



(51) 国際特許分類6 F02D 41/02, 41/04, 45/00, F02P 5/15	A1	(11) 国際公開番号 WO98/09062 (43) 国際公開日 1998年3月5日 (05.03.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP97/02982 (22) 国際出願日 1997年8月27日 (27.08.97) (30) 優先権データ 特願平8/226568 1996年8月28日 (28.08.96) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 三菱自動車工業株式会社 (MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP] 〒108 東京都港区芝五丁目33番8号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ) 田村宏記(TAMURA, Hiroki)[JP/JP] 田島一親(TASHIMA, Kazuchika)[JP/JP] 〒108 東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車工業株式会社内 Tokyo, (JP) (74) 代理人 弁理士 長門侃二(NAGATO, Kanji) 〒105 東京都港区新橋五丁目8番1号 SKKビル5階 Tokyo, (JP)		(81) 指定国 DE, KR, SE, US. 添付公開書類 国際調査報告書
(54) Title: CONTROLLER OF IN-CYLINDER INJECTION SPARK IGNITION INTERNAL COMBUSTION ENGINE (54) 発明の名称 筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置 (1) 圧縮リーンモード ← S-FBモード (3) (4) プレミアムガソリン (5) レギュラーガソリン (6) 吸気行程噴射モードでのノックゾーン (7) スロットル開度 θ_{th} (1) ... compression lean mode (2) ... torque (3) ... S-FB mode (4) ... premium gasoline (5) ... regular gasoline (6) ... knocking zone in intake stroke injection mode (7) ... throttle opening		
(57) Abstract A controller of an in-cylinder spark ignition internal combustion engine switches a control mode in accordance with the engine operating condition between a compression stroke injection mode control under which the fuel is injected during a compression stroke and laminar combustion is effected and an intake stroke injection mode control under which the fuel is injected during an intake stroke and uniform mixing and combustion are effected. When a regular gasoline having a lower octane value than that of a premium gasoline is used, the octane value of a target mean effective pressure (P_e) set in accordance with the throttle opening (θ_{th}) is corrected so that the engine output before and after the mode switching is compensated so as to thereby prevent a torque shock at the time of mode switching.		

(57) 要約

筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置は、圧縮行程中に燃料を噴射して層状燃焼を行わせる圧縮行程噴射モード制御と、吸気行程中に燃料を噴射して均一混合燃焼を行わせる吸気行程噴射モード制御との間で制御モードをエンジン運転状態に応じて切り換える。プレミアムガソリンに比べてオクタン価の低いレギュラーガソリンを使用する場合、スロットル開度 (θ_{th}) に応じて設定される目標平均有効圧 (P_e) を、モード切替前後におけるエンジン出力変化を補償するようにオクタン価補正し、これにより、モード切替時のトルクショックを防止する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に記載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード (参考情報)

AL	アルバニア	ES	スペイン	LK	スリランカ	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FR	フランス	LS	レソト	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	GA	ガボン	LT	リトアニア	SK	スロヴァキア共和国
AZ	アゼルバイジャン	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SL	シエラレオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SN	セネガル
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ共和国	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GW	ギニアビサウ	MK	マケドニア旧ユーゴス ラヴィア共和国	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	ML	マリ	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	ID	インドネシア	MR	モリタニア	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UA	ウクライナ
CF	中央アフリカ共和国	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UG	ウガンダ
CG	コンゴ	IS	アイスランド	NE	ニジェール	US	米国
CH	スイス	IT	イタリア	NL	オランダ	UZ	ウズベキスタン
CI	コート・ジボアール	JP	日本	NO	ノルウェー	VN	ヴィエトナム
CM	カメルーン	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	YU	ユーゴスラビア
CN	中国	KG	キルギスタン	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
CU	キューバ	KP	朝鮮民主主義人民共和国	PT	ポルトガル		
CZ	チェッコ共和国	KR	大韓民国	RO	ルーマニア		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア連邦		
DK	デンマーク	LC	セントルシア	SD	スーダン		
EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン				

明 細 書

筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置

技 術 分 野

- 5 本発明は、筒内噴射型火花点火式内燃エンジンを制御する制御装置に関し、特に、エンジンに供給される燃料の性状などのノッキング発生に關与するパラメータの値に変化が生じた場合のドライバビリティや燃費の悪化を極力防止するようにした制御装置に関する。

背 景 技 術

10

近年、車両に搭載される火花点火式内燃エンジンにおいて、有害排出ガス成分の低減や燃費の向上等を図るため、旧来の吸気管噴射型に代えて、燃焼室に直接燃料を噴射する筒内噴射型のガソリンエンジンが種々提案されている。

- 筒内噴射型のガソリンエンジンでは、例えば、燃料噴射弁からピストン頂部に設けたキャビティ内に燃料を噴射することで、点火時点において点火プラグの周囲に理論空燃比に近い空燃比の混合気を生成させている。これにより、全体に希薄な空燃比でも着火が可能となり、COやHCの排出量が減少すると共に、アイドル運転時や低負荷走行時の燃費を大幅に向上させることができる。

- また、このようなガソリンエンジンでは、エンジンの運転状態、つまりエンジン負荷に応じて、圧縮行程噴射モードと吸気行程噴射モードとの間で噴射モードを切り換えるようにしている。すなわち、低負荷運転時には、主として圧縮行程中に燃料を噴射する圧縮行程噴射モードを選択し、これにより点火プラグの周囲やキャビティ内に局所的に理論空燃比に近い混合気を形成させ、全体として希薄な空燃比でも良好な層状燃焼が可能ないようにしている（この噴射モードを圧縮リーンモードと云う）。圧縮行程噴射モードでは、全体空燃比を大きく（例えば、空燃比40に）設定してもエンジン運転が可能であるため、新気吸入空気量や排気ガス還流量（EGR量）を多量に筒内に供給することができ、これによりポンピングロスを低減させて燃費を著しく改善することができ

25

る。このため、圧縮行程噴射モードでのエンジン運転領域を極力拡げて燃費の改善を図ることが望ましい。

一方、中高負荷運転時には、主として吸気行程中に燃料を噴射する吸気行程噴射モードを選択し、これにより燃焼室内に均一な空燃比の混合気を形成させ、

5 吸気管噴射型ガソリンエンジンの場合と同様に、多量の燃料を燃焼させて加速時や高速走行時に要求される出力を確保するようにしている（空燃比を理論空燃比近傍に制御する場合、この噴射モードをストイキオフィードバック（S - F B）モードと云い、理論空燃比よりも燃料希薄側の空燃比（例えば、2 2 程度）に制御する場合にはこの噴射モードを吸気リーンモードと云う）。

10 ところで、吸気管噴射型ガソリンエンジンでは、エンジンに供給される混合気の可燃空燃比域（希薄燃焼域）が狭いために、体積効率 E_v が一定であれば可燃空燃比域全体でほぼ一定の出力トルクが得られる。すなわち、エンジン出力トルクは、体積効率 E_v から略一義的に定まる。このため、吸気管噴射型のガソリンエンジンでは、例えばエアフローセンサ出力から得られる体積効率 E_v

15 に基づいて目標空燃比や目標点火時期等のエンジン制御パラメータ値を設定し、この制御パラメータ値に基づいてエンジンの作動を制御している。

一方、筒内噴射ガソリンエンジンの圧縮行程噴射モード制御では、上述したとおり、燃料をピストン頂部のキャビティ内に噴射し、全体として層状リーン燃焼を行わせるようにしているので、点火プラグの周囲にのみ可燃混合気が存在すれば正常燃焼が可能である。換言すれば、吸気管噴射型ガソリンエンジン

20 と比べ全体空燃比でみて、筒内噴射エンジンでの可燃空燃比範囲は著しく広い。つまり、筒内噴射ガソリンエンジンの圧縮行程噴射モード制御では、リーン側可燃限界の超希薄空燃比（例えば空燃比 5 0）からリッチ側可燃限界の空燃比（例えば空燃比 2 0）までの広い空燃比範囲でエンジン運転が可能である。こ

25 のため、体積効率の値が同じでも、目標空燃比が異なると、エンジン出力トルクが大きく異なることになる。そして、エンジン出力トルクは、燃料供給量にほぼ比例して変化する。このことは、筒内噴射ガソリンエンジンの圧縮行程噴射モードにおける目標空燃比や目標点火時期等のエンジン制御パラメータ値の

設定を体積効率 E_v に基づいて適正に行うことが困難であることを意味している。

- このような事情から、筒内噴射ガソリンエンジンの圧縮行程噴射モード制御における、目標空燃比や目標点火時期等のエンジン制御パラメータ値の設定や、
- 5 圧縮行程噴射モードと吸気行程噴射モード間のモード切換判定に際して、エンジン出力を代表するパラメータとして、体積効率 E_v に代えて筒内有効圧 P_e を使用することが、本出願人により提案されている。より詳しくは、アクセル開度（スロットル開度）とエンジン回転数とから、運転者が望むエンジン出力と相関する目標筒内有効圧（負荷値） P_e を求め、この目標値 P_e に基づいて
- 10 燃料供給量（目標空燃比）や点火時期等を設定している。

- また、火花点火式のエンジンでは、点火時期が、エンジン出力や燃費等を決定する重要な因子となる。また、同一条件で混合気を燃焼させる場合、最大トルクを発生する最適点火時期 MBT （Minimum spark advance for Best Torque）が一義的に定まる。そして、点火時期が、この最適点火時期からアドバンス（進
- 15 角）側或いはリタード（遅角）側へずれると、燃焼圧力の有効利用が図れなくなり、出力も燃費も低下する。なお、オクタン価の低い燃料を使用する場合、ノックの発生等を防止するために一般には最適点火時期 MBT よりも点火時期を遅らさざるを得ない。そこで、ノックセンサ等を用いてノック発生頻度を監視しつつ、ノック発生頻度が少ない間はできる限り MBT に近い時期に点火さ
- 20 せて、出力や燃費の低下を防止するようにしている。

筒内噴射型火花点火式ガソリンエンジンにおいて、噴射モード切換に伴うショックの発生を防止することが望まれ、また、モード切換時のエンジン制御を容易に行えることが望ましい。この様な観点から、モード切換時のエンジン制御を、以下のような方法で行うことが本出願人により提案されている。

- 25 図1は、圧縮リーンモード、吸気リーンモードおよび $S-FB$ モードのそれぞれにおける筒内噴射ガソリンエンジンの出力トルク T を点火時期 SA の関数として示す。

図1において、1点鎖線で示す曲線Ⅰ、破線で示す曲線Ⅱおよび実線で示す

曲線 III は、圧縮リーンモード、吸気リーンモードおよび S-F B モードでのエンジン特性をそれぞれ表す。これらの特性曲線 I、II 及び III は、それぞれの噴射モードにおいてエンジンを同一条件下（空燃比等のエンジン制御パラメータ値や大気密度等の環境パラメータ値が一定）で試験運転して得たデータに基づいて作成したものである。また、図 1 中、●印（A 点、B 点及び C 点）は、プレミアムガソリンを使用した場合に値 $X P_e$ の平均有効圧に対応するトルクが得られる点火時期を示し、△印（A 1 点、B 1 点及び C 1 点）は、レギュラーガソリンを使用した場合にノッキングを招来することなく最大トルクが得られる点火時期を示している。

- 10 圧縮リーンモードに係る特性曲線 I 上の A 点（厳密には、A 点から垂下させた直線（図示略）と横軸との交点）は、圧縮リーンモードと他のモードとの間でのモード切換の際に切換判別値 $X P_e$ に等しい平均有効圧に対応するトルクが得られる点火時期を示しており、この点火時期（A 点）は最適点火時期 M B T にほぼ等しい。圧縮リーンモードでは、図 1 から明らかなように、レギュラーガソリンを使用した場合に平均有効圧 $X P_e$ に対応するトルクが得られる点火時期（A 1 点）は、プレミアムガソリンを使用した場合での同様の点火時期（A 点）に略等しい。A 1 点に対応する点火時期は A 点のものよりも僅かに遅角側の値をとる。このことは、筒内噴射ガソリンエンジンの圧縮リーンモードでは、混合気がピストンのキャビティに沿って層状に流動しながら燃焼するため、燃焼ガスがキャビティ壁面等で冷却され、他の噴射モードに比べてレギュラーガソリン使用時にノッキングが生じ難いことを意味する。

同様に、吸気リーンモード及び S-F B モードに係る特性曲線 II 及び III 上の点 B 及び点 C は、プレミアムガソリンを使用した場合に、モード切換時に判別値 $X P_e$ に等しい平均有効圧に対応するトルクが得られる点火時期を表している。

プレミアムガソリンを使用する場合、圧縮リーンモードから S-F B モードへの移行を、目標負荷 P_e が切換判別値 $X P_e$ に到達した時点で行うと共に、このモード切換時に、圧縮リーンモードに係る特性曲線 I 上の A 点に対応する

エンジン運転条件（点火時期、空燃比（燃料量）等）からS-FBモードに係る曲線ⅠⅠⅠ上のC点に対応するエンジン運転条件へ移行させれば、モード切
換前後で発生トルクを平均有効圧 $X P_e$ に対応する一定値に維持でき、切換シ
ョックを生じることなしに噴射モードを切り換えることができる。

- 5 しかし、筒内噴射ガソリンエンジンで使用する燃料の性状によっては、圧縮
行程噴射モードと吸気行程噴射モードとの間でのモード切換時に問題が生じる
ことがある。

- 例えば、プレミアムガソリンよりもオクタン価が低いレギュラーガソリンの
使用時に以下の問題が生じる。レギュラーガソリン使用時、吸気リーンモード
10 及びS-FBモードで、ノッキングが生じない最良の点火時期はそれぞれB 1
点、C 1 点で表される。そこで、レギュラーガソリンを使用する場合、圧縮リ
ーンモードから吸気リーンモード又はS-FBモードへ噴射モードを切り換え
る際、ノッキング発生を回避するには、点火時期をB 1 点またはC 1 点へ調節
する必要がある。しかし、レギュラーガソリン使用時に、プレミアムガソリン
15 を使用する場合と同様に点火時期以外のエンジン運転条件（空燃比条件など）
をモード切換前後で一定に維持しつつ、圧縮リーンモードからS-FBモード
に移行させると、エンジン出力トルクは図1においてA 1 点からC 1 点へ変化
し、従って、 ΔT_a のトルク段差が生じる。同様に、吸気リーンモードからS
-FBモードに移行する場合には、 ΔT_b のトルク段差が生じてしまう。噴射
20 モード移行時にこのようなトルク段差が生じると運転者に減速感や加速感を与
えてドライバビリティを著しく悪化させてしまう。

- 以下、図2を参照して、上述のトルク段差が生じる理由を更に説明する。図
2は、エンジン回転数を一定に維持しつつスロットル開度 θ_{th} を増大方向に変
化させた場合での発生トルク T （平均有効圧 P_e ）をスロットル開度 θ_{th} の関
25 数として表したエンジン作動図である。図2中、実線はプレミアムガソリン使
用時の作動線を示し、破線はレギュラーガソリン使用時の作動線を示している。

 プレミアムガソリンが使用されている場合、スロットル開度 θ_{th} が値0から
 θ_1 までの範囲内に入るようなエンジン負荷でエンジンが運転されている間、

圧縮リーンモードが選択される。そして、スロットル開度 θ_{th} が θ_1 を上回って目標負荷 P_e が切換判別値 $X P_e$ に達すると（図2のA点）、エンジン運転域は圧縮リーン領域からS-FB領域へ移行し、噴射モードは圧縮リーンモードからS-FBモードへ切り換えられる。図2に実線で示すように、エンジン出力トルクはモード切換前後で平均有効圧 $X P_e$ に対応する値（A点およびA1点）をとり、従って、モード切換時にトルク差を生じない。

レギュラーガソリンが使用される場合においても、スロットル開度 θ_{th} が値0から θ_1 までの範囲内にある間は、プレミアムガソリン使用時と同一のエンジン制御パラメータ値を用いて、圧縮リーンモードでのエンジン運転制御が行われる。この理由は、圧縮リーンモードでは、プレミアムガソリン使用時と同様のエンジン運転制御を行ってもノッキングが生じないことにある。

しかし、S-FB域または吸気リーン域では、プレミアムガソリン使用時と異なり、ノッキング発生を回避するために点火時期をリタードさせる必要がある。このため、図2において、目標負荷 P_e が切換判別値 $X P_e$ に達して圧縮リーンモードからS-FBモードへの切換が行われるとき、点火時期は図2のA1点からC1点へ切り換えられ、また、エンジン出力トルクはA1点からC1点へ急変してトルク段差 ΔT_a が生じる。このように、レギュラーガソリンを使用する場合、プレミアムガソリン使用時と異なり、モード切換後のS-FBモードでの発生トルクは、モード切換前の圧縮リーンモードでの発生トルクに比べてノック回避の点火リタード分だけ減少し、モード切換時にショックが発生する。

また、エンジンの個体差（製品バラツキ）や経時変化によりノッキングの発生状態が異なることを考慮した点火時期制御が知られている。例えば、特開昭59-10862号公報や特開昭61-157760号公報には、ノックセンサ出力に基づく点火リタード制御に用いられた制御データ等を累積評価してノック学習値を求め、このノック学習値に基づいて点火時期を制御する技術が開示されている。しかしながら、かかる技術を噴射モード切換型筒内噴射内燃機関に適用した場合にも、燃料性状に応じた上述の点火時期設定を行う場合と同

様、噴射モード（エンジン制御モード）の切換時にショックが発生するという不具合を生じることがある。

発 明 の 開 示

- 5 本発明の目的は、エンジン制御モードの切換時におけるトルクショックを防止又は低減し、しかも燃費の悪化を防止するようにした筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置を提供することにある。

- 上記目的を達成するため、本発明によれば、燃焼室に燃料を直接噴射する燃料噴射弁を有した筒内噴射型火花点火式内燃エンジンに装備され、前記エンジンの運転状態に応じて、主として圧縮行程中に燃料を噴射して層状燃焼を行わせる圧縮行程噴射モード制御と、主として吸気行程中に燃料を噴射して均一混合燃焼を行わせる吸気行程噴射モード制御との間で制御モードを切換える制御装置が提供される。
- 10

- 本発明の制御装置は、少なくとも運転者の操作に基づくアクセル開度情報に応じて目標負荷値を設定する目標負荷設定手段と、少なくとも前記目標負荷値に基づき、前記圧縮行程噴射モード制御と前記吸気行程噴射モード制御との間でモード切換を行うモード切換手段と、前記内燃エンジンに供給される燃料の性状または前記内燃エンジンに固有のノッキング発生程度に関連する状態パラメータの値を検出するパラメータ検出手段と、前記目標負荷値に基づいてエンジン出力制御用パラメータの値を設定するエンジン出力制御用パラメータ設定手段と、前記モード切換に対して前記状態パラメータの前記検出値に基づく補正を加え、前記モード切換の前後におけるエンジン出力変化を補償する切換補正手段とを備える。
- 15
- 20

- 本発明によれば、圧縮行程噴射モード制御と吸気行程噴射モード制御との間でのモード切換に際して、燃料性状やエンジンでのノッキング発生程度に関連する状態パラメータの値に応じてモード切換に関連した補正が行われ、モード切換前後でのエンジン出力変化が補償される。この結果、使用燃料を燃料性状が異なるものに切り換えたり、或いは、エンジンの個体差や経年変化に起因し
- 25

てノッキング発生程度が変化した場合にも、モード切換時のショックの発生を防止もしくは低減できる。

尚、エンジン出力制御用パラメータは、典型的には点火時期であるが、空燃比、圧縮比、過給圧等であっても良い。

- 5 本発明において、好ましくは、前記モード切換手段は、前記目標負荷値と予め定められた判別値とを比較し、比較結果に応じて前記モード切換を実行する。前記切換補正手段は、前記目標負荷値、前記判別値、及び前記圧縮行程噴射モード制御時の前記エンジン制御パラメータ値のうち少なくとも一つを補正する。

- 10 上記の好適な制御装置によれば、モード切換に際して、目標負荷値、判別値、および圧縮行程噴射モード制御に用いられるエンジン制御パラメータ値（たとえば燃料噴射量）の一つ以上に対して補正を加えることにより、モード切換前後におけるエンジン出力変化を確実に抑制できる。

- 15 モード切換時の補正に関連して、目標負荷値、判別値およびエンジン制御パラメータ値のうち適宜の一つ以上を補正対象として選択することにより、所要のショック低減効果が得ることができ、また、補正実施に要する制御内容の簡素化を図れる。

- 20 補正対象としてエンジン制御パラメータ値を選択する場合、エンジン制御パラメータ値が状態パラメータ値に基づいて直接に補正される。この場合、モード切換前の制御モードでの発生トルクを、モード切換後の制御モードでの発生トルクに向けて変化させることができ、これによりモード切換前後での発生トルクを一致させることができる。

補正対象として目標負荷値が選択された場合、エンジン制御パラメータ値は間接的に補正され、モード切換時のショック低減効果が奏される。

- 25 本発明において、好ましくは、前記切換補正手段は、前記目標負荷値を補正する。前記エンジン出力制御用パラメータ設定手段は、前記補正された目標負荷値に基づいて前記圧縮行程噴射モード制御時のエンジン出力制御用パラメータ値を設定する。前記モード切換手段は、前記補正された目標負荷値と前記判別値との比較結果に基づいて前記モード切換を実行する。

上記の好適な制御装置によれば、モード切換時の補正対象として目標負荷値が選択され、エンジン制御パラメータ値が間接的に補正される。すなわち、モード切換前後での発生トルクが互いに一致するように目標負荷値が状態パラメータ値で補正され、斯く補正された目標負荷値に基づいて圧縮行程噴射モード
5 時のエンジン制御パラメータ値が設定される。この結果、圧縮行程噴射モード制御中の発生トルクを、モード切換時には吸気行程噴射モード制御での発生トルクと一致させることができ、切換ショックの発生を防止できる。

以下、図3ないし図5を参照して、モード切換前後で発生トルクを合致させるための2つの方法を、レギュラーガソリンを使用する場合での圧縮リーンモードからS-FBモードへのモード切換を例にとって説明する。
10

第1番目の方法は、モード切換時点での発生トルクを図3及び図4中のC1点で示す値（平均有効圧 P_{ec1} に対応）に抑制することを企図している。このため、圧縮行程噴射モード制御では、プレミアムガソリンのオクタン価（燃料性状）とレギュラーガソリンのそれとの相違を補正するためのオクタン価補正值（状態パラメータ値）に基づいて、目標平均有効圧値（目標負荷値）がオクタン価補正される。そして、発生トルクがモード切換時での発生トルク（ P_{ec1} ）に向けて徐々に変化するように、オクタン価補正された目標平均有効圧値に基づいて発生トルクが制御される。オクタン価補正の結果、目標平均有効圧値 P_e （発生トルク）は、図4に実線で示す曲線上の値から図4に破線で示す曲線上の値へ減少する。また、圧縮リーンモードに係るトルク・点火時期特性は、図3に破線で示す曲線Iから曲線I'に変化する。そして、補正されていない目標平均有効圧 P_e （図3の曲線Iおよび図4の実線曲線に対応）が切換判別値 $X P_e$ に到達した時点（図3及び図4のA点）で、圧縮リーンモードからS-FBモードへの切換えが行われる。モード切換時点での発生トルクおよび
20 点火時期は、図3及び図4のA1点で表される。

第2番目の方法は、圧縮リーンモード制御中、オクタン価補正された目標平均有効圧に基づいて発生トルクを制御する点で第1番目の方法と共通している。その一方で、補正されていない目標平均有効圧 P_e に基づいてモード切換判別

を行う第1番目の方法と異なり、第2番目の方法では、オクタン価補正された目標平均有効圧に基づいてモード切換判別を行い、補正済み目標平均有効圧が判別値 $X P_e$ に到達したときにモード切換を行う。すなわち、スロットル開度 θ_1 への到達時点でモードを切り換える第1番目の方法に比べて、第2番目の方法では、スロットル開度 θ_{th} が値 θ_2 になるまでモード切換が遅延される。そして、圧縮リーンモードにおいて、発生トルクが、切換判別値 $X P_e$ に等しい目標平均有効圧に対応するトルク値まで増大したときに、S-FBモードへ切り替わる（図5参照）。このモード切換直後でのS-FBモードに係るトルク・点火時期特性を図3に実線の曲線III'で示す。

- 10 状態パラメータ値で補正した目標負荷値と判別値との比較結果に基づいて制御モードを切り換えることによりモード切換時点を遅らせるようにした上記の好適な制御装置によれば、燃費特性の優れた圧縮行程噴射モードでのエンジン運転が行われる運転領域を拡張することができ、燃費を著しく改善できる。

本発明において、好ましくは、前記切換補正手段は、前記目標負荷値及び前記判別値を補正する。前記エンジン出力制御用パラメータ設定手段は、前記補正された目標負荷値に基づいて前記圧縮行程噴射モード制御時のエンジン出力制御用パラメータを設定する。前記モード切換手段は、前記補正された目標負荷値と前記補正された判別値との比較結果に基づいて前記モード切換を実行する。

- 20 上記の好適な制御装置によれば、判別値を状態パラメータ値に応じて補正することによって、圧縮行程噴射モードでの制御領域を広げることができ、燃費の改善がより一層図られる。

本発明において、好ましくは、前記切換補正手段は、前記目標負荷値を補正する。前記エンジン出力制御用パラメータ設定手段は、前記補正された目標負荷値に基づいて前記圧縮行程噴射モード制御時のエンジン出力制御用パラメータ値を設定する。前記モード切換手段は、補正前の目標負荷値と前記判別値との比較結果に基づいて前記モード切換を実行する。

上記の好適な制御装置によれば、エンジン制御パラメータ値は、状態パラメ

一タ値に応じて補正した目標負荷値に基づいて設定される一方で、モード切替判別は、補正しない目標負荷値に基づいて行われる。この場合、図3及び図5を参照して上述したように、モード切替時点が遅延されて圧縮行程噴射モード制御領域が実質的に拡張され、これにより燃費を向上できる。

5 以下、本発明の各種好適態様について更に説明する。

10 上述のように、状態パラメータ値で補正した目標負荷値に基づいて、圧縮行程噴射モード制御時の発生トルクをモード切替時の発生トルクに向けて可変制御することは、モード切替時のショック低減に寄与する。しかしながら、吸気行程噴射モードでのエンジン運転では、ノッキングが発生する領域（ノック領域）は低負荷領域には存在しないので、ノック領域への突入を目標負荷値に基づいて判別した時点から、状態パラメータ値による目標負荷値の補正を開始することが好ましい。運転者の要求トルクを反映する目標負荷値に対する補正を、ノック領域よりも低負荷側で開始すると、運転者の要求トルクを満たすことができなくなるからである。

15 目標負荷値の設定では、運転者の操作に基づくアクセル開度情報を考慮すれば足りるが、目標負荷値をアクセル開度情報とエンジン回転速度とに応じて設定することが好ましい。アクセル開度情報は、運転者の要求するエンジン出力に相関するものであればどのようなものでもよい。例えば、スロットル弁の開度をアクセル開度情報として用いることができる。また、所謂フライ・バイ・ワイヤ方式のエンジンではアクセルペダル踏込量をアクセル開度情報として用いることができる。

25 更に、空調装置の作動やパワーステアリングの作動によりエンジン負荷が加わる場合には、目標負荷値にこれらのエンジン負荷を加算するようにしてもよい。また、高地でエンジンを運転する場合には、目標負荷値を空気密度で補正するようにしてもよい。

パラメータ検出手段は、例えば光学的センサを用いて燃料性状を直接検出するものでもよいし、或いは、内燃エンジンのノック発生量を検出し、ノック発生量の長期的傾向から、使用燃料の性状を間接的に検出するものでもよい。

目標負荷値や判別値を状態パラメータ値で補正する方法は、特に限定されるものではないが、例えば、状態パラメータ値に応じて補正値をマップから読み出し、この補正値を目標負荷値や判別値に乗算又は加算してもよい。

エンジン出力制御用パラメータとして、例えば、目標空燃比、燃料噴射時期、
5 点火時期、目標排気還流量、或いは、スロットル弁をバイパスする通路に配設されたバイパス弁の開度（目標バイパス空気流量）を用いればよい。

更に、エンジン出力制御用パラメータ値に対して、エンジン水温補正、エンジン劣化に伴う学習補正等を行うようにしても良い。

吸気行程噴射モードにおけるエンジン出力制御用パラメータ値の設定には、
10 運転者の要求出力と略一義的に相関し、しかも直接計測が可能である体積効率 E_v 、充填効率 η_v 、単位吸気行程当たりの吸入空気流量 A/N 、ブースト圧 P_b 等の何れかを用いることが好ましい。また、圧縮行程噴射モードと吸気行程噴射モード間のモード切換判別には、運転者の操作に基づくアクセル開度情報に応じて設定される目標負荷値を用いることが好ましいが、特にこれに限定
15 されるものではない。

図面の簡単な説明

図1は、筒内噴射ガソリンエンジンの制御モード切換時の各モードの点火時期と発生トルクとの関係を示すグラフ、

20 図2は、使用する燃料の性状の相違により制御モード切換時に生じる不都合を説明するための、トルクとスロットル開度との関係を示す作動特性図、

図3は、本発明に係る、制御モード切換時の各モードの点火時期と発生トルクとの関係を示すグラフ、

図4は、本発明に係る、トルクとスロットル開度との関係を示す作動特性図、

25 図5は、本発明に係る、別の態様の、トルクとスロットル開度との関係を示す作動特性図、

図6は、本発明に係るエンジン制御装置の概略構成図、

図7は、本発明に係る筒内噴射ガソリンエンジンの縦断面図、

図 8 は、エンジン筒内平均有効圧 P_e とエンジン回転数 N_e とに応じて規定され、圧縮行程噴射リーン運転域、吸気行程噴射リーン運転域、同ストイキオフイードバック運転域等を示すエンジン制御モードマップ、

図 9 は、本発明に係る筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの圧縮行程噴射モードにおける燃料噴射形態を示す説明図、

図 10 は、本発明に係る筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの吸気行程噴射モードにおける燃料噴射形態を示す説明図、

図 11 は、目標平均有効圧 P_e 、目標空燃比 A_F 、燃料噴射終了期間 T_{end} 、点火時期 T_{ig} 、EGR 弁 45 の弁開度 L_{egr} 等のエンジン制御パラメータ値を算出し、算出したエンジン制御パラメータ値に基づいてエンジンを制御する手順を示すクランク割込ルーチンのフローチャートの一部、

図 12 は、図 11 のフローチャートに続く、クランク割込ルーチンのフローチャートの他の一部、

図 13 は、図 12 のフローチャートに続く、クランク割込ルーチンのフローチャートの残部、

図 14 は、スロット 1 トル弁 28 の弁開度 θ_{th} とエンジン回転数 N_e とに応じて算出される目標平均有効圧 P_{eB} の算出マップの概略構成を説明するための図、

図 15 は、吸気圧力をパラメータとして噴射時期と点火時期とにより安定燃焼が得られる領域を示す、噴射時期・点火時期作動マップ図、

図 16 は、筒内有効圧を一定にした場合の、図 15 と同様な噴射時期・点火時期作動マップ図、

図 17 は、スロットル開度、目標負荷 $P_{e'}$ 、エンジン回転数 N_e 等からレギュラー差値 dP_0 を求める手順を説明するための線図、

図 18 は、本発明の第 2 実施例による制御装置において実行されるエンジン制御ルーチンの一部を示すフローチャート、および

図 19 は、本発明の第 3 実施例による制御装置において実行されるエンジン制御ルーチンの一部を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して、本発明の第1ないし第3実施例による内燃エンジン制御装置を詳細に説明する。尚、第1ないし第3実施例は、ソフトウェアとしての制御手順が異なるだけで、ハードウェア構成は共通するので、先ずハード
5 ウェア構成について説明する。

図6および図7において、参照符号1は自動車用の筒内噴射型直列4気筒ガソリンエンジン（以下、単にエンジンと記す）を示し、このエンジン1は、燃焼室5を始め吸気装置やEGR装置等が筒内噴射専用設計されている。

エンジン1のシリンダヘッド2には、各気筒毎に点火プラグ3と共に電磁式の燃料噴射弁4が取り付けられている。各噴射弁4は、燃焼室5内に直接燃料を噴射するように配されている。また、シリンダ6内に往復動自在に配されるピストン7の頂面には半球状のキャビティ8が形成されている（図7）。詳しくは、ピストン頂面上のキャビティ8の形成部位は、燃料噴射が圧縮行程後半に実施された場合に燃料噴射弁4からの燃料噴霧が到達するような位置に設定
10 されている。また、エンジン1の理論圧縮比は、吸気管噴射型のものに比べ、高く（本実施例では、1.2程度）設定されている。動弁機構としてはDOHC4弁式が採用されており、シリンダヘッド2の上部には、吸排気弁9、10をそれぞれ駆動するべく、吸気側カムシャフト11と排気側カムシャフト12とが回転自在に保持されている。

シリンダヘッド2には、両カムシャフト11、12の間を抜けるようにして、略直立方向に吸気ポート13が形成されており、この吸気ポート13を通過した吸気流が燃焼室5内で後述する逆タンブル流を発生させるようになっている。排気ポート14は、通常のエンジンの場合と同様に略水平方向に形成され、大径のEGRポート15（図7には図示せず）が排気ポートから斜めに分岐して
20 いる。図6中、参照符号16は冷却水温TWを検出する水温センサであり、17は各気筒の所定のクランク位置（本実施例では、5° BTDCおよび7.5° BTDC）でクランク角信号SGTを出力するクランク角センサであり、19は点火プラグ3に高電圧を出力する点火コイルである。尚、クランクシャフトの半分の回

転数で回転するカムシャフトには、気筒判別信号SGCを出力する気筒判別センサ（図示せず）が取り付けられ、クランク角信号SGTがどの気筒のものが判別される。

5 ノックセンサ38は、エンジン1の本体（シリンダブロック）の所定部位に取り付けられており、エンジン1のノッキングを感知する。尚、ノッキングセンサ38は、エンジン1の複数の気筒のいずれか1つに取り付けても良く、或いは各気筒毎に取り付けても良い。

図6に示すように、吸気ポート13には、サージタンク20を有する吸気マニホールド21を介して、吸気管25が接続されている。吸気管25は、エアクリーナ22、スロットルボディ23、ステッパモータ式のアイドルスピード
10 コントロールバルブ（以下、アイドル調整弁という）24を具えている。更に、吸気管25には、スロットルボディ23を迂回して吸気マニホールド21に吸入気を導入する、大径のエアバイパスパイプ26が併設されており、エアバイパスパイプ26の管路にはリニアソレノイド式で大型のエアバイパスバルブ
15 （ABV弁という）27が設けられている。尚、エアバイパスパイプ26は、吸気管25に準ずる流路面積を有しており、ABV弁27の全開時にはエンジン1の低中速域で要求される量の吸入空気が流通可能となっている。アイドル調整弁24が配されるバイパス通路は、エアバイパスパイプ26よりも小さい流路面積を有しており、吸入空気量を精度よく調整する場合にはアイドル調整
20 弁24を使用する。

スロットルボディ23には、流路を開閉するバタフライ式のスロットル弁28と、スロットル開度 θ_{th} をアクセル開度情報として検出するスロットルセンサ29と、スロットル全閉状態を検出するアイドルスイッチ30とが備えられている。また、エアクリーナ22の内部には、吸気密度を求めるための、大気
25 圧センサ31および吸気温度センサ32が配設されており、両センサ31、32のそれぞれは大気圧 P_a および吸気温度 T_a に対応する信号を出力する。更に、吸気管25の入口近傍には、カルマン渦式のエアフローセンサ33が配設されており、体積空気流量 Q_a に比例した渦発生信号を出力する。

排気ポート14には、O2センサ40が取付けられた排気マニホールド41を介して、三元触媒42や図示しないマフラー等を具えた排気管43が接続している。また、EGRポート15の反排気ポート側の端は、大径のEGRパイプ44を介して、スロットル弁28の下流、且つ、吸気マニホールド21の上
5 流において吸気管25に接続されており、EGRポート15の管路にはステッパモータ式のEGR弁45が設けられている。

燃料タンク50は、図示しない車体の後部に設置されている。そして、燃料タンク50に貯留された燃料は、電動式の低圧燃料ポンプ51によって吸い上げられ、低圧フィードパイプ52を介して、エンジン1側に送給される。低圧
10 フィードパイプ52内の燃圧は、リターンパイプ53の管路に介装された第1燃圧レギュレータ54により、比較的低下（本実施例では、 3.0kgf/cm^2 。以下、低燃圧と記す）に調圧される。エンジン1側に送給された燃料は、シリンダヘッド2に取り付けられた高圧燃料ポンプ55により、高圧フィードパイプ56とデリバリパイプ57とを介して、各燃料噴射弁4に送給される。本実施例の
15 場合、高圧燃料ポンプ55は斜板アキシアルピストン式であり、排気側カムシャフト12により駆動され、エンジン1のアイドル運転時にも 50kgf/cm^2 以上の吐出圧を発生する。デリバリパイプ57内の燃圧は、リターンパイプ58の管路に介装された第2燃圧レギュレータ59により、比較的高圧（本実施例では、 50kgf/cm^2 。以下、高燃圧と記す）に調圧される。図中、60は第2燃圧
20 レギュレータ59に取付けられた電磁式の燃圧切換弁であり、オン状態で燃料をリリースして、デリバリパイプ57内の燃圧を所定値（例えば、 3.0kgf/cm^2 ）に低下させる。また、符号61は、高圧燃料ポンプ55の潤滑や冷却等を行った燃料を燃料タンク50に還流させるリターンパイプである。

車室内にはECU（電子制御ユニット）70が設置されており、このECU
25 70は、図示しない入出力装置、制御プログラムや制御マップ等の記憶に供される記憶装置（ROM、RAM、不揮発性RAM等）、中央処理装置（CPU）、タイマカウンタ等を具え、エンジン1の総合的な制御を行うようになっている。

ECU70の入力側には、作動時にエンジン1の負荷となるエアコン装置、

パワーステアリング装置、自動変速装置等の作動状況を検出するスイッチ類、すなわち、エアコンスイッチ（A/C・SW）34、パワーステアリングスイッチ（P/S・SW）35、インヒビタスイッチ（INH・SW）36等が接続され、これらのスイッチは検出信号をECU70に供給するようになっている。
5 5 尚、ECU70の入力側には、上述した各種のセンサ類やスイッチ類の他に、図示しない多数のスイッチやセンサ類が接続されており、その出力側には各種警告灯や機器類等が接続されている。

ECU70は、上述した各種センサ類及びスイッチ類からの入力信号に基づき、燃料噴射モード、燃料噴射量、燃料噴射終了時期、点火時期、EGRガス
10 導入量等を決定し、燃料噴射弁4、点火コイル19、EGR弁45等を駆動制御する。

次に、エンジン制御の基本的な流れを簡単に説明する。

冷機時において、運転者がイグニッションキーをオン操作すると、ECU70は、低圧燃料ポンプ51と燃圧切換弁60とをオンにして、燃料噴射弁4に
15 低燃圧の燃料を供給する。これは、エンジン1の停止時やクランキング時には、高圧燃料ポンプ55が全く、あるいは不完全にしか作動しないため、低圧燃料ポンプ51の吐出圧と燃料噴射弁4の開弁時間とに基づいて燃料噴射量を決定せざるを得ないためである。次に、運転者がイグニッションキーをスタート操作すると、図示しないセルモータによりエンジン1がクランキングされ、同時
20 にECU70による燃料噴射制御が開始される。この時点では、ECU70は、吸気行程噴射モードを選択し、比較的リッチな空燃比となるように燃料噴射を実施する。これは、冷機時には燃料の気化率が低いため、圧縮行程噴射モードで噴射を行った場合、失火の発生や未燃燃料（HC）の排出が避けられないためである。また、ECU70は、エンジン始動時にはABV弁27を閉鎖する。
25 この場合、燃焼室5への吸入空気の供給は、スロットル弁28まわりの隙間やアイドル調整弁24が配されたバイパス通路を介して行われる。尚、アイドル調整弁24とABV弁27とはECU70により一元管理されており、スロットル弁28を迂回する吸入空気（バイパスエア）の必要導入量に応じてそれぞ

れの開弁量が決定される。

エンジン始動が完了してエンジン 1 がアイドル運転を開始すると、高圧燃料ポンプ 5 5 が定格の吐出作動を始める。ECU 7 0 は、燃圧切換弁 6 0 をオフにして燃料噴射弁 4 に高燃圧の燃料を供給する。この際、高燃圧と燃料噴射弁 4 の開弁時間とに基づいて燃料噴射量が決定される。そして、冷却水温 T_w が所定値に上昇するまでは、ECU 7 0 は、エンジン始動の場合と同様、吸気行程噴射モードを選択すると共に、ABV 弁 2 7 を継続して閉鎖する。また、エアコン等の補機類の負荷の増減に応じたアイドル回転数制御は、吸気管噴射型エンジンの場合と同様、アイドル調整弁 2 4（必要に応じて ABV 弁 2 7 も開弁される）の開度調節によって行われる。更に、所定サイクルが経過して O_2 センサ 4 0 が活性温度に達すると、ECU 7 0 は、 O_2 センサ 4 0 の出力電圧に基づく空燃比フィードバック制御を開始し、有害排出ガス成分を三元触媒 4 2 により浄化させる。このように、冷機時においては、吸気管噴射型エンジンの場合と略同様の燃料噴射制御が行われる。但し、筒内噴射型エンジン 1 では、吸気管 1 3 の壁面への燃料滴の付着等がないため、制御の応答性や精度は高くなる。

エンジン 1 の暖機が終了すると、ECU 7 0 は、スロットル開度 θ_{th} 等から得た目標筒内有効圧（目標負荷） P_e とエンジン回転数（回転速度） N_e とに基づき、図 8 に示す燃料噴射制御マップから現在の燃料噴射制御領域を検索し、燃料噴射モードと燃料噴射量とを決定して燃料噴射弁 4 を駆動する。更に、ABV 弁 2 7 や EGR 弁 4 5 の開弁制御等が行われる。

詳しくは、例えば、アイドル運転時等の低負荷・低回転運転時には、図 8 中斜線で示す圧縮行程噴射リーン域でエンジン 1 が運転される。この場合、ECU 7 0 は、圧縮行程噴射モードを選択してリーン空燃比（本実施例では、20～40 程度）が達成されるように燃料噴射を実施すると共に、ABV 弁 2 7 及び EGR 弁 4 0 のそれぞれの開弁量をエンジン運転状態に応じて調節する。この時点では燃料の気化率が上昇している。また、図 9 に示したように、吸気ポート 1 3 から流入した吸気流が矢印で示す逆タンプル流 8 0 を形成するため、燃料

- 噴霧 81 がピストン 7 のキャビティ 8 内に保存される。その結果、点火時点において点火プラグ 3 の周囲には理論空燃比近傍の混合気が形成されることになり、全体として極めてリーンな空燃比（例えば、全体空燃比で 50 程度）でも着火が可能となる。これにより、CO や HC の排出が極く少量になると共に、排
- 5 気ガスの還流によって NO_x の排出量も低く抑えられる。そして、ABV 弁 27 及び EGR 弁 40 を開弁することによりポンピングロスを低減できる。このポンピングロス低減は燃費向上に大きく寄与する。そして、エンジン負荷の増減に応じたアイドル回転数制御は、燃料噴射量の増減により行われる。このため、制御応答性も非常に高くなる。
- 10 尚、圧縮行程噴射モードにおいては、噴射弁 4 から噴射された燃料噴霧が前述した逆タンプル流に乗って点火プラグ 3 付近に到達し、さらには、点火時点までに燃料が蒸発して点火容易な混合気が形成されなければならない。また、平均空燃比が 20 以下になると点火プラグ 3 近傍において局所的にオーバリッチな混合気が生成されて所謂リッチ失火が生じる一方、平均空燃比が 40 以上
- 15 になると希薄限界を超えてやはり失火（所謂リーン失火）が生じ易くなる。以上の観点から、圧縮行程噴射モードでは、後述するように燃料噴射開始及び終了のタイミングや点火のタイミングが正確に制御されると共に、平均空燃比が 20 ~ 40 の範囲内に入るように設定される。設定空燃比が、この範囲を逸脱する場合には、圧縮行程噴射モードから吸気行程噴射モードへの切り換えがな
- 20 される。

また、低中速走行時は、エンジン 1 は、その負荷状態やエンジン回転速度 N_e に応じて、図 8 中の吸気行程噴射モードによるリーン域あるいはストイキオフィードバック域（理論空燃比フィードバック制御域）で運転される。この場合、ECU 70 は、吸気行程噴射モードを選択し、所定の空燃比となるように燃料

25 噴射を実施する。

詳しくは、吸気行程噴射モードリーン域では、比較的にリーンな空燃比（例えば、20 ~ 23 程度）となるように ABV 弁 27 の開弁量と燃料噴射量とを制御する。また、ストイキオフィードバック域（S-FB 域）では、ABV 弁 2

7 と EGR 弁 45 とを開閉制御すると共に（但し、EGR 弁 45 を開閉制御するのは、ストイキオフィードバック域の特定の領域のみで行われる）、O₂ センサ 40 の出力電圧に応じて空燃比フィードバック制御を行う。図 10 に示したように吸気ポート 13 から流入した吸気流が逆タンプル流 80 を形成するため、燃料噴射開始時期又は終了時期を調整することにより吸気行程噴射モード
5 リーン域（吸気リーン域）においても、逆タンプルによる乱れの効果でリーン空燃比でも着火が可能となる。尚、ストイキオフィードバック域では、比較的高い圧縮比により大きな出力が得られると共に、有害排出ガス成分が三元触媒 42 により浄化される。

- 10 そして、急加速時や高速走行時は図 8 中のオープンループ制御域でのエンジン運転が行われるため、ECU 70 は、吸気行程噴射モードを選択すると共に ABV 弁 27 を閉鎖し、スロットル開度 θ_{th} やエンジン回転速度 N_e 等に応じて、比較的反リッチな空燃比となるように燃料噴射を実施する。この際には、圧縮比が高いことや吸気流が逆タンプル流 80 を形成することの他、吸気ポート
15 13 が燃焼室 5 に対して略直立しているため、慣性効果によっても高いエンジン出力が得られる。

- 更に、中高速走行中の惰行運転時は図 8 中の燃料カット域でのエンジン運転となるため、ECU 70 は、燃料噴射を完全に停止する。これにより、燃費が向上すると同時に、有害排出ガス成分の排出量も低減される。尚、燃料カット
20 は、エンジン回転速度 N_e が復帰回転速度より低下した場合や、運転者がアクセルペダルを踏み込んだ場合には即座に中止される。

- 以下、本発明の第 1 実施例における圧縮行程噴射モードと吸気行程噴射モード間の切換制御、および、燃料性状を考慮した目標平均有効圧（目標負荷） P_e に基づく各種エンジン制御パラメータ値の設定手順を説明する。エンジン制御
25 パラメータ値は、燃料噴射弁 4 の開弁時間 T_{inj} 、燃料噴射終了時期 T_{end} 、点火時期 T_{ig} 、EGR 弁 45 の開弁量 L_{egr} 等を含む。

図 11 ないし図 13 に示すフローチャートは、各種エンジン制御パラメータ値の設定ルーチンを示し、このルーチンは、クランク角センサ 17 からクラン

ク角信号が出力される毎にECU70によって割り込み実行される。

ECU70は、先ず、図11のステップS10において各種エンジン状態量、例えばエアフローセンサ33が検出する吸入空気量（体積空気流量） Q_a 、スロットルセンサ29が検出するスロットル開度 θ_{th} 、大気圧センサ31が検出
5 する大気圧 P_a 、吸気温センサ32が検出する吸気温度 T_a 、クランク角センサ17からのクランク角信号発生時間間隔から検出されるエンジン回転数（回転速度） N_e 、エアコンスイッチ33が検出する空調装置の作動状態、ノックセンサ38の出力信号等を読み込む。

次いで、ECU70は、その記憶装置に予め記憶されている目標平均有効圧
10 マップから、スロットルセンサ29及びクランク角センサ17によって検出されるスロットル開度 θ_{th} とエンジン回転数 N_e とに応じた目標平均有効圧 P_{eB} を演算する（ステップS12）。図14に示すように、目標平均有効圧マップには、運転者が要求する出力に対応する目標平均有効圧 P_{eBij} が、スロットル弁開度 θ_{th} とエンジン回転数 N_e とに応じてマッピングされている。ECU7
15 0は、このマップから例えば公知の4点補間法等により、検出されたスロットル弁開度 θ_{th} とエンジン回転数 N_e とに応じた最適の目標平均有効圧 P_{eB} を演算する。

なお、マップ作成の基礎となる実験データの収集にあたっては、例えば、エンジンの台上試験でのデータ収集が容易な正味平均有効圧を目標平均有効圧情報として求めても良い。また、台上試験でのデータ収集に特に差し障りがなければ、目標平均有効圧情報として、種々のものを用いることができ、図示平均有効圧力や正味出力等であってもよい。

ステップS14では、次式（M1）に示すように、目標平均有効圧 P_{eB} に補機補正を加えて、補機補正後の目標平均有効圧 P_e を求める。

$$25 \quad P_e = P_{eB} + \Delta P_e \quad \cdots \cdots (M1)$$

補機補正に関連して、ECU70の記憶装置には、作動時にエンジン1の機械的、電気的な負荷となる種々の負荷装置（補機装置）、例えばエアコン装置、パワーステアリング装置、変速装置等に関連するエンジン出力補正マップが格

納されている。ECU70は、これらの負荷装置の作動を検出するスイッチ34～36の一つ以上がオンしたとき、この出力補正マップを参照して、負荷装置の作動状態およびエンジン回転数 N_e に応じた目標平均有効圧補正值 ΔP_e を求め、この補正值 ΔP_e を上記の補機補正に用いる。尚、このようにして算出された目標平均有効圧 P_e は、適宜フィルタリング処理を行ってノイズ成分の除去、制御の安定等を図るようにしてもよい。

ステップS16では、体積効率 E_v が演算される。この体積効率 E_v は、エアフロセンサ33から検出される吸入空気流量（体積流量） Q_a とエンジン回転数とから求めた一吸気行程あたりの吸入空気量を燃焼室5の容積で除することによって簡単に演算することができる。次に、ステップS18において環境パラメータ値である吸気密度 γ を演算する。吸気密度 γ は、ボイル・シャルルの法則（理想気体の状態式）に従い吸気温度 T_a と大気圧 P_a とから容易に演算することができる。そして、ステップS20において、ステップS16及びS20でそれぞれ求めた体積効率 E_v と吸気密度 γ とから充填効率 η_v を次式により演算する。

$$\eta_v = \gamma \times E_v \quad \cdots \cdots (M2)$$

次に、ECU70は、図12のステップS22及びS24において、目標平均有効圧 P_e に対して吸気密度補正を行う。以下、吸気密度補正を行う理由について説明する。

筒内噴射ガソリンエンジンの圧縮行程噴射モードにおいて、筒内で安定した層状燃焼を得る上で、燃料噴射時期および点火時期には制約がある。換言すれば、限定された燃料噴射時期・点火時期範囲（以下、安定燃焼領域という）でのみ安定燃焼が成立する。従って、安定燃焼を図るには、これら2つのエンジン制御パラメータをこの安定燃焼領域内に入る好適値に設定する必要がある。

そこで、標準大気圧 P_0 での安定燃焼領域を求めるべく、試験運転を実施した。この試験運転では、標準大気圧下でかつ空燃比を値3.0に一定に維持する一方、噴射時期および点火時期を種々に変化させつつエンジン運転を実施した。そして、噴射時期と点火時期との種々の組合せについて安定燃焼の成立の有無

を確認し、図 1 5 に実線で示す安定燃焼領域を求めた。

標準大気圧 P_0 での安定燃焼領域は、噴射時期を横軸にとりかつ点火時期を縦軸にとった図 1 5 の座標系において座標原点を通り傾きが略 1 の直線（図示略）に沿って楕円状に広がっている。これは、噴射時期を遅角するにつれて点火時期を遅角させる必要があることを示している。エンジンの個体差を考慮すると、標準大気圧条件での噴射時期及び点火時期のそれぞれの最適値は図 1 5 中 S_0 点で表される。

以上のように、圧縮行程リーンモードで安定燃焼を成立させるための最適噴射時期および最適点火時期を実験的に求めることができる。従って、目標空燃比毎に最適噴射時期と最適点火時期を予め実験的に求めておき、それらを基に負荷値 P_e から目標空燃比、目標噴射時期、目標点火時期、目標 EGR 量（排気還流量）等を設定することは可能である。

しかしながら、図 1 5 に破線および二点鎖線で示すように、標準大気圧 P_0 よりも低い吸気圧力 P_1 および P_2 ($P_0 > P_1 > P_2$) での安定燃焼領域は、標準大気圧でのものに比べて、遅角側に縮退している。なお、これら 2 つの安定燃焼領域は、吸気圧力 P_1 および P_2 のそれぞれにおける試験運転を標準大気圧 P_0 の場合と同様に実施し、この試験運転結果に基づいて求めたものである。

図 1 5 に示すように、標準大気圧 P_0 での最適噴射時期および最適点火時期 (S_0 点) は、吸気圧力 P_1 での安定燃焼領域（図 1 5 に破線で示す）内に含まれるものの、吸気圧力 P_1 での最適値 (S_1 点) を与えるものではない。また、標準大気圧 P_0 での最適値 (S_0 点) は、吸気圧力 P_2 での安定燃焼領域（図 1 5 に二点鎖線で示す）から逸脱しており、吸気圧力 P_2 での最適値 (S_2 点) を与えるものではない。吸気圧力 P_2 条件下にあっては、 S_0 点では安定燃焼を得ることすら出来ない。このように吸気圧力（吸気密度）が減少するに従って安定燃焼領域が狭くなる理由は、以下のように考えられる。

筒内での気体の流動速度は吸気密度の減少につれて増大し、この気体流動速度増大に伴い噴射弁から点火プラグ周囲へ燃料が到達するのに要する時間が短

縮される。このため、ピストンが適切位置まで上昇したときに噴射弁からの燃料が点火プラグ近傍に到達するように、所要燃料到達時間を考慮して、噴射時期を設定する場合、吸気密度が高い状態（標準大気圧）であることを想定して所要燃料到達時間を定めたとすれば、低吸気密度下で設定噴射時期に噴射を行うと、ピストンが適切位置まで上昇する以前に燃料が点火プラグ近傍に到達してしまうことになる。この場合、点火プラグ近傍に燃料が集中せず（即ち筒内で燃料が分散してしまい）、十分な層状化が図れず、着火が困難となる虞がある。このため、吸気密度が低いときには、その分噴射時期を遅く設定する必要がある。そして、噴射時期を遅く設定した場合には、燃焼安定化を図るべく燃料霧化時間を考慮する必要がある、その分点火時期も遅らせる必要がある。従って、吸気密度が低い状態では、安定燃焼可能な噴射時期範囲および点火時期範囲が共に、特に進角側で、狭くなっている。

また、吸気密度が低下するにつれて新気空気量が減少する。従って、目標負荷値 P_e から設定される目標空燃比とエンジンに導入される新気空気量（質量流量）とに基づいて燃料供給量を設定する場合には、吸気密度の低下に伴い設定燃料供給量が減少する。燃料供給量が少なくなると、燃料が点火プラグ近傍に集中している期間も短くなり、その分安定燃焼が可能な噴射時期範囲も狭くなることになる。また、燃料供給量が減少すると、（噴射終了時期が一定と仮定して）燃料噴射開始時期が変化し、燃料の点火プラグ近傍への到達時間が遅れ、その分点火時期を遅くする必要がある場合がある。

高地等におけるエンジン運転時には、大気圧や吸気温度等の、吸気密度と相關する環境パラメータ値が標準大気でのそれと大きく乖離する。本実施例では、環境パラメータ値が標準大気でのものから乖離した場合にも層状燃焼が安定確実に行えるように、以下の知見に基づく吸気密度補正を行う。

図 15 に実線で示す安定燃焼領域は、前述した通り標準大気条件でエンジンを運転した場合の実験結果に基づいて求めたものであり、このとき筒内有効圧は略一定値 P_{e0} であり、そのときの最適燃料噴射時期及び最適点火時期は点 S_0 で表される。図 15 に破線及び二点鎖線でそれぞれ示す安定燃焼領域は、吸

気圧力が P_1 および P_2 であるという条件で得た実験結果から求めたもので、この吸気圧力条件での吸気流量を標準大気圧状態のものに換算して得た換算吸気流量に対応する筒内有効圧（以下、等価有効圧という）は、それぞれ値 P_{e1} および P_{e2} となる。換言すれば、吸気圧力 P_1 または P_2 で実験的に求めた安定燃焼領域は、標準大気圧状態における等価有効圧 P_{e1} または P_{e2} での安定燃焼領域を表すものと考えられる。すなわち、実験的に求めた安定燃焼領域に基づいて標準大気圧状態における等価有効圧での安定燃焼領域を求めることができるものと考えられる。

以下に説明するように、更なる実験を実施することにより、上記の考察が成立することを確認した。

この実験では、筒内有効圧が略値 P_{e1} になるように吸気を絞った状態で標準大気圧において空燃比 30 でエンジン運転を行い、点火時期と噴射時期との種々の組合せのそれぞれについて安定燃焼が成立するか否かを確認し、これによりこの実験条件下での安定燃焼領域を求めた。この安定燃焼領域を図 15 に実線で示す。また、標準大気圧 P_0 よりも小さくかつ上記の吸気圧力 P_1 よりも大きい値 P_3 ($P_0 > P_3 > P_1$) に吸気圧力を設定しかつ等価有効圧が略値 P_{e1} になるように吸気を絞った状態でエンジン運転を行い、上記と同様の手順により図 15 に二点鎖線で示す安定燃焼領域を求めた。図 16 に破線で示す安定燃焼領域は、図 15 に破線で示した領域を再掲したものであり、吸気圧力が値 P_1 でかつ等価有効圧が略値 P_{e1} であるときの安定燃焼領域を表す。

より一般的に言えば、吸気圧力を種々に変化させ、あるいは吸気量を種々に絞って、筒内有効圧一定、空燃比一定の条件を作り、このような条件下でそれぞれの安定燃焼領域を求めることができる。

図 16 から明らかなように、吸気流量を標準大気圧状態でのものに換算して得た換算吸気流量に対応する筒内有効圧が略一定の場合には、吸気圧力（大気圧力）が異なっても安定燃焼領域は略一致し、最適噴射時期及び最適点火時期は何れも点 S1 で与えられることが判る。

このような知見に基づき、筒内有効圧が一定の場合には噴射時期及び点火時

期をほぼ同じ値に設定してもよいと考えられる。そこで、本実施例では、エンジン制御パラメータの設定の基礎となる目標負荷値を、吸気密度に相関する環境パラメータ値で補正し、このように補正した目標負荷値を用いてエンジン制御パラメータを設定し、これにより、安定した層状燃焼を行わせるようにしている。

具体的には、ECU70は、図12のステップS22において、目標平均有効圧 P_{eB} を大気補正するための補正係数値（標準大気状態に対する低減係数値） K_{at} を次式(M3)より演算する。

$$K_{at} = \alpha \times \gamma \quad \dots\dots (M3)$$

ここに α は、定数である。この定数 α は、吸気密度 γ が標準大気状態でのものに等しいときに補正係数 K_{at} を値1にするような値に設定される。従って、吸気密度 γ が標準大気状態でのものよりも小さくなるほど、補正係数値 K_{at} は小さくなる。

ステップS24では、次式(M4)に従い、目標平均有効圧 P_{ea} を大気補正する。

$$P_{ea} = K_{at} \times P_{eB} + \Delta P_c \quad \dots\dots (M4)$$

ここで、 P_{ea} は大気補正後の目標平均有効圧を表す。すなわち、目標平均有効圧 P_{ea} の添字aは大気(ambient atmosphere)補正されていることを示す。

また、式(M4)中、 K_{at} 、 P_{eB} および ΔP_c は、ステップS22で求めた補正係数値、ステップS12で求めた目標平均有効圧、および補機補正値をそれぞれ表す。

この大気補正においては、補機補正後の目標平均有効圧 P_e を求めるべくステップS14で用いられる算出式(M1)の右辺第1項に現れる補機補正前の目標平均有効圧 P_{eB} (スロットル弁開度 θ_{th} とエンジン回転数 N_e とに応じて設定され、吸入空気量に関連する)が大気補正対象とされる一方、式(M1)の右辺第2項に現れる補機補正値 ΔP_e は大気補正対象とされていない。エアコン等の補機装置は、それらの装置を駆動するに必要なエンジントルクは、平地であっても高地であっても大きな変わりがないからである。

次に、ECU 70は、ステップS 26ないしS 32において目標平均有効圧に対して燃料性状による補正（オクタン価補正）を行う。尚、この実施例では、基準ガソリン燃料として、プレミアムガソリン（例えばオクタン価98）およびレギュラーガソリン（例えばオクタン価90）を想定している。但し、プレミアムガソリンおよびレギュラーガソリン以外のガソリン燃料の使用も可能であり、この場合、目標平均有効圧に対する燃料性状補正において、使用燃料の性状が考慮される。例えば、プレミアムガソリンの性状とレギュラーガソリンの性状との中間の性状を示すガソリン燃料が使用される場合、目標平均有効圧に対する燃料性状補正において、後述するノック学習値 K_L を使用燃料の性状を反映する値に設定する。

目標平均有効圧に対する燃料性状補正を行うべく、先ず、ステップS 26において、トルク差値 dP_0 を求める。このトルク差値 dP_0 は、同一エンジン運転条件下において、プレミアムガソリンを使用した場合にエンジンが発生するトルクとレギュラーガソリンを使用した場合の発生トルクとの差を意味する。トルク差値 dP_0 は以下のようにして求めることができる。

図17には、プレミアムガソリン使用時（ $K_L=1$ ）の平均有効圧、レギュラーガソリン使用時（ $K_L=0$ ）の平均有効圧、および、プレミアムガソリンの性状とレギュラーガソリンの性状との中間の性状を有する2種類のガソリン燃料（ $0 < K_L < 1$ ）を使用したときの平均有効圧のそれぞれを、スロットル開度 θ_{th} の関数として表す4つの特性曲線が示されている。

トルク差値 dP_0 を求めるべく、先ず、図17に示すプレミアムガソリン使用時の特性曲線とスロットル開度 θ_{th} とからプレミアムガソリン使用時の目標平均有効圧 $P_{e'}$ を求め、次に、図17に示すレギュラーガソリン使用時の特性曲線とスロットル開度 θ_{th} とからレギュラーガソリン使用時の目標平均有効圧 $P_{e'}$ を求め、更に、2つの目標平均有効圧の差 $dP_{e'}$ を求める。そして、この有効圧差 $dP_{e'}$ とエンジン回転数 N_e とからトルク差値 dP_0 が求められる。

実際には、スロットル開度 θ_{th} 、エンジン回転数 N_e 等の種々の組合せのそれぞれについてのトルク差値 dP_0 がECU 70の記憶装置にマップとして記

憶されており、上述のように検出されるスロットル開度検出値 θ_{th} 、エンジン回転数 N_e 等に基づいてトルク差値 dP_0 が読み出される。

尚、図 5 及び図 17 から明らかなように、吸気行程噴射モードにおいて、レギュラーガソリンを使用した場合に実際にノッキングが生じるのは、目標平均有効圧 P_e が値 P_{enck} 以上の領域(スロットル開度 θ_{th} で値 θ_0 以上の領域)である。従って、スロットル開度 θ_{th} が値 θ_0 以下の場合には、レギュラー差値 dP_0 は値 0 に設定され、実質的にオクタン価補正はされない。

次に、ECU70 は、ノックセンサ 38 の出力信号に基づいてノックリタード量 KK 及び状態パラメータ値としてのノック学習値 KL を演算する(ステップ S28)。ノックリタード量 KK は、その時々ノック発生状態(ノック強度)を表す。また、ノック学習値 KL は、長期運転中に順次演算されたノックリタード量 KK に基づいて算出され、燃料供給を伴うエンジン運転中のノック発生傾向、即ち使用燃料の性状(オクタン価等)を表している。従って、ノック学習値 KL が求まれば、この値 KL から使用する燃料の性状を検出することができる。このようにして燃料性状を検出する方法は、例えば、特開平 1-100349 号公報、特開昭 60-104777 号公報等に記載されているので、詳細な説明は省略する。

ノック学習値 KL が求まると、次式 (N1) から、オクタン価補正值 dP を演算する(ステップ S30)。

$$dP = dP_0 \times (KL_{98} - KL) / (KL_{98} - KL_{90}) \dots\dots (N1)$$

ここに、 KL_{98} 、 KL_{90} は、それぞれ、プレミアムガソリン使用時およびレギュラーガソリン使用時のノック学習値(固定値)である。この実施例では、 KL_{98} は値 1 に、 KL_{90} は値 0 に設定されている($dP = dP_0 \times (1 - KL)$)。

次に、ステップ S32 に進み、以下の式 (N2)、(N3) に従って、目標平均有効圧 P_{ea} 、 P_e のそれぞれのオクタン価補正を行う。

$$P_{eao} = P_{ea} - dP \dots\dots (N2)$$

$$P_{eo} = P_e - dP \dots\dots (N3)$$

ここで、目標平均有効圧 P_{eao} 、 P_{eo} の添字 o は、オクタン価 (octane number) 補正されていることを示す。

ステップ S 3 4 では、吸気行程噴射モード或いは圧縮行程噴射モードの何れでエンジンを制御すべきかの判別に用いられる判別閾値 $X P_e$ をエンジン回転数 N_e に応じて設定する。図 8 に斜線で示す圧縮行程噴射リーン域と吸気行程噴射域とを区切る境界線は、判別閾値 $X P_e$ とエンジン回転数 N_e との関係を表している。従って、この関係からエンジン回転数 N_e に応じた判別閾値 $X P_e$ を求めることが出来る。

そして、図 1 3 のステップ S 3 6 及びステップ S 3 8 において、圧縮行程噴射モードで制御すべきか否かを判別する。ステップ S 3 6 では、設定した判別閾値 $X P_e$ とステップ S 3 2 において式 (N3) で求めたオクタン価補正済み目標平均有効圧 P_{eo} とが比較され、目標平均有効圧 P_{eo} が判別閾値 $X P_e$ よりも小であるか否かが判別される。ステップ S 3 8 では、暖機未了状態等の、圧縮行程噴射モードによるエンジン制御を禁止すべきエンジン運転状態であるか否かが判別される。

ステップ S 3 6 において、判別閾値 $X P_e$ と比較される目標平均有効圧データとして、吸気密度補正された P_{eao} を用いなかった理由は、 P_{eao} を用いると圧縮行程噴射リーン域が異常に拡大され、スモーク等が発生する虞があることによる。

目標平均有効圧 P_{eo} が判別閾値 $X P_e$ 以上であってステップ S 3 6 での判別結果が否定 (N o) の場合、或いは、圧縮行程噴射モードの制御を禁止すべきエンジン運転状態にあってステップ S 3 8 での判別結果が肯定 (Y e s) の場合には、ステップ S 4 4 に進み、吸気行程噴射モードによる各種エンジン制御パラメータ値の演算が行われる。一方、ステップ S 3 6 での判別結果が肯定、かつステップ S 3 8 での判別結果が否定の場合にはステップ S 4 0 に進み、圧縮行程噴射モードによる各種エンジン制御パラメータ値の演算が行われる。

ステップ S 4 4 での、吸気行程噴射モードによる各種エンジン制御パラメータ値の演算では、充填効率 η_v とエンジン回転数 N_e とに応じて燃料噴射終了

時期 T_{end} 、点火時期 T_{ig} 、目標空燃比 A/F 、EGR量（EGR弁45の開弁量 L_{egr} ）を設定する。吸気行程噴射モードでは、前述したとおり、筒内に流入する空気量に応じて略一義的にエンジン出力を決定し得るので、この実施例では体積効率 E_v に吸気密度補正をした充填効率 η_v が使用される。充填効率 η_v とエンジン回転数 N_e とに応じてエンジン制御パラメータ値を設定するには、ステップS12の目標平均有効圧 P_{eB} の演算と同様、マップから充填効率 η_v とエンジン回転数 N_e とに応じて適宜値を読み出すようにすればよい。この実施例では、体積効率 E_v に代え、吸気密度 γ で補正された充填効率 η_v を用いてエンジン制御パラメータ値を設定するので、高地等の吸気密度の低い大気条件下でも吸気密度に応じた最適なエンジン制御パラメータ値を設定することができる。尚、ノッキング発生程度に相関するエンジン出力制御用パラメータとしての点火時期 T_{ig} については、上述した充填効率 η_v とエンジン回転数 N_e に加え、瞬時補正值であるノックリタード量 KK 及び長期学習補正值であるノック学習値 KL に基づいて、ノック発生状況及び燃料性状に応じた最適点火時期が設定される。即ち、ここでエンジン出力制御用パラメータ設定手段としての機能が果たされる。

しかしながら、ABV弁27の開度については、吸気行程噴射モードにおいても目標平均有効圧 P_{e0} とエンジン回転数 N_e とにより演算される（ステップS46）。ABV弁27が全開状態にあるとき、スロットル弁28の全開時に匹敵する空気量をバイパス通路26を介してエンジン1に供給させることができる。従って、エンジン出力が不足して運転者によってスロットル弁28が開弁されたとき、ABV弁27の開度を体積効率 E_v や充填効率 η_v を用いて制御すると、ABV弁27も開弁方向に駆動されることになる。この様な僅かな開弁方向の補正でも大量の吸気量が流れ得るので、過剰な空気量が筒内に流入して燃焼を悪化させる場合がある。燃焼が悪化すると、出力が更に不足し、運転者はスロットル弁28を更に開き、これに連動してABV弁27が更に開弁される。この様なスロットル操作およびABV弁27の作動が循環的に実施されると、制御が発散する危険がある。そこで、本実施例では、上述のように、

スロットル開度 θ_{th} 、すなわち運転者の出力要求に対応して設定される目標平均有効圧 P_{eo} とエンジン回転数 N_e とによって A B V 弁 2 7 の弁開度を設定することによって、制御を安定させるようにしている。

一方、ステップ S 4 0 での、圧縮行程噴射モードによる各種エンジン制御パラメータ値の演算では、先ず、目標平均有効圧 P_{ea0} 、エンジン回転数 N_e 、及びノック学習値 K_L に応じて燃料噴射終了時期 T_{end} 及び点火時期 T_{ig} が設定される。この場合、燃料噴射終了時期 T_{end} 及び点火時期 T_{ig} を、ステップ S 1 2 での目標平均有効圧 P_{eB} の演算と同様に、3次元マップから読み出すようにすればよい。燃料噴射終了時期 T_{end} や点火時期 T_{ig} の設定の基礎となる目標平均有効圧 P_{ea0} は、ステップ S 2 4 において大気補正されている（オクタン価補正もされている）。この理由、および、先に図 1 6 を参照して説明した理由で、燃料噴射終了時期 T_{end} や点火時期 T_{ig} は標準大気状態用のマップを用いて求めれば良い。従って、吸気密度に応じて異なるマップからこれらの燃料噴射終了時期 T_{end} や点火時期 T_{ig} を読み出す必要がなく、制御が簡素になり、しかもマッチングのための台上試験回数も少なくて済むという利点もある。

次いで、ステップ S 4 2 において、目標平均有効圧 P_{eo} とエンジン回転数 N_e とに応じて目標空燃比 A_F 、EGR 量（EGR 弁 4 5 の開弁量 L_{egr} ）及び A B V 弁 2 7 の弁開度を設定する。これらのエンジン制御パラメータ値の設定には、前述したステップ S 1 4、S 3 2 で演算され、大気補正を行っていない目標平均有効圧 P_{eo} が使用される。前述したとおり、圧縮行程噴射モードにおいては吸気量によってエンジン出力を一義的に決めることができず、燃料供給量に略比例したエンジン出力が得られる。そして、安定した層状燃焼を確保するために燃料噴射終了時期 T_{end} や点火時期 T_{ig} を最適値に設定する必要から目標平均有効圧の大気補正を必要とするが、目標空燃比 A_F 、EGR 量及び A B V 弁 2 7 の弁開度は、層状燃焼に影響するパラメータと云うよりは、エンジン出力に直接関係する制御パラメータである。その一方で、運転者が要求するエンジン出力を忠実に実現するためには、運転者の操作に基づくアクセル開度

情報を、目標空燃比、EGR量及びABV弁開度に正確に反映させなければならない。従って、これらの制御パラメータ値の設定の基礎となる目標平均有効圧 P_{eo} は、オクタン価の補正は必要とするが、大気補正は不要であり、大気補正を行うと運転者の意図が反映出来ず寧ろ有害となる。

- 5 この場合の目標空燃比AF、EGR量及びABV弁27の弁開度の設定にあたっては、ステップS12の目標平均有効圧 P_{eB} の演算と同様に、これらパラメータ値をマップから読み出すようにすればよい。

これらの制御パラメータ値の設定が終わると、ステップS48に進み、燃料噴射弁4の開弁時間 T_{inj} を次式(M5)により演算する。

10
$$T_{inj} = K \times (Q_a \times \gamma / AF) \times (K_{wt} \times K_{af} \dots) \times K_g + T_{DEC} \dots \quad (M5)$$

- ここに、 K_{wt} 、 $K_{af} \dots$ 等はエンジン水温 T_w 等に応じて設定される各種補正係数であり、エンジン運転状態に応じて設定される。 K_g は、噴射弁4のゲイン補正係数、 T_{DEC} は、無効時間補正值であり、目標平均有効圧 P_{eo} とエンジン回転数 N_e とに応じて設定される。 K は、燃料量を開弁時間に変換する変換係数であり、定数である。
- 15

- そしてステップS50において、このように算出した開弁時間 T_{inj} と噴射終了時期 T_{end} とに基づいて決定されるタイミングで燃料噴射弁4を駆動し、所要量の燃料を燃焼室5内に噴射供給する。また、点火時期 T_{ig} に基づいて決定されるタイミングで点火プラグ3により点火し、また、設定した所要の弁開度
- 20 度にEGR弁45及びをABV弁27を開閉駆動する。

- 斯くして、大気補正及びオクタン価補正された目標平均有効圧 P_{eao} に基づいて最適燃料噴射終了時期 T_{end} と最適点火時期 T_{ig} とを求めることができ、このような最適燃料噴射終了時期 T_{end} に基づく燃料噴射と最適点火時期 T_{ig} に基づく点火動作とに依って安定な層状燃焼が確保される。又、オクタン価補正された目標平均有効圧 P_{eo} によって、目標空燃比等が演算される。
- 25

クランク角センサ17からクランク角信号が出力される毎に上述のようにしてエンジン制御パラメータ値の演算が行われる。そして、図5を参照して以下に説明するようにして、圧縮行程噴射モードから吸気行程噴射モードへの切換

が行われる。

- スロットル弁開度 θ_{th} が値 θ_0 に達するまでは、大気補正済み目標平均有効圧 P_{ea} および大気補正前の目標平均有効圧 P_e のそれぞれに対して実質的なオクタン価補正が行われないので ($P_{eao} = P_{ea}$ かつ $P_{eo} = P_e$)、プレミアムガソリン使用時の作動線とレギュラーガソリン使用時の作動線は互いに同一である。スロットル開度 θ_{th} が値 θ_0 を超えると、前記ステップ S 3 2 においてオクタン価補正が実質的に開始されるので、目標平均有効圧 P_{ea} 、 P_e は燃料性状に応じた補正值 dP でオクタン価補正される。本実施例では、プレミアムガソリン使用時のオクタン価補正值 dP は、プレミアムガソリン使用時には値 0 をとる一方、レギュラーガソリン使用時には値 dP_0 になる。従って、オクタン価補正済み目標平均有効圧 P_{eao} 及び P_{eo} は、プレミアムガソリン使用時には値 P_{ea} および値 P_e をとる一方、レギュラーガソリン使用時には値 $P_{ea} - dP_0$ および値 $P_e - dP_0$ になる。このため、実質的なオクタン価補正が実施される値 θ_0 以上のスロットル開度領域では、レギュラーガソリン使用時の発生トルクはプレミアムガソリン使用時のものよりも低下する。例えば、プレミアムガソリン使用時には、スロットル開度 θ_{th} が値 θ_1 に達すると、オクタン価補正済み目標平均有効圧 P_{eo} ($= P_e$) はモード切換判別閾値 $X P_e$ に達し、この結果、圧縮リーンモードから S-FB モードへの切換が行われる。一方、レギュラーガソリン使用時には、スロットル開度 θ_{th} が値 θ_1 に達する点 p_1 では、発生トルクはプレミアムガソリン使用時のものよりもトルク差 ΔT_a だけ小さく、また、オクタン価補正済み目標平均有効圧 P_{eo} は、閾値 $X P_e$ よりも相当に小さい値 P_{ep1} をとる ($P_{eo} < X P_e$)。この結果、スロットル開度 θ_{th} が値 θ_1 を超えても圧縮リーンモードが引き続き実行され、トルクも抑制されることになる。スロットル開度 θ_{th} が値 θ_2 に到達すると (p_2 点)、目標有効圧 P_{eo} は判別閾値 $X P_e$ と等しくなり、この時点で圧縮リーンモードから S-FB モードに切り換えられる。スロットル開度 θ_{th} が値 θ_2 になる p_2 点での充填効率 η_v は p_1 点でのそれよりも大きくなっている。従って、モード切換直後の S-FB モードにおいて、点火時期・トルク特性は図 3 の曲線 III か

ら曲線 III' に移行する。このため、特性曲線 III' 上の C 2 点で表される点火時期に点火を行うことにより、値 $X P_e$ の平均有効圧に対応する発生トルクが得られる。結果として、モード切換時にトルク段差が発生せず、切換ショックが防止される。

5 以下、本発明の第 2 実施例による制御装置を説明する。

第 2 実施例は、モード切換判別に用いる閾値 $X P_e$ をオクタン価補正するようにした点に特徴があり、その一方で、エンジン制御パラメータ値の設定等のその他の制御手順は第 1 実施例の場合と同一である。

詳しくは、本実施例では、図 1 1 ないし図 1 3 に示すものと略同一のエンジン制御ルーチンが実行される。この制御ルーチンでは、図 1 2 のステップ S 3 2 での目標平均有効圧値 P_{ea} 、 P_e に対するオクタン価補正を終了すると、図 1 8 のステップ S 1 3 4 (図 1 2 のステップ S 3 4 に対応) に進み、モード切換判別のための閾値をエンジン回転数 N_e とノック学習値 K_L との関数として求め、これにより、オクタン価補正済みの判別閾値 $X P_{e0}$ を得る。そして、図 1 3 に示すステップ S 3 6 以降の処理を順次実行する。

オクタン価補正済みの判別閾値 $X P_{e0}$ を求める方法は種々であるが、本実施例では、第 1 実施例の場合と同一手順で判別閾値 $X P_e$ を求め、この閾値 $X P_e$ にオクタン価補正を加えて閾値 $X P_{e0}$ を得るようにしている。この場合、エンジン回転数 N_e に応じて設定した判別閾値 $X P_e$ に対して、ノック学習値 K_L に応じた補正值 $\Delta X P$ を加算 (図 5 参照)、或いは乗算して求めてもよい。また、オクタン価補正済みの判別閾値 $X P_{e0}$ をエンジン回転数 N_e とノック学習値 K_L とに応じてマップから読み出すようにしてもよい。

プレミアムガソリンよりもオクタン価の低い燃料が使用される場合、圧縮行程噴射モードでのエンジン運転時に負荷余裕が生じるので、判別閾値 $X P_e$ に対して負荷余裕が増えた分オクタン価補正を行うことが望ましい。本実施例では、オクタン価補正済みの判別閾値 $X P_{e0}$ ($= X P_e + \Delta X P$) を使用してモード切換判別を行うので、燃費特性の優れた圧縮行程噴射モードで制御される運転領域が第 1 実施例の場合よりも拡大し、燃費を改善できる。

以下、本発明の第3実施例による制御装置を説明する。

第3実施例は、モード切換判別において、オクタン価補正済み目標有効圧 P_{eo} に代えて、オクタン価補正されていない目標有効圧 P_e を用いる点に特徴があり、エンジン制御パラメータ値の設定等のその他の制御手順は第1実施例の場合と同一である。

詳しくは、本実施例では、図11ないし図13に示すものと略同一のエンジン制御ルーチンが実行される。この制御ルーチンでは、図12のステップS34での閾値 $X P_e$ の設定を終了すると、図19のステップS136（図13のステップS36に対応）に進み、図11のステップS14で求められオクタン価補正されていない目標有効圧 P_e が、判別閾値 $X P_e$ よりも小さいか否かが判別される。そして、ステップS136での判別結果が肯定であれば図13のステップS38へ進み、圧縮行程噴射モード制御が禁止されていないことがステップS38で判別されるとステップS40、S42、S48及びS50での処理を順次実行して圧縮行程噴射モードによるエンジン制御が実施される。

一方、ステップS136での判別結果が否定であれば図13のステップS44、S46、S48及びS50の処理を順次実行して吸気行程噴射モードによるエンジン制御が実施される。これにより、目標有効圧 P_e が判別閾値 $X P_e$ に到達した時点（図4のA1点）で圧縮リーンモードからS-FBモードに切り換えられる。

第1実施例の場合と同様、第3実施例では、図13のステップS40において、大気圧補正およびオクタン価補正を施した目標平均有効圧 P_{eao} 、エンジン回転数 N_e 、及びノック学習値 K_L に応じて、燃料噴射終了時期 T_{end} 及び点火時期 T_{ig} が設定される。また、ステップS42において、オクタン価補正済み目標平均有効圧 P_{eo} およびエンジン回転数 N_e に応じて、目標空燃比 A_F 、EGR量（EGR弁45の開弁量 L_{egr} ）、及びABV弁27の開弁度が設定される。

従って、第3実施例においても、図4に示すとおり、スロットル弁開度 θ_{th} が値 θ_0 に増大するまでは、実質的なオクタン価補正は実施されず、オクタン

- 価補正済み目標有効圧 P_{ea0} , P_{eo} はそれぞれオクタン価補正前の目標有効圧 P_{ea0} , P_{eo} に等しい。このため、レギュラーガソリン使用時のエンジン作動線はプレミアムガソリン使用時のものと同じになる。スロットル開度 θ_{th} が値 θ_0 を超えると、実質的なオクタン価補正が開始され、これにより、燃料性状に
- 5 応じた補正值 dP で補正された目標平均有効圧 P_{ea0} , P_{eo} に応じてエンジン制御が実施される。このオクタン価補正分、発生トルクはプレミアムガソリン使用時よりも低下する。そして、スロットル開度 θ_{th} が値 θ_1 に到達したとき(図4のA1点)では、判別閾値 $X P_e$ に対応するトルクよりもトルク段差 ΔT_a (図1)だけ低いトルク(有効圧 P_{ec1} に対応)が発生する。そして、モード
- 10 切替判別にオクタン価補正されない目標有効圧 P_e が使用されるので、この時点において目標有効圧 P_e は判別閾値 $X P_e$ と等しくなり、圧縮リーンモードからS-FBモードに切り換えられる。モード切替直前の圧縮リーンモードでは、図3の特性曲線Iの場合よりも発生トルクの小さい特性曲線I'に沿ってエンジンが作動している。特性曲線I'上のA1点では、A1点で表される点火
- 15 時期に点火動作することによって、A1点で表される値 P_{ec1} の平均有効圧に対応する発生トルクを得ている。一方、モード切替直後のS-FBモードでは、図3の特性曲線IIIのC1点で点火することによって、値 P_{ec1} の平均有効圧に対応する発生トルクが得られ、トルク段差がなくなって切替ショックが防止される。
- 20 第3実施例では、第1及び第2実施例に比べて燃費特性に劣るが、切替ショックが防止される利点がある。

請 求 の 範 囲

1. 燃焼室に燃料を直接噴射する燃料噴射弁を有した筒内噴射型火花点火式内燃エンジンに装備され、前記内燃エンジンの運転状態に応じて、主として圧縮行程中に燃料を噴射して層状燃焼を行わせる圧縮行程噴射モード制御と、主として吸気行程中に燃料を噴射して均一混合燃焼を行わせる吸気行程噴射モード制御との間で制御モードを切換える筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置において、
 - 5 少なくとも運転者の操作に基づくアクセル開度情報に応じて目標負荷値を設定する目標負荷設定手段と、
 - 10 少なくとも前記目標負荷値に基づき、前記圧縮行程噴射モード制御と前記吸気行程噴射モード制御との間でモード切換を行うモード切換手段と、
前記内燃エンジンに供給される燃料の性状または前記内燃エンジンに固有のノッキング発生程度に関連する状態パラメータの値を検出するパラメータ検出手段と、
 - 15 前記目標負荷値に基づいてエンジン出力制御用パラメータの値を設定するエンジン出力制御用パラメータ設定手段と、
前記モード切換に対して前記状態パラメータの前記検出値に基づく補正を加え、前記モード切換の前後におけるエンジン出力変化を補償する切換補正手段と
 - 20 を備えたことを特徴とする筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置。
2. 前記モード切換手段は、前記目標負荷値と予め定められた判別値とを比較し、比較結果に応じて前記モード切換を実行し、
前記切換補正手段は、前記目標負荷値、前記判別値、及び前記圧縮行程噴射モード制御時の前記エンジン制御パラメータ値のうち少なくとも一つを補正する
25 ことを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置。
3. 前記切換補正手段は、前記目標負荷値を補正し、
前記エンジン出力制御用パラメータ設定手段は、前記補正された目標負荷値

に基づいて前記圧縮行程噴射モード制御時のエンジン出力制御用パラメータ値を設定し、

前記モード切換手段は、前記補正された目標負荷値と前記判別値との比較結果に基づいて前記モード切換を実行することを特徴とする、請求の範囲第2項

5 に記載の筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置。

4. 前記切換補正手段は、前記目標負荷値及び前記判別値を補正し、

前記エンジン出力制御用パラメータ設定手段は、前記補正された目標負荷値に基づいて前記圧縮行程噴射モード制御時のエンジン出力制御用パラメータを設定し、

10 前記モード切換手段は、前記補正された目標負荷値と前記補正された判別値との比較結果に基づいて前記モード切換を実行することを特徴とする、請求の範囲第2項に記載の筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置。

5. 前記切換補正手段は、前記目標負荷値を補正し、

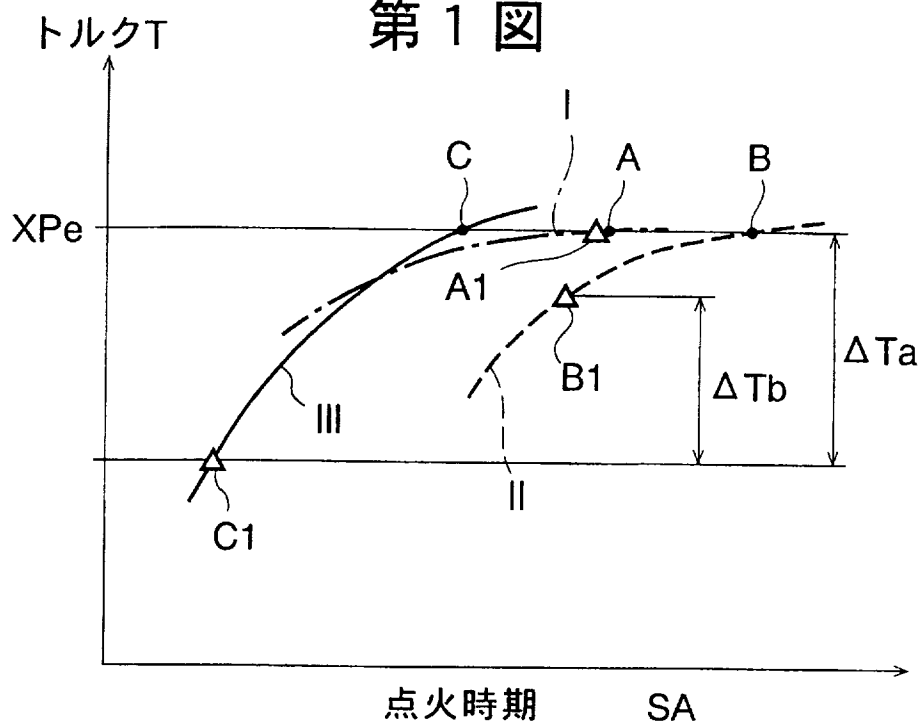
前記エンジン出力制御用パラメータ設定手段は、前記補正された目標負荷値

15 に基づいて前記圧縮行程噴射モード制御時のエンジン出力制御用パラメータ値を設定し、

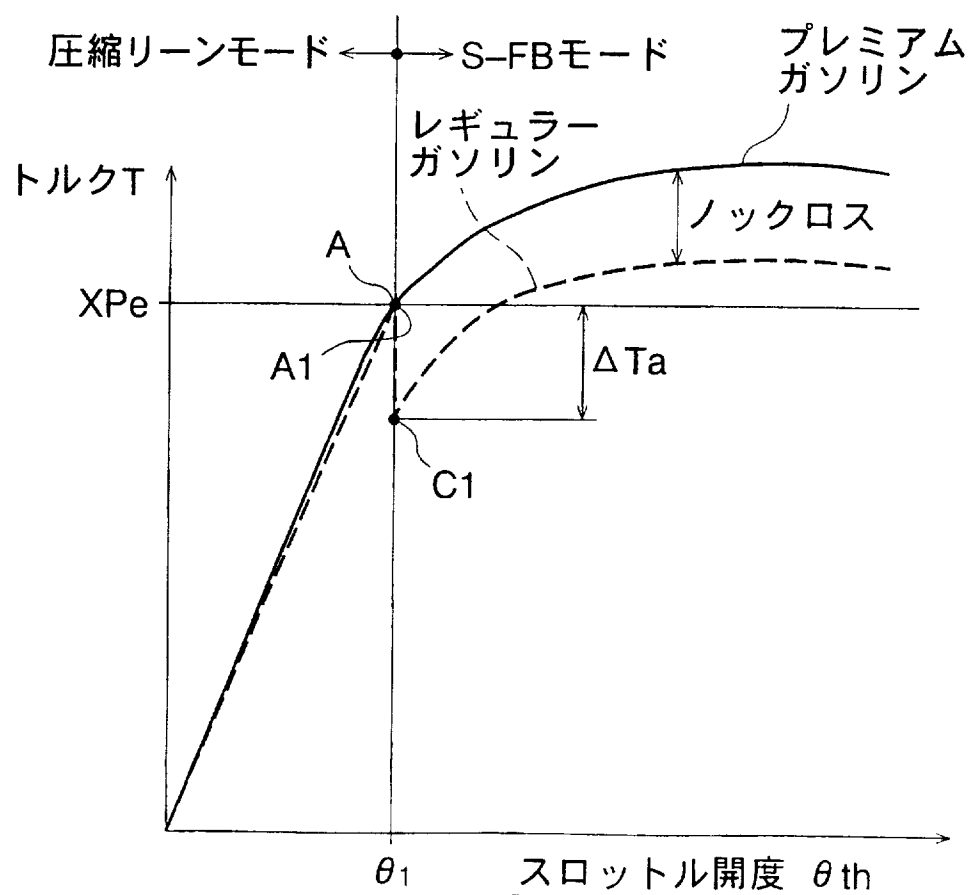
前記モード切換手段は、補正前の目標負荷値と前記判別値との比較結果に基づいて前記モード切換を実行することを特徴とする、請求の範囲第2項に記載の筒内噴射型火花点火式内燃エンジンの制御装置。

1/14

第 1 図

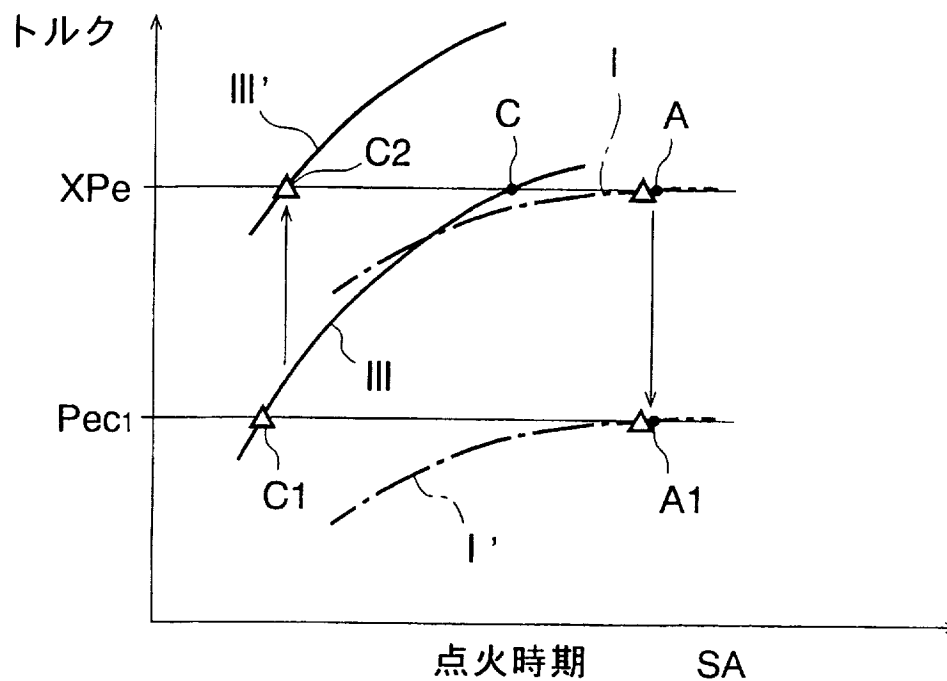


第 2 図

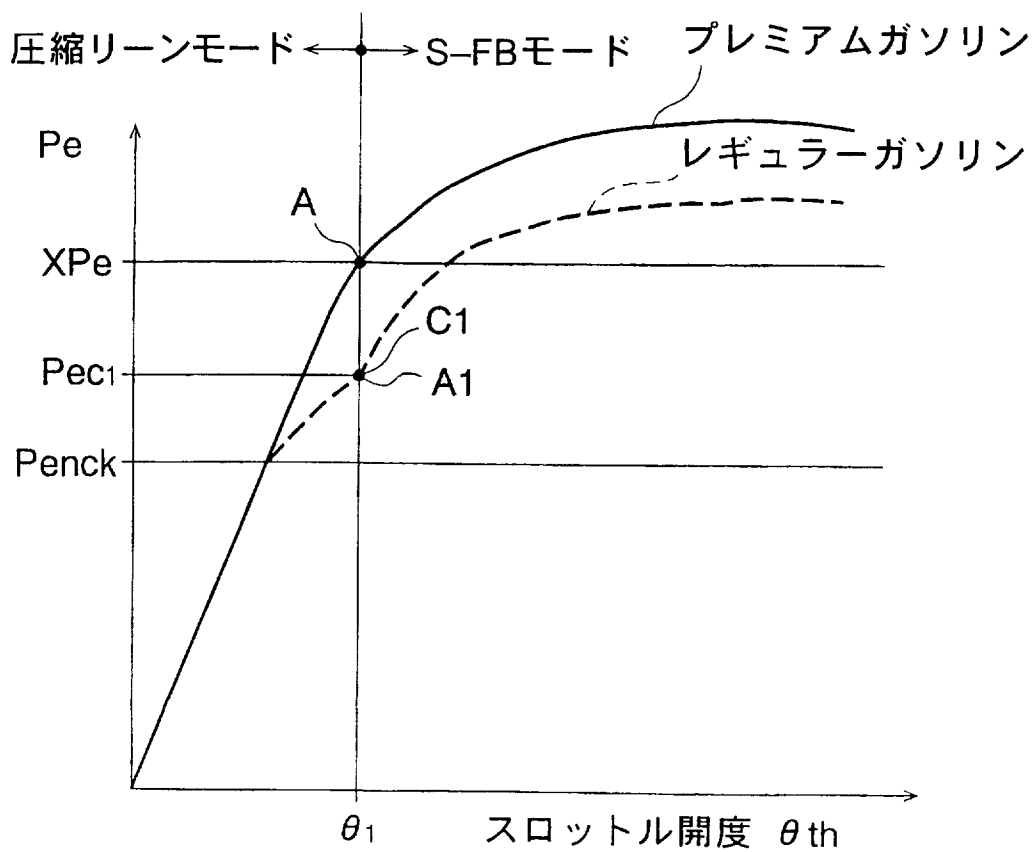


2/14

第 3 図



第 4 図



3/14

第 5 図

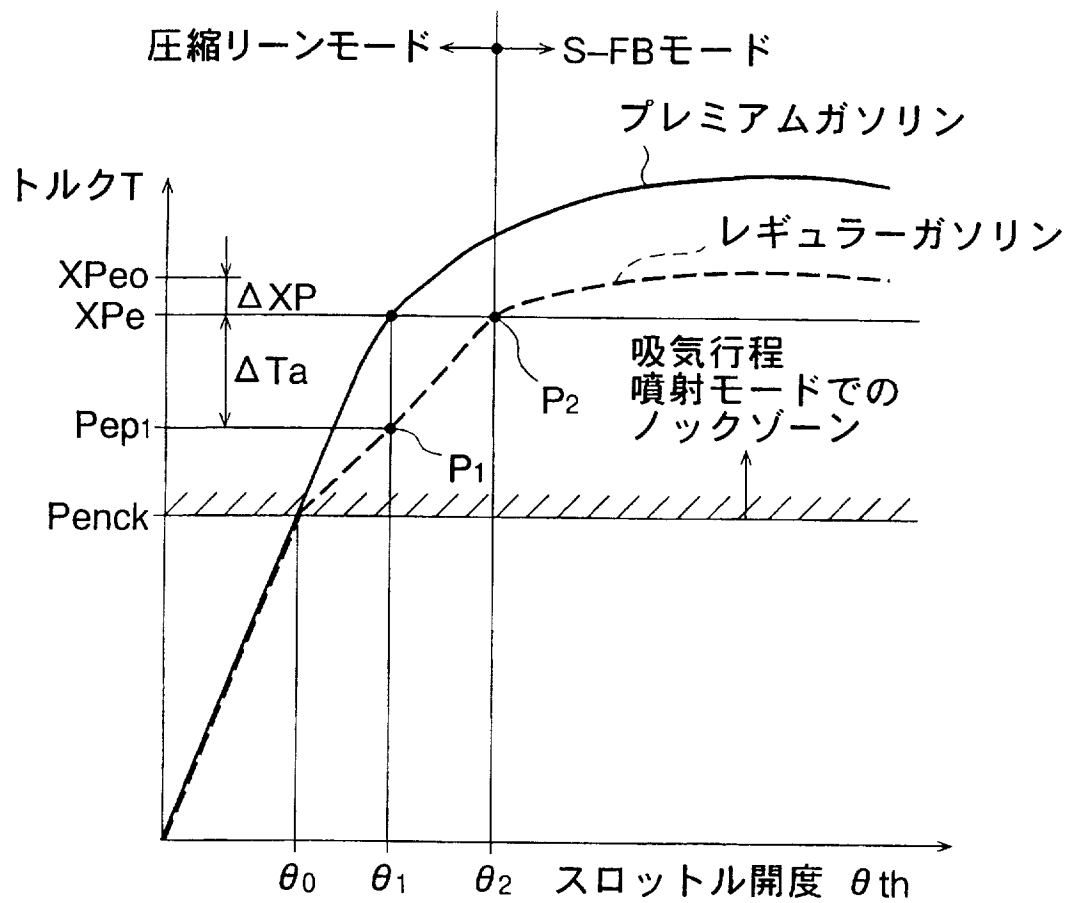
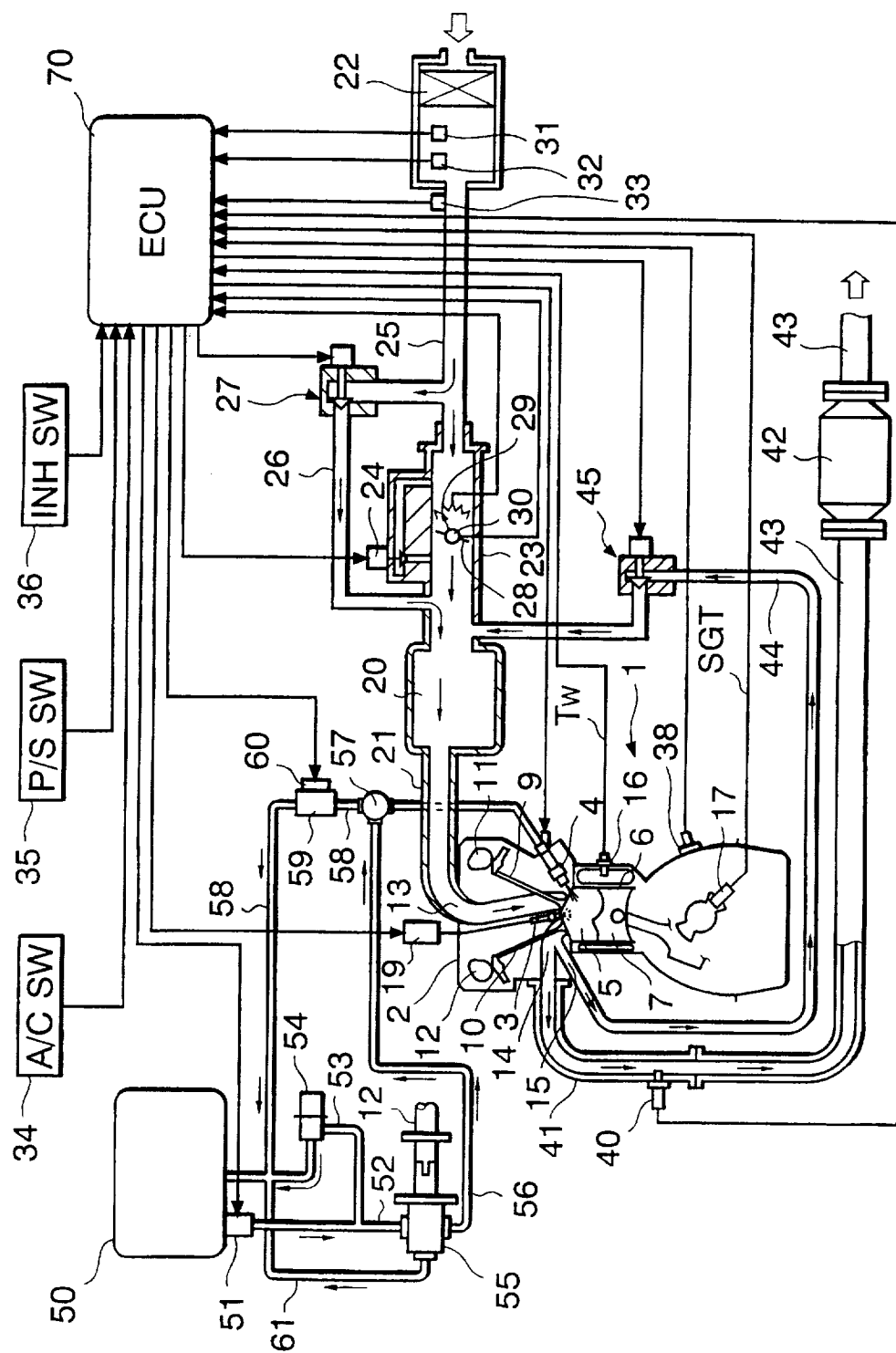
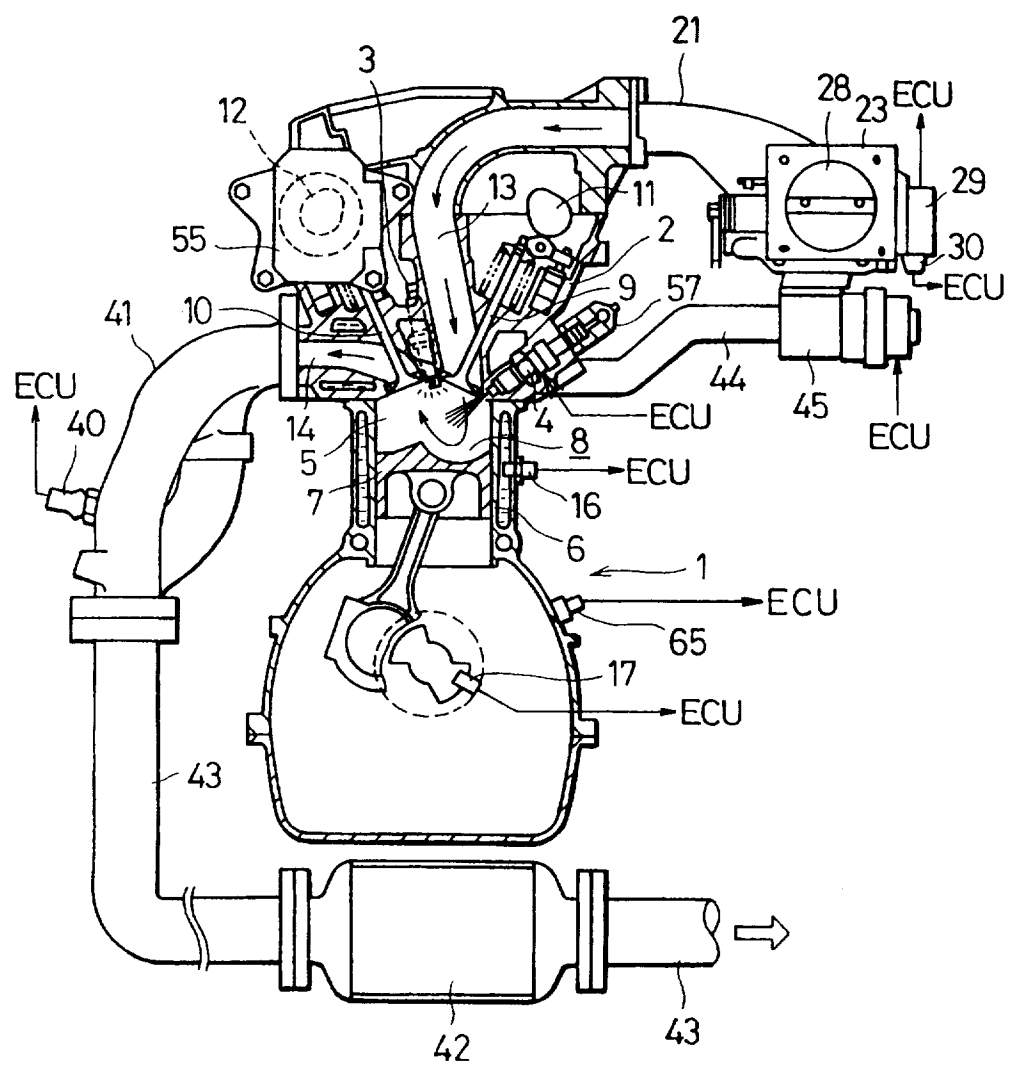


図 6
振



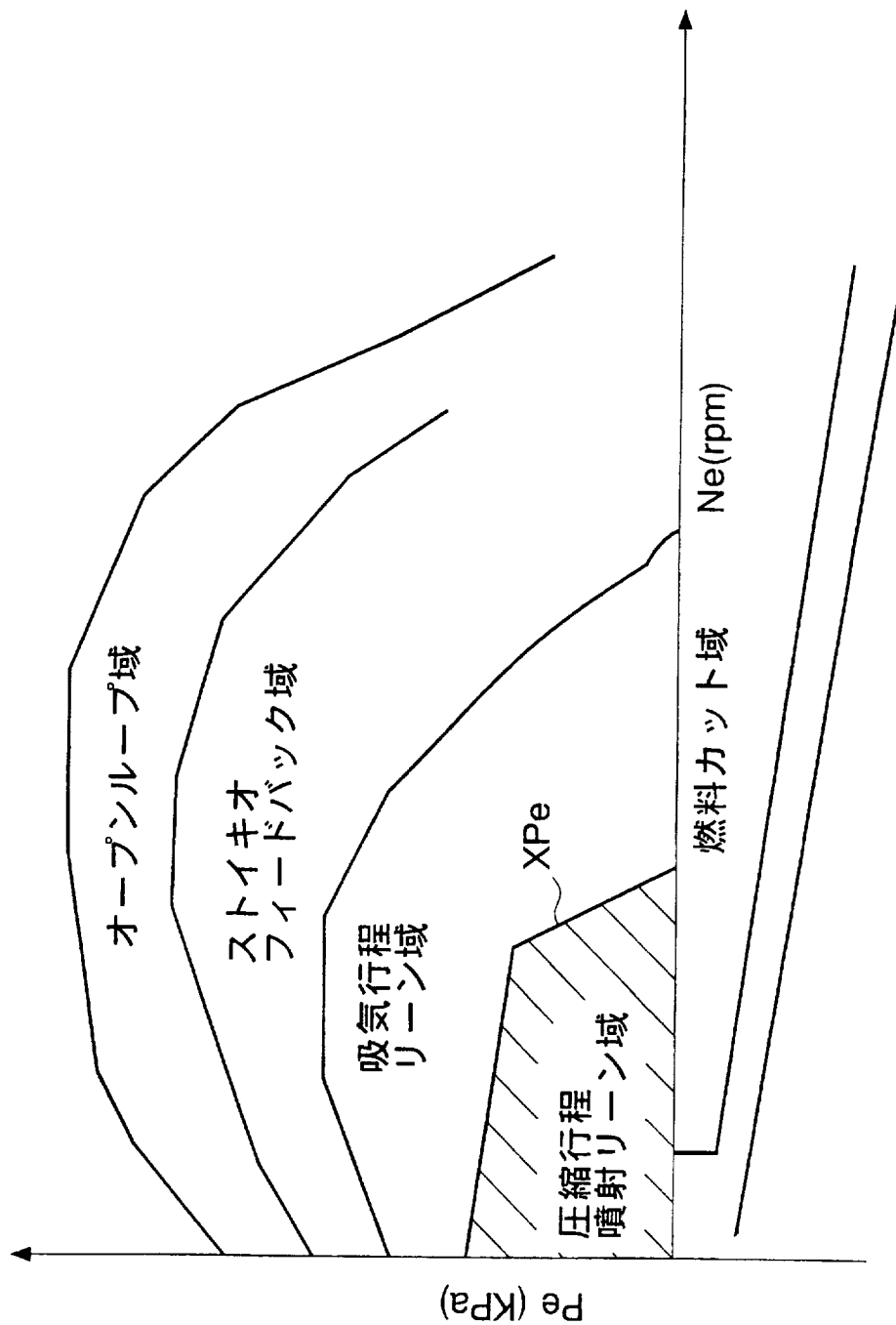
5/14

第 7 図



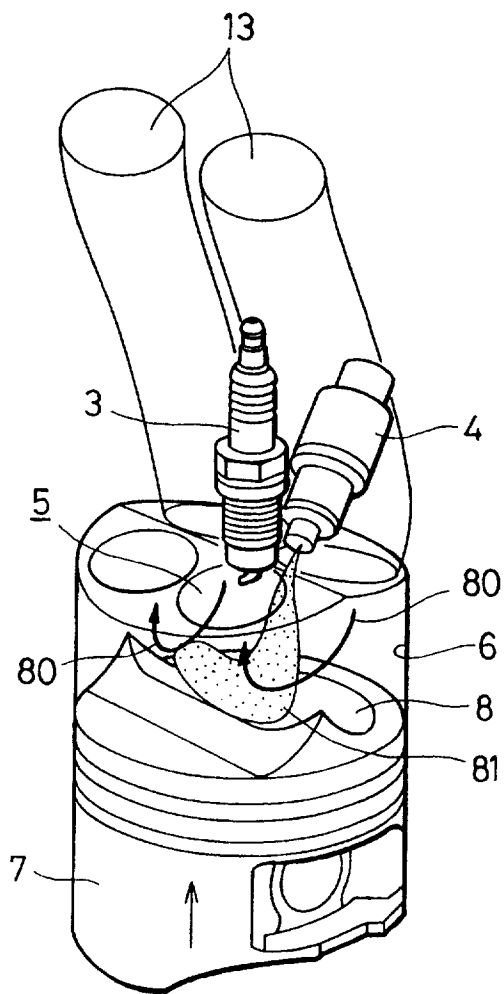
6/14

第8図



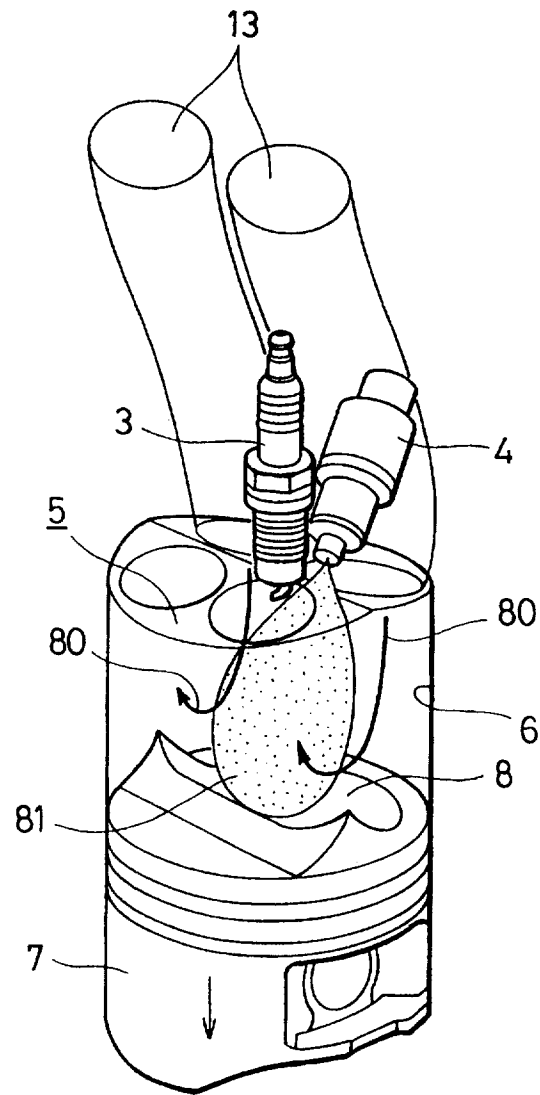
7/14

第 9 図



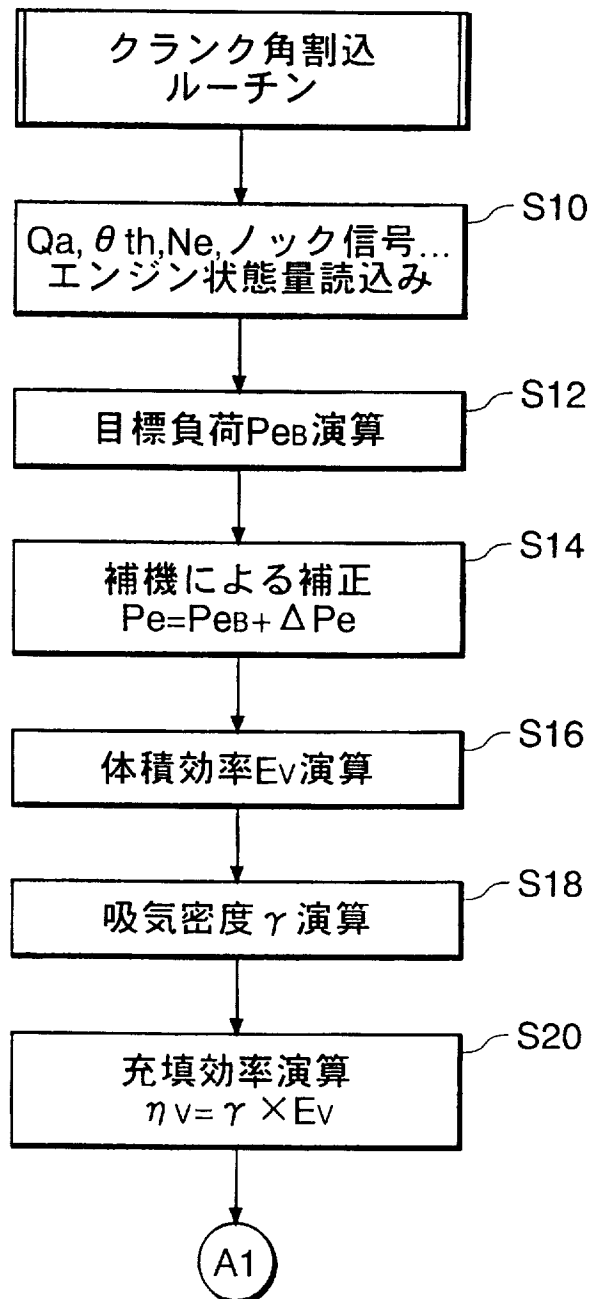
8/14

第 1 0 図



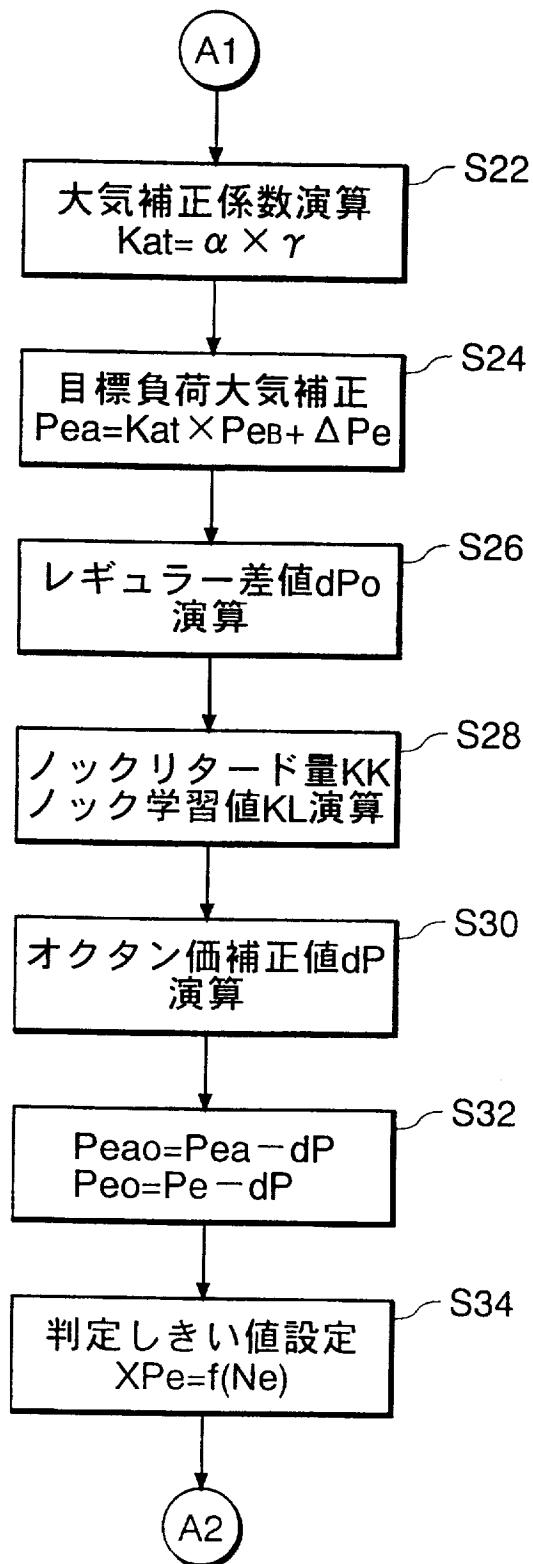
9/14

第 1 1 図



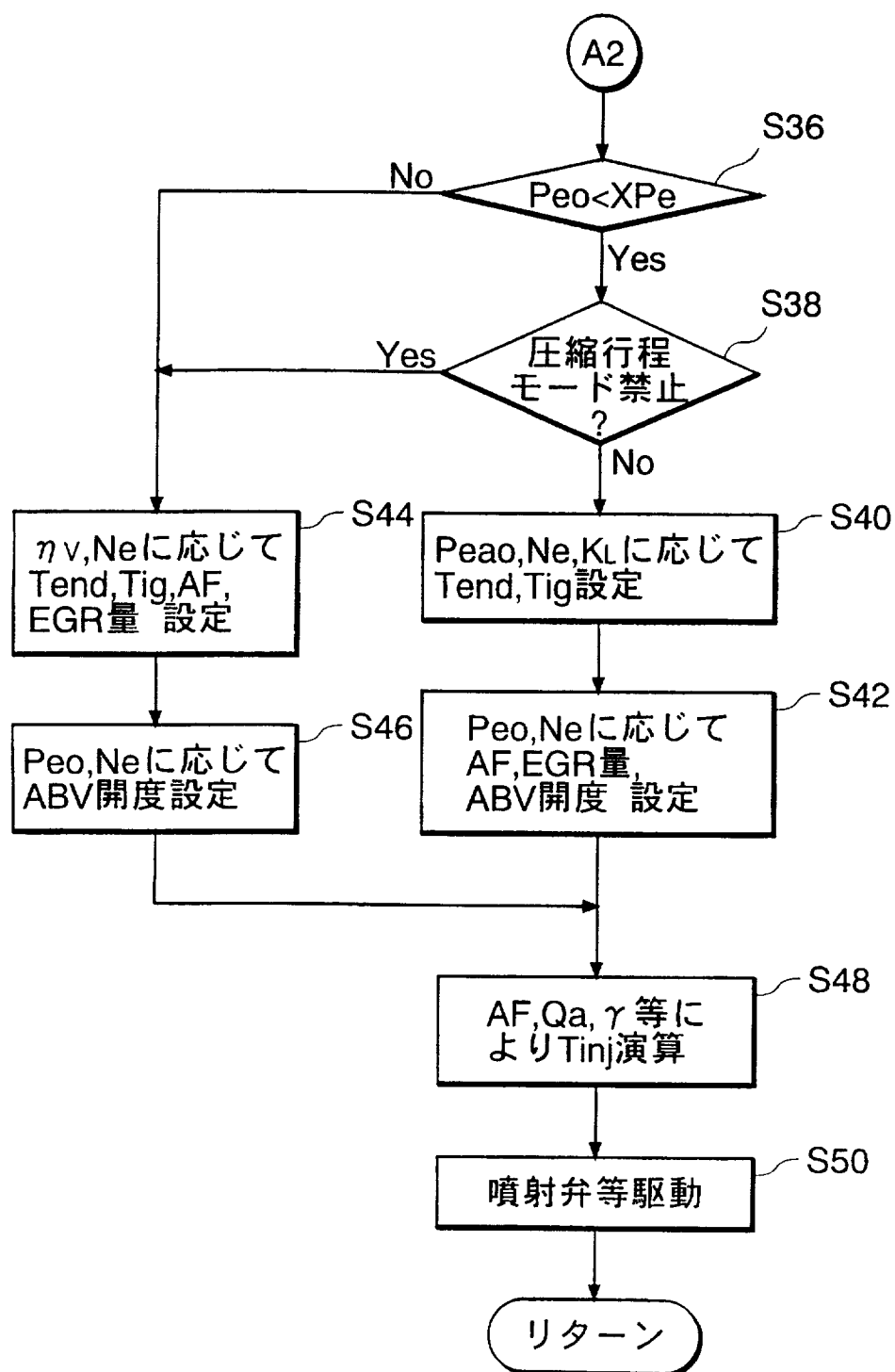
10/14

第 1 2 図



11/14

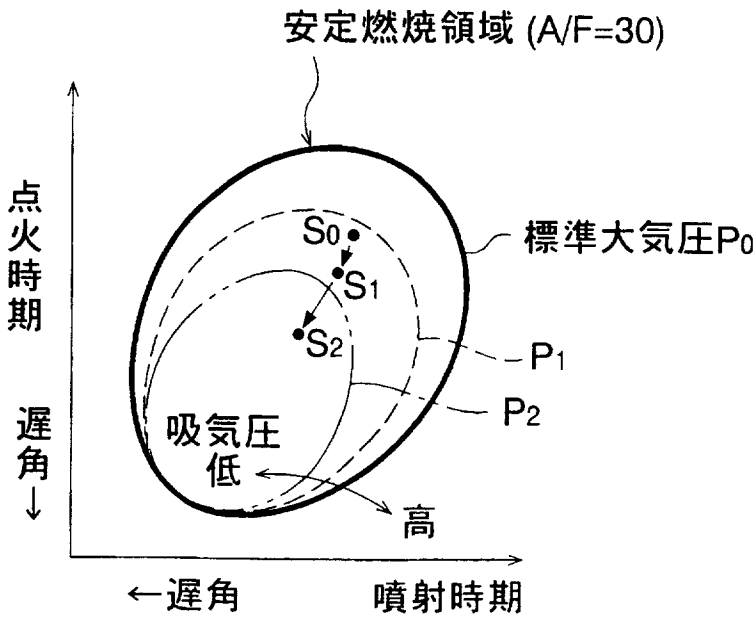
第 1 3 図



第 1 4 図

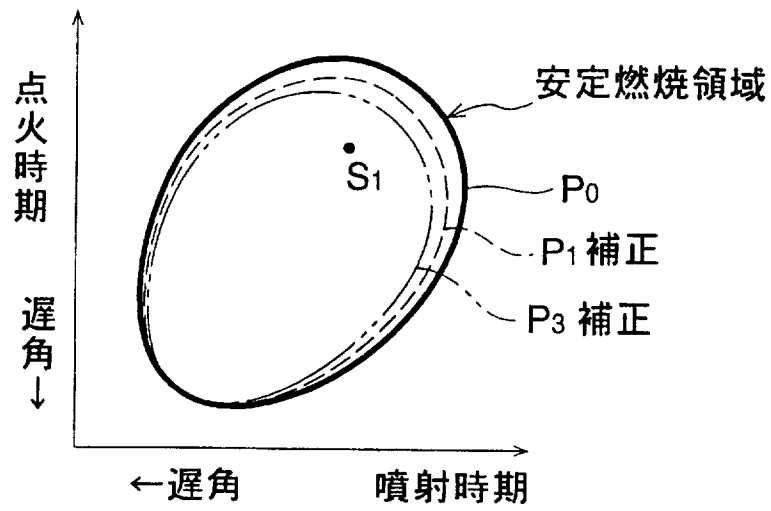
θ_{th} \ Ne	N ₁	N ₂	• • • •	N _{j-1}	N _j
θ_1	PeB ₁₁	PeB ₁₂	• • • •	PeB _{1j-1}	PeB _{1j}
θ_1	PeB ₂₁	PeB ₂₂	• • • •	PeB _{2j-1}	PeB _{2j}
• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •
θ_{i-1}	PeB _{i-11}	PeB _{i-12}	• • • •	PeB _{i-1j-1}	PeB _{i-1j}
θ_i	PeB _{i1}	PeB _{i2}	• • • •	PeB _{ij-1}	PeB _{ij}

第 1 5 図

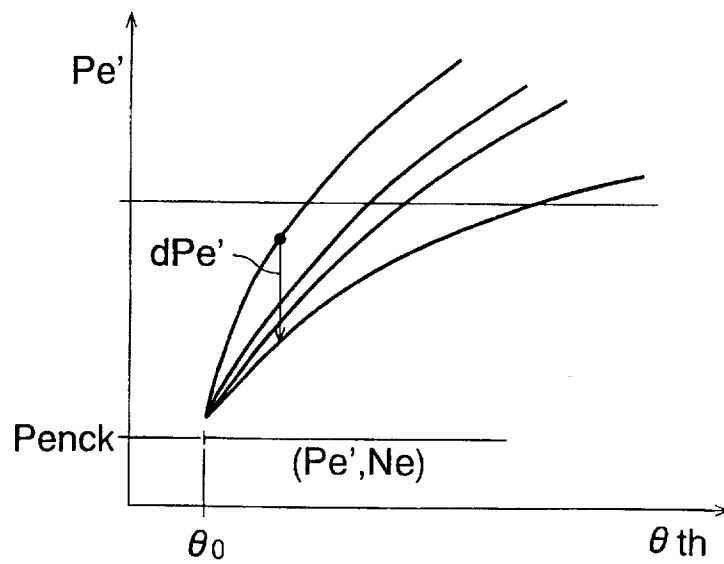


13/14

第 1 6 図

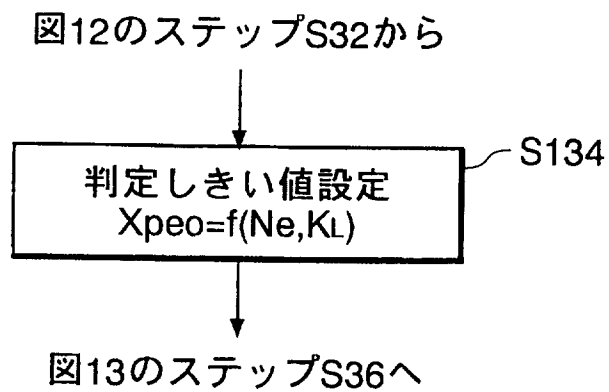


第 1 7 図

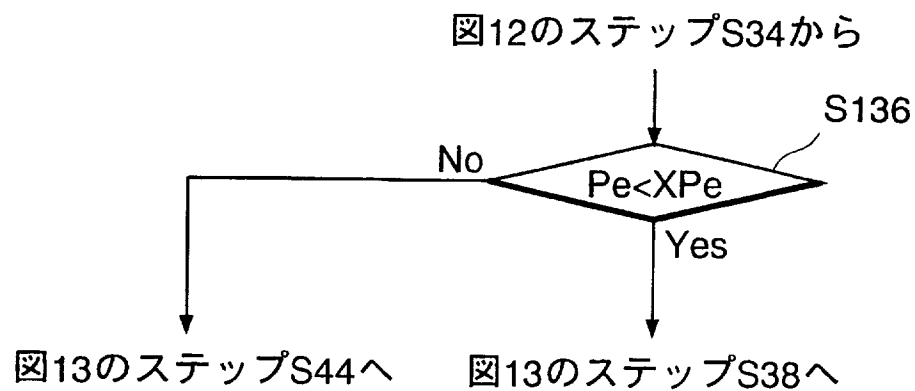


14/14

第 1 8 図



第 1 9 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/02982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ F02D41/02, F02D41/04, F02D45/00, F02P5/15

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)

Int. Cl⁶ F02D41/02-F02D41/40, F02D45/00, F02P5/15

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

Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1996	Jitsuyo Shinan Toroku
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1997	Koho
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1997	1996 - 1997

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.
A	JP, 5-12537, B (Mazda Motor Corp.), February 18, 1993 (18. 02. 93) & JP, 60-36719, A	1, 2
A	JP, 7-99114, B (Mazda Motor Corp.), October 25, 1995 (25. 10. 95) & JP, 63-159614, A	1, 2
A	JP, 8-170556, A (Mazda Motor Corp.), July 2, 1996 (02. 07. 96)	1, 2
A	JP, 7-293260, A (Fuji Heavy Industries Ltd.), November 7, 1995 (07. 11. 95)	1, 2
A	JP, 3-281965, A (Fuji Heavy Industries Ltd.), December 12, 1991 (12. 12. 91) & US, 5078107, A & DE, 4110618, A	1, 2
A	JP, 8-189405, A (Toyota Motor Corp.), July 23, 1996 (23. 07. 96)	1, 2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

November 25, 1997 (25. 11. 97)

Date of mailing of the international search report

December 2, 1997 (02. 12. 97)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/02982

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 4-228856, A (Toyota Motor Corp.), August 18, 1992 (18. 08. 92)	1, 2
A	JP, 7-99105, B (Mazda Motor Corp.), October 25, 1995 (25. 10. 95) & JP, 63-138118, A	1
A	JP, 4-237854, A (Toyota Motor Corp.), August 26, 1992 (26. 08. 92)	1
A	JP, 5-118244, A (Toyota Motor Corp.), May 14, 1993 (14. 05. 93)	1
E	JP, 9-268942, A (Mitsubishi Electric Corp.), October 14, 1997 (14. 10. 97)	1
E	JP, 9-177582, A (Nissan Motor Co., Ltd.), July 8, 1997 (08. 07. 97)	1
E	JP, 9-126028, A (Yamaha Motor Co., Ltd.), May 13, 1997 (13. 05. 97)	1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ F02D41/02, F02D41/04, F02D45/00, F02P5/15

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. Cl⁶ F02D41/02-F02D41/40, F02D45/00, F02P5/15

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 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-1997年

日本国実用新案登録公報 1996-1997年

日本国登録実用新案公報 1994-1997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 請求の範囲の番号
A	J P, 5-12537, B (マツダ株式会社), 18. 2月. 1993 (18. 02 . 93) & J P, 60-36719, A	1, 2
A	J P, 7-99114, B (マツダ株式会社), 25. 10月. 1995 (25. 10. 95) & J P, 63-159614, A	1, 2
A	J P, 8-170556, A (マツダ株式会社), 2. 7月. 1996 (02. 07 . 96)	1, 2
A	J P, 7-293260, A (富士重工業株式会社), 7. 11月. 1995 (07 . 11. 95)	1, 2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

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

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

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

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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25. 11. 97

国際調査報告の発送日

02.12.97

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

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)

村上 哲

印

3G

9039

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 3-281965, A (富士重工業株式会社), 12. 12月. 1991 (12. 12. 91) & US, 5078107, A & DE, 4110618, A	1, 2
A	JP, 8-189405, A (トヨタ自動車株式会社), 23. 7月. 1996 (23. 07. 96)	1, 2
A	JP, 4-228856, A (トヨタ自動車株式会社), 18. 8月. 1992 (18. 08. 92)	1, 2
A	JP, 7-99105, B (マツダ株式会社), 25. 10月. 1995 (25. 10. 1995) & JP, 63-138118, A	1
A	JP, 4-237854, A (トヨタ自動車株式会社), 26. 8月. 1992 (126. 08. 92)	1
A	JP, 5-118244, A (トヨタ自動車株式会社), 14. 5月. 1993 (14. 05. 93)	1
E	JP, 9-268942, A (三菱電機株式会社), 14. 10月. 1997 (14. 10. 97)	1
E	JP, 9-177582, A (日産自動車株式会社), 8. 7月. 1997 (08. 07. 97)	1
E	JP, 9-126028, A (ヤマハ発動機株式会社), 13. 5月. 1997 (13. 05. 97)	1