

(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  
2020年7月30日(30.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/153202 A1

(51) 国際特許分類:

G06N 20/00 (2019.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2020/001108

(22) 国際出願日:

2020年1月15日(15.01.2020)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2019-009586 2019年1月23日(23.01.2019) JP

(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: 岸野 泰恵(KISHINO, Yasue); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NT

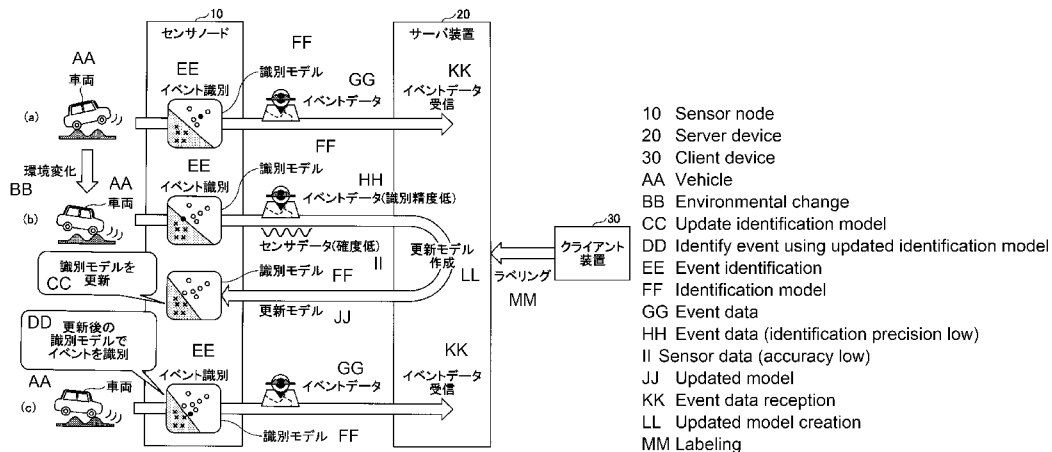
T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 白井 良成 (SHIRAI, Yoshinari); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 水谷 伸(MIZUTANI, Shin); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 大塚 琢馬(OTSUKA, Takuma); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 須山 敬之(SUYAMA, Takayuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 納谷 太(NAYA, Futoshi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NT 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: SENSOR NODE, SERVER DEVICE, AND IDENTIFICATION SYSTEM, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: センサノード、サーバ装置、識別システム、方法及びプログラム

[図4]



(57) Abstract: Provided is a sensor node that is connected to a server device via a communication network, the sensor node being characterized in having: an acquisition means for acquiring sensor data from a sensor provided to the sensor node; an identification means that, on the basis of the sensor data and an identification model produced in advance by the server device, classifies the sensor data into a plurality of classes to identify the occurrence of a prescribed event; an accuracy calculation means that, on the basis of the identification result, calculates the accuracy of the sensor data as an index value indicating the uncertainty of the identification result; and a transmission means that, from within a transmission buffer in which the sensor data and the accuracy of said sensor data are associated and stored, selects the sensor data item having the lowest accuracy and transmits the selected sensor data item to the server device.

[続葉有]

番 1 号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約: サーバ装置と通信ネットワークを介して接続されるセンサノードであって、前記センサノードが備えるセンサからセンサデータを取得する取得手段と、前記センサデータと、前記サーバ装置で予め作成された識別モデルとに基づいて、前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別する識別手段と、前記識別の結果に基づいて、前記識別の結果の不確かさを表す指標値として、前記センサデータの確度を算出する確度算出手段と、前記センサデータと該センサデータの確度とが対応付けて格納されている送信バッファの中から、前記確度が最小のセンサデータを選択し、該選択したセンサデータを前記サーバ装置に送信する送信手段と、を有することを特徴とする。

## 明 細 書

発明の名称：

センサノード、サーバ装置、識別システム、方法及びプログラム

### 技術分野

[0001] 本発明は、センサノード、サーバ装置、識別システム、方法及びプログラムに関する。

### 背景技術

[0002] 様々な環境にセンサノードを設置した上で、このセンサノードから得られるセンサデータを用いて、その環境の状況やその環境で起きているイベント等を識別する環境センシングと呼ばれる技術が知られている。例えば、ゴミ清掃車に搭載されたモーションセンサから得られたセンサデータを用いて、ゴミ収集区間を識別する技術が知られている（特許文献1）。これ以外にも、例えば、センサデータを用いて人の行動を識別したり、対象物の異常有無を識別したりする技術等も知られている。

[0003] 環境センシングの実運用では、電池駆動の無線通信モジュールを備えるセンサノードが用いられる場合が一般的である。このようなセンサノードでは、電力消費や通信量を抑えるため、イベント等を識別するための識別モデルをメモリ等に保持しておき、この識別モデルを用いた識別結果のみをサーバ等に送信することが多い。なお、識別モデルは、センサデータをラベリング（アノテーション）した学習データを用いて、教師あり学習の手法により作成される。

[0004] 他方で、例えば、センサノードが設置された環境の変化やセンサノードの劣化、センサノードの位置ずれ、センサノードが搭載されている車両の運転手の交代等、様々な要因によって識別精度が低下する場合があることが知られている。このため、これらの要因の発生に応じて、新たに識別モデルを作成した上で、センサノードが保持している識別モデルを更新する必要がある。

[0005] ここで、教師あり学習に用いられるデータをラベリングして学習データを作成する際に、学習効果が高いデータを選択する、能動学習（Active Learning）と呼ばれる手法が知られている（非特許文献1）。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0006] 特許文献1：特開2018-193193号公報

### 非特許文献

[0007] 非特許文献1：Burr Settles, "Active Learning Literature Survey", Computer Sciences Technical Report 1648, University of Wisconsin-Madison (2010).

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、識別モデルの作成は比較的計算資源が豊富なサーバ等で行われるのが一般的であるが、センサノードの電力消費量や通信帯域等を考慮すると、ラベリング対象のセンサデータをサーバ等に送信する際の通信量はできるだけ抑えることが好ましい。また、センサデータへのラベリングは一般的に人手で行われるため、ラベリング対象のセンサデータが多い場合には多大な人的コストが掛かる。

[0009] これに対して、上記の能動学習（Active Learning）の手法を用いて、識別モデルを作成する際の学習効果が高いセンサデータを選択し、選択されたセンサデータをラベリング対象としてサーバ等に送信するようにすることで、識別モデルの識別精度は維持しつつ、通信量とラベリングに要する人的コストとを抑えることが可能になると考えられる。

[0010] 本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、ラベリング対象データの通信量とラベリングに要するコストとを削減することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するため、本発明の実施の形態におけるセンサノードは、

サーバ装置と通信ネットワークを介して接続されるセンサノードであって、前記センサノードが備えるセンサからセンサデータを取得する取得手段と、前記センサデータと、前記サーバ装置で予め作成された識別モデルとに基づいて、前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別する識別手段と、前記識別の結果に基づいて、前記識別の結果の不確かさを表す指標値として、前記センサデータの確度を算出する確度算出手段と、前記センサデータと該センサデータの確度とが対応付けて格納されている送信バッファの中から、前記確度が最小のセンサデータを選択し、該選択したセンサデータを前記サーバ装置に送信する送信手段と、を有することを特徴とする。

[0012] また、本発明の実施の形態におけるサーバ装置は、1以上のセンサノードと通信ネットワークを介して接続されるサーバ装置であって、前記センサノードでセンシングされたセンサデータと、前記センサノードで識別モデルによって前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別した際の指標値とを受信する受信手段と、前記指標値の昇順又は降順で前記センサデータをランキングして記憶部に格納する格納手段と、前記ランキングされたセンサデータを、ラベリング対象としてユーザに提示する提示手段と、前記ユーザによってラベリングされたセンサデータを用いて、前記センサノードで前記イベントの発生を識別するための識別モデルの追加学習を行う追加学習手段と、前記追加学習された識別モデルを、前記センサノードが保持している識別モデルの更新用の識別モデルとして前記センサノードに送信する送信手段と、を有することを特徴とする。

[0013] また、本発明の実施の形態における識別システムは、サーバ装置と、該サーバ装置と通信ネットワークを介して接続される1以上のセンサノードとが含まれる識別システムであって、前記センサノードは、前記センサノードが備えるセンサからセンサデータを取得する取得手段と、前記センサデータと、前記サーバ装置で予め作成された識別モデルとに基づいて、前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別する識別手段と、

前記識別の結果に基づいて、前記識別の結果の不確かさを表す指標値として、前記センサデータの確度を算出する確度算出手段と、前記センサデータと該センサデータの確度とが対応付けて格納されている送信バッファの中から、前記確度が最小のセンサデータを選択し、該選択したセンサデータと該センサデータの確度とを前記サーバ装置に送信する送信手段と、を有し、前記サーバ装置は、前記センサデータと、該センサデータの確度とを前記センサノードから受信する受信手段と、前記確度の昇順又は降順で前記センサデータをランキングして記憶部に格納する格納手段と、前記ランキングされたセンサデータを、ラベリング対象としてユーザに提示する提示手段と、前記ユーザによってラベリングされたセンサデータを用いて、前記センサノードで前記識別モデルの追加学習を行う追加学習手段と、前記追加学習された識別モデルを、前記センサノードが保持している識別モデルの更新用の識別モデルとして前記センサノードに送信する送信手段と、を有することを特徴とする。

### 発明の効果

[0014] ラベリング対象データの通信量とラベリングに要するコストとを削減することができる。

### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施の形態における識別システムの全体構成の一例を示す図である。

[図2]本発明の実施の形態におけるセンサノードのハードウェア構成の一例を示す図である。

[図3]本発明の実施の形態におけるサーバ装置及びクライアント装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図4]識別モデルによるイベント識別及び識別モデルの更新の一例を説明するための図である。

[図5]本発明の実施の形態における識別システムの機能構成の一例を示す図である。

[図6]識別モデルによるイベント識別からラベリング対象のセンサデータの送信までの手順の一例を示す図である。

[図7]ラベリング対象のセンサデータの受信から格納までの手順の一例を示す図である。

[図8]センサデータのラベリングから識別モデルの更新までの手順の一例を示す図である。

[図9]ディープニューラルネットワークで実現された識別モデルの一例を示す図である。

[図10A]本発明の効果の一例を説明するための図である。

[図10B]本発明の効果の一例を説明するための図である。

### 発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。本発明の実施の形態では、能動学習の手法を用いて、識別モデルを作成する際のセンサデータを選択することで、更新後の識別モデルの識別精度は維持しつつ、ラベリング対象のセンサデータの通信量とラベリングに要する人的コストとを抑えることが可能な識別システム1について説明する。

[0017] ここで、環境センシングでは、センサデータが複数のクラスのうちいずれのクラスに分類されるかを判定（又は、各クラスに分類される確率等を算出）することで、所定の対象で起きているイベントや状況、状態、行動等を識別する。以降の本発明の実施の形態では、これらのイベント、状態、行動等をまとめて「イベント」と表すこととする。

[0018] 具体的には、例えば、対象を何等かの機械として、その故障発生の有無を識別する場合、故障発生有りと、故障発生無しとがそれぞれイベントに該当する。また、例えば、対象を車両として、車両の状況が「走行中」、「停車中」、「ドア開閉中」、「その他」のいずれであるかを識別する場合、走行中と、停車中と、ドア開閉中と、その他とがそれぞれイベントに該当する。

[0019] なお、ラベリングとは、センサデータに対して、このセンサデータがいずれのクラスに属するかを示すラベル（つまり、正解データ又は教師データ）

を付与することである。センサデータに対してラベルが付与されることで、識別モデルの作成に用いられる学習データが得られる。

[0020] また、識別モデルとしては、例えば、識別対象とするイベント等に応じて、適宜、任意の機械学習モデルが用いられる。一例として、識別モデルとして、DNN（ディープニューラルネットワーク）やSVM（サポートベクターマシン）等を用いることが可能である。

[0021] <全体構成>

まず、本発明の実施の形態における識別システム1について、図1を参照しながら説明する。図1は、本発明の実施の形態における識別システム1の全体構成の一例を示す図である。

[0022] 図1に示すように、本発明の実施の形態における識別システム1には、1以上のセンサノード10と、サーバ装置20と、クライアント装置30とが含まれる。各センサノード10とサーバ装置20とは、例えば無線通信によって通信可能に接続される。また、サーバ装置20とクライアント装置30とは、例えば無線通信若しくは有線通信又はその両方によって通信可能に接続される。なお、センサノード10とサーバ装置20とは、例えば有線通信によって通信可能に接続されてもよいし、無線通信及び有線通信の両方によって通信可能に接続されてもよい。

[0023] センサノード10は、センサによって所定の対象をセンシングした上で、センシングにより得られたセンサデータと識別モデルとを用いてイベントを識別し、その識別結果をサーバ装置20に送信する。また、センサノード10は、能動学習の手法を用いてラベリング対象とするセンサデータを選択した上で、選択したセンサデータをサーバ装置20に送信する。ここで、ラベリング対象とするセンサデータの選択には、当該センサデータの確度を用いるものとする。確度とはセンサデータを識別した際の識別精度を表す指標値のことであり、確度が低いセンサデータほど識別モデルを作成する際の学習効果が高いことが期待できる。言い換えれば、確度とはセンサデータを識別した際の識別結果の不確かさを表す指標値のことである。確度の具体例につ

いては後述する。

[0024] なお、センサノード１０がどのようなセンサを有するかはセンシング対象や識別対象とするイベント等によって異なるが、センサノード１０は、センシング対象や識別対象とするイベント等に応じて、所定のセンサを所定の個数有しているものとする。

[0025] サーバ装置２０は、センサノード１０から識別結果やラベリング対象のセンサデータを受信する。また、サーバ装置２０は、ラベリング対象のセンサデータを確度が低い順（つまり、学習効果が高い順）にランキングした上で、ランキングされたセンサデータをクライアント装置３０に送信する。

[0026] また、サーバ装置２０は、学習データ（つまり、ラベル付けされたセンサデータ）を用いて識別モデルを作成し、当該識別モデルをセンサノード１０に送信する。これにより、センサノード１０が保持する識別モデルが更新される。なお、以降では、センサノード１０が保持する識別モデルの更新に用いられる識別モデルを「更新モデル」とも表す。

[0027] クライアント装置３０は、ユーザが操作する端末装置であり、当該ユーザの操作に応じてセンサデータに対してラベリングを行う。これにより、更新モデルを作成するための学習データが得られる。クライアント装置３０としては、例えば、ＰＣ（パーソナルコンピュータ）、スマートフォン、タブレット端末等を用いることが可能である。

[0028] なお、図１に示す識別システム１の構成は一例であって、他の構成であってもよい。例えば、サーバ装置２０とクライアント装置３０とが一体で構成されていてもよい。この場合、ユーザは、サーバ装置２０とクライアント装置３０とが一体で構成された装置を操作して、センサデータをラベリングすればよい。

[0029] ＜ハードウェア構成＞

次に、本発明の実施の形態における識別システム１に含まれるセンサノード１０、サーバ装置２０及びクライアント装置３０のハードウェア構成について説明する。

[0030]      《センサノード１０》

本発明の実施の形態におけるセンサノード１０は、例えば図２に示すハードウェア構成を有する。図２は、本発明の実施の形態におけるセンサノード１０のハードウェア構成の一例を示す図である。

[0031]    図２に示すように、本発明の実施の形態におけるセンサノード１０は、ハードウェアとして、センサ１１と、プロセッサ１２と、メモリ１３と、無線通信モジュール１４とを有する。

[0032]    センサ１１は、センサノード１０のセンシング対象や識別対象とするイベント等に応じたセンサである。センサ１１としては任意のセンサを用いることが可能である。なお、代表的なセンサとしては、例えば、モーションセンサ、加速度センサ、気圧センサ、温度センサ、超音波センサ、画像センサ、音声センサ等が挙げられる。

[0033]    プロセッサ１２は、例えばＣＰＵ（Central Processing Unit）やＭＰＵ（Micro Processing Unit）等であり、メモリ１３からプログラムやデータを読み出して処理を実行する演算装置である。メモリ１３は、各種のプログラムやデータを記憶したり、プロセッサ１２のワークエリアとして用いられったりする記憶装置である。

[0034]    無線通信モジュール１４は、他の装置（例えば、サーバ装置２０等）との間で無線によりデータ通信を行うためのインタフェースである。

[0035]    本発明の実施の形態におけるセンサノード１０は、図２に示すハードウェア構成を有することにより、後述する各種処理を実現することができる。

[0036]      《サーバ装置２０、クライアント装置３０》

本発明の実施の形態におけるサーバ装置２０及びクライアント装置３０は、例えば図３に示すハードウェア構成を有する。図３は、本発明の実施の形態におけるサーバ装置２０及びクライアント装置３０のハードウェア構成の一例を示す図である。なお、サーバ装置２０及びクライアント装置３０は同様のハードウェア構成で実現可能であるため、以降では、主に、サーバ装置２０のハードウェア構成について説明する。

- [0037] 図3に示すように、本発明の実施の形態におけるサーバ装置20は、ハードウェアとして、入力装置21と、表示装置22と、外部I/F23と、RAM(Random Access Memory)24と、ROM(Read Only Memory)25と、プロセッサ26と、通信装置27と、補助記憶装置28とを有する。
- [0038] 入力装置21は、例えばキーボードやマウス、タッチパネル等であり、ユーザが各種の操作を入力するのに用いられる。表示装置22は、例えばディスプレイ等であり、各種の処理結果等を表示する。なお、サーバ装置20は、入力装置21及び表示装置22の少なくとも一方を有していなくてもよい。
- [0039] 外部I/F23は、外部装置とのインタフェースである。外部装置には、記録媒体23a等がある。サーバ装置20は、外部I/F23を介して、記録媒体23aの読み取りや書き込み等を行うことができる。記録媒体23aとしては、例えば、フレキシブルディスク、CD(Compact Disc)、DVD(Digital Versatile Disk)、SDメモリカード(Secure Digital memory card)、USB(Universal Serial Bus)メモリカード等がある。
- [0040] RAM24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である。ROM25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である。ROM25には、例えば、OS(Operating System)に関する設定情報や通信に関する設定情報等が格納されている。
- [0041] プロセッサ26は、例えばCPU等であり、ROM25や補助記憶装置28等からプログラムやデータをRAM24上に読み出して処理を実行する演算装置である。通信装置27は、他の装置との間でデータ通信を行うためのインタフェース装置である。
- [0042] 補助記憶装置28は、例えばHDD(Hard Disk Drive)やSSD(Solid State Drive)等であり、プログラムやデータを格納している不揮発性の記憶装置である。補助記憶装置28に格納されているプログラムやデータには、例えば、OS、当該OS上で各種機能を実現するアプリケーションプログラ

ム等がある。

[0043] 本発明の実施の形態におけるサーバ装置20及びクライアント装置30は、図3に示すハードウェア構成を有することにより、後述する各種処理を実現することができる。なお、図3に示す例では、本発明の実施の形態におけるサーバ装置20及びクライアント装置30がそれぞれ1台の装置（コンピュータ）で実現されている場合を示したが、これに限られない。本発明の実施の形態におけるサーバ装置20及びクライアント装置30の少なくとも一方が、複数台の装置（コンピュータ）で実現されていてもよい。また、1台の装置（コンピュータ）には、複数のプロセッサ26や複数の記憶装置（RAM24やROM25、補助記憶装置28等）が含まれていてもよい。

[0044] <イベント識別及び識別モデルの更新の概略>

ここで、道路を対象として、路面の損傷有無のイベントを識別する場合におけるイベント識別及び識別モデルの更新について、図4を参照しながら説明する。図4は、識別モデルによるイベント識別及び識別モデルの更新の一例を説明するための図である。図4に示す例では、車両がセンサノード10であり、このセンサノード10に搭載されているセンサが車両の振動等をセンシングするものとする。

[0045] 図4（a）に示すように、センサノード10は、センサからセンサデータを取得し、このセンサデータと、予め作成された識別モデルとを用いて、イベント識別（つまり、路面の損傷有無の識別）を行う。そして、センサノード10は、この識別結果が路面損傷を示すものである場合、当該識別結果が含まれるイベントデータをサーバ装置20に送信する。ここで、イベントデータには、上記の識別結果（つまり、路面が損傷していることを示す情報）の他、例えば、損傷箇所の緯度及び経度を示す情報や損傷の大きさを算出した数値等が含まれてもよい。これにより、サーバ装置20は、路面が損傷している箇所の各種情報を効率良く収集することができる。

[0046] ここで、例えば、運転手の交代やタイヤの交換、センサの劣化、センサの設置場所のずれ等の環境変化が発生した場合、センサデータのセンサ値に変

動が生じる。このため、上述したように、上記の識別モデル（図4（a）でイベント識別に用いた識別モデル）での識別精度が低下する（つまり、イベント識別に用いたセンサデータの確度が低くなる）場合がある。

[0047] このような場合、図4（b）に示すように、センサノード10は、確度が低いセンサデータをラベリング対象としてサーバ装置20に送信する。そして、ユーザは、クライアント装置30を用いて、サーバ装置20で保持されているセンサデータに対してラベリング行って学習データを作成する。

[0048] その後、サーバ装置20は、学習データを用いて更新モデルを作成した上で、この更新モデルをセンサノード10に送信する。これにより、センサノード10が保持する識別モデルが更新モデルにより更新され、環境変化にも対応したイベント識別が可能となる。

[0049] 以降では、図4（c）に示すように、センサノード10は、センサから取得したセンサデータと、図4（c）で更新された識別モデルとを用いて、イベント識別を行う。これにより、環境変化後であっても、高い識別精度でイベント識別を行うことができる。しかも、本発明の実施の形態では、上記の図4（b）で、能動学習の手法によって確度の低いセンサデータを選択した上で、選択したセンサデータをラベリング対象としてセンサノード10からサーバ装置20に送信する。このため、全てのセンサデータをラベリング対象としてサーバ装置20に送信する場合と比較してセンサノード10の通信量を抑えることが可能となると共に、少ない数の学習データ（ラベルが付与されたセンサデータ）でも高い識別精度を達成可能な識別モデルの作成が可能となる。また、ラベリング対象のセンサデータの数も少なくなるため、ラベリングの人的コストも削減することが可能となる。

[0050] <ラベリング対象のセンサデータの選択方法>

ここで、上述したように、確度が低いセンサデータの選択には能動学習と呼ばれる手法を用いる。能動学習とは、教師あり学習に用いられるデータをラベリングして学習データを作成する際に、学習効果が高いデータを優先的に選択することで、少ないコストで識別精度が高い識別モデルを作成可能と

する手法である。

[0051] 本発明の実施の形態では、能動学習のクエリ戦略（つまり、どのようなデータを選択（サンプリング）するか戦略）として、Uncertainly Samplingと呼ばれる手法を利用する。Uncertainly Samplingは、最も不確かなデータにラベルを付与して学習データとすることで、この学習データによって作成される識別モデルの識別精度が上がるだろうとの考えに基づくクエリ戦略である。本発明の実施の形態では、この不確かさを表す指標値を確度とする。確度が低いほどラベリングの候補となる一方で、確度が高ければラベリングの必要はないとする。

[0052] 確度の計算方法には様々なものが考えられるが、例えば、Margin Samplingと呼ばれる手法を用いることができる。Margin Samplingでは、 $x$ をデータ（つまり、センサデータ）として、 $x$ の確度を $P(y_1|x)-P(y_2|x)$ で計算する。ここで、 $y_1$ は $x$ が分類される確率が最も高いクラスのラベル、 $y_2$ は $x$ が分類される確率が最も高いクラスのラベルである。すなわち、 $x$ が分類される確率が最も高いクラスの事後確率 $P(y_1|x)$ から、次に確率が高いクラスの事後確率 $P(y_2|x)$ を引いた値を確度とする。そして、Margin Samplingでは、以下の式（1）によりデータ（つまり、ラベリング対象のセンサデータ） $x^*$ を選択する。

[0053] [数1]

$$x^* = \underset{x}{\operatorname{argmin}}(P(y_1|x) - P(y_2|x)) \quad (1)$$

これにより、確度が低いほど（つまり、 $P(y_1|x)$ と $P(y_2|x)$ との差が小さいほど（これは、識別結果が不確かであることを意味する。）、 $x$ がラベリング対象として選択される。

[0054] なお、Margin Samplingの代わりに、例えば、「確率最大のラベル」の確率

が最小のデータを選択するLeast Confidentや、エントロピーが最大のデータを選択するEntropy-based Approach等が用いられてもよい。

[0055] <機能構成>

次に、本発明の実施の形態における識別システム１の機能構成について、図５を参照しながら説明する。図５は、本発明の実施の形態における識別システム１の機能構成の一例を示す図である。

[0056] ≪センサノード１０≫

図５に示すように、本発明の実施の形態におけるセンサノード１０は、機能部として、センサデータ取得部１０１と、特徴量抽出部１０２と、識別部１０３と、確度算出部１０４と、データ送信部１０５と、更新モデル受信部１０６と、識別モデル更新部１０７とを有する。これら各機能部は、例えば、センサノード１０にインストールされたプログラムがプロセッサ１２に実行させる処理により実現される。

[0057] また、本発明の実施の形態におけるセンサノード１０は、記憶部として、送信バッファ１１０を有する。当該記憶部は、例えば、メモリ１３を用いて実現可能である。

[0058] センサデータ取得部１０１は、センサ１１からセンサデータを取得する。なお、センサデータはセンサ１１が所定の対象をセンシングすることで作成され、例えば、所定の時間区間内のセンサ値の時系列で表される。

[0059] 特徴量抽出部１０２は、センサデータ取得部１０１により取得されたセンサデータから所定の特徴量を抽出する。ここで、センサデータからどのような特徴量を抽出するかは、例えば、識別対象とするイベントや識別モデルの種類等によって異なる。

[0060] 識別部１０３は、特徴量抽出部１０２により抽出された特徴量と、予め作成された識別モデル１０００とを用いて、当該特徴量に対応するセンサデータのイベント識別を行う。すなわち、識別部１０３は、例えば、識別モデル１０００によって当該特徴量が分類されるクラスの確率を算出することで、当該特徴量に対応するセンサデータのイベント識別を行う。なお、識別モデ

ル１０００は、例えば、メモリ１３等に格納されている。

[0061] 確度算出部１０４は、特徴量抽出部１０２により抽出された特徴量に対応するセンサデータ（つまり、センサデータ取得部１０１により取得されたセンサデータ）の確度を算出する。そして、確度算出部１０４は、算出した確度が、送信バッファ１１０に格納されているセンサデータの最大確度よりも小さい場合、当該最大確度のセンサデータを送信バッファ１１０から削除すると共に、当該算出した確度に対応するセンサデータを送信バッファ１１０に格納する。

[0062] データ送信部１０５は、識別部１０３によるイベント識別の識別結果に応じて、例えば、この識別結果を含むイベントデータをサーバ装置２０に送信する。

[0063] また、データ送信部１０５は、例えば通信帯域に空きがある場合に、送信バッファ１１０に格納されているセンサデータのうち、最小確度のセンサデータをサーバ装置２０に送信する。このとき、データ送信部１０５は、当該センサデータと共に、このセンサデータの確度もサーバ装置２０に送信する。これにより、確度が低いセンサデータがラベリング対象としてサーバ装置２０に送信される。

[0064] 更新モデル受信部１０６は、サーバ装置２０から送信された更新モデルを受信する。識別モデル更新部１０７は、更新モデル受信部１０６により更新モデルが受信された場合、当該更新モデルで識別モデル１１００を更新する。

[0065] 送信バッファ１１０は、サーバ装置２０への送信候補となるセンサデータを格納する。送信バッファ１１０には、例えば、確度算出部１０４で算出された確度と対応付けられてセンサデータが格納されている。

[0066] ≪サーバ装置２０≫

図５に示すように、本発明の実施の形態におけるサーバ装置２０は、機能部として、データ受信部２０１と、ランキング部２０２と、データ送信部２０３と、ラベリング結果受信部２０４と、特徴量抽出部２０５と、追加学習

部 206 と、更新モデル送信部 207 とを有する。これら各機能部は、例えば、サーバ装置 20 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 26 に実行させる処理により実現される。

[0067] また、本発明の実施の形態におけるサーバ装置 20 は、記憶部として、低確度センサデータ記憶部 210 を有する。当該記憶部は、例えば、補助記憶装置 28 を用いて実現可能である。

[0068] データ受信部 201 は、センサノード 10 から送信されたセンサデータ（及びこのセンサデータの確度）を受信する。

[0069] ランキング部 202 は、データ受信部 201 によりセンサデータ（及びこのセンサデータの確度）が受信された場合、確度が低い順となるように当該センサデータを低確度センサデータ記憶部 210 に格納する。すなわち、ランキング部 202 は、当該センサデータを低確度センサデータ記憶部 210 に格納した上で、低確度センサデータ記憶部 210 に格納されているセンサデータを確度が低い順にランキングする（つまり、センサデータを確度が低い順に並び替える。）。

[0070] データ送信部 203 は、低確度センサデータ記憶部 210 に記憶されているセンサデータをクライアント装置 30 に送信する。このとき、データ送信部 203 は、確度のランキングを維持したまま、センサデータをクライアント装置 30 に送信する。なお、データ送信部 203 は、例えば、クライアント装置 30 からの要求に応じて、センサデータを当該クライアント装置 30 に送信する。

[0071] ラベリング結果受信部 204 は、クライアント装置 30 から送信されたラベリング結果（つまり、学習データ（ラベルが付与されたセンサデータ）の集合）を受信する。

[0072] 特徴量抽出部 205 は、ラベリング結果受信部 204 によりラベリング結果が受信された場合、これらのラベリング結果（つまり、学習データ）に含まれるセンサデータから所定の特徴量を抽出する。

[0073] 追加学習部 206 は、特徴量抽出部 205 により抽出された特徴量と、こ

の特微量に対応するセンサデータに付与されたラベルとを用いて、識別モデル1000の追加学習を行って更新モデルを作成する。すなわち、追加学習部206は、特微量を入力、この特微量に対応するセンサデータに付与されたラベルを正解データとして、教師あり学習の手法により、識別モデルの追加学習を行って更新モデルを作成する。

[0074] 更新モデル送信部207は、追加学習部206により作成された更新モデルをセンサノード10に送信する。

[0075] 低確度センサデータ記憶部210は、ラベリング対象となるセンサデータを格納する。低確度センサデータ記憶部210には、上述したように、確度が低い順にランキング形式で（例えば、確度の降順で）センサデータが格納されている。

[0076] 《クライアント装置30》

図5に示すように、本発明の実施の形態におけるクライアント装置30は、機能部として、データ受信部301と、ラベリング部302と、ラベリング結果送信部303とを有する。これら各機能部は、例えば、クライアント装置30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26に実行させる処理により実現される。

[0077] データ受信部301は、サーバ装置20から送信されたセンサデータ（つまり、確度が低い順にランキングされたセンサデータ）を受信する。

[0078] ラベリング部302は、データ受信部301によりセンサデータが受信された場合に、例えば、ユーザの操作に応じて、これらのセンサデータをラベリングする。ここで、ラベリング部302は、例えば、データ受信部301により受信されたセンサデータをランキング形式でUI（ユーザインタフェース）上に表示する。そして、ラベリング部302は、当該UI上でのユーザのラベリング操作に応じて、各センサデータをラベリングする。このとき、ラベリング対象のセンサデータは確度が小さい順にランキング形式でUI上に表示されるため、ユーザは、より確度の小さいセンサデータ（つまり、より学習効果が高いセンサデータ）を優先的にラベリングすることができる。

。これにより、センサデータに対してラベルが付与された学習データが作成される。なお、ユーザは、UI上に表示された全てのセンサデータをラベリングする必要はなく、一部のセンサデータのみをラベリングしてもよい。例えば、ユーザは、自身がラベリング可能な範囲（例えば、ラベルが分かる範囲やコスト的に対応可能な範囲等）のセンサデータのみをラベリングしてもよい。

[0079] ラベリング結果送信部303は、ラベリング部302によりセンサデータのラベリングが行われた場合、これらラベリング結果（つまり、ラベルが付与されたセンサデータである学習データの集合）をサーバ装置20に送信する。これにより、上述したように、これらの学習データを用いて、識別モデル1000の追加学習が行われ、更新モデルが作成される。なお、UI上に表示された全てのセンサデータのうちの一部のセンサデータのみがラベリングされた場合、これら一部のセンサデータのラベリング結果を用いて、識別モデル1000の追加学習が行われ、更新モデルが作成される。このような一部のセンサデータのラベリング結果が用いられた場合であっても、追加学習によって、識別モデル1000の識別精度を向上させた更新モデルを作成することが可能となる。

[0080] <処理の詳細>

次に、本発明の実施の形態における識別システム1が実行する処理の詳細について説明する。

[0081] <<識別モデルによるイベント識別からラベリング対象のセンサデータの送信まで>>

以降では、センサノード10で識別モデル1000によりイベント識別を行って、ラベリング対象のセンサデータをサーバ装置20に送信する場合の手順について、図6を参照しながら説明する。図6は、識別モデルによるイベント識別からラベリング対象のセンサデータの送信までの手順の一例を示す図である。なお、以降の各手順はセンサノード10によって実行される。

[0082] センサデータ取得部101は、センサ11からセンサデータを取得する（

ステップS101)。なお、センサデータ取得部101は、所定の時間毎に、センサ11からセンサデータを取得する。このとき、センサデータ取得部101は、例えば、或る程度のまとまりのセンサデータ（例えば、所定の件数分のセンサデータや所定の時間幅の間のセンサデータ等）を取得してもよい。ステップS102以降の処理は、センサデータ取得部101によりセンサデータが取得される度に実行される。

[0083] 次に、特徴量抽出部102は、上記のステップS101で取得されたセンサデータから所定の特徴量を抽出する（ステップS102）。

[0084] 次に、識別部103は、上記のステップS102で抽出された特徴量と、予め作成された識別モデル1000とを用いて、当該特徴量に対応するセンサデータのイベント識別を行う（ステップS103）。

[0085] 次に、データ送信部105は、例えば、上記のステップS103で識別されたイベントが所定のイベントである場合、当該識別結果を含むイベントデータをサーバ装置20に送信する（ステップS104）。なお、データ送信部105は、例えば、上記のステップS103で識別されたイベントがどのようなイベントであるかに関わらず、当該識別結果を含むイベントデータをサーバ装置20に送信してもよい。

[0086] 次に、確度算出部104は、上記のステップS102で抽出された特徴量に対応するセンサデータの確度を算出する（ステップS105）。すなわち、確度算出部104は、例えば、センサデータを $x$ として、上記のステップS103での識別結果に含まれる確率 $P(y_1|x)$ 及び $P(y_2|x)$ を用いて、センサデータ $x$ の確度を $P(y_1|x)-P(y_2|x)$ により算出する。

[0087] 次に、確度算出部104は、上記のステップS105で算出した確度が、送信バッファ110に格納されているセンサデータの最大確度よりも小さいか否かを判定する（ステップS106）。そして、上記のステップS105で算出した確度が当該最大確度よりも小さい場合（ステップS106でYES）、確度算出部104は、当該最大確度のセンサデータを送信バッファ110から削除すると共に、上記のステップS101で取得されたセンサデー

タを上記のステップS 1 0 5で算出した確度と対応付けて送信バッファ1 1 0に格納する（ステップS 1 0 7）。なお、ステップS 1 0 6でNOの場合、ステップS 1 0 7の処理は実行されない。

[0088] 次に、データ送信部1 0 5は、通信帯域に空きがあるか否かを判定する（ステップS 1 0 8）。すなわち、データ送信部1 0 5は、センサデータ（及びその確度）をサーバ装置2 0に送信するだけの通信帯域の余裕があるか否かを判定する。そして、通信帯域に余裕がある場合（ステップS 1 0 8でYES）、データ送信部1 0 5は、送信バッファ1 1 0に格納されているセンサデータのうち、最小確度のセンサデータ（及びその確度）をサーバ装置2 0に送信する（ステップS 1 0 9）。これは、送信バッファ1 1 0に格納されているセンサデータの中から、上記の式（1）によってラベリング対象のセンサデータを選択していることを意味する。なお、ステップS 1 0 8でNOの場合、ステップS 1 0 1に戻る。

[0089] ステップS 1 0 9に続いて、データ送信部1 0 5は、上記のステップS 1 0 9での送信が成功したか否かを判定する（ステップS 1 1 0）。そして、上記のステップS 1 0 9での送信が成功した場合（ステップS 1 1 0でYES）、データ送信部1 0 5は、送信済みのセンサデータを送信バッファ1 1 0から削除する（ステップS 1 1 1）。なお、ステップS 1 1 0でNOの場合、ステップS 1 0 1に戻る。

[0090] なお、本発明の実施の形態では、上記のステップS 1 0 9で1件のセンサデータを送信した後、上記のステップS 1 1 1で当該1件のセンサデータを削除する場合について説明したが、これに限られず、センサデータの送信及び削除は或る程度のまとまりで行われてもよい。例えば、上記のステップS 1 0 9で所定の件数分のセンサデータを送信した後、上記のステップS 1 1 1でこれらのセンサデータを削除してもよいし、上記のステップS 1 0 9で所定の時間幅の間のセンサデータを送信した後、上記のステップS 1 1 1でこれらのセンサデータを削除してもよい。

[0091] 以上のように、本発明の実施の形態におけるセンサノード1 0は、送信バ

ッファ１１０に格納されているセンサデータの中から、確度が最も低いセンサデータを選択し、この選択したセンサデータをサーバ装置２０に送信する。これより、本発明の実施の形態におけるセンサノード１０は、学習効果が高いセンサデータのみをラベリング対象としてサーバ装置２０に送信することができ、その結果としてサーバ装置２０との通信量も削減することができる。

[0092] なお、上記の図６に示す手順では、センサデータを取得（ステップＳ１０１）する都度、オンライン的に、ラベリング対象を選択及び送信するための処理（ステップＳ１０５～ステップＳ１１１）を行っているが、これに限られず、例えば、バッチ的に、ラベリング対象を選択及び送信するための処理を行ってもよい。又は、例えば、ステップＳ１０３で或る特定のイベントが識別された場合にのみ、ラベリング対象を選択及び送信するための処理を行ってもよい。

[0093] ≪ラベリング対象のセンサデータの受信から格納までの手順≫

以降では、サーバ装置２０でセンサデータ（及びその確度）を受信して、低確度センサデータ記憶部２１０に格納する場合の手順について、図７を参照しながら説明する。図７は、ラベリング対象のセンサデータの受信から格納までの手順の一例を示す図である。なお、以降の各手順はサーバ装置２０によって実行される。

[0094] データ受信部２０１は、センサノード１０から送信されたセンサデータ（及びこのセンサデータの確度）を受信する（ステップＳ２０１）。

[0095] 次に、ランキング部２０２は、上記のステップＳ２０１で受信されたセンサデータを、確度が低い順となるように、低確度センサデータ記憶部２１０に格納する（ステップＳ２０２）。すなわち、ランキング部２０２は、当該センサデータを低確度センサデータ記憶部２１０に格納した上で、低確度センサデータ記憶部２１０に格納されているセンサデータを確度が低い順にランキングする。

[0096] なお、確度が低い順にランキングすることは一例であって、ランキング部

202は、確度が低い順以外にも、例えば、確度以外の任意の指標値を用いて、この指標値の昇順若しくは降順（又は、任意の順序）にランキングしてもよい。

[0097] 以上のように、本発明の実施の形態におけるサーバ装置20は、ラベリング対象のセンサデータをセンサノード10から受信した場合、このセンサデータを確度の低い順に低確度センサデータ記憶部210に格納する。これにより、低確度センサデータ記憶部210には、確度の低い順にランキング形式でセンサデータが格納される。

[0098] なお、上記のステップS202で必ずしもランキングされる必要はない。例えば、クライアント装置30でセンサデータを表示する際に、このクライアント装置30がセンサデータを確度の低い順にランキングしてもよい。

[0099] ≪センサデータのラベリングから識別モデルの更新まで≫

以降では、クライアント装置30でセンサデータをラベリングして学習データを作成してから、センサノード10で識別モデルを更新するまでの手順について、図8を参照しながら説明する。図8は、センサデータのラベリングから識別モデルの更新までの手順の一例を示す図である。

[0100] サーバ装置20のデータ送信部203は、低確度センサデータ記憶部210に記憶されているセンサデータをクライアント装置30に送信する（ステップS301）。このとき、データ送信部203は、確度のランキングを維持したまま、センサデータをクライアント装置30に送信する。

[0101] クライアント装置30のデータ受信部301は、サーバ装置20から送信されたセンサデータを受信する（ステップS302）。

[0102] 次に、クライアント装置30のラベリング部302は、上記のステップS302で受信されたセンサデータをユーザの操作に応じてラベリングする（ステップS303）。ここで、ラベリング部302は、例えば、上記のステップS302で受信されたセンサデータを、確度の小さい順にランキング形式でUI上に表示する。そして、ラベリング部302は、当該UI上でのユーザのラベリング操作に応じて、各センサデータをラベリングする。これに

より、ユーザは、より確度の小さいセンサデータ（つまり、より学習効果が高いセンサデータ）を優先的にラベリングすることができる。

[0103] なお、上述したように、確度が低い順にランキングされたセンサデータがUI上に表示される場合以外にも、任意の指標値の昇順若しくは降順（又は、任意の順序）にランキングされたセンサデータがUI上に表示されてもよい。

[0104] 次に、クライアント装置30のラベリング結果送信部303は、例えば、ユーザのラベリング完了操作に応じて、上記のステップS303におけるラベリング結果（つまり、ラベルが付与されたセンサデータである学習データの集合）をサーバ装置20に送信する（ステップS304）。

[0105] サーバ装置20のラベリング結果受信部204は、クライアント装置30から送信されたラベリング結果（つまり、学習データの集合）を受信する（ステップS305）。

[0106] 次に、サーバ装置20の特徴量抽出部205は、上記のステップS305で受信されたラベリング結果（つまり、学習データ）に含まれる各センサデータから所定の特徴量を抽出する（ステップS306）。

[0107] 次に、サーバ装置20の追加学習部206は、上記のステップS306で抽出された各特徴量と、当該特徴量に対応するセンサデータに付与されたラベルとを用いて、識別モデル1000の追加学習を行って更新モデルを作成する（ステップS307）。

[0108] 次に、サーバ装置20の更新モデル送信部207は、上記のステップS307で作成された更新モデルをセンサノード10に送信する（ステップS308）。

[0109] センサノード10の更新モデル受信部106は、サーバ装置20から送信された更新モデルを受信する（ステップS309）。

[0110] 次に、センサノード10の識別モデル更新部107は、上記のステップS309で受信された更新モデルで識別モデル1100を更新する（ステップS310）。

[0111] 以上のように、本発明の実施の形態における識別システム 1 では、クライアント装置 30 で確度の低い順にランキングされたセンサデータが表示され、ユーザは、これら表示されたセンサデータに対してラベリングを行うことができる。このため、ユーザは、確度の低いセンサデータ（つまり、学習効果の高いセンサデータ）を優先的にラベリングすることができる。したがって、ラベリング対象のセンサデータが少ない場合であっても、学習に効果的なラベリングが可能となり、少ない労力で効率的に更新モデルを作成することが可能となる。

[0112] <実施例>

次に、本発明の実施の形態の実施例について説明する。本実施例では、業務車両をセンサノード 10 として、この業務車両にモーションセンサ（加速度センサ及びジャイロセンサ）を取り付けた。そして、モーションセンサのセンサデータから、P T O（パワーテイクオフ）による作業機の駆動有無を識別するものとする。なお、本発明の実施の形態で本来想定しているのは、業務車両を長時間使用することによる環境の変化であるが、本実施例では、同型の車両複数台分のセンサデータを用いた。

[0113] 本実施例では、識別モデルとして、図 9 に示す D N N（ディープニューラルネットワーク）を用いた。本実施例では、加速度センサのセンサデータと、モーションセンサのセンサデータとを 100 H z で取得し、3 軸それぞれに L P C ケプストラムに変換する。各軸 30 次のケプストラムを求めるため、図 9 に示す識別モデルへの入力データは、合計で 180 個のケプストラムになる。なお、本実施例では識別モデルへの入力としてケプストラム、識別モデルとして D N N を用いたが、例えばスペクトログラムや移動平均等の任意の特徴量を入力してもよいし、上述したように、S V M 等の任意の機械学習モデルが識別モデルとして用いられてもよい。

[0114] 図 9 に示す識別モデルは、1 層の L S T M（Long short-term memory）と、3 層の全結合層と、活性化関数を Softmax 関数とした出力層とで構成される。この Softmax 関数は、入力データが 4 つのクラス（「車両走行中」、「作業

機駆動中」、「ドア」、「その他」)のそれぞれに分類される確率を算出する。なお、クラス「ドア」は、例えば、業務車両がドア開閉中であることを表すクラスである。また、クラス「その他」は、例えば、業務車両が停止中やアイドリング中であることを表すクラスである。

[0115] このとき、予め5台分の業務車両のセンサデータを用意した上で、4台分のセンサデータを用いて識別モデルの学習を行い、5台目のセンサデータでイベント識別を行う際に、単純に走行時間の中央から順にセンサデータを追加した場合(単純手法)と、能動学習のMargin Samplingによって選択された順にセンサデータを追加した場合とで識別精度を比較した。この比較結果を図10A及び図10Bに示す。

[0116] 図10A及び図10Bに示すように、単純手法とMargin Samplingとの間で最終的な識別精度の向上に大きな差はないものの、特に作業機駆動中の識別精度において、単純手法では識別精度の向上がゆっくりであるのに対して、Margin Samplingでは少ないラベリング量であっても(つまり、学習データの割合が少ない場合であっても)識別精度が向上していることがわかる。このように、少ないデータ量でも識別精度が向上できるため、センサノード10からサーバ装置20へのデータ送信量が少なくても、環境変化に対して対応可能となる。

[0117] なお、本発明の実施の形態は、本実施例以外にも、例えば、以下のような実施例にも適用可能である。

[0118] ・屋外や屋内で音による異常識別を行っている際に、マイクカバーの劣化により、音の特性が変化した場合

・屋外で自然環境のモニタリングを鳥の鳴き声等の音を用いて行っているが、台風が通過し、マイクの向きや周囲の樹木の状況が変化した場合

・車に搭載した慣性センサで路面の損傷を識別しているが、タイヤの空気圧の変化や、運転手の交代等により、振動パターンが変化した場合

・牧場の動物に慣性センサを取り付け、異常行動がないか否かを監視しているが、慣性センサに位置ずれが生じた場合

ただし、これらの実施例は一例であって、これら以外にも、様々な環境をセンサによりセンシングして何等かのイベントを識別している際に、環境変化が生じる任意の実施例にも適用可能である。

[0119] <まとめ>

以上のように、本発明の実施の形態における識別システム 1 は、能動学習の手法を用いて、識別モデル更新のための更新モデルを作成する際のセンサデータ（つまり、ラベリング対象のセンサデータ）を選択する。これにより、センサノード 10 がセンサデータ（及びその確度）をサーバ装置 20 に送信する際のデータ量を抑えつつ、環境変化に対応可能な更新モデル（つまり、環境変化後でも識別精度が高い識別モデル）を作成することが可能となる。また、ラベリング対象のセンサデータの数の削減することができるため、ユーザがセンサデータをラベリングする際の人的コストを削減することができる。

[0120] このように、本発明の実施の形態における識別システム 1 では、センサノード 10 の限られた電力やユーザの限られた人的コストの下でも、効果的に識別モデルを更新することが可能となるため、長期間にわたって安定的な環境センシングが可能となる。

[0121] なお、本発明の実施の形態では、ユーザによってラベリングされたセンサデータを学習データとして、この学習データを用いて更新モデルを作成する場合について説明したが、例えば、ラベルが無くても更新モデルが作成可能である場合には、センサノード 10 から送信されたセンサデータを用いてサーバ装置 20 で自動的に更新モデルが作成されてもよい。

[0122] 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、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。

## 符号の説明

- [0123]   1           識別システム  
          10          センサノード  
          20          サーバ装置

|         |              |
|---------|--------------|
| 3 0     | クライアント装置     |
| 1 0 1   | センサデータ取得部    |
| 1 0 2   | 特徴量抽出部       |
| 1 0 3   | 識別部          |
| 1 0 4   | 確度算出部        |
| 1 0 5   | データ送信部       |
| 1 0 6   | 更新モデル受信部     |
| 1 0 7   | 識別モデル更新部     |
| 1 1 0   | 送信バッファ       |
| 2 0 1   | データ受信部       |
| 2 0 2   | ランキング部       |
| 2 0 3   | データ送信部       |
| 2 0 4   | ラベリング結果受信部   |
| 2 0 5   | 特徴量抽出部       |
| 2 0 6   | 追加学習部        |
| 2 0 7   | 更新モデル送信部     |
| 2 1 0   | 低確度センサデータ記憶部 |
| 3 0 1   | データ受信部       |
| 3 0 2   | ラベリング部       |
| 3 0 3   | ラベリング結果送信部   |
| 1 0 0 0 | 識別モデル        |

## 請求の範囲

- [請求項1]           サーバ装置と通信ネットワークを介して接続されるセンサノードであって、
- 前記センサノードが備えるセンサからセンサデータを取得する取得手段と、
- 前記センサデータと、前記サーバ装置で予め作成された識別モデルとに基づいて、前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別する識別手段と、
- 前記識別の結果に基づいて、前記識別の結果の不確かさを表す指標値として、前記センサデータの確度を算出する確度算出手段と、
- 前記センサデータと該センサデータの確度とが対応付けて格納されている送信バッファの中から、前記確度が最小のセンサデータを選択し、該選択したセンサデータを前記サーバ装置に送信する送信手段と、
- 、
- を有することを特徴とするセンサノード。
- [請求項2]           前記確度算出手段は、
- 前記送信バッファに格納されているセンサデータの確度のうちの最大確度と、算出した確度とを比較し、算出した確度が前記最大確度よりも小さい場合、前記最大確度に対応付けられているセンサデータを前記送信バッファから削除し、
- 算出した確度と、前記取得手段により取得されたセンサデータとを対応付けて前記送信バッファに格納する、ことを特徴とする請求項1に記載のセンサノード。
- [請求項3]           1以上のセンサノードと通信ネットワークを介して接続されるサーバ装置であって、
- 前記センサノードでセンシングされたセンサデータと、前記センサノードで識別モデルによって前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別した際の指標値とを受信する受信手

段と、

前記指標値の昇順又は降順で前記センサデータをランキングして記憶部に格納する格納手段と、

前記ランキングされたセンサデータを、ラベリング対象としてユーザに提示する提示手段と、

前記ユーザによってラベリングされたセンサデータを用いて、前記センサノードで前記イベントの発生を識別するための識別モデルの追加学習を行う追加学習手段と、

前記追加学習された識別モデルを、前記センサノードが保持している識別モデルの更新用の識別モデルとして前記センサノードに送信する送信手段と、

を有することを特徴とするサーバ装置。

[請求項4]

サーバ装置と、該サーバ装置と通信ネットワークを介して接続される1以上のセンサノードとが含まれる識別システムあって、

前記センサノードは、

前記センサノードが備えるセンサからセンサデータを取得する取得手段と、

前記センサデータと、前記サーバ装置で予め作成された識別モデルとに基づいて、前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別する識別手段と、

前記識別の結果に基づいて、前記識別の結果の不確かさを表す指標値として、前記センサデータの確度を算出する確度算出手段と、

前記センサデータと該センサデータの確度とが対応付けて格納されている送信バッファの中から、前記確度が最小のセンサデータを選択し、該選択したセンサデータと該センサデータの確度とを前記サーバ装置に送信する送信手段と、を有し、

前記サーバ装置は、

前記センサデータと、該センサデータの確度とを前記センサノード

から受信する受信手段と、

前記確度の昇順又は降順で前記センサデータをランキングして記憶部に格納する格納手段と、

前記ランキングされたセンサデータを、ラベリング対象としてユーザに提示する提示手段と、

前記ユーザによってラベリングされたセンサデータを用いて、前記センサノードで前記識別モデルの追加学習を行う追加学習手段と、

前記追加学習された識別モデルを、前記センサノードが保持している識別モデルの更新用の識別モデルとして前記センサノードに送信する送信手段と、

を有することを特徴とする識別システム。

[請求項5]

サーバ装置と通信ネットワークを介して接続されるセンサノードが、

前記センサノードが備えるセンサからセンサデータを取得する取得手順と、

前記センサデータと、前記サーバ装置で予め作成された識別モデルとに基づいて、前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別する識別手順と、

前記識別の結果に基づいて、前記識別の結果の不確かさを表す指標値として、前記センサデータの確度を算出する確度算出手順と、

前記センサデータと該センサデータの確度とが対応付けて格納されている送信バッファの中から、前記確度が最小のセンサデータを選択し、該選択したセンサデータを前記サーバ装置に送信する送信手順と、

を実行することを特徴とする方法。

[請求項6]

1以上のセンサノードと通信ネットワークを介して接続されるサーバ装置が、

前記センサノードでセンシングされたセンサデータと、前記センサ

ノードで識別モデルによって前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別した際の指標値とを受信する受信手順と、

前記指標値の昇順又は降順で前記センサデータをランキングして記憶部に格納する格納手順と、

前記ランキングされたセンサデータを、ラベリング対象としてユーザに提示する提示手順と、

前記ユーザによってラベリングされたセンサデータを用いて、前記センサノードで前記イベントの発生を識別するための識別モデルの追加学習を行う追加学習手順と、

前記追加学習された識別モデルを、前記センサノードが保持している識別モデルの更新用の識別モデルとして前記センサノードに送信する送信手順と、

を実行することを特徴とする方法。

[請求項7]

サーバ装置と、該サーバ装置と通信ネットワークを介して接続される1以上のセンサノードとが含まれる識別システムに用いられる方法であって、

前記センサノードが、

前記センサノードが備えるセンサからセンサデータを取得する取得手順と、

前記センサデータと、前記サーバ装置で予め作成された識別モデルとに基づいて、前記センサデータを複数のクラスに分類して所定のイベントの発生を識別する識別手順と、

前記識別の結果に基づいて、前記識別の結果の不確かさを表す指標値として、前記センサデータの確度を算出する確度算出手順と、

前記センサデータと該センサデータの確度とが対応付けて格納されている送信バッファの中から、前記確度が最小のセンサデータを選択し、該選択したセンサデータと該センサデータの確度とを前記サーバ

装置に送信する送信手順と、を実行し、

前記サーバ装置が、

前記センサデータと、該センサデータの確度とを前記センサノードから受信する受信手順と、

前記確度の昇順又は降順で前記センサデータをランキングして記憶部に格納する格納手順と、

前記ランキングされたセンサデータを、ラベリング対象としてユーザに提示する提示手順と、

前記ユーザによってラベリングされたセンサデータを用いて、前記センサノードで前記識別モデルの追加学習を行う追加学習手順と、

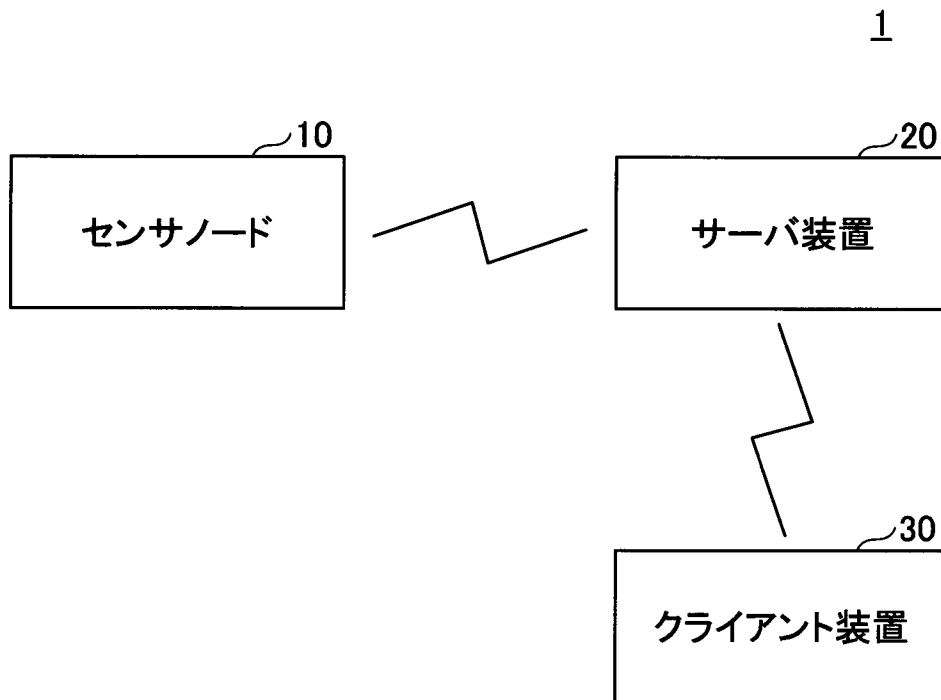
前記追加学習された識別モデルを、前記センサノードが保持している識別モデルの更新用の識別モデルとして前記センサノードに送信する送信手順と、

を実行することを特徴とする方法。

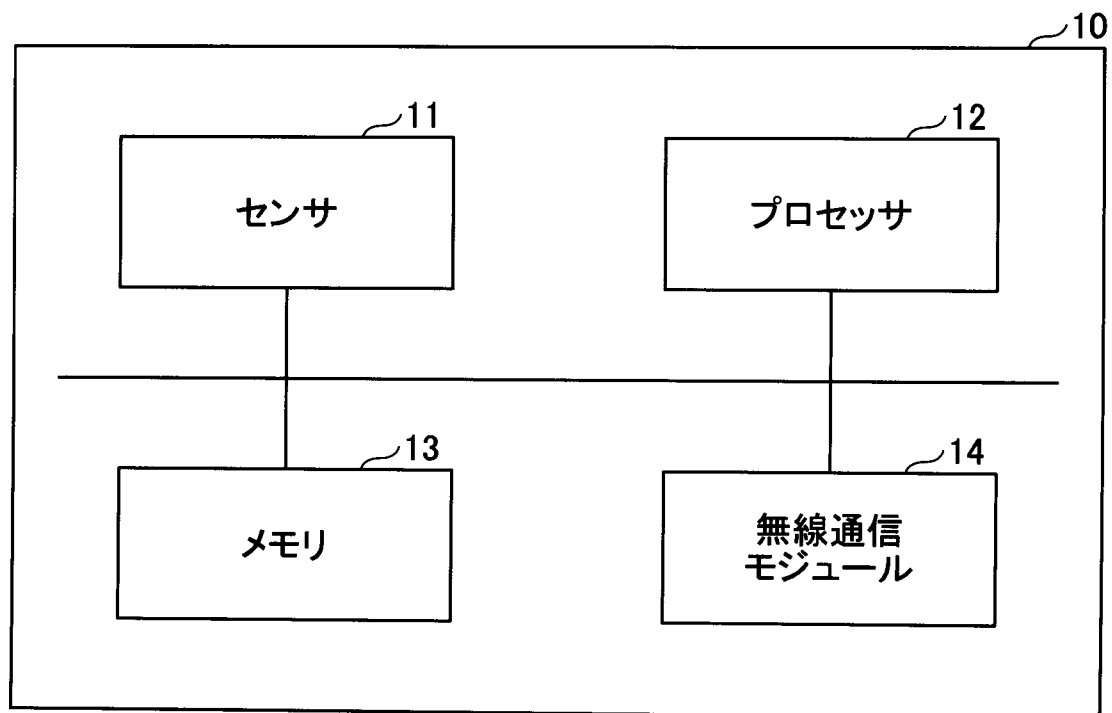
[請求項8]

コンピュータを、請求項1若しくは2に記載のセンサノードにおける各手段、又は、請求項3に記載のサーバ装置における各手段として機能させるためのプログラム。

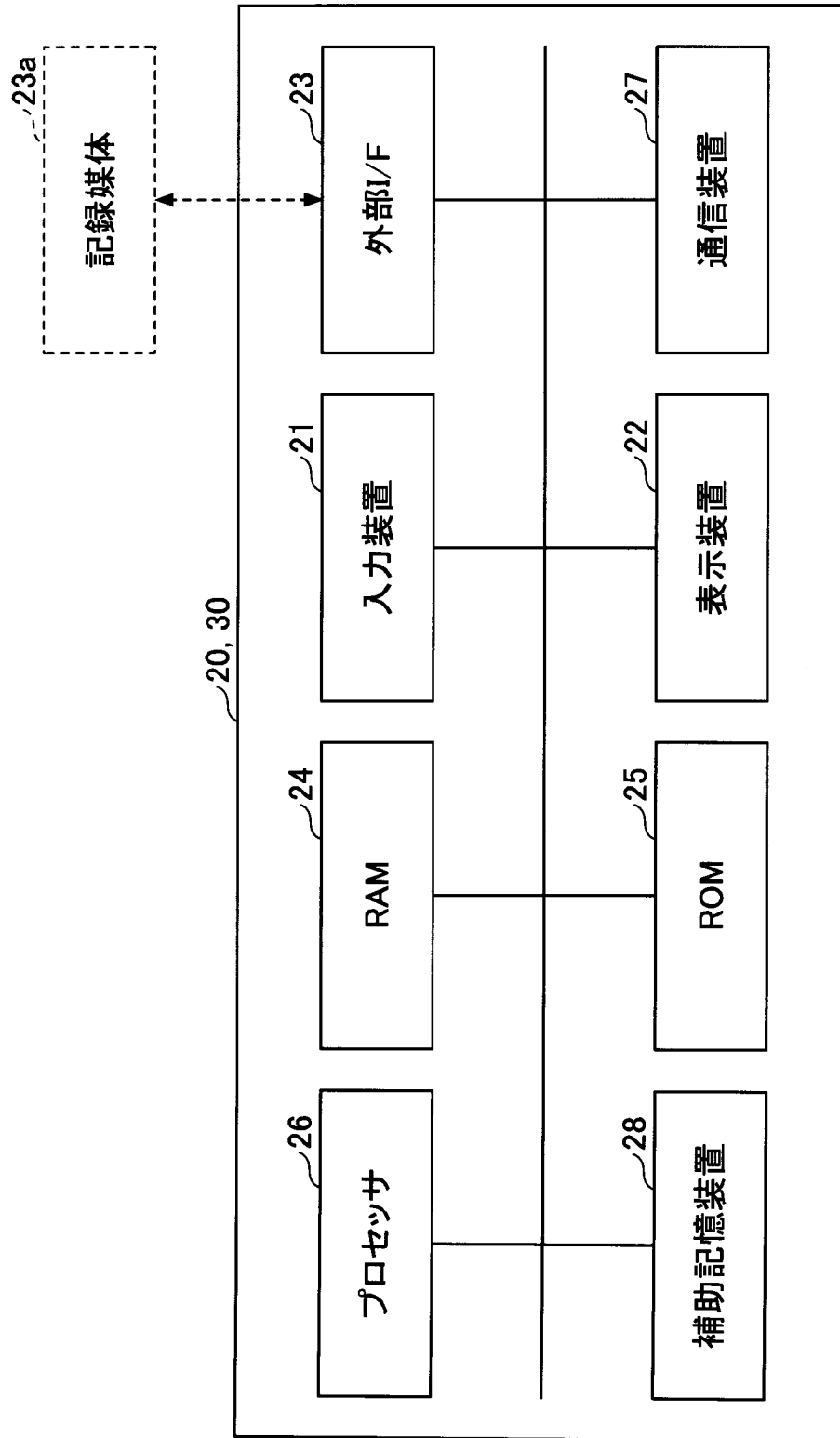
[図1]



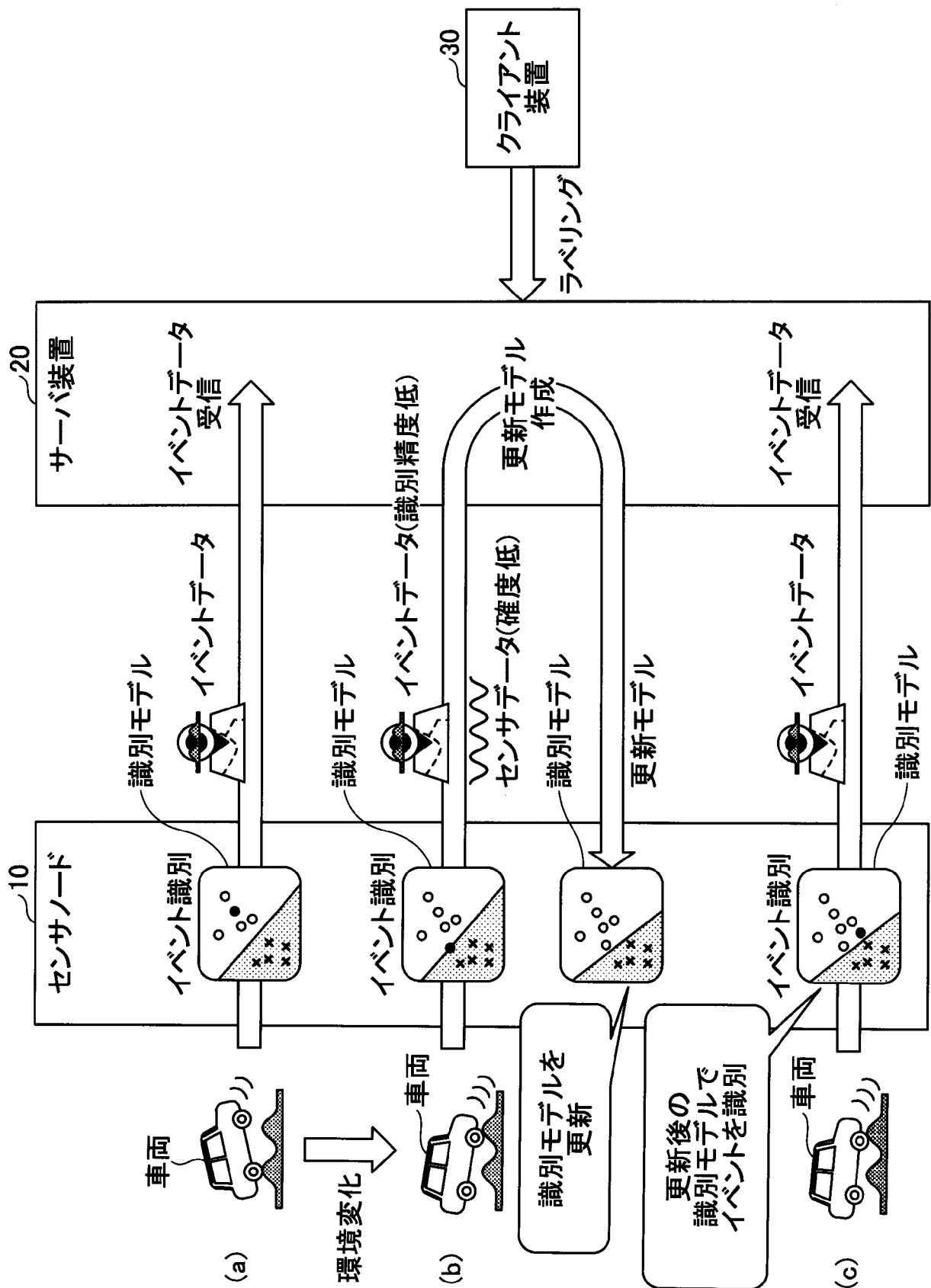
[図2]



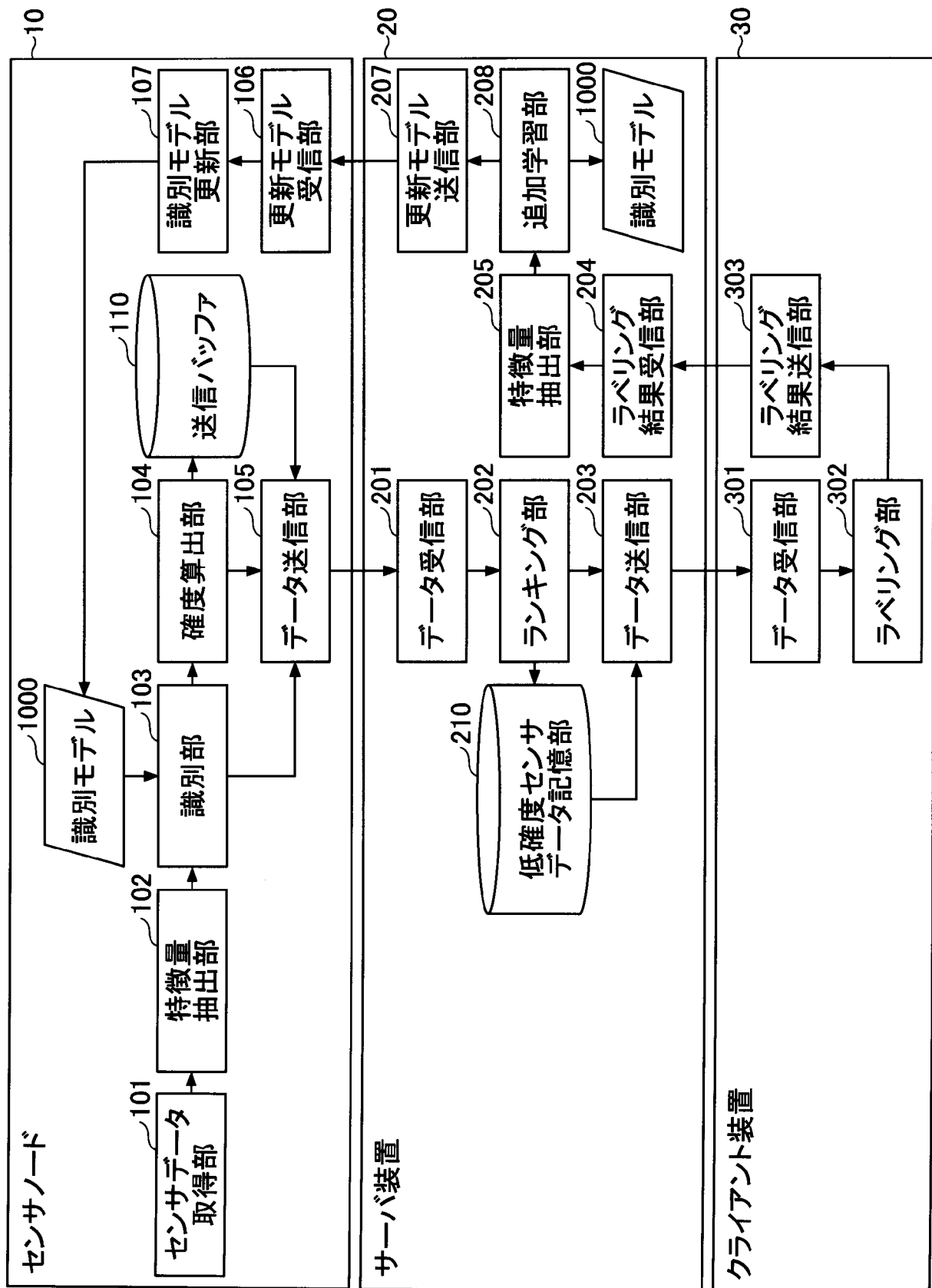
[図3]



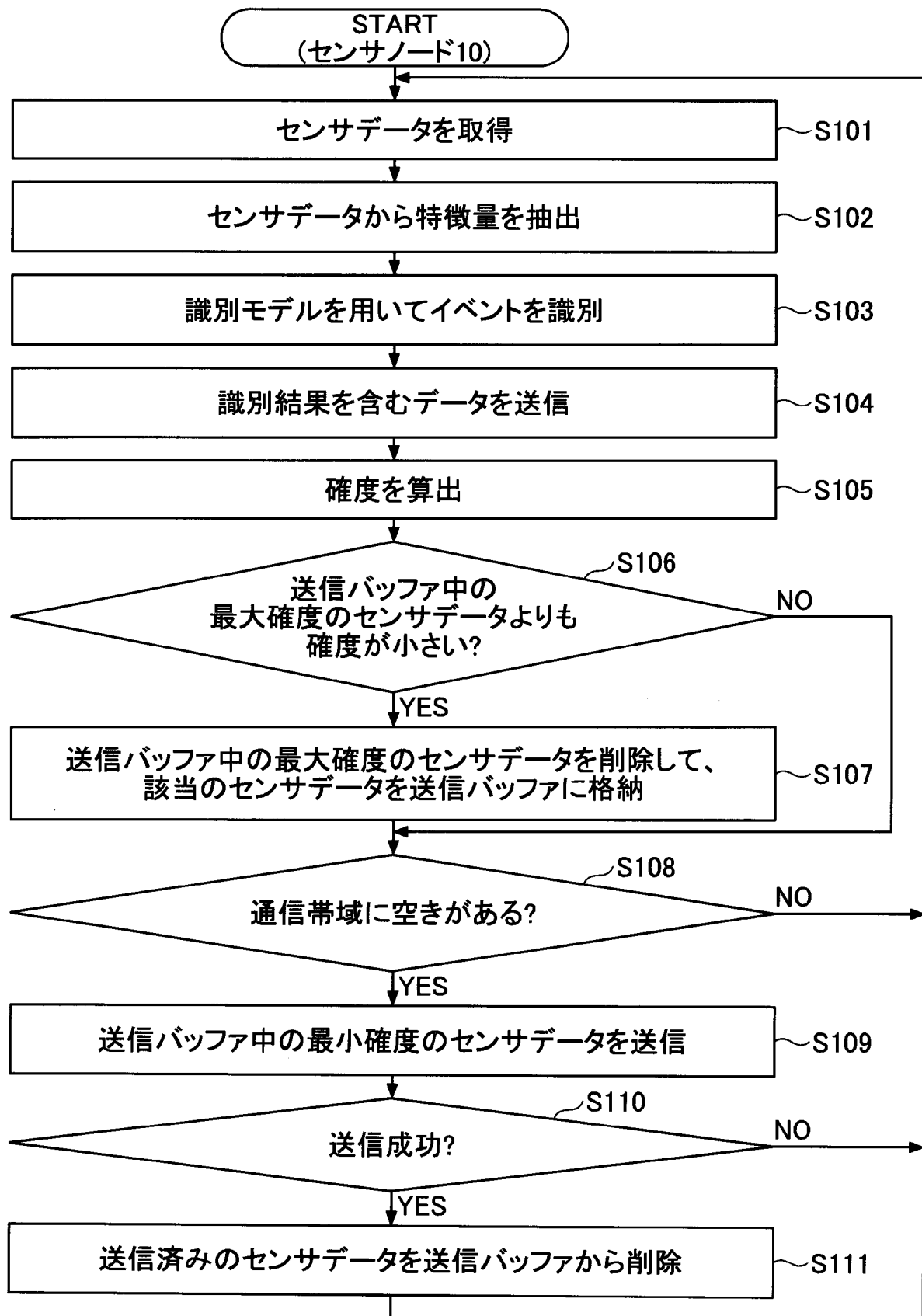
[図4]



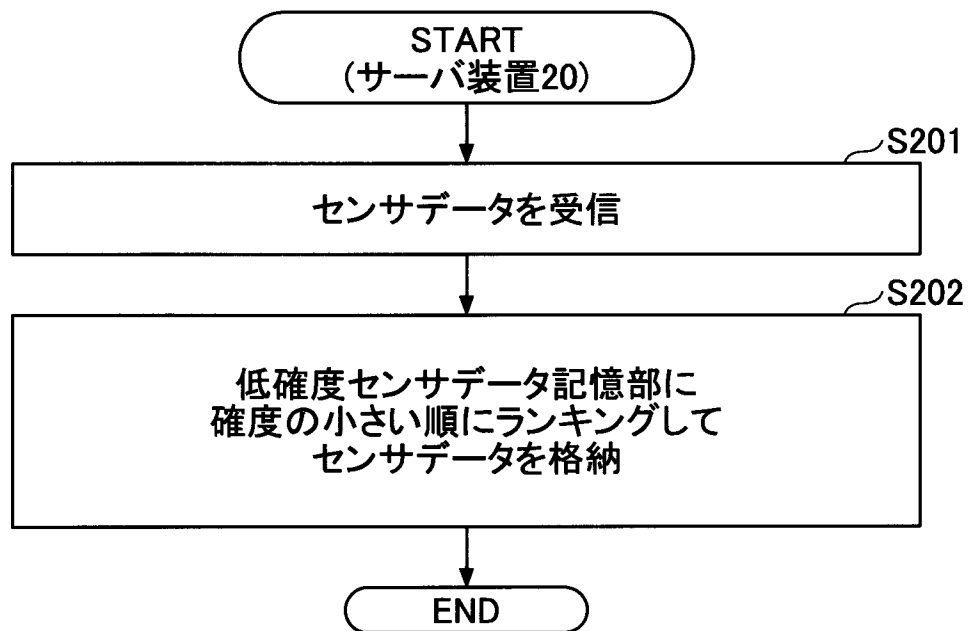
[図5]



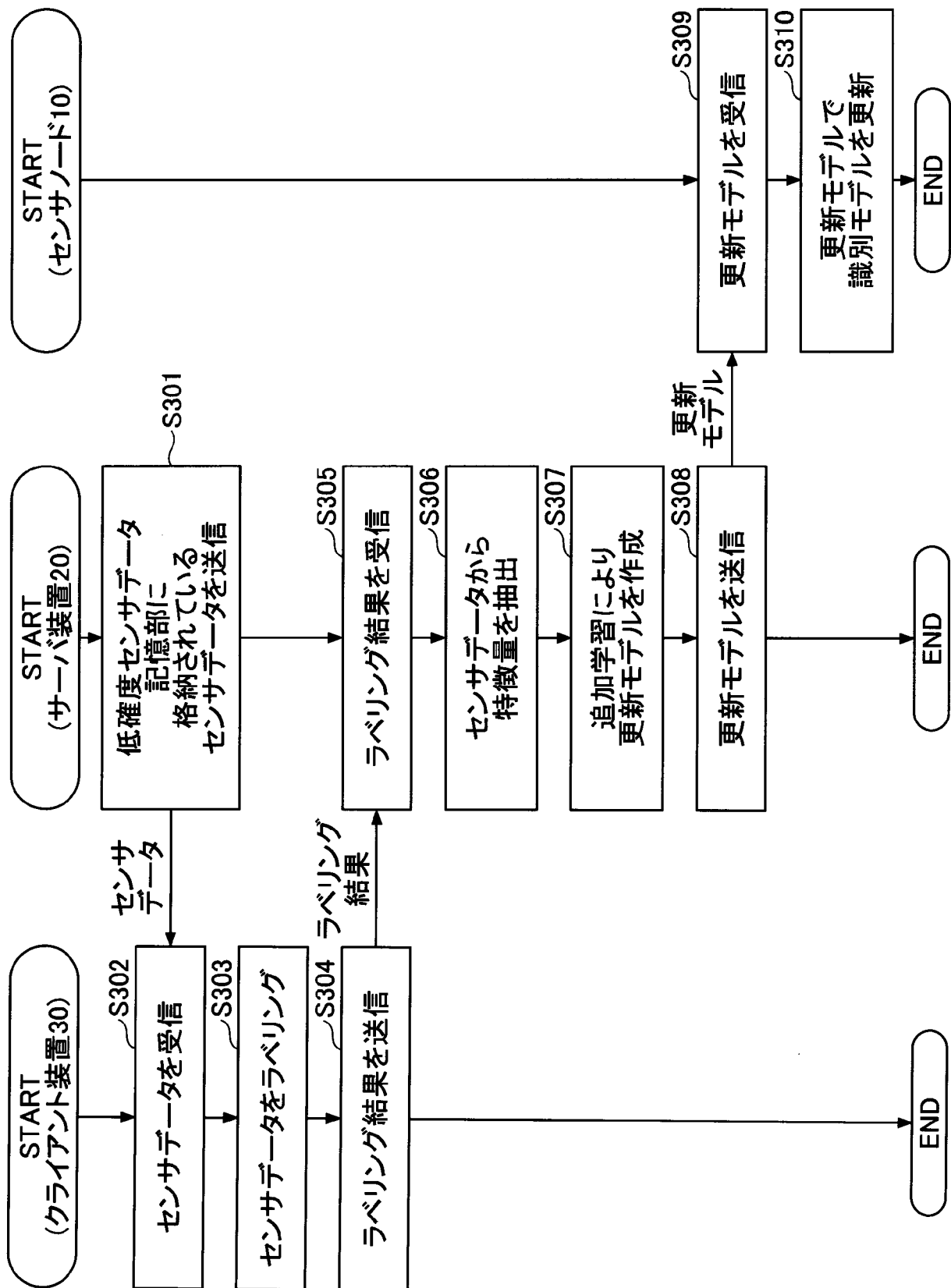
[図6]



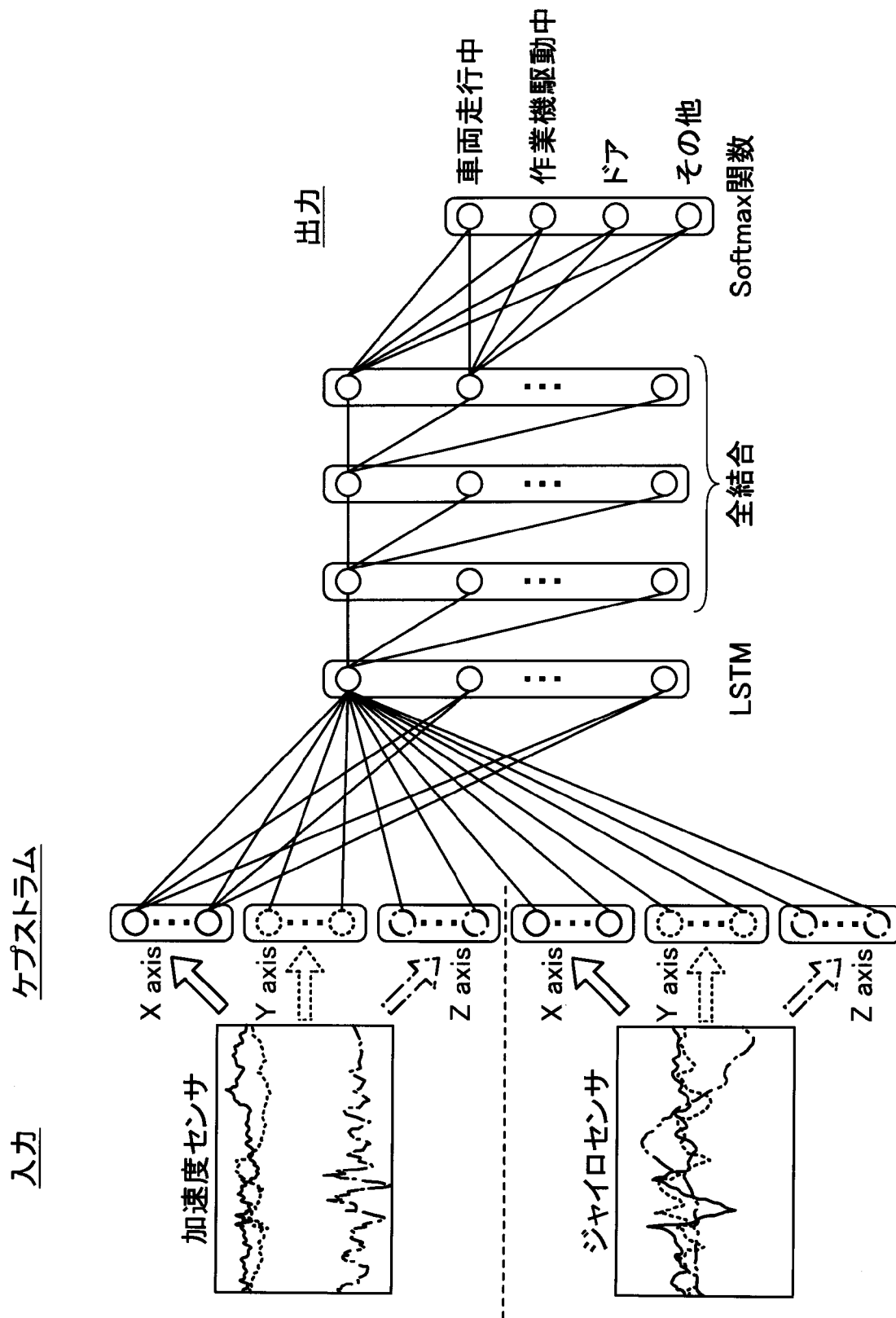
[図7]



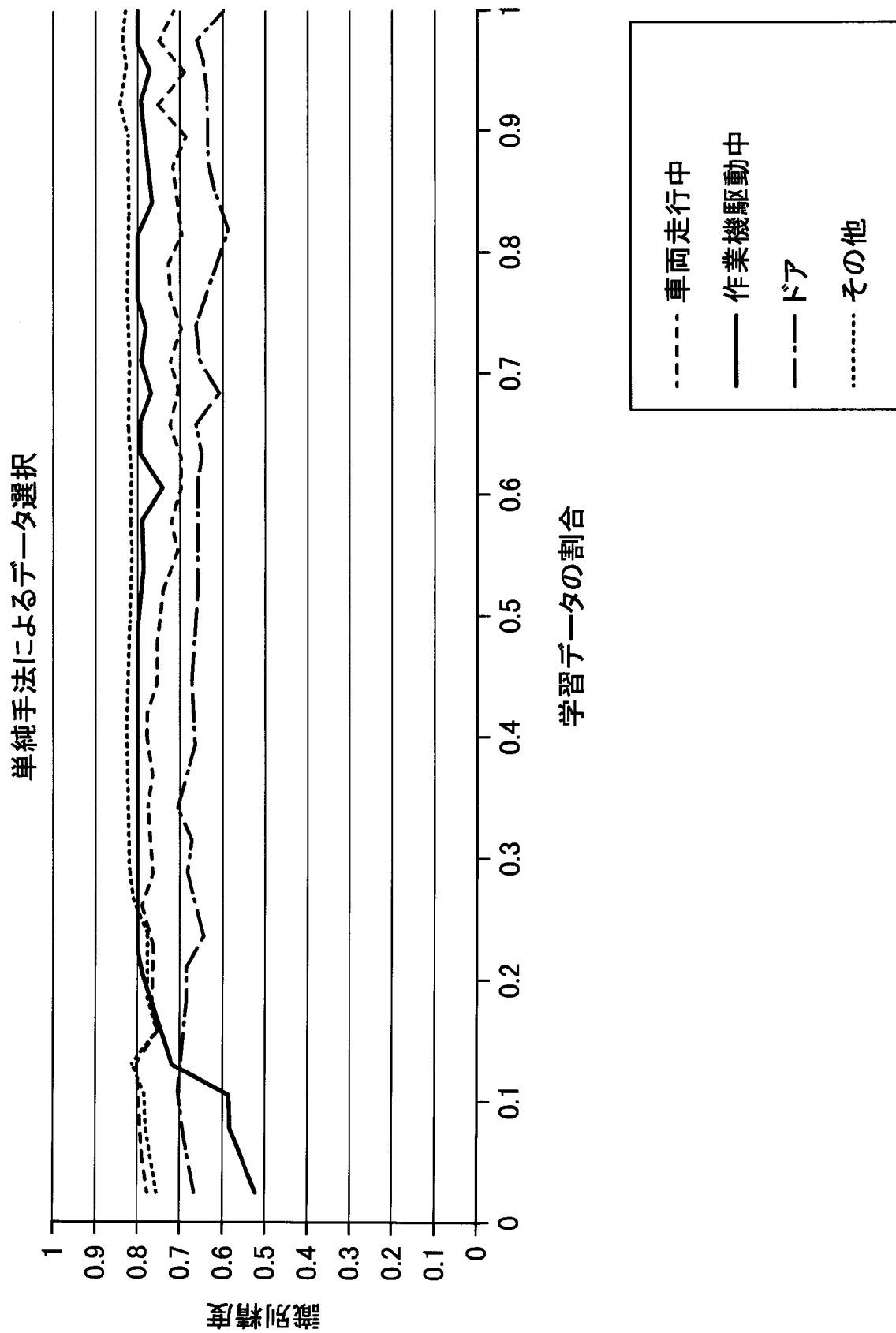
[図8]



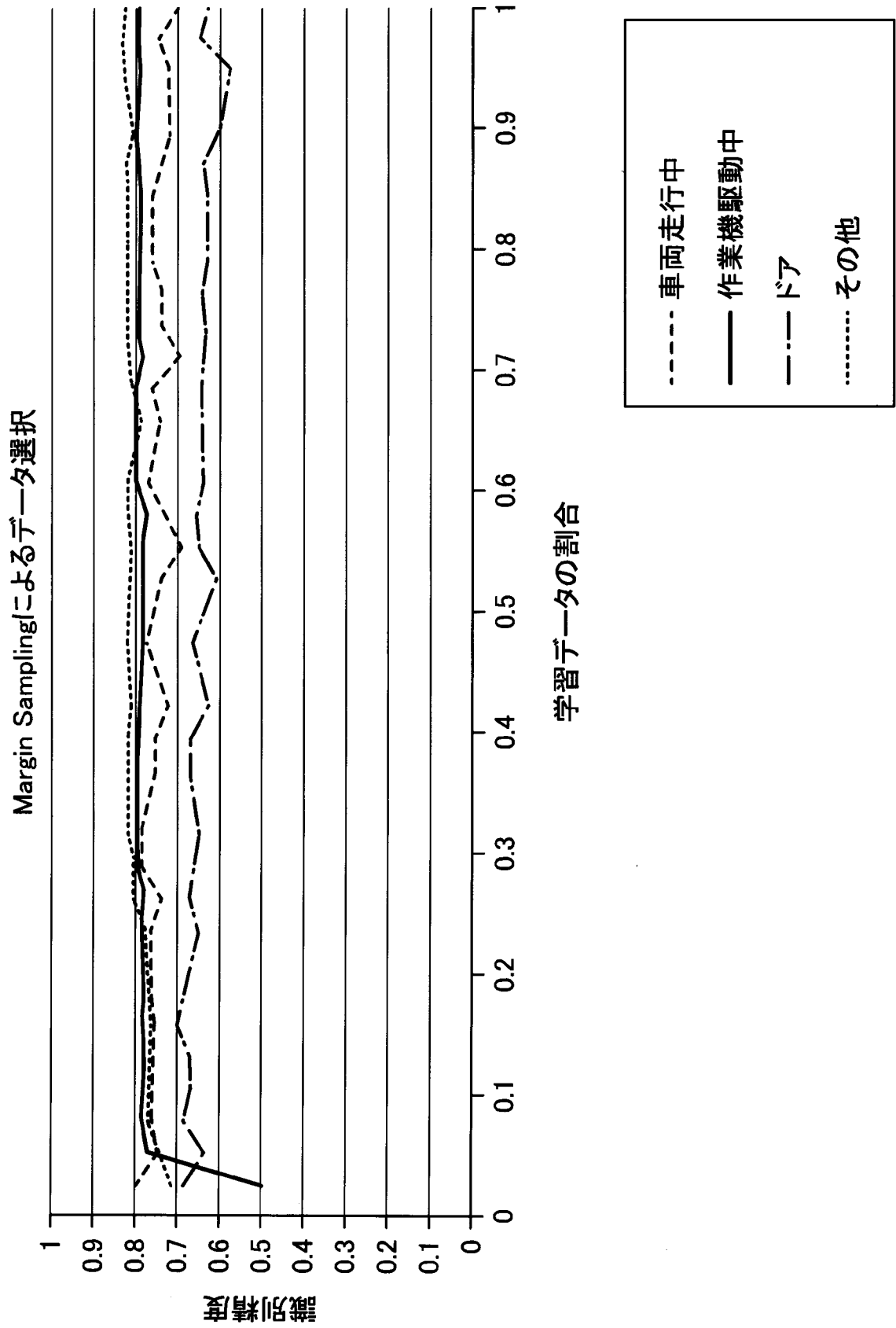
[図9]



[図10A]



[図10B]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/001108

## 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)

G06N20/00

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 | 1971-2020 |
| Registered utility model specifications of Japan         | 1996-2020 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2020 |

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 2018-124852 A (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.)<br>09.08.2018 (2018-08-09)      | 1-8                   |
| A         | JP 2018-11122 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.)<br>18.01.2018 (2018-01-18)             | 1-8                   |
| A         | WO 2016/170574 A1 (HITACHI, LTD.) 27.10.2016<br>(2016-10-27)                       | 1-8                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> | <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Date of the actual completion of the international search  
30 March 2020 (30.03.2020)

Date of mailing of the international search report  
14 April 2020 (14.04.2020)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
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/JP2020/001108

| Patent Documents<br>referred in the<br>Report | Publication<br>Date | Patent Family                        | Publication<br>Date |
|-----------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
| JP 2018-124852 A                              | 09 Aug. 2018        | US 2018/0218242 A1<br>CN 108388166 A |                     |
| JP 2018-11122 A                               | 18 Jan. 2018        | (Family: none)                       |                     |
| WO 2016/170574 A1                             | 27 Oct. 2016        | (Family: none)                       |                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                      |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G06N 20/00(2019.01)i<br>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））<br>G06N20/00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                      |                |
| 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<br>日本国実用新案公報 1922 - 1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971 - 2020年<br>日本国実用新案登録公報 1996 - 2020年<br>日本国登録実用新案公報 1994 - 2020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<br>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<br>請求項の番号 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2018-124852 A（沖電気工業株式会社）09.08.2018（2018 - 08 - 09）                | 1-8            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2018-11122 A（三菱電機株式会社）18.01.2018（2018 - 01 - 18）                  | 1-8            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | WO 2016/170574 A1（株式会社日立製作所）27.10.2016（2016 - 10 - 27）               | 1-8            |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                      |                |
| * 引用文献のカテゴリー<br>“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<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                                                                      |                |
| 国際調査を完了した日<br><br>30.03.2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 国際調査報告の発送日<br><br>14.04.2020                                         |                |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>塚田 肇 5B 3652<br><br>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/JP2020/001108

| 引用文献 |             |    | 公表日        | パテントファミリー文献 |              |    | 公表日 |
|------|-------------|----|------------|-------------|--------------|----|-----|
| JP   | 2018-124852 | A  | 09.08.2018 | US          | 2018/0218242 | A1 |     |
|      |             |    |            | CN          | 108388166    | A  |     |
| JP   | 2018-11122  | A  | 18.01.2018 | (ファミリーなし)   |              |    |     |
| WO   | 2016/170574 | A1 | 27.10.2016 | (ファミリーなし)   |              |    |     |