

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4410674号
(P4410674)

(45) 発行日 平成22年2月3日(2010.2.3)

(24) 登録日 平成21年11月20日(2009.11.20)

(51) Int.Cl.

F 1

F02D 45/00 (2006.01)

F02D 45/00 368D

F02P 5/152 (2006.01)

F02D 45/00 345B

F02P 5/153 (2006.01)

F02D 45/00 368C

F02P 5/15 D

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願2004-371489 (P2004-371489)

(22) 出願日

平成16年12月22日 (2004.12.22)

(65) 公開番号

特開2005-330954 (P2005-330954A)

(43) 公開日

平成17年12月2日 (2005.12.2)

審査請求日

平成19年12月10日 (2007.12.10)

(31) 優先権主張番号

特願2004-127025 (P2004-127025)

(32) 優先日

平成16年4月22日 (2004.4.22)

(33) 優先権主張国

日本国 (JP)

(73) 特許権者 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(73) 特許権者 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎

(74) 代理人 100085132

弁理士 森田 俊雄

(74) 代理人 100112715

弁理士 松山 隆夫

(74) 代理人 100112852

弁理士 武藤 正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】内燃機関のノッキング判定装置およびその装置を含む点火制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関のノッキング判定装置であって、

前記内燃機関のクランク角を検出するためのクランク角検出手段と、

予め定められたクランク角の間ににおける前記内燃機関の振動の波形を検出するための波形検出手段と、

ノッキングが発生した場合の振動の波形として作成されたノック波形モデルを予め記憶するための記憶手段と、

前記波形検出手段により検出された波形と前記ノック波形モデルとを比較した結果に基づいて、前記内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための判定手段とを含み、

前記判定手段は、前記内燃機関の点火時期が、予め定められたクランク角よりも遅角している場合、前記波形検出手段により検出された波形のうち、予め定められた周波数よりも高い周波数の振動の波形と前記ノック波形モデルとを比較した結果に基づいて、前記内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む、内燃機関のノッキング判定装置。

【請求項2】

請求項1に記載の前記ノッキング判定装置と、

前記ノッキング判定装置によりノッキングが発生したと判定された場合、前記内燃機関の点火時期を遅角させる遅角装置とを含む、点火制御システム。

10

20

【請求項 3】

前記ノッキング判定装置は、前記内燃機関の振動の強度を複数検出するための振動検出手段をさらに含み、

前記波形検出手段は、各強度を、検出された強度のうちの最大値で除算することにより、前記内燃機関の振動の波形を検出するための手段を含み、

前記ノック波形モデルは、振動の強度がクランク角と一義的には対応せず、かつ0から1の無次元数で表わされるように作成される、請求項1に記載の内燃機関のノッキング判定装置。

【請求項 4】

前記振動検出手段は、前記振動の強度を、予め定められた間隔で検出するための手段を含む、請求項3に記載の内燃機関のノッキング判定装置。 10

【請求項 5】

前記判定手段は、前記波形検出手段により検出された波形において振動の強度が最大になるタイミングと前記ノック波形モデルにおいて振動の強度が最大になるタイミングとを一致させた状態において、前記波形検出手段により検出された波形と前記ノック波形モデルとを比較した結果に基づいて、前記内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む、請求項3に記載の内燃機関のノッキング判定装置。

【請求項 6】

前記ノッキング判定装置は、前記波形検出手段により検出された波形および前記ノック波形モデルの偏差を算出するための手段をさらに含み、 20

前記判定手段は、前記偏差に基づいて、前記内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む、請求項3に記載の内燃機関のノッキング判定装置。

【請求項 7】

前記判定手段は、前記偏差に加えて、前記振動の強度の最大値に基づいて、前記内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む、請求項6に記載の内燃機関のノッキング判定装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ノッキング判定装置およびその装置を含む点火制御システムに関し、特に、内燃機関の振動の波形に基づいて、ノッキングが発生したか否かを判定する内燃機関のノッキング判定装置およびその装置を含む点火制御システムに関する。 30

【背景技術】**【0002】**

従来より、内燃機関のノッキングを検出する技術が知られている。特開2000-205096号公報（特許文献1）は、ノッキングを精度よく検出することができる内燃機関のノッキング検出手装置を開示する。この公報に記載のノッキング検出手装置は、内燃機関の機械的振動を検出してノッキング信号を出力するノッキング検出部と、ノッキング検出部のノッキング信号とノッキング判定レベルとに基づいてノッキングの判定を行なうノッキング判定部とを含む。ノッキング判定レベルは、バックグラウンドレベルBG（ノッキングが発生していないときのノッキング検出部の出力レベル）から機械振動ノイズ成分及び電気ノイズ成分を差し引いた値に適合定数Kを乗じて求められる。ノッキング判定部は、ノッキング検出部の出力信号のピーク値から機械振動ノイズ成分及び電気ノイズ成分を差し引いて算出された振動成分が、ノッキング判定レベルよりも大きい場合にはノッキングが発生したと判定し、振動成分がノッキング判定レベル以下の場合にはノッキング無しと判定する。 40

【0003】

この公報に記載のノッキング検出手装置によれば、ノッキング検出部の出力信号のピーク値から機械振動ノイズ成分及び電気ノイズ成分を除去した振動成分と、機械振動ノイズ成分及び電気ノイズ成分を除去したノッキング判定レベルとを比較することにより、内燃機 50

関のノッキングの有無を精度良く検出することができる。

【特許文献1】特開2000-205096号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述の公報に記載のノッキング検出装置においては、ノッキング検出部の出力信号のピーク値が大きければ、ノッキングの発生を検出するため、ノッキングが発生していないにも関わらずピーク値が大きくなつた場合は、ノッキングが発生したと誤判定されるおそれがあるという問題点があつた。

【0005】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであつて、その目的は、ノッキングが発生したか否かを精度よく判定することができるノッキング判定装置を提供することである。また、本発明の目的は、ノッキングが発生したか否かを精度よく判定し、ノッキングが発生した場合には、ノッキングの発生を抑制することができる点火制御システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置は、内燃機関のノッキングを判定する。このノッキング判定装置は、内燃機関のクランク角を検出するためのクランク角検出手段と、予め定められたクランク角の間における内燃機関の振動の波形を検出するための波形検出手段と、予め定められたクランク角の間における内燃機関の振動の波形を予め記憶するための記憶手段と、検出された波形と記憶された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための判定手段とを含む。

【0007】

第1の発明によると、クランク角検出手段が、内燃機関のクランク角を検出し、波形検出手段が、予め定められたクランク角の間における内燃機関の振動の波形を検出する。記憶手段が、予め定められたクランク角の間における内燃機関の振動の波形を予め記憶し、判定手段が、検出された波形と記憶された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定する。これにより、たとえば実験などにより、ノッキングが発生した場合の振動の波形であるノック波形モデルを予め作成して記憶しておき、このノック波形モデルと検出された波形とを比較して、ノッキングが発生したか否かを判定することができる。そのため、内燃機関の振動の大きさに加え、振動が発生するクランク角に基づいて、ノッキングが発生したか否かを判定することができる。その結果、精度よくノッキングが発生したか否かを判定することができるノッキング判定装置を提供することができる。

【0008】

第2の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第1の発明の構成に加え、判定手段は、検出された波形と記憶された波形とが予め定められた範囲内で一致している場合、内燃機関にノッキングが発生したと判定するための手段を含む。

【0009】

第2の発明によると、第1の発明の構成に加え、判定手段は、検出された波形と記憶された波形とが予め定められた範囲内で一致している場合、内燃機関にノッキングが発生したと判定する。これにより、たとえば実験などにより、ノッキングが発生した場合の振動の波形であるノック波形モデルを予め作成して記憶しておき、このノック波形モデルと検出された波形との各クランク角における偏差が基準値以内であつたり、偏差の平均値が基準値以内であつたりした場合に、内燃機関にノッキングが発生したと判定することができる。そのため、内燃機関の振動の大きさに加え、振動が発生するクランク角に基づいて、ノッキングが発生したか否かを判定することができる。その結果、ノッキングが発生したか否かを精度良く判定することができる。

【0010】

10

20

30

40

50

第3の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置は、第1または2の発明の構成に加え、内燃機関が予め定められた運転状態にある場合において検出された内燃機関の振動の波形に基づいて、記憶手段に記憶された内燃機関の振動の波形を補正するための補正手段をさらに含む。

【0011】

第3の発明によると、内燃機関が予め定められた運転状態にある場合において検出された内燃機関の振動の波形に基づいて、補正手段が、記憶手段に記憶された内燃機関の振動の波形を補正する。これにより、たとえばノッキングが発生していない場合において検出された振動の波形に基づいて、記憶された振動の波形を補正し、記憶された振動の波形に、内燃機関自体の機械振動成分を含ませることができる。そのため、記憶された振動の波形を、ノッキングが発生した場合の内燃機関の振動の波形により近似させることができる。その結果ノッキングが発生したか否かを精度良く判定することができる。

10

【0012】

第4の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第3の発明の構成に加え、補正手段は、内燃機関への燃料の供給が停止されている場合において検出された内燃機関の振動の波形に基づいて、記憶手段に記憶された内燃機関の振動の波形を補正するための手段を含む。

【0013】

第4の発明によると、補正手段は、内燃機関への燃料の供給が停止されている場合において検出された内燃機関の振動の波形に基づいて、記憶手段に記憶された振動の波形を補正する。内燃機関への燃料の供給が停止されている場合は、ノッキングが発生しないため、検出される振動の波形は、内燃機関自体の機械振動の波形となる。この内燃機関自体の機械振動の波形に基づいて、記憶された振動の波形を補正することで、記憶された振動の波形に、内燃機関自体の機械振動成分を含ませることができる。そのため、記憶された振動の波形を、ノッキングが発生した場合の内燃機関の振動の波形により近似させることができる。その結果ノッキングが発生したか否かを精度良く判定することができる。

20

【0014】

第5の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第3の発明の構成に加え、補正手段は、内燃機関の出力が変化する過渡時において検出された内燃機関の振動の波形に基づいて、記憶手段に記憶された内燃機関の振動の波形を補正するための手段を含む。判定手段は、過渡時にある場合、検出された波形と補正された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む。

30

【0015】

第5の発明によると、補正手段が、内燃機関の出力が変化する過渡時において検出された内燃機関の振動の波形に基づいて、記憶手段に記憶された内燃機関の振動の波形を補正する。これにより、記憶された振動の波形に、過渡時における振動成分を含ませることができる。そのため、記憶された振動の波形を、過渡時においてノッキングが発生した場合の内燃機関の振動の波形により近似させることができる。過渡時にある場合、検出された波形と補正された波形とを比較した結果に基づいて、判定手段が、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定する。これにより、ノッキングが発生したか否かを精度良く判定することができる。

40

【0016】

第6の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第1ないし5のいずれかの発明の構成に加え、判定手段は、内燃機関の点火時期が、予め定められたクランク角よりも遅角している場合、検出された波形のうち、予め定められた周波数よりも高い周波数の振動の波形と記憶された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む。

【0017】

第6の発明によると、内燃機関の点火時期が、予め定められたクランク角（たとえば内燃機関を始動する際のクランク角）よりも遅角している場合、判定手段が、検出された波

50

形のうち、予め定められた周波数よりも高い周波数の振動の波形と記憶された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定する。点火時期が、予め定められたクランク角よりも遅角している場合は、ノッキングが発生していない場合であっても、低周波の振動の波形が、ノッキングが発生している場合と類似した波形となる場合がある。このような場合に、検出された波形のうち、予め定められた周波数よりも高い周波数の振動の波形と記憶された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定することにより、ノッキングが発生したと誤判定することを抑制し、ノッキングが発生したか否かを精度良く判定することができる。

【0018】

第7の発明に係る点火制御システムは、第1ないし6のいずれかの発明のノッキング判定装置と、ノッキング判定装置によりノッキングが発生したと判定された場合、内燃機関の点火時期を遅角させる遅角装置とを含む。 10

【0019】

第7の発明によると、遅角装置が、ノッキング判定装置によりノッキングが発生したと判定された場合、内燃機関の点火時期を遅角させる。これにより、精度よくノッキングが発生したか否かを判定し、ノッキングが発生した場合には、ノッキングの発生を抑制することができる点火制御システムを提供することができる。

【0020】

第8の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置は、内燃機関のクランク角を検出するためのクランク角検出手段と、内燃機関の振動の強度に関する値を検出するための振動検出手段と、振動の強度に関する値に基づいて、予め定められたクランク角の間における内燃機関の振動の波形を検出するための波形検出手段と、内燃機関の振動の波形を予め記憶するための記憶手段と、検出された波形と記憶された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための判定手段とを含む。 20

【0021】

第8の発明によると、クランク角検出手段が、内燃機関のクランク角を検出し、振動検出手段が振動の強度に関する値を検出し、波形検出手段が、振動の強度（大きさ）に関する値に基づいて、予め定められたクランク角の間における内燃機関の振動の波形を検出する。記憶手段が、内燃機関の振動の波形を予め記憶し、判定手段が、検出された波形と記憶された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定する。これにより、たとえば実験などにより、ノッキングが発生した場合の振動の波形であるノック波形モデルを予め作成して記憶しておき、このノック波形モデルと検出された波形とを比較して、ノッキングが発生したか否かを判定することができる。そのため、エンジンの振動がノッキングに起因した振動であるか否かをより詳細に分析することができる。その結果、精度よくノッキングが発生したか否かを判定することができるノッキング判定装置を提供することができる。 30

【0022】

第9の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第8の発明の構成に加え、振動検出手段は、振動の強度に関する値を、予め定められた間隔で検出するための手段を含む。 40

【0023】

第9の発明によると、予め定められた間隔で、振動の強度に関する値が検出される。これにより、クランク角に応じて細かく振動の強度が変化するような複雑な形状を有する波形が検出されることを抑制して、ノック波形モデルとの比較に適した形状の波形を検出することができる。そのため、精度よくノック波形モデルとの比較を行なうことができる。

【0024】

第10の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第8または9の発明の構成に加え、波形検出手段は、振動の強度に関する値を、予め定められた値により除算した値に基づいて、内燃機関の振動の波形を検出するための手段を含む。

【0025】

10

20

30

40

50

第10の発明によると、たとえば検出された振動の強度に関する値のうちの最大値で、検出された振動の強度に関する値を除算して、検出された波形における振動の強度が0～1の無次元数で表される。これにより、ノッキングに起因して発生する振動の強度に関わらず、検出された波形とノック波形モデルとの比較によりノッキングが発生したか否かを判定することができる。

【0026】

第11の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第10の発明の構成に加え、予め定められた値は、検出された振動の強度に関する値のうちの最大値である。

【0027】

第11の発明によると、検出された波形における振動の強度が0～1の無次元数で表される。これにより、ノッキングに起因して発生する振動の強度に関わらず、検出された波形とノック波形モデルとの比較によりノッキングが発生したか否かを判定することができる。

10

【0028】

第12の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第8ないし11のいずれかの発明の構成に加え、判定手段は、検出された波形において振動の強度が最大になるタイミングと記憶された波形において振動の強度が最大になるタイミングとを一致させた状態において、検出された波形と記憶された波形とを比較した結果に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む。

【0029】

20

第12の発明によると、ノッキングが発生したと考えられるクランク角において、検出された波形と記憶された波形とを比較することができる。これにより、ノッキングが発生していないと考えられるクランク角において、検出された波形と記憶された波形とが比較されて、ノッキングが発生していないと誤判定されることを抑制することができる。

【0030】

第13の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第8ないし12のいずれかの発明の構成に加え、ノッキング判定装置は、検出された波形および記憶された波形の偏差を算出するための手段をさらに含む。判定手段は、偏差に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む。

【0031】

30

第13の発明によると、検出された波形と記憶された波形との相違が偏差として数値化される。これにより、検出された波形を数値により分析して、ノッキングが発生したか否かを客観的に判定することができる。

【0032】

第14の発明に係る内燃機関のノッキング判定装置においては、第13の発明の構成に加え、判定手段は、偏差に加えて、振動の強度に関する値の最大値に基づいて、内燃機関にノッキングが発生したか否かを判定するための手段を含む。

【0033】

第14の発明によると、振動の波形に加えて、振動の強度に基づいてノッキングが発生したか否かを判定することができる。そのため、ノッキングが発生したか否かをより精度よく判定することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同一である。したがって、それらについての詳細な説明は繰返さない。

【0035】

<第1の実施の形態>

図1を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る点火制御システムにより制御されるエンジン100について説明する。エンジン100は、エアクリーナ102から吸入され

50

た空気とインジェクタ 104 から噴射される燃料との混合気を、燃焼室内で点火プラグ 106 により点火して燃焼させる内燃機関である。

【0036】

混合気が燃焼すると、燃焼圧によりピストン 108 を押し下げられ、クランクシャフト 110 が回転する。燃焼後の混合気（排気ガス）は、三元触媒 112 により浄化された後、車外に排出される。エンジン 100 に吸入される空気の量は、スロットルバルブ 114 により調整される。

【0037】

エンジン 100 は、エンジン ECU 200 により制御される。エンジン ECU 200 には、ノックセンサ 300 と、水温センサ 302 と、タイミングロータ 304 に対向して設けられたクランクポジションセンサ 306 と、スロットル開度センサ 308 と、車速センサ 310 と、イグニッションスイッチ 312 とが接続されている。

10

【0038】

ノックセンサ 300 は、圧電素子により構成されている。ノックセンサ 300 は、エンジン 100 の振動により電圧を発生する。電圧の大きさは、振動の大きさと対応した大きさとなる。ノックセンサ 300 は、電圧を表す信号をエンジン ECU 200 に送信する。水温センサ 302 は、エンジン 100 のウォータージャケット内の冷却水の温度を検出し、検出結果を表す信号を、エンジン ECU 200 に送信する。

【0039】

タイミングロータ 304 は、クランクシャフト 110 に設けられており、クランクシャフト 110 と共に回転する。タイミングロータ 304 の外周には、予め定められた間隔で複数の突起が設けられている。クランクポジションセンサ 306 は、タイミングロータ 304 の突起に対向して設けられている。タイミングロータ 304 が回転すると、タイミングロータ 304 の突起と、クランクポジションセンサ 306 とのエアギャップが変化するため、クランプポジションセンサ 306 のコイル部を通過する磁束が増減し、コイル部に起電力が発生する。クランクポジションセンサ 306 は、起電力を表す信号を、エンジン ECU 200 に送信する。エンジン ECU 200 は、クランクポジションセンサ 306 から送信された信号に基づいて、クランク角を検出する。

20

【0040】

スロットル開度センサ 308 は、スロットル開度を検出し、検出結果を表す信号をエンジン ECU 200 に送信する。車速センサ 310 は、車輪（図示せず）の回転数を検出し、検出結果を表す信号をエンジン ECU 200 に送信する。エンジン ECU 200 は、車輪の回転数から、車速を算出する。イグニッションスイッチ 312 は、エンジン 100 を始動させる際に、運転者によりオン操作される。

30

【0041】

エンジン ECU 200 は、各センサおよびイグニッションスイッチ 312 から送信された信号、メモリ 202 に記憶されたマップおよびプログラムに基づいて演算処理を行ない、エンジン 100 が所望の運転状態となるように、機器類を制御する。

【0042】

本実施の形態において、エンジン ECU 200 は、ノックセンサ 300 から送信された信号およびクランク角に基づいて、予め定められたノック検出ゲート（予め定められた第 1 クランク角から予め定められた第 2 クランク角までの区間）におけるエンジン 100 の振動の波形（以下、振動波形と記載する）を検出し、検出された振動波形に基づいて、エンジン 100 にノッキングが発生したか否かを判定する。

40

【0043】

ノッキングが発生したか否かを判定するため、エンジン ECU 200 のメモリ 202 には、図 2 に示すように、エンジン 100 にノッキングが発生した場合の振動波形のモデルであるノック波形モデルが記憶されている。ノック波形モデルは、複数の周波数帯の振動に対応して記憶されている。すなわち、ノック波形モデルは複数記憶されている。ノック波形モデルは、実験などにより、強制的にノッキングを発生させた場合におけるエンジン

50

100の振動波形を検出し、この振動波形に基づいて予め作成されて記憶される。なお、ノック波形モデルを作成する方法は、これに限られない。エンジンECU200は、検出された波形と記憶されたノック波形モデルとを比較して、エンジン100にノッキングが発生したか否かを判定する。

【0044】

図3を参照して、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジンECU200が実行するプログラムの制御構造について説明する。

【0045】

ステップ(以下、ステップをSと略す)100にて、エンジンECU200は、ノックセンサ300から送信された信号およびクランク角に基づいて、エンジン100の振動波形を検出する。
10

【0046】

S102にて、エンジンECU200は、全ての周波数帯の振動について、検出された振動波形と記憶されたノック波形モデルとが予め定められた範囲内で一致しているか否かを判別する。本実施の形態において、ここで、予め定められた範囲内で一致しているか否かは、たとえば各クランク角におけるエンジン100の振動の偏差が基準値以内であるか否かにより判別したり、偏差の平均値が基準値以内であるか否かにより判別したりすればよい。なお、これ以外の方法により、検出された波形と記憶されたノック波形モデルとが予め定められた範囲内で一致しているか否かを判別してもよい。検出された波形と記憶されたノック波形モデルとが予め定められた範囲内で一致している場合(S102にてYES)、処理はS104に移される。そうでない場合(S102にてNO)、処理はS108に移される。
20

【0047】

S104にて、エンジンECU200は、エンジン100にノッキングが発生したと判定する。S106にて、エンジンECU200は、点火時期を遅角させる。S108にて、エンジンECU200は、エンジン100にノッキングが発生していないと判定する。S110にて、エンジンECU200は、点火時期を進角させる。

【0048】

以上のような構造およびフローチャートに基づく、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジンECU200の動作について説明する。
30

【0049】

運転者がイグニッションスイッチ312をオン操作し、エンジン100が始動すると、ノックセンサ300から送信された信号およびクランク角に基づいて、エンジン100の振動波形が検出され(S100)、検出された波形と記憶されたノック波形モデルとが予め定められた範囲内で一致しているか否かが判別される(S102)。

【0050】

図4に示すように、一点鎖線で示す振動波形と実線で示すノック波形モデルとが予め定められた範囲内で一致していると(S102にてYES)、ノッキングが発生したと判定され(S104)、点火時期が遅角される(S106)。これにより、ノッキングの発生が抑制される。
40

【0051】

図4に示すように、二点鎖線で示す振動波形と実線で示すノック波形モデルとが予め定められた範囲内で一致していなければ(S102にてNO)、振動波形のピーク値がノック波形モデルの振動のピーク値以上であっても、ノッキングが発生していないと判定される(S108)。点火時期が進角される(S110)。

【0052】

以上のように、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジンECUは、ノックセンサから送信された信号およびクランク角に基づいて、予め定められたノック検出ゲートにおけるエンジンの振動波形を検出し、振動波形とノック波形モデルとを比較して、エンジンにノッキングが発生したか否かを判定する。これにより、振動の大きさに加え
50

て、振動が発生するクランク角に基づいてノッキングが発生したか否かを判定することができる。その結果、ノッキングが発生したか否かを精度良く判定することができる。

【0053】

＜第2の実施の形態＞

図5ないし8を参照して、本発明の第2の実施の形態について説明する。本実施の形態は、前述の第1の実施の形態と比較して、ノック波形モデルを補正する点で相違する。その他の構成については、前述の第1の実施の形態と同じである。それらについての機能も同じである。したがって、それらについての詳細な説明はここでは繰返さない。

【0054】

図5を参照して、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジンECU200が実行するプログラムの制御構造について説明する。なお、エンジンECU200は、前述の第1の実施の形態のプログラムに加えて、以下に説明するプログラムを実行する。

10

【0055】

S200にて、エンジンECU200は、インジェクタ104からの燃料噴射が停止（以下、フューエルカットと記載する）されているか否かを判別する。フューエルカットされているか否かは、車両の運転状態がフューエルカットを行なう状態（たとえば、アクセルオフであってエンジン回転数が予め定められた回転数以上である状態）であるか否かにより判別すればよい。フューエルカットされている場合（S200にてYES）、処理はS202に移される。そうでない場合（S202にてNO）、この処理は終了する。

20

【0056】

S202にて、エンジンECU200は、ノックセンサ300から送信された信号およびクランク角に基づいて、エンジン100の振動波形を検出する。S204にて、エンジンECU200は、検出された振動波形に基づいて、メモリ202に記憶されているノック波形モデルを補正する。

【0057】

以上のような構造およびフローチャートに基づく、本実施の形態に係る点火制御システムにおけるエンジンECU200の動作について説明する。

【0058】

フューエルカットされると（S200にてYES）、エンジン100の振動波形が検出される（S202）。フューエルカット時には、燃焼（ノッキングを含む）による振動の発生は無いため、検出される波形は、図6に示すように、エンジン100自体の機械振動の波形となる。エンジン100自体の機械振動は、ノッキング発生の有無に関わらず、クランクシャフト110が回転する限り発生する。したがって、ノックセンサ300により検出される振動には、常にエンジン100自体の機械振動が含まれている。

30

【0059】

そのため、図7に示すノック波形モデルを固定しておくと、ノッキングが発生した場合であっても、エンジン100自体の機械振動の影響により、検出される振動波形がノック波形モデルと一致しないおそれがある。このエンジン100自体の機械振動による影響を除去するため、ノック波形モデルに、エンジン100自体の機械振動の波形を加え、図8に示すように、ノック波形モデルを補正する（S204）。これにより、ノック波形モデルを、ノッキングが発生した場合のエンジン100の振動波形により近似させることができる。

40

【0060】

以上のように、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジンECUは、フューエルカット時において検出されたエンジン自体の機械振動により、メモリに記憶されたノック波形モデルを補正する。これにより、ノック波形モデルを、ノッキングが発生した場合のエンジンの振動波形により近似させ、ノッキングが発生したか否かを精度よく判定することができる。

【0061】

50

<第3の実施の形態>

図9ないし12を参照して、本発明の第3の実施の形態について説明する。本実施の形態は、前述の第1の実施の形態と比較して、ノック波形モデルを補正する点で相違する。その他の構成については、前述の第1の実施の形態と同じである。それらについての機能も同じである。したがって、それらについての詳細な説明はここでは繰返さない。

【0062】

図9を参照して、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジンECU200が実行するプログラムの制御構造について説明する。なお、エンジンECU200は、前述の第1の実施の形態のプログラムに加えて、以下に説明するプログラムを実行する。

【0063】

S300にて、エンジンECU200は、エンジン100の出力が過渡状態（出力が変化する状態）であるか否かを判別する。エンジン100の出力が過渡状態であるか否かは、たとえばスロットル開度の変化率、吸気温、エンジン100の冷却水の温度などの値が、予め定められた値よりも大きいか否かに基づいて判別すればよい。過渡状態である場合（S300にてYES）、処理はS302に移される。そうでない場合（S300にてNO）、この処理は終了する。

【0064】

S302にて、エンジンECU200は、ノックセンサ300から送信された信号に基づいて、エンジン100の振動波形を検出する。S304にて、エンジンECU200は、検出された振動波形に、ノッキングによる振動成分が含まれていないか否かを判別する。検出された振動波形に、ノッキングによる振動成分が含まれていないか否かは、たとえば、振動波形のピーク値が予め定められた値よりも小さいか否かにより判別すればよい。検出された振動波形に、ノッキングによる振動成分が含まれていない場合（S304にてYES）、処理はS306に移される。そうでない場合（S304にてNO）、この処理は終了する。S306にて、エンジンECU200は、検出された振動波形に基づいて、メモリ202に記憶されたノック波形モデルを補正する。

【0065】

以上のような構造およびフローチャートに基づく、本実施の形態に係る点火制御システムにおけるエンジンECU200の動作について説明する。

【0066】

エンジン100の出力が過渡状態にある場合（S300にてYES）、エンジン100の振動波形が検出される（S302）。エンジン100の出力が過渡状態にある場合にはノッキングが発生しやすくなるため、ノッキングが発生したか否かをより精度よく判定する必要がある。しかしながら、過渡状態においては、ノッキングが発生していなくてもエンジン100の振動は変化するため、図10に示すノック波形モデルを固定しておくと、ノッキングが発生した場合であっても、エンジン100自体の機械振動の影響により、ノック波形モデルと検出される振動波形とが一致せず、ノッキングが発生していないと誤判定されるおそれがある。

【0067】

誤判定を抑制するため、図11に示すように、検出された振動波形にノッキングによる振動成分が含まれていなければ（S304にてYES）、この振動波形をメモリ202に記憶されたノック波形モデルに加え、図12に示すように、ノック波形モデルを補正する（S306）。これにより、メモリ202に記憶されたノック波形モデルを、ノッキングが発生した場合のエンジン100の振動波形により一致させることができる。

【0068】

以上のように、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジンECUは、エンジンの出力が過渡状態にある場合に検出された振動波形により、メモリに記憶されたノック波形モデルを補正する。これにより、メモリに記憶されたノック波形モデルを、ノッキングが発生した場合の振動波形により近似させ、ノッキングが発生したか否かを精度よく判定することができる。

【0069】

<第4の実施の形態>

図13を参照して、本発明の第4の実施の形態について説明する。前述の第1の実施の形態においては、全ての周波数帯の振動波形に基づいてノッキングが発生したか否かを判別していたが、本実施の形態においては、予め定められた周波数以上の周波数の振動波形に基づいてノッキングが発生したか否かを判別する。その他の構成については、前述の第1の実施の形態と同じである。それらについての機能も同じである。したがって、それらについての詳細な説明はここでは繰返さない。

【0070】

図13を参照して、本実施の形態に係る点火制御システムにおいてエンジンECU200が実行するプログラムの制御構造について説明する。

【0071】

S400にて、エンジンECU200は、エンジン100の点火時期が、予め定められたクランク角（たとえばエンジン100始動時のクランク角）よりも遅角（以下、遅角制御と記載する）されているか否かを判別する。遅角制御されているか否かは、たとえば、触媒の温度が予め定められた温度よりも低い場合や急加速時など、車両の状態が遅角制御を行なう状態にあるか否かにより判別すればよい。遅角制御が行なわれている場合（S400にてYES）、処理はS402に移される。そうでない場合（S400にてNO）、この処理は終了する。

【0072】

S402にて、エンジンECU200は、ノックセンサ300から送信された信号に基づいて、エンジン100の振動波形を検出する。S404にて、エンジンECU200は、検出された振動波形のうち、予め定められた周波数以上の振動波形について、メモリ202に記憶されたノック波形モデルと検出された振動波形とが予め定められた範囲内で一致しているか否かを判別する。すなわち、低周波の振動波形については、ノッキングが発生したか否かを判別しない。ノック波形モデルと検出された振動波形とが予め定められた範囲内で一致している場合（S404にてYES）、処理はS406に移される。そうでない場合（S404にてNO）、処理はS410に移される。

【0073】

S406にて、エンジンECU200は、エンジン100にノッキングが発生したと判定する。S408にて、エンジンECU200は、点火時期を遅角させる。S410にて、エンジンECU200は、エンジン100にノッキングが発生していないと判定する。S412にて、エンジンECU200は、点火時期を進角させる。

【0074】

以上のような構造およびフローチャートに基づく、本実施の形態に係る点火制御システムにおけるエンジンECU200の動作について説明する。

【0075】

遅角制御が行なわれている場合（S400にてYES）、エンジン100の振動波形が検出される（S402）。遅角制御中においては、ノッキングが発生していないにも関わらず、低周波の振動波形が、ノッキングが発生した場合の波形と類似した波形となるクランク角の領域（以下、擬似ノック領域と記載する）がある。そのため、低周波の振動波形に基づいてノッキング判定を行なうと、ノッキングが発生していないにも関わらず、ノッキングが発生したと誤判定されるおそれがある。

【0076】

この擬似ノック領域における誤判定を抑制するため、検出された振動波形のうち、予め定められた周波数以上の振動波形について、メモリ202に記憶されたノック波形モデルと検出された振動波形とが予め定められた範囲内で一致しているか否かが判別される（S404）。

【0077】

ノック波形モデルと検出された振動波形とが予め定められた範囲内で一致している場合

10

20

30

40

50

(S 4 0 4 にて Y E S)、エンジン 1 0 0 にノッキングが発生したと判定され (S 4 0 6)、点火時期が遅角させられて (S 4 0 8)、ノッキングの発生が抑制される。

【 0 0 7 8 】

ノック波形モデルと検出された振動波形とが予め定められた範囲内で一致していない場合 (S 4 0 4 にて N O)、エンジン 1 0 0 にノッキングが発生していないと判定され (S 4 1 0)、点火時期が進角させられる (S 4 1 2)。

【 0 0 7 9 】

以上のように、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジン E C U は、遅角制御が行なわれている場合、検出された振動波形のうち、予め定められた周波数以上の振動波形について、メモリに記憶されたノック波形モデルと検出された振動波形とが予め定められた範囲内で一致しているか否かが判別する。ノック波形モデルと検出された振動波形とが予め定められた範囲内で一致している場合、ノッキングが発生したと判定する。ノック波形モデルと検出された振動波形とが予め定められた範囲内で一致していない場合、ノッキングが発生していないと判定する。これにより、低周波の振動波形がノッキングが発生した場合と類似する擬似ノック領域における誤判定を抑制することができる。

【 0 0 8 0 】

< 第 5 の実施の形態 >

図 1 4 ないし図 1 8 を参照して、本発明の第 5 の実施の形態について説明する。本実施の形態は、前述の第 1 の実施の形態と比較して、各周波数帯の振動波形を合成して振動波形を検出する点で相違する。またノック波形モデルにおける振動の強度 (大きさ) は、クランク角と一義的には対応していない。その他の構成については、前述の第 1 の実施の形態と同じである。それらについての機能も同じである。したがって、それらについての詳細な説明はここでは繰返さない。

【 0 0 8 1 】

図 1 4 に示すように、エンジン E C U 2 0 0 のメモリ 2 0 2 には、ノッキングにより発生した振動の強度のピーク値以降の振動に対応したノック波形モデルが記憶されている。なお、ノッキングに起因した振動の立ち上がり以降の振動に対応したノック波形モデルを記憶してもよい。

【 0 0 8 2 】

ノック波形モデルにおいて、振動の強度は 0 ~ 1 の無次元数として表され、振動の強度はクランク角と一義的には対応していない。すなわち、本実施の形態のノック波形モデルにおいては、振動の強度のピーク値以降、クランク角が大きくなるにつれ振動の強度が低減することが定められているが、振動の強度がピーク値となるクランク角は定められていない。また、ノック波形モデルは、各周波数帯の振動の合成波である。なお、図 1 4 における C A は、クランク角 (Crank Angle) を示す。

【 0 0 8 3 】

図 1 5 を参照して、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジン E C U 2 0 0 が実行するプログラムの制御構造について説明する。

【 0 0 8 4 】

S 5 0 0 にて、エンジン E C U 2 0 0 は、ノックセンサ 3 0 0 から送信された信号に基づいて、エンジン 1 0 0 の振動の強度を検出する。振動の強度は、ノックセンサ 3 0 0 の出力電圧値で表される。なお、ノックセンサ 3 0 0 の出力電圧値と対応した値で振動の強度を表してもよい。強度の検出は、燃焼行程において上死点から 90 度 (クランク角で 90 度) までの間で行なわれる。

【 0 0 8 5 】

S 5 0 2 にて、エンジン E C U 2 0 0 は、ノックセンサ 3 0 0 の出力電圧値 (振動の強度を表す値) を、クランク角で 5 度ごとに (5 度分だけ) 積算した値 (以下、積算値と記載する) を算出する。積算値の算出は、各周波数帯の振動ごとに行なわれる。これにより、各周波数帯の振動波形が検出される。なお、5 度以外のクランク角ごとに積算値を算出してもよい。

10

20

30

40

50

【0086】

S504にて、エンジンECU200は、各周波数帯の振動波形を合成する。これにより、エンジン100の振動波形が検出される。S506にて、エンジンECU200は、合成された振動波形における積算値のうち、最大の積算値を用いて波形の正規化を行なう。ここで、波形の正規化とは、各積算値を最大の積算値で除算することにより、振動の強度を0~1の無次元数で表すことである。

【0087】

S508にて、エンジンECU200は、正規化された振動波形とノック波形モデルとの偏差に関する値である相関係数Kを算出する。正規化後の振動波形において振動の強度が最大になるタイミングとノック波形モデルにおいて振動の強度が最大になるタイミングとを一致させた状態で、正規化後の振動波形とノック波形モデルとの偏差の絶対値(ズレ量)をクランク角ごと(5度ごと)に算出することにより、相関係数Kが算出される。

10

【0088】

正規化後の振動波形とノック波形モデルとのクランク角ごとの偏差の絶対値をS(I)とし、ノック波形モデルにおける振動の強度をクランク角で積分した値(ノック波形モデルの面積)をSとおくと、相関係数Kは、 $K = (S - \underline{S(I)}) / S$ という方程式により算出される。ここで、S(I)は、S(I)の総和である。なお、相関係数Kの算出方法はこれに限らない。

【0089】

S510にて、エンジンECU200は、ノック強度Nを算出する。算出された積算値の最大値をPとし、エンジン100にノッキングが発生していない状態におけるエンジン100の振動の強度を表す値をBGL(Back Ground Level)とおくと、ノック強度Nは、 $N = P \times K / BGL$ という方程式で算出される。BGLはメモリ202に記憶されている。なお、ノック強度Nの算出方法はこれに限らない。

20

【0090】

S512にて、エンジンECU200は、ノック強度Nが予め定められた判定値よりも大きいか否かを判別する。ノック強度Nが予め定められた判定値よりも大きい場合(S512にてYES)、処理はS514に移される。そうでない場合(S512にてNO)、処理はS518に移される。

【0091】

30

S514にて、エンジンECU200は、エンジン100にノッキングが発生したと判定する。S516にて、エンジンECU200は、点火時期を遅角する。S518にて、エンジンECU200は、エンジン100にノッキングが発生していないと判定する。S520にて、エンジンECU200は、点火時期を進角する。

【0092】

以上のような構造およびフローチャートに基づく、本実施の形態に係る点火制御システムにおけるエンジンECU200の動作について説明する。

【0093】

運転者がイグニッシュョンスイッチ312をオン操作し、エンジン100が始動すると、ノックセンサ300から送信された信号に基づいて、エンジン100の振動の強度が検出される(S500)。

40

【0094】

燃焼行程における上死点から90度までの間ににおいて、5度ごとの積算値が各周波数ごとに算出され(S502)、各周波数ごとに算出された積算値が合成される(S504)。これにより、図16に示すように、エンジン100の振動波形が検出される。なお、図16においては、振動波形を矩形的に表しているが、各積算値を線で結び、線を用いて振動の波形を表してもよい。また、各積算値のみを点で表して振動波形を表してもよい。

【0095】

5度ごとの積算値により振動波形を検出することにより、振動の強度が細かく変化する複雑な形状の振動波形が検出されることを抑制することができる。そのため、検出された

50

振動波形とノック波形モデルとの比較を容易にすることができる。

【0096】

このようにして検出された振動波形における積算値のうち、最大の積算値を用いて波形の正規化が行なわれる(S506)。ここでは、15度から20度までの積算値を用いて正規化が行なわれたと想定する。

【0097】

正規化では、各クランク角における積算値が15度から20度までの積算値で除算され、図17に示すように、振動波形における振動の強度が0~1の無次元数で表される。この正規化により、振動の強度に関係なく検出された振動波形とノック波形モデルとの比較を行なうことができる。そのため、振動の強度に対応した多数のノック波形モデルを記憶しておき必要がなく、ノック波形モデルの作成を容易にすることができる。

10

【0098】

図18に示すように、正規化後の振動波形において振動の強度が最大になるタイミングとノック波形モデルにおいて振動の強度が最大になるタイミングとを一致させ、この状態で、正規化後の振動波形とノック波形モデルとのクランク角ごとの偏差の絶対値 $S(I)$ が算出される。この $S(I)$ の総和 $S(I)$ およびノック波形モデルにおいて振動の強度をクランク角で積分した値 S に基づいて、 $K = (S - S(I)) / S$ により相関係数 K が算出される(S508)。これにより、検出された振動波形とノック波形モデルとの一致度合を数値化して客観的に判定することができる。

【0099】

さらに、算出された相関係数 K と積算値の最大値 P との積を BGL で除算することにより、ノック強度 N が算出される(S512)。これにより、検出された振動波形とノック波形モデルとの一致度合に加えて、振動の強度に基づいて、エンジン100の振動がノッキングに起因した振動であるか否かをより詳細に分析することができる。

20

【0100】

ノック強度 N が予め定められた判定値よりも大きい場合(S512にてYES)、ノッキングが発生したと判定され(S514)、点火時期が遅角される(S516)。これにより、ノッキングの発生が抑制される。

【0101】

一方、ノック強度 N が予め定められた判定値よりも大きくない場合(S512にてNO)、ノッキングが発生していないと判定され(S108)、点火時期が進角される(S110)。

30

【0102】

以上のように、本実施の形態に係る点火制御システムにおいて、エンジンECUは、ノックセンサから送信された信号に基づいてエンジンの振動波形を検出し、振動波形とノック波形モデルとを比較して、相関係数 K を算出する。さらに相関係数 K と振動波形における積算値の最大値 P との積を BGL により除算して、ノック強度 N を算出する。ノック強度 N が判定値よりも大きい場合、エンジンにノッキングが発生したと判定される。ノック強度 N が判定値よりも大きくない場合、エンジンにノッキングが発生していないと判定される。これにより、振動波形とノック波形モデルとの一致度合に加えて、振動の強度に基づいて、エンジンの振動がノッキングに起因した振動であるか否かをより詳細に分析することができる。そのため、ノッキングが発生したか否かを精度良く判定することができる。

40

【0103】

今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0104】

50

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る点火制御システムにより制御されるエンジンを示す制御ブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る点火制御システムにおけるエンジンECUのメモリに記憶されたノック波形モデルを示す図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る点火制御システムにおいてエンジンECUが実行するプログラムの制御構造を示すフローチャートである。

【図4】ノック波形モデルとエンジンの振動波形とを示す図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係る点火制御システムにおいてエンジンECUが実行するプログラムの制御構造を示すフローチャートである。

【図6】燃料噴射の停止時に検出されるエンジンの振動波形を示す図である。 10

【図7】本発明の第2の実施の形態に係る点火制御システムにおけるエンジンECUのメモリに記憶された、補正前のノック波形モデルを示す図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態に係る点火制御システムにおいて補正されたノック波形モデルを示す図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態に係る点火制御システムにおいてエンジンECUが実行するプログラムの制御構造を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第3の実施の形態に係る点火制御システムにおけるエンジンECUのメモリに記憶された、補正前のノック波形モデルを示す図である。

【図11】エンジンの出力が過渡状態にある場合に検出されるエンジンの振動波形を示す図である。 20

【図12】本発明の第3の実施の形態に係る点火制御システムにおいて補正されたノック波形モデルを示す図である。

【図13】本発明の第4の実施の形態に係る点火制御システムにおいてエンジンECUが実行するプログラムの制御構造を示すフローチャートである。

【図14】本発明の第5の実施の形態に係る点火制御システムにおけるエンジンECUのメモリに記憶されたノック波形モデルを示す図である。

【図15】本発明の第5の実施の形態に係る点火制御システムにおいてエンジンECUが実行するプログラムの制御構造を示すフローチャートである。

【図16】5度ごとに算出された積算値を示す図である。

【図17】正規化された振動波形を示す図である。 30

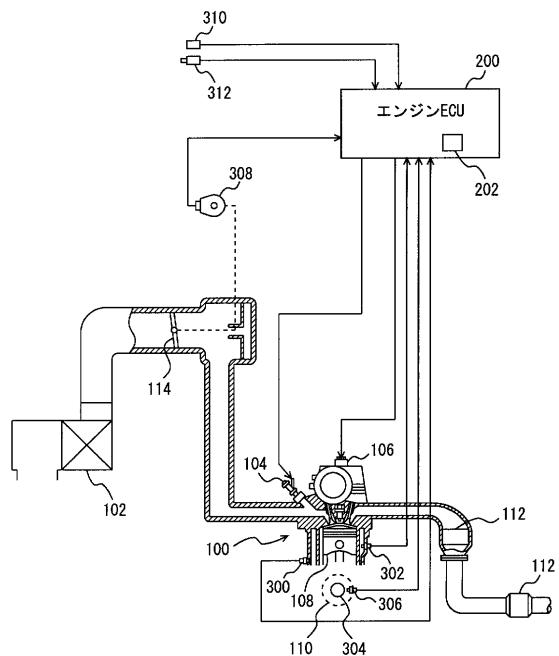
【図18】ノック波形モデルとエンジンの振動波形とを示す図である。

【符号の説明】

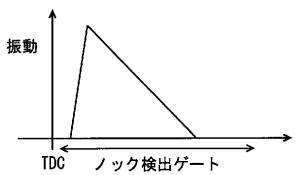
【0105】

100 エンジン、104 インジェクタ、106 点火プラグ、110 クランクシャフト、200 エンジンECU、300 ノックセンサ、302 水温センサ、304 タイミングロータ、306 クランクポジションセンサ、308 スロットル開度センサ。

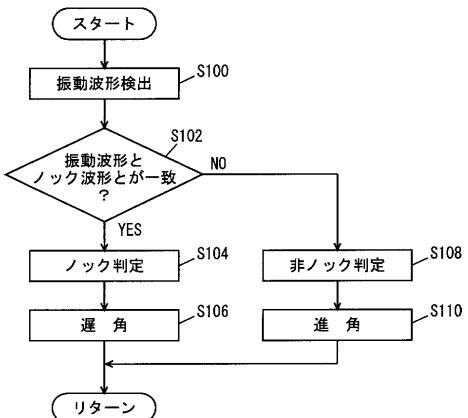
【図1】



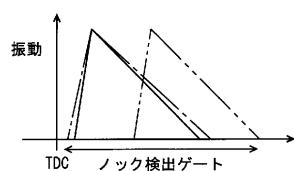
【図2】



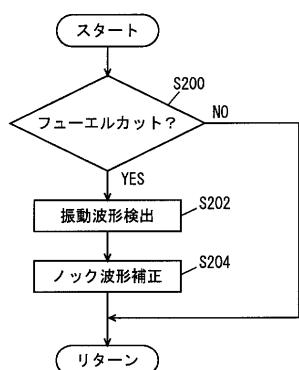
【図3】



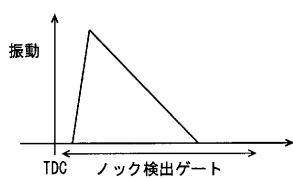
【図4】



【図5】



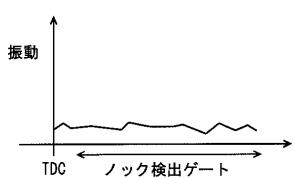
【図7】



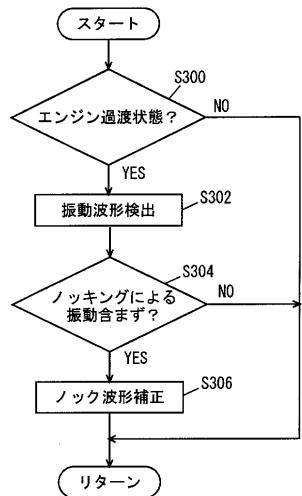
【図8】



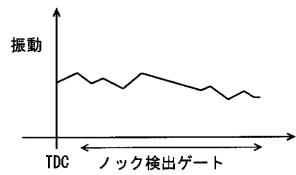
【図6】



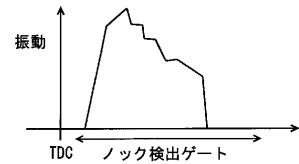
【図 9】



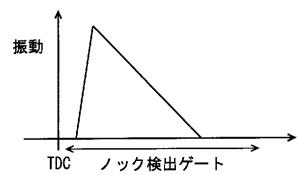
【図 11】



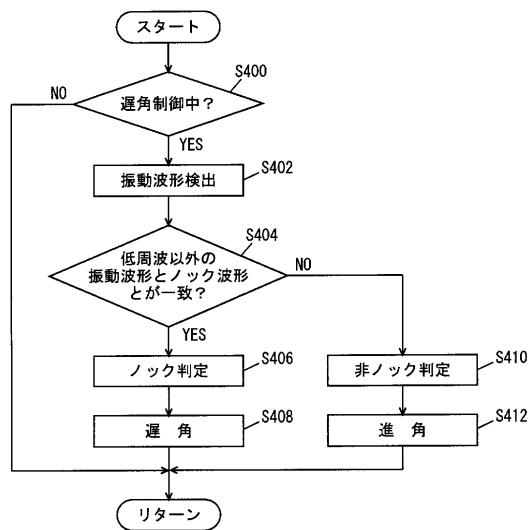
【図 12】



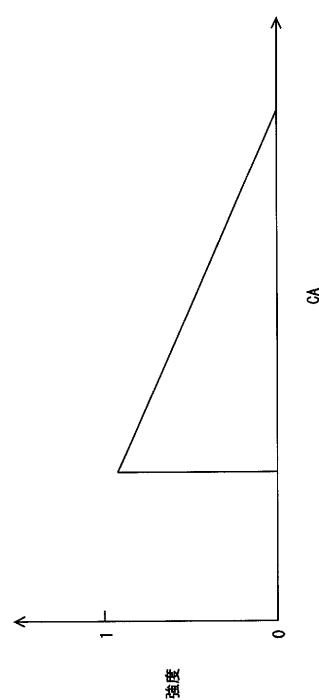
【図 10】



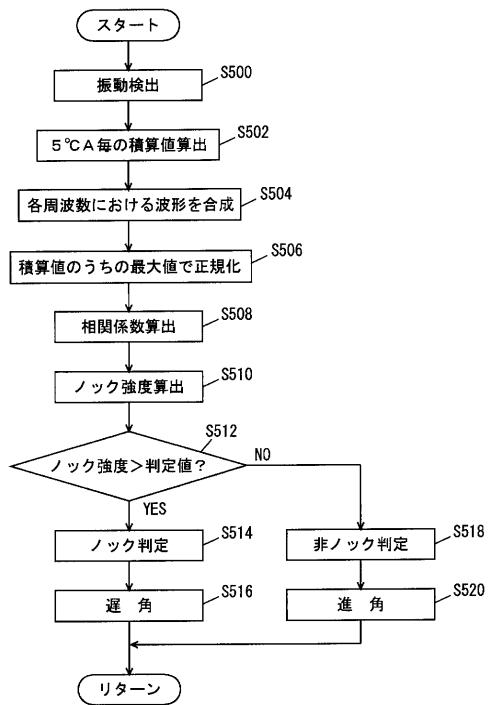
【図 13】



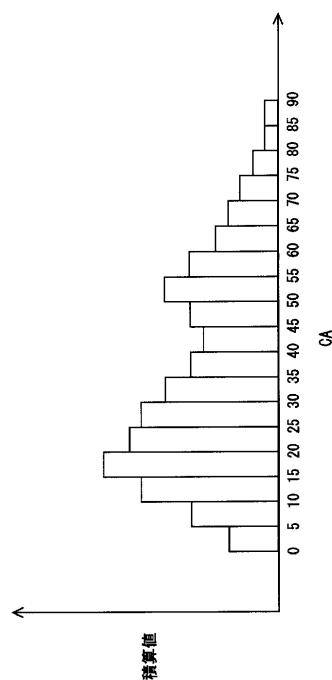
【図 14】



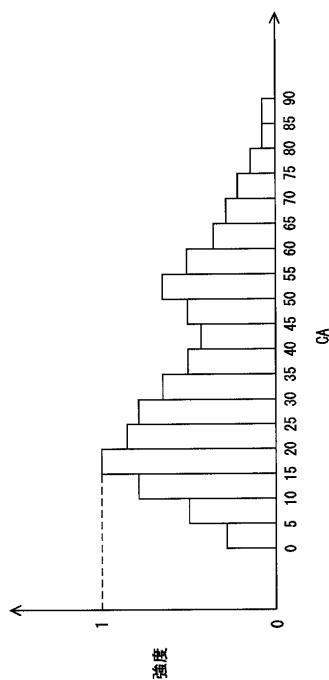
【図15】



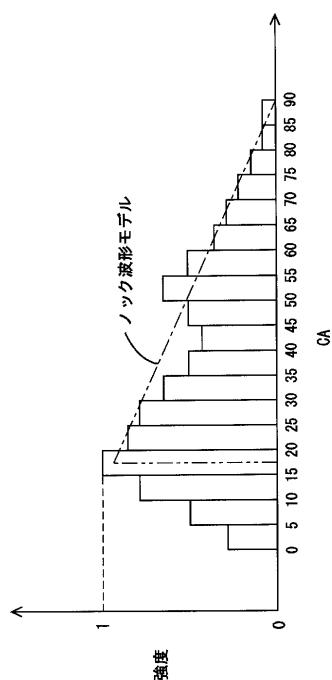
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 笠島 健司
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 金子 理人
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 千田 健次
愛知県豊田市トヨタ町2番地 株式会社トヨタマックス内
(72)発明者 神尾 茂
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 井上 正臣
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 竹村 優一
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 畑津 圭介

(56)参考文献 特開2003-021032(JP,A)
特開平08-319879(JP,A)
特開昭61-025951(JP,A)
特開平05-034244(JP,A)
特開2004-353531(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 02 D 45 / 00
F 02 P 5 / 152
F 02 P 5 / 153