりもリッチにする。ただし、成層リーン燃焼の場合には、圧縮行程後半の燃料噴射により点火プラグ11周りの当量比が増大することで着火しやすくなる。このため、成層リーン燃焼の場合には、同じ領域で均質リーン燃焼を行う場合に比べると、燃焼室全体の空燃比をリーンにすることができる。

[0087] また、コントローラ50は、負荷が高くなるにつれてノッキングの発生を抑制するために機械的圧縮比を低くする。ただし、成層リーン燃焼の場合には、圧縮行程後半の燃料噴射により点火プラグ11周りの当量比が増大することで火炎伝播が速くなり、これによりノッキングが発生し難くなる。このため、成層リーン燃焼の場合には、同じ領域で均質リーン燃焼を行う場合に比べて、機械的圧縮比を高くできる。

[0088] 上記の通り、相対的に高負荷の領域で成層リーン燃焼を行うと、同じ領域で均質リーン燃焼を行う場合に比べて、全燃焼室全体の空燃比をよりリーンに、そして機械的圧縮比をより高くできる。その結果、相対的に高負荷な領域における燃費は、同じ領域で均質リーン燃焼を行う場合に比べて良くなる。

[0089] 以上の通り本実施形態の内燃機関10の制御方法は、吸気行程から圧縮行程前半までの間と、圧縮行程後半とに少なくとも1回ずつの燃料噴射を行うことで燃焼室内に成層混合気を形成して成層燃焼を行う内燃機関の制御方法である。本実施形態では、圧縮行程後半に噴射した燃料噴霧のエネルギーによ

り点火プラグ11周りの流動エネルギーが増大しているときに、点火プラグ11に相対的に大きな二次電流（放電電流ともいう）を流して火花点火を開始し、その後、二次電流を相対的に小さくして所定期間放電を行う。火花点火を開始する際の二次電流を相対的に大きくするのは、圧縮行程後半の燃料噴射により強くなった点火プラグ11周りの流動に打ち勝って放電チャンネルを形成するためである。その後に二次電流を小さくするのは、圧縮行程後半の燃料噴射により点火プラグ11周りの混合気は当量比が増大して燃焼し易くなっており、少ない点火エネルギーで安定した燃焼が得られるからである。このように、成層リーン燃焼時に放電波形を成層燃焼に適した波形に制御することで、成層リーン燃焼時の点火エネルギーを低減させつつ、燃費の向上を図ることができる。

[0090] 本実施形態では、リーン燃焼領域において、内燃機関10の負荷が相対的に高い運転領域で成層燃焼を行い、内燃機関10の負荷が相対的に低い運転領域では均質リーン燃焼を行う。そして、成層燃焼時と均質リーン燃焼時とで、点火プラグの放電波形を異ならせる。これにより、成層燃焼時と均質リーン燃焼時とで、それぞれの燃焼形態に適した放電波形を設定することができる。

[0091] 本実施形態では、成層燃焼時と均質リーン燃焼時のいずれの場合も、燃焼室全体の空気過剰率 λ が2になるよう制御する。これにより、成層リーン燃焼領域以外のすべての領域でストイキ燃焼を行う場合に比べて、リーン運転領域が広がるので、燃費が向上する。

[0092] 本実施形態では、均質リーン燃焼時の点火プラグ11の放電時間（放電継続期間）を、成層燃焼時の放電時間より長くする。均質リーン燃焼時には、成層リーン燃焼時に比べて着火性が低下し、かつ燃焼が緩慢になるが、放電時間を長くすることにより燃焼が安定する。その結果、燃費を向上し、かつエミッションを低減することができる。

[0093] 本実施形態では、均質リーン燃焼時の点火エネルギーを成層燃焼時の点火エネルギーより大きくする。点火エネルギーを大きくするためには、例えば放電時

間を長くしたり、二次電流を大きくしたりすることで、放電期間中の二次電流の積算値を大きくすればよい。これにより、均質リーン燃焼時の燃焼が安定するので、燃費を向上し、かつエミッションを低減することができる。

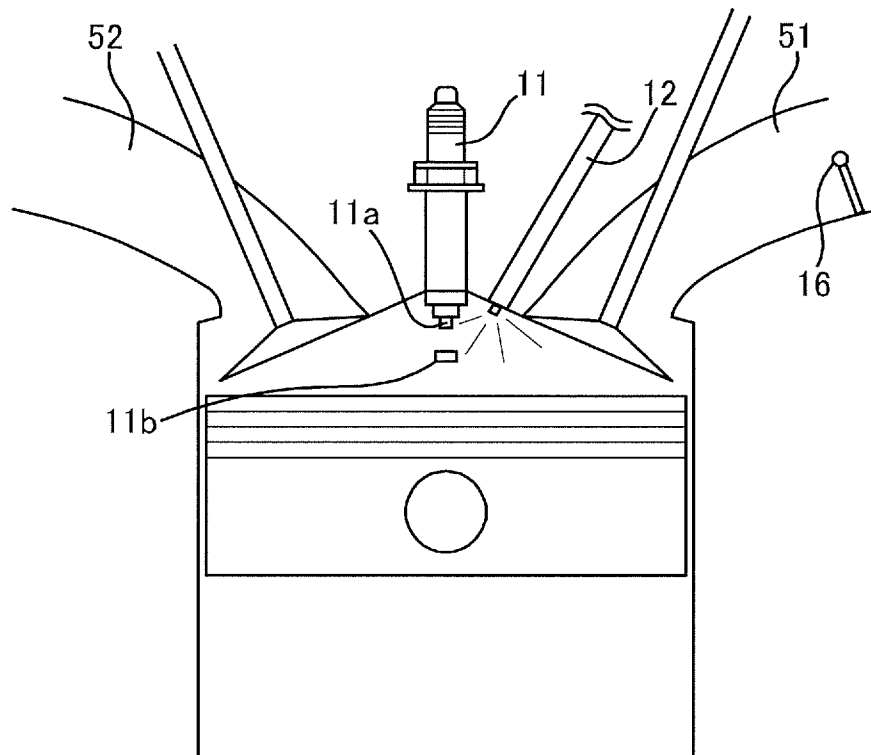
[0094] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

請求の範囲

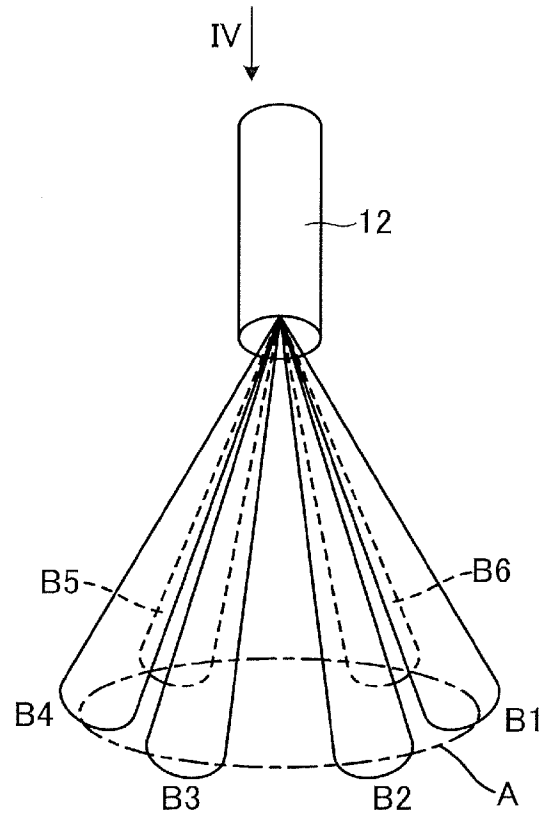
- [請求項1] 吸気行程から圧縮行程前半までの間と、圧縮行程後半とに少なくとも1回ずつの燃料噴射を行うことで燃焼室内に成層混合気を形成して成層燃焼を行う内燃機関の制御方法において、
- 圧縮行程後半に噴射した燃料噴霧のエネルギーにより点火プラグ周りの流動エネルギーが増大しているときに、前記点火プラグに相対的に大きな放電電流を流して火花点火を開始し、
- その後、放電電流を相対的に小さくして所定期間放電を行う、内燃機関の制御方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の内燃機関の制御方法において、
- 内燃機関の低中回転速度・低中負荷領域の一部をリーン燃焼領域とし、
- 前記リーン燃焼領域の負荷が相対的に高い運転領域で前記成層燃焼を行い、
- 前記リーン燃焼領域の負荷が相対的に低い運転領域では吸気行程から圧縮行程前半までの間に少なくとも1回の燃料噴射を行うことで前記燃焼室内に均質混合気を形成して均質燃焼を行い、
- 前記成層燃焼時と前記均質燃焼時とで、前記点火プラグの放電波形を異ならせる、
- 内燃機関の制御方法。
- [請求項3] 請求項2に記載の内燃機関の制御方法において、
- 前記成層燃焼時と前記均質燃焼時のいずれの場合も、燃焼室全体の空気過剰率が2になるよう制御する、
- 内燃機関の制御方法。
- [請求項4] 請求項2または3に記載の内燃機関の制御方法において、
- 前記均質燃焼時の前記点火プラグの放電継続期間を、前記成層燃焼時の前記点火プラグの放電継続期間より長くする、
- 内燃機関の制御方法。

- [請求項5] 請求項4に記載の内燃機関の制御方法において、
前記均質燃焼時の点火エネルギーを前記成層燃焼時の点火エネルギーより大きくする、
内燃機関の制御方法。
- [請求項6] 燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、
前記燃焼室内に形成された混合気に火花点火する点火プラグと、
前記点火プラグを駆動する駆動装置と、
前記燃料噴射弁と前記駆動装置とを制御する制御部と、
を備える内燃機関の制御装置において、
前記制御部は、
吸気行程から圧縮行程前半までの間と、圧縮行程後半とに少なくとも1回ずつの燃料噴射を行うことで前記燃焼室内に成層混合気を形成し、
圧縮行程後半に噴射した燃料噴霧のエネルギーにより点火プラグ周りの流動エネルギーが増大しているときに、前記点火プラグに相対的に大きな放電電流を流して火花点火を開始し、
その後、放電電流を相対的に小さくして所定期間放電を行う、
内燃機関の制御装置。

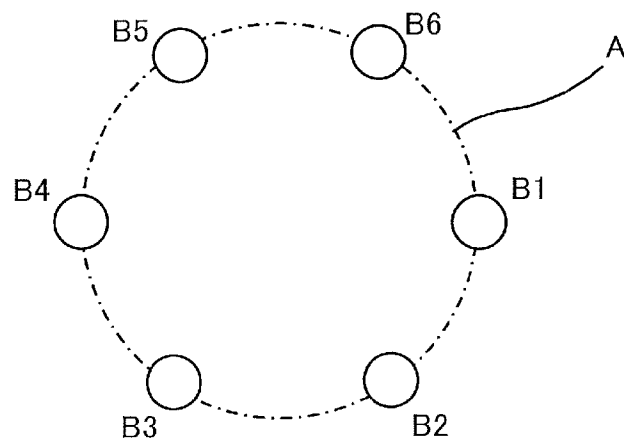
[図2]



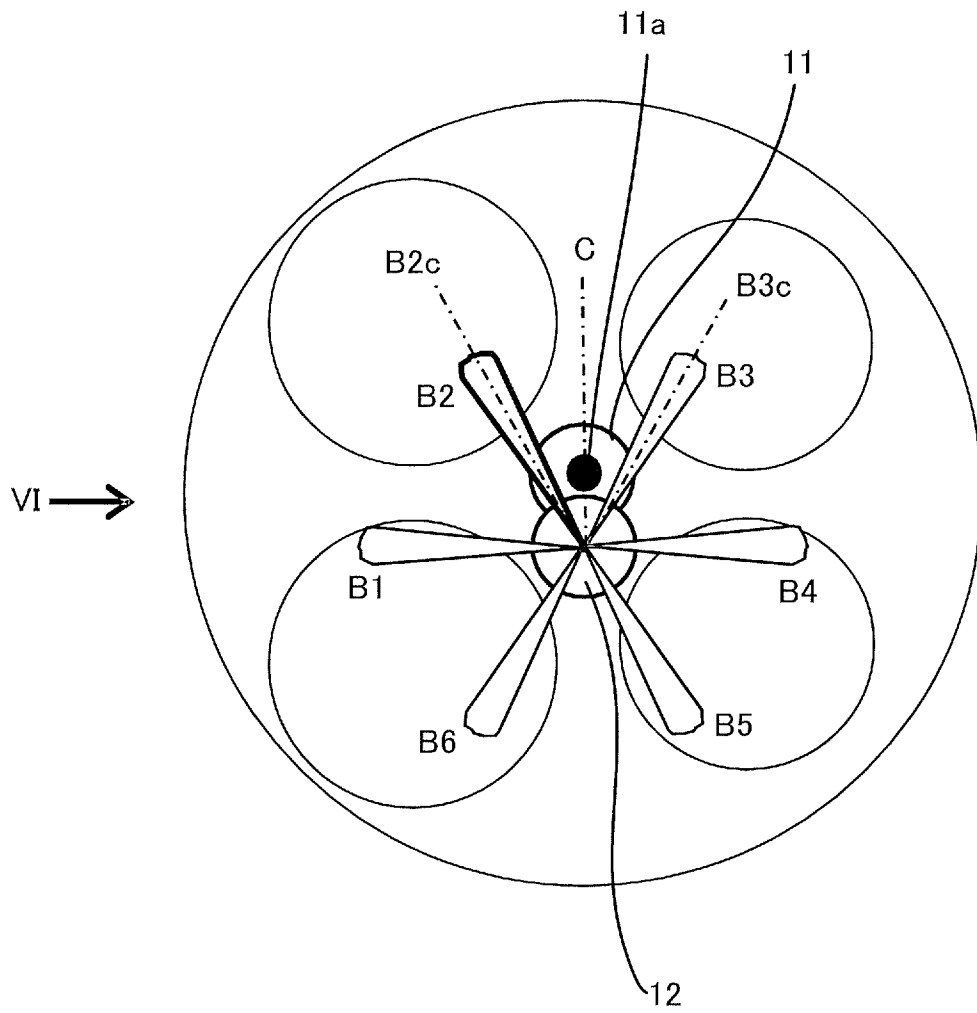
[図3]



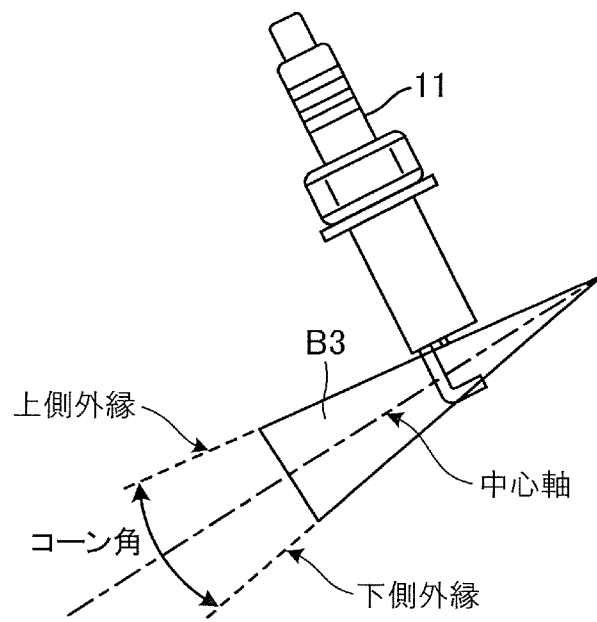
[図4]



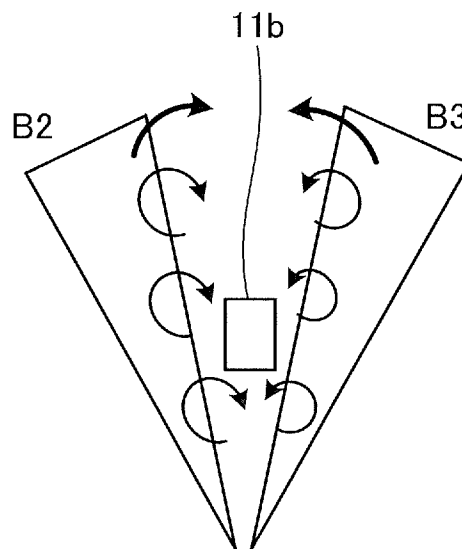
[図5]



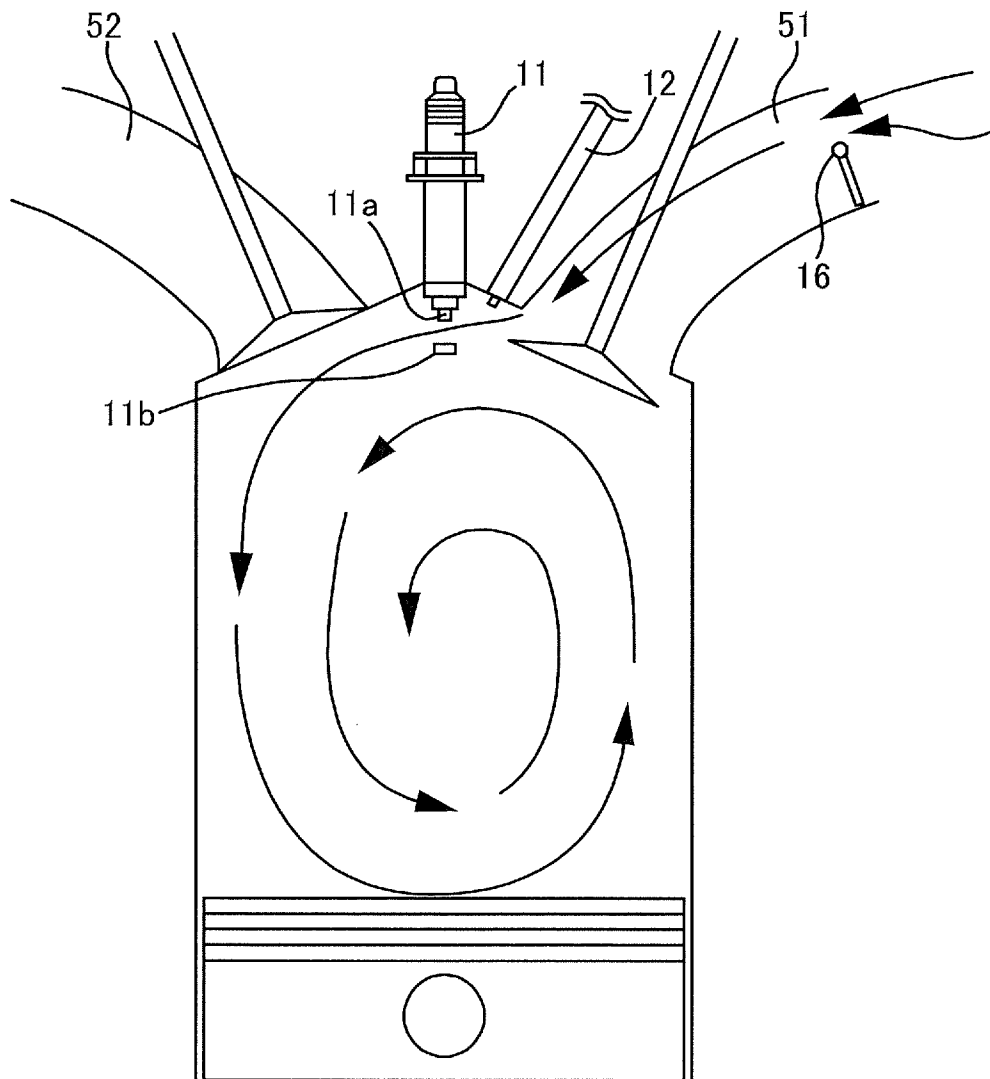
[図6]



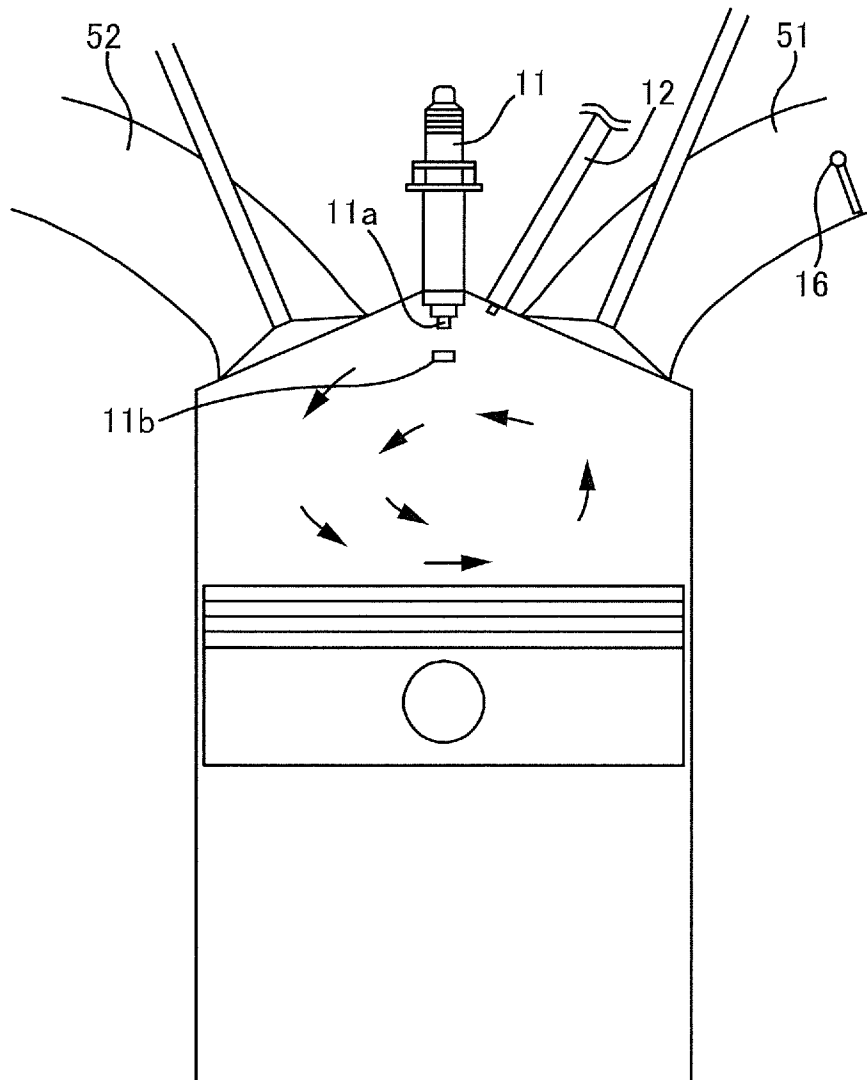
[図7]



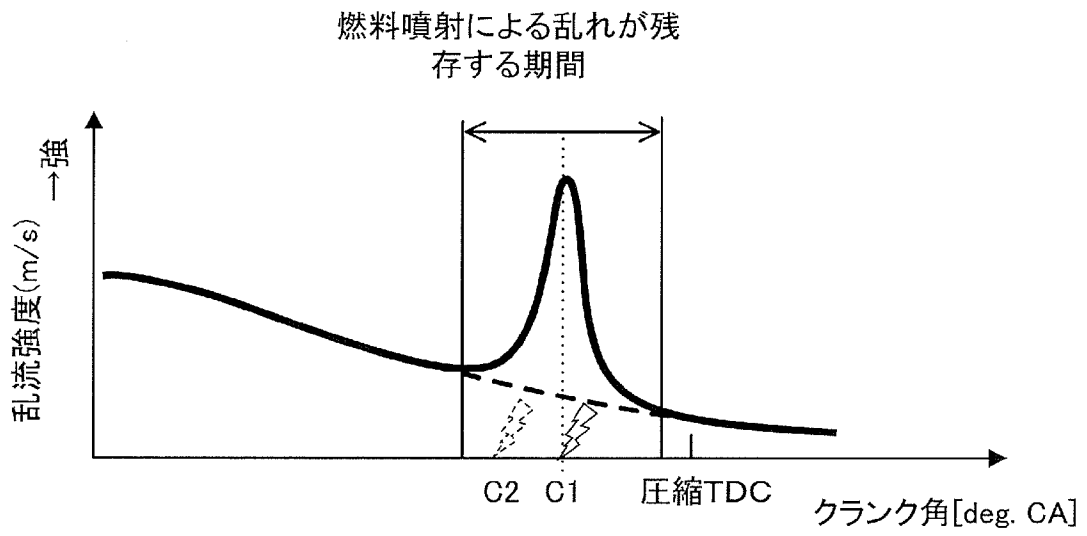
[図8]



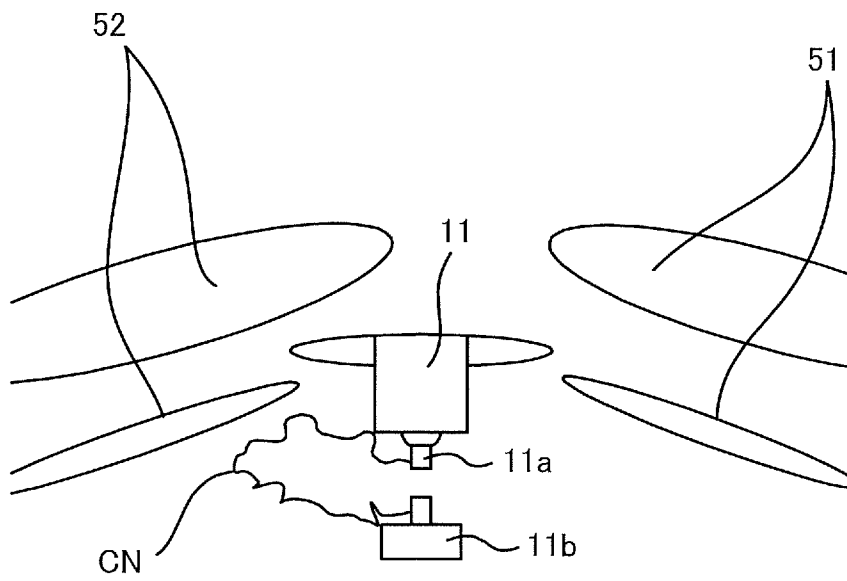
[図9]



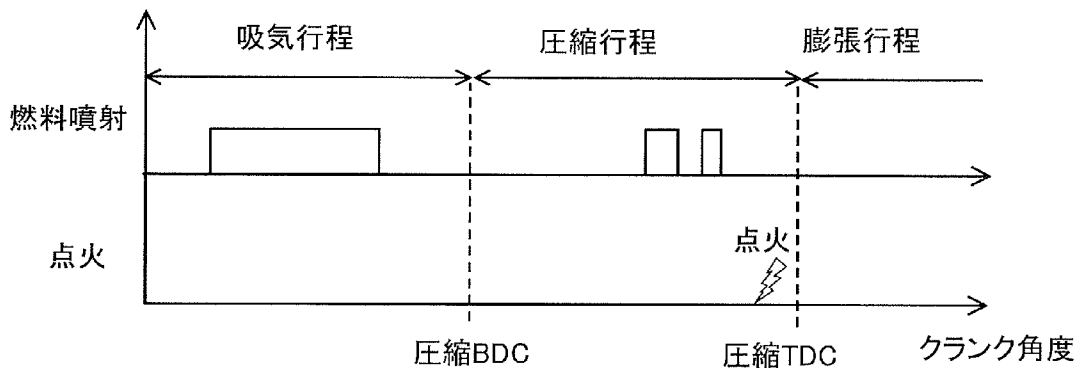
[図10]



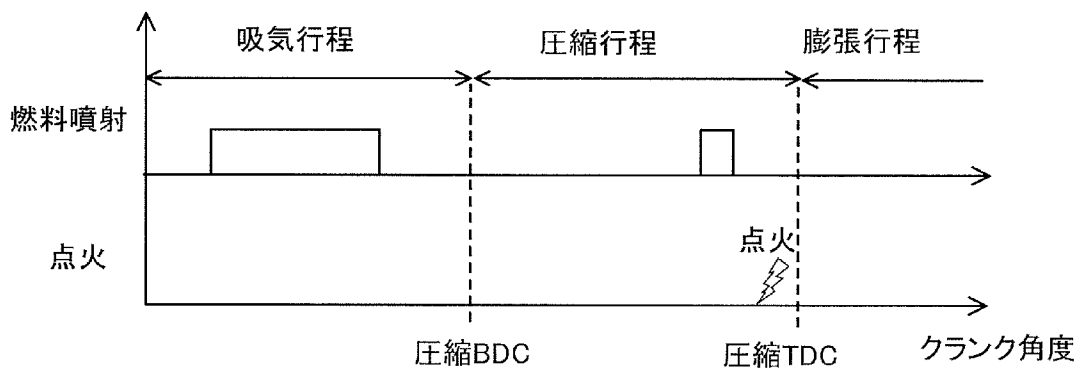
[図11]



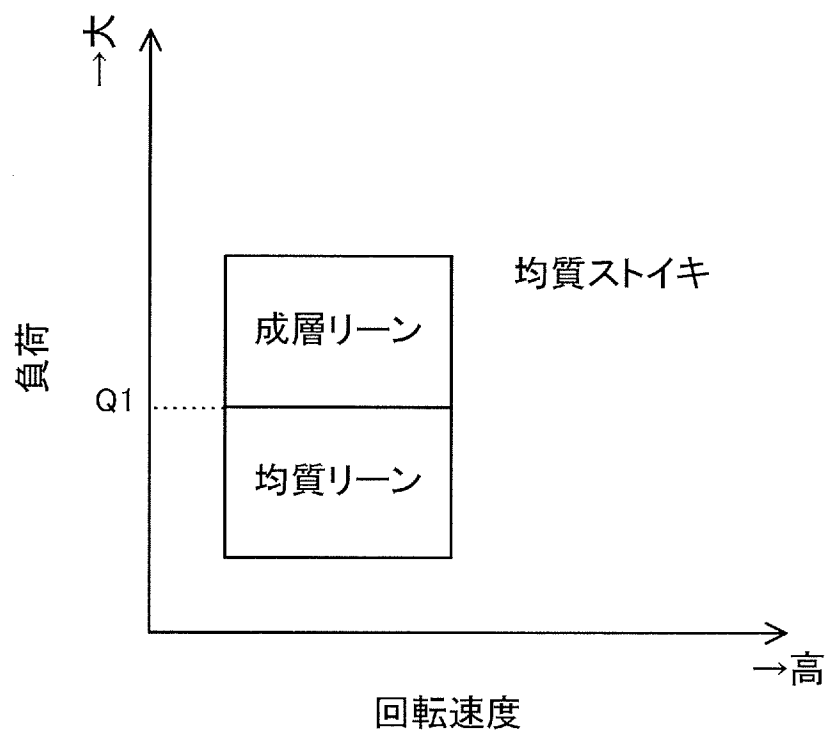
[図12A]



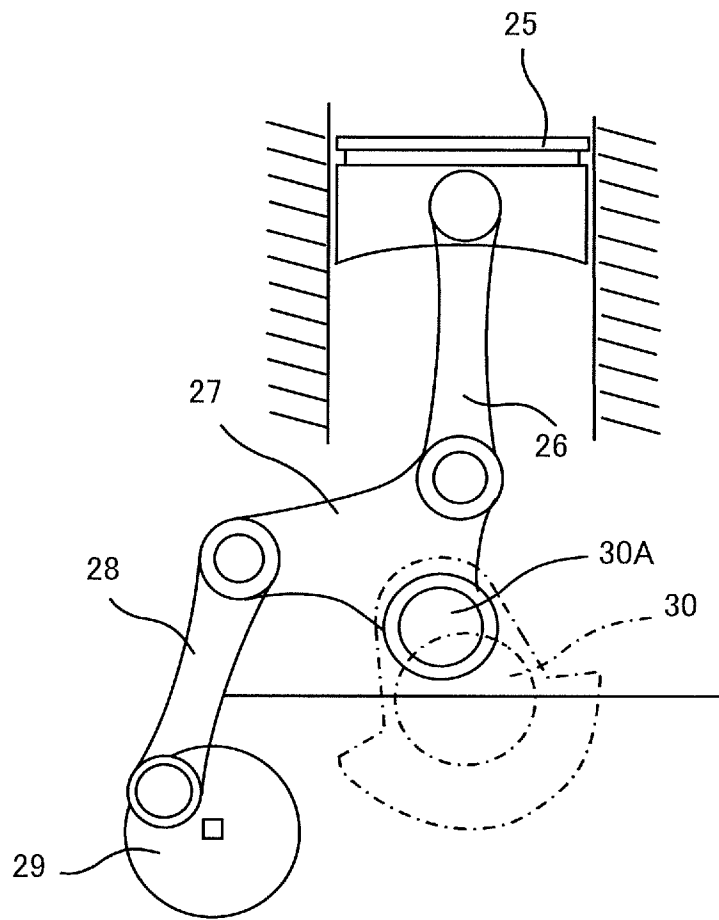
[図12B]



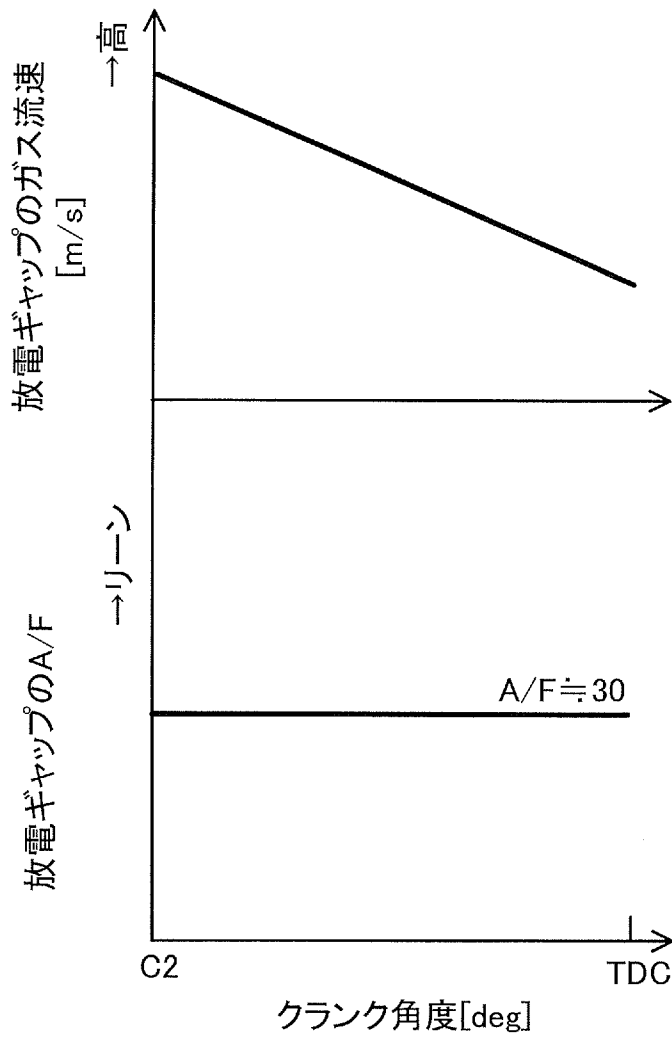
[図13]



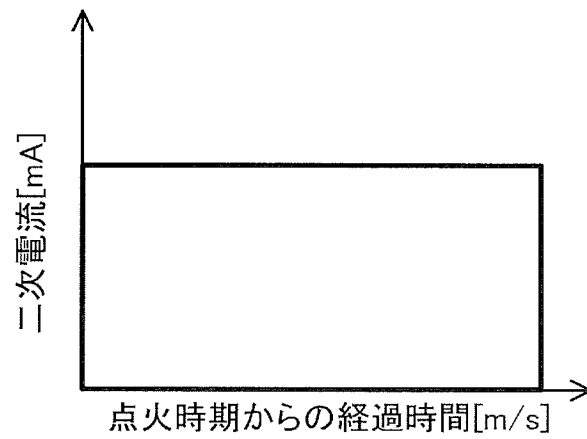
[図14]



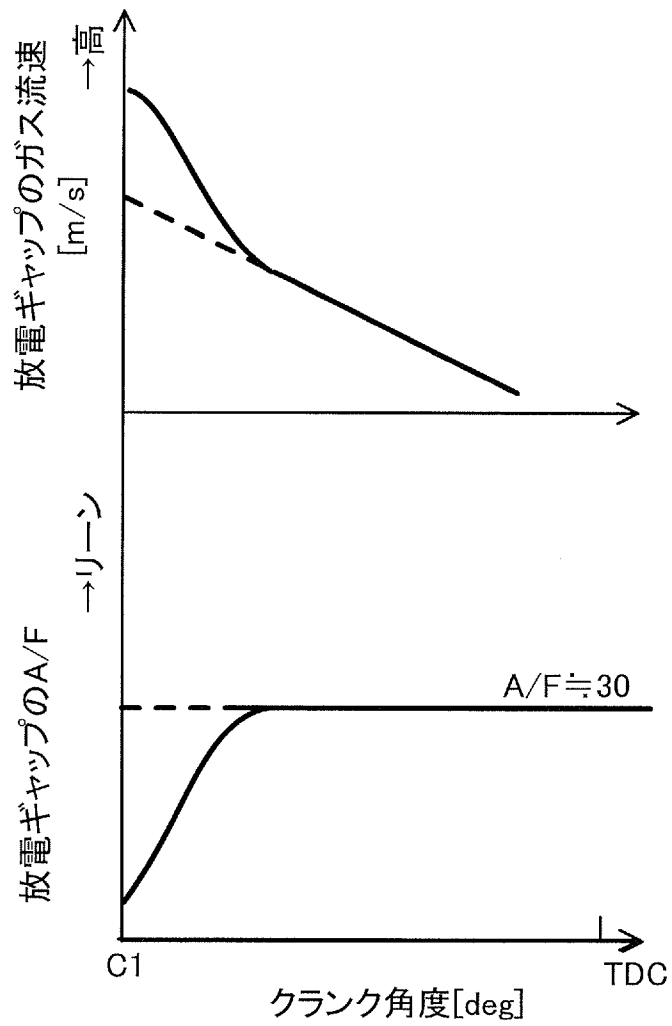
[図15]



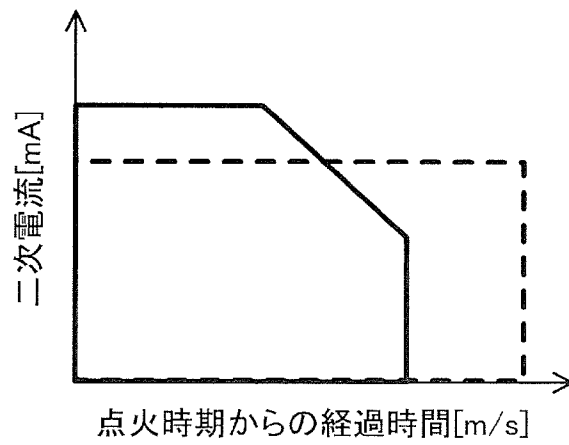
[図16]



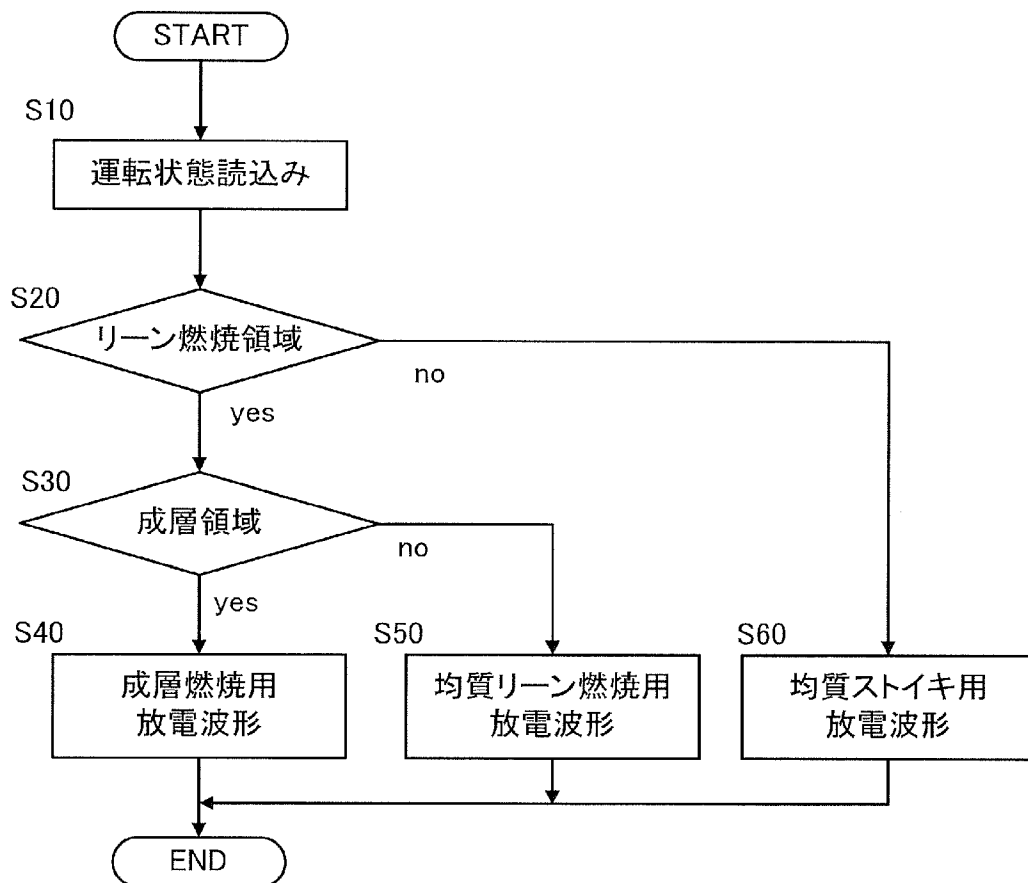
[図17]



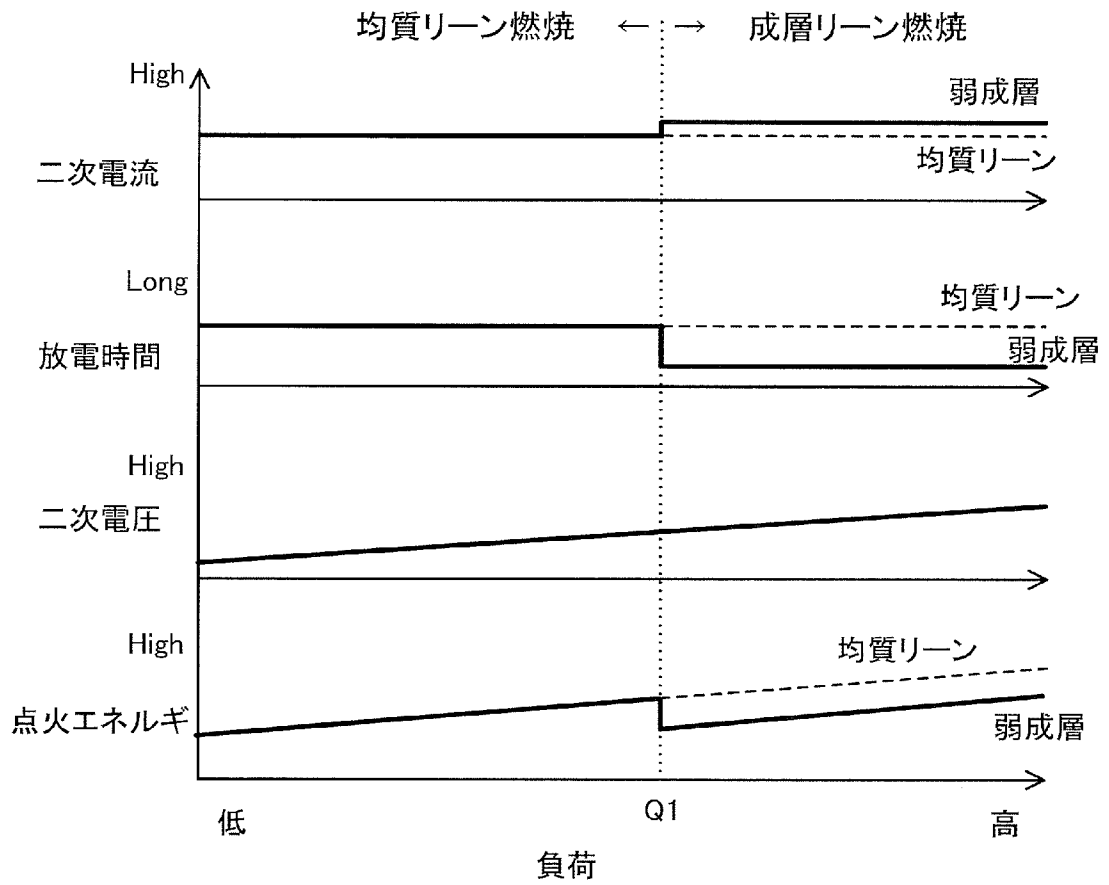
[図18]



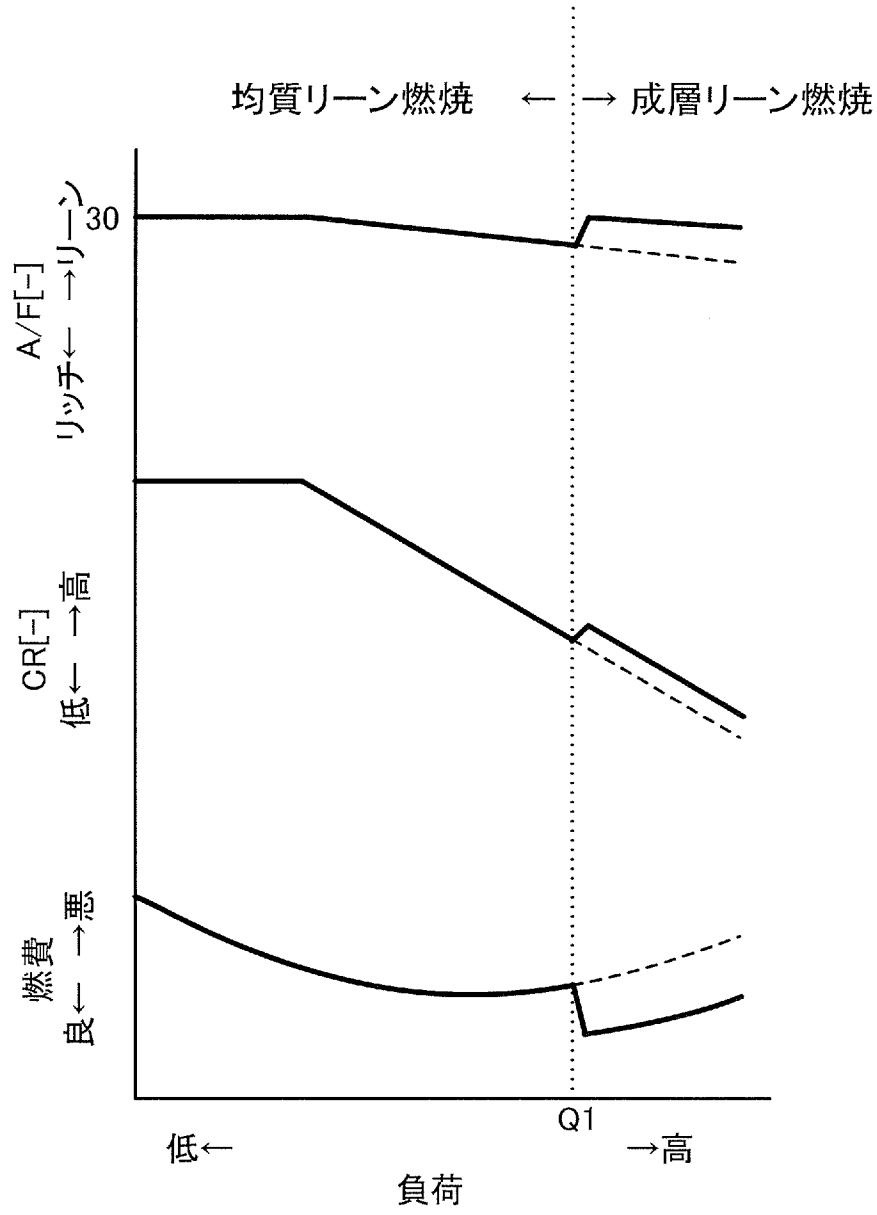
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019428

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02P5/145(2006.01)i, F02D41/02(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)

F02P5/145, F02D41/02

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2004-245171 A (Toyota Motor Corp.), 02 September 2004 (02.09.2004), paragraphs [0070] to [0076], [0085] to [0087]; fig. 6 to 7, 10 to 11 (Family: none)	1-6
Y	JP 2006-307659 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 09 November 2006 (09.11.2006), paragraphs [0012], [0014], [0049], [0051]; fig. 1, 4 to 5 (Family: none)	1-6

 Further documents are listed in the continuation of Box C.

— See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

 document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance earlier application or patent but published on or after the international filing date 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) document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed 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 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 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 familyDate of the actual completion of the international search
08 August 2017 (08.08.17)Date of mailing of the international search report
22 August 2017 (22.08.17)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/JP2017/019428

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-200254 A (Denso Corp.), 12 November 2015 (12.11.2015), paragraphs [0033] to [0041], [0047] to [0050]; fig. 3, 5 to 6 & US 2017/0122281 A1 paragraphs [0045] to [0054], [0064] to [0069]; fig. 3, 5 to 6 & WO 2015/156204 A1	1-6
Y	JP 2006-46276 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 16 February 2006 (16.02.2006), paragraphs [0018] to [0020]; fig. 5 to 6 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. F02P5/145(2006.01)i, F02D41/02(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. F02P5/145, F02D41/02		
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 1971-2017年 日本国実用新案登録公報 1996-2017年 日本国登録実用新案公報 1994-2017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	JP 2004-245171 A (トヨタ自動車株式会社) 2004.09.02, 段落 0070-0076, 0085-0087, 図 6-7, 10-11 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2006-307659 A (日産自動車株式会社) 2006.11.09, 段落 0012, 0014, 0049, 0051, 図 1, 4-5 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2015-200254 A (株式会社デンソー) 2015.11.12, 段落 0033-0041, 0047-0050, 図 3, 5-6 & US 2017/0122281 A1, 段落 0045-0054, 0064-0069, 図 3, 5-6	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 08.08.2017	国際調査報告の発送日 22.08.2017	
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) 戸田 耕太郎 電話番号 03-3581-1101 内線 3395	3Z 9329

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	& WO 2015/156204 A1 JP 2006-46276 A (日産自動車株式会社) 2006.02.16, 段落 0018-0020, 図 5-6 (ファミリーなし)	1-6