

(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
2017年8月24日(24.08.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/141582 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 45/00 (2006.01) G01H 17/00 (2006.01)
F02P 5/152 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/000697
- (22) 国際出願日: 2017年1月12日(12.01.2017)
- (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 2016-026980 2016年2月16日(16.02.2016) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 赤城 好彦(AKAGI Yoshihiko); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立

オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 清宮 大司(SEIMIYA Masashi); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 浅野 誠二(ASANO Seiji); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 加藤 亘(KATOU Wataru); 〒3191221 茨城県日立市大みか町五丁目1番26号 株式会社日立産業制御ソリューションズ内 Ibaraki (JP). 貫井 正則(NUKUI Masanori); 〒3191221 茨城県日立市大みか町五丁目1番26号 株式会社日立産業制御ソリューションズ内 Ibaraki (JP). 佐藤 正博(SATO Masahiro); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

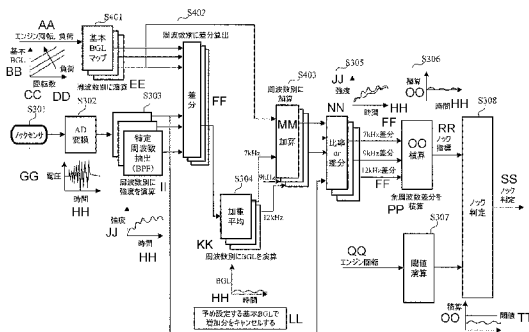
(74) 代理人: 戸田 裕二(TODA Yuji); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: KNOCKING DETECTION DEVICE, INTERNAL COMBUSTION ENGINE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: ノッキング検出装置、内燃機関制御装置

(図9)



S301 Knock sensor
S302 A/D conversion
S303 Extraction of specific frequency (BPF)
S304 Weighted average
S307 Calculation of threshold value
S308 Determination of knock
S401 Basic BGL map
S402 Calculation of difference for each frequency
S403 Adding for each frequency
AA Revolution of engine, load
BB Basic BGL
CC Revolution speed
DD Load
EE Calculation for each frequency
FF Difference
GG Voltage
HH Time
II Calculation of strength for each frequency
JJ Intensity
KK Calculation of BGL for each frequency
LL Cancel increment by preset basic BGL
MM Adding
NN Ratio or difference
OO Integration
PP Integrate differences of all frequencies
QQ Revolution of engine
RR Knock index
SS Determination of knock
TT Threshold value

(57) Abstract: Provided is a knocking detection device capable of suppressing erroneous determination of knocking during a transient period and of improving accuracy of detecting a knock irrespective of stationary operation or transient operation of an engine. The knocking detection device according to the present invention estimates a background level on the basis of the operational state of an internal combustion engine, and calculates a knocking determination index by using the estimated value.

(57) 要約: 過渡時におけるノッキングの誤判定を抑制するとともに、エンジンの定常運転／過渡運転を問わずノック検出精度を向上させることができるノッキング検出装置を提供する。本発明に係るノッキング検出装置は、内燃機関の運転状態に基づきバックグラウンドレベルを推定し、その推定値を用いてノッキング判定指標を算出する。

WO 2017/141582 A1



(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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： ノッキング検出装置、内燃機関制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、内燃機関のノッキングを検出する技術に関する。

背景技術

[0002] 内燃機関の燃焼室の中では、条件によっては過早着火が発生し、これによりエンジンから異音が発生したり、燃焼室内の過剰な圧力により機関が破損したりする可能性がある。これらを防止するために、ノッキングを精度良く検出することが必要である。

[0003] 周知のようにノッキングは、燃焼室内の端末部の未燃ガスの自己発火により燃焼室内のガスが振動を起こし、この振動が機関本体に伝わる現象である。ノッキングは、機関の発生エネルギーの損失（出力低下）や機関各部への衝撃、さらには燃費の低下等を招来するので、できるだけ回避するのが望ましい。そのためには、ノッキングの発生を正確に検出することが不可欠である。

[0004] 従来、例えば下記特許文献 1 に記載のように、振動検出センサの出力信号の中から 5 ～ 12 kHz の範囲の単一の共鳴周波数成分だけをバンドパスフィルタを用いて分離し、その出力の積分値がバックグラウンドレベル（ノックセンサの信号自体の過去値を加重平均して平均化したもの）より大きくなったか否かにより、ノッキングの発生を検出するものが知られている。

[0005] 特許文献 1 のように、単一の共鳴周波数成分だけを用いてノッキングの発生を検出する手法は、バックグラウンドレベルが高速回転時に大きくなり正確なノッキング発生の検出ができなかったり、機関の諸元が変化するとノッキングの共鳴周波数も変化して正確なノッキング発生の検出ができなかったりする課題があった。そこで下記特許文献 2 は、複数の共鳴周波数成分を取り出してノッキングの検出を行う方法を提案している。

[0006] 下記特許文献 3 は、バックグラウンドレベルを検出するために用いる遅れ

フィルタに起因する応答遅れを解決する手法を記載している。同文献においては、エンジン回転数変化により運転状態を検出し、その運転状態に基づきノッキング判定閾値を補正する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開昭58-45520号公報

特許文献2：特開平3-47449号公報

特許文献3：特開昭63-295864号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 燃費の向上や排気浄化性能の向上などの要求により、機関の圧縮比を上げる試みがなされている。他方で、圧縮比を上げることによりノッキングが発生し易くなるので、ノッキングの検出精度をさらに向上することが期待されている。

[0009] 特許文献2記載のように、複数の共鳴周波数成分を取り出してノッキングを検出する方法においてさらにノッキングの検出精度を高める場合、以下に述べるような課題を解決する必要がある。すなわち、ノッキングを検出するための1つのパラメータとして用いられるバックグラウンドレベルを算出するためには、ノッキングが発生していないときのノックセンサ入力の平均値を正確に算出する必要がある。例えば遅れフィルタを用いて平均値を算出する場合は、フィルタをより強くかける必要がある。一方、遅れフィルタは運転状態変動時に応答性が遅れる特性を有している。この応答遅れが大きいと、機関の負荷変動時にノッキング発生の誤検出による点火時期の誤差が発生し、特に、動力性能、排気ガス性能、燃料消費性能等に悪影響を及ぼす場合があった。

[0010] 特許文献3において、複数の共鳴周波数を用いて検出制度を向上させた場合、エンジン回転数変化によるノックセンサの出力増大のみならず、エンジ

ン負荷状態によるノックセンサの出力増大についても高精度に検出してしまふ。そのため、スロットル開度の急変によって上記と同様の誤検出の危険性が増大する可能性がある。

[0011] 本発明は、上記のような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、過渡時におけるノッキングの誤判定を抑制するとともに、エンジンの定常運転／過渡運転を問わずノック検出精度を向上させることができるノッキング検出装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明に係るノッキング検出装置は、内燃機関の運転状態に基づきバックグラウンドレベルを推定し、その推定値を用いてノッキング判定指標を算出する。

発明の効果

[0013] 本発明に係るノッキング検出装置によれば、過渡運転時においてバックグラウンドレベルを算出する際の追従性が高まるので、平滑化処理を強くかけることができる。これにより過渡時におけるノッキングの誤判定を抑制するとともに、エンジンの定常運転／過渡運転を問わずノック検出精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]ノッキングが発生していない時の振動センサ出力の周波数成分の解析結果を表わした図である。

[図2]ノッキングが発生した時の振動センサ出力の周波数成分の解析結果を表わした図である。

[図3]ノッキング判定指標を用いてノッキング発生の有無を判定する一般的原理について説明する図である。

[図4]過渡運転時におけるスロットル開度、エンジン回転数、周波数 f_i のバックグラウンドレベル BGL_i 、ノック指標、ノック判定信号（ノック有無を表す信号）の経時変化を示す例である。

[図5]エンジン点火装置のシステム構成図である。

[図6]コントロールユニット9のブロック図である。

[図7]ノッキング有無を判定する手順を説明するフローチャートである。

[図8]従来技術におけるノッキング有無を判定する手順を説明する演算チャートである。

[図9]本発明におけるノッキング有無を判定する手順を説明する演算チャートである。

[図10]CPU20が点火時期を演算する手順を説明するフローチャートである。

[図11]バックグラウンドレベルの推定値を記述したマップデータのイメージ図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下ではまず本発明におけるノッキング検出の一般的原理について説明する。その後、本発明の実施形態について説明する。

[0016] <ノッキング検出の一般的原理>

エンジンの振動には、例えば、ピストンの摩擦、クランク軸の回転、弁の作動等による多くの振動成分が含まれている。しかも、これらの振動成分はエンジン状態によって変化する。エンジンにノッキングが発生すると、ノッキングに特有な振動が発生する。ノッキングの発生有無の判定は、振動センサが検出するエンジン全体の振動からノッキングに特有な振動を分離することによってなされる。

[0017] 図1は、ノッキングが発生していない時の振動センサ出力の周波数成分の解析結果を表わした図である。ここでは略20KHzまでの範囲内における解析結果を例示したが、本発明の対象はこれに限らない。以下の図面においても同様である。

[0018] 図2は、ノッキングが発生した時の振動センサ出力の周波数成分の解析結果を表わした図である。図1と図2を比較すれば分かるように、ノッキングが発生している場合は、ノッキングが発生していない場合に比して、各々の共鳴周波数成分が大きくなっていることが理解できる。例えば、周波数 f_{10}

、 f_{01} 、 f_{11} 近傍においてノッキングが発生している。

[0019] 図3は、ノッキング判定指標を用いてノッキング発生の有無を判定する一般的原理について説明する図である。以下の原理説明においては、便宜上、図2で示した共鳴周波数 f_{10} （6.3 KHz）と f_{01} （13.0 KHz）の共鳴周波数成分 $\omega_{10}P(f_{10})$ 、 $\omega_{01}P(f_{01})$ を用いてノッキング判定指標を算出する例を説明する。ただし本発明はこれに拘束されるものではなく、任意の2以上の共鳴周波数成分を用いてノッキング発生の有無を判定することができる。

[0020] 振動センサは、ノッキング発生による振動とバックグラウンド振動（ノッキング以外の要因によって発生する振動）を合成して検出する。したがってノッキング判定指標 I は、ノッキングが発生していないときはバックグラウンド振動に対応する指標 I_b であり、ノッキングが発生したときはバックグラウンド振動に対応する指標 I_b とノッキングに対応する指標 I_k の合成により求められる。

[0021] ノッキング判定指標 I は、主要な共鳴周波数成分を用いて下記式1により表すことができる。 ω はエンジン回転数により定まる実数値である。 ω は1か0かの2値をとることもできる。 P は各共鳴周波数成分の振動強度（パワースペクトル）である。

[0022]
$$I = \omega_{10}P(f_{10}) + \omega_{20}P(f_{20}) + \omega_{01}P(f_{01}) + \omega_{30}P(f_{30}) + \omega_{11}P(f_{11}) \quad (\text{式1})$$

[0023] 図3に示すように、バックグラウンド振動の共鳴周波数成分によって示されるノッキング判定指標 I_b と、ノッキングの発生による振動の共鳴周波数成分によって示される指標 I_k とは、方向と大きさを異にしている。これは人間による聴覚試験でも明らかなように、ノック無の場合のエンジン音に対し、ノック有の場合は例えばカリカリ等という音で聴き分けられることに対応する。

[0024] バックグラウンド振動に対してノッキング発生による振動が加わると、ノッキング判定指標 I は閾値 I_{02} を超過する。これによりノッキングが発生し

ていることを判定することができる。以下本明細書において、式1の右辺の5つの項に限らず、振動センサの出力に含まれる複数の共鳴周波数成分を組み合わせるにより算出する指標は、すべてノッキング判定指標（以下ノック指標という）と定義する。

[0025] このように、バックグラウンド振動に加えてノッキング発生による特有な周波数成分を考慮してノック指標を算出するので、バックグラウンド振動が大きくなってもノッキング発生の有無を判定することができる。

[0026] <本発明におけるノッキング検出の基本的考え方>

本発明においては、ノック指標を算出する際に、従来と同様に、振動センサが検出した振動を周波数成分ごとに平均化することによりバックグラウンドレベルを算出する。この場合、ノッキングが発生していないとしても、例えばエンジンや燃焼振動の増大により振動強度が急変すると、バックグラウンドレベルの算出結果が最新状態に追従することができず、以下の図4で説明するようにノッキングを誤検出する可能性がある。

[0027] 図4は、過渡運転時におけるスロットル開度、エンジン回転数、周波数 f_i のバックグラウンドレベル BGL_i 、ノック指標、ノック判定信号（ノック有無を表す信号）の経時変化を示す例である。図4において、スロットル開度 TVO を全閉から全開にした場合、実際にエンジン回転数 N_e が立ち上がるのは遅れ時間をおいてからである。 BGL_i は本来破線で示したような動きであるが、平均化処理により BGL_i を算出すると実線で示したような遅れが生じてしまう。ノック指標は S/N 比（ BGL_i に対する各周波数成分成分の比）の計算により求めている。

[0028] 図4に示す例によれば、 BGL_i が遅れることにより、ノッキングが発生していないにもかかわらず、ノック指標は理論的なノック指標を超過し、その結果としてノッキングを誤判定していることが分かる。この理由についてさらに説明する。

[0029] バックグラウンドレベルが急増したとき、平均化処理を実施することにより求めるバックグラウンドレベルの算出結果が実際の値に対して遅れること

になる。ノック指標として BGL_i に対するノイズの比を用いる場合、バックグラウンドレベルの算出遅れはノック指標の分母が実際の値よりも小さくなることにつながり、したがってノック指標が本来の値よりも大きく算出されることになる。そうすると過渡運転状態においては、ノック指標とノック判定閾値との間のクリアランスが小さくなり、ノッキングが発生していないにもかかわらずノッキング有りと判定される可能性がある。図4に示す例はこのような状態を示している。

[0030] 本発明は、図4に例示するようにバックグラウンドレベルの算出結果が実際のバックグラウンドレベルに対して追従できずに遅れることに起因する誤判定を抑制する。具体的には、内燃機関の運転状態からバックグラウンドレベルを別途推定し、その推定結果を用いてノック指標を算出する。これにより、バックグラウンドレベルの算出遅れに起因するノッキング誤判定を抑制する。

[0031] <実施の形態1：装置構成>

図5は、エンジン点火装置のシステム構成図である。空気はエアクリーナ1の入口部より入り、ダクト3、絞弁を有するスロットルボディ5、吸気管6を通り、エンジン7のシリンダ内に吸入される。ダクト3には熱線式空気流量計2が設けられている。熱線式空気流量計2は、吸入空気量を検出してその結果を表す検出信号をコントロールユニット9に対して出力する。

[0032] 燃料は、図示していない燃料タンクからインジェクタ16を経て噴射され、吸入通路内で吸入空気と混合され、エンジン7のシリンダ内に供給される。混合気はエンジン7により圧縮され、点火プラグ15により着火される。爆発後の混合気は排気管8から排出される。排気管8には排気センサ11が設けられている。排気センサ11の検出結果を表す検出信号は、コントロールユニット9に対して入力される。

[0033] 点火コイル13により発生した高電圧は、分配器14によって各気筒に分配され、点火プラグ15に対して供給される。クランク角センサ12は、エンジンの回転状態を検出する。クランク角センサ12は、1回転毎の絶対位

置を示す R e f 信号および当該絶対位置からの所定角度移動した位置を示す P O S 信号を出力する。R e f 信号及び P O S 信号はコントロールユニット 9 に対して入力される。エンジン 7 には振動を検出する振動センサ（燃焼状態センサ）151 が取り付けられており、その検出結果を表す検出信号はコントロールユニット 9 に対して入力される。

[0034] 図 6 は、コントロールユニット 9 のブロック図である。コントロールユニット 9 は、各センサからの信号に基づいて燃料供給量や点火時期などを演算し、インジェクタ 16 と点火コイル 13 に対して制御信号を出力する。コントロールユニット 9 は、制御ブロック 34 とノッキング検出ブロック 35 に大別される。

[0035] 制御ブロック 34 は、CPU (Central Control Unit) 20、A/D変換器 21、ROM (Read Only Memory) 22、入力 I/O 23、RAM (Random Access Memory) 24、DPRAM (Dual Port RAM) 25、出力 I/O 26、バス 37 を備える。

[0036] ノッキング検出ブロック 35 は、CPU 29、ポート 27、タイミング回路 28、A/D変換器 30、ROM 31、RAM 32、クロック 33、オペレーショナル回路 38、バス 36 を備える。CPU 20 と CPU 29 の間のデータの交換は、例えば DPRAM 25 を介してなされる。

[0037] 熱線式空気流量計 2 によって検出された吸入空気量 Q_a は、A/D変換器 21 によってデジタル値に変換され、CPU 20 に取り込まれる。クランク角センサ 12 によって検出される R e f 信号及び P O S 信号は、入力 I/O 23 を通じて CPU 20 に取り込まれる。CPU 20 は、ROM 22 が格納しているプログラムにしたがって演算を実施し、演算結果は出力 I/O 26 を介して、燃料噴射量を指示する燃料噴射時間信号 T_{ij} 、点火時期を指示する点火時期信号 θ_{ign} として各アクチュエータに対して出力される。RAM 24 は演算処理中の必要なデータを格納する。

[0038] オペレーショナル回路 38 が上死点 (Top Dead Center)

を示すTDC信号を発生すると、タイミング回路28はCPU20がポート27に対して入力した内容にしたがって、クロック33の発生する周期信号を分周することによりサンプリング信号を発生する。A/D変換器30は、サンプリング信号が発生すると、振動センサ151の出力信号をデジタル値に変換する。

[0039] ノッキングを検出するための従来の振動センサは、13KHz付近で共振するが、本実施形態においては少なくとも18~20KHzまでの共鳴周波数成分を得るために、18KHz以上で共振するものを用いる。CPU29は、ROM31が格納しているプログラムにしたがって、サンプリングされたデジタル値をRAM32に格納するとともに、後述の図7で説明するフローチャートにしたがってノッキング発生の有無を判定する。ノッキング発生の有無の判定結果は、DPRAM25を介してCPU20に対して通知される。

[0040] <実施の形態1：ノッキング判定手順>

図7は、ノッキング有無を判定する手順を説明するフローチャートである。本フローチャートは、エンジンの爆発サイクル毎に実行されるものであり、CPU29に対して割り込みをかけることにより、CPU29が実施するものである。以下図7の各ステップについて説明する。

[0041] (図7：ステップS101~S102)

CPU29は、振動センサ151からの検出信号がA/D変換器30によって変換されたA/D変換値を取り込む(S101)。CPU29は、振動センサ151の検出信号を周波数分析する(S102)。この周波数分析は、例えば高速フーリエ変換やウォルシュフーリエ変換などによって実施することができる。

[0042] (図7：ステップS103)

CPU29は、ステップS102において分析した周波数成分のうち、共鳴周波数を含むものを複数個選択する。例えば8個の共鳴周波数を選択する。本ステップにおいて選択する周波数成分は、例えばエンジンの仕様などに

応じてあらかじめ定めておくことができる。

[0043] (図7：ステップS104)

CPU29は、振動強度を表わすS/N比を、ステップS103において選択した周波数成分毎に求める。具体的には、選択した周波数成分(f_1 、 $\dots$ 、 f_i)に対応するバックグラウンドレベル(BGL_1 、 $\dots$ 、 BGL_i)を平滑化処理により求め、周波数毎のS/N比 $SL_i = f_i / BGL_i$ を求める。ステップS103において8個の周波数成分を選択した場合は、 $SL_1 \sim SL_8$ を求めることになる。

[0044] (図7：ステップS104：補足)

本ステップにおいてバックグラウンドレベルを算出する際には、振動センサ151が検出した信号成分をそのまま用いるのではなく、バックグラウンドレベルの推定値をあらかじめ減算した上で加重平均を算出し、その後にバックグラウンドレベルの推定値を加算し直す。その結果に対する f_i の比率を、本ステップにおける SL_i として算出する。具体的な手順は後述の図8～図9で説明する。

[0045] (図7：ステップS105)

CPU29は、ステップS103において選択した周波数成分のうち、ステップS104において求めたS/N比が大きい順に m 個を抽出し、これらを合算することによりノック指標 I を求める。例えば上位5個の周波数成分のS/N比を抽出して加算することができる。

[0046] (図7：ステップS106)

CPU29は、判定閾値とステップS105において求めたノック指標 I を比較する(S106)。ノック指標 I のほうが大きい場合はステップS107へ進み、それ以外であればステップS111へ進む。

[0047] (図7：ステップS106：補足)

本ステップにおいて用いる判定閾値は、あらかじめ定めておくこともできるし、例えばエンジン回転数などの運転状態に基づき算出することもできる。算出手法としては、例えば運転状態と判定閾値との間の対応関係をあらかじめ

じめ定義したデータマップなどを用いることができるが、これに限られるものではない。

[0048] (図7：ステップS107～S108)

CPU29は、ノッキングが発生したと判断し(S107)、ノッキング発生を示すノックフラグに“1”をセットする(S108)。このノックフラグは、別に起動される点火制御タスクにおいて用いられる。

[0049] (図7：ステップS111)

CPU29は、ノッキングが発生していないと判断する。CPU29は、バックグラウンドレベル BGL_i を更新する。 BGL_i は、ステップS103において選択した周波数成分の振動強度を遅れフィルタ処理することにより求める。具体的には、周波数成分毎に $BGL_i = BGL_i \times (1 - \alpha) + f_i \times \alpha$ を求める。

[0050] (図7：ステップS112)

CPU29は、ノックフラグを“0”にセットする。

[0051] 以上、本発明におけるノッキング有無を判定する手順を説明した。以下では従来技術におけるノッキング有無を判定する手順と本発明を比較しながら、本発明における手順の詳細について説明する。

[0052] 図8は、従来技術におけるノッキング有無を判定する手順を説明する演算チャートである。各ステップはCPUが実施するものとする。以下図8における各演算ブロックの処理について説明する。

[0053] 振動センサはエンジンの振動を検出し(S301)、AD変換器はその検出結果をデジタル信号に変換する(S302)。振動信号に対して例えばバンドパスフィルタを適用することにより、ノック指標を算出するために用いる周波数成分(ここでは3つの周波数成分を例示した)を抽出する(S303)。CPUは、周波数成分ごとに加重平均を算出する(S304)。CPUは、算出した加重平均を適当な指標(例えばステップS104で説明したバックグラウンドレベルに対する比率)に変換する(S305)。CPUは、各周波数成分の指標を加算することによりノック指標を求める(S306)

）。ノック判定閾値は、ステップS106と同様に求めることができる（S307）。CPUは、ノック指標とノック判定閾値を比較することにより、ノッキング有無を判定する。

[0054] 図8の各演算ブロックには、過渡運転時における算出結果を模式的に示す図を併記している。過渡運転時においては、周波数成分が時間とともに増加する。S304において加重平均によりバックグラウンドレベルを算出すると、バックグラウンドレベルが実際よりも小さい値として得られるので、結果としてノック指標が大きくなり、誤判定が生じる可能性がある。

[0055] 図9は、本発明におけるノッキング有無を判定する手順を説明する演算チャートである。各ステップはCPU29が実施するものである。以下図9における各演算ブロックの処理について説明する。

[0056] ステップS301～S303は従来技術と同様である。これらは図7におけるS101～S103に対応する。

[0057] ステップS401において、CPU29は、例えばエンジン回転数や負荷などに基づきエンジンの運転状態を推定する。ROM31は、エンジンの運転状態とその運転状態における標準的なバックグラウンドレベルとの間の対応関係を記述したマップデータをあらかじめ格納している。バックグラウンドレベルは周波数成分ごとに記述されている。CPU29は、推定した運転状態に基づきマップデータを参照することにより、現在の運転状態におけるバックグラウンドレベルを推定する。本ステップは、ステップS104：補足で説明した処理に対応する。

[0058] ステップS402において、CPU29は、S303において抽出した周波数成分ごとに、対応する周波数成分のバックグラウンドレベルを減算する。これにより、回転数や負荷の変化によるバックグラウンドレベルの変動が後続の加重平均に対して入力されないことになるので、加重平均処理にともなう追従遅れを抑制することができる。ただし本ステップにおいて減算したバックグラウンドレベルは、加重平均後のステップS403において周波数成分ごとに足し戻すこととする。本ステップは、ステップS104：補足で

説明した処理に対応する。

[0059] ステップS304は従来技術と同様であるが、周波数成分ごとにあらかじめバックグラウンドレベルを減算した後に、改めて周波数成分ごとに加重平均を算出する点異なる。ステップS403において、CPU29は、周波数成分ごとの加重平均結果に対して、ステップS402で減算したバックグラウンドレベルを周波数成分ごとに足し戻す。これにより、信号レベルは減算前の水準まで戻されることになる。これらステップは、ステップS104：補足で説明した処理に対応する。

[0060] ステップS305は従来技術と同様であり、ステップS104に対応する。ただし S/N 比 SL_i を算出する際の分母はステップS403の結果であり、分子はステップS303において抽出した周波数成分である。本ステップに到達する前にステップS304とステップS403を介してバックグラウンドレベルの過渡変動が除去されているので、従来技術とは異なり過渡変動にともなう誤判定を抑制することができる。ステップS306以降は従来技術と同様でありステップS105以降に対応する。

[0061] 図10は、CPU20が点火時期を演算する手順を説明するフローチャートである。CPU20は、周期的に（例えば10msec毎）起動される。以下図10の各ステップについて説明する。

[0062] (図10：ステップS201)

CPU20は、RAM24内に設定された所定のレジスタからエンジン回転数 N と吸入空気量 Q を読みこむ。

[0063] (図10：ステップS202)

CPU20は、単位回転数当たりの吸入空気量 Q/N （基本燃料噴射量）を演算し、さらに吸入空気量 Q/N から燃料噴射時間幅 T_i を求める。CPU20は、ROM22内に格納されている基本点火時期マップから基本点火時期 θ_{base} を求める。基本点火時期マップは、吸入空気量 Q/N 、回転数 N 、および基本点火時期 θ_{base} の対応関係を記述したデータマップである。

[0064] (図10：ステップS203)

CPU20は、ロックフラグ（CPU29が図7にしたがって求めたもの）にしたがってノッキング発生の有無を判定する。ノッキングが発生していればステップS213へ進み、発生していなければステップS204へ進む。

[0065]（図10：ステップS213）

CPU20は、点火時期 θ_{adv} から所定の遅角量 $\Delta\theta_{ret}$ を減算する。この減算によって点火時期が遅角（リタード）される。

[0066]（図10：ステップS214）

CPU20は、カウント値Aを初期化してステップS208に進む。カウント値Aは、ノッキング発生回数をカウントするための変数である。カウント値Aの使い方については後述のステップで説明する。

[0067]（図10：ステップS204）

CPU20は、カウント値Aを1つカウントアップする（S204）。CPU20は、カウント値Aが所定値（例えば50）に到達したか否かを判断する。到達している場合はステップS206へ進み、到達していない場合はステップS208へスキップする。

[0068]（図10：ステップS206～S207）

CPU20は、進角値 θ_{adv} に対して所定の進角量 $\Delta\theta_{adv}$ を加算する。この加算により、ステップS213において遅角された点火時期がリカバーされることになる。本フローチャートを10msec毎に起動する場合、カウント値Aが50に到達した時点において、カウント値Aが初期化されてから0.5秒が経過したことになる。すなわち本ステップは、ノッキング発生により点火時期を遅角させてから0.5秒が経過する毎に、点火時期をリカバーするものである。CPU20は、Aを初期化する。

[0069]（図10：ステップS208）

CPU20は、基本点火時期 θ_{base} に対して進角値 θ_{adv} を加えることにより、点火時期 θ_{ign} を演算する。

[0070]（図10：ステップS209）

CPU20は、ROM22内に格納されている最大進角値マップから最大進角値 θ_{res} を読み出す。最大進角値マップは、吸入空気量 Q/N 、回転数 N 、および基本点火時期 θ_{res} の対応関係を記述したデータマップである。

[0071] (図10: ステップS210~S211)

CPU20は、点火時期 θ_{ign} が最大進角値 θ_{res} を超えたかを判断する。超えていなければステップS212へスキップする。超えている場合、 θ_{ign} は進角しすぎているので、ステップS211において点火時期 θ_{ign} を最大進角値 θ_{res} にセットする。

[0072] (図10: ステップS212)

CPU20は、エンジン状態に応じて、ディレイ時間 t_d 、サンプリング点数 n_s 、分周比 t_s をポート27に対して出力する。分周比 t_s によって振動センサ151の出力のデジタル値のサンプリング周期が決まり、サンプリング点数 n_s によってサンプリング点数が決まる。

[0073] <実施の形態1: まとめ>

本実施形態1に係るコントロールユニット（ノッキング検出装置）9は、振動センサ151の周波数成分からバックグラウンドレベルの推定値をあらかじめ減算した上で加重平均し、その後にバックグラウンドレベルの推定値を足し戻す。これにより、加重平均処理においてはバックグラウンドレベルの過渡変動が除外されるので、その過渡変動にともなう算出遅れとこれを原因とするノッキング誤検出を抑制することができる。したがって、全ての運転状態において化点火時期を最適に制御することが可能となる。

[0074] <実施の形態2>

図11は、バックグラウンドレベルの推定値を記述したマップデータのイメージ図である。マップデータは、エンジン回転数（または変化率）、エンジン負荷（または変化率）、バックグラウンドレベル（または規定レベルに対する補正值）の対応関係を記述している。図11に示す例においては、高回転側／高負荷側でバックグラウンドレベルが上がる傾向がある。

[0075] バックグラウンドレベルを推定するその他手法として、CPU29は、ス

ロットルセンサ信号（スロットル開度を表す信号）、吸入空気量信号（エンジンに対する吸入空気量を表す信号）、燃料噴射パルス信号（燃料噴射を指示するパルス信号）、吸気管圧力信号（吸気管 6 の内部の圧力を表す信号）などの負荷状態を表すセンサ信号を取得し、これら信号に基づき運転状態を推定してもよい。これら信号と運転状態との間の対応関係は、例えば図 1 1 と同様のマップデータなどによって記述することもできるし、その他適当な手法により運転状態を算出することもできる。さらには、図 1 1 に例示するエンジン回転数とエンジン負荷のマップデータを組み合わせてもよい。

[0076] <本発明の変形例について>

本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換える事が可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について他の構成の追加・削除・置換をすることができる。

[0077] 以上の実施形態において、CPU 2 9（周波数分析器、平滑化器、バックグラウンドレベル推定器、指標算出器、判定器に相当）がソフトウェアを実行することによりノッキング検出のための各ステップを実施することを説明したが、同等の機能を回路デバイスなどのハードウェアにより実装してもよい。例えば周波数分析、平滑化、マップデータから推定値を取得する処理、ノック指標の算出、閾値判定のうちいずれか 1 以上を、回路デバイスによって実装してもよい。

[0078] シリンダブロックに取り付けられた振動センサ 1 5 1 からの出力は、エンジン回転数や負荷の上昇により増大する特性を持っている。これは、エンジン内でのピストンスラッジなどのメカニカルノイズや燃焼モード変化によるものである。したがってステップ S 1 0 3 において、シリンダごとに異なる周波数成分を選択することもできる。

[0079] 振動センサ 151 は、インジェクタ 16 が動作することに起因するインジェクタノイズを取得するため、インジェクタ 16 を作動させる期間をサンプリングウィンドウとしてセットしてそのウィンドウ内でインジェクタノイズを取得する。このインジェクタノイズはノック指標を算出する際に不要であるので、除去することが望ましい。そこで、想定されるインジェクタノイズを記述したデータをあらかじめ ROM 22 などに格納しておき、CPU 29 はサンプリングウィンドウ内における振動センサ 151 の検出結果からそのインジェクタノイズを減算してもよい。これにより、インジェクタノイズに影響されることなくノック指標を正確に算出することができる。

[0080] バックグラウンドレベルの推定値を記述したマップデータは、標準的なバックグラウンドレベルを記述するものであるので、バックグラウンドレベルの過渡的な変動については同マップデータ内に記述しないことが望ましい。例えば、エンジン回転数やエンジン負荷が急増したときバックグラウンドレベルも急増することが想定されるが、そのような急変するバックグラウンドレベルについてはマップデータ内に記述しないこととする。具体的には、バックグラウンドレベルの変動率がある範囲以内のもののみマップデータ内に記述することが望ましい。

[0081] 振動センサ 151 の検出結果から抽出した周波数成分は、必ずしも全て抽出する必要はなく、例えば代表的な周波数成分のみ抽出して他の周波数成分は補間処理により補うこともできる。補間処理のための演算式は、例えば試験結果などにに基づきあらかじめ定めておくことができる。これにより周波数成分を抽出するための演算負荷を抑制することができる。

[0082] 以上の実施形態においては、バックグラウンドレベルに対する周波数成分の比率（S／N比）をその周波数成分のノック指標として算出しているが、比率に代えてバックグラウンドレベルに対する差分をノック指標として用いてもよい。

符号の説明

[0083] 1：エアクリーナ、2：熱線式空気流量計、3：ダクト、5：スロットル

ボディ、 6 : 吸気管、 7 : エンジン、 8 : 排気管、 9 : コントロールユニット、 11 : 排気センサ、 12 : クランク角センサ、 13 : 点火コイル、 14 : 分配器、 15 : 点火プラグ、 16 : インジェクタ、 151 : 振動センサ。

請求の範囲

- [請求項1] 内燃機関のノッキングを検出するノッキング検出装置であって、
前記内燃機関の振動を検出する振動センサ、
前記振動センサが検出した振動から2以上の周波数成分を抽出する周波数分析器、
前記周波数成分を平滑化することにより前記内燃機関の振動のバックグラウンドレベルを算出する平滑化器、
前記内燃機関の運転状態に基づき前記内燃機関のバックグラウンドレベルの推定値を取得するバックグラウンドレベル推定器、
前記周波数成分、前記バックグラウンドレベル、および前記推定値を用いて、前記内燃機関のノッキング有無を表すノッキング指標を算出する指標算出器、
前記ノッキング指標を判定閾値と比較することにより前記内燃機関のノッキングが生じているか否かを判定する判定器、
を備えることを特徴とするノッキング検出装置。
- [請求項2] 前記指標算出器は、前記周波数成分から前記推定値を減算した後にその減算後の前記周波数成分を平滑化し、前記平滑化した周波数成分を合算することにより前記ノッキング指標を算出することを特徴とする請求項1記載のノッキング検出装置。
- [請求項3] 前記バックグラウンドレベル推定器は、前記周波数成分に対応する周波数ごとに前記推定値を取得し、
前記指標算出器は、前記平滑化した周波数成分に対して前記周波数ごとの推定値を合算することにより前記ノッキング指標を算出することを特徴とする請求項2記載のノッキング検出装置。
- [請求項4] 前記指標算出器は、前記周波数ごとの推定値を合算した結果に対する、前記周波数成分の比または差分を、前記周波数ごとに算出し、その算出結果を合算することにより、前記ノッキング指標を算出することを特徴とする請求項3記載のノッキング検出装置。

[請求項5] 前記ノッキング検出装置は、前記内燃機関の負荷、前記内燃機関の回転数、および前記推定値の対応関係を記述したマップデータを格納する記憶装置を備え、

前記バックグラウンドレベル推定器は、前記内燃機関の負荷と前記内燃機関の回転数を用いて前記マップデータを参照することにより、前記推定値を取得する

ことを特徴とする請求項1記載のノッキング検出装置。

[請求項6] 前記バックグラウンドレベル推定器は、

前記内燃機関が備えるスロットルの開閉状態を表すスロットルセンサ信号、

前記内燃機関に対する吸入空気量を表す吸入空気量信号、

前記内燃機関の内部における燃料噴射を指示する燃料噴射パルス信号、

前記内燃機関に接続された吸気管の内部の圧力を示す吸気管圧力信号、

のうち少なくともいずれかを取得し、

前記バックグラウンドレベル推定器は、前記取得したスロットルセンサ信号、前記取得した吸入空気量信号、前記取得した燃料噴射パルス信号、前記取得した吸気管圧力信号のうち少なくともいずれかを用いて、前記推定値を取得する

ことを特徴とする請求項1記載のノッキング検出装置。

[請求項7] 前記ノッキング検出装置は、前記内燃機関が備えるインジェクタが発生させるインジェクタノイズの想定値を記述したデータを格納する記憶装置を備え、

前記平滑化器は、前記周波数成分から前記想定値を減算することにより、前記インジェクタノイズに対応する成分を除去する

ことを特徴とする請求項1記載のノッキング検出装置。

[請求項8] 前記平滑化器は、前記周波数分析器が抽出していない周波数成分を

、前記周波数分析器が抽出した周波数成分を用いて補間することにより補う

ことを特徴とする請求項 1 記載のノッキング検出装置。

[請求項9]

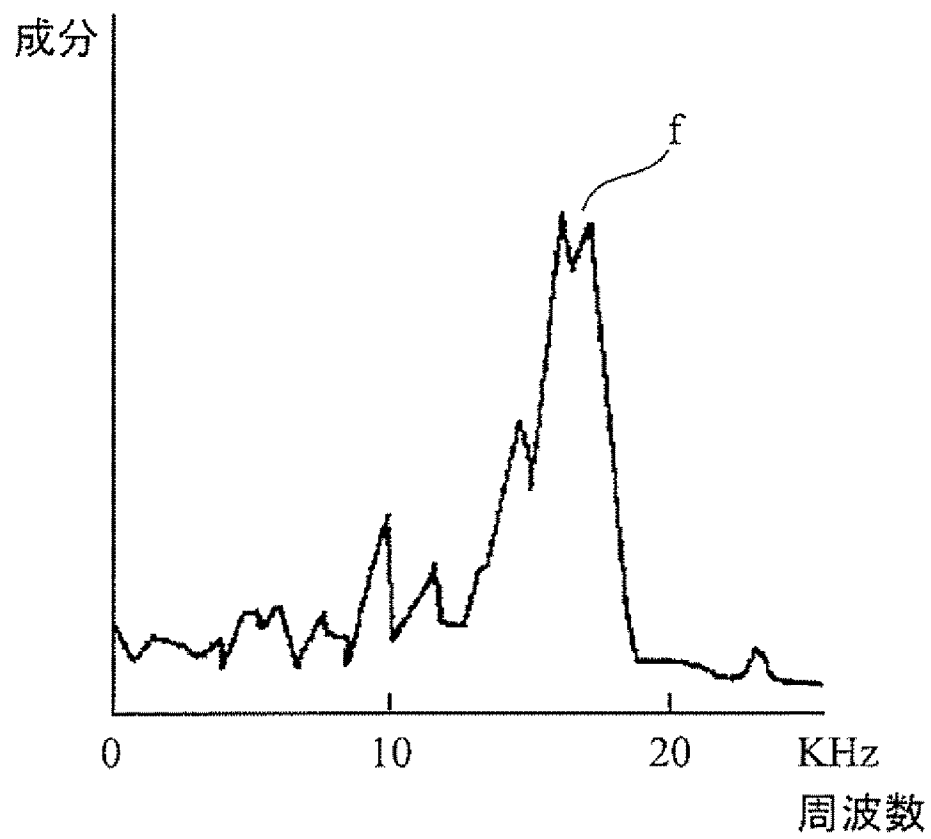
請求項 1 記載のノッキング検出装置、

前記ノッキング指標を用いて前記内燃機関の点火時期を制御する制御装置、

を備えることを特徴とする内燃機関制御装置。

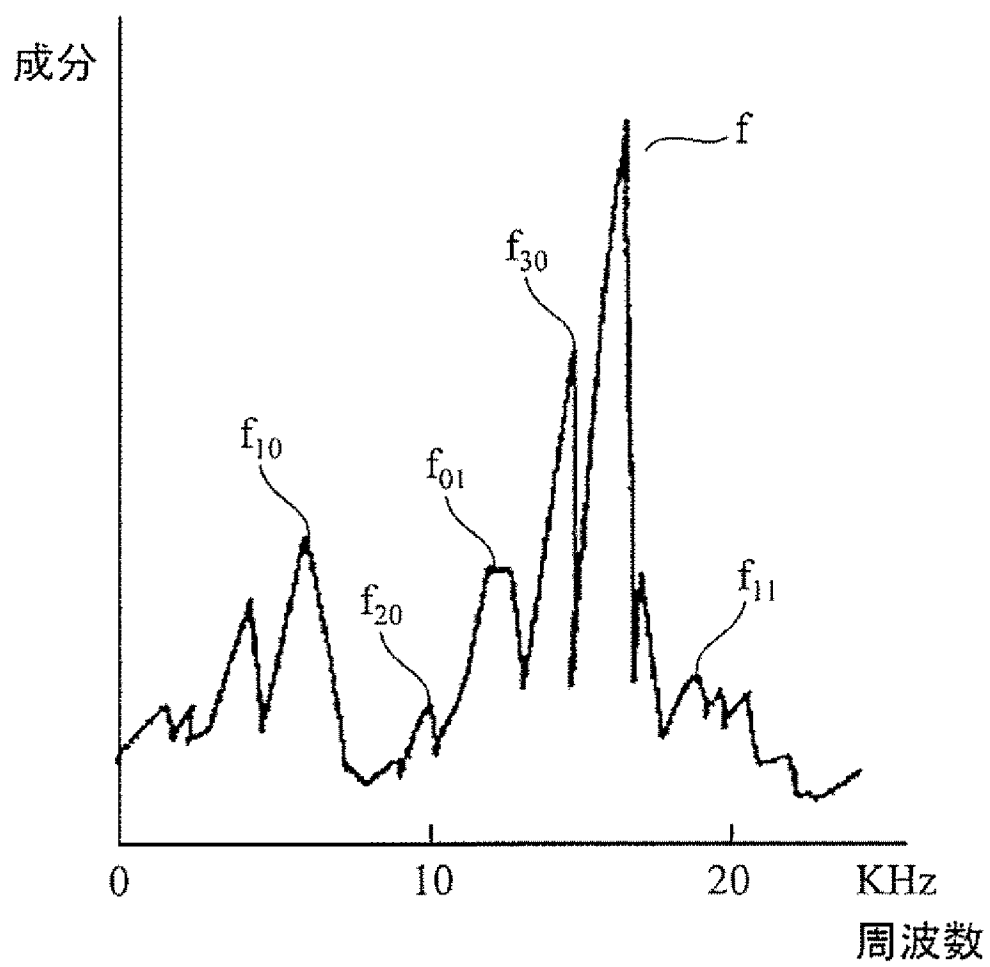
[図1]

図 1



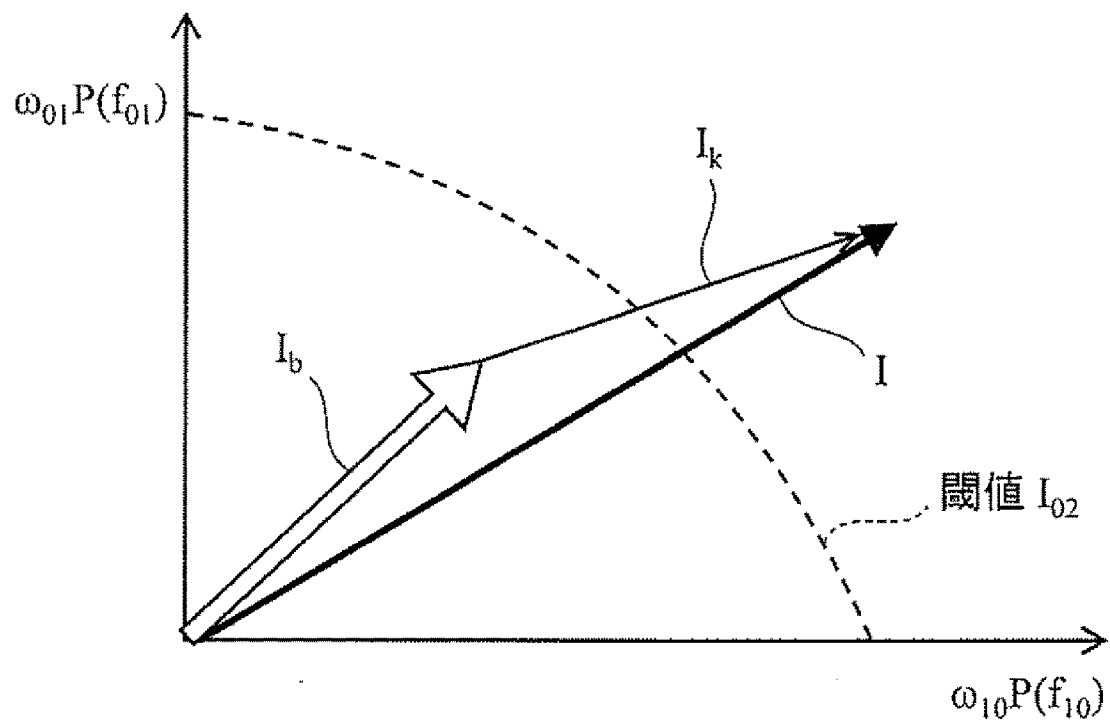
[図2]

図 2



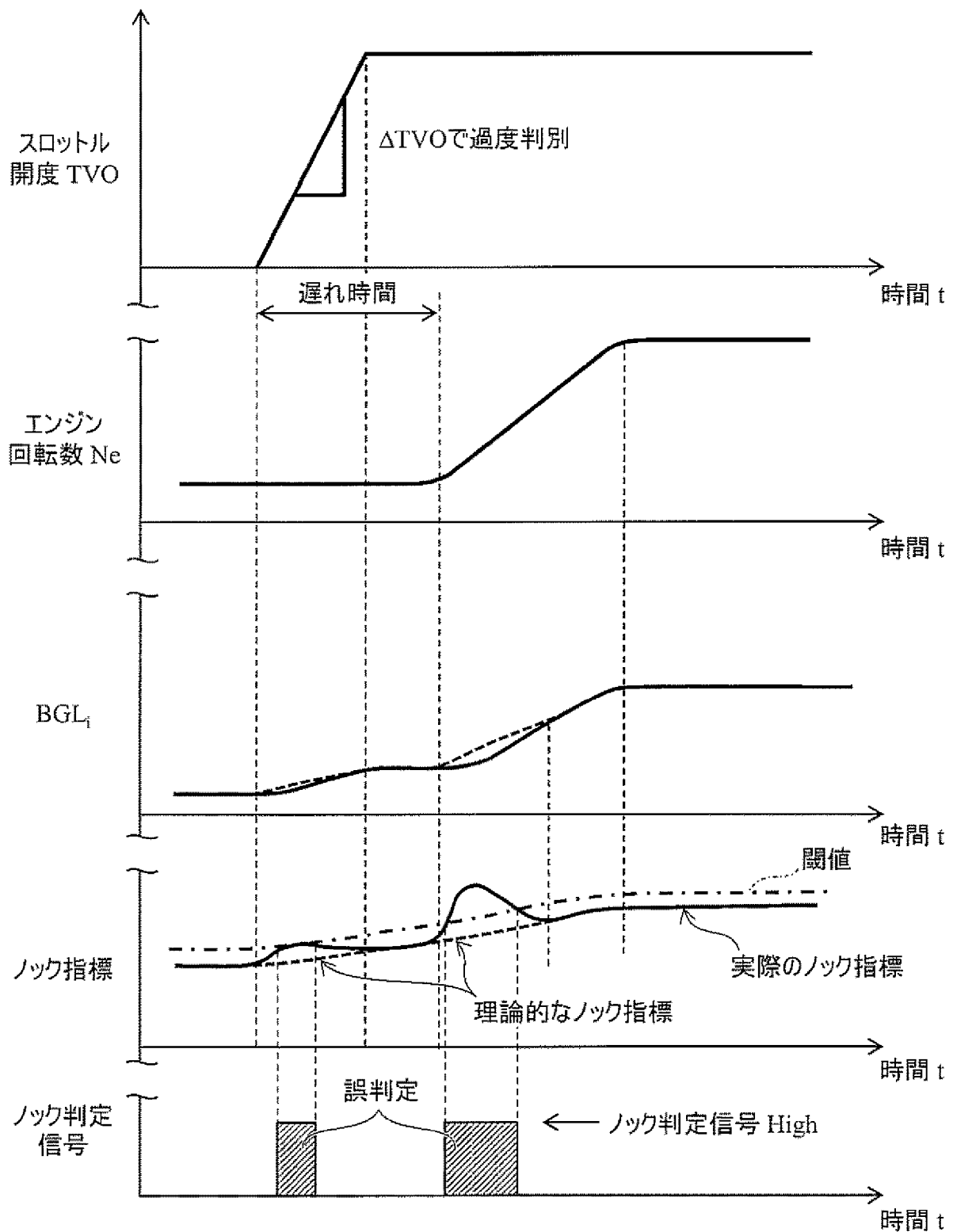
[図3]

図 3



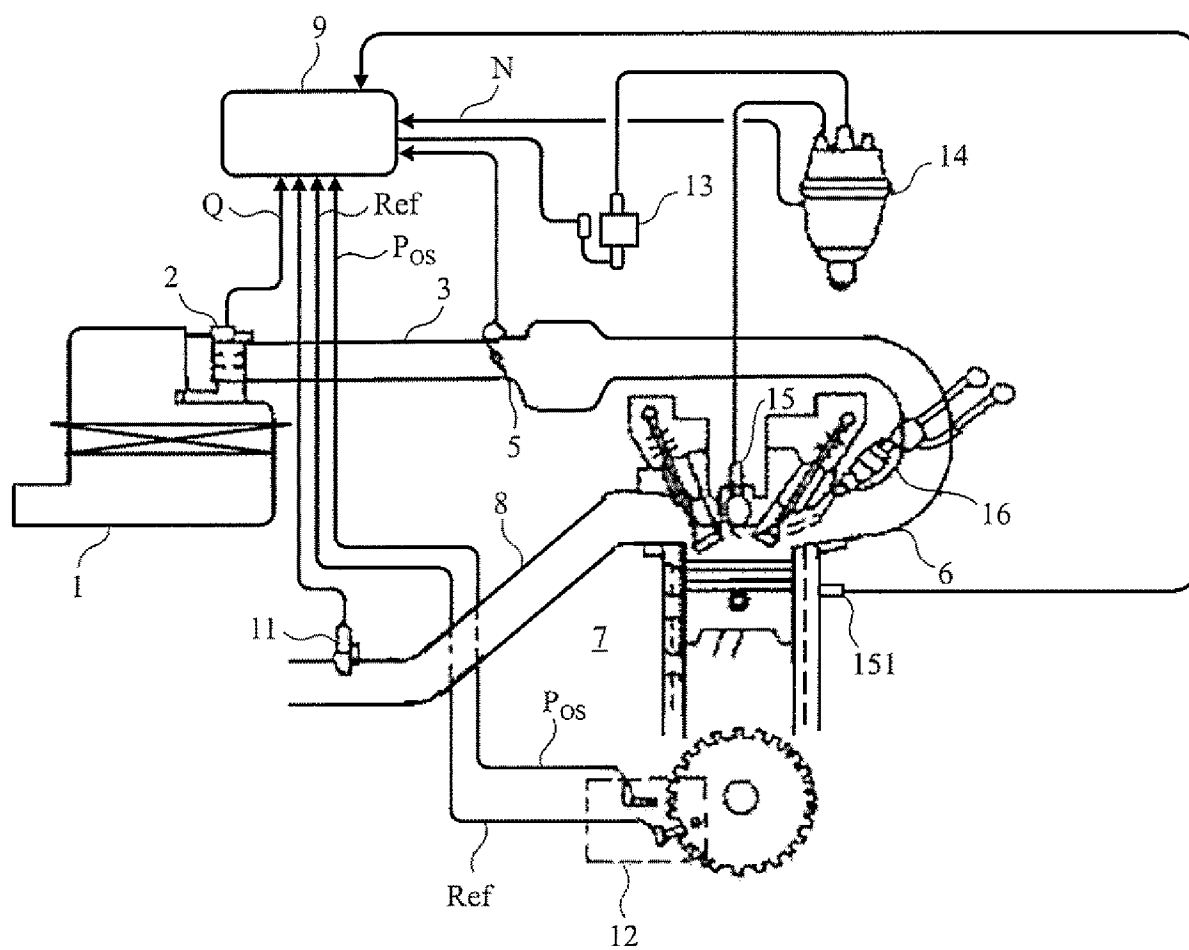
[図4]

図 4



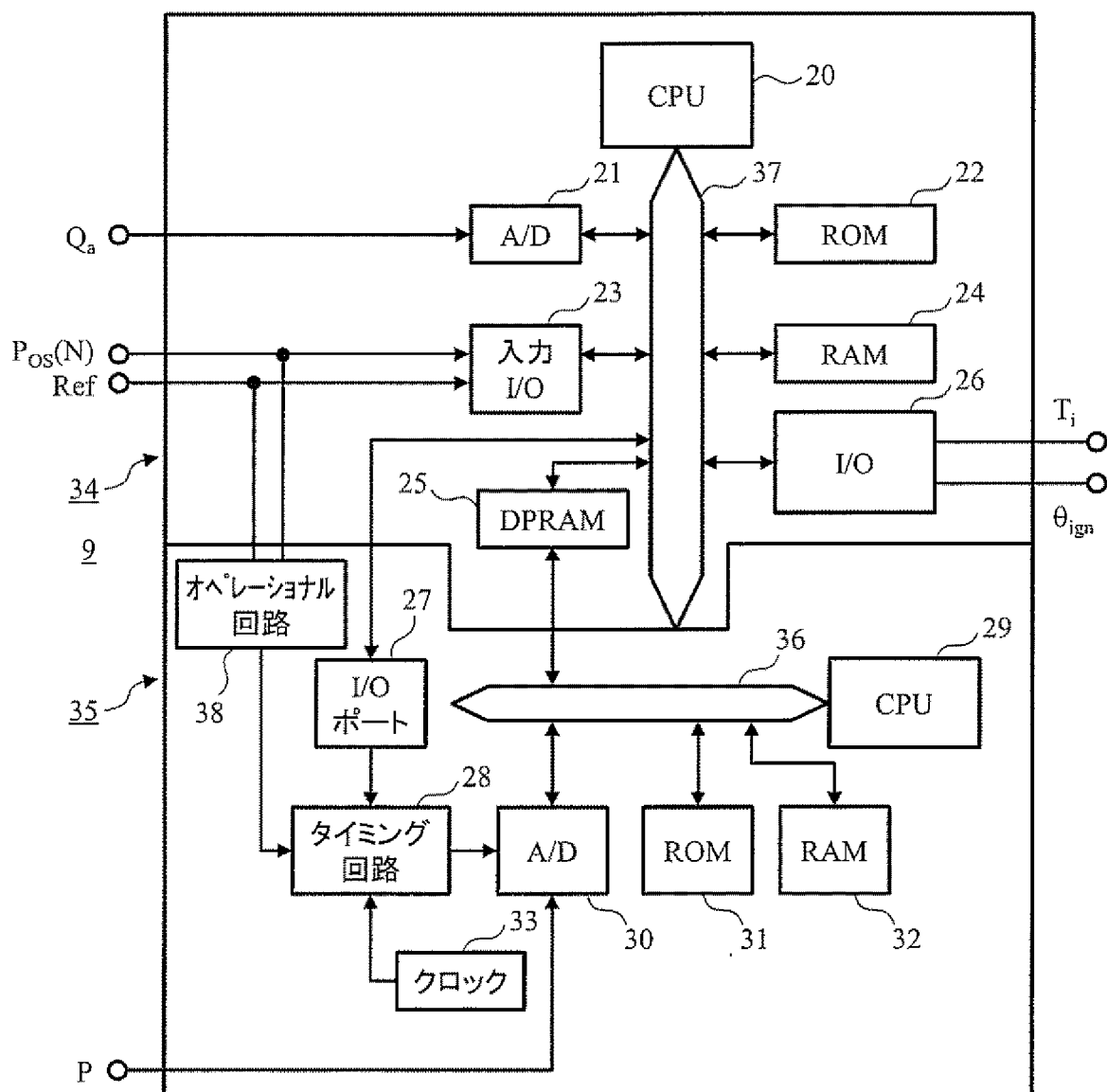
[図5]

図 5



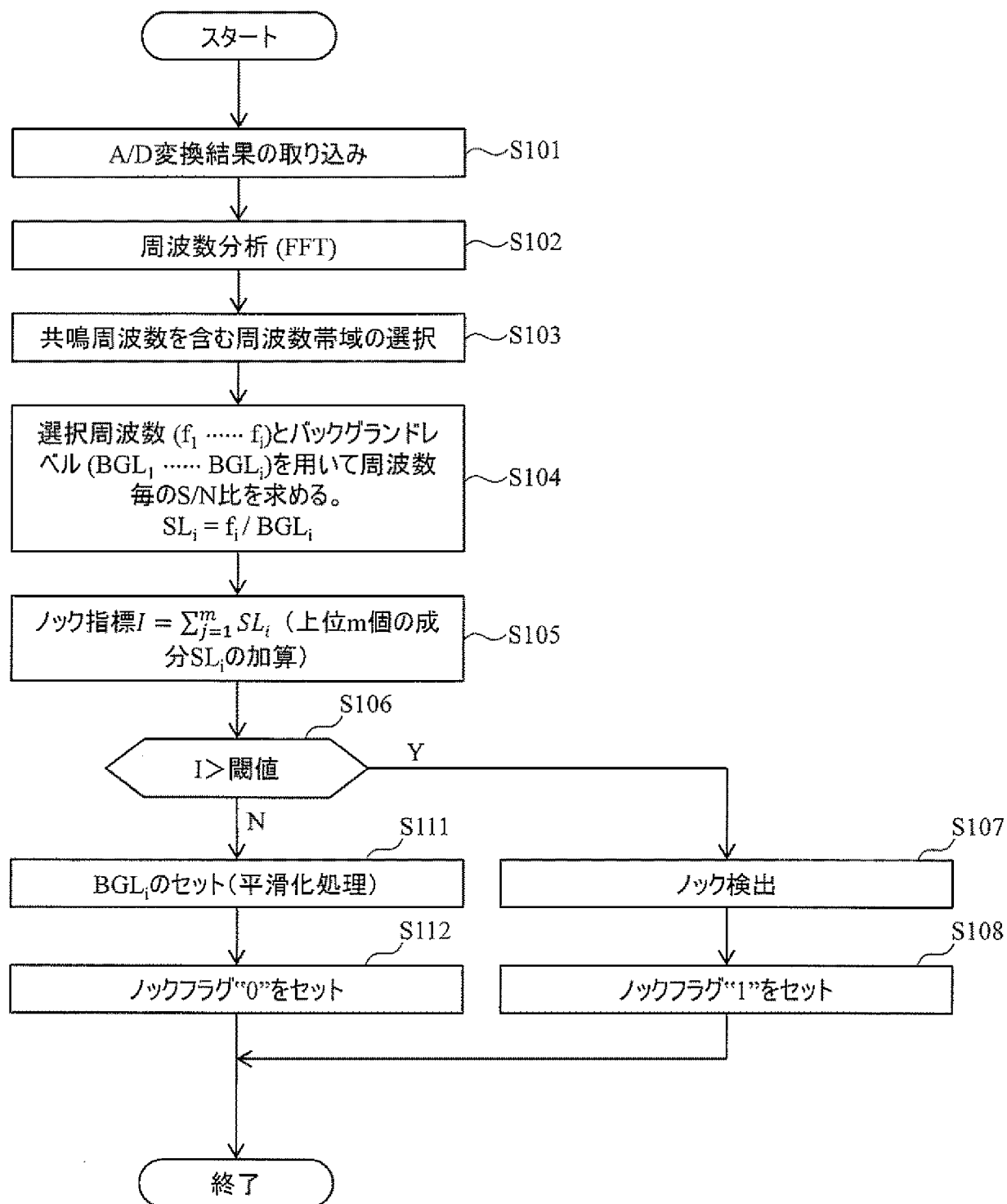
[図6]

図 6



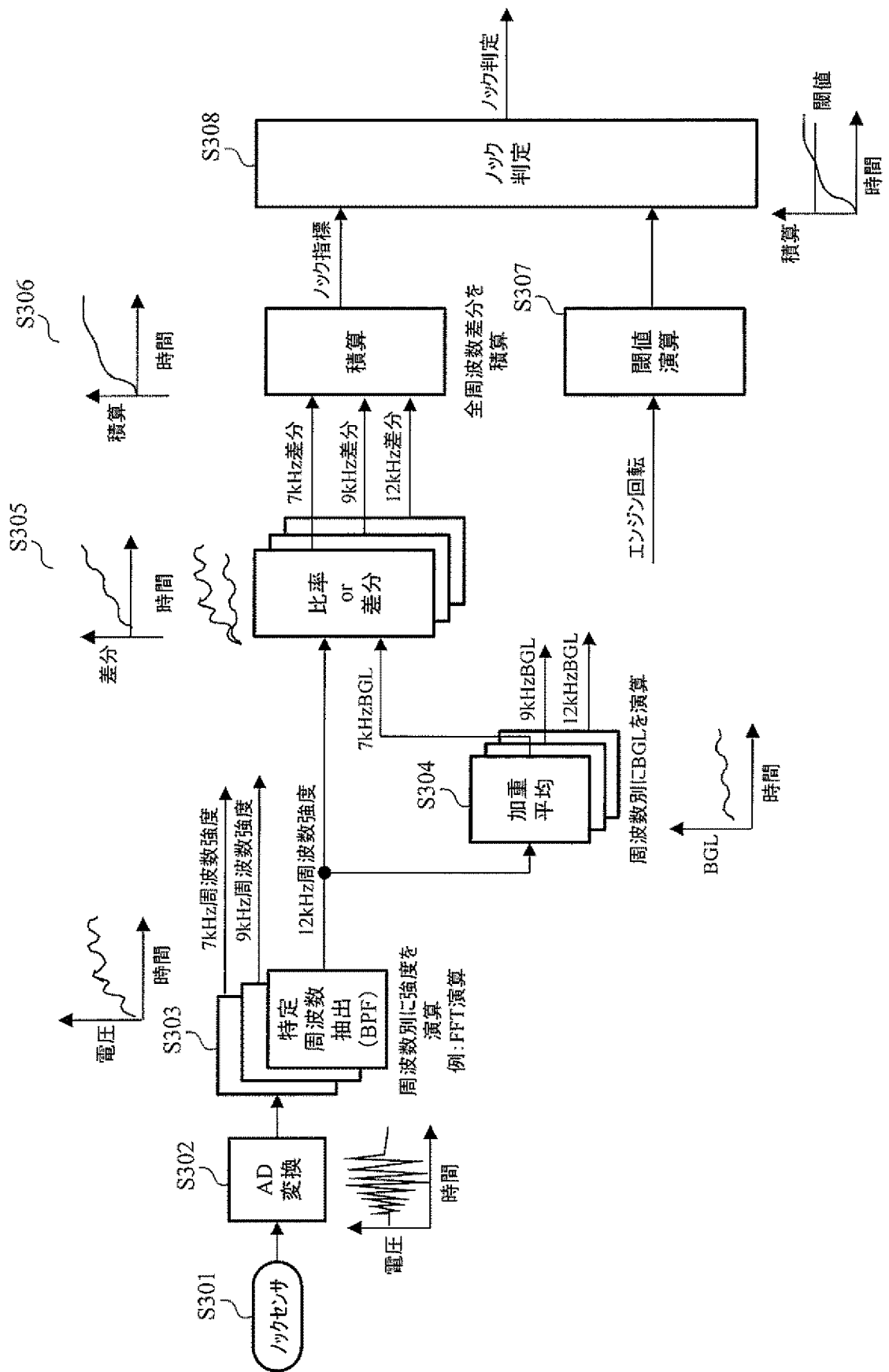
[図7]

図 7

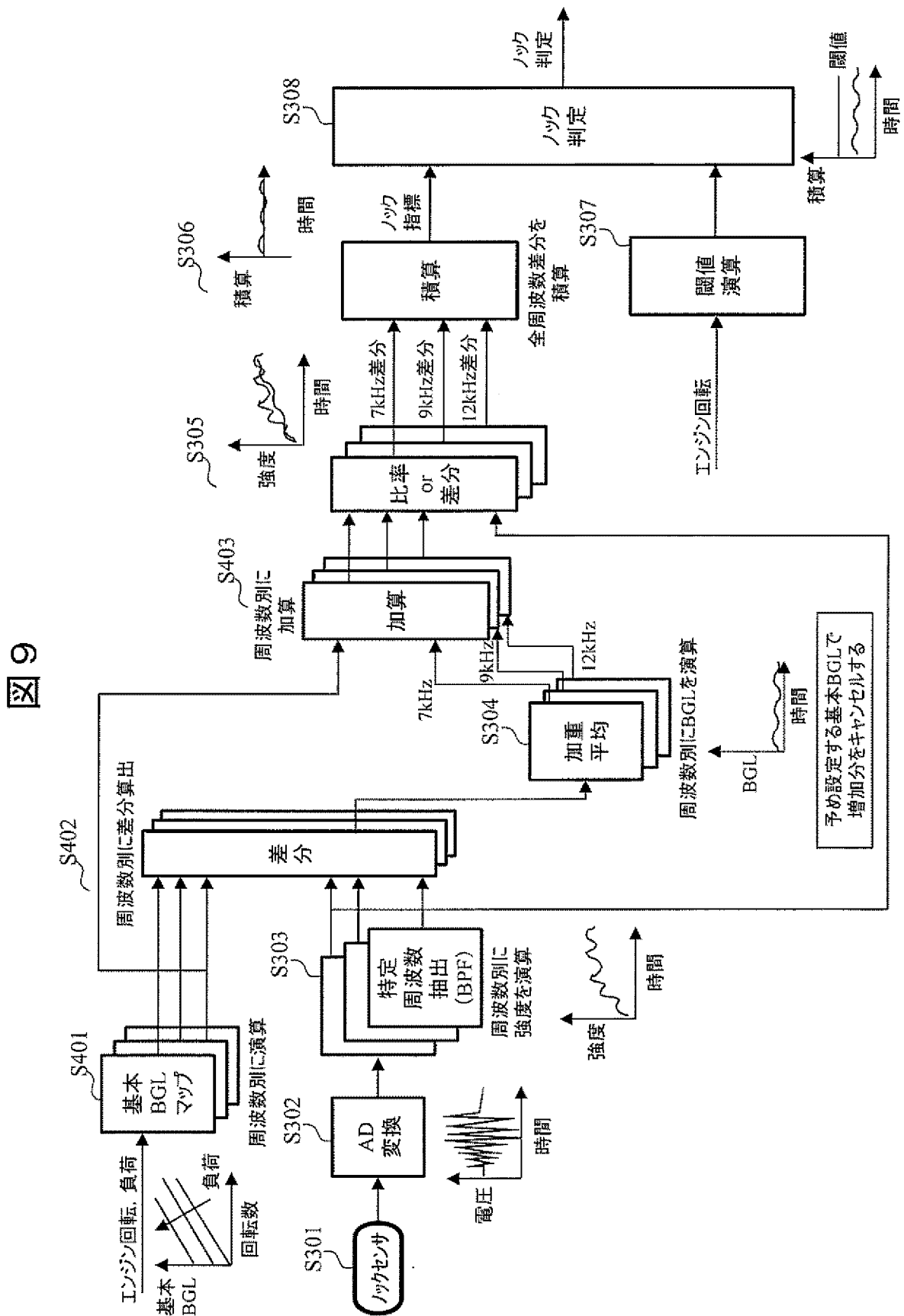


[図8]

図8

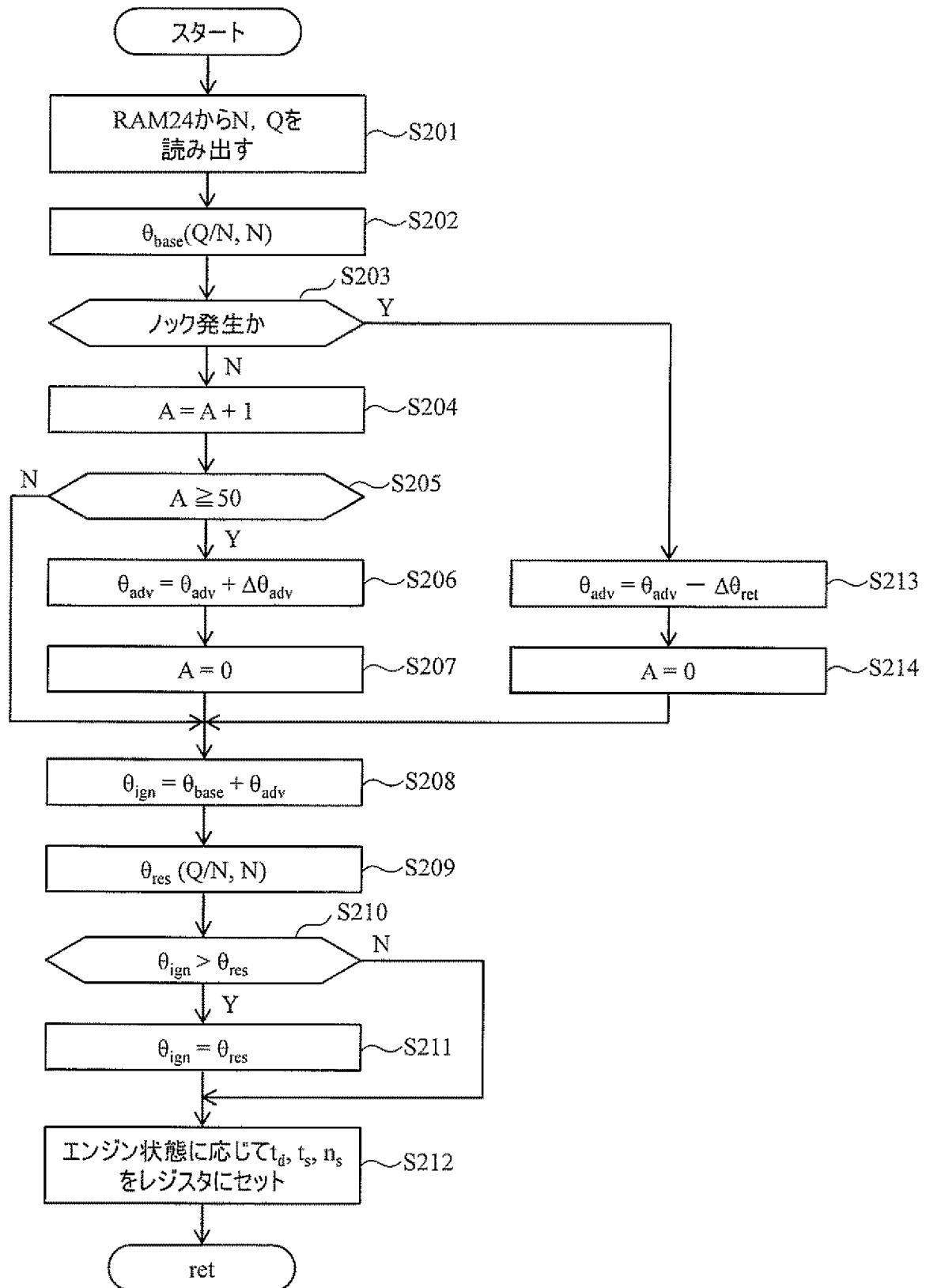


[図9]



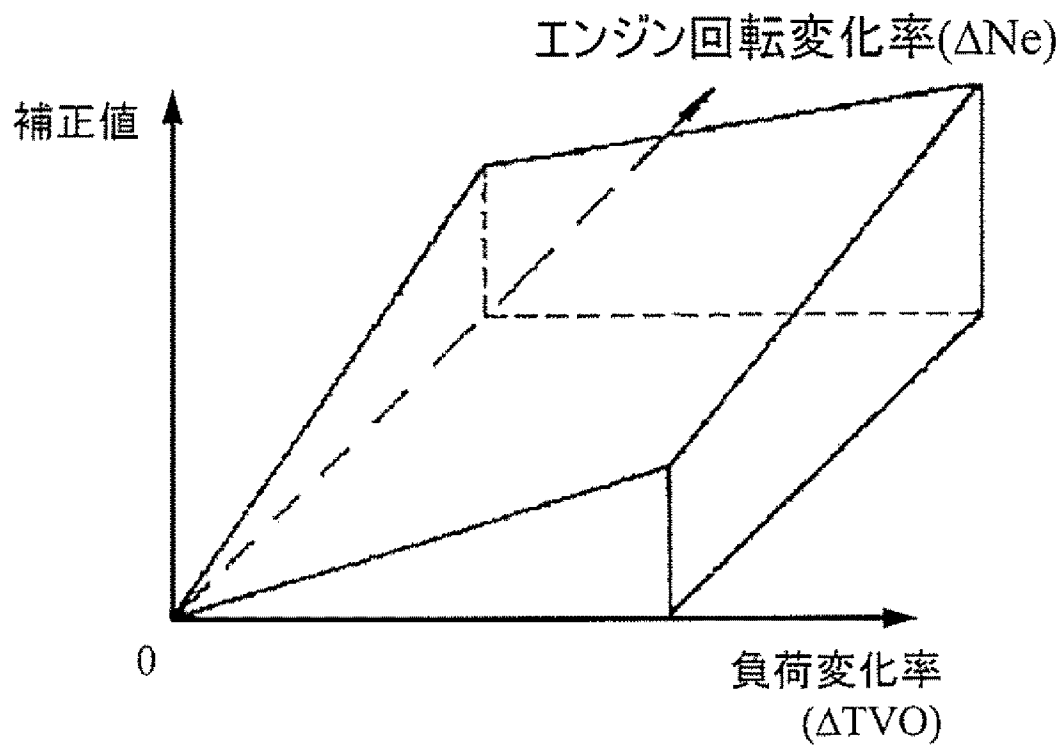
[図10]

図 10



[図11]

図 1 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000697

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D45/00(2006.01)i, F02P5/152(2006.01)i, G01H17/00(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)

F02D45/00, F02P5/152, G01H17/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 6-249047 A (Hitachi, Ltd.), 06 September 1994 (06.09.1994), abstract; claims 1 to 16; paragraphs [0001] to [0062]; fig. 1 to 21 (Family: none)	1, 5-9 2-4

☐ 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
28 April 2017 (28.04.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02D45/00(2006.01)i, F02P5/152(2006.01)i, G01H17/00(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. F02D45/00, F02P5/152, G01H17/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 6-249047 A（株式会社日立製作所）1994.09.06, 要約, 請求項 1-16, 段落 0001-0062, 図 1-21（ファミリーなし）	1, 5-9 2-4

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

28.04.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

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）

戸田 耕太郎

3Z

9329

電話番号 03-3581-1101 内線 3395