(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
2023年7月6日(06.07.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/127319 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 31/392 (2019.01) *G01R 31/389* (2019.01)
G01R 31/367 (2019.01) *H01M 10/48* (2006.01)
G01R 31/3828 (2019.01) *H02J 7/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/041695

(22) 国際出願日： 2022年11月9日(09.11.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-214442 2021年12月28日(28.12.2021) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー (**DENSO CORPORATION**) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 下西 裕太 (**SHIMONISHI Yuta**); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 吉田 周平 (**YOSHIDA Shuhei**); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

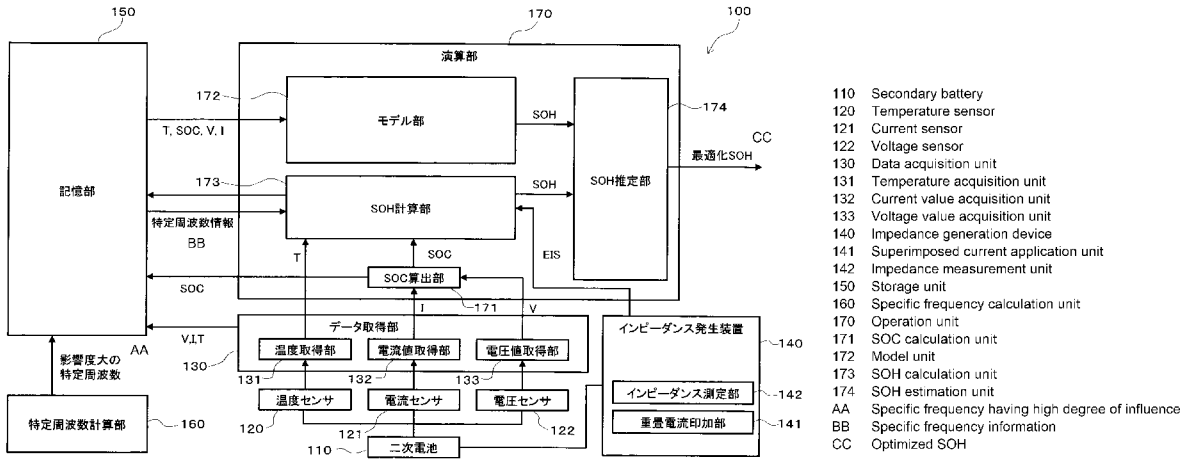
(74) 代理人: 特許業務法人かいせい特許事務所 (**KAISEI PATENT FIRM**); 〒4500003 愛知県名古屋市中村区名駅南一丁目２１番１９号 名駅サウスサイドスクエア１１階 Aichi (JP).

(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, LY, MA, MD, MG, MK, MN, 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.

(54) **Title:** BATTERY DIAGNOSTIC SYSTEM

(54) 発明の名称： 電池診断システム

[図1]



(57) **Abstract:** A battery diagnostic system (100) for estimating the SOH which indicates the degree of deterioration of a secondary battery (110) comprises a model unit (172), an SOH calculation unit (173), and an SOH estimation unit (174). The model unit acquires usage history data which indicates the usage state of the secondary battery, and calculates the SOH on the basis of the usage history data. The SOH calculation unit acquires, as sensing data, a physical quantity which changes according to the degree of deterioration of the secondary battery, and calculates the SOH on the basis of the sensing data. On the basis of the SOH which has been calculated by the model unit and the SOH which has been calculated by the SOH calculation unit, the SOH estimation unit estimates an optimized SOH by synthesizing both of the calculation results.

WO 2023/127319 A1

[続葉有]

(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, 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)）

(57) 要約：二次電池（１１０）の劣化度を示すＳＯＨを推定する電池診断システム（１００）は、モデル部（１７２）、ＳＯＨ計算部（１７３）、及びＳＯＨ推定部（１７４）を含む。モデル部は、二次電池の使用状態を示す使用履歴データを取得し、使用履歴データに基づいてＳＯＨを算出する。ＳＯＨ計算部は、二次電池の劣化度に応じて変化する物理量をセンシングデータとして取得し、センシングデータに基づいてＳＯＨを算出する。ＳＯＨ推定部は、モデル部で算出されたＳＯＨと、ＳＯＨ計算部で算出されたＳＯＨと、に基づき、両方の算出結果を合成して最適化ＳＯＨを推定する。

明　細　書

発明の名称 ： 電池診断システム

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、２０２１年１２月２８日に出願された日本特許出願２０２１－２１４４４２号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、電池診断システムに関する。

背景技術

[0003] 従来、二次電池モジュールの余寿命診断方法が、例えば特許文献１で提案されている。具体的には、余寿命診断装置は、充電器から二次電池モジュールの充電情報を取得すると共に、充電情報に基づいて二次電池モジュールの劣化度を実測値として算出する。ここで、劣化度は、新品の電池容量に対する現在の満充電容量である。劣化度は、ＳＯＨ（State of Health）である。また、余寿命診断装置は、二次電池モジュールの出力情報を取得すると共に、出力情報を用いて予測式により劣化度の予測値を算出する。

[0004] そして、余寿命診断装置は、実測値と予測値とを比較すると共に、実測値と予測値との差が所定の値以下である場合には余寿命を算出する。実測値と予測値との差が所定の値を超える場合、余寿命診断装置は、実測値に基づいて予測式を補正する。余寿命診断装置は、補正後の予測式により予測値を再度算出し、実測値と予測値との差が所定の値以下である場合には余寿命を算出する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０２０－１１９６５８号公報

発明の概要

[0006] しかしながら、上記従来の技術では、余寿命診断装置によって算出される二次電池モジュールの劣化度としての実測値は、電流積算による区間容量測

定に基づいて取得される。このため、実測値には、充電器におけるセンシング誤差や算出過程におけるロジック誤差が含まれるので、高精度な余寿命を予測することが難しい。

[0007] 本開示は上記点に鑑み、二次電池のＳＯＨの推定精度を向上させることができる電池診断システムを提供することを目的とする。

[0008] 本開示の第１態様及び第２態様によると、電池診断システムは、二次電池の劣化度を示すＳＯＨを推定する。

[0009] 第１態様では、電池診断システムは、モデル部、ＳＯＨ計算部、及びＳＯＨ推定部を含む。

[0010] モデル部は、二次電池の使用状態を示す使用履歴データを取得し、使用履歴データに基づいてＳＯＨを算出する。ＳＯＨ計算部は、二次電池の劣化度に応じて変化する物理量をセンシングデータとして取得し、センシングデータに基づいてＳＯＨを算出する。ＳＯＨ推定部は、モデル部で算出されたＳＯＨと、ＳＯＨ計算部で算出されたＳＯＨと、に基づき、両方の算出結果を合成して最適なＳＯＨを推定する。

[0011] これによると、モデル部で発生する二次電池のセルばらつきによる誤差と、ＳＯＨ計算部で発生するセンシング誤差と、の両方がＳＯＨ推定部で最適化される。このため、ＳＯＨ計算部で算出されるＳＯＨのセンシング誤差の影響を低減することができる。したがって、二次電池のＳＯＨの推定精度を向上させることができる。

[0012] 第２態様では、電池診断システムは、データ取得部、データ処理部、及び演算部を含む。

[0013] データ取得部は、二次電池の使用状態を示す時系列データを取得する。データ処理部は、データ取得部から時系列データを取得し、時系列データをヒストグラムデータとして処理する。

[0014] 演算部は、予め設定された計算モデルに基づいて、データ取得部で取得される時系列データ及びデータ処理部で取得されるヒストグラムデータのうちのいずれか一方を用いてＳＯＨを推定値として計算する。

[0015] これによると、二次電池の時系列データ及びヒストグラムデータのうちのいずれか一方を用いてＳＯＨを推定している。このため、電流積算の方法よりもセンシング誤差等の誤差の介在を低減させることができる。したがって、二次電池のＳＯＨの推定精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0016] 本開示についての上記及び他の目的、特徴や利点は、添付図面を参照した下記詳細な説明から、より明確になる。添付図面において、

[図1]図１は、第１実施形態に係る電池診断システムの構成を示した図であり、

[図2]図２は、特定周波数を事前に取得する前処理と、特定周波数を用いてＳＯＨを算出する処理と、を示した図であり、

[図3]図３は、インピーダンスの虚数成分Ｚｉｍａｇｅ とＳＯＨとの関係性と、周波数と、の相関を示した図であり、

[図4]図４は、次元数に対する特定周波数を示した図であり、

[図5]図５は、各次元数における学習データ、交差検証データ、検証データの各誤差を示した図であり、

[図6]図６は、インピーダンス発生装置で測定されたインピーダンスの実数成分Ｚｒｅａｌ及び虚数成分Ｚｉｍａｇｅを周波数毎にプロットした図であり、

[図7]図７は、二次電池の温度を４５℃、ＳＯＣを３０％－９０％の間で充放電したときのＳＯＨ計算部のＳＯＨの推定値とＳＯＨの実測値とを示した図であり、

[図8]図８は、二次電池の温度を１０℃、ＳＯＣを１０％－９０％の間で充放電したときのＳＯＨ計算部のＳＯＨの推定値とＳＯＨの実測値とを示した図であり、

[図9]図９は、劣化条件Ａ、Ｂ、Ｃについて、ＳＯＨの実測値に対するＳＯＨ推定部、ＳＯＨ計算部、モデル部の各計算結果の各誤差を示した図であり、

[図10]図１０は、劣化条件Ａについて、ＳＯＨ推定部、ＳＯＨ計算部、モデ

ル部の各計算結果及びＳＯＨの実測値を示した図であり、

[図11]図１１は、劣化条件Ｂについて、ＳＯＨ推定部、ＳＯＨ計算部、モデル部の各計算結果及びＳＯＨの実測値を示した図であり、

[図12]図１２は、劣化条件Ｃについて、ＳＯＨ推定部、ＳＯＨ計算部、モデル部の各計算結果及びＳＯＨの実測値を示した図であり、

[図13]図１３は、第２実施形態に係るセンシングデータについての前処理及び計算の流れを示した図であり、

[図14]図１４は、第３実施形態に係るセンシングデータについての前処理及び計算の流れを示した図であり、

[図15]図１５は、第４実施形態に係る電池診断システムの構成を示した図であり、

[図16]図１６は、第４実施形態に係るＳＯＨを算出する流れを示した図であり、

[図17]図１７は、ＳＯＨの算出にパラメータの積を含めた場合の計算結果の精度を示した図であり、

[図18]図１８は、ＳＯＨの算出にパラメータの積を含めない場合の計算結果の精度を示した図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下に、図面を参照しながら本開示を実施するための複数の形態を説明する。各実施形態において先行する実施形態で説明した事項に対応する部分には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する場合がある。各実施形態において構成の一部のみを説明している場合は、構成の他の部分については先行して説明した他の実施形態を適用することができる。各実施形態で具体的に組合せが可能であることを明示している部分同士の組合せばかりではなく、特に組合せに支障が生じなければ、明示してなくとも実施形態同士を部分的に組み合せることも可能である。

[0018] （第１実施形態）

以下、第１実施形態について図を参照して説明する。本実施形態に係る電

池診断システムは、二次電池の劣化度を示すＳＯＨを推定するシステムである。

[0019] 図１に示されるように、電池診断システム１００は、二次電池１１０、温度センサ１２０、電流センサ１２１、電圧センサ１２２、データ取得部１３０を含む。また、電池診断システム１００は、インピーダンス発生装置１４０、記憶部１５０、特定周波数計算部１６０、演算部１７０を含む。

[0020] 二次電池１１０は、複数の電池セルが直列に接続された電池モジュールを構成する。個々の電池セルは、例えばリチウムイオン二次電池である。二次電池１１０は、電気自動車やハイブリッド車等の電動車両の電源部を構成する。なお、電池モジュールは、各電池セルが並列接続される構成も含まれる。

[0021] 温度センサ１２０は、二次電池１１０の温度を測定する。温度センサ１２０は、二次電池１１０に設置される。電流センサ１２１は、二次電池１１０の電流値を測定する。電流センサ１２１は、二次電池１１０に接続される。電圧センサ１２２は、二次電池１１０の電圧値を測定する。電圧センサ１２２は、二次電池１１０に接続される。各センサ１２０～１２２は、随時、検出信号をデータ取得部１３０に出力する。

[0022] データ取得部１３０は、二次電池１１０の温度、電流値、及び電圧値の各データを定期的に取得する。このため、データ取得部１３０は、温度取得部１３１、電流値取得部１３２、及び電圧値取得部１３３を有する。

[0023] 温度取得部１３１は、温度センサ１２０によって測定される二次電池１１０の温度Ｔの情報を定期的に取得する。例えば、温度取得部１３１は、一定期間で取得された二次電池１１０の温度の分布から温度Ｔを算出する。例えば、温度Ｔは、一定期間で取得された二次電池１１０の温度の度数分布から算出された平均値とすることができる。温度取得部１３１は、二次電池１１０の温度Ｔの情報を演算部１７０に出力する。

[0024] なお、温度Ｔとして、計算負荷低減のため、一定期間で取得された二次電池１１０の温度の平均値等を採用することも可能である。

[0025] 電流値取得部１３２は、電流センサ１２１によって測定される二次電池１１０の電流Ｉの情報を定期的に取得する。例えば、電流値取得部１３２は、一定期間に取得された二次電池１１０の電流の分布から電流Ｉを算出する。例えば、電流Ｉは、一定期間に取得された二次電池１１０の電流の度数分布から算出された平均値とすることができる。電流値取得部１３２は、二次電池１１０の電流Ｉの情報を演算部１７０に出力する。

[0026] なお、電流Ｉとして、計算負荷低減のために、一定期間に取得された二次電池１１０の電流の平均値等を採用することも可能である。

[0027] 電圧値取得部１３３は、電圧センサ１２２によって測定された二次電池１１０の電圧Ｖの情報を定期的に取得する。例えば、電圧Ｖは、一定期間に取得された二次電池１１０の電圧値の度数分布から算出された平均値とすることができる。電圧値取得部１３３は、二次電池１１０の電圧Ｖの情報を演算部１７０に出力する。

[0028] なお、電圧Ｖとして、計算負荷低減のために、一定期間に取得された二次電池１１０の電圧の平均値等を採用することも可能である。

[0029] また、データ取得部１３０は、温度取得部１３１で取得される温度Ｔの情報、電流値取得部１３２で取得される電流Ｉの情報、電圧値取得部１３３で取得される電圧Ｖの情報を二次電池１１０の使用状態を示す使用履歴データとして記憶部１５０に格納する。

[0030] 使用履歴データは、時系列データ及びヒストグラムデータを含む。時系列データは、二次電池１１０の温度Ｔ、ＳＯＣ、電圧Ｖ、電流Ｉの各データを含む。ヒストグラムデータは、時系列データがヒストグラムに処理されたデータである。なお、ＳＯＣは、後述する演算部１７０で取得される。

[0031] インピーダンス発生装置１４０は、電気化学インピーダンス分光法（Electrochemical Impedance Spectroscopy：ＥＩＳ）によって二次電池１１０のインピーダンスを取得する装置である。インピーダンスは、二次電池１１０の劣化度に応じて変化する物理量である。インピーダンスデータＥＩＳは、インピーダンス発生装置１４０によって測定されるセンシングデータである。

インピーダンス発生装置１４０は、重畳電流印加部１４１及びインピーダンス測定部１４２を有する。

[0032] 重畳電流印加部１４１は、複数の周波数成分が重畳された重畳電流を二次電池１１０に印加する。重畳電流を用いることにより、複数の周波数の電流を二次電池１１０に印加したときの電池電圧をまとめて取得することができる。

[0033] 重畳電流として、例えば多重正弦波を採用することができる。重畳電流として、矩形波、鋸波、三角波を用いることもできる。ここで、重畳周波数としての基本周波数に対する高調波は、次数が高まるごとに電流値が大幅に低減するのに対し、多重正弦波では低減しない。このため、重畳電流として多重正弦波を採用することで、高い測定精度を維持できる。多重正弦波において、重畳する周波数は特に限定されず、任意に設定することができる。

[0034] インピーダンス測定部１４２は、重畳電流印加部１４１によって二次電池１１０に印加される重畳電流の電流値を取得する。また、インピーダンス測定部１４２は、重畳電流が二次電池１１０に印加されたときの応答電圧を取得する。したがって、インピーダンスは、二次電池１１０に印加される交流電流に対応する応答電圧が測定された後、絶対値と位相の情報を持った複素数として応答電圧を交流電流で割る割り算を行うことによって算出される値である。つまり、インピーダンスは、実数成分Ｚｒｅａｌ及び虚数成分Ｚｉｍａｇｅを含む。

[0035] 具体的には、インピーダンス測定部１４２は、離散フーリエ変換を用いて、複数の周波数成分毎の二次電池１１０のインピーダンスを算出する。重畳電流印加時の電流値と電圧値は、電流センサ１２１及び電圧センサ１２２の検出値を用いることができる。離散フーリエ変換としては、高速離散フーリエ変換（ＦＦＴ）を採用することができる。

[0036] インピーダンス発生装置１４０は、算出した複数の周波数成分毎のインピーダンスを演算部１７０に出力する。なお、インピーダンス発生装置１４０は、インピーダンスのデータを記憶部１５０に記憶しても良い。

[0037] インピーダンス発生装置１４０は、例えば、車載用のパワーコントロールユニットを構成する電力変換装置を利用して構成することができる。これにより、重畳電流の生成部を含むインピーダンス発生装置１４０を、別途設ける必要がない。また、大電流の重畳電流を生成することができる。よって、車載用の二次電池１１０のオンボード診断に適した装置構成とすることができる。あるいは、図示しない車載用の充電装置または外部に設けられる充電装置に、重畳電流の生成部を配置する構成とすることもできる。

[0038] 特定周波数計算部１６０は、二次電池１１０の最適なＳＯＨを算出するために必要な特定周波数の情報を事前に電気化学インピーダンス分光法によって取得するための装置である。特定周波数計算部１６０は、車上に実装されていても良いし、車上に実装されていなくても良い。

[0039] すなわち、特定周波数は、事前に取得された二次電池１１０のインピーダンスデータＥＩＳを用いた機械学習によって決定された周波数である。また、特定周波数は、二次電池１１０のＳＯＨに対する影響度の大きい周波数である。

[0040] 最適なＳＯＨは、演算部１７０によって最終的に推定されるＳＯＨである。二次電池１１０のＳＯＨに対する影響度は、インピーダンスの虚数成分Ｚｉｍａｇｅとの相関の強さに対応する。特定周波数は、例えば１Ｈｚよりも大きな周波数の範囲、望ましくは１０Ｈｚよりも大きな周波数の範囲のうちの特定の周波数である。

[0041] 二次電池１１０は搭載される電動車両に応じて構成が異なる。このため、二次電池１１０の特性は例えば車種によって異なる。したがって、特定周波数は、二次電池１１０の構成に応じて異なっている。特定周波数計算部１６０は、電動車両に搭載される二次電池１１０に対応した特定周波数を取得するために用いられる。特定周波数の取得方法は後で説明する。

[0042] 記憶部１５０は、例えば書き換え可能な不揮発性のメモリである。記憶部１５０は、データ取得部１３０、インピーダンス発生装置１４０、演算部１７０を制御するためのプログラムを記憶する。また、記憶部１５０は、随時

、データ取得部１３０及び演算部１７０から入力する使用履歴データを記憶する。

[0043] さらに、記憶部１５０は、インピーダンス発生装置１４０において電気化学インピーダンス分光法の測定で用いられる周波数の範囲のうちの複数の特定周波数の情報を記憶する。複数の特定周波数の情報は、特定周波数計算部１６０から事前に入力されている。

[0044] 演算部１７０は、二次電池１１０の最適なＳＯＨを推定する。演算部１７０は、プロセッサ等の装置によって構成される。演算部１７０は、ＳＯＣ算出部１７１、モデル部１７２、ＳＯＨ計算部１７３、及びＳＯＨ推定部１７４を有する。

[0045] ＳＯＣ算出部１７１は、二次電池１１０の電池残量を示す充電率を算出する。二次電池１１０の充電率は、二次電池１１０の満充電容量に対する残容量の比が百分率で表される。二次電池１１０の充電率は、ＳＯＣ（State Of Charge）である。

[0046] 例えば、ＳＯＣ算出部１７１は、電流値取得部１３２で取得された二次電池１１０の電流値の積算値を算出すると共に、積算値に基づいて二次電池１１０の充電率を算出する。ＳＯＣ算出部１７１によって算出されたＳＯＣの情報は、記憶部１５０に格納されると共に、ＳＯＨ計算部１７３に出力される。

[0047] モデル部１７２は、二次電池１１０の使用履歴データを記憶部１５０から取得する。また、モデル部１７２は、予め設定された計算モデルである理論式に使用履歴データを当てはめてＳＯＨを算出する。モデル部１７２は、算出したＳＯＨをＳＯＨ推定部１７４に出力する。

[0048] ＳＯＨ計算部１７３は、インピーダンス発生装置１４０からセンシングデータとしてインピーダンスデータＥＩＳを取得する。ＳＯＨ計算部１７３は、温度変換モデル及びＳＯＣ変換モデルにより、インピーダンスデータＥＩＳを予め定められた所定の温度及び所定のＳＯＣにおけるデータに変換する。所定の温度は、例えば２５℃である。所定のＳＯＣは、例えば５０％であ

る。これにより、二次電池１１０が置かれる環境や二次電池１１０の状態に依存しないＳＯＨを算出することができる。

[0049] ＳＯＨ計算部１７３は、測定周波数に対応する全てのインピーダンスデータＥＩＳを用いるのではなく、記憶部１５０に記憶された複数の特定周波数に対応するインピーダンスデータＥＩＳを用いる。すなわち、ＳＯＨ計算部１７３は、インピーダンスデータＥＩＳのうち、複数の特定周波数に対応するインピーダンスの虚数成分Ｚｉｍａｇｅをインプットとする機械学習に基づいてＳＯＨを算出する。これにより、ＳＯＨ計算部１７３で用いられるインプットデータの数を減らすことができる。よって、ＳＯＨ計算部１７３の計算負荷を低減させることができる。

[0050] 具体的には、ＳＯＨ計算部１７３は、機械学習の手法として、インピーダンスデータＥＩＳをインプットとしたガウス過程回帰（Gaussian Process Regression；ＧＰＲ）によりＳＯＨを算出する。ＧＰＲは、現在と過去の状態を入力値として予測値を推定するモデルの一つである。測定誤差の大きいインピーダンスの実数成分Ｚｒｅａｌを使用しないことで、ＳＯＨ計算部１７３によって算出されるＳＯＨの推定精度が向上する。また、機械学習の方法を用いているので、電流積算の方法に対してＳＯＨの推定精度が向上する。ＳＯＨ計算部１７３は、算出したＳＯＨをＳＯＨ推定部１７４に出力する。

[0051] ＳＯＨ推定部１７４は、モデル部１７２で算出されたＳＯＨと、ＳＯＨ計算部１７３で算出されたＳＯＨと、に基づき、両方の算出結果を合成して最適なＳＯＨを推定する。具体的には、ＳＯＨ推定部１７４は、モデル部１７２で算出されたＳＯＨを、ＳＯＨ計算部１７３で算出されたＳＯＨで補正する。ＳＯＨ推定部１７４は、補正の程度を、モデル部１７２で算出されたＳＯＨの分散と、ＳＯＨ計算部１７３のノイズの分散と、に基づき計算し、最終的なＳＯＨを推定する。

[0052] ＳＯＨ推定部１７４は、例えば、１日に数回、あるいは１日に１回の最適なＳＯＨの推定結果を取得する。もちろん、最適なＳＯＨの推定頻度はこれらに限られず、必要な頻度が適宜設定される。

[0053] 具体的には、ＳＯＨ推定部１７４は、非線形カルマンフィルタを用いて最適なＳＯＨを推定する。非線形カルマンフィルタは、拡張カルマンフィルタ（Extended Kalman Filter）であることが望ましい。以上が、本実施形態に係る電池診断システム１００の全体構成である。

[0054] 次に、演算部１７０の作動について説明する。まず、モデル部１７２は、記憶部１５０に格納された使用履歴データに基づいてＳＯＨを算出し、算出したＳＯＨをＳＯＨ推定部１７４に出力する。

[0055] また、ＳＯＨ計算部１７３は、インピーダンス発生装置１４０から入力するインピーダンスに基づいてＳＯＨを算出する。ここで、ＳＯＨ計算部１７３は、記憶部１５０に格納された複数の特定周波数の情報を用いてＳＯＨを算出する。図２に示されるように、複数の特定周波数の情報は、前処理において事前に取得しておく。

[0056] 例えば、二次電池１１０は、５０Ａｈの容量を持ち、ＮＣＭ６２２／Ｇｒの構成であるとする。前処理において事前に特定周波数の情報を取得する際の二次電池１１０の構成と、電池診断システム１００に採用される二次電池１１０の構成と、は同じである。

[0057] １つ目の処理では、Ｎ次元における各特定周波数のＳＯＨとインピーダンスの虚数成分Ｚｉｍａｇｅとの相関を計算する。このため、事前に種々の条件で二次電池１１０を劣化させる。劣化条件は、例えば、温度やＳＯＣを異ならせて保存する場合や、温度、中心ＳＯＣ、ΔＤＯＤを異ならせて充放電を繰り返す場合等である。また、二次電池１１０の寿命が尽きるまでのＳＯＨの推移やインピーダンスの虚数成分Ｚｉｍａｇｅをデータとして取得する。

[0058] なお、ＤＯＤ（Depth Of Discharge）は、二次電池１１０の放電深度を示す。ΔＤＯＤは、例えば、充放電の開始時のＳＯＣと終了時のＳＯＣとの差分によって算出される。

[0059] これにより、図３に示されるように、インピーダンスの虚数成分ＺｉｍａｇｅとＳＯＨとの関係性と、一定の範囲の周波数と、の相関が得られる。図

３の横軸は対数スケールである。インピーダンスの虚数成分Ｚｉｍａｇｅと ＳＯＨとの関係性を示す値は、大きいほど重要度が高い。

[0060] ここで、一定の範囲の全ての周波数をＳＯＨの推定に用いるとオーバーフィッティングになりうるので、外挿領域の誤差が増大してしまう。よって、周波数の数すなわち次元数が大きいほど良いわけではない。そこで、図３に示されたデータを用い、機械学習の一つであるＳＩＳＳＯでＮ次元までの特定周波数の組み合わせを計算する。つまり、一定の範囲の周波数の中でどの周波数をＳＯＨの推定に用いるかを決める。これにより決定される周波数が特定周波数となる。ＳＯＨの推定に用いる周波数をいくつかに特定することで、特定周波数の汎用性を高めることができる。

[0061] 上記の機械学習により、図４に示されるように、次元数と特定周波数との組み合わせが導かれる。２次元の場合、特定周波数はｆ２１及びｆ２２の２つに決定される。２つの周波数は、図３に示された相関ラインのうちの２つの周波数に該当する。同様に、３次元の場合はｆ３１、ｆ３２、ｆ３３の３つに決定され、図３に示された相関ラインのうちの３つの周波数に該当する。４次元の場合及び５次元の場合も同様に、複数の周波数が決定される。

[0062] 続いて、図２に示されるように、各特定周波数に対応するインピーダンスの虚数成分ＺｉｍａｇｅをインプットとしたときのＳＯＨの精度を算出する。その結果を図５に示す。

[0063] 図５において、学習データは、実際に機械学習に使ったデータである。交差検証データは、例えば複数種類の劣化条件の全てのデータの中から１種類の劣化条件のデータを除いて学習データに使用すると共に、除いた１種類のデータを検証データとして使い、複数種類の全てのデータを順番に検証データに変更して機械学習を行ったデータである。検証データは、機械学習に使っていない未知のデータである。ＲＭＳＥは、実測値のＳＯＨに対する各データの二乗平均平方根誤差（％）を示す。

[0064] ＳＯＨの実測値は、二次電池１１０の温度を２５℃とし、二次電池１１０のＳＯＣを０％－１００％の間で充放電し、二次電池１１０の電流をＣ／３

としたときに、（現在の電池容量／初期の電池容量）×１００（％）から算出される。

[0065] そして、ＳＯＨの実測値に対する各データの誤差が最小になる次元数を算出する。図５に示された例では、４次元の場合の誤差が最小になった。この場合の特定周波数は４つである。このようにして、特定周波数計算部１６０は、特定周波数の数と周波数を決定する。この後、特定周波数計算部１６０は、特定周波数の数と周波数の情報を記憶部１５０に格納する。こうして前処理が完了する。

[0066] ＳＯＨ計算部１７３は、上記のように事前に取得された４つの特定周波数の情報を利用して、図２に示された計算フローを実行する。このため、まず、ＳＯＨ計算部１７３は、インピーダンス発生装置１４０で測定されたインピーダンスデータＥＩＳを取得する。図６に示されるように、インピーダンスは周波数毎に実数成分Ｚｒｅａｌ及び虚数成分Ｚｉｍａｇｅが変化する。

[0067] なお、ＳＯＨ計算部１７３は、温度変換モデル及びＳＯＣ変換モデルにより、インピーダンスデータＥＩＳを例えば２５℃の温度及び５０％のＳＯＣにおけるデータに変換する。これにより、あらゆる温度やＳＯＣでのＳＯＨの算出が可能になる。

[0068] 続いて、ＳＯＨ計算部１７３は、記憶部１５０に４つの特定周波数の情報を要求すると共に、記憶部１５０から４つの特定周波数の情報を取得する。また、ＳＯＨ計算部１７３は、図６に示されたインピーダンスのデータ群の中から４つの特定周波数に対応する虚数成分Ｚｉｍａｇｅをインプットとして抽出する。

[0069] この後、ＳＯＨ計算部１７３は、インピーダンスの４つの虚数成分ＺｉｍａｇｅをインプットとしたＧＰＲによりＳＯＨを算出する。ＳＯＨ計算部１７３は、算出したＳＯＨをＳＯＨ推定部１７４に出力する。

[0070] 本発明者らは、二次電池１１０の温度を４５℃とし、ＳＯＣを３０％－９０％の間で充放電するサイクルを複数繰り返したときのＳＯＨ計算部１７３のＳＯＨを算出した。その結果を図７に示す。図７の横軸は日数である。図

７に示されるように、ＧＰＲでのＳＯＨの推定値は、ＳＯＨの実測値に近い値となった。

[0071] また、本発明者らは、二次電池１１０の温度を１０℃とし、ＳＯＣを１０％－９０％の間で充放電するサイクルを複数繰り返したときのＳＯＨ計算部１７３のＳＯＨを算出した。その結果を図８に示す。図８の横軸は日数である。図８に示されるように、二次電池１１０が寒い環境に置かれた場合でも、ＧＰＲでのＳＯＨの推定値は、ＳＯＨの実測値から大きく離れなかった。

[0072] ＳＯＨ推定部１７４は、上記のようにモデル部１７２で算出されたＳＯＨとＳＯＨ計算部１７３で算出されたＳＯＨとを用いて拡張カルマンフィルタによって最適なＳＯＨを推定する。以下、最適なＳＯＨを最適化ＳＯＨと言う。ＳＯＨ推定部１７４は、最適化ＳＯＨを外部装置に出力する。外部装置は、取得した最適化ＳＯＨのユーザへの表示や、二次電池１１０の充放電制御等に利用する。

[0073] 本発明者らは、複数の劣化条件におけるモデル部１７２の計算結果、ＳＯＨ計算部１７３の計算結果、及びＳＯＨ推定部１７４の計算結果とＳＯＨの実測値とを比較した。その結果を図９に示す。

[0074] なお、劣化条件Ａは、二次電池１１０の温度を４５℃とし、ＳＯＣを０％－１００％の間で充放電するサイクルを複数繰り返す場合である。劣化条件Ｂは、二次電池１１０の温度を４５℃とし、ＳＯＣを３０％－９０％の間で充放電するサイクルを複数繰り返す場合である。劣化条件Ｃは、二次電池１１０の温度を１０℃とし、ＳＯＣを１０％－９０％の間で充放電するサイクルを複数繰り返す場合である。各劣化条件Ａ、Ｂ、Ｃの充電時の電流は０．３Ｃであり、放電時の電流は１Ｃである。また、ＳＯＨの実測値の測定方法は上記と同様である。

[0075] 図９及び図１０に示されるように、劣化条件Ａでは、モデル部１７２のＳＯＨの計算結果の誤差は０．７％であり、最大誤差は２．６％であった。ＳＯＨ計算部１７３のＳＯＨの計算結果の誤差は１．２％であり、最大誤差は４．５％であった。

[0076] これらに対し、ＳＯＨ推定部１７４の最適化ＳＯＨの計算結果の誤差は０．３％であり、最大誤差は１．２％であった。明らかに、ＳＯＨ推定部１７４の最適化ＳＯＨがモデル部１７２及びＳＯＨ計算部１７３の各計算結果よりもＳＯＨの実測値に近い値になった。

[0077] 劣化条件Ｂでは、図９及び図１１に示されるように、各計算結果の誤差はもともと小さいが、ＳＯＨ推定部１７４の最適化ＳＯＨがＳＯＨの実測値にさらに近い値になった。

[0078] 劣化条件Ｃでは、図９及び図１２に示されるように、ＳＯＨ推定部１７４の最適化ＳＯＨの誤差と、モデル部１７２及びＳＯＨ計算部１７３の各計算結果の誤差と、の差が大きくなった。

[0079] 劣化条件Ｃでは、４００日を経過した後、二次電池１１０にリチウム析出が起こったことで異常劣化が起こったためであると考えられる。このため、二次電池１１０のＳＯＨは急激に低下している。モデル部１７２の計算結果はＳＯＨの急激な低下に追従できていない。しかし、ＳＯＨ計算部１７３はセンシングデータであるインピーダンスの虚数成分Ｚｉｍａｇｅを用いてＳＯＨを算出しているので、ＳＯＨ計算部１７３の計算結果はＳＯＨの急激な低下に追従できていた。すなわち、ＳＯＨ計算部１７３のみでもＳＯＨの推定値の精度を向上させることができると言える。

[0080] 以上説明したように、本実施形態では、モデル部１７２の計算結果とＳＯＨ計算部１７３の計算結果とをＳＯＨ推定部１７４にて合成して最適化している。具体的には、ＳＯＨ推定部１７４は、モデル部１７２で算出されたＳＯＨをベースとして、モデル部１７２のＳＯＨをＳＯＨ計算部１７３で算出された実測値としてのＳＯＨで補正することで最終的なＳＯＨを推定している。

[0081] これにより、モデル部１７２で発生する二次電池１１０のセルばらつきによる誤差と、ＳＯＨ計算部１７３で発生するセンシング誤差と、の両方をＳＯＨ推定部１７４で最適化することができる。つまり、ＳＯＨ計算部１７３で算出されるＳＯＨのセンシング誤差の影響を低減することができる。した

がって、二次電池１１０の最適化ＳＯＨの推定精度を向上させることができる。

[0082] 変形例として、電池診断システム１００は、ＳＯＨ計算部１７３の計算結果のみをＳＯＨの推定値として採用しても良い。ＳＯＨ計算部１７３は、二次電池１１０の劣化度に応じて変化する物理量をセンシングデータとして取得すると共に、センシングデータに基づいてＳＯＨを推定している。このため、電流積算の方法よりもセンシング誤差等の誤差の介在を低減させることができる。したがって、二次電池１１０のＳＯＨの推定精度を向上させることができる。

[0083] （第２実施形態）

本実施形態では、主に第１実施形態と異なる部分について説明する。本実施形態では、ＳＯＨ計算部１７３は、センシングデータとして、二次電池１１０の充電時の電圧変化を用いてＳＯＨを算出する。

[0084] このため、図１３に示されるように、前処理において、事前に種々の劣化条件で二次電池１１０を劣化させて、二次電池１１０の寿命までのＳＯＨの推移を取得する。また、劣化条件における充電中の電圧変化を取得し、記憶部１５０に事前に記憶する。

[0085] 電圧変化は、例えば３．６Ｖから３．７Ｖの区間での電圧値の変化である。３．６Ｖ－３．７Ｖの電圧区間は、二次電池１１０の劣化時に電圧値が顕著に変化する領域である。本発明者らは、当該電圧区間において電圧変化とＳＯＨとが相関することを鋭意検討の末に解明した。つまり、電圧値は、二次電池１１０の劣化度に応じて変化する物理量である。

[0086] 上記の前処理が完了した状態で、例えば、二次電池１１０が充電スタンドで充電される。ＳＯＨ計算部１７３は、データ取得部１３０で取得された二次電池１１０の電圧変化を、記憶部１５０を介して取得する。

[0087] また、ＳＯＨ計算部１７３は、データ取得部１３０で取得された電圧変化の中から３．６Ｖ－３．７Ｖの電圧変化を抽出する。そして、ＳＯＨ計算部１７３は、３．６Ｖ－３．７Ｖの電圧変化をインプットとしたＧＰＲにより

ＳＯＨを算出する。このように、センシングデータとして二次電池１１０の充電時の電圧変化を用いてＳＯＨを算出することもできる。

[0088] 変形例として、電圧変化を４．０Ｖから４．１Ｖの区間での電圧値の変化としても良い。当該電圧区間においてもＳＯＨの推定精度を向上させることができる。もちろん、３．６Ｖ－３．７Ｖの区間、及び、４．０Ｖ－４．１Ｖの区間に限られず、他の電圧区間が設定されても構わない。

[0089] （第３実施形態）

本実施形態では、主に第１、第２実施形態と異なる部分について説明する。本実施形態では、ＳＯＨ計算部１７３は、センシングデータとして充電電圧緩和における電圧変化量を用いてＳＯＨを算出する。

[0090] このため、図１４に示されるように、前処理において、事前に種々の劣化条件で二次電池１１０を劣化させて、二次電池１１０の寿命までのＳＯＨの推移を取得する。また、劣化条件における充電後の電圧緩和応答を取得し、記憶部１５０に事前に記憶する。

[0091] 電圧緩和応答は、例えば１０分間の電圧変化量である。本発明者らは、充電後の電圧緩和応答とＳＯＨとが相関することを鋭意検討の末に見出した。つまり、電圧緩和応答の電圧変化量は、二次電池１１０の劣化度に応じて変化する物理量である。

[0092] 上記の前処理が完了した状態で、例えば、二次電池１１０が充電スタンドで充電されると共に、１０分以上静止した状態で置かれる。ＳＯＨ計算部１７３は、データ取得部１３０で取得された二次電池１１０の電圧変化量を、記憶部１５０を介して取得する。

[0093] また、ＳＯＨ計算部１７３は、データ取得部１３０で取得された電圧変化の中から１０分間の電圧変化量を抽出する。そして、ＳＯＨ計算部１７３は、１０分間の電圧変化量をインプットとしたＧＰＲによりＳＯＨを算出する。このように、センシングデータとして二次電池１１０の充電時の電圧変化量を用いてＳＯＨを算出することもできる。

[0094] （第４実施形態）

本実施形態では、主に上記各実施形態と異なる部分について説明する。図１５に示されるように、本実施形態に係る電池診断システム１００は、二次電池１１０、データ取得部１３０、データ処理部１８０、記憶部１５０、及び演算部１７０を含む。

[0095] データ処理部１８０は、データ取得部１３０から時系列データを取得し、時系列データをヒストグラムデータとして処理する。なお、ヒストグラムデータはデータ取得部１３０で処理されても構わない。

[0096] データ処理部１８０は、ＳＯＣ算出部１８１及びパラメータ計算部１８２を有する。ＳＯＣ算出部１８１は、第１実施形態で示されたＳＯＣ算出部１７１と同じ機能を備える。

[0097] パラメータ計算部１８２は、二次電池１１０の時系列データを入力すると共に、時系列データをヒストグラムデータとして処理する。ヒストグラムデータは、二次電池１１０のＳＯＣ、温度Ｔ、電流Ｉ、ΔＤＯＤの各パラメータを含む。

[0098] また、パラメータ計算部１８２は、予め設定されたパラメータの積を算出する。パラメータの積は、ＳＯＣ×Ｔ、ΔＤＯＤ×Ｔ、Ｉ×ΔＤＯＤのうちの少なくとも１つを含む。パラメータ計算部１８２は、パラメータの積を記憶部１５０に格納する。ＳＯＨの推定にヒストグラムデータを用いる場合は時系列データの記録が不要になる。

[0099] 本発明者らは、鋭意検討の末、モデル部１７２の計算モデルにＳＯＣ×Ｔ、ΔＤＯＤ×Ｔ、Ｉ×ΔＤＯＤが含まれることで、ヒストグラムデータをインプットに用いる場合でも、高精度にＳＯＨを予測できることを見出した。なお、電流Ｉの代わりにＣレートを用いることもできる。

[0100] 演算部１７０は、モデル部１７２を有する。モデル部１７２は、予め設定された計算モデルに基づいて、時系列データ及びヒストグラムデータのうちのいずれか一方を用いてＳＯＨを推定値として算出する。演算部１７０は、ヒストグラムデータを用いる場合、各パラメータ、及び、各パラメータのうちの２つ以上のパラメータの積を用いてＳＯＨを算出する。以上が、本実施

形態に係る電池診断システム１００の構成である。

[0101] 次に、ヒストグラムデータを用いてＳＯＨを推定する流れを説明する。図１６に示されるように、まず、データ取得部１３０は、時系列データ等の車両データを取得する。続いて、データ処理部１８０は、パラメータ計算部１８２においてパラメータの積を算出する。この後、パラメータ計算部１８２は、算出したパラメータの積を記憶部１５０に格納する。

[0102] そして、演算部１７０のモデル部１７２は、記憶部１５０に格納されたヒストグラムデータをインプットとして予め設定されたモデルによってＳＯＨを算出する。すなわち、モデル部１７２は、パラメータ及びパラメータの積を用いて、ＳＯＨ＝ｆ｛Ｔ，ＳＯＣ，Ｉ，ΔＤＯＤ，ＳＯＣ×Ｔ、ΔＤＯＤ×Ｔ、Ｉ×ΔＤＯＤ｝を演算することでＳＯＨを算出する。ｆは予め設定された計算式である。

[0103] 本発明者らは、様々な劣化条件でのＳＯＨの算出において、パラメータの積を含めた場合と含めない場合とにおいて、時系列データを採用してＳＯＨを算出した場合と比較した。その結果を図１７及び図１８に示す。なお、様々な劣化条件は、例えば図２の１つ目の処理で採用されたものと同じである。

[0104] 図１７に示されるように、ＳＯＨの算出にパラメータの積を含めた場合、時系列データを用いたＳＯＨの計算結果、及び、ヒストグラムデータを用いたＳＯＨの計算結果は、ＳＯＨの実測値に対する誤差が０．８％であった。つまり、モデルにパラメータの積を含めることで、時系列データとヒストグラムデータのどちらを採用したとしても、ＳＯＨの推定精度が向上した。

[0105] これに対し、図１８に示されるように、ＳＯＨの算出にパラメータの積を含めない場合、時系列データを用いたＳＯＨの計算結果、及び、ヒストグラムデータを用いたＳＯＨの計算結果は、ＳＯＨの実測値に対する誤差が４．３％であった。よって、モデルにパラメータの積を含めた方がＳＯＨの推定精度を高めることができることがわかる。

[0106] 以上のように、二次電池１１０の時系列データ及びヒストグラムデータの

うちのいずれか一方を用いてＳＯＨを推定することができる。この際、時系列データあるいはヒストグラムデータを用いているので、電流積算の方法よりもセンシング誤差等の誤差の介在を低減させることができる。したがって、二次電池１１０のＳＯＨの推定精度を向上させることができる。

[0107] 本開示は上述の実施形態に限定されることなく、本開示の趣旨を逸脱しない範囲内で、以下のように種々変形可能である。

[0108] 例えば、二次電池１１０は、電動車両に搭載される場合に限られず、所定の場所に設置される場合も含まれる。また、二次電池１１０のＳＯＨは、二次電池１１０の全体のＳＯＨに限られず、二次電池１１０を構成する電池セルの単体のＳＯＨあるいは複数のＳＯＨであっても良い。

[0109] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1] 二次電池（１１０）の劣化度を示すＳＯＨを推定する電池診断システムであって、

前記二次電池の使用状態を示す使用履歴データを取得し、前記使用履歴データに基づいて前記ＳＯＨを算出するモデル部（１７２）と、

前記二次電池の劣化度に応じて変化する物理量をセンシングデータとして取得し、前記センシングデータに基づいてＳＯＨを算出するＳＯＨ計算部（１７３）と、

前記モデル部で算出されたＳＯＨと、前記ＳＯＨ計算部で算出されたＳＯＨと、に基づき、両方の算出結果を合成して最適なＳＯＨを推定するＳＯＨ推定部（１７４）と、

を含む、電池診断システム。

[請求項2] 前記センシングデータは、電気化学インピーダンス分光法によって取得される前記二次電池のインピーダンスのデータであり、

前記ＳＯＨ計算部は、前記インピーダンスのデータをインプットとしたガウス過程回帰によりＳＯＨを算出する、請求項１に記載の電池診断システム。

[請求項3] 前記電気化学インピーダンス分光法で用いられる周波数の範囲のうちの特定周波数の情報が予め記憶された記憶部（１５０）を含み、

前記ＳＯＨ計算部は、前記インピーダンスのデータのうち、前記記憶部に記憶された前記特定周波数に対応するインピーダンスの虚数成分を用いてＳＯＨを算出する、請求項２に記載の電池診断システム。

[請求項4] 前記電気化学インピーダンス分光法によって取得される前記インピーダンスは、前記二次電池に印加される交流電流に対応する応答電圧が測定された後、絶対値と位相の情報を持った複素数として応答電圧を交流電流で割る割り算を行うことによって算出される値である、請求項３に記載の電池診断システム。

[請求項5] 前記特定周波数は、前記電気化学インピーダンス分光法によって事

前に取得された前記二次電池のインピーダンスのデータを用いた機械学習に基づいて決定された周波数であると共に、前記二次電池のＳＯＨに対する影響度の大きい周波数である、請求項３または４に記載の電池診断システム。

[請求項6] 前記センシングデータは、前記二次電池の充電時の電圧変化のデータであり、

前記ＳＯＨ計算部は、前記二次電池の充電時の電圧変化のデータをインプットとしたガウス過程回帰によりＳＯＨを算出する、請求項１に記載の電池診断システム。

[請求項7] 前記ＳＯＨ推定部は、非線形カルマンフィルタを用いてＳＯＨを推定する、請求項１ないし６のいずれか１つに記載の電池診断システム。

[請求項8] 二次電池（１１０）の劣化度を示すＳＯＨを推定する電池診断システムであって、

前記二次電池の使用状態を示す時系列データを取得するデータ取得部（１３０）と、

前記データ取得部から前記時系列データを取得し、前記時系列データをヒストグラムデータとして処理するデータ処理部（１８０）と、

予め設定された計算モデルに基づいて、前記データ取得部で取得される前記時系列データ及び前記データ処理部で取得される前記ヒストグラムデータのうちのいずれか一方を用いてＳＯＨを推定値として算出する演算部（１７０）と、

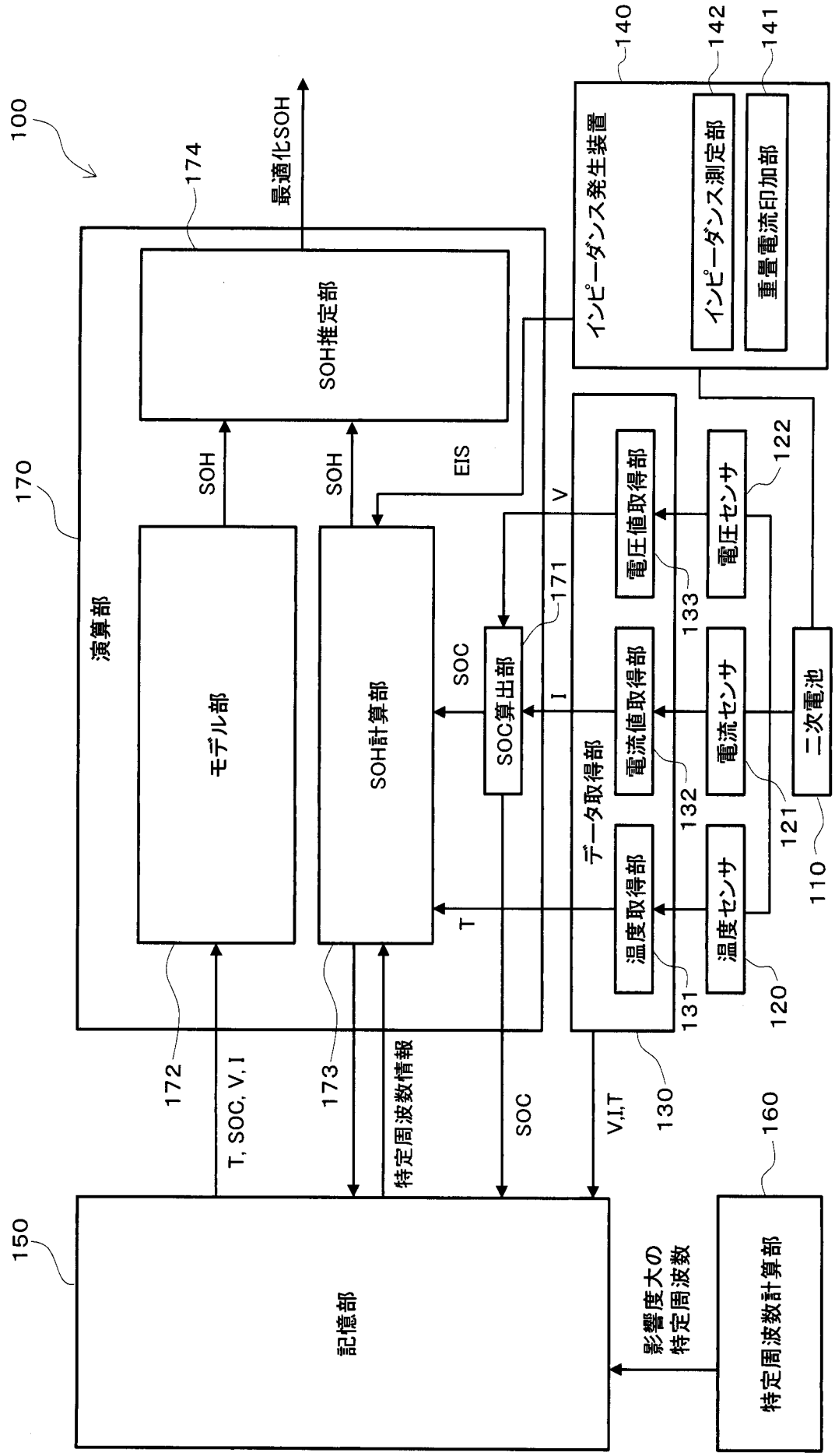
を含む、電池診断システム。

[請求項9] 前記ヒストグラムデータは、前記二次電池のＳＯＣ、温度、電流、ΔＤＯＤの各パラメータを含み、

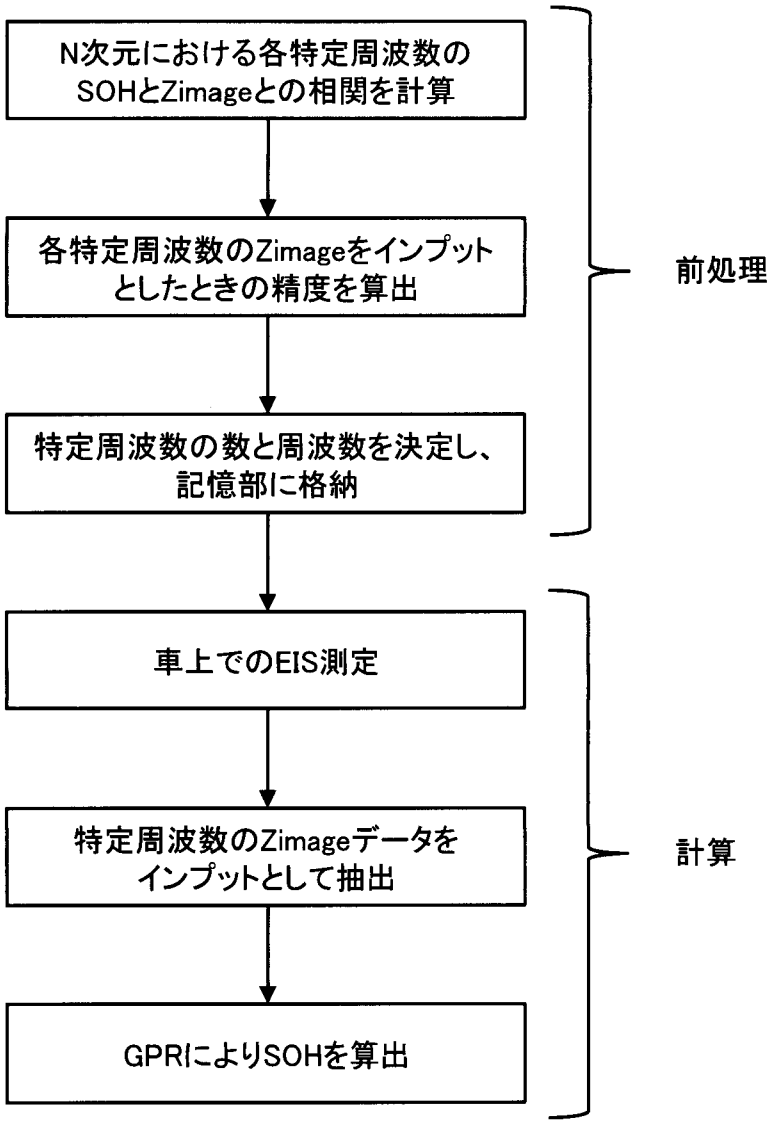
前記演算部は、前記各パラメータ、及び、前記各パラメータのうちの２つ以上のパラメータの積を用いてＳＯＨを算出する、請求項８に記載の電池診断システム。

[請求項10] 前記パラメータの積は、ＳＯＣ×Ｔ、ΔＤＯＤ×Ｔ、電流×ΔＤＯＤのうちの少なくとも１つを含む、請求項９に記載の電池診断システム。

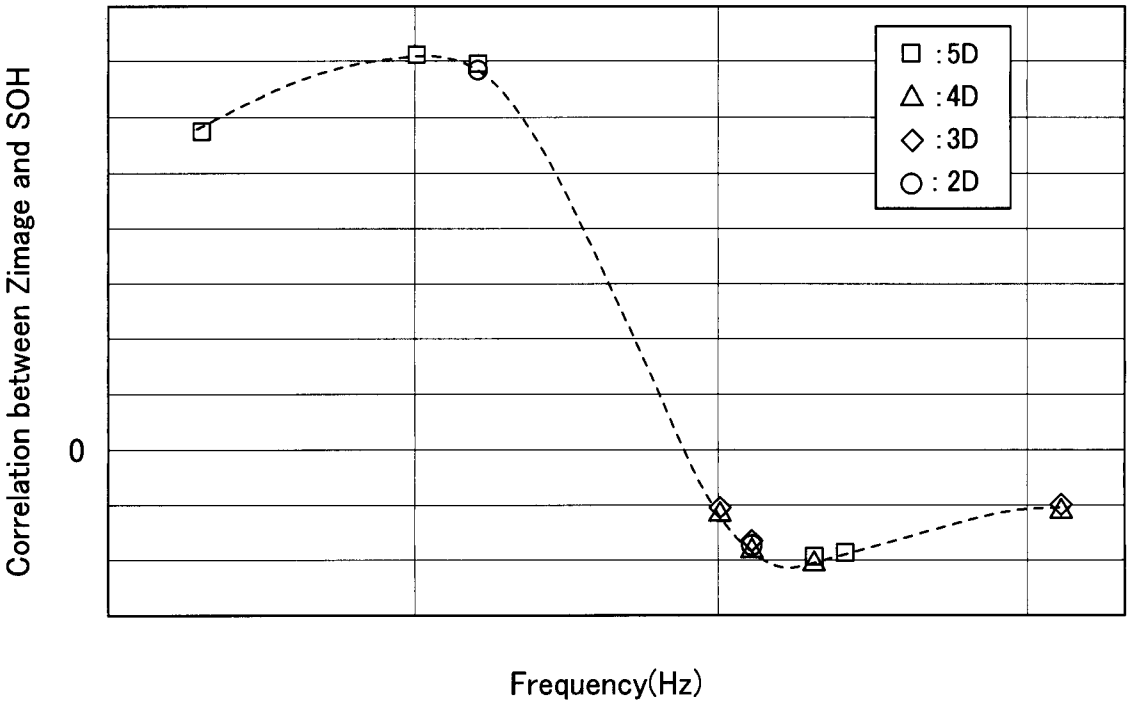
[図1]


100
174
最適化SOH
SOH推定部
170
演算部
SOH
SOH
EIS
モデル部
SOH計算部
SOC
SOC算出部
171
V
I
T
データ取得部
電圧値取得部
電流値取得部
温度取得部
133
132
131
130
140
インピーダンス発生装置
142
インピーダンス測定部
141
重畳電流印加部
122
電圧センサ
121
電流センサ
110
二次電池
120
温度センサ
172
173
T, SOC, V, I
特定周波数情報
SOC
V,I,T
150
記憶部
影響度大の
特定周波数
160
特定周波数計算部

[図2]


N次元における各特定周波数のSOHとZimageとの相関を計算
各特定周波数のZimageをインプットとしたときの精度を算出
特定周波数の数と周波数を決定し、記憶部に格納
前処理
車上でのEIS測定
特定周波数のZimageデータをインプットとして抽出
GPRによりSOHを算出
計算

[図3]



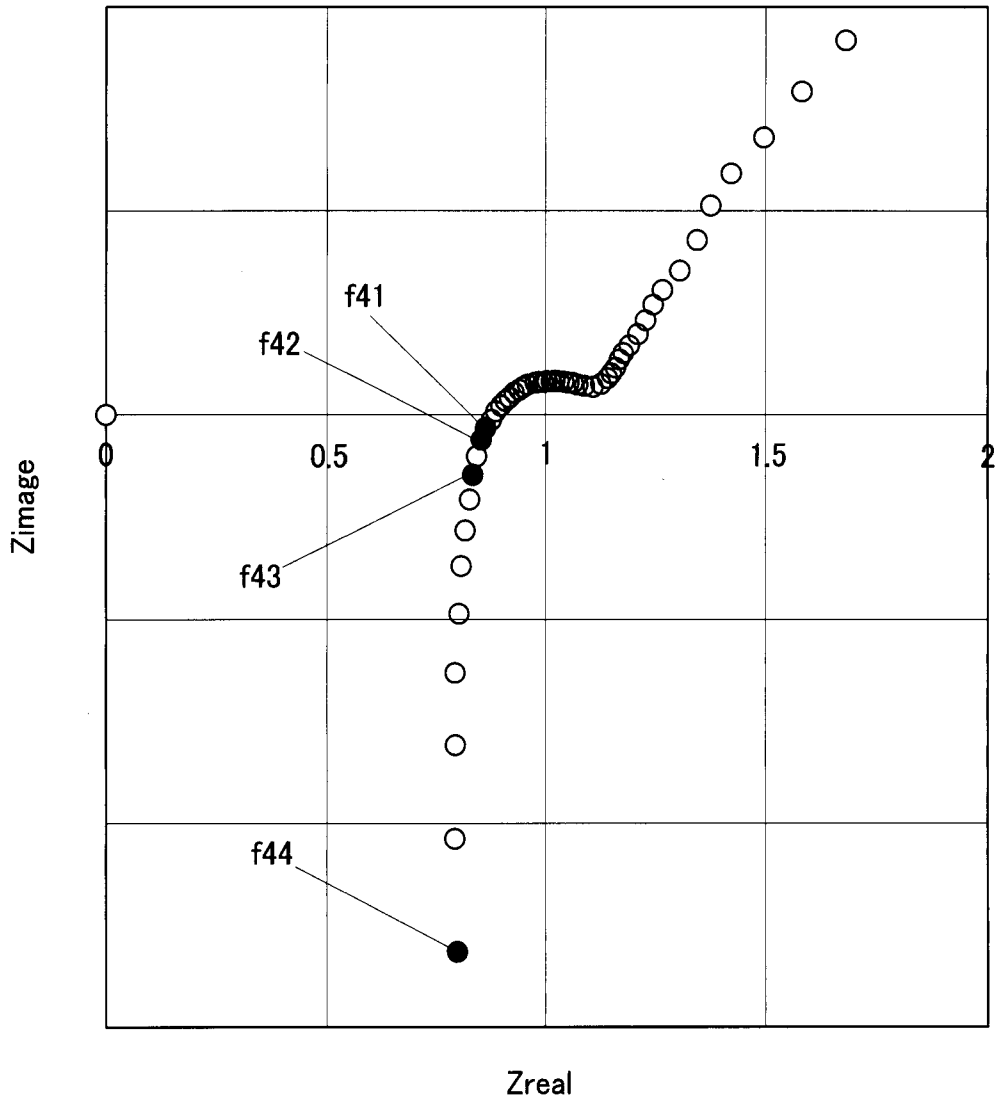
[図4]

次元数	特定周波数 (Hz)
2D	f21, f22
3D	f31, f32, f33
4D	f41, f42, f43, f44
5D	f51, f52, f53, f54, f55

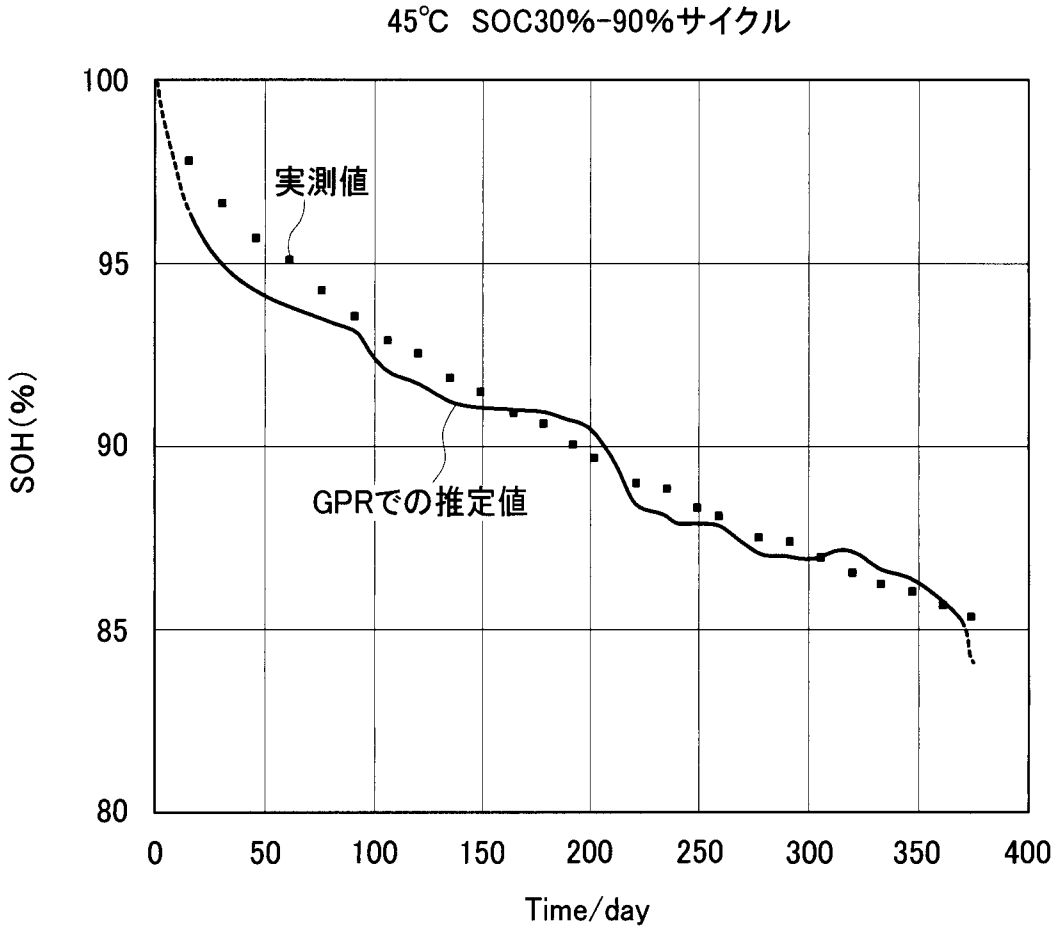
[図5]

RMSE	特定周波数の数(次元数)			
	2	3	4	5
学習データ(%)	3.8	2.7	2.3	3.3
交差検証データ(%)	4.3	3.1	3.1	3.4
検証データ (%)	4.3	2.4	1.7	3.0

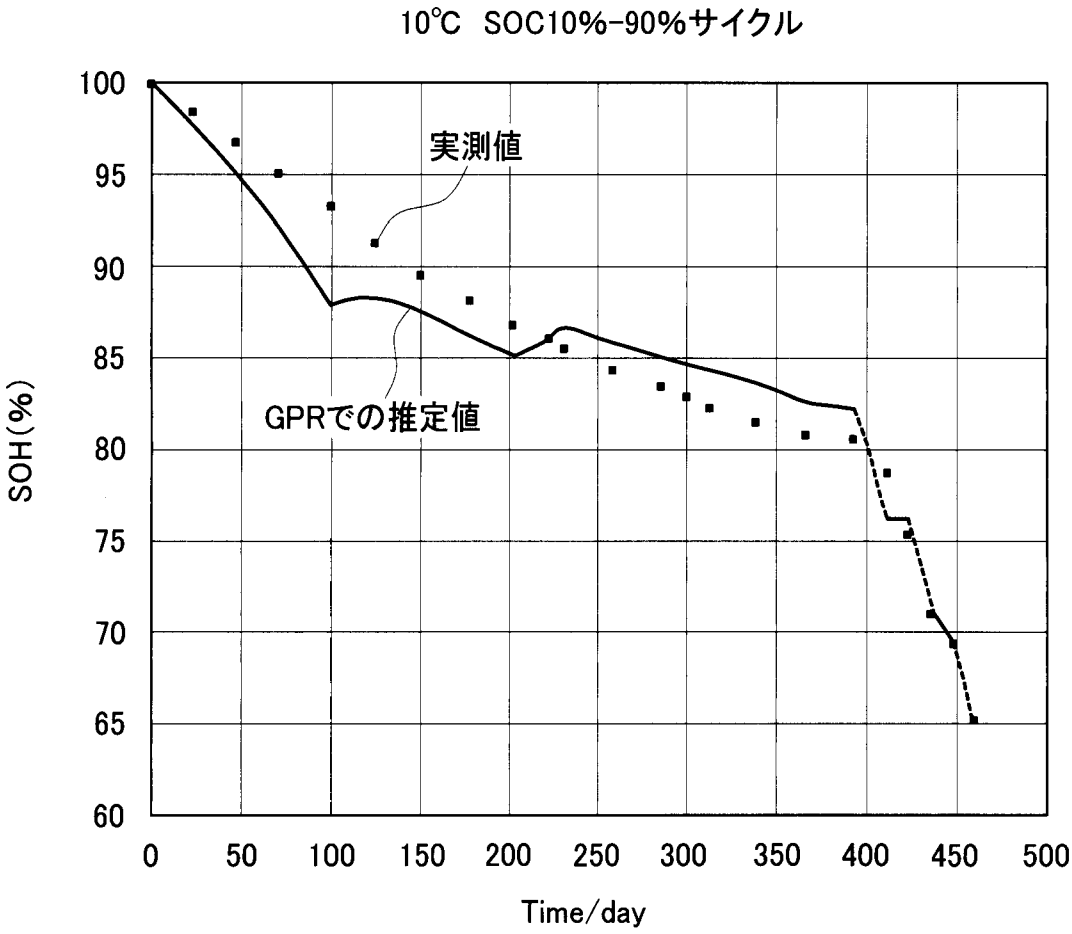
[図6]



[図7]


45℃ SOC30%-90%サイクル
100
95
90
85
80
SOH(%)
実測値
GPRでの推定値
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Time/day

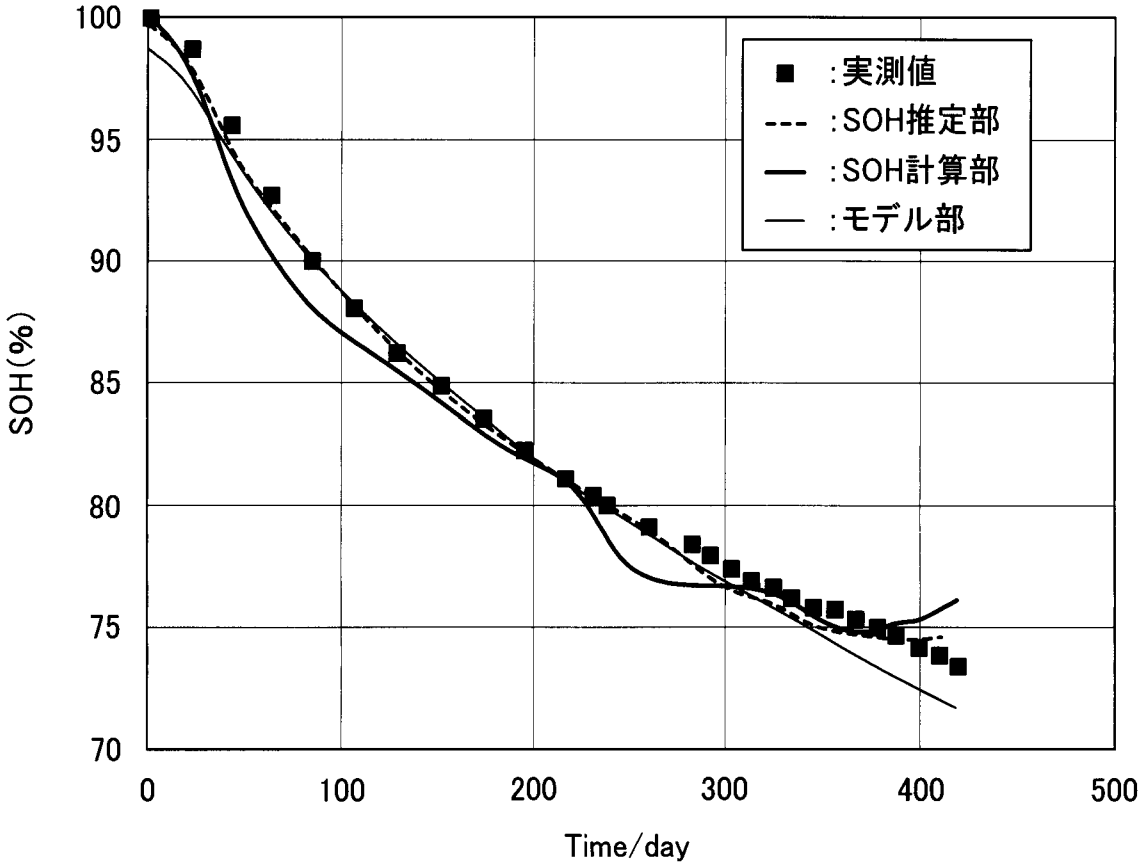
[図8]


10℃ SOC10%-90%サイクル
実測値
GPRでの推定値
SOH(%)
Time/day
100
95
90
85
80
75
70
65
60
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500

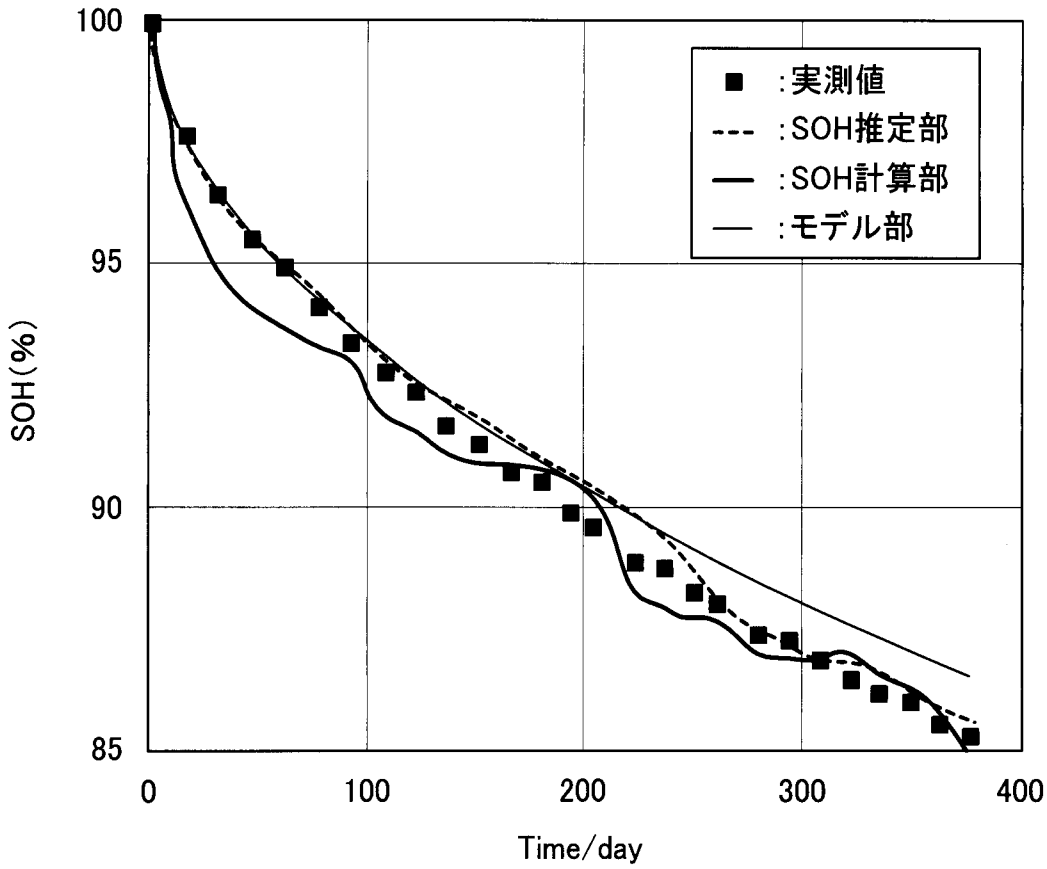
[図9]

		SOH推定部 計算結果	SOH計算部 計算結果	モデル部 計算結果
劣化条件A	RMSE	0.3%	1.2%	0.7%
	最大誤差	1.2%	4.5%	2.6%
劣化条件B	RMSE	0.6%	0.8%	0.7%
	最大誤差	1.3%	1.6%	1.4%
劣化条件C	RMSE	0.2%	2.0%	3.4%
	最大誤差	1.1%	5.4%	11.9%

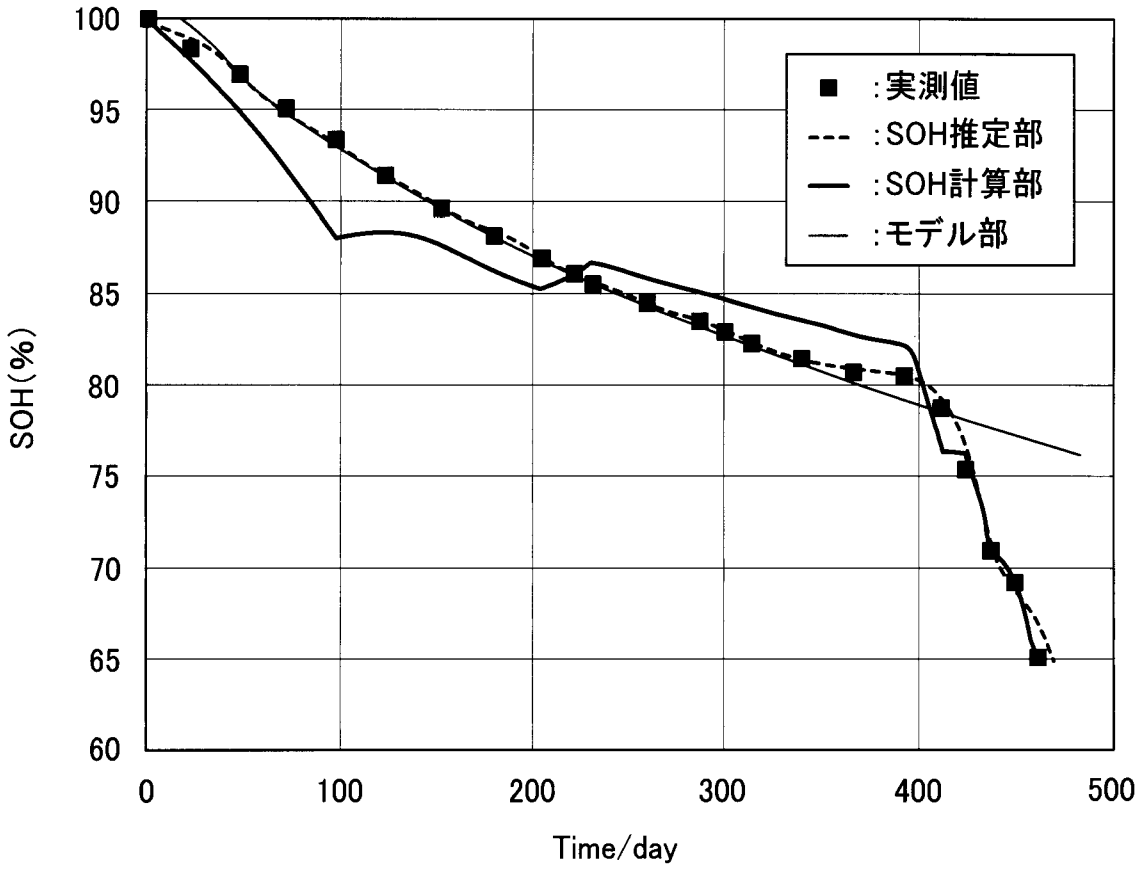
[図10]


100
95
90
85
80
75
70
SOH(%)
0
100
200
300
400
500
Time/day
■ :実測値
--- :SOH推定部
— :SOH計算部
— :モデル部

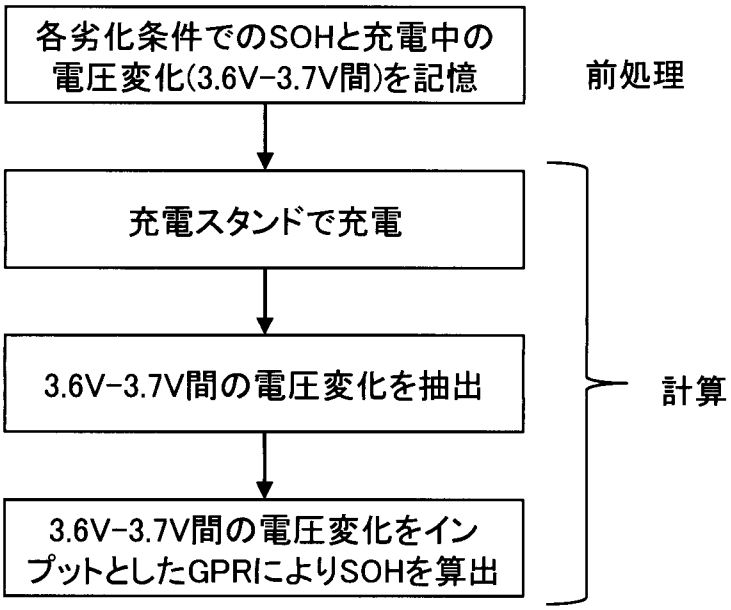
[図11]


100
95
90
85
SOH(%)
0
100
200
300
400
Time/day
■ :実測値
--- :SOH推定部
— :SOH計算部
— :モデル部

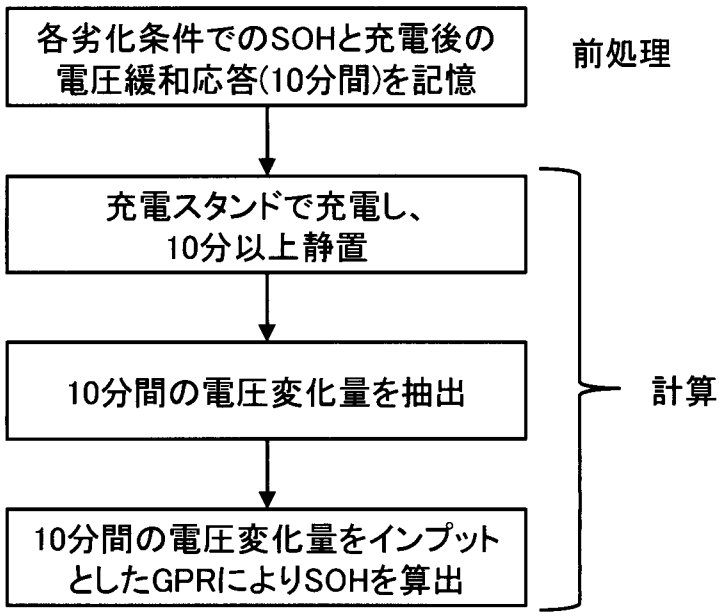
[図12]


100
95
90
85
80
75
70
65
60
SOH(%)
0
100
200
300
400
500
Time/day
■ :実測値
--- :SOH推定部
— :SOH計算部
— :モデル部

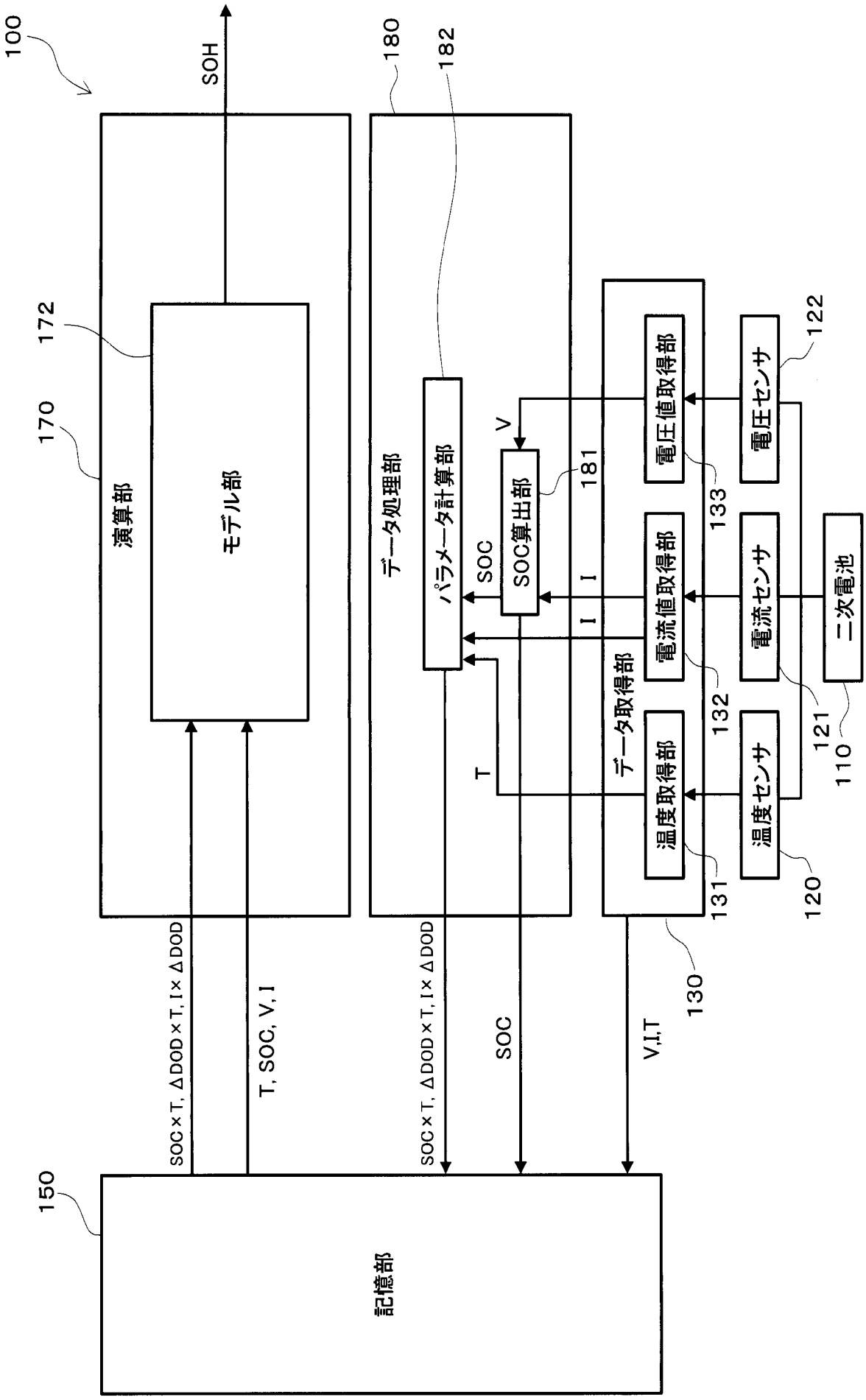
[図13]


各劣化条件でのSOHと充電中の電圧変化(3.6V-3.7V間)を記憶
前処理
充電スタンドで充電
3.6V-3.7V間の電圧変化を抽出
3.6V-3.7V間の電圧変化をインプットとしたGPRによりSOHを算出
計算

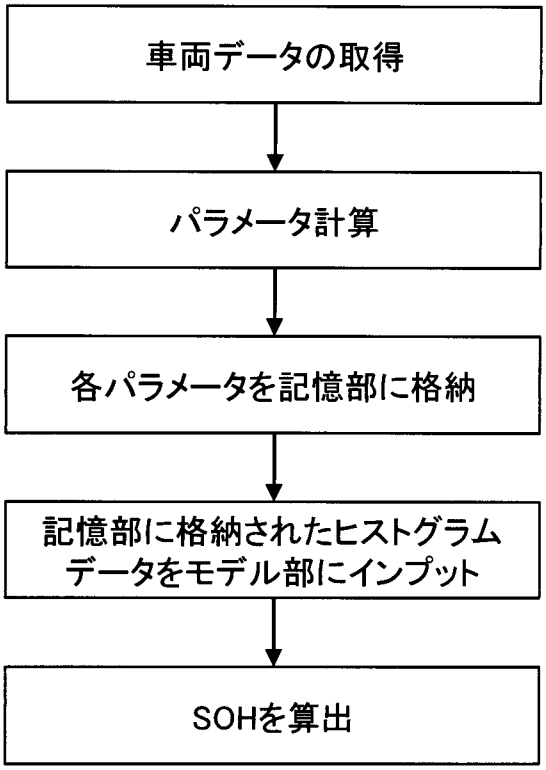
[図14]


各劣化条件でのSOHと充電後の電圧緩和応答(10分間)を記憶
前処理
充電スタンドで充電し、10分以上静置
10分間の電圧変化量を抽出
10分間の電圧変化量をインプットとしたGPRによりSOHを算出
計算

[図15]

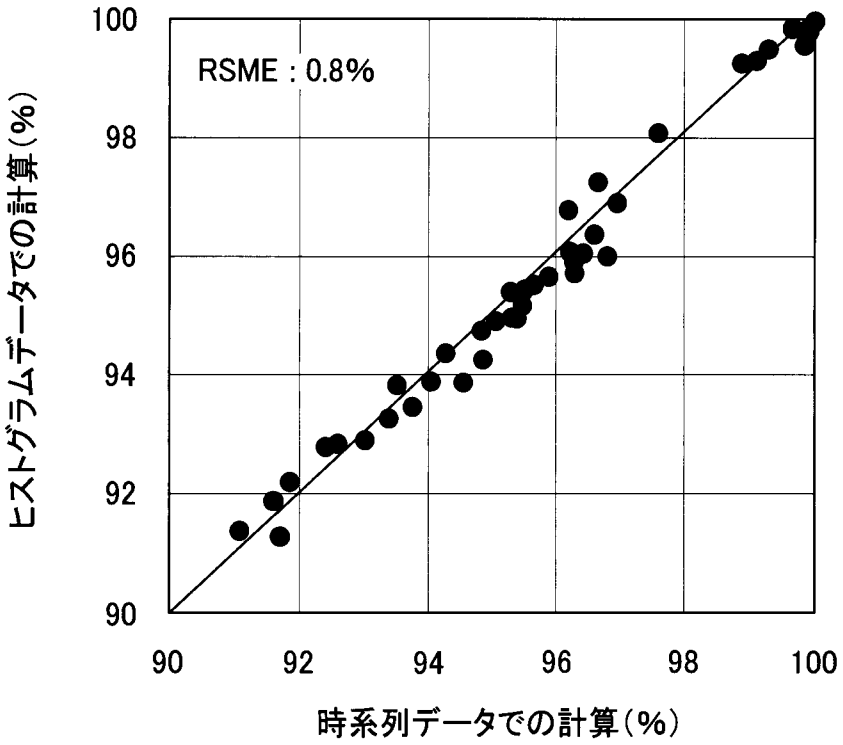

100
SOH
180
182
172
170
演算部
モデル部
データ処理部
パラメータ計算部
V
SOC
SOC算出部
181
I
I
I
T
データ取得部
温度取得部
電流値取得部
電圧値取得部
温度センサ
電流センサ
電圧センサ
二次電池
131
132
133
120
121
122
110
130
SOC×T, ΔDOD×T, I×ΔDOD
T, SOC, V, I
SOC×T, ΔDOD×T, I×ΔDOD
SOC
V,I,T
150
記憶部

[図16]

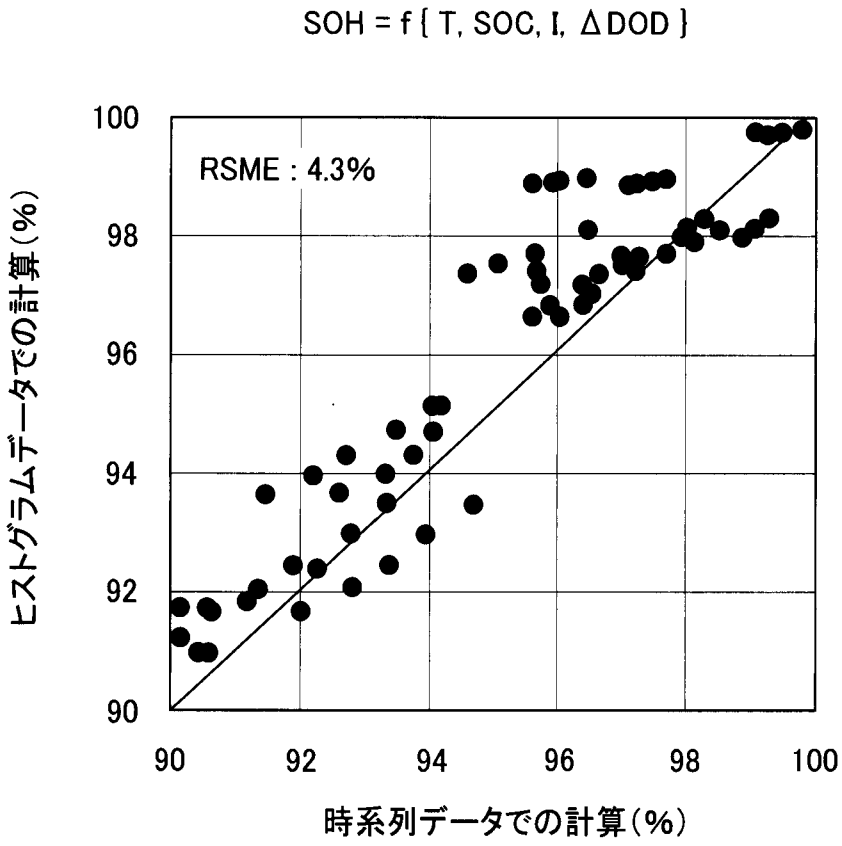


[図17]

$$SOH = f\{ T, SOC, I, \Delta DOD, SOC \times T, \Delta DOD \times T, I \times \Delta DOD \}$$



[図18]


SOH = f { T, SOC, I, ΔDOD }
RSME : 4.3%
ヒストグラムデータでの計算(%)
時系列データでの計算(%)
100
98
96
94
92
90
90
92
94
96
98
100

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/041695

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/392(2019.01)i; ***G01R 31/367***(2019.01)i; ***G01R 31/3828***(2019.01)i; ***G01R 31/389***(2019.01)i;
H01M 10/48(2006.01)i; ***H02J 7/00***(2006.01)i
FI: G01R31/392; G01R31/367; G01R31/3828; G01R31/389; H01M10/48 P; H01M10/48 301; H02J7/00 P; H02J7/00 Q

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)

G01R31/392; G01R31/367; G01R31/3828; G01R31/389; H01M10/48; H02J7/00

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
X	JP 2015-52482 A (CALSONIC KANSEI CORP) 19 March 2015 (2015-03-19) paragraphs [0019]-[0038], fig. 1	1
Y	paragraphs [0019]-[0038], fig. 1	2-7
Y	US 2021/0055353 A1 (YAZAMI IP PTE. LTD.) 25 February 2021 (2021-02-25) paragraphs [0088]-[0089], [0157], [0163], [0169]	2-7
Y	CN 111323719 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 23 June 2020 (2020-06-23) paragraphs [0093]-[0094]	2-7
Y	JP 2013-537638 A (IMPERIAL INNOVATIONS LIMITED) 03 October 2013 (2013-10-03) paragraphs [0014], [0053]-[0056]	3-5, 7
Y	JP 2018-179684 A (MITSUBISHI MOTORS CORP) 15 November 2018 (2018-11-15) paragraphs [0026], [0033]-[0034]	6–7
Y	JP 2016-133514 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 25 July 2016 (2016-07-25) paragraphs [0050], [0066]-[0068], [0071], [0075], [0081], fig. 10	8-10

☑ 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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 December 2022	**17 January 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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-170622 A (TOYO SYSTEM CO LTD) 15 October 2020 (2020-10-15) paragraph [0062]	8-10
Y	JP 2016-99251 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 30 May 2016 (2016-05-30) paragraphs [0026]-[0027]	9-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/041695

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2015-52482 A	19 March 2015	US 2016/0131720 A1 paragraphs [0026]-[0045], fig. 1 CN 105283773 A	
US 2021/0055353 A1	25 February 2021	(Family: none)	
CN 111323719 A	23 June 2020	(Family: none)	
JP 2013-537638 A	03 October 2013	US 2013/0229156 A1 paragraphs [0021], [0067]-[0070] KR 10-2014-0034717 A	
JP 2018-179684 A	15 November 2018	(Family: none)	
JP 2016-133514 A	25 July 2016	US 2016/0209473 A1 paragraphs [0071], [0087]-[0090], [0093], [0097], [0104], fig. 10 EP 3048451 A1 KR 10-2016-0090140 A CN 105807227 A	
JP 2020-170622 A	15 October 2020	US 2022/0163597 A1 paragraph [0076] EP 3913727 A1 KR 10-2021-0127735 A CN 113646949 A	
JP 2016-99251 A	30 May 2016	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/041695

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01R 31/392(2019.01)i; G01R 31/367(2019.01)i; G01R 31/3828(2019.01)i; G01R 31/389(2019.01)i; H01M 10/48(2006.01)i; H02J 7/00(2006.01)i
FI: G01R31/392; G01R31/367; G01R31/3828; G01R31/389; H01M10/48 P; H01M10/48 301; H02J7/00 P; H02J7/00 Q

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））

G01R31/392; G01R31/367; G01R31/3828; G01R31/389; H01M10/48; H02J7/00

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

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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	関連する請求項の番号
X	JP 2015-52482 A (カルソニックカンセイ株式会社) 19.03.2015 (2015-03-19) 段落００１９－００３８，図１	1
Y	段落００１９－００３８，図１	2-7
Y	US 2021/0055353 A1 (YAZAMI IP PTE. LTD.) 25.02.2021 (2021-02-25) 段落００８８－００８９、０１５７、０１６３、０１６９	2-7
Y	CN 111323719 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 23.06.2020 (2020-06-23) 段落００９３－００９４	2-7
Y	JP 2013-537638 A (インペリアル イノヴェイションズ リミテッド) 03.10.2013 (2013-10-03) 段落００１４、００５３－００５６	3-5,7
Y	JP 2018-179684 A (三菱自動車工業株式会社) 15.11.2018 (2018-11-15) 段落００２６、００３３－００３４	6-7
Y	JP 2016-133514 A (三星電子株式会社) 25.07.2016 (2016-07-25) 段落００５０、００６６－００６８、００７１、００７５、００８１，図１０	8-10

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ 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
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“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
“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）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“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
“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
“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
“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
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
21.12.2022	17.01.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
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）
島▲崎▼　純一　2S 2577

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	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	関連する請求項の番号
Y	JP 2020-170622 A（東洋システム株式会社）15.10.2020（2020-10-15） 段落００６２	8-10
Y	JP 2016-99251 A（古河電気工業株式会社）30.05.2016（2016-05-30） 段落００２６－００２７	9-10

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/JP2022/041695

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-52482 A	19.03.2015	US 2016/0131720 A1 段落００２６－００４５，図１ CN 105283773 A	
US 2021/0055353 A1	25.02.2021	（ファミリーなし）	
CN 111323719 A	23.06.2020	（ファミリーなし）	
JP 2013-537638 A	03.10.2013	US 2013/0229156 A1 段落００２１、００６７－００７０ KR 10-2014-0034717 A	
JP 2018-179684 A	15.11.2018	（ファミリーなし）	
JP 2016-133514 A	25.07.2016	US 2016/0209473 A1 段落００７１、００８７－００９０、００９３、００９７、０１０４，図１０ EP 3048451 A1 KR 10-2016-0090140 A CN 105807227 A	
JP 2020-170622 A	15.10.2020	US 2022/0163597 A1 段落００７６ EP 3913727 A1 KR 10-2021-0127735 A CN 113646949 A	
JP 2016-99251 A	30.05.2016	（ファミリーなし）	