

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, CV, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 情報処理装置は、センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得し、特徴量を機械学習モデルに入力することで測定対象の状態を予測し、機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得し、特徴量と状態の予測結果とに基づいて、複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定し、決定した最適な設計パラメータ修正方法を出力する。

明 細 書

発明の名称：

情報処理方法、情報処理装置及び情報処理プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、センサを開発するための設計パラメータを最適化する技術に関する。

背景技術

[0002] 従来、開発されたセンサの測定対象の状態が機械学習モデルにより判別される際、機械学習モデルのパラメータが最適化されていた。

[0003] 例えば、特許文献1の解析装置は、複数のパラメータを用いて対象の事象を解析する解析モデルによって解析された解析結果を取得し、ベイズ最適化手法により、取得した解析結果に基づいて、対象の事象が解析モデルによって解析されたときの複数のパラメータの組み合わせを評価し、評価した複数のパラメータの組み合わせごとの評価結果に基づいて、複数のパラメータの組み合わせの中から、解析モデルのパラメータの組み合わせを決定している。

[0004] また、例えば、特許文献2の機械学習装置は、外部から基本的な学習結果でなる基本学習情報を取得し、取得した基本学習情報をチューニングするようして学習対象を学習している。当該機械学習装置は、予め用意された教師データセットを用いた1回目のアクティブラーニングを実行することにより基本学習情報をチューニングし、教師データセットに基づく各画像に対する画像加工処理の可否をそれぞれ判定し、画像加工処理を施すべきと判定した各画像に対して必要な画像加工処理をそれぞれ施すことにより加工画像を生成し、生成した各加工画像の画像データを教師データとする2回目のアクティブラーニングを実行することにより基本学習情報をチューニングしている。

[0005] しかしながら、上記従来の技術では、機械学習モデルを最適化することは

可能であるが、機械学習モデルに入力される特徴量を最適化することについては言及されておらず、更なる改善が必要とされていた。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2019-215750号公報

特許文献2：特許第6861124号公報

発明の概要

[0007] 本開示は、上記の問題を解決するためになされたもので、機械学習モデルに入力される特徴量を最適化することができる技術を提供することを目的とするものである。

[0008] 本開示に係る情報処理方法は、コンピュータにおける情報処理方法であって、センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得し、前記特徴量を機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測し、前記機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、前記センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得し、前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定し、決定した前記最適な設計パラメータ修正方法を出力する。

[0009] 本開示によれば、機械学習モデルに入力される特徴量を最適化することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]抗原検査センサにおいて、ウイルス感染の陽性又は陰性の判別精度向上に向けた開発の例について説明するための図である。

[図2]本開示の実施の形態におけるセンサ開発システムの構成を示す図である。

[図3]本実施の形態における修正方法決定部の構成を示すブロック図である。

[図4]本開示の実施の形態における情報処理装置の設計パラメータ最適化処理

について説明するための第1のフローチャートである。

[図5]本開示の実施の形態における情報処理装置の設計パラメータ最適化処理について説明するための第2のフローチャートである。

[図6]本実施の形態における設計パラメータの算出について説明するための模式図である。

[図7]本実施の形態における予測誤差の算出について説明するための模式図である。

[図8]本実施の形態における修正コスト値の算出について説明するための模式図である。

[図9]本実験における花種類クラス、特徴量、設計パラメータ及び開発コスト係数の一例を示す図である。

[図10]第1条件～第5条件において設計パラメータ最適化処理の結果に基づく設計パラメータ修正方法の一例を示す図である。

[図11]本実施の形態の変形例における修正コスト値の算出について説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] (本開示の基礎となった知見)

上記の特許文献1には、解析モデルを最適化することについては記載されているが、教師データのチューニングについては考慮されていない。

[0012] また、上記の特許文献2では、学習モデルの精度を向上させるため、学習モデルの最適化だけでなく、教師データの生成にも言及している。すなわち、特許文献2では、各画像に対して必要な画像加工処理をそれぞれ施すことにより生成された各加工画像の画像データが教師データとして用いられることが開示されている。しかしながら、特許文献2では、教師データを取得するためのセンサの設計パラメータを最適化することについては考慮されておらず、より精度の高い学習モデルを実現するための教師データの取得は困難である。

[0013] 以上の課題を解決するために、下記の技術が開示される。

[0014] (1) 本開示の一態様に係る情報処理方法は、コンピュータにおける情報処理方法であって、センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得し、前記特徴量を機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測し、前記機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、前記センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得し、前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定し、決定した前記最適な設計パラメータ修正方法を出力する。

[0015] この構成によれば、機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法が決定され、決定された最適な設計パラメータ修正方法が出力される。したがって、センサの開発者によって、出力された最適な設計パラメータ修正方法を用いてセンサの設計が修正されることにより、機械学習モデルに入力される特徴量を最適化することができる。また、最適化された特徴量を用いて機械学習モデルが学習されることにより、機械学習の精度を向上させることができる。

[0016] (2) 上記(1)記載の情報処理方法において、前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記設計パラメータの修正量を算出し、前記修正量に基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、前記最適な設計パラメータ修正方法を特定してもよい。

[0017] この構成によれば、複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータの修正量に基づいて、複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法が特定される。したがって、例えば、設計パラメータの修正量が最も少ない設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定することができる。

[0018] (3) 上記(2)記載の情報処理方法において、さらに、前記状態の予測結果と、前記機械学習モデルに入力された前記特徴量に対応する正解の状態

とに基づいて、前記状態の予測結果が前記正解の状態であるか否かを判定し、前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、さらに、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記設計パラメータを算出し、さらに、前記正解の状態ではないと判定された予測結果に対応する特徴量の特徴量空間上における誤答点と、前記正解の状態であると判定された予測結果に対応する特徴量の特徴量空間上における正答点との距離を予測誤差として算出し、前記設計パラメータの修正量の算出において、算出した前記予測誤差と、算出した前記設計パラメータとに基づいて、設計パラメータ空間上における前記修正量を算出してもよい。

[0019] この構成によれば、特徴量空間上における誤答点が正答点の位置に移動することにより、不正解の状態の予測結果が正解の状態に変化することになる。したがって、誤答点と正答点との距離である予測誤差から設計パラメータ空間上における修正量を算出することができる。

[0020] (4) 上記(2)又は(3)記載の情報処理方法において、前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、さらに、前記複数の設計パラメータ修正方法毎に設定されるとともに、前記センサの開発に必要なコストに応じて設定される開発コスト係数を取得し、さらに、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記修正量に、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記開発コスト係数を乗算することにより、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の修正コスト値を算出し、前記最適な設計パラメータ修正方法の特定において、算出した前記修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定してもよい。

[0021] この構成によれば、複数の設計パラメータ修正方法毎の修正量に、複数の設計パラメータ修正方法毎の開発コスト係数が乗算されることにより、複数の設計パラメータ修正方法毎の修正コスト値が算出される。そして、算出された修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法が最適な設計パラメータ修正方法として特定される。

[0022] ここで、センサの設計変更には開発コストが必要であり、開発コストは、

設計パラメータ修正方法毎に異なる。したがって、最も開発コストが少ない設計パラメータ修正方法が最適な設計パラメータ修正方法として特定されることにより、センサの開発コストを低減することができる。

[0023] (5) 上記(4)記載の情報処理方法において、前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、さらに、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記修正コスト値に補正係数を乗算し、前記最適な設計パラメータ修正方法の特定において、前記補正係数が乗算された前記修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定し、前記状態の予測において、特定した前記最適な設計パラメータ修正方法によって修正された前記設計パラメータを用いた前記センサから得られる前記特徴量を前記機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測し、さらに、前記状態の予測結果と、前記機械学習モデルに入力された前記特徴量に対応する正解の状態とに基づいて、前記状態の予測結果が前記正解の状態であるか否かを判定し、前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、さらに、前記状態の予測結果が前記正解の状態ではないと判定された場合、前記補正係数を更新してもよい。

[0024] この構成によれば、複数の設計パラメータ修正方法毎の修正コスト値に補正係数が乗算され、状態の予測結果が正解の状態であると判定されるまで補正係数の更新が繰り返されることで、より開発コストを抑制することができる。

[0025] (6) 上記(1)～(5)のいずれか1つに記載の情報処理方法において、前記設計パラメータは、前記特徴量の分布の平均値であり、前記設計パラメータ修正方法は、前記特徴量の分布の前記平均値をシフトさせることであってもよい。

[0026] この構成によれば、特徴量の分布の平均値をシフトさせるように、センサの設計が変更されることにより、機械学習モデルに入力される特徴量を最適化することができる。

[0027] (7) 上記(1)～(6)のいずれか1つに記載の情報処理方法において

、前記設計パラメータは、前記特徴量の分布の標準偏差であり、前記設計パラメータ修正方法は、前記特徴量の分布の前記標準偏差を縮小させることであってもよい。

[0028] この構成によれば、特徴量の分布の標準偏差を縮小させるように、センサの設計が変更されることにより、機械学習モデルに入力される特徴量を最適化することができる。

[0029] また、本開示は、以上のような特徴的な処理を実行する情報処理方法として実現することができるだけでなく、情報処理方法が実行する特徴的な処理に対応する特徴的な構成を備える情報処理装置などとして実現することもできる。また、このような情報処理方法に含まれる特徴的な処理をコンピュータに実行させるコンピュータプログラムとして実現することもできる。したがって、以下の他の態様でも、上記の情報処理方法と同様の効果を奏することができる。

[0030] (8) 本開示の他の態様に係る情報処理装置は、センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得する特徴量取得部と、前記特徴量を機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測する予測部と、前記機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、前記センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得する修正方法取得部と、前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定する修正方法決定部と、決定した前記最適な設計パラメータ修正方法を出力する出力部と、を備える。

[0031] (9) 本開示の他の態様に係る情報処理プログラムは、センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得し、前記特徴量を機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測し、前記機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、前記センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得し、前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設

計パラメータ修正方法を決定し、決定した前記最適な設計パラメータ修正方法を実行するようにコンピュータを機能させる。

[0032] (10) 本開示の他の態様に係る非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、情報処理プログラムを記録しており、前記情報処理プログラムは、センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得し、前記特徴量を機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測し、前記機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、前記センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得し、前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定し、決定した前記最適な設計パラメータ修正方法を実行するようにコンピュータを機能させる。

[0033] 以下添付図面を参照しながら、本開示の実施の形態について説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、構成要素、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また全ての実施の形態において、各々の内容を組み合わせることもできる。

[0034] (実施の形態)

センサの新規開発において、センサの測定値から測定対象の状態を判別するために機械学習が広く使われるようになってきている。センサ開発者は、センサの付加価値向上のため、より高精度な状態判別の実証に向けて開発を進めるが、状態判別の高精度化に向けた開発プロセスは、大きく二つある。

[0035] 一つ目は、機械学習の学習パラメータ最適化プロセスである。これは、開発中のセンサを用いて取得したセンサ測定値を学習データとして学習モデルを作成し、その学習モデルをより高精度化するため学習パラメータを最適化するというプロセスである。このプロセスについては従来から行われており、学習パラメータの最適化方法の提案及び新しい学習モデルの提案が既に行

われている。

[0036] 二つ目は、センサの設計パラメータ最適化プロセスである。これは、開発中のセンサから取得したデータにより機械学習を行っても十分な状態判別精度が得られない場合に、より状態判別に適したデータがセンサから得られるように、センサの設計を修正するプロセスである。このプロセスは、状態判別に機械学習を使わない方式のセンサの開発でも行われ、例えば、特定のウイルスを検出する抗原検査センサの開発において行われる。

[0037] 図1は、抗原検査センサにおいて、ウイルス感染の陽性又は陰性の判別精度向上に向けた開発の例について説明するための図である。

[0038] 図1に示すように、例えば、陰性サンプルのシグナル強度の分布の一部と、陽性サンプルのシグナル強度の分布の一部とが重なっている場合、十分な状態判別精度が得られないおそれがある。

[0039] そこで、抗原検査センサの開発内容としては、以下の方法が考えられる。

[0040] (1) ターゲット抗原に対する抗体の結合率を高めるようセンサを開発することで、陽性サンプルに対するシグナル強度平均値をより高い値にシフトさせる(図1の右上の例)。

[0041] (2) 抗体の反応選択性を強化するようセンサを開発することで、陰性サンプルに含まれるターゲット抗原以外の物質(ターゲットと構造が類似する物質など)のシグナル強度平均値をより低い値にシフトさせる(図1の右中の例)。

[0042] (3) 経年劣化等による抗体の応答強度の再現性低下を抑える新たな梱包方法を開発することで、陽性サンプルに対するシグナル強度の分散幅を縮小させる(図1の右下の例)。

[0043] 抗原検査センサの開発者は、開発状況に応じて上記のような開発内容の中から開発コストの値が最も低い(開発が容易である)項目を選択する。このプロセスがセンサの設計パラメータ最適化プロセスに相当する。

[0044] 本開示で着目するのは、上記の抗原検査センサとは異なり、状態判別に機械学習モデルを用いるセンサの開発であるが、その場合の設計パラメータ最

適化プロセスは、上記に示した開発を複数の特徴量毎に行うよう拡大したものである。抗原検査センサはシグナルが1チャンネルのみであり、機械学習で言えば特徴量が1つのみである。これに対し、複数のチャンネルを持ち、それらを特徴量として機械学習モデルに入力するセンサの場合は、上記のような開発方法の選択肢が特徴量毎にそれぞれ存在する。設計パラメータ最適化プロセスでは、それら全ての開発方法の中から開発コストが最小となる開発方法を選択する。

[0045] 設計パラメータ最適化プロセスに用いる開発コストの値は、センサの開発によって必要とされる開発効果の数値に関係する。上記の例で言えば、シグナル強度平均値のシフトの必要量が多くなるに従い、開発コストも増加する。そのため、開発コストの値の算出には、開発の効果量に乗算する開発コスト係数が用いられる。開発コスト係数は、各特徴量の各開発内容に各々存在し、それらが全て同一とは限らない。開発コスト係数は、開発中のセンサの状況又は開発環境によって設定される。例えば、実施が非常に困難又は不可能な開発内容については、非常に大きな値の開発コスト係数が設定される。

[0046] 上記には、学習パラメータ最適化プロセスと設計パラメータ最適化プロセスとのセンサ開発に関する2つの開発プロセスを挙げた。これらのプロセスは競合するものではなく、センサ開発者はこの両方のプロセスを交互に繰り返し行う。機械学習とセンサ設計見直しとを交互に繰り返しながらセンサ開発が行われる。設計パラメータ最適化プロセスは、センサ開発において非常に重要な要素であり、設計パラメータ最適化プロセスを活用すれば、学習パラメータ最適化プロセスのみでは到底困難であった高精度な状態判別も可能となる。しかしながら、従来、設計パラメータ最適化プロセスを実現させる手法については存在していない。

[0047] 本開示では、複数のチャンネルを有し、機械学習を用いて状態判定を行うことを前提としたセンサ開発においても広く適用できる設計パラメータ最適化プロセスの実現手法を提案する。

[0048] 図2は、本開示の実施の形態におけるセンサ開発システムの構成を示す図

である。

- [0049] 図2に示すセンサ開発システムは、情報処理装置1、センサ2、入力部3及び提示部4を備える。
- [0050] センサ2は、開発対象のセンサである。センサ2は、少なくとも1つのチャネルの測定データを出力する。センサ2は、例えば、1チャネルの測定データを出力する抗原検査センサ、又は複数チャネルの測定データを出力する匂いセンサである。
- [0051] 入力部3は、例えば、キーボード、マウス及びタッチパネルである。入力部3は、センサ2によって測定された測定対象の正解の状態のユーザ（開発者）による入力を受け付ける。
- [0052] 情報処理装置1は、特徴量取得部101、状態予測部102、正解状態取得部103、予測結果判定部104、ログ記憶部105、修正方法記憶部106、修正方法取得部107、修正方法決定部108及び修正方法出力部109を備える。
- [0053] なお、特徴量取得部101、状態予測部102、正解状態取得部103、予測結果判定部104、修正方法取得部107、及び修正方法出力部109は、プロセッサにより実現される。プロセッサは、例えば、中央演算処理装置（CPU）などから構成される。
- [0054] ログ記憶部105及び修正方法記憶部106は、メモリにより実現される。メモリは、例えば、ROM（Read Only Memory）又はEEPROM（Electrically Erasable Programmable Read Only Memory）などから構成される。
- [0055] 修正方法決定部108は、プロセッサ及びメモリにより実現される。
- [0056] なお、情報処理装置1は、例えば、コンピュータ又はサーバであってもよい。
- [0057] 情報処理装置1は、有線接続又は無線接続によりセンサ2と互いに通信可能に接続されている。
- [0058] 特徴量取得部101は、センサ2によって測定された測定対象の特徴を示

す特徴量を取得する。センサ2は、測定対象を測定することにより得られた生データを特徴量に変換し、特徴量を情報処理装置1へ出力する。なお、センサ2は、測定対象を測定することにより得られた生データを情報処理装置1へ出力してもよい。この場合、特徴量取得部101は、センサ2から出力された生データを特徴量に変換することにより、特徴量を取得する。特徴量取得部101は、取得した特徴量を状態予測部102及びログ記憶部105へ出力する。

[0059] 状態予測部102は、特徴量取得部101によって取得された特徴量を機械学習モデルに入力することで測定対象の状態を予測する。状態予測部102は、測定対象が第1状態及び第2状態のいずれであるかを判別する。機械学習モデルは、特徴量を入力データとし、測定対象の状態を出力データとし、特徴量が入力されると測定対象の状態を出力するように機械学習される。機械学習モデルは、例えば、Light GBM (Gradient Boosting Machine) により生成される。また、機械学習モデルは、例えば、ディープラーニングにより生成されてもよい。状態予測部102は、状態の予測結果を予測結果判定部104及びログ記憶部105へ出力する。

[0060] なお、状態予測部102は、メモリに予め記憶されている学習済みの機械学習モデルを取得してもよい。また、情報処理装置1は、学習部を備えてもよい。学習部は、特徴量取得部101によって取得された特徴量と、正解状態取得部103によって取得された測定対象の正解の状態とを教師データとして用いて、機械学習モデルを学習してもよい。

[0061] 正解状態取得部103は、機械学習モデルに入力された特徴量に対応する正解の状態を取得する。正解状態取得部103は、測定対象の正解の状態を入力部3から取得する。

[0062] 予測結果判定部104は、状態予測部102による状態の予測結果と、正解状態取得部103によって取得された正解の状態とに基づいて、状態の予測結果が正解の状態であるか否かを判定する。予測結果判定部104は、状

態の予測結果が正解の状態であるか否かを示す判定結果情報をログ記憶部 105 へ出力する。

[0063] ログ記憶部 105 は、特徴量取得部 101 によって取得された特徴量と、状態予測部 102 によって予測された測定対象の状態と、予測結果判定部 104 によって判定された状態の予測結果が正解の状態であるか否かを示す判定結果情報とを対応付けてログ情報として記憶する。ログ記憶部 105 は、複数のログ情報を記憶する。

[0064] 修正方法記憶部 106 は、機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、センサ 2 の設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を予め記憶している。設計パラメータは、特徴量の分布の平均値又は特徴量の分布の標準偏差である。設計パラメータが特徴量の分布の平均値である場合、設計パラメータ修正方法は、特徴量の分布の平均値をシフトさせることである。すなわち、設計パラメータ修正方法は、特徴量の分布の平均値を増強又は減衰させることである。また、設計パラメータが特徴量の分布の標準偏差である場合、設計パラメータ修正方法は、特徴量の分布の標準偏差を縮小させることである。

[0065] 設計パラメータ修正方法は、予測結果が第 1 状態である特徴量の分布の第 1 平均値を増加させる第 1 設計パラメータ修正方法と、予測結果が第 2 状態である特徴量の分布の第 2 平均値（第 2 平均値は第 1 平均値より小さい）を減少させる第 2 設計パラメータ修正方法と、予測結果が第 1 状態である特徴量の分布の第 1 標準偏差を縮小させる第 3 設計パラメータ修正方法と、予測結果が第 2 状態である特徴量の分布の第 2 標準偏差（第 2 標準偏差は第 1 標準偏差より小さい）を縮小させる第 4 設計パラメータ修正方法とを含む。

[0066] 複数の設計パラメータ修正方法は、センサ 2 によって異なる。そのため、修正方法記憶部 106 は、開発するセンサ 2 に応じた複数の設計パラメータ修正方法を記憶している。

[0067] なお、上記の設計パラメータ及び設計パラメータ修正方法は一例であり、上記に限定されない。

- [0068] 修正方法取得部 107 は、機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、センサ 2 の設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得する。修正方法取得部 107 は、複数の設計パラメータ修正方法を修正方法記憶部 106 から取得する。
- [0069] 修正方法決定部 108 は、特徴量取得部 101 によって取得された特徴量と状態予測部 102 による状態の予測結果とに基づいて、複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定する。修正方法決定部 108 は、特徴量と状態の予測結果とに基づいて、複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータ修正量を算出する。修正方法決定部 108 は、設計パラメータ修正量に基づいて、複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を特定する。また、修正方法決定部 108 は、複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータ修正量の中から、最適な設計パラメータ修正量を特定してもよい。
- [0070] 修正方法出力部 109 は、修正方法決定部 108 によって決定された最適な設計パラメータ修正方法を出力する。修正方法出力部 109 は、最適な設計パラメータ修正方法を提示部 4 へ出力する。また、修正方法出力部 109 は、最適な設計パラメータ修正量を提示部 4 へ出力してもよい。さらに、修正方法出力部 109 は、修正対象の特徴量及び修正対象の状態を提示部 4 へ出力してもよい。
- [0071] 提示部 4 は、修正方法出力部 109 によって出力された最適な設計パラメータ修正方法をユーザ（開発者）に提示する。提示部 4 は、例えば、液晶表示装置などの表示装置である。提示部 4 は、最適な設計パラメータ修正方法を表示する。また、提示部 4 は、修正方法出力部 109 によって出力された最適な設計パラメータ修正量をユーザ（開発者）に提示してもよい。さらに、提示部 4 は、修正対象の特徴量及び修正対象の状態をユーザ（開発者）に提示してもよい。
- [0072] 続いて、図 2 に示す修正方法決定部 108 の詳細な構成について説明する。

[0073] 図3は、本実施の形態における修正方法決定部108の構成を示すブロック図である。

[0074] 修正方法決定部108は、パラメータ算出部111、予測誤差算出部112、修正量算出部113、コスト係数記憶部114、コスト係数取得部115、修正コスト算出部116及び修正方法特定部117を備える。

[0075] パラメータ算出部111は、複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータを算出する。パラメータ算出部111は、予測結果が第1状態であった特徴量の分布の平均値を第1設計パラメータ修正方法の設計パラメータとして算出する。パラメータ算出部111は、予測結果が第2状態であった特徴量の分布の平均値を第2設計パラメータ修正方法の設計パラメータとして算出する。パラメータ算出部111は、予測結果が第1状態であった特徴量の分布の標準偏差を第3設計パラメータ修正方法の設計パラメータとして算出する。パラメータ算出部111は、予測結果が第2状態であった特徴量の分布の標準偏差を第4設計パラメータ修正方法の設計パラメータとして算出する。

[0076] 予測誤差算出部112は、予測結果判定部104によって正解の状態ではないと判定された予測結果に対応する特徴量の特徴量空間上における誤答点と、予測結果判定部104によって正解の状態であると判定された予測結果に対応する特徴量の特徴量空間上における正答点との距離を予測誤差として算出する。

[0077] 修正量算出部113は、予測誤差算出部112によって算出された予測誤差と、パラメータ算出部111によって算出された設計パラメータとに基づいて、設計パラメータ空間上における設計パラメータ修正量を算出する。

[0078] コスト係数記憶部114は、複数の設計パラメータ修正方法毎に設定されるとともに、センサ2の開発に必要なコストに応じて設定される開発コスト係数を予め記憶する。コスト係数記憶部114は、複数の設計パラメータ修正方法毎に開発コスト係数を記憶している。

[0079] コスト係数取得部115は、複数の設計パラメータ修正方法毎に設定され

るとともに、センサ２の開発に必要なコストに応じて設定される開発コスト係数を取得する。コスト係数取得部１１５は、複数の設計パラメータ修正方法それぞれに対応する開発コスト係数をコスト係数記憶部１１４から取得する。

[0080] 修正コスト算出部１１６は、修正量算出部１１３によって算出された複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータ修正量に、コスト係数取得部１１５によって取得された複数の設計パラメータ修正方法毎の開発コスト係数を乗算することにより、複数の設計パラメータ修正方法毎の修正コスト値を算出する。

[0081] 修正方法特定部１１７は、修正コスト算出部１１６によって算出された修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定する。

[0082] 続いて、本開示の実施の形態における情報処理装置１の設計パラメータ最適化処理について説明する。

[0083] 図４は、本開示の実施の形態における情報処理装置１の設計パラメータ最適化処理について説明するための第１のフローチャートであり、図５は、本開示の実施の形態における情報処理装置１の設計パラメータ最適化処理について説明するための第２のフローチャートである。

[0084] まず、ステップＳ１において、特徴量取得部１０１は、センサ２によって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得する。

[0085] 次に、ステップＳ２において、状態予測部１０２は、特徴量取得部１０１によって取得された特徴量を学習済みの機械学習モデルに入力することで測定対象の状態を予測する。

[0086] 次に、ステップＳ３において、正解状態取得部１０３は、機械学習モデルに入力された特徴量に対応する測定対象の正解の状態を取得する。

[0087] 次に、ステップＳ４において、予測結果判定部１０４は、状態予測部１０２による状態の予測結果と、正解状態取得部１０３によって取得された正解の状態とに基づいて、状態の予測結果が正解の状態であるか否かを判定する

。

[0088] 次に、ステップS 5において、予測結果判定部1 0 4は、特徴量取得部1 0 1によって取得された特徴量と、状態予測部1 0 2による状態の予測結果と、予測結果判定部1 0 4による予測結果の正誤判定結果とを対応付けてログ記憶部1 0 5に記憶する。

[0089] 次に、ステップS 6において、修正方法取得部1 0 7は、所定数のログ情報がログ記憶部1 0 5に記憶されたか否かを判断する。

[0090] ここで、所定数のログ情報がログ記憶部1 0 5に記憶されていないと判断された場合（ステップS 6でN O）、ステップS 1に処理が戻る。

[0091] 一方、所定数のログ情報がログ記憶部1 0 5に記憶されたと判断された場合（ステップS 6でY E S）、ステップS 7において、修正方法取得部1 0 7は、状態の予測結果が正解の状態であった確率を示す正答率が所定の確率より低いか否かを判断する。

[0092] ここで、正答率が所定の確率以上であると判断された場合（ステップS 7でN O）、処理が終了する。

[0093] 一方、正答率が所定の確率より低いと判断された場合（ステップS 7でY E S）、ステップS 8において、修正方法取得部1 0 7は、センサ2に応じた複数の設計パラメータ修正方法を修正方法記憶部1 0 6から取得する。

[0094] なお、本実施の形態では、正答率が所定の確率より低いか否かが判断され、正答率が所定の確率より低いと判断された場合、複数の設計パラメータ修正方法が取得されるが、本開示は特にこれに限定されない。ログ記憶部1 0 5に記憶されているログ情報がユーザ（開発者）に提示されてもよく、ログ情報を確認したユーザによる、設計パラメータ最適化処理を実行するための指示の入力を受け付けてもよい。

[0095] 次に、ステップS 9において、パラメータ算出部1 1 1は、複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータを算出する。

[0096] 次に、ステップS 1 0において、予測誤差算出部1 1 2は、予測結果判定部1 0 4によって正解の状態ではないと判定された予測結果に対応する特徴

量の特徴量空間上における誤答点と、予測結果判定部 104 によって正解の状態であると判定された予測結果に対応する特徴量の特徴量空間上における正答点との距離を示す予測誤差を算出する。

[0097] 次に、ステップ S 11 において、修正量算出部 113 は、予測誤差算出部 112 によって算出された予測誤差と、パラメータ算出部 111 によって算出された設計パラメータとに基づいて、設計パラメータ空間上における複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータ修正量を算出する。

[0098] 次に、ステップ S 12 において、コスト係数取得部 115 は、複数の設計パラメータ修正方法毎の開発コスト係数をコスト係数記憶部 114 から取得する。

[0099] 次に、ステップ S 13 において、修正コスト算出部 116 は、修正量算出部 113 によって算出された複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータ修正量に、コスト係数取得部 115 によって取得された複数の設計パラメータ修正方法毎の開発コスト係数を乗算することにより、複数の設計パラメータ修正方法毎の修正コスト値を算出する。

[0100] 次に、ステップ S 14 において、修正方法特定部 117 は、複数の設計パラメータ修正方法毎の設計パラメータ修正量のうち、修正コスト算出部 116 によって算出された修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正量を最適な設計パラメータ修正量として特定するとともに、最適な設計パラメータ修正量に対応する設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定する。

[0101] 次に、ステップ S 15 において、修正方法出力部 109 は、修正方法特定部 117 によって特定された最適な設計パラメータ修正量及び最適な設計パラメータ修正方法を提示部 4 へ出力する。提示部 4 は、修正方法出力部 109 によって出力された最適な設計パラメータ修正量及び最適な設計パラメータ修正方法をユーザ（開発者）に提示する。

[0102] このように、機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法の中から

、最適な設計パラメータ修正方法が決定され、決定された最適な設計パラメータ修正方法が出力される。したがって、センサ2の開発者によって、出力された最適な設計パラメータ修正方法を用いてセンサ2の設計が修正されることにより、機械学習モデルに入力される特徴量を最適化することができる。また、最適化された特徴量を用いて機械学習モデルが学習されることにより、機械学習の精度を向上させることができる。

[0103] なお、本実施の形態では、提示部4は、修正コスト値が最小である最適な設計パラメータ修正量及び最適な設計パラメータ修正方法をユーザ（開発者）に提示しているが、本開示は特にこれに限定されない。提示部4は、修正コスト値が2番目に小さい設計パラメータ修正量及び設計パラメータ修正方法をユーザ（開発者）にさらに提示してもよく、修正コスト値が3番目に小さい設計パラメータ修正量及び設計パラメータ修正方法をユーザ（開発者）にさらに提示してもよい。また、提示部4は、最適な設計パラメータ修正量及び最適な設計パラメータ修正方法だけでなく、修正対象の特徴量及び修正対象の状態をさらに提示してもよい。

[0104] ここで、修正方法決定部108による最適な設計パラメータ修正方法の決定方法について説明する。

[0105] まず、設計パラメータ ξ は次の方法で算出される。

[0106] 図6は、本実施の形態における設計パラメータの算出について説明するための模式図である。

[0107] パラメータ算出部111は、学習データの各状態（クラス）の各特徴量を分別し、それぞれの分布の平均値と標準偏差との2つの設計パラメータを算出する。設計パラメータ ξ は、複数の状態（クラス）の複数の特徴量の平均値及び標準偏差である。そのため、設計パラメータ ξ は、状態の数 $\times$ 特徴量数 $\times$ 設計パラメータの数（平均値及び標準偏差の2項目）の長さのベクトルの形をとる。図6では、パラメータ算出部111は、第1状態の特徴量 k の分布の平均値 E_{kA} 及び標準偏差 σ_{kA} と、第2状態の特徴量 k の分布の平均値 E_{kB} 及び標準偏差 σ_{kB} とを算出する。

[0108] 次に、予測誤差 $\varepsilon(\theta_n)$ は次の方法で算出される。

[0109] 図7は、本実施の形態における予測誤差の算出について説明するための模式図である。

[0110] 予測誤差算出部112は、機械学習モデルの状態予測において誤判定となった複数のレコードを抽出する。予測誤差算出部112は、抽出した複数のレコードの中から誤判定された状態クラスの確率値が最も小さいレコードを選択し、誤答代表点とする。次に、予測誤差算出部112は、誤答代表点と同じ状態クラスのレコードのうち、正解と判定された複数のレコードを抽出し、正答点とする。図7において、三角の点が誤答代表点を示し、丸の点が正答点を示す。誤答代表点と正答点との間には、機械学習モデルの判定閾値がある。

[0111] 予測誤差算出部112は、抽出した複数のレコードの各正答点と、特徴量空間上における誤答代表点とのそれぞれの距離を予測誤差 $\varepsilon(\theta_n)$ として算出する。 θ_n は、機械学習モデルの学習パラメータを示し、 $\varepsilon(\theta_n)$ は、学習パラメータが θ である時の機械学習モデルの予測誤差を示す。予測誤差 $\varepsilon(\theta_n)$ は、複数の距離の値を持つベクトルの形をとる。

[0112] 次に、設計パラメータ修正量 $\Delta\xi$ は次の方法で算出される。

[0113] 修正量算出部113は、下記の式(1)に基づいて、予測精度を上げる学習データの取得に必要となる設計パラメータ修正量 $\Delta\xi$ を算出する。

[0114]
$$\Delta\xi = \partial\varepsilon(\theta_n) / \partial\xi \cdots (1)$$

上記の式(1)において、 $\Delta\xi$ は、設計パラメータ修正量を示し、 ξ は、設計パラメータを示す。なお、修正方法決定部108は、学習パラメータを固定した状態で計算を行う。そのため、式(1)では学習パラメータ θ は、 n 回更新した後、すなわち機械学習モデルの最適化が十分に行われた後の θ_n に固定されている。修正量算出部113は、予測誤差 $\varepsilon(\theta_n)$ を設計パラメータ ξ により偏微分することにより、特徴量空間上での距離である $\varepsilon(\theta_n)$ を、設計パラメータ空間上での距離である設計パラメータ修正量 $\Delta\xi$ に変換している。設計パラメータ修正量 $\Delta\xi$ は、 $\varepsilon(\theta_n)$ を ξ により偏微

分した値となる。そのため、設計パラメータ修正量 $\Delta \xi$ は、 $\varepsilon(\theta n)$ の長さと同じ行数であり、 ξ の長さと同じ列数である行列で表される。

[0115] 次に、修正コスト値 $C(\Delta \xi)$ は次の方法で算出される。

[0116] 図8は、本実施の形態における修正コスト値の算出について説明するための模式図である。

[0117] 修正コスト算出部116は、設計パラメータ修正量 $\Delta \xi$ の修正コスト値 $C(\Delta \xi)$ を下記の式(2)に基づいて算出する。

[0118] $C(\Delta \xi) = \Delta \xi * \kappa \cdots (2)$

上記の式(2)において、 κ は、開発コスト係数であり、 $C(\Delta \xi)$ は、修正コスト値である。開発コスト係数 κ は、設計パラメータ修正方法毎に設定される。そのため、 κ は ξ と同じ長さのベクトルである。 $C(\Delta \xi)$ は、行列である $\Delta \xi$ に κ を掛けたものであるので、 $\varepsilon(\theta n)$ と同じ長さのベクトルとなる。上記の式(2)の計算は、設計パラメータ空間上の距離である設計パラメータ修正量 $\Delta \xi$ を、コスト空間上の距離である修正コスト値 $C(\Delta \xi)$ に変換していることを示す。

[0119] 最後に、修正方法特定部117は、下記の式(3)に基づいて、最適な設計パラメータ修正方法の解を算出する。

[0120] [数1]

$$\Delta \xi_{min} = \arg \min_{\Delta \xi} (C(\Delta \xi)) \cdots (3)$$

上記の式(3)において、 $\Delta \xi_{min}$ は、修正コスト値 $C(\Delta \xi)$ が最小となる設計パラメータ修正量である。修正方法特定部117は、修正コスト値 $C(\Delta \xi)$ が最小となる設計パラメータ修正量を最適な設計パラメータ修正量として特定する。また、修正方法特定部117は、修正コスト値 $C(\Delta \xi)$ が最小となる設計パラメータ修正量に対応する設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定する。

[0121] 図8に示すように、コスト空間における誤答代表点と正答点との間の距離

が修正コスト値に相当する。修正方法特定部 117 は、コスト空間における誤答代表点と正答点との間の距離を表す修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正量を最適な設計パラメータ修正量として特定する。

[0122] 以上の計算により、センサの開発に必要な開発コストが最小となる設計パラメータ修正量が算出されるとともに、開発コストが最小となる設計パラメータ修正方法が特定される。そして、上記の算出結果に従い開発者によってセンサ 2 の設計変更が行われることで、判別精度が向上するような学習データを取得できるセンサ 2 の設計変更を最小の開発コストで行うことができる。

[0123] 続いて、本開示の実施の形態における情報処理装置 1 の設計パラメータ最適化処理の効果を確認するための実験について説明する。

[0124] 本実験では、機械学習モデルの状態予測精度をさらに高める学習データを取得するための設計パラメータ修正方法が特定される。

[0125] 本実験では、開発中のセンサの測定データに相当するダミーデータが使用される。センサは、複数のチャンネルを有し、機械学習で行う状態予測は、教師ありクラス分類問題とした。

[0126] 設計パラメータ最適化処理には、機械学習モデルの状態予測誤差データが必要であるため、センサによる取得データを学習データとした機械学習モデルが予め準備される。この際、状態予測結果に一部誤りを持たせるようにした。この状態予測誤差データを基に設計パラメータ最適化処理が行われ、開発コストが最小となる処理結果に従ってセンサの設計変更が行われたものとし、最初のセンサの取得データを加工して設計変更後のセンサの取得データが作成される。設計変更後のセンサの取得データを学習データとして用いて再度機械学習が行われ、機械学習モデルの予測精度が向上していることが確認できれば、設計パラメータ最適化処理は、状態予測精度をより高める学習データを取得できる設計パラメータ修正方法を期待通りに特定できたと実証される。

[0127] また、上記の実験では、複数の条件に応じた開発コスト係数が設定され、

それぞれの条件下での設計パラメータ最適化処理の結果が設定した条件に即したものであると確認できれば、設計パラメータ最適化処理は、開発コストの条件を反映した設計パラメータ修正方法を期待通りに特定できたと実証される。

[0128] 本実験では、開発中のセンサから取得した測定データのダミーデータとして、I r i sデータセットを用いた。I r i sデータセットは、150のレコードを持つテーブルデータであり、4つの特徴量と3つの花種類クラスを持つ。I r i sデータセットの3つの花種類クラスを予測対象となる測定対象の状態とみなし、4つの特徴量をセンサの4チャンネルのシグナルとみなす。4つの特徴量は、がく片の長さ (s e p a l l e n g t h)、がく片の幅 (s e p a l w i d t h)、花びらの長さ (p e t a l l e n g t h)、及び花びらの幅 (p e t a l w i d t h) を含む。3つの花種類クラスは、s e t o s a、v e r s i c o l o r、及びv i r g i n i c aを含む。

[0129] 設計パラメータ最適化処理に必要なとなる機械学習モデルは、L i g h t G B M (G r a d i e n t B o o s t i n g M a c h i n e) にて作成された。作成された機械学習モデルは、150レコード中1レコードだけ誤判定するように作成された。この際、正解の花種類クラスが「v e r s i c o l o r」であるのに対し、誤判定された花種類クラスは「v i r g i n i c a」であるとした。

[0130] この実験データでは、センサの設計パラメータの数は、クラス（状態）の数*特徴量の数*特徴量の分布特性値（平均値及び標準偏差）の数となる。そのため、センサの設計パラメータは、3（クラスの数）*4（特徴量の数）*2（分布特性値の数）=24種類存在する。

[0131] 開発コスト係数の数もセンサの設計パラメータと同じ数だけ存在するため、24個存在する。また、複数の条件毎に異なる開発コスト係数が設定される。

[0132] 図9は、本実験における花種類クラス、特徴量、設計パラメータ及び開発

コスト係数の一例を示す図である。図9の設計パラメータにおいて、 E は、平均値を表し、 σ は、標準偏差を表す。

[0133] 本実験では、複数のセンサ開発環境を想定し、開発環境に即して重み付けされた開発コスト係数となるように、一部の値を大きくした開発コスト係数を用意した。開発コスト係数の複数の条件は、以下に示す通りである。

[0134] 第1条件：全ての開発コスト係数が均一である（重み付けなし）。

[0135] 第2条件：平均値に関する開発コスト係数が重み付けされる。

[0136] 第3条件：標準偏差に関する開発コスト係数が重み付けされる。

[0137] 第4条件：誤判定されたレコードを含む正解の花種類クラス（*versicolor*）に関する開発コスト係数が重み付けされる。

[0138] 第5条件：誤判定されたレコードの判定結果クラス（*virginica*）に関する開発コスト係数が重み付けされる。

[0139] 第1条件において、全ての平均値 E 及び標準偏差 σ の開発コスト係数は、1に設定されている。また、第2条件において、平均値 E の開発コスト係数は、1000に設定され、標準偏差 σ の開発コスト係数は、1に設定されている。また、第3条件において、平均値 E の開発コスト係数は、1に設定され、標準偏差 σ の開発コスト係数は、1000に設定されている。また、第4条件において、*versicolor*の平均値 E 及び標準偏差 σ の開発コスト係数は、1000に設定され、他の花種類クラスの平均値 E 及び標準偏差 σ の開発コスト係数は、1に設定されている。また、第5条件において、*virginica*の平均値 E 及び標準偏差 σ の開発コスト係数は、1000に設定され、他の花種類クラスの平均値 E 及び標準偏差 σ の開発コスト係数は、1に設定されている。

[0140] 上記の第1条件～第5条件において、設計パラメータ最適化処理が行われ、修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法が特定された。

[0141] 図10は、第1条件～第5条件において設計パラメータ最適化処理の結果に基づく設計パラメータ修正方法の一例を示す図である。

[0142] 第1条件、第3条件及び第5条件の開発コスト係数では、修正対象の花種

類クラスは `versicolor` であり、修正対象の特徴量は `petal length` であり、修正対象の設計パラメータは平均値であった。第2条件の開発コスト係数では、修正対象の花種類クラスは `versicolor` であり、修正対象の特徴量は `petal length` であり、修正対象の設計パラメータは標準偏差であった。第4条件の開発コスト係数では、修正対象の花種類クラスは `virginica` であり、修正対象の特徴量は `petal length` であり、修正対象の設計パラメータは平均値であった。

[0143] 図10に示した第1条件～第5条件それぞれの修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法に基づき、学習データを加工して再度機械学習を行ったところ、全ての変更後の学習データにおいて状態予測の誤判定が解消された。この結果より、設計パラメータ最適化処理において特定された設計パラメータ修正方法は、予測精度が向上するような学習データを取得できるセンサ設計に変更されていることが確認された。

[0144] また、実験結果より、第1条件、第3条件及び第5条件においては、設計パラメータ修正方法が同一であった。これは、第1条件が、開発コスト係数の重み付けがない条件で特定された設計パラメータ修正方法であり、そこで挙げられている設計パラメータに第3条件及び第5条件で重み付けした項目が含まれないためである。第3条件及び第5条件で重み付けを行った設計パラメータ以外の設計パラメータにおいて修正コスト値が最小となる設計パラメータが見つかる。そのため、第3条件及び第5条件での重み付けは修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法の選択に影響せず、第3条件及び第5条件の結果は第1条件の結果と同じになったと考えられる。

[0145] 一方、第2条件及び第4条件の結果は、第1条件の結果とは異なった。これは、第2条件及び第4条件で重み付けした設計パラメータが第1条件の算出結果に含まれるため、第2条件及び第4条件では、それらの重み付けした設計変更項目が高コストとして除外され、その他の設計パラメータ修正方法が、修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法として選択されたと

考えられる。

[0146] この結果より、設計パラメータ最適化処理は開発コスト係数の第1条件～第5条件を反映した設計パラメータ修正方法を特定できると確認された。

[0147] 図11は、本実施の形態の変形例における修正コスト値の算出について説明するための模式図である。

[0148] 本実施の形態では、修正方法特定部117は、コスト空間における誤答代表点と正答点との間の距離を表す修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正量を最適な設計パラメータ修正量として特定している。ここで、図11に示すように、誤答代表点と正答点の間には機械学習モデルの判定閾値がある。そのため、誤答代表点から修正コスト値が最小となる正答点まで矢印を伸ばした場合、矢印は途中で判定閾値を超える。そこで、本実施の形態の変形例における修正方法特定部117は、判定閾値を超えない大きさの補正係数を修正コスト値に乗算し、補正係数を徐々に大きくしながら状態予測を繰り返し、機械学習モデルの判定結果が切り替わる補正係数の値を探索してもよい。

[0149] より具体的には、修正方法決定部108は、修正コスト算出部116によって算出された複数の設計パラメータ修正方法毎の修正コスト値に補正係数を乗算する補正係数乗算部をさらに備えてもよい。修正方法特定部117は、補正係数が乗算された修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定してもよい。そして、状態予測部102は、修正方法特定部117によって特定された最適な設計パラメータ修正方法によって修正された設計パラメータを用いたセンサ2から得られる特徴量を機械学習モデルに入力することで測定対象の状態を予測してもよい。予測結果判定部104は、状態予測部102による状態の予測結果と、機械学習モデルに入力された特徴量に対応する正解の状態とに基づいて、状態の予測結果が正解の状態であるか否かを判定してもよい。修正方法決定部108は、予測結果判定部104によって状態の予測結果が正解の状態ではないと判定された場合、補正係数を更新する更新部をさらに備えてもよい。

このとき、更新部は、現在の補正係数より高くなるように補正係数を更新する。更新部は、状態の予測結果が正解の状態であると判定されるまで補正係数の更新が繰り返されることで、より開発コストを抑制することができる。

[0150] なお、上記各実施の形態において、各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、CPUまたはプロセッサなどのプログラム実行部が、ハードディスクまたは半導体メモリなどの記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。また、プログラムを記録媒体に記録して移送することにより、又はプログラムをネットワークを経由して移送することにより、独立した他のコンピュータシステムによりプログラムが実施されてもよい。

[0151] 本開示の実施の形態に係る装置の機能の一部又は全ては典型的には集積回路であるLSI (Large Scale Integration) として実現される。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。また、集積回路化はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後にプログラムすることが可能なFPGA (Field Programmable Gate Array)、又はLSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサを利用してもよい。

[0152] また、本開示の実施の形態に係る装置の機能の一部又は全てを、CPU等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。

[0153] また、上記で用いた数字は、全て本開示を具体的に説明するために例示するものであり、本開示は例示された数字に制限されない。

[0154] また、上記フローチャートに示す各ステップが実行される順序は、本開示を具体的に説明するために例示するためのものであり、同様の効果が得られる範囲で上記以外の順序であってもよい。また、上記ステップの一部が、他のステップと同時（並列）に実行されてもよい。

産業上の利用可能性

[0155] 本開示に係る技術は、機械学習モデルに入力される特徴量を最適化することができるので、センサを開発するための設計パラメータを最適化する技術として有用である。

請求の範囲

- [請求項1] コンピュータにおける情報処理方法であって、
- センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得し、
- 前記特徴量を機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測し、
- 前記機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、前記センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得し、
- 前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定し、
- 、
- 決定した前記最適な設計パラメータ修正方法を出力する、
- 情報処理方法。
- [請求項2] 前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、
- 前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記設計パラメータの修正量を算出し、
- 前記修正量に基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、前記最適な設計パラメータ修正方法を特定する、
- 請求項1記載の情報処理方法。
- [請求項3] さらに、前記状態の予測結果と、前記機械学習モデルに入力された前記特徴量に対応する正解の状態とに基づいて、前記状態の予測結果が前記正解の状態であるか否かを判定し、
- 前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、
- さらに、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記設計パラメータを算出し、
- さらに、前記正解の状態ではないと判定された予測結果に対応する特徴量の特徴量空間上における誤答点と、前記正解の状態であると判定された予測結果に対応する特徴量の特徴量空間上における正答点と

の距離を予測誤差として算出し、

前記設計パラメータの修正量の算出において、算出した前記予測誤差と、算出した前記設計パラメータとに基づいて、設計パラメータ空間上における前記修正量を算出する、

請求項 2 記載の情報処理方法。

[請求項4]

前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、

さらに、前記複数の設計パラメータ修正方法毎に設定されるとともに、前記センサの開発に必要なコストに応じて設定される開発コスト係数を取得し、

さらに、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記修正量に、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記開発コスト係数を乗算することにより、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の修正コスト値を算出し、

前記最適な設計パラメータ修正方法の特定において、算出した前記修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定する、

請求項 2 又は 3 記載の情報処理方法。

[請求項5]

前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、さらに、前記複数の設計パラメータ修正方法毎の前記修正コスト値に補正係数を乗算し、

前記最適な設計パラメータ修正方法の特定において、前記補正係数が乗算された前記修正コスト値が最小となる設計パラメータ修正方法を最適な設計パラメータ修正方法として特定し、

前記状態の予測において、特定した前記最適な設計パラメータ修正方法によって修正された前記設計パラメータを用いた前記センサから得られる前記特徴量を前記機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測し、

さらに、前記状態の予測結果と、前記機械学習モデルに入力された

前記特徴量に対応する正解の状態とに基づいて、前記状態の予測結果が前記正解の状態であるか否かを判定し、

前記最適な設計パラメータ修正方法の決定において、さらに、前記状態の予測結果が前記正解の状態ではないと判定された場合、前記補正係数を更新する、

請求項4記載の情報処理方法。

[請求項6]

前記設計パラメータは、前記特徴量の分布の平均値であり、

前記設計パラメータ修正方法は、前記特徴量の分布の前記平均値をシフトさせることである、

請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。

[請求項7]

前記設計パラメータは、前記特徴量の分布の標準偏差であり、

前記設計パラメータ修正方法は、前記特徴量の分布の前記標準偏差を縮小させることである、

請求項1～3のいずれか1項に記載の情報処理方法。

[請求項8]

センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得する特徴量取得部と、

前記特徴量を機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態を予測する予測部と、

前記機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、前記センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得する修正方法取得部と、

前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定する修正方法決定部と、

決定した前記最適な設計パラメータ修正方法を出力する出力部と、
を備える情報処理装置。

[請求項9]

センサによって測定された測定対象の特徴を示す特徴量を取得し、

前記特徴量を機械学習モデルに入力することで前記測定対象の状態

を予測し、

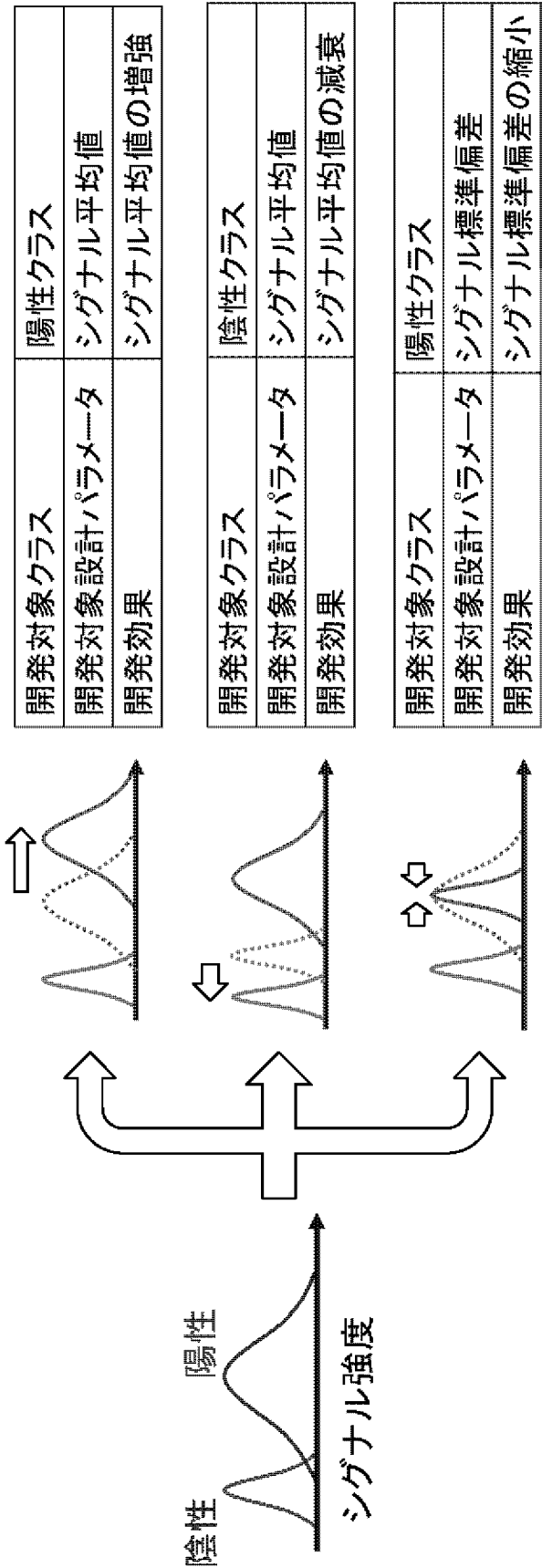
前記機械学習モデルの状態予測精度を向上させるとともに、前記センサの設計パラメータを修正するための複数の設計パラメータ修正方法を取得し、

前記特徴量と前記状態の予測結果とに基づいて、前記複数の設計パラメータ修正方法の中から、最適な設計パラメータ修正方法を決定し、

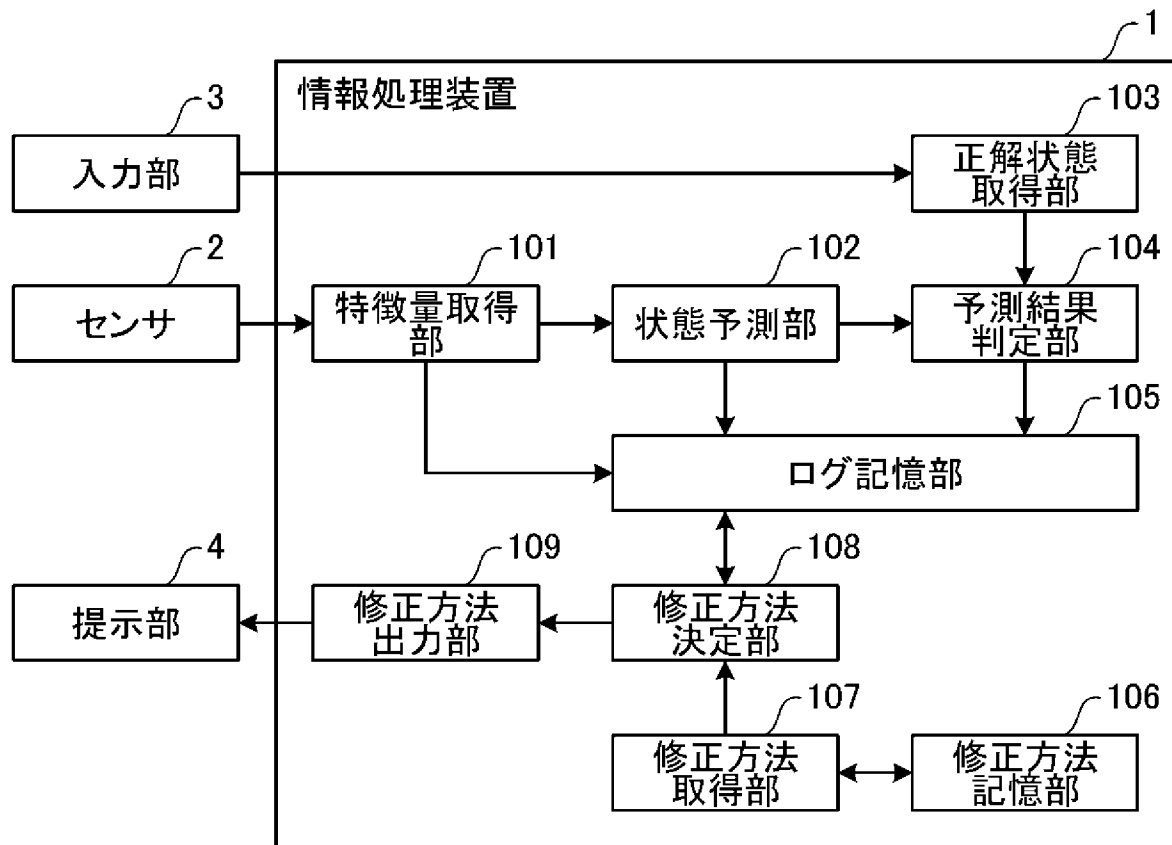
決定した前記最適な設計パラメータ修正方法を出力するようにコンピュータを機能させる、

情報処理プログラム。

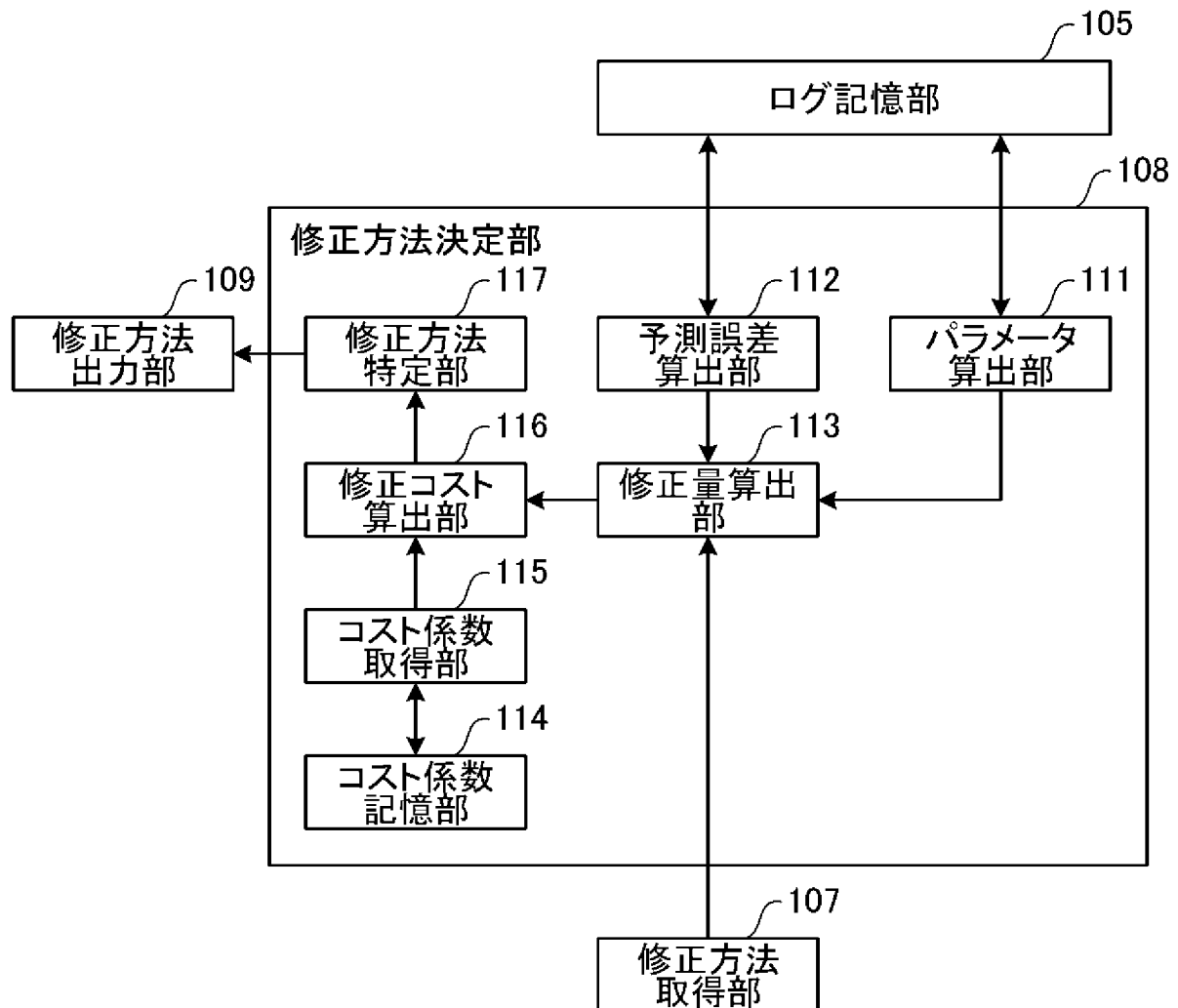
[図1]



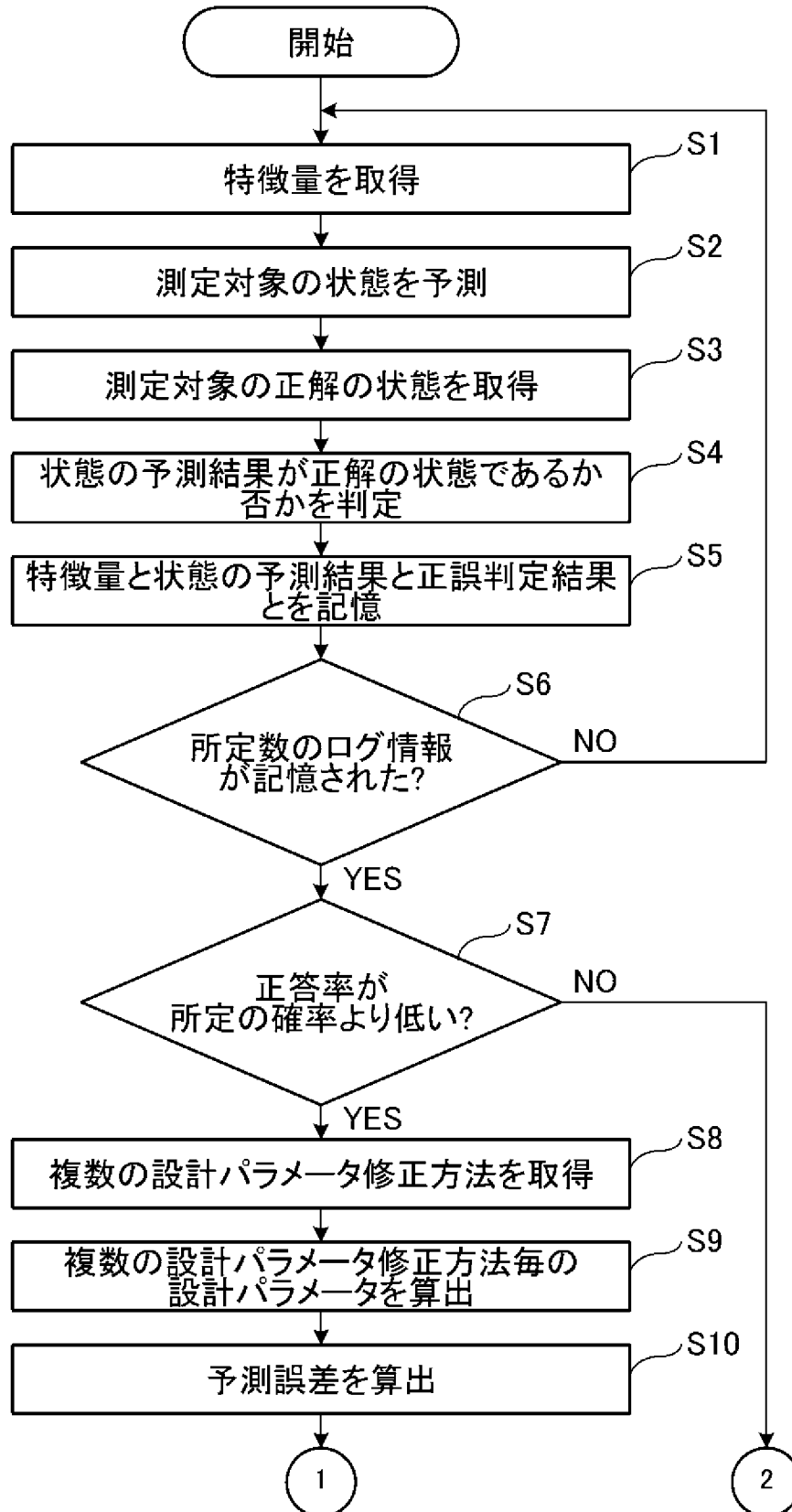
[図2]



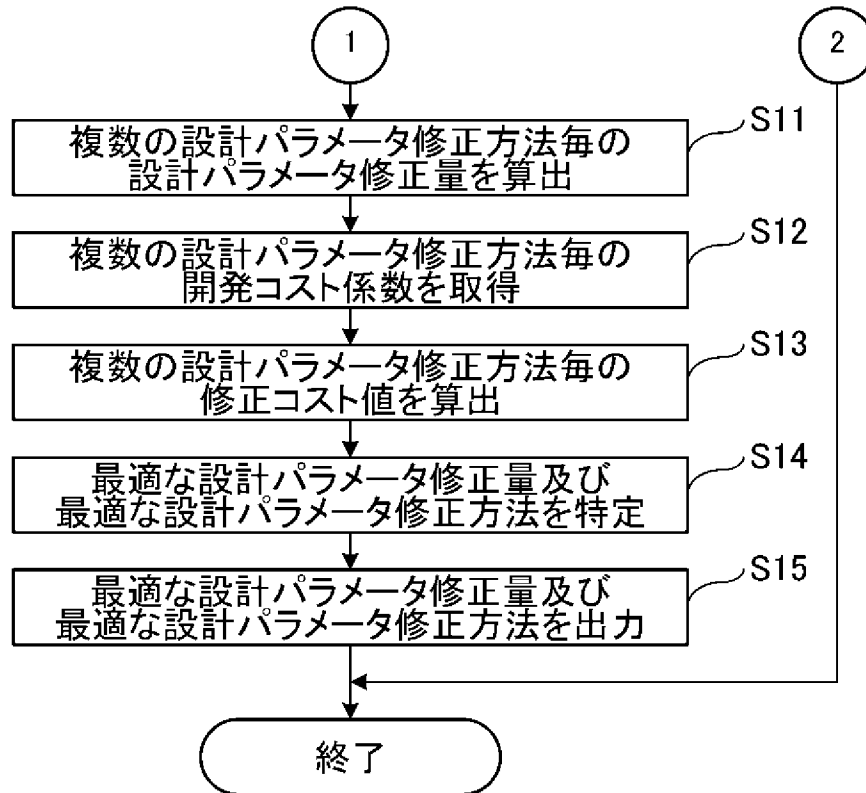
[図3]



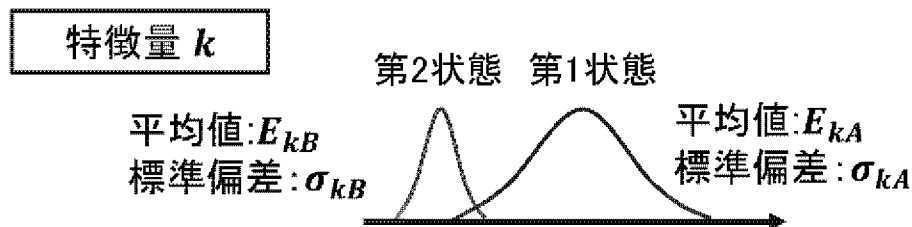
[図4]



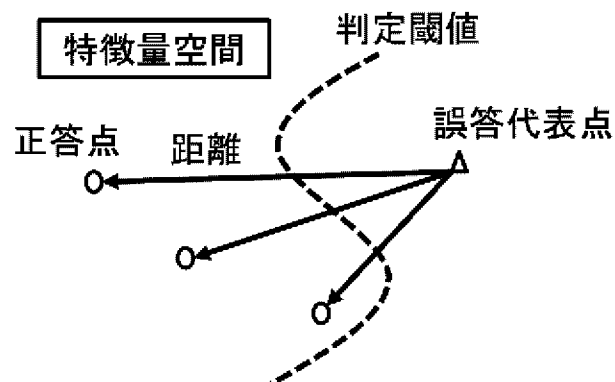
[図5]



[図6]

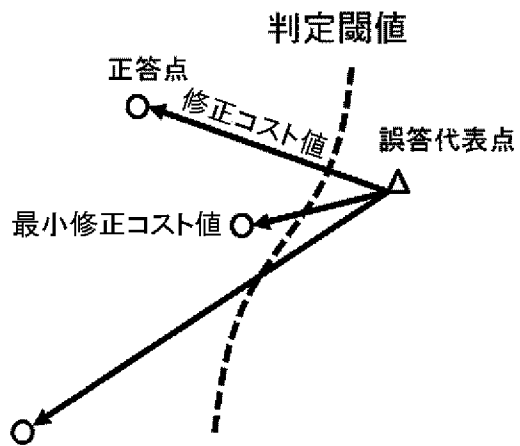


[図7]



[図8]

コスト空間



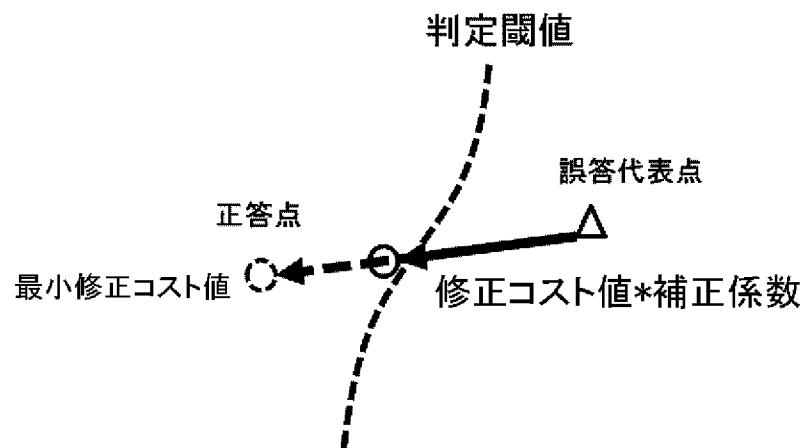
[図9]

[illegible]

[図10]

修正対象	第1条件	第2条件	第3条件	第4条件	第5条件
花種類クラス	versicolour	versicolour	versicolour	virginica	versicolour
特徴量	petal length	petal length	petal length	petal length	petal length
設計パラメータ	平均値	標準偏差	平均値	平均値	平均値

[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/048513

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G06N 20/00**(2019.01)i; **G06F 30/27**(2020.01)i

FI: G06N20/00; G06F30/27

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)

G06N 20/00-99/00; G06N 3/02-3/10; G06F 30/27

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	KR 10-2022-0011453 A (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) 28 January 2022 (2022-01-28) paragraphs [0023]-[0049]	1-9
A	JP 2018-109876 A (TOSHIBA CORP) 12 July 2018 (2018-07-12) paragraphs [0053]-[0072]	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

“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

15 March 2023

Date of mailing of the international search report

28 March 2023

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/JP2022/048513

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR	10-2022-0011453	A	28 January 2022	(Family: none)	
JP	2018-109876	A	12 July 2018	US 2018/0189242 A1	
				paragraphs [0075]-[0094]	

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; G06F 30/27(2020.01)i FI: G06N20/00; G06F30/27														
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）） G06N 20/00-99/00; G06N 3/02-3/10; G06F 30/27														
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 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023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 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 - 2023年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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	KR 10-2022-0011453 A (UNIST(ULSAN NATIONAL INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)) 28.01.2022 (2022 - 01 - 28) [0023]-[0049]	1-9												
A	JP 2018-109876 A (株式会社東芝) 12.07.2018 (2018 - 07 - 12) [0053]-[0072]	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、一般的技术水準を示すもの</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、一般的技术水準を示すもの	“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、一般的技术水準を示すもの	“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 15.03.2023	国際調査報告の発送日 28.03.2023													
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） 坂庭 剛史 5B 1976 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/JP2022/048513

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
KR	10-2022-0011453	A	28.01.2022	(ファミリーなし)	
JP	2018-109876	A	12.07.2018	US 2018/0189242 A1	
				[0075]-[0094]	