

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3945152号

(P3945152)

(45) 発行日 平成19年7月18日(2007.7.18)

(24) 登録日 平成19年4月20日(2007.4.20)

|                         |            |     |
|-------------------------|------------|-----|
| (51) Int. Cl.           | F I        |     |
| FO2D 41/02 (2006.01)    | FO2D 41/02 | 351 |
| FO2B 11/00 (2006.01)    | FO2B 11/00 | Z   |
| FO2B 23/10 (2006.01)    | FO2B 23/10 | Z   |
| FO2D 13/02 (2006.01)    | FO2D 13/02 | K   |
| FO2D 21/08 (2006.01)    | FO2D 13/02 | J   |
| 請求項の数 7 (全 15 頁) 最終頁に続く |            |     |

|           |                               |           |                     |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2000-354388 (P2000-354388)  | (73) 特許権者 | 000003997           |
| (22) 出願日  | 平成12年11月21日(2000.11.21)       |           | 日産自動車株式会社           |
| (65) 公開番号 | 特開2002-155780 (P2002-155780A) |           | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地    |
| (43) 公開日  | 平成14年5月31日(2002.5.31)         | (74) 代理人  | 100078330           |
| 審査請求日     | 平成15年2月25日(2003.2.25)         |           | 弁理士 笹島 富二雄          |
|           |                               | (72) 発明者  | 山口 浩一               |
|           |                               |           | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産 |
|           |                               |           | 自動車株式会社内            |
|           |                               | (72) 発明者  | 漆原 友則               |
|           |                               |           | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産 |
|           |                               |           | 自動車株式会社内            |
|           |                               | (72) 発明者  | 吉沢 幸大               |
|           |                               |           | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産 |
|           |                               |           | 自動車株式会社内            |
|           |                               | 最終頁に続く    |                     |

(54) 【発明の名称】 内燃機関の燃焼制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射装置と、点火プラグとを備え、少なくとも1回の圧縮行程中の燃料噴射と、該燃料噴射開始以前に終了する燃料噴射とを含む1サイクル中に2回の燃料噴射を行い、2回目の燃料噴射により生成される混合気に火花点火することで1段目の燃焼を行い、1段目の燃焼による燃焼室内の温度圧力上昇により周囲の混合気が圧縮自己着火することで2段目の燃焼を行う運転条件を持つ内燃機関の燃焼制御装置において、

1回目の燃料噴射の時期、2回目の燃料噴射の時期、1段目の燃焼を開始する点火時期を、機関回転速度及び機関負荷に応じて、1回目の燃料噴射の時期は、回転速度の増大に伴って遅角側に、また負荷の増大に伴って進角側に、2回目の燃料噴射の時期及び点火時期は、回転速度の増大に伴って遅角側に、また機関負荷の増大に伴って遅角側に、制御することにより、

機関回転速度及び機関負荷に応じて2段目の燃焼の開始時期を制御することを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

## 【請求項2】

全噴射量に対する2回目の噴射量割合を機関回転速度上昇に伴い増加させることを特徴とする請求項1記載の内燃機関の燃焼制御装置。

## 【請求項3】

全噴射量に対する2回目の噴射量割合を機関負荷上昇に伴い増加させることを特徴とす

10

20

る請求項 1 又は請求項 2 記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 4】

筒内に E G R ガスを導入する手段を備え、機関回転速度上昇に伴い E G R 率を増加させることを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 5】

筒内に E G R ガスを導入する手段を備え、機関負荷上昇に伴い E G R 率を減少させることを特徴とする請求項 1～請求項 4 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 6】

排気上死点付近の時期において排気弁と吸気弁とが共に閉じられた負のオーバーラップ期間を持つように制御可能な動弁機構を備え、機関回転速度上昇に伴い負のオーバーラップ期間を増加させることで E G R 率を増加させることを特徴とする請求項 1～請求項 5 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。 10

【請求項 7】

排気上死点付近の時期において排気弁と吸気弁とが共に閉じられた負のオーバーラップ期間を持つように制御可能な動弁機構を備え、機関負荷上昇に伴い負のオーバーラップ期間を減少させることで E G R 率を減少させることを特徴とする請求項 1～請求項 6 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば自動車用ガソリン機関のような 4 サイクル型の直噴火花点火圧縮自己着火式内燃機関において、圧縮自己着火燃焼のための 2 回の燃料噴射、及び点火により、所望の燃焼時期を得る内燃機関の燃焼制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

圧縮自己着火燃焼は、燃焼室の多点で燃焼が開始されるため燃焼速度が速く、通常の火花点火燃焼に比べてリーンな空燃比において安定燃焼が得られることから、燃料消費率の向上が可能である。また、リーンな空燃比により燃焼温度が低下することから、排気ガス中の N O x 排出量を大幅に低減できる。 30

【0003】

しかしながら、従来の圧縮自己着火式内燃機関では、燃焼開始時期はピストンの圧縮による温度、圧力変化によって進行する燃料の予反応速度に支配されていた。このため、圧縮自己着火燃焼において、適切な着火時期が得られる運転条件は、ごく限られた機関回転速度、負荷範囲に限られ、それ以外の運転条件においてはノッキングあるいは不安定燃焼が発生し、またノッキングに至らない場合でも、急激な圧力上昇により過大な燃焼騒音が発生するという問題点があった。

【0004】

このような問題点に対し、圧縮自己着火式内燃機関の着火時期を任意に制御する方法として、特開平 10-196424 号公報に示されるように、吸気通路内に噴射した燃料と吸入した空気とを混合し、シリンダ内に供給した混合気の一部に火花点火し、その燃焼により混合気全体の圧力、温度を上昇させ、残る混合気の圧縮自己着火を発生させる技術がある。 40

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記特開平 10-196424 号公報に示される圧縮自己着火式内燃機関の方式によっても、圧縮自己着火燃焼運転領域は、吸気通路内で形成し、シリンダ内に供給した混合気が、上死点前では圧縮自己着火しない条件を満たす機関回転速度、負荷範囲に限られるという問題点があった。

【0006】

50

また、圧縮自己着火燃焼においては、燃焼効率を低下させないために一定クランク角以内で燃焼を完了させる場合に、燃焼が行われる実時間が減少し単位時間当たりの圧力上昇率が増加する高回転時、及び総発熱量が増加し単位時間当たりの圧力上昇率が増加する高負荷時ほど、ノッキングが起こり易く、運転領域の拡大を困難としている。

#### 【0007】

本発明は、かかる問題点に鑑みたもので、その目的は、機関の運転状態に応じて燃焼時期を最適に制御して、ノッキング及び不安定燃焼を回避しつつ、圧縮自己着火燃焼運転領域を高負荷側及び高回転側に拡大することで、大幅な燃料消費率向上及びNO<sub>x</sub>排出量低減が可能な直噴火花点火圧縮自己着火式内燃機関の燃焼制御装置を提供することにある。

#### 【0008】

10

#### 【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、前記課題を解決するために、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射装置と、点火プラグとを備え、少なくとも1回の圧縮行程中の燃料噴射と、該燃料噴射開始以前に終了する燃料噴射とを含む1サイクル中に2回の燃料噴射を行い、2回目の燃料噴射により生成される混合気に火花点火することで1段目の燃焼を行い、1段目の燃焼による燃焼室内の温度圧力上昇により周囲の混合気が圧縮自己着火することで2段目の燃焼を行う運転条件を持つ内燃機関の燃焼制御装置において、1回目の燃料噴射の時期、2回目の燃料噴射の時期、1段目の燃焼を開始する点火時期を、機関回転速度及び機関負荷に応じて、1回目の燃料噴射の時期は、回転速度の増大に伴って遅角側に、また負荷の増大に伴って進角側に、2回目の燃料噴射の時期及び点火時期は、回転速度の増大に伴って遅角側に、また機関負荷の増大に伴って遅角側に、制御することにより、機関回転速度及び機関負荷に応じて2段目の燃焼の開始時期を制御することを特徴とする。

20

#### 【0011】

請求項2記載の発明は、全噴射量に対する2回目の噴射量割合を機関回転速度上昇に伴い増加させることを特徴とする。

また、請求項3記載の発明は、全噴射量に対する2回目の噴射量割合を機関負荷上昇に伴い増加させることを特徴とする。

請求項4記載の発明は、筒内にEGRガスを導入する手段を備え、機関回転速度上昇に伴いEGR率を増加させることを特徴とする。

また、請求項5記載の発明は、筒内にEGRガスを導入する手段を備え、機関負荷上昇に伴いEGR率を減少させることを特徴とする。

30

#### 【0012】

請求項6記載の発明は、排気上死点付近の時期において排気弁と吸気弁とが共に閉じられた負のオーバーラップ期間を持つように制御可能な動弁機構を備え、機関回転速度上昇に伴い負のオーバーラップ期間を増加させることでEGR率を増加させることを特徴とする。

また、請求項7記載の発明は、排気上死点付近の時期において排気弁と吸気弁とが共に閉じられた負のオーバーラップ期間を持つように制御可能な動弁機構を備え、機関負荷上昇に伴い負のオーバーラップ期間を減少させることでEGR率を減少させることを特徴とする。

40

#### 【0018】

#### 【発明の効果】

請求項1記載の発明によれば、直噴火花点火圧縮自己着火式内燃機関において、機関回転速度及び機関負荷に応じて2段目の燃焼（圧縮自己着火燃焼）の開始時期を制御することで、急激な圧力上昇を引き起こすことの無い適切な燃焼時期において、燃焼を行わせることができる。その結果、ノッキング及び不安定燃焼を防止しつつ、より広い範囲の機関回転速度及び機関負荷において圧縮自己着火燃焼運転が可能となる。

#### 【0019】

また、1回目の燃料噴射の時期、2回目の燃料噴射の時期、1段目の燃焼（火花点火燃焼）を開始する点火時期を、機関回転速度及び機関負荷に応じて制御することで、確実な

50

燃焼時期制御ができ、より広い範囲の機関回転速度及び機関負荷において圧縮自己着火燃焼運転が可能となる。

【0020】

また、1回目の燃料噴射時期を機関回転速度上昇に伴い遅らせることで、急激な圧力上昇を引き起こすことの無い適切な燃焼時期において、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の分散によるリーン化を抑制し、回転速度上昇に伴う燃料の予反応時間の不足に起因する圧縮自己着火燃焼の安定性低下、燃焼期間増大を防止できる。その結果、ノッキング、不安定燃焼及び熱効率低下を防止しつつ、圧縮自己着火燃焼運転領域をより高回転側に拡大できる。

また、1回目の燃料噴射時期を機関負荷上昇に伴い進ませることで、燃料を燃焼室内に分散させ、燃料噴射量の増加に伴う圧縮自己着火燃焼に関わる混合気のリッチ化を抑制し、急激な圧力上昇の発生を防止できる。その結果、ノッキングを防止しつつ、圧縮自己着火燃焼運転領域をより高負荷側に拡大できる。また逆に、1回目の燃料噴射時期を機関負荷低下に伴い遅らせることで、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の分散によるリーン化を抑制し、圧縮自己着火燃焼の安定性低下、燃焼期間増大を防止できる。その結果、不安定燃焼及び熱効率低下を防止しつつ、圧縮自己着火燃焼運転領域をより低負荷側に拡大できる。

【0021】

また、点火時期を機関回転速度上昇に伴い遅らせることで、火花点火燃焼に引き続く圧縮自己着火燃焼開始時期を遅らせ、燃焼時の急激な圧力上昇の発生を防止できる。その結果、ノッキングを防止しつつ圧縮自己着火燃焼運転領域をより高回転側に拡大できる。

また、点火時期を機関負荷上昇に伴い遅らせることで、火花点火燃焼に引き続く圧縮自己着火燃焼開始時期を遅らせ、燃焼時の急激な圧力上昇の発生を防止できる。その結果、ノッキングを防止しつつ圧縮自己着火燃焼運転領域をより高負荷側に拡大できる。

また、2回目の燃料噴射時期を機関回転速度上昇に伴う点火時期の遅角に伴い遅らせることで、点火時期において火花点火燃焼に関わる混合気の分散によるリーン化を抑制し、着火安定性の低下を防止できる。その結果、圧縮自己着火燃焼開始時期の制御が精度良く行われ、ノッキング及び安定性低下を防止しつつ、圧縮自己着火燃焼運転領域をより高回転側に拡大できる。

また、2回目の燃料噴射時期を機関負荷上昇に伴う点火時期の遅角に伴い遅らせることで、点火時期において火花点火燃焼に関わる混合気の分散によるリーン化を抑制し、着火安定性の低下を防止できる。その結果、急激な圧力上昇を引き起こすことの無い適切な燃焼時期において、圧縮自己着火燃焼開始時期の制御が精度良く行われ、ノッキング及び安定性低下を防止しつつ、圧縮自己着火燃焼運転領域をより高負荷側に拡大できる。

【0022】

請求項2記載の発明によれば、全噴射量に対する2回目の噴射量割合を機関回転速度上昇に伴い増加させることで次のような効果が得られる。前述のように、点火時期は機関回転速度上昇に伴い遅らせるよう制御される。火花点火燃焼の時期が上死点から遅角すると、燃焼時の燃焼室容積が増加するため、同じ発熱量が発生した時の圧力上昇が小さくなる。その結果、未燃ガス部の温度圧力上昇幅が小さくなり、圧縮自己着火燃焼が不安定となる場合がある。その場合、全噴射量に対する2回目の噴射量割合を増加することで発熱量を増加し、引き続く圧縮自己着火燃焼を確実に行わせることが可能である。その結果、ノッキング及び安定性低下を防止しつつ圧縮自己着火燃焼運転領域をより高回転側に拡大できる。

請求項3記載の発明によれば、全噴射量に対する2回目の噴射量割合を機関負荷上昇に伴い増加させることで次のような効果が得られる。前述のように、点火時期は機関負荷上昇に伴い遅らせるよう制御される。火花点火燃焼の時期が上死点から遅角すると、燃焼時の燃焼室容積が増加するため、同じ発熱量が発生した時の圧力上昇が小さくなる。その結果、未燃ガス部の温度圧力上昇幅が小さくなり、圧縮自己着火燃焼が不安定となる場合がある。その場合、全噴射量に対する2回目の噴射量割合を増加することで発熱量を増加し

10

20

30

40

50

、引き続き圧縮自己着火燃焼を確実に行わせることが可能である。その結果、ノッキング及び安定性低下を防止しつつ圧縮自己着火燃焼運転領域をより高負荷側に拡大できる。

#### 【0023】

請求項4記載の発明によれば、機関回転速度上昇に伴いEGR率を増加させ、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の温度を上昇させることで、回転上昇に伴う燃料の予反応時間の不足に起因する圧縮自己着火燃焼の安定性低下を防止でき、圧縮自己着火燃焼運転領域をより高回転側に拡大できる。

請求項5記載の発明によれば、機関負荷上昇に伴いEGR率を減少させ、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の温度を低下させることで、燃焼時期の早期化を防止し急激な圧力上昇の発生を防止できる。その結果、ノッキングを防止しつつ圧縮自己着火燃焼運転領域をより高負荷側に拡大できる。また逆に、機関負荷低下に伴いEGR率を増加させ、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の温度を上昇させることで、圧縮自己着火燃焼の安定性低下を防止できる。その結果、不安定燃焼を防止しつつ、圧縮自己着火燃焼運転領域をより低負荷側に拡大できる。

10

請求項6記載の発明によれば、機関回転速度上昇に伴い排気上死点付近の時期において排気弁と吸気弁とが共に閉じられた負のオーバーラップ期間を増加させることにより、ガスの閉じ込めによる内部EGR率を増加させ、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の温度を上昇させることで、回転速度上昇に伴う燃料の予反応時間の不足に起因する圧縮自己着火燃焼の安定性低下を防止でき、圧縮自己着火燃焼運転領域をより高回転側に拡大できる。

請求項7記載の発明によれば、機関負荷上昇に伴い排気上死点付近の時期において排気弁と吸気弁とが共に閉じられた負のオーバーラップ期間を減少させることにより、ガスの閉じ込めによる内部EGR率を減少させ、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の温度を低下させることで、燃焼時期の早期化を防止し急激な圧力上昇の発生を防止できる。その結果、ノッキングを防止しつつ圧縮自己着火燃焼運転領域をより高負荷側に拡大できる。また逆に、機関負荷低下に伴い負のオーバーラップ期間を増加させることにより、内部EGR率を増加させ、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の温度を上昇させることで、圧縮自己着火燃焼の安定性低下を防止できる。その結果、不安定燃焼を防止しつつ、圧縮自己着火燃焼運転領域をより低負荷側に拡大できる。

20

#### 【0031】

##### 【発明の実施の形態】

以下に本発明を直噴火花点火圧縮自己着火式内燃機関である4サイクル型の自動車用ガソリン機関に適用した実施形態を図面に基づいて説明する。

図1は本発明に係る直噴火花点火圧縮自己着火式内燃機関の第1実施形態の構成を示すシステム図である。

30

#### 【0032】

シリンダ1、シリンダヘッド2及びピストン3により画成される燃焼室4には、図示しないスロットル弁の制御を受けた空気が、吸気通路を構成する吸気マニフールド5及び吸気ポート6より、吸気弁7の開時に吸入される。

シリンダヘッド2には、燃焼室4の上側の略中心部に位置させて、燃焼室4内に直接燃料を噴射するように燃料噴射装置（燃料噴射弁）8が取付けられると共に、火花点火用の点火プラグ9が取付けられている。

40

#### 【0033】

燃焼後の排気は、排気弁10の開時に、排気通路を構成する排気ポート11及び排気マニフールド12より排出される。また、筒内にEGRガスを導入する手段として、排気マニフールド12より排気の一部を吸気マニフールド5に還流するEGR通路13が設けられ、このEGR通路13にはEGR量（EGR率）を調整可能なEGR制御弁14が介装されている。

#### 【0034】

機関制御用の電子制御装置（エンジンコントロールユニット；以下ECUという）20は、マイクロコンピュータを内蔵しており、これには、クランク角センサ（図示せず）から

50

のクランク角信号（これにより機関回転速度 $N$ を検出可能）、アクセル開度センサ（図示せず）からのアクセル開度信号（これにより機関負荷 $T$ を検出可能）が入力され、更に、エアフローメータ（図示せず）からの吸入空気量信号、吸気温度センサ（図示せず）からの吸気温度信号、排気温度センサ（図示せず）からの排気温度信号等も入力されている。

#### 【0035】

ECU20は、これらの入力信号に基づいて、燃料噴射装置8、点火プラグ9、EGR制御弁14の作動を制御する。

特に、この内燃機関では、運転条件に応じた燃焼制御を行うため、ECU20は、運転条件に応じて火花点火燃焼と圧縮自己着火燃焼（火花点火圧縮自己着火燃焼）とのいずれの燃焼形態で運転を行うかを判断する燃焼形態判断部21を備えると共に、その判定結果に  
10 従って燃焼パラメータを各燃焼形態にて最適となるように制御する燃料噴射量制御部22、燃料噴射時期制御部23、点火時期制御部24、EGR率制御部25を備えている。但し、これらはマイクロコンピュータのプログラムとして実現される。

#### 【0036】

次に、本実施形態での燃焼制御について説明する。

前記構成のもと、本実施形態では、機関回転速度、負荷の運転条件に応じて、火花点火燃焼と圧縮自己着火燃焼とを切替可能となっており、図2に示すように、機関回転速度 $N$ と負荷 $T$ とによる特定の運転領域（低中回転・低中負荷領域）において圧縮自己着火燃焼を行い、それ以外の運転領域においては火花点火燃焼を行う。

#### 【0037】

圧縮自己着火燃焼においては、圧縮行程中の燃料噴射（2回目の燃料噴射）と、該燃料噴射開始以前に終了する燃料噴射（1回目の燃料噴射）とを含む1サイクル中に2回の燃料噴射を行い、2回目の燃料噴射により生成される混合気に火花点火することで1段目の燃焼を行い、1段目の燃焼による燃焼室内の温度圧力上昇により周囲の混合気が圧縮自己着火することで2段目の燃焼を行う。

#### 【0038】

図3には圧縮自己着火燃焼時のクランク角度に対する筒内圧力の変化の例を示している。図中の1回目の筒内圧ピークが1段目の燃焼（火花点火燃焼）に対応し、2回目の筒内圧ピークが2段目の燃焼（圧縮自己着火燃焼）に対応する。

圧縮自己着火燃焼においては、図4に示すように、圧力上昇率とノッキング強度とには相  
30 関があり、圧力上昇率が大きくなるとノッキング強度が強くなることが明らかとなっている。尚、図中の圧力上昇率 $dP/dt_{max}$ は1サイクル中の最大圧力上昇率である。

#### 【0039】

また、図5に示すように、燃焼期間の増大に伴い、燃焼期間中にピストンが下降することにより燃焼が不完全となり、燃焼効率（投入した燃料の発熱量に対する、実際に燃焼した燃料の発熱量の比）が低下することが明らかとなっている。尚、図中の燃焼期間 $\theta_{10-90}$ は、燃焼室内に噴射された燃料の10%が燃焼したクランク角度から同燃料の90%が燃焼したクランク角度までの期間であり、燃焼期間を表す1パラメータである。

#### 【0040】

従って、燃焼効率を低下させないために一定クランク角以内に燃焼を完了させる場合に、  
40 燃焼が行われる実時間が減少し単位時間当たりの圧力上昇率が増加する高回転時、及び総発熱量が増加し単位時間当たりの圧力上昇率が増加する高負荷時ほど、ノッキングが起り易く、圧縮自己着火運転領域の拡大を困難としている。

#### 【0041】

図6には機関回転速度 $N$ 及び負荷 $T$ と燃焼時期 $\theta_{50}$ とに対する圧力上昇率 $dP/dt_{max}$ の関係を示している。 $\theta_{50}$ は燃焼室内に噴射された燃料の50%が燃焼したクランク角度であり、燃焼時期を表す1パラメータである。この図からわかるように、同じ回転速度あるいは同じ負荷であれば、燃焼時期を上死点から遅角するほど、圧力上昇率は低下する。これはピストンが下降する時に燃焼が行われるため、ピストン下降による圧力の低下によって燃焼時の圧力上昇率が抑えられるからである。

10

20

30

40

50

## 【0042】

本実施形態においては、燃焼室内に噴射された燃料の50%が燃焼したクランク角度で表す燃焼時期 $\theta_{50}$ を上死点後とし、図7に示すように、機関回転速度Nの上昇あるいは負荷Tの上昇に伴い、更に遅らせるよう制御することで、ノッキングを防止する。その結果、圧縮自己着火燃焼運転領域の拡大が可能となる。

そのため、機関の運転条件に応じて、適切な燃焼時期（2段目の燃焼の開始時期）が得られるように、1回目の燃料噴射時期、2回目の燃料噴射時期、1段目の燃焼を開始する点火時期、1回目の燃料噴射と2回目の燃料噴射との噴射量割合（全噴射量に対する2回目の噴射量割合）、EGR率のうち、少なくとも1つを以下のように制御する。

## 【0043】

10

図8に機関回転速度N及び負荷Tに対する1回目の燃料噴射時期IT1の特性を示す。この図のように1回目の燃料噴射時期IT1を機関回転速度上昇に伴い遅らせることで、急激な圧力上昇を引き起こすことの無い適切な燃焼時期において、圧縮自己着火燃焼に関わる混合気の分散によるリーン化を抑制し、回転速度上昇に伴う燃料の予反応時間の不足に起因する圧縮自己着火燃焼の安定性低下、及び燃焼期間の増大を防止できる。また、1回目の燃料噴射時期IT1を機関負荷上昇に伴い進ませることで、燃料を燃焼室内に分散させ、燃料噴射量の増加に伴う圧縮自己着火燃焼に関わる混合気のリッチ化を抑制し、急激な圧力上昇の発生を防止できる。

## 【0044】

図9に機関回転速度N及び負荷Tに対する点火時期IGTの特性を示す。この図のように点火時期IGTを機関回転速度上昇に伴い遅らせることで、火花点火燃焼に引き続く圧縮自己着火燃焼開始時期を遅らせ、燃焼時の急激な圧力上昇の発生を防止できる。また、点火時期IGTを機関負荷上昇に伴い遅らせることで、火花点火燃焼に引き続く圧縮自己着火燃焼時期を遅らせ、急激な圧力上昇の発生を防止できる。

20

## 【0045】

図10に機関回転速度N及び負荷Tに対する2回目の燃料噴射時期IT2の特性を示す。2回目の燃料噴射時期IT2を、機関回転速度及び負荷上昇に伴い、すなわち点火時期の遅角に伴い、遅らせることで、点火時期において火花点火燃焼に関わる混合気の分散によるリーン化を抑制し、着火安定性の低下を防止することで、圧縮自己着火燃焼開始時期の制御が精度良く行われる。

30

## 【0046】

図11に機関回転速度N及び負荷Tに対する全噴射量に対する2回目の噴射量割合の特性を示す。前述のように、点火時期IGTは機関回転速度及び負荷上昇に伴い遅らせるよう制御される。その場合、この図のように全噴射量に対する2回目の噴射量割合を増加させることで、火花点火燃焼の発熱量を増加し、引き続く圧縮自己着火燃焼を確実に行わせることが可能となる。

## 【0047】

ディーゼル燃料に比べてセタン価が低いガソリンのような燃料を用いて圧縮自己着火燃焼を行うためには、混合気の昇温による着火性向上が有効である。そこで、本実施形態では、EGRガスにより筒内温度を上昇させる。

40

図12に機関回転速度N及び負荷Tに対するEGR率の特性を示す。この図のように機関回転速度上昇に伴いEGR率を増加することで、燃焼時期遅角時の圧縮自己着火燃焼の安定度低下を防止できる。また、低負荷ほどEGR率を増加することで、圧縮自己着火燃焼の安定度低下を防止できると共に、負荷上昇に伴いEGR率を減少することで、ノッキングを防止できる。

## 【0048】

尚、図13にはEGR率と排気温度とに対するEGR制御弁開度の特性を示している。目標とするEGR率が大きくなるほど、EGR制御弁開度を大きくすることは当然であるが、排気温度により筒内温度を間接的に検出し、排気温度が低くなるに従って、筒内温度上昇のためEGR制御弁開度を大側に補正し、逆に排気温度が高くなるに従って、EGR制

50

御弁開度を小側に補正している。尚、排気温度に代えて、吸気温度を用いるようにしてもよい。

【0049】

以上に基づいて行われる本実施形態での燃焼制御の流れをフローチャートにより説明する。

図14は燃焼制御ルーチンのフローチャートであり、所定時間毎又は所定クランク角毎に実行される。

S101では、機関回転速度N、負荷Tを検出する。

【0050】

S102では、図2のマップに基づき、機関回転速度Nと負荷Tとから、火花点火燃焼運 10  
転領域であるか、圧縮自己着火燃焼運転領域であるか、燃焼形態を判断する。火花点火燃焼を行うと判断された場合は、S103に進み、通常の火花点火燃焼の制御を行う。

一方、圧縮自己着火燃焼を行うと判断された場合は、S104～S110に示す圧縮自己着火燃焼の制御を行う。以下、この圧縮自己着火燃焼の制御について説明する。

【0051】

S104では、図12のマップに基づき、機関回転速度Nと負荷Tとから、EGR率を算出する。ここで、EGR率は、回転速度Nの増大に伴って大きく、また負荷Tの増大に伴って小さく設定される。

S105では、排気温度を検出する。

S106では、図13のマップに基づき、EGR率と排気温度とから、EGR制御弁開度 20  
を算出し、制御する。ここで、EGR制御弁開度は、EGR率の増大に伴って大きく、排気温度の上昇に伴って小さく設定される。但し、EGR率による燃焼時期制御を行わない場合はこれらS104～S106は省略される。

【0052】

S107では、図11のマップを用いて、1回目の燃料噴射量 $q_1$ 、2回目の燃料噴射量 $q_2$ を算出する。詳しくは、先ず、図11のマップに基づき、機関回転速度Nと負荷Tとから、全噴射量 $q$ に対する2回目の噴射量割合Mを算出する。ここで、2回目の噴射量割合Mは、回転速度Nの増大及び負荷Tの増大に伴って大きく設定される。そして、1回目の燃料噴射量 $q_1 = \text{全噴射量 } q \times (1 - M)$ 、2回目の燃料噴射量 $q_2 = \text{全噴射量 } q \times M$ として、算出する。尚、全噴射量 $q$ は吸入空気量、機関回転速度、目標空燃比等から周知 30  
の方法で算出される。

【0053】

S108では、図8のマップに基づき、機関回転速度Nと負荷Tとから、1回目の燃料噴射時期IT1を算出する。ここで、1回目の燃料噴射時期IT1は、回転速度Nの増大に伴って遅角側に、また負荷Tの増大に伴って進角側に設定される。

S109では、図10のマップに基づき、機関回転速度Nと負荷Tとから、2回目の燃料噴射時期IT2を算出する。ここで、2回目の燃料噴射時期IT2は、回転速度Nの増大及び負荷Tの増大に伴って遅角側に設定される。

【0054】

S110では、図9のマップに基づき、機関回転速度Nと負荷Tとから、点火時期IGT 40  
を算出する。ここで、点火時期IGTは、回転速度Nの増大及び負荷Tの増大に伴って遅角側に設定される。

このように制御することで、機関回転速度及び負荷に応じた最適な時期に燃焼を行うことができる。ここで、S104～S110の部分が圧縮自己着火燃焼時に機関回転速度及び負荷に応じて2段目の燃焼（圧縮自己着火燃焼）の開始時期を制御する手段に相当する。

【0055】

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

図15は本発明に係る直噴火花点火圧縮自己着火式内燃機関の第2実施形態の構成を示すシステム図である。



第2の実施形態（図15）の構成は第1の実施形態（図1）の構成に対して、EGRガスを内部EGRとして筒内に導入する手段を有している点が異なる。すなわち、図1におけるEGR通路13及びEGR制御弁14の代わりに、吸気弁7及び排気弁10に対しその開閉時期を任意に制御可能な動弁機構（バルブタイミング可変機構）15、16を設置している。

#### 【0056】

そして、このバルブタイミング可変機構15、16により、排気上死点付近の時期において排気弁7と吸気弁10とが共に閉じられた負のオーバーラップ期間（マイナスO/L）を持つように制御し、機関回転速度N及び負荷Tに応じて負のオーバーラップ期間を制御することで、EGR率の制御を行う。尚、バルブタイミング可変機構は前記負のオーバーラップ期間を持つように設定可能であればどのような機構を用いても良い。

10

#### 【0057】

また、第2実施形態では、第1実施形態と異なり、燃料噴射装置（燃料噴射弁）8が、燃焼室4の周辺部における吸気ポート6の下寄りの位置から、燃焼室4の中心部を指向して、燃焼室4内に直接燃料を噴射するように、シリンダヘッド2に取付けられている。尚、第1実施形態においても燃料噴射装置8を吸気側に設けるよう構成しても良く、逆に第2実施形態において、第1実施形態と同様に、燃料噴射装置8を燃焼室4の上側の略中心部に位置させても良い。

#### 【0058】

図16に本実施形態での吸気弁7及び排気弁10のバルブタイミング設定の一例を示す。火花点火燃焼時（A）は、通常の4サイクルガソリン機関と同様に、排気弁の開時期（EVC）と吸気弁の開時期（IVO）とが排気上死点（TDC）付近となって所要のオーバーラップ期間（O/L）を有するように設定する。

20

#### 【0059】

一方、圧縮自己着火燃焼時（B）は、火花点火燃焼時に対して、排気弁について、その閉時期（EVC）を進角して排気行程途中で閉弁させると共に、吸気弁について、その開時期（IVO）を遅角して吸気行程途中で開弁させるように制御し、排気上死点（TDC）付近の時期において排気弁と吸気弁とが共に閉じられた負のオーバーラップ期間（マイナスO/L）を持つように設定する。

#### 【0060】

このように、圧縮自己着火燃焼時に負のオーバーラップ期間を持つバルブタイミングとすることにより、排気弁が排気行程途中で閉弁され、その時点での燃焼室容積に相当する高温の既燃ガスを燃焼室内に滞留させ、次サイクルへの内部EGRガスとする。次サイクルでは、吸気行程途中で吸気弁が開弁され、新気が吸入される。ここで、新気は内部EGRガスから熱量を受けて、筒内ガス温度が上昇することになる。

30

#### 【0061】

図17にはEGR率（図12の特性に従って機関回転速度N及び負荷Tから算出されるEGR率）と排気温度とに対する負のオーバーラップ期間の特性を示している。目標とするEGR率が大きくなるほど、内部EGRの増大のため、負のオーバーラップ期間を大きくすることは当然であるが、排気温度により筒内温度を間接的に検出し、排気温度が低くなるに従って、筒内温度上昇のため負のオーバーラップ期間を大側に補正し、逆に排気温度が高くなるに従って、負のオーバーラップ期間を小側に補正している。この場合も、排気温度に代えて、吸気温度を用いるようにしてもよい。

40

#### 【0062】

以上に基づいて行われる本実施形態での燃焼制御の流れをフローチャートにより説明する。

図18は燃焼制御ルーチンのフローチャートであり、所定時間毎又は所定クランク角毎に実行される。

S201では、機関回転速度N、負荷Tを検出する。

#### 【0063】

50

S 2 0 2では、図 2 のマップに基づき、機関回転速度Nと負荷Tとから、火花点火燃焼運転領域であるか、圧縮自己着火燃焼運転領域であるか、燃焼形態を判断する。

火花点火燃焼を行うと判断された場合は、S 2 0 3に進み、通常の火花点火燃焼の制御を行う。また、S 2 0 4で、通常のバルブタイミング制御、すなわち、図 1 6 の (A) に示すような通常の吸排気弁オーバーラップ期間を持つバルブタイミングに制御する。

#### 【0 0 6 4】

一方、圧縮自己着火燃焼を行うと判断された場合は、S 2 0 5～S 2 1 2 に示す圧縮自己着火燃焼の制御を行う。以下、この圧縮自己着火燃焼の制御について説明する。

S 2 0 5では、図 1 2 のマップに基づき、機関回転速度Nと負荷Tとから、E G R率を算出する。ここで、E G R率は、回転速度Nの増大に伴って大きく、また負荷Tの増大に伴って小さく設定される。

10

#### 【0 0 6 5】

S 2 0 6では、排気温度を検出する。

S 2 0 7では、図 1 7 のマップに基づき、E G R率と排気温度とから、負のオーバーラップ期間（マイナスO／L）を算出する。ここで、マイナスO／Lは、E G R率の増大に伴って大きく、排気温度の上昇に伴って小さく設定される。

S 2 0 8では、図 1 6 の (B) に示すように、S 2 0 7で算出された負のオーバーラップ期間（マイナスO／L）を持つように吸気弁及び排気弁のバルブタイミングを制御する。

#### 【0 0 6 6】

S 2 0 9～S 2 1 2 は、第 1 実施形態（図 1 4）のフローのS 1 0 7～S 1 1 0と同じであり、1 回目の燃料噴射量 $q_1$ 、2 回目の燃料噴射量 $q_2$ 、1 回目の燃料噴射時期IT、2 回目の燃料噴射時期IT2、点火時期IGTを算出して、制御する。

20

このように制御することで、機関回転速度及び負荷に応じた最適な時期に燃焼を行うことができる。ここで、S 2 0 5～S 2 1 2 の部分が圧縮自己着火燃焼時に機関回転速度及び負荷に応じて2 段目の燃焼（圧縮自己着火燃焼）の開始時期を制御する手段に相当する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態を示す内燃機関のシステム図

【図 2】 圧縮自己着火燃焼を行う運転領域を示す図

【図 3】 圧縮自己着火燃焼時の筒内圧力の変化を示す図

【図 4】 圧力上昇率とノッキング強度との関係を示す図

30

【図 5】 燃焼期間と燃焼効率との関係を示す図

【図 6】 回転速度、負荷、燃焼時期と圧力上昇率との関係を示す図

【図 7】 回転速度及び負荷に対する好ましい燃焼時期を示す図

【図 8】 回転速度及び負荷に対する 1 回目の燃料噴射時期の特性図

【図 9】 回転速度及び負荷に対する点火時期の特性図

【図 1 0】 回転速度及び負荷に対する 2 回目の燃料噴射時期の特性図

【図 1 1】 回転速度及び負荷に対する 2 回目の燃料噴射量割合の特性図

【図 1 2】 回転速度及び負荷に対する E G R率の特性図

【図 1 3】 E G R率及び排気温度に対する E G R制御弁開度の特性図

【図 1 4】 第 1 実施形態での燃焼制御のフローチャート

40

【図 1 5】 本発明の第 2 実施形態を示す内燃機関のシステム図

【図 1 6】 吸排気弁のバルブタイミング設定の一例を示す図

【図 1 7】 E G R率及び排気温度に対する負のオーバーラップの特性図

【図 1 8】 第 2 実施形態での燃焼制御のフローチャート

#### 【符号の説明】

1 シリンダ

2 シリンダヘッド

3 ピストン

4 燃焼室

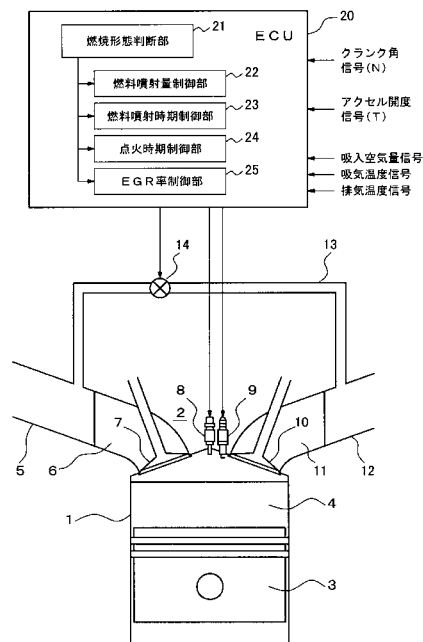
5 吸気マニフォールド

50

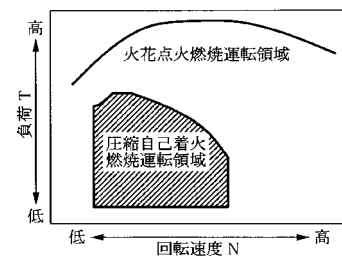
- 6 吸気ポート
- 7 吸気弁
- 8 燃料噴射装置
- 9 点火プラグ
- 10 排気弁
- 11 排気ポート
- 12 排気マニフォールド
- 13 EGR通路
- 14 EGR制御弁
- 15 吸気弁のバルブタイミング可変機構
- 16 排気弁のバルブタイミング可変機構
- 20 ECU
- 21 燃焼形態判断部
- 22 燃料噴射量制御部
- 23 燃料噴射時期制御部
- 24 点火時期制御部
- 25 EGR率制御部

10

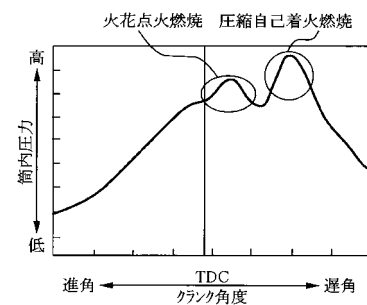
【図 1】



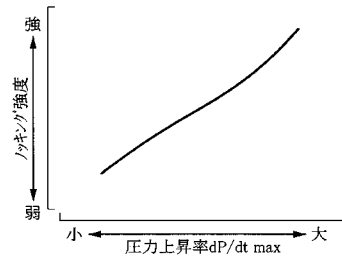
【図 2】



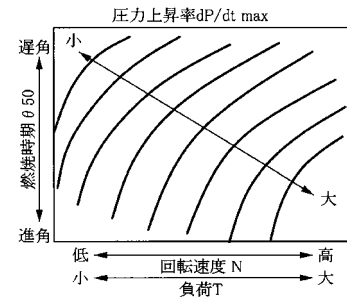
【図 3】



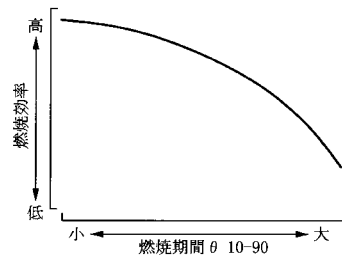
【図 4】



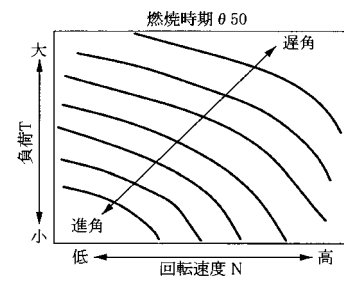
【図 6】



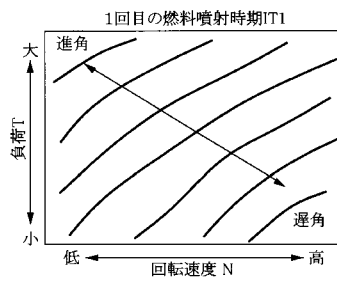
【図 5】



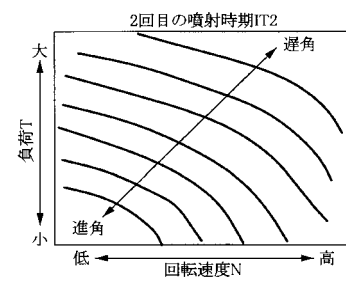
【図 7】



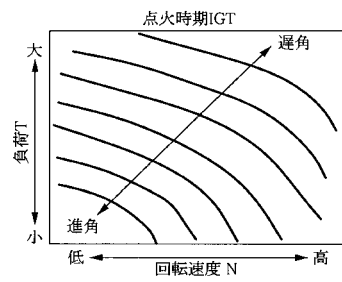
【図 8】



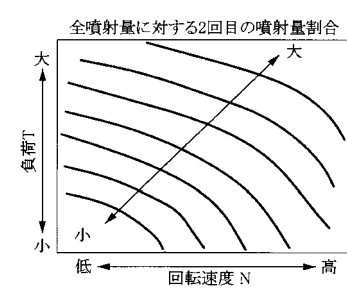
【図 10】



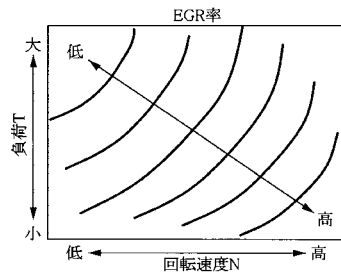
【図 9】



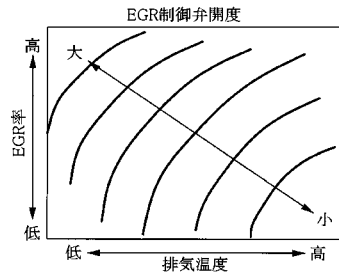
【図 11】



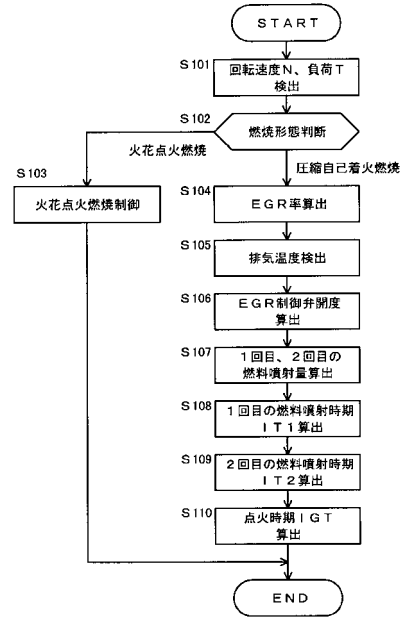
【図 1 2】



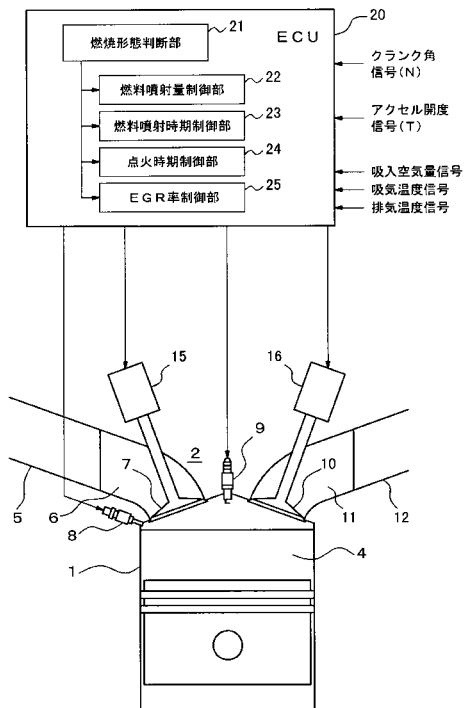
【図 1 3】



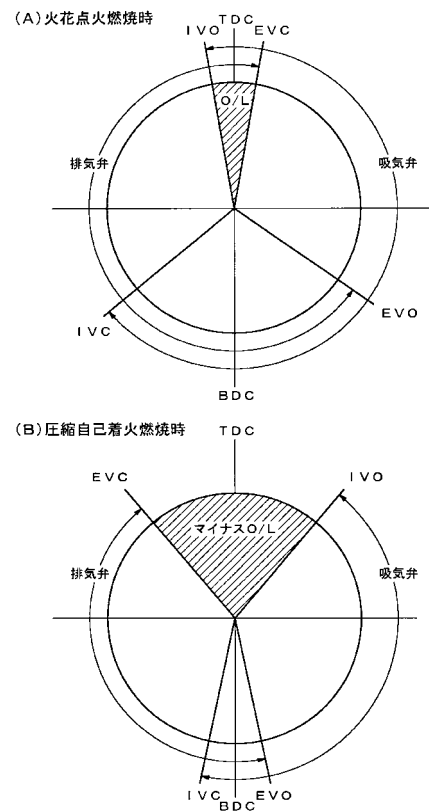
【図 1 4】



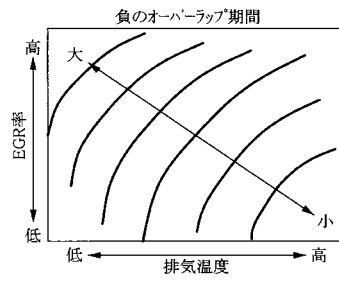
【図 1 5】



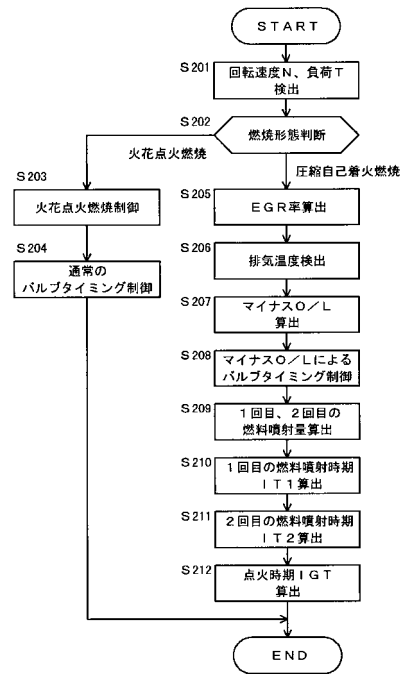
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

|                |              |                  |         |       |         |
|----------------|--------------|------------------|---------|-------|---------|
| <b>F 0 2 D</b> | <b>41/04</b> | <b>(2006.01)</b> | F 0 2 D | 21/08 | 3 0 1 C |
| <b>F 0 2 D</b> | <b>41/38</b> | <b>(2006.01)</b> | F 0 2 D | 41/04 | 3 8 0 F |
| <b>F 0 2 D</b> | <b>41/40</b> | <b>(2006.01)</b> | F 0 2 D | 41/04 | 3 8 5 F |
| <b>F 0 2 D</b> | <b>43/00</b> | <b>(2006.01)</b> | F 0 2 D | 41/38 | B       |
| <b>F 0 2 M</b> | <b>25/07</b> | <b>(2006.01)</b> | F 0 2 D | 41/40 | C       |
| <b>F 0 2 P</b> | <b>5/15</b>  | <b>(2006.01)</b> | F 0 2 D | 43/00 | 3 0 1 Z |
|                |              |                  | F 0 2 D | 43/00 | 3 0 1 B |
|                |              |                  | F 0 2 D | 43/00 | 3 0 1 G |
|                |              |                  | F 0 2 D | 43/00 | 3 0 1 N |
|                |              |                  | F 0 2 M | 25/07 | 5 5 0 R |
|                |              |                  | F 0 2 M | 25/07 | 5 5 0 F |
|                |              |                  | F 0 2 M | 25/07 | 5 7 0 A |
|                |              |                  | F 0 2 P | 5/15  | C       |

(72)発明者 谷山 剛

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会社内

審査官 佐々木 正章

(56)参考文献 特開平 1 1－1 0 1 1 2 7 (J P, A)

特開平 1 1－2 1 0 5 3 9 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 41/00

F02D 43/00

F02M 25/07

F02P 5/15

F02B 11/00

F02D 13/02

F02D 21/08