

明 細 書

発明の名称： 内燃機関の燃料噴射制御装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2014年11月5日に出願された日本特許出願番号2014-225475号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、内燃機関の燃料噴射制御装置に関する。

背景技術

[0003] 従来、内燃機関の燃料噴射制御装置には、燃料供給通路内の燃料圧を検出する燃料圧センサを有し、燃料圧センサにより検出される燃料圧に基づき燃料噴射弁の噴射特性を学習するものがある。この種の燃料噴射制御装置としては、例えば特許文献1に記載の装置がある。

[0004] 特許文献1に記載の燃料噴射制御装置は、気筒毎に補正パラメータを有しており、予め設定された基本燃料噴射量に気筒毎の補正パラメータを乗算することにより気筒毎の燃料噴射量を決定する。この燃料噴射制御装置は、燃料圧センサにより検出される燃料圧に基づき気筒毎の補正パラメータを学習する。詳しくは、この燃料噴射制御装置は、180°CA (Crank Angle) 毎に燃料圧センサにより燃料圧を検出する。この燃料噴射制御装置は、燃料圧センサにより検出される燃料圧から燃料噴射に伴う燃料圧の降下量を気筒毎に求め、求められた気筒毎の燃料圧の降下量に基づき補正パラメータを学習する。

[0005] 近年、内燃機関には、エミッションの低減や燃費の向上を目的として、燃料噴射を複数回に分けて行う、いわゆる分割噴射を行うものがある。この分割噴射を特許文献1に記載の燃料噴射制御装置にて行う場合、例えば分割噴射の開始時期から終了時期までの期間が180°CAよりも長くなると、燃料噴射弁から燃料を噴射している間に燃料圧センサが燃料圧を検出する可能性がある。燃料噴射中に燃料圧を検出すると、燃料噴射に基づく燃料圧の降

下量を適切に検出することができないため、上記の学習を適切に行うことができないおそれがある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平4－203442号公報

発明の概要

[0007] 本開示は、より高い精度で燃料噴射弁の噴射特性を学習することのできる内燃機関の燃料噴射制御装置を提供することを目的とする。

[0008] 本開示の一態様によれば、複数の気筒に対して複数の燃料噴射弁がそれぞれ分割噴射を行う内燃機関の燃料噴射制御装置は、蓄圧された燃料を複数の燃料噴射弁にそれぞれ供給する蓄圧部の内部の燃料圧を検出する燃料圧センサを備える。燃料噴射制御装置は、燃料圧を所定の周期で検出するとともに、検出された当該燃料圧に基づき燃料噴射に伴う燃料圧の降下量を演算する。燃料噴射制御装置は、燃料圧の降下量に基づき各燃料噴射弁の燃料噴射量のばらつき量を求めるとともに、燃料噴射量と燃料噴射ばらつき量との対応関係を示す噴射特性を各燃料噴射弁について学習する。燃料噴射制御装置は、各燃料噴射弁の噴射特性に基づき各燃料噴射弁の燃料噴射量を補正するための補正パラメータを演算する。燃料噴射制御装置は、燃料圧の検出時期が複数の燃料噴射弁のうちの所定の燃料噴射弁の燃料噴射期間内である場合、当該燃料噴射期間内に検出された燃料圧を用いた噴射特性の学習を禁止する。

[0009] この構成によれば、燃料噴射弁からの燃料噴射期間内に燃料圧を検出した場合には、噴射特性の学習を禁止するため、不適切な燃料圧降下量に基づく噴射特性の学習が行われ難くなる。よって、より高い精度で燃料噴射弁の噴射特性を学習することができる。

[0010] 本開示によれば、より高い精度で燃料噴射弁の噴射特性を学習することができる。

図面の簡単な説明

[0011] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。

[図1]図1は、内燃機関の燃料噴射制御装置の一実施形態についてその概略構成を示すブロック図。

[図2]図2は、本実施形態の燃料噴射制御装置について燃料噴射弁の動作と燃料噴射量との関係を示すタイミングチャート。

[図3]図3は、本実施形態の燃料噴射制御装置についてクランク角と燃料圧Pとの関係を示すグラフ。

[図4]図4は、本実施形態の燃料噴射制御装置について燃料噴射弁の燃料噴射量と燃料噴射ばらつき量との関係を示すグラフ。

[図5]図5は、本実施形態の燃料噴射制御装置についてクランク角と燃料圧Pとの関係を示すグラフ。

[図6]図6は、本実施形態の燃料噴射制御装置により実行される燃料噴射制御の処理手順を示すフローチャート。

[図7]図7は、本実施形態の燃料噴射制御装置により実行される燃料噴射弁の噴射特性の学習手順を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、内燃機関の燃料噴射制御装置の一実施形態について説明する。

[0013] 図1に示されるように、本実施形態の内燃機関10は、複数の気筒#1，#2，#3，#4と、複数の燃料噴射弁11，12，13，14とを有している。燃料噴射弁11～14は気筒#1～#4毎に設けられている。燃料噴射弁11～14は、蓄圧部としてのコモンレール15に接続されている。コモンレール15は高圧ポンプ16及びフィードポンプ17を介して燃料タンク18に接続されている。フィードポンプ17は、燃料タンク18に貯留された燃料を吸入して高圧ポンプ16に供給する。高圧ポンプ16は、フィードポンプ17から供給される燃料を高圧に加圧してコモンレール15に圧送する。これにより、コモンレール15の内部に高圧の燃料が蓄圧される。燃

料噴射弁 11～14 は、その開閉動作を通じてコモンレール 15 内の高圧燃料を気筒 #1～#4 の燃焼室内にそれぞれ直接噴射する。

[0014] 内燃機関 10 の各気筒 #1～#4 はインテークマニホールド 20 を介して吸気通路 21 に接続されている。インテークマニホールド 20 及び吸気通路 21 は外部の空気（外気）を各気筒 #1～#4 に吸入する。内燃機関 10 は、吸気通路 21 の通路断面積を変更するスロットル弁 19 を有している。スロットル弁 19 は、その開閉動作を通じて、吸気通路 21 を通過する空気の量（吸入空気量）を調整する。

[0015] 内燃機関 10 の各気筒 #1～#4 はエキゾーストマニホールド 22 を介して排気通路 23 に接続されている。エキゾーストマニホールド 22 及び排気通路 23 は各気筒 #1～#4 の燃焼室内で燃焼された後のガス（排気ガス）を外部に排出する。

[0016] 内燃機関 10 は、内燃機関 10 の状態や車両の状態を検出するための各種センサとして、例えばクランク角センサ 40、アクセルセンサ 41、エアフロメータ 42、及び燃料圧センサ 43 を備えている。クランク角センサ 40 は、内燃機関 10 のクランクシャフトの回転角（クランク角）CRA を検出する。アクセルセンサ 41 は、運転者のアクセルペダルの踏み込み量（アクセル操作量）ACC を検出する。エアフロメータ 42 は、吸気通路 21 を通過する空気の量（吸入空気量）GA を検出する。燃料圧センサ 43 は、コモンレール 15 の内部の燃料圧 P を検出する。

[0017] 内燃機関 10 は、その駆動を制御する電子制御装置（ECU）30 を備えている。ECU 30 はマイクロコンピュータを中心に構成されており、メモリ 31 等を備えている。ECU 30 は、角センサ 40～43 の出力を取り込むことにより、クランク角 CRA やアクセル操作量 ACC、吸入空気量 GA、燃料圧 P のそれぞれの情報を取得する。また、ECU 30 は、クランク角 CRA の時系列的なデータに基づきクランクシャフトの回転速度（機関回転速度）NE も取得する。ECU 30 は、取得したこれらの情報に基づき燃料噴射制御や吸入空気量制御等を実行する。燃料噴射制御は、燃料噴射弁 11

～14を開閉駆動させることにより各気筒#1～#4に噴射される燃料量を制御するものである。吸入空気量制御は、スロットル弁19を開閉駆動させることにより吸入空気量GAを制御するものである。また、ECU30は、高圧ポンプ16の駆動を制御することにより、コモンレール15への燃料の供給及び停止を制御する。このように、ECU30は、本実施形態の燃料噴射制御装置に相当する。

[0018] 次に、ECU30により実行される燃料噴射制御について詳しく説明する。

[0019] ECU30は、機関回転速度NEやアクセル操作量ACC、吸入空気量GA等の内燃機関10の運転状態と相関のある機関パラメータに基づいて、各気筒#1～#4において一燃焼サイクル中に噴射すべき燃料噴射量の基本値である基本燃料噴射量Qbを設定する。ECU30は、基本燃料噴射量Qbに各燃料噴射弁11～14の補正パラメータK(1)～K(4)を乗算することにより、燃料噴射弁11～14にそれぞれ対応した燃料噴射量Q(1)～Q(4)を演算する。補正パラメータK(1)～K(4)は、燃料噴射弁11～14のそれぞれの燃料噴射量のばらつきを補正するためのものである。なお、以下では、各燃料噴射弁11～14の燃料噴射量を「Q(i)」で表すとともに、各燃料噴射弁11～14の補正パラメータを「K(i)」で表す(i=1～4)。

[0020] ECU30は、演算された燃料噴射量Q(i)を、吸気工程から圧縮工程の間に燃料噴射弁11～14から2回に分割して噴射する分割噴射を実行する。詳しくは、ECU30は、燃料噴射量Q(i)を第1燃料噴射量Q1(i)と第2燃料噴射量Q2(i)とに二分する。なお、燃料噴射量Q(i)、第1燃料噴射量Q1(i)、及び第2燃料噴射量Q2(i)には、「Q(i)=Q1(i)+Q2(i)」なる関係が成立する。また、第1燃料噴射量Q1(i)及び第2燃料噴射量Q2(i)は同一の値であってもよいし、互いに異なる値であってもよい。

[0021] ECU30は、各燃料噴射量Q1(i)、Q2(i)と燃料圧Pとに基づ

き、例えば図2に示されるように、1回目の噴射継続時間を示す第1燃料噴射時間 τ_1 と、2回目の噴射継続時間を示す第2燃料噴射時間 τ_2 を設定する。

[0022] ECU30は、1回目の燃料噴射が開始される時期（第1燃料噴射開始時期） T_{qs1} を、機関回転速度 NE 等の機関パラメータに基づいて設定する。第1燃料噴射開始時期 T_{qs1} はクランク角の単位で設定されており、吸気行程の期間内に設定されている。1回目の燃料噴射の終了時期 T_{qe1} は、第1燃料噴射開始時期 T_{qs1} から第1燃料噴射時間 τ_1 だけ経過した時期となる。

[0023] ECU30は、2回目の燃料噴射が開始される時期（第2燃料噴射開始時期） T_{q2} を、第1燃料噴射開始時期 T_{qs1} よりも所定クランク角 T_{qa} だけ遅角側の時期に設定する。第2燃料噴射開始時期 T_{qs2} は、吸気工程から圧縮工程の期間内に設定される。なお、第2燃料噴射開始時期 T_{qs2} は、第1燃料噴射開始時期 T_{qs1} と同様に、機関回転速度 NE 等の機関パラメータに基づいて設定してもよい。2回目の燃料噴射の終了時期 T_{qe2} は、第2燃料噴射開始時期 T_{qs2} から第2燃料噴射時間 τ_2 が経過した時期となる。

[0024] 一方、図3に示されるように、燃料噴射弁11～14のうちのいずれかの燃料噴射弁が分割噴射の第1噴射及び第2噴射を順に行った場合、燃料噴射が行われる都度、コモンレール15の燃料圧 P が下降する。その際に各燃料噴射弁11～14から噴射される燃料量 $Q(i)$ と燃料圧 P の降下量 $\Delta P(i)$ との間には相関関係がある。よって、各燃料噴射弁11～14の燃料噴射量のばらつき量 $\Delta Q(i)$ を、各燃料噴射弁11～14から燃料を噴射した際の燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ から求めることが可能である。これを利用し、ECU30は、燃料圧センサ43により検出される燃料圧 P に基づき燃料噴射に伴う燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ を逐次演算するとともに、演算した燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ に基づき各燃料噴射弁11～14の燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を演算する。

[0025] なお、本実施形態における燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ とは、各燃料噴射弁11～14の噴射量の平均値に対する個々の燃料噴射弁11～14の燃料噴射量の比を示す。すなわち、所定の燃料噴射弁の燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ が「1」である場合、その燃料噴射弁の燃料噴射量は平均値からずれていないと判断することができる。また、所定の燃料噴射弁の燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ が「1」よりも大きい場合には、その燃料噴射弁の燃料噴射量が平均値よりも多い側にばらついていると判断することができる。さらに、所定の燃料噴射弁の燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ が「1」よりも小さい場合には、その燃料噴射弁の燃料噴射量が平均値よりも少ない側にばらついていると判断することができる。

[0026] ECU30は、燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ を逐次演算することにより、例えば図4に示されるような燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ と実際の燃料噴射量 $Q(i)$ との関係を学習する。以下、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ と燃料噴射量 $Q(i)$ との関係を噴射特性と称する。ECU30は、燃料噴射弁11～14毎に噴射特性の学習結果を有している。ECU30は、燃料噴射弁11～14毎の噴射特性の学習結果に基づき、その都度の燃料噴射量 $Q(i)$ に対する補正パラメータ $K(i)$ を設定する。

[0027] 次に、燃料噴射弁11～14の噴射特性の学習方法について詳しく説明する。

[0028] ECU30は、燃料圧センサ43により検出されるコモンレール15内の燃料圧 P を所定の周期 T で検出している。所定の周期 T は、例えば各気筒#1～#4の圧縮上死点(TDC)の間隔に、すなわち 180° CA(Crank Angle)の間隔に設定される。このように燃料圧 P を所定の周期 T で検出することによりECU30の演算負担を軽減することが可能であるが、その背反として以下のような課題が生じる。

[0029] 燃料噴射弁11～14から分割噴射を行っている場合、例えば図3に示されるように、ECU30が時刻 t_1 で燃料圧 P を検出した後、時刻 t_1 から周期 T 経過後の時刻 t_2 で燃料圧 P を検出すると、燃料噴射弁11～14か

ら燃料噴射が行われている際に燃料圧 P を検出するおそれがある。この場合、燃料噴射に伴う燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ を適切に検出することができないため、噴射特性を適切に学習することができない。

[0030] そこで、ECU30は、燃料圧 P の検出時期が燃料噴射弁11～14からの燃料噴射期間内である場合には、当該燃料噴射期間内に検出された燃料圧 P を用いた噴射特性の学習を禁止する。

[0031] また、図3に示されるような分割噴射を行うと、ECU30が燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を誤って学習するおそれがある。それは以下の理由による。

[0032] 燃料噴射弁11～14が例えば図4に示される噴射特性を有している場合、燃料噴射弁11～14が燃料噴射量 $Q(i)$ を一括噴射した場合と、燃料噴射量 $Q(i)$ を第1燃料噴射量 $Q1(i)$ 及び第2燃料噴射量 $Q2(i)$ に分けて分割噴射した場合とでは、燃料噴射ばらつき量 ΔQ が変化する。すなわち、燃料噴射量 $Q(i)$ を一括噴射した場合には燃料噴射ばらつき量 ΔQ は値 $\Delta Q1$ となるが、燃料噴射量 $Q(i)$ を分割噴射した場合には燃料噴射ばらつき量 ΔQ は値 $\Delta Q1$ よりも大きい値 $\Delta Q2$ となる。なお、図4では、第1燃料噴射量 $Q1(i)$ 及び第2燃料噴射量 $Q2(i)$ が同一の値に設定されている場合について例示している。

[0033] 一方、図5に示されるように、ECU30が一回目の燃料噴射の前の第1時期 $t1$ に燃料圧 $P1$ を検出するとともに、二回目の燃料噴射の後の第2時期 $t2$ に燃料圧 $P2$ を検出したような場合、それらから演算される燃料圧降下量 $\Delta P(i) (= P1 - P2)$ は燃料噴射量 $Q(i)$ に対応した値となる。ところが、燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ に基づき演算される燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ は、図4に示した燃料噴射量 $Q(i)$ に対応した値 $\Delta Q1$ ではなく、第1燃料噴射量 $Q1(i)$ 及び第2燃料噴射量 $Q2(i)$ に対応した値 $\Delta Q2$ となる。このような場合、ECU30が、燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ に基づき演算される燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ と燃料噴射量 $Q(i)$ とを対応付けて学習してしまうと、実際の燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ が第

1 燃料噴射量 $Q_1(i)$ 及び第2燃料噴射量 $Q_2(i)$ に対応した値であるため、誤学習となるおそれがある。

[0034] そこで、ECU30は、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ に対応付ける燃料噴射量 $Q(i)$ を、燃料噴射弁11～14の燃料噴射時期と第1検出時期 t_1 及び第2検出時期 t_2 との対応関係に応じて、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ に対応付ける燃料噴射量 $Q(i)$ を変化させて噴射特性の学習を行う。

[0035] 次に、このような学習方法を基本としてECU30により実行される燃料噴射制御の具体的な手順を図6及び図7を参照して説明する。なお、ECU30は、高圧ポンプ16によるコモンレール15への燃料圧送を停止した後、高圧ポンプ16の停止中に図6及び図7に示される処理を所定の周期で繰り返し実行する。

[0036] ECU30は、まず、燃料圧センサ43により現在の燃料圧 P_m を検出するとともに（ステップS1）、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を演算可能な状況か否かを判断する（ステップS2）。ECU30は、例えば燃料圧センサ43により検出された燃料圧 P が所定の圧力以上であって、且つ機関回転速度 NE が所定の回転速度以上である場合には、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を演算可能な状況であると判断する（ステップS2：YES）。なお、所定の圧力や所定の回転速度は、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を演算可能な状況であるか否かを判断できるように、予め実験等を通じて設定されている。ECU30は、ステップS2の判断処理で肯定判断した場合には（ステップS2：YES）、図7に示される燃料噴射弁11～14の噴射特性の学習処理を実行する（ステップS3）。

[0037] すなわち、ECU30は、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期及び今回の燃料圧 P_m の検出時期の少なくとも一方が燃料噴射弁11～14の燃料噴射期間 M_1 、 M_2 内であるか否かを判断する（ステップS30）。具体的には、ECU30は、図2に示されるように、第1燃料噴射開始時期 T_{qs1} から、第1燃料噴射終了時期 T_{qe1} に所定時間 α_1 を加算した時期「 $T_{qe1} + \alpha_1$ 」までの期間を第1燃料噴射期間 M_1 として設定している。また、ECU30

は、第2燃料噴射開始時期 T_{qs2} から、第2燃料噴射終了時期 T_{qe2} に所定時間 $\alpha 2$ を加算した時期「 $T_{qe2} + \alpha 2$ 」までの期間を第2燃料噴射期間 $M 2$ として設定している。このように、本実施形態では、第1燃料噴射期間 $M 1$ 及び第2燃料噴射期間 $M 2$ を実際の燃料噴射時間よりも長い時間に設定している。これは、燃料噴射に伴う燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ をより高い精度で検出するために、燃料噴射終了後の燃料圧の過渡変動期間内に検出される燃料圧 P を除外するためである。所定時間 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ は、燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ の検出精度が高められるように予め実験等により設定されている。

[0038] 図7に示されるように、ECU30は、ステップS30の判断処理で肯定判断した場合（ステップS30：YES）、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期から今回の燃料圧 P_m の検出時期までの期間に所定の燃料噴射弁により分割噴射の1回目の燃料噴射が行われていたか否かを判断する（ステップS31）。なお、所定の燃料噴射弁は、燃料噴射弁11～14のいずれかを示す。ECU30は、全ての燃料噴射弁11～14の分割噴射の時期に基づきステップS31の判断処理を行う。なお、本実施形態では、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期が第1時期に相当し、今回の燃料圧 P_m の検出時期が第2時期に相当する。

[0039] 具体的には、ECU30は、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期が所定の燃料噴射弁の第1燃料噴射開始時期 T_{qs1} よりも前であって、且つ今回の燃料圧 P_m の検出時期が所定の燃料噴射弁の第1燃料噴射期間 $M 1$ 経過後から第2燃料噴射開始時期 T_{qs2} までの期間内であることをもって、ステップS31の判断処理で肯定判断を行う（ステップS31：YES）。この場合、ECU30は、今回検出された燃料圧 P_m と前回検出された燃料圧 P_{m-1} との偏差に基づき所定の燃料噴射弁の第1燃料圧降下量 $\Delta P 1(i)$ を演算する（ステップS32）。この第1燃料圧降下量 $\Delta P 1(i)$ は、所定の燃料噴射弁における第1燃料噴射量 $Q 1(i)$ に対応する燃料圧降下量を表す。

[0040] 次に、ECU30は、演算した所定の燃料噴射弁の第1燃料圧降下量 $\Delta P 1(i)$ に基づき、メモリ31に記憶された所定の燃料噴射弁の第1燃料圧

降下量 $\Delta P1(i)$ を更新する(ステップS33)。ECU30がステップS32及びS33の処理を繰り返し実行することにより、燃料噴射弁11～14のそれぞれの第1燃料圧降下量 $\Delta P1(1) \sim \Delta P1(4)$ がメモリ31に記憶される。そして、ECU30は、メモリ31に記憶された第1燃料圧降下量 $\Delta P1(1) \sim \Delta P1(4)$ から以下の式f1に基づき燃料圧降下量の第1平均値 $\Delta P1_{ave}$ を演算する(ステップS34)。

$$\Delta P1_{ave} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta P1(i) \quad (f1)$$

但し、Nは燃料噴射弁の数を示す。したがって、本実施形態では「N=4」である。

[0041] 次に、ECU30は、演算した燃料圧降下量の第1平均値 $\Delta P1_{ave}$ と、ステップS32で演算された第1燃料圧降下量 $\Delta P1(i)$ とから以下の式f2に基づき燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を演算する(ステップS35)。

$$\Delta Q(i) = \frac{\Delta P1(i)}{\Delta P1_{ave}} \quad (f2)$$

そして、ECU30は、所定の燃料噴射弁の噴射特性として、演算した燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を第1燃料噴射量 $Q1(i)$ に対応付けて学習する(ステップS36)。

[0042] 一方、ECU30は、ステップS31で否定判断した場合(ステップS31:NO)、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期から今回の燃料圧 P_m の検出時期までの期間に所定の燃料噴射弁により分割噴射の1回目の燃料噴射及び2回目の燃料噴射が共に行われていたか否かを判断する(ステップS37)。

[0043] 具体的には、ECU30は、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期が所定の燃料噴射弁の第1燃料噴射開始時期 T_{qs1} よりも前であって、且つ今回の燃料圧 P_m の検出時期が所定の燃料噴射弁の第2燃料噴射期間M2経過後であることをもって、ステップS37の判断処理で肯定判断を行う(ステップS37:Y

ES)。この場合、ECU30は、今回検出された燃料圧 P_n と、前回検出された燃料圧 P_{n-1} との偏差に基づき所定の燃料噴射弁の第2燃料圧降下量 $\Delta P2(i)$ を演算する(ステップS38)。第2燃料圧降下量 $\Delta P2(i)$ は、所定の燃料噴射弁における分割噴射の2回分の燃料噴射量 $Q(i)$ に対応する燃料圧降下量を表す。

[0044] 次に、ECU30は、演算した所定の燃料噴射弁の第2燃料圧降下量 $\Delta P2(i)$ に基づき、メモリ31に記憶された所定の燃料噴射弁の第2燃料圧降下量 $\Delta P2(i)$ を更新する(ステップS39)。ECU30がステップS38及びS39の処理を繰り返し実行すると、燃料噴射弁11～14のそれぞれの第2燃料圧降下量 $\Delta P2(1) \sim \Delta P2(4)$ がメモリ31に記憶される。そして、ECU30は、メモリ31に記憶された第2燃料圧降下量 $\Delta P2(1) \sim \Delta P2(4)$ から以下の式f3に基づき燃料圧降下量の第2平均値 $\Delta P2_{ave}$ を演算する(ステップS40)。

$$\Delta P2_{ave} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta P2(i) \quad (f3)$$

次に、ECU30は、演算した燃料圧降下量の第2平均値 $\Delta P2_{ave}$ と、ステップS38で演算された第2燃料圧降下量 $\Delta P2(i)$ とから以下の式f4に基づき燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を演算する(ステップS41)。

$$\Delta Q(i) = \frac{\Delta P2(i)}{\Delta P2_{ave}} \quad (f4)$$

そして、ECU30は、所定の燃料噴射弁の噴射特性として、演算した燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を、第1燃料噴射量 $Q1(i)$ 及び第2燃料噴射量 $Q2(i)$ の平均値 Q_{ave} に対応づけて学習する(ステップS42)。

[0045] ECU30は、ステップS30の判断処理で否定判断した場合(ステップ

S 3 0 : N O) 、あるいはステップ S 3 7 の判断処理で否定判断した場合には (ステップ S 3 7 : N O) 、一連の処理を終了する。

[0046] E C U 3 0 は、図 7 に示される処理を繰り返し実行することにより、各燃料噴射弁 1 1 ~ 1 4 の噴射特性を学習する。

[0047] 図 6 に示されるように、E C U 3 0 は、図 5 の演算処理を完了した後、あるいはステップ S 2 の判断処理で否定判断した場合 (ステップ S 2 : N O) 、各燃料噴射弁 1 1 ~ 1 4 の補正パラメータ $K(i)$ を設定する (ステップ S 4) 。具体的には、各燃料噴射弁 1 1 ~ 1 4 の噴射特性の学習結果に基づいて、燃料噴射量 $Q(i)$ に対する燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を求め、求められた燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ に基づき各補正パラメータ $K(1) \sim K(4)$ を設定する。例えば、「 $K(i) \leftarrow K(i) \times 1 / \Delta Q(i)$ 」のようなかたちで各補正パラメータ $K(1) \sim K(4)$ を設定すれば、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ が「1」よりも大きい場合には、すなわち燃料噴射量 $Q(i)$ が多い側にばらついている場合には、補正パラメータ $K(i)$ が小さくなる側に補正される。また、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ が「1」よりも小さい場合には、すなわち燃料噴射量 $Q(i)$ が少ない側にばらついている場合には、補正パラメータ $K(i)$ が大きくなる側に補正される。よって、燃料噴射量 $Q(i)$ を平均値に近づけるような補正パラメータ $K(i)$ を演算することができる。

[0048] E C U 3 0 は、ステップ S 4 の処理に続いて、補正パラメータ $K(1) \sim K(4)$ を基本燃料噴射量 Q_b に乗算して各燃料噴射弁 1 1 ~ 1 4 の燃料噴射量 $Q(1) \sim Q(4)$ を演算する (ステップ S 5) 。E C U 3 0 は、こうして演算された燃料噴射量 $Q(1) \sim Q(4)$ に基づき各燃料噴射弁 1 1 ~ 1 4 の燃料噴射制御を実行する (ステップ S 6) 。

[0049] 以上説明した本実施形態の E C U 3 0 によれば、以下の (1) ~ (4) に示される作用及び効果を得ることができる。

[0050] (1) E C U 3 0 は、各燃料噴射弁 1 1 ~ 1 4 の燃料噴射期間内に検出された燃料圧 P に基づく噴射特性の学習を禁止することとした。これにより、

不適切な燃料圧降下量に基づく噴射特性の学習が行われ難くなるため、より高い精度で燃料噴射弁 11～14 の噴射特性を学習することができる。

[0051] (2) ECU30 は、第 1 燃料噴射開始時期 T_{qs1} から、第 1 燃料噴射終了時期 T_{qe1} に所定時間 $\alpha 1$ を加算した時期「 $T_{qe1} + \alpha 1$ 」までの期間内に燃料圧 P が検出されている場合には、当該燃料圧 P の検出時期が所定の燃料噴射弁の燃料噴射期間内であると判断することとした。また、ECU30 は、第 2 燃料噴射開始時期 T_{qs2} から、第 2 燃料噴射終了時期 T_{qe2} に所定時間 $\alpha 2$ を加算した時期「 $T_{qe2} + \alpha 2$ 」までの期間内に燃料圧 P が検出されている場合にも、当該燃料圧 P の検出時期が所定の燃料噴射弁の燃料噴射期間内であると判断することとした。これにより、燃料噴射終了後の燃料圧 P の過渡変動期間内に検出される燃料圧 P を除外することができるため、燃料噴射に伴う燃料圧降下量 $\Delta P(i)$ をより高い精度で検出することができる。

[0052] (3) ECU30 は、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期から今回の燃料圧 P_m の検出時期までの期間に所定の燃料噴射弁により分割噴射の 1 回目の燃料噴射が行われている場合には、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を第 1 燃料噴射量 $Q_1(i)$ に対応付けて学習することとした。これにより、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を適切に学習することができる。

[0053] (4) ECU30 は、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期から今回の燃料圧 P_m の検出時期までの期間に所定の燃料噴射弁により分割噴射の 1 回目の燃料噴射及び 2 回目の燃料噴射が共に行われている場合には、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を、第 1 燃料噴射量 $Q_1(i)$ 及び第 2 燃料噴射量 $Q_2(i)$ の平均値 Q_{ave} に対応付けて学習することとした。これにより、燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を適切に学習することができる。

[0054] なお、上記実施形態は、以下の形態にて実施することもできる。

[0055] 燃料噴射弁 11～14 の分割噴射の回数や時期は適宜変更可能である。例えば燃料噴射弁 11～14 の分割噴射の回数については 3 回以上に設定することも可能である。この場合、前回の燃料圧 P_{m-1} の検出時期から今回の燃料圧

P_m の検出時期までの期間に所定の燃料噴射弁により分割噴射に基づく燃料噴射が複数回行われている場合には、その複数回の燃料噴射の噴射量の平均値 Q_{ave} に対応付けて燃料噴射ばらつき量 $\Delta Q(i)$ を学習すればよい。

[0056] 内燃機関 10 は、燃料噴射弁を 4 つ有するものに限らず、例えば 6 つの燃料噴射弁を有するものであってもよい。

[0057] 本開示は上記の具体例に限定されるものではない。すなわち、上記の具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本開示の特徴を備えている限り、本開示の範囲に包含される。例えば、前述した各具体例が備える各要素及びその配置や条件等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、前述した実施形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本開示の特徴を含む限り本開示の範囲に包含される。

請求の範囲

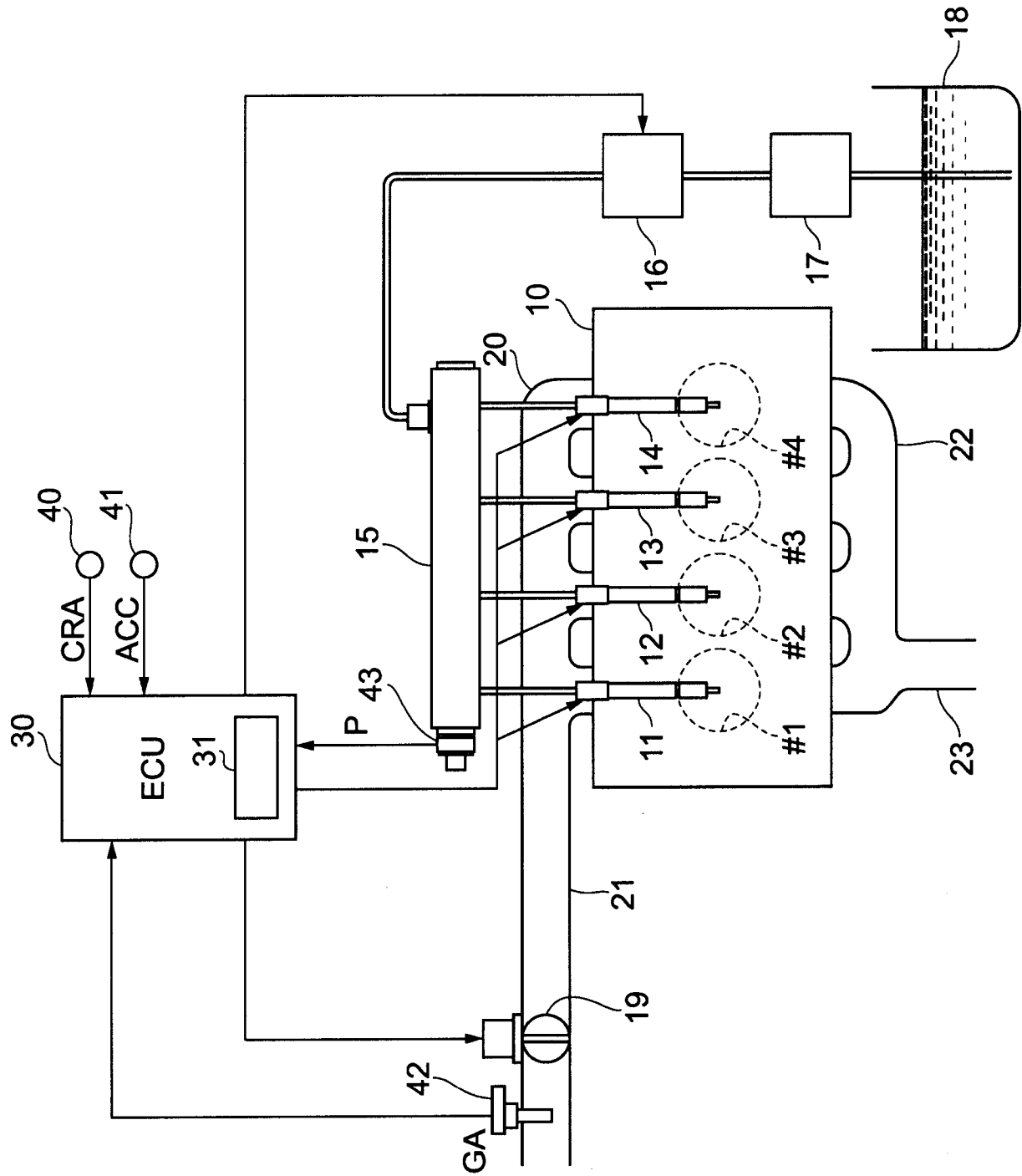
- [請求項1] 複数の気筒（＃１，＃２，＃３，＃４）に対して複数の燃料噴射弁（１１，１２，１３，１４）がそれぞれ分割噴射を行う内燃機関（１０）の燃料噴射制御装置（３０）であって、
- 蓄圧された燃料を前記複数の燃料噴射弁にそれぞれ供給する蓄圧部（１５）と、
- 前記蓄圧部の内部の燃料圧を検出する燃料圧センサ（４３）と、を備え、
- 前記燃料圧を所定の周期で検出するとともに、検出された当該燃料圧に基づき燃料噴射に伴う燃料圧の降下量を演算し、
- 前記燃料圧の降下量に基づき各燃料噴射弁の燃料噴射量のばらつき量を求めるとともに、前記燃料噴射量と前記ばらつき量との対応関係を示す噴射特性を前記各燃料噴射弁について学習し、
- 前記各燃料噴射弁の噴射特性に基づき前記各燃料噴射弁の燃料噴射量を補正するための補正パラメータを演算し、
- 前記燃料圧の検出時期が前記複数の燃料噴射弁のうちの所定の燃料噴射弁の燃料噴射期間内である場合、当該燃料噴射期間内に検出された前記燃料圧を用いた前記噴射特性の学習を禁止することを特徴とする内燃機関の燃料噴射制御装置。
- [請求項2] 前記所定の燃料噴射弁による燃料噴射の開始時期から、前記所定の燃料噴射弁による燃料噴射の終了時期に所定時間を加算した時期までの期間内に前記燃料圧の検出が行われていることをもって、当該燃料圧の検出時期が前記所定の燃料噴射弁の燃料噴射期間内であると判断することを特徴とする請求項１に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。
- [請求項3] 前記燃料圧センサにより第１時期に検出された前記燃料圧と、前記第１時期よりも後の第２時期に検出された前記燃料圧との偏差に基づき前記燃料圧の降下量を演算するとともに、前記燃料圧の降下量に基

づき前記燃料噴射量のばらつき量を演算した際、前記第 1 時期から前記第 2 時期までの間に前記所定の燃料噴射弁により行われた燃料噴射の回数に応じて、前記燃料噴射量のばらつき量に対応付ける燃料噴射量を変化させることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

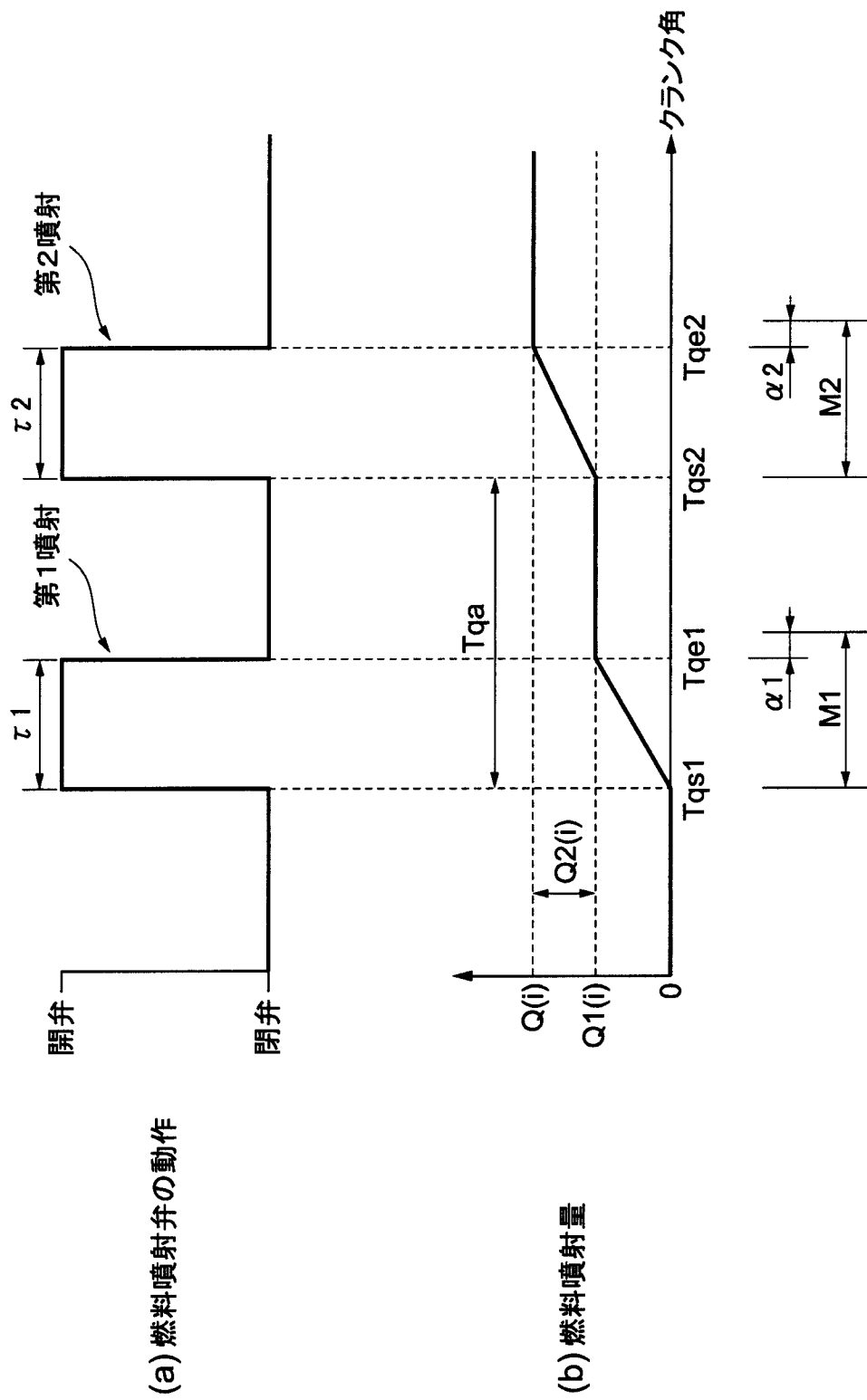
[請求項 4] 前記第 1 時期から前記第 2 時期までの期間に前記所定の燃料噴射弁により前記分割噴射に基づく燃料噴射が一回だけ行われている場合には、当該燃料噴射の際の燃料噴射量に対応づけて前記燃料噴射のばらつき量を学習することを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

[請求項 5] 前記第 1 時期から前記第 2 時期までの期間に前記所定の燃料噴射弁により前記分割噴射に基づく燃料噴射が複数回行われている場合には、前記複数回の燃料噴射の噴射量の平均値に対応づけて前記燃料噴射のばらつき量を学習することを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

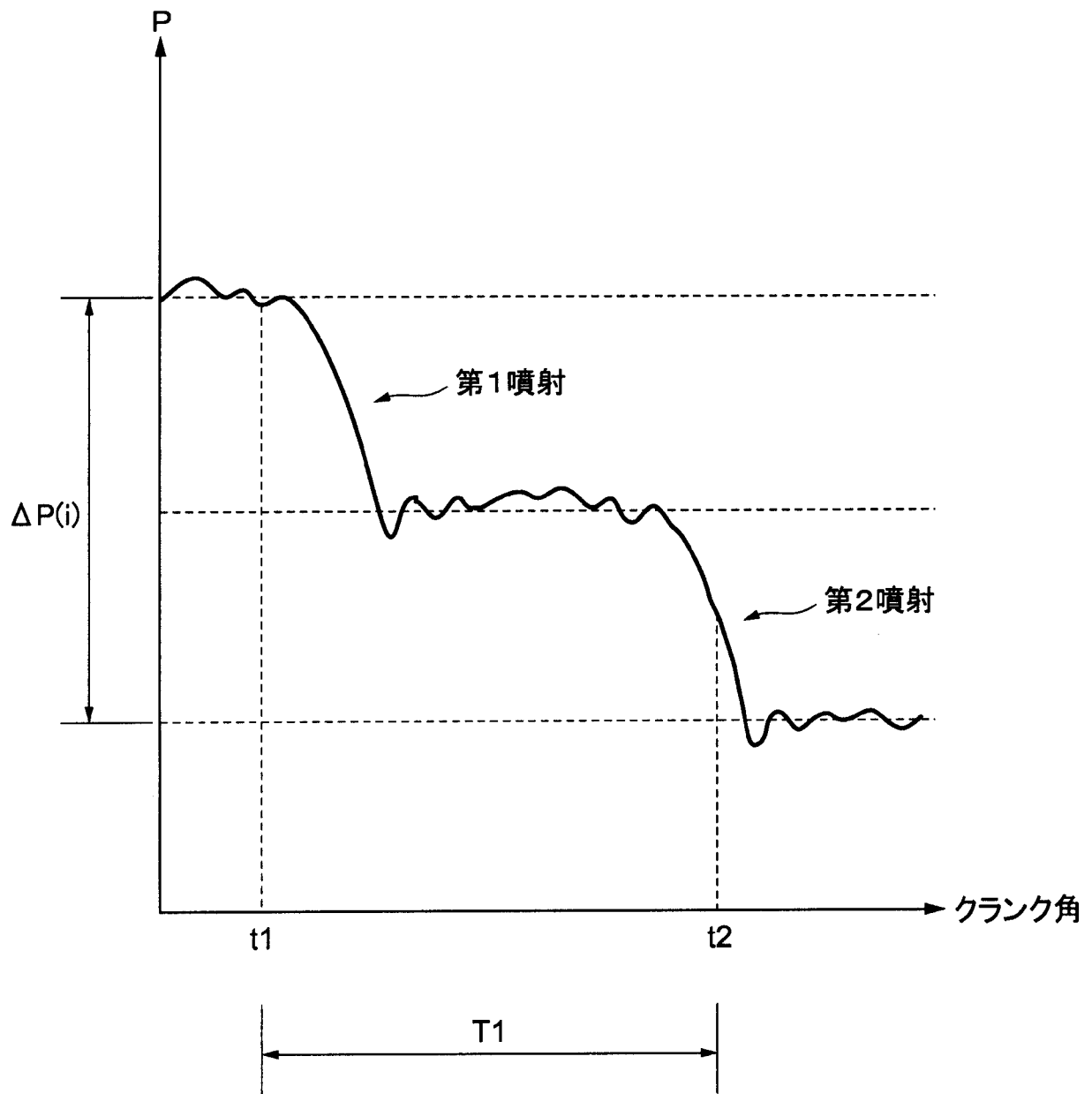
[図1]



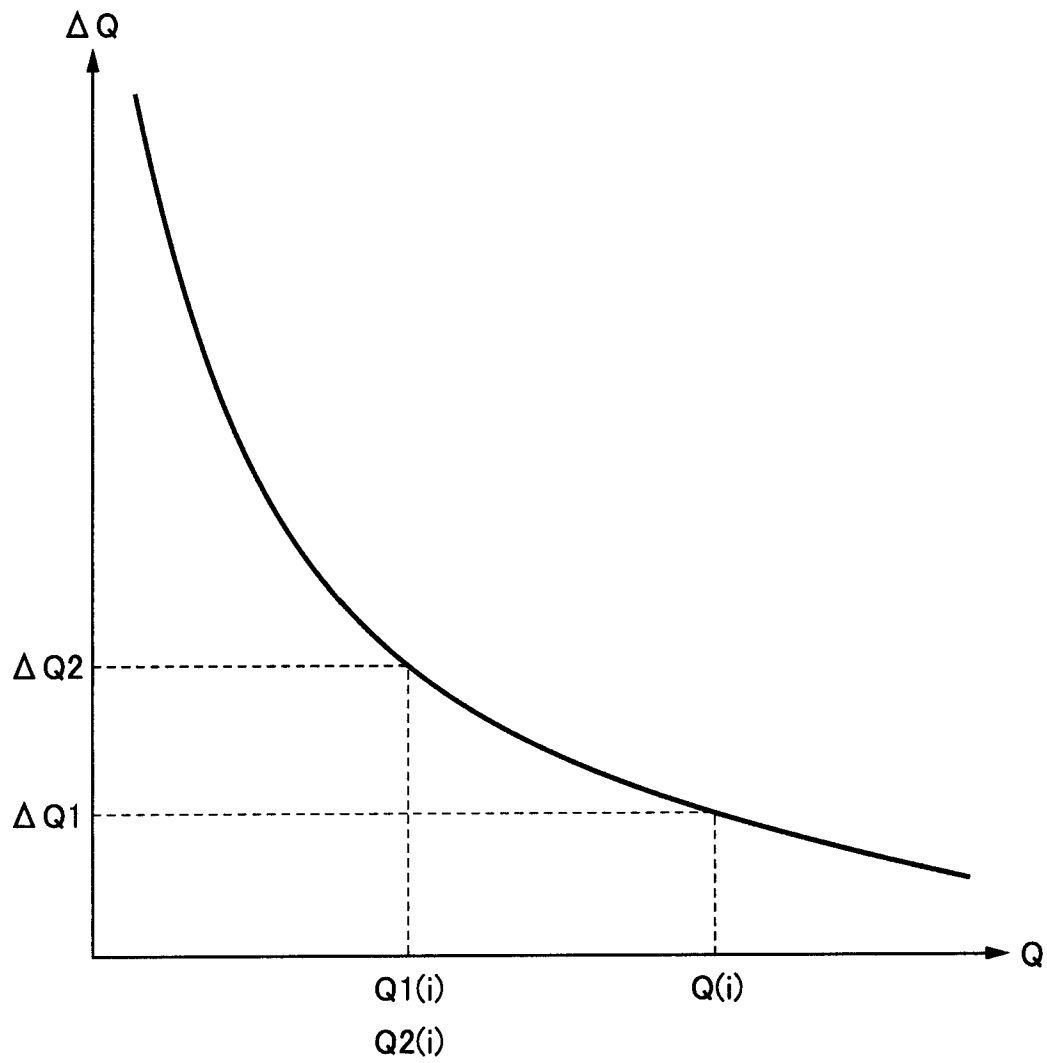
[図2]



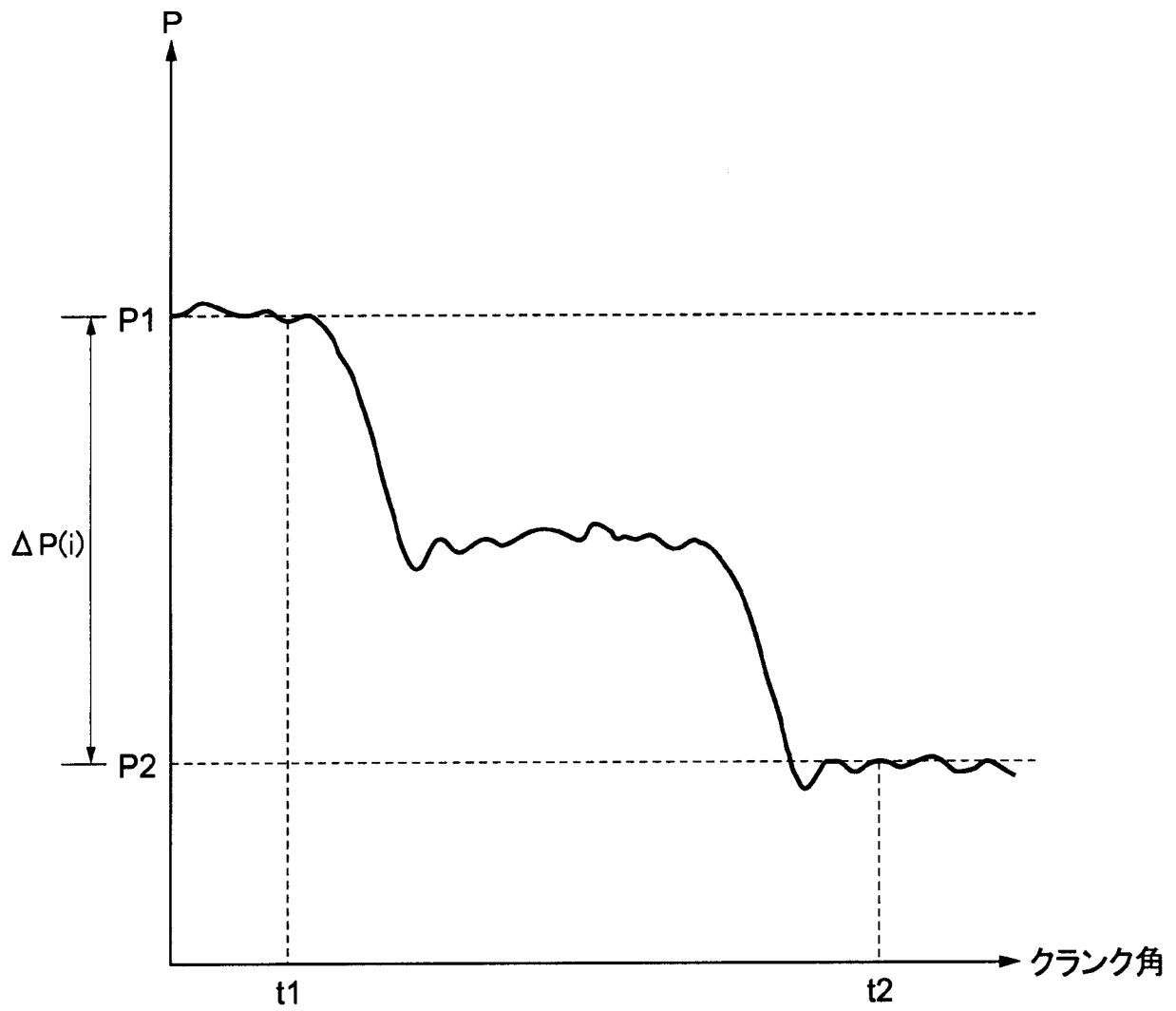
[図3]



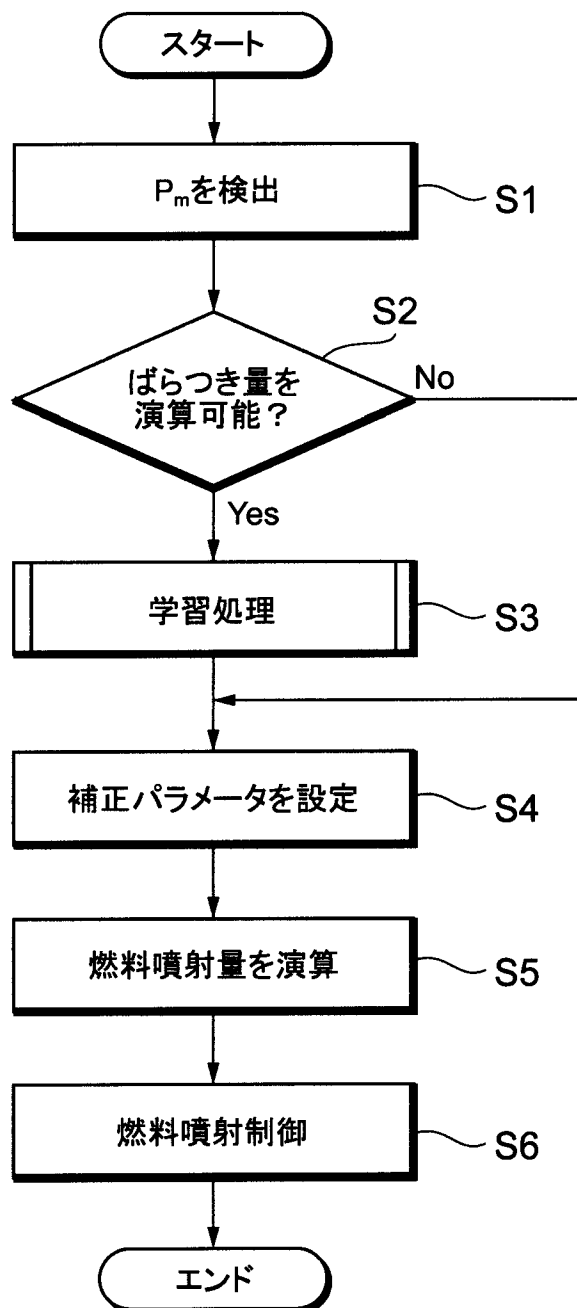
[図4]



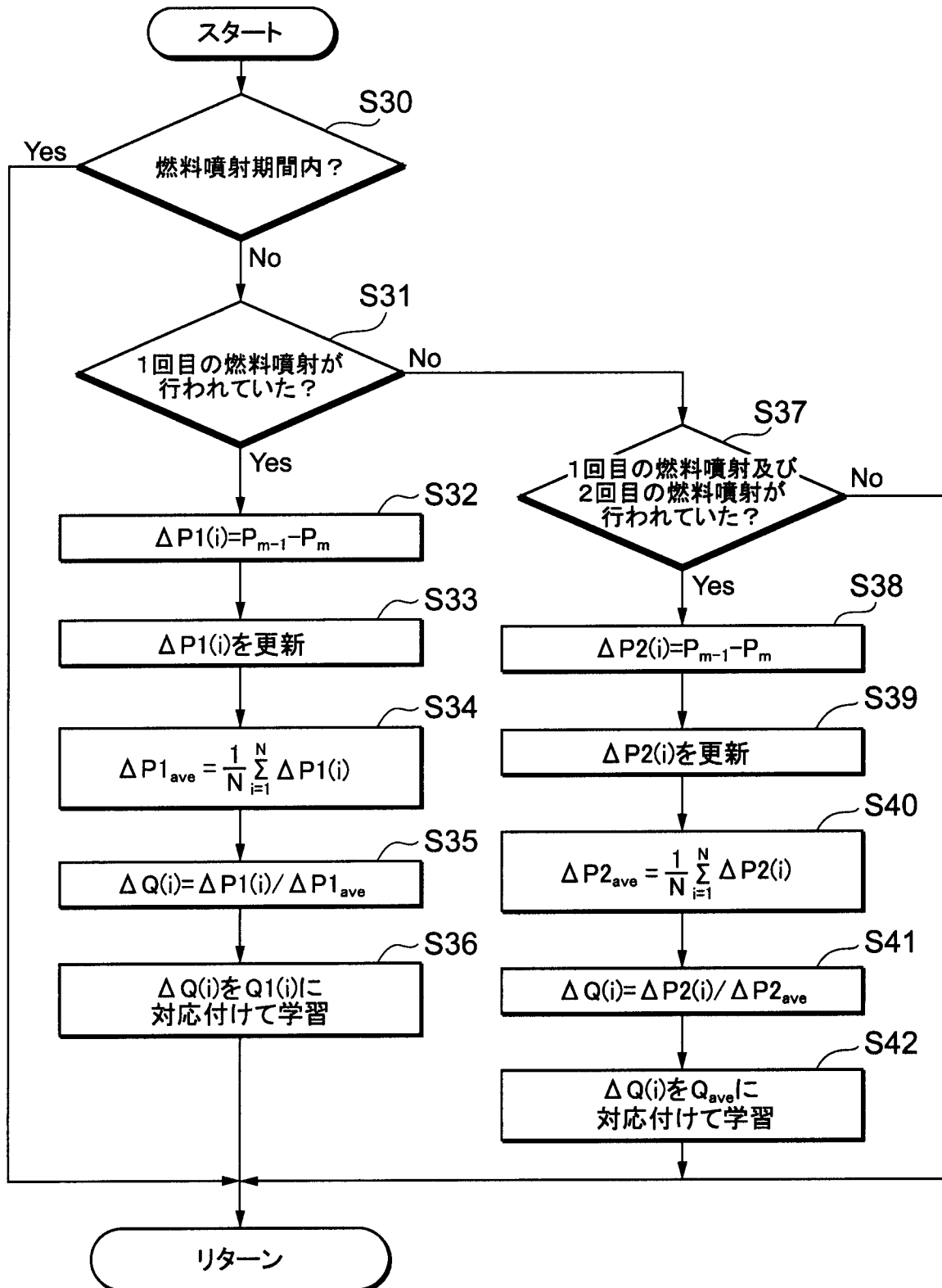
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/005504

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D41/38(2006.01)i, F02D41/14(2006.01)i, F02D45/00(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)

F02D41/38, F02D41/14, F02D45/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y A	JP 2009-52414 A (Denso Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), paragraphs [0050], [0068], [0077], [0153] & US 2009/0055084 A1 paragraphs [0084], [0103], [0112], [0194] & EP 2028356 A2 & CN 101372920 A	1 2-5
Y A	JP 2010-285888 A (Denso Corp.), 24 December 2010 (24.12.2010), paragraphs [0043] to [0044]; fig. 2 & US 2010/0307457 A1 paragraphs [0036] to [0037]; fig. 2A to 2C & DE 102010017259 A1 & CN 101922369 A	1 2-5

☒ 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
07 January 2016 (07.01.16)

Date of mailing of the international search report
19 January 2016 (19.01.16)

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/JP2015/005504

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 10-9033 A (Nippon Soken, Inc.), 13 January 1998 (13.01.1998), paragraphs [0024] to [0026]; fig. 5 to 7 & DE 19726100 A1 column 10, line 1 to column 11, line 21; fig. 5 to 7	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02D41/38(2006.01)i, F02D41/14(2006.01)i, F02D45/00(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. F02D41/38, F02D41/14, F02D45/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y	JP 2009-52414 A（株式会社デンソー） 2009.03.12, 段落 0050, 0068, 0077, 0153	1
A	& US 2009/0055084 A1, 段落 0084, 0103, 0112, 0194 & EP 2028356 A2 & CN 101372920 A	2-5
Y	JP 2010-285888 A（株式会社デンソー） 2010.12.24, 段落 0043-0044, 図 2	1
A	& US 2010/0307457 A1, 段落 0036-0037, 図 2A-2C & DE 102010017259 A1 & CN 101922369 A	2-5

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

「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

07.01.2016

国際調査報告の発送日

19.01.2016

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）

立花 啓

3Z

4024

電話番号 03-3581-1101 内線 3395

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 10-9033 A（株式会社日本自動車部品総合研究所） 1998.01.13, 段落 0024-0026, 図 5-7 & DE 19726100 A1, 第 10 欄第 1 行-第 11 欄第 21 行, 図 5-7	1-5