

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-256794

(P2011-256794A)

(43) 公開日 平成23年12月22日(2011.12.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2M 43/00 (2006.01)	FO2M 43/00	3G066
FO2M 43/04 (2006.01)	FO2M 43/04	3G092
FO2M 55/02 (2006.01)	FO2M 55/02 350E	3G301
FO2M 47/02 (2006.01)	FO2M 47/02	3G384
FO2M 61/16 (2006.01)	FO2M 61/16 A	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-132308 (P2010-132308)
 (22) 出願日 平成22年6月9日(2010.6.9)

(出願人による申告)平成21年度、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 委託研究：「マルチ燃料対応船用機関制御に関する研究」 産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 501204525
 独立行政法人海上技術安全研究所
 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 西尾 澄人
 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内
 (72) 発明者 井亀 優
 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

最終頁に続く

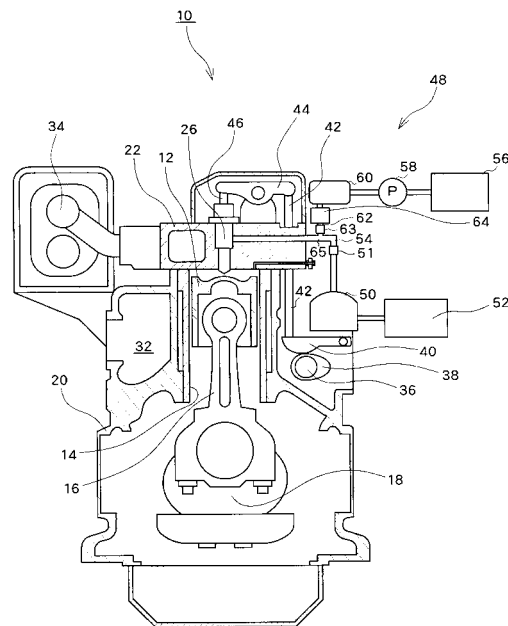
(54) 【発明の名称】 多種燃料に対応可能な燃料噴射装置及び陸船産業用内燃機関

(57) 【要約】

【課題】 多種類の燃料に対応できる内燃機関において振動の低減及び排気ガスの性状の改善を行う。

【解決手段】 機械的に制御されて主燃料を供給する主燃料系と、電気的に制御されて副燃料を供給する副燃料系と、主燃料系及び副燃料系に共通に設けられ、主燃料及び副燃料を前記気筒内に噴射する燃料噴射弁26とを備え、主燃料の噴射と副燃料の噴射とを異なるタイミングで行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内燃機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置であって、
機械的に制御されて主燃料を供給する主燃料系と、
電氣的に制御されて副燃料を供給する副燃料系と、
前記主燃料系及び前記副燃料系に共通に設けられ、前記主燃料及び前記副燃料を前記気筒内に噴射する燃料噴射弁と、
を備え、
前記主燃料の噴射と前記副燃料の噴射とを異なるタイミングで行うことを特徴とする燃料噴射装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃料噴射装置であって、
前記主燃料の噴射時における噴射圧力と、前記副燃料の噴射時における噴射圧力と、が異なることを特徴とする燃料噴射装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の燃料噴射装置であって、
前記主燃料の噴射時における噴射圧力より前記副燃料の噴射時における噴射圧力が高いことを特徴とする燃料噴射装置。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか 1 つに記載の燃料噴射装置であって、
前記主燃料の噴射の前であって、前記主燃料の噴射の半周期より短い時間前に前記副燃料のプレ噴射を行うことを特徴とする燃料噴射装置。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載の燃料噴射装置であって、
前記主燃料の噴射の後であって、前記主燃料の噴射の半周期より短い時間後に前記副燃料のアフター噴射を行うことを特徴とする燃料噴射装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の燃料噴射装置であって、
前記プレ噴射における噴射圧力と、前記アフター噴射における噴射圧力と、が異なることを特徴とする燃料噴射装置。

30

【請求項 7】

請求項 1～6 のいずれか 1 つに記載の燃料噴射装置であって、
前記主燃料は、廃食用油、バイオ燃料、重油のうち少なくとも 1 つを含むことを特徴とする燃料噴射装置。

【請求項 8】

請求項 1～7 のいずれか 1 つに記載の燃料噴射装置であって、
前記内燃機関はディーゼル機関であり、
前記副燃料系は、加圧された前記副燃料を蓄えるコモンレールを含む蓄圧部を有することを特徴とする燃料噴射装置。

【請求項 9】

請求項 1～8 のいずれか 1 つに記載の燃料噴射装置であって、
前記燃料噴射弁の直前の合流部で前記主燃料系と前記副燃料系とを合流させ、
前記合流部に繋がる前記主燃料系の配管の半分よりも前記合流部に近い位置、及び、前記合流部に繋がる前記副燃料系の配管の半分よりも前記合流部に近い位置の少なくとも一方に逆止弁が設けられていることを特徴とする燃料噴射装置。

40

【請求項 10】

請求項 1～9 のいずれか 1 つに記載の燃料噴射装置であって、
前記気筒に設けられた管路の気柱振動を検出する気柱振動検出手段をさらに備え、
前記気柱振動検出手段で検出された気柱振動に応じて前記副燃料の噴射条件を制御することを特徴とする燃料噴射装置。

50

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の燃料噴射装置であって、

前記気柱振動検出手段は、前記管路を構成する計測用コックに設けられた圧力センサにより前記気柱振動を検出することを特徴とする燃料噴射装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 又は 1 1 に記載の燃料噴射装置であって、

前記気柱振動を小さくするタイミングで前記副燃料の噴射を行うことを特徴とする燃料噴射装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 ~ 1 2 のいずれか 1 つに記載の燃料噴射装置を搭載した陸船産業用内燃機関。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、内燃機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置及び陸船産業用内燃機関に関し、特に多種の燃料に対応可能な燃料噴射装置及びこれを用いた陸船産業用内燃機関に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

石油資源の枯渇、地球温暖化を背景に多種の燃料で運転可能な内燃機関およびこのような内燃機関に用いられる燃料噴射装置が求められている。例えば、より低質の石油系の燃料を用いること、バイオ燃料を用いることなどが提案されている。燃料はその種によって着火性が異なり、多種の燃料で運転可能とするためには、燃料の噴射タイミング等を調整して燃焼性を向上させる必要がある。

20

【0 0 0 3】

例えば、ディーゼル機関の燃料噴射装置において、燃料噴射時に高圧の主噴射の前に低圧のパイロット噴射を行う構成が開示されている。このような燃料噴射装置において、主噴射用の高圧用コモンレールとパイロット噴射用の低圧用コモンレールとを備えた構成が開示されている（下記、特許文献 1 参照）。また、燃焼室内へ主噴射を行うための主噴射ノズルとパイロット噴射を行うための副噴射ノズルとを別々に設ける構成が開示されている（下記、特許文献 2 参照）。また、燃焼室内への主噴射とパイロット噴射とを行うための共通の燃料噴射ノズルを設ける構成が開示されている（下記、特許文献 3 参照）。

30

【0 0 0 4】

また、内燃機関の燃料噴射装置において、高圧の燃料を噴射する主噴射と、主燃料より後に主噴射より低圧で燃料を噴射するアフター噴射を行う構成が開示されている（下記、特許文献 4 参照）。ここでは、内燃機関の気筒に主噴射を行うための噴射弁と、アフター噴射を行うための噴射弁と、が別々に設けられている。

【0 0 0 5】

また、主噴射とパイロット噴射又はアフター噴射等の副噴射とを組み合わせる際に、燃料噴射量及びエンジン回転数に基づき機関燃焼状態を間接的に把握し、当該燃焼状態に応じて制御モードを変更する技術が開示されている（下記、特許文献 5 参照）。また、主噴射とパイロット噴射を組み合わせる際に、内燃機関の気筒内の圧力 P を検出し、最高圧力 P_{max} 及び dP/d に基づいて燃焼状態と着火状態を把握し、その結果をパイロット燃料供給装置にフィードバックする構成が開示されている（下記、特許文献 6 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 6】

【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 1 1 1 4 0 4 号公報

【特許文献 2】特開平 1 0 - 1 8 4 4 8 7 号公報

【特許文献 3】特開平 5 - 2 6 1 2 7 号公報

50

【特許文献4】特開2007-71181号公報

【特許文献5】特開2003-120392号公報

【特許文献6】特開平6-159182号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、従来の船舶用ディーゼル機関の燃料噴射システムは、ディーゼル機関により駆動される機械式ポンプで燃料を加圧し、機械式の燃料噴射弁でディーゼル機関の気筒内に燃料を噴射する構成を有している。

【0008】

このため、加圧される燃料の圧力上昇や噴射タイミングは機械式ポンプや機械式燃料噴射弁の特性に左右され、精度の高い制御が困難であった。また、排気ガス特性の改善からも問題があった。

【0009】

また、近年、自動車等の分野では、加圧された燃料をコモンレール（蓄圧部）に蓄え、電気制御式の燃料噴射弁により燃料を噴射してディーゼル機関における燃焼を細かく制御する電気制御式の燃料噴射システムが用いられている。そこで、従来の船舶用ディーゼル機関にこのような電気制御式の燃料噴射システムを増設し、ディーゼル機関をより高効率化すると共に排気ガス特性を改善することが考えられている。特に、環境問題対策として注目されているバイオ燃料や廃食油等のマルチ燃料に対応したディーゼル機関の高効率化や排気ガス特性の改善が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項1に対応した内燃機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置は、機械的に制御されて主燃料を供給する主燃料系と、電氣的に制御されて副燃料を供給する副燃料系と、前記主燃料系及び前記副燃料系に共通に設けられ、前記主燃料及び前記副燃料を前記気筒内に噴射する燃料噴射弁と、を備え、前記主燃料の噴射と前記副燃料の噴射とを異なるタイミングで行う。すなわち、主燃料系に設けられた弁と副燃料系に設けられた弁とを異なるタイミングで開閉制御することにより、主燃料と副燃料を異なるタイミングで噴射する。このとき、副燃料系は電氣的に高精度に制御される。

【0011】

請求項2に対応した燃料噴射装置は、前記主燃料の噴射時における噴射圧力と、前記副燃料の噴射時における噴射圧力と、が異なるものとする。異なる噴射圧力での燃料噴射を異なるタイミングで行うことによって燃料の燃焼状態を制御する。例えば、燃料の性状、気筒内圧力、機関の負荷条件、地理的条件等の条件に基づき主燃料の噴射圧力を決定し、燃焼室の気筒の振動や排気ガスの性状を抑制するように副燃料を異なる噴射圧力に決定する。

【0012】

請求項3に対応した燃料噴射装置は、前記主燃料の噴射時における噴射圧力より前記副燃料の噴射時における噴射圧力が高いものとする。具体的には、コモンレール等の蓄圧部を利用して副燃料を予備加圧しておき、副燃料系から主燃料系より高い圧力で噴射する。これにより、副燃料は主燃料より微細な粒子として噴射される。

【0013】

請求項4に対応した燃料噴射装置では、前記主燃料の噴射の前であって、前記主燃料の噴射の半周期より短い時間前に前記副燃料のプレ噴射を行う。プレ噴射は、パイロット噴射とも呼ばれる。プレ噴射は、主燃料系とは独立した電気式制御の副燃料系を用いて、主燃料系より噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等の制御が高い精度で行われる。特に、ピストン上死点となるタイミングをクランク角度0°としたときのクランク角度において-15°～-22.5°程度の位相差をもって副燃料をプレ噴射させることが好ましい。また、排気ガスの性状を改善するためには、プレ噴射時の燃料の噴射量を少な

10

20

30

40

50

くすること、少なくともプレ噴射における副燃料の一回の噴射量を主燃料の一回の噴射量より少なくすることが好ましい。

【0014】

請求項5に対応した燃料噴射装置では、前記主燃料の噴射の後であって、前記主燃料の噴射の半周期より短い時間後に前記副燃料のアフター噴射を行う。アフター噴射は、ポスト噴射とも呼ばれる。アフター噴射は、主燃料系とは独立した電気式制御の副燃料系を用いて、主燃料系より噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等の制御が高い精度で行われる。特に、主噴射の終わった後、クランク角度において 5° ～ 10° 程度の位相差をもって副燃料をアフター噴射させることが好ましい。また、アフター噴射時の燃料の噴射量を多目にする、少なくともアフター噴射における副燃料の一回の噴射量を主燃料の一回の噴射量に対する比率を多目に設定することが好ましい。

10

【0015】

請求項6に対応した燃料噴射装置において、前記プレ噴射における噴射圧力と、前記アフター噴射における噴射圧力と、が異なるものとする。例えば、プレ噴射は燃焼室の気筒の振動の低減・抑制に適した噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等の噴射条件下で行い、アフター噴射は、排気ガスの性状の改善に適した噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等の噴射条件下で行う。

【0016】

請求項7に対応した燃料噴射装置は、前記主燃料は、廃食油、バイオ燃料、重油のうち少なくとも1つを含むものとする。

20

【0017】

請求項8に対応した燃料噴射装置は、前記内燃機関はディーゼル機関であり、前記副燃料系は、加圧された前記副燃料を蓄えるコモンレールを含む蓄圧部を有するものとする。例えば、プレ噴射やアフター噴射等の副噴射は、コモンレールを含む蓄圧部を備えた副燃料系を用いて、主燃料系より高い精度で噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等の制御しつつ行われる。

【0018】

請求項9に対応した燃料噴射装置は、前記燃料噴射弁の直前の合流部で前記主燃料系と前記副燃料系とを合流させ、前記合流部に繋がる前記主燃料系の配管の半分よりも前記合流部に近い位置、及び、前記合流部に繋がる前記副燃料系の配管の半分よりも前記合流部に近い位置の少なくとも一方に逆止弁が設けられている。主燃料系に逆止弁を設ける際は、主燃料系に含まれる機械式燃料噴射ポンプから主燃料系と副燃料系との合流部までの間の配管の半分の位置よりも合流部に近い位置に配置することが好ましい。副燃料系に逆止弁を設ける際は、副燃料系に含まれる電気式燃料噴射弁から主燃料系と副燃料系との合流部までの間の配管の半分の位置よりも合流部に近い位置に配置することが好ましい。そして、主燃料系又は副燃料系から逆止弁を介して配管に送り込まれた燃料の逆流を防止し、燃料注入により加圧される部分の容積を小さくし、燃料圧の高圧化とその応答性を向上させて燃焼室内に噴射する。

30

【0019】

請求項10に対応した燃料噴射装置は、前記気筒に設けられた管路の気柱振動を検出する気柱振動検出手段をさらに備え、前記気柱振動検出手段で検出された気柱振動に応じて前記副燃料の噴射条件を制御する。

40

【0020】

請求項11に対応した燃料噴射装置は、前記気柱振動検出手段は、前記管路を構成する計測用コックに設けられた圧力センサにより前記気柱振動を検出する。気柱振動を検出する圧力センサを設け、この圧力センサの検出圧力値が小さくなるように副燃料の副噴射を行う。

【0021】

請求項12に対応した燃料噴射装置は、前記気柱振動を小さくするタイミングで前記副燃料の噴射を行う。例えば、気柱振動を検出する圧力センサの検出圧力値をシステム制御

50

部にフィードバック入力し、検出圧力値の振幅が小さくなるようにフィードバック制御を行う。また、熱発生率や dp/d の振幅が小さくなるようにフィードバック制御を行っても良い。

【0022】

請求項13に対応した陸船産業用内燃機関は、請求項1～12のいずれか1つに記載の燃料噴射装置を備える。陸船産業用内燃機関は、例えば、船舶のみならず鉄道車両、自動車等の他の移動機関、発電システムや産業機器に搭載される内燃機関であればよい。また、内燃機関は、ディーゼル機関以外の間欠燃焼を行う機関（直噴式のオットー機関等）であってもよい。

【発明の効果】

【0023】

本発明の燃料噴射装置によれば、機械的に制御されて主燃料を供給する主燃料系と、電氣的に制御されて副燃料を供給する副燃料系と、前記主燃料系及び前記副燃料系に共通に設けられ、前記主燃料及び前記副燃料を前記気筒内に噴射する燃料噴射弁と、を備え、前記主燃料の噴射と前記副燃料の噴射とを異なるタイミングで行うことにより、燃料の燃焼に伴う問題を低減・抑制することができる。具体的には、燃焼室の気筒の振動を低減したり、排気ガスの性状を改善したりすることができる。特に、副燃料系を電氣的に制御することにより、主燃料の噴射タイミングに対する副燃料の噴射タイミングを高精度で制御することができ、気筒の振動や排気ガスの性状の改善において高い効果を得られる。また燃料噴射弁が主燃料系及び副燃料系に共通に設けられているため、例えば、副燃料系を後付設置する場合に、気筒に取付口を別途設ける必要が無く燃料噴射弁の交換だけで済む。

【0024】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、前記主燃料の噴射時における噴射圧力と、前記副燃料の噴射時における噴射圧力と、が異なるものとすることによって、主燃料の燃焼に伴う問題を低減・抑制することができる。例えば、前記主燃料の噴射時における噴射圧力より前記副燃料の噴射時における噴射圧力が高いものとすることによって、主燃料の噴射前や噴射後における副燃料の粒子を微細化し、副燃料の燃焼を高めることにより気筒の振動や排気ガスの性状の改善の効果が高めることができる。

【0025】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、前記主燃料の噴射の前であって、前記主燃料の噴射の半周期より短い時間前に前記副燃料のプレ噴射を行うことによって、燃焼室の気筒の振動を低減したり、排気ガスの性状を改善したりすることができる。特に、ピストン上死点となるタイミングをクランク角度 0° としたときのクランク角度において $-15^\circ \sim -22.5^\circ$ 程度の位相差をもって副燃料をプレ噴射させることによって、気筒の振動の抑制効果が顕著となる。また、プレ噴射における副燃料の一回の噴射量を主燃料の一回の噴射量より少なくすることにより、排気ガスの性状を改善効果が顕著となる。

【0026】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、前記主燃料の噴射の後であって、前記主燃料の噴射の半周期より短い時間後に前記副燃料のアフター噴射を行うことによって、排気ガスの性状を改善することができる。特に、主噴射の終わった後、クランク角度において $5^\circ \sim 10^\circ$ 程度の位相差をもって副燃料をアフター噴射させることによって、排気ガスの性状の改善効果が顕著となる。また、アフター噴射時の燃料の噴射量を多目にする事、少なくともアフター噴射における副燃料の一回の噴射量の主燃料の一回の噴射量に対する比率を多目に設定することにより、排気ガスの性状の改善効果が顕著となる。

【0027】

なお、前記プレ噴射における噴射圧力と、前記アフター噴射における噴射圧力と、を異なるものとする事によって、プレ噴射とアフター噴射とにおいてそれぞれ異なる効果を組み合わせ得ることができる。例えば、プレ噴射によって燃焼室の気筒の振動の低減・抑制を図り、アフター噴射によって排気ガスの性状の改善を図ることができる。

【0028】

10

20

30

40

50

また、本発明の燃料噴射装置によれば、前記主燃料は、廃食油、バイオ燃料、重油のうち少なくとも1つを含むものである場合に、副燃料の副噴射による排気ガスの性状改善の効果が顕著となる。

【0029】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、前記内燃機関はディーゼル機関であり、前記副燃料系は、加圧された前記副燃料を蓄えるコモンレールを含む蓄圧部を有するものとし、予備加圧を行った状態で蓄圧部に副燃料を蓄えておくことによって、プレ噴射やアフター噴射の噴射タイミング、噴射圧力、噴射量を高い精度で制御することが可能となる。また、特に大型の内燃機関の場合、自動車に用いられているコモンレール方式の燃料噴射装置を適用することが容易となる。

10

【0030】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、前記燃料噴射弁の直前の合流部で前記主燃料系と前記副燃料系とを合流させ、前記合流部に繋がる前記主燃料系の配管の半分よりも前記合流部に近い位置、及び、前記合流部に繋がる前記副燃料系の配管の半分よりも前記合流部に近い位置の少なくとも一方に逆止弁を設けることによって、合流部より下流において燃料注入により加圧される部分の容積を小さくし、燃料圧の高圧化とその応答性を向上させて主燃料又は副燃料の圧力の低下を抑制しつつ燃料を噴射させることができる。

【0031】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、前記気筒に設けられた管路の気柱振動を検出する気柱振動検出手段をさらに備え、前記気柱振動検出手段で検出された気柱振動に応じて前記副燃料の噴射条件を制御することによって、燃焼室の気筒の振動を副燃料の噴射である副噴射により効果的に低減することができる。

20

【0032】

特に、前記気柱振動検出手段は、前記管路を構成する計測用コックに設けられた圧力センサにより前記気柱振動を検出することによって、気柱振動を検出する圧力センサを設け、この圧力センサの検出圧力値が小さくなるように副燃料の副噴射を行うことができる。

【0033】

さらに、前記気柱振動を小さくするタイミングで前記副燃料の噴射を行うことが好適である。例えば、気柱振動を検出する圧力センサの検出圧力値をシステム制御部にフィードバック入力し、検出圧力値の振幅が小さくなるようにフィードバック制御を行うことによって、気柱振動として検出される燃焼室の気筒の振動をより効果的に低減することができる。

30

【0034】

また、本発明の陸舶産業用内燃機関によれば、船舶のみならず鉄道車両、自動車等の他の移動機関、発電システムや産業機器に搭載される内燃機関において、燃焼室の気筒の振動を低減・抑制したり、排気ガスの性状を改善したりすることができる。また、例えば、大型の陸舶産業用内燃機関を採用した場合、副燃料系に量産効果の高い小型の自動車用コモンレールが採用できる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

40

【図1】実施形態のディーゼル機関の概略構成を示す断面図である。

【図2】実施形態のシリンダヘッドの構成を示す部分拡大断面図である。

【図3】実施形態の燃料供給系の構成図を示す図である。

【図4】プレ噴射と主噴射とのタイミングの関係を示す図である。

【図5】アフター噴射と主噴射とのタイミングの関係を示す図である。

【図6】実施の形態におけるディーゼル機関の制御ブロック図である。

【図7】プレ噴射のタイミングと噴射圧力との関係を示す図である。

【図8】プレ噴射のタイミングと噴射圧力との関係を示す図である。

【図9】プレ噴射のタイミングと圧力変動及び熱発生率との関係を示す図である。

【図10】プレ噴射のタイミングと圧力変動及び熱発生率との関係を示す図である。

50

【図 1 1】プレ噴射無しの場合の噴射圧力、圧力変動、熱発生量及び熱発生率を示す図である。

【図 1 2】プレ噴射有りの場合の噴射圧力、圧力変動、熱発生量及び熱発生率を示す図である。

【図 1 3】プレ噴射のタイミングと排気ガス中の NO_x 濃度との関係を示す図である。

【図 1 4】プレ噴射のタイミングと排気ガス中の CO 濃度との関係を示す図である。

【図 1 5】プレ噴射のタイミングと排気ガス中のスモーク濃度との関係を示す図である。

【図 1 6】プレ噴射の噴射時間（噴射量）と排気ガス中の NO_x 濃度との関係を示す図である。

【図 1 7】プレ噴射の噴射時間（噴射量）と排気ガス中の CO 濃度との関係を示す図である。

10

【図 1 8】プレ噴射の噴射時間（噴射量）と排気ガス中のスモーク濃度との関係を示す図である。

【図 1 9】アフター噴射のタイミングと噴射圧力との関係を示す図である。

【図 2 0】アフター噴射のタイミングと圧力変動及び熱発生率との関係を示す図である。

【図 2 1】アフター噴射のタイミングと排気ガス中の NO_x 濃度との関係を示す図である。

【図 2 2】アフター噴射のタイミングと排気ガス中の THC 濃度との関係を示す図である。

【図 2 3】アフター噴射のタイミングと排気ガス中の CO 濃度との関係を示す図である。

20

【図 2 4】アフター噴射のタイミングと排気ガス中のスモーク濃度との関係を示す図である。

【図 2 5】アフター噴射の噴射時間（噴射量）と噴射圧力との関係を示す図である。

【図 2 6】アフター噴射の噴射時間（噴射量）と圧力変動及び熱発生率との関係を示す図である。

【図 2 7】アフター噴射の噴射時間（噴射量）と排気ガス中の NO_x 濃度との関係を示す図である。

【図 2 8】アフター噴射の噴射時間（噴射量）と排気ガス中の THC 濃度との関係を示す図である。

【図 2 9】アフター噴射の噴射時間（噴射量）と排気ガス中の CO 濃度との関係を示す図である。

30

【図 3 0】アフター噴射の噴射時間（噴射量）と排気ガス中のスモーク濃度との関係を示す図である。

【図 3 1】プレ噴射による排ガス中の CO 濃度及びスモーク濃度の低減効果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、本発明の実施の形態を、図面に従って説明する。図 1 は、内燃機関、特に船舶用ディーゼル機関 10 の概略の断面図である。ディーゼル機関 10 は多気筒機関であり、図 1 の紙面を貫く方向に複数の気筒が直列に配置されている。ピストン 12 は、シリンダライナ 14 の円筒内周面に沿って摺動しつつ往復運動し、この往復運動が接続棒 16 を介してクランク軸 18 の回転運動に変換される。シリンダライナ 14 はエンジンフレーム 20 に支持され、シリンダライナ 14 とエンジンフレーム 20 の間には、冷却水の流れる水ジャケットが形成される。このエンジンフレーム 20 の、シリンダライナを囲みこれを支持する部分と、シリンダライナ 14 とでシリンダが構成される。エンジンフレーム 20 には、クランク軸 18 を支持する軸受が設けられているが、図 1 においては省略されている。

40

【0037】

エンジンフレーム 20 の上部には、シリンダヘッド 22 がヘッドボルトにより締結されており、これによりシリンダヘッド 22 がシリンダライナ 14 の上部の開口に当接し、密着している。ピストン 12 の頭頂面と、これに対向するシリンダヘッド 22 の下面と、シ

50

リンダライナ 1 4 の内周面により燃焼室が形成される。シリンダヘッド 2 2 の燃焼室の中央にあたる部分に燃料噴射弁 2 6 が設けられている。燃料噴射弁の配置は、噴射される燃料の噴霧の拡がり方など、燃焼状況により適切に定められればよく、中央以外に部分に設けられてもよい。シリンダヘッド 2 2 には、燃焼室に通じる吸気ポートおよび排気ポートが形成されており、さらに、これらのポートの燃焼室に対する開口を開閉するための吸気弁、排気弁が配置される。吸排気弁は、燃料噴射弁 2 6 の紙面奥側と手前側に配置されており、図 1 においては示されていない。吸気ポートは吸気管 3 2 に連通しており、排気ポートは排気管 3 4 に連通している。

【 0 0 3 8 】

また、図 2 の部分拡大図に示すように、シリンダヘッド 2 2 には、インジェクタコック（計測用コック）5 3 が設けられる。インジェクタコック 5 3 は、シリンダライナ 1 4 の内部の圧力等を計測するためにシリンダヘッド 2 2 に管路 5 3 a を形成し、管路 5 3 a の端部をシリンダヘッド 2 2 の外部まで引き出して構成される。シリンダヘッド 2 2 の外部に引き出された管路 5 3 a の端部にはバルブ 5 3 c が設けられ、このバルブ 5 3 c を開けることによって、燃焼室内の燃料や空気等の一部を抜き出してその性状を計測することができる。

10

【 0 0 3 9 】

本実施の形態では、管路 5 3 a 内の気柱振動を計測するために、管路 5 3 a 内の圧力を計測するための圧力センサ 5 3 b が設けられている。圧力センサ 5 3 b は、管路 5 3 a 内の圧力を検出し、後述のシステム制御部 1 1 4 へ出力する。

20

【 0 0 4 0 】

シリンダの側方には、ギア、チェーンなどの伝達装置を介してクランク軸 1 8 に駆動されるカム軸 3 6 が配置される。カム軸 3 6 は、気筒の配列方向と平行に配置され、各気筒の吸気弁、排気弁に対応したカム 3 8 を備えている。カム 3 8 のカム面に接するカムフォロワ 4 0 が設けられ、さらに、カムフォロワ 4 0 に接続され、シリンダヘッド 2 2 に向けてプッシュロッド 4 2 が延びて配置される。シリンダヘッド 2 2 には、ロッカーアーム 4 4 が配置され、ロッカーアーム 4 4 の一端にはプッシュロッド 4 2 が接続し、他端は吸気弁と排気弁のステム端 4 6 に接続している。カム軸 3 6 の回転により、カム 3 8 がカムフォロワ 4 0 を揺動させ、この動きがプッシュロッド 4 2 を介してロッカーアーム 4 4 に伝達される。そして、ロッカーアーム 4 4 も揺動して吸気弁および排気弁が駆動され、吸気ポート、排気ポートの開閉が実行される。

30

【 0 0 4 1 】

燃料噴射弁 2 6 には、燃料供給系 4 8 により燃料が供給される。このディーゼル機関 1 0 には、二つの燃料供給系が設けられる。一つの燃料供給系は機械式燃料噴射ポンプ 5 0 を備え、このポンプは燃料タンク 5 2 内の燃料を加圧して、逆止弁 5 1 を備えた燃料供給管 5 4 を介して燃料噴射弁 2 6 に供給する。この燃料供給系を主燃料供給系と記し、燃料タンク 5 2 を主燃料タンク 5 2、燃料供給管 5 4 を主燃料供給管 5 4、さらに主燃料供給系で供給される燃料を主燃料として以下説明する。

【 0 0 4 2 】

もう一つの燃料供給系を副燃料供給系と記す。副燃料供給系は、燃料噴射弁 2 6 に供給される副燃料を蓄える燃料タンク 5 6、副燃料を加圧し送る加圧ポンプ 5 8、加圧ポンプにより送られる加圧された燃料を蓄える蓄圧部としてのコモンレール 6 0 を含む。コモンレール 6 0 内に蓄えられた加圧燃料が、逆止弁 6 3 及び副燃料供給弁 6 4 を有する燃料供給管 6 2 を介して主燃料供給管 5 4 に送出される。主燃料供給管 5 4 に送出された燃料は、更に燃料噴射弁 2 6 に向かい、ここから燃焼室内に向けて噴射される。この副燃料タンク 5 6 から燃料噴射弁 2 6 に至る、副燃料を噴射するための系を副燃料系と記し、燃料タンク 5 6 を副燃料タンク 5 6、燃料供給管 6 2 を副燃料供給管 6 2 として以下説明する。

40

【 0 0 4 3 】

したがって、この燃料供給系 4 8 においては、主、副の燃料供給管 5 4、6 2 の合流部 6 5 より下流においては、主、副燃料系が構成要素（例えば燃料噴射弁 2 6）を共有して

50

いる。

【 0 0 4 4 】

コモンレールを含む副燃料系は、自動車用のシステムを転用することができる。自動車用の需要は、船舶用のそれよりも多く、量産効果により副燃料系導入のコストを抑制することができる。また、副燃料系に軽油を用いるのであれば、自動車用のシステムを導入するための改造が少なくなり、更に導入コストの抑制が期待できる。また、自動車用のシステムが、船舶用としては容量が不足する場合には、システムを複数備え、1気筒に複数のコモンレールシステムから燃料を噴射するようにできる。また、燃料噴射量を増加するために、コモンレールの容積を増加して対応してもよい。

【 0 0 4 5 】

副燃料系を、既存の内燃機関に後付けする構成とした場合、外洋を航行中に、副燃料系の寿命が来たとしても、容易に取り替えることができる。さらに、副燃料系に自動車用のコモンレールシステムを用いることにより、これが船舶用の内燃機関に比べて寿命が短い場合も、経済的な負担を小さくして容易に取り替えることができる。

【 0 0 4 6 】

図3は、燃料供給系48および燃料噴射弁26を示す図である。主燃料系においては、主燃料タンク52に蓄えられている主燃料は、機械式燃料噴射ポンプ50により加圧されて送出され、主燃料供給管54を介して燃料噴射弁26に送られる。なお、逆止弁51より下流へ送り出された主燃料は、逆止弁51によって機械式燃料噴射ポンプ50側へ逆流することが防がれている。また、燃料注入により加圧される部分の容積を小さくし、燃料

【 0 0 4 7 】

副燃料系においては、副燃料タンク56に蓄えられた副燃料は、加圧ポンプ58で加圧、送出され、圧力が高い状態でコモンレール60に蓄えられる。コモンレール60から主燃料供給管54に向かう副燃料供給管62の途中には副燃料供給弁64が設けられており、この副燃料供給弁64を開放することによって、合流部65より下流に副燃料が供給される。副燃料供給弁64は、電氣的に制御される電気制御式とする。

【 0 0 4 8 】

このように、主燃料系においては、燃料の加圧は、燃料噴射のたびにそれぞれ独立して行われるのに対し、副燃料系においては、燃料は予め加圧されて、加圧された状態で蓄えられており、燃料噴射のタイミングで予め加圧されていた燃料が供給される。主燃料系においては、燃料噴射の初期においては、圧力が低く、噴射される燃料の粒子が比較的大きい。一方、副燃料系においては、燃料は予め加圧されているので、噴射期間の初期から高い圧力で噴射することが可能であり、噴射のタイミングを制御し易く、噴射時の燃料の噴射量や噴射圧力も制御が容易となる。また、主燃料より高い噴射圧力で副燃料を噴射することにより、副燃料の粒子は主燃料より微細な状態で噴射される。これにより、副燃料の着火性や燃焼性を高めることができる。また、コモンレール内の圧力は、変更することが容易である。具体的には、例えば、加圧ポンプ58に電気式のポンプを採用した場合は、ポンプを駆動するモータの回転速度を変更して、コモンレール内圧力を調整することができる。また、加圧ポンプ58として機械式のポンプを用いる場合には、コモンレール

【 0 0 4 9 】

なお、合流部65より下流へ送り出された副燃料は、逆止弁63によってコモンレール60へ逆流することが防がれている。また、逆止弁51によりこれより下流に流出することが防がれている。逆止弁51あるいは逆止弁63またはその双方は、吸い戻しストロークを設けたデリバリバルブ型のものを選ぶことができる。これにより、主燃料あるいは副燃料の残圧を低減し、次の噴射への影響を軽減できる。また、コモンレール60に蓄えられた燃料が、主燃料供給管54を介して燃料噴射弁26に送られる。加圧ポンプ58およびコモンレール60は全気筒または複数の気筒に共通に設けられ、副燃料供給弁64が各

10

20

30

40

50

気筒ごとに設けられる。

【0050】

また、逆止弁63は副燃料の注入が無いときに、主燃料の逆流を防いでいる。逆止弁51は副燃料の注入の際にこの燃料が主燃料系の逆止弁51より下流に流出することを防いでいる。副燃料によって加圧される配管容積を小さくすることによって、燃料圧の高圧化とその応答性（加圧速度）の向上が期待できる。逆止弁51から噴射弁26のノズル穴までの管路容積をできるだけ小さくすることが重要であるが、逆止弁51が機械式燃料噴射ポンプ50から合流部65までの間の配管の半分の位置よりも機械式燃料噴射ポンプ50に近い位置に配置されると、燃料供給管54, 62において主燃料系から供給された主燃料又は副燃料系から供給された副燃料の圧力の低下が大きくなり、燃料噴射弁26から気筒内へ燃料を噴射させる際の噴射圧力が低下してしまう。そこで、逆止弁51は、主燃料供給管54の機械式燃料噴射ポンプ50から合流部65までの間の配管の半分の位置よりも合流部65に近い位置に配置することが好適である。また、逆止弁63が副燃料供給弁64から合流部65までの間の配管の半分の位置よりも副燃料供給弁64に近い位置に配置されると、燃料供給管54, 62において主燃料系から供給された主燃料又は副燃料系から供給された副燃料の圧力の低下が大きくなり、燃料噴射弁26から気筒内へ燃料を噴射させる際の噴射圧力が低下してしまう。そこで、逆止弁63は、副燃料供給管62の副燃料供給弁64から合流部65までの間の配管の半分の位置よりも合流部65に近い位置に配置することが好適である。管路の実構成上、逆止弁51、逆止弁63および合流部65の位置は変えられないとしても、合流部65から燃料噴射弁26までの管路を、例えば二重管やセパレート管等とすることにより、実質の合流部を限りなく燃料噴射弁26の近傍に持ってくることも可能である。特に、副燃料はコモンレール60（蓄圧部）によって予備的に加圧された状態で燃料供給管54, 62へと導入され、燃料噴射弁26から気筒内へ主燃料よりも高い圧力で噴射されるので、逆止弁51, 63の位置による圧力低下の影響を受け易い。したがって、コモンレール60のような蓄圧部を用いた燃料供給系を有する場合には、逆止弁51, 63を上記のように配置することによる効果が顕著となる。また、プレ噴射(副燃料) 主噴射(主燃料) アフター噴射(副燃料)のサイクルとすることにより、特に精密な制御が必要なプレ噴射に対して、管路が副燃料で満たされた状態での噴射制御が可能となる。

10

20

【0051】

また、副燃料供給弁64として電氣的に制御できるものを付加することにより、自動車用のコモンレールシステムの導入が容易となる。また、電気制御式とすることで、燃料噴射タイミングや、燃料噴射期間（噴射量）、燃料噴射パターン等が電気信号で制御可能となり、制御の自由度が拡大する。また、船舶においては、波の影響により、波の周期に関連した負荷変動を生じる場合があるが、制御の自由度が高い電気制御式を採用することで、これに好適に対応できる。

30

【0052】

さらに、本実施の形態では、主燃料系から供給される主燃料を噴射する主噴射と、主噴射とは異なるタイミングで副燃料系から供給される副燃料を噴射する副噴射を行う。より具体的には、図4の燃料噴射のタイミングチャートを示すように、主噴射の前であって、繰り返し行われる主噴射の半周期（ $T/2$ ）より短い時間だけ前に副燃料を噴射するプレ噴射を行う。プレ噴射は、パイロット噴射とも呼ばれる。また、図5の燃料噴射のタイミングチャートを示すように、主噴射の後であって、繰り返し行われる主噴射の半周期（ $T/2$ ）より短い時間だけ後に副燃料を噴射するアフター噴射を行う。アフター噴射は、ポスト噴射とも呼ばれる。プレ噴射とアフター噴射とは組み合わせ行ってもよい。

40

【0053】

特に、副燃料供給弁64を電気制御式とすることで、副噴射であるプレ噴射やアフター噴射のように、主噴射のタイミングに合わせて高い精度で噴射条件（燃料噴射タイミング、燃料噴射期間（噴射量）、噴射圧力、噴射パターン等）の制御を行う必要がある場合に有利である。

50

【 0 0 5 4 】

また、燃料噴射弁 2 6 は、燃料の噴射に電氣的制御を行う電気制御式燃料噴射弁としてもよい。電気制御式噴射弁は、気筒内に燃料を噴射する噴射弁として機能すると共に、主燃料及び副燃料の供給を制御する燃料制御弁としても機能する。電気制御式燃料噴射弁は、制御信号を受けて、電磁弁を備えた噴射ノズルから制御信号で示される噴射量の燃料を噴射する。噴射された燃料は、細かな粒子（液滴）となってシリンダ内を拡がり、ピストンによる圧縮で気筒内の温度が上昇すると自己着火して燃焼する。主燃料系は、カム 9 2 によるプランジャのストロークのたびに燃料が加圧される。なお、燃料噴射弁 2 6 は、一つの弁体に主燃料系と副燃料系が独立して存在し、各々機械式あるいは電気制御式、あるいはその組み合わせをもって機能する燃料噴射弁であってもよい。また燃料噴射弁 2 6 が主燃料系及び副燃料系に共通に設けられることにより、例えば、既存船の内燃機関に副燃料系を後付設置する場合に、シリンダヘッド 2 2 に取付口を別途設ける必要が無く燃料噴射弁 2 6 の交換だけで済む。また、新造船であってもシリンダヘッド 2 2 への穴あけが従来通り各気筒ごとに 1 か所で済み、加工が容易にできる。

10

【 0 0 5 5 】

主、副燃料は、同種の燃料を用いることも、異種の燃料の組み合わせとすることもできる。主、副燃料は、廃食油、バイオ燃料、重油のうち少なくとも 1 つを含むことが好適である。

【 0 0 5 6 】

同種の燃料を用いる場合であっても、後述するように、副燃料系においては、噴射初期から高い圧力で噴射することによって、燃料粒子が微細となって、着火性や燃焼性が改善される。特に、前述の燃料噴射弁による低負荷時の着火性の悪化を改善することができる。

20

【 0 0 5 7 】

同種の燃料を副燃料系により噴射しても、十分な着火性を得られない場合に、主、副燃料に異種の燃料を使用することもできる。この場合、副燃料に着火性の良い燃料を使用し、副燃料を火種として、着火性の悪い燃料を燃焼させるようにすることができる。ディーゼル機関における着火性は、セタン価で評価され、この場合は、セタン価の高い燃料を副燃料として使用し、低い燃料を主燃料として使用する。主燃料に着火性の悪い燃料を使用する場合、副燃料として軽油、バイオディーゼル油、G T L (G a s T o L i q u i d)、D M E (ジメチルエーテル) を使用することが好適である。主燃料として重油を使用した場合、相対的に着火性のよい菜種油等を用いてもよい。

30

【 0 0 5 8 】

図 6 は、主燃料系および副燃料系の噴射条件の制御に関する制御ブロック図である。この制御ブロック図は、主、副の燃料系において燃料噴射弁、特にそのノズルが共用される構成例を対象とした制御ブロック図である。既出の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。ディーゼル機関 1 0 の運転状態を検出するために、回転センサ 1 0 0、圧力センサ 1 0 2 および排気ガスセンサ 1 0 4 が備えられる。また、燃料噴射弁 2 6 に実際に供給される主燃料および副燃料の量をそれぞれ検出する主燃料流量センサ 1 0 6、副燃料流量センサ 1 0 8 を備えてもよい。回転センサ 1 0 0 は、クランク軸 1 8 の回転速度を検出するセンサである。

40

【 0 0 5 9 】

圧力センサ 1 0 2 は、燃焼室内の圧力を直接検出するセンサを用いることができるが、より簡易な方法として、後付け、または外付けのセンサにより圧力の検出を行うことができる。例えば、圧力センサ 1 0 2 は、燃焼室内の燃焼圧がシリンダヘッドボルトに作用する力に基づくセンサとしてもよい。

【 0 0 6 0 】

より具体的には、シリンダヘッド 2 2 をエンジンフレーム 2 0 に対して締結するシリンダヘッドボルトに圧力センサ 1 0 2 を設けてもよい。シリンダヘッドボルトのボルトのナットとシリンダヘッドの間に、圧力センサ 1 0 2 であるロードワッシャを配置する。ロー

50

ドワッシャには、シリンダヘッドの締め付け時に加えられる軸力と、気筒内圧を受けて発生する軸力が作用する。このロードワッシャに作用する力は、気筒内圧と良好な相関を有することが分かっており、気筒内圧を直接測定するのではなく、気筒の外部に設けたロードワッシャにより気筒内圧を測定することが可能である。

【 0 0 6 1 】

また、圧力センサ 1 0 2 としての歪みゲージを用いてもよい。圧力センサ 1 0 2 として用いる歪みゲージは、シリンダヘッドボルトの軸部に装着することが好適である。歪みゲージは、エンジンフレーム 2 0 と、シリンダヘッド 2 2 の間の隙間に対応して装着される。しかし、シリンダヘッドボルトの伸びを適切に検出できる位置であれば、どこに装着されても良く、例えばシリンダヘッド 2 2 内のボルト軸部に装着されてもよい。

10

【 0 0 6 2 】

シリンダヘッドボルトの伸びに作用する力は、気筒内圧と良好な相関を有していることが分かっており、気筒内圧を直接測定するのではなく、気筒の外部に設けた歪みゲージより気筒内圧を測定することが可能である。ロードワッシャ型、歪みゲージ型のいずれも、気筒の外部に装着可能であるため、副燃料系としてコモンレールシステムを後付けする場合や、故障時や寿命時の取り替えがボルトの脱着だけで簡単にできる。また、ボルトの緩みや締め付けトルクが不足した場合に、異常が検出可能となる。

【 0 0 6 3 】

圧力センサ 1 0 2 は、各気筒ごとに設けることができ、また代表となる 1 つまたは複数の気筒に対応して設けることもできる。気筒配置が V 型の機関であれば、左右のバンクにそれぞれ 1 つの圧力センサを設けることができる。気筒ごとに圧力センサを設けた場合、噴射条件の制御も気筒ごとに行うことができる。また、V 型のバンクごとなど、いくつかの気筒ごとに圧力センサを設けた場合、バンクごと、その気筒群ごとに噴射制御を行うこともできる。圧力センサ 1 0 2 により検出された気筒内圧に基づき、エンジン状態推定部 1 1 0 において、内燃機関の運転状態を推定する。

20

【 0 0 6 4 】

排気ガスセンサ 1 0 4 は、内燃機関の排気ガス中の窒素酸化物 (NO_x)、一酸化炭素 (CO)、粒子状物質 (PM)、全炭化水素 (THC) 等を検出するセンサである。これらは個別に設けることも組み合わせて設けることもできる。排気ガスセンサ 1 0 4 は、各気筒ごとに設けることができ、また代表となる 1 つまたは複数の気筒に対応して設けることもできる。排気ガスセンサ 1 0 4 からの出力信号はエンジン状態推定部 1 1 0 へ送られ、エンジン状態推定部 1 1 0 において排気ガスの性状に応じて内燃機関の運転状態を推定する。

30

【 0 0 6 5 】

エンジン状態推定部 1 1 0 は、排気ガスの性状、着火時期、図示平均有効圧、最高気筒内圧の少なくとも一つの情報に基づき、内燃機関における燃焼状態について推定を行う。例えば、主燃料の燃料噴射時期を変化させたときに圧力センサ 1 0 2 によって気筒内圧を検出することで、最高気筒内圧、図示平均有効圧を算出でき、また気筒内圧から求めた熱発生率から、着火時期を推定することができる。熱発生率から着火時期の推定を行うに当たり、あるサイクルの最大値と最低値より定められる閾値を用いて推定を行うことができる。例えば、熱発生率の最大値と最小値の差の 1 0 % を最小値に加算した値を閾値とし、あるサイクルにおいて、この値を超えたときを、そのサイクルの着火時期とすることができる。排気ガスの性状、着火時期、図示平均有効圧、最高気筒内圧等は、主燃料及び副燃料の噴射時期、噴射圧力、噴射量 (噴射燃料比) 等の噴射条件を変更すると変化し、これらのパラメータが予め定めた値となるように、主燃料及び副燃料の噴射時期、噴射圧力、噴射量 (噴射燃料比) 等の噴射条件を制御する。

40

【 0 0 6 6 】

また、エンジン状態推定部 1 1 0 は、排気ガスの性状に応じて内燃機関の燃焼状態を推定する。内燃機関の負荷に対して排気ガス中の窒素酸化物 (NO_x)、一酸化炭素 (CO)、スモーク及び全炭化水素 (THC) の濃度が変化する。スモークは、排気ガス中の粒

50

子状物質（PM）の量に対応する。すなわち、エンジン状態推定部110は、排気ガス中の窒素酸化物（NO_x）、一酸化炭素（CO）、スモーク及び全炭化水素（THC）の測定値の少なくとも一つを排気ガスセンサ104から受けて、受け取った測定値から内燃機関の燃焼状態を推定する。この推定された内燃機関の燃焼状態又は窒素酸化物（NO_x）、一酸化炭素（CO）、スモーク及び全炭化水素（THC）の測定値自体に応じて、主燃料及び副燃料の噴射時期、噴射圧力、噴射量（噴射燃料比）等の噴射条件を制御する。

【0067】

エンジン状態推定部110により推定される燃焼状態は燃料の性状を反映する。例えば、着火性の良い燃料を使用している場合は、噴射時期に対して早期に着火し、逆に着火性の悪い燃料の場合には、着火が遅れる傾向がある。また、着火性の良い燃料を使用している場合は、排気ガス中の窒素酸化物（NO_x）が増加し、着火性の悪い燃料の場合には、一酸化炭素（CO）、スモーク及び全炭化水素（THC）が増加する。

10

【0068】

エンジン状態推定部110は、このようにして得られた排気ガスの性状、着火時期、図示平均有効圧、最高気筒内圧等のパラメータ、燃料の性状、圧力センサ102の検出値及び排気ガスセンサ104の検出値等の運転条件に基づいて主燃料及び副燃料の噴射時期、噴射圧力、噴射量（噴射燃料比）等の噴射条件を制御するための制御信号をシステム制御部114へ出力する。

【0069】

また、シリンダヘッド22の管路53aに設けられた圧力センサ53bによって検出された管路53aの気柱振動を示す圧力測定値もシステム制御部114へ入力される。この圧力測定値も主燃料及び副燃料の噴射時期、噴射圧力、噴射量（噴射燃料比）等の噴射条件を制御するために用いられる。

20

【0070】

一方、ディーゼル機関10の運転条件は、運転操作盤120に入力された条件に基づき定められ、これに基づき前述のエンジン状態推定部110および各センサによる検出値をフィードバックしてシステム制御部114によりディーゼル機関10が制御される。運転操作盤120には、ディーゼル機関10の始動・停止を行う運転スイッチ122、出力レベルを制御するスロットルレバー124が備えられ、また燃料の種類や搭載量、排気ガス等に関する規制値、運転モードを入力する条件設定部126を備える。燃料の種類としては、重油、軽油、菜種油、廃食油、パーム油やバイオディーゼル油、GTL（Gas To Liquid）、DME（ジメチルエーテル）等が想定されており、それぞれの代表的な性状が予め記憶されている。また、主燃料と副燃料にそれぞれにどの種類の燃料を使用するか、設定することができる。また、排気ガス規制値（NO_x規制、CO規制、スモーク規制、SO_x規制、CO₂排出量規制）等の設定をすることができる。さらに、環境を重視する設定とするか、燃費を重視する設定とするかの運転モードの選択も行うことができる。操作者によりこれらの操作、入力となされ、運転条件算出部128にて、これらの条件に適した、運転条件が算出される。具体的には、主燃料及び副燃料の比率、燃料の性状（セタン価、発熱量）、排気温度目標値、効率の目標値、負荷条件等の算出を行う。

30

【0071】

また、GPS130を搭載し、GPS（全地球測位システム）情報、レーダ情報等に基づき現在の位置を取得し、これも合わせて運転条件を算出してもよい。GPSまたはレーダにより、陸からの距離、目的地からの方位や距離、航行時の目標物との位置関係を取得することができ、これらに応じた運転条件を算出することができる。例えば、現在位置が港湾内、陸地から近い位置であれば、排気ガス浄化を優先した運転モードとし、外洋であれば、燃費を優先した運転モードとするようにできる。航行時の目標物は、例えば灯台や、追従航行をしている場合であれば追従対象の他の船舶である。世界の国、地域、都市等の地理的位置や沿岸からの距離により排気ガス規制や環境規制等が異なる場合に、地理的条件に従った運転条件の算出ができる。また、GPS、レーダは、船舶用として一般に搭載されるものを共用することができる。

40

50

【 0 0 7 2 】

運転条件算出部 1 2 8 により算出された運転条件に基づき、運転条件設定部 1 1 2 において、ディーゼル機関 1 0 の運転条件がシステム制御部 1 1 4 に設定される。この設定された条件に基づきシステム制御部 1 1 4 によって主燃料及び副燃料の噴射時期、噴射圧力、噴射量（噴射燃料比）等の噴射条件の制御が実行される。

【 0 0 7 3 】

すなわち、システム制御部 1 1 4 は、エンジン状態推定部 1 1 0 での推定される内燃機関の運転条件、例えば着火時期、内燃機関の燃焼状態、燃料の性状、圧力センサ 1 0 2 , 5 3 b の検出値及び排気ガスセンサ 1 0 4 の検出値等、及び運転条件設定部 1 1 2 において設定される内燃機関の運転条件に応じて、機械式燃料噴射ポンプ 5 0、加圧ポンプ 5 8、副燃料供給弁 6 4 及び燃料噴射弁 2 6 を制御することによって主燃料及び副燃料の噴射時期、噴射圧力、噴射量（噴射燃料比）等を調整する。なお、副燃料の噴射時期、噴射量及び主燃料との噴射燃料比の制御は、システム制御部 1 1 4 により、副燃料供給弁 6 4 を制御することにより行われる。また、副燃料の燃料圧を制御するために、加圧ポンプ 5 8 の制御も行ってよい。機械式燃料噴射ポンプ 5 0 により、主燃料の噴射量及び副燃料との噴射燃料比を制御する場合には、カム 9 2 のクランク軸に対する位相を変更する機構を設ける。また、内燃機関への主燃料及び副燃料の噴射時期（タイミング）は、燃料噴射弁 2 6 を電気制御式燃料噴射弁とした場合、燃料噴射弁 2 6 の開閉制御により行うことができる。

10

【 0 0 7 4 】

本実施形態の燃料供給系 4 8 においては、主、副の燃料供給管 5 4 , 6 2 が、燃料噴射弁 2 6 の上流側で合流している。したがって、主燃料と副燃料とは別々に噴射することもできるし、同時に噴射することも可能である。いずれの場合にも、内燃機関の運転状態、例えば内燃機関の負荷や排気ガスの性状等に応じて、主燃料と副燃料との噴射タイミング、噴射時間（噴射量）及び噴射圧力等の噴射条件を調整することができる。

20

【 0 0 7 5 】

特に、本実施の形態では、主燃料の主噴射と異なるタイミングで副燃料の副噴射を行う制御を行う。すなわち、主燃料の主噴射と異なるタイミングで副燃料のプレ噴射及びアフター噴射を行う。

【 0 0 7 6 】

まず、システム制御部 1 1 4 は、推定された内燃機関の運転条件、圧力センサ 1 0 2 , 5 3 b の検出値及び排気ガスセンサ 1 0 4 の検出値並びに内燃機関の運転条件に応じて、主燃料系を用いた主燃料の噴射条件を設定する。すなわち、運転条件設定部 1 1 2 によって設定された内燃機関の運転条件を満たす燃焼条件となるように主燃料系を用いた主燃料の噴射の時期、噴射時間（噴射量）及び噴射圧力等の噴射条件が設定される。

30

【 0 0 7 7 】

主噴射を行う場合、機械式燃料噴射ポンプ 5 0 のみにより燃料の加圧及び噴射が行われる。プランジャのストロークに従って徐々に燃料圧 P_i が上昇し、燃料圧 P_i が噴射開始圧 P_o に達すると（クランク角 θ_1 ）燃料噴射弁 2 6 から燃料が噴射される。高負荷時には、プランジャの有効ストロークが長くなるようラックの進退が制御され、全負荷の場合には、噴射最高圧 P_{max} に達する（クランク角 θ_2 ）。その後、供給系の配管内等に残る圧力によりわずかに燃料が噴射されるが、基本的にはクランク角 θ_1 から θ_2 が燃料噴射期間となる。一方、低負荷時には、プランジャの有効ストロークが短くなり、クランク角 θ_2 よりも上死点に近いクランク角 θ_3 までが燃料噴射期間となる。クランク角 θ_3 では、燃料圧は、最高圧 P_{max} より低い P_1 にしか達していない。

40

【 0 0 7 8 】

このため、低負荷時には燃料噴射圧が低く、噴射された燃料粒子は大きなものとなる。燃料の粒子径が大きいと着火性が悪化する。このため、機械式燃料噴射ポンプのみにより燃料供給をする場合には、低負荷時において着火性が悪化し、排気ガスの性状が低下したり、ディーゼル機関 1 0 の燃焼が急激になり振動、騒音が大きくなったりすることがある

50

。

【 0 0 7 9 】

このような主噴射による燃焼の問題を低減・抑制するために副燃料のプレ噴射又はアフター噴射が行われる。

【 0 0 8 0 】

プレ噴射を行う場合、主噴射期間の前であって、主噴射の半周期（ $T/2$ ）より短い時間だけ前に副燃料を噴射する。副燃料系では、蓄圧部となるコモンレール60に予備的に加圧された副燃料を蓄えておき、主燃料の主噴射とは異なるタイミングで副燃料供給弁64を開に制御することによりプレ噴射を行う。

【 0 0 8 1 】

プレ噴射を行うことによって、内燃機関に発生する振動を低減又は抑制することができる。図7及び図8は、プレ噴射を主噴射とは異なるタイミングで行った場合における主燃料及び副燃料の噴射圧力の時間的変化を示す図である。図7は、主噴射においてピストン上死点のクランク角度に対してプレ噴射を -10° 、 -12.5° 、 -15° で行ったときの噴射圧力の時間的変化を示し、図8は、主噴射においてピストン上死点のクランク角度に対してプレ噴射を -15° 、 -17.5° 、 -20° 、 -22.5° で行ったときの噴射圧力の時間的変化を示している。

【 0 0 8 2 】

なお、タイミングを示す角度は、ピストンが上死点からクランクの一回転を 360° とした場合のクランク角度における位相を示している。すなわち、主噴射においてピストン上死点となるタイミングをクランク角度 0° としてときのプレ噴射のタイミングの位相差を示している。なお、図中において「カム」と示すのはプレ噴射を行わない主噴射のみの運転を示している。

【 0 0 8 3 】

図9及び図10は、図7及び図8に示す各タイミングでプレ噴射を行った場合における圧力センサ53bの検出圧力値の時間的変動及び気筒内における熱発生率（ dQ/d ）を示す。図9及び図10に示されているように、プレ噴射のタイミングが早くなるほど（主噴射とのタイミング差が大きくなるほど）、圧力センサ53bの検出圧力値及び熱発生率（ dQ/d ）の時間的変化の振幅は小さくなり、シリンダヘッド22に設けられている管路53a内の気柱振動が小さくなることが分かる。ただし、プレ噴射をクランク角度の位相差にして -22.5° 以上前に行うと内燃機関におけるプレ噴射による燃焼がピストンリングとシリンダダライナの摺動面に不具合をおこすおそれがある。したがって、主噴射の周期に対してクランク角度において $-15^\circ \sim -22.5^\circ$ 程度の位相差をもって副燃料をプレ噴射させることが好適である。このようなタイミングにおいてプレ噴射を行うことによって、気筒の振動の抑制効果が顕著となる。

【 0 0 8 4 】

また、圧力センサ53bの圧力を検出してシステム制御部114にフィードバックすることにより、圧力センサ53bの検出圧力値の時間的変動の振幅に応じてプレ噴射のタイミングを変更するフィードバック制御を行ってもよい。この場合、システム制御部114は、圧力センサ53bからの検出圧力値を受けて、図11に示すように、燃焼室の気筒内の圧力（ P ）や熱発生率（ dQ/d ）を把握する。そして、プレ噴射のタイミングをずらしつつ、これらの値の変動幅がより小さくなるタイミングに設定する処理を繰り返すことによって、最終的に気柱振動の振幅が最も小さくなるプレ噴射のタイミングに設定することができる。また、プレ噴射の位置を固定しておき、噴射量を徐々に増やしていき、圧力（ P ）や熱発生率（ dQ/d ）の変動幅が小さくなるタイミングに設定してもよい。これにより、図12に示すように、燃焼室の気筒内の圧力（ P ）や熱発生率（ dQ/d ）の振動幅を低減することができる。なお、熱発生率（ dQ/d ）の代わりに圧力変動率（ dP/d ）をパラメータとして用いてもよい。

【 0 0 8 5 】

このように、インジェクタコック53の管路53aに圧力センサ53bを設け、その圧

10

20

30

40

50

力センサ 5 3 b によって得られる検出圧力値を用いることによって、燃焼室の気筒の振動を効果的に低減・抑制することができる。なお、燃焼室の気筒に圧力センサ 1 0 2 が設けられていない構成であってもインジェクタコック 5 3 を利用することによって圧力センサ 5 3 b は容易に付設することができる。

【 0 0 8 6 】

図 1 3 ~ 図 1 5 は、プレ噴射における副燃料の噴射タイミングに対する排気ガスの性状の関係を示す。図 1 3 に示すように、排気ガス中の窒素酸化物 (NO_x) の量は、プレ噴射のタイミングの位相が主噴射のタイミングに対して進むにつれて増加した。これは、プレ噴射のタイミングが進むほど主燃料の着火性及び燃焼性が高められたためと考えられる。また、図 1 4 及び図 1 5 に示すように、排気ガス中の一酸化炭素 (CO) 及びスモークの濃度は、プレ噴射を行わない場合 (カム) に比べてプレ噴射を行うことによって減少し、プレ噴射のタイミングの位相が主噴射のタイミングに対して進むにつれて低減した。したがって、排ガスの性状の改善においても、主噴射の周期に対してクランク角度において $-15^\circ \sim -22.5^\circ$ 程度の位相差をもって副燃料をプレ噴射させることが好適である。このようなタイミングにおいてプレ噴射を行うことによって、排ガスの性状の改善効果が顕著となる。

10

【 0 0 8 7 】

また、図 1 6 ~ 図 1 8 は、プレ噴射における副燃料の噴射量 (噴射時間) に対する排気ガスの性状の関係を示す。図 1 6 に示すように、排気ガス中の窒素酸化物 (NO_x) の濃度は、プレ噴射における副燃料の噴射量 (噴射時間) に依らず略一定となった。一方、図 1 7 及び図 1 8 に示すように、プレ噴射における副燃料の噴射量が少なくなる (噴射時間が短くなる) につれて、排気ガス中の一酸化炭素 (CO) 及びスモークの濃度は低下した。すなわち、プレ噴射を行わない場合に比べてプレ噴射を行うことによって排ガスの性状は改善されるが、プレ噴射における副燃料の噴射量 (噴射時間) は少ない (短い) ほど排ガスの性状の改善効果は顕著となる。このとき、少なくともプレ噴射における副燃料の一回の噴射量を主燃料の一回の噴射量より少なくすることが好ましい。

20

【 0 0 8 8 】

このように、プレ噴射を行うことによって、主燃料の着火性や燃焼性を高めることができ、排気ガスの性状を改善することができる。また、これに伴って、内燃機関の燃費を向上させることができる。

30

【 0 0 8 9 】

図 1 9 及び図 2 0 は、アフター噴射を主噴射とは異なるタイミングで行った場合における燃料噴射圧及び燃焼室の気筒内圧力の時間的変化を示す図である。図 1 9 及び図 2 0 は、主噴射においてピストン上死点のクランク角度に対してアフター噴射をクランク角度において 5° 、 10° 、 15° 、 20° で行ったときの燃料噴射圧及び燃焼室の気筒内圧力の時間的変化を示している。

【 0 0 9 0 】

図 2 1 ~ 図 2 4 は、アフター噴射における副燃料の噴射タイミングに対する排気ガスの性状の関係を示す。図 2 1 に示すように、排気ガス中の窒素酸化物 (NO_x) の量は、アフター噴射を行わない場合に比べてアフター噴射を行うことによって減少し、アフター噴射のタイミングが主噴射のタイミングに対して遅れるにつれて低減した。また、図 2 2 ~ 図 2 4 に示すように、排気ガス中の全炭化水素 (THC)、一酸化炭素 (CO) 及びスモークの濃度は、アフター噴射を行わない場合に比べてアフター噴射を行うことによって減少し、特にアフター噴射が主噴射に対して $5^\circ \sim 10^\circ$ の範囲で顕著に低減された。すなわち、排ガスの性状の改善においては、主噴射の周期に対してクランク角度において $5^\circ \sim 10^\circ$ 程度の位相差をもって副燃料をアフター噴射させることが好適である。但し、現実にはアフター噴射の場合、内燃機関の出力 (負荷) が異なると主噴射の終わりのクランク角度が変わってくるため、主噴射の終わりのクランク角度を基準にした方がより好適である。一方、プレ噴射の場合は、ピストンの上死点を基準にすることが好ましい。

40

【 0 0 9 1 】

50

図 2 5 及び図 2 6 は、アフター噴射において副燃料の噴射量（噴射時間）を変えた場合の燃料噴射圧及び燃焼室の気筒内圧力の時間的変化を示す。アフター噴射の噴射時間を 1 . 5 m s , 2 . 0 m s , 2 . 5 m s で行った場合及びアフター噴射を行わなかった場合の燃料噴射圧及び燃焼室の気筒内圧力の時間的変化を示している。

【 0 0 9 2 】

また、図 2 7 ~ 図 3 0 は、アフター噴射における副燃料の噴射量（噴射時間）に対する排気ガスの性状の関係を示す。図 2 7 に示すように、排気ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）の量は、アフター噴射を行わない場合に比べてアフター噴射の噴射時間を 1 . 5 m s とした場合で増加し、噴射時間を 2 . 0 m s 及び 2 . 5 m s とした場合に減少した。また、図 2 8 ~ 図 3 0 に示すように、排気ガス中の全炭化水素（ THC ）、一酸化炭素（ CO ）及びスモークの濃度は、アフター噴射を行わない場合に比べてアフター噴射を行うことによって減少し、特にアフター噴射における噴射時間が長くなる（噴射量が多くなる）につれて減少が大きくなった。少なくともアフター噴射における副燃料の一回の噴射量の主燃料の一回の噴射量に対する比率を多目に設定することが好ましい。

10

【 0 0 9 3 】

このように、アフター噴射を行うことによって、主燃料の燃焼性を高めることができ、排気ガスの性状を改善することができる。また、これに伴って、内燃機関の燃費を向上させることができる。

【 0 0 9 4 】

なお、プレ噴射とアフター噴射とを組み合わせ適用してもよい。プレ噴射とアフター噴射とでは、その条件によって得られる効果が異なる。したがって、プレ噴射とアフター噴射とでは噴射条件（噴射圧力、噴射時間等）を変えて行ってもよい。例えば、プレ噴射は燃焼室の気筒の振動の低減・抑制に適した噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等の噴射条件下で行い、アフター噴射は、排気ガスの性状の改善に適した噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等の噴射条件下で行うことが好適である。

20

【 0 0 9 5 】

さらに、コモンレール 6 0 には、燃料が微細な粒子となる圧力で噴射ができるよう十分な圧力で燃料が蓄えることが好適である。すなわち、副燃料系においては、コモンレール 6 0 を用いることによって、燃料の噴射期間の最初から噴射圧力が高くなるようにすることができる。このように、コモンレール 6 0 を用いることによって、短時間である副燃料のプレ噴射やアフター噴射を噴射初期から高い圧力で行うことが可能となる。

30

【 0 0 9 6 】

このとき、主燃料の主噴射より副燃料の副噴射を高い圧力で行うことによって、副燃料をより微細な粒子とすることができる。燃料は粒子が細くなるにつれて着火性が良くなるので、副燃料の噴射圧力を主燃料の噴射圧力よりも高くすることによって、副燃料の着火性をより高めることができ、燃焼室の気筒の振動の抑制や排気ガスの性状の改善の効果を高めることができる。

【 0 0 9 7 】

なお、副燃料の噴射時間を短く（噴射量を少なく）することによって、コモンレール 6 0 に蓄えられている燃料の消費を抑えることができ、コモンレール内の圧力が低下してしまうことを防ぐことができる。必要な燃料圧を確保するためには、コモンレール 6 0 の容量を増やす、また加圧ポンプ 5 8 の流量を増やす等の対策をしてもよい。多気筒機関においては、機関全体の噴射間隔は短くなるので、低下したコモンレール内の圧力をより早く回復させる必要性、またはコモンレール内の圧力を低下させないように、その容量を増やす必要性が、より高まる。

40

【 0 0 9 8 】

また、船舶用等の大型の内燃機関では、燃焼室も大きく、1 回当たりに噴射される燃料量が、自動車等の小型の機関のそれよりも多くなる。このため、コモンレール等の蓄圧部に蓄えられた燃料で全噴射量を賄おうとすると、蓄圧部の容積を大きくするか、ポンプ流量を増加させる必要がある。この理由からも、主燃料系と副燃料系を別々に備え、副燃料

50

系による噴射量が少ない構成を採ることが望ましい。

【0099】

図31は、主燃料としてバイオ燃料（菜種油50%とA重油50%の混合油）及びA重油を用いてプレ噴射を行った場合と行わなかった場合の排気ガスの性状について示す。なお、図中では、プレ噴射を行った場合について「アシスト」と示している。

【0100】

バイオ燃料（菜種油50%とA重油50%の混合油）を用いた場合においてプレ噴射を行ったときに窒素酸化物（ NO_x ）の濃度が低下しなかった（図示しない）。一方、バイオ燃料（菜種油50%とA重油50%の混合油）を用いた場合の一酸化炭素（ CO ）及びスモークの濃度はプレ噴射を適用することによって大幅に低減された。このように、プレ噴射による排気ガスの性状の改善効果は、主燃料としてバイオ燃料（菜種油50%とA重油50%の混合油）を用いた場合に顕著となった。

10

【0101】

なお、排気ガスに含まれる窒素酸化物（ NO_x ）、一酸化炭素（ CO ）、スモークの測定値に応じてプレ噴射やアフター噴射の噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等を直接制御してもよい。例えば、内燃機関の負荷に対する窒素酸化物（ NO_x ）の目標値を運転条件算出部128で算出し、運転条件設定部112によってシステム制御部114に設定する。システム制御部114は、エンジン状態推定部110から受けた窒素酸化物（ NO_x ）の測定値と、設定された内燃機関の負荷に応じた目標値との関係に応じて、主燃料の主噴射の条件を設定すると共に、副燃料の副噴射の噴射タイミング、噴射時間（噴射量）、噴射圧力等を調整すればよい。

20

【産業上の利用可能性】

【0102】

以上の実施形態においては、船舶用のディーゼル機関に関連して説明したが、他の移動体、例えば鉄道車両、自動車等についても本発明を適用することができる。また、ディーゼル機関以外の間欠燃焼を行う機関（直噴式のオート機関等）についても適用することができる。さらに、陸上に設置される発電システムにおいても本発明を適用することができる。

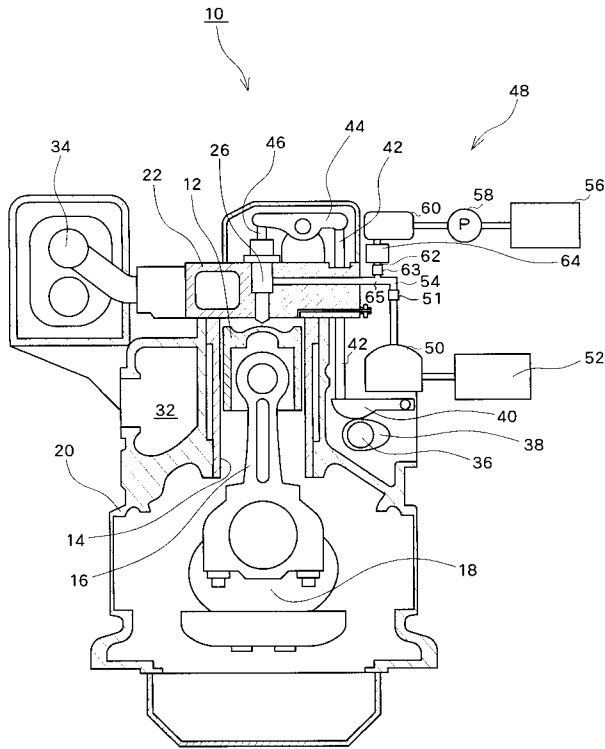
【符号の説明】

【0103】

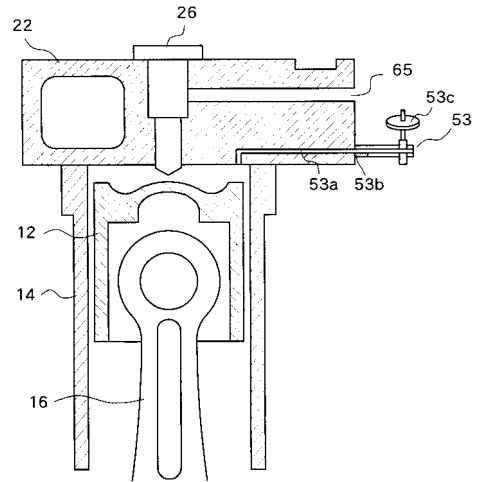
10 ディーゼル機関、26 燃料噴射弁、48 燃料供給系、50 機械式燃料噴射ポンプ、51 逆止弁、53 インジケータコック、53a 管路、53b 圧力センサ、60 コモンレール、63 逆止弁、64 副燃料供給弁、65 合流部、104 排気ガスセンサ、110 エンジン状態推定部、112 運転条件設定部、114 システム制御部。

30

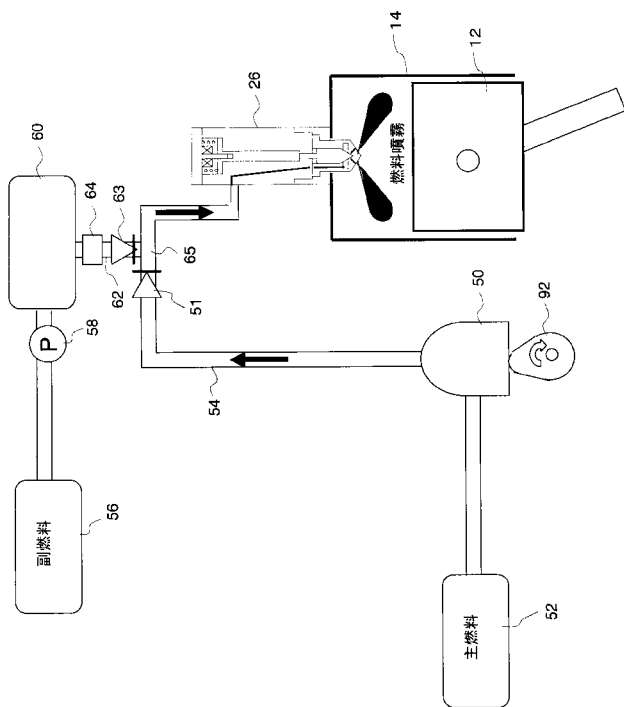
【図1】



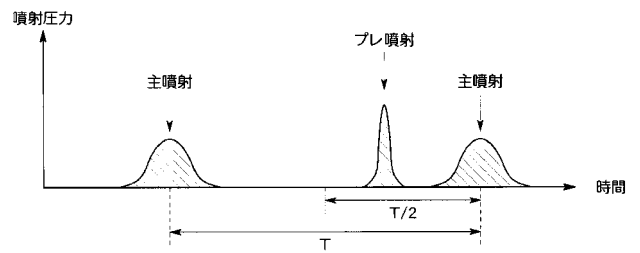
【図2】



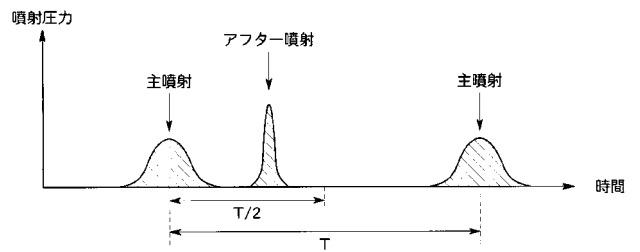
【図3】



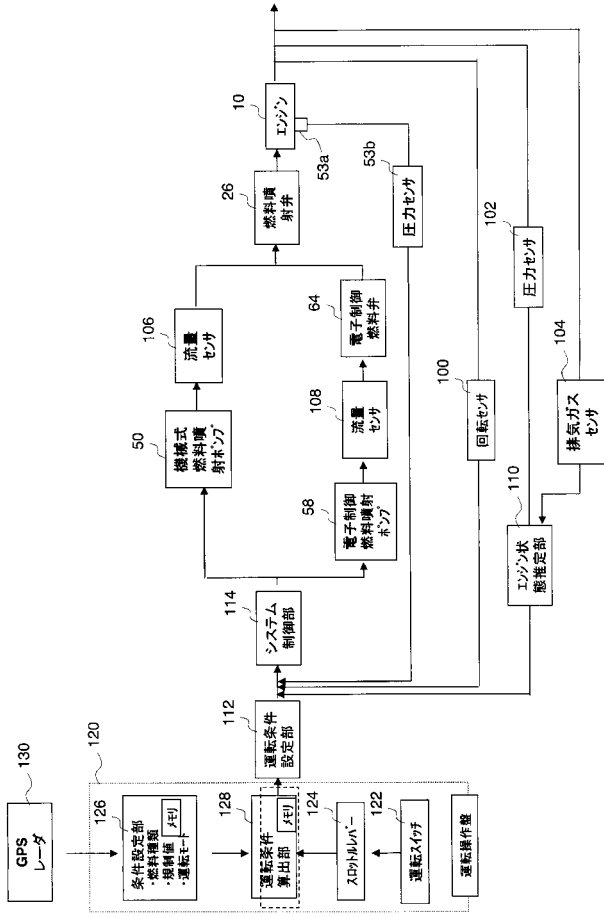
【図4】



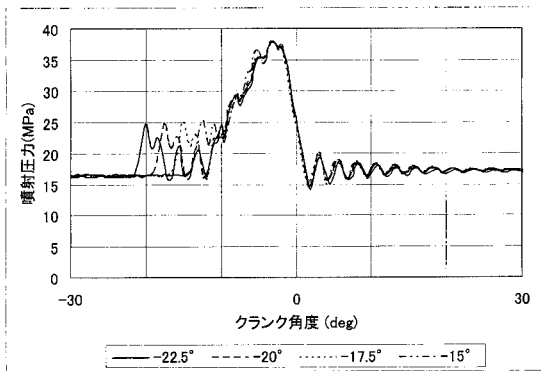
【図5】



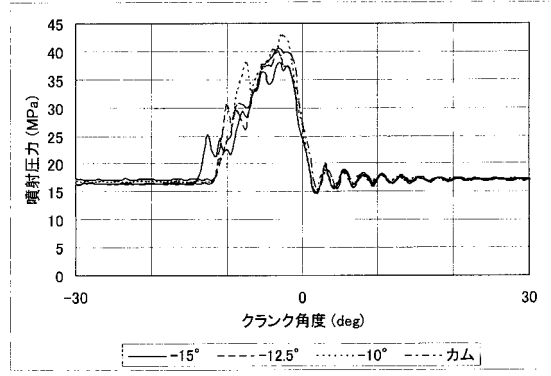
【 図 6 】



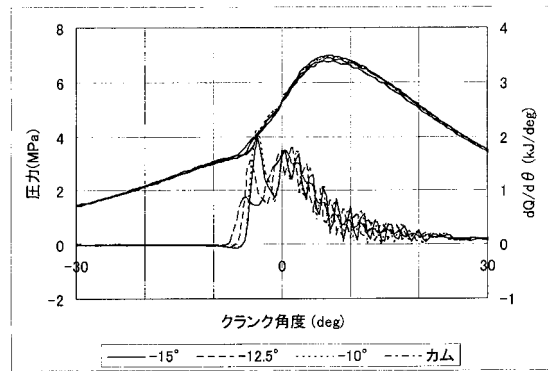
【 図 8 】



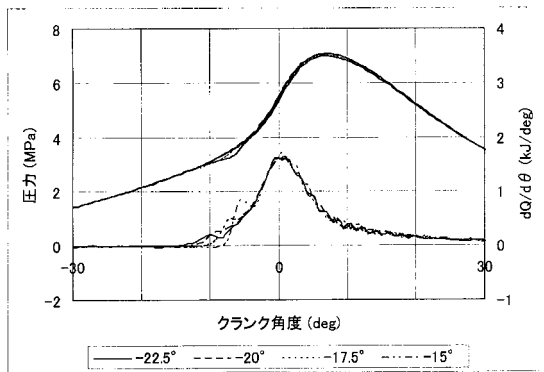
【 図 7 】



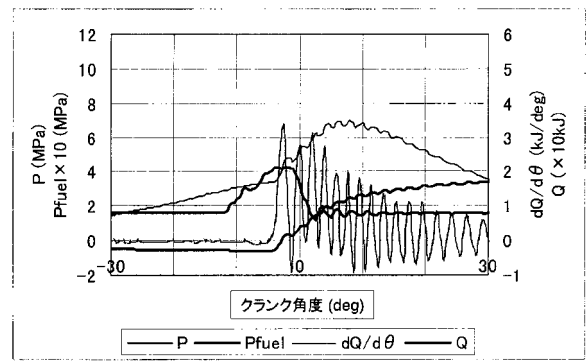
【 図 9 】



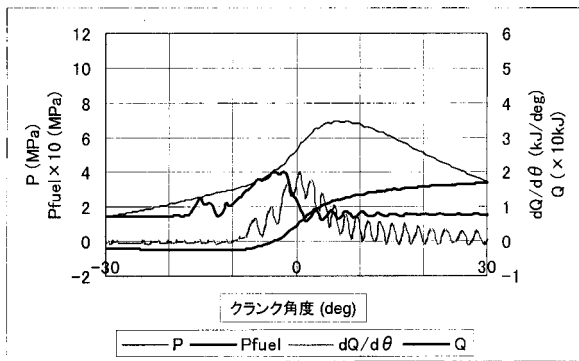
【図 1 0】



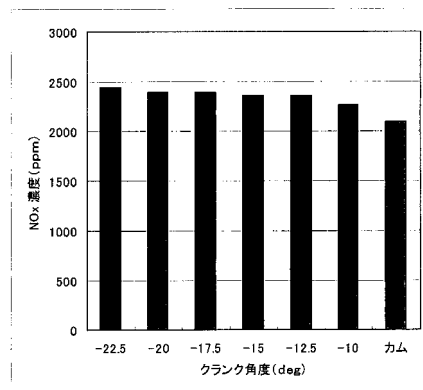
【図 1 1】



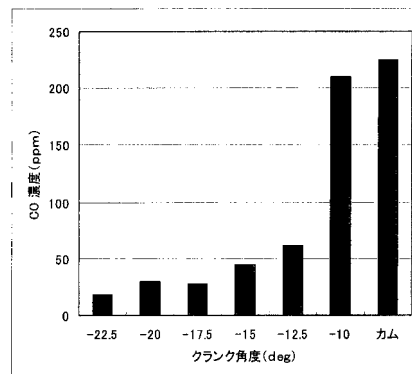
【図 1 2】



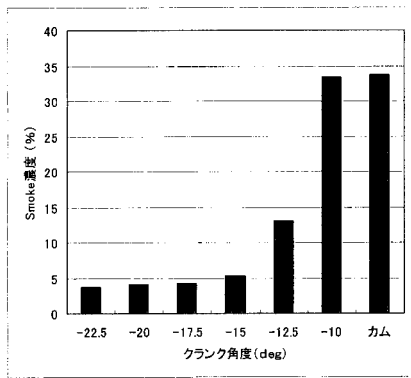
【図 1 3】



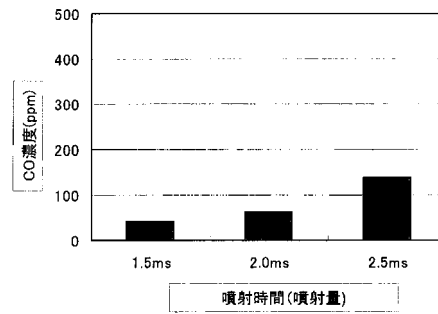
【図 1 4】



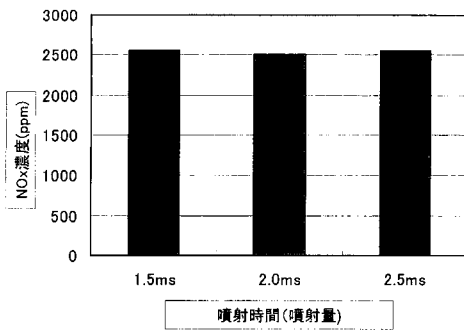
【図 15】



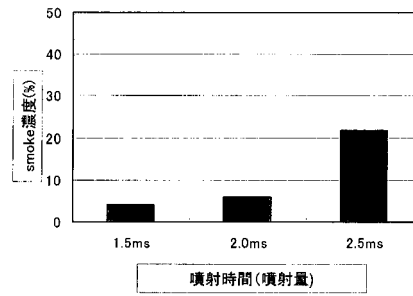
【図 17】



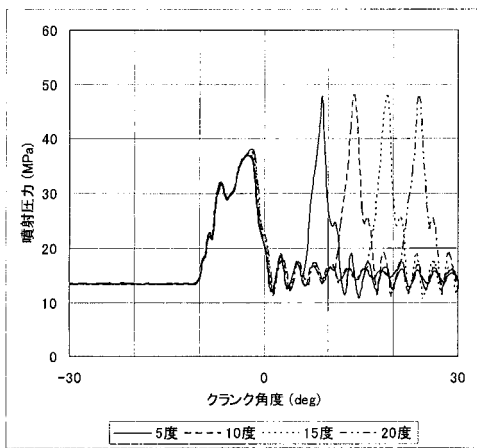
【図 16】



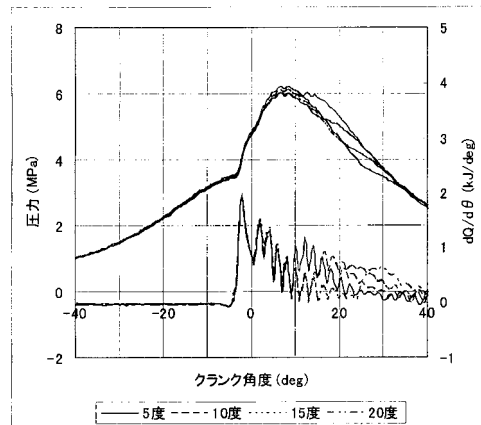
【図 18】



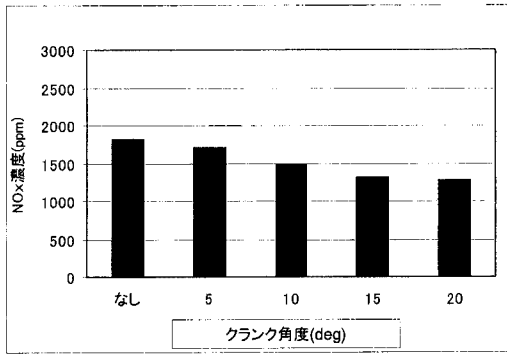
【図 19】



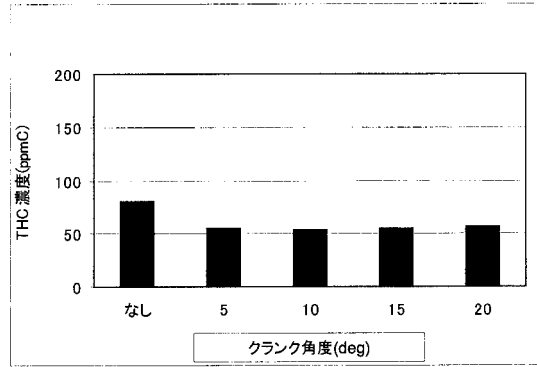
【図 20】



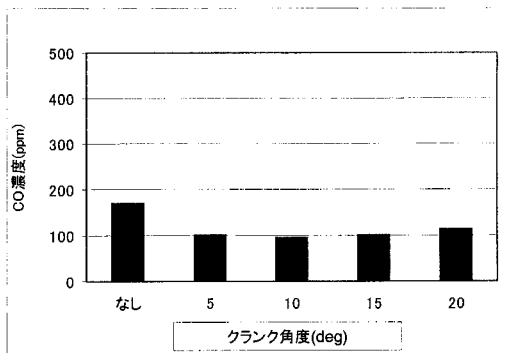
【図 2 1】



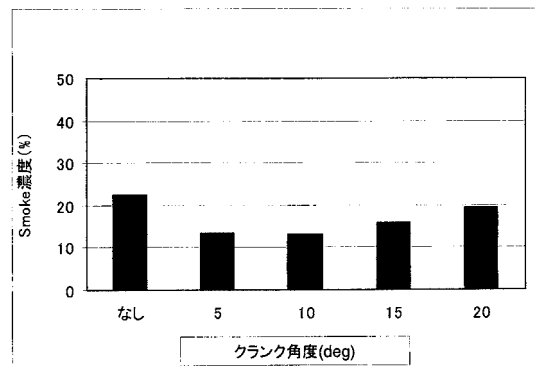
【図 2 2】



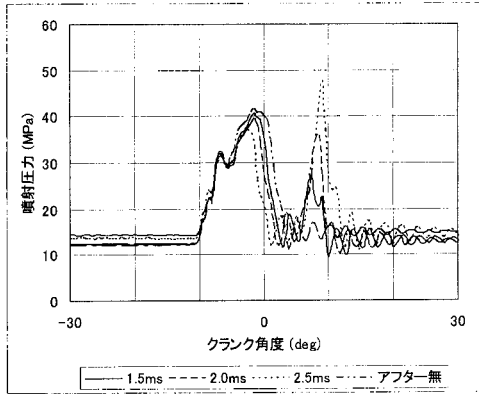
【図 2 3】



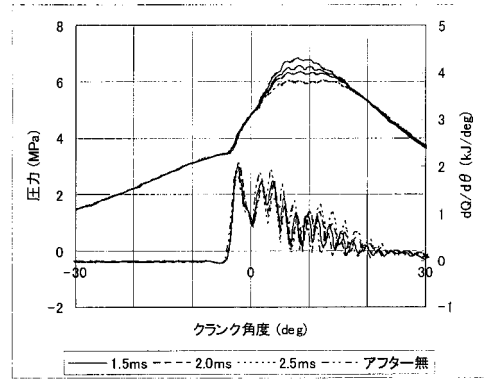
【図 2 4】



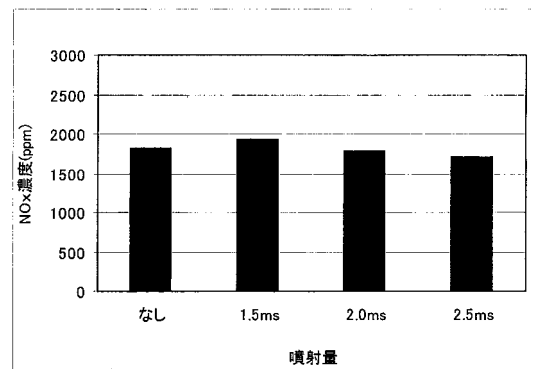
【 図 2 5 】



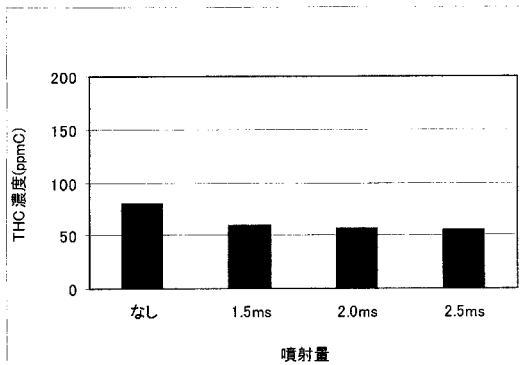
【 図 2 6 】



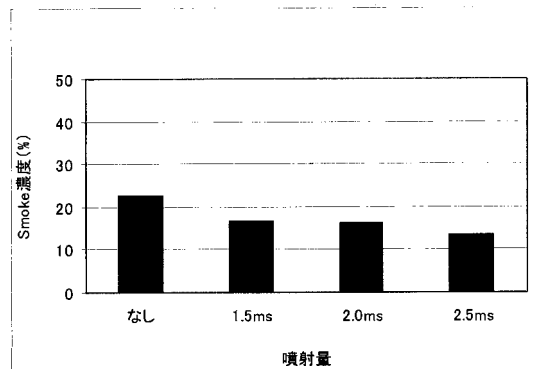
【 図 2 7 】



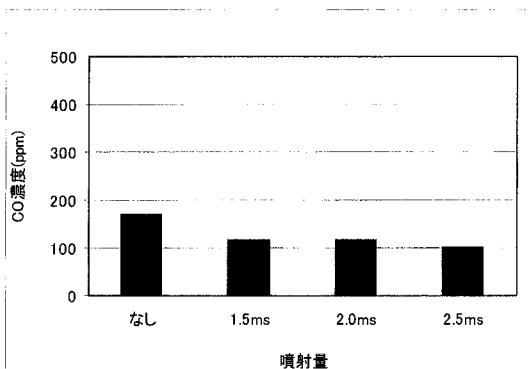
【 図 2 8 】



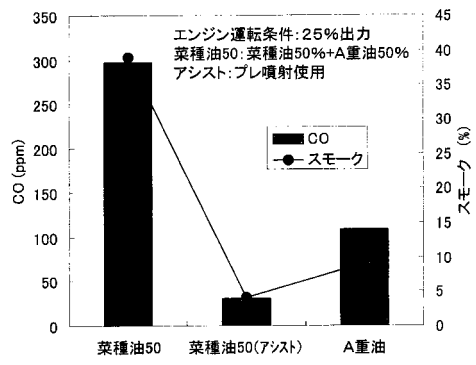
【 図 3 0 】



【 図 2 9 】



【 図 3 1 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
F 0 2 D 41/38	(2006.01)	F 0 2 D	41/38	B
F 0 2 D 45/00	(2006.01)	F 0 2 D	41/38	A
F 0 2 D 19/08	(2006.01)	F 0 2 D	45/00	3 6 8 S
		F 0 2 D	19/08	A
		F 0 2 D	19/08	D

(72)発明者 徐 芝徳

東京都三鷹市新川 6 丁目 3 8 番 1 号 独立行政法人海上技術安全研究所内

F ターム(参考) 3G066 AA07 AA16 AB02 AB03 AB04 AB06 AC09 AD12 BA01 BA23
 BA51 CC69 CD26 CE01 CE21 DA01 DA04 DA06 DA08 DC09
 DC17 DC24 DC25 DC26
 3G092 AA02 AA06 AB03 AB04 AB05 AB12 AC10 BB01 BB06 BB08
 BB12 BB13 EA01 EA02 FA06 FA15 HB01Z HB02Z HB03Z HB05Z
 HC01Z HD04Z HE01Z
 3G301 HA02 HA04 HA06 HA24 HA26 JA21 LB11 MA11 MA18 MA27
 MA28 NE01 NE06 PA17Z PB02Z PB03Z PB05Z PB08Z PC01Z PD01Z
 PE01Z
 3G384 AA03 AA06 AA16 AA26 BA13 BA15 BA18 BA19 DA04 DA14
 EB01 EB02 FA14Z FA15Z FA16Z FA21Z FA29Z FA38Z FA56Z