

(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
2025年1月2日(02.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/004366 A1

- (51) 国際特許分類:
G06N 20/00 (2019.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/024480
- (22) 国際出願日: 2023年6月30日(30.06.2023)
- (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: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岩田 具治 (IWATA, Tomoharu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 錦見

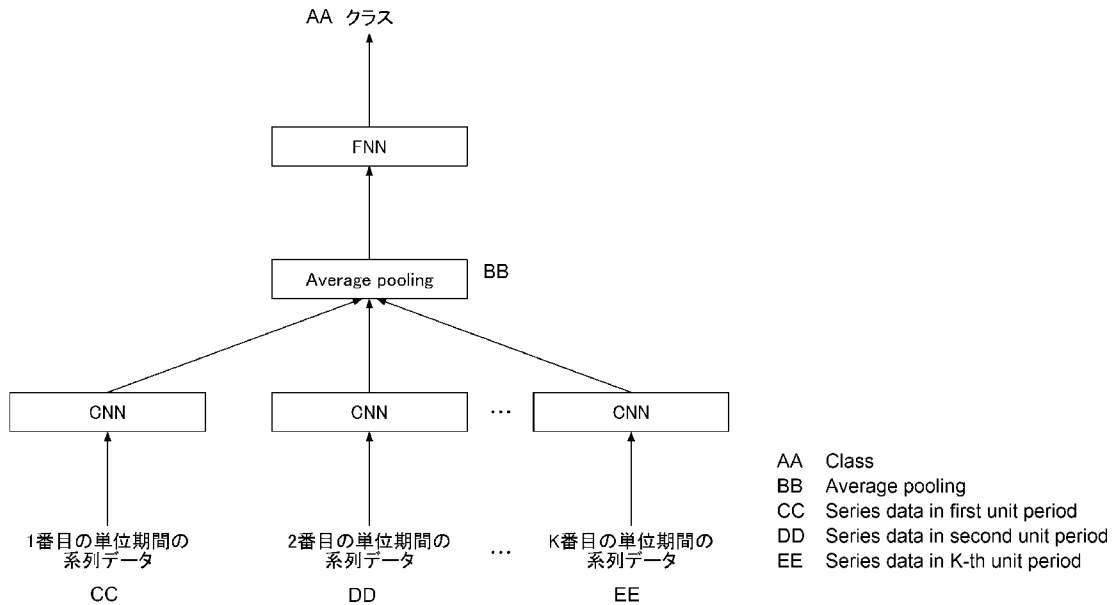
亮(NISHIKIMI, Ryo); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 渋谷 遼平(SHIBUE, Ryohei); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中野 允裕(NAKANO, Masahiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 柏野 邦夫(KASHINO, Kunio); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 友池 仁暢(TOMOIKE, Hitonobu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1

(54) Title: CLASSIFICATION DEVICE, CLASSIFICATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 分類装置、分類方法、及びプログラム

[図1]



(57) Abstract: A classification device according to one aspect of the present disclosure is provided with: a creation unit that uses first series data composed of a plurality of feature amounts to create second series data composed of only one feature amount in each prescribed time zone; a model training unit that uses the second series data and correct answer labels for the first series data to train a classification model that predicts a label by using arbitrary length series data as an input; an order estimation unit that uses third series data composed of a plurality of feature amounts, correct answer labels for the third series data, and the trained classification model to estimate an optimal order of the types of the feature

番 1 号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安
田生命ビル) 1 6 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

amounts for which the highest classification performance can be obtained when series data composed of only one feature amount in each of the time zones is input to the trained classification model; and a prediction unit that predicts a label for fourth series data by using the trained classification model and the fourth series data in which only one feature amount is measured in each of the time zones in accordance with the optimal order.

(57) 要約: 本開示の一態様による分類装置は、複数の特徴量で構成される第1の系列データを用いて、所定の各時間帯で1つの特徴量のみで構成される第2の系列データを作成する作成部と、前記第2の系列データと、前記第1の系列データに対する正解ラベルとを用いて、任意長の系列データを入力としてラベルを予測する分類モデルを学習するモデル学習部と、複数の特徴量で構成される第3の系列データと、前記第3の系列データに対する正解ラベルと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記各時間帯で1つの特徴量のみで構成される系列データを学習済みの前記分類モデルに入力したときに最も高い分類性能が得られる特徴量の種類の最適な順序を推定する順序推定部と、前記最適な順序に従って前記各時間帯で1つの特徴量のみを計測した第4の系列データと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記第4の系列データに対するラベルを予測する予測部と、を有する。

明 細 書

発明の名称： 分類装置、分類方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、分類装置、分類方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 機械学習手法を用いて、心電図データから病気の分類を行う手法が従来から提案されている。例えば、非特許文献1には、機械学習手法を用いて、12誘導心電図データを9つのクラス（NSR（正常洞調律）、AF（心房細動）、IAVB（I度の房室ブロック）、LBBB（左脚ブロック）、RBBB（右脚ブロック）、PAC（上室性期外収縮）、PVC（心室性期外収縮）、STD（STセグメント低下）、STE（STセグメント上昇））に分類する手法が記載されている。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：Zhang, D., Yang, S., Yuan, X., & Zhang, P. (2021). Interpretable deep learning for automatic diagnosis of 12-lead electrocardiogram. iScience, 24(4), 102373.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般に、1箇所では計測された心電図データ（つまり、1種類の特徴量の系列データ）を利用するよりも、12箇所では同時に計測された12誘導心電図データ（つまり、12種類の特徴量の系列データ）を利用した方が精度の良い分類結果が得られる。しかしながら、12誘導心電図データを計測するには高価な機器が必要であり、また計測準備に時間が掛かるという問題がある。

[0005] 本開示は、上記の点に鑑みてなされたもので、特徴量の種類を順次変更しながら計測された系列データを精度良く分類できる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様による分類装置は、複数の特徴量で構成される第1の系列データを用いて、所定の各時間帯で1つの特徴量のみで構成される第2の系列データを作成する作成部と、前記第2の系列データと、前記第1の系列データに対する正解ラベルとを用いて、任意長の系列データを入力としてラベルを予測する分類モデルを学習するモデル学習部と、複数の特徴量で構成される第3の系列データと、前記第3の系列データに対する正解ラベルと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記各時間帯で1つの特徴量のみで構成される系列データを学習済みの前記分類モデルに入力したときに最も高い分類性能が得られる特徴量の種類の最適な順序を推定する順序推定部と、前記最適な順序に従って前記各時間帯で1つの特徴量のみを計測した第4の系列データと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記第4の系列データに対するラベルを予測する予測部と、を有する。

発明の効果

[0007] 特徴量の種類を順次変更しながら計測された系列データを精度良く分類できる技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]分類モデルの一例を示す図である。

[図2]本実施形態に係る分類装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図3]本実施形態に係る分類装置の機能構成の一例を示す図である。

[図4]本実施形態に係るモデル学習処理の一例を示すフローチャートである。

[図5]本実施形態に係る順序推定処理の一例を示すフローチャートである。

[図6]本実施形態に係る分類処理の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の一実施形態について説明する。以下の実施形態では、特徴量の種類を順次変更しながら計測された系列データ（つまり、特徴量の種類が変化する1次元の系列データ）を精度良く分類できる分類装置10につい

て説明する。以下では、主に、系列データとして心電図データを想定し、特徴量の種類は心電図の計測箇所（第1誘導、第2誘導、第3誘導、aVR誘導、aVL誘導、aVF誘導、V1誘導～V6誘導）を想定する。なお、「計測」は、例えば、「観測」や「測定」等と称されてもよい。

[0010] ただし、心電図データは一例であって、特徴量の種類が変化する1次元の系列データであれば任意の系列データを分類する場合にも、本実施形態に係る分類装置10を適用することが可能である。例えば、心電図データ以外にも、心電図データと心音データで構成される1次元の系列データ等といった複数種類のデータで構成される1次元の系列データを分類する場合にも、本実施形態に係る分類装置10を適用することが可能である。

[0011] <分類モデル>

特徴量の種類が変化する1次元の系列データを分類するための分類モデルとしては、任意の長さの1次元の系列データを入力として、その系列データが属するクラスを表すラベルを出力する任意の機械学習モデルを用いることができる。以下では、一例として、主に、図1に示す分類モデルを想定する。図1に示す分類モデルは、単位期間の系列データを入力とする畳み込みニューラルネットワーク（CNN）と、全期間（図1に示す例ではK個の単位期間）にわたってCNNの出力の平均を取る平均プーリング層（Average pooling）と、平均プーリング層の出力を入力としてラベルを出力する順伝播型ニューラルネットワーク（FNN）とで構成されている。ここで、単位期間とは予め決められた長さの期間のことである。以下、分類モデルをfで表し、また単位期間の長さ（つまり、その期間の時間幅）をTで表す。

[0012] ただし、図1に示す分類モデルは一例であって、これに限られるものではなく、任意の長さの1次元の系列データを入力として、その系列データが属するクラスを表すラベルを出力する任意の機械学習モデルであれば任意の分類モデルを用いることが可能である。

[0013] <分類装置10のハードウェア構成例>

本実施形態に係る分類装置１０のハードウェア構成例を図２に示す。図２に示すように、本実施形態に係る分類装置１０は、入力装置１０１と、表示装置１０２と、外部Ｉ／Ｆ１０３と、通信Ｉ／Ｆ１０４と、ＲＡＭ（Random Access Memory）１０５と、ＲＯＭ（Read Only Memory）１０６と、補助記憶装置１０７と、プロセッサ１０８とを有する。これらの各ハードウェアは、それぞれがバス１０９を介して通信可能に接続される。

[0014] 入力装置１０１は、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル、物理ボタン等である。表示装置１０２は、例えば、ディスプレイ、表示パネル等である。なお、分類装置１０は、例えば、入力装置１０１及び表示装置１０２のうちの少なくとも一方を有していなくてもよい。

[0015] 外部Ｉ／Ｆ１０３は、記録媒体１０３ａ等の外部装置とのインタフェースである。記録媒体１０３ａとしては、例えば、ＣＤ（Compact Disc）、ＤＶＤ（Digital Versatile Disk）、ＳＤメモリカード（Secure Digital memory card）、ＵＳＢ（Universal Serial Bus）メモリカード等が挙げられる。

[0016] 通信Ｉ／Ｆ１０４は、分類装置１０を通信ネットワークに接続させるためのインタフェースである。ＲＡＭ１０５は、プログラムやデータを一時保持する揮発性の半導体メモリ（記憶装置）である。ＲＯＭ１０６は、電源を切ってもプログラムやデータを保持することができる不揮発性の半導体メモリ（記憶装置）である。補助記憶装置１０７は、例えば、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）、ＳＳＤ（Solid State Drive）、フラッシュメモリ等の不揮発性の記憶装置である。プロセッサ１０８は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）やＧＰＵ（Graphic Processing Unit）等の各種演算装置である。

[0017] なお、図２に示すハードウェア構成は一例であって、分類装置１０のハードウェア構成はこれに限られるものではない。例えば、分類装置１０は、複数の補助記憶装置１０７や複数のプロセッサ１０８を有していてもよいし、図示したハードウェアの一部を有していなくてもよいし、図示したハードウェア以外の種々のハードウェアを有していてもよい。

[0018] ＜分類装置１０の機能構成例＞

本実施形態に係る分類装置 10 の機能構成例を図 3 に示す。図 3 に示すように、本実施形態に係る分類装置 10 は、学習部 201 と、順序推定部 202 と、分類部 203 とを有する。これら各部は、例えば、分類装置 10 にインストールされた 1 以上のプログラムが、プロセッサ 108 等を実行させる処理により実現される。また、本実施形態に係る分類装置 10 は、記憶部 204 を有する。記憶部 204 は、例えば、補助記憶装置 107 等の記憶領域により実現される。ただし、記憶部 204 は、例えば、分類装置 10 と通信ネットワークを介して接続される記憶装置の記憶領域により実現されてもよい。

[0019] 学習部 201 は、与えられた学習データセット D_1 を用いて、特徴量の種類が変化する 1 次元の系列データを分類するための分類モデル f を学習する。

[0020] ここで、分類モデル f を学習する際には、学習データセット $D_1 = \{ (x_n, y_n) \mid n = 1, \dots, N_1 \}$ が与えられるものとする。 N_1 は学習データセット D_1 に含まれる学習データ数である。また、 x_n は n 番目の D 次元の系列データであり、以下で表される。

[0021] [数 1]

$$\mathbf{x}_n = ((x_{ntd})_{d=1}^D)_{t=1}^{M_n}$$

ただし、 x_{ntd} は時刻 t における d 番目の特徴量、 D は特徴量の種類数、 M_n は n 番目の D 次元の系列データの系列長である。また、 y_n は n 番目の D 次元の系列データ x_n に対するラベル（正解ラベル）であり、例えば、系列データ x_n が予め決められた各クラスに属する確率を要素とするベクトル等である。なお、例えば、 x_n が 12 誘導心電図データである場合、 $D = 12$ である。

[0022] このとき、学習部 201 は、分類モデル f を学習する際の各学習ステップ（つまり、分類モデル f のパラメータを更新する際の各イテレーション）で、各系列データ x_n を用いて、各時間帯で 1 種類の特徴量のみで構成される系列データ x_n' をランダムに作成する。例えば、同一種類の特徴量が計測され

る期間を単位期間 Δ 、 k 番目の単位期間を Δ_k として、学習部201は、 $n = 1, \dots, N_1$ の各々に対して、以下の手順11～手順14により、系列データ x_n から系列データ x_n' を作成する。ここで、 Δ_k は $t = (k - 1)T + 1$ から $t = kT$ までの期間のことである。

[0023] 手順11：学習部201は、 $m_n T \leq M_n$ を満たす1以上の整数 m_n をランダムに選択する。

[0024] 手順12：学習部201は、単位期間 Δ_k ($k = 1, \dots, m_n$) の各々に対して、特徴量の種類 d_k をランダムに選択する。

[0025] 手順13：学習部201は、単位期間 Δ_k ($k = 1, \dots, m_n$) の各々に対して、当該単位期間 Δ_k の系列データ x_n から d_k 番目の特徴量 x_{ntd_k} （ただし、「 d_k 」は「 d_k 」を表す。）を抽出する。すなわち、学習部201は、単位期間 Δ_k ($k = 1, \dots, m_n$) の各々に対して、 d_k 番目の特徴量 x_{ntd_k} ($t \in \Delta_k$) を抽出する。

[0026] 手順14：学習部201は、 d_k 番目の特徴量 x_{ntd_k} ($t \in \Delta_k$, $k = 1, \dots, m_n$) で構成される系列データを x_n' とする。すなわち、学習部201は、 $x_n' = (x_{ntd_k})$, ($t \in \Delta_k$, $k = 1, \dots, m_n$) とする。これにより、各単位期間でランダムな1種類の特徴量のみで構成され、かつ、ランダムな長さの系列データが得られる。

[0027] また、学習部201は、系列データ x_n' とそれに対応するラベル y_n とを用いて、分類性能が高くなるように、分類モデル f のパラメータを更新（学習）する。例えば、学習部201は、 $n = 1, \dots, N_1$ に関する $f(x_n')$ と y_n のクロスエントロピー損失等といった誤差を最小化するように、確率的勾配法等既知の最適化手法を利用して分類モデル f のパラメータを更新（学習）する。

[0028] 順序推定部202は、与えられた開発データセット D_2 と、学習部201によって学習された分類モデル f （以下、学習済み分類モデル f ともいう。）とを用いて、特徴量の種類を順次変更しながら計測する際における特徴量の種類の最適な順序を推定する。

[0029] ここで、特徴量の種類の最適な順序を推定する際には、開発データセット $D_2 = \{ (x_n, y_n) \mid n = 1, \dots, N_2 \}$ が与えられるものとする。 N_2 は開発データセット D_2 に含まれる開発データ数である。なお、開発データセット D_2 は学習データセット D_1 と同じものであってもよいし、学習データセット D_1 とは異なるものであってもよい。

[0030] 以下、開発データセット D_2 に含まれる x_n は n 番目の D 次元の系列データであり、学習データセット D_1 に含まれる x_n と同様に、以下で表されるものとする。

[0031] [数2]

$$\mathbf{x}_n = ((x_{ntd})_{d=1}^D)_{t=1}^{M_n}$$

なお、 x_{ntd} は時刻 t における d 番目の特徴量、 D は特徴量の種類数、 M_n は n 番目の D 次元の系列データの系列長である。

[0032] このとき、順序推定部 202 は、学習済み分類モデル f の分類性能が最も高くなるように、特徴量の種類を順次変更しながら計測する際における特徴量の種類の最適な順序を推定する。例えば、順序推定部 202 は、貪欲法を用いて、1 番目の単位期間 Δ_1 から順に学習済み分類モデル f の分類性能が最も高くなる特徴量を決定する。具体的には、順序推定部 202 は、以下の手順 21～手順 24 により、特徴量の種類の最適な順序 o を決定する。なお、以下では、1 番目から k 番目までの最適な順序を $o_k = (d_1, \dots, d_k)$ とする。

[0033] 手順 21：順序推定部 202 は、 $n = 1, \dots, N_2$ の各々に対して、1 番目の単位期間 Δ_1 における系列データ x_n (つまり、特徴量 x_{ntd} ($t \in \Delta_1$) で構成される系列データ) を用いて、 D 個の系列データ $x_{nd}^{(1)} = (x_{ntd})$, ($t \in \Delta_1, d = 1, \dots, D$) を作成する。

[0034] 手順 22：順序推定部 202 は、 $d = 1, \dots, D$ の各々に対して、 $n = 1, \dots, N_2$ に関する $f(x_{nd}^{(1)})$ と y_n の誤差 (例えば、クロスエ

ントロピー損失等)を求め、最も誤差が小さい特徴量の種類 d を d_1 とする。
これにより、最適な順序 $o_1 = (d_1)$ が決定される。

[0035] 手順23: 順序推定部202は、最適な順序 o_{k-1} (ただし、 $k \geq 2$) が決まっているとき、以下の手順23-1～手順23-2により最適な順序 o_k を決定する。

[0036] 手順23-1: 順序推定部202は、 $n = 1, \dots, N_2$ の各々に対して、 k 番目の単位期間における系列データ x_n (つまり、特徴量 x_{ntd} ($t \in \Delta_k$) で構成される系列データ) と、 s 番目の期間 Δ_s ($s = 1, \dots, k-1$) が特徴量 x_{ntd_s} (ただし、「 d_s 」は「 d_s 」を表す。) である系列データ $x_{nd}^{(k-1)} = (x_{ntd_s})$, ($t \in \Delta_s$, $s = 1, \dots, k-1$) とを用いて、 D 個の系列データ $x_{nd}^{(k)}$ ($d = 1, \dots, D$) を作成する。ここで、 d 番目の系列データ $x_{nd}^{(k)} = (x_{ntd'})$ は、 $t \in \Delta_s$ ($s = 1, \dots, k-1$) に関しては $d' = d_s$ 、 $t \in \Delta_k$ に関しては $d' = d$ である特徴量 $x_{ntd'}$ の系列データである。

[0037] 手順23-2: 順序推定部202は、 $d = 1, \dots, D$ の各々に対して、 $n = 1, \dots, N_2$ に関する $f(x_{nd}^{(k)})$ と y_n の誤差 (例えば、クロスエントロピー損失等) を求め、最も誤差が小さい特徴量の種類 d を d_k とする。これにより、最適な順序 $o_k = (d_1, \dots, d_k)$ が決定される。

[0038] 手順24: 順序推定部202は、 $k \leftarrow k+1$ として、 $k \leq \min M_n$ である場合は上記の手順23を再度実行し、 $k > \min M_n$ である場合は最適な順序 $o \leftarrow o_{k-1}$ とする。

[0039] 分類部203は、与えられたテストデータ x と、学習済み分類モデル f とを用いて、そのテストデータ x を分類 (つまり、 $f(x)$ によりラベル y を予測) する。ここで、テストデータ x は、単位期間 Δ_k 毎に最適な順序 o で特徴量が計測された任意長の系列データである。すなわち、テストデータ $x = (x_{td'})$ は、例えば、最適な順序 o に含まれる k 番目の特徴量の種類を d_k として、 $k = 1, \dots, L$ (ただし、 L はテストデータ x に含まれる単位期間数) に対して、 $t \in \Delta_k$ のとき $d' = d_k$ である特徴量 $x_{td'}$ の系列データ

である。言い換えれば、テストデータ x は、最適な順序 o に従って特徴量の種類を順次変更しながら単位期間毎に計測された系列データ（つまり、最適な順序 o に従って特徴量の種類が単位期間毎に変化する1次元の系列データ）である。

[0040] 記憶部204は、各種データを記憶する。記憶部204に記憶される各種データとしては、例えば、分類モデル f のパラメータ、学習データセット D_1 、開発データセット D_2 、テストデータ x 等が挙げられる。

[0041] なお、図3に示す例では、学習部201と順序推定部202と分類部203とを1台の分類装置10が有しているが、これは一例であって、これら各部が複数の装置上に分散して配置されていてもよい。例えば、或る1台の装置が学習部201及び順序推定部202を有しており、他の1台の装置が分類部203を有していてもよい。又は、例えば、3台の装置が学習部201、順序推定部202、分類部203をそれぞれ有していてもよい。

[0042] <モデル学習処理>

以下、分類モデル f を学習するためのモデル学習処理について、図4を参照しながら説明する。

[0043] 学習部201は、記憶部204に記憶されている学習データセット D_1 を入力する（ステップS101）。

[0044] 次に、学習部201は、学習データセット D_1 に含まれる各系列データ x_n を用いて、各時間帯で1種類の特徴量のみで構成される系列データ x_n' をそれぞれランダムに作成する（ステップS102）。例えば、学習部201は、上記の手順11～手順14により、各系列データ x_n から系列データ x_n' をそれぞれ作成する。

[0045] 次に、学習部201は、各系列データ x_n' とそれに対応するラベル y_n とを用いて、分類性能が高くなるように、分類モデル f のパラメータを更新（学習）する（ステップS103）。例えば、学習部201は、 $n=1, \dots, N_1$ に関する $f(x_n')$ と y_n のクロスエントロピー損失等といった誤差を最小化するように、確率的勾配法等既知の最適化手法を利用して分類モデル

f のパラメータを更新（学習）する。

[0046] 次に、学習部 201 は、モデル学習処理を終了するか否かを判定する（ステップ S104）。ここで、学習部 201 は、例えば、所定の終了条件を満たす場合はモデル学習処理を終了すると判定し、そうでない場合はモデル学習処理を終了しないと判定すればよい。当該終了条件としては、例えば、上記のステップ S102～ステップ S103 の繰り返し回数が所定の回数を超えたこと、分類モデル f のパラメータが収束したこと等が挙げられる。

[0047] 上記のステップ S104 でモデル学習処理を終了すると判定された場合、学習部 201 は、モデル学習処理を終了する。一方で、上記のステップ S104 でモデル学習処理を終了しないと判定された場合、学習部 201 は、上記のステップ S102 に戻る。これにより、上記のステップ S104 でモデル学習処理を終了すると判定されるまで、上記のステップ S102～ステップ S103 が繰り返し実行される。なお、上記のステップ S102～ステップ S103 の 1 回の繰り返しは学習ステップ又はイテレーション等とも呼ばれる。

[0048] ＜順序推定処理＞

以下、最適な順序 $\circ$ を推定するための順序推定処理について、図 5 を参照しながら説明する。

[0049] 順序推定部 202 は、記憶部 204 に記憶されている開発データセット D_2 を入力する（ステップ S201）。

[0050] 順序推定部 202 は、開発データセット D_2 に含まれる各系列データ x_n とそのラベル y_n とを用いて、学習済み分類モデル f の分類性能が最も高くなるように、特徴量の種類を順次変更しながら計測する際における特徴量の種類の最適な順序 $\circ$ を推定する（ステップ S202）。例えば、順序推定部 202 は、上記の手順 21～手順 24 により、最適な順序 $\circ$ を決定する。

[0051] ＜分類処理＞

以下、最適な順序 $\circ$ に従って特徴量の種類を順次変更しながら単位期間毎に計測された系列データ x を分類するための分類処理について、図 6 を参照

しながら説明する。

[0052] 分類部203は、記憶部204に記憶されている系列データ x をテストデータ x として入力する（ステップS301）。

[0053] 分類部203は、学習済み分類モデル f とテストデータ x とを用いて、 $f(x)$ によりラベル y を予測する（ステップS302）。これにより、ラベル y によってテストデータ x が分類される。

[0054] <評価>

本実施形態に係る分類装置10（以下、提案手法ともいう。）を評価するために、9種類のラベルが付与されている12誘導心電図データを用いた実験を行った。本実験では、6,877人の12誘導心電図データを用いて、その80%を学習データセット、10%開発データセット、10%をテストデータとした。また、単位期間を2秒として、1次元の心電図データをランダムに作成して分類モデル f を学習した。更に、評価指標としてはAUC（Area Under the ROC Curve）を用いた。

[0055] 提案手法と、固定した1箇所計測された心電図データ（1誘導の心電図データ）を用いた場合とのAUCを以下の表1に示す。

[0056]

[表1]

提案手法	0.964
I	0.951
II	0.951
III	0.933
aVR	0.958
aVL	0.934
avF	0.943
V1	0.951
V2	0.954
V3	0.952
V4	0.953
V5	0.954
V6	0.952

上記の表 1 に示されるように、提案手法は、固定した 1 箇所計測された心電図データを用いる場合と比較して高い精度で正しいラベルが予測できていることがわかる。

[0057] <まとめ>

以上のように、本実施形態に係る分類装置 10 では、各時間帯で 1 種類の特徴量のみで構成される系列データ x_n をランダムに作成した上で、これらの系列データ x_n とそれに対応するラベル y_n から分類モデル f を学習する。また、本実施形態に係る分類装置 10 では、学習済み分類モデル f で最も高い分類性能が得られる特徴量の種類の順序を推定する。これにより、本実施形態に係る分類装置 10 では、その順序に従って各時間帯で特徴量を計測した系列データを精度良く分類することが可能となる。このため、本実施形態に係る分類装置 10 によれば、複数の特徴量を同時に計測することができない場合であっても、最適な順序に従って各時間帯で特徴量の種類を変化させながらその特徴量を計測することにより、この計測によって得られた系列デ

ータを精度良く分類することが可能となる。

[0058] 本発明は、具体的に開示された上記の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲の記載から逸脱することなく、種々の変形や変更、既知の技術との組み合わせ等が可能である。

符号の説明

[0059]	1 0	分類装置
	1 0 1	入力装置
	1 0 2	表示装置
	1 0 3	外部 I / F
	1 0 3 a	記録媒体
	1 0 4	通信 I / F
	1 0 5	R A M
	1 0 6	R O M
	1 0 7	補助記憶装置
	1 0 8	プロセッサ
	1 0 9	バス
	2 0 1	学習部
	2 0 2	順序推定部
	2 0 3	分類部
	2 0 4	記憶部

請求の範囲

[請求項1] 複数の特徴量で構成される第1の系列データを用いて、所定の各時間帯で1つの特徴量のみで構成される第2の系列データを作成する作成部と、

前記第2の系列データと、前記第1の系列データに対する正解ラベルとを用いて、任意長の系列データを入力としてラベルを予測する分類モデルを学習するモデル学習部と、

複数の特徴量で構成される第3の系列データと、前記第3の系列データに対する正解ラベルと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記各時間帯で1つの特徴量のみで構成される系列データを学習済みの前記分類モデルに入力したときに最も高い分類性能が得られる特徴量の種類の最適な順序を推定する順序推定部と、

前記最適な順序に従って前記各時間帯で1つの特徴量のみを計測した第4の系列データと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記第4の系列データに対するラベルを予測する予測部と、

を有する分類装置。

[請求項2] 前記作成部は、

前記時間帯の数をランダムに選択し、

前記各時間帯の各々で前記複数の特徴量の中から1つの特徴量のみをランダムに選択し、

前記各時間帯の各々で、選択された1つの特徴量のみで構成される1次元の系列データを前記第2の系列データとして作成する、請求項1に記載の分類装置。

[請求項3] 前記順序推定部は、

1番目の前記時間帯から順に、前記第3の系列データを用いて、前記時間帯で1つの特徴量のみで構成される複数の系列データを作成し、作成した複数の系列データの各々を学習済みの前記分類モデルに入力したときに最も高い分類性能が得られる特徴量の種類を決定するこ

とにより、前記最適な順序を推定する、請求項 1 又は 2 に記載の分類装置。

[請求項4]

前記順序推定部は、

前記複数の特徴量の種類数を D として、1 番目の前記時間帯～ $s-1$ 番目の前記時間帯までの前記順序が決まっているときに、前記第 3 の系列データを用いて、 s 番目の前記時間帯で d ($d = 1, \dots, D$) 番目の特徴量のみで構成される D 個の系列データを作成し、

1 番目の前記時間帯～ $s-1$ 番目の前記時間帯までの系列データと、 s 番目の前記時間帯の D 個の系列データの各々とで構成される D 個の系列データの各々を学習済みの前記分類モデルに入力したときに最も高い分類性能が得られる特徴量の種類を s 番目の特徴量の種類として決定する、

ことを繰り返すことにより、前記最適な順序を推定する、請求項 3 に記載の分類装置。

[請求項5]

複数の特徴量で構成される第 1 の系列データを用いて、所定の各時間帯で 1 つの特徴量のみで構成される第 2 の系列データを作成する作成手順と、

前記第 2 の系列データと、前記第 1 の系列データに対する正解ラベルとを用いて、任意長の系列データを入力としてラベルを予測する分類モデルを学習するモデル学習手順と、

複数の特徴量で構成される第 3 の系列データと、前記第 3 の系列データに対する正解ラベルと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記各時間帯で 1 つの特徴量のみで構成される系列データを学習済みの前記分類モデルに入力したときに最も高い分類性能が得られる特徴量の種類の最適な順序を推定する順序推定手順と、

前記最適な順序に従って前記各時間帯で 1 つの特徴量のみを計測した第 4 の系列データと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記第 4 の系列データに対するラベルを予測する予測手順と、

をコンピュータが実行する分類方法。

[請求項6]

複数の特徴量で構成される第1の系列データを用いて、所定の各時間帯で1つの特徴量のみで構成される第2の系列データを作成する作成手順と、

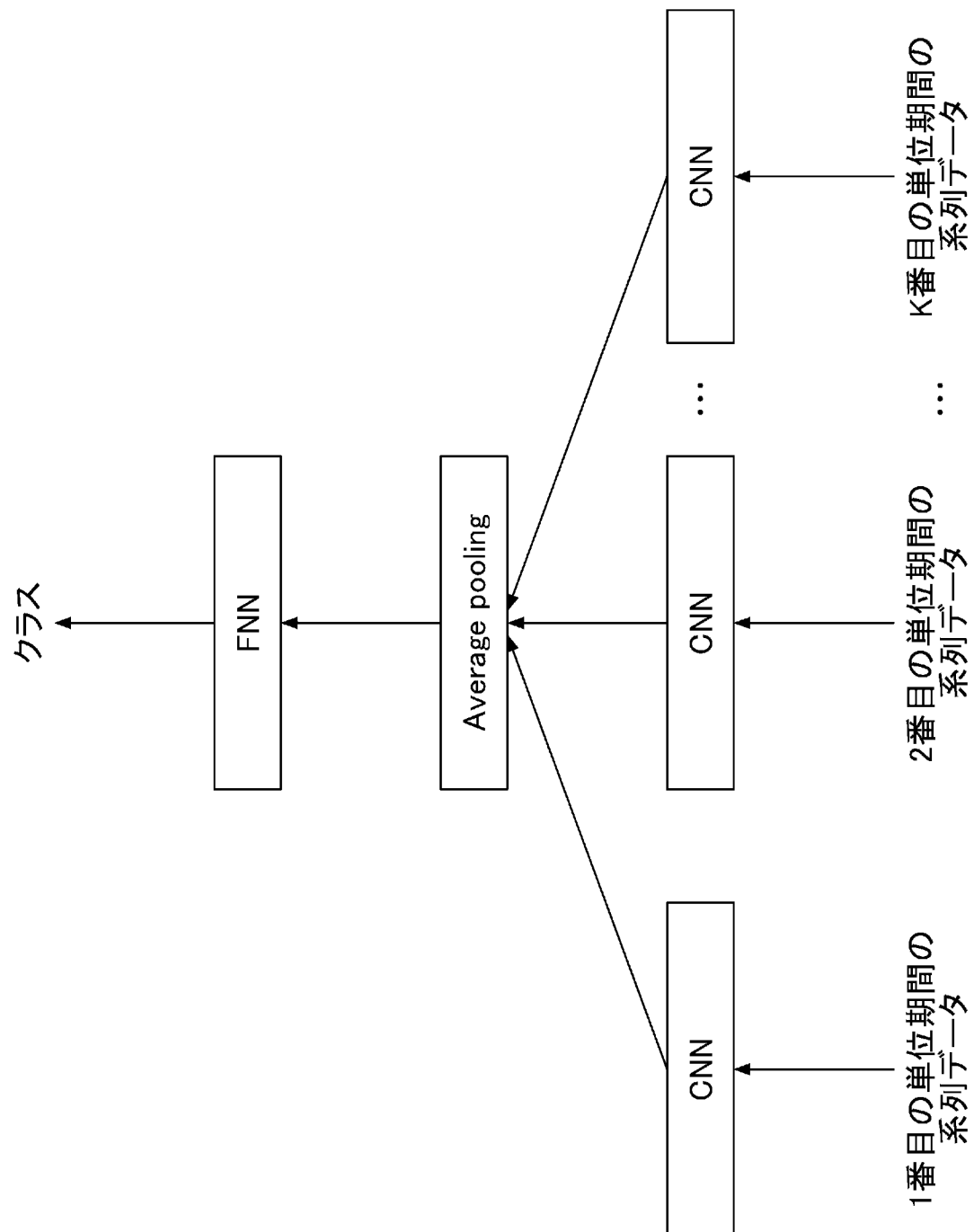
前記第2の系列データと、前記第1の系列データに対する正解ラベルとを用いて、任意長の系列データを入力としてラベルを予測する分類モデルを学習するモデル学習手順と、

複数の特徴量で構成される第3の系列データと、前記第3の系列データに対する正解ラベルと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記各時間帯で1つの特徴量のみで構成される系列データを学習済みの前記分類モデルに入力したときに最も高い分類性能が得られる特徴量の種類の最適な順序を推定する順序推定手順と、

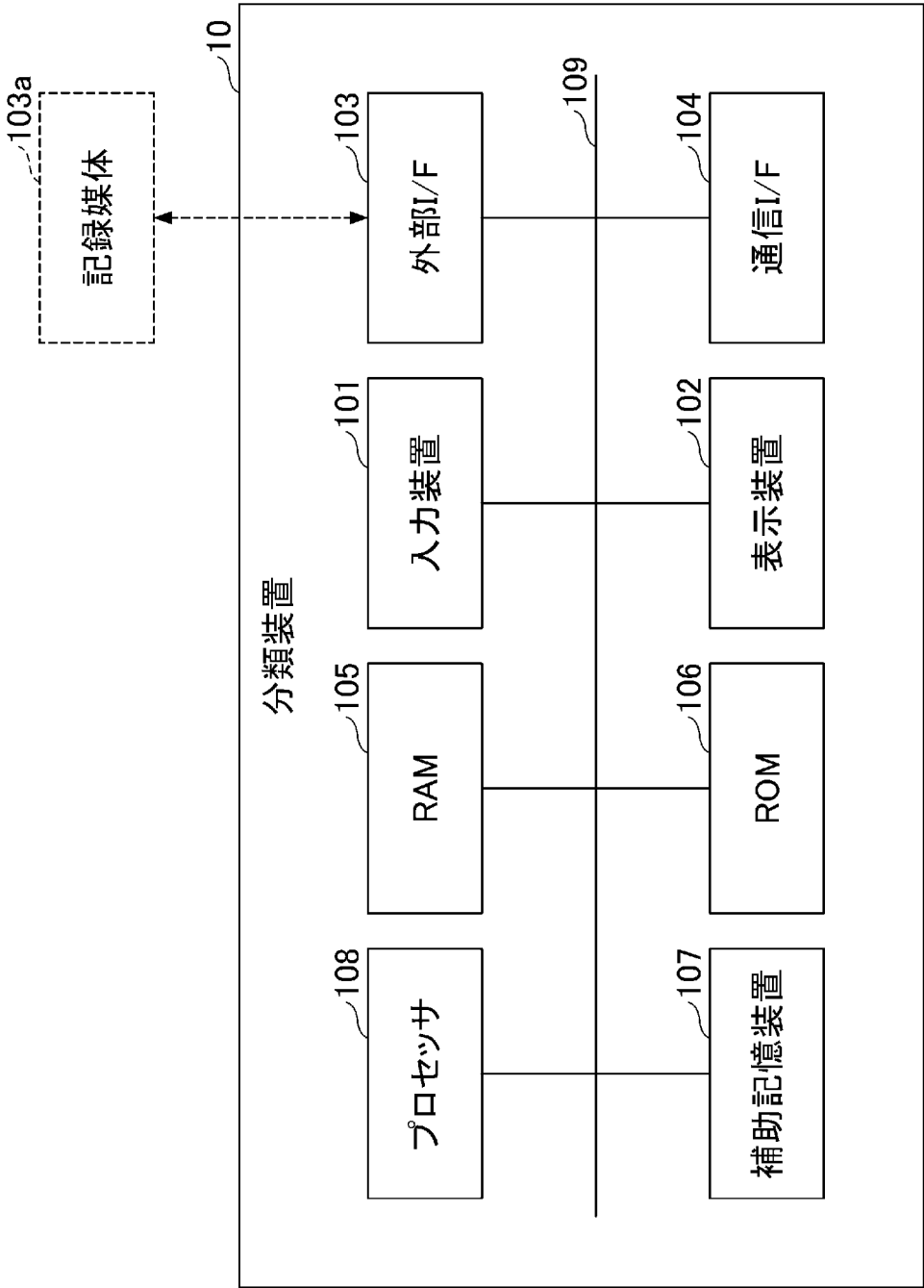
前記最適な順序に従って前記各時間帯で1つの特徴量のみを計測した第4の系列データと、学習済みの前記分類モデルとを用いて、前記第4の系列データに対するラベルを予測する予測手順と、

をコンピュータに実行させるプログラム。

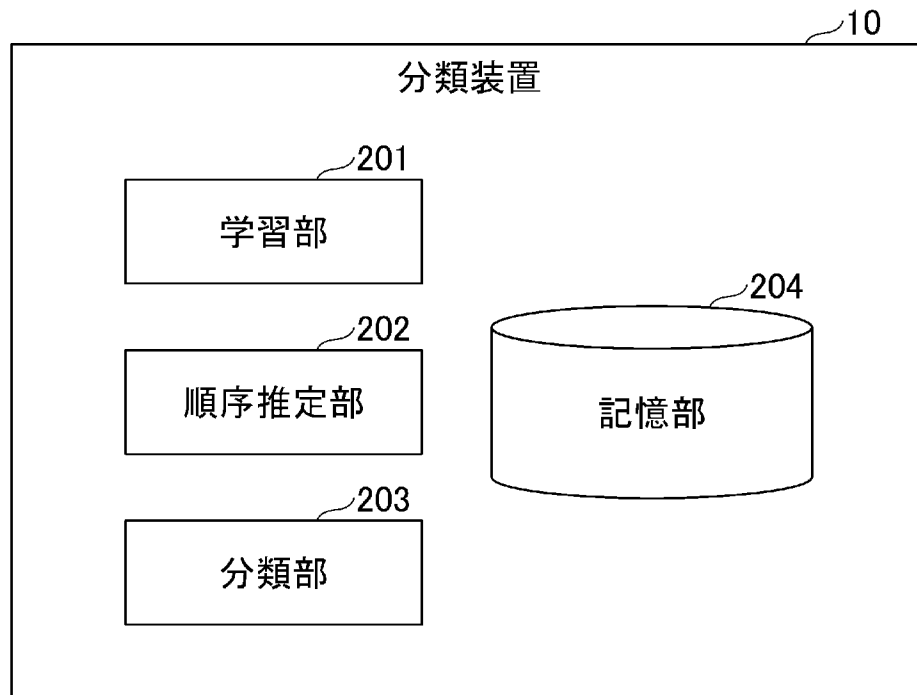
[図1]



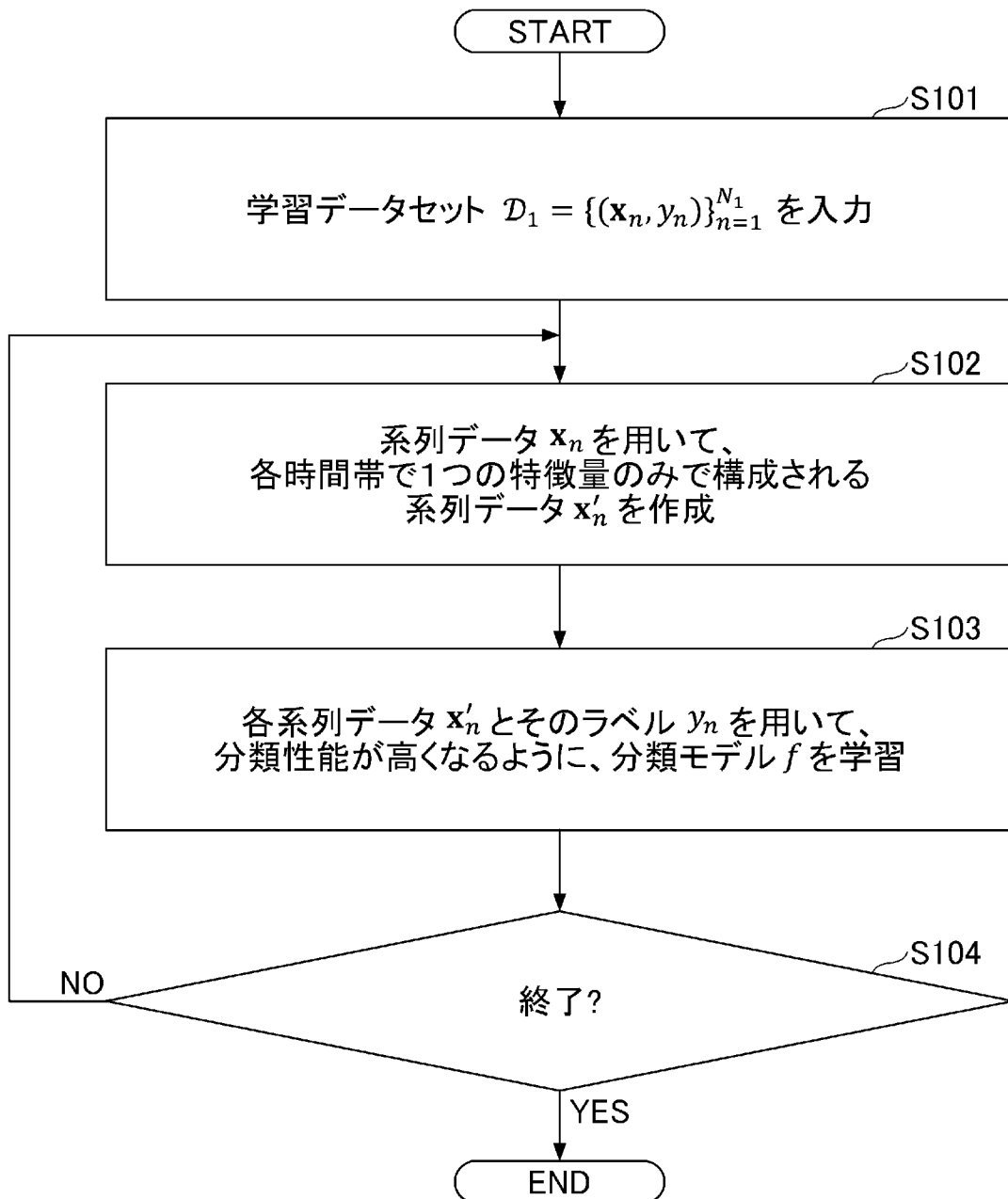
[図2]



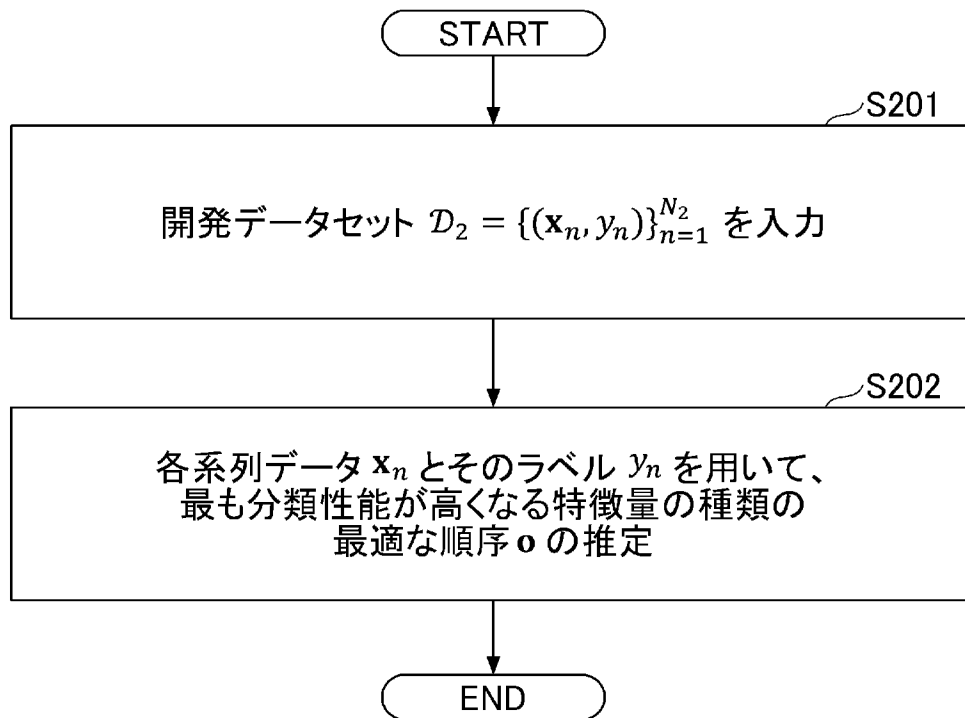
[図3]



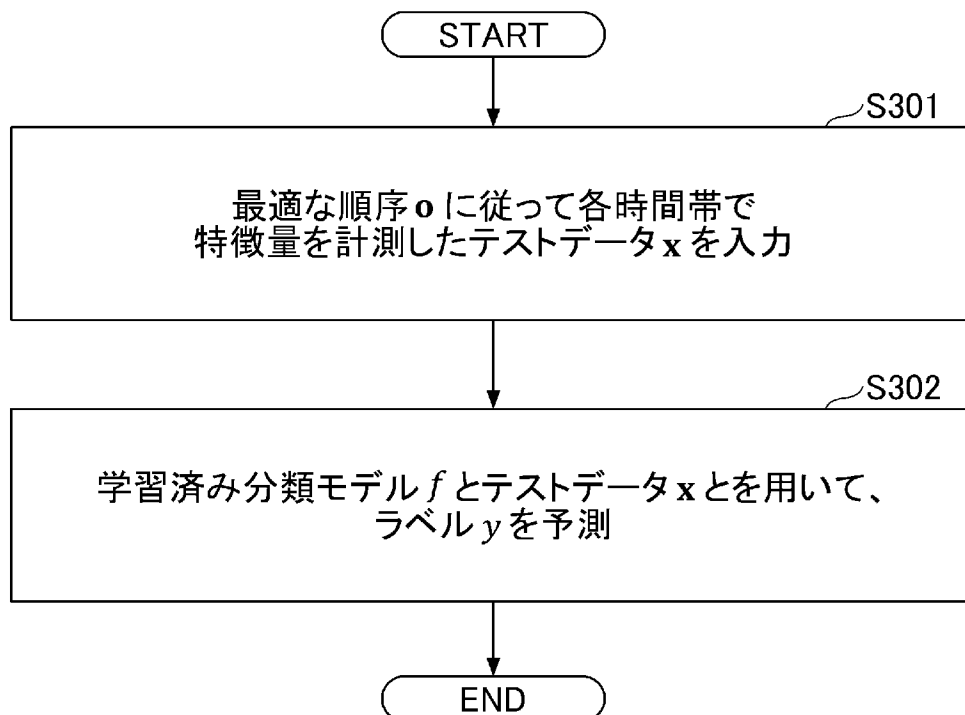
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/024480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*G06N 20/00*(2019.01)i

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

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	JP 2016-152039 A (FUJITSU LIMITED) 22 August 2016 (2016-08-22) paragraphs [0043]-[0044]	1-6
A	JP 2020-528336 A (ANHUI HUAMI INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 September 2020 (2020-09-24) entire text	1-6



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 September 2023

Date of mailing of the international search report

19 September 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/JP2023/024480

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2016-152039	A	22 August 2016	(Family: none)	
JP	2020-528336	A	24 September 2020	US 2020/0155024	A1
				entire text	
				EP 3644220	A1
				CN 107516075	A
				KR 10-2020-0036908	A
				CA 3071699	A1

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										
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	JP 2016-152039 A（富士通株式会社）22.08.2016（2016 - 08 - 22） 段落[0043]-[0044]	1-6								
A	JP 2020-528336 A（安徽華米信息科技有限公司）24.09.2020（2020 - 09 - 24） 全文	1-6								
☐ 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 “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 </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 “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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 11.09.2023	国際調査報告の発送日 19.09.2023									
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） 今城 朋彬 5B 7888 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/JP2023/024480

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-152039	A	22.08.2016	(ファミリーなし)	
JP	2020-528336	A	24.09.2020	US 2020/0155024	A1
				全文	
				EP 3644220	A1
				CN 107516075	A
				KR 10-2020-0036908	A
				CA 3071699	A1