

(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
2015年3月12日(12.03.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/033503 A1

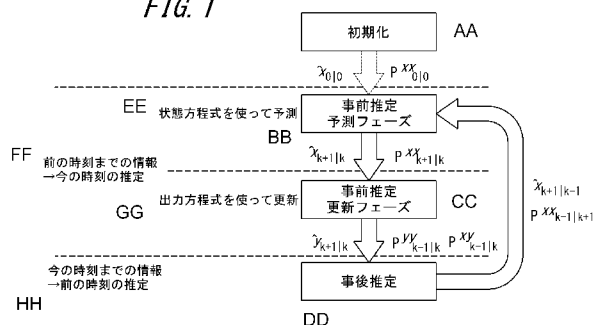
- (51) 国際特許分類:
G01R 31/36 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/003640
- (22) 国際出願日: 2014年7月9日(09.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-184483 2013年9月5日(05.09.2013) JP
- (71) 出願人: カルソニックカンセイ株式会社
(CALSONIC KANSEI CORPORATION) [JP/JP]; 〒3318501 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目1-9 17番地 Saitama (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).
- (72) 発明者: 馬場 厚志(BABA, Atsushi); 〒3318501 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目1-9 17番地 カルソニックカンセイ株式会社内 Saitama (JP). 足立 修一(ADACHI, Shuichi); 〒2238522 神奈川県横浜市港北区日吉三丁目14番1号 慶應義塾大学 理工学部内 Kanagawa (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36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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: ESTIMATION DEVICE AND ESTIMATION METHOD

(54) 発明の名称: 推定装置及び推定方法

FIG. 1



- AA Initialization
BB A priori estimation predict phase
CC A priori estimation update phase
DD A posteriori estimation
EE Predict using state equation
FF Information up to previous timestep --> estimate of current timestep
GG Update using output equation
HH Information up to current timestep --> estimate of previous timestep

(57) Abstract: An estimation device and estimation method are provided which can suppress calculation load and increase the estimation accuracy in state estimation of an internal state quantity in a non-linear system. This estimation device (1) uses a non-linear Kalman filter to estimate an internal state quantity in a non-linear system, and is characterized in that the non-linear Kalman filter includes an *a priori* estimation predict phase for calculating an *a priori* state estimation value and an *a priori* covariance matrix of the state on the basis of a state equation of the non-linear system, and an *a priori* estimation update phase for calculating an *a priori* output estimation value, an output covariance matrix and the cross-covariance matrix of the state and the output on the basis of an output equation of the non-linear system, wherein one of the *a priori* estimation predict phase and the *a priori* estimation update phase is performed with EKF and the other with UKF.

(57) 要約: 非線形システムにおける内部状態量の状態推定において、計算負荷を抑え、かつ推定精度を高めることができる推定装置及び推定方法を提供する。非線形カルマンフィルタを用いて非線形システムにおける内部状態量を推定する推定装置(1)であって、非線形カルマンフィルタは、非線形システムに係る状態方程式に基づき事前状態推定値及び状態の事前共分散行列を算出する事前推定予測フェーズと、非線形システムに係る出力方程式に基づき事前出力推定値、出力の共分散行列、及び状態と出力の相互共分散行列を算出する事前推定更新フェーズとを有し、事前推定予測フェーズ又は事前推定更新フェーズのいずれか一方のフェーズをEKFで行い、他方のフェーズをUKFで行うことを特徴とする。

の相互共分散行列を算出する事前推定更新フェーズとを有し、事前推定予測フェーズ又は事前推定更新フェーズのいずれか一方のフェーズをEKFで行い、他方のフェーズをUKFで行うことを特徴とする。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：推定装置及び推定方法

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2013-184483号（2013年9月5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] 本発明は、バッテリー等の内部状態量を推定する推定装置及び推定方法に関する。

背景技術

[0003] 従来、電気自動車等に搭載されるバッテリーの内部状態量である充電率（SOC：State Of Charge）やパラメータ等を推定するために、カルマンフィルタが用いられている。バッテリーの内部状態量は非線形のモデルにより表されるため、バッテリーの内部状態量を推定するためには非線形カルマンフィルタが用いられている。具体的には、Extended Kalman Filter（EKF）を用いた推定技術（特許文献1等）や、Unscented Kalman Filter（UKF）を用いた推定技術（特許文献2等）が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2008-519977号公報
特許文献2：特表2009-526220号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] EKFを用いた推定技術は、一つの代表点でシステムを線形近似するものであり、推定する対象のシステムが単純な非線形性を有する場合、すなわち非線形性が弱い場合には、比較的少ない計算量で高精度の推定を行うことが

できる。しかしながら、推定する対象のシステムが複雑な非線形性を有する場合、すなわち非線形性が強い場合には、一つの代表点による線形近似では不十分であり、推定精度が悪化してしまう。

[0006] 一方、UKFを用いた推定技術は、複数の代表点（シグマポイント）を生成して推定を行うため、複雑な非線形性を有する場合、すなわち非線形性が強い場合であっても、高精度の推定を行うことができる。しかしながらUKFを用いた推定技術においては、各シグマポイントについて夫々計算を行うため、計算負荷が増大してしまう。

[0007] 従って、上記のような問題点に鑑みてなされた本発明の目的は、バッテリーの内部状態量等の非線形システムにおける内部状態量の推定において、計算負荷を抑え、かつ推定精度を高めることができる推定装置及び推定方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために請求項1に記載の本発明に係る推定装置は、非線形カルマンフィルタを用いて非線形システムにおける内部状態量を推定する推定装置であって、

前記非線形カルマンフィルタは、前記非線形システムに係る状態方程式に基づき事前状態推定値及び状態の事前共分散行列を算出する事前推定予測フェーズと、前記非線形システムに係る出力方程式に基づき事前出力推定値、出力の共分散行列、及び状態と出力の相互共分散行列を算出する事前推定更新フェーズとを含み、

前記事前推定予測フェーズ又は前記事前推定更新フェーズのいずれか一方のフェーズをEKFで行い、他方のフェーズをUKFで行うことを特徴とする。

[0009] また請求項2に記載の推定装置は、

請求項1に記載の推定装置において、

前記状態方程式及び前記出力方程式に基づき、非線形性の弱い方程式に対応するフェーズをEKFで行うことを特徴とする。

- [0010] また請求項 3 に記載の推定装置は、
請求項 1 に記載の推定装置において、
前記状態方程式及び前記出力方程式に基づき、非線形性の強い方程式に対応するフェーズを UKF で行うことを特徴とする。
- [0011] また請求項 4 に記載の推定装置は、
請求項 1 に記載の推定装置において、
前記非線形システムはバッテリーであり、前記内部状態量は前記バッテリーの SOC を含み、
前記事前推定予測フェーズを UKF で行い、前記事前推定更新フェーズを EK F で行うことを特徴とする。
- [0012] また請求項 5 に記載の推定方法は、
非線形カルマンフィルタを用いて非線形システムにおける内部状態量を推定する推定方法であって、
前記非線形カルマンフィルタは、前記非線形システムに係る状態方程式に基づき事前状態推定値及び状態の共分散行列を算出する事前推定予測フェーズと、前記非線形システムに係る出力方程式に基づき事前出力推定値、出力の共分散行列、及び状態と出力の相互共分散行列を算出する事前推定更新フェーズとを含み、
前記事前推定予測フェーズ又は前記事前推定更新フェーズのいずれか一方のフェーズを EK F で行い、他方のフェーズを UKF で行うことを特徴とする。

発明の効果

- [0013] 本発明における請求項 1 に記載の推定装置によれば、事前推定予測フェーズ又は事前推定更新フェーズのいずれか一方のフェーズを EK F で行い、他方のフェーズを UKF で行う。これにより、EK F で計算を行うフェーズにおける計算負荷を抑え、かつ UKF で計算を行うフェーズの推定精度を高めることができる。
- [0014] また本発明における請求項 2 に記載の推定装置によれば、非線形性の弱い

方程式に対応するフェーズをEKFで行う。これにより非線形性の弱い方程式に対応するフェーズについては、EKFを用いることで計算負荷を抑えつつ一定の推定精度を保つことができる。

[0015] また本発明における請求項3に記載の推定装置によれば、非線形性の強い方程式に対応するフェーズをUKFで行う。これにより非線形性の強い方程式に対応するフェーズについては、UKFを用いることで推定精度を効率的に高めることができる。

[0016] また本発明における請求項4に記載の推定装置によれば、バッテリーのSOCを含む内部状態量を推定するにあたり、事前推定予測フェーズをUKFで行い、事前推定更新フェーズをEKFで行う。ここでバッテリーの内部状態量に係る状態方程式は非線形性が強く、出力方程式の非線形性は弱い。そのため、非線形性の弱い事前推定フェーズについては、EKFを用いることで計算負荷を抑えつつ一定の推定精度を保ち、かつ、非線形性の弱い事前推定更新フェーズについては、UKFを用いることで推定精度を効率的に高めることができる。

[0017] また本発明における請求項5に記載の推定方法によれば、事前推定予測フェーズ又は事前推定更新フェーズのいずれか一方のフェーズをEKFで行い、他方のフェーズをUKFで行う。これにより、EKFで計算を行うフェーズにおける計算負荷を抑え、かつUKFで計算を行うフェーズの推定精度を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]カルマンフィルタの各フェーズを示す概念図である。

[図2]本発明の実施例1に係る推定装置のブロック図である。

[図3]バッテリーの等価回路を示す図である。

[図4]SOC-OCV特性を示すグラフである。

[図5]本発明の実施例1に係る推定装置の動作を示すフローチャートである。

[図6]推定装置で推定する対象のシステムに係る計測データである。

[図7]本発明の実施例1に係る推定装置による推定結果のデータである。

[図8] EKFによる推定結果の参考データである。

[図9] UKFによる推定結果の参考データである。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態について説明する。

[0020] (実施の形態)

図1は、本発明の実施の形態に係る推定装置において用いられる非線形カルマンフィルタの各フェーズを示す概念図である。図1に示すように非線形カルマンフィルタは、初期化のフェーズと、事前推定予測フェーズと、事前推定更新フェーズと、事後推定フェーズとに分けて考えることができる。本発明は概略として、非線形カルマンフィルタにおける事前推定予測フェーズと事前推定更新フェーズとが別個独立のフェーズであることに着目し、これら2つのフェーズのうちの一方をEKFで行い、他方をUKFで行うことを特徴とする。ここで本発明ではEKF及びUKFの2つの非線形カルマンフィルタを混合するため、本発明による当該非線形カルマンフィルタを、Mixed Kalman Filter (MKF) と呼ぶ。

[0021] 上記2つの各フェーズをEKF又はUKFのいずれで行うかは、事前推定予測フェーズ及び事前推定更新フェーズに各々対応する状態方程式及び出力方程式の非線形性の強さに基づく。これらの方程式のうち、非線形性が強い方程式に対応するフェーズをUKFで行う。一方これらの方程式のうち、非線形性が弱い方程式に対応するフェーズをEKFで行う。例えば状態方程式の非線形性が強く、出力方程式に非線形性が弱い場合、事前推定予測フェーズをUKFで行い、事前推定更新フェーズをEKFで行う。一方で出力方程式の非線形性が強く、状態方程式の非線形性が弱い場合、事前推定予測フェーズをEKFで行い、事前推定更新フェーズをUKFで行う。

[0022] なお、状態方程式及び出力方程式の非線形性の強弱の判断は、各種手法が考えられる。例えばある方程式（状態方程式又は出力方程式）が、所定の線形の方程式により一定の誤差範囲内で近似できる場合、当該方程式の非線形性は弱いとすることができる。一方である方程式が、所定の線形の方程式に

より一定の誤差範囲内で近似できない場合、当該方程式の非線形性は強いとすることができる。また、ある方程式が微分可能でない場合には当該方程式の非線形性は強いとすることができる。

[0023] 以下、図1に示す各フェーズの詳細について説明する。なおここでは、ノイズを考慮した離散系の非線形システムを対象とする。当該非線形システムに係る状態方程式は式(1)で表され、出力方程式は式(2)により表される。

[数1]

$$x_{k+1} = f_d(x_k, u_k) + v_k \quad (1)$$

$$y_k = h_d(x_k, u_k) + \omega_k \quad (2)$$

[0024] ここで式(1)及び式(2)においては、状態変数を $x \in \mathbb{R}^{n_x}$ 、入力を $u \in \mathbb{R}^{n_u}$ 、出力を $y \in \mathbb{R}^{n_y}$ 、プロセスノイズを $v \sim N(0, Q)$ 、センサノイズを $\omega \sim N(0, r)$ とし、 f_d 及び h_d は非線形関数であるとしている。

[0025] (1 初期化フェーズ)

初期化のフェーズでは、状態推定値の初期値及び状態の共分散行列の初期値(状態の初期共分散行列)を与える。状態の初期値は式(3)、初期共分散行列は式(4)で表される。

[数2]

$$\hat{x}_{00} = E[x_0] \quad (3)$$

$$P_{00}^{xx} = E[(x_0 - \hat{x}_0)(x_0 - \hat{x}_0)^T] \quad (4)$$

[0026] (2 事前推定予測フェーズ)

次の事前推定予測フェーズでは、状態方程式に基づき事前状態推定値及び状態の事前共分散行列を算出(予測)する。状態方程式に基づいて事前推定値及び事前共分散行列を算出する方法は、EKFで行う場合とUKFで行う場合とで相違する。以下、本フェーズをEKF、又はUKFで行う場合について各々説明する。

[0027]

(2. 1 事前推定予測フェーズをEKFで行う場合)

事前推定予測フェーズをEKFで行う場合、時刻 k における事後状態推定値及び状態の事後共分散行列 ($k=0$ の場合には各々の初期値) と状態方程式に基づき、時刻 $k+1$ における事前状態推定値及び状態の事前共分散行列を算出 (予測) する。具体的には事前状態推定値 $\hat{x}_{k+1|k}$ を式 (5) に従って算出し、状態の事前共分散行列 $P_{k+1|k}^{xx}$ を式 (6) 及び式 (7) に従って算出する。

[0028] [数3]

$$\hat{x}_{k+1|k} = f_d(\hat{x}_{k|k}, u_k) \quad (5)$$

$$P_{k+1|k}^{xx} = A_k P_{k|k}^{xx} A_k^T + Q \quad (6)$$

$$A_k \equiv \left. \frac{\partial f_d(x, u_k)}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k|k}} \quad (7)$$

[0029] (2. 2 事前推定予測フェーズをUKFで行う場合)

次に事前推定予測フェーズをUKFで行う場合について説明する。事前推定予測フェーズをUKFで行う場合、まず時刻 k における事後状態推定値から以下の式 (8) ~ 式 (10) に基づき x に対応する各シグマポイント ($X_{k|k}^0 \sim X_{k|k}^{2n_x}$) を生成する。

[0030] [数4]

$$X_{k|k}^0 = \hat{x}_{k|k} \quad (8)$$

$$X_{k|k}^i = \hat{x}_{k|k} + \sqrt{n_x + \kappa} L_{k|k}^i \quad i = 1 \dots n_x \quad (9)$$

$$X_{k|k}^{i+n_x} = \hat{x}_{k|k} - \sqrt{n_x + \kappa} L_{k|k}^i \quad i = 1 \dots n_x \quad (10)$$

[0031] ここで $L_{k|k}^i$ は、行列平方根 $L_{k|k}$ の i 番目の列成分であり、行列平方根 $L_{k|k}$ は、 $L_{k|k} L_{k|k}^T = P_{k|k}^{xx}$ を満たす。 κ はスケーリング用のパラメータであり、状態変数 x が正規分布に従うノイズを持つ場合、 $n_x + \kappa = 3$ となるように定めるのが好ましい。

[0032] シグマポイントを生成後、状態方程式に基づく以下の式 (11) からシグマポイント毎に推定値を算出する。

[数5]

$$X_{k+1|k}^i = f_d(X_{k|k}^i, u_k) \quad (11)$$

[0033] 続いて、以下の式（１２）に基づき事前状態推定値を算出し、また式（１３）に基づき状態の事前共分散行列を算出する。

[数6]

$$\hat{x}_{k+1|k+1} = \sum_{i=0}^{2n_x} w_a^i x_{k+1|k}^i \quad (12)$$

$$P_{k+1|k}^{xx} = \sum_{i=0}^{2n_x} w_a^i (x_{k+1|k}^i - \hat{x}_{k+1|k}) (x_{k+1|k}^i - \hat{x}_{k+1|k})^T + Q \quad (13)$$

[0034] ここで式（１２）及び式（１３）における w_a^i は、シグマポイント毎の重みであり、以下の式（１４）～式（１６）に基づき定められる。 κ は上記同様、スケーリング用のパラメータであり、状態変数 x が正規分布に従うノイズを持つ場合、 $n_x + \kappa = 3$ となるように定めるのが好ましい。

[0035] [数7]

$$w_a^0 = \frac{\kappa}{n_x + \kappa} \quad (14)$$

$$w_a^i = \frac{\kappa}{2(n_x + \kappa)} \quad i = 1 \dots n_x \quad (15)$$

$$w_a^{i+n_x} = \frac{\kappa}{2(n_x + \kappa)} \quad i = 1 \dots n_x \quad (16)$$

[0036] （３ 事前推定更新フェーズ）

事前推定予測フェーズに続く事前推定予測フェーズでは、事前推定予測フェーズで算出された事前状態推定値、状態の事前共分散行列、及び出力方程式に基づき、事前出力推定値、出力の共分散行列、及び状態と出力の相互共分散行列を算出する。これらの値を算出する方法は、EKFで行う場合とUKFで行う場合とで相違する。以下、EKF、又はUKFで行う場合について各々説明する。

[0037]

(3. 1 事前推定更新フェーズをEKFで行う場合)

事前推定更新フェーズをEKFで行う場合、時刻 $k+1$ における事前状態推定値、状態の事前共分散行列、及び出力方程式に基づき、時刻 $k+1$ における出力を算出（更新）する。具体的には、事前出力推定値 $\hat{y}_{k+1|k}$ を式（17）に従って算出し、出力の共分散行列 $P_{k+1|k}^{yy}$ を式（18）及び式（20）に従って算出し、状態と出力の相互共分散行列 $P_{k+1|k}^{xy}$ を、式（19）及び式（20）に従って算出する。

[0038] [数8]

$$\hat{y}_{k+1|k} = h_d(\hat{x}_{k+1|k}, u_k) \quad (17)$$

$$P_{k+1|k}^{yy} = C_{k+1} P_{k+1|k}^{xx} C_{k+1}^T + r \quad (18)$$

$$P_{k+1|k}^{xy} = P_{k+1|k}^{xx} C_{k+1}^T \quad (19)$$

$$C_{k+1} \equiv \left. \frac{\partial h_d(x, u_k)}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k+1|k}} \quad (20)$$

[0039] (3. 2 事前推定更新フェーズをUKFで行う場合)

事前推定更新フェーズをEKFで行う場合、まず y に対応するシグマポイント y を、以下の式（21）に基づき生成する。

[0040] [数9]

$$y_{k+1|k}^i = h_d(X_{k+1|k}^i, u_k) \quad i=0 \dots 2n_x \quad (21)$$

[0041] 続いて以下の式（22）に基づき事前出力推定値を算出し、また式（23）及び式（24）に基づき夫々出力の共分散行列及び状態と出力の相互共分散行列を算出（更新）する。

[数10]

$$\hat{y}_{k+1|k} = \sum_{i=0}^{2n_x} w_b^i y_{k+1|k}^i \quad (22)$$

$$P_{k+1|k}^{yy} = \sum_{i=0}^{2n_x} w_b^i (y_{k+1|k}^i - \hat{y}_{k+1|k}) (y_{k+1|k}^i - \hat{y}_{k+1|k})^T + r \quad (23)$$

$$P_{k+1|k}^{xy} = \sum_{i=0}^{2n_x} w_b^i (X_{k+1|k}^i - \hat{x}_{k+1|k}) (y_{k+1|k}^i - \hat{y}_{k+1|k})^T \quad (24)$$

[0042]

ここで式 (22) ~ (24) における w_b^i は、シグマポイント毎の重みであり、以下の式 (25) ~ (26) に基づき定められる。 κ は上記同様、スケーリング用のパラメータであり、状態変数 x が正規分布に従うノイズを持つ場合、 $n_x + \kappa = 3$ となるように定めるのが好ましい。

[0043] [数11]

$$w_b^0 = \frac{\kappa}{n_x + \kappa} \quad (25)$$

$$w_b^i = \frac{\kappa}{2(n_x + \kappa)} \quad i = 1 \dots n_x \quad (26)$$

$$w_b^{i+n_x} = \frac{\kappa}{2(n_x + \kappa)} \quad i = 1 \dots n_x \quad (27)$$

[0044] (4 事後推定フェーズ)

続いて、時刻 $k+1$ における観測値 y_{k+1} と、事前出力推定値 $\hat{y}_{k+1|k}$ とに基づき、以下の式 (28) 及び式 (29) に従って、時刻 $k+1$ の事前状態推定値及び状態の事前共分散行列を補正し、事後状態推定値及び状態の事後共分散行列を算出する。なお式 (28) 及び式 (29) における K_{k+1} はカルマンゲインであり、式 (30) により算出する。

[0045] [数12]

$$\hat{x}_{k+1|k+1} = \hat{x}_{k+1|k} + K_{k+1} (y_{k+1} - \hat{y}_{k+1|k}) \quad (28)$$

$$P_{k+1|k+1}^{xx} = P_{k+1|k}^{xx} + K_{k+1} P_{k+1|k}^{yy} K_{k+1}^T \quad (29)$$

$$K_{k+1} = P_{k+1|k}^{xy} (P_{k+1|k}^{yy})^{-1} \quad (30)$$

[0046] そして事前推定予測フェーズに戻り、事後推定フェーズにより算出した当該事後状態推定値及び状態の事後共分散行列を用いて、事前推定予測フェーズ～事後推定フェーズを繰り返し行う。

[0047] (実施例1：バッテリーの内部状態量の推定)

上記MKFのアルゴリズムを用いたバッテリーの内部状態量を推定する推定装置について以下説明する。バッテリーの内部状態量は、バッテリーの充電率 (SOC) を含む。なおこの推定装置1は、例えば電気自動車に搭載される。

図2は本発明の実施例1に係る推定装置1を含むブロック図である。本発明の実施例1に係る推定装置1は、バッテリー2に接続されており、電流センサ11と、電圧センサ12と、制御装置13とを備える。

[0048] バッテリー2は、リチャージャブル・バッテリーであって、本実施例では例えばリチウム・イオン・バッテリーを用いる。なお、本実施例は、バッテリー2がリチウム・イオン・バッテリーであることに限られることはなく、ニッケル水素バッテリーなど他の種類のバッテリーを用いてもよい。

[0049] 電流センサ11は、バッテリー2から車両を駆動する電気モータ等へ電力を供給する場合の放電電流の大きさを検出する。また、電流センサ11は、制動時に電気モータを発電機として機能させ制動エネルギーの一部を回収したり地上の電源設備から充電したりする場合の充電電流の大きさを検出する。検出した充放電電流信号*i*は、入力信号として制御装置13へ出力される。

[0050] 電圧センサ12は、バッテリー2の端子間の電圧値を検出するものである。ここで検出された端子電圧信号*v*は制御装置13へ出力される。なお、電流センサ11、電圧センサ12は、種々の構造・形式のものを適宜採用することができる。

[0051] 制御装置13は、例えばマイクロコンピュータで構成される。制御装置13は、インタフェース部131と、制御部132と、記憶部133と、出力部134とを備える。

[0052] インタフェース部131は、電流センサ11から入力された充放電電流信号*i*と、電圧センサ12から入力された端子電圧信号*v*とを受け取る。

[0053] 制御部132は、制御装置13に係る各種制御を行う。具体的には制御部132は、インタフェース部131が受け取った充放電電流信号*i*及び端子電圧信号*v*と、バッテリー2に係るバッテリー等価回路モデルに基づき、MKFに従ってバッテリー2の内部状態量を推定する。記憶部133は、制御装置13が推定を行うために必要な各種プログラム等を記憶する。出力部134は、制御部132により推定された結果を出力する。

[0054] 図3は、本実施例において用いるバッテリー等価回路モデルを示す。これは

、K u h nらが提案するフォスター型回路を用いたワールブルグインピーダンスの近似モデルと、P l e t tなどが提案する開回路電圧OCV（O p e n C i r c u i t V o l t a g e）とを組み合わせたものである。

[0055] ここで状態変数 $\mathbf{x}$ 、入力 u 、及び出力 y を各々以下の式（31）～（33）のように定める。

[0056] [数13]

$$\mathbf{x} = [z_{SOC} \quad v_1 \quad v_2 \quad v_3] \quad (31)$$

$$u = i \quad (32)$$

$$y = v \quad (33)$$

[0057] 式（31）～式（33）中、 z_{SOC} は充電率（SOC）であり、 $v_1 \sim v_3$ はそれぞれ添字に対応したコンデンサでの電圧降下、 i は回路全体を流れる電流、 v は回路全体の電圧降下である。

[0058] このとき図3のバッテリー等価回路モデルの状態空間表現は、以下の式（34）～（38）により示される。

[数14]

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = F_f \mathbf{x}(t) + G_f u(t) \quad (34)$$

$$y(t) = f_{OCV}(z_{SOC}) + H_f \mathbf{x}(t) + R_0 u(t) \quad (35)$$

$$F_f = \text{diag}\left(0, -\frac{1}{C_1 R_1}, -\frac{1}{C_2 R_2}, -\frac{1}{C_3 R_3}\right) \quad (36)$$

$$G_f = \begin{bmatrix} \frac{1}{C_0} & \frac{1}{C_1} & \frac{1}{C_2} & \frac{1}{C_3} \end{bmatrix}^T \quad (37)$$

$$H_f = [0 \quad 1 \quad 1 \quad 1] \quad (38)$$

ただし、

[数15]

$$C_n = \frac{C_d}{2} \quad n = 1, 2, 3 \quad (39)$$

$$R_n = \frac{8R_d}{(2n-1)^2 \pi^2} \quad n = 1, 2, 3 \quad (40)$$

である。

[0059] また式 (35) 中の $f_{ocv}(z_{soc})$ は、SOC と OCV の間の非線形な関係を表す関数であり、当該 SOC-OCV の関数を図 4 に示す。さらに SOC に関しては、 C_0 を電池の満充電容量として以下のように定義される。

[0060] [数16]

$$\dot{z} = \frac{i}{C_0} \quad (41)$$

[0061] さらに本実施例においては、バッテリー 2 のパラメータについても高精度で推定することを目的として、各パラメータについて自然対数を取り、それらを状態変数 x に加えて拡大系を構成する。拡大系の状態変数 z を以下のように定義する。

[0062] [数17]

$$z = [z_{soc} \quad v_1 \quad v_2 \quad v_3 \quad \alpha_{R_0} \quad \alpha_{R_d} \quad \alpha_{C_d}] \quad (42)$$

ただし、

[数18]

$$\alpha_{R_0} = \ln R_0 \quad (43)$$

$$\alpha_{R_d} = \ln R_d \quad (44)$$

$$\alpha_{C_d} = \ln C_d \quad (45)$$

とする。このとき式 (34) 及び式 (35) は、拡大系のシステムとして夫々以下の状態方程式 (式 (46)) 及び出力方程式 (式 (47)) に書き換えることができる。

[数19]

$$\dot{z}(t) = f(z(t), u(t)) \quad (46)$$

$$y(t) = h(z(t), u(t)) \quad (47)$$

ただし、

[数20]

$$f(\mathbf{z}(t), u(t)) = \begin{bmatrix} \frac{i}{C_0} \\ -\frac{\pi^2 v_1}{4 \exp(\alpha_{c_d} + \alpha_{R_d})} + \frac{2i}{\exp(\alpha_{c_d})} \\ -\frac{9\pi^2 v_2}{4 \exp(\alpha_{c_d} + \alpha_{R_d})} + \frac{2i}{\exp(\alpha_{c_d})} \\ -\frac{25\pi^2 v_3}{4 \exp(\alpha_{c_d} + \alpha_{R_d})} + \frac{2i}{\exp(\alpha_{c_d})} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (48)$$

$$h(\mathbf{z}(t), u(t)) = f_{OCV}(z_{SOC}) + v_1 + v_2 + v_3 + \exp(\alpha_{R_0})i \quad (49)$$

である。式(48)及び式(49)は、式(34)～(45)から導出される。式(46)～(49)で表される拡大系に対して、制御部132はMKFを適用する。

[0063] ここで、式(46)で表される状態方程式は非線形性が強く、式(47)で表される出力方程式は非線形性が弱い。そこで本実施例の場合、事前推定予測フェーズをUKFで行い、事前推定更新フェーズをEKFで行う。

[0064] 次に、本発明に係る推定装置1について、図5に示すフローチャートによりそのシミュレーション動作を説明する。なおここでシミュレーションに必要な観測値については、実際にある地点Aから別の地点Bまで電気自動車で行った際に電流センサ11及び電圧センサ12により計測した計測データを用いる。当該計測データを図6に示す。図6(a)、(b)はそれぞれバッテリー2の端子間電流、端子間電圧を示す。さらに図6(c)(d)(e)に、それぞれバッテリー2のSOC、温度、及び車速の計測データを参考として示す。図6(a)～(e)において横軸は時間であり、0分の時に地点Aを出発し、約600分の時に地点Bに到着している。

[0065] 図5に戻って、推定装置1の動作について説明する。はじめに制御部132は、各変数の初期化を行う(ステップS11)。具体的には初期値として以下の実測値を用いる。

[数21]

$$\hat{\mathbf{z}}_{0|0} = [0.301 \ 0 \ 0 \ 0 \ -7.18 \ -7.24 \ 11.3]^T \quad (50)$$

$$P_{0|0}^{zz} = \text{diag}(0.1, 10^4, 10^4, 10^4, 10^{-8}, 10^{-6}, 10^4) \quad (51)$$

$$Q = \text{diag}(10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-5}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-6}, 10^{-8}) \quad (52)$$

$$r = 0.3 \quad (53)$$

[0066] 続いて制御部132は、事前推定予測フェーズをUKFで行い（ステップS12）、事前状態推定値及び状態の事前共分散行列を算出（予測）する。事前推定予測フェーズは、式（46）の状態方程式に基づき行う。なお式（46）は連続時間状態方程式であるが、離散時間での数値シミュレーションを行うため、ルンゲクッタ法により離散時間状態方程式にする。なお連続時間状態方程式を離散時間状態方程式に変換する手法は、ルンゲクッタ法に限られず、例えばオイラー法等、如何なる離散化の手法を用いてもよい。

[0067] 続いて制御部132は、事前推定更新フェーズをEKFで行い（ステップS13）、事前推定予測フェーズで算出された事前状態推定値、状態の事前共分散行列、及び出力方程式に基づき、事前出力推定値、出力の共分散行列、及び状態と出力の相互共分散行列を算出する。なお出力方程式における $f_{ocv}(z_{soc})$ に係る偏微分は、図4に係るデータに基づき数値解析により算出する。なお $f_{ocv}(z_{soc})$ について以下の式（54）で関数近似し、当該関数を代数的に偏微分してもよい。

[0068] [数22]

$$f_{ocv}(z_{soc}) = K_0 - \frac{K_1}{z_{soc}} - K_2 z_{soc} + K_3 \ln(z_{soc}) + K_4 \ln(1 - z_{soc}) \quad (54)$$

ここで式（54）における $K_0 \sim K_4$ は係数パラメータである。

[0069] 続いて制御部132は、電流センサ11及び電圧センサ12により測定した観測値と、事前推定更新フェーズで算出した事前出力推定値とに基づき、事前状態推定値及び状態の事前共分散行列を補正し、事後状態推定値及び状態の事後共分散行列を算出する。出力部134は、当該事後状態推定値を、出力値として出力する（ステップS14）。続いてステップS12に戻り、ステップS12～ステップS14の処理を繰り返す。

[0070] 図7に、本発明に係る推定装置1により推定した推定結果を示す。図7（a）は推定装置1によるSOCの推定値と、参照値（真値）とを示す。図7（b）は、SOCの誤差率を示す。図7（a）（b）に示すように、本発明に係る推定装置1は参照値に極めて近い値が推定できていることがわかる。図7（c）～（f）は、バッテリー2に係る各パラメータ（ R_o 、 R_d 、 C_d 、 τ_o ）の推定値を示す。図7（c）～（f）では、各推定値の偏差を σ としたときの推定値から 1σ 離間した範囲（ 1σ 範囲）を、それぞれ破線により示している。バッテリー2に係る各パラメータの推定値は夫々一定値に収束し、かつ 1σ 範囲は時間経過とともに狭まっており、推定精度が保たれていることが分かる。

[0071] 参考として、以下にEKF、UKF、MKFの各々でバッテリー2のSOCを推定した場合のSOCの推定誤差の二乗平均平方根（RMSE）の比較表を示す。以下の表に示すように、本発明に係る推定装置1が採用するMKFが最もRMSEが小さく、したがって推定精度が最も高いことが分かる。

[表1]

手法	EKF	UKF	MKF
RMSE	2.71%	2.58%	2.14%

[0072] さらに図8及び図9にそれぞれEKF、又はUKFのみで推定したバッテリー2のSOC及び各パラメータの推定結果を示す。SOCの推定結果に関してはEKF、UKF共に一定の推定精度である（図8（a）（b）及び図9（a）（b））。本発明に係るSOC推定結果（図7（a）（b））とこれらの結果とを比較すると、本発明に係る推定結果は、初期の段階においてEKFと同程度の速さで推定値が収束しつつ、かつ偏差の範囲が抑えられている。したがって、MKFが最も推定精度が高い結果となっている。

[0073] またEKFによるバッテリー2の各種パラメータの推定結果（図8（c）～（f））に関しては、一部のパラメータが段階的に上昇し、かつ 1σ 範囲も収束していない（図8（e）（f））。したがってEKFではこれらのパラメータの推定の精度が悪化している。一方で、UKFによるバッテリー2の各

種パラメータの推定結果（図9（c）～（f））に関しては、各パラメータが一定値に収束し、かつ1 σ の範囲が収束している。本発明に係る各パラメータの推定結果（図7（c）～（f））は、UKFによる各パラメータの推定結果と同等の結果となっている。

[0074] このように実施例1の推定装置1によれば、EKFとUKFを組み合わせたMKFを用いて推定を行う。そしてUKFにより推定を行う事前推定予測フェーズについては、実施例1の場合状態変数が7個であるため、UKFにおけるシグマポイントを15個生成して夫々について計算をすることになる。そのため状態方程式の非線形性は強いものの、事前推定予測フェーズの計算を精度よく行うことができる。一方事前推定更新フェーズについてはEKFにより計算を行う。出力方程式については非線形性が弱いため、EKFでも高精度で推定できる。さらにシグマポイントを15個生成して夫々について計算する場合と比較し、EKFの場合は1点のみで推定を行うため、演算回数は1／15程度に抑えることができる。すなわち、実施例1の推定装置1によれば、計算負荷を抑え、かつ推定精度を高めることができる。

[0075] （実施例2：顔認識における内部状態量の推定）

以下に、本発明のMKFのアルゴリズムを用いた、顔認識（Human Face Tracking）における内部状態量を推定する推定装置について説明する。実施例2に係る推定装置は概略として、事前推定予測フェーズをEKFで行い、事前推定更新フェーズをUKFで行う点が、実施例1にかかる構成と相違する。

[0076] 顔認識に係る状態方程式は、

[数23]

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix}_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \tau & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \tau \\ 0 & 0 & a_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix}_{k-1} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ b_x \\ b_y \end{bmatrix} v_k \quad (55)$$

である（Rudolph van der Merwe、"Sigma-Point Kalman Filters for Probabilistic Inference in Dynamic State-Space Models"、A dissertation su

bmitted to the faculty of the OGI School of Science & Engineering at Oregon Health & Science University in partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy in Electrical and Computer Engineering、2004年4月、p.290)。ただし τ はサンプリング周期である。また、

[数24]

$$b_x = \bar{v} \sqrt{1 - a_x^2} \quad (56)$$

$$b_y = \bar{v} \sqrt{1 - a_y^2} \quad (57)$$

である。

[0077] 一方、顔認識に係る出力方程式は、同論文より、

[数25]

$$\begin{bmatrix} z_x^{(1)} \\ z_y^{(1)} \\ z_x^{(2)} \\ z_y^{(2)} \\ \vdots \\ z_x^{(K)} \\ z_y^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_k^{(1)} + x_k \\ \tilde{y}_k^{(1)} + y_k \\ \tilde{x}_k^{(2)} + x_k \\ \tilde{y}_k^{(2)} + y_k \\ \vdots \\ \tilde{x}_k^{(K)} + x_k \\ \tilde{y}_k^{(K)} + y_k \end{bmatrix} + \mathbf{n}_k \quad (58)$$

である。ただし、

[数26]

$$\tilde{x}_k^{(r)} = \sqrt{\frac{(\tan \theta_k^{(r)})^2}{1.44(\tan \theta_k^{(r)})^2 + 1}} \quad (59)$$

$$\tilde{y}_k^{(r)} = \sqrt{\frac{1}{1.44(\tan \theta_k^{(r)})^2 + 1}} \quad (60)$$

であり、 θ は楕円の中心から見た角度である。本実施例では、式(55)で表される状態方程式は比較的線形に近く、すなわち非線形性が弱い。一方で、式(58)で表される出力方程式は複雑な非線形性であり、すなわち非線形性が強い。そのため本実施例にMKFを適用する場合は、事前推定予測フ

フェーズをE K Fで行い、事前推定更新フェーズをU K Fで行う。このようにすることで実施例2に係る推定装置は、顔認識における内部状態量を推定する際の計算負荷を抑え、かつ推定精度を高めることができる。

[0078] なお上記実施例1及び2においては、夫々バッテリーの内部状態量の推定及び顔認識における内部状態量の推定においてM K Fを適用する例について説明したが、本発明が適用可能なシステムはこれらに限られず、他の如何なる非線形システムにおいても本発明のM K Fを適用して内部状態量の状態推定を行うことができる。

[0079] ここで、推定装置として機能させるために、コンピュータを好適に用いることができ、そのようなコンピュータは、推定装置の各機能を実現する処理内容を記述したプログラムを、当該コンピュータの記憶部に格納しておき、当該コンピュータの中央演算処理装置（C P U）によってこのプログラムを読み出して実行させることで実現することができる。

[0080] 本発明を諸図面や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や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、これらの変形や修正は本発明の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各手段、各ステップ等に含まれる機能等は論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の手段やステップ等を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

- [0081]
- 1 推定装置
 - 2 バッテリー
 - 1 1 電流センサ
 - 1 2 電圧センサ
 - 1 3 制御装置
 - 1 3 1 インタフェース部
 - 1 3 2 制御部
 - 1 3 3 記憶部

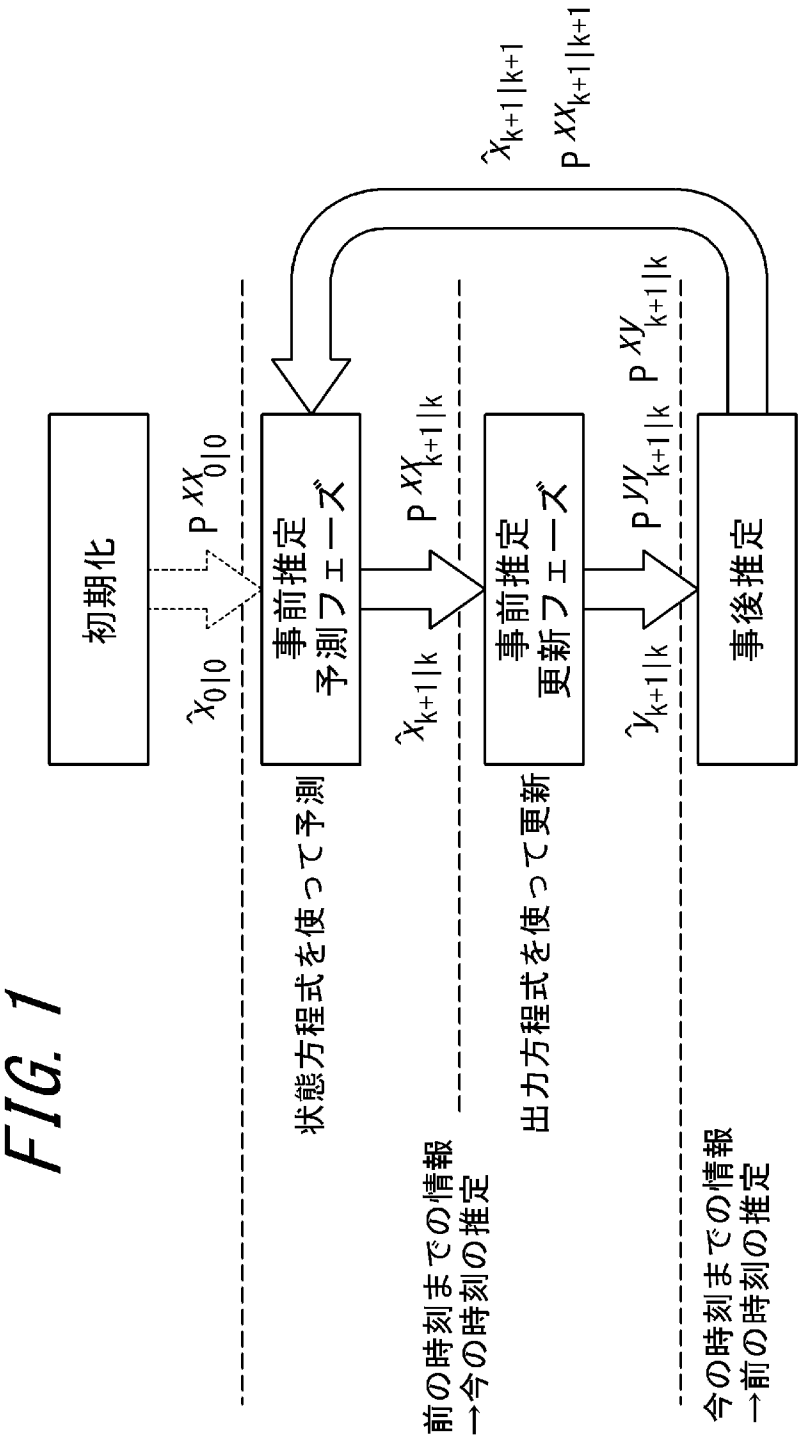
1 3 4 出力部

請求の範囲

- [請求項1] 非線形カルマンフィルタを用いて非線形システムにおける内部状態量を推定する推定装置であって、
- 前記非線形カルマンフィルタは、前記非線形システムに係る状態方程式に基づき事前状態推定値及び状態の事前共分散行列を算出する事前推定予測フェーズと、前記非線形システムに係る出力方程式に基づき事前出力推定値、出力の共分散行列、及び状態と出力の相互共分散行列を算出する事前推定更新フェーズとを含み、
- 前記事前推定予測フェーズ又は前記事前推定更新フェーズのいずれか一方のフェーズをEKFで行い、他方のフェーズをUKFで行うことを特徴とする推定装置。
- [請求項2] 前記状態方程式及び前記出力方程式に基づき、非線形性の弱い方程式に対応するフェーズをEKFで行うことを特徴とする、請求項1に記載の推定装置。
- [請求項3] 前記状態方程式及び前記出力方程式に基づき、非線形性の強い方程式に対応するフェーズをUKFで行うことを特徴とする、請求項1に記載の推定装置。
- [請求項4] 前記非線形システムはバッテリーであり、前記内部状態量は前記バッテリーのSOCを含み、
- 前記事前推定予測フェーズをUKFで行い、前記事前推定更新フェーズをEKFで行うことを特徴とする、請求項1に記載の推定装置。
- [請求項5] 非線形カルマンフィルタを用いて非線形システムにおける内部状態量を推定する推定方法であって、
- 前記非線形カルマンフィルタは、前記非線形システムに係る状態方程式に基づき事前状態推定値及び状態の共分散行列を算出する事前推定予測フェーズと、前記非線形システムに係る出力方程式に基づき事前出力推定値、出力の共分散行列、及び状態と出力の相互共分散行列を算出する事前推定更新フェーズとを含み、

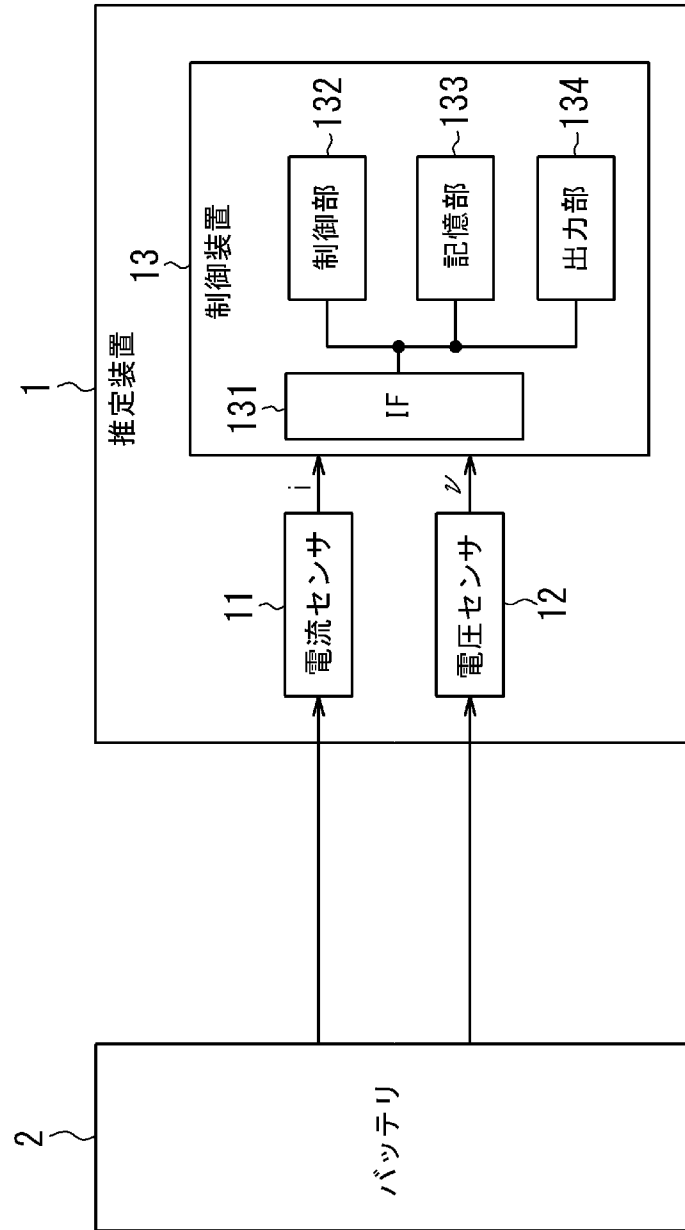
前記事前推定予測フェーズ又は前記事前推定更新フェーズのいずれか一方のフェーズをEKFで行い、他方のフェーズをUKFで行うことを特徴とする推定方法。

[図1]

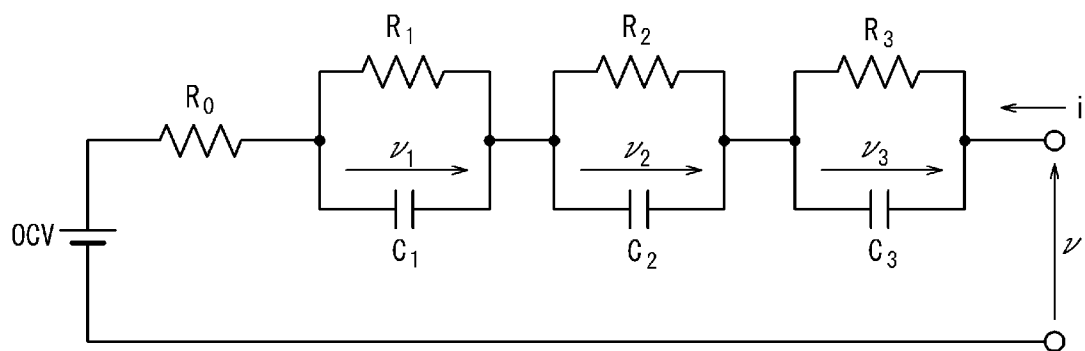


[図2]

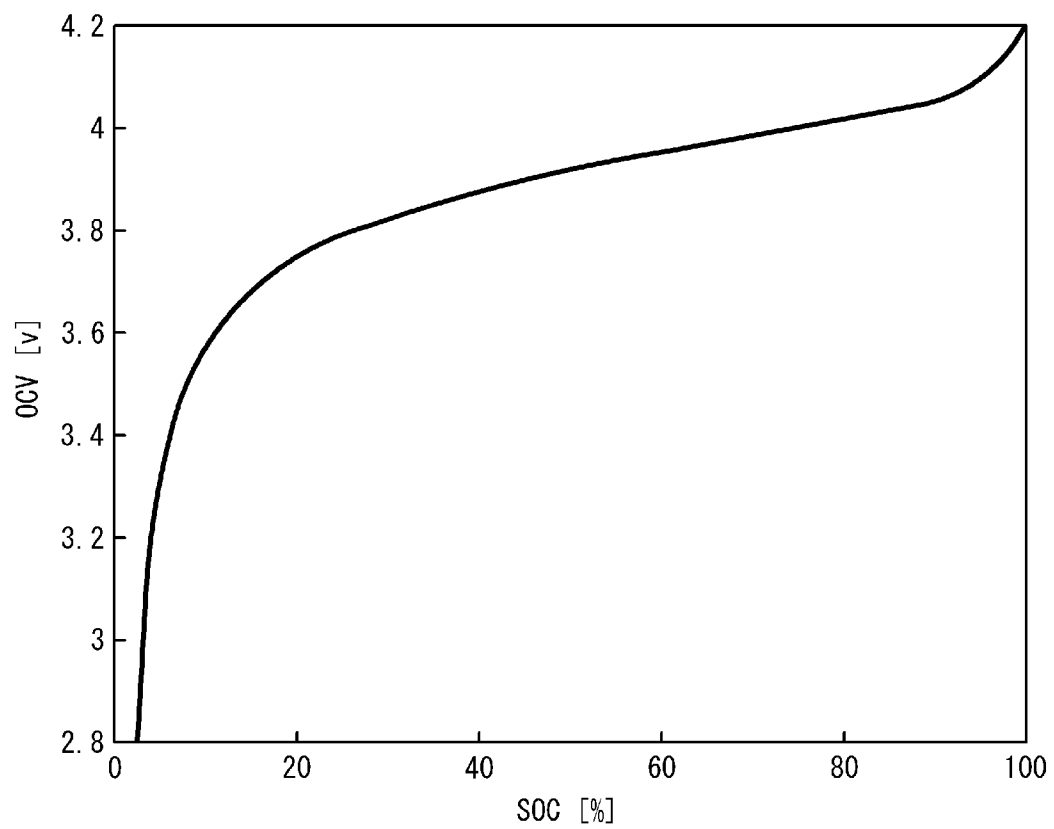
FIG. 2



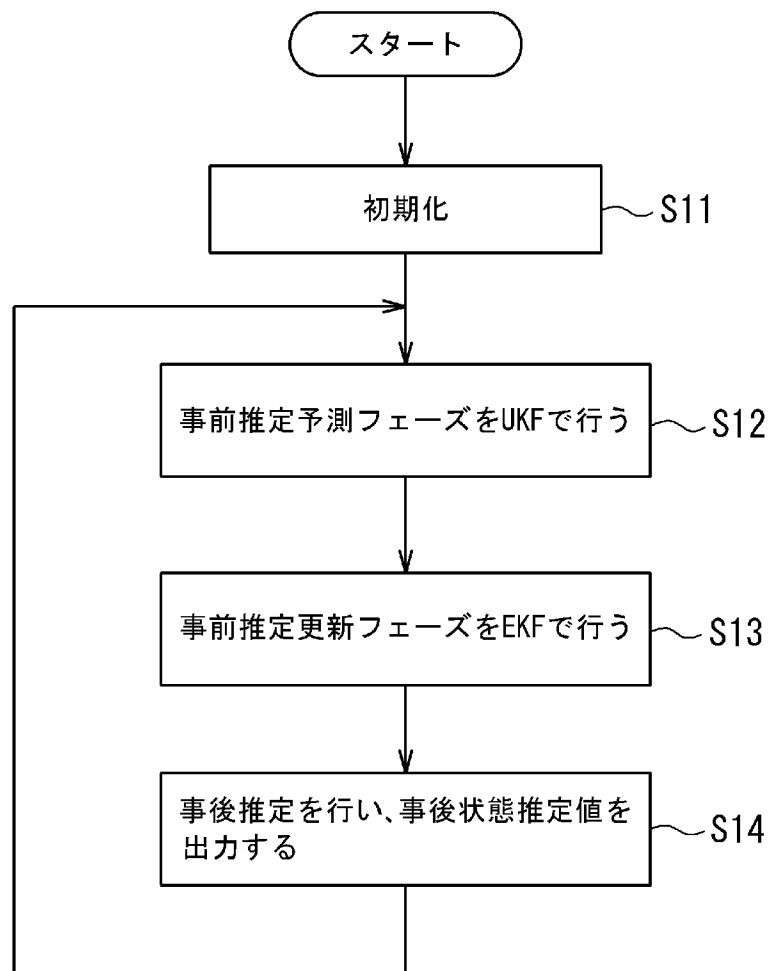
[図3]

FIG. 3

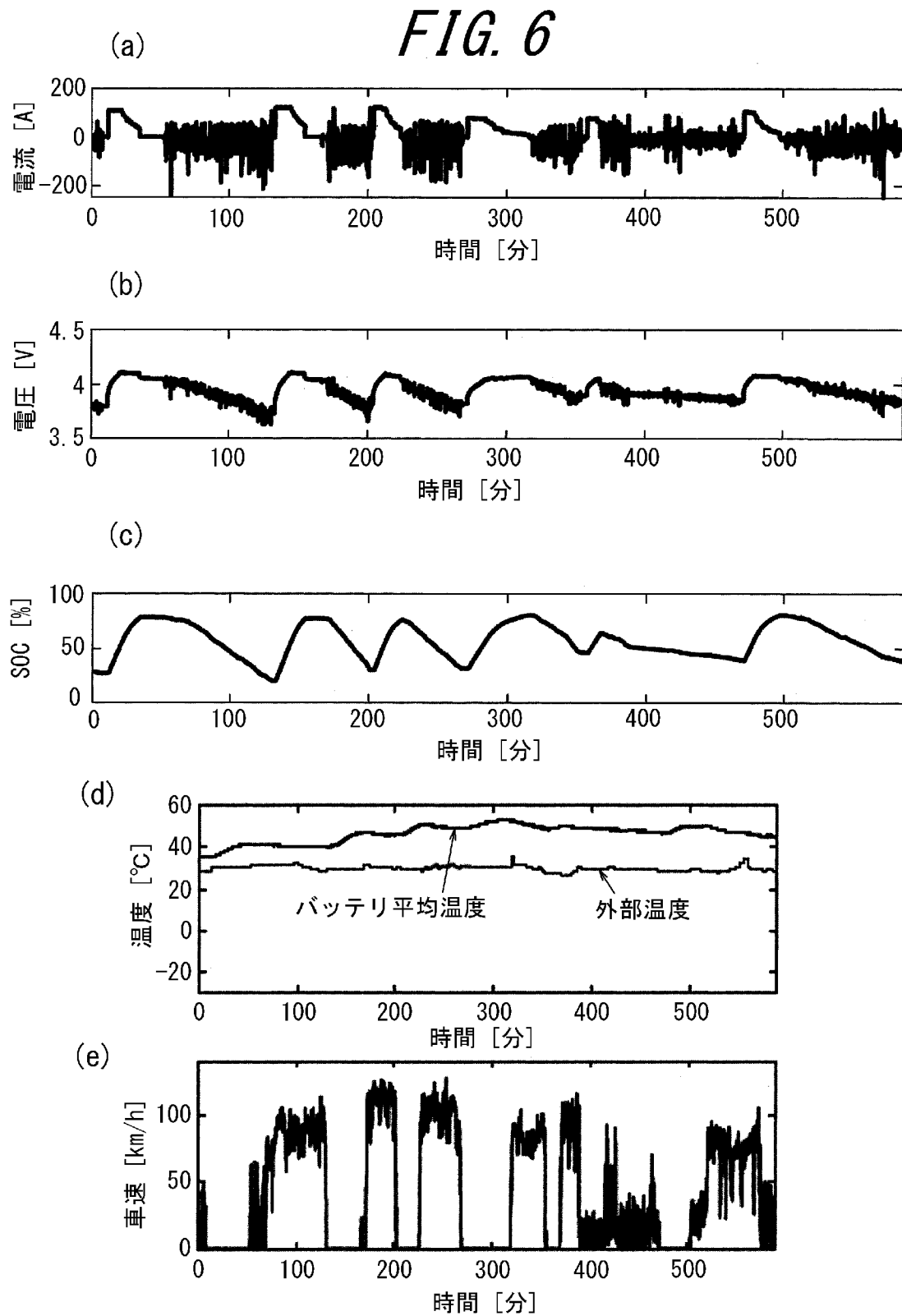
[図4]

FIG. 4

[図5]

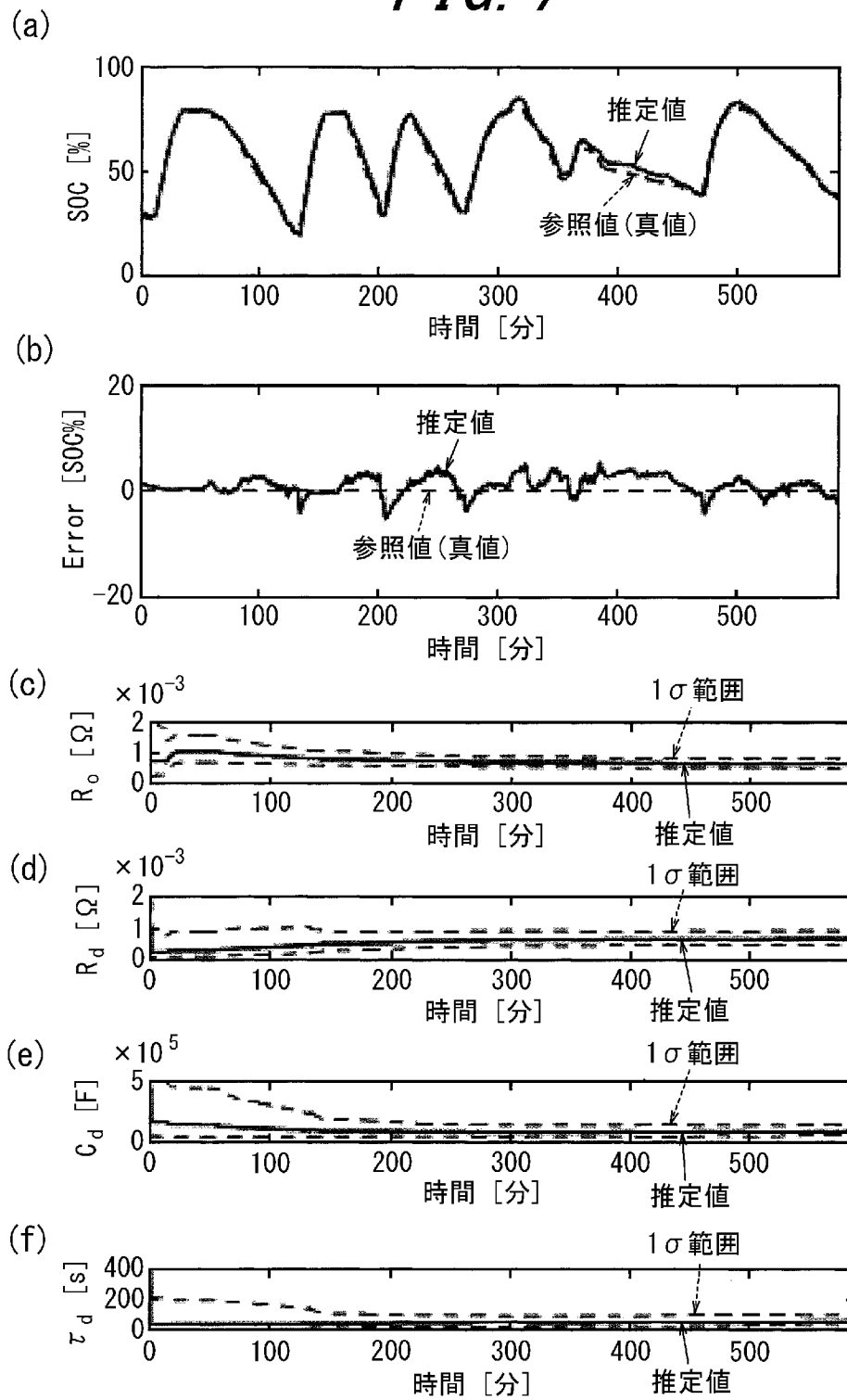
FIG. 5

[図6]

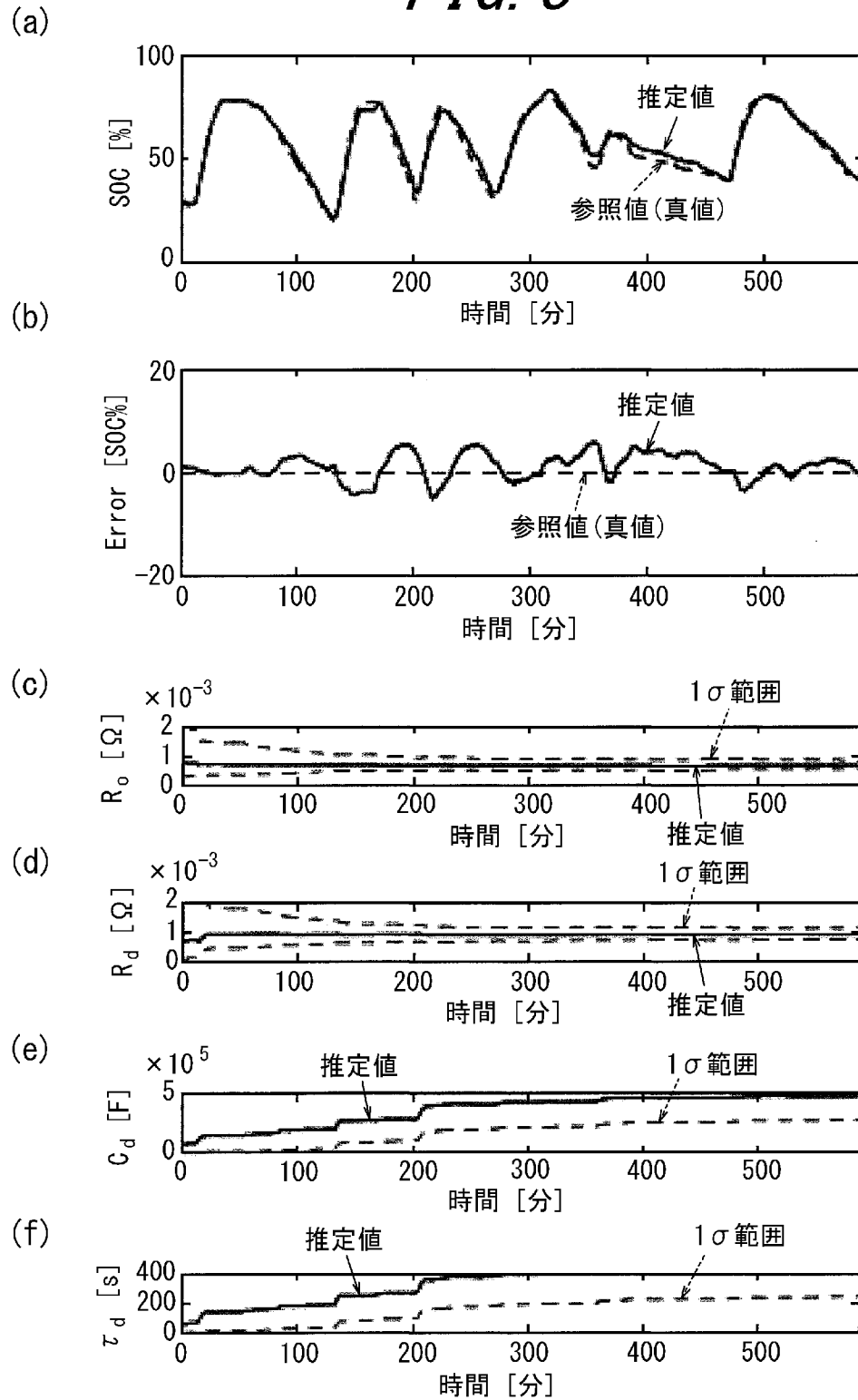


[図7]

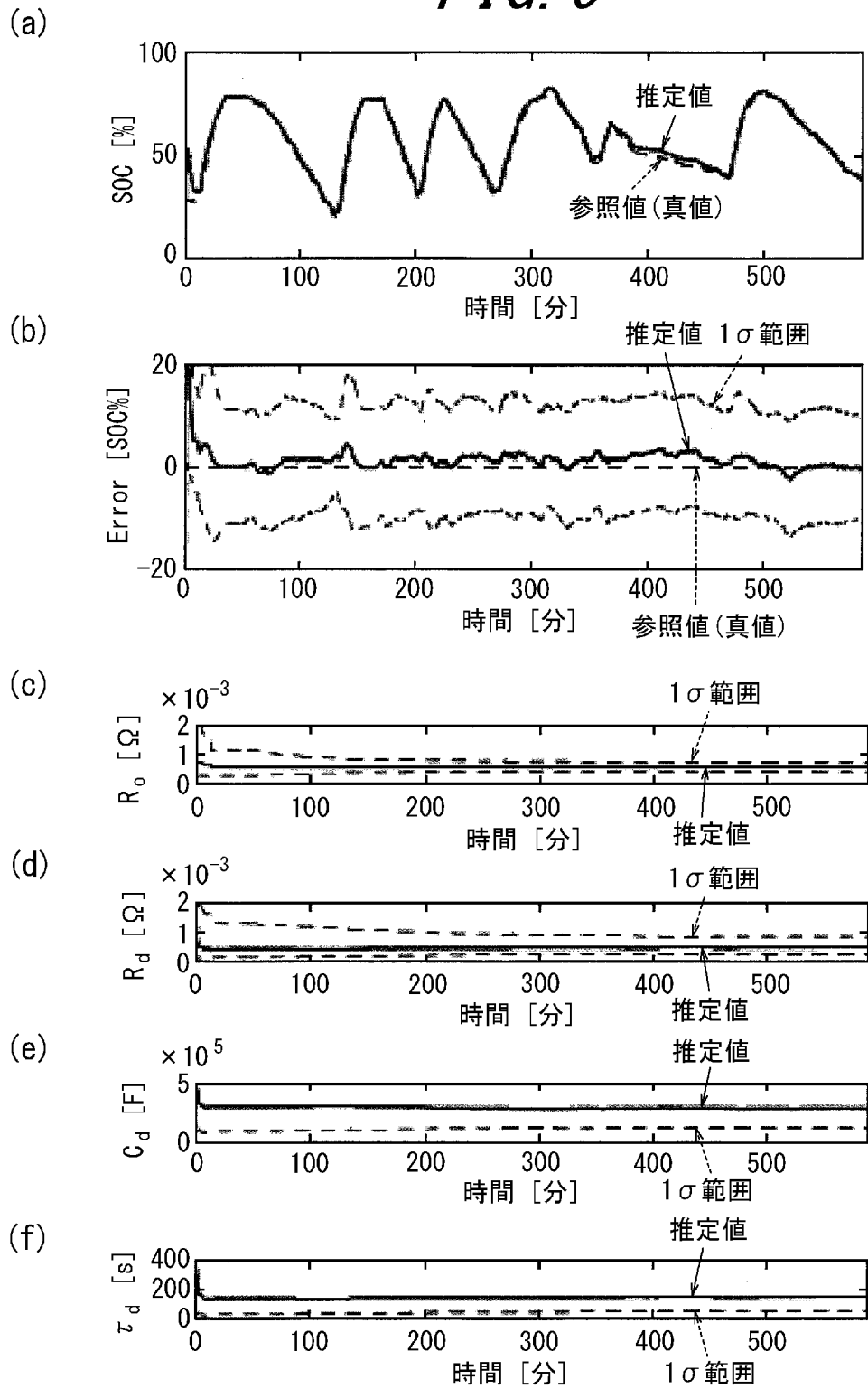
FIG. 7



[図8]

FIG. 8

[図9]

FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/003640

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01R31/36(2006.01) i		
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) G01R31/36		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014		
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	JP 2008-10420 A (Samsung SDI Co., Ltd.), 17 January 2008 (17.01.2008), paragraphs [0024], [0080], [0086]; fig. 1 & US 2007/0299620 A1 & EP 1873542 A1 & DE 602007008793 D & KR 10-2008-0000160 A & CN 101098029 A	1-5
A	WO 2012/098968 A1 (Primearth EV Energy Co., Ltd.), 26 July 2012 (26.07.2012), paragraphs [0026] to [0028], [0056] (Family: none)	1-5
☒ 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 03 October, 2014 (03.10.14)		Date of mailing of the international search report 14 October, 2014 (14.10.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/003640

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Michiaki TAKENO, Toru KATAYAMA, "State and Parameter Estimation for Dynamical Systems by Using Unscented Kalman Filter", Transaction of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, 15 September 2011 (15.09.2011), vol.24, no.9, pages 21 to 29	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01R31/36(2006.01)i			
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（I P C）） Int.Cl. G01R31/36			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 4 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 4 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	JP 2008-10420 A（三星エスディアイ株式会社）2008.01.17, 【0024】、【0080】、【0086】、図1 & US 2007/0299620 A1 & EP 1873542 A1 & DE 602007008793 D & KR 10-2008-0000160 A & CN 101098029 A	1-5	
A	WO 2012/098968 A1（プライムアースE Vエナジー株式会社） 2012.07.26, 【0026】－【0028】、【0056】（ファミリーなし）	1-5	
☒ 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矛盾するものではなく、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 0 3 . 1 0 . 2 0 1 4		国際調査報告の発送日 1 4 . 1 0 . 2 0 1 4	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 菅藤 政明 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2 S 9 3 0 5

C（続き）． 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	竹野 倫彰, 片山 徹, Unscented Kalman Filterを用いた力学系の状態およびパラメータ推定, システム制御情報学会論文誌, 2011.09.15, 第24巻 第9号, P21-29	1-5