

(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 1 月 7 日(07.01.2016)



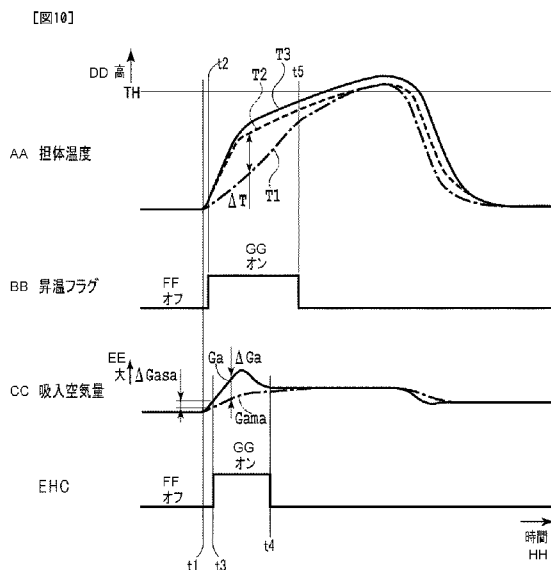
(10) 国際公開番号
WO 2016/002146 A1

- (51) 国際特許分類:
F01N 3/20 (2006.01) *F01N 3/24* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/003012
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 16 日(16.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-136192 2014 年 7 月 1 日(01.07.2014) JP
- (71) 出願人: トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 永坂 圭介 (NAGASAKA, Keisuke); 〒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 比呂志 (TANAKA, Hiroshi); 〒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). 鶴見和樹 (TSURUMI, Kazuki); 〒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: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (TANI & ABE, P.C.); 〒1070052 東京都港区赤坂 2 丁目 6-2 O Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置および方法



AA... CARRIER TEMPERATURE
BB... TEMPERATURE INCREASE FLAG
CC... INTAKE AIR AMOUNT
DD... HIGH
EE... LARGE
FF... OFF
GG... ON
HH... TIME

(57) Abstract: According to an aspect of the present invention, there is provided a control device for an internal combustion engine with an electric heating catalyst (EHC) having a carrier that generates heat by energization disposed in an exhaust passage. This control device is provided with a control unit configured to energize the carrier when, on the basis of an intake air amount of the internal combustion engine or a relevant value thereof, a sharp change in the intake air amount is detected. Thus, cracking due to an increase in temperature difference between predetermined parts of the catalyst carrier in the event of a sharp change in the intake air amount is suppressed.

(57) 要約: 本発明の一の態様によると、通電により発熱する担体を有する電気加熱式触媒 (EHC) が排気通路に設けられた内燃機関の制御装置が提供される。この制御装置は、内燃機関の吸入空気量またはその相関値に基づいて、吸入空気量の急変を検出した場合に、担体に通電するように構成された制御ユニットを備え、吸入空気量の急変時に、触媒担体の所定部位間の温度差が拡大することに起因するクラック発生を抑制する。

WO 2016/002146 A1



ロツパ (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).

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および方法

技術分野

[0001] 本発明は、内燃機関の制御装置および方法に関する。

背景技術

[0002] 内燃機関の排気通路には排気ガスを浄化するための触媒が設けられている。この触媒に関し、特許文献1は、内燃機関の冷間始動直後の加速時に電気加熱式触媒の担体の側壁面と側壁近傍部との間の温度差が大きくなり、担体にクラックが発生する可能性があるという問題を指摘している。このため特許文献1に記載の装置は、そのような温度差の拡大を抑制するため、冷間始動直後の加速時に、排気空燃比をリッチ側に移行させ、排気の有するエネルギーを低下させるようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2013／108379号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、本発明者らは鋭意研究の結果、電気加熱式触媒を有する内燃機関において、その加速時と減速時、特に吸入空気量が急激に増大する吸入空気量の急増時と、吸入空気量が急激に減少する吸入空気量の急減時（以下、「急増」と「急減」を総称して「急変」という）のいずれのときにおいても、担体の所定部位間の温度差が拡大し、担体にクラックが発生する可能性があるという新たな知見を得るに至った。そしてその温度差拡大やクラック発生を抑制するための新たな方策も併せて見出すに至った。

[0005] そこで本発明は、上記事情に鑑みて創案されたものであり、その目的は、電気加熱式触媒を有する内燃機関において、吸入空気量の急変時に、触媒担体の所定部位間の温度差が拡大することに起因するクラック発生を抑制する

ことが可能な内燃機関の制御装置および方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一つの態様によると、

通電により発熱する担体を有する電気加熱式触媒が排気通路に設けられた内燃機関の制御装置であって、

前記内燃機関の吸入空気量またはその相関値に基づいて、前記吸入空気量の急変を検出した場合に、前記担体に通電するように構成された制御ユニットを備えたことを特徴とする内燃機関の制御装置が提供される。

[0007] 好ましくは、前記制御ユニットは、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度に基づいて、前記吸入空気量の急変を検出する。

[0008] 好ましくは、前記制御ユニットは、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えた時から所定の実行時間の間、前記担体に通電する。この場合、前記制御ユニットは、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度の絶対値の最大値に応じて前記実行時間を変化させることが好ましい。

[0009] 好ましくは、前記制御ユニットは、前記吸入空気量またはその相関値と、当該吸入空気量またはその相関値の平均化処理後の値との差分に基づいて、前記吸入空気量の急変を検出する。この場合、前記制御ユニットは、前記差分の絶対値が所定の差分しきい値より大きいとき、前記担体に通電することが好ましい。

[0010] 好ましくは、前記制御ユニットは、

前記吸入空気量の急増を検出し、前記担体の温度の上昇速度が所定値以上であり、且つ前記担体の温度が所定の上限温度以下のとき、前記担体に通電すること、および、

前記吸入空気量の急減を検出し、前記担体の温度の低下速度が所定値以上であり、且つ前記担体の温度が所定の下限温度以上のとき、前記担体に通電すること、の少なくとも一方を実行する。

[0011] 本発明の別な態様によると、通電により発熱する担体を有する電気加熱式

触媒が排気通路に設けられた内燃機関の制御方法が提供される。この方法は、前記内燃機関の吸入空気量またはその相関値に基づいて前記吸入空気量が急変したか否かを判定し、前記吸入空気量が急変したと判定した場合に前記担体に通電することを特徴とする。

[0012] 本発明による内燃機関の制御方法において、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えた場合、前記吸入空気量が急変したと判定し、この判定時から所定の実行時間の間、前記担体に通電することが好ましい。この場合、前記実行時間は、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度の絶対値の最大値に応じて異ならせることが好ましい。

[0013] 好ましくは、前記吸入空気量またはその相関値と、当該吸入空気量またはその相関値の平均化処理後の値との差分に基づいて、前記吸入空気量が急変したか否かを判定する。好ましくは、前記差分の絶対値が所定の差分しきい値より大きい場合、前記吸入空気量が急変したと判定する。

[0014] 前記吸入空気量の急変が吸入空気量の急増であって、前記担体の温度の上昇速度が所定値以上、且つ前記担体の温度が所定の上限温度以下の場合、前記担体に通電することができる。あるいは、前記吸入空気量の急変が吸入空気量の急減であって、前記担体の温度の低下速度が所定値以上、且つ前記担体の温度が所定の下限温度以上の場合、前記担体に通電することができる。

発明の効果

[0015] 本発明によると、電気加熱式触媒を有する内燃機関において、吸入空気量の急変時に、触媒担体の所定部位間の温度差が拡大することに起因するクラック発生を抑制することができるという、優れた効果が発揮される。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成を示す概略図である。

[図2]電気加熱式触媒の側面断面図である。

[図3]図2のIII－III断面図である。

[図4]電気加熱式触媒の正面断面図である。

[図5]触媒担体、第1部位および第2部位を示す概略図である。

[図6]触媒担体、第1部位および第2部位を示す概略図である。

[図7]触媒担体、第1部位および第2部位を示す概略図である。

[図8]触媒担体、第1部位および第2部位を示す概略図である。

[図9]触媒担体に関する等価的な電気回路を示す概略図である。

[図10]本実施形態の制御の第1実施例に係るタイムチャートである。

[図11]本実施形態の制御の第1実施例に係るフローチャートである。

[図12]本実施形態の制御の第2実施例に係るタイムチャートである。

[図13]温度差と微分値の関係を示すグラフである。

[図14]本実施形態の制御の第2実施例に係るフローチャートである。

[図15]第2実施例の変形例に係るマップを示す。

[図16]本実施形態の制御の第3実施例に係るタイムチャートである。

[図17]本実施形態の制御の第3実施例に係るフローチャートである。

[図18]本実施形態の制御の第4実施例に係るタイムチャートである。

[図19]本実施形態の制御の第4実施例に係るフローチャートである。

[図20]第4実施例の変形例に係るマップを示す。

[図21]本実施形態の制御の第5実施例に係るフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施形態を添付図面に基づき説明する。

[0018] 図1は、本発明の実施形態に係る内燃機関（エンジン）とその制御装置、ならびにこれらが搭載された車両を示す。エンジン10は多気筒（例えば直列4気筒）の火花点火式内燃機関（ガソリンエンジン）として構成されている。車両100は、エンジン10とモータジェネレータとの2つの車両動力源を備えるハイブリッド車両として構成されている。車両100には、車両100およびエンジン10を制御するように構成された制御ユニットとしての電子制御ユニット（以下「ECU」という）20が設けられる。

[0019] 但し、エンジンの種類、気筒数、シリンダ配置形式（直列、V型、水平対

向等)、着火方式、用途等は特に限定されず、例えばエンジンは圧縮着火式内燃機関(ディーゼルエンジン)であってもよい。またエンジンは車両用でなくてもよく、車両に搭載されたものでなくてもよい。同様に、車両の種類、用途等も特に限定されず、例えば車両はエンジンを唯一の動力源とする通常の車両であってもよい。

[0020] 本実施形態の場合、第1モータジェネレータ(以下「第1モータ」という)21aと第2モータジェネレータ(以下「第2モータ」という)21bとの2つのモータジェネレータが備えられる。第1モータ21aは主にエンジン始動とバッテリー充電のために用いられ、第2モータ21bは主に車両動力用として用いられる。但し、第1モータ21aに車両動力の機能を持たせてもよいし、第2モータ21bにエンジン始動とバッテリー充電の機能を持たせてもよい。

[0021] 先ず、エンジン10、第1モータ21aおよび第2モータ21bを含むハイブリッドシステムについて説明する。エンジン10のクランクシャフトは出力軸23に連結され、出力軸23は動力分割機構22に連結されている。動力分割機構22は、動力伝達軸24を介して第1モータ21aに連結されるとともに、動力伝達軸25を介して第2モータ21bとも連結されている。ここで、動力分割機構22は、遊星歯車機構によってエンジン10、第1モータ21aおよび第2モータ21bの出力等の伝達を切り替える。また、第2モータ21bに連結される動力伝達軸25には、減速機26が連結され、減速機26には、ドライブシャフト27を介して駆動輪28が連結されている。減速機26は、複数の歯車を組み合わせて構成され、動力伝達軸25の回転を減速して、エンジン10、第1モータ21aおよび第2モータ21bからの出力をドライブシャフト27に伝達する。

[0022] 第1モータ21aおよび第2モータ21bは、図示しないインバータを含む電力制御ユニット(PCU; Power Control Unit)29と電氣的に接続され、PCU29は更にバッテリー30と電氣的に接続されている。PCU29は、バッテリー30から取り出した直流電力を交流電力に変換して、第1モータ

タ 2 1 a および第 2 モータ 2 1 b に供給するとともに、第 1 モータ 2 1 a および第 2 モータ 2 1 b によって発電された交流電力を直流電力に変換してバッテリー 3 0 に供給するように構成されている。詳細には、第 1 モータ 2 1 a および第 2 モータ 2 1 b は、交流同期型の電動機で構成され、励磁電流が印加されるとトルクを発生するとともに、外部からトルクが加えられると（例えばエンジン 1 0 から動力分割機構 2 2 を介して運動エネルギーが入力されると）、その運動エネルギーを電気エネルギーに変換することによって電力を発生させる。発生した電力は、P C U 2 9 を介してバッテリー 3 0 へ供給される。また、第 2 モータ 2 1 b は、車両の減速時に発電機として機能することができ、駆動輪 2 8 からドライブシャフト 2 7 及び減速機 2 6 を介して動力伝達軸 2 5 に伝達される運動エネルギーを電気エネルギーに変換する、いわゆる回生発電を行うことができ、それによって発生した電力も P C U 2 9 を介してバッテリー 3 0 へ供給される。また、図 1 に示すハイブリッド車両 1 0 0 は、いわゆるプラグインハイブリッド車両であり、外部電源 3 2 からの電力供給が可能となるように充電プラグ 3 1 が設けられている。

[0023] エンジン 1 は、燃料噴射を行う燃料噴射弁 1 8 と、点火プラグ 1 9 とを気筒毎に有する。エンジン 1 の吸気通路 1 2 には、単位時間当たりの吸入空気量（吸気流量）を検出するためのエアフローメータ 1 3 が設けられ、その下流側には吸入空気量を調整するための電子制御式スロットルバルブ 1 4 が設けられている。また、エンジン 1 の排気通路 2 には、排気浄化を行うための触媒、特に電気加熱式触媒（以下「E H C」という）1 が設けられている。E H C 1 は、通電もしくは電力の供給により発熱する担体を備えるが、その具体的な構成については後述する。

[0024] E C U 2 0 は、前述の P C U 2 9、燃料噴射弁 1 8、点火プラグ 1 9、スロットルバルブ 1 4 および E H C 1 を制御するように構成されている。また E C U 2 0 には、前述のエアフローメータ 1 3 およびスロットルバルブ 1 4 に加え、エンジン 1 0 のクランク角を検出するためのクランク角センサ 1 1、アクセル開度を検出するためのアクセル開度センサ 1 5、エンジン 1 0 の

冷却水温度を検出するための水温センサ 16 が電氣的に接続されている。E C U 20 は、P C U 29 を介してバッテリー 30 の蓄電量の監視等も行う。また E C U 20 には、排気通路 2 における E H C 1 の上流側に設置された排気温センサ 6 a および空燃比センサ 6 b が電氣的に接続されている。

[0025] 次に、E H C 1 の構成を図 2 および図 3 を参照して説明する。図 2 は、排気通路 2 の中心軸 A の方向に沿って切断した E H C 1 の断面図であり、図 2 における白抜き矢印は、排気通路 2 における排気の流れ方向を示している。また図 3 は、中心軸 A に垂直な方向に沿って切断した E H C 1 の断面図であり、図 2 の III-III 断面図である。E H C 1 は、基材もしくは担体（以下「触媒担体」という）3、ケース 4、マット 5、及び電極 7 を備えている。触媒担体 3 はケース 4 に収容されている。触媒担体 3 は、円柱状に形成されており、その中心軸が排気通路 2 の中心軸 A と同軸となるように設置されている。中心軸 A は、排気通路 2、触媒担体 3、及びケース 4 で共通の中心軸である。但しこれらを非同軸の関係で設置もしくは配置することも可能である。触媒担体 3 には、三元触媒の機能を果たす触媒成分 13 が担持されている。なお触媒成分 13 は、三元触媒の機能を果たすものに限られるものではなく、酸化触媒、吸蔵還元型 NO_x 触媒、および選択還元型 NO_x 触媒の何れかの機能を果たすものであってもよく、浄化すべき排ガス成分（CO, HC, NO_x 等）に適した触媒成分を適宜選択できる。

[0026] 触媒担体 3 は、通電もしくは電力の供給により発熱する導電性の発熱体からなり、言い換えれば、通電されると電気抵抗となって発熱する材料によって形成されている。触媒担体 3 の材料としては、SiC を例示することができる。触媒担体 3 は、排気の流れる方向（すなわち、中心軸 A の方向）に伸び且つ排気の流れる方向と垂直な断面がハニカム状をなす複数の通路を有している。この通路を排気が流通する。本実施形態の場合、触媒担体 3 は円柱状であり、中心軸 A（これは触媒担体 3 の中心軸でもある）の方向における所定の長さ、中心軸 A を基点とした所定且つ一定の半径とを有し、中心軸 A に垂直な方向の断面形状が円形である。但しその断面形状は任意であり、

例えば楕円形等であっても良い。

[0027] 触媒担体 3 の外周面 3 a には一対の電極 7 が接続されている。電極 7 は、表面電極 7 a 及び軸電極 7 b によって形成されている。表面電極 7 a は、触媒担体 3 の外周面 3 a に沿って周方向及び軸方向に延び、すなわち触媒担体 3 の外周面 3 a の一部を覆うように延びている。また、一対の表面電極 7 a は、触媒担体 3 を間に挟むよう、触媒担体 3 の直径方向における互いに反対側の位置に配置されている。軸電極 7 b の一端は表面電極 7 a に接続されている。そして軸電極 7 b の他端は、ケース 4 内に形成された電極室 9 を通ってケース 4 の外側に突出している。このように構成される電極 7 に対して、バッテリー 30 から電力が供給され、触媒担体 3 への通電が行われる。この通電によって触媒担体 3 が発熱すると、触媒担体 3 に担持された触媒成分 13 が加熱され、その活性化が促進される。このような EHC 1 への電力供給は ECU 20 により制御される。

[0028] ケース 4 は金属によって形成されており、その材料としてはステンレス鋼材を例示することができる。ケース 4 の内壁面と触媒担体 3 の外周面 3 a との間には比較的柔軟なマット 5 が挟み込まれている。つまり、触媒担体 3 はマット 5 を介してケース 4 により支持されている。このマット 5 は、電気絶縁材によって形成されている。マット 5 を形成する材料としては、アルミナを主成分とするセラミックファイバーを例示することができる。このように、マット 5 が触媒担体 3 とケース 4 との間に挟み込まれていることで、触媒担体 3 に通電したときに、ケース 4 へ電気が漏れ出ることが抑制される。また本実施形態のマット 5 は、上流側部分 5 a と下流側部分 5 b とに分割されており、上流側部分 5 a と下流側部分 5 b との間には空間が形成されており、この空間は、電極 7 の軸電極 7 b を通すための電極室 9 を画定する。なお、マット 5 を上流側部分 5 a と下流側部分 5 b とに分割することなく、マット 5 の電極 7 が通る部分にのみ貫通孔を空けることで、電極室となる空間を画定してもよい。

[0029] また、軸電極 7 b を通すためにケース 4 に開けられている貫通孔には、軸

電極 7 b を支持する電極支持部材 8 が設けられている。この電極支持部材 8 は電気絶縁材によって形成されており、ケース 4 と軸電極 7 b との間を電氣的に絶縁する。

[0030] さて、前述したように、本発明者らは鋭意研究の結果、エンジンの加速時と減速時、特に吸入空気量の急増時と急減時のいずれのときにおいても、触媒担体の所定部位間の温度差が拡大し、触媒担体にクラックが発生する可能性があるという新たな知見を得るに至った。まずこのことについて説明する。

[0031] 図 4 は、中心軸 A に垂直な方向の E H C 1 の断面図（但し図 3 とは異なる軸方向位置）を示す。触媒担体 3 の所定の部位（もしくは位置）として、触媒担体 3 の外周面 3 a 上に位置する第 1 部位 P 1 と、第 1 部位 P 1 に対し担体半径方向内側且つ近傍に位置する第 2 部位 P 2 との 2 つの部位を定める。第 1 部位 P 1 と第 2 部位 P 2 の間の間隔は例えば 5 mm 程度である。これら第 1 部位 P 1 と第 2 部位 P 2 の間の温度差を ΔT とする。なお触媒担体 3 の中心軸 A 上の部位を中心部位もしくは第 3 部位 P 3 とする。

[0032] E H C 1 において、触媒担体 3 の外周面 3 a はマット 5 を介してケース 4 に接続されており、少なくとも触媒担体 3 のうちで最もケース 4 の近くに位置されている。またケース 4 は外気に晒されている。このため、外気がケース 4 の熱を奪い、ケース 4 が触媒担体 3 の熱をその外周面 3 a から奪う。よって、第 1 部位 P 1 と第 2 部位 P 2 の間には温度差 ΔT が生じる。第 1 部位 P 1 の温度を T_1 、第 2 部位 P 2 の温度を T_2 とすると、 $T_2 > T_1$ であり、 $\Delta T = T_2 - T_1$ である。

[0033] 図 5 は、触媒担体 3、第 1 部位 P 1 および第 2 部位 P 2 を示す概略図である。図 5 は、エンジンが定常運転しているときの状態を示し、このとき触媒担体 3 は、その断面においてほぼ均一な温度を有する。このため温度差 ΔT は比較的小さい。

[0034] しかし、この状態からエンジンが加速運転され、特に吸入空気量が急激に増大されると、排気ガスから触媒担体 3 に供給されるエネルギー、具体的に

は熱量が増大し、排気ガスから触媒担体 3 に供給される熱量が、触媒担体 3 の外周面 3 a から放散される熱量を大きく上回るようになる。すると図 6 に示すように、触媒担体 3 の中心部から半径方向外側に向かって徐々に触媒担体 3 の温度が上昇していくという現象が生じる。この現象は、加速が急であるほど顕著である。そのため、第 2 部位 P 2 の温度 T_2 が第 1 部位 P 1 の温度 T_1 と比べて相対的に大きく上昇し、図示されるように温度差 ΔT が大きくなる。この温度差 ΔT の拡大に起因して、触媒担体 3 に対する熱応力が増大し、熱応力が担体強度を上回ることによって、触媒担体 3 にクラックが発生する虞がある。触媒担体 3 にクラックが発生させないような、許容される温度差の上限値 ΔT_{lim} は例えば 120°C であり、温度差 ΔT がこの上限値 ΔT_{lim} を超えると、触媒担体 3 にクラックが発生する虞がある。

[0035] 特に、本実施形態のような EHC 1 の触媒担体 3 は、通常の電気加熱式でない触媒の担体に比べ、担体強度が弱く、クラックが発生し易い傾向にある。また EHC 1 においては、触媒担体 3 にクラックが生じてしまうと、クラック部分の電気抵抗値がその他の部分よりも高くなる。そのため、EHC 1 に通電した際に、触媒担体 3 における通電量の分布が不均一となり、触媒担体 3 においてより大きな温度差が生じ、クラックの更なる増大・増加を招く虞がある。このため、微小のクラックでもその発生は避けなければならない。

[0036] 一方、図 7 は図 5 と同様の状態を示す。この状態から今度はエンジンが減速運転され、特に吸入空気量が急激に減少されると、排気ガスから触媒担体 3 に供給されるエネルギー、具体的には熱量が減少し、もしくは実質的に停止する。このため、排気ガスから触媒担体 3 に供給される熱量が、触媒担体 3 の外周面 3 a から放散される熱量を大きく下回るようになる。すると図 8 に示すように、触媒担体 3 の外周面 3 a から半径方向内側に向かって徐々に触媒担体 3 の温度が低下していくという現象が生じる。この現象は、減速が急であるほど顕著である。そのため、第 1 部位 P 1 の温度 T_1 が第 2 部位 P 2 の温度 T_2 と比べて相対的に大きく低下し、図示されるように温度差 ΔT

が大きくなる。この温度差 ΔT の拡大に起因しても、触媒担体3にクラックが発生する虞がある。

[0037] そこで本実施形態においては、エンジンの吸入空気量またはその相関値に基づいて、吸入空気量の急変を検出（判定）した場合に、触媒担体3に通電する制御をECU20によって実行する。この触媒担体3への通電が、本発明者らが鋭意研究の結果見出した、温度差拡大およびクラック発生を抑制するための新たな方策である。

[0038] この通電を実行すると温度差 ΔT の拡大を抑制し、あるいは温度差 ΔT を縮小することができる。これは次の理由による。まず通電を実行すると、触媒担体3（ここでは中心軸Aに垂直な断面で考える）は均一に加熱される。一方、触媒担体3中には排気ガスの流れがあり、触媒担体3の半径方向中心側の方が半径方向外周側より排気流速が高い傾向にある。このため、排気ガスによる熱の持ち去り量も、触媒担体3の半径方向中心側の方が半径方向外周側より多い傾向にあり、触媒担体3が通電により均一に加熱されたとき、半径方向外周側の方が半径方向中心側よりも温度が上がり易い傾向にある。これを第1部位P1と第2部位P2の温度 T_1 、 T_2 で比較したとき、第1部位P1の温度 T_1 の方が第2部位P2の温度 T_2 より上がり易い。よって温度差 ΔT の拡大を抑制し、あるいは温度差 ΔT を縮小することができる。

[0039] また、温度差 ΔT の拡大抑制あるいは縮小が可能な理由として、次の理由も考えられる。図9に示すように、触媒担体3に関する等価的な電気回路を考える。便宜上、触媒担体3において、第2部位P2に対し半径方向中心側の領域を中心側領域A1、第2部位P2に対し半径方向外周側の領域を外周側領域A2とする。中心側領域A1および外周側領域A2における触媒担体3の電気抵抗をそれぞれ R_1 、 R_2 とする。この回路では、抵抗 R_2 、 R_1 、 R_2 が直列に接続され、スイッチSW（ECU20に相当）がオンされると（つまり触媒担体3が通電されると）、これら抵抗にバッテリー30の電圧 V_b が印加される。

[0040] 例えば図6に示すように、中心側領域A1が相対的に高温、外周側領域A

2が相対的に低温となっている状態において、通電前に、抵抗 R_1 、 R_2 は R_{1a} 、 R_{2a} という値を有する。触媒担体3が、温度が低いほど高い電気抵抗を持つという特性を有する場合、図5に示したような均一温度の状態と比較して、外周側領域A2の抵抗値 R_{2a} はほぼ変わらないが、中心側領域A1の抵抗値 R_{1a} は低くなる。

[0041] すると、中心側領域A1と外周側領域A2の抵抗値のバランスが、外周側領域A2の方が中心側領域A1より大きくなるように変化する。抵抗値が大きいほど、通電を行ったときの抵抗の両端における電位差が大きくなり、より多くの電力が抵抗に供給されるようになる。従って、通電を行ったとき、外周側領域A2の方が中心側領域A1よりも速く加熱され、昇温速度が大きくなり、結果として温度差 ΔT の拡大を抑制し、あるいは温度差 ΔT を縮小することができる。このことは、図7、図8の場合にも同様に当て嵌まる。

[0042] 加えて、温度差 ΔT の拡大抑制あるいは縮小が可能な理由として、次の理由も考えられる。ここでは、触媒担体3を通電により均一に加熱することと等価な例として、触媒担体3の断面に十分に熱された加熱部材を押し当てて触媒担体3を均一に加熱することを考える。例えば図6に示す状態において加熱部材を押し当てた場合（但し加熱部材の温度は中心側領域A1の温度より高いものとする）、加熱部材と外周側領域A2の温度差の方が加熱部材と中心側領域A1の温度差より大きいため、より多くの熱量が加熱部材から外周側領域A2に伝達される。よって外周側領域A2の方が中心側領域A1よりも速く加熱され、結果として温度差 ΔT の拡大を抑制し、あるいは温度差 ΔT を減少することができる。

[0043] このように、吸入空気量の急変を検出（判定）した場合に触媒担体3に通電することで、温度差 ΔT が拡大することに起因するクラック発生を抑制することが可能である。

[0044] 以下、本実施形態における制御の内容を具体的に説明する。

[0045] 図10は、本実施形態の制御の第1実施例を説明するためのタイムチャートである。この第1実施例は吸入空気量の急増時に関連する。

- [0046] 担体温度とは触媒担体 3 の温度であり、 T_1 は第 1 部位 P_1 の温度、 T_2 は第 2 部位 P_2 の温度、 T_3 は中心部位もしくは第 3 部位 P_3 の温度を示す（図 4 参照）。吸入空気量に関し、 G_a はエアフローメータ 13 により検出された検出値、 $G_{a\ m}$ はその検出値に対し平均化処理を施した後の値である処理後検出値を示す。
- [0047] 図示例において、時刻 t_1 でエンジンの加速が開始され、これに伴い担体温度および吸入空気量が増大している。昇温フラグは、担体温度の上昇速度が所定値以上であり、且つ担体温度が所定の上限温度 T_H 以下のときオンとなり、それ以外のときにはオフとなるフラグである。ここで担体温度としては、触媒担体 3 の中心部位の温度 T_3 が使用され、この値は ECU 20 により、例えば排気温センサ 6a の検出値に基づき推定される。なお担体温度の推定方法については公知方法を含め様々な方法が可能である。代替的に担体温度を温度センサで直接検出してもよく、これら推定及び検出を含めて取得という。このように本実施形態では担体温度を取得するための担体温度取得ユニットが設けられる。
- [0048] 本実施例では、昇温フラグがオンのときに限って EHC 1 をオン、すなわち触媒担体 3 に通電するようにしている。その理由は、不必要に通電を実行しないためである。すなわち、担体温度の上昇速度が所定値未満のときには、そもそも温度差 ΔT の拡大が生じ難い。また、担体温度が上限温度 T_H より高いときには、担体温度が相当高く、加速により排気ガスから触媒担体 3 に供給される熱量が増大しても、温度差 ΔT が許容上限値 ΔT_{lim} を超えないか、または超える可能性が著しく低い。分かり易い例で説明すると、担体温度が 900°C という高温条件下で加速が発生したとしても、温度差 ΔT が許容上限値 ΔT_{lim} を超える可能性は極めて低い。こうした条件下で通電を行う必要はないので、通電を停止する。これにより制御の好適化が図れる。もっとも、こうした条件を付加するのは任意であり、この条件を省略した実施例も可能である。
- [0049] 担体温度の上昇速度の所定値および担体温度の上限温度 T_H は、実機試験

等を通じて最適に設定（適合）され、ECU20のメモリに予め記憶される。図示例では、時刻t2で昇温フラグがオンされ、時刻t5で昇温フラグがオフされている。なお担体温度の上昇速度は例えば担体温度の微分値を算出することにより得ることができる。

[0050] 吸入空気量は、本実施形態の場合エアフローメータ13とECU20により検出するが、ECU20により推定してもよい。このように本実施形態では吸入空気量を取得するための吸入空気量取得ユニットが設けられる。

[0051] 吸入空気量の処理後検出値Gammaは、吸入空気量の検出値Gaに対し平均化処理（いわゆるなまし処理）を施した後の値（いわゆるなまし値）である。本実施形態では平均化処理として移動平均値算出処理を採用し、処理後検出値Gammaを検出値Gaの移動平均値とする。しかしながら、他の平均化処理を採用することも可能である。いずれにしても、処理後検出値Gammaが検出値Gaよりも遅れて且つ緩慢に変化するように、検出値Gaが平均化処理される。

[0052] 具体的には、ECU20は、今回（n）の演算時期から（N-1）回前の演算時期までの検出値Gaのデータに基づき、次式により、今回の演算時期における処理後検出値Gamma_nを算出する。Nは予め定められたサンプル数である。

$$\text{Gamma}_n = \{ \text{Ga}_n + \text{Ga}_{n-1} + \text{Ga}_{n-2} + \dots + \text{Ga}_{n-(N-1)} \} / N$$

・・・(1)

[0053] この処理後検出値Gamma_nを演算周期毎に毎回更新することで、各演算時期において現在から過去のNサンプルのデータに基づく最新の処理後検出値Gammaを算出することができる。

[0054] 図10に示すように、エンジンの加速開始後、吸入空気量の検出値Gaが大きく増大し、これに追従するように吸入空気量の処理後検出値Gammaも遅れて且つ緩慢に増大する。

[0055] 本実施例では、吸入空気量とその平均化処理後の値との差分に基づいて、吸入空気量の急増が検出（判定）される。具体的には、検出値Gaと処理後

検出値 $G_{a\ m\ a}$ との差分 ΔG_a が所定の差分しきい値 $\Delta G_{a\ s\ a}$ より大きくなったとき、吸入空気量の急増が検出（判定）される。そして差分 ΔG_a が差分しきい値 $\Delta G_{a\ s\ a}$ より大きいとき、その間、触媒担体 3 に通電するようにしている。ここでエンジンが加速されたときには図示するように検出値 G_a が処理後検出値 $G_{a\ m\ a}$ よりも大きくなる。よって便宜上、差分を $\Delta G_a = G_a - G_{a\ m\ a}$ と定義する。但し他の定義方法も可能である。吸入空気量急増時の差分の絶対値は差分 ΔG_a に等しい。差分しきい値は $\Delta G_{a\ s\ a}$ で表され、これは正の値を有する。吸入空気量急増時において、本発明にいう「差分の絶対値」は $\Delta G_a (=|\Delta G_a|)$ であり、本発明にいう差分しきい値は $\Delta G_{a\ s\ a} (=|\Delta G_{a\ s\ a}|)$ である。

[0056] エンジンの加速が急であるほど、温度差 ΔT は大きくなり、差分 ΔG_a も大きくなる傾向がある。よって差分 ΔG_a が差分しきい値 $\Delta G_{a\ s\ a}$ より大きいとき、温度差 ΔT が許容上限値 $\Delta T\ l\ i\ m$ を超える可能性があるとして、あるいはその可能性を生じさせるほどに加速が急であるとして、その間、通電を実行する。差分しきい値 $\Delta G_{a\ s\ a}$ は、許容上限値 $\Delta T\ l\ i\ m$ を考慮し、あるいはこれに対応するよう、実機試験等を通じて最適に設定（適合）され、ECU 20 のメモリに予め記憶される。本実施形態の制御は特に温度差 ΔT が大きくなり易い急加速の際に有効である。

[0057] 図示例では、時刻 t_3 で差分 ΔG_a が差分しきい値 $\Delta G_{a\ s\ a}$ より大きくなり、時刻 t_4 で差分 ΔG_a が差分しきい値 $\Delta G_{a\ s\ a}$ 以下となっている。 $t_3 \sim t_4$ の期間は、昇温フラグがオンとなっている期間 $t_2 \sim t_5$ 内に含まれる。

[0058] よって図 10 に示すように、 $t_3 \sim t_4$ の期間で EHC 1 がオンされ、触媒担体 3 が通電される。これにより温度差 ΔT の拡大、ひいては触媒担体 3 でのクラック発生を抑制できる。特に吸入空気量が急増された場合、検出値 G_a が処理後検出値 $G_{a\ m\ a}$ から乖離する期間が長くなるので、通電を実行する期間も長くすることができ、温度差 ΔT の拡大期間の長期化に合わせて効果的に通電制御を実行できる。

- [0059] 本実施例では、吸入空気量に基づいて吸入空気量の急増を検出（判定）するが、吸入空気量の相関値に基づいて吸入空気量の急増を検出（判定）することもできる。かかる相関値としては例えばアクセル開度、スロットル開度、排気流量等を挙げることができる。なおアクセル開度はアクセル開度センサ 15 により、スロットル開度はスロットルバルブ 14 に組み込まれたスロットル開度センサにより、排気流量は付加的に設けられた排気流量センサにより、それぞれ検出可能である。
- [0060] 本実施形態の通電制御は、エンジンの冷間時にも温間時にも実行可能である。エンジンの冷間時だけでなく、温間時にも、吸入空気量の急増時に温度差 ΔT が許容上限値 ΔT_{lim} を超える可能性があるからである。特に、特許文献 1 と異なり、エンジンの冷間始動直後でない加速時にも実行可能である。
- [0061] 次に、図 11 を参照して本実施例の制御ルーチンを説明する。当該ルーチンは、ECU 20 により所定の演算周期毎に繰り返し実行される。
- [0062] ステップ S101 では、エンジン 10 が運転中であるか否かが判断される。運転中でない（停止中である）場合はルーチンが終了され、運転中である場合はステップ S102 に進む。
- [0063] ステップ S102 では、昇温フラグがオンであるか否かが判断される。オンである場合、ステップ S103 に進んで、差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{asa} より大きいか否かが判断される。差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{asa} より大きい場合、ステップ S104 に進んで EHC1 がオンされ、すなわち触媒担体 3 が通電される。
- [0064] 他方、ステップ S102 で昇温フラグがオンでない（オフである）場合、およびステップ S103 で差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{asa} 以下である場合には、いずれも、ステップ S105 に進んで EHC1 がオフされ、すなわち触媒担体 3 が通電停止される。
- [0065] 次に、本実施形態の制御の第 2 実施例を説明する。図 12 は第 2 実施例に係るタイムチャートである。この第 2 実施例も吸入空気量の急増時に関連す

る。図 1 2 の担体温度および昇温フラグは図 1 0 のそれらと同じである。図 1 2 において、吸入空気量の検出値 G_a の変化の仕方は図 1 0 と同じである。

[0066] 図 1 2 は、吸入空気量の検出値 G_a の微分値 G_{ad} を示す。微分値 G_{ad} は次式から ECU 2 0 により逐次的に算出される。

$$G_{ad_n} = G_{a_n} - G_{a_{n-1}} \quad \cdots (2)$$

[0067] G_{ad_n} は今回 (n) の演算時期における微分値、 G_{a_n} は今回の演算時期における吸入空気量検出値、 $G_{a_{n-1}}$ は前回 ($n-1$) の演算時期における吸入空気量検出値である。特に、正の値を有する微分値 G_{ad} は吸入空気量の増大速度を表し、微分値 G_{ad} がプラス方向に大きいほど、吸入空気量の増大速度は速くなる。

[0068] 本実施例では、吸入空気量の増大速度に基づいて、吸入空気量の急増が検出 (判定) される。特に、吸入空気量の増大速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えたときに吸入空気量の急増が検出 (判定) される。そして吸入空気量の増大速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えた時から所定の実行時間の間、触媒担体 3 に通電する。ここで吸入空気量の急増が発生すると、図示するように、微分値 G_{ad} が、正の値を有する所定の微分しきい値 G_{adsa} よりも大きくなる。よって本実施例では、微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{adsa} より大きくなったとき、吸入空気量の増大速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えたとして、通電を実行する。但し、他の値により吸入空気量の増大速度および速度しきい値を表すことも可能である。吸入空気量の急増時において、本発明にいう「吸入空気量の変化速度」は吸入空気量の増大速度に対応し、「吸入空気量の変化速度の絶対値」は G_{ad} ($=|G_{ad}|$) に対応し、本発明にいう「速度しきい値」は G_{adsa} ($=|G_{adsa}|$) に対応する。

[0069] エンジンの加速が急であるほど、温度差 ΔT は大きくなり、また大きな正の微分値 G_{ad} が現れる傾向にある。温度差 ΔT と微分値 G_{ad} の関係を模式的に図 1 3 に示す。よって微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{adsa} より大

きくなったとき、温度差 ΔT が許容上限値 ΔT_{lim} を超える可能性があるとして、あるいはその可能性を生じさせるほどに吸入空気量の増大が急であるとして、実行時間 Δt_s の間、通電を実行する。微分しきい値 G_{adsa} は、温度差 ΔT の許容上限値 ΔT_{lim} を考慮し、またはそれに対応するよう、実機試験等を通じて最適に設定（適合）され、ECU20のメモリに予め記憶される（図13参照）。また通電の実行時間 Δt_s も同様に、温度差 ΔT の許容上限値 ΔT_{lim} を考慮し、実機試験等を通じて最適に設定（適合）され、ECU20のメモリに予め記憶される。

[0070] 図12に示す例では、時刻 t_3 で微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{adsa} よりも大きくなり、この時刻 t_3 から所定の実行時間 Δt_s を経過した時刻 t_4 まで、EHC1がオンされている。これら $t_3 \sim t_4$ の期間は、昇温フラグがオンとなっている期間 $t_2 \sim t_5$ 内に含まれる。こうした通電制御を実行することによっても、温度差 ΔT の拡大ひいては触媒担体3でのクラック発生を抑制することができる。

[0071] 本実施例においては、吸入空気量に基づいて吸入空気量の急増を検出（判定）するが、吸入空気量の相関値に基づいて吸入空気量の急増を検出（判定）してもよいことは前記同様である。

[0072] 図14を参照して本実施例の制御ルーチンを説明する。ステップS201、S202は第1実施例（図11）のステップS101、S102と同じである。ステップS202で昇温フラグがオンである場合、ステップS203に進んで通電フラグがオンであるか否かが判断される。通電フラグの初期状態はオフである。オンでない場合、ステップS204に進んで、微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{adsa} より大きいかが判断される。イエスの場合、ステップS205に進んで通電フラグがオンされる。

[0073] 次いでステップS206で、微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{adsa} を最初に上回った時点からの経過時間 Δt が、所定の実行時間 Δt_s 以下であるか否かが判断される。イエスの場合、ステップS207に進んでEHC1がオンされる。

[0074] 他方、ステップS 2 0 3で通電フラグがオンと判断された場合、ステップS 2 0 4、S 2 0 5をスキップしてステップS 2 0 6に進む。ステップS 2 0 6で経過時間 Δt が実行時間 Δt_s を超えたと判断された場合、ステップS 2 0 8に進んで通電フラグがオフされ、ステップS 2 0 9でEHC 1がオフされる。ステップS 2 0 2の判定がノーの場合もステップS 2 0 9に進む。

[0075] このルーチンによると、ステップS 2 0 1がイエス、ステップS 2 0 2がイエスと仮定して、最初に微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{adsa} を上回ったとき（S 2 0 4：イエス）、通電フラグがオンされ（S 2 0 5）、経過時間 Δt が実行時間 Δt_s を超えてないので（S 2 0 6：イエス）、通電が実行される（S 2 0 7）。その後、通電フラグがオンなので、ステップS 2 0 3からステップS 2 0 6に直接進み、経過時間 Δt が実行時間 Δt_s を超えるまでは（S 2 0 6：イエス）、通電が実行される（S 2 0 7）。その後、経過時間 Δt が実行時間 Δt_s を超えると（S 2 0 6：ノー）、通電フラグがオフされ（S 2 0 8）、通電が停止される（S 2 0 9）。

[0076] 本実施例の変形例に関し、吸入空気量急増時における通電の実行時間 Δt_s は、一定であってもよいが、可変でもよい。特に、吸入空気量（またはその相関値）の増大速度の絶対値の最大値に応じて実行時間 Δt_s を変化させるのが好ましい。

[0077] 図12に示すように、正の微分値 G_{ad} は、吸入空気量の検出値 G_a の増大速度を表す。そして正の微分値 G_{ad} は、微分しきい値 G_{adsa} を上回った後、最大値 G_{adpa} に達し、その後低下する。この最大値 G_{adpa} が吸入空気量の増大速度の絶対値の最大値を表す。最大値 G_{adpa} が大きいほど、吸入空気量の増大速度の絶対値の最大値は大きい。

[0078] この好ましい例では、最大値 G_{adpa} の値に応じて実行時間 Δt_s が変化させられる。具体的には、例えば図15に示すような所定のマップに従い、最大値 G_{adpa} （正の値を有する）が大きいほど、すなわち吸入空気量の増大速度の絶対値の最大値が大きいほど、実行時間 Δt_s が長くされる。

- [0079] 吸入空気量の増大速度の絶対値の最大値が大きいほど、吸入空気量の増大は急であり、温度差 ΔT は大きくなると考えられる。よって、吸入空気量の増大速度の絶対値の最大値が大きいほど実行時間 Δt_s を長くすることで、温度差 ΔT の拡大を効果的に抑制することができる。
- [0080] この変形例を図14のルーチンに適用した場合、ステップS206において、最大値 G_{adpa} の取得と、取得した最大値 G_{adpa} に対応した実行時間 Δt_s の算出および設定とが併せて実行される。なお最大値 G_{adpa} の取得前は所定の一定値としての実行時間 Δt_s が設定されてもよい。
- [0081] 次に、本実施形態の制御の第3実施例を説明する。図16は第3実施例に係るタイムチャートである。この第3実施例は吸入空気量の急減時に関連する。
- [0082] 時刻 t_1 でエンジンの減速が開始され、これに伴い担体温度および吸入空気量が低下している。降温フラグは、担体温度 T_3 の低下速度が所定値以上であり、且つ担体温度が所定の下限温度 T_L 以上のときオンとなり、それ以外のときにはオフとなるフラグである。なお下限温度 T_L は前記上限温度 T_H より相当に低い温度である。
- [0083] 本実施例では、降温フラグがオンのときに限って通電を実行する。その理由は前記同様、不必要に通電を実行しないためである。すなわち、担体温度の低下速度が所定値未満のときには、そもそも温度差 ΔT の拡大が生じ難い。また、担体温度が下限温度 T_L 未満のときには、担体温度が元々低く、温度差 ΔT が許容上限値 ΔT_{lim} （例えば 120°C ）を超えないか、または超える可能性が著しく低い。分かり易い例で説明すると、外気温が 25°C 、担体温度が 100°C という条件下では、減速が発生したとしても、温度差 ΔT は理論上 75°C までしか拡大しない。こうした条件下で通電を行う必要はないので、通電を停止する。これにより、明らかに不必要な通電を実行することを回避でき、制御の好適化が図れる。もっとも、こうした条件を付加するのは任意であり、この条件を省略した実施例も可能である。
- [0084] 担体温度の低下速度の所定値および担体温度の下限温度 T_L は、実機試験

等を通じて最適に設定（適合）され、ECU 20のメモリに予め記憶される。図示例では、時刻 t_2 で降温フラグがオンされ、時刻 t_5 で降温フラグがオフされている。なお担体温度の低下速度も、例えば担体温度の微分値を算出することにより得ることができる。

[0085] この例では、第1実施例（図10）と同様、吸入空気量の処理後検出値 G_{ama} を用いる。図16に示すように、エンジンの減速開始後、吸入空気量の検出値 G_a が大きく減少し、これに追従するように吸入空気量の処理後検出値 G_{ama} も遅れて且つ緩慢に減少する。

[0086] 本実施例でも、検出値 G_a と処理後検出値 G_{ama} との差分の絶対値が所定の差分しきい値より大きいとき、触媒担体3への通電を実行する。ここで、差分は前記同様、 $\Delta G_a = G_a - G_{ama}$ で定義され、減速時には差分 ΔG_a が負の値を有する。よって便宜上、差分 ΔG_a を、負の値を有する差分しきい値 ΔG_{as} と比較し、 $\Delta G_a < \Delta G_{as}$ のとき通電を実行する。減速時において、本発明にいう「差分の絶対値」は $|\Delta G_a|$ であり、本発明にいう差分しきい値は $|\Delta G_{as}|$ である。

[0087] エンジンの減速が急であるほど、温度差 ΔT は大きくなり、差分 ΔG_a もマイナス方向に大きくなる傾向がある。よって差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{as} より小さいとき、温度差 ΔT が許容上限値 ΔT_{lim} を超える可能性があるとして、あるいはその可能性を生じさせるほどに吸入空気量の減少が急であるとして、その間、通電を実行する。差分しきい値 ΔG_{as} は、許容上限値 ΔT_{lim} を考慮し、実機試験等を通じて最適に設定（適合）され、ECU 20のメモリに予め記憶される。本実施形態の制御は特に温度差 ΔT が大きくなり易いエンジンの急減速の際に有効である。

[0088] 図示例では、時刻 t_3 で差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{as} より小さくなり、時刻 t_4 で差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{as} 以上となっている。 $t_3 \sim t_4$ の期間は、降温フラグがオンとなっている期間 $t_2 \sim t_5$ 内に含まれる。

[0089] よって図16に示すように、 $t_3 \sim t_4$ の期間でEHC1がオンされ、こ

れにより温度差 ΔT の拡大、ひいては触媒担体3でのクラック発生を抑制できる。特に吸入空気量の急減が発生した場合、検出値 G_a が処理後検出値 G_{ama} から乖離する期間が長くなるので、通電を実行する期間も長くすることができ、温度差 ΔT の拡大期間の長期化に合わせて効果的に通電を実行できる。

[0090] 吸入空気量の代わりにその相関値に基づいて吸入空気量の急減を検出（判定）できる点、および通電制御がエンジンの冷間時にも温間時にも実行可能である点は、前記同様である。

[0091] 図17を参照して本実施例の制御ルーチンを説明する。ステップS301では、エンジン10が運転中であるか否かが判断され、運転中でない（停止中である）場合はルーチンが終了され、運転中である場合はステップS302に進む。

[0092] ステップS302では、降温フラグがオンであるか否かが判断される。オンである場合、ステップS303に進んで、差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{as} より小さいか否かが判断される。差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{as} より小さい場合、ステップS304に進んでEHC1がオン（通電）される。

[0093] 他方、ステップS302で降温フラグがオンでない場合、およびステップS303で差分 ΔG_a が差分しきい値 ΔG_{as} 以上である場合には、いずれも、ステップS305に進んでEHC1がオフ（通電停止）される。

[0094] なお、この第3実施例で用いる減速時の差分しきい値の絶対値 $|\Delta G_{as}|$ は、第1実施例で用いた加速時の差分しきい値の絶対値 $|\Delta G_{asa}|$ と等しい値であってもよいし、異なる値であってもよい。

[0095] 次に、本実施形態の制御の第4実施例を説明する。図18は第4実施例に係るタイムチャートである。この第4実施例もエンジンの減速時に関連する。図18の担体温度および降温フラグは図16のそれらと同じである。吸入空気量の検出値 G_a の変化の仕方は図16と同じである。

[0096] 図18は、吸入空気量の検出値 G_a の微分値 G_{ad} を示す。微分値 G_{ad} は第2実施例と同様の方法で算出される。特に、負の値を有する微分値 G_a

dは吸入空気量の減少速度を表し、微分値 G_{ad} がマイナス方向に大きいほど、吸入空気量の減少速度は速くなる。

[0097] 本実施例では、第2実施例に類似して、吸入空気量の減少速度に基づいて、吸入空気量の急減が検出（判定）される。特に、吸入空気量の減少速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えたときに吸入空気量の急減が検出（判定）される。そして吸入空気量の減少速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えた時から所定の実行時間 Δt_s の間、通電を実行する。ここで吸入空気量の急減が発生したときには、図示するように、微分値 G_{ad} が、負の値を有する所定の微分しきい値 G_{ads} よりも小さくなる。よって本実施例では、微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{ads} より小さくなったとき、吸入空気量の減少速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えたとして、通電を実行する。但し、他の値により吸入空気量の減少速度および速度しきい値を表すことも可能である。吸入空気量の急減時において、本発明にいう「吸入空気量の変化速度」は吸入空気量の減少速度に対応し、「吸入空気量の変化速度の絶対値」は $|G_{ad}|$ に対応し、本発明にいう「速度しきい値」は $|G_{ads}|$ に対応する。

[0098] エンジンの減速が急であるほど、温度差 ΔT は大きくなり、また小さな負の微分値 G_{ad} が現れる傾向にある（図18参照）。よって微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{ads} より小さくなったとき、温度差 ΔT が許容上限値 ΔT_{lim} を超える可能性があるとして、あるいはその可能性を生じさせるほどに吸入空気量の減少が急であるとして、実行時間 Δt_s の間、通電を実行する。微分しきい値 G_{ads} は、図13に示すように、温度差 ΔT の許容上限値 ΔT_{lim} を考慮し、または許容上限値 ΔT_{lim} に対応するように、実機試験等を通じて最適に設定（適合）され、ECU20のメモリに予め記憶される。また通電の実行時間 Δt_s も同様に、温度差 ΔT の許容上限値 ΔT_{lim} を考慮し、実機試験等を通じて最適に設定（適合）され、ECU20のメモリに予め記憶される。

[0099] 図18に示す例では、時刻 t_3 で微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{ads} よ

りも小さくなり、この時刻 t_3 から所定の実行時間 Δt_s を経過した時刻 t_4 まで、通電が実行されている。これら $t_3 \sim t_4$ の期間は、降温フラグがオンとなっている期間 $t_2 \sim t_5$ 内に含まれる。こうした通電を実行することによっても、温度差 ΔT の拡大ひいては触媒担体 3 でのクラック発生を抑制することができる。

[0100] 本実施例においては、吸入空気量に基づいて吸入空気量の急減を検出（判定）するが、吸入空気量の相関値に基づいて吸入空気量の急減を検出（判定）してもよいことは前記同様である。

[0101] 図 19 を参照して本実施例の制御ルーチンを説明する。ステップ S 4 0 1, S 4 0 2 は第 3 実施例（図 1 7）のステップ S 3 0 1, S 3 0 2 と同様である。ステップ S 4 0 2 で降温フラグがオンである場合、ステップ S 4 0 3 に進んで通電フラグがオンであるか否かが判断される。オンでない（オフである）場合、ステップ S 4 0 4 に進んで、微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{ads} より小さいか否かが判断される。イエスの場合、ステップ S 4 0 5 に進んで通電フラグがオンされる。

[0102] 次いでステップ S 4 0 6 で、微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{ads} を最初に下回った時点からの経過時間 Δt が、所定の実行時間 Δt_s 以下であるか否かが判断される。イエスの場合、ステップ S 4 0 7 に進んで EHC 1 がオンされ、通電が実行される。

[0103] 他方、ステップ S 4 0 3 で通電フラグがオンと判断された場合、ステップ S 4 0 4, S 4 0 5 をスキップしてステップ S 4 0 6 に進む。ステップ S 4 0 6 で経過時間 Δt が実行時間 Δt_s を超えたと判断された場合、ステップ S 4 0 8 に進んで通電フラグがオフされ、ステップ S 4 0 9 で EHC 1 がオフされ、通電が停止される。ステップ S 4 0 2 の判定がノーの場合もステップ S 4 0 9 に進む。

[0104] このルーチンによると、ステップ S 4 0 1, S 4 0 2 がイエスと仮定して、最初に微分値 G_{ad} が微分しきい値 G_{ads} を下回ったとき（S 4 0 4 : イエス）、通電フラグがオンされ（S 4 0 5）、経過時間 Δt が実行時間 Δ

t_s を超えてないので (S406 : イエス)、通電が実行される (S407)。その後、通電フラグがオンなので、ステップ S403 からステップ S406 に直接進み、経過時間 Δt が実行時間 Δt_s を超えるまでは (S406 : イエス)、通電が実行される (S407)。その後、経過時間 Δt が実行時間 Δt_s を超えると (S406 : ノー)、通電フラグがオフされ (S408)、通電が停止される (S409)。

[0105] なお、この第4実施例で用いる減速時の微分しきい値の絶対値 $|G_{ads}|$ は、第2実施例で用いた加速時の微分しきい値の絶対値 $|G_{adsa}|$ と等しい値であってもよいし、異なる値であってもよい。同様に、この第4実施例で用いる減速時の実行時間 Δt_s は、第2実施例で用いた加速時の実行時間 Δt_s と等しい値であってもよいし、異なる値であってもよい。

[0106] 本実施例の変形例に関し、吸入空気量の急減時における通電の実行時間 Δt_s は、一定であってもよいが、可変でもよい。特に、吸入空気量（またはその相関値）の減少速度の絶対値の最大値に応じて実行時間 Δt_s を変化させるのが好ましい。

[0107] 図18に示すように、負の微分値 G_{ad} は、吸入空気量の検出値 G_a の減少速度を表す。そして負の微分値 G_{ad} は、微分しきい値 G_{ads} を下回った後、最小値 G_{adp} に達し、その後上昇する。この最小値 G_{adp} が吸入空気量の減少速度の絶対値の最大値を表す。最小値 G_{adp} が小さいほど、吸入空気量の減少速度の絶対値の最大値は大きい。

[0108] この好ましい例では、最小値 G_{adp} の値に応じて実行時間 Δt_s が変化させられる。具体的には、例えば図20に示すような所定のマップに従い、最小値 G_{adp} （負の値を有する）が小さいほど、すなわち吸入空気量の減少速度の絶対値の最大値が大きいほど、実行時間 Δt_s が長くされる。

[0109] 吸入空気量の減少速度の絶対値の最大値が大きいほど、吸入空気量の減少は急であり、温度差 ΔT は大きくなると考えられる。よって、吸入空気量の減少速度の絶対値の最大値が大きいほど実行時間 Δt_s を長くすることで、温度差 ΔT の拡大を効果的に抑制することができる。

- [0110] この変形例を図 19 のルーチンに適用した場合、ステップ S 406 において、最小値 G_{adp} の取得と、取得した最小値 G_{adp} に対応した実行時間 Δt_s の算出および設定とが併せて実行される。なお最小値 G_{adp} の取得前は所定の一定値としての実行時間 Δt_s が設定されてもよい。
- [0111] 以上、吸入空気量の急増時に関する第 1 および第 2 実施例と、吸入空気量の急減時に関する第 3 および第 4 実施例とを説明した。第 1 および第 2 実施例のいずれかと、第 3 および第 4 実施例のいずれかと、一方のみを実施してもよいが、両方を実施してもよい。以下に一例として、第 1 実施例と第 3 実施例を組み合わせた第 5 実施例を簡単に説明するが、他の組み合わせに係る実施例も当然に可能であり、且つそのような実施例は当業者に自明の範疇である。
- [0112] 図 21 を参照して第 5 実施例の制御ルーチンを説明する。ステップ S 501 ~ S 505 は第 1 実施例 (図 11) のステップ S 101 ~ S 105 と同じである。ステップ S 502 で昇温フラグがオンでない場合、ステップ S 506 に進む。ステップ S 506 ~ S 509 は第 3 実施例 (図 17) のステップ S 302 ~ S 305 と同じである。
- [0113] 以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、本発明は他の実施形態も可能である。
- [0114] (1) 上記実施形態では、第 1 部位 P 1 を、触媒担体 3 の外周面 3a 上に位置する部位とし、第 2 部位 P 2 を、第 1 部位 P 1 に対し担体半径方向内側且つ近傍に位置する部位とした。これら部位間の温度差が最も大きくなり易いからである。しかしながら、これら第 1 部位 P 1 および第 2 部位 P 2 を異なる部位に設定してもよい。例えば、第 1 部位 P 1 を、触媒担体 3 の外周面 3a に対し担体半径方向内側且つ近傍に位置する部位とし、第 2 部位 P 2 を、第 1 部位 P 1 に対しさらに担体半径方向内側且つ近傍に位置する部位としてもよい。
- [0115] (2) 上記で述べた数値はあくまで例示であり、実状等に応じて適宜変更可能である。

[0116] 上記の各実施形態、各実施例および各構成は、矛盾が生じない限り任意に組み合わせることが可能である。本発明の実施形態には、特許請求の範囲によって規定される本発明の思想に包含されるあらゆる変形例や応用例、均等物が含まれる。従って本発明は、限定的に解釈されるべきではなく、本発明の思想の範囲内に帰属する他の任意の技術にも適用することが可能である。

符号の説明

- [0117] 1 電気加熱式触媒（EHC）
2 排気通路
3 担体（触媒担体）
4 ケース
5 マット
7 電極
10 内燃機関（エンジン）
12 吸気通路
13 エアフローメータ
14 スロットルバルブ
20 電子制御ユニット（ECU）
30 バッテリ
100 車両

請求の範囲

- [請求項1] 通電により発熱する担体を有する電気加熱式触媒が排気通路に設けられた内燃機関の制御装置であって、
- 前記内燃機関の吸入空気量またはその相関値に基づいて、前記吸入空気量の急変を検出した場合に、前記担体に通電するように構成された制御ユニットを備えたことを特徴とする内燃機関の制御装置。
- [請求項2] 前記制御ユニットは、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度に基づいて、前記吸入空気量の急変を検出することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の制御装置。
- [請求項3] 前記制御ユニットは、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えた時から所定の実行時間の間、前記担体に通電することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の制御装置。
- [請求項4] 前記制御ユニットは、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度の絶対値の最大値に応じて前記実行時間を変化させることを特徴とする請求項3に記載の内燃機関の制御装置。
- [請求項5] 前記制御ユニットは、前記吸入空気量またはその相関値と、当該吸入空気量またはその相関値の平均化処理後の値との差分に基づいて、前記吸入空気量の急変を検出することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の制御装置。
- [請求項6] 前記制御ユニットは、前記差分の絶対値が所定の差分しきい値より大きいとき、前記担体に通電することを特徴とする請求項5に記載の内燃機関の制御装置。
- [請求項7] 前記制御ユニットは、
- 前記吸入空気量の急増を検出し、前記担体の温度の上昇速度が所定値以上であり、且つ前記担体の温度が所定の上限温度以下のとき、前記担体に通電すること、および、
- 前記吸入空気量の急減を検出し、前記担体の温度の低下速度が所定

値以上であり、且つ前記担体の温度が所定の下限温度以上のとき、前記担体に通電すること、の少なくとも一方を実行する

ことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項8] 通電により発熱する担体を有する電気加熱式触媒が排気通路に設けられた内燃機関の制御方法であって、

前記内燃機関の吸入空気量またはその相関値に基づいて前記吸入空気量が急変したか否かを判定し、前記吸入空気量が急変したと判定した場合に前記担体に通電することを特徴とする内燃機関の制御方法。

[請求項9] 前記吸入空気量またはその相関値の変化速度の絶対値が所定の速度しきい値を超えた場合、前記吸入空気量が急変したと判定し、この判定時から所定の実行時間の間、前記担体に通電することを特徴とする請求項 8 に記載の内燃機関の制御方法。

[請求項10] 前記実行時間は、前記吸入空気量またはその相関値の変化速度の絶対値の最大値に応じて異なることを特徴とする請求項 9 に記載の内燃機関の制御方法。

[請求項11] 前記吸入空気量またはその相関値と、当該吸入空気量またはその相関値の平均化処理後の値との差分に基づいて、前記吸入空気量が急変したか否かを判定することを特徴とする請求項 8 に記載の内燃機関の制御方法。

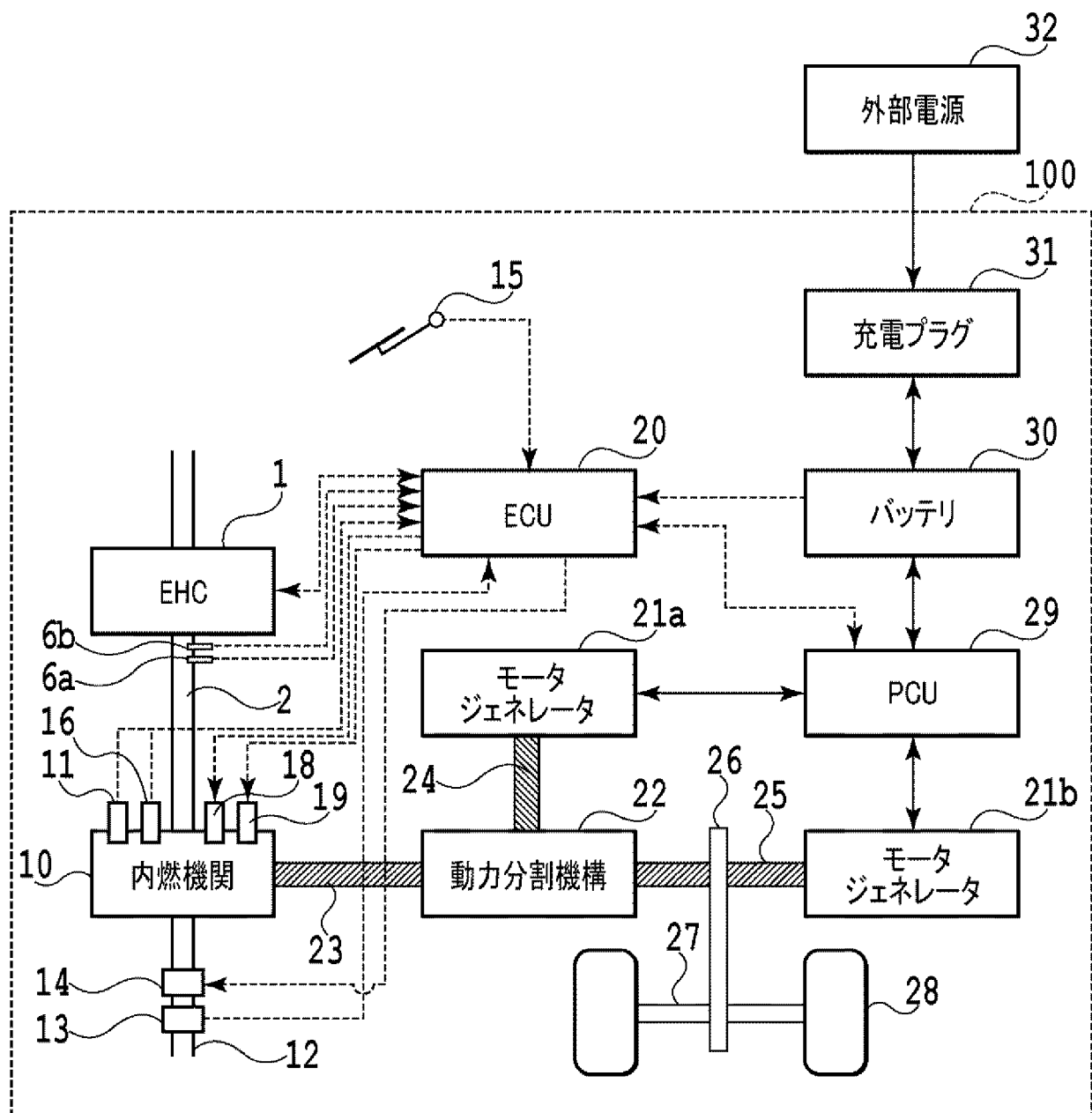
[請求項12] 前記差分の絶対値が所定の差分しきい値より大きい場合、前記吸入空気量が急変したと判定することを特徴とする請求項 11 に記載の内燃機関の制御方法。

[請求項13] 前記吸入空気量の急変が吸入空気量の急増であって、前記担体の温度の上昇速度が所定値以上、且つ前記担体の温度が所定の上限温度以下の場合、前記担体に通電することを特徴とする請求項 8 ～ 12 のいずれか一項に記載の内燃機関の制御方法。

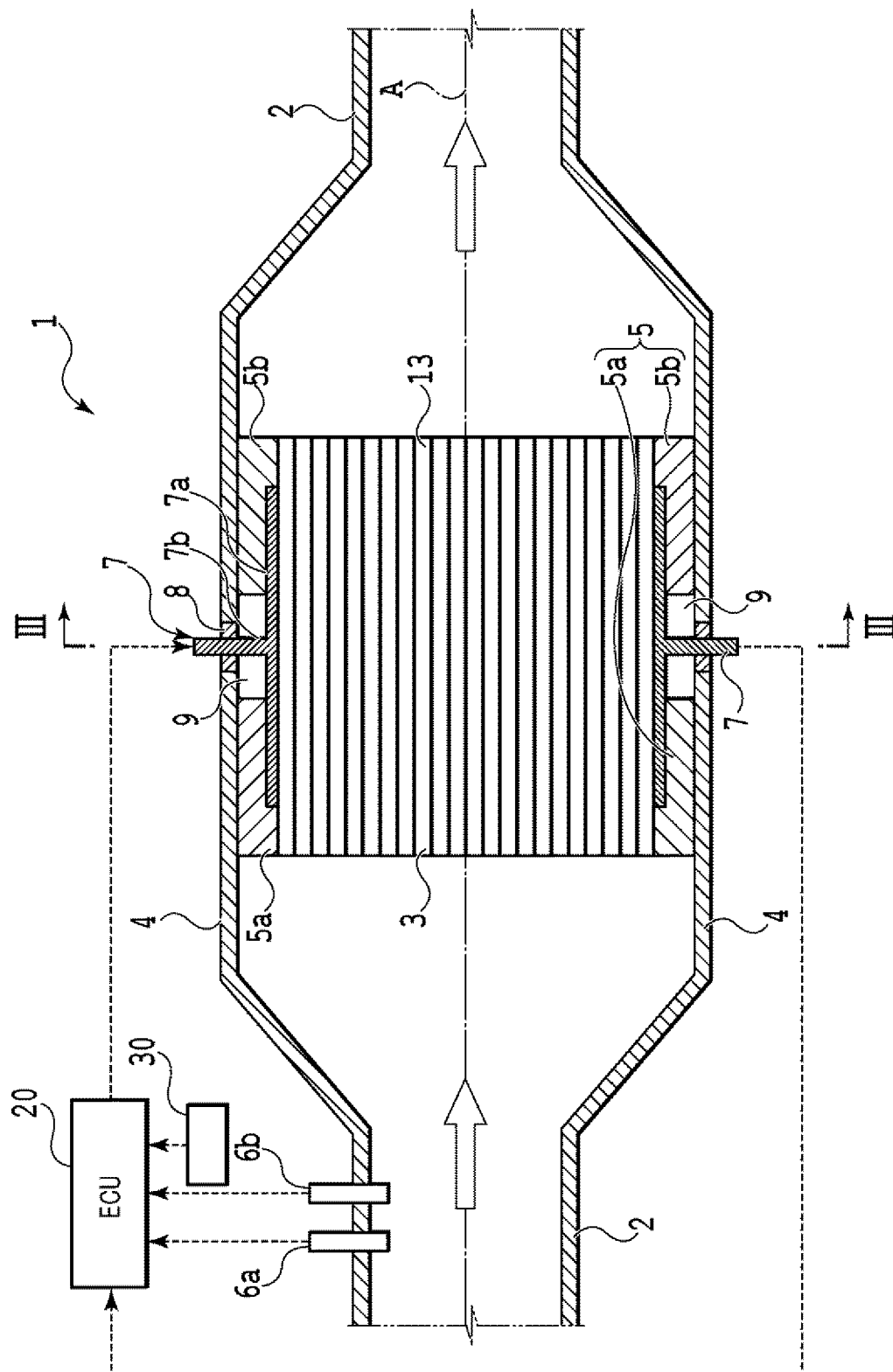
[請求項14] 前記吸入空気量の急変が吸入空気量の急減であって、前記担体の温

度の低下速度が所定値以上、且つ前記担体の温度が所定の下限温度以上の場合、前記担体に通電することを特徴とする請求項 8 ～ 13 のいずれか一項に記載の内燃機関の制御方法。

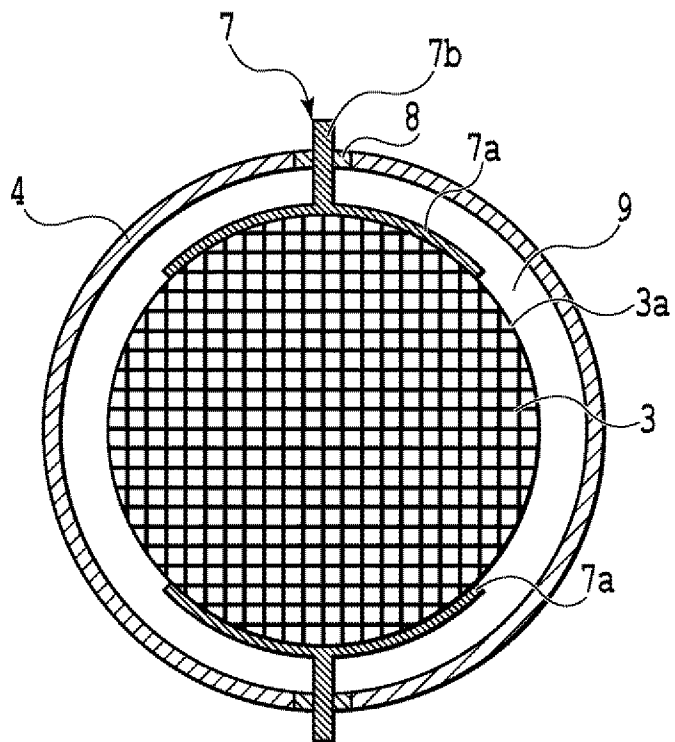
[図1]



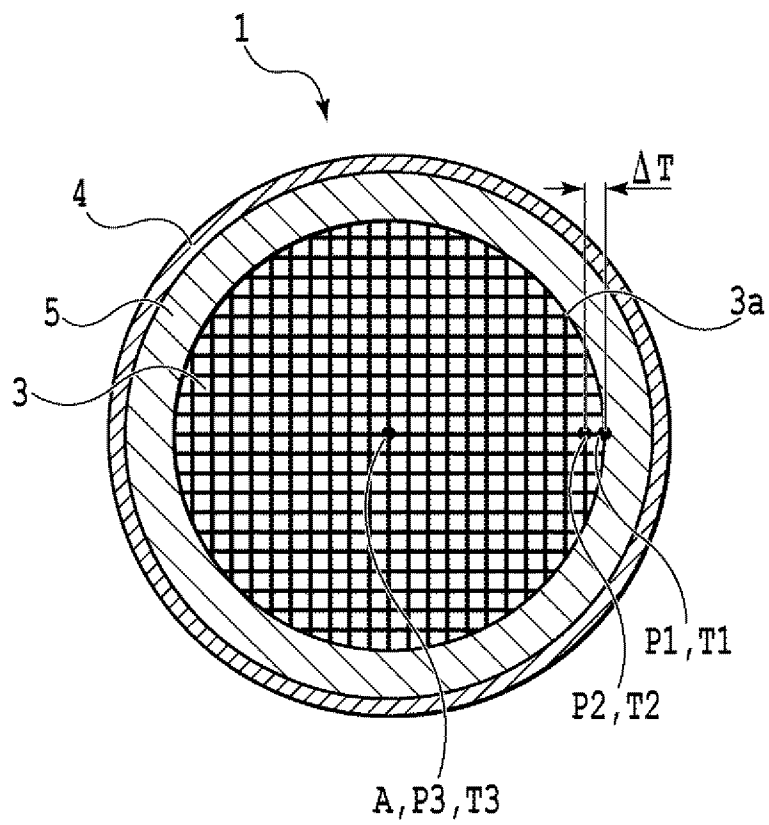
[図2]



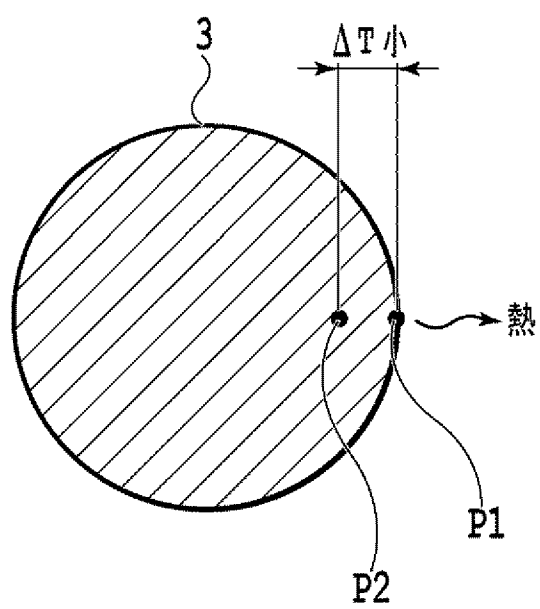
[図3]



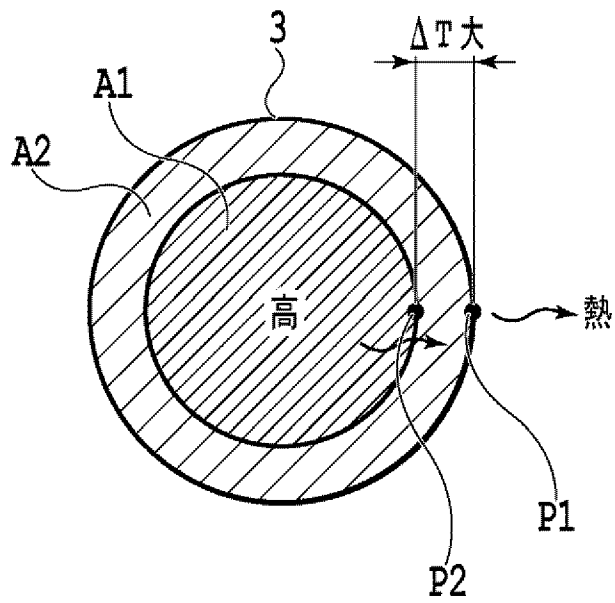
[図4]



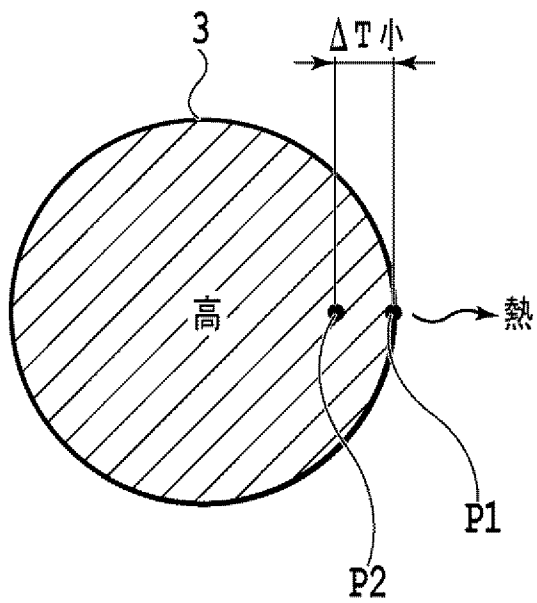
[図5]



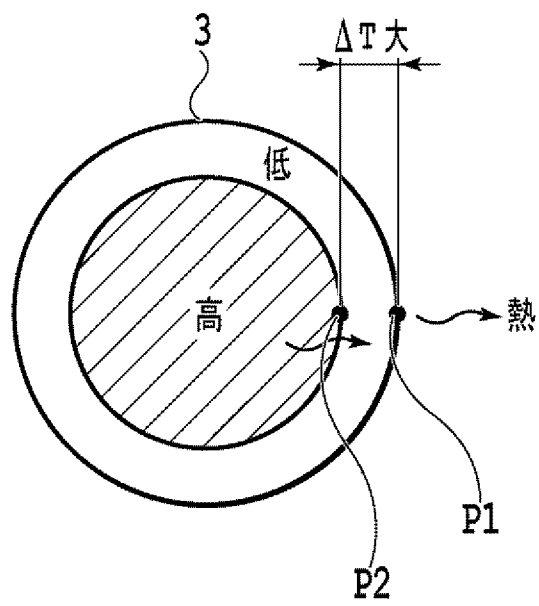
[図6]



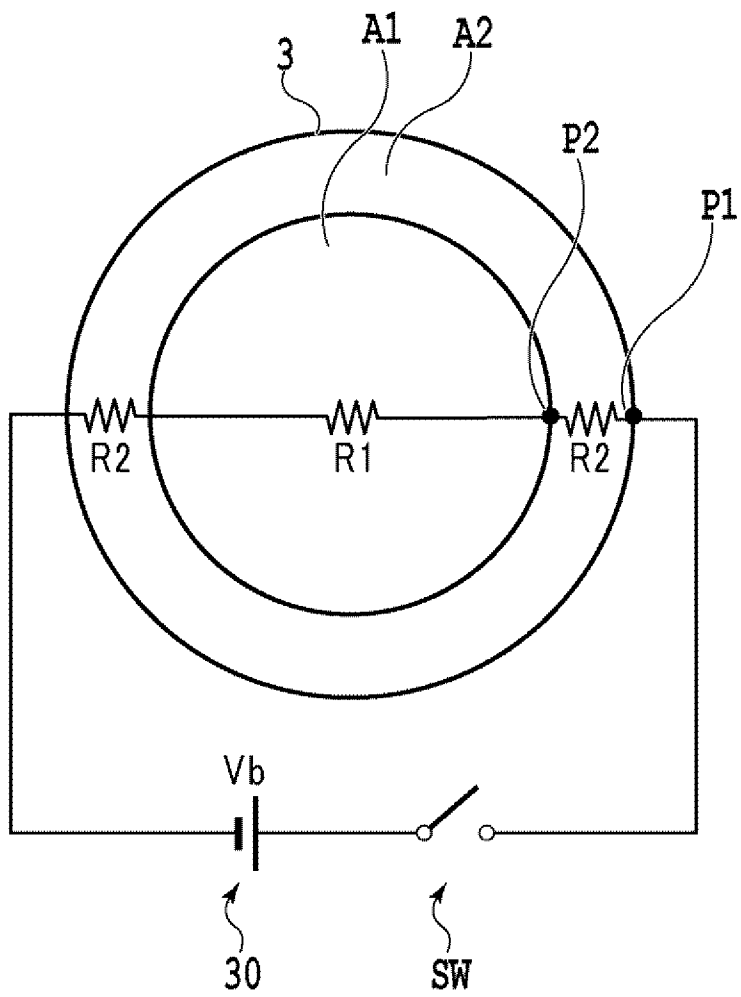
[図7]



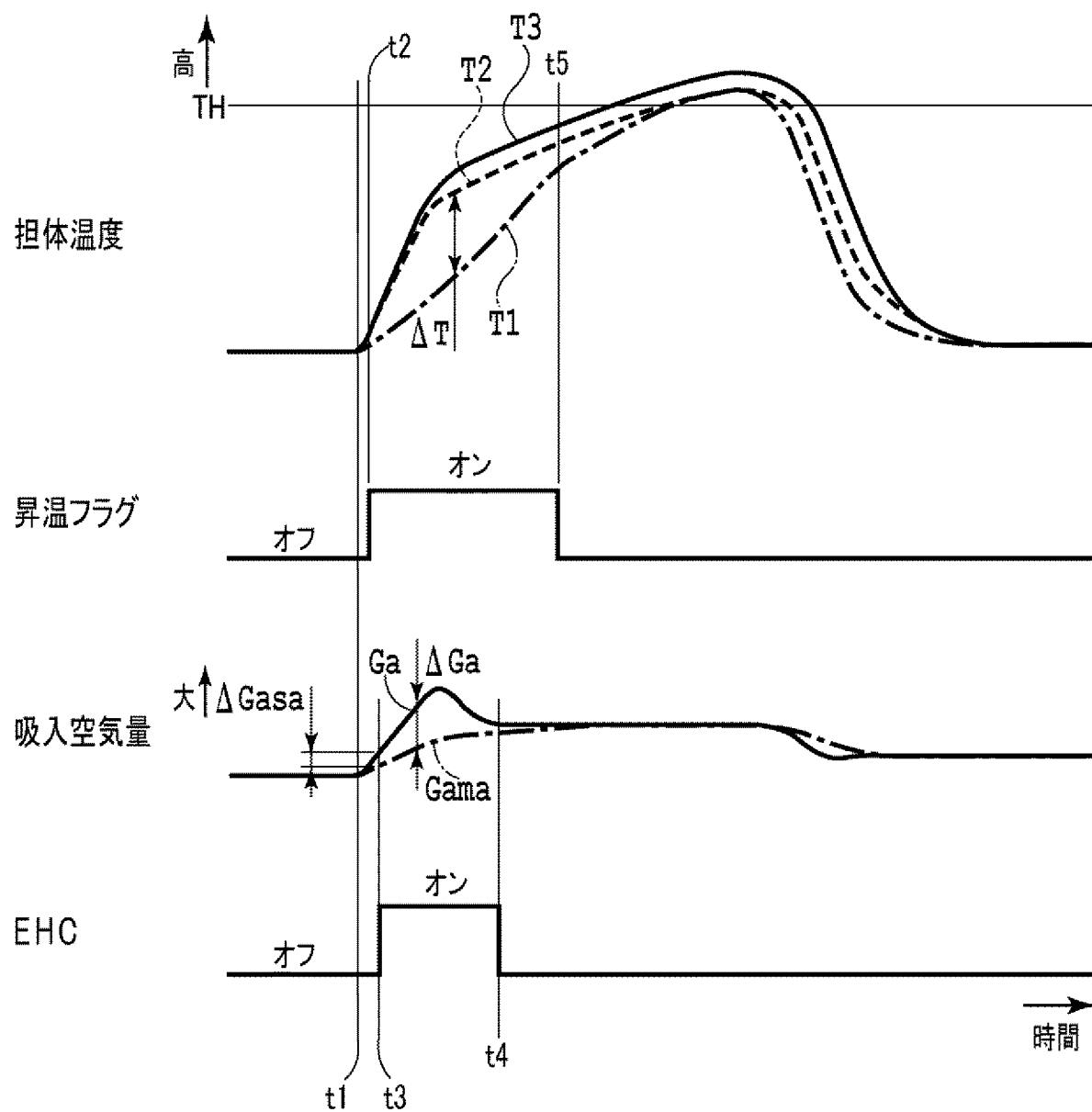
[図8]



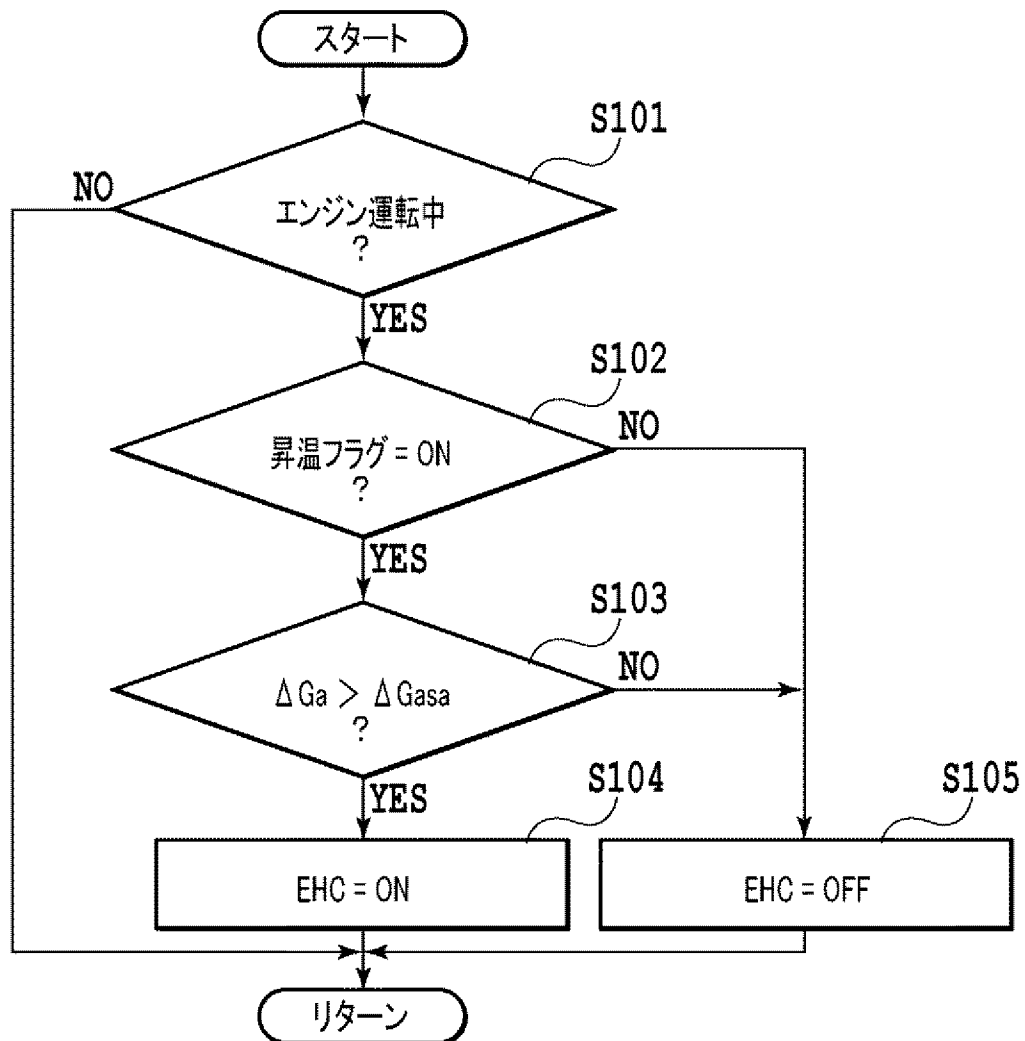
[図9]



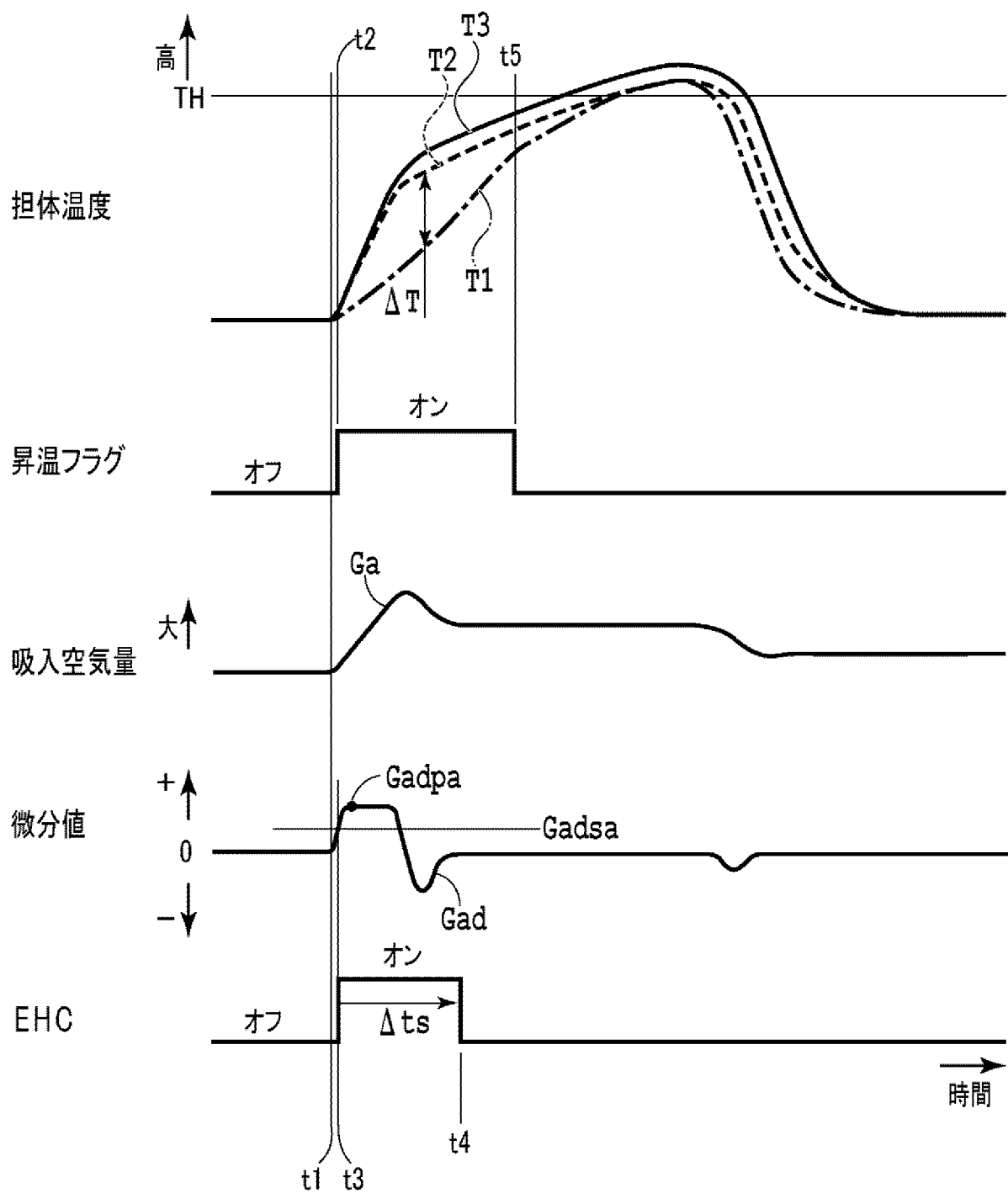
[図10]



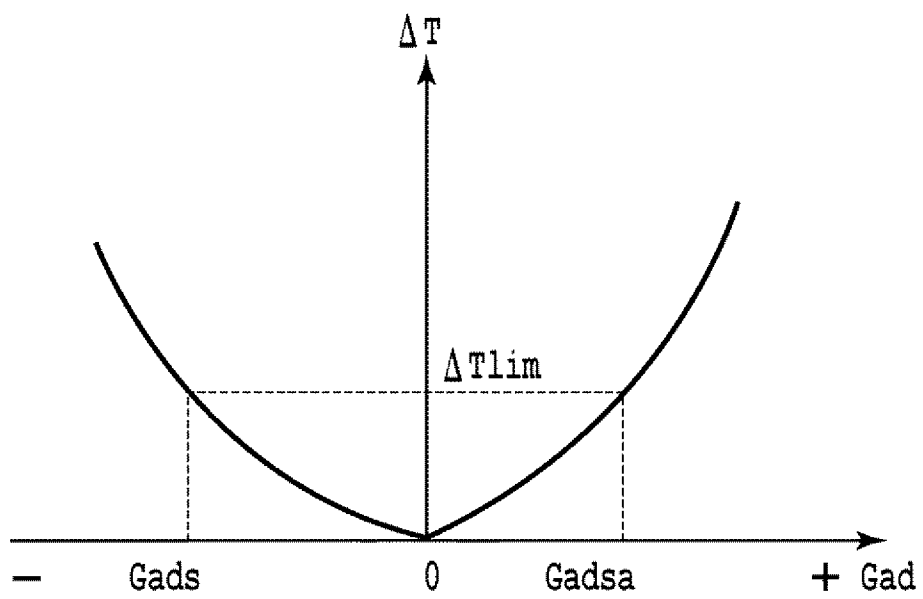
[図11]



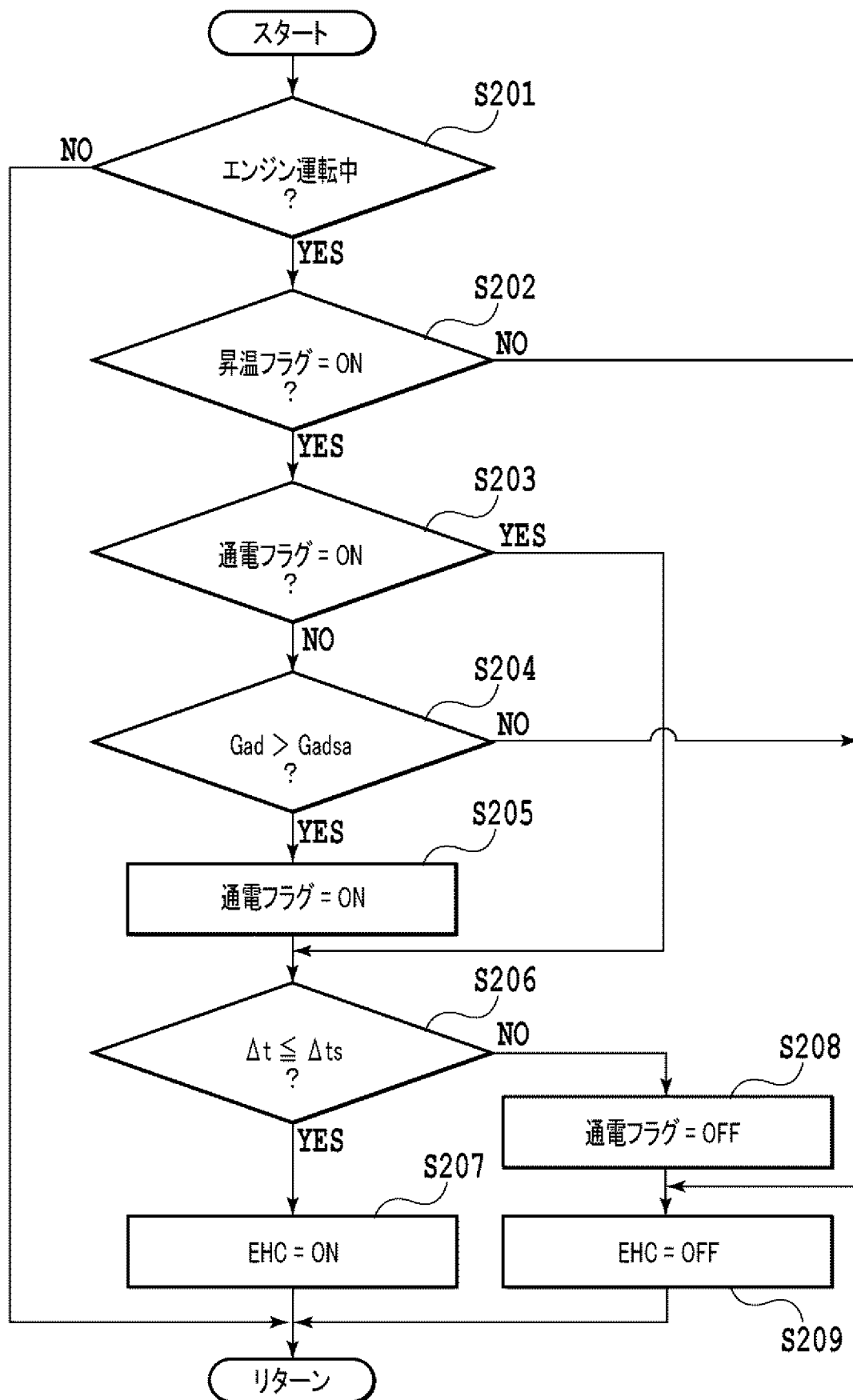
[図12]



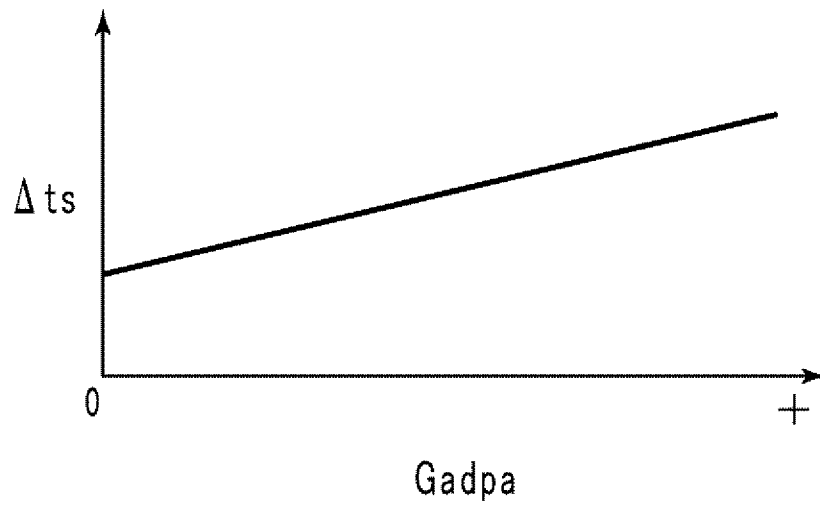
[図13]



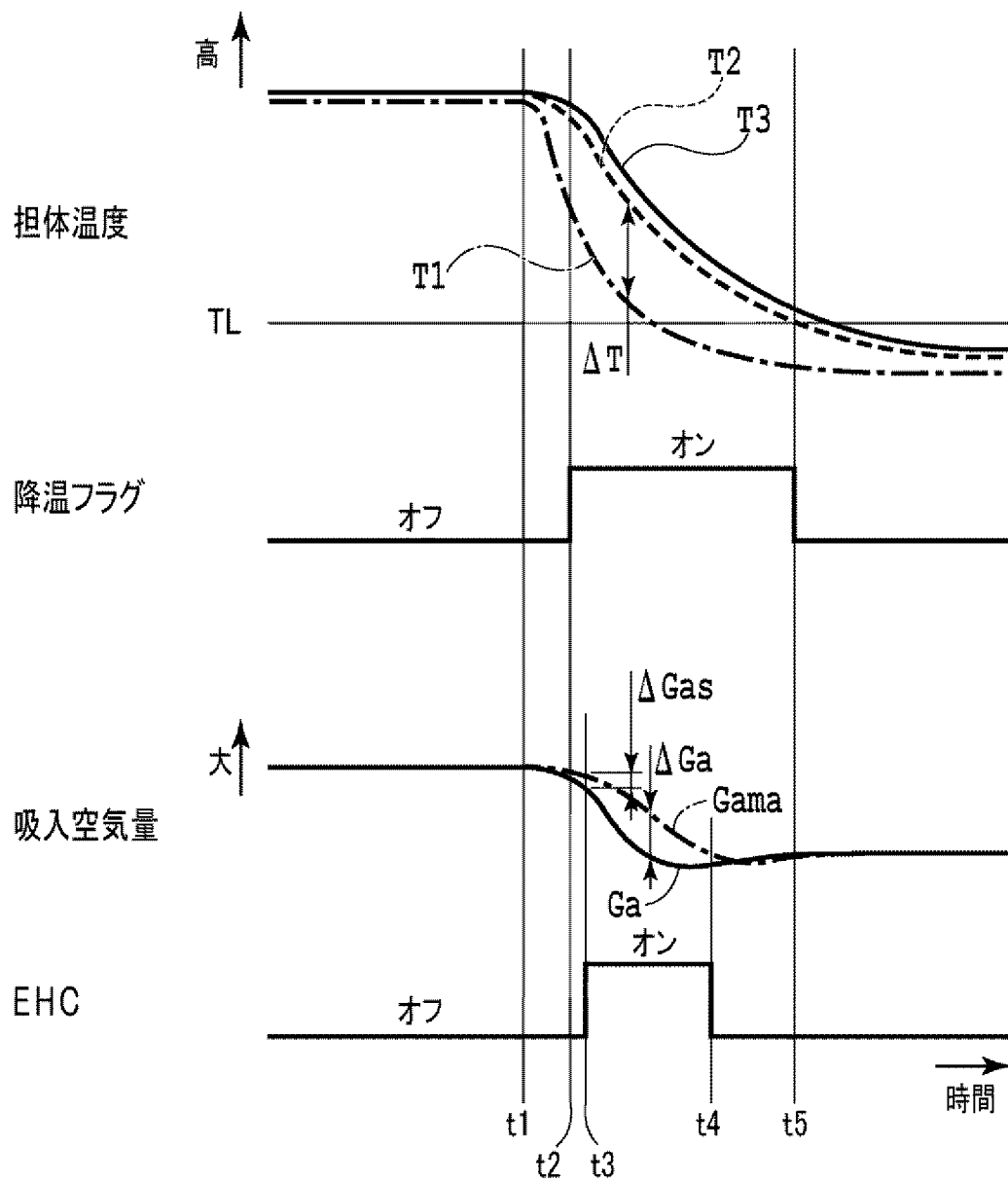
[図14]



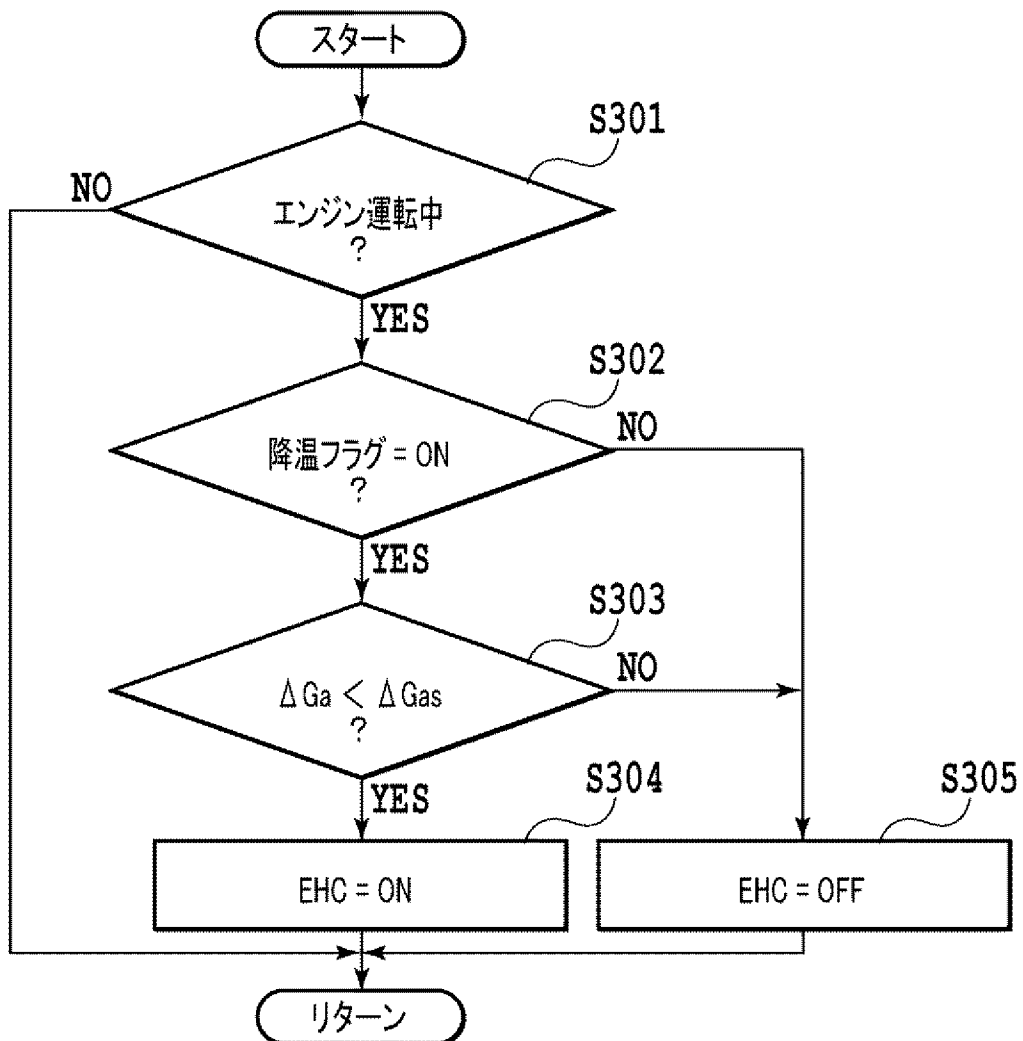
[図15]



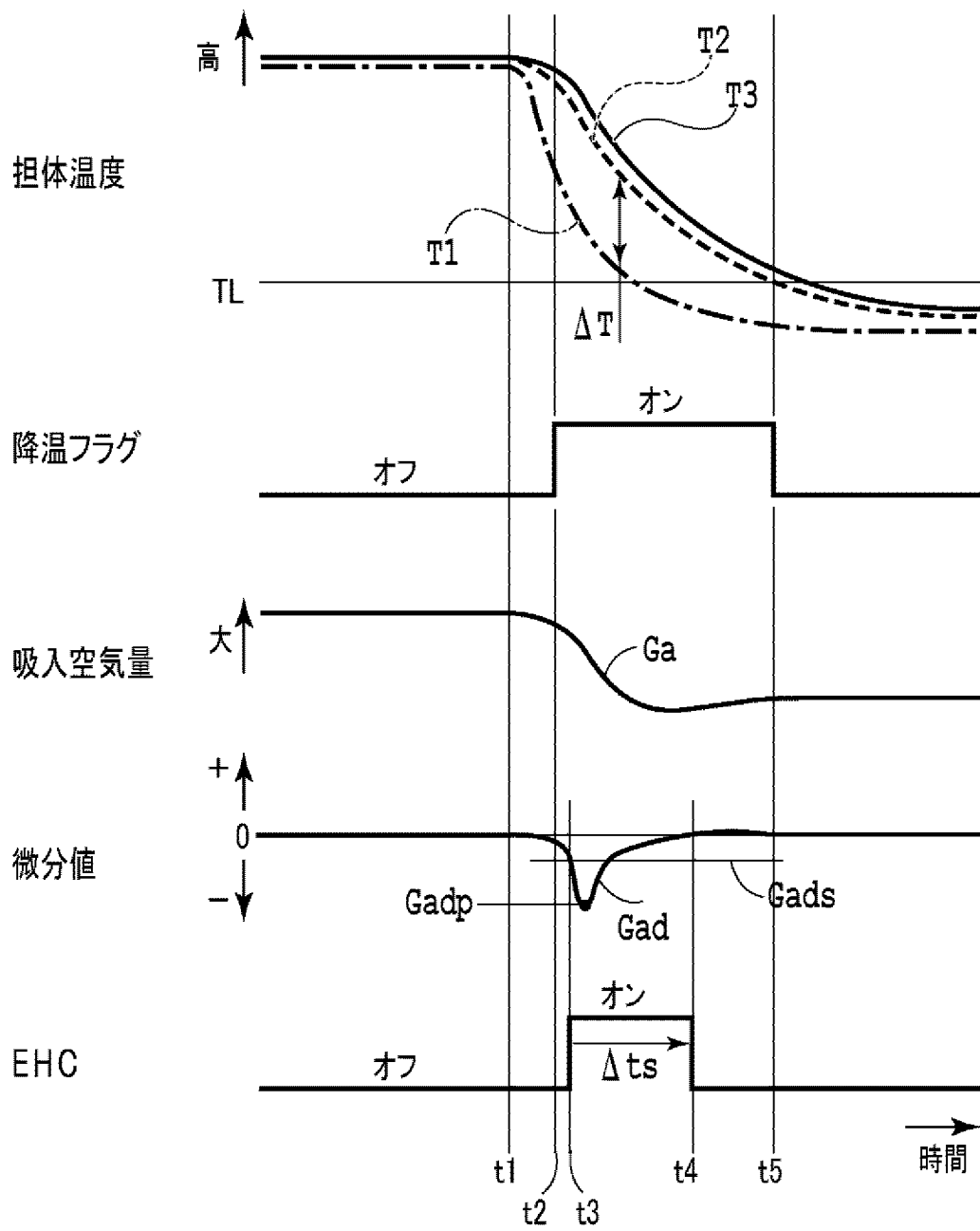
[図16]



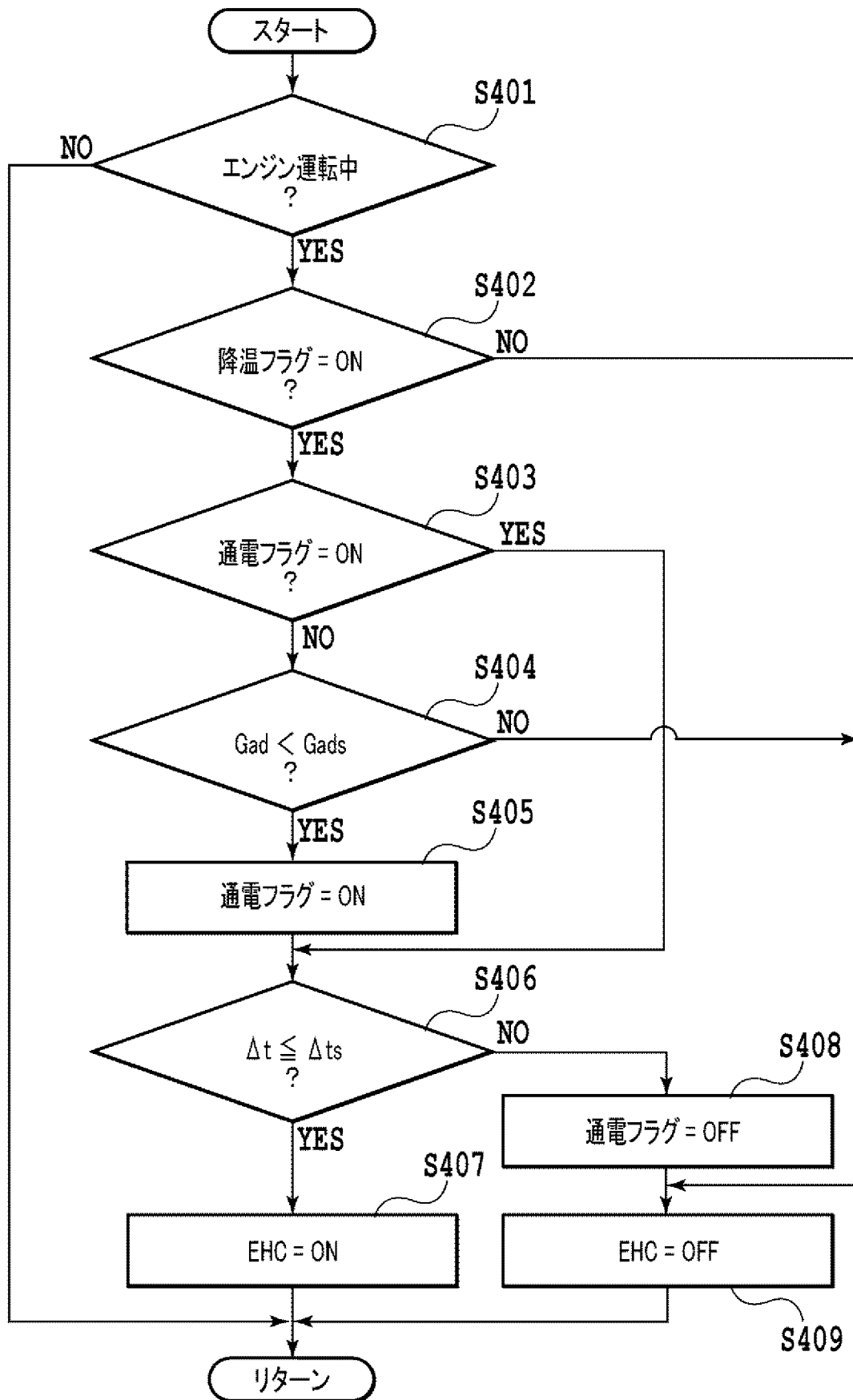
[図17]



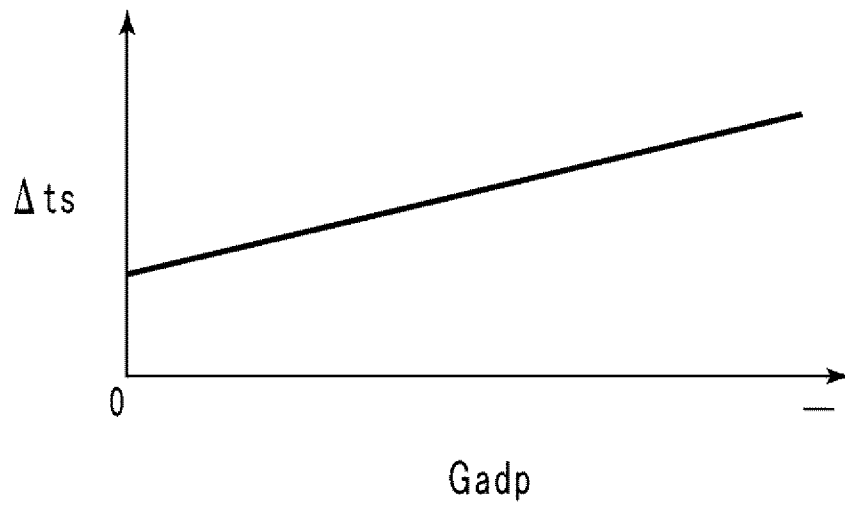
[図18]



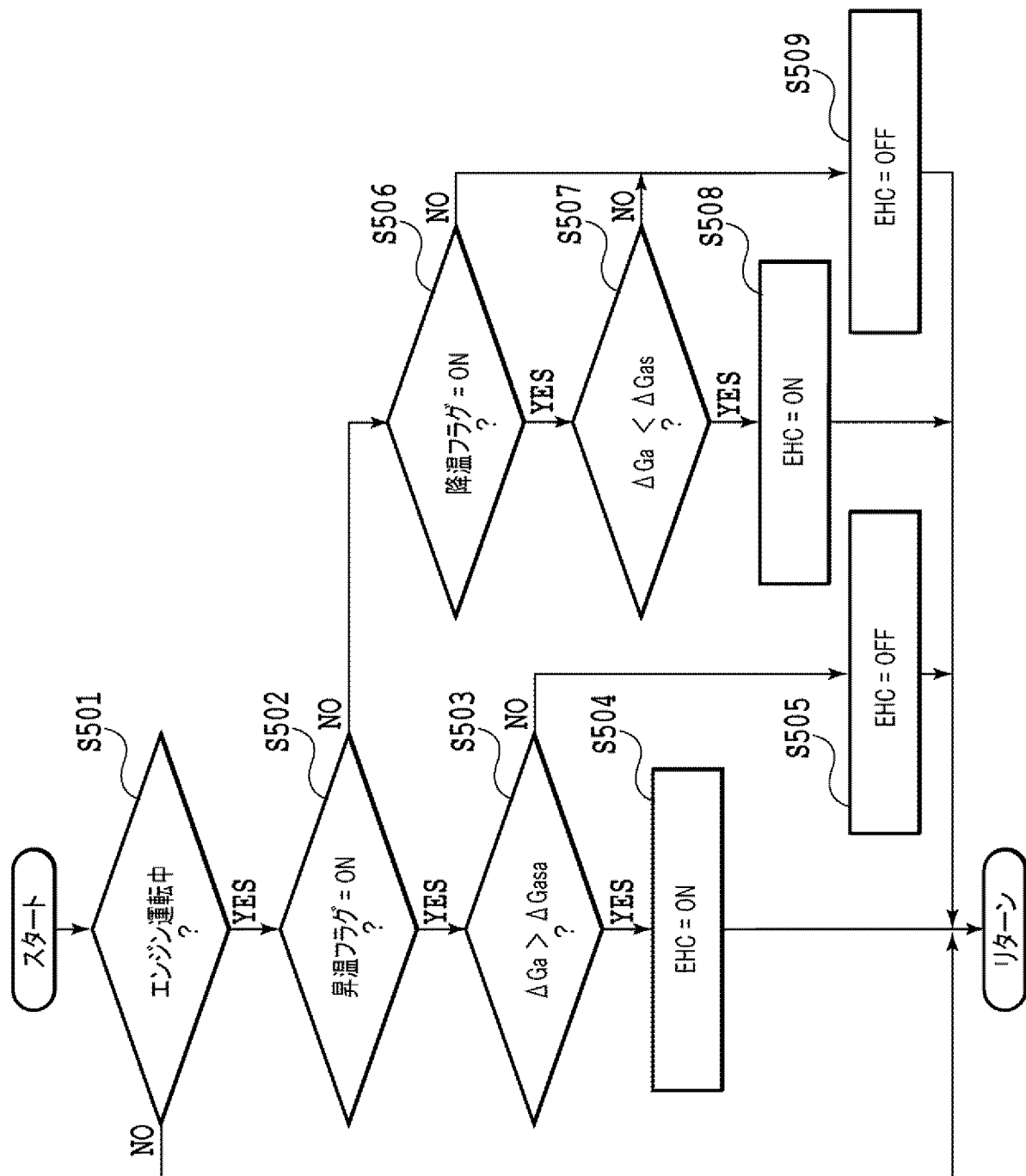
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/003012

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01N3/20(2006.01)i, F01N3/24(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)

F01N3/20, F01N3/24

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.
A	WO 2013/108379 A1 (Toyota Motor Corp.), 25 July 2013 (25.07.2013), paragraphs [0039] to [0061]; fig. 1 to 21 & US 2014/0352283 A1 & EP 2806127 A1	1-14
A	JP 2013-144473 A (Toyota Motor Corp.), 25 July 2013 (25.07.2013), paragraphs [0002] to [0010], [0026] to [0059]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-14
A	JP 9-287433 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 04 November 1997 (04.11.1997), paragraphs [0012] to [0020]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-14

☒ 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
08 September 2015 (08.09.15)

Date of mailing of the international search report
15 September 2015 (15.09.15)

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/JP2015/003012

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 9-21310 A (Honda Motor Co., Ltd.), 21 January 1997 (21.01.1997), paragraphs [0032] to [0044]; fig. 1 to 5 & US 5732550 A	1-14
A	JP 7-324617 A (Toyota Motor Corp.), 12 December 1995 (12.12.1995), paragraphs [0002] to [0013]; fig. 1 to 18 & US 5553451 A	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F01N3/20(2006.01)i, F01N3/24(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. F01N3/20, F01N3/24

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
A	WO 2013/108379 A1（トヨタ自動車株式会社）2013.07.25, 段落0039-0061, 図1-21 & US 2014/0352283 A1 & EP 2806127 A1	1-14
A	JP 2013-144473 A（トヨタ自動車株式会社）2013.07.25, 段落002-0010, 0026-0059, 図1-8（ファミリーなし）	1-14
A	JP 9-287433 A（松下電器産業株式会社）1997.11.04, 段落0012-0020, 図1-9（ファミリーなし）	1-14
A	JP 9-21310 A（本田技研工業株式会社）1997.01.21, 段落0032-0044, 図1-5 & US 5732550 A	1-14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.09.2015

国際調査報告の発送日

15.09.2015

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）

稲村 正義

3 G

9141

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 7-324617 A (トヨタ自動車株式会社) 1995. 12. 12, 段落 0 0 0 2 － 0 0 1 3, 図 1 － 1 8 & US 5553451 A	1-14