

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7626258号
(P7626258)

(45)発行日 令和7年2月4日(2025.2.4)

(24)登録日 令和7年1月27日(2025.1.27)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 1 R	31/392 (2019.01)	G 0 1 R	31/392
G 0 1 R	31/367 (2019.01)	G 0 1 R	31/367
G 0 1 R	31/389 (2019.01)	G 0 1 R	31/389
H 0 1 M	10/48 (2006.01)	H 0 1 M	10/48 P
H 0 2 J	7/00 (2006.01)	H 0 2 J	7/00 Y
請求項の数 25 (全31頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2023-578366(P2023-578366)	(73)特許権者	000004260
(86)(22)出願日	令和4年9月26日(2022.9.26)		株式会社デンソー
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/035710		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(87)国際公開番号	WO2023/149011	(74)代理人	110001472
(87)国際公開日	令和5年8月10日(2023.8.10)		弁理士法人かいせい特許事務所
審査請求日	令和6年3月27日(2024.3.27)	(72)発明者	吉田 周平
(31)優先権主張番号	特願2022-16957(P2022-16957)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
(32)優先日	令和4年2月7日(2022.2.7)		会社デンソー内
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	下西 裕太
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
			会社デンソー内
		(72)発明者	滝沢 和哉
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
			会社デンソー内
		審査官	永井 皓喜
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 二次電池状態検出装置、学習部、二次電池状態検出方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】

二次電池（10）の劣化度を示すSOHを推定する二次電池状態検出装置であって、
前記二次電池の電池状態を示す情報を検出する検出部（20、30、60、70）と、
前記SOHを推定するためのSOH推定モデルを学習する学習部（75）と、
前記SOH推定モデルが記憶される記憶部（50）と、
前記検出部で検出される前記二次電池の電池状態を示す情報と、前記記憶部に記憶され
た前記SOH推定モデルと、を用いて前記SOHの演算を行う演算部（80）と、
前記演算部で得られた前記SOHの推定結果を出力する出力部（85）と、
を有し、
前記学習部によって学習される前記SOH推定モデルは、
SOH情報と、前記二次電池の電池状態を示す情報のうちの前記SOHとの相関が高い
電池状態を示す情報と、を学習データとし、
前記SOH情報を出力とし、前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を入力とし
た、分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成することにより構築され、
前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報は、
前記二次電池の前記SOHとの相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複
素インピーダンスのリアクタンス成分、前記特定周波数、SOC、温度、
または、
前記二次電池の充電時の所定電圧間における充電時間、電圧、温度、

または、

前記二次電池の充電後の所定休止時間における休止時間、電圧、温度、
のいずれかである、二次電池状態検出装置。

【請求項 2】

前記分散共分散行列においては、前記 S O H との相関が高い電池状態を示す情報がカーネル関数を用いて表現される、請求項 1 に記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 3】

前記学習部は、前記分散共分散行列を用いた前記回帰モデルを合成する際、前回前記 S O H との相関が高い電池状態を示す情報が取得されてから今回前記 S O H との相関が高い電池状態を示す情報が取得されるまでに時間間隔が存在する場合、既に取得された前記 S O H との相関が高い電池状態を示す情報を用いて、前回の前記 S O H との相関が高い電池状態を示す情報と今回の前記 S O H との相関が高い電池状態を示す情報との間を補間し、補間後のデータを入力データとして用いる、請求項 1 または 2 に記載の二次電池状態検出装置。

10

【請求項 4】

前記 S O H 情報は、電流に基づいて測定される前記二次電池の電池容量または抵抗である、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 5】

前記検出部は、前記二次電池の電池状態を示す情報として、前記二次電池の温度、S O C、前記 S O H との相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分を取得し、

20

前記演算部は、前記リアクタンス成分が取得される際の前記二次電池の前記温度及び前記 S O C に基づき、前記リアクタンス成分を所定の温度及び所定の S O C に対応する演算値に演算し、前記演算値及び前記 S O H 推定モデルに基づいて前記 S O H の演算を行う、請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 6】

前記演算部は、予め取得された前記二次電池の各周波数における前記リアクタンス成分と、前記二次電池の前記温度及び前記 S O C と、の線形モデルに基づき、前記演算値を演算する、請求項 5 に記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 7】

30

前記検出部、前記学習部、前記記憶部、前記演算部、前記出力部は、それぞれ独立して構成される、請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 8】

前記検出部、前記学習部、前記記憶部、前記演算部、前記出力部のうちの前記学習部以外の少なくとも一部が、車両に搭載されて用いられ、

前記学習部が、前記車両の外部に設けられている、請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 つに記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 9】

前記学習部は、前記記憶部に記憶される前記 S O H 推定モデルを更新する、請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 つに記載の二次電池状態検出装置。

40

【請求項 10】

前記学習部は、前記 S O H 推定モデルを更新するための前記学習データとして、前記二次電池が実際に利用されることで前記検出部によって取得される前記二次電池の電池状態を示す情報を用いる、請求項 9 に記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 11】

前記二次電池は、前記演算部から出力される前記 S O H の推定結果に基づき、電池制御パラメータが更新される、請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の二次電池状態検出装置。

【請求項 12】

二次電池 (10) の劣化度を示す S O H を推定する二次電池状態検出装置に適用される

50

と共に、前記SOHを推定するためのSOH推定モデルを構築する学習部であって、

SOH情報と、前記二次電池の電池状態を示す情報のうちの前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報と、を学習データとし、

前記SOH情報を出力とし、前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を入力とした、分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成することにより前記SOH推定モデルを構築し、

前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報は、

前記二次電池の前記SOHとの相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分、前記特定周波数、SOC、温度、

または、

前記二次電池の充電時の所定電圧間における充電時間、電圧、温度、

または、

前記二次電池の充電後の所定休止時間における休止時間、電圧、温度、

のいずれかである、学習部。

【請求項13】

前記分散共分散行列においては、前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報がカーネル関数を用いて表現される、請求項12に記載の学習部。

【請求項14】

前記分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成する際、前回前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報が取得されてから今回前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報が取得されるまでに時間間隔が存在する場合、既に取得された前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を用いて、前回の前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報と今回の前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報との間を補間し、補間後のデータを入力データとして用いる、請求項12または13に記載の学習部。

【請求項15】

前記SOH情報は、電流に基づいて測定される前記二次電池の電池容量または抵抗である、請求項12ないし14のいずれか1つに記載の学習部。

【請求項16】

前記SOH推定モデルを更新する、請求項12ないし15のいずれか1つに記載の学習部。

【請求項17】

前記SOH推定モデルを更新するための前記学習データとして、前記二次電池が実際に利用されることで取得される前記二次電池の電池状態を示す情報を用いる、請求項16に記載の学習部。

【請求項18】

二次電池の劣化度を示すSOHを推定する二次電池状態検出方法であって、

前記二次電池のSOH情報を取得する第1ステップと、

前記二次電池の電池状態を示す情報を取得すると共に、前記二次電池の電池状態を示す情報のうちの前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を取得する第2ステップと、

前記第1ステップで取得される前記SOH情報を出力とし、前記第2ステップで取得される前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を入力とした、分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成することにより、SOH推定モデルを構築する第3ステップと、

前記第3ステップで構築された前記SOH推定モデルに、現在の前記二次電池の電池状態を示す情報を入力して前記二次電池の前記SOHを推定する第4ステップと、

を含み、

前記第2ステップでは、前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報として、

前記二次電池の前記SOHとの相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分、前記特定周波数、SOC、温度、

または、

前記二次電池の充電時の所定電圧間における充電時間、電圧、温度、

10

20

30

40

50

または、

前記二次電池の充電後の所定休止時間における休止時間、電圧、温度、
のいずれかを取得する、二次電池状態検出方法。

【請求項 19】

前記第3ステップでは、前記分散共分散行列における前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報がカーネル関数を用いて表現される、請求項18に記載の二次電池状態検出方法。

【請求項 20】

前記第3ステップでは、前記分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成する際、前記前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を取得してから今回前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を取得するまでに時間間隔が存在する場合、既に取得した前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を用いて、前回の前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報と今回の前記SOHとの相関が高い電池状態を示す情報との間を補間し、補間後のデータを入力データとして用いる、請求項18または19に記載の二次電池状態検出方法。

【請求項 21】

前記第1ステップでは、前記SOH情報として、電流に基づいて測定される前記二次電池の電池容量または抵抗を取得する、請求項18ないし20のいずれか1つに記載の二次電池状態検出方法。

【請求項 22】

前記第4ステップでは、現在の前記二次電池の電池状態を示す情報として、前記二次電池の温度、SOC、前記SOHとの相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分を取得し、

前記リアクタンス成分を取得する際の前記二次電池の前記温度及び前記SOCに基づき、前記リアクタンス成分を所定の温度及び所定のSOCに対応する演算値に演算し、前記演算値及び前記SOH推定モデルに基づいて前記SOHの演算を行う、請求項18ないし21のいずれか1つに記載の二次電池状態検出方法。

【請求項 23】

前記第4ステップでは、予め取得された前記二次電池の各周波数における前記リアクタンス成分と、前記二次電池の前記温度及び前記SOCと、の線形モデルに基づき、前記演算値を演算する、請求項22に記載の二次電池状態検出方法。

【請求項 24】

前記第3ステップでは、前記SOH推定モデルを更新する、請求項18ないし23のいずれか1つに記載の二次電池状態検出方法。

【請求項 25】

前記SOH推定モデルを更新するための学習データとして、前記二次電池が実際に利用されることで取得される前記二次電池の電池状態を示す情報を用いる、請求項24に記載の二次電池状態検出方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

本出願は、2022年2月7日に出願された日本特許出願2022-016957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、二次電池状態検出装置、学習部、二次電池状態検出方法に関する。

【背景技術】

【0003】

従来、二次電池の劣化状態を評価する方法が、例えば特許文献1で提案されている。劣化状態は、SOH (State of Health) である。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 では、まず、所定の周波数域の交流を使用して、二次電池のインピーダンススペクトルを測定する。次に、インピーダンススペクトルを、実数軸及び虚数軸で規定される複素平面上に、円弧状部を含む線図で表した場合の、円弧状部の頂点の座標を求める。つまり、座標は、インピーダンスの実部と虚部とで表される。

【 0 0 0 5 】

そして、インピーダンスの実部と虚部との比、すなわち $\tan \theta$ が算出される。二次電池の劣化状態と $\tan \theta$ との間には、単純な近似式で近似される相関関係が存在する。よって、算出された角度 θ と近似式とに基づいて、二次電池の劣化状態が評価される。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 文献 】 国際公開第 2 0 1 2 / 0 9 5 9 1 3 号

【 発明の概要 】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、上記従来の技術では、所定の周波数域のインピーダンスを全て取得しているため、全てのデータを取得し終わるまでに長い時間が掛かる。このため、劣化状態の診断時間が長くなってしまふ。

【 0 0 0 8 】

また、二次電池の劣化状態を評価するために、インピーダンスの実部が必須になっている。インピーダンスの実部は、配線の影響を受けやすい。例えば、二次電池によって構成される組電池の配線、インピーダンスが測定される環境、配線の金属抵抗、配線の直流抵抗等の様々な影響が、測定誤差としてインピーダンスの実部に含まれてしまふ。このため、インピーダンスの実部を用いた評価では、二次電池の劣化状態の推定精度が低下してしまふ。

【 0 0 0 9 】

さらに、二次電池の劣化状態と $\tan \theta$ とが単純な近似式で近似されているが、二次電池は実際には単調に劣化しない。このため、単純な近似式による評価では、二次電池の劣化状態の推定精度が低下してしまふ。

【 0 0 1 0 】

本開示は上記点に鑑み、SOH の診断時間を短く、かつ、SOH を高精度に推定することができる二次電池状態検出装置及び学習部を提供することを第 1 の目的とする。また、二次電池状態検出方法を提供することを第 2 の目的とする。

【 0 0 1 1 】

本開示の第 1 態様によると、二次電池の劣化度を示す SOH を推定する二次電池状態検出装置であって、検出部、学習部、記憶部、演算部、及び出力部を含む。

【 0 0 1 2 】

検出部は、二次電池の電池状態を示す情報を検出する。学習部は、SOH を推定するための SOH 推定モデルを学習する。記憶部は、SOH 推定モデルが記憶される。演算部は、検出部で検出される二次電池の電池状態を示す情報と、記憶部に記憶された SOH 推定モデルと、を用いて SOH の演算を行う。出力部は、演算部で得られた SOH の推定結果を出力する。

【 0 0 1 3 】

そして、学習部によって学習される SOH 推定モデルは、SOH 情報と、二次電池の電池状態を示す情報のうちの SOH との相関が高い電池状態を示す情報と、を学習データとし、SOH 情報を出力とし、SOH との相関が高い電池状態を示す情報を入力とした、分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成することにより構築される。

SOH との相関が高い電池状態を示す情報は、二次電池の SOH との相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分、特定周波数、SOC、温度、または、二次電池の充電時の所定電圧間における充電時間、電圧、温度

10

20

30

40

50

、または、二次電池の充電後の所定休止時間における休止時間、電圧、温度、のいずれかである。

【 0 0 1 4 】

本開示の第2態様によると、二次電池の劣化度を示すSOHを推定する二次電池状態検出装置に適用されると共に、SOHを推定するためのSOH推定モデルを構築する学習部であって、SOH情報と、二次電池の電池状態を示す情報のうちのSOHとの相関が高い電池状態を示す情報と、を学習データとし、SOH情報を出力とし、SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を入力とした、分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成することによりSOH推定モデルを構築する。

SOHとの相関が高い電池状態を示す情報は、二次電池のSOHとの相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分、特定周波数、SOC、温度、または、二次電池の充電時の所定電圧間における充電時間、電圧、温度、または、二次電池の充電後の所定休止時間における休止時間、電圧、温度、のいずれかである。

【 0 0 1 5 】

本開示の第3態様によると、二次電池の劣化度を示すSOHを推定する二次電池状態検出方法であって、SOH情報を取得する第1ステップと、二次電池の電池状態を示す情報を取得すると共に、二次電池の電池状態を示す情報のうちのSOHとの相関が高い電池状態を示す情報を取得する第2ステップと、第1ステップで取得されるSOH情報を出力とし、第2ステップで取得されるSOHとの相関が高い電池状態を示す情報を入力とした、分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成することにより、SOH推定モデルを構築する第3ステップと、第3ステップで構築されたSOH推定モデルに、現在の二次電池の電池状態を示す情報を入力して二次電池のSOHを推定する第4ステップと、を含む。

第2ステップでは、SOHとの相関が高い電池状態を示す情報として、二次電池のSOHとの相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分、特定周波数、SOC、温度、または、二次電池の充電時の所定電圧間における充電時間、電圧、温度、または、二次電池の充電後の所定休止時間における休止時間、電圧、温度、のいずれかを取得する。

【 0 0 1 6 】

これによると、SOH推定モデルに二次電池の電池状態を示す情報を入力することでSOHを演算している。よって、二次電池のSOHの診断時間を短くすることができる。また、分散共分散行列を用いた回帰モデルは非線形モデルであるので、単調な線形モデルよりも二次電池の劣化状態の推定精度が高い。よって、二次電池のSOHを高精度に推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

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、一実施形態に係る二次電池状態検出装置の構成を示した図であり、

【図2】図2は、モデル構築とSOH推定の内容を説明するための図であり、

【図3】図3は、複素インピーダンスZを説明するための図であり、

【図4】図4は、実験室環境と車載環境における二次電池の複素インピーダンスZのナイキストプロットを示した図であり、

【図5】図5は、図4に示されたナイキストプロットのうちの実数成分Zrealを示した図であり、

【図6】図6は、図4に示されたナイキストプロットのうちのリアクタンス成分Zimagを示した図であり、

【図7】図7は、二次電池のSOHを推定する方法を示した図であり、

【図8】図8は、各周波数とリアクタンス成分Zimagとの関係を温度毎に測定した結果を示した図であり、

10

20

30

40

50

【図 9】図 9 は、リアクタンス成分 $Z_{imag} B$ のデータを補間する前のナイキストプロットを示した図であり、

【図 10】図 10 は、リアクタンス成分 $Z_{imag} B$ のデータを補間した後のナイキストプロットを示した図であり、

【図 11】図 11 は、二次電池状態検出装置の各機能がモビリティの内部に配置される例を示した図であり、

【図 12】図 12 は、二次電池状態検出装置の各機能がモビリティの内部及び外部に配置される例を示した図であり、

【図 13】図 13 は、二次電池状態検出装置の各機能がモビリティの内部及び外部に配置される例を示した図であり、

【図 14】図 14 は、二次電池状態検出装置の各機能がモビリティの外部に配置される例を示した図であり、

【図 15】図 15 は、二次電池状態検出装置の各機能がモビリティの外部に配置される例を示した図であり、

【図 16】図 16 は、第 2 実施形態において、SOH 推定モデルの更新を説明するための図であり、

【図 17】図 17 は、第 3 実施形態において、学習データの入力データと SOH の推定精度を示した図であり、

【図 18】図 18 は、第 4 実施形態において、入出力制限のパラメータを更新する内容を示した図であり、

【図 19】図 19 は、第 4 実施形態において、充放電制御の一例を示した図であり、

【図 20】図 20 は、第 4 実施形態において、充放電制御の一例を示した図であり、

【図 21】図 21 は、図 20 において、二次電池の使用可能容量の可変を示した図であり、

【図 22】図 22 は、第 4 実施形態において、認証の内容を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

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わせることも可能である。

【0019】

(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。本実施形態に係る二次電池状態検出装置は、二次電池の劣化度を示す SOH を推定する装置である。また、二次電池状態検出方法は、二次電池の劣化度を示す SOH を推定する方法である。

【0020】

図 1 に示されるように、二次電池状態検出装置は、二次電池 10 に対して設けられる。二次電池 10 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 10 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】

図 2 に示されるように、二次電池状態検出装置は、二次電池 10 の SOH を推定するための SOH 推定モデルを構築する機能と、SOH 推定モデルを用いて SOH を演算する機能と、を備える。モデル構築では、学習データとして二次電池 10 の電池容量の実測値と、二次電池 10 のインピーダンスの実測値と、が用いられる。SOH 推定では、モデル構築によって得られた SOH 推定モデルに、測定値と条件に基づく計算が行われることで S

10

20

30

40

50

OHが演算される。測定値は、二次電池10のインピーダンスの虚部 Z_{imag} である。条件は、二次電池10の温度 T 、SOC、特定周波数 f である。

【0022】

図1に示されるように、二次電池状態検出装置は、測定部20、インピーダンス発生装置30、特定周波数計算部40、記憶部50、SOC算出部60、計算部70、SOHモデル構築部75、SOH推定部80、及び出力部85を含む。

【0023】

測定部20は、二次電池10の電池状態を示す情報として、二次電池10の温度、電流、電圧を取得する。測定部20は、温度センサ21、電流センサ22、電圧センサ23、温度取得部24、電流値取得部25、及び電圧値取得部26を含む。

10

【0024】

温度センサ21は、二次電池10の温度を測定する。温度センサ21は、二次電池10に設置される。電流センサ22は、二次電池10の電流値を測定する。電流センサ22は、二次電池10に接続される。電圧センサ23は、二次電池10の電圧値を測定する。電圧センサ23は、二次電池10に接続される。各センサ21～23は、随時、検出信号を各取得部24～26に出力する。

【0025】

温度取得部24、電流値取得部25、及び電圧値取得部26は、二次電池10の温度、電流値、及び電圧値の各データを定期的を取得するためのデータ取得部である。

【0026】

20

温度取得部24は、温度センサ21によって測定される二次電池10の温度 T の情報を定期的を取得する。二次電池10の温度は、SOHとの相関が高い電池状態を示す情報である。例えば、温度取得部24は、一定期間で取得された二次電池10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10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24は、二次電池10の温度 T の情報を計算部70に出力する。

【0027】

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10の温度の平均値等を採用することも可能である。

【0028】

30

電流値取得部25は、電流センサ22によって測定される二次電池10の電流 I の情報を定期的を取得する。例えば、電流値取得部25は、一定期間に取得された二次電池10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10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25は、二次電池10の電流 I の情報を計算部70に出力する。

【0029】

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10の電流の平均値等を採用することも可能である。

【0030】

40

電圧値取得部26は、電圧センサ23によって測定された二次電池10の電圧 V の情報を定期的を取得する。例えば、電圧 V は、一定期間に取得された二次電池10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26は、二次電池10の電圧 V の情報を計算部70に出力する。

【0031】

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10の電圧の平均値等を採用することも可能である。

【0032】

また、測定部20は、温度取得部24で取得される温度 T の情報、電流値取得部25で取得される電流 I の情報、電圧値取得部26で取得される電圧 V の情報、それぞれの測定時間 t を時系列データとして記憶部50に格納する。

50

【 0 0 3 3 】

さらに、測定部 2 0 は、直流電流に基づいて二次電池 1 0 の電池容量を測定する。例えば、測定部 2 0 は、測定を開始した時点から二次電池 1 0 が満充電状態に達する時点までの期間に充電された直流電流を積算することで二次電池 1 0 の電池容量を測定する。なお、電池容量を測定する方法として、他の測定方法を用いることも可能である。

【 0 0 3 4 】

測定部 2 0 は、S O H 推定時に二次電池 1 0 の電池状態を示す情報を取得するために用いられる。測定部 2 0 は、モデル構築時に二次電池 1 0 の電池状態を示す情報を取得するために用いられても良い。

【 0 0 3 5 】

インピーダンス発生装置 3 0 は、電気化学インピーダンス分光法 (Electrochemical Impedance Spectroscopy : E I S) によって二次電池 1 0 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 1 0 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 E I S は、インピーダンス発生装置 3 0 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 3 0 は、重畳電流印加部 3 1 及びインピーダンス測定部 3 2 を有する。

【 0 0 3 6 】

重畳電流印加部 3 1 は、複数の周波数成分が重畳された重畳電流を二次電池 1 0 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 1 0 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。

【 0 0 3 7 】

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。

【 0 0 3 8 】

インピーダンス測定部 3 2 は、重畳電流印加部 3 1 によって二次電池 1 0 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 3 2 は、重畳電流が二次電池 1 0 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 1 0 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複素インピーダンスである。

【 0 0 3 9 】

つまり、図 3 に示されるように、複素インピーダンス Z は、 $Z = R + j X$ と表される。 R は複素インピーダンス Z の実部であり、抵抗成分である。 X は複素インピーダンス Z の虚部であり、リアクタンス成分 Z_{imag} である。 θ は実部と虚部との位相である。

【 0 0 4 0 】

例えば、インピーダンス測定部 3 2 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 1 0 の複素インピーダンス Z 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 2 2 及び電圧センサ 2 3 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 (F F T) を採用することができる。

【 0 0 4 1 】

インピーダンス発生装置 3 0 は、算出した複数の周波数成分毎の複素インピーダンス Z のインピーダンスデータ E I S を計算部 7 0 に出力する。なお、インピーダンス発生装置 3 0 は、インピーダンスデータ E I S を記憶部 5 0 に記憶しても良い。

【 0 0 4 2 】

インピーダンス発生装置 3 0 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

10

20

30

40

50

むインピーダンス発生装置 30 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 10 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。

【0043】

特定周波数計算部 40 は、二次電池 10 の S O H を推定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 40 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。

【0044】

特定周波数は、事前に取得された二次電池 10 のインピーダンスデータ E I S 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 10 の S O H に対する影響度の大きい周波数である。

10

【0045】

二次電池 10 の S O H に対する影響度は、複素インピーダンスの虚数成分 Z_{imag} と S O H との相関の強さに対応する。すなわち、二次電池 10 の S O H との相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分 Z_{imag} 及び特定周波数は、二次電池 10 の S O H との相関が高い電池状態を示す情報である。特定周波数は、例えば 1 H z よりも大きな周波数の範囲、望ましくは 10 H z 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。

【0046】

20

二次電池 10 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 10 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 10 の構成に応じて異なっている。特定周波数計算部 40 は、電動車両に搭載される二次電池 10 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。

【0047】

特定周波数は、次元削減法によって予め限定される。具体的には、図 1 に示された二次電池 10 と同じ構成のものを用意して特定周波数を決定する。

【0048】

1 つ目の処理では、N 次元における各特定周波数の S O H と複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} 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 10 を劣化させる。劣化条件は、例えば、温度や S O C を異ならせて保存する場合や、温度や S O C 等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 10 の寿命が尽きるまでの S O H の推移や複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} をデータとして取得する。

30

【0049】

これにより、複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} と S O H との関係性と、一定の範囲の周波数と、の相関が得られる。複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} と S O H との関係性を示す値は、大きいほど重要度が高い。

【0050】

ここで、一定の範囲の全ての周波数を S O H 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、機械学習の一つである S I S S O 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 S O H 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。S O H 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。

40

【0051】

上記の機械学習により、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 2 つの周波数に決定される。同様に、3 次元の場合は 3 つの周波数に決定される。4 次元や 5 次元等の場合も同様に、複数の周波数が決定される。

50

【 0 0 5 2 】

記憶部 5 0 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 5 0 は、測定部 2 0、インピーダンス発生装置 3 0、SOC 算出部 6 0、計算部 7 0、及び SOH 推定部 8 0 を制御するためのプログラムを記憶する。記憶部 5 0 は、測定部 2 0 の測定結果、SOC 算出部 6 0 の算出結果、計算部 7 0 の計算結果を記憶する。これらの情報は、SOH 推定部 8 0 の学習データとして用いられる。

【 0 0 5 3 】

また、記憶部 5 0 は、SOH モデル構築部 7 5 で取得された SOH 推定モデルを記憶する。SOH 推定モデルは、SOH 推定部 8 0 において SOH 推定時に SOH を演算する際に用いられる。

10

【 0 0 5 4 】

さらに、記憶部 5 0 は、インピーダンス発生装置 3 0 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 4 0 から事前に入力されている。

【 0 0 5 5 】

SOC 算出部 6 0 は、二次電池 1 0 の電池状態を示す情報として、二次電池 1 0 の電池残量を示す充電率を算出する。二次電池 1 0 の充電率は、二次電池 1 0 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 1 0 の充電率は、SOC (State Of Charge) である。二次電池 1 0 の SOC は、SOH との相関が高い電池状態を示す情報である。

【 0 0 5 6 】

例えば、SOC 算出部 6 0 は、電流値取得部 2 5 で取得された二次電池 1 0 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 1 0 の充電率を算出する。SOC 算出部 6 0 によって算出された SOC の情報は、記憶部 5 0 に格納されると共に、計算部 7 0 に出力される。なお、SOC 算出部 6 0 は、測定部 2 0 や計算部 7 0 の一部として構成されていても良い。SOC 算出部 6 0 は、モデル構築時に SOC を取得するために用いられても良い。

20

【 0 0 5 7 】

計算部 7 0 は、二次電池 1 0 の電池状態を示す情報として、二次電池 1 0 に印加される特定周波数の交流電流に基づいて、複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} を演算する。すなわち、計算部 7 0 は、特定周波数に対応する交流電流を二次電池 1 0 に流したときの複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} を取得する。特定周波数が 4 つの場合、計算部 7 0 は 4 つのリアクタンス成分 $Z_{imag}(x_1, x_2, x_3, x_4)$ を取得する。

30

【 0 0 5 8 】

また、計算部 7 0 は、温度変換モデル及び SOC 変換モデルにより、複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} が取得される際の二次電池 1 0 の温度及び SOC に基づき、リアクタンス成分 Z_{imag} を所定の温度及び所定の SOC に対応する演算値に演算する。特定周波数が 4 つの場合、演算値 $Z_{imag}(x_1, x_2, x_3, x_4)$ は、観測時点の二次電池 1 0 の温度及び SOC と、観測値であるリアクタンス成分 $Z_{imag}(x_{01}, x_{02}, x_{03}, x_{04})$ と、に基づき、所定の温度および所定の SOC に変換される。

40

【 0 0 5 9 】

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 1 0 が置かれる環境や二次電池 1 0 の状態に依存しない SOH を推定することができる。また、温度や SOC の補正によるモデル誤差を低減できる。

【 0 0 6 0 】

ここで、予め取得された二次電池 1 0 の各周波数におけるリアクタンス成分 Z_{imag} と二次電池 1 0 の温度との関係が線形モデルで表される。また、予め取得された二次電池 1 0 の各周波数におけるリアクタンス成分 Z_{imag} と二次電池 1 0 の SOC との関係が線形モデルで表される。よって、計算部 7 0 は、予め取得された二次電池 1 0 の各周波数

50

におけるリアクタンス成分 Z_{imag} と、二次電池 10 の温度及び SOC と、の線形モデルに基づき、演算値であるリアクタンス成分 Z_{imag} を演算する。

【0061】

計算部 70 は、モデル構築時にリアクタンス成分 Z_{imag} を取得するために用いられ
ても良い。

【0062】

SOHモデル構築部 75 は、SOHを推定するためのSOH推定モデルを学習する。SOH
モデル構築部 75 は、二次電池 10 のSOH情報と、SOHとの相関が高い電池状態
を示す情報と、を学習データとして用いる。また、SOHモデル構築部 75 は、二次電池
10 のSOH情報を出力とし、SOHとの相関が高い電池状態を示す情報を入力とした、
分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成することにより、SOH推定モデルを構築する。
SOHモデル構築部 75 は、学習済みのSOH推定モデルを記憶部 50 に出力する。

10

【0063】

本実施形態では、SOH情報は、電流に基づいて測定される二次電池 10 の電池容量で
ある。電池容量は、測定部 20 や他の測定器によって測定される。また、SOHとの相関
が高い電池状態を示す情報は、特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピー
ダンスのリアクタンス成分 Z_{imag} である。リアクタンス成分 Z_{imag} は、測定部 20
及び計算部 70 や他の測定器によって測定される。

【0064】

ここで、複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} を特徴量としていること
について説明する。図 4 に示されるように、二次電池 10 の複素インピーダンス Z は、実
数成分 Z_{real} を横軸とし、リアクタンス成分 Z_{imag} を縦軸とするナイキストプロ
ットとして表される。そして、二次電池 10 を実験室に配置した実験室環境と、二次電池
10 を車両に搭載した車載環境と、では、複素インピーダンスプロットが異なっている。

20

【0065】

具体的には、複素インピーダンス Z の実数成分 Z_{real} については、図 5 示されるよ
うに、車載環境での実数成分 Z_{real} が実験室環境での実数成分 Z_{real} よりも 0 .
2 mΩ ほど小さい値になる。これは、二次電池 10 のセル間の接触抵抗やセル内部の集電
抵抗等が影響しているからである。

【0066】

これに対し、複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} については、図 6 に
示されるように、車載環境でのリアクタンス成分 Z_{imag} と実験室環境でのリアクタン
ス成分 Z_{imag} との差が小さい。これは、リアクタンス成分 Z_{imag} が二次電池 10
の測定環境に影響しないことを意味する。よって、二次電池 10 のSOHを推定するた
めに、複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} を特徴量とする。

30

【0067】

分散共分散行列を用いた回帰モデルについて説明する。前提として、モデル構築用のサ
ンプルの数を n とし、 $n + 1$ 個目のサンプルの目的変数 y の値を推定したいとする。 n 個
のサンプルについては、 y の値と説明変数 X の値があり、 $n + 1$ 個目のサンプルについ
ては、 X の値のみがある。なお、「 X 」は、図 3 に示された複素インピーダンス Z の虚部 X
とは無関係である。

40

【0068】

第 1 段階において、 b を回帰係数として、 $y = Xb$ の線形のモデルを仮定する。線形の
モデルは、以下の式 (1) のように表される。

【0069】

【数 1】

$$\begin{array}{c} \mathbf{y} \end{array} \quad \begin{array}{c} \mathbf{X} \end{array} \quad \begin{array}{c} \mathbf{b} \end{array}$$

$$\begin{bmatrix} y^{(1)} \\ M \\ y^{(i)} \\ M \\ M \\ y^{(n)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & L & x_j^{(1)} & L & x_m^{(1)} \\ M & & M & & M \\ x_1^{(i)} & L & x_j^{(i)} & L & x_m^{(i)} \\ M & & M & & M \\ M & & M & & M \\ x_1^{(n)} & L & x_j^{(n)} & L & x_m^{(n)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ M \\ b_j \\ M \\ b_m \end{bmatrix} \quad \dots(1)$$

10

式(1)において、 n はサンプル数であり、 m は説明変数の数である。また、 $y^{(n)}$ が推定されるSOHに対応する。 $x_n^{(n)}$ は、任意の特定周波数におけるリアクタンス成分Zimagに対応する。なお、LやMには値が入らない。

20

【0070】

第2段階において、サンプル間の y の関係は、サンプル間の X の関係によって決まることを示す。

【0071】

また、 n 個のサンプルの y における正規分布について、 $y^{(i)}$ の正規分布の平均を m_i とし、 $y^{(i)}$ の正規分布の分散を $\sigma_{y_i}^2$ とし、 $y^{(i)}$ の正規分布と $y^{(j)}$ の正規分布との共分散を $\sigma_{y_i, j}^2$ とする。 σ_{y_i} は $\sigma_{y_i, i}$ と同じである。これにより、平均ベクトル $\mathbf{m}$ は、以下の式(2)で表される。

30

【0072】

【数2】

$$\mathbf{m} = \begin{bmatrix} m_1 \\ M \\ m_i \\ M \\ m_n \end{bmatrix} \quad \dots(2)$$

40

そして、分散共分散行列 Σ は、以下の式(3)で表される。

【0073】

【数3】

50

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{y1,1}^2 & L & \sigma_{y1,j}^2 & L & \sigma_{y1,n}^2 \\ M & & M & & M \\ \sigma_{yi,1}^2 & L & \sigma_{yi,j}^2 & L & \sigma_{yi,n}^2 \\ M & & M & & M \\ \sigma_{yn,1}^2 & L & \sigma_{yn,j}^2 & L & \sigma_{yn,n}^2 \end{bmatrix} \quad \dots(3)$$

10

このように、分散共分散行列 Σ はリアクタンス成分 Z_{imag} を用いて表現される。

【 0 0 7 4 】

第 3 段階において、カーネルトリックにより非線形モデルに拡張する。線形モデルすなわち元の空間は $y^{(i)} = x^{(i)} b$ で表されるので、 $x \rightarrow \phi(x)$ とすることで高次元空間へ写像する。よって、非線形モデル関数すなわち高次元空間は、以下の式 (4) で表される。

【 0 0 7 5 】

20

【数 4】

$$y^{(i)} = \phi(x^{(i)}) b \quad \dots(4)$$

また、共分散 $\sigma_{yi,j}^2$ は、以下の式 (5) で表される。

【 0 0 7 6 】

【数 5】

$$\sigma_{yi,j}^2 = \sigma_b^2 \mathbf{x}^{(i)} \mathbf{x}^{(j)T} \quad \dots(5)$$

30

よって、共分散 $\sigma_{yi,j}^2$ は、カーネル関数 K を用いて、以下の式 (6) で表される。

【 0 0 7 7 】

【数 6】

$$\begin{aligned} \sigma_{yi,j}^2 &= \sigma_b^2 \phi(x^{(i)}) \phi(x^{(j)})^T \\ &= K(x^{(i)}, x^{(j)}) \quad \dots(6) \end{aligned}$$

40

ここで、カーネル関数 K は、以下の式 (7) で表される。

【 0 0 7 8 】

【数 7】

50

$$K(\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}^{(j)}) = \theta_0 \exp \left\{ -\frac{\theta_1}{2} \|\mathbf{x}^{(i)} - \mathbf{x}^{(j)}\|^2 \right\} + \theta_2 \quad \cdots (7)$$

他のカーネル関数 K として、以下の (8) を用いても良い。

【 0 0 7 9 】

【 数 8 】

$$K(\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}^{(j)}) = \theta_0 \exp \left\{ -\frac{\theta_1}{2} \|\mathbf{x}^{(i)} - \mathbf{x}^{(j)}\|^2 \right\} + \theta_2 + \theta_3 \sum_{k=1}^m x_k^{(i)} x_k^{(j)} \quad \cdots (8)$$

10

あるいは、他のカーネル関数 K として、以下の (9) を用いても良い。

【 0 0 8 0 】

【 数 9 】

$$K(\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}^{(j)}) = \theta_0 \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{k=1}^m \theta_{1,k} (x_k^{(i)} - x_k^{(j)})^2 \right\} + \theta_2 \quad \cdots (9)$$

20

式 (7) ~ (9) に示された各カーネル関数 K は一例であり、他の式を用いても良い。
S O H の推定精度が最も高くなるカーネル関数 K を採用することが望ましい。

【 0 0 8 1 】

そして、非線形モデルにおける平均ベクトル $\mathbf{m}$ は、以下の式 (10) で表される。

【 0 0 8 2 】

【 数 1 0 】

$$\mathbf{m} = \begin{bmatrix} m_1 \\ M \\ m_i \\ M \\ m_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ M \\ 0 \\ M \\ 0 \end{bmatrix} \quad \cdots (10)$$

30

40

また、非線形モデルにおける分散共分散行列 Σ は、以下の式 (11) で表される。

【 0 0 8 3 】

【 数 1 1 】

50

$$\begin{aligned}
 \Sigma &= \begin{bmatrix} \sigma_{y1,1}^2 & L & \sigma_{y1,j}^2 & L & \sigma_{y1,n}^2 \\ M & & M & & M \\ \sigma_{yi,1}^2 & L & \sigma_{yi,j}^2 & L & \sigma_{yi,n}^2 \\ M & & M & & M \\ \sigma_{yn,1}^2 & L & \sigma_{yn,j}^2 & L & \sigma_{yn,n}^2 \end{bmatrix} \\
 &= \sigma_b^2 \begin{bmatrix} \mathbf{x}^{(1)} \mathbf{x}^{(1)T} & L & \mathbf{x}^{(1)} \mathbf{x}^{(j)T} & L & \mathbf{x}^{(1)} \mathbf{x}^{(n)T} \\ M & & M & & M \\ \mathbf{x}^{(i)} \mathbf{x}^{(1)T} & L & \mathbf{x}^{(i)} \mathbf{x}^{(j)T} & L & \mathbf{x}^{(i)} \mathbf{x}^{(n)T} \\ M & & M & & M \\ \mathbf{x}^{(n)} \mathbf{x}^{(1)T} & L & \mathbf{x}^{(n)} \mathbf{x}^{(j)T} & L & \mathbf{x}^{(n)} \mathbf{x}^{(n)T} \end{bmatrix} \quad \cdots (11)
 \end{aligned}$$

このように、分散共分散行列 Σ においては、リアクタンス成分 Z_{imag} がカーネル関数 K を用いて表現される。

【 0 0 8 4 】

第 4 段階において、 y には測定誤差であるノイズが含まれていることから、ノイズの大きさを仮定して、再び上述の第 2 段階における関係を求める。

【 0 0 8 5 】

第 5 段階において、第 4 段階から n 個のサンプルの X と、 $n + 1$ 個目のサンプルの X との関係性を求め、さらに n 個の y の値を用いて、 $n + 1$ 個目の y すなわち SOH の推定値を限定していく。

【 0 0 8 6 】

また、 SOH 推定部 80 は、分散共分散行列を用いた回帰モデルを合成する際、前回リアクタンス成分 Z_{imag} が取得されてから今回リアクタンス成分 Z_{imag} が取得されるまでに一定以上の時間間隔が存在する場合、間のデータを補間する。これにより、リアクタンス成分 Z_{imag} のデータ数が増えるので、二次電池 10 の SOH の推定精度が向上する。

【 0 0 8 7 】

SOH 推定部 80 は、二次電池 10 の電池状態を示す情報と、記憶部 50 に記憶された SOH 推定モデルと、を用いて SOH の演算を行う。具体的には、 SOH 推定部 80 は、記憶部 50 に記憶された SOH 推定モデルと、測定部 20、 SOC 算出部 60、計算部 70 で取得されたリアクタンス成分 Z_{imag} 、特定周波数、 SOC 、温度を用いて、二次電池 10 の SOH を推定する。 SOH 推定部 80 は、 SOH の演算結果を出力部 85 に出力する。

【 0 0 8 8 】

出力部 85 は、 SOH 推定部 80 で得られた SOH の推定結果を出力する。出力部 85 は、例えば、ユーザの携帯情報端末や、電動車両のナビゲーションパネルやメーターパネルなどの画面である。

【 0 0 8 9 】

以上が、二次電池状態検出装置の全体構成である。二次電池状態検出装置において、測定部 20、インピーダンス発生装置 30、SOC 算出部 60、計算部 70、SOH モデル構築部 75、記憶部 50、SOH 推定部 80、及び出力部 85 は、それぞれ独立して構成される。すなわち、測定部 20、インピーダンス発生装置 30、SOC 算出部 60、計算部 70、SOH モデル構築部 75、記憶部 50、SOH 推定部 80、及び出力部 85 は、それぞれ専用のモジュールとして構成される。

【 0 0 9 0 】

例えば、測定部 20 及びインピーダンス発生装置 30 が電動車両に搭載され、SOC 算出部 60、計算部 70、記憶部 50、及び SOH 推定部 80 がクラウドに配置されることも可能である。もちろん、どのモジュールをどこに配置するかは適宜設定すれば良い。このように、各モジュールが独立していることで、毎回、モデルを更新せずに電池診断が可能となる。

10

【 0 0 9 1 】

なお、インピーダンス発生装置 30 は測定部 20 に含まれていても良い。SOC 算出部 60 は、測定部 20 に含まれていても良いし、計算部 70 に含まれていても良い。あるいは、SOC 算出部 60 及び計算部 70 は、測定部 20 に含まれていても良い。あるいは、SOC 算出部 60 及び計算部 70 は、SOH 推定部 80 に含まれていても良い。

【 0 0 9 2 】

次に、SOH モデル構築部 75 における SOH 推定モデルの学習方法について説明する。SOH 推定モデルの学習は、図 2 の上段に示されるように、二次電池 10 の実測値を学習データとして取得することで行う。通常、SOH モデル構築は、二次電池状態検出装置が電動車両に適用される前に実験室等で行う。

20

【 0 0 9 3 】

図 7 に示されるように、第 1 工程では、二次電池状態検出装置では、測定部 20 によって二次電池 10 の電池状態を示す情報として電流 I 、電圧 V 、温度 T 、及びこれらの計測時間 t をそれぞれ計測し、記憶部 50 にメモリする。

【 0 0 9 4 】

また、測定部 20 によって定期的に SOH 情報として電池容量を測定する。ここで、様々な劣化水準で二次電池 10 を劣化させる。これにより、各劣化水準における電池容量を取得することができる。測定部 20 で測定される電池容量は、推定される SOH の答え合わせの答え、つまり分散共分散行列 Σ を用いた回帰モデルの出力として利用される。

30

【 0 0 9 5 】

第 2 工程では、所定期間をカウントする。所定期間は、例えば半年や 1 年等の比較的長い時間である。

【 0 0 9 6 】

続いて、第 3 工程では、測定部 20 によって二次電池 10 の電池状態を示す情報として電流 I 、電圧 V 、温度 T 、及びこれらの計測時間 t をそれぞれ計測し、記憶部 50 にメモリする。また、計算部 70 によって特定周波数における複素インピーダンス Z を算出すると共に、二次電池 10 の電池状態を示す情報として特定周波数毎のリアクタンス成分 Z_{imag} を抽出する。これにより、各劣化水準における各条件のリアクタンス成分 Z_{imag} を取得することができる。リアクタンス成分 Z_{imag} は、二次電池 10 の電池状態を示す情報のうちの SOH との相関が高い電池状態を示す情報である。

40

【 0 0 9 7 】

第 4 工程では、所定区間 N のリアクタンス成分 Z_{imag} を温度変換モデルにより任意の温度に対応するリアクタンス成分 Z_{imag} に補正する。所定区間 N は、例えば 1 日や 1 週間等の時間である。

【 0 0 9 8 】

具体的には、リアクタンス成分 Z_{imag} を取得する際の二次電池 10 の温度に基づき、リアクタンス成分 Z_{imag} を所定の温度に対応する演算値に演算する。このため、図

50

8に示されるように、二次電池10の各周波数におけるリアクタンス成分 Z_{imag} と、二次電池10の温度と、の関係を予め取得しておく。

【0099】

そして、予め取得した二次電池10の各周波数におけるリアクタンス成分 Z_{imag} と、二次電池10の温度と、の線形回帰モデルに基づき、演算値を演算する。つまり、観測時点の二次電池10の温度と観測値であるリアクタンス成分 Z_{imag} との一次関数の関係により、リアクタンス成分 Z_{imag} を任意の温度に対応する値 $Z_{imagA}(T_{std})$ に補正する。任意の温度は、例えば、25である。

【0100】

第5工程では、第4工程と同様に、予め取得した二次電池10の各周波数におけるリアクタンス成分 Z_{imag} と、二次電池10のSOCと、の線形回帰モデルに基づき、リアクタンス成分 Z_{imag} を所定のSOCに対応する演算値 $Z_{imagB}(T_{std}, SOC_{std})$ に演算する。

10

【0101】

第4工程及び第5工程によってリアクタンス成分 Z_{imag} を任意の温度及びSOCに対応する値に補正することで、モデル誤差を低減することができる。以下の工程では、任意の温度及び任意のSOCに対応するリアクタンス成分 $Z_{imagB}(T_{std}, SOC_{std})$ を用いる。

【0102】

第6工程では、所定期間をカウントする。すなわち、第6工程では、前回リアクタンス成分 Z_{imagB} を取得してからどれくらいの時間が経過したかをカウントする。例えば、前回リアクタンス成分 Z_{imagB} を取得してからの日数をカウントする。リアクタンス成分 Z_{imagB} のデータ数が少ない場合、次の第7工程においてデータ数を補間するためである。

20

【0103】

第7工程では、第6工程でカウントしている所定期間において、所定区間NからN+1の日数が開いている場合、リアクタンス成分 Z_{imagB} を補間する。すなわち、前回リアクタンス成分 Z_{imagB} を取得してから今回リアクタンス成分 Z_{imagB} を取得するまでに一定以上の時間間隔が存在する場合、既に取得したリアクタンス成分 Z_{imagB} を用いて、前回のリアクタンス成分 Z_{imagB} と今回のリアクタンス成分 Z_{imagB} との間を補間する。つまり、リアクタンス成分 Z_{imagB} のデータ数を増やす。所定の日数は、例えば50日や100日である。所定の日数は、欲しいデータ数に応じて適宜設定すれば良い。

30

【0104】

例えば、図9に示されるように、90日目、180日目、270日目、330日目、420日目でリアクタンス成分 Z_{imagB} が取得される。そして、90日と180日との間のリアクタンス成分 Z_{imagB} が、前後の時系列でのリアクタンス成分 Z_{imagB} を用いて補間される。他の区間も同様に、リアクタンス成分 Z_{imagB} のデータが補間される。データの補間は、線形回帰モデルによって行われる。リアクタンス成分 Z_{imagB} のデータ数が増えるので、SOHの推定精度が向上する。

40

【0105】

これにより、図10に示されるように、例えば90日目と180日目との間に150日目のリアクタンス成分 Z_{imagB} のデータが補間される。他の区間も同様に、リアクタンス成分 Z_{imagB} のデータが補間される。

【0106】

第8工程では、第1工程において定期的に測定したSOH情報としての電池容量と、第3工程において取得したSOHとの相関が高い電池状態を示す情報としての特定周波数におけるリアクタンス成分 Z_{imagB} と、による、分散共分散行列 Σ を用いた回帰モデルを合成する。分散共分散行列 Σ を用いた非線形モデルは、機械学習の手法であるガウス過程回帰(Gaussian Process Regression; GPR)に基づく。

50

【 0 1 0 7 】

第 9 工程では、第 8 工程の回帰モデルより取得した特定周波数におけるリアクタンス成分 $Z_{imag} B$ を用いて二次電池 10 の SOH を推定する。第 7 工程においてリアクタンス成分 $Z_{imag} B$ のデータを補間しない場合、第 5 工程までに取得したリアクタンス成分 $Z_{imag} B$ のデータに基づいて二次電池 10 の SOH を推定する。第 7 工程においてリアクタンス成分 $Z_{imag} B$ のデータを補間した場合、補間後のデータに基づいて二次電池 10 の SOH を推定する。

【 0 1 0 8 】

以上のようにして、 SOH 推定モデルを構築する。この後、 SOH 推定モデルは、記憶部 50 に格納される。なお、 SOH 推定モデルを構築するための出力データとして、電流に基づいて測定される二次電池 10 の抵抗を用いても良い。抵抗には、静的な抵抗と動的な抵抗が含まれる。出力データとしての抵抗は、静的抵抗と動的抵抗のどちらを用いても良い。

10

【 0 1 0 9 】

続いて、 SOH 推定モデルを用いた SOH の推定方法について説明する。 SOH は、図 2 の下段に示されるように、二次電池 10 の電池状態を示す情報を SOH 推定モデルの関係式に入力することで SOH を演算することができる。すなわち、 SOH 推定部 80 は、 SOH 推定モデルに、現在の二次電池 10 の電池状態を示す情報を入力して二次電池 10 の SOH を推定する。

【 0 1 1 0 】

SOH 推定部 80 は、現在の測定値として、二次電池 10 の SOH との相関が高い特定周波数の交流電流に基づいて演算される複素インピーダンスのリアクタンス成分 Z_{imag} の実測値を用いる。 SOH 推定部 80 は、条件として、特定周波数 f 、 SOC 、温度 T を用いる。

20

【 0 1 1 1 】

SOH 推定部 80 は、リアクタンス成分 Z_{imag} が取得される際の二次電池 10 の温度及び SOC に基づき、リアクタンス成分 Z_{imag} を所定の温度及び所定の SOC に対応する演算値に演算されたデータを計算部 70 から取得しても良い。 SOH 推定部 80 は、基準 SOC 及び基準温度のリアクタンス成分 $Z_{imag} B$ のデータを SOH 推定モデルの関係式に入力することで SOH を演算しても良い。これにより、 SOC 及び温度に影響されない SOH を演算することができる。

30

【 0 1 1 2 】

SOH 推定部 80 は、推定した SOH を出力部 85 に出力する。出力部 85 は、取得した SOH をユーザに報知したり、二次電池 10 の充放電制御等に利用したりする。

【 0 1 1 3 】

以上説明したように、二次電池 10 の SOH を推定するに際し、一定の範囲の全ての周波数ではなく、特定周波数の交流電流に基づいて複素インピーダンス Z のリアクタンス成分 Z_{imag} を演算する。このため、一定の範囲の全ての周波数に対応するリアクタンス成分 Z_{imag} を演算するよりも演算時間を短くすることができる。また、 SOH 推定モデルに二次電池の電池状態を示す情報を入力することで SOH を演算することができる。したがって、二次電池 10 の SOH の診断時間を短くすることができる。

40

【 0 1 1 4 】

また、二次電池 10 の SOH を推定するために分散共分散行列 Σ を用いた非線形モデルを用いている。このため、単調な線形モデルよりも二次電池 10 の劣化状態の推定精度を向上させることができる。したがって、二次電池 10 の SOH を高精度に推定することができる。

【 0 1 1 5 】

上述の通り、二次電池状態検出装置の各機能は、それぞれ独立して構成される。すなわち、二次電池状態検出装置が適用される対象に応じて各機能を適宜配置することができる。

【 0 1 1 6 】

50

例えば、図 1 に示された構成では、S O H モデル構築部 7 5 以外の少なくとも一部が、車両に搭載されて用いられる。また、S O H モデル構築部 7 5 が、電動車両等のモビリティの外部に設けられていても良い。図 1 1 ~ 図 1 5 に具体例を示す。なお、特定周波数計算部 4 0 も電動車両等のモビリティの外部に設けられていても良い。

【 0 1 1 7 】

図 1 1 に示されるように、S O H モデル構築部 7 5 を除いた各機能がモビリティの内部に収納されても良い。図 1 1 に示された例では、計測部及び S O H モデル記憶 / 演算部が二次電池 1 0 のパッケージに収容されている。計測部はセル監視回路 (Cell Supervising Circuit : C S C) であり、例えば測定部 2 0 及びインピーダンス発生装置 3 0 に対応する。S O H モデル記憶 / 演算部は、バッテリーマネジメントシステム (Buttery Management System : B M S) であり、例えば S O C 算出部 6 0、計算部 7 0、記憶部 5 0、S O H 推定部 8 0 に対応する。S O C 算出部 6 0 や計算部 7 0 は、C S C に配置されても良いし、B M S に配置されても良い。出力部 8 5 は、B M S に含まれていても良いし、二次電池 1 0 のパッケージに設けられていても良い。

10

【 0 1 1 8 】

図 1 2 及び図 1 3 に示されるように、二次電池状態検出装置の各機能は、モビリティの内部と外部とに設けられていても良い。

【 0 1 1 9 】

図 1 2 に示された例では、計測部は C S C または B M S として構成されると共に、モビリティに配置される。S O H モデル記憶 / 演算部はクラウドに配置される。出力部 8 5 は、P C、タブレット、携帯情報端末等に配置される。S O H の演算結果は、A P I サービスを通じて、利用者や事業者提供される。これにより、利用者は、高精度の電池残量や走行可能範囲を知ることが可能になる。事業者は、遠隔モニタリングや高効率オペレーションを行うことが可能になる。

20

【 0 1 2 0 】

図 1 3 に示された例では、モビリティである電動車両が充電器や充電ステーションで充電を行う場合である。この場合、S O H モデル記憶 / 演算部は充電器や充電ステーションに配置される。あるいは、S O H モデル記憶 / 演算部はクラウドに配置されても良い。

【 0 1 2 1 】

図 1 4 及び図 1 5 に示されるように、二次電池状態検出装置の各機能は、モビリティの外部に設けられていても良い。

30

【 0 1 2 2 】

図 1 4 の例は、例えば修理工場や回収バッテリーを再生する工場等において、二次電池 1 0 がモビリティから分離された場合である。この場合、計測部 (C S C) は計測機器として構成される。S O H モデル記憶 / 演算部は、エネルギーマネジメントシステム (Energy Management System : E M S) として構成される。あるいは、S O H モデル記憶 / 演算部はクラウドに配置されても良い。出力部 8 5 は、測定部 2 0 に設けられていても良いし、他の電子機器に配置されていても良い。

【 0 1 2 3 】

図 1 5 の例は、二次電池状態検出装置が急速充電システムに適用される場合である。急速充電システムは、統合制御施設によって太陽光発電や電線からの電力を大型蓄電施設に蓄電する制御を行い、パワーキャビネット及び充電スタンドを介して電力をモビリティの二次電池 1 0 に充電する。この場合、計測部は、充電スタンドに設けられる。S O H モデル記憶 / 演算部は、例えば記憶部 5 0、S O C 算出部 6 0、計算部 7 0 に対応し、クラウドに配置されている。S O H 推定部 8 0 は、E M S に設けられる。S O H 推定部 8 0 は、クラウドに設けられても良い。出力部 8 5 は、モビリティやユーザの電子機器に設けられている。出力部 8 5 は、E M S に設けられていても良い。

40

【 0 1 2 4 】

なお、本実施形態の測定部 2 0、インピーダンス発生装置 3 0、S O C 算出部 6 0、計算部 7 0 が「検出部」に対応する。S O H モデル構築部 7 5 が「学習部」に対応する。S

50

ＯＨ推定部８０が「演算部」に対応する。

【０１２５】

また、測定部２０、インピーダンス発生装置３０、ＳＯＣ算出部６０、計算部７０によって実行される手段が「第１ステップ」に対応する。インピーダンス発生装置３０、ＳＯＣ算出部６０、計算部７０によって実行される手段が「第２ステップ」に対応する。ＳＯＨモデル構築部７５によって実行される手段が「第３ステップ」に対応する。さらに、ＳＯＨ推定部８０によって実行される手段が「第４ステップ」に対応する。

【０１２６】

（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、二次電池状態検出装置の運用開始後に得られる市場データで学習データを増やし、積み増しされた学習データを用いてＳＯＨ推定モデルを再構築し、ＳＯＨ推定部８０で用いられるＳＯＨ推定モデルを更新する。

10

【０１２７】

市場データは、二次電池１０が実際に利用されることで蓄積されていくデータである。すなわち、市場データは、二次電池１０の使用時の実測インピーダンス諸特性と電池容量のデータである。実測インピーダンス諸特性には、複素インピーダンスのリアクタンス成分 Z_{imag} 、特定周波数、温度、ＳＯＣの各データが含まれる。

【０１２８】

なお、電池容量のデータは、充電器を用いた実測値だけでなく、モデル等を用いた演算値でも良い。また、市場データではなく、実験室等で取得されたインピーダンス諸特性及び電池容量の各データが学習データとして用いられても良い。この場合、 n 増し評価等が採用されても良い。実験室等で取得されるデータも、二次電池１０が実際に利用されることで取得されるデータである。電池容量のデータではなく、抵抗のデータを用いても良い。

20

【０１２９】

例えば、図１６に示されるように、充電器での充電量に基づいて電池容量が実測される。電池容量のデータは充電器からクラウドに送信されると共に、クラウドに格納される。一方、電動車両に搭載された計測部（ＣＳＣ）及びＳＯＨ推定部８０（ＢＭＳ）からインピーダンス諸特性の各データがクラウドに送信されると共に、クラウドに格納される。

【０１３０】

クラウドでは、ＳＯＨモデル構築部７５によって、インピーダンス諸特性及び電池容量の各データに基づいてＳＯＨ推定モデルが再構築される。再構築されたＳＯＨ推定モデルは記憶部５０に格納されることで、記憶部５０のＳＯＨ推定モデルが最新のモデルに更新される。記憶部５０は各構成から独立しているので、電動車両の記憶部５０が交換されることで、電動車両で最新のＳＯＨ推定モデルが使用可能になる。

30

【０１３１】

あるいは、記憶部５０に記憶されたＳＯＨ推定モデルは、ＯＴＡ（Over the Air）等の通信を利用して更新されても良い。これにより、記憶部５０そのものを交換せずに、記憶部５０のデータを更新することができる。

【０１３２】

（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推定モデルを構築するための入力データとして、複素インピーダンスのリアクタンス成分 Z_{imag} とは異なるデータを用いる。

40

【０１３３】

図１７の中段に示されるように、充電中の電圧は時間の経過と共に上昇する。また、二次電池１０の劣化に応じて、充電電圧曲線が異なってくる。よって、二次電池１０の充電時の所定電圧間における充電時間、電圧、温度を学習データの入力データとして用いることができる。これらのデータは、ＳＯＨとの相関が高い電池状態を示す情報である。

【０１３４】

50

また、図 17 の下段に示されるように、充電休止後の電圧は時間の経過と共に減少する。また、二次電池 10 の劣化に応じて、電圧緩和曲線が異なってくる。よって、二次電池 10 の充電後の所定休止時間における休止時間、電圧、温度を学習データの入力データとして用いることができる。これらのデータは、SOH との相関が高い電池状態を示す情報である。

【0135】

二次電池 10 として例えば NCM 系の正極活物質を採用した場合の SOH の推定精度は、インピーダンスの場合が 2.7% の誤差、充電中の電圧変化の場合が 1.1% の誤差、充電休止後の電圧変化の場合が 3.2% の誤差だった。各入力データにおいて、誤差に差はなかった。よって、SOH との相関が高い電池状態を示す情報としていずれのデータを用いても良い。

10

【0136】

入力データとして、充電中の電圧変化と充電休止後の電圧変化を用いる場合、二次電池 10 のインピーダンスを測定するための装置や回路が不要になる。このため、計測部及び演算部があれば SOH を推定することが可能になるので、二次電池状態検出装置の搭載対象に対する搭載自由度を向上させることができる。この場合、例えば充電器に二次電池状態検出装置を組み込むことも可能である。

【0137】

(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。本実施形態では、SOH 推定モデルによって演算された SOH の推定結果の利用について説明する。

20

【0138】

まず、SOH の推定結果に基づいて、二次電池 10 の電池制御パラメータを更新することができる。電池制御として、例えば充電制御に利用することができる。

【0139】

図 18 の左側に示されるように、従来は二次電池 10 の劣化を考慮して初期設定として二次電池 10 の入出力制限を行っていた。二次電池 10 の入力 (Win) と出力 (Wout) は、温度及び SOC のマップに示された各数値で制御される。各数値は、二次電池 10 の劣化を考慮して予め小さい値に設定されている。入出力制限パラメータは、例えば BMU に格納されている。

30

【0140】

これに対し、図 18 の右側に示されるように、SOH の推定結果に基づいて、BMU の入出力制限パラメータを更新することができる。具体的には、温度及び SOC のマップの各数値を初期値よりも高い値に更新する。なお、学習データの入力データとして複素インピーダンスのリアクタンス成分 Z_{imag} を用いる場合、SOH とインピーダンス (抵抗) の変動に応じて、二次電池 10 の入出力制限を更新しても良い。

【0141】

別の電池制御として、例えば充放電制御に利用することができる。充放電制御として、図 19 及び図 20 に示された EV - VPP (Virtual Power Plant) システムに適用することができる。

40

【0142】

図 19 に示された例では、太陽光を利用した再生エネルギー発電では、発電量が昼間に集中することで、施設での電力使用量を超える。そこで、昼間に発電した電力の余剰分を電動車両の二次電池 10 や定置の二次電池に充電し、再生エネルギー発電の発電量が低下する夜間に二次電池 10 の電力を施設で利用する。このように、再生エネルギー発電の余剰分を二次電池 10 にシフトさせて使い切ることで、CO₂ の排出と電力コストを削減することができる。

【0143】

図 21 に示されるように、従来は SOH に誤差マージンを上乗せしていたため、SOH の誤差が例えば $\pm 10\%$ であった。しかし、SOH 推定結果に応じて二次電池 10 の使用

50

可能量を可変させることができる。例えば、二次電池 10 の S O H の誤差が例えば $\pm 5\%$ に減少する。このように、二次電池 10 の誤差マージンを最小化することができると共に、使用可能容量を増加させることができる。

【0144】

図 20 に示された例では、電池 E M S において二次電池 10 の充放電を管理することができる。この場合、充電が可能な V 1 G 方式や充放電が可能な V 2 G 方式が用いられる。上記と同様に、二次電池 10 の使用可能容量が増加するので、充放電器の高効率域を活用することができる。したがって、二次電池 10 の電力を効率良く使うことができる。

【0145】

二次電池 10 の S O H 推定結果は、二次電池 10 が使用される装置や施設から分離された二次電池 10 に利用することができる。この場合、二次電池 10 は、例えば電動車両の交換バッテリーである。

10

【0146】

例えば、新車販売時では電動車両はバッテリー無しの価格とし、その後の S O H 推定結果に応じて保険利率を変更することができる。交換バッテリーの交換作業時では、S O H 推定結果に応じて二次電池 10 の全体ではなく部分メンテナンスを行うことができる。二次電池 10 の再利用の際では、S O H 推定結果に応じて二次利用先を決定することができる。

【0147】

二次電池 10 の交換時間については充電済なので短時間で交換可能である。交換の際、二次電池 10 の使用用途に応じて、充電時間及び電池パックを選定することができる。電池パックは二次電池 10 である。交換場所については自家用の場合はコンビニエンスストア等で交換が可能である。S O H の誤差に応じて、電池パックの組み合わせを決定することができる。中古車販売においては、バッテリー査定の必要が無くなる。S O H 推定結果に基づいて残価値を決定することができる。

20

【0148】

二次電池 10 の S O H 推定結果は、電池パックの認証に利用することができる。図 22 に示されるように、S O H を推定するための入力データと出力データとを組み合わせ、電池パック / 車両の認証に使用する。

【0149】

つまり、二次電池 10 の劣化の履歴を暗号化して利用する。算出される S O H が同じ数値だったとしても劣化の履歴が異なるので、異なる電池パックであることを判定することができる。

30

【0150】

図 22 に示された例は、複素インピーダンスのリアクタンス成分 Z_{imag} を用いる場合である。充電中の電圧変化や充電休止後の電圧変化の場合も同様に、二次電池 10 の劣化の履歴を用いて認証を行うことができる。

【0151】

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。

【0152】

40

例えば、二次電池 10 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 10 の S O H は、二次電池 10 の全体の S O H に限られず、二次電池 10 を構成する電池セルの単体の S O H あるいは複数の S O H であっても良い。

【0153】

S O H モデル構築部 75 は、S O H を推定するための S O H 推定モデルを構築する学習部として、単独で構成されても良い。

【0154】

二次電池状態検出装置は、サーバ等を介して記憶や演算、推定をシステム連携することができる。つまり、二次電池状態検出装置は、各構成が分散されて配置されていても良い

50

。これに対し、二次電池状態検出装置は、二次電池 10 に対して他の構成を周囲に配置することで 1 つの装置内で完結した構成としても良い。また、二次電池 10 は再利用が可能である。そこで、二次電池 10 の再利用を考慮した場合、再利用の二次電池 10 に対して二次電池 10 以外の構成を機能配置させても良い。すなわち、再利用の二次電池 10 と S O H 推定部 80 等の他の構成とを再構築して二次電池状態検出装置を構成しても良い。この場合、上述のように、二次電池状態検出装置をシステム連携の構成としても良いし、1 つの装置内で完結した構成としても良い。

【 0 1 5 5 】

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。

10

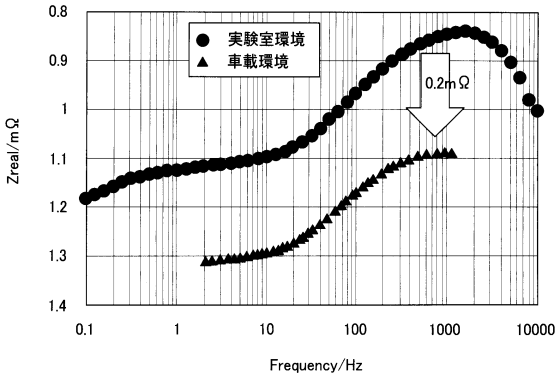
20

30

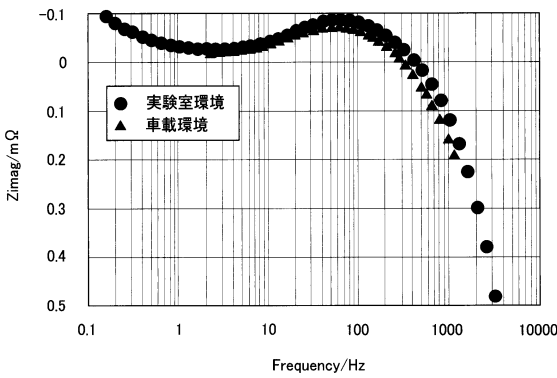
40

50

【図 5】

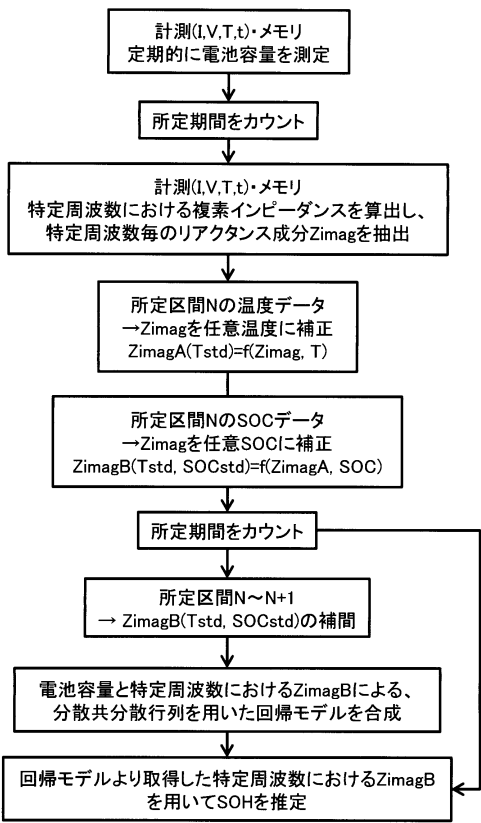


【図 6】

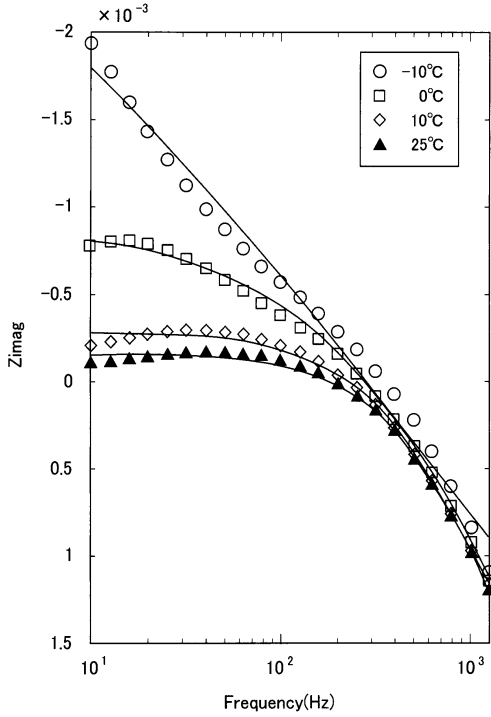


10

【図 7】



【図 8】



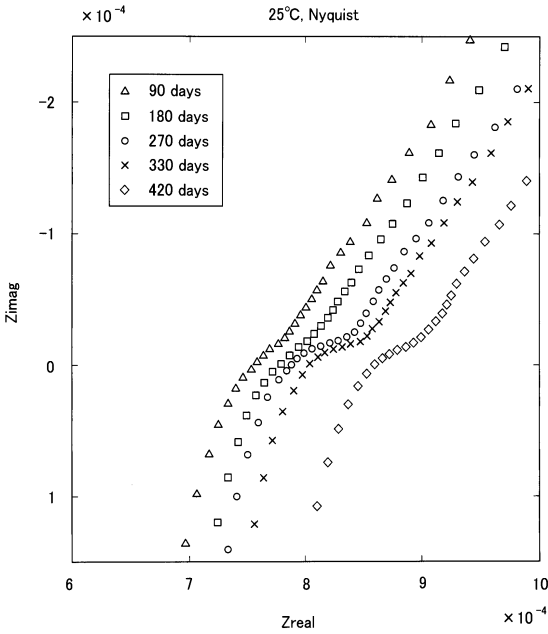
20

30

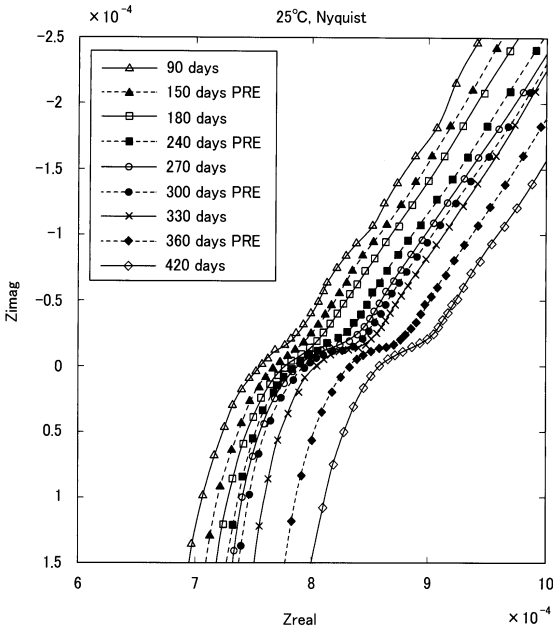
40

50

【図 9】



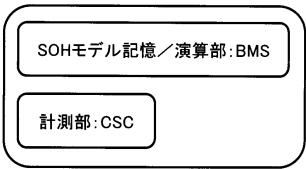
【図 10】



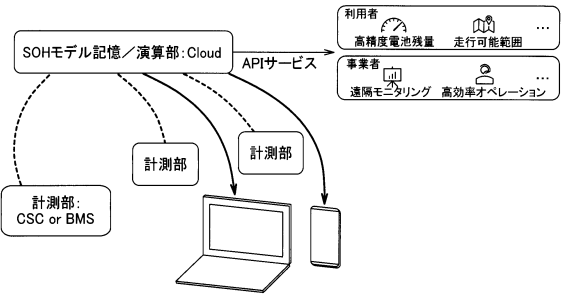
10

20

【図 11】



【図 12】

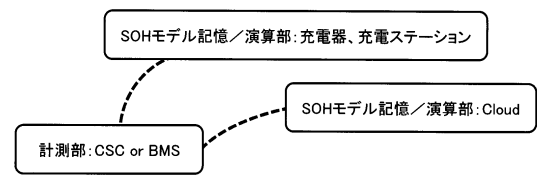


30

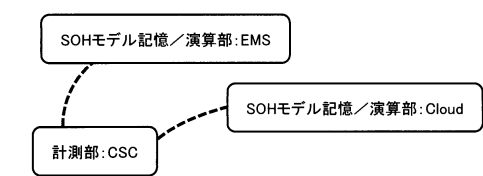
40

50

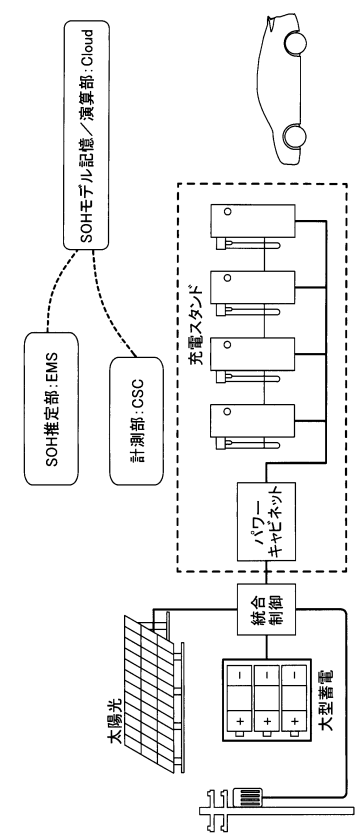
【図 1 3】



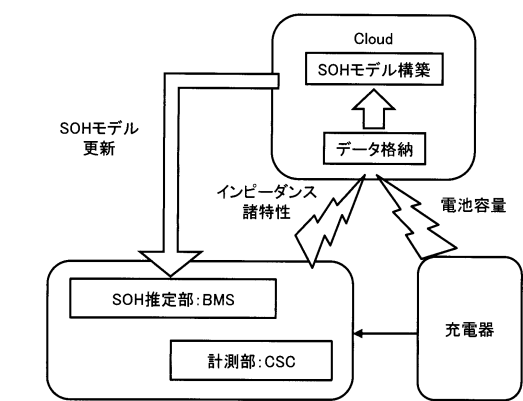
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

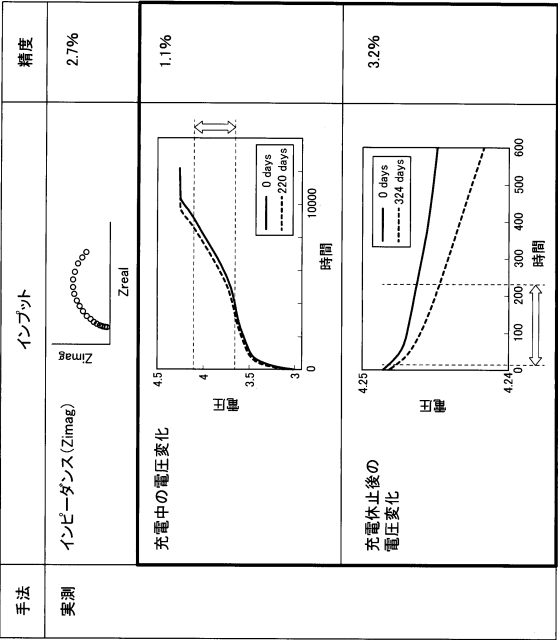
20

30

40

50

【図 17】



【図 18】

開発: 初期特性をもとに、入出力制限 (初期設定)
SOHに応じて、入出力制限を更新

Win	温度 / SOC	10	50	90	100	
入力kW		-30	-54	-48	-8	0
		0	-96	-96	-96	0
		0	-96	-96	-96	0
		30	-96	-96	-96	0
		50	-24	-24	-12	0
		60	0	0	0	0

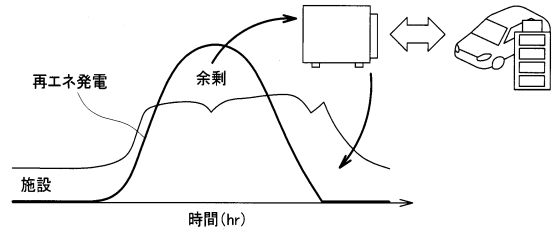
Wout	温度 / SOC	10	50	90	100	
放電		-30	10.8	60	120	120
出力kW		0	36	180	216	216
		0	36	180	216	216
		30	108	198	216	216
		50	72	72	72	72
		60	0	0	0	0

従来: 劣化を考慮して入出力制限 (初期設定)

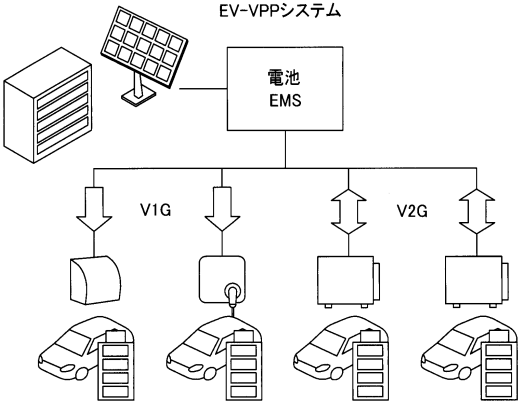
Win	温度/SOC	10	50	90	100
入力kW		-30	-45	-5	0
		0	-80	-80	0
		0	-80	-80	0
		30	-80	-80	0
		50	-20	-10	0
		60	0	0	0

Wout	温度/SOC	10	50	90	100
放電		-30	9	50	100
出力kW		0	30	150	180
		0	30	150	180
		30	90	165	180
		50	60	60	60
		60	0	0	0

【図 19】



【図 20】



10

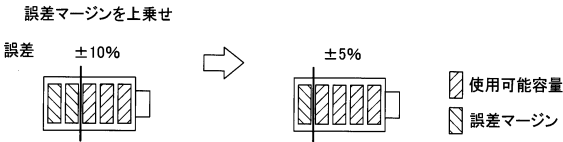
20

30

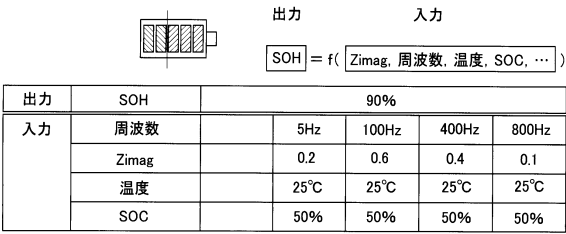
40

50

【図 2 1】



【図 2 2】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 J

7/00

X

(56)参考文献

特開 2 0 1 6 - 9 0 3 4 6 (J P , A)

国際公開第 2 0 2 1 / 0 4 4 1 3 2 (WO , A 1)

特開 2 0 2 1 - 1 8 5 3 5 4 (J P , A)

国際公開第 2 0 2 1 / 1 8 6 5 9 3 (WO , A 1)

国際公開第 2 0 1 9 / 2 4 0 1 8 2 (WO , A 1)

特開 2 0 1 9 - 1 3 2 6 6 6 (J P , A)

特開 2 0 2 0 - 1 0 1 3 9 9 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 R 3 1 / 3 6

H 0 1 M 1 0 / 4 2

H 0 1 M 1 0 / 4 8

H 0 2 J 7 / 0 0