

(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
2023年9月28日(28.09.2023)

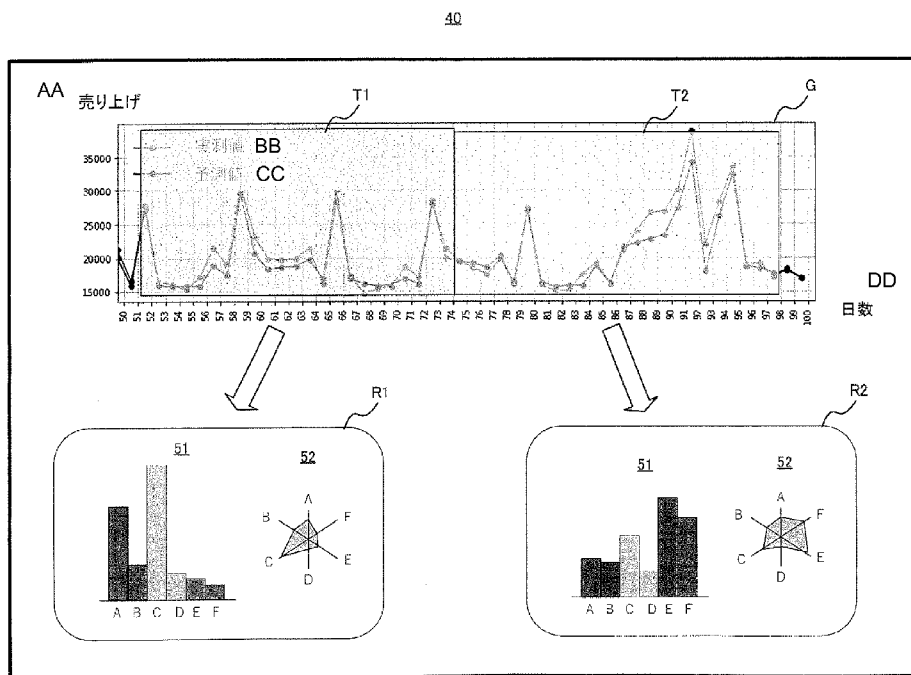


(10) 国際公開番号
WO 2023/181230 A1

- (51) 国際特許分類:
G06N 20/00 (2019.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/013813
- (22) 国際出願日: 2022年3月24日(24.03.2022)
- (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).
- (72) 発明者: 佐久間 啓太 (SAKUMA, Keita); 〒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). 坂井 智哉 (SAKAI, Tomoya); 〒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). 松野 竜太 (MATSUNO, Ryuta); 〒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). 亀田 義男 (KAMEDA, Yoshio); 〒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).
- (74) 代理人: 中村 聡延, 外 (NAKAMURA, Toshinobu et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 V P O 京橋3階 東京セントラル特許事務所内 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,

(54) Title: MODEL ANALYSIS DEVICE, MODEL ANALYSIS METHOD, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: モデル分析装置、モデル分析方法、及び、記録媒体



(57) Abstract: An acquisition means of a model analysis device, according to the present invention, acquires a model prediction result of a model for input data. A determination means uses input data and the prediction result to determine a prediction error factor for the model. An extraction means extracts, on the basis of at least one of input data and the prediction error factor, a plurality of comparison time periods from a target time period of a prediction by the model. A factor output means outputs a distribution for the prediction error factor in the extracted plurality of comparison time



WO 2023/181230 A1

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, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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))
periods.
-

(57) 要約 : モデル分析装置において、取得手段は、入力データに対するモデルの予測結果を取得する。判定手段は、入力データ及び予測結果を用いて、モデルの予測ミス要因を判定する。抽出手段は、入力データ及び予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出する。要因出力手段は、抽出された複数の比較期間における予測ミス要因の分布を出力する。

明 細 書

発明の名称：モデル分析装置、モデル分析方法、及び、記録媒体
技術分野

[0001] 本開示は、機械学習モデルの分析に関する。

背景技術

[0002] 近年、様々な分野において、機械学習により得られた予測モデルが利用されている。特許文献1は、予測モデルを用いて電力需要の予測を行う手法を記載している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2019-032807号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 作成した予測モデルの精度が十分でない場合や、当初のモデル作成から時間が経過し、使用するデータの傾向が変化した場合などは、予測モデルの再学習が必要となる。予測モデルに予測のミスが生じた場合、予測ミスの要因を分析し、対策を講じることが必要となる。

[0005] 本開示の1つの目的は、予測モデルの予測ミス要因を分析し、可視化することが可能なモデル分析装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一つの観点では、モデル分析装置は、
入力データに対するモデルの予測結果を取得する取得手段と、
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス要因を判定する判定手段と、
前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出する抽出手段と、
抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力する要

因出力手段と、

を備える。

[0007] 本開示の他の観点では、モデル分析方法は、
入力データに対するモデルの予測結果を取得し、
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス要因を
判定し、
前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記
モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出し、
抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力する。

[0008] 本開示のさらに他の観点では、記録媒体は、
入力データに対するモデルの予測結果を取得し、
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス要因を
判定し、
前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記
モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出し、
抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力する処
理をコンピュータに実行させるプログラムを記録する。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、予測モデルの予測ミス要因を分析し、可視化することが
可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1実施形態に係るモデル生成システムの全体構成を示すブロック図で
ある。

[図2]モデル生成装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図3]第1実施形態のモデル生成装置の機能構成を示すブロック図である。

[図4]評価情報の第1の表示例を示す。

[図5]評価情報の第2の表示例を示す。

[図6]評価情報の第3の表示例を示す。

[図7]評価情報の第4の表示例を示す。

[図8]モデル分析処理のフローチャートである。

[図9]予測ミス分析部の機能構成を示すブロック図である。

[図10]要因特定部が用いる要因決定規則の一例を示す。

[図11]変形例1の手法を概念的に示す図である。

[図12]サーバと端末装置を用いたモデル生成システムの概略構成を示すブロック図である。

[図13]第2実施形態のモデル分析装置の機能構成を示すブロック図である。

[図14]第2実施形態のモデル分析装置による処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、本開示の好適な実施形態について説明する。

<第1実施形態>

[全体構成]

図1は、第1実施形態に係るモデル生成システムの全体構成を示すブロック図である。モデル生成システム1は、モデル生成装置100と、表示装置2と、入力装置3とを備える。モデル生成装置100は、本開示のモデル分析装置を適用したものであり、例えばパーソナルコンピュータ（PC）などのコンピュータにより構成される。表示装置2は、例えば液晶表示装置などであり、モデル生成装置100が生成した評価情報を表示する。入力装置3は、例えばマウス、キーボードなどであり、ユーザがモデルの修正時や評価情報の表示時に必要な指示、入力を行うために使用される。

[0012] まず、モデル生成システム1の動作を概略的に説明する。モデル生成装置100は、予め用意された訓練データを用いて、機械学習モデル（以下、単に「モデル」と呼ぶ。）を生成する。また、モデル生成装置100は、生成したモデルの評価を行う。具体的には、評価用データなどを用いてモデルによる予測を行い、予測結果に基づいてモデルの予測ミス要因を分析する。そして、モデル生成装置100は、得られた予測ミス要因に基づいて、予測の対象期間から複数の比較期間を抽出し、比較期間毎に予測ミス要因の分布を

作成し、評価情報として表示装置 2 へ表示する。これにより、ユーザは、予測ミス要因の特徴に基づいて抽出された期間毎に予測ミス要因の分布を見ることができ、予測ミスに対する対策を検討することができる。なお、ユーザは、入力装置 3 を操作して、予測ミス要因の分布を表示するための比較期間を指定してもよい。また、ユーザは、入力装置 3 を操作してモデルの修正のための修正情報を入力する。

[0013] ここで、「モデル」とは、説明変数と目的変数の関係を表す情報である。モデルは、例えば、説明変数に基づいて目的とする変数を算出することにより推定対象の結果を推定するためのコンポーネントである。モデルは、既に目的変数の値が得られている学習用データと任意のパラメータとを入力として、学習アルゴリズムを実行することにより生成される。モデルは例えば、入力 x を正解 y に写像する関数 c により表されてもよい。モデルは、推定対象の数値を推定するものであってもよいし、推定対象のラベルを推定するものであってもよい。モデルは、目的変数の確率分布を記述する変数を出力してもよい。モデルは、「学習モデル」、「分析モデル」、「AI (Artificial Intelligence) モデル」または「予測式」などと記載されることもある。

[0014] [ハードウェア構成]

図 2 は、モデル生成装置 100 のハードウェア構成を示すブロック図である。図示のように、モデル生成装置 100 は、インタフェース (I/F) 111 と、プロセッサ 112 と、メモリ 113 と、記録媒体 114 と、データベース (DB) 115 と、を備える。

[0015] I/F 111 は、外部装置との間でデータの入出力を行う。具体的に、モデルの生成に使用する訓練データ、評価用データ、及び、ユーザが入力装置 3 を用いて入力した指示や入力は、I/F 111 を通じてモデル生成装置 100 に入力される。また、モデル生成装置 100 が生成したモデルの評価情報は、I/F 111 を通じて表示装置 2 へ出力される。

[0016] プロセッサ 112 は、CPU (Central Processing

Unit)などのコンピュータであり、予め用意されたプログラムを実行することによりモデル生成装置100の全体を制御する。なお、プロセッサ112は、GPU(Graphics Processing Unit)またはFPGA(Field-Programmable Gate Array)であってもよい。プロセッサ112は、後述するモデル分析処理を実行する。

[0017] メモリ113は、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)などにより構成される。メモリ113は、プロセッサ112による各種の処理の実行中に作業メモリとしても使用される。

[0018] 記録媒体114は、ディスク状記録媒体、半導体メモリなどの不揮発性で非一時的な記録媒体であり、モデル生成装置100に対して着脱可能に構成される。記録媒体114は、プロセッサ112が実行する各種のプログラムを記録している。モデル生成装置100が各種の処理を実行する際には、記録媒体114に記録されているプログラムがメモリ113にロードされ、プロセッサ112により実行される。

[0019] DB115は、モデル生成装置100が生成したモデル(以下、「既存モデル」と呼ぶ。)、及び、再訓練による修正後のモデル(以下、「修正後モデル」と呼ぶ。)に関する情報を記憶する。また、DB115は、必要に応じて、I/F111を通じて入力された訓練データ、評価用データ、ユーザが入力した修正情報、予測ミス要因に関する評価情報などを記憶する。

[0020] (機能構成)

図3は、第1実施形態のモデル生成装置100の機能構成を示すブロック図である。モデル生成装置100は、機能的には、訓練データDB121と、モデル訓練部122と、モデルDB123と、評価用データDB124と、予測ミス分析部125と、評価情報出力部126とを備える。

[0021] 訓練データDB121は、モデルの生成に用いられる訓練データを記憶する。訓練データD1は、モデル訓練部122に入力される。なお、訓練デー

タD 1は、入力データと、その入力データに対する正解ラベル（教師ラベル）との複数の組み合わせにより構成される。

[0022] モデル訓練部122は、訓練データD 1を用いてモデルの訓練を行い、モデルを生成する。モデル訓練部122は、生成したモデルに対応するモデルデータMをモデルDB 123及び予測ミス分析部125へ出力する。なお、モデルデータMは、モデルを構成する複数のパラメータ情報を含む。パラメータ情報は、例えば、モデルの入力として用いられる説明変数（または、特徴量）の情報、各説明変数に対する重みの情報、入力データを構成する各サンプルに対する重みの情報などを含む。

[0023] また、モデル訓練部122は、既存モデルを再訓練して修正後モデルを生成する。この場合、モデル訓練部122は、ユーザが入力装置3を用いて入力した修正情報D 3に基づいて、モデルを構成するパラメータを修正し、必要に応じて再訓練用の訓練データを用いてモデルの再訓練を行う。モデル訓練部122は、再訓練により得られた修正後モデルのモデルデータMをモデルDB 123へ記憶するとともに、予測ミス分析部125へ出力する。

[0024] 評価用データDB 124は、生成されたモデルの評価に使用する評価用データを記憶する。評価用データは、モデルの評価に使用できる各種のデータを含む。評価用データは、基本的には入力データと、その入力データに対する正解ラベル（教師ラベル）との複数の組み合わせにより構成される。評価用データの例としては、以下のようなものが挙げられる。

（1）バリデーションデータやテストデータと呼ばれる「モデルの生成に使用しなかったデータ」

この場合、評価用データは、基本に入力データと正解ラベルのセットとなる。

（2）運用データなどの「モデルの生成後に新たに収集されたデータ」

なお、ラベリングが即時で行われない場合、評価用データは入力のみデータとなる可能性もある。

（3）「何らかの方法で生成された、モデルにとって未知のデータ」

例えば、入力データ内の特徴量が、（曜日、祝日、天気）だった場合、カレンダー情報や天気予報を用いて疑似的に未来のデータを作ることができる。

（４）「訓練データと同一のデータ」

モデルの生成に使用した訓練データを、評価用データとして使用することができる。この場合、訓練データと同一のデータを評価用データとして評価用データDB124に記憶しておけばよい。

[0025] 予測ミス分析部125は、評価用データを用いて既存モデルの予測ミス进行分析する。具体的に、予測ミス分析部125は、評価用データの入力データを既存モデルに入力して予測を行い、予測結果を取得する。そして、予測ミス分析部125は、使用した評価用データと予測結果とに基づいて、既存モデルが起こした予測ミスの要因（以下、「予測ミス要因」と呼ぶ。）进行分析する。具体的に、予測ミス分析部125は、既存モデルが予め決められた複数の予測ミス要因に該当する程度を推定し、予測ミス要因の分析結果として評価情報出力部126へ出力する。なお、予測ミス要因の分析方法については、後に詳しく説明する。予測ミス分析部125は、取得手段及び判定手段の一例である。

[0026] 評価情報出力部126は、予測ミス要因の分析結果に基づいて、既存モデルを評価するための評価情報D2を生成する。評価情報D2は、既存モデルによる予測結果（予測値）と実測値との関係と、所定の比較期間における予測ミス要因の分布とを含む。そして、評価情報出力部126は、生成した評価情報D2を表示装置2へ出力する。評価情報出力部126は、抽出手段及び要因出力手段の一例である。

[0027] 表示装置2は、評価情報出力部126が出力した評価情報D2を表示装置2に表示する。これにより、ユーザは、既存モデルによる予測値と実測値との関係、及び、比較期間における予測ミス要因の分布を参照し、既存モデルの性能を評価することができる。また、ユーザは、必要に応じて、修正情報D3を入力装置3に入力する。モデル訓練部122は、入力された修正情報

D 3 を用いてモデルの再訓練を行うことにより、モデルの修正を行う。

[0028] [評価情報の表示例]

次に、表示装置 2 に表示される評価情報の表示例を説明する。

(第 1 の表示例)

図 4 は、評価情報の第 1 の表示例を示す。第 1 の表示例 4 0 は、グラフ G と、予測ミス要因（以下、単に「要因」とも呼ぶ。）の分布図 R 1、R 2 とを含む。グラフ G は、既存モデルによる予測値と、実測値との関係を示すグラフである。図 4 の例では、既存モデルは、商品の売り上げを予測するモデルとする。グラフ G の横軸は所定の基準日からの日数を示し、縦軸は売り上げを示す。グラフ G は、売り上げの実測値と、既存モデルによる予測値とを示している。

[0029] 評価情報としては、最初にグラフ G が表示される。ユーザは、グラフ G における所定の期間を比較期間として指定する。「比較期間」とは、ユーザによる比較のために、予測ミス要因の分布を表示させる期間である。図 4 の例では、ユーザは、入力装置 3 を操作して、比較期間 T 1 と T 2 を指定している。ユーザによる比較期間の指定は、入力装置 3 から評価情報出力部 1 2 6 へ送られる。これに対し、予測ミス分析部 1 2 5 は、ユーザが指定した比較期間 T 1 における予測ミス要因を分析し、分析結果を評価情報出力部 1 2 6 へ出力する。評価情報出力部 1 2 6 は、分析結果に基づき、予測ミス要因の分布図 R 1 を作成し、表示装置 2 に表示する。分布図 R 1 は、6 個の予測ミス要因 A ~ F の分布を示す。具体的に、分布図 R 1 は、予測ミス要因 A ~ F の程度を示す棒グラフ 5 1 と、レーダーチャート 5 2 とを含む。ユーザは、棒グラフ 5 1 により各予測ミス要因の大きさを比べることができ、レーダーチャート 5 2 により複数の予測ミス要因のバランスを見ることができる。

[0030] 同様に、予測ミス分析部 1 2 5 は、ユーザが指定した比較期間 T 2 における予測ミス要因を分析し、分析結果を評価情報出力部 1 2 6 へ出力する。評価情報出力部 1 2 6 は、分析結果に基づいて予測ミス要因の分布図 R 2 を作成し、表示装置 2 に表示する。第 1 の表示例では、ユーザは、自分で指定し

た任意の比較期間T1とT2の分布図R1とR2を並べて表示させることができる。

[0031] (第2の表示例)

図5は、評価情報の第2の表示例を示す。第2の表示例41は、グラフGと、予測ミス要因の分布図R3、R4を含む。第1の表示例と同様に、グラフGは、既存モデルによる予測値と、実測値との関係を示すグラフである。

[0032] 第1の表示例では、比較期間をユーザが指定している。これに対して、第2の表示例では、評価情報出力部126は、予測ミス要因の分布の変化点を検出し、その変化点を境にして比較期間を設定し、表示する。具体的には、評価情報出力部126は、要因A～Fの分布に変化が生じた点を変化点として検出する。図5の例では、評価情報出力部126は、予測ミス要因A～Fの分布が変化した点を変化点P1として検出し、比較期間T3とT4を設定して表示している。具体的に、評価情報出力部126は、変化点P1より前において予測ミス要因の分布が共通している期間を比較期間T3とし、変化点P1より後において予測ミス要因の分布が共通している期間を比較期間T4と設定している。

[0033] さらに、評価情報出力部126は、設定した比較期間毎に、予測ミス要因の分布を示す分布図を作成する。図5の例では、評価情報出力部126は、比較期間T3について予測ミス要因の分布図R3を作成するとともに、比較期間T4について予測ミス要因の分布図R4を作成している。なお、分布図R3、R4が、棒グラフ51とレーダーチャート52を含む点は、第1の表示例と同様である。そして、評価情報出力部126は、比較期間T3及びT4を含むグラフGと、分布図R3及びR4とを含む評価情報を表示装置2に表示する。

[0034] 第2の表示例では、ユーザは、予測ミス要因の分布の変化点を境に、変化前後の比較期間について予測ミス要因の分布を見ることができる。

[0035] (第3の表示例)

図6は、評価情報の第3の表示例を示す。第3の表示例42は、グラフG

と、予測ミス要因の分布図R5～R7を含む。第1の表示例と同様に、グラフGは、既存モデルによる予測値と、実測値との関係を示すグラフである。

[0036] 第3の表示例では、評価情報出力部126は、主要な予測ミス要因の変化点を検出し、その変化点を境にして比較期間を設定し、表示する。具体的には、評価情報出力部126は、要因A～Fのうち最大の要因が変化した点を変化点として検出する。図6の例では、評価情報出力部126は、予測ミス要因A～Fのうち最大の要因が要因Aから要因Cに変化した点を変化点P2として検出し、最大の要因が要因Cから要因Eに変化した点を変化点P3として検出している。そして、評価情報出力部126は、変化点P2より前に比較期間T5を設定し、変化点P2とP3の間を比較期間T6とし、変化点Pより後に比較期間T7を設定している。なお、最大の要因が変化した点の代わりに、全要因のうち的大部分（例えば8割以上）を占める複数の要因の組み合わせが変化した点などを変化点としてもよい。

[0037] さらに、評価情報出力部126は、設定した比較期間毎に、予測ミス要因の分布を示す分布図を作成する。図6の例では、評価情報出力部126は、比較期間T5～T7について、予測ミス要因の分布図R5～R7を作成している。即ち、分布図R5は要因Aが多い比較期間T5に対応し、分布図R6は要因Cが多い比較期間T6に対応し、分布図R7は要因Eが多い比較期間T7に対応している。なお、分布図R5～R7が、棒グラフ51とレーダーチャート52を含む点は、第1の表示例と同様である。そして、評価情報出力部126は、比較期間T5～T7を含むグラフGと、分布図R5～7とを含む評価情報を表示装置2に表示する。

[0038] 第3の表示例では、ユーザは、主要な予測ミス要因が変化した点を境に、変化前後の比較期間について予測ミス要因の分布を見ることができる。

[0039] （第4の表示例）

図7は、評価情報の第4の表示例を示す。第4の表示例43は、グラフGと、予測ミス要因の分布図R8、R9を含む。第1の表示例と同様に、グラフGは、既存モデルによる予測値と、実測値との関係を示すグラフである。

[0040] 第4の表示例では、評価情報出力部126は、既存モデルに入力された入力データの変化点、具体的には、説明変数の分布の変化点を検出し、その変化点を境にして比較期間を設定する。具体的には、評価情報出力部126は、入力データに含まれる複数の説明変数の分布を分析し、説明変数の分布が変化した点を変化点として検出する。図7の例では、評価情報出力部126は、入力データに含まれる複数の説明変数の分布が変化点P4で変化したことを検出し、変化点P4の前後に比較期間T8、T9を設定している。例えば、既存モデルが来客の性別を説明変数として売り上げを予測するものと仮定する。この場合、評価情報出力部126は、来客の性別の分布、即ち、男女の割合を分析し、ある時点までは女性客の方が多かったのに、その時点より後は男性客の方が多くなったというような場合、その時点を変化点として検出する。

[0041] さらに、評価情報出力部126は、設定した比較期間毎に、予測ミス要因の分布を示す分布図を作成する。図7の例では、評価情報出力部126は、比較期間T8、T9について、予測ミス要因の分布図R8、R9を作成している。なお、分布図R8、R9が、棒グラフ51とレーダーチャート52を含む点は、第1の表示例と同様である。そして、評価情報出力部126は、比較期間T8、T9を含むグラフGと、分布図R8、R9とを含む評価情報を表示装置2に表示する。

[0042] 第4の表示例では、ユーザは、説明変数の分布、即ち、入力データの傾向が変化した時点を境に、変化前後の比較期間について予測ミス要因の分布を見ることができる。なお、上記の例では、評価情報出力部126は、入力データのうちの説明変数の分布の変化点を用いて比較期間を設定しているが、その代わりに、目的変数の変化点を用いて比較期間を設定してもよい。例えば、評価情報出力部126は、売り上げの実測値が急に倍増した日を変化点とし、その前後に比較期間を設定してもよい。また、評価情報出力部126は、説明変数と目的変数の両方に基づいて変化点を検出してもよい。上記の例では、例えば説明変数として来客の男女割合が変化し、かつ、売り上げが

所定値以上変化した日を変化点として検出してもよい。

[0043] なお、上記の第1～第4の表示例において、既存モデルによる予測値と実測値の関係を示すグラフGや、棒グラフ及びレーダーチャートを含む分布図R1～R9などはいずれも一例であり、他の各種のグラフやチャートなどを用いて評価情報を図示してもよい。

[0044] [モデル分析処理]

次に、モデル生成装置100によるモデル分析処理について説明する。図8は、モデル生成装置100によるモデル分析処理のフローチャートである。モデル分析処理は、モデル訓練部122により生成された既存モデルの予測ミス要因を分析し、表示装置2に表示する処理である。この処理は、図2に示すプロセッサ112が予め用意されたプログラムを実行し、図3に示す要素として動作することにより実現される。

[0045] まず、予測ミス分析部125は、評価用データを既存モデルに入力し、既存モデルによる予測値を取得する（ステップS10）。次に、予測ミス分析部125は、評価用データに含まれる実測値と、既存モデルによる予測値とを用いて、既存モデルの予測ミス要因を分析する（ステップS11）。予測ミス分析部125は、予測ミス要因の分析結果を評価情報出力部126へ出力する。

[0046] 次に、評価情報出力部126は、比較期間を設定する（ステップS13）。具体的に、上記の第1の表示例の場合には、評価情報出力部126はユーザの入力に従って比較期間を設定する。一方、第2～第4の表示例の場合、評価情報出力部126は、予測ミス要因の分布の変化点、最大の予測ミス要因の変化点、又は、入力データの分布の変化点に基づいて、比較期間を設定する。

[0047] 次に、評価情報出力部126は、設定された比較期間毎に、予測ミス要因の分布図を作成する（ステップS13）。これにより、図4～7に例示する分布図R1～R8などが作成される。そして、評価情報出力部126は、実測値と既存モデルの予測値との関係を示すグラフ、及び、比較期間毎の予測

ミス要因の分布図を含む評価情報を生成し（ステップS14）、表示装置2へ出力する（ステップS15）。こうして、図4～7に例示するように、評価情報が表示装置2に表示される。そして、処理は終了する。

[0048] [予測ミス要因の分析方法]

次に、予測ミス要因の分析方法について詳しく説明する。図9は、予測ミス分析部125の機能構成を示す。図示のように、予測ミス分析部125は、指標評価部131と、要因特定部132とを備える。

[0049] 概略的には、指標評価部131は、予測モデル、予測モデルで用いられる説明変数のデータ、又は、予測モデルで用いられる目的変数のデータについての指標を複数種類算出する。次に、指標評価部131は、算出した複数種類の指標のそれぞれを評価する。そして、要因特定部132は、複数種類の指標のそれぞれの指標評価部131による評価結果の組み合わせに応じて、予測モデルによる予測のミスの要因を特定する。要因特定部132は、例えば、評価結果の組み合わせと要因とを対応付ける予め定められた規則を用いて、要因を特定する。

[0050] 具体的に、指標評価部131は、予測ミス要因の分析に必要な複数の指標について、指標の計算と、指標の計算結果に対する判定を行う。例えば、指標評価部131は、訓練データ又は評価用データに対する予測ミスサンプルの説明変数の異常度を計算し、計算された異常度を評価する。この場合、指標評価部131は、計算された異常度の値が、予測ミスサンプルが異常なサンプルであると認定される値であるかを判定することにより、指標を評価する。すなわち、この場合、指標評価部131は、計算された異常度を用いて、予測ミスサンプルが異常なサンプルであるかを判定する。別の例として、指標評価部131は、訓練データと運用データとの間の分布間距離（以下、「データ分布変化量」とも呼ぶ。）を計算し、計算された分布間距離を評価する。この場合、指標評価部131は、計算された分布間距離の値が、訓練時と運用時とでデータの分布に変化があると認定される値であるかを判定することにより、指標を評価する。すなわち、この場合、指標評価部131は

、計算された分布間距離を用いて、訓練時と運用時とでデータの分布の変化が発生しているか否かを判定する。なお、これらは、例に過ぎず、指標評価部131は、様々な種類の指標について算出及び評価を実行することができる。このように、指標評価部131は、指標に対する評価として、指標に対して所定の判定を行う。それぞれの指標に対する判定は、例えば、予め決められ、記憶された閾値を用いて行われる。なお、閾値自体の代わりに、閾値を特定するためのパラメータが記憶されていてもよい。

[0051] 要因特定部132は、指標評価部131による複数種類の指標のそれぞれの評価結果の組み合わせに応じて、予測ミス要因を特定する。要因特定部132は、指標毎の所定の判定の判定結果の組み合わせに応じて、予測ミス要因を特定する。具体的には、要因特定部132は、複数の判定結果の組み合わせに予測ミス要因を対応させる所定の規則（以下、「要因決定規則」と呼ぶ。）を用いることで予測ミス要因を特定する。なお、要因特定部132が用いる要因決定規則の内容は任意である。また、要因決定規則は、予め記憶部などに記憶されている。

[0052] 図10は、要因特定部132が用いる表形式の要因決定規則の一例を示す。この例では、指標評価部131は、3種類の異なる指標に対応する3つの問Q1、Q2、Q3についてYesまたはNoの判定結果を生成する。問Q1では、訓練データに対する予測ミスサンプルの説明変数の異常度から、予測ミスサンプル25が正常なサンプルであるかを判定している。問Q2では、近傍訓練サンプルと、予測モデルとを用いて平均二乗誤差などの評価指標を計算することで、訓練データに対する既存モデルの近傍領域での当てはまりの良さを判定している。ここで、近傍訓練サンプルとは、近傍領域内に位置する、訓練データにおけるサンプルをいう。また、近傍領域とは、予測ミスサンプルの説明変数の値に近いと判断される説明変数の値の範囲をいう。このとき、近傍領域の具体的な定義方法は任意であり、例えば、説明変数の値を用いて計算される予測ミスサンプルからの距離（ユークリッド距離等）が所定の距離以下である領域を近傍領域としてもよい。問Q3では、訓練デ

一夕の説明変数の分布と運用データの説明変数の分布とのデータ分布変化量を用いて、訓練時と運用時でデータの分布が変化しているかを判定している。

[0053] 要因特定部132は、指標評価部131による判定結果と図10の要因決定規則を用いて予測ミス要因を特定する。3種類の判定結果の組み合わせは8種類あり、表形式の要因決定規則では、この8種類のそれぞれに対して予測ミス要因を割り当てている。図10の場合、8種類の組み合わせを4種類の予測ミス要因に割り当てている。図10の例では、予測ミス要因として、「予測モデル及びデータ以外のエラー」、「局所的なエラー」、「データ分布の変化」、「説明変数の異常」が得られている。

[0054] 以上の予測ミス要因の分析方法は、国際出願PCT/JP2021/007191に記載されており、その全記載をここに参照により取り込む。なお、本実施形態における予測ミス要因の分析方法は、上記のものには限定されず、他の方法を採用することもできる。

[0055] [変形例]

(変形例1)

上記の実施形態では、評価情報出力部126は、実測値と既存モデルの予測値との関係を示すグラフ、及び、比較期間毎の予測ミス要因の分布図を含む評価情報を出力している。これに加えて、評価情報出力部126は、予測ミス要因に対する対策案を出力してもよい。

[0056] 図11は、変形例1の手法を概念的に示す図である。上記のように、比較期間毎に予測ミス要因が提示されると、ユーザは、その予測ミス要因に対する対策を検討することになる。例えば、「データセットにおけるラベルの偏り」が予測ミス要因と判定された場合に、ユーザが対策として「アンダーサンプリング」を行い、予測ミスが改善されたとする。この場合、予測ミス要因「データセットにおけるラベルの偏り」と、その対策「アンダーサンプリング」とを対応付けて履歴データとして蓄積してゆく。多数のユーザが各種の予測ミス要因に対して行った対策を収集することにより、各種の予測ミス

要因に対して有効な対策の情報が得られる。なお、対策の情報としては、ユーザが入力装置 3 を用いて入力した修正情報を用いてもよい。

[0057] そして、収集された履歴データを用いて、予測ミス要因から、それに対して有効な対策を予測する対策予測モデルを作成する。なお、対策予測モデルは、当初はルールベースでもよく、ある程度のデータ数が蓄積された状態で学習モデルとして作成してもよい。

[0058] そして、評価情報出力部 126 は、評価情報に含まれる予測ミス要因について、対策予測モデルを用いて対策を予測し、推奨対策を含む評価情報を出力する。これにより、ユーザは、比較期間毎の予測ミス要因に加えて、その予測ミス要因に対する推奨対策の提示を受けることができる。

[0059] (変形例 2)

上記の実施形態では、モデル生成装置 100 を PC などの独立した装置として構成しているが、その代わりに、モデル生成装置をサーバと端末装置により構成してもよい。図 12 は、サーバと端末装置を用いたモデル生成システム 1x の概略構成を示すブロック図である。図 12 において、サーバ 100x は、図 3 に示すモデル生成装置 100 の構成を備える。また、ユーザが使用する端末装置 7 の表示装置 2x 及び入力装置 3x を、図 3 に示す表示装置 2 及び入力装置 3 として使用する。この構成では、複数のユーザが入力した対策などを容易にサーバ 100x に集め、共有することが可能となる。

[0060] <第 2 実施形態>

図 13 は、第 2 実施形態のモデル分析装置の機能構成を示すブロック図である。モデル分析装置 70 は、取得手段 71 と、判定手段 72 と、抽出手段 73 と、要因出力手段 74 と、を備える。

[0061] 図 14 は、第 2 実施形態のモデル分析装置による処理のフローチャートである。まず、取得手段 71 は、入力データに対するモデルの予測結果を取得する (ステップ S71)。判定手段 72 は、入力データ及び予測結果を用いて、モデルの予測ミス要因を判定する (ステップ S72)。抽出手段 73 は、入力データ及び予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、モデルによる

予測の対象期間から複数の比較期間を抽出する（ステップS73）。要因出力手段74は、抽出された複数の比較期間における予測ミス要因の分布を出力する（ステップS74）。

[0062] 第2実施形態のモデル分析装置70によれば、予測モデルの予測ミス要因を分析し、複数の期間毎に可視化することが可能となる。

[0063] 上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

[0064] （付記1）

入力データに対するモデルの予測結果を取得する取得手段と、
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス要因を判定する判定手段と、

前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出する抽出手段と、

抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力する要因出力手段と、

を備えるモデル分析装置。

[0065] （付記2）

前記抽出手段は、複数の予測ミス要因の分布に基づいて前記比較期間を抽出する付記1に記載のモデル分析装置。

[0066] （付記3）

前記抽出手段は、前記複数の予測ミス要因の分布の変化点に基づいて、前記比較期間を抽出する付記2に記載のモデル分析装置。

[0067] （付記4）

前記抽出手段は、前記複数の予測ミス要因のうち、主要な予測ミス要因の変化点に基づいて、前記比較期間を抽出する付記2に記載のモデル分析装置。

[0068] （付記5）

前記抽出手段は、前記入力データの分布の変化点に基づいて、前記比較期

間を抽出する付記 1 に記載のモデル分析装置。

[0069] (付記 6)

前記要因出力手段は、前記予測ミス要因に対する対策を出力する付記 1 乃至 5 に記載のモデル分析装置。

[0070] (付記 7)

前記要因出力手段は、複数の予測ミス要因と、各予測ミス要因に対する対策との関係を学習した対策予測モデルを用いて前記対策を出力する付記 6 に記載のモデル分析装置。

[0071] (付記 8)

複数の予測ミス要因と、各予測ミス要因に対する対策とを関連付けて記憶する記憶手段を備える付記 6 に記載のモデル分析装置。

[0072] (付記 9)

入力データに対するモデルの予測結果を取得し、
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス要因を判定し、
前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出し、
抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力するモデル分析方法。

[0073] (付記 10)

入力データに対するモデルの予測結果を取得し、
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス要因を判定し、
前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出し、
抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力する処理をコンピュータに実行させるプログラムを記録した記録媒体。

[0074] 以上、実施形態及び実施例を参照して本開示を説明したが、本開示は上記

実施形態及び実施例に限定されるものではない。本開示の構成や詳細には、本開示の範囲内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

符号の説明

- [0075]
- 1、1 × モデル生成システム
 - 2、2 × 表示装置
 - 3、3 × 入力装置
 - 7 端末装置
 - 100 モデル生成装置
 - 112 プロセッサ
 - 121 訓練データDB
 - 122 モデル訓練部
 - 123 モデルDB
 - 124 評価用データDB
 - 125 予測ミス分析部
 - 126 評価情報出力部

請求の範囲

- [請求項1] 入力データに対するモデルの予測結果を取得する取得手段と、
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス要因を判定する判定手段と、
前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出する抽出手段と、
抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力する要因出力手段と、
を備えるモデル分析装置。
- [請求項2] 前記抽出手段は、複数の予測ミス要因の分布に基づいて前記比較期間を抽出する請求項1に記載のモデル分析装置。
- [請求項3] 前記抽出手段は、前記複数の予測ミス要因の分布の変化点に基づいて、前記比較期間を抽出する請求項2に記載のモデル分析装置。
- [請求項4] 前記抽出手段は、前記複数の予測ミス要因のうち、主要な予測ミス要因の変化点に基づいて、前記比較期間を抽出する請求項2に記載のモデル分析装置。
- [請求項5] 前記抽出手段は、前記入力データの分布の変化点に基づいて、前記比較期間を抽出する請求項1に記載のモデル分析装置。
- [請求項6] 前記要因出力手段は、前記予測ミス要因に対する対策を出力する請求項1乃至5のいずれか一項に記載のモデル分析装置。
- [請求項7] 前記要因出力手段は、複数の予測ミス要因と、各予測ミス要因に対する対策との関係を学習した対策予測モデルを用いて前記対策を出力する請求項6に記載のモデル分析装置。
- [請求項8] 複数の予測ミス要因と、各予測ミス要因に対する対策とを関連付けて記憶する記憶手段を備える請求項6に記載のモデル分析装置。
- [請求項9] 入力データに対するモデルの予測結果を取得し、
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス

要因を判定し、

前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出し、抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力するモデル分析方法。

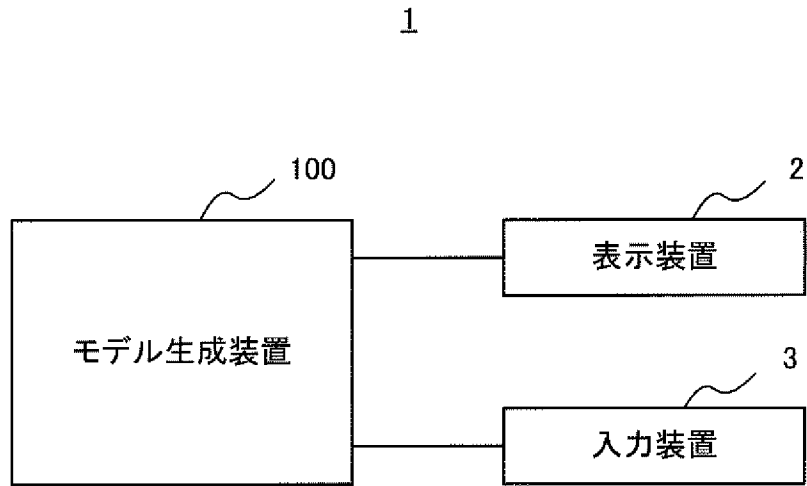
[請求項10]

入力データに対するモデルの予測結果を取得し、

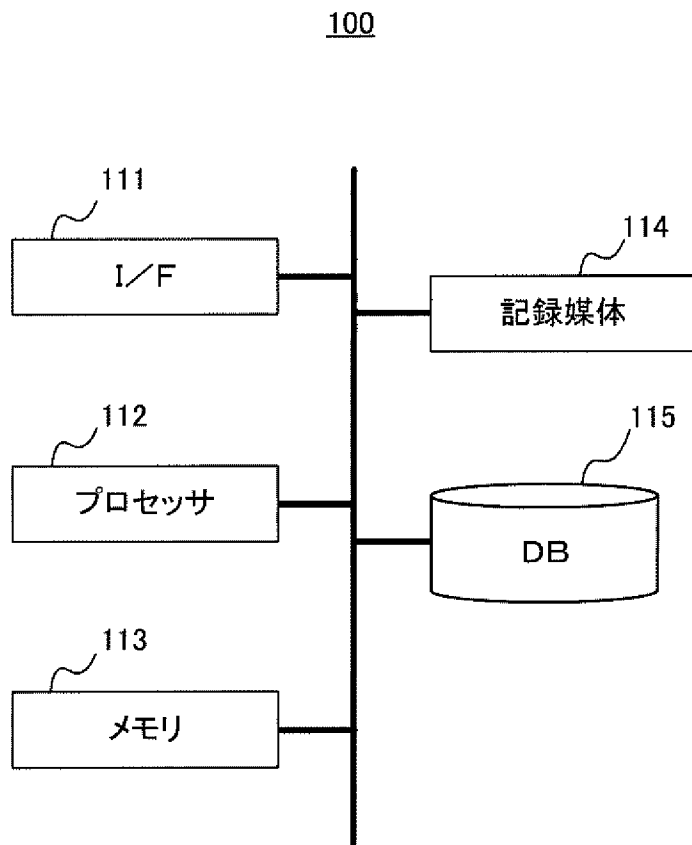
前記入力データ及び前記予測結果を用いて、前記モデルの予測ミス要因を判定し、

前記入力データ及び前記予測ミス要因の少なくとも一方に基づいて、前記モデルによる予測の対象期間から複数の比較期間を抽出し、抽出された複数の比較期間における前記予測ミス要因の分布を出力する処理をコンピュータに実行させるプログラムを記録した記録媒体。

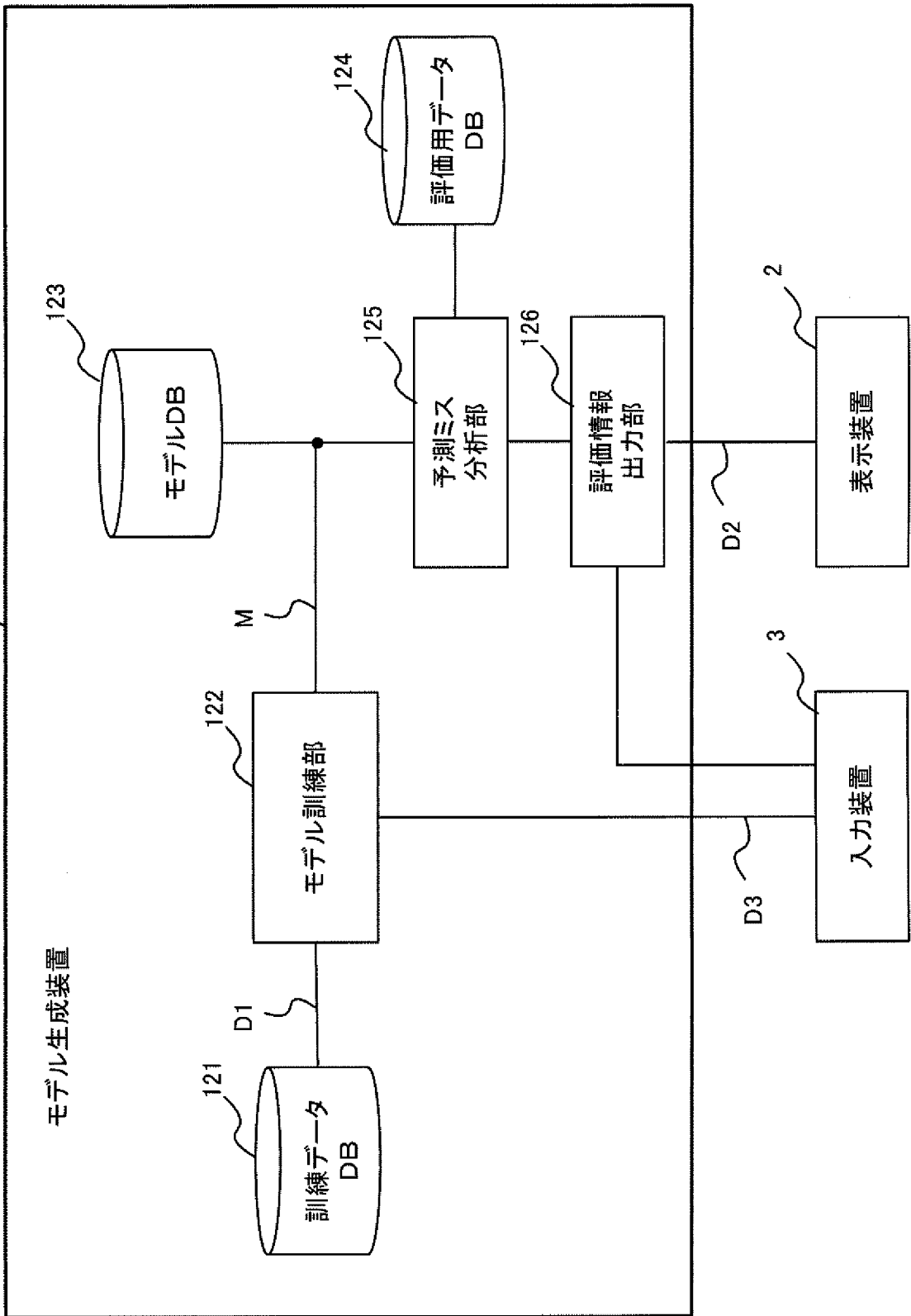
[図1]



[図2]

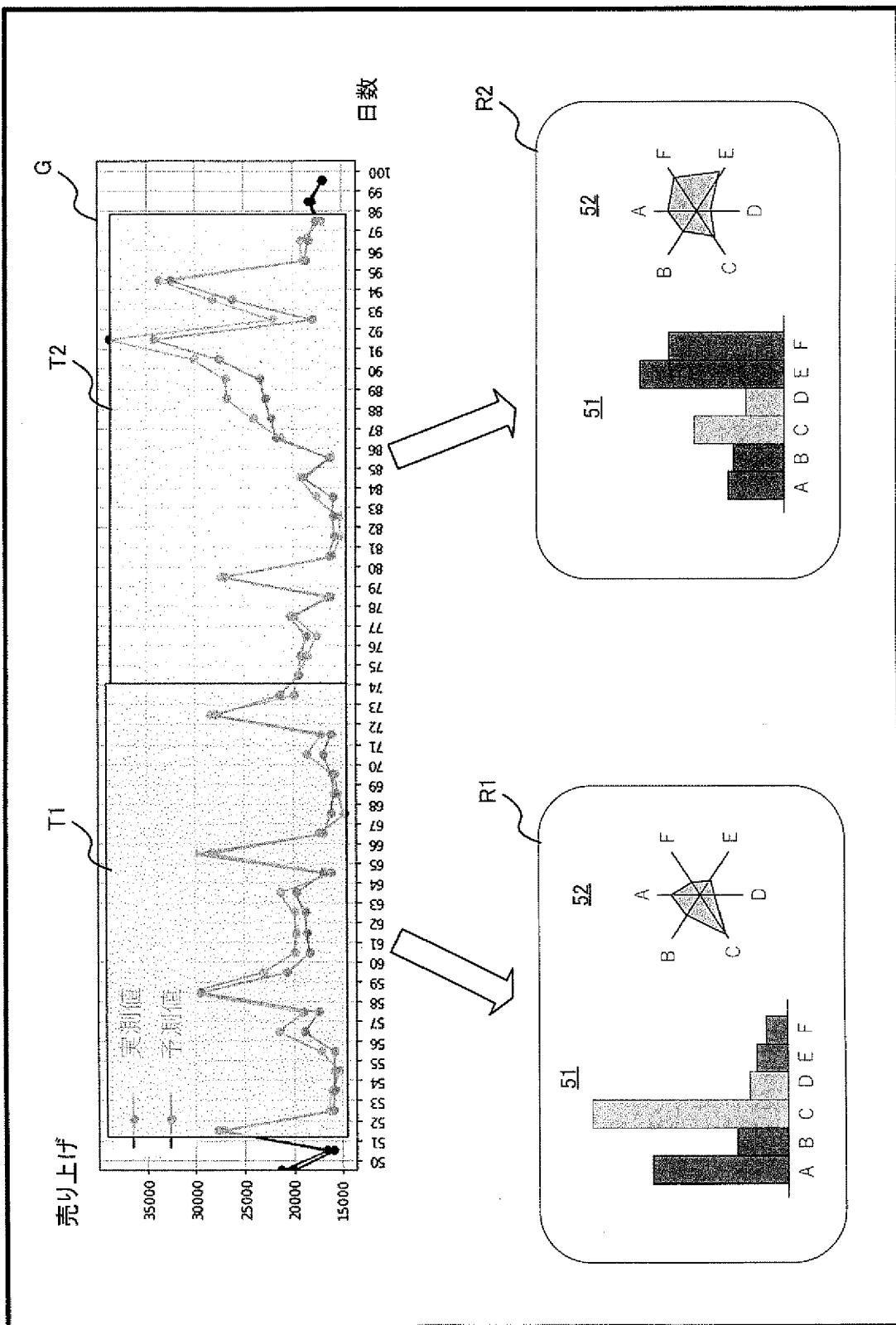


[図3]



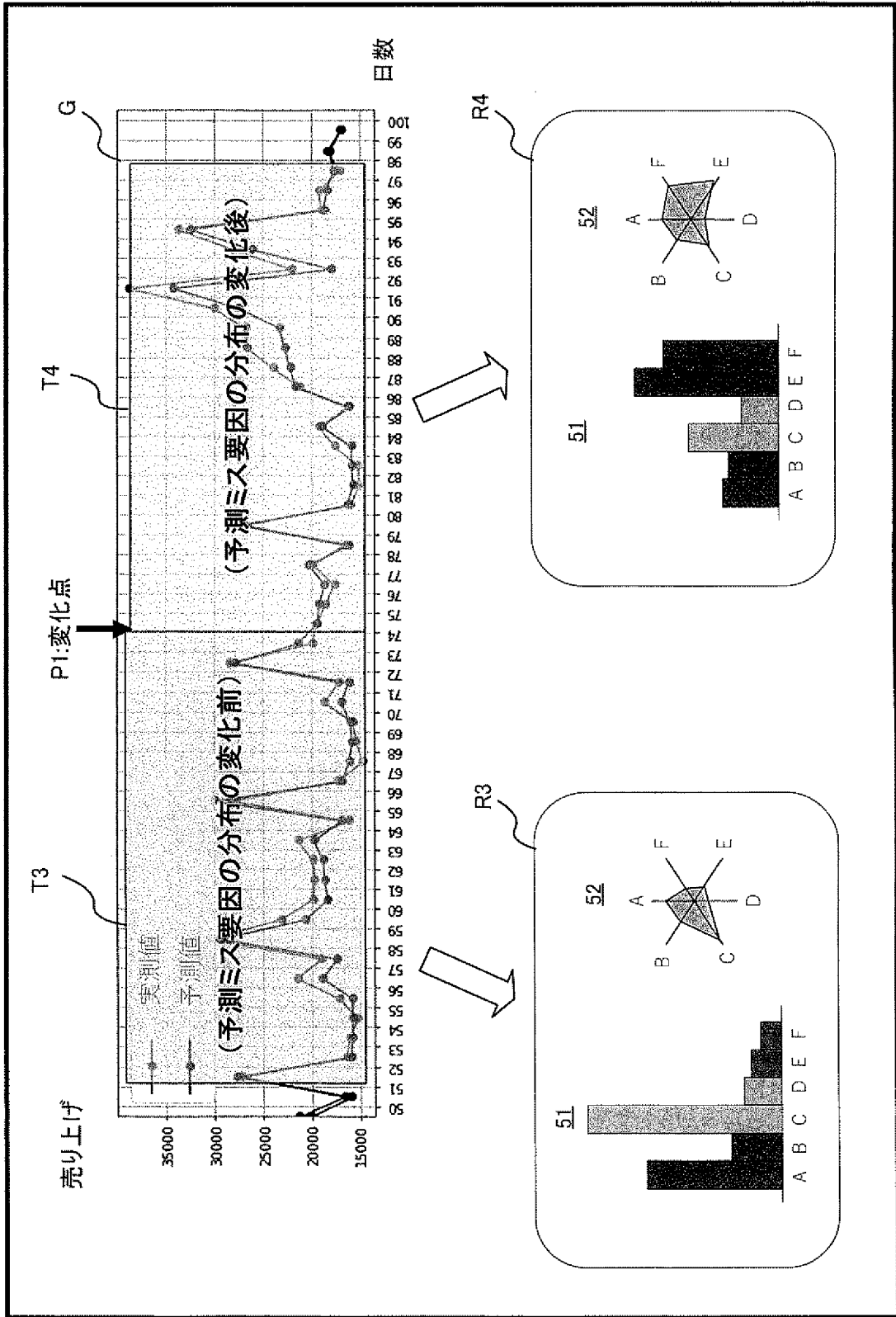
[図4]

40



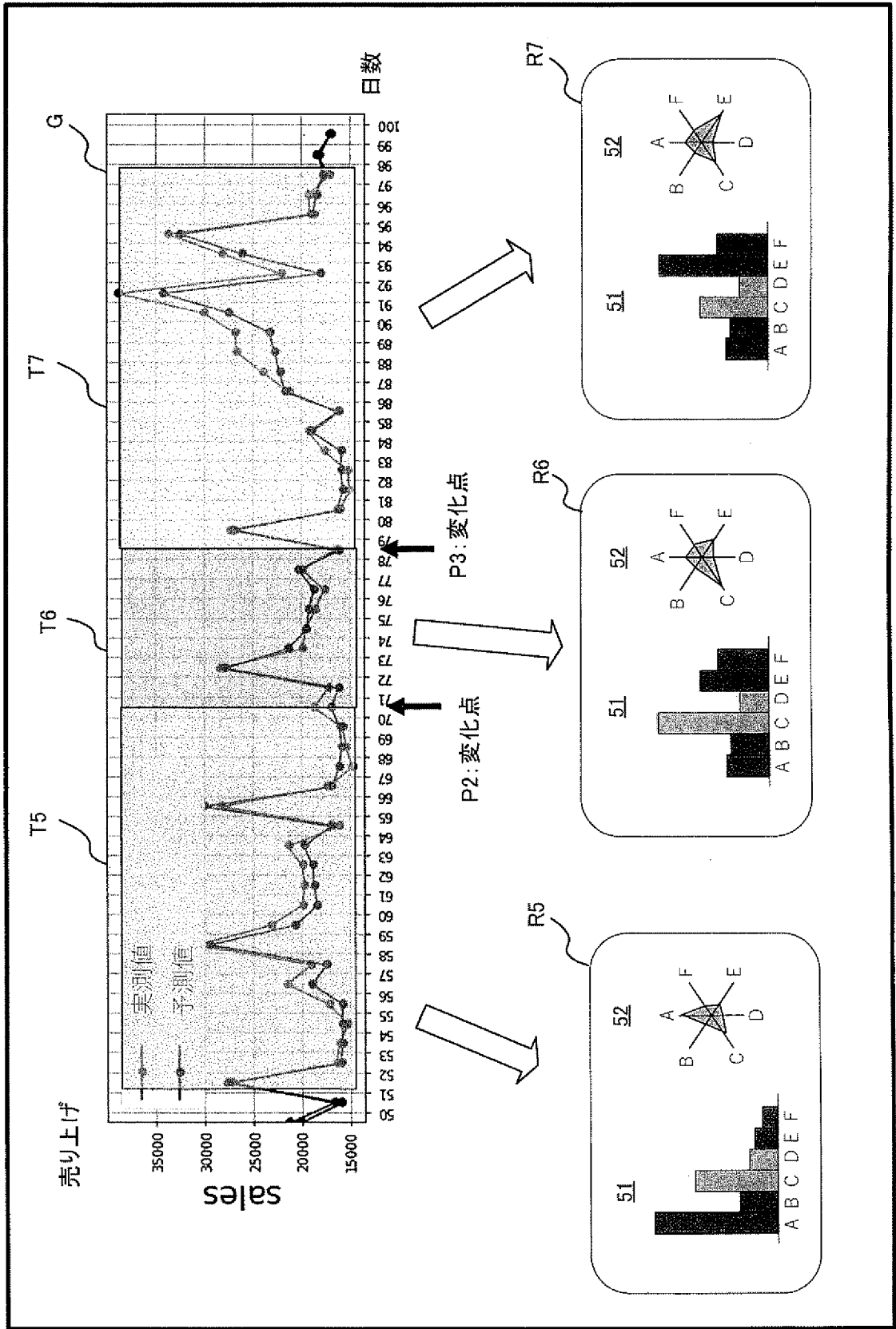
[図5]

41



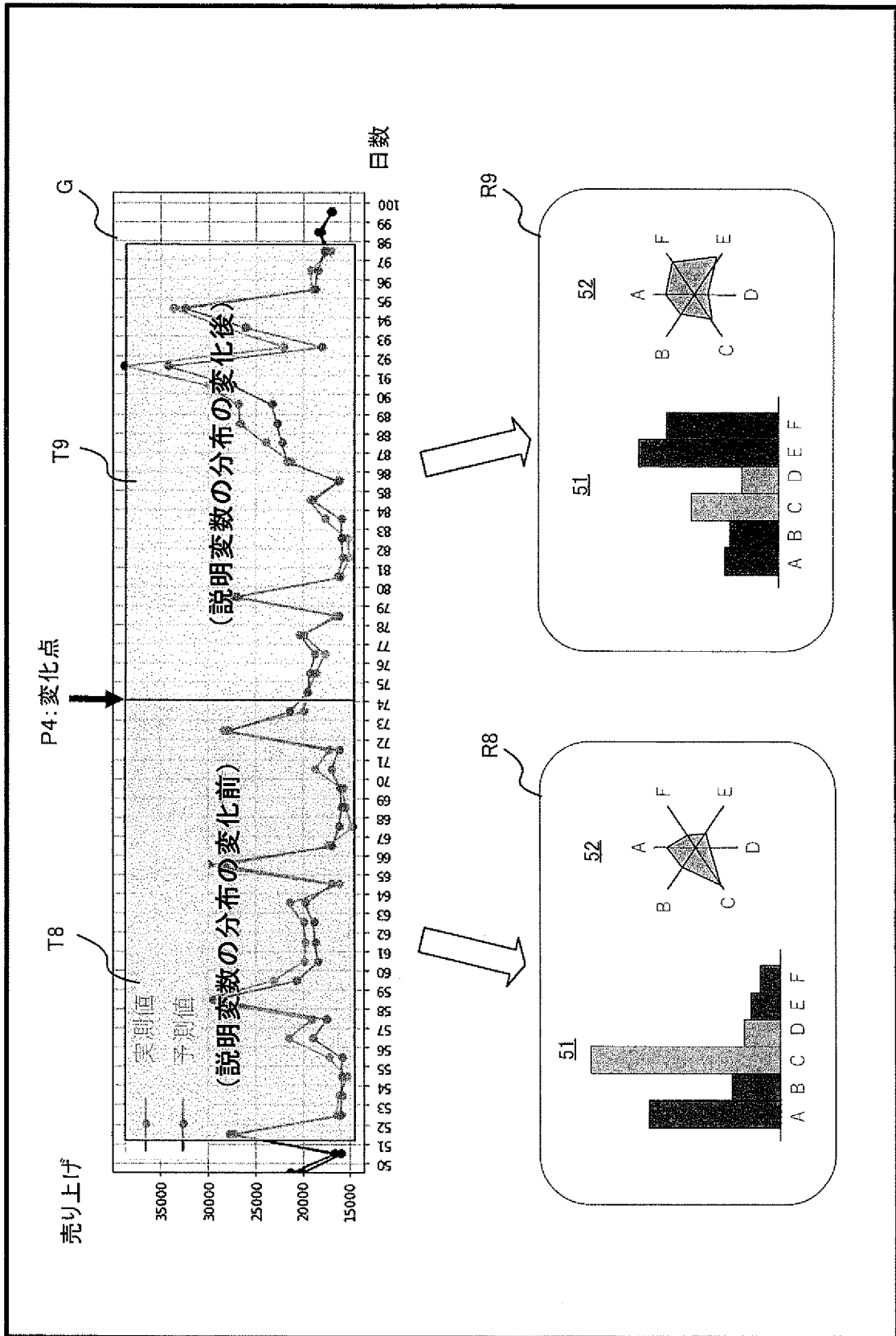
[図6]

42

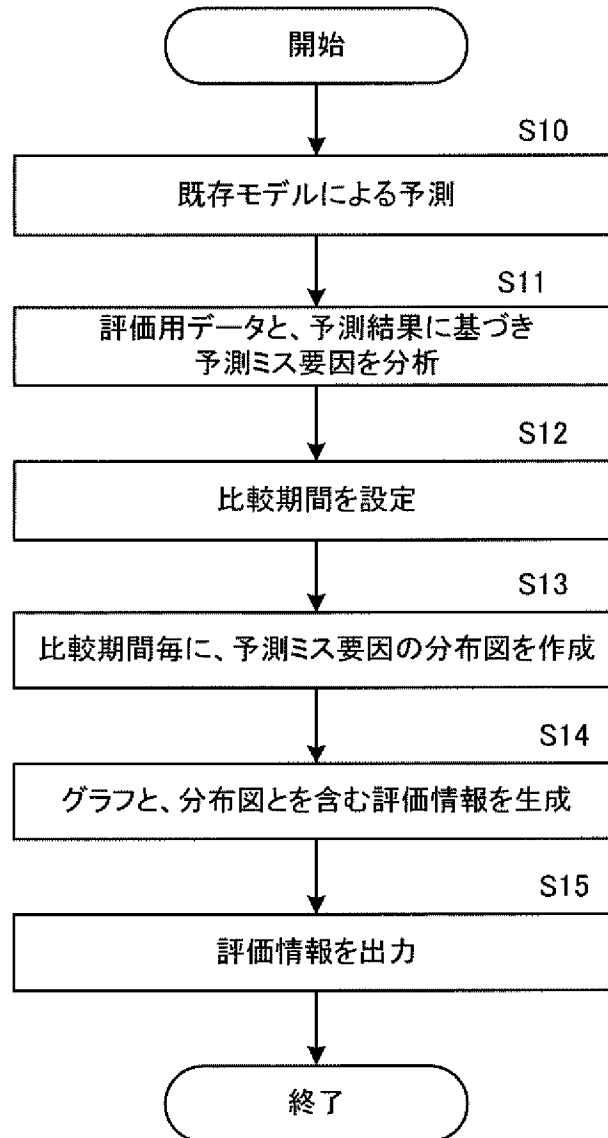


[図7]

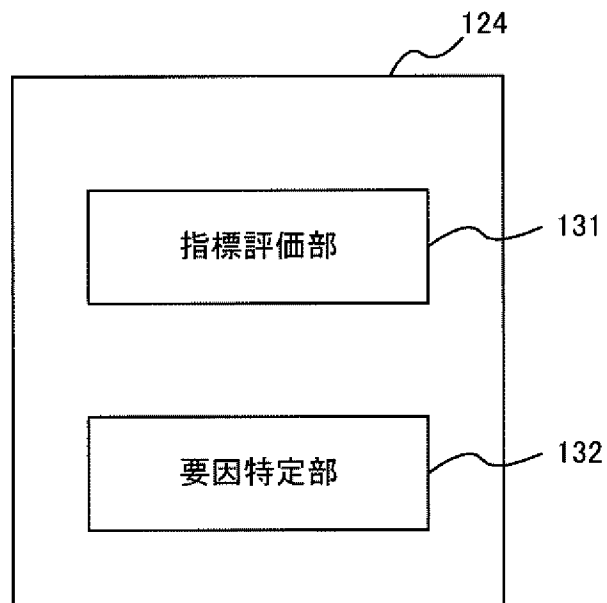
43



[図8]



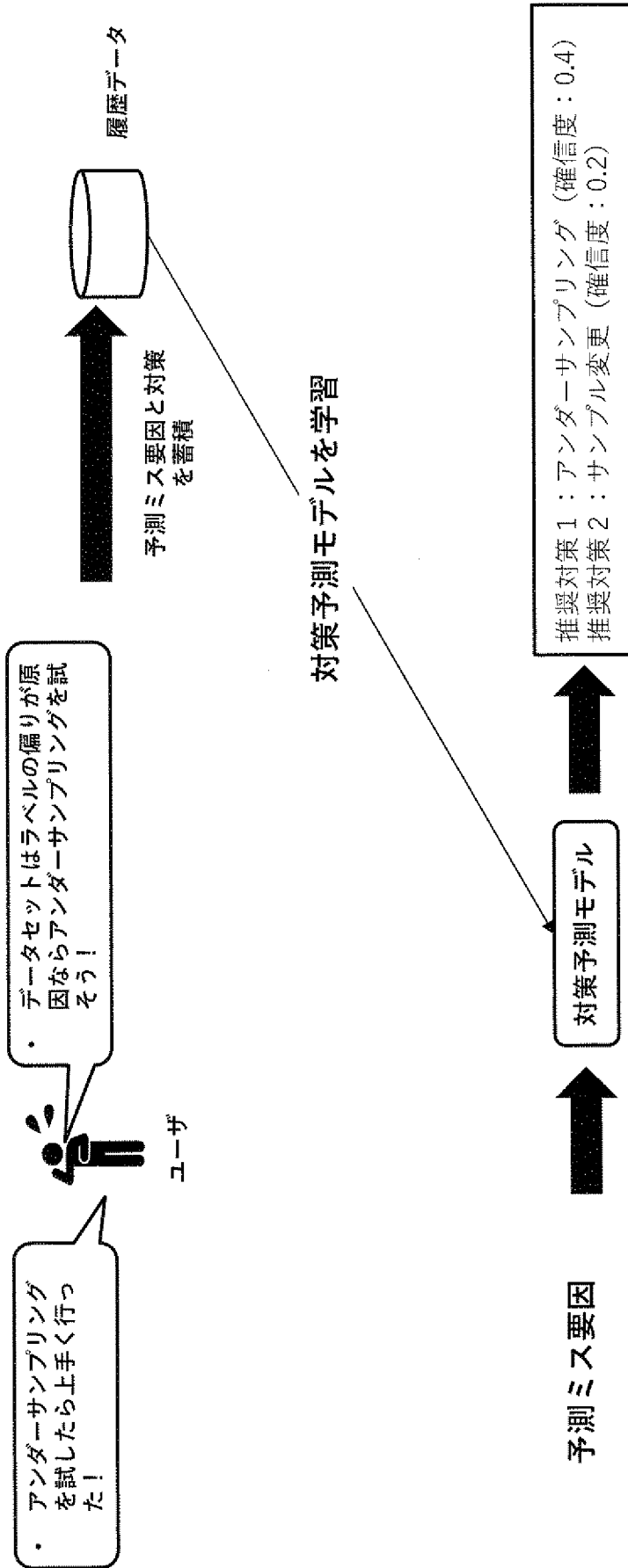
[図9]



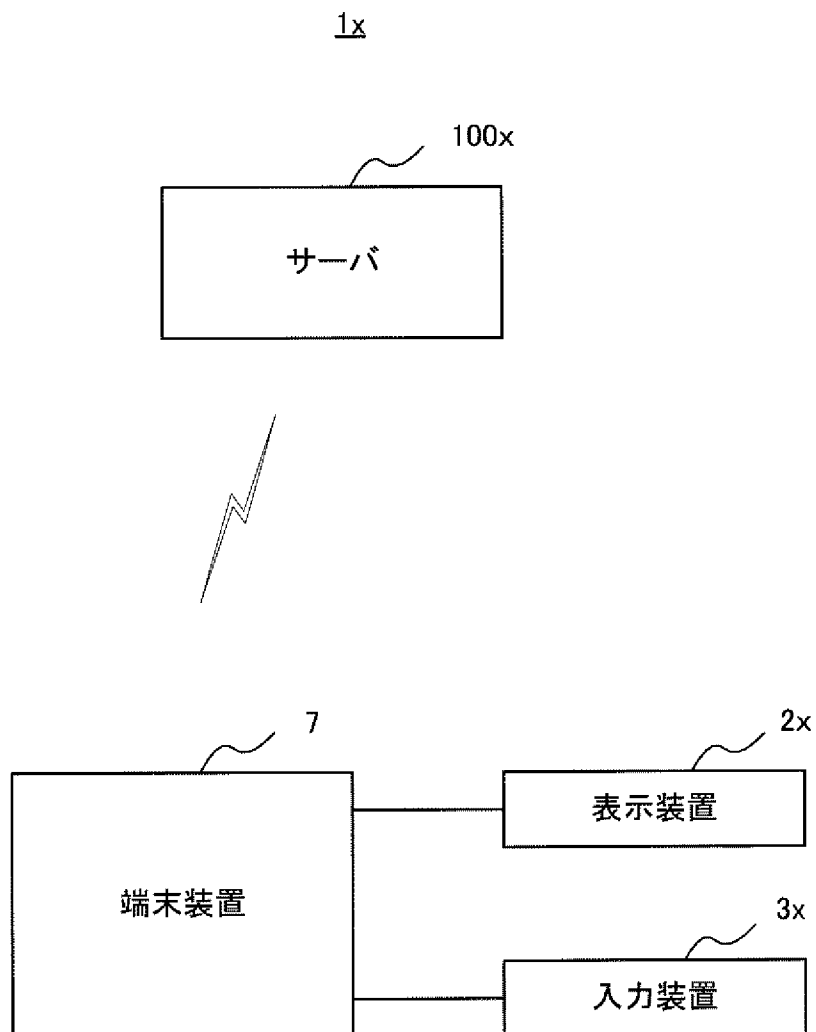
[図10]

指標	判定	判定結果						
		Yes	Yes	Yes	No	No	No	No
サンプル異常度	Q1:説明変数の空間で、予測ミスサンプルは正常なサンプルか	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No
訓練誤差	Q2:モデルの当てはめは良いか	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No
データ変化量	Q3:データの分布は変化しているか	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	No
	要因	予測モデル及びデータ以外のエラー		局所的なエラー		データ分布の変化		説明変数の異常

[図11]

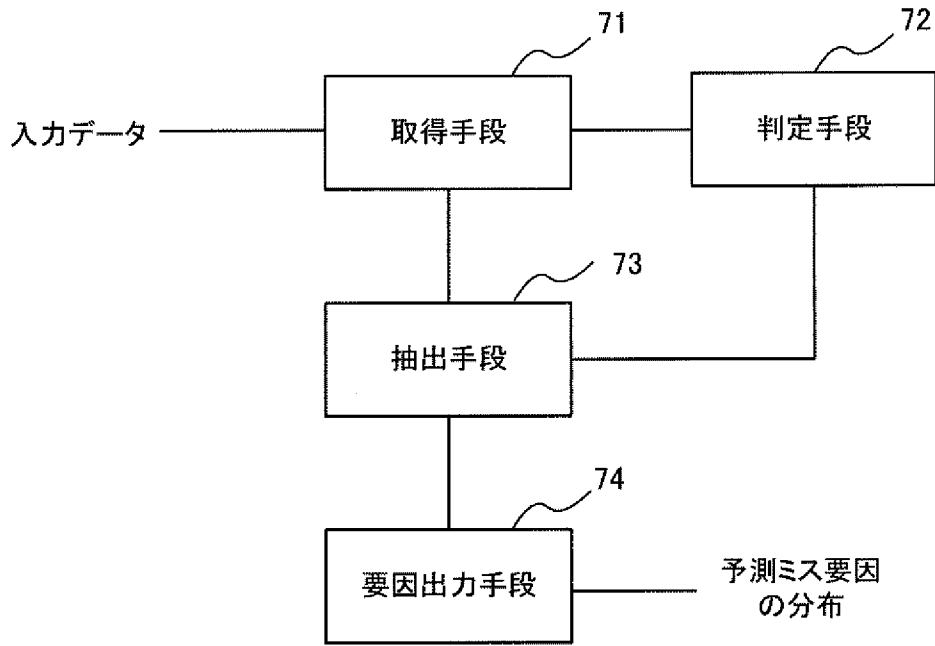


[図12]

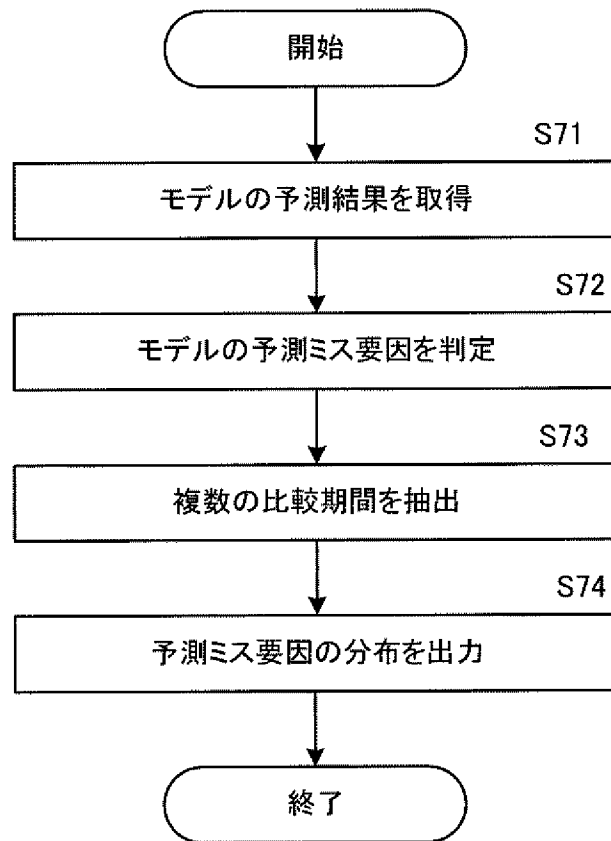


[図13]

70



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/013813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G06N 20/00(2019.01) FI: G06N20/00 130		
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) G06N3/00-99/00; G06F16/00-16/958; G06F17/10-17/18; G06Q10/04		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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	佐久間 啓太 ほか, M L O p s を促進する予測ミス要因の自動特定法, 一般社団法人 人工知能学会 第 3 5 回全国大会 (2 0 2 1) [online], 2021, Session ID: 2G3-GS-2e-04, pp. 1-4, [retrieved on 01 July 2021], Internet: <URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2021/0/JSAI2021_2G3GS2e04/_pdf/-char/ja > <DOI: https://doi.org/10.11517/pjsai.JSAI2021.0_2G3GS2e04 > entire text, all drawings, in particular, chapters 3, 5, fig. 3-5, (SAKUMA, Keita et al. A Method of Identifying Causes of Prediction Errors to Accelerate MLOps. The 35th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (2021) [online].)	1-10
A	JP 9-179850 A (HITACHI LTD) 11 July 1997 (1997-07-11) column 2, line 1 to column 3, line 22	1-10
A	WO 2020/255414 A1 (NEC CORPORATION) 24 December 2020 (2020-12-24) paragraphs [0083]-[0159]	6-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 01 June 2022		Date of mailing of the international search report 14 June 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 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/JP2022/013813

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 9-179850 A	11 July 1997	(Family: none)	
WO 2020/255414 A1	24 December 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06N 20/00(2019.01)i FI: G06N20/00 130		
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）） G06N3/00-99/00; G06F16/00-16/958; G06F17/10-17/18; 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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	佐久間 啓太 ほか, MLOps を促進する予測ミス要因の自動特定法, 一般社団法人 人工知能学会 第35回全国大会(2021) [online], 2021, セッションID: 2G3-GS-2e-04, pp.1-4, [2021.07.01 検索], インターネット: <URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2021/0/JSAI2021_2G3GS2e04/_pdf/-char/ja> <DOI: https://doi.org/10.11517/pjsai.JSAI2021.0_2G3GS2e04> 全文, 全図, 特に、第3章, 第5章, 図3-5	1-10
A	JP 9-179850 A (株式会社日立製作所) 11.07.1997 (1997-07-11) 第2欄第1行-第3欄第22行	1-10
A	WO 2020/255414 A1 (日本電気株式会社) 24.12.2020 (2020-12-24) 段落[0083]-[0159]	6-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 01.06.2022	国際調査報告の発送日 14.06.2022	
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） 多賀 実 5B 9367 電話番号 03-3581-1101 内線 3545	

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/JP2022/013813

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 9-179850 A	11.07.1997	(ファミリーなし)	
WO 2020/255414 A1	24.12.2020	(ファミリーなし)	