

(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2020-180935

(P2020-180935A)

(43) 公開日 令和2年11月5日(2020.11.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 R 31/392 (2019.01)	G O 1 R 31/392	2 G 2 1 6
G O 1 R 31/36 (2020.01)	G O 1 R 31/36	5 G 5 0 3
G O 1 R 31/382 (2019.01)	G O 1 R 31/382	5 H 0 3 0
H O 1 M 10/48 (2006.01)	H O 1 M 10/48	P
H O 1 M 10/42 (2006.01)	H O 1 M 10/48	3 O 1
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2019-85683 (P2019-85683)
 (22) 出願日 平成31年4月26日 (2019. 4. 26)

(71) 出願人 507151526
 株式会社 G S 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 110001036
 特許業務法人 暁合同特許事務所
 (72) 発明者 福島 敦史
 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 BA22 BA30 BA34 BA62 BA63
 CB34 CB51 CB52 CC02
 5G503 BA03 BB01 EA08 GD02 GD06
 5H030 AA01 AS20 FF22 FF42 FF43
 FF44

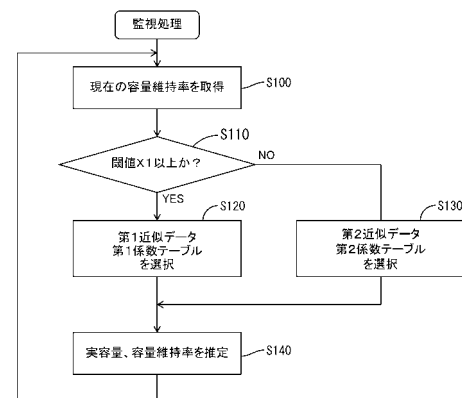
(54) 【発明の名称】 推定装置、推定方法

(57) 【要約】

【課題】 蓄電素子の劣化量の推定精度を向上させる。

【解決手段】 蓄電素子 3 1 の劣化量を推定する推定装置 5 0 であって、記憶部 7 3 と、演算処理部 7 1 と、を備え、前記蓄電素子 3 1 は、劣化量の時間推移が第 1 推移を示す第 1 劣化領域 F 1 と第 2 推移を示す第 2 劣化領域 F 2 を有する特性であり、前記記憶部 7 3 は、前記第 1 劣化領域 F 1 について前記劣化量を演算する第 1 演算データと、前記第 2 劣化領域 F 2 について前記劣化量を演算する第 2 演算データと、を保持し、前記演算処理部 7 1 は、前記蓄電素子 3 1 の劣化領域を判定する判定処理 (S 1 1 0) と、前記記憶部 7 3 から前記劣化領域に対応した演算データを選択して、前記蓄電素子 3 1 の劣化量を推定する推定処理 (S 1 4 0) を実行する。

【選択図】 図 2 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

蓄電素子の劣化量を推定する推定装置であって、
記憶部と、
演算処理部と、を備え、
前記蓄電素子は、劣化量の時間推移が第 1 推移を示す第 1 劣化領域と第 2 推移を示す第 2 劣化領域を有する特性であり、
前記記憶部は、
前記第 1 劣化領域について、前記蓄電素子の劣化量を演算する第 1 演算データと、
前記第 2 劣化領域について、前記蓄電素子の劣化量を演算する第 2 演算データと、を保持し、
前記演算処理部は、
前記蓄電素子の劣化領域を判定する判定処理と、
前記記憶部から前記劣化領域に対応した演算データを選択して、前記蓄電素子の劣化量を推定する推定処理を実行する、推定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の推定装置であって、
前記記憶部は、
前記第 1 劣化領域において前記蓄電素子の劣化量を温度補正する第 1 補正データと、
前記第 2 劣化領域において前記蓄電素子の劣化量を温度補正する第 2 補正データと、を保持し、
前記演算処理部は、
前記記憶部から前記劣化領域に対応した補正データを選択して、前記蓄電素子の劣化量を補正する、推定装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の推定装置であって、
前記第 1 補正データは、
前記第 1 劣化領域において、前記蓄電素子の経過時間を温度補正する係数テーブルであり、
前記第 2 補正データは、
前記第 2 劣化領域において、前記蓄電素子の経過時間を温度補正する係数テーブルである、推定装置。

【請求項 4】

請求項 1 ～請求項 3 のいずれか一項に記載の推定装置であって、
前記記憶部は、
前記蓄電素子の容量変化率と抵抗変化率の相関性を示す相関データを保持し、
前記演算処理部は、
前記容量変化率又は前記抵抗変化率のうち一方を前記第 1 演算データ及び前記第 2 演算データに基づいて推定し、
前記容量変化率又は前記抵抗変化率のうち他方を前記相関データから推定する、推定装置。

【請求項 5】

蓄電素子の劣化量の推定方法であって、
前記蓄電素子は、劣化量の推移が第 1 推移を示す第 1 劣化領域と第 2 推移を示す第 2 劣化領域を有する特性であり、
前記蓄電素子の劣化領域を判定するステップと、
前記劣化領域が第 1 劣化領域の場合、第 1 演算データを選択して前記蓄電素子の劣化量を推定し、前記劣化領域が第 2 劣化領域の場合、第 2 演算データを選択して前記蓄電素子の劣化量を推定するステップと、を含む、推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蓄電素子の劣化量を推定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

二次電池は、時間経過により実容量が初期値から低下してゆくことが知られている。電池の実容量を使用中に測定することは容易ではなく、計測可能なパラメータを使って実容量を推定することが求められている。電池の実容量が低下する主な要因としては、充放電を繰り返すことによるサイクル劣化と、製造後の時間経過による経時劣化とがある。経時劣化による実容量を推定する方法としては、ルート則とアレニウス則を用いた推定方法がある。ルート則は、実容量が経過時間のルートに従って低下する法則である。下記特許文献1には、ルート則を用いて、電池の劣化率を推定する技術が開示されている。アレニウス則は温度によって低下する度合いが異なるという法則である。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許5382208号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

20

蓄電素子は、劣化量の時間推移が第1推移を示す第1劣化領域と第2推移を示す第2劣化領域を有する場合がある。劣化量の推移の変化を考慮せずに、劣化量を推定した場合、劣化量の推定精度が低下する場合がある。

本技術は、蓄電素子の劣化量の推定精度を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

推定装置は、記憶部と、演算処理部と、を備え、前記蓄電素子は、劣化量の時間推移が第1推移を示す第1劣化領域と第2推移を示す第2劣化領域を有する特性であり、前記記憶部は、前記第1劣化領域について、前記蓄電素子の劣化量を演算する第1演算データと、前記第2劣化領域について、前記蓄電素子の劣化量を演算する第2演算データと、を保持し、前記演算処理部は、前記蓄電素子の劣化領域を判定する判定処理と、前記記憶部から前記劣化領域に対応した演算データを選択して、前記蓄電素子の劣化量を推定する推定処理を実行する。

30

【0006】

本技術は、蓄電装置に適用することが出来る。蓄電素子の劣化量の推定方法、劣化量の推定プログラム、推定プログラムを記憶した記録媒体に適用できる。

【発明の効果】

【0007】

蓄電素子の劣化量の推定精度を向上させることが出来る。

【図面の簡単な説明】

40

【0008】

【図1】 バッテリーの斜視図

【図2】 バッテリーの分解斜視図

【図3】 バッテリーのブロック図

【図4】 二次電池の容量変化曲線

【図5】 図4の一部を拡大した図

【図6】 容量低下量マップMA

【図7】 二次電池の温度データ

【図8】 二次電池の実容量の総低下量の推定処理の流れを示すフローチャート

【図9】 二次電池の実容量の総低下量の推定例

50

- 【図 1 0】二次電池の容量変化曲線を示すグラフ
- 【図 1 1】各電池温度の実容量の推移
- 【図 1 2】横軸（時間軸）に係数を乗算した時の各電池温度の実容量の推移
- 【図 1 3】横軸（時間軸）を経過時間 T の $1/N$ 乗にした時の各電池温度の実容量の推移
- 【図 1 4】係数テーブル
- 【図 1 5】基準温度の実容量の推移
- 【図 1 6】各近似直線の傾きのデータ
- 【図 1 7】容量維持率の近似直線
- 【図 1 8】容量維持率の近似直線
- 【図 1 9】二次電池の容量変化曲線 10
- 【図 2 0 A】第 1 近似データ
- 【図 2 0 B】第 2 近似データ
- 【図 2 1 A】第 1 近似データ
- 【図 2 1 B】第 2 近似データ
- 【図 2 2】容量維持率の監視処理のフローチャート
- 【図 2 3】抵抗上昇率の近似直線
- 【図 2 4】抵抗上昇率の近似直線
- 【図 2 5】容量維持率と抵抗上昇率の相関性を示す近似直線
- 【発明を実施するための形態】
- 【0009】 20
- （本実施形態の概要）
- 推定装置は、記憶部と、演算処理部と、を備え、前記蓄電素子は、劣化量の時間推移が第 1 推移を示す第 1 劣化領域と第 2 推移を示す第 2 劣化領域を有する特性であり、前記記憶部は、前記第 1 劣化領域について、前記蓄電素子の劣化量を演算する第 1 演算データと、前記第 2 劣化領域について、前記蓄電素子の劣化量を演算する第 2 演算データと、を保持し、前記演算処理部は、前記蓄電素子の劣化領域を判定する判定処理と、前記記憶部から前記劣化領域に対応した演算データを選択して、前記蓄電素子の劣化量を推定する推定処理を実行する。
- 【0010】
- 蓄電素子の劣化量の推定方法として、ルート則が知られている。ルート則は、蓄電素子の劣化量が経過時間のルートに従って低下する法則である。ルート則による劣化量の推定には、推定誤差があった。発明者らは、推定誤差の要因を突き止めるため、蓄電素子の劣化量が時間経過に伴ってどのように変化するかに着目した。そして、劣化量の時間推移には、第 1 推移を示す第 1 劣化領域と第 2 領域を示す第 2 劣化領域が存在するという知見を得るに至った。推定装置は、劣化領域を判定して演算データを選択するため、劣化領域に応じた劣化推定が可能である。そのため、劣化領域の相違による劣化量の推定誤差を抑えることが出来、蓄電素子の劣化量について推定精度が高まる。
- 【0011】
- 前記記憶部は、前記第 1 劣化領域において前記蓄電素子の劣化量を温度補正する第 1 補正データと、前記第 2 劣化領域において前記蓄電素子の劣化量を温度補正する第 2 補正データと、を保持し、前記演算処理部は、前記記憶部から前記劣化領域に対応した補正データを選択して、前記蓄電素子の劣化量を補正してもよい。温度補正を行うことで、温度の相違による劣化量の推定誤差を抑えることが出来る。補正データを劣化領域ごとに保持しているので、補正を高精度に行うことが出来る。
- 【0012】
- 前記第 1 補正データは、前記第 1 劣化領域において、前記蓄電素子の経過時間を温度補正する係数テーブルでもよい。前記第 2 補正データは、前記第 2 劣化領域において、前記蓄電素子の経過時間を温度補正する係数テーブルでもよい。温度に応じて経過時間を補正することで、劣化量の推定誤差を抑えることが出来る。
- 【0013】 50

前記記憶部は、前記蓄電素子の容量変化率と抵抗変化率の相関性を示す相関データを保持し、前記演算処理部は、前記容量変化率又は前記抵抗変化率のうち一方を前記第1演算データ及び前記第2演算データに基づいて推定し、前記容量変化率又は前記抵抗変化率のうち他方を前記相関データから推定してもよい。容量と抵抗の劣化量を推定できることから、蓄電素子の劣化状態を正確に判断できる。

【0014】

<実施形態1>

実施形態1を図1から図22によって説明する。

1. バッテリーの説明

図1はバッテリーの斜視図、図2はバッテリーの分解斜視図、図3はバッテリーの電氣的構成を示すブロック図である。バッテリー20は蓄電装置である。

10

【0015】

バッテリー20は、図1に示すように、ブロック状の電池ケース21を有しており、電池ケース21内には、複数の二次電池31からなる組電池30や制御基板28が収容されている。以下の説明において、図1および図2を参照する場合、電池ケース21が設置面に対して傾きなく水平に置かれた時の電池ケース21の上下方向をY方向とし、電池ケース21の長辺方向に沿う方向をX方向とし、電池ケース21の奥行き方向をZ方向をとって説明する。

【0016】

電池ケース21は、図2に示すように、上方に開口する箱型のケース本体23と、複数の二次電池31を位置決めする位置決め部材24と、ケース本体23の上部に装着される中蓋25と、中蓋25の上部に装着される上蓋26とを備えて構成されている。ケース本体23内には、図2に示すように、各二次電池31が個別に収容される複数のセル室23AがX方向に並んで設けられている。

20

【0017】

位置決め部材24は、図2に示すように、複数のバスバー27が上面に配置されており、位置決め部材24がケース本体23内に配置された複数の二次電池31の上部に配置されることで、複数の二次電池31が、位置決めされると共に複数のバスバー27によって直列に接続されるようになっている。

【0018】

中蓋25は、図1に示すように、平面視略矩形状をなし、Y方向に高低差を付けた形状とされている。中蓋25のX方向両端部には、図示しないハーネス端子が接続される一対の端子部22Pと端子部22Nが設けられている。一対の端子部22P、端子部22Nは、例えば、鉛合金等の金属からなり、22Pが正極側端子部、22Nが負極側端子部である。

30

【0019】

また、中蓋25は、図2に示すように、制御基板28が内部に収容可能とされており、中蓋25がケース本体23に装着されることで、二次電池31と制御基板28とが接続されるようになっている。

【0020】

次に図3を参照してバッテリー20の電氣的構成を説明する。バッテリー20は、組電池30と、電流センサ41と、温度センサ43と、組電池30を管理する電池管理装置（以下、BM）50とを有する。組電池30は、直列接続された複数の二次電池31から構成されている。二次電池31は蓄電素子である。

40

【0021】

電流センサ41は、接続ライン35を介して、組電池30と直列に接続されている。電流センサ41は、電池ケース21の内部に設けられており、二次電池31に流れる電流を検出する機能を果たす。温度センサ43は接触式あるいは非接触式で、二次電池31の温度〔℃〕を測定する機能を果たす。

【0022】

50

電流センサ４１と温度センサ４３は、信号線によって、ＢＭ５０に電氣的に接続されており、電流センサ４１や温度センサ４３の検出値は、ＢＭ５０に取り込まれる構成になっている。電流センサ４１は、電池ケース２１内に設けられている。

【００２３】

ＢＭ５０は、電圧検出回路６０と制御部７０とを備えており、制御基板２８に設けられている。ＢＭ５０の電源ライン（図略）は組電池３０に接続されており、ＢＭ５０は組電池３０から電力の供給を受ける。ＢＭ５０は、バッテリー２０の劣化量を推定する推定装置である。

【００２４】

電圧検出回路６０は、検出ラインを介して、各二次電池３１の両端にそれぞれ接続され、制御部７０からの指示に応答して、各二次電池３１の電圧及び組電池３０の総電圧を測定する機能を果たす。

【００２５】

制御部７０は、中央処理装置であるＣＰＵ７１と、メモリ７３とを含む。ＣＰＵ７１は演算処理部である。ＣＰＵ７１は、電流センサ４１、電圧検出回路６０、温度センサ４３の出力から、二次電池３１の電流、電圧、温度を監視している。また、後述するように、リチウムイオン二次電池３１の実容量Ｃの総低下 ΣY を推定する。

【００２６】

メモリ７３は、記憶部である。メモリ７３は、フラッシュメモリやＥＥＰＲＯＭ等の不揮発性である。メモリ７３には、二次電池３１を監視するための監視プログラム、それらプログラムの実行に必要なデータが記憶されている。また、二次電池３１の実容量Ｃの総低下量 ΣY を推定するための容量低下量マップＭＡのデータが記憶されている。

【００２７】

２．容量変化曲線の直線近似

「実容量Ｃ」は、二次電池が完全充電された状態から取り出し可能な容量である。二次電池の実容量Ｃが低下する主な要因としては、充放電を繰り返すことによるサイクル劣化と、製造後の経過時間による経時劣化とがある。

【００２８】

経時劣化はルート則を用いた推定方法がある。ルート則は、実容量Ｃが、経過時間Ｔのルートに従って変化する法則である。「経過時間Ｔ」は、電池が製造されてから経過した時間である。

【００２９】

図４は、横軸（Ｘ軸）を経過時間Ｔ、縦軸（Ｙ軸）を実容量Ｃの総低下量 ΣY とした、 $T-\Sigma Y$ 相関グラフである。容量変化曲線Ｌａは、経過時間Ｔに対する実容量Ｃの総低下量 ΣY の推移を示す。容量変化曲線Ｌａは、経過時間Ｔに対するルート曲線である。

【００３０】

Ｌａ１は電池温度が０〔℃〕の容量変化曲線、Ｌａ２は電池温度が２５〔℃〕の容量変化曲線、Ｌａ３は電池温度が５０〔℃〕の容量変化曲線である。

【００３１】

容量変化曲線Ｌａは、リチウムイオン二次電池３１について、製造後の時間経過に伴う実容量Ｃの総低下量 ΣY の推移を調べる実験を、各電池温度にて行うことにより得たものである。リチウムイオン二次電池３１は、正極活物質にリン酸鉄リチウム（ LiFePO_4 ）、負極活物質にグラファイトを用いたリン酸鉄系である。

【００３２】

３つの直線Ａ１１～Ａ３１は、容量変化曲線Ｌａ１を３つの領域Ｅ１～Ｅ３に分割して近似する直線である。

【００３３】

３つの直線Ａ１２～Ａ３２は、容量変化曲線Ｌａ２を３つの領域Ｅ１～Ｅ３に分割して近似する直線である。

【００３４】

10

20

30

40

50

3つの直線A13～A33は、容量変化曲線La3を3つの領域E1～E3に分割して近似する直線である。

【0035】

3. 容量低下量マップMAと総低下量ΣYの推定処理

容量変化曲線Laを分割する直線A1～A3の傾きは、単位時間当たり（本例では1か月当たり）の実容量Cの低下量Yを示す。

【0036】

容量低下量マップMAは、図6に示すように、容量変化曲線Laを分割する各領域E1～E3及び電池温度ごとに、単位時間当たりの実容量Cの低下量Yを記憶したデータである。例えば、電池温度25[℃]の場合、各領域E1～E3について、単位時間あたりの実容量Cの低下量Yは、それぞれ2.3623[Ah/month]、0.7874[Ah/month]、0.4725[Ah/month]であり、これらの数値は、容量変化曲線La2を近似する3つの直線A12、A22、A32の傾きの大きさとなっている。

10

【0037】

バッテリー20は、BM50のメモリ73に対して、容量低下量マップMAのデータを保持している。CPU71は、リチウムイオン二次電池31の温度のデータと容量低下量マップMAとに基づいて、実容量Cの総低下量ΣYを推定する処理（図8参照）を行う。

【0038】

総低下量ΣYの推定処理は、S10～S30の処理から構成されており、S10では、電池の製造後、所定時間（一例として1か月）が経過するごとに、温度センサ43の出力に基づいて、リチウムイオン二次電池31の所定時間（一例として1か月）あたりの平均温度を算出する処理が行われる。

20

【0039】

S20では、リチウムイオン二次電池31の所定時間（一例として1か月）当たりの実容量Cの低下量Yを、電池温度のデータと、容量低下量マップMAとに基づいて算出する。

【0040】

S30では、電池温度のデータと容量低下量マップMAから算出した、所定時間（一例として1か月）あたりの実容量Cの低下量Yを、総低下量ΣYの前回値に対して加算することで、総低下量ΣYの現在値を算出することが出来る。

30

【0041】

電池製造直後は、実容量Cの総低下量ΣYは0[Ah]であり、二次電池31の総低下量ΣYの区分は、領域E1に含まれている。

【0042】

図7は、電池製造後、二次電池31の各月の平均温度を示しており、1か月目の平均温度は0[℃]である。従って、1か月当たりの実容量Cの低下量は、0.5241[Ah/month]である。電池製造後、1か月が経過した時点の実容量Cの総低下量ΣYは、図9に示すように、0.5241[Ah]である。

【0043】

電池製造後1か月が経過した時点の、実容量Cの総低下量ΣYが0.5241[Ah]の場合、二次電池31の総低下量ΣYの区分は、領域E1（0～3[Ah]）に含まれる。

40

【0044】

図7の例では、電池製造後、2か月目の平均温度は25[℃]である。従って、電池製造後の2か月目について、実容量Cの低下量は2.3623[Ah/month]である。電池製造後、2か月が経過した時点の実容量Cの総低下量ΣYは、0.5241[Ah]+2.3623[Ah]となり、図9に示すように2.8864[Ah]となる。

【0045】

電池製造後、2か月が経過した時点の、実容量Cの総低下量ΣYが2.8864[Ah]

50

」の場合、二次電池 31 の総低下量 ΣY の区分は、領域 E1 (0 ~ 3 [Ah]) に含まれている。

【0046】

図 7 の例では、電池製造後、3 か月目の平均温度は 25 [°C] である。電池製造後の 3 か月目について、1 か月当たりの実容量 C の低下量 Y は 2.3623 [Ah/month] である。電池製造後、3 か月が経過した時点の実容量 C の総低下量 ΣY は、2.8864 [Ah] + 2.3623 [Ah] となり、図 9 に示すように 5.2487 [Ah] である。

【0047】

電池製造後、3 か月が経過した時点の、実容量 C の総低下量 ΣY が 5.2487 [Ah] の場合、二次電池 31 の総低下量 ΣY の区分は、領域 E2 (3 ~ 6 [Ah]) に含まれている。

【0048】

図 7 の例では、電池製造後、4 か月目の平均温度は 25 [°C] である。電池製造後の 4 か月目について、1 か月当たりの実容量 C の低下量 Y は 0.7874 [Ah/month] である。電池製造後、4 か月が経過した時点の実容量 C の総低下量 ΣY は、5.2487 [Ah] + 0.7874 [Ah] となり、図 9 に示すように 6.0361 [Ah] である。

【0049】

以上説明したように、容量低下量マップ MA から求めた 1 か月あたりの実容量 C の低下量を、前月までの総低下量 ΣY に対して加算することで、実容量 C の総低下量 ΣY の現在値を求めることが出来る。

【0050】

図 10 は、横軸 (X 軸) を経過時間 T、縦軸 (Y 軸) を実容量 C とした、リチウムイオン二次電池 31 の T-C 相関グラフである。容量変化曲線 Lb は、経過時間 T に対する実容量 C の推移を表す。容量変化曲線 Lb は、図 4 に示す容量変化曲線 La を X 軸で折り返した反転した曲線であり、容量変化曲線 La と同様に経過時間 T に対するルート曲線である。

【0051】

3 つの直線 B11 ~ A31 は、容量変化曲線 Lb1 を 3 つの領域 E1 ~ E3 に分割して近似する直線である。

【0052】

3 つの直線 B12 ~ A32 は、容量変化曲線 Lb2 を 3 つの領域 E1 ~ E3 に分割して近似する直線である。

【0053】

3 つの直線 B13 ~ B33 は、容量変化曲線 Lb3 を 3 つの領域 E1 ~ E3 に分割して近似する直線である。

【0054】

容量低下量マップ MB は、図 6 の容量低下量マップ MA と同様に、容量変化曲線 Lb を分割する各領域 E1 ~ E3 及び電池温度ごとに、単位時間当たりの実容量 C の低下量 Y を記憶したデータである。バッテリー 20 は、メモリ 73 に対して、容量低下量マップ MB のデータを保持している。

【0055】

CPU71 は、容量低下量マップ MB を用いて、所定時間当たりの実容量 C の低下量 Y を算出することが出来る。CPU71 は、算出した実容量 C の低下量 Y を、実容量 C の前回値から減算することにより、実容量 C の現在値 Ct を算出することが出来る。

【0056】

4. 係数 k による温度補正

図 11 は、横軸を経過時間 T、縦軸を実容量 C とした、リチウムイオン二次電池 31 の T-C 相関グラフである。実容量 C は、電池製造後の時間経過により低下する。容量低下

10

20

30

40

50

は、電池温度が高い程、顕著である。すなわち、電池温度が高い程、実容量 C は「加速的」に低下する。

【0057】

図 1 2 は、横軸を経過時間 T、縦軸を実容量 C とした、リチウムイオン二次電池 3 1 の T-C 相関グラフである。横軸 (X 軸) は、電池温度 2 5 [°C]、4 5 [°C]、6 0 [°C] ごとに變更しており、電池温度 2 5 [°C] に対して、電池温度 4 5 [°C] は横軸を「k 1」倍し、電池温度 6 0 [°C] は、横軸を「k 2」倍している。尚、 $k 2 > k 1 > 1$ である。

【0058】

横軸 (時間軸) に対して「係数 k」を乗算すると、電池温度が異なっても、実容量 C の推移は概ね一致する。このことは、電池温度 4 5 [°C] での「1 時間」は、電池温度 2 5 [°C] では「 $k 1 \times 1$ 時間」に相当することを意味する。すなわち、電池温度 4 5 [°C] の場合、「1 時間」あたりの実容量 C の低下量は、電池温度 2 5 [°C] に換算すると、「 $k 1 \times 1$ 時間」あたりの実容量 C の低下量に相当する。

【0059】

電池温度に対する係数 k は、以下のステップにより、算出することが出来る。

(A) 経過時間 T の N 乗根と各電池温度の実容量 C とが、比例関係となる N の値を決定する。

(B) 各電池温度について実容量 C の直線近似式を決定する。

(C) 各電池温度の直線近似式について基準温度の直線近似式に対する傾きの比 M を決定する。

(D) N と M の値から係数 k を算出する。

【0060】

2 5 [°C] を基準温度として、電池温度 4 0 [°C]、6 0 [°C] の係数 k の算出例を以下に示す。

【0061】

乗数 N を變更しながら、経過時間 T の N 乗根と実容量 C の相関性を調べ、電池温度 2 5 [°C]、4 5 [°C]、6 0 [°C] とともに、ほぼ比例関係となる N の値を特定する。

【0062】

図 1 3 は、横軸を経過時間 T の N 乗根、縦軸を実容量 C とした、リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池 3 1 の $\sqrt[N]{T}$ -C 相関グラフであり、電池温度 2 5 [°C]、4 5 [°C]、6 0 [°C] とともに、実容量 C の推移は直線で示されている。尚、N の値は、一例として「3.1215」である。

【0063】

図 1 3 より、各電池温度の実容量 C の直線近似式は、以下に求めることが出来る。

$$Y = -a_1 X + b \quad (1)$$

$$Y = -a_2 X + b \quad (2)$$

$$Y = -a_3 X + b \quad (3)$$

尚、(1) は電池温度 2 5 [°C] の実容量 C の直線近似式、(2) は電池温度 4 5 [°C] の実容量 C の直線近似式、(3) は電池温度 6 0 [°C] の実容量 C の直線近似式である。

【0064】

次に (1) ~ (3) の直線近似式から、各電池温度の直線近似式について基準温度の直線近似式に対する傾きの比 M を決定する。

【0065】

各電池温度の傾きの比 M は下記となる。

$$M_{45^\circ\text{C}} = a_2 / a_1 \quad (4)$$

$$M_{60^\circ\text{C}} = a_3 / a_1 \quad (5)$$

【0066】

以上により、N と M の値を得られることから、下記の (6) 式より、電池温度 4 5 [°C]

10

20

30

40

50

」、60 [°C] について係数 k を求めることが出来る。

$$k = M^N \quad (6)$$

【0067】

係数 k は、電池温度が高い程大きい。本例では、25 [°C] を基準温度としており、電池温度が 25 [°C] より低い場合、係数 k は 1 以下、高い場合は 1 以上である。従って、 $k_1 < k_2 < 1$ であり、 $1 < k_3 < k_4 \cdots k_8 < k_9$ である。

【0068】

係数テーブルは、図 14 に示すように、電池温度に対応付けて係数 k を記憶したデータである。バッテリー 20 は、メモリ 73 に対して、係数テーブルのデータを保持している。

【0069】

図 15 は、横軸 (X 軸) を経過時間 T 、縦軸 (Y 軸) を実容量 C とした、リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池 31 の $T-C$ 相関グラフである。容量変化曲線 L_d は、基準温度 25 [°C] における実容量 C の推移を示している。

【0070】

3 つの直線 $D_1 \sim D_3$ は、容量変化曲線 L_d を、3 つの領域 $E_1 \sim E_3$ に分割して近似する直線である。

【0071】

メモリ 73 は、係数テーブルと共に、3 つの近似直線 $D_1 \sim D_3$ の傾き $d_1 \sim d_3$ のデータを保持している (図 14、図 16 参照)。

【0072】

制御部 70 の CPU 71 は、(A) ~ (E) の 5 ステップで実容量 C の推定を行う。

(A) 実容量 C に対応する基準温度での近似直線 D の傾き d を算出

(B) 電池温度に対応する係数 k の算出

(C) 所定時間 W の補正

(D) 所定時間 W あたりの実容量 C の低下量 Y_w を算出

(E) 実容量 C の総低下量 ΣY を算出

【0073】

以下、図 14 ~ 図 16 を参照して、実容量 C の推定例を説明する。ここでは、実容量 C の初期値、前回推定時の実容量の総低下量 (初期値からの総低下量)、電池温度は下記の条件とする。

【0074】

実容量 C の初期値は C_0 とする。前回推定時 t_1 の実容量 C の総低下量 ΣY_1 は、 $e_1 < \Sigma Y_1 < e_2$ の範囲にある。以下の例では、前回推定時 t_1 から所定時間 W あたりの実容量 C の低下量 Y を算出する。、所定時間 W において、温度センサ 43 により検出された二次電池 31 の電池温度は 40 [°C] とする。

【0075】

実容量 C に対応する基準温度での近似直線 D の傾き d は、前回推定時 t_1 の実容量 C の総低下量 ΣY_1 と、図 16 のデータから求めることが出来る。この例では、前回推定時 t_1 の総低下量 ΣY_1 は、 $e_1 < \Sigma Y_1 < e_2$ の範囲にある。従って、図 16 より、実容量 C に対応する基準温度での近似直線は D_2 であり、その傾き「 d_2 」である。

【0076】

温度補正用の係数 k は、温度センサ 43 により計測される二次電池 31 の電池温度を、係数テーブルに参照することで取得できる。電池温度は 40 [°C] の場合、係数は「 k_5 」である。

【0077】

所定時間 W を温度補正する処理では、下記の (7) 式に示すように、所定時間 W に対して係数 k を乗算する。

【0078】

$$W_t = k \times W \quad (7)$$

【0079】

10

20

30

40

50

W t は、二次電池 3 1 が電池温度で経過した所定時間を、基準温度での経過時間に換算した時間である。

【0080】

換算時間 W t に対して、近似直線 D の傾き d を乗算することで、下記の (8) 式で示すように、実容量 C の低下量 Y w を算出することが出来る。

【0081】

$$Y w = (k \times W) \times d \quad (8) \text{ 式}$$

【0082】

前回推定時 t 1 の実容量 C の総低下量 $\Sigma Y 1$ に対して、算出した実容量 C の低下量 Y w を加算することで、時刻 t 2 における実容量 C の総低下量 $\Sigma Y 2$ を算出することが出来る。そして、下記の (9) 式に示すように、実容量 C の初期値 C 0 からの総低下量 $\Sigma Y 2$ を減算することで、時刻 t 2 における実容量 C を推定することが出来る。

【0083】

$$C = C 0 - \Sigma Y 2 \quad (9) \text{ 式}$$

【0084】

C P U 7 1 は、上記処理を所定時間 (単位時間) ごとに行うことにより、実容量 C の推定を行う。係数 k による所定時間 W の温度補正は、所定時間 W あたりの実容量 C の低下量 Y w を温度補正するものである。

【0085】

C P U 7 1 は、実容量 C の推定結果から、容量維持率 S O H 1 を算出する。容量維持率 S O H 1 は、(10) 式で示すように、実容量 C の初期値 C 0 と現在値 C t の比率であり、実容量 C の変化率である。容量維持率 S O H 1 は、二次電池 3 1 の実容量 C の劣化量を示す。

【0086】

$$S O H 1 = (C t / C 0) \times 100 [\%] \quad (10 \text{ 式})$$

C 0 は実容量 C の初期値、C t は実容量 C の現在値である。

【0087】

5. 劣化領域の変化と屈曲点

図 17、18 は、横軸を経過時間 T のルート、縦軸を容量維持率 S O H 1 とした、リチウムイオン二次電池 3 1 の $^2 \sqrt{T} - S O H 1$ 相関グラフである。

【0088】

L c 1 ~ L c 4 は、容量維持率 S O H 1 の近似直線である。L c 1 は電池温度 25 [°C] の近似直線、L c 2 は 30 [°C] の近似直線である。L c 3 は電池温度 40 [°C] での近似直線、L c 4 は電池温度 50 [°C] での近似直線である。

【0089】

基準温度の近似直線 L c 1 は、第 1 直線 8 1 と第 2 直線 8 2 とを有している。第 1 直線 8 1 と第 2 直線 8 2 は、傾きが異なっており、近似直線 L c 1 は、屈曲点 P 1 を有している。

【0090】

30 °C の近似直線 L c 2 は、第 1 直線 8 3 と第 2 直線 8 4 とならなる。第 1 直線 8 3 と第 2 直線 8 4 は、傾きが異なっており、近似直線 L c 2 は、屈曲点 P 2 を有している。

【0091】

40 °C の近似直線 L c 3 は、第 1 直線 8 5 と第 2 直線 8 6 とならなる。第 1 直線 8 5 と第 2 直線 8 6 は、傾きが異なっており、近似直線 L c 3 は、屈曲点 P 3 を有している。

【0092】

50 °C の近似直線 L c 4 は、第 1 直線 8 7 と第 2 直線 8 8 とならなる。第 1 直線 8 7 と第 2 直線 8 8 は、傾きが異なっており、近似直線 L c 4 は、屈曲点 P 4 を有している。

【0093】

屈曲点 P が現れる原因の一つとして、劣化要因の変化がある。経年劣化が起きる要因は、S E I とは異なる被膜の生成、極版への液浸み状態の変化、添加剤切れ、極板間距離の

10

20

30

40

50

増大によるガスだまりなど複数の要因があり、経年劣化により、劣化要因が変化したものと推察できる。

【0094】

このように、リチウムイオン二次電池31は、経過時間Tにより2つの劣化領域F1、劣化領域F2を有する場合がある。第1劣化領域F1は、電池温度25℃において、初期状態（容量維持率100%）から屈曲点P1までの領域であり、第2劣化領域F2は、電池温度25℃において、屈曲点P1以降の領域である。

【0095】

複数の劣化領域F1と劣化領域F2を有する場合、容量変化曲線Ldを、劣化領域ごとに、分割して直線で近似してもよい。

10

【0096】

図19に示すように、3つの直線D1、直線D2、直線D3は、容量変化曲線Ldの第1劣化領域F1を、3つの領域E1、領域E2、領域E3に分割して近似した直線である。2つの直線D4、直線D5は、容量変化曲線Ldの第2劣化領域F2を2つの領域E4、領域E5に2分割して近似する直線である。

【0097】

メモリ73は、図20に示すように、第1近似データと、第2近似データを保持している。第1近似データは、直線D1の傾きd1と、直線D2の傾きd2と、直線D3の傾きd3のデータである。第2近似データは、直線D4の傾きd4と、直線D5の傾きd5のデータである。

20

【0098】

第1近似データは、第1劣化領域F1について、リチウムイオン二次電池31の容量維持率SOH1を演算する第1演算データである。第2近似データは、第2劣化領域F2について、リチウムイオン二次電池31の容量維持率SOH1を演算する第2演算データである。

【0099】

複数の劣化領域F1、劣化領域F2を有する場合、温度補正用の係数テーブルを、劣化領域ごとに有してもよい。第1係数テーブルは、図21Aに示すように、電池温度に対応付けて、第1係数kAを記憶したデータである。

【0100】

第1係数kAは、第1劣化領域F1を対象とした温度補正用の係数である。第1係数kAは、第1直線の傾きの比M1から求めることが出来る。つまり、各電池温度について、M1を求めて、(6)式に代入することにより、求めることができる。

30

【0101】

第2係数テーブルは、図21Bに示すように、電池温度に対応付けて第2係数kBを記憶したデータである。第2係数kBは、第2劣化領域F2を対象とした温度補正用の係数である。第2係数kBも同様に、第2直線の傾きの比M2から求めることが出来る。

【0102】

メモリ73は、第1係数テーブル及び第2係数テーブルのデータを保持している。

【0103】

温度補正用の係数kを劣化領域ごとに設ける理由は、劣化領域の相違により、比Mが異なる値になる場合があるからである。

40

【0104】

例えば、25℃（基準温度）と30℃で比較した場合、第1直線81と第1直線83の傾きの比M1_{30℃}と、第2直線82と第2直線84の傾きの比M2_{30℃}は一致せず、異なる値である。

【0105】

25℃（基準温度）と40℃で比較した場合、第1直線81と第1直線85の傾きの比M1_{40℃}と、第2直線82と第2直線86の傾きの比であるM2_{40℃}は一致せず、異なる値である。

50

【0106】

第1係数テーブルは、第1劣化領域F1の容量維持率SOH1を温度補正する第1補正データであり、第2係数テーブルは、第2劣化領域F2の容量維持率SOH1を温度補正する第2補正データである。

【0107】

以下、容量維持率SOH1の監視処理について、図22のフローチャートを参照して説明する。CPU71は、容量維持率SOH1の現在値を取得して、閾値X1と比較する（S100、S110）。

【0108】

容量維持率SOH1が閾値X1以上である場合（S110：YES）、第1劣化領域F1に含まれていると判断できる。容量維持率SOH1が閾値X1未満の場合（S110：NO）、第2劣化領域F2に含まれていると判断できる。S110は、劣化領域を判定する判定処理である。

10

【0109】

第1劣化領域F1に含まれている場合、CPU71は、メモリ73から第1近似データを選択する（S120）。

【0110】

例えば、第1劣化領域の領域E1に含まれている場合、第1近似データから傾きd1のデータを取得する。そして、傾きd1と所定時間Wから、(8)式により、所定時間Wあたりの実容量Cの低下量Ywを算出する。更に、(9)式より実容量Cを推定し、(10)式より容量維持率SOH1を推定する（S140）。

20

【0111】

第2劣化領域F2に含まれている場合、CPU71は、メモリ73から第2近似データを選択する（S130）。例えば、第2劣化領域の領域E4に含まれている場合、第2近似データから、傾きd4のデータを取得する。

【0112】

そして、傾きd4と所定時間Wから、(8)式により、所定時間Wあたりの実容量Cの低下量Ywを算出する。更に、(9)式より実容量Cを推定し、(10)式より、容量維持率SOH1を推定する（S140）。

【0113】

S140は、メモリ73から劣化領域に対応した近似データを選択して、リチウムイオン二次電池31の容量維持率SOH1を推定する推定処理である。

30

【0114】

容量維持率SOH1の監視処理（S110～S140）は、実容量Cの推定処理と同様に、所定時間（単位時間）ごとに実行される。

【0115】

第1劣化領域F1と第2劣化領域F2を判定して、2つの近似データを使い分けることで、実容量C及び容量維持率SOH1の推定精度が向上する。

【0116】

また、CPU71は、実容量C及び容量維持率SOH1の推定時に、2つの係数テーブルを使い分けて、所定時間Wの温度補正を行う。つまり、CPU71は、容量維持率SOH1が閾値X1以上である場合、第1係数テーブルを選択する（S120）。CPU71は、第1係数テーブルから、電池温度に対応する第1係数kAを取得して、(7)式に基づいて、所定時間Wを補正する。

40

【0117】

容量維持率SOH1が閾値X1より小さい場合、CPU71は、第2係数テーブルを選択する（S130）。CPU71は、第2係数テーブルから、電池温度に対応する第2係数kBを取得して、(7)式に基づいて所定時間Wを補正する。

【0118】

そして、CPU71は、補正後の所定時間Wに基づいて、実容量C及び容量維持率SO

50

H 1 の推定を行う。

【0119】

第1劣化領域F 1と第2劣化領域F 2を判定して、2つの係数テーブルを使い分けることで、実容量C及び容量維持率SOH 1の推定精度が向上する。

【0120】

<実施形態2>

抵抗上昇率SOH 2は、二次電池31の内部抵抗Rの変化率であり、(11)式で表される。抵抗上昇率SOH 2は、二次電池31の内部抵抗Rの劣化量を示す。

【0121】

$$SOH\ 2 = (R_t - R_0 / R_0) \times 100 [\%] \quad (11) \text{式}$$

10

R 0は内部抵抗の初期値、R tは内部抵抗の現在値である。

【0122】

図23、24は、横軸を経過時間Tのルート、縦軸を抵抗上昇率SOH 2とした、リチウムイオン二次電池31の $\sqrt{T}$ -SOH 2相関グラフである。

【0123】

L r 1~L r 4は、抵抗上昇率SOH 2の近似直線である。L r 1は電池温度25 [°C]の近似直線、L r 2は30 [°C]の近似直線である。L r 3は電池温度40 [°C]での近似直線、L r 4は電池温度50 [°C]での近似直線である。

【0124】

基準温度(25°C)の近似直線L r 1は、1つの屈曲点P 1を有している。30°Cの近似直線L r 2は、2つの屈曲点P 2と屈曲点P 3を有している。

20

【0125】

40°Cの近似直線L r 3は、2つの屈曲点P 4と屈曲点P 5を有している。50°Cの近似直線L r 4は、1つの屈曲点P 6を有している。

【0126】

図25は、横軸を容量維持率SOH 1、縦軸を抵抗上昇率SOH 2とした、SOH 1-SOH 2相関グラフである。

【0127】

L sは、SOH 1-SOH 2の相関性を示す近似直線である。近似直線L sは、2つの屈曲点P 1と屈曲点P 2を有している。2つの屈曲点P 1と屈曲点P 2を有する理由は、容量維持率SOH 1の近似直線L cと抵抗上昇率SOH 2の近似直線L rがそれぞれ屈曲点Pを有しているからである。

30

【0128】

CPU 71は、容量維持率SOH 1を、SOH 1-SOH 2の相関性を示す近似直線L sに参照することで、抵抗上昇率SOH 2を推定することが出来る。例えば、容量維持率SOH 1が85 [%]の場合、抵抗上昇率SOH 2は22 [%]である。

【0129】

容量と抵抗の劣化量を推定できることから、リチウムイオン二次電池31の劣化状態を正確に判断できる。

【0130】

40

<実施形態3>

実施形態3では、二次電池31の容量維持率SOH 1を、図17に示す近似直線L c 1に基づいて算出する。近似直線L c 1は、電池温度25°Cにおいて、経過時間Tのルートに対する容量維持率SOH 1の変化を示している。近似直線L c 1は、2つの第1直線81と第2直線82を含んでおり、屈曲する直線である。

【0131】

メモリ73には、第1直線81のデータと第2直線82のデータが記憶されている。第1直線81は、第1劣化領域F 1において、容量維持率SOH 1を演算する第1演算データ、第2直線82は、第2劣化領域F 2において、容量維持率SOH 1を演算する第2演算データである。

50

【0132】

CPU71は、容量維持率SOH1の現在値を閾値X1と比較して、劣化領域を判定する。

【0133】

容量維持率SOH1が閾値X1以上である場合、第1劣化領域F1に含まれていると判断でき、容量維持率SOH1が閾値X1より小さい場合、第2劣化領域F2に含まれていると判断できる。

【0134】

第1劣化領域F1に含まれている場合、CPU71は、メモリ73から第1直線81のデータを取得して、容量維持率SOH1を推定する。つまり、経過時間Tからルートを演算して、それを第1直線81のデータに参照することで、容量維持率SOH1を推定することが出来る。

10

【0135】

第2劣化領域F2に含まれている場合、CPU71は、メモリ73から第2直線82のデータを取得して、容量維持率SOH1を推定する。つまり、経過時間Tからルートを演算して、それを第2直線82のデータに参照することで、容量維持率SOH1を推定することが出来る。

【0136】

劣化領域を判定して、第1直線81、第2直線82を選択することで、容量維持率SOH1の推定精度が高まる。また、CPU71は、劣化領域を判定して、係数テーブルを選択し温度補正を行うとよい。温度補正を行うことで、容量維持率SOH1の推定誤差を抑えることが出来る。

20

【0137】

<他の実施形態>

本技術は、上記記述及び図面によって説明した実施形態に限定されるものではなく、例えば次のような実施形態も技術的範囲に含まれる。

【0138】

(1) 上記実施形態1～3では、「蓄電素子」の一例に、リン酸鉄系のリチウムイオン二次電池を例示した。本発明は、経過時間Tに対する劣化量の推移がルート則に従う特性の蓄電素子であれば、広く適用することが出来る。例えば、3元系のリチウムイオン二次電池に対しても適用することが出来る。3元系のリチウムイオン二次電池は、正極活物質にCo、Mn、Niの元素を含有したリチウム含有金属酸化物を用い、負極活物質はグラファイトやカーボン等を用いた電池である。また、鉛蓄電池など他の二次電池や、キャパシタなどにも適用することが出来る。

30

【0139】

(2) 上記実施形態1では、経過時間Tのルート則を用いて、二次電池31の容量維持率SOH1を推定した。経過時間Tのルート則を用いて、二次電池31の抵抗上昇率SOH2を推定してもよい。容量維持率SOH1は、二次電池31の容量の劣化量を示し、抵抗上昇率SOH2は、蓄電素子31の抵抗の劣化量を示している。

【0140】

40

(3) 本技術は、蓄電素子の劣化量の推定プログラムに適用することが出来る。推定プログラムは、コンピュータに、蓄電素子の劣化領域を判定する判定処理(S110)と、劣化領域が第1劣化領域の場合、第1演算データを選択して蓄電素子の劣化量を推定し、劣化領域が第2劣化領域の場合、第2演算データを選択して蓄電素子の劣化量を推定する推定処理(S140)と、を実行させるプログラムである。本技術は、蓄電素子の劣化量を推定する推定プログラムを記録した記録媒体に適用することが出来る。コンピュータは、一例として、CPU71である。蓄電素子は、一例として、二次電池31である。推定プログラムは、ROMなどの記録媒体に記録することが出来る。

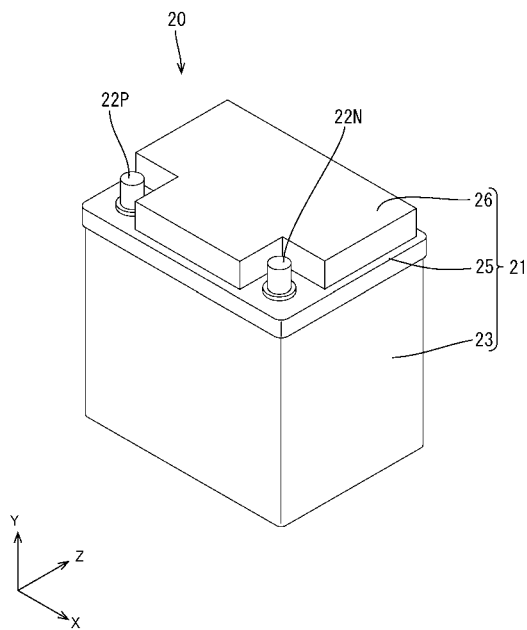
【符号の説明】

【0141】

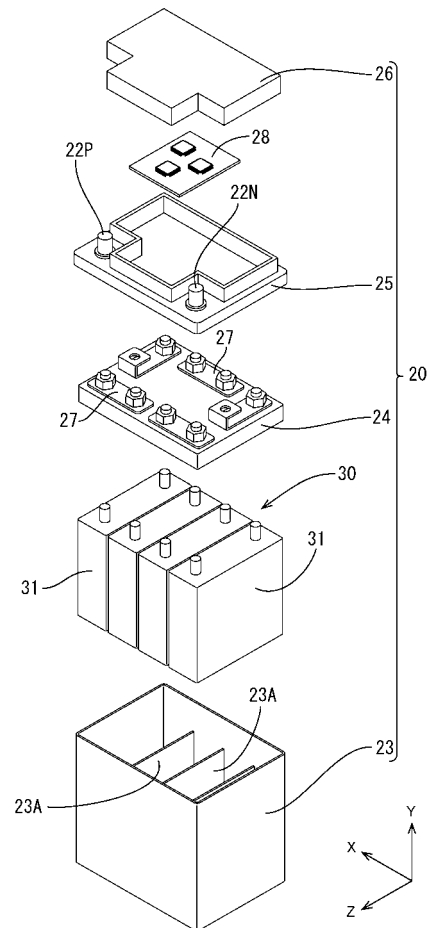
50

- 20 バッテリ
- 30 組電池
- 31 二次電池（本発明の「蓄電素子」の一例）
- 50 バッテリマネージャ（本発明の「推定装置」の一例）
- 60 電圧検出回路
- 70 制御部
- 71 CPU（本発明の「演算処理部」の一例）
- 73 メモリ（本発明の「記憶部」の一例）

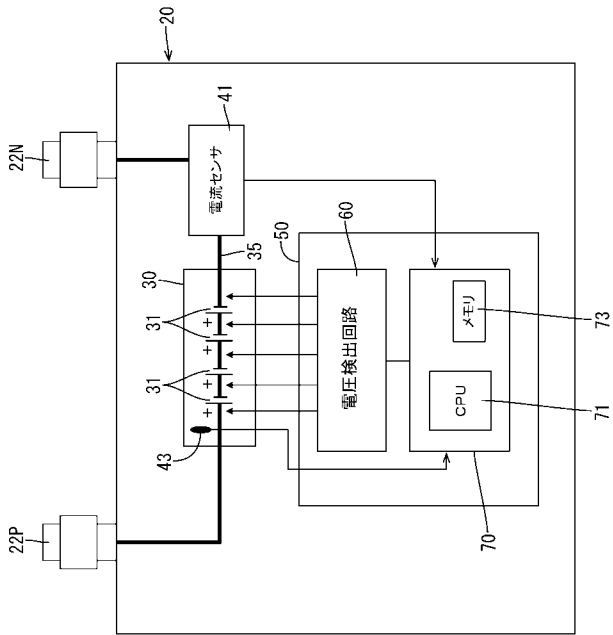
【図 1】



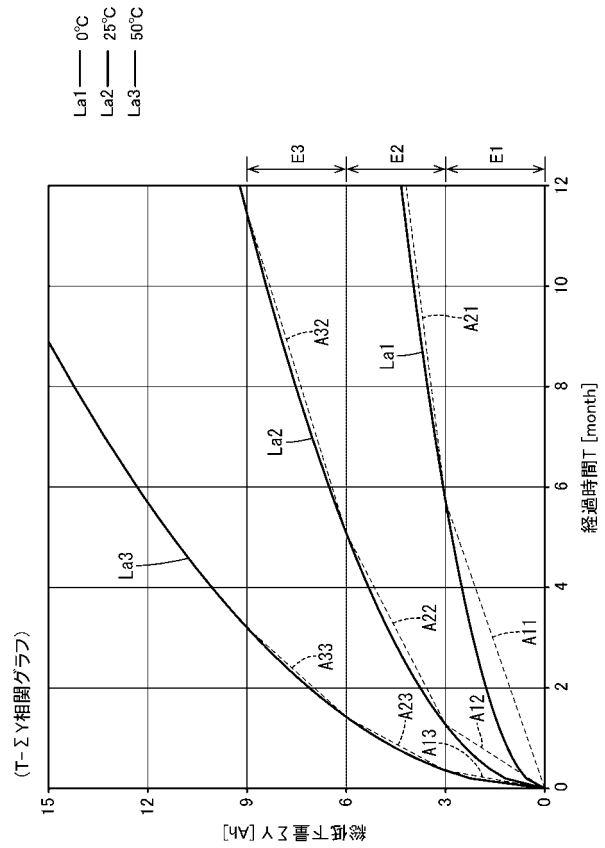
【図 2】



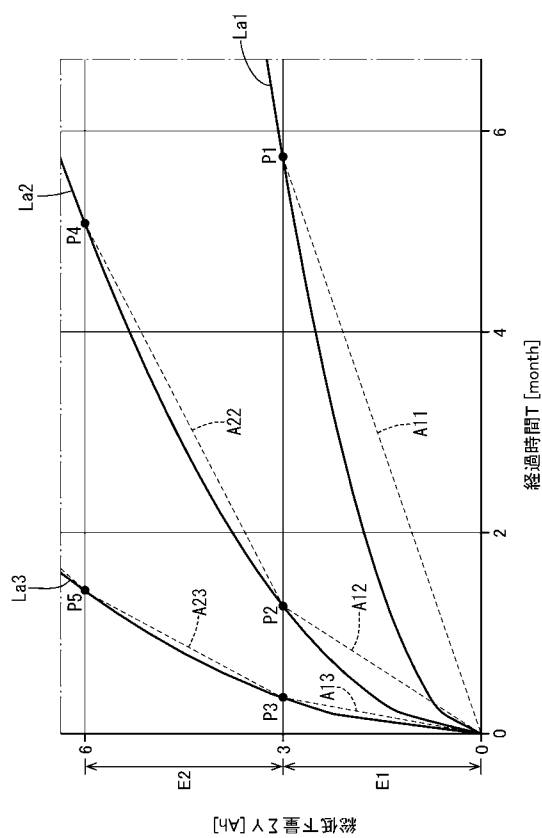
【図 3】



【図 4】



【図 5】



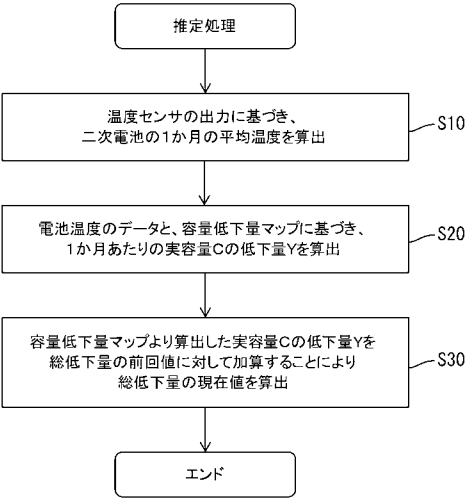
【図 6】

単位時間あたりの実容量Cの 低下量Y [Ah/month]		温度 [°C]		
		0	25	50
分割エリア	E1 (総低下量: 0~3Ah)	0.5241	2.3623	8.4343
	E2 (総低下量: 3~6Ah)	0.1747	0.7874	2.8114
	E3 (総低下量: 6~9Ah)	0.1048	0.4725	1.6869

【図 7】

期間(月)	温度 [°C]
1	0
2	25
3	25
4	25
5	50

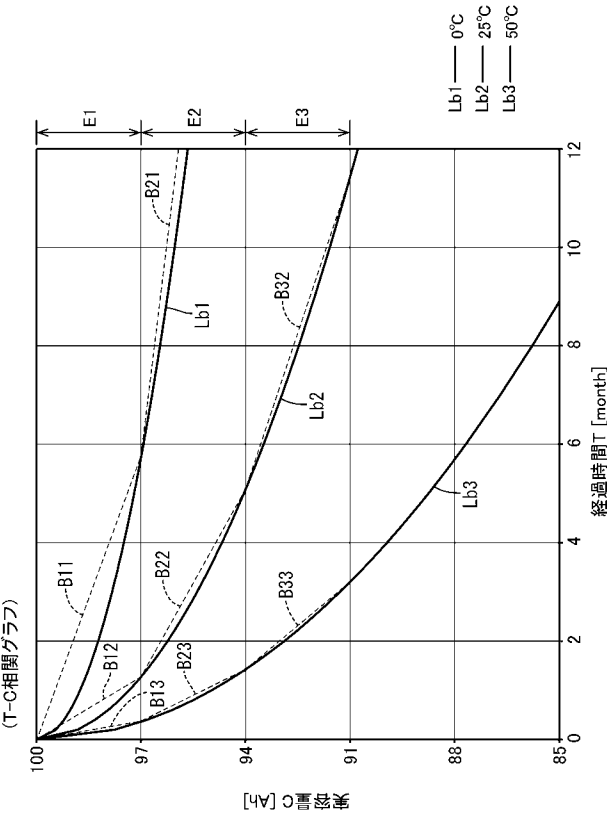
【図 8】



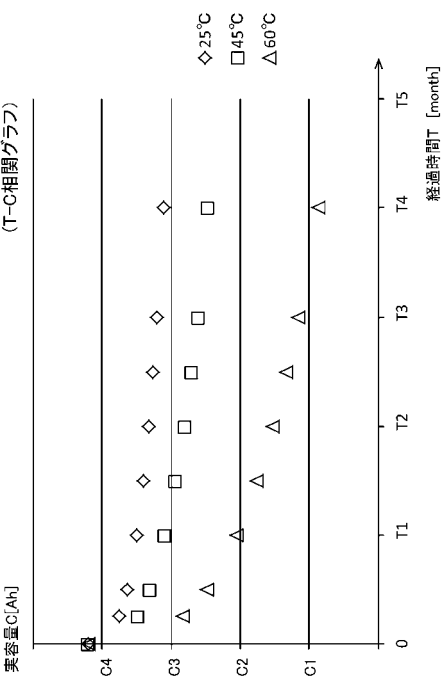
【図 9】

経過条件		低下量Y[Ah]	総低下量ΣY[Ah]	総低下量範囲
期間[月]	温度[°C]			
0	-	-	0.00	E1(0~3Ah)
1	0	0.5241	0.5241	E1(0~3Ah)
2	25	2.3623	2.8864	E1(0~3Ah)
3	25	2.3623	5.2487	E2(3~6Ah)
4	25	0.7874	6.0361	E3(6~9Ah)
5	50	1.6869	7.7230	E3(6~9Ah)

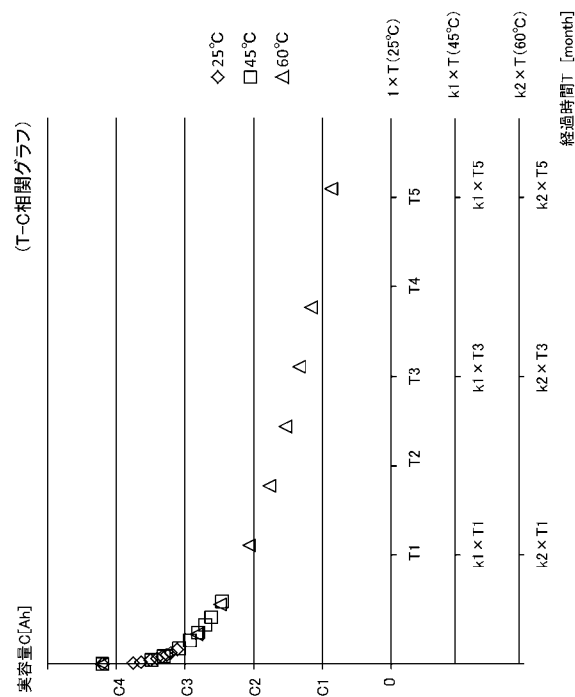
【図 1 0】



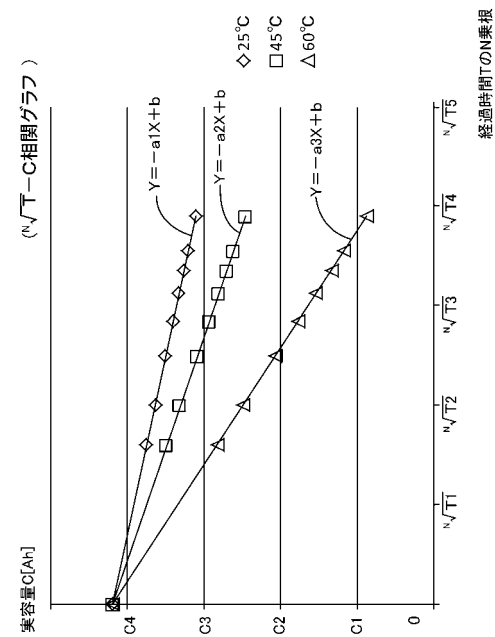
【図 1 1】



【図 1 2】



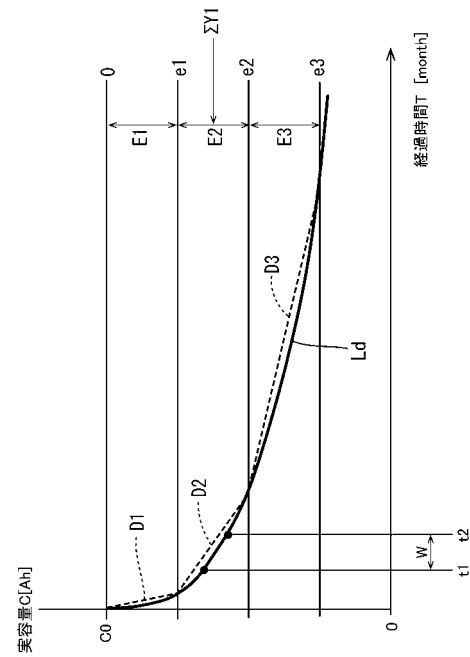
【図 1 3】



【図 1 4】

温度[°C]	係数
15	k1
20	k2
25	1
30	k3
35	k4
40	k5
45	k6
50	k7
55	k8
60	k9

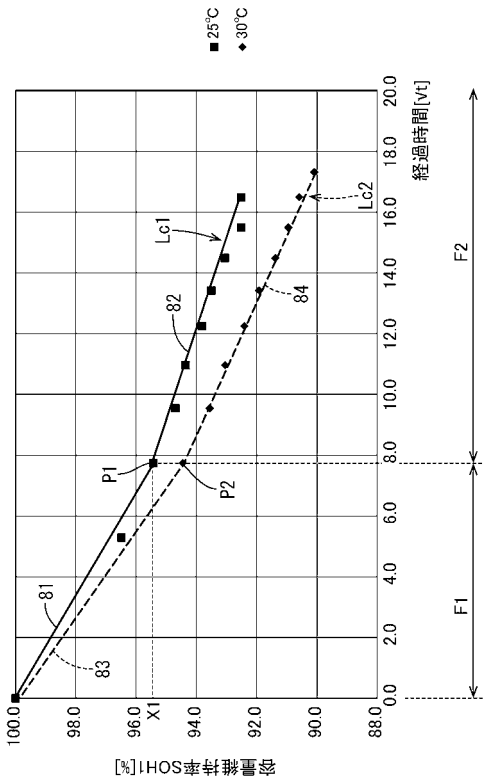
【図 1 5】



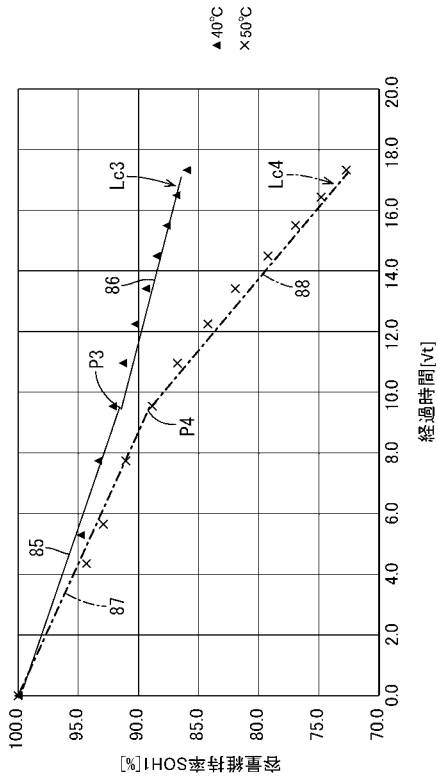
【図 1 6】

総低下量 ΣY の範囲	対応する近似直線	その傾きd
$0 \leq \Sigma Y < e1$	D1	d1
$e1 \leq \Sigma Y < e2$	D2	d2
$e2 \leq \Sigma Y < e3$	D3	d3

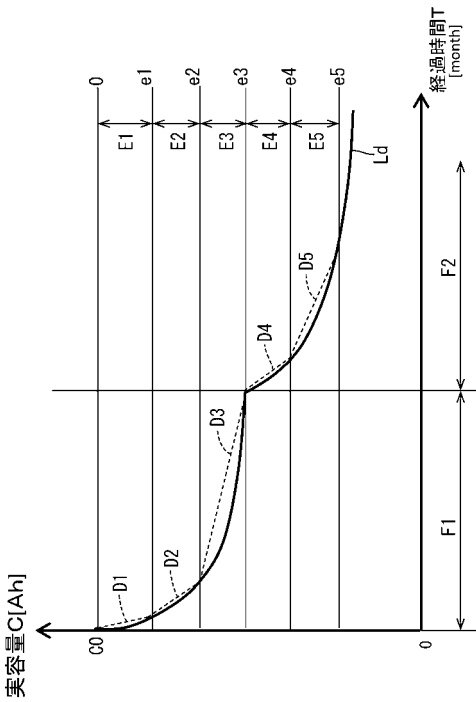
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



【図 2 0 A】

総低下量 ΣY の範囲	対応する近似直線	その傾きd
$0 \leq \Sigma Y < e1$	D1	d1
$e1 \leq \Sigma Y < e2$	D2	d2
$e2 \leq \Sigma Y < e3$	D3	d3

【図 2 0 B】

総低下量 ΣY の範囲	対応する近似直線	その傾きd
$e3 \leq \Sigma Y < e4$	D4	d4
$e4 \leq \Sigma Y < e5$	D5	d5

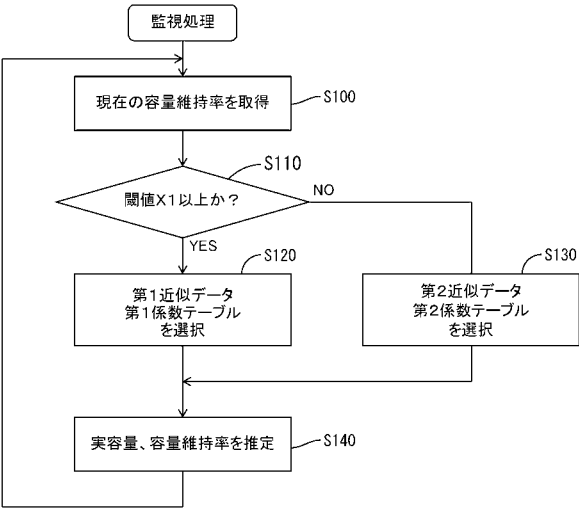
【図 2 1 A】

温度[℃]	係数kA
15	k1
20	k2
25	1
30	k3
35	k4
40	k5
45	k6
50	k7
55	k8
60	k9

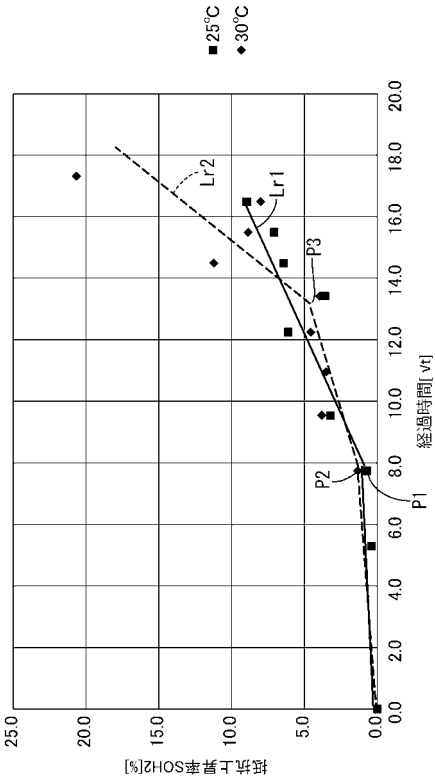
【図 2 1 B】

温度[℃]	係数kB
15	k11
20	k12
25	1
30	k13
35	k14
40	k15
45	k16
50	k17
55	k18
60	k19

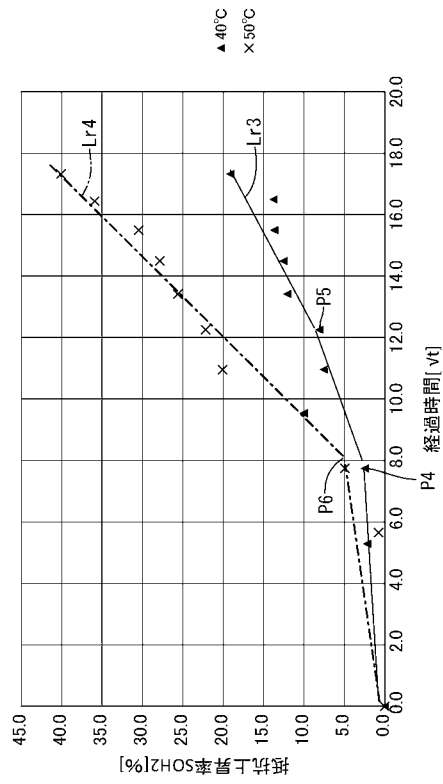
【図 2 2】



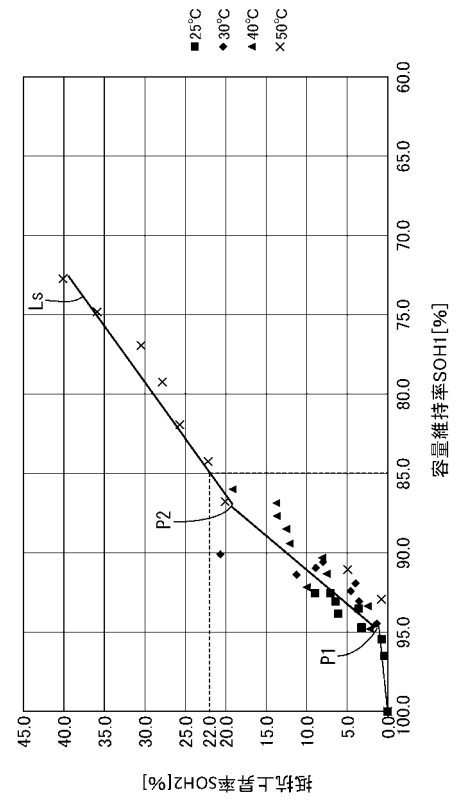
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
<i>H02J</i>	<i>7/00</i>	<i>(2006.01)</i>	H01M	10/42		P
			H02J	7/00		Y