

(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
2020年1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/004163 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 31/392 (2019.01) *H02J 7/00* (2006.01)
H01M 10/48 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/024224
- (22) 国際出願日: 2019年6月19日(19.06.2019)
- (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 2018-120126 2018年6月25日(25.06.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社GSユアサ (GS YUASA INTERNATIONAL LTD.) [JP/JP]; 〒6018520 京

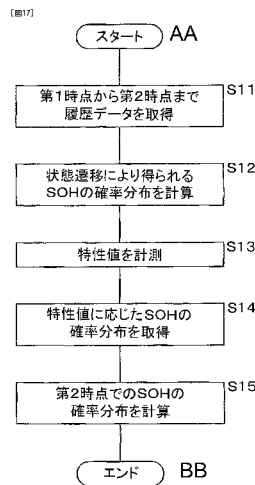
都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 鵜久森 南(UKUMORI, Nan); 〒6018520 京都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町1番地 株式会社GSユアサ内 Kyoto (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: STATE ESTIMATION METHOD AND STATE ESTIMATION APPARATUS

(54) 発明の名称: 状態推定方法、及び状態推定装置



S11 Acquire log data from first time point to second time point

S12 Calculate probability distribution of SOH obtained from state transition

S13 Measure characteristic values

S14 Acquire probability distribution of SOH in accordance with characteristic values

S15 Calculate probability distribution of SOH at second time point

AA Start

BB End

(57) Abstract: A state estimation method for an energy storage device according to the present invention comprises using a first method to acquire a first probability distribution that expresses the state of the energy storage device (61) in the form of a probability distribution, using a second method to acquire a second probability distribution that expresses the state of the energy storage device in the form of a probability distribution, and estimating the state of the energy storage device on the basis of the first probability distribution and the second probability distribution.

[続葉有]



WO 2020/004163 A1

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 蓄電素子の状態推定方法は、確率分布の形で蓄電素子(61)の状態を表現した第1確率分布を、第1の方法によって取得し、確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第2確率分布を、第2の方法によって取得し、前記第1確率分布及び前記第2確率分布に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する。

明 細 書

発明の名称：状態推定方法、及び状態推定装置

技術分野

[0001] 本発明は、蓄電素子の状態を推定する方法、及び状態推定装置に関する。

背景技術

[0002] 蓄電素子（Energy Storage Device）は、無停電電源装置、安定化電源に含まれる直流又は交流電源装置等に広く使用されている。また、発電された電力を蓄電しておく大規模なシステムでの蓄電素子の利用が拡大している。蓄電素子は、時間経過及び充放電の繰り返しの応じて劣化が進行する。劣化に伴い、蓄電素子の充放電可能な容量（満充電容量）は徐々に減少し、内部抵抗は増加する。満充電容量は、満充電時に蓄電素子に蓄えられる電気量である。

[0003] 蓄電素子を運用する際には、蓄電素子の状態を推定し把握する必要がある。例えば、新品の蓄電素子の容量に対する現在の蓄電素子の容量の割合を示す健全度（SOH）の推定が行われる。蓄電素子のSOHがある程度低くなった段階で、蓄電素子は交換される。

[0004] 従来、蓄電素子に関する履歴を表す履歴データに基づいてSOHを逐次的に推定する技術が用いられている。履歴データには、蓄電素子に関する電圧履歴、電流履歴、放置履歴、又は温度履歴等の履歴を表す情報が含まれる。履歴データは、電圧計等のセンサが蓄電素子に関して測定した測定値を継続的に取得することによって作成される。また、比較的短時間で計測可能な蓄電素子の特性値（例えば、内部抵抗）に基づいてSOHを推定する技術も提案されている。特許文献1は、蓄電素子の特性値に基づき、ニューラルネット演算を用いてSOHを推定する技術の例を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2006-220616号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 履歴データに基づいて蓄電素子のSOHを逐次的に推定する方法では、蓄電システムの通常の稼働を継続したままで蓄電素子のSOHをリアルタイムで常時把握できる。しかし、SOHを計算する計算アルゴリズムの不確かさ、及び入力情報の不確かさに起因する推定誤差が蓄積し、SOHの推定精度が徐々に低下する傾向がある。複雑な充放電パターンで動作する蓄電素子では、履歴データが複雑となり、SOHの推定精度が低下する傾向がある。この方法は継続的に取得するセンサによる測定値に依存しているので、ノイズ等によって測定値が欠損した場合にSOHの推定が困難となる。

[0007] 短時間で計測可能な特性値に基づいてSOHを推定する方法では、推定誤差が経時的に蓄積することはない。複雑な充放電パターンで動作する蓄電素子についても、SOHの推定が一応は可能である。しかし、SOHの推定精度は、特性値の計測精度に大きく依存する。この方法では、蓄電システムの通常の稼働を停止し、蓄電素子の特性値の計測のために特別な動作を行う必要がある。この方法では、蓄電素子のSOHをリアルタイムで常時把握することは困難である。

[0008] 本発明の目的は、ロバスト性高くSOHを得ることができる蓄電素子の状態推定方法、及び状態推定装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一局面に係る状態推定方法は、確率分布の形で蓄電素子の状態を表現した第1確率分布を、第1の方法によって取得し、確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第2確率分布を、第2の方法によって取得し、前記第1確率分布及び前記第2確率分布に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する。

発明の効果

[0010] 本発明者は、(1)蓄電素子の劣化現象を確定システムとしてではなく確

率システムとして扱うこと、及び（２）複数の方法でＳＯＨを取得しそれらＳＯＨに基づきロバスト性高くＳＯＨを導くこと、を着想した。上記構成によれば、個別の方法でＳＯＨを確定的に推定する場合に比べて、高いロバスト性でＳＯＨが推定できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]遠隔監視システムの概要を示す図である。

[図2]遠隔監視システムの構成例を示すブロック図である。

[図3]蓄電システムの構成例を示すブロック図である。

[図4]蓄電モジュールの構成例を示すブロック図である。

[図5]電池管理装置及び管理装置の機能構成例を示すブロック図である。

[図6]（ $t - 1$ ）番目の時点における蓄電セルの状態の例を示すグラフである。

[図7]状態遷移確率の例を示すグラフである。

[図8]状態遷移により得られる t 番目の時点における蓄電セルの状態の例を示すグラフである。

[図9]蓄電セルのDCRとＳＯＨとの関係の例を示すグラフである。

[図10]特性値の計測により得られる蓄電セルの状態の例を示すグラフである。

[図11]推定される t 番目の時点における蓄電セルの状態の第１の例を示すグラフである。

[図12]推定される t 番目の時点における蓄電セルの状態の第２の例を示すグラフである。

[図13]推定される t 番目の時点における蓄電セルの状態の第３の例を示すグラフである。

[図14]（ $t - 1$ ）番目の時点での各ＳＯＨの確率から t 番目の時点での各ＳＯＨの確率を得る経緯の例を示す図表である。

[図15]状態遷移確率の例を示す図表である。

[図16] t 番目の時点での各ＳＯＨの確率から（ $t + 1$ ）番目の時点での各Ｓ

OHの確率を得る経緯の例を示す図表である。

[図17]実施形態1に係るサーバ装置が蓄電セルの状態を推定する処理の手順を示すフローチャートである。

[図18]実施形態2に係るサーバ装置が蓄電セルの状態を推定する処理の手順を示すフローチャートである。

[図19]状態推定装置として機能する電池管理装置の機能構成例を示すブロック図である。

[図20]状態推定装置として機能する管理装置の機能構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 蓄電素子の状態推定方法は、確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第1確率分布を、第1の方法によって取得し、確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第2確率分布を、第2の方法によって取得し、前記第1確率分布及び前記第2確率分布に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する。蓄電素子の状態推定装置は、確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第1確率分布を、第1の方法によって取得する第1取得部と、確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第2確率分布を、第2の方法によって取得する第2取得部と、前記第1確率分布及び前記第2確率分布に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する推定部とを備える。

[0013] 蓄電素子の状態を、例えば、SOHの値が0～1の夫々の値になる確率を示す確率分布の形で表現する。推定されたSOHには不確かさが存在し、推定方法によって不確かさが異なるので、確率分布を用いることにより、SOHの値と推定方法に応じた不確かさとを表現できる。第1の方法によってSOHの第1確率分布を取得し、第2の方法によってSOHの第2確率分布を取得し、第1確率分布及び第2確率分布を用いて、例えばSOHの確率分布の形で蓄電素子の状態を推定する。二つの方法で得られたSOHの確率分布を統合することによって、個別の方法でSOHを確定的に推定する場合に比べて、高いロバスト性で確からしいSOHが推定できる。例えば、一方の方

法で推定されるSOHの不確かさが大きい場合でも、最終的に推定されるSOHの不確かさを小さくできる。

[0014] 状態推定方法は、第1時点から第2時点までに前記蓄電素子がたどる履歴を取得し、前記第1の方法では、前記履歴に基づいて、前記第2時点における前記第1確率分布を計算してもよい。前記第1取得部は、前記蓄電素子がたどる履歴に基づいて前記第1確率分布を計算してもよい。充放電を繰り返す又は放置する等の動作履歴（放置履歴を含む）や、高温にさらされる又は低温にさらされる等の設置環境（温度履歴）の違いに応じて、蓄電素子のSOHの変化は異なる。履歴に基づいて、第1時点から変化する蓄電素子のSOHを推定できる。

[0015] 状態推定方法は、特定の時点における前記蓄電素子の特性を示す特性値を計測し、前記第2の方法では、前記特性値に基づいて、前記特定の時点における前記第2確率分布を取得してもよい。前記第2取得部は、特定の時点における前記蓄電素子の特性を示す特性値に基づいて、前記特定の時点における前記第2確率分布を取得してもよい。特定の時点で計測された特性値に基づいてSOHを取得することにより、履歴に応じてSOHを逐次的に推定する際に発生する推定誤差の影響を大幅に軽減して、SOHを推定できる。

[0016] 状態推定方法は、部分観測マルコフ決定過程のモデルに従って、前記第1時点における前記蓄電素子の状態と前記第1時点から前記第2時点までの前記蓄電素子の履歴に応じた状態遷移確率とを用いて前記第2時点における前記第1確率分布を取得し、前記第2時点における前記蓄電素子の特性を示す特性値に基づいて前記第2確率分布を取得し、前記第1確率分布及び前記第2確率分布から前記第2時点における前記蓄電素子の状態を推定してもよい。前記第1取得部は、第1時点における前記蓄電素子の状態と、前記第1時点から第2時点までの前記蓄電素子の履歴に応じた状態遷移確率とを用いて、前記第2時点における前記第1確率分布を計算し、前記第2取得部は、前記第2時点における前記蓄電素子の特性を示す特性値に基づいて、前記第2時点における前記第2確率分布を取得し、前記推定部は、部分観測マルコフ

決定過程のモデルに従って、前記第1確率分布及び前記第2確率分布から前記第2時点における前記蓄電素子の状態を推定してもよい。状態遷移により得られるSOHの確率分布と特性値の計測により得られるSOHの確率分布とを統合することにより、履歴に応じてSOHを推定する際に発生する推定誤差の影響を抑制できる。推定誤差の影響を抑制しながら、リアルタイムでの蓄電素子のSOHの推定が可能となる。また、特性値の計測により得られるSOHの確率分布を利用することにより、履歴に応じてSOHを推定する際に発生する推定誤差の蓄積をリセットできる。

[0017] 状態推定方法は、確率分布の形で表現した第1時点における前記蓄電素子の状態と、前記第1時点から第2時点までに前記蓄電素子がたどる履歴又は仮想事象に応じた状態遷移確率とを用いて、前記第2時点における前記蓄電素子の状態を推定してもよい。履歴又は仮想事象（予測データ）に応じた状態遷移確率を用いることで、第1時点から第2時点まで変化する蓄電素子のSOHを推定できる。

[0018] 状態推定方法では、前記第2時点は将来の時点であってもよい。現時点での蓄電素子の状態と仮想事象（想定される将来のイベント）に応じた状態遷移確率とに基づいて、将来の時点における蓄電セルの状態を予測（シミュレート）できる。

[0019] 以下本発明をその実施の形態を示す図面に基づき具体的に説明する。
（実施形態1）

図1は、遠隔監視システム100の概要を示す図である。図1に示すように、通信ネットワークNは、公衆通信網（例えば、インターネット）N1及び移動通信規格による無線通信を実現するキャリアネットワークN2等を含む。通信ネットワークNには、ソーラー発電システムS、火力発電システムF、風力発電システムW、無停電電源装置（UPS）U及び鉄道用の安定化電源システム等に配設される整流器（直流電源装置、又は交流電源装置）Dが接続されている。また、通信ネットワークNには、後述の通信デバイス1（図2参照）、通信デバイス1から情報を収集するサーバ装置2、及び収集

された情報を取得するクライアント装置 3 等が接続されている。

[0020] キャリアネットワーク N 2 には基地局 B S が含まれている。クライアント装置 3 は、基地局 B S から通信ネットワーク N を経由してサーバ装置 2 と通信することができる。公衆通信網 N 1 にはアクセスポイント A P が接続されている。クライアント装置 3 は、アクセスポイント A P から通信ネットワーク N を経由してサーバ装置 2 との間で情報を送受信することができる。

[0021] ソーラー発電システム S、火力発電システム F 及び風力発電システム W には、パワーコンディショナ（P C S : Power Conditioning System）P、及び蓄電システム 1 0 1 が併設されている。蓄電システム 1 0 1 は、蓄電モジュール群 L を収容したコンテナ C を複数並設して構成されている。蓄電モジュール群 L は、例えば、蓄電セルを複数直列に接続した蓄電モジュールと、蓄電モジュールを複数直列に接続したバンクと、バンクを複数並列に接続したドメインとの階層構造を有する。蓄電セル、蓄電モジュール又はバンクは蓄電素子に対応する。蓄電素子は、鉛蓄電池及びリチウムイオン電池等の二次電池、又はキャパシタ等の再充電可能な素子であることが好ましい。蓄電素子の一部は、再充電不可能な一次電池であってもよい。

[0022] 図 2 は、遠隔監視システム 1 0 0 の構成例を示すブロック図である。遠隔監視システム 1 0 0 は、通信デバイス 1、状態推定装置として機能するサーバ装置 2、クライアント装置 3、及び蓄電システム 1 0 1（図 3 参照）を含んでいる。蓄電システム 1 0 1 は、後述する管理装置 M を含んでいる。管理装置 M は、蓄電システム 1 0 1 に含まれる蓄電素子を管理する。蓄電システム 1 0 1 は、発電システムに併設されたものに限らない。蓄電システム 1 0 1 は、パワーコンディショナ P を介して送電システムに接続されていてもよい。

[0023] 図 2 に示すように、通信デバイス 1 は、通信ネットワーク N に接続されるとともに、対象装置 P、U、D、M に接続されている。対象装置 P、U、D、M は、遠隔監視システム 1 0 0 によって管理される対象となる装置である。対象装置 P、U、D、M は、パワーコンディショナ P、無停電電源装置 U

、整流器D、及び管理装置Mを含む。

[0024] 遠隔監視システム100では、各対象装置P、U、D、Mに接続した通信デバイス1を用いて、蓄電システム101に含まれる蓄電素子の状態（例えば、電圧、電流、温度、充電状態（SOC））が監視される。例えば、蓄電素子の電圧、電流及び温度、並びに周囲温度の履歴を含む履歴データが継続的に取得されて、監視が行われる。履歴データは、蓄電素子の動作履歴（充放電履歴）、及び／又は充放電を行わずに蓄電素子を放置した履歴を表す放置履歴を含んでいてもよい。履歴データが継続的に取得されている蓄電素子については、履歴データに基づいて、劣化状態の推定が可能である。劣化状態にはSOHが含まれる。例えば、履歴データに基づいて、逐次的にSOHを推定することができる。遠隔監視システム100は、蓄電素子の状態（劣化状態、異常状態などを含む）をユーザ又はオペレータ（保守担当者）が確認できるように提示する。

[0025] 通信デバイス1は、制御部10、記憶部11、第1通信部12及び第2通信部13を備える。制御部10は、CPU（Central Processing Unit）などで構成され、内蔵するROM（Read Only Memory）及びRAM（Random Access Memory）等のメモリを用い、通信デバイス1全体を制御する。

[0026] 記憶部11は、不揮発性である。記憶部11は、例えば、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリを用いて構成されている。記憶部11には、制御部10が読み出して実行するデバイスプログラム1Pが記憶されている。記憶部11には、制御部10の処理によって収集された情報、イベントログ等の情報が記憶される。

[0027] 第1通信部12は、対象装置P、U、D、Mとの通信を実現する通信インタフェースである。第1通信部12は、例えば、RS-232C又はRS-485等のシリアル通信インタフェースを用いて構成されている。第2通信部13は、通信ネットワークNを経由して通信を実現するインタフェースである。第2通信部13は、例えば、Ethernet（登録商標）、又は無線通信アンテナ等の通信インタフェースを用いて構成されている。制御部10は、

第2通信部13を介してサーバ装置2と通信することが可能である。

[0028] サーバ装置2は、制御部20、記憶部21、及び通信部22を備える。サーバ装置2は、1台のサーバコンピュータであってもよく、複数台のサーバコンピュータで構成されてもよい。

[0029] 制御部20は、例えば、CPUで構成されている。制御部20は、内蔵するROM及びRAM等のメモリを用いて、サーバ装置2全体を制御する。また、制御部20は、CPU及びGPU (Graphics Processing Unit)、マルチコアCPU、又はTPU (Tensor Processing Unit) を用いて構成されていてもよい。制御部20は、記憶部21に記憶されているコンピュータプログラム2Pに基づく情報処理を実行する。コンピュータプログラム2PにはWebサーバプログラムが含まれている。制御部20は、クライアント装置3へのWebページの提供、Webサービスへのログインの受け付け等を実行するWebサーバとして機能する。制御部20は、コンピュータプログラム2Pに基づき、SNMP (Simple Network Management Protocol) 用サーバとして通信デバイス1から情報を収集することも可能である。

[0030] 記憶部21は、例えば、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリ又はハードディスクが用いられることができる。記憶部21は、制御部20の処理によって収集される監視対象となる対象装置P、U、D、Mの状態を含むデータを記憶する。通信部22は、通信ネットワークNを介した通信接続及びデータの送受信を実現する通信デバイスである。通信部22は、通信ネットワークNに対応したネットワークカードであってもよい。記憶部21は、遠隔監視システム100によって取得された夫々の蓄電素子に関する履歴データを記憶する。また、記憶部21は、逐次的に推定された蓄電素子の状態を表す状態データを記憶する。

[0031] クライアント装置3は、蓄電システム101の管理者、対象装置P、U、D、Mの保守担当者等のオペレータが使用するコンピュータであってもよい。クライアント装置3は、デスクトップ型又はラップトップ型のパーソナルコンピュータであってもよく、スマートフォン又はタブレット型の通信端末

であってもよい。クライアント装置 3 は、制御部 30、記憶部 31、通信部 32、表示部 33、及び操作部 34 を備える。

[0032] 制御部 30 は、CPU を用いたプロセッサである。制御部 30 は、記憶部 31 に記憶されている Web ブラウザプログラムに基づき、サーバ装置 2 又は通信デバイス 1 により提供される Web ページを表示部 33 に表示させる。

[0033] 記憶部 31 は、例えば、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリ又はハードディスクが用いられている。記憶部 31 には、Web ブラウザプログラムを含む各種プログラムが記憶されている。通信部 32 は、例えば、有線通信用のネットワークカード等の通信デバイス、基地局 BS（図 1 参照）に接続する移動通信用の無線通信デバイス、又はアクセスポイント AP への接続に対応する無線通信デバイスが用いられることができる。制御部 30 は、通信部 32 により、通信ネットワーク N を介して、サーバ装置 2 又は通信デバイス 1 との間で通信接続又は情報の送受信が可能である。

[0034] 表示部 33 は、液晶ディスプレイ、有機 EL（Electro Luminescence）ディスプレイ等のディスプレイが用いられてもよい。表示部 33 は、制御部 30 の Web ブラウザプログラムに基づく処理により、サーバ装置 2 で提供される Web ページのイメージを表示することができる。

[0035] 操作部 34 は、制御部 30 との間で入出力が可能なキーボード及びポインティングデバイス、若しくは音声入力部等のユーザインタフェースである。操作部 34 として、表示部 33 のタッチパネル、又は筐体に設けられた物理ボタンが用いられてもよい。操作部 34 は、ユーザによる操作情報を制御部 30 へ通知する。

[0036] 図 3 は、蓄電システム 101 の構成例を示すブロック図である。蓄電システム 101 は、複数の蓄電セル 61 を直列に接続した蓄電モジュール 6 と、複数の蓄電モジュール 6 を直列に接続したバンク 4 と、複数のバンク 4 を並列に接続したドメインとの階層構造を有する。図 3 に示す蓄電システム 101 は一つのドメインを構成している。蓄電モジュール 6 は、他の蓄電セル 6

1に並列に接続された蓄電セル61を含んでいてもよい。バンク4は、他の蓄電モジュール6に並列に接続された蓄電モジュール6を含んでいてもよい。

[0037] 蓄電セル61の電圧、電流及び温度、並びに周囲温度が継続的に取得され、電圧、電流及び温度、並びに周囲温度の履歴を含む履歴データが管理装置M又はサーバ装置2に随時記憶されることによって、蓄電セル61の監視が行われる。蓄電セル61は、使用当初（蓄電システム101の稼働当初）から、継続的に監視が行われ、履歴データが取得されている蓄電セル61であってもよい。蓄電システム101には、これまで監視が行われていなかった蓄電セル61、履歴データが喪失した蓄電セル61、又は履歴データが不明な状態で蓄電システム101に新たに追加された蓄電セル61であってもよい。

[0038] 蓄電システム101は、パワーコンディショナPに接続されている。夫々のバンク4が、電力線44を介してパワーコンディショナPに接続されている。パワーコンディショナPを通じてバンク4へ電力が供給され、バンク4が充電される。また、バンク4から放電された電力は、パワーコンディショナPを通じて外部へ出力される。例えば、パワーコンディショナPは、発電システム及び／又は送電システムに接続されている。

[0039] 夫々のバンク4は、複数の蓄電モジュール6と、電池管理装置（BMU：Battery Management Unit）5とを備えている。夫々の蓄電モジュール6は、制御基板（CMU：Cell Monitoring Unit）7を備えている。制御基板7は、電池管理装置5に接続されている。電池管理装置5は、夫々の制御基板7との間で通信を行うことができる。

[0040] 蓄電システム101は、管理装置Mを備えている。管理装置Mは、ドメインに属する蓄電素子を管理するBMUである。夫々のバンク4に備えられた電池管理装置5は、通信線43を介して管理装置Mに接続されている。通信デバイス1は、管理装置M及び／又はパワーコンディショナPに接続されている。通信デバイス1は、管理装置Mに接続される通信デバイスと、パワー

コンディショナPに接続される通信デバイスとを有してもよい。電池管理装置5は、管理装置Mとの間で情報の送受信を行う。管理装置Mは、複数の電池管理装置5からの情報を集約し、通信デバイス1へ出力する。図示しない温度取得部によって、ドメインの周囲温度（外気温度や蓄電素子が設置された室内の温度）、又は、各バンクの周囲温度が取得されてもよい。

[0041] 図4は、蓄電モジュール6の構成例を示すブロック図である。制御基板7は、制御部71、電圧取得部72、電流取得部73、温度取得部74及び通信部75を含んでいる。制御部71は、プロセッサ及びメモリを用いて構成されている。制御部71は、制御基板7の動作を制御する。電圧取得部72は、複数の蓄電セル61の夫々の電圧を取得する。電流取得部73は、蓄電セル61に流れる電流を取得する。例えば、電流取得部73は、直列に接続された複数の蓄電セル61に流れる電流を取得するか、又は夫々の蓄電セル61に流れる電流を個別に取得する。温度取得部74は、温度センサを用いて、蓄電モジュール6内の一又は複数の箇所での温度を取得する。温度取得部74は、夫々の蓄電セル61の外部の温度を取得してもよい。

[0042] 通信部75は、電池管理装置5に接続される。通信部75は、電池管理装置5との間で、例えば、シリアル通信を行う機能を有する。制御部71は、通信部75に、取得された電圧、電流及び温度を示す情報を電池管理装置5へ送信させる。

[0043] 図5は、電池管理装置5及び管理装置Mの機能構成例を示すブロック図である。電池管理装置5は、制御部51、第1通信部52及び第2通信部53を備える。制御部51は、CPUを用いたプロセッサである。第1通信部52は、バンク4内の複数の制御基板7に接続されている。第1通信部52は、制御基板7から送信された情報を受信する。第2通信部53は、通信線43（図3参照）を介して管理装置Mに接続されている。制御部51は、第2通信部53に、複数の制御基板7から受信した情報を管理装置Mへ送信させる。

[0044] 管理装置Mは、コンピュータを用いて構成されている。管理装置Mは、制

御部401、第1通信部402及び第2通信部403を備える。制御部401は、CPUを用いたプロセッサである。第1通信部402は、複数の電池管理装置5に接続されている。第1通信部402は、電池管理装置5から送信された情報を受信する。第2通信部403は、通信デバイス1に接続されている。制御部401は、第2通信部403に、複数の電池管理装置5から受信した情報を通信デバイス1へ送信させる。通信デバイス1は、管理装置Mから受信した情報をサーバ装置2へ送信する。即ち、管理装置Mは通信デバイス1を介して情報をサーバ装置2へ送信し、電池管理装置5は、管理装置M及び通信デバイス1を介して情報をサーバ装置2へ送信する。

[0045] サーバ装置2は、夫々の蓄電セル61の履歴データを継続的に取得する処理を行う。夫々の蓄電モジュール6では、随時、電圧取得部72は夫々の蓄電セル61の電圧を取得し、電流取得部73は蓄電セル61に流れる電流を取得し、温度取得部74は蓄電モジュール6内の温度を取得する。制御部71は、通信部75に、取得した電圧、電流及び温度を示す情報を送信させる。電圧、電流及び温度を示す情報は、電池管理装置5、管理装置M、通信デバイス1及び通信ネットワークNを介してサーバ装置2へ送信される。

[0046] サーバ装置2は、夫々の蓄電セル61に関する電圧、電流及び温度を示す情報を通信部22で受信し、制御部20は、受信した情報を記憶部21に記憶させる。蓄電セル61に関する電圧、電流及び温度の取得並びに電圧、電流及び温度を示す情報の記憶は、継続的に（例えば、定期的に）実行される。代替的に、蓄電セル61に関して複数回取得された電圧、電流及び温度を示す情報が一括して送信され、記憶されてもよい。このようにして、夫々の蓄電セル61に関する電圧、電流及び温度、並びに周囲温度の履歴を含む履歴データが継続的に取得され、サーバ装置2に記憶される。例えば、夫々の蓄電セル61の運用開始以来の履歴データが、サーバ装置2の記憶部21に記憶される。代替的に、履歴データはサーバ装置2以外の記憶装置に記憶されてもよい。

[0047] 蓄電セル61のSOHは、履歴データから推定することが可能である。例

えば、充放電を行う都度、充放電に係る電圧及び電流に応じてSOHは低下する。また、充放電を行わずに蓄電セル61を放置した場合でも、経過時間に応じてSOHは低下する。継続的に取得された履歴データに基づいて、SOHを逐次的に推定できる。しかし、推定誤差が蓄積する等の原因により、推定されるSOHには不確かさが存在する。

[0048] サーバ装置2は、蓄電セル61の特性を示す特性値を短時間で計測できる。制御基板7は、60秒等の所定期間、特定の条件の下で蓄電セル61に関する電圧、電流及び温度等を含む挙動データを取得し、取得した挙動データをサーバ装置2へ送信する。サーバ装置2は、挙動データを通信部22で受信し、制御部20は、受信した挙動データを記憶部21に記憶させる。制御部20は、挙動データに基づいて、蓄電セル61の特性値を計算する。特性値は、例えば、蓄電セル61の内部の直流抵抗（DCR : Direct Current Resistance）である。

[0049] 蓄電セル61のSOHは、蓄電セル61の特性値から推定することが可能である。例えば、蓄電セル61のDCRと実測したSOHとの対応関係を表すデータが記憶部21に記憶されており、計測したDCRと記憶されている対応関係とに基づいて、蓄電セル61のSOHを推定できる。この方法で推定されたSOHにも、不確かさが存在する。

[0050] 本実施形態では、蓄電素子の劣化現象を確率システムとして扱う。推定される蓄電素子の状態は、SOHの値が0～1の夫々の値になる確率を示す確率分布の形で得られる。蓄電セル61のSOHは、部分観測マルコフ決定過程により決定される。逐次的にSOHの確率分布が推定され、SOHにはマルコフ性が仮定される。マルコフ性が仮定された条件の下では、 t 番目の時点で推定されるSOHは、 $(t-1)$ 番目の時点で推定されたSOHに影響され、より前の時点で推定されたSOHには影響されない。 t は1以上の自然数である。 t 番目の時点で、特性値が計測される。 t 番目の時点でのSOHは、 $(t-1)$ 番目の時点でのSOHと、 $(t-1)$ 番目の時点から t 番目の時点までの蓄電セル61の履歴に応じた状態遷移と、 t 番目の時点で計

測された特性値とに基づいて決定される。

[0051] k 及び j を 0 以上 1 以下の実数とする。 t 番目の時点での SOH の値を Q_t とし、 t 番目の時点で SOH の値が k である確率を $F_t (Q_t = k)$ とする。
 t 番目の時点での蓄電セル 61 の状態は、 $k = 0 \sim 1$ の夫々に対応する $F_t (Q_t = k)$ からなる確率分布の形で得られる。 $(t - 1)$ 番目の時点での蓄電セル 61 の状態は、 $k = 0 \sim 1$ の夫々に対応する $F_{t-1} (Q_{t-1} = k)$ からなる確率分布の形で得られる。 $(t - 1)$ 番目の時点は、第 1 時点に対応し、 t 番目の時点は第 2 時点に対応する。

[0052] 蓄電セル 61 の状態は、 $(t - 1)$ 番目の時点から t 番目の時点までの蓄電セル 61 の動作履歴に応じて、遷移する。 $(t - 1)$ 番目の時点から t 番目の時点までの蓄電セル 61 の動作履歴が a_{t-1} である場合に $(t - 1)$ 番目の時点で j であった SOH の値が t 番目の時点で k になるように蓄電セル 61 の状態が遷移する確率である状態遷移確率を、 $P (Q_t = k \mid Q_{t-1} = j, a_{t-1})$ とする。状態遷移によって t 番目の時点で SOH の値が k になる確率は、 $\sum_j P (Q_t = k \mid Q_{t-1} = j, a_{t-1}) \cdot F_{t-1} (Q_{t-1} = j)$ となる。 $k = 0 \sim 1$ の夫々に対応するこの確率からなる確率分布は、第 1 確率分布に対応する。

[0053] t 番目の時点で計測される蓄電セル 61 の特性値を o_t とする。特性値 o_t が得られた場合に SOH の値が k となる確率を $P (o_t \mid Q_t = k)$ とする。 $k = 0 \sim 1$ の夫々に対応するこの確率からなる確率分布は、第 2 確率分布に対応する。部分観測マルコフ決定過程のモデルでは、 t 番目の時点で SOH の値が k である確率 $F_t (Q_t = k)$ は、下記の (1) 式で表される。 $F_t (Q_t = k)$ を $k = 0 \sim 1$ の夫々について求めることにより、 t 番目の時点における蓄電セル 61 の状態が SOH の確率分布の形で得られる。

$$F_t (Q_t = k) = P (o_t \mid Q_t = k) \sum_j P (Q_t = k \mid Q_{t-1} = j, a_{t-1}) \cdot F_{t-1} (Q_{t-1} = j) \quad \cdots (1)$$

[0054] t 番目の時点における蓄電セル 61 の状態が得られる過程をグラフを用いて説明する。図 6 は、 $(t - 1)$ 番目の時点における蓄電セル 61 の状態の

例を示すグラフである。横軸はSOHの値を%で示し、縦軸はSOHが夫々の値になる確率を示す。SOHは確率分布の形で得られる。SOHの確率分布は正規分布のような分布であってもよい。図6に示した例は、平均値を95%とした正規分布である。

[0055] 図7は、状態遷移確率の例を示すグラフである。横軸はSOHの値を%で示す。縦軸は、SOHの値が横軸に示す値から遷移する確率を示す。図7中に(91)で示したグラフは、 $P(Q_t = k \mid Q_{t-1} = 91, a_{t-1})$ を示し、(t-1)番目の時点でSOHの値が91%であった状態からt番目の時点でSOHの値が横軸に示す値(k)である状態へ遷移する確率を示す。図中に(90), (92)~(99)で示したグラフは、同様の確率を示す。状態遷移確率は、(t-1)番目の時点からt番目の時点までの蓄電セル61の動作履歴 a_{t-1} に応じた内容となる。図7に示した例は、蓄電セル61の動作履歴 a_{t-1} の内容が、SOC=80%及び温度35℃の状態に蓄電セル61を1か月間放置するという内容である場合の例である。

[0056] 図8は、状態遷移により得られるt番目の時点における蓄電セル61の状態の例を示すグラフである。横軸はSOHの値を%で示し、縦軸はSOHが夫々の値になる確率を示す。図8中には、図6に示した(t-1)番目の時点における蓄電セル61の状態を破線で示し、状態遷移により得られるt番目の時点における蓄電セル61の状態を実線で示している。各SOHの値に対応する確率の値は、(1)式中の $\sum_j P(Q_t = k \mid Q_{t-1} = j, a_{t-1}) \cdot F_{t-1}(Q_{t-1} = j)$ に対応する。例えば、SOH=95%から94%へ遷移した後の確率は、図6中でSOH=95%に対応する値と、図7中の(95)で示したグラフ上のSOH=94%に対応する値とを掛け合わせることで求まる。SOH=95%以外の値でも同様の計算を実施し、計算により得られた値の和を取ることで、図8中のSOH=94%に対応する値を算出することができる。グラフ上の値は、正規化を行っている。図8に示すように、動作履歴 a_{t-1} に応じた状態遷移によって、SOHの値は低下し、ばらつきが大きくなる。図8に示した確率分布は第1確率分布に対応する。

[0057] 蓄電素子の特性値の例としてDCRを挙げる。図9は、蓄電セル61のDCRとSOHとの関係の例を示すグラフである。横軸はSOHの値を%で示し、縦軸は蓄電セル61のDCRを示す。図9に示す例は、蓄電セル61のDCRとSOHとを個別に測定した実験結果である。図中の点は実験結果を示し、曲線は実験結果に基づいてDCRとSOHとの関係を近似した曲線である。DCRとSOHとの間には相関がある。但し、夫々のDCRに対応するSOHの値はばらついている。

[0058] 図10は、特性値の計測により得られる蓄電セル61の状態の例を示すグラフである。横軸はSOHの値を%で示し、縦軸はSOHが夫々の値になる確率を任意単位（a. u. : Arbitrary Unit）で示す。図10に示した例は、図9に示した実験結果から得られる例である。図10には、DCRの値が $r(1)$ 、 $r(2)$ 及び $r(3)$ である例を夫々示している。図9及び図10に示すように、DCRの値が低いほどSOHの値は高くなる。また、DCRに対するSOHの値には不確かさがあり、蓄電セル61の状態はSOHの確率分布で表される。図10に示した確率分布は第2確率分布に対応する。加えて、蓄電セル61の実際の運用時に取得されるDCRの値にも不確かさが含まれる。DCRの値の確かさをも考慮して第2確率分布を算出してもよい。

[0059] 図11は、推定される t 番目の時点における蓄電セル61の状態の第1の例を示すグラフである。図12は、推定される t 番目の時点における蓄電セル61の状態の第2の例を示すグラフであり、図13は、推定される t 番目の時点における蓄電セル61の状態の第3の例を示すグラフである。各図の横軸はSOHの値を%で示し、縦軸はSOHが夫々の値になる確率を示す。図6に示した $(t-1)$ 番目の時点における蓄電セル61の状態を破線で示し、図8に示した状態遷移により得られる t 番目の時点における蓄電セル61の状態を一点鎖線で示している。各SOHの値に対応する確率の値は、 (1) 式で求められる F_t ($Q_t = k$) に対応する。各SOHの値に対応する確率の値は、図6に示したグラフ上の値と図8に示したグラフ上の値とを同じ

S O Hの値に対応する値同士で乗じ、正規化した値である。

[0060] 図11には、 t 番目の時点で計測されたDCRの値が $r(1)$ である場合の蓄電セル61の状態を示す。図11に示すように、DCRの値が $r(1)$ である場合は、 t 番目の時点における蓄電セル61の状態は、 $(t-1)$ 番目の時点における状態に比べて、S O Hの値が大きくなるように推定される。なお、第2確率分布を用いた計算の際は、計算に使用する第1確率分布を直前の履歴から算出する。即ち、第1確率分布と第2確率分布とは、基本的に同時点($(t-1)$ 番目の時点から t 番目の時点)に計算される。但し、第1確率分布は逐次的に求められるのに対し、第2確率分布は逐次的に求められる必要はない。例えば、状態推定方法では、特性値が得られたときに、第2確率分布を取得し、第1確率分布を修正する。

[0061] 図12には、 t 番目の時点で計測されたDCRの値が $r(2)$ である場合の蓄電セル61の状態を示す。図12に示すように、DCRの値が $r(2)$ である場合は、 t 番目の時点における蓄電セル61の状態は、状態遷移により推定された蓄電セル61の状態に比べて、S O Hの値はほぼ同等である。また、DCRの計測により得られるS O Hの値のばらつきが小さいので、 t 番目の時点における蓄電セル61の状態は、状態遷移により推定された蓄電セル61の状態に比べて、S O Hの値のばらつきが小さくなる。

[0062] 図13には、 t 番目の時点で計測されたDCRの値が $r(3)$ である場合の蓄電セル61の状態を示す。図13に示すように、DCRの値が $r(3)$ である場合は、 t 番目の時点における蓄電セル61の状態は、 $(t-1)$ 番目の時点における状態に比べて、S O Hの値が小さくなるように推定される。

[0063] 以上のように、本実施形態では、蓄電セル61の状態を、S O Hが夫々の値になる確率を示す確率分布の形で取得する。また、 t 番目の時点における蓄電セル61の状態を、 $(t-1)$ 番目の時点における状態からの状態遷移と、 t 番目の時点で計測された特性値により得られる蓄電セル61の状態とに基づいて推定する。夫々にばらつきのある二つの方法から得られたS O H

の確率分布を統合することにより、より確からしいSOHの確率分布が得られる。なお、蓄電セル61の運用中に、第1確率分布及び第2確率分布を求める手法を変更してもよい。例えば、特性値としてDCRを用いていた場合に、次の時点では、特性値として放電容量を用いて第2確率分布を算出してもよい。このように第2確率分布を求める手法を変更した場合、第2確率分布は、取得したSOHを中心とした裾の狭い分布となる。

[0064] 次に、具体的な数値を用いて、蓄電セル61の状態を推定する方法を説明する。図14は、 $(t-1)$ 番目の時点での各SOHの確率から t 番目の時点での各SOHの確率を得る経緯の例を示す図表である。SOHの値が100%~98%、98%~96%、96%~94%、94%~92%、92%~90%である範囲を、夫々に範囲(1)、範囲(2)、範囲(3)、範囲(4)、範囲(5)とする。 $(t-1)$ 番目の時点では、SOHの値が範囲(1)にある確率を1.0とし、SOHの値が他の範囲にある確率は0とする。

[0065] 図15は、状態遷移確率の例を示す図表である。例えば、蓄電セル61の動作履歴 a_{t-1} の内容は、SOC=100%の状態で蓄電セル61を1か月間放置するという内容である。SOHの値が範囲(1)から範囲(2)へ遷移する確率を0.3とする。また、SOHの値が範囲(2)から範囲(3)へ遷移する確率を0.2とし、SOHの値が範囲(3)から範囲(4)へ遷移する確率を0.1とし、SOHの値が範囲(4)から範囲(5)へ遷移する確率を0.05とする。この例では、単純化するために、ある範囲からSOHの値が一段階低い範囲への遷移のみが起こるとしている。例えば、本来、範囲(1)からは範囲(2)、(3)、(4)及び(5)の何れの範囲へも遷移が起こり得るものの、この例では、範囲(1)から範囲(2)への遷移が起こり、他の範囲への遷移は起こらないとしている。

[0066] 状態遷移によってSOHの値が範囲(1)から範囲(2)へ遷移する確率が0.3であるので、状態遷移により得られる、 t 番目の時点でSOHの値が範囲(1)に含まれる確率は、図14に示すように、 $0.7 (= 1.0 \times$

($1 - 0.3$) となる。状態遷移により得られる、 t 番目の時点で SOH の値が範囲 (2) に含まれる確率は、 0.3 となる。

[0067] t 番目の時点で蓄電セル 61 の特性値を計測し、特性値に応じた蓄電セル 61 の状態を取得する。例えば、蓄電セル 61 の DCR を計測し、 DCR に応じた SOH の確率分布を得る。例えば、 SOH の確率分布は、計測した特性値に応じた SOH の値を中心とした正規分布であってもよい。図 14 に示すように、特性値の計測により得られる、 t 番目の時点で SOH の値が範囲 (1)、範囲 (2)、範囲 (3)、範囲 (4)、範囲 (5) に含まれる確率を、夫々に 0.5 、 0.2 、 0.1 、 0.0 、 0.0 とする。

[0068] 状態遷移によって得られた確率と特性値の計測によって得られた確率とを統合することにより、 SOH の値が範囲 (1)、範囲 (2) に含まれる確率は、夫々 $0.35 (= 0.7 \times 0.5)$ 、 $0.06 (= 0.3 \times 0.2)$ となる。 SOH の値が他の範囲に含まれる確率は 0 となる。図 14 に示すように、確率を正規化すれば、 SOH の値が範囲 (1)、範囲 (2) に含まれる確率は、夫々 0.85 、 0.15 となる。この確率分布は、 t 番目の時点における蓄電セル 61 の状態を表す。

[0069] t 番目の時点において SOH の値が範囲 (1) に含まれる確率は、 0.85 であり、状態遷移によって得られる確率 0.7 、及び特性値の計測によって得られる確率 0.5 よりも大きい。状態遷移による SOH の推定結果と、特性値の計測による SOH の推定結果との両方が正しい場合、蓄電素子の状態の推定結果は、状態遷移による推定のみ又は特性値の計測による推定のみの結果と比べて、 SOH が実際の値になる確率をより高い値で示す。

[0070] 図 16 は、 t 番目の時点での各 SOH の確率から ($t + 1$) 番目の時点での各 SOH の確率を得る経緯の例を示す図表である。各 SOH の確率は、 t 番目の時点での値から状態遷移によって変化する。図 15 に示すように、状態遷移によって SOH の値が範囲 (1) から範囲 (2) へ遷移する確率は 0.3 であり、範囲 (2) から範囲 (3) へ遷移する確率は 0.2 である。状態遷移により得られる、 t 番目の時点で SOH の値が範囲 (1) に含まれる

確率は、図16に示すように、 $0.6 (= 0.85 \times (1 - 0.3))$ となる。また、状態遷移により得られる、 t 番目の時点でSOHの値が範囲(2)に含まれる確率は、図14に示すように、 $0.37 (= 0.85 \times 0.3 + 0.15 \times (1 - 0.2))$ となる。状態遷移により得られる、 t 番目の時点でSOHの値が範囲(3)に含まれる確率は、 $0.03 (= 0.15 \times 0.2)$ となる。

[0071] ($t + 1$)番目の時点で蓄電セル61の特性値を計測し、特性値に応じた蓄電セル61の状態を取得する。図16に示すように、特性値の計測により得られる、 t 番目の時点でSOHの値が範囲(1)、範囲(2)、範囲(3)、範囲(4)、範囲(5)に含まれる確率を、夫々に0.2、0.5、0.2、0.1、0.0とする。状態遷移によって得られた確率と特性値の計測によって得られた確率とを統合する。SOHの値が範囲(1)、範囲(2)、範囲(3)に含まれる確率は、夫々 $0.12 (= 0.6 \times 0.2)$ 、 $0.19 (= 0.37 \times 0.5)$ 、 $0.01 (= 0.03 \times 0.2)$ となる。SOHの値が他の範囲に含まれる確率は0となる。図16に示すように、確率を正規化すれば、SOHの値が範囲(1)、範囲(2)、範囲(3)に含まれる確率は、夫々0.38、0.60、0.02となる。この確率分布は、($t + 1$)番目の時点における蓄電セル61の状態を表す。

[0072] 状態遷移のみによって t 番目及び($t + 1$)番目の時点における蓄電セル61の状態を推定した場合は、($t + 1$)番目の時点でSOHの値が範囲(1)、範囲(2)、範囲(3)に含まれる確率は、夫々 $0.49 (= 0.7 \times 0.7)$ 、 $0.45 (= 0.7 \times 0.3 + 0.3 \times (1 - 0.2))$ 、 $0.06 (= 0.3 \times 0.2)$ となる。図16に示すように、本実施形態に係る方法で推定した、($t + 1$)番目の時点でSOHの値が範囲(2)に含まれる確率は、0.6であり、状態遷移のみによって推定される確率0.45、及び特性値の計測によって得られる確率0.5よりも大きい。

[0073] 次に、状態推定装置の処理を説明する。サーバ装置2は、状態推定装置として機能する。図2に示すように、サーバ装置2の記憶部21は、履歴デー

タと、各時点で推定された蓄電セル61の状態を表す状態データを記憶する。例えば、状態データには、各時点で推定されたSOHの確率分布が含まれている。図17は、実施形態1に係るサーバ装置2が蓄電セル61の状態を推定する処理の手順を示すフローチャートである。サーバ装置2の制御部20は、コンピュータプログラム2Pに従って、以下の処理を実行する。

[0074] 状態データには、第1時点で推定された蓄電セル61の状態を表すデータが含まれている。サーバ装置2は、第1時点から第2時点まで、蓄電セル61の履歴データを取得する(S11)。制御基板7は、随時、蓄電セル61に係る電圧、電流及び温度を取得し、取得した電圧、電流及び温度を示す情報を送信する。電圧、電流及び温度を示す情報は、電池管理装置5、管理装置M、通信デバイス1及び通信ネットワークNを介してサーバ装置2へ送信される。サーバ装置2は、蓄電セル61に関する電圧、電流及び温度を示す情報を通信部22で受信し、制御部20は、受信した情報を記憶部21に記憶させる。第1時点から第2時点まで、処理が継続され、蓄電セル61に関する電圧、電流及び温度の履歴を含む履歴データが取得される。代替的に、履歴データはサーバ装置2以外の記憶装置に記憶されてもよい。

[0075] 制御部20は、次に、状態遷移により得られる第2時点におけるSOHの確率分布を計算する(S12)。例えば、記憶部21は、履歴データのパターンに対応付けて状態遷移確率を記憶している。図15に示す状態遷移確率は、蓄電セル61を1か月間放置する動作履歴を表した履歴データのパターンに対応付けられた状態遷移確率の例である。状態遷移確率は、経験又は実験に基づいて設定されてもよく、理論的な計算によって設定されてもよい。制御部20は、第1時点から第2時点まで取得した履歴データのパターンに対応する状態遷移確率を記憶部21から読み出す。また、制御部20は、第1時点におけるSOHの確率分布を記憶部21から読み出す。第1時点におけるSOHの確率分布は、状態データに含まれている。制御部20は、状態遷移確率及び第1時点におけるSOHの確率分布から、状態遷移により得られる第2時点におけるSOHの確率分布を計算する。SOHがある値になる

確率は、第1時点においてSOHがその値にある確率とSOHがその値から遷移しない確率とを乗じ、第1時点においてSOHが他の値にある確率とSOHが他の値からその値へ遷移する確率とを乗じ、乗算値を足し合わせて得られる。

[0076] S12の処理は、学習モデルを用いて行われてもよい。S12の処理は第1取得部に対応する。S12の処理により計算されるSOHの確率分布は、第1確率分布に対応する。

[0077] 制御部20は、次に、第2時点における蓄電セル61の特性値を計測する(S13)。例えば、制御部20は、通信部22に、特性値を計測するための制御信号を、対象の蓄電セル61が含まれる蓄電モジュール6の制御基板7に向けて送信させる。制御信号は、通信ネットワークN、通信デバイス1、管理装置M及び電池管理装置5を介して制御基板7へ送信される。制御基板7は、制御信号に従って、特性値を計測するために必要な所定期間、特定の条件の下で、蓄電セル61に関する電圧、電流及び温度等を含む挙動データを取得し、取得した挙動データをサーバ装置2へ送信する。サーバ装置2は、挙動データを通信部22で受信し、制御部20は、受信した挙動データを記憶部21に記憶させる。制御部20は、挙動データに基づいて、蓄電セル61の特性値を計算する。例えば、特性値は、蓄電セル61の内部のDCRである。S12とS13との処理は逆の順で行われてもよい。

[0078] 制御部20は、次に、計測した特性値に応じたSOHの確率分布を取得する(S14)。例えば、記憶部21は、図9に示す如き、蓄電セル61の特性値とSOHの確率分布との関係を示すデータを記憶している。制御部20は、計測した特性値に対応するSOHの確率分布を記憶部21から読み出すことにより、特性値に応じたSOHの確率分布を取得する。S14の処理は、学習モデルを用いて行われてもよい。S14の処理は第2取得部に対応する。S14の処理により計算されるSOHの確率分布は、第2確率分布に対応する。

[0079] 制御部20は、次に、第2時点におけるSOHの確率分布を計算する(S

15)。S15では、制御部20は、SOHの夫々の値について、S12で得られた確率とS14で得られた確率とを乗じ、乗算値を正規化することにより、第2時点におけるSOHの確率分布を計算する。得られた確率分布は、第2時点における蓄電セル61の状態を表し、第2時点における蓄電セル61の状態の推定結果である。S15の処理は、推定部に対応する。以上で、蓄電セル61の状態を推定する処理は終了する。

[0080] サーバ装置2は、S11～S15の処理を繰り返す。S11～S15の処理を繰り返すことにより、蓄電セル61の状態が逐次的に推定される。また、サーバ装置2は、複数の蓄電セル61の夫々について、S11～S15の処理を繰り返す。複数の蓄電セル61の状態が逐次的に推定される。

[0081] サーバ装置2は、第2時点を将来の時点に設定して、将来の蓄電セル61の状態を予想することも可能である。この場合、サーバ装置2は、S11の処理を行わず、将来の第2時点まで蓄電セル61がどのように動作するのかを表した仮想事象（想定パターン）に応じた状態遷移確率を求める。想定パターンは、例えば、想定充放電パターン、又は想定温度パターンである。サーバ装置2は、S12で、現時点での蓄電セル61の状態と状態遷移確率とに基づいて、SOHの確率分布を計算する。得られる確率分布は、想定パターンに従って蓄電セル61を使用した場合に予測される蓄電セル61の状態を表す。将来の蓄電セル61の状態を予測（シミュレート）できる。このような状態予測シミュレータ（寿命予測シミュレータ）は、遠隔監視システム100におけるサーバ装置2に限定されない。スタンドアロンのシミュレータが上述の機能を奏してもよい。

[0082] 以上詳述した如く、本実施形態においては、蓄電セル61の状態を、SOHの値が0～1の夫々の値になる確率を示す確率分布の形で表現する。推定されたSOHには不確かさが存在し、推定方法によって不確かさが異なる。確率分布を用いることにより、SOHの値と推定方法に応じた不確かさを表現できる。本実施形態では、第1時点（ $(t-1)$ 番目の時点）での蓄電セル61の状態と、第1時点から第2時点（ t 番目の時点）までの蓄電セル

61の動作履歴に応じた状態遷移確率とを用いて、状態遷移により得られる第2時点でのSOHの確率分布（第1確率分布）を取得する。充放電を繰り返す又は放置する等の動作履歴の違いに応じて、蓄電セル61のSOHの変化は異なる。動作履歴に応じた状態遷移確率を用いることで、動作履歴に応じて第1時点から第2時点まで変化する蓄電セル61のSOHを推定できる。また、蓄電セル61の運用を継続したままで、蓄電セル61のSOHをリアルタイムで推定できる。

[0083] 本実施形態では、第2時点におけるDCR等の蓄電セル61の特性値を計測し、特性値に基づいて第2時点でのSOHの確率分布（第2確率分布）を取得する。短時間の計測により得られた特性値に基づいてSOHを取得することにより、動作履歴に応じてSOHを推定する際に発生する推定誤差の影響を軽減して、SOHを推定できる。

[0084] 本実施形態では、第1確率分布と第2確率分布とを統合することにより、第2時点での蓄電セル61の状態をSOHの確率分布の形で推定する。二つの方法で得られたSOHの確率分布を統合することによって、多角的な蓄電セル61の状態の分析が可能となる。また、個別の方法でSOHを確定的に推定する場合に比べて、高いロバスト性で確からしいSOHが推定できる。状態遷移により得られるSOHの確率分布と特性値の計測により得られるSOHの確率分布とを統合することにより、動作履歴に応じてSOHを推定する際に発生する推定誤差の影響を抑制できる。推定誤差の影響を抑制しながらも、リアルタイムでの蓄電セル61のSOHの推定が可能となる。また、特性値の計測に誤りが含まれていた場合であっても、状態遷移により得られるSOHの確率分布を利用することで、計測の誤りの影響を抑制したより確からしいSOHを推定できる。

[0085] 特性値の計測により得られるSOHの確率分布を利用することにより、動作履歴に応じてSOHを推定する際に発生する推定誤差の蓄積をリセットすることが可能である。例えば、遠隔監視システム100は、第2時点における蓄電セル61の状態を推定した後、履歴データを消去してもよい。これに

より、記憶容量及び通信容量の削減が可能となり、遠隔監視システム１００のハードウェア資源及びネットワーク資源をより有効に利用することが可能となる。

[0086] (実施形態２)

実施形態２では、状態遷移確率を用いない形態を示す。蓄電システム１０１及び遠隔監視システム１００の構成は、実施形態１と同様である。図１８は、実施形態２に係るサーバ装置２が蓄電セル６１の状態を推定する処理の手順を示すフローチャートである。サーバ装置２の制御部２０は、コンピュータプログラム２Ｐに従って、以下の処理を実行する。

[0087] 制御部２０は、特定の方法により得られるＳＯＨの確率分布を取得する（Ｓ２１）。Ｓ２１では、状態遷移確率を用いる方法とは別の方法で、ＳＯＨの確率分布を取得する。例えば、蓄電セル６１の履歴データが１カ月分欠損している場合に、ＳＯＨが夫々の値になる確率を全てのＳＯＨの値について同一とする。制御部２０は、次に、第２時点における蓄電セル６１の特性値を計測し（Ｓ２２）、計測した特性値に応じたＳＯＨの確率分布を取得する（Ｓ２３）。

[0088] 制御部２０は、次に、第２時点におけるＳＯＨの確率分布を計算する（Ｓ２４）。Ｓ２４では、制御部２０は、ＳＯＨの夫々の値について、Ｓ２１で得られた確率とＳ２３で得られた確率とを乗じ、乗算値を正規化することにより、第２時点におけるＳＯＨの確率分布を計算する。得られた確率分布は、第２時点における蓄電セル６１の状態を表し、第２時点における蓄電セル６１の状態の推定結果である。以上で、蓄電セル６１の状態を推定する処理は終了する。

[0089] 本実施形態においては、第１の方法により得られたＳＯＨの第１確率分布と、第２の方法により得られたＳＯＨの第２確率分布とを用いて、蓄電セル６１の状態をＳＯＨの確率分布の形で推定する。二つの方法で得られたＳＯＨの確率分布を統合することによって、多角的な蓄電セル６１の状態の分析が可能となり、より確からしいＳＯＨが得られる。状態遷移を考慮せずとも

、二つの方法で得られたS O Hの確率分布から、高いロバスト性で確からしいS O Hが推定できる。例えば、履歴データが欠損した蓄電セル6 1についても、二つの方法でS O Hの確率分布を取得することにより、確からしいS O Hが推定できる。

[0090] (実施形態3)

実施形態3では、電池管理装置5又は管理装置Mが状態推定装置として機能する。図19は、状態推定装置として機能する電池管理装置5の機能構成例を示すブロック図である。電池管理装置5は、記憶部54を更に備えている。記憶部54は、ハードディスク又は不揮発性メモリである。記憶部54は、履歴データ及び状態データを記憶している。

[0091] 図20は、状態推定装置として機能する管理装置Mの機能構成例を示すブロック図である。管理装置Mは、記憶部404を更に備えている。記憶部404は、ハードディスク又は不揮発性メモリである。記憶部404は、履歴データ及び状態データを記憶している。蓄電システム101及び遠隔監視システム100のその他の構成は、実施形態1と同様である。

[0092] 状態推定装置としての電池管理装置5又は管理装置Mは、実施形態1又は2と同様に、図17又は図18のフローチャートに示すように、蓄電セル61の状態を推定する処理を実行する。本実施形態においても、実施形態1及び2と同様に、蓄電セル61について高いロバスト性で確からしいS O Hを推定できる。

[0093] 実施形態1～3においては、状態を推定する対象の蓄電素子が蓄電セル61である。代替的に、遠隔監視システム100は、蓄電モジュール6を蓄電素子としてもよい。また、遠隔監視システム100は、バンク4を蓄電素子としてもよい。

[0094] 状態を推定する対象の蓄電素子は、車両に搭載された蓄電セル又は蓄電モジュールであってもよい。車両に搭載されているE C U (Engine Control Unit) 等の制御部が状態推定装置として機能してもよく、代替的にクラウドベースで状態推定を実現してもよい。車両は、蓄電素子と、蓄電素子の状態を

推定する状態推定装置と、推定結果を表示する表示部とを備えてもよい。代替的に、車両は、蓄電素子と、蓄電素子の状態を含む情報を車外に送信し推定結果を受信する通信デバイスと、推定結果を表示する表示部とを備えてもよい。

[0095] 今回開示された実施形態は全ての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した意味ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0096] 100 遠隔監視システム
101 蓄電システム
2 サーバ装置
20 制御部
21 記憶部
4 バンク
5 電池管理装置
6 蓄電モジュール
61 蓄電セル
7 制御基板
M 管理装置

請求の範囲

- [請求項1] 蓄電素子の状態を推定する方法であって、
確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第1確率分布を、第1の方法によって取得し、
確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第2確率分布を、第2の方法によって取得し、
前記第1確率分布及び前記第2確率分布に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する
状態推定方法。
- [請求項2] 前記第1の方法においては、 t 番目の時点における前記蓄電素子の状態が $(t-1)$ 番目の時点における前記蓄電素子の状態に影響され、
前記第2の方法においては、 t 番目の時点における前記蓄電素子の状態が $(t-1)$ 番目の時点における前記蓄電素子の状態に影響されない
請求項1に記載の状態推定方法。
- [請求項3] 第1時点から第2時点までに前記蓄電素子がたどる履歴を取得し、
前記第1の方法では、前記履歴に基づいて、前記第2時点における前記第1確率分布を計算する
請求項1又は請求項2に記載の状態推定方法。
- [請求項4] 特定の時点における前記蓄電素子の特性を示す特性値を計測し、
前記第2の方法では、前記特性値に基づいて、前記特定の時点における前記第2確率分布を取得する
請求項1～請求項3のいずれか一項に記載の状態推定方法。
- [請求項5] 部分観測マルコフ決定過程のモデルに従って、前記第1時点における前記蓄電素子の状態と前記第1時点から前記第2時点までの前記蓄電素子の履歴に応じた状態遷移確率とを用いて前記第2時点における前記第1確率分布を計算し、前記第2時点における前記蓄電素子の特

性を示す特性値に基づいて前記第2確率分布を取得し、前記第1確率分布及び前記第2確率分布から前記第2時点における前記蓄電素子の状態を推定する

請求項1に記載の状態推定方法。

[請求項6]

蓄電素子の状態を推定する方法であって、

確率分布の形で表現した第1時点における前記蓄電素子の状態と、前記第1時点から第2時点までに前記蓄電素子がたどる履歴又は仮想事象に応じた状態遷移確率とを用いて、前記第2時点における前記蓄電素子の状態を推定する

状態推定方法。

[請求項7]

前記第2時点は将来の時点である

請求項6に記載の状態推定方法。

[請求項8]

蓄電素子の状態を推定する装置であって、

確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第1確率分布を、第1の方法によって取得する第1取得部と、

確率分布の形で前記蓄電素子の状態を表現した第2確率分布を、第2の方法によって取得する第2取得部と、

前記第1確率分布及び前記第2確率分布に基づいて、前記蓄電素子の状態を推定する推定部と

を備える状態推定装置。

[請求項9]

前記第1の方法においては、 t 番目の時点における前記蓄電素子の状態が $(t-1)$ 番目の時点における前記蓄電素子の状態に影響され、

前記第2の方法においては、 t 番目の時点における前記蓄電素子の状態が $(t-1)$ 番目の時点における前記蓄電素子の状態に影響されない

請求項8に記載の状態推定装置。

[請求項10]

前記第1取得部は、前記蓄電素子がたどる履歴に基づいて前記第1

確率分布を計算する

請求項 8 又は請求項 9 に記載の状態推定装置。

[請求項11] 前記第 2 取得部は、特定の時点における前記蓄電素子の特性を示す特性値に基づいて、前記特定の時点における前記第 2 確率分布を取得する

請求項 8 ～請求項 10 のいずれか一項に記載の状態推定装置。

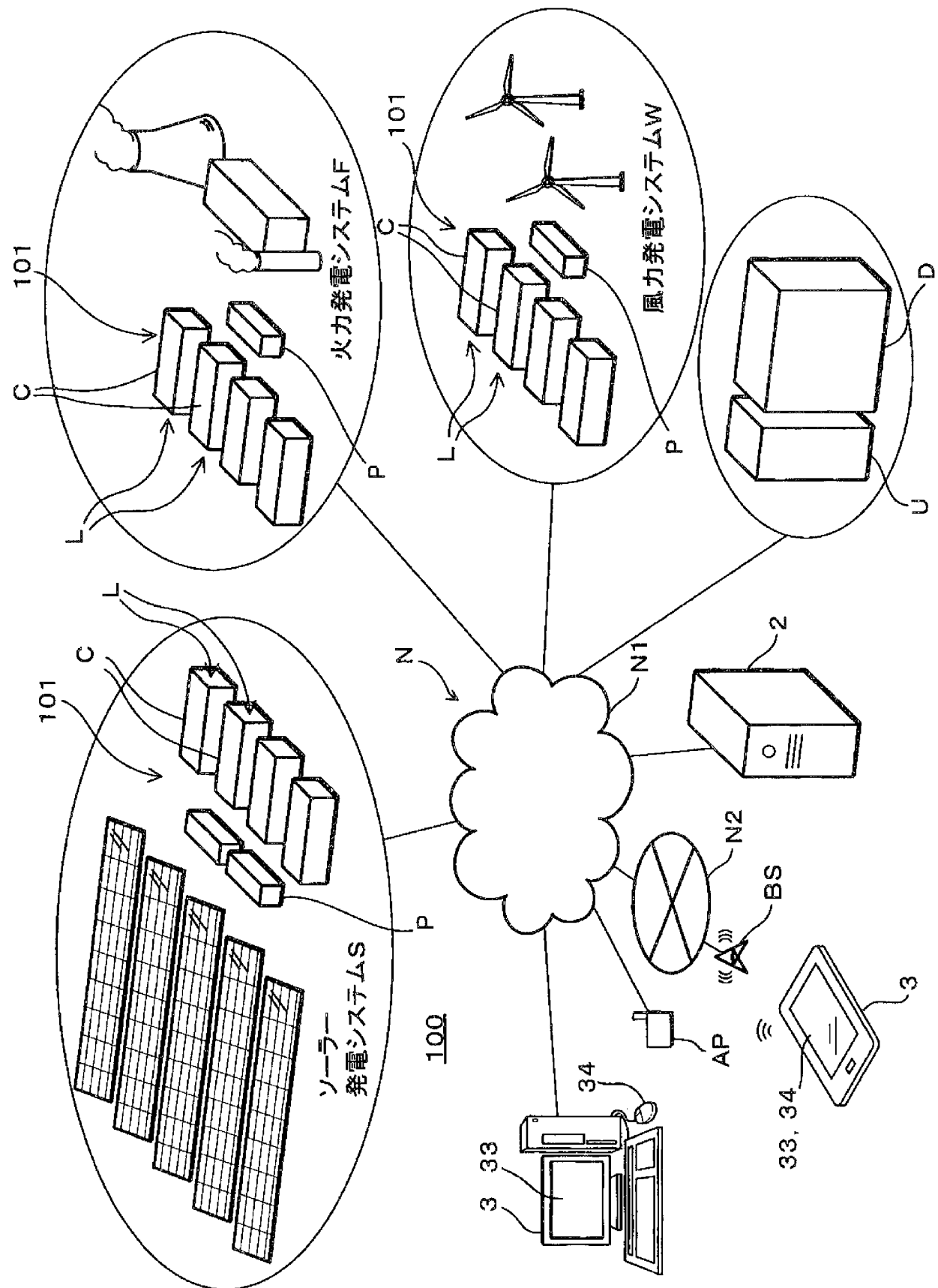
[請求項12] 前記第 1 取得部は、第 1 時点における前記蓄電素子の状態と、前記第 1 時点から第 2 時点までの前記蓄電素子の履歴に応じた状態遷移確率とを用いて、前記第 2 時点における前記第 1 確率分布を計算し、

前記第 2 取得部は、前記第 2 時点における前記蓄電素子の特性を示す特性値に基づいて、前記第 2 時点における前記第 2 確率分布を取得し、

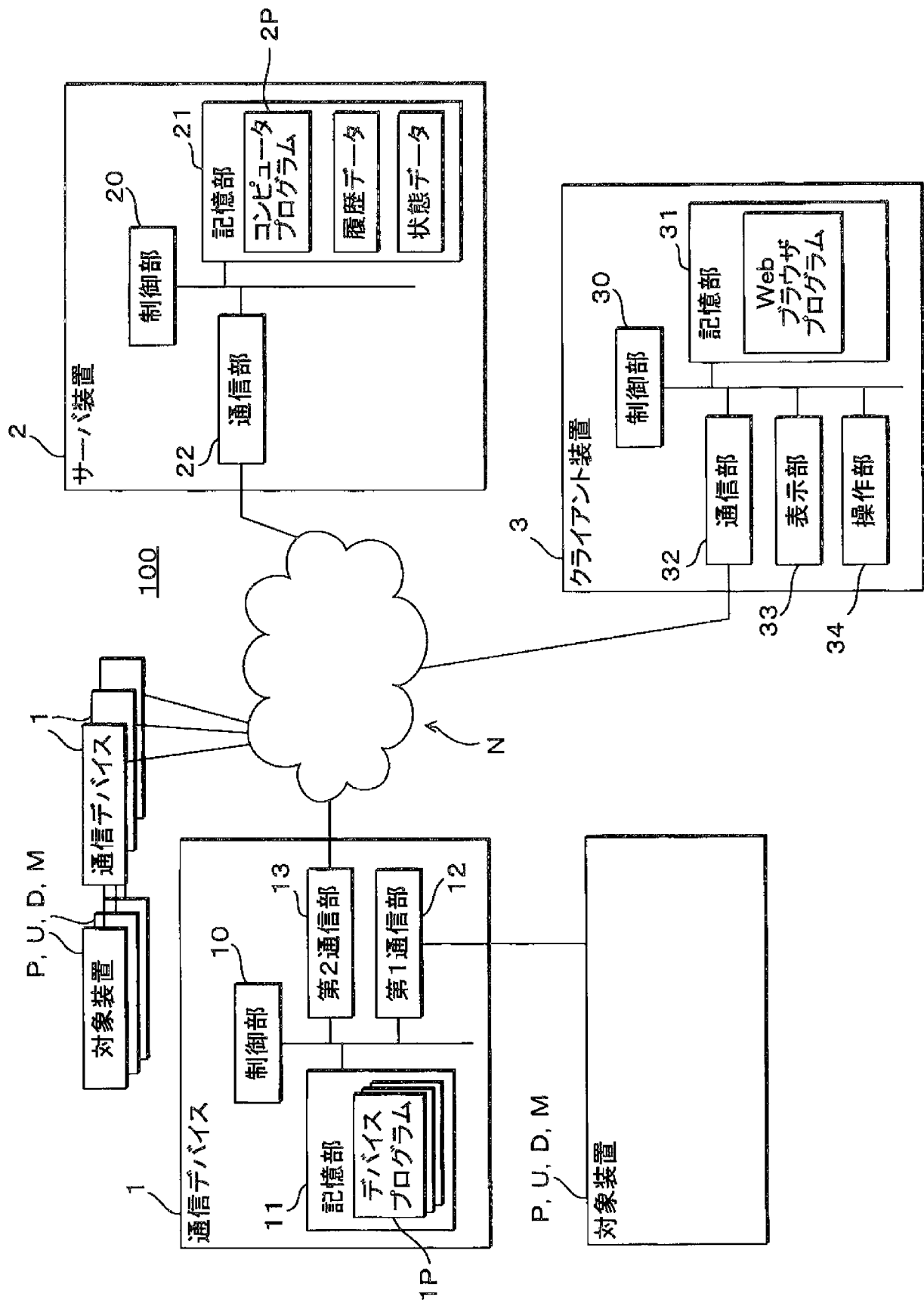
前記推定部は、部分観測マルコフ決定過程のモデルに従って、前記第 1 確率分布及び前記第 2 確率分布から前記第 2 時点における前記蓄電素子の状態を推定する

請求項 8 に記載の状態推定装置。

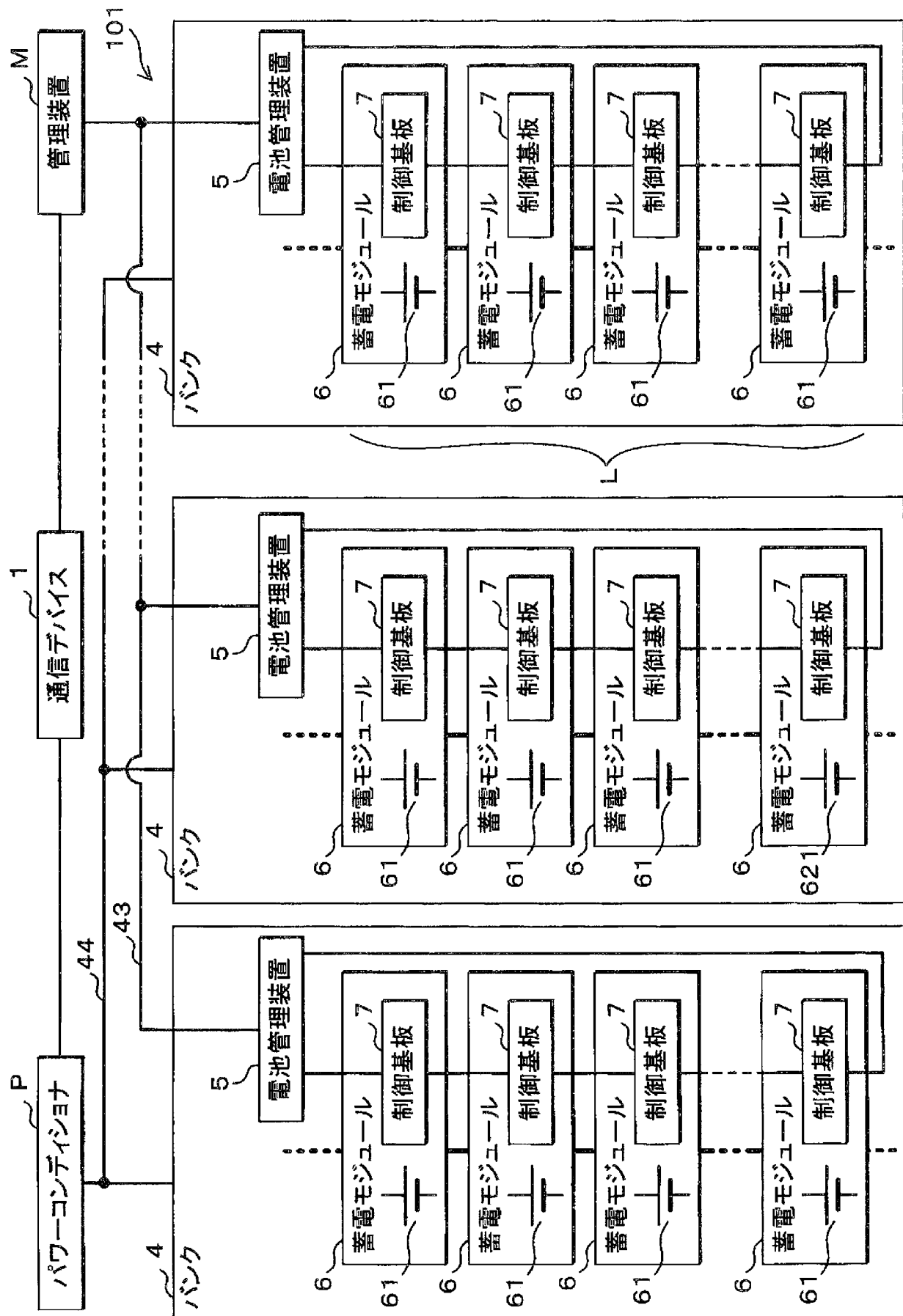
[図1]



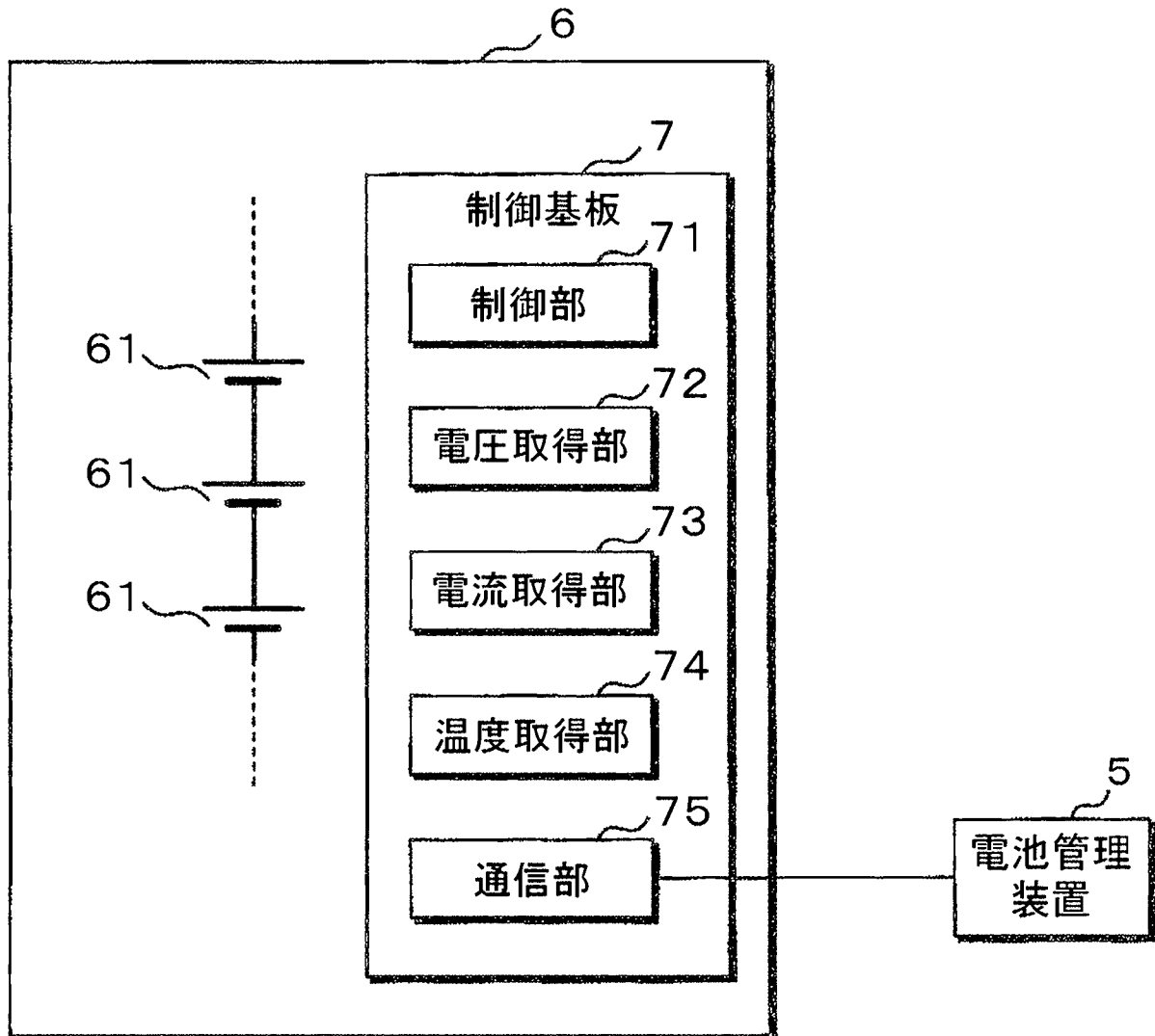
[図2]



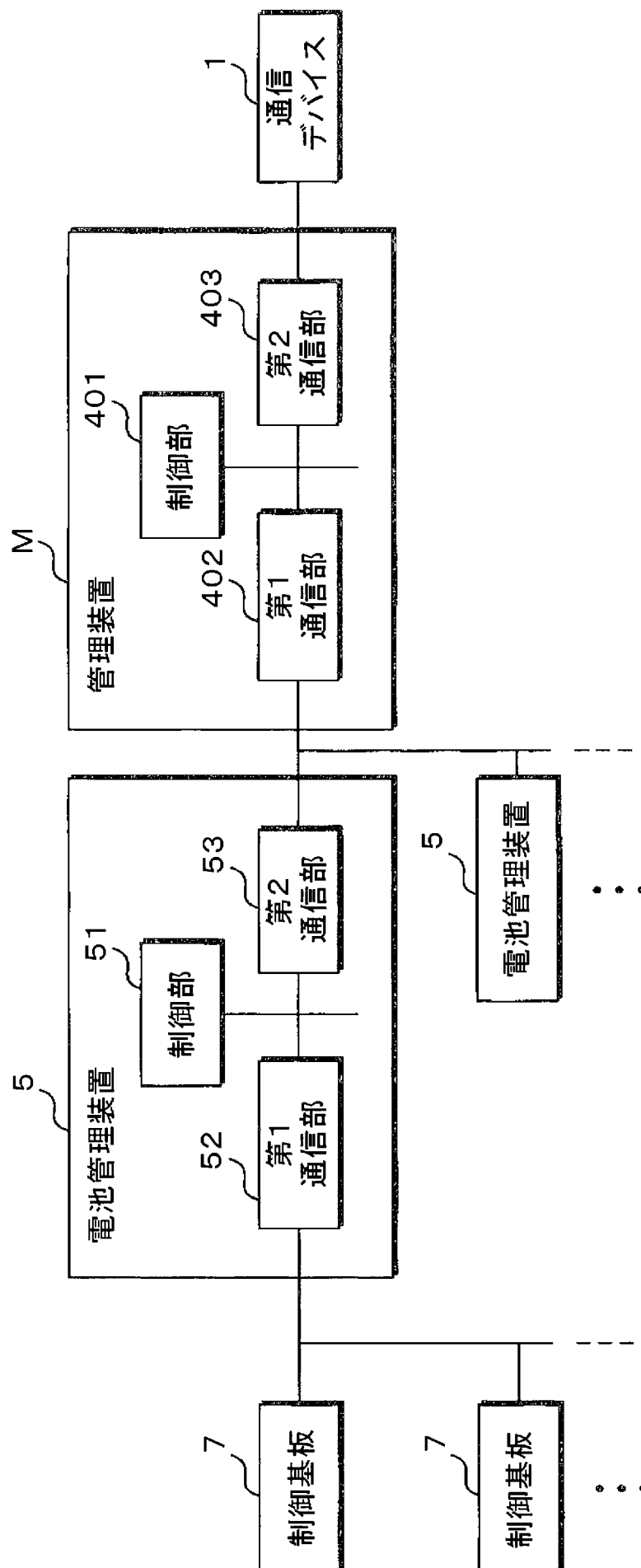
[図3]



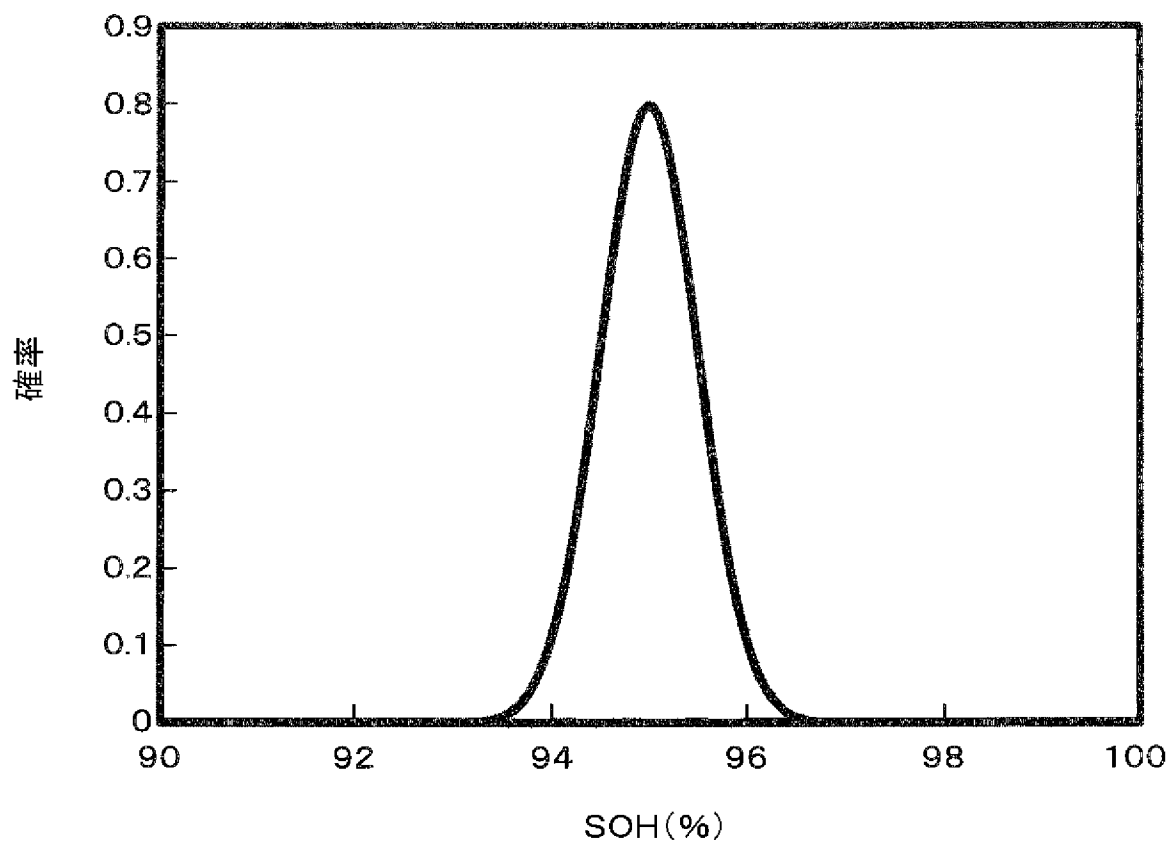
[図4]



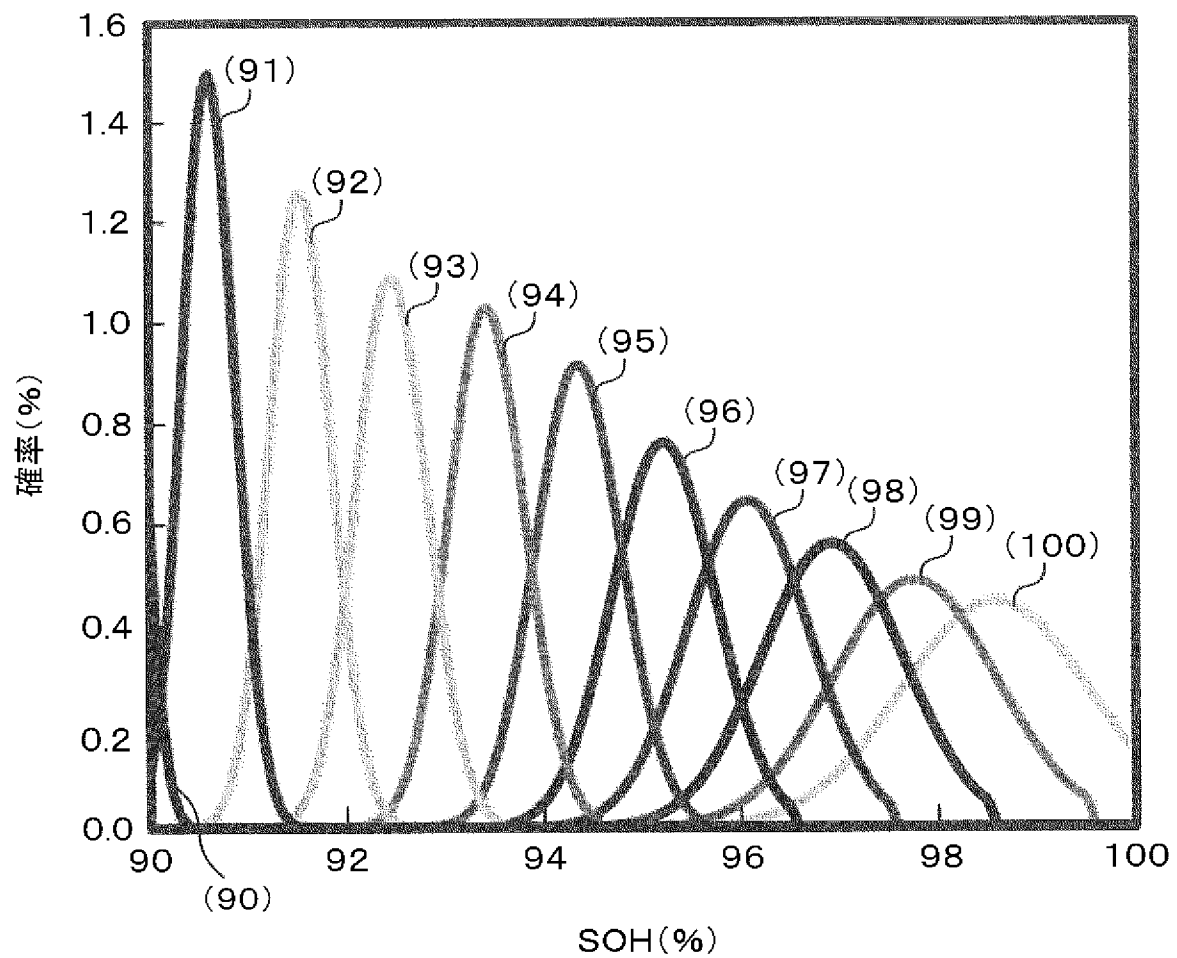
[図5]



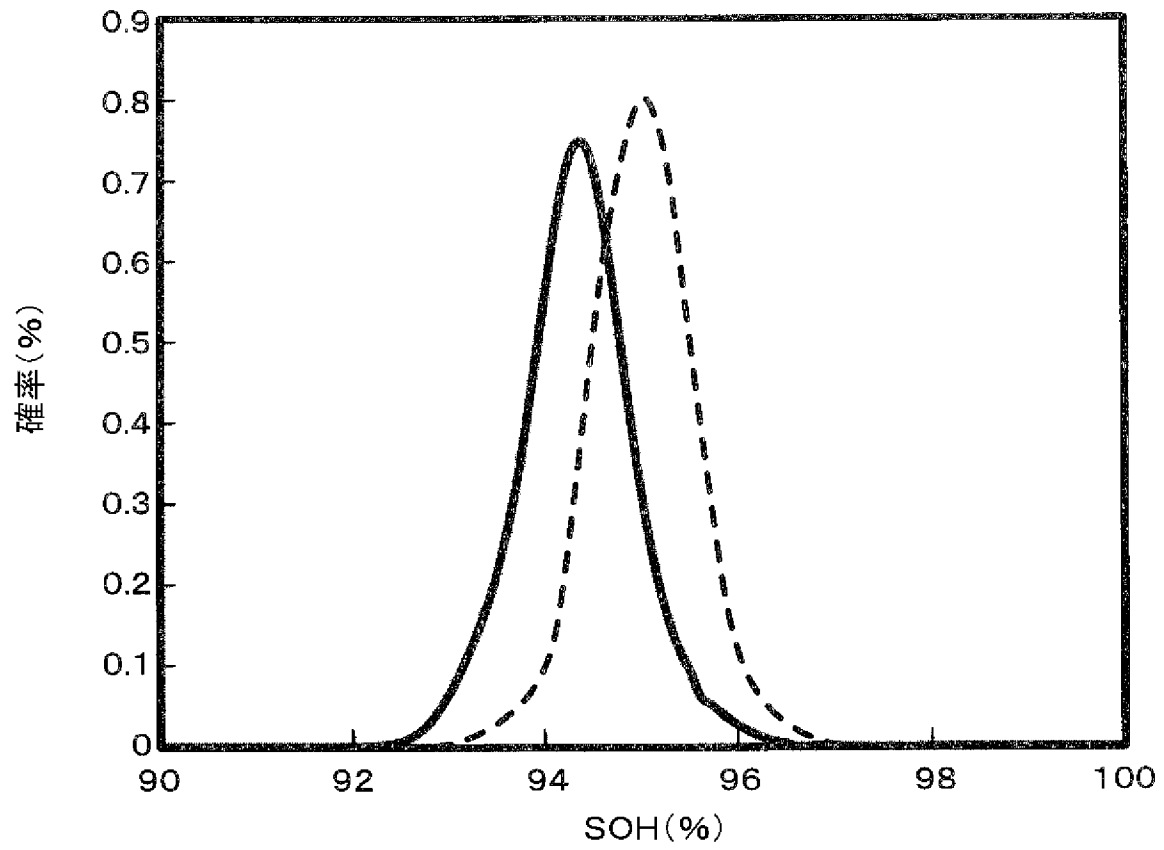
[図6]



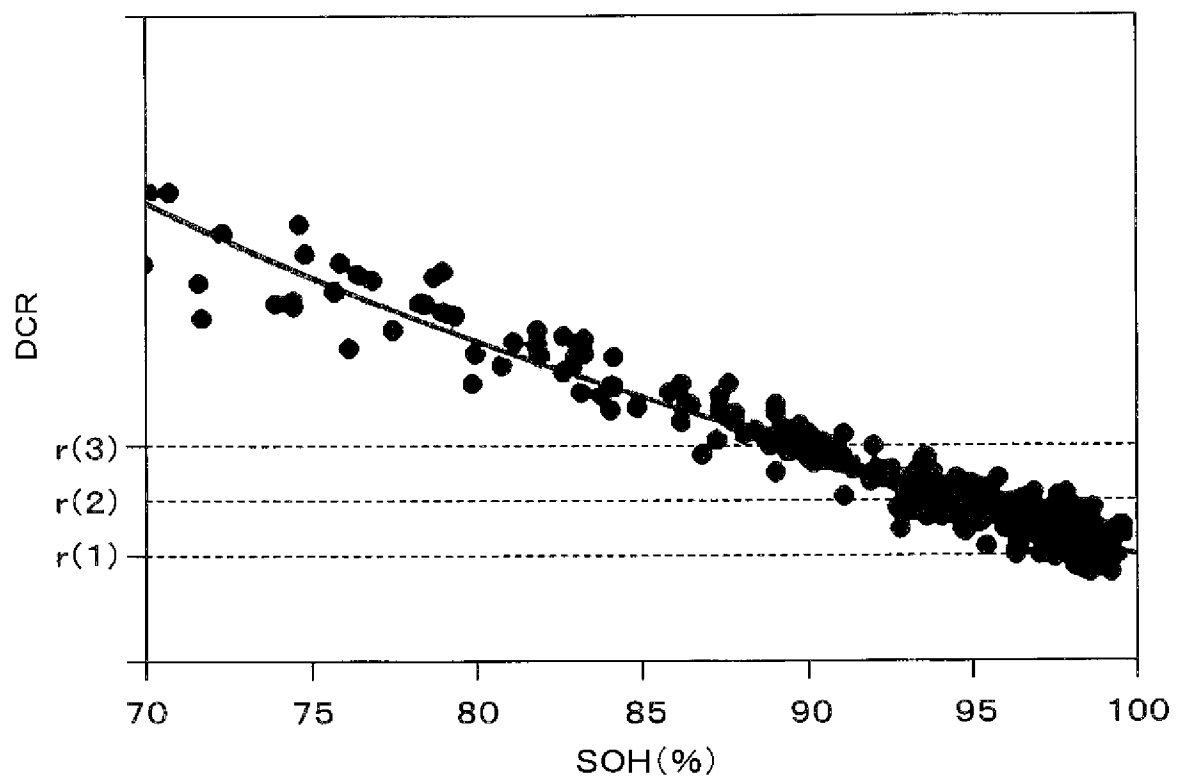
[図7]



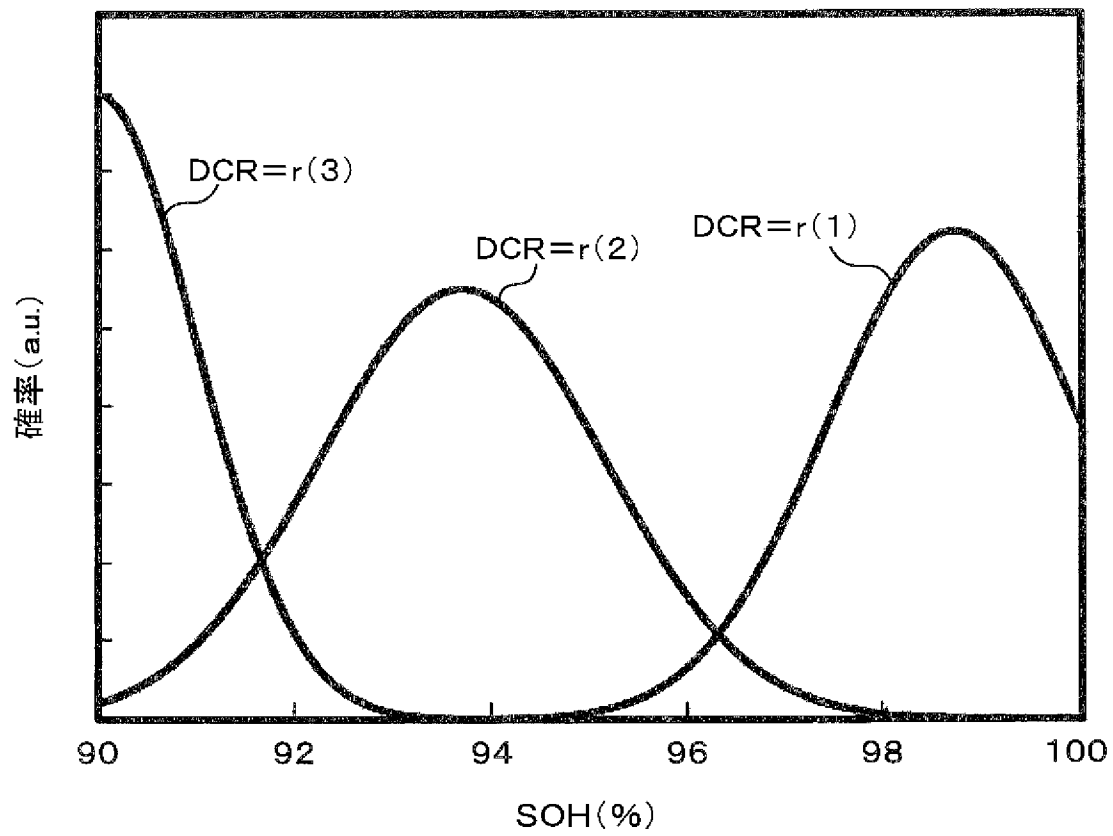
[図8]



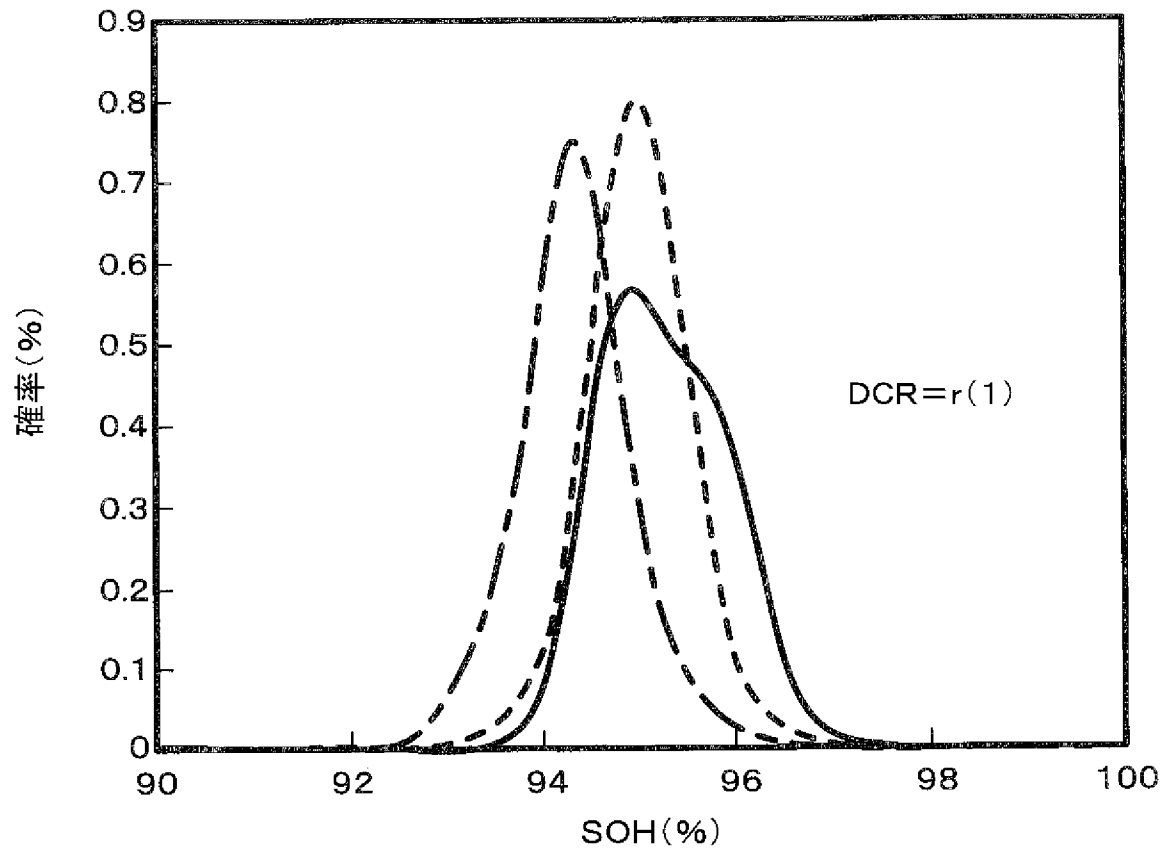
[図9]



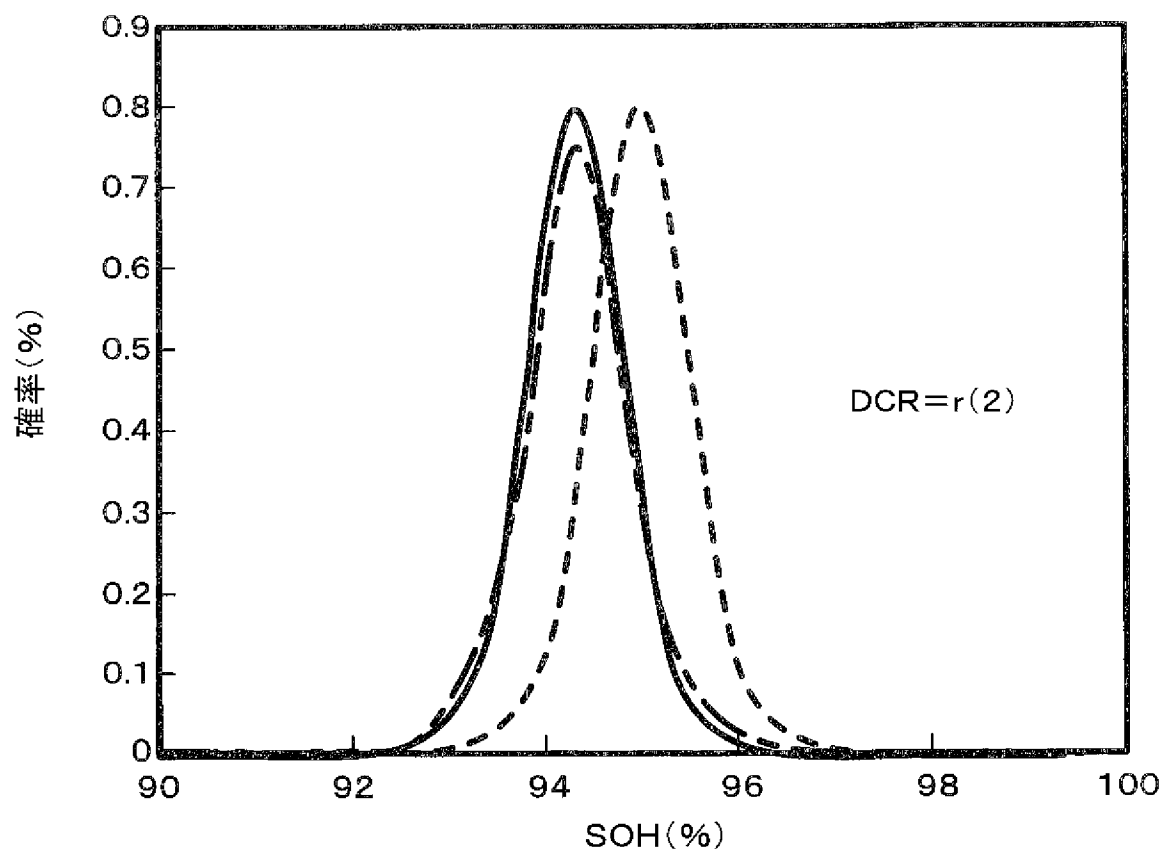
[図10]



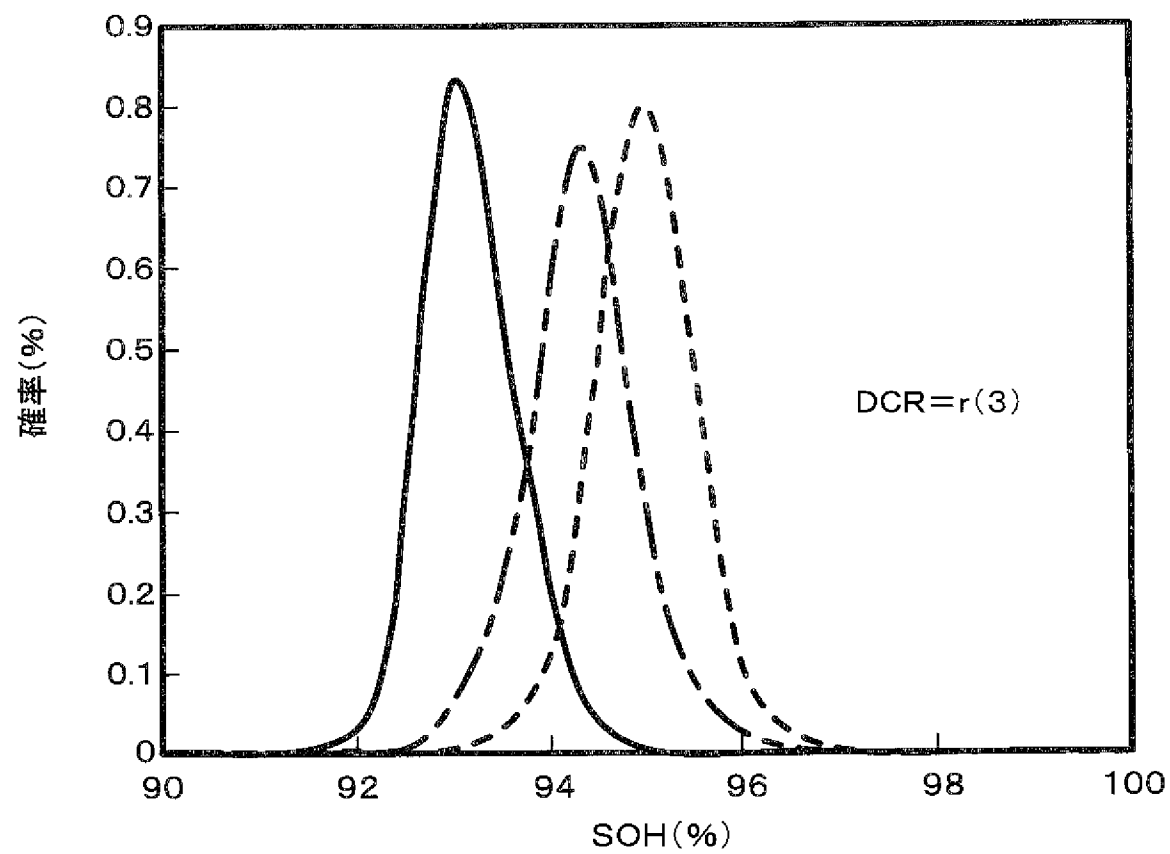
[図11]



[図12]



[図13]



[図14]

SOHの値 (k)	(1) 100%~98%	(2) 98%~96%	(3) 96%~94%	(4) 94%~92%	(5) 92%~90%
(t-1)番目の時点での確率 ($F_{t-1}(Q_{t-1}=k)$)	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
状態遷移による t番目の時点での確率	0.70	0.30	0.00	0.00	0.00
特性値の計測から得られた t番目の時点での確率 ($P(o_t Q_t=k)$)	0.50	0.20	0.10	0.00	0.00
統合された確率	0.35	0.06	0.00	0.00	0.00
正規化された t番目の時点での確率 ($F_t(Q_t=k)$)	0.85	0.15	0.00	0.00	0.00

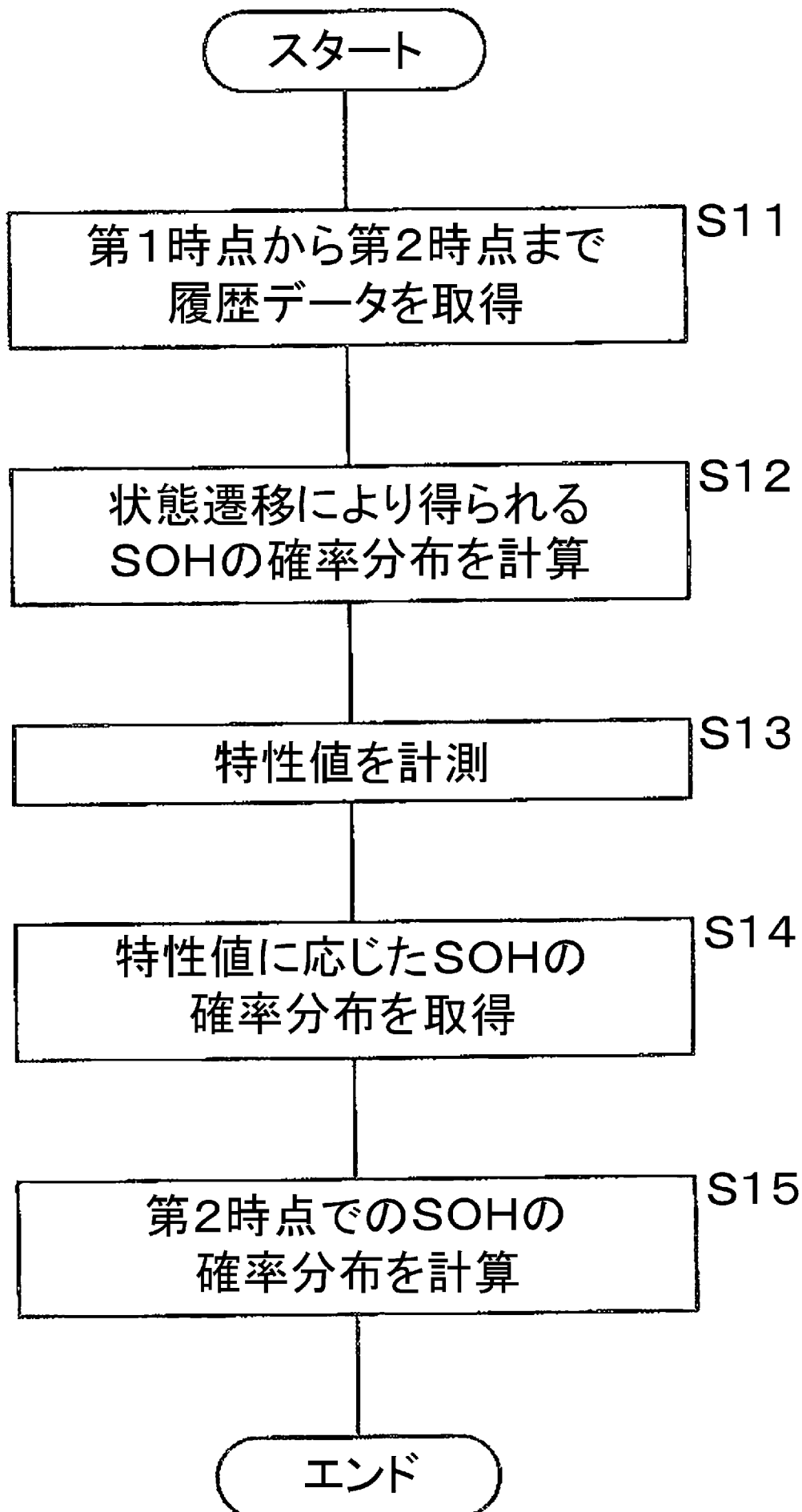
[図15]

	(1)→(2)	(2)→(3)	(3)→(4)	(4)→(5)
状態遷移確率	0.3	0.2	0.1	0.05

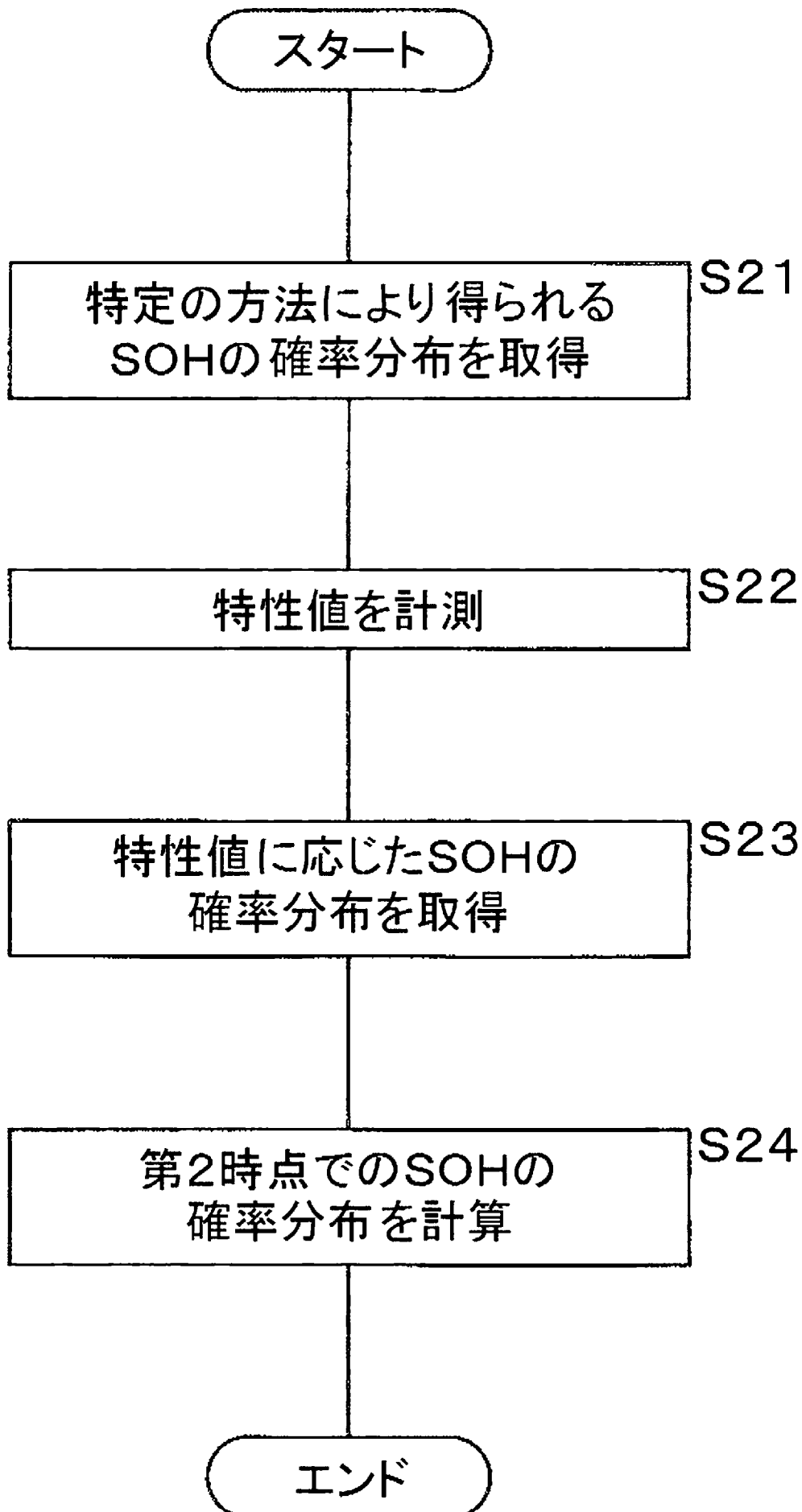
[図16]

SOHの値 (k)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	100%~98%	98%~96%	96%~94%	94%~92%	92%~90%
t番目の時点での確率 ($F_t(Q_t=k)$)	0.85	0.15	0.00	0.00	0.00
状態遷移による (t+1)番目の時点での確率	0.60	0.37	0.03	0.00	0.00
特性値の計測から得られた (t+1)番目の時点での確率 ($P(o_{t+1} Q_{t+1}=k)$)	0.20	0.50	0.20	0.10	0.00
統合された確率	0.12	0.19	0.01	0.00	0.00
正規化された (t+1)番目の時点での確率 ($F_{t+1}(Q_{t+1}=k)$)	0.38	0.60	0.02	0.00	0.00

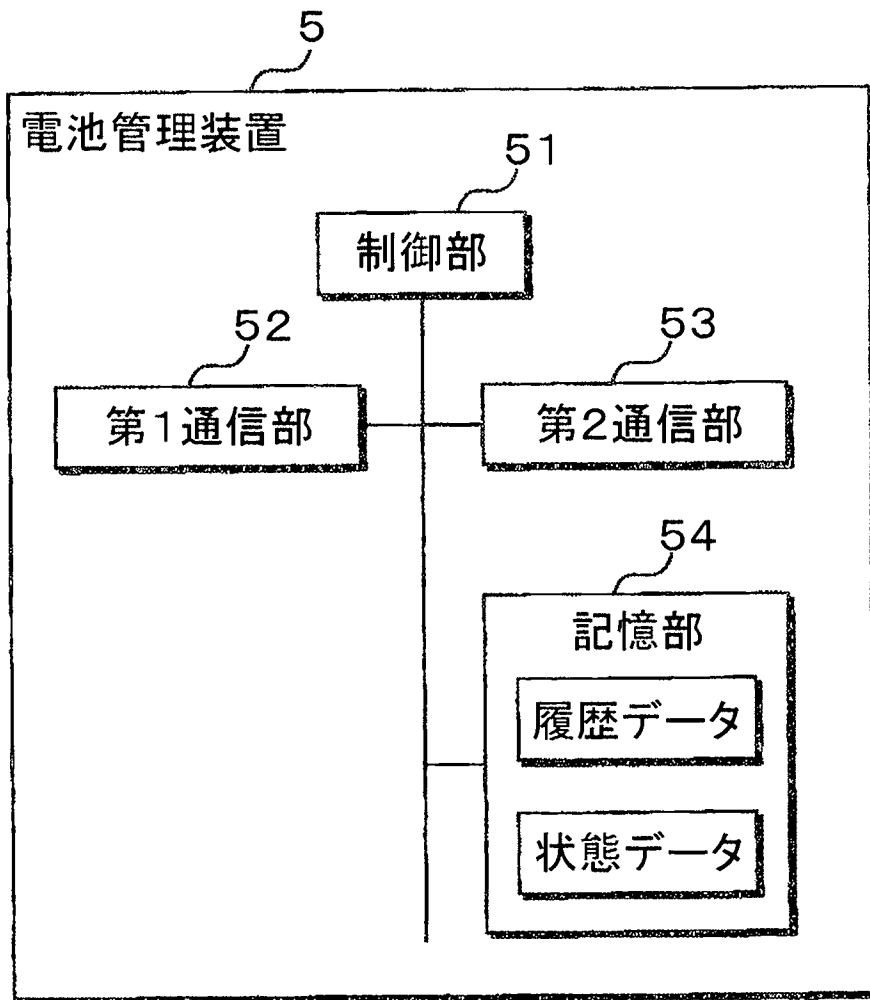
[図17]



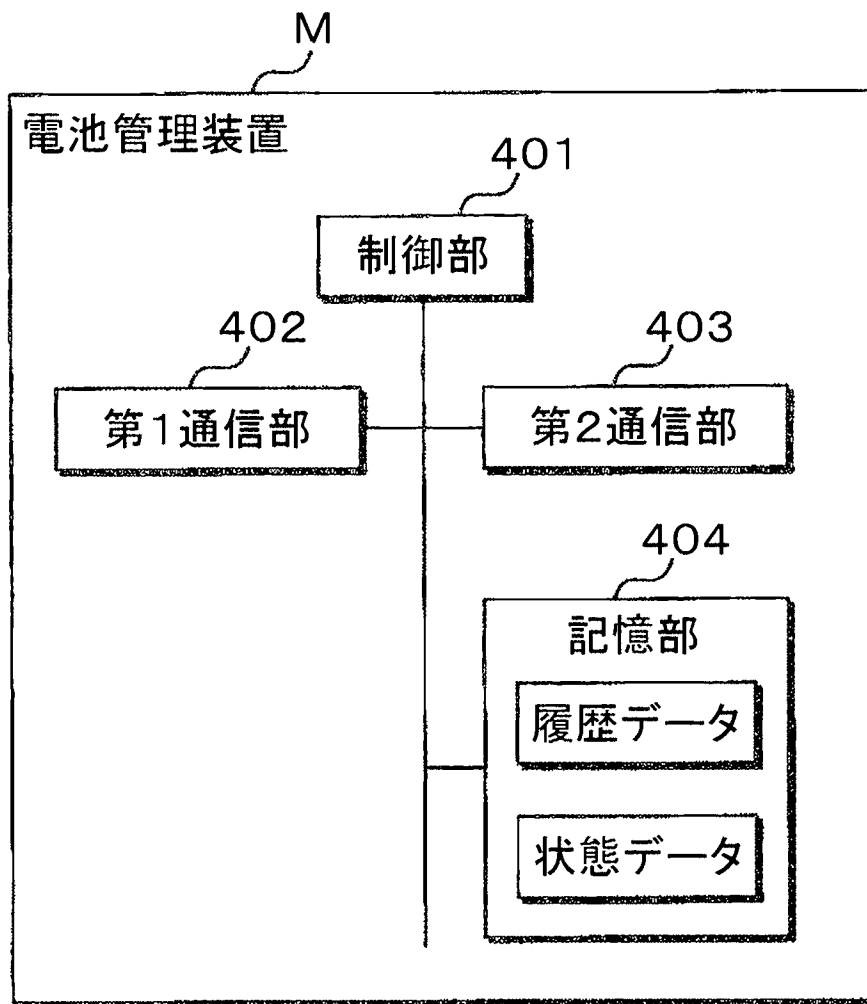
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/024224

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01R31/392 (2019.01) i, H01M10/48 (2006.01) i, H02J7/00 (2006.01) i

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)

Int.Cl. G01R31/392, 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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 2015-59924 A (TOSHIBA CORP.) 30 March 2015, paragraphs [0045]-[0049], fig. 8 & WO 2015/041093 A1	1, 3-4, 8, 10-11
A	JP 2016-65748 A (NEC CORP.) 28 April 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2012-29417 A (HITACHI, LTD.) 09 February 2012, entire text, all drawings & CN 102347627 A	1-12
A	CN 105137358 A (ZHANGJIAGANG MOTOPU DATA TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 December 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	CN 106926725 A (SAIC GENERAL MOTORS CORPORATION LIMITED) 07 July 2017, entire text, all drawings (Family: none)	1-12

☐ 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

"I" 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

21 August 2019 (21.08.2019)

Date of mailing of the international search report

03 September 2019 (03.09.2019)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01R31/392(2019.01)i, H01M10/48(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i

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））

Int.Cl. G01R31/392, 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 2015-59924 A（株式会社東芝）2015.03.30, 段落0045-0049, 図8 & WO 2015/041093 A1	1, 3-4, 8, 10-11
A	JP 2016-65748 A（日本電気株式会社）2016.04.28, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2012-29417 A（株式会社日立製作所）2012.02.09, 全文, 全図 & CN 102347627 A	1-12

☑ 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矛盾するものではなく、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

21.08.2019

国際調査報告の発送日

03.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

島▲崎▼ 純一

2 S

9107

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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
A	CN 105137358 A (ZHANGJIAGANG MOTOPU DATA TECHNOLOGY CO., LTD.) 2015.12.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	CN 106926725 A (SAIC GENERAL MOTORS CORPORATION LIMITED) 2017.07.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12