

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-190905

(P2019-190905A)

(43) 公開日 令和1年10月31日(2019.10.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 R 31/36 (2019.01)	GO 1 R 31/36	A 2 G 2 1 6
HO 1 M 10/48 (2006.01)	HO 1 M 10/48	P 5 G 5 0 3
HO 2 J 7/00 (2006.01)	HO 2 J 7/00	Q 5 H 0 3 0

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2018-81434 (P2018-81434)
 (22) 出願日 平成30年4月20日 (2018.4.20)

(71) 出願人 507151526
 株式会社GSユアサ
 京都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町
 1番地
 (74) 代理人 100114557
 弁理士 河野 英仁
 (74) 代理人 100078868
 弁理士 河野 登夫
 (72) 発明者 紀平 裕也
 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
 (72) 発明者 井上 達也
 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

最終頁に続く

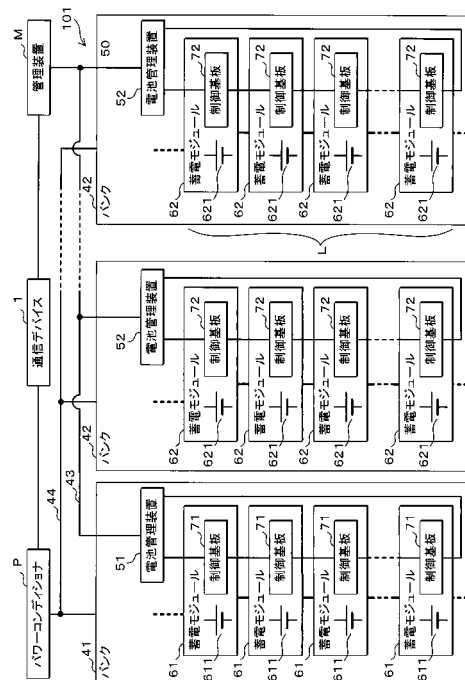
(54) 【発明の名称】 状態推定方法、及び状態推定装置

(57) 【要約】

【課題】劣化状態が不明な蓄電素子についても劣化状態を推定できる状態推定方法、及び状態推定装置を提供する。

【解決手段】蓄電素子の状態推定方法は、第1の蓄電素子(611)について、所定期間内の第1挙動データを取得し、劣化状態が判明している第2の蓄電素子(621)の第2挙動データと前記第2の蓄電素子の劣化状態との関係に基づき、前記第1の蓄電素子について取得した第1挙動データに応じて、前記第1の蓄電素子の第1時点における劣化状態を推定し、前記第1時点における劣化状態と、前記第1時点から第2時点までの履歴データとに基づき、前記第1の蓄電素子の前記第2時点における劣化状態を推定する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の蓄電素子について、所定期間内の第 1 挙動データを取得し、劣化状態が判明している第 2 の蓄電素子の第 2 挙動データと前記第 2 の蓄電素子の劣化状態との関係に基づき、前記第 1 の蓄電素子について取得した第 1 挙動データに応じて、前記第 1 の蓄電素子の第 1 時点における劣化状態を推定し、前記第 1 時点における劣化状態と、前記第 1 時点から第 2 時点までの履歴データとに基づき、前記第 1 の蓄電素子の前記第 2 時点における劣化状態を推定する状態推定方法。

【請求項 2】

前記第 2 の蓄電素子の第 2 挙動データと前記第 2 の蓄電素子の劣化状態との関係を学習した学習モデルによって、前記第 1 の蓄電素子について取得した第 1 挙動データに応じて、前記第 1 の蓄電素子の前記第 1 時点における劣化状態を推定する請求項 1 に記載の状態推定方法。

【請求項 3】

前記第 2 の蓄電素子について、履歴データを継続的に取得し、取得した前記履歴データに基づいて、前記第 2 の蓄電素子の劣化状態を推定し、劣化状態が特定の状態である前記第 2 の蓄電素子について第 2 挙動データを取得し、劣化状態が特定の状態である前記第 2 の蓄電素子について取得した第 2 挙動データと、前記第 2 挙動データを取得したときの前記第 2 の蓄電素子の劣化状態とを教師データとして、前記学習モデルの機械学習を行う請求項 2 に記載の状態推定方法。

【請求項 4】

前記第 2 の蓄電素子について、履歴データを継続的に取得し、取得した前記履歴データに基づいて、前記第 2 の蓄電素子の劣化状態を推定し、劣化状態が特定の状態である前記第 2 の蓄電素子について第 2 挙動データを取得し、劣化状態が特定の状態である前記第 2 の蓄電素子について取得した第 2 挙動データと前記第 1 の蓄電素子について取得した第 1 挙動データとの比較に基づいて、前記第 1 の蓄電素子の劣化状態を推定する請求項 1 に記載の状態推定方法。

【請求項 5】

蓄電素子の劣化状態は、蓄電素子の健全度、カレンダー劣化量、及びサイクル劣化量を含んでいる請求項 1 乃至 4 のいずれか一つに記載の状態推定方法。

【請求項 6】

蓄電素子の状態推定装置であって、当該状態推定装置に接続された第 1 の蓄電素子について、所定期間内の第 1 挙動データを取得する第 1 取得部と、劣化状態が判明している第 2 の蓄電素子について予め取得されている第 2 挙動データと前記第 2 の蓄電素子の劣化状態との関係に基づき、前記第 1 の蓄電素子について取得した第 1 挙動データに応じて、前記第 1 の蓄電素子の第 1 時点における劣化状態を推定し、前記第 1 時点における劣化状態と前記第 1 時点から第 2 時点までの履歴データとに基づき前記第 1 の蓄電素子の前記第 2 時点における劣化状態を推定する第 1 推定部とを備える状態推定装置。

【請求項 7】

前記第 1 推定部は、前記第 2 の蓄電素子の第 2 挙動データと前記第 2 の蓄電素子の劣化状態との関係を学習した学習モデルによって、前記第 1 の蓄電素子について取得した第 1 挙動データに応じて、前記第 1 の蓄電素子の前記第 1 時点における劣化状態を推定する請求項 6 に記載の状態推定装置。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記第 2 の蓄電素子について、履歴データを継続的に取得する第 2 取得部と、
取得した前記履歴データに基づいて、前記第 2 の蓄電素子の劣化状態を推定する第 2 推定部と、

劣化状態が特定の状態である前記第 2 の蓄電素子について第 2 挙動データを取得する第 3 取得部と、

劣化状態が特定の状態である前記第 2 の蓄電素子について取得した第 2 挙動データと、前記第 2 挙動データを取得したときの前記第 2 の蓄電素子の劣化状態とを教師データとして、前記学習モデルの機械学習を行う学習部と
を更に備える請求項 7 に記載の状態推定装置。

【請求項 9】

前記第 2 の蓄電素子について、履歴データを継続的に取得する第 2 取得部と、
取得した前記履歴データに基づいて、前記第 2 の蓄電素子の劣化状態を推定する第 2 推定部と、

劣化状態が特定の状態である前記第 2 の蓄電素子について第 2 挙動データを取得する第 3 取得部と、

劣化状態が特定の状態である前記第 2 の蓄電素子について取得した第 2 挙動データと前記第 1 の蓄電素子について取得した第 1 挙動データとの比較に基づいて、前記第 1 の蓄電素子の劣化状態を推定する第 3 推定部と

を更に備える請求項 6 に記載の状態推定装置。

【請求項 10】

蓄電素子の劣化状態は、蓄電素子の健全度、カレンダー劣化量、及びサイクル劣化量を含んでいる

請求項 6 乃至 9 のいずれか一つに記載の状態推定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蓄電素子の状態推定方法、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に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: State of Health) 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。蓄電素子の SOH は、蓄電素子の履歴データ (充放電履歴、放置履歴、温度履歴を含む) から推定することができる。例えば、蓄電素子の電流、電圧及び温度を随時測定し、時間経過に応じた電流、電圧及び温度を含む履歴データを記録し、記録した履歴データに基づいて、蓄電素子の SOH を推定できる。特許文献 1 は、蓄電素子の劣化状態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】

【0004】

【特許文献 1】特開 2015 - 121520 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

前述したように、履歴データが記録された蓄電素子については、履歴データに基づいて劣化状態を推定できる。しかしながら、充放電履歴及び放置履歴を含む履歴データが記録されていない蓄電素子については、同じ方法で劣化状態を推定することはできない。

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、劣化状態が不明な蓄電素子についても劣化状態を推定できる状態推定方法、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】

【 0 0 0 7 】

本発明の一面に係る状態推定方法は、第1の蓄電素子について、所定期間内の第1挙動データを取得し、劣化状態が判明している第2の蓄電素子の第2挙動データと前記第2の蓄電素子の劣化状態との関係に基づき、前記第1の蓄電素子について取得した第1挙動データに応じて、前記第1の蓄電素子の第1時点における劣化状態を推定し、前記第1時点における劣化状態と、前記第1時点から第2時点までの履歴データとに基づき、前記第1の蓄電素子の前記第2時点における劣化状態を推定する。ここで「劣化状態が判明している」とは、劣化状態が推定できていることを意味してもよい。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

上記構成によれば、劣化状態が不明な第1の蓄電素子の劣化状態を推定することができる。例えば、履歴データが記録されていない第1の蓄電素子の劣化状態を推定することができる。劣化状態の推定後は、劣化状態が判明している第2の蓄電素子と同様に、第1の蓄電素子を運用できる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【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】使用時間の長さに応じた蓄電セルの劣化状態の変化を概念的に示したグラフである。

30

【図7】サーバ装置が特定の劣化状態の蓄電セルに関する挙動データを取得する処理の手順を示すフローチャートである。

【図8】蓄電セルに関する電圧、電流及び温度の時間変化の例を概念的に示すグラフである。

【図9】学習モデルの構成例を示す概念図である。

【図10】履歴データが不明な蓄電セルの劣化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11】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。

40

【図12】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】

【 0 0 1 0 】

蓄電素子の状態推定方法は、第1の蓄電素子について、所定期間内の第1挙動データを取得し、劣化状態が判明している第2の蓄電素子の第2挙動データと前記第2の蓄電素子の劣化状態との関係に基づき、前記第1の蓄電素子について取得した第1挙動データに応じて、前記第1の蓄電素子の第1時点における劣化状態を推定し、前記第1時点における劣化状態と、前記第1時点から第2時点までの履歴データとに基づき、前記第1の蓄電素子の前記第2時点における劣化状態を推定する。蓄電素子の状態推定装置は、当該状態推定装置に接続された第1の蓄電素子について、所定期間内の第1挙動データを取得する第

50

1 取得部と、劣化状態が判明している第2の蓄電素子について予め取得されている第2挙動データと前記第2の蓄電素子の劣化状態との関係に基づき、前記第1の蓄電素子について取得した第1挙動データに応じて、前記第1の蓄電素子の第1時点における劣化状態を推定し、前記第1時点における劣化状態と前記第1時点から第2時点までの履歴データとに基づき前記第1の蓄電素子の前記第2時点における劣化状態を推定する第1推定部とを備える。この構成では、劣化状態の判明している第2の蓄電素子の所定期間内の第2挙動データと第2の蓄電素子の劣化状態との関係に基づき、劣化状態の不明な第1の蓄電素子の第1挙動データに応じて第1の蓄電素子の劣化状態を推定する。蓄電素子の挙動データは蓄電素子の劣化状態に応じて異なるので、第1の蓄電素子の劣化状態を推定することが可能である。

10

【0011】

I o T (Internet of Thing) の社会への浸透と平行して、蓄電素子の遠隔監視 (常時監視) の実現と、遠隔監視に基づく利便性の高い付加価値サービスの実現とに対する期待が高まっている。通信ネットワークを通じた遠隔監視システムが実現すると、使用当初から通信ネットワークに接続されて遠隔監視されている蓄電素子と、それまで通信ネットワークに接続されずに遠隔監視されてこなかった蓄電素子とが混在する。遠隔監視により履歴データが記録された蓄電素子については、履歴データに基づいて劣化状態を把握できる。履歴データが記録されていない蓄電素子については、遠隔監視を開始する時点で、何らかの手法により劣化状態を推定する必要がある。履歴データが記録され、劣化状態を把握できる第2の蓄電素子について、第2挙動データを取得しておく。履歴データが記録されていない第1の蓄電素子についても、第1挙動データを取得する。挙動データは蓄電素子の劣化状態によって異なるので、第2の蓄電素子の劣化状態と第2挙動データとの関係に基づき、第1の蓄電素子の第1挙動データから、第1の蓄電素子の劣化状態を推定することができる。推定できる劣化状態は、第1挙動データを取得した第1時点での劣化状態である。第1時点から第2時点まで、第1の蓄電素子の履歴データを記録すれば、第1時点での劣化状態と第1時点から第2時点までの履歴データとに基づいて、第2時点での第1の蓄電素子の劣化状態を推定することができる。即ち、履歴データが記録されていない蓄電素子についても、挙動データを用いて劣化状態を一度推定すれば、以降は、履歴データを記録することによって劣化状態を把握できる。

20

【0012】

状態推定方法は、前記第2の蓄電素子の第2挙動データと前記第2の蓄電素子の劣化状態との関係を学習した学習モデルによって、前記第1の蓄電素子について取得した第1挙動データに応じて、前記第1の蓄電素子の前記第1時点における劣化状態を推定してもよい。前記第1推定部は、前記第2の蓄電素子の第2挙動データと前記第2の蓄電素子の劣化状態との関係を学習した学習モデルによって、前記第1の蓄電素子について取得した第1挙動データに応じて、前記第1の蓄電素子の前記第1時点における劣化状態を推定してもよい。この構成では、第2の蓄電素子の第2挙動データと第2の蓄電素子の劣化状態との関係を学習した学習モデルによって、第1の蓄電素子の第1挙動データに応じて第1の蓄電素子の劣化状態を推定する。学習モデルを利用することにより、劣化状態の不明な第1の蓄電素子の劣化状態を高い精度で推定することができる。

30

40

【0013】

状態推定方法は、前記第2の蓄電素子について、履歴データを継続的に取得し、取得した前記履歴データに基づいて、前記第2の蓄電素子の劣化状態を推定し、劣化状態が特定の状態である前記第2の蓄電素子について第2挙動データを取得し、劣化状態が特定の状態である前記第2の蓄電素子について取得した第2挙動データと、前記第2挙動データを取得したときの前記第2の蓄電素子の劣化状態とを教師データとして、前記学習モデルの機械学習を行ってもよい。状態推定装置は、前記第2の蓄電素子について、履歴データを継続的に取得する第2取得部と、取得した前記履歴データに基づいて、前記第2の蓄電素子の劣化状態を推定する第2推定部と、劣化状態が特定の状態である前記第2の蓄電素子について第2挙動データを取得する第3取得部と、劣化状態が特定の状態である前記第2

50

の蓄電素子について取得した第2挙動データと、前記第2挙動データを取得したときの前記第2の蓄電素子の劣化状態とを教師データとして、前記学習モデルの機械学習を行う学習部とを更に備えてもよい。この構成では、履歴データを継続的に取得した第2の蓄電素子については、履歴データに基づいて劣化状態を推定することが可能であるので、劣化状態が特定の状態である第2の蓄電素子の第2挙動データと第2の蓄電素子の劣化状態との関係は、正確な教師データとなる。この教師データを利用することにより、第1の蓄電セルの第1挙動データから第1の蓄電素子の劣化状態を推定する学習モデルを学習させることができる。

【0014】

状態推定方法は、前記第2の蓄電素子について、履歴データを継続的に取得し、取得した前記履歴データに基づいて、前記第2の蓄電素子の劣化状態を推定し、劣化状態が特定の状態である前記第2の蓄電素子について第2挙動データを取得し、劣化状態が特定の状態である前記第2の蓄電素子について取得した第2挙動データと前記第1の蓄電素子について取得した第1挙動データとの比較に基づいて、前記第1の蓄電素子の劣化状態を推定してもよい。状態推定装置は、前記第2の蓄電素子について、履歴データを継続的に取得する第2取得部と、取得した前記履歴データに基づいて、前記第2の蓄電素子の劣化状態を推定する第2推定部と、劣化状態が特定の状態である前記第2の蓄電素子について第2挙動データを取得する第3取得部と、劣化状態が特定の状態である前記第2の蓄電素子について取得した第2挙動データと前記第1の蓄電素子について取得した第1挙動データとの比較に基づいて、前記第1の蓄電素子の劣化状態を推定する第3推定部とを更に備えてもよい。この構成では、履歴データを継続的に取得した第2の蓄電素子については、履歴データに基づいて劣化状態を推定することが可能であるので、劣化状態が特定の状態である第2の蓄電素子の第2挙動データと第1の蓄電素子の第1挙動データとの比較を通じて、第1の蓄電素子の劣化状態を推定することが可能である。

【0015】

蓄電素子の劣化状態は、蓄電素子の健全度(SOH)、カレンダー劣化量、及びサイクル劣化量を含んでいてもよい。蓄電素子のSOH、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量が推定されることにより、蓄電素子の適切な運用が可能となる。例えば、SOHが所定の許容値以下である蓄電素子の取り外し、又はサイクル劣化量の大きい蓄電素子の使用頻度を下げる等の運用が可能である。

【0016】

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、火力発電システムF、ソーラー発電システムS、風力発電システムW、無停電電源装置(UPS: Uninterruptible Power Supply)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。

【0017】

キャリアネットワークN2には基地局BSが含まれている。クライアント装置3は、基地局BS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N1にはアクセスポイントAP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AP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。

【0018】

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(PCS: Power Conditioning System)P、及び蓄電システム101が併

設されている。蓄電システム101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。

【0019】

図2は、遠隔監視システム100の構成例を示すブロック図である。遠隔監視システム100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101(図3参照)を含んでいる。蓄電システム101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101に含まれる蓄電素子を管理する。蓄電システム101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101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。

10

【0020】

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100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。

20

【0021】

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: State of Charge))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、蓄電素子の動作の履歴を表す。履歴データは、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。推定される蓄電素子の劣化状態として、SOH、時間経過に起因する劣化量(蓄電素子の放置・保存に起因する劣化量。以下、カレンダー劣化量と言う。)、及び充放電の繰り返しに起因する劣化量(以下、サイクル劣化量と言う)が例示できる。履歴データが継続的に取得されていなかった蓄電素子についても、劣化状態が推定される。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。

30

【0022】

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。

【0023】

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。

40

【0024】

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)、又は無線通信用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。

50

【 0 0 2 5 】

サーバ装置 2 は、制御部 2 0、記憶部 2 1、通信部 2 2、及び学習モデル 2 3 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。

【 0 0 2 6 】

制御部 2 0 は、例えば、CPU で構成されている。制御部 2 0 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 2 0 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 2 0 は、記憶部 2 1 に記憶されているコンピュータプログラム 2 P に基づく情報処理を実行する。コンピュータプログラム 2 P には Web サーバプログラムが含まれている。制御部 2 0 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 2 0 は、コンピュータプログラム 2 P 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。

10

【 0 0 2 7 】

記憶部 2 1 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 2 1 は、制御部 2 0 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 2 2 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 2 2 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。

20

【 0 0 2 8 】

学習モデル 2 3 は、通信デバイス 1 を経由して対象装置 P、U、D、M から収集された蓄電素子に関する入力データに基づいて、蓄電素子の劣化状態の推定を行うことができる。学習モデル 2 3 は、例えば、深層学習などを含む機械学習のためのアルゴリズムを含む。学習モデル 2 3 は、CPU と、RAM と、記憶部 2 1 に記憶され、RAM にロードされて CPU により実行されるコンピュータプログラム 2 P とを用いて実現されてもよい。学習モデル 2 3 は、量子コンピュータを用いて実現されてもよい。

【 0 0 2 9 】

クライアント装置 3 は、蓄電システム 1 0 1 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 3 0、記憶部 3 1、通信部 3 2、表示部 3 3、及び操作部 3 4 を備える。

30

【 0 0 3 0 】

制御部 3 0 は、CPU を用いたプロセッサである。制御部 3 0 は、記憶部 3 1 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 3 3 に表示させる。

【 0 0 3 1 】

記憶部 3 1 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 3 1 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 3 2 は、例えば、有線通信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 3 0 は、通信部 3 2 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。

40

【 0 0 3 2 】

表示部 3 3 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 3 3 は、制御部 3 0 の Web ブラウザプログラムに基づき処理により、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

50

ことができる。

【 0 0 3 3 】

操作部 3 4 は、制御部 3 0 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 3 4 として、表示部 3 3 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 3 4 は、ユーザによる操作情報を制御部 3 0 へ通知する。

【 0 0 3 4 】

図 3 は、蓄電システム 1 0 1 の構成例を示すブロック図である。蓄電システム 1 0 1 は、複数の蓄電セルを直列に接続した蓄電モジュールと、複数の蓄電モジュールを直列に接続したバンクと、複数のバンク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 1 0 1 は一つのドメインを構成している。蓄電モジュールは、他の蓄電セルに並列に接続された蓄電セルを含んでいてもよい。バンクは、他の蓄電モジュールに並列に接続された蓄電モジュールを含んでいてもよい。

10

【 0 0 3 5 】

蓄電システム 1 0 1 には、履歴データが把握できている蓄電セル 6 2 1 と、履歴データが不明な蓄電セル 6 1 1 とが含まれてもよい。蓄電セル 6 2 1 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 6 2 1 の監視が行われる。蓄電セル 6 2 1 は、使用当初（蓄電システム 1 0 1 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であってもよい。履歴データが不明な蓄電セル 6 1 1 は、例えば、これまで監視が行われていなかった蓄電セル、履歴データが喪失した蓄電セル、又は履歴データが不明な状態で蓄電システム 1 0 1 に新たに追加された蓄電セルである。

20

【 0 0 3 6 】

蓄電セル 6 1 1 は第 1 の蓄電素子に対応し、蓄電セル 6 2 1 は第 2 の蓄電素子に対応する。図 3 には、複数の蓄電セル 6 1 1 を含んで蓄電モジュール 6 1 が構成され、複数の蓄電セル 6 2 1 を含んで蓄電モジュール 6 2 が構成された例を示している。この例では、複数の蓄電モジュール 6 1 を含んでバンク 4 1 が構成され、複数の蓄電モジュール 6 2 を含んでバンク 4 2 が構成されている。蓄電モジュールは蓄電セル 6 1 1 と蓄電セル 6 2 1 との両方を含んでいてもよい。バンクは、蓄電モジュール 6 1 と蓄電モジュール 6 2 との両方を含んでいてもよく、蓄電セル 6 1 1 と蓄電セル 6 2 1 との両方を含んだ蓄電モジュールを含んでいてもよい。

30

【 0 0 3 7 】

蓄電システム 1 0 1 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 1 , 4 2 が、電力線 4 4 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 1 , 4 2 へ電力が供給され、バンク 4 1 , 4 2 が充電される。また、バンク 4 1 , 4 2 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。

【 0 0 3 8 】

夫々のバンク 4 1 , 4 2 は、複数の蓄電モジュール 6 1 , 6 2 と、電池管理装置（BMU : Battery Management Unit）5 1 , 5 2 とを備えている。バンク 4 1 が複数の蓄電モジュール 6 1 及び電池管理装置 5 1 を備え、バンク 4 2 が複数の蓄電モジュール 6 2 及び電池管理装置 5 2 を備えている。夫々の蓄電モジュール 6 1 , 6 2 は、制御基板（CMU : Cell Monitoring Unit）7 1 , 7 2 を備えている。蓄電モジュール 6 1 が制御基板 7 1 を備え、蓄電モジュール 6 2 が制御基板 7 2 を備えている。制御基板 7 1 , 7 2 は、電池管理装置 5 1 , 5 2 に接続されている。電池管理装置 5 1 , 5 2 は、夫々の制御基板 7 1 , 7 2 との間で通信を行うことができる。

40

【 0 0 3 9 】

蓄電システム 1 0 1 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

50

電素子を管理するBMUである。夫々のバンク41, 42に備えられた電池管理装置51, 52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51, 52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51, 52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。

【0040】

図4は、蓄電モジュール61, 62の構成例を示すブロック図である。図4では、蓄電モジュール62に関する符号をカッコ内に示している。制御基板71, 72は、制御部711, 721、電圧取得部712, 722、電流取得部713, 723、温度取得部714, 724及び通信部715, 725を含んでいる。制御部711, 721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711, 721は、制御基板71, 72の動作を制御する。電圧取得部712, 722は、複数の蓄電セル611, 621の夫々の電圧を取得する。電流取得部713, 723は、蓄電セル611, 621に流れる電流を取得する。例えば、電流取得部713, 723は、直列に接続された複数の蓄電セル611, 621に流れる電流を取得するか、又は夫々の蓄電セル611, 621に流れる電流を個別に取得する。温度取得部714, 724は、温度センサを用いて、蓄電モジュール61, 62内の一又は複数の箇所での温度を取得する。温度取得部714, 724は、夫々の蓄電セル611, 621の内部の温度を取得してもよい。

10

20

【0041】

通信部715, 725は、電池管理装置51, 52に接続される。通信部715, 725は、電池管理装置51, 52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711, 721は、通信部715, 725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51, 52へ送信させる。

【0042】

図5は、電池管理装置51, 52及び管理装置Mの機能構成例を示すブロック図である。図5では、制御基板72及び電池管理装置52に関する符号をカッコ内に示している。電池管理装置51, 52は、制御部511, 521、第1通信部512, 522及び第2通信部513, 523を備える。制御部511, 521は、CPUを用いたプロセッサである。第1通信部512, 522は、バンク41, 42内の複数の制御基板71, 72に接続されている。第1通信部512, 522は、制御基板71, 72から送信された情報を受信する。第2通信部513, 523は、通信線43を介して管理装置Mに接続されている。制御部511, 521は、第2通信部513, 523に、複数の制御基板71, 72から受信した情報を管理装置Mへ送信させる。

30

【0043】

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51, 52に接続されている。第1通信部402は、電池管理装置51, 52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51, 52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51, 52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。

40

【0044】

サーバ装置2は、夫々の蓄電セル621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62では、随時、電圧取得部722は夫々の蓄電セル621の電圧を取得し、電流取得部723は蓄電セル621に流れる電流を取得し、温度取得部724

50

は蓄電モジュール62内の温度を取得する。制御部721は、通信部725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52、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。

【0045】

サーバ装置2は、夫々の蓄電セル621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621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621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621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621の挙動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。サーバ装置2が蓄電セル621の履歴データを継続的に取得する処理は、第2取得部に対応する。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。

10

【0046】

蓄電セル621の劣化状態は、履歴データから推定することが可能である。図6は、使用時間の長さに応じた蓄電セル621の劣化状態の変化を概念的に示したグラフである。図中の横軸は蓄電セル621の使用時間を示し、縦軸は蓄電セル621のSOHを示す。SOHは、使用開始時の蓄電セル621の容量に対する使用後の蓄電セル621の容量の割合である。蓄電セル621のSOHの変化を実線で示す。使用開始時のSOHは100%である。SOH=100%の線を破線で示す。使用時間の経過に従って、蓄電セル621は劣化する。即ち、使用時間の経過に従って、蓄電セル621の容量が低下し、SOHが低下する。

20

【0047】

蓄電セル621の劣化には、時間経過に起因するカレンダー劣化と、充放電の繰り返しに起因するサイクル劣化とが含まれる。図6には、サイクル劣化に応じたSOHの変化を一点鎖線で示す。SOH=100%の線と一点鎖線との差がサイクル劣化量に対応し、一点鎖線と実線との差がカレンダー劣化量に対応する。カレンダー劣化量及びサイクル劣化量は、蓄電セル621の履歴データに応じて異なる。例えば、充放電を繰り返す頻度が多い場合は、サイクル劣化量が大きい。同様に、SOHも、蓄電セル621の履歴データに応じて異なる。SOHが同一であっても、履歴データに応じてカレンダー劣化量及びサイクル劣化量が異なることもある。即ち、蓄電セル621のSOH、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量を含む劣化状態は、履歴データに応じて定まる。従って、蓄電セル621の劣化状態は、履歴データから推定することができる。

30

【0048】

サーバ装置2は、状態推定装置として機能する。サーバ装置2は、遠隔監視システム100に、蓄電セル621の劣化状態が特定の状態になった場合に、蓄電セル621に関する所定期間内の電圧、電流及び温度の時間変化を含んだ挙動データを取得させる。図7は、サーバ装置2が特定の劣化状態の蓄電セル621に関する挙動データを取得する処理の手順を示すフローチャートである。以下、ステップをSと略す。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。制御部20は、記憶部21に記憶されている夫々の蓄電セル621の履歴データに基づいて、夫々の蓄電セル621の劣化状態（例えば、SOH）を推定する（S11）。S11の処理はサーバ装置2以外のコンピュータを用いて行われてもよく、使用者の判断を利用して行われてもよい。S11の処理は、第2推定部に対応する。

40

【0049】

制御部20は、次に、推定した蓄電セル621の劣化状態が、予め定められている複数の特定の状態の内のいずれか一つの特定の状態であるか否かを判定する（S12）。例えば、推定されたSOHの値が、95%、90%及び80%等の複数の特定の値のいずれか

50

一つの特定の値と一致するか否かが判定される。特定の劣化状態は、SOH、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量の値の組み合わせによって定められていてもよい。例えば、特定の劣化状態を示す値が記憶部21に記憶されており、制御部20は、記憶された値と推定された劣化状態を示す値とが許容範囲内で一致するか否かを判定する。S11の処理はサーバ装置2以外のコンピュータを用いて行われてもよく、使用者の判断を利用して行われてもよい。蓄電セル621の劣化状態が特定の状態ではない場合は(S12:NO)、制御部20は、処理を終了する。

【0050】

蓄電セル621の劣化状態が特定の状態である場合は(S12:YES)、サーバ装置2は、蓄電セル621に関連する所定期間内の電圧、電流及び温度の時間変化を含んだ挙動データを取得する(S13)。所定期間は、一日間未満の期間であり、例えば30秒間である。例えば、制御部20は、通信部22に、挙動データを取得するための制御信号を、対象の蓄電セル621が含まれる蓄電モジュール62の制御基板72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52を介して制御基板72へ送信される。制御基板72では、制御信号に従って、電圧取得部722が蓄電セル621の電圧を取得し、電流取得部723が蓄電セル621に流れる電流を取得し、温度取得部724が温度を取得する。制御基板72は、1秒等の所定のサンプリング周期で、30秒間等の所定期間、蓄電セル621に関する電圧、電流及び温度を繰り返し取得する。このようにして、所定期間内の電圧、電流及び温度の時間変化が取得される。挙動データの取得に必要な期間は30秒間等の一日間未満の期間であり、挙動データの取得が蓄電セル621の運用に及ぼす影響は小さい。

10

20

【0051】

このように所定期間(例えば、30秒間)の挙動データを取得するサンプリング周期は、平時の遠隔監視のために(劣化状態の推定、異常検知のために)蓄電セル621の履歴データを継続的に取得するサンプリング周期(例えば、24時間)よりも短いことが好ましい。短いサンプリング周期で取得した挙動データを、学習モデル23に供することで、後述する蓄電セル611の劣化状態を短時間で推定できる。

【0052】

制御基板72は、所定の条件の下で、蓄電セル621に関する電圧、電流及び温度の時間変化を取得してもよい。例えば、制御基板72は、蓄電セル621のSOCを所定の値に調整し、蓄電セル621を所定のレートで放電させ、蓄電セル621の電圧及び電流並びに蓄電モジュール62内の温度を取得する。代替的に、制御基板72は、蓄電セル621の使用中に、放電時の蓄電セル621に関する電圧、電流及び温度を取得してもよい。

30

【0053】

制御基板72の制御部721は、通信部725に、取得した電圧、電流及び温度を示す情報を順次送信させる。電圧、電流及び温度を示す情報は、電池管理装置52、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へ順次送信される。サーバ装置2は、電圧、電流及び温度を示す情報を通信部22で受信する。時間の経過に従って、所定期間内に取得された電圧、電流及び温度を示す情報は順次受信される。サーバ装置2の制御部20は、受信した電圧、電流及び温度を示す情報を、記憶部21に順次記憶させる。このようにして、サーバ装置2は、蓄電セル621に関連する所定期間内の電圧、電流及び温度の時間変化を含んだ挙動データを取得し、記憶する。

40

【0054】

代替的に、制御基板72は、所定期間内の電圧、電流及び温度の時間変化を含んだ挙動データを一括して送信してもよい。サーバ装置2は、一括して挙動データを通信部22で受信し、一括して受信した挙動データを記憶部21に記憶してもよい。蓄電セル621に関する挙動データは、サーバ装置2以外の記憶装置に記憶されてもよい。挙動データは、挙動データを取得したときの蓄電セル621の劣化状態を示す情報と関連付けて記憶される。S13の処理は第3取得部に対応する。蓄電セル621に関する挙動データを取得する処理は以上で終了する。

50

【 0 0 5 5 】

S 1 1 ~ S 1 3 の処理により、履歴データが継続的に記録されており劣化状態が所定の状態であると判定された複数の蓄電セル 6 2 1 に関する電圧、電流及び温度の所定期間内の時間変化が取得される。例えば、蓄電セル 6 2 1 の S O H が、9 5 %、9 0 % 及び 8 0 % 等の値のときの電圧、電流及び温度の時間変化が得られる。S O H、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量の値の組み合わせ別に、蓄電セル 6 2 1 に関する電圧、電流及び温度の時間変化が得られる。

【 0 0 5 6 】

図 8 A ~ 図 8 C は、蓄電セル 6 2 1 に関する電圧、電流及び温度の時間変化の例を概念的に示すグラフである。図 8 A の縦軸は電圧を示し、図 8 B の縦軸は電流を示し、図 8 C の縦軸は温度を示し、いずれも横軸は時間を示す。この例では、図 8 B に示すステップ状の電流波形を蓄電セル 6 2 1 に与えた時の、電圧挙動及び温度挙動を検出している。これは、周囲温度が一定である環境（空調管理されている環境）における例である。図 8 A 及び図 8 C に示す如き電圧及び温度の時間変化は、蓄電セル 6 2 1 の劣化状態に応じて異なる。例えば、電圧及び温度の時間変化は、S O H の値に応じて異なる。また、S O H の値が同一であっても、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量の値の組み合わせに応じて電圧及び温度の時間変化は異なる。

10

【 0 0 5 7 】

学習モデル 2 3 は、履歴データが不明な蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定するために、機械学習を行う。学習モデル 2 3 は、蓄電セル 6 2 1 の挙動データと蓄電セル 6 2 1 の劣化状態との関係を教師データとして、機械学習を行う。例えば、機械学習はサーバ装置 2 で実行される。制御部 2 0 は、記憶部 2 1 から、蓄電セル 6 2 1 の挙動データと蓄電セル 6 2 1 の劣化状態を示す情報とを読み出し、学習モデル 2 3 に機械学習を実行させる。周囲温度が変化する場合（蓄電素子が屋外設置される場合や、空調管理されていない環境の場合）は、周囲温度も併せて学習モデル 2 3 に機械学習させるとよい。

20

【 0 0 5 8 】

図 9 は、学習モデル 2 3 の構成例を示す概念図である。学習モデル 2 3 は、電圧、電流及び温度の所定期間内の時間変化が夫々に入力される複数のノード 2 3 1 を有する入力層と、入力層のノード 2 3 1 からの入力に応じて出力を行う複数のノード 2 3 2 を有する中間層と、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態の推定結果を出力する複数のノード 2 3 3 を有する出力層とを備えたニューラルネットワークを用いる。図 9 には、中間層が一層である例を示しているが、中間層は複数層であってもよい。

30

【 0 0 5 9 】

入力層のノード 2 3 1 には、電圧、電流及び温度の時系列データが入力されてもよい。代替的に、入力層のノード 2 3 1 には、図 8 A ~ 図 8 C に示す如き電圧、電流及び温度の時間変化を示すグラフの画像が入力されてもよい。電圧、電流及び温度の時間変化として、電圧、電流及び温度の各時点における値が夫々一つの入力層のノード 2 3 1 に入力されてもよい。出力層のノード 2 3 3 では、S O H、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量の値が夫々出力されてもよい。代替的に、S O H、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量の複数の所定の値の夫々に対応する出力層のノード 2 3 3 に、S O H、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量の夫々が各値である確率が出力されてもよい。学習モデル 2 3 は、ニューラルネットワークとして、畳みこみニューラルネットワーク（C N N : Convolutional Neural Network）、又は再帰型ニューラルネットワーク（R N N : Recurrent Neural Network）を用いてもよい。

40

【 0 0 6 0 】

機械学習では、蓄電セル 6 1 1 の電圧、電流及び温度の所定期間内の時間変化が入力層のノード 2 3 1 へ入力され、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態が出力層のノード 2 3 3 から出力されることができるよう、教師データに基づいて中間層のパラメータを調整する。例えば、サーバ装置 2 の制御部 2 0 は、コンピュータプログラム 2 P に従って、学習モデル 2 3 の機械学習を行う。

50

【 0 0 6 1 】

サーバ装置 2 で機械学習の処理を実行することにより、学習済みの学習モデル 2 3 が得られる。機械学習は、サーバ装置 2 以外のコンピュータで実行されてもよい。その場合、機械学習により学習済みの学習モデル 2 3 を表す学習データが作成され、作成された学習データがサーバ装置 2 に入力される。サーバ装置 2 は、学習データを記憶部 2 1 に記憶することにより、学習済みの学習モデル 2 3 を得る。サーバ装置 2 が行う機械学習の処理は、学習部に対応する。

【 0 0 6 2 】

図 1 0 は、履歴データが不明な蓄電セル 6 1 1 の劣化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 は、蓄電セル 6 1 1 に関連する所定期間内の電圧、電流及び温度の時間変化を含んだ挙動データを取得する (S 2 1)。S 2 1 の処理は、履歴データが把握できている蓄電セル 6 2 1 について行われた S 1 3 の処理と同様に行われる。例えば、制御部 2 0 は、通信部 2 2 に、挙動データを取得するための制御信号を、対象の蓄電セル 6 1 1 が含まれる蓄電モジュール 6 1 の制御基板 7 1 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 1 を介して制御基板 7 1 へ送信される。制御基板 7 1 では、制御信号に従って、電圧取得部 7 1 2 が蓄電セル 6 1 1 の電圧を取得し、電流取得部 7 1 3 が蓄電セル 6 1 1 に流れる電流を取得し、温度取得部 7 1 4 が温度を取得する。制御基板 7 1 は、S 1 3 の処理と同様の条件で、蓄電セル 6 2 1 に関する電圧、電流及び温度を取得する。制御基板 7 2 が電圧、電流及び温度を取得するサンプリング周期、及び電圧、電流及び温度の時間変化を取得する所定期間は、S 1 3 の処理において蓄電セル 6 2 1 について挙動データが取得されたときと同一である。例えば、サンプリング周期は 1 秒であり、所定期間は 3 0 秒間である。S 1 3 の処理と同様に、蓄電セル 6 1 1 の挙動データの取得に必要な期間は 3 0 秒間等の一日間未満の期間であり、挙動データの取得が蓄電セル 6 1 1 の運用に及ぼす影響は小さい。

【 0 0 6 3 】

制御基板 7 1 の制御部 7 1 1 は、通信部 7 2 5 に、取得した電圧、電流及び温度を示す情報を順次送信させるか、又は挙動データを一括して送信させる。挙動データは、電池管理装置 5 1、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、挙動データを通信部 2 2 で受信し、記憶部 2 1 に記憶する。S 2 1 の処理は、第 1 取得部に対応する。

【 0 0 6 4 】

学習モデル 2 3 は、次に、蓄電セル 6 1 1 の電圧、電流及び温度の時間変化を含む挙動データに応じて、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する (S 2 2)。S 2 2 では、制御部 2 0 は、挙動データを記憶部 2 1 から読み出して学習モデル 2 3 に提供する。学習モデル 2 3 は、蓄電セル 6 1 1 に関する電圧、電流及び温度の所定期間内の時間変化を示す情報を入力層のノード 2 3 1 へ入力し、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態の推定結果を出力層のノード 2 3 3 から得る処理を行う。

【 0 0 6 5 】

学習モデル 2 3 は、蓄電セル 6 2 1 の挙動データと蓄電セル 6 2 1 の劣化状態との関係を既に学習しているので、蓄電セル 6 1 1 の挙動データに応じて、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定することができる。例えば、SOH、カレンダー劣化量及びサイクル劣化量の夫々の値が推定される。S 2 1 及び S 2 2 の処理は、単一の蓄電セル 6 1 1 について行われてもよく、複数の蓄電セル 6 1 1 の夫々について行われてもよい。S 2 2 の処理は第 1 推定部に対応する。

【 0 0 6 6 】

制御部 2 0 は、次に、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態の推定結果を出力する (S 2 3)。例えば、制御部 2 0 は、通信部 2 2 に、推定結果を示す情報を、通信ネットワーク N を介してクライアント装置 3 へ送信させる。クライアント装置 3 は、推定結果を示す情報を通信部 3 2 で受信し、制御部 3 0 は、受信した情報に基づいて、表示部 3 3 に推定結果を表示

10

20

30

40

50

させる。例えば、夫々の蓄電セル 6 1 1 には識別情報が付与されており、識別情報と、識別情報により識別される蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を示す情報とが表示部 3 3 に表示される。蓄電システム 1 0 1 の管理者は、出力された推定結果を確認することにより、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を知ることができる。以上で、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する処理は終了する。

【 0 0 6 7 】

蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する処理により、蓄電セル 6 1 1 の挙動データを取得した第 1 時点での劣化状態が推定される。劣化状態の推定結果は、以降の蓄電システム 1 0 1 の運用に利用される。例えば、推定された S O H が所定の許容値以下である蓄電セル 6 1 1 は、取り外される。また、第 1 時点以降は、サーバ装置 2 は、蓄電セル 6 1 1 についても履歴データを継続的に取得する。推定された劣化状態を示す情報及び履歴データがサーバ装置 2 の記憶部 2 1 に記憶される。第 1 時点から第 2 時点まで蓄電セル 6 1 1 の履歴データが取得された場合、サーバ装置 2 は、第 1 時点での劣化状態と履歴データとに基づき、第 2 時点での蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する。このようにして、蓄電セル 6 2 1 と同様に、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を把握できる。

10

【 0 0 6 8 】

以上詳述した如く、本実施形態においては、履歴データが不明な蓄電セル 6 1 1 の電圧、電流及び温度の所定期間内の時間変化を含む挙動データを取得し、教師あり学習を用いる学習モデル 2 3 により、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する。学習モデル 2 3 は、履歴データが把握できている蓄電セル 6 2 1 の挙動データと履歴データから推定される蓄電セル 6 2 1 の劣化状態とを教師データとして、学習する。蓄電セル 6 1 1 の挙動データから蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する学習モデル 2 3 を学習させることができる。学習モデル 2 3 を利用することにより、履歴データが不明な蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を高い精度で推定することができる。例えば、これまで監視が行われていなかった蓄電セル、履歴データが喪失した蓄電セル、又は履歴データが不明な状態で蓄電システム 1 0 1 に新たに追加された蓄電セルの劣化状態を推定することができる。劣化状態の推定後は、蓄電セル 6 1 1 についても、推定された劣化状態と劣化状態の推定後に取得された履歴データとを用いて、蓄電セル 6 2 1 と同様に運用を行うことが可能となる。

20

【 0 0 6 9 】

(実施形態 2)

実施形態 2 では、電池管理装置 5 1 又は管理装置 M が状態推定装置として機能する。図 1 1 は、状態推定装置として機能する電池管理装置 5 1 の機能構成例を示すブロック図である。電池管理装置 5 1 は、学習モデル 5 1 4 及び記憶部 5 1 5 を更に備えている。学習モデル 5 1 4 は、実施形態 1 における学習モデル 2 3 と同様の動作を行う。記憶部 5 1 5 は、ハードディスク又は不揮発性メモリである。

30

【 0 0 7 0 】

図 1 2 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、学習モデル 4 0 4 及び記憶部 4 0 5 を更に備えている。学習モデル 4 0 4 は、実施形態 1 における学習モデル 2 3 と同様の動作を行う。記憶部 4 0 5 は、ハードディスク又は不揮発性メモリである。本実施形態では、サーバ装置 2 は学習モデル 2 3 を備えていなくてもよい。蓄電システム 1 0 1 及び遠隔監視システム 1 0 0 のその他の構成は、実施形態 1 と同様である。

40

【 0 0 7 1 】

実施形態 1 における学習モデル 2 3 の機械学習と同様に、学習モデル 5 1 4 又は 4 0 4 の機械学習が行われる。機械学習は、電池管理装置 5 1 又は管理装置 M で行われてもよい。代替的に、他のコンピュータで実行されてもよい。この場合、機械学習により学習済みの学習モデル 5 1 4 又は 4 0 4 を表す学習データが作成され、作成された学習データが電池管理装置 5 1 又は管理装置 M へ入力され、電池管理装置 5 1 又は管理装置 M は、学習データを記憶部 5 1 5 又は 4 0 5 に記憶することにより、学習済みの学習モデル 5 1 4 又は 4 0 4 を得る。

50

【 0 0 7 2 】

状態推定装置としての電池管理装置 5 1 又は管理装置 M は、実施形態 1 と同様に、図 1 0 のフローチャートに示すように、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する処理を実行する。電池管理装置 5 1 又は管理装置 M は、蓄電セル 6 1 1 の電圧、電流及び温度の所定期間内の時間変化を含む挙動データを取得し (S 2 1)、学習モデル 5 1 4 又は 4 0 4 により挙動データに応じて蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定し (S 2 2)、推定結果を出力する (S 2 3)。例えば、電池管理装置 5 1 又は管理装置 M は、推定結果を示す情報を、通信デバイス 1 及び通信ネットワーク N を介してクライアント装置 3 へ送信する。

【 0 0 7 3 】

本実施の形態においても、実施形態 1 と同様に、履歴データが不明な蓄電セル 6 1 1 の挙動データに応じて、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態の推定が可能である。劣化状態の推定後は、蓄電セル 6 1 1 についても、履歴データが把握できている蓄電セル 6 2 1 と同様に運用を行うことが可能となる。

10

【 0 0 7 4 】

以上の実施形態 1 及び 2 においては、蓄電システム 1 0 1 に履歴データが把握できている蓄電セル 6 2 1 と履歴データが不明な蓄電セル 6 1 1 とが含まれており、蓄電セル 6 2 1 の挙動データ及び劣化状態を教師データとして用いた。代替的に、蓄電システム 1 0 1 の外部に設けられた蓄電セルの挙動データ及び劣化状態が教師データとして用いられてもよい。また、現在は用いられていない蓄電セルの挙動データ及び劣化状態が教師データとして用いられてもよい。また、蓄電システム 1 0 1 に含まれる全ての蓄電セルが、履歴データの不明な蓄電セル 6 1 1 であってもよい。この場合は、蓄電システム 1 0 1 の外部に設けられた蓄電セルの挙動データ及び劣化状態、又は現在は用いられていない蓄電セルの挙動データ及び劣化状態に基づいて、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態が推定される。

20

【 0 0 7 5 】

実施形態 1 及び 2 においては、蓄電セル 6 1 1 の電圧、電流及び温度の所定期間内の時間変化を含む挙動データに応じて、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する。代替的に、挙動データは蓄電セル 6 1 1 の電圧の所定期間内の時間変化のみを含むデータであってもよい。蓄電セルの電圧の時間変化は、蓄電セルの劣化状態に応じて異なるので、電圧の時間変化のみを含む挙動データを用いた場合でも、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定することは可能である。例えば、蓄電セル 6 2 1 の電圧の時間変化と蓄電セル 6 2 1 の劣化状態とを教師データとして機械学習が行われ、蓄電セル 6 1 1 の電圧の時間変化のみを含む挙動データに応じて、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態が推定される。

30

【 0 0 7 6 】

実施形態 1 及び 2 においては、学習モデルを用いて蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する。代替的に、状態推定装置は、蓄電セル 6 2 1 の挙動データと劣化状態との関係に基づき、学習モデルを用いずに、蓄電セル 6 1 1 の挙動データに応じて蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定してもよい。例えば、状態推定装置は、複数の蓄電セル 6 2 1 の挙動データと蓄電セル 6 1 1 の挙動データとを比較し、比較結果に応じて蓄電セル 6 2 1 の劣化状態を補完することにより、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態の推定値を計算してもよい。また、状態推定装置は、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を、挙動データが最も近い蓄電セル 6 2 1 の劣化状態と同一であると推定してもよい。いずれかの蓄電セル 6 2 1 の挙動データと蓄電セル 6 1 1 の挙動データが一致した場合は、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態は、挙動データが一致した蓄電セル 6 2 1 の劣化状態と同一であると推定される。状態推定装置が学習モデルを用いずに蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する処理は、第 3 推定部に対応する。

40

【 0 0 7 7 】

状態推定装置は、蓄電セル 6 1 1 の劣化状態を推定する際に、S O H の推定とカレンダー劣化量及びサイクル劣化量の推定とを段階的に行ってもよい。例えば、状態推定装置は、複数の蓄電セル 6 2 1 の挙動データと蓄電セル 6 1 1 の挙動データとを比較して、蓄電セル 6 1 1 の S O H を推定する。次に、状態推定装置は、推定した S O H と同じ S O H を有する蓄電セル 6 2 1 の挙動データと蓄電セル 6 1 1 の挙動データとを比較して、蓄電セ

50

ル 6 1 1 のカレンダー劣化量及びサイクル劣化量を推定する。

【 0 0 7 8 】

実施形態 1 及び 2 においては、劣化状態を推定する対象の蓄電素子が蓄電セル 6 1 1 である。代替的に、遠隔監視システム 1 0 0 は、蓄電モジュール 6 1 を蓄電素子としてもよい。また、遠隔監視システム 1 0 0 は、バンク 4 1 を蓄電素子としてもよい。

【 0 0 7 9 】

本発明は上述した実施の形態の内容に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。即ち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせ得られる実施形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

【 符号の説明 】

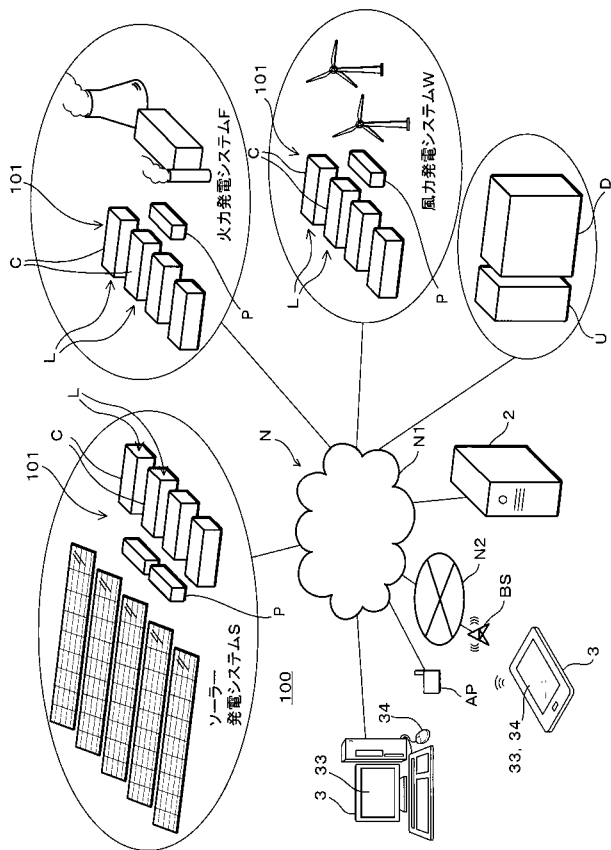
10

【 0 0 8 0 】

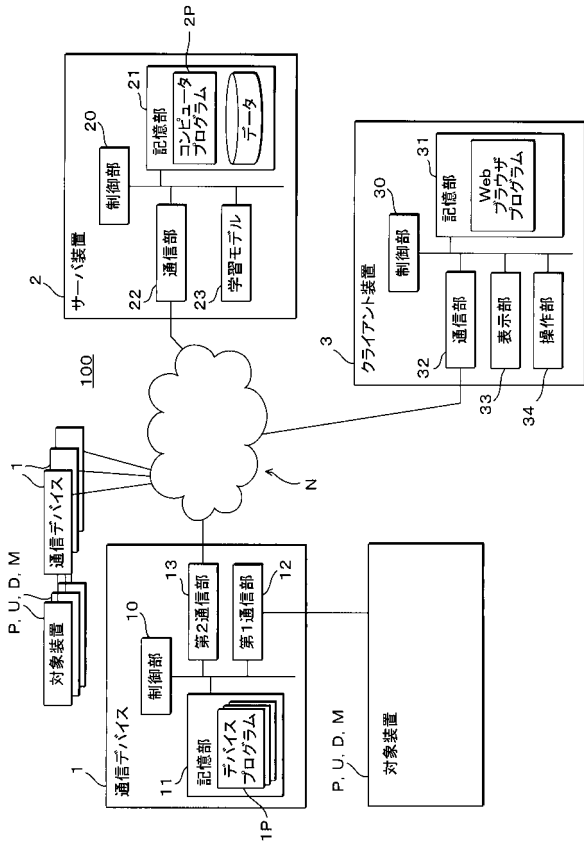
- 1 0 0 遠隔監視システム
- 1 0 1 蓄電システム
- 2 サーバ装置
- 2 0 制御部
- 2 1 記憶部
- 2 3、4 0 4、5 1 4 学習モデル
- 4 1、4 2 バンク
- 5 1、5 2 電池管理装置
- 6 1、6 2 蓄電モジュール
- 6 1 1、6 2 1 蓄電セル
- 7 1、7 2 制御基板
- 7 1 2、7 2 2 電圧取得部
- 7 1 3、7 2 3 電流取得部
- 7 1 4、7 2 4 温度取得部
- M 管理装置

20

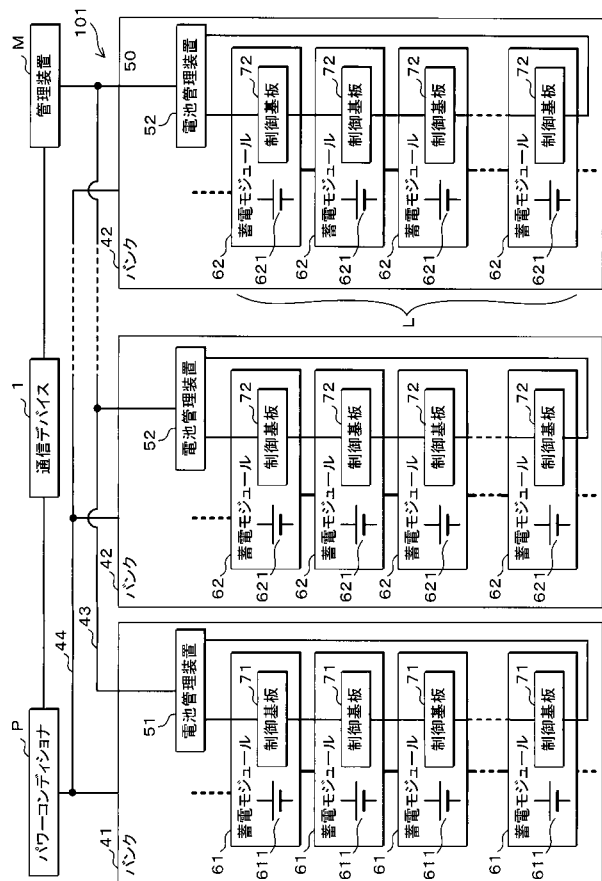
【図 1】



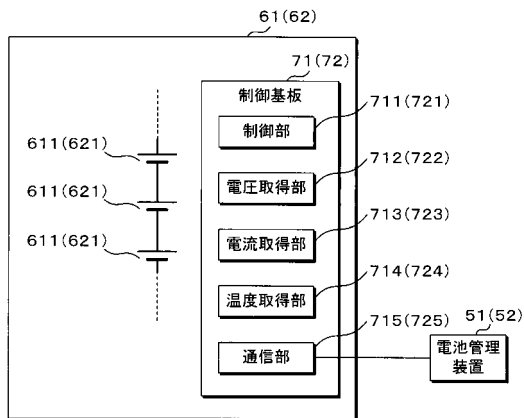
【図 2】



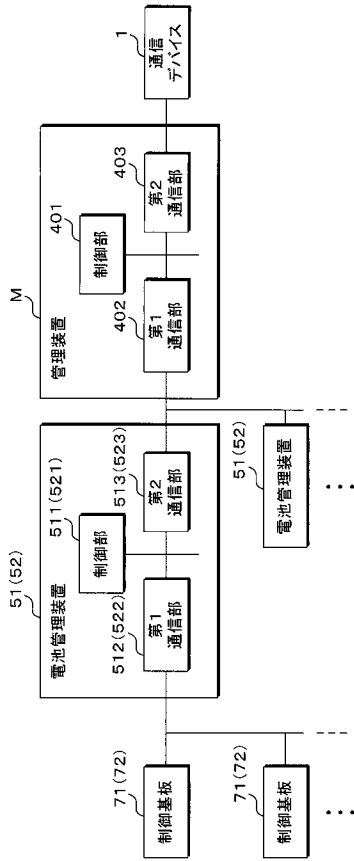
【図 3】



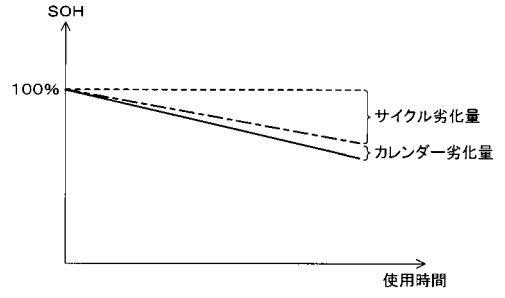
【図 4】



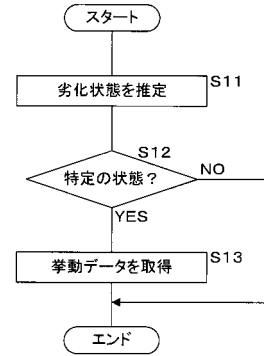
【 図 5 】



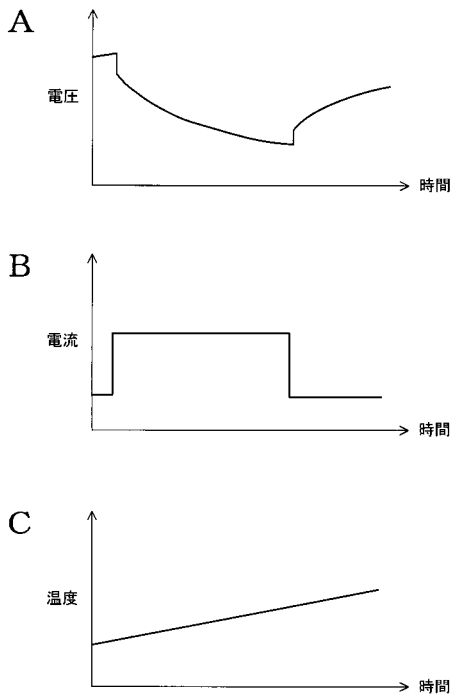
【 図 6 】



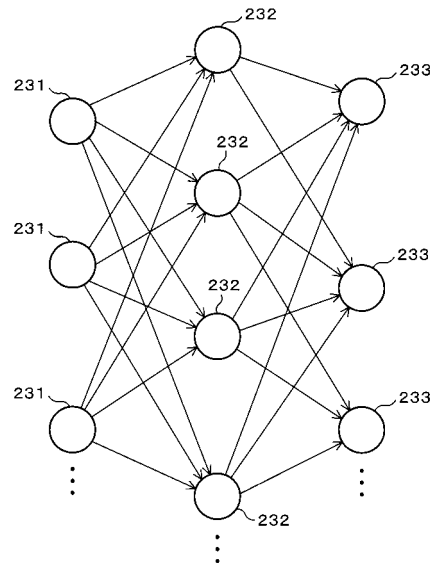
【 図 7 】



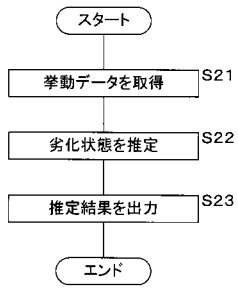
【 図 8 】



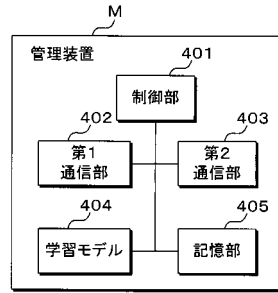
【 図 9 】



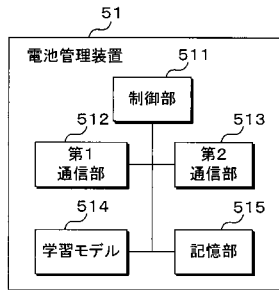
【図 10】



【図 12】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 中井 啓太

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 G S ユアサ内

(72)発明者 山 崎 佳代

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 G S ユアサ内

Fターム(参考) 2G216 BA21 BA29 BA30 CB32 CB35 CB55 CC02

5G503 AA01 BA02 BB02 CA01 CA11 CB11 EA05 EA09 GD03 GD04

5H030 AA10 AS01 FF22 FF41 FF42 FF43 FF44 FF51 FF52