

(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
2016 年 9 月 29 日(29.09.2016)



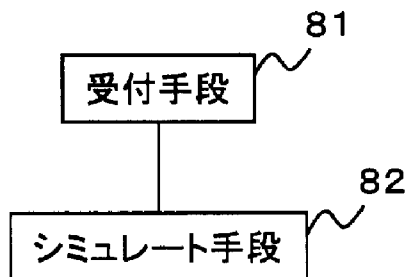
(10) 国際公開番号
WO 2016/151620 A1

- (51) 国際特許分類:
G06Q 10/04 (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/001628
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 23 日(23.03.2015)
- (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: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP). 株式会社 N E C 情報システムズ(NEC INFORMATICS SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒2118666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 谷本 啓(TANIMOTO, Akira); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 本橋 洋介(MOTOHASHI, Yousuke); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 井口 守(IGUCHI, Mamoru); 〒2118666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 株式会社 N E C 情報システムズ内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 岩壁 冬樹, 外(IWAKABE, Fuyuki et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目 8 番 7 号 読売八重洲ビル 6 階サンライズ国際特許事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (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: SIMULATION SYSTEM, SIMULATION METHOD, AND SIMULATION PROGRAM

(54) 発明の名称: シミュレートシステム、シミュレート方法およびシミュレート用プログラム



81 Reception means

82 Simulation means

(57) Abstract: According to the present invention, a reception means 81 receives an estimator that has been trained using actual data from before a point in time in the past, receives verification data that is actual data from said point in time onward, and receives an update rule that stipulates, on the basis of an evaluation index, whether the estimator needs to be updated. A simulation means 82 simulates the evaluation index for the estimator with respect to a prescribed time period and/or update results for the estimator with respect to the prescribed time period on the basis of the update rule and of estimation results calculated by sequentially applying verification data for the prescribed time period to the estimator.

(57) 要約: 受付手段 81 は、過去の一時点までの実測データを用いて学習された推定器と、その一時点以降の実測データである検証データと、推定器の更新要否を評価指標に基づいて規定した更新ルールとを受け付ける。シミュレート手段 82 は、所定期間の検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、更新ルールとに基づいて、その所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果の少なくとも一方をシミュレートする。

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：

シミュレートシステム、シミュレート方法およびシミュレート用プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、推定器を用いた運用をシミュレートするシミュレートシステム、シミュレート方法およびシミュレート用プログラムに関する。

背景技術

[0002] 推定器は、環境の変化などが原因で、時間の経過とともに推定精度が劣化することが知られている。推定器は、例えば、目的変数と説明変数との間で成り立つ規則性を示す関数で表される。そのため、更新することによって精度が向上すると判断される推定器を対象として再学習が行われ、再学習により生成された推定器が新たな推定器として更新される。

[0003] 例えば、特許文献1には、各種設備のエネルギー需要を予測する装置が記載されている。特許文献1に記載された装置は、所定期間経過するごとに、前日に取得されたデータ、1時間前に取得されたデータ、1分前に取得されたデータを用いて、逐次、エネルギー需要予測モデルを更新する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-194700号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 推定器の精度を人手で監視し、また、推定器の更新を人手で判断することは煩雑な作業である。そこで、推定器を更新するか否かを判断するためのルールを設定し、その設定に基づいて推定器を更新するか否かが自動的または半自動的に判断されることが好ましい。

[0006] しかし、推定する状況は未来の状況であるため、管理者がどのようなルールを設定することが適切か判断することは容易ではという技術的課題がある。推定器を更新するか否かの判断は、推定器の精度だけでなく、更新に要するコストも考慮されるからである。

[0007] すなわち、推定器を更新する際には、様々なコスト（マシンリソース、金銭的成本、更新後の推定器の内容を人間が理解しなおすための人的コスト、など）が発生するため、推定器が頻繁に更新されることは好ましくない。その一方で、推定器の更新頻度を下げすぎると推定器の精度が劣化してしまう可能性がある。さらに、推定器を更新したからと言って、必ずしも推定精度が向上するとは限らない。

[0008] 特許文献1に記載された装置のように、精度劣化の有無にかかわらず予測モデルを更新する方法では、推定器の更新に多くのリソースやコストが必要になるため、実際の運用時に運用者の負担が大きくなってしまおうという技術的課題がある。そのため、更新に要するコストと更新による推定精度の向上とを考慮のうえ、推定器を更新する好適なルールを検討できることが好ましい。

[0009] そこで、本発明は、推定器を更新するルールの好適性をシミュレートできるシミュレートシステム、シミュレート方法およびシミュレート用プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明によるシミュレートシステムは、過去の一時点までの実測データを用いて学習された推定器と、その一時点以降の実測データである検証データと、推定器の更新要否を評価指標に基づいて規定した更新ルールとを受け付ける受付手段と、所定期間の検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、更新ルールとに基づいて、その所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果の少なくとも一方をシミュレートするシミュレート手段とを備えたことを特徴とする。

[0011] 本発明によるシミュレート方法は、コンピュータが、過去の一時点までの

実測データを用いて学習された推定器と、その一時点以降の実測データである検証データと、推定器の更新要否を評価指標に基づいて規定した更新ルールとを受け付け、コンピュータが、所定期間の検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、更新ルールとに基づいて、その所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果の少なくとも一方をシミュレートすることを特徴とする。

[0012] 本発明によるシミュレート用プログラムは、コンピュータに、過去の一時点までの実測データを用いて学習された推定器と、その一時点以降の実測データである検証データと、推定器の更新要否を評価指標に基づいて規定した更新ルールとを受け付ける受付処理、および、所定期間の検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、更新ルールとに基づいて、その所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果の少なくとも一方をシミュレートするシミュレート処理を実行させることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、上述した技術的手段により、推定器を更新するルールの好適性をシミュレートできるという技術的效果を奏する。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明によるシミュレートシステムの第1の実施形態の構成例を示す説明図である。

[図2]評価指標、再学習ルールおよび更新評価ルールの例を示す説明図である。

[図3]シミュレート結果を可視化した例を示す説明図である。

[図4]第1の実施形態のシミュレートシステムの動作例を示すフローチャートである。

[図5]本発明によるシミュレートシステムの第2の実施形態の構成例を示す説明図である。

[図6]生成されるデータセットの例を示す説明図である。

[図7]第2の実施形態のシミュレートシステムの動作例を示すフローチャートである。

[図8]本発明によるシミュレートシステムの第3の実施形態の構成例を示す説明図である。

[図9]本発明によるシミュレートシステムの概要を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

[0016] 実施形態1.

図1は、本発明によるシミュレートシステムの第1の実施形態の構成例を示す説明図である。本実施形態のシミュレートシステムは、記憶部11と、推定器生成部12と、シミュレート情報入力部13と、シミュレート部14と、結果出力部15とを備えている。

[0017] 記憶部11は、学習データとして用いられる過去の実測データやシミュレートシステムにおける各処理に必要なデータを記憶する。記憶部11は、例えば、磁気ディスク装置等により実現される。

[0018] 推定器生成部12は、記憶部11に記憶された過去の一時点までの実測データを学習データとし、予め定めたアルゴリズムに基づいて推定器を生成し、シミュレート情報入力部13に入力する。推定器生成部12は、過去の一時点までの全ての実測データを学習データとしてもよく、一部の実測データのみを学習データとしてもよい。推定器は、上述するように、例えば、目的変数と説明変数との間で成り立つ規則性を示す関数で表される。

[0019] 推定器を生成する際に用いられるアルゴリズムは任意である。推定器生成部12は、例えば、FAB (Factorized-asymptotic Bayesian) に基づいて推定器を生成してもよく、カーネルSVM (support vector machine) や決定木などに基づいて推定器を生成してもよい。また、推定器生成部12が用いるアルゴリズムは1つに限られず、推定器生成部12は、複数のアルゴリズムを組み合わせ推定器を生成してもよい。

[0020] シミュレート情報入力部13は、推定器生成部12が生成した推定器の入

力を受け付ける。また、シミュレート情報入力部 13 は、推定器の学習に用いられた学習データ以降の実測データの入力を受け付ける。具体的には、シミュレート情報入力部 13 は、記憶部 11 から過去の一時点以降の一部または全部の実測データを読み取る。以下の説明では、シミュレートに用いられる過去の一時点以降の一部または全部の実測データを検証データと記す。また、検証データの期間は、後述するシミュレート部 14 がシミュレート処理を行う期間であることから、入力される検証データの期間をシミュレート期間と言うこともできる。

[0021] さらに、シミュレート情報入力部 13 は、推定器の更新ルールの入力を受け付ける。更新ルールは、推定器の更新要否を予め定めた評価指標に基づいて規定したルールである。ここで、更新ルールには、実際に更新を行うか否かを判断するためのルールのほか、更新する前段階として推定器を再学習するか否かを判断するためのルールも含む。

[0022] 以下の説明では、更新ルールのうち、再学習するか否かを判断するためのルールを再学習ルールと記し、再学習後の推定器を実際に更新するか否かを判断するためのルールを更新評価ルールと記す。再学習ルールは、推定器の再学習要否を予め定めた評価指標に基づいて規定したルールと言え、更新評価ルールは、更新前の推定器の評価指標と更新後の推定器の評価指標との変化状況を規定したルールと言える。以下の説明では、特に断りのない限り、更新ルールは、再学習ルールと更新評価ルールのいずれも含むものとする。

[0023] 更新ルールは、再学習の要否や更新の要否を判断するための条件のほか、再学習をする際のアルゴリズムや、用いる学習データの期間、学習データの内容や、学習データに用いるデータの生成方法などを含んでもよい。

[0024] シミュレート部 14 は、評価指標算出部 21 と、推定器再学習部 22 と、推定器更新部 23 とを含む。

[0025] 評価指標算出部 21 は、予め定めた評価指標を算出する。具体的には、評価指標算出部 21 は、検証データを推定器へ時系列に適用して推定結果を算出する。そして、評価指標算出部 21 は、推定結果に基づいて評価指標を算

出する。評価指標算出部 2 1 は、更新ルールで用いられる評価指標を算出してもよいし、予め定めた任意の評価指標を算出してもよい。また、評価指標を算出するタイミングも任意であり、評価指標算出部 2 1 は、更新ルールで定められたタイミングで評価指標を算出してもよく、定期的に又は所定のタイミングで評価指標を算出してもよい。

[0026] また、評価指標の内容は任意である。評価指標として、前回の推定器を学習してからの期間や更新してからの期間、学習データの増加量、時間の経過に対する精度劣化度合、サンプル数などの変化が挙げられる。ただし、評価指標の内容はこれらの内容に限定されず、推定器を更新すべきかの判断に利用することが可能な指標であれば、他の内容であってもよい。また、評価指標は、推定結果により算出される内容に限定されない。

[0027] 推定器再学習部 2 2 は、更新ルールに基づいて、推定器を再学習するか否か判断する。具体的には、推定器再学習部 2 2 は、検証データを推定器へ時系列に適用し、再学習するか否か判定する時点（以下、判定時点と記す。）までの推定結果に基づいて算出される評価指標が再学習ルールに適合するか否か判断する。再学習ルールに適合する場合、推定器再学習部 2 2 は、再学習ルールで規定される方法に基づいて推定器を再学習する。

[0028] なお、推定器再学習部 2 2 は、再学習ルールに適合する全ての推定器を再学習してもよく、再学習ルールに適合する推定器のうち、予め定めた規則に基づいて一部の推定器のみ再学習してもよい。

[0029] 推定器更新部 2 3 は、更新ルールに基づいて、推定器を更新するか否か判断する。具体的には、推定器更新部 2 3 は、更新前の推定器の評価指標と更新後の推定器の評価指標との変化状況を特定し、その変化状況が更新評価ルールに適合する場合、推定器更新部 2 3 は、再学習後の推定器で元の推定器を更新する。以降、判定時点以降の検証データが更新後の推定器へ時系列に適用され、推定結果が算出される。

[0030] 更新評価ルールで規定する変化状況の内容も任意である。変化状況として、例えば、推定精度の変化や、推定器で用いられるサンプル数の変化などが

挙げられる。

[0031] 図2は、評価指標、再学習ルールおよび更新評価ルールの例を示す説明図である。図2に例示する「再学習判定」の欄は、再学習ルールを定義する構成要素であり、再学習ルールが、「評価指標」の列に示す各評価指標の条件を「論理構造」の欄に示す演算子で結合した条件として表されることを示す。また、「対象選択」の欄は、再学習ルールに適合する推定器のうち、再学習する対象を選択するルールを示す。また、「再学習データの作り方」の欄は、再学習に用いられる学習データの生成方法を示す。また、「再学習後の出荷判定」の欄は、更新評価ルールを定義する構成要素であり、更新評価ルールが、「評価指標」の列に示す各評価指標の条件を「論理構造」の欄に示す演算子で結合した条件として表されることを示す。

[0032] また、推定器更新部23は、シミュレート結果として、推定器の更新回数および更新に要した時間やマシンリソースなどの更新コストを保持する。さらに、推定器更新部23は、シミュレート結果として、更新要否を判断した際の変化状況（例えば、推定精度の変化率、サンプルの変化数など）や、更新後の推定器の評価指標を保持してもよい。

[0033] このように、シミュレート部14は、全体として、所定期間の検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、更新ルールとに基づいて、その所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果をシミュレートする。なお、シミュレート部14は、評価指標と更新結果の少なくとも一方のみシミュレートしてもよい。

[0034] なお、本実施形態では、推定器再学習部22が推定器を再学習した後、推定器更新部23が、再学習後の推定器を更新するか否か判断する。ただし、推定器更新部23は、再学習後の推定器を更新するか否か判断することなく、そのまま再学習前の推定器を更新してもよい。ただし、推定器更新部23が、再学習前の推定器と再学習後の推定器の変化状況に基づいて更新するか否か判断することにより、推定器の不用意な更新を抑制できるため、より好ましい。

[0035] 結果出力部 15 は、シミュレート結果を出力する。具体的には、結果出力部 15 は、更新ルールのシミュレート結果として、シミュレート期間の評価指標と更新結果の少なくとも一方を出力する。シミュレート結果の出力態様は任意である。結果出力部 15 は、例えば、シミュレート期間の推定器の評価指標（例えば、平均誤差、平均誤差率、最大誤差率などの精度指標）、再学習回数、更新回数、更新タイミング（具体的な日時）を推定器の更新ルールごとに出力してもよい。このとき、結果出力部 15 は、各回数や評価指標の値に応じて更新ルールをソートして出力してもよい。

[0036] また、複数の更新ルールでシミュレートを行った場合、結果出力部 15 は、更新ルールごとにシミュレート結果を表示してもよい。複数の更新ルールの例として、更新ルールに用いられる可変な閾値を変化させたルールが挙げられる。例えば、“直近一週間とそれ以前とで 1 日の平均誤差率が N (%) 悪化した” という更新ルールにおける N が、可変な閾値（パラメタ）に該当する。

[0037] 結果出力部 15 は、シミュレート結果を一見して人間が把握できるようにグラフを用いて可視化してもよい。具体的には、結果出力部 15 は、各次元軸に評価指標と更新結果を表わす指標のいずれかを設定した多次元空間を定義し、多次元空間上の対応する位置にシミュレート結果をプロットしてもよい。

[0038] 図 3 は、シミュレート結果を可視化した例を示す説明図である。図 3 に示す例では、2 次元空間上の X 軸に更新回数が設定され、Y 軸に平均誤差率が設定されていることを示す。結果出力部 15 は、グラフ上の対応する位置に、パラメタを可変にして実行した各シミュレート結果をプロットしてもよい。また、結果出力部 15 は、図 3 に例示するように、パラメタを可変にして複数シミュレートした場合における更新回数の平均や平均誤差率の平均を出力してもよい。

[0039] また、推定器の学習アルゴリズムが複数想定される場合、結果出力部 15 は、異なる学習アルゴリズムのシミュレート結果を出力してもよい。具体的

には、シミュレート部 1 4 がそれぞれ異なる学習アルゴリズムで学習された推定器をシミュレートし、結果出力部 1 5 が、学習アルゴリズムごとのシミュレート結果（評価指標など）を出力してもよい。

[0040] このようにすることで、精度重視の学習アルゴリズムや解釈性の高い学習アルゴリズムとの比較を容易に行うことが可能になる。また、各学習アルゴリズムの評価指標を出力することで、例えば、評価指標を用いて規定される条件に応じて学習器を切り替える機能を実装することも可能になる。この場合、学習器に関しても最適性を保証できるため、学習器の良否を人間（分析者や管理者、顧客）が評価するコストを抑制できる。

[0041] また、結果出力部 1 5 は、シミュレート結果だけでなく、シミュレート結果から最適解を探索し、探索結果を出力してもよい。具体的には、結果出力部 1 5 は、シミュレートされた評価指標および更新結果の最適解を探索し、その最適解が得られる更新ルールを出力してもよい。

[0042] 推定器生成部 1 2 と、シミュレート情報入力部 1 3 と、シミュレート部 1 4（より具体的には、評価指標算出部 2 1 と、推定器再学習部 2 2 と、推定器更新部 2 3）と、結果出力部 1 5 とは、プログラム（シミュレート用プログラム）に従って動作するコンピュータの CPU によって実現される。

[0043] 例えば、プログラムは、記憶部 1 1 に記憶され、CPU は、そのプログラムを読み込み、プログラムに従って、推定器生成部 1 2、シミュレート情報入力部 1 3、シミュレート部 1 4（より具体的には、評価指標算出部 2 1、推定器再学習部 2 2 および推定器更新部 2 3）および結果出力部 1 5 として動作してもよい。

[0044] また、推定器生成部 1 2 と、シミュレート情報入力部 1 3 と、シミュレート部 1 4（より具体的には、評価指標算出部 2 1 と、推定器再学習部 2 2 と、推定器更新部 2 3）と、結果出力部 1 5 とは、それぞれが専用のハードウェアで実現されていてもよい。また、本発明によるシミュレートシステムは、2 つ以上の物理的に分離した装置が有線または無線で接続されることにより構成されていてもよい。

- [0045] 次に、本実施形態のシミュレートシステムの動作を説明する。図4は、本実施形態のシミュレートシステムの動作例を示すフローチャートである。
- [0046] 推定器生成部12は、記憶部11に記憶された過去の一時点までの学習データを用いて推定器を生成し（ステップS11）、シミュレート情報入力部13に入力する。シミュレート情報入力部13は、生成された推定器、更新ルールおよび検証データを受け付け、シミュレート部14に入力する（ステップS12）。
- [0047] シミュレート部14において、評価指標算出部21は、推定器の評価指標を算出する（ステップS13）。推定器再学習部22は、更新ルールに基づいて、推定器を再学習するか否かを判断する（ステップS14）。推定器を再学習しないと判断した場合（ステップS14におけるNo）、次の判定時点についてステップS13以降の処理を繰り返す。一方、推定器を再学習すると判断した場合（ステップS14におけるYes）、推定器再学習部22は、再学習ルールで規定される方法に基づいて推定器を再学習する（ステップS15）。
- [0048] 推定器更新部23は、更新ルールに基づいて、推定器を更新するか否かを判断する（ステップS16）。推定器を更新しないと判断した場合（ステップS16におけるNo）、次の判定時点についてステップS13以降の処理を繰り返す。一方、推定器を更新すると判断した場合（ステップS16におけるYes）、推定器更新部23は、再学習後の推定器で元の推定器を更新する（ステップS17）。
- [0049] 以上のように、本実施形態では、シミュレート部14が、シミュレート情報入力部13から、過去の一時点までの実測データ（学習データ）を用いて学習された推定器と、検証データと、更新ルール（具体的には、再学習ルールと評価ルール）とを受け付ける。そして、シミュレート部14が、所定期間の検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、更新ルールとに基づいて、その所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果の少なくとも一方をシミュレートする。なお、シミュレ

ート部 1 4 は、評価指標算出部 2 1、推定器再学習部 2 2 および推定器更新部 2 3 により実現される。よって、推定器を更新するルールの好適性をシミュレートできる。

[0050] 以下、具体的な実施例により本実施形態の動作を説明するが、本発明の範囲は以下に説明する内容に限定されない。本具体例では、シミュレートシステムが、過去 1 年分の学習データを利用して、ある更新ルールを仮に設定した場合における、1 年間の推定器の更新コスト（更新回数）と、1 年間の推定器の平均推定精度とをシミュレートするものとする。

[0051] 本具体例では、記憶部 1 1 が、過去の 1 年分の学習データとして、2 0 1 4 年 1 月 1 日から 2 0 1 4 年 1 2 月 3 1 日までの実測データを記憶している。過去の一時点を 2 0 1 4 年 1 月 3 1 日とすると、実測データは、2 0 1 4 年 1 月 1 日から 2 0 1 4 年 1 月 3 1 日までの学習データと、2 0 1 4 年 2 月 1 日から 2 0 1 4 年 1 2 月 3 1 日までの検証データに分けられる。

[0052] 推定器生成部 1 2 は、前者の学習データに基づいて推定器を生成し、シミュレート情報入力部 1 3 に入力する。また、シミュレート情報入力部 1 3 は、管理者からシミュレートする更新ルールの入力を受け付ける。シミュレート情報入力部 1 3 は、例えば、「売上個数の誤差が 3 日連続で 1 0 % を超えたらその推定式を更新する」という更新ルール（以下、更新ルール R 1 と記す。）、「売上個数の誤差が 3 日連続で 1 5 % を超えたらその推定式を更新する」（以下、更新ルール R 2 と記す。）という更新ルール、および、「売上個数の誤差が 3 0 % を超えたら即日その推定式を更新する」（以下、更新ルール R 3 と記す。）という更新ルールを受け付ける。

[0053] シミュレート部 1 4（より具体的には、評価指標算出部 2 1、推定器再学習部 2 2 または推定器更新部 2 3）は、生成された推定式に検証データを適用し、入力された更新ルールに従ってシミュレートする。そして、結果出力部 1 5 は、更新ルールごとのシミュレート結果として、更新コスト（更新回数）と、推定器の平均推定精度を出力する。

[0054] 結果出力部 1 5 がこのようなシミュレート結果を出力することにより、管

理者が、どのような更新ルールを設定するとどのような運用結果（具体的には、更新コストおよび推定精度）が得られるのかを、事前に把握することが可能になる。そのため、管理者にとっては、設定すべき更新ルールを適切かつ容易に検討できる。例えば、上述する例では、管理者は、更新ルール R 1 ～ R 3 のうち、いずれの更新ルールがより適切かを判断することが可能になる。

[0055] 次に、本実施形態の変形例を説明する。第 1 の実施形態では、シミュレート情報入力部 1 3 が、予め定めた評価指標に基づいて規定された更新ルールを受け付ける場合を説明した。例えば、図 2 に例示する「再学習判定」の欄の「評価指標」の列には、可変な閾値（パラメタ）を含む複数の条件が記載されている。

[0056] そこで、本変形例のシミュレート情報入力部 1 3 は、予め定めたアルゴリズムを用いて試行するパラメタを自動的に決定する。すなわち、シミュレート情報入力部 1 3 は、1 つ以上の可変な閾値（パラメタ）を条件に含む複数の更新ルールの中から、予め定めたアルゴリズムを用いて最適なパラメタを特定し、特定したパラメタで定義される更新ルールを入力する。

[0057] 最適化する対象は任意であり、例えば、上述する評価指標（精度指標など）が用いられる。また、パラメタを決定する際のアルゴリズムとして、例えば、遺伝的アルゴリズムやベイズ最適化（Gaussian Process）が用いられる。これらのアルゴリズムは、最適化対象が複数の場合にも利用可能である。

[0058] このように、シミュレート情報入力部 1 3 が複数の更新ルールの中から、最適なパラメタにより定義される更新ルールを入力することで、複数の条件に含まれる可変な閾値（パラメタ）をすべてシミュレートする場合に比べ、より効率的にシミュレートできる。

[0059] 実施形態 2.

次に、本発明のシミュレートシステムの第 2 の実施形態を説明する。第 1 の実施形態では、評価指標算出部 2 1 により算出される評価指標をもとに、推定器再学習部 2 2 が推定器を再学習していた。本実施形態では、再学習の

処理負荷を軽減させる方法を説明する。

[0060] 図5は、本発明によるシミュレートシステムの第2の実施形態の構成例を示す説明図である。なお、第1の実施形態と同様の構成については、図1と同一の符号を付し、説明を省略する。本実施形態のシミュレートシステムは、記憶部11と、推定器生成部12aと、シミュレート情報入力部13と、シミュレート部14aと、結果出力部15とを備えている。すなわち、本実施形態の記憶部11、シミュレート情報入力部13および結果出力部15の内容は、第1の実施形態と同様である。

[0061] 本実施形態の推定器生成部12aは、記憶部11に記憶された実測データを予め定めた区間に区切ったデータ群（以下、区間学習データと記す。）を学習データとして用いて、予め定めたアルゴリズムに基づいて推定器を生成する。区間学習データは複数生成され、その区間の粒度は任意である。この区間は、例えば、開始時期と期間により定義され、実際の運用で再学習に用いられる期間に設定することが好ましい。なお、この区間は重複していてもよい。

[0062] また、推定器生成部12aは、生成した推定器へ時系列に検証データを適用する間の各推定タイミング（以下、予測ターゲットと記す。）の評価指標を算出する。なお、評価指標の算出方法は、第1の実施形態において、評価指標算出部21が評価指標を算出する方法と同様である。予測ターゲットは、例えば一ヶ月単位など、実際の運用で再学習判定を行うタイミングと同様の粒度で設定される。

[0063] 推定器生成部12aは、生成した推定器と評価結果とを組にしたデータセットを生成し、記憶部11に記憶する。推定器生成部12aは、例えば、推定器の学習区間、予測ターゲットおよび評価指標を含むデータセットを生成してもよい。

[0064] 図6は、生成されるデータセットの例を示す説明図である。図6に示す例は、学習区間wの区間学習データを用いて推定器を生成し、学習区間の一定期間l後の予測ターゲットにおける評価指標を複数作成していることを示す

。

[0065] シミュレート部 1 4 a は、評価指標算出部 2 1 a と、推定器選択部 2 4 と、推定器更新部 2 3 とを含む。推定器更新部 2 3 の内容は、第 1 の実施形態と同様である。

[0066] 評価指標算出部 2 1 a は、評価指標を算出する。なお、本実施形態の評価指標算出部 2 1 a は、評価指標を算出する代わりに、評価指標を算出する時点に対応する予測ターゲットの評価指標を記憶部 1 1 から抽出する。なお、対応する予測ターゲットの評価指標が記憶部 1 1 に記憶されていない場合、評価指標算出部 2 1 a は、実際に評価指標を算出してもよい。なお、評価指標を算出する方法は、第 1 の実施形態の評価指標算出部 2 1 が評価指標を算出する方法と同様である。

[0067] 推定器選択部 2 4 は、第 1 の実施形態の推定器再学習部 2 2 と同様、更新ルールに基づいて、推定器を再学習するか否か判断する。本実施形態では、推定器選択部 2 4 は、更新ルール（再学習ルール）に適合する場合、更新ルールに基づいて再学習後の推定器を記憶部 1 1 から抽出する。推定器選択部 2 4 は、例えば、更新ルールに規定される学習区間が一致する推定器を記憶部 1 1 から抽出してもよい。なお、適切な推定器が記憶部 1 1 に記憶されていない場合、推定器選択部 2 4 は、第 1 の実施形態の推定器再学習部 2 2 と同様に、推定器を再学習してもよい。

[0068] 推定器更新部 2 3 は、更新ルールに基づいて推定器を更新するか否か判断し、再学習前の推定器を更新する。推定器を更新するか否か判断する方法は、第 1 の実施形態と同様である。以降、更新された推定器とともに抽出された評価指標を用いて、各予測ターゲットにおいて再学習するか否かが判断される。

[0069] 推定器生成部 1 2 a と、シミュレート情報入力部 1 3 と、シミュレート部 1 4 a（より具体的には、評価指標算出部 2 1 a と、推定器選択部 2 4 と、推定器更新部 2 3）と、結果出力部 1 5 とは、プログラム（シミュレート用プログラム）に従って動作するコンピュータの CPU によって実現される。

[0070] また、推定器生成部 1 2 a と、シミュレート情報入力部 1 3 と、シミュレート部 1 4 a（より具体的には、評価指標算出部 2 1 a と、推定器選択部 2 4 と、推定器更新部 2 3）と、結果出力部 1 5 とは、それぞれが専用のハードウェアで実現されていてもよい。

[0071] 次に、本実施形態のシミュレートシステムの動作を説明する。図 7 は、本実施形態のシミュレートシステムの動作例を示すフローチャートである。

[0072] 推定器生成部 1 2 a は、区間学習データを用いて推定器を生成する（ステップ S 2 1）。また、推定器生成部 1 2 a は、生成した推定器の予測ターゲットにおける評価指標を算出する（ステップ S 2 2）。そして、推定器生成部 1 2 a は、生成した推定器および評価指標を含むデータセットを記憶部 1 1 に記憶する（ステップ S 2 3）。

[0073] 評価指標算出部 2 1 a は、推定器の予測ターゲットにおける評価指標を記憶部 1 1 から取得する（ステップ S 2 4）。推定器選択部 2 4 は、更新ルールに基づいて、推定器を再学習するか否か判断する（ステップ S 2 5）。推定器を再学習しないと判断した場合（ステップ S 2 5 における N o）、次の予測ターゲットについてステップ S 2 4 以降の処理を繰り返す。一方、推定器を再学習すると判断した場合（ステップ S 2 5 における Y e s）、推定器選択部 2 4 は、更新ルールに基づいて再学習後の推定器を記憶部 1 1 から取得する（ステップ S 2 6）。

[0074] 推定器更新部 2 3 は、更新ルールに基づいて、推定器を更新するか否か判断する（ステップ S 2 7）。推定器を更新しないと判断した場合（ステップ S 2 7 における N o）、次の予測ターゲットについてステップ S 2 4 以降の処理を繰り返す。一方、推定器を更新すると判断した場合（ステップ S 2 7 における Y e s）、推定器更新部 2 3 は、再学習後の推定器で元の推定器を更新する（ステップ S 2 8）。

[0075] 以上のように、本実施形態では、推定器生成部 1 2 a が、過去の実測データを学習データとして用いて推定器を生成し、記憶部 1 1 が、生成された推定器を記憶する。具体的には、推定器生成部 1 2 a は、実測データを予め定

めた区間に区切ったデータ群を学習データとして用いて推定器を生成する。そして、推定器生成部 1 2 a は、各予測ターゲットの評価指標を算出し、生成された推定器と予測ターゲットごとの評価指標を含むデータセットを生成して記憶部 1 1 に記憶する。シミュレート部 1 4 a は、評価指標を算出する時点に対応する予測ターゲットの評価指標を記憶部 1 1 から抽出し、抽出した評価指標が更新ルールに適合する場合に、その更新ルールに基づいて再学習後の推定器を記憶部 1 1 から抽出して更新する。なお、シミュレート部 1 4 a は、評価指標算出部 2 1 a、推定器選択部 2 4 および推定器更新部 2 3 により実現される。よって、第 1 の実施形態の効果に加え、再学習のコストを低減できる。

[0076] 例えば、更新ルールに用いるパラメタを可変にして複数回シミュレートする場合、同様の再学習が行われる可能性が高い。そのため、本実施形態のように、再学習後の推定器および評価指標を予め準備しておくことで、シミュレートごとに再学習をする必要がなくなるため、コストを低減できる。

[0077] 次に、第 2 の実施形態の変形例を説明する。第 2 の実施形態では、推定器生成部 1 2 a が事前に推定器および評価指標を生成しておく場合について説明した。ただし、区間学習データに対応する全ての推定器および評価指標を事前に生成しておく必要はない。本変形例では、区間学習データに対応する推定器を必要に応じて生成する方法を説明する。なお、本変形例の構成は、第 2 の実施形態と同様である。

[0078] 本変形例では、推定器生成部 1 2 a は、区間学習データに基づいて生成された推定器および評価結果を含むデータセットを記憶していない、または、推定器および上記データセットを一部のみ記憶しているものとする。

[0079] 評価指標算出部 2 1 a は、評価指標を算出する時点に対応する予測ターゲットのデータセットを記憶部 1 1 から検索する。対応する予測ターゲットのデータセットが記憶部 1 1 に記憶されている場合、評価指標算出部 2 1 a は、そのデータセットを抽出し、抽出された評価指標を、予測ターゲットの評価指標として用いる。一方、対応する予測ターゲットのデータセットが記憶

部 1 1 に記憶されていない場合、評価指標算出部 2 1 a は、推定器生成部 1 2 a に推定器および予測結果を含むデータセットの生成を指示する。なお、評価指標算出部 2 1 a 自身が、データセットを生成してもよい。

[0080] 推定器生成部 1 2 a は、データセットの生成の指示を評価指標算出部 2 1 a から受けると、予め定めたアルゴリズムに基づいて推定器を生成し、記憶部 1 1 に記憶する。また、推定器生成部 1 2 a は、生成した推定器を用いて、予測ターゲットの評価指標を算出し、記憶部 1 1 に記憶する。すなわち、本変形例の処理は、シミュレート処理におけるキャッシュ処理ということもできる。したがって、本変形例の記憶部 1 1 は、例えば、キャッシュメモリにより実現されていてもよい。

[0081] 以降、推定器選択部 2 4 が推定器を再学習するか否か判断し、推定器更新部 2 3 が、再学習後の推定器で元の推定器を更新する処理は、第 2 の実施形態と同様である。

[0082] このように、本変形例では、推定器生成部 1 2 a が、評価指標算出部 2 1 a によるシミュレートで要求された時点で推定器および評価指標を生成する。この場合、必要な推定器および評価指標のみ生成されるため、第 2 の実施形態の効果に加え、事前に全ての推定器および評価指標を準備する方法に比べて、学習に要する時間を低減でき、必要なマシンコストを抑えることができる。

[0083] なお、本変形例では、評価指標算出部 2 1 a によるシミュレートで要求された時点で推定器および評価指標を生成する場合について説明した。これ以外にも、推定器生成部 1 2 a が区間学習データに基づいて全ての推定器を生成しておき、評価指標算出部 2 1 a によるシミュレートで要求された時点で、推定器生成部 1 2 a が予測指標を生成して記憶部 1 1 に記憶してもよい。このようにすることで、シミュレート時間を高速化しつつ、評価指標を記憶する記憶容量を低減できる。

[0084] すなわち、推定器の再学習（推定器の生成）には、多くの時間がかかる一方で、推定器を記憶する容量は、さほど大きくない。一方、推定処理は、さ

ほど時間がかからない一方で、推定結果を記憶する容量は大きくなる。そのため、学習時間や記憶容量に応じてこれらの処理を選択することで、推定器を更新するルールの好適性を環境に応じてシミュレートできる。

[0085] また、本変形例では、生成した推定器および評価指標を記憶部 11 に逐次記憶する場合について説明したが、生成した内容を記憶部 11 に記憶させるか否か、また、記憶させる場合にどの対象を記憶させるかは、マシンリソースに応じて任意に定めることが可能である。記憶部 11 に記憶させるケースとして、(1) 何も記憶させない場合、(2) 推定器のみ記憶させる場合、(3) 推定器および推定結果を記憶させる場合、(4) 推定器、推定結果および評価指標を記憶させる場合、が挙げられる。例えば、上述する(3)については、例えば、更新ルールに用いられる評価指標自体もトライアンドエラーで試行する場合に好適に利用される。

[0086] 実施形態 3.

本発明のシミュレートシステムの第 3 の実施形態を説明する。本実施形態では、更新ルールを評価する方法を説明する。すなわち、本実施形態のシミュレートシステムを用いることで、最適と判断された更新ルールがどの程度性能限界に達しているか評価することが可能になる。

[0087] 図 8 は、本発明によるシミュレートシステムの第 3 の実施形態の構成例を示す説明図である。本実施形態のシミュレートシステムは、記憶部 11 と、推定器生成部 12 と、シミュレート情報入力部 13 と、シミュレート部 14 と、結果出力部 15 と、ルール評価部 16 とを備えている。すなわち、本実施形態のシミュレートシステムは、ルール評価部 16 をさらに備えている点において、第 1 の実施形態と異なる。それ以外の構成については、第 1 の実施形態と同様である。

[0088] ルール評価部 16 は、更新ルールを評価する。本実施形態のルール評価部 16 は、シミュレート結果に基づいて更新ルールを評価する。具体的には、ルール評価部 16 は、予測対象区間であるシミュレート期間全体で獲得し得る最大性能と、評価対象とする更新ルールを適用した場合の性能とを比較し

て、更新ルールを評価する。ここで、性能とは、予め定めた推定器の評価指標に基づいて定められるものであり、例えば、誤差などの精度指標や、コストなどの指標を含む評価指標などが挙げられる。性能の設定内容は任意であり、例えば、コスト面や精度面から、より好適な推定器と判断可能な基準が設定されればよい。

[0089] まず、ルール評価部 16 は、全予測対象区間で獲得し得る最大性能を算出する。本実施形態では、予測対象区間内で性能を最大にする学習区間を事後的に選択することが可能である。学習区間の設定方法は任意である。例えば、予測ターゲットを月ごとに分割する場合、学習区間は、4 月分、5 月分、などのように設定される。また、性能を最大にする学習区間の選択は、更新内容に制限を設けない場合と更新内容に制限を設ける場合とに大別される。

[0090] 更新内容に制限を設けない場合、ルール評価部 16 は、性能を最大にする学習区間を選択する。そして、ルール評価部 16 は、選択された学習区間ごとに性能を示す評価指標を計算し、全学習区間の性能を算出する。以下、この全学習区間の性能のことを、総合指標と記す。

[0091] ルール評価部 16 は、例えば、学習区間ごとの性能の平均値を全学習区間の性能として算出してもよい。また、ルール評価部 16 は、評価指標を個別に算出せず、第 2 の実施形態で生成されたデータセットに基づいて総合指標を算出してもよい。

[0092] 一方、更新内容に制限を設ける場合、ルール評価部 16 は、全学習区間を対象として、更新タイミング、学習区間および学習パラメタを条件に、性能を最大にする組合せを設けられた制限内で選択する。ルール評価部 16 は、例えば、どのタイミングでどの学習区間やその他の学習パラメタを選択すれば全区間での総合誤差指標が最小になるかについて、これらの組み合わせを探索する。このとき、ルール評価部 16 は、性能を最大にする組合せを、何らかの組合せ最適化アルゴリズムを用いて探索する。

[0093] ルール評価部 16 は、組合せ最適化アルゴリズムに、例えば、F A B の係数選択などに用いられる F o B a (Forward-Backward greedy algorithm)

を用いてもよい。なお、上記説明では、更新内容の制限有無について説明したが、ルール評価部 16 は、学習内容の制限有無に基づいて総合指標を算出してもよい。

[0094] また、ルール評価部 16 は、複数の評価結果をまとめて可視化してもよい。一般的には、更新回数制限などの条件が緩くなれば、全予測対象区間での性能は向上する。そのため、ルール評価部 16 は、例えば、更新回数と総合指標とを各軸とする 2 次元のグラフに、評価結果をプロットしてもよい。このような評価結果が可視化されれば、管理者が、妥当な結果を人手で決定することが可能になる。

[0095] なお、可視化の方法は、2 次元上のグラフに限定されない。例えば、総合指標を複数の指標で表す場合、ルール評価部 16 は、N 次元上の $N - 1$ 次元局面で評価結果を可視化してもよい。

[0096] 以上のように、本実施形態によれば、ルール評価部 16 が、予測対象区間全体で獲得し得る最大性能と、評価対象とする更新ルールを適用した場合の性能とを比較して更新ルールを評価する。よって、客観的な評価結果に基づいて更新ルールの好適性を人間が判断することが可能になる。

[0097] なお、図 8 に示す例では、結果出力部 15 の出力に基づいてルール評価部 16 が更新ルールを評価する場合を例示しているが、ルール評価部 16 への入力、結果出力部 15 の出力に限定されない。本実施形態のルール評価部 16 は、いわゆるオフライン戦略の結果に基づいて更新ルールを評価する。そのため、予測区間の評価指標が算出可能であれば、ルール評価部 16 は、評価対象の更新ルールを入力してルールを評価する、単体のルール評価装置として実現されてもよい。

[0098] 次に、本発明の概要を説明する。図 9 は、本発明によるシミュレートシステムの概要を示すブロック図である。本発明によるシミュレートシステムは、過去の一時点までの実測データ（例えば、学習データ）を用いて学習された推定器と、その一時点以降の実測データである検証データと、推定器の更新要否を評価指標に基づいて規定した更新ルール（例えば、再学習ルールと

評価ルールとを含む更新ルール）とを受け付ける受付手段 8 1（例えば、シミュレート情報入力部 1 3）と、所定期間の検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、更新ルールとに基づいて、その所定期間における推定器の評価指標（例えば、精度指標など）および推定器の更新結果（例えば、更新回数、更新に要するコストなど）の少なくとも一方をシミュレートするシミュレート手段 8 2（例えば、シミュレート部 1 4）とを備えている。

[0099] そのような構成により、推定器を更新するルールの好適性をシミュレートできる。

[0100] 具体的には、シミュレート手段 8 2 は、推定器の更新結果として、所定期間に推定器が更新される回数をシミュレートしてもよい。

[0101] また、シミュレート手段 8 2 は、検証データを推定器へ時系列に適用して推定結果を算出し、判定時点までの推定結果に基づいて算出される評価指標が更新ルールに適合する場合に、その更新ルールで規定される方法に基づいて推定器を更新し、判定時点以降の検証データを更新後の推定器へ時系列に適用して推定結果を算出してもよい。このようにすることで、過去の学習データを用いて更新ルールをシミュレートできる。

[0102] また、シミュレートシステムは、シミュレート結果として、シミュレートされた評価指標と更新結果の少なくとも一方を出力する出力手段（例えば、結果出力部 1 5）を備えていてもよい。そして、出力手段は、多次元空間上の各次元軸に、評価指標と更新結果を表わす指標のいずれかを設定し、多次元空間上の対応する位置にシミュレート結果をプロットしてもよい（例えば、図 3 に示すグラフ参照）。そのような構成により、管理者が更新ルールの評価をする一助とすることが可能になる。

[0103] また、シミュレートシステムは、シミュレートされた評価指標および更新結果の最適解を探索する探索手段（例えば、推定器更新部 2 3）を備えていてもよい。

[0104] 一方で、シミュレートシステムは、過去の実測データを学習データとして

用いて推定器を生成する推定器生成手段（例えば、推定器生成部 1 2 a）と、生成された推定器を記憶する推定器記憶手段（例えば、記憶部 1 1）とを備えていてもよい。そして、推定器生成手段は、実測データを予め定めた区間に区切ったデータ群を学習データとして用いて推定器を生成し、生成した推定器へ時系列に検証データを適用する間の各推定タイミングである予測ターゲットの評価指標を算出し、生成された推定器と予測ターゲットごとの評価指標を含むデータセットを生成して推定器記憶手段に記憶してもよい。また、シミュレート手段 8 2 は、評価指標を算出する時点に対応する予測ターゲットの評価指標を推定器記憶手段から抽出し、抽出した評価指標が更新ルールに適合する場合に、その更新ルールに基づいて再学習後の推定器を推定器記憶手段から抽出して更新してもよい。

[0105] また、シミュレートシステムは、シミュレート結果に基づいて更新ルールを評価するルール評価手段（例えば、ルール評価部 1 6）を備えていてもよい。そして、ルール評価手段は、過去の一時点以降の予測対象区間全体で獲得し得る最大性能（例えば、総合指標）と、評価対象とする更新ルールを適用した場合の性能とを比較して更新ルールを評価してもよい。

[0106] また、受付手段 8 1 は、異なるアルゴリズムを用いて生成された複数の推定器を受け付け、シミュレート手段 8 2 は、異なるアルゴリズムを用いて生成された推定器ごとにシミュレートしてもよい。

符号の説明

- [0107]
- 1 1 記憶部
 - 1 2, 1 2 a 推定器生成部
 - 1 3 シミュレート情報入力部
 - 1 4, 1 4 a シミュレート部
 - 1 5 結果出力部
 - 1 6 ルール評価部
 - 2 1, 2 1 a 評価指標算出部
 - 2 2 推定器再学習部

2 3 推定器更新部

2 4 推定器選択部

請求の範囲

- [請求項1] 過去の一時点までの実測データを用いて学習された推定器と、当該一時点以降の実測データである検証データと、推定器の更新要否を評価指標に基づいて規定した更新ルールとを受け付ける受付手段と、
- 所定期間の前記検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、前記更新ルールとに基づいて、当該所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果の少なくとも一方をシミュレートするシミュレート手段とを備えた
- ことを特徴とするシミュレートシステム。
- [請求項2] シミュレート手段は、推定器の更新結果として、所定期間に推定器が更新される回数をシミュレートする
- 請求項1記載のシミュレートシステム。
- [請求項3] シミュレート手段は、検証データを推定器へ時系列に適用して推定結果を算出し、判定時点までの推定結果に基づいて算出される評価指標が更新ルールに適合する場合に、当該更新ルールで規定される方法に基づいて推定器を更新し、前記判定時点以降の検証データを更新後の推定器へ時系列に適用して推定結果を算出する
- 請求項1または請求項2記載のシミュレートシステム。
- [請求項4] シミュレート結果として、シミュレートされた評価指標と更新結果の少なくとも一方を出力する出力手段を備え、
- 前記出力手段は、多次元空間上の各次元軸に、前記評価指標と更新結果を表わす指標のいずれかを設定し、多次元空間上の対応する位置にシミュレート結果をプロットする
- 請求項1から請求項3のうちのいずれか1項に記載のシミュレートシステム。
- [請求項5] シミュレートされた評価指標および更新結果の最適解を探索する探索手段を備えた
- 請求項1から請求項4のうちのいずれか1項に記載のシミュレート

システム。

[請求項6] 過去の実測データを学習データとして用いて推定器を生成する推定器生成手段と、

生成された推定器を記憶する推定器記憶手段とを備え、

前記推定器生成手段は、前記実測データを予め定めた区間に区切ったデータ群を学習データとして用いて推定器を生成し、生成した推定器へ時系列に検証データを適用する間の各推定タイミングである予測ターゲットの評価指標を算出し、生成された推定器と前記予測ターゲットごとの評価指標を含むデータセットを生成して前記推定器記憶手段に記憶し、

シミュレート手段は、評価指標を算出する時点に対応する予測ターゲットの評価指標を推定器記憶手段から抽出し、抽出した評価指標が更新ルールに適合する場合に、当該更新ルールに基づいて再学習後の推定器を推定器記憶手段から抽出して更新する

請求項 1 または請求項 2 記載のシミュレートシステム。

[請求項7] シミュレート結果に基づいて更新ルールを評価するルール評価手段を備え、

前記ルール評価手段は、過去の一時点以降の予測対象区間全体で獲得し得る最大性能と、評価対象とする更新ルールを適用した場合の性能とを比較して更新ルールを評価する

請求項 1 から請求項 6 のうちのいずれか 1 項に記載のシミュレートシステム。

[請求項8] 受付手段は、異なるアルゴリズムを用いて生成された複数の推定器を受け付け、

シミュレート手段は、異なるアルゴリズムを用いて生成された推定器ごとにシミュレートする

請求項 1 から請求項 7 のうちのいずれか 1 項に記載のシミュレートシステム。

[請求項9] コンピュータが、過去の一時点までの実測データを用いて学習された推定器と、当該一時点以降の実測データである検証データと、推定器の更新要否を評価指標に基づいて規定した更新ルールとを受け付け、

前記コンピュータが、所定期間の前記検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、前記更新ルールとに基づいて、当該所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果の少なくとも一方をシミュレートする

ことを特徴とするシミュレート方法。

[請求項10] コンピュータが、推定器の更新結果として、所定期間に推定器が更新される回数をシミュレートする

請求項9記載のシミュレート方法。

[請求項11] コンピュータに、

過去の一時点までの実測データを用いて学習された推定器と、当該一時点以降の実測データである検証データと、推定器の更新要否を評価指標に基づいて規定した更新ルールとを受け付ける受付処理、および、

所定期間の前記検証データを推定器へ時系列に適用することにより算出される推定結果と、前記更新ルールとに基づいて、当該所定期間における推定器の評価指標および推定器の更新結果の少なくとも一方をシミュレートするシミュレート処理

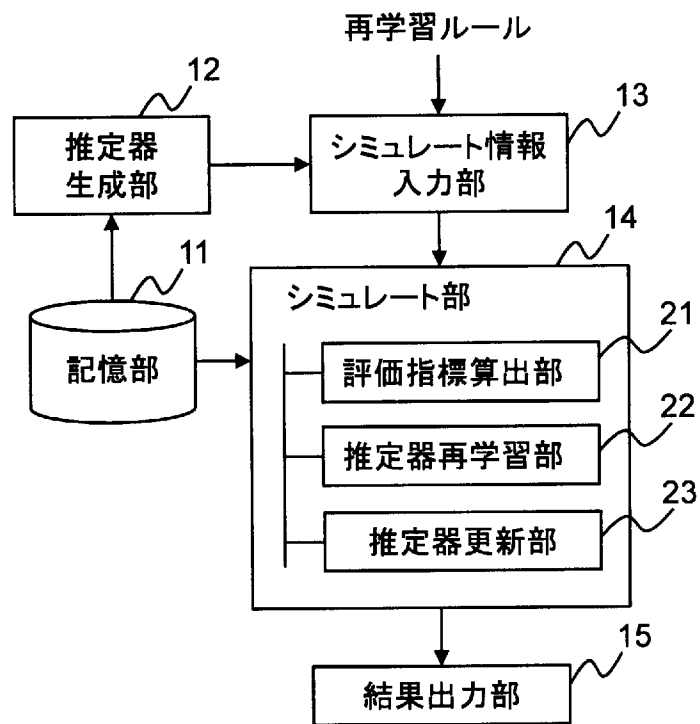
を実行させるためのシミュレート用プログラム。

[請求項12] コンピュータに、

シミュレート処理で、推定器の更新結果として、所定期間に推定器が更新される回数をシミュレートさせる

請求項11記載のシミュレート用プログラム。

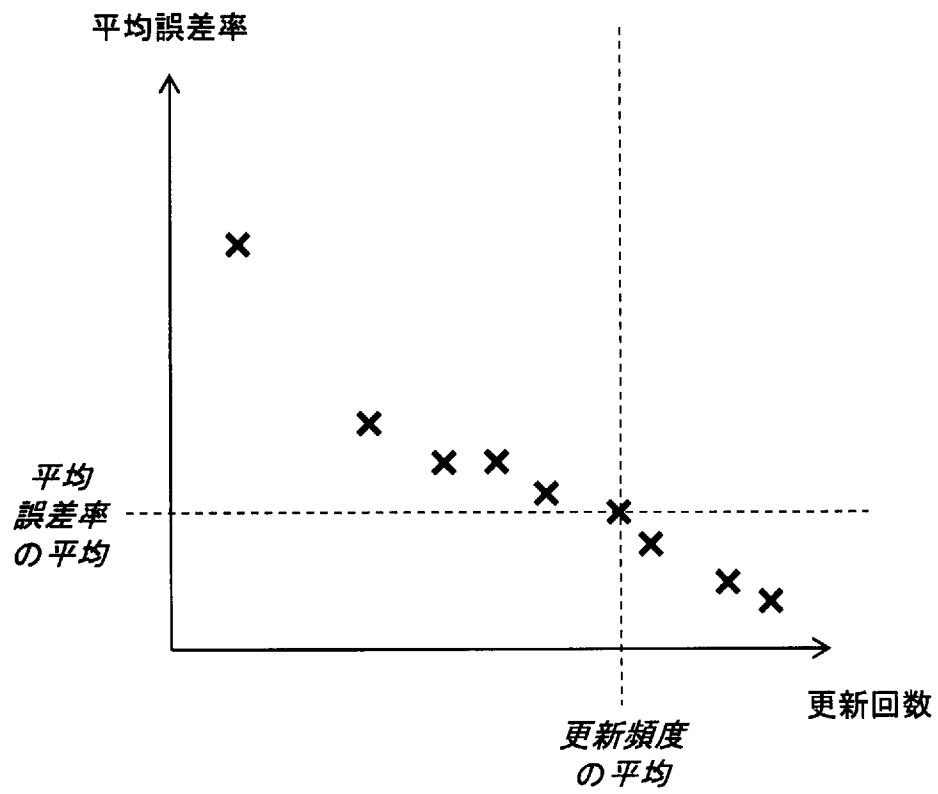
[図1]



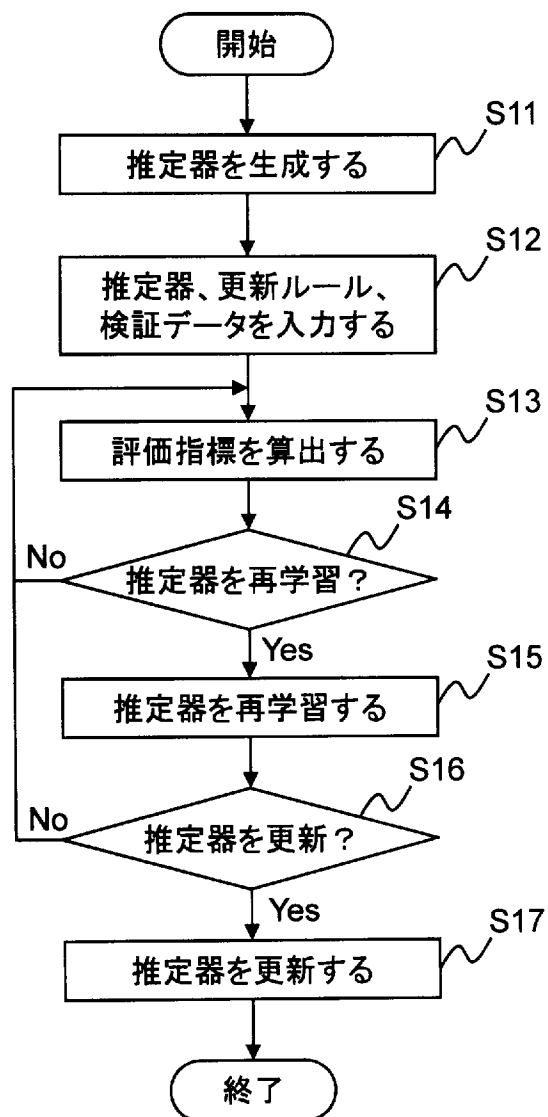
[図2]

ID	再学習判定		論理構造	対象選択	再学習データの作り方	再学習後の出荷判定	
	評価指標	論理構造				評価指標	論理構造
小売需要予測（想定）	前回学習時から60日以上経過したか	OR	必ず再学習	条件を満たせば以下の順に再学習	min（最大サンプル期間：1ヶ月）	誤差率が改善したか	AND
	データ増加: max(1ヶ月, 今回学習期間)が前回学習期間から2倍になったか					予測式ごとの誤差率(大きすぎないか、小さすぎないか)	
	データ増加: 季節が変化したか(3ヶ月など)	AND				予測式のサンプル数が一定以上あるか	
	1年未満	OR				予測値が2倍以上変動するサンプルがないか	
	データ増加: 新商品などの新予測対象が発生したか	OR					
	データ増加: 説明変数が増加したか	OR					
	前回学習時から4日以上経過したか	OR					
	直近1週間とそれ以前で1日平均誤差率が10%以上悪化したか						
	直近1週間とそれ以前で最大誤差率が20%以上悪化したか						
	直近1週間とそれ以前で1日平均誤差率が30%以上悪化したコンポーネントがあるか						
	門関数に使われた説明変数の分布が大きく変化したか(ガウス分布を仮定したKL距離で判断)					AND	
	サンプル数が1/3以下になったコンポーネントがあるか	OR					

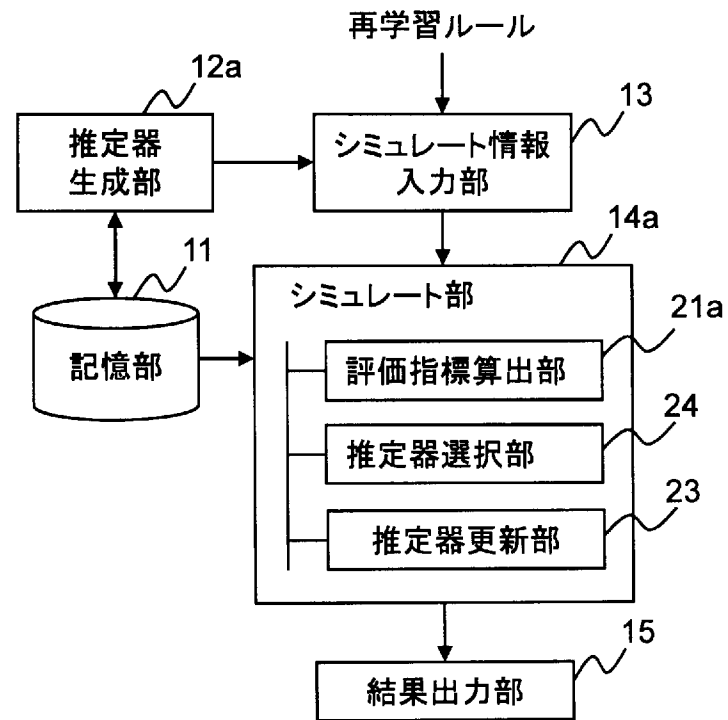
[図3]



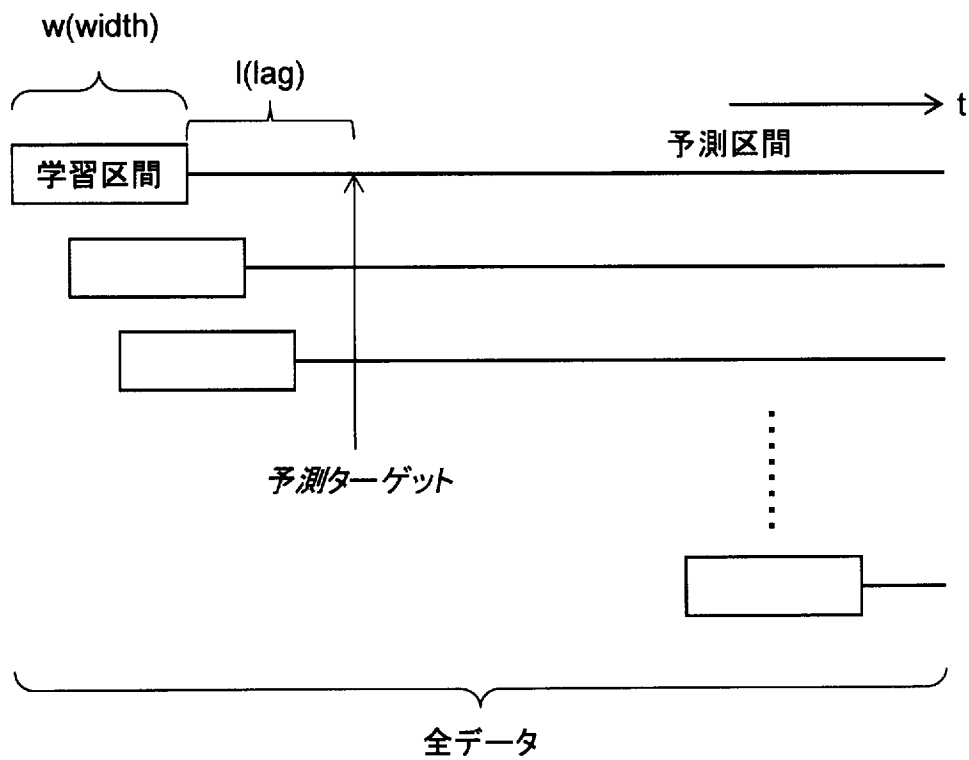
[図4]



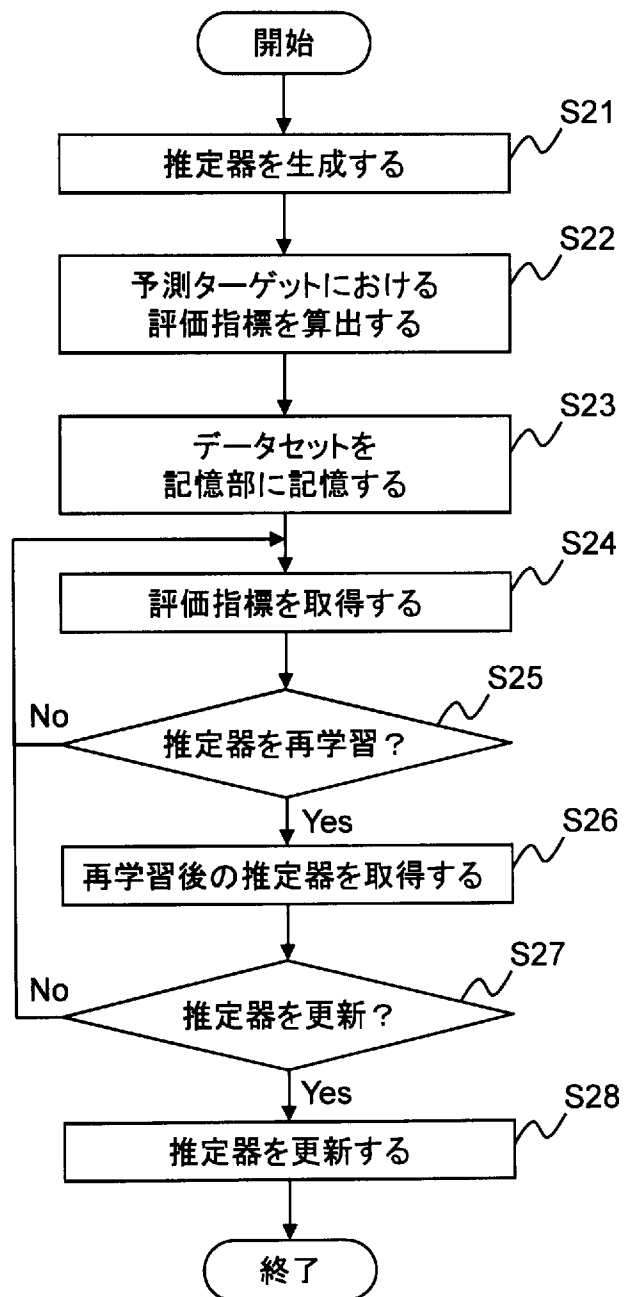
[図5]



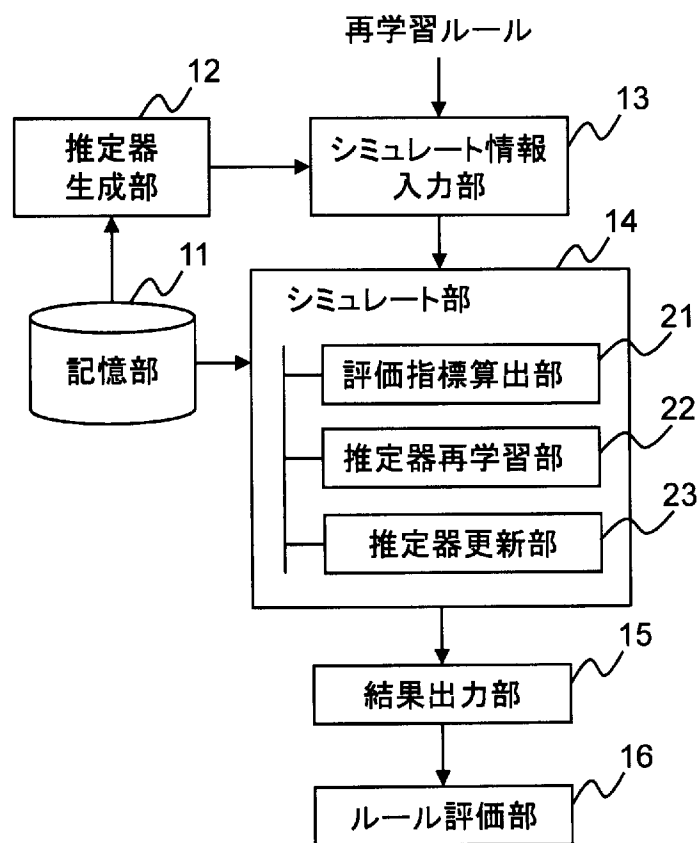
[図6]



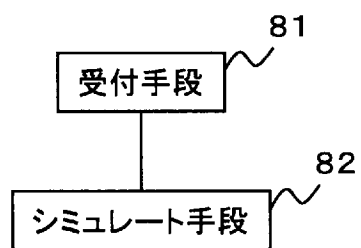
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/001628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06Q10/04(2012.01) 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) G06Q10/04		
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 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015		
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.
Y A	JP 2011-253275 A (Yokogawa Electric Corp.), 15 December 2011 (15.12.2011), paragraphs [0027] to [0046]; fig. 2, 3 (Family: none)	1, 3, 4, 8, 9, 11 2, 5-7, 10, 12
Y A	JP 2007-233944 A (Vinculum Japan Corp.), 13 September 2007 (13.09.2007), paragraphs [0030] to [0032] (Family: none)	1, 3, 4, 8, 9, 11 2, 5-7, 10, 12
Y A	JP 2007-4769 A (Nippon Petroleum Refining Co., Ltd.), 11 January 2007 (11.01.2007), paragraphs [0078], [0079] & WO 2006/126647 A1	1, 3, 4, 8, 9, 11 2, 5-7, 10, 12
☐ 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 11 June 2015 (11.06.15)		Date of mailing of the international search report 23 June 2015 (23.06.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G06Q10/04(2012.01)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. G06Q10/04			
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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	
Y A	JP 2011-253275 A（横河電機株式会社）2011.12.15, 段落[0027]－[0046][図2][図3]（ファミリーなし）	1,3,4,8,9,11 2,5-7,10,12	
Y A	JP 2007-233944 A（ヴィンキュラムジャパン株式会社）2007.09.13, 段落[0030]－[0032]（ファミリーなし）	1,3,4,8,9,11 2,5-7,10,12	
Y A	JP 2007-4769 A（新日本石油精製株式会社）2007.01.11, 段落[0078][0079] & WO 2006/126647 A1	1,3,4,8,9,11 2,5-7,10,12	
☐ 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 11.06.2015		国際調査報告の発送日 23.06.2015	
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） 阿部 潤 電話番号 03-3581-1101 内線 3562	5 L 4 1 7 3