

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7682168号  
(P7682168)

(45)発行日 令和7年5月23日(2025.5.23)

(24)登録日 令和7年5月15日(2025.5.15)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 5 B 23/02 (2006.01) G 0 5 B 23/02 3 0 2 Z

請求項の数 21 (全33頁)

(21)出願番号	特願2022-515886(P2022-515886)	(73)特許権者	517423327
(86)(22)出願日	令和2年9月10日(2020.9.10)		シー 3 . エーアイ , インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2022-548227(P2022-548227 A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 0 6 3 , レッドウッド シティ , シーポート ブールバード 1 4 0 0 1 4 0 0 Seaport Boulevard , Redwood City , CA 9 4 0 6 3 U . S . A .
(43)公表日	令和4年11月17日(2022.11.17)		
(86)国際出願番号	PCT/US2020/050274	(74)代理人	100078282
(87)国際公開番号	WO2021/050790		弁理士 山本 秀策
(87)国際公開日	令和3年3月18日(2021.3.18)	(74)代理人	100113413
審査請求日	令和5年9月8日(2023.9.8)		弁理士 森下 夏樹
(31)優先権主張番号	62/899,081	(74)代理人	100181674
(32)優先日	令和1年9月11日(2019.9.11)		弁理士 飯田 貴敏
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 製造プロセスリスクを予測するためのシステムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

方法であって、

システムのサブシステムの動作性能を示す第 1 の複数のタグを決定することであって、前記第 1 の複数のタグの各タグは、期間と関連付けられるデータ系列を含み、前記第 1 の複数のタグは、少なくとも、( i ) 前記サブシステム内の複数のセンサ、および ( i i ) 前記サブシステム内にはない前記システム内の複数のセンサから取得される、ことと、前記第 1 の複数のタグの測定値を、オートエンコーダを用いて処理することであって、前記測定値の圧縮表現を発生させることと、前記測定値の前記圧縮表現を前記第 1 の複数のタグの推定値にデコードすることを含み、前記オートエンコーダは、前記第 1 の複数のタグの履歴値に基づいて訓練される、ことと、

10

閾値を考慮して、前記測定値と前記推定値との間の差異を決定することと、

前記第 1 の複数のタグの前記測定値と前記推定値との間の差異の大きさに少なくとも部分的に基づいて、前記サブシステムの動作における異常を予測することと、

前記予測に少なくとも部分的に基づいて、前記サブシステムに関する 1 つまたはそれを上回る是正措置を提供することと

を含む、方法。

【請求項 2】

前記第 1 の複数のタグを決定することは、教師なし学習アルゴリズムを使用して、前記システム内のセンサからのデータを処理し、タグの複数の群を発生させることを含み、前

20

記タグの複数の群は、前記サブシステムの前記動作性能を示す前記第 1 の複数のタグを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 の複数のタグの各タグは、前記第 1 の複数のタグの少なくとも 1 つの他のタグまたは前記サブシステムの前記動作性能と関連される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記教師なし学習アルゴリズムは、クラスタリングアルゴリズムであり、前記クラスタリングアルゴリズムは、k 平均クラスタリングアルゴリズム、コサイン類似度アルゴリズム、トポロジデータ分析アルゴリズム、またはノイズを伴う用途の階層密度ベースの空間クラスタリング (HDB - SCAN) を含む、請求項 2 に記載の方法。

10

【請求項 5】

前記第 1 の複数のタグを決定することは、オフラインで実施される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記測定値と前記推定値との間の前記差異を決定することに先立って、前記測定値および前記推定値のそれぞれに加重処理を適用することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記システムの動作の間に前記閾値を動的に調節することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

個別のタグの前記測定値と前記個別のタグの前記推定値との間の差異が、タグ閾値を充足するかどうかを決定することと、前記差異が前記タグ閾値を充足する場合、アラートを伝送することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記オートエンコーダは、深層ニューラルネットワークまたはサポートベクタマシン (SVM) である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

履歴データは、前記サブシステム内で故障が生じなかった期間内に収集されたデータ系列を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記システムは、材料処理または製造パイプライン内の複数のシステムのうちの 1 つである、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 12】

前記期間は、所定のルックバックホライズンを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記ルックバックホライズンを動的に調節することをさらに含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 1 の複数のタグの前記測定値と前記第 1 の複数のタグの前記推定値との間の前記差異の大きさに少なくとも部分的に基づいて、前記サブシステムに関するリスクスコアを発生させることをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 15】

前記差異が前記閾値を充足する場合、前記サブシステムが前記異常を被ると予測されることを示すアラートを伝送することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

前記 1 つまたはそれを上回る是正措置を提供することは、訓練された機械学習アルゴリズムを使用して実施され、前記訓練された機械学習アルゴリズムは、履歴上の措置および前記サブシステムによる対応する応答に基づいて訓練される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】

前記 1 つまたはそれを上回る是正措置を提供する前に、前記異常が予測または検出され

50

る前記閾値を最適化することと、前記訓練された機械学習アルゴリズムを使用して前記異常と関連付けられる故障モードを予測することとをさらに含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記 1 つまたはそれを上回る是正措置を提供することは、タグ測定値内の観察されるパターンを前記サブシステム内のプロセスおよび機器に関する既知の故障機序に相関させるための規則ベースの論理を使用して、実施される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 19】

前記異常を予測した後、前記異常が生じるであろう尤度を示す数値リスクスコアを提供することをさらに含み、前記数値リスクスコアは、前記第 1 の複数のタグの前記測定値と前記第 1 の複数のタグの前記推定値との間の前記差異の大きさ、または、前記差異が前記閾値を超過する量に少なくとも部分的に基づき、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 20】

前記アラートは、前記アラートに最も寄与した前記第 1 の複数のタグのうちのタグのリストを含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 21】

前記オートエンコーダは、前記サブシステムの正常動作を表す履歴値を備えるデータセットに基づいて訓練され、前記オートエンコーダは、前記推定値が、前記複数のタグが前記サブシステムの正常動作中に捕捉されるときにデコーダによって発生させられる前記測定値に類似するかまたはそれと同等であり、前記推定値が、前記複数のタグが前記サブシステムの異常動作中に捕捉されるときに前記デコーダによって発生させられる前記測定値の不十分な推定値であるように、訓練される、請求項 1 に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(相互参照)

本願は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる、2019年9月11日に出版された、米国仮特許出願第62/899,081号の優先権を主張する。

【背景技術】

【0002】

製造業者は、その動作資産を管理するために、定期保守および事後対応型保守のフレームワークに依拠し得る。これは、生産の延期からの収益の損失、計画外の保守措置と関連付けられる過剰なコスト、資産寿命の短縮、不十分な製品品質、および現場での暴露の増加と関連付けられる、作業員の安全リスクをもたらし得る。

30

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

本開示は、処理パイプラインのシステムまたはサブシステム内の異常を予測および検出し、処理パイプラインの信頼性を改良するためのシステム、方法、およびコンピュータプログラム製品を提供する。処理パイプラインは、例えば、掘削資産、精製資産、およびパイプライン資産（例えば、ポンプ、圧縮器、熱交換器、および弁）を含む、石油およびガス処理パイプラインであり得る。本明細書に説明されるような異常を予測および検出するためのシステムが、1つまたはそれを上回る場所における1つまたはそれを上回るコンピュータ上に実装されることができる。コンピュータは、実行に応じて、コンピュータにシステムのサブシステム内の異常を予測させる、命令を記憶することができる。

40

【0004】

本システムは、サブシステムの動作性能を示す、第1の複数のタグを決定することができる。第1の複数のタグは、サブシステム内のセンサからの時系列データを含んでもよい。第1の複数のタグは、加えて、サブシステム内にはないが、それにもかかわらず、サブシステムの動作性能を示す、システム内のセンサからの時系列データを含んでもよい。例えば、第1の複数のタグは、サブシステムに入力を提供する、サブシステムから出力を受

50

信する、または別様にサブシステムと関連される、別のサブシステムからのものであってもよい。本システムは、1つまたはそれを上回る機械学習方法を使用して、第1の複数のタグを識別することができる。例えば、本システムは、クラスタリングアルゴリズムを使用し、システム内のタグの全てから第1の複数のタグを識別することができる。第1の複数のタグを決定することは、特徴選択動作と見なされ得る。

**【0005】**

本システムは、オートエンコーダを使用して、第1の複数のタグの測定値を処理することができる。オートエンコーダは、測定値から、縮小次元出力または圧縮された出力を発生させるように構成される、エンコーダを有することができる。オートエンコーダは、加えて、縮小次元出力または圧縮された出力から第1の複数のタグの推定値を発生させるように構成される、デコーダを有することもできる。オートエンコーダは、第1の複数のタグの履歴値に基づいて訓練されることことができる。

10

**【0006】**

本システムは、オートエンコーダに提供される第1の複数のタグの測定値とオートエンコーダによって発生される第1の複数のタグの推定値との間に、差異が存在するかどうかを決定することができる。測定値および推定値が、同一である、または類似する場合、本システムは、サブシステムが、異常を被っていないことを決定してもよい。他方において、本システムが、測定値と推定値との間の差異が、閾値を充足すると決定した場合、本システムは、サブシステムが異常を被っていると決定してもよい。本システムは、システムがそのような異常を被っていることを示す、アラートを伝送することができる。

20

**【0007】**

多くの製造エンティティが、動作資産を管理するために定期保守または事後対応型保守に依拠する一方、上記に説明されるシステムは、数百～数千個のセンサからのデータを使用し、そのデータ内での関連を識別することによって、処理パイプライン内の故障および異常が生じる前に、それらを正確に予測し、検出することができる。プロセス内のステップは、非常に相互依存的であり得るため、本明細書に説明されるシステムによって識別される関連は、異常を識別することにおいて有用であり得る。加えて、本システムは、新しい故障イベントに基づいて再訓練され、経時的に予測および検出の正確度を向上させ得る、機械学習モデルを使用することができる。最後に、本システムは、資産、システム、またはサブシステムレベルにおける故障を予測し、異常を検出ことができ、これは、ユーザが、処理パイプライン上で定期保守を迅速に実施し、安全性を維持し、資産寿命を延長し、より高い品質の製品を生産し、高価な中断時間を回避することを可能にすることができる。

30

**【0008】**

本開示は、加えて、ユーザ、例えば、運用管理者または技師が、上記に説明されるシステムの出力と相互作用し、それを閲覧することを可能にする、アプリケーションおよびユーザインターフェースを提供することもできる。アプリケーションおよびユーザインターフェースは、加えて、ユーザが、処理パイプライン内の資産を監視し、制御し、その上で予測保守を実施することを可能にすることもできる。

**【0009】**

これらのアプリケーションおよびユーザインターフェースは、処理パイプライン内の予測または検出される異常を優先度付けし、調査し、それに応答するためのエンドツーエンドソリューションを提供し得る。

40

**【0010】**

ある側面では、本開示は、システムのサブシステム内の異常を予測するための方法を提供する。本方法は、サブシステムの動作性能を示す、第1の複数のタグを決定することを含んでもよい。第1の複数のタグの各タグは、データ系列を含んでもよく、第1の複数のタグは、(i)サブシステム内の複数のセンサ、および(ii)サブシステム内にはない、システム内の複数のセンサから取得されることができる。本方法はさらに、第1の複数のタグの測定値を、オートエンコーダを用いて、(1)測定値の圧縮表現を発生させ、(

50

2) 測定値の圧縮表現を第1の複数のタグの推定値にデコードすることによって、処理することを含んでもよく、オートエンコーダは、第1の複数のタグの履歴値に基づいて訓練されている。本方法はさらに、測定値と推定値との間の差異が、閾値を充足するかどうかを決定することと、差異が、閾値を充足する場合、サブシステムが、異常を被ることが予測されることを示す、アラートを伝送することを含んでもよい。

【0011】

いくつかの実装では、(a)は、教師なし学習アルゴリズムを使用して、本システム内のセンサからのデータを処理し、タグの複数の群であって、サブシステムの動作性能を示す、第1の複数のタグを含む、タグの複数の群を発生させることを含む。いくつかの実装では、第1の複数のタグの各タグが、第1の複数のタグの少なくとも1つの他のタグまたはサブシステムの動作性能と関連される。いくつかの実装では、教師なし学習アルゴリズムは、クラスタリングアルゴリズムである。クラスタリングアルゴリズムは、k平均クラスタリングアルゴリズム、コサイン類似度アルゴリズム、トポロジデータ分析アルゴリズム、またはノイズを伴う用途の階層密度ベースの空間クラスタリング(HDBSCAN)であってもよい。

10

【0012】

いくつかの実装では、(a)は、オフラインで実施される。

【0013】

いくつかの実装では、本方法はさらに、(c)に先立って、測定値および推定値のそれぞれに加重処理を適用することを含む。

20

【0014】

いくつかの実装では、本方法はさらに、システムの動作の間に閾値を動的に調節することを含む。

【0015】

いくつかの実装では、本方法はさらに、個別のタグの測定値と個別のタグの推定値との間の差異が、タグ閾値を充足するかどうかを決定し、差異がタグ閾値を充足する場合、アラートを伝送することを含む。

【0016】

いくつかの実装では、オートエンコーダは、深層ニューラルネットワークまたは1クラスサポートベクターマシン(SVM)である。

30

【0017】

いくつかの実装では、履歴データは、サブシステム内で故障が生じなかった期間内に収集されたデータ系列を含む。

【0018】

いくつかの実装では、本システムは、複数のサブシステムを備える。

【0019】

いくつかの実装では、第1の複数のタグの測定値は、所定のルックバックホライズンの間に収集されるデータ系列を含む。いくつかの実装では、本方法はさらに、ルックバックホライズンを動的に調節することを含む。

【0020】

いくつかの実装では、本方法はさらに、第1の複数のタグの測定値と第1の複数のタグの推定値との間の差異の大きさに基づいて、サブシステムに関するリスクスコアを発生させることを含む。

40

【0021】

いくつかの実装では、アラートは、電子メールまたはテキストメッセージを含む。いくつかの実装では、アラートは、モバイルアプリケーションまたはウェブアプリケーション内での通知を含むことができる。いくつかの実装では、モバイルアプリケーションまたはウェブアプリケーションは、ユーザが、該サブシステムに関する1つまたはそれを上回る是正措置を実施することを可能にするように構成される。

【0022】

50

いくつかの実装では、本方法はさらに、訓練された機械学習アルゴリズムを使用して、サブシステム内の異常を是正するための措置を決定することを含む。訓練された機械学習アルゴリズムは、人が起こした履歴上の措置およびサブシステムによる対応する応答に基づいて訓練されることができる。いくつかの実装では、本方法はさらに、タグ測定値内の観察されるパターンをサブシステム内のプロセスおよび機器に関する既知の故障機序に相関させるための、工学原理に基づく規則ベースの論理を使用して、サブシステム内の異常を是正するための措置を決定することを含む。

【 0 0 2 3 】

いくつかの実装では、アラートは、異常が生じるであろう尤度を示す、数値リスクスコアを含む。数値リスクスコアは、少なくとも部分的に、第1の複数のタグの測定値と第1の複数のタグの推定値との間の差異の大きさに基づくことができる。いくつかの実装では、アラートは、異常が生じるであろう尤度を示す、数値リスクスコアを含む。数値リスクスコアは、少なくとも部分的に、差異が閾値を超過する量に基づくことができる。いくつかの実装では、アラートは、アラートに最も寄与した、第1の複数のタグのうちのタグのリストを含む。

【 0 0 2 4 】

本開示の別の側面は、1つまたはそれを上回るコンピュータプロセッサによる実行に応じて、上記または本明細書の他所の方法のうちのいずれかを実装する、機械実行可能コードを備える、非一過性コンピュータ可読媒体を提供する。

【 0 0 2 5 】

本開示の別の側面は、1つまたはそれを上回るコンピュータプロセッサと、それに結合されるコンピュータメモリとを備える、システムを提供する。コンピュータメモリは、1つまたはそれを上回るコンピュータプロセッサによる実行に応じて、上記または本明細書の他所の方法のうちのいずれかを実装する、機械実行可能コードを備える。

【 0 0 2 6 】

本開示の付加的側面および利点は、本開示の例証的实施形態のみが示され、説明される、以下の詳細な説明から当業者に容易に明白な状態となるであろう。認識されるであろうように、本開示は、他の異なる実施形態が可能であり、そのいくつかの詳細は、全て本開示から逸脱することなく、種々の明白な点において修正が可能である。故に、図面および説明は、制限的ではなく、本質的に例証的と見なされるべきである。

本発明は、例えば、以下を提供する。

( 項目 1 )

システム内のサブシステム内の異常を予測するための方法であって、

( a ) 前記サブシステムの動作性能を示す第1の複数のタグを決定することであって、前記第1の複数のタグの各タグは、データ系列を含み、前記第1の複数のタグは、( i ) 前記サブシステム内の複数のセンサ、および( i i ) 前記サブシステム内にはない前記システム内の複数のセンサから取得される、ことと、

( b ) 前記第1の複数のタグの測定値を、オートエンコーダを用いて、( 1 ) 前記測定値の圧縮表現を発生させ、( 2 ) 前記測定値の圧縮表現を前記第1の複数のタグの推定値にデコードすることによって、処理することであって、前記オートエンコーダは、前記第1の複数のタグの履歴値に基づいて訓練されている、ことと、

( c ) 前記測定値と前記推定値との間の差異が、閾値を充足するかどうかを決定することと、

( d ) 前記差異が、前記閾値を充足する場合、前記サブシステムが、異常を被ることが予測されることを示すアラートを伝送することと

を含む、方法。

( 項目 2 )

( a ) は、教師なし学習アルゴリズムを使用して、前記システム内のセンサからのデータを処理し、タグの複数の群を発生させることを含み、前記タグの複数の群は、前記サブシステムの動作性能を示す前記第1の複数のタグを含む、ことを含む、項目1に記載の方

10

20

30

40

50

法。

(項目3)

前記第1の複数のタグの各タグが、前記第1の複数のタグの少なくとも1つの他のタグまたは前記サブシステムの動作性能と関連される、項目2に記載の方法。

(項目4)

前記教師なし学習アルゴリズムは、クラスタリングアルゴリズムである、項目2に記載の方法。

(項目5)

前記クラスタリングアルゴリズムは、k平均クラスタリングアルゴリズム、コサイン類似度アルゴリズム、トポロジデータ分析アルゴリズム、またはノイズを伴う用途の階層密度ベースの空間クラスタリング(HDBSCAN)である、項目4に記載の方法。

10

(項目6)

(a)は、オフラインで実施される、項目1に記載の方法。

(項目7)

(c)に先立って、前記測定値および前記推定値のそれぞれに加重処理を適用することをさらに含む、項目1に記載の方法。

(項目8)

前記システムの動作の間に前記閾値を動的に調節することをさらに含む、項目1に記載の方法。

(項目9)

個別のタグの前記測定値と前記個別のタグの推定値との間の差異が、タグ閾値を充足するかどうかを決定し、前記差異が前記タグ閾値を充足する場合、アラートを伝送することをさらに含む、項目1に記載の方法。

20

(項目10)

前記オートエンコーダは、深層ニューラルネットワークまたはサポートベクタマシン(SVM)である、項目1に記載の方法。

(項目11)

前記履歴データは、前記サブシステム内で故障が生じなかった期間内に収集されたデータ系列を含む、項目1に記載の方法。

(項目12)

前記システムは、複数のサブシステムを備える、項目1に記載の方法。

30

(項目13)

前記第1の複数のタグの測定値は、所定のルックバックホライズンの間に収集されるデータ系列を含む、項目1に記載の方法。

(項目14)

前記ルックバックホライズンを動的に調節することをさらに含む、項目13に記載の方法。

(項目15)

前記第1の複数のタグの測定値と前記第1の複数のタグの推定値との間の前記差異の大きさに基づいて、前記サブシステムに関するリスクスコアを発生させることをさらに含む、項目1に記載の方法。

40

(項目16)

前記アラートは、電子メールまたはテキストメッセージを含む、項目1に記載の方法。

(項目17)

前記アラートは、モバイルアプリケーションまたはウェブアプリケーション内での通知を含む、項目1に記載の方法。

(項目18)

前記モバイルアプリケーションまたはウェブアプリケーションは、ユーザが、前記サブシステムに関する1つまたはそれを上回る是正措置を実施することを可能にするように構成される、項目17に記載の方法。

50

( 項目 1 9 )

訓練された機械学習アルゴリズムを使用して、前記サブシステム内の前記異常を是正するための措置を決定することをさらに含み、前記訓練された機械学習アルゴリズムは、人が起こした履歴上の措置および前記サブシステムによる対応する応答に基づいて訓練されている、項目 1 に記載の方法。

( 項目 2 0 )

タグ測定値内の観察されるパターンを前記サブシステム内のプロセスおよび機器に関する既知の故障機序に相関させるための工学原理に基づく規則ベースの論理を使用して、前記サブシステム内の前記異常を是正するための措置を決定することをさらに含み、項目 1 に記載の方法。

10

( 項目 2 1 )

前記アラートは、前記異常が生じるであろう尤度を示す数値リスクスコアを含み、前記数値リスクスコアは、少なくとも部分的に、前記第 1 の複数のタグの測定値と前記第 1 の複数のタグの推定値との間の差異の大きさに基づく、項目 1 に記載の方法。

( 項目 2 2 )

前記アラートは、前記異常が生じるであろう尤度を示す数値リスクスコアを含み、前記数値リスクスコアは、少なくとも部分的に、前記差異が前記閾値を超過する量に基づく、項目 1 に記載の方法。

( 項目 2 3 )

前記アラートは、前記アラートに最も寄与した前記第 1 の複数のタグのうちのタグのリストを含む、項目 1 に記載の方法。

20

( 項目 2 4 )

システムであって、前記システムは、1 つまたはそれを上回るコンピュータと、1 つまたはそれを上回る記憶デバイスとを備え、前記 1 つまたはそれを上回る記憶デバイスは、命令を記憶しており、前記命令は、前記 1 つまたはそれを上回るコンピュータによって実行されると、前記 1 つまたはそれを上回るコンピュータに、

( a ) システムのサブシステムの動作性能を示す第 1 の複数のタグを決定することであって、前記第 1 の複数のタグの各タグは、データ系列を含み、前記第 1 の複数のタグは、( i ) 前記サブシステム内の複数のセンサ、および ( i i ) 前記サブシステム内にはない前記システム内の複数のセンサから取得される、ことと、

30

( b ) 前記第 1 の複数のタグの測定値を、オートエンコーダを用いて、( 1 ) 前記測定値の圧縮表現を発生させ、( 2 ) 前記測定値の圧縮表現を前記第 1 の複数のタグの推定値にデコードすることによって、処理することであって、前記オートエンコーダは、前記第 1 の複数のタグの履歴値に基づいて訓練されている、ことと、

( c ) 前記測定値と前記推定値との間の差異が、閾値を充足するかどうかを決定することと、

( d ) 前記差異が、前記閾値を充足する場合、前記サブシステムが、異常を被ることが予測されることを示すアラートを伝送することと

を含む動作を実施させるように動作可能である、システム。

( 項目 2 5 )

40

1 つまたはそれを上回る非一過性コンピュータ記憶媒体であって、前記 1 つまたはそれを上回る非一過性コンピュータ記憶媒体は、命令を記憶しており、前記命令は、1 つまたはそれを上回るコンピュータによって実行されると、前記 1 つまたはそれを上回るコンピュータに、

( a ) システムのサブシステムの動作性能を示す、第 1 の複数のタグを決定することであって、前記第 1 の複数のタグの各タグは、データ系列を含み、前記第 1 の複数のタグは、( i ) 前記サブシステム内の複数のセンサ、および ( i i ) 前記サブシステム内にはない前記システム内の複数のセンサから取得される、ことと、

( b ) 前記第 1 の複数のタグの測定値を、オートエンコーダを用いて、( 1 ) 前記測定値の圧縮表現を発生させ、( 2 ) 前記測定値の圧縮表現を前記第 1 の複数のタグの推定値

50

にデコードすることによって、処理することであって、前記オートエンコーダは、前記第1の複数のタグの履歴値に基づいて訓練されている、ことと、

(c) 前記測定値と前記推定値との間の差異が、閾値を充足するかどうかを決定することと、

(d) 前記差異が、前記閾値を充足する場合、前記サブシステムが、異常を被ることが予測されることを示すアラートを伝送することと

を含む動作を実施させるように動作可能である、1つまたはそれを上回る非一過性コンピュータ記憶媒体。

(参照による組み込み)

【0027】

本明細書に言及される全ての公開文書、特許、および特許出願は、各個々の公開文書、特許、または特許出願が参照することによって組み込まれると具体的かつ個々に示された場合と同程度に、参照することによって本明細書に組み込まれる。参照することによって組み込まれる公開文書および特許または特許出願が、本明細書に含有される開示と矛盾する範囲で、本明細書が、任意のそのような矛盾する資料に優先する、および/またはその上位にあると意図される。

【図面の簡単な説明】

【0028】

本発明の新規の特徴は、添付の請求項において具体的に記載される。本発明の特徴および利点のより深い理解が、本発明の原理が利用される例証的实施形態を記載する、以下の詳細な説明および付随の図面(また、本明細書では「図(Figure)およびFIG.」)を参照することによって取得されるであろう。

【0029】

【図1】図1は、異常を予測および検出するためのシステムを図式的に図示する。

【0030】

【図2】図2は、サブシステムの異常を予測し、異常に関するアラートを発生させ、異常の調査を追跡するための事例を発生させ、調査の間に識別される任意の故障を解決するための作業指示を課すための、例示的プロセスのフローチャートである。

【0031】

【図3】図3は、システムのサブシステム内の異常を予測するための、例示的プロセスのフローチャートである。

【0032】

【図4】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図5】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図6】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図7】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図8】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図9】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

10

20

30

40

50

【図10】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図11】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図12】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図13】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

10

【図14】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図15】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図16】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

20

【図17】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【図18】図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【0033】

【図19】図19は、図4 - 図18に描写されるアプリケーション内の処理パイプラインを表すために使用され得る、モデルを図式的に図示する。

30

【0034】

【図20】図20は、プログラムされる、または別様に本明細書に提供される方法を実装するように構成される、コンピュータシステムを示す。

【発明を実施するための形態】

【0035】

詳細な説明

本発明の種々の実施形態が、本明細書に示され、説明されているが、そのような実施形態が、実施例としてのみ提供されることが、当業者に明白となるであろう。多数の変形例、変更、および代用が、本発明から逸脱することなく、当業者に想起され得る。本明細書に説明される本発明の実施形態に対する種々の代替が、採用され得ることを理解されたい。

40

【0036】

本明細書で使用されるような用語「資産」は、概して、処理パイプライン内の機器の単一部分（例えば、弁）を指す。

【0037】

本明細書で使用されるような用語「システム」は、概して、製造プロセスにおいて化学反応または物理的動作を実施する、サブシステムの集合を指す。システム間の関係は、線形であることができる。

【0038】

本明細書で使用されるような用語「サブシステム」は、概して、本プロセスにおいて材料上で生じる化学反応または物理的動作を実施する、資産の集合またはより小さいサブシ

50

ステムの集合を指す。サブシステム間の関係は、線形または階層的であることができる。

【 0 0 3 9 】

本明細書で使用されるような用語「プラットフォーム」は、概して、海床の真下から石油および天然ガスを探査し、抽出し、処理するための大型の沖合構造物を指す。

【 0 0 4 0 】

本明細書で使用されるような用語「プラント」は、概して、工業製造プロセスが生じる設備を指す。

【 0 0 4 1 】

本明細書で使用されるような用語「タグ」は、概して、資産上での測定値（例えば、圧力、温度、または流率）と関連付けられる、個々のデータ系列を指す。

10

【 0 0 4 2 】

本明細書で使用されるような用語「クラスタ」は、概して、単一のサブシステムと関連付けられるタグの相関する群を指す。

【 0 0 4 3 】

用語「少なくとも」、「～を上回る」、または「～を上回る、またはそれに等しい」が、一連の2つまたはそれを上回る数値の中の第1の数値に先行する度に、用語「少なくとも」、「～を上回る」、または「～を上回る、またはそれに等しい」は、その一連の数値の中の数値のそれぞれに適用される。例えば、「1、2、または3を上回る、またはそれに等しい」は、「1を上回る、またはそれに等しい」、「2を上回る、またはそれに等しい」、または「3を上回る、またはそれに等しい」と同等である。

20

【 0 0 4 4 】

用語「～以下」、「～未満」、または「～未満またはそれに等しい」が、一連の2つまたはそれを上回る数値の中の第1の数値に先行する度に、用語「～以下」、「～未満」、または「～未満またはそれに等しい」は、その一連の数値の中の数値のそれぞれに適用される。例えば、「3、2、または1未満またはそれと等しい」は、「3未満またはそれと等しい」、「2未満またはそれと等しい」、または「1未満またはそれと等しい」と同等である。

【 0 0 4 5 】

本開示は、処理パイプラインのシステムまたはサブシステム内の異常を予測および検出し、処理パイプラインの信頼性を改良するためのシステム、方法、およびコンピュータプログラム製品を提供する。本明細書に説明されるような例示的システムは、サブシステムの動作性能を示す、第1の複数のタグを決定することができる。第1の複数のタグは、サブシステム内のセンサ、およびサブシステム内にはないが、それにもかかわらず、サブシステムの動作性能を示す、センサからの時系列データであってもよい。本システムは、例えば、クラスタリングアルゴリズムを使用することによって、第1の複数のタグが、サブシステムの動作性能を示すことを決定することができる。タグを決定することは、特徴選択動作と見なされ得る。

30

【 0 0 4 6 】

本システムは、オートエンコーダを使用して、第1の複数のタグの測定値を処理することができる。オートエンコーダは、測定値から、縮小次元出力または圧縮された出力を発生させるように構成される、エンコーダと、第1の複数のタグの推定値を発生させるように構成される、デコーダとを有することができる。オートエンコーダは、第1の複数のタグの履歴値に基づいて訓練されることができる。

40

【 0 0 4 7 】

本システムは、オートエンコーダに提供される第1の複数のタグの測定値とオートエンコーダによって発生される第1の複数のタグの推定値との間に、差異が存在するかどうかを決定することができる。測定値および推定値が、同一である、または類似する場合、本システムは、サブシステムが、異常を被っていないことを決定してもよい。他方において、本システムが、測定値と推定値との間の差異が、閾値を充足すると決定した場合、本システムは、サブシステムが異常を被っていると決定してもよい。本システムは、アプリケ

50

ーション（例えば、ウェブアプリケーション、モバイルアプリケーション、または専用のソフトウェアプログラム）を有する1つまたはそれを上回るコンピューティングデバイスに、システムがそのような異常を被っていることを示す、アラートを伝送することができる。アプリケーションは、ユーザ、例えば、技師または運用管理者が、アラートを監視し、調査すること、アラートに関する措置アイテムを追跡するための事例を発生させ、アラートの基礎となる機能不全に対処するための作業指示を発生させることを可能にすることができる。

【0048】

図1は、異常を予測および検出するためのシステムを図式的に図示する。本システムは、処理パイプライン100を有することができる。処理パイプライン100は、製造施設、例えば、プラントの中に位置することができる。代替として、処理パイプライン100は、導管によって接続される、異なる場所内の資産内に分散されることができる。処理パイプライン100は、1つまたはそれを上回る未加工材料から1つまたはそれを上回る製品を生産するように構成されることができる。処理パイプライン100は、バッチ、半バッチ、または連続プロセスを実装することができる。バッチプロセスは、明確な数量の製品を生産する、プロセスであり得る。連続プロセスは、不明確な量の製品を生産しながら、未加工材料を持続的に消費する、プロセスであり得る。

10

【0049】

処理パイプライン100は、石油およびガス処理パイプラインであり得る。代替として、処理パイプライン100は、化学または材料合成パイプライン（例えば、塗料、肥料、繊維製品、ゴム、鋼鉄、またはアルミニウムの合成のためのパイプライン）、薬物合成パイプライン、または食品または飲料物生産パイプラインであることができる。

20

【0050】

処理パイプライン100は、システム111を有してもよい。システム111は、サブシステム112と、サブシステム116とを有してもよい。各サブシステムは、資産、例えば、機器（描写されず）およびセンサの個々の構成要素または一部を有してもよい。石油およびガス処理パイプライン内のシステムのある実施例は、原油蒸留ユニットである。原油蒸留ユニットは、コーカと、水素添加分解装置と、触媒コンバータと、水素化処理装置と、改質装置と、脱硫器サブシステムとを含み得、各サブシステムは、資産を有し得る。処理パイプライン100は、単一のシステムのみを有するものとして描写されているが、処理パイプライン100は、それぞれ、複数のサブシステムを伴う複数のシステムを有することができる。

30

【0051】

処理パイプライン100内のセンサは、時系列データを発生させるセンサであってもよい。センサは、温度計、圧力ゲージ、流量計、加速度計、磁気計、および同等物であってもよい。そのような時系列データに加えて、センサは、メタデータ、例えば、システム111またはサブシステム112および166内のセンサの場所についてのデータを発生させることができる。センサは、少なくとも約0.1Hz、0.2Hz、0.3Hz、0.4Hz、0.5Hz、1Hz、5Hz、10Hz、100Hz、1,000Hz、10,000Hz、100,000Hz、またはそれを上回る率においてデータを収集することができる。処理パイプライン100内のセンサは、異常の予測および検出を実装する1つまたはそれを上回るコンピューティングデバイスに、本開示において「タグ」と称される時系列データを伝送することができる。処理パイプライン100は、6つのみのセンサを有するものとして描写されているが、これは、数万個ものセンサを有することができる。

40

【0052】

図1のシステムは、訓練サブシステム120を有し得る。訓練サブシステム120は、機械学習モデルを訓練し、異常を予測および検出するように構成されてもよい。

【0053】

訓練サブシステム120は、クラスタモジュール122を有してもよい。クラスタモジュール122は、クラスタリングアルゴリズムを訓練および実行し、処理パイプライン1

50

00内のサブシステムの動作性能を示す、センサ113 - 115および117 - 119からのタグの群を決定するように構成されてもよい。タグの各群は、特定のサブシステムの動作性能と相関されることができる。

#### 【0054】

クラスタリングアルゴリズムは、階層クラスタリングアルゴリズムであってもよい。階層クラスタリングアルゴリズムは、オブジェクトを、他のオブジェクトに対するそれらの近接度に基づいてクラスタリングする、クラスタリングアルゴリズムである。例えば、階層クラスタリングアルゴリズムは、それらのセンサの他のセンサおよび関連のあるサブシステムに対する物理的近接度に基づいて、処理パイプライン100からのタグをクラスタリングすることができる。クラスタリングアルゴリズムは、代替として、重心ベースのクラスタリングアルゴリズム、例えば、k平均クラスタリングアルゴリズムであってもよい。k平均クラスタリングアルゴリズムは、n個の観察値をk個のクラスタにパーティション化することができる（各観察値は、最も近い平均値を伴うクラスタに属する）。平均値は、クラスタに関するプロトタイプとしての役割を果たし得る。処理パイプライン100からのタグの文脈において、k平均クラスタリングアルゴリズムは、相互と相関される、タグの明確に異なる群を発生させることができる。その後、タグの各群は、そのサブシステムについての以前の知識、例えば、サブシステム内のセンサについての知識に基づいて、特定のサブシステムと関連付けられることができる。クラスタリングアルゴリズムは、代替として、分散ベースのクラスタリングアルゴリズム、例えば、ガウス混合モデルまたは期待値最大化アルゴリズムであることができる。クラスタリングモジュール122が実装し得る、他のクラスタリングアルゴリズムの実施例は、コサイン類似度アルゴリズム、トポロジデータ分析アルゴリズム、およびノイズを伴う用途の階層密度ベースの空間クラスタリング(HDB-SCAN)である。

#### 【0055】

訓練サブシステム120は、加えて、オートエンコーダ訓練モジュール124を有することもできる。オートエンコーダ訓練モジュール124は、オートエンコーダ132を訓練するために使用されることができる。オートエンコーダ訓練モジュール124は、選択されたサブシステムの動作性能を示す、タグの履歴値に基づいて、オートエンコーダ132を訓練することができる。履歴タグは、サブシステムの正常動作の間、例えば、サブシステム内で故障が生じなかった期間内に収集される、タグであることができる。正常タグに基づいてオートエンコーダ132を訓練することは、オートエンコーダ132が、「正常な」特徴を表すパラメータを有することをもたらすことができる。図1は、単一のオートエンコーダのみを描写しているが、本システム内の各サブシステムは、その特定のサブシステムの動作性能を示すタグの履歴値に基づいて訓練され得る、その独自のオートエンコーダを有してもよい。

#### 【0056】

オートエンコーダ132は、処理パイプライン100内の特定のサブシステムの動作性能を示すと決定された、第1の複数のタグの測定値をエンコードする、エンコーダ133を有することができる。オートエンコーダ132はまた、測定値を再構築するように試みる、デコーダ134を有することもできる。訓練データを表す測定値を与えられると、オートエンコーダ132は、測定値に類似する、またはそれと同等である、推定値を発生させることができる。しかしながら、異常な測定値を与えられると、オートエンコーダ132は、不十分な再構築値を生産し得る。

#### 【0057】

オートエンコーダ132は、ニューラルネットワークであり得る。一般に、ニューラルネットワークは、複数の層の動作を採用し、1つまたはそれを上回る入力から1つまたはそれを上回る出力を予測し得る。ニューラルネットワークは、入力層と出力層との間に据え付けられる、1つまたはそれを上回る隠れ層を含み得る。各層の出力は、別の層、例えば、次の隠れ層または出力層への入力として使用されてもよい。ニューラルネットワークの各層は、層への入力に関して実施されるべき1つまたはそれを上回る変換動作を規定し

10

20

30

40

50

てもよい。そのような変換動作は、ニューロンと称され得る。特定のニューロンの出力は、バイアスを用いて調節され、活性化関数、例えば、正規化線形ユニット（ReLU）またはシグモイド関数によって乗算される、ニューロンへの入力加重和であり得る。ニューラルネットワークを訓練することは、入力を訓練されていないニューラルネットワークに提供し、予測される出力を発生させることと、予測される出力を予期される出力と比較することと、予測される出力と予期される出力との間の差異を考慮するようにアルゴリズムの加重およびバイアスを更新することとを伴ってもよい。具体的には、コスト関数が、予測される出力と予期される出力との間の差異を計算するために使用されてもよい。ネットワークの加重およびバイアスに関してコスト関数の導関数を算出することによって、加重およびバイアスは、コスト関数を最小限化するように複数のサイクルにわたって反復的に調節されることができる。訓練は、予測される出力が、小規模の計算されたコストを取得すること等の収束条件を満たすと、完了することができる。

10

## 【0058】

ニューラルネットワークは、教師あり学習プロセスまたは教師なし学習プロセスを使用して訓練されることができる。教師あり学習では、ニューラルネットワークへの訓練入力が、標識される。すなわち、訓練入力は、既知の出力を有する。対照的に、教師なし学習では、訓練入力は、標識されない。オートエンコーダ訓練モジュール124は、教師なし学習プロセスを実装し、オートエンコーダ132を訓練することができるが、オートエンコーダ132への入力は、オートエンコーダ132の所望の出力が、入力にすぎないため、標識される必要はない。

20

## 【0059】

オートエンコーダ132は、フィードフォワードニューラルネットワーク、すなわち、ニューロン間の前方接続のみを伴う、ニューラルネットワークであることができる。代替として、オートエンコーダ132は、リカレントニューラルネットワーク（「RNN」）であることができる。RNNは、時系列データ内の依存性をエンコードし得る、循環接続を有することができる。RNNは、時系列入力のシーケンス、例えば、処理パイプライン100内のセンサからの時系列タグを受信するように構成される、入力層を含むことができる。RNNはまた、状態を維持する、1つまたはそれを上回る隠れリカレント層を含むこともできる。時間ステップ毎に、各隠れリカレント層は、層に関して出力および次の状態を算出することができる。次の状態は、前の状態および現在の入力に依存し得る。状態は、時間ステップを横断して維持されることができ、入力シーケンスにおける依存性を捕捉することができる。そのようなRNNは、処理パイプライン100の時系列特徴をエンコードするために使用されることができる。

30

## 【0060】

RNNの一実施例は、長・短期記憶（LSTM）ユニットから作製され得る、LSTMネットワークである。LSTMユニットは、セル、入力ゲート、出力ゲート、および忘却ゲートから作製されることができる。セルは、入力シーケンス内の要素間の依存性を追跡することに関与し得る。入力ゲートは、新しい値がセルの中に流入する程度を制御し得、忘却ゲートは、値がセル内に留まる程度を制御することができ、出力ゲートは、セル内の値がLSTMユニットの出力アクティブ化を算出するために使用される程度を制御することができる。LSTMゲートのアクティブ化関数は、ロジスティック関数であり得る。

40

## 【0061】

推論サブシステム130は、訓練された後に、オートエンコーダ132を実装することができる。オートエンコーダ132に提供される第1の複数のタグの測定値とオートエンコーダ132によって発生される第1の複数のタグの推定値との間の差異が、閾値を超過する場合、第1の複数のタグと関連付けられるサブシステム内に、異常が、存在し得る。そのような場合には、本システムは、アプリケーション140に、アラートを伝送することができ、これは、下記により詳細に説明されるであろう。

## 【0062】

推論サブシステム130は、他のタイプの機械学習モデルを実装することができる。例

50

例えば、推論サブシステム 130 は、( i ) 異常が予測または検出される閾値を最適化する、( i i ) 異常と関連付けられる故障モードを予測する、または( i i i ) 是正措置を決定するように構成される、機械学習モデルを実装することができる。機械学習モデルは、教師あり、半教師あり、教師なし、または強化学習プロセスを使用して訓練されることができる。そのような機械学習モデルの実施例は、回帰アルゴリズム、決定木、サポートベクタマシン、ベイジアンネットワーク、ニューラルネットワーク(例えば、フィードフォワードニューラルネットワーク、CNN、RNN、および同等物)、クラスタリングアルゴリズム、強化学習アルゴリズム、および同等物である。

#### 【0063】

上記に述べられるように、図1のシステムは、加えて、アプリケーション140を含んでもよい。アプリケーション140は、モバイルアプリケーションまたはウェブアプリケーションであってもよい。アプリケーション140は、任意のタイプのコンピューティングデバイス、例えば、デスクトップまたはラップトップコンピュータ、電子タブレット、モバイルデバイス、または同等物上で使用されることができる。ユーザ、例えば、技師および運用管理者は、アプリケーション140を使用し、推論サブシステム130によって発生されるアラートおよび予測される故障モードを検閲し、異常の調査を追跡するための事例を発生させ、アラートの基礎となる任意の機能不全に対処するための作業指示を生成することができる。アプリケーション140は、後続の図を参照してより詳細に説明されるであろう。

#### 【0064】

図1のシステムおよびその構成要素は、1つまたはそれを上回るコンピューティングデバイス上に実装されることができる。コンピューティングデバイスは、サーバ、デスクトップまたはラップトップコンピュータ、電子タブレット、モバイルデバイス、または同等物であることができる。コンピューティングデバイスは、1つまたはそれを上回る場所に位置することができる。コンピューティングデバイスは、汎用目的プロセッサ、グラフィック処理ユニット(GPU)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、または同等物を有することができる。コンピューティングデバイスは、加えて、メモリ、例えば、動的または静的ランダムアクセスメモリ、読取専用メモリ、フラッシュメモリ、ハードドライブ、または同等物を有することもできる。メモリは、実行に応じて、コンピューティングデバイスに訓練サブシステム120、推論サブシステム130、またはアプリケーション140の機能性を実装させる命令を記憶するように構成されることができる。コンピューティングデバイスは、加えて、ネットワーク通信デバイスを有することもできる。ネットワーク通信デバイスは、コンピューティングデバイスが、ネットワークを経由して、相互および任意の数のユーザデバイス、例えば、アプリケーション140を起動するユーザデバイスと通信することを可能にすることができる。例えば、推論エンジン130は、アラート、予測される故障モード、および同等物を、アプリケーション140を起動するユーザデバイスに伝送することができる。ネットワークは、有線または無線ネットワークであることができる。例えば、ネットワークは、光ファイバネットワーク、Ethernet(登録商標)ネットワーク、衛星ネットワーク、セルラーネットワーク、Wi-Fi(登録商標)ネットワーク、Bluetooth(登録商標)ネットワーク、または同等物であることができる。他の実装では、コンピューティングデバイスは、インターネットを通してアクセス可能である、いくつかの分散型コンピューティングデバイスであることができる。そのようなコンピューティングデバイスは、クラウドコンピューティングデバイスと見なされ得る。

#### 【0065】

図2は、サブシステムの異常を予測し、異常に関するアラートを発生させ、異常の調査を追跡するための事例を発生させ、調査の間に識別される任意の故障を解決するための作業指示を課すための例示的プロセスのフローチャートである。本プロセスは、1つまたはそれを上回る場所における1つまたはそれを上回るコンピュータのシステムおよびアプリケーション、例えば、図1のアプリケーション140を使用する、1人またはそれを上回

10

20

30

40

50

るユーザによって実施されることができる。

【0066】

最初に、本システムは、サブシステム内の異常を予測または検出することができる(210)。予測は、定性的予測、定量的予測、または両方であり得る。定性的予測は、異常が規定された期間内に生じるであろうことの予測であり得る。定量的予測は、異常が規定された期間内に生じるであろう尤度を示す、数値リスクスコアであり得る。予測は、加えて、異常と関連付けられる、1つまたはそれを上回る予測される故障モードを含んでもよい。動作210は、図3を参照してより詳細に説明されるであろう。

【0067】

次いで、本システムは、任意の数のユーザデバイス上のアプリケーションに、サブシステムが異常を被っている、また被るであろうことを示す、アラートを伝送することができる(220)。アラートは、影響を及ぼされたシステムおよびサブシステムを識別し、定性的または定量的予測と、予測される故障モードと、予測または検出された異常に寄与したタグとを含むことができる。アラートは、アプリケーションを使用するユーザによるさらなる調査のための基礎としての役割を果たすことができる。

【0068】

最後に、アプリケーションを使用して、ユーザは、アラートを分析し、異常を調査し、解決するための事例および作業指示を生成し、管理することができる(230)。

【0069】

一実施例では、ユーザは、認定された検閲者にアラートを割り当てることができる。検閲者は、技師または運用管理者であってもよい。検閲者は、予測される故障モードに関するフィードバックを提供することができる。フィードバックは、テキストコメントであることができる。代替として、または加えて、検閲者は、予測される故障モードを否認または承認する、またはドロップダウンメニューから1つまたはそれを上回る新しい故障モードを選択することができる。ユーザが、予測される故障モードに関するフィードバックを提供しない場合、アプリケーションは、予測される故障モードが正しいと仮定してもよい。検閲者が、フィードバックを提供すると、本システムは、その後、アラートに関して講じられる全ての措置を追跡する事例を自動的に生成することができる。

【0070】

事例は、アラートと明確に異なり得る。事例の目的は、活動を追跡すること、ユーザを横断して調整すること、および協業を可能にすることであり得る。事例は、アラートとの1対1または一对多の関係を有することができる。すなわち、複数の関連するアラートがある場合には、1つの事例を用いて対処されることができる。事例は、他のユーザのタグ付けを通して、およびその事例と関連付けられる全てのユーザによる編集または閲覧のために利用可能である、コメントおよびアップロードされたファイルを通じた協業を可能にすることができる。アプリケーションは、ユーザが、ある事例に関して、以下の措置、すなわち、(1)検閲者に事例および基礎となるアラートを割り当てること、(2)その事例にコメントを追加すること、(3)別のユーザにタグ付けすること、(4)予測される故障モードに関してフィードバックを提供すること、(5)関連付けられる作業指示を生成すること、および(5)事例を終了または再開することを講じることを可能にすることができる。

【0071】

予測される故障モードに関してフィードバックを提供した後、検閲者は、後続の図を参照してより詳細に説明されるであろう、アプリケーション内のアラート分析ツールを使用して、アラートを調査することができる。手短かに述べると、検閲者は、アラート、例えば、欠陥のある構成要素の根本原因を識別するために特定のタグを審査することができる。審査官は、事例履歴の一部となり得るその発見についてのコメントを記録することができる。その調査の結果に基づいて、検閲者は、作業指示を生成することができる。作業指示が、完了すると、アプリケーションは、アラートおよび事例を自動的に終了することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 2 】

動作 2 3 0 の間に収集されたデータが、検出された異常に関する適切な是正措置を予測するように、機械学習アルゴリズムを訓練するために使用されることができる。例えば、特定の予測される異常、予測される異常を生じさせるタグ、およびユーザによって選択される、対応する故障モードが、教師あり機械学習アルゴリズムを訓練するための標識されたデータとしての役割を果たし得る。より多くの訓練データが、経時的に収集され、アルゴリズムに組み込まれるにつれて、アルゴリズムの性能が、改良され得る。

## 【 0 0 7 3 】

図 3 は、システムのサブシステム内の異常を予測するための例示的プロセスのフローチャートである。図 3 のプロセスは、1 つまたはそれを上回る場所における 1 つまたはそれを上回るコンピュータのシステムによって実施されることができる。例えば、図 1 の訓練サブシステム 1 2 0 および推論サブシステム 1 3 0 は、図 3 のプロセスを実施することができる。

10

## 【 0 0 7 4 】

第 1 の動作では、本システムは、サブシステムの動作性能を示す、第 1 の複数のタグを決定することができる ( 3 1 0 )。第 1 の複数のタグ内のタグは、( i ) サブシステム内のセンサ、および ( i i ) サブシステム内にはないが、それにもかかわらず、サブシステムの動作性能を示す、本システム内のセンサからの時系列データであることができる。例えば、タグは、サブシステムに入力を提供する、サブシステムから出力を受信する、または別様にサブシステムと相関される、別のサブシステムからのものであることができる。

20

## 【 0 0 7 5 】

本システムは、1 つまたはそれを上回る機械学習アルゴリズムを使用して、サブシステムの動作性能を示す、タグを決定することができる。例えば、本システムは、クラスタリングアルゴリズム、例えば、k 平均クラスタリングアルゴリズムを使用して、本システム内の全てのタグを処理し、第 1 の複数のタグを含む、タグの明確に異なる群を発生させることができる。各明確に異なる群内のタグは、相互または選択サブシステムの動作性能と相関されてもよい。動作 3 1 0 は、特徴選択動作と見なされることができる。動作 3 1 0 は、オフラインで、すなわち、処理パイプライン内に本システムを実装することに先立って実施されることができる。

## 【 0 0 7 6 】

第 2 の動作では、本システムは、オートエンコーダを使用して、第 1 の複数のタグ ( すなわち、サブシステムの動作を示すと決定される、タグ ) の測定値を処理することができる ( 3 2 0 )。測定値は、所定のルックバックホライズンに限定されることができる。所定のルックバックホライズンは、少なくとも約 1 秒、2 秒、3 秒、4 秒、5 秒、1 0 秒、3 0 秒、1 分、5 分、1 0 分、3 0 分、1 時間、5 時間、1 0 時間、1 5 時間、2 0 時間、1 日、5 日、1 0 日、またはそれを上回るものであることができる。本システムは、異常予測の正確度を最適化するようにルックバックホライズンを動的に調節することができる。ルックバックホライズンが、長すぎる場合、測定値は、無関係なデータを含んでいる場合がある。ルックバックホライズンが、短すぎる場合、測定値は、重要な文脈情報を欠いている場合がある。本システムは、本開示において説明される機械学習方法のうちのいずれかを使用し、ルックバックホライズンを最適化することができる。

30

40

## 【 0 0 7 7 】

オートエンコーダは、第 1 の複数のタグの測定値の縮小次元出力または圧縮された出力を発生させるように構成される、エンコーダを有することができる。オートエンコーダは、加えて、縮小次元出力または圧縮された出力から第 1 の複数のタグの推定値を発生させるように構成される、デコーダを有することもできる。オートエンコーダは、深層ニューラルネットワーク、例えば、フィードフォワードニューラルネットワーク、畳み込みニューラルネットワーク、リカレントニューラルネットワーク、または同等物であることができる。オートエンコーダは、第 1 の複数のタグの履歴値に基づいて訓練されることができる。ある場合には、履歴値は、サブシステムの正常動作の間、例えば、サブシステムが

50

異常を被らなかつた時間の期間内に収集されることができる。正常な履歴値に基づいてオートエンコーダを訓練することは、オートエンコーダが「正常な」特徴を表すパラメータを有することをもたらすことができる。訓練のために使用される履歴値を表す測定値を提供されると、オートエンコーダは、測定値に類似する、またはそれと同等である、推定値を発生させることができる。しかしながら、異常な測定値を提供されると、オートエンコーダは、不十分な推定値を生産し得る。

**【 0 0 7 8 】**

第3の動作では、本システムは、第1の複数のタグの測定値と第1の複数のタグの推定値との間の差異が閾値を充足するかどうかを決定することができる(330)。本システムが、差異が、閾値を充足していないと決定する場合、これは、サブシステムの動作性能が正常であること、例えば、サブシステムが異常を被っていないこと、サブシステムが、正常なパラメータ内で動作していること、またはサブシステムが質の高い製品を生産していることを示し得る。他方において、本システムが、差異が、閾値を充足すると決定した場合、これは、サブシステムが異常を被っていることを示し得る。

10

**【 0 0 7 9 】**

ある場合には、本システムは、差異が閾値を充足するかどうかを決定することに先立って、タグの測定値および推定値に加重処理を適用することができる。本システムは、一部のタグが、他のものよりサブシステムの動作性能と高度に相関され得るため、そうし得る。本システムは、そのようなタグに、サブシステムの動作性能とあまり高度に相関されないタグより大きい加重処理を適用することができる。

20

**【 0 0 8 0 】**

本システムは、新しいデータが利用可能な状態になり、新しい異常が生じるにつれて、システムの動作の間に閾値を動的に調節することができる。例えば、本システムは、本システムが、ユーザによって誤検出として分類される、1つまたはそれを上回る異常を予測または検出した場合、閾値をより低くすることができる。他方では、本システムは、本システムが異常を予測または検出することに失敗した場合、閾値をより高くすることができる。本システムは、本明細書に説明される機械学習方法のうちのいずれかを使用し、閾値を最適化することができる。

**【 0 0 8 1 】**

第4の動作では、本システムは、差異が閾値を充足する場合、本システムが異常を被っていることを示す、アラートを伝送することができる(340)。アラートは、加えて、数値リスクスコアを含むことができる。数値リスクスコアは、予測される異常の重大度を示し得る。数値リスクスコアは、少なくとも部分的に、(i)第1の複数のタグの測定値と第1の複数のタグの推定値との間の差異の大きさ、または(ii)差異が閾値を超過する量に基づくことができる。アラートは、加えて、アラートに寄与したタグのリストと、各タグが寄与した量と、ルックバックウィンドウにわたるタグの値とを含むことができる。アラートは、加えて、アラートと関連付けられる、予測される故障モードも含むことができる。本システムは、例えば、機械学習分類器または本明細書に説明される他の機械学習方法のうちのいずれかを使用して、そのような故障モードを予測することができる。

30

**【 0 0 8 2 】**

アラートは、電子メールまたはテキストメッセージであることができる。代替として、または加えて、アラートは、モバイルアプリケーションまたはウェブアプリケーション、例えば、図1のアプリケーション140内での通知であることができる。アラートは、アラートと関連付けられる、定量的リスクスコア、リスク閾値、アラートと関連付けられるシステムおよびサブシステム、およびアラートが発生された日時を規定することができる。後続の図においてより詳細に説明されるであろうように、アプリケーションは、ユーザがアラートの調査を実施することを可能にするように構成されることができる。

40

**【 0 0 8 3 】**

ある場合には、第1の複数のタグの測定値と第1の複数のタグの推定値との間の差異が、全体として、閾値を充足するかどうかを決定することに加えて、本システムは、個々の

50

測定値と推定値との間の差異が対応するタグに関する個々の閾値を充足するかどうかを決定し、該当する場合、それを示すアラートを伝送することができる。これは、ユーザに、まだ異常を生じさせていない可能性のある不規則的なデータ点をアラートすることができる。

(ユーザインターフェース)

【0084】

図4 - 図18は、ユーザがアラートを調査し、そのようなアラートと関連付けられる事例およびワードオーダーを発生させ、管理することを可能にし得る、アプリケーションのユーザインターフェースを示す。

【0085】

図4は、アプリケーションのホーム画面を示す。ホーム画面は、監視されている処理パイプラインに関連する主要業績評価指標(「KPI」)を表示することができる。KPIは、未処理(例えば、未解決の)アラート、計画外のサブシステムイベント、保守予算に対する保守費用、およびプラント稼働時間の総数を、全て選択された期間にわたって含み得る。ホーム画面は、時間の関数として、未処理アラート、計画外のサブシステムイベント、およびプラント稼働時間の総数をグラフ内に表示することができる。

【0086】

ホーム画面は、加えて、処理パイプライン内の最高優先度のアラートを示すグリッドを表示することもできる。グリッド内の各行は、異なるアラートに対応することができる。図1の推論サブシステム130は、図3のプロセスを実施することによって、アラートを発生させ、アプリケーションに伝送することができる。グリッド内の列は、各アラートの名称、起点のサブシステム、定性的リスクスコア(例えば、低、中、または高)、数値リスクスコア、発生の日時、およびステータス(例えば、事例生成、未処理等)を示すことができる。数値リスクスコアは、例えば、100が、最高リスクの異常を示す、0~100の範囲に及ぶことができる。数値リスクスコアは、色分けされ、対応する異常の予測される重大度を示すことができる。例えば、最も重度の異常は、赤色のリスクスコアを有し得る一方、あまり重度ではない異常は、黄色のリスクスコアを有し得る。

【0087】

ホーム画面は、加えて、最も多くのアラートを引き起こしている処理パイプライン内のシステムを示す、スタックされた棒グラフを表示することもできる。各棒内のアラートは、色分けされ、各定性的リスクカテゴリ(例えば、低、中、または高)内の各棒の数を示すことができる。スタックされた棒グラフは、昨日、先週、先月、過去3ヶ月、過去6ヶ月、過去1年、またはそれを上回る期間内に最も多くのアラートを引き起こしている処理パイプライン内のシステムを示すように構成されることができる。

【0088】

ホーム画面は、加えて、処理パイプライン内の最高優先度の事例を示す、グリッドを表示することもできる。グリッド内の各行は、異なる事例に対応することができる。アプリケーションまたはユーザは、アラートに応答して事例を発生させることができる。グリッド内の列は、各事例の名称、起点のサブシステム、優先度、ステータス(例えば、検閲中、割り当て済等)、担当者(例えば、事例を解決するために割り当てられた人)、生成日、および最後の活動日を示すことができる。事例は、担当者によって優先度を割り当てられることができる。代替として、アプリケーションは、多数の要因に基づいて、事例に優先度を自動的に割り当てることができる。例えば、アプリケーションは、処理パイプラインに対する基礎となるサブシステムの重要性、異常の重大度、および異常を解決するための推定される経費および時間を考慮することができる。

【0089】

上記に説明されるグリッドは、任意の列によって、アルファベット順または数値順にソートされることができる。

【0090】

ホーム画面は、加えて、ユーザがアラート画面、事例画面、システム画面、分析画面、

10

20

30

40

50

および設定画面をナビゲートすることを可能にし得る、ナビゲーションバーを有することもできる。

【0091】

図5は、アラート画面を示す。ユーザは、ナビゲーションバー内のアラートアイコンを選択することによって、アラート画面を開放することができる。アラート画面は、ユーザが処理パイプライン内の処理パイプラインを検索し、フィルタリングすることを可能にすることができる。ユーザは、その自身のアラート（例えば、ユーザに割り当てられたアラート、ユーザが協業しているアラート、またはユーザが言及されているアラート）または処理パイプライン内の全てのアラートを閲覧することができる。

【0092】

アラート画面は、概観ウィンドウを有することができる。概観ウィンドウは、ユーザのためのアラートまたは処理パイプライン内のアラートの総数を表示することができる。概観ウィンドウは、加えて、高リスクアラート、中リスクアラート、および低リスクアラートの数を表示することもできる。

【0093】

アラート画面は、検索バーを有することができる。検索バーは、ユーザがキーワードによってアラートを検索することを可能にすることができる。アラート画面はまた、フィルタリングウィンドウを有することもできる。フィルタリングウィンドウは、ユーザがキーワード検索の結果として返されるアラートをフィルタリングすることを可能にすることができる。ユーザは、ステータス（例えば、未処理、事例生成、または終了済）、トリガされた日付、起点のシステムまたはサブシステム、またはアラートの定性的リスクカテゴリによって、アラートをフィルタリングすることができる。

【0094】

アラート画面は、検索およびフィルタリング基準を充足する、アラートのグリッドを表示することができる。グリッド内の各行は、異なるアラートに対応することができる。グリッド内の列は、各アラートの名称、起点のサブシステム、定性的リスクスコア（例えば、低、中、または高）、数値リスクスコア、発生の日時、およびステータス（例えば、事例生成、未処理等）を示すことができる。

【0095】

図6は、アラート詳細画面を示す。アラート詳細画面は、特定のアラートについてのより詳細な情報を表示することができる。アラート詳細画面は、アラートの名称、起点のそのサブシステム、その定性的リスクスコア、その現在の定量的リスクスコアおよび経時的な定量的リスクスコア、これがトリガされた日付、およびそのステータス（例えば、新）を表示する、概観ウィンドウを有することができる。概観ウィンドウは、加えて、ユーザによって選択されると、事例または作業指示を発生させるように構成される、ボタンを有することもできる。

【0096】

アラート詳細画面は、アラートに寄与するタグのグリッドを表示することができる。グリッド内の各行は、異なるタグに対応することができる。グリッド内の列は、各タグの名称（例えば、温度、圧力、振動等）、各タグがアラートに寄与する量、およびアラートが発生されたときの各タグの値を示し得る。ユーザは、各タグを拡大し、タグと関連付けられるデータ品質アラートおよび閾値アラートを明らかにすることができる。データ品質アラートは、タグと関連付けられるセンサからのデータが、喪失または破損されたことを示すことができる。閾値アラートは、タグと関連付けられるセンサからのデータ値が、閾値を超過することを示し得る。

【0097】

アラート詳細画面は、加えて、アラートと関連付けられる最も一般的な故障モードを表示し、ユーザがアラートを解決することを補助することができる。

【0098】

図7は、事例画面を示す。事例画面は、ユーザが処理パイプライン内の事例を検索およ

10

20

30

40

50

びフィルタリングすることを可能にすることができる。事例は、事例が、調査の協業および追跡可能性をサポートし得る一方、アラートは、単に通知の方法であり得る点で、アラートと明確に異なり得る。加えて、いくつかの状況では、アラートと事例との間に、1対1対応が存在しない場合がある。例えば、1つの事例が、多くの関連するアラートを解決するために使用されてもよい。

**【0099】**

事例画面は、形態がアラート画面に類似することができる。事例画面は、ユーザが処理パイプライン内の事例を検索およびフィルタリングすることを可能にすることができる。ユーザは、その自身の事例（例えば、ユーザに割り当てられた事例、ユーザが協業している事例、またはユーザが言及されている事例）または処理パイプライン内の全ての事例を閲覧することができる。

10

**【0100】**

事例画面は、検索バーを有することができる。検索バーは、ユーザがキーワードによって事例を検索することを可能にすることができる。事例画面はまた、フィルタリングウィンドウを有することもできる。フィルタリングウィンドウは、ユーザがキーワード検索の結果として返される事例をフィルタリングすることを可能にすることができる。ユーザは、ステータス（例えば、未割り当て、割り当て済、検閲中、終了済）、生成された日付、起点のシステムまたはサブシステム、または担当者によって、事例をフィルタリングすることができる。

**【0101】**

事例画面は、検索およびフィルタリング基準を充足する事例のグリッドを表示することができる。グリッド内の各行は、異なる事例に対応することができる。グリッド内の列は、各事例の名称、起点のサブシステム、ステータス、担当者、およびその事例（例えば、割り当てられた事例、追加されたコメント、アップロードされた添付物、変更された優先度等）に関して講じられた最後の活動の日付および内容を示すことができる。

20

**【0102】**

図8は、事例詳細画面を示す。事例詳細画面は、ユーザが特定の事例を取り扱うための協業および調査作業空間を提供することができる。

**【0103】**

事例詳細画面は、概観ウィンドウを表示することができる。概観ウィンドウは、事例の名称、その事例と関連付けられるシステムおよびサブシステム、その事例に関する最後の活動の日付、（例えば、事例が開始されるとき、ユーザによって手動で定義されるような）事例の優先度、事例のステータス（例えば、アラート未処理、事例生成、作業指示生成、作業指示完了、事例終了）、および事例に関する協業者（例えば、事例の所有者、および事例に関して言及またはコメントしている他のユーザ）を示すことができる。概観ウィンドウはまた、ユーザが事例に関する作業指示を生成する、事例を終了する、または事例の優先度を編集することを可能にするように構成される、措置ボタンを有することもできる。

30

**【0104】**

事例詳細画面は、加えて、事例と関連付けられる措置のグリッドを表示することもできる。グリッド内の各行は、異なる措置に対応することができる。各行は、その措置を講じた協業者、措置の概要、添付物（例えば、マークアップされた回路図、事例と関連付けられるサブシステムの写真等）のリスト、および措置が講じられた時間を示すことができる。

40

**【0105】**

事例詳細画面は、加えて、アラート概要ウィンドウを表示することもできる。アラート概要ウィンドウは、アラートに寄与した上位3つのタグ、アラートの結果としてリスクに曝され得るシステムまたはサブシステム、アラートが発生された日付、アラートの定量的リスクスコア、および一般的にはそのタイプのアラートと関連付けられる、示唆される故障モードのリストを示すことができる。示唆される故障モードのリストは、ユーザが示唆される故障モードを承認または否認する、示唆される故障モードに関するフィードバック

50

を提供する、またはドロップダウンリストから新しい故障モードを追加することを可能にするように構成されることができる。

【0106】

図9は、サブシステム詳細画面のサブシステム分析タブを示す。サブシステム詳細画面は、ユーザに処理パイプラインまたは設備内の単一のサブシステム上に焦点を当てるための機能性を提供することができる。サブシステム詳細画面は、経時的なサブシステムの定量的リスクスコア、履歴アラート、事例、および本システムと関連付けられる作業指示を表示することができる。

【0107】

サブシステム分析タブは、サブシステムに関する定量的リスクスコアに寄与するタグのグリッドを表示することができる。グリッド内の各行は、異なるタグに対応することができる。グリッド内の列は、選択された期間にわたる定量的リスクスコアに対する各タグの最小、最大、および平均寄与、およびタグの直近の測定値を示すことができる。

10

【0108】

サブシステム分析タブは、加えて、経時的なサブシステムの定量的リスクスコアへの上位3つのタグの寄与を示す、チャートを表示することもできる。チャートに隣接するフィルタリングウィンドウは、ユーザがチャート内に表示されるタグを選択することを可能にすることができる。例えば、ユーザは、表示されるべきタグおよびそれらを表示するための期間を規定することができる。

【0109】

図10は、サブシステム詳細画面の事例タブを示す。描写されていないが、サブシステム詳細画面は、加えて、アラートタブと、ワードオーダータブとを有することができる。これらのタブは、ユーザが、特定のサブシステムの事例、アラート、および作業指示を検索し、フィルタリングし、表示することを可能にすることができる。これらのタブは、事例、アラート、およびワードオーダーが特定のサブシステムに限定されることを除いて、前述の画面に類似し得る。

20

【0110】

図11は、サブシステム詳細画面のクラスタタブを示す。クラスタタブは、例えば、図3を参照して説明される教師なしクラスタリング方法を実施することによって、本システムによってサブシステム定量的リスクスコアに関連するものとして識別されているタグを表示することができる。

30

【0111】

図12は、サブシステム詳細画面のサブシステム図タブを示す。サブシステム図タブは、サブシステムの略図を示すことができる。略図は、静的、例えば、画像であることができる、またはこれは、動的、例えば、トラバース可能なリンクを伴う双方向モデルであることができる。

【0112】

図13は、アプリケーションのシステム画面を示す。システム画面は、アプリケーションのユーザに処理パイプライン内の全てのシステムの統合されたビューを提供することができる。システム画面は、別個の行内に各システムを表示する、グリッドを含むことができる。グリッド内の列は、各システムの定量的リスクスコア、システム毎のアクティブなアラートの数、システム毎の未処理事例の数、およびシステムの場所を示すことができる。

40

【0113】

システム画面内の概要ウィンドウは、加えて、アラートを有するシステムまたはサブシステムの数を示すこともできる。

【0114】

図14は、システム詳細画面のサブシステムタブを示す。サブシステムタブは、各サブシステムの(i)定量的リスクスコア、アクティブなアラートの数、未処理事例の数、およびそのサブシステムに関する最後の活動(例えば、アラート生成、事例開始、アラート終了、事例終了、作業指示生成等)を含む、本システム内のサブシステムについてのより

50

詳細な情報を示すことができる。

【 0 1 1 5 】

図 1 5 は、システム詳細画面のサブシステムアラートタブを示す。サブシステムアラートタブは、本システムの種々のサブシステム内のアラートについてのより詳細な情報を示すことができる。

【 0 1 1 6 】

図 1 6 は、システム詳細画面のサブシステム事例タブを示す。サブシステム事例タブは、本システムの種々のサブシステムと関連付けられる事例についてのより詳細な情報を示すことができる。

【 0 1 1 7 】

図 1 7 は、システム詳細画面の作業指示タブを示す。作業指示タブは、システムの種々のサブシステムと関連付けられる作業指示についてのより詳細な情報を示すことができる。

【 0 1 1 8 】

図 1 8 は、アプリケーションのデータ分析画面を示す。データ分析画面は、ユーザに、アプリケーション事例の範囲内の任意のメトリックまたは時間、例えば、タグ、サブシステムの定量的リスクスコア、システムの定量的リスクスコア、または同等物をプロットするための機能性を提供することができる。

【 0 1 1 9 】

図 1 9 は、アプリケーション内で処理パイプラインを表すために使用され得る、モデルを図式的に図示する。モデルは、種々の材料、資産、プロセス、データ、および同等物の抽象表現であることができる。モデルは、階層的な方式において配列されることができる。例えば、複数のプロセスステップモデルが、直列または並列に配列され、製造プロセスを表すことができる。別の実施例として、資産モデルが、ともに組み合わせられ、サブシステムを表すことができ、サブシステムモデルが、ともに組み合わせられ、システムを表すことができる。材料モデルおよびデータモデルは、それぞれ、プロセスステップまたは製造プロセスモデルの入力および出力を表すことができる。モデルは、フィールドおよび関数によって定義されることができる。フィールドおよび関数の値が、モデルが表す特定の材料、資産、プロセスおよびデータを規定することができる。

( コンピュータシステム )

【 0 1 2 0 】

本開示は、本開示の方法を実装するようにプログラムされる、コンピュータシステム 2 0 0 1 を提供する。図 2 0 は、図 1 のシステムを実装するようにプログラムされる、または別様に構成される、コンピュータシステム 2 0 0 1 は、ユーザの電子デバイスまたは電子デバイスに対して遠隔に位置するコンピュータシステムであることができる。電子デバイスは、モバイル電子デバイスであることができる。

【 0 1 2 1 】

コンピュータシステム 2 0 0 1 は、シングルコアまたはマルチコアプロセッサ、または並列処理のための複数のプロセッサであり得る、中央処理ユニット ( CPU、また、本明細書では、「プロセッサ」および「コンピュータプロセッサ」 ) 2 0 0 5 を含む。コンピュータシステム 2 0 0 1 はまた、メモリまたはメモリ場所 2 0 1 0 (例えば、ランダムアクセスメモリ、読取専用メモリ、フラッシュメモリ) と、電子記憶ユニット 2 0 1 5 (例えば、ハードディスク) と、1 つまたはそれを上回る他のシステムと通信するための通信インターフェース 2 0 2 0 (例えば、ネットワークアダプタ) と、キャッシュ、他のメモリ、データ記憶装置、および / または電子ディスプレイアダプタ等の周辺デバイス 2 0 2 5 とを含む。メモリ 2 0 1 0、記憶ユニット 2 0 1 5、インターフェース 2 0 2 0、および周辺デバイス 2 0 2 5 は、マザーボード等の通信バス (実線) を通じて CPU 2 0 0 5 と通信する。記憶ユニット 2 0 1 5 は、データを記憶するためのデータ記憶ユニット (またはデータリポジトリ) であり得るコンピュータシステム 2 0 0 1 は、通信インターフェース 2 0 2 0 の助けを借りてコンピュータネットワーク (「ネットワーク」) 2 0 3 0 に

10

20

30

40

50

動的に結合されることができる。ネットワーク 2030 は、インターネット、イントラネットおよび/またはエクストラネット、またはインターネットと通信するイントラネットおよび/またはエクストラネットであり得る。ネットワーク 2030 は、ある場合には、電気通信および/またはデータネットワークである。ネットワーク 2030 は、クラウドコンピューティング等の分散コンピューティングを可能にし得る、1つまたはそれを上回るコンピュータサーバを含むことができる。ネットワーク 2030 は、ある場合には、コンピュータシステム 2001 の助けを借りて、コンピュータシステム 2001 に結合されるデバイスが、クライアントまたはサーバとして挙動することを可能にし得る、ピアツーピアネットワークを実装することができる。

#### 【0122】

CPU 2005 は、プログラムまたはソフトウェア内で具現化され得る、機械可読命令のシーケンスを実行することができる。命令は、メモリ 2010 等のメモリ場所内に記憶されてもよい。命令は、CPU 2005 にダイレクトされることができ、これは、続けて、本開示の方法を実装するように CPU 2005 をプログラムまたは別様に構成することができる。CPU 2005 によって実施される動作の実施例は、フェッチ、デコード、実行、およびライトバックを含むことができる。

#### 【0123】

CPU 2005 は、集積回路等の回路の一部であり得る。システム 2001 の1つまたはそれを上回る他のコンポーネントが、回路内に含まれることができる。ある場合には、回路は、特定用途向け集積回路 (ASIC) である。

#### 【0124】

記憶ユニット 2015 は、ドライバ、ライブラリ、および保存されたプログラム等のファイルを記憶することができる。記憶ユニット 2015 は、ユーザデータ、例えば、ユーザ選好およびユーザプログラムを記憶することができる。コンピュータシステム 2001 は、ある場合には、イントラネットまたはインターネットを通してコンピュータシステム 2001 と通信する遠隔サーバ上に位置する、コンピュータシステム 2001 の外部にある、1つまたはそれを上回る付加的データ記憶ユニットを含むことができる。

#### 【0125】

コンピュータシステム 2001 は、ネットワーク 2030 を通して1つまたはそれを上回る遠隔コンピュータシステムと通信することができる。例えば、コンピュータシステム 2001 は、ユーザの遠隔コンピュータシステム (例えば、図 1 のアプリケーション 140 を起動するユーザデバイス) と通信することができる。遠隔コンピュータシステムの実施例は、パーソナルコンピュータ (例えば、ポータブル PC)、スレートまたはタブレット PC (例えば、Apple (登録商標) iPad (登録商標)、Samsung (登録商標) Galaxy Tab)、電話、スマートフォン (例えば、Apple (登録商標) iPhone (登録商標)、Android 対応デバイス、Blackberry (登録商標))、または携帯情報端末を含む。ユーザは、ネットワーク 2030 を介してコンピュータシステム 2001 にアクセスすることができる。

#### 【0126】

本明細書に説明されるような方法は、例えば、メモリ 2010 または電子記憶ユニット 2015 上等、コンピュータシステム 2001 の電子記憶場所上に記憶される、機械 (例えば、コンピュータプロセッサ) 実行可能コードを用いて実装されることができる。機械実行可能または機械可読コードが、ソフトウェアの形態において提供されることができる。使用の間、コードは、プロセッサ 2005 によって実行されることができる。ある場合には、コードは、記憶ユニット 2015 から読み出され、プロセッサ 2005 による迅速なアクセスのためにメモリ 2010 上に記憶されることができる。いくつかの状況では、電子記憶ユニット 2015 は、除外されることができ、機械実行可能命令は、メモリ 2010 上に記憶される。

#### 【0127】

コードは、事前コンパイルされ、コードを実行するように適合されるプロセッサを有す

10

20

30

40

50

る機械との併用のために構成されることができ、またはこれは、ランタイムの間にコンパイルされることができ、コードは、コードが事前コンパイルされた様式またはコンパイル直後の方式で実行されることを可能にするように選択され得る、プログラミング言語で供給されることができ。

#### 【0128】

コンピュータシステム2001等の本明細書に提供されるシステムおよび方法の側面は、プログラミングにおいて具現化されることができ、本技術の種々の側面は、典型的には、あるタイプの機械可読媒体上で搬送される、またはそれにおいて具現化される機械（またはプロセッサ）実行可能コードおよび/または関連付けられるデータの形態における「製品」または「製造品」と考えられ得る。機械実行可能コードは、メモリ（例えば、読取専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、フラッシュメモリ）またはハードディスク等の電子記憶ユニット上に記憶されることができ、「記憶」タイプ媒体は、ソフトウェアプログラミングのために任意の時点で非一過性記憶を提供し得る、コンピュータ、プロセッサ、または同等物の有形メモリ、または種々の半導体メモリ、テープドライブ、ディスクドライブ、および同等物等のその関連付けられるモジュールのうちのいずれかまたは全てを含むことができる。ソフトウェアの全てまたは一部は、随時、インターネットまたは種々の他の電気通信ネットワークを通して通信されてもよい。そのような通信は、例えば、1つのコンピュータまたはプロセッサから別のものへの、例えば、管理サーバまたはホストコンピュータからアプリケーションサーバのコンピュータプラットフォームへのソフトウェアのローディングを可能にし得る。したがって、ソフトウェア要素を保有し得る別のタイプの媒体は、ローカルデバイス間の物理的インターフェースを横断して、有線および光学固定ネットワークを通して、および種々のエアリンクを経由して使用されるもの等、光学、電気、および電磁波を含む。有線または無線リンク、光学リンク、または同等物等のそのような波を搬送する物理的要素はまた、ソフトウェアを保有する媒体と見なされ得る。本明細書に使用されるように、非一過性有形「記憶」媒体に制限されない限り、コンピュータまたは機械「可読媒体」等の用語は、実行のためにプロセッサに命令を提供することに関与する、任意の媒体を指す。

#### 【0129】

故に、コンピュータ実行可能コード等の機械可読媒体は、限定ではないが、有形記憶媒体、搬送波媒体、または物理的伝送媒体を含む、多くの形態をとってもよい。不揮発性記憶媒体は、例えば、図面に示されるデータベース等を実装するために使用され得るもの等、任意のコンピュータまたは同等物内の記憶デバイスのうちのいずれか等の光学または磁気ディスクを含む。揮発性記憶媒体は、そのようなコンピュータプラットフォームのメインメモリ等の動的メモリを含む。有形伝送媒体は、同軸ケーブルと、コンピュータシステム内のバスを備えるワイヤを含む、銅ワイヤおよび光ファイバとを含む。搬送波伝送媒体は、電気または電磁信号、または無線周波数（RF）および赤外線（IR）データ通信の間に発生されるもの等の音響または光波の形態をとり得る。コンピュータ可読媒体の一般的な形態は、したがって、例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、任意の他の磁気媒体、CD-ROM、DVDまたはDVD-ROM、任意の他の光学媒体、パンチカード、紙テープ、孔のパターンを伴う任意の他の物理的記憶媒体、RAM、ROM、PROMおよびEPROM、FLASH-EPROM、任意の他のメモリチップまたはカートリッジ、データまたは命令を転送する搬送波、そのような搬送波を転送するケーブルまたはリンク、またはそれからコンピュータがプログラミングコードおよび/またはデータを読み取り得る任意の他の媒体を含む。コンピュータ可読媒体のこれらの形態のうちの多くは、1つまたはそれを上回る命令の1つまたはそれを上回るシーケンスを実行のためにプロセッサに搬送することに関与してもよい。

#### 【0130】

コンピュータシステム2001は、例えば、図4 - 図18を参照して説明されるアプリケーションを提供するためのユーザインターフェース（UI）2040を備える電子ディ

10

20

30

40

50

スプレイ 2035 を含む、またはそれと通信することができる。UI の実施例は、限定ではないが、グラフィカルユーザインターフェース (GUI) およびウェブベースのユーザインターフェースを含む。

【0131】

本開示の方法およびシステムは、1つまたはそれを上回るアルゴリズムを用いて実装されることができる。アルゴリズムが、中央処理ユニット 2005 による実行に応じて、ソフトウェアを用いて実装されることができる。アルゴリズムは、例えば、システムのサブシステム内の異常を予測するための、図 3 のプロセスを実装する、アルゴリズムであり得る。

【0132】

本発明の好ましい実施形態が、本明細書に示され、説明されているが、そのような実施形態が、実施例としてのみ提供されることが、当業者に明白となるであろう。本発明が、本明細書内に提供される具体的実施例によって限定されることを意図していない。本発明は、前述の本明細書を参照して説明されているが、本明細書における実施形態の説明および図は、限定的意味で解釈されることを意味していない。多数の変形例、変更、および代用が、ここで、本発明から逸脱することなく、当業者に想起されるであろう。さらに、本発明の全ての側面が、種々の条件および変数に依存する、本明細書に記載される具体的描写、構成、または相対的割合に限定されないことを理解されたい。本明細書に説明される本発明の実施形態に対する種々の代替物が、本発明を実践する際に採用され得ることを理解されたい。したがって、本発明がまた、任意のそのような代替、修正、変形例、または均等物を網羅することとすることが想定される。以下の請求項が、本発明の範囲を定義すること、およびこれらの請求項およびそれらの均等物の範囲内の方法および構造が、それによって網羅されることが意図される。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

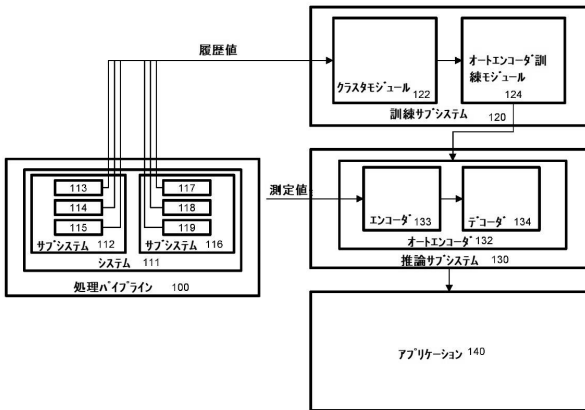
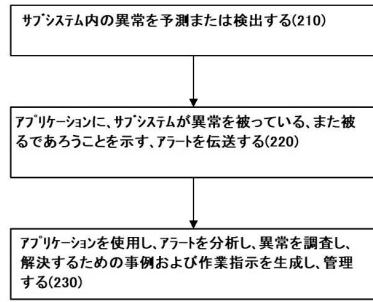


FIG. 1

【図 2】



10

20

FIG. 2

30

40

50

【 図 3 】

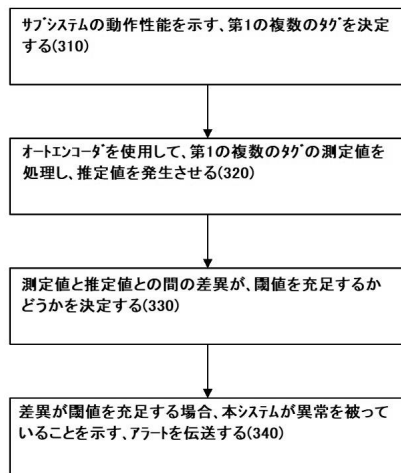


FIG. 3

【 図 4 】

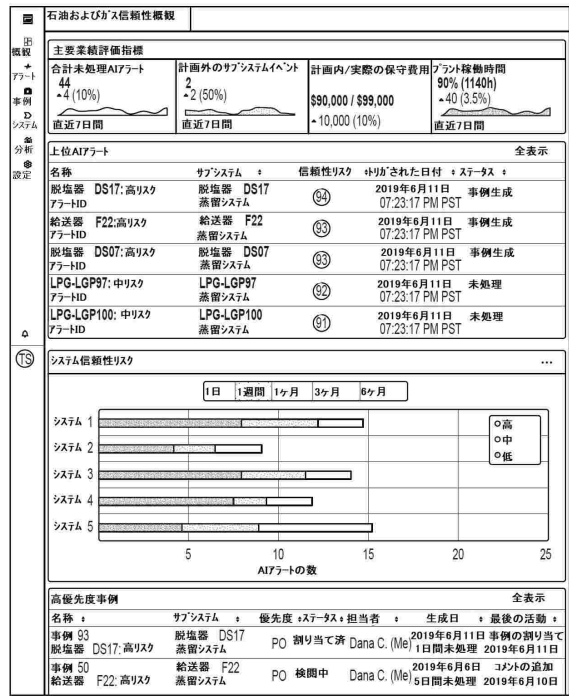


FIG. 4

【 図 5 】



FIG. 5

【 図 6 】



FIG. 6

10

20

30

40

50



【 1 1 】

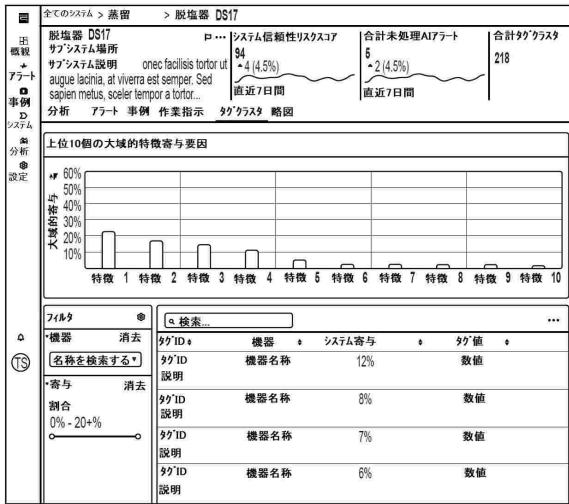


FIG. 11

【 1 2 】

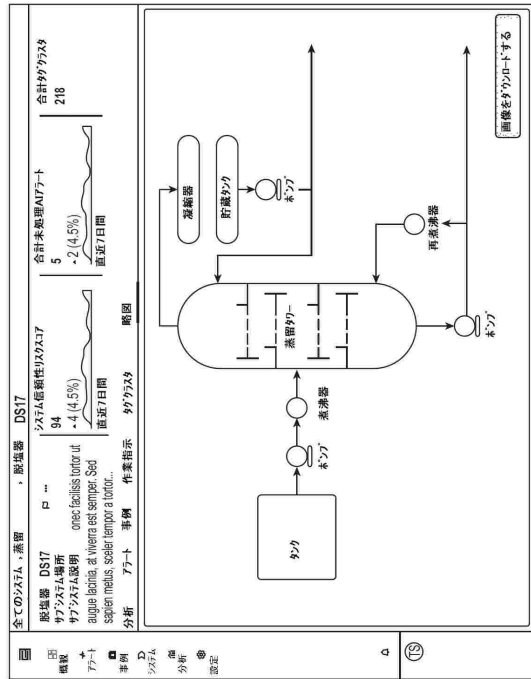


FIG. 12

10

20

【 1 3 】

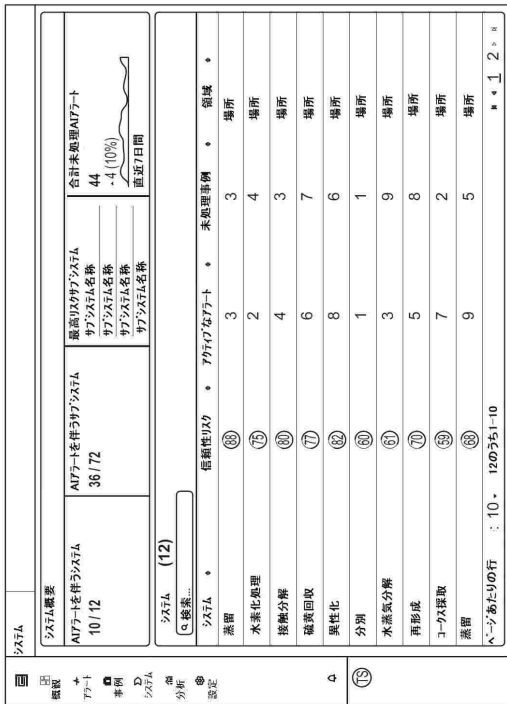


FIG. 13

【 1 4 】

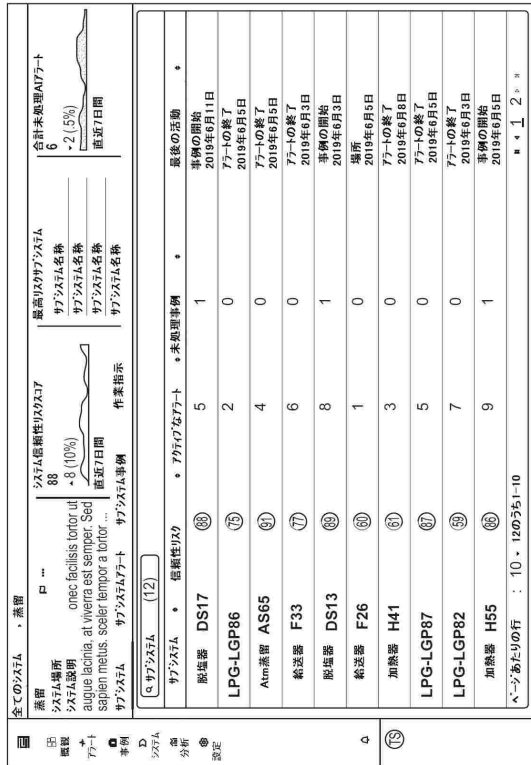


FIG. 14

30

40

50

【 15 】

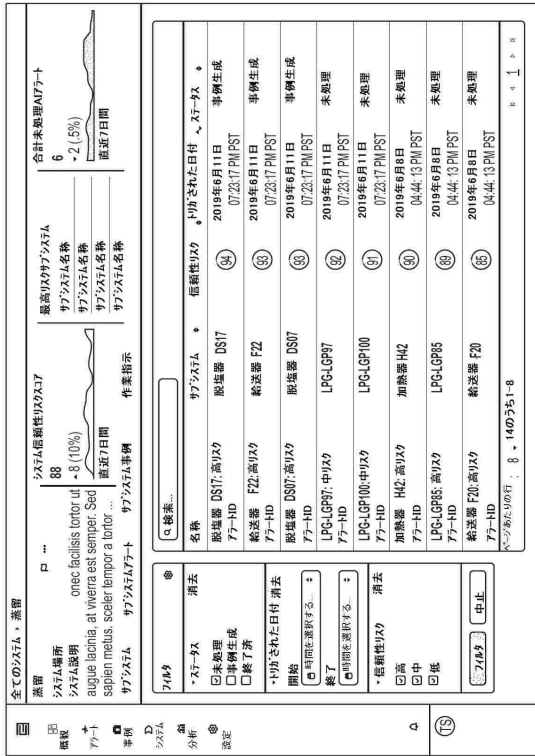


FIG. 15

【 16 】

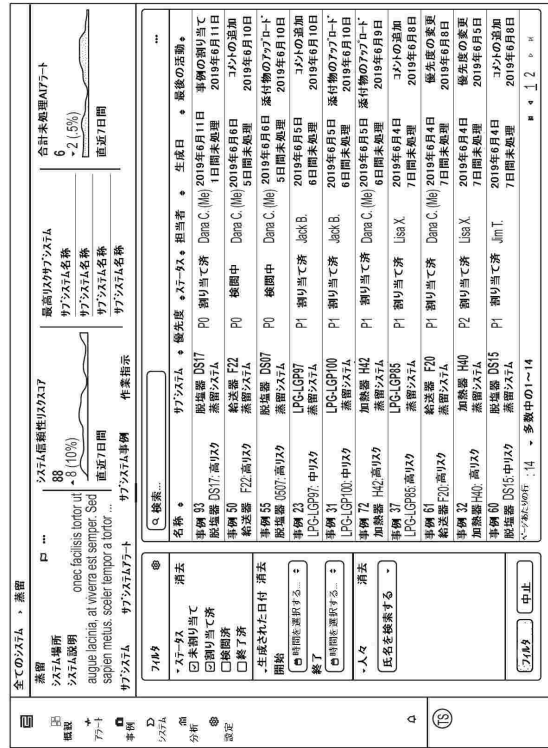


FIG. 16

【 17 】



FIG. 17

【 18 】

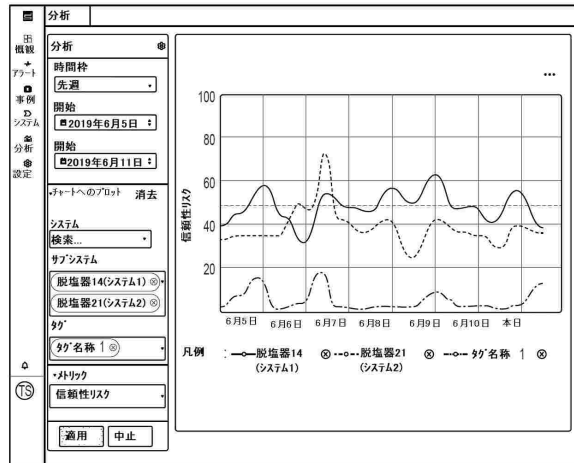


FIG. 18

【 図 1 9 】

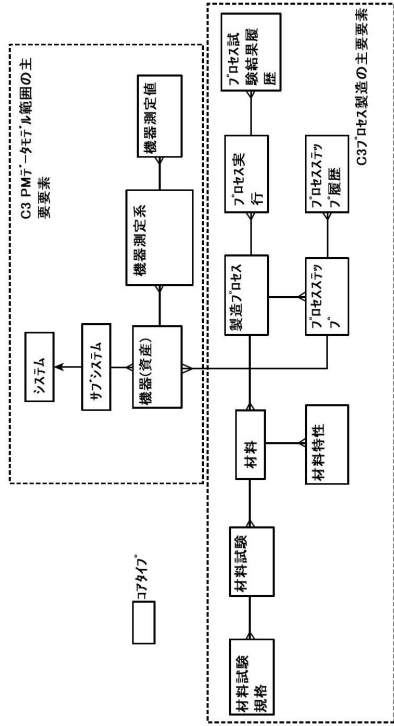


FIG. 19

【 図 2 0 】

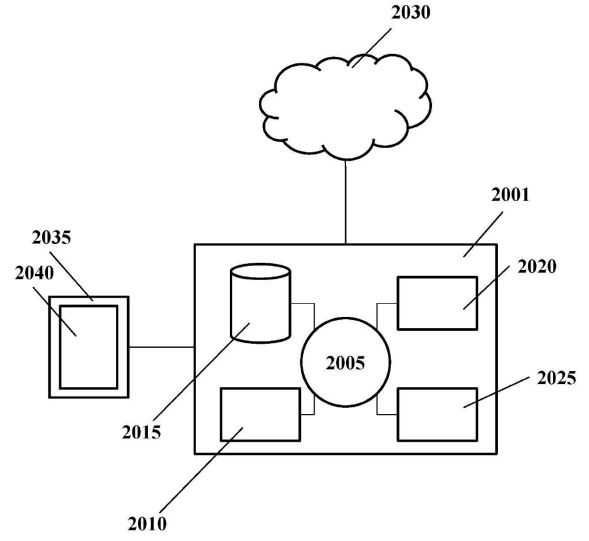


FIG. 20

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (74)代理人 100181641  
弁理士 石川 大輔
- (74)代理人 230113332  
弁護士 山本 健策
- (72)発明者 フリドリー, ライラ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94063, レッドウッド シティ, シーポート ブールバード  
1300, 스위트 500
- (72)発明者 オールソン, ヘンリック  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94063, レッドウッド シティ, シーポート ブールバード  
1300, 스위트 500
- (72)発明者 コシュフェトラットパカザッド, シナ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94063, レッドウッド シティ, シーポート ブールバード  
1300, 스위트 500
- 審査官 田中 友章
- (56)参考文献 特開2017-207904(JP, A)  
韓国公開特許第2020-0040469(KR, A)  
特開2016-207208(JP, A)  
特開平8-234832(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G05B 23/02