

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6725087号
(P6725087)

(45) 発行日 令和2年7月15日(2020.7.15)

(24) 登録日 令和2年6月29日(2020.6.29)

(51) Int.Cl. F I
 FO1M 13/00 (2006.01) FO1M 13/00 K
 FO2D 45/00 (2006.01) FO2D 45/00 345

請求項の数 9 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2020-4471 (P2020-4471)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	令和2年1月15日(2020.1.15)		トヨタ自動車株式会社
審査請求日	令和2年1月21日(2020.1.21)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(31) 優先権主張番号	特願2019-101322 (P2019-101322)	(74) 代理人	100099759
(32) 優先日	令和1年5月30日(2019.5.30)		弁理士 青木 篤
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
早期審査対象出願		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100147555
			弁理士 伊藤 公一
		(74) 代理人	100123593
			弁理士 関根 宣夫
		(74) 代理人	100133835
			弁理士 河野 努

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

機関吸気通路内に吸入空気量検出器を配置すると共に吸入空気量検出器下流の機関吸気通路内にスロットル弁を配置し、機関クランクケース内のブローバイガスがブローバイガス送出路を介してスロットル弁下流の機関吸気通路内に送り込まれ、ブローバイガス送出路内に、ブローバイガスの流通量を制御するPCVバルブを配置した内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置において、入力層と、一以上の隠れ層と、出力層とを有するニューラルネットワークを用い、機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧をニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済みニューラルネットワークが記憶されており、車両の運転時に、該学習済みニューラルネットワークを用いて、上記入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常を検出する内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

【請求項2】

スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧が実測値である請求項1に記載の内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

【請求項3】

スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧が、吸入空気量検出器により検出された吸入空気量と、大気圧と、大気温と、スロットル弁の開度に基づいて推定された推定値である請求項1に記載の内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

【請求項 4】

機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧をニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済みニューラルネットワークが記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済みニューラルネットワークを用いて、機関低負荷定常運転時における上記入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常を検出する請求項 1 に記載の内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

【請求項 5】

機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧をニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているときおよび P C V バルブが、開弁し続ける開弁固着異常を生じているときを夫々正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済みニューラルネットワークが記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済みニューラルネットワークを用いて、機関低負荷定常運転時における入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常および P C V バルブの開弁固着異常を検出する請求項 1 に記載の内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

【請求項 6】

機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧の実測値と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧の推定値とをニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済みニューラルネットワークが記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済みニューラルネットワークを用いて、機関低負荷定常運転時における上記入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常を検出する請求項 1 に記載の内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

【請求項 7】

機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧を第 1 のニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第 1 のニューラルネットワークが記憶されており、機関中負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧を第 2 のニューラルネットワークの入力パラメータとし、P C V バルブが、開弁し続ける開弁固着異常を生じているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第 2 のニューラルネットワークが記憶されており、機関低負荷定常運転時に、該学習済み第 1 のニューラルネットワークを用いて、機関低負荷定常運転時における上記入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常を検出すると共に、機関中負荷定常運転時に、該学習済み第 2 のニューラルネットワークを用いて、機関中負荷定常運転時における上記入力パラメータから、P C V バルブの開弁固着異常を検出する請求項 1 に記載の内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

【請求項 8】

機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧を第 1 のニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているとき、および P C V バルブが、開弁し続ける開弁固着異常を生じているときを夫々正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第 1 のニューラルネットワークが記憶されており、機関中負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧を第 2 のニューラルネットワークの入力パラメータとし、P C V バルブが、開弁し続ける開弁固着異常を生じているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第 2 のニューラルネットワークが記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済み第 1 のニューラルネット

10

20

30

40

50

ワークを用いて、機関低負荷定常運転時における上記入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常およびPCVバルブの開弁固着異常を検出すると共に、機関中負荷定常運転時に、この学習済み第2のニューラルネットワークを用いて、機関中負荷定常運転時における上記入力パラメータから、PCVバルブの開弁固着異常を検出する請求項6に記載の内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

【請求項9】

機関吸気通路内に吸入空気量検出器を配置すると共に吸入空気量検出器下流の機関吸気通路内にスロットル弁を配置し、機関クランクケース内のブローバイガスがブローバイガス送出路を介してスロットル弁下流の機関吸気通路内に送り込まれ、ブローバイガス送出路内に、ブローバイガスの流通量を制御するPCVバルブを配置した内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置において、入力層と、一以上の隠れ層と、出力層とを有するニューラルネットワークを用い、機関負荷と、機関回転数と、吸入空気量検出器により検出された吸入空気量と、大気圧と、大気温と、スロットル弁の開度をニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済みニューラルネットワークが記憶されており、車両の運転時に、該学習済みニューラルネットワークを用いて、上記入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常を検出する内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関では、燃焼室内の燃焼ガスの一部がピストンリングの隙間を通過してクランクケース内に漏洩し、クランクケース内に漏洩したガス、即ち、ブローバイガスが、クランクケース内に滞留する。このブローバイガス中には強酸性の水分が含まれており、この強酸性の水分によりエンジンオイルの劣化やエンジン内部の錆の発生が引き起こされるので、ブローバイガスをクランクケース内に滞留させないためにクランクケース内を換気する必要がある。また、ブローバイガス中には多量の未燃ガスが含まれており、従って、ブローバイガスを大気に放出することはできない。そこで、通常、内燃機関は、機関クランクケース内のブローバイガスを、ブローバイガス送出路を介してスロットル弁下流の機関吸気通路内に送り込み、機関吸気通路内に供給されたブローバイガスを燃焼室内で燃焼させるようにしたブローバイガス換気装置を具備している。このブローバイガス換気装置は、一般的にPCV(Positive Crankcase Ventilation)システムと称されている。

30

【0003】

ところで、このようなPCVシステムにおいて、何らかの原因によりブローバイガス送出路からブローバイガスが大気中に漏洩する場合があります。ブローバイガスが大気中に漏洩した場合には、ブローバイガスが大気中に漏洩したことを、直ちに検出する必要があります。一方、ブローバイガスが大気中に漏洩すると、ブローバイガス送出路内の圧力が変化する。そこで、ブローバイガス送出路に圧力センサを配置し、この圧力センサにより検出されたブローバイガス送出路内の圧力の変化から、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常を検出するようにしたブローバイガス通路異常検出装置が公知である(例えば特許文献1を参照)。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平10-184336号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 5 】

しかしながら、このブローバイガス通路異常検出装置では、ブローバイガスの漏洩異常を検出するためには、ブローバイガス送出路内に、異常検出専用の圧力センサを配置しなければならないという問題がある。そこで発明者は、このような専用の圧力センサを用いる必要がなく、内燃機関の制御等のために、通常備えられている検出器の検出結果を利用して、ブローバイガスの漏洩異常を検出する方法について検討し、その結果、ブローバイガスの漏洩が生じるとスロットル弁下流の吸気通路内の吸気圧が変化し、この吸気圧の変化は、内燃機関の制御等のために、通常備えられている検出器により求めることができることに注目したのである。

【 0 0 0 6 】

ただし、この場合、スロットル弁下流の吸気通路内の吸気圧は、ブローバイガスの漏洩状態によって変化し、機関の運転状態によっても変化するので、スロットル弁下流の吸気通路内の吸気圧の変化から、正確に、ブローバイガスの漏洩が生じているか否かを判別するのは簡単ではない。

そこで本発明では、ニューラルネットワークを用いて、スロットル弁下流の吸気通路内の吸気圧の変化から、ブローバイガスの漏洩異常を正確に判別するようにしている。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

即ち、本発明によれば、機関吸気通路内に吸入空気量検出器を配置すると共に吸入空気量検出器下流の機関吸気通路内にスロットル弁を配置し、機関クランクケース内のブローバイガスがブローバイガス送出路を介してスロットル弁下流の機関吸気通路内に送込まれ、ブローバイガス送出路内に、ブローバイガスの流通量を制御するPCVバルブを配置した内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置において、入力層と、一以上の隠れ層と、出力層とを有するニューラルネットワークを用い、機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁下流の機関吸気通路内の吸気圧をニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済みニューラルネットワークが記憶されており、車両の運転時に、この学習済みニューラルネットワークを用いて、入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常を検出する内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置が提供される。

【 0 0 0 8 】

更に、本発明によれば、機関吸気通路内に吸入空気量検出器を配置すると共に吸入空気量検出器下流の機関吸気通路内にスロットル弁を配置し、機関クランクケース内のブローバイガスがブローバイガス送出路を介してスロットル弁下流の機関吸気通路内に送込まれ、ブローバイガス送出路内に、ブローバイガスの流通量を制御するPCVバルブを配置した内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置において、入力層と、一以上の隠れ層と、出力層とを有するニューラルネットワークを用い、機関負荷と、機関回転数と、吸入空気量検出器により検出された吸入空気量と、大気圧と、大気温と、スロットル弁の開度をニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済みニューラルネットワークが記憶されており、車両の運転時に、この学習済みニューラルネットワークを用いて、入力パラメータから、ブローバイガス送出路からのブローバイガスの漏洩異常を検出する内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置が提供される。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

ブローバイガスの漏洩状態と、機関の運転状態および吸気圧との関係を、ニューラルネットワークを用いて学習することにより、ブローバイガスの漏洩が生じたことを正確に検出可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【図 1】図 1 は、ブローバイガス送出路異常検出装置の全体図である。

【図 2】図 2 A および図 2 B は、P C V バルブの側面断面図である。

【図 3】図 3 A および図 3 B は夫々、P C V バルブの流路面積の変化および正常時の吸気圧 P_m の変化を示す図である。

【図 4】図 4 A、図 4 B および図 4 C は夫々、異常時における吸気圧 P_m の変化を説明するための図である。

【図 5】図 5 は、ニューラルネットワークの一例を示す図である。

【図 6】図 6 は、スロットル弁を通過する吸入空気量の算出方法を説明するための図である。

【図 7】図 7 A および図 7 B は、スロットル弁の開口面積を示す図である。

10

【図 8】図 8 は、スロットル弁を通過する吸入空気量を示す図である。

【図 9】図 9 は、 (P_m/P_a) と P_m/P_a との関係を示す図である。

【図 10】図 10 は、本発明による実施例において用いられている第 1 のニューラルネットワークを示す図である。

【図 11】図 11 は、入力値の一覧表を示す図である。

【図 12】図 12 は、出力値の一覧表を示す図である。

【図 13】図 13 は、訓練データセットを示す図である。

【図 14】図 14 は、本発明による実施例において用いられている第 2 のニューラルネットワークを示す図である。

【図 15】図 15 は、出力値の一覧表を示す図である。

20

【図 16】図 16 は、訓練データセットを示す図である。

【図 17】図 17 は、別の実施例における入力値の一覧表を示す図である。

【図 18】図 18 は、更に別の実施例における入力値の一覧表を示す図である。

【図 19】図 19 は、第 1 のニューラルネットワークの別の例を示す図である。

【図 20】図 20 は、訓練データセットを示す図である。

【図 21】図 21 は、第 2 のニューラルネットワークの別の例を示す図である。

【図 22】図 22 は、訓練データセットを示す図である。

【図 23】図 23 は、更に別の実施例における入力値の一覧表を示す図である。

【図 24】図 24 は、第 1 のニューラルネットワークの更に別の例を示す図である。

【図 25】図 25 は、訓練データセットを示す図である。

30

【図 26】図 26 は、第 2 のニューラルネットワークの更に別の例を示す図である。

【図 27】図 27 は、訓練データセットを示す図である。

【図 28】図 28 は、学習方法を説明するための図である。

【図 29】図 29 は、データの取得処理を実行するためのフローチャートである。

【図 30】図 30 は、学習処理を実行するためのフローチャートである。

【図 31】図 31 は、電子制御ユニットにデータを読み込むためのフローチャートである。

【図 32】図 32 は、異常検出を行うためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

40

< 内燃機関の全体構成 >

図 1 にブローバイガス送出路異常検出装置の全体図を示す。図 1 を参照すると、1 は機関本体、2 はクランクケース、3 はクランクケース 2 内に滞留している潤滑オイル、4 はシリンダブロック、5 はピストン、6 は燃焼室、7 はシリンダヘッド、8 は吸気弁、9 は吸気ポート、10 は排気弁、11 は排気ポートを夫々示す。吸気ポート 9 は、吸気枝管 12 を介して全気筒に対して共通のサージタンク 13 に連結され、各吸気枝管 12 には夫々燃料噴射弁 14 が配置される。サージタンク 13 は、吸気ダクト 15、吸入空気量検出器 16 を介してエアクリーナ 17 に連結される。吸気ダクト 15 内には、アクチュエータ 18 によって駆動されるスロットル弁 19 が配置されている。

【0012】

50

一方、図 1 に示されるように、機関本体 1 には、クランクケース 2 内に充満しているブローバイガスを、スロットル弁 19 下流の吸気通路に送り込むためのブローバイガス送出路 20 が設けられている。図 1 に示される例では、このブローバイガス送出路 20 は、クランクケース 2 内からシリンダブロック 4 およびシリンダヘッド 7 内を上方に延びるブローバイガス通路 21 と、このブローバイガス通路 21 の上端部に取り付けられてブローバイガスの流通量を制御する P C V バルブ 22 と、この P C V バルブ 22 からスロットル弁 19 下流の吸気ダクト 15 内まで延びるブローバイガス通路 23 とにより構成される。また、機関本体 1 には、クランクケース 2 内を換気するために、スロットル弁 19 上流の吸気ダクト 15 内からクランクケース 2 内まで延びる新気供給路 24 が設けられている。

【 0 0 1 3 】

一方、図 1 において 30 は、機関の運転を制御するための電子制御ユニットを示している。図 1 に示されるように、電子制御ユニット 30 はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス 31 によって互いに接続された記憶装置 32、即ち、メモリ 32 と、C P U (マイクロプロセッサ) 33 と、入力ポート 34 および出力ポート 35 を具備する。図 1 に示されるように、サージタンク 13 内には、サージタンク 13 内の圧力を検出するための圧力センサ 25 が配置されており、スロットル弁 19 にはスロットル弁 19 の開度を検出するためのスロットル弁開度センサ 26 が取付けられている。また、エアクリーナ 17 には大気圧センサ 27 および大気温センサ 28 が配置されている。

【 0 0 1 4 】

これら圧力センサ 25、スロットル弁開度センサ 26、大気圧センサ 27、大気温 28 および吸入空気量検出器 16 の出力信号は、対応する A D 変換器 36 を介して入力ポート 34 に入力される。また、図 1 に示されるように、アクセルペダル 40 にはアクセルペダル 40 の踏み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ 41 が接続され、負荷センサ 41 の出力電圧は対応する A D 変換器 36 を介して入力ポート 34 に入力される。更に入力ポート 34 にはクランクシャフトが例えば 30° 回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ 42 が接続される。C P U 33 内ではクランク角センサ 42 の出力信号に基づいて機関回転数が算出される。一方、出力ポート 35 は対応する駆動回路 37 を介して燃料噴射弁 14 およびスロットル弁 19 のアクチュエータに接続される。

【 0 0 1 5 】

機関の運転が行われると、燃焼室 6 内の燃焼ガスの一部がピストン 5 のピストンリングの隙間を通過してクランクケース 2 内に漏洩し、クランクケース 2 内に漏洩したガスが、ブローバイガスとしてクランクケース 2 内に滞留する。クランクケース 2 内に滞留しているブローバイガスは、スロットル弁 19 下流の吸気ダクト 15 内に発生する負圧により、ブローバイガス送出路 20 を介してスロットル弁 19 の下流の吸気ダクト 15 内に送り込まれ、次いで、サージタンク 13、吸気枝管 12、吸気ポート 9 および吸気弁 8 を介して、燃焼室 6 内に送り込まれる。燃焼室 6 内に送り込まれたブローバイガス中の可燃性分は、燃料噴射弁 14 から噴射された燃料と共に燃焼室 6 内において燃焼せしめられる。

【 0 0 1 6 】

この場合、ブローバイガス送出路 20 を介してスロットル弁 19 の下流の吸気ダクト 15 内に送り込まれるブローバイガス量は、ブローバイガス送出路 20 内の配置された P C V バルブ 22 によって制御される。そこで、次に、図 2 A および図 2 B を参照しつつ、この P C V バルブ 22 の作動について簡単に説明する。図 2 A および図 2 B に示されるように、P C V バルブ 22 は、ブローバイガス通路 21 を介してクランクケース 2 内に連通しているブローバイガス流入口 50 と、ブローバイガス通路 23 を介してスロットル弁 19 下流の吸気ダクト 15 内に連通しているブローバイガス流出口 51 と、ブローバイガス流入口 50 の開閉制御およびブローバイガス流出口 51 の流路面積制御を行う弁体 52 と、弁体 52 をブローバイガス流入口 50 に向けて付勢する圧縮ばね 53 とにより構成される。

【 0 0 1 7 】

機関の運転停止時には、図 2 A に示されるように、圧縮ばね 53 のばね力により弁体 5

10

20

30

40

50

2がブローパイガス流入口50を閉鎖している。一方、機関の運転が開始されて、スロットル弁19の下流の吸気ダクト15内に負圧が発生すると、即ち、スロットル弁19の下流の吸気通路内に負圧が発生すると、図2Bに示されるように、弁体52が、クランクケース2内の圧力とスロットル弁19の下流の吸気通路内の圧力との圧力差により、圧縮ばね53のばね力に抗して上昇する。その結果、弁体52がブローパイガス流入口50を開口し、それにより図2Bにおいて矢印で示されるように、ブローパイガス流入口50から流入したブローパイガスは、ブローパイガス流出口51を通過してブローパイガス通路23内に送り込まれ、次いでスロットル弁19の下流の吸気通路内に送り込まれる。

【0018】

この場合、スロットル弁19の下流の吸気通路内に発生する負圧が大きくなるほど、弁体52の上昇量が大きくなり、従って、図2Bからわかるように、スロットル弁19の下流の吸気通路内に発生する負圧が大きくなるほど、ブローパイガス流出口51の流路面積が小さくなる。図3Aは、PCVバルブ22が正常に作動しているときに、機関回転数を或る一定回転数(アイドル時を除く)に維持したときのブローパイガス流出口51の流路面積と機関負荷との関係を示している。図3Aに示されるように、機関負荷が、高負荷運転状態から低下せしめられてスロットル弁19の下流の吸気通路内に発生する負圧が大きくなるとブローパイガス流出口51の流路面積はピークに達し、機関負荷が更に低下せしめられて、スロットル弁19の下流の吸気通路内に発生する負圧が更に大きくなると、ブローパイガス流出口51の流路面積は機関負荷が小さくなるほど低下する。

【0019】

なお、PCVバルブ22がブローパイガス流入口50を開口しているときには、スロットル弁19の下流の吸気通路内に発生する負圧の影響を受けて、クランクケース2内の圧力は、大気圧よりも若干低くなっている。この場合、クランクケース2内の圧力は、ピストン5の往復動により変動し、また、燃焼室6からクランクケース2内に漏洩するガス量によっても変動するので、一時的に大気圧よりも若干高くなる場合もある。いずれにしても、機関運転中、クランクケース2内のブローパイガスは、スロットル弁19の下流の吸気通路内に送り込まれ続ける。なお、クランクケース2内の圧力変動により、クランクケース2内に大きな負圧が発生したときに、新気供給路24を介して新気がクランクケース2内に供給され、それによって、クランクケース2内の換気作用が行われる。

【0020】

さて、ブローパイガス送出路20に何ら異常がないときには、クランクケース2内のブローパイガスは、燃焼室6内において燃焼せしめられる。しかしながら、ブローパイガス送出路20に異常が生ずると、ブローパイガスの大気中への漏洩等、種々の問題を生ずる。例えば、ブローパイガス通路23用として、通常、PCVバルブ22と吸気ダクト15内とを連結するPVCホースと称されるホースが用いられている。この場合、このPVCホースがPCVバルブ22との連結部又は吸気ダクト15内との連結部から脱離したり、或いは、PVCホースに穴が開くと、ブローパイガス流出口51には大気圧が作用し、その結果、弁体52がブローパイガス流入口50を閉鎖する。

【0021】

ところが弁体52がブローパイガス流入口50を閉鎖すると、機関の運転が行われているときには、クランクケース2内のブローパイガス量が増大し続け、従って、クランクケース2内の圧力が次第に高くなる。その結果、クランクケース2内の圧力の変動により、クランクケース2内の圧力が大気圧よりも高くなったときに、弁体52がブローパイガス流入口50を開口し、それによりクランクケース2内のブローパイガスが、PCVバルブ22を介して大気中に漏洩することになる。即ち、ブローパイガスの漏洩異常を生ずることになる。

【0022】

一方、弁体52がブローパイガス流入口50を閉鎖し続ける閉弁固着異常を生ずると、ブローパイガスがクランクケース2内に滞留し続け、その結果、ブローパイガス中に含まれる強酸性の水分によりエンジンオイルが劣化したり、エンジン内部に錆が発生するとい

10

20

30

40

50

う問題を生ずる。これに対し、弁体 5 2 がブローパイガス流入口 5 0 を解放し続ける開弁固着異常を生ずると、ブローパイガスがクランクケース 2 内から流出し続ける。その結果、クランクケース 2 内のオイル 3 の蒸気が、クランクケース 2 内から流出し続けるために、オイルの消費量が増大するという問題を生ずる。

【 0 0 2 3 】

このように P V C ホースが P C V バルブ 2 2 との連結部又は吸気ダクト 1 5 内との連結部から脱離したり、或いは、P V C ホースに穴が開いたりするとブローパイガスの漏洩異常を生じ、弁体 5 2 が閉弁固着異常を生じたり、弁体 5 2 が開弁固着異常を生じると、上述したような問題を生じる。従って、P V C ホースが P C V バルブ 2 2 との連結部又は吸気ダクト 1 5 内との連結部から脱離したり、或いは、P V C ホースに穴が開いたり、弁体 5 2 が閉弁固着異常を生じたり、弁体 5 2 が開弁固着異常を生じたことを検出する必要がある。

10

【 0 0 2 4 】

ところで、サージタンク 1 3 内の吸気圧、即ち、スロットル弁 1 9 の下流の吸気通路内における吸気圧を P_m とすると、この吸気圧 P_m は、サージタンク 1 3 内に流入する吸入空気量およびブローパイガス量の合計量と、燃焼室 6 内に流入されるガス量とが同一量となる圧力であり、この吸気圧 P_m は、サージタンク 1 3 内に流入する吸入空気量およびブローパイガス量の合計量又は燃焼室 6 内に流入されるガス量が定まるとそれに応じて一義的に定まる。この場合、燃焼室 6 内に流入するガス量は、機関負荷および機関回転数が定まるとそれに応じて定まり、従って、この吸気圧 P_m は、機関負荷および機関回転数が定まるとそれに応じて定まることになる。即ち、吸気圧 P_m は、P C V システムが正常である場合には、機関負荷および機関回転数に応じて定まることになる。

20

【 0 0 2 5 】

図 3 B の実線は、P C V システムが正常である場合において、図 3 A と同様に機関回転数を或る一定回転数（アイドル時を除く）に維持したときの吸気圧 P_m と機関負荷との関係を示している。図 3 B の実線で示されるように、この場合には、吸気圧 P_m は機関負荷が小さくなるにつれて低下する。一方、図 3 B の一点鎖線は、スロットル弁 1 9 の下流の吸気通路内へのブローパイガス通路 2 3 の開口部における圧力を示している。ブローパイガス通路 2 3 の開口部から吸気通路内にブローパイガスが供給されていないときには、ブローパイガス通路 2 3 の開口部圧力は、実線で示される吸気圧 P_m と等しくなる。これに対し、ブローパイガス通路 2 3 の開口部から吸気通路内にブローパイガスが供給されているときには、ブローパイガス通路 2 3 の開口部圧力は、実線で示される吸気圧 P_m よりも若干高くなる。図 3 A に示されるように、ブローパイガス流出口 5 1 の流路面積は機関中負荷運転時に最大となるので、このとき吸気通路内に供給されるブローパイガス量は最大となり、従って、図 3 B に示されるように、機関中負荷運転時に、ブローパイガス通路 2 3 の開口部圧力は、実線で示される吸気圧 P_m に対して最も高くなる。

30

【 0 0 2 6 】

次に、P C V システムに異常が生じた場合の吸気圧 P_m の変化について、図 4 A、図 4 B および図 4 C を参照しつつ説明する。なお、図 4 A、図 4 B および図 4 C における実線は、図 3 B の実線と同一であり、従って、図 4 A、図 4 B および図 4 C における実線は、P C V システムが正常である場合において、機関回転数を或る一定回転数（アイドル時を除く）に維持したときの吸気圧 P_m と機関負荷との関係を示している。

40

【 0 0 2 7 】

図 4 A の破線は、P V C ホースが P C V バルブ 2 2 との連結部又は吸気ダクト 1 5 内との連結部から脱離した場合、或いは、P V C ホースに穴が開いた場合の吸気圧 P_m の変化を示している。P V C ホースが P C V バルブ 2 2 との連結部又は吸気ダクト 1 5 内との連結部から脱離すると、或いは、P V C ホースに穴が開くと、吸気ダクト 1 5 内へのブローパイガス通路 2 3 の開口部が大気圧となる。その結果、吸気圧 P_m が上昇し、図 4 A の破線で示されるように、吸気圧 P_m が、実線で示される正常時の吸気圧 P_m よりも高くなる。従って、吸気圧 P_m の変化から P V C ホースの脱離異常が生じているか否か或いは P V

50

Cホースの穴あき異常が生じているか否かを判別することができることになる。

【0028】

なお、実線で示される正常時の吸気圧 P_m は、機関負荷が高くなるほど高くなり、正常時の吸気圧 P_m が高くなると、吸気ダクト15内へのブローバイガス通路23の開口部が大気圧となっても、吸気圧 P_m がほとんど変化しなくなる。これに対し、機関負荷が低くなって正常時の吸気圧 P_m が低くなると、図4Aの破線で示されるように、吸気ダクト15内へのブローバイガス通路23の開口部が大気圧になったときに、吸気圧 P_m が大巾に変化する。従って、機関負荷が低いときのほうが、PVCホースの脱離異常が生じているか否か或いはPVCホースの穴あき異常が生じているか否かを確実に判別することができる。また、これらの異常判別は、吸気圧 P_m の安定している定常運転時に、最も確実に行うことができる。そこで本発明による実施例では、機関低負荷定常運転時に、PVCホースの脱離異常が生じているか否か或いはPVCホースの穴あき異常が生じているか否か、即ち、ブローバイガスの漏洩異常が生じているか否かが判別される。具体的には、一定時間以上、アイドリング運転が継続したときに、PVCホースの脱離異常が生じているか否か或いはPVCホースの穴あき異常が生じているか否か、即ち、ブローバイガスの漏洩異常が生じているか否かが判別される。

10

【0029】

一方、図4Bの破線は、PCVバルブ22が開弁固着異常を生じたときの吸気圧 P_m の変化を示している。PCVバルブ22が開弁固着異常を生じると、正常時であればブローバイガス流出口51の流路面積が小さくなる機関低負荷運転時或いは機関高負荷定転時に おいても、ブローバイガス流出口51の流路面積が大きくなまま維持される。従って、このとき、仮に吸気圧 P_m が正常時と同じ吸気圧に維持されていたとすると、機関低負荷運転時および機関高負荷定転時には、サージタンク13内に流入される吸入空気量およびブローバイガス量の合計量は正常時に比べて増大することになる。しかしながら、機関負荷および機関回転数が同一である限り、サージタンク13内に流入される吸入空気量およびブローバイガス量の合計量は変化しない。従って、PCVバルブ22が開弁固着異常を生じたときには、実際には、吸気圧 P_m は、図4Bの破線で示されるように、機関低負荷運転時に、サージタンク13内に流入される吸入空気量およびブローバイガス量の合計量が正常時と同一となるように、正常時に比べて上昇する。従って、吸気圧 P_m の変化からPCVバルブ22が開弁固着異常を生じているか否かを判別することができることになる。

20

30

【0030】

なお、実線で示される正常時の吸気圧 P_m は、機関負荷が高くなるほど高くなり、正常時の吸気圧 P_m が高くなると、ブローバイガス流出口51の流路面積が大きくなまま維持されたとしても、吸気圧 P_m がほとんど変化しなくなる。これに対し、機関負荷が低くなって正常時の吸気圧 P_m が低くなると、図4Bの破線で示されるように、ブローバイガス流出口51の流路面積が大きくなまま維持されたときに、吸気圧 P_m が大きく変化する。従って、機関負荷が低いときに、PCVバルブ22の開弁固着異常が生じているか否かを判別することができる。また、吸気圧 P_m の安定している定常運転時に、この異常判別を最も確実に行うことができる。そこで本発明による実施例では、機関低負荷定常運転時に、PCVバルブ22が開弁固着異常を生じているか否かが判別される。具体的には、一定時間以上、アイドリング運転が継続したときに、PCVバルブ22が開弁固着異常を生じているか否かが判別される。

40

【0031】

一方、図4Cの破線は、PCVバルブ22が開弁固着異常を生じたときの吸気圧 P_m の変化を示している。PCVバルブ22が開弁固着異常を生じると、正常時であればブローバイガス流出口51の流路面積が大きくなる機関中負荷運転時においても、PCVバルブ22が開弁状態に維持される。従って、このとき、仮に吸気圧 P_m が正常時と同じ吸気圧に維持されていたとすると、機関中負荷運転時には、サージタンク13内に流入される吸入空気量およびブローバイガス量の合計量は正常時に比べて減少することになる。しかしながら、上述したように機関負荷および機関回転数が同一である限り、サージタンク13

50

内に流入される吸入空気量およびブローバイガス量の合計量は変化しない。従って、PCVバルブ22が閉弁固着異常を生じたときには、実際には、吸気圧 P_m は、図4Cの破線で示されるように、機関中負荷運転時に、サージタンク13内に流入される吸入空気量およびブローバイガス量の合計量が正常時と同一となるように、正常時に比べて低下する。従って、吸気圧 P_m の変化からPCVバルブ22が閉弁固着異常を生じているか否かを判別することができることになる。

【0032】

なお、機関低負荷運転時或いは機関高負荷定転時には、正常時であっても、ブローバイガス流出口51の流路面積は小さいので、図4Cに示されるように、正常時であっても、PCVバルブ22が閉弁固着異常を生じたときであっても、吸気圧 P_m はほとんど変化しない。これに対して、機関中負荷定転時には、PCVバルブ22が閉弁固着異常を生じると、図4Cの破線で示されるように、吸気圧 P_m は正常時に比べて大きく低下する。従って、機関中負荷定転時に、PCVバルブ22の閉弁固着異常が生じているか否かを判別することができる。また、吸気圧 P_m の安定している定常運転時に、この異常判別を最も確実に行うことができる。そこで本発明による実施例では、機関中負荷定常運転時に、PCVバルブ22が閉弁固着異常を生じているか否かが判別される。具体的には、一定時間以上、機関中負荷運転が継続したときに、PCVバルブ22が閉弁固着異常を生じているか否かが判別される。

【0033】

このように、ブローバイガスの漏洩異常、弁体52の閉弁固着異常、或いは、弁体52の開弁固着異常を生じると、吸気圧 P_m の変化から、ブローバイガスの漏洩異常、弁体52の開弁固着異常、或いは、弁体52の開弁固着異常を判別することができる。しかしながら、この場合、図4Aの破線および図4Bの破線からわかるように、ブローバイガスの漏洩異常が生じたときも、PCVバルブ22が開弁固着異常を生じたときも、吸気圧 P_m は、似たような変化をするので、吸気圧 P_m の変化から、正確に、ブローバイガスの漏洩が生じているか否かを判別するのは簡単ではない。そこで本発明では、ニューラルネットワークを用いて、吸気圧 P_m の変化から、ブローバイガス送出路20に異常が生じているか否かあるかを正確に判別するようにしている。

<ニューラルネットワークの概要>

【0034】

上述したように、本発明による実施例では、ニューラルネットワークを用いて、ブローバイガス送給路20に異常が生じているか否かを判別するようにしている。そこで最初にニューラルネットワークについて簡単に説明する。図5は簡単なニューラルネットワークを示している。図5における丸印は人工ニューロンを表しており、ニューラルネットワークにおいては、この人工ニューロンは、通常、ノード又はユニットと称される(本願では、ノードと称す)。図5において $L=1$ は入力層、 $L=2$ および $L=3$ は隠れ層、 $L=4$ は出力層を夫々示している。また、図5において、 x_1 および x_2 は入力層($L=1$)の各ノードからの出力値を示しており、 y_1 および y_2 は出力層($L=4$)の各ノードからの出力値を示しており、 $z^{(2)}_1$ 、 $z^{(2)}_2$ および $z^{(2)}_3$ は隠れ層($L=2$)の各ノードからの出力値を示しており、 $z^{(3)}_1$ 、 $z^{(3)}_2$ および $z^{(3)}_3$ は隠れ層($L=3$)の各ノードからの出力値を示している。なお、隠れ層の層数は、1個又は任意の個数とすることができ、入力層のノードの数および隠れ層のノードの数も任意の個数とすることができる。また、出力層のノードの数は1個とすることもできるし、複数個とすることもできる。

【0035】

入力層の各ノードでは入力そのまま出力される。一方、隠れ層($L=2$)の各ノードには、入力層の各ノードの出力値 x_1 および x_2 が入力され、隠れ層($L=2$)の各ノードでは、夫々対応する重み w およびバイアス b を用いて総入力値 u が算出される。例えば、図5において隠れ層($L=2$)の $z^{(2)}_k$ ($k=1, 2, 3$)で示されるノードにおいて算出される総入力値 u_k は、次式のようになる。

10

20

30

40

50

【数 1】

$$U_k = \sum_{m=1}^n (x_m \cdot w_{km}) + b_k$$

次いで、この総入力値 u_k は活性化関数 f により変換され、隠れ層 ($L=2$) の $z^{(2)}_k$ で示されるノードから、出力値 $z^{(2)}_k (= f(u_k))$ として出力される。一方、隠れ層 ($L=3$) の各ノードには、隠れ層 ($L=2$) の各ノードの出力値 $z^{(2)}_1$ 、 $z^{(2)}_2$ および $z^{(2)}_3$ が入力され、隠れ層 ($L=3$) の各ノードでは、夫々対応する重み w およびバイアス b を用いて総入力値 $u (z \cdot w + b)$ が算出される。この総入力値 u は同様に活性化関数により変換され、隠れ層 ($L=3$) の各ノードから、出力値 $z^{(3)}_1$ 、 $z^{(3)}_2$ および $z^{(3)}_3$ として出力される、この活性化関数としては、例えば、シグモイド関数 が用いられる。

10

【0036】

一方、出力層 ($L=4$) の各ノードには、隠れ層 ($L=3$) の各ノードの出力値 $z^{(3)}_1$ 、 $z^{(3)}_2$ および $z^{(3)}_3$ が入力され、出力層の各ノードでは、夫々対応する重み w およびバイアス b を用いて総入力値 $u (z \cdot w + b)$ が算出されるか、又は、夫々対応する重み w のみを用いて総入力値 $u (z \cdot w)$ が算出される。例えば、回帰問題では、出力層のノードでは恒等関数が用いられ、従って、出力層のノードからは、出力層のノードにおいて算出された総入力値 u が、そのまま出力値 y として出力される。

20

<ニューラルネットワークにおける学習>

【0037】

さて、ニューラルネットワークの出力値 y の正解値を示す教師データ、即ち、正解データを y_t とすると、ニューラルネットワークにおける各重み w およびバイアス b は、出力値 y と教師データ、即ち、正解データ y_t との差が小さくなるように、誤差逆伝播法を用いて学習される。この誤差逆伝播法は周知であり、従って、誤差逆伝播法についてはその概要を以下に簡単に説明する。なお、バイアス b は重み w の一種なので、以下、バイアス b も含めて重み w と称する。さて、図5に示すようなニューラルネットワークにおいて、 $L=2$ 、 $L=3$ 又は $L=4$ の各層のノードへの入力値 $u^{(L)}$ における重みを $w^{(L)}$ で表すと、誤差関数 E の重み $w^{(L)}$ による微分、即ち、勾配 $E / w^{(L)}$ は、書き換えると、次式で示されるようになる。

30

【数 2】

$$\partial E / \partial w^{(L)} = \left(\partial E / \partial u^{(L)} \right) \left(\partial u^{(L)} / \partial w^{(L)} \right) \quad \dots (1)$$

ここで、 $z^{(L-1)} \cdot w^{(L)} = u^{(L)}$ であるので、 $(E / u^{(L)}) = (E / z^{(L-1)} \cdot w^{(L)})$ とすると、上記(1)式は、次式でもって表すことができる。

40

【数 3】

$$\partial E / \partial w^{(L)} = \delta^{(L)} \cdot z^{(L-1)} \quad \dots (2)$$

【0038】

ここで、 $u^{(L)}$ が変動すると、次の層の総入力値 $u^{(L+1)}$ の変化を通じて誤差関数 E の変動を引き起こすので、 $(E / u^{(L)})$ は、次式で表すことができる。

50

【数 4】

$$\delta^{(L)} = \left(\partial E / \partial u^{(L)} \right) = \sum_{k=1}^k \left(\partial E / \partial u_k^{(L+1)} \right) \left(\partial u_k^{(L+1)} / \partial u^{(L)} \right) \quad (k=1, 2, \dots) \quad \dots (3)$$

ここで、 $z^{(L)} = f(u^{(L)})$ と表すと、上記(3)式の右辺に現れる入力値 $u_k^{(L+1)}$ は、次式で表すことができる。

【数 5】

10

$$\text{入力値 } u_k^{(L+1)} = \sum_{k=1}^k w_k^{(L+1)} \cdot z^{(L)} = \sum_{k=1}^k w_k^{(L+1)} \cdot f(u^{(L)}) \quad \dots (4)$$

ここで、上記(3)式の右辺第1項 ($\partial E / \partial u^{(L+1)}$) は $(L+1)$ であり、上記(3)式の右辺第2項 ($\partial u_k^{(L+1)} / \partial u^{(L)}$) は、次式で表すことができる。

【数 6】

20

$$\partial (w_k^{(L+1)} \cdot z^{(L)}) / \partial u^{(L)} = w_k^{(L+1)} \cdot \partial f(u^{(L)}) / \partial u^{(L)} = w_k^{(L+1)} \cdot f'(u^{(L)}) \quad \dots (5)$$

従って、 (L) は、次式で示される。

【数 7】

$$\delta^{(L)} = \sum_{k=1}^k w_k^{(L+1)} \cdot \delta^{(L+1)} \cdot f'(u^{(L)})$$

30

$$\text{即ち、} \delta^{(L-1)} = \sum_{k=1}^k w_k^{(L)} \cdot \delta^{(L)} \cdot f'(u^{(L-1)}) \quad \dots (6)$$

即ち、 $(L+1)$ が求まると、 (L) を求めることができることになる。

【0039】

さて、出力層 ($L=4$) のノードが一個であって、或る入力値に対して教師データ、即ち、正解データ y_t が求められており、この入力値に対する出力層からの出力値が y であった場合において、誤差関数として二乗誤差が用いられている場合には、二乗誤差 E は、 $E = 1/2 (y - y_t)^2$ で求められる。この場合、出力層 ($L=4$) のノードでは、出力値 $y = f(u^{(L)})$ となり、従って、この場合には、出力層 ($L=4$) のノードにおける (L) の値は、次式で示されるようになる。

40

【数 8】

$$\delta^{(L)} = \partial E / \partial u^{(L)} = \left(\partial E / \partial y \right) \left(\partial y / \partial u^{(L)} \right) = (y - y_t) \cdot f'(u^{(L)}) \quad \dots (7)$$

50

この場合、回帰問題では、前述したように、 $f(u^{(L)})$ は恒等関数であり、 $f'(u^{(L-1)}) = 1$ となる。従って、 $(^{L}) = y - y_t$ となり、 $(^{L})$ が求まる。

【0040】

$(^{L})$ が求まると、上式(6)を用いて前層の $(^{L-1})$ が求まる。このようにして順次、前層の $(^{L-1})$ が求められ、これらの値を用いて、上式(2)から、各重み w について誤差関数 E の微分、即ち、勾配 $E/w^{(L)}$ が求められる。勾配 $E/w^{(L)}$ が求められると、この勾配 $E/w^{(L)}$ を用いて、誤差関数 E の値が減少するように、重み w が更新される。即ち、重み w の学習が行われることになる。

【0041】

一方、分類問題では、学習時には、出力層 ($L=4$) からの各出力値 y_1, y_2, \dots がソフトマックス層に入力され、ソフトマックス層からの出力値を y_1', y_2', \dots 、対応する正解ラベルを y_{t1}, y_{t2}, \dots とすると、誤差関数 E として、次の交差エントロピー誤差 E が用いられる。

【数9】

$$\text{交差エントロピー誤差 } E = - \sum_{k=1}^n y_{tk} \log y_k \quad \left(n \text{ は出力層のノードの個数} \right) \quad \dots (8)$$

この場合も、出力層 ($L=4$) の各ノードにおける $(^{L})$ の値は、 $(^{L}) = y_k - y_{tk}$ ($k=1, 2, \dots, n$) となり、これら $(^{L})$ の値から上式(6)を用いて前層の $(^{L-1})$ が求まる。

<本発明による実施例>

【0042】

さて、本発明による第1実施例では、サージタンク13内に配置された圧力センサ25によってスロットル弁19下流の吸気通路内の吸気圧 P_m が検出され、この吸気圧 P_m を用いて、ブローバイガスの漏洩異常が生じているか否か、弁体52が開弁固着異常を生じているか否か、および、弁体52が閉弁固着異常を生じているか否かが判別される。

【0043】

一方、本発明による第2実施例では、吸入空気量検出器16により検出された吸入空気量と、大気圧と、大気温と、スロットル弁19の開度に基づいて、スロットル弁19下流の吸気通路内の吸気圧 P_m の推定値が算出され、この吸気圧 P_m の推定値を用いて、ブローバイガスの漏洩異常が生じているか否か、弁体52が開弁固着異常を生じているか否か、および、弁体52が閉弁固着異常を生じているか否かが判別される。この第2実施例では、吸気圧 P_m を検出するための圧力センサ25を必要としないという利点がある。

【0044】

次に、図6から図9を参照しつつ、吸気圧 P_m の推定値を算出する方法について説明する。図6には、図1に示されるサージタンク13、吸気ダクト15およびスロットル弁19が図解的に示されている。また、図6には、図1に示されるブローバイガス通路23が破線で示されている。なお、初めに、スロットル弁19を通過する吸入空気量の算出方法について説明する。

図6において、 P_a はスロットル弁19上流の吸気通路内の圧力を示しており、 T_a はスロットル弁19上流の吸気通路内の温度を示しており、 P_m はスロットル弁19下流の吸気通路内の圧力、即ち、吸気圧を示しており、 T_m はスロットル弁19下流の吸気通路内の温度を示している。この場合、スロットル弁19の開口面積を T_A とし、流量係数を μ とし、 R をガス定数とし、 γ を比熱比とすると、スロットル弁19を通過する吸入空気量 m_t は、次式で表される。

【数 1 0】

$$m_t = \mu \cdot T_A \cdot \frac{P_a}{\sqrt{R \cdot T_a}} \cdot \Phi \left(\frac{P_m}{P_a} \right) \quad \dots (9)$$

$$\Phi \left(\frac{P_m}{P_a} \right) = \begin{cases} \sqrt{\frac{\kappa}{2 \cdot (\kappa + 1)}} & \frac{P_m}{P_a} \leq \frac{1}{\kappa + 1} = 0.4167 \\ \sqrt{\left\{ \frac{\kappa - 1}{2 \cdot \kappa} \cdot \left(1 - \frac{P_m}{P_a} \right) + \frac{P_m}{P_a} \right\} \cdot \left(1 - \frac{P_m}{P_a} \right)} & \frac{P_m}{P_a} > \frac{1}{\kappa + 1} = 0.4167 \end{cases} \quad \dots (10)$$

10

ここで、スロットル弁 19 の開口面積 T_A は、図 7 A および図 7 B においてハッチングで示すように、吸気ダクト 15 の軸線に沿って見たときにスロットル弁 19 の外周縁と吸気ダクト 15 の内周面により囲まれた面積を表している。このスロットル弁 19 の開口面積 T_A は、スロットル弁 19 の開度の関数として、予めメモリ 32 内に記憶されている。

【0045】

次に、上式 (9) および (10) の求め方について簡単に説明する。スロットル弁 19 を通過した直後の吸入空気の流速を v (m/s) とし、吸入空気の密度を ρ (kg/m³) とすると、スロットル弁 19 を通過する吸入空気量 m_t は、次式で表される。

20

【数 1 1】

$$m_t = T_A \cdot v \cdot \rho \quad \dots (11)$$

一方、スロットル弁 19 を通過する前後において吸入空気のエネルギーが保存されるとすると、単位質量 (1 kg) 当たりの吸入空気について次式が成り立つ。

【数 1 2】

$$\frac{1}{2} v^2 + C_p \cdot T_m = C_p \cdot T_a \quad \dots (12)$$

30

なお、上式 (12) において、 $1/2 \cdot v^2$ および $C_p \cdot T_m$ は、夫々、スロットル弁 19 を通過した直後の吸入空気の運動エネルギーおよびエンタルピーを示しており、 $C_p \cdot T_a$ は、スロットル弁 19 を通過する前の吸入空気のエンタルピーを示している。なお、スロットル弁 19 を通過する前の吸入空気の流速は零としている。また、上式 (12) において、 C_p は、吸入空気の定圧比熱を示している。

【0046】

一方、スロットル弁 19 を通過する前後において吸入空気の運動量が保存されるので、次式が成り立つ。

40

【数 1 3】

$$(m_t \cdot \Delta t) \cdot v = T_A \cdot (P_a - P_m) \cdot \Delta t \quad \dots (13)$$

なお、上式 (13) の左辺において、 $(m_t \cdot \Delta t)$ は、単位時間 Δt 当たり加速される吸入空気の質量を表しており、 v は吸入空気の速度変化量を表している (スロットル弁 19 を通過する前の吸入空気の流速は零としている)。一方、上式 (13) の右辺は力積を表している。上式 (11)、(12)、(13)、状態方程式 $P = \rho \cdot R \cdot T$ 、および $C_p = R \cdot k / (k - 1)$ から、スロットル弁 19 を通過する吸入空気量 m_t を表す上式 (

50

9) および(10)が求まる。上式(9)および(10)からわかるように、スロットル弁19を通過する吸入空気量 m_t は、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a 、スロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a 、スロットル弁19下流の吸気通路内の圧力 P_m およびスロットル弁19の開口面積 T_A の関数となる。

【0047】

図8は、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a およびスロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a が或る一定値に維持されているときのスロットル弁19を通過する吸入空気量 m_t と圧力比(P_m/P_a)との関係を示している。なお、図8には、スロットル弁19の開口面積 T_A が大きいときの吸入空気量 m_t の変化と、スロットル弁19の開口面積 T_A が小さいときの吸入空気量 m_t の変化が示されている。図8に示されるように、圧力比(P_m/P_a)が $1/(1+0.4167)$ ($=0.4167$)以上である場合には、圧力比(P_m/P_a)が高くなるにつれて、吸入空気量 m_t が減少し、圧力比(P_m/P_a)が $1/(1+0.4167)$ 以下の場合には、吸入空気量 m_t は圧力比(P_m/P_a)に拘らずに一定となる。なお、通常の車両走行時には、圧力比(P_m/P_a)は、 $1/(1+0.4167)$ 以上となる。

【0048】

図9は、上式(9)および(10)における(P_m/P_a)と圧力比(P_m/P_a)との関係を示している。上式(9)からわかるように、スロットル弁19を通過する吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a 、スロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a およびスロットル弁19の開口面積 T_A がわかると、(P_m/P_a)がわかり、(P_m/P_a)がわかると、図9に示される関係から、スロットル弁19下流の吸気通路内の圧力 P_m 、即ち、吸気圧 P_m がわかる。この場合、スロットル弁19を通過する吸入空気量 m_t は、吸入空気量検出器16により検出された吸入空気量と等しく、従って、吸入空気量検出器16により検出された吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a 、スロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a およびスロットル弁19の開口面積 T_A がわかると、図9に示される関係から、スロットル弁19下流の吸気通路内の圧力 P_m 、即ち、吸気圧 P_m がわかることになる。

【0049】

なお、この第2実施例では、図9に示される(P_m/P_a)と圧力比(P_m/P_a)との関係は、予めメモリ32内に記憶されている。また、前述したように、スロットル弁19の開口面積 T_A は、スロットル弁19の開度の関数として、予めメモリ32内に記憶されており、従って、スロットル弁19の開度がわかるとスロットル弁19の開口面積 T_A がわかる、そこで、この第2実施例では、吸入空気量検出器16、大気圧センサ27、大気温センサ28およびスロットル弁開度センサ26による検出結果に基づいて、夫々、吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a 、スロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a およびスロットル弁19の開口面積 T_A が求められ、図9に示される関係を用いて、スロットル弁19下流の吸気通路内の圧力 P_m 、即ち、吸気圧 P_m の推定値が求められる。

【0050】

さて、前述したように、スロットル弁19下流の吸気通路内の圧力 P_m 、即ち、吸気圧 P_m は、PCVシステムが正常である場合には、機関負荷および機関回転数に応じて定まる。これに対し、ブローパイガスの漏洩異常が生じているか、或いはPCVバルブ22が開弁固着異常を生じているときには、図4Aおよび図4Bを参照しつつ説明したように、機関低負荷運転時に吸気圧 P_m は正常時の吸気圧 P_m に対して変化し、PCVバルブ22が開弁固着異常を生じているときには、図4Cを参照しつつ説明したように、機関中負荷運転時に吸気圧 P_m は正常時の吸気圧 P_m に対して変化する。そこで前述したように、本発明による実施例では、機関低負荷定常運転時に、ブローパイガスの漏洩異常が生じているか否か、およびPCVバルブ22が開弁固着異常を生じているか否かが判別され、機関中負荷定常運転時に、PCVバルブ22が開弁固着異常を生じているか否かが判別される。

【 0 0 5 1 】

この場合、この吸気圧 P_m の変化を的確に捉えることができれば、ブローバイガスの漏洩異常が生じたか否か、 $P C V$ バルブ 2 2 が開弁固着異常を生じたか否か、および $P C V$ バルブ 2 2 が閉弁固着異常を生じたか否かを正確に判別することができる。そこで、本発明による実施例では、ブローバイガスの漏洩異常の発生および $P C V$ バルブ 2 2 の開弁固着異常の発生を正確に判別するために、機関低負荷定常運転時に、第 1 のニューラルネットワークを用いて、ブローバイガスの漏洩異常が生じているか否か、或いは $P C V$ バルブ 2 2 の開弁固着異常が生じているか否かを正確に推定可能な第 1 の異常判定推定モデルが作成され、更に、 $P C V$ バルブ 2 2 の閉弁固着異常の発生を正確に判別するために、機関中負荷定常運転時に、第 2 のニューラルネットワークを用いて、 $P C V$ バルブ 2 2 の閉弁固着異常が生じているか否かを正確に推定可能な第 2 の異常判定推定モデルが作成される。

10

【 0 0 5 2 】

次に、機関低負荷定常運転時に、ブローバイガスの漏洩異常が生じているか否か、或いは $P C V$ バルブ 2 2 の開弁固着異常が生じているか否かを正確に推定可能な第 1 の異常判定推定モデルの作成に用いられる第 1 のニューラルネットワークの一実施例について図 1 0 を参照しつつ説明する。図 1 0 を参照すると、この第 1 のニューラルネットワーク 6 0 においても、図 5 に示されるニューラルネットワークと同様に、 $L = 1$ は入力層、 $L = 2$ および $L = 3$ は隠れ層、 $L = 4$ は出力層を夫々示している。このニューラルネットワーク 6 0 では、図 1 0 に示されるように、入力層 ($L = 1$) が 3 個のノードからなり、3 個の入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 が、入力層 ($L = 1$) の各ノードに入力されている。

20

【 0 0 5 3 】

一方、図 1 0 には隠れ層 ($L = 2$) および隠れ層 ($L = 3$) が記載されているが、これら隠れ層の層数は、1 個又は任意の個数とすることができ、またこれら隠れ層のノードの数も任意の個数とすることができる。また、この実施例では、出力層 ($L = 4$) のノードの数は 3 個とされており、出力層 ($L = 4$) のノードからの出力値が y_1' 、 y_2' 、 y_3' で示されている。これら出力値 y_1' 、 y_2' 、 y_3' は、ソフトマックス層 $S M$ に送り込まれて、夫々対応する出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 に変換される。これら出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 の合計は 1 であり、各出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 は 1 に対する割合を表している。

30

【 0 0 5 4 】

次に、図 1 0 における入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 について、図 1 1 に示される一覧表を参照しつつ説明する。さて、前述したように、スロットル弁 1 9 下流の吸気通路内の圧力 P_m 、即ち、吸気圧 P_m は、 $P C V$ システムに異常が生じていない場合には、機関負荷および機関回転数に応じて定まり、 $P C V$ システムに異常が生じると、吸気圧 P_m は正常時の吸気圧 P_m に対して変化する。従って、本発明による第 1 実施例では、機関負荷が入力値 x_1 とされ、機関回転数が入力値 x_2 とされ、圧力センサ 2 5 により検出されたスロットル弁 1 9 下流の吸気圧 P_m の実測値が入力値 x_3 とされる。

【 0 0 5 5 】

図 1 2 は、図 1 0 に示される出力値 y_1' 、 y_2' 、 y_3' および出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 がどのような異常状態を表しているかの一覧表を示している。図 1 2 からわかるように、出力値 y_1' および出力値 y_1 は、 $P V C$ ホースが $P C V$ バルブ 2 2 との連結部又は吸気ダクト 1 5 内との連結部から脱離したとき、或いは、 $P V C$ ホースに穴が開いたときに生ずるブローバイガスの漏洩異常を示しており、出力値 y_2' および出力値 y_2 は、弁体 5 2 が開弁され続ける $P C V$ バルブ 2 2 の開弁固着異常を示しており、出力値 y_3' および出力値 y_3 は、正常時を示している。更に、図 1 2 には、ブローバイガスの漏洩異常が生じているか否か、および $P C V$ バルブ 2 2 の開弁固着異常が生じているか否かを判別するときの機関の運転状態が示されている。なお、第 1 のニューラルネットワークの出力値に関しては、これから説明するいずれの実施例においても、図 1 2 の一覧表に示される出力値 y_1' 、 y_2' 、 y_3' および出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 と同一であり、従って

40

50

、これから説明する各実施例においては、これら出力値 y_1' 、 y_2' 、 y_3' および出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 に関する説明を省略する。

【0056】

図13は、入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 と、教師データ、即ち、正解ラベル y_t とを用いて作成された訓練データセットを示している。この図13において、入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 は、前述したように、夫々、機関負荷、機関回転数、および、圧力センサ25により検出されたスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値を示している。この場合、機関負荷および機関回転数は、電子制御ユニット30内において算出されている値が使用される。

【0057】

一方、図13において、 y_{t1} 、 y_{t2} 、 y_{t3} は、夫々図10に示される出力値 y_1' 、 y_2' 、 y_3' および出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 に対する教師データ、即ち、正解ラベルを示している。即ち、図13において、 y_{t1} は、ブローパイガスの漏洩異常が生じているときの正解ラベルを示しており、 y_{t2} は、PCVバルブ22の開弁固着異常が生じているときの正解ラベルを示しており、 y_{t3} は、正常時であるときの正解ラベルを示している。この場合、例えば、ブローパイガスの漏洩異常が生じているときには、正解ラベル y_{t1} のみが1とされ、残りの正解ラベル y_{t2} 、 y_{t3} は全て零とされる。同様に、PCVバルブ22の開弁固着異常が生じているときには、正解ラベル y_{t2} のみが1とされると共に、残りの正解ラベル y_{t1} 、 y_{t3} は全て零とされ、正常時であるときには、正解ラベル y_{t3} のみが1とされると共に、残りの正解ラベル y_{t1} 、 y_{t2} は全て零とされる。

【0058】

一方、図13に示されるように、この訓練データセットでは、入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 と、正解ラベル y_t との関係を表す m 個のデータが取得されている。例えば、2番目のデータ (No. 2) には、取得された入力値 x_{12} 、 x_{22} 、 x_{32} と、正解ラベル y_{t12} 、 y_{t22} 、 y_{t32} とが列挙されており、 $m-1$ 番目のデータ (No. $m-1$) には、取得された入力パラメータの入力値 x_{1m-1} 、 x_{2m-1} 、 x_{3m-1} と、正解ラベル y_{t1m-1} 、 y_{t2m-1} 、 y_{t3m-1} が列挙されている。

【0059】

次に、機関中負荷定常運転時に、PCVバルブ22の開弁固着異常が生じているか否かを正確に推定可能な第2の異常判定推定モデルの作成に用いられる第2のニューラルネットワークの一実施例について図14を参照しつつ説明する。図14を参照すると、この第2のニューラルネットワーク61においても、図10に示される第1のニューラルネットワーク60と同様に、 $L=1$ は入力層、 $L=2$ および $L=3$ は隠れ層、 $L=4$ は出力層を夫々示している。この第2のニューラルネットワーク61でも、図14に示されるように、入力層 ($L=1$) が3個のノードからなり、3個の入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 が、入力層 ($L=1$) の各ノードに入力されている。

【0060】

一方、図14には隠れ層 ($L=2$) および隠れ層 ($L=3$) が記載されているが、これら隠れ層の層数は、1個又は任意の個数とすることができ、またこれら隠れ層のノードの数も任意の個数とすることができる。また、この実施例では、出力層 ($L=4$) のノードの数は2個とされており、出力層 ($L=4$) のノードからの出力値が y_1' 、 y_2' で示されている。これら出力値 y_1' 、 y_2' は、ソフトマックス層 SM に送り込まれて、夫々対応する出力値 y_1 、 y_2 に変換される。これら出力値 y_1 、 y_2 の合計は1であり、各出力値 y_1 、 y_2 は1に対する割合を表している。なお、この場合、ソフトマックス層 SM を用いずに出力層 ($L=4$) のノードの数を1個とし、このノードにおける活性化関数をシグモイド関数として2値分類を行うこともできる。

【0061】

一方、図14における入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 は、図10における入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 と同一である。即ち、図14に示される第2のニューラルネットワーク61においても、図11の一覧表に示されるように、機関負荷が入力値 x_1 とされ、機関回転数が入力

値 x_2 とされ、圧力センサ 25 により検出されたスロットル弁 19 下流の吸気圧 P_m の実測値が入力値 x_3 とされる。

【0062】

図 15 は、図 14 に示される出力値 $y_{1'}$ 、 $y_{2'}$ および出力値 y_1 、 y_2 がどのような異常状態を表しているかの一覧表を示している。図 15 からわかるように、出力値 $y_{1'}$ および出力値 y_1 は、弁体 52 が閉弁し続ける PCV バルブ 22 の閉弁固着異常を示しており、出力値 $y_{2'}$ および出力値 y_2 は、正常時を示している。更に、図 15 には、PCV バルブ 22 の閉弁固着異常が生じているか否かを判別するときの機関の運転状態が示されている。なお、第 2 のニューラルネットワークの出力値に関しては、これから説明するいずれの実施例においても、図 15 の一覧表に示される出力値 $y_{1'}$ 、 $y_{2'}$ および出力値 y_1 、 y_2 と同一であり、従って、これから説明する各実施例においては、これら出力値 $y_{1'}$ 、 $y_{2'}$ および出力値 y_1 、 y_2 に関する説明を省略する。

10

【0063】

図 16 は、入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 と、教師データ、即ち、正解ラベル y_t とを用いて作成された第 2 のニューラルネットワーク 61 に対する訓練データセットを示している。この図 16 において、入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 は、前述したように、夫々、機関負荷、機関回転数、および、圧力センサ 25 により検出されたスロットル弁 19 下流の吸気圧 P_m の実測値を示している。この場合、機関負荷および機関回転数は、電子制御ユニット 30 内において算出されている値が使用される。

20

【0064】

一方、図 16 において、 y_{t1} 、 y_{t2} は、夫々図 14 に示される出力値 $y_{1'}$ 、 $y_{2'}$ および出力値 y_1 、 y_2 に対する教師データ、即ち、正解ラベルを示している。即ち、図 16 において、 y_{t1} は、PCV バルブ 22 の閉弁固着異常が生じているときの正解ラベルを示しており、 y_{t2} は、正常時であるときの正解ラベルを示している。この場合、例えば、PCV バルブ 22 の閉弁固着異常が生じているときには、正解ラベル y_{t1} が 1 とされると共に、残りの正解ラベル y_{t2} は零とされ、正常時であるときには、正解ラベル y_{t1} が 1 とされると共に、残りの正解ラベル y_{t2} は零とされる。

【0065】

一方、図 16 に示されるように、この訓練データセットとでは、入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 と、正解ラベル y_t との関係を表す m 個のデータが取得されている。例えば、2 番目のデータ (No. 2) には、取得された入力値 x_{12} 、 x_{22} 、 x_{32} と、正解ラベル y_{t12} 、 y_{t22} とが列挙されており、 $m-1$ 番目のデータ (No. $m-1$) には、取得された入力パラメータの入力値 x_{1m-1} 、 x_{2m-1} 、 x_{3m-1} と、正解ラベル y_{t1m-1} 、 y_{t2m-1} が列挙されている。

30

【0066】

図 17 は、図 10 における入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 および図 14 における入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 の第 2 実施例の一覧表を示している。この第 2 実施例では、図 17 に示されるように、機関負荷が入力値 x_1 とされ、機関回転数が入力値 x_2 とされ、スロットル弁 19 下流の吸気圧 P_m の推定値が入力値 x_3 とされる。前述したように、この吸気圧 P_m の推定値は、吸入空気量検出器 16、大気圧センサ 27 および大気温センサ 28 により夫々検出された吸入空気量 m_t 、スロットル弁 19 上流の吸気通路内の圧力 P_a およびスロットル弁 19 上流の吸気通路内の温度 T_a と、スロットル弁開度センサ 26 の検出値に基づき算出されたスロットル弁 19 の開口面積 T_A と、図 9 に示される関係を用いて求められる。

40

【0067】

一方、この第 2 実施例においても、図 10 に示される第 1 のニューラルネットワーク 60 および図 14 に示される第 2 のニューラルネットワーク 61 と同様な二つのニューラルネットワークが用いられ、図 13 に示される訓練データセットおよび図 16 に示される訓練データセットと同様な二つの訓練データセットが用いられる。但し、この第 2 実施例では、入力値 x_1 および x_2 については、第 1 実施例と同様に、機関負荷が入力値 x_1 とさ

50

れ、機関回転数が入力値 x_2 とされるが、入力値 x_3 については、第1実施例と異なって、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値が入力値 x_3 とされる。この第2実施例では、圧力センサ25が不要であるという利点がある。

【0068】

図18は、第3実施例における入力値の一覧表を示している。図18に示される一覧表を参照すると、この第3実施例では、入力値が、四つの入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 のからなる。即ち、機関負荷が入力値 x_1 とされ、機関回転数が入力値 x_2 とされ、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値が入力値 x_3 とされ、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値が入力値 x_4 とされる。この場合、吸気圧 P_m の実測値は圧力センサ25により検出され、吸気圧 P_m の推定値は、吸入空気量検出器16、大気圧センサ27および大気温センサ28により夫々検出された吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a およびスロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a と、スロットル弁開度センサ26の検出値に基づき算出されたスロットル弁19の開口面積 T_A と、図9に示される関係を用いて求められる。

【0069】

図19は、この第3実施例において用いられる第1のニューラルネットワーク62を示しており、図20は、この第1のニューラルネットワーク62に対する訓練データセットを示している。また、図21は、この第3実施例において用いられる第2のニューラルネットワーク63を示しており、図22は、この第2のニューラルネットワーク63に対する訓練データセットを示している。図19および図21に示されるように、第1のニューラルネットワーク62および第2のニューラルネットワーク63では、入力層($L=1$)が4個のノードからなり、四つの入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、即ち、機関負荷(入力値 x_1)、機関回転数(入力値 x_2)、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値(入力値 x_3)および、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値(入力値 x_4)が、入力層($L=1$)の各ノードに入力される。また、図20および図22に示される訓練データセットにおける x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 は夫々、機関負荷、機関回転数、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値 および、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値を示している。このようにこの第3実施例では、入力値として、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値 および、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値を用いることによって、ブローパイガス送出路20或いはPCVバルブ22に異常が生じているか否かの判別精度を更に高めることができる。

【0070】

図23は、第4実施例における入力値の一覧表を示している。図23に示される一覧表を参照すると、この第4実施例では、入力値が、六つの入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 からなる。即ち、機関負荷が入力値 x_1 とされ、機関回転数が入力値 x_2 とされ、吸入空気量検出器16により検出された吸入空気量が入力値 x_3 とされ、スロットル弁開度センサ26により検出されたスロットル弁開度が入力値 x_4 とされ、大気温センサ28により検出された大気温が入力値 x_5 とされ、大気圧センサ27により検出された大気圧が入力値 x_6 とされる。言い換えると、この4実施例では、入力値として、機関負荷および機関回転数に加え、吸気圧 P_m の推定値を求めるのに必要な吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a 、スロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a およびスロットル弁開度が用いられている。

【0071】

図24は、この第4実施例において用いられる第1のニューラルネットワーク64を示しており、図25は、この第1のニューラルネットワーク64に対する訓練データセットを示している。また、図26は、この第4実施例において用いられる第2のニューラルネットワーク65を示しており、図27は、この第2のニューラルネットワーク65に対する訓練データセットを示している。図24および図26に示されるように、第1のニューラルネットワーク64および第2のニューラルネットワーク65では、入力層($L=1$)が6個のノードからなり、六つの入力値 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 、即ち、機

10

20

30

40

50

関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）、吸入空気量（入力値 x_3 ）、スロットル弁開度（入力値 x_4 ）、大気温（入力値 x_5 ）および大気圧（入力値 x_6 ）が、入力層（ $L=1$ ）の各ノードに入力される。また、図25および図27に示される訓練データセットにおける x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 は夫々、機関負荷、機関回転数、吸入空気量、スロットル弁開度、大気温および大気圧を示している。

【0072】

次に、これまでは説明した第1実施例から第4実施例の各実施例において用いられる種々の訓練データセットの作成方法について説明する。図28に、訓練データセットの作成方法の一例が示されている。図28を参照すると、図1に示される機関本体1が、室内温度および室内圧力を調整可能な試験室69内に設置され、試験制御装置70により、訓練データセットを作成するのに必要なデータを取得するために、機関負荷、機関回転数等が夫々、種々の値に調整される。このとき、ブローバイガス送出路20の状態が、PVCホースがPCVバルブ22との連結部から脱離したブローバイガス漏洩異常状態、PVCホースが吸気ダクト15内との連結部から脱離したブローバイガス漏洩異常状態、PVCホースに穴が開いたブローバイガス漏洩異常状態、弁体52が開弁し続けるPCVバルブ22の開弁固着異常状態、弁体52が閉弁し続けるPCVバルブ22の閉弁固着異常状態、および正常状態に順次変更され、変更された各状態において、機関負荷、機関回転数等の組み合わせを順次変更することにより、訓練データセットを作成するのに必要なデータが取得される。

【0073】

図29は、訓練データセットを作成するのに必要なデータの取得ルーチンを示している。図29を参照すると、まず初めに、ステップ80において、ブローバイガス送出路20の正常状態および異常状態、大気温（試験室69内の室内温度）、大気圧（試験室69内の室内圧力）、機関運転状態の組み合わせが変更される。なお、最初にステップ80に進んだときには、これらブローバイガス送出路20の状態、大気温、大気圧、機関運転状態は、予め定められた初期の状態とされる。次いで、ステップ81では、機関低負荷定常運転時であるか否かが判別される。機関低負荷定常運転時でないときには、ステップ84にジャンプする。これに対し、機関低負荷定常運転時であるときには、ステップ82に進む。

【0074】

ステップ82では、吸気圧 P_m の推定値が、吸入空気量検出器16、大気圧センサ27および大気温センサ28により夫々検出された吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a およびスロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a と、スロットル弁開度センサ26の検出値に基づき算出されたスロットル弁19の開口面積 T_A と、図9に示される関係を用いて算出される。なお、このステップ82における吸気圧 P_m の推定値の算出処理は、第2実施例および第3実施例に対する訓練データセットを作成するときのみに行われ、第1実施例および第4実施例に対する訓練データセットを作成するときにはこのステップ82は省略される。

【0075】

次いで、ステップ83では、入力値 $x_1 \cdots$ 入力値 x_n および出力値 y_1' 、 y_2' 、 y_3' および出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 に対する教師データ、即ち、正解ラベル y_{t_1} 、 y_{t_2} 、 y_{t_3} が取得され、試験制御装置70内に記憶される。この場合、取得され、試験制御装置70内に記憶される入力値は、前述したように、第1実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値（入力値 x_3 ）であり、第2実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値（入力値 x_3 ）であり、第3実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値（入力値 x_3 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値（入力値 x_4 ）であり、第4実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）、吸入空気量（入力値 x_3 ）、スロットル弁開度（入力値 x_4 ）、大気

10

20

30

40

50

温（入力値 x_5 ）および大気圧（入力値 x_6 ）である。

【0076】

一方、ステップ83において取得され、試験制御装置70内に記憶される教師データ、即ち、正解ラベル y_{t1} 、 y_{t2} 、 y_{t3} は、全ての実施例について共通であり、 y_{t1} は、ブローパイガスの漏洩異常が生じているときの正解ラベルを示しており、 y_{t2} は、PCVバルブ22の開弁固着異常が生じているときの正解ラベルを示しており、 y_{t3} は、正常時であるときの正解ラベルを示している。この場合、前述したように、例えば、ブローパイガスの漏洩異常が生じているときには、正解ラベル y_{t1} のみが1とされ、残りの正解ラベル y_{t2} 、 y_{t3} は全て零とされる。同様に、PCVバルブ22の開弁固着異常が生じているときには、正解ラベル y_{t2} のみが1とされると共に、残りの正解ラベル y_{t1} 、 y_{t3} は全て零とされ、正常時であるときには、正解ラベル y_{t3} のみが1とされると共に、残りの正解ラベル y_{t1} 、 y_{t2} は全て零とされる。次いで、ステップ84に進む。

10

【0077】

ステップ84では、機関中負荷定常運転時であるか否かが判別される。機関中負荷定常運転時でないときには、ステップ87にジャンプする。これに対し、機関中負荷定常運転時であるときには、ステップ85に進む。ステップ85では、吸気圧 P_m の推定値が、吸入空気量検出器16、大気圧センサ27および大気温センサ28により夫々検出された吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a およびスロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a と、スロットル弁開度センサ26の検出値に基づき算出されたスロットル弁19の開口面積 T_A と、図9に示される関係を用いて算出される。なお、このステップ85における吸気圧 P_m の推定値の算出処理は、第2実施例および第3実施例に対する訓練データセットを作成するときのみに行われ、第1実施例および第4実施例に対する訓練データセットを作成するときにはこのステップ85は省略される。

20

【0078】

次いで、ステップ86では、入力値 x_1 、 \dots 、入力値 x_n および出力値 y_1 、 y_2 および出力値 y_1 、 y_2 に対する教師データ、即ち、正解ラベル y_{t1} 、 y_{t2} が取得され、試験制御装置70内に記憶される。この場合、取得され、試験制御装置70内に記憶される入力値は、上述したように、第1実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値（入力値 x_3 ）であり、第2実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値（入力値 x_3 ）であり、第3実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値（入力値 x_3 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値（入力値 x_4 ）であり、第4実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）、吸入空気量（入力値 x_3 ）、スロットル弁開度（入力値 x_4 ）、大気温（入力値 x_5 ）および大気圧（入力値 x_6 ）である。

30

【0079】

一方、ステップ86において取得され、試験制御装置70内に記憶される教師データ、即ち、正解ラベル y_{t1} 、 y_{t2} は、全ての実施例について共通であり、 y_{t1} は、PCVバルブ22の開弁固着異常が生じているときの正解ラベルを示しており、 y_{t2} は、正常時であるときの正解ラベルを示している。この場合、前述したように、例えば、PCVバルブ22の固着異常が生じているときには、正解ラベル y_{t1} が1とされると共に、残りの正解ラベル y_{t2} は零とされ、正常時であるときには、正解ラベル y_{t2} が1とされると共に、残りの正解ラベル y_{t1} は零とされる。次いで、ステップ87に進む。

40

【0080】

ステップ87では、ブローパイガス送出路20の正常状態、ブローパイガス送出路20の異常状態、大気温、大気圧および機関運転状態の全ての組み合わせについてのデータの取得が完了したか否かが判別される。なお、この場合、第1実施例について訓練データセットを作成するときには、大気温および大気圧は一定に維持される。ステップ87におい

50

て、ブローバイガス送出路 20 の正常状態、ブローバイガス送出路 20 の異常状態、大気温、大気圧および機関運転状態の全ての組み合わせについてのデータの取得が完了していないと判別されたときには、ステップ 80 に戻り、ブローバイガス送出路 20 の状態、大気温、大気圧、機関運転状態のうちの一つが変更される。次いで、ステップ 87 において、ブローバイガス送出路 20 の状態、大気温、大気圧、機関運転状態の全ての組み合わせについてのデータの取得が完了したと判別されると、データの取得処理を完了する。

【0081】

このようにして訓練データセットが作成されると、作成された訓練データセットの電子データを用いて、第 1 実施例および第 2 実施例であれば図 10 に示される第 1 のニューラルネットワーク 60 および図 14 に示される第 2 のニューラルネットワーク 61 の重みの学習が行われ、第 3 実施例であれば図 19 に示される第 1 のニューラルネットワーク 62 および図 21 に示される第 2 のニューラルネットワーク 63 の重みの学習が行われ、第 4 実施例であれば図 24 に示される第 1 のニューラルネットワーク 64 および図 26 に示される第 2 のニューラルネットワーク 65 の重みの学習が行われる。図 28 に示される例では、ニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の重みの学習を行うための学習装置 71 が設けられている。この学習装置 71 としてパソコンを用いることもできる。図 28 に示されるように、この学習装置 71 は、CPU (マイクロプロセッサ) 72 と、記憶装置、即ち、メモリ 73 とを具備している。図 28 に示される例では、実施例に対応したニューラルネットワークのノード数、および実施例に対応して作成された訓練データセットの電子データが学習装置 71 のメモリ 73 に記憶され、CPU 72 においてニューラルネットワークの重みの学習が行われる。

【0082】

図 30 は、学習装置 71 において行われるニューラルネットワークの重みの学習処理ルーチンを示す。

図 30 を参照すると、まず初めに、ステップ 100 において、学習装置 71 のメモリ 73 に記憶されている実施例に対応した訓練データセットの各データが読み込まれる。次いで、ステップ 101 において実施例に対応したニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の入力層 (L=1) のノード数、隠れ層 (L=2) および隠れ層 (L=3) のノード数および出力層 (L=4) のノード数が読み込まれ、次いで、ステップ 102 において、これらノード数に基づき、実施例に対応したニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 が作成される。

【0083】

次いで、ステップ 103 では、実施例に対応したニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の重みの学習が行われる。このステップ 103 では、最初に、実施例に対応した訓練データセットの 1 番目 (No. 1) の入力値 $x_1 \cdots x_n$ が、ニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の入力層 (L=1) の各ノードに入力される。このとき第 1 のニューラルネットワーク 60, 62, 64 の重みの学習が行われている場合には、ニューラルネットワーク 60, 62, 64 の出力層の各ノードからは、出力値が y_1' 、 y_2' 、 y_3' が出力され、これら出力値 y_1' 、 y_2' 、 y_3' は、ソフトマックス層 SM に送り込まれて、夫々対応する出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 に変換される。次いで、これらの出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 と、正解ラベル y_{t1} 、 y_{t2} 、 y_{t3} により、前述した交差エントロピー誤差 E が算出され、交差エントロピー誤差 E が小さくなるように、前述した誤差逆伝播法を用いて、ニューラルネットワーク 60, 62, 64 の重みの学習が行われる。

【0084】

一方、このとき第 2 のニューラルネットワーク 61, 63, 65 の重みの学習が行われている場合には、ニューラルネットワーク 61, 63, 65 の出力層の各ノードからは、出力値が y_1' 、 y_2' が出力され、これら出力値 y_1' 、 y_2' は、ソフトマックス層 SM に送り込まれて、夫々対応する出力値 y_1 、 y_2 に変換される。次いで、これらの出力値 y_1 、 y_2 と、正解ラベル y_{t1} 、 y_{t2} により、前述した交差エントロピー

誤差 E が算出され、交差エントロピー誤差 E が小さくなるように、前述した誤差逆伝播法を用いて、ニューラルネットワーク 61, 63, 65 の重みの学習が行われる。

【0085】

実施例に対応した訓練データセットの1番目 (No. 1) のデータに基づくニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の重みの学習が完了すると、次に、実施例に対応した訓練データセットの2番目 (No. 2) のデータに基づくニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の重みの学習が、誤差逆伝播法を用いて行われる。同様にして、実施例に対応した訓練データセットの m 番目 (No. m) まで順次、ニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の重みの学習が行われる。実施例に対応した訓練データセットの1番目 (No. 1) から m 番目 (No. m) までの全てについてニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の重みの学習が完了すると、ステップ 104 に進む。

10

【0086】

ステップ 104 では、交差エントロピー誤差 E が、予め設定された設定誤差以下になったか否かが判別される。交差エントロピー誤差 E が、予め設定された設定誤差以下になっていないと判別されたときには、ステップ 103 に戻り、再度、実施例に対応した訓練データセットに基づいて、ニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の重み学習が行われる。次いで、交差エントロピー誤差 E が、予め設定された設定誤差以下になるまで、ニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の重みの学習が継続される。ステップ 104 において、交差エントロピー誤差 E が、予め設定された設定誤差以下になったと判別されたときには、ステップ 105 に進んで、ニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の学習済み重みが学習装置 71 のメモリ 73 に記憶される。このようにして、ブローバイガスの漏洩異常が生じているか否か、或いは P C V バルブ 22 の閉弁固着異常が生じているか否かを正確に推定可能な第 1 の異常判定推定モデル、および P C V バルブ 22 の閉弁固着異常が生じているか否かを正確に推定可能な第 2 の異常判定推定モデルが作成される。

20

【0087】

本発明による実施例では、このようにして作成されたブローバイガスの漏洩異常および P C V バルブ 22 の閉弁固着異常に対する第 1 の異常判定推定モデル、および P C V バルブ 22 の閉弁固着異常に対する第 2 の異常判定推定モデルを用いて、市販車両におけるブローバイガス送出路 20 の故障診断が行われる。そのためにこれらのブローバイガス送出路 20 および P C V バルブ 22 の異常判定推定モデルが市販車両の電子制御ユニット 30 に格納される。図 31 は、これらのブローバイガス送出路 20 および P C V バルブ 22 の異常判定推定モデルを市販車両の電子制御ユニット 30 に格納するために、電子制御ユニット 30 において行われる電子制御ユニットへのデータ読み込みルーチンを示している。

30

【0088】

図 31 を参照すると、まず初めに、ステップ 200 において、実施例に対応したニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の入力層 (L = 1) のノード数、隠れ層 (L = 2) および隠れ層 (L = 3) のノード数および出力層 (L = 4) のノード数が電子制御ユニット 30 のメモリ 32 に読み込まれ、次いで、ステップ 201 において、これらノード数に基づき、実施例に対応したニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 が作成される。次いで、ステップ 202 において、ニューラルネットワーク 60, 61, 62, 63, 64, 65 の学習済み重みが電子制御ユニット 30 のメモリ 32 に読み込まれる。それによりブローバイガス送出路 20 および P C V バルブ 22 の異常判定推定モデルが市販車両の電子制御ユニット 30 に格納される。

40

【0089】

次に、図 32 を参照しつつ、市販車両において実行されるブローバイガス送出路 20 および P C V バルブ 22 の異常検出ルーチンについて説明する。このルーチンは、機関の運転が行われているときに、一定時間毎の割り込み、或いは、予め定められたクランク角における割り込みによって実行される。図 32 を参照すると、まず初めに、ステップ 300

50

において、機関低負荷定常運転時であるか否かが判別される。機関低負荷定常運転時でないときには、ステップ306に進んで、機関中負荷定常運転時であるか否かが判別される。機関中負荷定常運転時でないときには、処理サイクルを終了する。

【0090】

一方、ステップ300において、機関低負荷定常運転時であると判別されたときには、ステップ301に進み、吸気圧 P_m の推定値が、吸入空気量検出器16、大気圧センサ27および大気温センサ28により夫々検出された吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a およびスロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a と、スロットル弁開度センサ26の検出値に基づき算出されたスロットル弁19の開口面積 T_A と、図9に示される関係を用いて算出される。なお、このステップ301における吸気圧 P_m の推定値の算出処理は、第2実施例および第3実施例においてブローパイガスの漏洩異常およびPCVバルブ22の開弁固着異常の検出を行うときのみに行われ、第1実施例および第4実施例においてブローパイガスの漏洩異常およびPCVバルブ22の開弁固着異常の検出を行うときにはこのステップ301は省略される。

10

【0091】

次いで、ステップ302では、入力値 $x_1 \cdots$ 入力値 x_n が取得され、メモリ32内に記憶される。この場合、取得され、メモリ32内に記憶される入力値は、第1実施例では、機関負荷(入力値 x_1)、機関回転数(入力値 x_2)およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値(入力値 x_3)であり、第2実施例では、機関負荷(入力値 x_1)、機関回転数(入力値 x_2)およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値(入力値 x_3)であり、第3実施例では、機関負荷(入力値 x_1)、機関回転数(入力値 x_2)、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値(入力値 x_3)およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値(入力値 x_4)であり、第4実施例では、機関負荷(入力値 x_1)、機関回転数(入力値 x_2)、吸入空気量(入力値 x_3)、スロットル弁開度(入力値 x_4)、大気温(入力値 x_5)および大気圧(入力値 x_6)である。次いで、ステップ303に進む。

20

【0092】

次いで、ステップ303では、電子制御ユニット30のメモリ32内に記憶されている入力値 $x_1 \cdots x_n$ が、実施例に対応した第1のニューラルネットワーク60, 62, 64の入力層($L=1$)の各ノードに入力される。このとき第1のニューラルネットワーク60, 62, 64の出力層の各ノードからは、出力値 y_1' 、 y_2' 、 y_3' が出力され、ステップ304では、このときソフトマックス層SMにおいて変換された出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 が取得される。次いで、ステップ305では、取得された出力値 y_1 、 y_2 、 y_3 の内から最大の出力値 y_i が選定され、この最大の出力値 y_i に対応した状態が、ブローパイガスの漏洩異常或いはPCVバルブ22の開弁固着異常であるときには、ブローパイガスの漏洩異常或いはPCVバルブ22の開弁固着異常が生じていると判定される。このとき、例えば、最大の出力値 y_i に対応したブローパイガスの漏洩異常或いはPCVバルブ22の開弁固着異常が生じていることを示す警告灯が点灯される。

30

【0093】

一方、ステップ306において、機関中負荷定常運転時であると判別されたときには、ステップ307に進んで、吸気圧 P_m の推定値が、吸入空気量検出器16、大気圧センサ27および大気温センサ28により夫々検出された吸入空気量 m_t 、スロットル弁19上流の吸気通路内の圧力 P_a およびスロットル弁19上流の吸気通路内の温度 T_a と、スロットル弁開度センサ26の検出値に基づき算出されたスロットル弁19の開口面積 T_A と、図9に示される関係を用いて算出される。なお、このステップ307における吸気圧 P_m の推定値の算出処理は、第2実施例および第3実施例においてPCVバルブ22の開弁固着異常の検出を行うときのみに行われ、第1実施例および第4実施例においてPCVバルブ22の開弁固着異常の検出を行うときにはこのステップ307は省略される。

40

【0094】

次いで、ステップ308では、入力値 $x_1 \cdots$ 入力値 x_n が取得され、メモリ32内

50

に記憶される。この場合、取得され、メモリ32内に記憶される入力値は、第1実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値（入力値 x_3 ）であり、第2実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値（入力値 x_3 ）であり、第3実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）、スロットル弁19下流の吸気圧 P_m の実測値（入力値 x_3 ）およびスロットル弁19下流の吸気圧 P_m の推定値（入力値 x_4 ）であり、第4実施例では、機関負荷（入力値 x_1 ）、機関回転数（入力値 x_2 ）、吸入空気量（入力値 x_3 ）、スロットル弁開度（入力値 x_4 ）、大気温（入力値 x_5 ）および大気圧（入力値 x_6 ）である。次いで、ステップ309に進む。

10

【0095】

ステップ309では、電子制御ユニット30のメモリ32内に記憶されている入力値 $x_1 \cdots x_n$ が、実施例に対応した第2のニューラルネットワーク61, 63, 65の入力層（ $L=1$ ）の各ノードに入力される。このとき第2のニューラルネットワーク61, 63, 65の出力層の各ノードからは、出力値 y_1' 、 y_2' が出力され、ステップ310では、このときソフトマックス層SMにおいて変換された出力値 y_1 、 y_2 が取得される。次いで、ステップ311では、取得された出力値 y_1 、 y_2 の内から最大の出力値 y_i が選定され、この最大の出力値 y_i に対応した状態がPCVバルブ22の閉弁固着異常であるときには、PCVバルブ22の閉弁固着異常が生じていると判定される。このとき、例えば、PCVバルブ22の閉弁固着異常が生じていることを示す警告灯が点灯される。

20

【0096】

このように、本発明による実施例では、機関吸気通路内に吸入空気量検出器16を配置すると共に吸入空気量検出器16下流の機関吸気通路内にスロットル弁19を配置し、機関クランクケース2内のブローバイガスがブローバイガス送出路20を介してスロットル弁19下流の機関吸気通路内に送り込まれ、ブローバイガス送出路20内に、ブローバイガスの流量を制御するPCVバルブ22を配置した内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置において、機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧を第1のニューラルネットワーク60の入力パラメータとし、ブローバイガス送出路20からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第1のニューラルネットワーク60が記憶されており、車両の運転時に、この学習済み第1のニューラルネットワーク60を用いて、上述の入力パラメータから、ブローバイガス送出路20からのブローバイガスの漏洩異常が検出される。

30

【0097】

この場合、本発明による一実施例では、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧が実測値であり、本発明による別の実施例では、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧が、吸入空気量検出器16により検出された吸入空気量と、大気圧と、大気温と、スロットル弁19の開度に基づいて推定された推定値とされる。

【0098】

また、本発明による実施例では、機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧を第1のニューラルネットワーク60の入力パラメータとし、ブローバイガス送出路20からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第1のニューラルネットワーク60が記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済み第1のニューラルネットワーク60を用いて、上述の入力パラメータから、ブローバイガス送出路20からのブローバイガスの漏洩異常が検出される。

40

【0099】

更に、本発明による実施例では、機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧を第1のニューラルネットワーク60の入力パラメータとし、ブローバイガス送出路20からブローバイガスが漏洩してい

50

るとき、およびPCVバルブ22が、開弁し続ける開弁固着異常を生じているときを夫々正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第1のニューラルネットワーク60が記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済み第1のニューラルネットワーク60を用いて、上述の入力パラメータから、ブローバイガス送出路20からのブローバイガスの漏洩異常およびPCVバルブ22の開弁固着異常が検出される。

【0100】

更に、本発明による実施例では、機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧の実測値と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧の推定値とを第1のニューラルネットワーク62の入力パラメータとし、ブローバイガス送出路20からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第1のニューラルネットワーク62が記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済み第1のニューラルネットワーク62を用いて、機関低負荷定常運転時における上述の入力パラメータから、ブローバイガス送出路20からのブローバイガスの漏洩異常が検出される。

10

【0101】

更に、本発明による実施例では、機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧を第1のニューラルネットワーク60の入力パラメータとし、ブローバイガス送出路20からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第1のニューラルネットワーク60が記憶されており、機関中負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧を第2のニューラルネットワーク61の入力パラメータとし、PCVバルブが、閉弁し続ける閉弁固着異常を生じているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第2のニューラルネットワーク61が記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済み第1のニューラルネットワーク60を用いて、機関低負荷定常運転時における上述の入力パラメータから、ブローバイガス送出路20からのブローバイガスの漏洩異常を検出すると共に、機関中負荷定常運転時に、この学習済み第2のニューラルネットワーク61を用いて、機関中負荷定常運転時における上述の入力パラメータから、PCVバルブ22の開弁固着異常が検出される。

20

【0102】

更に、本発明による実施例では、機関低負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧を第1のニューラルネットワーク60の入力パラメータとし、ブローバイガス送出路20からブローバイガスが漏洩しているとき、およびPCVバルブ22が、開弁し続ける開弁固着異常を生じているときを夫々正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第1のニューラルネットワーク60が記憶されており、機関中負荷定常運転時における機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁19下流の機関吸気通路内の吸気圧を第2のニューラルネットワーク61の入力パラメータとし、PCVバルブ22が、閉弁し続ける閉弁固着異常を生じているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第2のニューラルネットワーク61が記憶されており、機関低負荷定常運転時に、この学習済み第1のニューラルネットワーク60を用いて、機関低負荷定常運転時における上述の入力パラメータから、ブローバイガス送出路20からのブローバイガスの漏洩異常およびPCVバルブ22の開弁固着異常を検出すると共に、機関中負荷定常運転時に、この学習済み第2のニューラルネットワーク61を用いて、機関中負荷定常運転時における上述の入力パラメータから、PCVバルブ22の開弁固着異常が検出される。

30

40

【0103】

更に、本発明によれば、機関吸気通路内に吸入空気量検出器16を配置すると共に吸入空気量検出器16下流の機関吸気通路内にスロットル弁19を配置し、機関クランクケース2内のブローバイガスがブローバイガス送出路20を介してスロットル弁19下流の機関吸気通路内に送り込まれ、ブローバイガス送出路20内に、ブローバイガスの流通量を制御するPCVバルブ22を配置した内燃機関のブローバイガス送出路異常検出装置にお

50

いて、機関負荷と、機関回転数と、吸入空気量検出器 16 により検出された吸入空気量と、大気圧と、大気温と、スロットル弁 19 の開度を第 1 のニューラルネットワーク 64 の入力パラメータとし、ブローバイガス送出路 20 からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済み第 1 のニューラルネットワーク 64 が記憶されており、車両の運転時に、この学習済み第 1 のニューラルネットワーク 64 を用いて、上述の入力パラメータから、ブローバイガス送出路 20 からのブローバイガスの漏洩異常が検出される。

【符号の説明】

【 0 1 0 4 】

1	機関本体	10
2	クランクケース	
12	吸気枝管	
13	サージタンク	
15	吸気ダクト	
16	吸入空気量検出器	
19	スロットル弁	
20	ブローバイガス送出路	
22	P C Vバルブ	
25	圧力センサ	
26	スロットル弁開度センサ	20
27	大気圧センサ	
28	大気温センサ	
30	電子制御ユニット	
60, 62, 64	第 1 のニューラルネットワーク	
61, 63, 65	第 2 のニューラルネットワーク	

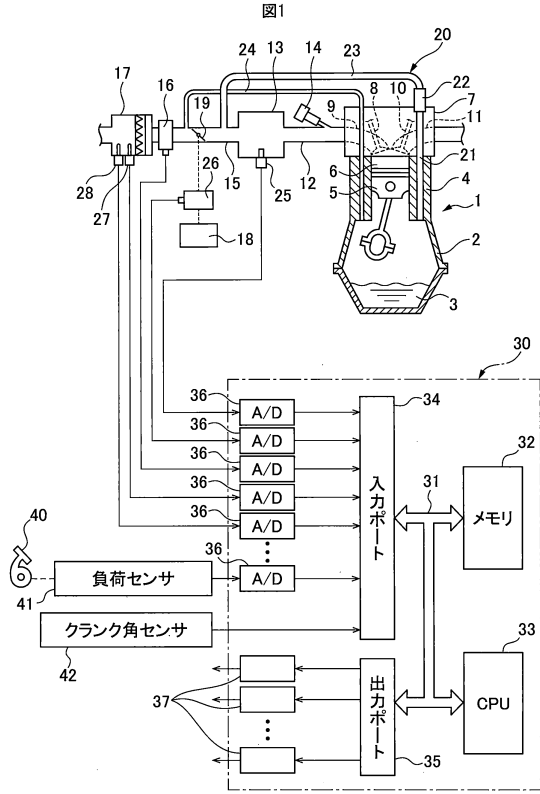
【要約】

【課題】ブローバイガスの漏洩異常を正確に検出する。

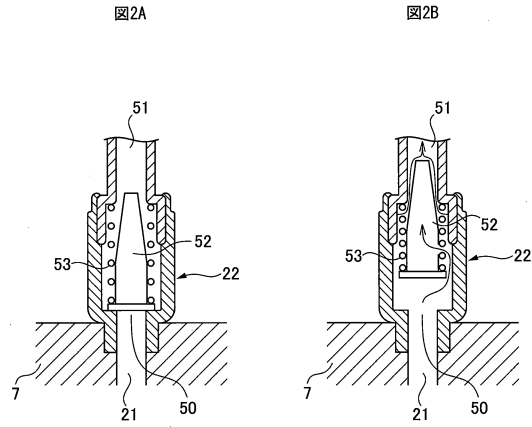
【解決手段】機関負荷と、機関回転数と、スロットル弁（19）下流の機関吸気通路内の吸気圧をニューラルネットワークの入力パラメータとし、ブローバイガス送出路（20）からブローバイガスが漏洩しているときを正解ラベルとして、重みの学習が行われた学習済みニューラルネットワークが記憶されている。車両の運転時に、この学習済みニューラルネットワークを用いて、上述の入力パラメータから、ブローバイガス送出路（20）からのブローバイガスの漏洩異常を検出する。

【選択図】図 32

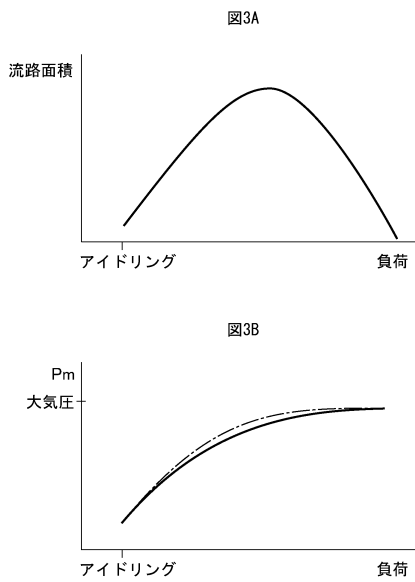
【図1】



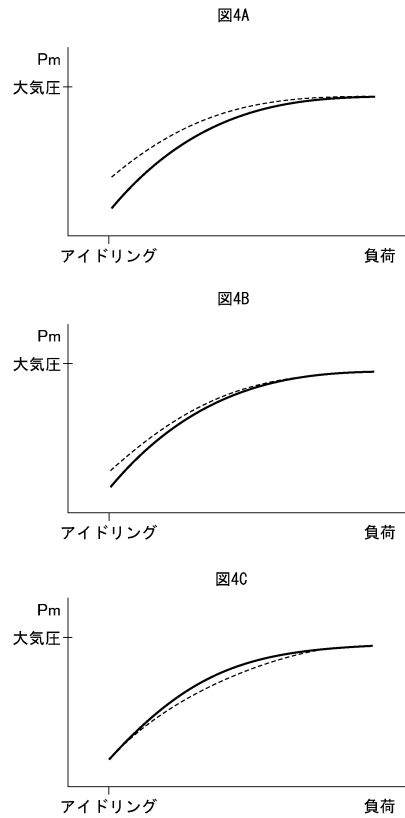
【図2】



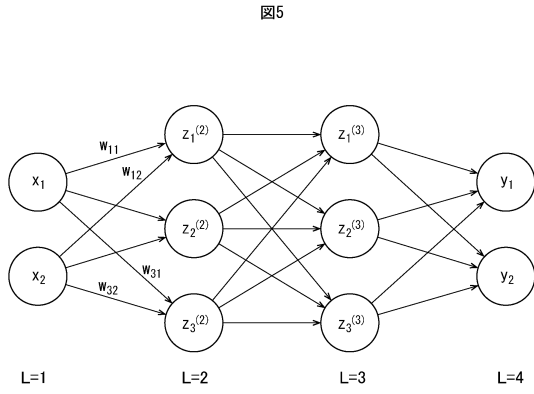
【図3】



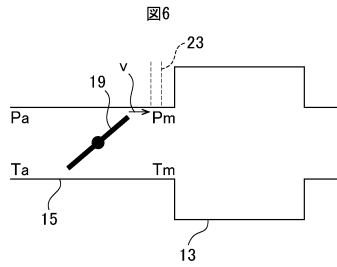
【図4】



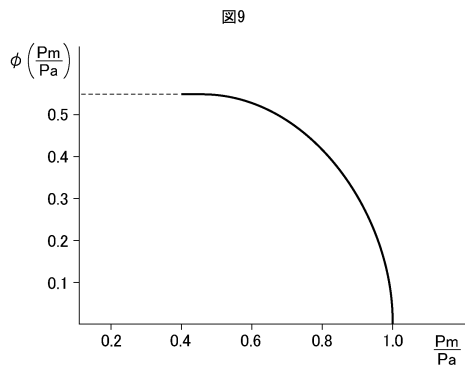
【 図 5 】



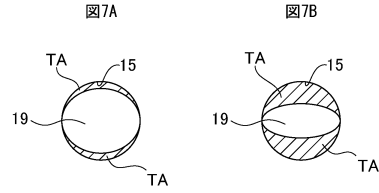
【 図 6 】



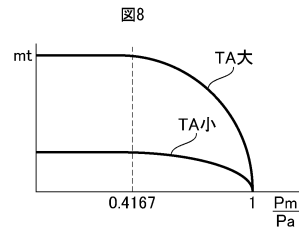
【 図 9 】



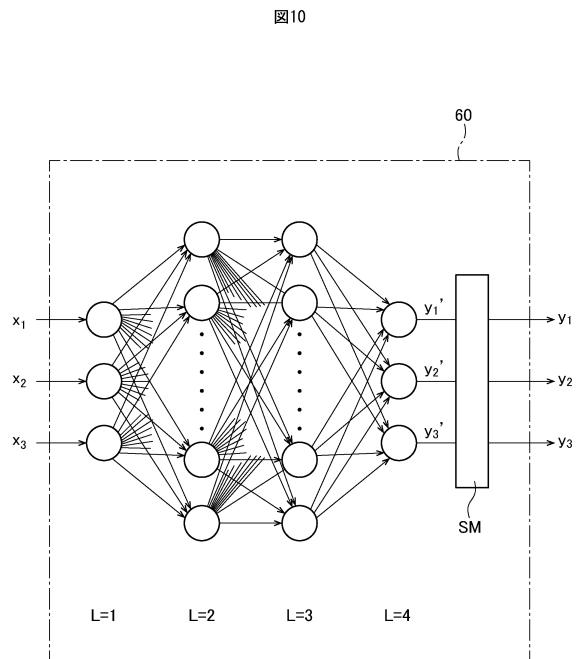
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 10 】



【図11】

図11

入力値	パラメータ
x_1	機関負荷
x_2	機関回転数
x_3	スロットル弁下流の吸気圧の実測値

【図12】

図12

出力値	異常状態	運転状態
y_1', y_1	ブローバイガス漏洩異常	低負荷定常
y_2', y_2	PCV/バルブ開弁固着異常	
y_3', y_3	正常	

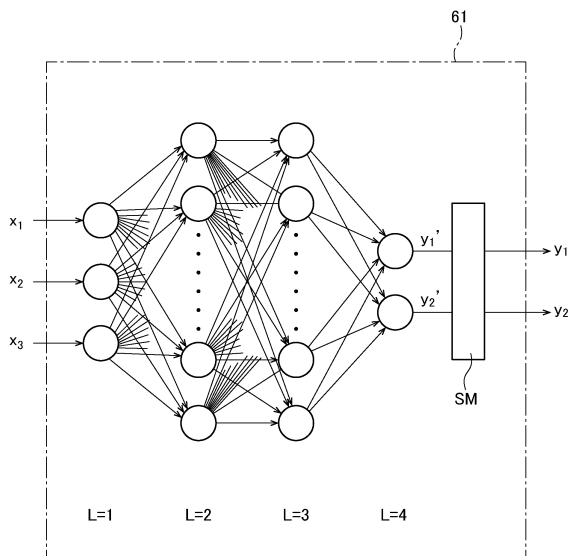
【図13】

図13

No.	x_1	x_2	x_3	y_{t1}	y_{t2}	y_{t3}
1	x_{11}	x_{21}	x_{31}	y_{t11}	y_{t21}	y_{t31}
2	x_{12}	x_{22}	x_{32}	y_{t12}	y_{t22}	y_{t32}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$m-1$	x_{1m-1}	x_{2m-1}	x_{3m-1}	y_{t1m-1}	y_{t2m-1}	y_{t3m-1}
m	x_{1m}	x_{2m}	x_{3m}	y_{t1m}	y_{t2m}	y_{t3m}

【図14】

図14



【図15】

図15

出力値	異常状態	運転状態
y_1', y_1	PCV/バルブ開弁固着異常	中負荷定常
y_2', y_2	正常	

【図16】

図16

No.	x_1	x_2	x_3	y_{t1}	y_{t2}
1	x_{11}	x_{21}	x_{31}	y_{t11}	y_{t21}
2	x_{12}	x_{22}	x_{32}	y_{t12}	y_{t22}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$m-1$	x_{1m-1}	x_{2m-1}	x_{3m-1}	y_{t1m-1}	y_{t2m-1}
m	x_{1m}	x_{2m}	x_{3m}	y_{t1m}	y_{t2m}

【図17】

図17

入力値	パラメータ
x_1	機関負荷
x_2	機関回転数
x_3	スロットル弁下流の吸気圧の推定値

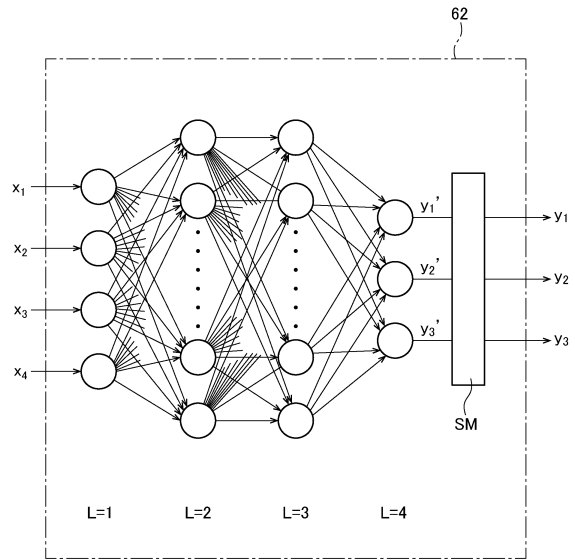
【図18】

図18

入力値	パラメータ
x_1	機関負荷
x_2	機関回転数
x_3	スロットル弁下流の吸気圧の実測値
x_4	スロットル弁下流の吸気圧の推定値

【図19】

図19



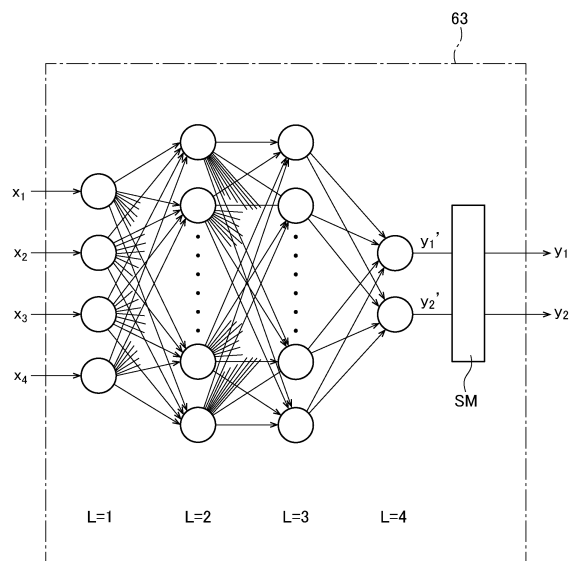
【図20】

図20

No.	x_1	x_2	x_3	x_4	yt_1	yt_2	yt_3
1	x_{11}	x_{21}	x_{31}	x_{41}	yt_{11}	yt_{21}	yt_{31}
2	x_{12}	x_{22}	x_{32}	x_{42}	yt_{12}	yt_{22}	yt_{32}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$m-1$	x_{1m-1}	x_{2m-1}	x_{3m-1}	x_{4m-1}	yt_{1m-1}	yt_{2m-1}	yt_{3m-1}
m	x_{1m}	x_{2m}	x_{3m}	x_{4m}	yt_{1m}	yt_{2m}	yt_{3m}

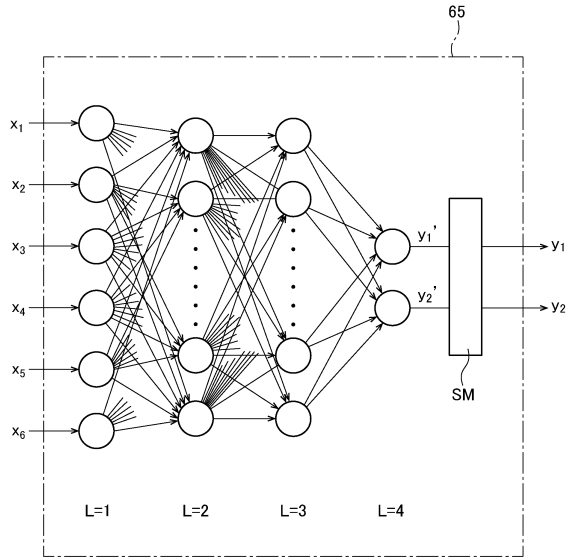
【図21】

図21



【図26】

図26



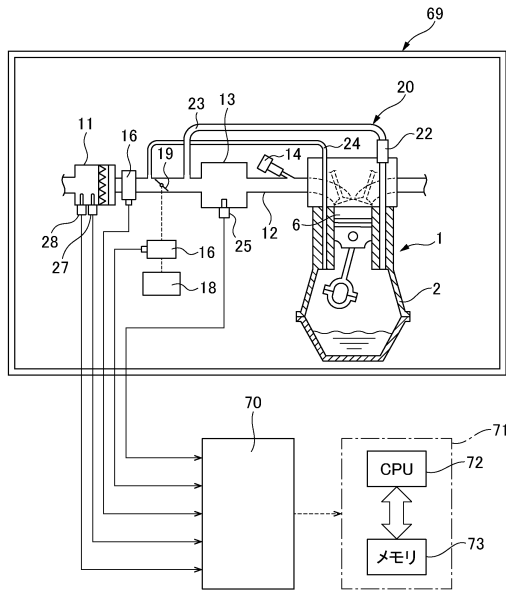
【図27】

図27

No.	x_1	x_2	...	x_6	y_{t1}	y_{t2}
1	x_{11}	x_{21}	...	x_{61}	y_{t11}	y_{t21}
2	x_{12}	x_{22}	...	x_{62}	y_{t12}	y_{t22}
...
$m-1$	x_{1m-1}	x_{2m-1}	...	x_{6m-1}	y_{t1m-1}	y_{t2m-1}
m	x_{1m}	x_{2m}	...	x_{6m}	y_{t1m}	y_{t2m}

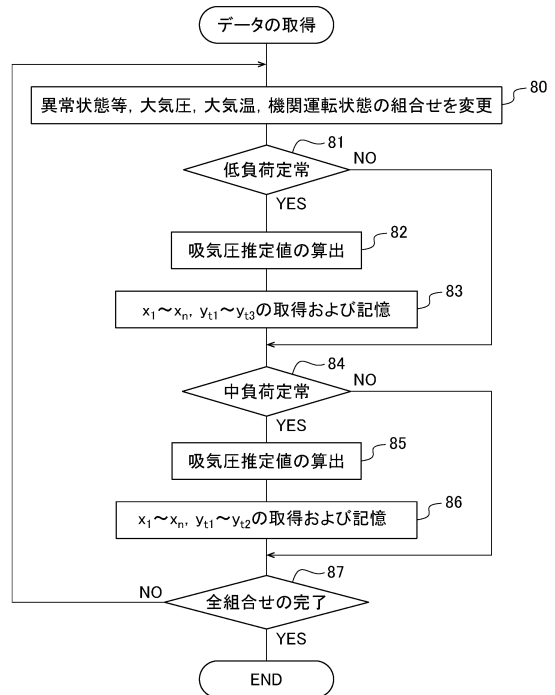
【図28】

図28



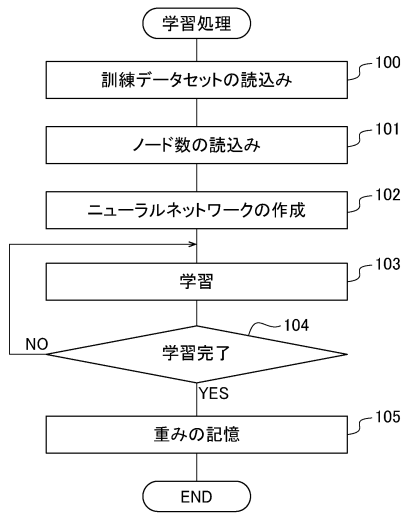
【図29】

図29



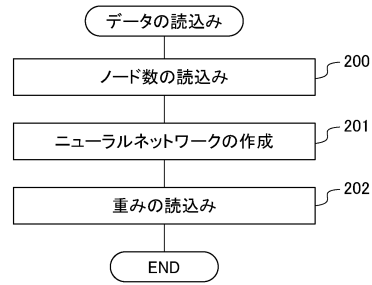
【図30】

図30



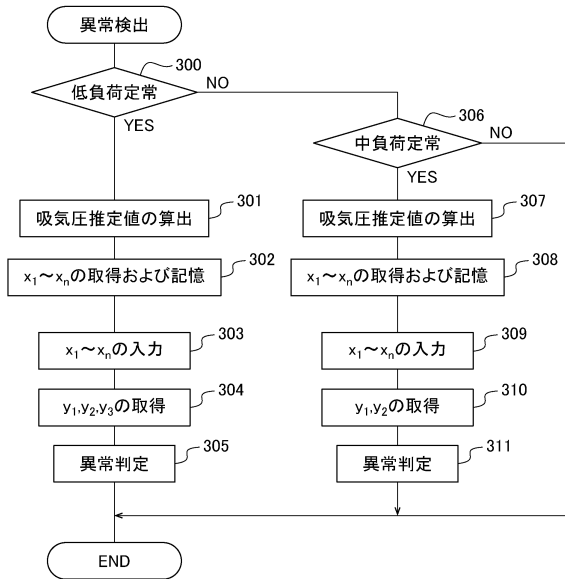
【図31】

図31



【図32】

図32



フロントページの続き

- (72)発明者 武藤 晴文
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 片山 章弘
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 大久保 直也
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 橋本 洋介
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 篠原 将之

- (56)参考文献 特開2009-281225(JP,A)
特開2019-019800(JP,A)
特開2015-034524(JP,A)
特開2013-117176(JP,A)
特開2009-197679(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01M 13/00

F02D 45/00