

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-218614  
(P2015-218614A)

(43) 公開日 平成27年12月7日(2015.12.7)

(51) Int.Cl.

F02D 41/34 (2006.01)  
F02D 41/04 (2006.01)

F 1

F 02 D 41/34  
F 02 D 41/04

H 330 C

テーマコード(参考)

3 G 3 O 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号  
(22) 出願日特願2014-101265 (P2014-101265)  
平成26年5月15日 (2014.5.15)(71) 出願人 000003207  
トヨタ自動車株式会社  
愛知県豊田市トヨタ町1番地  
(74) 代理人 110000213  
特許業務法人プロスペック特許事務所  
(72) 発明者 三谷 信一  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
(72) 発明者 内田 大輔  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
(72) 発明者 金子 真也  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

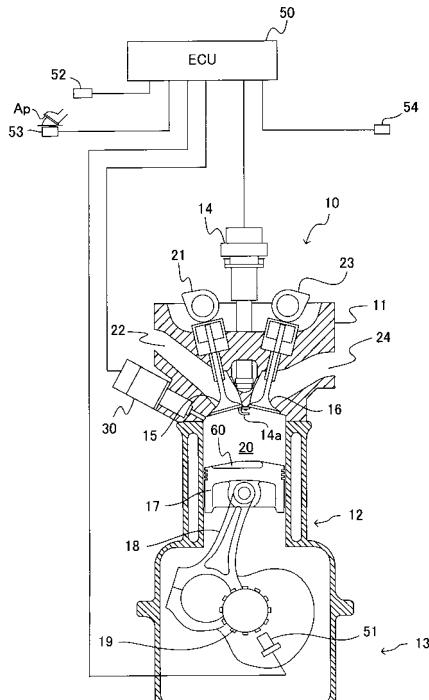
(54) 【発明の名称】内燃機関の燃料噴射制御装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】燃料ウェットの防止と、スモーク及びPM等の発生を低減する。

【解決手段】ピストン17の冠面に形成されたキャビティ160に向けて燃料が噴射される筒内噴射式火花点火内燃機関10において、燃料を複数回に分けて噴射する分割噴射を圧縮行程中に使うとき、少なくとも第1の期間において、燃料を噴射するときの燃料噴射弁30の弁体の移動量の最大値である到達リフト量を内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定する。これにより、良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ14近傍に形成し、安定的な成層燃焼を確保する。第1の期間より後は、到達リフト量を予め定められた所定の値に維持してもよい。或いは、第1の期間より後は、内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど到達リフト量を小さい値に設定してもよい。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

冠面にキャビティが形成されたピストンを備える内燃機関に適用され、  
弁座からの弁体の移動に伴って噴孔から前記キャビティに向けて燃料を噴射する燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁から前記燃料を噴射させるために前記弁体を移動させると共に同弁体の移動量の最大値である到達リフト量を増減可能である制御部と、  
を備える筒内噴射式火花点火内燃機関の燃料噴射制御装置において、

前記制御部は、

前記内燃機関の圧縮行程の少なくとも第1の期間において燃料を複数回に分けて噴射する分割噴射を前記燃料噴射弁に行わせると共に同第1の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定する、

燃料噴射制御装置。

**【請求項 2】**

請求項1に記載の燃料噴射制御装置において、

前記制御部は、

前記第1の期間より前の第2の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射させると共に同第2の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記第1の期間における最初の噴射に対する到達リフト量よりも小さい値に設定する、

燃料噴射制御装置。

**【請求項 3】**

請求項1又は2に記載の燃料噴射制御装置において、

前記制御部は、

前記第1の期間より後の第3の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射させると共に同第3の期間における各噴射に対する到達リフト量を予め定められた所定の値に維持する、

燃料噴射制御装置。

**【請求項 4】**

請求項1又は2に記載の燃料噴射制御装置において、

前記制御部は、

前記第1の期間より後の第3の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射させると共に同第3の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど小さい値に設定する、

燃料噴射制御装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、ピストンの冠面に形成されたキャビティに向けて燃料が噴射される筒内噴射式火花点火内燃機関の燃料噴射制御装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

気筒内に燃料を直接的に噴射して、点火時点において良好な着火性を有する混合気を点火プラグ近傍に形成することにより、成層燃焼を実施することが知られている。成層燃焼によれば、気筒内全体としては希薄な混合気の燃焼が可能となるため、燃料消費率の改善に効果である。一般的な成層燃焼においては、圧縮行程後半に設定された燃料噴射の開始時期から必要な量の燃料を噴射するために必要な期間に亘って燃料噴射弁が開弁される。このように噴射された燃料は、ピストンの冠面に形成されたキャビティ（以降、「ピストンキャビティ」と称する場合がある）内に進入し、燃焼室壁面から熱を奪って気化しながらピストンキャビティの内壁の形状によって点火プラグ方向へ偏向され、良好な着火性を

10

20

30

40

50

有する混合気を点火プラグ近傍に形成する。

【0003】

しかしながら、例えば高負荷時等における必要燃料量の増大に応じて燃料噴射量を増大させると、噴射された燃料が燃焼室壁面からの熱によって気化して可燃混合気を形成するまでに必要な期間が長くなる。この期間を確保するためには燃料噴射の終了時期を早めなければならず、結果として圧縮行程後半に噴射可能な燃料量は必然的に少なくなる。従って、必要燃料量が一定量以上である場合には成層燃焼を実現することが困難であった。しかしながら、上述したように成層燃焼は燃料消費率の改善に有効であるので、より広い機関運転状態において成層燃焼を実施することが望まれている。

【0004】

そこで、スリット状の噴孔を有する燃料噴射弁を使用して、扇状の噴霧として燃料を噴射することが提案されている。扇状の噴霧として噴射された燃料は、ピストンキャビティの内壁のより広い範囲から熱を奪うことができるので短期間で可燃混合気を形成することができる。従って、一般的な噴孔を有する燃料噴射弁を使用して円錐状の噴霧として燃料を噴射する場合と比較して、燃料噴射終了時期を遅らせることができ、圧縮行程後半に噴射可能な燃料量を増大させることができる。かかる技術によれば、成層燃焼領域を高負荷側に拡大することができる（例えば、特許文献1を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平09-158736号公報

【発明の概要】

【0006】

前述したように、ピストンキャビティを備える筒内噴射式火花点火内燃機関において、確実な着火性を確保して成層燃焼領域を高負荷側に拡大可能とする種々の技術が提案されている。それにも拘わらず、安定的な成層燃焼を確保することが困難な場合が未だに認められる。

【0007】

成層燃焼を目的とするピストンキャビティを備える筒内噴射式火花点火内燃機関の燃料噴射弁は、ピストンの上下運動方向に対して一定の角度を有する方向において、ピストンキャビティに向けて燃料を噴射する。ピストンキャビティの内壁の形状は、このように噴射されてピストンキャビティ内に進入した燃料の噴霧が、ピストンキャビティの内壁の形状に応じて点火プラグ方向へ偏向されるように形成されている（図18の（b）を参照）。

【0008】

しかしながら、図18の（a）における矢印によって表されているように、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きいときに高い運動量（貫徹力）を有する（即ち、速度が高い）燃料の噴霧が噴射されると、その燃料の噴霧がピストンキャビティ内に進入できない場合がある。このようにピストンキャビティ内に進入できなかった燃料の噴霧は、ピストンキャビティによって点火プラグ方向へ偏向されず、良好な着火性を有する混合気を点火プラグ近傍に形成することができない。その結果、成層燃焼が不安定となる虞がある。

【0009】

そこで、本発明者は、鋭意研究の結果、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）を燃料噴射弁とピストンとの距離に応じて調節することにより、安定的な成層燃焼を確保することができるとの考えに到った。具体的には、本発明者は、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい圧縮行程噴射の初期において所謂「パーシャルリフト噴射」を行うことにより、安定的な成層燃焼を確保することが可能となることを見出したのである。パーシャルリフト噴射とは、燃料噴射弁が燃料を噴射するときの弁体の移動量の最大値（即ち、到達リフト量）を通常よりも小さくして燃料を噴射することである。パーシャルリフト噴射によれば、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）を小さく

10

20

30

40

50

することができる。

【0010】

かかる点に鑑み、本発明に係る燃料噴射制御装置は、冠面にキャビティが形成されたピストンを備える内燃機関に適用され、弁座からの弁体の移動に伴って噴孔から前記キャビティに向けて燃料を噴射する燃料噴射弁と、前記燃料噴射弁から前記燃料を噴射させるために前記弁体を移動させると共に同弁体の移動量の最大値である到達リフト量を増減可能である制御部と、を備える筒内噴射式火花点火内燃機関の燃料噴射制御装置において、前記制御部は、前記内燃機関の圧縮行程の少なくとも第1の期間において燃料を複数回に分けて噴射する分割噴射を前記燃料噴射弁に行わせると共に同第1の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定する。

10

【0011】

上記のように、本発明に係る燃料噴射制御装置においては、内燃機関の圧縮行程の少なくとも第1の期間において分割噴射によって燃料を噴射すると共に、燃料噴射弁の弁体の到達リフト量を第1の期間の初期に近いほど小さい値に設定する。即ち、少なくとも第1の期間の初期における噴射はパーシャルリフト噴射によって行われる。これにより、燃料噴射弁とピストンとの距離が比較的大きい場合においては、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が小さい（図8の（b）を参照）。その結果、上述したようにピストンキャビティ内に進入できない燃料の噴霧の量を減らして、良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ近傍に形成する燃料の噴霧の量を増やし、安定的な成層燃焼を確保することができる。

20

【0012】

更に、本発明の他の態様において、前記制御部は、前記第1の期間より前の第2の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射させると共に同第2の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記第1の期間における最初の噴射に対する到達リフト量よりも小さい値に設定する。これによれば、第1の期間より前の第2の期間において噴射される燃料は相当に小さい運動量を有する。このような燃料の噴霧は「ピストンと燃料噴射弁との距離が大きいために大きい容積を有する状態にある燃焼室」の全体に亘って飛行せず、寧ろ、その少なくとも一部（望ましくは多く）が燃料噴射弁の近傍（燃焼室の上部）に滞留し易くなる。従って、第2の期間において噴射された燃料は、後にピストンが上昇したときにピストンキャビティ内に捕捉され易いので、良好な着火性を有する可燃混合気の形成に貢献させることができる。その結果、より多くの燃料を用いて可燃混合気を形成することが可能となる。

30

【0013】

一方、圧縮行程における燃料噴射（以降、「圧縮行程噴射」と称される場合がある）の末期においては燃料噴射弁とピストンとの距離が小さい。そのため、燃料噴射弁から噴射された直後の高い運動量（貫徹力）を有する燃料の噴霧がピストンの冠面に衝突するので、ピストンの冠面及び／又はピストンキャビティの内壁が燃料によって濡れる所謂「燃料ウェット」と称される状態になる場合がある。かかる燃料ウェットが発生すると、例えばスモーク及び粒子状物質（PM: Particulate Matter）等が発生する虞がある。

40

【0014】

そこで、本発明の別の態様において、前記制御部は、前記第1の期間より後の第3の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射させると共に同第3の期間における各噴射に対する到達リフト量を予め定められた所定の値に維持する。これによれば、燃料噴射弁とピストンとの距離が小さい圧縮行程噴射の末期において到達リフト量が更に大きい値に設定されることが回避される。その結果、上述したようにピストンの冠面及び／又はピストンキャビティの内壁を濡らす燃料の量（以降、「ウェット量」と称される場合がある）の増大が防止され、例えばスモーク及びPM等の発生が低減される。

【0015】

50

或いは、本発明の更に別の態様において、前記制御部は、前記第1の期間より後の第3の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射させると共に同第3の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど小さい値に設定する。これによれば、燃料噴射弁とピストンとの距離が小さい圧縮行程噴射の末期に近いほど到達リフト量が小さい値に設定される。その結果、ウェット量の増大がより確実に防止され、例えばスモーク及びPM等の発生がより確実に低減される。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の1つの実施形態(第1形態)に係る燃料噴射制御装置が適用される内燃機関を示す模式図である。

10

【図2】図1に示した燃料噴射弁の断面図である。

【図3】図2に示した燃料噴射弁が噴射を停止しているときの同燃料噴射弁の先端部の断面図である。

【図4】図2に示した燃料噴射弁が高リフト噴射を実行しているときの同燃料噴射弁の先端部の断面図である。

【図5】図2に示した燃料噴射弁が低リフト噴射を実行しているときの同燃料噴射弁の先端部の断面図である。

【図6】(A)は最大リフト噴射におけるニードルリフト量の時間変化を示す模式的なグラフであり、(B)は低リフト噴射におけるニードルリフト量の時間変化を示す模式的なグラフである。

20

【図7】第1形態に係る燃料噴射制御装置によって機関の圧縮行程において分割噴射を行う場合における、ピストンの位置、燃料噴射弁のリフト量及び当該燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量(貫徹力)のクランク角度に対する推移を表す模式的なグラフである。

【図8】第1形態に係る燃料噴射制御装置による圧縮行程噴射の初期(a)並びに中期1(b)及び中期2(c)における燃料の噴霧及びピストンの位置の状況を示す模式図である。

【図9】第1形態における燃料噴射制御フローにおいて実行される種々のルーチンの流れを説明するフローチャートである。

【図10】圧縮行程において燃料の噴射量を増大させ続けた場合における初期(a)、中期1(b)、中期2(c)及び後期(d)における燃料の噴霧及びピストンの位置の状況を示す模式図である。

30

【図11】本発明の第3実施形態(第3形態)に係る燃料噴射制御装置によって機関の圧縮行程において分割噴射を行う場合における、ピストンの位置、燃料噴射弁のリフト量及び当該燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量(貫徹力)のクランク角度に対する推移を表す模式的なグラフである。

【図12】第3形態に係る燃料噴射制御装置による圧縮行程噴射の初期(a)、中期1(b)、中期2(c)及び後期(d)における燃料の噴霧及びピストンの位置の状況を示す模式図である。

【図13】第3形態における燃料噴射制御フローにおいて実行される種々のルーチンの流れを説明するフローチャートである。

40

【図14】本発明の第4実施形態(第4形態)に係る燃料噴射制御装置によって機関の圧縮行程において分割噴射を行う場合における、ピストンの位置、燃料噴射弁のリフト量及び当該燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量(貫徹力)のクランク角度に対する推移を表す模式的なグラフである。

【図15】第4形態に係る燃料噴射制御装置による圧縮行程噴射の初期(a)、中期1(b)、中期2(c)、後期1(d)及び後期2(e)における燃料の噴霧及びピストンの位置の状況を示す模式図である。

【図16】第4形態における燃料噴射制御フローにおいて実行される種々のルーチンの流れを説明するフローチャートである。

50

【図17】従来技術に係る燃料噴射制御装置によって機関の圧縮行程において分割噴射を行う場合における、ピストンの位置、燃料噴射弁のリフト量、及び当該燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）のクランク角度に対する推移を表す模式的なグラフである。

【図18】従来技術に係る燃料噴射制御装置による圧縮行程噴射の初期（a）及び中期（b）における燃料の噴霧及びピストンの位置の状況を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

前述したように、本発明に係る燃料噴射制御装置によれば、ピストンキャビティを備える筒内噴射式火花点火内燃機関において確実な着火性を確保して安定的な成層燃焼を確保することができる。より具体的には、本発明に係る燃料噴射制御装置は、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい圧縮行程噴射の初期においては、パーシャルリフト噴射により、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）を小さくする。その結果、良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ近傍に形成することができ、安定的な成層燃焼を確保することができる。本発明を実施するための幾つかの形態につき、以下に詳しく説明する。

【0018】

<第1実施形態>

先ず、本発明の第1実施形態（以降、「第1形態」と称される場合がある）は、

冠面にキャビティが形成されたピストンを備える内燃機関に適用され、

弁座からの弁体の移動に伴って噴孔から前記キャビティに向けて燃料を噴射する燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁から前記燃料を噴射させるために前記弁体を移動させると共に同弁体の移動量の最大値である到達リフト量を増減可能である制御部と、

を備える筒内噴射式火花点火内燃機関の燃料噴射制御装置において、

前記制御部は、

前記内燃機関の圧縮行程の少なくとも第1の期間において燃料を複数回に分けて噴射する分割噴射を前記燃料噴射弁に行わせると共に同第1の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定する、

燃料噴射制御装置である。

【0019】

上記のように、第1形態に係る燃料噴射制御装置は、冠面にキャビティが形成されたピストンを備える内燃機関に適用され、弁座からの弁体の移動に伴って噴孔から前記キャビティに向けて燃料を噴射する燃料噴射弁と、前記燃料噴射弁から前記燃料を噴射させるために前記弁体を移動させると共に同弁体の移動量の最大値である到達リフト量を増減可能である制御部と、を備える筒内噴射式火花点火内燃機関の燃料噴射制御装置である。ここで、第1形態に係る燃料噴射制御装置が適用される内燃機関、燃料噴射弁及び制御部の構成等につき、図1を参照しながら更に詳しく説明する。

【0020】

（内燃機関の構成）

機関10は、周知のガソリン燃料火花点火式エンジンである。機関10は、シリンダヘッド11、シリンダブロック12、クランクケース13、点火プラグを含む点火装置14、吸気弁15、排気弁16、ピストン17、コネクティングロッド18及びクランクシャフト19等を備える。シリンダヘッド11の下方壁面と、シリンダブロック12に形成されたシリンダボアの壁面と、ピストン17の冠面と、によって燃焼室20が形成される。上述したように、ピストン17の冠面には、キャビティ（ピストンキャビティ60）が形成されている。

【0021】

前述したように、燃料噴射弁30から噴射された燃料の噴霧がピストンキャビティ60

10

20

30

40

50

内に適切に導かれると、その噴霧はピストンキャビティ 60 の内壁の形状に応じて点火プラグ方向へ偏向され、良好な着火性を有する混合気を点火プラグの火花発生部 14a の近傍に形成する。これにより、成層燃焼が達成される。

#### 【0022】

点火装置 14 は、点火プラグの火花発生部 14a が燃焼室 20 の上面中央部に露呈するようにシリンダヘッド 11 に配設されている。吸気弁 15 は、インテークカム 21 により駆動されることによって「燃焼室 20 と、シリンダヘッド 11 に形成された吸気ポート 22 と、の連通部」を開閉するようにシリンダヘッド 11 に配設されている。排気弁 16 は、エキゾーストカム 23 により駆動されることによって「燃焼室 20 と、シリンダヘッド 11 に形成された排気ポート 24 と、の連通部」を開閉するようにシリンダヘッド 11 に配設されている。更に、機関 10 は、燃料噴射弁（筒内噴射弁）30 を備えている。燃料噴射弁 30 は、燃料を燃焼室 20 内に噴射するように、シリンダヘッド 11 の「吸気ポート 22 とシリンダブロック 12 との間の領域」に配設されている。

10

#### 【0023】

尚、上記のように、図 1 に示されている内燃機関は、シリンダヘッドの吸気ポートとシリンダブロックとの間の領域に配設された燃料噴射弁がシリンダの中心軸に向かって燃料を噴射する所謂「サイド噴射方式内燃機関」である。しかしながら、本発明に係る燃料噴射制御装置が適用される内燃機関は、ピストンの冠面に形成されたキャビティに向けて燃料が噴射される筒内噴射式火花点火内燃機関である限り、特に限定されない。即ち、本発明に係る燃料噴射制御装置は、「サイド噴射方式内燃機関」のみならず、例えば、シリンダヘッドの中心部近傍に配設された燃料噴射弁からピストンの冠面に形成されたキャビティに向けて燃料が噴射される所謂「センター噴射方式内燃機関」にも適用することができる。

20

#### 【0024】

##### （制御部の構成）

第 1 形態に係る燃料噴射制御装置は、CPU、ROM、RAM 及びバックアップ RAM 等を含む周知のマイクロコンピュータを含む ECU（電気制御装置）50 を備える。ECU 50 は、点火装置 14 及び燃料噴射弁 30 等と電気的に接続され、これらに駆動信号を送出するようになっている。即ち、ECU 50 は制御部に該当する。加えて、ECU 50 は、クランクポジションセンサ 51、エアフローメータ 52、アクセルペダル踏込量センサ 53 及び空燃比センサ 54 等と電気的に接続され、これらからの信号を受信するようになっている。

30

#### 【0025】

クランクポジションセンサ 51 は、クランクシャフト 19 の回転位置に応じて信号を発生する。ECU 50 は、クランクポジションセンサ 51 からの信号に基づいて機関回転速度 NE を算出する。更に、ECU 50 は、クランクポジションセンサ 51 及びカムポジションセンサ（図示せず）からの信号に基づき、例えば、何れかの気筒における圧縮上死点を基準として、絶対クランク角度を取得する。エアフローメータ 52 は機関 10 の吸入空気の流量を表す信号を発生する。アクセルペダル踏込量センサ 53 はアクセルペダル Ap の踏込量を表す信号を発生する。空燃比センサ 54 は、排ガスの空燃比を表す信号を発生する。

40

#### 【0026】

##### （燃料噴射弁の構成）

次に、燃料噴射弁 30 について詳述する。前述したように、燃料噴射弁 30 は、機関 10 の燃焼室 20 に供給される混合気を形成するための燃料を弁座からの弁体の移動に伴って噴孔から噴射する。燃料噴射弁 30 は、いわゆる内開弁型の噴射弁である。燃料噴射弁 30 は、図 2 に示されているように、ノズル本体部 31 と、弁体としてのニードル弁 32 と、スプリング 33 と、ソレノイド 34 と、を有する。

#### 【0027】

ノズル本体部 31 には、円筒状空間 A1 と、円筒状空間 A2 と、円筒状空間 A3 と、が

50

形成されている。これらの空間は、何れも同軸的に形成され、互いに連通している。ノズル本体部31の先端部には、円筒状空間A1と外部とを連通する噴孔31aが形成されている。ノズル本体部31の基端部には、円筒状空間A3と燃料配管(図示省略)とを連通する燃料取込孔31bが形成されている。

【0028】

ニードル弁32は、小径の円柱形状を有する円柱部32aと、大径の円柱形状を有する鍔部32bと、を有している。円柱部32aの先端は略円錐形状を有する。円柱部32aの先端側は円筒状空間A1内に収容されている。その結果、ノズル本体部31の先端側部における内周壁面と円柱部32aの先端側部の外周壁面との間に燃料通路FPが形成されている。鍔部32bは円筒状空間A2内に収容されている。ニードル弁32は、ニードル弁軸線CLに沿って移動するようになっている。更に、ニードル弁32内部には「ニードル弁32の基端部と円柱部32aの先端側部の外周壁面とを連通する燃料通路」が形成されている。その結果、燃料取込孔31bから円筒状空間A3に流入する燃料は、このニードル弁32内の燃料通路を通過して燃料通路FPに供給される。

10

【0029】

スプリング33は、円筒状空間A3内に配置されている。スプリング33は、ニードル弁32を噴孔31a側に付勢するようになっている。

ソレノイド34は、ノズル本体部31の基端部側部であって、円筒状空間A2の周囲に配設されている。ソレノイド34は、ECU50からの駆動信号により通電状態となり、その場合、ニードル弁32をスプリング33の付勢力に抗して燃料取込孔31b側に移動させる磁力を発生するようになっている。

20

【0030】

ソレノイド34が非通電状態であるとき、ニードル弁32の移動量(以降、「ニードルリフト量」又は単に「リフト量」と称される場合がある)は「0」であり、後に詳述するように、燃料噴射は行われない。ソレノイド34が通電状態となってニードルリフト量が「0」よりも大きくなると、燃料噴射が行われる。ニードルリフト量が所定の大きさになると、鍔部32bがノズル本体部31の円筒状空間A2を形成している壁部と当接する。その結果、ニードル弁32の動きが規制される。このときのニードルリフト量は「最大リフト量」と称呼される。即ち、ニードルリフト量は、「0」から「最大リフト量」までの範囲内で変化することができる。

30

【0031】

(燃料噴射弁の作動)

ここで、燃料噴射弁30の作動について、「燃料噴射弁30の先端部近傍の断面図である、図3乃至図5」を参照しながら詳述する。前述したように、ソレノイド34が非通電状態にあるとき、ニードル弁32はスプリング33によって噴孔31a側に付勢される。その結果、例えば、図3に示したように、ニードル弁32のニードルシート壁面32cが、ノズル本体部31の先端部の内側壁面であるノズルシート壁面31cに当接(着座)する。即ち、ノズルシート壁面31cは弁座に該当する。これにより、噴孔31aと連通しているサックSと、前述した燃料通路FPとが遮断されるので、燃料は噴孔31aから噴射されない。この状態におけるニードルリフト量は「0」である。

40

【0032】

一方、ソレノイド34が通電状態となると、ニードル弁32は燃料取込孔31b側に移動させられる。即ち、ソレノイド34が通電状態となると、例えば、図4に示したように、ニードルリフト量L1が「0」よりも大きい値L1(本例において最大リフト量L<sub>max</sub>)となり、或いは、図5に示したようにニードルリフト量L2が「0」よりも大きい値L2(但し、値L2は値L1よりも小さい)となる。即ち、図4に示した例における到達リフト量はL1であり、図5に示した例における到達リフト量はL2である。この結果、噴孔31aと連通しているサックSと、前述した燃料通路FPと、が連通するので、燃料が燃料通路FPからサックS内に流入し、次いで、噴孔31aを通して外部へと噴射される。

【0033】

50

## (高リフト噴射と低リフト噴射の違い)

燃料噴射弁 30 は、燃料噴射弁 30 のソレノイド 34 への通電時間の制御によって、或いは、ソレノイド 34 への供給電流量を調整することによって、ニードルリフト量（即ち、ニードル弁 31 のリフト量）の最大値が可変に制御されるようになっている。即ち、制御部としての ECU 50 は、燃焼室 20 内に燃料を噴射するときの燃料噴射弁 30 の弁体（ニードル弁 32）の（移動量の最大値である）到達リフト量を増減可能である。ニードル弁 31 を最大リフト量（即ち、フルリフト量） $L_{max}$  までリフトさせる噴射は、フルリフト噴射と称呼される。一方、ニードル弁 31 をフルリフト量よりも小さい部分リフト量（即ち、パーシャルリフト量）までの範囲でリフトさせる噴射は、パーシャルリフト噴射と称呼される。図 6 (A) に、1 回のフルリフト噴射のニードルリフト量の時間変化を示す。図 6 (B) に、3 回のパーシャルリフト噴射のニードルリフト量の時間変化を示す。

## 【0034】

前述したように、燃料噴射弁 30 によって燃料を噴射する場合、ニードルリフト量  $L$  が「0」から到達リフト量（ $L_1$  又は  $L_2$ ）まで変化するのに伴って燃料が燃料通路 FP からサック S 内に流入し、次いで噴孔 31a を通して燃料が外部へと噴射される。その後、ニードルリフト量  $L$  がは到達リフト量から「0」まで戻り、サック S と燃料通路 FP とが遮断され、燃料の噴射が終了する。この際、ニードルシート壁面 32c とノズルシート壁面 31c との間隔は、フルリフト噴射の場合の方が、パーシャルリフト噴射の場合よりも広い。従って、燃料通路 FP からサック S 内に流入する燃料の流量は、フルリフト噴射の場合の方が、パーシャルリフト噴射の場合よりも大きい。即ち、噴孔 31a を通して外部へと噴射される燃料の圧力は、フルリフト噴射の場合の方が、パーシャルリフト噴射の場合よりも高い。その結果、噴孔 31a を通して外部へと噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）もまた、フルリフト噴射の場合の方が、パーシャルリフト噴射の場合よりも高い。

## 【0035】

## &lt;第1形態に係る燃料噴射制御&gt;

第1形態の作動について説明する。一般的には、第1形態に係る燃料噴射制御装置は、混合気の空燃比（A/F）が目標空燃比になるように、燃料噴射弁 30 から噴射される燃料量についてフィードバック制御を行う。前述したように、成層燃焼においては、気筒内全体としては希薄（リーン）な混合気の燃焼により燃料消費率が改善される。具体的には、本制御装置は、混合気の空燃比（A/F）が理論空燃比（14.7）よりも大きい（リーンな）目標空燃比となるように制御を行う。このフィードバック制御においては、触媒より上流の排気経路中に配設された空燃比センサによって得られる空燃比情報と、予め設定された目標空燃比と、の偏差をなくすような制御が行われる。空燃比フィードバック制御の詳細については当業者に周知があるので、本明細書における詳細な説明は割愛する。

## 【0036】

更に、第1形態に係る燃料噴射制御装置は、成層燃焼を実施すべく、制御部としての ECU 50 により、機関 10 の圧縮行程において燃料を複数回に分けて噴射する分割噴射（「マルチ噴射」と称される場合もある）を行う。分割噴射とは、1 機関サイクルにおいて、比較的短時間の間に燃料噴射弁を複数回開閉することによって、燃料噴射のオンとオフとを連続的に繰り返す噴射である。

## 【0037】

ところで、従来技術に係る燃料噴射制御装置が圧縮行程において分割噴射を行う場合、一般的には、図 17 に示されているように、分割噴射によって噴射される燃料の総量を複数回の噴射に対して均等に分割することにより、分割噴射における 1 回の噴射当たりの燃料噴射量が定められる。図 17 の下側には、このような場合におけるクランク角度（横軸）とピストンの位置（左側の縦軸）との関係を示すグラフ（曲線）と、クランク角度（横軸）と燃料噴射弁のリフト量（右側の縦軸）との関係を示すグラフ（5 つのパルス状波形）と、が示されている。

## 【0038】

上記曲線によって示されているように、クランク角度が -180° から 0° へと増大するのに伴って、ピストンの位置が圧縮下死点 (BDC) から圧縮上死点 (TDC) へと移動している。即ち、クランク角度が -180° から 0° に至るまでの期間において、当該機関は圧縮行程にある。一方、クランク角度が 0° から 180° へと増大するのに伴って、ピストンの位置が圧縮上死点 (TDC) から膨張下死点 (BDC) へと移動している。即ち、クランク角度が 0° から 180° に至るまでの期間において、当該機関は膨張行程にある。

## 【0039】

上記 5 つのパルス状波形によって示されているように、この例においては、機関の圧縮行程において分割噴射によって噴射される燃料の総量を 5 回に均等に分けて噴射する。具体的には、分割噴射を構成する 5 回の噴射における燃料噴射弁の到達リフト量を全て同じに設定する。図 17 の上側には、このような場合におけるクランク角度 (横軸) と噴霧の運動量 (縦軸) との関係を示すグラフ (5 つのパルス状波形) が示されている。上記 5 つのパルス状波形によって示されているように、この例においては、分割噴射を構成する 5 回の噴射において燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量 (貫徹力) は全て同じとなる。

10

## 【0040】

ところで、分割噴射の 1 回目の噴射の時点 (即ち、圧縮行程における最初の噴射) においては、ピストンが燃料噴射弁から遠く離れている。そのため、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量 (貫徹力) が高い場合、前述したように、燃料の噴霧をピストンキャビティ内に進入させて点火プラグ方向へ偏向させることが難しい場合がある。

20

## 【0041】

具体的には、例えば、サイド噴射方式内燃機関において運動量 (貫徹力) が高い燃料噴射を行う場合、圧縮行程噴射の中期においては、図 18 の (b) によって表されているように、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧がピストンキャビティ内に適切に導かれ、ピストンキャビティの内壁によって点火プラグ方向へ偏向されて成層燃焼に供される。一方、圧縮行程噴射の初期においては、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きいために、その後、上昇してくるピストンの冠面と燃料の噴霧とが衝突するまでに燃料の噴霧が燃焼室内で移動してピストンキャビティから逸れてしまい、ピストンキャビティ内に進入できない場合がある。図 18 の (a) に示す例においては、噴射直後の燃料の噴霧はピストンキャビティの上部にあるものの、その後ピストンが上昇して、その冠面と燃料の噴霧とが衝突する頃には、黒い矢印によって表されているように、燃料の噴霧はピストンキャビティを飛び越え、向かって右側のシリンダ内壁付近まで到達してしまっている。即ち、燃料の噴霧がピストンキャビティ内に適切に導かれないと、その結果、ピストンキャビティによって点火プラグ方向へ偏向されて良好な着火性を有する混合気を点火プラグ近傍に形成する燃料が減少し、結果として成層燃焼が不安定となる虞がある。

30

## 【0042】

一方、第 1 形態に係る燃料噴射制御装置は、ECU 50 により、機関 10 の圧縮行程の第 1 の期間 (図 7 においては約 -80° から約 -40° までのクランク角度の範囲) において 5 回の噴射によって燃料を噴射する分割噴射を行う。このとき、個々の噴射における到達リフト量は機関 10 のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定される。図 17 と同様に、図 7 の下側には、このような場合におけるクランク角度 (横軸) とピストンの位置 (左側の縦軸) との関係を示すグラフ (曲線) と、クランク角度 (横軸) と燃料噴射弁のリフト量 (右側の縦軸) との関係を示すグラフ (5 つのパルス状波形) とが示されている。

40

## 【0043】

図 7 の上側には、このような場合におけるクランク角度 (横軸) と噴霧の運動量 (縦軸) との関係を示すグラフ (5 つのパルス状波形) が示されている。上記 5 つのパルス状波形によって示されているように、この例においては、分割噴射を構成する 5 回の噴射にお

50

いて燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）は、機関 10 のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きくなっている。

【0044】

上記により、第1形態に係る燃料噴射制御装置においては、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい圧縮行程噴射の初期において燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が小さい。その結果、圧縮行程噴射の初期においても良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグの近傍に形成することができ、安定的な成層燃焼を確保することができる。

【0045】

具体的には、例えば、サイド噴射方式内燃機関の圧縮行程において複数回に分けて燃料を噴射する分割噴射を行う場合、ピストンの位置が低い圧縮行程噴射の初期においては、図8の(a)に示されているように低い運動量（貫徹力）を有する燃料の噴霧が噴射される。その結果、図18の(a)に示した従来技術に係る燃料噴射制御装置におけるように燃料の噴霧がピストンキャビティを飛び越えて燃焼室の右端付近まで到達することが回避される。このように噴射された燃料の噴霧は、その後クランク角度が圧縮上死点に近くなるのに伴って上昇してくるピストンキャビティ内に捉えられ、良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグの近傍に形成する。一方、圧縮行程噴射の中期以降においては、図8の(b)及び(c)によって表されているように、ピストンが燃料噴射弁に近付くほど、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が徐々に増大される。このように噴射された燃料の噴霧は、ピストンキャビティ内に適切に導かれ、ピストンキャビティの内壁によって点火プラグ方向へ偏向されて成層燃焼に供される。尚、分割噴射の回数及び個々の噴射における燃料の噴射量等の詳細については後述する。

10

20

30

【0046】

(第1形態における燃料噴射制御フロー)

第1形態の作動につき、図9のフローチャートを参照しながら説明する。ECU50のCPUは、所定クランク角度において図9のフローチャートに示されたルーチンを実行するようになっている。従って、適当なタイミングになると、図9の処理が開始され、先ずステップ1101において、クランクポジションセンサ51及びカムポジションセンサ(図示せず)からの信号に基づいてECU50が機関回転速度NE及び絶対クランク角度を検出する。次にステップ1102において、エアフローメータ52からの信号に基づいてECU50が吸入空気量を検出する。そして、ECU50は、ステップ1103において、機関回転速度NE及び吸入空気量等に基づいて燃料噴射量(1サイクル当たりに要求される燃料の噴射量)Qを算出する。前述したように、成層燃焼においては、気筒内全体としては希薄(リーン)な混合気の燃焼が可能となる。従って、ECU50は、混合気の空燃比(A/F)が理論空燃比よりも大きい(リーンな)目標空燃比となる燃料噴射量Qを算出する。

40

【0047】

次いで、ステップ1104において、ECU50は、例えば、機関回転速度NE及び燃料噴射量Q等に基づいて燃料噴射時期(燃料噴射を実行するクランク角度の範囲)を算出する。尚、前述したように燃料噴射量Qを増大させると燃焼室壁面からの熱によって燃料が可燃混合気となるのに必要な期間が長くなるので、燃料噴射時期は、この期間を確保することが可能であるように定められる。このように決定された燃料噴射時期(クランク角度の範囲)及び機関回転速度NEから、燃料噴射を実行することが許容される期間の時間的長さが特定される。尚、この例においては、上記のように決定された燃料噴射時期の全てに亘って分割噴射が行われ、その間、機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど到達リフト量が増大される。即ち、この例においては、燃料噴射時期は第1の期間と一致する。

50

【0048】

次に、ステップ1105において、ECU50は、このように特定された燃料噴射時期の長さ、燃料噴射弁30の開閉速度(ECU50からの指示信号に対する応答速度)及び1

50

回の噴射によって燃料噴射弁 30 から噴射することができる燃料の量等に基づいて、圧縮行程の第 1 の期間における分割噴射の回数（第 1 期間噴射回数）n を算出する。

【0049】

ここで、ステップ 1110において、ECU50は、カウンタ  $i$  を 0（ゼロ）に設定する。次のステップ 1120において、ECU50は、カウンタ  $i$  に 1 を加えてカウントアップする。更に、ECU50は、次のステップ 1135において、 $i$  回目の燃料噴射における到達リフト量を算出する。この例においては、1 回目の燃料噴射における到達リフト量を  $h_{ini}$  とし、その後、2 回目以降の燃料噴射においては等量（ $hu$ ）ずつ到達リフト量を増大させる。この場合、 $i$  回目の燃料噴射における到達リフト量  $hi$  は以下の式（1）によって表される。

10

【0050】

【数 1】

$$hi = h_{ini} + (i - 1) \times \Delta hu \quad \dots \quad (1)$$

【0051】

尚、1 回目の燃料噴射における到達リフト量  $h_{ini}$  は、例えば、第 1 の期間における最初の噴射において燃料噴射弁 30 から噴射される燃料の噴霧がピストンキャビティ 60 を飛び越えて、向かって右側のシリンダ内壁付近まで到達してしまわない程度の到達リフト量に設定される。2 回目以降の燃料噴射における到達リフト量の増分  $hu$  の具体的な大きさは、例えば、燃料噴射弁 30 におけるリフト量の制御精度、個々の噴射タイミングにおけるクランク角度（燃料噴射弁 30 とピストン 17 との距離）、機関回転速度 NE 及び燃料噴射量 Q 等に基づいて設定される。このように設定された  $i$  回目の燃料噴射における到達リフト量  $hi$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) は、噴射の実行タイミングと共に、次の燃料噴射実行時に使用される設定値として、次のステップ 1160において、例えば、ECU50 が備えるデータ記憶装置（例えば、RAM 等）に格納される。

20

【0052】

次のステップ 1170においては、第 1 の期間において n 回に分割して行われる燃料噴射の全てについて到達リフト量  $hi$  が設定されたか否かを ECU50 が判定する。具体的には、ECU50 は、 $i$  が  $n$  に等しいか否かを判定する。 $i$  が  $n$  に等しいと判定された場合（ステップ 1170 : Yes）、ECU50 は次のステップ 1180 に進む。このとき、 $n$  回にわたる分割噴射の全てについての到達リフト量  $hi$  が既に設定されており、それぞれがデータ記憶装置に格納されている。ステップ 1180においては、ステップ 1104において算出された燃料噴射時期（第 1 の期間）、ステップ 1105において算出された第 1 期間噴射回数 n 及びステップ 1135において算出されてステップ 1160においてデータ記憶装置に格納された到達リフト量  $hi$  に基づいて、燃料噴射の実行が指示される。

30

【0053】

一方、ステップ 1170において  $i$  が  $n$  に等しくないと判定された場合（ステップ 1170 : No）、ECU50 はステップ 1120 に戻り、ステップ 1120 からステップ 1170 までのフローが繰り返される。これにより、 $n$  回にわたる分割噴射の全てについての到達リフト量  $hi$  が設定されるまで、ステップ 1120 からステップ 1170 までのフローが繰り返される。

40

【0054】

ところで、機関 10 の 1 サイクルにおいて上記第 1 期間における分割噴射の他に燃料を噴射する機会が無い場合、当然のことながら、1 サイクル当たりに要求される燃料噴射量 Q と上記分割噴射全体としての燃料噴射量の総量とが等しくなるように、第 1 期間噴射回数 n 及び個々の噴射における到達リフト量  $hi$  が設定される。即ち、以下の式（2）が成立するよう、第 1 期間噴射回数 n 及び個々の噴射における到達リフト量  $hi$  が設定される。

50

【0055】

【数2】

$$\sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n f(h_i) = Q \quad \dots \quad (2)$$

【0056】

上式中、 $q_i$  は分割噴射を構成する個々の噴射における燃料の噴射量である。例えば、図6の(B)に示したような分割噴射を行う場合、個々の噴射における到達リフト量  $h_i$  が大きいほど、個々の噴射における燃料の噴射量  $q_i$  は大きい。このように、個々の噴射における燃料の噴射量  $q_i$  は個々の噴射における到達リフト量  $h_i$  と正の相関を有する。上式中、個々の噴射における燃料の噴射量  $q_i$  は、少なくとも個々の噴射における到達リフト量  $h_i$  を引数とする関数  $f$  によって表されている。

10

【0057】

尚、上記においては機関10の1サイクルにおいて第1期間における分割噴射の他に燃料を噴射する機会が無い場合について説明したが、例えば、第1の期間に行われる分割噴射のみによっては1サイクル当たりに要求される燃料噴射量  $Q$  を噴射することが困難である場合等においては、第1の期間より前及び/又は後に更なる燃料噴射を行ってもよい。

20

【0058】

更に、上記フローチャートによって表される燃料噴射制御フローを構成する各ルーチンの実行順序は、矛盾を生じない範囲で入れ替えてよい。更に、上記説明においては2回目以降の燃料噴射において到達リフト量を等量( $h_u$ )ずつ増大させたが、2回目以降の燃料噴射における到達リフト量の増分( $h_u$ )は必ずしも等しい必要は無く、その都度異なっていてもよい。

20

【0059】

以上のように、第1形態に係る燃料噴射制御装置によれば、第1の期間に行われる分割噴射を構成する個々の噴射における到達リフト量  $h_i$  が機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定される。従って、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい圧縮行程噴射の初期の噴射においては、到達リフト量が小さい値に設定される。即ち、圧縮行程噴射の初期の噴射においては、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が小さい。その結果、圧縮行程噴射の初期において噴射された燃料のうち成層燃焼に供される燃料の減少を回避することができる。更に、圧縮行程噴射の中期から後期にかけては、適度な運動量(貫徹力)を有する燃料の噴霧がピストンキャビティ内に適切に導かれ、点火プラグ方向へ偏向されて成層燃焼に供される。その結果、良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ近傍に形成することができ、安定的な成層燃焼を確保することができる。

30

【0060】

&lt;第2実施形態&gt;

ところで、前述したように、例えば、第1の期間に行われる分割噴射のみによっては1サイクル当たりに要求される燃料噴射量  $Q$  を噴射することが困難である場合等においては、上記第1の期間よりも燃料を噴射してもよい。この噴射における到達リフト量は、第1の期間における最初の噴射を行うための到達リフト量よりも大きい値に設定することも、小さい値に設定することも、或いは第1の期間における最初の噴射を行うための到達リフト量と同じ値に設定することもできる。

40

【0061】

しかしながら、機関の圧縮行程における第1の期間よりも前においては、第1の期間における最初の噴射を行うときよりも、燃料噴射弁とピストンとの距離が更に大きい。従って、前述したように燃料の噴霧がピストンキャビティから逸れることを回避するためには、機関の圧縮行程における第1の期間よりも前に行われる噴射における到達リフト量を、第1の期間における最初の噴射を行うための到達リフト量よりも小さい値に設定することが望ましい。

50

## 【0062】

そこで、本発明の第2実施形態（以降、「第2形態」と称される場合がある）の制御部は、

前記第1の期間より前の第2の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射させると共に同第2の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記第1の期間における最初の噴射に対する到達リフト量よりも小さい値に設定する。

## 【0063】

これによれば、前述したように、第1の期間より前の第2の期間において噴射される燃料は相当に小さい運動量を有するので、その少なくとも一部（望ましくは多く）が燃料噴射弁の近傍（燃焼室の上部）に滞留し易くなる。従って、第2の期間において噴射された燃料は、後にピストンが上昇したときにピストンキャビティ内に捕捉され易く、良好な着火性を有する可燃混合気の形成に貢献し易い。その結果、より多くの燃料を用いて可燃混合気を形成することが可能となる。

## 【0064】

この場合、第1の期間及び第2の期間における分割噴射の他に燃料を噴射する機会がない場合は、1サイクル当たりに要求される燃料噴射量Qと第1の期間及び第2の期間における分割噴射の全体としての燃料噴射量の総量とが等しくなるように、第1期間噴射回数n及び第2期間における噴射回数、個々の噴射における到達リフト量h<sub>i</sub>が設定される。

## 【0065】

<第3実施形態>

ところで、前述したように、例えば、第1の期間に行われる分割噴射のみによっては1サイクル当たりに要求される燃料噴射量Qを噴射することが困難である場合等においては、上記第1の期間より後にも燃料を噴射してもよい。この噴射における到達リフト量は、第1の期間における最後の噴射を行うための到達リフト量よりも大きい値に設定することも、小さい値に設定することも、或いは第1の期間における最後の噴射を行うための到達リフト量と同じ値に設定することもできる。

## 【0066】

しかしながら、機関の圧縮行程においてはクランク角度が圧縮上死点に近くなるほどピストンが燃料噴射弁に近付く。従って、圧縮行程の末期に近付くほどピストンと燃料噴射弁との距離が小さくなる。それにも拘わらず、クランク角度が圧縮上死点に近くなるほど燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）を増大させ続けると、ピストンと燃料噴射弁との距離に対して燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が過大となり、燃料ウェットが発生する虞がある。燃料ウェットが発生すると、例えばスモーク及びPM等が発生する虞がある。

## 【0067】

ここで、上記につき、図10を参照しながら説明する。図10は、前述したように、圧縮行程において燃料の運動量（貫徹力）を増大させ続けた場合における初期（a）、中期1（b）、中期2（c）及び後期（d）における燃料の噴霧及びピストンの位置の状況を示す模式図である。第1形態に係る燃料噴射制御装置について図8を参照しながら説明したように、（a）初期から（c）中期2まではピストンの位置に対して適切な燃料の噴霧が形成されている。しかしながら、ピストンと燃料噴射弁との距離が更に小さくなる（d）後期においても燃料の運動量（貫徹力）を更に増大させると、ウェット量が増大する。

## 【0068】

従って、圧縮行程の後期におけるウェット量の増大を防止するためには、ピストンと燃料噴射弁との距離が極めて小さくなる圧縮行程の後期において燃料噴射弁の到達リフト量を増大させないことが望ましい。より具体的には、本発明に係る燃料噴射制御装置が備える制御部は、圧縮行程の第1期間より後は、到達リフト量を予め定められた所定の値に維持するように燃料噴射弁を制御することが望ましい。

## 【0069】

そこで、本発明の第3実施形態（以降、「第3形態」と称される場合がある）の制御部

10

20

30

40

50

は、

前記第1の期間より後の第3の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射させると共に同第3の期間における各噴射に対する到達リフトを予め定められた所定の値に維持する。

【0070】

上記「予め定められた所定の値」は、圧縮行程における第1の期間より後の第3の期間においてウェット量の増大を伴わずに燃料噴射を行うことができる到達リフト量の上限値に対応する値である。換言すれば、上記「予め定められた所定の値」は、第3の期間に行われる燃料噴射において、それよりも高い値に到達リフト量を設定するとウェット量が増大する閾値に対応する値であり、例えば事前実験等によって予め定めることができる。

10

【0071】

厳密には、分割噴射を構成する個々の噴射において燃料ウェットが発生するか否かは、個々の噴射における燃料噴射弁の到達リフト量のみならず、個々の噴射タイミングにおけるクランク角度（燃料噴射弁とピストンとの距離）及び機関回転速度NE等にも影響される。従って、上記「予め定められた所定の値」は、例えば、種々の機関回転速度NEにおいて種々の噴射タイミング（クランク角度）及び到達リフト量にて燃料を噴射する事前実験等によって予め定めることができる。

【0072】

第3形態に係る燃料噴射制御装置においては、第1の期間より後の第3の期間において、上記のように定められる「予め定められた所定の値」に到達リフトが維持される。これにより、燃料噴射弁とピストンとの距離が小さい圧縮行程噴射の後期において燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が過大となることが回避される。その結果、ウェット量の増大が防止され、例えばスモーク及びPM等の問題の発生が低減される。

20

【0073】

尚、第3形態における内燃機関、制御部及び燃料噴射弁の構成等については第1形態と共通であるので、ここでは重複する説明は繰り返さない。

【0074】

<第3形態に係る燃料噴射制御>

ここで、第3形態の作動について説明する。図11の下側には、図7と同様に、このような場合におけるクランク角度（横軸）とピストンの位置（左側の縦軸）との関係を示すグラフ（曲線）と、クランク角度（横軸）と燃料噴射弁のリフト量（右側の縦軸）との関係を示すグラフ（6つのパルス状波形）と、が示されている。図11の下側に示されているように、第3形態に係る燃料噴射制御装置も、ECU50により、機関10の圧縮行程の第1の期間（図11においては約-80°から約-50°までのクランク角度の範囲）において4回の噴射によって燃料を噴射する分割噴射を行う。このとき、個々の噴射における到達リフト量を機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定する。

30

【0075】

上記のように、第3形態に係る燃料噴射制御装置は、第1の期間における噴射に該当する1回目から4回目の噴射までは到達リフト量を増大させるものの、第1の期間より後の第3の期間（図11においては約-40°から約-30°までのクランク角度の範囲）における噴射（5回目以降の噴射）においては、4回目の噴射における到達リフト量に到達リフト量を一定に維持する。即ち、この例においては、上述した「予め定められた所定の値」は「4回目の噴射における到達リフト量」（即ち、第1の期間における最後の噴射に対する到達リフト量）と同じ値である。

40

【0076】

図11の上側には、上記のような場合におけるクランク角度（横軸）と噴霧の運動量（縦軸）との関係を示すグラフ（6つのパルス状波形）が示されている。上記6つのパルス状波形によって示されているように、この例においては、分割噴射を構成する6回の噴射のうち、第1の期間における噴射に該当する1回目から4回目までの噴射においては機関

50

10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が大きくなる。更に、第1の期間より後の第3の期間における噴射（5回目以降の噴射）による燃料の噴霧の運動量（貫徹力）は4回目の噴射における運動量（貫徹力）にて一定に維持される。

【0077】

上記により、第3形態に係る燃料噴射制御装置においては、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい圧縮行程噴射の初期において、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が小さい。その結果、例えば、サイド噴射方式内燃機関において分割噴射を行う場合、ピストンの位置が低い圧縮行程噴射の初期においては、図12の（a）に示されているように低い運動量（貫徹力）を有する燃料の噴霧が噴射される。その結果、図18の（a）に示した従来技術に係る燃料噴射制御装置におけるように燃料の噴霧がピストンキャビティを飛び越えて燃焼室の右端付近まで到達することが回避される。このように噴射された燃料の噴霧は、その運動量（貫徹力）が小さく、その後クランク角度が圧縮上死点に近くなるのに伴って上昇してくるピストンキャビティ内に捉えられ、良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ近傍に形成する。

10

【0078】

次に、圧縮行程噴射の中期に入ると（中期1及び中期2）、図12の（b）及び（c）によって表されているように、ピストンが燃料噴射弁に近付くほど、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が徐々に増大される。このように噴射された燃料の噴霧は、ピストンキャビティ内に適切に導かれ、ピストンキャビティの内壁によって点火プラグ方向へ偏向されて成層燃焼に供される。

20

【0079】

更に、圧縮行程噴射の後期に入ると、図12の（d）によって表されているように、ピストンが燃料噴射弁に更に近付いても、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）は増大されない。その結果、図10の（d）に示したようなウェット量の増大が防止される。このように噴射された燃料の噴霧は、ピストンキャビティ内に適切に導かれ、ピストンキャビティの内壁によって点火プラグ方向へ偏向されて成層燃焼に供される。

【0080】

以上のように、第3形態に係る燃料噴射制御装置によれば、圧縮行程噴射の初期においても良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ近傍に形成し且つ圧縮行程噴射の後期におけるウェット量の増大を防止することにより、安定的な成層燃焼を確保すると共に例えばスモーク及びPM等の問題を回避することができる。

30

【0081】

（第3形態における燃料噴射制御フロー）

第3形態の作動につき、図13のフローチャートを参照しながら説明する。ECU50のCPUは、所定クランク角度において図13のフローチャートに示されたルーチンを実行するようになっている。尚、図13のフローチャートによって表される第3形態における燃料噴射制御フローは、以下の3点においてのみ、図9のフローチャートによって表される第1形態における燃料噴射制御フローと異なる。

40

【0082】

1点目は、ステップ1506において、第1の期間より後の第3の期間における分割噴射の回数（第3期間噴射回数）mが算出される点である。2点目は、ステップ1530において圧縮行程におけるi回目の噴射が「第1の期間におけるn回の噴射」に該当するか否かが判定され、i回目の噴射が第1の期間におけるn回の噴射に該当しない場合はステップ1545において到達リフト量が一定に維持される点である。

【0083】

3点目は、ステップ1575において、第1の期間及び第3の期間に行われる（n+m回の）燃料噴射の全てについて到達リフト量hiが設定されたか否かをECU50が判定する点である。尚、各ステップに割り振られた番号の下2桁は当該ステップにおいて実行されるルーチンの内容に対応している。即ち、図13と図9とにおいて、下2桁が同じ番

50

号が割り振られたステップにおいては、同じルーチンが実行される。

【0084】

従って、図9のフローチャートと同様に、図13のフローチャートにおいても、ステップ1501から1505において、機関回転速度NEの検出、吸入空気量の検出、燃料噴射量Qの算出、燃料噴射時期の算出及び第1期間噴射回数nの算出がそれぞれ実行される。次に、ステップ1506において第3期間噴射回数mが算出される。上述したように、「第3期間噴射回数m」は、第1の期間より後の期間である「第3の期間」における分割噴射の回数である。尚、この例においては、上記のように決定された燃料噴射時期の全てに亘って分割噴射が行われる。そのうち、第1の期間におけるn回の噴射については機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど到達リフト量が増大され、第3の期間におけるm回の噴射については機関10のクランク角度にかかわらず到達リフト量が一定に維持される。即ち、この例においては、燃料噴射時期は第1の期間と第3の期間との合計に一致する。

10

【0085】

次に、図9のフローチャートと同様に、図13のフローチャートにおいても、ステップ1510においてカウンタiが0(ゼロ)に設定され、次のステップ1520においてカウンタiがカウントアップされる。次に、ステップ1530において圧縮行程におけるi回目の噴射が「第1の期間におけるn回の噴射」に該当するか否かが判定される。ステップ1530においてi回目の噴射が「第1の期間におけるn回の噴射」に該当すると判定された場合(ステップ1530: Yes)、次のステップ1535において、i回目の燃料噴射における到達リフト量が算出される。この際、1回目の燃料噴射における到達リフト量をhiniとし、その後、2回目からn回目までの燃料噴射においては等量(hu)ずつ到達リフト量を増大させる。この場合、i回目の燃料噴射における到達リフト量hiは、前述した式(1)によって表される。

20

【0086】

尚、1回目の燃料噴射における到達リフト量hini及び2回目からn回目までの燃料噴射における到達リフト量の増分huは前述したように設定される。このように設定された1回目からn回目までの燃料噴射における到達リフト量hi(i=1, 2, 3, ..., n)は、次の燃料噴射実行時に使用される設定値として、次のステップ1560において、例えば、ECU50が備えるデータ記憶装置(例えば、RAM等)に格納される。

30

【0087】

一方、ステップ1530においてi回目の噴射が「第1の期間におけるn回の噴射」に該当しないと判定された場合(ステップ1530: No)、次のステップ1545において、i回目(n+1回目以降)の燃料噴射における到達リフト量が算出される。この例においては、n+1回目以降の燃料噴射における到達リフト量は、n回目の燃料噴射における到達リフト量にて一定に維持される。この場合、i回目の燃料噴射における到達リフト量hiは以下の式(3)によって表される。

40

【0088】

【数3】

$$hi = hini + (n-1) \times \Delta hu \quad \dots \quad (3)$$

【0089】

上記のように、n+1回目以降の燃料噴射における到達リフト量hiは、n回目の燃料噴射における到達リフト量hiniと同じ値に設定される。このように設定されたn+1回目以降の燃料噴射における到達リフト量hi(i=n+1, n+2, ..., n+m)は、次の燃料噴射実行時に使用される設定値として、次のステップ1560において、例えば、ECU50が備えるデータ記憶装置(例えば、RAM等)に格納される。

【0090】

次のステップ1575においては、第1の期間及び第3の期間に行われるn+m回の燃

50

料噴射の全てについて到達リフト量  $h_i$  が設定されたか否かを ECU50 が判定する。具体的には、ECU50 は、 $i$  が  $n + m$  に等しいか否かを判定する。 $i$  が  $n + m$  に等しいと判定された場合(ステップ 1575: Yes)、ECU50 は次のステップ 1580 に進む。このとき、 $n + m$  回にわたる分割噴射の全てについての到達リフト量  $h_i$  が既に設定されており、それぞれがデータ記憶装置に格納されている。ステップ 1580 においては、ステップ 1504 において算出された燃料噴射時期(第 1 の期間及び第 3 の期間)、ステップ 1505 において算出された第 1 期間噴射回数  $n$ 、ステップ 1506 において算出された第 3 期間噴射回数  $m$ 、並びにステップ 1535 及びステップ 1545 において算出されてステップ 1560 においてデータ記憶装置に格納された到達リフト量  $h_i$  に基づいて、燃料噴射の実行が指示される。

10

## 【0091】

一方、ステップ 1575 において  $i$  が  $n + m$  に等しくないと判定された場合(ステップ 1575: No)、ECU50 はステップ 1520 に戻り、ステップ 1520 からステップ 1575 までのフローが繰り返される。これにより、 $n + m$  回にわたる分割噴射の全てについての到達リフト量  $h_i$  が設定されるまで、ステップ 1520 からステップ 1575 までのフローが繰り返される。

## 【0092】

ところで、機関 10 の 1 サイクルにおいて上記第 1 期間及び第 3 の期間における分割噴射の他に燃料を噴射する機会が無い場合、当然のことながら、1 サイクル当たりに要求される燃料噴射量  $Q$  と上記分割噴射全体としての燃料噴射量の総量とが等しくなるように、第 1 期間噴射回数  $n$ 、第 3 期間噴射回数  $m$  及び個々の噴射における到達リフト量  $h_i$  が設定される。即ち、以下の式(2')が成立するように、第 1 期間噴射回数  $n$ 、第 3 期間噴射回数  $m$  及び個々の噴射における到達リフト量  $h_i$  が設定される。尚、式(2')における  $q_i$  及び関数  $f$  の定義は式(2)と同様である。

20

## 【0093】

## 【数 4】

$$\sum_{i=1}^{n+m} q_i = \sum_{i=1}^{n+m} f(h_i) = Q \quad \dots \quad (2')$$

## 【0094】

30

尚、上記においては機関 10 の 1 サイクルにおいて第 1 期間及び第 3 の期間における分割噴射の他に燃料を噴射する機会が無い場合について説明した。しかしながら、例えば、第 1 の期間及び第 3 の期間に行われる分割噴射のみによっては 1 サイクル当たりに要求される燃料噴射量  $Q$  を噴射することが困難である場合等においては、第 1 の期間及び第 3 の期間以外の期間に更なる燃料噴射を行ってもよい。例えば、前述したように、第 1 の期間より前の第 2 の期間において更なる燃料噴射を行ってもよい。

## 【0095】

40

更に、上記フローチャートによって表される燃料噴射制御フローを構成する各ルーチンの実行順序は、矛盾を生じない範囲で入れ替えるてもよい。更に、上記説明においては 2 回目から  $n$  回目までの燃料噴射において到達リフト量を等量(  $h_u$  )ずつ増大させたが、2 回目から  $n$  回目までの燃料噴射における到達リフト量の増分(  $h_u$  )は必ずしも等しい必要は無く、その都度異なっていてもよい。

## 【0096】

50

加えて、上記説明においては  $n + 1$  回目以降の燃料噴射についてステップ 1520、1530、1545、1560 及び 1575 のルーチンが繰り返された。しかしながら、上述した例においては、 $n + 1$  回目以降の燃料噴射における到達リフト量は増大されず、 $n$  回目の燃料噴射における到達リフト量と同じに維持される。このように  $n + 1$  回目以降の燃料噴射における到達リフト量が一定に維持される場合は、噴射回数が  $n + 1$  回目に達したら、その後の噴射における到達リフト量を  $n$  回目の燃料噴射における到達リフト量に一括して設定してデータ記憶装置に格納し、ステップ 1580 に進んで燃料噴射の実行を指

示してもよい。

【0097】

以上のように、第3形態に係る燃料噴射制御装置によれば、第1の期間に行われる分割噴射を構成する個々の噴射における到達リフト量  $h_i$  が機関 10 のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定される。従って、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい圧縮行程噴射の初期の噴射においては、到達リフト量が小さい値に設定される。即ち、圧縮行程噴射の初期の噴射においては、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が小さい。その結果、圧縮行程噴射の初期において噴射される燃料のうち成層燃焼に供される燃料の量の減少を回避することができる。更に、圧縮行程噴射の中期においては、適度な運動量（貫徹力）を有する燃料の噴霧がピストンキャビティ内に適切に導かれ、点火プラグ方向へ偏向されて成層燃焼に供される。加えて、圧縮行程噴射の後期においては、燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が一定に維持されるのでウェット量の増大が防止される。その結果、良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ近傍に形成することができ、安定的な成層燃焼を確保すると共に、スモーク及びPM等の問題を回避することができる。

10

【0098】

<第4実施形態>

ところで、上述した例においては、第1の期間に行われる分割噴射においては到達リフト量が増大され、その後、第3の期間に行われる分割噴射においては到達リフト量が一定に維持された。即ち、圧縮行程噴射の末期における燃料の噴霧の運動量（貫徹力）は相対的に高い。一方、圧縮行程の末期においては燃料噴射弁とピストンとの距離が極めて小さいので、上述した燃料ウェットに起因する問題が発生する虞が高い。

20

【0099】

かかる問題を回避するためには、例えば、第1の期間（圧縮行程噴射の初期）における到達リフト量の増大幅を小さくして、圧縮行程噴射の後期における到達リフト量を小さい値に設定し、燃料の噴霧の運動量（貫徹力）を小さくすることが考えられる。或いは、例えば、圧縮上死点の近傍でのクランク角度においては燃料の噴射を禁止する等して、圧縮行程噴射の終了時期を早めることも考えられる。しかしながら、これらの対策によれば、圧縮行程噴射によって噴射され得る燃料の総量が減少するため、機関の運転に必要とされる量の燃料を噴射することが困難となる虞が高まる。

30

【0100】

そこで、本発明者は、第3の期間において到達リフト量を徐々に減少させることにより、上記問題を回避することができるとの考えに到った。より具体的には、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい第1の期間（圧縮行程噴射の初期）の噴射においては燃料噴射弁の到達リフト量を小さい値から徐々に増大させ、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい第3の期間（圧縮行程噴射の後期）の噴射においては到達リフト量を徐々に減少させる。これにより、圧縮行程噴射の初期の噴射においては燃料の噴霧の運動量（貫徹力）を小さくし、その後の噴射においては燃料の噴霧の運動量（貫徹力）を十分に増大させ、圧縮行程噴射の後期においては燃料の噴霧の運動量（貫徹力）を十分に減少させることができる。

40

【0101】

そこで、本発明の第4実施形態（以降、「第4形態」と称される場合がある）の制御部は、

前記第1の期間より後の第3の期間において前記燃料噴射弁に燃料を1回以上噴射せると共に同第3の期間における各噴射に対する到達リフト量を前記内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど小さい値に設定する。

【0102】

厳密には、分割噴射を構成する個々の噴射において燃料ウェットが発生するか否かは、前述したように、個々の噴射における燃料噴射弁の到達リフト量のみならず、個々の噴射タイミングにおけるクランク角度（燃料噴射弁とピストンとの距離）及び機関回転速度  $N$

50

E 等にも影響される。従って、上記第3の期間に行われる噴射における具体的な到達リフト量は、例えば、種々の機関回転速度NEにおいて種々の噴射タイミング(クランク角度)及び到達リフト量にて燃料を噴射する事前実験等によって予め定めることができる。

#### 【0103】

第4形態に係る燃料噴射制御装置によれば、第1の期間より後(即ち、第3の期間において)は、上記のように内燃機関のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど燃料噴射弁の到達リフト量が徐々に減少される。即ち、第4形態においては、圧縮行程の後期に行われる分割噴射によって噴射される燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が徐々に低減される。これにより、燃料噴射弁とピストンとの距離が小さい圧縮行程噴射の後期において燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が過大となることがより確実に回避される。その結果、ピストンの冠面及び/又はピストンキャビティの内壁が燃料によって濡れる「燃料ウェット」がより確実に防止され、例えばスモーク及びPM等の問題の発生がより確実に低減される。

#### 【0104】

尚、第4形態における内燃機関、制御部及び燃料噴射弁の構成等については第1形態乃至第3形態と共通であるので、ここでは重複する説明は繰り返さない。

#### 【0105】

##### <第4形態に係る燃料噴射制御>

ここで、第4形態の作動について説明する。図14の下側には、図11と同様に、このような場合におけるクランク角度(横軸)とピストンの位置(左側の縦軸)との関係を示すグラフ(曲線)と、クランク角度(横軸)と燃料噴射弁のリフト量(右側の縦軸)との関係を示すグラフ(7つのパルス状波形)と、が示されている。図14の下側に示されているように、第4形態に係る燃料噴射制御装置も、ECU50により、機関10の圧縮行程の第1の期間(図14においては約-80°から約-50°までのクランク角度の範囲)において4回の噴射によって燃料を噴射する分割噴射を行う。このとき、個々の噴射における到達リフト量を機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定する。

#### 【0106】

上記のように、第4形態に係る燃料噴射制御装置は、第1の期間における噴射に該当する1回目から4回目の噴射までは到達リフト量を増大させるものの、第1の期間より後の第3の期間(図14においては約-40°から約-20°までのクランク角度の範囲)における噴射(5回目以降の噴射)においては、4回目の噴射における到達リフト量から到達リフト量を徐々に減少させる。

#### 【0107】

図14の上側には、上記のような場合におけるクランク角度(横軸)と噴霧の運動量(縦軸)との関係を示すグラフ(7つのパルス状波形)が示されている。上記7つのパルス状波形によって示されているように、この例においては、分割噴射を構成する7回の噴射のうち、第1の期間における噴射に該当する1回目から4回目までの噴射においては機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が大きくなる。更に、第1の期間より後の第3の期間における噴射(5回目以降の噴射)による燃料の噴霧の運動量(貫徹力)は4回目の噴射における運動量(貫徹力)から徐々に小さくなる。

#### 【0108】

上記により、第4形態に係る燃料噴射制御装置においては、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい圧縮行程噴射の初期において、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が小さい。その結果、例えば、サイド噴射方式内燃機関において分割噴射を行う場合、ピストンの位置が低い圧縮行程噴射の初期においては、図15の(a)に示されているように低い運動量(貫徹力)を有する燃料の噴霧が噴射される。その結果、図18の(a)に示した従来技術に係る燃料噴射制御装置におけるように燃料の噴霧がピストンキャビティを飛び越えて燃焼室の右端付近まで到達することが回避される。このように噴射された燃料の噴霧は、その運動量(貫徹力)が小さく、その後クランク角度が圧縮上

10

20

30

40

50

死点に近くなるのに伴って上昇してくるピストンキャビティ内に捉えられ、良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ近傍に形成する。

【0109】

次に、圧縮行程噴射の中期に入ると（中期1及び中期2）、図15の（b）及び（c）によって表されているように、ピストンが燃料噴射弁に近付くほど、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が徐々に増大される。このように噴射された燃料の噴霧は、ピストンキャビティ内に適切に導かれ、ピストンキャビティの内壁によって点火プラグ方向へ偏向されて成層燃焼に供される。

【0110】

更に、圧縮行程噴射の後期に入ると（後期1及び後期2）、図15の（d）及び（e）によって表されているように、ピストンが燃料噴射弁に近付くほど燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量（貫徹力）が徐々に低減される。その結果、図10の（d）に示したようにウェット量の増大がより確実に防止される。このように噴射された燃料の噴霧は、ピストンキャビティ内に適切に導かれ、ピストンキャビティの内壁によって点火プラグ方向へ偏向されて成層燃焼に供される。

10

【0111】

以上のように、第4形態に係る燃料噴射制御装置によれば、圧縮行程噴射の初期において良好な着火性を有する可燃混合気を点火プラグ近傍に形成し且つ圧縮行程噴射の後期におけるウェット量の増大をより確実に防止することにより、安定的な成層燃焼を確保すると共に例えばスモーク及びPM等の問題をより確実に回避することができる。

20

【0112】

（第4形態における燃料噴射制御フロー）

第4形態の作動につき、図16のフローチャートを参照しながら説明する。ECU50のCPUは、所定クランク角度において図16のフローチャートに示されたルーチンを実行するようになっている。尚、図16のフローチャートによって表される第4形態における燃料噴射制御フローは、以下の1点においてのみ、図13のフローチャートによって表される第3形態における燃料噴射制御フローと異なる。

20

【0113】

第4形態における燃料噴射制御フローは、ステップ1830において圧縮行程における1回目の噴射が「第1の期間におけるn回の噴射」に該当しないと判定された場合はステップ1855において到達リフト量が減少される点である（詳細は後述）。尚、各ステップに割り振られた番号の下2桁は当該ステップにおいて実行されるルーチンの内容に対応している。即ち、図16と図13とにおいて、下2桁が同じ番号が割り振られたステップにおいては、同じルーチンが実行される。

30

【0114】

従って、図13のフローチャートと同様に、図16のフローチャートにおいても、ステップ1801から1806において、機関回転速度NEの検出、吸入空気量の検出、燃料噴射量Qの算出、燃料噴射時期の算出、第1期間噴射回数nの算出及び第3期間噴射回数mの算出がそれぞれ実行される。この例においても、上記のように決定された燃料噴射時期の全てに亘って分割噴射が行われる。そのうち、第1の期間におけるn回の噴射については機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど到達リフト量が増大され、第3の期間におけるm回の噴射については機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど到達リフト量が減少される。この例においても、燃料噴射時期は第1の期間と第3の期間との合計に一致する。

40

【0115】

次に、ステップ1810においてカウンタ*i*が0（ゼロ）に設定され、次のステップ1820においてカウンタ*i*がカウントアップされる。次に、ステップ1830において分割噴射における*i*回目の噴射が「第1の期間におけるn回の噴射に該当するか否かが判定される。ステップ1830において*i*回目の噴射回数*i*が「第1の期間におけるn回の噴射に該当すると判定された場合（ステップ1830：Yes）、次のステップ1835に

50

おいて、 $i$ 回目の燃料噴射における到達リフト量が算出される。この際、1回目の燃料噴射における到達リフト量を $h_{ini}$ とし、その後、2回目から $n$ 回目までの燃料噴射においては等量( $hu$ )ずつ到達リフト量を増大させる。この場合、 $i$ 回目の燃料噴射における到達リフト量 $hi$ は、前述した式(1)によって表される。

## 【0116】

尚、1回目の燃料噴射における到達リフト量 $h_{ini}$ 及び2回目から $n$ 回目までの燃料噴射におけるリフト量の増分 $hu$ は前述したように設定される。このように設定された1回目から $n$ 回目までの燃料噴射における到達リフト量 $hi$ ( $i = 1, 2, 3 \dots, n$ )は、次の燃料噴射実行時に使用される設定値として、次のステップ1860において、例えば、ECU50が備えるデータ記憶装置(例えば、RAM等)に格納される。

10

## 【0117】

一方、ステップ1830において $i$ 回目の噴射が「第1の期間における $n$ 回の噴射」に該当しないと判定された場合(ステップ1830:No)、次のステップ1855において、 $i$ 回目( $n+1$ 回目から $n+m$ 回目まで)の燃料噴射における到達リフト量が算出される。この際、最終回から $m$ 回分(即ち、 $n+1$ 回目から $n+m$ 回目まで)の燃料噴射における到達リフト量は、 $n$ 回目の燃料噴射における到達リフト量から等量( $hd$ )ずつ減少される。この場合、 $i$ 回目の燃料噴射における到達リフト量 $hi$ は、以下の式(4)によって表される。

## 【0118】

## 【数5】

20

$$hi = h_{ini} + (n-1) \times \Delta hu - (i-n) \times \Delta hd \quad \dots \quad (4)$$

## 【0119】

尚、1回目の燃料噴射における到達リフト量 $h_{ini}$ 及び2回目から $n$ 回目までの燃料噴射における到達リフト量の増分 $hu$ は前述したように設定される。第3の期間における $m$ 回分の燃料噴射における到達リフト量の減少幅 $hd$ の具体的な大きさは、例えば、燃料噴射弁30におけるリフト量の制御精度、個々の噴射タイミングにおけるクランク角度(燃料噴射弁30とピストン17との距離)、機関回転速度NE及び燃料噴射量Q等に基づいて設定される。このように設定された $i$ 回目の燃料噴射における到達リフト量 $hi$ ( $i = n+1, n+2 \dots, n+m$ )は、次の燃料噴射実行時に使用される設定値として、次のステップ1860において、例えば、ECU50が備えるデータ記憶装置(例えば、RAM等)に格納される。

30

## 【0120】

次のステップ1875においては、第1の期間及び第3の期間に行われる $n+m$ 回の燃料噴射の全てについて到達リフト量 $hi$ が設定されたか否かをECU50が判定する。具体的には、ECU50は、 $i$ が $n+m$ に等しいか否かを判定する。 $i$ が $n+m$ に等しいと判定された場合(ステップ1875:Yes)、ECU50は次のステップ1880に進む。このとき、 $n+m$ 回にわたる分割噴射の全てについての到達リフト量 $hi$ が既に設定されており、それぞれがデータ記憶装置に格納されている。ステップ1880においては、ステップ1804において算出された燃料噴射時期、ステップ1805において算出された第1期間噴射回数 $n$ 、ステップ1806において算出された第3期間噴射回数 $m$ 、並びにステップ1835及びステップ1855において算出されてステップ1860においてデータ記憶装置に格納された到達リフト量 $hi$ に基づいて、燃料噴射の実行が指示される。

40

## 【0121】

一方、ステップ1875において $i$ が $n+m$ に等しくないと判定された場合(ステップ1875:No)、ECU50はステップ1820に戻り、ステップ1820からステップ1875までのフローが繰り返される。これにより、 $n+m$ 回にわたる分割噴射の全てについての到達リフト量 $hi$ が設定されるまで、ステップ1820からステップ1875

50

までのフローが繰り返される。

【0122】

ところで、機関10の1サイクルにおいて上記第1期間及び第3の期間における分割噴射の他に燃料を噴射する機会が無い場合、当然のことながら、1サイクル当たりに要求される燃料噴射量Qと上記分割噴射全体としての燃料噴射量の総量とが等しくなるように、第1期間噴射回数n、第3期間噴射回数m及び個々の噴射における到達リフト量hiが設定される。即ち、前述した式(2)が成立するように、第1期間噴射回数n、第3期間噴射回数m及び個々の噴射における到達リフト量hiが設定される。

【0123】

尚、上記においては機関10の1サイクルにおいて第1期間及び第3の期間における分割噴射の他に燃料を噴射する機会が無い場合について説明した。しかしながら、例えば、第1の期間及び第3の期間に行われる分割噴射のみによっては1サイクル当たりに要求される燃料噴射量Qを噴射することが困難である場合等においては、第1の期間及び第3の期間以外の期間に更なる燃料噴射を行ってもよい。例えば、前述したように、第1の期間より前の第2の期間において更なる燃料噴射を行ってもよい。

10

【0124】

更に、上記フローチャートによって表される燃料噴射制御フローを構成する各ルーチンの実行順序は、矛盾を生じない範囲で入れ替えてよい。更に、上記説明においては2回目からn回目までの燃料噴射において到達リフト量を等量(hu)ずつ増大させたが、2回目からn回目までの燃料噴射における到達リフト量の増分(hu)は必ずしも等しい必要は無く、その都度異なっていてもよい。同様に、上記説明においては分割噴射の末期におけるm回分(即ち、n+1回目からn+m回目まで)の燃料噴射において到達リフト量を等量(hd)ずつ減少させたが、n+1回目からn+m回目までの燃料噴射における到達リフト量の減分(hd)は必ずしも等しい必要は無く、その都度異なっていてもよい。

20

【0125】

加えて、上記説明においては、第1の期間におけるn回分の噴射の直後に続けて第3の期間におけるm回分の噴射を行う場合について説明したが、第1の期間と第3の期間との間に到達リフト量が一定に維持される期間を設けてもよい。

30

【0126】

以上のように、第4形態に係る燃料噴射制御装置によれば、第1の期間に行われる分割噴射を構成する個々の噴射における到達リフト量hiが機関10のクランク角度が圧縮上死点に近くなるほど大きい値に設定される。従って、燃料噴射弁とピストンとの距離が大きい圧縮行程噴射の初期の噴射においては、到達リフト量が小さい値に設定される。即ち、圧縮行程噴射の初期の噴射においては、燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が小さい。その後、圧縮行程噴射の後期においては、燃料噴射弁とピストンとの距離が小さくなるほど燃料噴射弁から噴射される燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が徐々に低減される。その結果、燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が大き過ぎると成層燃焼に供される燃料の減少が懸念される圧縮行程噴射の初期及び燃料の噴霧の運動量(貫徹力)が大き過ぎるとウェット量の増大が懸念される圧縮行程噴射の後期において燃料の噴霧の運動量(貫徹力)を小さくすることができる。加えて、圧縮行程噴射の中期においては高い運動量(貫徹力)を有する燃料の噴霧を噴射することができる。その結果、安定的な成層燃焼を確保すると共に、スモーク及びPM等の問題をより確実に回避することができる。

40

【0127】

尚、これまで説明してきた各種実施形態においては、本発明に係る燃料噴射制御装置を「サイド噴射方式内燃機関」に適用した場合について説明した。しかしながら、前述したように、本発明に係る燃料噴射制御装置が適用される内燃機関は、ピストンの冠面に形成されたキャビティに向けて燃料が噴射される筒内噴射式火花点火内燃機関である限り、特に限定されない。即ち、本発明に係る燃料噴射制御装置は、「サイド噴射方式内燃機関」のみならず、例えば、シリンダヘッドの中心部近傍に配設された燃料噴射弁からピストン

50

の冠面に形成されたキャビティに向けて燃料が噴射される所謂「センター噴射方式内燃機関」にも好適に適用することができる。

【0128】

以上、本発明を説明することを目的として、特定の構成を有する幾つかの実施形態及び実施例につき、時に添付図面を参照しながら説明してきたが、本発明の範囲は、これらの例示的な実施形態及び実施例に限定されると解釈されることはなく、特許請求の範囲及び明細書に記載された事項の範囲内で、適宜修正を加えることが可能であることは言うまでも無い。

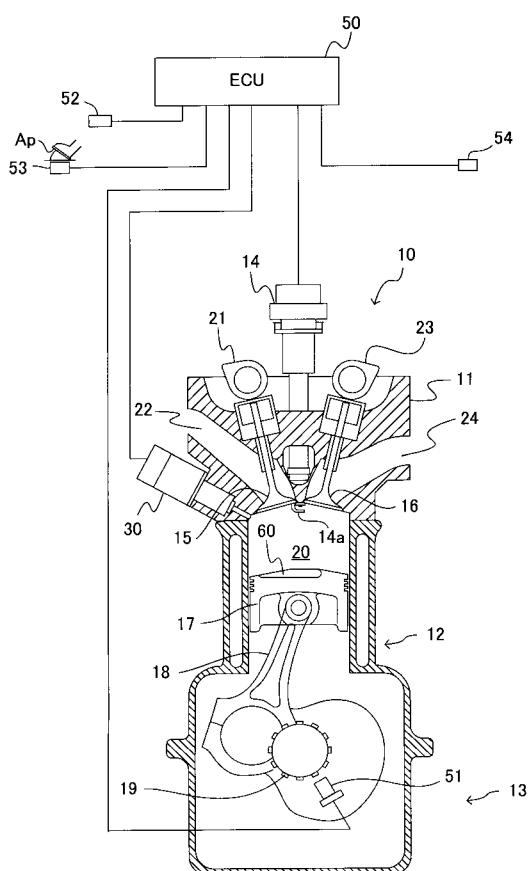
【符号の説明】

【0129】

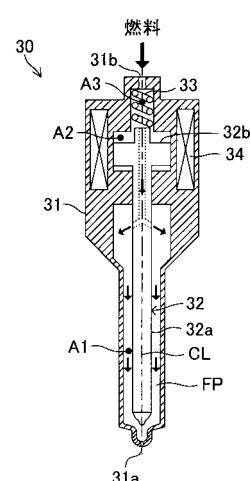
10 ... 内燃機関、14 ... 点火装置、14a ... 火花発生部、15 ... 吸気弁、16 ... 排気弁、17 ... ピストン、20 ... 燃焼室、22 ... 吸気ポート、23 ... 排気ポート、30 ... 燃料噴射弁、31a ... 噴孔、32 ... ニードル弁、50 ... ECU、51 ... クランクポジションセンサ、52 ... エアフローメータ、53 ... アクセルペダル踏込量センサ、54 ... 空燃比センサ及び60 ... ピストンキャビティ。

10

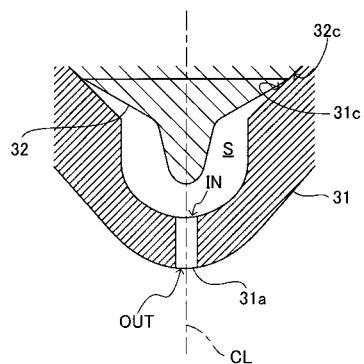
【図1】



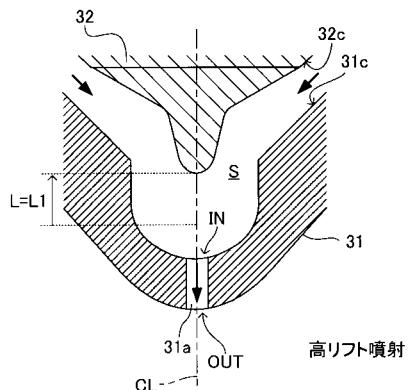
【図2】



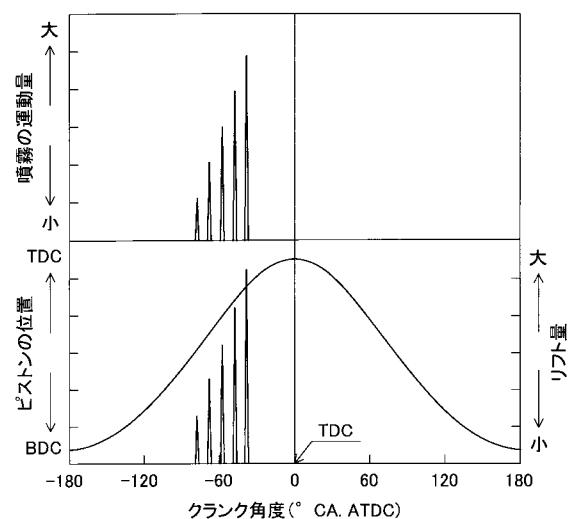
【図3】



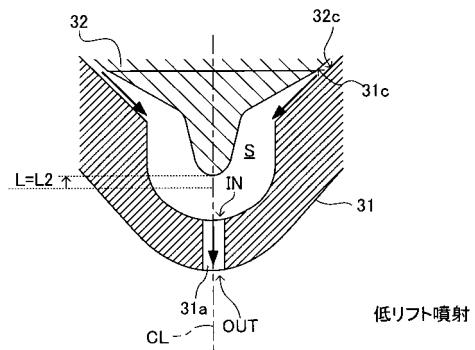
【図4】



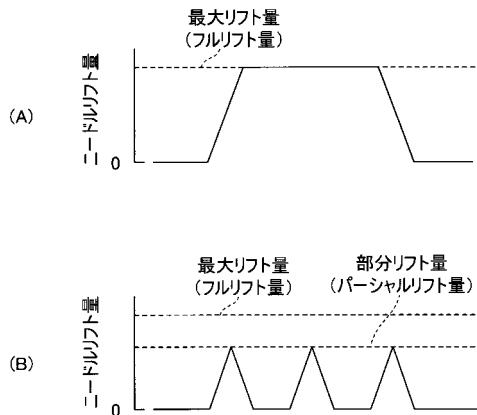
【図7】



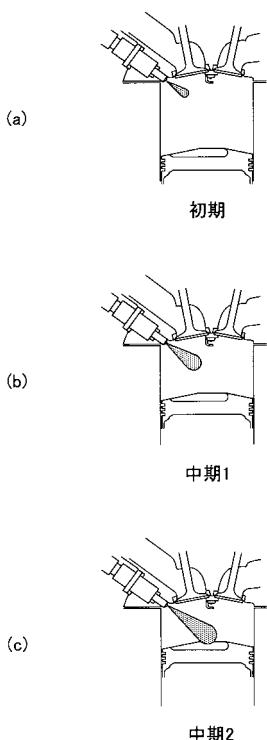
【図5】



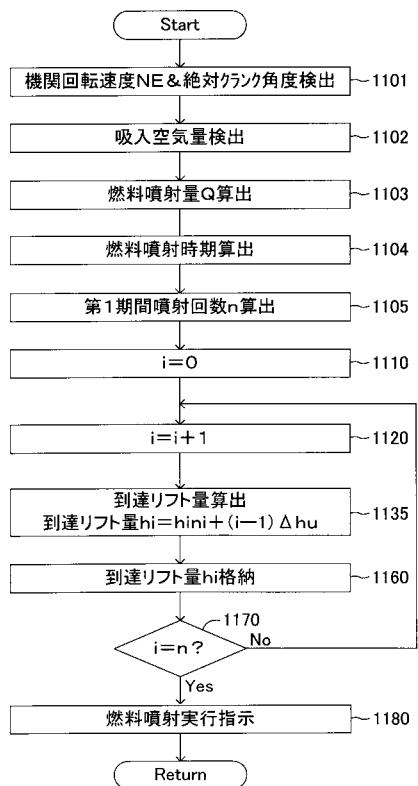
【図6】



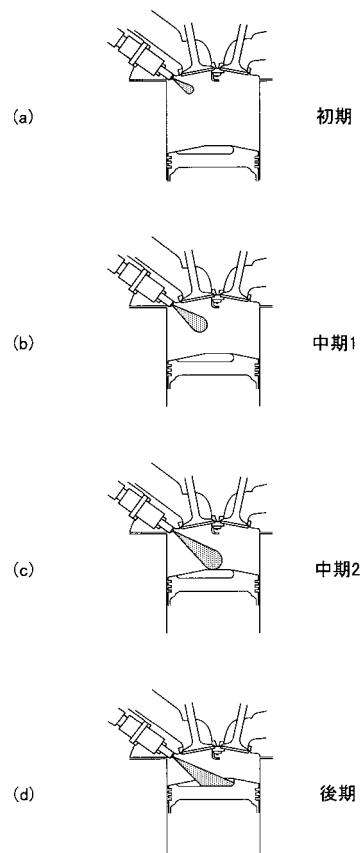
【図8】



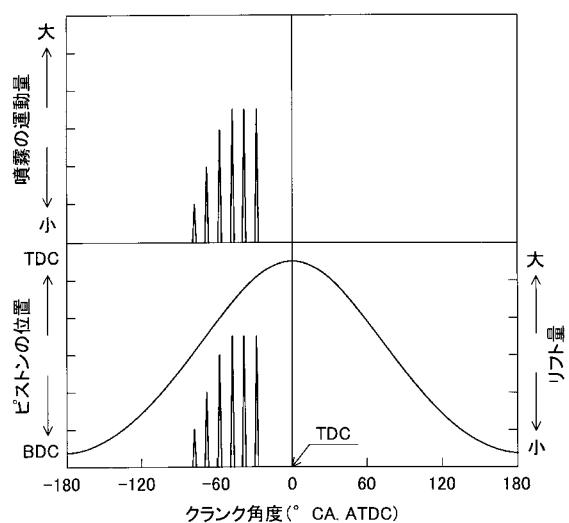
【図 9】



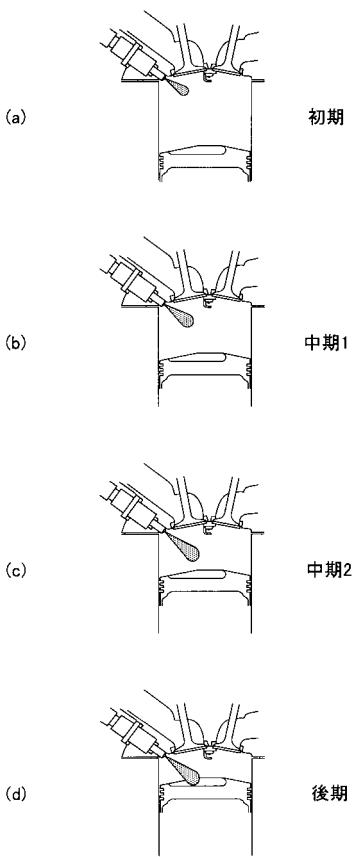
【図 10】



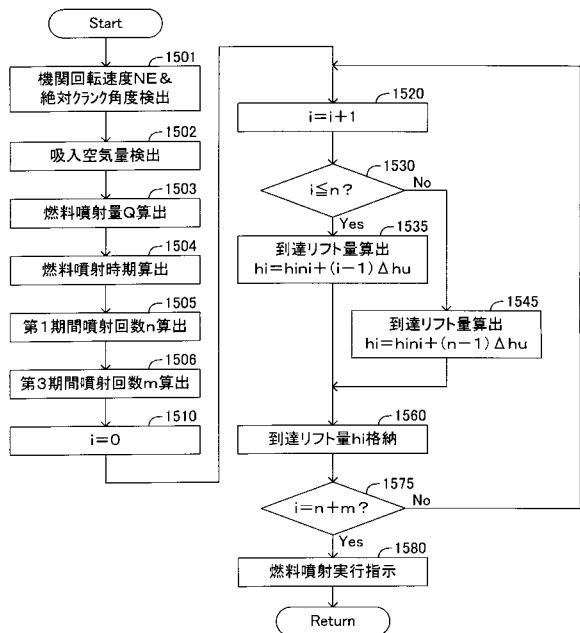
【図 11】



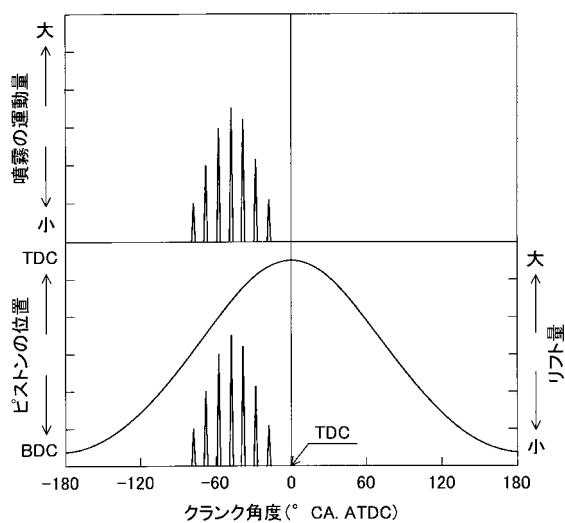
【図 12】



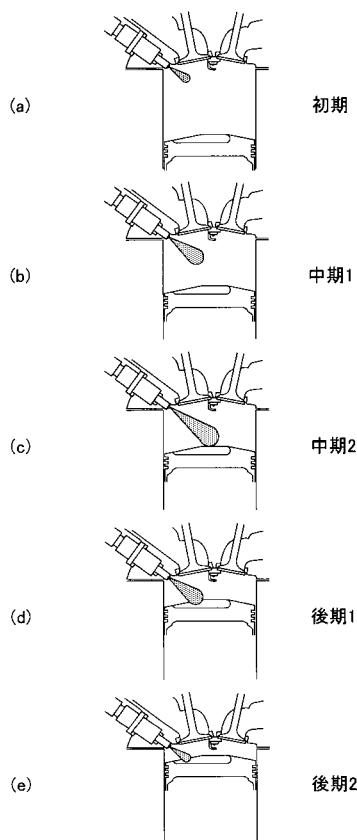
【図13】



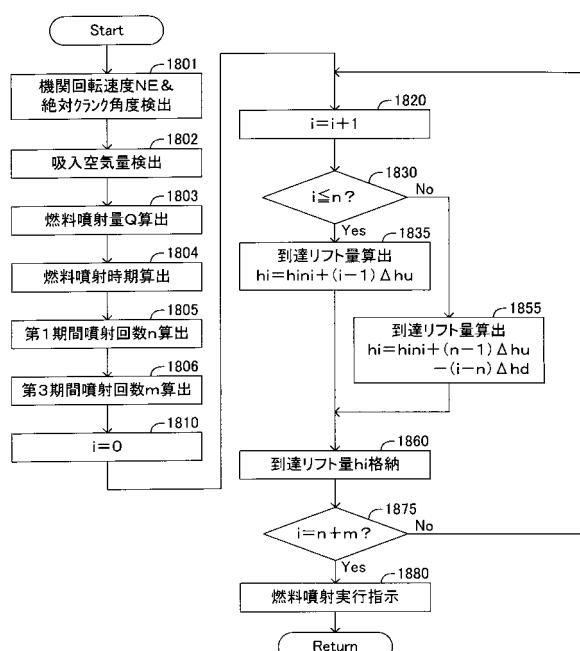
【図14】



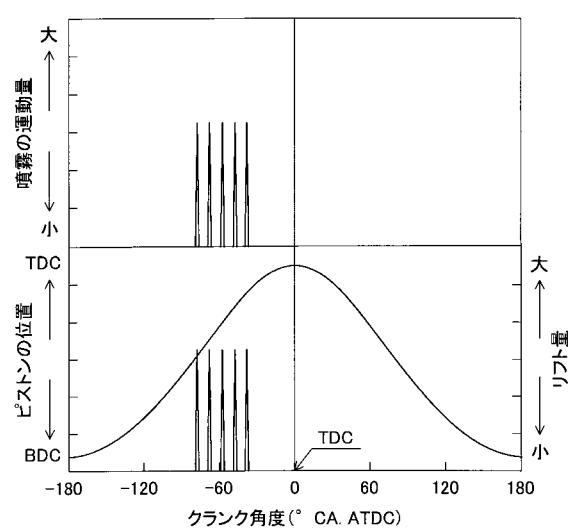
【図15】



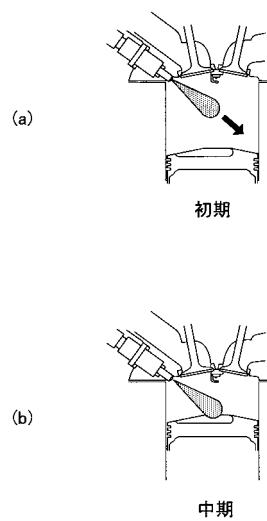
【図16】



【図 1 7】



【図 1 8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 星 賢児

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 足立 浩章

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 橋本 晋

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 3G301 HA01 HA04 JA24 JA26 JA28 KA06 LB01 LC10 MA11 NA08

NB20 PB03Z PG02