(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7537519号
(P7537519)

(45)発行日　令和6年8月21日(2024.8.21)

(24)登録日　令和6年8月13日(2024.8.13)

(51)国際特許分類
Ｇ０６Ｎ　20/00　(2019.01)

ＦＩ
Ｇ０６Ｎ　20/00

請求項の数　12　（全37頁）

(21)出願番号　特願2022-572837(P2022-572837)
(86)(22)出願日　令和2年12月28日(2020.12.28)
(86)国際出願番号　PCT/JP2020/049170
(87)国際公開番号　WO2022/144991
(87)国際公開日　令和4年7月7日(2022.7.7)
審査請求日　令和5年6月2日(2023.6.2)

(73)特許権者　000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目７番１号
(74)代理人　100104765
弁理士　江上 達夫
(74)代理人　100107331
弁理士　中村 聡延
(74)代理人　100131015
弁理士　三輪 浩誉
(72)発明者　海老原 章記
東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内
(72)発明者　宮川 大輝
東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　情報処理システム、情報処理方法、及びコンピュータプログラム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
系列データに含まれる複数の要素を取得する取得手段と、
前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出する算出手段と、
前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類する分類手段と、
複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行う学習手段と
を備え、
前記学習手段は、前記系列データの分類しやすさを判定する判定手段を有し、
前記判定手段は、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きが大きいほど、前記系列データが分類しやすいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きが小さいほど、前記系列データが分類しにくいと判定し、
前記学習手段は、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
ことを特徴とする情報処理システム。
【請求項２】
系列データに含まれる複数の要素を取得する取得手段と、
前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属す

るクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出する算出手段と、
前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類する分類手段と、
複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行う学習手段と
を備え、
前記学習手段は、前記系列データの分類しやすさを判定する判定手段を有し、
前記判定手段は、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きの分散が大きいほど、前記系列データが分類しにくいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定師閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きの分散が小さいほど、前記系列データが分類しやすいと判定し、
前記学習手段は、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
ことを特徴とする情報処理システム。
【請求項３】
系列データに含まれる複数の要素を取得する取得手段と、
前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出する算出手段と、
前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類する分類手段と、
複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行う学習手段と
を備え、
前記学習手段は、前記系列データの分類しやすさを判定する判定手段を有し、
前記判定手段は、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値及び不正解クラスに対応する第２の所定閾値のいずれにも所定時間内に到達しない前記系列データについて、前記第１の所定閾値に到達した前記系列データよりも分類しにくく、前記第２の所定閾値に到達した前記系列データよりも分類しやすいと判定し、
前記学習手段は、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
ことを特徴とする情報処理システム。
【請求項４】
前記学習手段は、分類しやすい前記系列データの前記貢献度を低くし、分類しにくい前記系列データの前記貢献度を高くすることを特徴とする請求項１から３のいずれか一項に記載の情報処理システム。
【請求項５】
前記学習手段は、複数の前記系列データを分類しやすさに応じて順位付けし、前記順位に基づいて前記貢献度を決定することを特徴とする請求項１から３のいずれか一項に記載の情報処理システム。
【請求項６】
前記判定手段は、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの時間が短いほど、前記系列データが分類しやすいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定閾値に到達するまでの時間が短いほど、前記系列データが分類しにくいと判定することを特徴とする請求項１から３のいずれか一項に記載の情報処理システム。
【請求項７】
系列データに含まれる複数の要素を取得し、
前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、
前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、
複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、
前記学習を行う際に、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きが大きいほど、前記系列データが分類しやすいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きが小さいほど、前記系列データが分類しにくいと判定することで、前記系列データの分類しやすさ

を判定し、
　複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
　ことを特徴とする情報処理方法。
【請求項８】
系列データに含まれる複数の要素を取得し、
前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、
前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、
複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、
前記学習を行う際に、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きの分散が大きいほど、前記系列データが分類しにくいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定師閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きの分散が小さいほど、前記系列データが分類しやすいと判定することで、前記系列データの分類しやすさを判定し、
複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
ことを特徴とする情報処理方法。
【請求項９】
系列データに含まれる複数の要素を取得し、
前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、
前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、
複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、
前記学習を行う際に、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値及び不正解クラスに対応する第２の所定閾値のいずれにも所定時間内に到達しない前記系列データについて、前記第１の所定閾値に到達した前記系列データよりも分類しにくく、前記第２の所定閾値に到達した前記系列データよりも分類しやすいと判定することで、前記系列データの分類しやすさを判定し、
複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
ことを特徴とする情報処理方法。
【請求項１０】
　系列データに含まれる複数の要素を取得し、
　前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、
　前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、
　複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、
　前記学習を行う際に、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きが大きいほど、前記系列データが分類しやすいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きが小さいほど、前記系列データが分類しにくいと判定することで、前記系列データの分類しやすさを判定し、
　複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
　ようにコンピュータを動作させることを特徴とするコンピュータプログラム。
【請求項１１】
系列データに含まれる複数の要素を取得し、
前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、

前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、
複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、
前記学習を行う際に、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きの分散が大きいほど、前記系列データが分類しにくいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定師閾値に到達するまでの前記尤度比の傾きの分散が小さいほど、前記系列データが分類しやすいと判定することで、前記系列データの分類しやすさを判定し、
複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
ようにコンピュータを動作させることを特徴とするコンピュータプログラム。
【請求項１２】
系列データに含まれる複数の要素を取得し、
前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、
前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、
複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、
前記学習を行う際に、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値及び不正解クラスに対応する第２の所定閾値のいずれにも所定時間内に到達しない前記系列データについて、前記第１の所定閾値に到達した前記系列データよりも分類しにくく、前記第２の所定閾値に到達した前記系列データよりも分類しやすいと判定することで、前記系列データの分類しやすさを判定し、
複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる
ようにコンピュータを動作させることを特徴とするコンピュータプログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この開示は、例えばクラス分類に関する情報を処理する情報処理システム、情報処理方法、及びコンピュータプログラムの技術分野に関する。
【背景技術】
【０００２】
この種のシステムとして、クラス分類に関する学習処理を実行するものが知られている。例えば特許文献１では、学習画像を分類した場合に、失敗総数が最小になる値を検索して決定することが開示されている。特許文献２では、対数尤度を利用する分類装置において、時系列データを用いて予め学習を行うことが開示されている。
【０００３】
その他の関連する技術として、例えば特許文献３では、尤度比を算出してなりすまし判定を行う技術が開示されている。特許文献４では、顔画像を照合する装置において、認証時間が所定時間以上となる場合に、その登録画像が認証しづらい画像であると判断して更新フラグをオンにするという技術が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【文献】特開２００９－０８６７４９号公報
【文献】特開２００９－２４５３１４号公報
【文献】特開２００９－２８９２５３号公報
【文献】特開２０１２－２０８６１０号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】

この開示は、上述した関連する技術を改善することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

この開示の情報処理システムの一の態様は、系列データに含まれる複数の要素を取得する取得手段と、前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出する算出手段と、前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類する分類手段と、複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行う学習手段とを備え、前記学習手段は、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる。

【０００７】

この開示の情報処理方法の一の態様は、系列データに含まれる複数の要素を取得し、前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、前記学習を行う際に、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させる。

【０００８】

この開示のコンピュータプログラムの一の態様は、系列データに含まれる複数の要素を取得し、前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、前記学習を行う際に、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させるようにコンピュータを動作させる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】第１実施形態に係る情報処理システムのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図２】第１実施形態に係る情報処理システムの機能的構成を示すブロック図である。

【図３】第１実施形態に係る情報処理システムにおける分類装置の動作の流れを示すフローチャートである。

【図４】第１実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。

【図５】第２実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。

【図６】第２実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の第１変形例の動作の流れを示すフローチャートである。

【図７】第２実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の第２変形例の動作の流れを示すフローチャートである。

【図８】第３実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。

【図９】第３実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の第１変形例の動作の流れを示すフローチャートである。

【図１０】第３実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の第２変形例の動作の流れを示すフローチャートである。

【図１１】第２実施形態及び３実施形態に係る情報処理システムを組み合わせた学習部の動作の流れを示すフローチャートである。

【図１２】第４実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。

【図１３】第４実施形態に係る情報処理システムにおける学習部による学習貢献度の設定例を示す表（その１）である。
【図１４】第４実施形態に係る情報処理システムにおける学習部による学習貢献度の設定例を示す表（その２）である。
【図１５】第４実施形態に係る情報処理システムにおける学習部による学習貢献度の設定例を示す表（その３）である。
【図１６】第５実施形態に係る情報処理システムの機能的構成を示すブロック図である。
【図１７】第５実施形態に係る情報処理システムにおける尤度比算出部の動作の流れを示すフローチャートである。
【図１８】第５実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。
【図１９】第５実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフである。
【図２０】第６実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。
【図２１】第６実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフである。
【図２２】第７実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。
【図２３】第７実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフである。
【図２４】第８実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。
【図２５】第８実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフ（その１）である。
【図２６】第８実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフ（その２）である。
【図２７】第９実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフである。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
以下、図面を参照しながら、情報処理システム、情報処理方法、及びコンピュータプログラムの実施形態について説明する。
【００１１】
＜第１実施形態＞
第１実施形態に係る情報処理システムについて、図１から図４を参照して説明する。
【００１２】
（ハードウェア構成）
まず、図１を参照しながら、第１実施形態に係る情報処理システムのハードウェア構成について説明する。図１は、第１実施形態に係る情報処理システムのハードウェア構成を示すブロック図である。
【００１３】
図１に示すように、第１実施形態に係る情報処理システム１は、プロセッサ１１と、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）１２と、ＲＯＭ（Ｒｅａｄ Ｏｎｌｙ Ｍｅｍｏｒｙ）１３と、記憶装置１４とを備えている。情報処理システム１は更に、入力装置１５と、出力装置１６とを備えていてもよい。プロセッサ１１と、ＲＡＭ１２と、ＲＯＭ１３と、記憶装置１４と、入力装置１５と、出力装置１６とは、データバス１７を介して接続されている。
【００１４】
プロセッサ１１は、コンピュータプログラムを読み込む。例えば、プロセッサ１１は、

ＲＡＭ１２、ＲＯＭ１３及び記憶装置１４のうちの少なくとも一つが記憶しているコンピュータプログラムを読み込むように構成されている。或いは、プロセッサ１１は、コンピュータで読み取り可能な記録媒体が記憶しているコンピュータプログラムを、図示しない記録媒体読み取り装置を用いて読み込んでもよい。プロセッサ１１は、ネットワークインタフェースを介して、情報処理システム１の外部に配置される不図示の装置からコンピュータプログラムを取得してもよい（つまり、読み込んでもよい）。プロセッサ１１は、読み込んだコンピュータプログラムを実行することで、ＲＡＭ１２、記憶装置１４、入力装置１５及び出力装置１６を制御する。本実施形態では特に、プロセッサ１１が読み込んだコンピュータプログラムを実行すると、プロセッサ１１内には、尤度比を用いる分類及びそれに関する学習処理を実行ための機能ブロックが実現される。なお、プロセッサ１１の一例として、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）、ＧＰＵ（Ｇｒａｐｈｉｃｓ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）、ＦＰＧＡ（ｆｉｅｌｄ－ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ ｇａｔｅ ａｒｒａｙ）、ＤＳＰ（Ｄｅｍａｎｄ－Ｓｉｄｅ Ｐｌａｔｆｏｒｍ）、ＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ Ｓｐｅｃｉｆｉｃ Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）が挙げられる。プロセッサ１１は、上述した一例のうち一つを用いてもよいし、複数を並列で用いてもよい。

【００１５】

ＲＡＭ１２は、プロセッサ１１が実行するコンピュータプログラムを一時的に記憶する。ＲＡＭ１２は、プロセッサ１１がコンピュータプログラムを実行している際にプロセッサ１１が一時的に使用するデータを一時的に記憶する。ＲＡＭ１２は、例えば、Ｄ－ＲＡＭ（Ｄｙｎａｍｉｃ ＲＡＭ）であってもよい。

【００１６】

ＲＯＭ１３は、プロセッサ１１が実行するコンピュータプログラムを記憶する。ＲＯＭ１３は、その他に固定的なデータを記憶していてもよい。ＲＯＭ１３は、例えば、Ｐ－ＲＯＭ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ ＲＯＭ）であってもよい。

【００１７】

記憶装置１４は、情報処理システム１が長期的に保存するデータを記憶する。記憶装置１４は、プロセッサ１１の一時記憶装置として動作してもよい。記憶装置１４は、例えば、ハードディスク装置、光磁気ディスク装置、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ Ｓｔａｔｅ Ｄｒｉｖｅ）及びディスクアレイ装置のうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。

【００１８】

入力装置１５は、情報処理システム１のユーザからの入力指示を受け取る装置である。入力装置１５は、例えば、キーボード、マウス及びタッチパネルのうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。入力装置１５は、専用のコントローラ（操作端末）であってもよい。また、入力装置１５は、ユーザが保有する端末（例えば、スマートフォンやタブレット端末等）を含んでいてもよい。入力装置１５は、例えばマイクを含む音声入力が可能な装置であってもよい。

【００１９】

出力装置１６は、情報処理システム１に関する情報を外部に対して出力する装置である。例えば、出力装置１６は、情報処理システム１に関する情報を表示可能な表示装置（例えば、ディスプレイ）であってもよい。ここでの表示装置は、テレビモニタ、パソコンモニタ、スマートフォンのモニタ、タブレット端末のモニタ、その他の携帯端末のモニタであってよい。また、表示装置は、店舗等の各種施設に設置される大型モニタやデジタルサイネージ等であってよい。また、出力装置１６は、画像以外の形式で情報を出力する装置であってもよい。例えば、出力装置１６は、情報処理システム１に関する情報を音声で出力するスピーカであってもよい。

【００２０】

（機能的構成）

次に、図２を参照しながら、第１実施形態に係る情報処理システム１の機能的構成について説明する。図２は、第１実施形態に係る情報処理システムの機能的構成を示すブロッ

ク図である。

【００２１】

図２に示すように、第１実施形態に係る情報処理システム１は、分類装置１０と、学習部３００と備えている。分類装置１０は、入力される系列データのクラス分類を行う装置であり、その機能を実現するための処理ブロックとして、データ取得部５０と、尤度比算出部１００と、クラス分類部２００とを備えて構成されている。また、学習部３００は、分類装置１０に関する学習処理を実行可能に構成されている。なお、ここでは、分類装置１０とは別に学習部３００が設けられる例を挙げているが、分類装置１０が学習部３００を備えて構成されてもよい。データ取得部５０、尤度比算出部１００、クラス分類部２００、及び学習部３００の各々は、上述したプロセッサ１１（図１参照）によって実現されてよい。

【００２２】

データ取得部５０は、系列データに含まれる複数の要素を取得可能に構成されている。データ取得部５０は、任意のデータ取得装置（例えば、カメラやマイク等）から直接データを取得するものであってもよいし、あらかじめデータ取得装置で取得されストレージ等に記憶されているデータを読み出すものであってもよい。カメラからデータを取得する場合、データ取得部５０は複数のカメラの各々からデータを取得するように構成されていてもよい。データ取得部５０で取得された系列データの要素は、尤度比算出部１００に出力される構成となっている。なお、系列データとは、所定の順番で並んだ複数の要素を含むデータであり、例えば時系列データが一例として挙げられる。系列データのより具体的な例としては、動画データや音声データが挙げられるが、これに限られるものではない。

【００２３】

尤度比算出部１００は、データ取得部５０で取得された複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、尤度比を算出可能に構成されている。なお、ここでの「尤度比」とは、系列データが属するクラスの尤もらしさを示す指標である。尤度比は、例えば対数尤度費（ＬＬＲ：Ｌｏｇ　Ｌｉｋｅｈｏｏｄ　Ｒａｔｉｏ）として算出されてもよい。尤度比の具体例や具体的な算出方法については、後述する他の実施形態において詳しく説明する。

【００２４】

クラス分類部２００は、尤度比算出部１００で算出された尤度比に基づいて、系列データを分類可能に構成されている。クラス分類部２００は、分類候補である複数のクラスの中から、系列データが属する少なくとも１つのクラスを選択する。分類候補である複数のクラスは、予め設定されたものであってもよい。或いは、分類候補である複数のクラスは、ユーザによって適宜設定されるものであってもよいし、扱う系列データの種別等に基づいて適宜設定されるものであってもよい。

【００２５】

学習部３００は、分類装置１０における尤度比の算出に関する学習を行う。具体的には、学習部３００は、予め用意された訓練データを用いて、分類装置１０における尤度比算出部１００の学習を行う。そして、本実施形態に係る学習部３００は特に、訓練データとしての複数の系列データの学習への貢献度（以下、適宜「学習貢献度」と称する）を、その系列データの分類しやすさに応じて変化させる。学習貢献度は、系列データが学習に与える影響の大きさを示す度合いであり、高いほど学習に与える影響が大きくなる。学習貢献度のより具体的な変化させ方については、後述する他の実施形態で詳しく説明する。

【００２６】

（分類動作の流れ）

次に、図３を参照しながら、第１実施形態に係る情報処理システム１における分類装置１０の動作（具体的には、学習後のクラス分類動作）の流れについて説明する。図３は、第１実施形態に係る情報処理システムにおける分類装置の動作の流れを示すフローチャートである。

【００２７】

図３に示すように、分類装置１０の動作が開始されると、まずデータ取得部５０が、系列データに含まれる要素を取得する（ステップＳ１１）。データ取得部５０は、取得した系列データの要素を、尤度比算出部１００に出力する。そして、尤度比算出部１００は、取得された２つ以上の要素に基づいて尤度比を算出する（ステップＳ１２）。

【００２８】

続いて、クラス分類部２００が、算出された尤度比に基づいてクラス分類を行う（ステップＳ１３）。クラス分類は、系列データが属する１つのクラスを決定するものであってもよいし、系列データが属する可能性の高い複数のクラスを決定するものであってもよい。クラス分類部２００は、クラス分類の結果をディスプレイ等に出力するようにしてもよい。また、クラス分類部２００は、クラス分類の結果を、スピーカ等を介して音声で出力するようにしてもよい。

【００２９】

（学習動作の流れ）

次に、図４を参照しながら、第１実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の動作（即ち、尤度比の算出に関する学習動作）の流れについて説明する。図４は、第１実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。

【００３０】

図４に示すように、学習動作が開始されると、まず学習部３００には訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。訓練データは、例えば系列データと、その系列データが属する正解クラスに関する情報（即ち、正解データ）とのセットとして構成されてよい。

【００３１】

続いて、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。ここでの「分類容易度」は、系列データの分類しやすさの度合い示す値であり、より具体的には、分類装置１０におけるクラス分類部２００が、その系列データを正確クラスに分類することの容易さを示す値である。分類容易度は、例えば分類装置１０に訓練データを入力して、実際に分類処理を実行することで判定することができる。なお、系列データの分類容易度を判定する具体的手法については、後述する他の実施形態において詳しく説明する。また、学習部３００は、予め取得されていた分類容易度を学習する際に読み出して取得するようにしてもよい。即ち、学習する際に訓練データの分類処理を行わずに、単なる読み出しだけで分類容易度が取得されてもよい。

【００３２】

続いて、学習部３００は、取得した分類容易度に基づいて、その系列データの学習貢献度を設定する（ステップＳ１０３）。学習部３００は、例えば系列データから算出される損失関数に重み付けをすることで、学習貢献度を設定することができる。例えば、重みを大きくした系列データの学習貢献度は高くなる一方で、重みを小さくした系列データの学習貢献度は低くなる。なお、重みを用いた学習貢献度の設定は一例であり、その他の手法を用いて学習貢献度を設定してもよい。

【００３３】

続いて、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。この場合、学習に用いられる系列データの学習貢献度が高く設定されていれば、その学習処理への影響は比較的大きいものとなる。一方で、学習に用いられる系列データの学習貢献度が低く設定されていれば、その学習処理への影響は比較的小さいものとなる。なお、学習処理の具体的態様については特に限定されないが、例えば損失関数を用いてパラメータを最適化する手法が用いられてもよい。パラメータの最適化手法には、例えば誤差逆伝播法が用いられてもよいし、その他の手法が用いられてもよい。

【００３４】

（技術的効果）

次に、第１実施形態に係る情報処理システム１によって得られる技術的効果について説

明する。
【００３５】
図１から図４で説明したように、第１実施形態に係る情報処理システム１では、訓練データである系列データの分類容易度に応じて学習貢献度が設定される。このため、分類しやすい系列データと、分類しにくい系列データとで、学習への影響を変化させることができる。このような学習を行えば、すべての系列データの学習貢献度が一律である場合と比較して、より効果的な学習を行うことが可能となる。即ち、分類しやすさに応じて学習貢献度を設定すれば、各系列データの学習への影響を適切なものへと調整し、より効率的な学習を行うことが可能となる。その結果、分類装置１０によるクラス分類をより高い精度で行うことが可能となる。
【００３６】
＜第２実施形態＞
第２実施形態に係る情報処理システム１について、図５から図７を参照して説明する。なお、第２実施形態は、上述した第１実施形態と比較して一部の動作が異なるのみであり、例えば装置構成（図１及び図２参照）や、分類装置１０の動作（図３参照）等については、第１実施形態と同様であってよい。このため、以下では、第１実施形態と異なる部分について詳しく説明し、他の重複する部分については適宜説明を省略するものとする。
【００３７】
（学習動作の流れ）
まず、図５を参照しながら、第２実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の動作の流れについて説明する。図５は、第２実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図５では、図４で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。
【００３８】
図５に示すように、第２実施形態に係る情報処理システム１における学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。そして、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。
【００３９】
続いて、第２実施形態では特に、学習部３００が、取得した分類容易度が第１閾値より高いか否かを判定する（ステップＳ２０１）。ここでの「第１閾値」は、分類容易度が十分に高いか否か（言い換えれば、系列データが分類しやすいものであるか否か）を判定するための閾値である。第１閾値は、例えば事前のシミュレーション等により決定されてよい。
【００４０】
学習部３００は、分類容易度が第１閾値よりも高い場合（ステップＳ２０１：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を低くする（ステップＳ２０２）。学習部３００は、例えば分類容易度が第１閾値よりも高い系列データについて、その学習貢献度が初期値よりも低くなるように変化させる。一方、学習部３００は、分類容易度が第１閾値よりも高くない場合（ステップＳ２０１：ＮＯ）、その系列データに対してステップＳ２０２の処理を実行しない（即ち、学習貢献度を低くしない）。学習部３００は、例えば分類容易度が第１閾値よりも高くない系列データについて、その学習貢献度が初期値のまま維持されるようにする。このようにすれば、分類容易度が第１閾値よりも高い系列データ（言い換えれば、分類しやすい系列データ）の学習貢献度が相対的に低くなる一方で、分類容易度が第１閾値よりも高くない系列データ（言い換えれば、分類しにくい系列データ）の学習貢献度が相対的に高くなる。
【００４１】
その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。具体的には、ステップＳ２０２において学習貢献度が低くされた場合、その系列データを用いた学習への影響は比較的小さなものとなる。一方で、ステップＳ２０２が実行

されなかった場合（即ち、学習貢献度が低くされなかった場合）、その系列データを用いた学習への影響は比較的大きなものとなる。

【００４２】

（第１変形例）

次に、図６を参照しながら、第２実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の第１変形例の動作の流れについて説明する。図６は、第２実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の第１変形例の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図６では、図５で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。

【００４３】

図６に示すように、第１変形例に係る学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。そして、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。

【００４４】

続いて、学習部３００が、取得した分類容易度が第１閾値より高いか否かを判定する（ステップＳ２０１）。第１変形例では特に、分類容易度が第１閾値よりも高い場合（ステップＳ２０１：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を２段階低くする（ステップＳ２０３）。即ち、学習部３００は、分類容易度が第１閾値よりも高いと判定された系列データについて、その学習貢献度を大幅に低くする。

【００４５】

一方、分類容易度が第１閾値よりも高くない場合（ステップＳ２０１：ＮＯ）、学習部３００は、取得した分類容易度が第２閾値より高いか否かを判定する（ステップＳ２０４）。ここでの「第２閾値」は、分類容易度が第１閾値よりも低いと判定された系列データの中で、更に分類容易度が高めであるか、それとも低めであるかを判定するための閾値である。このため、第２閾値は、第１閾値よりも低い値として設定されている。第２閾値は、例えば事前のシミュレーション等により決定されてよい。

【００４６】

学習部３００は、分類容易度が第２閾値よりも高い場合（ステップＳ２０４：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を１段階低くする（ステップＳ２０５）。即ち、学習部３００は、分類容易度が第２閾値よりも高い系列データについて、その学習貢献度をステップＳ２０３よりも小幅で低くなるように変化させる。一方、学習部３００は、分類容易度が第２閾値よりも高くない場合（ステップＳ２０４：ＮＯ）、その系列データに対してステップＳ２０５の処理を実行しない（即ち、学習貢献度を低くしない）。

【００４７】

ここまでの処理によれば、分類容易度に応じて、学習貢献度が「２段階低くされるもの」、「１段階低くされるもの」、及び「低くされないもの」の３パターンで設定される。

【００４８】

その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。具体的には、ステップＳ２０３において学習貢献度が２段階低くされた場合、その系列データを用いた学習への影響は大幅に小さくなる。また、ステップＳ２０５において学習貢献度が１段階低くされた場合、その系列データを用いた学習への影響はやや小さくなる。他方、ステップＳ２０３及びステップＳ２０５のいずれも実行されなかった場合（即ち、学習貢献度が低くされなかった場合）、その系列データを用いた学習への影響は、学習度貢献度が低くされたものよりも大きくなる。

【００４９】

（第２変形例）

次に、図７を参照しながら、第２実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の第２変形例の動作の流れについて説明する。図７は、第２実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の第２変形例の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図７では、図５及び図６で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。

【００５０】

図７に示すように、第２変形例に係る学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。そして、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。

【００５１】

続いて、学習部３００が、取得した分類容易度が第１閾値より高いか否かを判定する（ステップＳ２０１）。第２変形例では特に、分類容易度が第１閾値よりも高い場合（ステップＳ２０１：ＹＥＳ）、学習部３００は、取得した分類容易度が第３閾値より高いか否かを判定する（ステップＳ２０６）。ここでの「第３閾値」は、分類容易度が第１閾値よりも高いと判定された系列データの中で、更に分類容易度が高めであるか、それとも低めであるかを判定するための閾値である。このため、第３閾値は、第３閾値よりも高い値として設定されている。第３閾値は、例えば事前のシミュレーション等により決定されてよい。

【００５２】

学習部３００は、分類容易度が第３閾値よりも高い場合（ステップＳ２０６：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を２段階低くする（ステップＳ２０３）。即ち、学習部３００は、分類容易度が第３閾値よりも高いと判定された系列データについて、その学習貢献度を大幅に低くする。一方、学習部３００は、分類容易度が第３閾値よりも高くない場合（ステップＳ２０６：ＮＯ）、その系列データの学習貢献度を１段階低くする（ステップＳ２０５）。即ち、学習部３００は、分類容易度が第１閾値よりも高いが第３閾値よりも低いと判定された系列データについて、その学習貢献度を小幅で低くする。他方、分類容易度が第１閾値よりも高くない場合（ステップＳ２０１：ＮＯ）、学習部３００は、その系列データに対してステップＳ２０３及びＳ２０５のいずれの処理も実行しない（即ち、学習貢献度を低くしない）。

【００５３】

ここまでの処理によれば、第１変形例と同様に、分類容易度に応じて、学習貢献度が「２段階低くされるもの」、「１段階低くされるもの」、及び「低くされないもの」の３パターンで設定される。

【００５４】

その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。具体的には、ステップＳ２０３において学習貢献度が２段階低くされた場合、その系列データを用いた学習への影響は大幅に小さくなる。また、ステップＳ２０５において学習貢献度が１段階低くされた場合、その系列データを用いた学習への影響はやや小さくなる。他方、ステップＳ２０３及びステップＳ２０５のいずれも実行されなかった場合（即ち、学習貢献度が低くされなかった場合）、その系列データを用いた学習への影響は、学習度貢献度が低くされたものよりも大きくなる。

【００５５】

なお、上述した第１変形例及び第２変形例では、１段階又は２段階で学習貢献度を低くする例を挙げたが、より多くの段階で学習貢献度を低くするようにしてもよい。例えば、３段階で学習貢献度を低くするようにしてもよいし、４段階以上で段階的に学習貢献度を低くするようにしてもよい。

【００５６】

なお、学習貢献度は閾値に応じて段階的に変化するものでなく、リニアに変化するものであってもよい。この場合、分類容易度と学習貢献度を低くする度合いとの関係を示す関係式を用意しておき、その関係式を用いて学習貢献度を低くするようにしてもよい。また、分類容易度と学習貢献度を低くする度合いとの関係を示すテーブルを用意しておき、そのテーブルを用いて学習貢献度を低くするようにしてもよい。

【００５７】

（技術的効果）

次に、第２実施形態に係る情報処理システム１によって得られる技術的効果について説明する。

【００５８】
図５から図７で説明したように、第２実施形態に係る情報処理システム１では、分類容易度の高い（即ち、分類しやすい）系列データの学習貢献度が低くされる。このようにすれば、分類しやすい系列データの学習への影響を相対的に小さくし、分類しにくい系列データの学習への影響を相対的に大きくすることができる。すると、分類しにくい系列データ（例えば、分類境界周辺のデータ）に対して重点的に学習が行われることになる。この結果、分類しにくいデータであっても、学習によって精度よく分類することが可能となる。
【００５９】
＜第３実施形態＞
第３実施形態に係る情報処理システム１について、図８から図１０を参照して説明する。なお、第３実施形態は、上述した第１及び第２実施形態と一部の動作が異なるのみで、その他の部分については、第１及び第２実施形態と同様であってよい。このため、以下では、すでに説明した各実施形態と異なる部分について詳しく説明し、他の重複する部分については適宜説明を省略するものとする。
【００６０】
（学習動作の流れ）
まず、図８を参照しながら、第３実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の動作の流れについて説明する。図８は、第３実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図８では、図４で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。
【００６１】
図８に示すように、第３実施形態に係る情報処理システム１における学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。そして、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。
【００６２】
続いて、第３実施形態では特に、学習部３００が、取得した分類容易度が第４閾値より低いか否かを判定する（ステップＳ３０１）。ここでの「第４閾値」は、分類容易度が十分に低いか否か（言い換えれば、系列データが分類しにくいものであるか否か）を判定するための閾値である。第４閾値は、例えば事前のシミュレーション等により決定されてよい。
【００６３】
学習部３００は、分類容易度が第４閾値よりも低い場合（ステップＳ３０１：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を高くする（ステップＳ３０２）。学習部３００は、例えば分類容易度が第４閾値よりも低い系列データについて、その学習貢献度が初期値よりも高くなるように変化させる。一方、学習部３００は、分類容易度が第４閾値よりも低くない場合（ステップＳ３０１：ＮＯ）、その系列データに対してステップＳ３０２の処理を実行しない（即ち、学習貢献度を高くしない）。学習部３００は、例えば分類容易度が第４閾値よりも高くない系列データについて、その学習貢献度が初期値のまま維持されるようにする。このようにすれば、分類容易度が第４閾値よりも低い系列データ（言い換えれば、分類しにくい系列データ）の学習貢献度が相対的に高くなる一方で、分類容易度が第４閾値よりも低くない系列データ（言い換えれば、分類しやすい系列データ）の学習貢献度が相対的に低くなる。
【００６４】
その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。具体的には、ステップＳ３０２において学習貢献度が高くされた場合、その系列データを用いた学習への影響は比較的大きなものとなる。一方で、ステップＳ３０２が実行されなかった場合（即ち、学習貢献度が高くされなかった場合）、その系列データを用いた学習への影響は比較的小さなものとなる。
【００６５】

（第１変形例）
次に、図９を参照しながら、第３実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の第１変形例の動作の流れについて説明する。図９は、第３実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の第１変形例の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図９では、図８で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。
【００６６】
図８に示すように、第１変形例に係る学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。そして、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。
【００６７】
続いて、学習部３００が、取得した分類容易度が第４閾値より低いか否かを判定する（ステップＳ２０１）。第１変形例では特に、分類容易度が第４閾値よりも低い場合（ステップＳ３０１：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を２段階高くする（ステップＳ３０３）。即ち、学習部３００は、分類容易度が第４閾値よりも低いと判定された系列データについて、その学習貢献度を大幅に高くする。
【００６８】
一方、分類容易度が第４閾値よりも低くない場合（ステップＳ３０１：ＮＯ）、学習部３００は、取得した分類容易度が第５閾値より低いか否かを判定する（ステップＳ３０４）。ここでの「第５閾値」は、分類容易度が第４閾値よりも高いと判定された系列データの中で、更に分類容易度が高めであるか、それとも低めであるかを判定するための閾値である。このため、第５閾値は、第４閾値よりも高い値として設定されている。第５閾値は、例えば事前のシミュレーション等により決定されてよい。
【００６９】
学習部３００は、分類容易度が第５閾値よりも低い場合（ステップＳ３０４：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を１段階高くする（ステップＳ３０５）。即ち、学習部３００は、分類容易度が第５閾値よりも低い系列データについて、その学習貢献度をステップＳ３０３よりも小幅で低くなるように変化させる。一方、学習部３００は、分類容易度が第５閾値よりも低くない場合（ステップＳ３０４：ＮＯ）、その系列データに対してステップＳ３０５の処理を実行しない（即ち、学習貢献度を低くしない）。
【００７０】
ここまでの処理によれば、分類容易度に応じて、学習貢献度が「２段階高くされるもの」、「１段階高くされるもの」、及び「高くされないもの」の３パターンで設定される。
【００７１】
その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。具体的には、ステップＳ３０３において学習貢献度が２段階高くされた場合、その系列データを用いた学習への影響は大幅に大きくなる。また、ステップＳ３０５において学習貢献度が１段階高くされた場合、その系列データを用いた学習への影響はやや大きくなる。他方、ステップＳ３０３及びステップＳ３０５のいずれも実行されなかった場合（即ち、学習貢献度が高くされなかった場合）、その系列データを用いた学習への影響は、学習度貢献度が高くされたものよりも小さくなる。
【００７２】
（第２変形例）
次に、図１０を参照しながら、第３実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の第２変形例の動作の流れについて説明する。図１０は、第３実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の第２変形例の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図１０では、図８及び図９で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。
【００７３】
図１０に示すように、第２変形例に係る学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。そして、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。

【００７４】
続いて、学習部３００が、取得した分類容易度が第４閾値より低いか否かを判定する（ステップＳ３０１）。第２変形例では特に、分類容易度が第４閾値よりも低い場合（ステップＳ３０１：ＹＥＳ）、学習部３００は、取得した分類容易度が第６閾値より低いか否かを判定する（ステップＳ３０６）。ここでの「第６閾値」は、分類容易度が第４閾値よりも低いと判定された系列データの中で、更に分類容易度が高めであるか、それとも低めであるかを判定するための閾値である。このため、第６閾値は、第４閾値よりも低い値として設定されている。第６閾値は、例えば事前のシミュレーション等により決定されてよい。
【００７５】
学習部３００は、分類容易度が第６閾値よりも低い場合（ステップＳ３０６：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を２段階高くする（ステップＳ３０３）。即ち、学習部３００は、分類容易度が第６閾値よりも低いと判定された系列データについて、その学習貢献度を大幅に高くする。一方、学習部３００は、分類容易度が第６閾値よりも低くない場合（ステップＳ３０６：ＮＯ）、その系列データの学習貢献度を１段階高くする（ステップＳ３０５）。即ち、学習部３００は、分類容易度が第４閾値よりも低いが第６閾値よりも高いと判定された系列データについて、その学習貢献度を小幅で高くする。他方、分類容易度が第４閾値よりも低くない場合（ステップＳ３０１：ＮＯ）、学習部３００は、その系列データに対してステップＳ３０３及びＳ３０５のいずれの処理も実行しない（即ち、学習貢献度を高くしない）。
【００７６】
ここまでの処理によれば、第１変形例と同様に、分類容易度に応じて、学習貢献度が「２段階高くされるもの」、「１段階高くされるもの」、及び「高くされないもの」の３パターンで設定される。
【００７７】
その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。具体的には、ステップＳ３０３において学習貢献度が２段階高くされた場合、その系列データを用いた学習への影響は大幅に大きくなる。また、ステップＳ３０５において学習貢献度が１段階高くされた場合、その系列データを用いた学習への影響はやや大きくなる。他方、ステップＳ３０３及びステップＳ３０５のいずれも実行されなかった場合（即ち、学習貢献度が高くされなかった場合）、その系列データを用いた学習への影響は、学習度貢献度が高くされたものよりも小さくなる。
【００７８】
なお、上述した第１変形例及び第２変形例では、１段階又は２段階で学習貢献度を高くする例を挙げたが、より多くの段階で学習貢献度を高くするようにしてもよい。例えば、３段階で学習貢献度を高くするようにしてもよいし、４段階以上で段階的に学習貢献度を高くするようにしてもよい。
【００７９】
なお、学習貢献度は閾値に応じて段階的に変化するものでなく、リニアに変化するものであってもよい。この場合、分類容易度と学習貢献度を高くする度合いとの関係を示す関係式を用意しておき、その関係式を用いて学習貢献度を高くするようにしてもよい。また、分類容易度と学習貢献度を高くする度合いとの関係を示すテーブルを用意しておき、そのテーブルを用いて学習貢献度を高くするようにしてもよい。
【００８０】
（技術的効果）
次に、第３実施形態に係る情報処理システム１によって得られる技術的効果について説明する。
【００８１】
図８から図１０で説明したように、第３実施形態に係る情報処理システム１では、分類容易度の低い（即ち、分類しにくい）系列データの学習貢献度が高くされる。このように

すれば、分類しやすい系列データの学習への影響を相対的に小さくし、分類しにくい系列データの学習への影響を相対的に大きくすることができる。すると、分類しにくい系列データ（例えば、分類境界周辺のデータ）に対して重点的に学習が行われることになる。この結果、分類しにくいデータであっても、学習によって精度よく分類することが可能となる。

【００８２】

＜第２及び第３実施形態の組み合わせ＞

次に、上述した第２実施形態と第３実施形態とを組み合わせる例について、図１１を参照しながら説明する。図１１は、第２実施形態及び３実施形態に係る情報処理システムを組み合わせた学習部の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図１１では、図５及び図８で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。

【００８３】

図１１に示す学習動作では、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。そして、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。

【００８４】

続いて、学習部３００が、取得した分類容易度が第７閾値より高いか否かを判定する（ステップＳ２１０）。ここでの「第７閾値」は、分類容易度が高いか低いか（言い換えれば、系列データが分類しやすいか、それとも分類しにくいか）を判定するための閾値である。第７閾値は、例えば事前のシミュレーション等により決定されてよい。第７閾値は、第２実施形態における第１閾値と同一の値であってもよい。なお、ステップＳ２１０は、取得した分類容易度が第７閾値より低いか否かを判定する処理であってもよい（この場合、フローチャートにおける「ＹＥＳ」及び「ＮＯ」を逆にすればよい）。この際の第７閾値は、第３実施形態における第４閾値と同一の値であってもよい。

【００８５】

学習部３００は、分類容易度が第７閾値よりも高い場合（ステップＳ２０７：ＹＥＳ）、その系列データの学習貢献度を低くする（ステップＳ２０２）。学習部３００は、例えば分類容易度が第７閾値よりも高い系列データについて、その学習貢献度が初期値よりも低くなるように変化させる。一方、学習部３００は、分類容易度が第７閾値よりも高くない場合（ステップＳ２１０：ＮＯ）、その系列データの学習貢献度を高くする（ステップＳ３０２）。学習部３００は、例えば分類容易度が第７閾値よりも低い系列データについて、その学習貢献度が初期値よりも高くなるように変化させる。

【００８６】

その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。このようにすれば、ステップＳ２０２において学習貢献度が低くされた系列データについては、学習への影響が相対的に小さなものとなる。一方で、ステップＳ３０２において学習貢献度が高くされた系列データについては、学習への影響が相対的に大きなものとなる。以上のように、学習貢献度を低くする処理と、学習貢献度を高くする処理とを組み合わせた場合でも、分類容易度に応じて、学習貢献度を適切に設定することが可能である。

【００８７】

＜第４実施形態＞

第４実施形態に係る情報処理システム１について、図１２から図１５を参照して説明する。なお、第４実施形態は、上述した第１から第３実施形態と一部の動作が異なるのみで、その他の部分については、第１から第３実施形態と同様であってよい。このため、以下では、すでに説明した各実施形態と異なる部分について詳しく説明し、他の重複する部分については適宜説明を省略するものとする。

【００８８】

（学習動作の流れ）

まず、図１２を参照しながら、第４実施形態に係る情報処理システム１における学習部

３００の動作の流れについて説明する。図１２は、第４実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図１２では、図４で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。

【００８９】

図１２に示すように、第４実施形態に係る情報処理システム１における学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。そして、学習部３００は、訓練データとして入力された系列データの分類容易度に関する情報を取得する（ステップＳ１０２）。

【００９０】

続いて、第４実施形態では特に、学習部３００が、分類容易度に基づいて系列データの順位付けを行う（ステップＳ４０１）。学習部３００は、例えば複数の系列データを、分類容易度の高い順に（言い換えれば、分類しやすい順に）順位付けする。あるいは、学習部３００は、複数の系列データを、分類容易度の低い順に（言い換えれば、分類しにくい順に）順位付けしてもよい。

【００９１】

続いて、学習部３００は、順位に応じて学習貢献度を設定する（ステップＳ４０２）。学習部３００は、分類容易度の高い順に順位付けした場合、順位が高いものであるほど（即ち、分類しやすいものであるほど）学習貢献度を低く設定してよい。あるいは学習部３００は、分類容易度の低い順に順位付けした場合、順位が高いものであるほど（即ち、分類しにくいものであるほど）学習貢献度を高く設定してよい。

【００９２】

その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。ここでは、学習貢献度が低く設定されたものであるほど、その系列データを用いた学習への影響は小さなものとなる。一方で、学習貢献度が高く設定されたものであるほど、その系列データを用いた学習への影響は大きなものとなる。

【００９３】

（学習貢献度の設定例）

次に、図１３から図１５を参照しながら、上述した順位付けに基づく学習貢献度の具体的な設定例について説明する。図１３は、第４実施形態に係る情報処理システムにおける学習部による学習貢献度の設定例を示す表（その１）である。図１４は、第４実施形態に係る情報処理システムにおける学習部による学習貢献度の設定例を示す表（その２）である。図１５は、第４実施形態に係る情報処理システムにおける学習部による学習貢献度の設定例を示す表（その３）である。なお、図１３から図１５に示す例では、分類容易度が高い（即ち、分類しやすい）ものであるほど、順位が高くなるように順位付けされているものとする。

【００９４】

図１３に示すように、第４実施形態に係る情報処理システム１では、順位が高いものであるほど（即ち、分類しやすいものであるほど）、学習貢献度を低くする度合いを大きくしてもよい。図１３に示す例では、順位が１位である系列データについては、学習貢献度が５段階低くされている。順位が２位である系列データについては、学習貢献度が４段階低くされている。順位が３位である系列データについては、学習貢献度が３段階低くされている。順位が４位である系列データについては、学習貢献度が２段階低くされている。順位が５位である系列データについては、学習貢献度が１段階低くされている。このようにすれば、分類しやすい系列データであるほど、学習貢献度を低く設定することができる。

【００９５】

図１４に示すように、第４実施形態に係る情報処理システム１では、順位が高いものであるほど（即ち、分類しやすいものであるほど）、学習貢献度を高くする度合いを小さくしてもよい。図１４に示す例では、順位が１位である系列データについては、学習貢献度が１段階高くされている。順位が２位である系列データについては、学習貢献度が２段階高くされている。順位が３位である系列データについては、学習貢献度が３段階高くされ

ている。順位が４位である系列データについては、学習貢献度が４段階高くされている。順位が５位である系列データについては、学習貢献度が５段階高くされている。このようにする場合でも、分類しやすい系列データであるほど、学習貢献度を低く設定することができる。

【００９６】

図１５に示すように、第４実施形態に係る情報処理システム１では、順位に応じて学習貢献度を高くしたり、低くしたりしてもよい。図１５に示す例では、順位が１位である系列データについては、学習貢献度が２段階低くされている。順位が２位である系列データについては、学習貢献度が１段階低くされている。順位が３位である系列データについては、学習貢献度が変化なしとされている（即ち、初期値のまま維持されている）。順位が４位である系列データについては、学習貢献度が１段階高くされている。順位が５位である系列データについては、学習貢献度が２段階高くされている。このようにする場合でも、分類しやすい系列データであるほど、学習貢献度を低く設定することができる。

【００９７】

なお、図１３から図１５で示した設定例はあくまで一例であり、その他の手法で学習貢献度を設定してもよい。即ち、分類しやすさの順位に応じて学習貢献度が定まるような手法であれば、その具体的な内容が限定されるものではない。

【００９８】

（技術的効果）

次に、第４実施形態に係る情報処理システム１によって得られる技術的効果について説明する。

【００９９】

図１２から図１５で説明したように、第４実施形態に係る情報処理システム１では、分類容易度に応じた順位に基づいて学習貢献度が設定される。このようにすれば、分類しやすさに応じて適切な学習貢献度を設定することができる。例えば、分類しやすい系列データの学習への影響を相対的に小さくしたり、分類しにくい系列データの学習への影響を相対的に大きくしたりすることができる。この結果、分類しにくいデータであっても、学習によって精度よく分類することが可能となる。

【０１００】

＜第５実施形態＞

第５実施形態に係る情報処理システム１について、図１６から図１９を参照して説明する。なお、第５実施形態は、上述した第１から第４実施形態と一部の構成及び動作が異なるのみで、その他の部分については、第１から第４実施形態と同様であってよい。このため、以下では、すでに説明した各実施形態と異なる部分について詳しく説明し、他の重複する部分については適宜説明を省略するものとする。

【０１０１】

＜機能的構成＞

まず、図１６を参照しながら、第５実施形態に係る情報処理システム１の機能的構成について説明する。図１６は、第５実施形態に係る情報処理システムの機能的構成を示すブロック図である。なお、図１６では、図２で示した各構成要素と同様の要素に同一の符号を付している。

【０１０２】

図１６に示すように、第５実施形態に係る情報処理システム１では、分類装置１０における尤度比算出部１００が、第１算出部１１０と、第２算出部１２０とを備えている。第１算出部１１０は、個別尤度比算出部１１１と、第１記憶部とを備えて構成されている。第２算出部１２０は、統合尤度比算出部１２１と、第２記憶部１２２とを備えて構成されている。なお、個別尤度比算出部１１１及び統合尤度比算出部１２１の各々は、例えば上述したプロセッサ１１（図１参照）によって実現されてよい。また、第１記憶部１１２及び第２記憶部１２２の各々は、例えば上述した記憶装置１４（図１参照）によって実現されてよい。

【０１０３】
第１算出部１１０は、個別尤度比算出部１１１及び第１記憶部１１２によって、個別尤度比を算出可能に構成されている。個別尤度比算出部１１１は、データ取得部５０で逐次的に取得される要素のうち連続する２つの要素に基づいて、個別尤度比を算出可能に構成されている。より具体的には、個別尤度比算出部１１１は、新たに取得した要素と、第１記憶部１１２に記憶された過去データに基づいて個別尤度比を算出する。第１記憶部１１２で記憶されている情報は、個別尤度比算出部１１１によって読み出し可能に構成されている。第１記憶部１１２が過去の個別尤度比を記憶している場合、個別尤度比算出部１１１は、記憶された過去の個別尤度比を読み出して、取得され要素を考慮した新たな個別尤度比を算出すればよい。一方、第１記憶部１１２が過去に取得された要素そのものを記憶している場合、個別尤度比算出部１１１は、記憶された過去の要素から過去の個別尤度比を算出して、新たに取得された要素に対する尤度比を算出すればよい。
【０１０４】
第２算出部１２０は、統合尤度比算出部１２１及び第２記憶部１２２によって、統合尤度比を算出可能に構成されている。統合尤度比算出部１２１は、第１算出部１１０で算出される複数の個別尤度比に基づいて、統合尤度比を算出可能に構成されている。即ち、統合尤度比は、複数の個別尤度比の算出で考慮された複数の要素に基づいて算出される尤度比である。統合尤度比算出部１２１は、個別尤度比算出部１１１で算出された個別尤度比と、第２記憶部１２２に記憶された過去の統合尤度比とを用いて、新たな統合尤度比を算出する。第２記憶部１２２で記憶されている情報（即ち、過去の統合尤度比）は、統合尤度比算出部１２１によって読み出し可能に構成されている。第２算出部１２０で算出された統合尤度比は、クラス分類部２００に出力される構成となっている。クラス分類部２００は、統合尤度比に基づいて系列データのクラス分類を行う。
【０１０５】
第５実施形態に係る情報処理システム１では更に、学習部３００が判定部３１０を備えて構成されている。
【０１０６】
判定部３１０は、学習に用いられる訓練データとしての系列データについて、分類容易度を判定可能に構成されている。判定部３１０は、尤度比算出部１００で算出される尤度比に基づいて分類容易度を判定する。分類容易度の具体的な判定手法については、後に詳しく説明する。
【０１０７】
なお、第５実施形態に係る学習部３００は、尤度比算出部１００全体として（即ち、第１算出部１１０及び第２算出部１２０をまとめて）学習を行うようにしてもよいし、第１算出部１１０及び第２算出部１２０に対して別々に学習を行うようにしてもよい。或いは、学習部３００は、第１算出部１１０のみ学習を行う第１の学習部、及び第２算出部１２０のみ学習を行う第２の学習部として別々に設けられてもよい。この場合、第１の学習部及び第２の学習部のいずれか一方のみが設けられてもよい。
【０１０８】
＜尤度比算出動作の流れ＞
次に、図１７を参照しながら、第５実施形態に係る情報処理システム１における尤度比算出動作（即ち、尤度比算出部１００の動作）の流れについて説明する。図１７は、第５実施形態に係る情報処理システムにおける尤度比算出部の動作の流れを示すフローチャートである。
【０１０９】
図１７に示すように、第５実施形態に係る尤度比算出部１００による尤度比算出動作が開始されると、まず第１算出部１１０における個別尤度比算出部１１１が、第１記憶部１１２から過去データを読み出す（ステップＳ３１）。過去データは、例えばデータ取得部５０で今回取得された要素の１つ前に取得された要素の個別尤度比算出部１１１での処理結果（言い換えれば、１つ前の要素に対して算出された個別尤度比）であってよい。或い

は、過去データは、取得で取得された要素の１つ前に取得された要素そのものであってもよい。

【０１１０】

続いて、個別尤度比算出部１１１は、データ取得部５０で取得された要素と、第１記憶部１１２から読みだした過去データに基づいて、新たな個別尤度比（即ち、データ取得部５０で今回取得された要素に対する個別尤度比）を算出する（ステップＳ３２）。個別尤度比算出部１１１は、算出した個別尤度比を、第２算出部１２０に出力する。個別尤度比算出部１１１は、算出した個別尤度比を、第１記憶部１１２に記憶してもよい。

【０１１１】

続いて、第２算出部１２０における統合尤度比算出部１２１が、第２記憶部１２２から過去の統合尤度比を読み出す（ステップＳ３３）。過去の統合尤度比は、例えばデータ取得部５０で今回取得された要素の１つ前に取得された要素についての、統合尤度比算出部１２１での処理結果（言い換えれば、１つ前の要素に対して算出された統合尤度比）であってよい。

【０１１２】

続いて、統合尤度比算出部１２１は、個別尤度比算出部１１１で算出された尤度比と、第２記憶部１２２から読みだした過去の統合尤度比に基づいて、新たな統合尤度比（即ち、データ取得部５０で今回取得された要素に対する統合尤度比）を算出する（ステップＳ３４）。統合尤度比算出部１２１は、算出した統合尤度比を、クラス分類部２００に出力する。統合尤度比算出部１２１は、算出した統合尤度比を、第２記憶部１２２に記憶してもよい。

【０１１３】

＜学習動作の流れ＞

次に、図１８を参照しながら、第５実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の動作の流れについて説明する。図１８は、第５実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図１８では、図４で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。

【０１１４】

図１８に示すように、第５実施形態に係る情報処理システム１における学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。

【０１１５】

続いて、第５実施形態では特に、学習部３００が、訓練データである系列データから算出される尤度比に基づいて系列データの分類容易度を判定する（ステップＳ５０１）。具体的には、学習部３００は、尤度比が正解閾値又は不正解閾値に到達するまでの時間、尤度比の傾き、及び尤度比の傾きの分散の少なくとも１つに基づいて、系列データの分類容易度を判定する。なお、分類容易度の判定に用いる系列データの尤度比は、学習動作の際に算出されてもよいし、学習動作が開始される前に予め算出されていてもよい。

【０１１６】

続いて、学習部３００は、判定した分類容易度に基づいて、その系列データの学習貢献度を設定する（ステップＳ１０３）。その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。

【０１１７】

＜尤度比の変化＞

次に、第５実施形態に係る情報処理システムで算出される尤度比（具体的には、統合尤度比）の変化について、図１９を参照しながら具体的に説明する。図１９は、第５実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフである。

【０１１８】

図１８に示すように、第５実施形態に係る尤度比算出部１００で算出される尤度比（ここでは、対数尤度費：ＬＬＲ）は、逐次的に系列データの要素が取得されて繰り返し算出処理が実行されることにより、時間経過と共に徐々に変動する。図１８中のＡ、Ｂ、Ｃ、

Ｄ、及びＥの５つの尤度比は、それぞれ別の系列データに対応する尤度比である。

【０１１９】

Ａ～Ｅの尤度比は、それぞれ異なる変化をしている。具体的には、Ａの尤度比は、算出処理が開始されてから比較的早い段階で正解閾値（即ち、正解クラスに対応する閾値）に到達している。Ｂの尤度比は、算出処理が開始されてから比較的遅い段階で（具体的には、Ａの尤度比よりも遅いタイミングで）正解閾値に到達している。Ｃの尤度比は、算出処理が開始されてから比較的早い段階で不正解閾値（即ち、正解クラス以外の不正解クラスに対応する閾値）に到達している。Ｄの尤度比は、算出処理が開始されてから比較的遅い段階で（具体的には、Ｃの尤度比よりも遅いタイミングで）不正解閾値に到達している。Ｅの尤度比は、算出処理が開始されてから正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない。

【０１２０】

第５実施形態に係る学習部３００における判定部３１０は、上述した尤度比の変化に基づいて分類容易度を判定する。判定部３１０は、例えば尤度比が正解閾値又は不正解閾値に到達するまでの時間に基づいて、分類容易度を判定してもよい。すでに説明したように、図１８に示す尤度比Ａ及びＢは、いずれも正解閾値に到達しているが、到達タイミングは異なる。同様に、尤度比Ｃ及びＤは、いずれも不正解閾値に到達しているが、到達タイミングは異なる。このような閾値到達のタイミングの違いは、各尤度比の分類しやすさに対応していると考えることができる。例えば、尤度比Ａは比較的早いタイミングで正解閾値に到達しているため、分類しやすいものであると判定できる。他方、尤度比Ｃは比較的早いタイミングで不正解閾値に到達しているため、分類しにくいものであると判判定できる。判定部３１０は、このように閾値到達のタイミングの違いに基づいて、分類容易度を判定してもよい。なお、より具体的な判定方法については、後述する他の実施形態において詳しく説明する。

【０１２１】

あるいは、判定部３１０は、尤度比の傾きに基づいて分類容易度を判定してもよい。例えばＡの尤度比は、正解閾値への傾きを有しており、その傾きの値は比較的大きい。その結果、Ａの尤度比は比較的早いタイミングで正解閾値に到達している。Ｂの尤度比は、Ａと同様に正解閾値方向への傾きを有しているが、その傾きの値は比較的小さい。その結果、Ｂの尤度比は比較的遅いタイミングで正解閾値に到達している。他方、Ｃの尤度比は、不正解閾値への傾きを有しており、その傾きの値は比較的大きい。その結果、Ｃの尤度比は比較的早いタイミングで不正解閾値に到達している。Ｄの尤度比は、Ｃと同様に不正解閾値方向への傾きを有しているが、その傾きの値は比較的小さい。その結果、Ｄの尤度比は比較的遅いタイミングで不正解閾値に到達している。このように、尤度比の傾きは、閾値到達までの時間と大きく関係している。よって、判定部３１０は、閾値到達までの時間を用いる場合と同様に、尤度比の傾きから分類容易度を判定することができる。

【０１２２】

あるいは、判定部３１０は、尤度比の傾きの分散（即ち、ばらつき）に基づいて分類容易度を判定してもよい。ここでの「傾きの分散」とは、尤度比の傾きの方向が正解閾値の方向や不正解閾値の方向に何度も変化することを意味している。例えばＥの尤度比は、傾きの方向が何度も逆転しており、傾きの分散も大きい。その結果、Ｅの尤度比は、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない。このように、傾きの分散が大きい尤度比については、分類しにくいものであると判定できる。逆に、傾きの分散が小さい尤度比については、一方の方向に大きく変動していくため、分類しやすいものであると判定できる。なお、Ｅの尤度比のように、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達しない尤度比の扱いについては、後述する他の実施形態に詳しく説明する。

【０１２３】

なお、尤度比の傾き及び尤度比の傾きの分散に基づいて分類容易度を判定する場合、尤度比全体の傾き又は尤度比全体の傾きの分散を用いてもよいし、尤度比の一部の傾き又は尤度比の一部の傾きの分散を用いてもよい。尤度比全体の傾き又は尤度比全体の傾きの分

散を用いる場合、例えば傾き又は傾きの分散の平均値を求めて、その平均値に基づいて分類容易度を判定すればよい。このようにして系列データ全体から分類容易度を判定した場合は、系列データ全体に対する学習貢献度を設定すればよい。一方で、尤度比の一部の傾き又は尤度比の一部の傾きの分散を用いる場合、任意のタイミングにおける尤度比の傾き又は尤度比の分散に基づいて分類容易度を判定すればよい。このようにして系列データの一部のみから分類容易度を判定した場合は、系列データの一部に対する学習貢献度を設定すればよい。１つの系列データであっても、その部分によって異なる学習貢献度が設定されてもよい。

【０１２４】

（技術的効果）

次に、第５実施形態に係る情報処理システム１によって得られる技術的効果について説明する。

【０１２５】

図１６から図１９で説明したように、第５実施形態に係る情報処理システム１では、尤度比算出部１００で算出される尤度比に基づいて分類容易度が判定される。このようにすれば、予め系列データの分類容易度が判っていない場合でも、その系列データから算出される尤度比から分類容易度を判定して取得することができる。その結果、判定された分類容易度に基づいて、適切に学習貢献度を設定することが可能となる。

【０１２６】

＜第６実施形態＞

第６実施形態に係る情報処理システム１について、図２０及び図２１を参照して説明する。なお、第６実施形態は、第５実施形態における分類容易度の具体的な判定方法を説明するものであり、装置構成や動作の流れについては、第５実施形態と同様であってよい。このため、以下では、すでに説明した各実施形態と異なる部分について詳しく説明し、他の重複する部分については適宜説明を省略するものとする。

【０１２７】

＜学習動作の流れ＞

まず、図２０を参照しながら、第６実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の動作の流れについて説明する。図２０は、第６実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図２０では、図１８で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。

【０１２８】

図２０に示すように、第６実施形態に係る情報処理システム１における学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。

【０１２９】

続いて、第６実施形態では特に、学習部３００が、訓練データである系列データから算出される尤度比が正解閾値に到達するまでの時間に基づいて、系列データの分類容易度を判定する（ステップＳ６０１）。なお、分類容易度の判定に用いる系列データの尤度比は、学習動作の際に算出されてもよいし、学習動作が開始される前に予め算出されていてもよい。また、尤度比が正解閾値に到達するまでの時間についても、学習動作の際に算出されてもよいし、学習動作が開始される前に予め算出されていてもよい。

【０１３０】

続いて、学習部３００は、判定した分類容易度に基づいて、その系列データの学習貢献度を設定する（ステップＳ１０３）。その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。

【０１３１】

＜具体的な判定例＞

次に、図２１を参照しながら、第６実施形態に係る判定部３１０による具体的な判定例について説明する。図２１は、第６実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフである。

【０１３２】
図２１に示すように、正解閾値に到達するまでの到達時間が異なる尤度比Ｔ１、Ｔ２、及びＴ３があるとする。このような場合、正解閾値に到達するまでの時間が短い尤度比の方が、分類しやすいと判断できる。よって、判定部３１０は、正解閾値に到達するまでの時間が短いものであるほど、分類容易度が高いと判定する。具体的には、判定部３１０は、尤度比Ｔ１の分類容易度が最も高く、尤度比Ｔ２の分類容易度が２番目に高く、尤度比Ｔ３の分類容易度が３番目に高いと判定する。
【０１３３】
なお、図２１には、不正解閾値に到達している尤度比Ｆも示されているが、正解閾値に到達している尤度比Ｔ１、Ｔ２、及びＴ３は、尤度比Ｆよりも分類しやすいと判断できる。即ち、尤度比Ｔ１、Ｔ２、及びＴ３は、それぞれ正解閾値に到達するまでの時間は異なるものの、正解を選択できているという点では共通しており、不正解を選択してしまっている尤度比Ｆと比べると、分類しやすいと判定できる。よって、尤度比Ｔ１、Ｔ２、及びＴ３に対応する系列データの分類容易度は、尤度比Ｆに対応する系列データの分類容易度よりも高いと判定されてよい。
【０１３４】
（技術的効果）
次に、第６実施形態に係る情報処理システム１によって得られる技術的効果について説明する。
【０１３５】
図２０及び図２１で説明したように、第６実施形態に係る情報処理システム１では、尤度比が正解閾値に到達するまでの時間に基づいて分類容易度が判定される。このようにすれば、訓練データである系列データの分類容易度を、容易にかつ適切な値として取得することができる。従って、分類容易度に応じて学習貢献度を変化させ、適切な学習を実現することが可能となる。
【０１３６】
＜第７実施形態＞
第７実施形態に係る情報処理システム１について、図２２及び図２３を参照して説明する。なお、第７実施形態は、第６実施形態と同様に、第５実施形態における分類容易度の具体的な判定方法を説明するものであり、装置構成や動作の流れについては、第５実施形態と同様であってよい。このため、以下では、すでに説明した各実施形態と異なる部分について詳しく説明し、他の重複する部分については適宜説明を省略するものとする。
【０１３７】
＜学習動作の流れ＞
まず、図２２を参照しながら、第７実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の動作の流れについて説明する。図２２は、第７実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図２２では、図１８で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。
【０１３８】
図２２に示すように、第７実施形態に係る情報処理システム１における学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。
【０１３９】
続いて、第７実施形態では特に、学習部３００が、訓練データである系列データから算出される尤度比が不正解閾値に到達するまでの時間に基づいて、系列データの分類容易度を判定する（ステップＳ７０１）。なお、分類容易度の判定に用いる系列データの尤度比は、学習動作の際に算出されてもよいし、学習動作が開始される前に予め算出されていてもよい。また、尤度比が不正解閾値に到達するまでの時間についても、学習動作の際に算出されてもよいし、学習動作が開始される前に予め算出されていてもよい。
【０１４０】
続いて、学習部３００は、判定した分類容易度に基づいて、その系列データの学習貢献

度を設定する（ステップＳ１０３）。その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。

【０１４１】

＜具体的な判定例＞

次に、図２３を参照しながら、第７実施形態に係る判定部３１０による具体的な判定例について説明する。図２３は、第７実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフである。

【０１４２】

図２３に示すように、不正解閾値に到達するまでの到達時間が異なる尤度比Ｆ１、Ｆ２、及びＦ３があるとする。このような場合、不正解閾値に到達するまでの時間が短い尤度比の方が、分類しにくい（言い換えれば、分類を間違いやすい）と判断できる。よって、判定部３１０は、不正解閾値に到達するまでの時間が短いものであるほど、分類容易度が低いと判定する。具体的には、判定部３１０は、尤度比Ｆ１の分類容易度が最も低く、尤度比Ｆ２の分類容易度が２番目に低く、尤度比Ｆ３の分類容易度が３番目に低いと判定する。

【０１４３】

なお、図２３には、正解閾値に到達している尤度比Ｔも示されているが、不正解閾値に到達している尤度比Ｆ１、Ｆ２、及びＦ３は、尤度比Ｔよりも分類しにくいと判断できる。即ち、尤度比Ｆ１、Ｆ２、及びＦ３は、それぞれ不正解閾値に到達するまでの時間は異なるものの、不正解を選択してしまっているという点では共通しており、正解を選択している尤度比Ｔと比べると、分類しにくいと判定できる。よって、尤度比Ｆ１、Ｆ２、及びＦ３に対応する系列データの分類容易度は、尤度比Ｔに対応する系列データの分類容易度よりも低いと判定されてよい。

【０１４４】

（技術的効果）

次に、第７実施形態に係る情報処理システム１によって得られる技術的効果について説明する。

【０１４５】

図２２及び図２３で説明したように、第７実施形態に係る情報処理システム１では、尤度比が不正解閾値に到達するまでの時間に基づいて分類容易度が判定される。このようにすれば、訓練データである系列データの分類容易度を、容易にかつ適切な値として取得することができる。従って、分類容易度に応じて学習貢献度を変化させ、適切な学習を実現することが可能となる。

【０１４６】

＜第８実施形態＞

第８実施形態に係る情報処理システム１について、図２４から図２６を参照して説明する。なお、第８実施形態は、第６及び第７実施形態と同様に、第５実施形態における分類容易度の具体的な判定方法を説明するものであり、装置構成や動作の流れについては、第５実施形態と同様であってよい。このため、以下では、すでに説明した各実施形態と異なる部分について詳しく説明し、他の重複する部分については適宜説明を省略するものとする。

【０１４７】

＜学習動作の流れ＞

まず、図２４を参照しながら、第８実施形態に係る情報処理システム１における学習部３００の動作の流れについて説明する。図２４は、第８実施形態に係る情報処理システムにおける学習部の動作の流れを示すフローチャートである。なお、図２４では、図１８で示した処理と同様の処理に同一の符号を付している。

【０１４８】

図２４に示すように、第８実施形態に係る情報処理システム１における学習動作が開始されると、まず学習部３００に訓練データが入力される（ステップＳ１０１）。

【０１４９】
続いて、第８実施形態では特に、学習部３００が、訓練データである系列データから算出される尤度比が正解閾値又は不正解閾値に到達するまでの時間に基づいて、系列データの分類容易度を判定する（ステップＳ８０１）。即ち、第６実施形態（図２０参照）及び第７実施形態（図２２参照）で説明したように、正解閾値に到達するまでの時間が短いほど分類容易度が高く、不正解閾値に到達するまでの時間が短いほど分類容易度が低いと判定する。
【０１５０】
続いて、学習部３００は、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない尤度比があるか否かを判定する（ステップＳ８０２）。この判定処理は、例えば尤度比の算出処理が開始されてから所定時間が経過したタイミングで実行されてよい。ここでの「所定時間」は、尤度比算出処理を実行する時間の上限値として設定される時間である。このため、所定時間経過後は、尤度比が正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない場合であっても尤度比の算出処理が停止される。そして、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない尤度比は「未到達」として扱われることになる。
【０１５１】
未到達の尤度比がある場合（ステップＳ８０２：ＹＥＳ）、判定部３１０は、未到達となった尤度比に対応する系列データに対して、所定の分類容易度を設定する。具体的には、未到達となった尤度比に対応する系列データの分類容易度は、正解閾値に到達した尤度比に対応する系列データの分類容易度よりも低く、不正解閾値に到達した尤度比に対応する系列データの分類容易度よりも高いものとして設定される。なお、より具体的な分類容易度の設定方法については、後に具体例を挙げて詳しく説明する。
【０１５２】
続いて、学習部３００は、判定した分類容易度に基づいて、その系列データの学習貢献度を設定する（ステップＳ１０３）。その後、学習部３００は、学習貢献度を考慮して学習処理を実行する（ステップＳ１０４）。
【０１５３】
＜具体的な判定例＞
次に、図２５及び図２６を参照しながら、第８実施形態に係る判定部３１０による具体的な判定例について説明する。図２５は、第８実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフ（その１）である。図２６は、第８実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフ（その２）である。
【０１５４】
図２５に示すように、正解閾値に到達している尤度比Ｔ、不正解閾値に到達している尤度比Ｆ、及び正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない尤度比Ｕがあるとする。このような場合、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない尤度比Ｕは、正解を選択できていないため、正解閾値に到達している尤度比Ｔよりも分類しにくいものであると判断できる。よって、判定部３１０は、尤度比Ｕの分類容易度が、尤度比Ｔの分類容易度よりも低いと判定する。一方で、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない尤度比Ｕは、不正解を選択していない（即ち、間違えた選択をしていない）ため、不正解閾値に到達している尤度比Ｆよりも分類しやすいものであると判断できる。よって、判定部３１０は、尤度比Ｕの分類容易度が、尤度比Ｆの分類容易度よりも高いと判定する。
【０１５５】
図２６に示すように、正解閾値に到達している尤度比Ｔ、不正解閾値に到達している尤度比Ｆ、並びに正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない尤度比Ｕ１及びＵ２があるとする。このような場合、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない尤度比Ｕ１及びＵ２を比較すると、尤度比Ｕ１の値が最終的に正解閾値寄りになっている一方で、尤度比Ｕ２の値は最終的に不正解閾値寄りになっている。このため、尤度比Ｕ１は、尤度比Ｕ２と比べると正解に近づいていると判断できる。逆に言えば、尤度比Ｕ２は、

尤度比Ｕ１と比べると不正解に近づいてしまっていると判断できる。よって、判定部３１０は、尤度比Ｕ１の分類容易度が、尤度比Ｕ２の分類容易度よりも高いと判定する。その他の尤度比も含めると、判定部３１０は、正解閾値に到達している尤度比Ｔの分類容易度が最も高く、正解寄りで未到達となった尤度比Ｕ１の分類容易度が２番目に高く、不正解寄りで未到達となった尤度比Ｕ２の分類容易度が３番目に高く、不正解閾値に到達している尤度比Ｆが４番目に高いと判定する。

【０１５６】

（技術的効果）

次に、第８実施形態に係る情報処理システム１によって得られる技術的効果について説明する。

【０１５７】

図２４から図２６で説明したように、第８実施形態に係る情報処理システム１では、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達していない未到達の尤度比についても、分類容易度が判定される。このようにすれば、訓練データである系列データの分類容易度を、容易にかつ適切な値として取得することができる。従って、分類容易度に応じて学習貢献度を変化させ、適切な学習を実現することが可能となる。

【０１５８】

＜第９実施形態＞

第９実施形態に係る情報処理システム１について、図２７を参照して説明する。なお、第９実施形態は、上述した第１から第８実施形態に係る情報処理システム１を生体判定に適用する場合の具体例を説明するものであり、その構成や動作は第１から第８実施形態と同様であってよい。このため、以下では、すでに説明した各実施形態と異なる部分について詳しく説明し、他の重複する部分については適宜説明を省略するものとする。

【０１５９】

（生体判定システム）

第９実施形態に係る情報処理システム１は、撮像された顔が本物の顔（即ち、生体の顔）であるか、偽物の顔（例えば、写真やお面等による生体以外の顔）であるかを判定可能な生体判定システムに適用されている。この場合、第９実施形態に係る情報処理システム１には、例えば人物の顔画像を撮像した動画が系列データとして入力される。データ取得部５０は、動画に含まれる複数フレームの画像を系列データに含まれる要素として取得する。尤度比算出部１００は、複数の画像から撮像された顔が本物の顔であることの尤もらしさを示す尤度比を算出する。そして、クラス分類部２００は、算出された尤度比に基づいて、撮像された顔が本物の顔であるか、偽物の顔であるかを分類する。

【０１６０】

（学習動作における尤度比の扱い）

次に、図２７を参照しながら、上述した生体判定システムにおける学習動作について説明する。図２７は、第９実施形態に係る情報処理システムにおいて学習に用いられる尤度比の一例を示すグラフである。なお、図２７に示す各尤度比は、本物の顔を撮像した動画（即ち、「本物の顔」が正解である系列データ）から算出された尤度比であるものとする。

【０１６１】

図２７に示すように、訓練データとして入力される動画の各々から、Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３、Ｌ４、Ｌ５、及びＬ６の尤度比が算出されているとする。尤度比Ｌ１は、正解閾値に到達しており、到達するまでの時間が比較的短い。尤度比Ｌ２は、正解閾値に到達しており、到達するまでの時間が比較的長い。尤度比Ｌ３は、不正解閾値に到達しており、到達するまでの時間が比較的短い。尤度比Ｌ４は、不正解閾値に到達しており、到達するまでの時間が比較的長い。尤度比Ｌ５は、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達しておらず、最終的には正解寄りの値となっている。尤度比Ｌ６は、正解閾値及び不正解閾値のいずれにも到達しておらず、最終的には不正解寄りの値となっている。

【０１６２】

上記の尤度比Ｌ１～Ｌ６の尤度比は、例えば第６から第８実施形態で説明したように（

例えば、図２０から図２６を参照）、尤度比が正解閾値又は不正解閾値に到達するまでの時間、及び未到達時の最終的な値（正解寄りか不正解寄りか）によって分類容易度を判定できる。具体的には、尤度比Ｌ１、尤度比Ｌ２、尤度比Ｌ５、尤度比Ｌ６、尤度比Ｌ４、尤度比Ｌ３の順で分類容易度が高いと判定する。なお、第５実施形態で説明したように、尤度比の傾き、又は尤度比の傾きの分散に基づいて分類容易度を判定してもよい。

【０１６３】

以上説明したように、尤度比から分類容易度を判定すれば、判定した分類容易度から学習貢献度を設定することができる。従って、尤度比の分類しやすさに応じて学習への影響を変化させて、より適切な学習が行えるようになる。具体的には、分類しやすい系列データ（例えば、本物の顔であると容易に判断できるデータ）の学習貢献度を低くし、分類しにくい系列データ（例えば、本物の顔であると判断することが困難なデータ）の学習貢献度を高くして学習が行われる。その結果、第９実施形態に係る情報処理システム１が適用された生体判定システムにおいては、本物の顔と偽物の顔とを精度よく判定することが可能となる。

【０１６４】

上述した各実施形態の機能を実現するように該実施形態の構成を動作させるプログラムを記録媒体に記録させ、該記録媒体に記録されたプログラムをコードとして読み出し、コンピュータにおいて実行する処理方法も各実施形態の範疇に含まれる。すなわち、コンピュータ読取可能な記録媒体も各実施形態の範囲に含まれる。また、上述のプログラムが記録された記録媒体はもちろん、そのプログラム自体も各実施形態に含まれる。

【０１６５】

記録媒体としては例えばフロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、磁気テープ、不揮発性メモリカード、ＲＯＭを用いることができる。また該記録媒体に記録されたプログラム単体で処理を実行しているものに限らず、他のソフトウェア、拡張ボードの機能と共同して、ＯＳ上で動作して処理を実行するものも各実施形態の範疇に含まれる。

【０１６６】

この開示は、請求の範囲及び明細書全体から読み取ることのできる発明の要旨又は思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う情報処理システム、情報処理方法、及びコンピュータプログラムもまたこの開示の技術思想に含まれる。

【０１６７】

＜付記＞

以上説明した実施形態に関して、更に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。

【０１６８】

（付記１）

付記１に記載の情報処理システムは、系列データに含まれる複数の要素を取得する取得手段と、前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出する算出手段と、前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類する分類手段と、複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行う学習手段とを備え、前記学習手段は、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させることを特徴とする情報処理システムである。

【０１６９】

（付記２）

付記２に記載の情報処理システムは、前記学習手段は、分類しやすい前記系列データの前記貢献度を低くし、分類しにくい前記系列データの前記貢献度を高くすることを特徴とする付記１に記載の情報処理システムである。

【０１７０】

（付記３）

付記３に記載の情報処理システムは、前記学習手段は、複数の前記系列データを分類しやすさに応じて順位付けし、前記順位に基づいて前記貢献度を決定することを特徴とする付記１又は２に記載の情報処理システムである。

【０１７１】

（付記４）

付記４に記載の情報処理システムは、前記学習手段は、前記尤度比が分類候補の各クラスに対応する所定閾値に到達するまでの時間、前記尤度比の傾き、及び前記尤度比の傾きの分散の少なくとも１つに基づいて、前記系列データの分類しやすさを判定する判定手段を有することを特徴とする付記１から３のいずれか一項に記載の情報処理システムである。

【０１７２】

（付記５）

付記５に記載の情報処理システムは、前記判定手段は、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの時間が短いほど、前記系列データが分類しやすいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定閾値に到達するまでの時間が短いほど、前記系列データが分類しにくいと判定することを特徴とする付記４に記載の情報処理システムである。

【０１７３】

（付記６）

付記６に記載の情報処理システムは、前記判定手段は、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの傾きが大きいほど、前記系列データが分類しやすいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定師閾値に到達するまでの傾きが小さいほど、前記系列データが分類しにくいと判定することを特徴とする付記４又は５に記載の情報処理システムである。

【０１７４】

（付記７）

付記７に記載の情報処理システムは、前記判定手段は、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値に到達するまでの傾きの分散が大きいほど、前記系列データが分類しにくいと判定し、前記尤度比が不正解クラスに対応する第２の所定師閾値に到達するまでの傾きの分散が小さいほど、前記系列データが分類しやすいと判定することを特徴とする付記４から６のいずれか一項に記載の情報処理システム。

【０１７５】

（付記８）

付記８に記載の情報処理システムは、前記判定手段は、前記尤度比が正解クラスに対応する第１の所定閾値及び不正解クラスに対応する第２の所定閾値のいずれにも所定時間内に到達しない前記系列データについて、前記第１の所定閾値に到達した前記系列データよりも分類しにくく、前記第２の所定閾値に到達した前記系列データよりも分類しやすいと判定することを特徴とする付記４から７のいずれか一項に記載の情報処理システムである。

【０１７６】

（付記９）

付記９に記載の情報処理方法は、系列データに含まれる複数の要素を取得し、前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、前記尤度比に基づいて、前記系列データを少なくとも１つのクラスに分類し、複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、前記学習を行う際に、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させることを特徴とする情報処理方法である。

【０１７７】

（付記１０）

付記１０に記載のコンピュータプログラムは、系列データに含まれる複数の要素を取得し、前記複数の要素のうち少なくとも２つの連続する要素に基づいて、前記系列データが属するクラスの尤もらしさを示す尤度比を算出し、前記尤度比に基づいて、前記系列デー

タを少なくとも１つのクラスに分類し、複数の前記系列データを用いて、前記尤度比の算出に関する学習を行い、前記学習を行う際に、複数の前記系列データの各々の前記学習への貢献度を、前記系列データの分類しやすさに応じて変化させるようにコンピュータを動作させることを特徴とするコンピュータプログラムである。

【０１７８】

（付記１１）

付記１１に記載の記録媒体は、付記１０に記載のコンピュータプログラムが記録されていることを特徴とする記録媒体である。

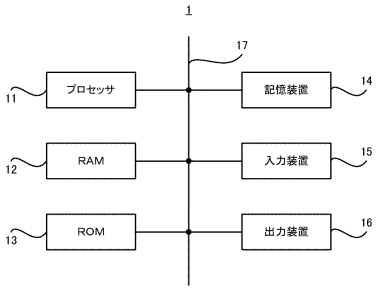
【符号の説明】

【０１７９】

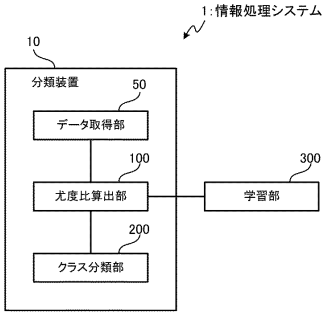
１　情報処理システム
１１　プロセッサ
１４　記憶装置
１０　分類装置
５０　データ取得部
１００　尤度比算出部
１１０　第１算出部
１１１　個別尤度比算出部
１１２　第１記憶部
１２０　第２算出部
１２１　統合尤度比算出部
１２２　第２記憶部
２００　クラス分類部
３００　学習部
３１０　判定部

【図面】

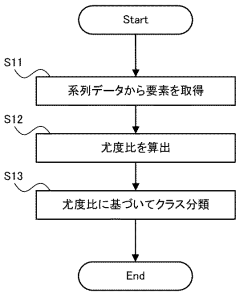
【図１】


1
17
プロセッサ
11
記憶装置
14
RAM
12
入力装置
15
ROM
13
出力装置
16

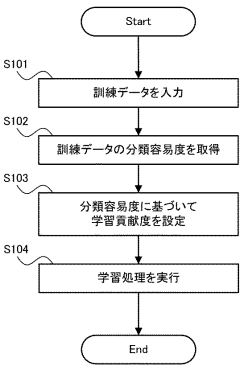
【図２】


1：情報処理システム
10
分類装置
50
データ取得部
100
尤度比算出部
300
学習部
200
クラス分類部

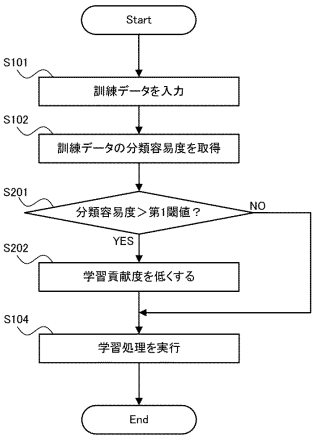
【図３】


Start
S11
系列データから要素を取得
S12
尤度比を算出
S13
尤度比に基づいてクラス分類
End

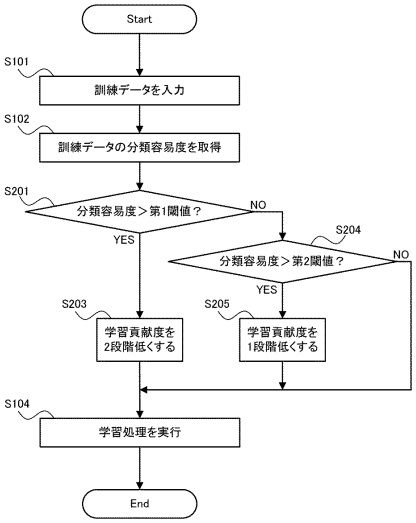
【図４】


Start
S101
訓練データを入力
S102
訓練データの分類容易度を取得
S103
分類容易度に基づいて
学習貢献度を設定
S104
学習処理を実行
End

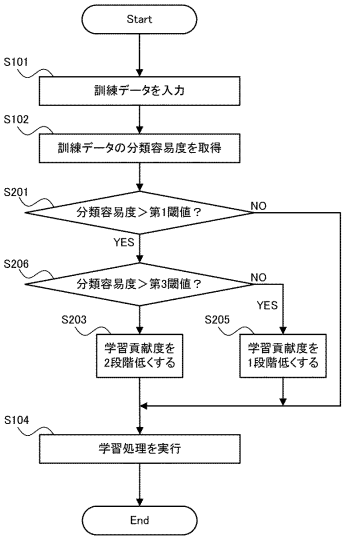
【図５】


Start
S101
訓練データを入力
S102
訓練データの分類容易度を取得
S201
分類容易度＞第1閾値？
NO
YES
S202
学習貢献度を低くする
S104
学習処理を実行
End

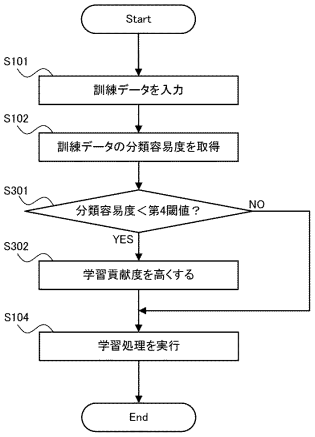
【図６】


Start
S101
訓練データを入力
S102
訓練データの分類容易度を取得
S201
分類容易度＞第1閾値？
NO
YES
S204
分類容易度＞第2閾値？
NO
YES
S203
学習貢献度を
2段階低くする
S205
学習貢献度を
1段階低くする
S104
学習処理を実行
End

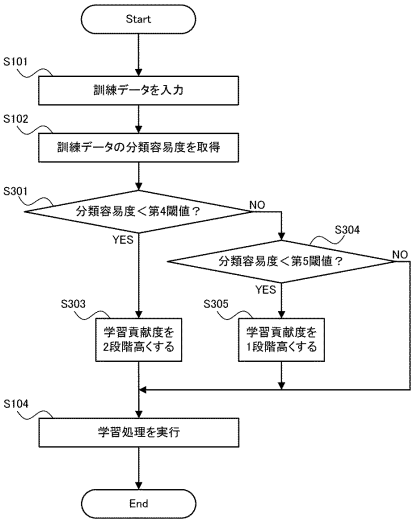
【図７】


Start
S101
訓練データを入力
S102
訓練データの分類容易度を取得
S201
分類容易度＞第1閾値？
NO
YES
S206
分類容易度＞第3閾値？
NO
YES
S203
学習貢献度を
2段階低くする
S205
学習貢献度を
1段階低くする
S104
学習処理を実行
End

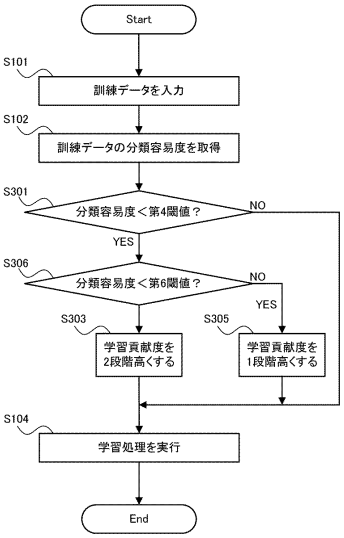
【図８】


Start
S101
訓練データを入力
S102
訓練データの分類容易度を取得
S301
分類容易度＜第4閾値？
NO
YES
S302
学習貢献度を高くする
S104
学習処理を実行
End

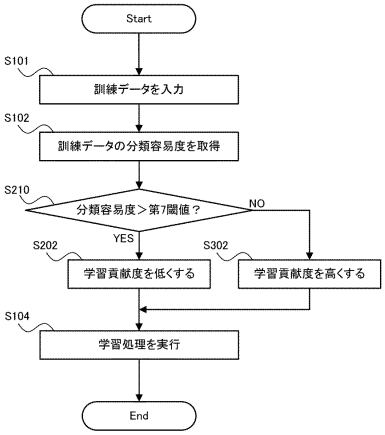
【図９】



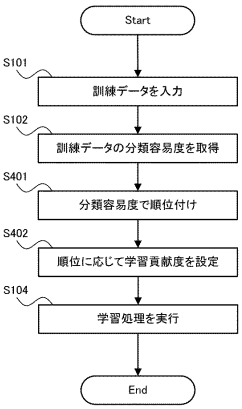
【図１０】



【図１１】



【図１２】



【図１３】

順位	学習貢献度の変化
1位	5段階低くする
2位	4段階低くする
3位	3段階低くする
4位	2段階低くする
5位	1段階低くする

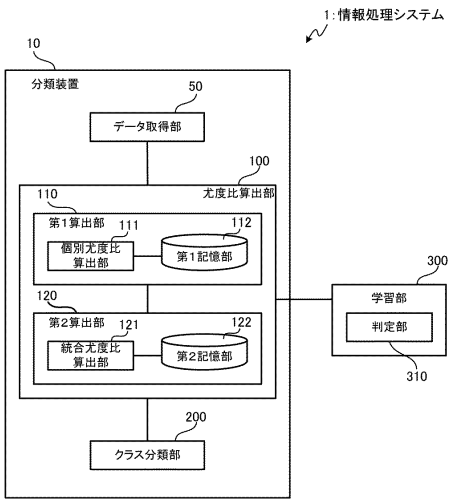
【図１４】

順位	学習貢献度の変化
1位	1段階高くする
2位	2段階高くする
3位	3段階高くする
4位	4段階高くする
5位	5段階高くする

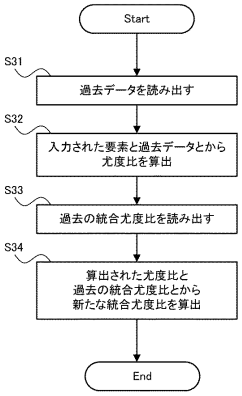
【図１５】

順位	学習貢献度の変化
1位	2段階低くする
2位	1段階低くする
3位	変化なし
4位	1段階高くする
5位	2段階高くする

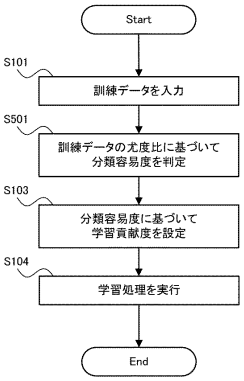
【図１６】



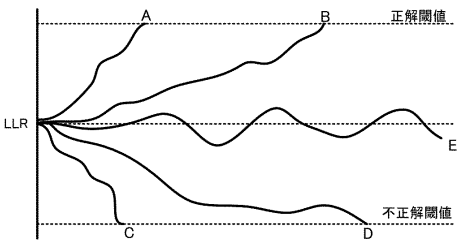
【図１７】



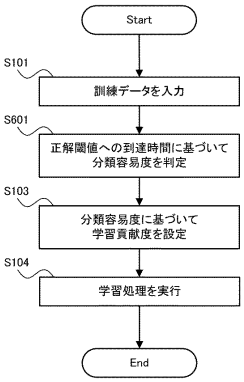
【図１８】



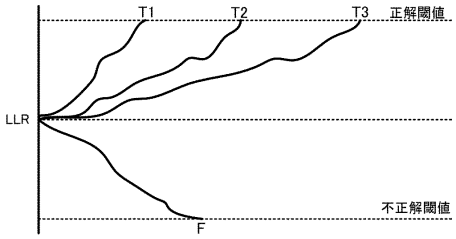
【図１９】



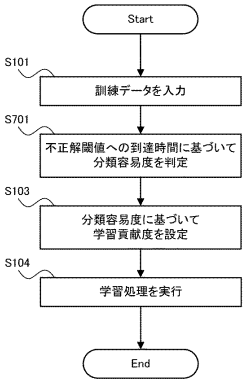
【図２０】



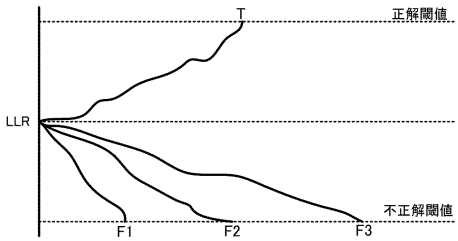
【図２１】



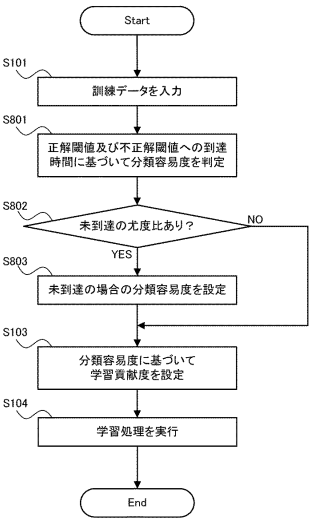
【図２２】



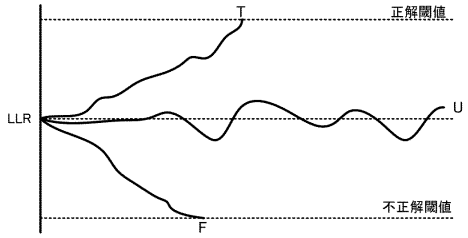
【図２３】



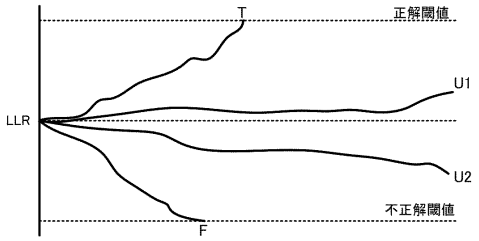
【図２４】



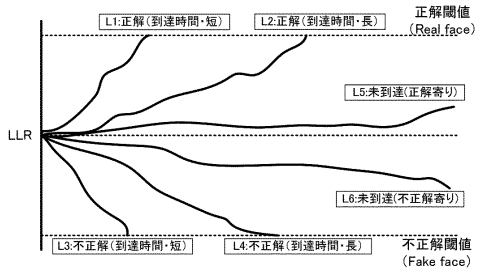
【図２５】


T
正解閾値
LLR
U
不正解閾値
F

【図２６】


T
正解閾値
U1
LLR
U2
不正解閾値
F

【図２７】


L1:正解（到達時間・短）
L2:正解（到達時間・長）
正解閾値
（Real face）
L5:未到達（正解寄り）
LLR
L6:未到達（不正解寄り）
L3:不正解（到達時間・短）
L4:不正解（到達時間・長）
不正解閾値
（Fake face）

フロントページの続き

審査官　▲はま▼中 信行

(56)参考文献　特開２００９－１２２８２９（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０２１／２２９６６２（ＷＯ，Ａ１）
EBIHARA, Akinori F., et al.，Deep Neural Networks for the Sequential Probability Ratio Test on Non-i.i.d. Data Series，arXiv [online]，2020年06月17日，v2，pp. 1-12，[検索日 2021.03.22], インターネット 〈URL: https://arxiv.org/abs/2006.05587v2〉
長谷川修、外１名，高次元特徴ベクトルの次元圧縮と重みつきＫ－最近傍法によるパターン認識，情報処理学会論文誌：コンピュータビジョンとイメージメディア，社団法人情報処理学会，2003年07月15日，Vol.44, No.SIG 9(CVIM 7)，pp.75-85
EBIHARA, Akinori F., et al.，Sequential Density Ratio Estimation for Simultaneous Optimization of Speed and Accuracy，arXiv [online]，v3，2021年02月06日，pp. 1-12，[検索日 2024.07.03], インターネット 〈URL: https://arxiv.org/abs/2006.05587v3〉

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０６Ｎ　３／００ － ９９／００