

(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12月18日(18.12.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/199443 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 13/02 (2006.01) F02D 23/00 (2006.01)
F02D 9/02 (2006.01) F02D 41/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/066098
- (22) 国際出願日: 2013年6月11日(11.06.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 齋藤 佑輔(SAITO, Yusuke) [JP/JP]; 〒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). 田中聡(TANAKA, Satoru) [JP/JP]; 〒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). 吉崎 聡(YOSHIZAKI, Satoshi) [JP/JP]; 〒

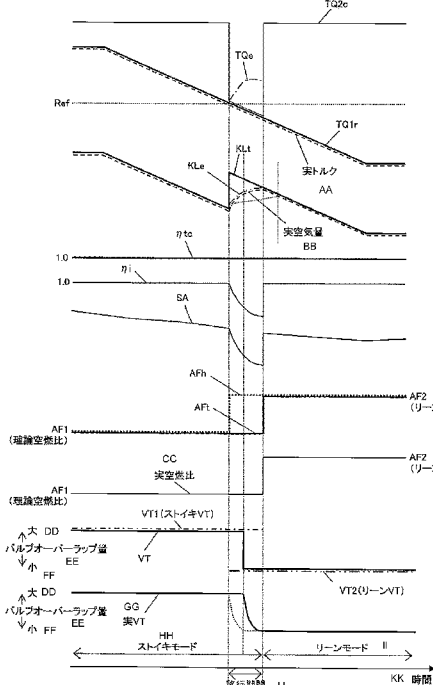
4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 森口 龍太郎 (MORIGUCHI, Ryutaro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 松本 陽介 (MATSUMOTO, Yosuke) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 足立 憲保 (ADACHI, Noriyasu) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

- (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, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置



(57) Abstract: In the present invention, a target air quantity for achieving a required torque is calculated on the basis of the required torque using a virtual air-fuel ratio. The virtual air-fuel ratio is changed from a first air-fuel ratio to a second air-fuel ratio in response to the fulfillment of conditions for switching from operation using the first air-fuel ratio to operation using the second air-fuel ratio. After the virtual air-fuel ratio has been changed from the first air-fuel ratio to the second air-fuel ratio, a target air-fuel ratio is switched from the first air-fuel ratio to the second air-fuel ratio. Further, after the virtual air-fuel ratio has been changed from the first air-fuel ratio to the second air-fuel ratio, a target valve timing is switched from a first valve timing to a second valve timing.

(57) 要約: 要求トルクを達成するための目標空気量は仮想空燃比を用いて要求トルクから算出される。仮想空燃比は、第1空燃比による運転から第2空燃比による運転へ運転モードを切り替える条件が満たされたことに応答して、第1空燃比から第2空燃比に変更される。仮想空燃比が第1空燃比から第2空燃比へ変更された後、目標空燃比は第1空燃比から第2空燃比へ切り替えられる。そして、仮想空燃比が第1空燃比から第2空燃比へ変更された後、目標バルブタイミングは第1バルブタイミングから第2バルブタイミングへ切り替えられる。

- AF1 (Theoretical air-fuel ratio)
- AF2 (Lean air-fuel ratio)
- VT1 (Stoichiometric VT)
- VT2 (lean VT)
- AA Actual torque
- BB Actual air quantity
- CC Actual air-fuel ratio
- DD Large
- EE Valve overlap
- FF Small
- GG Actual VT
- HH Stochiometric mode
- II Lean mode
- JJ Transition period
- KK Time

WO 2014/199443 A1



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, 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.

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).

(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

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] 本発明は、運転に用いる空燃比を少なくとも2つの空燃比の間で切り替え可能に構成された内燃機関の空気量、燃料供給量、及び点火時期を統合制御する制御装置に関する。

背景技術

[0002] 特開平11-22609号公報には、内燃機関の燃焼方式を成層燃焼から均質燃焼へ、或いは、均質燃焼から成層燃焼へ切り替え可能な内燃機関における燃焼方式の切り替え制御に関する技術（以下、先行技術）が開示されている。成層燃焼における空燃比は均質燃焼における空燃比よりもリーンであるので、燃焼方式の切り替えには空燃比の切り替えが伴う。空燃比の切り替えの方法としては、トルク段差が発生しないように空燃比を徐々に変化させる方法が周知である。しかし、この周知の方法では、トルクの段差は緩和されるものの所望のトルクを得ることができず、また、本来意図していない空燃比を用いるためにエミッションの悪化を招いてしまう問題があった。上記先行技術はこの問題に対する解決策として提案されている。

[0003] 上記先行技術によれば、均質燃焼から成層燃焼への切り替え時には、目標当量比をステップ的に切り換える前に目標空気量のみがステップ的に切り替えられる。詳しくは、目標空気量のみをステップ的に増大させて予め空気量を増大させておき、実際の空気量が目標空気量に達するタイミングにて目標当量比をステップ的に減少させる。つまり、目標空気量に遅れて空気量が增大している間は、燃焼方式の切り替え前の目標当量比が維持される。ただし、燃焼方式の切り替え前の目標当量比で燃料量を決定すると、燃料量はトルクを一定に保つのに必要な量よりも過剰になる。このため、上記先行技術では、この燃料量の過剰分を点火時期の遅角で補正することにより、燃焼方式の切り替え前におけるトルクの増大を回避することが行われる。

[0004] ところで、吸気バルブのバルブタイミングを変化させる可変バルブタイミング機構を備える内燃機関において空燃比を理論空燃比からリーン空燃比へ切り替える場合、目標バルブタイミングを理論空燃比に対応したバルブタイミングからリーン空燃比に対応したバルブタイミングに切り替えることが行われる。これにより、目標バルブタイミングは空燃比の理論空燃比からリーン空燃比への切り替えを受けてバルブオーバーラップ量が減少するように切り替えられる。

[0005] ここで、上述した先行技術のように、目標空気量を目標空燃比に先立って切り替える制御を行う場合において、目標バルブタイミングを目標空燃比の切り替えのタイミングで切り替えることとすると、可変バルブタイミング機構による切り替え動作中にリーン空燃比が実現されるため、燃焼悪化による失火の可能性が伴う。そこで、目標バルブタイミングの切り替えのタイミングは目標空気量の切り替えの時点とすることも考えられる。しかしながら、目標空気量の切り替えの時点で目標バルブタイミングの切り替えを行うこととすると、空燃比の切り替えに先立ってバルブオーバーラップ量が減少されることとなる。この場合、空気量の増大が緩慢になって目標空気量の切り替えから実際の空気量が目標空気量まで増大するまでの移行期間が長期化する可能性が伴う。移行期間は実際のトルクが要求トルクよりも大きくなってしまいうため、点火時期の遅角制御により要求トルクを実現しトルク段差を解消することが行われる。しかしながら、上記バルブオーバーラップ量の減少の影響により目標空気量が実現されるまでの移行期間が長期化すると、燃焼の悪化や燃費の悪化が懸念される。また、移行期間の長期化により点火時期の遅角制御が長期化すると排気系部品の温度上昇が問題となる。排気系部品の温度上昇は点火時期の遅角時間に制限を設けることで防止することができるが、燃料量の過剰によるトルクの増大を回避できなくなってしまう。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平11-22609号公報

発明の概要

- [0007] 本発明は、上述の問題に鑑みなされたもので、運転に用いる空燃比を少なくとも2つの空燃比の間で切り替え可能に構成された内燃機関において、トルクの変動を生じさせることなく空燃比を切り替えることを課題とする。
- [0008] 本発明は内燃機関の制御装置の構成に適用することができる。以下、本発明に係る内燃機関の制御装置の概要について説明する。ただし、以下に説明する本発明の内容から明らかであるように、本発明は内燃機関の制御方法の手順に適用することができるし、制御装置で実行されるプログラムのアルゴリズムに適用することもできる。
- [0009] 本発明に係る制御装置は、3種類のアクチュエータを有し、第1空燃比による運転と第1空燃比よりもリーンな第2空燃比による運転とを選択可能に構成された内燃機関を制御対象とする。3種類のアクチュエータとは、空気量を変化させる第1アクチュエータ、筒内に燃料を供給する第2アクチュエータ、そして、筒内の混合気に点火する第3アクチュエータである。第1アクチュエータには、スロットル、吸気バルブのバルブタイミングを変化させる可変バルブタイミング機構が含まれ、さらに内燃機関が過給エンジンであるならば、過給器の過給特性を変化させる過給特性可変アクチュエータ、具体的には、可変ノズルやウエストゲートバルブが第1アクチュエータに含まれる。第2アクチュエータは具体的には燃料を噴射するインジェクタであり、吸気ポートに燃料を噴射するポートインジェクタとシリンダ内に燃料を直接噴射する筒内インジェクタとが含まれる。第3アクチュエータは具体的には点火装置である。本発明に係る制御装置は、これら3種類のアクチュエータの協調操作によって内燃機関の空気量、燃料供給量、及び点火時期を統合制御する。
- [0010] 本発明に係る制御装置はコンピュータによって具現化することができる。より詳しくは、種々の機能を実現するための処理を記述したプログラムを記憶したメモリと、同メモリからプログラムを読みだして実行するプロセッサとを備えたコンピュータによって本発明に係る制御装置を構成することがで

きる。本発明に係る制御装置が備える機能には、上記3種類のアクチュエータの協調操作に用いる目標空気量及び目標空燃比を決定するための機能として、要求トルク受信機能、目標空燃比切替機能、目標空気量算出機能、及び仮想空燃比変更機能が含まれている。

[0011] 要求トルク受信機能によれば、内燃機関に対する要求トルクが受信される。要求トルクはドライバによって操作されるアクセルペダルの開度に応答する信号に基づいて計算される。ドライバが内燃機関に対して減速を要求する場合には、ドライバがアクセルペダルを閉じる速度に応じて減少する要求トルクが得られる。ドライバが内燃機関に対して加速を要求する場合には、ドライバがアクセルペダルを開く速度に応じて増大する要求トルクが得られる。

[0012] 目標空気量算出機能によれば、要求トルクを達成するための目標空気量が要求トルクから算出される。目標空気量の計算には、空気量のトルクへの変換効率を与えるパラメータが用いられる。空燃比が理論空燃比よりもリーンであるほど同一空気量で発生するトルクは低下することから、空燃比に対応するパラメータは空気量のトルクへの変換効率を与えるパラメータに該当する。仮想空燃比は空燃比に対応するパラメータであって、目標空気量の計算に用いられるパラメータの1つである。仮想空燃比の値は可変であり、仮想空燃比変更機能によって変更される。仮想空燃比変更機能によれば、第1空燃比による運転から第2空燃比による運転へ運転モードを切り替える条件が満たされたことに応答して、仮想空燃比は第1空燃比から第2空燃比へ変更される。要求トルクの値が同じであるならば、仮想空燃比がリッチであるほど目標空気量は小さくなり、仮想空燃比がリーンであるほど目標空気量は大きくなる。

[0013] 目標空燃比切替機能によれば、仮想空燃比が第1空燃比から第2空燃比へ変更された後、目標空燃比は第1空燃比から第1空燃比よりもリーンな第2空燃比へ切り替えられる。目標空燃比を第1空燃比から第2空燃比へ切り替える具体的なタイミングは、第1アクチュエータの操作量から推定される空

気量（推定空気量）と目標空気量との差が閾値以下になった時点であることが好ましい。また、パラメータの値が変更されてから一定時間が経過した時点で目標空燃比を第1空燃比から第2空燃比へ切り替えてもよい。

[0014] 本発明に係る制御装置は、上記処理によって決定された目標空気量と目標空燃比とに基づいて3種類のアクチュエータを協調操作する。本発明に係る制御装置が備える機能には、目標空気量と目標空燃比とに基づいた協調操作のための機能として、第1アクチュエータ制御機能、第2アクチュエータ制御機能、及び第3アクチュエータ制御機能が含まれる。

[0015] 第1アクチュエータ制御機能によれば、目標空気量に基づいて第1アクチュエータの操作量が決定される。そして、決定された操作量に従って第1アクチュエータの操作が行われる。第1アクチュエータの操作によって実際の空気量は目標空気量に追従するように変化する。

[0016] 第2アクチュエータ制御機能によれば、目標空燃比に基づいて燃料供給量が決定される。そして、決定された燃料供給量に従って第2アクチュエータの操作が行われる。

[0017] 第3アクチュエータ制御機能によれば、第1アクチュエータの操作量と目標空燃比とから推定されるトルクと要求トルクとに基づいて要求トルクを達成するための点火時期が決定される。そして、決定された点火時期に従って第3アクチュエータの操作が行われる。第1アクチュエータの操作量からは実際の空気量を推定することができ、推定空気量と目標空燃比とからトルクを推定することができる。第3アクチュエータの操作は、推定トルクの要求トルクに対する過剰分を点火時期によって補正するように行われる。

[0018] なお、第1アクチュエータ制御機能には、第1のアクチュエータである可変バルブタイミング機構の操作量を決定するための機能として、第1バルブタイミング算出機能、第2バルブタイミング算出機能、目標バルブタイミング切り替え機能が含まれている。

[0019] 第1バルブタイミング算出機能によれば、目標空気量に基づいて第1空燃比に対応した目標バルブタイミングである第1バルブタイミングが算出され

る。

- [0020] 第2バルブタイミング算出機能によれば、目標空気量に基づいて第1空燃比よりもリーンな第2空燃比に対応した目標バルブタイミングである第2バルブタイミングが算出される。
- [0021] 目標バルブタイミング切り替え機能によれば、仮想空燃比が第1空燃比から第2空燃比へ変更された後、目標バルブタイミングが第1バルブタイミングから第2バルブタイミングへ切り替えられる。
- [0022] 目標バルブタイミングを第1バルブタイミングから第2バルブタイミングへ切り替える具体的なタイミングは、第1アクチュエータの操作量から推定される空気量が目標空気量に到達するまでの時間の予測値である第1到達予測時間が、可変バルブタイミング機構を第1バルブタイミングの位置から第2バルブタイミングの位置まで操作させるのに要する時間の予測値である第2到達予測時間に一致した時点であることが好ましい。
- [0023] 本発明に係る制御装置によれば、以上述べた機能を備えることにより、第1空燃比による運転から第1空燃比よりもリーンな第2空燃比による運転へ、トルクの変動を生じさせることなく内燃機関の運転モードを切り替えることができる。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1]本発明の実施の形態1に係る制御装置のロジックを示すブロック図である。
- [図2]本発明の実施の形態1に係る制御装置の運転モードの切り替えのロジックを示すブロック図である。
- [図3]本発明の実施の形態1に係る制御装置の目標バルブタイミングの切り替えのロジックを示すブロック図である。
- [図4]第1バルブタイミングと第2バルブタイミングとの差とリーンバルブタイミング到達予測時間との関係を記述したマップである。
- [図5]目標空気量と推定空気量との差と目標空気量到達予測時間との関係を記述したマップである。

[図6]本発明の実施の形態1に係る制御装置による制御結果のイメージを示すタイムチャートである。

[図7]比較例による制御結果のイメージを示すタイムチャートである。

[図8]本発明の実施の形態2に係る制御装置のロジックを示すブロック図である。

[図9]本発明の実施の形態2に係る制御装置による制御結果のイメージを示すタイムチャートである。

発明を実施するための形態

[0025] [実施の形態1]

以下、本発明の実施の形態1について図を参照して説明する。

[0026] 本実施の形態において制御対象とされる内燃機関（以下、エンジン）は、火花点火式の4サイクルレシプロエンジンである。また、このエンジンはいわゆるリーンバーンエンジンであり、エンジンの運転モードとして、理論空燃比による運転を行うストイキモード（第1運転モード）と、理論空燃比よりもリーンな空燃比による運転を行うリーンモード（第2運転モード）とを選択可能に構成されている。

[0027] 車両に搭載されているECU（Electrical control Unit）は、エンジンに備えられる各種のアクチュエータを操作することでエンジンの運転を制御する。ECUにより操作されるアクチュエータには、空気量を変化させる第1アクチュエータであるスロットルと可変バルブタイミング機構（以下、VVT）、筒内に燃料を供給する第2アクチュエータであるインジェクタ、筒内の混合気に点火する第3アクチュエータである点火装置が含まれる。VVTは吸気バルブに対して設けられ、インジェクタは吸気ポートに設けられている。ECUはこれらのアクチュエータを操作してエンジンの運転を制御する。ECUによるエンジンの制御には、ストイキモードからリーンモードへ、或いは、リーンモードからストイキモードへの運転モードの切り替えが含まれている。

[0028] 図1には、本実施の形態に係るECUのロジックがブロック図で示されて

いる。ECUはエンジンコントローラ100とパワートレインマネージャ200とを含む。エンジンコントローラ100はエンジンを直接制御する制御装置であって、本発明に係る制御装置に相当する。パワートレインマネージャ200は、エンジンや電子制御式自動変速機、さらにはVSCやTRC等の車両制御デバイスを含む駆動系全体を統合制御する制御装置である。エンジンコントローラ100は、パワートレインマネージャ200から受け取った信号に基づいてエンジンの運転を制御するように構成されている。エンジンコントローラ100とパワートレインマネージャ200は、いずれもソフトウェアによって実現される。詳しくは、メモリに記憶されたプログラムを読み出し、それをプロセッサによって実行することによって、エンジンコントローラ100とパワートレインマネージャ200のそれぞれの機能がECUにおいて実現される。なお、ECUがマルチコアプロセッサを備える場合には、エンジンコントローラ100とパワートレインマネージャ200のそれぞれを異なるコア或いはコアグループに割り当てることができる。

[0029] 図1におけるパワートレインマネージャ200を示すブロック内には、パワートレインマネージャ200が備える種々の機能のうち、エンジンの制御に関係する機能の一部がブロックで表されている。これらブロックのそれぞれに演算ユニットが割り当てられている。ECUには各ブロックに対応するプログラムが用意され、それらがプロセッサによって実行されることで各演算ユニットの機能がECUにおいて実現される。なお、ECUがマルチコアプロセッサを備える場合には、パワートレインマネージャ200を構成する演算ユニットを複数のコアに分散させて割り当てることができる。

[0030] 演算ユニット202は要求第1トルクを計算してエンジンコントローラ100に送信する。図中では、要求第1トルクは“TQ1r”と表記されている。第1トルクは、エンジンに求められる応答性が高くなく、今直ぐでなくとも近い将来に実現されればよい種類のトルクである。要求第1トルクは、パワートレインマネージャ200がエンジンに対して要求する第1トルクの要求値であって、本発明における要求トルクに相当する。演算ユニット202に

は、図示しないアクセルポジションセンサから、アクセルペダルの開度に応答して出力される信号が入力されている。要求第1トルクはその信号に基づいて計算される。なお、要求第1トルクは軸トルクである。

[0031] 演算ユニット204は要求第2トルクを計算してエンジンコントローラ100に送信する。図中では、要求第2トルクは“TQ2r”と表記されている。第2トルクは、第1トルクよりも緊急性或いは優先度が高くエンジンに高い応答性が求められる種類のトルク、すなわち、今直ぐに実現することが求められる種類のトルクである。ここで言う応答性とはトルクを一時的に低下させるときの応答性を意味する。要求第2トルクは、パワートレインマネージャ200がエンジンに対して要求する第2トルクの要求値である。演算ユニット204で算出される要求第2トルクには、電子制御式自動変速機の変速制御のために要求されるトルク、トラクション制御のために要求されるトルク、横滑り防止制御のために要求されるトルク等、車両制御システムから要求されるトルクが含まれている。第1トルクが定常的に或いは長期間にわたってエンジンに求められるトルクであるのに対し、第2トルクはエンジンに対して突発的に或いは短期間の間に求められるトルクであるという側面を持つ。このため、演算ユニット204は、実際にそのようなトルクが必要となるイベントが発生した場合のみ、実現したいトルクの大きさに応じた有効値を出力し、そのようなイベントが発生していない間は無効値を出力する。無効値はエンジンが出力しうる最大軸トルクよりも大きい値に設定されている。

[0032] 演算ユニット206は自動変速機の変速比を算出し、図示しない変速機コントローラに変速比を指示する信号を送信する。変速機コントローラはパワートレインマネージャ200やエンジンコントローラ100と同様にECUの1つの機能として実現されている。演算ユニット206には、エンジンコントローラ100からフラグ信号が入力される。図中では、フラグ信号は“FLAG”と表記されている。フラグ信号は運転モードの切り替え中であることを示す信号である。フラグ信号がオンの間、演算ユニット206は自動変速機

の変速比を固定する。つまり、運転モードの切り替えを行なっている間は、エンジンの運転状態が大きく変化しないように自動変速機による変速比の変更を禁止することが行われる。

[0033] 演算ユニット208は、所定の条件が満たされたことに応答して、運転モードの切り替えの中止を指示する中止信号をエンジンコントローラ100に送信する。図中では、中止信号は“Stop”と表記されている。所定の条件とは、エンジンの運転状態を大きく変化させる要求がパワートレインマネージャ200から出されることである。例えば、自動変速機の変速比を変更する場合や、触媒の暖機のためにエンジンに対して点火時期や燃料噴射量に関する特別な要求が出される場合には、演算ユニット208から中止信号が出力される。

[0034] 次に、エンジンコントローラ100の構成について説明する。エンジンコントローラ100とパワートレインマネージャ200の間にはインタフェース101、102、103、104が設定されている。インタフェース101は本発明における要求トルク受信手段に相当し、インタフェース101では要求第1トルクの受け渡しが行われる。インタフェース102では中止信号の受け渡しが行われる。インタフェース103ではフラグ信号の受け渡しが行われる。そして、インタフェース104では要求第2トルクの受け渡しが行われる。

[0035] 図1におけるエンジンコントローラ100を示すブロック内には、エンジンコントローラ100が備える種々の機能のうち、3種のアクチュエータ、すなわち、第1アクチュエータであるスロットル2及びVVT8、第2アクチュエータであるインジェクタ4、及び、第3アクチュエータである点火装置6の協調操作に係る機能がブロックで表されている。これらブロックのそれぞれに演算ユニットが割り当てられている。ECUには各ブロックに対応するプログラムが用意され、それらがプロセッサによって実行されることで各演算ユニットの機能がECUにおいて実現される。なお、ECUがマルチコアプロセッサを備える場合には、エンジンコントローラ100を構成

する演算ユニットを複数のコアに分散させて割り当てることができる。

[0036] エンジンコントローラ100は、大きく分けて3つの大演算ユニット120、140、160から構成されている。大演算ユニット120はエンジンに対する種々の制御用パラメータの値を計算する。制御用パラメータにはエンジンに対する各種制御量の目標値が含まれる。さらに、目標値には、パワートレインマネージャ200から送信された要求値に基づいて計算されるものと、エンジンの運転状態に関する情報に基づいて大演算ユニット120の内部で計算されるものとが含まれる。なお、要求値はエンジンの状態を考慮することなくパワートレインマネージャ200から一方的に要求される制御量の値であるのに対し、目標値はエンジンの状態によって決まる実現可能な範囲に基づいて設定される制御量の値である。大演算ユニット120は、より具体的には、4つの演算ユニット122、124、126、128から構成されている。

[0037] 演算ユニット122は、エンジンに対する制御用パラメータとして、目標空燃比、仮想空燃比、切替用目標効率、及び切替用目標第2トルクを計算する。図中では、目標空燃比は“AFt”と表記され、仮想空燃比は“AFh”と表記され、切替用目標効率は“ η_{tc} ”と表記され、切替用目標第2トルクは“TQ2c”と表記されている。目標空燃比は、エンジンに実現される空燃比の目標値であって、燃料噴射量の計算に使用される。一方、仮想空燃比は、トルクの空気量への変換効率を与えるパラメータであって、目標空気量の計算に使用される。切替用目標効率は、運転モードの切り替えのための点火時期効率の目標値であって、目標空気量の計算に使用される。点火時期効率とは、点火時期が最適点火時期であるときに出力しうるトルクに対する実際に出力されるトルクの割合を意味し、点火時期が最適点火時期のときに最大値である1になる。なお、最適点火時期とは、基本的にはMBT (Minimum Advance for Best Torque) を意味し、トレースノック点火時期が設定されている場合には、MBTとトレースノック点火時期のうちより遅角側にある点火時期を意味する。切替用目標第2トルクは、運転モードの切り替えのための第2ト

ルクの目標値であって、運転モードの切り替え時において点火時期効率の計算の切り替えに用いられる。演算ユニット122で計算されるこれら制御用パラメータの値の組み合わせによって、運転モードの切り替えが実行される。演算ユニット122で行われる処理の内容と運転モードの切り替えとの関係については後で詳しく説明する。

[0038] 演算ユニット122には、パワートレインマネージャ200から与えられた要求第1トルク、要求第2トルク、中止信号の他、エンジン回転数等のエンジンの運転状態に関する様々な情報が入力されている。このうち運転モードの切り替えのタイミングの判断に用いられる情報は要求第1トルクである。要求第2トルクと中止信号は運転モードの切り替えが許可されているのか禁止されているのかを判断するための情報として用いられる。中止信号が入力されているとき、及び、有効な値の要求第2トルクが入力されているときには、演算ユニット122は運転モードの切り替えに関わる処理は実行しない。また、演算ユニット122は、運転モードの切り替え中、つまり、運転モードの切り替えのための計算処理を実行している間は、前述のフラグ信号をパワートレインマネージャ200に送信する。

[0039] 演算ユニット124は、エンジンに対する制御用パラメータとして、現在のエンジンの運転状態を維持するか或いは予定されている所定の運転状態を実現させるために必要とされるトルクのうち、第1トルクに分類されるトルクを計算する。ここでは、演算ユニット124で計算されるトルクをその他第1トルクと呼ぶ。図中では、その他第1トルクは“TQ1etc”と表記されている。その他第1トルクには、エンジンがアイドル状態にある場合において所定のアイドル回転数を維持するために必要なトルクのうち、空気量の制御のみによって達成可能な変動の範囲にあるトルクが含まれる。演算ユニット124は、実際にそのようなトルクが必要になった場合のみ有効値を出力し、そのようなトルクが必要のない間は無効値を算出する。無効値はエンジンが出力しうる最大図示トルクよりも大きい値に設定されている。

[0040] 演算ユニット126は、エンジンに対する制御用パラメータとして、現在

のエンジンの運転状態を維持するか或いは予定されている所定の運転状態を実現させるために必要とされるトルクのうち、第2トルクに分類されるトルクを計算する。ここでは、演算ユニット126で計算されるトルクをその他第2トルクと呼ぶ。図中では、その他第2トルクは“TQ2etc”と表記されている。その他第2トルクには、エンジンがアイドル状態にある場合において所定のアイドル回転数を維持するために必要なトルクのうち、その達成のためには点火時期の制御が必要となるトルクが含まれる。演算ユニット126は、実際にそのようなトルクが必要になった場合のみ有効値を出力し、そのようなトルクが必要のない間は無効値を算出する。無効値はエンジンが出力しうる最大図示トルクよりも大きい値に設定されている。

[0041] 演算ユニット128は、エンジンに対する制御用パラメータとして、現在のエンジンの運転状態を維持するか或いは予定されている所定の運転状態を実現させるために必要とされる点火時期効率を計算する。ここでは、演算ユニット128で計算される点火時期効率をその他効率と呼ぶ。図中では、その他効率は“ η etc”と表記されている。その他効率には、エンジンの始動時において排気浄化用触媒を暖機するために必要な点火時期効率が含まれる。点火時期効率を低くするほど、燃料の燃焼によって発生したエネルギーのうちトルクに変換されるエネルギーは少なくなり、その分多くのエネルギーが排気ガスとともに排気通路に排出されて排気浄化用触媒の暖機に用いられることになる。なお、そのような効率の実現が必要のない間は、演算ユニット128から出力される効率の値は最大値である1に保持される。

[0042] 以上のように構成される大演算ユニット120からは、要求第1トルク、その他第1トルク、目標空燃比、仮想空燃比、切替用目標効率、その他効率、要求第2トルク、切替用目標第2トルク、その他第2トルクが出力される。これらの制御用パラメータは大演算ユニット140に入力される。なお、パワートレインマネージャ200から与えられる要求第1トルクと要求第2トルクは軸トルクであるが、大演算ユニット120ではこれらを図示トルクに補正することが行われている。要求トルクの図示トルクへの補正はフリク

ショントルク、補機駆動トルク及びポンプロスを要求トルクに対して加算或いは減算することによって行われる。なお、大演算ユニット120の内部で計算される切替用目標第2トルク等のトルクについては、いずれも図示トルクとして計算されている。

[0043] 次に、大演算ユニット140について説明する。上述のように、大演算ユニット120からは様々なエンジン制御用パラメータが送られてくる。このうち、要求第1トルクとその他第1トルクとは同じカテゴリに属する制御量に対する要求であり、同時には成立し得ない。同様に、要求第2トルクとその他第2トルクと切替用目標第2トルクとは同じカテゴリに属する制御量に対する要求であり、同時には成立し得ない。同様に、切替用目標効率とその他効率とは同じカテゴリに属する制御量に対する要求であり、同時には成立し得ない。このため、制御量のカテゴリ毎に調停という処理が必要となる。ここでいう調停とは、例えば最大値選択、最小値選択、平均、或いは重ね合わせ等、複数の数値から1つの数値を得るための計算処理であり、複数種類の計算処理を適宜に組み合わせたものとすることもできる。このような調停を制御量のカテゴリごとに実施するため、大演算ユニット140には3つの演算ユニット142、144、146が用意されている。

[0044] 演算ユニット142は第1トルクを調停するように構成されている。演算ユニット142には要求第1トルクとその他第1トルクとが入力される。演算ユニット142はそれらを調停し、調停されたトルクを最終的に決定された目標第1トルクとして出力する。図中では、最終的に決定された目標第1トルクは“TQ1t”と表記されている。演算ユニット142における調停方法としては最小値選択が用いられる。したがって、演算ユニット124から有効値が出力されていない場合は、パワートレインマネージャ200から与えられた要求第1トルクが目標第1トルクとして算出される。

[0045] 演算ユニット144は点火時期効率を調停するように構成されている。演算ユニット144には切替用目標効率とその他効率とが入力される。演算ユニット144はそれらを調停し、調停された効率を最終的に決定された目標

効率として出力する。図中では、最終的に決定された目標効率は“ ηt ”と表記されている。演算ユニット144における調停方法としては最小値選択が用いられる。燃費性能の観点からは、点火時期効率は最大値である1になっていることが好ましい。このため、特別なイベントのない限り、演算ユニット122で計算される切替用目標効率も演算ユニット128で計算されるその他効率も最大値である1に保持されている。したがって、演算ユニット144から出される目標効率の値は基本的には1であり、何らかのイベントが発生した場合のみ1よりも小さい値が選択される。

[0046] 演算ユニット146は第2トルクを調停するように構成されている。演算ユニット146には要求第2トルクとその他第2トルクと切替用目標第2トルクとが入力される。演算ユニット146はそれらを調停し、調停されたトルクを最終的に決定された目標第2トルクとして出力する。図中では、最終的に決定された目標第2トルクは“ $TQ2t$ ”と表記されている。演算ユニット146における調停方法としては最小値選択が用いられる。第2トルクは切替用目標第2トルクも含めて基本的には無効値であり、特定のイベントが発生した場合のみ実現したいトルクの大きさを示す有効値に切り替えられる。したがって、演算ユニット146から出力される目標第2トルクも基本的には無効値であり、何らかのイベントが発生した場合のみ有効値が選択される。

[0047] 以上のように構成される大演算ユニット140からは、目標第1トルク、目標効率、仮想空燃比、目標空燃比、及び目標第2トルクが出力される。これらの制御用パラメータは大演算ユニット160に入力される。

[0048] 大演算ユニット160はエンジンの逆モデルに相当し、マップや関数で表された複数のモデルで構成されている。協調操作のための各アクチュエータ2、4、6、8の操作量は大演算ユニット160で算出される。大演算ユニット140から入力される制御用パラメータのうち、目標第1トルクと目標第2トルクとは何れもエンジンに対するトルクの目標値として扱われる。ただし、目標第2トルクは目標第1トルクに優先する。大演算ユニット160

では、目標第2トルクが有効値である場合には目標第2トルクを達成するように、目標第2トルクが無効値である場合には目標第1トルクを達成するように、各アクチュエータ2、4、6、8の操作量の計算が行われる。操作量の計算は、目標トルクと同時に目標空燃比と目標効率も達成されるように行われる。つまり、本実施の形態に係る制御装置では、エンジンの制御量としてトルク、効率及び空燃比が用いられ、これら3種類の制御量の目標値に基づいて空気量制御、点火時期制御及び燃料噴射量制御が実施される。

[0049] 大演算ユニット160は複数の演算ユニット162、164、166、168、170、172、174、176、178から構成される。これらの演算ユニットのうち空気量制御に関係するものは演算ユニット162、164、166、178であり、点火時期制御に関係するものは演算ユニット168、170、172であり、燃料噴射量制御に関係するものは演算ユニット174、176である。以下、空気量制御に関係する演算ユニットから順に、各演算ユニットの機能について説明する。

[0050] 演算ユニット162には目標第1トルクと目標効率と仮想空燃比とが入力される。演算ユニット162は本発明における目標空気量算出手段に相当し、目標効率と仮想空燃比とを用いて、目標第1トルクを達成するための目標空気量を目標第1トルクから算出する。この計算では、目標効率及び仮想空燃比は空気量からトルクへの変換効率を与えるパラメータとして用いられる。なお、本発明においては空気量とは筒内に吸入される空気の量であり、それを無次元化した充填効率或いは負荷率は本発明における空気量の均等の範囲内にある。

[0051] 演算ユニット162は、まず、目標第1トルクを目標効率で除算することによって空気量制御用目標トルクを算出する。目標効率が1よりも小さい場合には、空気量制御用目標トルクは目標第1トルクよりも大きくなる。これは目標第1トルクよりも大きなトルクを潜在的に出力可能にしておくことがアクチュエータ2、8による空気量制御に求められていることを意味する。一方、目標効率が1である場合には、目標第1トルクがそのまま空気量制御

用目標トルクとして算出される。

[0052] 演算ユニット162は、次に、トルク-空気量変換マップを用いて空気量制御用目標トルクを目標空気量に変換する。トルク-空気量変換マップは、点火時期が最適点火時期であることを前提にして、トルクと空気量とがエンジン回転数及び空燃比を含む種々のエンジン状態量をキーにして関連付けられたマップである。このマップはエンジンを試験して得られたデータに基づいて作成されている。トルク-空気量変換マップの検索にはエンジン状態量の実際値や目標値が用いられる。空燃比に関しては仮想空燃比がマップ検索に用いられる。したがって、演算ユニット162では、仮想空燃比のもとで空気量制御用目標トルクの実現に必要な空気量が目標空気量として算出される。図中では、目標空気量は“KLt”と表記されている。

[0053] 演算ユニット164は目標空気量から吸気管圧の目標値である目標吸気管圧を逆算する。目標吸気管圧の計算では、吸気バルブを通して筒内に取り込まれる空気量と吸気管圧との関係を記述したマップが用いられる。空気量と吸気管圧との関係はバルブタイミングによって変化するため、目標吸気管圧の計算では現在のバルブタイミングから上記マップのパラメータ値が決定される。図中では、目標吸気管圧は“Pmt”と表記されている。

[0054] 演算ユニット166は目標吸気管圧に基づいてスロットル開度の目標値である目標スロットル開度を算出する。目標スロットル開度の計算では、エアモデルの逆モデルが用いられる。エアモデルはスロットル2の動作に対する吸気管圧の応答特性をモデル化した物理モデルであるので、その逆モデルを用いることで目標吸気管圧を達成するための目標スロットル開度を目標吸気管圧から逆算することができる。図中では、目標スロットル開度は“TA”と表記されている。演算ユニット166で計算された目標スロットル開度はスロットル2を駆動する信号に変換されてECUのインタフェース111を介してスロットル2へ送信される。演算ユニット164、166は本発明における第1アクチュエータ制御手段に相当する。

[0055] 演算ユニット178は目標空気量に基づいてバルブタイミングの目標値で

ある目標バルブタイミングを算出する。目標バルブタイミングの計算には、空気量とバルブタイミングとをエンジン回転数を引数にして関連付けられたマップが用いられる。目標バルブタイミングは、現在のエンジン回転数のもと目標空気量を達成するのに最適なVVT8の変位角であり、その具体的な値は空気量ごと及びエンジン回転数ごとの適合によって決定されている。ただし、目標空気量を達成するのに最適なバルブタイミングは空燃比によって異なる値となるため、演算ユニット178には、種々の空燃比に対応する規定のマップが予め設定されている。演算ユニット178では、仮想空燃比に基づいて目標バルブタイミングの計算に用いるマップを切り替えることが行われる。図中では、目標バルブタイミングは“VT”と表記されている。演算ユニット178で計算された目標バルブタイミングはVVT8を駆動する信号に変換されてECUのインタフェース112を介してVVT8へ送信される。演算ユニット178もまた本発明における第1アクチュエータ制御手段に相当する。演算ユニット178で行われる処理の内容については後で詳しく説明する。

[0056] 次に、点火時期制御に係る演算ユニットの機能について説明する。演算ユニット168は、上述の空気量制御によって実現される実際のスロットル開度及びバルブタイミングに基づいて推定トルクを算出する。本明細書における推定トルクとは、現在のスロットル開度及びバルブタイミングと目標空燃比とのもとで点火時期を最適点火時期にセットした場合に出力できるトルクを意味する。演算ユニット168は、まず、前述のエアモデルの順モデルを用いてスロットル開度の計測値とバルブタイミングの計測値とから推定空気量を算出する。推定空気量は現在のスロットル開度とバルブタイミングとによって実際に実現されている空気量の推定値である。次に、トルクー空気量変換マップを用いて推定空気量を推定トルクに変換する。トルクー空気量変換マップの検索では目標空燃比が検索キーとして用いられる。図中では、推定トルクは“TQe”と表記されている。

[0057] 演算ユニット170には目標第2トルクと推定トルクとが入力される。演

算ユニット170は、目標第2トルクと推定トルクとに基づいて点火時期効率の指示値である指示点火時期効率を算出する。指示点火時期効率は、推定トルクに対する目標第2トルクの比率として表される。ただし、指示点火時期効率には上限が定められており、推定トルクに対する目標第2トルクの比率が1を超える場合には指示点火時期効率の値は1にされる。図中では、指示点火時期効率は“ η_i ”と表記されている。

[0058] 演算ユニット172は指示点火時期効率から点火時期を算出する。詳しくは、エンジン回転数、要求トルク、空燃比等のエンジン状態量に基づいて最適点火時期を算出するとともに、指示点火時期効率から最適点火時期に対する遅角量を算出する。指示点火時期効率が1であれば遅角量をゼロとし、指示点火時期効率が1よりも小さいほど遅角量を大きくする。そして、最適点火時期に遅角量を足しあわせたものを最終的な点火時期として算出する。ただし、最終的な点火時期は遅角限界ガードによって制限されている。遅角限界とは、失火が発生しないことが保証される最も遅角された点火時期であり、遅角限界ガードは点火時期が遅角限界を超えて遅角されないように最終的な点火時期をガードしている。なお、最適点火時期の計算には、最適点火時期と各種のエンジン状態量とを関連付けるマップを用いることができる。遅角量の計算には、遅角量と点火時期効率及び各種のエンジン状態量とを関連付けるマップを用いることができる。それらマップの検索では目標空燃比が検索キーとして用いられる。図中では、点火時期は“SA”と表記されている。演算ユニット172で計算された点火時期は点火装置6を駆動する信号に変換されてECUのインタフェース113を介して点火装置6へ送信される。演算ユニット168、170、172は本発明における第3アクチュエータ制御手段に相当する。

[0059] 次に、燃料噴射量制御に係る演算ユニットの機能について説明する。演算ユニット174は、前述のエアモデルの順モデルを用いてスロットル開度の計測値とバルブタイミングの計測値とから推定空気量を算出する。演算ユニット174で算出される推定空気量は、好ましくは、吸気バルブが閉じ

るタイミングで予測される空気量である。将来における空気量は、例えば、目標スロットル開度の計算から出力までにディレイ時間を設定することによって、目標スロットル開度から予測することができる。図中では、推定空気量は“KLe”と表記されている。

[0060] 演算ユニット176は目標空燃比と推定空気量とから目標空燃比の達成に必要な燃料噴射量、すなわち、燃料供給量を計算する。燃料噴射量の計算は各気筒において燃料噴射量の算出タイミングが到来したときに実行される。図中では、燃料噴射量は“TAU”と表記されている。演算ユニット176で計算された燃料噴射量はインジェクタ4を駆動する信号に変換されてECUのインタフェース114を介してインジェクタ4へ送信される。演算ユニット174、176は本発明における第2アクチュエータ制御手段に相当する。

[0061] 以上が本実施の形態に係るECUのロジックの概要である。次に、本実施の形態に係るECUの要部である演算ユニット122について詳細に説明する。

[0062] 図2には、演算ユニット122のロジックがブロック図で示されている。図2における演算ユニット122を示すブロック内には、演算ユニット122が備える種々の機能のうち、運転モードの切り替えに関する機能がブロックで表されている。これらブロックのそれぞれに演算ユニットが割り当てられている。ECUには各ブロックに対応するプログラムが用意され、それらがプロセッサによって実行されることで各演算ユニットの機能がECUにおいて実現される。なお、ECUがマルチコアプロセッサを備える場合には、演算ユニット122を構成する演算ユニット402、404、406、408を複数のコアに分散させて割り当てることができる。

[0063] まず、演算ユニット402について説明する。演算ユニット402はトルクに対する基準値を算出する。基準値はリーンモードとストイキモードとの境目となるトルクであり、燃費性能や排気ガス性能さらにはドライバビリティの観点から最適な値がエンジン回転数ごとに適合されている。演算ユニット402は予め用意されたマップを参照してエンジン回転数に適した基準値

を算出する。図中では基準値は“Ref”と表記されている。

[0064] 次に、演算ユニット404について説明する。演算ユニット404には要求第1トルクが入力されている。さらに、演算ユニット402で算出された基準値が演算ユニット404に対して設定されている。演算ユニット404は、入力される要求第1トルクと基準値との関係に基づいて目標空気量の計算に用いられる仮想空燃比の値を変更する。より詳しくは、演算ユニット404は、第1空燃比から第2空燃比へ或いは第2空燃比から第1空燃比へ仮想空燃比を切り替える。第1空燃比は理論空燃比（例えば、14.5）である。図中では第1空燃比は“AF1”と表記されている。第2空燃比は第1空燃比よりもリーンな空燃比であり、ある一定値（例えば、22.0）に設定されている。図中では第2空燃比は“AF2”と表記されている。演算ユニット404は本発明における仮想空燃比変更手段に相当する。

[0065] 要求第1トルクが基準値より大きい間は、演算ユニット404は、要求第1トルクが基準値より大きいことに応答して仮想空燃比を第1空燃比に設定する。ドライバの減速要求に応じて要求第1トルクが減少し、やがて要求第1トルクが基準値を下回ると、演算ユニット404は、要求第1トルクの基準値以下への減少に応答して仮想空燃比を第1空燃比から第2空燃比へ切り替える。

[0066] 次に、演算ユニット406について説明する。演算ユニット406は本発明における目標空燃比切替手段を構成する。演算ユニット406には、目標空燃比の既定値として、ストイキモードにおいて用いる第1空燃比とリーンモードにおいて用いる第2空燃比とが予め設定されている。演算ユニット406には演算ユニット404で決定された仮想空燃比と、演算ユニット162で算出された目標空気量の前回ステップ値と、演算ユニット174で算出された推定空気量の前回ステップ値とが入力されている。

[0067] 演算ユニット406は、演算ユニット404から入力される仮想空燃比が第1空燃比から第2空燃比へ切り替えられたことを検知すると、目標空気量と推定空気量との差を計算する。そして、目標空気量に推定空気量が十分近

づいたら、具体的には、目標空気量と推定空気量との差が所定の閾値以下になったら、目標空燃比を第1空燃比から第2空燃比へ切り替える。つまり、要求第1トルクが減少している減速時には、仮想空燃比の第1空燃比から第2空燃比への切り替えの後、目標空燃比の第1空燃比から第2空燃比への切り替えが行われる。目標空燃比の切り替えにより、運転モードはストイキモードからリーンモードへ切り替わる。

[0068] 最後に、演算ユニット408について説明する。演算ユニット408は切替用目標第2トルクを計算する。前述のように、切替用目標第2トルクは要求第2トルクやその他第2トルクとともに演算ユニット146に入力され、その中の最小値が演算ユニット146で選択される。要求第2トルクやその他第2トルクは通常は無効値であり、特定のイベントが発生した場合のみ有効値に切り替えられる。切替用目標第2トルクについても同様であり、演算ユニット430は通常は切替用目標第2トルクの出力値を無効値にしている。

[0069] 演算ユニット408には要求第1トルク、目標空燃比、及び仮想空燃比が入力されている。演算ユニット404、408のロジックによれば、目標空燃比と仮想空燃比とは運転モードの切り替え前は一致し、切り替え処理の完了後も一致する。しかし、運転モードの切り替え処理の途中では、目標空燃比と仮想空燃比との間には乖離が生じる。演算ユニット408は、目標空燃比と仮想空燃比との間に乖離が生じている間に限り、有効値を持つ切替用目標第2トルクを算出する。ここで、切替用目標第2トルクの有効値として用いられるのが要求第1トルクである。つまり、目標空燃比と仮想空燃比との間に乖離が生じている間は、演算ユニット410からは切替用目標第2トルクとして要求第1トルクが出力される。

[0070] 以上が演算ユニット122のロジック、すなわち、本実施の形態で採用されている運転モードの切り替えのロジックの詳細である。次に、本実施の形態に係るECUの要部である演算ユニット178について詳細に説明する。図3には、演算ユニット178のロジックがブロック図で示されている。図

3における演算ユニット178を示すブロック内には、演算ユニット178が備える種々の機能のうち、目標バルブタイミングの切り替えに関する機能がブロックで表されている。これらブロックのそれぞれに演算ユニットが割り当てられている。ECUには各ブロックに対応するプログラムが用意され、それらがプロセッサによって実行されることで各演算ユニットの機能がECUにおいて実現される。なお、ECUがマルチコアプロセッサを備える場合には、演算ユニット178を構成する演算ユニット502、504、506、508を複数のコアに分散させて割り当てることができる。

[0071] まず、演算ユニット502について説明する。演算ユニット502は目標空気量に基づいて目標バルブタイミングを算出する。目標バルブタイミングの計算には、空気量とバルブタイミングとをエンジン回転数を引数にして関連付けられたマップが用いられる。演算ユニット502には、規定のマップとして、第1空燃比の値である理論空燃比のもとで目標バルブタイミングが最適化されたストイキVTマップと、第2空燃比の値であるリーン空燃比のもとで目標バルブタイミングが最適化されたリーンVTマップとが予め設定されている。以下の説明では、ストイキVTマップを用いて算出された目標バルブタイミングを「第1バルブタイミング」と称し、リーンVTマップを用いて算出された目標バルブタイミングを「第2バルブタイミング」と称する。図中では第1バルブタイミングは“VT1”と表記され、第2バルブタイミングは“VT2”と表記されている。演算ユニット502には、現在のエンジン回転数と、演算ユニット162で算出された目標空気量の前回ステップ値と、後述する演算ユニット506から出力される切替フラグ信号が入力されている。

[0072] 演算ユニット506から出力される切替フラグ信号がオンの間は、演算ユニット502は第1バルブタイミングを目標バルブタイミングとして出力する。そして、切替フラグ信号がオンからオフへと切り替えられたことを検知すると、演算ユニット502は出力する目標バルブタイミングを第1バルブタイミングから第2バルブタイミングに切り替える。ストイキVTマップは

本発明における第1バルブタイミング算出手段に相当し、リーンVTマップは本発明における第2バルブタイミング算出手段に相当し、演算ユニット502は本発明における目標バルブタイミング切替手段に相当する。

[0073] 次に、演算ユニット504について説明する。演算ユニット504は目標空気量到達予測時間を算出する。目標空気量到達予測時間は、推定空気量が目標空気量に到達するまでに要する時間の予測値である。演算ユニット504には演算ユニット162で算出された目標空気量の前回ステップ値と、演算ユニット174で算出された推定空気量の前回ステップ値とが入力されている。

[0074] 目標空気量到達予測時間の計算では、目標空気量と推定空気量との差と目標空気量到達予測時間との関係を記述したマップが用いられる。図5にはこのようなマップの一例を示している。目標空気量と推定空気量との差は目標空気量に到達するまでに必要とする空気量を意味する。このため、この図に示すように、目標空気量到達予測時間は目標空気量と推定空気量との差が大きいほど増大する。演算ユニット504は、目標空気量と推定空気量との差を計算し、図5に示すマップに従い目標空気量到達予測時間を算出する。図中では目標空気量到達予測時間は“Tkl”と表記されている。目標空気量到達予測時間は本発明における第1予測時間に相当し、演算ユニット504は本発明における第1予測時間算出手段に相当する。

[0075] 次に、演算ユニット506について説明する。演算ユニット506はリーンバルブタイミング到達予測時間を算出する。リーンバルブタイミング到達予測時間は、回転数VVT8を操作してバルブタイミングを第1バルブタイミングから第2バルブタイミングまで変化させるのに要する時間の予測値である。

[0076] リーンバルブタイミング到達予測時間の計算では、第1バルブタイミングと第2バルブタイミングとの差とリーンバルブタイミング到達予測時間との関係を記述したマップが用いられる。図4にはこのようなマップの一例を示している。第1バルブタイミングと第2バルブタイミングとの差とリーンバ

ルバルブタイミング到達予測時間との関係はエンジン油温によって変化するため、リーンバルブタイミング到達予測時間の計算では現在のエンジン油温から上記マップのパラメータ値が決定される。図中ではリーンバルブタイミング到達予測時間は“Tv”と表記されている。リーンバルブタイミング到達予測時間は本発明における第2予測時間に相当し、演算ユニット502は本発明における第2予測時間算出手段に相当する。

[0077] 最後に、演算ユニット508は仮想空燃比に基づいて切替フラグ信号を出力する。切替フラグ信号は目標バルブタイミングの算出に用いるマップをストイキVTマップとリーンVTマップとの間で切り替えるための信号である。図中では、切替フラグ信号は“FLGVT”と表記されている。演算ユニット404から入力される仮想空燃比が第1空燃比の間は、演算ユニット506は切替フラグ信号をオンに設定する。演算ユニット506は、演算ユニット404から入力される仮想空燃比が第1空燃比から第2空燃比へ切り替えられたことを検知すると、リーンバルブタイミング到達予測時間と目標空気量到達予測時間との差を計算する。そして、リーンバルブタイミング到達予測時間に目標空気量到達時間が十分近づいたら、具体的には、目標空気量到達時間とリーンバルブタイミング到達予測時間とが一致したら、切替フラグ信号をオンからオフへ切り替える。つまり、要求第1トルクが減少している減速時には、仮想空燃比の第1空燃比から第2空燃比への切り替えの後、切替フラグ信号のオンからオフへの切り替えが行われる。演算ユニット508から出力された切替フラグ信号は演算ユニット502へ入力される。演算ユニット502は、入力された切替フラグ信号に従い目標バルブタイミングの算出に用いるマップをストイキVTマップからリーンVTマップへと切り替える。これにより、算出される目標バルブタイミングが第1バルブタイミングから第2バルブタイミングへと切り替わる。

[0078] 次に、上述のロジックにしたがってエンジン制御を実行した場合の制御結果について、比較例による制御結果と対比させて説明する。比較例では、図1に示す制御装置のロジックにおいて、仮想空燃比を第1空燃比から第2空

燃比へ変更した時点で、目標バルブタイミングを第1バルブタイミングから第2バルブタイミングへ切り替えている。

[0079] 図6は、本実施の形態に係るECUによる制御結果のイメージを示すタイムチャートである。図7は、比較例によるイメージを示すタイムチャートである。図6と図7のどちらにおいても、1段目のチャートはトルクの時間変化を示している。前述のように“TQ1r”は要求第1トルクであり、“TQ2c”は切替用目標第2トルクであり、“TQe”は推定トルクである。なお、ここでは要求第1トルクが最終的な目標第1トルクになっており、切替用目標第2トルクが最終的な目標第2トルクになっているものとする。また、これらのトルクとは別に、チャートには実トルクが点線で表されている。ただし、実トルクは実際のエンジン制御では計測されない。チャートに描かれている実トルクの線は試験結果に裏付けされたイメージ線である。

[0080] 図6及び図7における2段目のチャートは空気量の時間変化を示している。前述のように“KLt”は目標空気量であり、“KLe”は推定空気量である。チャートにはこれらの空気量とともに実空気量が点線で表されている。ただし、実空気量は実際のエンジン制御では計測されない。チャートに描かれている実空気量の線は試験結果に裏付けされたイメージ線である。

[0081] 図6及び図7における3段目のチャートは切替用目標効率の時間変化を示している。前述のように“ η_{tc} ”は切替用目標効率である。なお、ここでは切替用目標効率が最終的な目標効率になっているものとする。

[0082] 図6及び図7における4段目のチャートは指示点火時期効率の時間変化を示している。前述のように“ η_i ”は指示点火時期効率である。

[0083] 図6及び図7における5段目のチャートは点火時期の時間変化を示している。前述のように“SA”は点火時期である。

[0084] 図6及び図7における6段目のチャートは空燃比の時間変化を示している。前述のように“AFt”は目標空燃比であり、“AFh”は仮想空燃比である。また、“AF1”は理論空燃比である第1空燃比であり、“AF2”はリーン空燃比である第2空燃比である。図6及び図7における7段目のチャートには実

空燃比の時間変化が示されている。

[0085] 図6及び図7における8段目のチャートはバルブタイミングの時間変化を示している。前述のように“VT”は目標バルブタイミングであり、“VT1”は第1バルブタイミングであり、“VT2”は第2バルブタイミングである。図6及び図7における9段目のチャートには実バルブタイミングの時間変化が示されている。ただし、実バルブタイミングは実際のエンジン制御では計測されない。チャートに描かれている実バルブタイミングの線は試験結果に裏付けされたイメージ線である。

[0086] まず、図7に示す比較例による制御結果から考察する。比較例によれば、目標空燃比の第1空燃比から第2空燃比への切り替えに先立って仮想空燃比が第1空燃比から第2空燃比へ切り替えられる。この切り替えによって目標空気量は第2空燃比に応じた空気量までステップ的に増大し、実空気量も目標空気量に追従するように増大する。このように目標空燃比の切り替えに先立って目標空気量を増大させることで、目標空燃比の切り替え時点までに空気量を第2空燃比に応じた量まで増大させておくことが可能となる。

[0087] また、比較例によれば、仮想空燃比の第1空燃比から第2空燃比への切り替えの時点で目標バルブタイミングが第1バルブタイミングの値から第2バルブタイミングの値へ切り替えられる。この切り替えによって目標バルブタイミングは第2空燃比に応じたバルブタイミングまでステップ的に変化し、実バルブタイミングも目標バルブタイミングに追従するように大きく変化する。このように目標空燃比の切り替えに先立って目標バルブタイミングを目標空燃比の切り替え後の値に変化させることで、目標空燃比の切り替え時点までにバルブタイミングを第2空燃比に応じたタイミングまで変更させておくことが可能となる。

[0088] ところが、比較例によれば、目標空気量が切り替えられてから目標空燃比の切り替えまでの移行期間は、目標バルブタイミングが第2バルブタイミングに切り替えられたにもかかわらず実空燃比は未だ理論空燃比に制御されている。第2バルブタイミングは第1バルブタイミングよりも進角側の変位角

であるため、第2バルブタイミングでのバルブオーバーラップ量は第1バルブタイミングでのバルブオーバーラップ量よりも小さい。このため、理論空燃比の状況下で実バルブタイミングが第2バルブタイミングに変化すると、バルブオーバーラップ量の減少により空気量の増大が緩慢になってしまい、目標空気量が達成されるまでに要する時間が長期化してしまう。

[0089] 目標空気量を目標空燃比の切り替えに先行して増大させた分だけ、空気量は要求第1トルクの達成に必要な空気量よりも過剰になる。図1に示すロジックによれば、空気量の過剰によるトルクの増加は点火時期の遅角によるトルクの減少によって相殺される。ところが、前述した空気量増大の緩慢によって目標空気量の切り替えから目標空燃比の切り替えまでの期間が長期化すると、点火時期の遅角時間がターボ過給器や触媒等の排気系部品の温度制約から設定される限界時間（例えば、0.5~1.0sec以上）を超過することが懸念される。この場合、温度超過を防ぐためのガード機能によって点火時期の遅角時間は限界時間で制限されるため、必要な期間に渡って点火時期を遅角することができず、空気量の過剰によるトルクの増大を回避できなくなってしまう。この結果、図7に示す比較例では、要求第1トルクに対して実トルクが一時的に過剰になってしまい、ドライバの減速要求に見合ったトルクの滑らかな減少を損ねてしまう。

[0090] 次に、図6に基づいて本実施の形態で採用されたロジックによる制御結果を説明する。減速時、要求第1トルクが“Ref”で表記される基準値のレベルまで低下するまでは、目標空燃比と仮想空燃比とはともに理論空燃比である第1空燃比に維持される。よって、要求第1トルクと仮想空燃比とから算出される目標空気量は、要求第1トルクの減少に連動して減少していく。この間の切替用目標第2トルクは、目標空燃比と仮想空燃比とが一致していることに応答して無効値とされる。切替用目標第2トルクが無効値であるならば指示点火時期効率は1になるため、点火時期は最適点火時期に維持される。なお、チャートでは点火時期が要求第1トルクの減少に応じて変化しているが、これは最適点火時期がエンジン回転数や空気量によって変化することに

対応した変化である。

[0091] 要求第1トルクが基準値を下回ると、仮想空燃比のみが第1空燃比から第2空燃比へ切り替えられる。つまり、目標空燃比は理論空燃比に維持される一方で、仮想空燃比はステップ的にリーン化される。リーンな空燃比である第2空燃比による運転は、理論空燃比である第1空燃比による運転に必要な空気量よりも多くの空気量を必要とする。このため、目標空気量の計算に用いる仮想空燃比がステップ的に第2空燃比に切り替えられることで、その切り替えの時点において目標空気量もステップ的に増大することになる。しかし、アクチュエータが動作して空気量が増えるまでには応答遅れがあるため、実際の空気量及びその推定値である推定空気量はステップ的には増大せず、目標空気量に遅れて増大していく。実空気量及び推定空気量は目標空気量に収束していき、やがて、目標空気量と推定空気量との差は閾値以下になる。この時点において目標空燃比は第1空燃比から第2空燃比に切り替えられる。

[0092] また、仮想空燃比の第1空燃比から第2空燃比への切り替えの後、目標空気量到達予測時間がリーンバルブタイミング到達予測時間よりも大きい期間は、目標バルブタイミングは第1バルブタイミングに維持される。これにより、この間のバルブオーバーラップ期間が大きく保たれるので実空気量の目標空気量に対する応答性が向上する。その後、目標空気量到達予測時間がリーンバルブタイミング到達予測時間に一致すると、目標バルブタイミングはその時点で第1バルブタイミングから第2バルブタイミングに切り替えられる。目標バルブタイミングが切り替えられると、実バルブタイミングはこれに追従して変化し、目標空燃比が第1空燃比から第2空燃比に切り替えられる時点で第2バルブタイミングへの切り替えが完了する。

[0093] 要求第1トルクが基準値を下回り目標空燃比と仮想空燃比とが乖離してから目標空燃比と仮想空燃比とが再び一致するまでの間、切替用目標第2トルクは有効値である要求第1トルクと同値とされる。一方、仮想空燃比を前提とする推定トルクは、目標空気量の計算に使用される仮想空燃比が目標空燃

比よりもリーン化されたことにともない、目標空燃比を前提とする要求第1トルクよりも大きな値になる。その結果、推定トルクに対する切替用目標第2トルクの比率である指示点火時期効率は1よりも小さい値になる。そして、指示点火時期効率が1よりも小さくなることに応答して、点火時期は最適点火時期よりも遅角される。その結果、空気量の過剰によるトルクの増加は点火時期の遅角によるトルクの減少によって相殺され、実トルクの要求第1トルクからの乖離は防がれる。

[0094] 先に説明した比較例では、運転モードの切り替えが行われている移行期間の間、目標バルブタイミングが第2バルブタイミングとされる。しかし、第2バルブタイミングではバルブオーバーラップ量が小さいため、目標空燃比の増大に応じて実空燃比を応答良く増大させることができない。この結果、移行期間が長期化し空気量の過剰によるトルクの増大を点火時期の遅角によって十分に相殺することができなくなる。これに対し、本実施の形態で採用されたロジックによれば、移行期間が終了する時点でバルブタイミングが第2バルブタイミングに切り替わるように、その切り替えタイミングが決定される。このようなバルブタイミングの切り替えによれば、移行期間の空気量が応答良く増量されることにより移行期間が短縮される。このため、点火時期が遅角限界時間に達するまで長時間に渡り遅角されることはなくなり、空気量の過剰によるトルクの増加は点火時期の遅角によるトルクの減少によって確実に相殺される。よって、本実施の形態で採用されたロジックによれば、第1空燃比による運転から第2空燃比による運転へ、トルクの変動を生じさせること無く運転モードを切り替えることができる。

[0095] [実施の形態2]

次に、本発明の実施の形態2について図を参照して説明する。

[0096] 本実施の形態において制御対象とされるエンジンは、火花点火式の4サイクルレシプロエンジンであり、且つ、ターボ過給器を備えた過給リーンバーンエンジンである。このエンジンの運転を制御するECUにより操作されるアクチュエータには、スロットル、VVT、点火装置、及びインジェクタに

加えて、ターボ過給器に設けられたウエストゲートバルブ（以下、WG V）が含まれる。WG Vは、ターボ過給器の過給特性を変化させる過給特性可変アクチュエータである。ターボ過給器の過給特性は空気量を変化させることから、WG Vは、スロットルやV V Tと同じく、空気量を変化させる第1アクチュエータに含まれる。

[0097] 図8には、本実施の形態に係るECUのロジックがブロック図で示されている。ECUはエンジンコントローラ100とパワートレインマネージャ200を含む。パワートレインマネージャ200を示すブロック内には、パワートレインマネージャ200が備える種々の機能がブロックで表されている。このうち実施の形態1に係るECUのものと共通する機能を示すブロックには、共通の符号が付されている。また、エンジンコントローラ100を示すブロック内には、エンジンコントローラ100が備える種々の機能のうち、アクチュエータの協調操作に関する機能がブロックで表されている。このうち実施の形態1に係るECUのものと共通する機能を示すブロックには、共通の符号が付されている。以下では、実施の形態1との相違点、すなわち、過給リーンバーンエンジンの制御に特有の機能を示すブロックを中心に説明する。

[0098] 本実施の形態に係るパワートレインマネージャ200は、実施の形態1と共通する演算ユニット202、204、206、208に加えて演算ユニット210を備える。演算ユニット210は要求第3トルクを計算してエンジンコントローラ100に送信する。図中では、要求第3トルクは“TQ3r”と表記されている。第3トルクは第1トルクと同じように定常的に或いは長期間にわたってエンジンに求められるトルクである。第3トルクと第1トルクとの関係は、第1トルクと第2トルクとの関係に類似する。つまり、第1トルクの側から見た場合、第1トルクは、第3トルクよりも緊急性或いは優先度が高くエンジンに高い応答性が求められる種類のトルク、すなわち、より早い時期に実現することが求められる種類のトルクである。要求第3トルクは、パワートレインマネージャ200がエンジンに対して要求する第3トル

クの要求値である。パワートレインマネージャ 200 で計算される 3 種類の要求トルクを緊急性或いは優先度が高い順、つまり、エンジンに求められる応答性が高い順に並べると、要求第 2 トルク、要求第 1 トルク、要求第 3 トルクの順になる。演算ユニット 210 は、アクセルペダルの開度に応答する信号に基づいて要求第 3 トルクを計算する。本実施の形態では、要求第 3 トルクは要求第 1 トルクとともに本発明における要求トルクに相当する。要求第 1 トルクから一時的なトルクダウン方向のパルス成分を除去したものを要求第 3 トルクとすることもできる。

[0099] 本実施の形態に係るエンジンコントローラ 100 は、実施の形態 1 と同様に 3 つの大演算ユニット 120、140、160 から構成されている。大演算ユニット 120 は、実施の形態 1 と共通する演算ユニット 122、124、126、128 に加えて演算ユニット 130 を備える。演算ユニット 130 は、エンジンに対する制御用パラメータとして、現在のエンジンの運転状態を維持するか或いは予定されている所定の運転状態を実現させるために必要とされるトルクのうち、第 3 トルクに分類されるトルクを計算する。ここでは、演算ユニット 130 で計算されるトルクをその他第 3 トルクと呼ぶ。図中では、その他第 3 トルクは“TQ3etc”と表記されている。演算ユニット 130 は、実際にそのようなトルクが必要になった場合のみ有効値を出力し、そのようなトルクが必要のない間は無効値を算出する。無効値はエンジンが出力しうる最大図示トルクよりも大きい値に設定されている。

[0100] 本実施の形態に係る大演算ユニット 140 は、実施の形態 1 と共通する演算ユニット 142、144、146 に加えて演算ユニット 148 を備える。演算ユニット 148 は第 3 トルクを調停するように構成されている。演算ユニット 148 には要求第 3 トルクとその他第 3 トルクとが入力される。演算ユニット 148 はそれらを調停し、調停されたトルクを最終的に決定された目標第 3 トルクとして出力する。図中では、最終的に決定された目標第 3 トルクは“TQ3t”と表記されている。演算ユニット 148 における調停方法としては最小値選択が用いられる。したがって、演算ユニット 130 から有効

値が出力されていない場合は、パワートレインマネージャ 200 から与えられた要求第 3 トルクが目標第 3 トルクとして算出される。

[0101] 本実施の形態に係る大演算ユニット 160 は、大演算ユニット 140 から入力される目標第 1 トルク、目標第 2 トルク、及び目標第 3 トルクの何れもエンジンに対するトルクの目標値として扱う。このため、本実施の形態に係る大演算ユニット 160 は、実施の形態 1 に係る演算ユニット 162 に代えて演算ユニット 182 を備え、実施の形態 1 に係る演算ユニット 164 に代えて演算ユニット 184 を備える。

[0102] 演算ユニット 182 には目標第 1 トルクと目標第 3 トルクとが入力され、さらに目標効率と仮想空燃比とが入力される。演算ユニット 182 は本発明における目標空気量算出手段に相当する。演算ユニット 182 は、実施の形態 1 に係る演算ユニット 162 と共通の方法により、目標効率と仮想空燃比とを用いて、目標第 1 トルクを達成するための目標空気量（以下、目標第 1 空気量）を目標第 1 トルクから算出する。図中では、目標第 1 空気量は“KL1t”と表記されている。本実施の形態では、演算ユニット 178 による目標バルブタイミングの計算には、目標第 1 空気量が用いられる。

[0103] また、目標第 1 空気量の計算と並行して、演算ユニット 182 は、目標効率と仮想空燃比とを用いて、目標第 3 トルクを達成するための目標空気量（以下、目標第 3 空気量）を目標第 3 トルクから算出する。図中では、目標第 3 空気量は“KL3t”と表記されている。目標第 3 空気量の計算でも、目標効率及び仮想空燃比は空気量のトルクへの変換効率を与えるパラメータとして用いられる。目標第 1 空気量の計算において仮想空燃比の値が実施の形態 1 のように変更されるのであれば、目標第 3 空気量の計算においても仮想空燃比の値は同様に変更される。

[0104] 演算ユニット 184 は、実施の形態 1 に係る演算ユニット 164 と共通の方法により、目標第 1 空気量から目標吸気管圧を逆算する。図中では、目標吸気管圧は“Pmt”と表記されている。目標吸気管圧は演算ユニット 166 による目標スロットル開度の計算に用いられる。

- [0105] また、目標吸気管圧の計算と並行して、演算ユニット182は、目標第3空気量から目標過給圧を逆算する。図中では、目標過給圧は“Pct”と表記されている。目標過給圧の計算では、まず、目標吸気管圧を計算する場合と共通の方法にて、目標第3空気量が吸気管圧に変換される。そして、目標第3空気量を変換して得られた吸気管圧にリザーブ圧が加算され、その合計値が目標過給圧として算出される。リザーブ圧は吸気管圧に対する過給圧の最低限のマージンである。なお、リザーブ圧は固定値でもよいが、例えば吸気管圧に連動させて変化させることもできる。
- [0106] 本実施の形態に係る大演算ユニット160は演算ユニット186をさらに備える。演算ユニット186は目標過給圧に基づいてウエストゲートバルブ開度の目標値である目標ウエストゲートバルブ開度を算出する。図中では、目標ウエストゲートバルブ開度は“WGV”と表記されている。目標ウエストゲートバルブ開度の計算では、過給圧とウエストゲートバルブ開度とを関連付けるマップ或いはモデルが用いられる。演算ユニット186で計算された目標ウエストゲートバルブ開度はWGV10を駆動する信号に変換されてECUのインタフェース115を介してWGV10へ送信される。演算ユニット186もまた本発明における第1アクチュエータ制御手段に相当する。なお、WGV10の操作量としては、ウエストゲートバルブ開度ではなく、WGV10を駆動するソレノイドのデューティ比であってもよい。
- [0107] 以上のように構成されるECUによれば、WGV10を含む複数のアクチュエータ2、4、6、8、10を協調操作することにより、ドライバの要求に応じてトルクを滑らかに変化させながら空燃比を応答良く切り替えるという課題を過給リーンバーンエンジンにおいても達成することができる。なお、過給リーンバーンエンジンにおいては、目標バルブタイミングを算出する際にVVT吸気量制御を併用することとしてもよい。ここで、VVT吸気量制御とは、加速時等の目標空気量の増大によって目標空気量と実空気量との間に大きな差が生じた場合に、実空気量を最大の速度で増大させて目標空気量に追従させるべく、マップを用いて算出された目標バルブタイミングをベ

ースバルブタイミングとして、バルブタイミングをベースバルブタイミングより進角する制御を意味する。図9は、本実施の形態に係るECUによる制御結果のイメージを示すタイムチャートである。図9においては、目標バルブタイミングの算出の際にVVT吸気量制御を併用した場合における制御結果が示されている。図9における1段目のチャートは要求第1トルクの時間変化を示している。2段目のチャートは目標空気量及び推定空気量の各時間変化を示している。3段目のチャートは仮想空燃比及び目標空燃比の各時間変化を示している。そして4段目のチャートは実バルブタイミングの時間変化を示している。

[0108] 図9に示す制御結果では、仮想空燃比が第1空燃比から第2空燃比に切り替えられた時点で目標空気量がステップ的に大きく増大している。VVT吸気量制御では、この目標空気量と実空気量との乖離を受けて、バルブタイミングをこの間のベースバルブタイミングである第1バルブタイミングより進角する制御が実行される。バルブタイミングが進角されるとバルブオーバーラップ量の更なる増大により実空気量が早い速度で増大するので、結果的に移行期間を短くすることができる。目標空気量到達予測時間がリーンバルブタイミング到達予測時間に一致すると、目標バルブタイミングはその時点で第2バルブタイミングに切り替えられる。目標バルブタイミングが切り替えられると、実バルブタイミングはこれに追従して減少し、目標空燃比が第1空燃比から第2空燃比に切り替えられる時点で第2バルブタイミングへの切り替えが完了する。よって、本実施の形態で採用されたロジックによれば、第1空燃比による運転から第2空燃比による運転へ、トルクの変動を生じさせることなく運転モードを切り替えることができる。

[0109] [その他]

本発明は上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明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。例えば、以下のような変形例を採用してもよい。

[0110] 実施の形態1において、切替フラグをオンからオフへ切り替えるタイミン

グは目標空気量到達時間とリーンバルブタイミング到達予測時間とが一致したタイミングに限られない。すなわち、リーンバルブタイミング到達予測時間に目標空気量到達時間が十分近づいたタイミングを判断するものであれば、目標空気量到達時間とリーンバルブタイミング到達予測時間との差が所定の閾値以下となったタイミングとすることもできる。

[0111] 実施の形態1において目標空気量の計算に用いている空燃比（仮想空燃比）は当量比に代えることができる。当量比も、空気量のトルクへの変換効率を与えるパラメータであり、且つ、空燃比に対応するパラメータに該当する。同様に空気過剰率を空気量のトルクへの変換効率を与えるパラメータとして用いることができる。

[0112] 目標空気量の計算に用いるパラメータとして、点火時期に対応するパラメータを用いることもできる。点火時期が最適点火時期よりも遅角されるほど同一空気量で発生するトルクは低下することから、点火時期に対応するパラメータは空気量のトルクへの変換効率を与えるパラメータに該当する。例えば、目標空気量の計算に使用するトルク-空気量変換マップを点火時期毎に用意しておき、マップの検索に用いる点火時期の値を運転モードの切り替えに応答して変更すればよい。具体的には、要求第1トルクが減少している減速時には、要求第1トルクが基準値より大きい間はマップの検索に用いる点火時期は最適点火時期とし、要求トルクの基準値以下への減少に応答してマップの検索に用いる点火時期を最適点火時期よりも遅角する。この場合、マップの検索に用いる空燃比は目標空燃比とする。

[0113] 筒内に吸入される空気の量を変化させる第1アクチュエータとしては、吸気バルブのリフト量を可変にする可変リフト量機構を用いることもできる。可変リフト量機構はスロットルやVVT等の他の第1アクチュエータと併用することができる。

[0114] ターボ過給器の過給特性を変化させる第3アクチュエータとしては、可変ノズルを用いることもできる。また、電動モータによるアシストのあるターボ過給器ならば、その電動モータを第3アクチュエータとして用いることも

できる。

[0115] 本発明の実施においては、第2アクチュエータとしてのインジェクタはポートインジェクタには限定されない。燃焼室内に直接燃料を噴射する筒内インジェクタを用いることもできるし、ポートインジェクタと筒内インジェクタの両方が併用されていてもよい。

[0116] 第1空燃比は理論空燃比には限定されない。理論空燃比よりもリーンな空燃比を第1空燃比に設定し、第1空燃比よりもさらにリーンな空燃比を第2空燃比に設定することもできる。

符号の説明

- [0117] 2 スロットル
4 インジェクタ
6 点火装置
8 可変バルブタイミング機構
10 ウエストゲートバルブ
100 エンジンコントローラ
105 要求トルク受信手段としてのインタフェース
200 パワートレインマネージャ
162 ; 182 目標空気量算出手段としての演算ユニット
164、166 ; 178 第1アクチュエータ制御手段としての演算ユニット
174、176 第2アクチュエータ制御手段としての演算ユニット
168、170、172 第3アクチュエータ制御手段としての演算ユニット
404 仮想空燃比変更手段としての演算ユニット
406 目標空燃比切替手段としての演算ユニット
502、508 目標バルブタイミング切替手段としての演算ユニット
504 第1予測時間算出手段としての演算ユニット
506 第2予測時間算出手段としての演算ユニット

請求の範囲

[請求項1]

筒内に吸入される空気の量を変化させる第1アクチュエータと、筒内に燃料を供給する第2アクチュエータと、筒内の混合気に点火する第3アクチュエータとを有し、第1空燃比を目標空燃比とする運転と前記第1空燃比よりもリーンな第2空燃比を目標空燃比とする運転とを選択可能に構成された内燃機関の制御装置において、

要求トルクを受信する要求トルク受信手段と、

空気量からトルクへの変換効率を与えるパラメータを用いて前記要求トルクを達成するための目標空気量を前記要求トルクから算出する目標空気量算出手段と、

前記第1空燃比による運転から前記第2空燃比による運転へ運転モードを切り替える条件が満たされたことに応答して、前記パラメータに含まれる仮想空燃比を前記第1空燃比から前記第2空燃比に変更する仮想空燃比変更手段と、

前記仮想空燃比が前記第1空燃比から前記第2空燃比へ変更された後、目標空燃比を前記第1空燃比から前記第2空燃比へ切り替える目標空燃比切替手段と、

前記目標空気量に基づいて前記第1アクチュエータの操作量を決定し、前記操作量に従って前記第1アクチュエータを操作する第1アクチュエータ制御手段と、

前記目標空燃比に基づいて燃料供給量を決定し、前記燃料供給量に従って前記第2アクチュエータを操作する第2アクチュエータ制御手段と、

前記第1アクチュエータの操作量と前記目標空燃比とから推定されるトルクと前記要求トルクとに基づいて前記要求トルクを達成するための点火時期を決定し、前記点火時期に従って前記第3アクチュエータを操作する第3アクチュエータ制御手段と、

を備え、

前記第1アクチュエータは吸気バルブのバルブタイミングを変化させる可変バルブタイミング機構を含み、

前記第1アクチュエータ制御手段は、

前記目標空気量に基づいて前記第1空燃比に対応した目標バルブタイミングである第1バルブタイミングを算出する手段と、

前記目標空気量に基づいて前記第2空燃比に対応した目標バルブタイミングである第2バルブタイミングを算出する手段と、

前記仮想空燃比が前記第1空燃比から前記第2空燃比へ変更された後、前記目標バルブタイミングを前記第1バルブタイミングから前記第2バルブタイミングへ切り替える目標バルブタイミング切替手段と、

前記目標バルブタイミングに従って前記可変バルブタイミング機構を操作する手段と、

を含むことを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項2]

前記目標バルブタイミング切替手段は、

前記第1のアクチュエータの操作量から推定される空気量が前記目標空気量に到達するまでに要する時間の予測値である第1予測時間を算出する第1到達時間算出手段と、

前記可変バルブタイミング機構が前記第1バルブタイミングの位置から前記第2バルブタイミングの位置に操作されるのに要する時間の予測値である第2予測時間を算出する第2予測時間算出手段と、

前記仮想空燃比が前記第1空燃比から前記第2空燃比へ変更された後、前記第1予測時間が前記第2予測時間に一致した時点で前記目標バルブタイミングを前記第1バルブタイミングから前記第2バルブタイミングへ切り替える手段と、

を含むことを特徴とする請求項1記載の内燃機関の制御装置。

[請求項3]

前記目標空燃比切替手段は、前記仮想空燃比が前記第1空燃比から前記第2空燃比へ変更された後、前記目標空気量と前記第1アクチュ

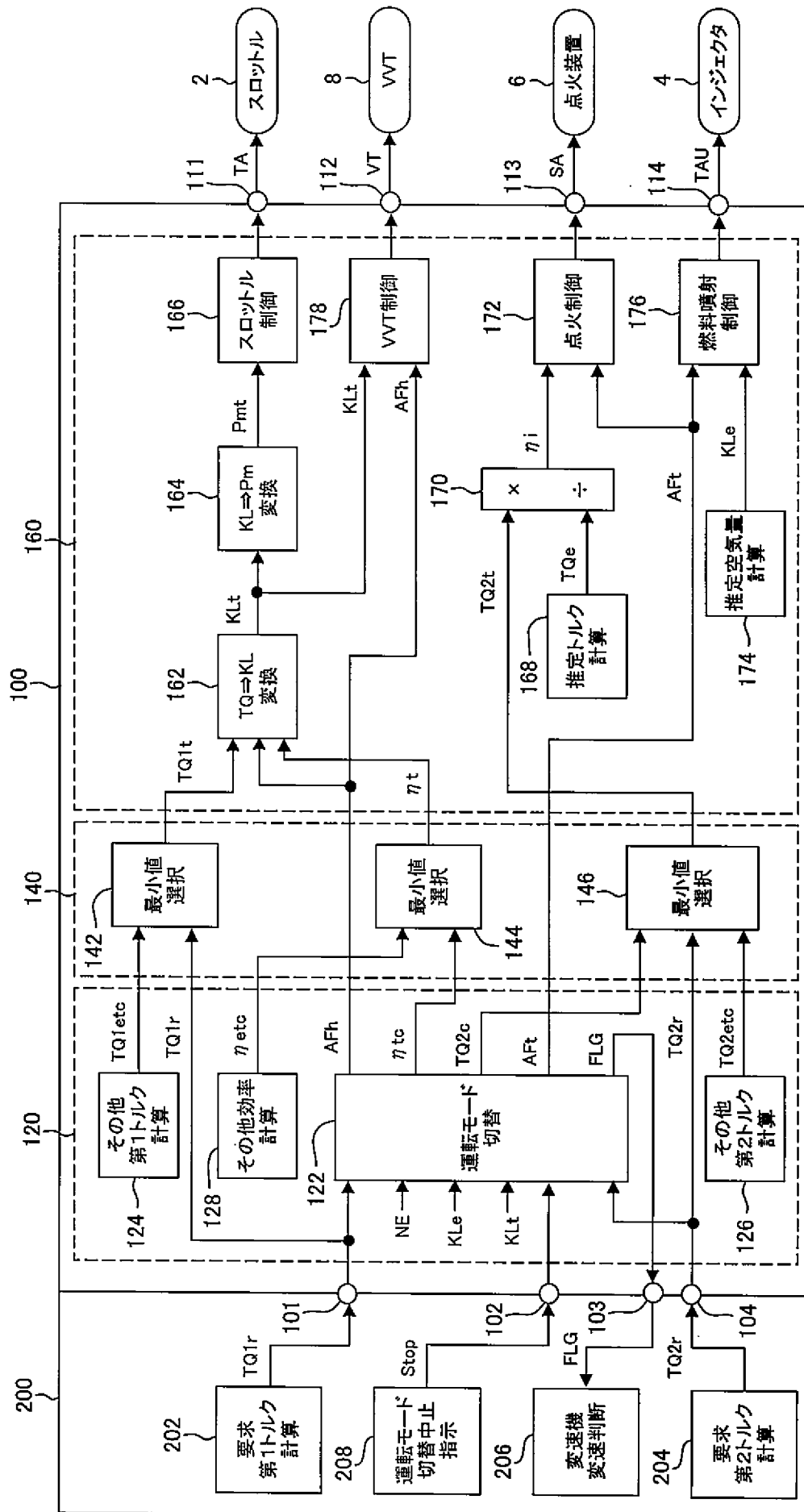
エータの操作量から推定される空気量との差が閾値以下になってから、前記目標空燃比を前記第1空燃比から前記第2空燃比へ切り替えることを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項4] 前記目標空燃比切替手段は、前記仮想空燃比が前記第1空燃比から前記第2空燃比へ変更された後、一定時間が経過してから、前記目標空燃比を前記第1空燃比から前記第2空燃比へ切り替えることを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の制御装置。

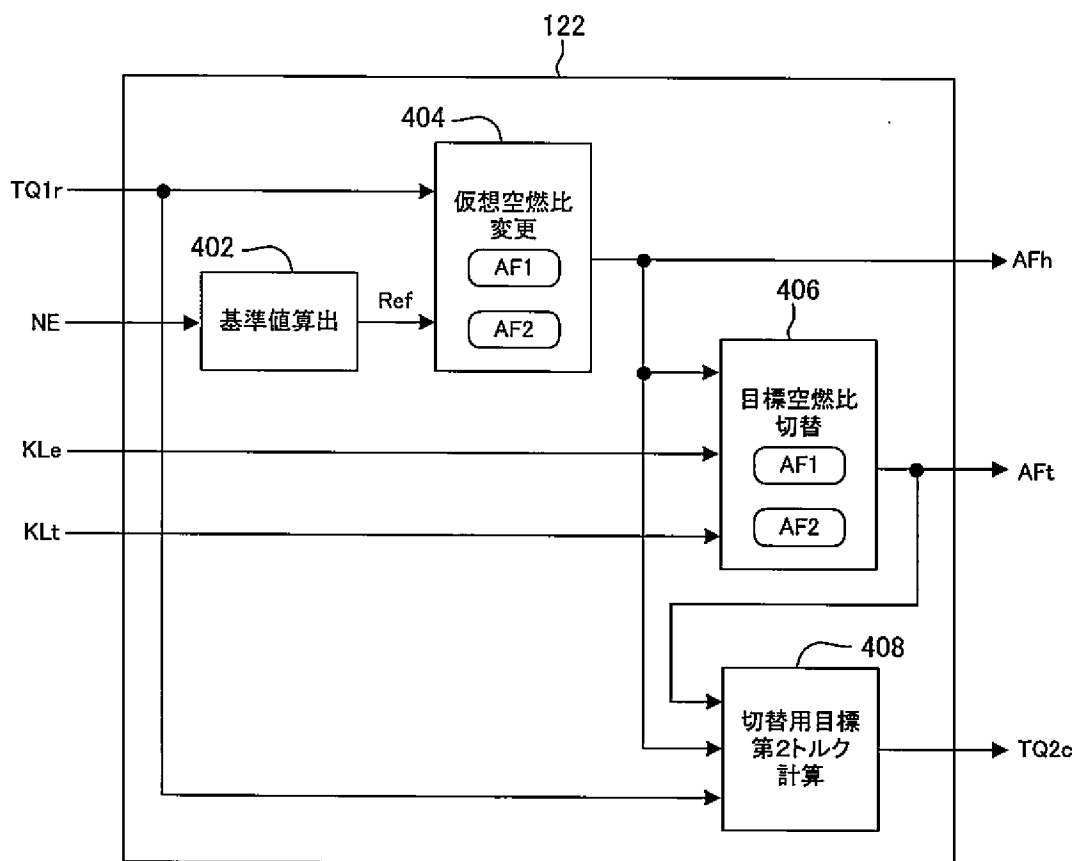
[請求項5] 前記第1アクチュエータはスロットルを含み、
前記第1アクチュエータ制御手段は、前記目標空気量から算出される目標吸気管圧に基づいて目標スロットル開度を決定し、前記目標スロットル開度に従って前記スロットルを操作することを特徴とする請求項1乃至4の何れか1項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項6] 前記内燃機関は過給器を備えた過給エンジンであり、
前記第1アクチュエータは前記過給器の過給特性を変化させる過給特性可変アクチュエータを含み、
前記第1アクチュエータ制御手段は、前記目標空気量から算出される目標過給圧に基づいて前記過給特性可変アクチュエータの操作量を決定し、前記操作量に従って前記過給特性可変アクチュエータを操作することを特徴とする請求項1乃至5の何れか1項に記載の内燃機関の制御装置。

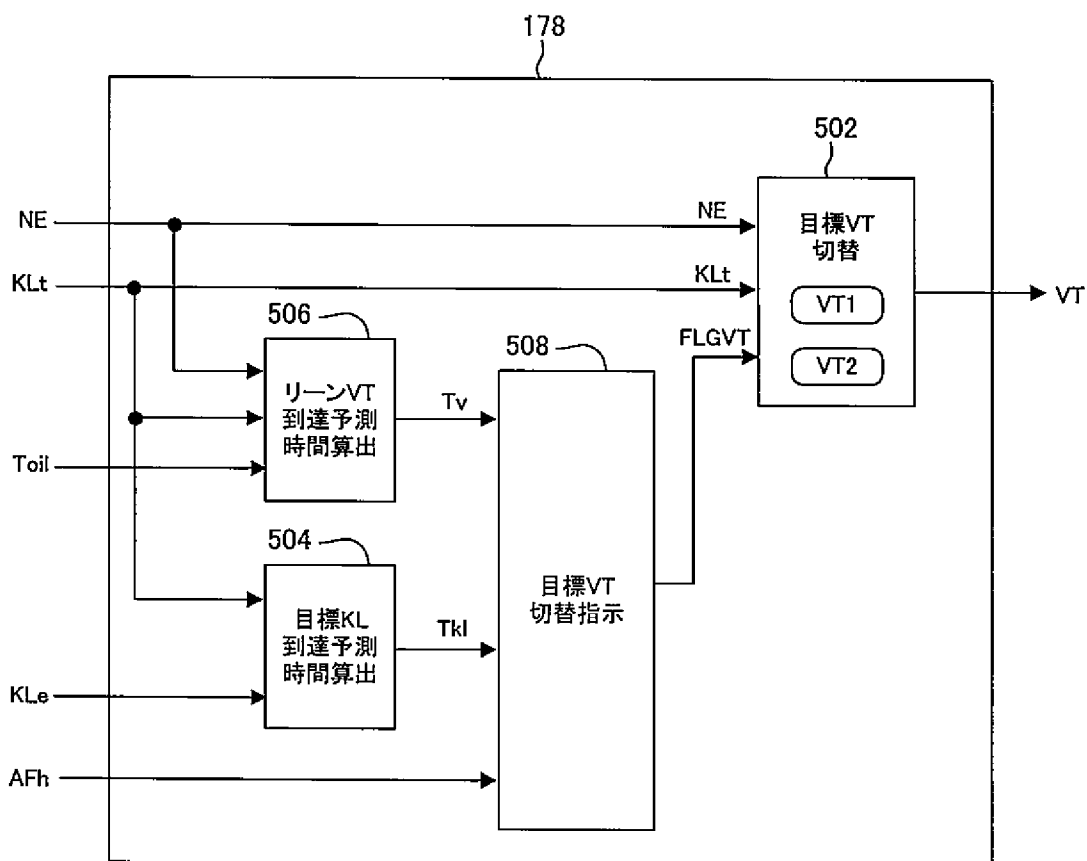
【図1】



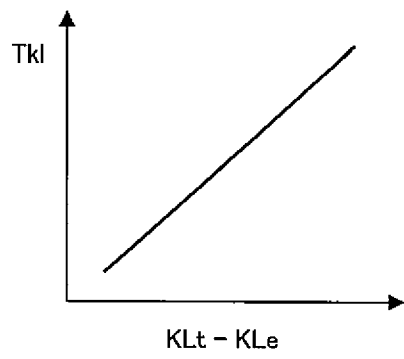
[図2]



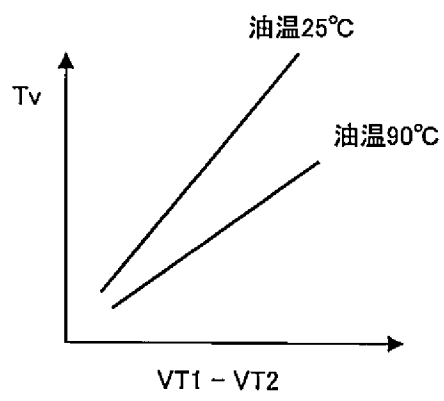
[図3]



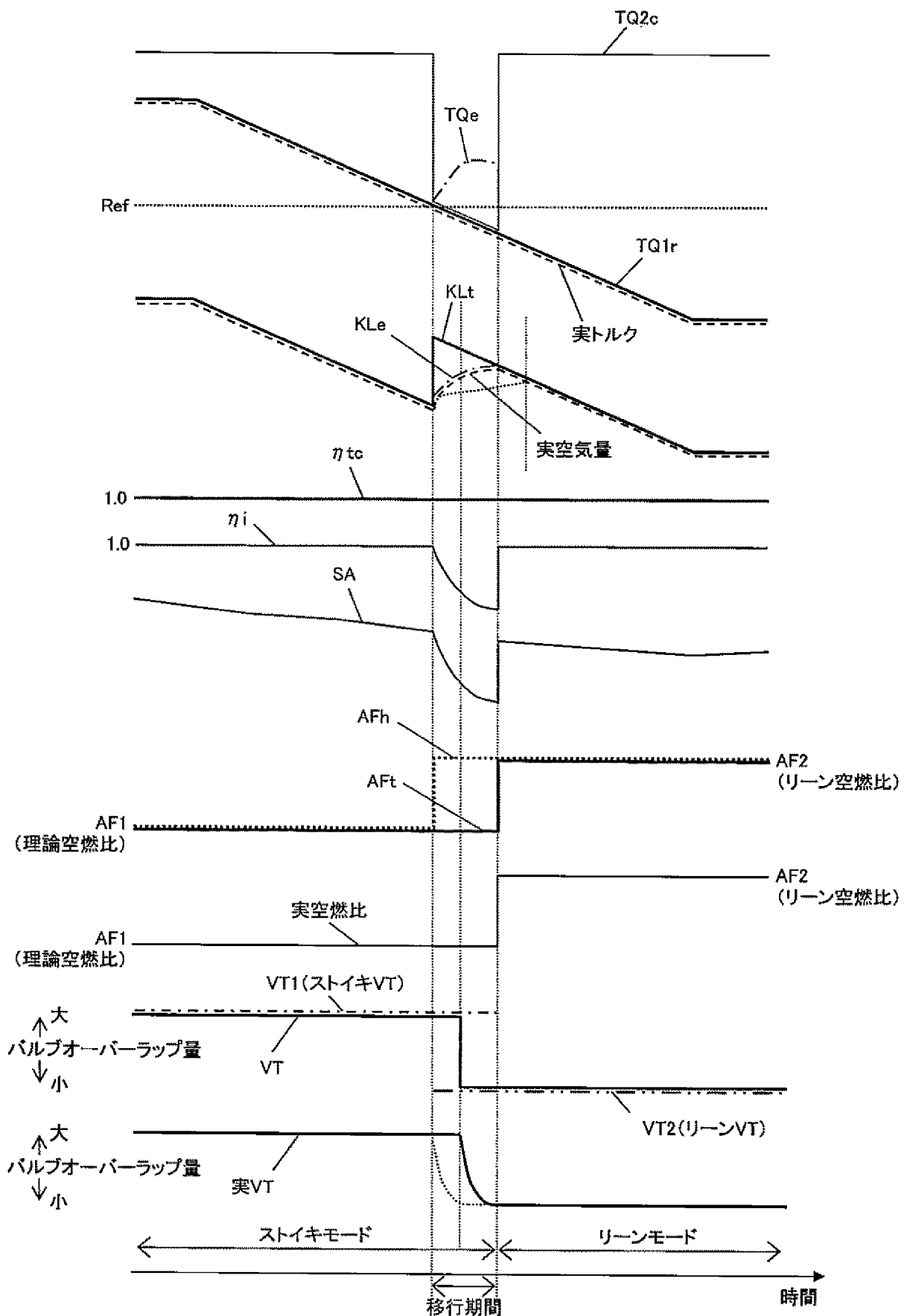
[图4]



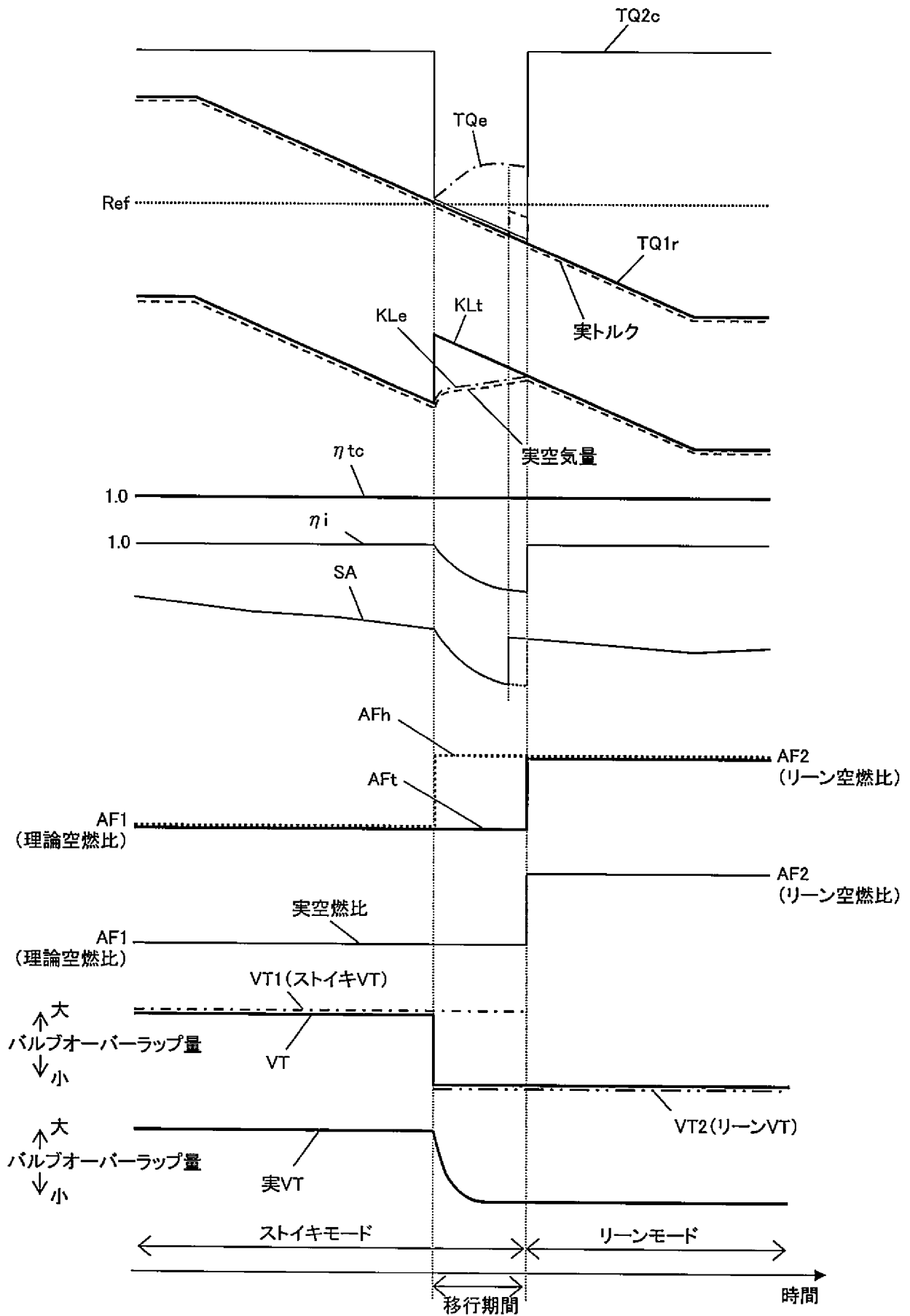
[图5]



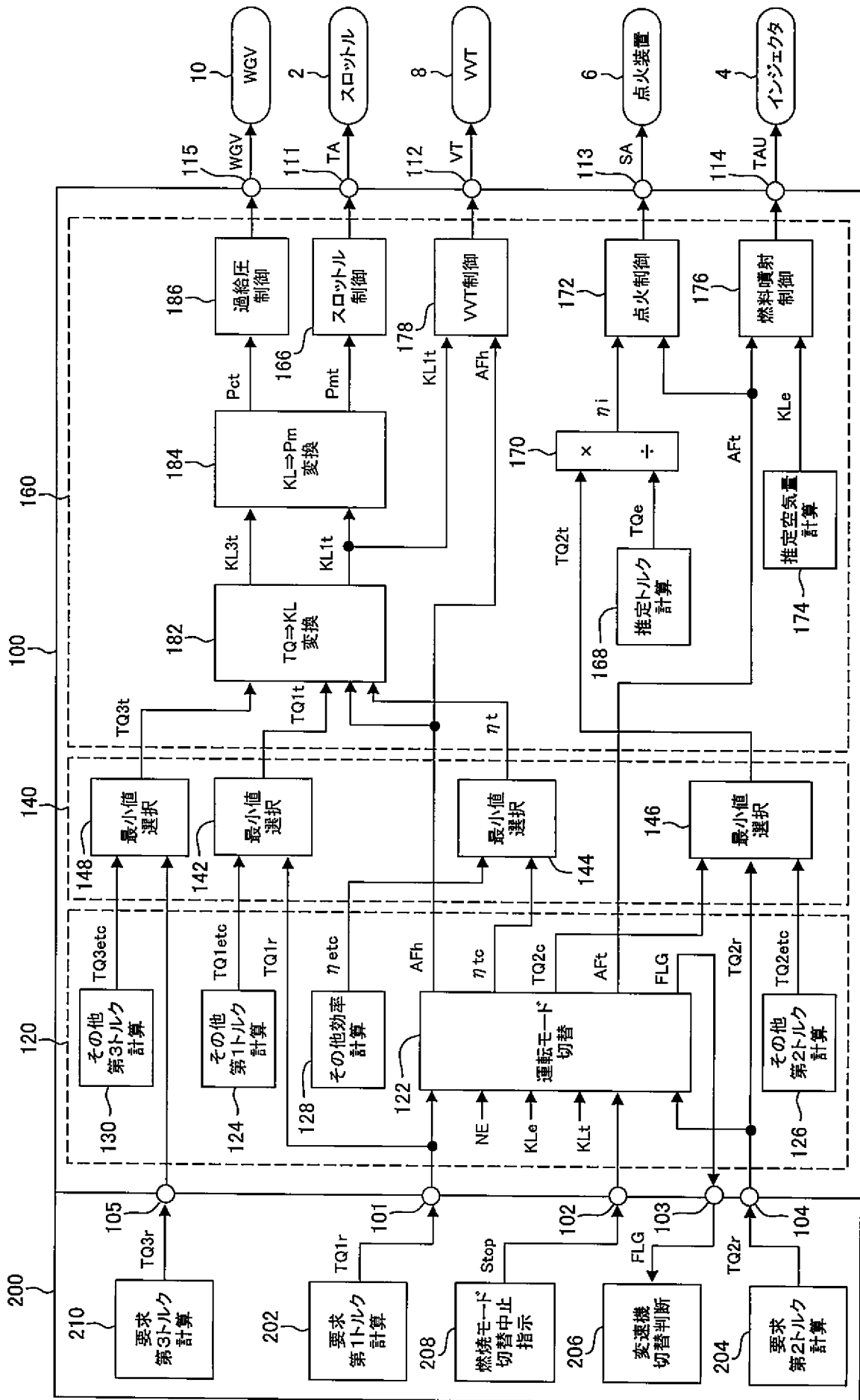
[図6]



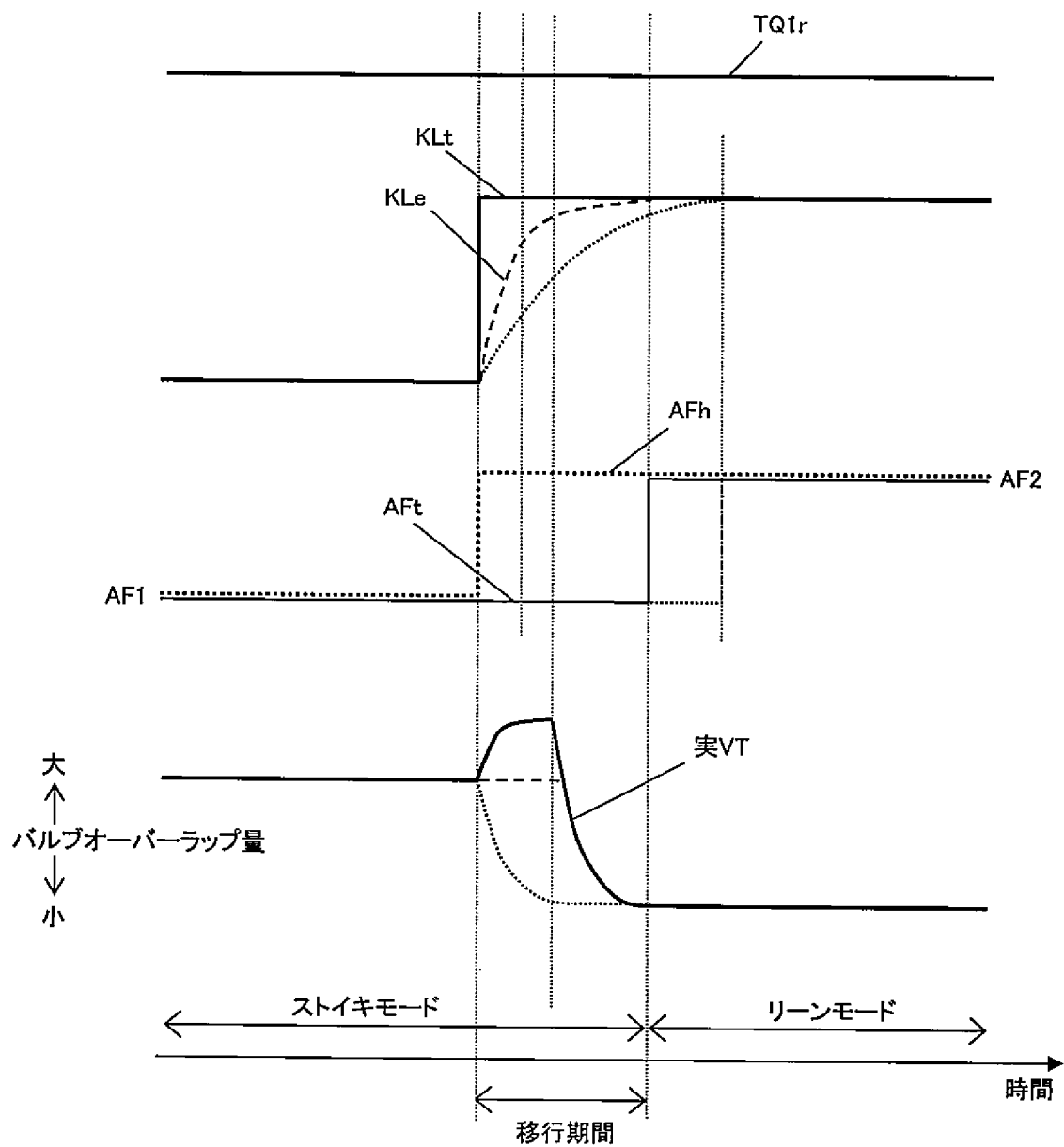
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066098

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D13/02 (2006.01) i, *F02D9/02* (2006.01) i, *F02D23/00* (2006.01) i, *F02D41/04* (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)

F02D13/02, *F02D9/02*, *F02D23/00*, *F02D41/04*

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 2002-339778 A (Denso Corp.), 27 November 2002 (27.11.2002), paragraphs [0072] to [0078] & US 2002/0124831 A1	1-6
A	JP 2008-157104 A (Toyota Motor Corp.), 10 July 2008 (10.07.2008), paragraphs [0004], [0020], [0043] (Family: none)	1-6

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
10 July, 2013 (10.07.13)

Date of mailing of the international search report
23 July, 2013 (23.07.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F02D13/02(2006.01)i, F02D9/02(2006.01)i, F02D23/00(2006.01)i, F02D41/04(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 (IPC))
 Int.Cl. F02D13/02, F02D9/02, F02D23/00, F02D41/04

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 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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 2002-339778 A (株式会社デンソー) 2002.11.27, [0072]-[0078] & US 2002/0124831 A1	1-6
A	JP 2008-157104 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.07.10, [0004][0020][0043] (ファミリーなし)	1-6

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。

<p>* 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</p>	<p>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</p>
---	---

国際調査を完了した日 10.07.2013	国際調査報告の発送日 23.07.2013
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 小川 恭司	3 Z	9 4 2 1
	電話番号 03-3581-1101 内線 3355		