

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6893874号  
(P6893874)

(45) 発行日 令和3年6月23日 (2021.6.23)

(24) 登録日 令和3年6月4日 (2021.6.4)

(51) Int. Cl. F I  
 G O 6 N 20/00 (2019.01) G O 6 N 20/00  
 G O 6 N 99/00 (2019.01) G O 6 N 99/00 Z I T

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-538722 (P2017-538722)	(73) 特許権者	515130201
(86) (22) 出願日	平成28年1月22日 (2016.1.22)		株式会社 Preferred Networks
(65) 公表番号	特表2018-508874 (P2018-508874A)		東京都千代田区大手町1丁目6番1号 大手町ビル
(43) 公表日	平成30年3月29日 (2018.3.29)	(74) 代理人	100091487
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/014445		弁理士 中村 行孝
(87) 国際公開番号	W02016/118815	(74) 代理人	100105153
(87) 国際公開日	平成28年7月28日 (2016.7.28)		弁理士 朝倉 悟
審査請求日	平成31年1月22日 (2019.1.22)	(74) 代理人	100118876
審査番号	不服2020-5071 (P2020-5071/J1)		弁理士 鈴木 順生
審査請求日	令和2年4月14日 (2020.4.14)	(74) 代理人	100202429
(31) 優先権主張番号	14/602,867		弁理士 石原 信人
(32) 優先日	平成27年1月22日 (2015.1.22)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		
早期審査対象出願		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 機械学習の異種エッジデバイス、方法、およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つのメモリと、

少なくとも1つのプロセッサと、を備えたデバイスであって、

前記少なくとも1つのプロセッサは、

グループ内の複数の他のデバイスから局所モデルに関する情報を受信することと、前記局所モデルに関する情報をミキシングすることにより、混合モデルを生成することと、

前記グループ内の前記局所モデルに関する情報を送信した前記複数の他のデバイスの少なくとも1つの他のデバイスに、前記混合モデルを送信することと、

を実行可能に構成され、

前記グループ内の前記局所モデルに関する情報を送信した前記複数の他のデバイスのそれぞれにはグローバルモデルが提供され、

前記局所モデルに関する情報は、前記グループ内の前記局所モデルに関する情報を送信した前記複数の他のデバイスそれぞれによる、収集されたデータの分析に基づく前記グローバルモデルの更新により生成された情報であり、前記グループは、前記複数の他のデバイスの地理的情報又は無線接続状態の少なくとも1つに関する情報に基づいて形成されたものであり、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記収集されたデータを受信せずに前記混合モデルを生成する、

10

20

デバイス。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、

前記グループ内に含まれる前記複数の他のデバイスから受信した前記局所モデルに関する情報をフィルタリングして前記混合モデルを生成する、

請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 3】

サーバ、又は、エッジデバイスである、

請求項 1 又は請求項 2 に記載のデバイス。

【請求項 4】

少なくとも 1 つのメモリと、

少なくとも 1 つのプロセッサと、を備えた、グループに属するデバイスであって、

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、

データを収集することと、

グローバルモデルを用いて、前記データを分析することと、

前記分析の結果に基づく前記グローバルモデルの更新により、局所モデルに関する情報を生成することと、

前記局所モデルに関する情報を、他のデバイスに送信することと、

前記局所モデルに関する情報の送信後、前記他のデバイスから混合モデルに関する情報を受信することと、

を実行可能に構成され、

前記混合モデルは、前記他のデバイスが、前記グループに属する複数のデバイスから受信した局所モデルに関する情報をミキシングすることにより生成したモデルであり、

前記グループは、前記複数のデバイスの地理的情報又は無線接続状態の少なくとも 1 つに関する情報に基づいて形成されたものであり、

前記混合モデルは、前記他のデバイスが、分析された前記データを受信せずに生成したモデルである、

デバイス。

【請求項 5】

少なくとも 1 つのプロセッサによって、グループ内の複数の他のデバイスから局所モデルに関する情報を受信することと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサによって、前記局所モデルに関する情報をミキシングすることにより、混合モデルを生成することと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサによって、前記グループ内の前記局所モデルに関する情報を送信した前記複数の他のデバイスの少なくとも 1 つの他のデバイスに、前記混合モデルを送信することと、

を備え、

前記グループ内の前記局所モデルに関する情報を送信した前記複数の他のデバイスのそれぞれにはグローバルモデルが提供され、

前記局所モデルに関する情報は、前記グループ内の前記局所モデルに関する情報を送信した前記複数の他のデバイスそれぞれによる、収集されたデータの分析に基づく前記グローバルモデルの更新により生成された情報であり、

前記グループは、前記複数の他のデバイスの地理的情報又は無線接続状態の少なくとも 1 つに関する情報に基づいて形成されたものであり、

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記収集されたデータを受信せずに前記混合モデルを生成する、

方法。

【請求項 6】

少なくとも 1 つのプロセッサによって、データを収集することと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサによって、グローバルモデルを用いて、前記データを

10

20

30

40

50

分析することと、

前記少なくとも1つのプロセッサによって、前記分析の結果に基づく前記グローバルモデルの更新により局所モデルに関する情報を生成することと、

前記少なくとも1つのプロセッサによって、前記局所モデルに関する情報を、他のデバイスに送信することと、

前記少なくとも1つのプロセッサによって、前記局所モデルに関する情報の送信後、前記他のデバイスから混合モデルに関する情報を受信することと、

を備え、

前記混合モデルは、前記他のデバイスが、グループに属する複数のデバイスから受信した局所モデルに関する情報をミキシングすることにより生成したモデルであり、

前記グループは、前記複数のデバイスの地理的情報又は無線接続状態の少なくとも1つに関する情報に基づいて形成されたものであり、

前記混合モデルは、前記他のデバイスが、分析された前記データを受信せずに生成したモデルである、

方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

優先権主張

本出願は、2015年1月22日に出願された米国特許出願第14/602,867号の優先権を主張するものであり、その開示の全体は参照により本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

機械学習デバイスは、機械学習モデルを用いて、収集されたデータを処理し、結果を出力する。機械学習デバイスはフィードバックを使用して、機械学習モデルを更新または改良することができる。例えば、機械学習デバイスは、回帰分析モデルを使用して予測を行い、その予測が正しかったかどうかを示すフィードバックに基づいて回帰分析モデルを更新することができる。様々なタイプの機械学習モデルが存在する（例えば、線形回帰モデル、単純ベイズ分類器）。機械学習モデルは、処理されるデータの量が大きくなり得、かつ/またはリアルタイムのデータ処理が望まれ得る「ビッグデータ」問題に対処するために一般的に使用される。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

本開示は、新規かつ革新的な機械学習の異種エッジデバイス、方法、およびシステムを提供する。例示的な実施形態では、エッジデバイスは、複数の異なるエッジデバイスと通信するように構成された通信モジュールと、第1のタイプのデータを収集するように構成されたデータ収集デバイスと、データ収集デバイスによって収集されたデータを格納するように構成されたメモリと、機械学習モジュールと、グループ決定モジュールと、リーダー選定モジュールと、を含む。エッジデバイスは、所定のタスクに関連する第1のモデルを使用して、データ収集デバイスによって収集された第1のデータを分析し、予測、分類、クラスタリング、異常検出、および認識のうちの少なくとも1つを含む結果を出力し、結果の正確さに基づいて、所定のタスクに関連する第1の局所モデルを作成するために第1のモデルを更新するように構成することができる。エッジデバイスは、エッジデバイスの第1の異種グループ内の少なくとも1つの他のエッジデバイスと通信することができ、エッジデバイスの第1の異種グループは、少なくとも第1のエッジデバイスおよび第2のエッジデバイスを含み、第1のエッジデバイスは第1のタイプのデータを収集して分析し、第2のエッジデバイスは異なる第2のタイプのデータを収集して分析する。エッジデバイスは、エッジデバイスの第1の異種グループからエッジデバイスの第2の異種グループのメンバーシップを決定することができ、エッジデバイスの第2のグループは、エッジデ

10

20

30

40

50

バイスの第1の異種グループのサブセットである。エッジデバイスは、エッジデバイスの第2の異種グループからリーダーエッジデバイスを決定することができる。エッジデバイスは、リーダーエッジデバイスから第1の局所モデルに対する要求を受信し、第1の局所モデルをリーダーエッジデバイスに送信し、リーダーエッジデバイスから所定のタスクに関連する混合モデルを受信し、混合モデルは、リーダーエッジデバイスが、複数の第1の局所モデルと少なくとも1つの異なるそれぞれの局所モデルとのミキシング演算を実行することによって作成され、第1の局所モデルを混合モデルに置き換えることができる。

#### 【0004】

開示された方法および装置のさらなる特徴および利点は、以下の詳細な説明および図面に記載され、それらから明らかになるであろう。

10

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0005】

【図1】本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの一例のブロック図である。

【図2】本開示の例示的な実施形態による例示的な機械学習モジュールのブロック図である。

【図3A】本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの異種グループを示す高レベルブロック図である。

【図3B】本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの異種グループを示すブロック図である。

【図4】本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの異種グループにおける機械学習の例示的なプロセスを示すフローチャートである。

20

【図5】本開示の例示的な実施形態による、機械学習の例示的なプロセスを示すフローチャートである。

【図6】本開示の例示的な実施形態による、異種グループ構築のための例示的なプロセスを示すフローチャートである。

【図7】本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの異種グループにおける機械学習のための例示的なプロセスを示す流れ図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0006】

図1は、本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイス100の一例のブロック図である。例示的な実施形態では、エッジデバイス100はビデオカメラであってもよい。別の例示的な実施形態では、エッジデバイス100はショッピングカートであってもよい。エッジデバイス100は、他のデバイスとの通信、データ収集、機械学習を行うことができるデバイスである。例示的な実施形態では、エッジデバイス100は、中央サーバー、中間サーバー、データレポジトリ、ゲートウェイ、ルータなどを含む、データ接続されたデバイスの大規模な分散ネットワークのエッジ、すなわち最外層にある。エッジデバイス100は、記録デバイス（例えば、デジタルカメラ、ビデオカメラ、オーディオレコーダ）、都市管理デバイス（例えば、駐車センサ、交通センサ、水質デバイス）、車両（例えば、自動車、トラック）、身体センサ（例えば、活動センサ、バイタルサインセンサ、歩数計）、環境センサ（例えば、気象センサ、汚染センサ、空気品質センサ）、ウェアラブルコンピューティングデバイス（例えば、スマートウォッチ、眼鏡、衣類）、パーソナルコンピューティングデバイス（例えば、携帯電話、タブレット、ラップトップ）、ホームデバイス（例えば、家電製品、サーモスタット、照明システム、セキュリティシステム）、広告デバイス（例えば、ビルボード、情報キオスク）などを含む多種多様なデバイスを含んでもよい。エッジデバイス100は、通信モジュール102と、データ収集デバイス104と、メモリ106と、機械学習モジュール108と、グループ決定モジュール110と、リーダー選定モジュール112と、モデルミキシングモジュール114と、調整モジュール116と、を含むことができる。

30

40

#### 【0007】

通信モジュール102は、同じタイプ（例えば、複数のビデオカメラ）または異なるタ

50

イブ（例えば、ビデオカメラおよびショッピングカート）の他のエッジデバイス 100 を含む他のデバイスと通信するように構成される。例えば、以下でさらに詳細に説明するように、通信モジュール 102 は、インターネット、もしくは任意の適切な広域ネットワーク、ローカルエリアネットワーク、ゲートウェイ、または他の通信チャネルもしくはネットワークを含む、1 つまたは複数のネットワークもしくは通信チャネルを介して他のデバイスと通信するように構成されてもよい。例えば、通信モジュール 102 は、セルラーネットワーク（例えば、4 G、3 G、G S M（登録商標））、無線ローカルエリアネットワーク（例えば、W i - F i）、衛星（例えば、V S A T）、または無線通信の任意の適切な形態（例えば、ブルートゥース（登録商標）、R F I D、N F C、I r D A、L i - F i）により用いられる複数のプロトコルを介して無線通信するように構成されてもよい。また、例えば、通信モジュール 102 は、別のエッジデバイス 100 に有線接続（例えば、イーサネット（登録商標）、D S L、U S B、R S - 2 3 2、同軸ケーブル）するように構成されてもよい。さらに、通信モジュール 102 は、例えば、タッチスクリーンディスプレイで実現されるグラフィカルユーザインターフェースを介して、ユーザと通信することができる。ユーザは、エッジデバイス 100 に特定のタスクを実行するよう要求し、かつ / またはエッジデバイス 100 から情報を受信することができる。したがって、通信モジュール 102 は、1 つまたは複数の通信プロトコルを使用して 1 つまたは複数の通信インターフェースを介して通信するように構成されたハードウェアおよび / またはソフトウェアを含むことができる。

10

#### 【0008】

20

データ収集デバイス 104 は、センサ、検出器、または実世界の特性（例えば、速度、加速度、ショッピングカート内の品目、手の動き、形状、温度、角度、音声認識、単語認識、トルク、スリップレベル）を表すデータのリアルタイム収集に適した任意のデバイスであってもよい。データ収集デバイス 104 は、連続するデータストリームを受信し、または周期的な基準（例えば、ミリ秒、秒、分毎）でデータを収集することができ、それは収集されるデータのタイプおよびデータストリームの変動性に一般的に依存することがある。データ収集デバイス 104 は、通常、特定のタイプのデータを収集するように具体的に構成された特定のハードウェアおよび / または物理的構造（例えば、画像センサ、加速度計、ジャイロスコプセンサ、温度計、高度計、ホール効果センサ、速度計、光検出器、流量センサ、ひずみゲージ、トルクセンサ、タコメータ、クリノメータ、マイクロフォン、磁力計、電圧計、電流計、オーム計、化学センサ、圧力センサ、降雨センサ、湿度計、ヒューミスタ、風速計、地震計、ガイガーカウンタなど）を含む。例示的な実施形態では、1 つのエッジデバイス 100 は、異なるタイプのデータを収集する複数の異なるデータ収集デバイス 104 を含むことができる。データ収集デバイス 104 は、収集されたデータをメモリ 106 に提供する。例示的な実施形態では、メモリ 106 は、ビデオ画像データ（例えば、V R A M）などの大量のデータを受け取り、格納するための専用メモリであってもよい。したがって、メモリ 106 は、例えば、エッジデバイス 100 の高スループットかつ低レイテンシ仕様を満たすために、タスク特有の特殊なハードウェアを有することができる。メモリ 106 は、バッファ、シフトレジスタなどの異なるメモリの階層を含むことができる。メモリ 106 は、収集されたデータを一時的に格納するように構成されてもよいし、収集されたデータが機械学習モジュール 108 にもはや必要でなくなると、上書きされてもよい。

30

40

#### 【0009】

機械学習モジュール 108 は、データ収集デバイス 104 によって収集されて、メモリ 106 に格納されたデータを使用して、機械学習モデルを実行する。機械学習モジュール 108 は、収集されたデータを入力として受け取り、収集したデータを用いて機械学習モデルを実行し、予測、分類、クラスタリング、異常検出、および / または認識を行い、結果として出力する。機械学習モデルは、結果を反復的に更新することができる。例えば、機械学習モデルは、メモリに格納された利用可能な収集データを全て使用して連続的に実行してもよく、連続的な結果または周期的な結果を生成してもよい。例えば、収集される

50

データのボリュームおよび速度が比較的低い（低密度および／または低速）場合には、機械学習モデルは周期的にしか実行されず、各結果が出力された後一定期間休止してもよく、その間に新しいデータが収集される。各機械学習モデルは、所定のタスク（例えば、品目の予測、レジでの共謀窃盗の認識、搜索指令（ＢＯＬＯ）警告のための容疑者の認識、コーナリング速度の分類）に関係する。例えば、ショッピングカート・エッジデバイス１００の機械学習モデルでは、所定のタスクは、品目を消費者に提案することであってもよい。消費者がショッピングカートを押しながら、食料雑貨店やショッピングの中を歩いている間に、ショッピングカートの機械学習モジュール１０８は、その品目を消費者に提案すればその消費者が最も購入しそうな品目に関する予測を出力することができる。この予測は、消費者のカート内の他の品目に基づくことができる。さらに、消費者の年齢、性別、人種および／または民族性などの追加の情報を用いて、どの品目が最も購入される可能性が高いかの予測を行うこともできる。例示的な実施形態では、機械学習モジュール１０８は、いくつかの機械学習モデルを含むことができ、各機械学習モデルは、サブセットまたはカテゴリ（例えば、４０歳以上の男性消費者のカテゴリ）に固有であってもよく、その場合には、状況および機械学習モデルを特定するために使用される変数の数に応じて、１つの所定のタスクに対して２、４、８、または１６の異なるモデルを選択することができる。

#### 【００１０】

図２は、本開示の例示的な実施形態による例示的な機械学習モジュール１０８のブロック図である。機械学習モジュール１０８は、インターフェースモジュール２０２、モデル選択モジュール２０４、および１つもしくは複数の機械学習モデル２０６を含むことができる。本明細書で説明するように、機械学習モデル２０６は、簡潔にするために単にモデル２０６と呼ぶことがある。インターフェースモジュール２０２は、機械学習モジュール１０８と、エッジデバイス１００内の他のモジュールまたは構成要素（例えば、メモリ１０６、通信モジュール１０２）との間のインターフェースである。モデル選択モジュール２０４は、どの所定のタスクが分析されるかを含む情報を受信し、所定のタスクについて適切なモデル２０６（例えば、４０歳以上の男性消費者）を選択するために、複数のモデル２０６から選択するための情報を含むことができる。図２に示すように、モデル１は所定のタスクＡに関連し、モデル２、３および４は異なる所定のタスクＢに関連し、モデル５は別の異なる所定のタスクＣに関連する。例示的な実施形態では、エッジデバイス１００はタスクを定期的に切り替えることができる。例えば、第１の所定のタスクは営業時間中に処理されてもよく、数時間後に第２の異なる所定のタスクが処理されてもよい。モデル２０６は、例えば、製造時に、エッジデバイス１００に提供されてもよく、あるいは、新しいモデル２０６として、またはモデル２０６の更新されたバージョンとして、後で別のデバイスからエッジデバイス１００にロードされてもよい。機械学習モデル２０６は、収集されたデータを入力として処理して、モデル２０６の出力として結果を生成するように実行される実行可能コンポーネント２１０を含む。機械学習モデル２０６は、モデルのタイプ（例えば、線形分類器、線形またはロジスティック回帰モデル、決定木、クラスタリングモデル、ベイジアンモデル、ニューラルネットワーク）およびモデルの構造（例えば、パラメトリック固定構造または非パラメトリック、パラメータの数と構造、入力変数、出力変数、データ型、フィーチャ定義）などの構造メタデータ２１２を含む。構造メタデータ２１２は、モデル２０６が何であるか、およびモデル２０６が何をするかを識別するための任意の必要な情報を含むことができるので、モデル２０６は、以下でさらに説明するように分散型機械学習に使用することができる。機械学習モデル２０６はまた、モデルが動作していたかまたは動作しているコンテキスト状況を記述することができるコンテキストメタデータ２１４（例えば、データ収集環境、モデル履歴、モデル安定性）を含むことができる。例示的な実施形態では、コンテキストメタデータは、ビデオカメラ・エッジデバイス１００の地理的位置を示すことができ、ビデオカメラが暗い環境もしくは明るい環境、および／または屋内環境もしくは屋外環境で動作していることを示すことができる。機械学習モデル２０６は、結果ログ２１６を含み、これは、例えばある期間の結果ま

10

20

30

40

50

たは特定の数の結果を格納することができる。結果ログ 216 はまた、例えば、モデル 206 の分析に有用であり得る概略統計または他の情報を含むことができる。結果ログ 216 は、以前にメモリ 106 に格納されていたが、新しい収集データによって上書きされた収集データの要約を含むことができる。機械学習モデル 206 は、モデル 206 からの結果出力に対するフィードバックに基づいてモデル 206 を更新すべきかどうかを決定する更新モジュール 218 を含む。例えば、モデル 206 が正しい予測を行う場合には、これはモデルを更新すべきであることを示すものではないが、モデル 206 が誤った予測を行う場合には、これはモデルが改良され得ることを示す傾向がある。したがって、更新モジュール 218 は、内部分析に基づいて機械学習モデル 206 を更新することができ、更新する外部命令に基づいて更新することもできる。モデル 206 が更新モジュール 218 によって更新されると、モデル 206 は、モデル 206 が常駐する特定のエッジデバイス 100 に対して局所的であり、したがって、グローバルモデル 206 とは対照的に、局所モデル 206 と呼ぶことができる。製造業者は、新しいエッジデバイス 100 にグローバルモデル 206 を提供することができ、各エッジデバイス 100 は、それらのモデル 206 を更新して、グローバルモデル 206 とは異なる局所モデル 206 が得られる。局所モデル 206 は、グローバルモデル 206 が提供するよりも特定の環境においてより良い結果を提供するように、特定の環境に基づいて訓練することができる。

#### 【0011】

グループ決定モジュール 110 は、どのエッジデバイス 100 が、そのグループのメンバーであるエッジデバイス 100 上の機械学習モデル 206 の分析に参加するグループを形成するかを決定する。グループメンバーシップは、エッジデバイス 100 間の地理的近接度に基づいてもよい。リーダー選定モジュール 112 は、どのエッジデバイス 100 がエッジデバイスのグループのリーダーとして機能すべきかを決定する。リーダーは、グループの全てのメンバーからの入力を受信することができる合意プロトコルを使用して選出することができる。モデルミキシングモジュール 114 は、リーダーエッジデバイス 100 によって、グループ内の異なるエッジデバイス 100 からの局所モデル 206 をミキシングして、混合モデル 206 を作成するために使用される。モデルミキシングモジュール 114 は、混合モデル 206 に応じていくつかの異なる技術を使用してモデル 206 をミキシングすることができる。調整モジュール 116 は、通信モジュール 102、データ収集デバイス 104、メモリ 106、機械学習モジュール 108、グループ決定モジュール 110、リーダー選定モジュール 112、およびモデルミキシングモジュール 114 のプロセスを調整することができる。エッジデバイス 100 は、中央処理ユニットを有することができる、様々な特定のタスク専用の 1 つまたは複数のさらなるプロセッサを有することもできる。各エッジデバイス 100 は、1 つまたは複数のプロセッサ、メモリ、バスなどを使用することができる。また、通信モジュール 102、データ収集デバイス 104、メモリ 106、機械学習モジュール 108、グループ決定モジュール 110、リーダー選定モジュール 112、モデルミキシングモジュール 114、および調整モジュール 116 の各々は、1 つまたは複数のプロセッサ、メモリ、バスなどを使用することができる。通信モジュール 102、データ収集デバイス 104、メモリ 106、機械学習モジュール 108、グループ決定モジュール 110、リーダー選定モジュール 112、モデルミキシングモジュール 114、および調整モジュール 116 のうちの 1 つまたは複数によって、プロセッサ、メモリ、および任意の他の構成要素が共有されてもよい。例示的な実施形態では、通信モジュール 102、データ収集デバイス 104、メモリ 106、機械学習モジュール 108、グループ決定モジュール 110、リーダー選定モジュール 112、モデルミキシングモジュール 114、および調整モジュール 116 の各々は、互いのモジュールまたはコンポーネントとは異なる専用のハードウェアおよびソフトウェアを使用する。

#### 【0012】

図 2 に示すエッジデバイス 100 は、センサを用いて物理的世界とインターフェースし、次いでセンサによって収集されたデータを使用して、機械学習モデル 206 を自律的に実行し、機械学習モデル 206 を用いて実行される機械学習に関する他のデバイスと通信

10

20

30

40

50

することができる。ショッピングカートの例に関して、エッジデバイス100は、エッジデバイス100の全ての構成要素および機能を一体的に含むショッピングカートであってもよいし、あるいはショッピングカートは、既存の標準ショッピングカートに固定されるように構成されたインストールされたエッジデバイス100を含んでもよい。したがって、例えば、食料品店は、通常のショッピングカートにエッジデバイス100を取り付けることができる。別の例示的な実施形態では、通常の自動車は、自動車内の既存のデータ収集デバイスを使用するソフトウェアモジュールをダウンロードすることによって、エッジデバイス100を形成するように適合された牽引制御システムを含むことができる。さらに、多種多様な異なるタイプのデバイスをエッジデバイス100（例えば、ショッピングカート、自動車、サーモスタット、GPSデバイス）に適合させることができ、したがって、エッジデバイス100が別の異なるタイプのエッジデバイス100と通信する際に、エッジデバイス100の異種グループを形成することができる。エッジデバイスの異種グループは、同じタイプのデバイスであって、同じタイプのデータ収集および同じタイプの機械学習を実行するエッジデバイス100のみを含む、エッジデバイス100の同種のグループとは異なっている。

#### 【0013】

図3Aは、本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの異種グループを示す高レベルブロック図である。異種グループ300は、両方とも同じタイプのエッジデバイス100（例えば、両方ともビデオカメラ302）である2つのエッジデバイス302a、302bを含む。異種グループ300はまた、それぞれ異なるタイプのデバイス100（例えば、サーモスタット1台、現金自動預け払い機1台、およびショッピングカート1台）である3つのエッジデバイス304、306、308をさらに含む。サーバー310は、ネットワーク312を介して1つまたは複数のエッジデバイス302a、302b、304、306、308と通信することができる。サーバー310は、1つまたは複数のエッジデバイス100と通信することができる。例示的な実施形態では、サーバー310は、1つまたは複数のエッジデバイス100および1つまたは複数の異なるサーバー（例えば、中央サーバー）と通信する中間サーバーである。例示的な実施形態では、サーバー310は、クラウドコンピューティングを実行する「クラウド」の一部であってもよい。サーバー310は、情報および/またはコマンドをエッジデバイス100に提供することができ、例えば局所モデル206の履歴および/または精度に関する情報を受信することができる。例えば、サーバー310は、製造業者の更新に基づいて、更新されたモデル206を提供することができる。サーバー310は、エッジデバイスと同じ機能の多くを実行することができるが、エッジデバイス100とは異なり、サーバー310は、データ収集デバイス104を使用してデータ収集を実行しない。ネットワーク312は、1つまたは複数のネットワークおよび/または通信経路を含むことができ、ピアツーピアネットワークとして構成することができる。例示的な実施形態では、異種グループ300は、任意のタイプのネットワーク312（例えば、LAN、WAN、Wi-Fi、BT、Z波、衛星、地上波など）内で構成することができ、任意の適切なネットワークトポロジ（例えば、メッシュ、バス、グリッド、リング、スター、ツリー、ライン）で構成することができる。

#### 【0014】

図3Bは、本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの異種グループを示すブロック図である。図3Bに示すように、異種グループ300は、エッジデバイス302a、302b、304、306、308a、308b、308cの半接続メッシュネットワークとして提供され、それは4つの異なるタイプのエッジデバイス（例えば、ビデオカメラ302、サーモスタット304、現金自動預け払い機306、およびショッピングカート308）を含む。本明細書で説明するように、エッジデバイス100を参照する場合に、2つの異なるタイプのエッジデバイス302、304は、異なる符号302、304（例えば、ビデオカメラとサーモスタット）、または同じタイプの2つのエッジデバイスは、同じタイプの複数の異なるエッジデバイス（例えば、2つのビデオカメラ302）が参

10

20

30

40

50



照されていることを示す文字「a」および「b」を付した同じ符号302aおよび302bによって示すことができる。また、エッジデバイス100は、エッジデバイス100が同じタイプかまたは異なるタイプのエッジデバイス100であるかどうかを特定することなく、符号100で参照されてもよい。

#### 【0015】

例示的な実施形態では、異種グループ300内で複数の異なるタイプのネットワーク通信（例えば、Wi-Fi、4G、BT、NFC、Li-Fi、IrDA）を使用することができるが、1つのタイプの通信しかできないエッジデバイス100が別のエッジデバイス100を有する異種グループ300に存在する可能性があり、それは両方の形式の通信が可能で仲介者として機能するエッジデバイス100を介してしか、異なるタイプの通信ができない。例示的な実施形態では、ネットワーク312は、無線モバイル・アドホック・メッシュ・ネットワーク（例えば、MANET、VANET、SPAN）であってもよい。例示的な実施形態では、ネットワーク312はスキャットネットであってもよい。本明細書で説明するように、エッジデバイス100の異種グループ300は、簡潔にするために、単にグループ300と呼ぶことができる。グループ300は、しばしばグループ300内で変化を受けやすい。例えば、グループ300内のエッジデバイス100は、グループ300との通信を予期せず失う場合がある。例えば、エッジデバイス100は、電力を失うことがあり（例えば、プラグが抜かれる、および/またはバッテリーが切れる）、干渉（例えば、山、雨）のために接続が制限されているかまたは接続されない領域に移動することがあり、あるいはユーザがスイッチを切ることもある。したがって、グループ300は、静的ではなく、むしろ、通常、異なるエッジデバイス100が自発的におよび/または予期せずにグループ300に出入りすることによって動的に変化する異種環境において、通常、動作している。例示的な実施形態では、本願で説明したように、異種グループ300は、ショッピングカート、自動車、監視カメラ、現金自動預け払い機、GPSデバイス、医療デバイス、ロボット、遠隔制御、煙検知器、ヘッドマウントディスプレイのうちの1つまたは複数を含むエッジデバイス100、あるいは任意の他のエッジデバイス100を有することができる。例示的な実施形態では、異種グループ300は、Internet of Things (IoT)の一部である複数のエッジデバイス100を含み、IoTは急速に成長しており、既に何十億ものデバイスを含んでいる。図3Bに示すように、エッジデバイス302aは、リーダーエッジデバイス302aとして指定されており、リーダーエッジデバイス302aは、グループ300のリーダーとして機能するデバイスであり、これについては後でさらに詳しく説明する。

#### 【0016】

図4は、本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの異種グループにおける機械学習の例示的なプロセスを示すフローチャートである。プロセス400は、図4に示すフローチャートを参照して説明しているが、プロセス400に関連する動作を実行する他の多くの方法を使用することができることが理解されよう。例えば、ブロックのうちのいくつかは順序が変更されてもよく、特定のブロックが他のブロックと組み合わせられてもよく、また記載されたブロックのうちのいくつかは任意である。

#### 【0017】

例示的なプロセス400は、機械学習モデルの実行から開始することができる（ブロック402）。例えば、エッジデバイス100は、機械学習モデル206を使用して画像データを分析して予測を行うことができる。エッジデバイス308がショッピングカートである場合の例示的な実施形態では、ショッピングカートによって実行されるモデル206は、品目を消費者に提案する所定のタスクに関連し得る。エッジデバイス302がビデオカメラである場合の例示的な実施形態では、ビデオカメラによって実行されるモデル206は、共謀窃盗の認識の所定のタスクに関連し得る。例示的な実施形態では、エッジデバイス100は、例えば、2つの異なるタスクに向けられた2つの異なる機械学習モデル206が同時に実行されている場合には、複数の機械学習モデル206を同時に実行する。2つの異なる機械学習モデル206は、同じ収集データを使用してもよく、または異なる

データ収集デバイス 104（例えば、画像センサおよびマイクロフォン）から収集された異なるデータを使用してもよい。また、いくつかの機械学習モデル 206 は、異なるデータ収集デバイス 104 から収集された複数の異なるタイプのデータを使用することができる。

#### 【0018】

例示的なプロセス 400 は、異種エッジデバイス間の通信を含む（ブロック 404）。例えば、エッジデバイス 100 は、範囲内の様々な異なるタイプのエッジデバイス 302、304、306、308 との接続を求める定期的なピングメッセージを送信することができる。例示的な実施形態では、ビデオカメラおよびショッピングカートは、ショッピングカートがビデオカメラに近接したときに、例えば、チェックアウトレーンにおいて、消費者がショッピングカート内の商品の代金を支払っているときに通信することができる。例示的な実施形態では、範囲は、ピングメッセージの存続時間または中間デバイスを介したホップ数に基づいて設定される。例示的な実施形態では、その範囲は、信号電力、干渉など（例えば、電力クラスおよび干渉のない視線に基づく 30 フィートのブルートゥース範囲）によって規定される有効範囲に限定され得る。例示的な実施形態では、その範囲は地理的描写によって設定されてもよい。機械学習モデル 206 の実行および異種エッジデバイス 100 間の通信が、同時に発生することがあり得るので、エッジデバイス 100 は、既知のエッジデバイス 100 との通信を維持し、例えば、通信の範囲内で移動した新しく利用可能なエッジデバイス 100 との新たな接続を行い、その間にデータ収集デバイス 104 によって収集されたデータの着信ストリーム上で機械学習モデル 206 を継続的に実行する。

#### 【0019】

通信エッジデバイス 100 は、グループ 300 の構築を実行する（ブロック 406）。例えば、グループ 300 のグループメンバーシップおよびリーダーが決定される。例示的な実施形態では、図 3B に示すように、エッジデバイス 302a、302b、304、306、308a、308b、308c（例えば、ビデオカメラ、サーモスタット、現金自動預け払い機、およびショッピングカート）がグループ 300 のメンバーであると決定され、グループ 300 はリーダーエッジデバイス 302a を一括して決定することができる。グループ 300 のメンバーは、異種グループ 300 内の分散型機械学習に関与してもよく、リーダーエッジデバイス 302a（例えば、ビデオカメラ）は、グループ 300 の分散型機械学習を導くことができる。例えば、リーダーエッジデバイス 302a は、異なるエッジデバイス（例えば、302a および 302b）のモデル 206 をミキシングするべきかどうかを決定するために、グループ 300 と定期的に通信するための構造を決定することができる。また、グループ 300 は、サーバー 310（例えば、中間サーバー）と通信することができ、サーバー 310 は、グループ 300 を監視し（例えば、モデル 206 の履歴およびミキシングに関する情報を記録する）、および / または更新されたモデル 206 をグループ 300 に提供することができる。例示的な実施形態では、サーバー 310 は、グループ 300 の構築に参加することができる。また、サーバー 310 は、多くの異なるグループ 300 を監視してもよく、局所モデル 206 の履歴および精度に関する情報を受信してもよい。例示的な実施形態では、グループメンバーシップおよびリーダーエッジデバイス 302a の決定は、エッジデバイス 100 間の地理的近接度および / または接続信号強度に基づくことができる。

#### 【0020】

混合モデルが生成される（ブロック 408）。例えば、リーダー 302a は、エッジデバイス 100 から局所モデル 206 を要求し、受信した局所モデル 206 をミキシングする。例示的な実施形態では、ビデオカメラであるリーダー 302a は、2つのショッピングカートからの2つの局所モデル 206 をミキシングして、品目を消費者に提案することに関連する混合モデル 206 を生成する。リーダー 302a は、どのモデル 206 がミキシング可能であるかを判定し、構造メタデータ、コンテキストメタデータ、データ分布などに基づいて、ミキシング可能なモデル 206 をミキシングすることが適切であるかどうか

かを判定することもできる。リーダーは、2つの局所モデル206上でミキシング演算（例えば、平均化演算、遺伝的アルゴリズム演算、列挙演算、アンサンブル演算）を実行して、混合モデル206を作成することができる。

#### 【0021】

混合モデルがグループに分配される（ブロック410）。例えば、リーダー302aは、混合モデル206をエッジデバイス100に送信し、局所モデル206を更新する。次いで、混合モデル206は、グループ300内のエッジデバイス100によって実装され得る（ブロック412）。例えば、エッジデバイス100は、その局所モデル206を混合モデル206に置き換える。例示的な実施形態では、ショッピングカートはそれぞれ、リーダー302aから受信された混合モデル206により消費者への品目を提案するための局所モデル206を置き換える。例示的なプロセス400は、設定された間隔で周期的に繰り返される進行中のプロセスであってもよい。例えば、ブロック402～412は、通常、30秒の期間にわたって発生し得るが、この期間の持続時間は、例えば、収集されるデータの速度および量（例えば、1秒、5分）、リーダー302aの計算能力、エッジデバイス100間の通信速度、必要とされるモデルミキシングの程度などに応じて短くなったり、長くなったりしてもよい。例えば、期間が1秒である場合には、収集されたデータは数秒以内に非常に変化する可能性があり、モデル206が可能な限り正確であることが重要であり得る（例えば、自己運転機能を備えた自動車）。一方、期間が5分である場合には、収集されたデータは、数分の経過にわたって比較的小さな変化を含むことがあるので、モデル206の精度は重要ではない可能性がある（例えば、駐車可能性の予測）。期間は、一般に、異種エッジデバイス100間の通信が維持されている間に機械学習モデル206が実行される第1のフェーズ（ブロック402および404）と、グループ300が構築され、グループ100内のエッジデバイスによってモデル206がミキシングされ、配信され、実装される第2のフェーズ（ブロック406～412）と、を含む。第1および第2のフェーズは、通常、オーバーラップしてもよく、第2のフェーズの開始は、同期またはタイムアウト期間を必要とする場合がある。通常、第1のフェーズは、期間の大部分を構成する。また、期間は、例えばグループ300内のエッジデバイス100の数、リーダー302aの計算能力に基づいて、イベントによってトリガされた場合に（例えば、消費者がチェックアウトするたびに、消費者のショッピングカートが第2のフェーズを開始してもよい）、モデル206の変更または更新を必要とする収集されたデータの重要な変更に基づいて、動的に決定されてもよい。

#### 【0022】

図5は、本開示の例示的な実施形態による、機械学習の例示的なプロセスを示すフローチャートである。プロセス500について、図5に示すフローチャートを参照して説明しているが、プロセス500に関連する動作を実行する他の多くの方法を使用することができることが理解されよう。例えば、ブロックのうちのいくつかは順序が変更されてもよく、特定のブロックが他のブロックと組み合わせられてもよく、また記載されたブロックのうちのいくつかは任意である。

#### 【0023】

例示的なプロセス500は、データ収集デバイスから収集されたデータを受信することから開始することができる（ブロック502）。例えば、ショッピングカート内の品目を含むデータストリームがタグリーダーから受信される。ショッピングカートは、タグリーダー（例えば、RFIDリーダー）および位置検出デバイス（例えば、GPSデバイス）などの複数のデータ収集デバイス104を含むことができる。例えば、買い物客が食料品店を移動すると、タグリーダーを使用してショッピングカートに入れた品目を識別することができる。メモリ106は、どの品目がショッピングカートに置かれているか、およびショッピングカートが店舗内に位置しているかを示すデータを定期的に格納することができる。例えば、メモリ106は、0.5秒毎に現在の場所およびショッピングカート内の品目のリストを格納することができ、したがって、店舗全体にわたって買い物客の行動のログを作成することができる。例示的な実施形態では、店舗は、棚上の1,000個の異なる商

品を追跡し、これらの品目の1つがショッピングカートに入れられると、その商品の有無を示すようにベクトルが更新される。例えば、1000個の品目のうちの品目3と5がショッピングカートに置かれると、1,000個のベクトルが<0,0,1,0,1,0,0,...,0>に更新され、店舗内の位置およびタイムスタンプと共に格納され得る。店舗内の全ての品目が、ショッピングカート内のタグリーダによって読み取り可能なタグ(例えば、RFIDタグ)を有さなければならないわけではないことを理解されたい。

#### 【0024】

収集されたデータは、所定のタスクに関連するモデルを用いて分析されてもよい(ブロック504)。例えば、ショッピングカートによって収集されたデータストリームを分析して、品目の予測を行い、それを買客に提案することができる。例示的な実施形態では、モデル206は、買客に提案された場合に、所定の日にモデル206によって提案され得る所定の品目リストから購入される最も有望な品目である品目を予測することができる。例えば、買客に提案された品目は、高い利益率の品目であってもよいし、および/または過剰に在庫されているか間もなく期限切れの品目であってもよい。例示的な実施形態では、モデル206は、提案することができる3つの品目のリスト(例えば、宝くじチケット、ペストリートレイ、またはフラワーブーケ)を有することができる。モデル206は、カート内に置かれた品目、滞留時間(例えば、1つの場所で10秒以上)、店舗を通る移動(例えば、通路の順序およびバイパス通路)、曜日、時刻、休日または特別イベント(例えばスーパーボウル)などを分析することができる。例えば、収集されたデータは、モデル206の実行可能コンポーネント210の入力変数として入力され、消費者が一定期間立ち止まる(例えば、買客が製品に興味を持っている、または決定している)滞留時間、品目がカートに置かれる順序、バイパスされる店の部分などを分析する。収集されたデータは全て、モデル206によって分析されて、どの品目を買客に提案すべきかを予測することができる。例示的な実施形態では、モデル206は、単純ベイズ分類器を含むことができ、それは宝くじチケット、ペストリートレイ、およびフラワーブーケのそれぞれの購入確率を出力し、最も高い購入確率を有する品目を提案する品目とすることができる。上述したように、店舗内の全ての品目が、ショッピングカート内のタグリーダによって読み取り可能なタグ(例えば、RFIDタグ)を有さなければならないわけではないが、そのような品物は、品目を消費者に提案するためにモデル206によって考慮されなくてもよい。

#### 【0025】

結果がモデルの分析に基づいて出力される(ブロック506)。例えば、実行可能コンポーネント210は、グローバルモデル206に基づいて、宝くじチケットを推薦することにより宝くじチケットを購入する可能性が最も高くなるという予測を行う。例えば、買客は、5つの品目をショッピングカートに入れ、次に実行可能コンポーネント210は、品目の購入確率を決定することができる(例えば、<宝くじチケット0.847>、<ペストリートレイ0.017>、<フラワーブーケ、0.136>)。したがって、モデル206は、宝くじチケットを買客に提案すべきであると予測する結果を出力することができる。例示的な実施形態では、通信モジュール102は、モデルから出力された結果に基づいて、例えばデジタル表示画面上に品目を提案することができる。また、例示的な実施形態では、提案した品目について消費者にクーポンを提供することもできる。モデル206によって出力される結果は、予測、分類、クラスタリング、異常検出、および/または認識を含むことができる。上述のように、メモリ106は、収集されたデータを一時的に格納することができ、収集されたデータが分析されて結果が出力されると、メモリ106は新しい収集されたデータで上書きされる。例えば、メモリ106は、50ミリ秒毎、500ミリ秒毎、5秒毎、または5分毎に上書きされてもよい。

#### 【0026】

結果の正確さがモデルによって判定される(ブロック508)。例えば、モデル206は、フィードバックを使用して、宝くじチケットが購入されたかどうかを判定する。例示的な実施形態では、ショッピングカートの通信モジュール102は、どの商品が購入され

たかを示す情報を別のエッジデバイス 100 (例えば、レジ、ビデオ監視カメラ) から受信することができ、したがって、モデル 206 は、提案した品目が購入されたか購入されなかったかを判定することができる。場合によっては、エッジデバイス 100 は、出力された結果の正確さを判定するためのフィードバックを得ることができないことを理解されたい。

#### 【0027】

このモデルは、所定のタスクに関連する局所モデルを作成するように更新される (ブロック 510)。例えば、更新モジュール 218 は、グローバルモデル 206 のパラメータ値を変更して局所モデル 206 を作成する。例えば、消費者が宝くじチケットを購入することをショッピングカートが提案した後に宝くじチケットが購入されなかった場合には、更新モジュール 218 は、このフィードバックを訓練データとして使用して、モデル 206 のパラメータ値を更新することができる。局所モデル 206 は、比較的短時間の後に特定の環境に対して非常によく訓練され得る。環境が変化する場合には、モデル 206 は一般に、最適な結果を提供するために再度、通常は数回更新する必要がある。エッジデバイス 100 が動作する環境は、エッジデバイス 100 が異なる場所に移動するか、または環境が経時的に変化するか、またはこれらの両方の組み合わせのために変化し得る。

#### 【0028】

上述のショッピングカートの例は単に例示的なものであり、モデル 206 は任意の適切な所定のタスクに関連し、所定のタスクに対処するための任意の適切なタイプのモデル 206 を含んでもよいことを理解されたい。例示的な実施形態では、モデル 206 は、食料品店におけるレジ係による共謀窃盗の認識に向けられてもよい。例えば、チェックアウトレーンに位置する監視ビデオカメラは、エッジデバイス 100 として動作することができる。ビデオカメラは、画像データのストリームを収集し、モデル 206 によって分析されて、レジ係の手の動きが、レジ係が消費者を呼び出すための品目を適切にスキャンしていないことを示していることを検出することができる。モデル 206 が、共謀窃盗が発生している、または発生しそうであると判断した場合には、または店の管理者にメッセージを送って、管理者が店の出口で消費者のバッグおよび領収書をチェックすることができる。消費者がスキャンされなかった品目を持っていたかどうかに基づいて、フィードバックをモデル 206 に提供することができ、フィードバックに基づいてモデルを更新することができる。したがって、更新された局所モデル 206 は、レジ係の品目をスキャンするスタイルに適応することができ、それは異なるレジ係の別のモデル 206 とは異なってもよい。

#### 【0029】

別の例示的な実施形態では、モデル 206 は、自動車の目標コーナリング速度を決定する所定のタスクに関連してもよい。例えば、自動車は、予測される衝突に基づく自動制動、およびドライバへの警報または警告などの自己運転機能を含むことができる。例示的な実施形態では、自動車は、次に来るコーナー (例えば、道路のカーブまたはターン) を分析するためのビデオカメラなどのデータ収集デバイス 104 を含むエッジデバイス 100 であってもよい。データ収集デバイス 104 は、曲がりの鋭さ、道路の傾斜、および道路のキャンバ、現在の速さもしくは速度、スリップ角、タイヤ舗装摩擦、自動車の重量、重量の分布、湿度、温度などを決定するために使用されるデータストリームを提供することができる。モデル 206 は、次に来る各コーナーの目標速度を出力することができ、ブレーキを掛ける、または危険な状態をユーザに警告するなどのために自動車によって使用することができる。自動車内のデータ収集デバイス 104 (例えば、牽引制御システム) からコーナーを通過して運転中に得られるフィードバック (例えば、タイヤスリップ、車輪の差) をモデル 206 に提供することができる。自動車が走行するにつれて、更新モジュール 218 はフィードバックを使用してモデル 206 を改良することができ、それは場所の変化 (例えば、砂漠、山)、天候の変化 (乾燥、雨、雪、風、暑さ、凍結)、重量の変化 (例えば、乗客の乗り降りもしくは荷物の積み降ろし)、または他の任意の環境変化に基づいてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

図 6 は、本開示の例示的な実施形態による、異種グループ構築のための例示的なプロセスを示すフローチャートである。プロセス 6 0 0 について、図 6 に示すフローチャートを参照して説明しているが、プロセス 6 0 0 に関連する動作を実行する他の多くの方法を使用することができることが理解されよう。例えば、ブロックのうちのいくつかは順序が変更されてもよく、特定のブロックが他のブロックと組み合わせられてもよく、また記載されたブロックのうちのいくつかは任意である。

## 【 0 0 3 1 】

例示的なプロセス 6 0 0 では、互いに通信しているエッジデバイス 3 0 2、3 0 4、3 0 6、3 0 8 は、グループメンバーシップを決定することができる（ブロック 6 0 2）。  
例えば、グループメンバーシップは、エッジデバイス 1 0 0 の地理的近接度に基づいて決定されてもよい。例示的な実施形態では、通信しているショッピングカートおよびビデオカメラは、（例えば、食料雑貨品店内における近接度に基づいて）両方のデバイスがグループ 3 0 0 のメンバーであるべきであると判断することができる。例えば、食料雑貨品店の様々なエッジデバイス 1 0 0 のメンバーシップを含むグループ 3 0 0 が形成されてもよい。エッジデバイス 1 0 0 は、複数のグループ 3 0 0 の範囲内にあってもよく、その場合には、エッジデバイス 1 0 0 は、どのグループ 3 0 0 に入るか、および / または別のグループ 3 0 0 に対して 1 つのグループ 3 0 0 を残すかどうかを（例えば、場所、無線信号強度、直接通信中のデバイスの数に基づいて）決定することができる。例えば、エッジデバイス 3 0 8（例えば、ショッピングカート）が、グループ 3 0 0 内の 1 つのエッジデバイス 3 0 6 に対して低い強度の無線接続のみを有する（例えば、ショッピングカートが店外の駐車場内にある）場合には、エッジデバイス 3 0 8 がグループ 3 0 0 との通信を失う可能性が高い。この場合には、異なるグループ 3 0 0 がメンバーシップにより適しているかもしれない。グループ 3 0 0 に入ると、エッジデバイス 1 0 0 はグループメンバーシップ情報を受信し、エッジデバイス 1 0 0 が処理している所定のタスクに応じて初期化され得る。所定のタスクが局所環境に対して非常に特有である場合には、新しいモデル 2 0 6 をエッジデバイス 1 0 0 に提供する必要がある。例示的な実施形態では、各エッジデバイス 1 0 0 は、任意の所与の時刻において、1 つのグループ 3 0 0 のメンバーであることのみが許可されてもよい。グループメンバーシップを有すると判定されたエッジデバイス 1 0 0 は、通信中のエッジデバイス 1 0 0 のグループ 3 0 0 のサブセットであってもよい。エッジデバイス 1 0 0 のサブセットは、狭義のサブセットであってもよいし（例えば、7 つのエッジデバイス 1 0 0 が通信を維持しているが、2 つのエッジデバイス 1 0 0 が、それらは接続不良のためにグループ 3 0 0 のメンバーにするべきではないと判断してもよい）、あるいはグループ 3 0 0 内の各エッジデバイス 1 0 0 を含めてもよい（例えば、7 つのエッジデバイス 1 0 0 が通信を維持しているもよく、かつ、7 つのエッジデバイス 1 0 0 の全てがグループ 3 0 0 のメンバーでなければならないと決定してもよい）。例示的な実施形態では、1 つのエッジデバイス 1 0 0 がグループメンバーシップを決定する。例えば、要求する各エッジデバイス 3 0 2 b、3 0 4、3 0 6、3 0 8 の近接度および / または接続性が適切である場合には、リーダー 3 0 2 a は、グループに参加するための他のエッジデバイス 3 0 2 b、3 0 4、3 0 6、3 0 8 からの要求を受け入れることによってグループメンバーシップを決定することができる。また、例えば、グループ 3 0 0 と通信しているランダムに選択されたエッジデバイス 1 0 0 が、グループメンバーシップを決定してもよい。

## 【 0 0 3 2 】

グループ 3 0 0 内のエッジデバイス 1 0 0 は、リーダーエッジデバイス 3 0 2 a を決定することができる（ブロック 6 0 4）。例えば、リーダーエッジデバイス 3 0 2 a（例えば、ビデオカメラ）を、合意プロトコルを使用して選定することができる。本明細書で説明するように、リーダーエッジデバイス 3 0 2 a は、簡潔さのために単にリーダー 3 0 2 a と呼ぶ場合がある。リーダー 3 0 2 a は、グループ 3 0 0 内のメンバーシップを有する全てのエッジデバイス 1 0 0 と直接的または間接的に通信し、グループ 3 0 0 内のエッジ

10

20

30

40

50

デバイス 100 から局所モデル 206 を受信し、局所モデル 206 をミキシングして混合モデル 206 を形成し、混合モデル 206 を配信することができる。リーダー 302 a は、様々な異なる方法でグループ 300 によって決定されてもよい。例えば、リーダー 302 a は、ユーザの指定、環境条件および/またはグループ 300 内の他のエッジデバイス 100 の条件に基づいたルールに基づく選択、ランダム割り当て、ID に基づく選択（例えば、最大 MAC アドレス）、合意プロトコル、あるいは機能に基づく選択に基づいて決定することができる。例えば、各エッジデバイス 100 の計算能力を決定する所定の能力関数を用いてリーダー 302 a を選択してもよいし、所定の能力関数を最大にするエッジデバイス 100 をリーダー 302 a として決定してもよい。所定の能力関数は、CPU 処理能力、CPU コア数、メモリ量、メモリ速度、通信速度などに基づくことができ、各エッジデバイス 100 は、それ自体の計算能力スコアを決定することができる。例えば、各エッジデバイス 100 が計算能力スコアをグループ 300 の前のリーダー 302 a に送信して、前のリーダー 302 a が次のリーダー 302 a をグループ 300 に通知することができる。

10

#### 【0033】

リーダー 302 a は、リーダー 302 a とグループ 300 との間の通信を開始することができる（ブロック 606）。例えば、リーダー 302 a は、局所モデル 206 に対する要求を、グループ 300 内のエッジデバイス 302 b、304、306、308 に送信することができる。局所モデル 206 に対する要求を送信した後に、リーダー 302 a は、グループ 300 から送信された局所モデル 206 を受信することができる。例示的な実施形態では、リーダー 302 a は、エッジデバイス 308 a、308 b、308 c（例えば、ショッピングカート）から品目を消費者に提案することに関連する局所モデル 206 を受信してもよいし、エッジデバイス 302 b（例えば、ビデオカメラ）からレジ係の共謀窃盗の認識に関連する局所モデル 206 を受信してもよい。リーダー 302 a は、第 1 の所定のタスクに関連するモデル 206 と、異なる第 2 の所定のタスクに関連するモデル 206 と、を受信することができる。リーダー 302 a は、第 1 および第 2 の所定のタスクの一方または両方に関連するモデル 206 を実行していてもよいし、あるいは、第 1 または第 2 の所定のタスクのどちらかに関連するモデル 206 を実行していてもよい。したがって、リーダー 302 a が異なるタイプのデバイスであっても、リーダーエッジデバイス 302 a をグループ 300 のリーダー 302 a として指定してもよいし、異種グループ 300 内の他のエッジデバイス 304、306、308 の 1 つまたは複数と同じ所定のタスクに関連する機械学習を実行しなくてもよい。上述のように、リーダー 302 a は、モデルミキシングおよび混合モデルの配信を実行することができる。

20

30

#### 【0034】

図 7 は、本開示の例示的な実施形態による、エッジデバイスの異種グループにおける機械学習のための例示的なプロセスを示す流れ図である。プロセス 700 について、図 7 に示す流れ図を参照して説明しているが、プロセス 700 に関連する動作を実行する他の多くの方法を使用することができることが理解されよう。例えば、ブロックのうちのいくつかは順序が変更されてもよく、特定のブロックが他のブロックと組み合わせられてもよく、また記載されたブロックのうちのいくつかは任意であってもよいし、あるいは異なるデバイスによって実行されてもよい。

40

#### 【0035】

例示的なプロセス 700 では、データは、例えば、ネットワーク 312 を介して、エッジデバイス 302 a、302 n、304 a、304 n の間を流れることができる。エッジデバイス 302 a、302 n、304 a、304 n は、任意のタイプのエッジデバイス 100 であってもよい。4 つの特定のエッジデバイス 302 a、302 n、304 a、304 n についてのプロセスが 4 つの別々の列に示されているが、より多くのエッジデバイス 100 がプロセス 700 に関与してもよく、1 つまたは複数のサーバー 310 がプロセス 700 に参加してもよい。例えば、エッジデバイス 302 n は、エッジデバイス 302 a と同じタイプの第 2 の、第 10 の、または第 50 のデバイスを表すことができる。同様に

50

、エッジデバイス 304n は、エッジデバイス 304a と同じタイプの第 3 の、第 20 の、または第 100 のデバイスを表すことができる。通常、全てのエッジデバイス 302a、302n、304a、304n が互いに直接通信することができるわけではないので、通信は中間エッジデバイス（例えば 302n、304a）を介して、および/または他のデバイス（例えば、ルータ、ゲートウェイ、サーバー 310）を介して行われる。また、プロセス 700 は、第 1 のフェーズ 750 および第 2 のフェーズ 760 を示す。第 1 のフェーズ 750 では、エッジデバイス 302a、302n、304a、304n がモデル 206 を実行し、他のエッジデバイス 302a、302n、304a、304n と接続して通信を維持し、第 2 のフェーズ 760 では、グループ構築とモデルミキシングが行われる。

10

#### 【0036】

例示的なプロセス 700 は、エッジデバイス 302a がモデルを実行することで開始することができる（ブロック 702a）。同様に、エッジデバイス 302n がモデルを実行しており（ブロック 702b）、エッジデバイス 304a がモデルを実行しており（ブロック 702c）、エッジデバイス 304n がモデルを実行している（ブロック 702d）。実行モデルのいずれかまたは全ては、局所モデル 206 であってもよい。上述のように、実行モデル 206 は、収集されたデータを分析して、結果を出力することができる。第 1 のフェーズ 750 は、例えば、エッジデバイス 302a が 90 の結果（例えば、毎秒 2 つの結果）を出力することができる 45 秒の持続時間を有することができるが、異なるエッジデバイス（例えば、304a）は、例えば、モデル 206 に応じて、かつエッジデバイス（例えば、304a）によって収集されたデータストリームに応じて、より多くの結果またはより少ない結果を出力することができる。エッジデバイス 302a は、エッジデバイス 302n にピングメッセージ 704a を送って、最初に接続を行い、次に接続を維持することができる。さらに、ピングメッセージ 704b、704c が、例えばエッジデバイス 302n、304a、304n の間で送信される。プロセス 700 では例示的な通信のみが示され、例えば、エッジデバイス 302a から 304n へのピングメッセージの直接通信を含む、より多くの通信が行われてもよいことを理解されたい。

20

#### 【0037】

エッジデバイス 302n ではトリガイイベントが発生する（ブロック 706）。例えば、トリガイイベントは、ショッピングカート内の品目の販売が完了した後のチェックアウトレーン内のショッピングカートであってもよい。また、例えば、トリガイイベントは、時間に基づくイベント（例えば、第 1 のフェーズ 750 が開始してから 45 秒後）であってもよく、タイマー満了によってトリガされてもよい。例示的な実施形態では、エッジデバイス 302n は、複数の異なるトリガイイベントを有するように構成されてもよい。

30

#### 【0038】

エッジデバイス 302n でトリガイイベントが発生すると、そのエッジデバイス 302n は、グループ構築を開始することによって第 2 のフェーズ 760 に入ることができる。具体的には、エッジデバイス 302n は、構築要求 710 をグループの前のリーダー 302a に送信することによってグループ構築を開始することができる（ブロック 708）。別の例示的な実施形態では、エッジデバイス 302n は、例えば、エッジデバイス 302n と通信する全てのエッジデバイス 302a、304a、304n にメッセージをブロードキャストすることによって、グループ構築を直接開始することができる。前のリーダー 302a は、グループメンバーシップおよびリーダー情報に対する要求をブロードキャストすることができる（ブロック 712）。グループ情報 714 に対する要求（例えば、グループメンバーシップおよびリーダー選定）は、エッジデバイス 302n からエッジデバイス 304a およびエッジデバイス 304n に送ることができる。

40

#### 【0039】

全てのエッジデバイス 302n、304a、304n がグループ情報 714 に対する要求を受信すると、エッジデバイス 302n、304a、304n は、それぞれグループ決定モジュール 110 を用いてグループ情報 718a、718b、718c を決定して送信

50



し、グループに入って、リーダーを選定するためのプロセスを実行する（ブロック 716 a、716 b、716 c）。例えば、全てのエッジデバイス 302 a、302 n、304 a、304 n は、それらがグループメンバーシップを有するべきであると決定してもよい。しかしながら、例えば、1つまたは複数のエッジデバイスは、例えば、貧弱な無線接続が、第2のフェーズ 760 で失敗するか、または問題を引き起こす可能性が高い場合には、グループメンバーシップを拒否することができる。また、例えば、リーダーを選定するためのプロセスは、合意プロトコル、ルールに基づく選択、ランダム割り当て、ID に基づく選択、および/または計算能力関数に基づく選択を含むことができる。前のリーダー 302 a がグループ情報 718 a、718 b、718 c を有すると、前のリーダー 302 a は、グループ決定モジュール 110 を使用してグループメンバーシップおよび現在のリーダーを決定する（ブロック 720）。図 7 は、前のリーダー 302 a が再び現在のリーダー 302 a であると決定される典型的な例を示す。例えば、リーダー 302 a は、第1のフェーズ 750 および第2のフェーズ 760 を一般に含むことができるいくつかの期間において繰り返してリーダー 302 a であってもよい。しかしながら、リーダー 302 a の処理能力が低下させる期間がある場合には、大部分の時間（例えば、使用されていない間）に未使用の高レベルの処理能力を有することができる現金自動預け払い機などの、異なるリーダーを選ぶことができる。上述したように、グループメンバーシップの決定およびリーダーの決定は、両方とも多くの異なる方法で実行されてもよく、特定の決定方法は、エッジデバイス 302 a、302 n、304 a、304 n によって動的に使用されてもよい。また、グループメンバーシップを決定し、現在のリーダーを決定することは、例えば、合意プロトコルを実施する前にグループメンバーシップを確定しなければならない場合には、逐次的に実行されてもよい。

#### 【0040】

リーダー 302 a が決定されると、モデルミキシングモジュール 114 を使用してモデルミキシングプロセスを開始することができる。現在のリーダー 302 a は、モデルを要求し、モデルをミキシングし、モデルを配信する（ブロック 722）。モデルに対する要求が送信されると、リーダー 302 a と他のエッジデバイス 302 n、304 a、304 n との間でモデルミキシング情報 724 a、724 b、724 c が通信される。エッジデバイス 302 n、304 a、304 n は、リーダー 302 にモデルを提出し、その後、混合モデルを実装する（ブロック 726 a、726 b、726 c）。また、リーダー 302 a は、リーダー自体のモデル 206 の1つが別のモデル 206 とミキシングされた場合には、混合モデル 206 を実装してもよい。モデルミキシング情報 724 a、724 b、724 c は、構造メタデータ、コンテキストメタデータ、結果ログ、データ分布などを含むことができる要求、グローバルモデル、局所モデル、混合モデルを含むことができる。リーダー 302 a は、どのモデルをミキシングするかを決定するために、構造メタデータ、コンテキストメタデータ、およびデータ分布によるフィルタリングを実行することができる。第2のフェーズ 760 は、例えば 15 秒の持続時間を有することができ、その後、第1のフェーズ 750 が再び開始する。

#### 【0041】

以前に存在していた機械学習方法は、一般的には、同種の環境からのデータストリームを処理するのに有用であった。しかし、我々は、環境の変化が一般的である異種環境で利用可能なデータの量と速度を既存の方法では適切に処理できないことを認識している。より高度で高速なコンピュータおよび/またはネットワークハードウェアでこの問題に対処することは不十分であることが判明しており、それは、技術的に最も高度なコンピュータハードウェア、ソフトウェア、およびネットワーキング機能であっても、異種環境（例えば、接続が変化する異なるタイプのエッジデバイス 100）における変化を処理することはできるが、我々が必要とする速度でデータ量を処理するのに適していないためである。換言すれば、既存の機械学習技術は、一般に、異種環境における機械学習を処理するには不十分である。一方、本明細書で提案するようなエッジデバイス 100 による異種環境における機械学習は、従来の方法およびシステムを用いては不可能であった異なる技術的ア

10

20

30

40

50

プローチをとる。したがって、本明細書に記載の方法およびシステムを使用することによって、エッジデバイス100および異種環境が改良される。

【0042】

本明細書に記載の開示された方法および手順の全ては、1つまたは複数のコンピュータプログラム、モジュール、またはコンポーネントを使用して実装できることが理解されよう。これらのモジュールまたはコンポーネントは、RAM、ROM、フラッシュメモリ、磁気もしくは光学ディスク、光学メモリ、または他の記憶媒体などの揮発性または不揮発性メモリを含む、任意の従来のコンピュータ可読媒体または機械可読媒体上の一連のコンピュータ命令として提供されてもよい。命令は、ソフトウェアまたはファームウェアとして提供されてもよく、かつ/またはASIC、FPGA、DSPまたは他の同様のデバイスなどのハードウェアコンポーネントの全体または一部に実装されてもよい。命令は、1つまたは複数のプロセッサによって実行されるように構成することができ、1つまたは複数のプロセッサは、一連のコンピュータ命令を実行する場合に、開示された方法および手順の全部または一部の処理を実行し、または容易にする。

【0043】

本明細書に記載した主題の態様は、単独で、あるいは本明細書に記載した1つまたは複数の他の態様と組み合わせて、有用であり得る。以下の記述を限定することなく、本開示の例示的な態様では、エッジデバイスは、複数の異なるエッジデバイスと通信するように構成された通信モジュールと、第1のタイプのデータを収集するように構成されたデータ収集デバイスと、データ収集デバイスによって収集されたデータを格納するように構成されたメモリと、機械学習モジュールと、グループ決定モジュールと、リーダー選定モジュールと、を含み、エッジデバイスは、所定のタスクに関連する第1のモデルを使用して、データ収集デバイスによって収集された第1のデータを分析し、予測、分類、クラスタリング、異常検出、および認識のうちの少なくとも1つを含む結果を出力し、結果の正確さに基づいて、所定のタスクに関連する第1の局所モデルを作成するために第1のモデルを更新し、エッジデバイスの第1の異種グループ内の少なくとも1つの他のエッジデバイスと通信し、エッジデバイスの第1の異種グループは、少なくとも第1のエッジデバイスおよび第2のエッジデバイスを含み、第1のエッジデバイスは第1のタイプのデータを収集して分析し、第2のエッジデバイスは異なる第2のタイプのデータを収集して分析し、エッジデバイスの第1の異種グループからエッジデバイスの第2の異種グループのメンバーシップを決定し、エッジデバイスの第2のグループは、エッジデバイスの第1の異種グループのサブセットであり、エッジデバイスの第2の異種グループからリーダーエッジデバイスを決定し、リーダーエッジデバイスから第1の局所モデルに対する要求を受信し、第1の局所モデルをリーダーエッジデバイスに送信し、リーダーエッジデバイスから所定のタスクに関連する混合モデルを受信し、混合モデルは、リーダーエッジデバイスが、複数の第1の局所モデルと少なくとも1つの異なるそれぞれの局所モデルとのミキシング演算を実行することによって作成され、第1の局所モデルを混合モデルに置き換えるように構成される。上記態様と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、第1のタイプのデータはビデオ画像データであり、第2のタイプのデータは速度データである。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスはリーダーエッジデバイスとして選定される。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスの第2の異種グループ内の各エッジデバイスは、それぞれの局所モデルを作成する。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスの第2の異種グループは、異なるタイプの結果を出力する局所モデルを含む。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、異なるタイプの結果は異なるデータタイプを含む。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、異なるタイプの結果は異なる出力変数を含む。前述の態

10

20

30

40

50

様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、ランダムに選択されたエッジデバイスは、第2のグループのメンバーシップを決定する。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、第1の期間の後に、所定のタスクは新しいタスクに変更される。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、第1のモデルは固定構造を有する。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスの第2の異種グループは、エッジデバイスの第1の異種グループの狭義のサブセットである。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスは、ショッピングカートデバイスおよび監視カメラの一方である。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスは自動車内に組み込まれる。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスは現金自動預け払い機である。

#### 【0044】

前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、コンピュータ可読媒体は命令を格納し、命令は、複数の異なるエッジデバイスと通信するように構成された通信モジュールと、第1のタイプのデータを収集するように構成されたデータ収集デバイスと、データ収集デバイスによって収集されたデータを格納するように構成されたメモリと、機械学習モジュールと、グループ決定モジュールと、リーダー選定モジュールと、を含むエッジデバイスによって実行された場合に、エッジデバイスに対して、所定のタスクに関連する第1のモデルを使用して、データ収集デバイスによって収集された第1のデータを分析させ、予測、分類、クラスタリング、異常検出、および認識のうちの少なくとも1つを含む結果を出力させ、結果の正確さに基づいて、所定のタスクに関連する第1の局所モデルを作成するために第1のモデルを更新させ、エッジデバイスの第1の異種グループ内の少なくとも1つの他のエッジデバイスと通信させ、エッジデバイスの第1の異種グループは、少なくとも第1のエッジデバイスおよび第2のエッジデバイスを含み、第1のエッジデバイスは第1のタイプのデータを収集して分析し、第2のエッジデバイスは異なる第2のタイプのデータを収集して分析し、エッジデバイスの第1の異種グループからエッジデバイスの第2の異種グループのメンバーシップを決定させ、エッジデバイスの第2のグループは、エッジデバイスの第1の異種グループのサブセットであり、エッジデバイスの第2の異種グループからリーダーエッジデバイスを決定させ、リーダーエッジデバイスから第1の局所モデルに対する要求を受信させ、第1の局所モデルをリーダーエッジデバイスに送信させ、リーダーエッジデバイスから所定のタスクに関連する混合モデルを受信させ、混合モデルは、リーダーエッジデバイスが、複数の第1の局所モデルと少なくとも1つの異なるそれぞれの局所モデルとのミキシング演算を実行することによって作成され、第1の局所モデルを混合モデルに置き換えさせる。

#### 【0045】

前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスによって実行される方法は、エッジデバイス内の通信モジュールによって、複数の異なるエッジデバイスと通信するステップと、データ収集デバイスによって、第1のタイプのデータを収集するステップと、データ収集デバイスによって収集されたデータをメモリに格納するステップと、所定のタスクに関連する第1のモデルを使用して、データ収集デバイスによって収集された第1のデータを分析するステップと、予測、分類、クラスタリング、異常検出、および認識のうちの少なくとも1つを含む結果を出力するステップと、結果の正確さに基づいて、所定のタスクに関連する第1の局所モデルを作成するために第1のモデルを更新するステップと、エッジデバイスの第1の異種グループ内の少なくとも1つの他のエッジデバイスと通信するステッ

プであって、エッジデバイスの第1の異種グループは、少なくとも第1のエッジデバイスおよび第2のエッジデバイスを含み、第1のエッジデバイスは第1のタイプのデータを収集して分析し、第2のエッジデバイスは異なる第2のタイプのデータを収集して分析する、ステップと、エッジデバイスの第1の異種グループからエッジデバイスの第2の異種グループのメンバーシップを決定するステップであって、エッジデバイスの第2のグループは、エッジデバイスの第1の異種グループのサブセットである、ステップと、エッジデバイスの第2の異種グループからリーダーエッジデバイスを決定するステップと、リーダーエッジデバイスから第1の局所モデルに対する要求を受信するステップと、第1の局所モデルをリーダーエッジデバイスに送信するステップと、リーダーエッジデバイスから所定のタスクに関連する混合モデルを受信するステップであって、混合モデルは、リーダーエッジデバイスが、複数の第1の局所モデルと少なくとも1つの異なるそれぞれの局所モデルとのミキシング演算を実行することによって作成される、ステップと、第1の局所モデルを混合モデルに置き換えるステップと、を含む。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、第1のタイプのデータはビデオ画像データであり、第2のタイプのデータは速度データである。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスはリーダーエッジデバイスとして選定される。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスの第2の異種グループ内の各エッジデバイスは、それぞれの局所モデルを作成する。前述の態様のうちの任意の1つまたは複数と組み合わせて使用することができる、本開示の別の例示的な態様によれば、エッジデバイスの第2の異種グループは、異なるタイプの結果を出力する局所モデルを含む。

10

20

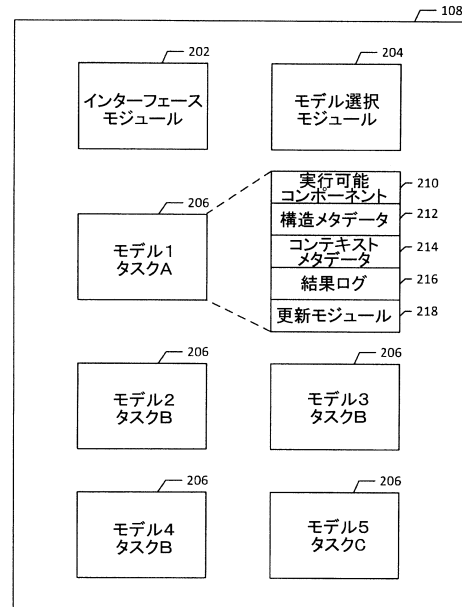
**【 0 0 4 6 】**

本明細書に記載した例示的な実施形態に対する様々な変更および修正は、当業者には明らかであることを理解されたい。そのような変更および修正は、本主題の趣旨および範囲から逸脱することなく、かつ意図する利点を損なうことなく行うことができる。したがって、そのような変更および修正は添付の特許請求の範囲によって包含されることが意図されている。

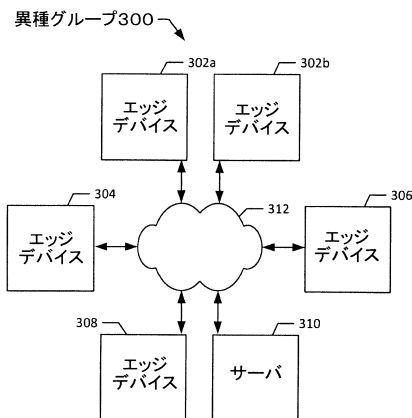
【図 1】



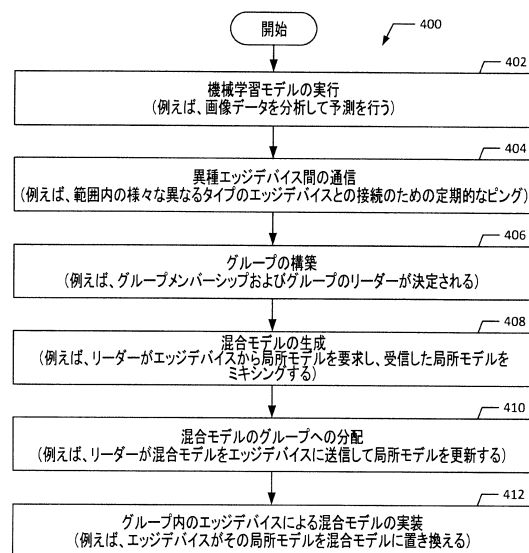
【図 2】



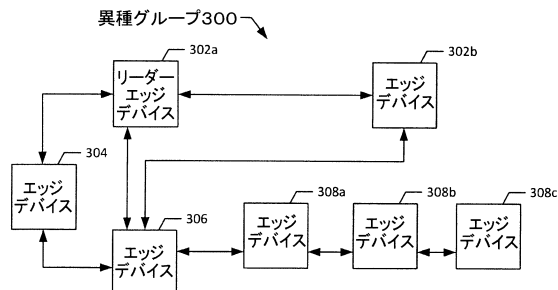
【図 3 A】



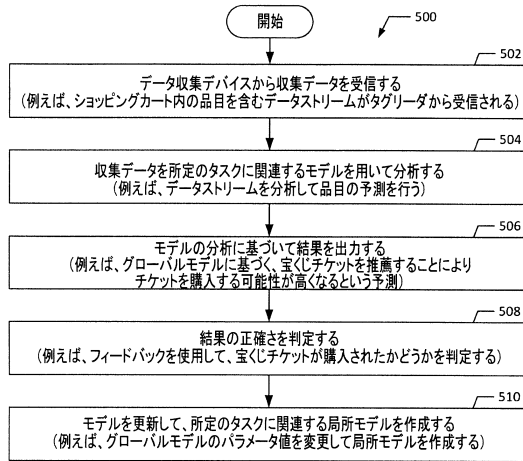
【図 4】



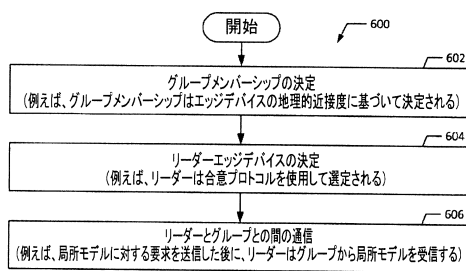
【図 3 B】



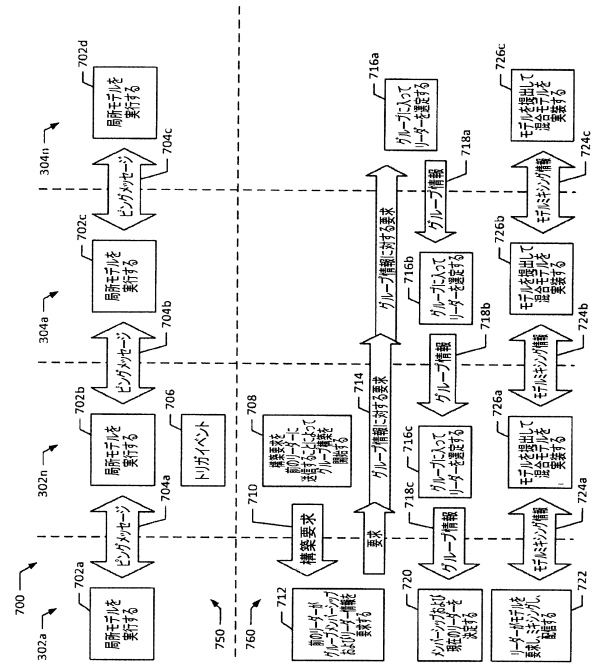
【 図 5 】



【圖 6】



【 図 7 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ジャスティン、ビー・クレイトン  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、サン、マテオ、ウエスト、フォース、アベニュー、4、ペントハウス、エイ、株式会社 Preferred Networks アメリカ内
- (72)発明者 岡野原 大 輔  
東京都文京区本郷2 - 40 - 1 本郷東急ビル 4F 株式会社 Preferred Networks 内
- (72)発明者 西 川 徹  
東京都文京区本郷2 - 40 - 1 本郷東急ビル 4F 株式会社 Preferred Networks 内
- (72)発明者 比 戸 将 平  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、サン、マテオ、ウエスト、フォース、アベニュー、4、ペントハウス、エイ、株式会社 Preferred Networks アメリカ内
- (72)発明者 久保田 展 行  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、サン、マテオ、ウエスト、フォース、アベニュー、4、ペントハウス、エイ、株式会社 Preferred Networks アメリカ内
- (72)発明者 大 田 信 行  
アメリカ合衆国カリフォルニア州、サン、マテオ、ウエスト、フォース、アベニュー、4、ペントハウス、エイ、株式会社 Preferred Networks アメリカ内
- (72)発明者 得 居 誠 也  
東京都文京区本郷2 - 40 - 1 本郷東急ビル 4F 株式会社 Preferred Networks 内

## 合議体

審判長 石井 茂和

審判官 山崎 慎一

審判官 塚田 肇

- (56)参考文献 特表2010 - 519807 (JP, A)

比戸将平, 「並列分散環境における機械学習技術の最新動向」, 電子情報通信学会誌, 一般社団法人電子情報通信学会, 2015年1月1日, 第98巻, 第1号, pp. 54 - 58

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06N20/00

G06N99/00