

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-299580
(P2005-299580A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int. Cl.⁷
F02D 45/00

F I
F O 2 D 45/00 3 5 8 C
F O 2 D 45/00 3 5 8 J
F O 2 D 45/00 3 6 8 B
F O 2 D 45/00 3 6 8 D

テーマコード(参考)
3 G 3 8 4

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-119850 (P2004-119850)
(22) 出願日 平成16年4月15日(2004.4.15)

(71) 出願人 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100098420
弁理士 加古 宗男
(72) 発明者 柘田 哲
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
(72) 発明者 井上 正臣
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

最終頁に続く

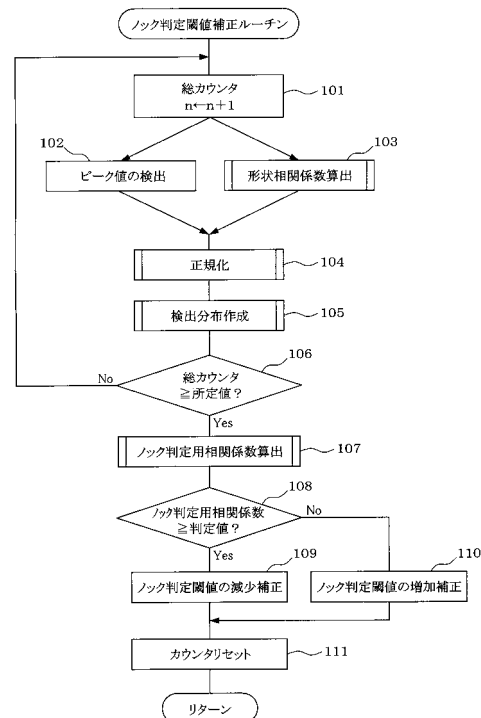
(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 ノックセンサの出力から抽出したデータを統計的に処理する際に、少ないRAM容量で、データの平均値と標準偏差を演算できるようにする。

【解決手段】 点火毎にノックセンサ28の出力からノックの特徴を表す2つのデータ(ピーク値と形状相関係数)を求め、これら2つのデータをそれぞれなまし処理して各データの平均値を近似的に求めると共に、なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値をなまし処理して近似的に分散Vを求め、この分散Vの平方根をとって近似的に標準偏差を求め、各データを平均値と標準偏差を用いて正規化する(ステップ102~104)。そして、正規化した2つのデータに関する分布を求め、この分布と理想ノック分布との相関性を表すノック判定用相関係数を算出し、このノック判定用相関係数に基づいて1燃焼毎のノック判定に用いるノック判定閾値を補正する(ステップ105~110)。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の運転状態を検出するセンサの出力を周期的にサンプリングして統計的に処理する統計処理手段を備え、この統計処理手段の処理結果を用いて内燃機関の運転を制御する内燃機関の制御装置において、

前記統計処理手段は、前記センサ出力のサンプリング毎にサンプリングしたデータをなまし処理して近似的に該データの平均値を求める手段と、前記なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値を用いて該データの散らばりの度合いを表す指標を演算する手段とを有することを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

前記データの散らばりの度合いを表す指標は、標準偏差であり、

前記統計処理手段は、前記なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値をなまし処理して近似的に分散 V を求め、この分散 V の平方根を演算して近似的に標準偏差を求め、このことを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

前記統計処理手段は、サンプリングしたデータを前記平均値と前記標準偏差を用いて正規化する正規化手段を有することを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記センサは、内燃機関のロック状態に応じた波形の信号を出力するセンサであり、

前記統計処理手段は、前記センサ出力のサンプリング毎に該センサ出力のロック周波数成分のピーク値と、該センサ出力の波形とロック特有の波形を表す理想ロック波形との相関性を表す形状相関係数とを前記データとして求めて、これらピーク値と形状相関係数をそれぞれ前記正規化手段により正規化し、正規化したピーク値と形状相関係数に関する所定点火回数分の分布を求め、この分布の形状がロック発生時に現れる特徴を有するか否かでロックの発生状態を判定することを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

前記統計処理手段は、前記なまし処理に用いるなまし係数を内燃機関の運転状態に応じて変化させる手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の運転状態を検出するセンサの出力を統計的に処理して内燃機関の運転状態を制御する内燃機関の制御装置に関する発明である。

【背景技術】

【0002】

内燃機関の運転状態を制御する際に、内燃機関の運転状態を検出するセンサの出力を統計的に処理する必要がある場合がある。例えば、ロック判定においては、特公平 6 - 60621 号公報に記載されているように、点火毎にロックセンサの出力をサンプリングしてピーク値を抽出し、このピーク値を対数変換した値の分布の形状を統計的手法で解析してロック発生状態を判断し、ロック判定閾値を補正するようにしたものがある。

【特許文献 1】特公平 6 - 60621 号公報（第 1 頁～第 3 頁等）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

一般に、統計的手法でデータの分布形状を判断する指標として、平均値と標準偏差が用いられることが多い。ここで、標準偏差は、分散 V の平方根をとった値であり、データの散らばりの度合いを表す指標として広く用いられている。分散 V は、各データと平均値との偏差を二乗した値を合計し、その合計値をデータ数で割り算した値である。

【0004】

10

20

30

40

50

例えば、 n 個のデータを X_1 、 X_2 、... X_n とすると、平均値 X_{av} 、分散 V 、標準偏差は次のように定義される。

$$\text{平均値 } X_{av} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n$$

$$\text{分散 } V = \{ (X_1 - X_{av})^2 + (X_2 - X_{av})^2 + \dots + (X_n - X_{av})^2 \} / n$$

$$\text{標準偏差} = \sqrt{V}$$

【0005】

これら各定義式を用いて平均値 X_{av} と標準偏差を演算する場合、所定期間分の多数のデータを格納する膨大なRAM容量が必要となる。エンジン制御のように、各気筒の点火毎、燃料噴射毎等に各種の情報を更新していく必要があるシステムでは、平均値 X_{av} と標準偏差の演算に使用できるRAM容量も制限されるため、各定義式を用いる演算方法をそのまま実施することは現実には困難である。

10

【0006】

また、エンジンの運転条件が変化すると、ノックセンサの出力やそのピーク値も変化するため、RAMにピーク値のデータを蓄えている途中で運転条件が変化すると、複数の運転条件が混在した平均値 X_{av} と標準偏差を演算してしまい、平均値 X_{av} と標準偏差の精度が悪化するという問題がある。つまり、各定義式を用いる演算方法では、過渡状態で平均値 X_{av} と標準偏差の追従性が悪いという問題がある。

【0007】

そこで、上記特許文献1では、ノックセンサの出力のピーク値を対数変換した値の分布の形状を判断する際に、平均値 X_{av} と標準偏差を演算せずに、分布の累積10%点、50%点、累積90%点を点火毎に更新して、これらの累積10%点、50%点、累積90%点の比からノック発生状態を判断するようにしている。

20

【0008】

この累積%点を用いて平均値 X_{av} と標準偏差を近似的に演算することは可能であるが、ノック発生時の特徴が大きく現れるのは、分布の上位累積数%点(例えば累積97%点)であるため、ノック発生時の特徴を平均値 X_{av} と標準偏差の演算値に反映させるためには、上位累積数%点(例えば累積97%点)を用いて平均値 X_{av} と標準偏差を演算する必要がある。しかし、ノック発生頻度が同一でも、ノックの大きさ(ピーク値の大きさ)のばらつき範囲が大きいため、上位累積数%点が大きくずれる傾向がある。このため、上位累積%点を用いて平均値 X_{av} と標準偏差を演算したのでは、上位累積数%点のばらつきによって平均値 X_{av} と標準偏差の演算値がそれぞれの真値に対して大きくずれてしまう可能性が高い。

30

【0009】

本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、内燃機関の運転状態を検出するセンサの出力を周期的にサンプリングして統計的に処理する際に、少ないRAM容量で、データの平均値と該データの散らばりの度合いを表す指標を精度良く近似的に演算することができると共に、過渡状態での追従性を向上させることができる内燃機関の制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、請求項1に係る発明は、内燃機関の運転状態を検出するセンサの出力を周期的にサンプリングして統計的に処理する統計処理手段を備え、この統計処理手段の処理結果を用いて内燃機関の運転を制御する内燃機関の制御装置において、前記統計処理手段によって、前記センサ出力のサンプリング毎に該データをなまし処理して近似的に該データの平均値を求め、このなまし処理前後のデータの偏差を二乗した値を用いて該データの散らばりの度合いを表す指標(以下「データ散らばり度合い指標」という)を演算するようにしたものである。本発明のように、なまし処理を用いれば、センサ出力のサンプリング毎に平均値とデータ散らばり度合い指標を逐次更新できるため、多数のデータを車載コンピュータのRAMに記憶し続ける必要がなくなり、少ないRAM容量で、平均値とデータ散らばり度合い指標を近似的に演算することができる。しかも、上位累

40

50

積数%点を用いないため、分布の上位ばらつきの影響を受けずに、平均値とデータ散らばり度合い指標を演算することができて、平均値とデータ散らばり度合い指標の近似精度を向上させることができる。更に、なまし処理を用いることで、過渡状態での追従性も向上させることができる。

【0011】

ここで、データ散らばり度合い指標としては、例えば分散 V や標準偏差が考えられる。前述した定義式によれば、平均値は、全てのデータを相加平均した値であり、分散 V は、各データ毎に求めた(データ-平均値)²を相加平均した値であり、標準偏差 $=\sqrt{V}$ である。

【0012】

本発明のように、平均値(データの相加平均値)をデータのなまし処理値で近似する方法を、分散 V [(データ-平均値)²の相加平均値]の演算方法に応用すれば、分散 V [(データ-平均値)²の相加平均]は、(データ-平均値)²のなまし処理値で近似できることが分かる。本発明では、平均値をデータのなまし処理値で近似するため、(データ-平均値)²は、なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値となる。

10

【0013】

従って、請求項2のように、なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値をなまし処理して近似的に分散 V を求め、この分散 V の平方根を演算して近似的に標準偏差を求めるようにすると良い。このようにすれば、なまし処理によって平均値と標準偏差の両方を簡単に演算することができる。

20

【0014】

更に、請求項3のように、正規化手段により、データを平均値と標準偏差を用いて正規化(標準化、無次元化)するようにすると良い。このようにすれば、運転条件が変化しても、その前後にサンプリングしたデータを、いずれも標準的な運転条件下でのデータに補正することができる。これにより、運転条件毎に区分してデータを統計処理する必要がなくなり、統計処理の負荷を軽減できると共に、運転条件の変化による統計処理精度の低下を回避することができる。

【0015】

本発明をロック判定に適用する場合は、請求項4のように、内燃機関のロック状態に応じた波形の信号を出力するセンサの出力のサンプリング毎に該センサ出力のロック周波数成分のピーク値と、該センサ出力の波形とロック特有の波形を表す理想ロック波形との相関性を表す形状相関係数とを前記データとして求めて、これらピーク値と形状相関係数をそれぞれ前記正規化手段により正規化し、正規化したピーク値と形状相関係数に関する所定点火回数分の分布を求め、この分布の形状がロック発生時に現れる特徴を有するか否かでロックの発生状態を判定するようにすると良い。このようにすれば、センサ出力からロックの特徴を表す2つのデータ(ピーク値と形状相関係数)を求めてこれら2つのデータを正規化して所定点火回数分の分布を求めるようにしているため、前記特許文献1のようにセンサ出力のピーク値のみの分布とは異なり、ノイズとロックとを区別できる分布を作成することができ、ノイズによるロック判定精度の悪化の問題を解決できて、ロック判定の精度・信頼性を向上させることができる。しかも、2つのデータ(ピーク値と形状相関係数)を正規化して、正規化データの分布を求めるので、運転条件による差を無くした普遍的な分布を作成することができ、運転条件毎に分布を作成する必要がなくなり、分布作成の処理負荷を軽減できると共に、運転条件による分布の精度低下を回避することができる。

30

40

【0016】

また、請求項5のように、なまし処理に用いるなまし係数を内燃機関の運転状態に応じて変化させるようにしても良い。このようにすれば、例えば、定常運転時には、平均値、標準偏差等の正確性を重視した設定にし、過渡運転時には、追従性を重視した設定にするといった具合に、内燃機関の運転状態に応じて、正確性や追従性を調整できる利点がある。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明をノック判定処理に適用した一実施例を説明する。まず、図1に基づいてエンジン制御システム全体の概略構成を説明する。内燃機関であるエンジン11の吸気管12の最上流部には、エアクリーナ13が設けられ、このエアクリーナ13の下流側に、吸入空気量を検出するエアフローメータ14が設けられている。このエアフローメータ14の下流側には、モータ10によって開度調節されるスロットルバルブ15とスロットル開度を検出するスロットル開度センサ16とが設けられている。

【0018】

更に、スロットルバルブ15の下流側には、サージタンク17が設けられ、このサージタンク17には、吸気管圧力を検出する吸気管圧力センサ18が設けられている。また、サージタンク17には、エンジン11の各気筒に空気を導入する吸気マニホールド19が設けられ、各気筒の吸気マニホールド19の吸気ポート近傍に、それぞれ燃料を噴射する燃料噴射弁20が取り付けられている。また、エンジン11のシリンダヘッドには、各気筒毎に点火プラグ21が取り付けられ、各点火プラグ21の火花放電によって筒内の混合気に着火される。

【0019】

一方、エンジン11の排気管22には、排出ガス中のCO, HC, NOx等を浄化する三元触媒等の触媒23が設けられ、この触媒23の上流側に、排出ガスの空燃比を検出する空燃比センサ24が設けられている。また、エンジン11のシリンダブロックには、冷却水温を検出する冷却水温センサ25と、ノック振動を検出するノックセンサ28と、エンジン11のクランク軸が所定クランク角回転する毎にパルス信号を出力するクランク角センサ26が取り付けられている。このクランク角センサ26の出力信号に基づいてクランク角やエンジン回転速度が検出される。

【0020】

これら各種センサの出力は、エンジン制御回路(以下「ECU」と表記する)27に入力される。このECU27は、マイクロコンピュータを主体として構成され、内蔵されたROM(記憶媒体)に記憶された各種のエンジン制御プログラムを実行することで、燃料噴射弁20の燃料噴射量や点火プラグ21の点火時期を制御する。

【0021】

更に、このECU27は、後述する図2乃至図4のノック判定用の各ルーチンを実行することで、点火毎にノックセンサ28の出力(以下単に「センサ出力」という)からノックの特徴を表す2つのデータ(ピーク値と形状相関係数)を抽出し、これら2つのデータをそれぞれなまし処理して各データの平均値を近似的に求めると共に、なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値をなまし処理して近似的に分散Vを求め、この分散Vの平方根を演算して近似的に標準偏差を求める。その後、ECU27は、各データを平均値と標準偏差を用いて正規化(標準化、無次元化)して、正規化したピーク値と形状相関係数に関する所定点火回数分の分布を求め、この分布と理想ノック分布との相関性(類似性)を表すノック判定用の相関係数(類似度)をノックレベル(ノック発生頻度)を表す指標として算出し、このノック判定用の相関係数に基づいて1燃焼毎のノック判定に用いるノック判定閾値を補正する。そして、ECU27は、1燃焼毎にセンサ出力のノック周波数成分のピーク値(又は所定区間のノック周波数成分の積分値等)を前記ノック判定閾値と比較して1燃焼毎にノックの有無を判定し、ノック有りと判定したときに点火時期を遅角補正してノックを抑制し、ノック無しの状態が続いたときに点火時期を進角補正するというノック制御を行うことで、聴感で許容できるノック音の範囲内で点火時期を進角させてエンジン出力や燃費を向上させるようにしている。

以下、このノック判定の方法について詳しく説明する。

【0022】

(1) センサ出力から抽出するデータ

センサ出力から抽出するデータは、ノックの特徴を表すデータである。本実施例では、

10

20

30

40

50

このデータとして、センサ出力のノック周波数成分のピーク値と、該センサ出力の波形とノック特有の波形を表す理想ノック波形との相関性を表す形状相関係数を用いる。この形状相関係数の演算は、次のようにして行う。まず、ピーク前後の所定期間の理想的なノック波形を理想ノック波形として定め、ピーク前のセンサ出力波形については理想ノック波形より上昇率が急峻であれば理想ノック波形をそのまま積算してピーク前の波形面積を求め、理想ノック波形より上昇率が緩やかであれば、センサ出力波形と理想ノック波形との差に応じて、理想ノック波形に対して所定量小さく補正した値を積算してピーク前の波形面積を求める。

【0023】

ピーク後の波形面積については、ピーク後のセンサ出力波形と理想ノック波形との差に応じて理想ノック波形に対して小さく補正した値を積算してピーク後の波形面積を求める。このようにして、ピーク前・後の波形面積の演算が終了したら、ピーク前・後の波形面積を合計してピーク前後の所定期間の波形面積を求め、この波形面積を理想ノック波形の面積で割り算した値を形状相関係数とする。

【0024】

(2) データの正規化

各データ(ピーク値と形状相関係数)を正規化するには、平均値と標準偏差が必要となり、標準偏差を算出するには、分散Vが必要となる。

例えば、n個のデータをX1、X2、... Xnとすると、平均値X_{av}、分散V、標準偏差は次のように定義される。

【0025】

$$\text{平均値 } X_{av} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n$$

$$\text{分散 } V = \{ (X_1 - X_{av})^2 + (X_2 - X_{av})^2 + \dots + (X_n - X_{av})^2 \} / n$$

$$\text{標準偏差} = \sqrt{V}$$

これら各定義式を用いて平均値X_{av}と標準偏差を演算する場合、所定期間分の多数のデータを格納する膨大なRAM容量が必要となる。エンジン制御のように、各気筒の点火毎、燃料噴射毎等に各種の情報を更新していく必要があるシステムでは、平均値X_{av}と標準偏差の演算に使用できるRAM容量も制限されるため、各定義式を用いる演算方法をそのまま実施することは現実には困難である。

【0026】

そこで、本実施例では、センサ出力からデータを抽出する毎に、該データをなまし処理して近似的に該データの平均値を求めると共に、このなまし処理前後のデータの偏差を二乗した値を用いて標準偏差を近似的に求める。

【0027】

前述した定義式によれば、平均値は、全てのデータを相加平均した値であり、分散Vは、各データ毎に求めた(データ-平均値)²を相加平均した値であり、標準偏差 = \sqrt{V} である。本実施例のように、平均値(データの相加平均値)をデータのなまし処理値で近似する方法を、分散V[(データ-平均値)²の相加平均]の演算方法に応用すれば、分散V[(データ-平均値)²の相加平均]は、(データ-平均値)²のなまし処理値で近似できることが分かる。本実施例では、平均値をデータのなまし処理値で近似するため、(データ-平均値)²は、なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値となる。この関係から、本実施例では、なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値をなまし処理して近似的に分散Vを求め、この分散Vの平方根を演算して近似的に標準偏差を求める。

【0028】

以上のようにして、ピーク値と形状相関係数についてそれぞれ平均値と標準偏差をなまし処理によって演算する毎に、この平均値と標準偏差を用いてピーク値と形状相関係数を次式により正規化(標準化、無次元化)する。

$$\text{正規化ピーク値 } S_p = (\text{ピーク値} - \text{ピーク値平均値}) / \text{ピーク値標準偏差}$$

$$\text{正規化形状相関係数 } S_c$$

$$= (\text{形状相関係数} - \text{形状相関係数平均値}) / \text{形状相関係数標準偏差}$$

10

20

30

40

50

この正規化により、運転条件による差を無くした普遍的なデータ（ピーク値と形状相関係数）を求めることができる。

【0029】

(3) 検出分布の作成

ピーク値と形状相関係数との正規化データ（ S_p , S_c ）が、予め区分された複数の領域の何処に該当するか判断し、該当した領域のカウントをカウントアップする。この処理を所定点火回数分繰り返すことで検出分布を作成する。

【0030】

この際、検出分布が存在する可能性のある全ての領域を細かく区分して各領域毎にカウントを設けて検出分布を作成するようにしても良いが、この場合には、カウントの数が多くなり過ぎてECU27のRAM使用量が多くなり過ぎる欠点がある。

10

【0031】

そこで、本実施例では、検出分布が存在する可能性のある領域の中からノックの特徴が顕著に現れる少数の領域（以下「特徴領域」という）を抽出し、各特徴領域毎にカウントを設け、点火毎にピーク値と形状相関係数の正規化データ（ S_p , S_c ）が属する特徴領域のカウントをカウントアップすることで、正規化データ（ S_p , S_c ）の分布を求める。このようにすれば、ノックの特徴が顕著に現れる少数の特徴領域のみの正規化データ（ S_p , S_c ）をカウントするだけで良いため、RAM使用量を大幅に節約できるという利点がある。しかも、ノックの特徴が顕著に現れる部分のみを選択して抽出できるため、ノック判定の精度・信頼性も十分に確保することができる。

20

(4) 検出分布と理想ノック分布との相関性（ノックレベルの判定）

正規化データ（ S_p , S_c ）による検出分布と理想ノック分布との相関性（類似性）を表すノック判定用の相関係数（類似度）を演算する。このノック判定用の相関係数は、検出分布の形状がノック発生時に現れる特徴を有するか否かを判定する指標となる。

【0032】

ここで、理想ノック分布は、予め許容レベルを越えるノックが発生しているときに上記方法で演算された正規化データ（ S_p , S_c ）の分布であり、ECU27のROM等の不揮発性メモリに記憶されている。ノック判定用の相関係数は、検出分布のパターンと理想ノック分布のパターンの内積をノルムの積で割って求める。ノルムの積で割ることで、ノック判定用の相関係数の絶対値は常に1以下（ $-1 \leq$ ノック判定用相関係数 ≤ 1 ）になり、検出分布と理想ノック分布との相関性が高いほど、ノック判定用の相関係数は1に近い値になる。従って、ノック判定用の相関係数は、ノックレベル（ノック発生頻度）を表す指標となり、ノック判定用の相関係数が1に近い値になるほど、ノックレベルが大きい（ノック発生頻度が高い）と判定することができる。

30

【0033】

(5) ノック判定閾値の補正

ノック判定用の相関係数を予め設定した判定値と比較し、このノック判定用の相関係数が判定値以上であれば、許容レベルを越えるノックが発生していると判断して、1燃焼毎のノック判定に用いるノック判定閾値を小さくするよう補正する。これにより、より小さなノックを検出できるようにする。

40

【0034】

反対に、ノック判定用の相関係数が判定値よりも小さければ、ノックレベルが許容レベルを下回っていると判断する。この場合は、ノック制御により点火時期を必要以上に遅角させて、エンジントルクを低下させている可能性があるため、より大きなノックのみを検出するように、ノック判定閾値を大きくするよう補正する。尚、ノック判定用の相関係数が適正なノック状態に相当する所定範囲内に収まっているときには、ノック判定閾値を補正しないようにしても良い。

【0035】

このような処理により、製造ばらつきや経年変化による振動レベルの変化に追従してノック判定閾値を自動的に補正することができるため、常に適正なノック判定閾値を使用し

50

て精度の良いノック判定を行うことができると共に、設計・開発技術者がノック判定閾値を適合する際に、製造ばらつきや経年変化の影響を詳細に検討する必要がなくなり、ノック判定閾値の適合作業を簡略化できるという利点もある。

以上説明したノック判定閾値の補正は、ECU 27によって図2乃至図4の各ルーチンに従って実行される。以下、これら各ルーチンの処理内容を説明する。

【0036】

[ノック判定閾値補正ルーチン]

図2のノック判定閾値補正ルーチンは、エンジン運転中に周期的に実行される。本ルーチンが起動されると、まずステップ101で、センサ出力から抽出したデータ(ピーク値Pと形状相関係数C)のサンプリング数をカウントする総カウンタをカウントアップし、
10
点火毎にセンサ出力のノック周波数成分のピーク値Pを検出すると共に(ステップ102)、後述する図3の形状相関係数算出ルーチンを実行して、形状相関係数Cを算出する(ステップ103)。

【0037】

この後、ステップ104に進み、後述する図4の正規化ルーチンを実行して、ピーク値Pと形状相関係数Cについて、それぞれ平均値と標準偏差をなまし処理によって演算して平均値と標準偏差を用いてデータを正規化(標準化、無次元化)する。この後、ステップ105に進み、検出分布作成ルーチン(図示せず)を実行して、次のようにして検出分布を作成する。本実施例では、検出分布が存在する可能性のある領域の中からノックの特徴が顕著に現れる少数の領域(特徴領域)を抽出し、各特徴領域毎にカウンタを設ける
20
。そして、ピーク値Pと形状相関係数Cの正規化データ(S_p , S_c)がいずれかの特徴領域に該当するか否かを判定し、該当する特徴領域があれば、その特徴領域のカウンタをカウントアップし、該当する特徴領域がなければ、いずれの特徴領域のカウンタもカウントアップしない。

【0038】

この後、ステップ106に進み、総カウンタの値が所定値に達したか否かを判定し、総カウンタの値が所定値に達していなければ、上記ステップ101~105の処理を繰り返す。これにより、ピーク値Pと形状相関係数Cのサンプリング数がそれぞれ所定値になるまで、ピーク値Pと形状相関係数Cのサンプリングと、それらのデータの正規化と、検出分布作成の処理を繰り返す。
30

【0039】

そして、総カウンタの値が所定値に達した時点で、ステップ107に進み、ノック判定用相関係数算出ルーチン(図示せず)を実行して、正規化データ(S_p , S_c)による検出分布と理想ノック分布との相関性を表すノック判定用の相関係数を算出する。このノック判定用の相関係数は、正規化データ(S_p , S_c)による検出分布のパターンと理想ノック分布のパターンの内積をノルムの積で割って求める。

【0040】

この後、ステップ108に進み、ノック判定用の相関係数を予め設定した判定値と比較し、この相関係数が判定値以上であれば、許容レベルを越えるノックが発生していると判断して、ステップ109に進み、1燃焼毎のノック判定に用いるノック判定閾値を小さく
40
するよう補正する。これにより、より小さなノックを検出できるようにする。反対に、ノック判定用の相関係数が判定値よりも小さければ、ノックレベルが許容レベルを下回っていると判断する。この場合は、ノック制御により点火時期を必要以上に遅角させて、エンジントルクを低下させている可能性があるため、ステップ110に進み、より大きなノックのみを検出するように、ノック判定閾値を大きくするよう補正する。この後、ステップ111に進み、本ルーチンで使用する全てのカウンタをリセットして、本ルーチンを終了する。

【0041】

[形状相関係数算出ルーチン]

図3の形状相関係数算出ルーチンは、上記図2のノック判定閾値補正ルーチンのステッ
50

ブ 1 0 3 で実行されるサブルーチンである。本ルーチンが起動されると、まずステップ 2 0 1 で、検出したセンサ出力の波形（以下「検出波形」という）のピーク位置を検出する（図 5 参照）。

【 0 0 4 2 】

そして、次のステップ 2 0 2 で、ピーク前の検出波形 $s [\quad]$ を理想ノック波形 $a [\quad]$ と比較して、ピーク前の形状相関係数 $c [\quad]$ を次のようにして算出する。ピーク前のクランク角 θ における検出波形 $s [\quad]$ が理想ノック波形 $a [\quad]$ 以下であるか否かを判定して、ピーク前のクランク角 θ における検出波形 $s [\quad]$ が理想ノック波形 $a [\quad]$ 以下であれば、ピーク前のクランク角 θ におけるピーク前形状相関係数 $c [\quad]$ を“ 1 ”にセットし、ピーク前のクランク角 θ における検出波形 $s [\quad]$ が理想ノック波形 $a [\quad]$ よりも大きければ、ピーク前のクランク角 θ におけるピーク前形状相関係数 $c [\quad]$ を次式により算出する。

$$c [\quad] = 1 - \{ s [\quad] - a [\quad] \} / a [\quad]$$

10

【 0 0 4 3 】

この場合、検出波形 $s [\quad]$ と理想ノック波形 $a [\quad]$ との偏差 $\{ s [\quad] - a [\quad] \}$ が大きくなるほど、相関性が低くなるため、ピーク前形状相関係数 $c [\quad]$ が減少する。図 6 にピーク前形状相関係数 $c [\quad]$ の算出例が示されている。

【 0 0 4 4 】

また、ステップ 2 0 3 で、ピーク後の検出波形 $s [\quad]$ と理想ノック波形 $a [\quad]$ とを用いて、ピーク後のクランク角 θ におけるピーク後形状相関係数 $c [\quad]$ を次式により算出する。

$$c [\quad] = 1 - | s [\quad] - a [\quad] | / a [\quad]$$

20

【 0 0 4 5 】

この場合も、検出波形 $s [\quad]$ と理想ノック波形 $a [\quad]$ との偏差の絶対値 $| s [\quad] - a [\quad] |$ が大きくなるほど、相関性が低くなるため、ピーク前形状相関係数 $c [\quad]$ が減少する。図 7 にピーク後形状相関係数 $c [\quad]$ の算出例が示されている。

【 0 0 4 6 】

以上のようにしてピーク前後の所定期間の全てのクランク角 θ について形状相関係数 $c [\quad]$ を算出する処理を繰り返した後、ステップ 2 0 4 に進み、最終的な形状相関係数 C を次式により算出する。

$$C = c [\quad] \cdot a [\quad] / a [\quad]$$

30

これにより、形状相関係数 C は常に 1 以下 ($0 < C < 1$) になり、検出波形 $s [\quad]$ と理想ノック波形 $a [\quad]$ との相関性が高いほど、形状相関係数 C は 1 に近い値になる。

【 0 0 4 7 】

[正規化ルーチン]

図 4 の正規化ルーチンは、前記図 2 のノック判定閾値補正ルーチンのステップ 1 0 4 で実行されるサブルーチンであり、特許請求の範囲でいう統計処理手段と正規化手段としての役割を果たす。本ルーチンが起動されると、まずステップ 3 0 1 で、E C U 2 7 の R A M に記憶されている前回算出したピーク値 P の平均値 $P_{av(i-1)}$ と形状相関係数 C の平均値 $C_{av(i-1)}$ を読み込む。

40

【 0 0 4 8 】

この後、ステップ 3 0 2 に進み、今回のピーク値 P の平均値 $P_{av(i)}$ を次のなまし処理の式を用いて算出する。

$$P_{av(i)} = \alpha_1 \cdot P + (1 - \alpha_1) \cdot P_{av(i-1)}$$

上式において、 α_1 はなまし係数である。

【 0 0 4 9 】

同様に、今回の形状相関係数 C の平均値 $C_{av(i)}$ を次のなまし処理の式を用いて算出する。

$$C_{av(i)} = \alpha_2 \cdot C + (1 - \alpha_2) \cdot C_{av(i-1)}$$

上式において、 α_2 はなまし係数である。この場合、なまし係数 α_1 , α_2 は演算処理

50

の簡略化のために、固定値としても良いが、エンジン運転状態に応じてなまし係数 1 , 2 をマップ又は数式等により変化させるようにしても良い。このようにすれば、例えば定常運転時には、平均値 $P_{av}(i)$ 、 $C_{av}(i)$ の正確性を重視した設定にし、過渡運転時には、追従性を重視した設定にするといった具合に、エンジン運転状態に応じて、正確性や追従性を調整できる利点がある。

【0050】

この後、ステップ303に進み、ECU27のRAMに記憶されている前回算出したピーク値 P の分散 $V_p(i-1)$ と形状相関係数 C の分散 $V_c(i-1)$ を読み込む。この後、ステップ304に進み、今回のピーク値 P の分散 $V_p(i)$ を次のなまし処理の式を用いて算出する。

$$V_p(i) = 1 \cdot \{P - P_{av}(i)\}^2 + (1 - 1) \cdot V_p(i-1)$$

10

上式において、 1 はなまし係数である。

【0051】

同様に、今回の形状相関係数 C の分散 $V_c(i)$ を次のなまし処理の式を用いて算出する。

$$V_c(i) = 2 \cdot \{C - C_{av}(i)\}^2 + (1 - 2) \cdot V_c(i-1)$$

上式において、 2 はなまし係数である。この場合も、なまし係数 1 , 2 は演算処理の簡略化のために、固定値としても良いが、エンジン運転状態に応じてなまし係数 1 , 2 をマップ又は数式等により変化させるようにしても良い。このようにすれば、例えば定常運転時には、分散 V_p 、 V_c の正確性を重視した設定にし、過渡運転時には、追従性を重視した設定にするといった具合に、エンジン運転状態に応じて、正確性や追従性を調整できる利点がある。

20

【0052】

この後、ステップ305に進み、ピーク値 P の分散 $V_p(i)$ の平方根を演算してピーク値 P の標準偏差 p を求めると共に、形状相関係数 C の分散 $V_c(i)$ の平方根を演算して形状相関係数 C の標準偏差 c を求める。

$$p = \sqrt{V_p(i)}$$

$$c = \sqrt{V_c(i)}$$

【0053】

この後、ステップ306に進み、ピーク値 P の正規化データ S_p と形状相関係数 C の正規化データ S_c をそれぞれ次式により算出する。

$$S_p = \{P - P_{av}(i)\} / p$$

$$S_c = \{C - C_{av}(i)\} / c$$

30

【0054】

この後、ステップ307に進み、次回の正規化演算に備えるために、今回の平均値 $P_{av}(i)$ 、 $C_{av}(i)$ と分散 $V_p(i)$ 、 $V_c(i)$ をそれぞれ前回値 $P_{av}(i-1)$ 、 $C_{av}(i-1)$ 、 $V_p(i-1)$ 、 $V_c(i-1)$ としてRAMに記憶し、本ルーチンを終了する。

【0055】

以上説明した本実施例によれば、点火毎にノックセンサ28の出力からノックの特徴を表す2つのデータ(ピーク値と形状相関係数)を抽出し、これら2つのデータをそれぞれなまし処理して各データの平均値を近似的に求めると共に、なまし処理前後のデータの偏差を二乗した値をなまし処理して近似的に分散 V を求め、この分散 V の平方根を演算して近似的に標準偏差 p 、 c を求めるようにしたので、データのサンプリング毎に平均値と標準偏差 p 、 c を逐次更新できて、多数のデータをECU27のRAMに記憶し続ける必要がなくなり、少ないRAM容量で、平均値と標準偏差 p 、 c を近似的に演算することができる。しかも、上位累積数%点を用いないため、分布の上位ばらつきの影響を受けずに、平均値と標準偏差 p 、 c を演算することができて、平均値と標準偏差 p 、 c の近似精度を向上させることができる。更に、なまし処理を用いることで、過渡状態での追従性も向上させることができる。

40

【0056】

更に、本実施例では、データを平均値と標準偏差 p 、 c を用いて正規化(標準化、無次元化)するようにしたので、運転条件が変化しても、その前後にサンプリングしたデータを、いずれも標準的な運転条件下でのデータに補正することができる。これにより、運転条件

50

毎に区分してデータを統計処理する必要がなくなり、統計処理の負荷を軽減できると共に、運転条件の変化による統計処理精度の低下を回避することができる。

【0057】

また、本実施例では、ノックセンサ28の出力からセンサ出力からノックの特徴を表す2つのデータ（ピーク値と形状相関係数）を求めてこれら2つのデータを正規化して所定点火回数分の分布を求めるようにしているため、前記特許文献1のようにセンサ出力のピーク値のみの分布とは異なり、ノイズとノックとを区別できる分布を作成することができ、ノイズによるノック判定精度の悪化の問題を解決できて、ノック判定の精度・信頼性を向上させることができる。

【0058】

更に、本実施例では、検出分布と理想ノック分布との相関性（類似性）を表すノック判定用の相関係数をノックレベルの指標として算出し、このノック判定用の相関係数（ノックレベル）に基づいて1燃焼毎のノック判定に用いるノック判定閾値を補正するようにしたので、センサ出力に機械的・電氣的なノイズが重畳した場合でも、ノック判定閾値を精度良く補正することができ、ノイズによるノック判定精度の低下を防止できる。しかも、製造ばらつきや経年変化による振動レベルの変化に追従してノック判定閾値を自動的に補正することができるため、常に適正なノック判定閾値を使用して精度の良いノック判定を行うことができると共に、設計・開発技術者がノック判定閾値を適合する際に、製造ばらつきや経年変化の影響を詳細に検討する必要がなくなり、ノック判定閾値の適合作業を簡略化できるという利点もある。

【0059】

尚、本実施例では、ノック状態に応じた波形の信号を出力するセンサとして、シリンダブロックの振動を検出するノックセンサ28を用いるようにしたが、燃焼圧を検出する燃焼圧センサを用いるようにしても良い。

【0060】

また、本発明の適用範囲は、ノック判定に限定されず、エンジン運転状態を検出するセンサの出力を周期的にサンプリングして統計的に処理するシステムにおいて、平均値や標準偏差等を算出する必要がある様々な制御に本発明を適用して実施できる。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】本発明の一実施例におけるエンジン制御システム全体の概略構成図である。

【図2】ノック判定閾値補正ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図3】形状相関係数算出ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図4】正規化ルーチンの処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】検出波形 s [] と理想ノック波形 a [] の一例を示す図である。

【図6】ピーク前形状相関係数 c [] の一例を示す図である。

【図7】ピーク後形状相関係数 c [] の一例を示す図である。

【符号の説明】

【0062】

11 ... エンジン（内燃機関）、12 ... 吸気管、15 ... スロットルバルブ、18 ... 吸気管圧力センサ、20 ... 燃料噴射弁、22 ... 排気管、23 ... 触媒、24 ... 空燃比センサ、27 ... ECU（統計処理手段、正規化手段）、28 ... ノックセンサ

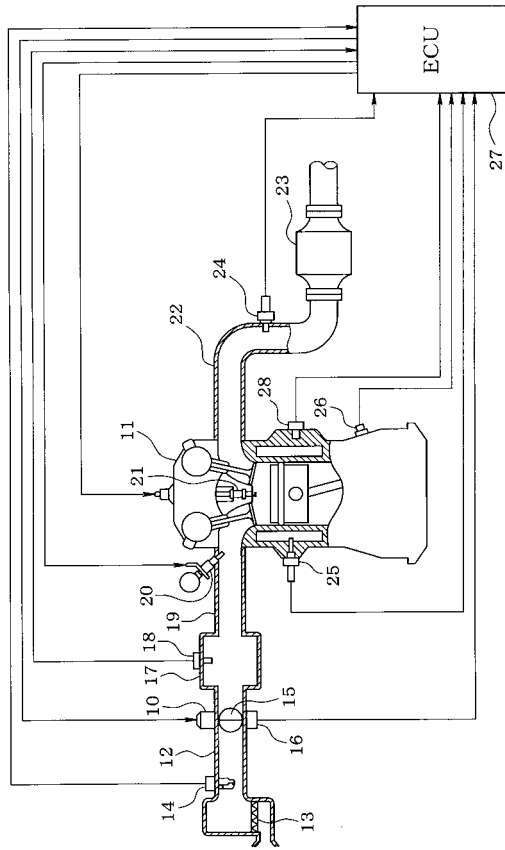
10

20

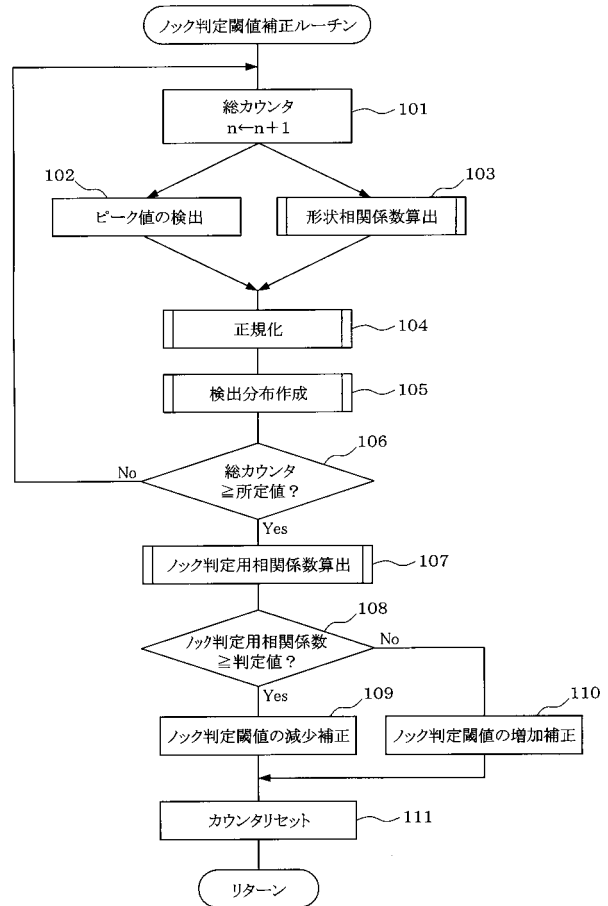
30

40

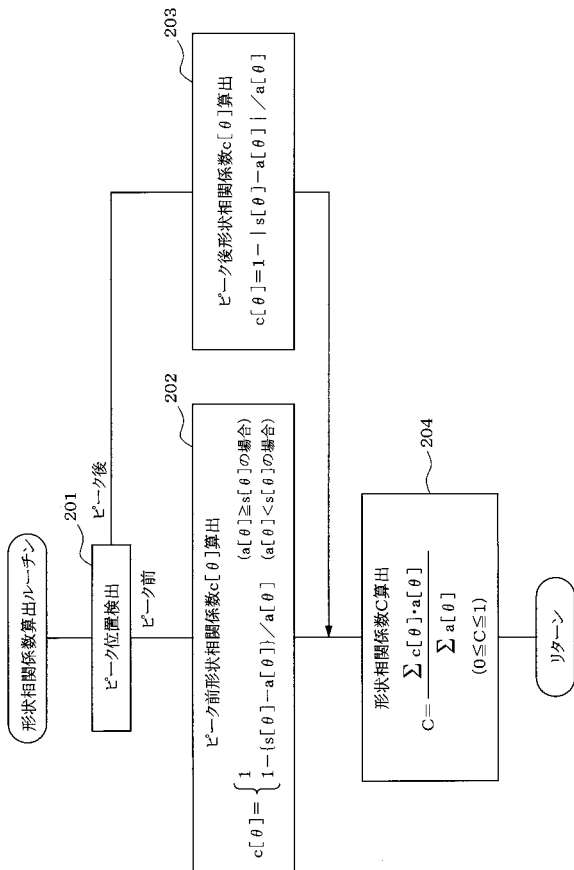
【図1】



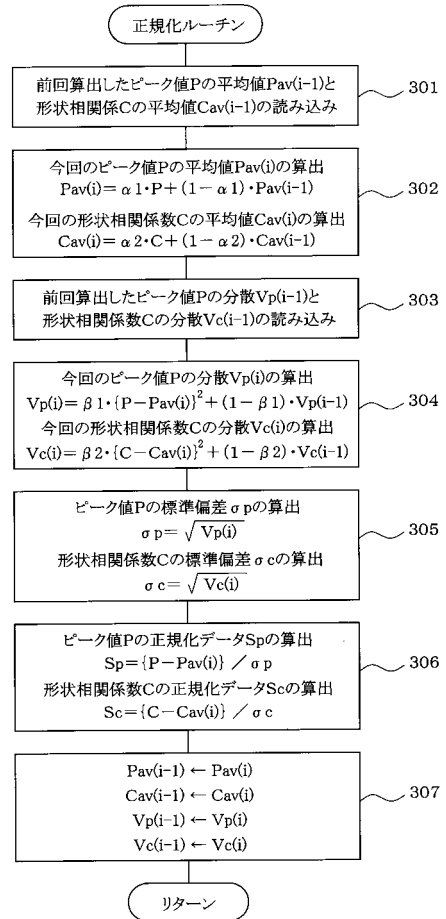
【図2】



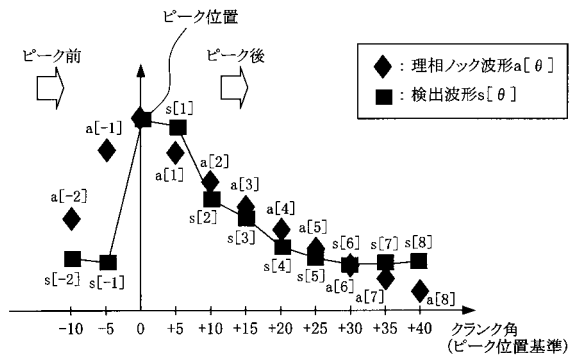
【図3】



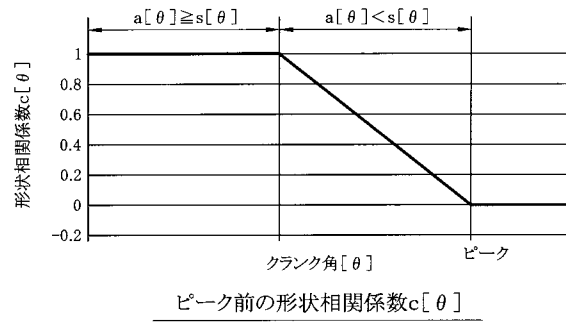
【図4】



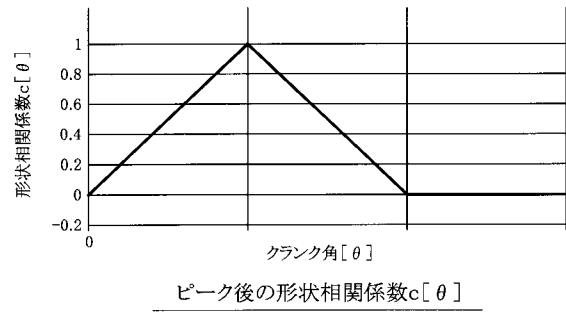
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 竹村 優一

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 笠島 健司

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 金子 理人

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3G384 AA01 CA07 CA11 CA25 DA05 DA42 DA55 EA26 EB16 EB17
EB18 EC01 EC02 EC06 EC11 ED01 ED06 ED07 ED11 FA01Z
FA04Z FA08Z FA28Z FA33B FA33Z FA40Z FA58Z

【要約の続き】