

(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  
2016年8月11日(11.08.2016)



(10) 国際公開番号  
WO 2016/125238 A1

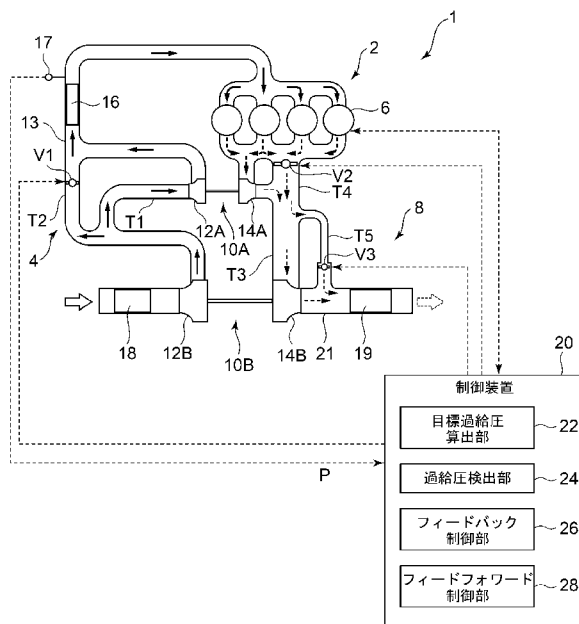
- (51) 国際特許分類:  
F02B 37/013 (2006.01) F02B 37/16 (2006.01)  
F02B 37/12 (2006.01) F02B 37/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/052864
- (22) 国際出願日: 2015年2月2日(02.02.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 久保 博義 (KUBO, Hiroyoshi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 誠真 I P 特許業務法人 (SEISHIN IP PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 三田43MTビル13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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: SUPERCHARGING SYSTEM FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND CONTROL METHOD FOR SUPERCHARGING SYSTEM

(54) 発明の名称: 内燃機関の過給システム及び過給システムの制御方法

[図1]



- 20 Control device
- 22 Target supercharging pressure calculation unit
- 24 Supercharging pressure detection unit
- 26 Feedback control unit
- 28 Feed-forward control unit

(57) Abstract: [Solution] A supercharging system for an internal combustion engine wherein an intake passage switching valve and an exhaust passage switching valve, which are provided respectively in an intake passage and an exhaust passage, are controlled on the basis of a first control index calculated on the basis of a target supercharging pressure and an actual supercharging pressure, which are calculated on the basis of the operating state of the internal combustion engine. The first control index is calculated using an arithmetic expression that includes the degree of opening of the intake passage switching valve and the exhaust passage switching valve as variables.

(57) 要約: 【解決手段】内燃機関の過給システムは、内燃機関の運転状態に基づいて算出された目標過給圧と実際の過給圧とに基づいて算出される第1の制御指標に基づいて、吸気流路及び排気流路にそれぞれ設けられた吸気流路切換弁及び排気流路切換弁を制御する。第1の制御指標は吸気流路切換弁及び排気流路切換弁の開度を変数として含む演算式により算出される。

WO 2016/125238 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

## 明 細 書

発明の名称：

内燃機関の過給システム及び過給システムの制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、複数段に亘って過給を行う内燃機関の過給システム及び該過給システムの制御方法に関する。

背景技術

[0002] 排気通路を流れる排気ガスを利用して排気タービンを回転させ、当該排気タービンに連結されたターボコンプレッサを駆動することで内燃機関に過給を行うターボチャージャが使用されている。この種のターボチャージャでは、ターボ過給機を高圧側及び低圧側にそれぞれ設けることによって２段階に亘って過給を行うことで過給効率を向上させた、いわゆる２ステージターボシステムが知られている。

[0003] 例えば特許文献１では、高圧段ターボチャージャ及び低圧段ターボチャージャを有する２ステージターボシステムにおいて、高圧段ターボチャージャをバイパスするように設けられた高圧段排気バイパス流路にある高圧段排気バイパスバルブを排ガス流量の増加に伴って開弁することで、高圧段排気バイパス流路を使用する高圧段ターボチャージャの作動領域から高圧段排気バイパス流路を使用しない低圧段ターボチャージャの作動領域に移行するように制御が行われることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特許第４９３５０９４号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記特許文献１では作動領域の移行に際して高圧段排気バルブのみを開度制御しているが、一般的な２ステージターボチャージャシステムでは、一般

的に吸気流路及び排気流路に配置された複数の弁の開度を調整して流路を切  
換制御しながら作動領域の移行が行われる。このような場合、各作動領域に  
おいて複数の弁をスムーズに制御しないと、これらのバルブ切替時に過給圧  
が変動し、エンジン出力に変動が生じてしまうおそれがある。特許文献1で  
は、単一の高圧段排気バルブのみを制御対象としているため、このような問  
題を解決することができない。

[0006] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、吸気流路及び排気流路に設けら  
れた複数の弁をスムーズに制御することにより、切替時の過給圧変動を抑制  
可能な内燃機関の過給システム及び過給システムの制御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

[0007] (1) 本発明の少なくとも一実施形態にかかる内燃機関の過給システムは  
上記課題を解決するために、内燃機関と、前記内燃機関からの排気ガスによ  
り駆動される複数のターボ過給機と、前記内燃機関の吸気流路を切替可能に  
構成された吸気流路切替弁と、前記内燃機関の排気流路を切替可能に構成さ  
れた排気流路切替弁と、前記内燃機関の運転状態に基づいて目標過給圧を算  
出する目標加給圧算出部と、前記複数のターボ過給機の過給圧を検出する過  
給圧検出部と、前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第  
1の制御指標に基づいて前記吸気流路切替弁及び前記排気流路切替弁を制御  
する制御部とを備え、前記第1の制御指標は、前記吸気流路切替弁及び前記  
排気流路切替弁の開度を変数として含む演算式により算出される。

[0008] 上記(1)の構成によれば、吸気流路切替弁及び排気流路切替弁の開度  
を変数として含む演算式により算出される第1の制御指標に基づいて、吸気流  
路切替弁及び排気流路切替弁を制御する。これにより、吸気流路切替弁及び  
排気流路切替弁を制御上一体とみなすことができるので、吸気流路及び排気  
流路に設けられた吸気流路切替弁及び排気流路切替弁をスムーズに制御する  
ことにより、切替時の過給圧変動を抑制できる。

[0009] (2) 幾つかの実施形態では上記(1)の構成において、前記第1の制御

指標を前記過給圧に対して線形特性を有する第2の制御指標に変換するための変換テーブルを更に備え、前記制御部は、前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第2の制御指標を前記変換テーブルによって前記第1の制御指標に変換し、当該第1の制御指標に基づいて前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁を制御する。

[0010] 上記(2)の構成によれば、過給圧に対して線形特性を有する第2の制御指標に基づいて吸気流路切換弁及び排気流路切換弁を制御する。これにより、一般的に過給圧に対して非線形特性を有する第1の制御指標に基づいて制御する場合に比べて、良好な精度及び応答性で複数のバルブをスムーズに制御できる。

[0011] (3) 幾つかの実施形態では上記(1)又は(2)の構成において、前記第2の制御指標は、該第2の制御指標が増加するに従って、前記吸気流路切換弁の開度が最大値から単調減少した後、前記排気流路切換弁が最大値から単調減少するように規定される。

[0012] (4) 幾つかの実施形態では上記(1)乃至(3)のいずれか一項の構成において、前記複数のターボ過給機は、前記吸気流路に設けられた第1のターボコンプレッサ及び前記排気流路に設けられた第1の排気タービンを備える第1のターボ過給機と、前記吸気流路において前記第1のターボコンプレッサより上流側に設けられた第2のターボコンプレッサ及び前記排気流路において前記第1の排気タービンより下流側に設けられた第2の排気タービンを備える第2のターボ過給機とを含む。

[0013] 上記(4)の構成によれば、第1のターボ過給機及び第2のターボ過給機を備える、いわゆる多段過給システムにおいて上記効果を享受できる。

[0014] (5) 幾つかの実施形態では上記(4)の構成において、前記吸気流路は、外部から前記第1のターボコンプレッサ及び前記第2のターボコンプレッサを介して、前記内燃機関に接続される吸気用直列流路と、前記第1のターボコンプレッサの出口側を前記第2のターボコンプレッサの出口側に接続する吸気用バイパス流路とを備え、前記排気流路は、前記内燃機関から前記第

2の排気タービン及び前記第1の排気タービンを介して外部に至るまでの排気用直列流路と、前記第2の排気タービンの入口側と前記第1の排気タービンの入口側とを接続する排気用第1バイパス流路と、前記排気用第1バイパス流路と前記排気用直列流路との下流側の接続ポイントより下流側と前記第2の排気タービンの出口側とを接続する排気用第2バイパス流路とを備え、前記吸气流路切換弁は前記吸気用バイパス流路に設けられたコンプレッサバイパスバルブであり、前記排気用切換弁は前記排気用第1バイパス流路に設けられた排気流量制御バルブである。

[0015] 上記(5)の構成によれば、吸气流路に設けられたコンプレッサバイパスバルブと、排气流路に設けられた排気流量制御バルブとを上述の制御指標に基づいて効率的に制御できる。

[0016] (6)本発明の少なくとも一実施形態にかかる内燃機関の過給システムの制御方法は上記課題を解決するために、内燃機関と、前記内燃機関からの排気ガスにより駆動される複数のターボ過給機と、前記内燃機関の吸气流路を切換可能に構成された吸气流路切換弁と、前記内燃機関の排气流路を切換可能に構成された排气流路切換弁とを備える内燃機関の過給システムの制御方法であって、前記内燃機関の運転状態に基づいて目標過給圧を算出する目標加給圧算出工程と、前記複数のターボ過給機の過給圧を検出する過給圧検出工程と、前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第1の制御指標に基づいて前記吸气流路切換弁及び前記排气流路切換弁を制御する制御工程とを備え、前記第1の制御指標は、前記吸气流路切換弁及び前記排气流路切換弁の開度を変数として含む演算式により算出される。

[0017] 上記(6)の構成は、上述の内燃機関の過給システム(上記各種態様を含む)によって好適に実施可能である。

### 発明の効果

[0018] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、吸气流路及び排气流路に設けられた複数の弁をスムーズに制御することにより、切換時の過給圧変動を抑制可能な内燃機関の過給システム及び過給システムの制御方法を提供できる。

## 図面の簡単な説明

- [0019] [図1]本発明の一実施形態に係る内燃機関の過給システムの全体構成を示す模式図である。
- [図2]実施例1の制御装置における制御ロジックを機能ブロックで示す模式図である。
- [図3]図3は第1の制御指標とコンプレッサバイパスバルブ及び排気流量制御バルブの開度との関係を示すグラフである。
- [図4]図2の制御ロジックで実施される制御方法を工程毎に示すフローチャートである。
- [図5]第2の制御指標と過給圧との関係を示す特性グラフである。
- [図6]第2の制御指標とコンプレッサバイパスバルブ及び排気流量制御バルブとの関係を示すグラフである。
- [図7]第1の制御指標と第2の制御指標との関係を示すグラフである。
- [図8]実施例2の制御装置における制御ロジックを機能ブロックで示す模式図である。
- [図9]図8の制御ロジックによって実施される制御方法を工程毎に示すフローチャートである。

## 発明を実施するための形態

- [0020] 以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

また例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密

な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0021] 図1は、本発明の一実施形態に係る内燃機関1の過給システム（2ステージターボシステム）2の全体構成を示す模式図である。

内燃機関1は、例えば4気筒ディーゼルエンジンであり、吸気系4から取り込まれた吸気が燃焼室6においてコモンレール（不図示）から供給された燃料と圧縮着火燃焼されることによって、動力が発生する。燃焼室6で生じた排気ガスは、排気系8を介して外部に排出される。

尚、内燃機関1としてガソリンエンジンであってもよいことは言うまでもない。

[0022] 過給システム2は第1のターボ過給機10A及び第2のターボ過給機10Bを有する。第1のターボ過給機10Aはターボコンプレッサ12A及び排気タービン14Aを備える。第2のターボ過給機10Bはターボコンプレッサ12B及び排気タービン14Bを備える。これら2基のターボ過給機10A、10Bは、略同一タービン容量のターボ過給機であり、直列過給モードである場合、排気流路上流側に位置する第1のターボ過給機10Aは高圧ターボ過給機として機能し、排気流路下流側に位置する第2のターボ過給機10Bは低圧ターボ過給機として機能するように構成されている。

[0023] 吸気系4は、外部から第1のターボ過給機10Aのターボコンプレッサ12A及び第2のターボ過給機10Bのターボコンプレッサ12Bを介して内燃機関1に接続される吸気用直列流路T1と、第1のターボ過給機10Aのターボコンプレッサ12Aの出口側を第2のターボ過給機10Bのターボコンプレッサ12Bの出口側に接続する吸気用バイパス流路T2とを備える。また、吸気用バイパス流路T2には吸気流路切換弁であるコンプレッサバイパスバルブV1が設けられている。コンプレッサバイパスバルブV1は比例

制御弁であり、開度に応じて連続的に流量が制御可能に構成されている。

[0024] 尚、吸気用直列流路 T 1 と吸気用バイパス流路 T 2 との下流側の合流地点 1 3 と内燃機関 1 との間には、ターボ過給機によって圧縮加熱された給気を冷却するためのインタークーラ 1 6 が設けられている。また吸気系 4 の入口近傍には、吸気を浄化するためのエアクリーナ 1 8 が設けられている。

[0025] 排気系 8 は、内燃機関 1 から第 2 のターボ過給機 1 0 B の排気タービン 1 4 B 及び第 1 のターボ過給機 1 0 A の排気タービン 1 4 A を介して外部に至るまでの排気用直列流路 T 3 と、第 2 のターボ過給機 1 0 B の排気タービン 1 4 B の入口側と第 1 のターボ過給器 1 0 A の排気タービン 1 4 A の入口側とを接続する排気用第 1 バイパス流路 T 4 と、排気用第 1 バイパス流路 T 4 と排気用直列流路 T 3 との下流側の接続ポイントより下流側と第 2 のターボ過給器 1 0 B の排気タービン 1 4 B の出口側とを接続する排気用第 2 バイパス流路 T 5 とを備える。また排気用第 1 バイパス流路 T 4 には排気流量制御バルブ V 2 が設けられており、排気用第 2 バイパス流路 T 5 にはウエストゲートバルブ V 3 が設けられている。排気流量制御バルブ V 2 及びウエストゲートバルブ V 3 は共に排気用切換弁であり、比例制御弁として、開度に応じて連続的に流量が制御可能に構成されている。

尚、排気系 8 のうち排気用直列流路 T 3 と排気用第 2 バイパス流路 T 5 との下流側の合流地点 2 1 より下流側には、消音用のマフラー 1 9 が設けられている。

[0026] 過給システム 1 はコントロールユニットである制御装置 2 0 を備える。制御装置 2 0 は演算処理ユニットであり、例えばマイクロプロセッサのような演算処理装置から構成される。制御装置 2 0 は、コンプレッサバイパスバルブ V 1、排気流量制御バルブ V 2 及びウエストゲートバルブ V 3 を制御することにより、吸気系 4 及び排気系 8 の流路を切り換え可能に構成されている。

[0027] 具体的には制御装置 2 0 は、後述の制御を実施するために、運転状態に基づいて目標加給圧を算出する目標過給圧算出部 2 2 と、ターボ過給機の過給

圧を検出する過給圧検出部 24 と、目標加給圧と過給圧との偏差に基づいて前記コンプレッサバイパスバルブ V1 及び排気流量制御バルブ V2 の開度に対応する第 1 の制御指標をフィードバック制御するフィードバック制御部 26 とを備える。

尚、フィードバック制御は例えば P I D 制御である。

[0028] (実施例 1)

図 2 は図 1 の制御装置 20 における制御ロジックを機能ブロックで示す模式図である。実施例 1 では、コンプレッサバイパスバルブ及び排気流量制御バルブをまとめて制御するための第 1 の制御指標  $\theta$  を導入する。コンプレッサバイパスバルブ V1 の開度は例えば 0 ~ 100 % の範囲で動く。これを標準化するために  $\theta$  (値としては 0 ~ 1) を導入する。排気流量制御バルブ V2 の開度は例えば 0 ~ 100 % の範囲で動く。これを標準化するために  $\theta$  (値としては 1 ~ 2) を導入する。コンプレッサバイパスバルブ V1 の開度、排気流量制御バルブ V2 の開度、 $\theta$  の関係は図 3 のようになる。

[0029] ここで図 3 は第 1 の制御指標とコンプレッサバイパスバルブ V1 及び排気流量制御バルブ V2 の開度との関係を示すグラフであり、具体的には、第 1 の制御指標  $\theta$  は  $0 \leq \theta < 1$  の範囲ではコンプレッサバイパスバルブ V1 の開度のみに依存し、 $1 \leq \theta < 2$  の範囲では排気流量制御バルブ V2 の開度のみに依存するように設定されている。つまり、第 1 の制御指標  $\theta$  を連続的に変化させた場合、 $0 \leq \theta < 1$  の範囲では第 1 の制御指標  $\theta$  に従ってコンプレッサバルブ V1 のみが動作し、 $1 \leq \theta \leq 2$  の範囲では排気流量制御バルブ V2 のみが動作するように規定される。これにより、 $\theta = 1$  を境界にコンプレッサバイパスバルブ V1 及び排気流量制御バルブ V2 が切換制御されるように設定されている。

[0030] 続いて図 4 を参照して、図 2 の制御ロジックに基づいて実施される制御方法について具体的に説明する。図 4 は図 2 の制御ロジックで実施される制御方法を工程毎に示すフローチャートである。

[0031] まず目標過給圧算出部 22 は、運転状態に対応する目標過給圧  $P_t$  を求め

る（ステップS 1 1）。ここで運転状態は例えば燃料噴射量及びエンジン回転数によって把握され、目標過給圧  $P_t$  は当該運転状態に応じて決定される。例えば運転者がアクセルペダルを踏み込んで出力増大を要求した場合には、燃料噴射量及びエンジン回転数が増加するに従って、目標過給圧  $P_t$  も増加することとなる。このような目標過給圧  $P_t$  と運転状態との関係は、予めメモリ等の記憶装置にマップ（不図示）として記憶されており、当該マップを読み出すことで目標過給圧  $P_t$  を算出可能に構成されている。

[0032] 続いて過給圧検出部 2 4 は、吸気管 4 のうち合流点 1 3 より下流側に設けられた過給圧センサ 1 7 からの検出信号を取得することにより、過給圧の実測値（以下、適宜「実過給圧」と称する） $P$  を取得する（ステップS 1 2）。そして減算器 2 5 は、ステップS 1 1 で求められた目標過給圧  $P_t$ 、及び、ステップS 1 2 で取得された実過給圧  $P$  を取得し、その偏差  $\Delta P$  を出力する（ステップS 1 3）。この偏差  $\Delta P$  は P I D 制御器 2 6 に入力され、演算によりフィードバック成分  $\theta_{pid}$  が出力される（ステップS 1 4）。

[0033] 尚、P I D 制御部 2 6 におけるフィードバック成分  $\theta_{pid}$  の演算は、例えば次式

$$\text{操作量 } \theta_{pid} = K_p \times \text{偏差} + K_i \times \text{偏差の累積値} + K_d \times \text{前回偏差との差} \quad (2)$$

により行われる。ここで右辺の第 1 項は比例項であり、第 2 項は積分項であり、第 3 項は微分項である。尚、上式における係数  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  はカットアンドトライで実際に制御した結果から最適な値を求めることにより設定するとよく、例えばステップ応答法、限界感度法等のような公知の手法を用いることができる。

[0034] また本実施例では付加的要素として、フィードフォワード制御部 2 8 が備えられている。フィードフォワード制御部 2 8 は、外乱要因を取得し、当該外乱要因によって生じる過給圧の変動（乱れ）を抑制するためにフィードフォワード成分  $\theta_{ff}$  を出力する（ステップS 1 5）。当該フィードフォワード成分  $\theta_{ff}$  は、加算器 2 9 においてフィードバック成分  $\theta_{pid}$  に加算され、第 1

の制御指標  $\theta$  が次式

$$\theta = \theta_{pid} + \theta_{ff} \quad (3)$$

によって求められる（ステップS16）。このようにフィードフォワード制御部28を備えることにより、外乱入力に対する応答性が向上する。

[0035] そしてコンプレッサバイパスバルブV1及び排気流量制御バルブV2は、上式(3)に基づいて算出された第1の制御指標 $\theta$ に基づいて制御される（ステップS17）。このように本実施例では、第1の制御指標 $\theta$ に基づいてコンプレッサバイパスバルブV1及び排気流量制御バルブV2を制御上一体とみなすことで、複数の弁制御をスムーズに実施できる。

[0036] （実施例2）

上述の実施例1では、PID制御部26からのフィードバック成分を第1の制御指標 $\theta$ として出力することで、コンプレッサバイパスバルブV1及び排気流量制御バルブV2を制御しているが、一般的に第1の制御指標 $\theta$ は過給圧に対して非線形特性を有するため、制御性に改善の余地が残されている。これは、以下に説明する実施例2によって解消することができる。

[0037] 図5は第2の制御指標 $\tau$ と過給圧Pとの関係を示す特性グラフであり、図6は第2の制御指標 $\tau$ とコンプレッサバイパスバルブV1及び排気流量制御バルブV2との関係を示すグラフであり、図7は第1の制御指標 $\theta$ と第2の制御指標 $\tau$ との関係を示すグラフである。

尚、図5乃至図7では、丸形状（白抜き）のシンボルはコンプレッサバイパスバルブV1に対応し、三角形状（白抜き）のシンボルは排気流量制御バルブV2に対応したデータをそれぞれ示している。

[0038] 実施例2では、PID制御部26のフィードバック出力を、過給圧に対して線形特性を有する第2の制御指標 $\tau$ として出力する。第2の制御指標 $\tau$ は図5に示されるように過給圧に対して線形特性を有している。また第2の制御指標 $\tau$ は、図6に示されるように、コンプレッサバイパスバルブV1及び排気流量制御バルブV2の開度に対する特性を有する。

[0039] このような第2の制御指標 $\tau$ は、上述の第1の制御指標 $\theta$ との間で互いに

変換可能に構成されている。具体的にはメモリ等の記憶装置には、図7に示されるように第1の制御指標 $\theta$ と第2の制御指標 $\tau$ との関係を規定する変換テーブル30が予め記憶されており、適宜読み出し可能に構成されている。非線形特性を有する第1の制御指標 $\theta$ から線形特性を有する第2の制御指標への変換式は一般的に複雑になるため、このように変換テーブル30として予め規定しておくことで、処理負担が軽減されることにより、メモリ容量の軽減、処理速度の向上により良好な応答性が得られる。

[0040] 続いて図8及び図9を参照して、実施例2に係る制御方法について説明する。図8は実施例2の制御装置20における制御ロジックを機能ブロックで示す模式図であり、図9は図8の制御ロジックによって実施される制御方法を工程毎に示すフローチャートである。

尚、図8のステップS21乃至S23は、図4（実施例1）のステップS11乃至S13と同様であるため、重複する説明は割愛する。

[0041] PID制御器26は減算器25から出力された偏差 $\Delta P$ を取得し、演算によりフィードバック成分 $\tau_{pid}$ を算出する（ステップS24）。フィードバック成分 $\tau_{pid}$ は次式

操作量 $\tau_{pid} = k_p \times \text{偏差} + k_i \times \text{偏差の累積値} + k_d \times \text{前回偏差との差}$

(4)

により算出される。ここで右辺の第1項は比例項であり、第2項は積分項であり、第3項は微分項である。尚、上式における係数 $k_p$ 、 $k_i$ 、 $k_d$ はカットアンドトライで実際に制御した結果から最適な値を求めることにより設定するとよく、例えばステップ応答法、限界感度法等のような公知の手法を用いることができる。

[0042] 一方、フィードフォワード制御部28は、実施例1と同様に外乱要因によって生じるフィードフォワード成分 $\theta_{ff}$ を出力する（ステップS25）。当該フィードフォワード成分 $\theta_{ff}$ は、変換テーブル30によって第2の制御指標 $\tau$ に対応するフィードフォワード成分 $\tau_{ff}$ に変換された後（ステップS26）、加算器29においてフィードバック成分 $\tau_{pid}$ に加算される。これによ

り、操作量である第2の制御指標 $\tau$ が次式

$$\tau = \tau_{pid} + \tau_{ff} \quad (5)$$

が得られる(ステップS27)。

[0043] このように得られた第2の制御指標 $\tau$ は変換テーブル30を用いて第1の制御指標 $\theta$ に変換され(ステップS27)、第2の制御指標 $\tau$ を第1の制御指標 $\theta$ に変換する(ステップS28)。そして、当該第1の制御指標 $\theta$ に基づいてコンプレッサバイパスバルブV1及び排気流量制御バルブV1が制御される(ステップS29)。

[0044] 以上説明したように実施例2によれば、過給圧に対して線形特性を有する第2の制御指標 $\tau$ に基づいてコンプレッサバイパスバルブV1及び排気流量制御バルブV2を制御できるので、複数のバルブを良好な応答性でスムーズに制御することができる。

### 産業上の利用可能性

[0045] 本開示は、複数段に亘って過給を行う内燃機関の過給システム及び該過給システムの制御方法に利用可能である。

### 符号の説明

- [0046]
- 1 過給システム
  - 2 内燃機関(エンジン)
  - 4 吸気系
  - 6 燃焼室
  - 8 排気系
  - 10A 高圧側ターボ過給機
  - 10B 低圧側ターボ過給機
  - 12A 高圧側ターボコンプレッサ
  - 12B 低圧側ターボコンプレッサ
  - 13 合流地点
  - 14A 高圧側排気タービン
  - 14B 低圧側排気タービン

- 16 インタークーラ
- 18 エアクリーナ
- 19 マフラー
- 20 制御装置
- 21 合流地点
- 22 目標過給圧算出部
- 24 過給圧検出部
- 25 減算器
- 26 PID制御部
- 28 フィードフォワード制御部
- 29 加算器
- 30 変換テーブル

## 請求の範囲

- [請求項1] 内燃機関と、  
前記内燃機関からの排気ガスにより駆動される複数のターボ過給機と、  
前記内燃機関の吸気流路を切換可能に構成された吸気流路切換弁と、  
前記内燃機関の排気流路を切換可能に構成された排気流路切換弁と  
前記内燃機関の運転状態に基づいて目標過給圧を算出する目標加給圧算出部と、  
前記複数のターボ過給機の過給圧を検出する過給圧検出部と、  
前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第1の制御指標に基づいて前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁を制御する制御部と  
を備え、  
前記第1の制御指標は、前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁の開度を変数として含む演算式により算出されることを特徴とする内燃機関の過給システム。
- [請求項2] 前記第1の制御指標を前記過給圧に対して線形特性を有する第2の制御指標に変換するための変換テーブルを更に備え、  
前記制御部は、前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第2の制御指標を前記変換テーブルによって前記第1の制御指標に変換し、当該第1の制御指標に基づいて前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁を制御することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の過給システム。
- [請求項3] 前記第2の制御指標は、該第2の制御指標が増加するに従って、前記吸気流路切換弁の開度が最大値から単調減少した後、前記排気流路切換弁が最大値から単調減少するように規定されることを特徴とする請求項2に記載の内燃機関の過給システム。

[請求項4] 前記複数のターボ過給機は、  
前記吸気流路に設けられた第1のターボコンプレッサ及び前記排気流路に設けられた第1の排気タービンを備える第1のターボ過給機と、  
前記吸気流路において前記第1のターボコンプレッサより上流側に設けられた第2のターボコンプレッサ及び前記排気流路において前記第1の排気タービンより下流側に設けられた第2の排気タービンを備える第2のターボ過給機と  
を含むことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の内燃機関の過給システム。

[請求項5] 前記吸気流路は、  
外部から前記第1のターボコンプレッサ及び前記第2のターボコンプレッサを介して、前記内燃機関に接続される吸気用直列流路と、  
前記第1のターボコンプレッサの出口側を前記第2のターボコンプレッサの出口側に接続する吸気用バイパス流路と  
を備え、  
前記排気流路は、  
前記内燃機関から前記第2の排気タービン及び前記第1の排気タービンを介して外部に至るまでの排気用直列流路と、  
前記第2の排気タービンの入口側と前記第1の排気タービンの入口側とを接続する排気用第1バイパス流路と、  
前記排気用第1バイパス流路と前記排気用直列流路との下流側の接続ポイントより下流側と前記第2の排気タービンの出口側とを接続する排気用第2バイパス流路と  
を備え、  
前記吸気流路切換弁は前記吸気用バイパス流路に設けられたコンプレッサバイパスバルブであり、  
前記排気用切換弁は前記排気用第1バイパス流路に設けられた排気

流量制御バルブであることを特徴とする請求項4に記載の内燃機関の過給システム。

[請求項6]

内燃機関と、

前記内燃機関からの排気ガスにより駆動される複数のターボ過給機と、

前記内燃機関の吸気流路を切換可能に構成された吸気流路切換弁と、

、

前記内燃機関の排気流路を切換可能に構成された排気流路切換弁とを備える内燃機関の過給システムの制御方法であって、

前記内燃機関の運転状態に基づいて目標過給圧を算出する目標加給圧算出工程と、

前記複数のターボ過給機の過給圧を検出する過給圧検出工程と、

前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第1の制御指標に基づいて前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁を制御する制御工程と

を備え、

前記第1の制御指標は、前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁の開度を変数として含む演算式により算出されることを特徴とする内燃機関の過給システムの制御方法。

補正された請求の範囲  
[2016年5月23日(23.05.2016) 国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) 内燃機関と、  
前記内燃機関からの排気ガスにより駆動される複数のターボ過給機と、  
前記内燃機関の吸気流路を切換可能に構成された吸気流路切換弁と、  
前記内燃機関の排気流路を切換可能に構成された排気流路切換弁と  
前記内燃機関の運転状態に基づいて目標過給圧を算出する目標加給圧算出部と、  
前記複数のターボ過給機の過給圧を検出する過給圧検出部と、  
前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第 1 の制御指標に基づいて前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁を制御する制御部と  
を備え、  
前記第 1 の制御指標は、前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁の開度を変数として含む演算式により算出され、  
前記第 1 の制御指標を前記過給圧に対して線形特性を有する第 2 の制御指標に変換するための変換テーブルを更に備え、  
前記制御部は、前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第 2 の制御指標を前記変換テーブルによって前記第 1 の制御指標に変換し、当該第 1 の制御指標に基づいて前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁を制御することを特徴とする内燃機関の過給システム。
- [請求項 2] (削除)
- [請求項 3] (補正後) 前記第 2 の制御指標は、該第 2 の制御指標が増加するに従って、前記吸気流路切換弁の開度が最大値から単調減少した後、前記排気流路切換弁が最大値から単調減少するように規定されることを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の過給システム。

[請求項 4] (補正後) 前記複数のターボ過給機は、  
前記吸気流路に設けられた第 1 のターボコンプレッサ及び前記排気流路に設けられた第 1 の排気タービンを備える第 1 のターボ過給機と、  
前記吸気流路において前記第 1 のターボコンプレッサより上流側に設けられた第 2 のターボコンプレッサ及び前記排気流路において前記第 1 の排気タービンより下流側に設けられた第 2 の排気タービンを備える第 2 のターボ過給機と  
を含むことを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載の内燃機関の過給システム。

[請求項 5] 前記吸気流路は、  
外部から前記第 1 のターボコンプレッサ及び前記第 2 のターボコンプレッサを介して、前記内燃機関に接続される吸気用直列流路と、  
前記第 1 のターボコンプレッサの出口側を前記第 2 のターボコンプレッサの出口側に接続する吸気用バイパス流路と  
を備え、  
前記排気流路は、  
前記内燃機関から前記第 2 の排気タービン及び前記第 1 の排気タービンを介して外部に至るまでの排気用直列流路と、  
前記第 2 の排気タービンの入口側と前記第 1 の排気タービンの入口側とを接続する排気用第 1 バイパス流路と、  
前記排気用第 1 バイパス流路と前記排気用直列流路との下流側の接続ポイントより下流側と前記第 2 の排気タービンの出口側とを接続する排気用第 2 バイパス流路と  
を備え、  
前記吸気流路切換弁は前記吸気用バイパス流路に設けられたコンプレッサバイパスバルブであり、  
前記排気用切換弁は前記排気用第 1 バイパス流路に設けられた排気

流量制御バルブであることを特徴とする請求項 4 に記載の内燃機関の過給システム。

[請求項 6]

(補正後) 内燃機関と、

前記内燃機関からの排気ガスにより駆動される複数のターボ過給機と、

前記内燃機関の吸気流路を切換可能に構成された吸気流路切換弁と、

前記内燃機関の排気流路を切換可能に構成された排気流路切換弁とを備える内燃機関の過給システムの制御方法であって、

前記内燃機関の運転状態に基づいて目標過給圧を算出する目標加給圧算出工程と、

前記複数のターボ過給機の過給圧を検出する過給圧検出工程と、

前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第 1 の制御指標に基づいて前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁を制御する制御工程と

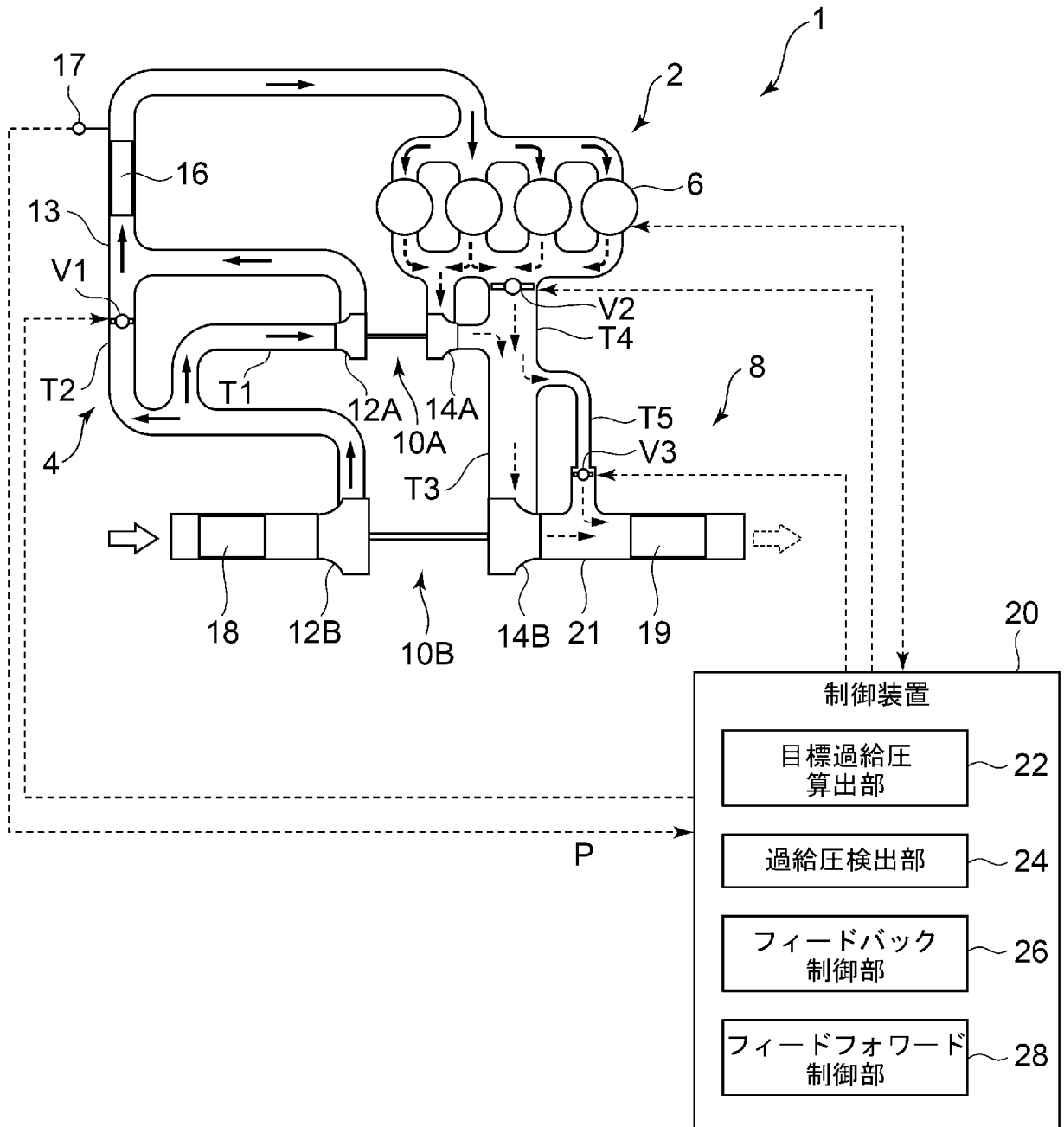
を備え、

前記第 1 の制御指標は、前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁の開度を変数として含む演算式により算出され、

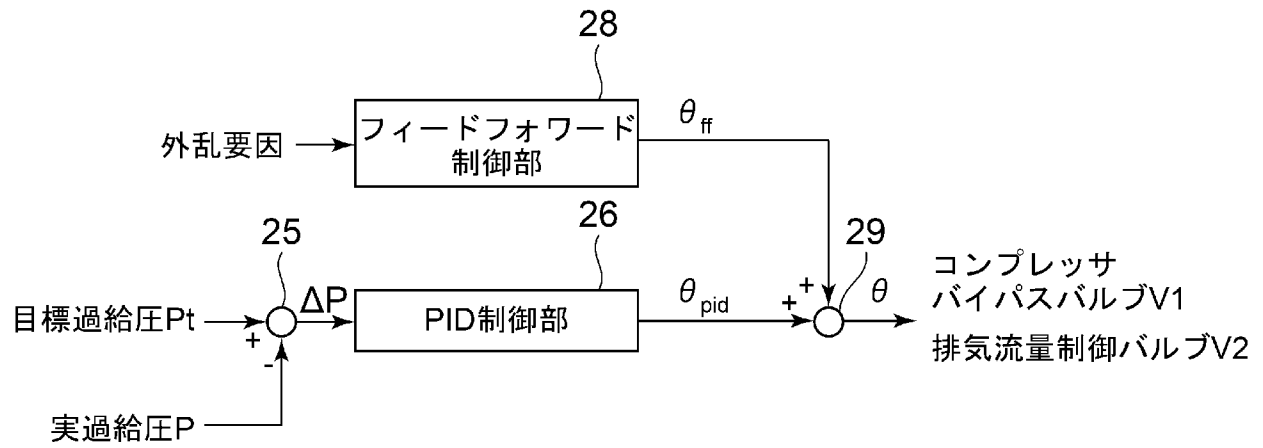
前記第 1 の制御指標を前記過給圧に対して線形特性を有する第 2 の制御指標に変換するための変換テーブルを更に備え、

前記制御部は、前記目標加給圧及び前記過給圧に基づいて算出される前記第 2 の制御指標を前記変換テーブルによって前記第 1 の制御指標に変換し、当該第 1 の制御指標に基づいて前記吸気流路切換弁及び前記排気流路切換弁を制御することを特徴とする内燃機関の過給システムの制御方法。

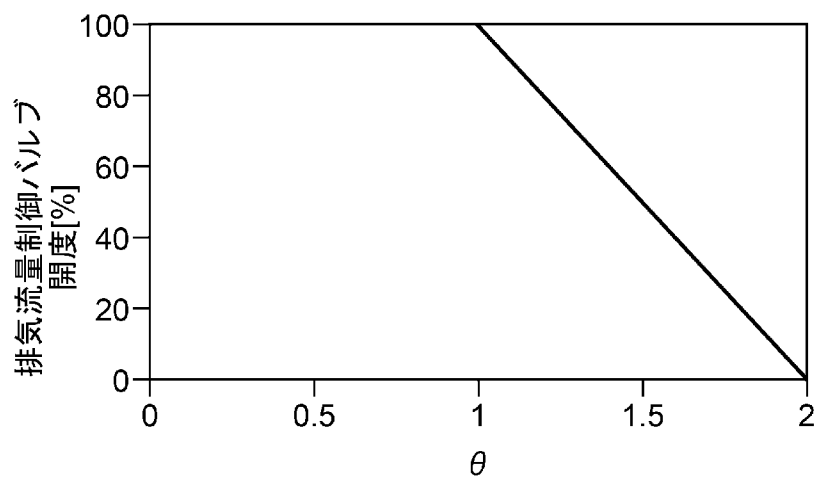
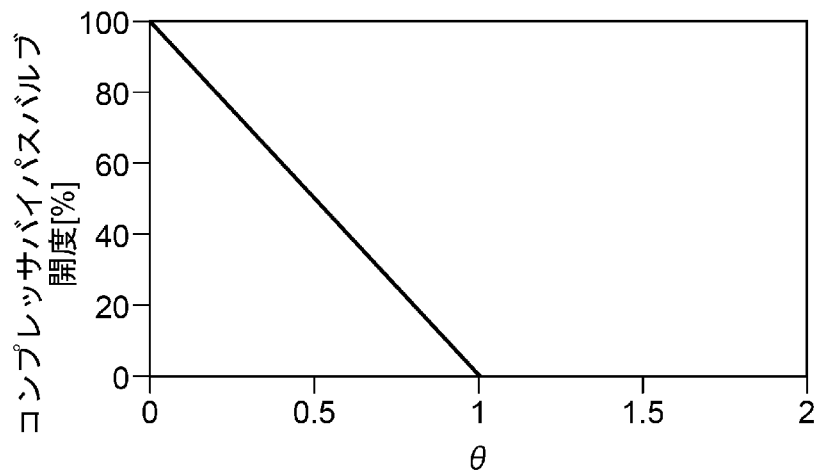
[図1]



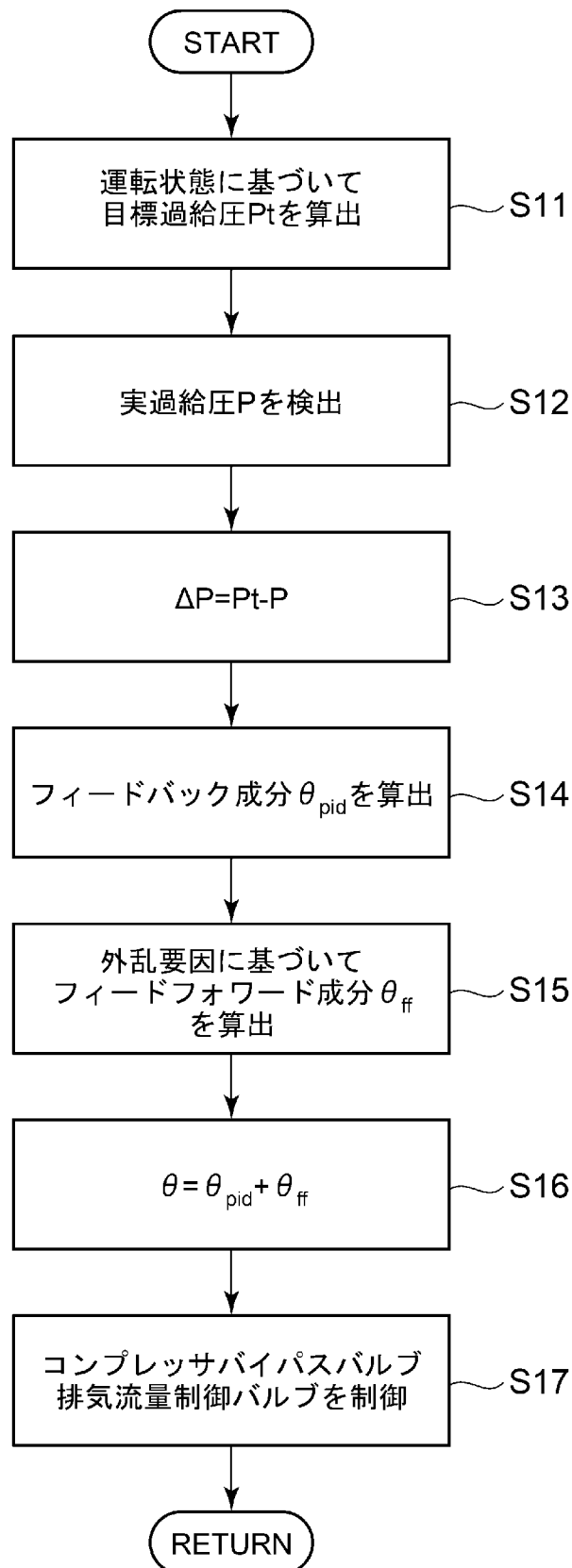
[図2]



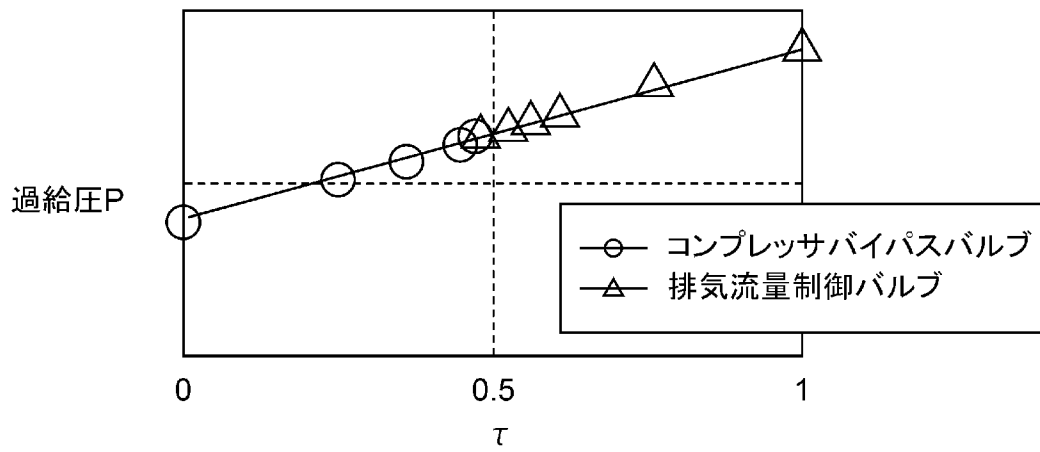
[図3]



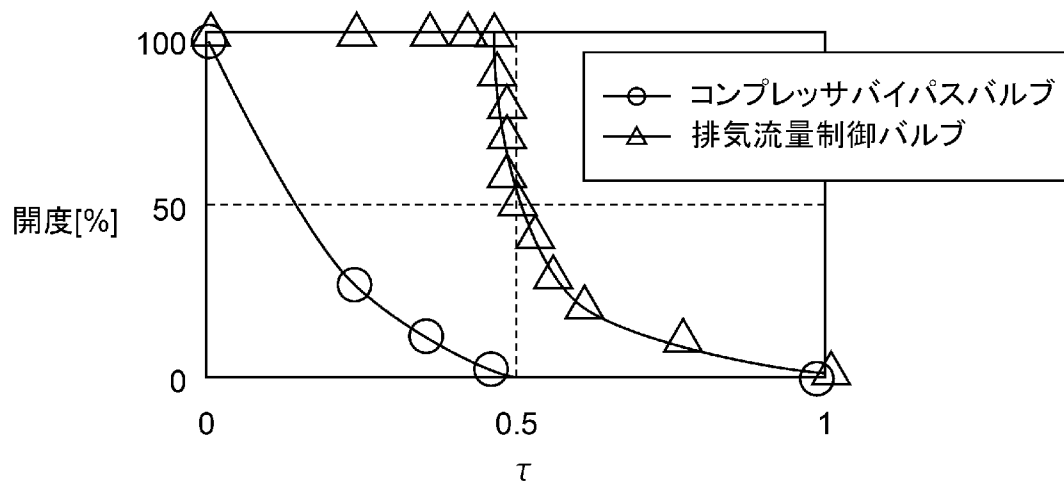
[図4]



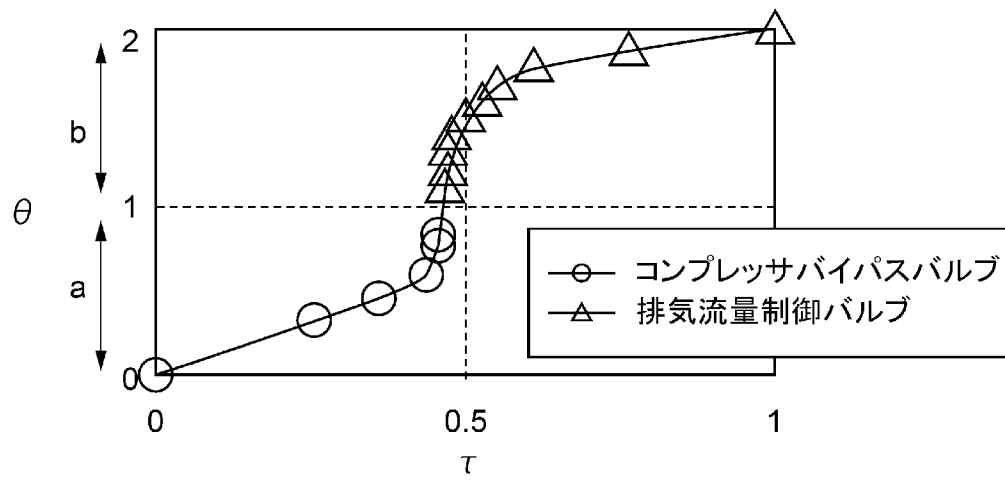
[図5]



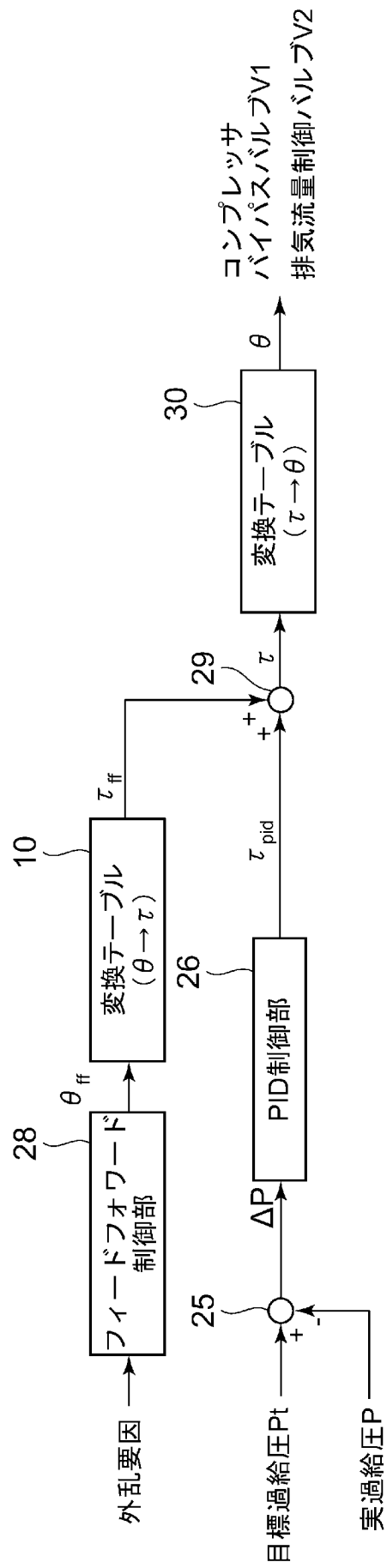
[図6]



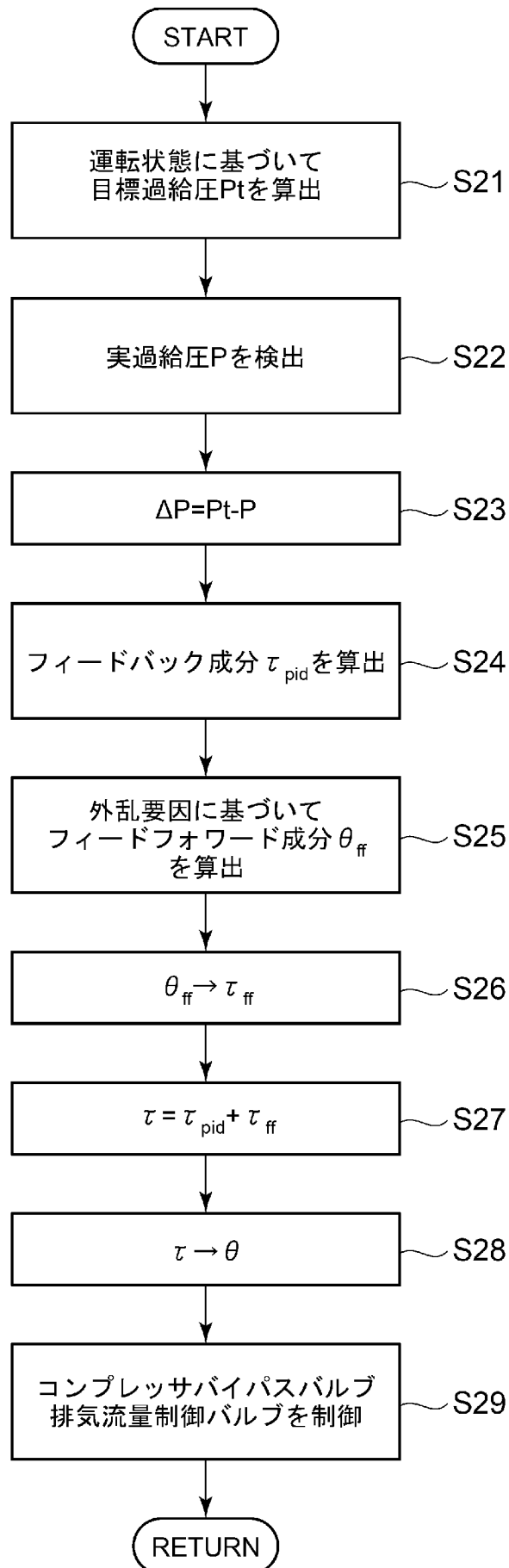
[図7]



[図8]



[図9]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/052864

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*F02B37/013(2006.01)i, F02B37/12(2006.01)i, F02B37/16(2006.01)i, F02B37/18(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)  
*F02B37/013, F02B37/12, F02B37/16, F02B37/18*

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 Y A	JP 5-288111 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 02 November 1993 (02.11.1993), paragraphs [0019] to [0038]; fig. 1, 5 to 10 (Family: none)	1, 6 4-5 2-3
Y	JP 2011-99338 A (Toyota Motor Corp.), 19 May 2011 (19.05.2011), paragraphs [0050] to [0201]; fig. 1 to 7 (Family: none)	4-5
Y	JP 2010-203426 A (Toyota Motor Corp.), 16 September 2010 (16.09.2010), paragraphs [0013] to [0017], [0037] to [0052]; fig. 1, 4 to 6 (Family: none)	4-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 20 April 2015 (20.04.15)	Date of mailing of the international search report 12 May 2015 (12.05.15)
---	--

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

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/052864

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 2014-15846 A (Toyota Motor Corp.), 30 January 2014 (30.01.2014), paragraphs [0061] to [0082]; fig. 7 to 10 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. F02B37/013(2006.01)i, F02B37/12(2006.01)i, F02B37/16(2006.01)i, F02B37/18(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. F02B37/013, F02B37/12, F02B37/16, F02B37/18

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 1971-2015年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 Y A	JP 5-288111 A（富士重工業株式会社）1993.11.02, 段落 [0019] - [0038], 第1図, 第5-10図（ファミリーなし）	1,6 4-5 2-3
Y	JP 2011-99338 A（トヨタ自動車株式会社）2011.05.19, 段落 [0050] - [0201], 第1-7図（ファミリーなし）	4-5
Y	JP 2010-203426 A（トヨタ自動車株式会社）2010.09.16, 段落 [0013] - [0017], [0037] - [0052], 第1図, 第4-6図（ファミリーなし）	4-5

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 20.04.2015	国際調査報告の発送日 12.05.2015
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） 川口 真一 電話番号 03-3581-1101 内線 3355

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 2014-15846 A (トヨタ自動車株式会社) 2014.01.30, 段落 [0061] - [0082], 第7-10 図 (ファミリーなし)	1-6