(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月13日(13.01.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/009353 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 10/48 (2006.01) ***G01R 31/382*** (2019.01)
H02J 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/026759

(22) 国際出願日： 2020年7月8日(08.07.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人：三菱電機株式会社(**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：白神 昭(**SHIRAGA, Sho**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 小笠原 圭佑(**OGASAWARA, Keisuke**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

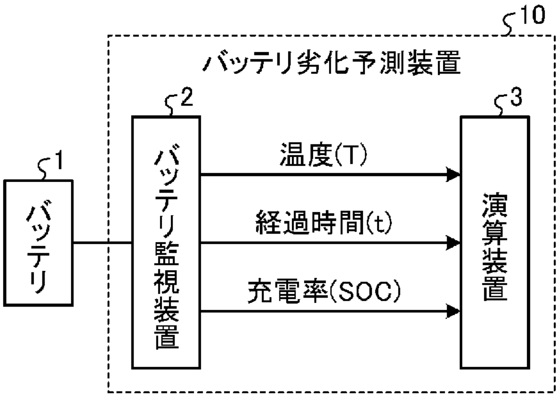
(74) 代理人：高村 順(**TAKAMURA, Jun**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: BATTERY DETERIORATION PREDICTION DEVICE, BATTERY DETERIORATION PREDICTION SYSTEM, AND PREPARATION METHOD FOR BATTERY DETERIORATION PREDICTION

(54) 発明の名称： バッテリ劣化予測装置、バッテリ劣化予測システム、及びバッテリ劣化予測のための準備方法

100



1 Battery
2 Battery monitoring device
3 Calculation device
10 Battery deterioration prediction device
T Temperature
t Elapsed time
SOC Charging rate

(57) Abstract: This battery deterioration prediction device (10) comprises: a battery monitoring device (2) for monitoring the charging rate SOC of a battery (1) and the temperature T of the battery (1); and a calculation device (3) that calculates the remaining capacity rate f(t) of the battery (1) on the basis of the charging rate SOC, the temperature T, and the elapsed time t since monitoring of the battery (1) began. The remaining capacity rate f(t) is calculated using a first function formula including a first formula. The first formula includes an exponential function in which the value obtained by multiplying the elapsed time t by a deterioration coefficient a and -1 serves as a variable. The battery deterioration prediction device (10) predicts the deterioration state of the battery on the basis of the remaining capacity rate f(t) calculated using the first function formula.

WO 2022/009353 A1

［続葉有］

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：バッテリ劣化予測装置（１０）は、バッテリ（１）の充電率ＳＯＣ及びバッテリ（１）の温度Ｔを監視するバッテリ監視装置（２）と、充電率ＳＯＣ、温度Ｔ、及びバッテリ（１）の監視を開始してからの経過時間ｔに基づいてバッテリ（１）の容量残存率ｆ（ｔ）を演算する演算装置（３）とを備える。容量残存率ｆ（ｔ）は、第１式を含む第１の関数式を用いて演算される。第１式は、経過時間ｔに劣化係数ａとマイナス１とを乗じた値を変数とする指数関数を含む。バッテリ劣化予測装置（１０）は、第１の関数式を用いて演算された容量残存率ｆ（ｔ）に基づいてバッテリの劣化状態を予測する。

明 細 書

発明の名称 ：

バッテリ劣化予測装置、バッテリ劣化予測システム、及びバッテリ劣化予測のための準備方法

技術分野

[0001] 本開示は、バッテリの劣化状態を予測するバッテリ劣化予測装置、バッテリ劣化予測システム、及びバッテリ劣化予測のための準備方法に関する。

背景技術

[0002] バッテリがリチウムイオン電池の場合、従来のバッテリ劣化予測装置では、負極電極の劣化を主要因と考え、使用時間の平方根から求められる劣化率に基づいてバッテリの容量残存率を演算、演算された容量残存率に基づいてバッテリの寿命を予測する手法が多く用いられている。

[0003] 上記の従来手法に対し、下記特許文献１には、更に正極電極の劣化を考慮し、正負の２種類の電極の劣化式を組み合わせた関数式に基づいてバッテリの容量残存率を推定する手法が開示されている。具体的に、特許文献１の手法では、正極電極の劣化を主要因とする容量劣化については、使用時間に正の定数を乗じた値を変数とする指数関数を用いて表現されている。また、負極電極の劣化による容量劣化については、使用時間についての平方根関数を用いて表現されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１３－２５４７１０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１の手法における正極側の劣化式は、バッテリの寿命末期において急激に変化する劣化特性を表しているが、保存初期における正極電極の劣

化特性を表していない。このため、特許文献１の手法では、特に、正極電極の成分がバッテリ溶液内に溶出することで容量が低下するという劣化機構を有するバッテリの場合、容量残存率の推定が正確に行えないという問題がある。従って、特許文献１の手法では、電極成分のバッテリ溶液内への溶出に起因する劣化機構を有するバッテリの場合には、バッテリの劣化状態の予測が困難であった。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、電極成分のバッテリ溶液内への溶出に起因する劣化機構を有するバッテリの場合であっても、バッテリの劣化状態の予測が可能となるバッテリ劣化予測装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するため、本開示に係るバッテリ劣化予測装置は、バッテリの電極の成分の一部がバッテリの溶液内に溶出することで容量が劣化する第１の劣化機構を有するバッテリの劣化状態を予測するバッテリ劣化予測装置である。バッテリ劣化予測装置は、バッテリ監視装置と、演算装置とを備える。バッテリ監視装置は、バッテリの充電率及びバッテリの温度を監視する。演算装置は、充電率、温度、及びバッテリの監視を開始してからの経過時間に基づいて、バッテリの容量残存率を演算する。容量残存率は、第１式を含む第１の関数式を用いて演算される。第１式は、経過時間に第１の劣化係数とマイナス１とを乗じた値を変数とする指数関数を含む。バッテリ劣化予測装置は、第１の関数式を用いて演算された容量残存率に基づいてバッテリの劣化状態を予測する。

発明の効果

[0008] 本開示に係るバッテリ劣化予測装置によれば、電極成分のバッテリ溶液内への溶出に起因する劣化機構を有するバッテリの場合であっても、バッテリの劣化状態の予測が可能になるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態１に係るバッテリ劣化予測装置を備えたバッテリ劣化予測シ

ステムの構成例を示す図

[図2]実施の形態１に係るバッテリ劣化予測装置における劣化予測の処理フローを示すフローチャート

[図3]実施の形態１における事前実験の説明に使用する図

[図4]実施の形態１における演算装置の機能を具現するハードウェア構成の一例を示すブロック図

[図5]実施の形態１における演算装置の機能を具現するハードウェア構成の他の例を示すブロック図

[図6]実施の形態２に係るバッテリ劣化予測装置における劣化予測の処理フローを示すフローチャート

発明を実施するための形態

[0010] 以下に添付図面を参照し、本開示の実施の形態に係るバッテリ劣化予測装置、バッテリ劣化予測システム、及びバッテリ劣化予測のための準備方法について詳細に説明する。

[0011] 実施の形態１.

図１は、実施の形態１に係るバッテリ劣化予測装置を備えたバッテリ劣化予測システムの構成例を示す図である。実施の形態１に係るバッテリ劣化予測システム１００は、バッテリ１と、バッテリ劣化予測装置１０とを備える。バッテリ劣化予測装置１０は、バッテリ監視装置２と、演算装置３とを備える。

[0012] バッテリ１は、充放電可能な二次電池である。二次電池の一例は、リチウムイオン電池である。以下、バッテリ１がリチウムイオン電池である場合を想定した説明とするが、これに限定されない。バッテリ１が正極電極成分のバッテリ溶液内への溶出に起因する容量劣化機構を有するものである場合、当該バッテリへの適用が可能である。バッテリ１の他の例は、鉛蓄電池、ニッケル水素電池などである。

[0013] リチウムイオン電池などの二次電池は、使用しない状態、つまり充放電を行っていない状態であっても劣化が生じることが知られている。この劣化は

、保存劣化と呼ばれる。バッテリ１が使用されていない保存状態である場合、外部回路に電流が流れなくても、内部の活物質が酸化還元反応して少しずつ放電する。放電した電荷は、充電によって戻すことができる可逆過程と、回復せずに劣化につながる不可逆過程とがある。保存劣化は、充電率及び温度の影響によって進行度合いが変化する。充電率は、ＳＯＣ（Ｓｔａｔｅ　Ｏｆ　Ｃｈａｒｇｅ）とも呼ばれる。以下、本明細書では、充電率を「ＳＯＣ」と呼ぶ。また、本明細書では、「ＳＯＣ」を記号として扱って、「充電率ＳＯＣ」と表記する場合がある。

[0014]　バッテリ１の劣化が進行した場合、充電できるエネルギー容量が低下したり、供給できる最大パワーが低下したりする。また、バッテリ１は、充放電サイクルを繰り返すことで電極が膨張収縮し、疲労破壊によって、電極材料が剥離するなどの劣化現象が生じる。このような充放電に伴う劣化は、サイクル劣化と呼ばれている。サイクル劣化は、充放電時の電流値、温度、サイクルする充電率の範囲などの影響で進行度合いが変化する。

[0015]　バッテリ監視装置２は、バッテリ１の充電率ＳＯＣ及びバッテリ１の温度Ｔを監視する。演算装置３は、バッテリ監視装置２から温度Ｔ、経過時間ｔ、充電率ＳＯＣの情報を受信する。経過時間ｔは、バッテリ監視装置２がバッテリ１の監視を開始してからの経過時間、又は前回の受信から今回の受信までの経過時間である。演算装置３は、充電率ＳＯＣ、温度Ｔ及び経過時間ｔに基づいて、以下の（１）式により、バッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）を演算する。

[0016]　$f(t)=\exp(-a\times t)$ …（１）

[0017]　上記（１）式において、容量残存率ｆ（ｔ）は、経過時間ｔにおけるバッテリ１の初期容量に対する比率を表している。バッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）が分かれば、バッテリ１の劣化状態、即ち劣化の程度である劣化度の予測が可能となる。

[0018]　実施の形態１におけるバッテリ１は、電極の成分の一部がバッテリ１の溶液内に溶出することで、バッテリ１の容量が劣化する劣化機構を有している

。本明細書では、この劣化機構を適宜「第１の劣化機構」と呼ぶ。上記（１）式は、第１の劣化機構を考慮した式となっている。

[0019]　また、上記（１）式を変形した“１－ｅｘｐ（－ａ×ｔ）”の式を考える。この式は、第１の劣化機構における電極の劣化率を表すことになる。なお、第１の劣化機構による劣化は、正極電極が主である。このため、以下では、説明の対象を正極電極とする。また、正極電極の劣化率を「第１の劣化率」と記載する場合がある。

[0020]　次に、上記（１）式の導出手順について説明する。まず、電極の成分がバッテリ溶液内に溶出する反応速度を、電極成分の濃度と時間とに依存する一次反応として、以下の（２）式で表す。

[0021]　$-dC_A/dt = a \times C_A$ …（２）

[0022]　上記（２）式において、C_Aは電極成分の濃度であり、ａは反応速度定数であり、ｔは時間である。

[0023]　上記（２）式を$t=0$、$C_A=C_{A0}$で積分すると、以下の（３）式で表される。

[0024]　$\ln(C_A/C_{A0}) = -a \times t$ …（３）

[0025]　上記（３）式を変形すると、以下の（４）式が得られる。

[0026]　$C_A = C_{A0} \times \exp(-a \times t)$ …（４）

[0027]　よって、“C_A/C_{A0}”の対数値を時間に対してプロットしたグラフにおいて、プロットした値を結ぶ直線の勾配から、“－ａ”の値を得ることができる。

[0028]　電極成分の濃度がバッテリ容量に比例するとし、“C_A/C_{A0}”の値をバッテリの容量残存率と定義すれば、上記（４）式に基づいて、上記（１）式で示した容量残存率ｆ（ｔ）を導くことができる。

[0029]　$f(t) = \exp(-a \times t)$ …（１）（再掲）

[0030]　上記（１）式は、先に定義した第１の劣化率を表す“１－ｅｘｐ（－ａ×ｔ）”を用いて変形すると、以下の（５）式のように表すことができる。

[0031]　$f(t) = 1 - \{1 - \exp(-a \times t)\}$ …（５）

[0032] なお、以下では、上記（５）式における“ｅｘｐ（－ａ×ｔ）”を「第１式」と記載し、“１－｛１－ｅｘｐ（－ａ×ｔ）｝”を「第１の関数式」と記載する場合がある。

[0033] また、上記（４）式に示されるように、反応速度定数ａは、時間ｔに乗算される係数となる。従って、反応速度定数ａは、第１の劣化機構を有するバッテリ１においては、正極電極の劣化率を決める劣化係数として取り扱うことができる。この意味で、本明細書においては、反応速度定数を「劣化係数」と呼ぶ。なお、後述する負極電極の劣化係数と区別するため、正極電極の劣化係数を「第１の劣化係数」と記載する場合がある。

[0034] 劣化係数ａは、温度に依存性が有り、頻度因子Ａｓと活性化エネルギーＥｓとを有するアレニウス式に従って、以下の（６）式で表すことができる。

[0035] ａ＝Ａｓ×ｅｘｐ（－Ｅｓ／ＲＴ）…（６）

[0036] 上記（６）式において、Ｒは気体定数であり、Ｔは温度である。

[0037] 活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓの自然対数値であるｌｎ（Ａｓ）は、充電率ＳＯＣに対する依存性があり、充電率ＳＯＣに対してそれぞれ比例関係を有する。

[0038] 従って、活性化エネルギーＥｓは、定数ｃ，ｄを用いて、以下の（７）式のように、充電率ＳＯＣの一次式で表すことができる。

[0039] Ｅｓ＝ｃ×ＳＯＣ＋ｄ…（７）

[0040] 同様に、頻度因子Ａｓは、定数ｇ，ｈを用いて、以下の（８）式のように、充電率ＳＯＣの一次式で表すことができる。

[0041] ｌｎ（Ａｓ）＝ｇ×ＳＯＣ＋ｈ…（８）

[0042] 上記（６）～（８）式を用いれば、第１の劣化機構を有するバッテリ１に対し、バッテリ１の温度Ｔとバッテリ１の充電率ＳＯＣを測定することで、劣化係数ａを演算することが可能になる。

[0043] 次に、実施の形態１に係るバッテリ劣化予測装置１０における劣化予測処理のフローについて説明する。図２は、実施の形態１に係るバッテリ劣化予測装置における劣化予測の処理フローを示すフローチャートである。図２の

処理は、演算装置３によって実行される。

[0044] ステップＳ１０１の処理では、バッテリ監視装置２から入力される充電率ＳＯＣの情報が用いられる。ステップＳ１０１において、演算装置３は、上記（７），（８）式に基づいて、活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓの自然対数値ｌｎ（Ａｓ）を演算する。活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓの自然対数値ｌｎ（Ａｓ）の演算に必要な定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈは、予め、予測対象のバッテリに対する保存試験を行うことで準備することができる。

[0045] 次のステップＳ１０２の処理では、ステップＳ１０１で演算された活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓの情報と、バッテリ監視装置２から入力される温度Ｔの情報とが用いられる。ステップＳ１０２において、演算装置３は、上記（６）式に基づいて、劣化係数ａを演算する。

[0046] 次のステップＳ１０３の処理では、ステップＳ１０２で演算された劣化係数ａの情報と、バッテリ監視装置２から入力される経過時間ｔの情報とが用いられる。ステップＳ１０３において、演算装置３は、上記（５）式、又は上記（１）式に基づいて、経過時間ｔにおけるバッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）を演算する。なお、バッテリ１が非使用の状態、即ち保存状態にある場合、経過時間は「保存時間」とも呼ばれる。

[0047] 劣化係数ａの演算に用いる定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈについては、例えば実験により、事前に算出しておく。以下、具体的な処理手順について、図３を参照して説明する。図３は、実施の形態１における事前実験の説明に使用する図である。

[0048] 図３の横軸は保存時間ｔを表し、縦軸は容量残存率ｆ（ｔ）を表している。また、図３には、温度Ｔについて２水準、充電率ＳＯＣについて３水準、合計で２×３＝６水準のテストパターンによる容量残存率ｆ（ｔ）のプロット値が示されている。各テストパターンの内容は、以下の通りである。

[0049] テスト１：Ｔ＝Ｔ１，ＳＯＣ＝ＳＯＣ１

テスト２：Ｔ＝Ｔ２，ＳＯＣ＝ＳＯＣ１

テスト３：Ｔ＝Ｔ１，ＳＯＣ＝ＳＯＣ２

テスト４：Ｔ＝Ｔ２，ＳＯＣ＝ＳＯＣ２

テスト５：Ｔ＝Ｔ１，ＳＯＣ＝ＳＯＣ３

テスト６：Ｔ＝Ｔ２，ＳＯＣ＝ＳＯＣ３

[0050] なお、上記Ｔ１，Ｔ２の間には、Ｔ１＜Ｔ２の関係がある。また、ＳＯＣ１～ＳＯＣ３の間には、ＳＯＣ１＞ＳＯＣ２＞ＳＯＣ３の関係がある。

[0051] まず、テスト１～テスト６のそれぞれのグラフをｆ（ｔ）に対して最小二乗法を用いてフィッティングを行い、それぞれのテスト毎にａ値を演算する。ａ値は、劣化係数ａの値である。演算したａ値は、演算装置３に保持しておく。

[0052] また、テスト１～テスト６の各プロットにおいて、ＳＯＣ値が同じで温度Ｔが異なるものを抽出する。そして、上記で求めたａ値の自然対数値ｌｎ（ａ）をそれぞれのテストにおける温度Ｔの逆数１／Ｔに対してプロットする。ここでの詳細な結果は割愛するが、本願発明者らによる実験によって、良好な直線関係が得られている。これにより、同じＳＯＣ値において、劣化係数ａと、頻度因子Ａｓ及び活性化エネルギーＥｓとの関係が、アレニウスの式に従うことが確認されている。

[0053] 得られた直線の傾き－Ｅｓ／Ｒ（Ｒ：気体定数）から、各ＳＯＣにおける電極劣化の活性化エネルギーＥｓを演算することができる。また、得られた直線の切片ｌｎ（Ａｓ）から、電極劣化の頻度因子Ａｓを演算することができる。

[0054] 同様な手順により、別のＳＯＣ値の場合の活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓも演算する。幾つかのＳＯＣ値で演算された活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓのそれぞれを ＳＯＣ値に対してプロットする。ここでの詳細な結果は割愛するが、ＳＯＣ値に対する活性化エネルギーＥｓ、及びＳＯＣ値に対する頻度因子Ａｓの何れも、良好な直線近似式が得られている。

[0055] ＳＯＣ値に対する活性化エネルギーＥｓの直線近似式において、その傾きから定数ｃを得ることができ、その切片から定数ｄを得ることができる。また、ＳＯＣ値に対する頻度因子Ａｓの直線近似式において、その傾きから定

数ｇを得ることができ、その切片から定数ｈを得ることができる。

[0056]　以上の手順により、定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈの準備が可能となる。演算された定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈの値は、演算装置３に保持される。

[0057]　また、任意の経過時間ｔにおける容量残存率ｆ（ｔ）は、以下の手順で演算することができる。

[0058]　まず、予測対象のバッテリ１の保存時におけるＳＯＣと、準備した定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈとに基づいて、劣化係数ａを演算するために必要な活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓを演算する。次に、演算された活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓと、保存時の温度Ｔとに基づいて、劣化係数ａを演算する。そして、演算された劣化係数ａと経過時間ｔとに基づいて容量残存率ｆ（ｔ）を演算する。以上の手順により、任意の経過時間ｔにおける容量残存率ｆ（ｔ）を演算することができる。

[0059]　また、バッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）が求まれば、以下の（９）式を用いて、バッテリ１の残存容量ＣＡＰを演算することができる。

[0060]　ＣＡＰ＝ＣＡＰ_０×ｆ（ｔ）…（９）

[0061]　上記（９）式において、ＣＡＰ_０は、バッテリ１の初期容量である。

[0062]　以上のように、実施の形態１の手法を用いれば、事前にバッテリ１の保存予定の範囲で最低限の少ない水準数（上記例では６水準）の温度及びＳＯＣによる環境下での保存試験を実施することで、バッテリ１の保存予定の範囲における劣化係数ａを求めるための定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈを得ることができる。これにより、バッテリ監視装置２から温度Ｔ、充電率ＳＯＣ、経過時間ｔを演算装置３に入力することで、経過時間ｔにおける劣化係数ａを演算することができる。また、経過時間ｔにおけるバッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）、及びバッテリ１の残存容量ＣＡＰを演算することができる。

[0063]　バッテリ１の設計段階では、まず、上記の手順で準備した定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈ及び劣化係数ａの値に基づいて、予定される時間ｔにおける保存充電率及び保存温度での容量残存率ｆ（ｔ）を演算する。そして、バッテリ１の初期容量ＣＡＰ_０と容量残存率ｆ（ｔ）との積により算出されるバッテリ１の

残存容量ＣＡＰが、時間ｔにおいて要求される必要な値になるよう、バッテリ１の初期容量ＣＡＰ_０を決定する。これにより、バッテリ１の搭載量を決定することができる。

[0064] バッテリ１の設計段階で想定されるバッテリの保存条件の例として、第１の時間ｔ_０から第２の時間ｔ_１までは、充電率ＳＯＣがＳＯＣ_１、温度ＴがＴ_１で保存され、第２の時間ｔ_１から第３の時間ｔ_２までは、充電率ＳＯＣがＳＯＣ_２、温度ＴがＴ_２で保存される条件を考える。この保存条件において、第２の時間ｔ_１における容量残存率ｆ（ｔ）_１は、ＳＯＣ_１及びＴ_１を用いて演算することができる。また、第２の時間ｔ_１における残存容量ＣＡＰ_１は、容量残存率ｆ（ｔ）_１と初期容量ＣＡＰ_０との積により演算することができる。同様に、第３の時間ｔ_２における容量残存率ｆ（ｔ）_２は、ＳＯＣ_２及びＴ_２を用いて演算することができる。また、第３の時間ｔ_２における残存容量ＣＡＰ_２は、容量残存率ｆ（ｔ）_２と、第２の時間ｔ_１における残存容量ＣＡＰ_１との積により演算することができる。

[0065] バッテリ１が設置される環境又は季節によって環境温度が変化する場合でも、例えば１か月ごとの平均温度と、同期間における充電率とに基づいて、同様な演算を繰り返すことで、任意の時間ｔ_ｘにおける残存容量ＣＡＰ_ｘを演算することができる。保存充電率が変化することが予定されている場合においても、同様な演算処理を繰り返して行えば、任意の時間ｔ_ｘにおける残存容量ＣＡＰ_ｘを演算することができる。

[0066] 以上のように、バッテリ１の設計段階において、保存劣化の期間における温度Ｔと充電率ＳＯＣとが予め分かっていれば、最終的な時間ｔ_ｘにおいて必要とされる残存容量ＣＡＰ_ｘが得られるように、初期容量ＣＡＰ_０を決定することができる。従って、実施の形態１の手法を用いれば、必要なバッテリ搭載量を精度よく見積もることができる。

[0067] また、バッテリ１の使用時においては、バッテリ監視装置２によって、保存温度と保存充電率とが監視される。ここでは、バッテリ監視装置２によっ

て、第４の時間ｔ＿３から第５の時間ｔ＿４まで、充電率ＳＯＣがＳＯＣ＿３、温度ＴがＴ＿３で保存されたことが監視されたとする。この場合、第４の時間ｔ＿３から第５の時間ｔ＿４までのＳＯＣ＿３及びＴ＿３の実測値を演算装置３に入力することで、第４の時間ｔ＿３における容量残存率ｆ（ｔ）＿３を演算することができる。また、容量残存率ｆ（ｔ）＿３と初期容量ＣＡＰ＿０との積により、第４の時間ｔ＿３における残存容量ＣＡＰ＿３を演算することができる。

[0068] 同様に、バッテリ監視装置２によって、第５の時間ｔ＿４から第６の時間ｔ＿５まで、充電率ＳＯＣがＳＯＣ＿４、温度ＴがＴ＿４で保存されたことが監視されたとする。この場合、第５の時間ｔ＿４から第６の時間ｔ＿５までのＳＯＣ＿４及びＴ＿４の実測値を演算装置３に入力することで、第５の時間ｔ＿４における容量残存率ｆ（ｔ）＿４を演算することができる。また、容量残存率ｆ（ｔ）＿４と、第４の時間ｔ＿３における残存容量ＣＡＰ＿３との積により、第５の時間ｔ＿４における残存容量ＣＡＰ＿４を演算することができる。

[0069] 同様な演算処理を繰り返して行えば、実測された温度Ｔ及び充電率ＳＯＣの情報に基づいて、任意の時間ｔ＿ｘにおける残存容量ＣＡＰ＿ｘを演算することができる。

[0070] なお、設計段階で想定された保存温度及び保存充電率が実運転時に変更になっていれば、バッテリ１の劣化状態が設計段階で想定された状態とは異なることが予想される。このような場合でも、保存温度及び保存充電率の実測値を演算装置３に入力することで、実運転に沿って予測値を修正することができる。

[0071] 任意の時間ｔ＿ｘにおける残存容量ＣＡＰ＿ｘの値を実運転に沿って修正した後、それ以降の時間ｔ＿ｘから時間ｔ＿ｘｘまで保存を継続した場合も同様な予測が可能である。まず、時間ｔ＿ｘｘまでに予定される保存充電率ＳＯＣ＿ｘｘ及び温度Ｔ＿ｘｘの情報に基づいて容量残存率ｆ（ｔ）＿ｘｘを演算する。次に、時間ｔ＿ｘにおける残存容量ＣＡＰ＿ｘと容量残存率ｆ（ｔ）＿ｘｘとの積により、ＣＡＰ＿ｘｘを演算する。予定される保存充電率及び保存温度が

複雑に変化する場合でも、同様の処理を行って各時間帯ごとに容量残存率ｆ（ｔ）の演算を行えば、任意の時間ｔ＿ｘｘにおける残存容量ＣＡＰ＿ｘｘを演算することができる。

[0072] 以上の処理を行うことにより、初期に想定された保存充電率及び保存温度が保存期間の途中で変更になった場合も、随時に実測された充電率ＳＯＣ及び温度Ｔを用いれば、バッテリ１の残存容量の予測値を修正することができる。これにより、バッテリ１の保守、点検、交換などの時期を予測することが可能になる。また、温度Ｔ及び充電率ＳＯＣの保存条件が変更された場合でも、予測値の修正が可能である。

[0073] 以上説明したように、実施の形態１に係るバッテリ劣化予測装置によれば、演算装置は、充電率、温度、及びバッテリの監視を開始してからの経過時間に基づいて、バッテリの容量残存率を演算する。容量残存率は、第１式を含む第１の関数式を用いて演算される。第１式は、経過時間に第１の劣化係数とマイナス１とを乗じた値を変数とする指数関数を含む。バッテリ劣化予測装置は、第１の関数式を用いて演算された容量残存率に基づいてバッテリの劣化状態を予測する。これにより、劣化予測の対象が第１の劣化機構を有するバッテリであっても、劣化状態の予測を行うことが可能となる。

[0074] また、実施の形態１に係るバッテリ劣化予測装置によれば、演算装置は、現在よりも前の経過時間までに、バッテリ監視装置から取り込んだ温度及び充電率の情報を使用し、上記の定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈに基づいて現在の劣化係数ａを演算することができる。そして、演算した現在の劣化係数ａに基づいて、現在の容量残存率と、現在よりも後の経過時間における将来の容量残存率とを演算することができる。これにより、バッテリの温度及び充電率のうちの少なくとも１つが異なる条件下において、任意の経過時間におけるバッテリの劣化予測を行うことができる。また、それまでの運転履歴を入力して再計算することで、バッテリの容量残存率の演算値を修正し、劣化予測を修正することができる。また、再計算時においても、温度と、ＳＯＣと、経過時間の入力値とを改めるのみで、予め準備した定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈを使用す

ることができる。新たな定数を準備する必要がないので、演算装置の負荷を軽減することが可能となる。

[0075] また、実施の形態１に係るバッテリ劣化予測のための準備方法は、以下に示す第１のステップ～第７のステップを含む処理とすることができる。第１ステップでは、予測対象のバッテリは、予め定めた充電率の数点と、予め定めた温度の数点とを組み合わせた条件で保存される。第２ステップでは、保存時間ごとにバッテリの容量残存率が測定される。第３ステップでは、保存時間に対してプロットしたグラフに容量残存率を表す式をフィッティングする処理が行われる。第４ステップでは、任意の経過時間における第１の劣化係数が演算される。第５ステップでは、充電率が同じで温度が異なるものを抽出し、第４ステップで求めた第１の劣化係数の自然対数値を温度の逆数に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいて頻度因子及び活性化エネルギーが演算される。第６ステップでは、第５ステップで用いた充電率とは異なる充電率で頻度因子及び活性化エネルギーが演算される。第７ステップでは、第５ステップ及び第６ステップで求めた頻度因子及び活性化エネルギーを充電率に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいてバッテリの劣化予測で用いる定数が演算される。以上の処理により、第１の劣化機構を劣化の主要因とするバッテリにおいて、最低限の少ない水準数の温度及び充電率による環境下での保存試験を実施することで、バッテリの保存予定の範囲における第１の劣化係数を求めるための定数を得ることができる。これにより、演算装置の負荷を抑制しつつ、バッテリ監視装置から温度、充電率、経過時間を演算装置に入力することで、経過時間における第１の劣化係数を演算することができる。また、演算装置の負荷を抑制しつつ、経過時間におけるバッテリの容量残存率及びバッテリの残存容量を演算することができる。

[0076] 次に、実施の形態１における演算装置の機能を実現するためのハードウェア構成について、図４及び図５の図面を参照して説明する。図４は、実施の形態１における演算装置の機能を実現するハードウェア構成の一例を示すブ

ロック図である。図５は、実施の形態１における演算装置の機能を実現するハードウェア構成の他の例を示すブロック図である。

[0077] 実施の形態１における演算装置３の機能の一部又は全部を実現する場合には、図４に示されるように、プロセッサ２００、メモリ２０２、信号の入出力を行うインタフェース２０４及び演算情報を表示するための表示器２０６を含む構成とすることができる。

[0078] プロセッサ２００は、上述した演算処理を行う。メモリ２０２は、プロセッサ２００によって読みとられるプログラムであり、実施の形態１における演算装置３の機能を実行するプログラムが格納される。メモリ２０２は、プロセッサ２００の演算処理の作業領域としても用いられる。インタフェース２０４は、演算装置３とバッテリ監視装置２との間の信号入出力の環境を提供する。表示器２０６は、必要に応じて演算装置３が行った演算処理の結果を表示する。

[0079] プロセッサ２００は、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）、又はＤＳＰ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｓｉｇｎａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ）といった演算手段であってもよい。また、メモリ２０２には、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）、ＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）、フラッシュメモリ、ＥＰＲＯＭ（Ｅｒａｓａｂｌｅ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　ＲＯＭ）、ＥＥＰＲＯＭ（登録商標）（Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌｌｙ　ＥＰＲＯＭ）といった不揮発性又は揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、ＤＶＤ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ　Ｄｉｓｃ）を例示することができる。

[0080] プロセッサ２００は、インタフェース２０４を介して必要な情報を授受し、メモリ２０２に格納されたプログラムをプロセッサ２００が実行し、メモリ２０２に格納されたテーブルをプロセッサ２００が参照することにより、上述した処理を行うことができる。テーブルには、予め作成された定数ｃ，

ｄ，ｇ，ｈと、後述の実施の形態２で用いる定数ｉ，ｊ，ｍ，ｎとが格納される。プロセッサ２００による演算結果は、メモリ２０２に記憶することができる。

[0081] また、実施の形態１における演算装置３の機能の一部を実現する場合には、図５に示す処理回路２０３を用いることもできる。処理回路２０３は、単一回路、複合回路、ＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ Ｓｐｅｃｉｆｉｃ Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）、ＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ－Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｇａｔｅ Ａｒｒａｙ）、又は、これらを組み合わせたものが該当する。処理回路２０３に入力する情報、及び処理回路２０３から出力する情報は、インタフェース２０４を介して入手することができる。

[0082] なお、演算装置３における一部の処理を処理回路２０３で実施し、処理回路２０３で実施しない処理をプロセッサ２００及びメモリ２０２で実施してもよい。

[0083] 実施の形態２．

次に、実施の形態２について説明する。実施の形態２に係るバッテリ劣化予測装置を含むバッテリ劣化予測システムの構成は、実施の形態１に係るバッテリ劣化予測システム１００の構成と同じである。実施の形態２と実施の形態１とでは、バッテリ１のタイプが異なる。実施の形態２では、実施の形態１と異なる部分を中心に説明し、重複する内容の説明は、適宜省略する。

[0084] 実施の形態２におけるバッテリ１は、実施の形態１で説明した第１の劣化機構を有する。実施の形態２におけるバッテリ１は、更に、バッテリ１の負極電極において不働態被膜（Ｓｏｌｉｄ Ｅｌｅｃｔｒｏｌｙｔｅ Ｉｎｔｅｒｐｈａｓｅ：ＳＥＩ）が成長することで容量が劣化する劣化機構を有する。本明細書では、負極電極に関する劣化機構を適宜「第２の劣化機構」と呼ぶ。

[0085] バッテリ監視装置２は、バッテリ１の充電率ＳＯＣ及びバッテリ１の温度Ｔを監視する。演算装置３は、バッテリ監視装置２から温度Ｔ、経過時間ｔ

、充電率ＳＯＣの情報を受信する。経過時間ｔは、バッテリ監視装置２がバッテリ１の監視を開始してからの経過時間、又は前回の受信から今回の受信までの経過時間である。実施の形態２における演算装置３は、充電率ＳＯＣ、温度Ｔ及び経過時間ｔに基づいて、以下の（１０）式により、バッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）を演算する。

[0086] ｆ（ｔ）＝1－［｛1－ｅｘｐ（－ａ×ｔ）｝＋｛ｂ×ｔ＾（1／2）｝］…（１０）

[0087] 負極電極の劣化は、負極電極の表面に電解液の副反応により堆積する不働態被膜の成長に起因して起こる。上記（１０）式における“ｂ×ｔ＾（1／2）”は、第２の劣化機構における負極電極の劣化率を表している。以下、負極電極の劣化率を「第２の劣化率」と記載する場合がある。

[0088] また、以下では、上記（１０）式における“ｂ×ｔ＾（1／2）”を「第２式」と記載し、上記（１０）式の全体を「第２の関数式」と記載する場合がある。

[0089] 時間ｔの平方根“ｔ＾（１／２）”に乗算される係数ｂは、負極電極の劣化率を決める劣化係数である。この意味で、本明細書においては、係数ｂを「劣化係数ｂ」と呼ぶ。なお、正極電極の劣化係数ａと区別するため、劣化係数ｂを「第２の劣化係数」と記載する場合がある。

[0090] 劣化係数ｂは、温度に依存性が有り、頻度因子Ａｆと活性化エネルギーＥｆとを有するアレニウス式に従って、以下の（１１）式で表すことができる。

[0091] ｂ＝Ａｆ×ｅｘｐ（－Ｅｆ／ＲＴ）…（１１）

[0092] 上記（１１）式において、Ｒは気体定数であり、Ｔは温度である。

[0093] 活性化エネルギーＥｆ及び頻度因子Ａｆの自然対数値であるｌｎ（Ａｆ）は、充電率ＳＯＣに対する依存性があり、充電率ＳＯＣに対してそれぞれ比例関係を有する。

[0094] 従って、活性化エネルギーＥｆは、定数ｉ，ｊを用いて、以下の（１２）式のように、充電率ＳＯＣの一次式で表すことができる。

[0095]　Ｅｆ＝ｉ×ＳＯＣ＋ｊ…（１２）

[0096]　同様に、頻度因子Ａｆは、定数ｍ，ｎを用いて、以下の（１３）式のように、充電率ＳＯＣの一次式で表すことができる。

[0097]　ｌｎ（Ａｆ）＝ｍ×ＳＯＣ＋ｎ…（１３）

[0098]　上記（１１）～（１３）式を用いれば、第２の劣化機構を有するバッテリに対し、バッテリ１の温度Ｔとバッテリ１の充電率ＳＯＣを測定することで、劣化係数ｂを演算することが可能になる。

[0099]　なお、正極電極の劣化に関係する頻度因子Ａｓと、負極電極の劣化に関係する頻度因子Ａｆとを区別するため、前者を「第１の頻度因子」と記載し、後者を「第２の頻度因子」と記載する場合がある。また、正極電極の劣化に関係する活性化エネルギーＥｓと、負極電極の劣化に関係する活性化エネルギーＥｆとを区別するため、前者を「第１の活性化エネルギー」と記載し、後者を「第２の活性化エネルギー」と記載する場合がある。

[0100]　次に、実施の形態２に係るバッテリ劣化予測装置１０における劣化予測処理のフローについて説明する。図６は、実施の形態２に係るバッテリ劣化予測装置における劣化予測の処理フローを示すフローチャートである。図６において、図２と同一又は同等の処理内容については、図２と同一の符号で示している。図６の処理は、演算装置３によって実行される。

[0101]　ステップＳ１０１，Ｓ１０２の処理は、図２と同一又は同等であり、ここでの説明は省略する。ステップＳ２０１において、演算装置３は、上記（１２），（１３）式に基づいて、活性化エネルギーＥｆ及び頻度因子Ａｆの自然対数値ｌｎ（Ａｆ）を演算する。活性化エネルギーＥｆ及び頻度因子Ａｆの自然対数値ｌｎ（Ａｆ）の演算に必要な定数ｉ，ｊ，ｍ，ｎは、予め、予測対象のバッテリに対する保存試験を行うことで準備することができる。

[0102]　次のステップＳ２０２の処理では、ステップＳ２０１で演算された活性化エネルギーＥｆ及び頻度因子Ａｆの情報と、バッテリ監視装置２から入力される温度Ｔの情報とが用いられる。ステップＳ２０２において、演算装置３は、上記（１１）式に基づいて、劣化係数ｂを演算する。

[0103] 次のステップＳ２０３の処理では、ステップＳ１０２で演算された劣化係数ａの情報と、ステップＳ２０２で演算された劣化係数ｂの情報と、バッテリ監視装置２から入力される経過時間ｔの情報とが用いられる。ステップＳ２０３において、演算装置３は、上記（１０）式に基づいて、経過時間ｔにおけるバッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）を演算する。

[0104] 劣化係数ｂの演算に用いる定数ｉ，ｊ，ｍ，ｎについては、実施の形態１と同様な方法により、事前に算出しておくことができる。算出手法は、実施の形態１と同様であり、ここでの説明は省略する。事前に算出された定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈ，ｉ，ｊ，ｍ，ｎは、演算装置３に保持しておく。

[0105] 実施の形態２において、任意の経過時間ｔにおける容量残存率ｆ（ｔ）は、以下の手順で演算することができる。

[0106] まず、予測対象のバッテリ１の保存時におけるＳＯＣと、準備した定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈとに基づいて、劣化係数ａを演算するために必要な活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓを演算する。次に、演算された活性化エネルギーＥｓ及び頻度因子Ａｓと、保存時の温度Ｔとに基づいて、劣化係数ａを演算する。同様に、予測対象のバッテリ１の保存時におけるＳＯＣと、準備した定数ｉ，ｊ，ｍ，ｎとに基づいて、劣化係数ｂを演算するために必要な活性化エネルギーＥｆ及び頻度因子Ａｆを演算する。そして、演算された活性化エネルギーＥｆ及び頻度因子Ａｆと、保存時の温度Ｔとに基づいて、劣化係数ｂを演算する。次に、演算された劣化係数ａ，ｂと、経過時間ｔとに基づいて容量残存率ｆ（ｔ）を演算する。以上の手順により、任意の経過時間ｔにおける容量残存率ｆ（ｔ）を演算することができる。

[0107] また、バッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）が求まれば、上記（９）式を用いて、バッテリ１の残存容量ＣＡＰを演算することができる。

[0108] 以上のように、実施の形態２の手法を用いれば、事前にバッテリ１の保存予定の範囲で最低限の少ない水準数（上記例では６水準）の温度及びＳＯＣによる環境下での保存試験を実施することで、バッテリ１の保存予定の範囲における劣化係数ａ，ｂを求めるための定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈ，ｉ，ｊ，ｍ，

ｎを得ることができる。これにより、バッテリ監視装置２から温度Ｔ、充電率ＳＯＣ、経過時間ｔを演算装置３に入力することで、経過時間ｔにおける劣化係数ａ，ｂを演算することができる。また、経過時間ｔにおけるバッテリ１の容量残存率ｆ（ｔ）、及びバッテリ１の残存容量ＣＡＰを演算することができる。

[0109] なお、バッテリ１の設計段階における考慮事項、実運転時における予測値の修正処理等については、実施の形態１で説明した内容と同等であり、ここでの説明は省略する。

[0110] 以上説明したように、実施の形態２に係るバッテリ劣化予測装置によれば、演算装置は、充電率、温度、及びバッテリの監視を開始してからの経過時間に基づいて、バッテリの容量残存率を演算する。容量残存率は、第１式と第２式とを含む第２の関数式を用いて演算される。第１式は、経過時間に第１の劣化係数とマイナス１とを乗じた値を変数とする指数関数を含む。第２式は、経過時間の平方根に第２の劣化係数を乗じた値を変数とする平方根関数を含む。バッテリ劣化予測装置は、第２の関数式を用いて演算された容量残存率に基づいてバッテリの劣化状態を予測する。これにより、劣化予測の対象が第１及び第２の劣化機構を有するバッテリであっても、劣化状態の予測を行うことが可能となる。

[0111] また、実施の形態２に係るバッテリ劣化予測装置によれば、演算装置は、現在よりも前の経過時間までに、バッテリ監視装置から取り込んだ温度及び充電率の情報を使用し、上記の定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈ，ｉ，ｊ，ｍ，ｎに基づいて、現在の第１及び第２の劣化係数を演算することができる。そして、演算した現在の第１及び第２の劣化係数に基づいて、現在の容量残存率と、現在よりも後の経過時間における将来の容量残存率とを演算することができる。これにより、バッテリの温度及び充電率のうちの少なくとも１つが異なる条件下において、任意の経過時間におけるバッテリの劣化予測を行うことができる。また、それまでの運転履歴を入力して再計算することで、バッテリの容量残存率の演算値を修正し、劣化予測を修正することができる。また、

再計算時においても、温度と、ＳＯＣと、経過時間の入力値とを改めるのみで、予め準備した定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈ，ｉ，ｊ，ｍ，ｎを使用することができる。新たな定数を準備する必要がないので、演算装置の負荷を軽減することが可能となる。

[0112] また、実施の形態２に係るバッテリ劣化予測のための準備方法は、以下に示す第１のステップ～第９のステップを含む処理とすることができる。第１ステップでは、予測対象のバッテリは、予め定めた充電率の数点と、予め定めた温度の数点とを組み合わせた条件で保存される。第２ステップでは、保存時間ごとにバッテリの容量残存率が測定される。第３ステップでは、保存時間に対してプロットしたグラフに容量残存率を表す式をフィッティングする処理が行われる。第４ステップでは、任意の経過時間における第１及び第２の劣化係数が演算される。第５ステップでは、充電率が同じで温度が異なるものを抽出し、第４ステップで求めた第１の劣化係数の自然対数値を温度の逆数に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいて第１の頻度因子及び第１の活性化エネルギーが演算される。第６ステップでは、第５ステップで用いた充電率とは異なる充電率で第１の頻度因子及び第１の活性化エネルギーが演算される。第７ステップでは、充電率が同じで温度が異なるものを抽出し、第４ステップで求めた第２の劣化係数の自然対数値を温度の逆数に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいて第２の頻度因子及び第２の活性化エネルギーが演算される。第８ステップでは、第７ステップで用いた充電率とは異なる充電率で第２の頻度因子及び第２の活性化エネルギーが演算される。第９ステップでは、第５及び第６ステップで求めた第１の頻度因子及び第１の活性化エネルギーを充電率に対してプロットすることで得られる直線近似式と、第７及び第８ステップで求めた第２の頻度因子及び第２の活性化エネルギーを充電率に対してプロットすることで得られる直線近似式と、に基づいてバッテリの劣化予測で用いる定数が演算される。以上の処理により、第１の劣化機構と第２の劣化機構とを具備するバッテリにおいて、最低限の少ない水準数の温度及び充電率による環境下での

保存試験を実施することで、バッテリの保存予定の範囲における第１の劣化係数を求めるための定数を得ることができる。これにより、演算装置の負荷を抑制しつつ、バッテリ監視装置から温度、充電率、経過時間を演算装置に入力することで、経過時間における第１の劣化係数を演算することができる。また、演算装置の負荷を抑制しつつ、経過時間におけるバッテリの容量残存率及びバッテリの残存容量を演算することができる。

[0113] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0114] １　バッテリ、２　バッテリ監視装置、３　演算装置、１０　バッテリ劣化予測装置、１００　バッテリ劣化予測システム、２００　プロセッサ、２０２　メモリ、２０３　処理回路、２０４　インタフェース、２０６　表示器。

請求の範囲

[請求項1] バッテリの電極の成分の一部が前記バッテリの溶液内に溶出することで容量が劣化する第１の劣化機構を有する前記バッテリの劣化状態を予測するバッテリ劣化予測装置であって、

前記バッテリの充電率及び前記バッテリの温度を監視するバッテリ監視装置と、

前記充電率、前記温度、及び前記バッテリの監視を開始してからの経過時間に基づいて、前記バッテリの容量残存率を演算する演算装置と、

を備え、

前記容量残存率は、第１式を含む第１の関数式を用いて演算され、

前記第１式は、前記経過時間に第１の劣化係数とマイナス１とを乗じた値を変数とする指数関数を含み、

前記第１の関数式を用いて演算された前記容量残存率に基づいて前記バッテリの劣化状態を予測する

ことを特徴とするバッテリ劣化予測装置。

[請求項2] 前記第１の劣化係数は、前記第１の劣化機構によって劣化する正極電極の劣化係数であり、

前記第１の劣化係数をａで表し、前記経過時間をｔで表すときに、前記第１式は、前記経過時間ｔを用いて、ｅｘｐ（－ａ×ｔ）で表され、

前記第１の劣化機構に起因する前記バッテリの容量劣化率である第１の劣化率は、前記第１式を用いて、１－ｅｘｐ（－ａ×ｔ）で表され、

前記容量残存率の演算式は、前記第１の劣化率を表す式を用いて、１－｛１－ｅｘｐ（－ａ×ｔ）｝で表される

ことを特徴とする請求項１に記載のバッテリ劣化予測装置。

[請求項3] バッテリの正極電極の成分の一部が前記バッテリの溶液内に溶出す

ることで容量が劣化する第１の劣化機構と、前記バッテリの負極電極において不働態被膜が成長することで前記容量が劣化する第２の劣化機構とを有する前記バッテリの劣化状態を予測するバッテリ劣化予測装置であって、

前記バッテリの充電率及び前記バッテリの温度を監視するバッテリ監視装置と、

前記充電率、前記温度、及び前記バッテリの監視を開始してからの経過時間に基づいて、前記バッテリの容量残存率を演算する演算装置と、

を備え、

前記容量残存率は、第１式と第２式とを含む第２の関数式を用いて演算され、

前記第１式は、前記経過時間に第１の劣化係数とマイナス１とを乗じた値を変数とする指数関数を含み、

前記第２式は、前記経過時間の平方根に第２の劣化係数を乗じた値を変数とする平方根関数を含み、

前記第２の関数式を用いて演算された前記容量残存率に基づいて前記バッテリの劣化状態を予測する

ことを特徴とするバッテリ劣化予測装置。

[請求項4] 前記第１の劣化係数は、前記第１の劣化機構によって劣化する前記正極電極の劣化係数であり、

前記第１の劣化係数をａで表し、前記経過時間をｔで表すときに、前記第１式は、前記経過時間ｔを用いて、ｅｘｐ（－ａ×ｔ）で表され、

前記第１の劣化機構に起因する前記バッテリの容量劣化率である第１の劣化率は、前記第１式を用いて、１－ｅｘｐ（－ａ×ｔ）で表され、

前記第２の劣化係数は、前記負極電極の劣化係数であり、

前記第２の劣化係数をｂで表すときに、前記第２式は、前記経過時間ｔを用いて、ｂ×ｔ＾（１／２）で表され、

前記第２式は、前記第２の劣化機構に起因する前記バッテリの容量劣化率である第２の劣化率を表し、

前記容量残存率の演算式は、前記第１及び第２の劣化率を表す式を用いて、１－［｛１－ｅｘｐ（－ａ×ｔ）｝＋ｂ×ｔ＾（１／２）］で表される

ことを特徴とする請求項３に記載のバッテリ劣化予測装置。

[請求項5] 前記第１の劣化係数ａは、活性化エネルギーＥｓと頻度因子Ａｓとを含むアレニウス式に従って、以下の（１）式で表され、

前記活性化エネルギーＥｓは、充電率ＳＯＣの一次式として、定数ｃ，ｄを用いて、以下の（２）式で表され、

前記頻度因子Ａｓの自然対数値ｌｎ（Ａｓ）は、定数ｇ，ｈを用いて前記充電率ＳＯＣの一次式として、以下の（３）式で表される

ことを特徴とする請求項１から４の何れか１項に記載のバッテリ劣化予測装置。

ａ＝Ａｓ×ｅｘｐ（－Ｅｓ／ＲＴ）…（１）

Ｅｓ＝ｃ×ＳＯＣ＋ｄ…（２）

ｌｎ（Ａｓ）＝ｇ×ＳＯＣ＋ｈ…（３）

[請求項6] 前記演算装置は、現在よりも前の経過時間までに前記バッテリ監視装置から取り込んだ前記温度及び前記充電率の情報を使用し、前記定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈに基づいて現在の前記第１の劣化係数ａを演算し、前記現在の第１の劣化係数ａに基づいて、現在の容量残存率と、現在よりも後の経過時間における将来の容量残存率とを演算する

ことを特徴とする請求項５に記載のバッテリ劣化予測装置。

[請求項7] 前記第２の劣化係数ｂは、活性化エネルギーＥｆと頻度因子Ａｆとを含むアレニウス式に従って、以下の（４）式で表され、

前記活性化エネルギーＥｆは、充電率ＳＯＣの一次式として、定数

ｉ，ｊを用いて、以下の（５）式で表され、

前記頻度因子Ａｆの自然対数値ｌｎ（Ａｆ）は、定数ｍ，ｎを用いて前記充電率ＳＯＣの一次式として、以下の（６）式で表される

ことを特徴とする請求項５に記載のバッテリ劣化予測装置。

ｂ＝Ａｆ×ｅｘｐ（－Ｅｆ／ＲＴ）…（４）

Ｅｆ＝ｉ×ＳＯＣ＋ｊ…（５）

ｌｎ（Ａｆ）＝ｍ×ＳＯＣ＋ｎ…（６）

[請求項8] 前記演算装置は、現在よりも前の経過時間までに前記バッテリ監視装置から取り込んだ前記温度及び前記充電率の情報を使用し、前記定数ｃ，ｄ，ｇ，ｈ，ｉ，ｊ，ｍ，ｎに基づいて現在の前記第１の劣化係数ａと、現在の前記第２の劣化係数ｂとを演算し、前記現在の第１の劣化係数ａ及び前記現在の第２の劣化係数ｂに基づいて現在の容量残存率と、現在よりも後の経過時間における将来の容量残存率とを演算する

ことを特徴とする請求項７に記載のバッテリ劣化予測装置。

[請求項9] バッテリと、

請求項１から８の何れか１項に記載のバッテリ劣化予測装置と、

を備えたバッテリ劣化予測システム。

[請求項10] バッテリの電極の成分の一部が前記バッテリの溶液内に溶出することで容量が劣化する第１の劣化機構を有するバッテリに適用するバッテリ劣化予測のための準備方法であって、

予測対象の前記バッテリを、予め定めた充電率の数点と、予め定めた温度の数点とを組み合わせた条件で保存する第１ステップと、

保存時間ごとに前記バッテリの容量残存率を測定する第２ステップと、

保存時間に対してプロットしたグラフに容量残存率を表す式をフィッティングする第３ステップと、

任意の経過時間における第１の劣化係数を演算する第４ステップと

、

前記充電率が同じで前記温度が異なるものを抽出し、前記第４ステップで求めた前記第１の劣化係数の自然対数値を前記温度の逆数に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいて頻度因子及び活性化エネルギーを演算する第５ステップと、

前記第５ステップで用いた前記充電率とは異なる充電率で前記頻度因子及び前記活性化エネルギーを演算する第６ステップと、

前記第５及び第６ステップで求めた頻度因子及び活性化エネルギーを前記充電率に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいて前記バッテリの劣化予測で用いる定数を演算する第７ステップと、

を含むことを特徴とするバッテリ劣化予測のための準備方法。

[請求項11] バッテリの正極電極の成分の一部が前記バッテリの溶液内に溶出することで容量が劣化する第１の劣化機構と、前記バッテリの負極電極において不働態被膜が成長することで前記容量が劣化する第２の劣化機構とを有するバッテリに適用するバッテリ劣化予測のための準備方法であって、

予測対象の前記バッテリを、予め定めた充電率の数点と、予め定めた温度の数点とを組み合わせた条件で保存する第１ステップと、

保存時間ごとに前記バッテリの容量残存率を測定する第２ステップと、

保存時間に対してプロットしたグラフに容量残存率を表す式をフィッティングする第３ステップと、

任意の経過時間における第１及び第２の劣化係数を演算する第４ステップと、

前記充電率が同じで前記温度が異なるものを抽出し、前記第４ステップで求めた前記第１の劣化係数の自然対数値を前記温度の逆数に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいて第１の頻度因

子及び第１の活性化エネルギーを演算する第５ステップと、

前記第５ステップで用いた前記充電率とは異なる充電率で前記第１の頻度因子及び前記第１の活性化エネルギーを演算する第６ステップと、

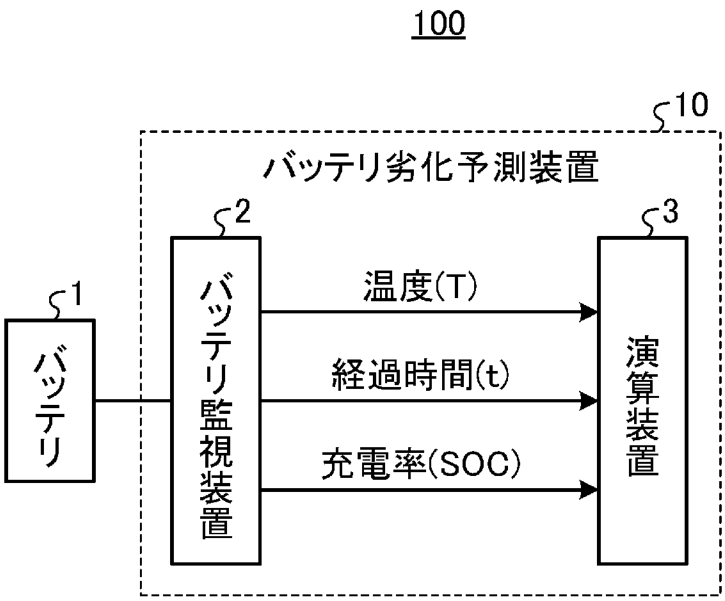
前記充電率が同じで前記温度が異なるものを抽出し、前記第４ステップで求めた前記第２の劣化係数の自然対数値を前記温度の逆数に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいて第２の頻度因子及び第２の活性化エネルギーを演算する第７ステップと、

前記第７ステップで用いた前記充電率とは異なる充電率で前記第２の頻度因子及び前記第２の活性化エネルギーを演算する第８ステップと、

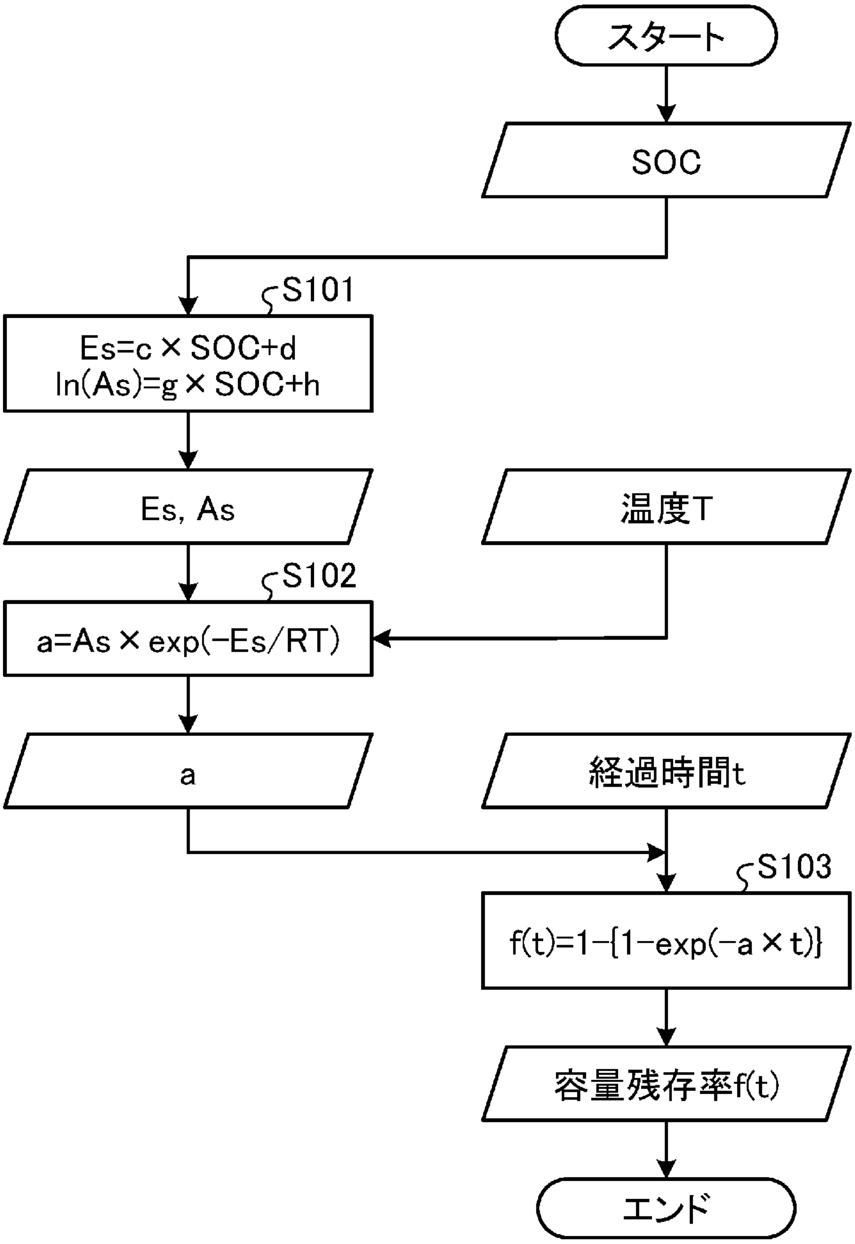
前記第５及び第６ステップで求めた第１の頻度因子及び第１の活性化エネルギーを前記充電率に対してプロットすることで得られる直線近似式と、前記第７及び第８ステップで求めた第２の頻度因子及び第２の活性化エネルギーを前記充電率に対してプロットすることで得られる直線近似式とに基づいて前記バッテリの劣化予測で用いる定数を演算する第９ステップと、

を含むことを特徴とするバッテリ劣化予測のための準備方法。

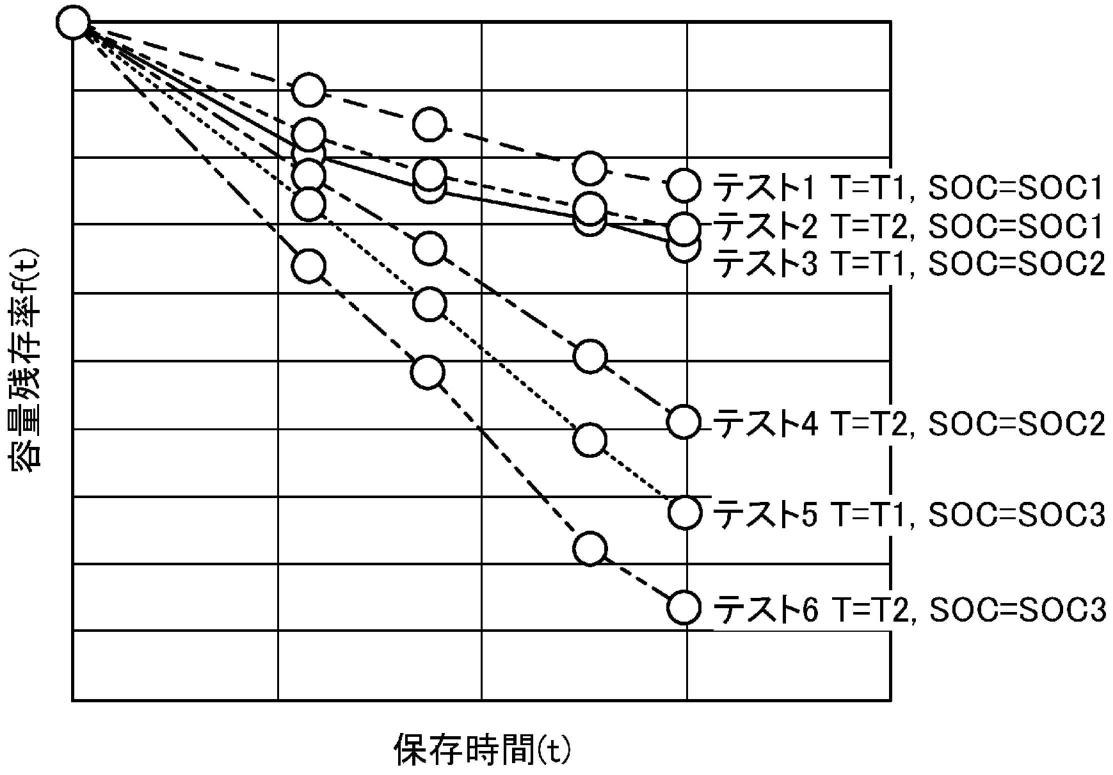
[図1]



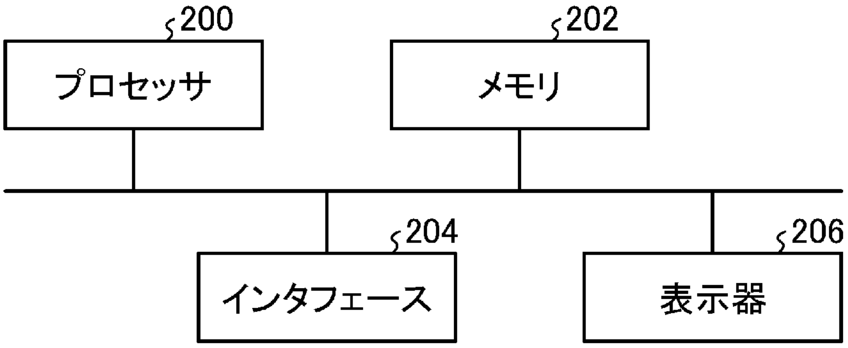
[図2]


スタート
SOC
S101
Es=c×SOC+d
ln(As)=g×SOC+h
Es, As
温度T
S102
a=As×exp(−Es/RT)
a
経過時間t
S103
f(t)=1−{1−exp(−a×t)}
容量残存率f(t)
エンド

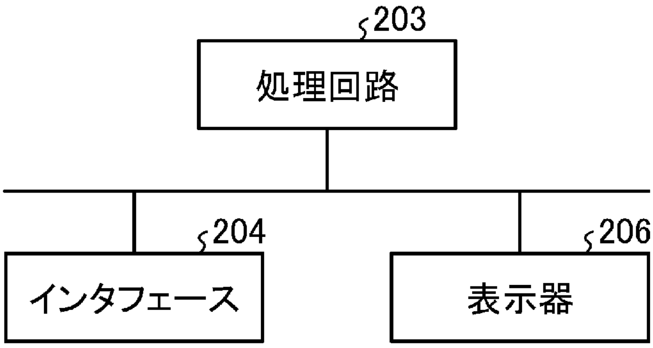
[図3]


テスト1 T=T1, SOC=SOC1
テスト2 T=T2, SOC=SOC1
テスト3 T=T1, SOC=SOC2
テスト4 T=T2, SOC=SOC2
テスト5 T=T1, SOC=SOC3
テスト6 T=T2, SOC=SOC3
容量残存率f(t)
保存時間(t)

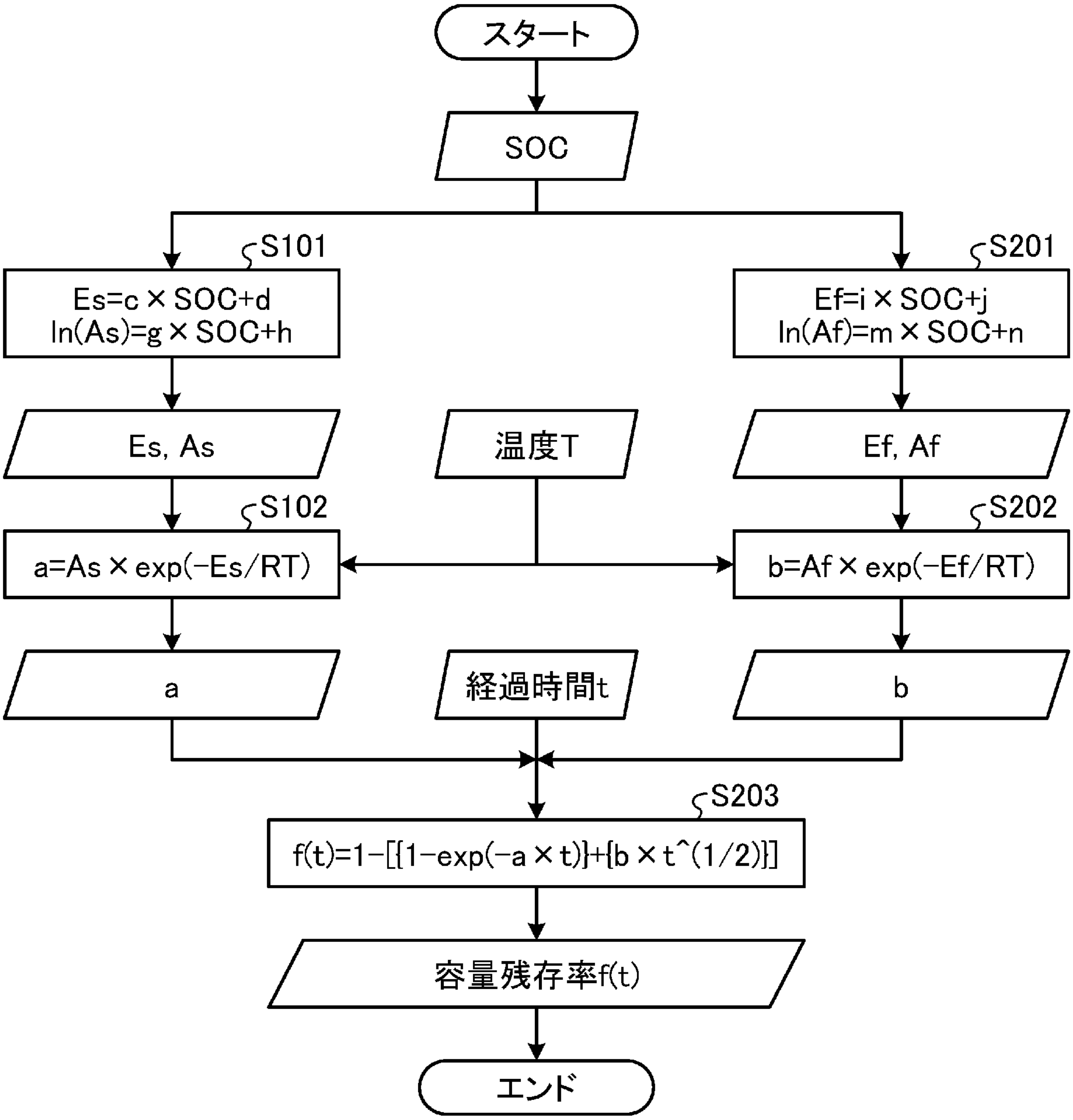
[図4]


200
プロセッサ
202
メモリ
204
インタフェース
206
表示器

[図5]


203
処理回路
204
インタフェース
206
表示器

[図6]


スタート
SOC
S101
Es=c×SOC+d
ln(As)=g×SOC+h
S201
Ef=i×SOC+j
ln(Af)=m×SOC+n
Es, As
温度T
Ef, Af
S102
a=As×exp(−Es/RT)
S202
b=Af×exp(−Ef/RT)
a
経過時間t
b
S203
f(t)=1−[{1−exp(−a×t)}+{b×t^(1/2)}]
容量残存率f(t)
エンド

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2020/026759

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. H01M10/48(2006.01)i, H02J7/00(2006.01)i, G01R31/382(2019.01)i
FI: G01R31/382, H01M10/48 P, H01M10/48 301, H02J7/00 Y

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. H01M10/48, H02J7/00, G01R31/382

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/083853 A1 (GS YUASA INTERNATIONAL LTD.) 05 June 2014, entire text, all drawings	1-11
A	JP 2007-87949 A (SAMSUNG SDI CO., LTD.) 05 April 2007, entire text, all drawings	1-11
A	JP 2013-254710 A (GS YUASA INTERNATIONAL LTD.) 19 December 2013, entire text, all drawings	1-11
A	JP 2019-129620 A (MITSUBISHI MOTORS CORP.) 01 August 2019, entire text, all drawings	1-11
A	WO 2014/136593 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 12 September 2014, entire text, all drawings	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10.09.2020	29.09.2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/026759

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/0349385 A1 (MEDTRONIC, INC.) 03 December 2015, entire text, all drawings	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/026759

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/026759

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2014/083853 A1	05.06.2014	US 2015/0301118 A1 entire text, all drawings JP 2013-253991 A CN 104813179 A	
JP 2007-87949 A	05.04.2007	US 2007/0090792 A1 entire text, all drawings	
JP 2013-254710 A	19.12.2013	(Family: none)	
JP 2019-129620 A	01.08.2019	(Family: none)	
WO 2014/136593 A1	12.09.2014	US 2015/0377978 A1 entire text, all drawings EP 2952921 A1	
US 2015/0349385 A1	03.12.2015	(Family: none)	

(Continuation of Box No. III)

(Invention 1) Claims 1-9 are classified as invention 1 due to having the special feature of a "capacity residual rate" being calculated from a relational expression including "an exponential function using, as a variable, a value obtained by multiplying a first degradation coefficient and minus 1 by elapsed time."

(Invention 2) Claims 10-11 share, with claim 1 classified as invention 1, the feature of degradation prediction for a battery having a degradation mechanism where a portion of an electrode component of the battery dissolves into a solution, but this feature cannot be said to be a special feature in light of document 2 (see, in particular paragraph [0005]). Furthermore, there are no other identical or corresponding special features between claims 10-11 and claim 1.

Moreover, claims 10-11 are also not dependent claims of claim 1. Additionally, claims 10-11 do not have substantially the same or a similar relationship with respect to any of the claims classified as invention 1. Therefore, claims 10-11 cannot be classified as invention 1.

Claims 10-11 are classified as invention 2 due to having the special feature of "batteries with the same charging rate but different temperatures are extracted, and the frequency factor and activation energy are calculated on the basis of a linear approximation expression obtained by plotting the natural logarithmic value of the first degradation coefficient against the reciprocal of the temperature."

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2020/026759

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01M 10/48(2006.01)i; H02J 7/00(2006.01)i; G01R 31/382(2019.01)i
FI: G01R31/382; H01M10/48 P; H01M10/48 301; H02J7/00 Y

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01M10/48; H02J7/00; G01R31/382

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2014/083853 A1 (株式会社ＧＳユアサ) 05.06.2014 (2014－06－05) 全文，全図	1-11
A	JP 2007-87949 A (三星エスディアイ株式会社) 05.04.2007 (2007－04－05) 全文，全図	1-11
A	JP 2013-254710 A (株式会社ＧＳユアサ) 19.12.2013 (2013－12－19) 全文，全図	1-11
A	JP 2019-129620 A (三菱自動車工業株式会社) 01.08.2019 (2019－08－01) 全文，全図	1-11
A	WO 2014/136593 A1 (古河電気工業株式会社) 12.09.2014 (2014－09－12) 全文，全図	1-11
A	US 2015/0349385 A1 (MEDTRONIC,INC.) 03.12.2015 (2015－12－03) 全文，全図	1-11

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10.09.2020	29.09.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
島▲崎▼　純一 2S 9107
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

第Ⅲ欄　　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

（発明１）請求項1-9は、「容量残存率」は、「経過時間に第１の劣化係数とマイナス１とを乗じた値を変数とする指数関数」を含む関係式から演算されるという、特別な技術的特徴を有しているので発明１に区分する。
（発明２）請求項10-11は、発明１に区分された請求項１と、「バッテリの電極成分の一部が溶液内に溶出する劣化機構を有するバッテリの劣化予測という共通の技術的特徴を有しているが、当該技術的特徴は文献２（特に段落０００５参照。）に照らし、特別な技術的特徴といえない。また、請求項10-11と請求項１との間に、他に同一又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。
　さらに、請求項10-11は、請求項１の従属請求項でもない。また、請求項10-11は、発明１に区分されたいずれの請求項に対して実質同一又はそれに準ずる関係にない。したがって、請求項10-11は発明１に区分できない。
　そして請求項10-11は、「充電率が同じで温度が異なるものを抽出し、第１の劣化係数の自然対数値を温度の逆数に対してプロットすることで得られる直線近似式に基づいて頻度因子及び活性化エネルギーを演算する」という特別な技術的特徴を有しているので、発明２に区分する。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

2. ☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/026759

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2014/083853 A1	05.06.2014	US 2015/0301118 A1 全文，全図 JP 2013-253991 A CN 104813179 A	
JP 2007-87949 A	05.04.2007	US 2007/0090792 A1 全文，全図	
JP 2013-254710 A	19.12.2013	（ファミリーなし）	
JP 2019-129620 A	01.08.2019	（ファミリーなし）	
WO 2014/136593 A1	12.09.2014	US 2015/0377978 A1 全文，全図 EP 2952921 A1	
US 2015/0349385 A1	03.12.2015	（ファミリーなし）	