

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2024年9月19日(19.09.2024)

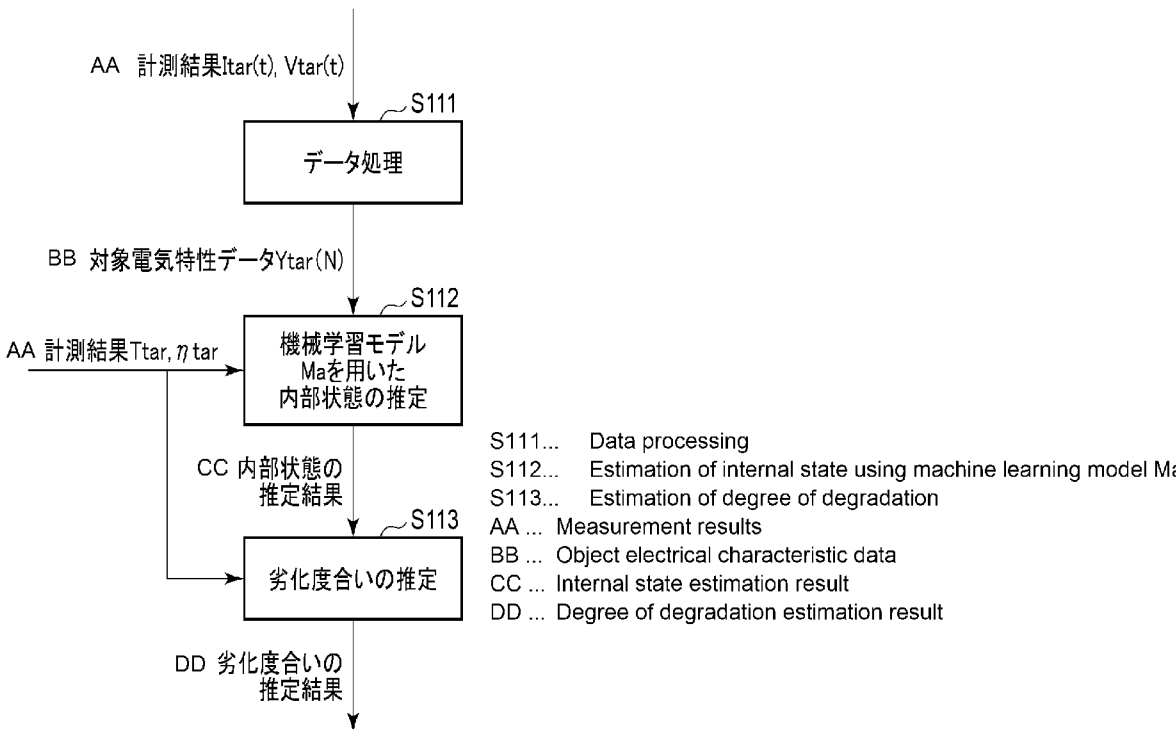


(10) 国際公開番号  
**WO 2024/189905 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*G01R 31/392* (2019.01) *G01R 31/389* (2019.01)  
*G01R 31/367* (2019.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/010348
- (22) 国際出願日: 2023年3月16日(16.03.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社 東芝 (**KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA**) [JP/JP]; 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 上村 洋平(**UEMURA, Yohei**); 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人 鈴榮特許総合事務所 (**SUZUYE & SUZUYE**); 〒1050014 東京都港区芝三丁目23番1号 セレスティン芝三井ビルディング11階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,

(54) **Title:** STORAGE CELL DIAGNOSTIC DEVICE, DIAGNOSTICS SYSTEM, AND DIAGNOSTIC METHOD

(54) 発明の名称: 蓄電池の診断装置、診断システム及び診断方法



(57) **Abstract:** A diagnostic device according to an embodiment of the present invention comprises a processing circuit, and the processing circuit measures a time variation in an electric current and voltage of a storage cell in a state in which an electric current pseudo-random pulse signal is being input to the storage cell. Using a machine learning model that outputs an internal state of the storage cell from input of electrical characteristic data based on electric current time-series data and voltage time-series data of the storage cell, the processing circuit inputs object electrical characteristic data based



LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,  
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,  
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

on measurement results for the electric current and voltage time variation to the machine learning model and estimates the internal state of the storage cell on the basis of an output result from the machine learning model from inputting of the object electrical characteristic data.

(57) 要約：実施形態の診断装置は、処理回路を備え、処理回路は、電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池に入力している状態において、蓄電池の電流及び電圧の時間変化を計測する。処理回路は、蓄電池の電流時系列データ及び電圧時系列データに基づいた電気特性データの入力から蓄電池の内部状態を出力する機械学習モデルを用いて、電流及び電圧の時間変化についての計測結果に基づいた対象電気特性データを、機械学習モデルに入力し、対象電気特性データの入力による機械学習モデルからの出力結果に基づいて、蓄電池の内部状態を推定する。

## 明 細 書

発明の名称：蓄電池の診断装置、診断システム及び診断方法

### 技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、蓄電池の診断装置、診断システム及び診断方法に関する。

### 背景技術

[0002] 蓄電池の劣化状態の診断等において、蓄電池のインピーダンスの周波数特性を計測し、インピーダンスの周波数特性についての計測結果に基づいて、蓄電池の抵抗成分又は満充電容量等を推定することが、行われている。蓄電池のインピーダンスの周波数特性の計測では、例えば、周期的に電流値が変化する電流波形を複数の周波数のそれぞれで蓄電池に入力し、蓄電池に電流波形が入力されている状態において、蓄電池の電流及び電圧の時間変化を計測する。そして、蓄電池の電流及び電圧の時間変化についての計測結果をフーリエ解析することにより、複数の周波数のそれぞれでの蓄電池のインピーダンスを計測し、蓄電池のインピーダンスの周波数特性を計測する。

[0003] また、蓄電池のインピーダンスの周波数特性についての計測結果に基づいた蓄電池の抵抗成分の推定では、例えば、インピーダンスの周波数特性についての計測結果、及び、蓄電池の等価回路モデルを用いて、フィッティング計算を行う。この際、蓄電池の抵抗成分を含む等価回路モデルで設定される回路パラメータを変数として、フィッティング計算が行われ、フィッティング計算によって変数となる回路パラメータを算出することにより、蓄電池の抵抗成分が推定される。また、例えば、蓄電池のインピーダンスの周波数特性の入力から蓄電池の満充電容量を出力する機械学習モデルを用いて、蓄電池の満充電容量を推定することが、行われている。この場合、インピーダンスの周波数特性についての計測結果を機械学習モデルに入力し、機械学習モデルからの出力結果に基づいて、蓄電池の満充電容量を推定する。

[0004] 前述のように蓄電池の劣化状態を診断する場合、例えば、蓄電池の電流及

び電圧の時間変化についての計測結果のフーリエ解析、及び、蓄電池のインピーダンスの周波数特性についての計測結果及び等価回路モデルを用いたフィッティング計算を省略する等して、蓄電池の電流及び電圧の時間変化についての計測結果を含む計測データの解析における手間を低減することが、求められている。そして、蓄電池の電流及び電圧の時間変化を解析する手間を低減することにより、計測データの解析に要する時間を短縮することが、求められている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0005] 特許文献1：日本国特開2020-20604号公報  
特許文献2：日本国特開2016-90346号公報  
特許文献3：日本国特開2014-126532号公報  
特許文献4：日本国特開2017-106889号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0006] 本発明が解決しようとする課題は、蓄電池の電流及び電圧の時間変化についての計測結果を含む計測データの解析における手間を低減する蓄電池の診断装置、診断システム及び診断方法を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

- [0007] 実施形態によれば、蓄電池の診断装置は、処理回路を備え、処理回路は、電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池に入力している状態において、蓄電池の電流及び電圧の時間変化を計測する。処理回路は、蓄電池の電流時系列データ及び電圧時系列データに基づいた電気特性データの入力から蓄電池の内部状態を出力する機械学習モデルを用いて、電流及び電圧の時間変化についての計測結果に基づいた対象電気特性データを、電気特性データとして機械学習モデルに入力する。処理回路は、対象電気特性データの入力による機械学習モデルからの出力結果に基づいて、蓄電池の内部状態を推定する。

## 図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、第1の実施形態に係る診断システムの一例を概略的に示すブロック図である。

[図2]図2は、第1の実施形態において、蓄電池についての診断用の計測データの計測で、処理実行部によって行われる処理の一例を概略的に示すフローチャートである。

[図3]図3は、第1の実施形態において、蓄電池に入力される電流の疑似ランダムパルス信号の一例を示す概略図である。

[図4]図4は、第1の実施形態において、蓄電池についての診断用の計測データの解析で、処理実行部によって行われる処理の一例を説明する概略図である。

[図5]図5は、図4のS111のデータ処理において、処理実行部によって行われる処理の一例を概略的に示すフローチャートである。

[図6]図6は、図5のS122及びS123の処理の一例を説明する概略図である。

[図7]図7は、図4のS112の処理で用いられる機械学習モデルの一例を示す概略図である。

[図8]図8は、第1の実施形態に係る蓄電池の等価回路モデルの一例を説明する概略図である。

[図9]図9は、第1の実施形態において、機械学習モデルの生成に用いられる学習データの一例を示す概略図である。

[図10]図10は、第1の変形例において、処理実行部が用いることが可能な複数の機械学習モデルの一例を示す概略図である。

[図11]図11は、第1の変形例において、蓄電池についての診断用の計測データの解析で、処理実行部によって行われる処理の一例を説明する概略図である。

## 発明を実施するための形態

[0009] 以下、実施形態について図面を参照して、説明する。

[0010] (第1の実施形態)

まず、実施形態の一例として、第1の実施形態について説明する。図1は、第1の実施形態に係る診断システム1の一例を示す。図1に示すように、診断システム1は、診断対象となる蓄電池2及び診断装置3を備える。蓄電池2は、例えば、電池搭載機器（図示しない）に搭載される。蓄電池2が搭載される電池搭載機器としては、AGV（Automatic Guided Vehicle）等の工場用の搬送車、定置用電源装置、スマートフォン、電気自動車等の車両、ロボット及びドローン等が挙げられる。

[0011] 蓄電池2は、例えば、リチウムイオン二次電池等の二次電池である。蓄電池2は、単セル（単電池）から形成されてもよく、複数の単セルを電氣的に接続することにより形成される電池モジュール又はセルブロックであってもよい。蓄電池2が複数の単セルから形成される場合、蓄電池2において、複数の単セルが電氣的に直列に接続されてもよく、複数の単セルが電氣的に並列に接続されてもよい。また、蓄電池2において、複数の単セルが直列に接続される直列接続構造、及び、複数の単セルが並列に接続される並列接続構造の両方が形成されてもよい。また、蓄電池2は、複数の電池モジュールが電氣的に接続される電池ストリング及び電池アレイのいずれかであってもよい。

[0012] 診断システム1は、電源回路5、電流検出回路6、電圧検出回路7及び温度センサ8を備える。電源回路5は、蓄電池2へ電力を出力可能である。ある一例では、電源回路5は、蓄電池2の診断においてのみ用いられる。別のある一例では、電源回路5は、蓄電池2の診断に加えて、蓄電池2の充電にも用いられる。この場合、蓄電池2の診断での電源回路5からの電力の出力状態は、蓄電池2の充電での電源回路5からの電力の出力状態とは、異なる。電流検出回路6は、蓄電池2に流れる電流Iを検出し、例えば、蓄電池2への入力電流を検出する。電圧検出回路7は、蓄電池2に印加される電圧Vを検出し、例えば、蓄電池2の端子間電圧を検出する。温度センサ8は、蓄電池2の温度Tを検出する。したがって、電流検出回路6、電圧検出回路7

及び温度センサ 8 によって、蓄電池 2 に関連するパラメータを検出する検出ユニットが、構成される。

[0013] 診断装置 3 は、診断対象となる蓄電池 2 の劣化状態等を診断する。図 1 の一例では、診断装置 3 は、サーバ等の処理装置（コンピュータ）であり、処理回路等の処理実行部 11、及び、記憶部 12 を備える。診断装置 3 がサーバ等である場合、診断装置 3 は、プロセッサ又は集積回路等、及び、メモリ等の記憶媒体を備える。診断装置 3 では、プロセッサ又は集積回路等は、CPU（Central Processing Unit）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）、GPU（Graphics Processing Unit）、マイコン、FPGA（Field Programmable Gate Array）及びDSP（Digital Signal Processor）等のいずれかを含む。診断装置 3 には、プロセッサ等は、1 つのみ設けられてもよく、複数設けられてもよい。また、診断装置 3 には、記憶媒体は、1 つのみ設けられてもよく、複数設けられてもよい。診断装置 3 では、プロセッサ又は集積回路等は、例えば、記憶媒体に記憶されたプログラムを実行することにより、処理を行う。また、診断装置 3 では、プロセッサ等によって、処理回路である処理実行部 11 の処理が行われ、記憶媒体が記憶部 12 として機能する。処理実行部 11 は、例えば、記憶部 12 に記憶される診断プログラムを実行することにより、後述する処理を行う。

[0014] なお、ある一例では、複数のサーバ等の複数の処理装置（コンピュータ）から診断装置 3 が構成され、複数の処理装置のプロセッサが協働して、処理実行部 11 による後述の処理を行う。また、別のある一例では、クラウド環境のクラウドサーバから診断装置 3 の少なくとも一部が構成される。クラウド環境のインフラは、仮想GPU等の仮想プロセッサ及びクラウドメモリによって、構成される。そして、仮想プロセッサが、処理実行部 11 による後述の処理の少なくとも一部を行う。そして、クラウドメモリが、記憶部 12 として機能する。

[0015] また、ある一例では、診断システム 1 にユーザインタフェースが設けられてもよい。この場合、ユーザインタフェースでは、診断システム 1 の利用者

等によって、診断システム 1 の診断に関連する操作等が入力される。このため、ユーザインタフェースには、ボタン、マウス、タッチパネル及びキーボード等のいずれかが、利用者等によって操作が入力される操作部として設けられる。また、ユーザインタフェースには、診断システム 1 の診断に関連する情報を告知する告知部が、設けられる。告知部では、画面表示及び音の発信等のいずれかによって、情報が告知される。なお、ユーザインタフェースは、診断装置 3 を構成する処理装置に搭載されてもよく、診断装置 3 を構成する処理装置とは別体で設けられてもよい。

[0016] 以下、診断対象である蓄電池 2 の診断について説明する。本実施形態では、蓄電池 2 の診断は、定期的に行われ、1 回の診断の度に、以下に示す処理が行われる。蓄電池 2 の診断において、処理実行部 11 は、蓄電池 2 についての診断用の計測データを計測する。図 2 は、蓄電池 2 についての診断用の計測データの計測において、処理実行部 11 によって行われる処理の一例をフローチャートで示す。図 2 の一例を開始すると、処理実行部 11 は、電源回路 5 からの出力を制御することにより、電源回路 5 から蓄電池 2 への電流 I の疑似ランダムパルス信号の入力を開始させる（S101）。

[0017] 図 1 の一例では、電流 I の疑似ランダムパルス信号は、電源回路 5 において生成され、電源回路 5 は、生成した疑似ランダムパルス信号を蓄電池 2 に出力する。ただし、疑似ランダムパルス信号は、必ずしも電源回路 5 で生成される必要はない。ある一例では、電源回路 5 と蓄電池 2 との間に、駆動回路（スイッチング回路）が設けられ、処理実行部 11 は、電源回路 5 からの出力を制御することにより、電源回路 5 から蓄電池 2 に経時的に一定の電流値で出力電流を出力させる。そして、駆動回路は、電源回路 5 からの出力電流の全てが蓄電池 2 に入力される非分流状態、及び、電源回路 5 からの出力電流の一部が分流され、かつ、分流された一部が蓄電池 2 に入力されないバイパス電流となる分流状態に、切替わり可能である。そして、処理実行部 11 は、駆動回路の駆動を制御し、非分流状態と分流状態との間での駆動回路の切替わりを制御することにより、疑似ランダムパルス信号を蓄電池 2 に入

力させる。

[0018] 図3は、蓄電池2に入力される電流 $I$ の疑似ランダムパルス信号の一例を示す。図3では、横軸が時間 $t$ を示し、縦軸が電流 $I$ を示す。図3に示すように、蓄電池2に入力される電流 $I$ の疑似ランダムパルス信号には、複数のパルス $p$ が含まれ、複数のパルス $p$ のそれぞれでは、パルス幅及びパルス高さが規定される。複数のパルス $p$ の少なくとも1つは、他のパルス $p$ とはパルス幅が異なる。また、複数のパルス $p$ では、互いに対してパルス高さが同一又は略同一となる。このため、蓄電池2に入力される疑似ランダムパルス信号では、電流 $I$ の振幅 $I_p$ は、経時的に一定又は略一定になる。図3の一例では、疑似ランダムパルス信号において、電流値（第1の電流値） $I_\alpha$ と電流値 $I_\alpha$ より振幅 $I_p$ 大きい電流値（第2の電流値） $I_\alpha + I_p$ との間で、電流 $I$ が経時的に変化する。なお、電流値 $I_\alpha$ は、ゼロであってもよく、ゼロより大きい値であってもよい。

[0019] 図2に示すように、蓄電池2についての診断用の計測データの計測では、処理実行部11は、電流 $I$ の疑似ランダムパルス信号を蓄電池2に入力している状態において、蓄電池2の電流 $I$ 及び電圧 $V$ の時間変化を計測する（S102）。疑似ランダムパルス信号が蓄電池2に入力されている状態では、互いに対して異なる複数の時点のそれぞれにおいて、電流検出回路6は、蓄電池2の電流 $I$ を検出し、電圧検出回路7は、蓄電池2の電圧 $V$ を検出する。そして、処理実行部11は、複数の時点での電流検出回路6による検出結果に基づいて、蓄電池2の電流 $I$ の時間変化を計測し、複数の時点での電圧検出回路7による検出結果に基づいて、蓄電池2の電圧 $V$ の時間変化を計測する。なお、疑似ランダムパルス信号が蓄電池2に入力されている状態では、蓄電池2の電流 $I$ の時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ として、図3の一例等に示す疑似ランダムパルス信号の時間変化が、計測される。

[0020] また、図2の一例では、処理実行部11は、蓄電池2の電流 $I$ 及び電圧 $V$ の時間変化に加えて、蓄電池2の温度 $T$ 及びSOC $\eta$ を計測する（S103）。ある一例では、温度センサ8は、疑似ランダムパルス信号が蓄電池2に

入力されている期間、又は、その期間の直前又は直後のある1つの時点で、蓄電池2の温度 $T$ を検出する。そして、処理実行部11は、温度センサ8が検出した温度 $T$ の値を、蓄電池2の温度 $T$ についての計測結果 $T_{tar}$ として算出する。別の一例では、温度センサ8は、疑似ランダムパルス信号が蓄電池2に入力されている状態において、互いに対して異なる複数の時点のそれぞれで、蓄電池2の温度 $T$ を検出する。そして、処理実行部11は、複数の時点で温度センサ8が検出した温度 $T$ の値の平均値又は中間値を、蓄電池2の温度 $T$ についての計測結果 $T_{tar}$ として算出する。

[0021] また、蓄電池2のSOC $\eta$ の計測では、処理実行部11は、疑似ランダムパルスが蓄電池2に入力されている状態において、電流検出回路6及び電圧検出回路7による検出結果に基づいて、診断時での蓄電池2の開回路電圧（OCV）を計測する。この際、処理実行部11は、電圧検出回路7による検出結果から、診断時での蓄電池2の閉回路電圧（CCV）を計測し、閉回路電圧についての計測結果、電流検出回路6による検出結果及び蓄電池2の抵抗成分を用いて、蓄電池2の開回路電圧を算出する。また、開回路電圧の算出に用いる蓄電池2の抵抗成分は、前回の診断における蓄電池2の抵抗成分の推定結果等に基づいて、算出される。そして、処理実行部11は、蓄電池2の開回路電圧についての計測結果、及び、記憶部12に記憶される蓄電池2の開回路電圧とSOC $\eta$ との関係に基づいて、診断時における蓄電池2のSOC $\eta$ の値を、SOC $\eta$ についての計測結果 $\eta_{tar}$ として算出する。なお、ある一例では、診断より前の所定の時点での蓄電池2のSOC $\eta$ の値、及び、所定の時点から診断時までの蓄電池2の充電及び放電の時間履歴等に基づいて、診断時における蓄電池2のSOC $\eta$ の値を、SOC $\eta$ についての計測結果 $\eta_{tar}$ として算出する。また、ある一例では、処理実行部11は、電源回路5又は蓄電池2から蓄電池2のSOCに関する情報を受信してもよい。

[0022] 前述のように計測データの計測が行われることにより、計測された計測データには、蓄電池2に疑似ランダムパルス信号が入力されている状態で計測

された蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ ,  $V_{tar}(t)$  が、含まれる。また、図 2 の一例では、計測された計測データに、診断時において計測された蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  についての計測結果  $T_{tar}$ ,  $\eta_{tar}$  が、含まれる。前述のように蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  のそれぞれの時間変化、及び、蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  等を計測すると、処理実行部 11 は、電源回路 5 からの出力を制御することにより、電源回路 5 から蓄電池 2 への電流  $I$  の疑似ランダムパルス信号の入力を停止させる (S104)。これにより、図 2 の一例の処理は、終了する。

[0023] また、蓄電池 2 の診断では、処理実行部 11 は、前述のようにして計測した蓄電池 2 についての診断用の計測データを、解析する。図 4 は、蓄電池 2 についての診断用の計測データの解析において、処理実行部 11 によって行われる処理の一例を説明する。図 4 に示すように、本実施形態では、計測データの解析において、処理実行部 11 は、計測データに含まれる蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ ,  $V_{tar}(t)$  を用いて、データ処理を行う (S111)。そして、処理実行部 11 は、S111 のデータ処理によって、蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ ,  $V_{tar}(t)$  に基づいた蓄電池 2 の対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  を、生成する。

[0024] 図 5 は、図 4 の S111 のデータ処理、すなわち、蓄電池 2 の対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  の生成において、処理実行部 11 によって行われる処理の一例をフローチャートで示す。図 5 の一例の処理を開始すると、処理実行部 11 は、計測した電流  $I$  の時間変化における電流  $I$  の振幅  $I_p$  を用いて、電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $V_{tar}(t)$  を規格化する (S121)。この際、処理実行部 11 は、例えば、電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $V_{tar}(t)$  で示される複数の時点のそれぞれでの電圧  $V$  の計測値を、電流  $I$  の振幅  $I_p$  で除算することにより、電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $V_{tar}(t)$  を規格化する。処理実行部 11 は、電圧の時間

変化についての計測結果  $V_{tar}(t)$  を規格化することにより、診断対象となる蓄電池 2 についての規格化時系列データ  $Y_{tar}(t)$  を生成する。規格化時系列データ  $Y_{tar}(t)$  では、計測データの計測において蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  を計測（検出）した複数の時点のそれぞれについて、規格化パラメータ  $Y$  の値が示される。規格化パラメータ  $Y$  は、計測した電流  $I$  の時間変化における電流  $I$  の振幅  $I_p$  で蓄電池 2 の電圧  $V$  を除算したパラメータに、相当する。

[0025] そして、処理実行部 11 は、生成した規格化時系列データ  $Y_{tar}(t)$  から、互い対して異なる複数の規定時点での規格化パラメータ  $Y$  の値を抽出する（S122）。規格化時系列データ  $Y_{tar}(t)$  から抽出される複数の規定時点の数は、計測データの計測において蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  を計測した複数の時点の数より少ない。そして、処理実行部 11 は、抽出した複数の規定時点での規格化パラメータ  $Y$  の値を、規定の順序で並べる（S123）。この際、複数の規定時点での値を並べる規定の順序は、順序パラメータ  $N$  に基づいて、設定される。

[0026] 処理実行部 11 は、前述のようにして S122 及び S123 の処理を行うことにより、診断対象である蓄電池 2 の対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  を生成する。前述のようにして蓄電池 2 の対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  が生成されるため、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  では、抽出された複数の規定時点での規格化パラメータ  $Y$  の値が、順序パラメータ  $N$  に基づく規定の順序で並べられた状態で示される。また、前述のように対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  が生成されるため、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  は、計測データに含まれる蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$  に基づいたデータとなる。また、規格化時系列データ  $Y_{tar}(t)$  において規格化パラメータ  $Y$  の値が示されるデータ点の数は、計測データの計測において蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  を計測した時点の数と同一となり、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  において規格化パラメータ  $Y$  の値が示されるデータ点の数は、規格化時系

列データ  $Y_{tar}(t)$  から抽出された規定時点の数と同一となる。このため、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  において規格化パラメータ  $Y$  の値が示されるデータ点の数は、規格化時系列データ  $Y_{tar}(t)$  において規格化パラメータ  $Y$  の値が示されるデータ点の数から、減少される。

[0027] 図6は、図5のS122及びS123の処理の一例を説明する。図6では、前述した規格化時系列データ  $Y_{tar}(t)$  が、横軸を時間  $t$  とし、かつ、縦軸を規格化パラメータ  $Y$  とするグラフで示され、前述の対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  が、横軸を順序パラメータ  $N$  とし、かつ、縦軸を規格化パラメータ  $Y$  とするグラフで示される。図6の一例では、処理実行部11は、S122の処理によって、複数の規定時点での規格化パラメータ  $Y$  の値として、白抜きの丸で示す値、白抜きの菱形で示す値、及び、白抜きのバツ印で示す値のそれぞれが抽出される。

[0028] 白抜きの丸で示す値は、時間  $t_{\alpha 1}$  と時間  $t_{\alpha 1}$  より後の時間  $t_{\alpha k}$  ( $k$  は2以上の整数) との間において、時間間隔(第1の時間間隔)  $\times \alpha$  で等間隔に規格化パラメータ  $Y$  の値を抽出することにより、抽出される。また、白抜きの菱形で示す値は、時間  $t_{\beta 1}$  と時間  $t_{\beta 1}$  より後の時間  $t_{\beta m}$  ( $m$  は2以上の整数) との間において、時間間隔  $\times \alpha$  より大きい時間間隔(第2の時間間隔)  $\times \beta$  で等間隔に規格化パラメータ  $Y$  の値を抽出することにより、抽出される。そして、白抜きのバツ印で示す値は、時間  $t_{\gamma 1}$  と時間  $t_{\gamma 1}$  より後の時間  $t_{\gamma n}$  ( $n$  は2以上の整数) との間において、時間間隔  $\times \beta$  より大きい時間間隔(第3の時間間隔)  $\times \gamma$  で等間隔に規格化パラメータ  $Y$  の値を抽出することにより、抽出される。なお、図6の一例では、時間  $t_{\beta 1}$  ,  $t_{\gamma 1}$  のそれぞれは、時間  $t_{\alpha k}$  より後の時点であり、時間  $t_{\gamma 1}$  は、時間  $t_{\beta 1}$  と時間  $t_{\beta m}$  との間の時点である。また、時間  $t_{\gamma n}$  は、時間  $t_{\beta m}$  より後の時点である。

[0029] また、図6の一例では、処理実行部11は、S123の処理によって、白抜きの丸で示す値を時間  $t$  が早い順で並べ、白抜きの丸で示す値より順序パラメータ  $N$  が大きい側に、白抜きの菱形で示す値を時間  $t$  が早い順で並べる

。そして、処理実行部 11 は、白抜きの菱形で示す値より順序パラメータ  $N$  が大きい側に、白抜きのバツ印で示す値を時間  $t$  が早い順で並べる。このため、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  では、順序パラメータ  $N$  が小さい側から時間  $t_{\alpha 1}, \dots, t_{\alpha k}$  の順序で、規格化パラメータ  $Y$  の値が並べられ、時間  $t_{\alpha 1} \sim t_{\alpha k}$  での規格化パラメータ  $Y$  の値より順序パラメータ  $N$  が大きい側に、順序パラメータ  $N$  が小さい側から時間  $t_{\beta 1}, \dots, t_{\beta m}$  の順序で、規格化パラメータ  $Y$  の値が並べられる。そして、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  では、時間  $t_{\beta 1} \sim t_{\beta m}$  での規格化パラメータ  $Y$  の値より順序パラメータ  $N$  が大きい側に、順序パラメータ  $N$  が小さい側から時間  $t_{\gamma 1}, \dots, t_{\gamma n}$  の順序で、規格化パラメータ  $Y$  の値が並べられる。したがって、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  では、順序パラメータ  $N_1 \sim N_k, N_{k+1} \sim N_{k+m}, N_{k+m+1} \sim N_{k+m+n}$  での規格化パラメータ  $Y$  の値は、それぞれ、規格化時系列データ  $Y_{tar}(t)$  の時間  $t_{\alpha 1} \sim t_{\alpha k}, t_{\beta 1} \sim t_{\beta m}, t_{\gamma 1} \sim t_{\gamma n}$  での規格化パラメータ  $Y$  の値に相当する。

[0030] なお、図 6 の一例では、時間  $t_{\alpha 1}, t_{\beta 1}, t_{\gamma 1}$  は、互いに対して異なる時点であるが、ある一例では、時間  $t_{\alpha 1}, t_{\beta 1}, t_{\gamma 1}$  は、互いに対して同一の時点であってもよい。この場合も、時間  $t_{\alpha 1}$  と時間  $t_{\alpha k}$  との間において、時間間隔  $X_{\alpha}$  で等間隔に規格化パラメータ  $Y$  の値が抽出され、時間  $t_{\beta 1}$  と時間  $t_{\beta m}$  との間において、時間間隔  $X_{\alpha}$  より大きい時間間隔  $X_{\beta}$  で等間隔に規格化パラメータ  $Y$  の値が抽出され、時間  $t_{\gamma 1}$  と時間  $t_{\gamma n}$  との間において、時間間隔  $X_{\beta}$  より大きい時間間隔  $X_{\gamma}$  で等間隔に規格化パラメータ  $Y$  の値が抽出される。また、時間  $t_{\alpha 1}, t_{\beta 1}, t_{\gamma 1}$  が互いに対して同一の時点である場合、時間  $t_{\alpha 1}, t_{\beta 1}, t_{\gamma 1}$  は、蓄電池 2 への電流の疑似ランダムパルス信号の入力の開始時点であってもよい。

[0031] 図 4 に示すように、診断用の計測データの解析では、処理実行部 11 は、機械学習モデル  $M_a$  を用いて、前述の蓄電池 2 の対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$ 、及び、計測データで示される蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C_{\eta}$  の計測結果  $T_{tar}, \eta_{tar}$  から、蓄電池 2 の内部状態を推定する ( $S_{112}$

）。S 1 1 2で用いられる機械学習モデルM aは、記憶部 1 2に記憶され、後述のようにして生成（構築）される。

[0032] 処理実行部 1 1は、蓄電池 2の電流 I 及び電圧 Vの時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$  に基づいた対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$ 、及び、蓄電池 2の温度 T 及び SOC  $\eta$  についての計測結果  $T_{tar}$ 、 $\eta_{tar}$  を、機械学習モデルM aに入力する。これにより、機械学習モデルM aは、入力された対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  及び計測結果  $T_{tar}$ 、 $\eta_{tar}$  に対応した蓄電池 2の内部状態を、出力する。この際、機械学習モデルM aは、蓄電池 2の内部状態として、蓄電池 2の内部状態を示すパラメータの値を出力し、例えば、蓄電池 2の抵抗成分を含む蓄電池 2の等価回路モデルで設定される回路パラメータ  $\varepsilon$  の値を出力する。処理実行部 1 1は、機械学習モデルM aから出力結果に基づいて、蓄電池 2の内部状態を推定する。ある一例では、処理実行部 1 1は、機械学習モデルM aから出力される回路パラメータ  $\varepsilon$  の値に基づいて、蓄電池 2の抵抗成分を蓄電池 2の内部状態として推定する。例えば、回路パラメータ  $\varepsilon$  の値として機械学習モデルM aから出力された蓄電池 2の抵抗成分の値を、リアルタイムでの蓄電池 2の抵抗成分の値として推定する。

[0033] 図 7 は、図 4 の S 1 1 2 の処理で用いられる機械学習モデルM aの一例を示す。図 7 に示すように、機械学習モデルM aの入力層には、前述した対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  等の蓄電池 2の電気特性データ  $Y(N)$  が入力される。電気特性データ  $Y(N)$  は、蓄電池 2の電流時系列データ  $I(t)$  及び電圧時系列データ  $V(t)$  に基づくデータである。そして、電流時系列データ  $I(t)$  は、計測データに含まれる電流 I の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$  と同様に、電流 I の疑似ランダムパルス信号が蓄電池 2に入力されている状態での蓄電池 2の電流 I の時間変化を示し、電圧時系列データ  $V(t)$  は、計測データに含まれる電圧 V の時間変化についての計測結果  $V_{tar}(t)$  と同様に、電流 I の疑似ランダムパルス信号が蓄電池 2に入力されている状態での蓄電池 2の電圧 V の時間変化を示す。電気特性

データ  $Y(N)$  は、計測データに含まれる蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$  ,  $V_{tar}(t)$  を用いた対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  の生成と同様にして、電流時系列データ  $I(t)$  及び電圧時系列データ  $V(t)$  に基づいて生成される。

[0034] 電気特性データ  $Y(N)$  が機械学習モデル  $M_a$  に入力されることにより、順序パラメータ  $N$  の 1 つの値ごとに、規格化パラメータ  $Y$  の値が機械学習モデル  $M_a$  に入力される。例えば、図 6 の一例のようにして生成された対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  が電気特性データ  $Y(N)$  として機械学習モデル  $M_a$  に入力されることにより、順序パラメータ  $N_1 \sim N_{k+m+n}$  のそれぞれでの規格化パラメータ  $Y$  の値が、機械学習モデル  $M_a$  に入力される。また、機械学習モデル  $M_a$  の入力層には、計測データで示される計測結果  $T_{tar}$  ,  $\eta_{tar}$  等の蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  が入力される。機械学習モデル  $M_a$  では、電気特性データ  $Y(N)$  等が入力されることにより、中間層で処理が行われ、蓄電池 2 の等価回路モデルの回路パラメータ  $\varepsilon$  の値等の、蓄電池 2 の内部状態を示すパラメータの値が出力層から出力される。ある一例では、蓄電池 2 の等価回路モデルにおいて複数の回路パラメータ  $\varepsilon$  が設定され、電気特性データ  $Y(N)$  等が入力されることにより、機械学習モデル  $M_a$  は、複数の回路パラメータ  $\varepsilon$  のそれぞれについての値を出力する。

[0035] 図 8 は、蓄電池 2 の等価回路モデルの一例を説明する。図 8 の一例の等価回路モデルでは、回路パラメータ  $\varepsilon$  として、抵抗成分となる抵抗  $R_0$  ,  $R_1$  ,  $R_2$  ,  $R_3$  及び容量成分となるキャパシタンス  $C_1$  ,  $C_2$  ,  $C_3$  が設定される。図 8 の一例では、抵抗  $R_1$  ,  $R_2$  が、蓄電池 2 の負極の抵抗成分となり、抵抗  $R_3$  が、蓄電池 2 の正極の抵抗成分となる。ある一例では、電気特性データ  $Y(N)$  等が入力されることにより、機械学習モデル  $M_a$  は、回路パラメータ  $\varepsilon$  である抵抗  $R_0 \sim R_3$  及びキャパシタンス  $C_1 \sim C_3$  のそれぞれについての値を出力する。なお、蓄電池の等価回路モデル及び等価回路モデルにおいて設定される回路パラメータは、特許文献 4（日本国特開 2017-106889 号公報）等を示される。

[0036] また、S 1 1 2 の処理に用いられる機械学習モデルM a は、多数のデータセットから構成される学習データを用いて、生成（構築）される。学習データのデータセットのそれぞれでは、診断対象となる蓄電池 2 と同様の蓄電池についての過去の診断におけるデータ等が、示される。データセットのそれぞれでは、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  と同様の電気特性データ  $Y(N)$  が示される。データセットのそれぞれで示される電気特性データ  $Y(N)$  は、例えば、過去の診断において電流  $I$  の疑似ランダムパルス信号を入力している状態で計測した電流時系列データ  $I(t)$  及び電圧時系列データ  $V(t)$  に基づいて、生成される。この際、計測データに含まれる蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$  を用いた対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  の生成と同様にして、データセットのそれぞれの電気特性データ  $Y(N)$  が、生成される。

[0037] また、データセットのそれぞれでは、温度  $T$  及び  $SO C \eta$  の値が示される。データセットのそれぞれでは、例えば、蓄電池 2 と同様の蓄電池についての過去の診断における計測値が、温度  $T$  及び  $SO C \eta$  の値として示される。データセットのそれぞれで示される温度  $T$  及び  $SO C \eta$  の値は、前述した蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  の計測と同様にして、計測される。また、データセットのそれぞれでは、等価回路モデルの回路パラメータ  $\varepsilon$  の値が示される。データセットのそれぞれの生成では、電流  $I$  の疑似ランダムパルス信号を入力している状態で計測した前述の電流時系列データ  $I(t)$  及び電圧時系列データ  $V(t)$  を用いて、回路パラメータ  $\varepsilon$  の値を算出する。

[0038] データセットのそれぞれの生成では、回路パラメータ  $\varepsilon$  の値の算出において、電流時系列データ  $I(t)$  及び電圧時系列データ  $V(t)$  をフーリエ解析することにより、複数の周波数のそれぞれでの蓄電池のインピーダンスを計測し、蓄電池のインピーダンスの周波数特性を計測する。蓄電池のインピーダンスの周波数特性の計測結果は、例えば、複素インピーダンスプロット（ $Co I e - Co I e$  プロット）で示すことが可能である。なお、蓄電池の電流時系列データ及び電圧時系列データを用いて、蓄電池のインピーダンス

の周波数特性を算出する方法は、特許文献3（日本国特開2014-126532号公報）に示される。実施形態等では、データセットのそれぞれの生成において、特許文献3と同様にして、蓄電池のインピーダンスの周波数特性を算出してもよい。

[0039] 学習データのデータセットのそれぞれの生成では、インピーダンスの周波数特性の計測結果、及び、蓄電池の等価回路モデルを用いて、回路パラメータ $\varepsilon$ の値を算出する。ここで、等価回路モデルでは、設定される回路パラメータ $\varepsilon$ から蓄電池のインピーダンスを算出する演算式等が示され、例えば、回路パラメータ $\varepsilon$ 及び周波数等を用いて蓄電池のインピーダンスの実数成分及び虚数成分のそれぞれを算出する式が、示される。データセットのそれぞれの生成では、回路パラメータ $\varepsilon$ の値の算出において、等価回路モデルで示す前述の演算式、及び、蓄電池のインピーダンスの周波数特性についての計測結果を用いて、フィッティング計算を行う。この際、等価回路モデルの回路パラメータ $\varepsilon$ を変数としてフィッティング計算を行い、変数となる回路パラメータ $\varepsilon$ を算出する。また、フィッティング計算では、例えば、インピーダンスを計測した周波数のそれぞれにおいて、等価回路モデルで示される演算式を用いたインピーダンスの算出結果とインピーダンスの計測結果との差が可能な限り小さくなる状態に、変数となる回路パラメータ $\varepsilon$ の値を決定する。なお、蓄電池のインピーダンスの周波数特性についての計測結果、及び、蓄電池の等価回路モデルを用いてフィッティング計算を行い、等価回路モデルの回路パラメータを算出する方法等は、特許文献4に示される。

[0040] 前述のように学習データが構成されるため、学習データの多数のデータセットそれぞれでは、過去に診断された蓄電池2と同様の蓄電池について、電流時系列データ $I(t)$ 及び電圧時系列データ $V(t)$ に基づいた電気特性データ $Y(N)$ に対して、回路パラメータ $\varepsilon$ 等の蓄電池の内部状態を示すパラメータが、関連付けられる。また、データセットのそれぞれでは、過去に診断された蓄電池2と同様の蓄電池について、温度 $T$ 及びSOC $\eta$ に対して、回路パラメータ $\varepsilon$ 等の蓄電池の内部状態を示すパラメータが、関連付けられ

る。

[0041] 図9は、機械学習モデルM aの生成に用いられる学習データの一例を示す。図9の一例では、j個（jは2以上の整数）のデータセットから学習データが構成される。そして、図9の一例の学習データでは、j個のデータセットにおいて、電気特性データ $Y_1(N) \sim Y_j(N)$ に対して回路パラメータ $\varepsilon$ のパラメータセット $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_j$ の値が、それぞれ、関連付けられる。そして、j個のデータセットにおいて、温度Tの値 $T_1 \sim T_j$ 及びSOC $\eta$ の値 $\eta_1 \sim \eta_j$ に対して回路パラメータ $\varepsilon$ のパラメータセット $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_j$ の値が、それぞれ、関連付けられる。

[0042] 機械学習モデルM aの生成では、学習データの多数のデータセットの一部を訓練用データセットとして用いて、ディープラーニングによりモデルを学習させる。この際、モデルとして、例えば、ニューラルネットワークを学習させる。また、訓練用データセットのそれぞれで示される回路パラメータ $\varepsilon$ の値を正解として与える教師あり学習により、モデルを学習させる。ディープラーニングによって、モデルは、訓練用データセットで示される電気特性データ $Y(N)$ 、温度T及びSOC $\eta$ に対する回路パラメータ $\varepsilon$ 等の蓄電池の内部状態を示すパラメータの関連性を学習する。

[0043] 訓練用データセットを用いた学習が終了すると、学習データのデータセットの一部を評価用データセットとして用いて、学習したモデルを評価する。モデルの評価では、評価用データセットのそれぞれについて、電気特性データ $Y(N)$ 、及び、温度T及びSOC $\eta$ のそれぞれの値を、学習したモデルに入力する。そして、評価用データセットのそれぞれについて、学習したモデルからの出力結果として出力される回路パラメータ $\varepsilon$ の値を、実際に行なわれた過去の診断での回路パラメータ $\varepsilon$ の算出結果と、比較する。そして、訓練用データセットのそれぞれについて前述の比較を行うことにより、実際の診断での算出結果に対するモデルからの出力結果の妥当性を判定する。

[0044] そして、実際の診断での算出結果に対するモデルからの出力結果の妥当性が基準レベル以上であれば、機械学習モデルM aとして、学習させたモデル

が記憶部 12 に保存される。一方、実際の診断での算出結果に対するモデルからの出力結果の妥当性が基準レベルより低い場合は、訓練用データセットを追加して、追加した訓練用データセットを用いて前述のようにしてモデルを学習させる。そして、モデルの評価において実際の診断での算出結果に対するモデルからの出力結果の妥当性が基準レベル以上になるまで、訓練用データセットを用いたモデルの学習、及び、評価用データセットを用いたモデルの評価が、繰返し行われる。

[0045] 図 4 の一例に示す診断用の計測データの解析では、処理実行部 11 は、機械学習モデル  $M_a$  を用いて推定した回路パラメータ  $\varepsilon$  を含む蓄電池 2 の内部状態に基づいて、蓄電池 2 の劣化度合いを推定する (S113)。劣化度合いの推定では、処理実行部 11 は、回路パラメータ  $\varepsilon$  として設定された蓄電池 2 の抵抗成分についての推定結果に基づいて、蓄電池 2 における正極の抵抗と負極の抵抗との比率  $\xi$  を算出する。ここで、機械学習モデル  $M_a$  を用いて、回路パラメータ  $\varepsilon$  として図 8 の一例の等価回路モデルで示される抵抗  $R_0 \sim R_3$  及びキャパシタンス  $C_1 \sim C_3$  のそれぞれの値が、S112において蓄電池 2 の内部状態として推定されたとする。この場合、処理実行部 11 は、抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  の値の和を負極の抵抗とし、かつ、抵抗  $R_3$  の値を正極の抵抗として、比率  $\xi$  を算出する。

[0046] そして、処理実行部 11 は、算出した比率  $\xi$  に基づいて、蓄電池 2 の劣化度合いを推定する。この際、正極の抵抗と負極の抵抗との比率  $\xi$  についての蓄電池 2 の使用開始時からの変化が大きいほど、蓄電池 2 の劣化度合いを高く判定する。なお、S113の劣化度合いの推定は、前述した比率  $\xi$  に加えて、蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  についての計測結果  $T_{tar}$ 、 $\eta_{tar}$  等に基づいて、行われてもよい。この場合、例えば、処理実行部 11 は、蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  についての計測結果  $T_{tar}$ 、 $\eta_{tar}$  等に基づいて、前述のようにして算出した正極の抵抗と負極の抵抗との比率  $\xi$  の算出値を、基準温度  $T_{ref}$  かつ基準  $SO C \eta_{ref}$  での補正值に補正する。そして、処理実行部 11 は、補正した比率  $\xi$  の補正值に基づいて、蓄電池 2

の劣化度合いを推定する。また、S 1 1 3の処理は、行われなくてもよい。この場合、S 1 1 2によって回路パラメータ $\varepsilon$ 等の蓄電池2の内部状態を推定することにより、診断用の計測データの解析処理は、終了する。

[0047] 前述のように本実施形態では、処理回路である処理実行部11は、電流Iの疑似ランダムパルス信号を蓄電池2に入力している状態において、蓄電池2の電流I及び電圧Vの時間変化を計測する。そして、処理実行部11は、蓄電池2の電流時系列データ $I(t)$ 及び電圧時系列データ $V(t)$ に基づいた電気特性データ $Y(N)$ の入力から蓄電池2の内部状態を出力する機械学習モデルMaを用いて、電流I及び電圧Vの時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$ に基づいた対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ を、電気特性データ $Y(N)$ として機械学習モデルMaに入力する。そして、処理実行部11は、対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ の入力による機械学習モデルMaからの出力結果に基づいて、蓄電池2の内部状態を推定する。前述のように蓄電池2の内部状態が推定されるため、蓄電池2の電流I及び電圧Vの時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$ のフーリエ解析、及び、蓄電池2のインピーダンスの周波数特性についての計測結果及び等価回路モデルを用いたフィッティング計算を行うことなく、蓄電池2の内部状態が推定される。これにより、蓄電池2の電流I及び電圧Vの時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$ を含む計測データの解析における手間が、低減される。そして、計測データの解析に要する時間を短縮可能となる。

[0048] また、本実施形態では、処理実行部11は、S 1 1 1のデータ処理において、計測した電流Iの時間変化における電流Iの振幅 $I_p$ を用いて電圧Vの時間変化についての計測結果 $V_{tar}(t)$ を規格化することにより、規格化時系列データ $Y_{tar}(t)$ を生成する。そして、処理実行部11は、生成した規格化時系列データ $Y_{tar}(t)$ から互いに対して異なる複数の規定時点での値を抽出し、抽出した複数の規定時点での値を規定の順序で並べることにより、機械学習モデルMaに入力する対象電気特性データ $Y_{tar}$

(N) を生成する。これにより、本実施形態では、蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ ,  $V_{tar}(t)$  をそのまま機械学習モデル  $M_a$  に入力する場合等に比べて、機械学習モデル  $M_a$  に入力されるデータ量が低減され、機械学習モデル  $M_a$  を用いて処理するデータ量が低減される。

[0049] また、本実施形態のある一例では、機械学習モデル  $M_a$  は、電気特性データ  $Y(N)$  の入力によって、蓄電池 2 の抵抗成分を含む蓄電池 2 の等価回路モデルで設定される回路パラメータ  $\varepsilon$  を出力する。そして、処理実行部 11 は、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  の入力による機械学習モデル  $M_a$  からの出力結果に基づいて、蓄電池 2 の抵抗成分を蓄電池 2 の内部状態として推定する。このため、機械学習モデル  $M_a$  を用いて、蓄電池 2 の抵抗成分が、蓄電池 2 の内部状態として適切に推定される。

[0050] また、本実施形態のある一例では、処理実行部 11 は、蓄電池 2 の抵抗成分についての推定結果に基づいて、蓄電池 2 における正極の抵抗と負極の抵抗との比率  $\xi$  を算出する。そして、処理実行部は、算出した比率  $\xi$  に基づいて、蓄電池 2 の劣化度合いを推定する。このため、正極の抵抗と負極の抵抗との比率  $\xi$  についての蓄電池 2 の使用開始時からの変化量等に基づいて、蓄電池 2 の劣化度合いが適切に推定される。

[0051] また、本実施形態のある一例では、処理実行部 11 は、診断において蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  を計測する。そして、処理実行部 11 は、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  に加えて蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  についての計測結果  $T_{tar}$ ,  $\eta_{tar}$  を機械学習モデル  $M_a$  に入力することにより、蓄電池 2 の内部状態を推定する。これにより、電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化を計測している状態での蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  を考慮して、蓄電池 2 の内部状態が適切に推定される。

[0052] (変形例)

なお、ある変形例では、機械学習モデル  $M_a$  は、電気特性データ  $Y(N)$  に加えて温度  $T$  及び  $SO C \eta$  の一方が入力されることにより、回路パラメー

タ $\varepsilon$ 等の蓄電池2の内部状態を示すパラメータを出力する。この場合、処理実行部11は、電流 $I$ 及び電圧 $V$ の時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$ に基づいた対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ に加えて、温度 $T$ 及びSOC $\eta$ の計測結果 $T_{tar}$ 、 $\eta_{tar}$ の一方を機械学習モデル $Ma$ に入力することにより、蓄電池2の内部状態を推定する。また、別のある変形例では、機械学習モデル $Ma$ は、電気特性データ $Y(N)$ のみが入力されることにより、回路パラメータ $\varepsilon$ 等の蓄電池2の内部状態を示すパラメータを出力する。この場合、処理実行部11は、電流 $I$ 及び電圧 $V$ の時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$ に基づいた対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ のみを機械学習モデル $Ma$ に入力することにより、蓄電池2の内部状態を推定する。

[0053] 前述した変形例でも、蓄電池2の電流 $I$ 及び電圧 $V$ の時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$ のフーリエ解析、及び、蓄電池2のインピーダンスの周波数特性についての計測結果及び等価回路モデルを用いたフィッティング計算を行うことなく、蓄電池2の内部状態が推定される。このため、蓄電池2の電流 $I$ 及び電圧 $V$ の時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$ を含む計測データの解析における手間が、低減される。また、前述した変形例でも、機械学習モデル $Ma$ は、多数のデータセットから構成される学習データが用いて、生成（構築）され、多数のデータセットのそれぞれでは、過去に診断された蓄電池2と同様の蓄電池について、電流時系列データ $I(t)$ 及び電圧時系列データ $V(t)$ に基づいた電気特性データ $Y(N)$ に対して、回路パラメータ $\varepsilon$ 等の蓄電池の内部状態を示すパラメータが、関連付けられる。

[0054] また、図10及び図11に示す第1の変形例では、処理実行部11は、電気特性データ $Y(N)$ の入力から蓄電池2の前記内部状態を出力する機械学習モデル $Ma$ として、複数の機械学習モデル $Ma_1 \sim Ma_q$ （ $q$ は2以上の整数）を用いることが可能である。図10は、本変形例において処理実行部11が用いることが可能な複数の機械学習モデル $Ma_1 \sim Ma_q$ の一例を示

す。本変形例でも、機械学習モデル $M a 1 \sim M a q$ のそれぞれは、蓄電池2の電流時系列データ $I(t)$ 及び電圧時系列データ $V(t)$ に基づいた電気特性データ $Y(N)$ の入力から、蓄電池2の内部状態を出力する。

[0055] また、本変形例では、機械学習モデル $M a 1 \sim M a q$ のそれぞれには、電気特性データ $Y(N)$ に加えて蓄電池2の $SOC\eta$ を入力層に入力可能である。そして、複数の機械学習モデル $M a 1 \sim M a q$ は、適用可能な温度範囲 $\Delta T$ が互いに対して異なる。図10の一例では、機械学習モデル $M a 1, M a 2, \dots, M a q$ は、それぞれ、温度範囲 $\Delta T 1, \Delta T 2, \dots, \Delta T q$ が適用可能な温度範囲 $\Delta T$ となる。機械学習モデル $M a 1 \sim M a q$ のそれぞれは、機械学習モデル $M a$ と同様に、多数のデータセットから構成される学習データを用いて、生成（構築）され、多数のデータセットのそれぞれでは、過去に診断された蓄電池2と同様の蓄電池について、電流時系列データ $I(t)$ 及び電圧時系列データ $V(t)$ に基づいた電気特性データ $Y(N)$ に対して、回路パラメータ $\varepsilon$ 等の蓄電池の内部状態を示すパラメータが、関連付けられる。ただし、機械学習モデル $M a 1 \sim M a q$ のそれぞれは、前述した適用可能な温度範囲 $\Delta T$ におけるデータセットのみを用いて、生成される。

[0056] 図11は、第1の変形例において蓄電池2についての診断用の計測データの解析で、処理実行部11によって行われる処理の一例を説明する。本変形例でも、処理実行部11は、S111の処理によって、蓄電池2の電流 $I$ 及び電圧 $V$ の時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t), V_{tar}(t)$ に基づいた蓄電池2の対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ を、生成する。そして、本変形例では、処理実行部11は、機械学習モデル $M a 1 \sim M a q$ とは別の機械学習モデル（追加機械学習モデル） $M b$ を用いて、蓄電池2の対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ 、及び、計測データで示される蓄電池2の $SOC\eta$ の計測結果 $\eta_{tar}$ から、蓄電池2の温度範囲 $\Delta T$ を推定する（S114）。S114で用いられる機械学習モデル $M b$ は、記憶部12に記憶される。また、本変形例では、計測データの計測において、蓄電池2の温度 $T$ の計測は行われない。

- [0057] 本変形例では、処理実行部11は、蓄電池2の電流 $I$ 及び電圧 $V$ の時間変化についての計測結果 $I_{tar}(t)$ 、 $V_{tar}(t)$ に基づいた対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ 、及び、蓄電池2のSOC $\eta$ についての計測結果 $\eta_{tar}$ を、機械学習モデルMbに入力する。これにより、機械学習モデルMbは、入力された対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ 及び計測結果 $\eta_{tar}$ に対応した蓄電池2の温度範囲 $\Delta T$ を、蓄電池2の温度 $T$ に関する情報として出力する。処理実行部11は、機械学習モデルMbから出力結果に基づいて、蓄電池2の温度範囲 $\Delta T$ を推定する。したがって、S114の処理では、対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ 等の電気特性データ $Y(N)$ の入力から温度範囲 $\Delta T$ 等の蓄電池2の温度 $T$ に関する情報を出力する機械学習モデルMbが、用いられる。
- [0058] また、機械学習モデルMbは、機械学習モデルMa1～Maq等と同様に、多数のデータセットから構成される学習データを用いて、生成（構築）される。ただし、機械学習モデルMbの生成に用いられる学習データのデータセットのそれぞれでは、電流時系列データ $I(t)$ 及び電圧時系列データ $V(t)$ に基づいた電気特性データ $Y(N)$ に対して、蓄電池2の温度範囲 $\Delta T$ 等の蓄電池2の温度 $T$ に関する情報が、関連付けられる。また、機械学習モデルMbの生成では、機械学習モデルMaの生成と同様に、データセットの一部を訓練用データセットとして用いて、モデルを学習させる。そして、データセットの一部を評価用データセットとして用いて、前述のようにしてモデルを評価する。
- [0059] また、本変形例では、処理実行部11は、機械学習モデル（追加機械学習モデル）Mbを用いて推定した温度範囲 $\Delta T$ についての推定結果 $\Delta T_{est}$ に基づいて、複数の機械学習モデルMa1～Maqからの選択処理が行われる（S115）。これにより、対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ の入力による機械学習モデルMbからの出力結果に基づいて、複数の機械学習モデルMa1～Maqの中から対象電気特性データ $Y_{tar}(N)$ を入力する1つが、選択される。この際、推定結果 $\Delta T_{est}$ に相当する温度範囲 $\Delta T$ に適

用可能な機械学習モデル ( $M a 1 \sim M a q$  の対応する 1 つ) が、機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  の中から選択される。すなわち、機械学習モデル  $M b$  から出力された蓄電池 2 の温度  $T$  に関する情報で示される温度範囲  $\Delta T$  に適用可能な機械学習モデル ( $M a 1 \sim M a q$  の対応する 1 つ) が、機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  の中から選択される。

[0060] そして、処理実行部 11 は、機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  の選択した 1 つを用いて、蓄電池 2 の対象電気特性データ  $Y t a r (N)$ 、及び、蓄電池 2 の  $S O C \eta$  の計測結果  $\eta t a r$  から、蓄電池 2 の内部状態を推定する ( $S 1 1 2 A$ )。この際、図 4 の一例の  $S 1 1 2$  の処理と同様にして、選択した機械学習モデル ( $M a 1 \sim M a q$  の対応する 1 つ) を用いて、蓄電池 2 の内部状態が推定される。すなわち、本変形例では、処理実行部 11 は、対象電気特性データ  $Y t a r (N)$ 、及び、蓄電池 2 の  $S O C \eta$  についての計測結果  $\eta t a r$  を、選択した機械学習モデル ( $M a 1 \sim M a q$  の対応する 1 つ) に入力する。これにより、選択された機械学習モデル ( $M a 1 \sim M a q$  の対応する 1 つ) は、入力された対象電気特性データ  $Y t a r (N)$  等に対応した蓄電池 2 の内部状態を、出力する。そして、処理実行部 11 は、選択した機械学習モデル ( $M a 1 \sim M a q$  の対応する 1 つ) から出力結果に基づいて、蓄電池 2 の内部状態を推定する。なお、図 11 には示されていないが、本変形例では、処理実行部 11 は、 $S 1 1 2 A$  の処理によって蓄電池 2 の内部状態を推定すると、図 4 の一例等と同様にして、蓄電池 2 の劣化度合いを推定してもよい。

[0061] また、ある変形例では、第 1 の変形例等と同様に機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  及び機械学習モデル  $M b$  を用いることが可能な態様において、複数の機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  は、適用可能な  $S O C$  範囲  $\Delta \eta$  が互いに対して異なる。そして、機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  のそれぞれには、電気特性データ  $Y (N)$  に加えて蓄電池 2 の温度  $T$  を入力層に入力可能である。本変形例でも、機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  のそれぞれは、機械学習モデル  $M a$  と同様に、多数のデータセットから構成される学習データを用いて、生

成（構築）され、多数のデータセットのそれぞれでは、過去に診断された蓄電池 2 と同様の蓄電池について、電流時系列データ  $I(t)$  及び電圧時系列データ  $V(t)$  に基づいた電気特性データ  $Y(N)$  に対して、回路パラメータ  $\varepsilon$  等の蓄電池の内部状態を示すパラメータが、関連付けられる。ただし、機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  のそれぞれは、前述した適用可能な SOC 範囲  $\Delta \eta$  におけるデータセットのみを用いて、生成される。

[0062] また、本変形例では、処理実行部 11 は、S 114 の処理の代わりに、機械学習モデル  $M b$  を用いて、蓄電池 2 の対象電気特性データ  $Y t a r(N)$ 、及び、計測データで示される蓄電池 2 の温度  $T$  の計測結果  $T t a r$  から、蓄電池 2 の SOC 範囲  $\Delta \eta$  を推定する。また、本変形例では、計測データの計測において、蓄電池 2 の SOC  $\eta$  の計測は行われない。本変形例では、処理実行部 11 は、蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I t a r(t)$ 、 $V t a r(t)$  に基づいた対象電気特性データ  $Y t a r(N)$ 、及び、蓄電池 2 の温度  $T$  についての計測結果  $T t a r$  を、機械学習モデル  $M b$  に入力する。これにより、機械学習モデル  $M b$  は、入力された対象電気特性データ  $Y t a r(N)$  及び計測結果  $T t a r$  に対応した蓄電池 2 の SOC 範囲  $\Delta \eta$  を、蓄電池 2 の SOC  $\eta$  に関する情報として出力する。処理実行部 11 は、機械学習モデル  $M b$  から出力結果に基づいて、蓄電池 2 の SOC 範囲  $\Delta \eta$  を推定する。したがって、本変形例では、電気特性データ  $Y(N)$  の入力から SOC 範囲  $\Delta \eta$  等の蓄電池 2 の SOC  $\eta$  に関する情報を出力する機械学習モデル  $M b$  が、用いられる。

[0063] また、本変形例では、機械学習モデル  $M b$  の生成に用いられる学習データのデータセットのそれぞれにおいて、電気特性データ  $Y(N)$  に対して、蓄電池 2 の SOC 範囲  $\Delta \eta$  等の蓄電池 2 の SOC  $\eta$  に関する情報が、関連付けられる。そして、本変形例では、処理実行部 11 は、S 115 の処理の代わりに、機械学習モデル（追加機械学習モデル） $M b$  を用いて推定した SOC 範囲  $\Delta \eta$  についての推定結果  $\Delta \eta e s t$  に基づいて、複数の機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  からの選択処理を行う。この際、推定結果  $\Delta \eta e s t$  に相当

するSOC範囲 $\Delta\eta$ に適用可能な機械学習モデル(Ma1~Maqの対応する1つ)が、機械学習モデルMa1~Maqの中から選択される。すなわち、機械学習モデルMbから出力された蓄電池2のSOC $\eta$ に関する情報で示されるSOC範囲 $\Delta\eta$ に適用可能な機械学習モデル(Ma1~Maqの対応する1つ)が、機械学習モデルMa1~Maqの中から選択される。また、本変形例では、処理実行部11は、S112Aの処理の代わりに、機械学習モデルMa1~Maqの選択した1つを用いて、蓄電池2の対象電気特性データYtar(N)、及び、蓄電池2の温度Tの計測結果Ttarから、蓄電池2の内部状態を推定する。この際、図4の一例のS112の処理と同様にして、選択した機械学習モデル(Ma1~Maqの対応する1つ)を用いて、蓄電池2の内部状態が推定される。

[0064] また、ある変形例では、第1の変形例等と同様に機械学習モデルMa1~Maq及び機械学習モデルMbを用いることが可能な態様において、複数の機械学習モデルMa1~Maqは、適用可能な温度範囲 $\Delta T$ 及びSOC範囲 $\Delta\eta$ の少なくとも一方が互いに対して異なる。すなわち、機械学習モデルMa1~Maqは、適用可能な温度範囲 $\Delta T$ 及びSOC範囲 $\Delta\eta$ についての条件が、互いに対して異なる。そして、機械学習モデルMa1~Maqのそれぞれには、電気特性データY(N)のみが入力可能である。本変形例でも、機械学習モデルMa1~Maqのそれぞれは、機械学習モデルMaと同様に、多数のデータセットから構成される学習データを用いて、生成(構築)され、多数のデータセットのそれぞれでは、過去に診断された蓄電池2と同様の蓄電池について、電流時系列データI(t)及び電圧時系列データV(t)に基づいた電気特性データY(N)に対して、回路パラメータ $\varepsilon$ 等の蓄電池の内部状態を示すパラメータが、関連付けられる。ただし、機械学習モデルMa1~Maqのそれぞれは、前述した適用可能な温度範囲 $\Delta T$ 及びSOC範囲 $\Delta\eta$ についての条件を満たすデータセットのみを用いて、生成される。

[0065] また、本変形例では、処理実行部11は、S114の処理の代わりに、機械学習モデルMbを用いて、蓄電池2の対象電気特性データYtar(N)

から、蓄電池 2 の温度範囲  $\Delta T$  及び SOC 範囲  $\Delta \eta$  を推定する。また、本変形例では、計測データの計測において、蓄電池 2 の温度  $T$  及び SOC  $\eta$  の計測は行われない。本変形例では、処理実行部 11 は、蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ ,  $V_{tar}(t)$  に基づいた対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  のみを、機械学習モデル  $M_b$  に入力する。これにより、機械学習モデル  $M_b$  は、入力された対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  に対応した蓄電池 2 の温度範囲  $\Delta T$  及び SOC 範囲  $\Delta \eta$  を、蓄電池 2 の温度  $T$  及び SOC  $\eta$  に関する情報として出力する。処理実行部 11 は、機械学習モデル  $M_b$  から出力結果に基づいて、蓄電池 2 の温度範囲  $\Delta T$  及び SOC 範囲  $\Delta \eta$  を推定する。したがって、本変形例では、電気特性データ  $Y(N)$  の入力から蓄電池 2 の温度  $T$  及び SOC  $\eta$  に関する情報を出力する機械学習モデル  $M_b$  が、用いられる。

[0066] また、本変形例では、機械学習モデル  $M_b$  の生成に用いられる学習データのデータセットのそれぞれにおいて、電気特性データ  $Y(N)$  に対して、蓄電池 2 の温度範囲  $\Delta T$  及び SOC 範囲  $\Delta \eta$  等の、蓄電池 2 の温度  $T$  及び SOC  $\eta$  に関する情報が、関連付けられる。そして、本変形例では、処理実行部 11 は、S115 の処理の代わりに、機械学習モデル  $M_b$  を用いて推定した温度範囲  $\Delta T$  及び SOC 範囲  $\Delta \eta$  についての推定結果  $\Delta T_{est}$ ,  $\Delta \eta_{est}$  に基づいて、複数の機械学習モデル  $M_{a1} \sim M_{aq}$  からの選択処理を行う。この際、推定結果  $\Delta T_{est}$ ,  $\Delta \eta_{est}$  に相当する温度範囲  $\Delta T$  及び SOC 範囲  $\Delta \eta$  についての条件に適用可能な機械学習モデル ( $M_{a1} \sim M_{aq}$  の対応する 1 つ) が、機械学習モデル  $M_{a1} \sim M_{aq}$  の中から選択される。すなわち、機械学習モデル  $M_b$  から出力された蓄電池 2 の温度  $T$  及び SOC  $\eta$  に関する情報で示される温度範囲  $\Delta T$  及び SOC 範囲  $\Delta \eta$  の両方に適用可能な機械学習モデル ( $M_{a1} \sim M_{aq}$  の対応する 1 つ) が、機械学習モデル  $M_{a1} \sim M_{aq}$  の中から選択される。また、本変形例では、処理実行部 11 は、S112A の処理の代わりに、機械学習モデル  $M_{a1} \sim M_{aq}$  の選択した 1 つを用いて、蓄電池 2 の対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  から、蓄電

池 2 の内部状態を推定する。この際、図 4 の一例の S 1 1 2 の処理と同様にして、選択した機械学習モデル ( $M a 1 \sim M a q$  の対応する 1 つ) を用いて、蓄電池 2 の内部状態が推定される。

[0067] 第 1 の変形例等のように機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  及び機械学習モデル  $M b$  を用いることが可能な態様では、複数の機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  のそれぞれは、電気特性データ (例えば  $Y(N)$ ) の入力から蓄電池 2 の内部状態を出力し、機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  は、適用可能な温度範囲  $\Delta T$  及び SOC 範囲  $\Delta \eta$  の少なくとも一方が互いに対して異なる。そして、処理回路等の処理実行部 11 は、蓄電池 2 の温度  $T$  及び SOC  $\eta$  の少なくとも一方に関する情報に基づいて、機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  の中から対象電気特性データ (例えば  $Y_{tar}(N)$ ) を入力する 1 つを選択する。また、機械学習モデル (追加機械学習モデル)  $M b$  は、電気特性データ (例えば  $Y(N)$ ) の入力から蓄電池 2 の温度  $T$  及び SOC  $\eta$  の少なくとも一方に関する情報を出力し、処理実行部 11 は、機械学習モデル  $M b$  を用いて、対象電気特性データ (例えば  $Y_{tar}(N)$ ) を機械学習モデル  $M b$  に入力する。そして、処理実行部 11 は、対象電気特性データの入力による機械学習モデル  $M b$  からの出力結果に基づいて、複数の機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  の中から対象電気特性データを入力する 1 つを選択する。

[0068] 第 1 の変形例等のように機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  及び機械学習モデル  $M b$  を用いることが可能な態様でも、蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ ,  $V_{tar}(t)$  のフーリエ解析、及び、蓄電池 2 のインピーダンスの周波数特性についての計測結果及び等価回路モデルを用いたフィッティング計算を行うことなく、蓄電池 2 の内部状態が推定される。このため、前述の実施形態等と同様に、蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I_{tar}(t)$ ,  $V_{tar}(t)$  を含む計測データの解析における手間が、低減される。また、第 1 の変形例等のように機械学習モデル  $M a 1 \sim M a q$  及び機械学習モデル  $M b$  を用いることが可能な態様では、蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化を含む診断

用の計測データの計測において、蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  の少なくとも一方の計測を省略可能となる。これにより、蓄電池 2 の診断において、診断用の計測データを計測する手間等が、低減される。

[0069] また、前述の実施形態等では、機械学習モデル  $M a$  ( $M a 1 \sim M a q$ ) ,  $M b$  等に、 $S 1 1 1$  の処理によって生成された対象電気特性データ  $Y t a r$  ( $N$ ) 等が入力されるが、電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I t a r(t)$  ,  $V t a r(t)$  に基づく電気特性データが機械学習モデル  $M a$  ,  $M b$  等に入力される態様であれば、これに限るものではない。ある変形例では、疑似ランダムパルス信号を蓄電池 2 に入力している状態での電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化についての計測結果  $I t a r(t)$  ,  $V t a r(t)$  ) を示す波形自体が、蓄電池 2 の対象電気特性データとして、機械学習モデル  $M a$  ,  $M b$  等に入力される。この場合、機械学習モデル  $M a$  ( $M a 1 \sim M a q$ ) は、蓄電池 2 の電流時系列データ  $I(t)$  及び電圧時系列データ  $V(t)$  自体の入力から、蓄電池 2 の内部状態を出力する。そして、機械学習モデル (追加機械学習モデル) は、蓄電池 2 の電流時系列データ  $I(t)$  及び電圧時系列データ  $V(t)$  自体の入力から、蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  の少なくとも一方に関する情報を出力する。

[0070] 本変形例でも、少なくとも機械学習モデル  $M a$  を用いて、前述した実施形態等のいずれかと同様にして、蓄電池 2 の内部状態が推定される。したがって、本変形例でも、蓄電池 2 の電流  $I$  及び電圧  $V$  の時間変化を含む診断用の計測データの計測において、蓄電池 2 の温度  $T$  及び  $SO C \eta$  の少なくとも一方の計測を省略可能となる。これにより、蓄電池 2 の診断において、診断用の計測データを計測する手間等が、低減される。

[0071] また、ある変形例では、処理実行部 11 は、図 4 の一例の  $S 1 1 1$  のデータ処理を、電流の疑似ランダムパルス信号を入力している状態での蓄電池 2 の電流及び電圧の計測と、並行して行う。この場合、蓄電池 2 の電流及び電圧の計測を行っている間において、処理実行部 11 は、例えば、順序パラメータ  $N$  に対応する時点等の規定の時点でのみ、電流及び電圧の計測値を取得

する。そして、処理実行部 11 は、規定の時点についてのみ、電流及び電圧の計測値から規格化パラメータ  $Y$  を算出し、算出した規格化パラメータ  $Y$  を保存する。したがって、本変形例では、電流及び電圧を計測した全ての計測時点の中の規定の時点についてのみ、電流及び電圧の計測値の取得、及び、規格化パラメータ  $Y$  の算出等が行われる。このため、対象電気特性データ  $Y_{tar}(N)$  を生成するデータ処理において、保存及び転送するデータを削減可能となる。

[0072] これらの少なくとも一つの実施形態又は実施例によれば、電流の疑似ランダムパルス信号を蓄電池に入力している状態において、蓄電池の電流及び電圧の時間変化を計測する。そして、蓄電池の電流時系列データ及び電圧時系列データに基づいた電気特性データの入力から蓄電池の内部状態を出力する機械学習モデルを用いて、電流及び電圧の時間変化についての計測結果に基づいた対象電気特性データを、電気特性データとして機械学習モデルに入力し、対象電気特性データの入力による機械学習モデルからの出力結果に基づいて、蓄電池の内部状態を推定する。これにより、蓄電池の電流及び電圧の時間変化についての計測結果を含む計測データの解析における手間を低減する蓄電池の診断装置、診断システム及び診断方法を提供することができる。

[0073] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

## 請求の範囲

- [請求項1]           蓄電池の診断装置であって、
- 電流の疑似ランダムパルス信号を前記蓄電池に入力している状態において、前記蓄電池の電流及び電圧の時間変化を計測し、
- 前記蓄電池の電流時系列データ及び電圧時系列データに基づいた電気特性データの入力から前記蓄電池の内部状態を出力する機械学習モデルを用いて、前記電流及び前記電圧の前記時間変化についての計測結果に基づいた対象電気特性データを、前記電気特性データとして前記機械学習モデルに入力し、
- 前記対象電気特性データの入力による前記機械学習モデルからの出力結果に基づいて、前記蓄電池の内部状態を推定する、
- 処理回路を具備する、診断装置。
- [請求項2]           前記処理回路は、計測した前記電流の前記時間変化における前記電流の振幅を用いて前記電圧の前記時間変化についての前記計測結果を規格化することにより、規格化時系列データを生成し、
- 前記処理回路は、生成した前記規格化時系列データから互いに対して異なる複数の規定時点での値を抽出し、抽出した前記複数の規定時点での前記値を規定の順序で並べることにより、前記機械学習モデルに入力する前記対象電気特性データを生成する、
- 請求項1の診断装置。
- [請求項3]           前記機械学習モデルは、前記電気特性データの入力によって、前記蓄電池の抵抗成分を含む前記蓄電池の等価回路モデルで設定される回路パラメータを出力し、
- 前記処理回路は、前記対象電気特性データの入力による前記機械学習モデルからの前記出力結果に基づいて、前記蓄電池の抵抗成分を前記蓄電池の前記内部状態として推定する、
- 請求項1の診断装置。
- [請求項4]           前記処理回路は、前記蓄電池の前記抵抗成分についての推定結果に

基づいて、前記蓄電池における正極の抵抗と負極の抵抗との比率を算出し、

前記処理回路は、算出した前記比率に基づいて、前記蓄電池の劣化度合いを推定する、

請求項 3 の診断装置。

[請求項5] 前記処理回路は、前記蓄電池の前記電流及び前記電圧の前記時間変化に加えて、前記蓄電池の温度及びSOCの少なくとも一方を計測し、

前記処理回路は、前記対象電気特性データに加えて前記蓄電池の前記温度及び前記SOCの少なくとも一方についての計測結果を前記機械学習モデルに入力することにより、前記蓄電池の前記内部状態を推定する、

請求項 1 の診断装置。

[請求項6] 前記処理回路は、前記電気特性データの入力から前記蓄電池の前記内部状態を出力する前記機械学習モデルとして、適用可能な温度範囲及びSOC範囲の少なくとも一方が互いに対して異なる複数の機械学習モデルを用いることが可能であり、

前記処理回路は、前記蓄電池の温度及びSOCの少なくとも一方に関する情報に基づいて、前記複数の機械学習モデルの中から前記対象電気特性データを入力する機械学習モデルを選択する、

請求項 1 の診断装置。

[請求項7] 前記処理回路は、前記電気特性データの入力から前記蓄電池の前記温度及び前記SOCの少なくとも一方に関する情報を出力する追加機械学習モデルを用いて、前記対象電気特性データを前記電気特性データとして前記追加機械学習モデルに入力し、

前記処理回路は、前記対象電気特性データの入力による前記追加機械学習モデルからの出力結果に基づいて、前記複数の機械学習モデルの中から前記対象電気特性データを入力する機械学習モデルを選択す

る、

請求項 6 の診断装置。

[請求項 8]

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項の診断装置と、

前記機械学習モデルを用いて前記診断装置によって前記内部状態が推定される前記蓄電池と、

を具備する、蓄電池の診断システム。

[請求項 9]

蓄電池の診断方法であって、

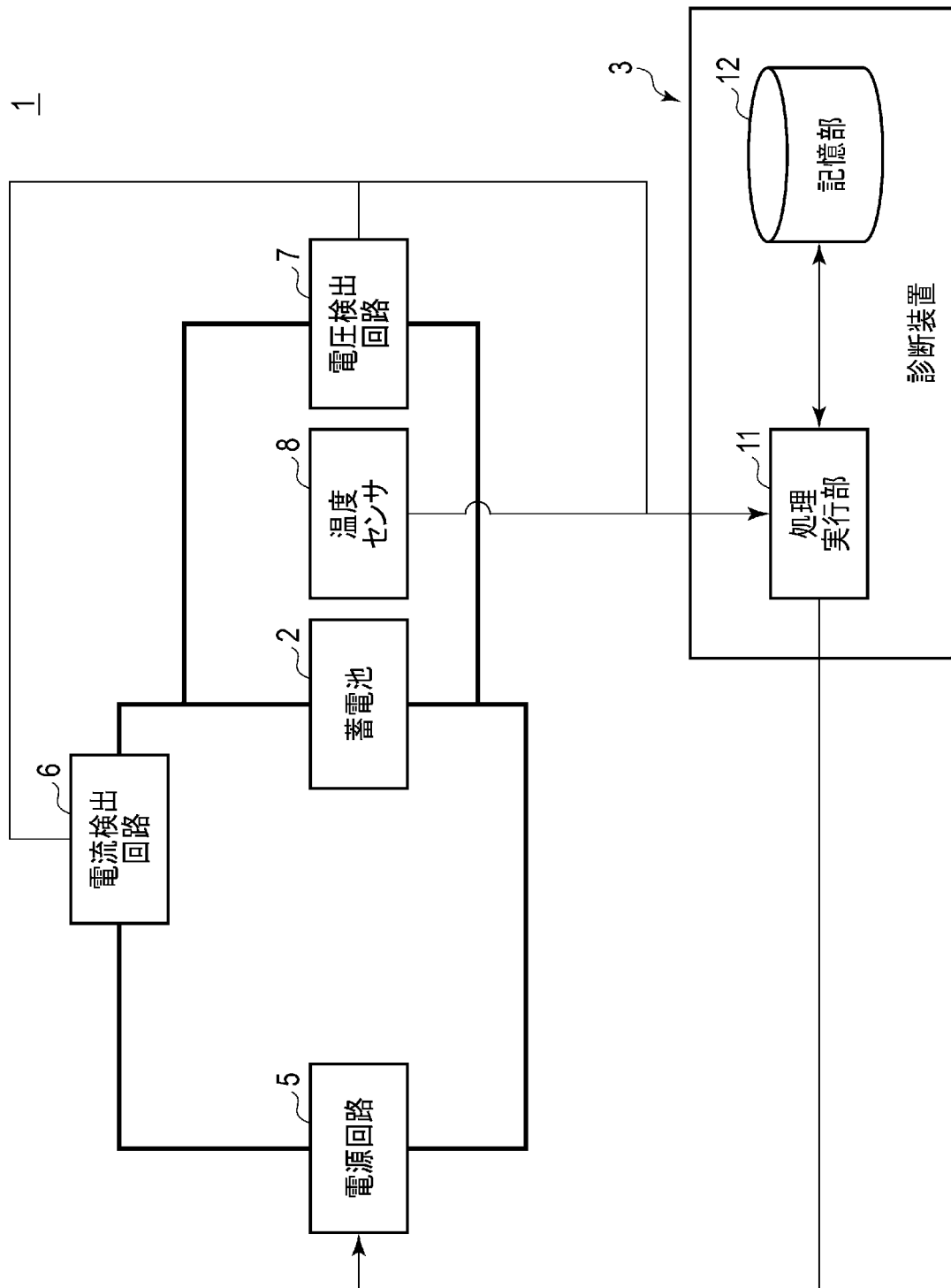
電流の疑似ランダムパルス信号を前記蓄電池に入力している状態において、前記蓄電池の電流及び電圧の時間変化を計測することと、

前記蓄電池の電流時系列データ及び電圧時系列データに基づいた電気特性データの入力から前記蓄電池の内部状態を出力する機械学習モデルを用いて、前記電流及び前記電圧の前記時間変化についての計測結果に基づいた対象電気特性データを、前記電気特性データとして前記機械学習モデルに入力することと、

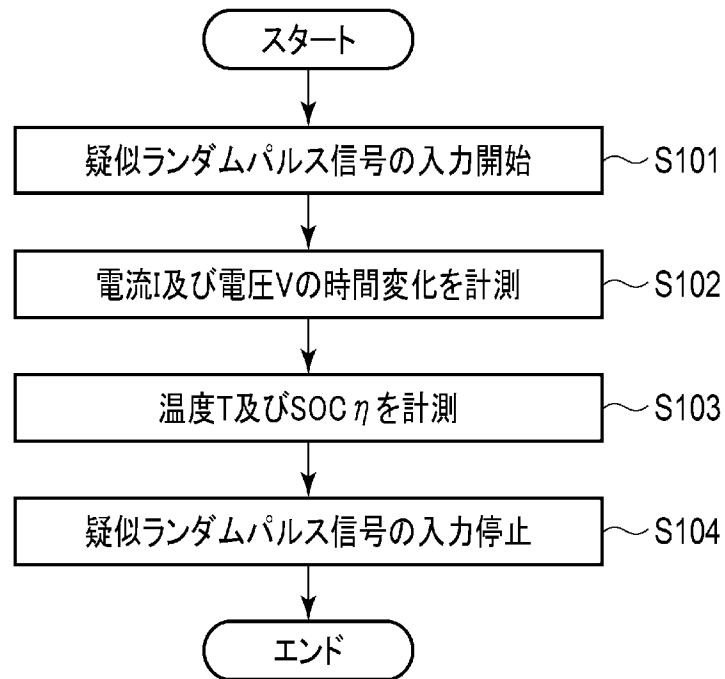
前記対象電気特性データの入力による前記機械学習モデルからの出力結果に基づいて、前記蓄電池の内部状態を推定することと、

を具備する、診断方法。

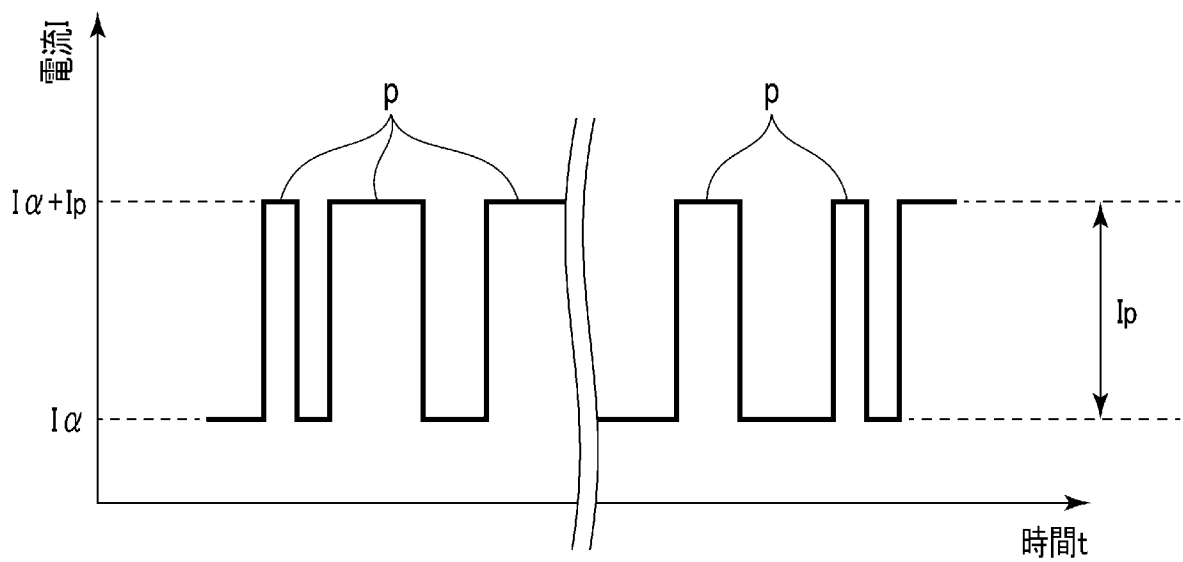
[図1]



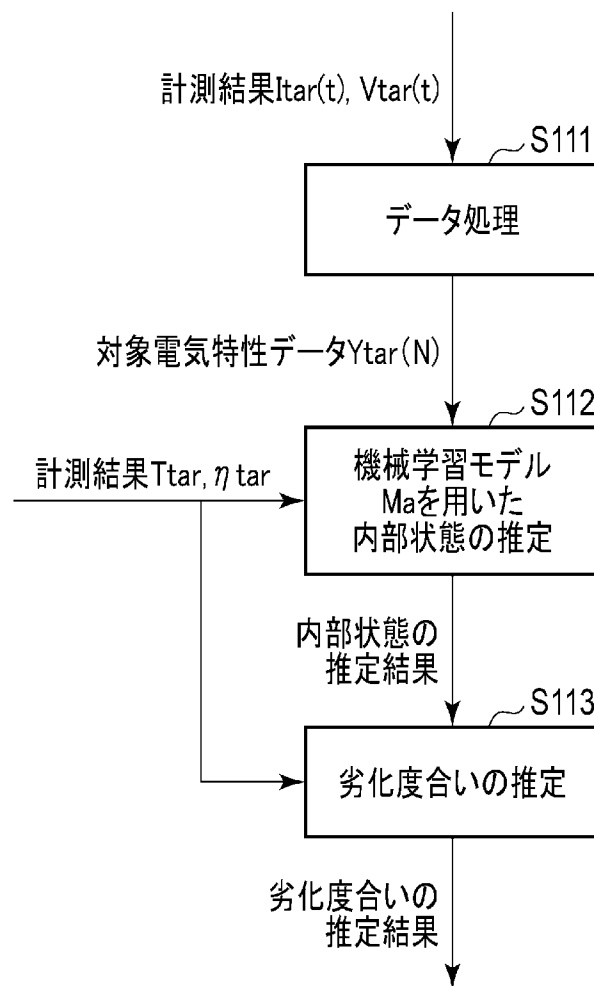
[図2]



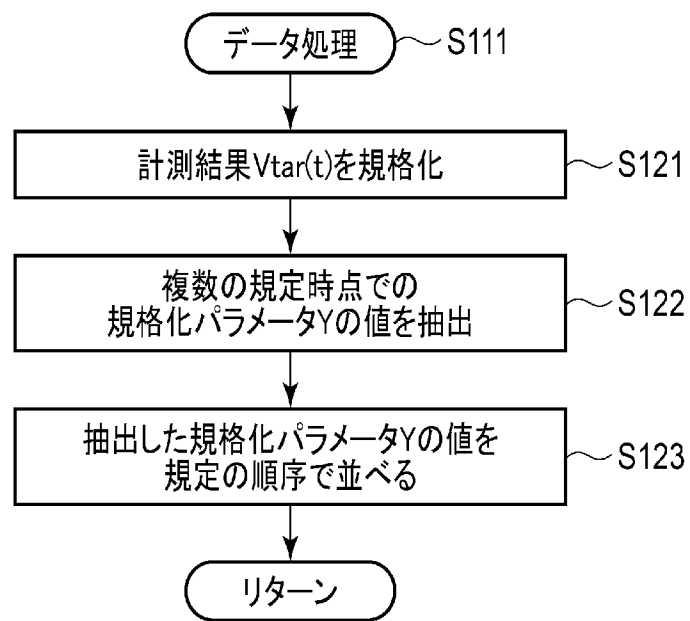
[図3]



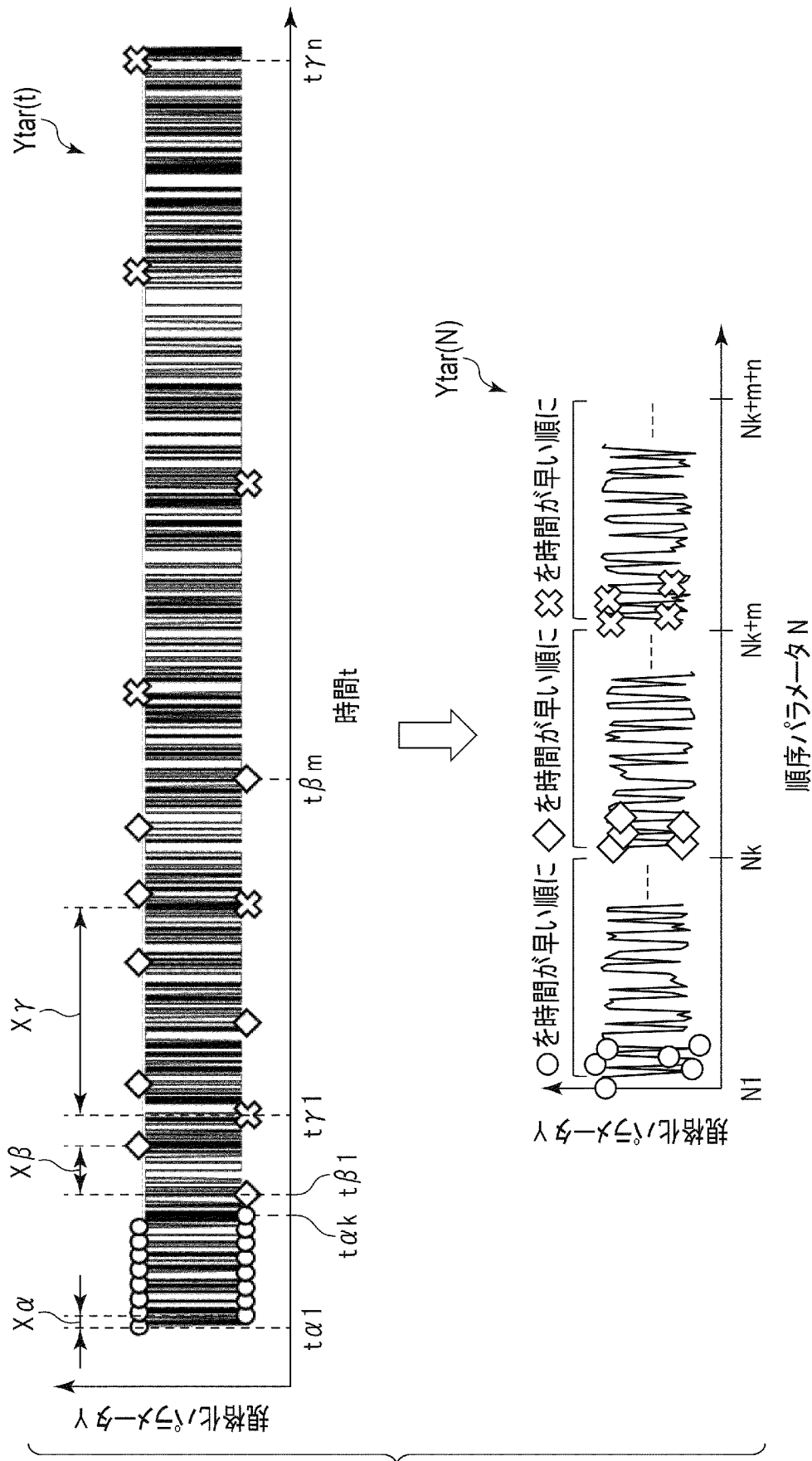
[図4]



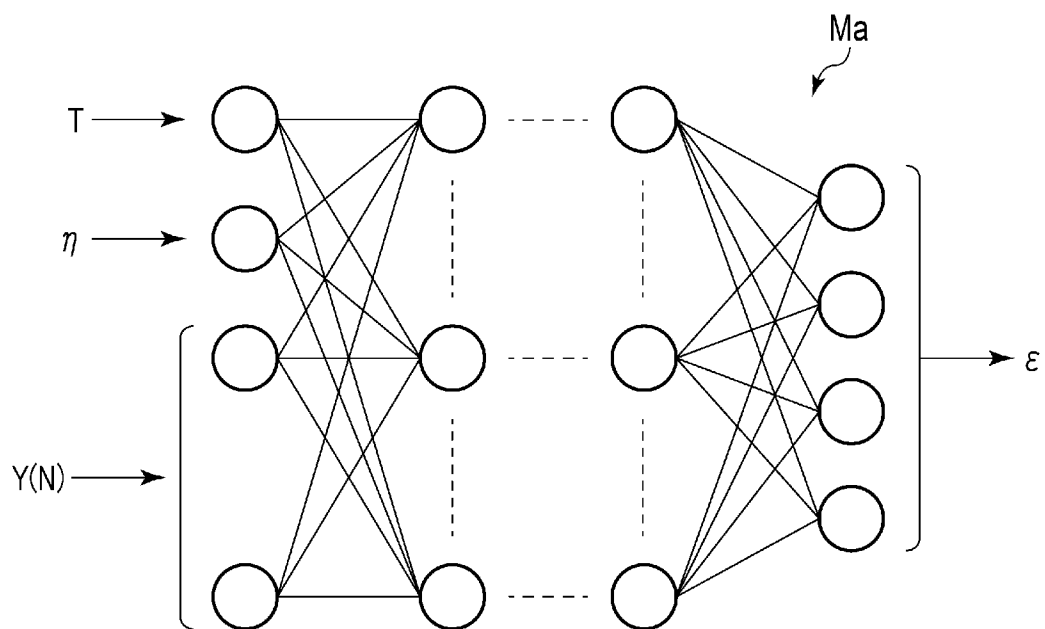
[図5]



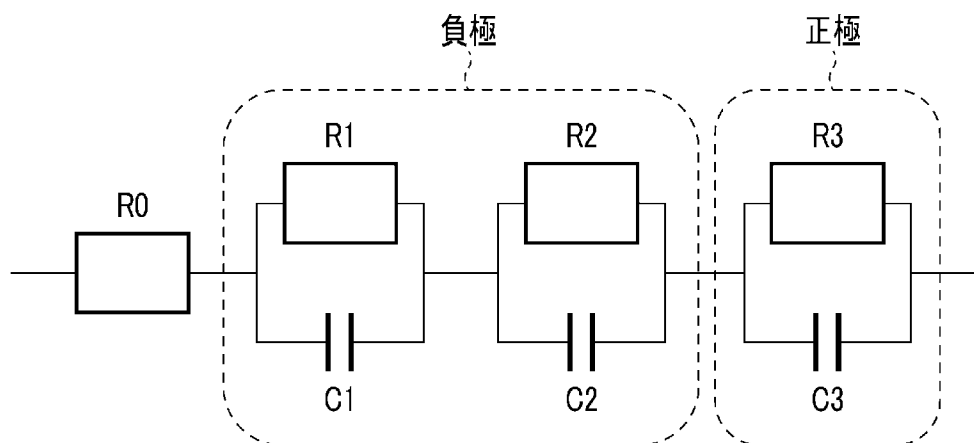
[図6]



[図7]



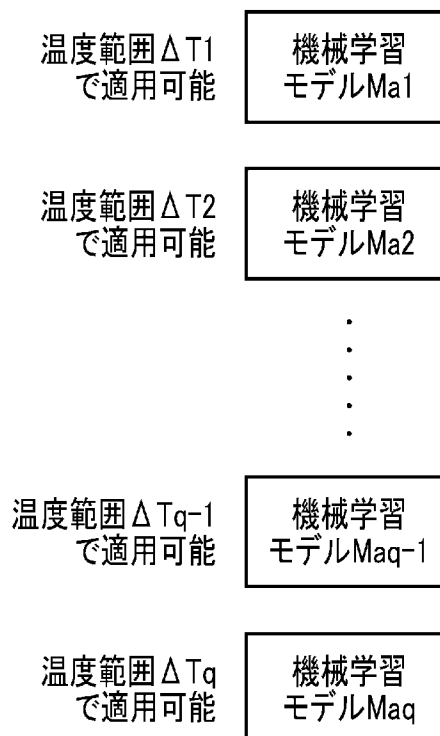
[図8]



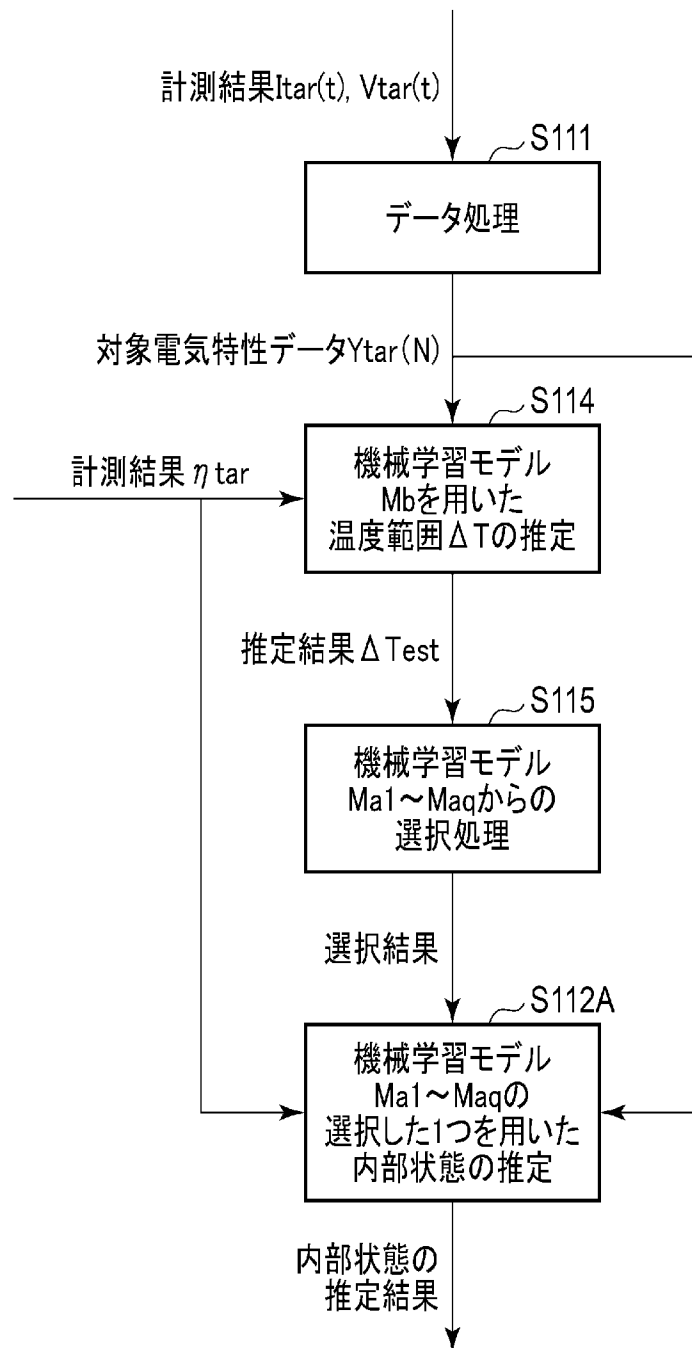
[図9]

| 回路パラメータ $\varepsilon$ | 温度 $T$    | SOC $\eta$   | 電気特性データ $Y(N)$ |
|-----------------------|-----------|--------------|----------------|
| $\varepsilon_1$       | $T_1$     | $\eta_1$     | $Y_1(N)$       |
| $\varepsilon_2$       | $T_2$     | $\eta_2$     | $Y_2(N)$       |
| $\vdots$              | $\vdots$  | $\vdots$     | $\vdots$       |
| $\varepsilon_{j-1}$   | $T_{j-1}$ | $\eta_{j-1}$ | $Y_{j-1}(N)$   |
| $\varepsilon_j$       | $T_j$     | $\eta_j$     | $Y_j(N)$       |

[図10]



[図11]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/010348

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01R 31/392**(2019.01)i; **G01R 31/367**(2019.01)i; **G01R 31/389**(2019.01)i

FI: G01R31/392; G01R31/367; G01R31/389

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R31/36-31/44; H01M10/00-10/667

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages      | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | WO 2020/090143 A1 (ENNET CO., LTD.) 07 May 2020 (2020-05-07)                            | 1-5, 8-9              |
| A         | paragraphs [0051]-[0137], fig. 1-8                                                      | 6-7                   |
| Y         | JP 2003-222660 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 08 August 2003 (2003-08-08) | 1-5, 8-9              |
|           | paragraphs [0091]-[0115], fig. 8-13                                                     |                       |
| Y         | WO 2012/049852 A1 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 19 April 2012 (2012-04-19)          | 4, 8                  |
|           | paragraph [0023]                                                                        |                       |
| A         | US 11527786 B1 (EATRON TECHNOLOGIES LIMITED) 13 December 2022 (2022-12-13)              | 1-9                   |
|           | column 2, lines 47-63, column 14, line 13 to column 15, line 24, fig. 5                 |                       |
| A         | JP 2022-174885 A (HITACHI, LTD.) 25 November 2022 (2022-11-25)                          | 1-9                   |
|           | paragraphs [0127]-[0151], fig. 16, 17                                                   |                       |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 May 2023

Date of mailing of the international search report

30 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)  
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915  
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/010348**

| Patent document<br>cited in search report |             |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s)                                                      | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-------------|----|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| WO                                        | 2020/090143 | A1 | 07 May 2020                          | US 2021/0382114 A1<br>paragraphs [0091]-[0202], fig.<br>1-8<br>EP 3875974 A1 |                                      |
| JP                                        | 2003-222660 | A  | 08 August 2003                       | (Family: none)                                                               |                                      |
| WO                                        | 2012/049852 | A1 | 19 April 2012                        | US 2013/0200902 A1<br>paragraph [0042]<br>EP 2629109 A1<br>CN 103154759 A    |                                      |
| US                                        | 11527786    | B1 | 13 December 2022                     | (Family: none)                                                               |                                      |
| JP                                        | 2022-174885 | A  | 25 November 2022                     | (Family: none)                                                               |                                      |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G01R 31/392(2019.01)i; G01R 31/367(2019.01)i; G01R 31/389(2019.01)i<br>FI: G01R31/392; G01R31/367; G01R31/389                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                             |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| B. 調査を行った分野                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                             |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>G01R31/36-31/44; H01M10/00-10/667                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                             |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの<br><table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2023年</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                             |                | 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 | 日本国公開実用新案公報 | 1971-2023年 | 日本国実用新案登録公報 | 1996-2023年 | 日本国登録実用新案公報 | 1994-2023年 |
| 日本国実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1922-1996年                                                                                                                                  |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 日本国公開実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1971-2023年                                                                                                                                  |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 日本国実用新案登録公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1996-2023年                                                                                                                                  |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 日本国登録実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1994-2023年                                                                                                                                  |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                             |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 引用文献の<br>カテゴリー*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                           | 関連する<br>請求項の番号 |           |            |             |            |             |            |             |            |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WO 2020/090143 A1（エンネット株式会社）07.05.2020（2020-05-07）<br>段落[0051]-[0137], 図1-8                                                                 | 1-5, 8-9       |           |            |             |            |             |            |             |            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                             | 6-7            |           |            |             |            |             |            |             |            |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2003-222660 A（松下電器産業株式会社）08.08.2003（2003-08-08）<br>段落[0091]-[0115], 図8-13                                                                | 1-5, 8-9       |           |            |             |            |             |            |             |            |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WO 2012/049852 A1（トヨタ自動車株式会社）19.04.2012（2012-04-19）<br>段落[0023]                                                                             | 4, 8           |           |            |             |            |             |            |             |            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | US 11527786 B1（EATRON TECHNOLOGIES LIMITED）13.12.2022（2022-12-13）<br>column 2 lines 47 to 63, column 14 line 13 to column 15 line 24, FIG.5 | 1-9            |           |            |             |            |             |            |             |            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2022-174885 A（株式会社日立製作所）25.11.2022（2022-11-25）<br>段落[0127]-[0151], 図16-17                                                                | 1-9            |           |            |             |            |             |            |             |            |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                             |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| * 引用文献のカテゴリー<br>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの<br>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献<br>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                                                                                                                                             |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 国際調査を完了した日<br>18.05.2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 国際調査報告の発送日<br>30.05.2023                                                                                                                    |                |           |            |             |            |             |            |             |            |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 権限のある職員（特許庁審査官）<br><br>吉田 久 2S 3902<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3216                                                                        |                |           |            |             |            |             |            |             |            |

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/010348

| 引用文献 |             |    | 公表日        | パテントファミリー文献                                                                   | 公表日 |
|------|-------------|----|------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| WO   | 2020/090143 | A1 | 07.05.2020 | US 2021/0382114 A1<br>paragraphs [0091]-[0202],<br>FIGs. 1-8<br>EP 3875974 A1 |     |
| JP   | 2003-222660 | A  | 08.08.2003 | (ファミリーなし)                                                                     |     |
| WO   | 2012/049852 | A1 | 19.04.2012 | US 2013/0200902 A1<br>paragraph [0042]<br>EP 2629109 A1<br>CN 103154759 A     |     |
| US   | 11527786    | B1 | 13.12.2022 | (ファミリーなし)                                                                     |     |
| JP   | 2022-174885 | A  | 25.11.2022 | (ファミリーなし)                                                                     |     |