

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6466442号
(P6466442)

(45) 発行日 平成31年2月6日(2019.2.6)

(24) 登録日 平成31年1月18日(2019.1.18)

(51) Int.Cl.

F 1

G 16 H 50/20 (2018.01)
G 06 N 20/00 (2019.01)G 16 H 50/20
G 06 N 99/00Z 1 T
1 5 3

請求項の数 15 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-529437 (P2016-529437)
 (86) (22) 出願日 平成26年11月10日 (2014.11.10)
 (65) 公表番号 特表2017-504087 (P2017-504087A)
 (43) 公表日 平成29年2月2日 (2017.2.2)
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2014/065921
 (87) 國際公開番号 WO2015/071815
 (87) 國際公開日 平成27年5月21日 (2015.5.21)
 審査請求日 平成29年11月9日 (2017.11.9)
 (31) 優先権主張番号 61/903,475
 (32) 優先日 平成25年11月13日 (2013.11.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーネー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhoven
 (74) 代理人 110001690
 特許業務法人M&Sパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】コンピュータ化された臨床診断支援のための階層的自己学習システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

臨床診断支援(CDS)ネットワークシステムであって、
 患者データを受信し、ローカル学習システムのローカル学習システムパラメータに基づいて、対応する診断出力を提供する前記ローカル学習システムをそれぞれ含む複数のローカル臨床診断支援システムと、

前記複数のローカル臨床診断支援システムから、患者データと、対応する「正しい」診断とを含む訓練データを受信し、前記訓練データを、グローバル学習システムに適用し、前記グローバル学習システムの出力診断と、前記対応する「正しい」診断との比較に基づいて、グローバル学習システムパラメータを生成し、前記グローバル学習システムパラメータを、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供する前記グローバル学習システムを含むグローバル臨床診断支援システムと、

を含み、

前記複数のローカル臨床診断支援システムのうちの1つ以上は、前記グローバル学習システムパラメータに基づいて、前記ローカル学習システムパラメータを更新し、更新された前記ローカル学習システムパラメータに基づいて、後続の診断出力を提供し、

前記対応する「正しい」診断が、前記患者データに基づいて生成される診断であり、

前記訓練データが、前記ローカル学習システムの診断出力の精度及び/又は信頼性向上させるために、前記グローバル学習システムに適用される、ネットワークシステム。

【請求項 2】

10

20

前記ローカル学習システム及び前記グローバル学習システムは、ニューラルネットワークを含み、前記グローバル学習システムパラメータ及び前記ローカル学習システムパラメータは、前記ニューラルネットワークの各ノードに関連付けられるバイアスと、前記ノード間の各接続に関連付けられる重みとを含む、請求項1に記載のネットワークシステム。

【請求項3】

前記複数のローカル臨床診断支援システムのうちの少なくとも1つのローカル臨床診断支援システムは、前記グローバル学習システムパラメータを使用する前記ローカル学習システムに適用されるテストデータに基づいて、前記ローカル学習システムパラメータを更新するかどうかを決定し、前記テストデータは、複数の患者データのセットと、対応する「正しい」診断とを含み、前記ローカル学習システムパラメータを更新するかどうかの前記決定は、前記ローカル学習システムの各診断出力と、前記対応する「正しい」診断との比較に基づいている、請求項1に記載のネットワークシステム。10

【請求項4】

前記グローバル臨床診断支援システムは、前記複数のローカル臨床診断支援システムから受信され、前記グローバル学習システムパラメータを使用する前記グローバル学習システムに適用されるテストデータに基づいて、前記グローバル学習システムパラメータを、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供するかどうかを決定し、前記テストデータは、複数の患者データのセットと、対応する「正しい」診断とを含み、前記グローバル学習システムパラメータを提供するかどうかの前記決定は、前記グローバル学習システムの各診断出力と、前記対応する「正しい」診断との比較に基づいている、請求項1に記載のネットワークシステム。20

【請求項5】

前記グローバル学習システム及び前記ローカル学習システムは、前記患者データを処理するための特定の構造を含み、前記グローバル臨床診断支援システムは更に、代替構造を有する学習システムの診断出力と、前記訓練データに関連付けられる前記「正しい」診断との比較に基づいて、前記特定の構造よりも優れている前記代替構造を特定するように前記訓練データを処理し、前記代替構造を、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供する、請求項1に記載のネットワークシステム。

【請求項6】

グローバル臨床診断支援(CDS)システムであって、30
複数のローカル臨床診断支援システムから、複数の患者データのセットと、対応する「正しい」診断とを含むローカル訓練データを受信するネットワークインターフェースと、

学習システムの各診断出力と、前記対応する「正しい」診断との比較に基づいて、学習システムパラメータを提供するように前記複数のローカル臨床診断支援システムからの前記ローカル訓練データの一部又は全部を処理する、前記学習システムと、

前記学習システム及び前記ネットワークインターフェースを制御し、前記ネットワークインターフェースを介して、前記学習システムパラメータを、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供するプロセッサと、

を含み、

前記対応する「正しい」診断が、前記複数の患者データのセットに基づいて生成される診断であり。40

前記ローカル訓練データが、前記複数のローカル臨床診断支援システムの診断出力の精度及び/又は信頼性を向上させるために、前記学習システムに適用される、システム。

【請求項7】

前記プロセッサは、前記複数のローカル臨床診断支援システムから受信され、前記学習システムパラメータを使用する前記学習システムに適用されるテストデータに基づいて、前記学習システムパラメータを、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供するかどうかを決定し、前記テストデータは、複数の患者データのセットと、対応する「正しい」診断とを含み、前記学習システムパラメータを提供するかどうかの前記決定は、前記学習システムの各診断出力と、前記対応する「正しい」診断との比較に基づいている、請求50

項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記学習システムは、前記患者データを処理するための特定の構造を含み、前記学習システムは更に、代替構造を有する学習システムの診断出力と、前記ローカル訓練データに関連付けられる前記「正しい」診断との比較に基づいて、前記特定の構造よりも優れている前記代替構造を特定するように前記ローカル訓練データを処理し、前記代替構造を、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供する、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 9】

ローカル臨床診断支援（CDS）システムであって、

ローカル学習システムパラメータに基づいて、患者データの各セットについて診断出力を提供するように前記患者データを処理するローカル学習システムと、10

グローバル臨床診断支援システムに、複数の前記患者データのセットと、対応する「正しい」診断とを含むローカル訓練データを提供し、前記グローバル臨床診断支援システムから、提供した前記ローカル訓練データに少なくとも部分的にに基づいているグローバル学習システムパラメータを受信するネットワークインターフェースと、

前記ローカル学習システム及び前記ネットワークインターフェースを制御し、受信した前記グローバル学習システムパラメータに基づいて、前記ローカル学習システムパラメータを更新するプロセッサと、

を含み、

前記対応する「正しい」診断が、複数の前記患者データのセットに基づいて生成される診断であり、20

前記ローカル訓練データが、前記ローカル学習システムの診断出力の精度及び／又は信頼性を向上させるために、前記グローバル臨床診断支援システムに適用される、システム。。

【請求項 10】

前記プロセッサは、前記グローバル学習システムパラメータを使用する前記学習システムに適用されるテストデータに基づいて、前記ローカル学習システムパラメータを更新するかどうかを決定し、前記テストデータは、複数の前記患者データのセットと、対応する「正しい」診断とを含み、前記ローカル学習システムパラメータを更新するかどうかの前記決定は、前記ローカル学習システムの各診断出力と、前記対応する「正しい」診断との比較に基づいている、請求項 9 に記載のシステム。30

【請求項 11】

複数のローカル臨床診断支援（CDS）システムから、複数の患者データのセットと、対応する「正しい」診断とを含む訓練データを受信するステップと、

学習システムの診断出力と、前記対応する「正しい」診断との比較に基づいて、グローバル学習システムパラメータを生成するように、前記訓練データを前記学習システムに適用するステップと、

前記グローバル学習システムパラメータを、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供するステップと、

を含み、

前記対応する「正しい」診断が、前記複数の患者データのセットに基づいて生成される診断であり、40

前記訓練データが、前記複数のローカル臨床診断システムの診断出力の精度及び／又は信頼性を向上させるために、前記学習システムに適用される、方法。

【請求項 12】

テストデータを、前記学習システムに適用するステップと、

前記学習システムからの診断出力と、前記テストデータに関連付けられる「正しい」診断との比較に基づいて、前記グローバル学習システムパラメータを、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供するかどうかを決定するステップと、

を含む、請求項 11 に記載の方法。50

【請求項 1 3】

前記学習システムは、前記患者データを処理するための特定の構造を含み、前記方法は更に、

代替構造を有する学習システムの診断出力と、前記訓練データに関連付けられる前記「正しい」診断との比較に基づいて、前記特定の構造よりも優れている前記代替構造を特定するように、前記訓練データを処理するステップと、

前記代替構造を、前記複数のローカル臨床診断支援システムに提供するステップと、
を含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

複数の患者データのセットと、対応する「正しい」診断とを含むローカル訓練データを
、グローバル臨床診断支援（CDS）システムに提供するステップと、
10

前記グローバル臨床診断支援システムから、提供された前記ローカル訓練データに少なくとも部分的に基づいているグローバル学習システムパラメータを受信するステップと、

新しい患者データと、前記グローバル学習システムパラメータとに基づいて診断出力を
提供するように、前記新しい患者データを、ローカル学習システムに適用するステップと
、
を含み、

前記対応する「正しい」診断が、前記複数の患者データのセットに基づいて生成される
診断であり、

前記ローカル訓練データが、前記ローカル学習システムの診断出力の精度及び／又は信
頼性を向上させるために、前記グローバル臨床診断支援システムに適用される、方法。
20

【請求項 1 5】

テストデータを、前記ローカル学習システムに適用するステップと、

前記グローバル学習システムパラメータを使用する前記ローカル学習システムからの診
断出力と、前記テストデータに関連付けられる「正しい」診断との比較に基づいて、ロー
カナル学習システムパラメータを更新するステップと、
を含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

30

本発明は、医療診断の分野に関し、特に、階層的に配置される複数の診断システムを含
むコンピュータベースの自己学習システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

臨床診断支援（CDS）システムは、一般に、診断処理において、医療従事者を支援す
るよう使用される。CDSシステムは、医者のオフィス、クリニック、ヘルスセンター
等に配置されてよい。システムのユーザは、患者の生命兆候、検査室検査結果、観測、経
歴、家族歴等といった患者に関する入力データをCDSシステムに提供し、CDSシステム
は、このデータが、特定の病状と又は一組の病状と一致しているかどうかを決定するこ
とを試みる。この決定は、医療従事者に、2値、イエス／ノー決定、一組の可能性値等と
して提示される。
40

【0003】

多くのCDSシステムは、各診断の精度に関するフィードバックを受信することによっ
て、又は、一組の例示的な症例を使用して「訓練」されることによって、その診断精度を
向上させる自己学習、又は、「マシン学習」システムとして具現化される。つまり、「正
しい」診断が、入力データに加えて提供され、システムは、正しい診断を踏まえて、データ
を処理し、これにより、別の患者について、同様の一組の入力データが提供されると、正
しい診断を提供する可能性が増加する。「正しい」診断があることによって、その性能
を評価する及び／又は学習システムが実際の臨床応用における使用に十分にロバストであ
るかどうかを決定するために、当該学習システムをテストすることも可能にする。
50

【0004】

学習システムは、ニューラルネットワーク、トランスタクティブ(transductive)及びベイジアン推論、デシジョンツリー学習等を含む様々なマシン学習技術のうちの何れかを用いて具現化されてよい。これらの技術のそれぞれにおいて、学習システムは、訓練又はフィードバック段階中に、学習処理に関連付けられる一組のパラメータを調整する処理と、これらのパラメータを入力データに適用して、診断結果を生成する処理とを含む。例えばニューラルネットワークは、各入力部に、互いに及び出力部に結合される複数の内部ノードを含む。パラメータは、出力部において出力値を提供するように所与の一組の入力値がネットワークを伝播される方法を規定する各ノードと当該ノード間の各接続とに関連付けられる。訓練段階中、パラメータは、決定された出力値と既知の「正しい」出力値との差分が減少されるように、当該差分に基づいて調整されて、これにより、後続の一組の入力データに適用されたときに、既知の「正しい」出力を生成する可能性が増加される。

10

【0005】

学習システムを訓練するために必要な例示的症例数は、使用される技術、入力データと出力との固有の相関関係、訓練症例間の分散等に依存する。ロバストな訓練可能なシステムでは、学習システムの診断精度は、訓練症例数が増加するにつれて上がる。しかし、特定の医師、クリニック又は医療センターが提供可能である症例数は、特に、既知の「正しい」診断で、CDSシステムを訓練し、テストするために使用される場合は、通常、比較的少ない。

20

【0006】

更に、「正しい」診断の決定は、CDSシステムのユーザの診断スキルによって異なり、幾つかの実施形態では、特定のCDSシステムは、ユーザの誤った診断を単に強めるために訓練されてしまうことがある。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

コンピュータ診断システム(CDS)の特定のユーザ/訓練者にあまり依存しない当該CDSを提供することが有利である。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

30

この課題に対処するために、本発明の一実施形態において、個々のコンピュータ診断支援(CDS)システムは、「グローバル」CDSシステムに結合される。各CDSシステムは、同じ学習システム又は同じ学習システム技術を使用する。各CDSシステムからの訓練症例及びテスト症例が、グローバルCDSシステムに、定期的又は非定期的に、提供され、グローバルCDSシステムは、様々な個々のCDSシステムからの訓練症例を使用して、訓練症例に基づいた学習システムパラメータを生成する。個々のCDSシステムのどのCDSシステムよりも多くの訓練症例を有することにより、グローバルCDSシステムによって提供されるパラメータは、個々のCDSシステムのどのCDSシステムよりも高品質の診断出力を提供する。テストによって、グローバルCDSシステムの精度又はロバスト性における向上が分かると、グローバルCDSシステムにおける学習システムパラメータは、個々のCDSシステムの学習システムのパラメータを更新するために、各CDSシステムに提供される。グローバルCDSシステムは更に、具現化された学習システムの構造を改良及び/又は調整して、これらの学習システムの精度、ロバスト性及び/又は効率を更に向上させることもできる。

40

【図面の簡単な説明】**【0009】**

本発明は、添付図面を参照して、更に詳細に、また、例として説明される。

【0010】

【図1A】図1Aは、従来技術の臨床診断支援システムに関連付けられる例示的な動作を示す。

50

【図1B】図1Bは、従来技術の臨床診断支援システムに関連付けられる例示的な動作を示す。

【図1C】図1Cは、従来技術の臨床診断支援システムに関連付けられる例示的な動作を示す。

【図1D】図1Dは、従来技術の臨床診断支援システムに関連付けられる例示的な動作を示す。

【図2】図2は、グローバル臨床診断支援(CDS)システムがローカルCDSシステムと通信する、臨床診断支援システムの例示的なネットワークを示す。

【図3A】図3Aは、例示的なグローバル臨床診断支援システムを示す。

【図3B】図3Bは、例示的なローカル臨床診断支援システムを示す。

10

【図4】図4は、臨床診断支援システムのネットワークにおける通信の例示的なフロー図を示す。

【0011】

図面全体を通して、同じ参照符号は、同様の又は対応する特徴又は機能を示す。図面は、例示を目的として含まれており、発明の範囲を限定することを意図していない。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下の説明において、限定ではなく例示を目的として、本発明の概念の十分な理解を提供するために、特定のアーキテクチャ、インターフェース、技術等といった具体的な詳細が記載される。しかし、本発明は、これらの具体的な詳細から離れる他の実施形態においても実施可能であることは、当業者には明らかであろう。同様に、本説明の本文も、図面に例示される実施形態に向けられたものであり、請求項に明示的に含まれる限界を超える請求項に係る発明を制限することを意図していない。単純さ及び明確さのために、周知のデバイス、回路及び方法の詳細な説明は、不必要的詳細で、本発明の説明を曖昧としないために、省略される。

20

【0013】

図1A乃至図1Dは、従来技術の臨床診断支援(CDS)システム150に関連付けられる例示的な動作を説明する。

【0014】

図1Aは、CDSシステム150内の学習システムの例示的な訓練を示す。複数の訓練データ110が、CDSシステム150に提供される。この訓練データ110は、(実際又は仮想の)患者に関連付けられる複数の入力データを含み、例えば患者の生命兆候、検査室検査結果、観察、症状等だけでなく、性別、年齢、民族的背景、家族歴等といった背景情報を含んでもよい。幾つかの実施形態では、提供される入力データのセットは、診断対象である特定の疾病又は疾患に固有である。例えば家族歴は、遺伝的であることが分かっている疾患については提供されるが、他の疾患には提供されない。入力データ110は、収集された「生データ」に直接的に相当しないが、そのような生データを前処理した結果であってよい。例えば、生データにおける2つの要素間の比率は、しばしば、要素の各値よりもよい診断値を有することが知られており、この比率が、入力データとして提供されてよい。

30

【0015】

CDSシステム150は、入力データと一致した1つ以上の疾病又は疾患の特定、及び/又は、入力データと一致しない1つ以上の疾病又は疾患の特定を提供するために、特定の疾患若しくは疾患、又は、一組の疾患若しくは疾患に対処する。CDSシステム150は、入力データを受信し、診断出力を提供する学習システムを含む。CDSシステム150の品質又は精度は、提供された診断出力が正しいかどうか、及び/又は、出力が正しい度合いに基づいて評価される。

40

【0016】

診断出力の「正しさ」は、診断出力を、既知の「正しい」診断又は「正しい」と仮定される診断と比較することによって決定される。「正しい」診断とは、同じ入力データを検

50

討した後に、医療従事者によって、又は、患者の状態における後続の変化によって、提供される診断である。例えば診断出力が、患者は特定の疾病の初期段階を経験している可能性が高いというものである場合、患者が最終的に当該疾病の後期段階を経験する場合、当該診断出力は、正しかったと決定される。当該患者が、当該疾病の後期段階を発現しない場合、当該診断出力は、正しくなかったと決定される。

【0017】

CDSシステム150の精度を向上させるために、図1Aに示される「学習モード」中に、それに対して「正しい」診断が利用可能である入力データのセットが、CDSシステム150内の学習システムに提供される。入力データと「正しい」診断との両方が、学習システムに提供され、当該学習システムは、この入力データ及び「正しい」診断を処理して、CDSシステム150からの診断出力が「正しい」診断と一致する可能性を増加させる。10

【0018】

上記されたように、学習システムは、入力データの各要素、又は、入力データの要素のセットによって診断出力が影響を受ける様子を決定するパラメータ120によって特徴付けられる。説明及び理解し易くするために、各隣接層のノード間の接続を有する单一出力ノードの複数層を含むニューラルネットワークを使用する学習システムの実例が使用される。入力データは、第1の層に接続され、診断出力は、最後の層において生成される。各ノードは、「バイアス」又は「閾値」パラメータを有し、ノード間の各接続は、「重み」パラメータを有する。各ノードの出力は、次の層における各ノードへの各接続の重みによって、当該ノードの出力を乗算することによって、次の層のノードへと伝播される。各ノードは、当該ノードの出力を生成するために、ノードへの入力とノードのバイアスとを組み合わせる伝達関数を含む。一般に、シグモイド関数が、各ノードにおける伝達関数として使用される。20

【0019】

この例示的な実施形態では、各出力のノードの出力値は、当該出力の上記された既知の「正しい」値又は「正しい」と仮定される値と比較され、誤差値が生成される。ノード及び接続のパラメータ（バイアス及び重み）は、各入力及び介在するノードが出力値、また、対応して、誤差値に与えた影響を決定する。これらのパラメータは、各パラメータに対する誤差の差又は勾配と、「学習率」とに基づいて調整される。マルチ出力学習システムでは、パラメータは、（「平均平方誤差」といった）最小複合誤差を提供するように調整される。30

【0020】

学習率は、パラメータの修正がどれだけ大きいかを決定する。これにより、入力データの各セットの、パラメータの前の値によって決められる学習マシンの現在の状態への影響が決められる。低学習率では、学習システムを適切に訓練するには、多数の入力データセットを必要とし、高学習率では、必要とする入力データセットは少なくてよいが、急変をもたらすことがあり、適切な精度を達成できないことがある。

【0021】

すべての訓練データが処理された後、学習システムは、図1Bに示されるように、精度についてテストされる。入力データの多数のセット112及び対応する「正しい」診断が、CDSシステム150に提供され、CDSシステム150内の学習システムは、図1Aの訓練段階中に生成された学習システムパラメータ120を使用する。40

【0022】

テストデータ112は、学習システムを訓練するために使用された訓練データ110のサブセットを含んでいてもよいし、訓練データ110とは関係なくともよい。しかし、この場合、学習システムパラメータ120は、入力データの各セットの「正しい」診断に基づいて調整されるのではなく、出力診断が、「正しい」診断と比較されて、各出力診断の精度尺度が提供される。各出力診断の精度尺度は、これらのパラメータ120を有するCDSシステム150の品質に関連付けられる1つ以上の精度統計値を提供するように、組50

み合わされてもよい。これらの統計値及び他の決定は、精度評価レポート 130 に提示される。このような精度評価 130 に基づいて、ユーザは、決定された学習システムパラメータ 120 を有する CDS システム 150 が、臨床環境における使用に適しているかどうかを決定することができる。

【0023】

図 1C は、新しい患者の入力データ 115 又は既存患者の更新された入力データの診断を行うために使用される、決定された学習システムパラメータ 120 を有する例示的な CDS システム 150 を示す。この構成では、CDS システムは、図 1B のテスト段階と同様に動作し、入力データ 115 及び CDS システム内の学習システムの現在のパラメータ 120 に基づいて、診断出力 140 を提供する。

10

【0024】

診断出力 140 は、処方箋を提供する、更なる検査を要求する等のために、医療従事者によって使用される。しかし、上記されたように、この診断出力 140 の精度は、訓練データ 110 のセット数と、訓練データ 110 の各セットについて「正しい」と想定される診断の品質とに大きく依存する。

【0025】

図 1D に示されるように、訓練データのセット数は、既存の入力データのセットについて、「正しい」診断を決定することによって増加することができる。この「正しい」診断は、例えば入力データ 115 を、CDS システム 150 によって対処されている特定の疾病又は疾患の分野における診断専門家といった「評価者」 180 に提供することによって得られる。上記されたように、「正しい」診断は、患者の症状の後続の変化によって決定されてもよい。特定の入力データのセットについて、「正しい」診断が決定できると、当該入力データと「正しい」診断とが、新しい訓練データ 110 のセットを提供するために使用される。

20

【0026】

しかし、新しい訓練データの作成は、依然として、CDS システム 150 に提供された症例の数、これらの症例の「正しい」診断の利用可能性、及び、これらの利用可能な診断の品質 / 精度に制限されている。

【0027】

図 2 は、グローバル CDS システム 250G がローカル CDS サイト 200A 乃至 200D における CDS システム 250A 乃至 250D と通信する臨床診断支援システムの例示的なネットワークを示す。このネットワークは、任意の特定の CDS サイト 200A 乃至 200D において従来から利用可能であるパラメータ値よりもよりロバストで正確な訓練システムパラメータ値のセットを提供することを目的としている。

30

【0028】

この例示的な実施形態では、CDS システム 250A 乃至 250D、250G はいずれも、同様の学習システムを使用するので、学習システムパラメータ 120A 乃至 120D、220 は、互いに互換性があるか、又は、この互換性を提供するように変換可能である。参照及び理解し易くするために、以下において、これらのシステム 250A 乃至 250D、250G のそれぞれにおける学習システムは、同一であると仮定される。

40

【0029】

上記されたように、単一の CDS サイト 200A 乃至 200D は、限られた量の訓練データを有し、各 CDS システム 250A 乃至 250D を訓練するために使用される「正しい」診断の品質は、各サイト 200A 乃至 200D によって異なる。本発明の一態様によれば、グローバル CDS システム 250G は、各サイト 200A 乃至 200D から、訓練データを受信し、これにより、個別の CDS システム 250A 乃至 250D の何れかがアクセスできる訓練データよりも多くの訓練データが蓄積される。この大量の訓練データは、訓練データにおける任意の特定の誤りのある「正しい」診断の影響を最小限にすることもできる。

【0030】

50

グローバルCDSシステム250Gは、ローカルCDSシステム250A乃至250Dからのローカル訓練データ110A乃至110Dを受信し、このデータを、グローバル訓練データ210として記憶する。ローカル訓練データ110A乃至110Dを得るために、様々な技術のうちのどの技術を使用してもよい。ローカルCDSシステム250A乃至250Dは、グローバルCDSシステム250Gに、定期的に又は非定期的に連絡して、任意の新しい訓練データをアップロードするか、及び／又は、グローバルCDSシステム250Gが、各ローカルCDSシステム250A乃至250Dに、定期的に又は非定期的に連絡して、任意の新しい訓練データのアップロードを要求してもよい。訓練データ110A乃至110Dを用いてグローバル訓練データ210をポピュレートするために、他の技術が使用されてもよい。上記されたように、CDSシステム250A乃至250D、250Gが同一ではない場合、グローバルCDSシステム250Gは、必要に応じて、互換性を提供するように、受信した訓練データを前処理してもよい。同様に、ローカルCDSシステム250A乃至250Dが、例えば患者データにおける要素の比率を提供するように、患者データを前処理する場合、当該前処理は、グローバルCDSシステム250Gにおいても行われる。

【0031】

新しい訓練データ210を受信すると、グローバルCDSシステム250Gは、この新しい訓練データ210を使用して、グローバルCDSシステム250G内の学習システムを更に訓練して、新しいグローバル学習システムパラメータ220のセットを生成する。任意選択的に、グローバルCDSシステム250Gの操作者は、グローバル学習システムパラメータ220に変更が適用される前に、受信した新しい訓練データを「事前スクリーニング」してもよい。例えば操作者は、新しい訓練データを、グローバルCDSシステム250Gに、学習モードではなく、診断モードにおいて適用して、CDSシステム250Gの診断出力を、新しい訓練データ210において提供された「正しい」診断と比較してもよい。当該診断出力と「正しい」診断との間に、著しい差分がある場合、新しい訓練データ210は、医療従事者に提供され、受信した訓練データにおける「正しい」診断が、対応する入力データに一致しているかどうかが評価される。この事前スクリーニングは、各CDSシステム250A乃至250Dからの診断に関連付けられる仮定される品質及び／又は信頼性に基づいて、受信されるすべての訓練データ、又は、選択されたCDSシステムから受信される訓練データに適用される。

【0032】

グローバル学習システムパラメータ220を作成又は変更するために訓練データを処理した後、これらのパラメータ220を有するグローバルCDSシステム250Gは、上記精度評価及び／又は精度統計値を提供するためにテストされる。テストが、許容可能なレベルの精度及び／又は信頼性を示す場合、これらのパラメータ220を、ローカルCDSサイト200A乃至200Dが利用できるようにする。

【0033】

推定上、これらの更新されたパラメータ220は、追加の訓練データを使用して生成されるので、更新されたパラメータ220を使用するCDSシステム250Gの精度及び／又は信頼性は、更新前のパラメータを使用するCDSシステム250Gの精度及び／又は信頼性よりも優れていることが期待される。任意選択的に、グローバルCDSシステム250Gの操作者は、更新されたパラメータが、前のパラメータほどうまく機能しないと決定されると、これらの更新されたパラメータを提供しないこともある。テストの結果は、適用される特定のテストデータのセットと他の偶然要因とに依存するので、更新されたパラメータの性能に関するこの決定は、観察された差分が、これらの新しい学習システムパラメータ220のリリースを保留するのに十分に「著しい」かどうかを決定するための1つ以上の統計的テストを使用することを含む。

【0034】

新しい学習システムパラメータ220は、様々な技術の何れかを使用して、ローカルCDSサイト200A乃至200Dにダウンロードされてもよい。グローバルCDSシステ

10

20

30

40

50

ム 250G は、各サイト 200A 乃至 200D に、新しいパラメータ 220 が利用されることを通知し、各サイト 200A 乃至 200D からのダウンロードの要求を待つことができる。或いは、グローバル CDS システム 250G は、新しいパラメータ 220 を、すべてのサイト 200A 乃至 200D に、例えば電子メールへの添付ファイルとして、「プロードキャスト」してもよい。

【0035】

各サイト 200A 乃至 200D は、そのローカル学習システムパラメータ 120A 乃至 120D を、新しいパラメータ 220 に基づいて更新するオプションを有し、当該更新は、自動的に行われても、又は、ローカルテストの後に行われてもよい。この更新は、ローカルパラメータ 120 の更新されたパラメータ 220 との直接的な置換であってもよいし、ローカル CDS システムとグローバルシステムとが異なる場合に応じて、何らかの前処理を含んでもよい。参考し易くするために、ここでは、「パラメータを更新」と「パラメータを置換」との用語は、パラメータの 1 つ以上に対する変更と定義される。10

【0036】

サイト 200 は、その独自のテストデータを、前のパラメータ 120 を有するそのシステム 250 に適用し、次に、新しいパラメータ 220 で前のパラメータ 120 を置換する前に、新しいパラメータ 220 を有するシステム 250 に適用する。上記されたように、推論上、新しいパラメータ 220 は、ローカルパラメータ 120 よりも高い品質及び／又は信頼性を提供するが、パラメータ 220 が、当該高い品質及び／又は信頼性を提供しないと決定される場合、サイト 200 の操作者は、パラメータ 120 の新しいパラメータ 220 による更新を、あまり良くない性能の原因が決定されるまで、延期する。20

【0037】

上記されたように、所与のパラメータ 120、220 のセットによって提供される品質及び／又は信頼性は、訓練データにおいて提供される「正しい」診断の精度に依存する。同様に、ローカルテストデータを使用するテストの結果は、テストデータにおける「正しい」診断の精度に依存する。新しいパラメータ 220 が、ローカルパラメータ 120 に劣る性能を示す場合、パラメータ 220 が、ローカルテストデータに適用された場合に、ローカルパラメータ 120 よりも真に劣っているか、又は、テストデータにおいて提供される診断が、パラメータ 220 を決定するために使用されたグローバル訓練データ 210 における診断よりも劣っている。ローカルサイト 200 の操作者は、これらのシナリオのうちのどちらがサイト 200 においてあるのか解決できるまで、パラメータ 120 の新しいパラメータ 220 による更新を延期する。30

【0038】

一般的には、所与のサイトにおいて利用可能である訓練症例数を著しく超える訓練症例数に基づいているグローバルパラメータ 220 は、ローカルパラメータ 120 よりも優れ、各サイト 200A 乃至 200D は、そのローカルパラメータ 120A 乃至 120D を、パラメータ 220 のコピーで更新する。その後、グローバルパラメータ 220 は、時間の経過に伴ってグローバル CDS システム 250G に提供される訓練症例の数が増加して、更新されるので、更新された学習システムパラメータ 220 が、各サイトにおけるローカル学習システムパラメータ 120A 乃至 120D としてのパラメータ 220 の先のコピーを置換する。40

【0039】

各ローカル CDS サイト 200A 乃至 200D は、互いに独立していてよく、また、他のサイトの識別さえも知らなくてよい。グローバル CDS システム 250G は、ローカル CDS システム 250A 乃至 250D のベンダーによって、ネットワーキング及びパラメータ更新機能が提供されてよい。当該機能は、これらの CDS システム 250 を競合 CDS システムから区別する特徴として提供される。

【0040】

つまり、例えば CDS システム 250 の購入者には、そのローカル訓練データ 110A 乃至 110D をグローバル CDS システム 250G に提供することと引き換えに、グローバル CDS システム 250G が、各ローカル CDS サイト 200A 乃至 200D に、そのローカル訓練データ 110A 乃至 110D を更新する。50

バルCDSシステム250Gから学習システムパラメータ220を受信する機会が提供される。グローバルCDSシステム250Gに提供されるローカル訓練データ110A乃至110Dは、特定の患者の識別情報を含む必要はないため、患者のプライバシーは保証される。他のセキュリティ手段が使用されてもよい。

【0041】

図3A及び図3Bは、それぞれ、例示的なグローバルCDSシステム及びローカルCDSシステムを示す。

【0042】

図3Aの例示的なグローバルCDSシステムは、学習システム320と、メモリ330と、ネットワークインターフェース340と、学習システム320及びネットワークインターフェース340の動作を制御するプロセッサ350とを含む。
10

【0043】

上記されたように、複数のローカルCDSシステムに対してデータを送受信できる任意の通信デバイスであってよいネットワークインターフェース340は、複数のローカルCDSシステムのそれぞれから訓練データ110を受信し、当該データ110を、共有グローバル訓練データ210として、メモリ330に記憶する。メモリ330は更に、グローバル学習システムパラメータ220も含む。これらのパラメータは、学習システム320が、患者に対応する所与の入力データのセットに対応する診断出力325を提供できるようにする構造パラメータ及び動作パラメータを含む。この患者は、実際の人であっても、1つの特定の疾患有する仮想の人といった仮想の人であってよい。この仮想の人は、当該仮想の人が有する可能性のある仮定された入力データを有する。このような仮想患者は、各仮想患者の仮想入力データを処理し、結果としてもたらされる診断325を、各仮想患者の特定の疾患有することによって、学習システムパラメータを初期化するために使用される。仮想患者の処理は更に、医学生の教育ツールとして使用されてもよい。
20

【0044】

ニューラルネットワークベースの学習システムの例では、構造パラメータは、ネットワークの構造（入力部の数、出力部の数、隠れ層の数、各層におけるノードの数、ノード間の接続等）、入力データの要素のネットワークの特定の入力部への割当て、ネットワークの特定の出力部の出力診断データへの割当て等である。動作パラメータは、各ノードに関連付けられる上記バイアス、及び、ノード間の各接続に関連付けられる重みであってよい。
30

【0045】

パラメータ220を初期化するために、プロセッサ350は、モード制御355を介して、学習システム320を学習モードに設定し、当該学習システムに、訓練データ（入力データ+「正しい」診断）210のセットを連続して提供する。訓練データ210の各セットが学習システム320によって処理されるにつれて、学習システム320は、その決定された診断を、「正しい」診断と比較し、パラメータ220を調整して、後続の繰り返しにおいて、決定された診断が「正しい」診断により合う可能性を増加させる。幾つかの学習システムにおいて、訓練データ210のセットのグループは、パラメータ220が調整される前に処理されてもよい。
40

【0046】

訓練データ210の各セットを処理するために必要な時間に応じて、学習処理は、現在、利用可能な訓練データ210がすべて処理されるまで、継続するか、又は、学習処理は、所与の基準が満足された後、「中断」されて、すべての訓練データ210が処理される前に、パラメータ220のテスト及びローカルCDSサイトへの潜在的なリリースが可能にされてもよい。

【0047】

初期訓練が完了した（又は中断された）後、プロセッサは、学習システムを、非学習モードに設定する。非学習モードでは、パラメータ220は固定されたままである一方で、入力データの各セットが、学習システムによって処理され、これらのパラメータ220を
50

使用して、診断 325 が生成される。この非学習モード中、プロセッサ 350 は、患者入力データと、当該入力データに対応する「正しい」診断とを含むテストデータ 310 を、学習システム 320 に提供し、当該学習システム 320 から、対応する出力診断を受信する。このテストデータ 310 は、訓練データ 210 のサブセットであっても、学習システムを訓練するために使用されていないデータ 310 であってもよい。

【0048】

プロセッサは更に、訓練データ 210 から「正しい」診断 315 を受信し、これらの 2 つの診断 315、325 を比較して、これらの診断 315、325 間の差分を決定する。プロセッサ 350 は、テストデータのセットに対して、当該差分を評価し、精度レポート 358 を提供する。グローバル CDS システムの操作者が、報告された精度が十分であると決定すると、当該操作者は、プロセッサ 350 に、パラメータ 210 を、ローカル CDS システムへの分布のためにネットワークインターフェース 340 に提供するように指示する。そうではない場合、パラメータ 210 は、更なる訓練データが処理されるまでリリースされないか、又は、不正確さの原因が決定される。

【0049】

幾つかの実施形態では、テスト及び精度評価は、プロセッサ 350 によって、自立的に行われる。プロセッサ 350 は、決定された精度尺度が所定の閾値に達するかどうかに基づいて、新しいパラメータ 210 を、分布のためにネットワークインターフェースに提供する。

【0050】

図 3B の例示的なローカル CDS システムも、学習システム 320 と、メモリ 330 と、ネットワークインターフェース 340 と、学習システム 320 及びネットワークインターフェース 340 の動作を制御するプロセッサ 360 とを含む。図 3B のローカル CDS システムのコンポーネントの幾つかは、図 3A のグローバル CDS システムのコンポーネントと同じ参照符号を有するが、当業者であれば、これらの同じ参照符号を有するコンポーネントは、互いに同一である必要はなく、同様の機能を行えばよいことは理解できよう。図 3B のプロセッサ 360 は、図 3A のプロセッサ 350 とは違う参照符号で特定されて、それぞれ、異なる制御機能を行うことが示されている。

【0051】

ネットワークインターフェース 340 が、グローバル CDS システムから、パラメータ 220 を受信すると、プロセッサ 360 は、これらの更新されたパラメータ 220 に基いて、現在のローカル訓練システムパラメータ 120 を更新する。

【0052】

上記されたように、プロセッサ 360 は、ローカルパラメータ 120 がこれらのパラメータ 220 によって置換される前に、ローカルテストデータ 312 を使用して、更新されたパラメータ 220 をテストし、性能が劣る原因が決定されるまで、パラメータ 220 の設定を延期してもよい。

【0053】

更新されたパラメータ 220 は、今度は、ローカルパラメータ 120 となり、プロセッサ 360 は、学習システム 320 を非学習モードにし、これらのパラメータ 120 への変更を阻止する。この非学習モード中、これらの更新されたローカルパラメータ 120 を使用して新しい患者データ（新しい患者又は既存患者の新しいデータ）370 を処理して、診断出力 325 を提供するように、ローカル CDS システムが使用される。プロセッサ 360 は、この診断出力 325 を使用して、1つ以上の診断レポート 368 を作成する。

【0054】

次に、「正しい」診断が、所与の新しい患者データ 370 のセットに関連付けられていることが発見されると、この診断は、患者の入力データに追加されて、新しい訓練及び/又はテストデータが形成される。任意選択的に、プロセッサ 360 は、学習システム 320 を、学習モードにして、この訓練データを処理し、当該訓練データに基づいて、ローカルパラメータ 120 を更新してもよい。或いは、プロセッサ 360 は、単に、この新しい

10

20

30

40

50

訓練データをグローバルCDSシステムに提供し、グローバルCDSシステムからのパラメータ220の次の更新を受信するまで待機していてもよい。

【0055】

上で詳細に説明されたように、プロセッサ360は、定期的に又は非定期的に、ネットワークインターフェース340に、グローバル学習システム320の後続の訓練のためのグローバルCDSシステムへの送信のために、メモリ330から新しい訓練データ110を取り出すように指示する。この送信は、訓練データの新しいセットが作成される度に、又は、訓練データの所与の数の新しいセットが作成されると起きてよい。送信は、スケジュールに基づいて、グローバルCDSシステムからの要求に基づいて、又は、ローカルCDSシステムの操作者からのコマンドに基づいて起きててもよい。この送信を開始する他の契機は、当業者には明らかであろう。10

【0056】

グローバルCDSシステムは、ローカルCDSシステムから、新しい訓練データ110を受信し、処理する際に、この新しい訓練データ110の一部又は全部を使用して、グローバル学習システムパラメータ220を更新し、これらの新しいパラメータ220を、ローカルCDSシステムに提供し、上記処理の繰り返しを開始する。

【0057】

図4は、臨床診断支援システムのネットワーク間の通信の例示的なフロー図を示す。

【0058】

ステップ410において、ローカルCDSシステムは、患者データのセットを収集し、20ステップ420において、「正しい」診断を決定できるセットに対して、訓練データが作成される。ステップ410～420のループによって示されるように、これは、通常、時間の経過に伴い継続される処理である。任意選択的に、この訓練データは、ローカルCDSシステムを訓練するために使用されてもよい。

【0059】

ステップ430において、ローカル訓練データが、グローバルCDSシステムに通信される。グローバルCDSシステムは、この訓練データの一部又は全部（訓練データの一部は、グローバルCDSシステムをテストするために使用されてもよい）を使用して、グローバルCDSシステムを訓練し、ステップ440において、この訓練データに基づいて、グローバル学習システムパラメータのセットが決定される。任意選択的に、ステップ445において、これらのパラメータを用いるグローバルCDSシステムの性能が、テストデータを用いて評価される。30

【0060】

ステップ450において、決定されたグローバル学習システムパラメータが、ローカルCDSシステムに提供され、ステップ460において、ローカル学習システムパラメータが更新される。ステップ455において、ローカルCDSシステムは、そのローカルパラメータを置換する前に、これらのグローバルパラメータを用いて、そのCDSシステムの性能を任意選択的に評価してもよい。

【0061】

その後、ステップ480において、新しい患者データが、ローカルCDSシステムによって、グローバルCDSシステムからの更新されたパラメータを使用して処理される。「正しい」診断が、新しい患者データのセットに対して提供可能である場合、ローカルCDSシステムは、ステップ490において、新しい訓練データを作成し、ステップ430において、それを、グローバルCDSシステムに提出する。ステップ430～490のループによって示されるように、この訓練データ及び学習システムパラメータの更新は、時間の経過と共に継続する。40

【0062】

複数のローカルCDSシステムからローカル訓練データを受信するグローバルCDSシステムを提供することによって、各CDSシステムにおける専門家システムの品質及び信頼性が、大幅に増加することが期待でき、また、品質及び信頼性におけるこの大幅な増加50

は、ローカルCDSシステムへの負担が最小限で提供される。

【0063】

更に、グローバルCDSシステムは、「正しい」診断を伴う大量の患者データへのアクセスがあるため、グローバルCDSシステムは、ローカルCDSシステムの診断能力を更に向上させる可能性のある他の分析を行うこともできる。例えば患者データのセットのどの要素が、適切な診断を提供するのに最も効果的であるのか、及び／又は、入力データの（比率の形成といった）前処理がより良い診断を提供するのかどうかを確認することはしばしば困難である。グローバルCDSシステムは、これらの問題等に対処するために、提供された訓練データに分析を適用してもよい。

【0064】

例えばグローバルCDSシステムは、訓練データを、様々な構成の学習システムの性能を比較する遺伝的アルゴリズム処理に適用してもよい。各構成は、学習システムへの入力として使用される異なる要素のセットを使用する。様々な要素のセットは、前の設定において、うまく機能した要素を組み合わせる遺伝的アルゴリズムによって生成されてもよい。

【0065】

新しい学習システム構成が、ローカルCDSシステムにおける現在の学習システム構成よりも優れていることが分かると、この新しいシステム構成が、それ以降の使用のために、ローカルCDSシステムに提供される。

【0066】

本発明は図面及び上記記載において詳細に例示且つ説明されたが、このような例示及び説明は、例示的と見なされるべきであって限定的ではない。本発明は、開示された実施形態に限定されない。

【0067】

例えばグローバルCDSシステムもローカルCDSシステムとして動作し、当該CDSシステムが上で詳細に説明された「グローバル」CDSシステムとして動作する場合に使用される患者データ及び診断のプールに、患者データと、それに付随する「正しい」診断とを提供する実施形態において、本発明を動作させることも可能である。

【0068】

開示された実施形態の他の変形は、請求に係る発明を実施する際に、図面、開示内容、添付の請求項を検討することにより、当業者により理解及び達成されうる。請求項において、「含む」との用語は、他の要素又はステップを排除するものではなく、また、「a」又は「a n」との不定冠詞は、複数形を排除するものではない。単一のプロセッサ又は他のユニットが、請求項に記載される幾つかのアイテムの機能を果たしてもよい。特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されるという单なる事実が、これらの手段の組み合わせを有利に用いることができないことを示すものではない。コンピュータプログラムは、他のハードウェアと共に又は他のハードウェアの一部として供給される光学記憶媒体又は固体媒体といった適切な媒体上に記憶される及び／又は分散配置されるが、インターネット又は他の有線若しくは無線通信システムを介した形態といった他の形態で分配されてもよい。請求項における任意の参照符号は、範囲を限定するものと解釈するべきではない。

10

20

30

40

【図 1 A】

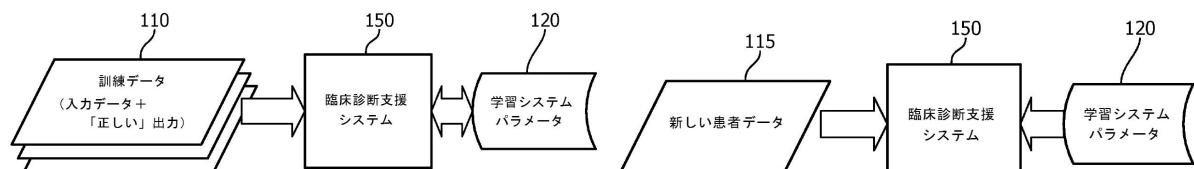


図 1 A

【図 1 C】

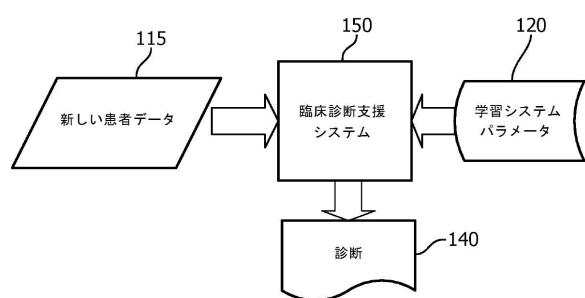


図 1 C

【図 1 B】

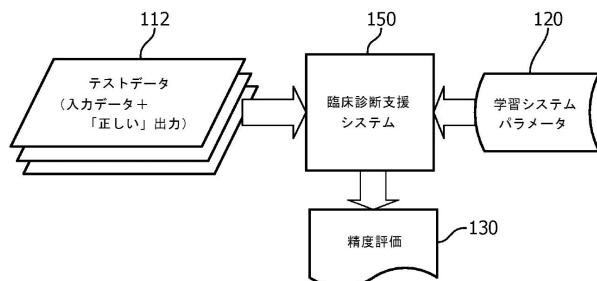


図 1 B

【図 1 D】

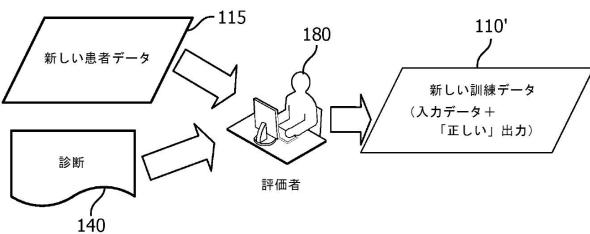


図 1 D

【図 2】

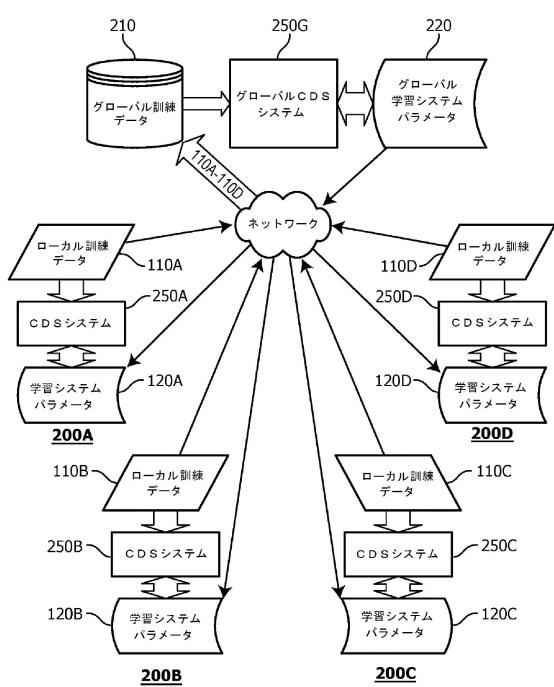


図 2

【図 3 A】

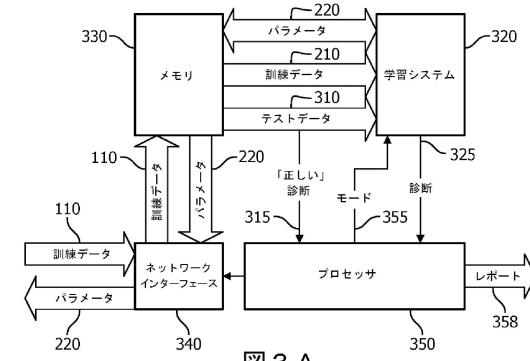


図 3 A

【図 3 B】

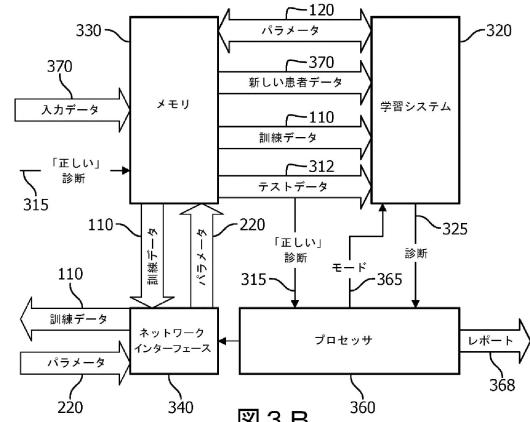


図 3 B

【図4】

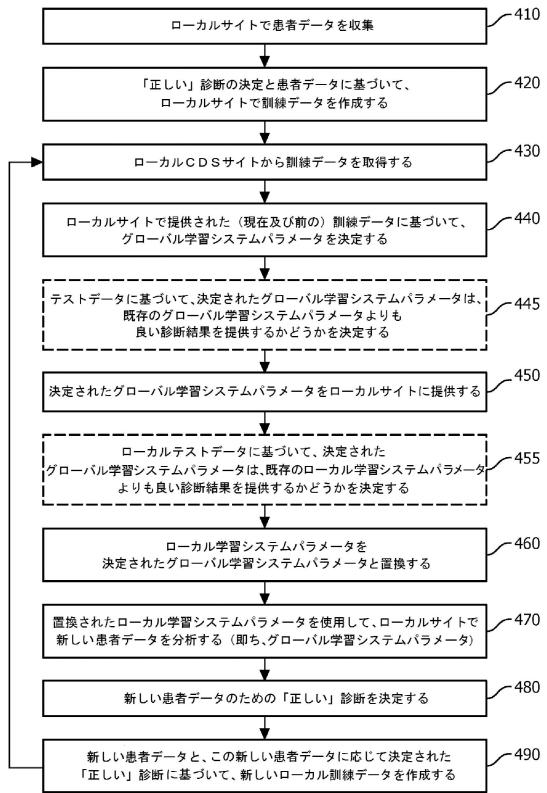


図4

フロントページの続き

(72)発明者 デン インフィ
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 リ シャオミン
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 グー シャオリン
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 シャムダサーニ ヴィジヤイ タークル
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 ウー イン
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 塩田 徳彦

(56)参考文献 米国特許出願公開第2005/0216208(US,A1)
米国特許出願公開第2011/0119212(US,A1)
国際公開第2004/072858(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 16 H 10/00 - 80/00
G 06 Q 10/00 - 99/00
G 06 N 99/00