(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7600256号
(P7600256)

(45)発行日　令和6年12月16日(2024.12.16)

(24)登録日　令和6年12月6日(2024.12.6)

(51)国際特許分類

Ｆ２４Ｆ　11/62　(2018.01)	Ｆ２４Ｆ	11/62		
Ｆ２４Ｆ　11/89　(2018.01)	Ｆ２４Ｆ	11/89		
Ｆ２４Ｆ　11/38　(2018.01)	Ｆ２４Ｆ	11/38		
Ｇ０５Ｂ　23/02　(2006.01)	Ｇ０５Ｂ	23/02	Ｒ	

ＦＩ

請求項の数　20　（全82頁）

(21)出願番号　特願2022-554346(P2022-554346)
(86)(22)出願日　令和2年3月12日(2020.3.12)
(65)公表番号　特表2023-516463(P2023-516463A)
(43)公表日　令和5年4月19日(2023.4.19)
(86)国際出願番号　PCT/CN2020/079004
(87)国際公開番号　WO2021/179250
(87)国際公開日　令和3年9月16日(2021.9.16)
審査請求日　令和4年12月21日(2022.12.21)

(73)特許権者　521301840
ジョンソン・コントロールズ・タイコ・アイピー・ホールディングス・エルエルピー
アメリカ合衆国ウィスコンシン州５３２０９，ミルウォーキー，ノース・グリーン・ベイ・アベニュー　５７５７
(74)代理人　100083806
弁理士　三好 秀和
(74)代理人　100095500
弁理士　伊藤 正和
(74)代理人　100111235
弁理士　原 裕子
(74)代理人　100195257
弁理士　大渕 一志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）システム内の障害を予測するためのコントローラ及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）システム内の障害を予測するためのコントローラであって、

前記ＨＶＡＣシステムに関連付けられた動作データを機械学習モデルに入力し、前記ＨＶＡＣシステムに影響を与える障害コンディションを識別するための障害分類を予測することと、

前記障害コンディションに関連付けられた前記ＨＶＡＣシステムのＨＶＡＣデバイスを識別することと、

前記ＨＶＡＣデバイス及び前記障害コンディションを識別することに応答して、前記障害コンディションに対処するための是正措置を自動的に開始することと

を行うように構成された処理回路を備える、コントローラ。

【請求項２】

前記障害分類は、前記障害コンディションに関連付けられた重大度メトリックを含み、

前記重大度メトリックは、前記障害コンディションの前記ＨＶＡＣシステムへの影響を示し、

前記是正措置は、前記障害コンディションと前記障害コンディションに関連付けられた前記重大度メトリックとの双方に基づいて判定される、請求項１のコントローラ。

【請求項３】

前記処理回路は、

前記重大度メトリックの値が重大度閾値を下回っていることに応答して、第１の是正措置を自動的に開始することと、
前記重大度メトリックの値が前記重大度閾値を上回っていることに応答して、第２の是正措置を自動的に開始することと
を行うように構成されている、請求項２のコントローラ。
【請求項４】
前記第１の是正措置は、ユーザデバイスに通知を提供することを含み、
前記第２の是正措置は、前記障害コンディションに関連付けられた前記ＨＶＡＣシステムに対するメンテナンス又は前記ＨＶＡＣデバイスの交換をスケジュールすることを含む、請求項３のコントローラ。
【請求項５】
前記是正措置は、前記重大度メトリックの値が重大度閾値を下回っていることに応答して、措置を講じないことを含む、請求項２のコントローラ。
【請求項６】
前記機械学習モデルは、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）モデルであり、
前記動作データを分析することは、
前記ＲＮＮモデルへの入力として、前記動作データの値の時系列を提供することと、
前記ＲＮＮモデルの出力として、前記障害分類の予測を取得することと
を含む、請求項１のコントローラ。
【請求項７】
前記処理回路は、前記ＨＶＡＣシステムのシミュレーションモデルから取得されたシミュレーションされた訓練データのセットを使用して、前記機械学習モデルを生成するように更に構成される、請求項１のコントローラ。
【請求項８】
前記障害分類は、前記ＨＶＡＣシステムに影響を与える複数の障害コンディションを識別し、
前記複数の障害コンディションは、前記ＨＶＡＣシステムの複数のＨＶＡＣデバイスに関連付けられる、請求項１のコントローラ。
【請求項９】
前記障害コンディションは、
冷媒の漏れ、
室外ユニットの霜降り、
室内ファンの目詰まり、
室内フィルタの目詰まり
熱交換器の目詰まり、
室外ファンの目詰まり、
モータの減磁、又は
コンプレッサからのオイルの漏れ
のうちの少なくとも１つである、請求項１のコントローラ。
【請求項１０】
前記機械学習モデルは、第１の機械学習モデルであり、
前記処理回路は、
前記第１の機械学習モデルを使用して、前記ＨＶＡＣシステムの前記障害分類を予測することと、
第２の機械学習モデルを使用して、前記障害分類によって識別された前記障害コンディションの重大度を予測することと
を行うように構成されている、請求項１のコントローラ。
【請求項１１】
暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）システム内の障害を予測するための方法であって、
前記ＨＶＡＣシステムに関連付けられた動作データを機械学習モデルに入力し、前記ＨＶ

ＡＣシステムに影響を与える障害コンディションを識別するための障害分類を予測することと、
前記障害コンディションに関連付けられた前記ＨＶＡＣシステムのＨＶＡＣデバイスを識別することと、
前記ＨＶＡＣデバイス及び前記障害コンディションを識別することに応答して、前記障害コンディションに対処するための是正措置を自動的に開始することと
を含む、方法。
【請求項１２】
前記障害分類は、前記障害コンディションに関連付けられた重大度メトリックを含み、
前記重大度メトリックは、前記障害コンディションが前記ＨＶＡＣシステムに及ぼす影響の程度を示し、
前記是正措置は、前記障害コンディションと前記障害コンディションに関連付けられた前記重大度メトリックとの双方に基づいて判定される、請求項１１の方法。
【請求項１３】
前記重大度メトリックの値が重大度閾値を下回っていることに応答して、第１の是正措置を自動的に開始することと、
前記重大度メトリックの値が前記重大度閾値を上回っていることに応答して、第２の是正措置を自動的に開始することと
を含む、請求項１２の方法。
【請求項１４】
前記第１の是正措置は、ユーザデバイスに通知を提供することを含み、
前記第２の是正措置は、前記障害コンディションに関連付けられた前記ＨＶＡＣシステムに対するメンテナンス又は前記ＨＶＡＣデバイスの交換をスケジュールすることを含む、請求項１３の方法。
【請求項１５】
前記是正措置は、前記重大度メトリックの値が重大度閾値を下回っていることに応答して、措置を講じないことを含む、請求項１２の方法。
【請求項１６】
前記機械学習モデルは、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）モデルであり、
前記動作データを分析することは、
前記ＲＮＮモデルへの入力として、前記動作データの値の時系列を提供することと、
前記ＲＮＮモデルの出力として、前記障害分類の予測を取得することと
を含む、請求項１１の方法。
【請求項１７】
前記ＨＶＡＣシステムのシミュレーションモデルから取得されたシミュレーションされた訓練データのセットを使用して、前記機械学習モデルを生成することを含む、請求項１１の方法。
【請求項１８】
前記障害分類は、前記ＨＶＡＣシステムに影響を与える複数の障害コンディションを識別し、
前記複数の障害コンディションは、前記ＨＶＡＣシステムの複数のＨＶＡＣデバイスに関連付けられる、請求項１１の方法。
【請求項１９】
前記障害コンディションは、
冷媒の漏れ、
室外ユニットの霜降り、
室内ファンの目詰まり、
室内フィルタの目詰まり
熱交換器の目詰まり、
室外ファンの目詰まり、

モータの減磁、又は
コンプレッサからのオイルの漏れ
のうちの少なくとも１つを含む、請求項１１の方法。
【請求項２０】
前記機械学習モデルは、第１の機械学習モデルであり、
前記方法は、
前記第１の機械学習モデルを使用して、前記ＨＶＡＣシステムの前記障害分類を予測することと、
第２の機械学習モデルを使用して、前記障害分類によって識別された前記障害コンディションの重大度を予測することと
を含む、請求項１１の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、概して、建物装置を動作させる分野に関し、より具体的には、人工知能を使用して、建物装置の状態を予測することに関する。
【背景技術】
【０００２】
建物装置（例えば、暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）装置）が効果的に動作し、建物装置の劣化を最小限に抑えるために、建物装置の様々な動作状態を監視し、考慮する必要がある。しかしながら、従来の建物システムは、多くの動作コンディションを監視しないままにし、これは、建物装置の急速な劣化及び経時的なコストの増加につながる可能性がある。
【発明の概要】
【０００３】
本開示の一実施形態は、暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）装置のためのオイル管理コントローラである。コントローラは、処理回路を備える。処理回路は、機械学習モデルを使用して、ＨＶＡＣ装置の動作データを分析して、ＨＶＡＣ装置によって使用されるオイルの可変状態又はコンディションを予測するように構成されている。処理回路は、オイルの可変状態又はコンディションに基づいて、オイル欠乏を識別するように構成されている。処理回路は、オイル欠乏を識別することに応答して、自動的に是正措置を開始するように構成されている。
【０００４】
オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量である。オイル欠乏を識別することは、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量が、閾値量未満であると判定することを含む。是正措置は、ＨＶＡＣ装置に、より多くのオイルを提供して、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量を増加させることを含む。
【０００５】
いくつかの実施形態では、オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度である。オイル欠乏を識別することは、オイル冷媒混合物の粘度が、閾値粘度未満であると判定することを含む。是正措置は、ＨＶＡＣ装置に、より多くのオイルを提供して、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度を増加させることを含む。
【０００６】
いくつかの実施形態では、ＨＶＡＣ装置は、異なる動作速度で動作可能である。オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度である。是正措置は、オイル冷媒混合物の粘度に基づいて、ＨＶＡＣ装置の動作速度の上限を設定することを含む。
【０００７】
いくつかの実施形態では、ＨＶＡＣ装置は、冷媒ループに結合されており、冷媒ループが、ＨＶＡＣ装置と、冷媒ループに結合された１つ以上の他のデバイスとの間でオイル冷

媒混合物を循環させる。是正措置は、ＨＶＡＣ装置を動作させて、オイル冷媒混合物を、冷媒ループ内で循環させ、それによって１つ以上の他のデバイスからＨＶＡＣ装置に、オイルを戻すことを含む。

【０００８】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、入力層、１つ以上の隠れ層、及び出力層を有する畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ）モデルである。動作データを分析することは、ＣＮＮモデルの入力層への入力として、動作データを提供することと、ＣＮＮモデルの出力層において、オイルの可変状態又はコンディションの予測を取得することと、を含む。

【０００９】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）モデルである。動作データを分析することは、ＲＮＮモデルへの入力として、動作データの値の時系列を提供することと、ＲＮＮモデルの出力として、オイルの可変状態又はコンディションの予測を取得することと、を含む。

【００１０】

いくつかの実施形態では、処理回路は、シミュレーションモデルから取得された訓練データのセットを使用して、機械学習モデルを生成するように構成される。

【００１１】

本開示の別の実施形態は、機械学習モデルを使用して、暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）装置を動作させるための方法である。方法は、ＨＶＡＣ装置によって使用されるオイルに影響を与えるコンディション、及びオイルの可変状態又はコンディションを示す訓練データを取得することを含む。方法は、訓練データに基づいて、訓練プロセスを実行することによって、機械学習モデルを生成することを含む。機械学習モデルは、オイルに影響を与えるコンディションに基づいて、オイルの可変状態又はコンディションを予測するように訓練されている。方法は、機械学習モデルを使用して、オイルの可変状態又はコンディションが、閾値に違反するかどうかを予測することを含む。方法は、オイルの可変状態又はコンディションが、閾値に違反することを予測することに応答して、是正措置を自動的に開始することを含む。

【００１２】

いくつかの実施形態では、オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量である。閾値は、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量に対する最小閾値である。是正措置は、ＨＶＡＣ装置に、より多くのオイルを提供して、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量を増加させることを含む。

【００１３】

いくつかの実施形態では、オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度である。閾値は、オイル冷媒混合物の粘度に対する最小閾値である。是正措置は、ＨＶＡＣ装置に、より多くのオイルを提供して、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度を増加させることを含む。

【００１４】

いくつかの実施形態では、ＨＶＡＣ装置は、異なる動作速度で動作可能である。オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度である。是正措置は、オイル冷媒混合物の粘度に基づいて、ＨＶＡＣ装置の動作速度の上限を設定することを含む。

【００１５】

いくつかの実施形態では、ＨＶＡＣ装置は、冷媒ループに結合されており、冷媒ループは、ＨＶＡＣ装置と、冷媒ループに結合された１つ以上の他のデバイスとの間でオイル冷媒混合物を循環させる。是正措置は、ＨＶＡＣ装置を動作させて、オイル冷媒混合物を、冷媒ループ内で循環させ、それによって１つ以上の他のデバイスからＨＶＡＣ装置に、オイルを戻すことを含む。

【００１６】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、入力層、１つ以上の隠れ層、及び出力層を有する畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ）モデルである。機械学習モデルを使用して、オイルの可変状態又はコンディションが、制約に違反しているかどうかを判定することが、ＣＮＮモデルの入力層への入力として、動作データを提供することと、ＣＮＮモデルの出力層において、オイルの可変状態又はコンディションの予測を取得することとを含む。

【００１７】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）モデルである。機械学習モデルを使用して、オイルの可変状態又はコンディションが、制約に違反しているかどうかを判定することが、ＲＮＮモデルへの入力として、動作データの値の時系列を提供することと、ＲＮＮモデルの出力として、オイルの可変状態又はコンディションの予測を取得することとを含む。

【００１８】

いくつかの実施形態では、訓練データを取得することは、ＨＶＡＣ装置の動作、及びオイルの可変状態又はコンディションの経時的な変化をシミュレーションするシミュレーションモデルを取得することを含む。訓練データを取得することは、シミュレーションモデルを実行して、訓練データを生成することを含む。

【００１９】

本開示の別の実施形態は、建物のための環境制御システムである。システムは、建物の環境コンディションに影響を与えるように動作可能な、暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）装置を備える。システムは、処理回路を備えるコントローラを備える。処理回路は、機械学習モデルを使用して、ＨＶＡＣ装置の動作データを分析して、ＨＶＡＣ装置によって使用されるオイルの可変状態又はコンディションを予測するように構成されている。処理回路は、オイルの可変状態又はコンディションに基づいて、オイル欠乏を識別するように構成されている。処理回路は、オイル欠乏を識別することに応答して、自動的に是正措置を開始するように構成されている。

【００２０】

いくつかの実施形態では、オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量である。オイル欠乏を識別することは、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量が、閾値量未満であると判定することを含む。是正措置は、ＨＶＡＣ装置に、より多くのオイルを提供して、ＨＶＡＣ装置内のオイルの量を増加させることを含む。

【００２１】

いくつかの実施形態では、オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度である。オイル欠乏を識別することは、オイル冷媒混合物の粘度が、閾値粘度未満であると判定することを含む。是正措置は、ＨＶＡＣ装置に、より多くのオイルを提供して、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度を増加させることを含む。

【００２２】

いくつかの実施形態では、ＨＶＡＣ装置は、異なる動作速度で動作可能である。オイルの可変状態又はコンディションは、ＨＶＡＣ装置内のオイル冷媒混合物の粘度である。是正措置は、オイル冷媒混合物の粘度に基づいて、ＨＶＡＣ装置の動作速度の上限を設定することを含む。

【００２３】

本開示の別の実施形態は、いくつかの実施形態による、暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）システム内のコンプレッサのモータを動作させるためのコントローラである。コントローラは、処理回路を備える。処理回路は、モータに提供される電流の振幅設定値を予測する機械学習モデルを取得するように構成されている。振幅設定値は、モータの振動に影響を与える。処理回路は、機械学習モデルを使用して、モータの動作データを分析して、電流に対する振幅設定値を予測するように構成されている。処理回路は、振幅設定値に基づいて、モータを動作させるように構成されている。

【００２４】

いくつかの実施形態では、振幅設定値に基づいて、モータを動作させることは、振幅設定値をインバータに提供することを含む。インバータは、モータに電流を提供するように構成されている。

【００２５】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルへの入力は、モータの直軸と横軸との間の軸誤差、電流の周波数、モータに関連付けられた実際の騒音レベル、又はモータに関連付けられた必要な騒音レベルのうちの少なくとも１つを含む。

【００２６】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、動作データと、モータによって生成される騒音の量との間の相関関係を学習するように訓練されている。騒音の量は、モータの振動を予測するための代用として使用される。

【００２７】

いくつかの実施形態では、処理回路は、シミュレーションモデルから取得された訓練データのセットを使用して、機械学習モデルを生成するように更に構成されている。

【００２８】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）モデルである。動作データを分析することは、ＲＮＮモデルへの入力として、動作データの値の時系列を提供することと、ＲＮＮモデルの出力として、振幅設定値の予測を取得することと、を含む。

【００２９】

いくつかの実施形態では、電流は、交流（ＡＣ）である。ＡＣの周波数は、モータの回転速度に影響を与え、ＡＣの振幅は、モータによって印加されるトルクに影響を与える。

【００３０】

本開示の別の実施形態は、可変冷媒流（ＶＲＦ）システムの障害を予測するためのコントローラである。コントローラは、処理回路を備える。処理回路は、機械学習モデルを使用して、ＶＲＦシステムの動作データを分析して、ＶＲＦシステムの障害分類を予測するように構成されている。障害分類は、ＶＲＦシステムに影響を与える障害コンディションを識別する。処理回路は、障害コンディションに関連付けられたＶＲＦシステムのＶＲＦデバイスを識別するように構成されている。処理回路は、デバイス及び障害コンディションを識別することに応答して、障害コンディションに対処するための是正措置を自動的に開始するように構成されている。

【００３１】

いくつかの実施形態では、障害分類は、障害コンディションに関連付けられた重大度メトリックを含む。重大度メトリックは、障害コンディションのＶＲＦシステムへの影響を示す。是正措置は、重大度メトリックに基づいて判定される。

【００３２】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）モデルである。動作データを分析することは、ＲＮＮモデルへの入力として、動作データの値の時系列を提供することと、ＲＮＮモデルの出力として、障害分類の予測を取得することと、を含む。

【００３３】

いくつかの実施形態では、処理回路は、シミュレーションモデルから取得された訓練データのセットを使用して、機械学習モデルを生成するように更に構成される。

【００３４】

いくつかの実施形態では、障害分類は、ＶＲＦシステムに影響を与える複数の障害コンディションを識別する。複数の障害コンディションは、ＶＲＦシステムの複数のＶＲＦデバイスに関連付けられる。

【００３５】

いくつかの実施形態では、障害コンディションは、冷媒の漏れ、室外ユニットの霜降り、室内ファンの目詰まり、室内フィルタの目詰まり、熱交換器の目詰まり、室外ファンの

目詰まり、モータの消磁、又はコンプレッサからのオイルの漏れのうちの少なくとも１つである。

【００３６】

本開示の別の実施形態は、いくつかの実施形態による、暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）システム内のコンプレッサのモータを動作させるための方法である。方法は、モータに提供される電流に対する振幅設定値を予測する機械学習モデルを取得することを含む。振幅設定値は、モータの振動に影響を与える。方法は、機械学習モデルを使用して、モータの動作データを分析して、電流に対する振幅設定値を予測することを含む。方法は、振幅設定値に基づいてモータを動作させることを含む。

【００３７】

いくつかの実施形態では、振幅設定値に基づいてモータを動作させることは、振幅設定値をインバータに提供することを含む。インバータは、モータに電流を提供するように構成されている。

【００３８】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルへの入力は、モータの直軸と横軸との間の軸誤差、電流の周波数、モータに関連付けられた実際の騒音レベル、又はモータに関連付けられた必要な騒音レベルのうちの少なくとも１つを含む。

【００３９】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、動作データと、モータによって生成される騒音の量との間の相関関係を学習するように訓練されている。騒音の量は、モータの振動を予測するための代用として使用される。

【００４０】

いくつかの実施形態では、方法は、シミュレーションモデルから取得される訓練データのセットを使用して、機械学習モデルを生成することを含む。

【００４１】

いくつかの実施形態では、機械学習モデルは、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）モデルである。動作データを分析することが、ＲＮＮモデルへの入力として、動作データの値の時系列を提供することと、ＲＮＮモデルの出力として、振幅設定値の予測を取得することと、を含む。

【００４２】

いくつかの実施形態では、電流は、交流（ＡＣ）である。ＡＣの周波数は、モータの回転速度に影響を与え、ＡＣの振幅は、モータによって印加されるトルクに影響を与える。

【００４３】

当業者は、概要が単なる例示であり、いかなる方法でも制限することを意図しないことを理解するであろう。特許請求の範囲によってのみ定義される、本明細書に記載のデバイス及び／又はプロセスの他の態様、本発明の特徴、及び利点は、本明細書に記載され、添付の図面と併せてなされた詳細な説明において、明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００４４】

本開示の様々な目的、態様、特徴、及び利点は、添付の図面と併せて取られる詳細な説明を参照することによって、より明らかになり、よりよく理解され、同様の参照符号は、全体を通して対応する要素を識別する。図面において、同様の参照番号は、概して、同一の、機能的に類似した、及び／又は構造的に類似した要素を示す。

【００４５】

【図１】いくつかの実施形態による、ＨＶＡＣシステムを備えた建物の図である。

【図２】いくつかの実施形態による、図１の建物の加熱又は冷却負荷にサービスを提供するために使用され得るウォーターサイドシステムのブロック図である。

【図３】いくつかの実施形態による、図１の建物の加熱又は冷却負荷にサービスを提供するために使用され得るエアサイドシステムのブロック図である。

【図４】いくつかの実施形態による、図１の建物を監視及び制御するために使用すること

ができる建物管理システム（ＢＭＳ）のブロック図である。
【図５】いくつかの実施形態による、図１の建物を監視及び制御するために使用することができる別のＢＭＳのブロック図である。
【図６Ａ】いくつかの実施形態による、１つ以上の室外可変冷媒流（ＶＲＦ）ユニット及び複数の室内ＶＲＦユニットを有するＶＲＦシステムの図である。
【図６Ｂ】いくつかの実施形態による、１つ以上の室外可変冷媒流（ＶＲＦ）ユニット及び複数の室内ＶＲＦユニットを有するＶＲＦシステムの図である。
【図７Ａ】いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムの概略図である。
【図７Ｂ】いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムのブロック図である。
【図８】いくつかの実施形態による、オイルの特性を予測するためのコントローラのブロック図である。
【図９Ａ】いくつかの実施形態による、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）構造の例示である。
【図９Ｂ】いくつかの実施形態による、ニューラルネットワーク（ＮＮ）アーキテクチャの例示である。
【図１０】いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用してオイル特性を監視するためのプロセスのフロー図である。
【図１１Ａ】いくつかの実施形態による、人工知能（ＡＩ）モデルに対する例示的なモデル訓練プロセスにおけるいくつかの反復に基づくＲＭＳＥの変化を例示するグラフである。
【図１１Ｂ】いくつかの実施形態による、図１１ＡのＡＩモデルに関連付けられた反復の数に基づく損失の変化を例示するグラフである。
【図１２Ａ】いくつかの実施形態による、図１１ＡのＡＩモデルによって生成された、コンプレッサのオイル量の予測を例示するグラフである。
【図１２Ｂ】いくつかの実施形態による、図１１ＡのＡＩモデルによって生成された、アキュムレータのオイル量の予測を例示するグラフである。
【図１２Ｃ】いくつかの実施形態による、図１１ＡのＡＩモデルによって生成された、オイルの粘度の予測を例示するグラフである。
【図１３Ａ】いくつかの実施形態による、コンプレッサ振動コントローラを含むＶＲＦシステムのブロック図である。
【図１３Ｂ】いくつかの実施形態による、より詳細な図１３ＡのＶＲＦシステムのブロック図である。
【図１４Ａ】いくつかの実施形態による、キルヒホッフの法則を例示するグラフである。
【図１４Ｂ】いくつかの実施形態による、モータに対するαβ変換を例示するグラフである。
【図１４Ｃ】いくつかの実施形態による、モータに対する直接直交変換（ｄｑ）を例示するグラフである。
【図１５】いくつかの実施形態による、異なるタイプのコンプレッサに対する、クランク角とトルクとの間の関係を例示するグラフである。
【図１６】いくつかの実施形態による、より詳細な図１３Ａのコンプレッサ振動コントローラのブロック図である。
【図１７Ａ】いくつかの実施形態による、コンプレッサモータに提供する電流の値を予測するためのニューラルネットワークの例示である。
【図１７Ｂ】いくつかの実施形態による、コンプレッサモータに提供する電流の値を予測するための別のニューラルネットワークの例示である。
【図１８】いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用して、コンプレッサに提供するＡＣ信号振幅を予測するためのプロセスのフロー図である。
【図１９】いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムのブロック図である。
【図２０】いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムにおける障害を予測するためのＶＲＦ障害コントローラのブロック図である。
【図２１】いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムの障害分類を予測するためのニュ

ーラルネットワークの図である。
【図２２】いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用して、ＶＲＦシステムの障害分類を予測するためのプロセスのフロー図である。
【図２３】いくつかの実施形態による、モータ効率コントローラのブロック図である。
【図２４】いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用して、ＶＲＦシステム内のモータの効率を予測するプロセスのフロー図である。
【図２５Ａ】いくつかの実施形態による、リカレントニューラルネットワーク構造の例示である。
【図２５Ｂ】いくつかの実施形態による、長期短期メモリモデル構造の例示である。
【発明を実施するための形態】
【００４６】
概要
いくつかの実施形態による、建物の可変冷媒流（ＶＲＦ）システムの特性を予測し、かつＶＲＦシステム及びＶＲＦシステム構成要素を動作させる際に、人工知能（ＡＩ）を利用するための図、システム及び方法を概して参照する。特に、本開示は、ＡＩを利用して、ＶＲＦシステムで使用されるオイルの特性を予測するとともに、ＶＲＦシステム内のモータ及びコンプレッサの様々な状態及び特性を予測する。
【００４７】
しかしながら、本明細書に記載されるシステム及び方法は、ＶＲＦシステムに限定されないことを理解されたい。むしろ、ＶＲＦシステムは、本開示の潜在的な実装態様の１つとして、例のためにのみ示され、説明される。本明細書に記載のシステム及び方法は、オイルが装置に提供されることを必要とする様々なシステム（例えば、他の環境制御システム）、並びにコンプレッサ、モータ、オイルを使用する任意のタイプの装置、及び／又は動作中に振動若しくは障害を経験する可能性のある任意のタイプの装置を含む他のタイプのシステムに適用することができる。例えば、本明細書に記載のシステム及び方法は、様々な暖房、換気、又は空調（ＨＶＡＣ）システム及びデバイス（例えば、様々な空調装置、可変風量（ＶＡＶ）システム、住宅空調（ＲＡＣ）システムなど）に適用することができる。
【００４８】
本明細書で言及されるように、ＡＩ及びＡＩモデルは、ＶＲＦシステム内のデバイスに関連付けられた状態及び他の情報を予測する際に使用することができる様々な異なるモデルを記述するために使用することができる。いくつかの実施形態では、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）モデルは、予測を生成するために利用される。ＲＮＮは、ノード間の接続が、時間的シーケンスに沿って有向グラフを形成する、人工ニューラルネットワークのクラスである。より具体的には、長期短期メモリ（ＬＳＴＭ）モデルは、予測を生成する際に利用され得る。ＬＳＴＭは、主に深層学習に使用される特定のタイプの人工ＲＮＮアーキテクチャである。ＬＳＴＭは、時系列データのシーケンス全体を分類及び処理することができ、当該時系列データに基づいて予測を行うことができる。有利には、ＬＳＴＭは、時系列内の重要なイベント間の未知の持続時間の遅れを説明することができる。いくつかの実施形態では、畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ）などの他のタイプのＡＩモデルが、予測を生成する際に利用される。したがって、様々なタイプのＡＩモデルが、予測を生成する際に利用されることができることを理解されたい。
【００４９】
本明細書で定義されるように、本明細書で「オイル特性」という用語と互換的に使用されるオイルの特性は、オイルの特定の性質を指すことができる。言い換えると、オイル特性は、オイルの可変状態又はコンディションであり得る。ＶＲＦシステムのオイル特性（すなわち、オイルの可変状態又はコンディション）は、例えば、ＶＲＦシステムの１つ以上のコンプレッサのオイル量、ＶＲＦシステムのアキュムレータのオイル量、オイルの粘度などを含み得る。いくつかの実施形態では、オイル冷媒混合物の粘度は、単にオイルの粘度の代わりに、又はそれに加えて推定される。この場合、オイル冷媒混合物は、コンプ

レッサによって典型的に出力される圧縮された冷媒にオイルが統合された結果として、ＶＲＦシステムのコンプレッサによって出力され得る。ＶＲＦシステムが動作されると、オイルの特性は、経時的に変化し得、それによってＶＲＦシステム内の建物デバイス（例えば、コンプレッサ、バルブ、オイルセパレータなど）の動作の変化につながる。例えば、オイルを使用するコンプレッサが、より高い速度で動作する場合、コンプレッサ内のオイルの量は低下し得、オイルの粘度は、コンプレッサのより高い動作温度に起因して低下し得る。

【００５０】

具体的には、ＶＲＦシステムに関して、従来の時間ベースのオイル戻りシステムは、ＶＲＦシステムによって提供される加熱及び／又は冷却を周期的に中断し得、ＶＲＦシステムの全体的な効率を低下させ得る。冷凍サイクルにおいて、オイルドリフト及び他の関連する問題は、ＶＲＦシステムの全体的な動作状態にしばしば有害である、特定の室内熱交換器又は室外熱交換器が長期間利用されることをもたらし得る。更に、ＶＲＦデバイス（例えば、コンプレッサ）が、十分なオイルを受け取ることができない場合、ＶＲＦデバイスは、故障のリスクが高い可能性がある。従来のオイル戻りシステムは、故障、及び不正確なオイル戻りに関連付けられた他の壊滅的な問題を軽減することができるが、多くの場合、ＶＲＦシステムの効率に大きな影響がある。例えば、定期的なオイル戻りでは、オイル戻り状態に遷移した後、ＶＲＦシステムのコンプレッサは、動作速度を低下させる、及び／又は再起動する必要があり得、それによって、加熱／冷却システムの効率損失をもたらす。

【００５１】

以下に詳細に記載されるように、従来のオイル戻りシステム（例えば、時間ベースのオイル戻り）に関連する問題は、ＡＩの利用により対処することができる。ＡＩは、様々な建物デバイスにおけるオイル量及びオイルの粘度を予測するために使用することができる。当該予測に基づいて、ＡＩは、ＶＲＦシステムが、冷却／暖房動作中であるときに、オイル戻りを実行するための最適な時間を決定することができる。有利には、ＡＩによって実行される予測は、オイルセンサを使用することなく行うことができる。オイルセンサを利用してオイル状態（例えば、オイル量、オイル粘度など）を検出する必要がないことは、購入及び維持する部品が少なくて済むため、コストを削減することができる。

【００５２】

いくつかの実施形態では、ＡＩモデルを利用して、ＶＲＦシステムのコンプレッサに関連付けられた振動を管理することができる。コンプレッサの過度の振動は、より高い運用コスト、保守コスト、及び交換コストに起因して、急速な劣化をもたらし、したがって、長期間にわたってコストの増加をもたらす可能性がある。振動を管理するために、特定のＡＩモデル（例えば、ＲＮＮモデル）を、直軸（Ｄ軸）及び横軸（Ｑ軸）に関連付けられた目標電流を予測するように、訓練することができる。目標電流の予測は、例えば、インバータによって提供される周波数、実際の騒音レベル、ｑ軸フィードバック電流、軸間の軸誤差など、コンプレッサに関連付けられた入力に基づいてもよい。予測されたＤ軸電流及びＱ軸電流を使用して、コンプレッサの相関振動を決定することができる。予測された電流及び／又は予測された振動が高すぎる（例えば、予測された電流が電流値の閾値よりも高い）場合、コンプレッサの動作は、過度の振動を回避するように変更され、それによってコンプレッサの急速な劣化を回避することができる。具体的には、一定の入力電流及び速度制御を実装して、振動を低減することができる。

【００５３】

いくつかの実施形態では、ＡＩモデルを利用して、ＶＲＦシステム内のコンプレッサの障害コンディションを予測することができる。障害コンディションは、好ましい動作コンディションを超えているコンプレッサの動作状態を指すことができる。例えば、ＶＲＦシステムの障害コンディションは、冷媒漏れ、室外ユニットの霜降り、室内ファンの目詰まり、汚れた室内フィルタ、汚れた熱交換器、汚れた室外ファン、モータ消磁、コンプレッサオイル漏れ、及びコンプレッサの不完全な効率をもたらす他のコンディションを含むこ

とができる。コンディションを予測するために、ＡＩモデル（例えば、ＲＮＮモデル）は、コンプレッサに関連付けられた入力の値を障害分類にマッピングするように訓練され得る。障害分類は、入力データのセットに基づいて、ＶＲＦシステムに対してどのような障害コンディション（もしあれば）が識別されるかの表示を含むことができる。例えば、ＡＩモデルは、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、室内ファンモード、室外ファンステップなどの入力を利用して、障害分類を生成し得る。障害分類に基づき、応答して、様々な是正措置を開始することができる。本明細書で定義されるように、是正措置は、障害及び／又はいくつかの望ましくないコンディションに対処するために取られた任意の措置を指すことができる。例えば、是正措置は、メンテナンスをスケジュールすること、建物オペレータに障害を警告すること、特定のデバイス（例えば、特定のコンプレッサ）を無効にすること、特定のデバイスを動作させることなどを含み得る。このようにして、コンプレッサに影響を与える障害に迅速かつ効率的に対処することができる。

【００５４】

いくつかの実施形態では、ＡＩモデルは、ＶＲＦシステム（又は他のシステム）内のモータの効率を予測するために利用される。モータ効率は、特に、モータが高レベルの非効率で運転されている場合、ある期間にわたってコストに直接影響を与える可能性がある。モータの効率が低下するにつれて、追加のリソース（例えば、電気、水など）が消費されて、所望の出力を生成することにより、コストが増加し得る。更に、モータは、所望の出力を生成するために、より集中的な動作状態で（例えば、分当たりより高い回転で）動作する必要がある結果として、より速い速度で劣化し得る。いくつかの実施形態では、モータの電流効率は、モータが最初に設置されたときの最大効率値と比較して、モータがどの程度効率的であるかのパーセンテージとして表され得る。モータ効率は、特定の変更をもたらすために入力として必要とされるリソースの量に基づいて判定され得る。例えば、コンプレッサ内の電気モータの効率は、所定量のガス（例えば、空気）を圧縮するために必要な電気の量によって定義され得る。例では、電気モータの５０％の効率は、モータが最初に設置されたときの半分の効率であり、それによって、所定の量のガスを圧縮するために２倍の電力を必要とすることを示し得る。モータの効率を予測するために、ＡＩモデルは、様々な入力（例えば、モータによって消費される電力の量、周囲温度、モータの毎分回転（ＲＰＭ）値など）をモータの効率値にマッピングするように訓練され得る。

【００５５】

振動、障害コンディション、及びモータ効率を予測するために使用されるＡＩモデルが別々に説明されるが、本開示はまた、前述の予測目標のうちの１つ以上を予測する１つ以上の集計ＡＩモデルを企図することに留意されたい。例えば、単一のＡＩモデルは、コンプレッサに影響を与え得る振動及び障害コンディションに関連付けられた電流を予測するように訓練され得る。本開示のこれら及び他の特徴は、以下で詳細に考察される。

【００５６】

ＨＶＡＣシステム及び建物管理システムの構築

ここで、図１～図５を参照すると、いくつかの実施形態による、本開示のシステム及び方法が実装され得る、いくつかの建物管理システム（ＢＭＳ）及びＨＶＡＣシステムが示される。簡単な概要では、図１は、ＨＶＡＣシステム１００を備えた建物１０を示す。図２は、建物１０にサービスを提供するために使用することができるウォーターサイドシステム２００のブロック図である。図３は、建物１０にサービスを提供するために使用することができるエアサイドシステム３００のブロック図である。図４は、建物１０を監視及び制御するために使用することができるＢＭＳのブロック図である。図５は、建物１０を監視及び制御するために使用することができる別のＢＭＳのブロック図である。

【００５７】

建物及びＨＶＡＣシステム

特に図１を参照すると、建物１０の斜視図が示される。建物１０は、ＢＭＳによってサービスを提供される。ＢＭＳは、一般に、建物又は建物領域の中又はその周辺の装置を制

御、監視、及び管理するように構成されたデバイスのシステムである。ＢＭＳは、例えば、ＨＶＡＣシステム、セキュリティシステム、照明システム、火災警報システム、建物機能又はデバイスを管理することが可能である任意の他のシステム、又はそれらの任意の組み合わせを含むことができる。

【００５８】

建物１０にサービスを提供するＢＭＳは、ＨＶＡＣシステム１００を含む。ＨＶＡＣシステム１００は、暖房、冷却、換気、又は建物１０のための他のサービスを提供するように構成された複数のＨＶＡＣデバイス（例えば、ヒータ、冷却器、空気処理ユニット、ポンプ、ファン、熱エネルギーストレージなど）を含むことができる。例えば、ＨＶＡＣシステム１００は、ウォーターサイドシステム１２０及びエアサイドシステム１３０を含むことが示される。ウォーターサイドシステム１２０は、加熱又は冷却された流体を、エアサイドシステム１３０の空気処理ユニットに提供し得る。エアサイドシステム１３０は、加熱又は冷却された流体を使用して、建物１０に提供される空気流を加熱又は冷却し得る。ＨＶＡＣシステム１００で使用することができる例示的なウォーターサイドシステム及びエアサイドシステムは、図２～図３を参照してより詳細に説明される。

【００５９】

ＨＶＡＣシステム１００は、冷却器１０２、ボイラ１０４、及び屋上空気処理ユニット（ＡＨＵ）１０６を含むことが示されている。ウォーターサイドシステム１２０は、ボイラ１０４及び冷却器１０２を使用して、作動流体（例えば、水、グリコールなど）を加熱又は冷却し得、作動流体をＡＨＵ１０６に循環させ得る。様々な実施形態では、ウォーターサイドシステム１２０のＨＶＡＣデバイスは、建物１０（図１に示すように）内又はその周りに、又は中央プラント（例えば、冷却プラント、蒸気プラント、熱プラントなど）などのオフサイト場所に位置することができる。作動流体は、建物１０で加熱又は冷却が必要かどうかに応じて、ボイラ１０４で加熱され得、又は冷却器１０２で冷却され得る。ボイラ１０４は、例えば、可燃性材料（例えば、天然ガス）を燃焼させることによって、又は電気加熱要素を使用することによって、循環された流体に熱を加え得る。冷却器１０２は、循環された流体を、熱交換器（例えば、蒸発器）内の別の流体（例えば、冷媒）との熱交換関係に配置して、循環された流体から熱を吸収し得る。冷却器１０２及び／又はボイラ１０４からの作動流体は、配管１０８を介してＡＨＵ１０６に輸送され得る。

【００６０】

ＡＨＵ１０６は、作動流体を、（例えば、冷却コイル及び／又は加熱コイルの１つ以上の段階を介して）ＡＨＵ１０６を通過する空気流と熱交換関係に配置し得る。空気流は、例えば、外部空気、建物１０内からの還気、又は両方の組み合わせであり得る。ＡＨＵ１０６は、空気流と作動流体との間で熱を伝達して、空気流の加熱又は冷却を提供し得る。例えば、ＡＨＵ１０６は、空気流を、作動流体を含む熱交換器の上を、又はそれを通って通過させるように構成された１つ以上のファン又はブロワを含むことができる。次に、作動流体は、配管１１０を介して冷却器１０２又はボイラ１０４に戻り得る。

【００６１】

エアサイドシステム１３０は、ＡＨＵ１０６によって供給された空気流（すなわち、供給空気流）を、空気供給ダクト１１２を介して建物１０に送達し得、建物１０からＡＨＵ１０６に空気戻りダクト１１４を介して還気を提供し得る。いくつかの実施形態では、エアサイドシステム１３０は、複数の可変空気量（ＶＡＶ）ユニット１１６を含む。例えば、エアサイドシステム１３０は、建物１０の各フロア又はゾーンに別個のＶＡＶユニット１１６を含むように示される。ＶＡＶユニット１１６は、建物１０の個々のゾーンに提供される供給空気流の量を制御するように動作させることができるダンパ又は他の流量制御要素を含むことができる。他の実施形態では、エアサイドシステム１３０は、中間ＶＡＶユニット１１６又は他の流量制御要素を使用せずに、供給空気流を、建物１０の１つ以上のゾーンに（例えば、供給ダクト１１２を介して）送達する。ＡＨＵ１０６は、供給空気流の属性を測定するように構成された様々なセンサ（例えば、温度センサ、圧力センサなど）を含むことができる。ＡＨＵ１０６は、ＡＨＵ１０６内及び／又は建物ゾーン内に位

置するセンサから入力を受信し得、ＡＨＵ１０６を通る供給空気流の流量、温度、又は他の属性を調節して、建物ゾーンの設定値コンディションを達成し得る。

【００６２】

ウォーターサイドシステム

ここで図２を参照すると、いくつかの実施形態による、ウォーターサイドシステム２００のブロック図が示される。様々な実施形態では、ウォーターサイドシステム２００は、ＨＶＡＣシステム１００内のウォーターサイドシステム１２０を補完又は置き換え得、又はＨＶＡＣシステム１００とは別個に実装され得る。ＨＶＡＣシステム１００に実装されるとき、ウォーターサイドシステム２００は、ＨＶＡＣシステム１００内のＨＶＡＣデバイスのサブセット（例えば、ボイラ１０４、冷却器１０２、ポンプ、バルブなど）を含むことができ、加熱又は冷却された流体をＡＨＵ１０６に供給するように動作し得る。ウォーターサイドシステム２００のＨＶＡＣデバイスは、（例えば、ウォーターサイドシステム１２０の構成要素として）建物１０の中に、又は中央プラントのようなオフサイト場所に位置し得る。

【００６３】

図２において、ウォーターサイドシステム２００は、複数のサブプラント２０２～２１２を有する中央プラントとして示される。サブプラント２０２～２１２は、ヒータサブプラント２０２、熱回収冷却器サブプラント２０４、冷却器サブプラント２０６、冷却塔サブプラント２０８、高温熱エネルギーストレージ（ＴＥＳ）サブプラント２１０、及び低温熱エネルギーストレージ（ＴＥＳ）サブプラント２１２を含むことが示されている。サブプラント２０２～２１２は、建物又は構内の熱エネルギー負荷（例えば、温水、冷水、暖房、冷却など）を提供するために、ユーティリティから資源（例えば、水、天然ガス、電気など）を消費する。例えば、ヒータサブプラント２０２は、ヒータサブプラント２０２と建物１０との間の温水を循環させる温水ループ２１４内の水を加熱するように構成することができる。冷却器サブプラント２０６は、冷却器サブプラント２０６と建物１０との間の冷水を循環する冷水ループ２１６内の水を冷却するように構成することができる。熱回収冷却器サブプラント２０４は、熱を、冷水ループ２１６から温水ループ２１４に伝達して、温水のための追加の暖房及び冷水のための追加の冷却を提供するように構成することができる。凝縮器水ループ２１８は、冷却器サブプラント２０６内の冷水から熱を吸収し、冷却塔サブプラント２０８内で吸収された熱を排出し、又は吸収された熱を温水ループ２１４に伝達し得る。高温ＴＥＳサブプラント２１０及び低温ＴＥＳサブプラント２１２は、その後の使用のために、それぞれ、高温熱エネルギー及び低温熱エネルギーを貯蔵し得る。

【００６４】

温水ループ２１４及び冷水ループ２１６は、加熱及び／又は冷却された水を、建物１０の屋上に位置するエアハンドラ（例えば、ＡＨＵ１０６）に、又は建物１０の個々のフロア又はゾーン（例えば、ＶＡＶユニット１１６）に送達し得る。エアハンドラは、水が流れる熱交換器（例えば、加熱コイル又は冷却コイル）を通って空気を押し、空気の加熱又は冷却を提供する。加熱又は冷却された空気は、建物１０の個々のゾーンに送達されて、建物１０の熱エネルギー負荷を提供することができる。次いで、水は、サブプラント２０２～２１２に戻って、更なる加熱又は冷却を受ける。

【００６５】

サブプラント２０２～２１２は、建物への循環のための加熱水及び冷却水として示され、説明されているが、熱エネルギー負荷を提供するために、水の代わりに又はそれに加えて、任意の他のタイプの作動流体（例えば、グリコール、ＣＯ２など）を使用することができることが理解される。他の実施形態では、サブプラント２０２～２１２は、中間熱伝達流体を必要とせずに、建物又は構内に直接加熱及び／又は冷却を提供し得る。これら及びウォーターサイドシステム２００に対する他の変形形態は、本開示の教示内にある。

【００６６】

サブプラント２０２～２１２の各々は、サブプラントの機能を容易にするように構成さ

れた様々な装置を含むことができる。例えば、ヒータサブプラント２０２は、温水ループ２１４内の温水に熱を加えるように構成された複数の加熱要素２２０（例えば、ボイラ、電気ヒータなど）を含むように示される。ヒータサブプラント２０２は、温水ループ２１４内の温水を循環させ、かつ個々の加熱要素２２０を通る温水の流量を制御するように構成されたいくつかのポンプ２２２及び２２４も含むことが示されている。冷却器サブプラント２０６は、冷水ループ２１６内の冷水から熱を除去するように構成された複数の冷却器２３２を含むことが示されている。冷却器サブプラント２０６はまた、冷水ループ２１６内の冷水を循環させ、かつ個々の冷却器２３２を通る冷水の流量を制御するように構成されたいくつかのポンプ２３４及び２３６を含むことが示されている。

【００６７】

熱回収冷却器サブプラント２０４は、冷水ループ２１６から温水ループ２１４に熱を伝達するように構成された複数の熱回収熱交換器２２６（例えば、冷蔵回路）を含むことが示されている。熱回収冷却器サブプラント２０４はまた、熱回収熱交換器２２６を通して温水及び／又は冷水を循環させ、かつ個々の熱回収熱交換器２２６を通して水の流量を制御するように構成されたいくつかのポンプ２２８及び２３０を含むことが示されている。冷却塔サブプラント２０８は、凝縮器水ループ２１８内の凝縮器水から熱を除去するように構成された複数の冷却塔２３８を含むことが示されている。冷却塔サブプラント２０８はまた、凝縮器水ループ２１８内の凝縮器水を循環させ、かつ個々の冷却塔２３８を通る凝縮器水の流量を制御するように構成されたいくつかのポンプ２４０を含むことが示されている。

【００６８】

高温ＴＥＳサブプラント２１０は、後で使用するために、温水を貯蔵するように構成された高温ＴＥＳタンク２４２を含むことが示されている。高温ＴＥＳサブプラント２１０はまた、高温ＴＥＳタンク２４２への、又は高温ＴＥＳタンク２４２からの温水の流量を制御するように構成された１つ以上のポンプ又はバルブを含み得る。低温ＴＥＳサブプラント２１２は、後で使用するために、冷水を貯蔵するように構成された低温ＴＥＳタンク２４４を含むことが示されている。低温ＴＥＳサブプラント２１２はまた、低温ＴＥＳタンク２４４への、又は低温ＴＥＳタンク２４４からの冷水の流量を制御するように構成された１つ以上のポンプ又はバルブを含み得る。

【００６９】

いくつかの実施形態では、ウォーターサイドシステム２００内の１つ以上のポンプ（例えば、ポンプ２２２、２２４、２２８、２３０、２３４、２３６、及び／又は２４０）又はウォーターサイドシステム２００内のパイプラインは、それに関連付けられた隔離弁を含む。隔離弁は、ポンプと統合するか、又はポンプの上流又は下流に配置されて、ウォーターサイドシステム２００内の流体の流れを制御することができる。様々な実施形態では、ウォーターサイドシステム２００は、ウォーターサイドシステム２００の特定の構成及びウォーターサイドシステム２００によって提供される負荷の種類に基づいて、より多くの、より少ない、又は異なるタイプのデバイス及び／又はサブプラントを含むことができる。

【００７０】

エアサイドシステム

ここで図３を参照すると、いくつかの実施形態による、エアサイドシステム３００のブロック図が示される。様々な実施形態では、エアサイドシステム３００は、ＨＶＡＣシステム１００内のエアサイドシステム１３０を補完又は置き換え得、又はＨＶＡＣシステム１００とは別個に実装され得る。ＨＶＡＣシステム１００内に実装されるとき、エアサイドシステム３００は、ＨＶＡＣシステム１００内のＨＶＡＣデバイスのサブセット（例えば、ＡＨＵ１０６、ＶＡＶユニット１１６、ダクト１１２～１１４、ファン、ダンパなど）を含むことができ、建物１０内又は建物１０の周りに位置することができる。エアサイドシステム３００は、ウォーターサイドシステム２００によって提供される加熱又は冷却された流体を使用して、建物１０に提供される空気流を加熱又は冷却するように動作し得

る。

【００７１】

図３では、エアサイドシステム３００は、エコノマイザタイプの空気処理ユニット（ＡＨＵ）３０２を含むことが示されている。エコノマイザタイプのＡＨＵは、空気処理ユニットが加熱又は冷却のために使用する外部空気及び還気の量を変化させる。例えば、ＡＨＵ３０２は、還気ダクト３０８を介して建物ゾーン３０６から還気３０４を受け取り得、供給空気ダクト３１２を介して建物ゾーン３０６に供給空気３１０を送達し得る。いくつかの実施形態では、ＡＨＵ３０２は、建物１０の屋上に位置する（例えば、図１に示されるようなＡＨＵ１０６）、又はそうでなければ還気３０４及び外部空気３１４の両方を受け入れるように配置された屋上ユニットである。ＡＨＵ３０２は、排気ダンパ３１６、混合ダンパ３１８、及び外気ダンパ３２０を動作させて、供給空気３１０を形成するために組み合わされる外部空気３１４及び還気３０４の量を制御するように構成することができる。混合ダンパ３１８を通過しない任意の還気３０４は、排気空気３２２として、ＡＨＵ３０２から排気ダンパ３１６を通って排出され得る。

【００７２】

ダンパ３１６～３２０の各々は、アクチュエータによって動作させることができる。例えば、排気ダンパ３１６は、アクチュエータ３２４によって動作させることができ、混合ダンパ３１８は、アクチュエータ３２６によって動作させることができ、外気ダンパ３２０は、アクチュエータ３２８によって動作させることができる。アクチュエータ３２４～３２８は、通信リンク３３２を介してＡＨＵコントローラ３３０と通信し得る。アクチュエータ３２４～３２８は、ＡＨＵコントローラ３３０から制御信号を受信し得、ＡＨＵコントローラ３３０にフィードバック信号を提供し得る。フィードバック信号は、例えば、電流アクチュエータ又はダンパ位置の指示、アクチュエータによって及ぼされるトルク又は力の量、診断情報（例えば、アクチュエータ３２４～３２８によって実行された診断テストの結果）、ステータス情報、試運転情報、構成設定、較正データ、及び／又はアクチュエータ３２４～３２８によって収集、記憶、又は使用され得る他のタイプの情報若しくはデータを含むことができる。ＡＨＵコントローラ３３０は、１つ以上の制御アルゴリズム（例えば、状態ベースのアルゴリズム、極値探索制御（ＥＳＣ）アルゴリズム、比例積分（ＰＩ）制御アルゴリズム、比例積分微分（ＰＩＤ）制御アルゴリズム、モデル予測制御（ＭＰＣ）アルゴリズム、フィードバック制御アルゴリズムなど）を使用して、アクチュエータ３２４～３２８を制御するように構成されたエコノマイザコントローラであり得る。

【００７３】

更に図３を参照すると、ＡＨＵ３０２は、供給空気ダクト３１２内に配置された、冷却コイル３３４、加熱コイル３３６、及びファン３３８を含むことが示されている。ファン３３８は、冷却コイル３３４及び／又は加熱コイル３３６を通して供給空気３１０を強制的に送り、かつ供給空気３１０を建物ゾーン３０６に提供するように構成することができる。ＡＨＵコントローラ３３０は、通信リンク３４０を介してファン３３８と通信して、供給空気３１０の流量を制御し得る。いくつかの実施形態では、ＡＨＵコントローラ３３０は、ファン３３８の速度を変調することによって、供給空気３１０に印加される加熱又は冷却の量を制御する。

【００７４】

冷却コイル３３４は、配管３４２を介してウォーターサイドシステム２００から（例えば、冷水ループ２１６から）冷却された流体を受け入れ得、配管３４４を介してウォーターサイドシステム２００に冷却された流体を戻し得る。バルブ３４６は、冷却コイル３３４を通る冷却された流体の流量を制御するために、配管３４２又は配管３４４に沿って配置することができる。いくつかの実施形態では、冷却コイル３３４は、独立して（例えば、ＡＨＵコントローラ３３０によって、ＢＭＳコントローラ３６６によって、など）アクティブ及び非アクティブにされて、供給空気３１０に印加される冷却の量を調節することができる複数の段階の冷却コイルを含む。

【００７５】
加熱コイル３３６は、配管３４８を介してウォーターサイドシステム２００から（例えば、温水ループ２１４から）加熱された流体を受け入れ得、配管３５０を介してウォーターサイドシステム２００に加熱された流体を戻し得る。バルブ３５２は、加熱コイル３３６を通る加熱された流体の流量を制御するために、配管３４８又は配管３５０に沿って配置することができる。いくつかの実施形態では、加熱コイル３３６は、独立して（例えば、ＡＨＵコントローラ３３０によって、ＢＭＳコントローラ３６６によって、など）アクティブ及び非アクティブにされて、供給空気３１０に印加される加熱の量を調節することができる複数の段階の加熱コイルを含む。
【００７６】
バルブ３４６及び３５２の各々は、アクチュエータによって制御され得る。例えば、バルブ３４６は、アクチュエータ３５４によって制御され得、バルブ３５２は、アクチュエータ３５６によって制御され得る。アクチュエータ３５４～３５６は、通信リンク３５８～３６０を介してＡＨＵコントローラ３３０と通信し得る。アクチュエータ３５４～３５６は、ＡＨＵコントローラ３３０から制御信号を受信し得、コントローラ３３０にフィードバック信号を提供し得る。いくつかの実施形態では、ＡＨＵコントローラ３３０は、供給空気ダクト３１２（例えば、冷却コイル３３４及び／又は加熱コイル３３６の下流）に配置された温度センサ３６２から、供給空気温度の測定値を受信する。ＡＨＵコントローラ３３０はまた、建物ゾーン３０６に位置する温度センサ３６４から、建物ゾーン３０６の温度の測定値を受信し得る。
【００７７】
いくつかの実施形態では、ＡＨＵコントローラ３３０は、アクチュエータ３５４～３５６を介してバルブ３４６及び３５２を動作させて、空気３１０に提供される加熱又は冷却の量を調節する（例えば、供給空気３１０に対する設定値温度を達成するか、又は供給空気３１０の温度を、設定値温度範囲内に維持する）。バルブ３４６及び３５２の位置は、冷却コイル３３４又は加熱コイル３３６によって供給空気３１０に提供される加熱又は冷却の量に影響を与え、所望の供給空気温度を達成するために消費されるエネルギーの量と相関し得る。ＡＨＵ３３０は、コイル３３４～３３６をアクティブ若しくは非アクティブにすること、ファン３３８の速度を調整すること、又はその両方の組み合わせによって、供給空気３１０及び／又は建物ゾーン３０６の温度を制御し得る。
【００７８】
更に図３を参照すると、エアサイドシステム３００は、建物管理システム（ＢＭＳ）コントローラ３６６及びクライアントデバイス３６８を含むことが示されている。ＢＭＳコントローラ３６６は、エアサイドシステム３００、ウォーターサイドシステム２００、ＨＶＡＣシステム１００、及び／又は建物１０にサービスを提供する他の制御可能なシステムに対する、システムレベルコントローラ、アプリケーション若しくはデータサーバ、ヘッドノード、又はマスターコントローラとして機能する１つ以上のコンピュータシステム（例えば、サーバ、監視コントローラ、サブシステムコントローラなど）を含むことができる。ＢＭＳコントローラ３６６は、同様の、又は異なるプロトコル（例えば、ＬＯＮ、ＢＡＣｎｅｔなど）に従って、通信リンク３７０を介して、複数の下流の建物システム又はサブシステム（例えば、ＨＶＡＣシステム１００、セキュリティシステム、照明システム、ウォーターサイドシステム２００など）と通信し得る。様々な実施形態では、ＡＨＵコントローラ３３０及びＢＭＳコントローラ３６６は、（図３に示されるように）分離され得るか、又は統合され得る。統合された実装態様では、ＡＨＵコントローラ３３０は、ＢＭＳコントローラ３６６のプロセッサによる実行のために構成されたソフトウェアモジュールであり得る。
【００７９】
いくつかの実施形態では、ＡＨＵコントローラ３３０は、ＢＭＳコントローラ３６６から情報（例えば、コマンド、設定値、動作境界など）を受信し、ＢＭＳコントローラ３６６に情報（例えば、温度測定、バルブ又はアクチュエータ位置、動作ステータス、診断な

ど）を提供する。例えば、ＡＨＵコントローラ３３０は、建物ゾーン３０６内の可変状態若しくはコンディションを監視若しくは制御するためにＢＭＳコントローラ３６６によって使用され得る、温度センサ３６２～３６４、装置オン／オフ状態、装置動作容量、及び／又は任意の他の情報からの温度測定値を、ＢＭＳコントローラ３６６に提供し得る。

【００８０】

クライアントデバイス３６８は、ＨＶＡＣシステム１００、そのサブシステム、及び／若しくはデバイスを制御する、閲覧する、若しくはそうでなければ相互作用するための１つ以上のヒューマンマシンインターフェース、又はクライアントインターフェース（例えば、グラフィカルユーザインターフェース、レポートインターフェース、テキストベースのコンピュータインターフェース、クライアント対応ウェブサービス、ウェブクライアントにページを提供するウェブサーバなど）を含むことができる。クライアントデバイス３６８は、コンピュータワークステーション、クライアント端末、リモート若しくはローカルインターフェース、又は任意の他のタイプのユーザインターフェースデバイスであり得る。クライアントデバイス３６８は、固定端末又はモバイルデバイスであり得る。例えば、クライアントデバイス３６８は、デスクトップコンピュータ、ユーザインターフェースを備えるコンピュータサーバ、ラップトップコンピュータ、タブレット、スマートフォン、ＰＤＡ、又は任意の他のタイプのモバイルデバイス若しくは非モバイルデバイスであり得る。クライアントデバイス３６８は、通信リンク３７２を介して、ＢＭＳコントローラ３６６及び／又はＡＨＵコントローラ３３０と通信し得る。

【００８１】

建物管理システム

ここで図４を参照すると、いくつかの実施形態による、建物管理システム（ＢＭＳ）４００のブロック図が示される。ＢＭＳ４００は、様々な建物機能を自動的に監視及び制御するために、建物１０に実装され得る。ＢＭＳ４００は、ＢＭＳコントローラ３６６及び複数の建物サブシステム４２８を含むことが示される。建物サブシステム４２８は、建物電気サブシステム４３４、情報通信技術（ＩＣＴ）サブシステム４３６、セキュリティサブシステム４３８、ＨＶＡＣサブシステム４４０、照明サブシステム４４２、リフト／エスカレータサブシステム４３２、及び防火安全サブシステム４３０を含むことが示される。様々な実施形態では、建物サブシステム４２８は、より少ないサブシステム、追加サブシステム、又は代替サブシステムを含むことができる。例えば、建物サブシステム４２８はまた、又は代替的に、冷蔵サブシステム、広告サブシステム若しくは標識サブシステム、調理サブシステム、自動販売サブシステム、プリンタ若しくはコピーサービスサブシステム、又は制御可能な装置及び／若しくはセンサを使用して、建物１０を監視若しくは制御する任意の他のタイプの建物サブシステムを含み得る。いくつかの実施形態では、建物サブシステム４２８は、図２～図３を参照して説明された、ウォーターサイドシステム２００及び／又はエアサイドシステム３００を含む。

【００８２】

建物サブシステム４２８の各々は、その個々の機能及び制御活動を完了するための任意の数のデバイス、コントローラ、及び接続を含むことができる。ＨＶＡＣサブシステム４４０は、図１～図３を参照して説明された、ＨＶＡＣシステム１００と同じ構成要素の多くを含むことができる。例えば、ＨＶＡＣサブシステム４４０は、冷却器、ボイラ、任意の数の空気処理ユニット、エコノマイザ、フィールドコントローラ、監視コントローラ、アクチュエータ、温度センサ、及び建物１０内の温度、湿度、空気流、又は他の可変コンディションを制御するための他のデバイスを含むことができる。照明サブシステム４４２は、任意の数の照明器具、バラスト、照明センサ、調光器、又は建物空間に提供される光の量を制御可能に調整するように構成された他のデバイスを含むことができる。セキュリティサブシステム４３８は、占有センサ、ビデオ監視カメラ、デジタルビデオレコーダ、ビデオ処理サーバ、侵入検出デバイス、アクセス制御デバイス及びサーバ、又は他のセキュリティ関連デバイスを含むことができる。

【００８３】

更に図４を参照すると、ＢＭＳコントローラ３６６は、通信インターフェース４０７及びＢＭＳインターフェース４０９を含むことが示される。インターフェース４０７は、ＢＭＳコントローラ３６６及び／又はサブシステム４２８に対するユーザ制御、監視、及び調整を可能にするために、ＢＭＳコントローラ３６６と外部アプリケーション（例えば、監視及び報告アプリケーション４２２、エンタープライズ制御アプリケーション４２６、リモートシステム及びアプリケーション４４４、クライアントデバイス４４８上に存在するアプリケーションなど）との間の通信を容易にし得る。インターフェース４０７はまた、ＢＭＳコントローラ３６６とクライアントデバイス４４８との間の通信を容易にし得る。ＢＭＳインターフェース４０９は、ＢＭＳコントローラ３６６と建物サブシステム４２８（例えば、ＨＶＡＣ、照明セキュリティ、リフト、配電、ビジネスなど）との間の通信を容易にし得る。

【００８４】

インターフェース４０７、４０９は、建物サブシステム４２８又は他の外部システム若しくはデバイスとデータ通信を行うための有線又は無線通信インターフェース（例えば、ジャック、アンテナ、伝送機、受信機、トランシーバ、有線端末など）であることができるか、又はそれを含むことができる。様々な実施形態では、インターフェース４０７、４０９を介した通信は、直接的なもの（例えば、ローカル有線又は無線通信）であり得るか、又は通信ネットワーク４４６（例えば、ＷＡＮ、インターネット、セルラネットワークなど）を介してであり得る。例えば、インターフェース４０７、４０９は、イーサネット（登録商標）ベースの通信リンク又はネットワークを介して、データを送信及び受信するためのイーサネットカード及びポートを含むことができる。別の例では、インターフェース４０７、４０９は、無線通信ネットワークを介して通信するためのＷｉ－Ｆｉトランシーバを含むことができる。別の例では、インターフェース４０７、４０９のうちの一方又は両方は、セルラフォン通信トランシーバ又はモバイルフォン通信トランシーバを含むことができる。一実施形態では、通信インターフェース４０７は、電源配管通信インターフェースであり、ＢＭＳインターフェース４０９は、イーサネットインターフェースである。他の実施形態では、通信インターフェース４０７及びＢＭＳインターフェース４０９の両方は、イーサネットインターフェースであるか、又は同じイーサネットインターフェースである。

【００８５】

更に図４を参照すると、ＢＭＳコントローラ３６６は、プロセッサ４０６及びメモリ４０８を含む処理回路４０４を含むことが示される。処理回路４０４及びその様々な構成要素が、インターフェース４０７、４０９を介してデータを送信及び受信することができるように、処理回路４０４は、ＢＭＳインターフェース４０９及び／又は通信インターフェース４０７に通信可能に接続され得る。プロセッサ４０６は、汎用プロセッサ、特定用途向け統合回路（ＡＳＩＣ）、１つ以上のフィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、処理構成要素のグループ、又は他の好適な電子処理構成要素として実装され得る。

【００８６】

メモリ４０８（例えば、メモリ、メモリユニット、記憶デバイスなど）は、本出願に記載される様々なプロセス、層、及びモジュールを完了又は容易にするためのデータ及び／又はコンピュータコードを記憶するための１つ以上のデバイス（例えば、ＲＡＭ、ＲＯＭ、フラッシュメモリ、ハードディスク記憶装置など）を含むことができる。メモリ４０８は、揮発性メモリ又は不揮発性メモリであり得るか、又はそれを含むことができる。メモリ４０８は、データベース構成要素、オブジェクトコード構成要素、スクリプト構成要素、又は本出願に記載される様々な活動及び情報構造をサポートするための任意の他のタイプの情報構造を含むことができる。いくつかの実施形態によれば、メモリ４０８は、処理回路４０４を介してプロセッサ４０６に通信可能に接続され、本明細書に記載される１つ以上のプロセスを（例えば、処理回路４０４及び／又はプロセッサ４０６によって）実行するためのコンピュータコードを含む。

【００８７】

いくつかの実施形態では、ＢＭＳコントローラ３６６は、単一のコンピュータ（例えば、１つのサーバ、１つのハウジングなど）内に実装される。様々な他の実施形態では、ＢＭＳコントローラ３６６は、複数のサーバ又はコンピュータ（例えば、分散された場所に存在し得る）にわたって分散され得る。更に、図４は、ＢＭＳコントローラ３６６の外部に存在するアプリケーション４２２及び４２６を示すが、いくつかの実施形態では、アプリケーション４２２及び４２６は、ＢＭＳコントローラ３６６内（例えば、メモリ４０８内）にホストされ得る。

【００８８】

更に図４を参照すると、メモリ４０８は、エンタープライズ統合層４１０、自動測定及び検証（ＡＭ＆Ｖ）層４１２、需要応答（ＤＲ）層４１４、障害検出及び診断（ＦＤＤ）層４１６、統合制御層４１８、並びに後の建物サブシステム統合４２０を含むことが示される。層４１０～４２０は、建物サブシステム４２８及び他のデータソースから入力を受信し、入力に基づいて、建物サブシステム４２８に対する最適な制御アクションを決定し、最適な制御アクションに基づいて、制御信号を生成し、生成された制御信号を、建物サブシステム４２８に提供するように構成され得る。以下の段落は、ＢＭＳ４００内の層４１０～４２０の各々によって実行される一般的な機能のうちのいくつかを説明する。

【００８９】

エンタープライズ統合層４１０は、様々なエンタープライズレベルのアプリケーションをサポートするための情報及びサービスを、クライアント又はローカルアプリケーションに提供するように構成することができる。例えば、エンタープライズ制御アプリケーション４２６は、サブシステムスパニング制御を、グラフィカルユーザインターフェース（ＧＵＩ）又は任意の数のエンタープライズレベルのビジネスアプリケーション（例えば、会計システム、ユーザ識別システムなど）に提供するように構成され得る。エンタープライズ制御アプリケーション４２６はまた、又は代替的に、ＢＭＳコントローラ３６６を構成するための構成ＧＵＩを提供するように構成され得る。更に他の実施形態では、エンタープライズ制御アプリケーション４２６は、インターフェース４０７及び／又はＢＭＳインターフェース４０９で受信される入力に基づいて、層４１０～４２０と動作して、建物性能（例えば、効率、エネルギー使用、快適性、又は安全性）を最適化することができる。

【００９０】

建物サブシステム統合層４２０は、ＢＭＳコントローラ３６６と建物サブシステム４２８との間の通信を管理するように構成することができる。例えば、建物サブシステム統合層４２０は、建物サブシステム４２８からセンサデータ及び入力信号を受信し、出力データ及び制御信号を、建物サブシステム４２８に提供し得る。建物サブシステム統合層４２０はまた、建物サブシステム４２８間の通信を管理するように構成され得る。建物サブシステム統合層４２０は、複数のマルチベンダ／マルチプロトコルシステムにわたる通信（例えば、センサデータ、入力信号、出力信号など）を変換する。

【００９１】

需要応答層４１４は、建物１０の需要を満たすことに応答して、資源使用（例えば、電気使用、天然ガス使用、水使用など）及び／又はそのような資源使用の金銭的コストを最適化するように構成することができる。最適化は、使用時間価格、抑制信号、エネルギー可用性、又はユーティリティプロバイダ、分散型エネルギー生成システム４２４、エネルギーストレージ４２７（例えば、高温ＴＥＳ２４２、低温ＴＥＳ２４４など）、若しくは他のソースから受信される他のデータに基づき得る。需要応答層４１４は、ＢＭＳコントローラ３６６の他の層（例えば、建物サブシステム統合層４２０、統合制御層４１８など）から入力を受信し得る。他の層から受信される入力は、温度、二酸化炭素レベル、相対湿度レベル、空気品質センサ出力、占有センサ出力、ルームスケジュールなどの環境又はセンサ入力を含むことができる。入力はまた、電気使用（例えば、ｋＷｈで表される）、熱負荷測定値、価格情報、予測された価格設定、平滑化された価格設定、ユーティリティからの抑制信号などのような入力を含み得る。

【００９２】

いくつかの実施形態によれば、需要応答層４１４は、データ及びそれが受信する信号に応答するための制御ロジックを含む。これらの応答は、統合制御層４１８内の制御アルゴリズムと通信すること、制御戦略を変更すること、設定値を変更すること、又は制御された方法で建物装置又はサブシステムをアクティブ／非アクティブにすることを含むことができる。需要応答層４１４はまた、記憶されたエネルギーをいつ利用するかを決定するように構成された制御ロジックを含み得る。例えば、需要応答層４１４は、ピーク使用時間の開始の直前に、エネルギーストレージ４２７からのエネルギーを使用することを開始すると判定し得る。

【００９３】

いくつかの実施形態では、需要応答層４１４は、需要（例えば、価格、抑制信号、需要レベルなど）を表す１つ以上の入力に基づいて、又はそれに基づいて、エネルギーコストを最小限に抑える制御アクションを能動的に開始する（例えば、自動的に設定値を変更する）ように構成された制御モジュールを含む。いくつかの実施形態では、需要応答層４１４は、装置モデルを使用して、制御アクションの最適セットを判定する。装置モデルは、例えば、様々なセットの建物装置によって実行される入力、出力、及び／又は機能を説明する熱力学モデルを含むことができる。装置モデルは、建物装置の集合体（例えば、サブプラント、冷却器アレイなど）又は個々のデバイス（例えば、個々の冷却器、ヒータ、ポンプなど）を表し得る。

【００９４】

需要応答層４１４は、１つ以上の需要応答ポリシー定義（例えば、データベース、ＸＭＬファイルなど）を更に含み得るか、又はそれを利用し得る。ポリシー定義は、需要入力に応答して開始される制御アクションが、ユーザのアプリケーション、所望の快適性レベル、特定の建物装置に合わせて、又は他の懸念に基づいて調整され得るように、ユーザによって（例えば、グラフィカルユーザインターフェースを介して）編集又は調整され得る。例えば、需要応答ポリシー定義は、特定の需要入力に応答して、どの装置をオン又はオフにすることができるか、１つのシステム又は装置をどのくらいの期間オフにするべきか、どのような設定値を変更することができるか、どのような許容される設定値調整範囲であるか、通常スケジュールされた設定値に戻る前に、どのくらいの時間、高い需要設定値を保持するか、どのくらいの容量制限に近づくか、どの装置モードを利用するか、エネルギーストレージデバイス（例えば、蓄熱タンク、バッテリーバンクなど）への、及びエネルギーストレージデバイスからのエネルギー伝達率（例えば、最大レート、アラームレート、他のレート境界情報など）、及びエネルギーのオンサイト生成をいつディスパッチするか（例えば、燃料電池、モータジェネレータセットなどを介して）を指定することができる。

【００９５】

統合制御層４１８は、建物サブシステム統合層４２０及び／又は後の需要応答４１４のデータ入力又は出力を使用して、制御決定を行うように構成することができる。建物サブシステム統合層４２０によって提供されるサブシステム統合により、統合制御層４１８は、サブシステム４２８が、単一の統合されたスーパーシステムとして動作するように、サブシステム４２８の制御活動を統合することができる。いくつかの実施形態では、統合制御層４１８は、複数の建物サブシステムからの入力及び出力を使用して、別個のサブシステムが単独で提供することができる快適さ及びエネルギー節約と比較して、より大きな快適さ及びエネルギー節約を提供する制御ロジックを含む。例えば、統合制御層４１８は、第１のサブシステムからの入力を使用して、第２のサブシステムに対するエネルギー節約制御決定を行うように構成することができる。これらの決定の結果は、建物サブシステム統合層４２０に戻って伝達することができる。

【００９６】

統合制御層４１８は、需要応答層４１４の論理的に下にあることが示される。統合制御層４１８は、建物サブシステム４２８及びそれらのそれぞれの制御ループが、需要応答層４１４と協調して制御されることを可能にすることによって、需要応答層４１４の有効性

を強化するように構成することができる。この構成は、従来のシステムと比較して、破壊的な需要応答挙動を有利に低減し得る。例えば、統合制御層４１８は、冷却された水温（又は温度に直接的又は間接的に影響を与える別の構成要素）の設定値に対する需要応答、すなわち駆動上方調整が、冷却器で節約されたよりも大きな建物の総エネルギー使用量をもたらすファンエネルギー（又は空間を冷却するために使用される他のエネルギー）の増加をもたらさないことを保証するように構成され得る。

【００９７】

統合制御層４１８は、需要応答層４１４が、要求された負荷制限が進行中であっても、制約（例えば、温度、照明レベルなど）が適切に維持されていることを確認するように、需要応答層４１４にフィードバックを提供するように構成することができる。制約はまた、安全性、装置動作制限及び性能、快適性、火災コード、電気コード、エネルギーコードなどに関連する設定値又は感知された限度を含み得る。統合制御層４１８はまた、障害検出及び診断層４１６、並びに自動測定及び検証層４１２の論理的に下にある。統合制御層４１８は、２つ以上の建物サブシステムからの出力に基づいて、計算された入力（例えば、集計）をこれらのより高いレベルに提供するように構成することができる。

【００９８】

自動測定及び検証（ＡＭ＆Ｖ）層４１２は、統合制御層４１８又は需要応答層４１４によって命令される制御戦略が、適切に動作していることを（例えば、ＡＭ＆Ｖ層４１２、統合制御層４１８、建物サブシステム統合層４２０、ＦＤＤ層４１６、又はそれ以外によって集約されたデータを使用して）検証するように構成することができる。ＡＭ＆Ｖ層４１２によって行われる計算は、個々のＢＭＳデバイス又はサブシステムに対する建物システムエネルギーモデル及び／又は装置モデルに基づくことができる。例えば、ＡＭ＆Ｖ層４１２は、モデル予測出力を建物サブシステム４２８からの実際の出力と比較して、モデルの精度を判定し得る。

【００９９】

障害検出及び診断（ＦＤＤ）層４１６は、建物サブシステム４２８、建物サブシステムデバイス（すなわち、建物装置）、並びに需要応答層４１４及び統合制御層４１８によって使用される制御アルゴリズムに対する継続的な障害検出を提供するように構成することができる。ＦＤＤ層４１６は、統合制御層４１８から、１つ以上の建物サブシステム若しくはデバイスから、又は別のデータソースから直接、データ入力を受信し得る。ＦＤＤ層４１６は、検出された障害を自動的に診断し、それに応答し得る。検出又は診断された障害に対する応答は、ユーザに、警告メッセージ、メンテナンススケジューリングシステム、又は障害を修復しようと試みるか、若しくは障害を回避するように構成された制御アルゴリズムを提供することを含むことができる。

【０１００】

ＦＤＤ層４１６は、建物サブシステム統合層４２０で利用可能な詳細なサブシステム入力を使用して、障害のある構成要素又は障害の原因（例えば、緩いダンパ連動）の特定の識別を出力するように構成することができる。他の例示的な実施形態では、ＦＤＤ層４１６は、受信した障害イベントに応答して、制御戦略及びポリシーを実行する統合制御層４１８に、「障害」イベントを提供するように構成されている。いくつかの実施形態によれば、ＦＤＤ層４１６（又は統合された制御エンジン若しくはビジネスルールエンジンによって実行されるポリシー）は、障害のあるデバイス又はシステムの周りのシステム又は直接制御活動をシャットダウンして、エネルギー廃棄物を削減し、装置の寿命を延長し、又は適切な制御応答を確保し得る。

【０１０１】

ＦＤＤ層４１６は、様々な異なるシステムデータストア（又は生のデータのためのデータポイント）を保存又はそれにアクセスするように構成することができる。ＦＤＤ層４１６は、データストアのいくつかのコンテンツを使用して、装置レベルの障害（例えば、特定の冷却器、特定のＡＨＵ、特定の端末ユニットなど）を識別し、他のコンテンツを使用して、構成要素又はサブシステムレベルの障害を識別し得る。例えば、建物サブシステム

４２８は、ＢＭＳ４００及びその様々な構成要素の性能を示す時間的（すなわち、時系列）データを生成し得る。建物サブシステム４２８によって生成されたデータは、統計的特徴を示し、かつ対応するシステム又はプロセス（例えば、温度制御プロセス、フロー制御プロセスなど）が、その設定値からの誤差に関してどのように実行されているかに関する情報を提供する測定値又は計算値を含むことができる。これらのプロセスは、ＦＤＤ層４１６によって検査されて、システムが性能の劣化を開始するときに露出し、障害がより深刻になる前に障害を修復するようにユーザに警告することができる。

【０１０２】

ここで図５を参照すると、いくつかの実施形態による、別の建物管理システム（ＢＭＳ）５００のブロック図が示される。ＢＭＳ５００は、ＨＶＡＣシステム１００、ウォーターサイドシステム２００、エアサイドシステム３００、建物サブシステム４２８、並びに他のタイプのＢＭＳデバイス（例えば、照明装置、セキュリティ装置など）及び／又はＨＶＡＣ装置のデバイスを監視及び制御するために使用することができる。

【０１０３】

ＢＭＳ５００は、自動装置発見及び装置モデル分配を容易にするシステムアーキテクチャを提供する。装置発見は、複数の異なる通信バス（例えば、システムバス５５４、ゾーンバス５５６～５６０、及び５６４、センサ／アクチュエータバス５６６など）にわたって、及び複数の異なる通信プロトコルにわたって、複数のレベルのＢＭＳ５００上で発生することができる。いくつかの実施形態では、装置発見は、各通信バスに接続されたデバイスに対するステータス情報を提供するアクティブノードテーブルを使用して達成される。例えば、各通信バスは、新しいノードに対する対応するアクティブノードテーブルを監視することによって、新しいデバイスに対して監視され得る。新しいデバイスが検出されると、ＢＭＳ５００は、ユーザインタラクションなしで、新しいデバイスとのインタラクション（例えば、デバイスからのデータを使用して制御信号を送信すること）を開始することができる。

【０１０４】

ＢＭＳ５００のいくつかのデバイスは、装置モデルを使用して、ネットワークに表示される。装置モデルは、他のシステムとの統合に使用される装置オブジェクト属性、ビュー定義、スケジュール、傾向、及び関連するＢＡＣｎｅｔ値オブジェクト（例えば、アナログ値、バイナリ値、マルチステート値など）を定義する。ＢＭＳ５００のいくつかのデバイスには、独自の装置モデルが記憶されている。ＢＭＳ５００の他のデバイスは、外部（例えば、他のデバイス内）に記憶される装置モデルを有する。例えば、ゾーンコーディネータ５０８は、バイパスダンパ５２８に対する装置モデルを記憶することができる。いくつかの実施形態では、ゾーンコーディネータ５０８は、ゾーンバス５５８上のバイパスダンパ５２８又は他のデバイスに対する装置モデルを自動的に作成する。他のゾーンコーディネータはまた、ゾーンバスに接続されたデバイスに対する装置モデルを作成することもできる。デバイスに対する装置モデルは、デバイスがゾーンバス上で公開するデータポイントのタイプ、デバイスタイプ、及び／又は他のデバイス属性に基づいて、自動的に作成することができる。自動装置発見及び装置モデル分配のいくつかの例を以下でより詳細に説明する。

【０１０５】

更に図５を参照すると、ＢＭＳ５００は、システムマネージャ５０２と、いくつかのゾーンコーディネータ５０６、５０８、５１０、及び５１８と、いくつかのゾーンコントローラ５２４、５３０、５３２、５３６、５４８、及び５５０とを含むことが示されている。システムマネージャ５０２は、ＢＭＳ５００内のデータポイントを監視し、監視された変数を様々な監視及び／又は制御アプリケーションに報告することができる。システムマネージャ５０２は、データ通信リンク５７４（例えば、ＢＡＣｎｅｔ　ＩＰ、イーサネット、有線又は無線通信など）を介して、クライアントデバイス５０４（例えば、ユーザデバイス、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、モバイルデバイスなど）と通信することができる。システムマネージャ５０２は、データ通信リンク５７４を介

して、クライアントデバイス５０４にユーザインターフェースを提供することができる。ユーザインターフェースは、ユーザが、クライアントデバイス５０４を介して、ＢＭＳ５００を監視及び／又は制御することを可能にし得る。

【０１０６】

いくつかの実施形態では、システムマネージャ５０２は、システムバス５５４を介して、ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８と接続される。システムマネージャ５０２は、マスタースレーブトークンパッシング（ＭＳＴＰ）プロトコル又は任意の他の通信プロトコルを使用して、システムバス５５４を介して、ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８と通信するように構成することができる。システムバス５５４はまた、システムマネージャ５０２を、定容量（ＣＶ）屋上ユニット（ＲＴＵ）５１２、入力／出力モジュール（ＩＯＭ）５１４、サーモスタットコントローラ５１６（例えば、ＴＥＣ５０００シリーズサーモスタットコントローラ）、及びネットワーク自動化エンジン（ＮＡＥ）又はサードパーティコントローラ５２０などの他のデバイスと接続することができる。ＲＴＵ５１２は、システムマネージャ５０２と直接通信するように構成することができ、システムバス５５４に直接接続することができる。他のＲＴＵは、中間デバイスを介して、システムマネージャ５０２と通信することができる。例えば、有線入力５６２は、サードパーティＲＴＵ５４２を、システムバス５５４に接続するサーモスタットコントローラ５１６に接続することができる。

【０１０７】

システムマネージャ５０２は、装置モデルを含む任意のデバイスのためのユーザインターフェースを提供することができる。ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８並びにサーモスタットコントローラ５１６などのデバイスは、それらの装置モデルを、システムバス５５４を介して、システムマネージャ５０２に提供することができる。いくつかの実施形態では、システムマネージャ５０２は、装置モデル（例えば、ＩＯＭ５１４、サードパーティコントローラ５２０など）を含まない接続されたデバイスに対する装置モデルを自動的に作成する。例えば、システムマネージャ５０２は、デバイスツリー要求に応答する任意のデバイスに対する装置モデルを作成することができる。システムマネージャ５０２によって作成された装置モデルは、システムマネージャ５０２内に記憶され得る。次いで、システムマネージャ５０２は、システムマネージャ５０２によって作成された装置モデルを使用して、独自の装置モデルを含まないデバイスに対するユーザインターフェースを提供することができる。いくつかの実施形態では、システムマネージャ５０２は、システムバス５５４を介して接続された装置の各タイプに対するビュー定義を記憶し、記憶されたビュー定義を使用して、装置に対するユーザインターフェースを生成する。

【０１０８】

各ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８は、ゾーンバス５５６、５５８、５６０、及び５６４を介して、ゾーンコントローラ５２４、５３０～５３２、５３６、及び５４８～５５０のうちの１つ以上と接続することができる。ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８は、ＭＳＴＰプロトコル又は任意の他の通信プロトコルを使用して、ゾーンバス５５６～５６０及び５６４を介して、ゾーンコントローラ５２４、５３０～５３２、５３６、及び５４８～５５０と通信することができる。ゾーンバス５５６～５６０及び５６４はまた、ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８を、可変空気量（ＶＡＶ）ＲＴＵ５２２及び５４０、切り替えバイパス（ＣＯＢＰ）ＲＴＵ５２６及び５５２、バイパスダンパ５２８及び５４６、並びにＰＥＡＫコントローラ５３４及び５４４などの他のタイプのデバイスと接続することができる。

【０１０９】

ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８は、様々なゾーニングシステムを監視及び指令するように構成することができる。いくつかの実施形態では、各ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８は、別個のゾーニングシステムを監視及び指令し、別個のゾーンバスを介して、ゾーニングシステムに接続される。例えば、ゾーンコーディネータ５０６は、ゾーンバス５５６を介して、ＶＡＶ　ＲＴＵ５２２及びゾーンコントローラ

５２４に接続することができる。ゾーンコーディネータ５０８は、ゾーンバス５５８を介して、ＣＯＢＰ　ＲＴＵ５２６、バイパスダンパ５２８、ＣＯＢＰゾーンコントローラ５３０、及びＶＡＶゾーンコントローラ５３２に接続することができる。ゾーンコーディネータ５１０は、ゾーンバス５６０を介して、ＰＥＡＫコントローラ５３４及びＶＡＶゾーンコントローラ５３６に接続することができる。ゾーンコーディネータ５１８は、ゾーンバス５６４を介して、ＰＥＡＫコントローラ５４４、バイパスダンパ５４６、ＣＯＢＰゾーンコントローラ５４８、及びＶＡＶゾーンコントローラ５５０に接続することができる。

【０１１０】

ゾーンコーディネータ５０６～５１０及び５１８の単一のモデルは、複数の異なるタイプのゾーニングシステム（例えば、ＶＡＶゾーニングシステム、ＣＯＢＰゾーニングシステムなど）を扱うように構成することができる。各ゾーニングシステムは、ＲＴＵ、１つ以上のゾーンコントローラ、及び／又はバイパスダンパを含むことができる。例えば、ゾーンコーディネータ５０６及び５１０は、それぞれ、ＶＡＶ　ＲＴＵ５２２及び５４０に接続されたＶｅｒａｓｙｓ　ＶＡＶエンジン（ＶＶＥ）として示される。ゾーンコーディネータ５０６は、ゾーンバス５５６を介して、ＶＡＶ　ＲＴＵ５２２に直接接続され、ゾーンコーディネータ５１０は、ＰＥＡＫコントローラ５３４に提供される有線入力５６８を介してサードパーティＶＡＶ　ＲＴＵ５４０に接続される。ゾーンコーディネータ５０８及び５１８は、それぞれ、ＣＯＢＰ　ＲＴＵ５２６及び５５２に接続されたＶｅｒａｓｙｓ　ＣＯＢＰエンジン（ＶＣＥ）として示される。ゾーンコーディネータ５０８は、ゾーンバス５５８を介して、ＣＯＢＰ　ＲＴＵ５２６に直接接続されるが、ゾーンコーディネータ５１８は、ＰＥＡＫコントローラ５４４に提供される有線入力５７０を介して、サードパーティＣＯＢＰ　ＲＴＵ５５２に接続される。

【０１１１】

ゾーンコントローラ５２４、５３０～５３２、５３６、及び５４８～５５０は、センサ／アクチュエータ（ＳＡ）バスを介して、個々のＢＭＳデバイス（例えば、センサ、アクチュエータなど）と通信することができる。例えば、ＶＡＶゾーンコントローラ５３６は、ＳＡバス５６６を介して、ネットワーク化されたセンサ５３８に接続されるように示される。ゾーンコントローラ５３６は、ＭＳＴＰプロトコル又は任意の他の通信プロトコルを使用して、ネットワーク化されたセンサ５３８と通信することができる。図５には１つのＳＡバス５６６のみが示されているが、各ゾーンコントローラ５２４、５３０～５３２、５３６、及び５４８～５５０が、異なるＳＡバスに接続され得ることを理解されたい。各ＳＡバスは、ゾーンコントローラを、様々なセンサ（例えば、温度センサ、湿度センサ、圧力センサ、光センサ、占有センサなど）、アクチュエータ（例えば、ダンパアクチュエータ、バルブアクチュエータなど）、及び／又は他のタイプの制御可能な装置（例えば、冷却器、ヒータ、ファン、ポンプなど）と接続することができる。

【０１１２】

各ゾーンコントローラ５２４、５３０～５３２、５３６、及び５４８～５５０は、異なる建物ゾーンを監視及び制御するように構成することができる。ゾーンコントローラ５２４、５３０～５３２、５３６、及び５４８～５５０は、それらのＳＡバスを介して提供される入力及び出力を使用して、様々な建物ゾーンを監視及び制御することができる。例えば、ゾーンコントローラ５３６は、ＳＡバス５６６を介して、ネットワーク化されたセンサ５３８から受信された温度入力（例えば、建物ゾーンの測定された温度）を、温度制御アルゴリズム内のフィードバックとして使用することができる。ゾーンコントローラ５２４、５３０～５３２、５３６、及び５４８～５５０は、様々なタイプの制御アルゴリズム（例えば、状態ベースのアルゴリズム、極値探索制御（ＥＳＣ）アルゴリズム、比例積分（ＰＩ）制御アルゴリズム、比例積分微分（ＰＩＤ）制御アルゴリズム、モデル予測制御（ＭＰＣ）アルゴリズム、フィードバック制御アルゴリズムなど）を使用して、建物１０内又は建物１０の周りの可変状態又はコンディション（例えば、温度、湿度、空気流、照明など）を制御することができる。

【０１１３】

可変冷媒流システム

ここで図６Ａ～図６Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、可変冷媒流（ＶＲＦ）システム６００が示される。ＶＲＦシステム６００は、複数の室外ＶＲＦユニット６０２及び複数の室内ＶＲＦユニット６０４を含むことが示されている。室外ＶＲＦユニット６０２は、建物の外側に位置することができ、冷媒を加熱又は冷却するように動作することができる。室外ＶＲＦユニット６０２は、電気を消費して、冷媒を、液相、気相、及び／又は過熱気相間で変換することができる。室内ＶＲＦユニット６０４は、建物内の様々な建物ゾーン全体に分散することができ、室外ＶＲＦユニット６０２から、加熱又は冷却された冷媒を受け取ることができる。各室内ＶＲＦユニット６０４は、室内ＶＲＦユニットが位置する特定の建物ゾーンに対する温度制御を提供することができる。

【０１１４】

ＶＲＦシステムの主な利点は、いくつかの室内ＶＲＦユニット６０４が、冷却モードで動作することができ、他の室内ＶＲＦユニット６０４が、加熱モードで動作することができることである。例えば、室外ＶＲＦユニット６０２及び室内ＶＲＦユニット６０４の各々は、加熱モード、冷却モード、又はオフモードで動作することができる。各建物ゾーンは、独立して制御することができ、異なる温度設定値を有することができる。いくつかの実施形態では、各建物は、建物の外側（例えば、屋上）に位置する最大３個の室外ＶＲＦユニット６０２、及び建物全体（例えば、様々な建物ゾーン）に分散された最大１２８個の室内ＶＲＦユニット６０４を有する。

【０１１５】

ＶＲＦシステム６００に対して、多くの異なる構成が存在する。いくつかの実施形態では、ＶＲＦシステム６００は、各室外ＶＲＦユニット６０２が、単一の冷媒戻り配管及び単一の冷媒出口配管に接続する２パイプシステムである。２パイプシステムでは、加熱又は冷却された冷媒のうちの１つのみが、単一の冷媒出口配管を介して提供され得るため、室外ＶＲＦユニット６０２の全てが同じモードで動作する。他の実施形態では、ＶＲＦシステム６００は、各室外ＶＲＦユニット６０２が、冷媒戻り配管、高温冷媒出口配管、及び低温冷媒出口配管に接続する３パイプシステムである。３パイプシステムにおいて、加熱及び冷却の両方は、二重の冷媒出口配管を介して同時に提供され得る。

【０１１６】

ＶＲＦシステム６００は、構成要素（例えば、室外ＶＲＦユニット６０２、室内ＶＲＦユニット６０４など）が正しく動作していることを確実にするために、ＡＩを利用して、オイル量及び粘度を予測し得るＶＲＦシステムの例を表すことができる。具体的には、構成要素は、構成要素の急速な劣化が回避されることを確実にするために、適切な潤滑のためのオイルを必要とし得る。具体的には、ＶＲＦシステム６００は、図７～図１０を通して説明されるシステム及び方法を活用して、全ての構成要素が、十分なオイルの供給を有し、提供されるオイルが、適切な粘度であることを確実にし得る。

【０１１７】

ここで図７Ａを参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステム７００の例示が示される。いくつかの実施形態では、ＶＲＦシステム７００は、図６Ａ及び図６Ｂを参照して説明されたＶＲＦシステム６００に類似する、及び／又は同じである。より具体的には、ＶＲＦシステム７００は、ＶＲＦシステムにおいてオイルがどのように利用されるかを例示することができる。ＶＲＦシステム７００は、単に、ＶＲＦシステムがどのように動作し得るかの例のために示されることに留意されたい。ＶＲＦシステム７００の構成要素、関係、及び／又は他の特徴は、特定の実装態様に基づいてカスタマイズ及び構成することができる。例えば、ＶＲＦシステム７００は、図７Ａに示されるよりも多い又は少ないコンプレッサ７０１を含み得る。

【０１１８】

ＶＲＦシステム７００は、コンプレッサ７０１、熱交換器７０２、ダブルチューブ型熱交換器７０３、オイルセパレータ７０４、及びアキュムレータ７０５を含むことが示されている。適切に動作するために、コンプレッサ７０１の構成要素が適切に潤滑されること

を確実にするために、コンプレッサ７０１はオイルを必要とし得る。オイルなしでは、構成要素は、急速に劣化し得、コンプレッサ７０１は、ゾーンに適切な冷却／加熱を提供することができない場合がある。熱交換器７０２及び７０３は、流体（例えば、オイル及び冷媒）間で熱を伝達することができる。オイルセパレータ７０４は、ＶＲＦシステム７００内の冷媒及び／又は他の流体からオイルを分離することができる。具体的には、動作中に、コンプレッサ７０１は、漏れ得る、及び／又はそうでなければ、いくつかのオイルが、コンプレッサ７０１によって出力された冷媒に混合されることを可能にし得る。当該オイルが、オイル／冷媒混合物から逆抽出されない場合、オイルは、ＶＲＦシステム７００内のオイルの急速な損失をもたらし得るＶＲＦシステム７００を超える構成要素（例えば、室内ＡＨＵ）に提供され得る。したがって、オイルセパレータ７０４は、オイルを流体混合物から蒸留し、一時的に保管するためにアキュムレータ７０５にオイルを提供することができる。アキュムレータ７０５は、オイルを保管することができ、ＶＲＦシステム７００の他の構成要素のためのオイルを回収するために、必要に応じてアクセスすることができる。

【０１１９】

ＶＲＦシステム７００はまた、ストレーナ７０６、ディストリビュータ７０７、逆転弁７０８、キャピラリーチューブ７０９、及びマイクロコンピュータ制御膨張弁７１０を含むことが示されている。ストレーナ７０６は、ＶＲＦシステム７００の動作中に、オイル及び／又はオイル／冷媒混合物と偶発的に統合され得る不純物（例えば、汚れ、破片など）を、オイル及び／又はオイル／冷媒混合物から除去することができる。不純物は、建物装置の機能不良をもたらす可能性があり、（例えば、オイルの粘度を増加又は減少させることによって）ＶＲＦシステム７００内のオイルの特性に影響を与え得る。ディストリビュータ７０７は、熱交換器７０２全体に流体を分配することを支援することができる。逆転弁７０８は、ＶＲＦシステム７００内の冷媒流の方向を変更して、加熱モードと冷却モードとの間でＶＲＦシステム７００を切り替えることができる。キャピラリーチューブ７０９は、冷媒の圧力に影響を与えることによって、ＶＲＦシステム７００内の冷媒の温度を低下させることを支援することができる。マイクロコンピュータ制御膨張弁７１０は、ＶＲＦシステム７００の構成要素に入る冷媒の量を調節することができる。

【０１２０】

ＶＲＦシステム７００はまた、逆止弁７１１、電磁弁７１２、チェックジョイント７１３、液体配管用の停止弁７１４、ガス（低温）配管用の停止弁７１５、ガス（高温／低温）配管用の停止弁７１６、冷媒圧力センサ７１７、別の冷媒圧力センサ７１８、及び高圧スイッチ７１９を含むことが示されている。逆止弁７１１は、流体が所望の流れ方向と反対の方向に流れることを制限することによって、流体が、ＶＲＦシステム７００内で正しい方向に流れていることを確実にするのに役立つことができる。電磁弁７１２は、ＶＲＦシステム７００内の流体の流れを調節することができる。チェックジョイント７１３は、ＶＲＦシステム７００の構成要素の応力を調節するのに役立つことができる。停止弁７１４、７１５、及び７１６は、それぞれ、図７Ａの例示に示される液体配管、ガス（低温）配管、及びガス（高温／低温）配管内の流体の流れを制限することができる。冷媒圧力センサ７１７及び７１８に関して、冷媒圧力センサ７１７は、高圧センサであり得るが、冷媒圧力センサ７１８は、ＶＲＦシステム７００内の低圧センサであり得る。冷媒がコンプレッサ７０１に戻ると、高圧スイッチ７１９は、コンプレッサ７０１への損傷を防止するために、冷媒の圧力が高すぎるか、又は低すぎる場合、冷媒が、コンプレッサ７０１に入るのを停止することができる。

【０１２１】

ＶＲＦシステム７００はまた、様々なサーミスタを含むことが示されている。ＶＲＦシステム７００では、サーミスタにわたる抵抗は、主に、接続された構成要素の温度に基づくことができる。図７Ａの例示では、ＶＲＦシステム７００は、サーミスタ７２０～７２５を含むことが示されている。サーミスタ７２０は、第１のコンプレッサ７０１の上側に関連付けられている。サーミスタ７２１は、第２のコンプレッサ７０１の上側に関連付け

られている。サーミスタ７２２は、熱交換器７０２のガス側に関連付けられる。サーミスタ７２３は、熱交換器７０２の液体側に関連付けられている。サーミスタ７２４は、サブクーラバイパス側に関連付けられている。サーミスタ７２５は、冷媒の自動充填に関連付けられている。

【０１２２】

ＶＲＦシステム７００内の各パイプにはまた、対応する外径ＯＤ及び厚さＴがラベル付けされており、これは、以下の表１に示される。留意すべきこととして、全ての配管にわたってＶＲＦシステム７００で使用される材料は、Ｃ１２２０Ｔ－Ｏである。

【表１】

表１－配管の外径及び厚さ

マーク	OD×T	材料
a	1-3/32×0.075 [28.0]×[1.9]	C1220T-O
b	1-3/32×0.063 [28.0]×[1.6]	
c	1×0.071 [25.4]×[1.8]	
d	1×0.047 [25.4]×[1.2]	
e	7/8×0.059 [22.0]×[1.5]	
f	7/8×0.047 [22.0]×[1.2]	
g	3/4×0.065 [19.05]×[1.65]	
h	5/8×0.047 [15.88]×[1.2]	
i	1/2×0.039 [12.7]×[1.0]	
j	3/8×0.031 [9.52]×[0.8]	
k	1/4×0.042 [6.35]×[1.07]	
l	1/4×0.028 [6.35]×[0.7]	

【０１２３】

ここで図７Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステム７５０の例示が示される。いくつかの実施形態では、ＶＲＦシステム７５０は、図７を参照して説明されたＶＲＦシステム７００、及び／又は図６Ａ及び図６Ｂを参照して説明されたＶＲＦシステム６００に類似する及び／又は同じである。具体的には、ＶＲＦシステム７５０は、ＶＲＦシステム全体のオイルの流れを例示する。ＶＲＦシステム７００と同様に、ＶＲＦシステム７５０は、単に例のために提供される。ＶＲＦシステム７５０の構成要素、構造、及び／又は他の特性は、実装態様に応じて、カスタマイズ及び構成することができる。

【０１２４】

ＶＲＦシステム７５０は、吸引配管７５２を含むことが示されている。吸引配管７５２は、１つ以上のデバイス／システム（例えば、室内ＡＨＵ）によって使用される冷媒（例えば、冷媒蒸気）をコンプレッサ７５４に提供することができる。いくつかの実施形態では、いくつかのオイルは、吸引配管７５２によってコンプレッサ７５４に提供される流体に含まれ得る。受け取った冷媒に基づいて、コンプレッサ７５４は、冷媒を、より高い圧

力ガスに圧縮し、吐出配管７５６を介して、当該より高い圧力ガスを出力するように動作することができる。コンプレッサ７５４が、適切に機能するためにオイルを必要とし得るので、コンプレッサ７５４によって実行される圧縮プロセスは、出力された高圧ガスに混合されるいくつかのオイルをもたらし得、それによってオイル／冷媒混合物をもたらし得る。

【０１２５】

ＶＲＦシステム７５０はまた、オイルセパレータ７５８を含むことが示される。受け取ったオイル／冷媒混合物に基づいて、オイルセパレータ７５８は、オイルを、冷媒から分離するように動作することができる。分離後、冷媒は、冷媒管７６２を介して、いくつかのデバイス／システム（例えば、室内ＡＨＵ）に提供することができる。分離されたオイルは、オイル管７６４を介してアキュムレータ７６０に提供することができる。アキュムレータ７６０は、オイルセパレータ７５８によって分離されたオイルの貯蔵容器として機能することができる。アキュムレータ７６０は、アキュムレータ７６０に貯蔵することができるオイルの最大量を画定するいくつかの最大容量を有し得る。

【０１２６】

アキュムレータ７６０によって貯蔵されたオイルは、オイル戻り管７６６を介して、コンプレッサ７５４に戻すことができる。アキュムレータ７６０がいくらかの非ゼロ量の貯蔵オイルを有することを考えると、アキュムレータ７６０は、特定のコンプレッサ７５４が、より多くのオイルを必要とする場合、コンプレッサ７５４のいずれかにオイルを提供することができる。いくつかの実施形態では、ＶＲＦシステム７５０は、コンプレッサ７５４へのオイルの流れを調節するバルブ７６８を含む。この場合、バルブ７６８は、過剰なオイルがコンプレッサ７５４に提供されることを防止し得、及び／又はそうでなければ、コンプレッサ７５４に提供されるオイルを調節し得る。

【０１２７】

いくつかの実施形態では、ＶＲＦシステム７５０内のオイルの粘度、並びにコンプレッサ７５４及びアキュムレータ７６０の各々内のオイル量は、ＡＩモデルによって推定／予測される。この場合、ＡＩモデルは、コンプレッサ７５４の動作速度、ＶＲＦシステム７５０の近傍の周囲温度、吐出配管７５６の吐出温度及び吐出圧力、吸引配管７５２の吸引圧力、冷媒蒸気の温度、及び／又はＶＲＦシステム７５０内の他のガスの温度などの入力を取り込み得る。当該入力は、ＶＲＦシステム７５０全体でセンサ（例えば、温度センサ、圧力センサなど）によって測定され得、及び／又はＶＲＦシステム７５０の構成要素によって直接提供され得る（例えば、コンプレッサ７５４は、それらの動作速度を直接出力し得る）。

【０１２８】

入力に基づいて、ＡＩモデルは、ＶＲＦシステム７５０内のオイルの特性（例えば、オイル量、オイル粘度など）を予測し得る。オイルの特性が、事前定義された閾値（又はいくつかの他の制約）を満たしていない場合、１つ以上の是正措置を開始して、事前定義された閾値を満たすように、オイルの特性の不足に対処し得る。例えば、ＶＲＦシステム７５０内のオイルの粘度が高すぎるか、又は低すぎる場合、是正措置は、ＶＲＦシステム７５０に新規のオイルを導入すること、及び／又は特定の時間にＶＲＦシステム７５０内のオイルを完全に交換することを含み得る。別の例として、特定のコンプレッサ７５４内のオイル量が低すぎる場合、是正手段が開始されて、特定のコンプレッサ７５４が、ＶＲＦシステム７５０の効率への比較的低い影響をもたらす特定の時間に、アキュムレータ７６０から、より多くのオイルを取得することができるように、特定のコンプレッサ７５４、特定のバルブ７６８、及び／又はアキュムレータ７６０を動作させ得る。開始することができるＡＩモデル及び是正措置は、図８～図１０を参照して以下でより詳細に説明する。

【０１２９】

オイル量及び粘度推定のためのシステム及び方法

概して図８～図１０を参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステム内のオイルの特性を推定及び予測するためのシステム及び方法が示され、説明される。以下の説

明は、例示のためだけにＶＲＦシステムを参照して説明されており、限定的であると見なされるべきではないことを理解されたい。図８～図１０を通して説明されるシステム及び方法は、同様に、オイルを利用する様々なシステム（例えば、他の建物システム、車両システムなど）に適用することができ、ＶＲＦシステムに限定されることを意味しない。

【０１３０】

以下に説明されるシステム及び方法は、人工知能（ＡＩ）モデルを利用して、様々な入力に基づいて、オイルの特性が経時的にどのように変化するかを予測することができる。ＡＩモデルは、任意の適切なタイプのＡＩモデルを含むことができる。例えば、ＡＩモデルは、長期短期メモリ（ＬＳＴＭ）モデル、他のタイプのリカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）、畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ）などであり得るか、又はそれを含み得る。利用するＡＩモデルのタイプは、例えば、所与のＡＩモデルの精度、考慮すべき具体的な入力／出力が何か、ユーザ好みなどに基づいて選択することができる。いくつかの実施形態では、ＬＳＴＭモデルなどのＲＮＮモデルは、オイルの時系列の性質のため、好ましい。機械学習モデルは、本明細書では、ＡＩモデルと同義であると称され得ることに留意されたい。

【０１３１】

ＡＩモデルは、訓練データのセットに基づいて、特定のオイル特性を予測するように訓練することができる。訓練データは、様々なソースによって提供され得る。例えば、ユーザは、ＡＩモデルが、ＶＲＦシステムにおいてオイルがどのように利用されているかを判定するのに役立つことができる多様変数を含む入力のセット、及びシステム又は同様のシステムの実際の測定された動作状態に基づいて、対応する出力のセットを提供し得る。この場合、入力は、例えば、コンプレッサの動作速度、コンプレッサの付近の周囲温度、コンプレッサの吐出温度、コンプレッサの吸引圧力、コンプレッサの吐出圧力、コンプレッサ内のガスのガス温度などを含み得る。本明細書で定義されるように、コンプレッサの吐出温度は、ＶＲＦシステム内の過熱冷媒蒸気の温度測定値を指すことができ、吸引圧力は、動作中にコンプレッサによって生成された吸引圧力を指すことができ、吐出圧力は、コンプレッサの出力側で生成された圧力を指すことができる。出力は、例えば、オイル粘度、コンプレッサのオイル量、アキュムレータのオイル量などを含み得る。次いで、ＡＩモデルは、入力、及び対応する出力を使用して、入力に基づいて出力の値を予測するように訓練することができる。もちろん、当該入力及び出力は、例のために与えられるものであり、ＡＩモデルへの可能な入力を制限することを意味するものではない。

【０１３２】

いくつかの実施形態では、シミュレーションモデルは、ＡＩモデルを訓練するために使用される訓練データを生成するために利用される。シミュレーションモデルを使用して生成された訓練データは、別個に、又は他のソースから（例えば、実際のシステムの測定された状態から）集められた訓練データに加えて使用され得る。シミュレーションモデルは、様々なコンディションに基づいて、経時的なオイル戻りシステムの変化をシミュレーションするように構築することができる。言い換えると、シミュレーションモデルは、オイル戻りシステムの動作をデジタル的に模倣するように構築することができる。シミュレーションモデルの状態（例えば、オイル量、オイル粘度、エネルギー消費など）を操作して、多種多様なコンディションを表す訓練データを生成することができる。シミュレーションモデルは、複数回実行されて、様々な異なる負荷下で、異なる建物デバイスを使用して、異なる気象／環境条件下で、異なる時間などで、システムの経時的な進化を表す訓練データを生成し得る。ＶＲＦシステムに関して、シミュレーションモデルは、例えば、ＡＩモデルが使用されない場合、ＶＲＦシステムを動作させるために典型的に使用され得る、閉ループ機能モックアップユニット（ＦＭＵ）モデルであり得る。有利には、シミュレーションモデルを利用することによって、大量の訓練データを、訓練データを生成するために経時的に実際のシステムを動作させることと比較して、より短い期間で生成することができる。更に、シミュレーションモデルは、実際のシステムに、危険であり得、実際の建物内の居住者の快適性を妨害し得る条件を課すことなく、フリンジシナリオ（例えば、危

険なほど高い負荷、危険な動作コンディション、デバイス障害など）を表す訓練データを生成するように実行され得る。

【０１３３】

訓練データのセットに基づいて訓練されると、ＡＩモデルは、入力に基づいてオイル特性を予測することができる。例えば、ＡＩモデルは、オイルの粘度、コンプレッサ内のオイル量、及びアキュムレータ内のオイル量を予測し得る。予測されるオイル特性に基づいて、予測されるオイルの特性が、特性の値に関する所定の閾値（及び／又は他の制約）に従うかどうかを判定することができる。所定の閾値は、例えば、特性の値が上又は下でなければならない閾値、特性の許容可能な値の範囲など、値に対する任意の制限を含むことができる。オイル特性の値が、事前定義された閾値を満たしている場合、ＶＲＦシステムは、標準動作を継続することができる。しかしながら、オイル特性の値が、事前定義された閾値を満たしていない場合、是正措置を生成し、開始することができる。是正措置は、本明細書で定義されるように、いくつかの事前定義された制約／閾値を満たしていない１つ以上のオイルの特性に対処するために行われる任意の措置を指すことができる。例えば、是正措置は、ユーザデバイスに通知を生成及び伝送すること、ＶＲＦシステム上でメンテナンスを実行する、及び／又はオイルを交換するように技術者をスケジュールすること、制御信号に基づいて、制御信号を生成すること、及び建物装置（例えば、ＶＲＦデバイス）を動作させること、特定の建物デバイスを無効にすること、新しいオイルを、ＶＲＦシステムに自動的に注入すること、閾値違反をデータベースに記録することなどを含み得る。開始する是正措置は、違反した閾値、違反した閾値の量（例えば、オイル特性の実際の値と閾値との間の差）、ユーザ好み、及び／又は他の適用可能な考慮事項などの様々な要因に基づいて決定することができる。オイル特性に関する閾値の違反は、オイルが、いくつかの所望の特性（例えば、所望の粘度）を欠いているという点で、オイルの欠乏を示すこともできる。本明細書に記載されるように、閾値の違反は、最大値閾値の場合、値（例えば、予測された値）が閾値を上回っている場合、又は最小値閾値の場合、閾値を下回っている場合を指すことができる。

【０１３４】

ここで図８を参照すると、いくつかの実施形態による、オイルの特性を予測するためのオイル管理コントローラ８００のブロック図が示される。特に、オイル管理コントローラ８００は、ＶＲＦシステムにおけるオイルの特性を予測し得る。しかしながら、オイル管理コントローラ８００は、適切に動作するためにオイルを必要とする様々な他のシステム／デバイス（例えば、他のＨＶＡＣシステム、カーシステムなど）に適用することができる。いくつかの実施形態では、オイル管理コントローラ８００及び／又はその構成要素は、図３～図４を参照して説明されたＢＭＳコントローラ３６６、及び／又は別のコントローラに組み込まれる。いくつかの実施形態では、オイル管理コントローラ８００は、図７Ａ～図７Ｂを通して説明されるＶＲＦシステムのいくつか及び／又は全てを動作させるために使用される。

【０１３５】

オイル管理コントローラ８００は、通信インターフェース８０８及び処理回路８０２を含むことが示されている。通信インターフェース８０８は、様々なシステム、デバイス、又はネットワークとデータ通信を行うための、有線又は無線インターフェース（例えば、ジャック、アンテナ、伝送機、受信機、トランシーバ、有線端末など）を含み得る。例えば、通信インターフェース８０８は、イーサネットベースの通信ネットワークを介してデータを送信及び受信するためのイーサネットカード及びポート、及び／又は無線通信ネットワークを介して通信するためのＷｉ－Ｆｉトランシーバを含み得る。通信インターフェース８０８は、ローカルエリアネットワーク又はワイドエリアネットワーク（例えば、インターネット、建物ＷＡＮなど）を介して通信するように構成され得、様々な通信プロトコル（例えば、ＢＡＣｎｅｔ（登録商標）、ＩＰ、ＬＯＮ（登録商標）など）を使用し得る。

【０１３６】

通信インターフェース８０８は、オイル管理コントローラ８００と、様々な外部システム又はデバイス（例えば、装置８２２、センサ８２０、ユーザデバイス８２４など）との間の電子データ通信を容易にするように構成されたネットワークインターフェースであり得る。例えば、オイル管理コントローラ８００は、通信インターフェース８０８を介して、装置８２２から装置フィードバックを受信し得る。

【０１３７】

処理回路８０２は、プロセッサ８０４及びメモリ８０６を含むことが示されている。プロセッサ８０４は、汎用若しくは特定目的プロセッサ、特定用途向け統合回路（ＡＳＩＣ）、１つ以上のフィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、処理構成要素のグループ、又は他の好適な処理構成要素であり得る。プロセッサ８０４は、メモリ８０６に記憶された、又は他のコンピュータ可読媒体（例えば、ＣＤＲＯＭ、ネットワーク記憶装置、リモートサーバなど）から受信された、コンピュータコード又は命令を実行するように構成され得る。

【０１３８】

メモリ８０６は、本開示に記載の様々なプロセスを完了及び／又は容易にするための、データ及び／又はコンピュータコードを記憶するための１つ以上のデバイス（例えば、メモリユニット、メモリデバイス、記憶デバイスなど）を含み得る。メモリ８０６は、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読み取り専用メモリ（ＲＯＭ）、ハードドライブ記憶装置、一時記憶装置、不揮発性メモリ、フラッシュメモリ、光メモリ、又はソフトウェアオブジェクト及び／若しくはコンピュータ命令を記憶するための任意の他の好適なメモリを含み得る。メモリ８０６は、データベース構成要素、オブジェクトコード構成要素、スクリプト構成要素、又は本開示に記載される様々な活動及び情報構造をサポートするための任意の他のタイプの情報構造を含み得る。メモリ８０６は、処理回路８０２を介して、プロセッサ８０４に通信可能に接続され得、本明細書に記載の１つ以上のプロセスを（例えば、プロセッサ８０４によって）実行するためのコンピュータコードを含み得る。いくつかの実施形態では、メモリ８０６の１つ以上の構成要素は、単一の構成要素の一部である。しかしながら、メモリ８０６の各構成要素は、説明を容易にするために、独立して示される。

【０１３９】

メモリ８０６は、訓練データ収集器８１０を含むように示される。訓練データ収集器８１０は、１つ以上の訓練データソース８１８から、人工知能モデルを訓練するために使用される訓練データを収集することができる。具体的には、訓練データ収集器８１０は、ＶＲＦシステム内のオイルの特性に関連付けられた訓練データを取得することができる。いくつかの実施形態では、訓練データ収集器８１０は、訓練データソース８１８にクエリを伝送して、訓練データを取得する。いくつかの実施形態では、訓練データ収集器８１０は、訓練データを能動的に要求する必要なしに、訓練データソース８１８から受動的に訓練データを受信し得る。

【０１４０】

訓練データソース８１８は、訓練データ収集器８１０に訓練データを記憶及び／又は提供することができる任意のデータソースを含むことができる。例えば、訓練データソース８１８は、記憶された訓練データセットを、訓練データ収集器８１０に提供することができるユーザデバイス（例えば、ラップトップ、デスクトップコンピュータ、モバイルデバイス、タブレットなど）であり得るか、又はそれを含み得る。別の例として、訓練データソース８１８は、オイル量、オイル粘度などの追加の出力を備える標準ＶＲＦプラントモデルを利用することに関連付けられたデータを記憶するデータベース（例えば、クラウドデータベース）であり得るか、又はそれを含み得る。当該例では、ＶＲＦプラントモデルは、ＶＲＦシステムを動作させるために使用される標準モデルであり得る。このようにして、訓練データは、オイル特性の測定値とともに、実際の動作におけるＶＲＦシステムからの測定値を含むことができる。

【０１４１】

いくつかの実施形態では、訓練データ収集器８１０は、シミュレーションモデルを利用して、モデルジェネレータ８１２によって使用される訓練データのいくつか又は全てを生成して、ＡＩモデルを生成する。シミュレーションモデルは、実際のシステムが、様々な条件（例えば、気象条件、加熱／冷却負荷、デバイス制限など）下でどのように動作し得るか、及びシステム内のオイルが、どのように消費され得るか、及び／又はそうでなければ経時的に変化し得るかをモデル化することができる。このようにして、訓練データ収集器８１０は、訓練データソース８１８から訓練データを取り出す必要がない場合があり、代わりに、オイル管理コントローラ８００内で訓練データを生成することができる。いくつかの実施形態では、シミュレーションモデルは、シミュレーションモデルを実行した結果として生成される訓練データを、オイル管理コントローラ８００に提供することができる、サードパーティコントローラ／デバイス／システム（例えば、クラウドコンピューティングシステム）によってホストされる。いずれの場合でも、シミュレーションモデルを使用／実行して、実際のシステムが動作を通じて訓練データを生成するのを待つよりも短い期間で、オイルを利用するシステムの様々な動作コンディションを表す様々な訓練データを生成することができる。更に、シミュレーションモデルは、単に訓練データを生成するために、実際のシステムがその下で動作することが危険であり得るフリンジシナリオを例示する訓練データを生成するために実行され得る。

【０１４２】

取得された訓練データに基づいて、訓練データ収集器８１０は、収集された訓練データを、訓練データセットに組み合わせ、モデルジェネレータ８１２に訓練データセットを提供することができる。訓練データセットに基づいて、モデルジェネレータ８１２は、経時的にオイル特性をモデル化するＡＩモデルを生成することができる。具体的には、モデルジェネレータ８１２は、ＡＩモデルを訓練して、指定された入力に基づいて、オイル特性を予測することができる。例えば、モデルジェネレータ８１２は、ＡＩモデルを、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、及びガス温度の入力に基づいて、オイル粘度、１つ以上のコンプレッサ内のオイル量、及びアキュムレータ内のオイル量の値を予測するように訓練し得る。

【０１４３】

モデルジェネレータ８１２によって生成されるＡＩモデルは、様々なＡＩモデル構造のいずれかであり得る。いくつかの実施形態では、ＡＩモデルは、ＬＳＴＭモデルなどのＲＮＮモデルである。この場合、ＲＮＮがＶＲＦシステム上で適切に動作するために、元のＦＭＵプラントモデルを利用して、ＲＮＮモデルが、それに基づいて分析及び訓練するのに十分なシミュレーションデータを生成することができる。訓練時間が増加するにつれて、最終的なＲＮＮモデルは、元のプラントモデルとはるかに近い機能を有し得る。特に、ＲＮＮモデルを使用するいくつかの利点は、ＦＭＵプラントモデルと比較して、より速く、より高い安定性を有し得ることである。更に、訓練されたＲＮＮモデルは、オイル戻りの影響を低減し、ＶＲＦシステムの効率を向上させ得る。特にＬＳＴＭモデルについては、ＬＳＴＭモデルは、深層学習に使用される人工ＲＮＮである。ＬＳＴＭモデルは、時系列データのシーケンス全体を分類及び処理することができ、時系列内の重要なイベント間の未知の期間のラグがあっても予測を行うことができる。モデルジェネレータ８１２によって生成されたＬＳＴＭモデルは、実装態様に応じて様々な構造を含み得る。例えば、モデルジェネレータ８１２によって生成されたＬＳＴＭモデルは、１つのシーケンス入力層、１つのドロップアウト層、２つの全結合層、及び２つのＬＳＴＭ層を含み得る。

【０１４４】

いくつかの実施形態では、ＡＩモデルは、ＣＮＮモデルである。この場合、ＣＮＮモデルは、例えば、入力層、複数の隠れ層（例えば、正規化線形ユニット層、プーリング層、全結合層、正規化層など）、出力層などを含み得る。いくつかの実施形態では、ＡＩモデルは、いくつかの他の人工知能モデルアーキテクチャに従う。ＡＩモデルの例示的なアーキテクチャは、図９Ａ及び図９Ｂを参照して以下により詳細に説明する。

【０１４５】

モデルジェネレータ８１２は、様々な訓練技術を利用して、ＡＩモデルを生成し得る。例えば、モデルジェネレータ８１２は、運動量アプローチを伴う確率的勾配降下法、適応モーメント推定アプローチ、二乗平均平方根伝播アプローチなどを利用し得る。二乗平均平方根伝播アプローチに関して、モデルジェネレータ８１２は、二乗平均平方根誤差（ＲＭＳＥ）を利用して、モデル予測が、訓練データ収集器８１０によって提供された訓練データに対してどれだけ正確であるかを測定し得る。具体的には、モデルジェネレータ８１２は、以下の式に基づいて、経時的にＲＭＳＥを監視し得る。

【数１】

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\overline{\left(Y_{pred,t} - Y_{test,t}\right)^2}}$$

式中、$Y_{pred,t}$は、時間ステップｔでの変数Ｙに対するＡＩモデルの先行予測であり、$Y_{test,t}$は、時間ステップｔでの訓練データによって示される変数Ｙの実測値である。$(Y_{pred,t} - Y_{test,t})^2$の計算は、各時間ステップｔ＝１…ｎに対して実行することができ、ｎは、予測の総数である。次いで、各差を一緒に平均化することができる。訓練プロセスの間、モデルジェネレータ８１２は、ＡＩモデルを改良して、ＲＭＳＥを低減することができる。ＡＩモデルを訓練する例示的な実験は、図１１Ａ及び図１１Ｂを参照して以下で詳細に説明する。

【０１４６】

モデルジェネレータ８１２は、生成されたＡＩモデルを、予測ジェネレータ８１４に提供することができる。予測ジェネレータ８１４は、ＡＩモデルを使用して、経時的なオイル特性の予測を生成することができる。当該予測を生成するために、予測ジェネレータ８１４は、様々なソースから、ＡＩモデルによって必要とされる入力の値を取得するように動作することができる。例えば、予測ジェネレータ８１４は、装置８２２からの装置フィードバック、センサ８２０からの測定された変数、及び／又は入力値の任意の他の適切なソースを取得し得る。

【０１４７】

装置８２２は、ＡＩモデルによって必要とされる入力の値を提供することができる任意のデバイスであることができるか、又はそれを含むことができる。例えば、ＶＲＦシステムでは、装置８２２は、コンプレッサ、熱交換器、アキュムレータなどを含み得る。より具体的には、ＡＩモデルが入力としてコンプレッサ速度を必要とする場合、装置８２２は、予測ジェネレータ８１４への装置フィードバックとして動作速度を提供することができる１つ以上のコンプレッサを含み得る。

【０１４８】

センサ８２０は、ＡＩモデルによって必要とされる入力（すなわち、変数）の値を測定することができる様々なセンサであり得るか、又はそれを含み得る。例えば、センサ８２０は、吸引圧力及び／又は吐出圧力を測定する圧力センサを含み得る。別の例として、センサ８２０は、周囲温度、吐出温度、及び／又はガス温度を測定する温度センサを含み得る。

【０１４９】

ＡＩモデル及び取得された入力値に基づいて、予測ジェネレータ８１４は、取得された入力値をＡＩモデルに渡すことによって、オイル特性予測を生成することができる。取得された入力値をＡＩモデルに渡した結果、ＡＩモデルは、１つ以上のオイル特性（例えば、オイル粘度、コンプレッサ内のオイル量、アキュムレータ内のオイル量など）の値を出力することができる。このようにして、ＶＲＦシステム内のオイルの特性は、オイル特性を測定するための追加のセンサを必要とせずに推定することができる。

【０１５０】

いくつかの実施形態では、予測ジェネレータ８１４は、ＶＲＦシステム内の複数の段階

でのオイルに関する予測を生成する。例えば、予測ジェネレータ８１４は、コンプレッサによって出力されるオイル冷媒混合物の粘度の予測を生成し得、オイルが、オイル冷媒混合物から分離された後のオイルだけの別個の粘度を予測し得る。当該例では、オイル冷媒混合物の粘度及びオイルだけの粘度を予測することは、オイルが、特定の是正措置（例えば、ＶＲＦシステムから追加／除去するオイルの量）からどのように利益を得ることができるかを判定するのに有益であり得る。ＶＲＦシステム内の複数の段階のオイルに関する予測を生成することによって、オイル欠乏は、ＶＲＦシステムの単一のポイントではなく、ＶＲＦシステム全体にわたって経時的に予測及び追跡することができる。

【０１５１】

予測ジェネレータ８１４は、是正措置ジェネレータ８１６にオイル特性の予測を提供することができる。是正措置ジェネレータ８１６は、予測されたオイル特性を分析して、何らかの是正措置が開始されるべきかどうか、及びどのような是正措置が開始されるべきかを判定することができる。上記で定義されているように、是正措置は、いくつかの事前定義された閾値を満たしていないオイル特性に対処するために取られた任意の措置を指すことができる。是正措置は、例えば、特定のオイル特性が、所定の閾値に違反していることをユーザに示すための通知／警告をユーザデバイス８２４に配布すること、オイル戻り制御で装置８２２を動作させること、装置８２２を無効にすること、装置８２２で実行されるメンテナンス活動を自動的にスケジュールすること、閾値違反をデータベースに記録することなどを含み得る。事前定義された閾値は、ユーザによって定義され、製造元によって提供され、ＶＲＦシステム内の装置の動作状態などに基づいて推定されるなどであり得る。例えば、製造元は、コンプレッサを動作させるべき許容可能なオイル粘度レベルの範囲を定義し得る。この場合、過度に粘性の高いオイル及び／又は低粘性のオイルは、コンプレッサのより迅速な劣化をもたらし得る。別の例として、ユーザは、アキュムレータ内のオイルの最低許容量を定義する最小オイル量閾値を定義し得る。理解されるべきであるように、オイル特性に対して定義される閾値は、様々なソース（例えば、製造元、ユーザ、予測に基づくなど）から取得することができ、様々な制限タイプ（例えば、範囲、閾値、特性に相当すべき正確な値など）を含むことができる。

【０１５２】

より具体的な例として、ＡＩモデルが、コンプレッサ内のオイル量、アキュムレータ内のオイル量、オイルの粘度、及び／又はコンプレッサを流れるオイル冷媒混合物の粘度を含むオイル特性の値を予測するシナリオを検討する。実施例では、是正措置ジェネレータ８１６は、コンプレッサ及びアキュムレータ内のオイル量が、それぞれ第１及び第２の最小閾値を上回っているかどうかを判定し得る。コンプレッサ内のオイル量が低い場合、是正措置ジェネレータ８１６は、コンプレッサが、オイル戻り制御で動作して、外部ソース（例えば、室内ＶＲＦシステム）から及び／又はアキュムレータからオイルを回収するべきであると判定し得る。本明細書で定義されるように、オイル戻り制御は、コンプレッサが高速で動作して、室外システムからオイルを戻す動作モードを示し得る。オイル戻り制御は、高いエネルギー消費をもたらすことができ、コンプレッサがオイルを回収するために作動している間、必要な加熱／冷却が一時的に保留され得る。アキュムレータ内のオイル量が、第２の最小閾値を下回る場合、是正措置ジェネレータ８１６は、オイル量が低すぎるため、より多くのオイルをＶＲＦシステムに追加すべきであると判定し得る。オイルの追加は、オイル戻り制御でコンプレッサを動作させることから生じ得、ユーザが新しいオイルを手動でＶＲＦシステムに追加することなどを含み得る。

【０１５３】

同様に、是正措置ジェネレータ８１６が、オイル又はオイル冷媒混合物の粘度が、事前定義された範囲外であると判定する場合、是正措置ジェネレータ８１６は、オイルが、ＶＲＦシステムから追加又は除去されるべきであると判定し得る。具体的には、オイル冷媒混合物の粘度が、範囲の最大境界を上回る場合、是正措置ジェネレータ８１６は、粘度を低下させるために、ＶＲＦシステムからオイルを除去（すなわち、オイル冷媒混合物中のオイルの量を減少させる）すべきであると判定し得る。オイル冷媒混合物の粘度が、範囲

の最小境界を下回る場合、是正措置ジェネレータ８１６は、粘度を増加させるために、ＶＲＦシステムにオイルが添加される（すなわち、オイル冷媒混合物中のオイルの量を増加させる）べきであると判定し得る。オイル自体に関して、オイルの粘度が、範囲の最大境界を上回る場合、是正措置ジェネレータ８１６は、新しいオイルが、既存のオイルと比較して粘度が低いと予想される場合、粘度を低くするために、ＶＲＦシステムにオイルを追加すべきであると判定し得る。オイルの粘度が、最小境界を下回る場合、是正措置ジェネレータ８１６は、粘度を増加させるために、オイルを除去すべきであると判定し得る。

【０１５４】

いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ８１６は、経時的にＡＩモデルの出力を比較して、特定のオイル特性が、閾値違反に近づいており、それによって欠乏を含むかどうかを判定する。この場合、是正措置ジェネレータ８１６は、ＡＩモデルによって出力されるオイル特性の値を、オイル特性の以前の出力された値と比較し得る。特定のオイル特性が、閾値に違反する傾向にある場合、是正措置ジェネレータ８１６は、違反が発生する前に先制的に是正措置を開始し得る。例えば、オイルの粘度が、経時的に増加しており、現在の傾向に基づいて、今後の期間内に粘度の上限を超える場合、是正措置ジェネレータ８１６は、オイルの粘度が最大限界を超える前に是正措置を開始し得る。有利には、是正措置の先制開始は、装置（例えば、コンプレッサ）が、オイル特性閾値の違反に関連付けられた条件下で動作される時間を確実に減らすことができる。当該時間を削減することは、同様に、装置の劣化を削減し、エネルギー消費を削減し、他の利点を提供することができる。

【０１５５】

いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ８１６は、装置８２２及び／又は他のデバイス／システムへの影響を低減するための特定の是正措置を開始する時間を予測する。例えば、是正措置ジェネレータ８１６は、建物によって必要とされる加熱／冷却負荷への負の影響を低減するために、オイル戻り制御を開始する時間を予測し得る。上述したように、オイル戻り制御下でコンプレッサを動作させると、オイル戻り制御の間、必要な加熱／冷却が一時的に延期される可能性がある。したがって、是正措置ジェネレータ８１６は、必要とされる加熱／冷却への影響が低減され得る（例えば、最小化され得る）時間を予測することができる。別の例として、新しいオイルがシステムに導入される必要がある場合、是正措置ジェネレータ８１６は、新しいオイルが個人によってシステムに安全に追加することができるように、装置８２２を一時的に無効にする時間を予測することができる。

【０１５６】

是正措置ジェネレータ８１６は、様々な技術を利用して、特定の是正措置を開始する時間を予測することができる。例えば、是正措置ジェネレータ８１６は、経時的に特定の変数を追跡し、システムへの少量の中断をもたらし得る値のより低い範囲を識別し得る。特定の例として、是正措置ジェネレータ８１６は、建物内の環境コンディションへの影響が低減されるように、低い加熱／冷却ニーズに関連付けられた値の範囲を識別し得る。識別された値の範囲に基づいて、是正措置ジェネレータ８１６は、経時的に実際の加熱／冷却ニーズを追跡し得、実際の加熱／冷却ニーズが識別された範囲内にある期間を識別することに応答して、当該期間中に是正措置を開始することができる。このようにして、是正措置ジェネレータ８１６は、是正措置を開始することが低い全体的な影響をもたらす期間を効果的に予測している。

【０１５７】

いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ８１６は、是正措置が必要でない場合（例えば、オイル粘度及びオイル量が適切な値にある場合）に、標準の装置コントローラとして動作することができる。言い換えると、是正措置ジェネレータ８１６は、装置８２２を動作させて、建物内のいくつかの可変状態又はコンディション（例えば、温度、湿度など）に影響を与えるために、装置８２２に対する制御信号を生成することができる。いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ８１６は、予測ジェネレータ８１４によっ

て提供される予測に基づいて、装置８２２に対する境界条件を設定するように構成され得る。例えば、是正措置ジェネレータ８１６は、オイル粘度の予測に基づいて、コンプレッサの最大速度を設定し得る。当該例では、粘度が適切な範囲内にあり、範囲の違反に近づいていない場合、是正措置ジェネレータ８１６は、オイル粘度が適切であるため、より高速でコンプレッサを動作させるための制御信号を生成し得る。

【０１５８】

何らかの是正措置を開始した結果、オイル特性に対する閾値の任意の違反に対処することができる。これは、いくつかのオイル特性違反に関連付けられたコンディション下で、装置８２２が動作している間の時間を確実に減らす（例えば、最小限にする）ことができる。全体として、ＶＲＦシステムでは、ＡＩモデルに基づく予測を使用して、是正措置を開始することは、ハードウェアコストを節約し、オイル戻りの影響を低減し、ＶＲＦシステムの効率を向上させることができるなどの利点がある。

【０１５９】

ここで図９Ａを参照すると、いくつかの実施形態による、リカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）構造９００の例示が示される。具体的には、ＲＮＮ構造９００は、図８を参照して上述したＡＩモデルとして生成及び利用することができるＲＮＮモデル（例えば、ＬＳＴＭモデル）の構造を例示することができる。

【０１６０】

ＲＮＮは、ノード間の接続が、時間的シーケンスに沿って有向グラフを形成する、人工ニューラルネットワークのクラスである。ＶＲＦシステムの場合、ＲＮＮ構造９００によって表されるＲＮＮモデルは、ＦＭＵプラントモデルに基づいて収集されたシミュレーションデータを使用して、生成され得る。訓練時間が長くなるにつれて、ＲＮＮモデルは、ＶＲＦシステムに対するオリジナルのプラントモデルとますます近い機能を有することができる。

【０１６１】

ＲＮＮ構造９００は、凝縮されたネットワーク構造、及び凝縮されたネットワーク構造を「展開」することができる方法を例示して、ＲＮＮ構造９００が時間的シーケンスにわたってどのように動作するかを例示する。具体的には、凝縮された（「折り畳まれた」）構造と展開された構造は等価であり、展開された構造は、時間的シーケンスにわたるＲＮＮモデルの使用をより詳細に例示する。

【０１６２】

ＲＮＮ構造９００は、ＲＮＮモデルによって必要とされる入力を含むベクトルであり得る、ｘとして表される入力を含むことが示される。ＶＲＦシステムの場合、入力ベクトルｘは、例えば、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、ガス温度などを含み得る。重みベクトルＵを、ｘに適用することができ、結果を、隠れ層ベクトルｈに提供することができる。同様に、重みベクトルＶは、前の時間ステップの隠れ層ベクトルに適用することができる。重み付けられた入力、及び前の隠れ層ベクトルの重み付けられた値に基づいて、関数を適用して、重みベクトルＷが適用された後に、出力ｏをもたらすことができる対応する出力を決定することができる。このプロセスは、時間的シーケンスの各時間ステップに対して繰り返すことができる。言い換えると、新しい入力ベクトルx_tは、時間ステップｔに対して取得することができ、x_t、以前の状態h_{t-1}、及び対応する重みベクトルＵ、Ｖ、及びＷに基づいて、出力ベクトルo_tは、時間ステップｔに対して決定することができる。

【０１６３】

オイル管理コントローラ８００によって生成及び使用されるＲＮＮモデルに、ＲＮＮ構造９００を組み込んだ結果、ＲＮＮモデルの予測は、以前の時間ステップの結果として経時的に修正され得る。変化するコンディション（例えば、変化する環境コンディション、動作コンディションなど）の結果、オイル特性が経時的に変化するため、いくつかの他のニューラルネットワークアーキテクチャがそうであるように、元の訓練プロセスによって制限されるのとは対照的に、時間的シーケンスにわたる変化を考慮するＲＮＮモデルの独

自の能力のために、特にＲＮＮモデルを利用することは、有用であり得る。
【０１６４】
ここで図９Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、ニューラルネットワーク（ＮＮ）アーキテクチャ９５０の例示が示される。ＮＮアーキテクチャ９５０は、ＶＲＦシステム（例えば、ＶＲＦシステム６００）に対する、図８を参照して上述したＡＩモデルによって利用され得る一般的なアーキテクチャを記述することができる。具体的には、ＮＮアーキテクチャ９５０は、ニューラルネットワークが、ＶＲＦシステムに関連する入力のセットに基づいて、出力のセットを生成することができる方法を例示することができる。しかしながら、ＮＮアーキテクチャ９５０が、単に、利用することができるニューラルネットワークアーキテクチャの例のために提供され、図８を参照して説明されたＡＩモデルによって利用することができるニューラルネットワークアーキテクチャに制限することを意図するものではないことに留意されたい。
【０１６５】
ＮＮアーキテクチャ９５０は、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、及びガス温度を入力として受け取ることが示される。各入力は、ＮＮアーキテクチャ９５０内の入力層の特定の入力ノードに関連付けられ得る。言い換えると、入力層内のいくつかのノードは、１対１の関係として、いくつかの実際の入力に対応し得る。図９Ｂに示される入力は、単に例のために提供されることを理解されたい。ＮＮアーキテクチャ９５０は、実装態様に応じて様々な異なる入力を説明するように修正され得る。例えば、ガス温度が入力として考慮されない場合、入力層は、５つの入力ノードのみを含み得る。
【０１６６】
ＮＮアーキテクチャ９５０はまた、隠れノードを含む隠れ層を含むことが示される。ＮＮアーキテクチャ９５０では、隠れ層は、入力層の入力ノードの数に相当するいくつかの隠れノードを含む単一の層を含むように示される。しかしながら、様々な実施形態によれば、隠れ層は、いくつかの入力ノードに対応し得るか、又はし得ない様々な数の隠れノードを含む１つ以上の層を含むことができることに留意されたい。例えば、畳み込みニューラルネットワークアーキテクチャでは、ＮＮアーキテクチャ９５０は、様々な数の隠れノードを有する複数の隠れ層（例えば、複数の畳み込み層）を含み得る。更に、各層のノードは、図９Ｂに示されるように、必ずしも隣接する層の全てのノードに接続する必要はない。
【０１６７】
ＮＮアーキテクチャ９５０では、重みＷは、２つのノード間の接続に関して適用することができる。いくつかの実施形態では、ノード間の各接続は、特定の接続に対する特定の値を含む。例えば、入力層の入力ノード１と、隠れ層の隠れノード１との間の重みは、入力ノード１と隠れ層の隠れノード２との間の重みとは異なり得る。いくつかの実施形態では、ノード間の様々な接続は、同じ重みに関連付けられ得る。例えば、ＬＳＴＭ固有のアーキテクチャでは、入力ノードと隠しノードとの間の接続に関連付けられた重みは同じであり得る。
【０１６８】
特定のノードに入力される各重み付けられた値に基づいて、関数を適用して、ノードの合成値を決定することができる。例えば、ＮＮアーキテクチャ９５０の隠れノード１について、関数は、ノードに入力される重み付けされた入力値に適用されて、隠れノード１の合成値を決定することができる。特定の層の出力を決定するために、特定の層内の各ノードの合成値。特定の層の出力は、特定の層と後続の層との間の重みとともに、後続の層への入力に対応することができる。このプロセスは、出力層に到達するまで、各層に対して繰り返すことができる。
【０１６９】
ＮＮアーキテクチャ９５０はまた、出力ノードを含む出力層を含むことが示される。出力層内のいくつかの出力ノードは、１対１でＮＮモデルの所望の出力に対応することができる。特にＶＲＦシステムに関して、出力は、オイル粘度、オイル冷媒混合粘度、１つ以

上のコンプレッサのオイル量、及びアキュムレータのオイル量を含み得る。したがって、第１、第２、及び第３の出力ノードは、オイル粘度、１つ以上のコンプレッサのオイル量、及びアキュムレータのオイル量にそれぞれ対応することができる。ＮＮアーキテクチャ９５０に関して、出力ノード１の合成値は、オイル粘度に対応することができ、出力ノード２の合成値は、１つ以上のコンプレッサのオイル量に対応することができ、出力ノード３の合成値は、アキュムレータのオイル量に対応することができる。このようにして、単に入力値をＮＮアーキテクチャ９５０に提供することによって、出力の予測された値を生成することができる。

【０１７０】

ここで図１０を参照すると、いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用してオイル特性を監視するためのプロセス１０００のフロー図が示される。プロセス１０００は、ＡＩモデルを利用して、オイル特性の値を予測することができ、当該値が、事前定義された閾値を満たさない場合、是正措置を開始することができる。プロセス１０００は、主に建物システム（例えば、ＶＲＦシステム）を参照して説明されるが、プロセス１０００は、適切な動作のためにオイルを必要とする構成要素／デバイスを含む様々なシステムに適用することができる。例えば、プロセス１０００は、ＶＲＦシステム、他のＨＶＡＣシステム、カーシステムなどに適用することができる。いくつかの実施形態では、プロセス１０００のいくつかの及び／又は全てのステップは、図８を参照して説明されたオイル管理コントローラ８００によって実行される。

【０１７１】

プロセス１０００は、建物の建物装置によって使用されるオイルに影響を与えるコンディションと、オイルの特性との間の関係を記述する訓練データを取得することを含むことが示される（ステップ１００２）。建物装置は、建物の可変状態又はコンディションに影響を与えることができ、適切な動作のためにオイルを利用する様々な装置を含むことができる。例えば、建物装置は、コンプレッサ、ＡＨＵ、他のサブプラントなどを含み得る。訓練データは、様々なソースから取得することができる。例えば、訓練データは、建物装置の動作に関連付けられた履歴情報を記憶するデータベース（例えば、クラウドデータベース）にアクセスすることによって、建物装置の製造元によって提供される訓練データを使用することなどによって、ユーザからの直接入力を介して取得され得る。いくつかの実施形態では、ステップ１００２は、シミュレーションモデルを使用して訓練データを生成することを含む。シミュレーションモデルが使用される場合、シミュレーションモデルは、ステップ１００２で取得される訓練データのいくつか及び／又は全てを生成することができる。シミュレーションモデルは、例えば、動作中に建物装置のデバイスによって使用されるオイルの量、外部気象条件及び／又は他の周囲条件がシステムにどのように影響するか、建物の様々な加熱／冷却負荷など、建物装置を含む、システムの様々な態様を考慮するように構成することができる。訓練データの生成中、シミュレーションモデルに関連付けられた変数を操作して、様々なシナリオを表す訓練データを生成することができる。ステップ１００２でシミュレーションモデルを使用することは、建物装置の実際の動作に基づいてデータを集めることと比較して、より多くの訓練データがより短い時間で利用可能であることをもたらすことができる。更に、ステップ１００２でシミュレーションモデルを使用することは、実際のデバイス動作に基づいて収集された訓練データに典型的には含まれない場合があるフリンジケースを記述する訓練データを取得するのに役立つことができる。いくつかの実施形態では、ステップ１００２は、訓練データ収集器８１０によって実行される。

【０１７２】

プロセス１０００は、オイルの特性をモデル化するための訓練データに基づいて、人工知能（ＡＩ）モデルを生成することを含むことが示される（ステップ１００４）。ステップ１００４で生成されるＡＩモデルは、例えば、ＲＮＮモデル（例えば、ＬＳＴＭモデル）、ＣＮＮモデルなどの様々な異なるＡＩモデルであり得る。ＡＩモデルは、オイルに影響を与えるコンディション、及びオイル特性そのものを関連付けるように生成することが

できる。具体的には、ＡＩモデルは、特定の入力（例えば、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、ガス温度など）を特定の出力（例えば、オイル粘度、コンプレッサ内のオイル量、アキュムレータ内のオイル量など）に関連付けるように訓練され得る。いくつかの実施形態では、ステップ１００４は、コンディションと、オイルの特性との間の関係を考慮するために、ＡＩモデルのノード間の接続に関連付けられた重みを訓練することを含み得る。いくつかの実施形態では、ステップ１００４は、モデルジェネレータ８１２によって実行される。

【０１７３】

プロセス１０００は、ＡＩモデルを使用して、モデル入力のセットに基づいて、経時的なオイル特性の予測を生成することを含むように示されている（ステップ１００６）。ステップ１００４で上述したように、ＡＩモデルは、特定の入力を特定の出力に関連付けるように訓練することができる。したがって、訓練されると、ＡＩモデルは、入力の値を利用して、出力の対応する値（すなわち、オイル特性）を予測することができる。いくつかの実施形態では、ステップ１００６は、予測ジェネレータ８１４によって実行される。

【０１７４】

プロセス１０００は、予測が、任意の制約に違反するかどうかを判定することを含むことが示される（ステップ１００８）。いくつかの実施形態では、制約は、オイル特性の許容値を定義する事前定義された制約である。例えば、制約は、オイル特性の値が、上回る／下回るべき閾値、オイル特性の値が、内にあるべき値の許容範囲などを含み得る。具体的には、制約は、違反してはならない閾値であり得る。特定の例として、オイル粘度に対する制約は、オイル粘度が内にあり得る許容値の範囲として定義され得る。当該例では、予測されたオイル粘度が、範囲の最大値を上回る場合、又は範囲の最小値を下回る場合、違反が識別され得る。予測されたオイルの特性がいかなる制約にも違反せず、したがって欠陥を有しない場合（ステップ１００８、「いいえ」）、プロセス１０００は、ステップ１００６から開始することを繰り返し得る。この場合、オイル特性を経時的に監視／追跡することができるように、後続の時間ステップに対して新しい予測セットを生成することができる。しかしながら、制約違反が識別された場合（ステップ１００８、「はい」）、プロセス１０００は、ステップ１０１０に進み得る。いくつかの実施形態では、単一の制約違反は、プロセス１０００がステップ１０１０に進む結果となる。いくつかの実施形態では、プロセス１０００がステップ１０１０に進むためには、複数の制約違反（例えば、２つの制約違反、３つの制約違反など）が必要とされ得る。いくつかの実施形態では、ステップ１００８は、ステップ１０１０に進むかどうかを判定する際に、特定の制約違反の深刻度を少なくとも部分的に考慮することを含む。例えば、最大粘度０．００１パスカル秒を超えるオイル粘度は、プロセス１０００がステップ１０１０に進むために、いくつかの他の制約にも違反する必要があり得るが、一方で、最大粘度１パスカル秒を超えるオイル粘度は、プロセス１０００がステップ１０１０に進むために、単独で十分であり得る。いくつかの実施形態では、ステップ１００８は、オイル特性が、今後の期間内に制約に違反するかどうかを予測することを含み得、そうである場合、プロセス１０００をステップ１０１０に進ませて、予期される違反に先制的に対処させることができる。いくつかの実施形態では、ステップ１００８は、是正措置ジェネレータ８１６によって実行される。

【０１７５】

プロセス１０００は、どのオイル特性が制約に違反したかに基づいて、是正措置を判定することを含むことが示される（ステップ１０１０）。言い換えると、是正措置は、１つ以上の制約／閾値に違反している特定のオイル特性に対処するように判定され得る。例えば、オイルの粘度が、制約（例えば、最大許容粘度）に違反する場合、判定される是正措置は、建物装置の整備が、オイル粘度を低減するために必要であり得ることを、ユーザに通知するために、ユーザデバイスに通知を伝送することであり得る。別の例として、コンプレッサのオイル量が、最小閾値を下回る場合、ステップ１０１０で判定された是正措置は、（例えば、アキュムレータから、室内ＶＲＦシステムからなど）より多くのオイルを回収するために、オイル戻り制御でコンプレッサを動作させることであり得る。いくつか

の実施形態では、ステップ１０１０は、是正措置が発生するための特定の時間及び／又は期間を判定することを含む。特定の時間及び／又は期間を判定するために、ステップ１０１０は、システムのコンディション（例えば、デバイスの動作コンディション、周囲コンディションなど）を監視して、コスト、加熱／冷却効率などへの最も小さい影響が発生する時間を判定することを含み得る。いくつかの実施形態では、是正措置が、通知を伝送している場合、又は制約違反が、深刻である場合、判定された時間及び／又は期間は、可能な限り早い時間（例えば、直ちに）であり得る。いくつかの実施形態では、ステップ１０１０は、是正措置ジェネレータ８１６によって実行される。

【０１７６】

プロセス１０００は、是正措置を開始することを含むことが示される（ステップ１０１２）。ステップ１０１０で判定された是正措置を開始することによって、ステップ１００８で識別された１つ以上の制約／閾値違反に対処することができる。このようにして、１つ以上の制約／閾値違反がアクティブである全体的な時間を短縮することができる。制約／閾値に違反する時間を短縮することは、建物装置の劣化を低減し、コスト（例えば、エネルギーコスト）を削減することに役立つことができ、システムの全体的な安全性を高めることができるなどの利点がある。いくつかの実施形態では、ステップ１０１０が、是正措置がいつ実行されるべきかを判定することを含む場合、ステップ１０１２は、判定された時間に是正措置を開始することを含むことができる。いくつかの実施形態では、ステップ１０１２は、是正措置ジェネレータ８１６によって実行される。

【０１７７】

実験結果

概して図１１Ａ～図１２Ｃを参照すると、いくつかの実施形態による、例示的な実験の結果が示される。図１１Ａ～図１２Ｃの例示的な実験は、単に例示の目的のために提供され、本開示を制限することを意図しないが、むしろオイル特性を予測する際にＡＩモデルを利用する実用性を示すことが意図される。図１１Ａ～図１２Ｃを通して以下で参照されるＡＩモデルは、オイル特性を予測する目的で訓練されたＲＮＮモデルである。

【０１７８】

ここで図１１Ａ及び図１１Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、例示的な実験に対する、ＡＩモデルの訓練プロセスの結果を例示する一対のグラフが示される。図１１Ａは、例示の訓練プロセスのいくつかの反復に基づいて、ＲＭＳＥの変化を例示するグラフ１１００を含むことが示されている。図１１Ｂは、反復の数に基づいて、損失の変化を例示するグラフ１１５０を含むことが示されている。図１１Ａ及び図１１Ｂに関連付けられた例示的な訓練プロセスは、訓練データとして各テストケースに約４０００秒割り当てられた、ＶＲＦモデルベースの定義（ＭＢＤ）オイル粘度プラントモデルからの１０の閉ループテストケースを利用した。ＡＩモデルの精度を判定するために、各テストケースに約４０００秒割り当てられた、ＶＲＦ　ＭＢＤオイル粘度プラントモデルからの単一のテストデータセットを、比較のために使用した。

【０１７９】

グラフ１１００は、シリーズ１１０２を含むことが示されている。シリーズ１１０２は、訓練プロセスの追加の反復の結果として、ＡＩモデルに関連付けられたＲＭＳＥがどのように変化するかを例示することができる。具体的には、シリーズ１１０２は、反復の数が増加するにつれて概して減少傾向を例示している。言い換えると、反復の数を増やすことで、ＡＩモデルの精度を向上させることができる。シリーズ１１０２は、各反復で収集されたＲＭＳＥのデータポイントの平滑化された曲線を表すことに留意されたい。

【０１８０】

グラフ１１５０は、シリーズ１１５２を含むことが示されている。シリーズ１１５２は、ＡＩモデルに関連付けられた損失が、いくつかの反復に基づいて、経時的にどのように変化するかを例示することができる。この場合、損失は、ＡＩモデルの予測がどれほど不正確であるかを記述し、０の損失が、特定の予測が、実際の測定値に等しいことを示す。シリーズ１１５２及びシリーズ１１０２から明らかなように、オイル特性を予測するため

のＡＩモデルの精度は、反復回数に基づいて増加する。

【０１８１】

概して図１２Ａ～図１２Ｃを参照すると、いくつかの実施形態による、図１１Ａ～図１１Ｂの例示的な実験で訓練されたＡＩモデルのオイル特性予測を示すグラフが示される。例示的な実験では、ＡＩモデルは、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、及びガス温度の入力を取り入れて、オイル粘度、コンプレッサ内のオイル量、及びアキュムレータのオイル量の予測された出力を生成した。

【０１８２】

具体的に図１２Ａを参照すると、いくつかの実施形態による、コンプレッサのオイル量に関するＡＩモデルの予測を例示するグラフ１２００が示される。グラフ１２００は、経時的なコンプレッサ内の予測されたオイル量を例示するシリーズ１２０２を含むことが示される。いくつかの実施形態では、コンプレッサに関連付けられた動作決定の目的は、安定かつ信頼できる動作を確実にするために、コンプレッサ内のオイル量の比較的一定の値を維持することであり得る。

【０１８３】

ここで図１２Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、アキュムレータのオイル量に関するＡＩモデルの予測を例示するグラフ１２１０が示される。グラフ１２１０は、経時的なアキュムレータ内の予測されたオイル量を例示するシリーズ１２１２を含むことが示される。シリーズ１２１２の変化は、例えば、コンプレッサの動作の変化から生じ得る。具体的には、コンプレッサは、オイル／冷媒混合物のオイルが、アキュムレータによって集められるように分離されるオイル／冷媒混合物を提供出力し得、これは、シリーズ１２１２の予測された増加をもたらし得る。代替的に、コンプレッサは、アキュムレータからオイルを回収するように動作し得、これは、シリーズ１２１２の減少をもたらし得る。

【０１８４】

ここで図１２Ｃを参照すると、いくつかの実施形態による、オイルの粘度に関するＡＩモデルの予測を例示するグラフ１２２０が示される。オイルの粘度は、外部温度、コンプレッサがどのようにオイルを利用するかなどに応じて変化し得る。したがって、ＡＩモデルは、オイルを利用するシステム全体がどのように変化するかに基づいて、オイル粘度が経時的にどのように変化するかを予測することができる。

【０１８５】

ＶＲＦシステム管理のためのＡＩの活用

概して図１３Ａ～図２４を参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムの特性に関する予測を生成するためにＡＩを利用するためのシステム及び方法が示され、説明される。特に、以下に説明するシステム及び方法は、どのようにＡＩを利用して、ＶＲＦシステム内のコンプレッサの振動、ＶＲＦシステムにおける障害コンディション、及びコンプレッサ内のモータの効率を予測することができるかを例示する。ＡＩの予測に基づいて、ＶＲＦシステム及び／又はその構成要素の任意の特性が、好ましい動作限界を超えて動作しているかどうかについて判定を行うことができる。本明細書で記載されるように、是正措置は、ＶＲＦシステムのいくつかの予測された特性、及び／又はその中の１つ以上の構成要素が、事前定義された許容範囲（例えば、事前定義された閾値）を超えていることに対処するために取られる任意の措置を指すことができる。例えば、ＡＩモデルが、ＶＲＦシステムに対して障害コンディションが存在すると予測した場合、障害コンディションを修正するためのメンテナンスを自動的にスケジュールする是正措置が開始され得る。別の例として、ＡＩが、コンプレッサの振動速度が、事前定義された最大閾値（例えば、１分当たりの最大動作サイクル数）を超えていると予測する場合、開始することができる是正措置は、コンプレッサに提供される入力電流を低下させること、及び／又はコンプレッサに一時的に無効にすることであり得る。

【０１８６】

本明細書に記載されるように、「ＡＩ」という用語は、予測を生成するために使用される様々な異なるタイプのＡＩモデルを指すために使用され得る。特に、本明細書に記載の

システム及び方法は、ニューラルネットワークを活用して、ＶＲＦシステムに関連付けられた予測を生成し得る。例えば、長期短期メモリ（ＬＳＴＭ）ネットワークなどのリカレントニューラルネットワーク（ＲＮＮ）を使用して、予測を生成し得る。ＬＳＴＭの例示的な構造は、図２５Ａ及び図２５Ｂを参照して以下でより詳細に説明する。もちろん、他のタイプのニューラルネットワーク及び／又は異なるＡＩモデルが、ＶＲＦシステムに関連付けられた予測を生成する際に利用されることができることを理解されたい。例えば、畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ）、多層パーセプトロンなどを、予測を生成する際に利用することができる。いくつかの実施形態では、複数のＡＩモデルは、特定の予測を生成するために訓練され、既知のデータセットに対する予測の精度に対してテストすることができる。判定された各ＡＩモデルの精度に基づいて、既知のデータセットに最も近い予測を生成するＡＩモデルを選択し、利用することができる。

【０１８７】

以下でより詳細に説明されるように、予測を生成するために利用されるＡＩモデルは、様々な異なるデータソースに基づいて、訓練することができる。いくつかの実施形態では、ＡＩモデルは、動作中の１つ以上のＶＲＦシステムから集められた実データに基づいて、訓練されている。いくつかの実施形態では、ＡＩモデルは、シミュレーションした環境に基づいて生成されたデータに基づいて、訓練されている。この場合、シミュレーションした環境は、動作中の実際のＶＲＦシステムを模倣するように構成され得る。有利には、訓練データを生成するためのシミュレーションを使用すると、そうでなければ、動作中の実際のＶＲＦシステムによって生成され得るよりも大きな訓練データのセットが生成され得る。いくつかの実施形態では、ＡＩモデルは、シミュレーションによって生成された、実際のＶＲＦシステムから集められた、及び／又は訓練データのいくつかの他のソースからの、訓練データの混合に基づいて、訓練されている。

【０１８８】

ＡＩモデルを利用して、ＶＲＦシステムに関連付けられた予測を生成することにより、ＶＲＦシステム内の問題を迅速に識別し、対処することができる。更に、ＡＩモデルは、より深刻な問題（例えば、建物デバイスの完全な故障）になる前に、ＶＲＦシステム内の可能性のある問題を正確に識別するのに役立つことができる。このようにして、ＡＩモデルはできる。

【０１８９】

コンプレッサ振動予測

概して図１３Ａ～図１８を参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステム内のコンプレッサの振動を管理するためのシステム及び方法が示され、説明される。しかしながら、以下の説明は、必ずしもＶＲＦシステム内のコンプレッサに限定されるものではないことを理解されたい。以下に記載するシステム及び方法は、様々なシステム（例えば、異なるＨＶＡＣシステム）内の様々な異なるコンプレッサ及び／又は異なる建物装置に適用することができる。

【０１９０】

コンプレッサの振動は、コンプレッサの急速な劣化をもたらす可能性がある。振動の周波数及び／又は強度が増加するにつれて、コンプレッサは、メンテナンス及び／又はコンプレッサの完全な交換を必要とし得る、障害及び他の問題に対してますます影響を受けやすくなり得る。ただし、コンプレッサが、動作中に、ある程度振動するため、振動の完全な排除は現実的ではない場合がある。したがって、コンプレッサの動作は、負荷及び／又はＶＲＦシステムの他の必要なニーズを満たしながら、振動を低減することとの間でバランスをとるべきである。

【０１９１】

本明細書で言及されるように、「コンプレッサ」は、一般に、ＶＲＦシステムで利用することができる様々な異なるタイプのコンプレッサを指すために使用され得る。例えば、ＶＲＦシステムは、単一のロータリーコンプレッサ、ツインロータリーコンプレッサ、スクロールコンプレッサなどを含み得る。ＶＲＦシステムでは、コンプレッサは、インバー

タによって提供される交流（ＡＣ）に基づいて、動作され得る。具体的には、インバータは、コンプレッサに提供されるＡＣの周波数を変更して、コンプレッサのモータが回転する速度を変更することができ、ＡＣの振幅を変更して、モータによって印加されるトルクを変更することができる。

【０１９２】

インバータによって提供されるＡＣは、コンプレッサの動作に直接影響を与えるため、ＡＣの特性（例えば、周波数及び／又は振幅）とコンプレッサの振動との間の相関関係を識別することができる。例えば、振動の周波数は、ＡＣの周波数及び／又は強度（すなわち、振幅）が増加するにつれて、増加し得る。識別された関係に基づいて、ＡＩモデルを、どの電流特性（例えば、振幅）の値が、加熱／冷却負荷及び／又はコンプレッサの他の要件を依然として満たしながら、低減された振動をもたらすことができるかを学習するように訓練することができる。いくつかの実施形態では、以下により詳細に説明されるように、ＡＩモデルは、振動を管理（例えば、低減）するために、ＡＣ振幅の適切な値を予測して、モータによって印加されるトルクを修正するように具体的に訓練され得る。

【０１９３】

いくつかの実施形態では、コンプレッサに対する適切な電流値を予測するために構成されたＡＩモデルは、振動の代用として、騒音を利用する。このようにして、ＡＩモデルは、コンプレッサによって生成される騒音の量を低減する、コンプレッサに提供されるＡＣの適切な振幅を予測するように訓練することができる。振動の代用として騒音を使用することは、騒音と振動との間の既知の関係の結果として適切であり得る。一般に、より大きな騒音は、増加した振動を示し得るが、より静かな騒音はより少ない振動を示し得る。より具体的には、デシベル（ｄＢ）とヘルツ（Ｈｚ）単位のコンプレッサの振動の周波数との間の関係が存在し得る。例えば、騒音の１ｄＢ増加は、振動周波数の１Ｈｚ増加と相関すると判定され得る。有利には、振動の代用として騒音を使用することは、振動を直接測定するためのセンサが、音を測定するためのセンサ（例えば、標準的なオーディオセンサ）と比較して、著しくより高価であり得るため、全体的なコストを低減し得る。

【０１９４】

ここで図１３Ａを参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステム１３００のブロック図が示される。理解されるように、図１３Ａに示されるように、ＶＲＦシステム１３００は、コンプレッサを利用して、建物に加熱／冷却を提供する、より大きなＶＲＦシステムの一部分を例示する。例えば、ＶＲＦシステム１３００は、図６Ａ及び図６Ｂを参照して説明されたＶＲＦシステム６００のサブシステムであり得る。

【０１９５】

ＶＲＦシステム１３００は、コンバータ１３０４及びインバータ１３０６を含むことが示されている。コンバータ１３０４は、交流（ＡＣ）電力を、ＡＣ電源（図示せず）から受け取ることができ、ＡＣ電力を、直流（ＤＣ）電力に変換することができる。コンバータ１３０４は、変換されたＤＣ電力を、インバータ１３０６に提供することができる。インバータ１３０６は、受信したＤＣ信号の周波数を変更し、ＡＣ信号をコンプレッサ１３０２に出力する、電子変調器であり得る。特に、インバータ１３０６は、出力されたＡＣ信号が、コンプレッサ１３０２のモータ１３０８が、特定の速度及びトルクで動作することをもたらすように、ＡＣ信号の周波数及び／又は振幅を操作するように動作することができる。

【０１９６】

いくつかの実施形態では、インバータ１３０６によって提供されるＡＣ信号の周波数は、コンプレッサ１３０２を通過する流体の既知の量、及び／又はコンプレッサ１３０２を通過すると予想される流体の既知の量に関連する。ＡＣ信号の周波数は、流体の適切な量が、コンプレッサ１３０２を通って流れることを確保するために、モータ１３０８がどのくらい速く回転するべきか、及び／又は回転しているかを示すことができ、これは、毎分の回転で測定され得る。ＡＣ信号の周波数は、それによって、建物及び／又は他の対象物の加熱／冷却負荷に基づいて、判定され得る。例えば、建物に必要とされるより高い冷却

負荷は、ＡＣ信号のより高い周波数をもたらし得、それによって、より多くの流体を、コンプレッサ１３０２を通過させるためにモータ１３０８がより速く回転することをもたらす。ＡＣ信号の周波数は、コントローラによって、インバータ１３０６自体によって、コンプレッサ１３０２からのフィードバックなどに基づいて、判定され得る。

【０１９７】

どのような振幅（本明細書では強度とも称される）のＡＣ信号を出力するかを判定するために、インバータ１３０６は、コンプレッサ振動コントローラ１３１０からＡＣ振幅設定値を受信し得る。いくつかの実施形態では、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、ＡＩモデルを利用して、コンプレッサ１３０２が、振動の結果として過度に速く劣化しないようにするために、どのような振幅値（例えば、ボルト単位）がモータ１３０８に提供されるべきかを予測する。受信されたＡＣ振幅設定値に基づいて、インバータ１３０６は、上述の所望の周波数だけでなく、コンプレッサ振動コントローラ１３１０によって提供されるＡＣ振幅設定値と一致する（又はほぼ一致する）ＡＣ信号をコンプレッサ１３０２に出力するように、コンバータ１３０４から受信されたＤＣ信号を変調することができる。コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、図１６を参照して以下により詳細に説明される。

【０１９８】

ＶＲＦシステム１３００はまた、コンプレッサ１３０２を含むことが示される。コンプレッサ１３０２は、流体を圧縮するために使用される任意のタイプのコンプレッサ（例えば、単一ロータリーコンプレッサ、ツインロータリーコンプレッサ、スクロールコンプレッサなど）であり得る。コンプレッサ１３０２は、吸引配管を介して、流体（例えば、ガス）を取り込み、流体を圧縮し、吐出配管を介して、圧縮された流体を出力するように構成することができる。上述したように、コンプレッサ１３０２は、コンプレッサ１３０２の構成要素を駆動して、流体を圧縮し、流体を、コンプレッサ１３０２を通して移動させる、モータ１３０８を含み得る。モータ１３０８は、インバータ１３０６から受信したＡＣ信号（電流）に基づいて、動作することができる。具体的には、ＡＣ信号の周波数は、モータ１３０８の動作速度に影響を与えることができる。

【０１９９】

従来のシステムでは、インバータ１３０６によって提供される電流は、コンプレッサ１３０２の振動を考慮しない所定の停滞値であり得る。これらの従来のシステムは、コンプレッサ１３０２が、危険な周波数及び／又は強度で振動しているため、コンプレッサ１３０２が迅速に劣化することをもたらし得る。しかしながら、図１６を参照して以下でより詳細に説明するように、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、コンプレッサ１３０２の振動を管理する（例えば、低減する）ことができるように、インバータ１３０６によって提供されるＡＣ信号の振幅に対する適切な値を予測することができる。このようにして、インバータ１３０６は、コンプレッサ１３０２に、コンプレッサ１３０２の寿命を増加させるように、可能性のある振動に応じて判定される電流を、一貫して提供することができる。

【０２００】

ここで図１３Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステム１３００のブロック図がより詳細に示される。モータ１３０８は、ＡＣ信号に基づいて動作する任意のタイプのモータであり得る。例えば、モータ１３０８は、単相電源に基づいて動作する単相モータであり得る。別の例として、かつ図１３Ｂに示されるように、モータ１３０８は、三相電源に基づいて動作する三相モータであり得る。

【０２０１】

図１３Ａを参照して上述したように、インバータ１３０６は、コンプレッサ振動コントローラ１３１０によって提供されるＡＣ振幅設定値に基づいて、モータ１３０８に、ＡＣ信号を提供するように構成することができる。図１３Ｂに示されるように、モータ１３０８に提供される信号は、位相Ａ、Ｂ、及びＣを含む三相信号であり得る。この場合、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、モータ１３０８を適切に動作させるために必要な

三相信号に対する予測を生成し得る。位相Ａ、Ｂ、及びＣの各々は、それぞれ、特定の軸、すなわち、Ａ軸、Ｂ軸、及びＣ軸に対応し得る。

【０２０２】

いくつかの実施形態では、コンプレッサ１３０２は、ＡＣ信号とは対照的に、ＤＣ信号を受信し得る。この場合、インバータ１３０６は、ＶＲＦシステム１３００の構成要素であり得るか、又はあり得ない。例えば、コンバータ１３０４は、モータ１３０８に提供する信号を変調するための、インバータ１３０６の機能性のいくつか及び／又は全てを含み得る。ＤＣ信号の強度は、モータ１３０８によって印加されるトルクに影響を与えるために、コンプレッサ振動コントローラ１３１０によって判定され、コンバータ１３０４に提供され得る。しかしながら、電気信号の周波数以外のいくつかの他の入力値に基づいて、モータ１３０８が判定され得る速度。例えば、モータ１３０８の回転速度は、コンプレッサ振動コントローラ１３１０及び／又はいくつかの他のコンピューティングデバイスによって、モータ１３０８に直接提供され得る。しかしながら、コンプレッサ１３０２／モータ１３０８は、説明を簡単にするため、及び明確さのために、インバータ１３０６からＡＣ信号を受信するものとして本明細書に記載される。

【０２０３】

図１３Ｂは、モータ１３０８の直軸（ｄ軸）及び横軸（ｑ軸）を更に例示する。ｄ軸及びｑ軸は、互いに対して常に９０度の角度であり得る。いくつかの実施形態では、インバータ１３０６によって提供される三相電流は、ｄ軸及びｑ軸に対して分離され得る。この場合、かつ図１６を参照して以下により詳細に説明するように、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、ｄ軸に対する第１の三相電流予測、及びｑ軸に対する第２の三相電流予測を生成し得る。このようにして、モータ１３０８は、受け取った流体を圧縮するように、適切に動作することができる。コンプレッサ振動コントローラ１３１０によって行われる軸方向電流の計算は、図１４Ａ～図１４Ｃを参照して以下により詳細に説明する。

【０２０４】

インバータ１３０６によって提供される三相電流信号は、位相Ａ、Ｂ、及びＣを含むことが示される。いくつかの実施形態では、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、各位相に対する適切な振幅値を予測するように構成されている。いくつかの実施形態では、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、位相Ａ、Ｂ、及びＣに適用される単一の振幅値を予測するように構成されている。各位相に適用される単一の振幅値を使用することは、３つの別個の振幅値を判定することと比較して、計算コストが低い場合があることを理解されたい。

【０２０５】

ここで、図１４Ａ～図１４Ｃを参照すると、いくつかの実施形態による、電流変換を例示するグラフのセットが示される。図１４Ａ～図１４Ｃは、モータ（例えば、モータ１３０８）にどのような電流値を提供するかの予測を生成する際に、コンプレッサ振動コントローラ１３１０によって使用することができる電流間の関係を例示する。コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、順方向及び逆方向のｄｑ電流変換の両方を実行するように構成することができる。モータのｄ軸及びｑ軸は、それぞれ、電流値Ｉｄｃ及びＩｑｃに関連付けることができる。順方向電流変換では、Ｉｄｃ及びＩｑｃは、検出されたＵ相及びＷ相の観察された電流値Ｉｕｃ及びＩｗｃを、仮想回転座標ｄｃｑｃ軸上の値に変換することによって、判定することができる。

【０２０６】

逆電流変換は、ＵＶＷ電流捕捉処理で使用される、推定された電流値

【数２】

$\hat{I}_{uc}$及び$\hat{I}_{wc}$

を関連付けることができる。ＵＶＷ電流捕捉処理は、仮想回転座標ｄｃｑｃ軸の値を逆変換して、

【数３】

$\hat{I}_{uc}$及び$\hat{I}_{wc}$

を判定することを含むことができる。Ｖ相電流
【数４】

$\hat{I}_{vc}$

は、以下でより詳細に説明するように、キルヒホッフの法則を介して追加的に判定することができる。ＵＶＷ電流捕捉処理では、電流検出コンディション設定処理で検出が無効になったときに、モータ電流情報を補償するために、Ｉｕ及びＩｗを推定することができる。ｄｃｑｃ軸の値に基づいて、ＵＶＷに逆換算することによって、Ｉｕ及びＩｗの推定された値Ｉｕｃ及びＩｗｃを取得することができる。加えて、Ｉｕ、Ｉｗ推定の計算式に使用される、Ｉｖｃは、キルヒホッフの法則から取得することができる。
【０２０７】
より具体的に図１４Ａを参照すると、いくつかの実施形態による、キルヒホッフの法則を例示するグラフ１４００が示される。グラフ１４００は、点ａから発する電流Ｉｖ、Ｉｕ、及びＩｗを含むことが示されている。キルヒホッフの法則に従うと、点ａにおける電流の和は、０である。したがって、キルヒホッフの法則は：
Ｉｖ＝Ｉｕ－Ｉｗ
が当てはまる。
【０２０８】
この関係は、図１４Ａ及び図１４Ｂを参照して以下でより詳細に説明するように、順方向及び逆方向の電流変換の両方で使用することができる。
【０２０９】
ここで図１４Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、αβ変換を例示するグラフ１４２０が示される。順方向電流変換において、αβ変換は、コンプレッサ振動コントローラ１３１０によって、電流Ｉαｃ及びＩβｃに対して実行することができる。αβ変換は、以下の式により表すことができる。
【数５】

$$\begin{bmatrix} I_{\alpha c} \\ I_{\beta c} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_u \\ I_v \\ I_w \end{bmatrix}$$

【０２１０】
Ｉｖ＝－Ｉｕ－Ｉｗの関係が、コンプレッサ振動コントローラ１３１０によって上記の式に代入される場合、以下の関係を識別することができる。
【数６】

$$\begin{bmatrix} I_{\alpha c} \\ I_{\beta c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{2}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{uc} \\ I_{wc} \end{bmatrix}$$

式中、Ｉｕｃ＝Ｉｕ、及びＩｗｃ＝Ｉｗ。このようにして、キルヒホッフの法則を使用して、Ｉαｃ及びＩβｃを取得することができる。

【０２１１】
ここで図１４Ｃを参照すると、いくつかの実施形態による、ｄｑ変換を例示するグラフ１４４０が示される。グラフ１４４０では、θｄｃは、固定座標α軸と仮想回転座標ｄｃ軸との間の角度を表すことができる。順方向電流変換において、ｄｑ変換は、Ｉｄｃ及びＩｑｃが、Ｉαｃ及びＩβｃを代入することによって取得することができる、以下の式で表すことができる。
【数７】

$$\begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_{dc}) & \sin(\theta_{dc}) \\ -\sin(\theta_{dc}) & \cos(\theta_{dc}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{\alpha c} \\ I_{\beta c} \end{bmatrix}$$

【０２１２】
Ｉｄｃ及びＩｑｃの値は、フィルタリングされ、コンプレッサモータ（例えば、モータ１３０８）の制御のために使用されることができる。Ｉｄｃ及びＩｑｃをフィルタリングするために、フィルタのフィルタ時定数（例えば、ミリ秒、秒など）は、モータの回転速度に従って切り替えることができる。いくつかの実施形態では、回転速度は、低速領域、中速領域、及び高速領域の３つの領域に分割される。例えば、低速領域は、毎分０～９９の回転数（ＲＰＭ）として定義され得、中速領域は、１００～２００ＲＰＭとして定義され得、高速領域は、２００＋ＲＰＭとして定義され得る。識別された回転速度に基づいて、フィルタ時定数は、観察された電流に応じて切り替えることができる。特に、フィルタ時定数は、低速領域において最大であり得、高速領域において最小であり得る。このようにして、回転速度が増加するにつれて、フィルタ時定数が減少して、電流のより粒度の高い分解能を取得することができる。
【０２１３】
逆電流変換に関して、ｄｑ逆変換は、以下のｄｑ逆変換方程式に基づいて、コンプレッサ振動コントローラ１３１０によって実行することができる。
【数８】

$$\begin{bmatrix} I_{\alpha c} \\ I_{\beta c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_{dc}) & -\sin(\theta_{dc}) \\ \sin(\theta_{dc}) & \cos(\theta_{dc}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{dc} \\ I_{qc} \end{bmatrix}$$

【０２１４】
このようにして、Ｉαｃ及びＩβｃの値を取得することができる。コンプレッサ振動コントローラ１３１０は更に、以下の式を使用して、αβ逆変換を実行して、Ｉｕｃ及びＩｗｃの値を取得することができる。
【数９】

$$\begin{bmatrix} \hat{I}_{uc} \\ \hat{I}_{wc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{\alpha c} \\ I_{\beta c} \end{bmatrix}$$

【０２１５】
ここで図１５を参照すると、いくつかの実施形態による、異なるタイプのコンプレッサに対する、クランク角度とトルクとの間のグラフ１５００関係が示される。具体的には、グラフ１５００は、クランク角とガス圧縮トルクとの間の関係を例示する。図１３Ａ及び図１３Ｂを参照して上で詳細に説明したように、モータ（例えば、モータ１３０８）によって印加されるトルクは、コンプレッサの振動に影響を与えることができる。したがって

、モータによって印加されるトルクは、コンプレッサの過度の振動が回避されるように、監視され、維持されるべきである。

【０２１６】

グラフ１５００は、シリーズ１５０２、シリーズ１５０４、及びシリーズ１５０６を含むことが示されている。シリーズ１５０２は、シングルロータリーコンプレッサのトルク測定値に関連付けられており、シリーズ１５０４は、ツインロータリーコンプレッサのトルク測定値に関連付けられており、シリーズ１５０６は、モータのクランク角に関するスクロールコンプレッサのトルク測定値全てに関連付けられている。グラフ１５００に基づいて理解されるべきであるように、各タイプのコンプレッサは、クランク角とトルク（及びそれによって振動）との間に異なる関係を有し得る。例えば、シリーズ１５０２によって表されるシングルロータリーコンプレッサは、クランク角度に対して、高いピークトルクを有することが示されるが、一方、シリーズ１５０６によって表されるスクロールコンプレッサは、クランク角度とトルクとの間にほぼ一定の関係を有する。ＡＩモデルの訓練プロセスの間、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、これらの関係を活用し、様々なタイプのコンプレッサに対する異なるＡＩモデルを生成することができる。

【０２１７】

ここで図１６を参照すると、いくつかの実施形態による、より詳細なコンプレッサ振動コントローラ１３１０のブロック図が示される。コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、ＡＩモデルを利用して、コンプレッサ１３０２（及び／又はいくつかの他のコンプレッサ）を動作させるために使用することができる電流の値に対する予測を生成し、振動によるコンプレッサ１３０２の劣化を低減するように構成することができる。コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、様々な方法で実装することができる。いくつかの実施形態では、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、建物システムのローカルコントローラである。例えば、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、デスクトップコンピュータ、モバイルデバイス、サーモスタット、及び／又は建物にローカルないくつかの他のコンピューティングデバイス／システムに実装され得る。いくつかの実施形態では、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、ＶＲＦシステムの構成要素として実装され得る。例えば、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、図１３Ａを参照して説明されたインバータ１３０６の構成要素として実装され得る。この場合、インバータ１３０６自体は、コンプレッサ１３０２に提供するための電流の周波数を判定することができ得る。いくつかの実施形態では、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、クラウドコンピューティングシステムによるなど、いくつかの他のコンピューティングデバイス／システムを介して実装されている。

【０２１８】

コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、通信インターフェース１６０８及び処理回路１６０２を含むことが示されている。通信インターフェース１６０８は、様々なシステム、デバイス、又はネットワークとデータ通信を行うための、有線又は無線インターフェース（例えば、ジャック、アンテナ、伝送機、受信機、トランシーバ、有線端末など）を含み得る。例えば、通信インターフェース１６０８は、イーサネットベースの通信ネットワークを介してデータを送信及び受信するためのイーサネットカード及びポート、及び／又は無線通信ネットワークを介して通信するためのＷｉ－Ｆｉトランシーバを含み得る。通信インターフェース１６０８は、ローカルエリアネットワーク又はワイドエリアネットワーク（例えば、インターネット、建物ＷＡＮなど）を介して通信するように構成され得、様々な通信プロトコル（例えば、ＢＡＣｎｅｔ、ＩＰ、ＬＯＮなど）を使用し得る。

【０２１９】

通信インターフェース１６０８は、コンプレッサ振動コントローラ１３１０と、様々な外部システム又はデバイス（例えば、インバータ１３０６、センサ１６２０、ユーザデバイス１６２２など）との間の電子データ通信を容易にするように構成されたネットワークインターフェースであり得る。例えば、コンプレッサ振動コントローラ１３１０は、通信インターフェース１６０８を介して、インバータ１３０６にＡＣ振幅設定値を提供し得る。

【０２２０】
処理回路１６０２は、プロセッサ１６０４及びメモリ１６０６を含むことが示されている。プロセッサ１６０４は、汎用若しくは特定目的プロセッサ、特定用途向け統合回路（ＡＳＩＣ）、１つ以上のフィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、処理構成要素のグループ、又は他の好適な処理構成要素であり得る。プロセッサ１６０４は、メモリ１６０６に記憶された、又は他のコンピュータ可読媒体（例えば、ＣＤＲＯＭ、ネットワーク記憶装置、リモートサーバなど）から受信された、コンピュータコード又は命令を実行するように構成され得る。
【０２２１】
メモリ１６０６は、本開示に記載の様々なプロセスを完了及び／又は容易にするための、データ及び／又はコンピュータコードを記憶するための１つ以上のデバイス（例えば、メモリユニット、メモリデバイス、記憶デバイスなど）を含み得る。メモリ１６０６は、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読み取り専用メモリ（ＲＯＭ）、ハードドライブ記憶装置、一時記憶装置、不揮発性メモリ、フラッシュメモリ、光メモリ、又はソフトウェアオブジェクト及び／若しくはコンピュータ命令を記憶するための任意の他の好適なメモリを含み得る。メモリ１６０６は、データベース構成要素、オブジェクトコード構成要素、スクリプト構成要素、又は本開示に記載される様々な活動及び情報構造をサポートするための任意の他のタイプの情報構造を含み得る。メモリ１６０６は、処理回路１６０２を介して、プロセッサ１６０４に通信可能に接続され得、本明細書に記載の１つ以上のプロセスを（例えば、プロセッサ１６０４によって）実行するためのコンピュータコードを含み得る。いくつかの実施形態では、メモリ１６０６の１つ以上の構成要素は、単一の構成要素の一部である。しかしながら、メモリ１６０６の各構成要素は、説明を容易にするために、独立して示される。
【０２２２】
メモリ１６０６は、訓練データ収集器１６１０を含むように示される。訓練データ収集器１６１０は、１つ以上の訓練データソース１６１８から、人工知能モデルを訓練するために使用される訓練データを収集することができる。具体的には、訓練データ収集器１６１０は、コンプレッサ１３０２の振動に関連付けられた訓練データを取得することができる。
【０２２３】
訓練データ収集器１６１０によって収集される訓練データは、特定の入力とコンプレッサ１３０２の振動との間の関連付けを学習するように、ＡＩモデルを訓練するために使用することができる任意の関連データを含むことができる。代替的又は追加的に、訓練データは、騒音が、振動の代用として使用される場合、特定の入力とコンプレッサ１３０２によって生成される騒音との間の関係を示す情報を含み得る。訓練データは、例えば、モータ１３０８のＡ軸とｄ軸との間の軸誤差、検出されたｑ軸電流、インバータ１３０６によって提供されるＡＣ信号の周波数、コンプレッサ１３０２の付近の測定された騒音などを含む入力に対する値を含み得る。訓練データはまた、ＡＩモデルが、入力と出力との間の関係を学習することができるように、電流特性（例えば、振幅）の値を含むことができる。
【０２２４】
訓練データを集めるために、訓練データ収集器１６１０は、クエリを、訓練データソース１６１８に伝送して、訓練データを取得し得る。いくつかの実施形態では、訓練データ収集器１６１０は、訓練データを能動的に要求する必要なしに、訓練データソース１６１８から受動的に訓練データを受信し得る。訓練データソース１６１８は、訓練データ収集器１６１０に訓練データを記憶及び／又は提供することができる任意のデータソースを含むことができる。例えば、訓練データソース１６１８は、記憶された訓練データセットを、訓練データ収集器１６１０に提供することができるユーザデバイス（例えば、ラップトップ、デスクトップコンピュータ、モバイルデバイス、タブレットなど）であり得るか、又はそれを含み得る。別の例として、訓練データソース１６１８は、実際のＶＲＦシステムの動作中に収集されたデータを記憶するデータベース（例えば、クラウドデータベース

）であり得るか、又はそれを含み得る。このようにして、ＡＩモデルは、動作中の実際のＶＲＦデバイスから直接収集されたデータに基づいて、訓練することができる。

【０２２５】

いくつかの実施形態では、訓練データ収集器１６１０は、１つ以上のシミュレーションモデルを利用して、モデルジェネレータ１６１２によって使用される訓練データのいくつか又は全てを生成して、ＡＩモデルを生成する。シミュレーションモデル（本明細書では「シミュレーション」又は「シミュレーションフレームワーク」とも称される）は、実際のＶＲＦシステムが、様々なコンディション及び制限（例えば、気象条件、加熱／冷却負荷、固有のデバイス制限など）下で、どのように動作し得るかをシミュレーションすることができる。シミュレーションモデルは、ＶＲＦシステムの構成要素間の関係、及び構成要素が、変化するコンディションにどのように反応し得るかを考慮することができる。例えば、シミュレーションモデルは、コンプレッサ１３０２が、特定の必要な加熱／冷却負荷を達成するために、どのように動作し得るか、及び結果としてコンプレッサ１３０２が、どのように振動するかをモデル化することができる。

【０２２６】

シミュレーションモデルを利用することによって、訓練データ収集器１６１０は、訓練データソース１６１８から訓練データを取り出す必要がない場合があり、代わりに、コンプレッサ振動コントローラ１３１０内で訓練データを生成することができる。いくつかの実施形態では、シミュレーションモデルは、シミュレーションモデルを実行した結果として生成される訓練データを、コンプレッサ振動コントローラ１３１０に提供することができる、サードパーティコントローラ／デバイス／システム（例えば、クラウドコンピューティングシステム）によってホストされる。いずれの場合でも、シミュレーションモデルは、ＡＩモデルを訓練するために使用することができる、様々な動作コンディションを表す様々な訓練データを生成するために、使用／実行することができる。

【０２２７】

有利には、シミュレーションモデルは、動作中の実際のＶＲＦシステムから訓練データを収集するのと比較して、より短い時間で大量のデータを生成することができる。このようにして、コンプレッサ１３０２は、より早い時間において、より短く、ＡＩモデルの決定に基づいて動作することができ、これは、振動がより早く管理されるにつれて、コンプレッサ１３０２の寿命を増加させ得る。更に、シミュレーションモデルは、実際のＶＲＦシステム動作中に頻繁には発生しない場合があるシナリオに対する訓練データを生成するために使用され得る。例えば、シミュレーションモデルは、実際のＶＲＦシステムの標準動作中に頻繁には発生しない場合がある強烈な加熱／冷却負荷下で、コンプレッサ１３０２を動作させることを表す訓練データを生成することができる場合がある。このようにして、様々なケースを表す大量の訓練データは、生成され、モデルジェネレータ１６１２に利用可能にして、正確かつ代表的なモデルを生成することができる。

【０２２８】

取得された訓練データに基づいて、訓練データ収集器１６１０は、収集された訓練データを、訓練データセットに組み合わせ、モデルジェネレータ１６１２に訓練データセットを提供することができる。訓練データセットに基づいて、モデルジェネレータ１６１２は、コンプレッサ１３０２の動作コンディションを記述する入力のセットと、コンプレッサ１３０２の振動を管理するためにコンプレッサ１３０２に提供することができるＡＣ信号の振幅を記述する対応する出力との間の関係をモデル化するＡＩモデルを生成することができる。いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ１６１２は、必要な加熱／冷却負荷を依然として満たしながら、コンプレッサ１３０２によって生成される騒音を低減するために、インバータ１３０６を介してモータ１３０８に提供することができるＡＣ信号振幅を予測するように、ＡＩモデルを訓練する。

【０２２９】

モデルジェネレータ１６１２によって生成されるＡＩモデルは、任意の様々なＡＩモデルアーキテクチャのものであり得る。例えば、ＡＩモデルは、ＬＳＴＭネットワークなど

のＲＮＮであり得る。
【０２３０】
モデルジェネレータ１６１２によって生成されたＡＩモデルへの入力は、コンプレッサ１３０２及び／又はモータ１３０８の動作に関連付けられた様々な入力を含むことができる。例えば、ＡＩモデルへの入力は、モータ１３０８のｄ軸とＡ軸との間の軸誤差（軸方向差とも称される）、ｑ軸電流検出値、モータ１３０８の回転速度を示すインバータ周波数、及び実際及び／又は必要な騒音レベルを含み得る。いくつかの実施形態では、モータ１３０８の回転速度（例えば、毎分回転数（ＲＰＭ））は、インバータ周波数の代わりに、又はそれに加えて、入力として使用される。ＡＩモデルの出力は、モータ１３０８によって印加されるトルクを管理するために、コンプレッサ１３０２に提供するＡＣ信号の目標振幅値（例えば、ボルト単位、アンペア単位など）を入力することができる。モデルジェネレータ１６１２によって生成することができるＡＩモデルの例示的な例示は、図１７Ａ及び図１７Ｂを参照して以下により詳細に説明する。
【０２３１】
モデルジェネレータ１６１２は、様々な訓練技術を利用して、ＡＩモデルを生成し得る。例えば、モデルジェネレータ１６１２は、運動量アプローチを伴う確率的勾配降下法、適応モーメント推定アプローチ、二乗平均平方根伝播アプローチなどを利用し得る。二乗平均平方根伝播アプローチに関して、モデルジェネレータ１６１２は、二乗平均平方根誤差（ＲＭＳＥ）を利用して、モデル予測が、訓練データ収集器１６１０によって提供された訓練データに対してどれだけ正確であるかを測定し得る。経時的にＲＭＳＥを監視するために、モデルジェネレータ１６１２は、以下の式を利用し得、
【数１０】

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\overline{\left(Y_{pred,t} - Y_{test,t}\right)^2}}$$

式中、Ｙｐｒｅｄ，ｔは、時間ステップｔでの変数Ｙに対するＡＩモデルの先行予測であり、Ｙｔｅｓｔ，ｔは、時間ステップｔでの訓練データによって示される変数Ｙの実測値である。（Ｙｐｒｅｄ，ｔ－Ｙｔｅｓｔ，ｔ）^{2}の計算は、各時間ステップｔ＝１…ｎに対して実行することができ、ｎは、予測の総数である。次いで、各差を一緒に平均化することができる。訓練プロセスの間、モデルジェネレータ１６１２は、ＡＩモデルを改良して、ＲＭＳＥを低減することができる。
【０２３２】
モデルジェネレータ１６１２は、生成されたＡＩモデルを、予測ジェネレータ１６１４に提供することができる。予測ジェネレータ１６１４は、ＡＩモデルを使用して、コンプレッサ１３０２によって生成される振動の量及び／又は騒音を低減する、ＡＣ信号振幅の値に対する予測を生成することができる。当該予測を生成するために、予測ジェネレータ１６１４は、様々なソースから、ＡＩモデルによって必要とされる入力の値を取得するように動作することができる。例えば、予測ジェネレータ１６１４は、センサ１６２０からの測定された変数、ユーザデバイス１６２２を介してユーザによって手動で観察された変数の値、及び／又は入力値の任意の他の適切なソースを取得し得る。ＡＩモデルへの特定の入力に関して、モータ１３０８の回転速度は、ユーザによって観察され得、既知の周波数が、モータ１３０８に提供されることに基づいて、予測ジェネレータ１６１４によって指揮され計算され得、などであり得る。いくつかの実施形態では、モータ１３０８に小さな電流を提供し、かつモータ１３０８からのフィードバックを分析して、軸方向の差を推定することによって、モータ１３０８のＡ軸とｄ軸との間の軸方向の差は、観察者（例えば、ユーザ）によって推定される。いくつかの実施形態では、軸方向差は、センサ１６２０のうちのあるセンサによって測定される。しかしながら、軸方向差を測定するように構成されたセンサに関連付けられた価格のため、手動推定が好ましい場合がある。いくつか

の実施形態では、コンプレッサ１３０２に関連付けられたｑ軸フィードバック電流は、センサ１６２０のうちのある電流センサを介して直接測定される。騒音に関して、実際の騒音レベルは、センサ１６２０のオーディオセンサを介して測定され得、及び／又はユーザによって推定され得る。ＡＩモデルが入力として必要な騒音レベルを利用する場合、必要な騒音レベルは、ユーザデバイス１６２２を介してユーザによって提供され得、予測ジェネレータ１６１４（又はコンプレッサ振動コントローラ１３１０の別の構成要素）によって推定／判定され得、などであり得る。この場合、必要な騒音レベルは、コンプレッサ１３０２によって達成されるべき所定の騒音値（例えば、ｄＢ単位）を説明する。

【０２３３】

モデルジェネレータ１６１２によって生成されたＡＩモデルに、入力の受信された値を渡した結果、予測ジェネレータ１６１４は、インバータ１３０６によってコンプレッサ１３０２に提供されたＡＣ信号に対する振幅設定値を判定することができる。いくつかの実施形態では、ＡＣ振幅設定値は、ｄ軸に対して提供される電流及びｑ軸に提供される電流の異なる振幅を含む。いくつかの実施形態では、単一のＡＣ振幅設定値は、入力値をＡＩモデルに渡す結果として判定される。この場合、単一のＡＣ振幅設定値は、ｄ軸電流とｑ軸電流の両方に適用することができる。

【０２３４】

いくつかの実施形態では、予測ジェネレータ１６１４は、ＡＣ振幅設定値を、（例えば、通信インターフェース１６０８を介して）インバータ１３０６に直接提供する。いくつかの実施形態では、予測ジェネレータ１６１４は、ＡＣ振幅設定値を、メモリ１６０６の是正措置ジェネレータ１６１６に提供する。是正措置ジェネレータ１６１６は、ＡＣ振幅設定値に基づいて、１つ以上の是正措置を生成及び開始するように構成することができる。いくつかの実施形態では、１つの是正措置は、ＡＣ振幅設定値を、インバータ１３０６に提供することである。この場合、是正措置ジェネレータ１６１６によって生成され、開始される是正措置は、ＡＣ振幅設定値を示す制御信号に基づいてインバータ１３０６を動作させることであり得る。このようにして、モータ１３０８によって印加されるトルクを調整することができる。いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ１６１６によって生成され、開始され得る別の是正措置は、ＡＣ振幅設定値についてユーザに通知するように、通知をユーザデバイス１６２２に提供することである。当該通知は、異なるＡＣ振幅が、振動にどのように影響を与えるかをユーザが理解することを可能にし得、建物装置（例えば、コンプレッサ１３０２）が、振動に起因する急速な劣化を回避することを確実にするために、ユーザが先制的な措置を講じることを可能にし得る。いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ１６１６は、急速な劣化を回避するために必要とされるＡＣ振幅設定値が、閾値を下回っており、それによって、建物の加熱／冷却負荷の履行を危うくすると判定することに応答して、例えば、コンプレッサ１３０２上のメンテナンスをスケジューリングするなどの他のタイプの是正措置を生成し、開始する。

【０２３５】

ここで図１７Ａを参照すると、いくつかの実施形態による、コンプレッサモータに提供する電流の値を予測するためのニューラルネットワーク（ＮＮ）１７００の例示が示される。ＮＮ１７００は、図１６を参照して説明されたように、モデルジェネレータ１６１２によって生成することができるＡＩモデルの例示的な構造を例示することができる。ＮＮ１７００は、入力のセットに対応する、入力層内の入力ノードを含むように示される。具体的には、ＮＮ１７００は、モータ１３０８のＡ軸とｄ軸との間の軸誤差の入力ノード、ｑ軸電流検出値、インバータ１３０６によって出力されるＡＣ信号の周波数を記述するインバータ周波数、及び実際の騒音レベルを含むことが示される。もちろん、これらの入力は、単に例のために提供されることを理解されたい。モデルジェネレータ１６１２は、コンプレッサの振動／騒音を推定するために使用することができる異なる入力を利用するＡＩモデルを生成することができる。出力に関して、ＮＮ１７００は、ｄ軸電流振幅及びｑ軸電流振幅に対しての別個の出力を含むことが示される。ｄ軸及びｑ軸に対する別々の出力は、より正確に動作するコンプレッサ１３０２において有用であり得る。いくつかの実

施形態では、ＮＮ１７００は、ｄ軸電流及びｑ軸電流の両方に適用することができる単一電流振幅値を出力する。単一の値を出力することは、ＮＮ１７００の複雑さを低減し、それによって予測を生成するときの処理効率を改善し得る。

【０２３６】

図１６を参照して上述したように、軸誤差は、ユーザ及び／又はセンサによって測定され得、ｑ軸電流検出値は、電流センサによって測定され得、インバータ周波数は、測定され得、既知の値などであり得る。実際の騒音レベルに関して、実際の騒音レベルは、コンプレッサ１３０２の事前定義された物理的近接性（例えば、コンプレッサ１３０２に物理的に取り付けられる、１０フィート以内、１フィート以内など）を備えるオーディオセンサによって測定され得る。実際の騒音レベルに基づいて、ＮＮ１７００は、コンプレッサ１３０２の振動を本質的に予測し、予測された振動に応じて振幅設定値を出力することができる。この場合、コンプレッサ１３０２の動作に関するフィードバックをＮＮ１７００に提供している。具体的には、騒音は、振動の代用として使用することができるため、ＮＮ１７００は、コンプレッサ１３０２の振動を示す知識を効果的に取得している。このように、ＮＮ１７００は、この情報を利用して、危険な動作コンディションを回避するＡＣ信号振幅を予測することができる。例えば、比較的低い（例えば、＜５０ｄＢ、＜２０ｄＢなど）の騒音レベルであれば、ＮＮ１７００は、雑音レベルが比較的高い場合（例えば、＞５０ｄＢ、＞１００ｄＢ、＞２００ｄＢなど）と比較して、より大きな振幅（例えば、ボルト又はアンペア単位）を出力し得る。このようにして、ＮＮ１７００は、経時的に振幅の値を変更して、危険な動作コンディション及び振動を回避する、コンプレッサ１３０２に対する適切な動作コンディションを達成することができる。

【０２３７】

ここで図１７Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、コンプレッサモータに提供する電流の値を予測するためのニューラルネットワーク（ＮＮ）１７５０の例示が示される。いくつかの実施形態では、ＮＮ１７５０は、図１７Ａを参照して上述したように、ＮＮ１７００に類似している、及び／又は同じである。したがって、ＮＮ１７５０は、図１６を参照して説明されたモデルジェネレータ１６１２によって生成することができるＡＩモデルの別の例であり得る。図１７Ｂに示されるように、ＮＮ１７５０は、ＮＮ１７００の実際の騒音レベルと比較して、入力として、必要な騒音レベルを受信するように示される。必要な騒音レベルは、コンプレッサ１３０２によって生成された騒音の目標値であり得る。いくつかの実施形態では、必要な騒音レベルは、コンプレッサ１３０２によって生成される騒音が、閾値を下回るように、閾値として機能する。特に、必要な騒音レベルは、コンプレッサ１３０２を危険な動作コンディションに置かないように、（例えば、ユーザによって）判定される振動に関連付けられることが知られている騒音レベル（例えば、ｄＢ単位）であり得る。例えば、必要な騒音レベルは、３０Ｈｚのレートの下で、コンプレッサ１３０２の振動を維持することが期待される５０ｄＢであり得る。

【０２３８】

必要な騒音レベルを入力として使用するために、ＮＮ１７５０は、騒音と振動との間の既知の相関関係に基づいて、訓練され得る。このようにして、ＮＮ１７５０は、既知の相関関係に対して、他の入力（例えば、コンプレッサ１３０２を通過する流体の量に関連付けられていることが知られているインバータ周波数）に基づいて、出力された電流振幅を調整することができる。いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ１６１２は、実際の騒音レベル及び必要な騒音レベルの両方を入力として利用するＡＩモデルを生成する。

【０２３９】

ここで図１８を参照すると、いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用してコンプレッサに提供するＡＣ信号振幅を予測するためのプロセス１８００のフロー図が示される。ＡＣ信号振幅は、必要な加熱／冷却負荷、及び／又は建物の他の要件を満たしながらも、コンプレッサの振動の減少をもたらすと予測される振幅値（例えば、ボルト、アンペア単位など）であり得る。いくつかの実施形態では、ＡＣ信号の振幅は、コンプレッサのモータによって印加されるトルクに影響を与える。具体的には、増大する振幅は、モータに

よって印加されるトルクを増大させることに関連し得る。いくつかの実施形態では、プロセス１８００のステップのいくつか及び／又は全ては、図１３及び図１６を参照して説明されたコンプレッサ振動コントローラ１３１０によって実行される。

【０２４０】

プロセス１８００は、コンプレッサの動作に影響を与えるコンディションと、コンプレッサによって生成される騒音との間の関係を記述する訓練データを取得することを含むことが示される（ステップ１８０２）。この場合、騒音は、コンプレッサの振動の代用として使用することができる。訓練データは、例えば、コンプレッサのモータのＡ軸とｄ軸との間の軸誤差、ｑ軸電流検出値、インバータによって提供されるＡＣ信号の周波数（これは、コンプレッサを通過する流体の量を表し得、それにより必要な加熱／冷却負荷を表し得る）、実際及び／又は必要な騒音レベル、騒音測定値などの値を含み得る。訓練データは、例えば、クラウドデータベース、建物にローカルなデータベース、ユーザ、建物内のセンサなどの１つ以上の訓練データソースから取得され得る。いくつかの実施形態では、ステップ１８０２は、訓練データ収集器１６１０によって実行される。

【０２４１】

プロセス１８００は、訓練データに基づいて、コンプレッサのモータによって印加されるトルクに影響を与えるＡＣ信号の振幅を予測するためのＡＩモデルを訓練することを含むことが示されている（ステップ１８０４）。いくつかの実施形態では、より大きなＡＣ信号振幅は、モータによって印加される増加したトルクに対応する。しかしながら、モータによって印加されるトルクが増加するにつれて、コンプレッサの振動は、増加し得、これは、コンプレッサによって出力される騒音の量に基づいて、測定され得る。ステップ１８０４で訓練されたＡＩモデルは、どのＡＣ信号振幅が、入力値のセットに依存する特定の騒音レベルに対応するかを学習することができる。いくつかの実施形態では、ＡＩモデルの目標は、どのＡＣ信号振幅が、必要な加熱／冷却負荷を満たしながらも、コンプレッサによって出力される騒音を低減及び／又は最小限に抑えるかを学習することである。もちろん、動作のため、いくつかの騒音／振動は、避けられない場合もあるが、ＡＩモデルは、建物のニーズを満たしながらも、装置の過度の劣化を回避する振幅を識別するように訓練することができる。いくつかの実施形態では、ステップ１８０４は、モデルジェネレータ１６１２によって実行される。

【０２４２】

プロセス１８００は、コンプレッサの動作に関連付けられたデータを取得することを含むことが示される（ステップ１８０６）。この場合、データは、ステップ１８０４で訓練されたＡＩモデルへの入力に関連付けられ得る。例えば、ステップ１８０６で取得されたデータは、コンプレッサに提供された、及び／又は提供されるＡＣ信号の周波数、周囲温度、コンプレッサの付近の実際の騒音レベルなどを含み得る。データは、装置などからのフィードバックとして、例えば、ユーザ、センサなどの様々なソースから取得することができる。いくつかの実施形態では、ステップ１８０６は、予測ジェネレータ１６１４によって実行される。

【０２４３】

プロセス１８００は、ＡＩモデルを使用して、取得されたデータに基づいて、ＡＣ振幅設定値を生成することを含むことが示されている（ステップ１８０８）。ＡＩモデルは、必要な加熱／冷却負荷（及び／又は建物のいくつかの他の要件／ニーズ）が満たされ、コンプレッサによって生成される対応する騒音が低減されるように、ＡＣ振幅設定値を生成することができる。このようにして、モータは、不必要な劣化を回避しながら、一定量の流体を圧縮するように動作される。有利には、ＡＩモデルを使用して、ＡＣ振幅設定値を生成することは、モータが不必要な量のトルクを印加する結果として、コンプレッサが、不必要な劣化を経験する状況の頻度を低減することができる。いくつかの実施形態では、ＡＣ振幅設定値は、モータのｄ軸及びｑ軸に対する別個の振幅設定値を含む。いくつかの実施形態では、ステップ１８０８は、予測ジェネレータ１６１４によって実行される。

【０２４４】

プロセス１８００は、モータを動作させるために、インバータにＡＣ振幅設定値を提供することを含むことが示される（ステップ１８１０）。いくつかの実施形態では、インバータは、コンプレッサに提供される実際のＡＣ信号を生成する。このようにして、インバータは、インバータによって出力されるＡＣ信号が、ＡＣ振幅設定値に等しい（又はほぼ等しい）振幅を有するように、動作することができる。結果として、モータは、ＡＣ信号の振幅に応じてトルクを印加するように動作することができる。いくつかの実施形態では、ステップ１８１０は、予測ジェネレータ１６１４及び／又は是正措置ジェネレータ１６１６によって実行される。

【０２４５】

ＶＲＦシステム障害コンディション予測

概して、図１９～図２２を参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムの障害コンディションを予測するためのシステム及び方法が示され、説明される。障害コンディションは、コストを上昇させる可能性がある、及び／又はＶＲＦシステムのいくつかの他の望ましくない特性をもたらす可能性がある任意の種類の障害を含むことができる。例えば、障害コンディションには、冷媒漏れ、室外ユニット霜降り、室内ファンの目詰まり、汚れた室内フィルタ、汚れた熱交換器、汚れた室外ファン、モータ消磁、コンプレッサオイル漏れなどが含まれ得る。障害コンディションは、ＶＲＦシステムに関連付けられたコスト（例えば、運用コスト）に影響を与える可能性のあるコンプレッサの不完全な効率をもたらし得る。

【０２４６】

図１９～図２２を通してより詳細に説明されるように、ＡＩモデルは、ＶＲＦシステムにおける構成要素の障害コンディションを予測するために使用され得る。特に、ＡＩモデルは、ＶＲＦシステムのコンプレッサに関連付けられた障害コンディションを予測するために使用することができる。各異なる障害状況に対して、パーセンテージを使用して、故障がＶＲＦシステムに影響を与える量を表すことができる。したがって、詳細な障害分類に対して２つのモデル（例えば、２つのＲＮＮ）があり得る。第１のモデルは、ＶＲＦシステム内に、もしあれば、どのような障害コンディションが存在するかを記述する障害分類を出力するように構成することができる。効果的に、第１のモデルは、ＶＲＦシステム及び／又はその構成要素が経験している障害（もしあれば）を判定／予測するように構成することができる。第２のモデルは、代表的なパーセンテージ及び／又はいくつかの他のメトリックを使用して、各障害コンディションの重大度を判定／予測するように構成することができる。障害の重大度は、障害がＶＲＦシステムに及ぼす影響の程度を効果的に示すことができる。例えば、第２のモデルによる０．５（すなわち、５０％）の冷媒漏れ指数の出力は、５０％の冷媒が漏れを通して失われていることを示し得る。別の例として、第２のモデルによる０．９の室内ファン目詰まり指標の出力は、室内ファンが９０％詰まっていることを示し得る。いくつかの実施形態では、第１のモデル及び第２のモデルは、単一のモデルに組み合わされる。この場合、単一のモデルは、ＶＲＦシステム内の障害コンディションを示す障害分類、及び各コンディションに関連付けられた重大度を表す対応するメトリックを出力し得る。いくつかの実施形態では、第２のモデルは、利用されない場合がある。この場合、第１のモデルによって生成される障害分類は、開始する是正措置を判定する際に利用される。言い換えると、第２のモデルが利用されない場合、障害分類に基づいて、及び障害がＶＲＦシステムに影響を与える量に関係なく、是正措置が開始され得る。

【０２４７】

理解されるべきであるように、図１９～図２２を通して以下に示され、説明されるシステム及び方法は、様々な建物システムに適用することができ、必ずしもＶＲＦシステムに限定されない場合がある。例えば、システム及び方法は、同様に、建物の他のＨＶＡＣシステムに適用することができる。

【０２４８】

ここで図１９を参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステム１９００のブ

ロック図が示される。ＶＲＦシステム１９００は、ＡＩモデルを適用して、障害分類の予測を生成することができる例示的なＶＲＦシステムを例示することができる。特に、ＶＲＦシステム１９００は、ＡＩモデルを介して、障害分類を生成する際に使用され得る入力値のソースを例示することができる。いくつかの実施形態では、ＶＲＦシステム１９００は、図６Ａ及び図６Ｂを参照して説明されたＶＲＦシステム６００に類似する、及び／又は同じである。

【０２４９】

ＶＲＦシステム１９００は、室外ユニット（ＯＤＵ）１９０２及び室内ユニット（ＩＤＵ）１９０４を含むことが示されている。ＯＤＵ１９０２は、コンプレッサ１９０６及び熱交換器１９０８を含むことが示されている。コンプレッサ１９０６は、コンプレッサ電源配管１９１４を介して、インバータから電流Ｉを受信することができる。$I_{inverter}$は、例えば、ＡＣなどの任意のタイプの電力信号であり得る。$I_{inverter}$は、コンプレッサ１９０６に動力を供給することができる。いくつかの実施形態では、コンプレッサ１９０６は、図１３Ａ～図１８を参照して上でより詳細に説明したように、$I_{inverter}$の周波数及び振幅に応じてモータを動作させる。

【０２５０】

コンプレッサ１９０６はまた、熱交換器１９０８から流体（例えば、冷媒）を受け入れることができる。流体を取得するために、コンプレッサ１９０６は、吸引配管１９２２を介して、熱交換器１９０８から流体を吸引することができる。流体の吸引は、パスカルなどの好適な圧力メトリックで測定され得る吸引圧力P_sに関連付けることができる。いくつかの実施形態では、P_sは、吸引配管１９２２に関連付けられた圧力センサによって測定される。

【０２５１】

吸引配管１９２２を介して流体を吸引する結果として、コンプレッサ１９０６は、流体を圧縮し、吐出配管１９１６を介して、ＩＤＵ１９０４に、圧縮された流体を出力することができる。吐出配管１９１６を介した流体の出力は、吐出圧力P_d及び吐出温度T_dに関連付けることができる。いくつかの実施形態では、P_d及びT_dは、それぞれ、吐出配管１９１６に関連付けられた、圧力センサ及び温度センサによって測定される。

【０２５２】

ＩＤＵ１９０４のファン１９１２は、吐出配管１９１６を介して、圧縮された流体（例えば、圧縮された冷媒）、及び室内ファン電源配管１９１８を介して、室内ファン電流$I_{fan,i}$を受け取ることができる。圧縮された流体を使用して、ファン１９１２は、空間に加熱／冷却を提供するように動作することができる。具体的には、圧縮された流体によって放出される熱は、ファン１９１２を使用して、空間に押し込むことができる。いくつかの実施形態では、ＩＤＵ１９０４は、空間内の様々な場所に加熱／冷却を提供する複数のファン１９１２を含む。

【０２５３】

ＩＤＵ１９０４は、戻り配管１９２０を介して、ＯＤＵ１９０２に戻して、流体を再循環させることができる。具体的には、流体は、熱交換器１９０８に戻すことができる。室外ファン電源配管１９２４を介して、室外ファン電流$I_{fan,o}$によって電力供給されるファン１９１０は、熱交換器１９０８に空気を提供することができる。このようにして、いくつかの熱は、流体から外部空間に放散され得る。最後に、流体は、吸引配管１９２２を介して、コンプレッサ１９０６に戻され得る。

【０２５４】

ＶＲＦシステム１９００に示され、かつ上述のような変数（例えば、$I_{fan,i}$、P_s、P_d、T_dなど）は、配管１９１４～１９２４に取り付けられた、それらの内部にある、又はそうでなければそれらに関連付けられたそれぞれのセンサによって測定することができる。当該変数の測定値は、ＡＩモデルを利用して、ＶＲＦシステム１９００に関連付けられた障害を識別するコントローラに戻すことができる。例えば、変数は、図２０を参照して以下で詳細に説明するように、ＶＲＦ障害コントローラ２０００に提供され得る。

理解されるべきであるように、図１９に示される変数及び構成要素は、単に例のために提供される。ＶＲＦシステム１９００は、図１９に示されるようなものとは異なる構成要素を含み得る。同様に、図１９に示されるもの以外の変数又はそれに加えて、変数は、コントローラに提供され得る。

【０２５５】

ここで図２０を参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムにおける障害を予測するためのＶＲＦ障害コントローラ２０００のブロック図が示される。ＶＲＦ障害コントローラ２０００を使用して、ＶＲＦシステム（例えば、図１６を参照して説明されたＶＲＦシステム６００、図１９を参照して説明されたＶＲＦシステム１９００など）に関連付けられた障害に関する予測を生成することができる。ＶＲＦ障害コントローラ２０００は、１つ以上のＡＩモデルを利用して、障害分類、及び障害分類によって識別される障害コンディションの対応する重大度を生成することができる。いくつかの実施形態では、ＶＲＦ障害コントローラ２０００は、単一のコントローラとして、本明細書に記載される他のコントローラと統合される。例えば、ＶＲＦ障害コントローラ２０００の機能性は、図８を参照して説明されたオイル管理コントローラ８００、及び／又は図１６を参照して説明されたコンプレッサ振動コントローラ１３１０と統合され得る。

【０２５６】

ＶＲＦ障害コントローラ２０００は、通信インターフェース２００８及び処理回路２００２を含むことが示されている。通信インターフェース２００８は、様々なシステム、デバイス、又はネットワークとデータ通信を行うための、有線又は無線インターフェース（例えば、ジャック、アンテナ、伝送機、受信機、トランシーバ、有線端末など）を含み得る。例えば、通信インターフェース２００８は、イーサネットベースの通信ネットワークを介してデータを送信及び受信するためのイーサネットカード及びポート、及び／又は無線通信ネットワークを介して通信するためのＷｉ－Ｆｉトランシーバを含み得る。通信インターフェース２００８は、ローカルエリアネットワーク又はワイドエリアネットワーク（例えば、インターネット、建物ＷＡＮなど）を介して通信するように構成され得、様々な通信プロトコル（例えば、ＢＡＣｎｅｔ、ＩＰ、ＬＯＮなど）を使用し得る。

【０２５７】

通信インターフェース２００８は、ＶＲＦ障害コントローラ２０００と、様々な外部システム又はデバイス（例えば、訓練データソース２０１８、センサ２０２０、ユーザデバイス２０２４など）との間の電子データ通信を容易にするように構成されたネットワークインターフェースであり得る。例えば、ＶＲＦ障害コントローラ２０００は、通信インターフェース２００８を介して、装置２０２２の障害分類を記述する通知を、ユーザデバイス２０２４に提供し得る。

【０２５８】

処理回路２００２は、プロセッサ２００４及びメモリ２００６を含むことが示されている。プロセッサ２００４は、汎用若しくは特定目的プロセッサ、特定用途向け統合回路（ＡＳＩＣ）、１つ以上のフィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、処理構成要素のグループ、又は他の好適な処理構成要素であり得る。プロセッサ２００４は、メモリ２００６に記憶された、又は他のコンピュータ可読媒体（例えば、ＣＤＲＯＭ、ネットワーク記憶装置、リモートサーバなど）から受信された、コンピュータコード又は命令を実行するように構成され得る。

【０２５９】

メモリ２００６は、本開示に記載の様々なプロセスを完了及び／又は容易にするための、データ及び／又はコンピュータコードを記憶するための１つ以上のデバイス（例えば、メモリユニット、メモリデバイス、記憶デバイスなど）を含み得る。メモリ２００６は、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読み取り専用メモリ（ＲＯＭ）、ハードドライブ記憶装置、一時記憶装置、不揮発性メモリ、フラッシュメモリ、光メモリ、又はソフトウェアオブジェクト及び／若しくはコンピュータ命令を記憶するための任意の他の好適なメモリを含み得る。メモリ２００６は、データベース構成要素、オブジェクトコード構成要素

、スクリプト構成要素、又は本開示に記載される様々な活動及び情報構造をサポートするための任意の他のタイプの情報構造を含み得る。メモリ２００６は、処理回路２００２を介して、プロセッサ２００４に通信可能に接続され得、本明細書に記載の１つ以上のプロセスを（例えば、プロセッサ２００４によって）実行するためのコンピュータコードを含み得る。いくつかの実施形態では、メモリ２００６の１つ以上の構成要素は、単一の構成要素の一部である。しかしながら、メモリ２００６の各構成要素は、説明を容易にするために、独立して示される。

【０２６０】

メモリ２００６は、訓練データ収集器２０１０を含むように示される。いくつかの実施形態では、訓練データ収集器２０１０は、図１６を参照して説明された訓練データ収集器１６１０に類似する、及び／又は同じである。訓練データ収集器２０１０は、訓練データソース２０１８からＡＩモデルの訓練に使用するための訓練データを取得するように構成することができる。訓練データソース２０１８は、ＶＲＦ障害コントローラ２０００に訓練データを提供することができる様々なソースを含むことができる。例えば、訓練データソース２０１８は、クラウドデータベース、建物のオンサイトデータベース、ユーザデバイス、建物装置などを含み得る。いくつかの実施形態では、訓練データソース２０１８は、訓練データソース１６１８と類似する、及び／又は同じである。

【０２６１】

訓練データ収集器２０１０によって収集された訓練データは、どのような障害が、ＶＲＦシステムに存在する可能性があるか、及びいくつかの場合においては、当該障害の重大度（例えば、問題が存在しないことを表す０％、及び壊滅的な障害を表す１００％を備える、障害のパーセンテージ値）を予測するようにＡＩモデルを訓練するために関連する任意の情報を含むことができる。例えば、訓練データには、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、室内ファンモード及びＶＲＦモード（例えば、加熱又は冷却）、室外ファンステップなどの値が含まれ得る。訓練データには、値に関連付けられた障害分類も含まれ得る。この場合、障害分類は、値に応じてユーザ（例えば、メンテナンス要員、建物所有者など）によって訓練データに入力され得る。代替的又は追加的に、障害分類は、特定のデバイスが、故障したとき、及び／又はそうでなければ障害状態にあるときを示す装置フィードバックに基づいて、訓練データに自動的に入力され得る。いくつかの実施形態では、障害分類は、いくつかの他の障害分類のソースを介して、訓練データに入力される。

【０２６２】

いくつかの実施形態では、訓練データ収集器２０１０は、シミュレーションフレームワークを利用して、１つ以上のＡＩモデルを訓練するために必要な訓練データのいくつか及び／又は全てを生成する。この場合、シミュレーションフレームワークは、ＶＲＦシステムの閉ループ機能モックアップユニット（ＦＭＵ）モデルを使用することによって、ＶＲＦシステムの動作を表すテストケースのシミュレーションを実行することができる。シミュレーションフレームワークは、デバイスが経時的にどのように劣化するか、及びその結果としてどのような障害が生じ得るかをモデル化することができる。シミュレーションフレームワークは、様々な異なる負荷に対して、様々な期間にわたって、異なる装置などで実行することができる。このようにして、ＶＲＦシステム内の障害を識別する方法を学ぶように、ＡＩモデルを訓練する際に使用することができる訓練データの包括的な収集を取得することができる。有利には、シミュレーションフレームワークは、ＡＩモデルが、ＶＲＦシステム内のダイナミクスを正確にモデル化するのに十分な訓練データを有し、その結果、建物デバイスがどのように影響を受けるかを確実にすることができる。シミュレーション訓練データは、訓練データソース２０１８から集められた訓練データの代わりに、又はそれに加えて使用することができる。

【０２６３】

訓練データ収集器２０１０は、収集された訓練データを、訓練データセットとして、モデルジェネレータ２０１２に提供することができる。いくつかの実施形態では、モデルジ

ェネレータ２０１２は、図１６を参照して説明されたモデルジェネレータ１６１２に類似している、及び／又は同じである。モデルジェネレータ２０１２は、訓練データ収集器２０１０から取得される訓練データを利用して、障害コンディションの特性を予測するための１つ以上のＡＩモデルを訓練することができる。具体的には、モデルジェネレータ２０１２は、第１のＡＩモデルを訓練して、ＶＲＦシステムの動作を記述する入力のセットに応じて障害分類を出力し、第２のＡＩモデルを訓練して、ＶＲＦシステム上に有する、第１のＡＩモデルによって識別された障害の重大度（例えば、パーセンテージ値）を出力し得る。いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ２０１２は、障害分類、及び障害分類で識別された各障害コンディションの対応する重大度を出力する単一のＡＩモデルを生成する。いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ２０１２は、障害分類のみを出力する単一のＡＩモデルを生成する。障害分類を出力するＡＩモデルの例は、図２１を参照して以下により詳細に説明する。

【０２６４】

１つ以上のＡＩモデルによって出力される障害分類は、ＶＲＦシステム内の障害を記述することができる。例えば、障害分類は、「冷媒漏れ」、「室内ファン目詰まり」、「室外ユニット霜降り」、「汚れた室内フィルタ」、「汚れた熱交換器」、「汚れた室外ファン」、「モータ消磁」、「コンプレッサオイル漏れ」、「コンプレッサの不完全な効率」などのテキスト文字列を含み得る。別の例として、障害分類は、特定の障害コンディションが存在するかどうかを表すバイナリ変数（例えば、０又は１）を使用して、特定の障害コンディションの存在を示し得る。障害分類は、ＶＲＦシステムを記述する入力に基づいて、１つ以上のＡＩモデルによって予測することができる。具体的には、１つ以上のＡＩモデルは、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、室内ファンモード、室外ファンステップなどの入力変数の値と、障害分類に対応することとの相関関係を学習し得る。特定の例として、ＡＩモデルは、訓練データに基づいて、吸引圧力が、特定の閾値（例えば、２０ポンド毎平方インチ（ＰＳＩ）、３０ＰＳＩなど）を超える場合、ＶＲＦシステム内に冷媒漏れがあり得ることを学習し得る。ＡＩモデルは、どれくらいの冷媒が、ＶＲＦシステムから漏れているかのパーセンテージ値を予測するように更に構成され得る。例では、ＡＩモデルは、コンプレッサ速度、吐出温度などの入力に基づいて、漏れにより冷媒の５０％が失われていることを予測し得る。

【０２６５】

モデルジェネレータ２０１２によって生成される１つ以上のＡＩモデルは、任意のタイプのＡＩモデルであり得る。例えば、１つ以上のＡＩモデルは、ＲＮＮ（例えば、ＬＳＴＭモデル）、畳み込みニューラルネットワーク、多層パーセプトロン、フィードフォワードニューラルネットワークなどであり得る。特に、１つ以上のＡＩモデルは、ＲＮＮの高速及び信頼性のためにＲＮＮであり得る。より具体的には、ＬＳＴＭは、時系列データのシーケンス全体を処理し、予測を行うＬＳＴＭの能力に起因して、時系列内の重要なイベント間の未知の持続時間のラグがあっても利用され得る。具体的な例の構造として、モデルジェネレータ２０１２によって生成されるＡＩモデルのうちの１つは、１つのシーケンス入力層、１つの双方向ＬＳＴＭ層、１つの全結合層、１つのソフトマックス層、及び１つの分類層を有し得る。このようにして、ＡＩモデルは、障害分類を生成するために使用することができ、時系列又はシーケンスデータの時間ステップ間の双方向の長期依存性を学習することができる。これらの依存性は、ネットワークが、各時間ステップの完全な時系列から学習するのに有用である。

【０２６６】

いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ２０１２は、各障害コンディションに対する個々のＡＩモデルを生成する。この場合、各ＡＩモデルは、特定の障害コンディションが、ＶＲＦシステムに存在するかどうかを予測するように訓練することができる。個々のＡＩモデルを生成することは、特定の障害コンディションが存在するかどうかを予測するための向上精度であり得る。特に、個々のＡＩモデルを生成することは、モデルの生成に影響を与える可能性のある複数の障害コンディションに対する重複データを回避するこ

とができる。いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ２０１２が、障害コンディションに対して個々のＡＩモデルを生成する場合、モデルジェネレータ２０１２は、各個々のモデルを組み合わせて、複数の障害コンディションを考慮する複合ＡＩモデルを生成し得る。

【０２６７】

モデルジェネレータ２０１２は、１つ以上の生成されたＡＩモデルを、予測ジェネレータ２０１４に提供することができる。いくつかの実施形態では、予測ジェネレータ２０１４は、予測ジェネレータ１６１４に類似している、及び／又は同じである。１つ以上のＡＩモデルを使用して、予測ジェネレータ２０１４は、もしあれば、ＶＲＦシステムに影響を与えている障害コンディションの予測、及びいくつかの実施形態では、障害コンディションの重大度を生成することができる。予測を生成するために、予測ジェネレータ２０１４は、１つ以上のＡＩモデルによって必要とされる値入力を取得することができる。具体的には、予測ジェネレータ２０１４は、センサ２０２０から、測定された変数を取得し、装置２０２２から装置フィードバックを取得し得る。センサ２０２０は、ＶＲＦシステムの特定の特性を測定するように構成された１つ以上のセンサを含むことができる。例えば、センサ２０２０は、P_d、P_s、T_d、周囲温度などの値を測定する温度センサ、圧力センサなどを含み得る。装置２０２２は、ＶＲＦシステムの任意の装置を含むことができる。例えば、装置２０２２は、ＯＤＵ、ＩＤＵなどを含み得る。装置フィードバックは、例えば、室内ファンモード、室外ファンステップ、コンプレッサ速度、吐出温度、吸引圧力など、１つ以上のＡＩモデルによって必要とされる入力を含み得る。いくつかの実施形態では、センサ２０２０は、装置２０２２の構成要素であり、及び／又はそうでなければ装置２０２２に関連付けられている。

【０２６８】

予測ジェネレータ２０１４は、１つ以上のＡＩモデルに、入力の受信された値を渡して、ＶＲＦシステムの障害特性に関連付けられた予測を生成することができる。予測ジェネレータ２０１４は、是正措置ジェネレータ２０１６に当該予測を提供することができる。是正措置ジェネレータ２０１６は、予測に含まれる障害分類、及び障害コンディションの重大度によって示される障害コンディションに応じて様々な異なる是正措置を開始するように構成することができる。是正措置ジェネレータ２０１６によって開始される是正措置は、予測で識別された障害コンディションのうちの１つ以上を解決するための任意の適切な措置を含むことができる。例えば、是正措置は、ユーザデバイス２０２４に通知を提供すること、制御信号を生成し、装置２０２２に提供すること、装置２０２２のいくつかのＶＲＦデバイスを一時的に無効にすること、装置２０２２のメンテナンスをスケジュールすることなどによって、障害コンディションについてユーザに通知することを含み得る。

【０２６９】

いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ２０１６によって開始される是正措置は、予測に含まれる障害分類、及び各障害の重大度に基づいている。いくつかの障害コンディションは、より高いコスト（例えば、$）に関連付けられる是正措置を必要とする場合があり、他の是正措置と比較して、メンテナンス技術者などのより多くの時間を必要とする場合がある。例えば、特定の建物デバイス（例えば、ＩＤＵ）のメンテナンスをスケジュールすることは、ユーザデバイス２０２４に通知を提供することと比較して、より高い関連付けられたコストを有し得る。したがって、是正措置ジェネレータ２０１６は、特定の障害コンディションが、ＶＲＦシステムに及ぼし得る影響を判定し、判定された影響に応じて是正措置を開始し得る。例えば、予測ジェネレータ２０１４から受信された予測に含まれる障害分類が、室内ファンフィルタが５０％目詰まりしていることを示す場合、是正措置ジェネレータ２０１６は、ＶＲＦシステムへの影響が低いと判定し得、目詰まりに関してユーザデバイス２０２４を介してユーザに通知するための是正措置を開始し得る。しかしながら、障害分類が、ＶＲＦシステムのコンプレッサが９０％非効率であることを示す場合、是正措置ジェネレータ２０１６は、コンプレッサの非効率性が運用コストに高い影響を与えると判定し、それによって、コンプレッサのメンテナンス及び／又は交換

を実行するための是正措置を開始し得る。

【０２７０】

どのような是正措置を開始するかを判定するために、是正措置ジェネレータ２０１６は、対応する重大度を備える障害コンディションと、特定の是正措置との間のマッピングを利用し得る。特に、重大度が、０％が、ＶＲＦシステムへの影響がないことを示し、１００％が、ＶＲＦシステムへの深刻な影響を示す、パーセンテージとして与えられた場合、是正措置ジェネレータ２０１６は、重大度の境界に基づいて特定の是正措置を開始し得る。いくつかの実施形態では、単一の障害コンディションに対して複数の是正措置が開始される。どのような是正措置を開始するかを判定するために利用することができる決定木の例を以下の表２に提供する。

【表２】

表２－是正処置決定表

障害コンディション	重大度パーセンテージ	是正処置
冷媒漏れ	<50%	ユーザデバイスに通知を提供
	≧50%	VRF システムのメンテナンススケジュール
室内ファン目詰り	<80%	ユーザデバイスに通知を提供
	≧80%	室内ファンに制御信号を提供､ユーザデバイスに通知を提供
コンプレッサの不完全な効率	<25%	措置なし
	≧25%かつ<75%	コンプレッサのメンテナンスをスケジュール
	≧75%	コンプレッサの交換をスケジュール

【０２７１】

是正措置が開始された場合、存在すると予測される障害コンディションに対処することができる。１つ以上のＡＩモデルを利用して、特定の障害コンディション及び対応する重大度を示す障害分類を予測することによって、１つ以上のＡＩモデルによって予測された特定の障害に対処するために適切な是正措置を開始することができる。有利には、特定の障害に対処するために開始された是正措置は、障害の推定された重大度に応じ得る。このようにして、ＶＲＦシステムに低い影響を与える障害に対して、高価かつ／又は時間のかかる是正措置を回避することができる。

【０２７２】

ここで図２１を参照すると、いくつかの実施形態による、ＶＲＦシステムの障害分類を予測するためのニューラルネットワーク（ＮＮ）２１００の例示が示される。ＮＮ２１００は、図２０を参照して説明されたモデルジェネレータ２０１２によって生成することができるＡＩモデルの例示的な構造を例示することができる。具体的には、ＮＮ２１００は、障害分類予測のためのＲＮＮ構造を表すことができる。

【０２７３】

ＮＮ２１００は、入力のセットに対応する、入力層内の入力ノードを含むように示される。ＮＮ１７００は、コンプレッサ速度、周囲温度、吐出温度、吸引圧力、吐出圧力、室内ファンモード、及び室外ファンステップの入力ノードを含むことが示されている。理解されるべきであるように、ＮＮ２１００に示される入力は、単に例のために提供される。ＮＮ２１００への入力は、どのような測定値がＶＲＦシステムから集められ得るか、どのような測定値が障害分類を生成することに関連するかなどに基づいて変更することができる。

【０２７４】

ＮＮ２１００の出力は、ＶＲＦシステム内に存在し得る特定の障害を識別する障害分類を含むことができる。例えば、ＮＮ２１００は、冷媒漏れ、室内ファンの目詰まり、室外ユニットの霜降り、汚れた室内フィルタ、汚れた熱交換器、汚れた室外ファン、モータ消磁、コンプレッサオイル漏れ、コンプレッサの不完全な効率などの障害コンディションを識別し得る。入力と同様に、ＮＮ２１００によって出力することができる障害分類を変更することができる。ＮＮ２１００によって出力することができる障害分類は、ユーザ好み、システム内のデバイス、どのような入力がＮＮ２１００に利用可能であるかなどに応じて調整することができる。具体的には、障害分類は、障害コンディションの特定のセットがＶＲＦシステム内に存在するかどうかのみを示すように調整することができる。

【０２７５】

ここで図２２を参照すると、いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用して、ＶＲＦシステムの障害分類を予測するためのプロセス２２００のフロー図が示される。いくつかの実施形態では、プロセス２２００のいくつか及び／又は全てのステップは、ＶＲＦ障害コントローラ２０００によって実行される。

【０２７６】

プロセス２２００は、ＶＲＦシステムの動作コンディション及びＶＲＦシステムの障害コンディションに関連付けられた訓練データを取得することを含むことが示される（ステップ２２０２）。訓練データは、例えば、クラウドデータベースなどの様々なソースから、ユーザ、装置フィードバックなどから直接取得することができる。訓練データに含まれる動作コンディションは、例えば、T_d、P_d、P_s、周囲温度、コンプレッサ速度、室外ファンステップ（すなわち、室外ファン速度）、室内ファン速度、及びＶＲＦモード（例えば、加熱又は冷却）などの変数の値を含み得る。訓練データに含まれる障害コンディションは、ＶＲＦシステムによって経験され得る任意の種類の障害コンディションを含み得る。例えば、障害コンディションは、冷媒漏れ、室内ファンの目詰まり、室外ユニットの霜降り、汚れた室内フィルタ、汚れた熱交換器、汚れた室外ファン、モータ消磁、コンプレッサオイル漏れ、コンプレッサの不完全な効率などを含み得る。いくつかの実施形態では、訓練データに含まれる各障害コンディションはまた、推定された重大度（例えば、パーセンテージ値、１～１０スケールの値など）を含む。推定された重大度は、訓練データなどによって示される、変化する動作コスト基づいて、ユーザによって自動的に手動で推定され得る。いくつかの実施形態では、訓練データは、動作コンディションの変化と、特定の障害コンディションとの間の関係が、識別することができるように、時系列データである。いくつかの実施形態では、ステップ２２０２は、訓練データ収集器２０１０によって実行される。

【０２７７】

プロセス２２００は、訓練データに基づいて、ＶＲＦシステムの障害分類を予測するための訓練ＡＩモデルを含むことが示されている（ステップ２２０４）。ステップ２２０４で訓練されたＡＩモデルは、ＲＮＮなどの任意のタイプのＡＩモデルであり得る。ＡＩモデルによって予測される障害分類は、ＶＲＦシステム内に１つ以上の障害コンディションが存在するかどうか、及び任意の既存の障害の対応する重大度を示すことができる。いくつかの実施形態では、第１のＡＩモデルが、入力データに基づいて、もしあれば、どのような障害コンディションが存在するかを示す障害分類が存在するかを予測し、第２のＡＩモデルが、存在する障害コンディションの重大度を予測するように、２つのＡＩモデルがステップ２２０４で訓練される。ステップ２２０４で生成することができるＡＩモデルの例は、図２１を参照して上記で説明される。いくつかの実施形態では、ステップ２２０４は、モデルジェネレータ２０１２によって実行される。

【０２７８】

プロセス２２００は、ＶＲＦシステムの動作に関連付けられたデータを取得することを含むことが示される（ステップ２２０６）。ステップ２２０６で取得されたデータは、ステップ２２０４で生成された１つ以上のＡＩモデルによって必要とされる入力の値を含むことができる。例えば、データには、T_d、P_d、P_s、周囲温度、コンプレッサ速度、室

外ファンステップ、室内ファン速度、及びＶＲＦモードの値が含まれ得る。データは、センサ、装置フィードバックなどの様々なソース、ユーザなどから取得することができる。いくつかの実施形態では、ステップ２２０６は、予測ジェネレータ２０１４によって実行される。

【０２７９】

プロセス２２００は、取得されたデータに基づいて、ＶＲＦシステムの障害分類を予測するためにＡＩモデルを使用することを含むことが示されている（ステップ２２０８）。障害分類は、もしあれば、どのような障害コンディションが、ＶＲＦシステム内に存在すると識別されるかを示すことができる。障害分類は、例えば、既存の障害コンディションのテキスト文字列を含むことによって、特定の障害コンディションの存在又は非存在を示すバイナリ変数の配列を含むことによってなど、任意の適切な方法を通じて、既存の障害コンディションを示し得る。いくつかの実施形態では、ステップ２２０８はまた、ＡＩモデル（又は第２のＡＩモデル）を使用して、取得されたデータに基づいて、各既存の障害コンディションの重大度を予測することを含む。いくつかの実施形態では、ステップ２２０８は、予測ジェネレータ２０１４によって実行される。

【０２８０】

プロセス２２００は、ＡＩモデルによって出力された障害分類に基づいて、是正措置を判定することを含むことが示される（ステップ２２１０）。いくつかの実施形態では、是正措置は、もしあれば、どのような障害コンディションが、障害分類によって識別されるかに基づいて判定される。いくつかの実施形態では、是正措置は、障害分類によって識別される各障害コンディションの示された重大度に基づいて更に判定される。是正措置は、障害分類によって示された障害コンディションに対処する任意の措置を含むことができる。例えば、是正措置は、識別された障害コンディション及び対応する重大度に関してユーザに通知すること、ＶＲＦ装置のメンテナンス／交換をスケジュールすること、ＶＲＦ装置に制御信号を生成及び伝送すること、障害コンディション及び対応する重大度をデータベースに記録することなどを含み得る。いくつかの実施形態では、ステップ２２１０で、複数の是正措置が判定される。いくつかの実施形態では、ステップ２２１０は、是正措置ジェネレータ２０１６によって実行される。

【０２８１】

プロセス２２００は、是正措置を開始することを含むことが示される（ステップ２２１２）。ステップ２２１２は、是正措置が正常に実行されることを確実にするために必要な任意のステップ／プロセスを実行することを含むことができる。例えば、是正措置が、ユーザに通知することである場合、ステップ２４１２は、通知を生成することと、通信インターフェースを使用して、通知を通信することと、を含み得る。別の例として、是正措置が、ＶＲＦデバイスを無効にすることである場合、ステップ２４１２は、ＶＲＦデバイスをオフにする制御信号を生成することと、制御信号をＶＲＦデバイスに提供することと、を含み得る。いくつかの実施形態では、ステップ２２１２は、是正措置ジェネレータ２０１６によって実行される。

【０２８２】

モータ効率予測

概して図２３～図２４を参照すると、いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用して、ＶＲＦシステム内のモータの効率を予測するためのシステム及び方法が示され、説明される。いくつかの実施形態では、以下に記載されるシステム及び方法は、図８～図２２を通じて上述されたシステム及び方法のいずれか及び／又は全てと統合することができる。

【０２８３】

コンプレッサのためのモータの効率は、モータの入力電力及び出力電力に基づいて、定義することができる。具体的には、モータ効率η_{motor}は、以下の式で与えられることができる。

【数１１】

$$\eta_{motor} = \frac{\varphi_{out,motor}}{\varphi_{in,motor}}$$

式中、Φｏｕｔ，ｍｏｔｏｒは、モータの出力電力であり、Φｉｎ，ｍｏｔｏｒは、モータの入力電力である。いくつかの実施形態では、モータは、インバータから、受信された信号に基づいて電力供給される。インバータηｉｎｖｅｒｔｅｒの効率も判定されることができ、以下の式に基づいて定義することができる。

【数１２】

$$\eta_{inverter} = \frac{\varphi_{out,inverter}}{\varphi_{in,inverter}}$$

式中、Φｏｕｔ，ｉｎｖｅｒｔｅｒは、インバータの出力電力であり、Φｉｎ，ｉｎｖｅｒｔｅｒは、インバータの入力電力である。この場合、インバータの出力電力は、モータの入力電力（すなわち、Φｏｕｔ，ｉｎｖｅｒｔｅｒ＝Φｉｎ，ｍｏｔｏｒ）と同じ（又はほぼ同じ）である必要がある。

【０２８４】

モータ効率の変化は、効率低下につながる障害及び推論理由を検出するための重要な指標であり得る。モータ効率の検出は、システム（例えば、ＶＲＦシステム）が、異常な情報を早期に（例えば、壊滅的な障害の前に）識別することを可能にすることができる。検出されたモータ効率の変化に基づいて、モータの動作をそれに応じて調整することができる。具体的には、検出されたモータ効率の変化は、モータ駆動へのオフセット補償及び／又は機械の完全な停止をもたらし得る。したがって、モータ効率の予測は、全体的なハードウェアコスト（例えば、動作コスト、メンテナンスコストなど）を削減することができ、モータ駆動の信頼性を向上させることができる。

【０２８５】

以下でより詳細に説明されるように、ＡＩモデルを利用して、モータ効率を予測することができ、任意選択で、インバータの効率を利用して、モータ駆動システムの異常な状態を検出することができる。効率を予測するために使用されるＡＩモデルは、任意のタイプのＡＩモデルであることができる。特に、効率予測のためのＡＩモデルは、効率を記述するデータの事例依存的な性質のために、線形ＲＮＮモデルであり得る。線形ＲＮＮモデルが使用される場合、予測された効率は、モータの瞬間効率であり得る。

【０２８６】

予測されたモータ効率は、モータが故障する可能性を示し得る。モータがより非効率になると、モータが故障する確率が増加し得る。このようにして、予測されたモータ効率は、モータが故障することが予測されるときを予測するために使用することができる。いくつかの実施形態では、閾値効率値を使用して、モータの障害を定義することができる。例えば、モータは、予測された効率が、５０％、３０％、２０％などを下回っている場合、故障したと見なされ得る。このようにして、モータ効率の変化の傾向を識別し、将来を予測して、モータ効率が、閾値効率を下回ると予測され、モータが、故障したと見なされる時間を予測することができる。インバータ効率とインバータ障害についても同様の予測を行うことができる。

【０２８７】

モータの予測された効率（及び／又はモータが故障すると予測された時間）に基づいて、効率に対処するために、もしあれば、どのような是正措置を開始すべきかについて判定を行うことができる。例えば、モータが、完全な効率（すなわち、１００％の効率）で動作していると予測される場合、判定された是正措置は、予測された効率を記録することで

あり得る。別の例として、モータが、５０％の効率で動作していると予測される場合、モータの効率を高めるために、モータに対するメンテナンスをスケジュールする是正措置がスケジュールされ得る。

【０２８８】

ここで図２３を参照すると、いくつかの実施形態による、モータ効率コントローラ２３００のブロック図が示される。モータ効率コントローラ２３００は、建物システムで使用されるモータの効率を予測するように構成することができる。具体的には、モータ効率コントローラ２３００は、ＶＲＦシステム内のコンプレッサのモータの効率を予測するように構成することができる。しかしながら、モータ効率の予測は、他のシステム（例えば、他のＨＶＡＣシステム）内のモータに同様に適用することができる。いくつかの実施形態では、モータ効率コントローラ２３００の機能性は、本明細書に記載の１つ以上のコントローラ（例えば、オイル管理コントローラ８００、コンプレッサ振動コントローラ１３１０、及び／又はＶＲＦ障害コントローラ２０００）と組み合わせられる。

【０２８９】

モータ効率コントローラ２３００は、通信インターフェース２３０８及び処理回路２３０２を含むことが示されている。通信インターフェース２３０８は、様々なシステム、デバイス、又はネットワークとデータ通信を行うための、有線又は無線インターフェース（例えば、ジャック、アンテナ、伝送機、受信機、トランシーバ、有線端末など）を含み得る。例えば、通信インターフェース２３０８は、イーサネットベースの通信ネットワークを介してデータを送信及び受信するためのイーサネットカード及びポート、及び／又は無線通信ネットワークを介して通信するためのＷｉ－Ｆｉトランシーバを含み得る。通信インターフェース２３０８は、ローカルエリアネットワーク又はワイドエリアネットワーク（例えば、インターネット、建物ＷＡＮなど）を介して通信するように構成され得、様々な通信プロトコル（例えば、ＢＡＣｎｅｔ、ＩＰ、ＬＯＮなど）を使用し得る。

【０２９０】

通信インターフェース２３０８は、モータ効率コントローラ２３００と、様々な外部システム又はデバイス（例えば、訓練データソース２３１８、センサ２３２０、モータ２３２２、ユーザデバイス２３２４など）との間の電子データ通信を容易にするように構成されたネットワークインターフェースであり得る。例えば、モータ効率コントローラ２３００は、通信インターフェース２３０８を介して、ユーザデバイス２３２４に、モータ効率予測を記述する通知を提供し得る。

【０２９１】

処理回路２３０２は、プロセッサ２３０４及びメモリ２３０６を含むことが示されている。プロセッサ２３０４は、汎用若しくは特定目的プロセッサ、特定用途向け統合回路（ＡＳＩＣ）、１つ以上のフィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、処理構成要素のグループ、又は他の好適な処理構成要素であり得る。プロセッサ２３０４は、メモリ２３０６に記憶された、又は他のコンピュータ可読媒体（例えば、ＣＤＲＯＭ、ネットワーク記憶装置、リモートサーバなど）から受信された、コンピュータコード又は命令を実行するように構成され得る。

【０２９２】

メモリ２３０６は、本開示に記載の様々なプロセスを完了及び／又は容易にするための、データ及び／又はコンピュータコードを記憶するための１つ以上のデバイス（例えば、メモリユニット、メモリデバイス、記憶デバイスなど）を含み得る。メモリ２３０６は、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読み取り専用メモリ（ＲＯＭ）、ハードドライブ記憶装置、一時記憶装置、不揮発性メモリ、フラッシュメモリ、光メモリ、又はソフトウェアオブジェクト及び／若しくはコンピュータ命令を記憶するための任意の他の好適なメモリを含み得る。メモリ２３０６は、データベース構成要素、オブジェクトコード構成要素、スクリプト構成要素、又は本開示に記載される様々な活動及び情報構造をサポートするための任意の他のタイプの情報構造を含み得る。メモリ２３０６は、処理回路２３０２を介して、プロセッサ２３０４に通信可能に接続され得、本明細書に記載の１つ以上のプロ

セスを（例えば、プロセッサ２３０４によって）実行するためのコンピュータコードを含み得る。いくつかの実施形態では、メモリ２３０６の１つ以上の構成要素は、単一の構成要素の一部である。しかしながら、メモリ２３０６の各構成要素は、説明を容易にするために、独立して示される。

【０２９３】

メモリ２３０６は、訓練データ収集器２３１０を含むように示される。いくつかの実施形態では、訓練データ収集器２３１０は、図１６を参照して説明された訓練データ収集器１６１０、及び／又は図２０を参照して説明された訓練データ収集器２０１０に類似する、及び／又は同じである。訓練データ収集器２３１０は、訓練データソース２３１８からモータ効率を予測することに関連付けられた訓練データを取得することができる。訓練データソース２３１８は、クラウドデータベース、ローカルストレージ、ユーザ入力、モバイルデバイス、装置フィードバックなど、訓練データの任意の適切なソースを含むことができる。訓練データは、様々なコンディション下でのモータ２３２２の動作を記述する訓練データを含むことができる。例えば、訓練データは、モータ２３２２の回転速度、インバータ２３２８によってモータ２３２２に供給される電力、必要な加熱／冷却負荷などの値を含み得る。同様に、訓練データは、モータの推定された効率値を含むことができる。効率値は、モータ２３２２に関連付けられたコストに対する検出された変化（例えば、より高いコストが、より低い効率を示す動作コストの変化）に基づいて、自動的に、及び／又はいくつかの他のプロセスを介して推定され得る。

【０２９４】

いくつかの実施形態では、訓練データ収集器２３１０は、シミュレーションフレームワークを利用して、訓練データのいくつか及び／又は全てを生成する。シミュレーションフレームワークは、モータ２３２２が、様々な動作コンディション（例えば、温度、加熱／冷却負荷など）に基づいて、どのように動作するかをモデル化し得る。同様に、シミュレーションフレームワークは、動作の結果として、モータ２３２２の効率が経時的にどのように低下するかをモデル化することができる。このようにして、モータ２３２２の動作及び劣化を表す訓練データを生成し、ＡＩモデルを訓練するために利用することができる。

【０２９５】

訓練データ収集器２３１０は、収集された訓練データを、訓練データセットとして、モデルジェネレータ２３１２に提供することができる。いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ２３１２は、モデルジェネレータ１６１２及び／又はモデルジェネレータ２０１２に類似する、及び／又は同じである。訓練データを使用して、モデルジェネレータ２３１２は、ＶＲＦシステム（例えば、ＶＲＦシステム６００、ＶＲＦシステム１９００など）内のモータの効率値を予測するために使用することができるＡＩモデル（例えば、線形ＲＮＮ）を生成することができる。特に、ＡＩモデルは、モータ２３２２が動作している最大効率のパーセンテージを表すパーセンテージを出力し得る。この場合、最大効率は、モータ２３２２への入力電力が、モータ２３２２の出力電力に等しい（すなわち、$\Phi_{out,inverter} = \Phi_{in,inverter}$）状況によって表されることができる。いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ２３１２はまた、ＡＩモデルがまた、インバータ効率の予測も出力するように、ＡＩモデルを生成する。この場合、インバータ効率は、モータ効率と同様にモデル化することができ、インバータ２３２８の動作コンディション（例えば、必要な加熱／冷却負荷、周囲温度など）に基づくことができる。いくつかの実施形態では、モデルジェネレータ２３１２は、モータ効率及びインバータ効率を予測するための別個のＡＩモデルを生成する。

【０２９６】

モータ２３２２の効率を予測するように構成されたＡＩモデルに関して、ＡＩモデルは、モータ２３２２の回転速度、（例えば、インバータ２３２８によって）モータ２３２２に提供される電力、周囲温度、必要な加熱／冷却負荷などの入力を含み得る。当該入力に基づいて、ＡＩモデルは、モータ効率の予測を（例えば、最大効率のパーセンテージとして）出力することができる。

【０２９７】
モデルジェネレータ２３１２は、ＡＩモデルを予測ジェネレータ２３１４に提供することができる。いくつかの実施形態では、予測ジェネレータ２３１４は、予測ジェネレータ１６１４及び／又は予測ジェネレータ２０１４に類似する、及び／又は同じである。予測ジェネレータ２３１４は、ＡＩモデル、及び入力変数の受信された値を利用して、モータ効率の予測を生成することができる。入力変数に関して、予測ジェネレータ２３１４は、センサ２３２０から、測定された変数の値を受信し得る。センサ２３２０は、ＡＩモデルによって必要とされる入力の値を測定することができる任意のタイプのセンサ（例えば、温度センサ、圧力センサなど）を含むことができる。例えば、センサ２３２０は、周囲温度の値を予測ジェネレータ２３１４に提供する温度センサを含み得る。いくつかの実施形態では、センサ２３２０は、必要な入力値を提供するサードパーティソースを含む。例えば、センサ２３２０は、周囲温度値を提供する気象サービスを含み得る。
【０２９８】
予測ジェネレータ２３１４はまた、モータ２３２２及びインバータ２３２８を含む装置２３２６からの装置フィードバックに基づいて、入力変数の値を取得することができる。装置フィードバックは、例えば、モータ２３２２の回転速度、電源電流、電圧、及びインバータ２３２８によってモータ２３２２に提供される入力電力などの変数の値を含むことができる。
【０２９９】
入力変数の取得された値を使用して、予測ジェネレータ２３１４は、取得された入力変数をＡＩモデルに渡して、モータ効率の予測を生成することができる。モータ効率の当該予測は、是正措置ジェネレータ２３１６に提供することができる。いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ２３１６は、是正措置ジェネレータ１６１６及び／又は是正措置ジェネレータ２０１６に類似する、及び／又は同じである。
【０３００】
是正措置ジェネレータ２３１６は、モータ効率の予測に基づいて、もしあれば、どのような是正措置を開始すべきかを判定するように構成することができる。特に、是正措置ジェネレータ２３１６は、モータ効率の低下に対処するために措置を講じるべきかどうかを判定することができる。是正措置ジェネレータ２３１６によって開始することができる是正措置は、例えば、ユーザデバイス２３２４を介して、予測されたモータ効率について、ユーザに警告すること、制御信号を介して、モータ２３２２の動作を調整すること、モータ２３２２を無効にすること、モータ２３２２のメンテナンス／交換をスケジュールすること、モータ効率の予測された値をデータベースに記録することなどを含み得る。
【０３０１】
どのような是正措置を開始するかを判定するために、是正措置ジェネレータ２３１６は、特定の効率範囲を、特定の是正措置に対応させ得る。例えば、是正措置ジェネレータ２３１６は、７５％～１００％の効率値を、予測された効率をユーザに通知する是正措置に、５０％～７５％の効率値を、制御信号を介してモータ２３２２の動作を調整するための是正措置に、及び０％～５０％の効率値を、モータ２３２２のメンテナンス及び／又は交換をスケジュールするための是正措置に、関連付け得る。いくつかの実施形態では、是正措置ジェネレータ２３１６は、予測された効率値に基づいてどのような是正措置を開始するべきかを判定するためのいくつかの他の判定を利用する。
【０３０２】
是正措置を開始する結果として、モータ２３２２の非効率性に対処することができる。このようにして、モータ２３２２が、高い非効率性の下で動作する状況の頻度を、回避することができる。これにより、ＶＲＦシステムの信頼性を高め、全体的なコストを削減し、ＶＲＦシステムの一般的なメンテナンスを簡素化することができる。
【０３０３】
ここで図２４を参照すると、いくつかの実施形態による、ＡＩモデルを使用して、ＶＲＦシステム内のモータの効率を予測するためのプロセス２４００のフロー図が示される。

プロセス２４００は、ＶＲＦシステムのモータを参照して説明されるが、プロセス２４００は、ＶＲＦシステムのインバータに関連付けられた効率予測を生成するために同様に適用できることを理解されたい。いくつかの実施形態では、プロセス２４００のいくつか及び／又は全てのステップは、モータ効率コントローラ２３００によって実行される。

【０３０４】

プロセス２４００は、ＶＲＦシステムのモータの動作コンディション、及びモータの関連付けられた効率値を記述する訓練データを取得することを含むことが示される（ステップ２４０２）。訓練データは、例えば、クラウドデータベース、建物のローカルストレージなどの様々な訓練データソースから、ユーザ入力に基づいて、装置からのフィードバックなどを介して取得することができる。訓練データは、モータの効率値を予測するようにＡＩモデルを訓練することに関連する任意の情報を含むことができる。例えば、訓練データは、動作中のモータの回転速度、周囲温度、加熱／冷却負荷、モータに提供される電流、モータに提供される電圧、モータに提供される電力、モータの推定された効率値などの値を含み得る。いくつかの実施形態では、ステップ２４０２は、訓練データ収集器２３１０によって実行される。

【０３０５】

プロセス２４００は、訓練データに基づいて、モータの効率を予測するための人工知能（ＡＩ）モデルを訓練することを含むことが示される（ステップ２４０４）。ＡＩモデルは、モータの動作に影響を与える変数のセットと、モータの対応する効率値との間の相関関係を学習するように訓練され得る。ステップ２４０４で訓練されたＡＩモデルは、様々な異なるＡＩモデルのいずれかであり得る。例えば、ＡＩモデルは、モータの効率を評価するための線形ＲＮＮであり得る。いくつかの実施形態では、ステップ２４０４は、モデルジェネレータ２３１２によって実行される。

【０３０６】

プロセス２４００は、モータの動作に関連付けられたデータを取得することを含むことが示される（ステップ２４０６）。ステップ２４０６で取得されたデータは、モータ効率の予測が所望される場合、実際の動作中のモータに基づき得る。特に、ステップ２４０６で取得されたデータは、ステップ２４０４で生成されたＡＩモデルへの入力変数の値を含むことができる。したがって、データは、モータの回転速度、周囲温度、モータへの入力電力などの値を含むことができる。いくつかの実施形態では、データは、ステップ２４０２で訓練データを取得するために使用される同じソースのいくつか及び／又は全てから取得され得る。いくつかの実施形態では、ステップ２４０６は、予測ジェネレータ２３１４によって実行される。

【０３０７】

プロセス２４００は、ＡＩモデルを使用して、取得されたデータに基づいて、モータの効率を予測することを含むことが示されている（ステップ２４０８）。ステップ２４０８において、ステップ２４０６で取得されたデータを、入力としてＡＩモデルに渡して、モータの効率に関する予測を生成することができる。いくつかの実施形態では、モータの予測された効率は、最大効率のパーセンテージとして提供される。いくつかの実施形態では、予測された効率は、別のメトリック（例えば、「良い」、「中間」、又は「悪い」の評価）として提供される。いくつかの実施形態では、ステップ２４０８は、予測ジェネレータ２３１４によって実行される。

【０３０８】

プロセス２４００は、ＡＩモデルによって出力された、予測されたモータ効率に基づいて、是正措置を判定することを含むことが示される（ステップ２４１０）。是正措置は、モータの推定された劣化状態に基づいて、判定することができる。例えば、高効率値（例えば、＞８０％効率、＞９０％効率など）は、モータが著しく劣化していないことを示し得る。したがって、ステップ２４１０で判定される是正措置は、ユーザデバイスに通知をディスパッチする、又はデータベースに、推定された効率値を記録するなどの低コスト（例えば、金銭的コスト、時間的コストなど）に関連付けられた是正措置であり得る。しか

しながら、推定された効率が低い場合（例えば、＜５０％効率、＜４０％効率など）、ステップ２４１０で判定される是正措置は、モータのメンテナンスをスケジュールすること、モータを無効にすることなど、より高いコストに関連付けられた是正措置であり得る。このようにして、ステップ２４１０で判定される是正措置は、モータの推定された効率に基づいて、動的に調整することができる。いくつかの実施形態では、ステップ２４１０は、是正措置ジェネレータ２３１６によって実行される。

【０３０９】

プロセス２４００は、是正措置を開始することを含むことが示される（ステップ２４１２）。ステップ２４１０で判定された是正措置に基づいて、ステップ２４１２は、是正措置を開始する方法を判定することと、是正措置が完了するために必要なステップを実行することと、を含むことができる。例えば、是正措置が、ユーザに通知することである場合、ステップ２４１２は、通知を生成することと、通信インターフェースを使用して、通知を通信することと、を含み得る。別の例として、是正措置が、モータを無効にすることである場合、ステップ２４１２は、モータをオフにする制御信号を生成することと、制御信号をモータに提供することと、を含み得る。いくつかの実施形態では、ステップ２４１２は、是正措置ジェネレータ２３１６によって実行される。

【０３１０】

ニューラルネットワーク実装の例

概して、図２５Ａ及び図２５Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、予測を生成するためのものであり得るＡＩモデル構造に関連付けられた例示が示される。以下に記載されるＡＩモデル構造は、本明細書に記載される様々なコントローラ及び／又は方法のいずれかにおいて利用することができる。例えば、図２５Ａ～図２５Ｂに提供されるＡＩモデル構造は、コンプレッサ振動コントローラ１３１０、ＶＲＦ障害コントローラ２０００などによって利用され得る。図２５Ａ及び図２５Ｂに提供されるＡＩモデル構造は、単に例のために提供され、予測を生成するために利用することができるＡＩモデル構造に制限することを意図しないことを理解されたい。

【０３１１】

ここで図２５Ａを参照すると、いくつかの実施形態による、ＲＮＮ構造２５００の例示が示される。いくつかの実施形態では、ＲＮＮ構造２５００は、図９Ａを参照して説明されたＲＮＮ構造９００に類似する、及び／又は同じである。いくつかの実施形態では、ＲＮＮ構造２５００は、ＬＳＴＭモデルのハイレベルビューを例示し得る。ＬＳＴＭモデルは、深層学習の分野で使用することができる特定の人工ＲＮＮアーキテクチャである。ＬＳＴＭモデルは、時系列データのシーケンス全体を分類及び処理し、予測を行うことができる。有利には、ＬＳＴＭモデルは、時系列データ内の重要なイベント間の未知の持続時間のラグがあっても予測を生成することができる。ＬＳＴＭモデルは、例えば、シーケンス入力層、１つ以上のドロップアウト層、１つ以上の全結合層、１つ以上のＬＳＴＭ層、出力層などの様々な層を含むことができる。

【０３１２】

図２５Ａに示されるように、ＲＮＮ構造２５００は、凝縮されたモデル構造、及び「展開された」モデル構造の両方によって表すことができる。展開されたモデル構造は、時間ステップ間で情報が完全に失われないように、ＲＮＮ構造２５００が、どのように、出力に影響を与える可能性のある情報を経時的に保存するかをより詳細に例示することができる。図２５Ａにおいて、ｘは、ＲＮＮへの入力を表すことができ、Ｕは、ｘに適用される入力パラメータを表すことができ、ｏは、ＲＮＮの出力を表すことができ、Ｗは、ｏを生成する、ｈの出力に適用される出力パラメータを表すことができ、ｈは、ＲＮＮの重み及び活性化関数を含むＲＮＮの一次ブロックを表すことができ、ｖは、時間ステップの間で通信される情報を表すことができる。

【０３１３】

ここで図２５Ｂを参照すると、いくつかの実施形態による、ＬＳＴＭモデル構造２５５０の例示が示される。ＬＳＴＭモデル構造２５５０は、情報が、ＲＮＮ内の時間ステップ

間でどのように保存されるかを例示することができる。ＬＳＴＭモデル構造２５５０は、図２５Ｂに示されるブロックへの出力を生成するために使用することができる関数ｆ、ｇ、ｉ、及びｏを含むことが示される。ＬＳＴＭモデル構造２５５０は更に、忘却ゲート、更新ゲート、及び出力ゲートを含むように示される。忘却ゲートは、非関連データが、時間シーケンス内の将来の時間ステップのために考慮され、記憶されることを排除するように構成することができる。更新ゲートは、入力情報を組み合わせて、データの変更を考慮するために、何らかの動作を適用することができる。最後に、出力ゲートは、どの情報が、次の時間ステップに出力として渡されるかを決定することができる。ＬＳＴＭモデル構造２５５０は、時間シーケンス内の特定の時間ステップに関連付けられた情報を、次の時間ステップに渡す複数のブロックを含むことができる。有利には、この構造は、情報が、保持され、時間ステップの間に失われないことを可能にし、それによって時系列データに対する、予測の精度を高める。

【０３１４】

例示的な実施形態の構成

様々な例示的な実施形態に示されるシステム及び方法の構成及び配置は、例示的なものに過ぎない。本開示では、いくつかの実施形態のみが詳細に説明されてきたが、多くの修正が可能である（例えば、様々な要素のサイズ、寸法、構造、形状、及び割合の変化、パラメータの値、取り付け配置、材料の使用、色、配向など）。例えば、要素の位置は、逆にされるか、又はそうでなければ変化させることができ、別個の要素の性質若しくは数、又は位置は、変更するか、又は変化させることができる。そのため、全てのそのような修正は、本開示の範囲内に含まれることが意図される。任意のプロセス又は方法ステップの順序又はシーケンスは、代替実施形態に従って、変化又は再順序付けすることができる。本開示の範囲から逸脱することなく、例示的な実施形態の設計、動作コンディション及び配置において、他の置換、修正、変更、及び省略を行うことができる。

【０３１５】

本開示は、様々な動作を達成するための任意の機械可読媒体上の方法、システム、及びプログラム製品を企図する。本開示の実施形態は、既存のコンピュータプロセッサを使用して、又は適切なシステムの専用コンピュータプロセッサによって、実装され、この目的若しくは別の目的のために、又は有線システムによって組み込まれることができる。本開示の範囲内の実施形態は、その上に記憶された機械実行可能命令又はデータ構造を搬送する又は有するための機械可読媒体を備えるプログラム製品を含む。そのような機械可読媒体は、プロセッサを備えた、汎用若しくは専用のコンピュータ又は他の機械によってアクセスすることができる任意の利用可能な媒体であり得る。例として、そのような機械可読媒体は、ＲＡＭ、ＲＯＭ、ＥＰＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ、ＣＤ－ＲＯＭ、若しくは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置若しくは他の磁気記憶装置、又は所望のプログラムコードを機械実行可能命令若しくはデータ構造の形態で搬送若しくは記憶するために使用することができ、プロセッサを備える、汎用若しくは専用コンピュータ又は他の機械によってアクセスすることができる任意の他の媒体を含むことができる。上記の組み合わせはまた、機械可読媒体の範囲内に含まれる。機械実行可能命令は、例えば、汎用コンピュータ、専用コンピュータ、又は専用処理機械に、特定の機能又は機能群を実行させる命令及びデータを含む。

【０３１６】

図は、方法ステップの特定の順序を示すが、ステップの順序は、描写されるものとは異なる場合がある。また、２つ以上のステップを同時に、又は部分的に同時に実行することができる。このような変形は、選択されたソフトウェア及びハードウェアシステム、及び設計者選択に依存する。全てのそのような変形は、本開示の範囲内である。同様に、ソフトウェア実装は、様々な接続ステップ、処理ステップ、比較ステップ、及び決定ステップを達成するために、ルールベースのロジック及び他のロジックを備える標準的なプログラミング技術によって達成され得る。

【図面】

【図１】

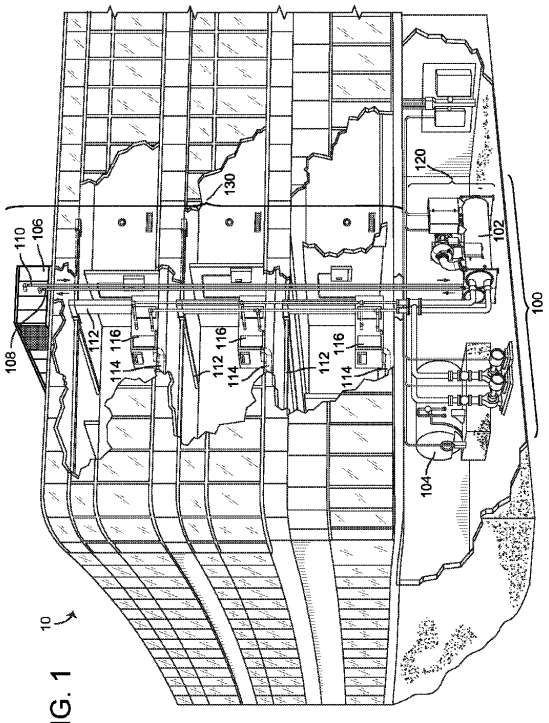
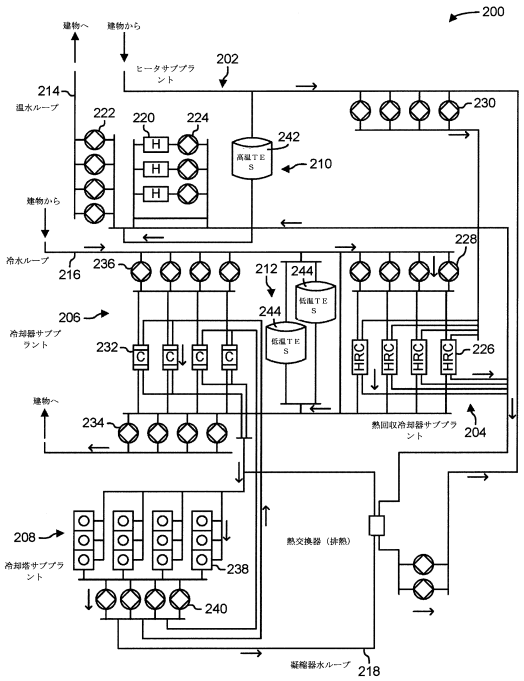
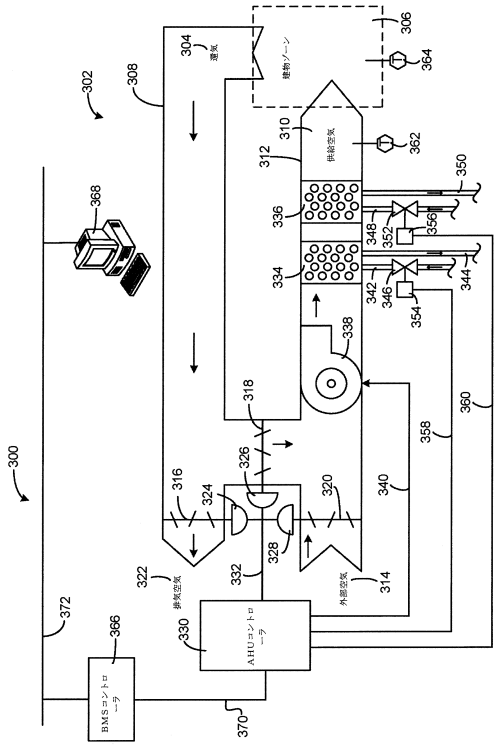

10
100
102
104
106
108
110
112
114
116
120
130

FIG. 1

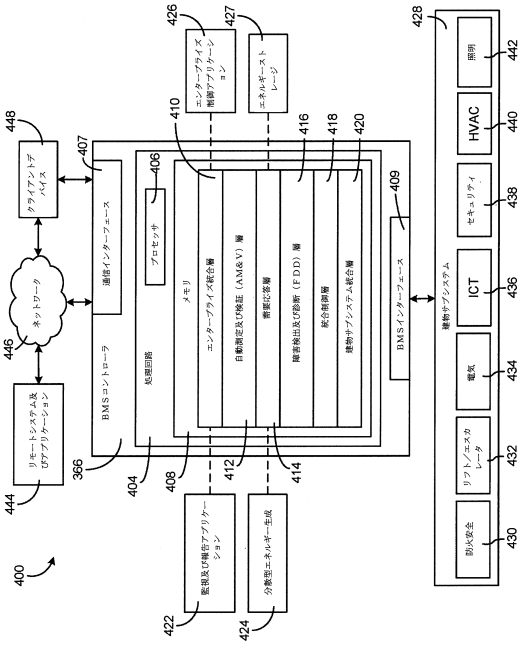
【図２】


200
建物へ
建物から
ヒータサブプラント
202
214
温水ループ
222
220
224
242
高温TES
210
230
建物から
冷水ループ
216
236
212
244
228
206
冷却器サブプラント
232
C
244
低温TES
HRC
226
建物へ
234
熱回収冷却器サブプラント
204
208
冷却塔サブプラント
238
熱交換器（排熱）
240
凝縮器水ループ
218

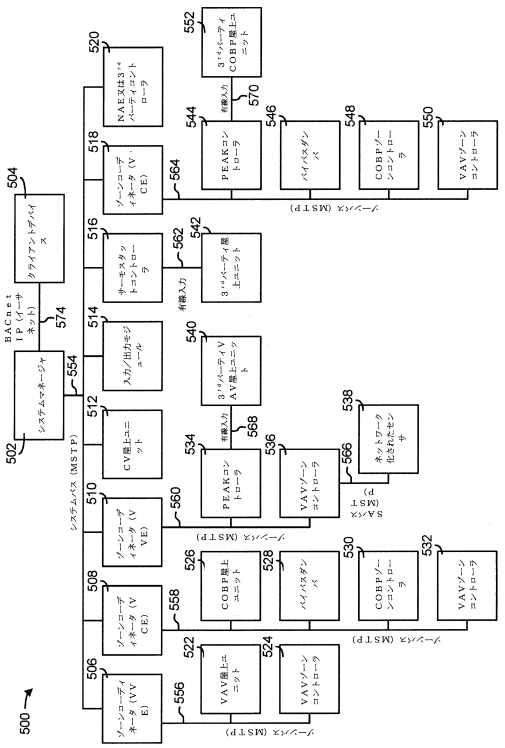
【図３】


300
302
304
306
308
310
312
314
316
318
320
322
324
326
328
330
332
334
336
338
340
342
344
346
348
350
352
354
356
358
360
362
364
366
368
370
372
建物ゾーン
還気
供給空気
排気空気
外気空気
AHUコントローラ
BMSコントローラ

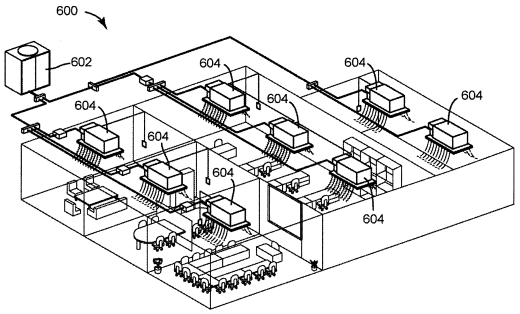
【図４】


400
404
406
407
408
409
410
412
414
416
418
420
422
424
426
427
428
430
432
434
436
438
440
442
444
446
448
クライアントデバイス
ネットワーク
リモートシステム及びアプリケーション
通信インターフェース
プロセッサ
メモリ
処理回路
BMSコントローラ
エンタープライズ統合層
自動診断及び検証（AM&V）層
需要応答層
障害検出及び診断（FDD）層
統合制御層
建物サブシステム統合層
BMSインターフェース
エンタープライズ制御アプリケーション
エネルギーストレージ
監視及び制御アプリケーション
分散型エネルギー生成
建物サブシステム
照明
HVAC
セキュリティ
ICT
電気
リソースマネージャ
防火安全

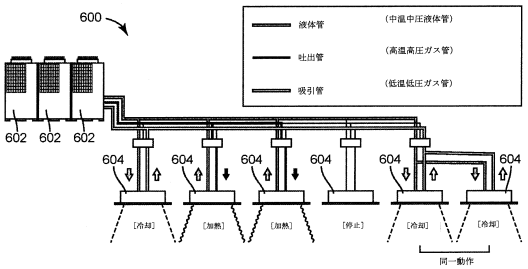
【図５】


500
502
504
506
508
510
512
514
516
518
520
522
524
526
528
530
532
534
536
538
540
542
544
546
548
550
552
554
556
558
560
562
564
566
568
570
574
システムバス（MSTP）
BACnet IP（イーサネット）
システムマネージャ
クライアントデバイス
ゾーンコーディネータ（VVE）
ゾーンコーディネータ（VCE）
CV個上ユニット
入力/出力モジュール
サーモスタットコントローラ
NAE3x以上3rdパーティコントローラ
3rdパーティCOBP個上ユニット
3rdパーティ個上ユニット
3rdパーティAV個上ユニット
有線入力
PEAKコントローラ
バイパスダンパ
COBPゾーンコントローラ
VAVゾーンコントローラ
VAV個上ユニット
ネットワーク化されたセンサ
SA/Sセンサ（MSTP）
ゾーンバス（MSTP）

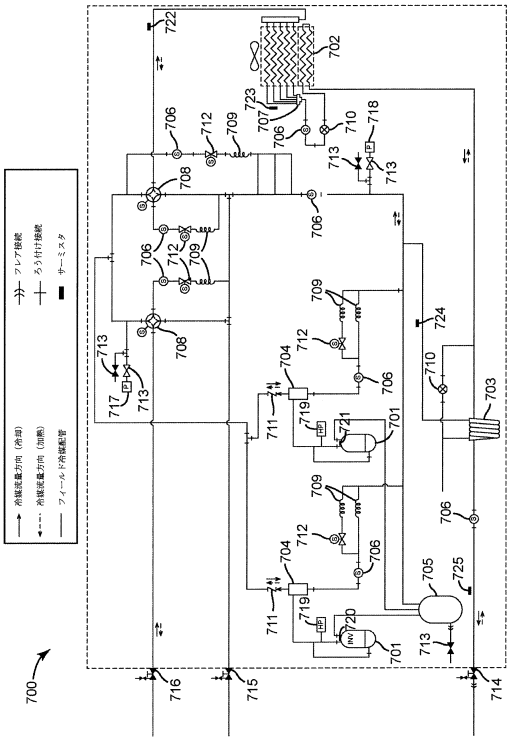
【図６Ａ】


600
602
604

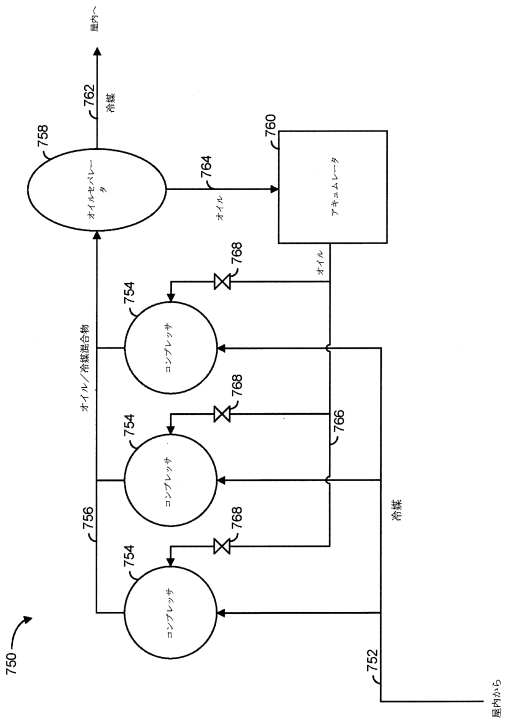
【図６Ｂ】



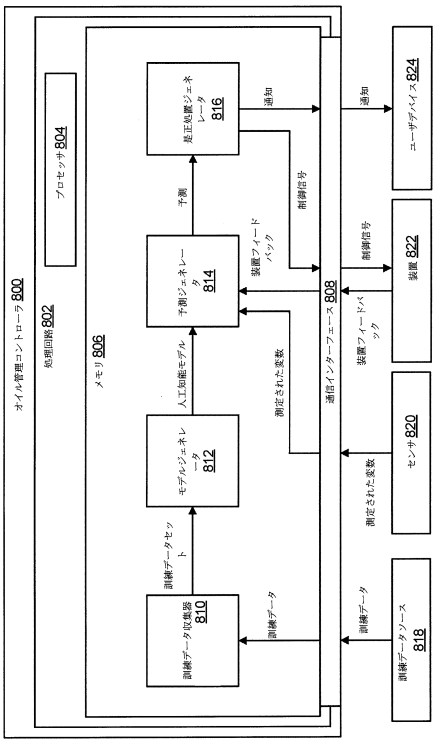
【図７Ａ】



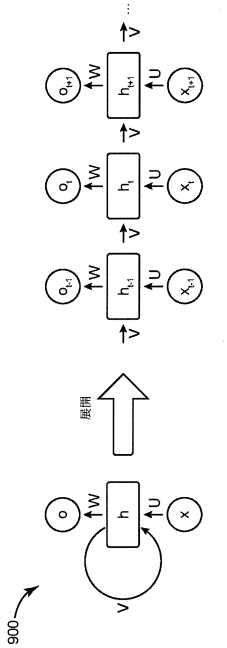
【図７Ｂ】



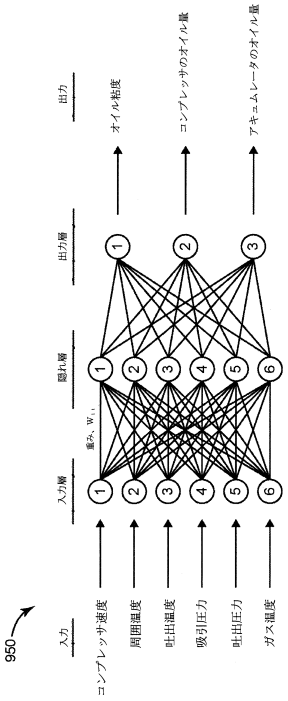
【図８】



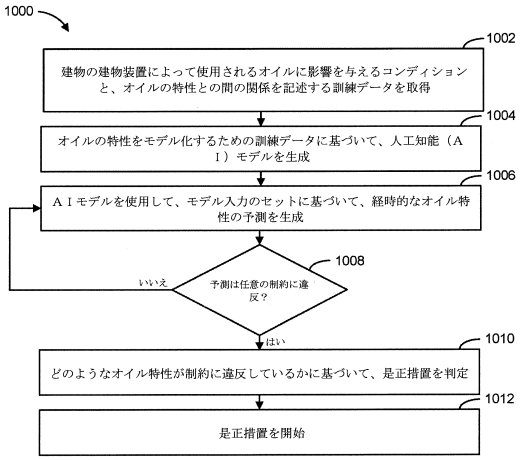
【図９Ａ】



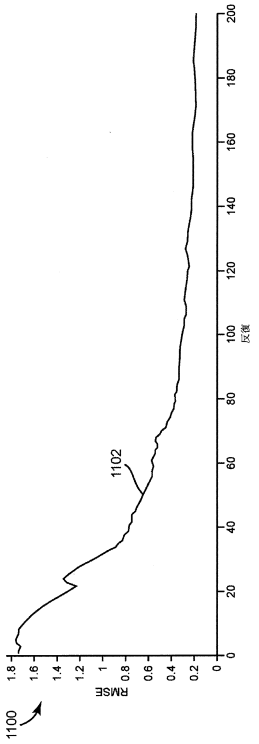
【図９Ｂ】



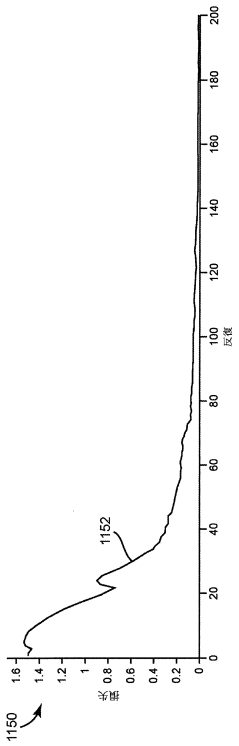
【図１０】



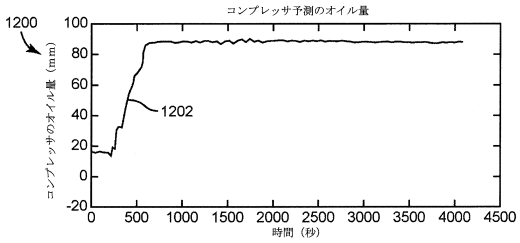
【図１１Ａ】



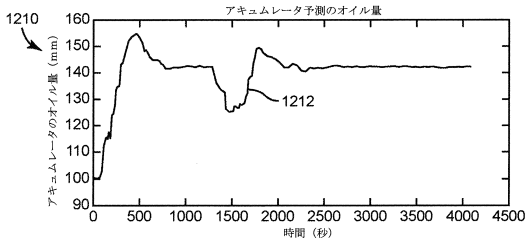
【図１１Ｂ】



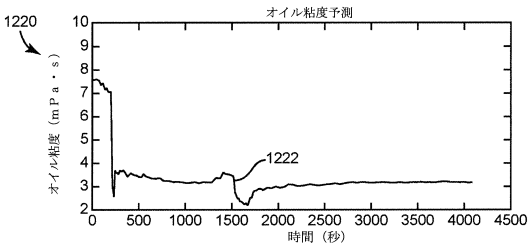
【図１２Ａ】



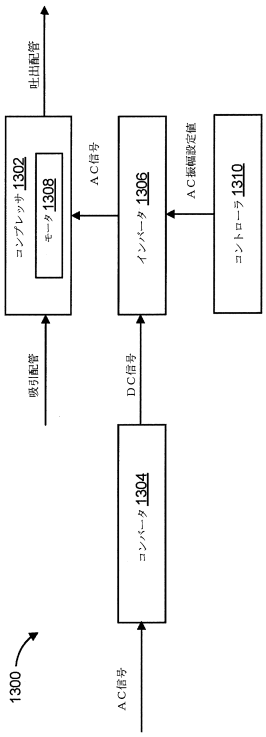
【図１２Ｂ】



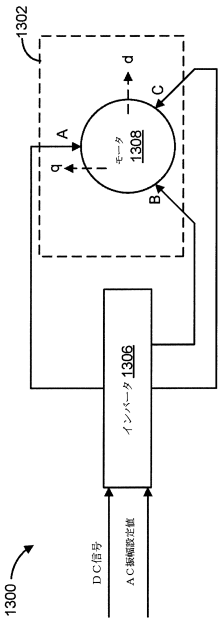
【図１２Ｃ】



【図１３Ａ】



【図１３Ｂ】



【図１４Ａ】

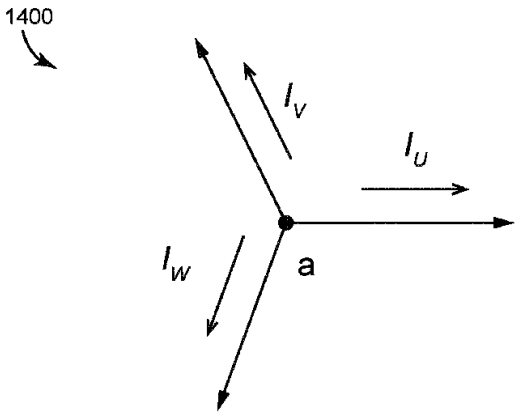
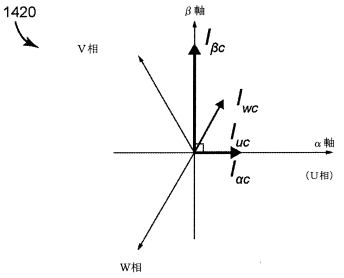
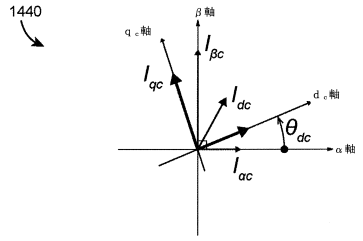


FIG. 14A

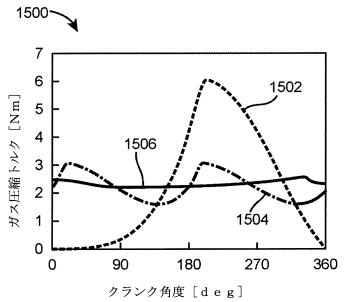
【図１４Ｂ】



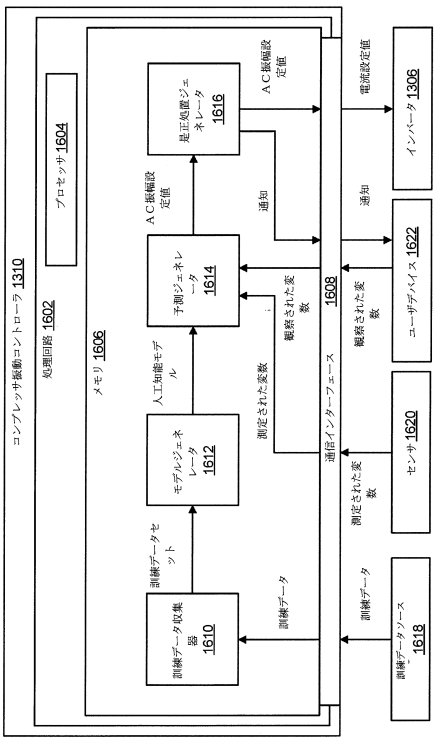
【図１４Ｃ】



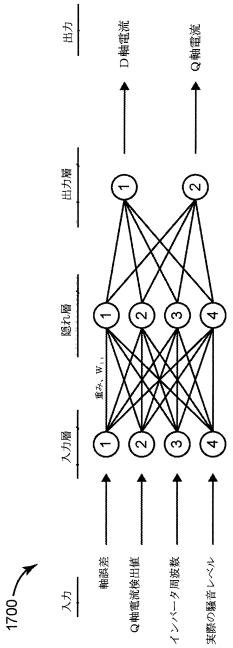
【図１５】



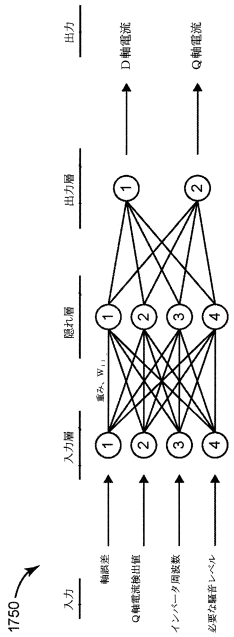
【図１６】



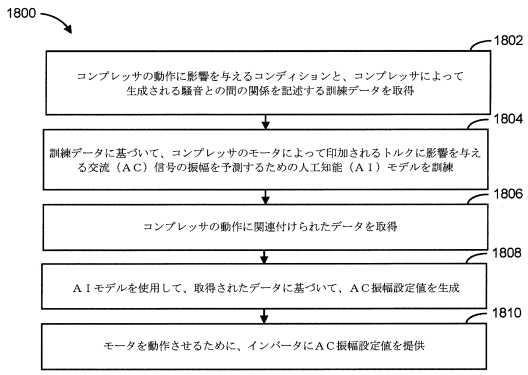
【図１７Ａ】



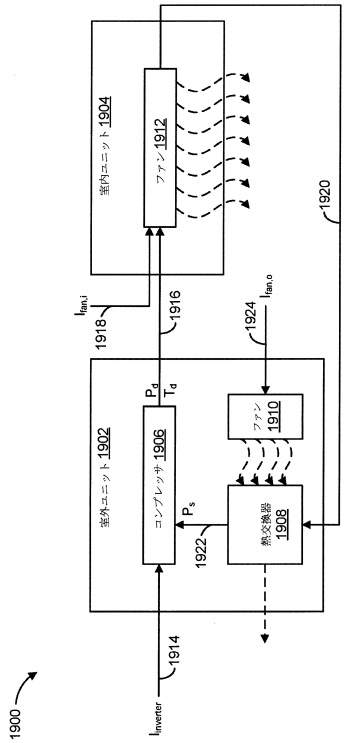
【図１７Ｂ】



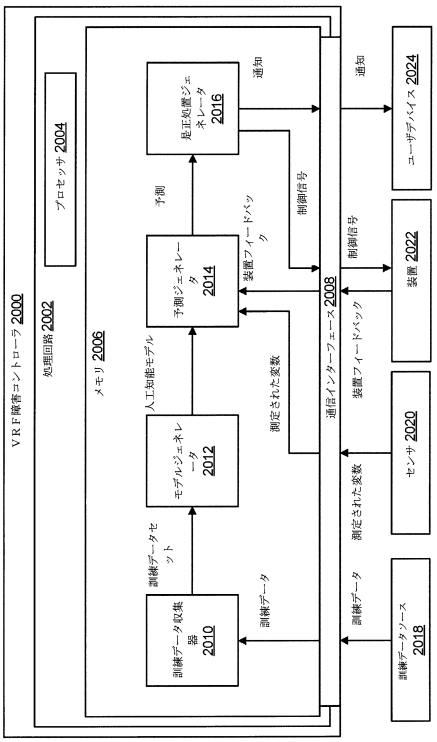
【図１８】



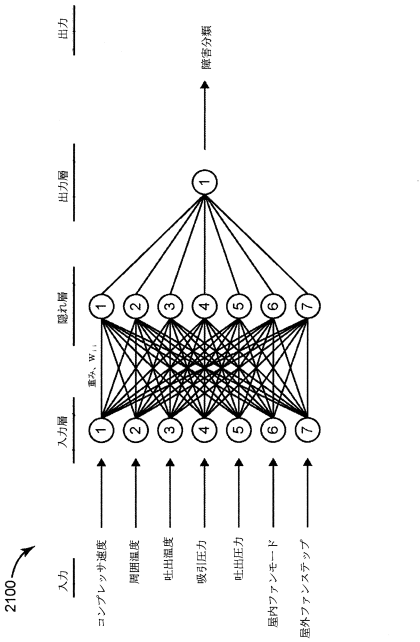
【図１９】



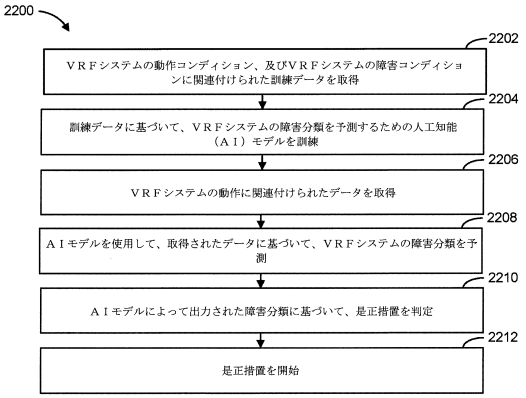
【図２０】



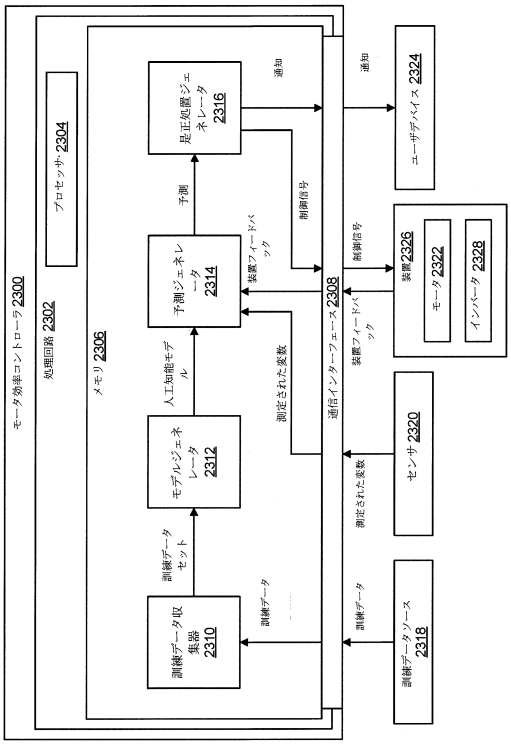
【図２１】



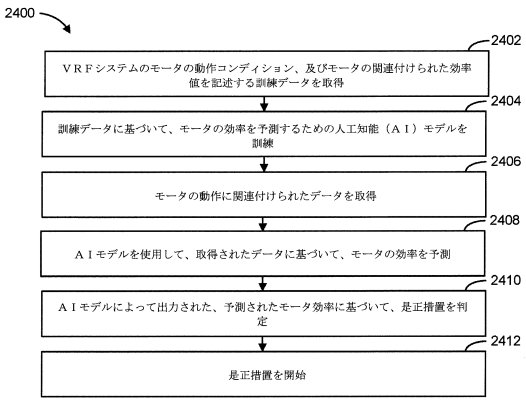
【図２２】



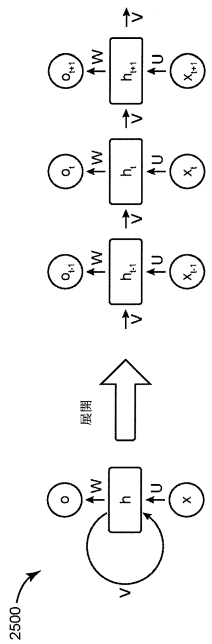
【図２３】



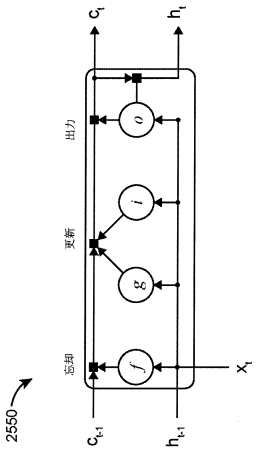
【図２４】



【図２５Ａ】



【図２５Ｂ】



フロントページの続き

(72)発明者　ソン、 ツォンイェ
アメリカ合衆国 ５３２１１ ウィスコンシン州 ミルウォーキー ノース オークランド アベニュー ２４８０ アパートメント ２１１
(72)発明者　ヤン、 リミン
アメリカ合衆国 ５３０９２ ウィスコンシン州 メクォン ガゼボ ヒル パークウェイ ウエスト １０６３０ エヌ．
(72)発明者　ターニー、 ロバート ディー．
アメリカ合衆国 ５３０９４ ウィスコンシン州 ウォータータウン ハスティスフォード ロード エヌ８４５１
(72)発明者　ワン、 ルミン
中華人民共和国 ２１４０００ チャンスー ウーシー チ ジン イン ジュン ドン ユアン ２６－３０１
(72)発明者　ファン、 ボ
中華人民共和国 ２１４０００ チャンスー ウーシー ワン ツアン ロード バオロン シティ スクエア タワー シー ルーム １３２１
(72)発明者　ウ、 チガン
中華人民共和国 ２１５０００ チャンスー スーチョウ ニュー ディストリクト タユアン ロード ２２０ ２７－３０５

審査官　奥隅 隆
(56)参考文献　特開２００５－２０７６４４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１８／０９２２５８（WO，Ａ１）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ２４Ｆ　１１／００－１１／８９
Ｇ０５Ｂ　２３／０２