

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6741057号
(P6741057)

(45) 発行日 令和2年8月19日(2020.8.19)

(24) 登録日 令和2年7月29日(2020.7.29)

(51) Int.Cl.		F I	
FO2D 45/00	(2006.01)	FO2D	45/00
FO2D 21/08	(2006.01)	FO2D	45/00 374
G16Y 10/40	(2020.01)	FO2D	21/08 301Z
		G16Y	10/40

請求項の数 6 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2018-206562 (P2018-206562)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成30年11月1日(2018.11.1)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2020-70774 (P2020-70774A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	令和2年5月7日(2020.5.7)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	令和2年1月31日(2020.1.31)		弁理士 青木 篤
早期審査対象出願		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御システム、電子制御ユニット、サーバ及び内燃機関の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の第一車両にそれぞれ搭載された、内燃機関の制御に用いる学習モデルの学習機能を有する第一電子制御ユニットと、第二車両に搭載された、前記学習機能を有さない第二電子制御ユニットとを備えた内燃機関の制御システムであって、

前記第一電子制御ユニット及び前記第二電子制御ユニットは、

入力パラメータの実測値が入力されると、学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値を出力する予測値出力部と、

前記予測値出力部から出力された前記予測値に基づいて、内燃機関を制御する機関制御部と、

をそれぞれ含み、

前記第一電子制御ユニットは、

前記入力パラメータの実測値と前記出力パラメータの実測値とを含む教師データを用いて、前記第一電子制御ユニットの予測値出力部で用いられる学習モデルの学習を行う学習部と、

前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第一車両情報と、前記学習後の学習モデルと、を互いに関連付けて送信する車両側モデル送信部と、

をさらに含み、

前記第二電子制御ユニットは、前記学習後の学習モデルを受信するモデル受信部をさらに含み、

前記第二電子制御ユニットの予測値出力部は、各第一電子制御ユニットの前記学習部において学習された前記学習後の学習モデルのうち、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルを用いる、内燃機関の制御システム。

【請求項2】

前記内燃機関の制御システムは、前記第一電子制御ユニット及び前記第二電子制御ユニットに対して通信可能に構成されたサーバをさらに備え、

前記第二電子制御ユニットは、前記学習後の学習モデルを要求するモデル要求と、前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第二車両情報と、を前記サーバに送信するモデル要求送信部をさらに含み、

前記サーバは、

前記第一電子制御ユニットの各々から受信した各第一車両情報のうち、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記第二電子制御ユニットから受信した前記第二車両情報に含まれる前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両情報を選択する選択部と、

前記選択された第一車両情報に関連付けられた前記学習後の学習モデルを前記第二電子制御ユニットに送信するサーバ側モデル送信部と、

を含む、請求項1に記載の内燃機関の制御システム。

【請求項3】

前記モデル受信部は、前記第一電子制御ユニットの各々から前記第一車両情報をさらに受信し、

前記第二電子制御ユニットは、前記第一電子制御ユニットの各々から受信した第一車両情報のうち、前記最も近い第一車両情報を選択する選択部をさらに含み、

前記第二電子制御ユニットの予測値出力部は、前記選択された第一車両情報に関連付けられた前記学習後の学習モデルを用いる、請求項1に記載の内燃機関の制御システム。

【請求項4】

複数の第一車両にそれぞれ搭載された、内燃機関の制御に用いる学習モデルの学習機能を有する電子制御ユニットと、第二車両に搭載された、前記学習機能を有さない電子制御ユニットとを備えた内燃機関の制御システムの前記第二車両において用いられる電子制御ユニットであって、

前記第二車両の電子制御ユニットは、

入力パラメータの実測値が入力されると、学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値を出力する予測値出力部と、

前記予測値出力部から出力された前記予測値に基づいて、前記第二車両の内燃機関を制御する機関制御部と、

前記複数の第一車両の電子制御ユニットの各々において学習された学習後の学習モデルを受信するモデル受信部と、を含み、

前記予測値出力部は、前記複数の第一車両の電子制御ユニットの各々において学習された前記学習後の学習モデルのうち、使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記第二車両の前記使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両の電子制御ユニットにおいて学習された前記学習後の学習モデルを用いる、電子制御ユニット。

【請求項5】

複数の第一車両にそれぞれ搭載された、内燃機関の制御に用いる学習モデルの学習機能を有する第一電子制御ユニットと、第二車両に搭載された、前記学習機能を有さない第二電子制御ユニットとに対して通信可能に構成されたサーバであって、

前記サーバは、

前記第一電子制御ユニットの各々から、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第一車両情報と、前記第一電子制御ユニットにおいて学習され且つ前記第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルと、を受信し、

前記第二電子制御ユニットから、前記学習後の学習モデルを要求するモデル要求と、前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第二車両情報と、を受信し、

受信した各第一車両情報のうち、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記受信した第二車両情報に含まれる前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両情報を選択し、

前記選択された第一車両情報に関連付けられた前記学習後の学習モデルを前記第二電子制御ユニットに送信する、サーバ。

【請求項6】

複数の第一車両にそれぞれ搭載された、内燃機関の制御に用いる学習モデルの学習機能を有する第一電子制御ユニットと、第二車両に搭載された、前記学習機能を有さない第二電子制御ユニットとを備えた内燃機関の制御システムにおける内燃機関の制御方法であって、

前記第一電子制御ユニットが、学習モデルの入力パラメータの実測値と学習モデルの出力パラメータの実測値とを含む教師データを用いて、前記第一電子制御ユニットの予測値出力部で用いられる学習モデルの学習を行うステップと、

前記第一電子制御ユニットが、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第一車両情報と、前記学習後の学習モデルと、を互いに関連付けて送信するステップと、

前記第二電子制御ユニットは、前記学習後の学習モデルを受信するステップと、

前記第二電子制御ユニットが、前記入力パラメータの実測値が入力されると、前記受信した学習後の学習モデルを用いて、前記出力パラメータの予測値を出力するステップと、

前記第二電子制御ユニットが、前記出力された予測値に基づいて、内燃機関を制御するステップと、

を含み、

前記予測値を出力するステップは、各第一電子制御ユニットにおいて学習された前記学習後の学習モデルのうち、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両情報に関連付けられた前記学習後の学習モデルを用いる、内燃機関の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、内燃機関の制御システム、電子制御ユニット、サーバ及び内燃機関の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、機械学習によって学習された学習モデルを用いて、車両の内燃機関を制御する技術が公知である（例えば、特許文献1参照）。特に、特許文献1に記載の各モデルでは、内燃機関の運転に関する複数の入力パラメータの実測値が入力されると、ニューラルネットワークを用いて、出力パラメータである吸気ガス、排気ガス及びEGRガスの流量の予測値がそれぞれ出力される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-112277号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、学習モデルを用いる内燃機関の制御装置において、車両の運転中に取得した教師データに基づいて学習モデルの学習を行う場合が想定される。この場合、その車両に

10

20

30

40

50

特有の使用環境や使用状況が学習後の学習モデルに反映される。その結果、斯かる学習モデルでは、学習モデルから出力された出力パラメータの予測値とその出力パラメータの実際の値との誤差（以下、「予測誤差」という）が低減される。斯かる学習モデルを用いることにより、内燃機関がより適切に制御される。

【0005】

斯かる学習モデルの学習の際には、多数の教師データを用いた負荷の高い計算が必要とされる。そのため、内燃機関の制御装置において学習モデルの学習を行うためには、高性能のCPU等が必要になる。しかし、斯かる高性能のCPU等の導入は製造コストの増大につながる。そのため、学習モデルの学習機能を有する制御装置は、一部の車両のみにおいて用いられることが想定される。その結果、他の一部の車両は学習モデルの学習機能を有さない制御装置を用いることになり、斯かる車両ではその車両に特有の使用環境や使用状況を学習モデルに反映させることは困難である。したがって、斯かる車両では、その車両に特有の使用環境や使用状況に応じて、内燃機関を適切に制御することができない。

10

【0006】

上記課題に鑑みて、本開示の目的は、学習機能を有さない制御装置を用いる車両においても、その車両に特有の使用環境や使用状況に応じて内燃機関を適切に制御することができるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の要旨は、以下の通りである。

20

【0008】

(1) 複数の第一車両にそれぞれ搭載された第一電子制御ユニットと第二車両に搭載された第二電子制御ユニットとを備えた内燃機関の制御システムであって、前記第一電子制御ユニット及び前記第二電子制御ユニットは、入力パラメータの実測値が入力されると、学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値を出力する予測値出力部と、前記予測値出力部から出力された前記予測値に基づいて、内燃機関を制御する機関制御部と、をそれぞれ含み、前記第一電子制御ユニットは、前記入力パラメータの実測値と前記出力パラメータの実測値とを含む教師データを用いて、前記第一電子制御ユニットの予測値出力部で用いられる学習モデルの学習を行う学習部と、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第一車両情報と、前記学習後の学習モデルと、を互いに関連付けて送信する車両側モデル送信部と、をさらに含み、前記第二電子制御ユニットは、前記学習後の学習モデルを受信するモデル受信部をさらに含み、前記第二電子制御ユニットの予測値出力部は、各第一電子制御ユニットの前記学習部において学習された前記学習後の学習モデルのうち、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルを用いる、内燃機関の制御システム。

30

【0009】

(2) 前記内燃機関の制御システムは、前記第一電子制御ユニット及び前記第二電子制御ユニットに対して通信可能に構成されたサーバをさらに備え、前記第二電子制御ユニットは、前記学習後の学習モデルを要求するモデル要求と、前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第二車両情報と、を前記サーバに送信するモデル要求送信部をさらに含み、前記サーバは、前記第一電子制御ユニットの各々から受信した各第一車両情報のうち、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記第二電子制御ユニットから受信した前記第二車両情報に含まれる前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両情報を選択する選択部と、前記選択された第一車両情報に関連付けられた前記学習後の学習モデルを前記第二電子制御ユニットに送信するサーバ側モデル送信部と、を含む、上記(1)に記載の内燃機関の制御システム。

40

【0010】

(3) 前記モデル受信部は、前記第一電子制御ユニットの各々から前記第一車両情報を

50

さらに受信し、前記第二電子制御ユニットは、前記第一電子制御ユニットの各々から受信した第一車両情報のうち、前記最も近い第一車両情報を選択する選択部をさらに含み、前記第二電子制御ユニットの予測値出力部は、前記選択された第一車両情報に関連付けられた前記学習後の学習モデルを用いる、上記(1)に記載の内燃機関の制御システム。

【0011】

(4) 車両に搭載された電子制御ユニットであって、前記電子制御ユニットは、入力パラメータの実測値が入力されると、学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値を出力する予測値出力部と、前記予測値出力部から出力された前記予測値に基づいて、内燃機関を制御する機関制御部と、前記入力パラメータの実測値と前記出力パラメータの実測値とを含む教師データを用いて、前記学習モデルの学習を行う学習部と、前記車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む車両情報と、前記学習後の学習モデルと、を互いに関連付けて送信するモデル送信部と、を含む、電子制御ユニット。

10

【0012】

(5) 複数の第一車両にそれぞれ搭載された電子制御ユニットと第二車両に搭載された電子制御ユニットとを備えた内燃機関の制御システムの前記第二車両において用いられる電子制御ユニットであって、前記第二車両の電子制御ユニットは、入力パラメータの実測値が入力されると、学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値を出力する予測値出力部と、前記予測値出力部から出力された前記予測値に基づいて、前記第二車両の内燃機関を制御する機関制御部と、前記複数の第一車両の電子制御ユニットの各々において学習された学習後の学習モデルを受信するモデル受信部と、を含み、前記予測値出力部は、前記複数の第一車両の電子制御ユニットの各々において学習された前記学習後の学習モデルのうち、使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記第二車両の前記使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両の電子制御ユニットにおいて学習された前記学習後の学習モデルを用いる、電子制御ユニット。

20

【0013】

(6) 複数の第一車両にそれぞれ搭載された第一電子制御ユニットと、第二車両に搭載された第二電子制御ユニットとに対して通信可能に構成されたサーバであって、前記サーバは、前記第一電子制御ユニットの各々から、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第一車両情報と、前記第一電子制御ユニットにおいて学習され且つ前記第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルと、を受信し、前記第二電子制御ユニットから、前記学習後の学習モデルを要求するモデル要求と、前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第二車両情報と、を受信し、受信した各第一車両情報のうち、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記受信した第二車両情報に含まれる前記第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両情報を選択し、前記選択された第一車両情報に関連付けられた前記学習後の学習モデルを前記第二電子制御ユニットに送信する、サーバ。

30

【0014】

(7) 複数の第一車両にそれぞれ搭載された第一電子制御ユニットと第二車両に搭載された第二電子制御ユニットとを備えた内燃機関の制御システムにおける内燃機関の制御方法であって、前記第一電子制御ユニットが、学習モデルの入力パラメータの実測値と学習モデルの出力パラメータの実測値とを含む教師データを用いて、前記第一電子制御ユニットの予測値出力部で用いられる学習モデルの学習を行うステップと、前記第一電子制御ユニットが、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含む第一車両情報と、前記学習後の学習モデルと、を互いに関連付けて送信するステップと、前記第二電子制御ユニットは、前記学習後の学習モデルを受信するステップと、前記第二電子制御ユニットが、前記入力パラメータの実測値が入力されると、前記受信した学習後の学習モデルを用いて、前記出力パラメータの予測値を出力するステップと、前記第二電子制御ユニットが、前記出力された予測値に基づいて、内燃機関を制御するステップと、を含み、前記予測値を出力するステップは、各第一電子制御ユニットにおいて学習された前記学習後の学習モデルのうち、前記第一車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方が前記

40

50

第二車両の使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方に最も近い前記第一車両情報に関連付けられた前記学習後の学習モデルを用いる、内燃機関の制御方法。

【発明の効果】

【0015】

本開示によれば、学習機能を有さない制御装置を用いる車両においても、その車両に特有の使用環境や使用状況に応じて内燃機関を適切に制御することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1は、第一実施形態に係る内燃機関の制御システムの概略構成図である。

【図2】図2は、第一車両に搭載される内燃機関の概略構成図である。

【図3】図3は、第一実施形態における第一電子制御ユニット（ECU）の第一処理部における概略構成図である。

【図4】図4は、第一実施形態における第二ECUの第二処理部における概略構成図である。

【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、第一実施形態におけるニューラルネットワークの具体例を示す図である。

【図7】図7は、第一実施形態におけるサーバの概略構成図である。

【図8】図8は、第一実施形態に係る内燃機関の制御システムにより実行される処理の一例を示すシーケンス図である。

【図9】図9は、第一実施形態の変形例に係る内燃機関の制御システムにより実行される処理の一例を示すシーケンス図である。

【図10】図10は、第二実施形態に係る内燃機関の制御システムの概略構成図である。

【図11】図11は、第二実施形態における第二ECUの第二処理部の概略構成図である。

【図12】図12は、第二実施形態に係る内燃機関の制御システムにより実行される処理の一例を示すシーケンス図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照して本開示の実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明では、同様な構成要素には同一の参照番号を付す。

【0018】

< 第一実施形態 >

システム構成の概要

まず、図1を参照して第一実施形態に係る制御システムの構成について説明する。図1は、本実施形態に係る内燃機関の制御システムの概略構成図である。図1に示されるように、本実施形態に係る制御システム100は、内燃機関の制御装置60₁がそれぞれ搭載された複数の第一車両110と、内燃機関の制御装置60₂が搭載された第二車両120と、サーバ130と、を備える。第一車両110の内燃機関の制御装置60₁は、学習機能を有する第一電子制御ユニット（ECU）61₁を含む。第二車両120の内燃機関の制御装置60₂は、学習機能を有さない第二ECU61₂を含む。したがって、内燃機関の制御システム100は、複数の第一車両110にそれぞれ搭載された複数の第一ECU61₁と、第二車両120に搭載された第二ECU61₂と、を備える。サーバ130は、ネットワークNWを介して各第一ECU61₁及び第二ECU61₂と通信可能に構成されている。本実施形態では、第一車両110及び第二車両120は、同一の車種の車両である。しかし、第一車両110及び第二車両120は、少なくとも内燃機関及びセンサ構成が同一であれば、異なる車種の車両であってもよい。

【0019】

車両の内燃機関の全体構成

次に、本実施形態に係る第一車両110に搭載される内燃機関の全体構成について説明

10

20

30

40

50

する。なお、第二車両 120 に搭載される内燃機関の構成は第一車両 110 に搭載される内燃機関の構成と同様であるため、その説明を省略する。

【0020】

図2は、第一車両 110 に搭載される内燃機関1の概略構成図である。図2に示されるように、内燃機関1は、機関本体10、燃料供給装置20、吸気系30、排気系40、排気ガス再循環(EGR)システム50、及び内燃機関の制御装置60₁を備える。

【0021】

機関本体10は、複数の気筒11が形成されたシリンダブロックと、吸気ポート及び排気ポートが形成されたシリンダヘッドと、クランクケースと、を備える。各気筒11内にはピストンが配置されると共に、各気筒11は吸気ポート及び排気ポートに連通している。

10

【0022】

燃料供給装置20は、燃料噴射弁21、コモンレール22、燃料供給管23、燃料ポンプ24、及び燃料タンク25を備える。燃料噴射弁21は、各気筒11の燃焼室内に燃料を直接噴射するようにシリンダヘッドに配置されている。燃料噴射弁21は、コモンレール22及び燃料供給管23を介して燃料タンク25に連結されている。燃料供給管23には、燃料タンク25内の燃料を圧送する燃料ポンプ24が配置される。燃料ポンプ24によって圧送された燃料は、燃料供給管23を介してコモンレール22に供給され、燃料噴射弁21から各気筒11の燃焼室内に直接噴射される。

【0023】

20

吸気系30は、吸気マニホールド31、吸気管32、エアクリーナ33、排気ターボチャージャ5のコンプレッサ34、インタークーラ35、及びスロットル弁36を備える。各気筒11の吸気ポートは、吸気マニホールド31及び吸気管32を介してエアクリーナ33に連通している。吸気管32内には、吸気管32内を流通する吸入空気を圧縮して吐出する排気ターボチャージャ5のコンプレッサ34と、コンプレッサ34によって圧縮された空気を冷却するインタークーラ35と、が設けられている。スロットル弁36は、スロットル弁駆動アクチュエータ37によって回動せしめられることで、吸気通路の開口面積を変更することができる。

【0024】

排気系40は、排気マニホールド41、排気管42、排気ターボチャージャ5のタービン43、及びパティキュレートフィルタ(以下、単に「フィルタ」という)44を備える。各気筒11の排気ポートは、排気マニホールド41及び排気管42を介してフィルタ44に連通している。排気管42には、排気ガスのエネルギーによって回転駆動せしめられる排気ターボチャージャ5のタービン43が設けられている。排気ターボチャージャ5のタービン43が回転駆動せしめられると、これに伴ってコンプレッサ34が回転し、よって吸入空気が圧縮せしめられる。本実施形態では、排気ターボチャージャ5のタービン43には可変ノズルが設けられている。可変ノズルの開度を変更されると、タービンプレードに供給される排気ガスの流速が変化し、ひいてはタービン43の回転速度が変化する。このため、可変ノズルの開度を変更されると、過給圧が変化する。

30

【0025】

40

フィルタ44は、排気ガス中の微粒子を捕集する。なお、排気系40は、排気ガスを浄化した上で外気中に排出するための装置であれば、フィルタ44に替わって又はフィルタ44に加えて他の排気浄化装置を備えてもよい。斯かる排気浄化装置には、例えば、三元触媒、排気ガス中のNO_xを還元浄化する選択還元型NO_x触媒、NO_x吸蔵還元触媒、酸化触媒等が含まれる。

【0026】

EGRシステム50は、機関本体10から排出された排気ガスの一部を吸気通路に供給する。EGRシステム50は、EGR管51と、EGR制御弁52と、EGRクーラ53とを備える。EGR管51は、排気マニホールド41と吸気マニホールド31とに連結され、これらを互いに連通させる。EGR管51には、EGR管51内を流れるEGRガスを冷

50

却するEGRクーラ53が設けられている。加えて、EGR管51には、EGR管51によって形成されるEGR通路の開口面積を変更することができるEGR制御弁52が設けられている。EGR制御弁52の開度を制御することによって、排気マニホールド41から吸気マニホールド31へ還流せしめられるEGRガスの流量が調整され、その結果、EGR率が変化する。なお、EGR率は、燃焼室内に供給される全ガス量(新気量とEGRガス量との合計)に対するEGRガス量の割合である。

【0027】

なお、本実施形態では、吸気ガスの圧力を高める過給機として排気ターボチャージャ5が用いられている。しかしながら、吸気ガスの圧力を高めることができれば、電動コンプレッサや機械式スーパーチャージャ等、他の過給機が用いられてもよい。

10

【0028】

車両の内燃機関の制御装置の構成

図2に示されるように、第一車両110の内燃機関の制御装置60₁は、第一ECU61₁及び各種センサを備える。第一ECU61₁は、デジタルコンピュータから構成される。第一ECU61₁は、双方向性バス62を介して相互に接続された記憶部63、通信部64、CPU等のプロセッサを含む第一処理部65₁、入力ポート66及び出力ポート67を備える。

【0029】

記憶部63は、揮発性メモリ(例えば、RAM)及び不揮発性メモリ(例えば、ROM)を備え、第一処理部65₁において実行されるプログラムや、第一処理部65₁によって各種処理が実行されるときに使用される各種データ等を記憶する。通信部64は、第一ECU61₁の入力ポート66及び出力ポート67に接続され、よって第一ECU61₁へ入力信号を入力することもできるし、第一ECU61₁からの出力信号を受け取ることもできる。

20

【0030】

吸気管32には、排気ターボチャージャ5のコンプレッサ34の吸気流れ方向上流側に、吸気管32内を流れる空気の流量を検出するためのエアフロメータ71が設けられている。スロットル弁36には、その開度(スロットル開度)を検出するためのスロットル開度センサ72が設けられている。吸気マニホールド31内には、吸気マニホールド31内の吸気温を検出するための吸気温センサ73が設けられている。排気マニホールド41には、排気マニホールド41内の排気温を検出するための排気温センサ74が配置されている。機関本体10には、機関冷却水の温度(以下、単に「水温」という)を検出するための水温センサ75と、機関本体10の摩擦摺動部を潤滑する潤滑油の温度(以下、単に「油温」という)を検出するための油温センサ76と、が配置されている。EGR制御弁52には、EGR制御弁52の開度(以下、「EGR弁開度」という)を検出するためのEGR弁開度センサ77が配置されている。排気管42内には、排気ガス中の気体濃度を検出するための気体濃度センサ78及び排気ガスの空燃比を検出するための空燃比センサ79がそれぞれ配置されている。

30

【0031】

気体濃度センサ78は、例えば、排気ガス中のNO_x濃度を検出するNO_xセンサとすることができる。気体濃度センサ78として、NO_xセンサの他にも、学習モデル及び後述する学習モデルで用いられるパラメータに応じて、例えば、排気ガス中のHC濃度、CO濃度、CO₂濃度をそれぞれ検出するHCセンサ、COセンサ、CO₂センサ等、これらセンサを適宜用いることができる。

40

【0032】

エアフロメータ71、スロットル開度センサ72、吸気温センサ73、排気温センサ74、水温センサ75、油温センサ76、EGR弁開度センサ77、気体濃度センサ78、空燃比センサ79及び内燃機関1の出力トルク(以下、「トルク」という)を検出するトルクセンサ80の出力信号は、対応するAD変換器68を介して入力ポート66に入力される。

50

【 0 0 3 3 】

また、アクセルペダル 8 1 にはアクセルペダル 8 1 の踏み込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ 8 2 が接続され、負荷センサ 8 2 の出力電圧は対応する A D 変換器 6 8 を介して入力ポート 6 6 に入力される。したがって、本実施形態では、アクセルペダル 8 1 の踏み込み量が機関負荷として用いられる。クランク角センサ 8 3 は機関本体 1 0 のクランクシャフトが例えば 1 0 度回転する毎に出力パルスが発生し、この出力パルスが入力ポート 6 6 に入力される。第一処理部 6 5₁ では、このクランク角センサ 8 3 の出力パルスから機関回転速度が計算される。

【 0 0 3 4 】

一方、第一 E C U 6 1₁ の出力ポート 6 7 は、対応する駆動回路 6 9 を介して、内燃機関 1 の運転を制御する各アクチュエータに接続される。図 2 に示される例では、出力ポート 6 7 は、排気ターボチャージャ 5 の可変ノズル、燃料噴射弁 2 1、燃料ポンプ 2 4、スロットル弁駆動アクチュエータ 3 7、及び E G R 制御弁 5 2 に接続されている。第一 E C U 6 1₁ は、これらアクチュエータを制御する制御信号を出力ポート 6 7 から出力して、内燃機関 1 の運転を制御する。

10

【 0 0 3 5 】

図 3 は、第一 E C U 6 1₁ の第一処理部 6 5₁ における概略構成図である。図 3 に示されるように、第一処理部 6 5₁ は、第一処理部 6 5₁ のプロセッサ上で実行されるプログラムにより実装される複数の機能モジュールを含む。本実施形態では、第一処理部 6 5₁ は、機能モジュールとして、第一予測値出力部 9 1₁ と、第一機関制御部 9 2₁ と、学習部 9 3 と、車両側モデル送信部 9 4 と、を備える。

20

【 0 0 3 6 】

第一予測値出力部 9 1₁ は、入力パラメータの実測値が入力されると、学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値を出力する。第一機関制御部 9 2₁ は、第一予測値出力部 9 1₁ から出力された出力パラメータの予測値に基づいて、内燃機関 1 を制御する。学習部 9 3 は、入力パラメータの実測値と出力パラメータの実測値とを含む教師データを用いて、第一予測値出力部 9 1₁ で用いられる学習モデルの学習を行う。車両側モデル送信部 9 4 は、第一 E C U 6 1₁ の通信部 6 4 を介して、後述する第一車両情報と学習部 9 3 において学習された学習後の学習モデルとを互いに関連付けてサーバ 1 3 0 に送信する。このように、第一 E C U 6 1₁ は、学習部 9 3 を有するため、学習機能を有する。

30

【 0 0 3 7 】

次に、本実施形態に係る第二車両 1 2 0 の内燃機関の制御装置 6 0₂ について説明する。第二車両 1 2 0 の内燃機関の制御装置 6 0₂ は、第二 E C U 6 1₂ 及び各種センサを備える。第二車両 1 2 0 の内燃機関の制御装置 6 0₂ は、第二 E C U 6 1₂ の第二処理部 6 5₂ が第一 E C U 6 1₁ の第一処理部 6 5₁ とは異なる点を除いて、第一車両 1 1 0 の内燃機関の制御装置 6 0₁ と同様の構成を有する。以下では、第二車両 1 2 0 の内燃機関の制御装置 6 0₂ について、第一車両 1 1 0 の内燃機関の制御装置 6 0₁ とは異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 3 8 】

図 4 は、第二 E C U 6 1₂ の第二処理部 6 5₂ における概略構成図である。図 4 に示されるように、第二処理部 6 5₂ は、機能モジュールとして、第二予測値出力部 9 1₂ と、第二機関制御部 9 2₂ と、モデル要求送信部 9 5 と、モデル受信部 9 6 と、を含む。

40

【 0 0 3 9 】

モデル要求送信部 9 5 は、学習後の学習モデルを要求するモデル要求と、後述する第二車両情報と、を第二 E C U 6 1₂ の通信部 6 4 を介してサーバ 1 3 0 に送信する。モデル受信部 9 6 は、第一 E C U 6 1₁ の学習部 9 3 において学習された学習後の学習モデルを第二 E C U 6 1₂ の通信部 6 4 を介してサーバ 1 3 0 から受信する。このように、第二 E C U 6 1₂ は、学習部 9 3 を有さないため、学習機能を有さない。

【 0 0 4 0 】

ニューラルネットワークの概要

50

本実施形態では、学習モデルは、ニューラルネットワークを用いる。まず、図5を参照して、本実施形態に係る学習モデルにおいて用いられるニューラルネットワークについて説明する。図5は、ニューラルネットワークの一例を示す。図5における丸印は、人工ニューロンを表している。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（以下、「ノード」という）。図5において、 $L = 1$ は入力層、 $L = 2$ および $L = 3$ は隠れ層、 $L = 4$ は出力層を各々示す。また、図5において、 x_1 および x_2 は入力層（ $L = 1$ ）のノード及びそのノードからの出力値を示し、 y は出力層（ $L = 4$ ）の各ノード及びそのノードからの出力値を示す。同様に、隠れ層（ $L = 2$ ）の z_1 、 z_2 および z_3 は隠れ層（ $L = 2$ ）の各ノードからの出力値を示し、隠れ層（ $L = 3$ ）の z_1 および z_2 は隠れ層（ $L = 3$ ）の各ノードからの出力値を示す。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。なお、本実施形態では、出力層のノードの数は1個とされている。

10

【0041】

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 が入力される。隠れ層（ $L = 2$ ）の各ノードでは、各々対応する重み 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_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（ M は入力層のノードの数）。

【数1】

20

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

【0042】

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_k で示されるノードから、出力値 z_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_1 、 z_2 および z_3 が入力される。隠れ層（ $L = 3$ ）の各ノードでは、各々対応する重み 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 f により変換され、隠れ層（ $L = 3$ ）の各ノードから、出力値 z_1 、 z_2 として出力される。なお、本実施形態では、この活性化関数としてシグモイド関数が用いられている。

30

【0043】

一方、出力層（ $L = 4$ ）のノードには、隠れ層（ $L = 3$ ）の各ノードの出力値 z_1 および z_2 が入力される。出力層のノードでは、各々対応する重み 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、各々対応する重み w のみを用いて総入力値 u （ $z \cdot w$ ）が算出される。本実施形態では、出力層のノードでは活性化関数として恒等関数が用いられており、したがって、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。

40

【0044】

ニューラルネットワークにおける学習

本実施形態では、第一ECU61₁の学習部93は、誤差逆伝播法を用いて、ニューラルネットワーク内における各重み w の値およびバイアス b の値を学習する。この誤差逆伝播法は周知であり、したがって、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、以下の説明では、バイアス b は重み w の一つとしている。

【0045】

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 $L = 4$

50

の各層のノードへの入力値 $u^{(L)}$ における重みを $w^{(L)}$ と表すと、誤差関数 E の重み $w^{(L)}$ による微分、即ち、勾配 $E / w^{(L)}$ は、次の (1) 式で示される。

【数 2】

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

【0046】

ここで、 $z^{(L-1)} \cdot w^{(L)} = u^{(L)}$ であるので、 $(E / u^{(L)}) = \delta^{(L)}$ とすると、
上記 (1) 式は、次の (2) 式で表すことができる。 10

【数 3】

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

【0047】

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、 $\delta^{(L)}$ は、次の (3) 式で表すことができる (K は $L+1$ 層におけるノードの数)。 20

【数 4】

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

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、
次の (4) 式で表すことができる。 30

【数 5】

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

【0048】

ここで、上記 (3) 式の右辺第一項 $(E / u^{(L+1)})$ は $\delta^{(L+1)}$ である。上記 (3) 式の右辺第二項 $(u_k^{(L+1)} / u^{(L)})$ は、上記 (4) 式より、次の (5) 式で表すことができる。 40

【数 6】

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

【0049】

したがって、 $\delta^{(L)}$ は、上記 (3) 乃至 (5) 式より、次の (6) 式で表すことができる。 50

【数 7】

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

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

【0050】

即ち、 $\delta^{(L+1)}$ が求まると、 $\delta^{(L)}$ を求めることができる。

10

【0051】

さて、或る入力値 x 及びその入力値 x に対する正解データ t を含む教師データが求められており、この入力値 x に対する出力層からの出力値が y であった場合、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、 $E = (y - t)^2 / 2$ で求められる。図 5 に示される出力層 ($L = 4$) のノードでは、出力値 $y = f(u^{(L)})$ となるため、この場合には、出力層 ($L = 4$) のノードにおける $\delta^{(L)}$ の値は、次の (7) 式で示される。

【数 8】

$$\delta^{(L)} = \partial E / \partial u^{(L)} = (\partial E / \partial y) (\partial y / \partial u^{(L)}) = (y - t) \cdot f'(u^{(L)}) \quad \dots (7)$$

20

【0052】

ところで、本実施形態では、前述したように、 $f(u^{(L)})$ は恒等関数であるため、 $f'(u^{(L)}) = 1$ となる。したがって、 $\delta^{(L)} = y - t$ となり、 $\delta^{(L)}$ を求めることができる。

【0053】

$\delta^{(L)}$ が求まると、上記 (6) 式を用いて前層の $\delta^{(L-1)}$ を求めることができる。このようにして順次、前層の δ が求められ、これらの値を用いて、上記 (2) 式から、各重み w について誤差関数 E の微分、即ち、勾配 $\partial E / \partial w^{(L)}$ が求められる。

30

【0054】

勾配 $\partial E / \partial w^{(L)}$ が求められると、この勾配 $\partial E / \partial w^{(L)}$ を用いて、誤差関数 E の値が減少するように、重み w の値が更新される。即ち、重み w の値の学習が行われることになる。なお、教師データとしてバッチ、又はミニバッチが用いられる場合には、誤差関数 E として、次の (8) 式で示される二乗和誤差 E が用いられる。ここで、 N は教師データの総数であり、 i は N 以下の自然数 ($i = 1, 2, \dots, N$) であり、 y_i 及び t_i は入力値 x_i に対する出力値及び正解データをそれぞれ示す。

【数 9】

$$\text{二乗和誤差 } E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} (y_i - t_i)^2 \quad \dots (8)$$

40

【0055】

一方、二乗誤差を逐次算出して学習が行われる場合には、誤差関数 E として、上述の二乗誤差 $E = (y - t)^2 / 2$ が用いられる。

【0056】

50

学習モデルの具体例

次に、本実施形態におけるニューラルネットワークを用いた学習モデルの具体例について説明する。まず、本実施形態におけるニューラルネットワークで用いられる入力パラメータの一例を説明する。本実施形態における学習モデルの入力パラメータは、点火時期、燃料噴射量、燃料噴射時期、内燃機関の吸気弁の開閉タイミング及び排気弁の開閉タイミング、スロットル開度、吸気温、水温、油温、EGR弁開度並びに機関回転速度のうち、2つ以上を含むことができる。

【0057】

次に、各入力パラメータの実測値の取得方法の一例を説明する。点火時期、燃料噴射量、燃料噴射時期、並びに内燃機関の吸気弁の開閉タイミング及び排気弁の開閉タイミングは、それぞれ、第一ECU61₁及び第二ECU61₂の各々の指令値から取得される。スロットル開度、吸気温、水温、油温及びEGR弁開度は、それぞれ、スロットル開度センサ72、吸気温センサ73、水温センサ75、油温センサ76及びEGR弁開度センサ77の出力値から取得される。機関回転速度は、クランク角センサ83の出力信号に基づく第一ECU61₁及び第二ECU61₂の各々の算出値から取得される。

10

【0058】

次に、本実施形態におけるニューラルネットワークで用いられる出力パラメータの一例を説明する。本実施形態におけるニューラルネットワークで用いられる出力パラメータは、排気温、排気ガス中のNO_x濃度、HC濃度、CO濃度及びCO₂濃度、排気ガスの空燃比並びに内燃機関1の出力トルクのうち、少なくとも1つを含むことができる。

20

【0059】

図6は、本実施形態におけるニューラルネットワークの具体例を示す。図6に示される学習モデルにおけるニューラルネットワークは、点火時期、燃料噴射量、スロットル開度、機関回転速度を入力パラメータとし、トルクを出力パラメータとしている。図6に示されるように、本実施形態では、学習モデルのニューラルネットワークはP層(Pは3以上の任意の整数)で構成され、各隠れ層におけるノードの数は任意の個数とすることができる。また、図6に示される学習モデルにおけるニューラルネットワークにおいては、入力層(L=1)は、4つの入力パラメータに対応して4個のノードを有しているが、入力パラメータの数に応じて4以外の任意の個数のノードを有していてもよい。

【0060】

学習モデルを用いた制御及び学習の概要

第一車両110及び第二車両120の各内燃機関1の運転時には、第一予測値出力部91₁及び第二予測値出力部91₂の各々に、入力パラメータの実測値、すなわち点火時期、燃料噴射量、スロットル開度、機関回転速度の実測値が入力される。第一予測値出力部91₁及び第二予測値出力部91₂の各々は、これら入力パラメータの実測値が入力されると、図6に示される学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値、すなわちトルクの予測値を出力する。本実施形態では、トルクの予測値は現在のトルク(すなわち、トルクセンサ80によって検出されるトルク)の予測値ではなく、将来のトルクの予測値である。

30

【0061】

第一機関制御部92₁及び第二機関制御部92₂の各々は、このようにして第一予測値出力部91₁及び第二予測値出力部91₂の各々から出力された出力トルクの予測値に基づいて、内燃機関1を制御する。具体的には、例えば、第一予測値出力部91₁から出力されたトルクの予測値が、機関負荷等に基づいて設定された目標トルクとは異なる値になっていた場合に、トルクの予測値が目標トルクとなるように第一車両110の内燃機関1の制御パラメータ(例えば、スロットル開度、燃料噴射量、点火時期、等)の目標値が変更される。

40

【0062】

一方、学習モデルの学習は、第一ECU61₁の学習部93において行われる。学習部93は、学習モデルの入力パラメータの実測値と学習モデルの出力パラメータの実測値とを含む教師データを用いて、学習モデルの学習を行う。入力パラメータの実測値は、第一

50

予測値出力部 9 1₁及び第二予測値出力部 9 1₂の各々に入力される場合と同様に取得される。また、出力パラメータとしてトルクを用いた場合、その実測値はトルクセンサ 8 0 の出力値から取得される。なお、第二 E C U 6 1₂は、上述したように学習機能を有さないため、第二 E C U 6 1₂では、学習モデルの学習は行われない。

【 0 0 6 3 】

サーバ

図 7 は、サーバ 1 3 0 の概略構成図である。図 7 に示されるように、サーバ 1 3 0 は、サーバ通信部 1 3 1 と、サーバ記憶部 1 3 2 と、C P U 等のプロセッサを含むサーバ処理部 1 3 3 と、を備える。これらサーバ通信部 1 3 1、サーバ記憶部 1 3 2 及びサーバ処理部 1 3 3 は、相互に接続されており、よってこれらの中でデータを送受信することができる。

10

【 0 0 6 4 】

サーバ通信部 1 3 1 は、第一車両 1 1 0 及び第二車両 1 2 0 の各通信部 6 4 に対して通信可能に構成されている。これら第一車両 1 1 0 及び第二車両 1 2 0 の各通信部 6 4 とサーバ通信部 1 3 1 との間の通信は、各種通信規格に準拠した無線通信によって行われる。

【 0 0 6 5 】

サーバ記憶部 1 3 2 は、揮発性メモリ（例えば、R A M）及び不揮発性メモリ（例えば、R O M）を備え、サーバ処理部 1 3 3 において実行されるプログラムや、サーバ処理部 1 3 3 によって各種処理が実行されるときに使用される各種データ等を記憶する。本実施形態では、サーバ記憶部 1 3 2 には、各第一 E C U 6 1₁からサーバ通信部 1 3 1 を介して受信した各第一車両情報及び学習後の学習モデルが記憶されている。

20

【 0 0 6 6 】

図 7 に示されるように、サーバ処理部 1 3 3 は、機能モジュールとして、選択部 1 3 4 と、サーバ側モデル送信部 1 3 5 と、を備える。選択部 1 3 4 は、第一 E C U 6 1₁の各々から受信した各第一車両情報のうち、第一車両 1 1 0 の使用環境及び使用状況が第二 E C U 6 1₂から受信した第二車両情報に含まれる第二車両 1 2 0 の使用環境及び使用状況に最も近い第一車両情報を選択する。サーバ側モデル送信部 1 3 5 は、選択部 1 3 4 において選択された第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルをサーバ通信部 1 3 1 を介して第二 E C U 6 1₂に送信する。

30

【 0 0 6 7 】

問題点

ところで、学習モデルとして、メーカ等によって出荷前に代表的な車両に対して学習された標準的なモデルを用いた場合には、その学習モデルには各車両の使用環境や使用状況が反映されていない。したがって、斯かる学習モデルを用いて出力パラメータの値を推定すると、斯かる学習モデルから出力された出力パラメータの予測値とその出力パラメータの実際の値との間には誤差が生じる可能性がある。

【 0 0 6 8 】

そこで、学習モデルにおける重み w に車両の使用環境や使用状況を反映させて学習モデルの予測精度を向上させるべく、第一 E C U 6 1₁の学習部 9 3 は、車両の運転中に取得した教師データを用いて重み w の学習を行う。ところが、斯かる学習モデルの学習は計算負荷が高いため、高性能な C P U 等が必要となる。そのため、斯かる学習モデルの学習を行う制御装置を適用できる車両は、第一車両 1 1 0 のような一部の車両に限定される。従って、第二車両 1 2 0 のように学習モデルの学習機能を有さない制御装置を用いる他の一部の車両において、その車両に特有の使用環境や使用状況を学習モデルに反映させることは困難である。

40

【 0 0 6 9 】

他の車両の制御装置で学習された学習モデルの使用

そこで、本実施形態では、第二車両 1 2 0 の第二 E C U 6 1₂は、第一車両 1 1 0 の第一 E C U 6 1₁の学習部 9 3 において学習された学習後の学習モデルを用いて、内燃機関 1 を制御する。特に、第二車両 1 2 0 の第二 E C U 6 1₂は、各第一車両 1 1 0 の第一 E

50

C U 6 1₁から送信された第一車両110の使用環境及び使用状況を含む第一車両情報のうち、第二車両120の使用環境及び使用状況に最も近い第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルを用いて、内燃機関1を制御する。これにより、第二車両120のように学習機能を有さない制御装置を用いる車両が、その車両の使用環境や使用状況に応じて内燃機関を適切に制御することが可能となる。その結果、斯かる車両においても、学習モデルの予測誤差が低減され得る。以下、本実施形態に係る内燃機関の制御システム100について詳細に説明する。

【0070】

シーケンス図

図8は、本実施形態に係る内燃機関の制御システムにより実行される処理の一例を示すシーケンス図である。図8に示されるように、ステップS101では、第一E C U 6 1₁において、学習部93が、入力パラメータの実測値と出力パラメータの実測値とを含む教師データを用いて、第一予測値出力部91₁で用いられる学習モデルの学習を行う。具体的には、学習部93は、ニューラルネットワークの各重みwの更新を行う。この学習は、内燃機関の運転中にニューラルネットワークにおける重みやバイアスを学習するのに必要な一連の教師データ(教師データのデータセット)が取得された後の所定のタイミングで実行される。その後、所定の学習終了条件が成立すると、学習部93は学習モデルの学習を終了する。ここで、所定の学習終了条件としては、例えば、最後の重みの更新前後での重みwの変化量が所定の値以下であることや、重みwの更新回数が所定の回数に達したこと等、が挙げられる。

【0071】

ステップS102では、第一E C U 6 1₁において、車両側モデル送信部94が、第一E C U 6 1₁の通信部64を介して、第一車両110の使用環境及び使用状況を含む第一車両情報と、学習部93による学習後の学習モデル(具体的には、学習後の学習モデルの重みwやバイアスbのデータ)と、を互いに関連付けてサーバ130に送信する。第一車両110の使用環境及び使用状況は、第一E C U 6 1₁の記憶部63に記憶されている。ステップS102における第一車両情報及び学習後の学習モデルの送信は、例えば所定回数の学習モデルの学習の完了毎に実行される。

【0072】

ここで、使用環境は、その車両外部の環境に関する情報の種類に応じて設定された少なくとも1つの情報項目データを含む。使用環境は、例えば、地域(都道府県や地方など)毎の使用割合、道路形状(カーブの曲率、路面の傾斜(上り坂、下り坂)など)の出現頻度、車両使用時の渋滞の有無の割合、気象情報(天候毎の出現割合、平均気温、平均風速、風向きなど)及び時間帯(朝、昼、夜など)毎の使用割合のうち少なくとも1つの情報項目データを含む。また、使用状況は、その車両内部の状況に関する情報の種類に応じて設定された少なくとも1つの情報項目データを含む。使用状況は、例えば、車両発進時におけるアクセルペダル81の踏み込み量の平均値、ヘッドライトの点灯状況、エアコンの駆動状況のうち少なくとも1つの情報項目データを含む。

【0073】

使用地域、走行経路及び道路形状は、例えば、GPSから取得した位置情報及び記憶部63に記憶された地図情報に基づいて取得される。道路の渋滞状況及び気象情報は、例えば、道路交通情報通信システムセンタなどの外部の通信センタから送信される渋滞情報や天候、気温、風速、風向き等の情報から取得される。アクセルペダル81の踏み込み量の平均値は、例えば、負荷センサ82の出力値に基づいて第一E C U 6 1₁により取得される。使用時間帯、ヘッドライトのオンオフ状況及びエアコンの駆動状況は、例えば、第一E C U 6 1₁により取得される。

【0074】

ステップS103では、サーバ130において、サーバ記憶部132が、サーバ通信部131を介して第一車両110の各々から受信した各第一車両情報及び学習後の学習モデルを記憶する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 5 】

ステップS 1 0 4では、第二E C U 6 1₂において、モデル要求送信部9 5が、第二E C U 6 1₂の通信部6 4を介して、学習後の学習モデルを要求するモデル要求と、第二車両1 2 0の使用環境及び使用状況を含む第二車両情報と、をサーバ1 3 0に送信する。第二車両1 2 0の使用環境及び使用状況は、第二E C U 6 1₂の記憶部6 3に記憶されている。この第二車両情報における使用環境及び使用状況は、第一車両情報における使用環境及び使用状況に含まれる情報項目データと同様の情報項目データを含む。この第二車両情報における使用環境及び使用状況に含まれる各情報項目データは、第一車両情報における使用環境及び使用状況に含まれる各情報項目データと同様の方法により取得される。なお、このモデル要求及び第二車両情報は、第二車両1 2 0へのユーザ入力に応答して送信されてもよいし、所定期間が経過するごとに自動的に送信されてもよい。

10

【 0 0 7 6 】

ステップS 1 0 5では、サーバ1 3 0において、選択部1 3 4が、サーバ記憶部1 3 2に記憶された各第一車両情報のうち、第一車両1 1 0の使用環境及び使用状況が第二E C U 6 1₂から受信した第二車両情報に含まれる第二車両1 2 0の使用環境及び使用状況に最も近い第一車両情報を選択する。例えば、選択部1 3 4は、第一車両情報及び第二車両情報における使用環境及び使用状況について各情報項目データをベクトル要素としてベクトル化し、これらベクトル同士の距離を算出する。具体的には、選択部1 3 4は、例えば、使用環境についての情報項目データである平均気温及び平均風速（気象情報）を含む場合、第一車両1 1 0及び第二車両1 2 0の各々の使用中の平均気温及び平均風速をベクトル要素として第一車両情報及び第二車両情報における使用環境及び使用状況をそれぞれベクトル化し、このベクトル同士の距離を算出する。そして、選択部1 3 4は、各第一車両情報のうち、算出したベクトル間の距離が最も小さい第一車両情報を選択する。以上の処理は公知の技術により実現可能であるため、詳しい説明を省略する。なお、この学習後の学習モデルを選択する方法は上述したものに限らない。公知の他の方法により、学習後の学習モデルが選択されてもよい。

20

【 0 0 7 7 】

ステップS 1 0 6では、サーバ1 3 0において、サーバ側モデル送信部1 3 5が、選択部1 3 4において選択された第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルを、サーバ通信部1 3 1を介して第二E C U 6 1₂に送信する。そして、第二E C U 6 1₂のモデル受信部9 6が、第二E C U 6 1₂の通信部6 4を介してサーバ1 3 0から学習後の学習モデルを受信する。

30

【 0 0 7 8 】

ステップS 1 0 7では、第二E C U 6 1₂において、第二予測値出力部9 1₂が、サーバ1 3 0から受信した学習後の学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値（本実施形態では、トルクの予測値）を出力する。

【 0 0 7 9 】

ステップS 1 0 8では、第二E C U 6 1₂において、第二機関制御部9 2₂が、この学習後の学習モデルを用いて第二予測値出力部9 1₂から出力された出力パラメータの予測値に基づいて、内燃機関1を制御する。

40

【 0 0 8 0 】

< 変形例 >

次に、図9を用いて、第一実施形態の変形例に係る内燃機関の制御システムについて説明する。図9は、本変形例に係る内燃機関の制御システムにより実行される処理の一例を示すシーケンス図である。なお、ステップS 2 0 1乃至S 2 0 5、S 2 1 1乃至S 2 1 3における制御はそれぞれ図8のステップS 1 0 1乃至S 1 0 8における制御と同様であるため、説明を省略する。

【 0 0 8 1 】

ステップS 2 0 6では、サーバ1 3 0が、選択部1 3 4において選択された第一車両情報の送信元となる第一E C U 6 1₁に、その第一車両情報に関連付けられた学習後の学習

50

モデルの使用を要求するモデル使用要求を送信する。第一 ECU 6 1₁がこのモデル使用要求を受信した後、例えば、第一車両 1 1 0 の表示部（不図示）には、第二車両 1 2 0 のユーザがその第一車両 1 1 0 の学習部 9 3 で学習された学習モデルを他の車両で使用することを求める旨が表示される。その後、第一車両 1 1 0 のユーザは、学習後の学習モデルの使用を許可するか否かを判断する。第一車両 1 1 0 のユーザによって第一車両 1 1 0 のユーザ入力装置（不図示）を介してその学習後の学習モデルの使用を許可する旨のユーザ入力がなされた場合、第一 ECU 6 1₁はステップ S 2 0 7 を実行する。

【 0 0 8 2 】

ステップ S 2 0 7 では、第一 ECU 6 1₁が、その学習後の学習モデルの使用を許可することを示すモデル使用許可をサーバ 1 3 0 に送信する。

10

【 0 0 8 3 】

なお、例えば、第一車両 1 1 0 の購入時に、ユーザとの間で第一 ECU 6 1₁の学習部 9 3 において学習された学習モデルを他の車両で使用することを許可する旨の契約等が予めなされていた場合には、ステップ S 2 0 6 及びステップ S 2 0 7 は省略されてもよい。

【 0 0 8 4 】

ステップ S 2 0 8 では、サーバ 1 3 0 が、学習後の学習モデルの使用に対する対価の支払処理の実行可否の確認及び対価の額を第二 ECU 6 1₂に送信する。第二 ECU 6 1₂がこれら可否の確認及び対価の額を受信した後、例えば、第二車両 1 2 0 の表示部（不図示）には、対価の支払処理を実行することを許可するか否かの応答を求める旨及び対価の額が表示される。第二車両 1 2 0 のユーザによって第二車両 1 2 0 のユーザ入力装置（不図示）を介してその対価の支払処理を許可する旨のユーザ入力がなされた場合、第二 ECU 6 1₂はステップ S 2 0 9 を実行する。なお、この対価の額は、例えば、サーバ 1 3 0 において適宜設定される。

20

【 0 0 8 5 】

ステップ S 2 0 9 では、第二 ECU 6 1₂が、対価の支払処理を実行することを許可する対価の支払処理の実行許可をサーバ 1 3 0 に送信する。

【 0 0 8 6 】

なお、例えば、第二車両 1 2 0 の購入時に、ユーザとの間で他の車両の制御装置において学習された学習モデルの使用に対する対価の支払いを許可する旨の契約等が予めなされていた場合には、ステップ S 2 0 8 及びステップ S 2 0 9 は省略されてもよい。

30

【 0 0 8 7 】

ステップ S 2 1 0 では、サーバ 1 3 0 が、第二車両 1 2 0 のユーザから第一車両 1 1 0 のユーザに対して、第一 ECU 6 1₁の学習部 9 3 において学習された学習モデルの使用に対する対価の支払処理を実行する。対価の支払い処理は、例えば、ビットコイン等の仮想通貨によって行われる。対価の支払い処理は公知の方法を適用すればよいため、その説明を省略する。

【 0 0 8 8 】

なお、対価を支払う方法としては、ステップ S 2 0 9 のように第二 ECU 6 1₂が第一車両 1 1 0 のユーザに対価を直接支払うのではなく、例えば、第二車両 1 2 0 のユーザが月額の使用料金をサーバ 1 3 0 を運用するサーバ管理者に支払い、サーバ管理者が第一車両 1 1 0 のユーザに対して月額の対価を支払うようにしてもよい。

40

【 0 0 8 9 】

対価の支払い処理が完了した後、サーバ 1 3 0 がステップ S 2 1 1 を実行する。

【 0 0 9 0 】

< 第二実施形態 >

次に、第二実施形態に係る内燃機関の制御システム 2 0 0 について説明する。以下では、第一実施形態に係る内燃機関の制御システム 1 0 0 の構成とは異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 9 1 】

図 1 0 は、第二実施形態に係る内燃機関の制御システムの概略構成図である。図 1 0 に

50

示されるように、本実施形態に係る制御システム200は、内燃機関の制御装置60₁がそれぞれ搭載された複数の第一車両110と、内燃機関の制御装置60₂が搭載された第二車両120と、を備える。各第一車両110の第一ECU61₁及び第二車両120の第二ECU61₂は、ネットワークNWを介して互いに通信可能に構成されている。

【0092】

図11は、第二実施形態における第二ECU61₂の第二処理部65₂の概略構成図である。図11に示されるように、第二処理部65₂は、機能モジュールとして、第二予測値出力部91₂と、第二機関制御部92₂と、モデル要求送信部95と、モデル受信部96と、選択部97と、を備える。

【0093】

図12は、本実施形態に係る内燃機関の制御システムにより実行される処理の一例を示すシーケンス図である。なお、ステップS301及びS307における制御は図8のステップS101及びS108における制御と同様であるため、その説明を省略する。

【0094】

ステップS302では、第二ECU61₂において、モデル要求送信部95が、学習後の学習モデルを要求するモデル要求を各第一ECU61₁に送信する。

【0095】

ステップS303では、第一ECU61₁において、車両側モデル送信部94が、モデル要求に応答して、第二ECU61₂に第一車両情報及び学習後の学習モデルを互いに関連付けて送信する。そして、第二ECU61₂のモデル受信部96が、第一ECU61₁の各々から第一車両情報及び学習後の学習モデルを受信する。

【0096】

ステップS304では、第二ECU61₂において、記憶部63が、第一車両110の各々から受信した各第一車両情報及び学習後の学習モデルを記憶する。

【0097】

ステップS305では、第二ECU61₂において、選択部97が、第二ECU61₂の記憶部63に記憶された各第一車両情報のうち、第二ECU61₂の記憶部63に記憶された第二車両120の使用環境及び使用状況に最も近い第一車両情報を選択する。ステップS305における第一車両情報の選択は、例えば、モデル要求を送信してから、所定の数の第一車両情報が第二ECU61₂の記憶部63に記憶された場合に実行される。この第一車両情報を選択する方法は図8のステップS105における方法と同様であるため、その説明を省略する。

【0098】

ステップS306では、第二ECU61₂において、第二予測値出力部91₂が、選択部97において選択された第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値を出力する。

【0099】

ここで、第一実施形態では、第二ECU61₂のモデル受信部96は、サーバ130から、各第一ECU61₁の学習部93において学習された学習後の学習モデルのうち、第一車両110の使用環境及び使用状況が第二車両120の使用環境及び使用状況に最も近い第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルを受信する。そして、第二ECU61₂の第二予測値出力部91₂は、この受信した学習後の学習モデルを用いて出力パラメータの予測値を出力する。

【0100】

一方、第二実施形態では、第二ECU61₂のモデル受信部96は、第一ECU61₁の各々から第一車両情報及び学習後の学習モデルを受信する。そして、第二ECU61₂の第二予測値出力部91₂は、受信した学習後の学習モデル、すなわち各第一ECU61₁の学習部93において学習された学習後の学習モデルのうち、第一車両110の使用環境及び使用状況が第二車両120の使用環境及び使用状況に最も近い第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルを用いて、出力パラメータの予測値を出力している。

10

20

30

40

50

【0101】

以上をまとめると、第一実施形態及び第二実施形態では、第二ECU61₂の第二予測値出力部91₂は、各第一ECU61₁の学習部93において学習された学習後の学習モデルのうち、第一車両110の使用環境及び使用状況が第二車両120の使用環境及び使用状況に最も近い第一車両情報に関連付けられた学習後の学習モデルを用いる、といえる。

【0102】

なお、上記実施形態では、第一車両情報及び第二車両情報は、それぞれ、その車両の使用環境及び使用状況を含むものとしたが、使用環境及び使用状況のうち少なくとも一方を含めばよい。また、上記実施形態では、学習モデルとしてニューラルネットワークを用いたものを例に説明したが、他の機械学習モデルを用いてもよい。また、上述した各パラメータの実測値の取得方法はあくまで一例であり、各パラメータの実測値は他の方法によっても取得することもできる。

10

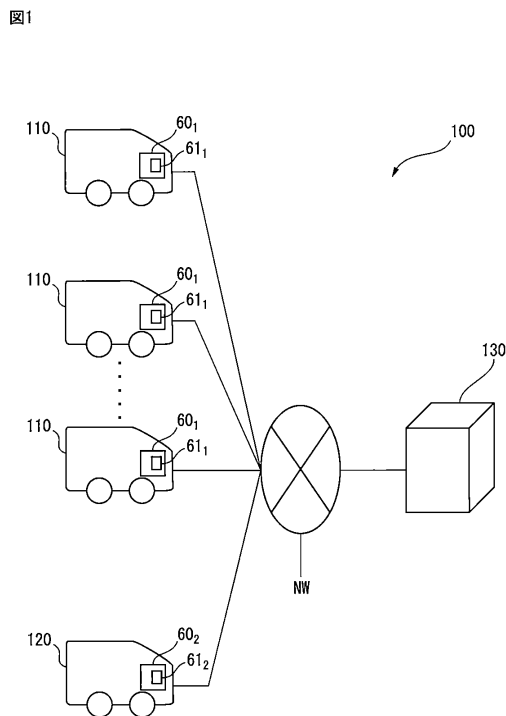
【符号の説明】

【0103】

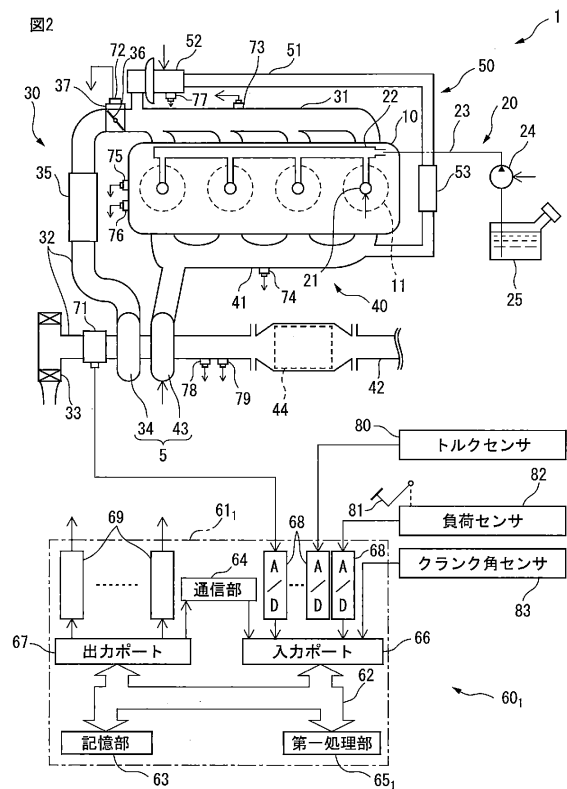
- 1 内燃機関
- 10 機関本体
- 91 予測値出力部
- 92 機関制御部
- 93 学習部
- 94 車両側モデル送信部
- 95 モデル要求送信部
- 96 モデル受信部
- 97、134 選択部
- 135 サーバ側モデル送信部

20

【図1】

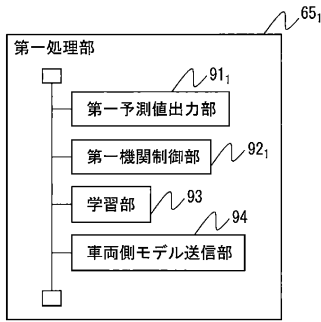


【図2】



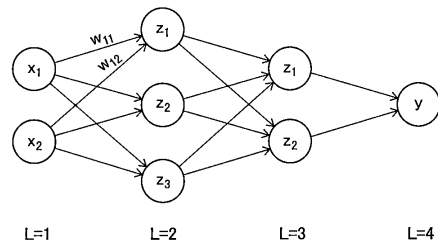
【図3】

図3



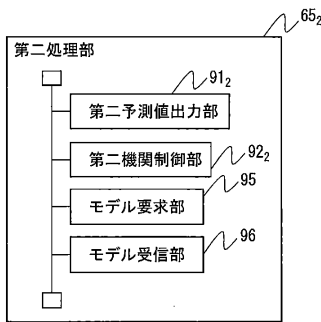
【図5】

図5



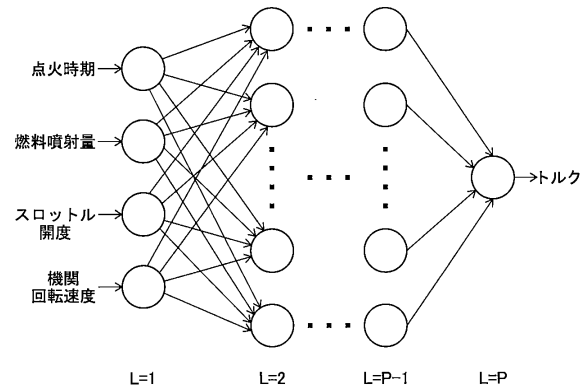
【図4】

図4



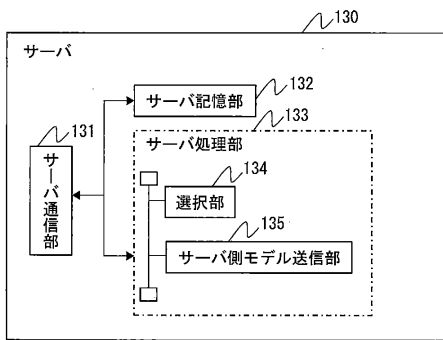
【図6】

図6



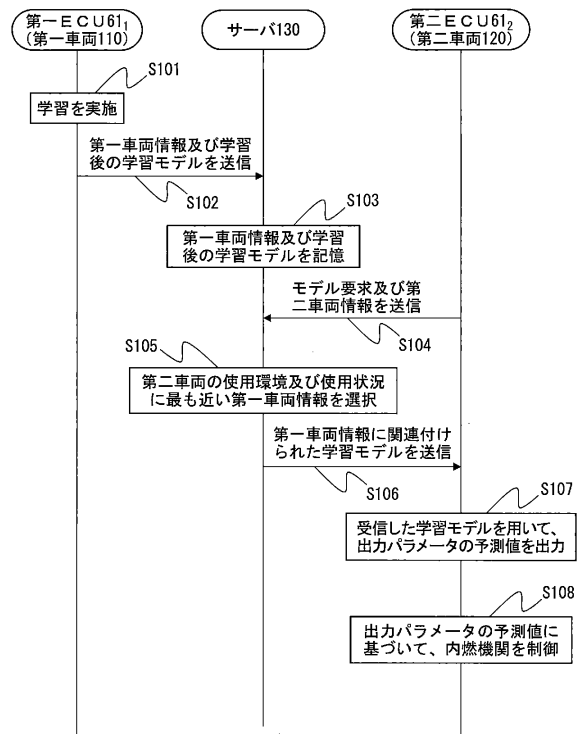
【図7】

図7

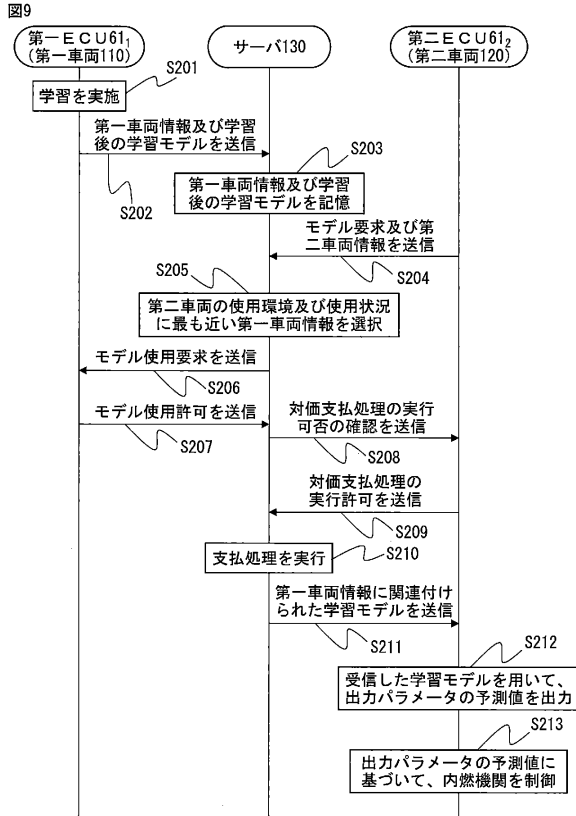


【図8】

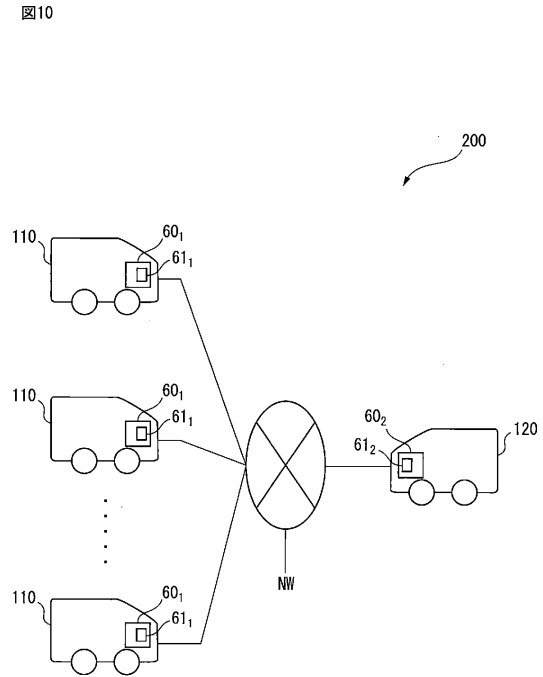
図8



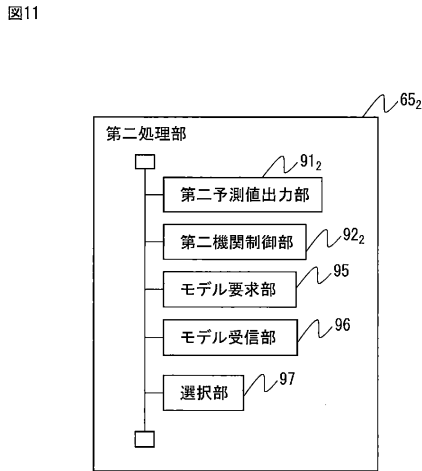
【図9】



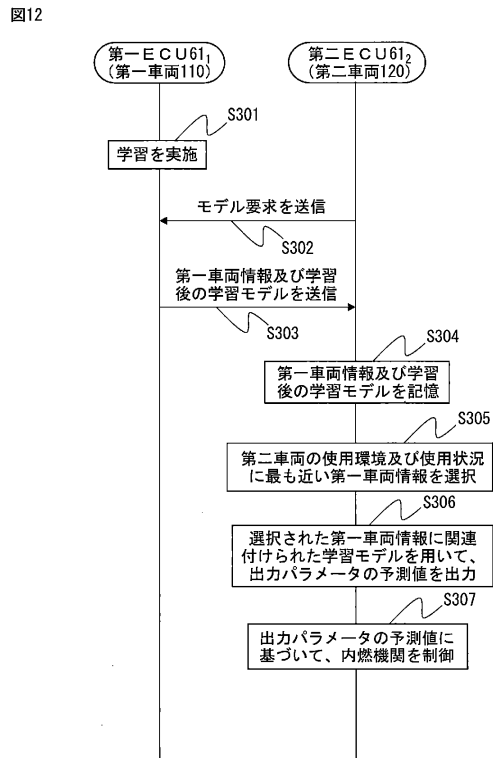
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (72)発明者 北川 栄来
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 横山 大樹
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 平井 功

- (56)参考文献 特開2017-129039(JP,A)
特開2003-51095(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- F02D 13/00 - 29/06
F02D 41/00 - 45/00