(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年9月17日(17.09.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/184370 A1

(51) 国際特許分類:
F02D 45/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/009368

(22) 国際出願日： 2020年3月5日(05.03.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-042765 2019年3月8日(08.03.2019) JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 石田 真二郎 (**ISHIDA, Shinjiro**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 宮本 裕士(**MIYAMOTO, Hiroshi**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 齋藤 和也 (**SAITO, Kazuya**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

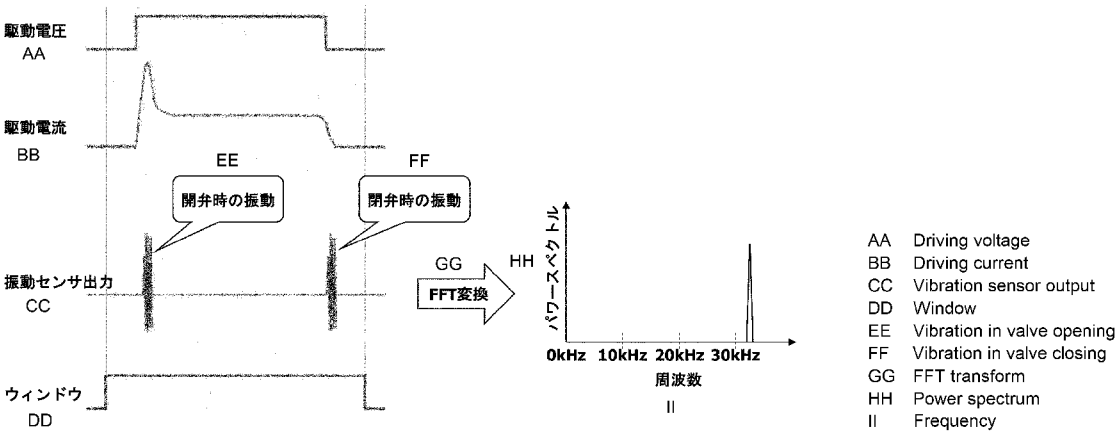
(74) 代理人: 小川 護晃, 外(**OGAWA, Moriaki** et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目１３番５号赤坂エイトワンビル７階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** OPERATION DETECTION DEVICE AND OPERATION DETECTION METHOD OF FUEL INJECTION VALVE

(54) 発明の名称： 燃料噴射弁の作動検出装置及び作動検出方法

[図3]



(57) **Abstract:** According to the present invention, an electronic control device, which can read an output signal from a vibration sensor that detects the vibration of an internal combustion engine, detects at least one among a valve opening timing and a valve closing timing of a fuel injection valve on the basis of a vibration parameter obtained from an output signal of the vibration sensor and a rotation angle of the internal combustion engine.

(57) 要約：内燃機関の振動を検出する振動センサの出力信号を読み込み可能な電子制御装置が、振動センサの出力信号から求められる振動パラメータと内燃機関の回転角とに基づいて、燃料噴射弁の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出する。

［続葉有］

WO 2020/184370 A1

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： 燃料噴射弁の作動検出装置及び作動検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、燃料噴射弁の開閉タイミングを検出する、燃料噴射弁の作動検出装置及び作動検出方法に関する。

背景技術

[0002] 燃料噴射弁の噴射特性を取得することを目的として、特開２００９－５７９２４号公報（特許文献１）に記載されるように、燃料噴射弁に供給される燃料圧力の変化に応じて、燃料噴射弁の開閉タイミングを検出する技術が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－５７９２４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、燃料のミキシング及び気化などを促進させるために燃料を複数回分割して噴射する分割噴射では、１回の噴射時間が短いことから燃料圧力の変化が小さく、従来の技術では、燃料噴射弁の開閉タイミングを高精度で検出することが困難であった。また、分割噴射を行わない場合であっても、内燃機関の負荷が小さいときには、１回の噴射時間が短いことから燃料圧力の変化が小さく、分割噴射と同様に、燃料噴射弁の開閉タイミングを高精度で検出することが困難であった。

[0005] そこで、本発明は、燃料噴射量の大小にかかわらず、燃料噴射弁の開閉タイミングを高精度で検出することができる、燃料噴射弁の作動検出装置及び作動検出方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] このため、内燃機関の振動を検出する振動センサの出力信号を読み込み可

能な燃料噴射弁の作動検出装置は、振動センサの出力信号から求められる振動パラメータと内燃機関の回転角とに基づいて、燃料噴射弁の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出する。

[0007] また、内燃機関の振動を検出する振動センサの出力信号を読み込み可能な電子制御装置が、振動センサの出力信号から求められる振動パラメータと内燃機関の回転角とに基づいて、燃料噴射弁の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、内燃機関の振動により燃料噴射弁の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方が検出されるため、燃料噴射量の大小にかかわらず、燃料噴射弁の開閉タイミングを高精度で検出することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]エンジンシステムの一例を示す概要図である。

[図2]電子制御装置の一例を示すブロック図である。

[図3]燃料噴射弁の開閉タイミングを検出する原理の説明図である。

[図4]電子制御装置に実装された機能の一例を示すブロック図である。

[図5]燃料噴射弁の開閉タイミング検出処理の一例を示すフローチャートである。

[図6]燃料噴射弁の開閉タイミング検出処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]燃料噴射弁の開閉タイミングを検出する方法を説明する具体的な一例の説明図である。

[図8]ウィンドウを使用した振動のサンプリング結果の一例を示す説明図である。

[図9]電子制御装置に実装された機能の他の例を示すブロック図である。

[図10]燃料噴射弁の開閉タイミング検出処理の他の例を示すフローチャートである。

[図11]燃料噴射弁の開閉タイミングを検出する方法を説明する具体的な他の

例の説明図である。

[図12]ウィンドウを使用した振動のサンプリング結果の他の例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、添付された図面を参照し、本発明を実施するための実施形態について詳述する。

図１は、本実施形態に係る燃料噴射弁の作動検出装置が組み込まれた、エンジンシステムの一例を示している。

[0011] 内燃機関１００の吸気マニフォールド１１０に接続された吸気管１２０には、吸気流通方向に沿って、吸気中の埃などを濾過して除去するエアクリーナ１３０、吸気流量を調整するスロットルバルブ１４０、吸気流量及び吸気温を検出するホットワイヤー式のエアフローメータ１５０がこの順番で配設されている。また、吸気管１２０には、スロットルバルブ１４０をバイパスする補助吸気通路１２０Ａが併設されている。補助吸気通路１２０Ａには、例えば、暖機状態及びエアコンディショナの作動状態などに応じて吸気流量を増量させる、アイドル制御弁１６０が取り付けられている。

[0012] 吸気マニフォールド１１０には、各気筒に連通される吸気ポートに燃料を噴射する燃料噴射弁１７０が取り付けられている。燃料噴射弁１７０は、非作動時には、バルブスプリングによりプランジャをバルブシートに向けて付勢して閉弁させ、ソレノイドに通電した作動時には、バルブスプリングの付勢力に抗してプランジャをバルブシートから離れる方向に移動させて開弁させる、電子制御式インジェクターである。また、燃料噴射弁１７０には、開弁時にプランジャの移動を規制するストッパーが設けられている。従って、燃料噴射弁１７０においては、閉弁状態から開弁状態へと変化すると、プランジャがストッパーに当たって第１の所定周波数の振動が発生し、開弁状態から閉弁状態へと変化すると、プランジャがバルブシートに当たって第２の所定周波数の振動が発生するという特性がある。ここで、第１の所定周波数及び第２の所定周波数は、例えば、プランジャ、バルブシート及びストッパ

ーの材質及び形状などに応じて決まる。

[0013] 燃料タンク１８０に貯蔵された燃料は、燃料ポンプ１９０により吸い上げられ、燃料供給配管２００を介してプレッシャーレギュレータ２１０に供給される。プレッシャーレギュレータ２１０に供給された燃料は、所定の燃料圧力に調整されつつ燃料噴射弁１７０に供給される。従って、燃料噴射弁１７０は、開弁時間に略比例した燃料噴射量を吸気ポートに噴射することができる。また、燃料噴射弁１７０に供給された燃料のうち噴射に供されなかった燃料は、燃料リターン配管２２０を介して燃料タンク１８０に戻される。

[0014] 内燃機関１００の排気マニフォールド２３０に接続された排気管２４０には、排気流通方向に沿って、排気中の一酸化炭素、炭化水素及び窒素酸化物を同時に低減させる三元触媒コンバータ２５０、排気音を低減させるマフラー２６０がこの順番で配設されている。また、三元触媒コンバータ２５０の排気上流及び下流には、排気中の酸素濃度を検出する酸素濃度センサ２７０及び２８０が夫々取り付けられている。

[0015] さらに、内燃機関１００のシリンダヘッド２９０には、シリンダブロック３００に形成された燃焼室３１０を臨むように、イグニッションプラグ３２０が取り付けられている。イグニッションプラグ３２０は、燃料噴射弁１７０から噴射された燃料と吸気（空気）との混合気を着火することで、ピストン３３０をクランクシャフトに向かって押し下げて回転駆動力を発生させる。

[0016] 内燃機関１００の運転状態を検出する各種センサとして、エアフローメータ１５０並びに酸素濃度センサ２７０及び２８０に加え、スロットルバルブ１４０の開度を検出するスロットル開度センサ３４０、所定位置（例えば、上死点）を基点としたクランク角及び回転数を検出するクランク角センサ３５０、気筒判別を行うカム角センサ３６０、水温を検出する水温センサ３７０、内燃機関１００の振動を検出する振動センサ３８０が設けられている。ここで、振動センサ３８０としては、ノッキングを感知するノックセンサを流用することができる。

[0017] エアフローメータ１５０、酸素濃度センサ２７０及び２８０、スロットル開度センサ３４０、クランク角センサ３５０、カム角センサ３６０、水温センサ３７０並びに振動センサ３８０の各出力信号は、マイクロコンピュータを内蔵した電子制御装置３９０に入力されている。また、アイドル制御弁１６０、燃料噴射弁１７０、燃料ポンプ１９０、イグニッションプラグ３２０は、電子制御装置３９０に電気的に接続されており、電子制御装置３９０から出力された作動信号に応じて適宜作動する。

[0018] 電子制御装置３９０は、図２に示すように、クロック発生回路３９０Ａと、ＣＰＵ（Central Processing Unit）３９０Ｂと、ＲＯＭ（Read Only Memory）３９０Ｃと、ＲＡＭ（Random Access Memory）３９０Ｄと、タイマカウンタ３９０Ｅと、出力回路３９０Ｆと、デジタル入力回路３９０Ｇと、アナログ入力回路３９０Ｈと、内部バス３９０Ｉと、入出力インタフェース（Ｉ／Ｏ）３９０Ｊと、変換回路３９０Ｋと、を内蔵している。

[0019] クロック発生回路３９０Ａは、各回路の同期をとるためのクロックパルスを発生し、クロックパルスをＣＰＵ３９０Ｂに供給する。ＣＰＵ３９０Ｂは、クロック発生回路３９０Ａから供給されたクロックパルスに同期して、制御プログラムなどを読み込んで解釈及び実行することで、所要の目的を達成するためのデータを加工する。ＲＯＭ３９０Ｃは、電源供給を遮断してもデータを保持可能な不揮発性メモリであって、制御プログラム、制御データ、学習値及び故障情報などを格納する。ＲＡＭ３９０Ｄは、電源供給を遮断するとデータが消失する揮発性メモリであって、ＣＰＵ３９０Ｂによる演算結果などを一時的に格納する。タイマカウンタ３９０Ｅは、制御に係る計時及び計数を行う。そして、ＣＰＵ３９０Ｂ、ＲＯＭ３９０Ｃ、ＲＡＭ３９０Ｄ及びタイマカウンタ３９０Ｅは、内部バス３９０Ｉに夫々接続されている。

[0020] 出力回路３９０Ｆは、外部機器などにアナログ信号又はデジタル信号を出力する出力ポートを提供する。デジタル入力回路３９０Ｇは、外部機器などからデジタル信号を受信する入力ポートを提供する。アナログ入力回路３９０Ｈは、外部機器などからアナログ信号を受信するための入力ポートを提供

する。そして、出力回路３９０Ｆ及びデジタル入力回路３９０Ｇは、ＣＰＵ３９０Ｂで処理可能な信号に変換又はＣＰＵ３９０Ｂの出力信号を外部機器などに適合した信号に変換する入出力インタフェース３９０Ｊを介して、内部バス３９０Ｉに接続されている。また、アナログ入力回路３９０Ｈは、アナログ信号をデジタル信号に変換するアナログ－デジタル変換機能及びアナログ信号を高速フーリエ変換する高速フーリエ変換（ＦＦＴ；Fast Fourier Transform）機能を有する変換回路３９０Ｋを介して、内部バス３９０Ｉに接続されている。従って、ＣＰＵ３９０Ｂ、ＲＯＭ３９０Ｃ、ＲＡＭ３９０Ｄ、タイマカウンタ３９０Ｅ、出力回路３９０Ｆ、デジタル入力回路３９０Ｇ及びアナログ入力回路３９０Ｈは、内部バス３９０Ｉを介して、任意のデータを送受信できるようになっている。

[0021] 電子制御装置３９０は、ＲＯＭ３９０Ｃに格納された各種の制御プログラムに従って、アイドル制御弁１６０、燃料噴射弁１７０、燃料ポンプ１９０及びイグニッションプラグ３２０を電子制御する。具体的には、電子制御装置３９０は、水温センサ３７０の出力信号及びエアコンディショナの作動状態などに応じて吸気流量を増量させる必要があるか否かを判定し、吸気流量を増量させる必要があると判定したときにアイドル制御弁１６０に作動信号を出力し、補助吸気通路１２０Ａの開口面積を増加させる。また、電子制御装置３９０は、エアフローメータ１５０から出力された吸気流量信号及びクランク角センサ３５０から出力された回転数信号に応じた基本燃料噴射量を求める。そして、電子制御装置３９０は、水温センサ３７０、酸素濃度センサ２７０及び２８０などの出力信号に応じて基本燃料噴射量を適宜補正した燃料噴射量を求め、所定のタイミングで燃料噴射弁１７０に作動信号を出力し、その先端のノズルから燃料噴射量に応じた燃料を吸気ポートに噴射させる。このとき、電子制御装置３９０は、燃料噴射が完了した所定のタイミングでイグニッションプラグ３２０に作動信号を出力して混合気を着火させる。さらに、電子制御装置３９０は、燃料ポンプ１９０に作動信号を出力し、燃料ポンプ１９０により燃料タンク１８０に貯蔵されている燃料を燃料噴射

弁１７０に供給させる。

[0022] ここで、図３を参照し、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを検出する原理について説明する。

燃料噴射弁１７０は、上述したように、閉弁状態から開弁状態へと変化すると第１の所定周波数の振動が発生し、開弁状態から閉弁状態へと変化すると第２の所定周波数の振動が発生するという特性を有している。具体的には、図３に示すように、燃料噴射弁１７０の駆動電圧がローレベルからハイレベルに変化すると、燃料噴射弁１７０の駆動電流がフィードバック制御によって目標電流に収束する過程において、プランジャがストッパーに当たって第１の所定周波数の振動が発生する。また、燃料噴射弁１７０の駆動電圧がハイレベルからローレベルに変化すると、燃料噴射弁１７０の駆動電流が０まで低下する過程において、プランジャがバルブシートに当たって第２の所定周波数の振動が発生する。

[0023] 従って、振動をサンプリングする期間（開始タイミング～終了タイミング）を規定するウィンドウを導入し、このウィンドウによって規定された期間に振動をサンプリングする。そして、サンプリングされた振動を高速フーリエ変換（ＦＦＴ）して周波数に変換し、その周波数のパワースペクトル（信号強度）を解析して、燃料噴射弁１７０の開閉タイミング、即ち、開弁タイミング及び閉弁タイミングを検出する。ここで、燃料圧力の変化によってパワースペクトルが低下するとパワースペクトルの解析が困難となるため、燃料噴射弁１７０の駆動電流を変化させてパワースペクトルを確保することで、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングの検出精度を向上させることができる。

[0024] 電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂは、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを検出するために、ＲＯＭ３９０Ｃに格納された制御プログラムに従って、図４に示すような各機能を実装する。なお、各機能を実装する前提として、電子制御装置３９０は、内燃機関１００の運転状態に応じて、燃料噴射量及び点火時期の遅角状態をリアルタイムに算出しているものとする（以下

同様）。

[0025] 電子制御装置３９０は、各機能として、回転時間算出部４００、噴射時間算出部４１０、噴射開始タイミング算出部４２０、ウィンドウ数算出部４３０、サンプリング実行部４４０、周波数変換部４５０、開弁タイミング検出部４６０、閉弁タイミング検出部４７０及び実噴射時間算出部４８０を実装している。

[0026] 回転時間算出部４００は、内燃機関１００の回転数に基づいて、クランクシャフトが所定角度（例えば、１度）回転するのに要する回転時間ＣＡ１［μｓ／ｄｅｇ］を算出する。具体的には、回転時間算出部４００は、回転数をＮｅとすると、「ＣＡ１＝６０００００００／（Ｎｅ／３６０）」という式から回転時間ＣＡ１を算出する。なお、所定角度としては、１度に限らず、必要な検出精度などを考慮して、０．５度、１．５度、２度など任意の角度とすることができる。

[0027] 噴射時間算出部４１０は、燃料噴射量、負荷及び燃料圧力に基づいて、燃料噴射弁１７０が燃料噴射量に相当する燃料を噴射するのに要する燃料噴射時間ＴＩＯＵＴ［μｓ］を算出する。ここで、燃料圧力としては、プレッシャーレギュレータ２１０によって調整される所定の燃料圧力とすることができる。即ち、噴射時間算出部４１０は、負荷及び燃料圧力に応じて一定量の燃料を噴射するのに要する時間が変化することを考慮し、燃料噴射量に相当する燃料を噴射するのに要する燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを算出する。なお、噴射時間算出部４１０は、少なくとも燃料噴射量及び燃料圧力に応じた燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを算出すればよい。

[0028] 噴射開始タイミング算出部４２０は、回転数、負荷及び点火時期の遅角状態に基づいて、燃料噴射弁１７０が燃料噴射を開始する燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ［ｄｅｇ］を算出する。ここで、点火時期が遅角している場合には、燃焼ノイズが低減して周波数の検出精度が向上するため、点火時期の遅角状態をパラメータとして導入することで精度向上を図っている。従って、噴射開始タイミング算出部４２０は、パラメータの１つとして点火時

期の遅角状態を用いずに、回転数及び負荷に基づいて燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴを算出するようにしてもよい。なお、燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴは、クランクシャフトの基準位置からの回転角［ｄｅｇ］として規定することができる（他のタイミングについても同様）。

[0029] ウィンドウ数算出部４３０は、回転時間ＣＡ１及び燃料噴射時間ＴＩＯＵＴに基づいて、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを検出するために必要な所定の固定幅を有するウィンドウの個数（ウィンドウ数）ＩＮＪ＿ＣＴを算出する。具体的には、ウィンドウ数算出部４３０は、燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを回転時間ＣＡ１で除算することで、ウィンドウ数ＩＮＪ＿ＣＴを算出する。ここで、燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを回転時間ＣＡ１で除算した値が小数点を有している場合、これを切り上げた整数値とすることができる。なお、固定幅は、例えば、燃料噴射弁１７０の噴射特性などを考慮して適宜決定することができる。

[0030] サンプリング実行部４４０は、クランク角が燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ又はこれより進角側の所定タイミングになったとき、ウィンドウ１による振動のサンプリングを開始し、その後、所定角度ごとにウィンドウ２～ＩＮＪ＿ＣＴによる振動のサンプリングを順次開始する。そして、サンプリング実行部４４０は、各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴにおいて、内燃機関１００の振動ＶＩＢをサンプリングする。

[0031] 周波数変換部４５０は、変換回路３９０Ｋの機能を利用して、各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴを使用してサンプリングされた振動ＶＩＢを周波数ＦＲＥＱ［Ｈｚ］に夫々変換し、その周波数ＦＲＥＱを各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴに関連付ける。周波数ＦＲＥＱに変換された振動ＶＩＢは、図３に示すように、周波数とパワースペクトルとの関連を示す情報となる。従って、燃料噴射弁１７０が開弁又は閉弁したときには振動が発生するので、その振動に対応した周波数にパワースペクトルのピークが現れることとなる。

[0032] 開弁タイミング検出部４６０は、各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴに関連付けられた周波数ＦＲＥＱを順次参照して、開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰを検

出する。なお、燃料噴射弁１７０の開弁タイミングの検出方法については、後述するフローチャートで詳細に説明する。

[0033] 閉弁タイミング検出部４７０は、各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴに関連付けられた周波数ＦＲＥＱを順次参照して、閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬを検出する。なお、燃料噴射弁１７０の閉弁タイミングの検出方法については、後述するフローチャートで詳細に説明する。

[0034] 実噴射時間算出部４８０は、燃料噴射弁１７０の閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬからその開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰを減算することで、燃料噴射弁１７０が実際に燃料を噴射していた実燃料噴射時間［ｄｅｇ］を算出する。ここで、実燃料噴射時間は、クランクシャフトの角度ではなく、公知の手法によって変換した実噴射パルス幅としてもよい。

[0035] このようにすれば、電子制御装置３９０は、振動センサ３８０の出力信号から求められる振動パラメータと内燃機関１００のクランクシャフトの回転角とに基づいて、燃料噴射弁１７０の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出することができる。このとき、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングは、主に、内燃機関１００に発生する振動によって検出されるため、燃料噴射量の大小による影響が少なく、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを高精度で検出することができる。従って、燃料のミキシング及び気化などを促進させるために燃料を複数回分割して噴射する分割噴射においても、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを高精度で検出することができる。なお、電子制御装置３９０の処理能力に余裕がある場合、ウィンドウ数ＩＮＪ＿ＣＴ及び燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴを算出せずに、クランクシャフトの所定回転ごとにウィンドウによる振動のサンプリングを順次実行するようにしてもよい。

[0036] 図５及び図６は、電子制御装置３９０が起動されたことを契機として、電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂが所定時間ごとに繰り返し実行する、燃料噴射弁１７０の開閉タイミング検出処理の一例を示している。なお、図５及び図６に示す開閉タイミング検出処理においては、燃料噴射弁１７０の開

閉タイミングの検出に加え、燃料噴射弁１７０の診断も行っている。

[0037] ステップ１（図では「Ｓ１」と略記する。以下同様。）では、ＣＰＵ３９０Ｂが、クランク角センサ３５０から出力された回転数信号を読み込み、クランクシャフトが所定角度回転するのに要する回転時間ＣＡ１を算出する。なお、ステップ１の処理により、回転時間算出部４００が実装される。

[0038] ステップ２では、ＣＰＵ３９０Ｂが、負荷の一例として挙げることができる、エアフローメータ１５０から出力された吸気流量信号を読み込み、別処理により算出した燃料噴射量及び燃料圧力を考慮して、燃料噴射量に相当する燃料を燃料噴射弁１７０から噴射するのに要する燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを算出する。ここで、負荷としては、吸気流量に限らず、スロットル開度センサ３４０により検出されたスロットルバルブ１４０の開度、アクセル開度、吸気負圧、過給圧力など、トルクと密接に関連する状態量とすることもできる。なお、ステップ２の処理により、噴射時間算出部４１０が実装される。

[0039] ステップ３では、ＣＰＵ３９０Ｂが、エアフローメータ１５０から出力された吸気流量信号及びクランク角センサ３５０から出力された回転数信号を読み込み、別処理により算出した点火時期の遅角状態を考慮して、燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴを算出する。なお、ステップ３の処理により、噴射開始タイミング算出部４２０が実装される。

[0040] ステップ４では、ＣＰＵ３９０Ｂが、回転時間ＣＡ１及び燃料噴射時間ＴＩＯＵＴに基づいて、ウィンドウ数ＩＮＪ＿ＣＴを算出する。ここで、内燃機関１００が所定回転数以上で作動している高回転時には、処理負荷を軽減するために、ウィンドウ数ＩＮＪ＿ＣＴを減らしてもよい（以下同様）。なお、ステップ４の処理により、ウィンドウ数算出部４３０が実装される。

[0041] ステップ５では、ＣＰＵ３９０Ｂが、クランク角センサ３５０から出力されたクランク角を読み込み、そのクランク角が燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ又はこれより進角側の所定タイミングになったとき、ウィンドウ１による振動のサンプリングを開始し、その後、所定角度ごとにウィンドウ２

～ＩＮＪ＿ＣＴによる振動のサンプリングを順次開始する。そして、ＣＰＵ３９０Ｂは、各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴにおいて、振動センサ３８０から出力された振動を読み込んでサンプリングする。なお、ステップ５の処理により、サンプリング実行部４４０が実装される。

[0042] ステップ６では、ＣＰＵ３９０Ｂが、変換回路３９０Ｋの機能を利用して、各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴを使用してサンプリングされた振動を周波数に夫々変換する。ここで、ＣＰＵ３９０Ｂは、変換回路３９０Ｋの機能を利用せずに、ソフトウエアによって振動を周波数に変換してもよい。なお、ステップ６の処理により、周波数変換部４５０が実装される。

[0043] ステップ７では、ＣＰＵ３９０Ｂが、各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴに関連付けられた周波数を順次参照し、燃料噴射弁１７０が開弁することにより発生する第１の所定周波数の振動が現れなくなったとき、その直前のウィンドウを使用したサンプリングの開始タイミングを開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰとして検出する。なお、ステップ７の処理により、開弁タイミング検出部４６０が実装される。

[0044] ステップ８では、ＣＰＵ３９０Ｂが、各ウィンドウ１～ＩＮＪ＿ＣＴに関連付けられた周波数を順次参照し、燃料噴射弁１７０が閉弁することにより発生する第２の所定周波数の振動が現れたとき、そのウィンドウを使用したサンプリングの開始タイミングを閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬとして検出する。なお、ステップ８の処理により、閉弁タイミング検出部４７０が実装される。

[0045] ステップ９では、ＣＰＵ３９０Ｂが、燃料噴射弁１７０の閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬから開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰを減算することで、燃料噴射弁１７０が実際に燃料を噴射していた実燃料噴射時間を算出する。なお、ステップ９の処理により、実噴射時間算出部４８０が実装される。

[0046] ステップ１０では、ＣＰＵ３９０Ｂが、ステップ９で算出した実燃料噴射時間とステップ２で算出した燃料噴射時間ＴＩＯＵＴ（指示燃料噴射時間）とを比較して、実燃料噴射時間が異常であるか否かを判定する。具体的には

、ＣＰＵ３９０Ｂは、実燃料噴射時間が燃料噴射時間ＴＩＯＵＴから所定時間以上逸脱しているか否かを介して、実燃料噴射時間が異常であるか否かを判定する。そして、ＣＰＵ３９０Ｂは、実燃料噴射時間が異常であると判定したならば（Ｙｅｓ）、処理をステップ１２へと進める。一方、ＣＰＵ３９０Ｂは、実燃料噴射時間が異常でない、即ち、実燃料噴射時間が正常であると判定したならば（Ｎｏ）、処理をステップ１１へと進める。

[0047] ステップ１１では、ＣＰＵ３９０Ｂが、ステップ７で検出した開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰにより特定される燃料噴射開始タイミングとステップ３で算出した燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ（指示噴射開始タイミング）とを比較して、燃料噴射開始タイミングが異常であるか否かを判定する。具体的には、ＣＰＵ３９０Ｂは、開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰにより特定される燃料噴射開始タイミングが燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴより所定角度以上逸脱しているか否かを介して、噴射開始タイミングが異常であるか否かを判定する。そして、ＣＰＵ３９０Ｂは、燃料噴射開始タイミングが異常であると判定したならば（Ｙｅｓ）、処理をステップ１２へと進める。一方、ＣＰＵ３９０Ｂは、燃料噴射開始タイミングが異常でない、即ち、燃料噴射開始タイミングが正常であると判定したならば（Ｎｏ）、処理をステップ１３へと進める。

[0048] ステップ１２では、ＣＰＵ３９０Ｂが、燃料噴射弁１７０が異常であると判定する。燃料噴射弁１７０が異常であると判定された場合、ＣＰＵ３９０Ｂは、これを運転者などに報知すべくＭＩＬ（Malfunction Indicator Lamp）を点灯したり、故障情報などをＲＯＭ３９０Ｃに格納したりすることができる。

ステップ１３では、ＣＰＵ３９０Ｂが、燃料噴射弁１７０が正常であると判定する。

[0049] 要するに、電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂは、振動センサ３８０の出力信号をサンプリングする期間を規定するウィンドウを使用し、燃料噴射弁１７０の燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ又はこれより進角側の所定

タイミングから遅角側へと向かって徐々にずらしながら、振動センサ３８０の出力信号を複数回サンプリングして周波数変換する。そして、電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂは、所定周波数（第１の所定周波数及び第２の所定周波数）における周波数の信号強度（パワースペクトル）とサンプリングの開始タイミングとに基づいて、燃料噴射弁１７０の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出する。

[0050] また、電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂは、燃料噴射弁１７０の開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰと燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴとを比較して、燃料噴射弁１７０が正常に作動しているか否かを診断する。さらに、電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂは、燃料噴射弁１７０の開弁タイミング及び閉弁タイミングにより求められる実燃料噴射時間と燃料噴射時間ＴＩＯＵＴとを比較して、燃料噴射弁１７０が正常に作動しているか否かを診断する。

[0051] 図５及び図６に示す開閉タイミング検出処理において、電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂは、所定周波数におけるパワースペクトルが所定レベル以下である場合、燃料噴射弁１７０に異常があると判定することができる。また、電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂは、振動センサ３８０に異常があるか、又は、所定周波数におけるパワースペクトルが所定レベルより小さい許容レベル未満である場合、燃料噴射弁１７０が正常に作動しているか否かの診断を中止することもできる。

[0052] ここで、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングの検出方法について、その理解を容易ならしめることを目的として、図７に示すような具体的な一例を挙げて説明する。この一例においては、燃料噴射弁１７０は上死点（ＴＤＣ）から６５度で開弁して９０度で閉弁するものとする。また、１５度の固定幅を有するウィンドウが１０個あり（ウィンドウ１～１０）、各ウィンドウは、上死点から６１度でウィンドウ１を使用したサンプリングを開始し、その後、２度ごとウィンドウ２～１０を使用したサンプリングを順次開始するものとする。

[0053] ウィンドウ１は、上死点から６１度～７６度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から６５度で開弁するため、ウィンドウ１を使用した振動のサンプリング結果には、図８に示すように、燃料噴射弁１７０の開弁により発生する第１の所定周波数の振動が現れる。ウィンドウ２は、上死点から６３度～７８度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から６５度で開弁するため、ウィンドウ２を使用した振動のサンプリング結果には、図８に示すように、燃料噴射弁１７０の開弁により発生する第１の所定周波数の振動が現れる。ウィンドウ３は、上死点から６５度～８０度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から６５度で開弁するため、ウィンドウ３を使用した振動のサンプリング結果には、図８に示すように、燃料噴射弁１７０の開弁により発生する第１の所定周波数の振動が現れる。

[0054] ウィンドウ４は、上死点から６７度～８２度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から６５度で開弁して９０度で閉弁するため、ウィンドウ４を使用した振動のサンプリング結果には、図８に示すように、燃料噴射弁１７０の開弁又は閉弁により発生する第１の所定周波数又は第２の所定周波数の振動が現れない。従って、開弁による振動が現れなくなったウィンドウ４の直前のウィンドウ３を使用したサンプリングの開始タイミングは、燃料噴射弁１７０の開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰであると見做すことができる。

[0055] その後、ウィンドウ５～ウィンドウ８による振動のサンプリング結果においても、ウィンドウ４と同様に、燃料噴射弁１７０の開弁又は閉弁により発生する第１の所定周波数又は第２の所定周波数の振動が現れない。ウィンドウ９は、上死点から７５度～９０度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から９０度で閉弁するため、ウィンドウ９を使用した振動のサンプリング結果には、図８に示すように、燃料噴射弁１７０の閉弁により発生する第２の所定周波数の振動が現れる。従って、閉弁による振動が現れたウィンドウ９のサンプリング開始タイミングは、燃料噴射弁１７０

の閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬであると見做すことができる。

[0056] 電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂは、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを検出するために、ＲＯＭ３９０Ｃに格納された制御プログラムに従って、図９に示すような各機能を実装することもできる。

[0057] 電子制御装置３９０は、各機能として、噴射開始タイミング算出部５００、噴射時間算出部５１０、ウィンドウ幅算出部５２０、サンプリング実行部５３０、周波数変換部５４０、開弁タイミング検出部５５０、閉弁タイミング検出部５６０及び実噴射時間算出部５７０を実装している。なお、図４に示す機能と同様である機能については、重複説明を排除するために、その説明を簡単にすることとする。必要があれば、先の実施形態の説明を参照されたい。

[0058] 噴射開始タイミング算出部５００は、回転数、負荷及び点火時期の遅角状態に基づいて、燃料噴射弁１７０が燃料噴射を開始する燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ［ｄｅｇ］を算出する。

[0059] 噴射時間算出部５１０は、燃料噴射量、回転数、負荷、水温、吸気温及び燃料圧力に基づいて、燃料噴射弁１７０が燃料噴射量に相当する燃料を噴射するのに要する燃料噴射時間ＴＩＯＵＴ［μｓ］を算出する。即ち、噴射時間算出部５１０は、回転数、負荷、水温、吸気温及び燃料圧力に応じて一定量の燃料を噴射するのに要する時間が変化することを考慮し、燃料噴射量に相当する燃料を噴射するのに要する燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを算出する。なお、噴射時間算出部５１０は、少なくとも燃料噴射量及び燃料圧力に応じた燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを算出すればよい。

[0060] ウィンドウ幅算出部５２０は、燃料噴射時間ＴＩＯＵＴに基づいて、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを検出するために必要なウィンドウの可変幅（ウィンドウ幅）ＷＩＤＴＨ［ｄｅｇ］を算出する。具体的には、ウィンドウ幅算出部５２０は、燃料噴射時間ＴＩＯＵＴをウィンドウ幅ＷＩＤＴＨとして算出する。このようにすれば、ウィンドウ幅ＷＩＤＴＨを有するウィンドウを使用した振動のサンプリングを適切なタイミングで開始すると、１つ

のウィンドウによって燃料噴射弁１７０の開弁及び閉弁によって発生する第１の所定周波数及び第２の所定周波数の振動を検出することができる。

[0061] サンプリング実行部５３０は、クランク角が燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ又はこれより進角側の所定タイミングになったとき、ウィンドウ１を使用した振動のサンプリングを開始し、その後、検出精度などを考慮して決定された所定角度ごとにウィンドウ２～Ｎ（Ｎ：３以上の自然数）を使用した振動のサンプリングを順次開始する。ここで、振動をサンプリングするために使用するウィンドウの数Ｎは、先の実施形態とは異なり、任意の固定数とすることができる。そして、サンプリング実行部５３０は、各ウィンドウ１～Ｎにおいて、内燃機関１００の振動ＶＩＢをサンプリングする。

[0062] 周波数変換部５４０は、変換回路３９０Ｋの機能を利用して、各ウィンドウ１～Ｎを使用してサンプリングされた振動ＶＩＢを周波数ＦＲＥＱ［Ｈｚ］に夫々変換し、その周波数ＦＲＥＱを各ウィンドウ１～Ｎに関連付ける。

[0063] 開弁タイミング検出部５５０は、各ウィンドウ１～Ｎに関連付けられた周波数ＦＲＥＱを順次参照して、開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰを検出する。なお、燃料噴射弁１７０の開弁タイミングの検出方法については、後述するフローチャートで詳細に説明する。

[0064] 閉弁タイミング検出部５６０は、各ウィンドウ１～Ｎに関連付けられた周波数ＦＲＥＱを順次参照して、閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬを検出する。なお、燃料噴射弁１７０の閉弁タイミングの検出方法については、後述するフローチャートで詳細に説明する。

[0065] 実噴射時間算出部５７０は、燃料噴射弁１７０の閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬから開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰを減算することで、燃料噴射弁１７０が実際に燃料を噴射していた実燃料噴射時間［ｄｅｇ］を算出する。

[0066] このようにすれば、電子制御装置３９０は、先の実施形態と同様に、振動センサ３８０の出力信号から求められる振動パラメータと内燃機関１００のクランクシャフトの回転角とに基づいて、燃料噴射弁１７０の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出することができる。このとき

、振動をサンプリングするために使用するウィンドウのウィンドウ幅ＷＩＤＴＨは、燃料噴射時間ＴＩＯＵＴに応じて動的に変更されるため、振動をサンプリングするためのウィンドウの数を減らすことができ、例えば、電子制御装置３９０の処理負荷を軽減することができる。なお、他の作用及び効果については、先の実施形態と同様であるので、その詳細な説明を省略する。必要があれば、先の実施形態の説明を参照されたい。

[0067] 図１０は、電子制御装置３９０が起動されたことを契機として、電子制御装置３９０のＣＰＵ３９０Ｂが所定時間ごとに繰り返し実行する、燃料噴射弁１７０の開閉タイミング検出処理の他の例を示している。図１０に示す開閉タイミング検出処理においては、先の実施形態と同様に、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングの検出に加え、燃料噴射弁１７０の診断も行っている。なお、先の実施形態と同様な処理については、重複説明を排除するために、その説明を簡単にする。必要があれば、先の実施形態の説明を参照されたい。

[0068] ステップ２１では、ＣＰＵ３９０Ｂが、負荷の一例として挙げることができるエアフローメータ１５０から出力された吸気流量、及びクランク角センサ３５０から出力された回転数信号を読み込み、別処理により算出した点火時期の遅角状態を考慮して、燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴを算出する。なお、ステップ２１の処理により、噴射開始タイミング算出部５００が実装される。

[0069] ステップ２２では、ＣＰＵ３９０Ｂが、エアフローメータ１５０から出力された吸気流量信号及び吸気温信号、クランク角センサ３５０から出力された回転数信号、並びに水温センサ３７０から出力された水温信号を読み込み、別処理により算出した燃料噴射量及び燃料圧力を考慮して、燃料噴射量に相当する燃料を燃料噴射弁１７０から噴射するのに要する燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを算出する。なお、ステップ２２の処理により、噴射時間算出部５１０が実装される。

[0070] ステップ２３では、ＣＰＵ３９０Ｂが、燃料噴射時間ＴＩＯＵＴに基づい

て、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを検出するために必要なウィンドウ幅ＷＩＤＴＨを算出する。なお、ステップ２３の処理により、ウィンドウ幅算出部５２０が実装される。

[0071] ステップ２４では、ＣＰＵ３９０Ｂが、クランク角センサ３５０から出力されたクランク角を読み込み、そのクランク角が燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ又はこれより進角側の所定タイミングになったとき、ウィンドウ１を使用した振動のサンプリングを開始し、その後、所定角度ごとにウィンドウ２～Ｎを使用した振動のサンプリングを順次開始する。そして、ＣＰＵ３９０Ｂは、各ウィンドウ１～Ｎにおいて、振動センサ３８０から出力された振動ＶＩＢを読み込んでサンプリングする。なお、ステップ２４の処理により、サンプリング実行部５３０が実装される。

[0072] ステップ２５では、ＣＰＵ３９０Ｂが、変換回路３９０Ｋの機能を利用して、各ウィンドウ１～Ｎを使用してサンプリングされた振動ＶＩＢを周波数ＦＲＥＱに夫々変換する。なお、ステップ２５の処理により、周波数変換部５４０が実装される。

[0073] ステップ２６では、ＣＰＵ３９０Ｂが、各ウィンドウ１～Ｎに関連付けられた周波数ＦＲＥＱを順次参照し、特定のウィンドウを使用した振動のサンプリング結果に燃料噴射弁１７０が開弁及び閉弁することにより発生する第１の所定周波数及び第２の所定周波数の振動が共に現れたとき、そのウィンドウを使用したサンプリングの開始タイミングを開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰとして検出する。なお、ステップ２６の処理により、開弁タイミング検出部５５０が実装される。

[0074] ステップ２７では、ＣＰＵ３９０Ｂが、各ウィンドウ１～Ｎに関連付けられた周波数ＦＲＥＱを順次参照し、特定のウィンドウを使用した振動のサンプリング結果に燃料噴射弁１７０が開弁及び閉弁することにより発生する第１の所定周波数及び第２の所定周波数の振動が共に現れたとき、そのウィンドウを使用したサンプリングの終了タイミングを閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬとして検出する。なお、ステップ２７の処理により、閉弁タイミング検出

部５６０が実装される。

[0075] ステップ２８では、ＣＰＵ３９０Ｂが、燃料噴射弁１７０の閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬから開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰを減算することで、燃料噴射弁１７０が実際に燃料を噴射していた実燃料噴射時間を算出する。ここで、ＣＰＵ３９０Ｂは、ステップ２２で算出した燃料噴射時間ＴＩＯＵＴを実燃料噴射時間とすることもできる。なお、ステップ２８の処理により、実噴射時間算出部５７０が実装される。

[0076] ステップ２９では、ＣＰＵ３９０Ｂが、ステップ２８で算出した実燃料噴射時間とステップ２２で算出した燃料噴射時間ＴＩＯＵＴ（指示燃料噴射時間）とを比較して、実燃料噴射時間が異常であるか否かを判定する。具体的には、ＣＰＵ３９０Ｂは、実燃料噴射時間が燃料噴射時間ＴＩＯＵＴより所定時間以上逸脱しているか否かを介して、実燃料噴射時間が異常であるか否かを判定する。そして、ＣＰＵ３９０Ｂは、実燃料噴射時間が異常であると判定したならば（Ｙｅｓ）、処理をステップ３１へと進める。一方、ＣＰＵ３９０Ｂは、実燃料噴射時間が異常でない、即ち、実燃料噴射時間が正常であると判定したならば（Ｎｏ）、処理をステップ３０へと進める。

[0077] ステップ３０では、ＣＰＵ３９０Ｂが、ステップ２６で検出した開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰにより特定される燃料噴射開始タイミングとステップ２１で算出した燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴ（指示噴射開始タイミング）とを比較して、燃料噴射開始タイミングが異常であるか否かを判定する。具体的には、ＣＰＵ３９０Ｂは、開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰにより特定される燃料噴射開始タイミングが燃料噴射開始タイミングＩＮＪ＿ＳＴより所定角度以上逸脱しているか否かを介して、燃料噴射開始タイミングが異常であるか否かを判定する。そして、ＣＰＵ３９０Ｂは、燃料噴射開始タイミングが異常であると判定したならば（Ｙｅｓ）、処理をステップ３１へと進める。一方、ＣＰＵ３９０Ｂは、燃料噴射開始タイミングが異常でない、即ち、燃料噴射開始タイミングが正常であると判定したならば（Ｎｏ）、処理をステップ３２へと進める。

[0078] ステップ３１では、ＣＰＵ３９０Ｂが、燃料噴射弁１７０が異常であると判定する。燃料噴射弁１７０が異常であると判定された場合、ＣＰＵ３９０Ｂは、これを運転者などに報知すべくＭＩＬを点灯したり、故障情報などをＲＯＭ３９０Ｃに格納したりすることができる。

ステップ３２では、ＣＰＵ３９０Ｂが、燃料噴射弁１７０が正常であると判定する。

[0079] ここで、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングの検出方法について、その理解を容易ならしめることを目的として、図１１に示すような具体的な一例を挙げて説明する。この一例においては、燃料噴射弁１７０は上死点から７０度で開弁して９０度で閉弁するものとする。また、２０度の可変幅を有するウィンドウが５個あり（ウィンドウ１～５）、各ウィンドウは、上死点から６０度でウィンドウ１を使用したサンプリングを開始し、その後、１０度ごとにウィンドウ２～５を使用したサンプリングを順次開始するものとする。

[0080] ウィンドウ１は、上死点から６０度～８０度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から７０度で開弁して９０度で閉弁するため、ウィンドウ１を使用した振動のサンプリング結果には、図１２に示すように、燃料噴射弁１７０の開弁により発生する第１の所定周波数の振動のみが現れる。ウィンドウ２は、上死点から７０度～９０度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から７０度で開弁して９０度で閉弁するため、ウィンドウ２を使用した振動のサンプリング結果には、図１２に示すように、燃料噴射弁１７０の開弁及び閉弁により発生する第１の所定周波数の振動及び第２の所定周波数の振動が共に現れる。

[0081] 従って、開弁及び閉弁による振動が共に現れたウィンドウ２を使用したサンプリングにおいて、そのサンプリング開始タイミング（７０度）が燃料噴射弁１７０の開弁タイミングＩＮＪ＿ＯＰ、そのサンプリング終了タイミング（９０度）が燃料噴射弁１７０の閉弁タイミングＩＮＪ＿ＣＬであると見做すことができる。

[0082] ウィンドウ３は、上死点から８０度～１００度の範囲で振動をサンプリン

グする。燃料噴射弁１７０は上死点から７０度で開弁して９０度で閉弁するため、ウィンドウ３を使用した振動のサンプリング結果には、図１２に示すように、燃料噴射弁１７０の閉弁により発生する第２の所定周波数の振動のみが現れる。ウィンドウ４は、上死点から９０度～１１０度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から７０度で開弁して９０度で閉弁するため、ウィンドウ４を使用した振動のサンプリング結果には、図１２に示すように、ウィンドウ３と同様に、燃料噴射弁１７０の閉弁により発生する第２の所定周波数の振動のみが現れる。ウィンドウ５は、上死点から１００度～１２０度の範囲で振動をサンプリングする。燃料噴射弁１７０は上死点から７０度で開弁して９０度で閉弁するため、ウィンドウ５を使用した振動のサンプリング結果には、図１２に示すように、燃料噴射弁１７０の開弁及び閉弁により発生する第１の所定周波数の振動及び第２の所定周波数の振動が共に現れない。

[0083] 要するに、少なくとも燃料噴射量及び燃料圧力に応じたウィンドウ幅ＷＩＤＴＨを有するウィンドウを使用し、そのウィンドウによる振動のサンプリング結果に燃料噴射弁１７０の開弁及び閉弁により発生する２つの振動が現れているか否かに応じて、燃料噴射弁１７０の開閉タイミングを検出することができる。

[0084] なお、当業者であれば、様々な上記実施形態の技術的思想について、その一部を省略したり、その一部を適宜組み合わせたり、その一部を置換したりすることで、新たな実施形態を生み出せることを容易に理解できるであろう。

符号の説明

[0085]
１００ 内燃機関
１７０ 燃料噴射弁
３５０ クランク角センサ
３８０ 振動センサ
３９０ 電子制御装置

請求の範囲

[請求項1] 内燃機関の振動を検出する振動センサの出力信号を読み込み可能な燃料噴射弁の作動検出装置であって、

前記振動センサの出力信号から求められる振動パラメータと前記内燃機関の回転角とに基づいて、前記燃料噴射弁の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出する、

燃料噴射弁の作動検出装置。

[請求項2] 前記燃料噴射弁の燃料噴射開始タイミング又はこれより進角側の所定タイミングから遅角側へと向かって、前記振動センサの出力信号を所定期間に亘ってサンプリングして周波数変換し、所定周波数における周波数の信号強度と前記サンプリングの開始タイミングとに基づいて、前記燃料噴射弁の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出する、

請求項１に記載の燃料噴射弁の作動検出装置。

[請求項3] 前記サンプリングは、前記燃料噴射開始タイミング又は前記所定タイミングから遅角側へと向かって徐々にずらしながら複数回実行される、

請求項２に記載の燃料噴射弁の作動検出装置。

[請求項4] 前記検出された開弁タイミングと前記燃料噴射弁への指示噴射開始タイミングとを比較して、前記燃料噴射弁が正常に作動しているか否かを診断する、

請求項１に記載の燃料噴射弁の作動検出装置。

[請求項5] 前記検出された開弁タイミング及び閉弁タイミングにより求められる実燃料噴射時間と前記燃料噴射弁への指示燃料噴射時間とを比較して、前記燃料噴射弁が正常に作動しているか否かを診断する、

請求項１に記載の燃料噴射弁の作動検出装置。

[請求項6] 前記所定周波数における信号強度が所定レベル以下である場合、前記燃料噴射弁に異常があると判定する、

請求項２に記載の燃料噴射弁の作動検出装置。

[請求項7] 前記振動センサに異常、又は前記所定周波数における信号強度が前記所定レベルより小さい許容レベル未満である場合、前記燃料噴射弁が正常に作動しているか否かの診断を中止する、

請求項６に記載の燃料噴射弁の作動検出装置。

[請求項8] 前記燃料噴射弁の駆動電流を変化させて前記振動パラメータを確保する、

請求項１に記載の燃料噴射弁の作動検出装置。

[請求項9] 内燃機関の振動を検出する振動センサの出力信号を読み込み可能な電子制御装置が、前記振動センサの出力信号から求められる振動パラメータと前記内燃機関の回転角とに基づいて、燃料噴射弁の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出する、

燃料噴射弁の作動検出方法。

[請求項10] 前記電子制御装置が、前記燃料噴射弁の燃料噴射開始タイミング又はこれより進角側の所定タイミングから遅角側へと向かって、前記振動センサの出力信号を所定期間に亘ってサンプリングして周波数変換し、所定周波数における周波数の信号強度と前記サンプリングの開始タイミングとに基づいて、前記燃料噴射弁の開弁タイミング及び閉弁タイミングの少なくとも一方を検出する、

請求項９に記載の燃料噴射弁の作動検出方法。

[請求項11] 前記電子制御装置が、前記燃料噴射開始タイミング又は前記所定タイミングから遅角側へと向かって徐々にずらしながら前記サンプリングを複数回実行する、

請求項１０に記載の燃料噴射弁の作動検出方法。

[請求項12] 前記電子制御装置が、前記検出された開弁タイミングと前記燃料噴射弁への指示噴射開始タイミングとを比較して、前記燃料噴射弁が正常に作動しているか否かを診断する、

請求項９に記載の燃料噴射弁の作動検出方法。

[請求項13] 前記電子制御装置が、前記検出された開弁タイミング及び閉弁タイミングにより求められる実燃料噴射時間と前記燃料噴射弁への指示燃料噴射時間とを比較して、前記燃料噴射弁が正常に作動しているか否かを診断する、

請求項９に記載の燃料噴射弁の作動検出方法。

[請求項14] 前記電子制御装置が、前記所定周波数における信号強度が所定レベル以下である場合、前記燃料噴射弁に異常があると判定する、

請求項１０に記載の燃料噴射弁の作動検出方法。

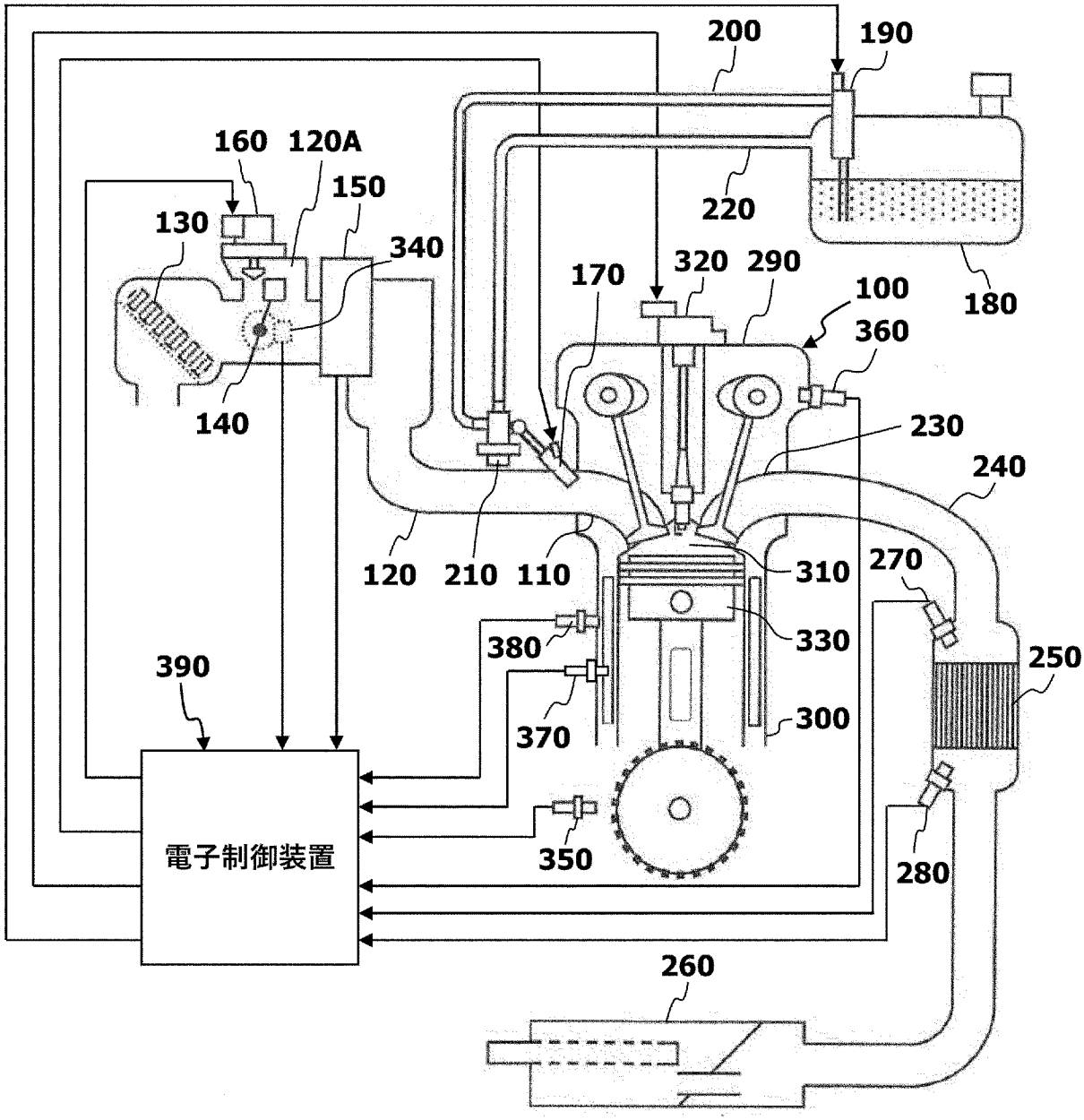
[請求項15] 前記電子制御装置が、前記振動センサに異常、又は前記所定周波数における信号強度が前記所定レベルより小さい許容レベル未満である場合、前記燃料噴射弁が正常に作動しているか否かの診断を中止する、

請求項１４に記載の燃料噴射弁の作動検出方法。

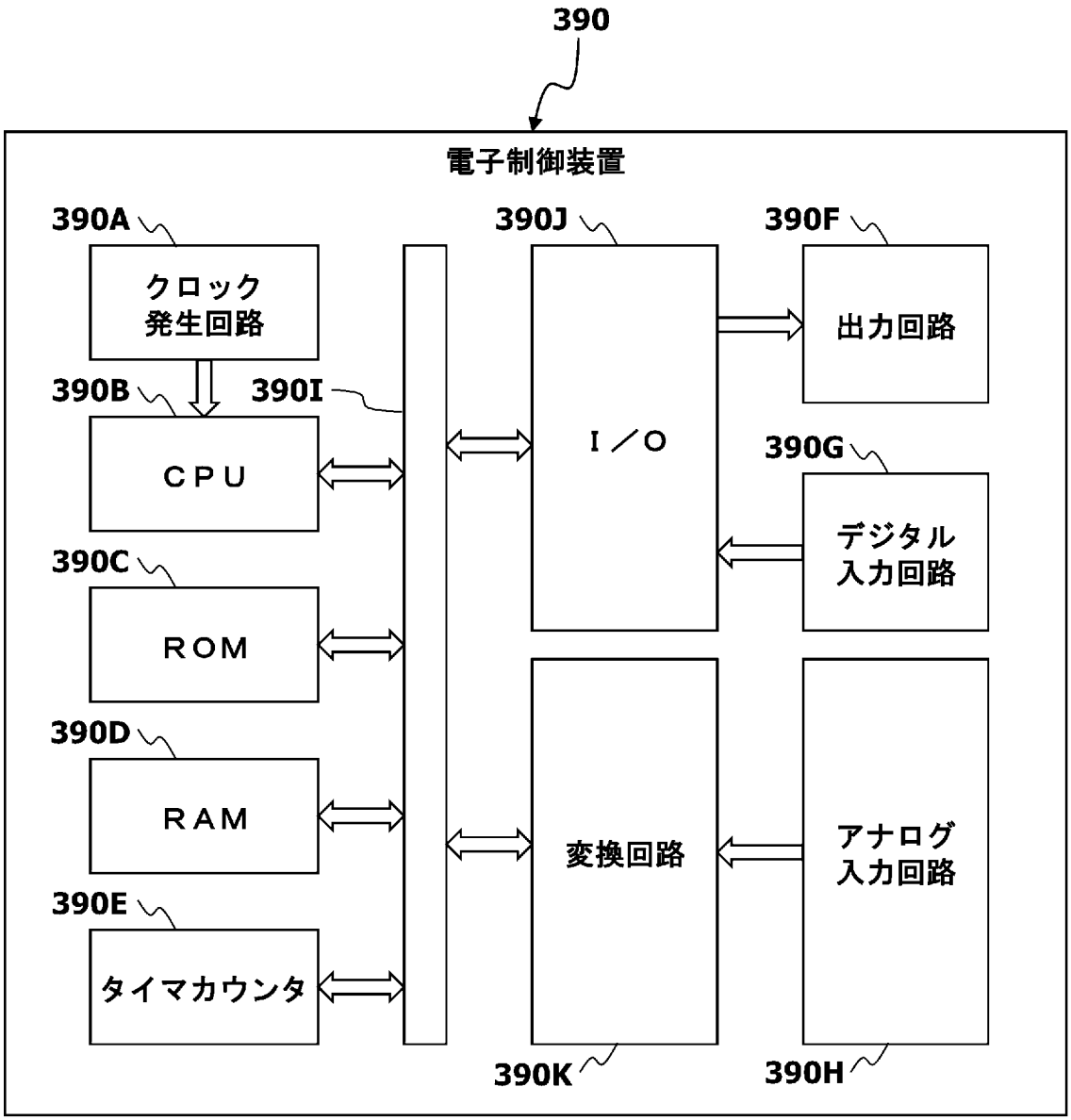
[請求項16] 前記電子制御装置が、前記燃料噴射弁の駆動電流を変化させて前記振動パラメータを確保する、

請求項９に記載の燃料噴射弁の作動検出方法。

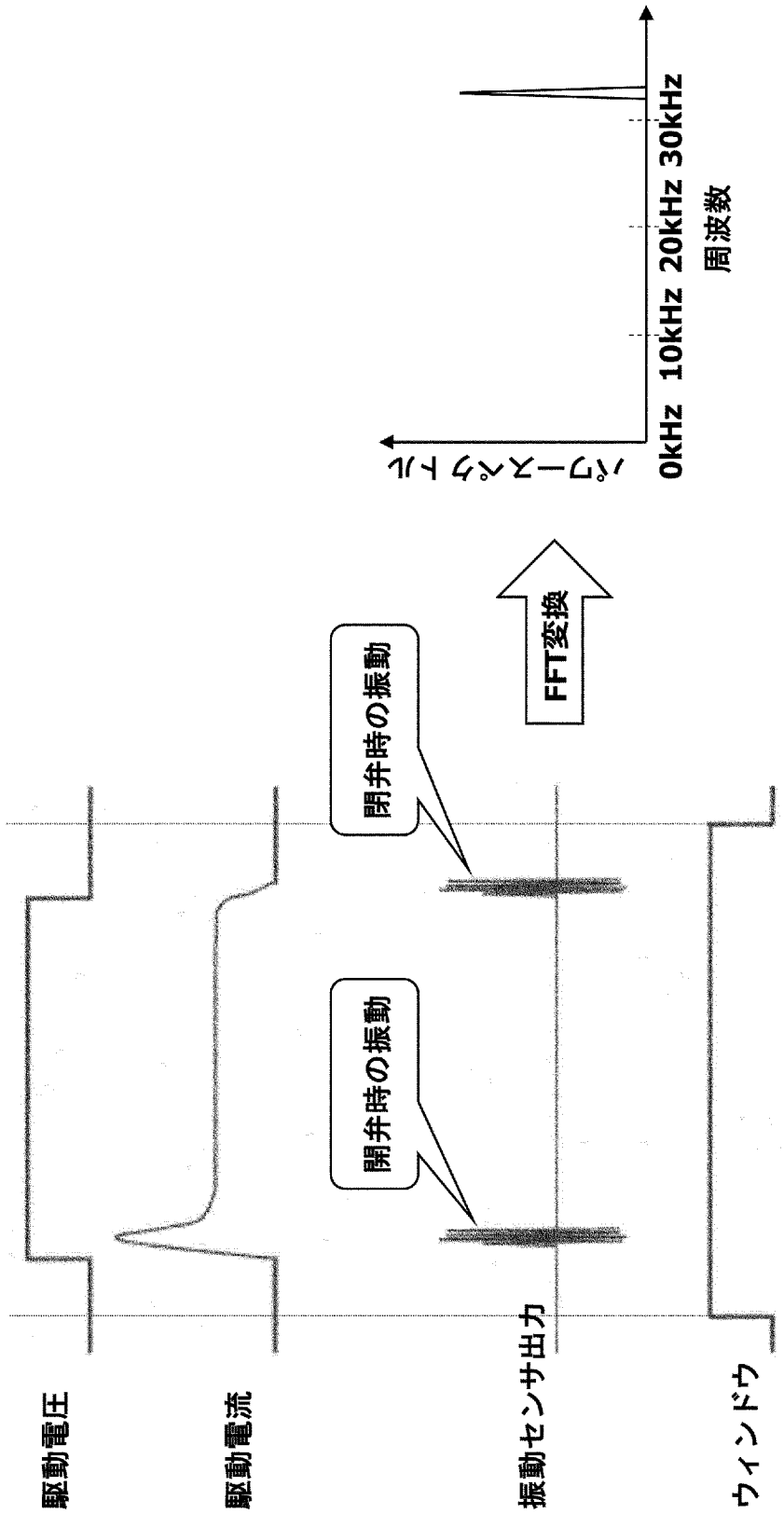
[図1]


200
190
160
120A
150
130
340
220
180
170
320
290
100
360
140
230
240
120
210
110
310
270
380
330
250
390
370
300
電子制御装置
350
280
260

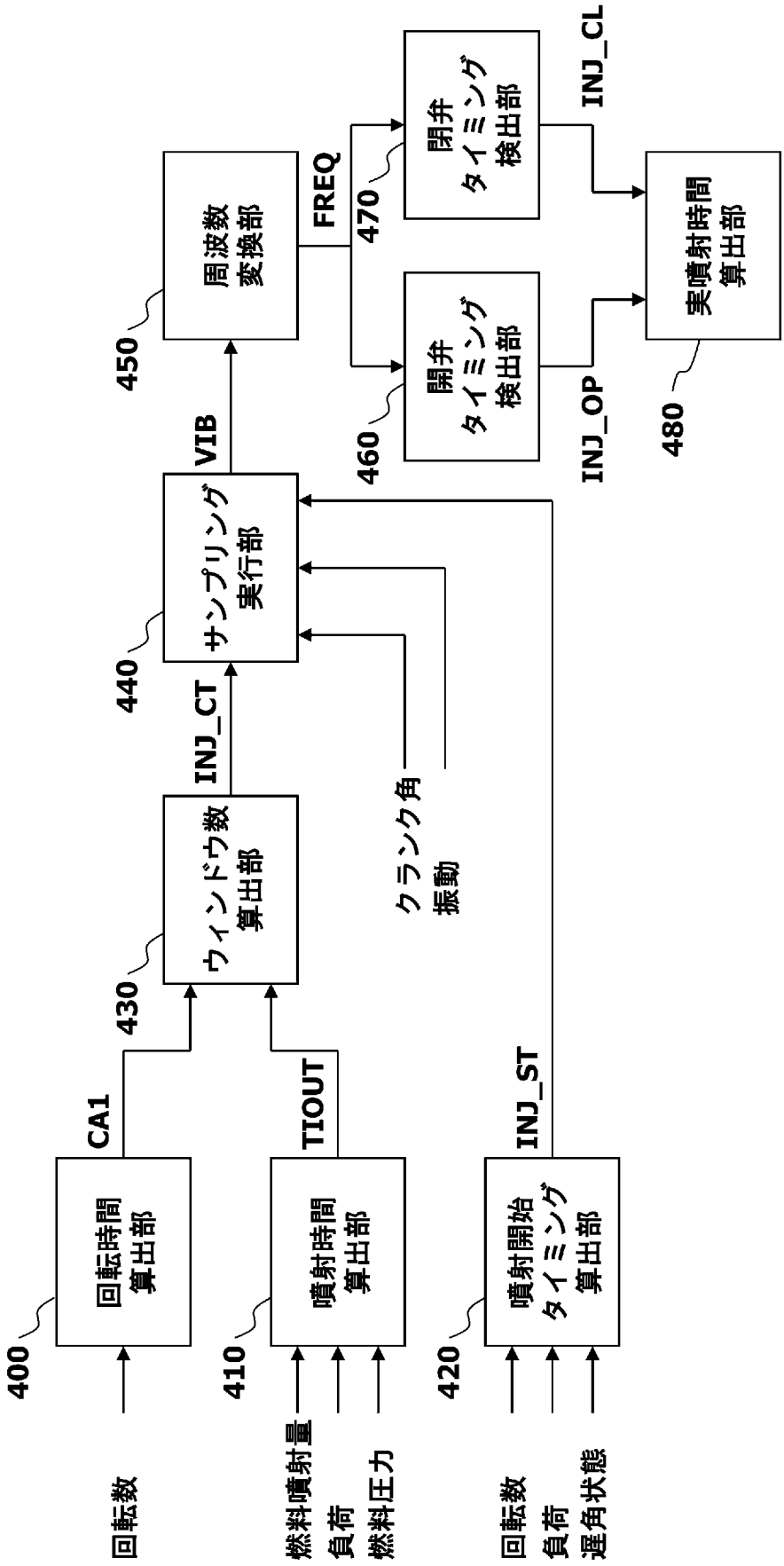
[図2]


390
電子制御装置
390A
クロック
発生回路
390B
CPU
390C
ROM
390D
RAM
390E
タイマカウンタ
390I
390J
I／O
390K
変換回路
390F
出力回路
390G
デジタル
入力回路
390H
アナログ
入力回路

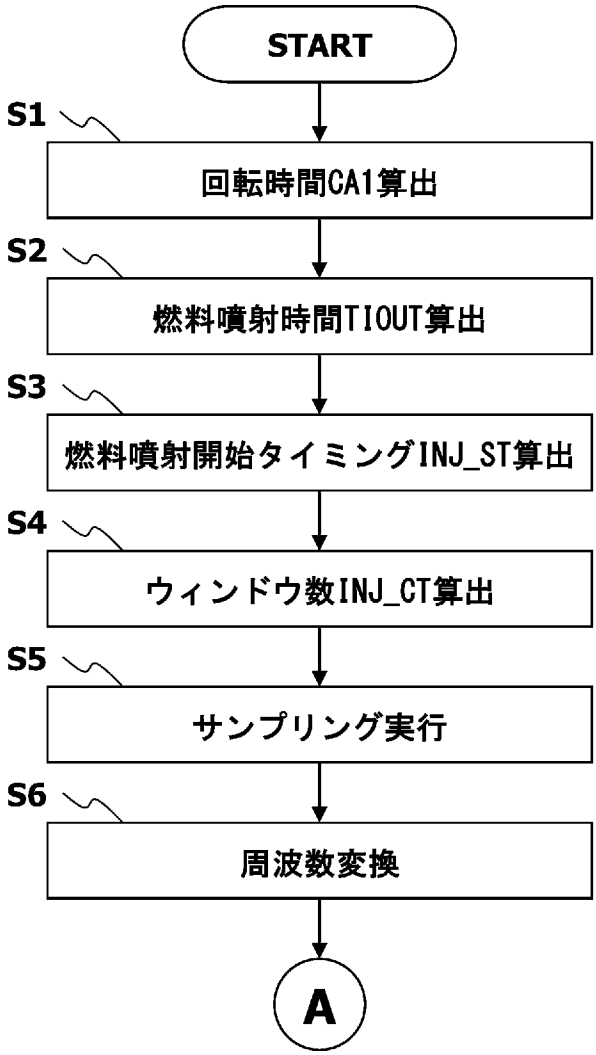
[図3]


駆動電圧
駆動電流
振動センサ出力
ウィンドウ
開弁時の振動
開弁時の振動
FFT変換
パワースペクトル
0kHz 10kHz 20kHz 30kHz
周波数

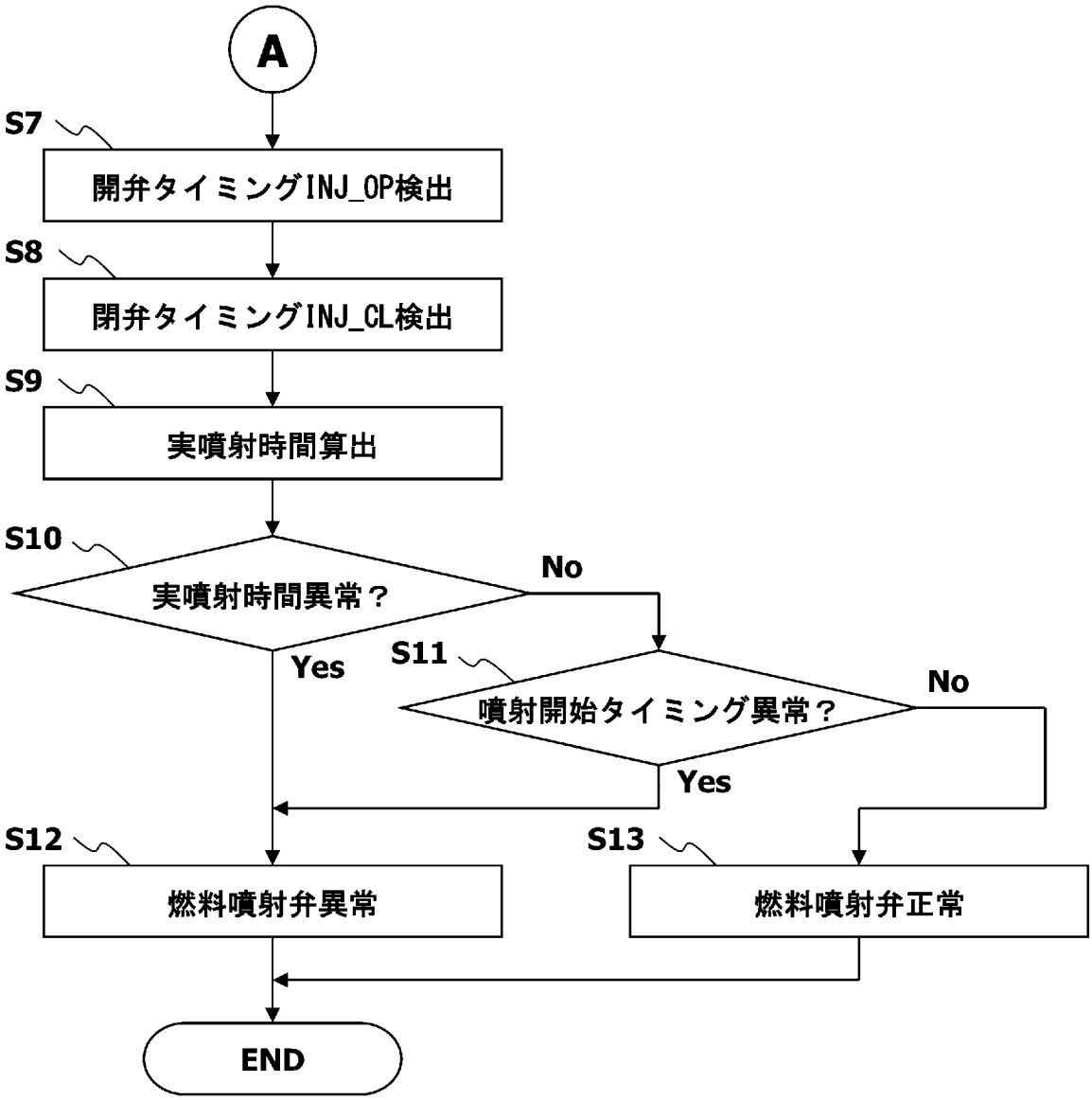
[図4]


回転時間
算出部
400
CA1
430
ウィンドウ数
算出部
INJ_CT
440
サンプリング
実行部
VIB
450
周波数
変換部
FREQ
470
閉弁
タイミング
検出部
INJ_CL
実噴射時間
算出部
480
INJ_OP
460
開弁
タイミング
検出部
噴射時間
算出部
410
TIOUT
噴射開始
タイミング
算出部
420
INJ_ST
クランク角
振動
回転数
燃料噴射量
負荷
燃料圧力
回転数
負荷
運角状態

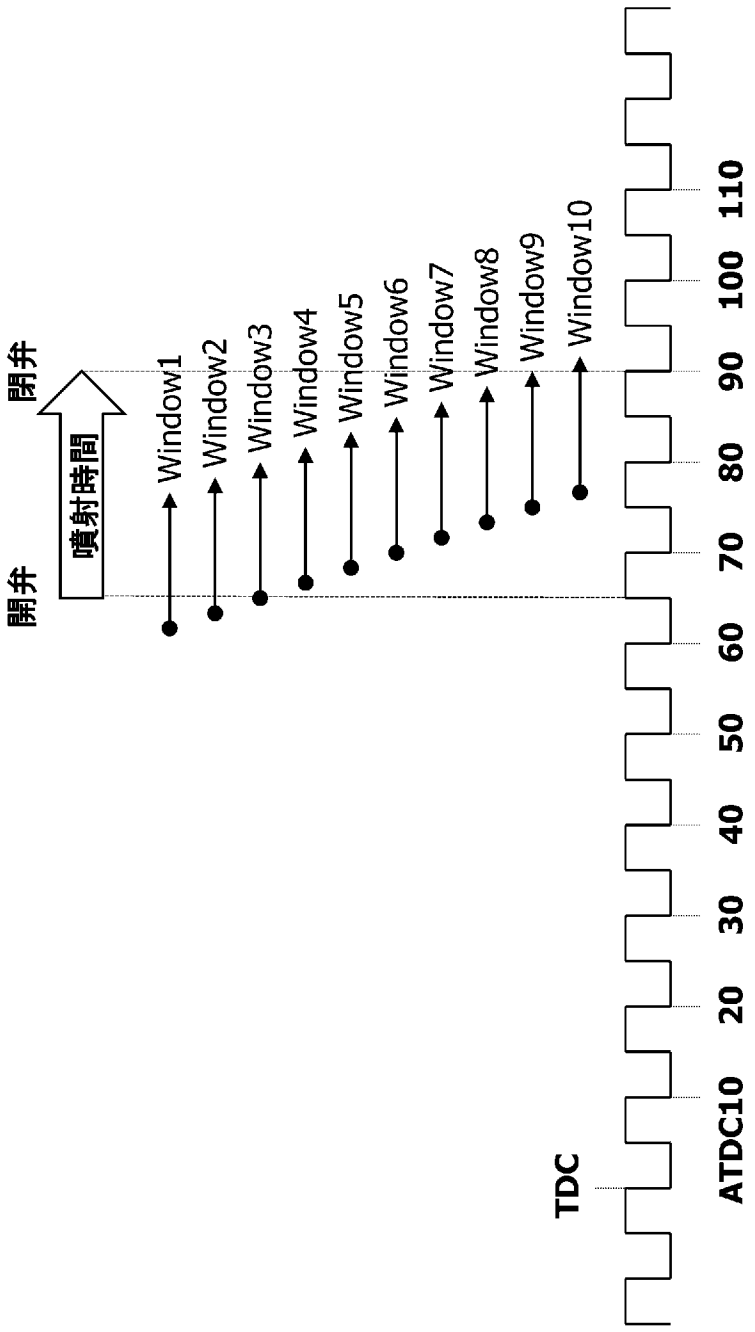
[図5]


START
S1
回転時間CA1算出
S2
燃料噴射時間TIOUT算出
S3
燃料噴射開始タイミングINJ_ST算出
S4
ウィンドウ数INJ_CT算出
S5
サンプリング実行
S6
周波数変換
A

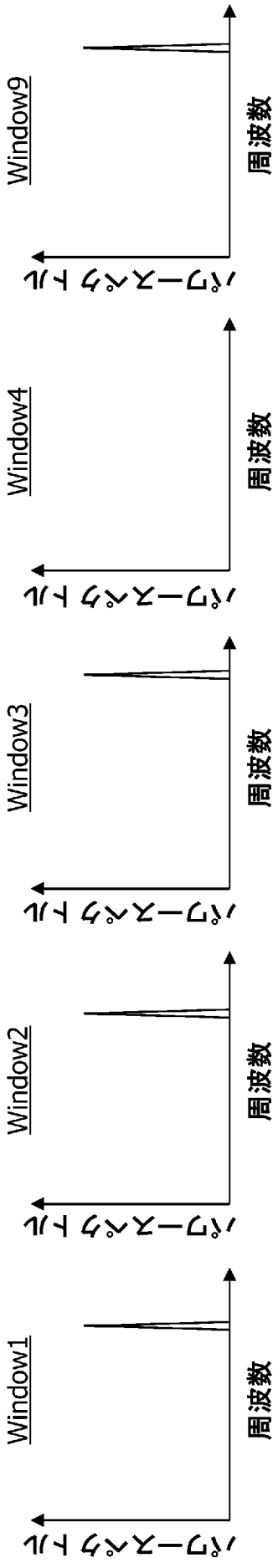
[図6]


A
S7
開弁タイミングINJ_OP検出
S8
閉弁タイミングINJ_CL検出
S9
実噴射時間算出
S10
実噴射時間異常？
No
Yes
S11
噴射開始タイミング異常？
No
Yes
S12
燃料噴射弁異常
S13
燃料噴射弁正常
END

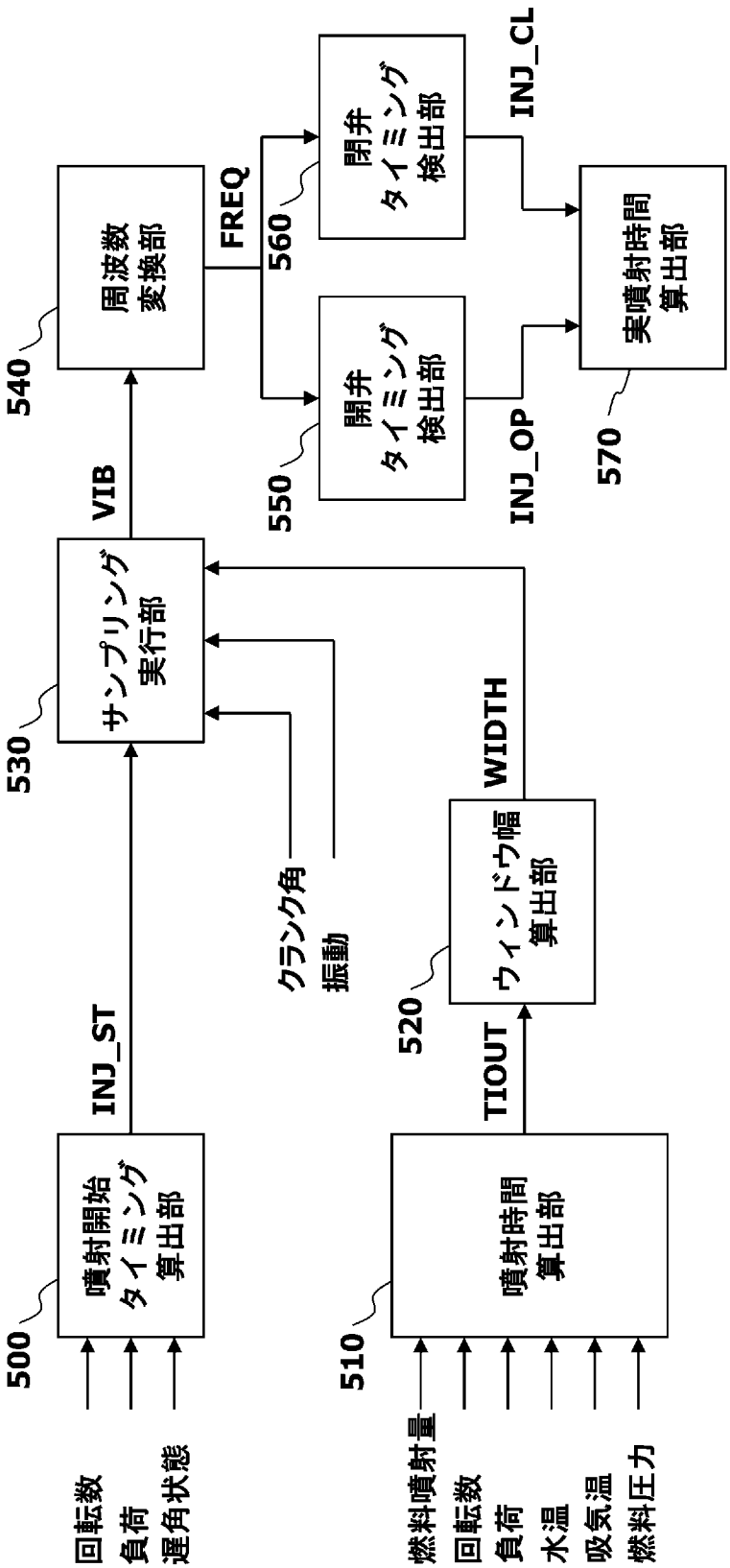
[図7]


開弁
閉弁
噴射時間
Window1
Window2
Window3
Window4
Window5
Window6
Window7
Window8
Window9
Window10
TDC
ATDC10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110

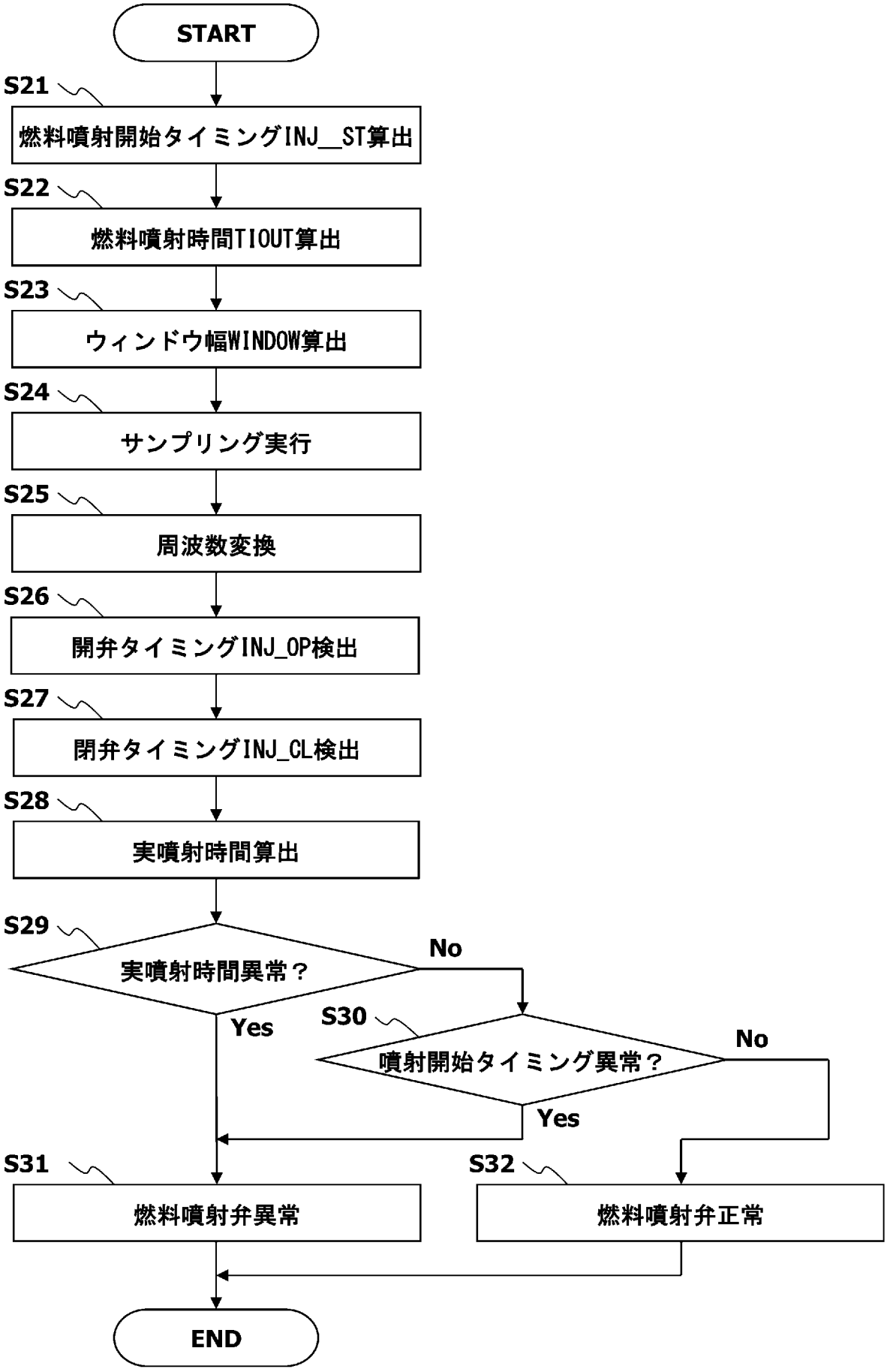
[図8]


Window9
周波数
パワースペクトル
Window4
周波数
パワースペクトル
Window3
周波数
パワースペクトル
Window2
周波数
パワースペクトル
Window1
周波数
パワースペクトル

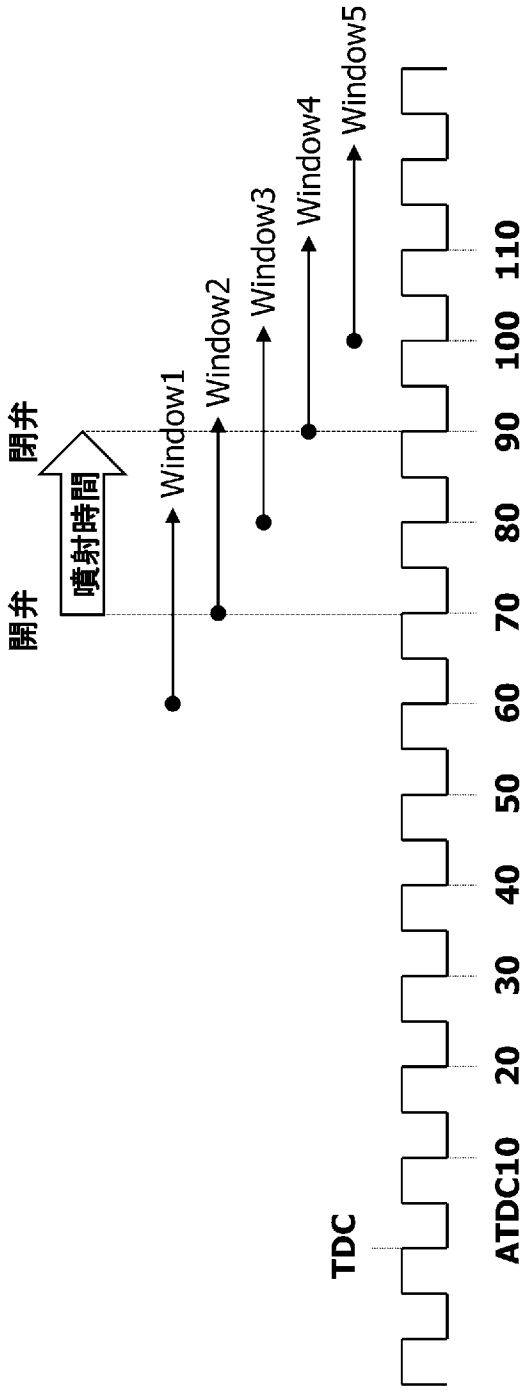
[図9]


回転数
負荷
遅角状態
燃料噴射量
回転数
負荷
水温
吸気温
燃料圧力
500
噴射開始
タイミング
算出部
510
噴射時間
算出部
520
ウィンドウ幅
算出部
530
サンプリング
実行部
540
周波数
変換部
550
開弁
タイミング
検出部
560
開弁
タイミング
検出部
570
実噴射時間
算出部
INJ_ST
TIOUT
WIDTH
VIB
FREQ
INJ_OP
INJ_CL
クランク角
振動

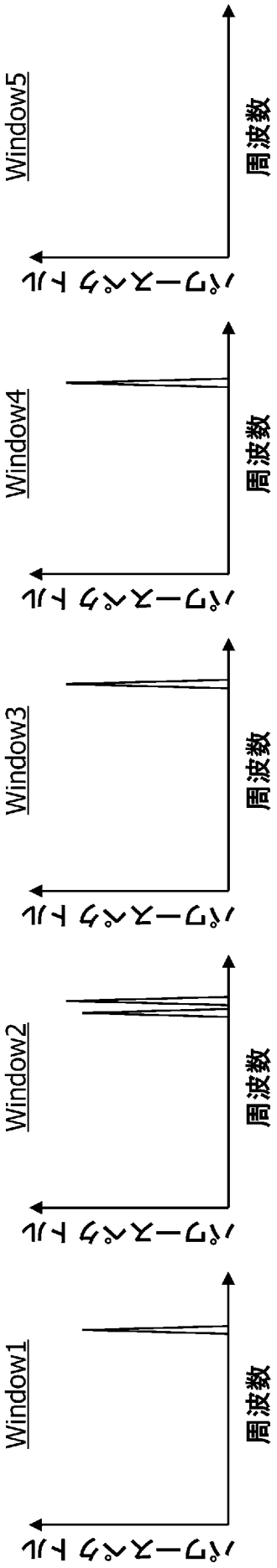
[図10]


START
S21
燃料噴射開始タイミングINJ__ST算出
S22
燃料噴射時間TIOUT算出
S23
ウィンドウ幅WINDOW算出
S24
サンプリング実行
S25
周波数変換
S26
開弁タイミングINJ_OP検出
S27
閉弁タイミングINJ_CL検出
S28
実噴射時間算出
S29
実噴射時間異常？
No
Yes
S30
噴射開始タイミング異常？
No
Yes
S31
燃料噴射弁異常
S32
燃料噴射弁正常
END

[図11]


開弁
噴射時間
閉弁
Window1
Window2
Window3
Window4
Window5
TDC
ATDC10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110

[図12]


Window5
周波数
パワースペクトル
Window4
周波数
パワースペクトル
Window3
周波数
パワースペクトル
Window2
周波数
パワースペクトル
Window1
周波数
パワースペクトル

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/009368

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F02D 45/00(2006.01)i
FI: F02D45/00 369; F02D45/00 358

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)
F02D45/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
X	JP 10-318027 A (NIPPON SOKEN, INC.) 02.12.1998 (1998-12-02) abstract, claims 1-4, paragraphs [0010]-[0025], fig. 1-12	1-2, 4-10, 12-16
Y		3, 11
Y	JP 2000-348668 A (JEOL LTD.) 15.12.2000 (2000-12-15) abstract, paragraphs [0016]-[0057], fig. 1-6	3, 11
Y	JP 2013-171010 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 02.09.2013 (2013-09-02) abstract, paragraphs [0012]-[0054], fig. 1-9	3, 11

☐ 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
30 April 2020 (30.04.2020)	26 May 2020 (26.05.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/009368

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 10-318027 A	02 Dec. 1998	(Family: none)	
JP 200-348668 A	15 Dec. 2000	(Family: none)	
JP 2013-171010 A	02 Sep. 2013	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/009368

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

F02D 45/00(2006.01)i
FI: F02D45/00 369; F02D45/00 358

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））

F02D45/00

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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	関連する請求項の番号
X	JP 10-318027 A (株式会社日本自動車部品総合研究所) 02.12.1998 (1998-12-02) 要約，請求項１－４，段落００１０－００２５，図１－１２	１－２，４－１０，１２－１６
Y		３，１１
Y	JP 2000-348668 A (日本電子株式会社) 15.12.2000 (2000-12-15) 要約，段落００１６－００５７，図１－６	３，１１
Y	JP 2013-171010 A (古河電気工業株式会社) 02.09.2013 (2013-09-02) 要約，段落００１２－００５４，図１－９	３，１１

☐ 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” 国際出願日前の出願または特許であるが、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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
30.04.2020	26.05.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
戸田　耕太郎 3G 9329
電話番号 03-3581-1101 内線 3355

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/009368

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 10-318027 A	02.12.1998	（ファミリーなし）	
JP 2000-348668 A	15.12.2000	（ファミリーなし）	
JP 2013-171010 A	02.09.2013	（ファミリーなし）	