

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5525162号  
(P5525162)

(45) 発行日 平成26年6月18日(2014.6.18)

(24) 登録日 平成26年4月18日(2014.4.18)

(51) Int.Cl.

FO2M 25/07 (2006.01)

F 1

FO2M 25/07 550C  
FO2M 25/07 550D  
FO2M 25/07 A

請求項の数 18 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-547628 (P2008-547628)  
 (86) (22) 出願日 平成18年12月20日 (2006.12.20)  
 (65) 公表番号 特表2009-520918 (P2009-520918A)  
 (43) 公表日 平成21年5月28日 (2009.5.28)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2006/049084  
 (87) 國際公開番号 WO2007/076038  
 (87) 國際公開日 平成19年7月5日 (2007.7.5)  
 審査請求日 平成21年10月29日 (2009.10.29)  
 審判番号 不服2012-13624 (P2012-13624/J1)  
 審判請求日 平成24年7月17日 (2012.7.17)  
 (31) 優先権主張番号 60/752,415  
 (32) 優先日 平成17年12月20日 (2005.12.20)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500124378  
 ボーグワーナー インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国ミシガン州 48326-  
 2872, オーバーン・ヒルズ, ハムリン  
 ・ロード 3850  
 (74) 代理人 100092093  
 弁理士 辻居 幸一  
 (74) 代理人 100082005  
 弁理士 熊倉 賢男  
 (74) 代理人 100088694  
 弁理士 弟子丸 健  
 (74) 代理人 100103609  
 弁理士 井野 砂里  
 (74) 代理人 100095898  
 弁理士 松下 满

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ターボチャージャ付き圧縮着火エンジンシステムにおける排気ガス再循環制御方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

エンジン、前記エンジンと上流で連通する吸気サブシステム、前記エンジンと下流で連通する排気サブシステムを備え、且つ排気絞り弁、ターボチャージャタービンの上流及びターボチャージャコンプレッサの下流の前記排気サブシステムと吸気サブシステムとの間の高圧 EGR 通路を備え、且つ H P EGR 弁、及び前記ターボチャージャタービンの下流及び前記ターボチャージャコンプレッサの上流の前記排気サブシステムと吸気サブシステムとの間の低圧 EGR 通路を備え、且つ L P EGR 弁を備えるターボチャージャ付きエンジンシステムにおいて排気ガス再循環 (EGR) を制御する方法であって、

新気を前記吸気サブシステムに引き込むステップ、

10

前記吸気サブシステムを通じて吸気ガスを前記エンジンに導入するステップ、

前記排気サブシステムを通じて排気ガスを前記エンジンから排出するステップ、

前記排気サブシステムから前記高圧又は低圧 EGR 通路の少なくとも 1 つを通じて前記吸気サブシステムへと排気ガスを再循環させるステップ、

総 EGR 率の指標となる 1 つ又は複数の代替パラメータを感知するステップ、

少なくとも 1 つのエンジンシステムモデルに対する入力としての前記感知された代替パラメータに応じて、且つ EGR 流量センサを使用せず、総 EGR 率を推定するステップ、

排気ガス基準に適合する目標総 EGR 率を決定するステップ、

前記決定された目標総 EGR 率の制約内で燃費基準を最適化するように、H P EGR 量と L P EGR 量との比の目標値である目標 H P / L P EGR 比を決定するステップ

20

前記決定された目標 H P / L P E G R 比を達成するように、H P E G R 量の設定値及び L P E G R 量の設定値を生成するステップ、

前記 H P E G R 量の設定値及び前記 L P E G R 量の設定値を達成するように、H P E G R 弁、L P E G R 弁、及び排気絞り弁の開度の目標値を決定するステップ、

前記推定された総 E G R 率が、前記目標総 E G R 率に到達するように、前記 H P E G R 量の設定値及び L P E G R 量の設定値、並びに前記 H P E G R 弁、前記 L P E G R 弁、及び前記排気絞り弁の開度のうち、少なくとも 1 つを制御するステップ、及び

前記 H P E G R 弁、前記 L P E G R 弁、及び前記排気絞り弁の開度の目標値を達成するように、前記 H P E G R 弁、前記 L P E G R 弁、及び前記排気絞り弁を制御するステップ、

を含む方法。

【請求項 2】

前記代替パラメータが、空気質量流量、O<sub>2</sub>、又はエンジンシステム温度の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記総 E G R 率を推定するステップが、前記エンジンシステムモデルを使用して数式的又は経験的に前記代替パラメータを前記総 E G R 率と相關付けるステップを含み得る、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記エンジンシステムモデルが、E G R 率値を代替パラメータ値と相互参照するルックアップテーブル又はマップの少なくとも 1 つを含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記エンジンシステムモデルがエンジン速度及び吸気マニホールドの圧力及び温度に基づく、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記決定された目標総 E G R 率の制約内で燃費基準を最適化するように、H P E G R 量と L P E G R 量との比の目標値である目標 H P / L P E G R 比を決定する前記ステップが、前記決定された目標総 E G R 率の制約内で、前記燃費基準より他のエンジンシステム基準の方を選んで優先することにより、前記目標 H P / L P E G R 比を決定するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記他のエンジンシステム基準がエンジンシステム性能を含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記他のエンジンシステム基準がエンジンシステム保護規格又は保守規格の少なくとも 1 つをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記ターボチャージャを閉ループ制御するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記 L P E G R 弁が吸気絞り弁を含み、前記弁が共通アクチュエータにより動作する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記 H P E G R 弁が排気絞り弁を含み、前記弁が共通アクチュエータにより動作する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記決定された目標総 E G R 率の制約内で燃費基準を最適化するように、H P E G R 量と L P E G R 量との比の目標値である目標 H P / L P E G R 比を決定する前記ステップが、ターボチャージャ効率モデルを使用するステップを含む、請求項 1 に記載の方法

10

20

30

40

50

。

## 【請求項 1 3】

前記 L P E G R 設定値を閉ループ制御により調整するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 4】

前記 H P E G R 量の設定値及び前記 L P E G R 量の設定値を達成するように、H P E G R 弁、L P E G R 弁、及び排気絞り弁の開度の目標値を決定する前記ステップが、エンジン負荷、エンジン速度、及びターボチャージャ給気圧を入力として伴う閉ループモデルを使用して前記 H P E G R 弁及び前記 L P E G R 弁の開度の目標値を決定するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

## 【請求項 1 5】

前記排気絞り弁が約 0 % E G R で実質的に閉鎖されているとともに徐々に開放されて約 20 % E G R で実質的に 100 % の開放位置となる一方、前記 L P E G R 弁が約 0 % E G R から約 20 % E G R まで実質的に閉鎖されたままであり、その後、前記排気絞り弁は総 E G R が約 70 % に達するまで実質的に 100 % 開放されたままであるとともに、前記 L P E G R 弁は徐々に開放され約 70 % E G R で実質的に 100 % の開放となり、その後、前記 L P E G R 弁が実質的に 100 % 開放されたまま保たれる一方、前記排気絞り弁が徐々に閉鎖され約 100 % E G R で実質的に閉鎖されるように前記開度が適用される、請求項 1 4 に記載の方法。

## 【請求項 1 6】

20

前記 H P E G R 設定値を閉ループ制御により調整するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 7】

前記 H P 及び L P 設定値の比率に従い前記 H P 及び L P E G R 設定値を閉ループ制御により調整するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 1 8】

任意の所定の瞬間のエンジン動作条件に応じて前記 H P 及び L P E G R 設定値の一方又は他方を閉ループ制御により調整するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【関連出願の相互参照】

30

## 【0001】

本願は、2005年12月20日付けで出願された米国仮特許出願第 60 / 752,415 号明細書の利益を主張する。

## 【技術分野】

## 【0002】

概して本開示の関わる分野は、ターボチャージャ付き圧縮着火エンジンシステム内の排気ガス再循環制御を含む。

## 【背景技術】

## 【0003】

ターボチャージャ付きエンジンシステムは、燃焼室で空気及び燃料を燃焼させて機械的動力に変換するエンジン、吸気ガスを燃焼室に搬送するための空気吸気サブシステム、及びエンジン排気サブシステムを備える。排気サブシステムは典型的には、エンジン燃焼室から排気ガスを運び出し、エンジン排気騒音を消音し、及びエンジン燃焼温度の上昇に伴い増加する排気ガス微粒子及び窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) を低減する。排気ガスは多くの場合、排気ガスサブシステムから再循環され吸気サブシステムに至り、新気と混合されたうえエンジンに戻される。排気ガス再循環による不活性ガス量の増加に伴い吸気ガス中の酸素が低減されるため、エンジン燃焼温度が低下し、ひいては NO<sub>x</sub> 形成が低減される。

40

## 【発明の開示】

## 【課題を解決するための手段】

## 【0004】

50

方法の一例示的実施形態は、エンジン、エンジンと上流で連通する吸気サブシステム、エンジンと下流で連通する排気サブシステム、ターボチャージャタービンの上流及びターボチャージャコンプレッサの下流の排気サブシステムと吸気サブシステムとの間の高圧 E G R 通路、及びターボチャージャタービンの下流及びターボチャージャコンプレッサの上流の排気サブシステムと吸気サブシステムとの間の低圧 E G R 通路を備えるターボチャージャ付き圧縮着火エンジンシステムにおける排気ガス再循環（E G R）を制御するステップを含む。初めに、排気ガス基準に適合する目標総 E G R 率が決定される。次に、目標 H P / L P E G R 比が決定され、決定された目標総 E G R 率の制約内で他のエンジンシステム基準が最適化される。

## 【0005】

10

本方法の例示的実施形態の好ましい当該態様に従えば、総 E G R 率は 1 つ又は複数のエンジンシステムモデルに対する入力としての代替パラメータに応じて推定され得るもので、H P 若しくは L P E G R 流量センサ又は総 E G R 流量センサにより直接計測されることはない。また、目標総 E G R 率は H P 及び / 又は L P E G R 率に対する閉ループ調整により閉ループ制御もされ得る。

## 【0006】

本発明の他の例示的実施形態は、以下の詳細な説明から明らかとなるであろう。これらの詳細な説明及び特定の例は本発明の例示的実施形態を示すが、意図される目的は例示に過ぎず、本発明の範囲を制限することは意図されないものと理解されたい。

## 【0007】

20

本発明の例示的実施形態は、詳細な説明及び添付の図面からより十全に理解されることとなるだろう。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0008】

本実施形態の以下の説明は本質的に例示に過ぎず、一切、本発明、その適用又は使用的制限を意図するものではない。

## 【0009】

方法の例示的実施形態に従えば、排気ガス再循環（E G R）は、高圧（H P）及び低圧（L P）E G R 通路を有するターボチャージャ付き圧縮着火エンジンシステムにおいて制御される。好ましくは、総 E G R 率が 1 つ又は複数のエンジンシステムモデルに対する入力としての代替パラメータに応じて推定され、これは H P 若しくは L P E G R 流量センサ又は総 E G R 流量センサにより直接計測されることはない。目標総 E G R 率は排気ガス基準に適合するよう決定される。次に、目標 H P / L P E G R 比が他の基準、例えば燃費目標値、エンジンシステム性能の照準、又はエンジンシステムの保護又は保守規格の少なくとも 1 つなどを、決定された目標総 E G R 率の制約内で最適化するよう決定される。また好ましくは、目標総 E G R 率は H P 及び / 又は L P E G R 率に対する閉ループ調整により閉ループ制御もされる。以下の説明では、本方法を実行するための例示的システムが記載されるとともに、例示的方法及び例示的制御フローもまた記載される。

30

## 【0010】

## 例示的システム

40

例示的動作環境が図 1 に示され、これを使用して本開示の E G R 制御方法が実現され得る。本方法は任意の好適なシステムを使用して実行され得るとともに、好ましくは、システム 1 0 などのエンジンシステムと連動して実行される。以下のシステム説明は単に一例示的エンジンシステムの概要を提供するものであるが、本明細書に示されない他のシステム及び構成要素もまた本開示の方法を支援し得るであろう。

## 【0011】

一般的にシステム 1 0 は、燃料と吸気ガスとの混合物の内燃から機械的動力を発生させるための内燃エンジン 1 2、概してエンジン 1 2 に吸気ガスを供給するための吸気サブシステム 1 4、及び概してエンジン 1 2 から燃焼ガスを搬出するための排気サブシステム 1 6 を備える。本明細書で使用されるとき、吸気ガスという語句には、新気と再循環された

50

排気ガスとが含まれ得る。またシステム 10 は一般的に、排気サブシステム 16 及び吸気サブシステム 14 と交差して連通するターボチャージャ 18 も備えることで吸気を圧縮でき、それにより燃焼が改善されるとともに従ってエンジン出力が増加する。さらにシステム 10 は一般的に、排気サブシステム 16 及び吸気サブシステム 14 と交差して排気ガス再循環サブシステム 20 を備えることで排気ガスを再循環させて新気と混合でき、それによりエンジンシステム 10 のエミッション性能が向上する。さらにシステム 10 は一般的に、制御サブシステム 22 を備えることによりエンジンシステム 10 の動作を制御できる。当業者は認識するであろうことだが、任意の好適な液体及び / 又は気体燃料をエンジン 12 に供給してエンジン内で吸気ガスと共に燃焼させるために燃料サブシステム（図示せず）が使用される。

10

#### 【 0 0 1 2 】

内燃エンジン 12 は、自己着火又はディーゼルエンジンのような圧縮着火エンジンなどの任意の好適な種類のエンジンであり得る。エンジン 12 はブロック 24 を備えて中にシリンダ及びピストン（個別には図示せず）を有することができ、これらはシリンダヘッド（同様に個別には図示せず）と共に、燃料と吸気ガスとの混合物を内燃させるための燃焼室（図示せず）を画成する。

#### 【 0 0 1 3 】

吸気サブシステム 14 は、好適な導管及びコネクタに加え、空気フィルタ（図示せず）を有して入ってくる空気をろ過し得る入口端 26、及び入口端 26 の下流に吸気を圧縮するためのターボチャージャコンプレッサ 28 を備え得る。吸気サブシステム 14 はまた、ター ボチャージャコンプレッサ 28 の下流に圧縮空気を冷却するための給気冷却器 30、及び給気冷却器 30 の下流に冷却された空気のエンジン 12 への流れを絞るための吸気絞り弁 32 も備え得る。吸気サブシステム 14 はまた、絞り弁 32 の下流及びエンジン 12 の上流に吸気マニホールド 34 も備えることにより、絞られた空気を受け入れ得るとともにそれをエンジン燃焼室に送り込み得る。

20

#### 【 0 0 1 4 】

排気サブシステム 16 は、好適な導管及びコネクタに加え排気マニホールド 36 を備えることにより、エンジン 12 の燃焼室からの排気ガスを捕集し得るとともにそれを下流の排気サブシステム 16 の残り部分へと搬送し得る。排気サブシステム 16 はまた、排気マニホールド 36 と下流で連通するター ボチャージャタービン 38 も備え得る。ター ボチャージャ 18 は、可変タービンジオメトリ（V T G）型のター ボチャージャ、二段式ター ボチャージャ、又はウェイストゲート若しくはバイパス装置を伴うター ボチャージャなどであり得る。いずれの場合にも、ター ボチャージャ 18 及び / 又は任意のター ボチャージャ付属装置を調整して次のパラメータ、すなわちター ボチャージャ給気圧、空気質量流量、及び / 又は E G R 流量の任意の 1 つ又は複数を変更し得る。排気サブシステム 16 はまた、任意の好適なエミッション装置 40、例えば密結合ディーゼル酸化触媒（D O C）装置のような触媒コンバータ、窒素酸化物（N O X）吸着ユニット、微粒子フィルタなども備え得る。排気サブシステム 16 はまた、排気出口 44 の上流に配置される排気絞り弁 42 も備え得る。

30

#### 【 0 0 1 5 】

E G R サブシステム 20 は好ましくはハイブリッド又は二系統型 E G R サブシステムであり、排気サブシステム 16 からの排気ガスの一部を吸気サブシステム 14 に再循環させてエンジン 12 で燃焼させる。従って、E G R サブシステム 20 は 2 つの通路、すなわち高圧（H P）E G R 通路 46 及び低圧（L P）E G R 通路 48 を備え得る。好ましくは、H P E G R 通路 46 はター ボチャージャタービン 38 の上流で排気サブシステム 16 に接続されるが、吸気サブシステム 12 にはター ボチャージャコンプレッサ 28 の下流で接続される。また好ましくは、L P E G R 通路 48 はター ボチャージャタービン 38 の下流で排気サブシステム 16 に接続されるが、吸気サブシステム 14 にはター ボチャージャコンプレッサ 28 の上流で接続される。内部エンジン可変バルブタイミング及びリフトを利用して内部 H P E G R を誘導するなど他の形態の H P E G R を含め、排気サブシス

40

50

テム 1 6 と吸気サブシステム 1 4 との間の任意の他の好適な接続もまた企図される。

【 0 0 1 6 】

H P E G R 通路 4 6 は、好適な導管及びコネクタに加え H P E G R 弁 5 0 を備えることにより、排気サブシステム 1 6 から吸気サブシステム 1 4 への排気ガスの再循環を制御し得る。H P E G R 弁 5 0 は専有のアクチュエータを有するスタンドアロン装置であつてもよく、又は吸気絞り弁 3 2 と共に共通のアクチュエータを有する複合装置に統合されてもよい。H P E G R 通路 4 6 はまた、H P E G R 弁 5 0 の上流、又は場合により下流に H P E G R 冷却器 5 2 も備えて H P E G R ガスを冷却し得る。H P E G R 通路 4 6 は好ましくは、ターボチャージャタービン 3 8 の上流及び絞り弁 3 2 の下流に接続され、H P E G R ガスを絞られた空気及び他の吸気ガスと混合する（空気は L P E G R を有し得る）。 10

【 0 0 1 7 】

L P E G R 通路 4 8 は、好適な導管及びコネクタに加え L P E G R 弁 5 4 を備えることにより、排気サブシステム 1 6 から吸気サブシステム 1 4 への排気ガスの再循環を制御し得る。L P E G R 弁 5 4 は専有のアクチュエータを有するスタンドアロン装置であつてもよく、又は排気絞り弁 4 2 と共に共通のアクチュエータを有する複合装置に統合されてもよい。L P E G R 通路 4 8 はまた、L P E G R 弁 5 4 の下流、又は場合により上流に L P E G R 冷却器 5 6 も備えて L P E G R ガスを冷却し得る。L P E G R 通路 4 8 は好ましくは、ターボチャージャタービン 3 8 の下流及びターボチャージャコンプレッサ 2 8 の上流に接続され、L P E G R ガスをろ過された吸気と混合する。 20

【 0 0 1 8 】

ここで図 2 を参照すると、制御サブシステム 2 2 は任意の好適なハードウェア、ソフトウェア、及び／又はファームウェアを備えることにより、本明細書に開示される方法の少なくとも一部分を実行し得る。例えば、制御サブシステム 2 2 は、上記で考察されるエンジンシステムアクチュエータ 5 8 の一部又は全部、並びに様々なエンジンセンサ 6 0 を備え得る。エンジンシステムセンサ 6 0 は図面上では個別に示されないが、エンジンシステムパラメータを監視するための任意の好適な装置を含み得る。

【 0 0 1 9 】

例えば、エンジン速度センサはエンジンクランク軸（図示せず）の回転速度を計測し、エンジン燃焼室と連通する圧力センサはエンジンシリンダ圧を計測し、吸気及び排気マニホールド圧力センサはエンジンシリンダに流れ込む、及びそこから流れ出すガスの圧力を計測し、吸気質量流量センサは吸気サブシステム 1 4 に入ってくる空気流量を計測し、及びマニホールド質量流量センサはエンジン 1 2 への吸気ガスの流量を計測する。別の例において、エンジンシステム 1 0 は、エンジンシリンダへと流れる吸気ガスの温度を計測するための温度センサ、及び空気フィルタの下流及びターボチャージャコンプレッサ 2 8 の上流に温度センサを備え得る。さらなる例において、エンジンシステム 1 0 は、ターボチャージャコンプレッサ 2 8 に好適に連結される速度センサを備えてその回転速度を計測し得る。集積角度位置センサなどのスロットル位置センサが絞り弁 3 2 の位置を計測する。位置センサがターボチャージャ 1 8 の近傍に配置され、可変容量タービン 3 8 の位置を計測する。排気管温度センサが排気管出口のすぐ上流に設置され、排気サブシステム 1 6 から排出される排気ガスの温度を計測し得る。また、エミッション装置 4 0 の上流及び下流にも温度センサが設置され、その入口及び出口における排気ガスの温度を計測する。同様に、1 つ又は複数の圧力センサがエミッション装置 4 0 と交差して設置され、それを通じた圧力降下を計測する。酸素（O<sub>2</sub>）センサが排気サブシステム 1 6 及び／又は吸気サブシステム 1 4 に設置され、排気ガス及び／又は吸気ガス中の酸素を計測する。最後に、位置センサが H P E G R 弁 5 0 、L P E G R 弁 5 4 及び排気絞り弁 4 2 の位置を計測する。 40

【 0 0 2 0 】

本明細書で考察されるセンサ 6 0 に加え、任意の他の好適なセンサ及びそれらに関連するパラメータが、本開示のシステム及び方法により包含され得る。例えば、センサ 6 0 としてはまた、加速度センサ、車両速度センサ、パワートレイン速度センサ、フィルタセン 50

サ、他の流量センサ、振動センサ、ノックセンサ、吸気圧及び排気圧センサなども挙げられるであろう。換言すれば、任意のセンサを使用して、電気的、機械的、及び化学的パラメータを含む任意の好適な物理的パラメータを検知し得る。本明細書で使用されるとき、センサという用語には、任意のエンジンシステムパラメータ及び／又はかかるパラメータの様々な組み合わせを感知するために使用される任意の好適なハードウェア及び／又はソフトウェアが含まれる。

【0021】

制御サブシステム22はさらに、アクチュエータ58及びセンサ60と連通する1つ又は複数のコントローラ（図示せず）を備えることにより、センサ入力を受信及び処理し得るとともにアクチュエータ出力信号を送信し得る。コントローラは1つ又は複数の好適なプロセッサ及びメモリデバイス（図示せず）を備え得る。メモリは、エンジンシステム10の機能の少なくとも一部を提供するとともにプロセッサにより実行され得るデータ及び命令の記憶域を提供するよう構成され得る。本方法の少なくとも一部分は、1つ又は複数のコンピュータプログラム及びメモリ内にルックアップテーブル、マップ、モデルなどとして格納される様々なエンジンシステムデータ又は命令により可能となり得る。いずれの場合にも制御サブシステム22は、センサ60から入力信号を受信し、センサ入力信号を踏まえて命令又はアルゴリズムを実行し、及び好適な出力信号を様々なアクチュエータ58に送信することにより、エンジンシステムパラメータを制御する。

【0022】

制御サブシステム22は、コントローラにいくつかのモジュールを備え得る。例えば、トップレベルエンジン制御モジュール62が任意の好適なエンジンシステム入力信号を受信及び処理するとともに出力信号を吸気制御モジュール64、燃料制御モジュール66、及び任意の他の好適な制御モジュール68に伝達する。以下でより詳細に考察されるであろうとおり、トップレベルエンジン制御モジュール62はエンジンシステムパラメータセンサ60の1つ又は複数からの入力信号を受信及び処理して任意の好適な方法で総EGR率を推定する。

【0023】

EGR率を推定する様々な方法が当業者に知られている。本明細書で使用されるとき、語句「総EGR率」はその構成パラメータの1つ又は複数を含むとともに、次の方程式により表すことができ、

【数1】

$$r_{EGR} = (1 - \frac{MAF}{M_{ENG}}) * 100 = (\frac{M_{EGR}}{M_{ENG}}) * 100$$

式中、

MAFは吸気サブシステムへの新気質量流量であり、

$M_{EGR}$ は吸気サブシステムへのEGR質量流量であり、

$M_{ENG}$ はエンジンへの吸気ガス質量流量であり、及び

$r_{EGR}$ はエンジンに流入する吸気ガスのうち再循環された排気ガスに由来する部分を含む。

【0024】

上記の方程式から、総EGR率は、新気質量流量センサ及びセンサ又はその推定値からの吸気ガス質量流量を使用して、又は総EGR率それ自体の推定値及び吸気ガス質量流量を使用して計算され得る。いずれの場合にも、トップレベルエンジン制御モジュール62は好適なデータ入力を備えて1つ又は複数の質量流量センサ計測値又は1つ又は複数のエンジンシステムモデルに対する入力としての推定値から総EGR率を直接推定し得る。

【0025】

本明細書で使用されるとき、用語「モデル」には、ルックアップテーブル、マップ、ア

10

20

30

40

50

ルゴリズムなどの変数を使用するものを表す任意の構築が含まれる。モデルは、任意の所定のエンジンシステムの正確な設計及び性能仕様に特有且つ特定のアプリケーションである。一例において、エンジンシステムモデルはまた、エンジン速度及び吸気マニホールドの圧力及び温度に基づき得る。エンジンシステムモデルはエンジンパラメータが変化するごとに更新されるとともに、エンジン速度、並びに吸気圧、温度、及び一般ガス定数により決定され得るエンジン吸気密度を含む入力を使用する多次元ルックアップテーブルであり得る。

#### 【 0 0 2 6 】

総 E G R 率は、直接的に、又はその構成要素を介して間接的に、推定又は感知される空気質量流量、O<sub>2</sub>、又はエンジンシステム温度などの1つ又は複数のエンジンシステムパラメータと相関し得る。かかるパラメータは、総 E G R 率との相関について任意の好適な方式で分析され得る。例えば、総 E G R 率は数式上、他のエンジンシステムパラメータと関連し得る。別の例において、エンジンキャリブレーション又はモデリングから、総 E G R 率は経験的及び統計的に、他のエンジンシステムパラメータと関連し得る。いずれの場合にも、総 E G R 率が任意の他のエンジンシステムパラメータと確実に相関していることが認められる場合、当該相関は数式的に、経験的に、音響的に等、モデル化され得る。例えば、経験的モデルは好適な試験から開発されるとともに、総 E G R 率値を他のエンジンシステムパラメータ値と相互参照し得るルックアップテーブル及びマップなどを挙げることができる。

#### 【 0 0 2 7 】

従って、総 E G R 率及び / 又は個別の H P 及び / 又は L P E G R 流量の直接的なセンサ計測値の代わりとしてエンジンシステムパラメータが使用され得る。従って、総 E G R 、 H P E G R 、及び L P E G R 流量センサが不要となるため、エンジンシステムの費用及び重量を節減し得る。かかるセンサが不要であることにより、他のセンサ関連ハードウェア、ソフトウェア、並びに配線、コネクタピン、コンピュータ処理電源及びメモリなどの費用もまた不要となる。

#### 【 0 0 2 8 】

また、トップレベルエンジン制御 6 2 モジュールが好ましくは、ター ボ チャージャ給気圧設定値及び目標総 E G R 設定値を計算するとともに、それらの設定値を吸気制御モジュール 6 4 に送信する。同様に、トップレベルエンジン制御モジュール 6 2 は好適なタイミング及び燃料注入設定値を計算するとともにそれらを燃料制御モジュール 6 6 に送信し、及び他の設定値を計算するとともにそれらを他の制御モジュール 6 8 に送信する。燃料制御モジュール 6 6 及び他の制御モジュール 6 8 がかかる入力を受信及び処理するとともに、燃料インジェクタ、燃料ポンプ、又は他の装置などの任意の好適なエンジンシステム装置に対する好適なコマンド信号を生成する。

#### 【 0 0 2 9 】

あるいは、トップレベルエンジン制御モジュール 6 2 は、目標総 E G R 設定値ではなく、給気圧設定値及び総吸気質量流量設定値（破線で示されるとおり）を計算及び送信してもよい。この代替例においては、統一して総 E G R 設定値が空気質量流量設定値から決定され、これは実際の総 E G R 率が実際の質量流量センサの読み取り値から推定される場合とほぼ同様の方法による。第 2 の代替例においては、全制御方法を通じて空気質量流量が総 E G R 率に代わる。これにより使用されるデータのタイプ並びに H P 及び L P E G R 流量目標値の設定方法が変わるもの、コントローラの基本構成及び制御方法のフローは同じである。

#### 【 0 0 3 0 】

吸気制御モジュール 6 4 は、トップレベルエンジン制御モジュール 6 2 から受信する設定値に加え、任意の好適なエンジンシステムパラメータ値を受信する。例えば、吸気制御モジュール 6 4 は、ター ボ チャージャ給気圧などの吸気及び / 又は排気サブシステムパラメータ値、及び質量流量を受信する。吸気制御モジュール 6 4 は、受信したパラメータ値を処理するトップレベル吸気制御サブモジュール 7 0 を備え得るとともに、 L P 及び H P

10

20

30

40

50

EGR 設定値などの任意の好適な出力、及びターボチャージャ設定値を、それぞれ LP EGR 制御サブモジュール 72、HP EGR 制御サブモジュール 74、及びターボチャージャ制御サブモジュール 76 に送信する。LP EGR 制御サブモジュール 72、HP EGR 制御サブモジュール 74、及びターボチャージャ制御サブモジュール 76 は、かかる吸気制御サブモジュール出力を処理するとともに、LP EGR 弁 54 及び排気絞り弁 42、HP EGR 弁 50 及び吸気絞り弁 32、及び 1 つ又は複数のターボチャージャアクチュエータ 19 などの様々なエンジンシステム装置に対する好適なコマンド信号を生成する。様々なモジュール及び / 又はサブモジュールは図示されるとおり別個であってもよく、又は 1 つ又は複数の複合モジュール及び / 又はサブモジュールとして統合されてもよい。

10

#### 【0031】

##### 例示的方法

ここでは LP 及び HP EGR の制御方法が提供され、これは上記のエンジンシステム 10 の動作環境内で 1 つ又は複数のコンピュータプログラムとして実行され得る。当業者は、本方法が他の動作環境内の他のエンジンシステムを使用して実行されてもよいこともまた認識するであろう。ここで図 3 を参照すると、例示的方法 300 がフローチャートの形式で示されている。

#### 【0032】

ステップ 305 に示されるとおり、方法 300 は任意の好適な様式で開始され得る。例えば、方法 300 は図 1 のエンジンシステム 10 のエンジン 12 の始動から開始されてもよい。

20

#### 【0033】

ステップ 310 において、新気がエンジンシステムの吸気サブシステムに引き込まれるとともに、吸気ガスが吸気サブシステムを通じてエンジンシステムのエンジンに導入される。例えば、新気は吸気システム 14 の入口 26 に引き込まれるとともに、吸気ガスは吸気マニホールド 34 を通じてエンジン 12 に導入され得る。

#### 【0034】

ステップ 315 において、排気ガスがエンジンシステムの排気サブシステムを通じてエンジンから排出される。例えば、排気ガスは排気マニホールド 36 を通じてエンジン 12 から排出され得る。

30

#### 【0035】

ステップ 320 において、排気ガスが排気サブシステムから高圧 EGR 通路の一方又は双方を通じてエンジンシステムの吸気サブシステムへと再循環される。例えば、HP 及び LP 排気ガスは、排気サブシステム 16 から、HP EGR 通路 46 及び LP EGR 通路 48 を通じて吸気サブシステム 14 へと再循環されてもよい。

#### 【0036】

ステップ 325 において、総 EGR 率の指標となる 1 つ又は複数の代替パラメータが感知され得る。例えば、代替パラメータとしては、空気質量流量、O<sub>2</sub>、及び / 又はエンジンシステム温度を挙げることができ、これらはエンジンシステム 10 のそれぞれのセンサ 60 により計測され得る。

40

#### 【0037】

ステップ 330 において、目標総 EGR 率は排気ガス基準に適合するよう決定される。例えば、トップレベルエンジン制御モジュール 62 は、任意の好適なエンジンシステムモデルを使用して現在のエンジン動作パラメータを所望の総 EGR 率値と相互参照することにより、所定の排出基準に適合し得る。本明細書で使用されるとき、用語「目標」には、単一の値、複数の値、及び / 又は任意の値の範囲が含まれる。また、本明細書で使用されるとき、用語「基準」には単数形及び複数形が含まれる。然るべき EGR 率を決定するために使用される基準の例としては、速度及び負荷に基づく較正表、シリンドラ温度目標値を決定するとともに EGR 率に変換するモデルに基づく手法及び過渡動作又は定常状態動作などの動作条件が挙げられる。米国環境保護庁 (Environmental Prot

50

ection Agency : EPA) などの環境当局により絶対排出基準が規定され得る。

【0038】

ステップ335において、目標HP/LP EGR比が決定され、1つ又は複数の他のエンジンシステム基準、例えば燃費目標値、エンジンシステム性能の照準、又はエンジンシステムの保護又は保守規格などが、ステップ330において決定される目標総EGR率による制約に応じて最適化される。

【0039】

ステップ340において、ステップ335において決定される目標HP/LP EGR比に従い、個別のHP EGR及び/又はLP EGR設定値が生成され得る。

10

【0040】

ステップ345において、HP及びLP EGR設定値に対応する目標HP及びLP EGR開度が決定され得る。例えば、閉ループコントローラがモデルを使用してHP及びLP EGR設定値及び他のエンジンシステムパラメータを処理することにより、開度が生成され得る。

【0041】

ステップ350において、先に上記で考察されたとおり任意の好適なエンジンシステムモデルに対する入力として使用される代替パラメータに応じて、総EGR率が推定され得る。例えば、総EGR率推定には、数式的又は経験的に代替パラメータを総EGR率と相關付けるエンジンシステムモデルが含まれ得る。モデルが含むルックアップテーブル、マップなどは、EGR率値を代替パラメータ値と相互参照し得るものであるとともに、エンジン速度及び吸気マニホールドの圧力及び温度に基づき得る。いずれの場合にも、実際に個別のHP及び/又はLP EGR流量センサ又は複合型総EGR流量センサを使用して総EGR率が直接計測されることはない。

20

【0042】

ステップ355において、個別のHP EGR及び/又はLP EGR率の一方又は双方が、推定された総EGR率を伴う閉ループ制御を使用して調整され得る。HP及び/又はLP EGR率は、それぞれHP及び/又はLP EGR設定値又は弁及び/又はスロットル開度のいずれか又は双方の閉ループ制御を介して調整されてもよい。例えば、及び以下でより詳細に考察されるであろうとおり、閉ループコントローラが推定された総EGR率をプロセス変数入力として、及び総EGR率設定値を設定値入力として処理し、それによりHP及び/又はLP EGR設定値出力トリムコマンドが生成され得る。従って、目標総EGR率は好ましくはHP及び/又はLP EGR率に対する閉ループ調整により閉ループ制御される。かかる調整により実際のHP/LP EGR比が変化し得る。

30

【0043】

ステップ360において、ステップ350からのHP EGR及びLP EGR開度が、1つ又は複数のHP EGR弁、LP EGR弁、吸気絞り弁、又は排気絞り弁にそれぞれ適用され得る。HP及び/又はLP EGR開度は閉ループ制御ブロックの下流で直接的に、又は閉ループ制御ブロックの上流で設定値調整を介して間接的に調整される。

【0044】

40

例示的制御フロー

ここで図4の制御ダイアグラムを参照すると、図3の制御方法300の一部がEGR制御フロー400としてブロック図の形式で示されている。制御フロー400は、例えば図2の例示的制御サブシステム内で、及びより詳細には、その吸気制御モジュール64内で実行され得る。従って図4は、HP EGR制御サブモジュール又はブロック74、LP EGR制御サブモジュール又はブロック72及びターボチャージャースト制御サブモジュール又はブロック76を示す。同様に、最適化ブロック402、EGR率推定部ブロック404、及びEGR率閉ループ制御ブロック406もまた、吸気制御モジュール64内、及びより詳細には、図2のトップレベル吸気制御サブモジュール70内で実行され得る。

50

## 【0045】

第一に、及び図5A～5Cも参照すると、実総EGR率推定部ブロック404は好ましくは、エンジン負荷、エンジン速度、ターボチャージャ給気圧、及びエンジンシステム温度などの他の標準的なエンジンシステムパラメータに加え、実際の総EGR率の代替パラメータを使用して実行される。例えば、図5Aは好ましい代替パラメータが空気質量流量414aであることを示し、これは任意の好適な空気質量流量推定値又は吸気質量流量センサなどからの読み取り値から得ることができる。別の例において、図5Bは代替パラメータが、吸気サブシステム14に配置されるO<sub>2</sub>センサのようなO<sub>2</sub>センサなどからの酸素パーセンテージ414bであり得ることを示す。例えば、O<sub>2</sub>センサは全領域空燃比センサ(UEGO)であってもよく、これは吸気マニホールド34に位置し得る。さらなる例において、図5Cは代替パラメータが、温度センサから得られる吸気サブシステム及び排気サブシステム温度414cであり得ることを示す。例えば、空気入口温度センサなどからの吸気温度、排気温度センサなどからの排気温度、及び吸気マニホールド温度センサなどからのマニホールド温度が使用され得る。上記のいずれの手法においても、実総EGR率416は1つ又は複数の代替パラメータタイプから推定され得る。

10

## 【0046】

第二に、及び再び図4を参照すると、最適化ブロック402が様々なエンジンシステム入力を受信及び処理して最適なHP/LP EGR比を特定するとともに当該比に従いHP EGR設定値を生成する。例えば、最適化ブロック402は、エンジンシステム10の対応するセンサなどからエンジン負荷信号407及びエンジン速度信号408を受信し得る。エンジン負荷信号407としては、マニホールド圧力、燃料注入流量等の任意のパラメータを挙げることができる。最適化ブロック402はまた、トップレベルエンジン制御モジュール62などから総EGR率設定値418も受信し得る。

20

## 【0047】

最適化ブロック402は、最適なHP/LP EGR比を特定するとともに対応するHP EGR設定値を生成するうえで燃費基準を優先させ得る。燃費最適化により、最適化ブロック402は任意の好適な正味ターボチャージャ効率モデルを含んでもよく、これはポンプ損失、並びにタービン及びコンプレッサ効率などの様々なパラメータを包含する。効率モデルは、エンジン吸気サブシステム14の原理に基づく数学的表現、一組のエンジンシステム較正表などを含み得る。燃費基準を満たすよう所望のEGR比を決定するために使用される基準の例としては、燃費に負の影響を及ぼす傾向のある吸気又は排気スロットルの閉鎖の必要なしに総EGR率の達成が可能な比の設定を挙げることができ、又はこの比が最高燃費に最適な吸気空気温度を達成するよう調整され得る。

30

## 【0048】

最適化ブロック402はまた、燃費基準より、任意の好適な目的上の他のエンジンシステム基準の最適化を優先し得る。例えば、燃費基準よりHP/LP EGR比の提供が優先されてもよく、この比により運転者の車両加速要求に応えるトルク出力の増加など、エンジンシステム性能の向上が提供される。この場合、コントローラについてはLP EGRの割合がより高いほどターボチャージャの高速化が可能となり、ターボラグが低減されるため有利であり得る。別の例において、異なるHP/LP EGR比の提供が優先されることにより、ターボチャージャの過速条件又はコンプレッサ先端の過剰温度の回避、又はターボチャージャの凝縮液形成の低減など、エンジンシステム10が保護され得る。さらなる例において、別のHP/LP EGR比の提供が優先されることにより、吸気又は排気サブシステム温度に作用するなどしてエンジンシステム10が保守され得る。例えば、排気サブシステム温度を上昇させてディーゼル微粒子フィルタを再生し得るとともに、吸気温度を低下させてエンジン12を冷却し得る。さらなる例として、吸気空気温度を制御することにより入口吸気通路において形成する可能性のある凝縮水を低減し得る。

40

## 【0049】

いずれの場合にも、最適化ブロック402はそのモデルに従い入力を処理して目標HP/LP EGR比を決定するとともに、次にHP EGR設定値420を生成し、これが

50

下流の H P E G R 制御ブロック 7 4 及び演算ノード 4 2 2 に供給され、演算ノード 4 2 2 はトップレベルエンジン制御モジュール 6 2 から総 E G R 率設定値 4 1 8 もまた受信することで L P E G R 設定値 4 2 4 がもたらされる。

#### 【 0 0 5 0 】

第三に、及びなお図 4 を参照すると、総 E G R 率閉ループ制御ブロック 4 0 6 は、P I D コントローラブロックなどの総 E G R 率を制御するための任意の好適な閉ループ制御手段であり得る。閉ループ制御ブロック 4 0 6 は設定値入力 4 0 6 a を含んでトップレベルエンジン制御モジュール 6 2 から目標総 E G R 率設定値を受信するとともに、さらにプロセス変数入力 4 0 6 b を含んで推定部ブロック 4 0 4 から実総 E G R 率推定値を受信する。総 E G R 率制御ブロック 4 0 6 はこれらの入力を処理してフィードバック制御信号又はトリムコマンド 4 0 6 c を生成し、これは別の演算ノード 4 2 6 で L P E G R 設定値 4 2 4 と合計され下流で L P E G R 制御ブロック 7 2 において入力される。かかるトリム調整は同様に、又は代替的に、L P E G R 弁及び／又は排気絞り弁パーセンテージ開放コマンドに対する調整として計算され得るとともに L P E G R 開ループ制御ブロック 7 2 の後に加算され得る。従って、制御ブロック 4 0 6 及び関連ノードは、開ループ制御ブロック 7 2 とその下流側で通信することによっても弁及びスロットル開度に好適な設定値を調整し得るであろう。

#### 【 0 0 5 1 】

H P E G R 流量は開ループ制御されるのみであることから、目標総 E G R 率を達成するため L P E G R 流量又は L P E G R 率が閉ループ制御ブロック 4 0 6 により調整される。より具体的には、排気エミッション及びエンジン燃費は双方とも総 E G R 率に大きく依存し、且つそれほどではないにせよ H P / L P E G R 比にもある程度依存するため、最大限に制御するべく総 E G R 率が閉ループ制御される一方、最大限の費用効果及び効率のため H P 及び／又は L P E G R 率及び／又は H P / L P E G R 比が少なくとも部分的に開ループ制御される。これらの開ループ制御ブロック 7 2 、 7 4 は、良好な応答時間を提供し、コントローラの相互依存性を低減し、且つセンサ信号の過渡性及び外乱の影響を低減する。これは一例示的手法であるが、以下では図 8 ~ 1 0 を参照して他の手法が考察される。

#### 【 0 0 5 2 】

第四に、L P E G R 制御ブロック 7 2 及び H P E G R 制御ブロック 7 4 は、ターボチャージャ給気圧 4 0 9 並びにエンジン負荷入力 4 0 7 及びエンジン速度入力 4 0 8 に加え、それらの各 L P 及び H P E G R 設定値を受信する。L P E G R 制御ブロック 7 2 及び H P E G R 制御ブロック 7 4 はかかる入力を受信してそれらの各 L P 及び H P E G R アクチュエータを開ループ又はフィードフォワード制御する。例えば、L P E G R 制御ブロック 7 2 及び H P E G R 制御ブロック 7 4 は、L P E G R 弁コマンド 4 3 0 及び／又は排気スロットルコマンド 4 3 2 、及び H P E G R 弁コマンド 4 3 8 及び／又は吸気スロットルコマンド 4 4 0 を出力する。L P E G R 制御ブロック 7 2 及び H P E G R 制御ブロック 7 4 は、1 つ又は複数のモデルを使用して H P 及び L P E G R 流量を好適な H P 及び L P E G R 弁及び／又はスロットル位置と相關付ける。

#### 【 0 0 5 3 】

図 6 A 及び 6 B に示されるとおり、L P E G R 制御ブロック 7 2 及び H P E G R 制御ブロック 7 4 は様々な開ループ制御モデルを含み得る。例えば、L P E G R 制御ブロック 7 2 は任意の好適なモデル 4 2 6 を含むことで L P E G R 設定値 4 2 4 を L P E G R 弁位置と相關付け、目標 H P / L P E G R 比の達成を支援し得る。また、L P E G R 制御ブロック 7 2 は任意の好適なモデル 4 2 8 を含むことで L P E G R 設定値 4 2 4 を排気スロットル位置と相關付け、目標 H P / L P E G R 比の達成を支援し得る。モデル 4 2 6 、 4 2 8 は、エンジン負荷 4 0 7 、エンジン速度 4 0 8 、及びターボチャージャ給気圧 4 0 9 などの任意の好適な入力を受信し得る。モデル 4 2 6 、 4 2 8 は、実行されるとそれぞれ L P E G R 弁コマンド 4 3 0 及び／又は排気スロットルコマンド 4 3 2 を生成し、これらはそれぞれのアクチュエータにより使用される。アクチュエータは開ル

10

20

30

40

50

ープモードで動作してもよく、又はアクチュエータ位置を計測するための任意の好適なセンサと動作上連結されるとともにコマンドを調整して目標パーセンテージを達成してもよいことに留意されたい。

#### 【0054】

同様に、H P E G R 制御ブロック 7 4 は任意の好適なモデル 4 3 4 を含むことで H P E G R 設定値 4 2 0 を H P E G R 弁位置と相関付け、目標 H P / L P E G R 比の達成を支援し得る。また、H P E G R 制御ブロック 7 4 は任意の好適なモデル 4 3 6 も含むことで H P E G R 設定値 4 2 0 を吸気スロットル位置と相関付け、目標 H P / L P E G R 比の達成を支援し得る。さらに、モデル 4 3 4 、 4 3 6 は、エンジン負荷 4 0 7 、エンジン速度 4 0 8 、及びターボチャージャ給気圧 4 0 9 などの任意の好適な入力を受信し得る。モデル 4 3 4 、 4 3 6 は、実行されるとそれぞれ H P E G R 弁コマンド 4 3 8 及び / 又は吸気スロットルコマンド 4 4 0 を生成し、これらはそれぞれのアクチュエータにより使用される。

#### 【0055】

図 7 は、目標総 E G R 率に対する例示的 L P E G R 弁及び排気スロットル開度のグラフを示す。示されるとおり、絞り弁 4 2 は約 0 % E G R において実質的に閉鎖されているとともに徐々に開放され約 2 0 % E G R で実質的に 1 0 0 % の開放位置となり、一方 L P E G R 弁 5 4 は約 0 % E G R から約 2 0 % E G R まで実質的に閉鎖されたままである。その後、排気スロットル 4 2 は総 E G R が約 7 0 % に達するまで 1 0 0 % 開放されたままであり、及び L P E G R 弁 5 4 は徐々に開放され約 7 0 % E G R で実質的に 1 0 0 % の開放となる。その後、L P E G R 弁 5 4 は実質的に 1 0 0 % 開放されたまま保たれる一方、排気絞り弁 4 2 は徐々に閉鎖され 1 0 0 % E G R で実質的に閉鎖される。単一の組み合わされた L P E G R 及び排気絞り弁が今しがた記載したような弁開放を実質的に達成し得る限り、2 つの別個の弁ではなく、かかる一体の弁装置が使用され得るであろう。

#### 【0056】

再び図 4 を参照すると、ターボチャージャブースト制御ブロック 7 6 は、好適な P I D 制御ブロックなどの、ターボチャージャアクチュエータを調整して安全なターボ動作範囲内で目標給気圧を達成するための任意の好適な閉ループ制御手段である。制御ブロック 7 6 は設定値入力 7 6 a を含むことでトップレベルエンジン制御モジュール 6 2 からブースト設定値を、及びターボチャージャブーストセンサから実給気圧入力 7 6 b を受信し得る。制御ブロック 7 6 はこれらの入力を処理するとともに可変タービンジオメトリコマンド 4 4 4 などの任意の好適なターボチャージャコマンド出力を生成してターボチャージャ 1 8 の可変ベーンを調整する。

#### 【0057】

ここで図 8 を参照すると、好ましい制御フロー 4 0 0 の代わりに代替的制御フロー 8 0 0 が使用され得る。この実施形態は図 4 の実施形態と多くの点で類似しているとともに、実施形態間で同じ数字は、図面のいくつかの図を通じて同様の、又は対応する要素をほぼ示す。加えて、前の実施形態の記載が参照により援用されるとともに、ここでは基本的に共通の主題は繰り返されないものとする。

#### 【0058】

代替的制御フロー 8 0 0 は L P E G R ではなく H P E G R の閉ループ調整を含む。換言すれば、L P E G R 設定値 4 2 4 ' ではなく H P E G R 設定値 4 2 0 ' が調整されることにより総 E G R 率が制御され得る。従って、閉ループ制御ブロック 4 0 6 は制御信号を生成して H P E G R 率を - L P E G R 率ではなく - 調整し得る。制御戦略のこの変更に適合させるため、最適化ブロック 4 0 2 ' が提供され、H P E G R 設定値 4 2 0 ではなく L P E G R 設定値 4 2 4 ' が出力され得る。かかるトリム調整は同様に、又は代替的に、H P E G R 弁及び / 又は吸気絞り弁パーセンテージ開放コマンドに対する調整として計算され得るとともに H P E G R 開ループ制御ブロック 7 4 の後に加算され得る。従って、制御ブロック 4 0 6 及び関連ノードは開ループ制御ブロック 7 4 とその下流側で通信することによって弁及びスロットル開度について好適な設定値を調整し得る

10

20

30

40

50

であろう。それ以外は、フロー 800 はフロー 400 と実質的に同様である。

【0059】

ここで図 9 を参照すると、好ましい制御フロー 400 の代わりに第 2 の制御フロー 900 が使用され得る。この実施形態は図 4 の実施形態と多くの点で類似しているとともに、実施形態間で同じ数字は、図面のいくつかの図を通じて同様の、又は対応する要素をほぼ示す。加えて、前の実施形態の記載が参照により援用されるとともに、ここでは基本的に共通の主題は繰り返されないものとする。

【0060】

第 2 の制御フロー 900 において、閉ループ制御が HP 及び LP EGR 設定値と同じ比率で HP 及び LP EGR 率に割り当てられ得る。換言すれば、HP 及び LP EGR 率は双方ともそれらの各 HP 及び LP EGR 設定値に応じて閉ループ調整される。

10

【0061】

制御戦略のこの変更を促進するため、閉ループ制御ブロック 406 はそのトリムコマンド 406c を、フロー 400 のように上流演算ノード 426 を介して LP EGR 制御ブロック 72 のみに出力することはない。むしろ、トリムコマンドは LP EGR 制御ブロック 72 及び HP EGR 制御ブロック 74 の双方に出力される。この変更をさらに促進するため、比例演算ブロック 950、952 がそれぞれ HP 及び LP EGR 設定値及び総 EGR 設定値 418 を受信する。演算ブロック 950、952 からの比例出力は乗算演算ブロック 954、956 で受信され、それらに対し閉ループトリムコマンド 406c が比例割当てされる。乗算出力は下流演算ノード 426、926 で LP 及び HP EGR 設定値と合計され、下流で LP EGR 制御ブロック 72 及び HP EGR 制御ブロック 74 において入力される。好適なチェックが演算ブロック内で実施され、総 EGR 率設定値が 0 のときに 0 で除算されることが回避され得るであろう。それ以外の点では、フロー 900 はフロー 400 及び / 又は 800 と実質的に同様である。

20

【0062】

ここで図 10 を参照すると、好ましい制御フロー 400 に代わり第 3 の例示的制御フロー 1000 が使用され得る。この実施形態は図 4 の実施形態と多くの点で類似しているとともに、実施形態間で同じ数字は、図面のいくつかの図を通じて同様の、又は対応する要素をほぼ示す。加えて、前の実施形態の記載が参照により援用されるとともに、ここでは基本的に共通の主題は繰り返されないものとする。

30

【0063】

第 3 の制御フロー 1000 において、閉ループ制御は LP EGR 閉ループ制御ブロック 72 と HP EGR 閉ループ制御ブロック 74 との間を任意の所定の瞬間のエンジン動作条件に応じて交互に切り換えられ得る。換言すれば、HP 又は LP EGR 設定値のいずれも閉ループ制御により調整され得る。例えば、HP EGR が閉ループ制御されることにより、エンジンシステム温度が比較的高いとき、又は総 EGR 率の急速な変更が必要とされるとき、又はターボチャージャ性能がそれほど重要ではないか、若しくは必要とされないときの、ターボチャージャでの凝縮が回避される。

【0064】

制御戦略の変更を達成するため、閉ループ制御ブロック 1006 は、フロー 400 のように上流演算ノード 426 を介して LP EGR 制御ブロック 72 のみに出力を提供することはない。むしろ、制御ブロック 1006 は出力を LP EGR 制御ブロック 72 及び HP EGR 制御ブロック 74 の双方に提供する。閉ループ制御ブロック 1006 は設定値入力 1006a を含むことでトップレベルエンジン制御モジュール 62 から目標総 EGR 率設定値 418 を受信し得るとともに、さらにプロセス変数入力 1006b を含むことで推定部ブロック 404 から実総 EGR 率推定値を受信し得る。総 EGR 率制御ブロック 1006 はこれらの入力を処理し、次の代替的トリムコマンド、すなわち演算ノード 426 において LP EGR 設定値 424 と合計して下流で LP EGR 制御ブロック 72 において入力するための LP EGR トリムコマンド 1006c、及び別の演算ノード 1026 において HP EGR 設定値 420 と合計して下流で HP EGR 制御ブロック 74

40

50

において入力するための H P E G R トリムコマンド 1 0 0 6 d を生成する。制御ブロック 1 0 0 6 が 2 つの出力 1 0 0 0 c と 1 0 0 0 d との間を切り換えられることによって、L P E G R 率又は H P E G R 率が閉ループ制御ブロック 1 0 0 6 により調整され、目標総 E G R 率が達成され得る。それ以外の点では、フロー 1 0 0 0 はフロー 4 0 0 及び / 又は 8 0 0 と実質的に同様である。

#### 【 0 0 6 5 】

上記の様々な例示的実施形態の 1 つ又は複数が次の利点の 1 つ又は複数を含み得る。第一に、何よりも排出ガス規制に適合し、及び次にエンジン燃費及び性能を最適化するとともにエンジンシステムを保護及び保守するような方法で、総目標 E G R 率が H P 及び L P E G R 通路に割り当てられ得る。第二に、費用がかかり、エンジンシステムを複雑にし、故障モードを招く、個別の総 E G R 、 H P E G R 、又は L P E G R 流量センサの使用が不要ない。第三に、1 つの標準的閉ループ制御手段を使用して目標総 E G R 率並びに個別の H P 及び L P E G R 流量を制御し得るため、現行のエンジン制御アーキテクチャにおける実用的且つ費用効果の高い実現が可能となる。第四に、単一の共通アクチュエータにより制御される複合型 L P E G R 弁及び排気絞り弁が使用され得るとともに、同様に、単一の共通アクチュエータにより制御される複合型 H P E G R 弁及び吸気絞り弁もまた使用され得る。

#### 【 0 0 6 6 】

上述される本発明の実施形態は本質的に単なる例示であり、従ってそれらの変形例は、本発明の精神及び範囲からの逸脱とは見なされないものとする。

20

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 6 7 】

【 図 1 】例示的制御サブシステムを備えるエンジンシステムの例示的実施形態の概略図である。

【 図 2 】図 1 のエンジンシステムの例示的制御サブシステムのブロック図である。

【 図 3 】図 1 のエンジンシステムで使用され得る E G R 制御の例示的方法のフローチャートである。

【 図 4 】図 3 の方法の好ましい制御フロー部分を示すとともに総 E G R 推定ブロック並びに高圧及び低圧 E G R 開ループ制御ブロックを含むブロック図である。

【 図 5 A 】図 4 の推定ブロックの例示的実施形態を示す。

30

【 図 5 B 】図 4 の推定ブロックの例示的実施形態を示す。

【 図 5 C 】図 4 の推定ブロックの例示的実施形態を示す。

【 図 6 A 】図 4 の高圧及び低圧 E G R 開ループ制御ブロックの例示的実施形態を示す。

【 図 6 B 】図 4 の高圧及び低圧 E G R 開ループ制御ブロックの例示的実施形態を示す。

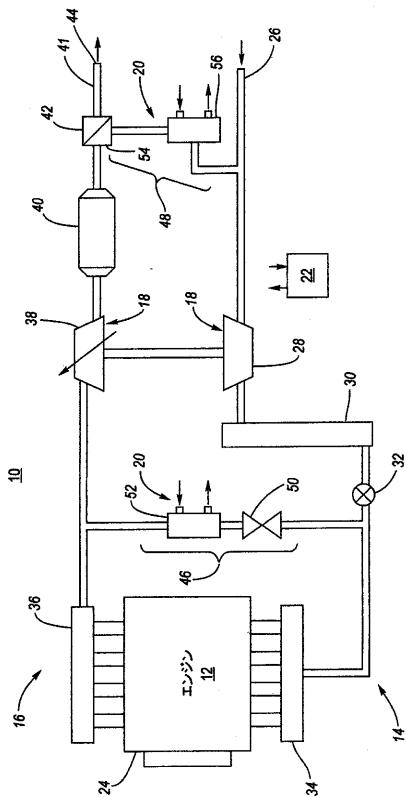
【 図 7 】目標総 E G R 率に対する弁位置の例示的プロットを示すグラフである。

【 図 8 】図 3 の方法の第 2 の制御フロー部分を示すブロック図である。

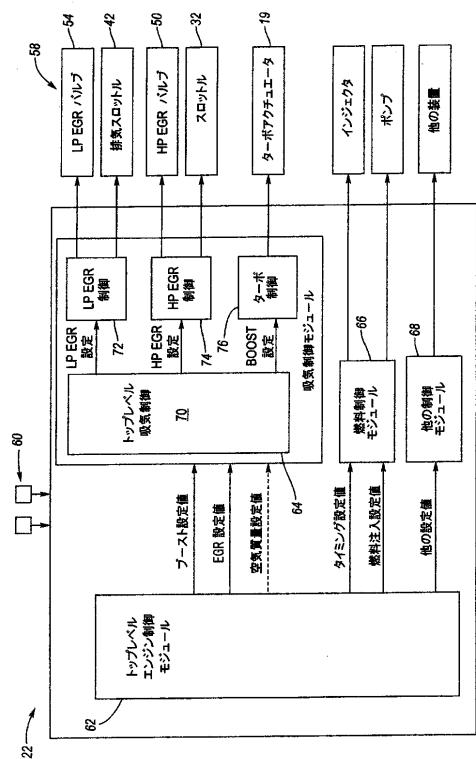
【 図 9 】図 3 の方法の第 3 の制御フロー部分を示すブロック図である。

【 図 10 】図 3 の方法の第 4 の制御フロー部分を示すブロック図である。

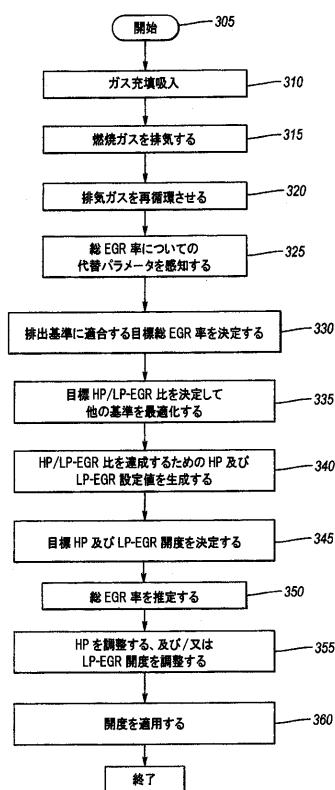
【図1】



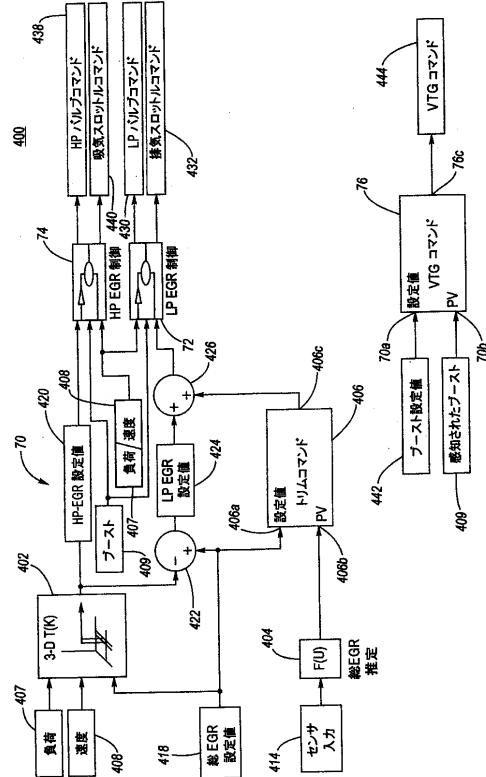
【図2】



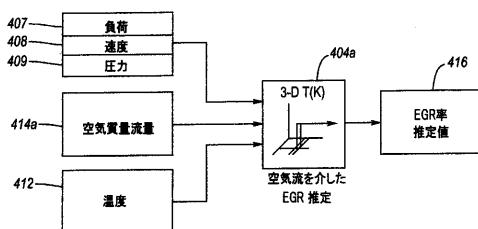
【図3】



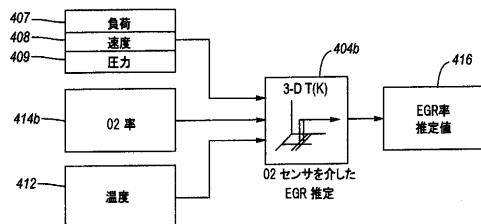
【図4】



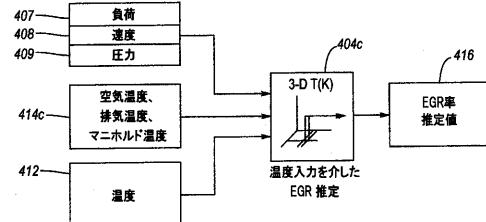
### 【図5A】



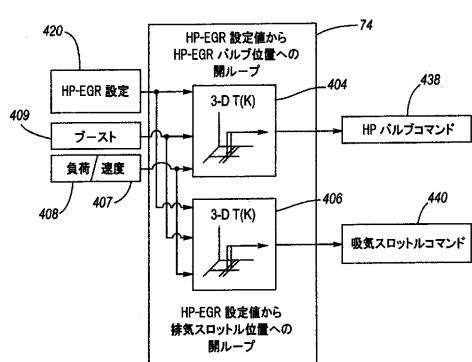
【図5B】



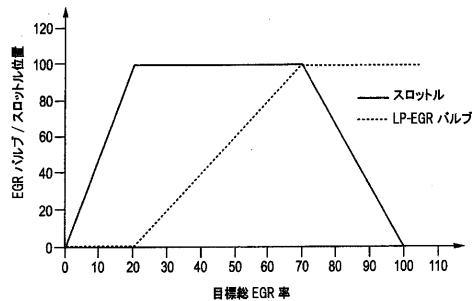
### 【図5C】



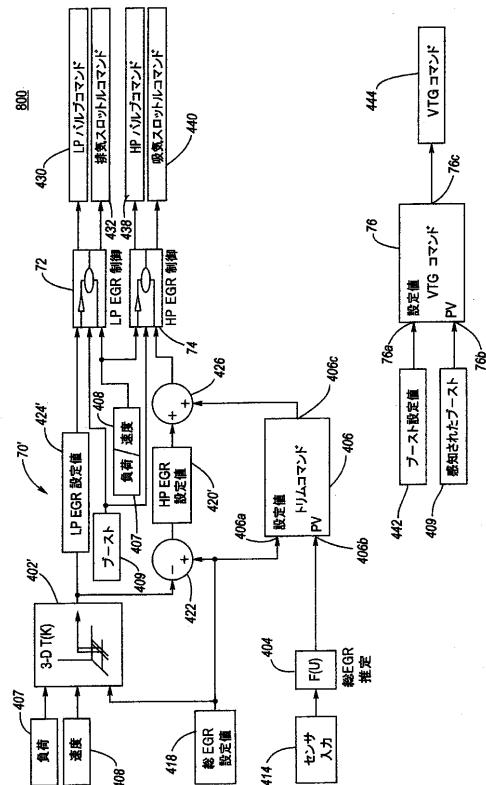
### 【図 6 B】



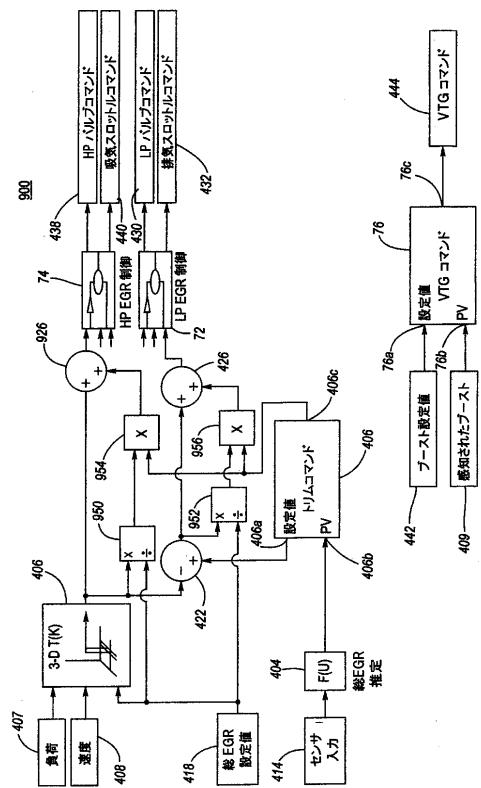
【図7】



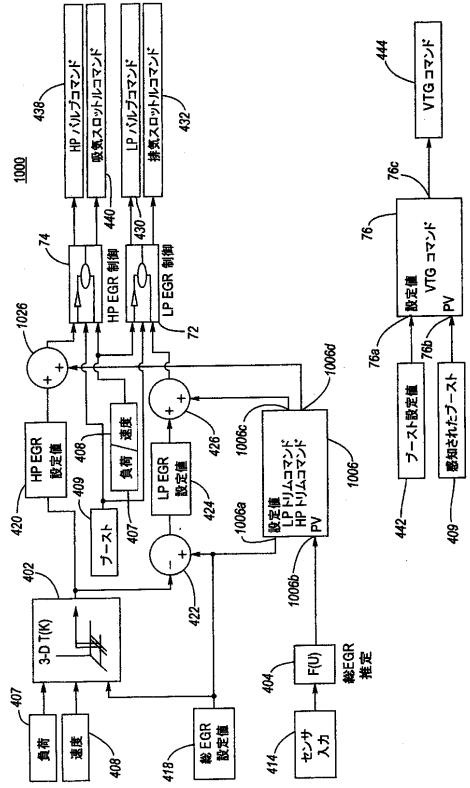
( 8 )



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100098475

弁理士 倉澤 伊知郎

(74)代理人 100144451

弁理士 鈴木 博子

(72)発明者 シュッティー, ジョン

アメリカ合衆国ミシガン州4 8 3 4 6 , クラークストン , ラングル・コート 6 8 9 9

(72)発明者 ヨーグル, フォルカー

アメリカ合衆国ミシガン州4 8 4 6 2 , オートンヴィル , ノース・ハドリー・ロード 1 6 0 1

(72)発明者 ミュラー, フォルカー

ドイツ連邦共和国 ヴェンデルスハイム , ライフェルセンシュトラーセ 8

合議体

審判長 伊藤 元人

審判官 柳田 利夫

審判官 久島 弘太郎

(56)参考文献 特開2 0 0 4 - 1 6 2 6 7 4 (JP, A)

特開2 0 0 4 - 1 9 7 6 2 0 (JP, A)

特開2 0 0 4 - 1 9 7 6 1 9 (JP, A)

特開平7 - 2 0 8 2 7 3 (JP, A)

特開2 0 0 5 - 7 6 5 0 8 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F02B47/08-47/10, F02M25/06-25/07