

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6907977号  
(P6907977)

(45) 発行日 令和3年7月21日(2021.7.21)

(24) 登録日 令和3年7月5日(2021.7.5)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>FO2B 37/12</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2B	37/12	3 O 2 Z	
<b>FO2B 37/24</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2B	37/24		
<b>FO2B 37/18</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2B	37/18	A	
<b>FO2M 26/05</b>	<b>(2016.01)</b>	FO2M	26/05		

請求項の数 1 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2018-48296 (P2018-48296)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成30年3月15日(2018.3.15)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2019-157798 (P2019-157798A)	(74) 代理人	100106150 弁理士 高橋 英樹
(43) 公開日	令和1年9月19日(2019.9.19)	(74) 代理人	100082175 弁理士 高田 守
審査請求日	令和2年7月21日(2020.7.21)	(74) 代理人	100113011 弁理士 大西 秀和
		(72) 発明者	依藤 梢 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		審査官	小関 峰夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターボチャージャの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

H P L - E G R 装置を有する内燃機関に設けられたターボチャージャであって、可変ノズル又はウエストゲートバルブを備えたターボチャージャの制御装置において、

目標コンプレッサ後圧力を算出する手段と、

各種状態量に基づいて算出される前記目標コンプレッサ後圧力を実現するためのエキマニ圧力と、無過給域において前記H P L - E G R 装置によるE G R の制御性を担保可能なポンプロスが得られるエキマニ圧力とのうちでより大きいほうを目標エキマニ圧力として算出する手段と、

前記可変ノズル又は前記ウエストゲートバルブを含む前記ターボチャージャの全体を一つのノズルに見立てた場合のノズル式を用いて、前記目標エキマニ圧力から前記可変ノズル又は前記ウエストゲートバルブの開度を算出する手段と、を備えることを特徴とするターボチャージャの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、H P L - E G R 装置を有する内燃機関に設けられたターボチャージャであって、可変ノズル又はウエストゲートバルブを備えたターボチャージャに用いて好適な制御装置に関する。

【背景技術】

## 【 0 0 0 2 】

特許文献 1 には、H P L - E G R 装置と可変ノズル付きターボチャージャとを有する内燃機関において、E G R 領域における E G R の制御性を担保しつつ、目標過給圧を達成するように可変ノズルを制御することを目指した技術が開示されている。この従来技術では、マップを用いてエンジン回転数及び燃料噴射量から可変ノズルの開度が決定される。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 6 - 0 6 5 5 0 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 3 - 0 6 0 9 1 4 号公報

10

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 4 】

ターボチャージャには、可変ノズルの開度の変化に対して過給圧がほとんど変化しない無過給域が存在する。無過給域では、目標過給圧に対して可変ノズルは様々な開度を取り得る。ところが、選択した可変ノズルの開度によっては E G R の制御性が悪化するおそれがある。上記公報に記載の従来技術では、E G R の制御性を考慮して可変ノズルの開度を決定している。しかし、マップにて開度を決定する方法では過渡期において最適な開度を設定することはできず、極端に可変ノズルが開いてしまうことで燃費が悪化してしまうおそれがある。

20

## 【 0 0 0 5 】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、H P L - E G R 装置を有する内燃機関に設けられ可変ノズル又はウエストゲートバルブを備えたターボチャージャを、E G R の制御性と燃費とを両立させるように制御することができるターボチャージャの制御装置を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 6 】

本発明に係るターボチャージャの制御装置は、目標コンプレッサ後圧力を設定し、目標コンプレッサ後圧力を実現するためのエキマニ圧力を各種状態量に基づいて算出するとともに、無過給域において H P L - E G R 装置による E G R の制御性を担保可能なポンプロスが得られるエキマニ圧力を算出する。そして、2つのエキマニ圧力のうちでより大きいほうを目標エキマニ圧力として算出する。次に、可変ノズル又はウエストゲートバルブを含むターボチャージャの全体を一つのノズルに見立てた場合のノズル式を用いて、目標エキマニ圧力から可変ノズル又はウエストゲートバルブの開度を算出する。

30

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 7 】

本発明に係るターボチャージャの制御装置によれば、無過給域において H P L - E G R 装置による E G R の制御性を担保可能な可変ノズルの最大開度又はウエストゲートバルブの最大開度を算出できるため、E G R の制御性と燃費とを両立させることができる。

## 【図面の簡単な説明】

40

## 【 0 0 0 8 】

【図 1】本発明の実施の形態の制御装置が適用されるターボチャージャを備えた内燃機関の概略構成を示す図である。

【図 2】内燃機関の運転領域の区分を示す図である。

【図 3】過給域での可変ノズルの閉度の変化に対する過給圧の感度を示す図である。

【図 4】無過給域での可変ノズルの閉度の変化に対する過給圧の感度を示す図である。

【図 5】定常状態において可変ノズルの閉度を固定した場合の過給圧の変動を示す図である。

【図 6】無過給域での可変ノズルの閉度の変化に対する各種状態量の変化を示す図である。

50

【図7】本発明の実施の形態の制御装置のロジックフローを示す図である。

【図8】本発明の実施の形態の制御装置の効果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0010】

#### 1. 内燃機関の構成

図1は、本発明の実施の形態の制御装置が適用されるターボチャージャ20を備えた内燃機関2の概略構成を示す図である。内燃機関2は、自動車に搭載されるディーゼルエンジンとして構成されたエンジン本体4を備える。エンジン本体4には複数（図では4つ）のシリンダ4aが設けられ、シリンダ4aごとに燃料噴射弁6が設けられている。エンジン本体4には、吸気マニホールド12aを介して吸気通路12が接続されるとともに、排気マニホールド14aを介して排気通路14が接続されている。

10

【0011】

ターボチャージャ20は、排気エネルギーによって回転するタービン20aと、タービン20aによって駆動されるコンプレッサ20bとを有している。ターボチャージャ20は、タービン20aへ流れる排気ガスの速さを変えることのできる可変ノズル21を備える。ただし、本発明は、タービン20aへの排気ガスの流入量を調整することができるウエストゲートバルブを備えるターボチャージャにも適用可能である。

【0012】

タービン20aは、排気通路14の途中に配置されている。排気通路14におけるタービン20aの下流には、触媒16が配置されている。コンプレッサ20bは、吸気通路12におけるエアクリーナ10の下流に配置されている。吸気通路12におけるコンプレッサ20bの下流には、インタークーラ24およびディーゼルスロットル26がこの順に配設されている。

20

【0013】

また、内燃機関2は、HPL-EGR装置30を備える。HPL-EGR装置30は、排気通路14におけるタービン20aの上流と、吸気通路12におけるディーゼルスロットル26の下流とをEGR通路40で接続する。EGR通路40には、その上流側から下流側に向かってEGRクーラ42とEGR弁44がこの順に配設されている。EGR通路40には、EGRクーラ42をバイパスするバイパス通路46が設けられている。バイパス通路46がEGR通路40に合流する合流部には、バイパス通路46とEGRクーラ42との間でEGRガスの流路を切り替えるバイパス弁48が設けられている。

30

【0014】

内燃機関2は、燃料噴射弁6やディーゼルスロットル26等のアクチュエータを制御するECU(Electronic Control Unit)100を備える。ECU100は、ターボチャージャ20の制御装置でもある。ターボチャージャ20の制御装置としてのECU100は、可変ノズル21の開度を制御する。ターボチャージャ20が可変ノズル21に代えてウエストゲートバルブを備える場合には、ターボチャージャ20の制御装置としてのECU100は、ウエストゲートバルブの開度を制御する。

40

【0015】

ECU100は、少なくとも1つのプロセッサと少なくとも1つのメモリとを有する。メモリには、内燃機関2の制御のための各種のプログラムやマップを含む各種のデータが記憶されている。メモリに記憶されているプログラムがプロセッサで実行されることで、ECU100には様々な機能が実現される。なお、ECU100は、複数のECUの集合体であってもよい。

【0016】

ECU100は、各種のセンサから、内燃機関2の運転状態や運転条件に関する様々な情報や信号を取得する。例えば、吸気通路12の入口近傍に配置されたエアフローセンサ50からは、吸気通路12に吸入される新気の流量である新気量Gaに関する情報が取得

50

される。吸気通路 1 2 の入口近傍に配置された温度センサ 5 1 からは、吸気通路 1 2 に吸入される新気の温度である吸気温度  $T_{ha}$  に関する情報が取得される。吸気通路 1 2 におけるコンプレッサ 2 0 b の上流に配置された圧力センサ 5 2 からは、吸気通路 1 2 におけるコンプレッサ 2 0 b の上流の圧力であるコンプレッサ前圧力  $P_2$  に関する情報が取得される。吸気通路 1 2 におけるコンプレッサ 2 0 b の下流に配置された圧力センサ 5 3 からは、吸気通路 1 2 におけるコンプレッサ 2 0 b の下流の圧力であるコンプレッサ後圧力  $P_3$  に関する情報が取得される。

#### 【 0 0 1 7 】

また、排気マニホールド 1 4 a に配置された温度センサ 5 4 からは、排気マニホールド 1 4 a 内の排気の温度であるエキマニガス温度  $T_4$  に関する情報が取得される。排気通路 1 4 におけるタービン 2 0 a の下流に配置された圧力センサ 5 5 からは、排気通路 1 4 におけるタービン 2 0 a の下流の圧力であるターボ後圧力  $P_6$  に関する情報が取得される。さらに、シリンダ 4 a 内に供給された燃料の流量である燃料流量  $G_f$  が取得される。燃料流量  $G_f$  は燃料噴射弁 6 の駆動時間から計算される。E C U 1 0 0 は、これらの情報に基づいて内燃機関 2 の制御パラメータを決定する。

#### 【 0 0 1 8 】

### 2 . 内燃機関の運転領域と過給感度

図 2 は、内燃機関 2 の運転領域の区分を示す図である。エンジン回転数と燃料噴射量とを軸とする座標系において、内燃機関の運転領域は低負荷域である無過給域と中・高負荷域である過給域とに区分される。無過給域と過給域との違いは可変ノズル 2 1 の開度に対する過給圧の感度にある。過給圧とは、吸気マニホールド 1 2 a 内の圧力を意味する。なお、可変ノズル 2 1 は全開を初期位置として閉じ側に操作されるので、可変ノズル 2 1 の開き具合は閉度ではなく閉度で表される場合がある。

#### 【 0 0 1 9 】

図 3 は、図 2 において内燃機関 2 が動作点 B で動作しているときに得られたデータを示す図である。このデータは、過給域での可変ノズル 2 1 の閉度の変化に対する過給圧の感度を示している。グラフの横軸の  $V_N$  閉度は可変ノズル 2 1 の閉度を意味する。図 4 は、図 2 において内燃機関 2 が動作点 A で動作しているときに得られたデータを示す図である。このデータは、無過給域での可変ノズル 2 1 の閉度の変化に対する過給圧の感度を示している。これら 2 つのデータの比較により、無過給域と過給域との間での可変ノズル 2 1 の閉度に対する過給圧の感度の違いが分かる。

#### 【 0 0 2 0 】

過給域では、図 3 に示すように、可変ノズル 2 1 が全閉から全開まで変化する間に過給圧は明確に変化し、過給圧と可変ノズル 2 1 の閉度とは一対一の関係を示す。ゆえに、目標過給圧が与えられた場合、過給域では、目標過給圧を実現する可変ノズル 2 1 の閉度は一意に決まる。

#### 【 0 0 2 1 】

無過給域では、図 4 に示すように、可変ノズル 2 1 が全閉から全開まで変化する間の過給圧の変化は、過給域におけるそれと比較して僅かである。ここで、図 5 は、定常状態において可変ノズル 2 1 の閉度を固定した場合の過給圧の変動を示す図である（ただし、上段のグラフの縦軸は可変ノズル 2 1 の開度（ $V_N$  開度）となっている）。この図に示すように、可変ノズル 2 1 の閉度を一定にした場合でも過給圧は脈動の影響によって振動する。その振動の振幅は、無過給域において可変ノズル 2 1 が全閉から全開まで変化する間の過給圧の変化量と大きく変わらない。このため、無過給域では、可変ノズル 2 1 の閉度の変化に対する過給圧の変化は、吸気の脈動の影響による過給圧の変動幅に埋もれてしまう。ゆえに、無過給域では、過給圧と可変ノズル 2 1 の閉度とは一対一の関係とはならず、目標過給圧を実現する可変ノズル 2 1 の閉度は様々な値を取り得る。

#### 【 0 0 2 2 】

### 3 . 無過給域での可変ノズルの閉度の決め方

上記のように、無過給域では、目標過給圧を実現する可変ノズル 2 1 の閉度は一意には

10

20

30

40

50

定まらない。そうであるならば、無過給域における可変ノズル 2 1 の閉度は、過渡の一瞬一瞬においても、H P L - E G R 装置 3 0 による E G R の制御性や、ターボチャージャ 2 0 による再加速性に影響を及ぼさない範囲で燃費が最小となる閉度にしたい。ここで、図 6 は、無過給域での可変ノズル 2 1 の閉度の変化に対する各種状態量の変化を示す図である。最上段のグラフは空気量の変化を示し、二段目のグラフはポンプロスの変化を示し、三段目のグラフはエキマニ圧力及び過給圧の変化を示し、最下段のグラフはターボ回転数の変化を示している。

#### 【 0 0 2 3 】

等空気量のもとでは、ポンプロス、すなわち、エキマニ圧力と過給圧との差圧が小さいほど燃費は向上する。二段目のグラフに示すように、ポンプロスは、可変ノズル 2 1 が開いているほど、つまり、可変ノズル 2 1 の閉度が小さいほど小さくなる。一方、E G R の制御性を担保するためには、E G R 弁 4 4 の前後に一定以上の差圧を必要とする。この差圧はポンプロスに等しい。よって、E G R の制御性を担保するためには、三段目のグラフに示すように、可変ノズル 2 1 の閉度は一定以上の大きさにする必要がある。また、再加速性を担保するためには、タービン 2 0 a が一定以上の回転数で回転している必要がある。最下段のグラフに示すように、ターボ回転数は可変ノズル 2 1 の閉度が大きいほど大きくなることから、再加速性を担保するためには、可変ノズル 2 1 の閉度は一定以上の大きさにする必要がある。

#### 【 0 0 2 4 】

上記のように、燃費は可変ノズル 2 1 の閉度が小さいほど向上する。また、E G R の制御性を担保可能なポンプロスが得られる可変ノズル 2 1 の閉度は、再加速性を担保可能なターボ回転数が得られる可変ノズル 2 1 の閉度よりも大きい。これらのことから、E G R の制御性と再加速性に影響を及ぼさない範囲で燃費が最小となる可変ノズル 2 1 の最適閉度は、E G R の制御性を担保可能なポンプロスが得られる最小閉度であることが分かる。

#### 【 0 0 2 5 】

ポンプロスは過給圧とエキマニ圧力とに依存する。二段目のグラフと三段目のグラフとから分かるように、ポンプロスは過給圧と一対一の関係にあると同時に、エキマニ圧力とも一対一の関係にある。ただし、無過給域では目標過給圧を実現する可変ノズル 2 1 の閉度は様々な値を取り得るため、可変ノズル 2 1 を最適閉度に制御するための目標値として過給圧は不適である。一方、エキマニ圧力は、過給圧に比較して可変ノズル 2 1 の閉度の変化に対する感度が高い。少なくとも E G R の制御性を担保可能なポンプロスが得られる範囲では、エキマニ圧力と可変ノズル 2 1 の閉度とは一対一の関係を示す。そこで、本発明では、可変ノズル 2 1 を最適閉度に制御するための目標値としてエキマニ圧力が用いられる。

#### 【 0 0 2 6 】

#### 4 . 可変ノズルの制御ロジック

次に、ターボチャージャの制御装置としての E C U 1 0 0 が有する可変ノズルの制御ロジックについて図 7 を用いて説明する。まず、E C U 1 0 0 は、目標 D スロ前圧と I / C 圧損とから目標コンプレッサ後圧力 P 3 t を算出する。目標 D スロ前圧とは、吸気通路 1 2 におけるディーゼルスロットル 2 6 の上流の圧力の目標値である。I / C 圧損とは、インタークーラ 2 4 で生じる圧力損失を意味する。

#### 【 0 0 2 7 】

次に、E C U 1 0 0 は、ターボモデルを用いて目標コンプレッサ後圧力 P 3 t から目標エキマニ圧力 P 4 t を算出する。ターボチャージャ 2 0 の入力をエキマニ圧力 P 4 、出力をコンプレッサ後圧力 P 3 とした場合、入出力間の関係は新気量 G a 、吸気温度 T h a 、コンプレッサ前圧力 P 2 、ターボ総合効率  $t_{ot}$  、エキマニガス温度 T 4 、ターボ後圧力 P 6 、及びタービン通過ガス量 G a + G f に依存する。これらをパラメータとして入出力間の関係を規定したモデルがターボモデルである。

#### 【 0 0 2 8 】

次に、E C U 1 0 0 は、ターボモデルで算出した目標エキマニ圧力 P 4 t と、エキマニ

10

20

30

40

50

圧力目標値ガード  $P4trgm n$  とを比較して大きい方を目標エキマニ圧力の最終決定値  $P4tf$  として選択する。これは、無過給域でのエキマニ圧力がエキマニ圧力目標値ガード  $P4trgm n$  以下にならないようにするための処理である。エキマニ圧力目標値ガード  $P4trgm n$  は、無過給域において EGR の制御性を担保可能なポンプロスを得られる最小のエキマニ圧力に設定されている。なお、請求項に規定されている目標エキマニ圧力には、目標エキマニ圧力の最終決定値  $P4tf$  が相当する。

【0029】

エキマニ圧力目標値ガード  $P4trgm n$  は、例えばエンジン回転数と燃料噴射量とをパラメータとするマップから決定される変数としてもよいし、固定値としてもよい。また、現在の過給圧を取得し、目標ポンプロスと現在の過給圧との和をエキマニ圧力目標値ガード  $P4trgm n$  として算出してもよい。目標ポンプロスは、例えばエンジン回転数と燃料噴射量とをパラメータとするマップから決定される変数としてもよいし、固定値としてもよい。

10

【0030】

次に、ECU100 は、以下の式で表されるノズル式を用いて、目標エキマニ圧力の最終決定値  $P4tf$  から可変ノズル21の目標有効開口面積  $\mu A$  を算出する。以下のノズル式は、可変ノズル21を含むターボチャージャ20の全体を一つのノズルに見立てた場合のベルヌーイの定理に基づく式であり、エキマニガス温度  $T4$ 、ターボ後圧力  $P6$ 、及びタービン通過ガス量  $G_a + G_f$  をパラメータとして有する。なお、以下のノズル式において、 $R$  は気体定数、 $\gamma$  は比熱比である。

20

【数1】

$$\mu A = \frac{G_a + G_f}{P4tf * \sqrt{\frac{2}{R * T4}} * \phi} \quad \text{ただし、} \phi = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} * \left\{ \left( \frac{P6}{P4tf} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left( \frac{P6}{P4tf} \right)^{\frac{2}{\kappa + 1}} \right\}}$$

【0031】

次に、ECU100 は、可変ノズル21の開度と有効開口面積との関係を規定した開度特性マップを用いて、目標有効開口面積  $\mu A$  を実現するための可変ノズル21の開度を算出する。ECU100 は、目標有効開口面積  $\mu A$  から算出した開度を可変ノズル21に対する開度制御のフィードフォワード項 (F/F項) として使用する。

30

【0032】

以上のように、本実施の形態では、目標コンプレッサ後圧力  $P3t$  を実現するためのエキマニ圧力 (目標エキマニ圧力  $P4t$ ) と、EGR の制御性を担保可能なポンプロスが得られるエキマニ圧力 (エキマニ圧力目標値ガード  $P4trgm n$ ) とのうちより大きいほうを目標エキマニ圧力の最終決定値  $P4tf$  とすることで、無過給域において EGR の制御性を担保可能な最大開度まで可変ノズル21を開くことができる。これにより、無過給域での EGR の制御性と燃費の向上とを両立することができる。また、本実施の形態では、目標有効開口面積  $\mu A$  の計算にマップではなくノズル式を用いているので、エキマニガス温度  $T4$ 、ターボ後圧力  $P6$ 、タービン通過ガス量  $G_a + G_f$  に遅れが生じる過渡期においても最適な開度に可変ノズル21を制御することができる。

40

【0033】

5. 本実施の形態の制御装置の効果

図8には、減速時に上記制御ロジックにしたがって可変ノズル21を制御した場合の各種状態量の変化の一例が示されている。最上段のグラフはアクセル開度の変化を示し、二段目のグラフは目標過給圧及び現在過給圧の変化を示し、三段目のグラフは可変ノズル21の開度 (VN開度) の変化を示し、四段目のグラフはエキマニ圧力の変化を示し、最下段のグラフはターボ回転数の変化を示している。

【0034】

四段目のグラフに示すように、減速時、エキマニ圧はエキマニ圧目標値ガードに遅れて減少していき、内燃機関の動作点が無過給域に突入する頃にはエキマニ圧目標値ガードま

50

で低下する。エキマニ圧目標値ガードが有効な場合、太線で示すように、エキマニ圧目標値ガードはエキマニ圧に対する下限となる。エキマニ圧力目標値ガードは、無過給域においてEGRの制御性を担保可能なポンプロスを得られる最小のエキマニ圧力であることから、無過給域でのEGRの制御性は担保される。また、三段目のグラフに示すように、エキマニ圧目標値ガードが有効な場合は、無過給域での可変ノズル21の開き過ぎは防止される。これにより、無過給域での燃費の向上が担保される。さらに、最下段のグラフに示すように、エキマニ圧目標値ガードが有効な場合は、無過給域でのターボ回転数の低下は防止される。これにより、無過給域での再加速性が担保される。

【符号の説明】

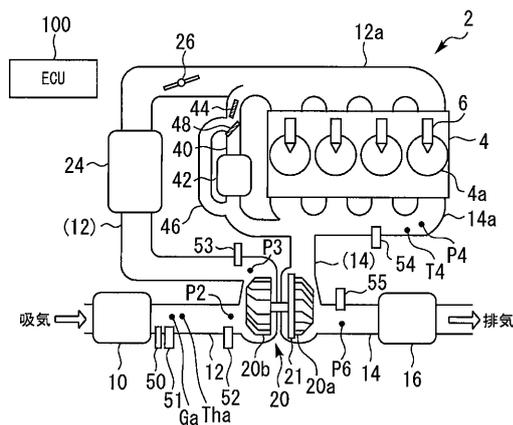
【0035】

- 2 内燃機関
- 4 エンジン本体
- 12 吸気通路
- 12a 吸気マニホールド
- 14 排気通路
- 14a 排気マニホールド
- 20 ターボチャージャ
- 20a タービン
- 20b コンプレッサ
- 21 可変ノズル
- 30 HPL - EGR装置
- 100 制御装置

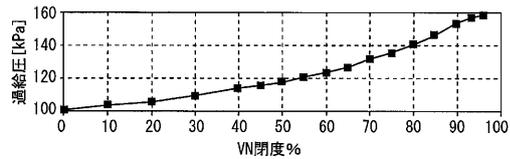
10

20

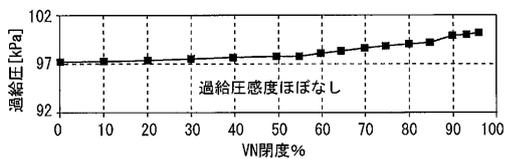
【図1】



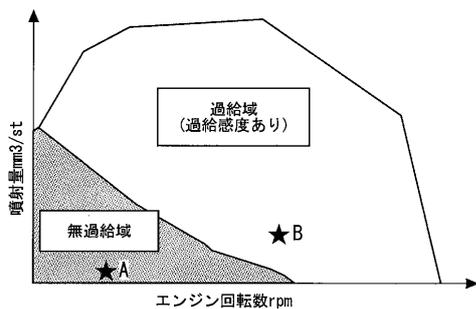
【図3】



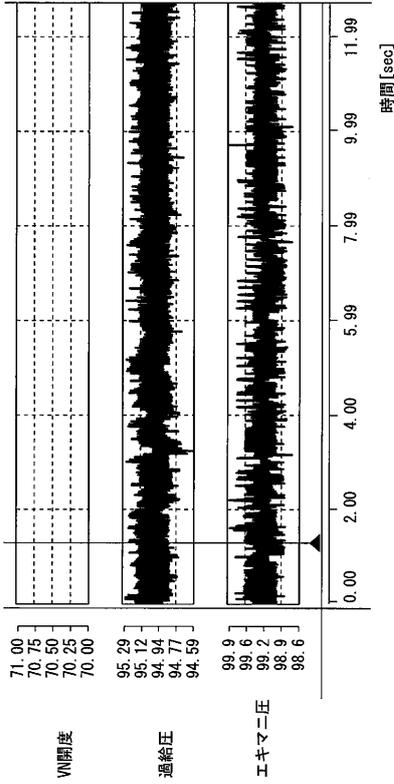
【図4】



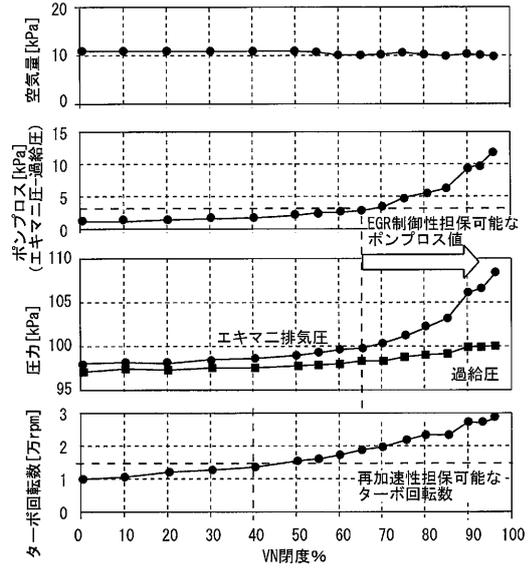
【図2】



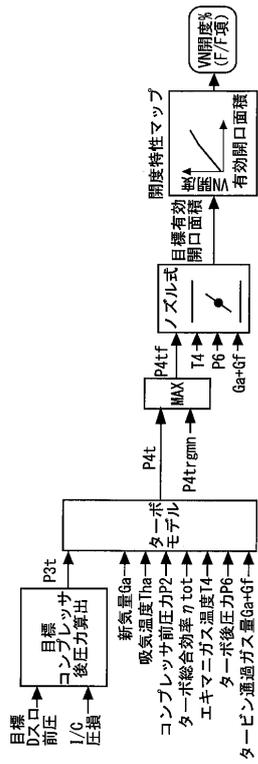
【図5】



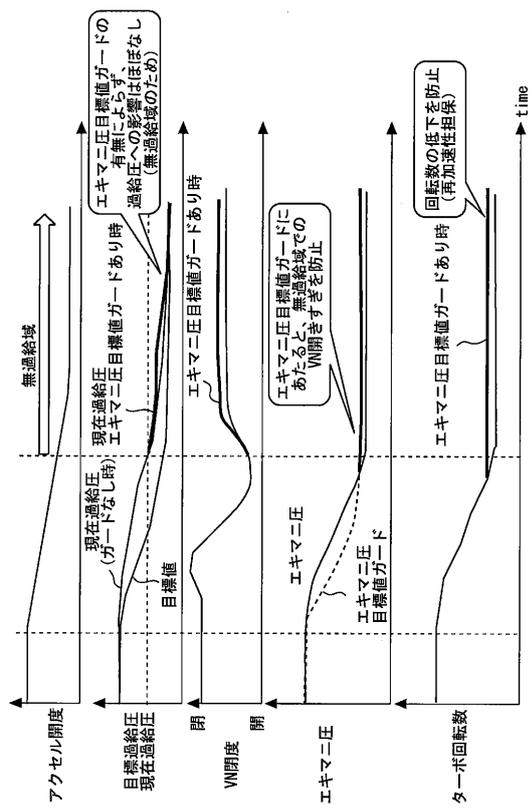
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平7 - 166879 (JP, A)  
特開2004 - 60601 (JP, A)  
特開2006 - 200377 (JP, A)  
特開2015 - 21486 (JP, A)  
特開2015 - 137613 (JP, A)  
特開2016 - 65506 (JP, A)  
米国特許出願公開第2015 / 0345377 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F02B 37 / 12  
F02M 26 / 05