

(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
2014年7月31日(31.07.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/115654 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 45/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/050806
- (22) 国際出願日: 2014年1月17日(17.01.2014)
- (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 2013-010951 2013年1月24日(24.01.2013) JP
- (71) 出願人: トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 永井 正勝(NAGAI, Masakatsu); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 安田 宏通(YASUDA, Hiromichi); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 高橋 英樹, 外(TAKAHASHI, Hideki et al.); 〒1600007 東京都新宿区荒木町20番地 イ

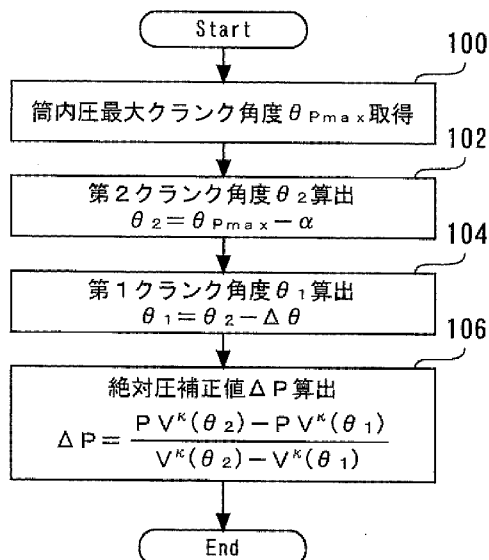
ンテック 88ビル5階 特許業務法人 高田・高橋国際特許事務所 Tokyo (JP).

- (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, 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).

[続葉有]

(54) Title: DEVICE FOR CONTROLLING INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置



100 Acquire in-cylinder-pressure-maximizing crank angle (θ_{Pmax})

102 Calculate second crank angle (θ_2)

104 Calculate first crank angle (θ_1)

106 Calculate absolute pressure correction value (ΔP)

(57) Abstract: The present invention is provided with an in-cylinder-pressure sensor (30) that detects in-cylinder pressure (P). With the in-cylinder-pressure-maximizing crank angle (θ_{Pmax}) as a baseline, a first crank angle (θ_1) and a second crank angle (θ_2) in an adiabatic compression step are set, and an absolute pressure correction value (ΔP) is calculated using the in-cylinder volume (V) and in-cylinder pressure (P) of each of the crank angles (θ_1 , θ_2). A crank angle advanced from the in-cylinder-pressure-maximizing crank angle (θ_{Pmax}) is set as the second crank angle (θ_2) in a manner so as to result in a timing in the adiabatic compression step on the lagging side with respect to the ignition timing, and is used in the absolute pressure correction.

(57) 要約: 筒内圧力 P を検出する筒内圧センサ (30) を備える。筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} を基準として、断熱圧縮行程において第1クランク角度 θ_1 および第2クランク角度 θ_2 を設定し、これらのクランク角度 θ_1 、 θ_2 でのそれぞれの筒内圧力 P と筒内容積 V とを用いて絶対圧補正值 ΔP を算出する。点火時期より遅角側の断熱圧縮行程中のタイミングとなるように筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} に対して進角したクランク角度を第2クランク角度 θ_2 として設定して絶対圧補正に用いる。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 内燃機関の制御装置

技術分野

[0001] この発明は、内燃機関の制御装置に係り、特に、筒内圧センサの検出値を利用して各種エンジン制御を実行する装置として好適な内燃機関の制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、例えば特許文献1には、筒内圧センサを備える内燃機関の制御装置が開示されている。一般的に、筒内圧センサの検出値は大気圧に対する絶対圧であるため、絶対圧補正を行う必要がある。そこで、上記従来の制御装置では、ポアソンの関係式を利用し、吸気弁が閉じてから点火時期に至るまでの断熱圧縮行程における2点のクランク角度での筒内圧力と筒内容積とを比熱比とともに用いて（すなわち、パラメータ PV^κ を用いて）絶対圧補正值を算出するようにしている。

[0003] 尚、出願人は、本発明に関連するものとして、上記の文献を含めて、以下に記載する文献を認識している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2012/063363号公報

特許文献2：日本特開2009-275573号公報

特許文献3：日本特開2010-174706号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来において断熱圧縮行程における2点のクランク角度での筒内圧力と筒内容積とを用いて（より具体的には、例えば、上記特許文献1のようにパラメータ PV^κ を用いて、或いは筒内圧センサの検出値に基づいて算出する発熱量 Q を用いて）絶対圧補正值を算出する際には、演算処理の簡素化のため、

すべての運転条件において吸気弁の開弁タイミング等の影響を回避できるようなタイミングでのクランク角度（固定値）が上記２点のクランク角度として用いられてきた。

[0006] 筒内圧センサ、ＥＣＵ、および筒内圧センサとＥＣＵとを接続するワイヤハーネス等には、ノイズが重畳し得る。このような電磁ノイズが筒内圧センサの検出値に重畳すると、上記の手法で絶対圧補正值を算出した際に、誤差が発生してしまう。この誤差の影響は、圧縮上死点から離れるほど大きくなる。しかしながら、従来において絶対圧補正值の算出によく用いられるタイミングでの２点のクランク角度は、圧縮上死点から大きく離れた位置でのものであった。このため、そのような２点のクランク角度を用いて絶対圧補正を行った際に大きな誤差が発生するという問題があった。

[0007] この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、筒内圧センサにより検出される筒内圧力に対して、コストアップ、適合工数の増加、および演算処理負荷の増大を招くことなく、効果的にノイズ影響を抑制することのできる絶対圧補正を行えるようにした内燃機関の制御装置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

[0008] 第１の発明は、内燃機関の制御装置であって、
筒内圧力を検出する筒内圧センサと、
燃焼期間中に前記筒内圧センサにより検出される筒内圧力が最大となる筒内圧最大クランク角度を取得する取得手段と、
前記筒内圧最大クランク角度を基準として、吸気弁が閉じてから燃焼が開始するまでの断熱圧縮行程において第１クランク角度と当該第１クランク角度よりも遅角側の第２クランク角度とを設定し、前記第１クランク角度および前記第２クランク角度でのそれぞれの筒内圧力と筒内容積とを用いて、前記筒内圧センサにより検出される筒内圧力の絶対圧補正を実行する絶対圧補正手段と、
を備え、

前記絶対圧補正手段は、点火時期より遅角側の断熱圧縮行程中のタイミングとなるように前記筒内圧最大クランク角度に対して進角したクランク角度を前記第2クランク角度として設定して前記絶対圧補正に用いることを特徴とする。

[0009] また、第2の発明は、第1の発明において、

前記絶対圧補正手段は、前記筒内圧最大クランク角度に対して第1クランク角度間隔だけ進角したクランク角度を前記第2クランク角度として設定し、前記第2クランク角度に対して第2クランク角度間隔だけ進角したクランク角度を前記第1クランク角度として設定することを特徴とする。

[0010] また、第3の発明は、第1の発明において、

前記絶対圧補正手段は、前記筒内圧最大クランク角度に対して第3クランク角度間隔だけ進角したクランク角度を前記第1クランク角度として設定し、前記第1クランク角度に対して第2クランク角度間隔だけ遅角したクランク角度を前記第2クランク角度として設定することを特徴とする。

[0011] また、第4の発明は、第2の発明において、

前記絶対圧補正手段は、前記筒内圧最大クランク角度と点火時期との差に基づいて前記第1クランク角度間隔を設定することを特徴とする。

[0012] また、第5の発明は、第1～第4の発明の何れか1つにおいて、

前記絶対圧補正手段は、前記第2クランク角度として、燃焼開始点近傍のクランク角度を設定することを特徴とする

[0013] また、第6の発明は、第1～第5の発明の何れか1つにおいて、

前記絶対圧補正手段は、前記第1クランク角度を、所定値よりも高い筒内圧力でのクランク角度に設定することを特徴とする。

[0014] また、第7の発明は、第1～第6の発明の何れか1つにおいて、

前記絶対圧補正手段による補正後の筒内圧力を用い、かつ、前記第2クランク角度を燃焼開始点として用いて、燃焼質量割合を算出する燃焼質量割合算出手段を更に備えることを特徴とする。

発明の効果

[0015] 第1～第3の発明によれば、筒内圧最大クランク角度を取得したうえで、この筒内圧最大クランク角度を基準として、絶対圧補正に用いる第1および第2クランク角度が断熱圧縮行程中のタイミングとして設定される。特に、第2クランク角度としては、点火時期より遅角側の断熱圧縮行程中のタイミングとなるように筒内圧最大クランク角度に対して進角したクランク角度が用いられる。このように設定された第2クランク角度は、圧縮上死点に近いタイミングであることで、ノイズの影響を受けにくい。このため、当該第2クランク角度を用いることで、ノイズの影響による絶対圧補正值の誤差を低減できるようになる。また、筒内圧センサにより検出される筒内圧の波形から容易に取得可能な筒内圧最大クランク角度を基準として第1および第2クランク角度を設定するようにしたことで、適合工数の増加および演算処理負荷の増大を抑制しつつ、第1および第2クランク角度を取得できるようになる。更に、このような手法によれば、ハードウェア面でのノイズ対策或いは筒内圧力の取得間隔を短縮するための制御装置の高性能化といったコストアップ要因をも回避することができる。以上のように、本発明によれば、筒内圧センサにより検出される筒内圧力に対して、コストアップ、適合工数の増加、および演算処理負荷の増大を招くことなく、効果的にノイズ影響を抑制することのできる絶対圧補正を行えるようにすることができる。

[0016] 第4の発明によれば、筒内圧最大クランク角度と点火時期との差に基づいて第1クランク角度間隔が設定される。これにより、緩慢燃焼が行われる場合であっても、点火時期から燃焼開始点までの着火遅れ期間およびその後の主燃焼期間の変化に応じた適切な第1クランク角度間隔を設定できるようになる。また、この場合に用いているパラメータは、取得の容易な筒内圧最大クランク角度と点火時期である。このため、適合工数の増加および演算処理負荷の増大を招くことなく、適切な第1クランク角度間隔を設定できるようになる。

[0017] 第5の発明によれば、圧縮上死点に近いタイミングであることで、ノイズの影響を受けにくいタイミングに第2クランク角度を設定することができる。

。

[0018] 第6の発明によれば、低負荷運転時において、第1クランク角度での筒内圧力が低すぎることに起因して絶対圧補正の精度が低下するのを防止することができる。

[0019] 第7の発明によれば、上記絶対圧補正手段による補正後の筒内圧力を用いることによるノイズ影響の低減に加え、上記第2クランク角度を燃焼開始点とすることによる燃焼開始点での発熱量（もしくは発熱量相関値）へのノイズ影響の低減とによって、燃焼質量割合の算出精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の実施の形態1における内燃機関のシステム構成を説明するための図である。

[図2]筒内圧センサの検出値へのノイズ重畳の影響をシミュレーションした結果を表した図である。

[図3]ベースノイズの影響による絶対圧補正の誤差が燃焼解析値（一例として、燃焼重心位置CA50）の算出に与える影響を表した図である。

[図4]本発明の実施の形態1において第2クランク角度 θ_2 の設定に用いられるパラメータ α の設定手法を説明するための図である。

[図5]ベースノイズが絶対圧補正值 ΔP の分子に与える影響（A）と、絶対圧補正值 ΔP の分母の大きさの変化（B）とを、それぞれクランク角度間隔 $\Delta\theta$ との関係で表した図である。

[図6]ベースノイズの影響による絶対圧補正值 ΔP のばらつき度合いとクランク角度間隔 $\Delta\theta$ との関係を表した図である。

[図7]本発明の実施の形態1において実行されるルーチンのフローチャートである。

[図8]本発明の実施の形態1の絶対圧補正手法を適用しつつ、筒内圧センサの検出値へのノイズ重畳の影響をシミュレーションした結果を表した図である

。

[図9]本発明の実施の形態1の絶対圧補正手法による補正後の筒内圧力 P を用いた燃焼解析値（一例として、燃焼重心位置 $CA50$ ）の算出結果を表した図である。

[図10]10～90%燃焼期間（主燃焼期間）と空燃比（ A/F ）との関係を表した図である。

[図11]パラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ —点火時期）と10～90%燃焼期間との関係を表した図である。

[図12]パラメータ α とパラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ —点火時期）との関係（すなわち、（3）式の傾向）を表した図である。

[図13]本発明の実施の形態2において実行されるルーチンのフローチャートである。

[図14]吸入空気量が少ない状況下での燃焼時における第1クランク角度 θ_1 の設定手法を説明するための図である。

[図15]本発明の実施の形態3において実行されるルーチンのフローチャートである。

[図16]本発明の実施の形態4において実行されるルーチンのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0021] 実施の形態1.

[実施の形態1のシステム構成]

図1は、本発明の実施の形態1における内燃機関10のシステム構成を説明するための図である。

図1に示すシステムは、内燃機関（一例として、火花点火式内燃機関）10を備えている。内燃機関10の筒内には、ピストン12が設けられている。筒内におけるピストン12の頂部側には、燃焼室14が形成されている。燃焼室14には、吸気通路16および排気通路18が連通している。

[0022] 吸気通路16の吸気ポートには、当該吸気ポートを開閉する吸気弁20が設けられており、排気通路18の排気ポートには、当該排気ポートを開閉す

る排気弁 22 が設けられている。また、吸気通路 16 には、電子制御式のスロットルバルブ 24 が設けられている。

[0023] 内燃機関 10 の各気筒には、燃焼室 14 内（筒内）に直接燃料を噴射するための燃料噴射弁 26、および、混合気に点火するための点火プラグ 28 が、それぞれ設けられている。更に、各気筒には、筒内圧力 P を検出するための筒内圧センサ 30 が組み込まれている。

[0024] 更に、本実施形態のシステムは、ECU (Electronic Control Unit) 40 を備えている。ECU 40 の入力部には、上述した筒内圧センサ 30 に加え、エンジン回転数を検出するためのクランク角センサ 42 等の内燃機関 10 の運転状態を検出するための各種センサが接続されている。また、ECU 40 の出力部には、上述したスロットルバルブ 24、燃料噴射弁 26 および点火プラグ 28 等の各種アクチュエータが接続されている。ECU 40 は、それらのセンサ出力と所定のプログラムとに基づいて上記各種のアクチュエータを駆動することにより、燃料噴射制御および点火制御等の所定のエンジン制御を行うものである。また、ECU 40 は、筒内圧センサ 30 の出力信号を、クランク角度 θ と同期させて AD 変換して取得する機能を有している。これにより、AD 変換の分解能が許す範囲で、任意のタイミングにおける筒内圧力 P を検出することができる。更に、ECU 40 は、クランク角度 θ の位置によって決まる筒内容積 V の値を、クランク角度 θ に応じて算出する機能を有している。

[0025] [実施の形態 1 における筒内圧センサの検出値の絶対圧補正手法]

(絶対圧補正の精度確保に関する課題)

一般的に、筒内圧センサの検出値（出力値）は相対圧であるため、これを絶対圧化する補正（絶対圧補正）が行われる。筒内圧センサ 30 の検出値を利用して絶対圧補正を行う手法として、例えば、次の（1）式を利用した手法が知られている。この手法は、断熱過程とみなした圧縮行程（より具体的には、吸気弁 20 が閉じてから燃焼が開始するまでの期間）において成立するポアソンの関係式（ $P V^{\kappa} = \text{一定}$ ）を利用して、断熱圧縮行程中の 2 点の筒

内圧力 P と筒内容積 V とを比熱比 κ とともに用いて絶対圧補正值 ΔP を算出するというものである。

$$\Delta P = (P V^{\kappa}(\theta_2) - P V^{\kappa}(\theta_2 - \Delta\theta)) / (V^{\kappa}(\theta_2) - V^{\kappa}(\theta_2 - \Delta\theta)) \quad \dots (1)$$

ただし、上記式(1)において、 θ_2 は断熱圧縮行程中の所定の第2クランク角度であり(詳細は後述する)、 $\Delta\theta$ は絶対圧補正を行うために用いる2点のクランク角度についての所定のクランク角度間隔(例えば、 30°CA)である。したがって、後述の第1クランク角度 θ_1 は、 $(\theta_2 - \Delta\theta)$ として算出される。

[0026] 内燃機関10では、上記(1)式を用いた筒内圧センサ30の検出値の絶対圧補正が、筒内圧センサ30を備えるそれぞれの気筒(本実施形態の内燃機関10では全気筒)においてサイクル毎に実行される。より具体的には、各サイクルにおいて、筒内圧センサ30の出力信号をクランク角度 θ と同期させてAD変換して取得することで、所定期間(例えば、圧縮行程および膨張行程)の筒内圧波形が取得され、ECU40のバッファに格納される。そして、取得した筒内圧波形における断熱圧縮行程中の2点を用いて上記絶対圧補正が実行され、当該絶対圧補正後の筒内圧波形がバッファに再格納される。そして、絶対圧補正後の筒内圧波形を用いて今回のサイクルにおける各種燃焼解析値(発熱量 Q (もしくは発熱量 Q に相関のあるパラメータ $P V^{\kappa}$)、燃焼質量割合 MFB 、燃焼重心位置 $CA50$ (燃焼質量割合 MFB が50%となる時のクランク角度)および図示トルクなど)が算出され、算出した各種燃焼解析値が次のサイクルでの燃焼制御にフィードバックされる。

[0027] サイクル毎の上記燃焼解析値の算出精度および上記絶対圧精度は、近年、研究開発が進められている過給リーンバーン燃焼、大量 EGR 燃焼および $HCCI$ (予混合圧縮着火)燃焼、並びに着火始動制御において特に高く要求される。その一方で、筒内圧センサ30、ECU40、および筒内圧センサ30とECU40とを接続するワイヤハーネス等には、ノイズ(ベースノイズ)が重畳し得る。このような電磁ノイズが筒内圧センサ30の検出値に重

量すると、上記の手法で絶対圧補正值を算出した際に、誤差が発生してしまう。特に、上記ノイズは、低負荷燃焼の際に燃焼解析値（例えば、燃焼重心位置 $CA50$ もしくは図示トルク）に大きな誤差を発生させる。このような誤差が生じると、狙い通りの燃費やドライバビリティの向上を実現できなくなることがある。

[0028] 図2は、筒内圧センサ30の検出値へのノイズ重畳の影響をシミュレーションした結果を表した図である。より具体的には、図2（A）は、ノイズが重畳していない筒内圧波形に対して、上記ベースノイズ相当のホワイトノイズを重畳させた図である。図2（B）および図2（C）は、それぞれ、図2（A）中に黒丸を付して示す2点と上記（1）式とを用いた絶対圧補正による補正後の筒内圧力 P を利用して算出されたパラメータ PV^κ および燃焼質量割合 $MF B$ の波形をそれぞれ表している。パラメータ PV^κ は、筒内の発熱量 Q と高い相関性のあるパラメータであり、このパラメータ PV^κ に代えて後述の（2）式を用いて発熱量 Q を算出した場合にも、発熱量 Q の波形は図2（B）に示すものと同様の波形となる。尚、図2の各図において、実線で示す波形はノイズのない波形を示しており、この実線で示す波形の周囲に表された領域が、ノイズの影響によって値がばらついていることを示している。

[0029] 従来においては、絶対圧補正の演算処理の簡素化のため、図2（A）中に黒丸を付して示す2点（固定値（例えば、圧縮上死点前 $90^\circ CA$ と $75^\circ CA$ ））のように、すべての運転条件において吸気弁の閉弁タイミングおよび点火ノイズの影響を回避できるようなタイミングでのクランク角度が用いられてきた。上述したように、（1）式は、断熱圧縮行程であれば、パラメータ PV^κ が一定であり、任意の2点を用いたとしても同一サイクルのための絶対圧補正值 ΔP が一定となることを前提として導出されたものである。したがって、上記従来手法のように設定した2点を用いて絶対圧補正を行ったとしても本来的には問題がないといえる。

[0030] しかしながら、ベースノイズの影響による絶対圧補正值 ΔP の誤差は、絶対圧補正に用いられるクランク角度が圧縮上死点から乖離するほど大きくな

る。これは、図2（A）に示すように筒内圧力 P には時期を問わずに同等のベースノイズが重畳するのに対し、圧縮上死点から離れるほど筒内容積 V の値が大きくなることで、この筒内容積 V の κ 乗と筒内圧力 P との積であるパラメータ $P V^\kappa$ へのベースノイズの影響が図2（B）に示すように圧縮上死点から離れるほど増幅されるためである。上記従来手法により設定される2点は、まさに圧縮上死点から大きく離れているタイミングでのクランク角度であり、ベースノイズの影響を大いに受けてしまう。その結果、このような2点を利用して算出される絶対圧補正值 ΔP に大きな誤差が発生してしまう。そして、そのような誤差の大きな絶対圧補正值 ΔP を用いて算出されたパラメータ $P V^\kappa$ （もしくは発熱量 Q ）および燃焼質量割合 $M F B$ に対しても、図2（B）および図2（C）に示すように大きな誤差が生じてしまう。

[0031] 図3は、ベースノイズの影響による絶対圧補正の誤差が燃焼解析値（一例として、燃焼重心位置 $C A 5 0$ ）の算出に与える影響を表した図である。

より具体的には、図3（A）は、図2（A）中に黒丸を付して示す2点と上記（1）式とを用いた絶対圧補正による補正後の筒内圧力 P を利用して所定サイクル（ここでは、500サイクル）に渡って算出された燃焼重心位置 $C A 5 0$ の波形を示している。図3（B）は、図3（A）に表された燃焼重心位置 $C A 5 0$ のばらつきをヒストグラムを用いて表した図である。これらの図3（A）および図3（B）に示すように、ベースノイズの影響による絶対圧補正の誤差が原因で、燃焼重心位置 $C A 5 0$ の各サイクルでの算出値も大きくばらついてしまうことが分かる。

[0032] 以上説明したように、従来手法において絶対圧補正の誤差が大きくなる原因は、絶対圧補正值 ΔP の算出に利用する断熱圧縮行程中の2点として、ベースノイズの影響の大きな領域（すなわち、 S/N 比が低い領域）の2点を固定値として用いている点にある。そこで、本実施形態で実際に用いるものではないが、次のような対策を行うことが考えられる。

[0033] すなわち、筒内圧波形にベースノイズが重畳すると、同一サイクルにおいて異なる2点のクランク角度を用いて複数の絶対圧補正值 ΔP を算出した際

に、絶対圧補正值 ΔP が変動することになる。ベースノイズはホワイトノイズ（正規分布）相当のノイズであるので、同一サイクル内で N 個算出した絶対圧補正值 ΔP を平均処理した値を用いるようにするという対策が考えられる。これにより、絶対圧補正值 ΔP へのノイズの影響を $1/N$ に低減することができる。しかしながら、吸気弁の遅閉じ制御が行われる条件などの運転条件によっては、十分な平均処理を行えるだけの N 数を確保できないという問題がある。また、 N 個の絶対圧補正值 ΔP の算出のための各クランク角度を運転条件に応じた適切な値とするためには、マップの適合に膨大な工数が必要となる。更に、 N 数を確保するためには、 A/D 変換を行って筒内圧力を取得する際のクランク角度間隔を短くする必要があるので、 ECU のコストアップもしくは演算処理負荷の増大を招来する。

[0034] また、各サイクルで算出した絶対圧補正值 ΔP を複数のサイクル間で平均した値を用いるようにするという対策も考えられる。これにより、ベースノイズを低減できるだけの N 数は十分に確保できるようになる。しかしながら、この対策は、前回のサイクルと異なる運転条件に変化する過渡運転時には使用できない。また、サイクル毎に絶対圧補正值 ΔP を確定できなくなるため、サイクル毎に所望の燃焼解析値を取得して、その取得結果を次のサイクルの燃焼制御に反映させること自体ができなくなってしまう。

[0035] 更に、筒内圧センサ、 ECU およびこれらを接続するワイヤハーネスに対して、シールド線を用いたり、センサの出力回路を低圧部と高圧部とに分離した構造を用いたりするなどのハードウェア面でのノイズ対策をとることも考えられる。しかしながら、この対策は、大幅なコストアップを招くことが懸念されるとともに、その効果には限界がある。

[0036] （実施の形態1における特徴的な絶対圧補正手法）

本実施形態では、コストアップ、適合工数の増加、および演算処理負荷の増大を招くことなく、効果的にノイズ影響を低減できるようにするために、以下に説明する手法を用いて絶対圧補正が行われる。すなわち、本実施形態の絶対圧補正手法は、上記（1）式を用いて絶対圧補正值 ΔP を算出する際

の断熱圧縮行程中の２点のクランク角度（以下、「第１クランク角度 θ_1 および第２クランク角度 θ_2 」と称する）の取得手法に特徴を有している。

[0037] すなわち、本実施形態では、先ず、筒内圧センサ３０を用いて取得した筒内圧波形から、燃焼期間中に筒内圧力 P （筒内圧センサ３０の出力値）が最大となるクランク角度（以下、「筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} 」と称する）を取得するようにした。そして、点火時期よりも遅角側の断熱圧縮行程中のタイミングとなるように筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} に対してパラメータ α だけ進角したクランク角度を第２クランク角度 θ_2 として設定するようにした。更に、第２クランク角度 θ_2 に対して所定のクランク角度間隔 $\Delta\theta$ だけ進角したクランク角度を第１クランク角度 θ_1 として設定するようにした。すなわち、本実施形態の手法によれば、筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} に応じて第１および第２クランク角度 θ_1 、 θ_2 が可変されることになる。

[0038] 図４は、本発明の実施の形態１において第２クランク角度 θ_2 の設定に用いられるパラメータ α の設定手法を説明するための図である。

本実施形態では、断熱圧縮行程中において、点火時期よりも遅角側のタイミングであって燃焼開始点（燃焼質量割合 $MF B$ が０％から上昇に転ずる点）までのタイミングとなるように、第２クランク角度 θ_2 を設定することとしている。より具体的には、本実施形態では、第２クランク角度 θ_2 は燃焼開始点の近傍に設定される。

[0039] 図４に示すように、筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} は、概ね、燃焼質量割合 $MF B$ が９０％となる時のクランク角度に相当する。燃焼質量割合 $MF B$ が１０～９０％となる燃焼期間（すなわち、いわゆる「主燃焼期間」）は、エンジン回転数の変化を考慮しても概ね３０～３５° CA となる。そこで、本実施形態では、上記のタイミングで第２クランク角度 θ_2 を設定するために、パラメータ α は、筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} に対して１０～９０％燃焼期間（主燃焼期間）に所定の余裕期間（５° CA 程度の主燃焼期間よりも短い期間）を加えた期間だけ進角した値として設定されている。尚、本実施形態では、パラメータ α は、運転条件に関係なく一定の固定値として設定さ

れているものとする。

[0040] 次に、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ の好ましい設定について説明する。

図5は、ベースノイズが絶対圧補正值 ΔP の分子に与える影響（A）と、絶対圧補正值 ΔP の分母の大きさの変化（B）とを、それぞれクランク角度間隔 $\Delta\theta$ との関係で表した図である。図6は、ベースノイズの影響による絶対圧補正值 ΔP のばらつき度合いとクランク角度間隔 $\Delta\theta$ との関係を表した図である。

[0041] 絶対圧補正值 ΔP の分子成分は、上記（1）式より、 $(P V^\kappa(\theta_2) - P V^\kappa(\theta_2 - \Delta\theta))$ となる。クランク角度間隔 $\Delta\theta$ が大きくなるほど、第1クランク角度 θ_1 が圧縮上死点からより大きく離れることになる。したがって、図5（A）に示すように、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ が大きいほど、絶対圧補正值 ΔP の分子成分に対するベースノイズの影響が増幅されることになるので、分子成分の誤差が拡大する。一方、絶対圧補正值 ΔP の分母成分は、上記（1）式より、 $(V^\kappa(\theta_2) - V^\kappa(\theta_2 - \Delta\theta))$ となる。したがって、図5（B）に示すように、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ が大きくなるほど、絶対圧補正值 ΔP の分母成分は、マイナス側で大きくなる。

[0042] 図5（A）および図5（B）に表されるように、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ の変化が絶対圧補正值 ΔP に与える影響は、絶対圧補正值 ΔP の分子成分のベースノイズの影響による誤差の増幅分よりも、分母成分の（絶対値としての）増加分の方が大きくなる。したがって、図6に示すように、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ が大きくなるほど、絶対圧補正值 ΔP の誤差（ばらつき）が縮小するといえる。そこで、本実施形態では、絶対圧補正值 ΔP の算出精度が所望の精度に収まるように、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ を設定することとしている。そのようなクランク角度間隔 $\Delta\theta$ としては、例えば、 30° CAが該当する。

[0043] 図7は、本発明の実施の形態1における絶対圧補正を実現するために、ECU40が実行するルーチンを示すフローチャートである。尚、本ルーチンは、内燃機関10のサイクル毎に気筒単位で繰り返し実行されるものとする。

。

[0044] 図7に示すルーチンでは、ECU40は、先ず、筒内圧センサ30の出力値（AD変換値）の波形を用いて、当該出力値が最大となる時のクランク角度である筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ を取得する（ステップ100）。

[0045] 次に、ECU40は、取得した筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ からパラメータ α を引くことにより得られる値を第2クランク角度 θ_2 として算出する（ステップ102）。パラメータ α は図4を参照して既述した手法に従って予め適合された固定値である。本ステップ102の処理によれば、筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ に対してパラメータ α だけ進角したクランク角度が第2クランク角度 θ_2 として算出されることになる。

[0046] 次に、ECU40は、算出した第2クランク角度 θ_2 からクランク角度間隔 $\Delta\theta$ を引くことにより得られる値を第1クランク角度 θ_1 として算出する（ステップ104）。クランク角度間隔 $\Delta\theta$ は、図6を参照して既述したように、絶対圧補正值 ΔP の精度を確保できるような大きさ（例えば、 $30^\circ CA$ ）として予め設定された値である。本ステップ104の処理によれば、第2クランク角度 θ_2 に対してクランク角度間隔 $\Delta\theta$ だけ進角したクランク角度が第1クランク角度 θ_1 として算出されることになる。

[0047] 次に、ECU40は、上記のように算出した第2クランク角度 θ_2 と第1クランク角度 θ_1 とを用いて、上記（1）式に従って絶対圧補正值 ΔP を算出する（ステップ106）。

[0048] 図8は、本発明の実施の形態1の絶対圧補正手法を適用しつつ、筒内圧センサ30の検出値へのノイズ重畳の影響をシミュレーションした結果を表した図である。より具体的には、図8（A）は、ノイズが重畳していない筒内圧波形に対して、上記図2（A）と同等のホワイトノイズを重畳させた図である。図9は、本発明の実施の形態1の絶対圧補正手法による補正後の筒内圧力 P を用いた燃焼解析値（一例として、燃焼重心位置 $CA50$ ）の算出結果を表した図である。

[0049] 以上説明した本実施形態の絶対圧補正手法によれば、第2クランク角度 θ_2

が燃焼開始点の近傍のタイミングに設定される。このように設定された第2クランク角度 θ_2 は、圧縮上死点に近いタイミングである。そして、この第2クランク角度 θ_2 に対して上記クランク角度間隔 $\Delta\theta$ だけ進角したクランク角度が第1クランク角度 θ_1 として設定される。このように設定された第2クランク角度 θ_2 と第1クランク角度 θ_1 とを用いることで、ベースノイズの影響による絶対圧補正值 ΔP の誤差を大幅に低減できるようになる。

[0050] その結果、図8（B）および図8（C）に示すように、上記手法による絶対圧補正後の筒内圧力 P を利用して算出したパラメータ $P V^\kappa$ （発熱量 Q の波形も同様）および燃焼質量割合 $M F B$ のそれぞれの波形に重畳するノイズを大幅に減少させることが可能となる。更に、図9（A）および図9（B）に示すように、上記手法による絶対圧補正後の筒内圧力 P を利用して算出した燃焼重心位置 $C A 5 O$ に重畳するノイズを大幅に減少させることが可能となる。このように、上記手法による絶対圧補正後の筒内圧力 P を利用することで、各種の燃焼解析値を高精度に算出できるようになる。その結果、筒内圧センサ30の検出値をベースとするエンジン制御において燃費およびドライバビリティを狙い通りに制御できるようになる。

[0051] また、筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} の取得は、予備計算を一切必要としない。すなわち、筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} は、例えば、最大値を記憶するピークホールド機能を利用しつつ筒内圧センサ30の出力値（AD変換値）を取得するだけで容易に検出することができる。そして、このように容易に取得可能な筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} を基準として、事前に設定したパラメータ α だけ進角した第2クランク角度 θ_2 、更には第2クランク角度 θ_2 から所定のクランク角度間隔 $\Delta\theta$ だけ進角した第1クランク角度 θ_1 を算出しているので、特段の演算処理負荷を要しない。

[0052] 更に、筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} を基準とする上記の第1および第2クランク角度 θ_1 、 θ_2 の算出は、サイクル毎に行われるものであり、これにより、運転条件に依存せずに適切な2点（ θ_1 、 θ_2 ）を算出できるようになる。このため、これらの2点（ θ_1 、 θ_2 ）の算出のために運転条件毎にマッ

プを持たせておく必要がないため、適合工数の増加も抑制することができる。

- [0053] 更に、ハードウェア面でのノイズ対策をとる場合には、例えば、センサ回路の複雑化（低圧部と高圧部の2系統化もしくは大容量のコンデンサの追加など）、ワイヤハーネスのシールド化、ECU回路の複雑化といったコストアップ要因が考えられる。しかしながら、本実施形態の絶対圧補正手法によれば、そのようなコストアップを招くことなく、ベースノイズの影響による絶対圧補正值 ΔP の誤差を低減できるようになる。
- [0054] 以上のように、本実施形態の絶対圧補正手法によれば、コストアップ、適合工数の増加、および演算処理負荷の増大を招くことなく、効果的にノイズ影響を抑えた筒内圧センサ30の検出値の絶対圧補正を行えるようになる。
- [0055] ところで、上述した実施の形態1においては、筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ からパラメータ α だけ進角したクランク角度を第2クランク角度 θ_2 として設定し、第2クランク角度 θ_2 からクランク角度間隔 $\Delta\theta$ だけ進角したクランク角度を第1クランク角度 θ_1 として設定している。しかしながら、本発明における第1および第2クランク角度の設定手法は、上記に限定されるものではない。すなわち、筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ から所定クランク角度間隔（本発明における「第3クランク角度間隔」に相当）だけ進角したクランク角度を第1クランク角度 θ_1 として設定したうえで、当該第1クランク角度 θ_1 から上記クランク角度間隔 $\Delta\theta$ だけ遅角したクランク角度を第2クランク角度 θ_2 として設定してもよい。あるいは、筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ から所定クランク角度間隔（便宜上「第4クランク角度間隔」と称する）だけ進角したクランク角度を第1クランク角度 θ_1 として設定し、かつ、筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ から第4クランク角度間隔よりも小さな所定クランク角度間隔（便宜上「第5クランク角度間隔」と称する）だけ進角したクランク角度を第2クランク角度 θ_2 として設定してもよい。
- [0056] また、上述した実施の形態1においては、一例として、図8（A）等のように、第2クランク角度 θ_2 が圧縮上死点よりも進角側のクランク角度に

設定されており、第1クランク角度 θ_1 が点火時期よりも進角側のクランク角度に設定された例について説明を行った。しかしながら、本発明における第2クランク角度は、点火時期よりも遅角側のタイミングであって燃焼開始点までのタイミングであれば、筒内圧最大クランク角度に応じて任意に設定されてもよいものである。また、本発明における第1クランク角度は、第2クランク角度に対して所定のクランク角度間隔だけ進角したクランク角度となるようであれば、点火時期よりも遅角側のクランク角度に設定されるものであってもよい。

[0057] また、上述した実施の形態1においては、筒内の発熱量 Q にリニアな相関のあるパラメータ $P V^\kappa$ を利用した絶対圧補正手法を例に挙げて説明を行った。しかしながら、本発明において断熱圧縮行程中の第1および第2クランク角度を用いて算出する絶対圧補正值は、筒内の発熱量 Q を用いて算出されるものであってもよい。尚、発熱量 Q は、以下の(2)式により算出可能である。すなわち、発熱量 Q は、筒内圧センサ30の検出値を利用して算出可能な筒内の熱発生率 $dQ/d\theta$ をクランク角度 θ で積分することによって算出することができる。

$$Q = \int (dQ/d\theta) d\theta = \int (1/(\kappa - 1) \times (V dP/d\theta + P \kappa dV/d\theta)) d\theta \quad \dots (2)$$

[0058] 尚、上述した実施の形態1においては、ECU40が上記ステップ100の処理を実行することにより前記第1の発明における「取得手段」が実現され、ECU40が上記ステップ102～106の処理を実行することにより前記第1の発明における「絶対圧補正手段」が実現されている。

また、上述した実施の形態1においては、パラメータ α が前記第2の発明における「第1クランク角度間隔」に、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ が前記第2の発明における「第2クランク角度間隔」に、それぞれ相当している。

[0059] 実施の形態2.

次に、図10乃至図13を主に参照して本発明の実施の形態2について説明する。

本実施形態のシステムは、図 1 に示すハードウェア構成を用いて、ECU 40 に図 7 に示すルーチンに代えて後述の図 13 に示すルーチンを実行させることにより実現することができるものである。

[0060] 内燃機関 10 の運転中には、リーン燃焼、大量 EGR 燃焼、或いは触媒暖機のための遅角燃焼といった燃焼速度が通常燃焼時よりも低い緩慢燃焼が行われる場合がある。このような緩慢燃焼になると、着火時期（燃焼開始点）が遅くなる（着火遅れ期間が長くなる）。また、緩慢燃焼によって着火時期が遅くなると、主燃焼期間（10～90%燃焼期間）も遅くなる。図 10 は、10～90%燃焼期間（主燃焼期間）と空燃比（A/F）との関係を表した図である。空燃比を例に挙げると、図 10 に示すように、空燃比が理論空燃比に対してよりリーンになるほど、燃焼速度が遅くなり、10～90%燃焼期間が長くなる。

[0061] 上記のような緩慢燃焼によって着火遅れ期間および主燃焼期間が変化したにもかかわらず、通常燃焼時の条件（例えば、空燃比は理論空燃比）に対して設定したパラメータ α を用いて第 2 クランク角度 θ_2 を算出することとすると、既に燃焼が開始した後のクランク角度（すなわち、断熱圧縮行程ではない期間中のクランク角度）が第 2 クランク角度 θ_2 として選択されることになり得る。その結果、絶対圧補正值 ΔP に誤差が発生してしまうことが懸念される。

[0062] そこで、本実施形態では、着火遅れ期間および主燃焼期間（燃焼速度）の変化に依らずに適切なパラメータ α を決定できるようにするために、次の（3）式に従ってサイクル毎にパラメータ α を算出するようにした。

$$\alpha = k \times (\theta_{P_{max}} - \text{点火時期}) \quad \cdots (3)$$

ただし、上記（3）式における係数 k は適合値（正の値）である。

[0063] 図 11 は、パラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ - 点火時期）と 10～90%燃焼期間との関係を表した図である。図 12 は、パラメータ α とパラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ - 点火時期）との関係（すなわち、上記（3）式の傾向）を表した図である。

[0064] パラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ - 点火時期）は、点火（放電）してから着火する（燃

焼が開始する）までの着火遅れ期間と、その後の主燃焼期間（10～90%燃焼期間）とを含む期間として定義されたものである。このため、図11に示すように、パラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ —点火時期）は、10～90%燃焼期間と相関を有していることが分かる。そして、上記図10および図11に示す関係より、パラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ —点火時期）についても、着火遅れ期間および主燃焼期間に影響を及ぼすパラメータである空燃比と相関があることが分かる。ここでは詳細な説明を省略するが、パラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ —点火時期）は、空燃比以外のEGRガス量および吸気バルブタイミング等の着火遅れ期間および主燃焼期間に影響を及ぼすパラメータに対しても、空燃比と同様に相関があるといえる。そこで、本実施形態では、図12に示すように、上記（3）式の関係を用いて、パラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ —点火時期）が大きくなるほど、第2クランク角度 θ_2 を決定するためのパラメータ α を大きくするようにした。

[0065] 図12に示す関係によれば、例えば、空燃比を通常燃焼時（理論空燃比）よりもリーンとした緩慢燃焼が行われている場合には、パラメータ（ $\theta_{P_{max}}$ —点火時期）が通常燃焼時よりも長くなる。それに伴い、パラメータ α は、通常燃焼時よりも大きな値に設定されることになる。より具体的には、空燃比が理論空燃比に対してリーンになるほど、パラメータが大きくなる。このように、図12に示す関係を用いてパラメータ α を決定するようにすることで、空燃比、EGRガス量および吸気バルブタイミング等の着火遅れ期間および主燃焼期間に影響を及ぼすパラメータを求める必要なしに、それらのパラメータの影響を反映し、かつ、現在の燃焼に適したパラメータ α をサイクル毎に算出できるようになる。

[0066] その結果、リーン燃焼等の緩慢燃焼の実施によって着火遅れ期間および主燃焼期間が変化する場合であっても、確実に断熱圧縮行程中のクランク角度となるように第2クランク角度 θ_2 を設定することができ、上述した実施の形態1と比べ、絶対圧補正值 ΔP の算出精度を高めることができる。また、このようにして算出されるパラメータ α はすべての運転条件に対して適用可能

であり、着火遅れ期間および主燃焼期間に応じた適切なパラメータ α を決定することに際して、適合工数が増加するのを回避することができる。

[0067] また、上述した手法では、パラメータ α の算出に際して、10～90%燃焼期間ではなく、パラメータ($\theta_{P_{max}}$ —点火時期)を利用するようにしている。10～90%燃焼期間は、筒内圧センサ30の検出値を用いて燃焼質量割合MFBを算出したうえで算出する値であるので、精度の良い値を得るには、絶対圧補正が行われた後の筒内圧力Pの値を用いる必要があるものである。したがって、絶対圧補正に用いるパラメータ α の算出のために、絶対圧補正がなされていない状態での10～90%燃焼期間を用いることは適切ではない。これに対し、本実施形態では、絶対圧補正の実行の有無の影響を受けないパラメータ($\theta_{P_{max}}$ —点火時期)に基づいてパラメータ α を適切に算出できるようになる。また、パラメータ($\theta_{P_{max}}$ —点火時期)は、実施の形態1において既述したように、ピークホールド機能などを用いて取得の容易な筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ を点火時期とともに用いるものである。このため、演算処理負荷の増大を招くことなく、着火遅れ期間および主燃焼期間に応じたパラメータ α をサイクル毎に算出できるようになる。

[0068] 図13は、本発明の実施の形態2における絶対圧補正を実現するために、ECU40が実行するルーチンを示すフローチャートである。尚、図13において、実施の形態1における図7に示すステップと同一のステップについては、同一の符号を付してその説明を省略または簡略する。

[0069] 図13に示すルーチンでは、ECU40は、ステップ100において筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ を算出した後に、上記(3)式に従って、パラメータ($\theta_{P_{max}}$ —点火時期)に基づいてパラメータ α を算出する(ステップ200)。尚、本実施形態では、上記(3)式中の係数kとしては、事前に設定しておいた適合値が用いられる。

[0070] 以上説明した図13に示すルーチンによれば、上述したように、適合工数の増加および演算処理負荷の増大を招くことなく、着火遅れ期間および主燃焼期間に応じたパラメータ α をサイクル毎に算出できるようになる。

[0071] 実施の形態3.

次に、図14および図15を主に参照して本発明の実施の形態3について説明する。

本実施形態のシステムは、図1に示すハードウェア構成を用いて、ECU40に図13に示すルーチンに代えて後述の図15に示すルーチンを実行させることにより実現することができるものである。

[0072] 図14は、吸入空気量が少ない状況下での燃焼時における第1クランク角度 θ_1 の設定手法を説明するための図である。

吸入空気量が少ない状況下、すなわち、低負荷運転時には、圧縮行程において筒内圧力 P が上昇しにくくなる。その結果、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ を上記図6を参照して既述した思想に基づいて設定した場合に、第1クランク角度 θ_1 での筒内圧力 $P(\theta_1)$ が低すぎてしまうことがある。筒内圧力 $P(\theta_1)$ が低いと、この筒内圧力 $P(\theta_1)$ がノイズの影響を受け易くなる。このため、絶対圧補正值 ΔP の誤差が大きくなってしまふことが懸念される。

[0073] そこで、本実施形態では、第1クランク角度 θ_1 を算出する際に、第2クランク角度 θ_2 からクランク角度間隔 $\Delta\theta$ を引いて得た第1クランク角度 θ_1 での筒内圧力 $P(\theta_1)$ が所定の判定値 P_{min} （例えば、0.4MPa）以下となるような場合には、図14に示すように、判定値 P_{min} よりも筒内圧力 P が若干高くなるタイミングでのクランク角度が第1クランク角度 θ_1 となるようにするためのクランク角度間隔の修正値 $\Delta\theta'$ を算出するようにした。

[0074] 更に、本実施形態では、上記のようにクランク角度間隔 $\Delta\theta$ を $\Delta\theta'$ に修正する処理を行った場合には、この処理を行った際の運転条件（主に吸入空気量）を $\Delta\theta'$ と関連付けて学習することとした。そして、次回以降のサイクルで同一運転条件になった際には、上記修正後のクランク角度間隔 $\Delta\theta'$ を取得して第1クランク角度 θ_1 を算出するようにした。

[0075] 図15は、本発明の実施の形態3における絶対圧補正を実現するために、ECU40が実行するルーチンを示すフローチャートである。尚、図15において、実施の形態2における図13に示すステップと同一のステップにつ

いては、同一の符号を付してその説明を省略または簡略する。

[0076] 図15に示すルーチンでは、ECU40は、ステップ104において第1クランク角度 θ_1 を算出した後に、第1クランク角度 θ_1 での筒内圧力 $P(\theta_1)$ が上記判定値 P_{min} よりも高いか否かを判定する(ステップ300)。その結果、本ステップ300の判定が成立する場合には、ECU40は、直ちにステップ106に進んで絶対圧補正值 ΔP を算出する。

[0077] 一方、上記ステップ300の判定が不成立である場合、つまり、筒内圧力 $P(\theta_1)$ が低すぎることで絶対圧補正值 ΔP の誤差が大きくなることが懸念される場合には、ECU40は、今回の処理サイクルでの運転条件と同じ運転条件(主に吸入空気量(負荷率 KL)条件)において学習が済んでいるか否かを判定する(ステップ302)。

[0078] その結果、上記学習が未だ行われていない運転条件である場合には、ECU40は、判定値 P_{min} よりも筒内圧力 P が若干高くなるタイミングでのクランク角度が第1クランク角度 θ_1 となるようにするためのクランク角度間隔の修正値 $\Delta\theta'$ を算出し、修正値 $\Delta\theta'$ と関連付けて現在の運転条件を学習値として保持する(ステップ304)。この場合には、ECU40は、第2クランク角度 θ_2 から、修正後のクランク角度間隔 $\Delta\theta'$ を引くことにより得られる値として第1クランク角度 θ_1 を算出する(ステップ306)。

[0079] 一方、上記ステップ302において学習が既に行われていると判定された場合には、ECU40は、今回の処理サイクルと同一の運転条件において過去に算出しておいたクランク角度間隔 $\Delta\theta'$ を取得し(ステップ308)、ステップ306に進む。

[0080] 以上説明した図15に示すルーチンによれば、低負荷運転時において第1クランク角度 θ_1 での筒内圧力 $P(\theta_1)$ が判定値 P_{min} 以下となる場合には、判定値 P_{min} よりも筒内圧力 P が若干高くなるタイミングでのクランク角度が第1クランク角度 θ_1 となるように修正される。これにより、第1クランク角度 θ_1 での筒内圧力 $P(\theta_1)$ が低すぎることに起因して絶対圧補正值 ΔP の誤差が大きくなるのを防止することができる。

[0081] また、上記ルーチンによれば、クランク角度間隔 $\Delta\theta$ を $\Delta\theta'$ に修正する処理を行った場合には、この処理を行った際の運転条件を修正値 $\Delta\theta'$ と関連付けて学習しておき、次回以降のサイクルで同一運転条件になった際に、上記修正値 $\Delta\theta'$ が使用される。これにより、運転条件に応じたクランク角度間隔 $\Delta\theta$ の修正値 $\Delta\theta'$ を事前に適合して備えなくて済むようになる。このため、適合工数の低減を図ることができる。

[0082] 実施の形態4.

次に、図16を主に参照して本発明の実施の形態4について説明する。

本実施形態のシステムは、図1に示すハードウェア構成を用いて、ECU40に図13に示すルーチンに代えて後述の図16に示すルーチンを実行させることにより実現することができるものである。

[0083] 任意のクランク角度 θ における燃焼質量割合MFBは、筒内の発熱量Qに相関のあるパラメータ PV^κ を用いて、次の(4)式に従って算出することができる。

$$MFB = (PV^\kappa(\theta) - PV^\kappa(\theta_{sta})) / (PV^\kappa(\theta_{fin}) - PV^\kappa(\theta_{sta})) \quad \dots (4)$$

ただし、上記(4)式において、 θ_{sta} は燃焼開始点(燃焼開始時期)であり、 θ_{fin} は燃焼終了点(燃焼終了時期)である。尚、燃焼質量割合MFBは、パラメータ PV^κ に代えて、上記(2)式を用いて算出可能な発熱量Qを用いて算出することもできる。

[0084] 従来において燃焼質量割合MFBを算出する際には、演算処理の簡素化のために、絶対圧補正值 ΔP の算出に関する課題として図2(A)中に黒丸印で表して既述したものと同様に、圧縮上死点から離れたクランク角度を燃焼開始点 θ_{sta} として用いることが一般的であった。

[0085] 上述した実施の形態1等における絶対圧補正手法による補正後の筒内圧力Pを用いることで、図8(B)と図2(B)とを比較して分かるように、ベースノイズの影響が大きく低減されたパラメータ PV^κ の波形を得られるようになる。しかしながら、図8(B)を見て分かるように、圧縮上死点から大

きく離れたクランク角度では、ベースノイズの影響がパラメータ $P V^\kappa$ の波形に少ないレベルではあるが残っている。したがって、実施の形態 1 等における絶対圧補正手法による補正後の筒内圧力 P を基礎としてパラメータ $P V^\kappa$ (発熱量 Q を使う場合も同様) を算出して燃焼質量割合 $M F B$ を算出する場合に、従来の手法のような圧縮上死点から大きく離れたクランク角度を燃焼開始点 θ_{sta} として用いることは、燃焼質量割合 $M F B$ の算出における精度の悪化要因となってしまう。

[0086] そこで、本実施形態では、実施の形態 1 等における絶対圧補正手法による補正後の筒内圧力 P を用いて燃焼質量割合 $M F B$ を算出する場合に、筒内圧最大クランク角度 θ_{Pmax} からパラメータ α だけ進角したクランク角度として算出される上記第 2 クランク角度 θ_2 を燃焼開始点 θ_{sta} として用いるようにした。

[0087] 図 16 は、本発明の実施の形態 4 における燃焼質量割合 $M F B$ の演算を実現するために、ECU40 が実行するルーチンを示すフローチャートである。尚、図 16 において、実施の形態 2 における図 13 に示すステップと同一のステップについては、同一の符号を付してその説明を省略または簡略する。ここでは、実施の形態 2 で説明した絶対圧補正手法と組み合わせることとしているが、本実施形態の燃焼質量割合 $M F B$ の算出処理は、他の実施の形態 1 または 3 で説明した絶対圧補正手法と組み合わせて実行されるものであってもよい。

[0088] 図 16 に示すルーチンでは、ECU40 は、ステップ 106 において絶対圧補正值 ΔP を算出した後に、上記 (4) 式で用いる燃焼開始点 θ_{sta} として上記ステップ 102 において算出した第 2 クランク角度 θ_2 を設定したうえで、当該 (4) 式に従って燃焼質量割合 $M F B$ を算出する (ステップ 400)。尚、上記 (4) 式中の燃焼終了点 θ_{fin} は、絶対圧補正後の筒内圧力 P を用いて算出するパラメータ $P V^\kappa$ が最大値に達した時のクランク角度として取得することができる。ECU40 は、次いで、燃焼質量割合 $M F B$ の算出値を利用して得られる燃焼解析値として、燃焼重心位置 $CA50$ を算出する (ス

テップ402)。

[0089] 以上説明した図16に示すルーチンによれば、筒内圧最大クランク角度 $\theta_{P_{max}}$ を基準として算出した第2クランク角度 θ_2 を燃焼開始点 θ_{sta} として用いて燃焼質量割合MFBを算出することにより、燃焼開始点 θ_{sta} での発熱量相関値である $PV_{\kappa}(\theta_{sta})$ に与えるベースノイズの影響を低減することができる。このように、ベースノイズの影響を大きく低減した絶対圧補正值 ΔP を用い、かつ、上記第2クランク角度 θ_2 を燃焼開始点 θ_{sta} として用いることにより、燃焼質量割合MFBの算出精度を更に向上させることができる。

[0090] 尚、上述した実施の形態4においては、ECU40が上記ステップ400の処理を実行することにより前記第7の発明における「燃焼質量割合算出手段」が実現されている。

符号の説明

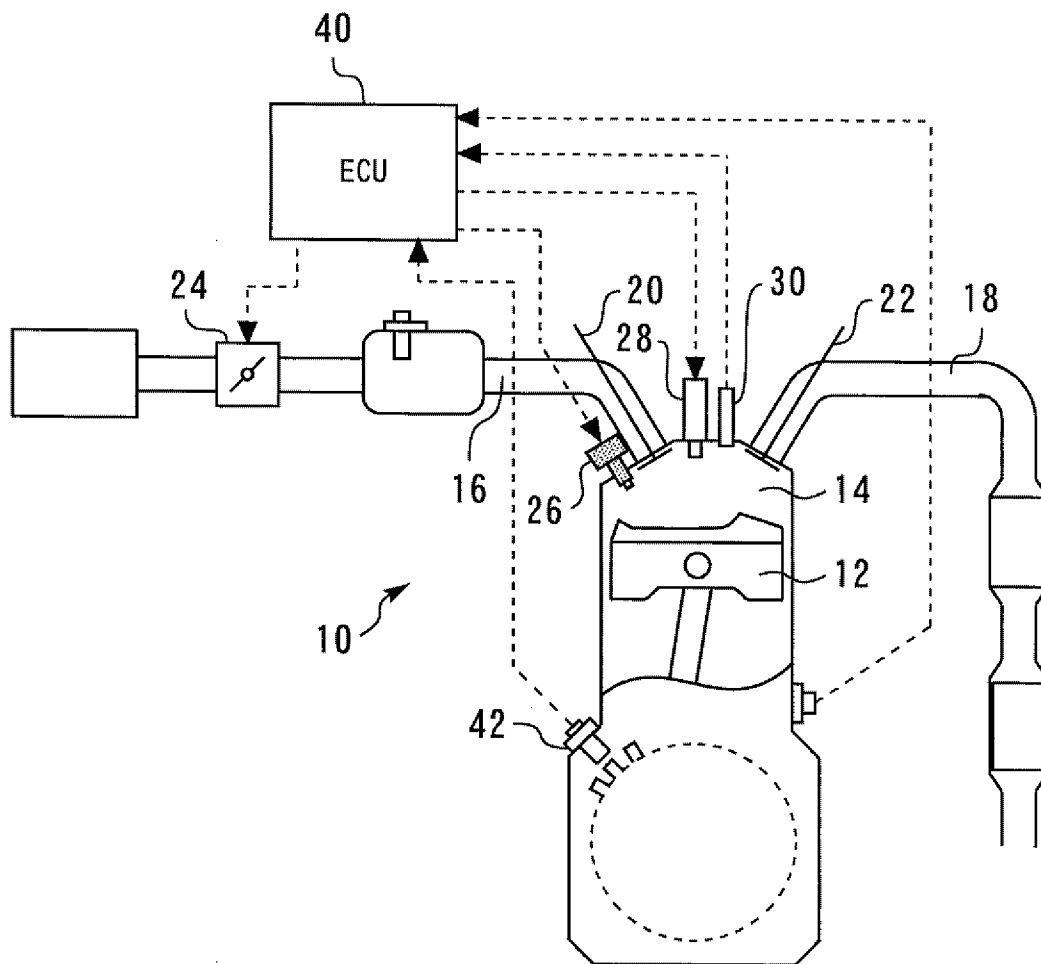
- [0091] 10 内燃機関
12 ピストン
14 燃焼室
16 吸気通路
18 排気通路
20 吸気弁
22 排気弁
24 スロットルバルブ
26 燃料噴射弁
28 点火プラグ
30 筒内圧センサ
40 ECU(Electronic Control Unit)
42 クランク角センサ

請求の範囲

- [請求項1] 筒内圧力を検出する筒内圧センサと、
- 燃焼期間中に前記筒内圧センサにより検出される筒内圧力が最大となる筒内圧最大クランク角度を取得する取得手段と、
- 前記筒内圧最大クランク角度を基準として、吸気弁が閉じてから燃焼が開始するまでの断熱圧縮行程において第1クランク角度と当該第1クランク角度よりも遅角側の第2クランク角度とを設定し、前記第1クランク角度および前記第2クランク角度でのそれぞれの筒内圧力と筒内容積とを用いて、前記筒内圧センサにより検出される筒内圧力の絶対圧補正を実行する絶対圧補正手段と、
- を備え、
- 前記絶対圧補正手段は、点火時期より遅角側の断熱圧縮行程中のタイミングとなるように前記筒内圧最大クランク角度に対して進角したクランク角度を前記第2クランク角度として設定して前記絶対圧補正に用いることを特徴とする内燃機関の制御装置。
- [請求項2] 前記絶対圧補正手段は、前記筒内圧最大クランク角度に対して第1クランク角度間隔だけ進角したクランク角度を前記第2クランク角度として設定し、前記第2クランク角度に対して第2クランク角度間隔だけ進角したクランク角度を前記第1クランク角度として設定する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] 前記絶対圧補正手段は、前記筒内圧最大クランク角度に対して第3クランク角度間隔だけ進角したクランク角度を前記第1クランク角度として設定し、前記第1クランク角度に対して第2クランク角度間隔だけ遅角したクランク角度を前記第2クランク角度として設定する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4] 前記絶対圧補正手段は、前記筒内圧最大クランク角度と点火時期との差に基づいて前記第1クランク角度間隔を設定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。

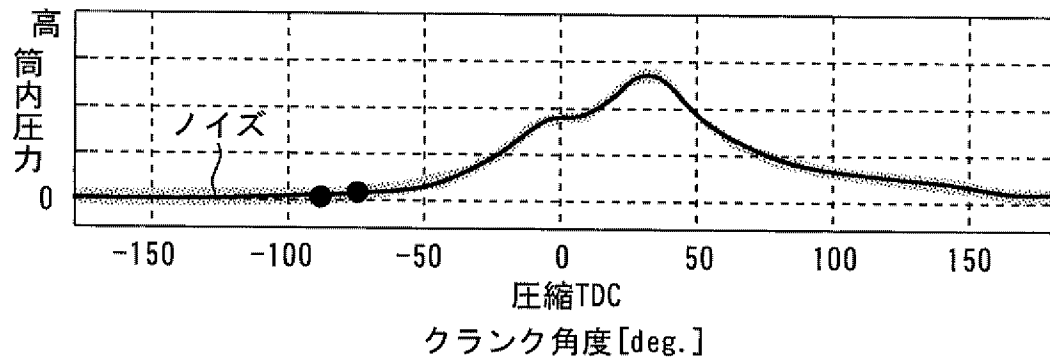
- [請求項5] 前記絶対圧補正手段は、前記第2クランク角度として、燃焼開始点近傍のクランク角度を設定することを特徴とする請求項1～4の何れか1つに記載の内燃機関の制御装置。
- [請求項6] 前記絶対圧補正手段は、前記第1クランク角度を、所定値よりも高い筒内圧力でのクランク角度に設定することを特徴とする請求項1～5の何れか1つに記載の内燃機関の制御装置。
- [請求項7] 前記絶対圧補正手段による補正後の筒内圧力を用い、かつ、前記第2クランク角度を燃焼開始点として用いて、燃焼質量割合を算出する燃焼質量割合算出手段を更に備えることを特徴とする請求項1～6の何れか1つに記載の内燃機関の制御装置。

[図1]

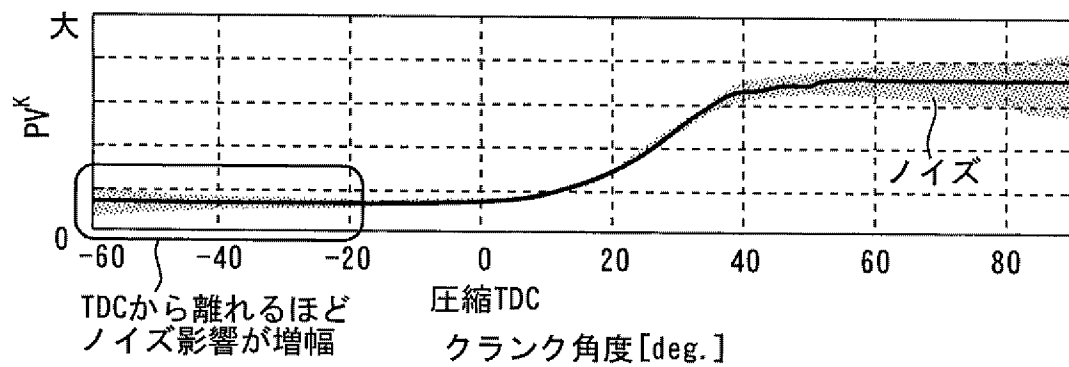


[図2]

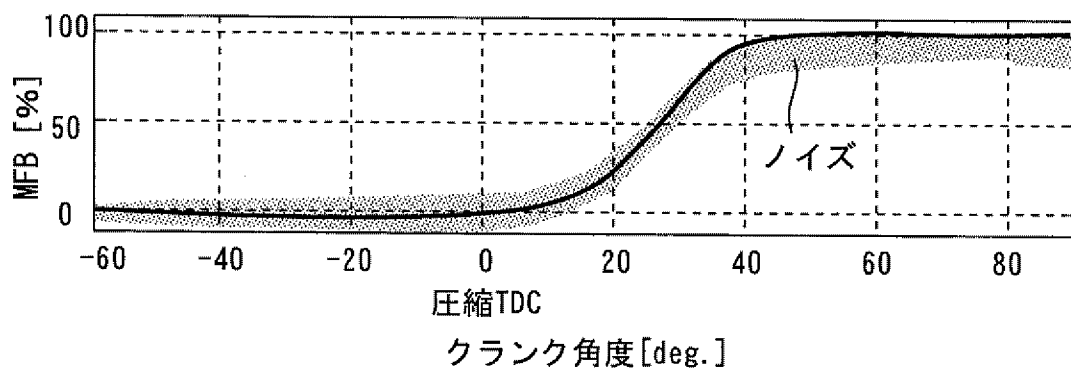
(A)



(B)

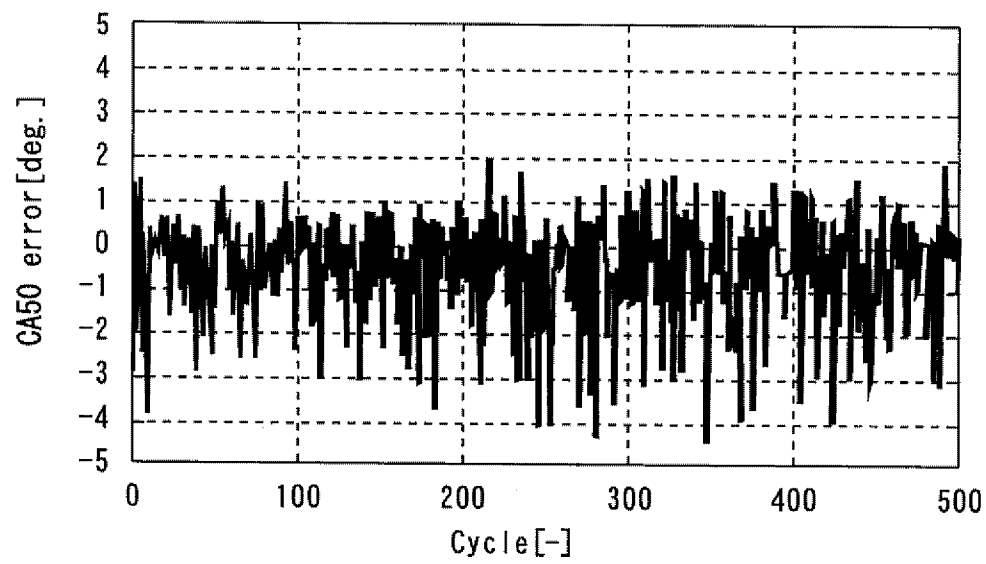


(C)

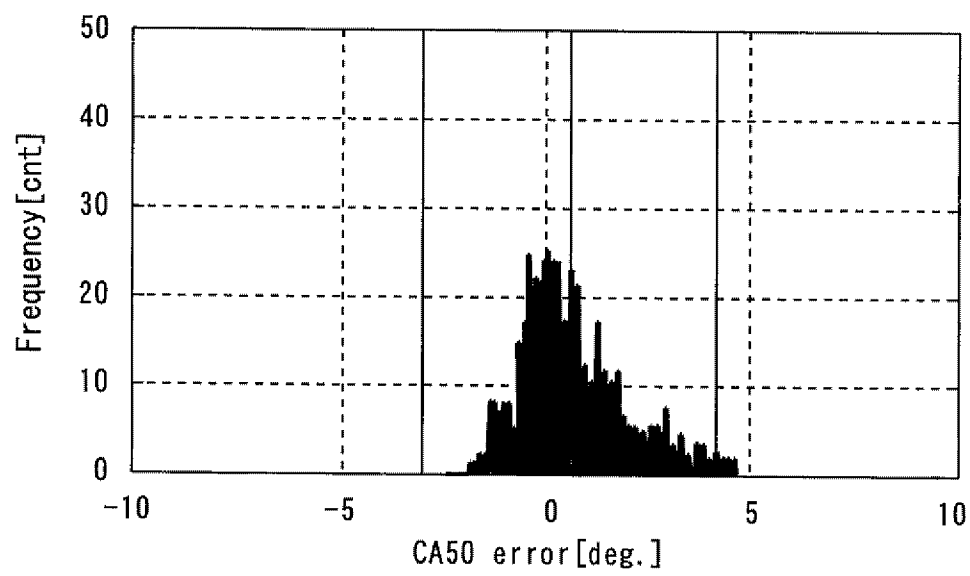


[図3]

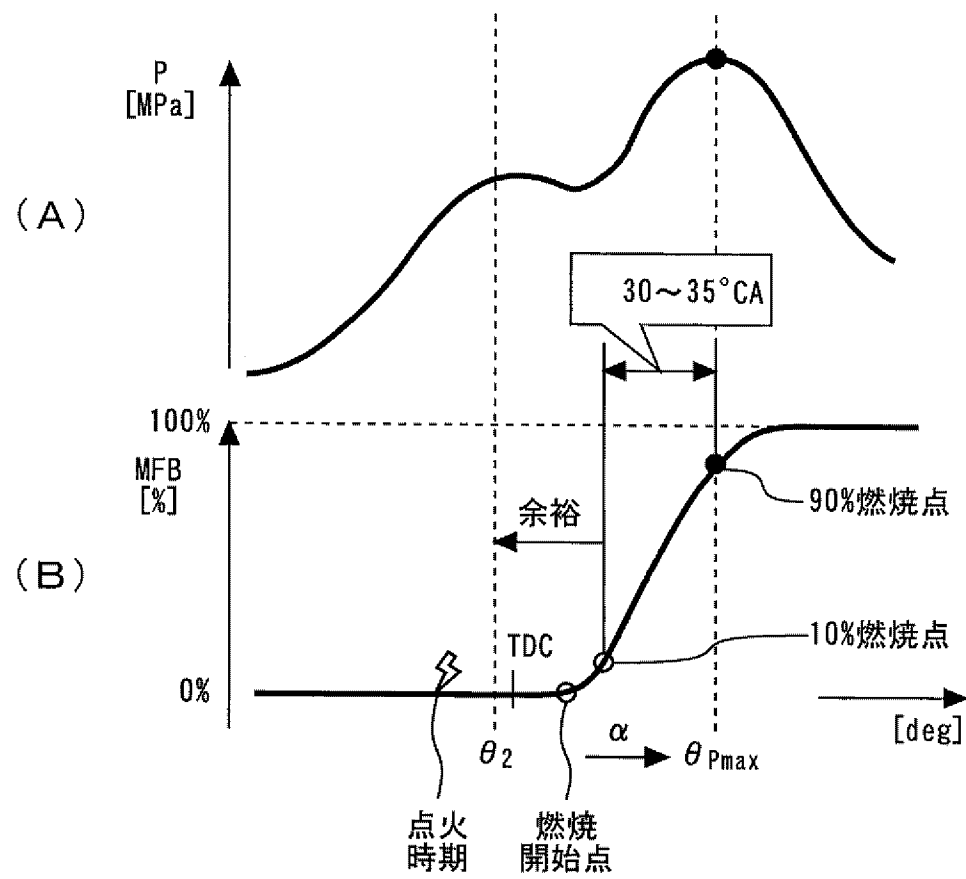
(A)



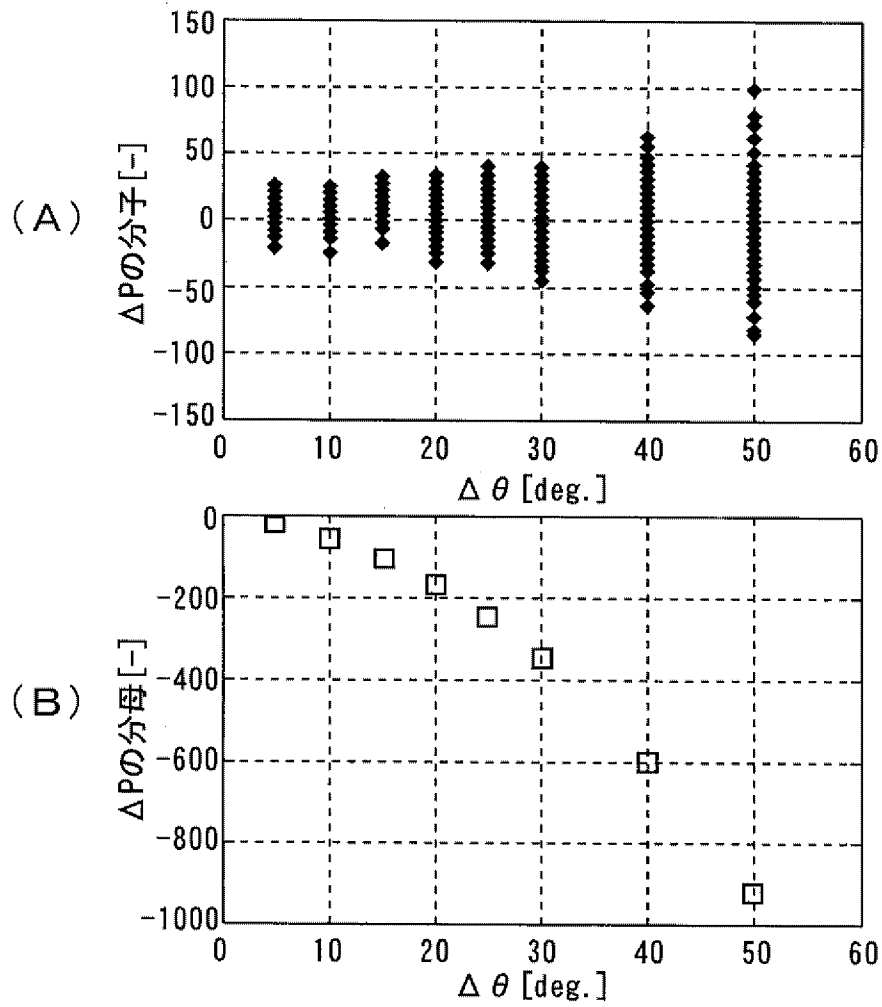
(B)



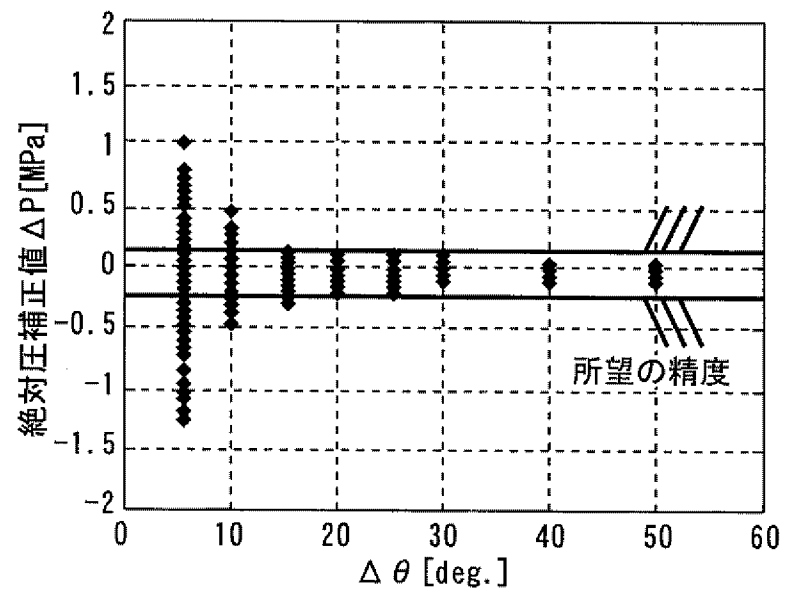
[図4]



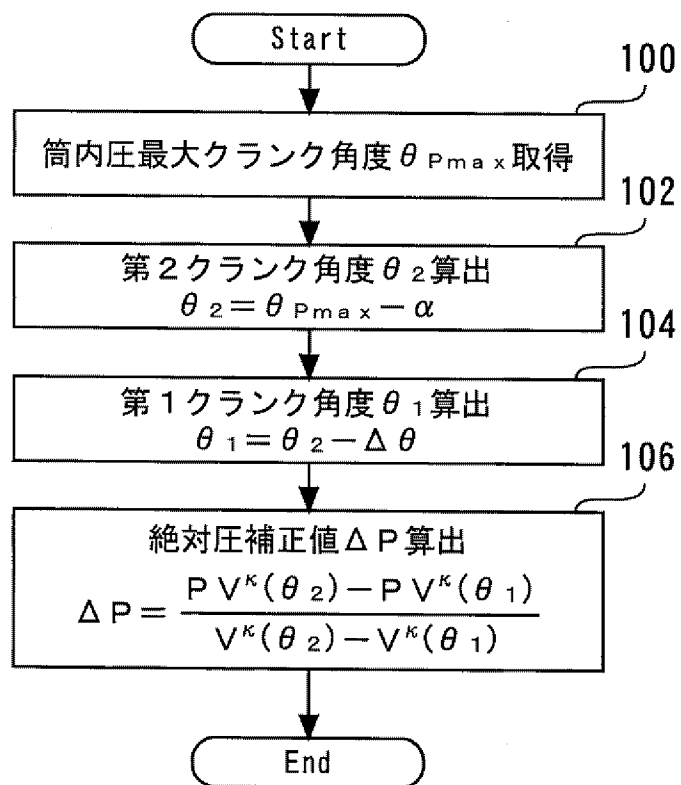
[図5]



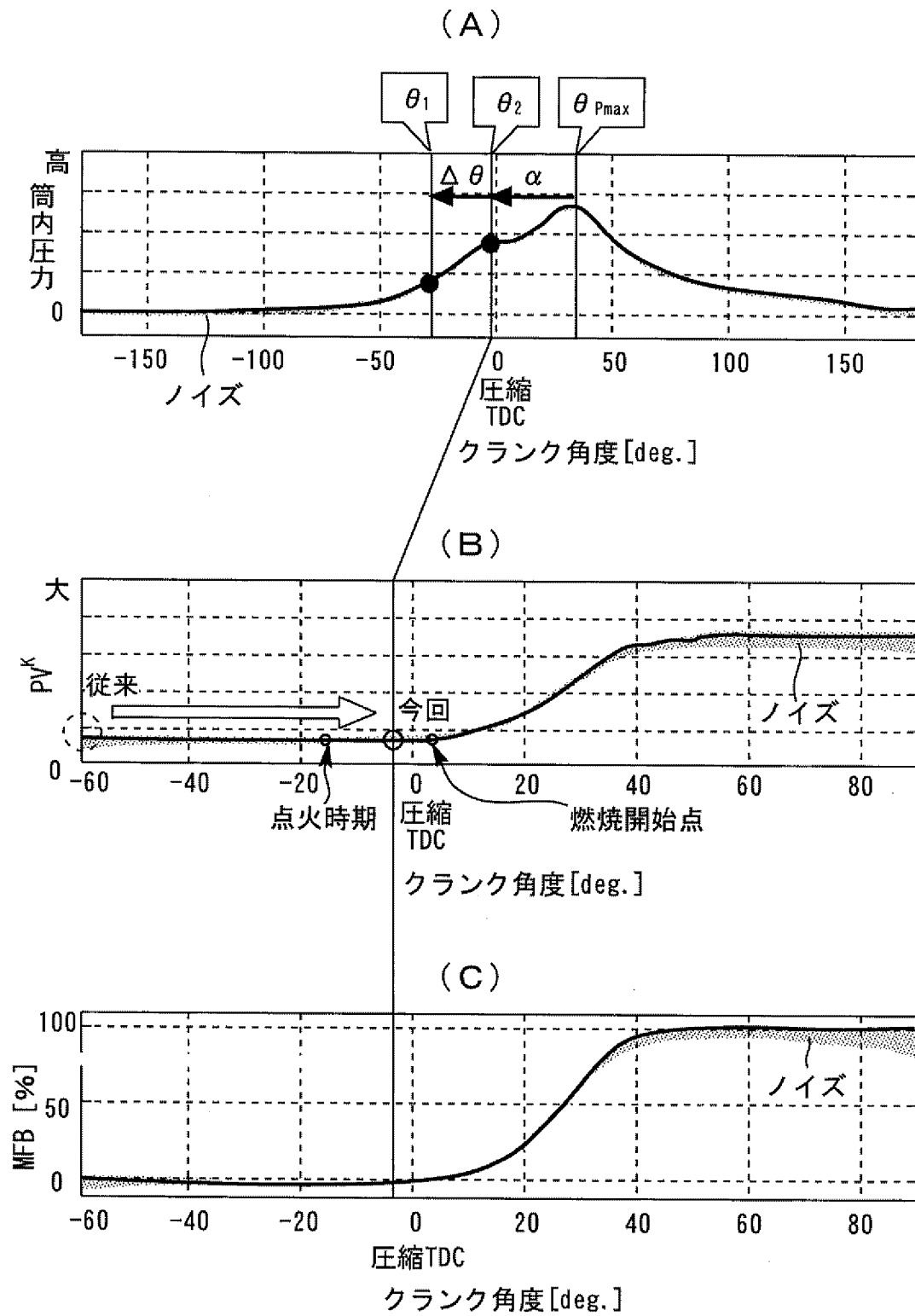
[図6]



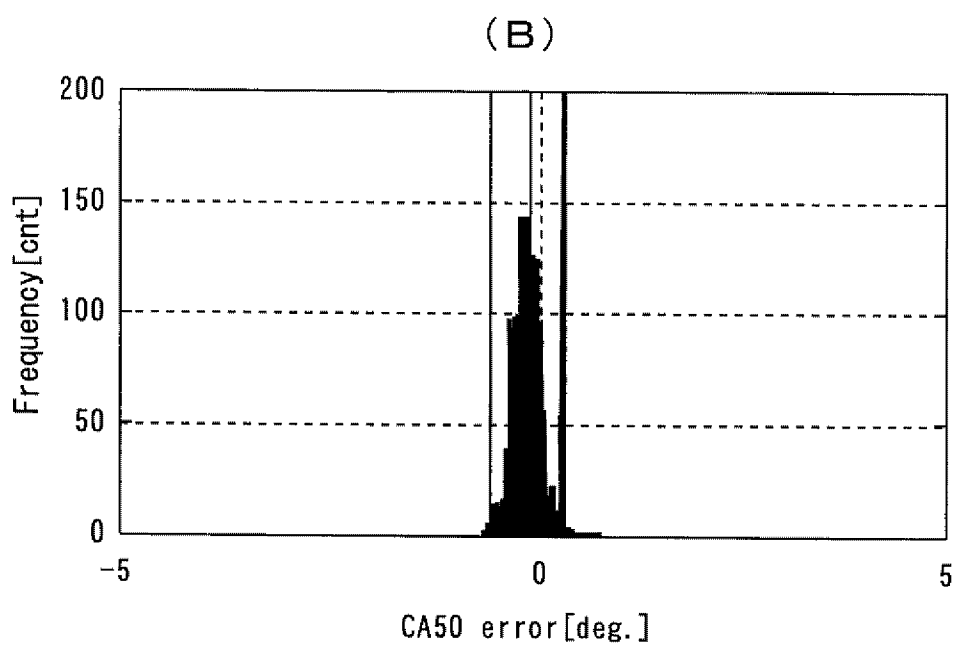
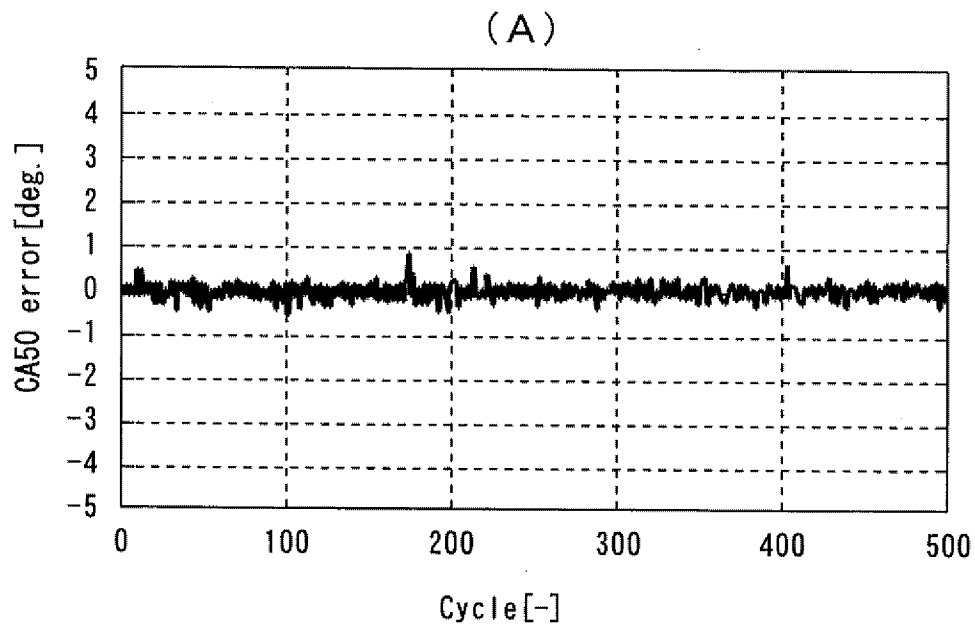
[図7]



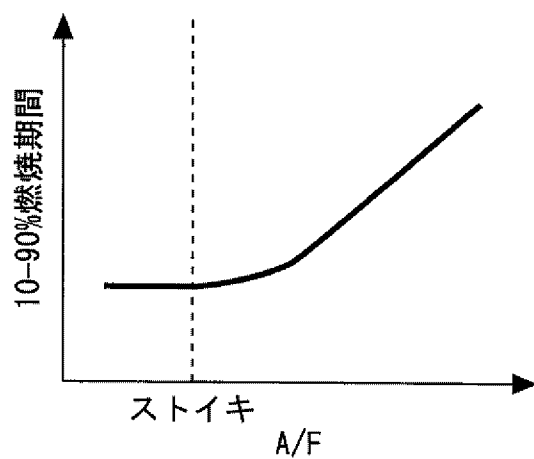
[図8]



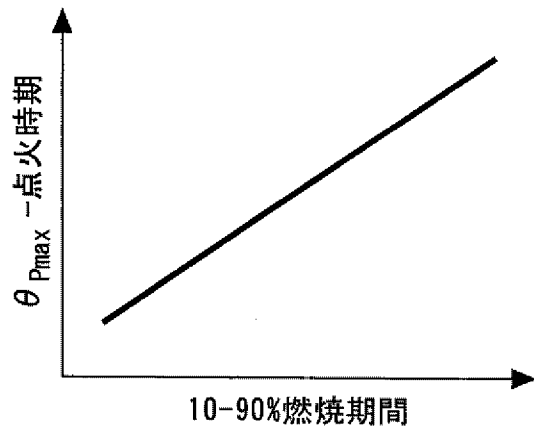
[図9]



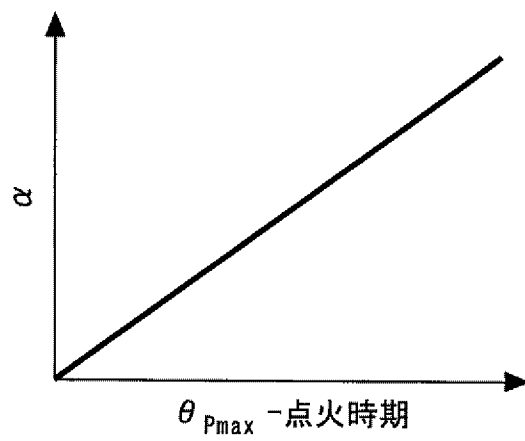
[図10]



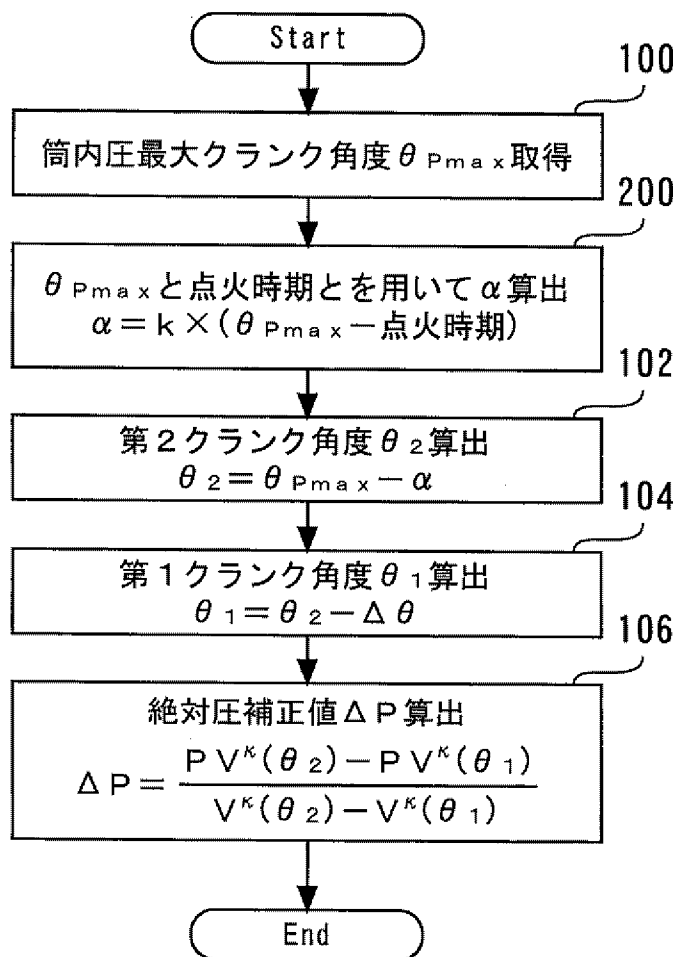
[図11]



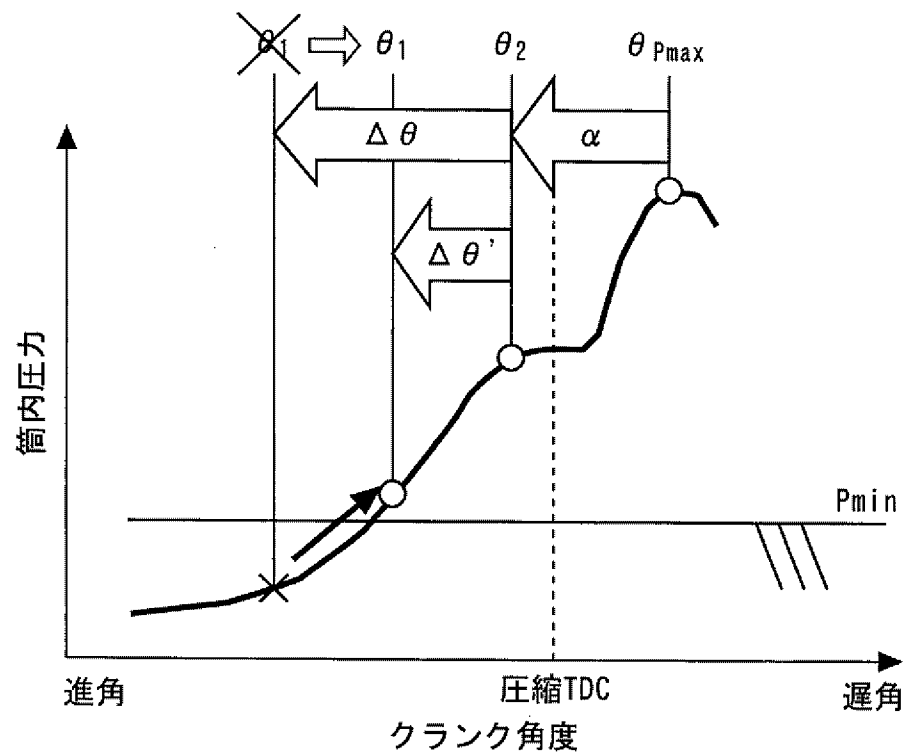
[図12]



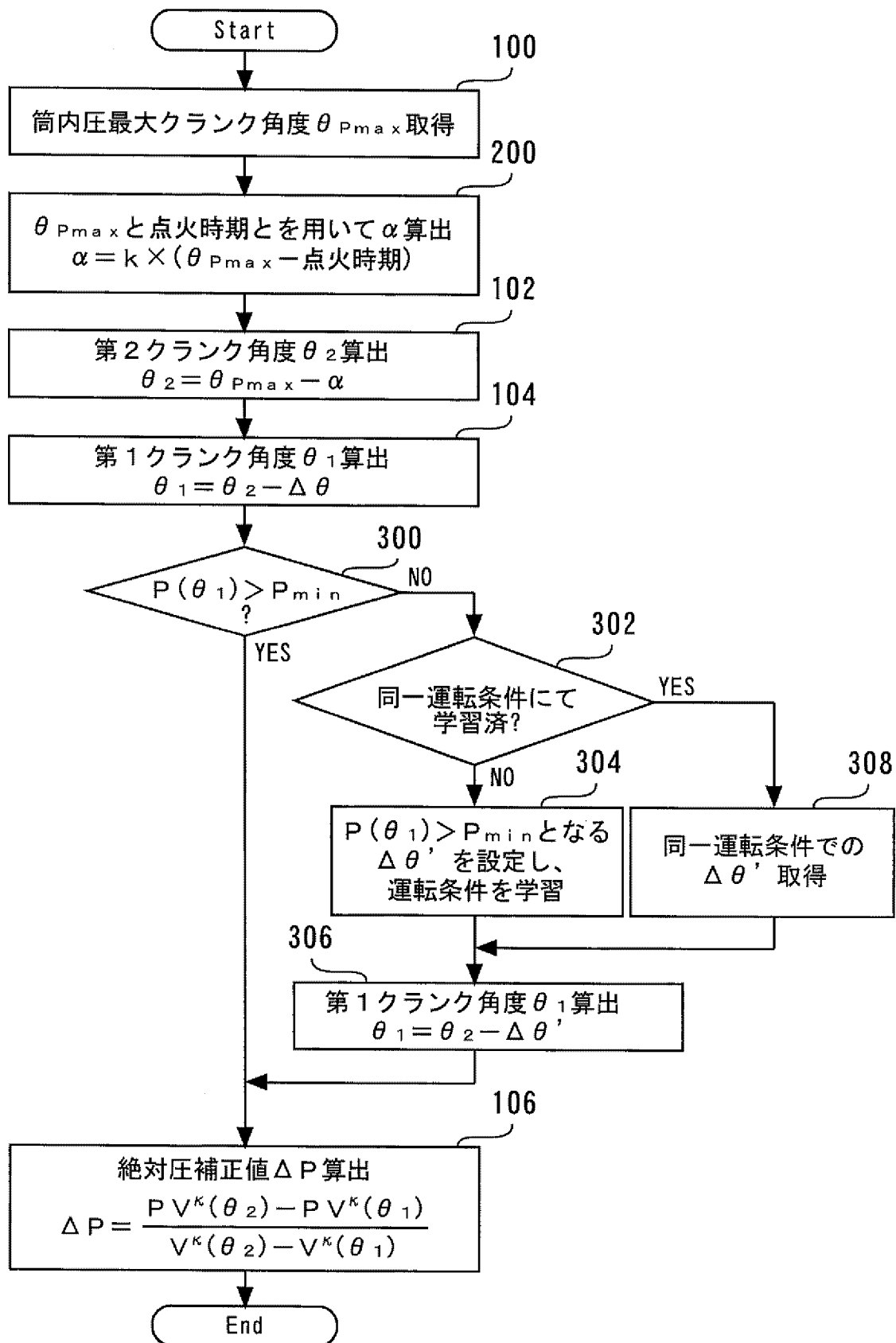
[図13]



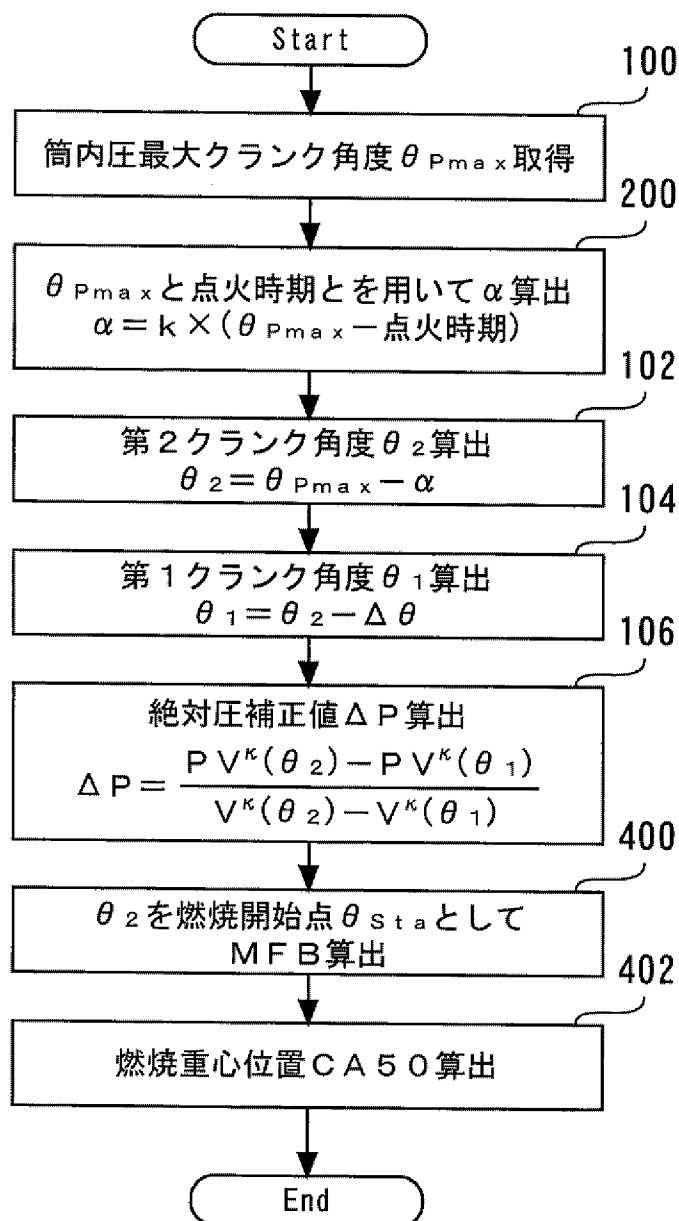
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/050806

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D45/00(2006.01) i

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	WO 2012/063363 A1 (Toyota Motor Corp.), 18 May 2012 (18.05.2012), paragraphs [0023] to [0037] & US 2013/0226434 A1 & CN 103180591 A	1-7
A	JP 2007-146785 A (Toyota Motor Corp.), 14 June 2007 (14.06.2007), paragraphs [0050], [0073] to [0078] & US 2008/0319633 A1 & WO 2007/064005 A1 & DE 112006003205 T & CN 101317001 A	1-7
A	JP 2012-207656 A (Toyota Motor Corp.), 25 October 2012 (25.10.2012), paragraphs [0032] to [0040], [0044], [0050] (Family: none)	1-7

☒ 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
11 April, 2014 (11.04.14)

Date of mailing of the international search report
28 April, 2014 (28.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/050806

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 2010-174706 A (Toyota Motor Corp.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraphs [0026], [0028] to [0039] (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F02D45/00(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	WO 2012/063363 A1（トヨタ自動車株式会社）2012.05.18, 段落 [0023]-[0037] & US 2013/0226434 A1 & CN 103180591 A	1-7
A	JP 2007-146785 A（トヨタ自動車株式会社）2007.06.14, 段落【0 0 5 0】、【0 0 7 3】－【0 0 7 8】 & US 2008/0319633 A1 & WO 2007/064005 A1 & DE 112006003205 T & CN 101317001 A	1-7

☒ 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

1 1 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

星名 真幸

3 Z

3 6 1 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 9 5

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 請求項の番号
A	JP 2012-207656 A (トヨタ自動車株式会社) 2012. 10. 25, 段落【0032】－【0040】、【0044】、【0050】 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2010-174706 A (トヨタ自動車株式会社) 2010. 08. 12, 段落【0026】、【0028】－【0039】 (ファミリーなし)	1-7