

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

エンジンに要求される空気量を目標空気量として演算する目標空気量演算手段と、  
前記エンジンのシリンダに吸入された実空気量を演算する実空気量演算手段と、  
前記目標空気量の演算時点から前記実空気量が該目標空気量に達するまでの遅れに基づき、将来の前記実空気量の予測値を予測空気量として演算する予測手段と、を備えたことを特徴とする、エンジンの制御装置。

**【請求項 2】**

前記目標空気量の履歴を記憶する記憶手段を備え、  
前記予測手段が、前記目標空気量の履歴と前記実空気量とに基づいて前記予測空気量を演算する  
ことを特徴とする、請求項 1 記載のエンジンの制御装置。 10

**【請求項 3】**

前記目標空気量に基づき、前記エンジンのスロットルバルブを制御する吸気制御手段を備え、  
前記記憶手段が、前記目標空気量の履歴として、少なくとも前記スロットルバルブの駆動遅れ時間に対応する所定時間分の過去の履歴を記憶する  
ことを特徴とする、請求項 2 記載のエンジンの制御装置。

**【請求項 4】**

前記予測手段が、  
前記予測値の演算時点から、前記実空気量が前記予測値になると推定される将来の時刻までの時間幅を演算する予測時間幅演算手段と、  
前記記憶手段に記憶された前記履歴のうち、前記予測値の演算時点よりも前記所定時間だけ過去の時点から前記時間幅が経過するまでの前記目標空気量の変化量を演算する変化量演算手段と、  
前記実空気量と前記変化量とに基づいて、前記予測空気量を演算する予測空気量演算手段と、を有する  
ことを特徴とする、請求項 2 又は 3 記載のエンジンの制御装置。 20

**【請求項 5】**

前記目標空気量演算手段での前記目標空気量の演算周期を検出する演算周期検出手段を備え、  
前記記憶手段が、前記演算周期を用いて換算された定周期相当の前記目標空気量の変化率の値を前記履歴として記憶する  
ことを特徴とする、請求項 2 ～ 4 の何れか 1 項に記載のエンジンの制御装置。 30

**【請求項 6】**

前記予測空気量に基づき、前記エンジンの燃料噴射量を制御する燃料制御手段を備えたことを特徴とする、請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載のエンジンの制御装置。

**【請求項 7】**

前記予測空気量に基づき、前記エンジンの点火時期を制御する点火制御手段を備えたことを特徴とする、請求項 1 ～ 6 の何れか 1 項に記載のエンジンの制御装置。 40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、シリンダに吸入される空気量を予測してエンジンを制御する制御装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

一般的なエンジン制御では、エンジンに対する出力要求に応じて正確に燃料噴射量や吸入空気量、点火時期等を制御することが要求されている。燃料噴射量及び吸入空気量は空燃比に影響を与え、点火時期はシリンダ内での燃焼効率や安定性に影響を与える。したが 50

って、これらの制御要素の演算精度は、エンジンの出力や排気性能を大きく左右する。

従来、この種のエンジン制御で用いられる演算手法として微分予測補正法が知られている。この微分予測補正法とは、シリンダに実際に吸入された空気量の過去の変化勾配を外挿して将来の吸気量を予測する演算手法である。

#### 【 0 0 0 3 】

例えば、特許文献 1 には、吸気行程が終了する以前に燃料を噴射するエンジンの制御装置に関して、シリンダに吸入される空気量の予測値を演算し、その予測値に基づいて燃料噴射量を演算するものが記載されている。

この技術では、エンジンの一回転あたりの吸気量を周期的に検出するエアフローセンサの検出値に基づいて最新の吸気量と前回の吸気量との差を演算し、この偏差に所定の予測ゲインを乗じたものを最新の吸気量に加算することによって将来の吸気量を予測している。このような手法を用いることで正確な吸気量の予測が可能となり、予測された吸気量で燃料噴射量を制御することで空燃比の変動やトルク変動を予防することができるとされている。

#### 【 先行技術文献 】

#### 【 特許文献 】

#### 【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開平 7 - 2 5 9 6 2 1 号 公 報

#### 【 発明の概要 】

#### 【 発明が解決しようとする課題 】

#### 【 0 0 0 5 】

しかしながら、上記のような予測手法では、吸気量の変化勾配が変動している状態のときに演算される予測値の精度が低下する場合がある。例えば、図 4 ( a ) , ( b ) に実際の吸気量 ( 実空気量 ) 及び予測値の変動例をグラフ化して示す。ここでは、四ストローク四気筒エンジンで一行程毎に実空気量が演算され、実空気量が演算される行程よりも二行程前にその予測値が演算される例を示す。実空気量の予測値は、最新の実空気量と前回の実空気量との差を二倍した ( 予測ゲインが 2 である ) ものとし、この予測値に基づいて燃料噴射量が設定されるものとする。

#### 【 0 0 0 6 】

図 4 ( a ) は実空気量の変化勾配が一定の場合に対応し、図 4 ( b ) は実空気量の変化勾配が変化する場合に対応する。グラフの横軸は時間に対応し、ここではクランクシャフトの半回転 ( 180 [ ° CA ] ) 毎に縦線を引いて行程の区切りを示している。また、グラフの縦軸は空気量 ( 実空気量やその予測値 ) を示す。なお、図中の太実線は実空気量を示し、破線はその予測値を示し、細実線は二行程後の実空気量を示す参照線である。

#### 【 0 0 0 7 】

図中の時刻  $S_0 \sim S_2$  間では、実空気量が変わらないため、予測値は実空気量と同一値となる。時刻  $S_2$  以降に実空気量が変わると、その変化量に応じて予測値が演算される。このとき、実空気量の単位時間あたりの変化量が一定であれば、時刻  $S_2 \sim S_3$  間の増分が時刻  $S_3 \sim S_4$  間の増分と同一になり、これ以降も一定の割合で実空気量が増加する。したがって、時刻  $S_2$  では、一行程あたりの実空気量の変化量を二倍した値が二行程先の実空気量にほぼ一致することになり、将来の実空気量を二行程前に予測することが可能となる。つまり、図 4 ( a ) に示すように、時刻  $S_2$  以降では、破線グラフが細実線グラフに追従するように変化する。

#### 【 0 0 0 8 】

一方、実空気量の単位時間あたりの変化量が一定でない場合には、図 4 ( b ) に示すように、予測値と二行程後の実空気量との間にずれが生じ、実空気量の予測精度が予測後の実空気量の変化勾配に左右される。例えば、実空気量の変化勾配が増大傾向にある時刻  $S_2 \sim S_3$  間では、吸気量がその後も増加するにも関わらず、時刻  $S_2 \sim S_3$  間の変化量を二倍した値が予測値として演算されるため、破線グラフが細実線グラフを下回り、予測値が二行程先の実空気量よりも小さくなる。時刻  $S_0 \sim S_3$  間の斜線部分は、空気量の予測値としての不

10

20

30

40

50

足分に相当する。逆に、実空気量の変化勾配が減少傾向にある時刻 $S_3$ 以降では、破線グラフが細実線グラフを上回り、斜線部分で示される余剰分の空気量が予測値に含まれることとなる。

【0009】

このように、シリンダに実際に吸入された空気量の過去の変化勾配に基づいて将来の吸気量を予測する従来の演算手法は予測エラーが大きく、吸気量の変化率が増加、減少しているような過渡状態では正確な予測が難しいという課題がある。このような予測精度の低下によって空燃比の変動やトルク変動が発生すると、エンジンの制御性が低下するおそれがある。

【0010】

本件の目的の一つは、上記のような課題に鑑みて創案されたものであり、シリンダに吸入される空気量を正確に予測してエンジンの制御性を向上させることである。

なお、この目的に限らず、後述する発明を実施するための形態に示す各構成により導かれる作用効果であって、従来の技術によっては得られない作用効果を奏することも本件の他の目的として位置づけることができる。

【課題を解決するための手段】

【0011】

(1) ここで開示するエンジンの制御装置は、エンジンに要求される空気量を目標空気量として演算する目標空気量演算手段と、前記エンジンのシリンダに吸入された実空気量を演算する実空気量演算手段とを備える。また、前記目標空気量の演算時点から前記実空気量が該目標空気量に達するまでの遅れに基づき、将来の前記実空気量の予測値を予測空気量として演算する予測手段を備える。

【0012】

ここでいう「目標空気量の演算時点から実空気量が目標空気量に達するまで」とは、必ずしも目標空気量と実空気量とが一致するまでのことを意味するものではなく、実空気量の値が目標空気量の近傍に到達するまでといった意味合いを含む。また、ここでいう「遅れ」とは、目標空気量の演算時を基準時刻として、その目標空気量が実空気量に反映されるまでにかかる時間（例えば駆動遅れ時間）である。

【0013】

(2) また、前記目標空気量の履歴を記憶する記憶手段を備え、前記予測手段が、前記目標空気量の履歴と前記実空気量とに基づいて前記予測空気量を演算することが好ましい。

(3) また、前記目標空気量に基づき、前記エンジンのスロットルバルブを制御する吸気制御手段を備え、前記記憶手段が、前記目標空気量の履歴として、少なくとも前記スロットルバルブの駆動遅れ時間に対応する所定時間分の過去の履歴を記憶することが好ましい。

【0014】

(4) また、前記予測手段が、予測時間幅演算手段、変化量演算手段及び予測空気量演算手段を有することが好ましい。前記予測時間幅演算手段は、前記予測値の演算時点から、前記実空気量が前記予測値になると推定される将来の時刻までの時間幅を演算するものである。また、前記変化量演算手段は、前記記憶手段に記憶された前記履歴のうち、前記予測値の演算時点よりも前記所定時間だけ過去の時点から前記時間幅が経過するまでの前記目標空気量の変化量を演算するものである。さらに、前記予測空気量演算手段は、前記実空気量と前記変化量とに基づいて、前記予測空気量を演算するものである。

【0015】

(5) また、前記目標空気量演算手段での前記目標空気量の演算周期を検出する演算周期検出手段を備え、前記記憶手段が、前記演算周期を用いて換算された定周期相当の前記目標空気量の変化率の値を前記履歴として記憶することが好ましい。

【0016】

(6) また、前記予測空気量に基づき、前記エンジンの燃料噴射量を制御する燃料制御

10

20

30

40

50

手段を備えることが好ましい。

(7) また、前記予測空気量に基づき、前記エンジンの点火時期を制御する点火制御手段を備えることが好ましい。

【発明の効果】

【0017】

開示のエンジンの制御装置によれば、実空気量と目標空気量とを用いることで、実空気量の目標空気量に対する遅れの影響を考慮して予測空気量を正確に演算することができ、エンジンの制御性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

10

【図1】一実施形態に係るエンジンの制御装置の全体構成を示す図である。

【図2】本制御装置での演算の概要を説明するためのグラフであり、(a)は目標充填効率及び実充填効率の経時変動を概念的に示し、(b)は目標充填効率の演算周期毎の増減量を示すものである。

【図3】本制御装置で実施される予測制御を説明するためのグラフであり、(a)は目標充填効率、実充填効率及び予測充填効率の経時変動を示し、(b)は目標充填効率の演算周期毎の増減量を示す。

【図4】(a)、(b)ともに従来の制御装置で実施される予測制御を説明するためのグラフである。

【発明を実施するための形態】

20

【0019】

図面を参照してエンジンの制御装置について説明する。なお、以下に示す実施形態はあくまでも例示に過ぎず、以下の実施形態で明示しない種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。また、以下の実施形態の各構成は、必要に応じて取捨選択することができ、あるいは適宜組み合わせてもよく、実施形態の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0020】

[1. 装置構成]

[1-1. エンジン]

本実施形態のエンジンの制御装置は、車両に搭載された四気筒エンジン10に適用される。図1ではエンジン10に設けられた四つのシリンダ19(気筒)のうちの一つを示す。シリンダ19内を往復摺動するピストン16は、コネクティングロッドを介してクランクシャフト17に接続される。シリンダ19の燃焼室の頂部には、吸気ポート11及び排気ポート12が設けられるとともに、点火プラグ13がその先端を燃焼室側に突出させた状態で設けられる。

30

【0021】

本エンジン10は、ピストン16がシリンダ19内を二往復する間に燃焼サイクルが一巡する四ストロークエンジンである。燃焼サイクルは、その進行順に、吸気行程、圧縮行程、燃焼行程、排気行程の四行程から構成される。一回の燃焼サイクルはクランクシャフト17の二回転(720[°CA])に相当し、各行程はクランクシャフト17の半回転(180[°CA])に相当する。

40

【0022】

エンジン10の四つの気筒の燃焼サイクルは、クランクシャフト17の回転角について、互いに位相差を持つように設定されている。例えば、四つの気筒のそれぞれを#1気筒~#4気筒とすると、#1気筒で吸気行程が開始されるときに、#2気筒で圧縮行程が開始されるときに#4気筒で燃焼行程が開始され、同時に#3気筒で排気行程が開始されるように、180[°CA]毎の位相差が設定される。この場合、燃焼行程が実施される順序は、#1気筒、#3気筒、#4気筒、#2気筒の順となる。

【0023】

燃焼室のシリンダヘッド側の頂面には、吸気ポート11の入口を開閉する吸気弁14と

50

、排気ポート 1 2 の入口を開閉する排気弁 1 5 とが設けられる。また、吸気ポート 1 1 内には、燃料を噴射するインジェクター 1 8 が設けられる。吸気弁 1 4 の開閉駆動により吸気ポート 1 1 と燃焼室とが連通又は閉鎖され、排気弁 1 5 の開閉駆動により排気ポート 1 2 と燃焼室とが連通又は遮断される。

【 0 0 2 4 】

吸気弁 1 4 及び排気弁 1 5 の上端部はそれぞれ、ロッカシャフトの一端に接続される。ロッカシャフトはロッカアームに軸支された揺動部材である。また、ロッカシャフトの他端には、カムシャフトに軸支されたカムが設けられる。これにより、ロッカシャフトの揺動パターンはカムの形状（カムプロファイル）に応じたものとなる。

【 0 0 2 5 】

[ 1 - 2 . 動弁系 ]

本エンジン 1 0 には、ロッカアーム 3 1 , 3 3 又はカム 3 2 , 3 4 の動作を制御する可変動弁機構 9 が設けられる。可変動弁機構 9 は、吸気弁 1 4 及び排気弁 1 5 のそれぞれについて、最大バルブリフト量及びバルブタイミングを個別に、又は、連動させつつ変更する機構である。可変動弁機構 9 は、ロッカアーム 3 1 , 3 3 の揺動量及び揺動のタイミングを変更するための機構として、バルブリフト量制御部 9 a とバルブタイミング制御部 9 b とを備える。

【 0 0 2 6 】

バルブリフト量制御部 9 a は、吸気弁 1 4 や排気弁 1 5 の最大バルブリフト量を連続的に変更する機構である。このバルブリフト量制御部 9 a は、カム 3 2 , 3 4 からロッカアーム 3 1 , 3 3 に伝達される揺動の大きさを変更する機能を有する。ロッカアーム 3 1 , 3 3 の揺動の大きさを変更するための具体的な構造は任意である。

【 0 0 2 7 】

吸気弁 1 4 側を例に挙げると、カムシャフトに固定されたカム 3 2 とロッカアーム 3 1 との間に揺動部材を別途介装させ、この揺動部材を介してカムシャフトの回転運動をロッカアーム 3 1 の揺動運動に変換する構造とすることが考えられる。この場合、揺動部材の位置を移動させてカム 3 2 との接触位置を変更することで、揺動部材の揺動量が変化し、ロッカアーム 3 1 の揺動量も変化する。これにより、吸気弁 1 4 のバルブリフト量を連続的に変化させることが可能となる。なお、排気弁 1 5 側についても同様であり、カム 3 4 とロッカアーム 3 3 との間に揺動部材を介装する構造とすることで、排気弁 1 5 のバルブリフト量を調整可能となる。

【 0 0 2 8 】

以下、ロッカシャフトに対する揺動部材の基準位置からの角度変化量のことを、制御角  $\theta_{VVL}$  と呼ぶ。制御角  $\theta_{VVL}$  はバルブリフト量に対応するパラメーターであり、制御角  $\theta_{VVL}$  が大きいほどバルブリフト量が増大するように、揺動部材の基準位置が設定されている。バルブリフト量制御部 9 a は、この制御角  $\theta_{VVL}$  を調節することによって、バルブリフト量を任意の値に制御する。

【 0 0 2 9 】

バルブタイミング制御部 9 b は、吸気弁 1 4 や排気弁 1 5 の開閉のタイミング（バルブタイミング）を変更する機構である。このバルブタイミング制御部 9 b は、ロッカアーム 3 1 , 3 3 に揺動を生じさせるカム 3 2 , 3 4 又はカムシャフトの回転位相を変更する機能を有する。カム 3 2 , 3 4 又はカムシャフトの回転位相を変更することで、クランクシャフト 1 7 の回転位相に対するロッカアーム 3 1 , 3 3 の揺動のタイミングを連続的にずらすことが可能となる。

【 0 0 3 0 】

以下、基準となるカムシャフトの位相角から実際のカムシャフトの位相角がどの程度進角又は遅角しているかを示す位相角の変化量のことを、位相角  $\theta_{VVT}$  と呼ぶ。位相角  $\theta_{VVT}$  は、バルブタイミングに対応するパラメーターである。バルブタイミング制御部 9 b は、この位相角  $\theta_{VVT}$  を調整することによって、バルブタイミングを任意に制御する。

【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

50

## [ 1 - 3 . 吸気系 ]

吸気ポート 11 内には、燃料を噴射するインジェクター 18 が設けられる。インジェクター 18 から噴射される燃料量は、後述するエンジン制御装置 1 によって電氣的に制御される。また、インジェクター 18 よりも吸気流の上流側には、インテークマニホールド 20 (以下、インマニと呼ぶ) が設けられる。このインマニ 20 には、吸気ポート 11 側へと流れる空気を一時的に溜めるためのサージタンク 21 が設けられる。サージタンク 21 よりも下流側のインマニ 20 は、複数のシリンダ 19 に向かって分岐するように形成され、その分岐点にサージタンク 21 が位置する。サージタンク 21 は、各々のシリンダ 19 で発生する吸気脈動や吸気干渉を緩和するように機能する。

## 【 0032 】

10

インマニ 20 の上流端には、スロットルボディ 23 が接続される。スロットルボディ 23 の内部には電子制御式のスロットルバルブ 24 が内蔵され、インマニ 20 側へと流通する空気量がスロットルバルブ 24 の開度 (スロットル開度  $\theta_{TH}$ ) に応じて調節される。このスロットル開度  $\theta_{TH}$  は、エンジン制御装置 1 によって電子制御される。

## 【 0033 】

スロットルボディ 23 の上流側には、吸気通路 25 が接続される。また、吸気通路 25 のさらに上流側にはエアフィルタ 28 が介装される。これにより、エアフィルタ 28 で濾過された新気が吸気通路 25 及びインマニ 20 を介してエンジン 10 のシリンダ 19 に供給される。

## 【 0034 】

20

## [ 1 - 4 . 検出系 ]

クランクシャフト 17 の一端には、その中心軸がクランクシャフト 17 の回転軸と一致するように設けられた円盤状のクランク板 17a と、その回転角  $\theta_{CR}$  を検出するクランク角センサー 29 が設けられる。回転角  $\theta_{CR}$  の単位時間あたりの変化量は、エンジン 10 の実回転数  $Ne$  に比例する。したがって、クランク角センサー 29 はエンジン 10 の実回転数  $Ne$  を検出する機能を持つものといえる。ここで検出 (または演算) された実回転数  $Ne$  の情報は、エンジン制御装置 1 に伝達される。なお、クランク角センサー 29 で検出された回転角  $\theta_{CR}$  に基づき、エンジン制御装置 1 で実回転数  $Ne$  を演算する構成としてもよい。以下、エンジン 10 の実回転数  $Ne$  のことを単にエンジン回転数  $Ne$  とも呼ぶ。

## 【 0035 】

30

クランク板 17a 及びクランク角センサー 29 の具体的な形状や配置構成は任意である。クランクシャフト 17 の回転角  $\theta_{CR}$  を把握するための典型的な手法としては、クランク板 17a に形成された欠け歯を利用するものが挙げられる。例えば、図 1 に示すように、クランク板 17a の外周面から放射方向に複数の歯部 17b を形成し、それらの歯部 17b の先端がクランク角センサー 29 の検出範囲内を通過するように配置する。

## 【 0036 】

ここで、複数の歯部 17b の周方向の間隔を等間隔としたうえで、部分的に歯部 17b を円周上の二箇所欠落させて欠落部を設ける。これらの二箇所の欠落部の間隔はおよそ  $180[^\circ CA]$  に設定する。また、クランク角センサー 29 は、歯部 17b の先端を検知したときにオン信号を出力し、歯部 17b 間の隙間や欠落部が近接したときには信号出力を停止する (オフ信号を出力する) ポジションセンサとする。

40

このような構成の場合、クランクシャフト 17 が半回転する度にクランク角センサー 29 からオン信号が周期的に出力されることになる。周期的に出力されるオン信号は一般に SGT 信号と呼ばれ、クランクシャフト 17 の回転数に対応する周波数のクロック信号として利用可能である。

## 【 0037 】

スロットルバルブ 24 の上流側及び下流側には、それぞれの位置での圧力を検出する大気圧センサー 27 及びインマニ圧センサー 22 が設けられる。大気圧センサー 27 はスロットルバルブ 24 の上流圧  $P_B$  (大気圧) を検出するものであり、インマニ圧センサー 22 はスロットルバルブ 24 の下流圧  $P_A$  (インマニ圧, サージタンク 21 内の圧力) を検出す

50

るものである。これらのインマニ圧センサー 22 及び大気圧センサー 27 で検出された下流圧 $P_A$ 及び上流圧 $P_B$ の情報は、エンジン制御装置 1 に伝達される。

【0038】

車両の任意の位置には、アクセルペダルの踏み込み量に対応する操作量 $\theta_{AC}$ を検出するアクセルペダルセンサー 30 が設けられる。アクセルペダルの踏み込み操作量 $\theta_{AC}$ は、運転者の加速要求に対応するパラメーターであり、すなわちエンジン 10 への出力要求に対応する。ここで検出された操作量 $\theta_{AC}$ の情報は、エンジン制御装置 1 に伝達される。

【0039】

[1-5. 制御系]

この車両には電子制御装置として、エンジン制御装置 1 (Engine Electronic Control Unit) が設けられる。エンジン制御装置 1 は、例えばマイクロプロセッサやROM, RAM等を集積したLSIデバイスや組み込み電子デバイスとして構成され、車両に設けられたCAN, FlexRay等の通信ラインを介して他の電子制御装置や可変動弁機構 9, 各種センサー類と接続される。他の電子制御装置の具体例としては、図示しないCVT装置 (変速装置) を制御するCVT-ECU 35 や空調装置を制御するエアコンECU 36, 電装品の動作を制御する電装品ECU 37 などが挙げられる。

【0040】

このエンジン制御装置 1 は、エンジン 10 に関する点火系, 燃料系, 吸排気系及び動弁系といった広汎なシステムを制御する電子制御装置である。ここでは、エンジン 10 に要求されるトルクの大きさを基準としたトルクベース制御が実施される。

エンジン制御装置 1 の具体的な制御対象としては、インジェクター 18 から噴射される燃料量や噴射時期, 点火プラグ 13 での点火時期, 吸気弁 14 及び排気弁 15 のバルブリフト量及びバルブタイミング, スロットルバルブ 24 の開度などが挙げられる。本実施形態では、エンジン 10 の目標空気量及び実空気量に基づいて数行程後の (将来の) 実空気量を予測する予測制御に着目してその機能を説明する。

【0041】

[2. 制御構成]

エンジン制御装置 1 の入力側にはエアフローセンサー 26, インマニ圧センサー 22, 大気圧センサー 27, クランク角センサー 29 及びアクセルペダルセンサー 30 が接続される。エンジン制御装置 1 は、これらのセンサーからの情報に基づき、エンジン 10 に要求されるトルクのうち、吸入空気量の調整によって達成されるトルク分の目標値を目標トルクとして算出する。また、エンジン制御装置 1 は、その目標トルクを発生させるのに必要な量の空気がシリンダ 19 に導入されるように、スロットルバルブ 24 のスロットル開度 $\theta_{TH}$ を制御するとともに、予測される将来の実空気量に基づいてインジェクター 18 及び点火プラグ 13 を制御する。

【0042】

図 1 に示すように、エンジン制御装置 1 には、演算部 2, 予測部 3 及び制御部 4 が設けられる。これらの演算部 2, 予測部 3 及び制御部 4 の各機能は、電子回路 (ハードウェア) で実現してもよく、ソフトウェアとしてプログラミングされたものとしてよいし、あるいはこれらの機能のうちの一部をハードウェアとして設け、他部をソフトウェアとしたものであってもよい。

【0043】

[2-1. 演算部]

演算部 2 は、予測制御に使用される各種パラメーターの演算を行うものである。ここには、実空気量演算部 2a, 目標空気量演算部 2b, 行程周期検出部 2c, 演算周期検出部 2d, 記憶部 2e が設けられる。

【0044】

実空気量演算部 2a (実空気量演算手段) は、エンジン 10 のシリンダ 19 に実際に吸入された空気量に対応する実充填効率 $Ec$ を演算するものである。ここでは、エアフローセンサー 26 で検出された吸気流量 $Q$ に基づいて実充填効率 $Ec$ が演算される。実充填効率 $Ec$

とは、一回の吸気行程（例えば、ピストン 16 が上死点から下死点に移動するまでの一行程）の間にシリンダ 19 内に充填される空気の体積を標準状態での気体体積に正規化したのちシリンダ容積で除算したものであり、その行程でシリンダ 19 内に新たに導入された空気量に対応するパラメータである。

【0045】

実空気量演算部 2a は、各シリンダ 19 での吸気行程が完了するタイミングで、周期的に実充填効率  $E_c$  を演算する。例えば、クランク角センサー 29 から伝達される SGT 信号の周期と同期するように、クランクシャフト 17 が半回転する毎に実充填効率  $E_c$  を演算する。ここで演算された実充填効率  $E_c$  の値は、予測部 3 に伝達される。

【0046】

目標空気量演算部 2b（目標空気量演算手段）は、エンジン 10 に要求される空気量に対応する充填効率を目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  として演算するものである。ここでは、エンジン 10 が出力すべき目標トルクの大きさが演算され、そのトルクを生じさせるのに必要な空気量が演算され、その空気量に対応する充填効率が目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  として演算される。目標トルクは、エンジン回転数  $N_e$ 、アクセルペダルの踏み込み操作量  $\theta_{AC}$  に応じて設定されるドライバ要求トルクのほか、CVT-ECU 35、エアコン ECU 36、電装品 ECU 37 などの動作に必要とされる外部要求トルク等に基づいて設定される。また、空気量及び目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  は、予め設定された目標トルクと目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  の対応マップ、数式等に基づいて演算される。

【0047】

目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  は、予め設定された演算周期  $T_{MAIN}$  で演算される。つまり、目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  は、エンジン 10 の燃焼サイクルに応じて演算される実充填効率  $E_c$  とは異なる間隔で演算される。なお、目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  の演算頻度は、エンジン 10 の運転状態に関わらず実充填効率  $E_c$  よりも高く設定されることが好ましい。例えば、目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  の演算周期  $T_{MAIN}$  を 10[ms] ~ 12[ms] 程度とすることが好ましい。ここで演算された目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  の値は、記憶部 2e 及び制御部 4 に伝達される。なお、制御部 4 では、目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  がスロットルバルブ 24 の開度制御や点火プラグ 13 の点火制御等に用いられる。

【0048】

行程周期検出部 2c は、クランク角センサー 29 から出力される SGT 信号に基づいてエンジン 10 の行程周期  $T_{180}$  を演算するものである。この行程周期  $T_{180}$  は、SGT 信号がオンになる間隔に対応する時間である。ここで演算された行程周期  $T_{180}$  の値は、予測部 3 に伝達される。

【0049】

演算周期検出部 2d（演算周期検出手段）は、目標空気量演算部 2b での目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  の演算周期  $T_{MAIN}$  を検出するものである。この演算周期  $T_{MAIN}$  は、上記の通り、基本的には予め設定された一定値（例えば 10[ms]）であるが、車両の運転状態やエンジン制御装置 1 の演算負荷などによって周期がやや延びる場合がある。そこで、演算周期検出部 2d は、目標空気量演算部 2b で目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  が演算されたときに、前回の目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  の演算時からの経過時間を計測し、これを演算周期  $T_{MAIN}$  として記憶部 2e に伝達する。

【0050】

記憶部 2e（記憶手段）は、目標空気量演算部 2b で演算された目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  の履歴を記憶するものである。ここには、スロットルバルブ 24 の駆動遅れ時間に対応する所定時間分の過去の履歴が記憶される。駆動遅れ時間には、スロットルバルブ 24 がエンジン制御装置 1 からの制御信号を受けた時点から、実際にスロットルバルブ 24 の開度が制御信号の指示通りの状態に変化し終わるまでにかかる時間が含まれる。より正確には、目標空気量演算部 2b で目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  が演算された時点に基づき、その目標充填効率  $E_{c\_TGT}$  がスロットルバルブ 24 の開度制御を経て実空気量演算部 2a で演算される実充填効率  $E_c$  に反映されるまでにかかる時間に対応するパラメータである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

本実施形態では、スロットルバルブ 2 4 の駆動遅れ時間が 60[ms] 前後である場合を想定して、記憶部 2 e に過去 60[ms] 分の目標充填効率  $Ec_{TGT}$  の履歴を記憶させるものとする。例えば、図 2 ( a ) に示すように現在の時刻を  $t_0$  として、前回の演算周期の時刻  $t_{10}$  に演算されたものを  $Ec_{TGT(n-1)}$  とし、さらにその前回の時刻  $t_{20}$  に演算されたものを  $Ec_{TGT(n-2)}$  として、六回前の演算周期の時刻  $t_{60}$  に演算された  $Ec_{TGT(n-6)}$  までの合計六個の過去のデータを記憶部 2 e に記憶させる。また、次の演算周期に新たな目標充填効率  $Ec_{TGT}$  が演算されたときには、古いデータから順に破棄して常に直近の過去のデータを記憶部 2 e に記憶させる。

## 【 0 0 5 2 】

あるいは、図 2 ( b ) に示すように、目標空気量演算部 2 b から新たな目標充填効率  $Ec_{TGT(n)}$  が入力される毎に、それまで記憶していた前回の目標充填効率  $Ec_{TGT(n-1)}$  との差  $dEc_{TGT10}$  を演算して、記憶部 2 e に記憶させてもよい。この場合も、前回の演算周期で演算された値  $dEc_{TGT10}$  を  $dEc_{TGT20}$  に代入し、前回の演算周期で演算された値  $dEc_{TGT20}$  を  $dEc_{TGT30}$  に代入するといったように、過去 60[ms] 分の目標充填効率  $Ec_{TGT}$  の差  $dEc_{TGT10} \sim dEc_{TGT60}$  の情報を随時更新しながら記憶させることが考えられる。

## 【 0 0 5 3 】

なお、演算周期検出部 2 d で検出された演算周期  $T_{MAIN}$  を用いて、記憶部 2 e に記憶させる履歴情報を補正することとしてもよい。すなわち、目標空気量演算部 2 b から新たな目標充填効率  $Ec_{TGT}$  が入力されたときに、以下の式 1 に基づいて差  $dEc_{TGT10}$  を演算することが考えられる。式 1 中の max 関数は、演算周期  $T_{MAIN}$  [ms] 又は 10[ms] の何れか大きい一方の値を選択するものである。このような演算により、目標充填効率  $Ec_{TGT}$  の演算周期  $T_{MAIN}$  が 10[ms] を超えた場合であっても、その目標充填効率  $Ec_{TGT}$  の変化量が 10[ms] 間の変化量（言い換えれば変化率）に換算されて記憶部 2 e に記憶される。

$$dEc_{TGT10} = \{ Ec_{TGT(n)} - Ec_{TGT(n-1)} \} \times 10 \text{ [ms]} / \max\{T_{MAIN}, 10\} \text{ [ms]} \quad \dots \text{ ( 式 1 )}$$

## 【 0 0 5 4 】

## [ 2 - 2 . 予測部 ]

予測部 3 ( 予測手段 ) は、演算部 2 で演算された各種パラメータを用いて、将来の実空気量の予測に係る各種演算を行うものである。ここには、予測時間幅演算部 3 a , 変化量演算部 3 b 及び予測空気量演算部 3 c が設けられる。

## 【 0 0 5 5 】

予測時間幅演算部 3 a ( 予測時間幅演算手段 ) は、現在の時刻から予測したい時刻までの時間幅 A を演算するものである。エンジン 1 0 の燃焼サイクルの各行程にかかる時間は、エンジン回転数 Ne に応じて変化する。そこで、予測時間幅演算部 3 a では、行程周期検出部 2 c で検出された行程周期  $T_{180}$  又はエンジン回転数 Ne に基づいて、時間幅 A を演算する。ここで演算された時間幅 A の値は、変化量演算部 3 b に伝達される。

## 【 0 0 5 6 】

例えば、インジェクター 1 8 の燃料噴射量を制御する場合には、現時点から二行程先の予測したい将来の時刻までの時間幅 A が演算される。二行程分の時間は、クランクシャフト 1 7 が一回転するのに要する時間に等しく、以下の式 2 で与えられる。

$$A \text{ [ms]} = 2 \times T_{180} \text{ [ms]} \text{ ( = 60000 [rpm} \cdot \text{ms]} / Ne \text{ [rpm]} ) } \quad \dots \text{ ( 式 2 )}$$

## 【 0 0 5 7 】

なお、上記の式 2 中の行程周期  $T_{180}$  に乗じられる係数は、予測したい時刻までの行程数に一致する。つまり、予測したい時刻までの行程数が二行程でない場合（例えば、燃料噴射のタイミングが実充填効率  $Ec$  の演算時を基準として 2.5 行程前である場合や、1.5 行程前である場合など）には、その行程数に応じて式 2 中の係数を適宜変更してもよい。

## 【 0 0 5 8 】

変化量演算部 3 b ( 変化量演算手段 ) は、記憶部 2 e に記憶された過去の目標充填効率  $Ec_{TGT}$  に基づき、スロットルバルブ 2 4 の駆動遅れ時間に対応する 60[ms] 前の時点の目標充填効率  $Ec_{TGT}$  が、その時点から時間幅 A が経過するまでの間に変化した変化量  $\Delta Ec_{ETM}$  を

演算するものである。例えば、予測時間幅演算部 3 a で演算された時間幅 A が 40 [ms] である場合には、60 [ms] 前を基点として 40 [ms] が経過する時点（20 [ms] 前の時点）までの目標充填効率  $Ec_{TGT}$  の変化量  $\Delta Ec_{ETM}$  を演算する。ここで演算された変化量  $\Delta Ec_{ETM}$  の値は、予測空気量演算部 3 c に伝達される。

【 0 0 5 9 】

図 2 ( a ) に示すように、過去六回分の演算周期で得られた目標充填効率  $Ec_{TGT(n-1)} \sim Ec_{TGT(N-6)}$  を記憶している場合には、例えば以下の表 1 のような関係を用いて変化量  $\Delta Ec_{ETM}$  を演算することが考えられる。

【 0 0 6 0 】

【 表 1 】

| 時間幅 A の条件                 | $\Delta Ec_{ETM}$                                                       |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $120[ms] \leq A$          | $\Delta Ec_{ETM} = \{Ec_{TGT(n)} - Ec_{TGT(n-6)}\} \times 2$            |
| $60[ms] \leq A < 120[ms]$ | $\Delta Ec_{ETM} = \{Ec_{TGT(n)} - Ec_{TGT(n-6)}\} \times A / 60[ms]$   |
| $50[ms] \leq A < 60[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = \{Ec_{TGT(n-1)} - Ec_{TGT(n-6)}\} \times A / 50[ms]$ |
| $40[ms] \leq A < 50[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = \{Ec_{TGT(n-2)} - Ec_{TGT(n-6)}\} \times A / 40[ms]$ |
| $30[ms] \leq A < 40[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = \{Ec_{TGT(n-3)} - Ec_{TGT(n-6)}\} \times A / 30[ms]$ |
| $20[ms] \leq A < 30[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = \{Ec_{TGT(n-4)} - Ec_{TGT(n-6)}\} \times A / 20[ms]$ |
| $10[ms] \leq A < 20[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = \{Ec_{TGT(n-5)} - Ec_{TGT(n-6)}\} \times A / 10[ms]$ |
| $A < 10[ms]$              | $\Delta Ec_{ETM} = 0$                                                   |

【 0 0 6 1 】

また、図 2 ( b ) に示すように、過去六回分の目標充填効率  $Ec_{TGT}$  の差  $dEc_{TGT10} \sim dEc_{TGT60}$  を記憶している場合には、以下の表 2 のような関係を用いて変化量  $\Delta Ec_{ETM}$  を演算してもよい。

【 0 0 6 2 】

【 表 2 】

| 時間幅 A の条件                 | $\Delta Ec_{ETM}$                                                                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $120[ms] \leq A$          | $\Delta Ec_{ETM} = (dEc_{TGT60} + dEc_{TGT50} + dEc_{TGT40} + dEc_{TGT30} + dEc_{TGT20} + dEc_{TGT10}) \times 2$          |
| $60[ms] \leq A < 120[ms]$ | $\Delta Ec_{ETM} = (dEc_{TGT60} + dEc_{TGT50} + dEc_{TGT40} + dEc_{TGT30} + dEc_{TGT20} + dEc_{TGT10}) \times A / 60[ms]$ |
| $50[ms] \leq A < 60[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = (dEc_{TGT60} + dEc_{TGT50} + dEc_{TGT40} + dEc_{TGT30} + dEc_{TGT20}) \times A / 50[ms]$               |
| $40[ms] \leq A < 50[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = (dEc_{TGT60} + dEc_{TGT50} + dEc_{TGT40} + dEc_{TGT30}) \times A / 40[ms]$                             |
| $30[ms] \leq A < 40[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = (dEc_{TGT60} + dEc_{TGT50} + dEc_{TGT40}) \times A / 30[ms]$                                           |
| $20[ms] \leq A < 30[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = (dEc_{TGT60} + dEc_{TGT50}) \times A / 20[ms]$                                                         |
| $10[ms] \leq A < 20[ms]$  | $\Delta Ec_{ETM} = (dEc_{TGT60}) \times A / 10[ms]$                                                                       |
| $A < 10[ms]$              | $\Delta Ec_{ETM} = 0$                                                                                                     |

【 0 0 6 3 】

予測空気量演算部 3 c ( 予測空気量演算手段 ) は、実空気量演算部 2 a で演算された実充填効率  $Ec$  と、変化量演算部 3 b で演算された変化量  $\Delta Ec_{ETM}$  とに基づいて、実充填効率  $Ec$  の予測値を予測充填効率  $Ec_{tb}$  として演算するものである。ここでは、実充填効率  $Ec$  が予め設定された所定の上限値  $Ec_{MAX}$  未満である場合に、以下の式 3 に従って予測充填効率  $Ec_{tb}$  が演算される。

$$Ec_{tb} = Ec + \Delta Ec_{ETM} \quad \dots (式 3)$$

【 0 0 6 4 】

また、実充填効率  $Ec$  が上限値  $Ec_{MAX}$  以上である場合には、実充填効率  $Ec$  に  $\Delta Ec_{ETM}$  を加算することで予測充填効率  $Ec_{tb}$  が過度に大きくなる場合があるため、実充填効率  $Ec$  の値をそのまま予測充填効率  $Ec_{tb}$  (  $= Ec$  ) に代入する演算を実施する。ここで演算された予測充填効率  $Ec_{tb}$  の値は制御部 4 に伝達される。

【 0 0 6 5 】

[ 2 - 3 . 制御部 ]

制御部 4 は、スロットルバルブ 2 4 やインジェクター 1 8 等の制御対象に伝達される具体的な制御信号を生成するものである。制御部 4 には、吸気制御部 4 a , 燃料制御部 4 b 及び点火制御部 4 c が設けられる。

【 0 0 6 6 】

吸気制御部 4 a ( 吸気制御手段 ) は、目標空気量演算部 2 b で演算された目標充填効率  $Ec_{TGT}$  に基づいて吸入空気量を制御するものである。ここでは、シリンダ 1 9 内に実際に導入される空気量に対応する充填効率が目標充填効率  $Ec_{TGT}$  となるように、スロットルバルブ 2 4 のスロットル開度  $\theta_{TH}$  が制御される。スロットルバルブ 2 4 を通過する吸気量は、スロットル開度  $\theta_{TH}$  と吸気の流速に応じたものとなる。また、吸気の流速は、スロットルバルブ 2 4 の上流圧  $P_B$  及び下流圧  $P_A$  やエンジン回転数  $Ne$  などに応じて演算される。そこで、吸気制御部 4 a は、目標充填効率  $Ec_{TGT}$  から算出される目標流量と吸気の流速、および吸気応答遅れ ( 吸気管容積による吸気遅れ ) に応じて、スロットル開度  $\theta_{TH}$  を制御する。

【 0 0 6 7 】

なお、吸気制御部 4 a でのスロットル開度  $\theta_{TH}$  の制御時には、例えばエンジン 1 0 の運転状態や可変動弁機構 9 の制御角  $\theta_{VVL}$  , 位相角  $\theta_{VVT}$  等が考慮され、これらが変化したとしても駆動遅れ時間がほぼ一定となる状態を維持するようにスロットルバルブ 2 4 が制御される。また、上記の予測部 3 での予測演算の前提となっている 60[ms] 前後の駆動遅れ時間には、この吸気制御部 4 a から制御信号が出力されてから実際にスロットルバルブ 2 4 の開度がスロットル開度  $\theta_{TH}$  になるまでにかかる時間が含まれる。

【 0 0 6 8 】

燃料制御部 4 b ( 燃料制御手段 ) は、予測空気量演算部 3 c で演算された予測充填効率  $Ec_{tb}$  に基づいてシリンダ 1 9 毎の燃料噴射量を制御するものである。ここでは、インジェクター 1 8 から噴射される燃料量が予測充填効率  $Ec_{tb}$  に応じた量となるようにパルス幅の励磁信号が設定され、その励磁信号がインジェクター 1 8 に出力される。励磁信号のパルス幅は、例えば所望の空燃比と予測充填効率  $Ec_{tb}$  とに基づいて算出可能である。

【 0 0 6 9 】

この励磁信号の出力対象は、二行程後に吸気行程が終了するシリンダ 1 9 に設けられたインジェクター 1 8 である。また、インジェクター 1 8 に励磁信号が出力されるタイミングは、そのインジェクター 1 8 が設けられたシリンダ 1 9 の実充填効率  $Ec$  が演算される時点からおよそ二行程前である。このように、二行程後にシリンダ 1 9 内に吸入されるだろうと推定される空気量の予測値を踏まえて、燃料の噴射量が制御される。

【 0 0 7 0 】

点火制御部 4 c ( 点火制御手段 ) は、実空気量演算部 2 a で演算された実充填効率  $Ec$  と、予測空気量演算部 3 c で演算された予測充填効率  $Ec_{tb}$  とに基づいて気筒毎の点火時期を制御するものである。ここでは、例えば実充填効率  $Ec$  又は予測充填効率  $Ec_{tb}$  で最大のトルクが発生する最適点火時期 ( MBT , Minimum spark advance for Best Torque ) を基準とし

10

20

30

40

50

たリタード量がエンジン回転数 $N_e$ に応じて設定され、設定されたりタード量となるタイミングで点火プラグ 13 に制御信号が出力される。

【0071】

点火のタイミングは、そのシリンダ 19 への吸気が完了した時点よりも後である。つまり、点火制御が実施されるときには、すでに実充填効率 $Ec$ が演算されているため、必ずしも予測充填効率 $Ec_{tb}$ が要求されるわけではないが、実充填効率 $Ec$ が演算されるよりも前に演算された予測充填効率 $Ec_{tb}$ を用いることも可能である。

【0072】

[4. 作用]

本制御装置による制御作用を説明する。図 3 (a) 中の太実線グラフは実空気量演算部 2 a で演算される実充填効率 $Ec$ の変動を示し、一点鎖線グラフは目標空気量演算部 2 b で演算される目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の変動を示し、細実線は二行程後の実充填効率を示す参照線である。また、グラフの横軸は時間に対応し、クランクシャフト 17 の半回転 ( $180[^\circ CA]$ ) 毎に縦線を引いて行程の区切りを示している。グラフの縦軸は充填効率 (実充填効率, 目標充填効率, 予測充填効率) を示す。

10

【0073】

実充填効率 $Ec$ は行程周期 $T_{180}$ 毎に演算され、目標充填効率 $Ec_{TGT}$ は演算周期 $T_{MAIN}$ 毎に演算されて、それぞれの値が随時更新される。図 3 (a) に示すように、エンジン回転数 $N_e$ が $1000[rpm]$ のときの行程周期 $T_{180}$ は $30[ms]$ であり、演算周期 $T_{MAIN}$ が $10[ms]$ の場合には一行程の間に目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の値が三回更新される。また、目標充填効率 $Ec_{TGT}$ が更新され

20

【0074】

時刻 $t_0$ 以前はエンジン 10 が定常運転の状態であり、実充填効率 $Ec$ が所定値 $Ec_1$ で一定である。例えば時刻 $t_0$ に加速要求が入力されると、その加速要求に応じて目標充填効率 $Ec_{TGT(n)}$ が目標空気量演算部 2 b で演算され、記憶部 2 e 及び制御部 4 に伝達される。

【0075】

記憶部 2 e では、新たな目標充填効率 $Ec_{TGT(n)}$ が入力される度に前回の値との差 $dEc_{TGT}$ が演算され、順に記憶される。目標充填効率 $Ec_{TGT}$ が増大し始めた時刻 $B_0$ 以降の差 $dEc_{TGT}$ の値は、図 3 (b) に示すように変動する。以下、時刻 $B_0$ 以降に記憶部 2 e に記憶される個々の差 $dEc_{TGT}$ の大きさを古いものから順に $Z_1 \sim Z_{16}$ と表記して説明する。

30

【0076】

時刻 $B_0$ の直後の時刻 $B_1$ では、目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の変動に対して実充填効率 $Ec$ の変動が追いついておらず、これより二行程先の時刻 $B_3$ 以降に実充填効率 $Ec$ が増大し始める。一方、時刻 $B_1$ の時点で時刻 $B_3$ に吸入されると予測される実充填効率の値が予測され、そのシリンダ 19 に関わる燃料噴射量、点火時期が制御される。

【0077】

時刻 $B_1$ の時点で予測充填効率 $Ec_{tb}$ の値を予測したい時刻は $B_3$ であり、予測時間幅演算部 3 a で演算される時間幅 $A$ は $60[ms]$ となる。したがって、変化量演算部 3 b では過去六回分の目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の差 $dEc_{TGT}$ を加算した値が変化量 $\Delta Ec_{ETM}$ として演算される。時刻 $B_0$ よりも以前の差 $dEc_{TGT}$ の値が 0 であるから、時刻 $B_1$ の時点に変化量演算部 3 b で演算される変化量 $\Delta Ec_{ETM}$ の値は $Z_1$ となる。したがって、時刻 $B_1$ に予測空気量演算部 3 c で演算される予測充填効率 $Ec_{tb}$ の値は所定値 $Ec_1 + Z_1$ となる。

40

【0078】

目標充填効率 $Ec_{TGT}$ は吸気制御部 4 a に伝達され、この値に基づいてスロットルバルブ 24 の開度が制御される。また、予測充填効率 $Ec_{tb}$ は燃料制御部 4 b に伝達され、この値に基づいてインジェクター 18 から噴射される燃料量が制御される。なお、ここで燃料が噴射されたシリンダ 19 は、二行程後の時刻 $B_3$ 前後に吸気行程が終了するシリンダ 19 である。

【0079】

時刻 $B_1$ から一行程分の時間 (ここでは $30[ms]$ ) が経過した時刻 $B_2$ には、二行程先の時刻

50

$B_4$ の実充填効率 $Ec$ が予測される。変化量演算部 3 b では、時刻 $B_2$ までの間に目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の差 $dEc_{TGT}$ が四回演算され、それぞれの値 $Z_1 \sim Z_4$ が記憶部 2 e に記憶されている。したがって、時刻 $B_2$ に変化量演算部 3 b で演算される変化量 $\Delta Ec_{ETM}$ は、これらの値 $Z_1 \sim Z_4$ を加算した値となる。また、時刻 $B_2$ の時点でもまだ実充填効率 $Ec$ の変化はないが、予測空気量演算部 3 c で演算される予測充填効率 $Ec_{tb}$ の値は所定値 $Ec_1$ に $Z_1 \sim Z_4$ を加算した値となる。

【 0 0 8 0 】

時刻 $B_2$ からさらに一行程分の時間が経過した時刻 $B_3$ には、時刻 $B_5$ の実充填効率 $Ec$ が予測される。このとき記憶部 2 e に記憶されている目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の差 $dEc_{TGT}$ の値は、過去六回分の $Z_2 \sim Z_7$ となる。したがって、時刻 $B_3$ に変化量演算部 3 b で演算される変化量 $\Delta Ec_{ETM}$ は、 $Z_2 \sim Z_7$ を加算した値となる。

【 0 0 8 1 】

また、時刻 $B_3$ では、時刻 $B_1$ における目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の変動に対して実充填効率 $Ec$ の変動が追いつき、その値が所定値 $Ec_2$ となる。したがって、予測空気量演算部 3 c で演算される予測充填効率 $Ec_{tb}$ の値は、所定値 $Ec_2$ に $Z_2 \sim Z_7$ を全て加算した値となる。

【 0 0 8 2 】

時刻 $B_3$ 以降も、一行程分の時間が経過する毎に実充填効率 $Ec$ 及び予測充填効率 $Ec_{tb}$ が演算され、これらの値に基づいて吸気量及び燃料噴射量が制御される。このように、目標充填効率 $Ec_{TGT}$ に基づいて制御されるスロットルバルブ 2 4 の駆動遅れを利用して、目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の変化量 $\Delta Ec_{ETM}$ をその時点の実充填効率 $Ec$ に加算することにより、予測充填効率 $Ec_{tb}$ の値と二行程後の実充填効率 $Ec$ の値とが一致する。

【 0 0 8 3 】

図 3 ( a ) に示すように、時刻 $B_1, B_2, \dots, B_6$ の各々の時点で演算される予測充填効率 $Ec_{tb}$ の値は、細実線で示す二行程先の実充填効率 $Ec$ の挙動とほぼ一致したものとなり、すなわち 60[ms] 先の実充填効率 $Ec$ が正確に予測される。

【 0 0 8 4 】

[ 5 . 効果 ]

上記の通り、本実施形態のエンジン制御装置 1 では、実充填効率 $Ec$ のみに基づく予測手法が用いられるのではなく、実充填効率 $Ec$ と目標充填効率 $Ec_{TGT}$ とを併用した予測手法が用いられる。これにより、実充填効率 $Ec$ の目標充填効率 $Ec_{TGT}$ に対する遅れの影響を考慮して予測充填効率 $Ec_{tb}$ を演算することができる。例えば、シリンダ 1 9 への吸気が完了するよりも以前に、そのシリンダ 1 9 に供給すべき燃料噴射量や点火時期を算出するための予測充填効率 $Ec_{tb}$ を正確に求めることが可能となり、エンジン 1 0 の制御性を向上させることができる。

【 0 0 8 5 】

例えば、エンジン制御装置 1 の燃料制御部 4 b では、予測空気量演算部 3 c で予測された予測充填効率 $Ec_{tb}$ に基づいて燃料噴射量が制御されるため、吸気行程が完了する時点よりも以前に燃料噴射量を演算、制御することが可能となり、空燃比を正確に制御することが可能となる。特に、過渡時（実充填効率 $Ec$ の時間変化勾配が変動している時）の空燃比変動を抑制することができ、エンジントルクを正確に制御することができる。

【 0 0 8 6 】

また、エンジン 1 0 の点火制御に関しても同様であり、予測充填効率 $Ec_{tb}$ に基づいて点火制御部 4 c で点火時期が制御されるため、吸気行程が完了する時点よりも以前にリタード量の目標値を演算することが可能となる。したがって、エンジン 1 0 の制御性をさらに高めることができる。なお、点火制御は吸気行程が完了した後に実施されるため、予測充填効率 $Ec_{tb}$ 及び実充填効率 $Ec$ を併用してリタード量を演算することも可能である。このような演算手法を用いることで、エンジン 1 0 の制御性をさらに向上させることができる。

【 0 0 8 7 】

また、上記のエンジン制御装置 1 では、目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の履歴を用いて予測充填効率 $Ec_{tb}$ を演算している。これにより、目標充填効率 $Ec_{TGT}$ の過去の推移を踏まえて実充填

10

20

30

40

50

効率 $E_c$ の今後の推移を予測することが可能となり、予測充填効率 $E_{c_{tb}}$ の予測精度を向上させることができる。したがって、エンジン10の制御性をより向上させることができる。

【0088】

また、上記のエンジン制御装置1の記憶部2eには、スロットルバルブ24の駆動遅れ時間に対応する所定時間分（例えば過去60[ms]分）の目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の履歴が記憶されている。これにより、少なくとも所定時間が経過するまでの実充填効率 $E_c$ の推移を正確に把握することができ、エンジン10の制御性を向上させることができる。また、所定時間が経過する時点よりもさらに将来の予測充填効率 $E_{c_{tb}}$ に関しても予測が可能である。例えば、所定時間が経過する時点までの予測充填効率 $E_{c_{tb}}$ の変化傾向を外挿すればよい。

【0089】

また、上記のエンジン制御装置1では、予測したい将来の時刻までの時間幅で目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の変化量 $\Delta E_{c_{ETM}}$ を求め、この変化量 $\Delta E_{c_{ETM}}$ と実充填効率 $E_c$ とを用いて将来の予測充填効率 $E_{c_{tb}}$ を演算している。これにより、目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の値と駆動時間遅れ分だけ将来の実充填効率 $E_c$ の値とが一致していない場合であっても、実充填効率 $E_c$ の推移を正確に予測することができる。

【0090】

なお、上記の式1に記載のように、演算周期検出部2dで検出された演算周期 $T_{MAIN}$ を用いて目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の差 $dE_{c_{TGT}}$ を補正する構成とした場合には、目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の演算周期 $T_{MAIN}$ が予め設定された10[ms]の周期よりも延びたとしても、補正された差 $dE_{c_{TGT}}$ の値は10[ms]間の変化率に換算されたものとなる。したがって、演算周期 $T_{MAIN}$ の増減の有無に関わらず、実充填効率 $E_c$ の予測のための変化量 $\Delta E_{c_{ETM}}$ の演算精度を維持することが可能となり、正確な予測充填効率 $E_{c_{tb}}$ の値を求めることができる。

【0091】

[6. 変形例]

上述の実施形態では、四気筒のエンジン10を制御するエンジン制御装置1を例示したが、上記の制御の適用対象はこれに限定されず、例えばストローク数や気筒数等は任意である。また、可変動弁機構9やCVT-ECU35等を持たないエンジン10であってもよい。

【0092】

また、上記のエンジン制御装置1では、目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ や実充填効率 $E_c$ をパラメータとした予測演算を実施するものを示したが、少なくとも目標空気量に相当するパラメータと実空気量に相当するパラメータとが演算されるシステムであれば、上記のエンジン制御装置1を用いて予測充填効率 $E_{c_{tb}}$ を演算することが可能である。例えば、充填効率の代わりに、吸気通路25を通過する吸気流量や体積効率等を用いて同様の予測演算を実施してもよい。

【0093】

また、上述の実施形態では、目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の過去の推移を今後の実充填効率 $E_c$ の推移に対応させることで、実充填効率 $E_c$ の将来の予測値を求めるものを説明したが、目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の推移と実充填効率 $E_c$ の推移との対応関係は必ずしも一定の関係に固定されているとは限らない。したがって、エンジン10の運転状態や環境条件に応じて変化量 $\Delta E_{c_{ETM}}$ を補正し、さらに正確な予測充填効率 $E_{c_{tb}}$ を演算することとしてもよい。

【0094】

スロットルバルブ24の駆動応答性能が車両の走行条件に応じて変化し、これにより駆動応答遅れ時間が変化するような場合には、車両の走行条件に基づいて記憶部2eに記憶させる目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の履歴データ数を増減させることが考えられる。

【0095】

例えば、駆動応答遅れ時間が70[ms]前後である状態では、過去70[ms]分の目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の履歴を記憶部2eに記憶させる。この場合、70[ms]前の時点から時間幅Aが経過するまでの間に变化した目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の量を変化量 $\Delta E_{c_{ETM}}$ とすれば、上述の実施形態と同様に「現在の時刻における実充填効率 $E_c$ 」に「駆動応答遅れ時間分の過去の時点から時間幅Aが経過するまでの間に变化した目標充填効率 $E_{c_{TGT}}$ の量（変化量 $\Delta E_{c_{ETM}}$ ）」を加

10

20

30

40

50

算することで予測充填効率 $Ec_{tb}$ を演算することが可能である。

【符号の説明】

【0096】

- 1 エンジン制御装置
- 2 演算部
  - 2a 実空気量演算部（実空気量演算手段）
  - 2b 目標空気量演算部（目標空気量演算手段）
  - 2c 行程周期検出部
  - 2d 演算周期検出部（演算周期検出手段）
  - 2e 記憶部（記憶手段）
- 3 予測部（予測手段）
  - 3a 予測時間幅演算部（予測時間幅演算手段）
  - 3b 変化量演算部（変化量演算手段）
  - 3c 予測空気量演算部（予測空気量演算手段）
- 4 制御部
  - 4a 吸気制御部（吸気制御手段）
  - 4b 燃料制御部（燃料制御手段）
  - 4c 点火制御部（点火制御手段）
- 10 エンジン

10

$Ec$  実充填効率

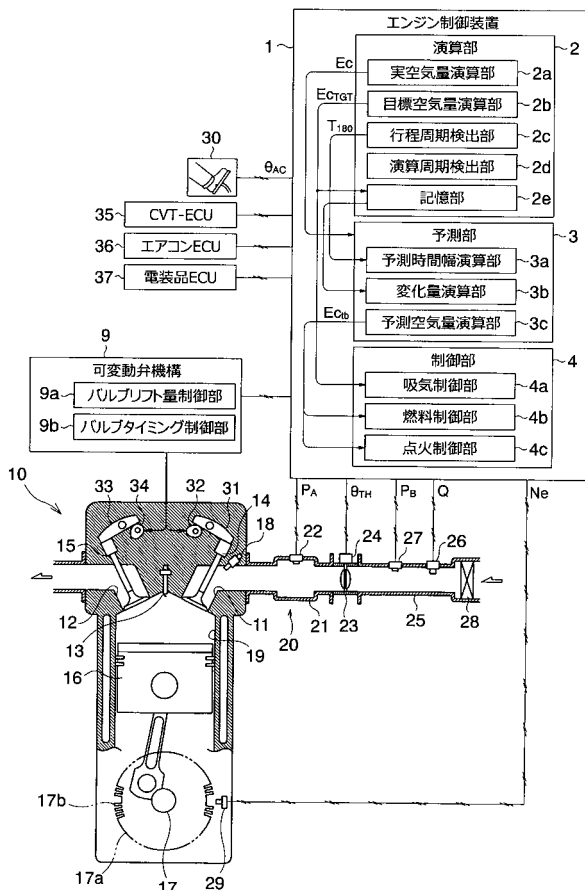
$Ec_{TGT}$  目標充填効率

$Ec_{tb}$  予測充填効率

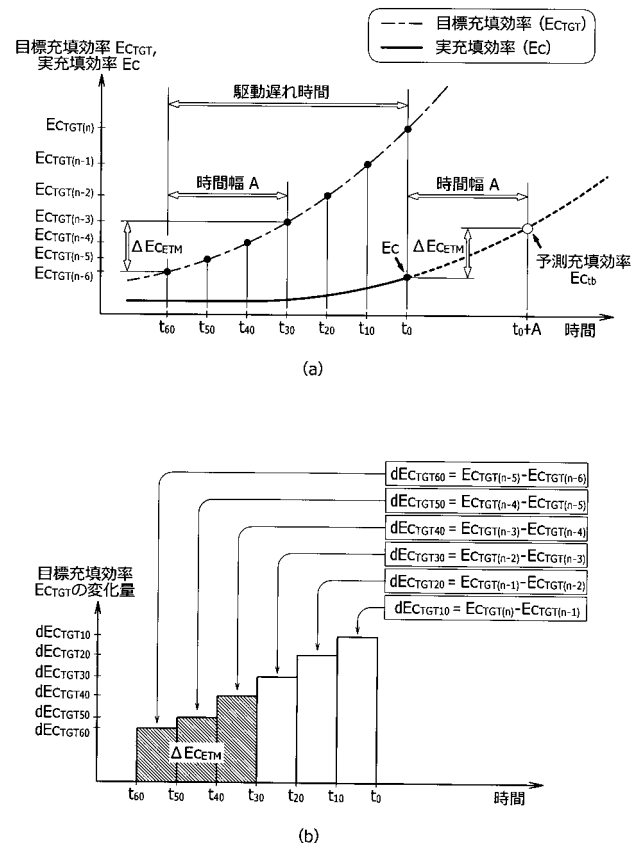
$\Delta Ec_{ETM}$  変化量

20

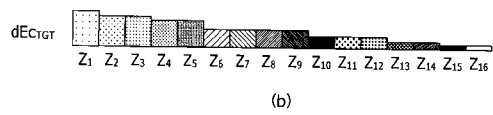
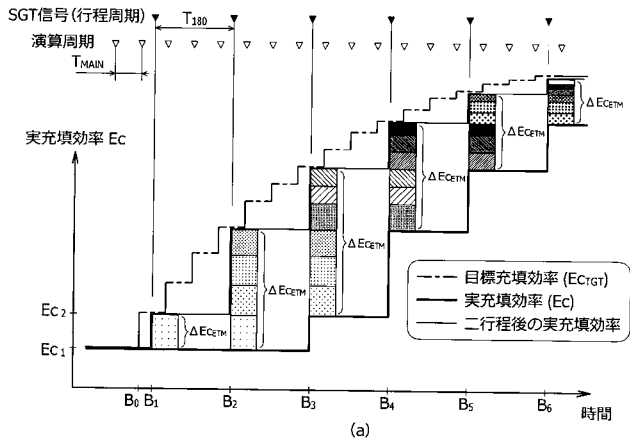
【図1】



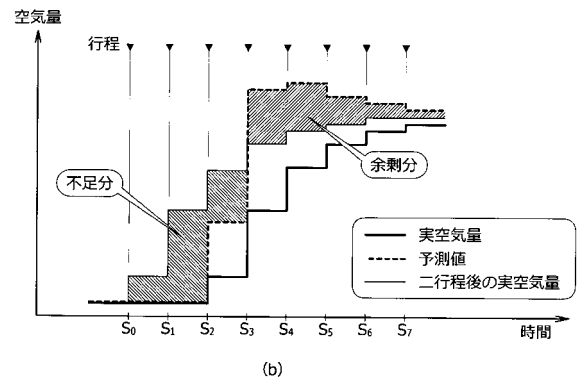
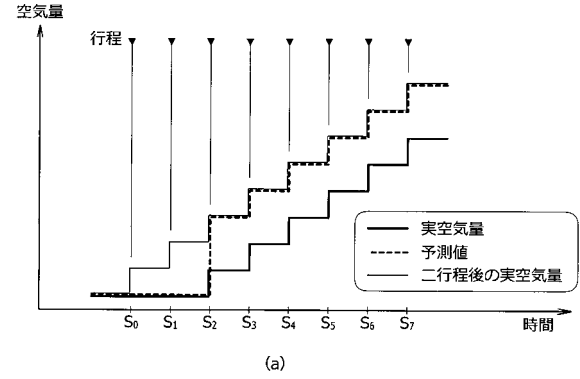
【図2】



【図 3】



【図 4】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

F 0 2 D 45/00 3 1 2 H

(72)発明者 柴田 晃史

東京都港区芝五丁目 3 3 番 8 号 三菱自動車工業株式会社内

(72)発明者 上野 浩明

東京都港区芝五丁目 3 3 番 8 号 三菱自動車工業株式会社内

F ターム(参考) 3G022 CA09 DA02 GA01 GA06 GA07 GA08 GA11 GA17

3G065 EA07 FA04 GA01 GA05 GA26 GA33 GA46 KA36

3G301 JA13 LA03 MA11 NA05 NB02 NB04 NE22 PA01Z PA07Z PA09Z

PA11Z PE03Z PF03Z PF11Z

3G384 BA04 BA05 BA13 BA24 DA04 DA07 DA38 EB12 EC08 ED05

ED11 EE05 FA01Z FA04Z FA06Z FA08Z FA58Z FA81Z FA85Z