

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7389727号
(P7389727)

(45)発行日 令和5年11月30日(2023.11.30)

(24)登録日 令和5年11月21日(2023.11.21)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 1 M	8/04 (2016.01)	H 0 1 M	8/04 Z
H 0 1 M	8/00 (2016.01)	H 0 1 M	8/00 Z
H 0 1 M	8/10 (2016.01)	H 0 1 M	8/10
H 0 1 M	8/04664(2016.01)	H 0 1 M	8/04664
H 0 1 M	8/0612(2016.01)	H 0 1 M	8/0612
請求項の数 13 (全31頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2020-150113(P2020-150113)	(73)特許権者	000220262 東京瓦斯株式会社 東京都港区海岸 1 丁目 5 番 2 0 号
(22)出願日	令和2年9月7日(2020.9.7)	(74)代理人	110001519 弁理士法人太陽国際特許事務所
(65)公開番号	特開2022-44478(P2022-44478A)	(72)発明者	香田 淳也 東京都港区海岸一丁目 5 番 2 0 号 東京 瓦斯株式会社内
(43)公開日	令和4年3月17日(2022.3.17)	(72)発明者	木村 駿介 東京都港区海岸一丁目 5 番 2 0 号 東京 瓦斯株式会社内
審査請求日	令和5年3月2日(2023.3.2)	(72)発明者	高須 俊樹 東京都港区海岸一丁目 5 番 2 0 号 東京 瓦斯株式会社内
		審査官	橋本 敏行 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 故障診断装置、故障診断システム、及び故障診断プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池コージェネレーションシステムが動作の異常を検知した際に、前記燃料電池コージェネレーションシステムのリトライ動作を行い、当該リトライ動作の結果、複数回の異常を検知した場合に、前記燃料電池コージェネレーションシステムから、前記複数回の異常の各々に対応する、前記燃料電池コージェネレーションシステムの動作履歴に関する複数の動作履歴データを取得する取得部と、

過去に得られた動作履歴データ群を、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部に対応付けて多変量解析又は機械学習することにより生成され、かつ、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を判定する機能部毎の故障診断モデルに対して、前記取得部により取得された複数の動作履歴データ又は当該複数の動作履歴データを加工して得られる複数のデータを別々に入力し、前記故障診断モデルから別々

10

に出力される複数の判定結果を用いて、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を推定する推定部と、

【請求項 2】

前記推定部は、前記故障診断モデルに別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果がいずれも故障である場合に、前記故障診断モデルに対応付けられた機能部を故障と推定し、前記故障診断モデルに別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果がいずれも健全である場合に、前記故障診断モデルに対応付けられた機能部を健全と推定し、

20

前記故障診断モデルに別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果の一方が故障、他方が健全である場合に、前記故障診断モデルに対応付けられた機能部を故障疑いと推定する

請求項 1 に記載の故障診断装置。

【請求項 3】

前記推定部は、前記リトライ動作の回数が 2 回以上である場合、前記故障診断モデルに別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果である故障及び健全の判定回数に基づいて、前記故障診断モデルに対応付けられた機能部を故障又は健全又は故障疑いとして推定する

請求項 1 に記載の故障診断装置。

10

【請求項 4】

前記推定部は、前記リトライ動作の回数が 2 回以上である場合、前記故障診断モデルに別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果と、前記故障診断モデルの故障判定時の適合率とから導出される故障スコアに基づいて、前記故障診断モデルに対応付けられた機能部を故障又は健全又は故障疑いとして推定する

請求項 1 に記載の故障診断装置。

【請求項 5】

前記推定部は、前記リトライ動作の回数が 2 回以上である場合、前記故障診断モデルに別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果と、前記故障診断モデルの健全判定時の適合率又は故障検出の再現率とから導出される健全スコアに基づいて、前記故障診断モデルに対応付けられた機能部を故障又は健全又は故障疑いとして推定する

請求項 1 に記載の故障診断装置。

20

【請求項 6】

前記推定部は、前記リトライ動作の回数が 2 回以上である場合、前記故障診断モデルに別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果と、前記故障診断モデルの故障判定時の適合率とから導出される故障スコア、及び、前記故障診断モデルに別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果と、前記故障診断モデルの健全判定時の適合率又は故障検出の再現率とから導出される健全スコアに基づいて、前記故障診断モデルに対応付けられた機能部を故障又は健全又は故障疑いとして推定する

請求項 1 に記載の故障診断装置。

30

【請求項 7】

前記リトライ動作の回数は、前記異常の種別を表すエラーコードに応じて予め定められている

請求項 1 ～ 請求項 6 の何れか 1 項に記載の故障診断装置。

【請求項 8】

前記燃料電池コージェネレーションシステムは、発電を行う燃料電池モジュールが設けられ、かつ、前記燃料電池モジュールに接続されたガス経路、改質水経路、及び空気経路が設けられた燃料電池ユニットを含み、

前記燃料電池ユニットの動作の異常を検知した場合に、前記異常の種別に応じた経路診断を、前記ガス経路、前記改質水経路、及び前記空気経路の少なくとも 1 つに対して行い、故障の可能性がある経路を絞り込む経路診断部を更に備え、

前記推定部は、前記機能部毎の故障診断モデルの中から、前記経路診断部で絞り込まれた経路に関する故障診断モデルを選択し、選択した故障診断モデルを用いて、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を推定する

請求項 1 ～ 請求項 7 の何れか 1 項に記載の故障診断装置。

40

【請求項 9】

前記動作履歴データは、前記異常の種別を表すエラーコードを含み、

前記エラーコードは、前記ガス経路、前記改質水経路、及び前記空気経路を対象とする第 1 エラーコード、前記ガス経路及び前記改質水経路を対象とする第 2 エラーコード、前記ガス経路及び前記空気経路を対象とする第 3 エラーコード、及び、前記改質水経路及び

50

前記空気経路を対象とする第 4 エラーコードのいずれかである

請求項 8 に記載の故障診断装置。

【請求項 10】

前記経路診断部は、前記ガス経路、前記改質水経路、及び前記空気経路の少なくとも 1 つに対する前記経路診断を、前記燃料電池ユニットの温度帯に応じた方法を用いて行う

請求項 8 又は請求項 9 に記載の故障診断装置。

【請求項 11】

前記燃料電池モジュールは、電解質層、燃料極、及び空気極を有する複数の燃料電池セルが積層された燃料電池スタックと、炭化水素原料を含むガスを改質する改質器と、を含み、

前記燃料電池ユニットの温度帯は、前記改質器へのガス導入により炭素析出が生じる温度である炭素析出温度より高く、前記燃料電池モジュールの最高温度以下の第 1 温度帯と、前記燃料電池スタックへの空気導入により燃料電池セルの再酸化が生じる温度である再酸化温度より高く、前記炭素析出温度以下の第 2 温度帯と、前記改質器に導入される改質水が気化する温度である気化温度より高く、前記再酸化温度以下の第 3 温度帯と、前記気化温度以下の第 4 温度帯と、を含み、

前記ガス経路に対する前記経路診断の方法は、前記燃料電池ユニットの温度が前記第 1 温度帯である場合に、改質水及びガスを導入し、前記燃料電池ユニットの温度が前記第 2 温度帯又は前記第 3 温度帯又は前記第 4 温度帯である場合に、ガスを導入する方法であり、

前記改質水経路に対する前記経路診断の方法は、前記燃料電池ユニットの温度が前記第 1 温度帯又は前記第 2 温度帯又は前記第 3 温度帯である場合に、改質水を導入し、前記燃料電池ユニットの温度が前記第 4 温度帯である場合に、診断不可とする方法であり、

前記空気経路に対する前記経路診断の方法は、前記燃料電池ユニットの温度が前記第 1 温度帯である場合に、少なくとも改質水及び空気を導入し、前記燃料電池ユニットの温度が前記第 2 温度帯である場合に、改質水及びガスの少なくとも一方と空気とを導入し、前記燃料電池ユニットの温度が前記第 3 温度帯又は前記第 4 温度帯である場合に、空気を導入する方法である

請求項 10 に記載の故障診断装置。

【請求項 12】

燃料電池コージェネレーションシステムと、

前記燃料電池コージェネレーションシステムと接続された故障診断装置と、
を備え、

前記燃料電池コージェネレーションシステムは、

自システムの動作の異常を検知した際に、自システムのリトライ動作を行い、当該リトライ動作の結果、複数回の異常を検知した場合に、前記故障診断装置に対して、前記複数回の異常の各々に対応する、自システムの動作履歴に関する複数の動作履歴データを送信し、

前記故障診断装置は、

前記燃料電池コージェネレーションシステムから送信された前記複数の動作履歴データを取得する取得部と、

過去に得られた動作履歴データ群を、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部に対応付けて多変量解析又は機械学習することにより生成され、かつ、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を判定する機能部毎の故障診断モデルに対して、前記取得部により取得された複数の動作履歴データ又は当該複数の動作履歴データを加工して得られる複数のデータを別々に入力し、前記故障診断モデルから別々に出力される複数の判定結果を用いて、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を推定する推定部と、

を備えた故障診断システム。

【請求項 13】

コンピュータを、請求項 1 ～ 請求項 11 の何れか 1 項に記載の故障診断装置が備える各

10

20

30

40

50

部として機能させるための故障診断プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、故障診断装置、故障診断システム、及び故障診断プログラムに関し、詳しくは、燃料電池コージェネレーションシステムの故障を診断する故障診断装置、故障診断システム、及び故障診断プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の燃料電池システムの制御装置は、燃料電池システムの動作の異常を検知した場合に、異常個所及び異常要因を含む異常情報を特定し、特定した異常情報毎に設定した第1の回数を限度として、リトライ動作を実行すると共に、リトライ動作が第1の回数を超えて異常を検知した場合に、第1の異常処理を実行し、第1の異常処理の実行と並行して実行され、異常情報を、所定条件で一括りとして分類要件で分類し、分類毎に設定された第2の回数を限度として、リトライ動作が第2の回数を超えて異常を検知した場合に、第2の異常処理を実行するようにしている（例えば、特許文献1参照）。

10

【0003】

また、従来の故障個所診断システムは、ロジスティック回帰モデルを用いて、発電システムの運転情報を表す複数の説明変数から、発電システムの複数個所のうち所定個所が故障しており他の個所が故障していない確率を表す目的変数を特定するようにしている（例えば、特許文献2参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2018-169903号公報

【文献】特開2020-030757号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献1に記載された技術によれば、第1の異常処理によって利便性が確保されると共に、第2の異常処理によって安全性が確保される。しかしながら、異常情報と故障部品とは必ずしも1対1に対応しているわけではないので、故障部品を特定するために、現場にて故障診断作業を行う場合があり、作業担当者には大きな負荷がかかっていた。

30

【0006】

また、上記特許文献2に記載された技術によれば、ロジスティック回帰モデルを用いて故障診断を行うため、高精度なロジスティック回帰モデルを用いることができれば、現場にて故障診断作業を行う必要がなくなる場合がある。しかしながら、エラーを検知した場合にリトライ動作を行うことなく即座にエラーを確定させているため、診断精度が十分とは言えない。

【0007】

40

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、燃料電池コージェネレーションシステムの故障診断を、作業担当者の現場での負荷を軽減させつつ、精度良く行うことができる故障診断装置、故障診断システム、及び故障診断プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る故障診断装置は、燃料電池コージェネレーションシステムが動作の異常を検知した際に、前記燃料電池コージェネレーションシステムのリトライ動作を行い、当該リトライ動作の結果、複数回の異常を検知した場合に、前記燃料電池コージェネレーションシステムから、前記複数回の異常の各々に対応す

50

る、前記燃料電池コージェネレーションシステムの動作履歴に関する複数の動作履歴データを取得する取得部と、過去に得られた動作履歴データ群を、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部に対応付けて多変量解析又は機械学習することにより生成され、かつ、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を判定する機能部毎の故障診断モデルに対して、前記取得部により取得された複数の動作履歴データ又は当該複数の動作履歴データを加工して得られる複数のデータを別々に入力し、前記故障診断モデルから別々に出力される複数の判定結果を用いて、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を推定する推定部と、を備えている。

【 0 0 0 9 】

また、本発明の一態様に係る故障診断システムは、燃料電池コージェネレーションシステムと、前記燃料電池コージェネレーションシステムと接続された故障診断装置と、を備え、前記燃料電池コージェネレーションシステムは、自システムの動作の異常を検知した際に、自システムのリトライ動作を行い、当該リトライ動作の結果、複数回の異常を検知した場合に、前記故障診断装置に対して、前記複数回の異常の各々に対応する、自システムの動作履歴に関する複数の動作履歴データを送信し、前記故障診断装置は、前記燃料電池コージェネレーションシステムから送信された前記複数の動作履歴データを取得する取得部と、過去に得られた動作履歴データ群を、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部に対応付けて多変量解析又は機械学習することにより生成され、かつ、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を判定する機能部毎の故障診断モデルに対して、前記取得部により取得された複数の動作履歴データ又は当該複数の動作履歴データを加工して得られる複数のデータを別々に入力し、前記故障診断モデルから別々に出力される複数の判定結果を用いて、前記燃料電池コージェネレーションシステムの機能部毎に故障の有無を推定する推定部と、を備えている。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の一態様に係る故障診断プログラムは、コンピュータを、上記故障診断装置が備える各部として機能させる。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

以上詳述したように、本発明によれば、燃料電池コージェネレーションシステムの故障診断を、作業担当者の現場での負荷を軽減させつつ、精度良く行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】第 1 の実施形態に係る故障診断システムの構成の一例を示す図である。

【図 2】第 1 の実施形態に係る C G S の構成の一例を示すブロック図である。

【図 3】第 1 の実施形態に係る制御プログラムによる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 4】第 1 の実施形態に係る故障診断装置の電氣的な構成の一例を示すブロック図である。

【図 5】第 1 の実施形態に係る故障診断装置の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

【図 6】実施形態に係る第 1 データテーブルの一例を示す図である。

【図 7】実施形態に係る第 2 データテーブルの一例を示す図である。

【図 8】実施形態に係る適合率の説明に供する図である。

【図 9】第 1 の実施形態に係る故障診断プログラムによる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 1 0】第 1 の実施形態に係る故障診断プログラムによる学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 1 1】第 2 の実施形態に係る故障診断装置の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

【図 1 2】実施形態に係る第 3 データテーブルの一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】実施形態に係る第 4 データテーブルの一例を示す図である。

【図 1 4】第 2 の実施形態に係る故障診断プログラムによる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 1 5】第 2 の実施形態に係る経路診断 A の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 1 6】第 2 の実施形態に係る経路診断 B の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 1 7】第 2 の実施形態に係る経路診断 C の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 1 8】第 2 の実施形態に係る経路診断 E の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態の一例について詳細に説明する。

【0014】

[第 1 の実施形態]

図 1 は、第 1 の実施形態に係る故障診断システム 100 の構成の一例を示す図である。

【0015】

図 1 に示すように、本実施形態に係る故障診断システム 100 は、燃料電池コージェネレーションシステム（以下、単に「CGS」という。）40 と、故障診断装置 10 と、メンテナンス用端末 70 と、を備えている。故障診断システム 100 は、CGS 40 の故障を診断するためのシステムとして構成される。

20

【0016】

CGS 40 は、例えば、エネファーム（登録商標）であり、ユーザ宅 30 に設置されている。故障診断装置 10 は、CGS 40 の故障を診断するための装置であり、CGS 40 とネットワーク N を介して接続されている。故障診断装置 10 には、例えば、サーバコンピュータ、パーソナルコンピュータ（PC）等の汎用的なコンピュータ装置が適用される。ネットワーク N には、例えば、LAN (Local Area Network)、WAN (Wide Area Network)、インターネット等のネットワークが適用される。

【0017】

メンテナンス用端末 70 は、CGS 40 のメンテナンス作業を行う作業担当者 60 が所有する端末である。メンテナンス用端末 70 は、ネットワーク N を介して故障診断装置 10 と接続されている。メンテナンス用端末 70 には、例えば、携帯可能なタブレット端末、スマートフォン、ノート型 PC 等が適用される。

30

【0018】

本実施形態に係る故障診断装置 10 は、CGS 40 のリトライ動作により複数回の動作の異常（以下、「エラー」という。）が検知された場合に、複数回のエラー検知時の各々の動作履歴データを別々に故障診断モデルに入力して故障診断を行う。

【0019】

具体的には、図 1 において、CGS 40 は、リトライ動作によってエラーを確定した後、エラーを発報する。このとき、自動的に故障診断装置 10 に対して、自システムの動作履歴データを送信する。動作履歴データとは、例えば、エラー検知時、エラー検知前数秒間（例えば、10 秒以下）、及び、エラー検知後数秒間（例えば、10 秒以下）の少なくとも 1 つの動作履歴に関するデータである。動作履歴データは、例えば、各種センサの検出値、補機類（例えば、弁、ポンプ等）の動作状態を表すデータ、エラーの種別を表すエラーコード等が含まれる。

40

【0020】

故障診断装置 10 は、記憶部に故障診断モデルを予め格納している。故障診断モデルは、CGS 40 の機能部毎に故障を診断するための数理モデルである。機能部は、少なくとも 1 つの部品（例えば、ポンプ、弁、配管、タンク等）を含んでいる。CGS 40 の故障

50

診断モデルは、過去に得られた動作履歴データ群を、機能部に対応付けて多変量解析あるいは機械学習することにより生成されるモデルである。多変量解析には、一例として、ロジスティック回帰等が挙げられる。機械学習には、一例として、ランダムフォレスト、ニューラルネットワーク、サポートベクターマシン等が挙げられる。故障診断モデルは、機能部毎に故障の有無を判定する２クラス分類でもよいし、多クラス分類でもよい。故障診断装置１０は、ＣＧＳ４０から取得した動作履歴データをそのまま、あるいは、故障診断モデルに入力可能なデータに加工し、加工したデータを故障診断モデルに入力する。故障診断モデルは、機能部毎に「故障有り（故障）」又は「故障なし（健全）」を出力する。具体的に、データが示す指標値が閾値以上の場合に「故障有り」を出力し、データが示す指標値が閾値未満の場合に「故障なし」を出力する。故障診断装置１０は、機能部毎の故障診断の診断結果を保持する。

10

【００２１】

作業担当者（メンテナンス員）６０は、メンテナンス用端末７０から故障診断装置１０にアクセスし、診断結果が示す故障個所を確認する。そして、作業担当者６０は、故障診断装置１０から得られる診断結果に基づいて、現場にて部品交換作業等を実施する。

【００２２】

図２は、第１の実施形態に係るＣＧＳ４０の構成の一例を示すブロック図である。

【００２３】

図２に示すように、本実施形態に係るＣＧＳ４０は、大きく分けて、制御装置４１と、ＣＧＳ本体部４９と、を備えている。制御装置４１は、ＣＧＳ本体部４９と一体的に構成されてもよいし、ＣＧＳ本体部４９とは別体で構成されてもよい。

20

【００２４】

制御装置４１は、ＣＧＳ４０のコントローラとして機能する。制御装置４１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）４２と、ＲＯＭ（Read Only Memory）４３と、ＲＡＭ（Random Access Memory）４４と、入出力インターフェース（Ｉ／Ｏ）４５と、記憶部４６と、通信部４７と、機器インターフェース（以下、「機器Ｉ／Ｆ」という。）４８と、を備えている。

【００２５】

ＣＰＵ４２、ＲＯＭ４３、ＲＡＭ４４、及びＩ／Ｏ４５は、バスを介して各々接続されている。Ｉ／Ｏ４５には、記憶部４６と、通信部４７と、機器Ｉ／Ｆ４８と、を含む各機能部が接続されている。これらの各機能部は、Ｉ／Ｏ４５を介して、ＣＰＵ４２と相互に通信可能とされる。

30

【００２６】

記憶部４６としては、例えば、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）、ＳＳＤ（Solid State Drive）、フラッシュメモリ等が用いられる。記憶部４６には、ＣＧＳ本体部４９の動作を制御するための制御プログラム４６Ａが記憶される。なお、この制御プログラム４６Ａは、ＲＯＭ４３に記憶されていてもよい。

【００２７】

制御プログラム４６Ａは、例えば、制御装置４１に予めインストールされていてもよい。制御プログラム４６Ａは、不揮発性の記憶媒体に記憶して、又はネットワークＮを介して配布して、制御装置４１に適宜インストールすることで実現してもよい。なお、不揮発性の記憶媒体の例としては、ＣＤ-ＲＯＭ（Compact Disc Read Only Memory）、光磁気ディスク、ＨＤＤ、ＤＶＤ-ＲＯＭ（Digital Versatile Disc Read Only Memory）、フラッシュメモリ、メモリカード等が想定される。

40

【００２８】

通信部４７は、インターネット、ＬＡＮ、ＷＡＮ等のネットワークＮに接続されており、外部の故障診断装置１０との間でネットワークＮを介して通信が可能とされる。

【００２９】

機器Ｉ／Ｆ４８には、ＣＧＳ本体部４９が接続されている。すなわち、ＣＧＳ本体部４９に含まれる各種電装部品は、機器Ｉ／Ｆ４８を介して、ＣＰＵ４２と通信可能に接続さ

50

れる。

【 0 0 3 0 】

C G S 本体部 4 9 は、公知の構成である。具体的に、C G S 本体部 4 9 は、燃料電池ユニット 5 0 を備える。燃料電池ユニット 5 0 には、燃料電池モジュール 5 1、燃料電池モジュール 5 1 に接続されたガス経路 5 2、改質水経路 5 3、及び空気経路 5 4 が設けられている。C G S 本体部 4 9 は、上述したように、複数の機能部を備える。この機能部は、少なくとも 1 つの部品を含んでいる。この機能部は、例えば、ガス経路 5 2 を構成する複数の部品、改質水経路 5 3 を構成する複数の部品、又は、空気経路 5 4 を構成する複数の部品としてもよい。この機能部は、C G S 本体部 4 9 を構成する個々の部品としてもよい。この部品には、例えば、ポンプ、弁、配管、タンク等が含まれる。

10

【 0 0 3 1 】

燃料電池モジュール 5 1 は、燃料電池スタック 5 1 A 及び改質器 5 1 B を備える。改質器 5 1 B は、炭化水素原料を含むガス（例えば、都市ガス）を改質する。燃料電池スタック 5 1 A は、電解質層、燃料極、及び空気極を有する複数の燃料電池セルが積層されている。燃料電池スタック 5 1 A は、改質器 5 1 B により都市ガスから改質された改質ガス中の水素と、空気中の酸素とを反応させて電気及び水を発生させるように構成されている。燃料電池ユニット 5 0 は、改質ガス及び空気の供給量を調整するための弁及びポンプ等の補機類と、燃料電池スタック 5 1 A による発電で発生した熱を伝熱媒体（例えば、水等）との間で熱交換するための熱交換器と、を備えている。

【 0 0 3 2 】

20

C G S 本体部 4 9 は、貯湯タンクを備える。C G S 本体部 4 9 では、貯湯タンクに給水されると、貯湯タンクから燃料電池ユニット 5 0 の熱交換器に水が供給され、この熱交換器で水が燃料電池スタック 5 1 A の熱で加熱される。熱交換器で水が加熱されると、水が湯となる。この湯は、貯湯タンクに供給され、この貯湯タンクに貯められる。貯湯タンクは、燃料電池ユニット 5 0 との間で水及び湯を行き来させるための弁及びポンプや、貯湯タンクに貯めた湯を排湯させるための弁及びポンプ等の補機類を備える。

【 0 0 3 3 】

また、ガス経路 5 2 は、都市ガスが流れる経路である。ガス経路 5 2 には、都市ガスの供給量を調整するための弁及びポンプ等の補機類が含まれる。改質水経路 5 3 は、改質水が流れる経路である。改質水経路 5 3 には、改質水の供給量を調整するための弁及びポンプ等の補機類が含まれる。空気経路 5 4 は、空気が流れる経路である。空気経路 5 4 には、空気の供給量を調整するための弁及びポンプ等の補機類が含まれる。

30

【 0 0 3 4 】

制御装置 4 1 は、C G S 本体部 4 9 に備えられた補機類を制御するコントローラである。制御装置 4 1 は、C G S 本体部 4 9 に対して、補機類を制御するための制御信号をそれぞれ出力する。また、C G S 本体部 4 9 は、制御装置 4 1 に対して、C G S 本体部 4 9 の運転状況を表す運転データを出力する。この運転データは、特徴量として、補機類の動作状態を表すデータ（例えば、電圧値、電流値等）、C G S 本体部 4 9 に設けられた各種センサの検出値等が含まれる。具体的に、補機類の動作状態を表すデータとは、例えば、ポンプの場合にはポンプの操作量を表すデータであり、弁の場合には弁の開閉状態を表すデータである。また、各種センサの検出値とは、例えば、配管の場合には都市ガス、改質水、及び空気のそれぞれの流量を表す値であり、タンクの場合には水位を表す値である。

40

【 0 0 3 5 】

制御装置 4 1 は、C G S 本体部 4 9 から取得した時系列の運転データを記憶部 4 6 に記憶する。制御装置 4 1 は、C G S 本体部 4 9 から取得した運転データに基づいて、C G S 本体部 4 9 のエラーを検知する機能を有する。なお、エラーの検知は、例えば、運転データから得られる特徴量と対応する閾値との比較により行われる。また、制御装置 4 1 は、リトライ動作機能を有する。このリトライ動作機能とは、エラーを検知した場合に C G S 4 0 の再起動を行い、再度エラーの有無を検知する機能である。なお、C G S 4 0 を再起動することなく、C G S 4 0 を一定期間アイドル状態（発電しない状態）に移行させ

50

てから、再度エラーの有無を検知するようにしてもよい。制御装置 4 1 は、リトライ動作機能によって複数回のエラーが検知された場合にエラーを確定する。リトライ動作の回数は、例えば、エラーの種別を表すエラーコードに応じて予め定められている。

【 0 0 3 6 】

ここで、図 3 を参照して、本実施形態に係る制御装置 4 1 によるエラー発報処理について具体的に説明する。なお、このエラー発報処理は、制御装置 4 1 が備える制御プログラム 4 6 A によって実行される。

【 0 0 3 7 】

図 3 は、第 1 の実施形態に係る制御プログラム 4 6 A による処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、図 3 の例では、エラー確定までの異常値検知回数を 2 回（リトライ動作は 1 回）としているが、異常値検知回数は 3 回以上（リトライ動作 2 回以上）としてもよい。

10

【 0 0 3 8 】

まず、CPU 4 2 により記憶部 4 6 に記憶されている制御プログラム 4 6 A が起動され、以下に示す各ステップが実行される。

【 0 0 3 9 】

図 3 のステップ S 1 0 1 では、CPU 4 2 が、CGS 本体部 4 9 から時系列で取得した運転データを記憶部 4 6 に記憶すると共に、取得した運転データに基づいて、エラーの発生を示す異常値を検知したか否かを判定する。異常値を検知したと判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 1 0 2 に移行し、異常値を検知しないと判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 1 0 1 で待機となる。

20

【 0 0 4 0 】

ステップ S 1 0 2 では、CPU 4 2 が、記憶部 4 6 に記憶した時系列の運転データの中から、エラー検知時、エラー検知前数秒間（例えば、1 0 秒以下）、及び、エラー検知後数秒間（例えば、1 0 秒以下）の少なくとも 1 つの運転データを動作履歴データとして抽出し、抽出した動作履歴データを記憶部 4 6 に保持する。この動作履歴データには、上述したように、例えば、各種センサの検出値、補機類の動作状態を表すデータ、エラーコード等が含まれる。記憶部 4 6 に保持した動作履歴データを「データ 1」と称する。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 1 0 3 では、CPU 4 2 が、CGS 4 0 を再起動してリトライ動作を行う。

30

【 0 0 4 2 】

ステップ S 1 0 4 では、CPU 4 2 が、CGS 本体部 4 9 から時系列で取得した運転データを記憶部 4 6 に記憶すると共に、取得した運転データに基づいて、CGS 4 0 の再起動後所定時間内（例えば、2 4 時間以内）で異常値を再検知したか否かを判定する。異常値を再検知したと判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 1 0 5 に移行し、異常値を再検知しないと判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 1 0 1 に戻り処理を繰り返す。

【 0 0 4 3 】

ステップ S 1 0 5 では、CPU 4 2 が、記憶部 4 6 に記憶した時系列の運転データの中から、エラー検知時、エラー検知前数秒間（例えば、1 0 秒以下）、及び、エラー検知後数秒間（例えば、1 0 秒以下）の少なくとも 1 つの運転データを動作履歴データとして抽出し、抽出した動作履歴データを記憶部 4 6 に保持する。記憶部 4 6 に保持した動作履歴データを「データ 2」と称する。

40

【 0 0 4 4 】

ステップ S 1 0 6 では、CPU 4 2 が、リトライ動作によって複数回のエラーを検知したため、エラーを確定する。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 1 0 7 では、CPU 4 2 が、通信部 4 7 を介して、ステップ S 1 0 2 で保持したデータ 1 及びステップ S 1 0 5 で保持したデータ 2 を故障診断装置 1 0 に送信し、本制御プログラム 4 6 A による一連の処理を終了する。なお、データ 1 及びデータ 2 を含む

50

１つのデータファイルを故障診断装置１０に送信するようにしてもよい。この場合、故障診断装置１０がデータファイルからデータ１及びデータ２を個別に抽出する構成としてもよい。

【００４６】

図４は、第１の実施形態に係る故障診断装置１０の電氣的な構成の一例を示すブロック図である。

【００４７】

図４に示すように、本実施形態に係る故障診断装置１０は、ＣＰＵ１１と、ＲＯＭ１２と、ＲＡＭ１３と、Ｉ／Ｏ１４と、記憶部１５と、表示部１６と、操作部１７と、通信部１８と、を備えている。

【００４８】

ＣＰＵ１１、ＲＯＭ１２、ＲＡＭ１３、及びＩ／Ｏ１４は、バスを介して各々接続されている。Ｉ／Ｏ１４には、記憶部１５と、表示部１６と、操作部１７と、通信部１８と、を含む各機能部が接続されている。これらの各機能部は、Ｉ／Ｏ１４を介して、ＣＰＵ１１と相互に通信可能とされる。

【００４９】

記憶部１５としては、例えば、ＨＤＤ、ＳＳＤ、フラッシュメモリ等が用いられる。記憶部１５には、ＣＧＳ４０の故障を診断するための故障診断プログラム１５Ａが記憶される。なお、この故障診断プログラム１５Ａは、ＲＯＭ１２に記憶されていてもよい。

【００５０】

故障診断プログラム１５Ａは、例えば、故障診断装置１０に予めインストールされていてもよい。故障診断プログラム１５Ａは、不揮発性の記憶媒体に記憶して、又はネットワークＮを介して配布して、故障診断装置１０に適宜インストールすることで実現してもよい。なお、不揮発性の記憶媒体の例としては、ＣＤ-ＲＯＭ、光磁気ディスク、ＨＤＤ、ＤＶＤ-ＲＯＭ、フラッシュメモリ、メモリカード等が想定される。

【００５１】

表示部１６には、例えば、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ:Liquid Crystal Display）、有機ＥＬ（Electro Luminescence）ディスプレイ等が用いられる。表示部１６は、タッチパネルを一体的に有していてもよい。操作部１７には、例えば、キーボード、マウス等の操作入力用のデバイスが設けられている。表示部１６及び操作部１７は、故障診断装置１０のユーザから各種の指示を受け付ける。表示部１６は、ユーザから受け付けた指示に応じて実行された処理の結果や、処理に対する通知等の各種の情報を表示する。

【００５２】

通信部１８は、インターネット、ＬＡＮ、ＷＡＮ等のネットワークＮに接続されており、ＣＧＳ４０、メンテナンス用端末７０との間でネットワークＮを介して通信が可能とされる。

【００５３】

本実施形態に係る故障診断装置１０のＣＰＵ１１は、記憶部１５に記憶されている故障診断プログラム１５ＡをＲＡＭ１３に書き込んで実行することにより、図５に示す各部として機能する。

【００５４】

図５は、第１の実施形態に係る故障診断装置１０の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

【００５５】

図５に示すように、本実施形態に係る故障診断装置１０のＣＰＵ１１は、取得部１１Ａ、推定部１１Ｂ、学習部１１Ｃ、及び出力部１１Ｄとして機能する。

【００５６】

また、記憶部１５には、上述したように、機能部毎の故障診断モデル１５Ｂが予め格納されている。つまり、１つの機能部（又は部品）に対して１つの故障診断モデル１５Ｂが対応している。故障診断モデル１５Ｂは、上述したように、多変量解析あるいは機械学習

10

20

30

40

50

により得られる、ＣＧＳ４０の機能部毎に故障を診断するための数理モデルである。また、記憶部１５には、第１データテーブル１５Ｃ及び第２データテーブル１５Ｄが記憶されている。

【００５７】

取得部１１Ａは、上述のＣＧＳ４０から送信された複数の動作履歴データを取得する。例えば、複数の動作履歴データとしてデータ１及びデータ２を取得する。

【００５８】

推定部１１Ｂは、取得部１１Ａにより取得された複数の動作履歴データを、故障診断モデル１５Ｂに入力可能な複数のデータに加工し、加工して得られた複数のデータを、記憶部１５に格納されている機能部毎の故障診断モデル１５Ｂに対して別々に入力する。なお、動作履歴データを加工することなくそのまま故障診断モデル１５Ｂに対して入力してもよい。そして、推定部１１Ｂは、故障診断モデル１５Ｂから別々に出力される複数の判定結果を用いて、ＣＧＳ４０の機能部毎に故障の有無を推定する。具体的には、例えば、第１データテーブル１５Ｃ又は第２データテーブル１５Ｄを用いて故障の有無を推定する。

【００５９】

学習部１１Ｃは、過去に得られた動作履歴データ群を学習用データとして機械学習を行うことにより故障診断モデル１５Ｂを生成する。学習部１１Ｃにより生成された故障診断モデル１５Ｂが記憶部１５に格納される。なお、故障診断モデル１５Ｂの格納場所は、記憶部１５に限定されない。例えば、外部の記憶装置に格納されていてもよい。また、本実施形態では、自装置で機械学習する構成としているが、外部装置で機械学習を行う構成としてもよい。また、機械学習に代えて、多変量解析を用いて故障診断モデル１５Ｂを生成してもよい。

【００６０】

出力部１１Ｄは、推定部１１Ｂにより推定された機能部毎の最終的な診断結果を、例えば、記憶部１５に出力して保持する。また、出力部１１Ｄは、メンテナンス用端末７０からのアクセスに応じて、記憶部１５に保持した最終的な診断結果をメンテナンス用端末７０に送信する。なお、この最終的な診断結果には、機能部毎（あるいは部品毎）に、診断結果（故障、健全、故障疑い）及び取るべき対応等が含まれている。

【００６１】

図６は、本実施形態に係る第１データテーブル１５Ｃの一例を示す図である。

【００６２】

図６に示す第１データテーブル１５Ｃは、ＣＧＳ４０のエラー確定までの異常値検知回数が２回（リトライ回数が１回）の場合における、判定パターンと最終的な診断結果との対応関係を示すデータテーブルである。なお、図６の例では、ＣＧＳ４０から動作履歴データとしてデータ１及びデータ２を取得し、データ１及びデータ２の各々を加工して得られたデータを機能部毎の故障診断モデル１５Ｂに入力する場合について示している。

【００６３】

判定パターン１は、データ１の判定結果が「故障」、データ２の判定結果が「故障」である場合のパターンを示す。この判定パターン１では、最終的な診断結果（出力）が「故障」であり、作業担当者６０が取るべき対応が「部品交換」であることを表している。また、判定パターン２は、データ１の判定結果が「故障」、データ２の判定結果が「健全」である場合のパターンを示す。この判定パターン２では、最終的な診断結果（出力）が「故障疑い」であり、作業担当者６０が取るべき対応が「部品動作確認」であることを表している。また、判定パターン３は、データ１の判定結果が「健全」、データ２の判定結果が「故障」である場合のパターンを示す。この判定パターン３では、最終的な診断結果（出力）が「故障疑い」であり、作業担当者６０が取るべき対応が「部品動作確認」であることを表している。また、判定パターン４は、データ１の判定結果が「健全」、データ２の判定結果が「健全」である場合のパターンを示す。この判定パターン４では、最終的な診断結果（出力）が「健全」であり、作業担当者６０が取るべき対応が「なし」であることを表している。

【 0 0 6 4 】

つまり、推定部 1 1 B は、故障診断モデル 1 5 B に別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果がいずれも故障、つまり、判定パターン 1 である場合に、一例として、図 6 の第 1 データテーブル 1 5 C を参照し、故障診断モデルに対応付けられた機能部を故障と推定する。また、推定部 1 1 B は、故障診断モデル 1 5 B に別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果がいずれも健全、つまり、判定パターン 4 である場合に、一例として、図 6 の第 1 データテーブル 1 5 C を参照し、故障診断モデル 1 5 B に対応付けられた機能部を健全と推定する。また、推定部 1 1 B は、故障診断モデル 1 5 B に別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果の一方が故障、他方が健全、つまり、判定パターン 2 又は判定パターン 3 である場合に、一例として、図 6 の第 1 データテーブル 1 5 C を参照し、故障診断モデル 1 5 B に対応付けられた機能部を故障疑いと推定する。

10

【 0 0 6 5 】

図 7 は、本実施形態に係る第 2 データテーブル 1 5 D の一例を示す図である。

【 0 0 6 6 】

図 7 に示す第 2 データテーブル 1 5 D は、C G S 4 0 のエラー確定までの異常値検知回数が N 回 (N = 3、リトライ回数は 2 回以上) の場合における、判定パターンと最終的な診断結果との対応関係を示すデータテーブルである。なお、図 7 の例では、C G S 4 0 から動作履歴データとしてデータ 1、・・・、データ N を取得し、データ 1、・・・、データ N の各々を加工して得られたデータを機能部毎の故障診断モデル 1 5 B に入力する場合について示している。

20

【 0 0 6 7 】

この場合、判定パターン数は 2 (故障又は健全) の N 乗分存在し、全てが故障又は健全となる 2 通り以外は故障と健全とが混在する。このため、最終的な診断結果 (出力) となる故障、故障疑い、及び健全の決め方として、例えば、次の 3 種類の方法が考えられる。

【 0 0 6 8 】

(1) 故障診断モデル 1 5 B に別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果である故障及び健全の判定回数に基づいて、故障診断モデル 1 5 B に対応付けられた機能部を故障又は健全又は故障疑いとして推定する。つまり、故障及び健全の判定回数の多い方 (又は判定回数の差分が閾値より大きい方) を最終的な診断結果 (出力) とし、故障及び健全の判定回数が同数 (又は判定回数の差分が閾値以下) の場合に故障疑いとする。

30

【 0 0 6 9 】

(2) 故障診断モデル 1 5 B に別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果と、故障診断モデル 1 5 B の故障判定時の適合率とから導出される故障スコアに基づいて、故障診断モデル 1 5 B に対応付けられた機能部を故障又は健全又は故障疑いとして推定する。つまり、故障診断モデル 1 5 B の故障判定時の適合率より故障スコアを求め、最終的な診断結果 (出力) を決定する。例えば、故障判定時の適合率が 7 0 % の場合、故障スコアは下記のように求まる。なお、故障スコアは、故障確率 (% 表記) として表してもよい。

【 0 0 7 0 】

N 回中 0 回故障と判定 → 故障スコア = 0

N 回中 1 回故障と判定 → 故障スコア = $1 - (1 - 0.7) = 0.7$

N 回中 2 回故障と判定 → 故障スコア = $1 - (1 - 0.7)^2 = 0.91$

40

【 0 0 7 1 】

最終的な診断結果 (出力) を故障と判定するための閾値 (閾値 1) と、健全と判定するための閾値 (閾値 2) をそれぞれ決めておき、故障スコアが閾値 1 以上であれば故障、閾値 2 以下であれば健全、閾値 2 より大きく閾値 1 未満 (中間値) であれば故障疑いとする。なお、上記の例では故障判定時の適合率を用いているが、健全判定時の適合率又は故障検出の再現率を用いて判定しても良い。この場合、上記判定結果と、健全判定時の適合率又は故障検出の再現率とから導出される健全スコアが用いられる。

【 0 0 7 2 】

(3) 故障診断モデル 1 5 B に別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果と、

50

故障診断モデル 15B の故障判定時の適合率とから導出される故障スコア、及び、故障診断モデル 15B に別々に入力した複数のデータの各々に対する判定結果と、故障診断モデル 15B の健全判定時の適合率又は故障検出の再現率とから導出される健全スコアに基づいて、故障診断モデル 15B に対応付けられた機能部を故障又は健全又は故障疑いとして推定する。つまり、故障判定時の適合率、健全判定時の適合率（又は故障検出の再現率）の両方を用いてスコアを算出し、最終的な診断結果（出力）を決定する。例えば、 $N = 3$ 、故障判定時の適合率が 90%、健全判定時の適合率が 70% の場合、故障スコア及び健全スコアは下記のように求まる。

【0073】

3 回中 0 回が故障、3 回が健全と判定 → 故障スコア = 0、健全スコア = $1 - (1 - 0.7)^3 = 0.973$ 10

3 回中 1 回が故障、2 回が健全と判定 → 故障スコア = $1 - (1 - 0.9) = 0.9$ 、健全スコア = $1 - (1 - 0.7)^2 = 0.91$

3 回中 2 回が故障、1 回が健全と判定 → 故障スコア = $1 - (1 - 0.9)^2 = 0.99$ 、健全スコア = $1 - (1 - 0.7) = 0.7$

3 回中 3 回が故障、0 回が健全と判定 → 故障スコア = $1 - (1 - 0.9)^3 = 0.999$ 、健全スコア = 0

【0074】

ここで、総合スコア = 故障スコア - 健全スコア、とする。この場合、最終的な診断結果（出力）は、総合スコアが正值のときは故障、負値のときは健全、0 のときは故障疑いと判定する。あるいは、故障疑いの判定用に閾値を設け、総合スコアが ± 閾値以内（例えば ± 0.1）のときは、最終的な診断結果（出力）を故障疑いとしてもよい。 20

【0075】

次に、図 8 を参照して、上述の適合率について具体的に説明する。

【0076】

図 8 は、本実施形態に係る適合率の説明に供する図である。

【0077】

図 8 に示す表は、部品 A の故障診断モデルについて、予測と実態との対応関係を示している。枠内はデータ数を示す。つまり、予測が健全、実態が健全である場合のデータ数は 28（= A）である。予測が故障、実態が健全である場合のデータ数は 1（= B）である。予測が健全、実態が故障である場合のデータ数は 12（= C）である。予測が故障、実態が故障である場合のデータ数は 9（= D）である。 30

【0078】

この場合、故障判定時の適合率 = $D / (B + D) = 9 / 10 = 90\%$ 、と求まる。つまり、この場合、適合率とは、故障と予測された全データ数に対する実態が故障であったデータ数の割合とされる。また、健全判定時の適合率 = $A / (A + C) = 28 / 40 = 70\%$ 、と求まる。つまり、この場合、適合率とは、健全と予測された全データ数に対する実態が健全であったデータ数の割合とされる。

【0079】

なお、図 8 の例では、健全と判定されるデータの方が多いため、データ数が増える程健全判定時の適合率が高くなりやすい。従って、上述の（3）の判定方法は、最終的な診断結果（出力）の確度を下げる可能性がある。通常の場合、エラー確定までの異常値検出回数が少ないことが多いため、基本的には上述の（2）の判定方法が最も有効と考えられる。 40

【0080】

また、上述の適合率に代えて、再現率を用いるようにしてもよい。再現率は、故障を見つける割合を表し、図 8 の例では、再現率 = $D / (C + D)$ 、と表される。つまり、再現率とは、実態が故障であった全データ数に対する故障と予測されたデータ数の割合とされる。この再現率が高いほど、健全とされる。この再現率を用いて、データ数が N 個の判定結果から故障を見逃すリスクが十分に小さいときに、最終的な診断結果（出力）を健全と決定してもよい。このとき、故障は適合率から計算、健全は再現率から計算されることに 50

なる。なお、適合率及び再現率の両方共に高い場合は故障疑いとする、等の工夫を行うようにしてもよい。

【 0 0 8 1 】

また、故障診断モデル 1 5 B が各データに対して故障又は健全を出力する前の確率値(又は予測値)から、N個のデータの最終的な診断結果(出力)を決定するようにしてもよい。例えば、確率値(又は予測値)の平均等が用いられる。

【 0 0 8 2 】

次に、図 9 を参照して、第 1 の実施形態に係る故障診断装置 1 0 の作用について説明する。

【 0 0 8 3 】

図 9 は、第 1 の実施形態に係る故障診断プログラム 1 5 A による処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、図 9 の例では、C G S 4 0 のリトライ動作で取得するデータ数を 2 個としているが、データ数は 3 個以上としてもよい。

【 0 0 8 4 】

まず、C P U 1 1 により記憶部 1 5 に記憶されている故障診断プログラム 1 5 A が起動され、以下に示す各ステップが実行される。

【 0 0 8 5 】

図 9 のステップ S 1 1 1 では、C P U 1 1 が、C G S 4 0 の制御装置 4 1 から送信された複数の動作履歴データ(ここではデータ 1 及びデータ 2)を取得する。

【 0 0 8 6 】

ステップ S 1 1 2 では、C P U 1 1 が、ステップ S 1 1 1 で取得したデータ 1 を、機能部毎の故障診断モデル 1 5 B に入力可能なデータに加工する。ここでいう加工とは、データ 1 に対して、データの一部を削除、データの一部を抽出、新規データの追加等を行うことを意味する。また、加工には、データ 1 のデータ形式を、個々の故障診断モデルに適した形式に加工することも含まれる。なお、動作履歴データをそのまま用いる場合には加工は省略される。

【 0 0 8 7 】

ステップ S 1 1 3 では、C P U 1 1 が、ステップ S 1 1 2 で加工したデータ 1 を、機能部毎の故障診断モデル 1 5 B の各々に入力する。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 1 1 4 では、C P U 1 1 が、機能部毎の故障診断モデル 1 5 B の各々から出力される判定結果を記憶部 1 5 に保持する。

【 0 0 8 9 】

ステップ S 1 1 5 では、C P U 1 1 が、ステップ S 1 1 1 で取得したデータ 2 を、機能部毎の故障診断モデル 1 5 B に入力可能なデータに加工する。なお、動作履歴データをそのまま用いる場合には加工は省略される。

【 0 0 9 0 】

ステップ S 1 1 6 では、C P U 1 1 が、ステップ S 1 1 5 で加工したデータ 2 を、機能部毎の故障診断モデル 1 5 B の各々に入力する。

【 0 0 9 1 】

ステップ S 1 1 7 では、C P U 1 1 が、機能部毎の故障診断モデル 1 5 B の各々から出力される判定結果を記憶部 1 5 に保持する。

【 0 0 9 2 】

ステップ S 1 1 8 では、C P U 1 1 が、ステップ S 1 1 4 で記憶部 1 5 に保持したデータ 1 の判定結果、及び、ステップ S 1 1 7 で記憶部 1 5 に保持したデータ 2 の判定結果から判定パターンを特定する。

【 0 0 9 3 】

ステップ S 1 1 9 では、C P U 1 1 が、ステップ S 1 1 8 で特定した判定パターンに基づいて、一例として、上述の図 6 に示す第 1 データテーブル 1 5 C を参照し、判定パターンに応じた最終的な診断結果を、例えば、記憶部 1 5 に出力し、本故障診断プログラム 1

10

20

30

40

50

５Ａによる一連の処理を終了する。

【００９４】

次に、図１０を参照して、第１の実施形態に係る故障診断装置１０による学習処理について具体的に説明する。

【００９５】

図１０は、第１の実施形態に係る故障診断プログラム１５Ａによる学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【００９６】

まず、ＣＰＵ１１により記憶部１５に記憶されている故障診断プログラム１５Ａが起動され、以下に示す各ステップが実行される。

【００９７】

図１０のステップＳ１２１では、ＣＰＵ１１が、過去の動作履歴データを学習用データとして取得する。

【００９８】

ステップＳ１２２では、ＣＰＵ１１が、ステップＳ１２１で学習用データとして取得した動作履歴データを学習モデルに入力可能なデータに加工する。なお、動作履歴データをそのまま用いる場合には加工は省略される。

【００９９】

ステップＳ１２３では、ＣＰＵ１１が、ステップＳ１２２で加工して得られたデータを正解データ（例えば、故障、健全、故障疑い）と共に、機能部毎の学習モデルに入力する。

【０１００】

ステップＳ１２４では、ＣＰＵ１１が、所定数のデータについて機械学習が終了したか否かを判定する。機械学習が終了したと判定した場合（肯定判定の場合）、ステップＳ１２５に移行し、機械学習が終了していないと判定した場合（否定判定の場合）、ステップＳ１２１に戻り処理を繰り返す。

【０１０１】

ステップＳ１２５では、ＣＰＵ１１が、機械学習により生成された学習済みモデルを故障診断モデル１５Ｂとして記憶部１５に格納し、本故障診断プログラム１５Ａによる一連の処理を終了する。

【０１０２】

なお、本実施形態では、故障診断装置１０を外部のサーバ装置として実現した場合について説明したが、これに限定されない。故障診断装置１０はＣＧＳ４０の制御装置４１として実現してもよい。

【０１０３】

このように本実施形態によれば、ＣＧＳ４０のリトライ動作により複数回のエラーが検知された場合に、複数回のエラー検知時の各々の動作履歴データが別々に故障診断モデルに入力されて故障診断が実行される。このため、診断精度が向上し、誤判定が抑制される。

【０１０４】

[第２の実施形態]

上記第１の実施形態では、ＣＧＳ４０から得られた複数の動作履歴データを、機能部毎の故障診断モデル１５Ｂの全てに入力する形態について説明した。本実施形態では、ＣＧＳ４０のエラーの種別に応じた経路診断を、ガス経路５２、改質水経路５３、及び空気経路５４の少なくとも１つに対して行い、故障の可能性のある経路を絞り込み、絞り込んだ経路に関する故障診断モデル１５Ｂのみを選択的に用いる形態について説明する。

【０１０５】

図１１は、第２の実施形態に係る故障診断装置１０Ａの機能的な構成の一例を示すブロック図である。

【０１０６】

図１１に示すように、本実施形態に係る故障診断装置１０ＡのＣＰＵ１１は、記憶部１５に記憶されている故障診断プログラム１５ＡをＲＡＭ１３に書き込んで実行することに

10

20

30

40

50

より、取得部 11A、推定部 11B、学習部 11C、出力部 11D、及び経路診断部 11E として機能する。なお、上記第 1 の実施形態で説明した故障診断装置 10 と同じ構成要素には同じ符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0107】

経路診断部 11E は、燃料電池ユニット 50 のエラーを検知した場合に、CGS40 からの動作履歴データに含まれるエラーコードに応じた経路診断を特定する。そして、経路診断部 11E は、特定したエラーコードに応じた経路診断を、ガス経路 52、改質水経路 53、及び空気経路 54 の少なくとも 1 つに対して行い、故障の可能性がある経路を絞り込む。なお、ガス経路 52、改質水経路 53、及び空気経路 54 は、上述したように、燃料電池ユニット 50 に設けられ、燃料電池モジュール 51 に接続された経路である。

10

【0108】

推定部 11B は、記憶部 15 に格納されている機能部毎の故障診断モデル 15Bの中から、経路診断部 11E により絞り込んだ経路に関する故障診断モデル 15B を選択する。そして、推定部 11B は、選択した故障診断モデル 15B に対して、取得部 11A により取得された複数の動作履歴データ又は複数の動作履歴データを加工して得られる複数のデータを別々に入力する。そして、推定部 11B は、故障診断モデル 15B から別々に出力される複数の判定結果を用いて、CGS40 の機能部毎に故障の有無を推定する。

【0109】

また、経路診断部 11E は、経路診断による経路の絞り込みの結果を、エラーの種別を表すエラーコードと共に通知する制御を行うようにしてもよい。なお、エラーコードの通知先は、例えば、作業担当者 60 が持つメンテナンス用端末 70 とされる。

20

【0110】

また、経路診断部 11E は、ガス経路 52、改質水経路 53、及び空気経路 54 の少なくとも 1 つに対する経路診断を、燃料電池ユニット 50 の温度帯に応じた方法を用いて行う。

【0111】

ここで、本実施形態に係る記憶部 15 には、第 3 データテーブル 15E と、第 4 データテーブル 15F とが記憶されている。これらの第 3 データテーブル 15E 及び第 4 データテーブル 15F は、経路診断部 11E により参照可能とされる。

【0112】

図 12 は、本実施形態に係る第 3 データテーブル 15E の一例を示す図である。

30

【0113】

図 12 に示す第 3 データテーブル 15E は、エラー種別（エラーコード A～H）毎に故障の可能性がある経路を予め指定して区分けしたデータテーブルである。エラーコード A は、ガス経路 52、改質水経路 53、及び空気経路 54 を対象とするコードであり、第 1 エラーコードの一例である。エラーコード B は、ガス経路 52 及び改質水経路 53 を対象とするコードであり、第 2 エラーコードの一例である。エラーコード C は、ガス経路 52 及び空気経路 54 を対象とするコードであり、第 3 エラーコードの一例である。エラーコード E は、改質水経路 53 及び空気経路 54 を対象とするコードであり、第 4 エラーコードの一例である。これらのエラーコード A、B、C、E はいずれも 2 つ以上の経路を対象としている。これらのエラーコード A、B、C、E には経路を絞り込むための経路診断方法が対応付けられている。具体的に、エラーコード A には経路診断 A が対応付けられ、エラーコード B には経路診断 B が対応付けられ、エラーコード C には経路診断 C が対応付けられ、エラーコード E には経路診断 E が対応付けられている。なお、これらの経路診断 A、B、C、E の具体的な経路診断方法については後述する。

40

【0114】

なお、エラーコード D では、ガス経路 52 のみが対象とされているため、エラー原因がガス経路 52 と特定される。同様に、エラーコード F では改質水経路 53 のみが対象とされているため、エラー原因が改質水経路 53 と特定され、エラーコード G では空気経路 54 のみが対象とされているため、エラー原因が空気経路 54 と特定される。また、エラー

50

コード H は、ガス、改質水、及び空気の各経路とは無関係のエラーである。図 12 の例では、これらのエラーコード D、F、G、H についての経路診断は行われないが、エラーコード D、F、G については経路診断を行うようにしてもよい。

【0115】

図 13 は、本実施形態に係る第 4 データテーブル 15 F の一例を示す図である。

【0116】

図 13 に示す第 4 データテーブル 15 F は、温度帯の区分けと各温度帯における改質水、ガス、及び空気の経路診断方法を規定したデータテーブルである。燃料電池ユニット 50 の温度帯は、第 1 温度帯の一例である温度帯 [イ]、第 2 温度帯の一例である温度帯 [ロ]、第 3 温度帯の一例である温度帯 [ハ]、及び、第 4 温度帯の一例である温度帯 [ニ] を含んでいる。

10

【0117】

燃料電池モジュール 51 の最高温度を最高温度 T1 [] とし、改質器 51 B (改質触媒) へのガス導入により炭素析出が生じる温度 (例えば、500) を炭素析出温度 T2 [] とし、燃料電池スタック 51 A への空気導入により燃料電池セルの再酸化が生じる温度 (例えば、300) を再酸化温度 T3 [] とし、改質器 51 B に導入される改質水が気化する温度 (例えば、100) を気化温度 T4 [] とした場合、温度帯 [イ] は、炭素析出温度 T2 より高く、最高温度 T1 以下の温度帯である。温度帯 [ロ] は、再酸化温度 T3 より高く、炭素析出温度 T2 以下の温度帯である。温度帯 [ハ] は、気化温度 T4 より高く、再酸化温度 T3 以下の温度帯である。温度帯 [ニ] は、気化温度 T4 以下の温度帯である。

20

【0118】

ガス経路診断方法は、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [イ] である場合に、改質水及びガスを導入し、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [ロ] 又は温度帯 [ハ] 又は温度帯 [ニ] である場合に、ガスを導入する方法である。温度帯 [イ] で改質水を導入するのは、炭素の析出を防止するためである。なお、温度帯 [ロ] 及び温度帯 [ハ] では、改質水及びガスを導入してもよい。なお、燃料電池ユニット 50 の温度には、燃料電池スタック 51 A の温度であるスタック温度及び改質器 51 B の温度である改質温度の少なくとも一方が用いられる。例えば、スタック温度及び改質温度のうち、より高温な温度を燃料電池ユニット 50 の温度としてもよいし、スタック温度及び改質温度の平均温度を燃料電池ユニット 50 の温度としてもよい。また、燃料電池ユニット 50 の温度情報は、CGS40 の制御装置 41 から取得される。燃料電池ユニット 50 の温度情報は、例えば、制御装置 41 から故障診断装置 10 A に送信される動作履歴データに含めておけばよい。

30

【0119】

改質水経路診断方法は、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [イ] 又は温度帯 [ロ] 又は温度帯 [ハ] である場合に、改質水を導入し、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [ニ] である場合に、診断不可とする方法である。

【0120】

空気経路診断方法は、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [イ] 又は温度帯 [ロ] である場合に、改質水、ガス、及び空気を導入し、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [ハ] 又は温度帯 [ニ] である場合に、空気を導入する方法である。温度帯 [イ] 又は温度帯 [ロ] で改質水、ガス、及び空気を導入するのは、セルの再酸化を防止するためである。なお、温度帯 [イ] では、改質水及び空気を導入してもよい。温度帯 [ロ] では、改質水及び空気、又は、ガス及び空気を導入してもよい。温度帯 [ハ] では、改質水、ガス、及び空気、又は、改質水及び空気、又は、ガス及び空気を導入してもよい。

40

【0121】

次に、図 14 を参照して、第 2 の実施形態に係る故障診断装置 10 A の作用について説明する。

【0122】

図 14 は、第 2 の実施形態に係る故障診断プログラム 15 A による処理の流れの一例を示すフローチャートである。

50

【 0 1 2 3 】

まず、CPU 11により記憶部15に記憶されている故障診断プログラム15Aが起動され、以下に示す各ステップが実行される。

【 0 1 2 4 】

図14のステップS131では、CPU11が、CGS40の制御装置41から送信された複数の動作履歴データ(ここではデータ1及びデータ2)を取得する。

【 0 1 2 5 】

ステップS132では、CPU11が、ステップS131で取得したデータ1及びデータ2から共通のエラーコードを抽出する。

【 0 1 2 6 】

ステップS133では、CPU11が、ステップS132で抽出したエラーコードがエラーコードAであるか否かを判定する。エラーコードAであると判定した場合(肯定判定の場合)、ステップS134に移行し、エラーコードAではないと判定した場合(否定判定の場合)、ステップS135に移行する。

【 0 1 2 7 】

ステップS134では、CPU11が、一例として、上述の図12に示す第3データテーブル15Eを参照し、エラーコードAに対応付けられた経路診断Aを実施し、故障の可能性がある経路の絞り込みを行い、ステップS141に移行する。なお、この経路診断Aの具体的な方法については後述する。

【 0 1 2 8 】

一方、ステップS135では、CPU11が、ステップS132で抽出したエラーコードがエラーコードBであるか否かを判定する。エラーコードBであると判定した場合(肯定判定の場合)、ステップS136に移行し、エラーコードBではないと判定した場合(否定判定の場合)、ステップS137に移行する。

【 0 1 2 9 】

ステップS136では、CPU11が、一例として、上述の図12に示す第3データテーブル15Eを参照し、エラーコードBに対応付けられた経路診断Bを実施し、ステップS141に移行する。なお、この経路診断Bの具体的な方法については後述する。

【 0 1 3 0 】

一方、ステップS137では、CPU11が、ステップS132で抽出したエラーコードがエラーコードCであるか否かを判定する。エラーコードCであると判定した場合(肯定判定の場合)、ステップS138に移行し、エラーコードCではないと判定した場合(否定判定の場合)、ステップS139に移行する。

【 0 1 3 1 】

ステップS138では、CPU11が、一例として、上述の図12に示す第3データテーブル15Eを参照し、エラーコードCに対応付けられた経路診断Cを実施し、ステップS141に移行する。なお、この経路診断Cの具体的な方法については後述する。

【 0 1 3 2 】

一方、ステップS139では、CPU11が、ステップS132で抽出したエラーコードがエラーコードEであるか否かを判定する。エラーコードEであると判定した場合(肯定判定の場合)、ステップS140に移行し、エラーコードEではないと判定した場合(否定判定の場合)、エラーコードA、B、C、E以外のエラーコードD、F、G、Hについて経路診断を行うことなく、ステップS141に移行する。

【 0 1 3 3 】

ステップS140では、CPU11が、一例として、上述の図12に示す第3データテーブル15Eを参照し、エラーコードEに対応付けられた経路診断Eを実施し、ステップS141に移行する。なお、この経路診断Eの具体的な方法については後述する。

【 0 1 3 4 】

ステップS141では、CPU11が、ステップS134又はステップS136又はステップS138又はステップS140の経路診断による絞り込みの結果である故障経路を

10

20

30

40

50

特定する、あるいは、エラーコード A、B、C、E 以外エラーコード D、F、G、H に対応する故障経路を特定する。

【0135】

ステップ S142 では、CPU11 が、記憶部 15 に記憶されている機能部毎の故障診断モデル 15B の中から、ステップ S141 で特定した故障経路に関する故障診断モデル 15B を選択し、選択した故障診断モデル 15B のみを用いて故障診断を行い、本故障診断プログラム 15A による一連の処理を終了する。

【0136】

次に、図 15 を参照して、図 14 のステップ S134 に係る経路診断 A の具体的な方法について説明する。

10

【0137】

図 15 は、第 2 の実施形態に係る経路診断 A の処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、本実施形態に係る経路診断 A では、一例として、改質水経路 53、ガス経路 52、及び空気経路 54 の順番で経路診断が実施される。

【0138】

図 15 のステップ S151 では、CPU11 が、一例として、上述の図 13 に示す第 4 データテーブル 15F を参照し、燃料電池ユニット 50 の温度が、温度帯 [イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ] のいずれであるかを判定する。なお、燃料電池ユニット 50 の温度には、上述したように、スタック温度及び改質温度の少なくとも一方が用いられる。燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [イ] 又は温度帯 [ロ] 又は温度帯 [ハ] であると判定した場合（イ、ロ、ハの場合）、ステップ S152 に移行し、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [ニ] であると判定した場合（ニの場合）、ステップ S153 に移行する。

20

【0139】

ステップ S152 では、CPU11 が、CGS40 に対して、改質水経路 53 に改質水を導入する制御を行い、ステップ S154 に移行する。

【0140】

一方、ステップ S153 では、CPU11 が、改質水経路 53 に対して経路判定不能タグを付与し、ステップ S159 に移行する。

【0141】

ステップ S154 では、CPU11 が、所定の判定基準に従って、改質水経路 53 が正常であるか否かを判定する。改質水経路 53 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S155 に移行し、改質水経路 53 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S156 に移行する。

30

【0142】

ステップ S155 では、CPU11 が、一例として、上述の図 13 に示す第 4 データテーブル 15F を参照し、燃料電池ユニット 50 の温度が、温度帯 [イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ] のいずれであるかを判定する。燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [イ] であると判定した場合（イの場合）、ステップ S158 に移行し、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [ロ] 又は温度帯 [ハ] 又は温度帯 [ニ] であると判定した場合（ロ、ハ、ニの場合）、ステップ S159 に移行する。

40

【0143】

一方、ステップ S156 では、CPU11 が、改質水経路 53 に対して経路異常タグを付与する。

【0144】

ステップ S157 では、CPU11 が、燃料電池ユニット 50 の温度が温度帯 [ロ] 以下になるまで待機し、ステップ S159 に移行する。

【0145】

ステップ S158 では、CPU11 が、改質水経路 53 に改質水を導入し、ガス経路 52 にガスを導入する制御を行い、ステップ S160 に移行する。

【0146】

50

一方、ステップ S 1 5 9 では、CPU 1 1 が、ガス経路 5 2 にガスを導入する制御を行い、ステップ S 1 6 0 に移行する。

【0147】

ステップ S 1 6 0 では、CPU 1 1 が、所定の判定基準に従って、ガス経路 5 2 が正常であるか否かを判定する。ガス経路 5 2 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 1 6 1 に移行し、ガス経路 5 2 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 1 6 5 に移行する。

【0148】

ステップ S 1 6 1 では、CPU 1 1 が、所定の判定基準に従って、改質水経路 5 3 が正常であるか否かを判定する。改質水経路 5 3 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 1 6 2 に移行し、改質水経路 5 3 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 1 6 4 に移行する。

10

【0149】

ステップ S 1 6 2 では、CPU 1 1 が、燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯[ロ]以下になるまで待機する。

【0150】

ステップ S 1 6 3 では、CPU 1 1 が、ガス経路 5 2 にガスを導入し、空気経路 5 4 に空気を導入する制御を行い、ステップ S 1 7 0 に移行する。

【0151】

一方、ステップ S 1 6 4 では、CPU 1 1 が、一例として、上述の図 1 3 に示す第 4 データテーブル 1 5 F を参照し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が、温度帯[イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ]のいずれであるかを判定する。燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯[イ]又は温度帯[ロ]であると判定した場合（イ、ロの場合）、ステップ S 1 6 8 に移行し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯[ハ]又は温度帯[ニ]であると判定した場合（ハ、ニの場合）、ステップ S 1 6 9 に移行する。

20

【0152】

一方、ステップ S 1 6 5 では、CPU 1 1 が、ガス経路 5 2 に対して経路異常タグを付与する。

【0153】

ステップ S 1 6 6 では、CPU 1 1 が、所定の判定基準に従って、改質水経路 5 3 が正常であるか否かを判定する。改質水経路 5 3 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 1 6 4 に移行し、改質水経路 5 3 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 1 6 7 に移行する。

30

【0154】

ステップ S 1 6 7 では、CPU 1 1 が、燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯[ハ]以下になるまで待機し、ステップ S 1 6 9 に移行する。

【0155】

ステップ S 1 6 8 では、CPU 1 1 が、改質水経路 5 3 に改質水を導入し、ガス経路 5 2 にガスを導入し、空気経路 5 4 に空気を導入する制御を行い、ステップ S 1 7 0 に移行する。

40

【0156】

一方、ステップ S 1 6 9 では、CPU 1 1 が、空気経路 5 4 に空気を導入する制御を行い、ステップ S 1 7 0 に移行する。

【0157】

ステップ S 1 7 0 では、CPU 1 1 が、所定の判定基準に従って、空気経路 5 4 が正常であるか否かを判定する。空気経路 5 4 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 1 7 2 に移行し、空気経路 5 4 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 1 7 1 に移行する。

【0158】

ステップ S 1 7 1 では、CPU 1 1 が、空気経路 5 4 に対して経路異常タグを付与し、

50

ステップ S 1 7 2 に移行する。

【 0 1 5 9 】

ステップ S 1 7 2 では、CPU 1 1 が、エラーを確定、つまり、改質水経路 5 3、ガス経路 5 2、及び空気経路 5 4 のうち、経路異常タグが付与された経路を、故障の可能性のある経路として確定し、図 1 4 のステップ S 1 4 1 にリターンする。

【 0 1 6 0 】

次に、図 1 6 を参照して、図 1 4 のステップ S 1 3 6 に係る経路診断 B の具体的な方法について説明する。

【 0 1 6 1 】

図 1 6 は、第 2 の実施形態に係る経路診断 B の処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、本実施形態に係る経路診断 B では、一例として、改質水経路 5 3 及びガス経路 5 2 の順番で経路診断が実施される。

10

【 0 1 6 2 】

図 1 6 のステップ S 1 8 1 では、CPU 1 1 が、一例として、上述の図 1 3 に示す第 4 データテーブル 1 5 F を参照し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が、温度帯 [イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ]のいずれであるかを判定する。燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [イ] 又は温度帯 [ロ] 又は温度帯 [ハ] であると判定した場合（イ、ロ、ハの場合）、ステップ S 1 8 2 に移行し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [ニ] であると判定した場合（ニの場合）、ステップ S 1 8 3 に移行する。

【 0 1 6 3 】

20

ステップ S 1 8 2 では、CPU 1 1 が、改質水経路 5 3 に改質水を導入する制御を行い、ステップ S 1 8 4 に移行する。

【 0 1 6 4 】

一方、ステップ S 1 8 3 では、CPU 1 1 が、改質水経路 5 3 に対して経路判定不能タグを付与し、ステップ S 1 8 9 に移行する。

【 0 1 6 5 】

ステップ S 1 8 4 では、CPU 1 1 が、所定の判定基準に従って、改質水経路 5 3 が正常であるか否かを判定する。改質水経路 5 3 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 1 8 5 に移行し、改質水経路 5 3 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 1 8 6 に移行する。

30

【 0 1 6 6 】

ステップ S 1 8 5 では、CPU 1 1 が、一例として、上述の図 1 3 に示す第 4 データテーブル 1 5 F を参照し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が、温度帯 [イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ]のいずれであるかを判定する。燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [イ] であると判定した場合（イの場合）、ステップ S 1 8 8 に移行し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [ロ] 又は温度帯 [ハ] 又は温度帯 [ニ] であると判定した場合（ロ、ハ、ニの場合）、ステップ S 1 8 9 に移行する。

【 0 1 6 7 】

一方、ステップ S 1 8 6 では、CPU 1 1 が、改質水経路 5 3 に対して経路異常タグを付与する。

40

【 0 1 6 8 】

ステップ S 1 8 7 では、CPU 1 1 が、燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [ロ] 以下になるまで待機し、ステップ S 1 8 9 に移行する。

【 0 1 6 9 】

ステップ S 1 8 8 では、CPU 1 1 が、改質水経路 5 3 に改質水を導入し、ガス経路 5 2 にガスを導入する制御を行い、ステップ S 1 9 0 に移行する。

【 0 1 7 0 】

一方、ステップ S 1 8 9 では、CPU 1 1 が、ガス経路 5 2 にガスを導入する制御を行い、ステップ S 1 9 0 に移行する。

【 0 1 7 1 】

50

ステップ S 1 9 0 では、CPU 1 1 が、所定の判定基準に従って、ガス経路 5 2 が正常であるか否かを判定する。ガス経路 5 2 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 1 9 2 に移行し、ガス経路 5 2 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 1 9 1 に移行する。

【 0 1 7 2 】

ステップ S 1 9 1 では、CPU 1 1 が、ガス経路 5 2 に対して経路異常タグを付与し、ステップ S 1 9 2 に移行する。

【 0 1 7 3 】

ステップ S 1 9 2 では、CPU 1 1 が、エラーを確定、つまり、改質水経路 5 3 及びガス経路 5 2 のうち、経路異常タグが付与された経路を、故障の可能性がある経路として確定し、図 1 4 のステップ S 1 4 1 にリターンする。

10

【 0 1 7 4 】

次に、図 1 7 を参照して、図 1 4 のステップ S 1 3 8 に係る経路診断 C の具体的な方法について説明する。

【 0 1 7 5 】

図 1 7 は、第 2 の実施形態に係る経路診断 C の処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、本実施形態に係る経路診断 C では、一例として、ガス経路 5 2 及び空気経路 5 4 の順番で経路診断が実施される。

【 0 1 7 6 】

図 1 7 のステップ S 2 0 1 では、CPU 1 1 が、一例として、上述の図 1 3 に示す第 4 データテーブル 1 5 F を参照し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が、温度帯 [イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ] のいずれであるかを判定する。燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [イ] であると判定した場合（イの場合）、ステップ S 2 0 2 に移行し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [ロ] 又は温度帯 [ハ] 又は温度帯 [ニ] であると判定した場合（ロ、ハ、ニの場合）、ステップ S 2 0 3 に移行する。

20

【 0 1 7 7 】

ステップ S 2 0 2 では、CPU 1 1 が、改質水経路 5 3 に改質水を導入し、ガス経路 5 2 にガスを導入する制御を行い、ステップ S 2 0 4 に移行する。

【 0 1 7 8 】

一方、ステップ S 2 0 3 では、CPU 1 1 が、ガス経路 5 2 にガスを導入する制御を行い、ステップ S 2 0 4 に移行する。

30

【 0 1 7 9 】

ステップ S 2 0 4 では、CPU 1 1 が、所定の判定基準に従って、ガス経路 5 2 が正常であるか否かを判定する。ガス経路 5 2 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 2 0 5 に移行し、ガス経路 5 2 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 2 0 6 に移行する。

【 0 1 8 0 】

ステップ S 2 0 5 では、CPU 1 1 が、一例として、上述の図 1 3 に示す第 4 データテーブル 1 5 F を参照し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が、温度帯 [イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ] のいずれであるかを判定する。燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [イ] 又は温度帯 [ロ] であると判定した場合（イ、ロの場合）、ステップ S 2 0 7 に移行し、燃料電池ユニット 5 0 の温度が温度帯 [ハ] 又は温度帯 [ニ] であると判定した場合（ハ、ニの場合）、ステップ S 2 0 8 に移行する。

40

【 0 1 8 1 】

一方、ステップ S 2 0 6 では、CPU 1 1 が、ガス経路 5 2 に対して経路異常タグを付与し、ステップ S 2 0 5 に移行する。

【 0 1 8 2 】

ステップ S 2 0 7 では、CPU 1 1 が、改質水経路 5 3 に改質水を導入し、ガス経路 5 2 にガスを導入し、空気経路 5 4 に空気を導入する制御を行い、ステップ S 2 0 9 に移行する。

50

【0183】

一方、ステップS208では、CPU11が、空気経路54に空気を導入する制御を行い、ステップS209に移行する。

【0184】

ステップS209では、CPU11が、所定の判定基準に従って、空気経路54が正常であるか否かを判定する。空気経路54が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップS211に移行し、空気経路54が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップS210に移行する。

【0185】

ステップS210では、CPU11が、空気経路54に対して経路異常タグを付与し、ステップS211に移行する。

10

【0186】

ステップS211では、CPU11が、エラーを確定、つまり、ガス経路52及び空気経路54のうち、経路異常タグが付与された経路を、故障の可能性がある経路として確定し、図14のステップS141にリターンする。

【0187】

次に、図18を参照して、図14のステップS140に係る経路診断Eの具体的な方法について説明する。

【0188】

図18は、第2の実施形態に係る経路診断Eの処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、本実施形態に係る経路診断Eでは、一例として、改質水経路53及び空気経路54の順番で経路診断が実施される。

20

【0189】

図18のステップS221では、CPU11が、一例として、上述の図13に示す第4データテーブル15Fを参照し、燃料電池ユニット50の温度が、温度帯[イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ]のいずれであるかを判定する。燃料電池ユニット50の温度が温度帯[イ]又は温度帯[ロ]又は温度帯[ハ]であると判定した場合（イ、ロ、ハの場合）、ステップS222に移行し、燃料電池ユニット50の温度が温度帯[ニ]であると判定した場合（ニの場合）、ステップS223に移行する。

【0190】

ステップS222では、CPU11が、改質水経路53に改質水を導入する制御を行い、ステップS224に移行する。

30

【0191】

一方、ステップS223では、CPU11が、改質水経路53に対して経路判定不能タグを付与し、ステップS228に移行する。

【0192】

ステップS224では、CPU11が、所定の判定基準に従って、改質水経路53が正常であるか否かを判定する。改質水経路53が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップS225に移行し、改質水経路53が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップS226に移行する。

40

【0193】

ステップS225では、CPU11が、一例として、上述の図13に示す第4データテーブル15Fを参照し、燃料電池ユニット50の温度が、温度帯[イ]、[ロ]、[ハ]、[ニ]のいずれであるかを判定する。燃料電池ユニット50の温度が温度帯[イ]又は温度帯[ロ]であると判定した場合（イ、ロの場合）、ステップS227に移行し、燃料電池ユニット50の温度が温度帯[ハ]又は温度帯[ニ]であると判定した場合（ハ、ニの場合）、ステップS228に移行する。

【0194】

一方、ステップS226では、CPU11が、改質水経路53に対して経路異常タグを付与し、ステップS228に移行する。

50

【 0 1 9 5 】

ステップ S 2 2 7 では、C P U 1 1 が、改質水経路 5 3 に改質水を導入し、ガス経路 5 2 にガスを導入し、空気経路 5 4 に空気を導入する制御を行い、ステップ S 2 2 9 に移行する。

【 0 1 9 6 】

一方、ステップ S 2 2 8 では、C P U 1 1 が、空気経路 5 4 に空気を導入する制御を行い、ステップ S 2 2 9 に移行する。

【 0 1 9 7 】

ステップ S 2 2 9 では、C P U 1 1 が、所定の判定基準に従って、空気経路 5 4 が正常であるか否かを判定する。空気経路 5 4 が正常であると判定した場合（肯定判定の場合）、ステップ S 2 3 1 に移行し、空気経路 5 4 が正常ではない、つまり、異常であると判定した場合（否定判定の場合）、ステップ S 2 3 0 に移行する。

【 0 1 9 8 】

ステップ S 2 3 0 では、C P U 1 1 が、空気経路 5 4 に対して経路異常タグを付与し、ステップ S 2 3 1 に移行する。

【 0 1 9 9 】

ステップ S 2 3 1 では、C P U 1 1 が、エラーを確定、つまり、改質水経路 5 3 及び空気経路 5 4 のうち、経路異常タグが付与された経路を、故障の可能性がある経路として確定し、図 1 4 のステップ S 1 4 1 にリターンする。

【 0 2 0 0 】

なお、本実施形態では、故障診断装置 1 0 A を外部のサーバ装置として実現した場合について説明したが、これに限定されない。故障診断装置 1 0 A は C G S 4 0 の制御装置 4 1 として実現してもよい。

【 0 2 0 1 】

このように本実施形態によれば、故障経路を絞り込み、絞り込んだ故障経路に関する故障診断モデルのみを適用すればよい。このため、故障診断を効率的に、かつ、精度良く行うことができる。

【 0 2 0 2 】

以上、上記実施形態として、故障診断装置及び故障診断システムを例示して説明したが、実施形態は、故障診断装置が備える各部の機能をコンピュータに実行させるためのプログラムの形態としてもよい。実施形態は、このプログラムを記憶したコンピュータが読み取り可能な記憶媒体の形態としてもよい。

【 0 2 0 3 】

その他、上記実施形態で説明した故障診断装置及び故障診断システムの構成は、一例であり、主旨を逸脱しない範囲内において状況に応じて変更してもよい。

【 0 2 0 4 】

また、上記実施形態で説明したプログラムの処理の流れも、一例であり、主旨を逸脱しない範囲内において不要なステップを削除したり、新たなステップを追加したり、処理順序を入れ替えたりしてもよい。

【 0 2 0 5 】

また、上記実施形態では、プログラムを実行することにより、実施形態に係る処理がコンピュータを利用してソフトウェア構成により実現される場合について説明したが、これに限らない。実施形態は、例えば、ハードウェア構成や、ハードウェア構成とソフトウェア構成との組み合わせによって実現してもよい。

【 符号の説明 】

【 0 2 0 6 】

1 0 、 1 0 A 故障診断装置

1 1 、 4 2 C P U

1 1 A 取得部

1 1 B 推定部

10

20

30

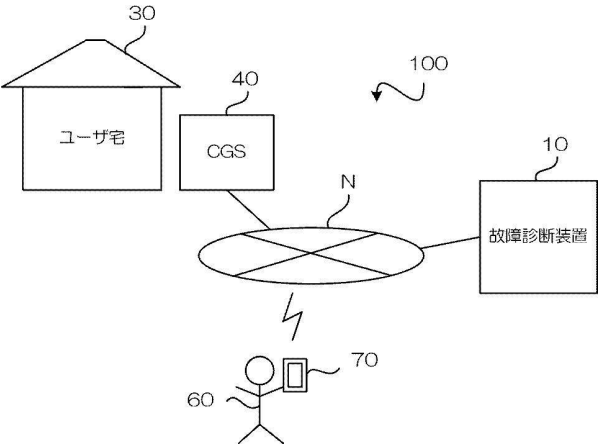
40

50

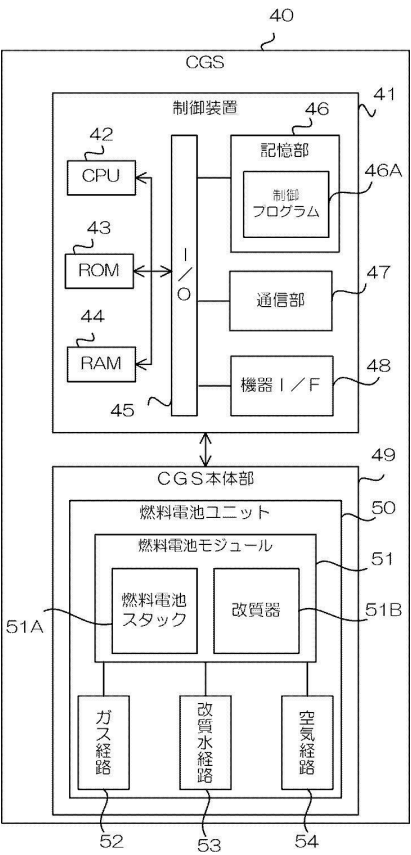
1 1 C	学習部	
1 1 D	出力部	
1 1 E	経路診断部	
1 2、4 3	ROM	
1 3、4 4	RAM	
1 4、4 5	I/O	
1 5、4 6	記憶部	
1 5 A	故障診断プログラム	
1 5 B	故障診断モデル	
1 5 C	第1データテーブル	10
1 5 D	第2データテーブル	
1 5 E	第3データテーブル	
1 5 F	第4データテーブル	
1 6	表示部	
1 7	操作部	
1 8、4 7	通信部	
3 0	ユーザ宅	
4 0	C G S	
4 1	制御装置	
4 6 A	制御プログラム	20
4 8	機器 I/F	
4 9	C G S 本体部	
5 0	燃料電池ユニット	
5 1	燃料電池モジュール	
5 1 A	燃料電池スタック	
5 1 B	改質器	
5 2	ガス経路	
5 3	改質水経路	
5 4	空気経路	
6 0	作業担当者	30
7 0	メンテナンス用端末	
1 0 0	故障診断システム	

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

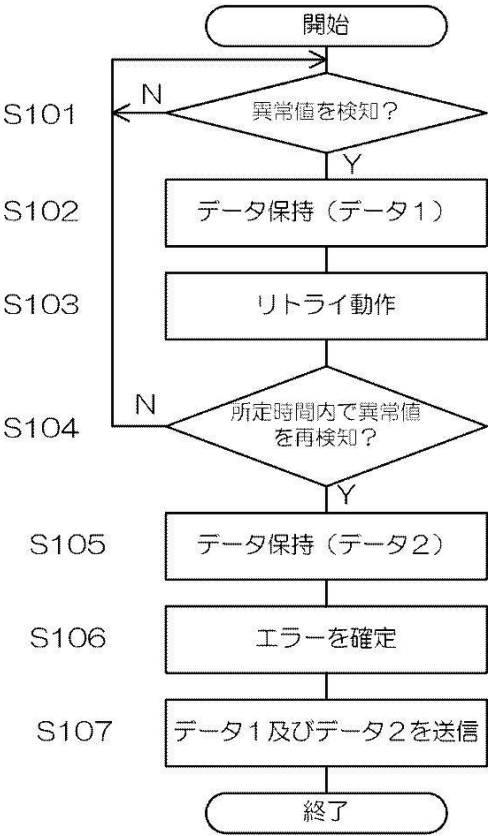
20

30

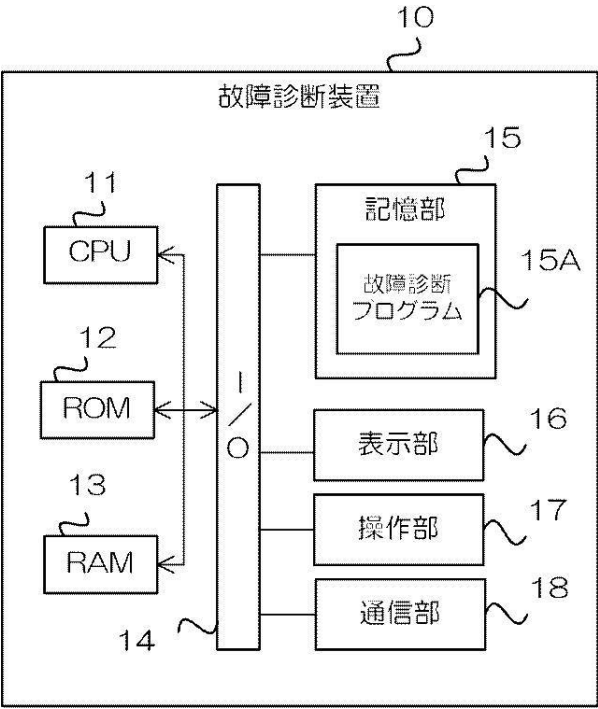
40

50

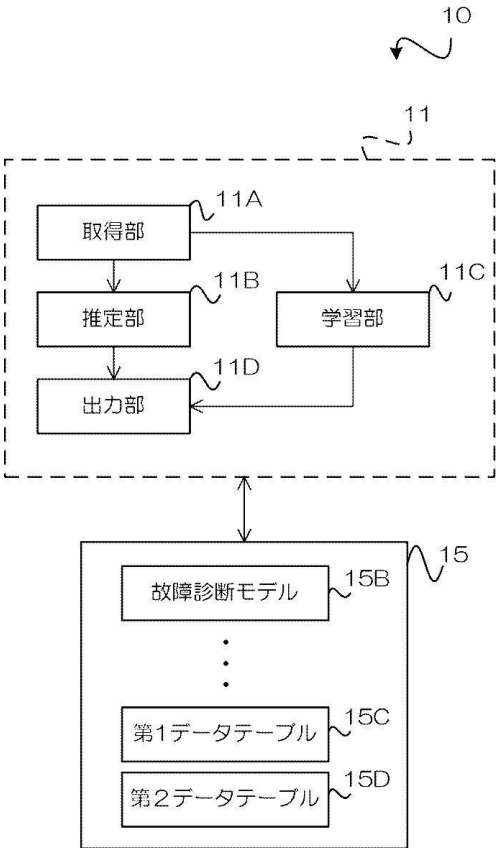
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

判定パターン	データ1の判定		データ2の判定		出力	対応
	故障	健全	故障	健全	故障	部品交換
	故障	健全	健全	故障	故障疑い	部品動作確認
	健全	故障	故障	健全	故障疑い	部品動作確認
	健全	健全	健全	健全	健全	なし

10

20

30

40

50

【図 7】

15D

	データ1の判定	・・・	データNの判定	出力	対応
判定パターン1	故障	故障又は健全	故障	故障	部品交換
・・・	故障又は健全	故障又は健全	故障又は健全	故障又は故障疑い又は健全	故障→部品交換 故障疑い→部品動作確認 健全→なし
判定パターン2N	健全	健全	健全	健全	なし

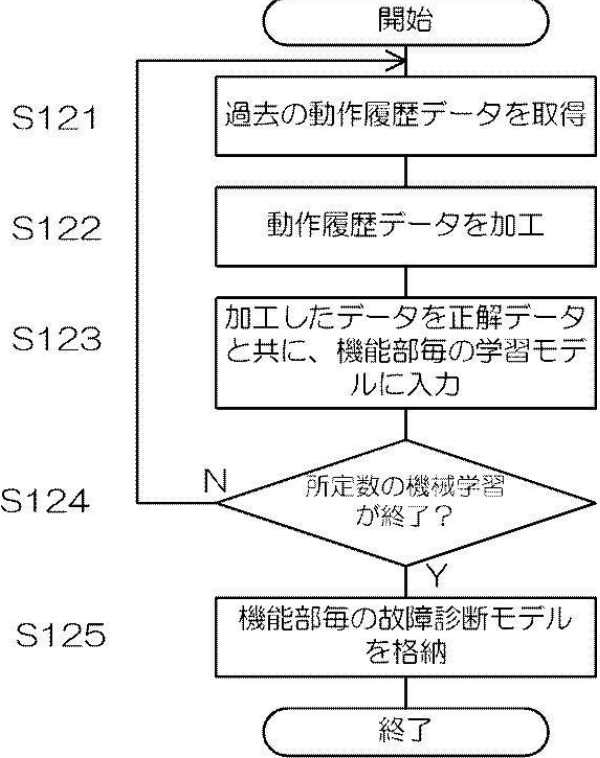
【図 8】

部品 A の故障診断モデル		予測	
		健全	故障
実態	健全	28(A)	1 (B)
	故障	12(C)	9(D)

【図 9】



【図 10】



10

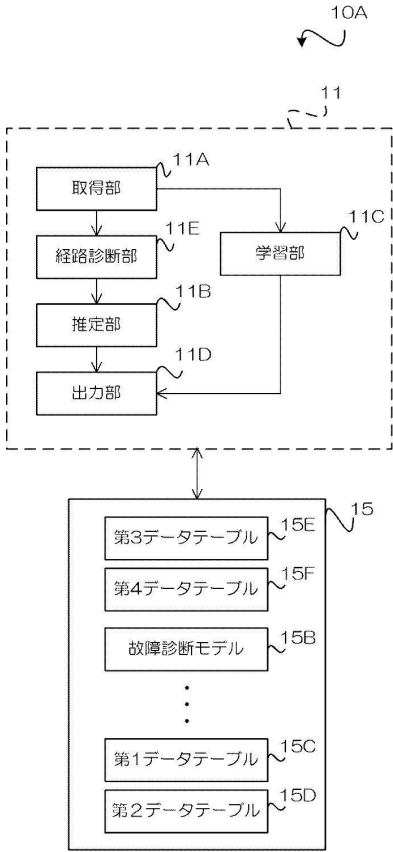
20

30

40

50

【図 1 1】



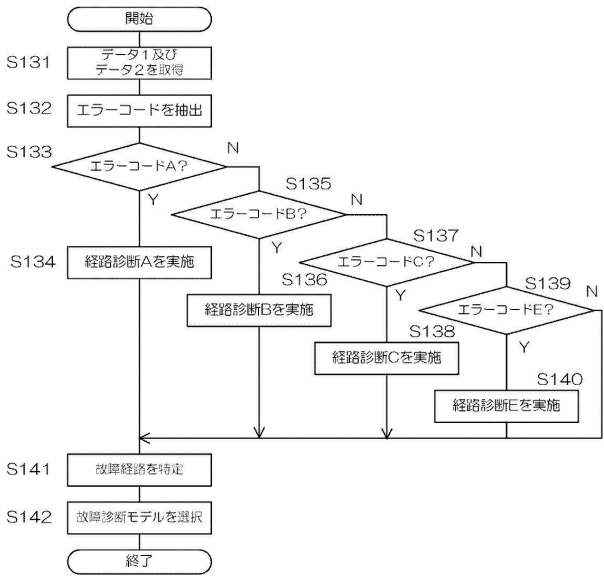
【図 1 2】

エラー 種別	故障の可能性がある経路				対応
	ガス経路	改質水経路	空気経路	空気経路	
A	○	○	○	○	経路診断 A
B	○	○	○	○	経路診断 B
C	○	○	○	○	経路診断 C
D	○	○	○	○	エラー原因がガス経路と特定
E	○	○	○	○	経路診断 E
F	○	○	○	○	エラー原因が改質水経路と特定
G	○	○	○	○	エラー原因が空気経路と特定
H	○	○	○	○	ガス、改質水、及び空気の各経路とは無関係のエラー

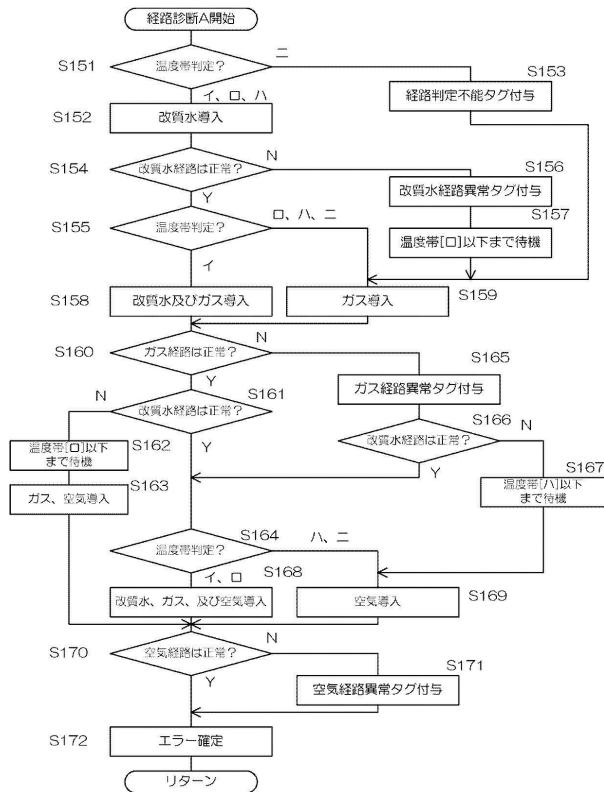
【図 1 3】

温度帯 [イ]: 高	温度帯 [ロ]: 中	温度帯 [ハ]: 中	温度帯 [ニ]: 低
改質水経路診断方法	改質水導入	改質水導入	改質水導入
ガス経路診断方法	改質水+ガス導入 (改質水+ガスも可)	改質水+ガス導入 (改質水+ガスも可)	改質水+ガス導入 (改質水+ガスも可)
空気経路診断方法	改質水+ガス+空気導入 (改質水+ガス+空気も可)	改質水+ガス+空気導入 (改質水+ガス+空気も可)	改質水+ガス+空気導入 (改質水+ガス+空気も可)

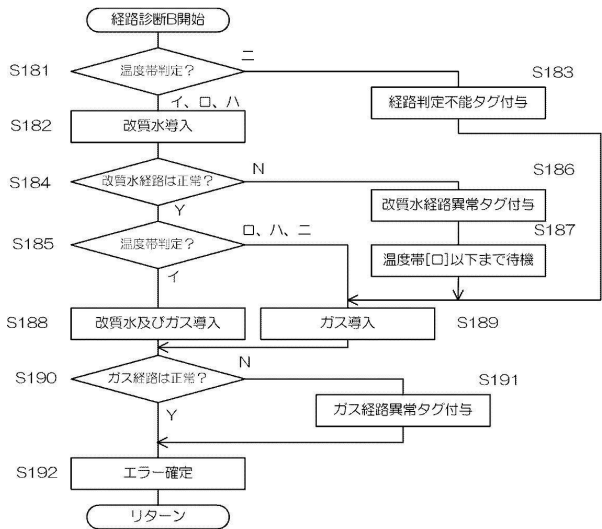
【図 1 4】



【図 15】



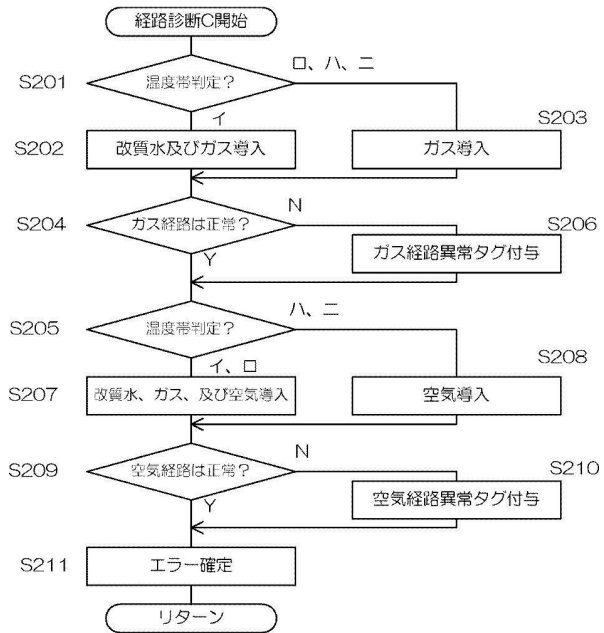
【図 16】



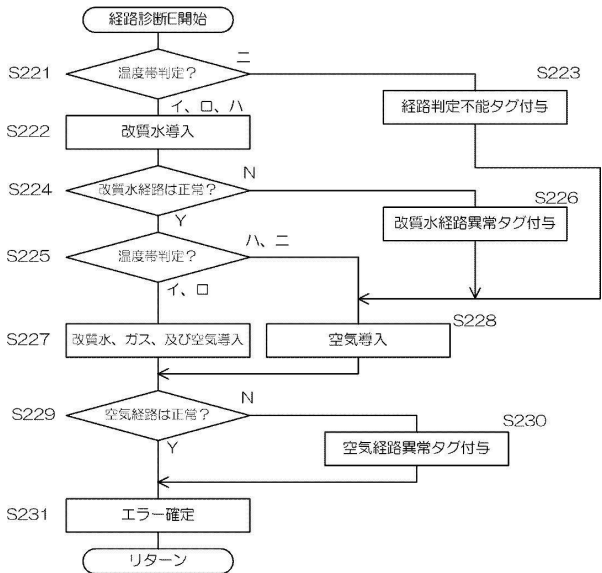
10

20

【図 17】



【図 18】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 M **8/0432(2016.01)**

H 0 1 M 8/0432

G 0 5 B **23/02 (2006.01)**

G 0 5 B 23/02 3 0 2 R

G 0 6 Q **10/00 (2023.01)**

G 0 5 B 23/02 T

G 0 6 Q 10/00

(56)参考文献

特開 2 0 1 3 - 0 8 9 4 0 2 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 9 / 2 3 0 0 4 9 (W O , A 1)

特開 2 0 1 2 - 2 0 1 5 3 8 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 0 8 6 9 1 7 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 0 9 2 4 5 8 (J P , A)

特開 2 0 2 0 - 0 3 0 7 5 7 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 3 3 9 1 2 3 (J P , A)

特表 2 0 1 9 - 5 2 1 4 9 1 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 2 2 3 9 1 7 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 M 8 / 0 4 - 8 / 0 6 6 8

F 2 4 D 1 8 / 0 0

F 2 4 H 1 / 0 0

1 / 1 8 - 1 / 2 0

4 / 0 0 - 4 / 0 6

G 0 5 B 2 3 / 0 0 - 2 3 / 0 2

G 0 6 Q 1 0 / 0 0 - 1 0 / 1 0

3 0 / 0 0 - 3 0 / 0 8

5 0 / 0 0 - 5 0 / 2 0

5 0 / 2 6 - 9 9 / 0 0

G 1 6 Z 9 9 / 0 0