

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年7月16日(16.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/145402 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 10/48 (2006.01) G01R 31/367 (2019.01)
H02J 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/000745

(22) 国際出願日: 2020年1月10日(10.01.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2019-003754 2019年1月11日(11.01.2019) JP
特願 2019-236515 2019年12月26日(26.12.2019) JP

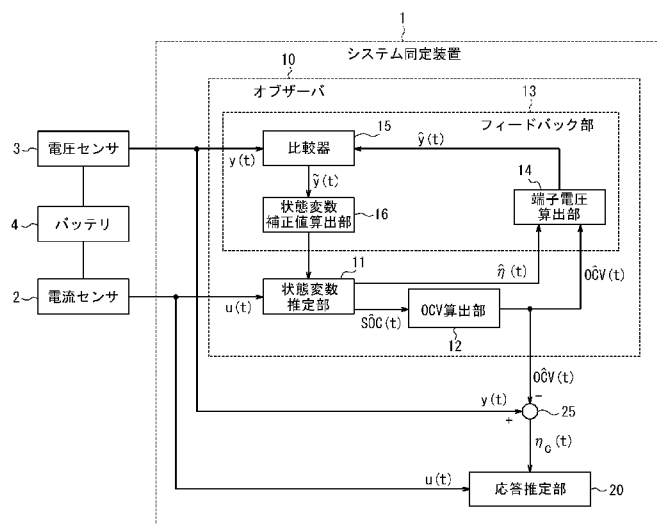
(71) 出願人: マレリ株式会社 (MARELLI CORPORATION) [JP/JP]; 〒3318501 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目1917番地 Saitama (JP). 学校法人慶應義塾 (KEIO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1088345 東京都港区

三田2丁目15番45号 Tokyo (JP). 国立大学法人京都大学 (KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町36番地1 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 長村 謙介 (OSAMURA Kensuke); 〒3318501 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目1917番地 マレリ株式会社内 Saitama (JP). 片芝 淳平 (KATASHIBA Junpei); 〒3318501 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目1917番地 マレリ株式会社内 Saitama (JP). 足立 修一 (ADACHI Shuichi); 〒2238522 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学理工学部内 Kanagawa (JP). 佐々木 理沙子 (SASAKI Risako); 〒2238522 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学理工学部内 Kanagawa (JP). 丸田 一郎 (MARUTA Ichiro); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町36

(54) Title: SYSTEM IDENTIFYING METHOD AND SYSTEM IDENTIFYING DEVICE

(54) 発明の名称: システム同定方法及びシステム同定装置



- 1 System identifying device
- 2 Current sensor
- 3 Voltage sensor
- 4 Battery
- 10 Observer
- 11 State variable estimation unit
- 12 OCV calculation unit
- 13 Feedback unit
- 14 Terminal voltage calculation unit
- 15 Comparator
- 16 State variable corrected value calculation unit
- 20 Response estimation unit

(57) Abstract: This system identifying method is executed by a system identifying device which estimates the response of a system into which current which flows to a battery (4) is input, and which outputs overcurrent of the battery (4). The system identifying method includes a first step for identifying a system by applying a model of a battery (4) which includes a FIR model and ARX model in the system, on the basis of time series data within a predetermined period for current which flows to the battery (4) and for overcurrent of the battery (4). The system identification method includes a second step which estimates, on the basis of a model of the battery (4), the overcurrent of the battery (4) output by the system at the estimation time which is after the input start time, if current is not input to the identified system before the input start time, and current is input at or after the input start time.

番地 1 国立大学法人京都大学内 Kyoto (JP).
川口 貴弘(KAWAGUCHI Takahiro); 〒1528550
東京都目黒区大岡山 2 - 1 2 - 1 国立大
学法人東京工業大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉 村 憲 司 (SUGIMURA Kenji);
〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 1
号 霞が関コモンゲート西館 3 6 階 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, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: システム同定方法は、バッテリー (4) に流れる電流を入力とし、バッテリー (4) の過電
圧を出力とするシステムの応答を推定するシステム同定装置によって実行される。システム同定方
法は、バッテリー (4) に流れる電流、及び、バッテリー (4) の過電圧それぞれの、所定期間内にお
ける時系列データに基づいて、システムに F I R モデルと A R X モデルとを含むバッテリー (4) の
モデルを適用することによってシステムを同定する第 1 ステップを含む。システム同定方法は、同
定したシステムに、入力開始時刻より前に電流が入力されず、且つ、入力開始時刻以降に電流が入
力される場合における、入力開始時刻より後の推定対象時刻にシステムが出力するバッテリー (4)
の過電圧を、バッテリー (4) のモデルに基づいて推定する第 2 ステップを含む。

明 細 書

発明の名称：システム同定方法及びシステム同定装置

関連出願へのクロスリファレンス

[0001] 本出願は、日本国特許出願 2019-3754 号（2019 年 1 月 11 日出願）、及び、日本国特許出願 2019-236515 号（2019 年 12 月 26 日出願）の優先権を主張するものであり、当該出願の開示全体を、ここに参照のために取り込む。

技術分野

[0002] 本開示は、システム同定方法及びシステム同定装置に関する。

背景技術

[0003] バッテリーのモデルを表すシステムのパラメータを同定する装置が知られている（例えば特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2017-198542 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] バッテリーは、自動車に搭載されている場合、自動車が動作のために必要とする電流を供給するために放電する。放電電流が増大する場合、バッテリーの過電圧の増大によって、バッテリーの端子電圧が低下する。バッテリーの端子電圧が低下した場合、バッテリーは、自動車が必要とする電流を供給できないことがある。バッテリーが自動車から要求される電流を供給できるか判定するために、バッテリーの放電開始時の過電圧を高精度で推定することが求められる。

[0006] かかる事情に鑑みてなされた本開示の目的は、バッテリーの放電開始時の過電圧を高精度で推定できるシステム同定方法及びシステム同定装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、第1の観点に係るシステム同定方法は、バッテリーに流れる電流を入力とし、前記バッテリーの過電圧を出力とするシステムの応答を推定するシステム同定装置によって実行される。前記システム同定方法は、前記バッテリーに流れる電流、及び、前記バッテリーの過電圧それぞれの、所定期間内における時系列データに基づいて、前記システムにFIRモデルとARXモデルとを含む前記バッテリーのモデルを適用することによって前記システムを同定する第1ステップを含む。前記システム同定方法は、前記第1ステップで同定した前記システムに、入力開始時刻より前に電流が入力されず、且つ、前記入力開始時刻以降に電流が入力される場合における、前記入力開始時刻より後の推定対象時刻に前記システムが出力する前記バッテリーの過電圧を、前記第1ステップで前記システムを同定するために適用された前記バッテリーのモデルに基づいて推定する第2ステップを含む。前記時系列データのうち、前記FIRモデルに適用されるデータの数、前記入力開始時刻から前記推定対象時刻までの時間をサンプリング周期で除した数に1を加えた数以上の数である。

[0008] 上記課題を解決するために、第2の観点に係るシステム同定装置は、バッテリーに流れる電流を入力とし、前記バッテリーの過電圧を出力とするシステムの応答を推定する応答推定部を備える。前記応答推定部は、前記バッテリーに流れる電流、及び、前記バッテリーの過電圧それぞれの、所定期間内における時系列データに基づいて、前記システムにFIRモデルとARXモデルとを含む前記バッテリーのモデルを適用することによって前記システムを同定する。前記応答推定部は、同定した前記システムに入力開始時刻より前に電流が入力されず、且つ、前記入力開始時刻以降に電流が入力される場合に、前記入力開始時刻より後の推定対象時刻に前記システムが出力する前記バッテリーの過電圧を、前記システムを同定するために適用された前記バッテリーのモデルに基づいて推定する。前記時系列データのうち、前記FIRモデルに適用されるデータの数、前記入力開始時刻から前記推定対象時刻までの時間を

サンプリング周期で除した数に 1 を加えた数以上の数である。

発明の効果

[0009] 第 1 の観点に係るシステム同定方法によれば、バッテリーの放電開始時の過電圧が高精度で推定されうる。

[0010] 第 2 の観点に係るシステム同定装置によれば、バッテリーの放電開始時の過電圧が高精度で推定されうる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]一実施形態に係るシステム同定装置の構成例を示すブロック図である。

[図2]バッテリー等価回路の一例を示す図である。

[図3]4 次のフォスタ型の RC 梯子回路を示す図である。

[図4]SOC-OCV 特性の一例を示す図である。

[図5]システム同定装置を搭載する車両の構成例を示すブロック図である。

[図6] μ -マルコフモデルの概念を説明する図である。

[図7]システム同定方法の一例を示すフローチャートである。

[図8] μ -マルコフモデルに含まれる FIR モデルの項数を表す μ を 10 にした場合に、過電圧を 1 秒後まで推定した結果の一例を示すグラフである。

[図9] μ -マルコフモデルに含まれる FIR モデルの項数を表す μ を 100 にした場合に、過電圧を 10 秒後まで推定した結果の一例を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0012] 図 1 に示されるように、一実施形態に係るシステム同定装置 1 は、オブザーバ 10 と、応答推定部 20 と、演算器 25 とを備える。

[0013] システム同定装置 1 は、例えばプロセッサ又はマイクロコンピュータ等で構成されてよい。システム同定装置 1 が備える各構成部の機能は、プログラムをプロセッサ等で実行することによって実現されてもよいし、特定の処理に特化した専用のプロセッサによって実現されてもよい。システム同定装置 1 は、記憶部を含んでよい。記憶部は、例えば半導体メモリ又は磁気記憶装置等で構成されてよい。システム同定装置 1 は、その処理において取り扱う

データ又は情報等を記憶部に格納してよい。

[0014] システム同定装置 1 は、電流センサ 2 及び電圧センサ 3 を介してバッテリー 4 に接続される。システム同定装置 1 は、電流センサ 2 又は電圧センサ 3 を含んでもよい。

[0015] バッテリー 4 は、例えば二次電池であってよい。二次電池は、リチャージャブル・バッテリーともいう。バッテリー 4 は、本実施形態においてリチウム・イオン・バッテリーであるとする。バッテリー 4 は、他の種類のバッテリーであってよい。

[0016] 電流センサ 2 は、バッテリー 4 に流れる充放電電流を測定する。本実施形態において、時刻は t で表されれるとする。充放電電流は、時刻の関数として $u(t)$ で表されれるとする。電流センサ 2 は、充放電電流の測定値をシステム同定装置 1 に対して出力する。

[0017] 電圧センサ 3 は、バッテリー 4 の端子電圧を測定する。本実施形態において、端子電圧は、時刻の関数として $y(t)$ で表されれるとする。電圧センサ 3 は、端子電圧の測定値をシステム同定装置 1 に対して出力する。

[0018] バッテリー 4 の端子電圧は、バッテリー 4 の開回路電圧 (OCV : Open Circuit Voltage) と、バッテリー 4 の内部で発生する過電圧との和として表される。OCV は、バッテリー 4 の電気化学的平衡状態における電極間の電位差である。OCV は、バッテリー 4 に充放電電流が流れない場合のバッテリー 4 の端子電圧に対応する。過電圧は、内部インピーダンスで生じる電圧降下の大きさに対応する。内部インピーダンスは、バッテリー 4 の内部の電気化学反応の反応速度に応じて決定される。

[0019] バッテリー 4 の端子電圧は、バッテリー 4 に充放電電流が流れることによって変化する。バッテリー 4 がシステムとして表される場合、バッテリー 4 に流れる充放電電流は、システムへの入力に対応する。バッテリー 4 の端子電圧は、システムの出力に対応する。システム同定装置 1 は、バッテリー 4 を表すシステムのパラメータを同定する。

[0020] バッテリー 4 の状態は、バッテリー 4 の OCV と、バッテリー 4 の内部で発生す

る過電圧とをパラメータとして含むモデルによって表されうる。バッテリー4の状態を表すモデルは、図2に例示されるバッテリー等価回路4aで近似されとする。バッテリー等価回路4aで近似されたモデルは、バッテリーモデルともいう。バッテリー等価回路4aの入力は、バッテリー4に流れる充放電電流 $u(t)$ に対応する。充放電電流 $u(t)$ が矢印の向きに流れる場合に、バッテリー4が充電されとする。つまり、矢印の向きは、バッテリー4を充電する電流の向きを表す。バッテリー4を充電する電流が流れる場合、 $u(t)$ は正の値であるとする。バッテリー4から放電電流が流れる場合、 $u(t)$ は負の値であるとする。バッテリー等価回路4aの出力は、バッテリー4の端子電圧 $y(t)$ に対応する。 $y(t)$ の符号は矢印の向きによって特定されとする。図2において、矢印の先端側に位置する端子41aの電位が矢印の末端側に位置する端子41bの電位よりも高い場合に、 $y(t)$ は正の値であるとする。端子41a及び41bはそれぞれ、バッテリー4の正極端子及び負極端子に対応する。

[0021] バッテリー4のOCVは、バッテリー等価回路4aにおいて電圧源42が出力する電圧として表される。電圧源42が出力する電圧は、時刻の関数としてOCV(t)で表される。OCV(t)の符号は、矢印の向きで特定されとする。図2において、矢印の先端側の電位が矢印の末端側の電位よりも高い場合にOCV(t)は正の値であるとする。OCV(t)は、バッテリー4に充放電電流が流れない場合のバッテリー4の端子電圧に対応する。バッテリー4に充放電電流が流れない場合は、 $u(t) = 0$ である場合ともいえる。 $u(t) = 0$ である場合、 $y(t) = \text{OCV}(t)$ が成立する。

[0022] バッテリー4の過電圧は、バッテリー等価回路4aにおいて内部インピーダンス44の両端の電圧として表される。バッテリー4の過電圧は、時刻の関数として $\eta(t)$ で表される。 $\eta(t)$ の符号は、矢印の向きで特定されとする。図2において、矢印の先端側の電位が矢印の末端側の電位よりも高い場合に $\eta(t)$ は正の値であるとする。 $u(t)$ が正の値である場合、 $\eta(t)$ は、正の値である。

[0023] バッテリ 4 の端子電圧は、バッテリ 4 の OCV と過電圧との和で表される。つまり、 $y(t) = OCV(t) + \eta(t)$ が成り立つ。バッテリ 4 を充電する電流が流れる場合、つまり、 $u(t)$ が正の値である場合、 $\eta(t)$ は正の値となる。この場合、 $y(t) > OCV(t)$ が成立する。バッテリ 4 から放電電流が流れる場合、つまり、 $u(t)$ が負の値である場合、 $\eta(t)$ は負の値となる。この場合、 $y(t) < OCV(t)$ が成立する。

[0024] 内部インピーダンス 44 は、例えば、図 3 に示されているように、抵抗 $R_1 \sim R_4$ 及び容量 $C_1 \sim C_4$ を含むワールブルグインピーダンスと、抵抗 R_0 とを直列に接続した回路によって表されてよい。抵抗 R_0 は、バッテリ 4 の電解液内での泳動過程等に起因する抵抗を表す。ワールブルグインピーダンスは、バッテリ 4 内のイオンの拡散過程等に起因するインピーダンスを表す。バッテリ 4 の過電圧は、バッテリ等価回路 4a に流れる電流によってバッテリ 4 の内部インピーダンス 44 で発生する電圧降下として表される。図 3 において、端子 41c と端子 41d との間の電位差が過電圧に相当する。

[0025] ワールブルグインピーダンスは、4 次のフォスタ型回路として表されている。4 次のフォスタ型回路は、抵抗とコンデンサとが並列に接続されている 4 個の並列回路を含む。各並列回路は、直列に接続されている。4 次のフォスタ型回路に含まれる 4 個の抵抗及び 4 個のコンデンサはそれぞれ、 $R_1 \sim R_4$ 、及び、 $C_1 \sim C_4$ として表されている。内部インピーダンス 44 を表すフォスタ型回路の次数は、4 次に限られず、3 次以下であってもよいし、5 次以上であってもよい。内部インピーダンス 44 は、フォスタ型回路に限られず、カウエル型回路で表されてもよいし、他の線形伝達関数モデルで表されてもよい。

[0026] 各並列回路における電圧降下は、時刻の関数として $v_1(t) \sim v_4(t)$ で表されたとする。抵抗 R_0 における電圧降下は、 $R_0 \times u(t)$ として表される。この場合、 $\eta(t) = R_0 \times u(t) + v_1(t) + v_2(t) + v_3(t) + v_4(t)$ が成り立つ。

[0027] バッテリ 4 を近似するバッテリ等価回路 4a のパラメータは、ワールブル

グインピーダンスを構成している抵抗 $R_1 \sim R_4$ の抵抗値と、容量 $C_1 \sim C_4$ の容量値と、抵抗 R_0 の抵抗値とを含む。本実施形態において、バッテリー等価回路4aのパラメータは、予め設定されているとする。バッテリー等価回路4aのパラメータは、カルマンフィルタ等によって逐次推定されてもよい。

[0028] バッテリー4のOCVは、バッテリー4の充電率（SOC : State Of Charge）の関数として表される。つまり、バッテリー4の状態は、バッテリー4のSOCと過電圧とによって表される。SOCは、バッテリー4の充電容量に対する充電量の比として表される。SOCとOCVとの間の関係は、SOC-OCV特性といわれる。SOC-OCV特性は、例えば図4に示されるグラフで表されうる。図4の横軸及び縦軸はそれぞれ、SOC及びOCVを示す。SOC-OCV特性は、予め実験等によって求められうる。オブザーバ10は、バッテリー4のSOC推定値と、バッテリー4のSOC-OCV特性とに基づいてバッテリー4のOCVを推定できる。オブザーバ10によるOCVの推定結果は、OCV推定値と称される。

[0029] オブザーバ10は、バッテリー4のSOCと過電圧とを推定することによって、バッテリー4の状態を推定する。オブザーバ10によるSOC及び過電圧それぞれの推定結果は、SOC推定値及び過電圧推定値と称される。SOCは、時刻の関数として $SOC(t)$ で表されとする。バッテリー4のモデルがバッテリー等価回路4aで近似される場合、システムの状態変数は、 $v_1(t) \sim v_4(t)$ を含む。つまり、オブザーバ10は、 $SOC(t)$ と、 $v_1(t) \sim v_4(t)$ とを推定する。

[0030] バッテリー4のSOCと過電圧とは、バッテリー4のモデルを表すシステムの状態変数に含まれる。つまり、オブザーバ10は、システムの状態変数を推定することによって、バッテリー4の状態を推定する。オブザーバ10は、状態推定器ともいう。オブザーバ10は、状態変数の少なくとも一部を直接観測できない場合に、入力と出力とに基づいて、直接観測できない状態変数を推定する。

[0031] オブザーバ10は、バッテリー4の状態変数に含まれるSOC推定値に基づいて、バッテリー4のOCV推定値を算出できる。オブザーバ10は、バッテリー4のOCV推定値と、バッテリー4の過電圧推定値とに基づいて、バッテリー4の端子電圧を推定できる。オブザーバ10は、バッテリー4の端子電圧の測定値を取得し、端子電圧の測定値と端子電圧の推定値との差を推定誤差として算出する。オブザーバ10は、推定誤差に基づいて、バッテリー4を表すシステムの状態変数の推定値にフィードバックするパラメータを算出する。状態変数の推定値にフィードバックするパラメータは、状態変数補正值ともいう。オブザーバ10は、状態変数補正值として推定誤差と所定の係数行列との積を算出する。所定の係数行列は、オブザーバゲインともいう。オブザーバゲインの各要素は、バッテリーに流れる充放電電流の関数であってもよいし、定数であってもよい。オブザーバゲインは、バッテリー4を表す等価回路のパラメータに基づいて、予め設定されている。

[0032] オブザーバ10は、状態変数推定部11と、OCV算出部12と、フィードバック部13とを備える。フィードバック部13は、端子電圧算出部14と、比較器15と、状態変数補正值算出部16とを備える。

[0033] 状態変数推定部11は、電流センサ2から取得したバッテリー4に流れる充放電電流の測定値 $u(t)$ に基づいて、バッテリー4を表すシステムの状態変数としてバッテリー4のSOCと過電圧とを推定する。状態変数推定部11は、SOC推定値をOCV算出部12に出力し、過電圧推定値を端子電圧算出部14に出力する。SOC推定値は、 $SOC(t)$ の上に記号 $\wedge$ を付した項として表されている。 $SOC(t)$ の上に記号 $\wedge$ を付した項は、 $SOC^\wedge(t)$ と表されとする。過電圧推定値は、過電圧を表す $\eta(t)$ の上に記号 $\wedge$ を付して表されている。 $\eta(t)$ の上に記号 $\wedge$ を付した項は、 $\eta^\wedge(t)$ と表されとする。

[0034] OCV算出部12は、状態変数推定部11から取得したSOCの推定値と、SOC-OCV特性とに基づいて、OCV推定値を算出する。OCV推定値は、 $OCV(t)$ の上に記号 $\wedge$ を付した項として表されている。OCV(

t) の上に記号 $\hat{}$ を付した項は、 $OCV^{\hat{}}(t)$ と表されとする。OCV 算出部 12 は、OCV 推定値を端子電圧算出部 14 に出力する。

[0035] 端子電圧算出部 14 は、OCV 推定値と、過電圧推定値とに基づいて、端子電圧推定値を算出する。端子電圧推定値は、 $y(t)$ の上に記号 $\hat{}$ を付した項として表されている。 $y(t)$ の上に記号 $\hat{}$ を付した項は、 $y^{\hat{}}(t)$ と表されとする。端子電圧算出部 14 は、端子電圧推定値を比較器 15 に出力する。

[0036] 比較器 15 は、電圧センサ 3 から取得したバッテリー 4 の端子電圧の測定値 $y(t)$ と、端子電圧算出部 14 から取得した端子電圧推定値 $y^{\hat{}}(t)$ とに基づいて、推定誤差を算出する。推定誤差は、 $y(t)$ の上に記号 $\sim$ を付した項として表されている。 $y(t)$ の上に記号 $\sim$ を付した項は、 $y^{\sim}(t)$ と表されとする。この場合、 $y^{\sim}(t) = y(t) - y^{\hat{}}(t)$ が成り立つ。比較器 15 は、推定誤差を状態変数補正值算出部 16 に出力する。

[0037] 状態変数補正值算出部 16 は、推定誤差とオブザーバゲインとに基づいて、状態変数補正值を算出し、状態変数推定部 11 に出力する。状態変数推定部 11 は、状態変数補正值にさらに基づいて状態変数を推定することによって、状態変数の推定値に推定誤差をフィードバックし、状態変数の推定値を状態変数の真値に近づけることができる。

[0038] オブザーバ 10 は、推定誤差のフィードバックによって、バッテリー 4 の OCV の推定値 $OCV^{\hat{}}(t)$ を真値に近づけることができる。オブザーバ 10 は、 $OCV^{\hat{}}(t)$ を演算器 25 に出力する。演算器 25 は、バッテリー 4 の端子電圧の測定値 $y(t)$ と、 $OCV^{\hat{}}(t)$ との差をバッテリー 4 の過電圧として算出する。演算器 25 が算出した過電圧は、過電圧算出値と称されとする。過電圧算出値は、 $\eta_c(t)$ と表されとする。演算器 25 は、過電圧算出値 $\eta_c(t)$ を応答推定部 20 に出力する。応答推定部 20 は、バッテリー 4 の充放電電流の測定値 $u(t)$ 、及び、バッテリー 4 の過電圧算出値 $\eta_c(t)$ それぞれを時系列データとして取得する。時系列データは、所定周期でサンプリングされたデータを含んでよい。所定周期は、適宜設定さ

れてよい。応答推定部20は、 $u(t)$ 及び $\eta_c(t)$ の時系列データに基づいて、バッテリー4を表すシステムのパラメータを同定する。応答推定部20は、同定したパラメータに基づいて、バッテリー4に所定電流が入力された場合のシステムの応答として、バッテリー4が出力する端子電圧を推定する。

[0039] 図5に示されるように、一実施形態に係るシステム同定装置1は、車両100に搭載されとする。車両100は、ガソリン又はディーゼル等を燃料として駆動するエンジンによって走行する自動車を含んでよいし、電気モータを動力として走行する自動車を含んでもよい。

[0040] 車両100は、バッテリー4をさらに搭載している。バッテリー4は、エンジンを始動させるセルモータ、又は、車両100の動力となる駆動モータ等のモータに、放電電流を供給する。バッテリー4は、車両100の制動時に電気モータが回生する電力、エンジンに取り付けられているオルタネータが発電する電力、又は、地上充電設備が供給する電力等を充電してよい。

[0041] 車両100は、ECU (Engine Control Unit) 等のコントローラ110を備えてよい。コントローラ110は、車両100の走行状態に応じてエンジン又はモータを制御する。コントローラ110は、システム同定装置1と別個に構成されてよい。この場合、コントローラ110は、システム同定装置1からバッテリー4のモデルを表すシステムの同定結果等の種々の情報を取得してよい。コントローラ110は、その機能の一部として、システム同定装置1の機能を実現してもよい。本実施形態において、コントローラ110がシステム同定装置1の機能を実現すると仮定する。

[0042] 車両100は、表示部70をさらに備えてよい。コントローラ110は、車両100に関する種々の情報を表示部70に表示させてよい。表示部70は、例えば、バッテリー4の状態に関する情報を表示してよい。このようにすることで、車両100は、運転者に種々の情報を知らせることができる。

[0043] コントローラ110は、車両100の発進又は停止等の動作に応じて、バッテリー4に放電させたり、バッテリー4を充電したりする。つまり、バッテリー4の充放電電流は、車両100の動作に応じて変化する。バッテリー4の充放

電流が変化する場合、バッテリー 4 の内部インピーダンス 44 における電圧降下を表す過電圧が変化する。バッテリー 4 の内部インピーダンス 44 は、バッテリー 4 のモデルを表すシステムのパラメータに含まれる。つまり、バッテリー 4 の過電圧は、バッテリー 4 のモデルを表すシステムのパラメータと、バッテリー 4 の充放電電流とに基づいて決定される。

[0044] バッテリー 4 は、例えばセルモータが自動車のエンジンを始動させることができるようにセルモータに対してその駆動に必要な電流を供給する。この場合、バッテリー 4 が放電する電流が急激に増大するとともに、バッテリー 4 の過電圧が高くなる。バッテリー 4 が放電する場合において、バッテリー 4 の端子電圧は、開回路電圧から過電圧を差し引いた電圧として表される。つまり、バッテリー 4 の端子電圧は、放電電流の増大によって低下する。バッテリー 4 の端子電圧の低下によって、バッテリー 4 は、セルモータの駆動のために必要とされる電流を供給できなくなることがある。

[0045] コントローラ 110 は、車両 100 の停止時にエンジンをアイドリングストップさせることがある。コントローラ 110 は、アイドリングストップ後にエンジンを再始動できるか判定し、エンジンを再始動できると判定した場合にエンジンをアイドリングストップさせてよい。コントローラ 110 は、バッテリー 4 の状態に基づいてエンジンを再始動できるか判定してよい。つまり、コントローラ 110 は、バッテリー 4 の状態に基づいて、エンジンをアイドリングストップさせるか判定してよい。

[0046] バッテリー 4 が放電し始めた時のバッテリー 4 の内部抵抗が大きい場合、バッテリー 4 は、エンジンを再始動させるために必要とされる電流を供給できないことがある。コントローラ 110 は、所定電流の入力に応じた過電圧の出力を推定してよい。コントローラ 110 は、バッテリー 4 がエンジンを再始動させるために供給する電流を所定電流としてシステムに入力し、システムの応答としての過電圧を推定し、推定結果に基づいて所定電流を供給できるか判定してよい。

[0047] コントローラ 110 は、バッテリー 4 が放電し始めたときのバッテリー 4 の内

部抵抗を推定することによって、エンジンを再始動できるか判定してよい。コントローラ 110 は、バッテリー 4 が放電し始めた時刻から t 秒後の時刻におけるバッテリー 4 の内部抵抗に基づいて、エンジンを再始動できるか判定してよい。バッテリー 4 が放電し始めた時刻から t 秒後の時刻におけるバッテリー 4 の内部抵抗は、 t 秒値抵抗と称される。コントローラ 110 は、 t 秒値抵抗が判定基準値未満である場合に、エンジンを再始動できると判定してもよい。判定基準値は、バッテリー 4 が供給できる電流の大きさに基づいて設定されてよい。判定基準値は、この例に限られず適宜設定されてよい。

[0048] 例えば、バッテリー 4 は、少なくとも、エンジンがアイドリングストップから再始動する際にクランキングを行うための時間分、モータを駆動するための電流を放電する必要がある。エンジンがクランキングを行うための時間は、クランキング時間とも称される。クランキング時間は、例えば 0.1 秒に設定される。この場合、コントローラ 110 は、クランキング時間を t 秒として設定した場合の t 秒値抵抗が判定基準値未満である場合にエンジンがアイドリングから再始動できると判定してもよい。

[0049] 例えば、エンジンとモータとを搭載する車両は、エンジン走行中に必要に応じてモータを駆動してエンジンをアシストすることがある。このような車両は、パラレル式ハイブリッド車両とも称される。パラレル式ハイブリッド車両において、加速走行時又は登坂走行時等のエンジン負荷が大きい場合に、バッテリー 4 は、モータがエンジンをアシストする時間分、モータを駆動するための電流を放電する必要がある。モータがエンジンをアシストする時間は、アシスト時間とも称される。アシスト時間は、例えば 10 秒に設定される。この場合、コントローラ 110 は、アシスト時間を t 秒として設定した場合の t 秒値抵抗が判定基準値未満である場合にモータがエンジンをアシストできると判定してもよい。コントローラ 110 は、 t 秒値抵抗が判定基準値未満となる条件を満たすように t の値を算出することによって、モータがエンジンをアシストできる時間を算出してもよい。コントローラ 110 は、アシスト時間に対応する t 秒値抵抗を逐次更新することによって、モータに

よるアシストが可能となる時間を継続的に推定できる。

[0050] 例えば、エンジンとモータとを搭載する車両は、モータによって走行しつつ、エンジンが発電してモータへの電力供給とバッテリー4の充電とを行うことがある。このような車両は、シリーズ式ハイブリッド車両とも称される。シリーズ式ハイブリッド車両は、バッテリー4の電力だけでモータを駆動して走行するEVモードと、バッテリー4の電力とエンジンが発電する電力とモータを駆動して走行するハイブリッドモードとを、走行モードとして有する。シリーズ式ハイブリッド車両において、エンジンが発電する電力をできるだけ減らすために、走行モードを優先的にEVモードにすることがある。バッテリー4は、車両がEVモードで走行する時間分、モータを駆動するための電流を放電する必要がある。車両がEVモードで走行する時間は、EV走行時間とも称される。EV走行時間は、例えば10秒に設定される。この場合、コントローラ110は、EV走行時間を t 秒として設定した場合の t 秒値抵抗が判定基準値未満である場合に車両がEVモードで走行できると判定してもよい。コントローラ110は、 t 秒値抵抗が判定基準値未満となる条件を満たすように t の値を算出することによって、車両がEVモードで走行できる時間を算出してもよい。コントローラ110は、EV走行時間に対応する t 秒値抵抗を逐次更新することによって、車両がEVモードで走行できる時間を継続的に推定できる。

[0051] コントローラ110は、バッテリー4のモデルを表すシステムに所定電流を入力した場合にシステムが出力するバッテリー4の端子電圧を取得してよい。コントローラ110は、システムに所定電流を入力し始めた時刻から t 秒後の時刻におけるバッテリー4の端子電圧と所定電流との比を、 t 秒値抵抗として算出してよい。

[0052] コントローラ110は、バッテリー4の t 秒値抵抗を高精度で算出することによって、エンジンを再始動できるか否かを高精度で判定できる。その結果、コントローラ110は、エンジンをアイドリングストップさせるか否かを高精度で判定できる。コントローラ110は、エンジンをアイドリングスト

ップさせるか否かの判定結果を、表示部 70 に表示させてもよい。

[0053] 本実施形態において、コントローラ 110 は、バッテリー 4 にステップ電流を入力した場合に出力される過電圧を推定する。ステップ電流は、所定時刻より前に流れず、所定時刻以降に一定値で流れる電流として表される。ステップ電流の入力に対する応答として出力される過電圧は、ステップ応答と称される。仮に一定値が 1 アンペアである場合、 t 秒後のステップ応答は、 t 秒値抵抗を表す。

[0054] バッテリー 4 の t 秒値抵抗を高精度で推定するために、バッテリーモデルを表すシステムに電流を入力した場合にシステムが出力するバッテリー 4 の過電圧を高精度で推定することが求められる。システム同定装置 1 は、システムの入力と出力との関係を特定する入出力モデルをシステムに適用するとともに、適用する入出力モデルのパラメータを同定することによって、所定の入力に対するシステムの出力を高精度で推定できる。

[0055] 本実施形態において、バッテリーモデルを表すシステムは、離散時間システムとみなされたとする。離散時間システムにおけるサンプリング周期は、 T_s で表されたとする。連続時間システムにおける入力及び出力はそれぞれ、時刻 t を用いて、 $u(t)$ 及び $y(t)$ と表されている。離散時間システムにおける入力及び出力はそれぞれ、 $u[k]$ 及び $y[k]$ と表されたとする。この場合、 k は、サンプリングのステップ数を表しているとする。また、 $t = k T_s$ が成り立っているとする。このシステムに対して、 $k = 0$ に対応する時刻 ($t = 0$) で電流の入力が開始するとする。 $t = 0$ は、入力開始時刻とも称される。第 k ステップの出力 $y[k]$ が推定される場合、第 k ステップに対応する時刻 ($t = k T_s$) は、推定対象時刻と称される。推定対象時刻は、入力開始時刻より後の時刻である。

[0056] 本実施形態において、入出力モデルは、所定のモデルで近似されたとする。所定のモデルは、線形の伝達関数で表されたとする。システム同定装置 1 は、所定のモデルを表す伝達関数のパラメータを特定することによって、 t 秒後の応答を推定できる。

[0057] <ARXモデル>

入出力モデルを近似する所定のモデルとして、ARX (Auto Regressive e Xogenous) モデルが適用されると仮定する。ARXモデルは、有限個のパラメータによってシステムを表現できる。

[0058] ARXモデルは、以下の式(1)で表されている差分方程式によって記述される。

[数1]

$$\begin{aligned} y[k] &= -a_1 \cdot y[k-1] - \cdots - a_{n_a} \cdot y[k-n_a] \\ &\quad + b_0 \cdot u[k] + b_1 \cdot u[k-1] + \cdots + b_{n_b} \cdot u[k-n_b] + w[k] \\ &= -\sum_{i=1}^{n_a} a_i \cdot y[k-i] + \sum_{i=0}^{n_b} b_i \cdot u[k-i] + w[k] \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)において、 $a_1 \sim a_{n_a}$ 、及び、 $b_0 \sim b_{n_b}$ は、ARXモデルのパラメータである。 n_a 及び n_b は、ARXモデルの次数を表している。 $w[k]$ は、その平均値が0となる白色雑音である。

[0059] ARXモデルのパラメータベクトル θ 及びデータベクトル ψ はそれぞれ、以下の式(2)及び式(3)で表されとする。

[数2]

$$\theta = [a_1 \quad \cdots \quad a_{n_a} \quad b_0 \quad b_1 \quad \cdots \quad b_{n_b}]^T \quad (2)$$

[数3]

$$\psi[k] = [-y[k-1] \quad \cdots \quad -y[k-n_a] \quad u[k] \quad u[k-1] \quad \cdots \quad u[k-n_b]]^T \quad (3)$$

Tは、転置行列を表している。

[0060] 式(1)に式(2)及び式(3)を適用することによって、式(1)は、以下の式(4)のように変形される。

[数4]

$$y[k] = \boldsymbol{\theta}^T \cdot \boldsymbol{\psi}[k] + w[k] \quad (4)$$

[0061] 式(4)が表しているモデルは、線形回帰モデルと称される。システム同定装置1は、システムの入力データと出力データとを最小二乗法等の手法で解析することによって、線形回帰モデルのパラメータベクトル θ を推定できる。システム同定装置1は、推定したパラメータを適用したARXモデルに基づくシステムの応答として t 秒値抵抗を算出できる。ARXモデルにおけるパラメータの推定は、伝達関数のパラメータの推定に対応する。

[0062] ARXモデルにおいて、パラメータの数は、ARXモデルの次数を表している。ARXモデルの次数が真のシステムの次数と異なっている場合、パラメータの推定誤差が大きくなる。その結果、システムの応答として算出される t 秒値抵抗の推定誤差が大きくなる。

[0063] <FIRモデル>

入出力モデルを近似する所定のモデルとして、FIR (Finite Impulse Response) モデルが適用されると仮定する。FIRモデルは、開始時刻から t 秒後の時刻までの間のサンプリング時刻におけるインパルス応答の和として、 t 秒後の応答を表すことができる。 t 秒値抵抗は、抵抗値を推定する時刻から t 秒前までさかのぼる間の各時刻における入力に対するインパルス応答の和として表される。システム同定装置1は、FIRモデルを適用することによって、 t 秒値抵抗を容易に算出できる。

[0064] FIRモデルは、以下の式(5)で表されている差分方程式によって記述される。

[数5]

$$\begin{aligned} y[k] &= b_0 \cdot u[k] + b_1 \cdot u[k-1] + \cdots + b_{n_f} \cdot u[k-n_f] + w[k] \\ &= \sum_{i=0}^{n_f} b_i \cdot u[k-i] + w[k] \end{aligned} \quad (5)$$

式（１）において、 $b_0 \sim b_{n_f}$ は、FIRモデルのパラメータである。 n_f は、FIRモデルの項数を表している。つまり、式（５）で表されるFIRモデルは、 $(n_f + 1)$ 個のインパルス応答で打ち切られている。 $w[k]$ は、 $u[k]$ と独立であり、且つ、その平均値が０となる白色雑音である。

[0065] FIRモデルは、ARXモデルと同様に線形回帰モデルで表される。システム同定装置１は、システムの入力データと出力データとを最小二乗法等の手法で解析することによって、線形回帰モデルのパラメータを推定できる。システム同定装置１は、 $t \leq T_s \cdot n_f$ が成立するようにFIRモデルの項数を表す n_f を設定することによって、FIRモデルのパラメータとして算出されたインパルス応答に基づいて t 秒値抵抗を算出できる。FIRモデルにおけるインパルス応答の推定は、伝達関数のパラメータの推定に対応する。

[0066] 仮に雑音が存在しない場合、FIRモデルのインパルス応答 $g[k]$ は、以下の式（６）のように表される。

[数6]

$$g[k] = \sum_{i=0}^{n_f} b_i \cdot \delta[k-i] = b_k \quad (6)$$

[0067] つまり、FIRモデルのパラメータ b_i は、システムのインパルス応答 $g[k]$ の i ステップ後の値を表す $g[i]$ と等しい。式（５）に式（６）を適用することによって、式（５）は、以下の式（７）のように変形される。式（７）は、FIRモデルを適用した場合にシステムの出力として算出される値を表している。

[数7]

$$y[k] = \sum_{i=0}^{n_f} g[i] \cdot u[k-i] + w[k] \quad (7)$$

[0068] システム同定装置１は、システムの次数にかかわらず、FIRモデルのパラメータとしてインパルス応答を推定することによって、システムの出力を

推定できる。

[0069] 一方で、システムの真の出力は、以下の式（８）に示されている、システムのインパルス応答 $g[k]$ と入力 $u[k]$ との畳み込みによって表される。

[数8]

$$y[k] = \sum_{i=0}^{\infty} g[i] \cdot u[k-i] \quad (8)$$

[0070] 式（８）によれば、システムの真の出力は、無限個のインパルス応答の和として記述される。一方で式（７）によれば、FIRモデルによって表されているシステムの出力は、 $(n_f + 1)$ 個の有限個のインパルス応答で打ち切られている。つまり、FIRモデルによって表されているシステムの出力は、システムの真の出力に対して、少なくとも打ち切られた項に起因する誤差を含む。システム同定装置１は、 n_f の数を大きくすることによって誤差を低減しうる。しかし、 n_f の数が大きくなるほど、システム同定装置１が同定すべきパラメータの数が多くなる。パラメータの数の増加は、システム同定装置１の負荷の増大を引き起こす。

[0071] <μ-マルコフモデル>

本実施形態において、入出力モデルを近似する所定のモデルとして、μ-マルコフモデルが適用される。μ-マルコフモデルは、ARXモデルと、FIRモデルとを組み合わせたモデルとして表される。

[0072] 離散時間システムにおけるμ-マルコフモデルは、以下の式（９）に示される形式で記述される。

[数9]

$$y[k] = \sum_{i=0}^{\mu} h_i \cdot u[k-i] + \sum_{i=\mu+1}^{\mu+p} b'_i \cdot u[k-i] - \sum_{i=\mu+1}^{\mu+p} a'_i \cdot y[k-i] + w[k] \quad (9)$$

$u[k]$ 及び $y[k]$ はそれぞれ、システムの入力及び出力を表している。

[0073] 式(9)の右辺第1項は、FIRモデルを表している。 h_i ($i \in \{0, \dots, \mu\}$) は、システムのインパルス応答を表している。この場合、インパルス応答で記述される項数は、 $(\mu + 1)$ である。仮にバッテリー4のモデルが直達項を有しない場合、 $h_0 = 0$ が成立する。式(9)の右辺第2項及び第3項は、ARXモデルを表している。 a'_i 及び b'_i ($i \in \{(\mu + 1), \dots, \mu + p\}$) は、ARXモデルのパラメータである。 p は、ARXモデルの次数を表している。 $w[k]$ は、 $u[k]$ と独立であり、且つ、その平均値が0となる白色雑音である。

[0074] μ -マルコフモデルは、ARXモデル又はFIRモデルと同様に線形回帰モデルで表される。システム同定装置1は、システムの入力データと出力データとを最小二乗法等の手法で解析することによって、線形回帰モデルのパラメータを推定できる。

[0075] μ -マルコフモデルは、第 k ステップから第 $(k - \mu)$ ステップまでさかのぼる期間に含まれる $(\mu + 1)$ 個の入力と、第 $(k - \mu - 1)$ ステップから第 $(k - \mu - p)$ ステップまでの期間に含まれる p 個の入力及び出力とに基づいて、第 k ステップの出力 $y[k]$ を決定する。つまり、バッテリー4を表すシステムのパラメータは、入力及び出力の、所定期間内における時系列データに基づいて同定される。入力及び出力はそれぞれ、バッテリー4に流れる電流、及び、バッテリー4の過電圧に対応する。所定期間は、第 k ステップから第 $(k - \mu - p)$ ステップまでの期間に対応する。

[0076] 第 k ステップから第 $(k - \mu)$ ステップまでの期間の $(\mu + 1)$ 個の入力は、 μ -マルコフモデルに含まれるFIRモデルの項に基づいて出力 $y[k]$ に反映される。第 k ステップから第 $(k - \mu)$ ステップまでの期間は、第1期間と称される。つまり、システム同定装置1は、推定対象時刻から過去にさかのぼる第1期間における入力をFIRモデルに適用することによって推定した値に基づいて、推定対象時刻における過電圧を推定する。

[0077] 第 $(k - \mu - 1)$ ステップから第 $(k - \mu - p)$ ステップまでの期間の p 個の入力及び出力は、 μ -マルコフモデルに含まれるARXモデルの項に基

づいて出力 $y[k]$ に反映される。第 $(k - \mu - 1)$ ステップから第 $(k - \mu - p)$ ステップまでの期間は、第2期間と称される。つまり、システム同定装置1は、第1期間からさらに過去にさかのぼる第2期間における入力をARXモデルに適用することによって推定した値に基づいて、推定対象時刻における過電圧を推定する。 μ -マルコフモデルにおいて、システムにFIRモデルの適用によって生じる出力の推定誤差は、ARXモデルの適用によって補正される。

[0078] ここで、図6を参照して、 μ -マルコフモデルの概念を説明する。図6に示されているグラフは、推定対象時刻におけるシステムの出力の推定値を、過去の各時刻における入力に対するインパルス応答の成分を積分することによって算出する概念を表している。グラフの横軸は、離散時間システムにおけるステップを表している。ステップ数が大きいほど、推定対象時刻から過去に長い時間さかのぼったステップに対応している。グラフの縦軸は、インパルス応答の信号強度を表している。出力の推定値は、各ステップにおいてインパルス応答の信号強度とサンプリング周期 T_s との積を算出し、各ステップで算出した値を積算することによって算出される。

[0079] 出力の推定値は、過去に無限にさかのぼったステップにおける入力に対するインパルス応答の成分まで積分することによって真値に近づけられる。図6のグラフにおいて、右上がり斜線のハッチングを付した部分の面積は、推定対象時刻における出力の真値を表している。しかし、FIRモデルは、積分するステップを有限個で打ち切っている。FIRモデルで積分される成分は、破線の矩形によって表されている。FIRモデルにおいて、推定対象時刻から4ステップさかのぼったインパルス応答が積分される。各ステップにおける入力に対するインパルス応答の信号強度は、 $b_1 \sim b_4$ で表されている。FIRモデルで積分される成分は、FIRモデルに基づく推定に寄与する成分ともいえる。

[0080] 積分するステップが有限個で打ち切られる場合、打ち切ったステップよりさらに過去にさかのぼるステップにおける入力に対するインパルス応答の成

分は、FIRモデルで積分されず、出力の推定値に反映されない。図6において、FIRモデルで出力の推定値に反映されない成分は、二点鎖線の矩形によって表されている。二点鎖線の矩形で表されている成分は、FIRモデルで積分されるステップの数を増やした場合に出力の推定値に反映される。つまり、FIRモデルで積分されるステップの数を増やすほど、システムの実出力は、真値により一層近い値として算出される。以上説明してきたように、システムの入力データと出力データとに基づいて μ -マルコフモデルのパラメータが推定される際にFIRモデルを表す項だけでパラメータを推定することによって、FIRモデルのパラメータの推定誤差が生じる。つまり、FIRモデルのパラメータの推定誤差は、FIRモデルが有限の項数で打ち切られていることに起因している。

[0081] ここで、ARXモデルを表す項が考慮されることによって、FIRモデルのパラメータの推定誤差が減少する。つまりFIRモデルのパラメータの推定値が真値に近づけられる。図6において、二点鎖線の矩形で表されている、FIRモデルで出力の推定値に反映されなかった成分は、ARXモデルを表す項として、出力の推定値に反映される。つまり、ARXモデルに基づく推定がFIRモデルで出力の推定値に反映されなかった成分を補完できる。このようにすることで、システム同定装置1は、FIRモデルのパラメータの推定値を、有限個の項で構成されているARXモデルに基づいて真値に近づけることができる。その結果、 μ -マルコフモデルを適用して推定されたインパルス応答に基づくシステムの実出力は、FIRモデルだけを適用して推定されたインパルス応答に基づくシステムの実出力よりも、真値に近づけられる。言い換えれば、FIRモデルにおいて打ち切られた、無限に続くはずだった項が、ARXモデルを構成する有限個の項で代替される。これによって、FIRモデルの項数を無限に増やすことなく、パラメータの推定結果が真値に近づけられうる。言い換えれば、システム同定装置1は、FIRモデルとARXモデルとを適用してシステムを同定することによって、システムを高精度で同定できる。

[0082] システム同定装置 1 は、システムに μ -マルコフモデルを適用することによって、システムの真の次数にかかわらず、有限時間のインパルス応答を高精度で推定できる。t 秒値抵抗は、有限時間のインパルス応答の和に基づいて算出される。したがって、システム同定装置 1 は、バッテリー 4 のモデルを表すシステムに μ -マルコフモデルを適用することによって、バッテリー 4 の t 秒値抵抗をシステムの応答として高精度で推定できる。システム同定装置 1 は、推定対象時刻における過電圧推定値と、推定対象時刻に入力される所定電流との比として、t 秒値抵抗を算出できる。

[0083] <バッテリー推定の実施例>

本実施例において、システム同定装置 1 は、図 2 及び図 3 に示されているバッテリーモデルを表すシステムに μ -マルコフモデルを適用することによって、システムのパラメータを同定する。

[0084] 式 (9) は、インパルス応答を表す $(\mu + 1)$ 個のパラメータ ($h_0 \sim h_\mu$) と、ARXモデルに含まれる $2p$ 個のパラメータ ($a_{\mu+1} \sim a_{\mu+p}$ 、及び、 $b_{\mu+1} \sim b_{\mu+p}$) とを含む。システム同定装置 1 は、 $(\mu + 2p + 1)$ 個のパラメータを推定することによって、システムを同定できる。

[0085] システム同定装置 1 は、 $u(t)$ と $\eta_c(t)$ とを対応づけたデータセットから導出される方程式に基づいて、システムのパラメータを推定できる。未知のパラメータが Q 個存在する場合、各パラメータは、少なくとも Q 本の方程式を含む連立方程式に基づいて解析的に算出されうる。 μ -マルコフモデルは、 $(\mu + 2p + 1)$ 個の未知のパラメータを有する。したがって、 μ -マルコフモデルの各パラメータが解析的に算出されるために、少なくとも $(\mu + 2p + 1)$ 本の方程式が必要とされる。1 本の方程式は、 $u(t)$ と $\eta_c(t)$ とを対応づけた 1 つのデータセットに基づいて導出される。したがって、少なくとも $(\mu + 2p + 1)$ 個のデータセットが必要とされる。

[0086] システム同定装置 1 は、例えば、システムの入力と出力とが対応づけられているデータセットを $(\mu + 2p + 1)$ 個以上取得してよい。システム同定装置 1 は、 $(\mu + 2p + 1)$ 個以上のデータセットを取得した場合、少なく

とも $(\mu + 2p + 1)$ 個のパラメータを未知数として含む方程式を設定できる。システム同定装置 1 は、その方程式を解くことによって $(\mu + 2p + 1)$ 個のパラメータを解析的に算出できる。システム同定装置 1 は、 $(\mu + 2p + 1)$ 個以上のデータを取得することによって、システムのパラメータを高精度で算出できる。

[0087] システム同定装置 1 は、 T 秒間にわたってシステムに入力される電流の測定値 $u(t)$ と、入力された電流に対応する過電圧算出値 $\eta_c(t)$ とを所定のタイミングでサンプリングすることによって取得してよい。仮に、システム同定装置 1 がサンプリング周期 T_s で $u(t)$ と $\eta_c(t)$ とを取得する場合、データを取得する期間を表す T は、 T_s と、システム同定のために必要とされるデータ数である $(\mu + 2p + 1)$ 個との積より大きい値に設定される。

[0088] システム同定装置 1 は、 $u(t)$ 及び $\eta_c(t)$ を多く取得するほど、インパルス応答を表す μ 個のパラメータの推定値を、真値に近づけることができる。つまり、FIR モデルのパラメータは、真値に対して漸近的に推定される。一方で、ARX モデルに含まれる $2p$ 個のパラメータの推定値は、 $u(t)$ 及び $\eta_c(t)$ のデータ数にかかわらず、真値に近づかないことがある。つまり、ARX モデルのパラメータは、真値に対して所定値以上の誤差を有する可能性がある。

[0089] システム同定装置 1 は、所定電流が入力されたシステムが応答として出力する過電圧を、同定した μ マルコフモデルのパラメータに基づいて算出する。本実施形態において、入力開始時刻より前に電流が入力されず、且つ、入力開始時刻以降に所定電流が入力されれるとする。つまり、第 1 ステップより前にシステムに電流が入力されず、第 1 ステップ以降にシステムに所定電流が入力されれるとする。この場合、システム同定装置 1 は、システムの応答として過電圧を算出できる。システム同定装置 1 は、 μ マルコフモデルのパラメータに基づいて過電圧を算出することによって、高精度で過電圧を算出できる。その結果、バッテリー 4 の放電開始時の過電圧が高精度で推定され

る。

[0090] システム同定装置 1 は、入力開始時刻から推定対象時刻までの t 秒間にわたって所定電流をシステムに入力した場合に、推定対象時刻における過電圧と、推定対象時刻においてバッテリー 4 に入力される所定電流とに基づいて、 t 秒値抵抗を算出できる。システム同定装置 1 は、過電圧と所定電流との比を t 秒値抵抗として算出してよい。システム同定装置 1 は、過電圧を高精度で算出することによって、 t 秒値抵抗を高精度で算出できる。システム同定装置 1 が車両 100 に搭載されている場合、システム同定装置 1 が t 秒値抵抗を高精度で算出することによって、コントローラ 110 は、エンジンをアイドリングストップさせるか否かを高精度で判定できる。

[0091] 仮に、入力開始時刻以降に入力される所定電流が一定値の電流である場合、システム同定装置 1 は、システムのステップ応答として過電圧を算出できる。システム同定装置 1 は、 t 秒間にわたって一定値の電流をシステムに入力した場合の過電圧を t 秒値抵抗として算出できる。つまり、 t 秒後のステップ応答として過電圧が算出される場合、算出された過電圧が t 秒値抵抗とみなされる。このようにすることで、システム同定装置 1 は、 t 秒値抵抗を容易に算出できる。

[0092] インパルス応答で記述される項数 ($\mu + 1$) に関して、 $\mu \geq t / T_s$ が満たされている場合、システム同定装置 1 は、インパルス応答のパラメータだけに基づいて t 秒値抵抗を算出できる。言い換えれば、時系列データのうち FIR モデルに適用されるデータの数が入力開始時刻から推定対象時刻までの時間をサンプリング周期で除した数 (t / T_s に対応する) に 1 を加えた数 ($t / T_s + 1$ に対応する) 以上の数である場合、システム同定装置 1 は、インパルス応答のパラメータだけに基づいて t 秒値抵抗を算出できる。さらに言い換えれば、第 1 期間の長さが入力開始時刻から推定対象時刻までの期間の長さ以上となるように設定される場合、システム同定装置 1 は、インパルス応答のパラメータだけに基づいて t 秒値抵抗を算出できる。具体的には、システム同定装置 1 は、上述の式 (9) で FIR モデルを表す右辺第 1

項の係数 h_i を $i = 0 \sim \mu$ の範囲で加算した値として、 t 秒値抵抗を算出してよい。言い換えれば、システム同定装置 1 は、推定対象時刻におけるバッテリー 4 の内部抵抗として、システムを同定するために適用された F I R モデルの、入力開始時刻から推定対象時刻までの期間に含まれる各項の係数の和を算出してもよい。F I R モデルの各項の係数は、インパルス応答のパラメータに対応する。さらに言い換えれば、システム同定装置 1 は、推定対象時刻におけるバッテリー 4 の内部抵抗として、システムを同定するために適用されたバッテリー 4 のモデルのうち、推定対象時刻における入力に対応する項から、入力開始時刻における入力に対応する項までの各項の係数の和を算出してもよい。

[0093] システム同定装置 1 は、インパルス応答のパラメータだけに基づいて t 秒値抵抗を算出することによって、真値に対して所定値以上の誤差を有する可能性がある A R X モデルのパラメータに基づかずに t 秒値抵抗を算出できる。その結果、システム同定装置 1 は、A R X モデルのパラメータの推定精度にかかわらず、 t 秒値抵抗を高い精度で推定できる。

[0094] 時系列データのうち F I R モデルに適用されるデータの数、入力開始時刻から推定対象時刻までの時間をサンプリング周期で除した数（ μ に対応する）に 1 を加えた数（ $\mu + 1$ に対応する）と同じ数であってよい。言い換えれば、システム同定装置 1 は、第 1 期間の長さが入力開始時刻から推定対象時刻までの期間の長さに一致するように、第 1 期間の長さを設定してよい。このようにすることで、 t 秒値抵抗がインパルス応答のパラメータだけに基づいて算出される範囲内において、F I R モデルのパラメータの数が減少する。パラメータ数の減少は、パラメータを推定する負荷を低減させる。

[0095] システム同定装置 1、並びに、システム同定装置 1 に含まれるオブザーバ 10 及び応答推定部 20 は、例えば図 7 に示されるフローチャートの手順を含むシステム同定方法を実行してもよい。

[0096] オブザーバ 10 は、バッテリー 4 に流れる電流の測定値 $u(t)$ と、バッテリー 4 の端子電圧の測定値 $y(t)$ とを取得する（ステップ S1）。オブザー

バ10は、電流センサ2から $u(t)$ を取得する。バッテリー4に流れる電流は、バッテリー4が放電によって出力する電流、及び、バッテリー4を充電するために入力される電流の少なくとも一方を含む。オブザーバ10は、電圧センサ3から $y(t)$ を取得する。

[0097] オブザーバ10は、 $u(t)$ 及び $y(t)$ に基づいて、バッテリーモデルを表すシステムの状態変数を推定する（ステップS2）。オブザーバ10は、状態変数推定部11でSOC推定値 $SOC^{\wedge}(t)$ を算出し、OCV算出部12でOCV推定値 $OCV^{\wedge}(t)$ を算出する。システム同定装置1は、演算器25で、 $OCV^{\wedge}(t)$ と $y(t)$ との差を、過電圧算出値 $\eta_c(t)$ として算出する。システム同定装置1は、 $u(t)$ と $\eta_c(t)$ とを組み合わせたデータを保持する。システム同定装置1は、データを記憶部に格納してもよい。

[0098] システム同定装置1は、T秒間にわたる期間のデータを取得したか判定する（ステップS3）。Tは、サンプリング周期 T_s とシステム同定のために必要とされるデータ数との積より大きい値であるとする。

[0099] システム同定装置1は、T秒間にわたる期間のデータを取得していない場合（ステップS3：NO）、ステップS1の手順に戻る。

[0100] システム同定装置1は、T秒間にわたる期間のデータを取得した場合（ステップS3：YES）、応答推定部20で、バッテリーモデルを表すシステムのパラメータを同定する（ステップS4）。応答推定部20は、取得したT秒間のデータに基づいてシステムを同定する。応答推定部20は、取得したT秒間のデータに基づいて、システムを表す μ -マルコフモデルのパラメータを同定する。

[0101] 応答推定部20は、同定したシステムに所定電流を入力した場合の応答を推定する（ステップS5）。応答推定部20は、システムの応答としてバッテリー4の過電圧を算出してよい。応答推定部20は、電流の入力開始時刻からt秒後の時刻までの間の各サンプリング時刻のインパルス応答と所定電流の瞬時値との積を積算した値を過電圧として算出できる。システムに入力さ

れる所定電流が一定値である場合、応答推定部 20 は、各サンプリング時刻のインパルス応答の和を t 秒値抵抗として算出できる。

[0102] システム同定装置 1 は、図 2 及び図 3 に例示されているバッテリー 4 のモデルを対象システムとして、バッテリー 4 の t 秒値抵抗を推定できる。図 2 及び図 3 に例示されているモデルの次数は、4 次である。よって、対象システムの次数は 4 次である。システム同定装置 1 は、例えば t を 1 に設定することによって、1 秒値抵抗を算出できる。

[0103] 一例として、図 3 に示されているバッテリー 4 の内部インピーダンス 44 の各パラメータが、以下に示されている値に設定されているとする。

$$R_0 = 3.6 \text{ m}\Omega$$

$$R_1 = 2.19 \text{ m}\Omega$$

$$R_2 = 0.243 \text{ m}\Omega$$

$$R_3 = 8.75 \times 10^{-2} \text{ m}\Omega$$

$$R_4 = 4.47 \times 10^{-2} \text{ m}\Omega$$

$$C_1 \sim C_4 = 6.72 \text{ kF}$$

また、サンプリング周期 T_s は、0.1 秒に設定されているとする。この場合、 μ が 10 以上に設定されることによって、1 秒値抵抗がインパルス応答のパラメータだけに基づいて算出される。

[0104] 対象システムへの入力信号にゼロ次ホールドを仮定して対象システムを離散化した場合、離散時間伝達関数として、以下の式 (10) が導出された。

[数10]

$$\frac{0.0036q^4 - 0.013q^3 + 0.016q^2 - 0.0093q + 0.0020}{q^4 - 3.5q^3 + 4.6q^2 - 2.6q + 0.56} \quad (10)$$

[0105] 以上のように仮定された対象システムに μ -マルコフモデル、ARXモデル及び FIR モデルをそれぞれ適用することによって、各モデルにおける 1 秒値抵抗の推定結果が算出されうる。1 秒値抵抗の真値は、3.9699 m Ω であるとする。

[0106] Case 1として、ARXモデルの次数 p 、及び、 μ -マルコフモデルに含まれるARXモデルの次数 p は、真のシステムの次数である4次に設定されとする。FIRモデルのインパルス応答の項数を表す n_f 、及び、 μ -マルコフモデルに含まれるインパルス応答の項数を表す μ はそれぞれ、10に設定されとする。また、対象システムのパラメータを同定するために用いられるデータは、対象システムの出力を表すバッテリー4の端子電圧の測定値に、観測雑音として平均値0且つ分散 1.0×10^{-7} の正規性白色雑音を加えられるとする。

[0107] 1000通りの異なる雑音を加えられる条件で、各モデルのパラメータが同定された。各モデルにおいて、同定されたパラメータに基づいて、1秒値抵抗が推定された。1000回分の1秒値抵抗の推定結果は、以下の通りであった。単位は、 $m\Omega$ であるとする。

μ -マルコフモデル：平均値3.9686、標準偏差 $\pm 3.6892 \times 10^{-3}$

ARXモデル：平均値4.0131、標準偏差 $\pm 5.7713 \times 10^{-3}$

FIRモデル：平均値3.9609、標準偏差 $\pm 2.9357 \times 10^{-3}$

[0108] また、Case 2として、ARXモデルの次数 p 、及び、 μ -マルコフモデルに含まれるARXモデルの次数 p が、真のシステムの次数である4次とは異なる2次に設定されとする。Case 2における、1000回分の1秒値抵抗の推定結果は以下の通りであった。単位は、 $m\Omega$ であるとする。

μ -マルコフモデル：平均値3.9691、標準偏差 $\pm 3.6603 \times 10^{-3}$

ARXモデル：平均値3.9887、標準偏差 $\pm 6.4469 \times 10^{-3}$

FIRモデル：平均値3.9609、標準偏差 $\pm 2.9357 \times 10^{-3}$

[0109] 以上の結果によれば、 μ -マルコフモデルが適用された場合の1秒値抵抗の推定値は、ARXモデル及びFIRモデルが適用された場合の1秒値抵抗の推定値よりも真値に近い。つまり、 μ -マルコフモデルが適用された場合の1秒値抵抗の推定精度は、ARXモデル及びFIRモデルが適用された場

合の1秒値抵抗の推定精度よりも高い。

[0110] 本例において、 μ ーマルコフモデルのインパルス応答の項数を表す μ が10に設定されていることによって、 μ ーマルコフモデルに基づく1秒値抵抗は、0ステップから10ステップまでのインパルス応答の和として算出されている。つまり、1秒値抵抗は、ARXモデルのパラメータに基づかずに算出されている。これによって、 μ ーマルコフモデルに基づく1秒値抵抗の推定精度は、ARXモデルの次数が真のシステムの次数と一致する場合（Case 1）又は一致しない場合（Case 2）のいずれの場合であるかにかかわらず決定される。その結果、 μ ーマルコフモデルに基づく1秒値抵抗の推定精度は、ARXモデルに基づく1秒値抵抗の推定精度よりも高くなっている。

[0111] 上述のCase 2において、観測雑音として平均値0且つ分散 5.0×10^{-8} の正規性白色雑音を加えられる場合（Case 3）に、図8のグラフに例示されるように、過電圧のステップ応答が算出された。図8のグラフの横軸は、時間を表している。時間の単位は、秒である。図8のグラフの縦軸は、過電圧を表している。過電圧の単位はmVである。図8のグラフは、1秒後までの過電圧のステップ応答の算出結果を表す。サンプリング周期 T_s が0.1秒に設定され、且つ、 μ ーマルコフモデルのインパルス応答の項数を表す μ が10に設定されていることによって、図8のグラフで表されている1秒後の過電圧のステップ応答に対応する1秒値抵抗は、インパルス応答のパラメータだけにに基づいて算出される。

[0112] 上述のCase 3において、 μ ーマルコフモデルのインパルス応答の項数を表す μ が100に設定される場合（Case 4）に、図9のグラフに例示されるように、過電圧のステップ応答が算出された。図9のグラフの横軸は、時間を表している。時間の単位は、秒である。図9のグラフの縦軸は、過電圧を表している。過電圧の単位はmVである。図9のグラフは、10秒後までの過電圧のステップ応答の算出結果を表す。サンプリング周期 T_s が0.1秒に設定され、且つ、 μ ーマルコフモデルのインパルス応答の項数を表

す μ が100に設定されていることによって、図9のグラフで表されている10秒後の過電圧のステップ応答に対応する10秒値抵抗は、インパルス応答のパラメータだけに基づいて算出される。

[0113] 図8及び図9のグラフにおいて、真値は、実線で表されている。Case 3及びCase 4において μ -マルコフモデルに基づくステップ応答の算出結果は、破線で表される上限及び下限の範囲内に収まった。一方で、Case 3及びCase 4においてFIRモデルに基づくステップ応答の算出結果は、一点鎖線で表される上限及び下限の範囲内に収まった。ARXモデルに基づくステップ応答の算出結果は、二点鎖線で表される上限及び下限の範囲内に収まった。図8及び図9を参照して、 μ -マルコフモデルに基づくステップ応答の算出結果は、FIRモデル及びARXモデルに基づくステップ応答の算出結果よりも真値に近づけられている。また、 μ -マルコフモデルに基づくステップ応答の算出結果のばらつきは、FIRモデル及びARXモデルに基づくステップ応答の算出結果のばらつきよりも小さくなっている。つまり、システム同定装置1は、 μ -マルコフモデルに基づいてシステムを同定することによって、ステップ応答の推定精度を高めることができる。また、入力開始時刻から時間が経過するほど、ステップ応答の推定誤差が大きくなっている。しかし、 μ -マルコフモデルに基づくステップ応答の推定値は、例えば0.5秒が経過した以降においても真値から乖離しにくいといえる。

[0114] 本開示に係る実施形態について諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は修正を行うことが容易であることに注意されたい。従って、これらの変形又は修正は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部又は各ステップなどに含まれる機能などは論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部及びステップ等を1つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。

符号の説明

- [0115] 1 システム同定装置
- 2 電流センサ
- 3 電圧センサ
- 4 バッテリ
- 4 a バッテリ等価回路
- 4 1 a ~ 4 1 d 端子
- 4 2 電圧源
- 4 4 内部インピーダンス
- 1 0 オブザーバ
- 1 1 状態変数推定部
- 1 2 O C V 算出部
- 1 3 フィードバック部
- 1 4 端子電圧推定部
- 1 5 比較器
- 1 6 状態変数補正值算出部
- 2 0 応答推定部
- 2 5 演算器
- 7 0 表示部
- 1 0 0 車両
- 1 1 0 コントローラ

請求の範囲

- [請求項1] バッテリーに流れる電流を入力とし、前記バッテリーの過電圧を出力とするシステムの応答を推定するシステム同定装置が実行するシステム同定方法であって、
- 前記バッテリーに流れる電流、及び、前記バッテリーの過電圧それぞれの、所定期間内における時系列データに基づいて、前記システムにFIRモデルとARXモデルとを含む前記バッテリーのモデルを適用することによって前記システムを同定する第1ステップと、
- 前記第1ステップで同定した前記システムに、入力開始時刻より前に電流が入力されず、且つ、前記入力開始時刻以降に電流が入力される場合における、前記入力開始時刻より後の推定対象時刻に前記システムが出力する前記バッテリーの過電圧を、前記第1ステップで前記システムを同定するために適用された前記バッテリーのモデルに基づいて推定する第2ステップと
- を含み、
- 前記時系列データのうち、前記FIRモデルに適用されるデータの数は、前記入力開始時刻から前記推定対象時刻までの時間をサンプリング周期で除した数に1を加えた数以上の数である、
- システム同定方法。
- [請求項2] 前記入力開始時刻から前記推定対象時刻までの時間は、前記システム同定装置を搭載する車両がアイドリングストップ後にエンジンを再始動させる際のクランキング時間である、請求項1に記載のシステム同定方法。
- [請求項3] 前記入力開始時刻から前記推定対象時刻までの時間は、エンジンとモータと前記システム同定装置とを搭載する車両が走行中に、前記モータが前記車両を駆動している時間である、請求項1に記載のシステム同定方法。
- [請求項4] 前記推定対象時刻における前記バッテリーの内部抵抗として、前記第

1 ステップで前記システムを同定するために適用された前記 F I R モデルの、前記入力開始時刻から前記推定対象時刻までの期間に含まれる項の係数の和を算出する、請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載のシステム同定方法。

[請求項5] 前記第 2 ステップにおいて、前記システムに一定値の電流を入力した場合における、前記推定対象時刻での前記バッテリーの過電圧を推定する、請求項 1 から 4 までにいずれか一項に記載のシステム同定方法。

[請求項6] 前記時系列データのうち、前記 F I R モデルの項に適用されるデータの数は、前記入力開始時刻から前記推定対象時刻までの時間をサンプリング周期で除した数に 1 を加えた数と同じ数である、請求項 1 から 5 までのいずれか一項に記載のシステム同定方法。

[請求項7] 前記第 1 ステップにおいて、前記 F I R モデルのパラメータを、前記 F I R モデルと前記 A R X モデルとに基づいて同定する、請求項 1 から 6 までのいずれか一項に記載のシステム同定方法。

[請求項8] 前記第 2 ステップにおいて、前記推定対象時刻における前記バッテリーの過電圧と、前記推定対象時刻において前記バッテリーに入力される電流とに基づき、前記推定対象時刻における前記バッテリーの内部抵抗を算出する、請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載のシステム同定方法。

[請求項9] バッテリーに流れる電流を入力とし、前記バッテリーの過電圧を出力とするシステムの応答を推定する応答推定部を備え、

前記応答推定部は、

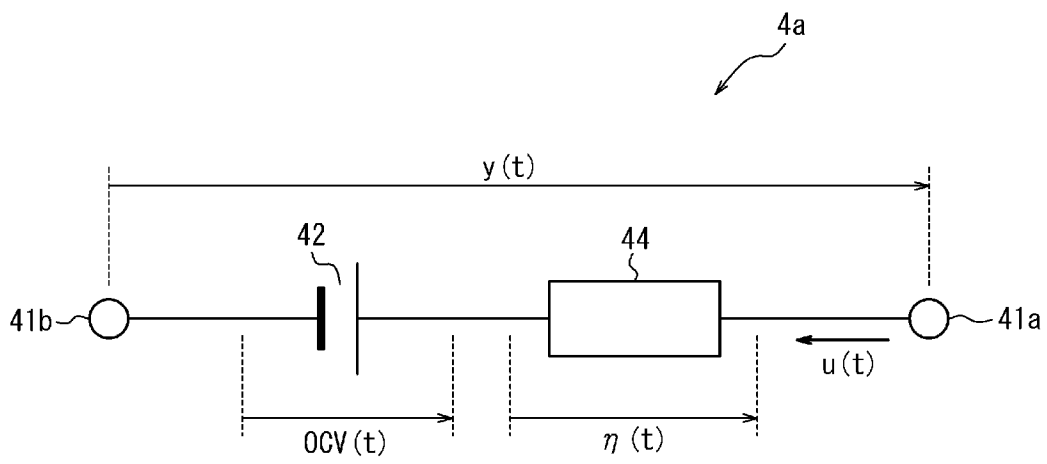
前記バッテリーに流れる電流、及び、前記バッテリーの過電圧それぞれの、所定期間内における時系列データに基づいて、前記システムに F I R モデルと A R X モデルとを含む前記バッテリーのモデルを適用することによって前記システムを同定し、

同定した前記システムに入力開始時刻より前に電流が入力されず

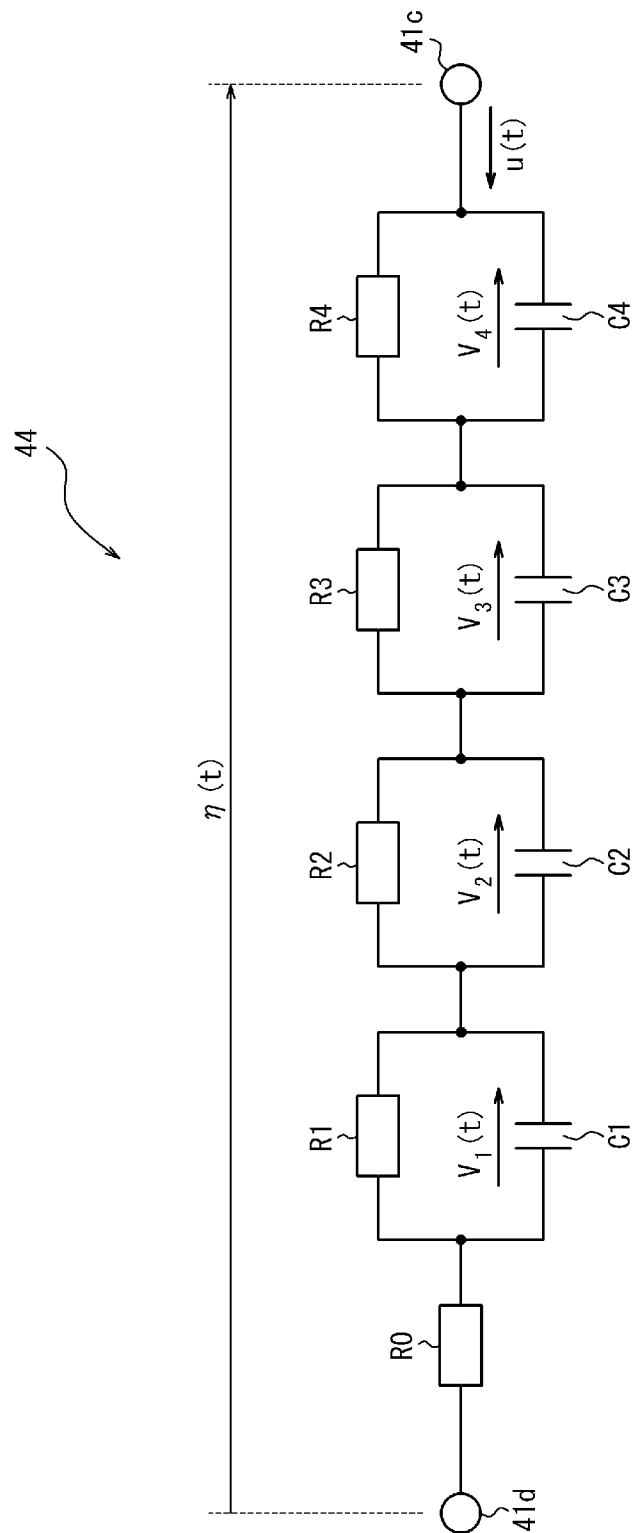
、且つ、前記入力開始時刻以降に電流が入力される場合に、前記入力開始時刻より後の推定対象時刻に前記システムが出力する前記バッテリーの過電圧を、前記システムを同定するために適用された前記バッテリーのモデルのパラメータに基づいて推定し、

前記時系列データのうち、前記FIRモデルに適用されるデータの数は、前記入力開始時刻から前記推定対象時刻までの時間をサンプリング周期で除した数に1を加えた数以上の数である、
システム同定装置。

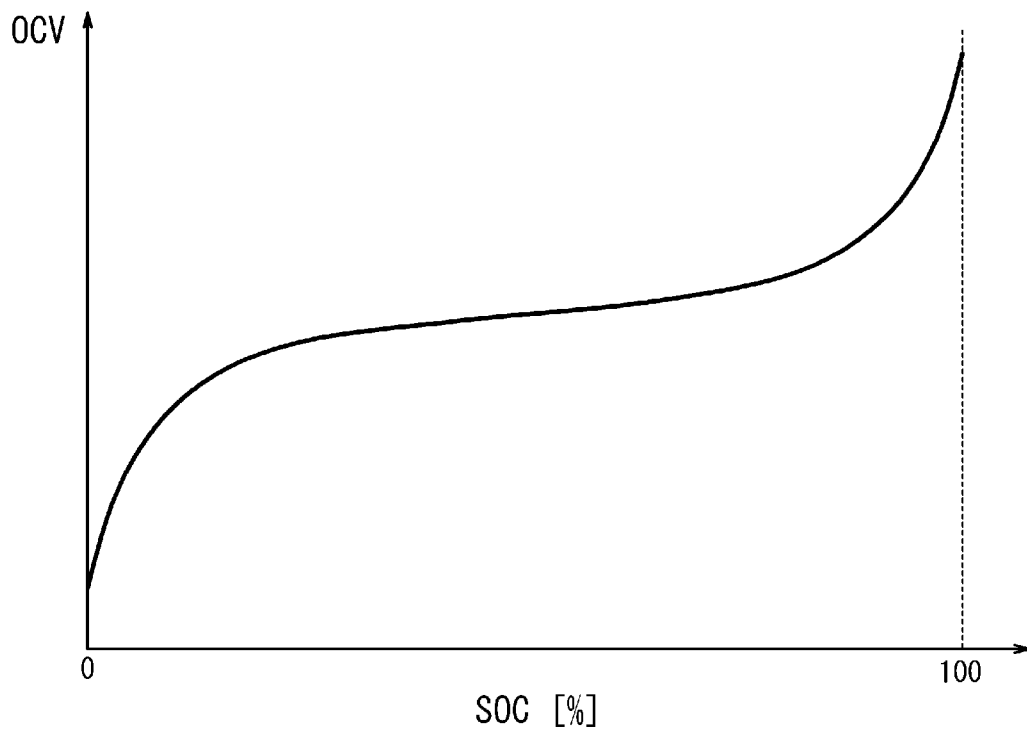
[図2]



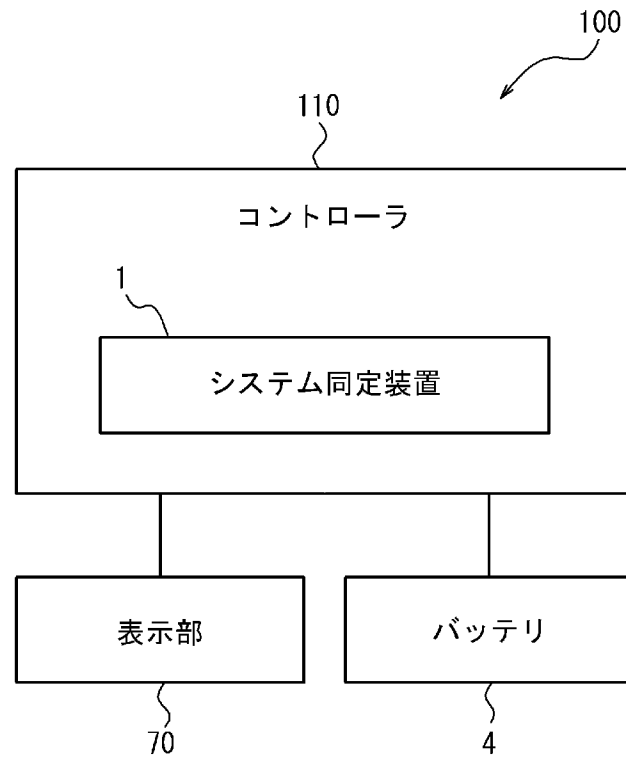
[図3]



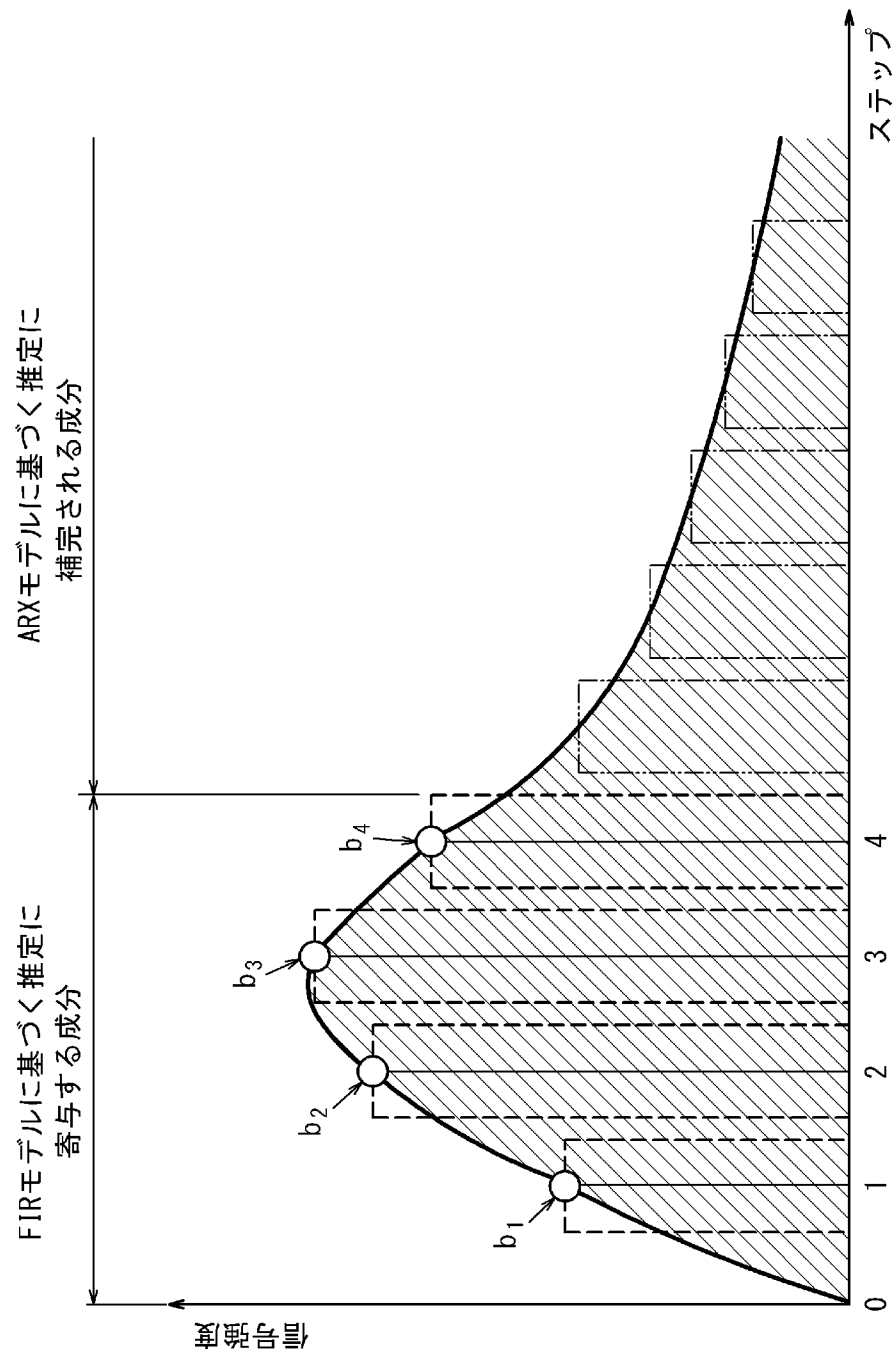
[図4]



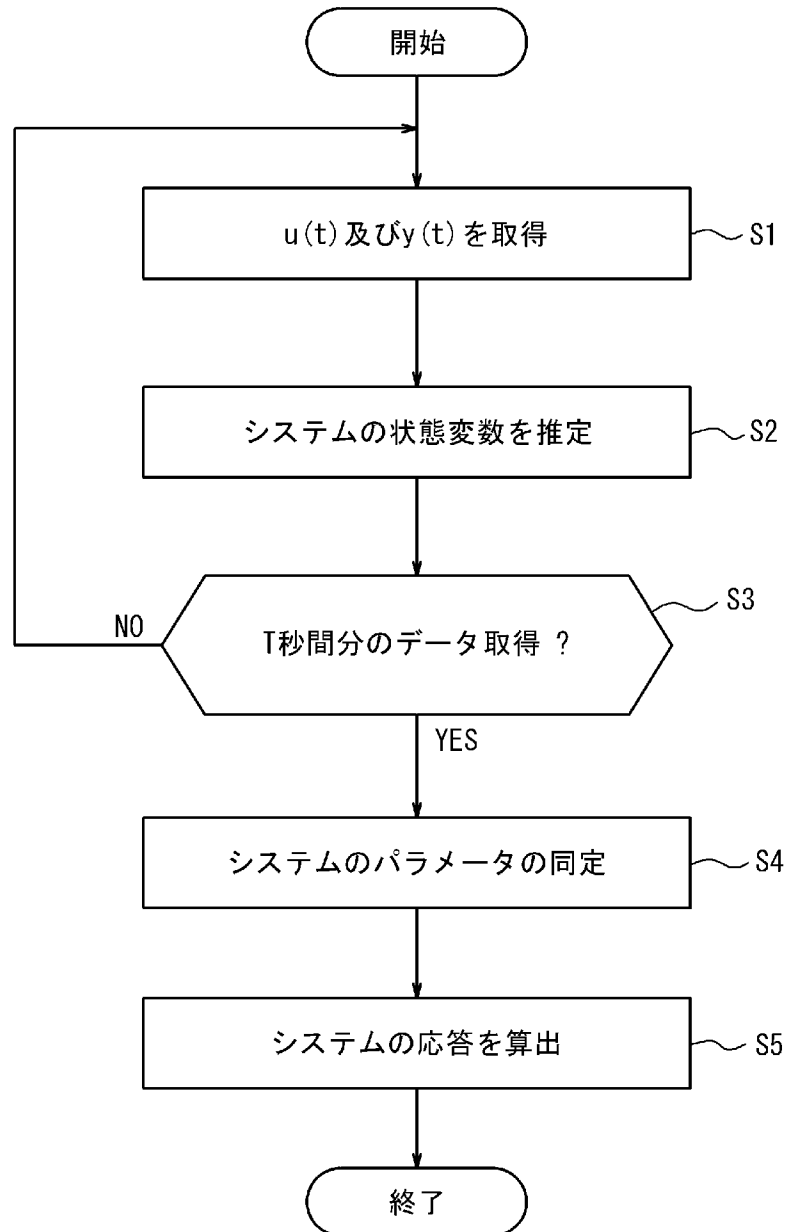
[図5]



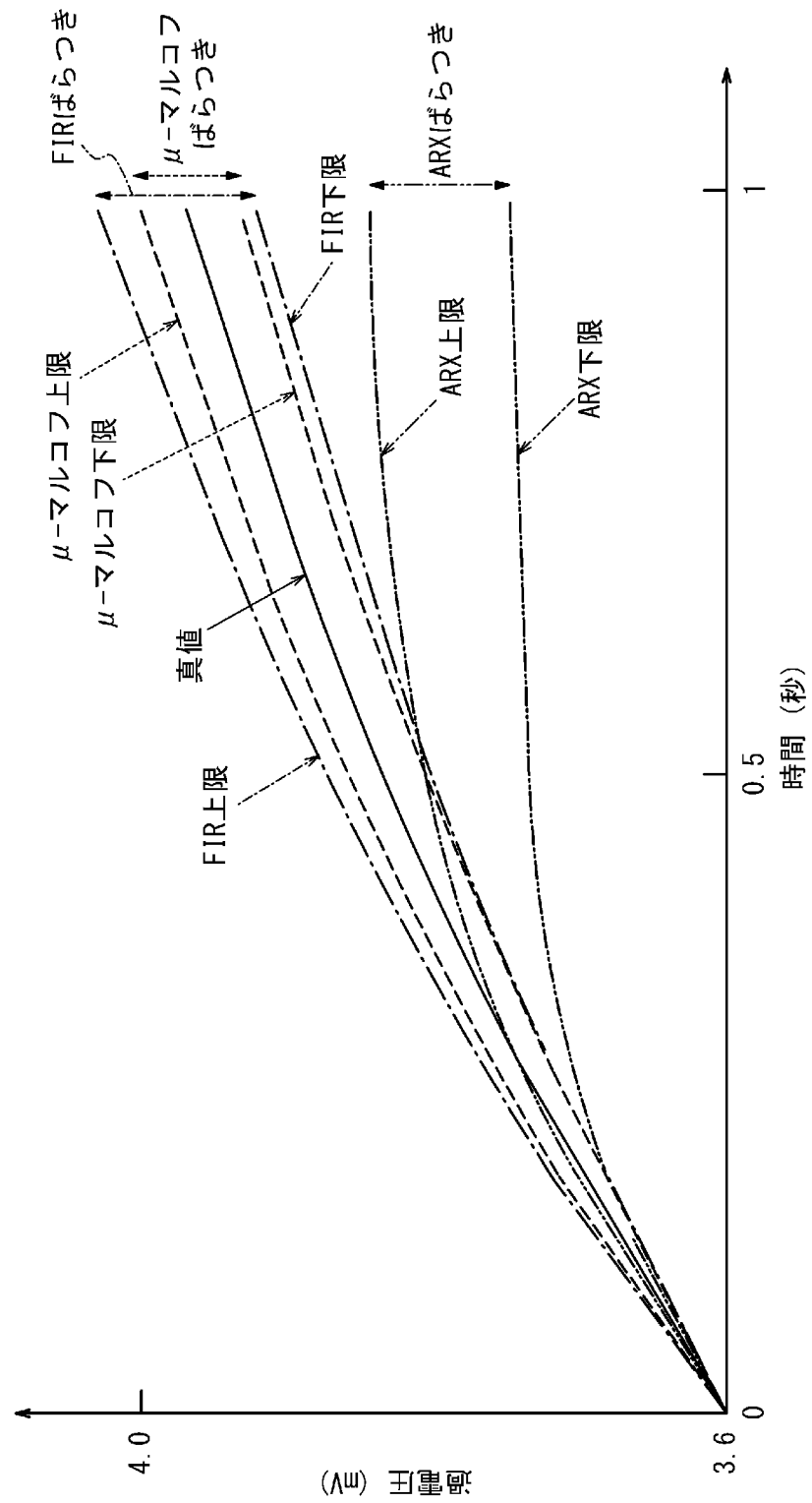
[図6]



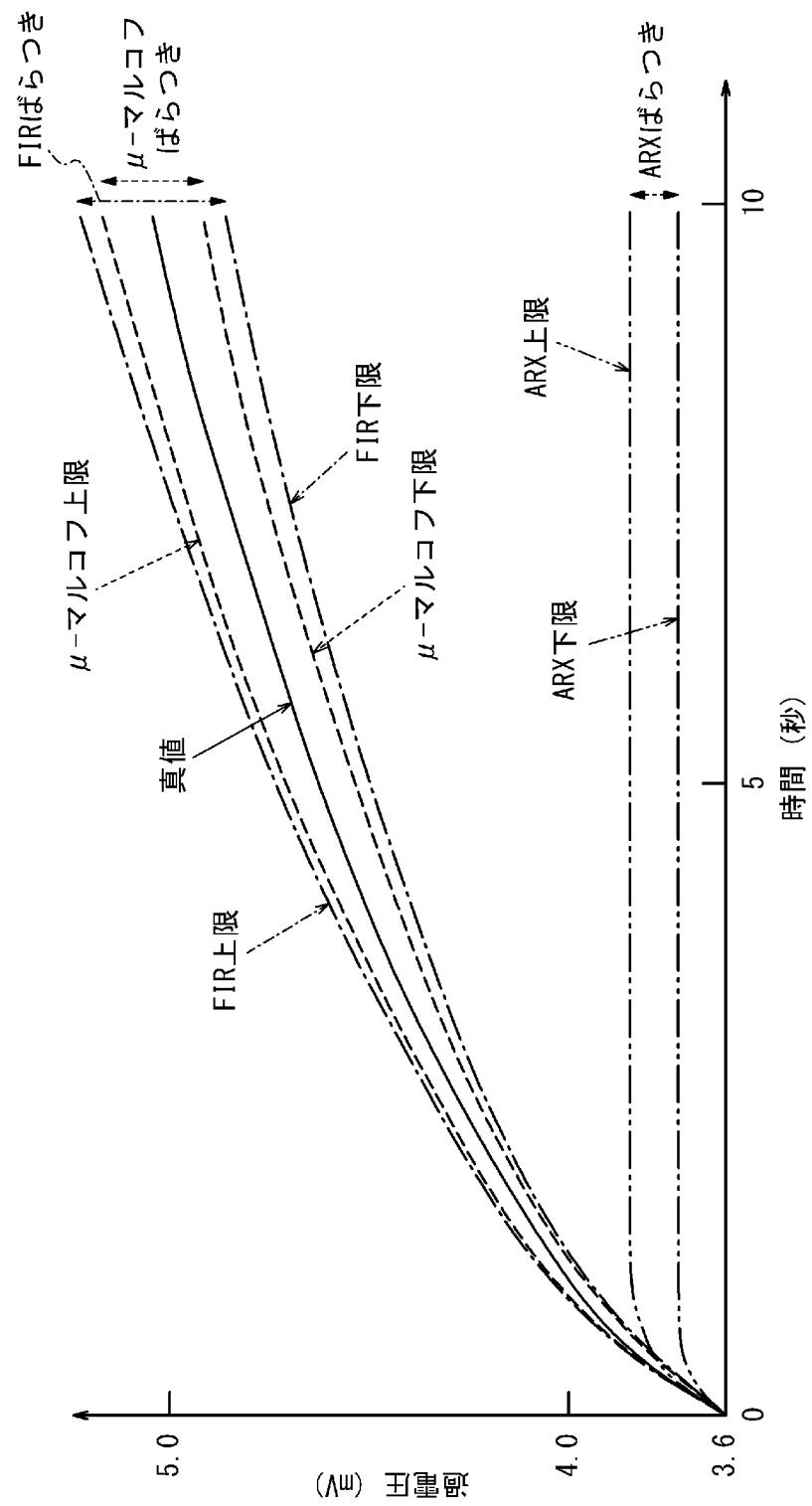
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/000745

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M10/48 (2006.01) i; H02J7/00 (2006.01) i; G01R31/367 (2019.01) i
 FI: G01R31/367; H02J7/00 Y; H01M10/48 P

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)

H01M10/48; H02J7/00; G01R31/367

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 2015/133103 A1 (PANASONIC IP MANAGEMENT CO., LTD.) 11.09.2015 (2015-09-11) entire text, all drawings	1-9
A	JP 2010-230469 A (CALSONIC KANSEI CORPORATION) 14.10.2010 (2010-10-14) entire text, all drawings	1-9
A	JP 2003-293344 A (TOSHIBA CORP.) 15.10.2003 (2003-10-15) entire text, all drawings	1-9
A	JP 2016-211405 A (CALSONIC KANSEI CORPORATION) 15.12.2016 (2016-12-15) entire text, all drawings	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 February 2020 (07.02.2020)

Date of mailing of the international search report
07 April 2020 (07.04.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/000745

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2015/133103 A1	11 Sep. 2015	US 2017/0176540 A1 entire text, all drawings EP 3115797 A1 CN 1060625 79 A (Family: none)	
JP 2010-230469 A	14 Oct. 2010		
JP 2003-293344 A	15 Oct. 2003	CN 1438386 A entire text, all drawings (Family: none)	
JP 2016-211405 A	15 Dec. 2016		

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 31/367(2019.01)i FI: G01R31/367; H02J7/00 Y; H01M10/48 P														
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; G01R31/367														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			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				
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 2015/133103 A1（パナソニックIPマネジメント株式会社）11.09.2015（2015 - 09 - 11） 全文，全図	1-9												
A	JP 2010-230469 A（カルソニックカンセイ株式会社）14.10.2010（2010 - 10 - 14） 全文，全図	1-9												
A	JP 2003-293344 A（株式会社東芝）15.10.2003（2003 - 10 - 15） 全文，全図	1-9												
A	JP 2016-211405 A（カルソニックカンセイ株式会社）15.12.2016（2016 - 12 - 15） 全文，全図	1-9												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 07.02.2020	国際調査報告の発送日 07.04.2020													
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） 山崎 仁之 2S 3015 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

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/JP2020/000745

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2015/133103	A1	11.09.2015	US 2017/0176540 A1 全文, 全図 EP 3115797 A1 CN 106062579 A	
JP	2010-230469	A	14.10.2010	(ファミリーなし)	
JP	2003-293344	A	15.10.2003	CN 1438386 A 全文, 全図	
JP	2016-211405	A	15.12.2016	(ファミリーなし)	