(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9月17日(17.09.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/183776 A1

(51) 国際特許分類:
G06N 20/00 (2019.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/041348

(22) 国際出願日： 2019年10月21日(21.10.2019)

(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 2019-042503 2019年3月8日(08.03.2019) JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

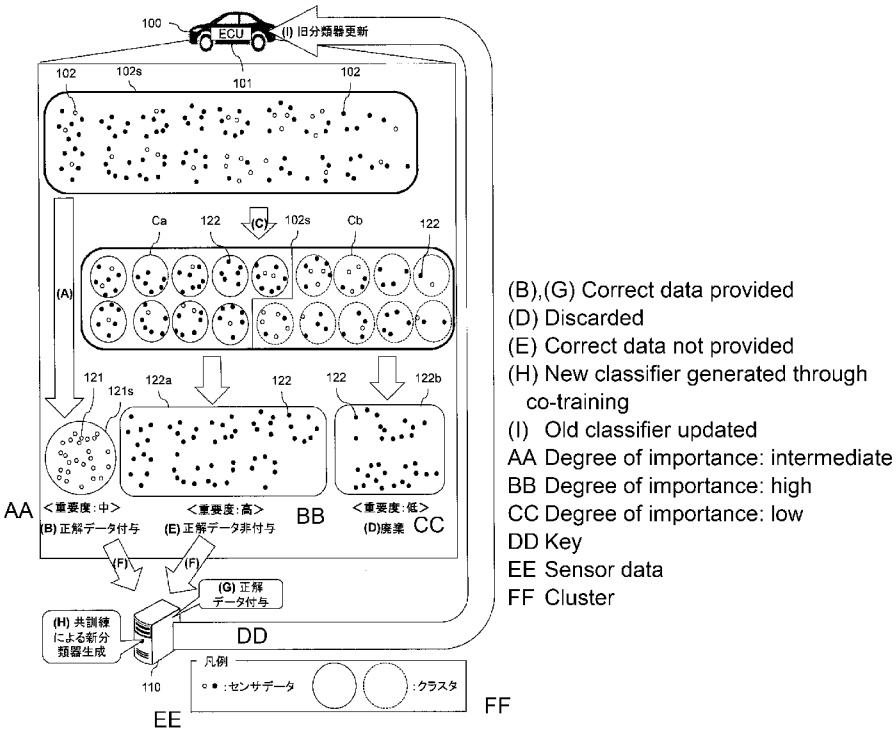
(72) 発明者: 村田 大智(**MURATA Daichi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人藤央特許事務所 (**TOU-OU PATENT FIRM**); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目１６番４号アーバン虎ノ門ビル 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,

(54) **Title:** ARITHMETIC DEVICE

(54) 発明の名称： 演算装置



(57) **Abstract:** This arithmetic device comprises: an inference circuit that uses sensor data from a group of sensors that detect an object to be recognized and uses a first classifier that classifies the object to be recognized, in order to calculate the recognition results of the object to be recognized and the degree of reliability of the recognition results; and a classification circuit that, on the basis of the degree of reliability of the recognition results calculated by the inference circuit, classifies the sensor data into associated objects, to which the recognition results are associated, and non-associated objects, to which

WO 2020/183776 A1

[続葉有]

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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))

the recognition results are not associated.

(57) 要約: 演算装置は、認識対象を検出するセンサ群からのセンサデータと、前記認識対象を分類する第1分類器と、を用いて、前記認識対象の認識結果と、前記認識結果の信頼度と、を算出する推論回路と、前記推論回路によって算出された前記認識結果の信頼度に基づいて、前記センサデータを、前記認識結果が関連付けられる関連対象と、前記認識結果が関連付けられない非関連対象と、のいずれかに分類する分類回路と、を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 演算装置

参照による取り込み

[0001] 本出願は、平成３１年（２０１９年）３月８日に出願された日本出願である特願２０１９－４２５０３の優先権を主張し、その内容を参照することにより、本出願に取り込む。

技術分野

[0002] 本発明は、データを演算する演算装置に関する。

背景技術

[0003] 生物の脳には多数のニューロンと呼ばれる神経細胞が存在する。各ニューロンは、他の多数のニューロンから信号を入力し、他の多数のニューロンへ信号を出力するような動きを行う。このような脳の仕組みをコンピュータで実現しようとしたものがＤｅｅｐ　Ｎｅｕｒａｌ　Ｎｅｔｗｏｒｋ（ＤＮＮ）であり、生物の神経細胞ネットワークの挙動を模倣した工学モデルである。

[0004] ＤＮＮの一例として，物体認識や行動予測に有効な畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ：Ｃｏｎｖｏｌｕｔｉｏｎａｌ　Ｎｅｕｒａｌ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）がある。近年、ＣＮＮを車載Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃ　Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｕｎｉｔ（ＥＣＵ）に実装することにより、自動運転を実現する技術の開発が加速している。

[0005] 特許文献１は、未知入力信号を追加学習入力信号として蓄積する学習処理ニューラルネットワークを有するサーバシステムと、実行処理ニューラルネットワークを有するクライアントシステムと、を開示する。この学習処理ニューラルネットワークを有するサーバシステムは、予め準備された基本学習データに対して学習処理ニューラルネットワークの基本学習を施し、その結合重み係数をネットワークを介して各実行処理ニューラルネットワークを有するクライアントシステムに送る。クライアントシステムは、実行処理ニュ

ーラルネットワークに設定し、実行処理を行う。クライアントシステムは、誤答判定された未知入力信号が検出されると、通信ネットワークを介してサーバシステムに送り、追加学習データとして教師信号と対応付け、学習処理ニューラルネットワークの追加学習を行ない、得られた結合重み係数を各クライアントシステムの実行処理ニューラルネットワークに設定し実行処理を行う。

[0006] 特許文献２は、半教師あり学習によって、効率的にラベル付けを行う学習装置を開示する。この学習装置は、複数のラベル付き画像と複数のラベルなし画像とを入力する入力部と、画像をＣＮＮ処理して複数の特徴マップを生成するＣＮＮ処理部と、ＣＮＮ処理部にて生成された複数の特徴マップについて画素毎に求めたエントロピーを合算すると共に、ラベル付き画像Ｌから生成された複数の特徴マップについては、さらに、画素毎に付された正解ラベルと複数の特徴マップの画素とのクロスエントロピーを合算し、エントロピーからクロスエントロピーを引く処理を、複数のラベル付き画像および複数のラベルなし画像について行って、求めた値を合算して評価値を計算する評価値計算部と、評価値を最小化するようにＣＮＮ処理で用いる学習モデルの学習を行う学習部とを備える。

[0007] 特許文献３は、入力状態の変化前および変化後のいずれ状態であっても、出力を精度の高いものにするニューラルネットワーク学習装置を開示する。このニューラルネットワーク学習装置は、第一状態下に関する入力学習モデルベクトルｕに基づきＭ個の結合荷重Ｗｉ（ｉ＝１～Ｍ）の学習を行い、学習完了したニューラルネットワークに新たにＮ個のニューロンＮｉ（ｉ＝ａ１～ａＮ）を追加すると共に追加されたＮ個の結合荷重Ｗｉ（ｉ＝ａ１～ａＮ）の学習を行う。この追加の学習を行う際には、ニューラルネットワーク学習装置は、学習完了したＭ個の結合荷重Ｗｉ（ｉ＝１～Ｍ）を固定すると共に、少なくとも第一状態と異なる第二状態下に関する入力学習モデルベクトルｕに基づきＮ個の結合荷重Ｗｉ（ｉ＝ａ１～ａＮ）の学習を行う。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開２００２－３４２７３９号公報

特許文献2：特開２０１８－９７８０７号公報

特許文献3：特開２０１２－１４６１７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、ＣＮＮを用いて自動運転向けの外界認知処理を実行した場合、運転シーン（天候、時間帯、地域、認識対象物など）の違いにより、認識精度が不安定となることが課題である。そこで、車載センサより得られたセンサデータおよびそのセンサデータに紐づく正解データを学習データセットとして用いて、その都度運転シーンに応じたＣＮＮの補正を実行することが望ましい。この場合、ＣＮＮの補正には数千から数万種類程度のセンサデータに対して人手で正解データを紐づける必要がある。このため、人的コストと作業工数の観点から、運転シーンに応じて学習データセットをその都度生成することは困難である。

[0010] 本発明は、学習データセットの生成の効率化を図ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本願において開示される発明の一側面となる演算装置は、認識対象を検出するセンサ群からのセンサデータと、前記認識対象を分類する第１分類器と、を用いて、前記認識対象の認識結果と、前記認識結果の信頼度と、を算出する推論部と、前記推論部によって算出された前記認識結果の信頼度に基づいて、前記センサデータを、前記認識結果が関連付けられる関連対象と、前記認識結果が関連付けられない非関連対象と、のいずれかに分類する分類部と、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明の代表的な実施の形態によれば、学習データセットの生成の効率化を図ることができる。前述した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施例

の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１は、学習データセットの生成例を示す説明図である。

[図2]図２は、実施例１にかかる学習システムのハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図3]図３は、ＣＮＮの構造例を示す説明図である。

[図4]図４は、学習システムにおけるアノテーション例を示す説明図である。

[図5]図５は、実施例１にかかる学習システムによる学習処理手順例を示すフローチャートである。

[図6]図６は、実施例２にかかる車載装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図7]図７は、実施例２にかかる車載装置による学習処理手順例を示すフローチャートである。

[図8]図８は、実施例３にかかる車載装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図9]図９は、実施例３にかかる車載装置による学習処理手順例を示すフローチャートである。

[図10]図１０は、実施例４にかかる学習システムのハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図11]図１１は、実施例４にかかる学習システムによる学習処理手順例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、各実施例にかかる演算装置を添付図面を参照して説明する。各実施例では、演算装置を、たとえば、自動車に搭載された車載ＥＣＵとして説明する。なお、以下の各実施例で、「学習」と「訓練」は同義語であり、相互に置換可能である。

実施例 1

[0015] ＜学習データセットの生成例＞

図１は、学習データセットの生成例を示す説明図である。自動車１００に搭載されたＥＣＵ１０１は、カメラ、ＬｉＤＡＲ、レーダなどの各種センサによりセンサデータ群１０２ｓを取得する。センサデータ群１０２ｓは自動車１００の外界を認識対象として検出されたセンサデータの集合である。認識対象とは、たとえば、外界である山や海、川、空のほか、当該外界に存在する物体（人物、自動車、ビル、道路などの人工物、犬や猫、森林などの動植物）を含む。なお、図１では、便宜的に１台の自動車１００が描かれているが、実際には、複数台の自動車１００で以下に示す（Ａ）～（Ｆ）を実行する。

[0016] （Ａ）各自動車１００のＥＣＵ１０１は、分類器（以下、ＥＣＵ１０１内の分類器を便宜上、「旧分類器」と称す）が適用されたＣＮＮにセンサデータ１０２を順次入力して、ＣＮＮから認識結果とその推論に関する確率（以下、推論確率）を得る。旧分類器は、現在運用されている最新バージョンの分類器を意味する。

[0017] 実施例１では、例としてＣＮＮを用いているため、分類器は学習モデルを意味する。認識結果とは、たとえば、認識対象がカメラで撮影された外界の画像データとすると、たとえば、山や空といった背景のほか、人や自動車など、その画像データに含まれている特定の被写体画像データである。推論確率は、認識結果の信頼度を示す指標値の一例であり、認識結果の確からしさを示す確率である。

[0018] 推論確率が所定の確率Ａを超えた場合、そのセンサデータ１０２は、重要度「高」、「中」、「低」の３段階のうち重要度「中」のセンサデータ１２１（図１中、白丸で表記）として分類される。重要度は、誤認識が発生しやすい確率の高さを示す。センサデータ１２１は、所定の確率Ａを超える推論確率を有するため、誤認識が発生しにくいセンサデータ１０２である。

[0019] （Ｂ）各自動車１００のＥＣＵ１０１は、重要度「中」のセンサデータ１２１に対し自動で正解データとして認識結果を付与する。このセンサデータ１２１と認識結果との組み合わせを学習データセットとする。

[0020] （Ｃ）各自動車１００のＥＣＵ１０１は、センサデータ群１０２ｓの各センサデータ１０２についてセンサデータ１０２の特徴量ベクトルを次元圧縮し、次元圧縮後の特徴量の数分の次元の特徴量空間に、センサデータ群１０２ｓを配置する。つぎに、ＥＣＵ１０１は、センサデータ群１０２ｓに対しクラスタリングを実行し、所定の確率Ａ以下の推論確率のセンサデータ１２２（図１中、黒丸で表記）に、当該推論確率をマッピングする。

[0021] そして、ＥＣＵ１０１は、クラスタ群を、センサデータ１０２の個数が所定数Ｂ以上である密なクラスタＣａ（図１中、実線の大丸で表記）と、所定数Ｂ未満の疎なクラスタＣｂ（図１中、点線の大丸で表記）とに分類する。すなわち、密なクラスタＣａほど、特徴量が類似しあう所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２が多く存在するため、密なクラスタＣａ内のセンサデータ１２２は、出現頻度が高い運転シーンの特徴量をあらわす。

[0022] 図１では、Ｂ＝６とした。留意する点としては、クラスタ内にセンサデータ１０２がＢ個以上存在しても、所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２がＢ個以上存在していなければ、当該クラスタは、疎なクラスタＣｂとなる。

[0023] （Ｄ）各自動車１００のＥＣＵ１０１は、疎なクラスタＣｂ内のセンサデータ１２２の集合であるセンサデータ群１２２ｂの各々のセンサデータ１２２を重要度「低」のセンサデータ１０２として廃棄する。すなわち、疎なクラスタＣｂ内には、特徴量が類似しあう所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２が少ない。すなわち、疎なクラスタＣｂ内のセンサデータ１２２は、重要度の「高」のセンサデータ１２２の特徴量よりも出現頻度が低い運転シーンの特徴量をあらわす。このため、ＥＣＵ１０１は、重要度が「低」のセンサデータ群１２２ｂを廃棄する。

[0024] （Ｅ）各自動車１００のＥＣＵ１０１は、密なクラスタＣａ内のセンサデータ１２２を重要度「高」のセンサデータ１２２として選択する。重要度「高」のセンサデータ１２２の集合を、センサデータ群１２２ａとする。ＥＣＵ１０１は、センサデータ群１２２ａの各々のセンサデータ１２２については、正解データを付与しない。その理由は、ＥＣＵ１０１のＣＮＮの推論確

率が所定の確率Ａ以下であるため、データセンタ１１０で人手またはＥＣＵ１０１のＣＮＮよりも高性能なＣＮＮで正解データを付与させるためである。

[0025] （Ｆ）各自動車１００のＥＣＵ１０１は、（Ｂ）の各センサデータ１２１に正解データとして認識結果が付与されたセンサデータ群１２１ｓ（学習データセット群）と（Ｅ）のセンサデータ群１２２ａとをデータセンタ１１０に送信する。これにより、データセンタ１１０では、センサデータ群１２１ｓに正解データを付与する必要がない。

[0026] （Ｇ）データセンタ１１０は、人手またはＥＣＵ１０１のＣＮＮよりも重みの個数や隠れ層の層数が多い高性能な大規模ＣＮＮを有する。データセンタ１１０は、この大規模ＣＮＮにより、重要度の「高」のセンサデータ群１２２ａの各センサデータ１２２に正解データを付与し、学習データセットを生成する。

[0027] （Ｈ）データセンタ１１０は、また、ＥＣＵ１０１のＣＮＮと同一のＣＮＮを有する。データセンタ１１０は、このＣＮＮで共訓練を実行する。具体的には、たとえば、データセンタ１１０は、（Ｆ）で送信されてきた正解データ付きのセンサデータ群１２１ｓである学習データセットと、（Ｅ）で生成された学習データセットと、を混合して、ＣＮＮに与える。

[0028] データセンタ１１０は、ＣＮＮから出力された認識結果と、学習データセットに付与されている正解データと、の比較結果に応じて、誤差逆伝搬により、ＣＮＮの重み、すなわち、旧分類器を更新する。更新後の旧分類器を新分類器と称す。データセンタ１１０は、新分類器を各自動車１００のＥＣＵ１０１に配信する。

[0029] （Ｉ）各自動車１００のＥＣＵ１０１は、データセンタ１１０からの新分類器でＥＣＵ１０１内の旧分類器を更新し、最新の旧分類器となる。

[0030] このように、ＥＣＵ１０１は、人手による正解データの関連付けが必要なセンサデータの個数を重要度：「高」のセンサデータ群１２２ａ内のセンサデータ１２２の個数に削減（絞り込み）することが可能となる。また、ＥＣ

Ｕ１０１は、重要度が「中」のセンサデータについては、人手を介さずに学習データセットを自動生成することが可能である。このような学習データセットを用いることにより、実時間で運転シーンに応じたＣＮＮの補正が可能となる。なお、本技術は深層学習のみならず、Ｓｕｐｐｏｒｔ　Ｖｅｃｔｏｒ　Ｍａｃｈｉｎｅ（ＳＶＭ）などの古典的な機械学習の分類器にも拡張的に適用することが可能である。

[0031] ＜学習システムのハードウェア構成例＞

図２は、実施例１にかかる学習システムのハードウェア構成例を示すブロック図である。学習システム２００は、車載装置２０１と、データセンタ１１０と、を有する。車載装置およびデータセンタ１１０は、たとえば、インターネットなどのネットワークにより通信可能に接続される。車載装置は、自動車に実装される。車載装置は、上述したＥＣＵ１０１と、センサ群２０２ｓと、メモリ２０３と、を有する。

[0032] センサ群２０２ｓは、自動車１００のような移動体の運転状況を検出可能なセンサ２０２を含む。たとえば、センサ群２０２ｓは、カメラ、ＬｉＤＡＲ、レーダなど自動車の外界を認識対象として検出可能なセンサ２０２の集合である。カメラとしては、たとえば、単眼カメラ、ステレオカメラ、遠赤外線カメラ、ＲＧＢＤカメラなどが用いられる。

[0033] ＬｉＤＡＲは、たとえば、対象物までの距離を測定し、かつ、泥の白線を検出する。レーダは、たとえば、ミリ波レーダであり、対象物までの距離を測定する。また、センサ２０２の一例として超音波ソナーにより対象物までの距離を測定してもよい。また、各種センサ２０２を組み合わせてセンサフージョンとしてもよい。

[0034] このほか、センサ群２０２ｓには、ＧＰＳ衛星からＧＰＳ信号を受信して自動車の現在位置を特定する測位センサ、日照時間を計測する日照センサ、温度を計測する温度センサ、電波時計を含んでもよい。

[0035] メモリ２０３は、各種プログラムや旧分類器などの各種データを記憶する非一時的な不揮発性の記録媒体である。

[0036] ＥＣＵ１０１は、推論回路２１０と、分類回路２１１と、次元圧縮／クラスタリング回路２１３と、選択回路２１４と、第１送信器２１５と、第１アノテーション回路２１２と、第２送信器２１６と、第１受信器２１７と、更新回路２１８と、制御回路２１９と、を有する演算装置である。これらは、たとえば、Ｆｉｅｌｄ－Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｇａｔｅ Ａｒｒａｙ（ＦＰＧＡ）やＡｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ Ｓｐｅｃｉｆｉｃ Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ（ＡＳＩＣ）のような集積回路で実現される。

[0037] 推論回路２１０は、認識対象を検出するセンサ群２０２ｓからのセンサデータと、認識対象を分類する旧分類器２３１と、を用いて、認識対象の認識結果と、認識結果の推論確率と、を算出する。推論回路２１０は、メモリ２０３から旧分類器２３１を読み込み、センサ群２０２ｓからのセンサデータが入力されると、センサ群２０２ｓの認識対象の認識結果と、認識結果の推論確率と、を算出する。推論回路２１０は、たとえば、ＣＮＮである。

[0038] このように、推論確率を用いることで、ブートストラップ法により、分類回路２１１にセンサデータを分類させることができる。また、ブートストラップ法のほか、半教師有り学習として、半教師有りｋ－近傍法グラフや半教師有り混合ガウス分布グラフのようなグラフベースアルゴリズムを推論回路２１０に適用してもよい。

[0039] グラフベースアルゴリズムの場合、推論回路２１０は、すでに生成された学習データセット、即ち、正解データ付きセンサデータ１２１と、あらたに推論回路２１０に入力されるセンサデータ１０２と、が類似度を、信頼度の一例として推論確率の替わりに算出する。類似度は、両センサデータの近さ、具体的には、たとえば、両センサデータの特徴量空間での距離の近さを示す指標値である。

[0040] 分類回路２１１は、推論回路２１０によって算出された認識結果の推論確率に基づいて、センサデータ１０２を、認識結果が関連付けられる関連対象と、認識結果が関連付けられない非関連対象と、のいずれかに分類する。分類回路２１１は、入力元からの入力データを複数の出力先のいずれか１つに

分類して対応する出力先に分配するデマルチプレクサである。

[0041] 分類回路２１１の入力元は、推論回路２１０である。入力データは、推論回路２１０に入力されたセンサデータ１０２と、推論回路２１０からのセンサ群２０２ｓの認識対象の認識結果とその推論確率と、を含む。

[0042] 複数の出力先は、第１アノテーション回路２１２と、次元圧縮／クラスタリング回路２１３である。分類回路２１１は、所定の確率Ａを超える推論確率のセンサデータ１２１およびセンサ群２０２ｓの認識対象の認識結果を、関連対象として、第１アノテーション回路２１２に出力する（重要度「中」）。また、分類回路２１１は、所定の確率Ａ以下の推論確率とそのセンサデータ１２２を一意に特定する識別子とを、非関連対象として、次元圧縮／クラスタリング回路２１３に出力する。

[0043] このように、推論確率を用いることで、ブートストラップ法により、第１アノテーション回路２１２において、所定の確率Ａを超える推論確率のセンサデータ１２１に、そのセンサ群２０２ｓの認識対象の認識結果を正解データとして付与することが可能となる。また、推論回路２１０にグラフベースアルゴリズムが適用された場合でも、第１アノテーション回路２１２において、所定の確率Ａを超える推論確率のセンサデータ１２１に、そのセンサ群２０２ｓの認識対象の認識結果を正解データとして付与することが可能となる。

[0044] 第１アノテーション回路２１２は、分類回路２１１からの所定の確率Ａを超える推論確率のセンサデータ１２１と、センサ群２０２ｓの認識対象の認識結果とを関連付けて、学習データセットとして第１送信器２１５に出力する。分類回路２１１から第１アノテーション回路２１２に入力されるセンサデータは、所定の確率Ａを超える推論確率のセンサデータ１２１であるため、そのセンサ群２０２ｓの認識対象の認識結果は、正解データとして信頼度が高い。

[0045] したがって、第１アノテーション回路２１２は、分類回路２１１からの所定の確率Ａを超える推論確率のセンサデータ１２１と、センサ群２０２ｓの

認識対象の認識結果とをそのまま関連付けて、学習データセットにする。これにより、信頼性の高い学習データセットの生成効率の向上を図ることができる。

[0046] 第１送信器２１５は、たとえば、各自動車１００の充電中や給油中、駐車場での駐車中などの停止中などの所定のタイミングで学習データセットをデータセンタ１１０に送信する。

[0047] 次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、センサ群２０２ｓから順次センサデータ１０２の入力を受け付け、次元圧縮と、クラスタリングと、を実行する。次元圧縮については、設定により実行可否の選択が可能である。次元圧縮とは、センサデータ１０２の特徴量ベクトルをより少ない次元の特徴量ベクトルに圧縮する処理である。

[0048] 具体的には、次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、多変量解析の各手法を用いてセンサデータの持つ特徴量を抽出することで低次元の特徴量ベクトルに線形変換する。たとえば、次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、主成分分析により、センサデータ１０２の特徴量ごとに寄与率を算出し、寄与率が大きい順から寄与率を加算し、所定の寄与率を超えるまで加算された寄与率の特徴量を残存させ、次元圧縮後の特徴ベクトルとする。

[0049] 次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、次元圧縮を実行しない場合には入力されたセンサデータ群１０２ｓをそのまま、次元圧縮を実行する場合には次元圧縮されたセンサデータ群１０２ｓを、クラスタリング対象として、クラスタ化する。具体的には、たとえば、次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、センサデータ１０２の特徴量ベクトル内の特徴量の数分の次元の特徴量空間に、センサデータ１０２の特徴量ベクトルをマッピングし、たとえば、ｋ平均法を用いて複数のクラスタを生成する。クラスタ数ｋはあらかじめ設定される。次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、複数のクラスタを選択回路２１４に出力する。

[0050] センサデータ群１０２ｓは、推論確率が所定の確率Ａを超えるセンサデータ１２１と、所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２と、を含む。したがっ

て、クラスタは、センサデータ１２１の特徴量も考慮されるため、センサデータ１２１と、センサデータ１２１の特徴量に近い特徴量を有するセンサデータ１２２と、が同一のクラスタに含まれる。

[0051] なお、次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、分類回路２１１から非関連対象（所定の確率Ａ以下の推論確率およびそのセンサ群２０２ｓの認識対象の認識結果）の入力を受け付けた場合に、入力されたセンサデータ１０２を所定の確率Ａ以下の推論確率のセンサデータ１２２であるとして、次元圧縮と、クラスタリングと、を実行してもよい。

[0052] これにより、関連対象に分類された所定の確率Ａを超えるセンサデータ１２１についての次元圧縮やクラスタリングは実行されないため、計算処理の効率化を図ることができる。なお、非関連対象が分類回路２１１から入力されなかったセンサデータ１０２は、分類回路２１１において関連対象に分類されているため、センサ群２０２ｓからの後続のセンサデータ１０２に上書きされる。

[0053] また、次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、次元圧縮とクラスタリングとを実行する一体化された回路である必要はなく、次元圧縮を実行する次元圧縮回路と、クラスタリングを実行するクラスタリング回路と、を別々に実装してもよい。

[0054] 選択回路２１４は、データセンタ１１０への送信対象を選択する。具体的には、たとえば、選択回路２１４は、次元圧縮／クラスタリング回路２１３からの各クラスタの疎密を判定する。具体的には、たとえば、選択回路２１４は、クラスタ内の推論確率が所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２の個数が所定数Ｂ以上である場合、そのクラスタは密なクラスタＣａであると判定し、所定数Ｂ未満である場合、そのクラスタは疎なクラスタＣｂであると判定する。

[0055] 密なクラスタＣａ内の推論確率が所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２は、重要度が「高」のセンサデータである。疎なクラスタＣｂ内の推論確率が所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２は、重要度が「低」のセンサデー

タ１２２である。選択回路２１４は、重要度が「高」のセンサデータ群１２２ａを第２送信器２１６に出力し、重要度が「低」のセンサデータ群１２２ｂを廃棄する。

[0056] また、選択回路２１４は、疎密判定に際し、クラスタ内の推論確率が所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２の個数が全クラスタにおいて相対的に多い場合、そのクラスタは密なクラスタＣａであると判定し、相対的に少ない場合、そのクラスタは疎なクラスタＣｂであると判定してもよい。

[0057] たとえば、クラスタの総数をＮ（＞１）とし、密なクラスタＣａに判定されるクラスタ数をＭ（＜Ｎ）とした場合、選択回路２１４は、推論確率が所定の確率Ａ以下のセンサデータ１２２の個数が多い順に上位Ｍ番目までのクラスタを密なクラスタＣａと判定し、残余のクラスタを疎なクラスタＣｂと判定してもよい。

[0058] 第２送信器２１６は、たとえば、各自動車１００の充電中や給油中、駐車場での駐車中などの停止中などの所定のタイミングで選択回路２１４からのセンサデータ群１２２ａをデータセンタ１１０に送信する。

[0059] 第１受信器は、データセンタ１１０から配信される新分類器２３２を受信して、更新回路２１８に出力する。

[0060] 更新回路２１８は、メモリ２０３に格納されている旧分類器２３１を、第１受信器２１７で受信された新分類器２３２で更新する。すなわち、旧分類器２３１は新分類器２３２で上書き保存される。

[0061] 制御回路２１９は、推論回路２１０からの推論結果に基づいて、自動車１００の行動計画を立案したり、自動車１００の動作を制御する。たとえば、制御回路２１９は、前方の物体までの距離や当該物体が何であるか、物体がどのような行動を取るかといった推論結果が推論回路２１０から与えられた場合、現在の速度と物体までの距離に応じて減速や停止するよう、自動車１００のアクセルやブレーキを制御する。

[0062] データセンタ１１０は、第２受信器２２１と、第３受信器２２２と、第２アノテーション回路２２３と、共訓練回路２２４と、第３送信器２２５と、

を有する学習装置である。第２受信器２２１は、各自動車１００のＥＣＵ１０１の第１送信器２１５から送信されてくる学習データセットを受信して、共訓練回路２２４に出力する。第３受信器２２２は、各自動車１００のＥＣＵ１０１の第２送信器２１６から送信されてくる、認識結果が関連付けされていないセンサデータ群１２２ａを受信して、第２アノテーション回路２２３に出力する。

[0063] 第２アノテーション回路２２３は、第３受信器２２２からのセンサデータ群１２２ａの各センサデータ１２２に、正解データを関連付ける。具体的には、たとえば、第２アノテーション回路２２３は、推論回路２１０のＣＮＮよりも重みの個数や中間層の層数が多い大規模ＣＮＮを含む。大規模ＣＮＮには学習可能な固有の分類器が適用される。大規模ＣＮＮは、第３受信器２２２からのセンサデータ群１２２ａの各センサデータ１２２が入力されると、認識結果を出力する。第２アノテーション回路２２３は、当該センサデータ１２２と、出力された認識結果と、を関連付けて、学習データセットとして、共訓練回路２２４に出力する。

[0064] 第２アノテーション回路２２３は、当該センサデータ１２２と、出力された認識結果と、を無条件で関連付けてもよく、条件付きで関連付けてもよい。たとえば、ＥＣＵ１０１の分類回路２１１のように、大規模ＣＮＮから出力される推論確率が所定の確率を超えた場合に限り、当該センサデータ１２２と、出力された認識結果と、を関連付けて、学習データセットとする。なお、第２アノテーション回路２２３は、生成した学習データセットを用いて再学習し、固有の分類器を更新してもよい。

[0065] また、第２アノテーション回路２２３は、センサデータ１２２を表示可能に出力し、正解データの入力を受け付けるインタフェースでもよい。この場合、データセンタ１１０のユーザが、センサデータ１２２を見て、適切な正解データを入力する。これにより、第２アノテーション回路２２３は、表示可能に出力されたセンサデータ１２２と入力された正解データとを関連付けて、学習データセットとする。

[0066] なお、この場合、第２アノテーション回路２２３は、データセンタ１１０の表示装置に出力し、データセンタ１１０の入力装置から正解データの入力を受け付ける。また、第２アノテーション回路２２３は、データセンタ１１０と通信可能なコンピュータに、センサデータ１２２を表示可能に送信し、当該コンピュータから正解データを受信してもよい。

[0067] 共訓練回路２２４は、第２受信器２２１からの学習データセットと、第２アノテーション回路２２３からの学習データセットと、を用いて、旧分類器２３１を再学習する。具体的には、たとえば、共訓練回路２２４は、推論回路２１０と同一のＣＮＮであり、旧分類器２３１が適用される。第２受信器２２１からの学習データセットと、第２アノテーション回路２２３からの学習データセットと、を混合した学習データセット群が入力されると、共訓練回路２２４は、旧分類器２３１の再学習結果として新分類器２３２を出力する。

[0068] 第３送信器２２５は、共訓練回路２２４から出力された新分類器２３２を各ＥＣＵ１０１に配信する。これにより、各車載装置２０１は、旧分類器２３１を新分類器２３２で更新することができる。

[0069] ＜ＣＮＮの構造例＞

図３は、ＣＮＮの構造例を示す説明図である。ＣＮＮ３００は、たとえば、図２に示した推論回路２１０、共訓練回路２２４、および第２アノテーション回路２２３に適用される。ＣＮＮ３００は入力層、１層以上（図３では例として３層）の中間層、および出力層により、ｎ（３は１以上の整数）層の畳み込み演算層を構成する。ｉ（ｉは２以上ｎ以下の整数）層目の畳み込み演算層では，ｉ－１層目から出力された値を入力とし、この入力値に重みフィルタを畳み込むことで、得られた結果をｉ＋１層目の入力へ出力する。このとき、重みフィルタのカーネル係数（重み係数）をアプリケーションに応じて適切な値に設定すること（学習）で、高い汎化性能を得ることができる。

[0070] ＜アノテーション例＞

図４は、学習システムにおけるアノテーション例を示す説明図である。（Ａ）は、カメラが撮影したＥＣＵ１０１への入力画像データ４００である。入力画像データ４００には、画像データ４０１～４０３が含まれているものとする。

[0071] （Ｂ）は、（Ａ）の入力画像データ４００をＣＮＮ３００（推論回路２１０、第２アノテーション回路２２３）に与えた場合の推論結果および推論確率を含む入力画像データ４００である。たとえば、画像データ４０１の推論結果は「人」で推論確率は「９８％」、画像データ４０２の推論結果は「車」で推論確率は「９７％」、画像データ４０３の推論結果は「車」で推論確率は「４０％」とする。

[0072] （Ｃ）は、（Ｂ）の状態から、自動的にアノテーションを付与する例である（自動アノテーション）。ＥＣＵ１０１であれば分類回路２１１が、データセンタ１１０であれば第２アノテーション回路２２３が、各画像データ４０１～４０３について、その推論確率が所定の確率Ａ（例として９５％）を超える場合に推論結果が正しいと判断されて関連付け対象に分類され（重要度：中）、その推論確率が所定の確率Ａ以下である場合に推論結果が間違っている可能性があると判断されて非関連付け対象に分類される（重要度：高）。本例の場合、画像データ４０１，４０２が関連付け対象に分類され、画像データ４０３が非関連付け対象に分類される。

[0073] （Ｄ）は、たとえば、第２アノテーション回路２２３において、（Ａ）の入力画像データ４００に人手により正解データとして、画像データ４０１に「人」、画像データ４０２に「車」、画像データ４０３に「車」を付与する例である（手動アノテーション）。

[0074] ＜学習処理手順例＞

図５は、実施例１にかかる学習システムによる学習処理手順例を示すフローチャートである。推論回路２１０は、旧分類器２３１をメモリ２０３から読み込み、センサ群２０２ｓからセンサデータ１０２を推論回路２１０に入力して、認識対象を推論してセンサデータと認識結果と推論確率とを出力す

る（ステップＳ５０１）。

[0075] 分類回路２１１は、推論回路２１０から出力されたセンサデータ１０２と認識結果と推論確率との入力を受け付け、推論確率が所定の確率Ａを超えたか否かを判断する（ステップＳ５０２）。推論確率が所定の確率Ａを超えた場合（ステップＳ５０２：Ｙｅｓ）、分類回路２１１は、推論確率が所定の確率Ａを超えたセンサデータ１２１およびその認識結果を関連付け対象として第１アノテーション回路２１２に出力する。第１アノテーション回路２１２は、推論確率が所定の確率Ａを超えたセンサデータ１２１と、その認識結果と、を関連付けて学習データセットにして（ステップＳ５０３）、学習データセットを第１送信器２１５からデータセンタ１１０に送信する。

[0076] また、ステップＳ５０２において推論確率が所定の確率Ａ以下である場合（ステップＳ５０２：Ｎｏ）、分類回路２１１は、所定の確率Ａ以下の推論確率およびそのセンサデータ１２２の識別子を次元圧縮／クラスタリング回路２１３に出力してステップＳ５０６に移行する。

[0077] また、次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、センサ群２０２ｓから順次入力されてくるセンサデータ１０２の特徴量ベクトルを次元圧縮し（ステップＳ５０４）、当該次元圧縮後の特徴量ベクトルを特徴量空間にマッピングし、クラスタリングにより複数のクラスタを生成する（ステップＳ５０５）。

[0078] そして、次元圧縮／クラスタリング回路２１３は、分類回路２１１から入力されたセンサデータ１２２の識別子により、クラスタ内のセンサデータ１０２を特定し、分類回路２１１から入力された所定の確率Ａ以下の推論確率を、特定したセンサデータ１０２にマッピングする（ステップＳ５０６）。

[0079] 選択回路２１４は、クラスタごとに疎密判定を実行する（ステップＳ５０７）。選択回路２１４は、疎なクラスタであると判定した場合（ステップＳ５０７：Ｎｏ）、当該疎なクラスタを廃棄する。選択回路２１４は、密なクラスタＣａであると判定した場合（ステップＳ５０７：Ｙｅｓ）、密なクラスタＣａ内の推論確率が所定の確率Ａ以下であるセンサデータ１２２をデー

タセンタ１１０に送信して、ステップＳ５０８に移行する。

[0080] データセンタ１１０は、各ＥＣＵ１０１から送信されてきた推論確率が所定の確率Ａ以下であるセンサデータ１２２を大規模ＣＮＮ３００に与えて推論結果を出力し、当該推論結果を正解データとして、入力された推論確率が所定の確率Ａ以下であるセンサデータ１２２に関連付け、学習データセットにする（ステップＳ５０８）。

[0081] データセンタ１１０は、旧分類器２３１を読み込み、ステップＳ５０３で送信されてきた学習データセット群のセンサデータ群と、ステップＳ５０８で生成された学習データセット群のセンサデータ群とを混合して、共訓練を実行する（ステップＳ５０９）。具体的には、たとえば、データセンタ１１０は、旧分類器２３１が適用されたＣＮＮ３００に入力して、センサデータ１２１，１２２ごとに推論結果を得る。データセンタ１１０は、推論結果とセンサデータ１２１，１２２に関連付けされた正解データとを比較して、不一致であればＣＮＮ３００に対し誤差逆伝搬を実行することにより、旧分類器２３１を再学習する。

[0082] データセンタ１１０は、再学習された旧分類器２３１を新分類器２３２として各車載装置２０１に配信する（ステップＳ５１０）。各ＥＣＵ１０１は、データセンタ１１０から配信されてきた新分類器２３２で旧分類器２３１を更新する（ステップＳ５１１）。

[0083] このように、実施例１によれば、ＥＣＵ１０１は、人手による正解データの関連付けが必要なセンサデータ１０２の個数を重要度：「高」のセンサデータ群１２２ａ内のセンサデータ１２２の個数に削減（絞り込み）することが可能となる。また、ＥＣＵ１０１は、重要度が「中」のセンサデータ１２１については、人手を介さずに学習データセットを自動生成することが可能である。したがって、学習データセットの生成の効率化を図ることができる。

実施例 2

[0084] 実施例２は、車載装置２０１単体で学習データセットを生成して旧分類器

２３１を更新する例１である。実施例１と同一内容については同一符号を付し、その説明を省略する。

[0085] ＜車載装置２０１のハードウェア構成例＞

図６は、実施例２にかかる車載装置２０１のハードウェア構成例を示すブロック図である。実施例２では、ＥＣＵ１０１は、次元圧縮／クラスタリング回路２１３、選択回路２１４、第１送信器２１５、第２送信器２１６および第１受信器２１７を有しない。このため、分類回路２１１の一方の出力は第１アノテーション回路２１２に接続されるが、他方の出力は、出力先がないため、Ｈｉ－Ｚとなる。

[0086] また、実施例２では、ＥＣＵ１０１は、データセンタ１１０と通信する必要がないため、データセンタ１１０の共訓練回路２２４に相当する訓練回路６００を有する。訓練回路６００は、推論回路２１０と同一構成である。訓練回路６００は、第１アノテーション回路２１２の出力に接続される。また、訓練回路６００は、メモリ２０３から旧分類器２３１を読み出し可能に接続される。また、訓練回路６００は、更新回路２１８の入力に接続される。

[0087] 訓練回路６００は、第１アノテーション回路２１２から、所定の確率Ａを超える推論確率のセンサデータ１２１と、センサ群２０２ｓの認識対象の認識結果とを関連付けた学習データセットの入力を受け付ける。訓練回路６００は旧分類器２３１を読み込み、学習データセットを用いて訓練を実行する。

[0088] 具体的には、たとえば、訓練回路６００は、旧分類器２３１が適用されたＣＮＮ３００に学習データセットのセンサデータ１２１を入力して、センサデータ１２１ごとに推論結果を得る。訓練回路６００は、推論結果とセンサデータ１２１に関連付けされた推論結果（正解データ）とを比較して、不一致であればＣＮＮ３００に対し誤差逆伝搬を実行することにより、旧分類器２３１を再学習する。訓練回路６００は、再学習結果である新分類器２３２を更新回路２１８に出力する。

[0089] 実施例２では、更新回路２１８は、メモリ２０３に格納されている旧分類

器２３１を、訓練回路６００からの新分類器２３２で更新する。すなわち、旧分類器２３１は新分類器２３２で上書き保存される。

[0090] ＜学習処理手順例＞

図７は、実施例２にかかる車載装置２０１による学習処理手順例を示すフローチャートである。図７では、実施例１のステップＳ５０４～Ｓ５１１は実行されない。ステップＳ５０２において推論確率が所定の確率Ａ以下である場合（ステップＳ５０２：Ｎｏ）、分類回路２１１は、所定の確率Ａ以下の推論確率のセンサデータを廃棄する。

[0091] 第１アノテーション回路２１２が、推論確率が所定の確率Ａを超えたセンサデータ１２１と、その認識結果と、を関連付けて学習データセットにして（ステップＳ５０３）、訓練回路に出力すると、訓練回路６００は、その学習データセットで旧分類器２３１を再学習する（ステップＳ７０９）。そして、訓練回路６００から新分類器２３２を取得した更新回路２１８は、新分類器２３２でメモリ２０３に格納されている旧分類器２３１を更新する（ステップＳ７１１）。

[0092] このように、車載装置２０１単体で旧分類器２３１を再学習することができる。したがって、データセンタ１１０での旧分類器２３１の再学習が不要となり、データセンタ１１０の運営コストの低減化を図ることができる。また、データセンタ１１０と通信する必要がないため、車載装置２０１は、リアルタイムで旧分類器２３１の再学習を実行することができる。これにより、車載装置２０１は、リアルタイムで自動車１００の行動計画を立案したり、自動車１００の動作を制御することが可能となる。

[0093] また、データセンタ１１０と通信する必要がないため、車載装置２０１は、通信圏外でも旧分類器２３１の再学習を実行することができる。これにより、車載装置２０１は、通信圏外で自動車１００の行動計画を立案したり、自動車１００の動作を制御することが可能となる。

実施例 3

[0094] 実施例３は、車載装置２０１単体で学習データセットを生成して旧分類器

２３１を更新する例２である。実施例１および実施例２と同一内容については同一符号を付し、その説明を省略する。

[0095] ＜車載装置２０１のハードウェア構成例＞

図８は、実施例３にかかる車載装置２０１のハードウェア構成例を示すブロック図である。実施例３では、実施例２の訓練回路６００に替えて、ＥＣＵ１０１に縮約／訓練回路８００を実装した例である。縮約／訓練回路８００は、第１アノテーション回路２１２からの学習データセットを用いて、再学習に先立って旧分類器２３１を縮約して、縮約後の旧分類器２３１を再学習する。

[0096] 縮約としては、たとえば、旧分類器２３１内の重みパラメータやバイアスの量子化、しきい値以下の重みパラメータを削除するプルーニング、計算量削減のためのスパース行列分解によるフィルタ行列の低ランク近似、ＣＮＮ３００内のニューロンの結合を削減するための重み共有がある。

[0097] 縮約／訓練回路８００は、第１アノテーション回路２１２から、所定の確率Ａを超える推論確率のセンサデータ１２１と、センサ群２０２ｓの認識対象の認識結果とを関連付けた学習データセットの入力を受け付ける。縮約／訓練回路８００は旧分類器２３１を読み込み、旧分類器２３１を縮約する。縮約／訓練回路８００は、縮約後の旧分類器２３１で、学習データセットを用いて訓練を実行する。

[0098] 具体的には、たとえば、縮約／訓練回路８００は、縮約後の旧分類器２３１が適用されたＣＮＮ３００に学習データセットのセンサデータ１２１を入力して、センサデータ１２１ごとに推論結果を得る。縮約／訓練回路８００は、得られた推論結果とセンサデータ１２１に関連付けされた推論結果（正解データ）とを比較して、不一致であればＣＮＮ３００に対し誤差逆伝搬を実行することにより、旧分類器２３１を再学習する。縮約／訓練回路８００は、再学習結果である新分類器２３２を更新回路２１８に出力する。

[0099] ＜学習処理手順例＞

図９は、実施例３にかかる車載装置２０１による学習処理手順例を示すフ

ローチャートである。図９では、実施例１のステップＳ５０４～Ｓ５１１は実行されない。ステップＳ５０２において推論確率が所定の確率Ａ以下である場合（ステップＳ５０２：Ｎｏ）、分類回路２１１は、所定の確率Ａ以下の推論確率のセンサデータ１２２を廃棄する。

[0100] 第１アノテーション回路２１２が、推論確率が所定の確率Ａを超えたセンサデータ１２１と、その認識結果と、を関連付けて学習データセットにして（ステップＳ５０３）、縮約／訓練回路８００に出力すると、縮約／訓練回路８００は、メモリ２０３から旧分類器２３１を読み込み、旧分類器２３１を縮約する（ステップＳ９０８）。そして、縮約／訓練回路８００は、その学習データセットで縮約後の旧分類器２３１を再学習する（ステップＳ９０９）。そして、縮約／訓練回路８００から新分類器２３２を取得した更新回路２１８は、新分類器２３２でメモリ２０３に格納されている旧分類器２３１を更新する（ステップＳ９１１）。

[0101] このように、車載装置２０１単体で旧分類器２３１を縮約するため、旧分類器２３１の再学習の効率化を図ることができる。また、車載装置２０１単体で縮約後の旧分類器２３１を再学習するため、データセンタ１１０での旧分類器２３１の再学習が不要となり、データセンタ１１０の運営コストの低減化を図ることができる。

[0102] また、データセンタ１１０と通信する必要がないため、車載装置２０１は、リアルタイムで縮約後の旧分類器２３１の再学習を実行することができる。これにより、車載装置２０１は、リアルタイムで自動車１００の行動計画を立案したり、自動車１００の動作を制御することが可能となる。

[0103] また、データセンタ１１０と通信する必要がないため、車載装置２０１は、通信圏外でも縮約後の旧分類器２３１の再学習を実行することができる。これにより、車載装置２０１は、通信圏外で自動車１００の行動計画を立案したり、自動車１００の動作を制御することが可能となる。

実施例 4

[0104] 実施例４は、ＥＣＵ１０１内での旧分類器２３１の更新と、データセンタ

１１０での旧分類器２３１の更新と、を選択的に実行する例である。実施例１と同一内容については同一符号を付し、その説明を省略する。

[0105] ＜学習システムのハードウェア構成例＞

図１０は、実施例４にかかる学習システムのハードウェア構成例を示すブロック図である。学習システム２００は、第１アノテーション回路２１２に替えて、第１アノテーション回路１０１２を有し、また、第１アノテーション回路１０１２と更新回路２１８との間に訓練回路１０００を有する。第１アノテーション回路１０１２は、第１アノテーション回路２１２の機能を有する。訓練回路１０００は、メモリ２０３から旧分類器２３１を読み出し、第１アノテーション回路２１２からの学習データセットを用いて、旧分類器２３１を更新する。

[0106] 第１アノテーション回路１０１２は、第１アノテーション回路２１２の機能のほか、学習データセットを、第１送信器２１５に出力するか、訓練回路１０００に出力するかを、判定する判定機能を有する。具体的には、たとえば、この判定機能は、たとえば、センサ群２０２ｓの中の日照計で計測された日照度、ＧＰＳ信号により測位されたＥＣＵ１０１の現在位置、計時された時刻や、インターネットから得た天候に基づいて、学習データセットを、第１送信器２１５に出力するか、訓練回路１０００に出力するかを、判定する。

[0107] 第１アノテーション回路１０１２は、たとえば、前回の旧分類器２３１の更新時と日照度や天候、時間帯の少なくともいずれか１つが異なる場合、認識対象の環境変化は軽微な更新条件を充足したと判定し、学習データセットを、訓練回路１０００に出力する。この場合、出力される学習データセットは、前回の旧分類器２３１の更新時で用いられた学習データセットに近似していると考えられる。したがって、訓練回路１０００での旧分類器２３１の更新は軽微になる。

[0108] 一方、第１アノテーション回路１０１２は、たとえば、前回の旧分類器２３１の更新時と現在位置を含む領域が通常領域と異なる場合、軽微な更新条

件を充足していないとして、認識対象の環境変化は軽微でないと判定し、学習データセットを、第１送信器２１５に出力する。通常領域とは、たとえば、ＥＣＵ１０１のユーザが自動車１００を運転する場合の通常の行動範囲である。たとえば、自動車１００による通勤経路は通常の行動範囲であり、休日に通勤経路から外れた行楽地へ走行している場合は通常の行動範囲外となる。

[0109] 軽微な更新条件を充足していない場合、出力される学習データセットは、前回の旧分類器２３１の更新時で用いられた学習データセットに近似していないと考えられる。したがって、共訓練回路２２４での高精度な旧分類器２３１の更新に用いられる。

[0110] なお、前回の旧分類器２３１の更新時と日照度や天候、時間帯の少なくともいずれか１つが異なり、かつ、前回の旧分類器２３１の更新時と現在位置を含む領域が異なる場合、後者が優先適用される。すなわち、軽微な更新条件を充足していないとして、第１アノテーション回路１０１２は、認識対象の環境変化は軽微でないと判定し、学習データセットを、第１送信器２１５に出力する。

[0111] ＜学習処理手順例＞

図１１は、実施例４にかかる学習システムによる学習処理手順例を示すフローチャートである。ステップＳ５０２：Ｙｅｓの場合、第１アノテーション回路２１２は、推論確率が所定の確率Ａを超えたセンサデータと、その認識結果と、を関連付けて学習データセットにする（ステップＳ５０３）。そして、第１アノテーション回路１０１２は、軽微な更新条件を充足したか否かを判定する（ステップＳ１１０１）。充足していない場合（ステップＳ１１０１：Ｎｏ）、ＥＣＵ１０１は、学習データセットを第１送信器２１５からデータセンタ１１０に送信する。

[0112] 一方、軽微な更新条件を充足した場合（ステップＳ１１０１：Ｙｅｓ）、訓練回路１０００は、学習データセットを訓練回路１０００に出力し、訓練回路１０００は、学習データセットを用いて旧分類器２３１を再学習して、

再学習結果である新分類器２３２を更新回路２１８に出力する（ステップＳ１１０２）。そして、更新回路２１８は、メモリ２０３に格納されている旧分類器２３１を新分類器２３２で更新する（ステップＳ１１０３）。

[0113] このように、実施例５によれば、認識対象の環境変化に応じて再学習の手法を選択的に変更することができる。すなわち、軽微な環境変化であれば、更新回路２１８で旧分類器２３１を更新することにより、自動車１００の運転シーンの変化に応じて推論回路２１０から出力される認識結果の最適化を図ることができる。一方、大幅な環境変化であれば、データセンタ１１０で旧分類器２３１を更新することにより、更新後の旧分類器２３１を適用した推論回路２１０での認識精度の向上を図ることができる。

[0114] なお、上述した実施例１～実施例５のＥＣＵ１０１の機能は、メモリ２０３に格納されたプログラムを、ＥＣＵ１０１内のプロセッサ実行させることにより実現させてもよい。これにより、ＥＣＵ１０１の各機能をソフトウェアにより実行することができる。

請求の範囲

[請求項1] 認識対象を検出するセンサ群からのセンサデータと、前記認識対象を分類する第１分類器と、を用いて、前記認識対象の認識結果と、前記認識結果の信頼度と、を算出する推論部と、

前記推論部によって算出された前記認識結果の信頼度に基づいて、前記センサデータを、前記認識結果が関連付けられる関連対象と、前記認識結果が関連付けられない非関連対象と、のいずれかに分類する分類部と、

を有することを特徴とする演算装置。

[請求項2] 請求項１に記載の演算装置であって、

前記センサ群は、移動体の運転状況を検出可能なセンサを含む、

をことを特徴とする演算装置。

[請求項3] 請求項１に記載の演算装置であって、

前記推論部は、ブートストラップ法、半教師有りｋ－近傍法グラフ、または半教師有り混合ガウス分布グラフに基づいて、前記認識結果の信頼度を算出する、

ことを特徴とする演算装置。

[請求項4] 請求項１に記載の演算装置であって、

前記分類部は、前記認識結果の信頼度が所定のしきい値を超えた場合、前記センサデータを、前記関連対象に分類し、前記所定のしきい値以下の場合、前記センサデータを、前記非関連対象に分類する、

ことを特徴とする演算装置。

[請求項5] 請求項１に記載の演算装置であって、

前記分類部によって前記センサデータが前記関連対象に分類された場合、前記関連対象のセンサデータに前記認識結果を関連付けるアノテーション部と、

を有することを特徴とする演算装置。

[請求項6] 請求項５に記載の演算装置であって、

前記アノテーション部によって前記認識結果が関連付けられた前記関連対象のセンサデータを用いて前記認識対象を分類する第２分類器を学習する学習装置に、前記認識結果が関連付けられた前記関連対象のセンサデータを送信する送信部と、

を有することを特徴とする演算装置。

[請求項7] 請求項６に記載の演算装置であって、

前記第２分類器を前記学習装置から受信する受信部と、

前記受信部によって受信された第２分類器により前記第１分類器を更新する更新部と、

を有することを特徴とする演算装置。

[請求項8] 請求項１に記載の演算装置であって、

前記センサデータの集合であるセンサデータ群の各センサデータに関する特徴量ベクトルに基づいて、前記センサデータ群をクラスタ化するクラスタリング部と、

前記クラスタリング部によって生成されたクラスタ群から、前記認識結果が関連付けられない非関連対象のセンサデータが所定のデータ数以上の、または相対的に前記非関連対象のセンサデータの数が多い特定のクラスタを選択する選択部と、

前記認識対象を分類する第２分類器を学習する学習装置に、前記選択部によって選択された特定のクラスタ内の前記非関連対象のセンサデータを送信する送信部と、

を有することを特徴とする演算装置。

[請求項9] 請求項８に記載の演算装置であって、

前記センサデータに関する特徴量ベクトルを次元圧縮する次元圧縮部を有し、

前記クラスタリング部は、次元圧縮後の特徴量ベクトルに基づいて、次元圧縮後のセンサデータをクラスタ化する、

ことを特徴とする演算装置。

[請求項10] 請求項８に記載の演算装置であって、

前記選択部は、前記特定のクラスタ以外の他のクラスタを廃棄する、

ことを特徴とする演算装置。

[請求項11] 請求項１に記載の演算装置であって、

前記分類部は、前記センサデータが前記非関連対象に分類された場合、前記非関連対象のセンサデータを廃棄する、

を有することを特徴とする演算装置。

[請求項12] 請求項５に記載の演算装置であって、

前記認識結果が関連付けられた前記関連対象のセンサデータを用いて前記認識対象を分類する第２分類器を学習する訓練部と、

前記訓練部から出力された第２分類器により前記第１分類器を更新する更新部と、

を有することを特徴とする演算装置。

[請求項13] 請求項５に記載の演算装置であって、

前記認識結果が関連付けられた前記関連対象のセンサデータに関する特徴量ベクトルを縮約し、縮約後のセンサデータを用いて前記認識対象を分類する第２分類器を学習する訓練部と、

前記訓練部から出力された第２分類器により前記第１分類器を更新する更新部と、

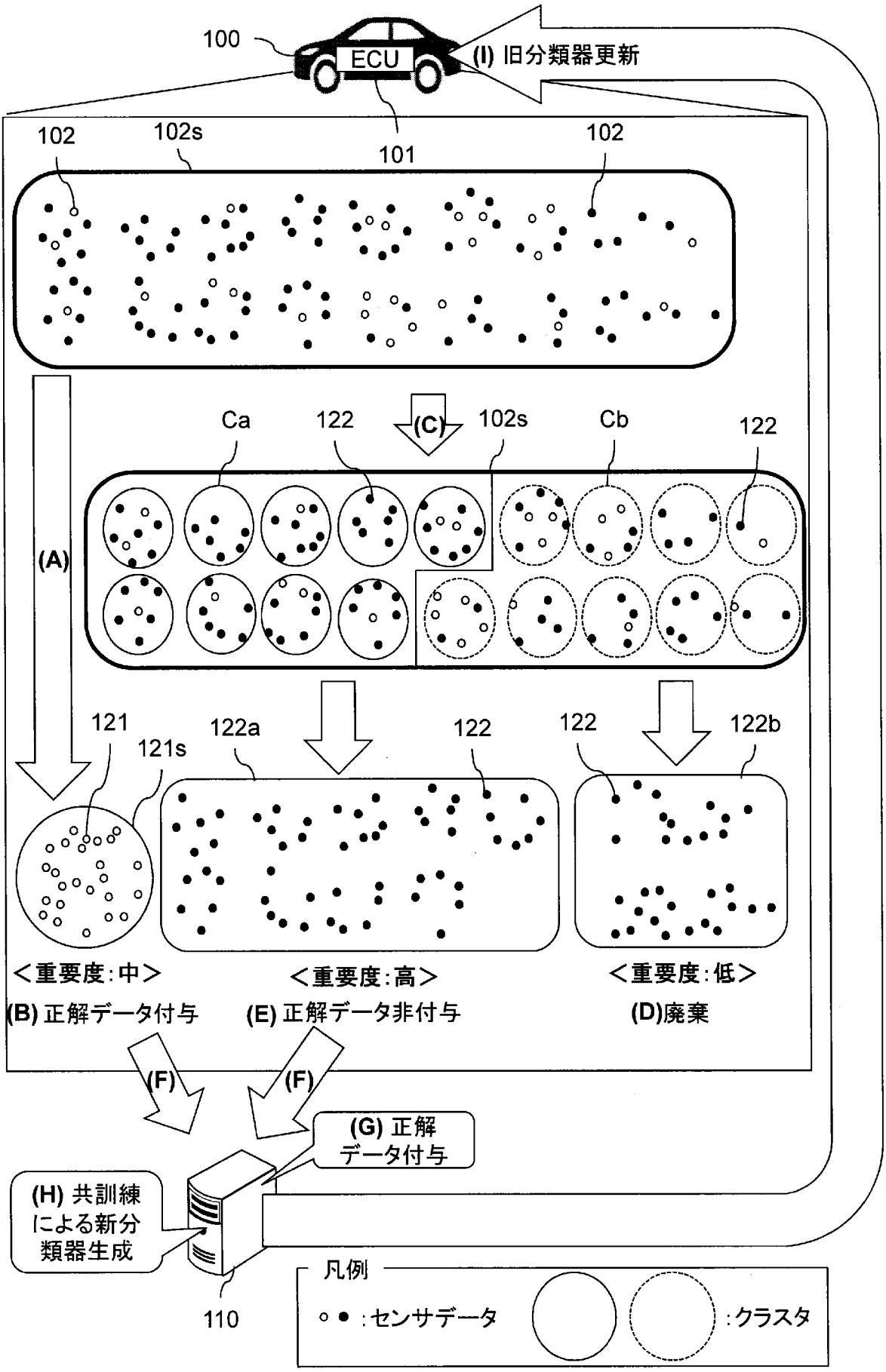
を有することを特徴とする演算装置。

[請求項14] 請求項５に記載の演算装置であって、

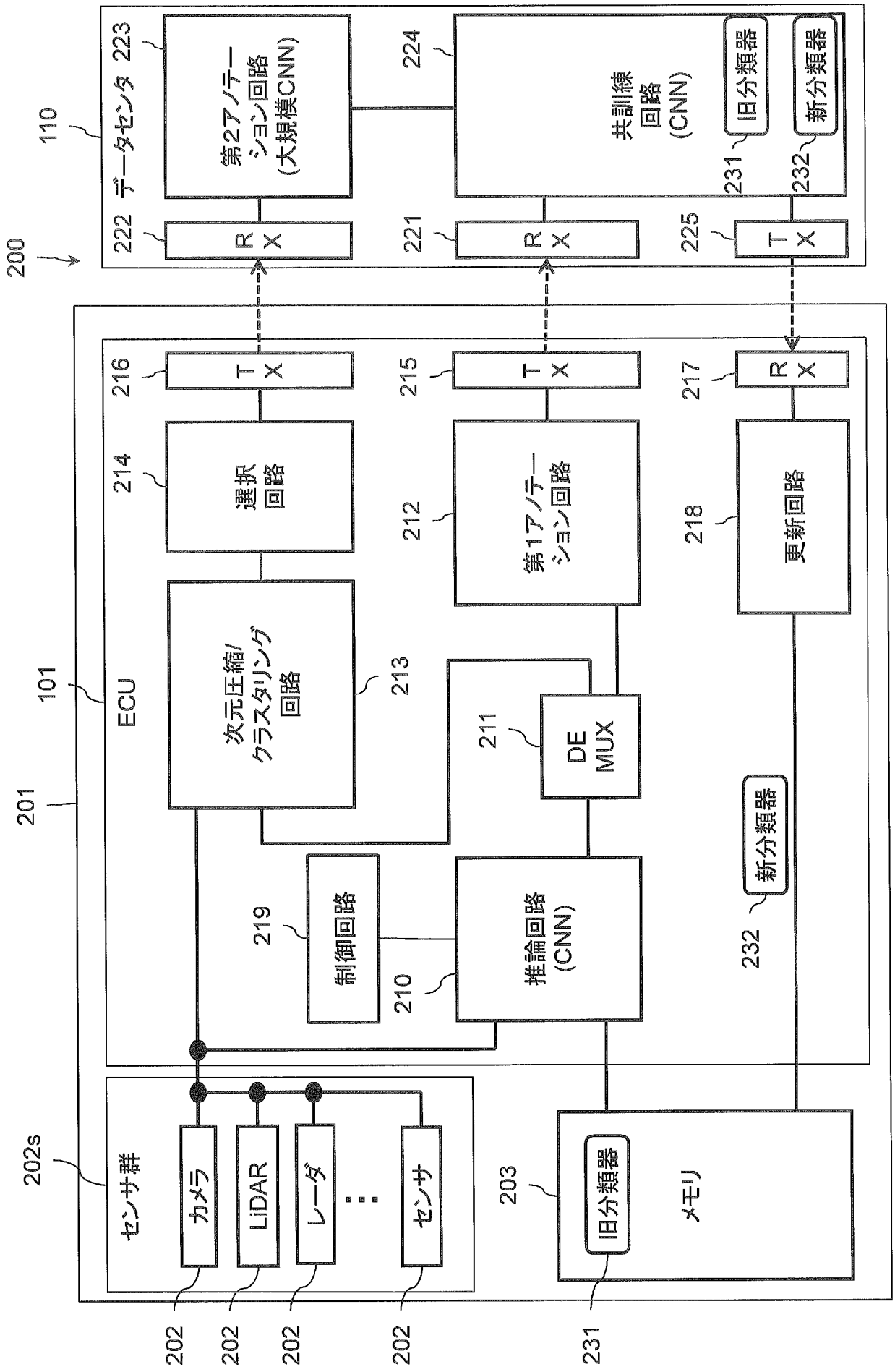
前記認識結果が関連付けられた前記関連対象のセンサデータが特定の条件を充足するか否かを判定し、前記特定の条件を充足する場合、前記認識結果が関連付けられた前記関連対象のセンサデータを用いて前記第１分類器を再学習する訓練部と、

を有することを特徴とする演算装置。

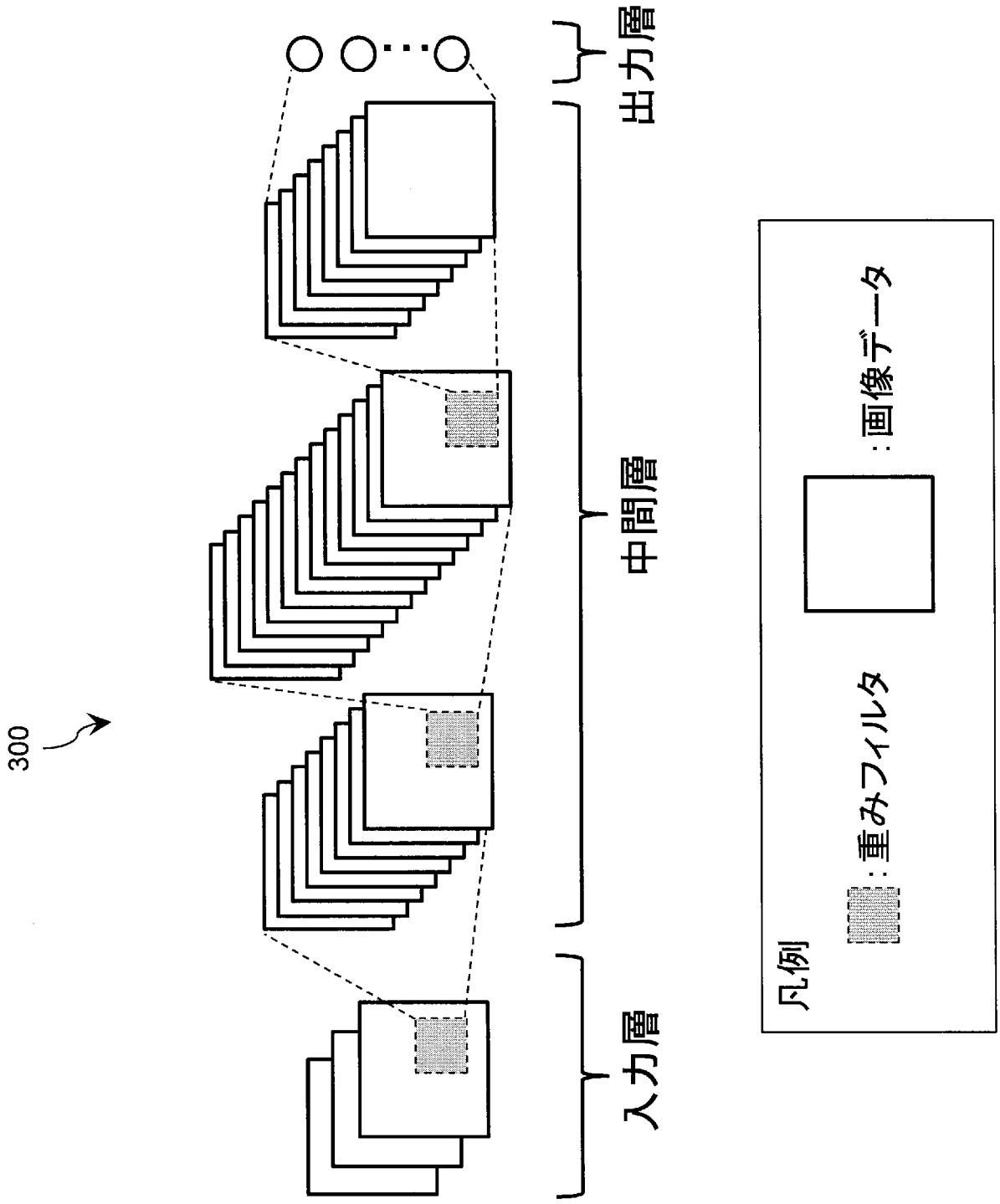
[図1]


100
ECU
(I) 旧分類器更新
102
102s
101
102
Ca
122
(C)
102s
Cb
122
(A)
121
121s
122a
122
122
122b
<重要度:中>
(B) 正解データ付与
<重要度:高>
(E) 正解データ非付与
<重要度:低>
(D)廃棄
(F)
(F)
(G) 正解データ付与
(H) 共訓練による新分類器生成
110
凡例
:センサデータ
:クラスタ

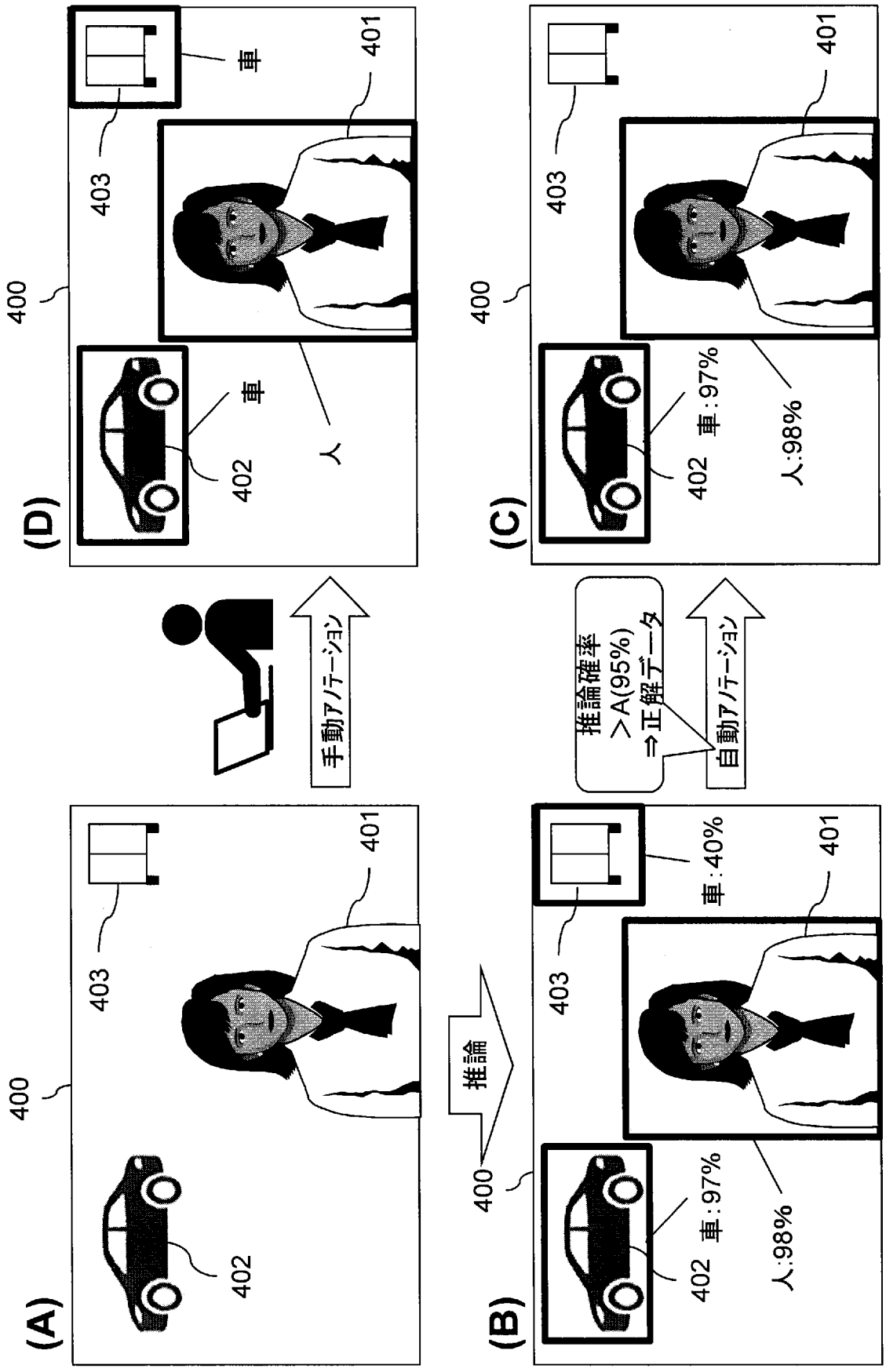
[図2]


200
110
データセンタ
222
R X
第2アノテーション回路(大規模CNN)
223
221
R X
224
共訓練回路(CNN)
231
旧分類器
232
新分類器
225
T X
201
101
ECU
216
T X
選択回路
214
215
T X
第1アノテーション回路
212
217
R X
更新回路
218
次元圧縮/クラスタリング回路
213
211
DE MUX
制御回路
219
推論回路(CNN)
210
232
新分類器
202s
センサ群
カメラ
LiDAR
レーダ
センサ
203
旧分類器
メモリ
202
202
202
202
231

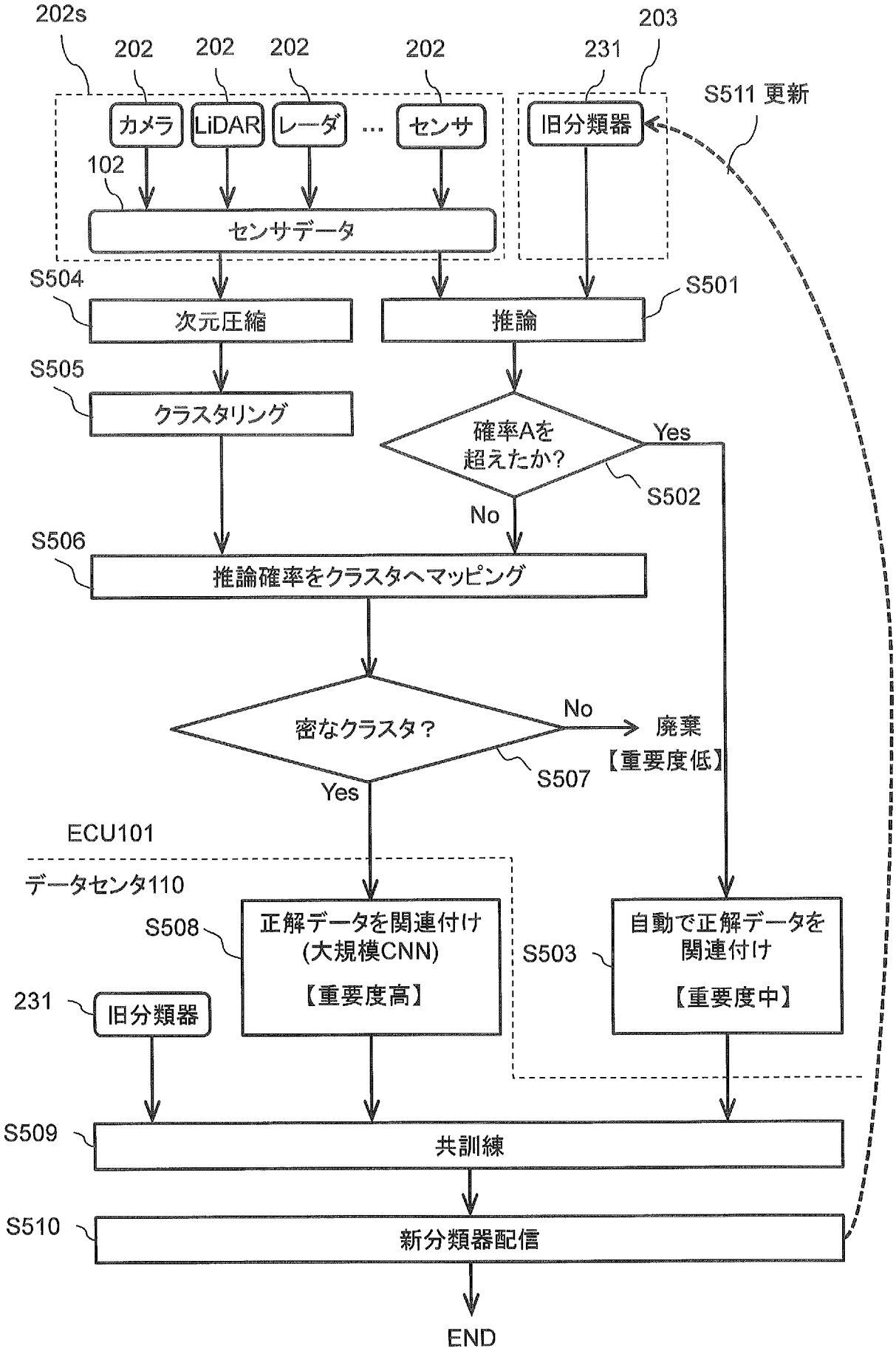
[図3]



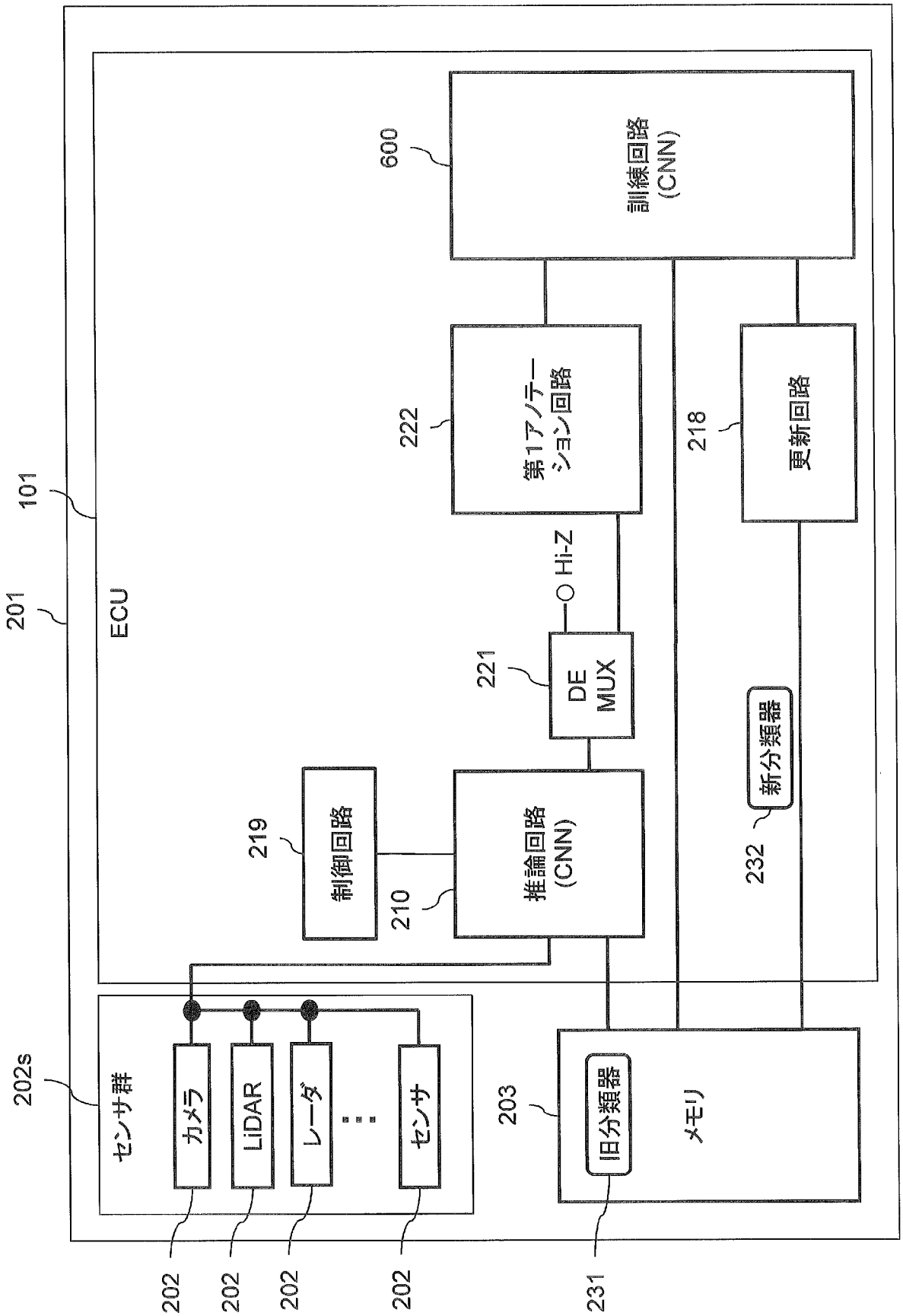
[図4]


(A)
400
402
403
401
推論
(B)
400
402 車:97%
人:98%
403
車:40%
401
推論確率
>A(95%)
⇒正解データ
自動アノテーション
(C)
400
402 車:97%
人:98%
403
401
手動アノテーション
(D)
400
402 車
人
403
車
401

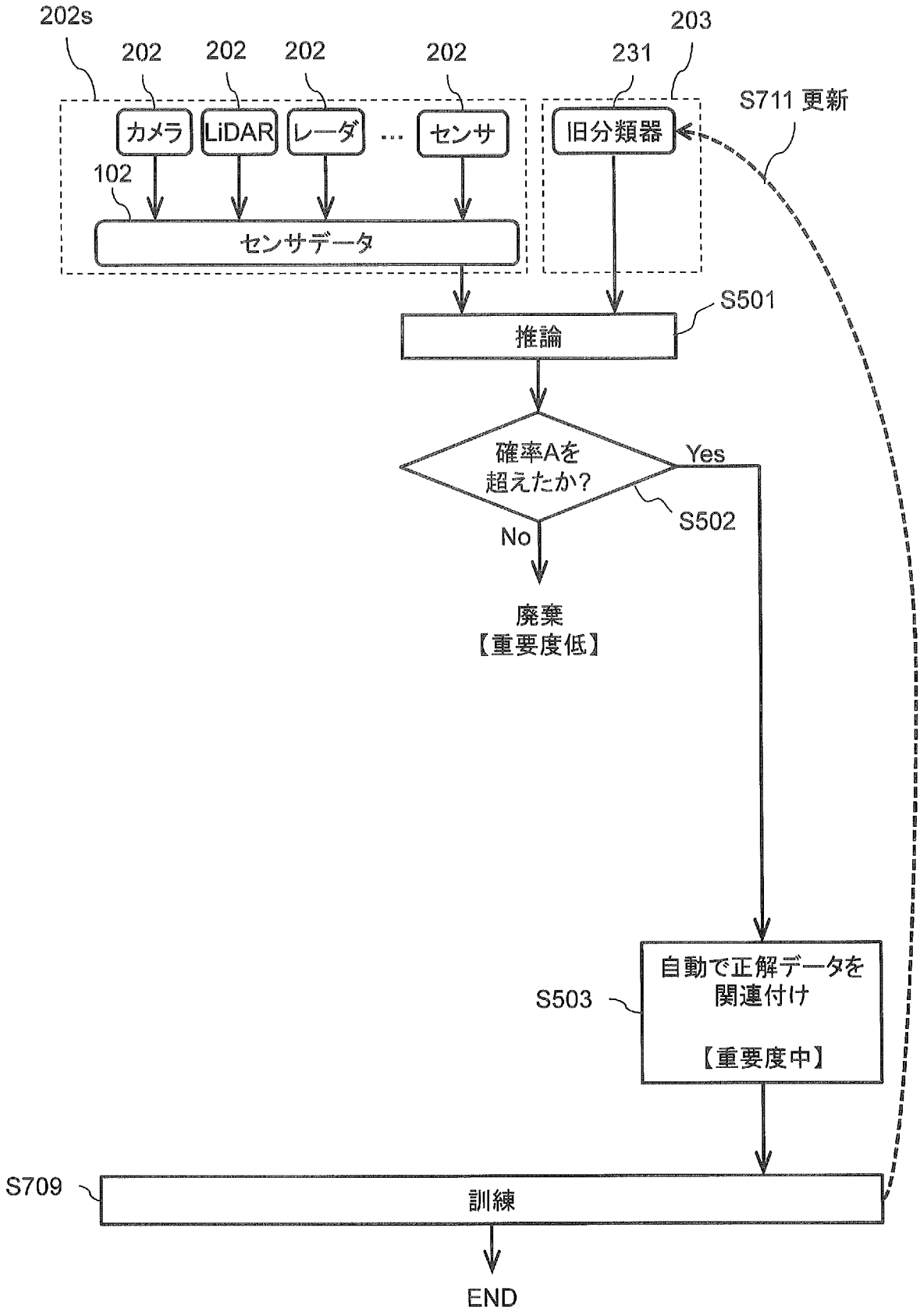
[図5]


202s
202
202
202
202
231
203
S511 更新
カメラ
LiDAR
レーダ
…
センサ
旧分類器
102
センサデータ
S504
次元圧縮
推論
S501
S505
クラスタリング
確率Aを
超えたか?
Yes
S502
No
S506
推論確率をクラスタへマッピング
密なクラスタ?
No
廃棄
【重要度低】
S507
Yes
ECU101
データセンタ110
S508
正解データを関連付け
(大規模CNN)
【重要度高】
S503
自動で正解データを
関連付け
【重要度中】
231
旧分類器
S509
共訓練
S510
新分類器配信
END

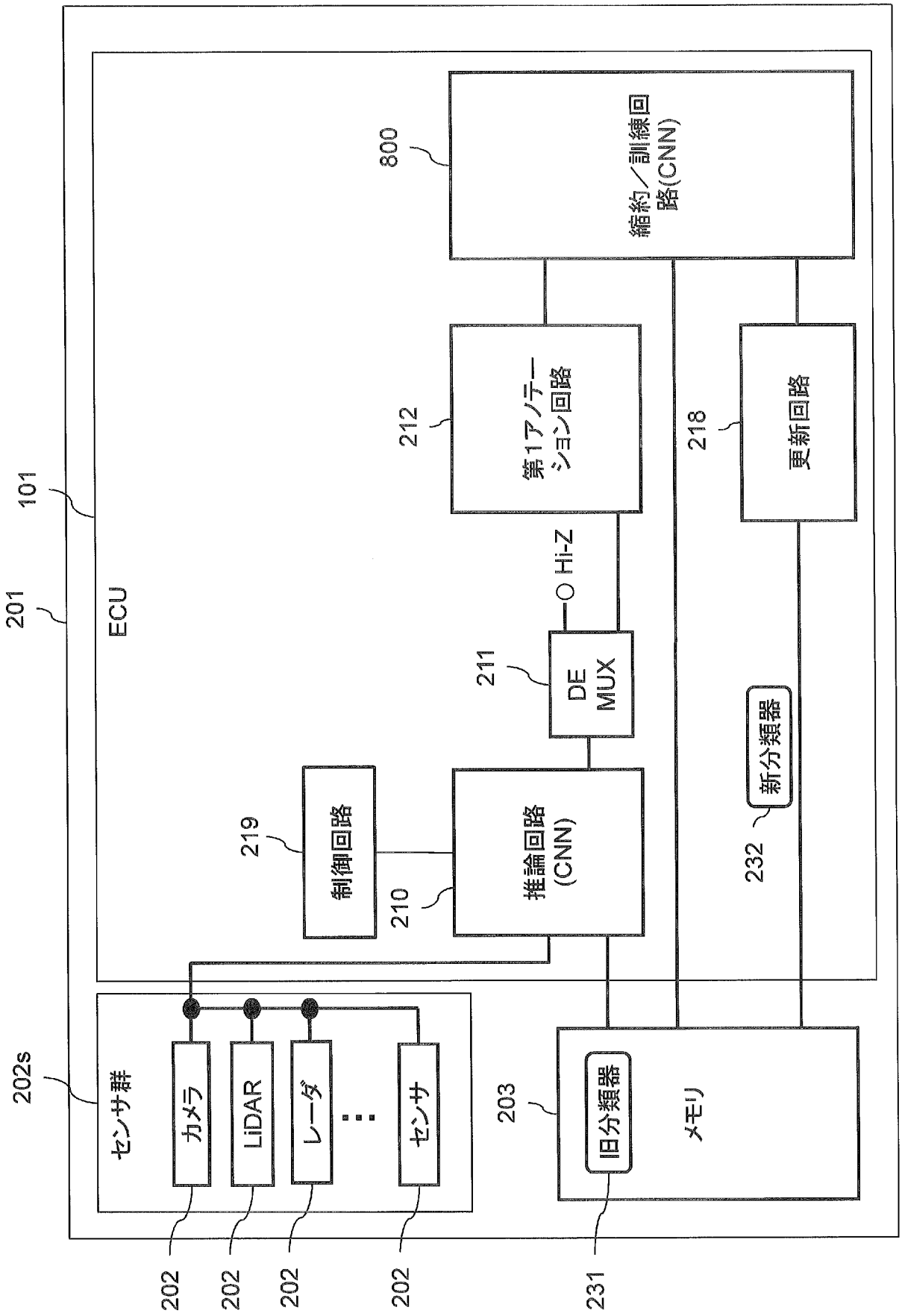
[図6]


101
201
ECU
600
訓練回路
(CNN)
222
第1アノテーション回路
218
更新回路
Hi-Z
221
DE
MUX
219
制御回路
210
推論回路
(CNN)
232
新分類器
202s
センサ群
カメラ
LiDAR
レーダ
センサ
203
旧分類器
メモリ
202
202
202
202
231

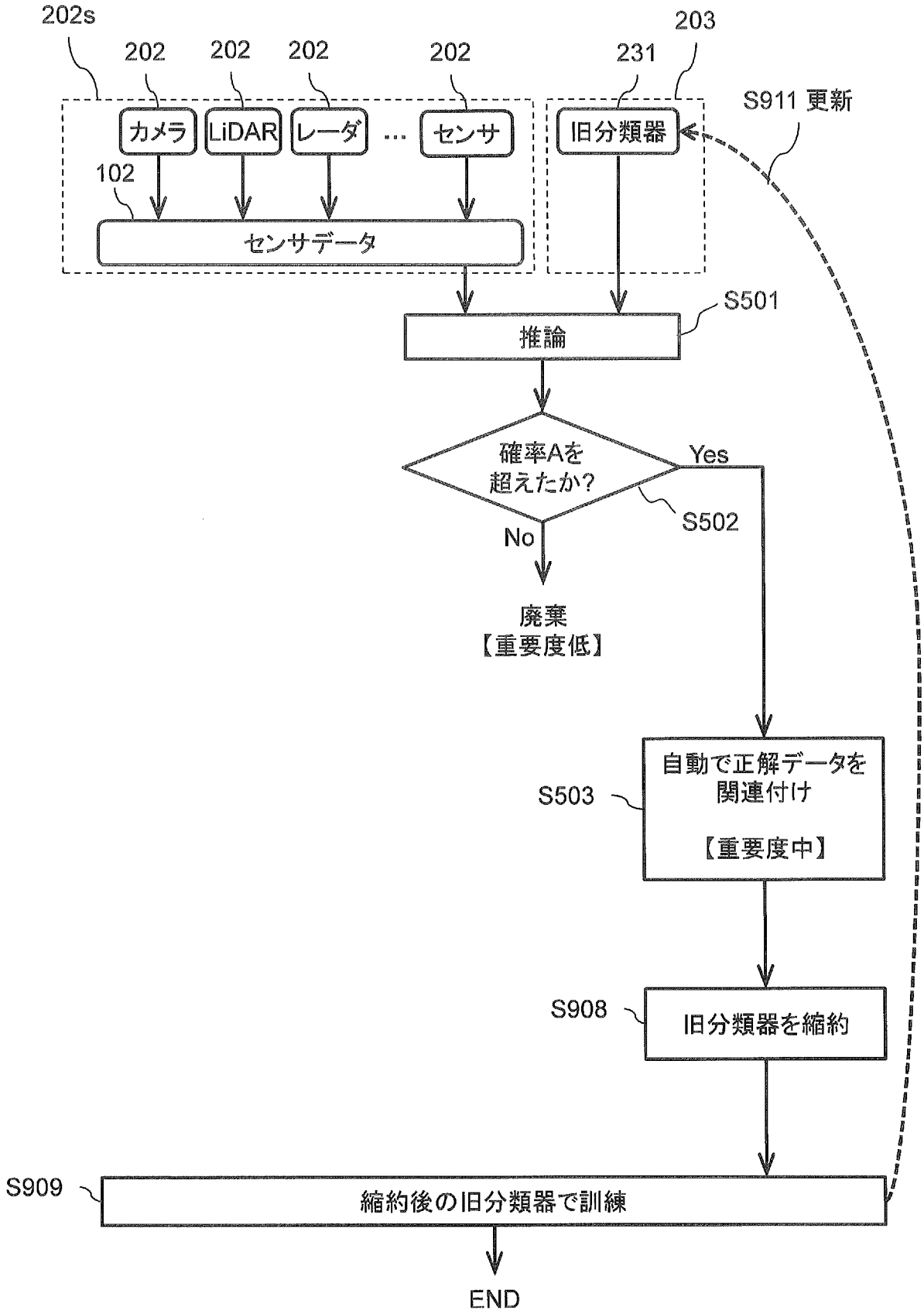
[図7]


202s
202
202
202
202
231
203
S711 更新
カメラ
LiDAR
レーダ
…
センサ
旧分類器
102
センサデータ
S501
推論
確率Aを
超えたか?
Yes
S502
No
廃棄
【重要度低】
自動で正解データを
関連付け
【重要度中】
S503
S709
訓練
END

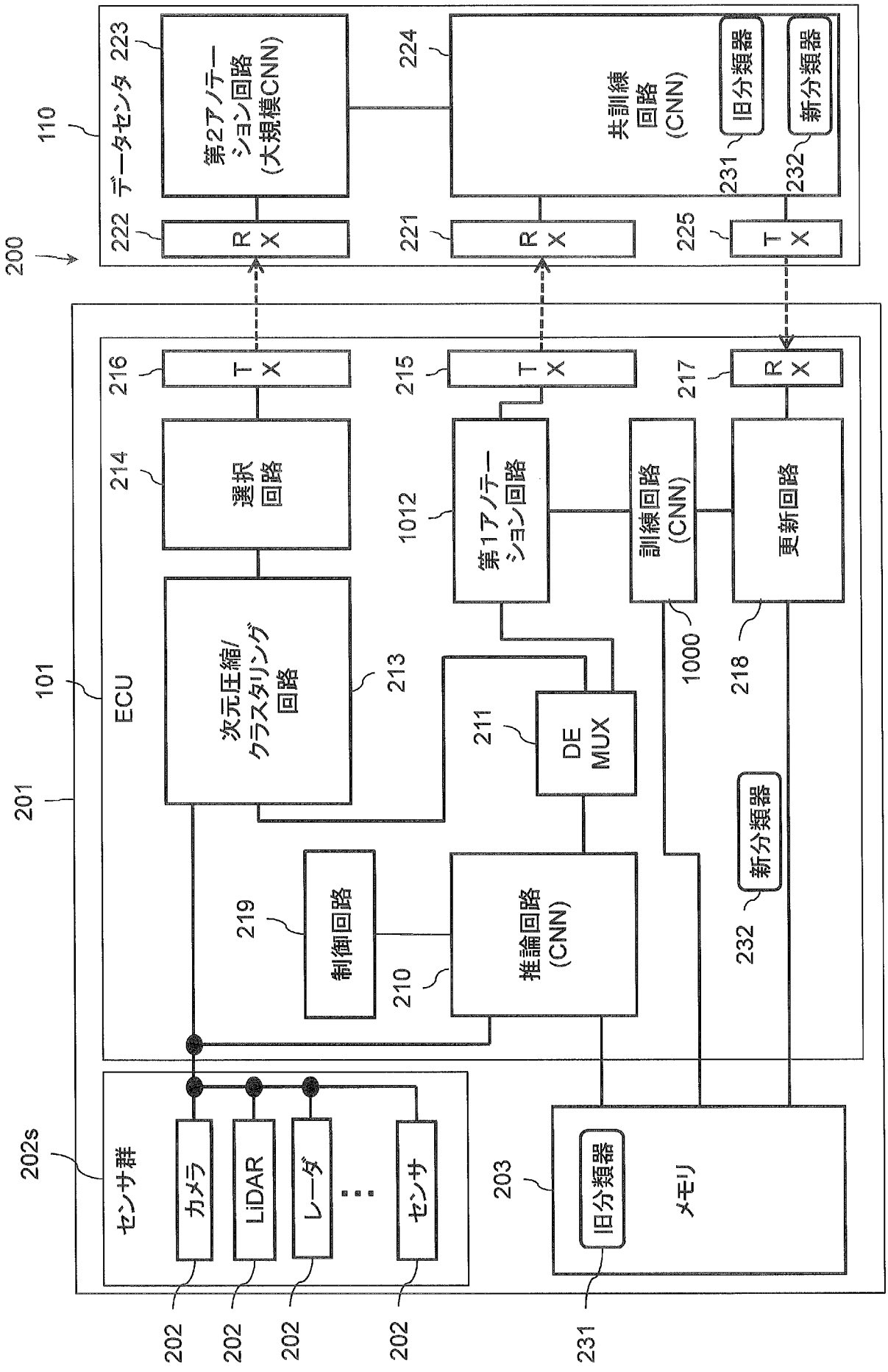
[図8]


101
201
ECU
800
縮約／訓練回路(CNN)
212
第1アノテーションション回路
218
更新回路
Hi-Z
211
DE MUX
219
制御回路
210
推論回路(CNN)
232
新分類器
202s
センサ群
カメラ
LiDAR
レーダ
センサ
203
旧分類器
メモリ
202
202
202
202
231

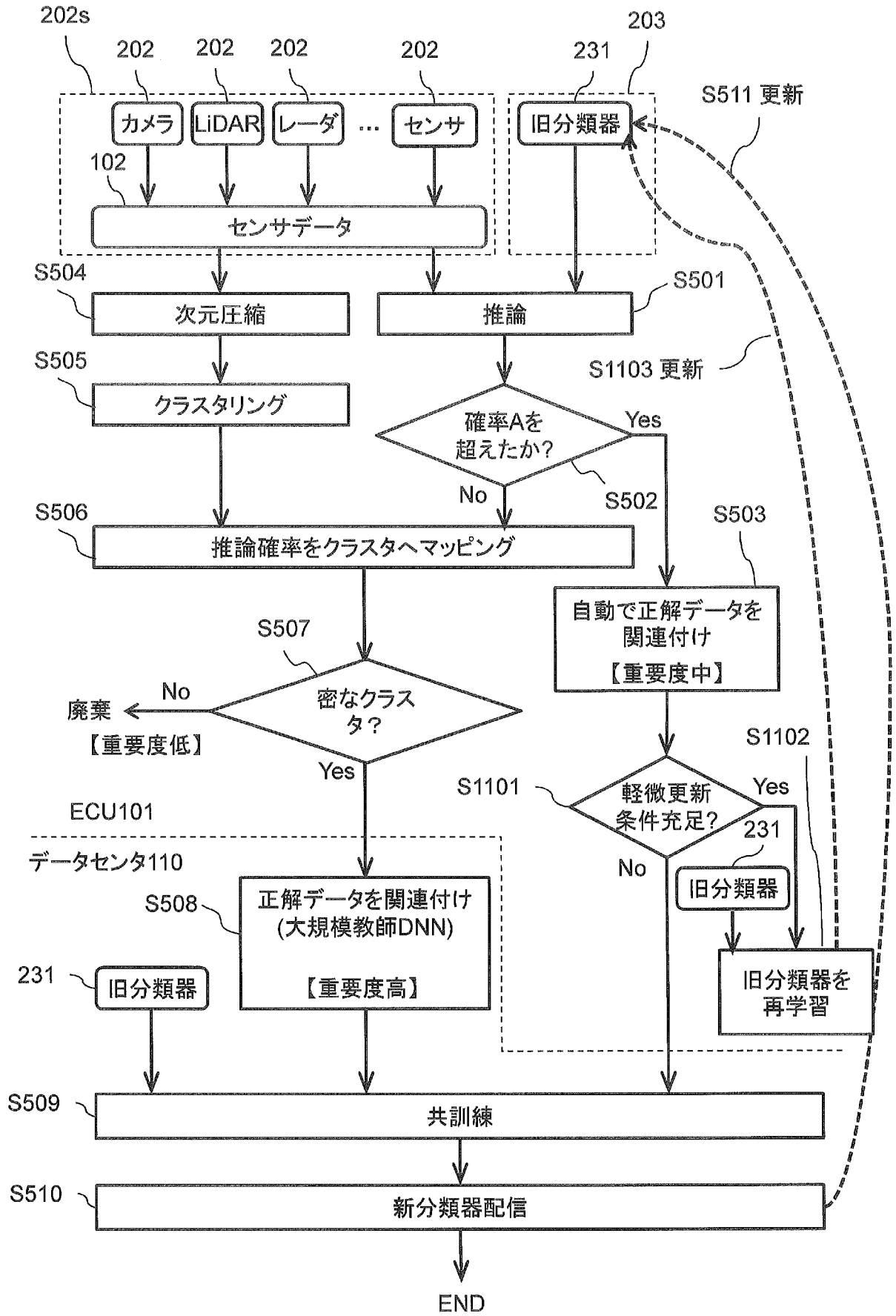
[図9]


202s
202
202
202
202
231
203
S911 更新
カメラ
LiDAR
レーダ
…
センサ
旧分類器
102
センサデータ
S501
推論
確率Aを
超えたか?
Yes
S502
No
廃棄
【重要度低】
自動で正解データを
関連付け
【重要度中】
S503
S908
旧分類器を縮約
S909
縮約後の旧分類器で訓練
END

[図10]


200
110
データセンタ
223
第2アノテーション回路(大規模CNN)
224
共訓練回路(CNN)
231
旧分類器
232
新分類器
222
R X
221
R X
225
T X
201
101
ECU
216
T X
215
T X
217
R X
214
選択回路
1012
第1アノテーション回路
訓練回路(CNN)
更新回路
次元圧縮/クラスタリング回路
213
211
DE MUX
1000
218
219
制御回路
210
推論回路(CNN)
232
新分類器
202s
センサ群
カメラ
LiDAR
レーダ
センサ
203
旧分類器
メモリ
202
202
202
202
231

[図11]


202s
202
202
202
202
231
203
S511 更新
カメラ
LiDAR
レーダ
…
センサ
旧分類器
102
センサデータ
S504
次元圧縮
推論
S501
S505
クラスタリング
S1103 更新
確率Aを超えたか?
Yes
No
S502
S506
推論確率をクラスタへマッピング
S503
自動で正解データを関連付け
【重要度中】
S507
密なクラスタ?
No
廃棄
【重要度低】
Yes
S1102
S1101
軽微更新条件充足?
Yes
No
231
旧分類器
ECU101
データセンタ110
S508
正解データを関連付け
(大規模教師DNN)
【重要度高】
231
旧分類器
旧分類器を再学習
S509
共訓練
S510
新分類器配信
END

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/041348

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G06N20/00(2019.01)i

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)
Int. Cl. 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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
X Y A	WO 2018/005413 A1 (KONICA MINOLTA LABORATORY U. S. A., INC.) 04 January 2018, paragraphs [0022], [0054], fig. 1-7 & JP 2019-521443 A, paragraphs [0014], [0046], fig. 1-7	1-5, 13 6-7, 11-12, 14 8-10
Y	JP 2016-173782 A (NTT COMMUNICATIONS CORP.) 29 September 2016, paragraphs [0016], [0028], fig. 1 (Family: none)	6-7, 12
Y	WO 2010/119615 A1 (NEC CORP.) 21 October 2010, paragraph [0133] & US 2012/0030157 A1, paragraph [0143]	11

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17.12.2019	24.12.2019
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

International application No.
PCT/JP2019/041348

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017/126046 A1 (FUJITSU LTD.) 27 July 2017, paragraphs [0101], [0105], fig. 14 & US 2018/0322364 A1, paragraphs [0134], [0139], fig. 14	14
A	US 2019/0065901 A1 (VINTRA, INC.) 28 February 2019 (Family: none)	1-14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０４１３４８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G06N20/00(2019.01)i

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））

Int.Cl.　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

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y A	WO 2018/005413 A1 (KONICA MINOLTA LABORATORY U.S.A., INC.) 2018.01.04, 段落［００２２］―［００５４］、第１－７図 & JP 2019-521443 A,段落［００１４］―［００４６］、第１－７図	1-5,13 6-7,11-12,14 8-10
Y	JP 2016-173782 A (エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社) 2016.09.29, 段落［００１６］―［００２８］、第１図（ファミリーなし）	6-7,12

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１７．１２．２０１９	２４．１２．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｂ　３６５２
塚田　肇
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５４５

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2010/119615 A1 (日本電気株式会社) 2010.10.21, 段落［０１３３］ & US 2012/0030157 A1,段落［０１４３］	11
Y	WO 2017/126046 A1 (富士通株式会社) 2017.07.27, 段落［０１０１］―［０１０５］、第１４図 & US 2018/0322364 A1,段落［０１３４］―［０１３９］、第１４図	14
A	US 2019/0065901 A1 (VINTRA, INC.) 2019.02.28, (ファミリーなし)	1-14