

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6235218号  
(P6235218)

(45) 発行日 平成29年11月22日 (2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日 (2017.11.2)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 B 21/32 (2006.01)  
GO 6 N 3/00 (2006.01)  
GO 6 N 5/04 (2006.01)  
HO 1 Q 1/28 (2006.01)  
HO 1 Q 3/26 (2006.01)

GO 1 B 21/32  
GO 6 N 3/00 5 5 0 Z  
GO 6 N 5/04 5 8 0 A  
HO 1 Q 1/28  
HO 1 Q 3/26 Z

請求項の数 8 外国語出願 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2013-48117 (P2013-48117)  
(22) 出願日 平成25年3月11日 (2013.3.11)  
(65) 公開番号 特開2013-190427 (P2013-190427A)  
(43) 公開日 平成25年9月26日 (2013.9.26)  
審査請求日 平成28年3月8日 (2016.3.8)  
(31) 優先権主張番号 13/418,081  
(32) 優先日 平成24年3月12日 (2012.3.12)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500520743  
ザ・ボーイング・カンパニー  
The Boeing Company  
アメリカ合衆国、60606-2016  
イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイ  
ド・プラザ、100  
(74) 代理人 100109726  
弁理士 園田 吉隆  
(74) 代理人 100101199  
弁理士 小林 義敦  
(72) 発明者 カーンズ, ジャスティン ディー.  
アメリカ合衆国 ワシントン 98117  
, シアトル, 18番 アヴェニュー  
ノースウェスト 8717

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造変形を識別するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラットフォーム (110) に関連付けられる構造 (108) の変形を識別するための方法であって、

複数のトレーニングケース (136) 内のそれぞれのトレーニングケースの前記構造 (108) についてのトレーニング変形データ (142) を識別することであって、ヒューリスティックモデル (104) によって生成される出力データ (118) の精度を向上させるために、前記トレーニング変形データ (142) が前記ヒューリスティックモデル (104) によって使用されるように構成されている、トレーニング変形データ (142) を識別することと、

前記複数のトレーニングケース (136) 内の前記それぞれのトレーニングケースの前記構造 (108) についてのトレーニング歪みデータ (144) を識別することであって、前記ヒューリスティックモデル (104) によって生成される前記出力データ (118) の前記精度を向上させるために、前記トレーニング歪みデータ (144) が前記ヒューリスティックモデル (104) によって使用されるように構成されている、トレーニング歪みデータ (144) を識別することと、

入力歪みデータ (126) に基づいて前記構造 (108) についての推定変形データ (124) を生成するために前記ヒューリスティックモデル (104) がトレーニングされるように、前記複数のトレーニングケース (136) 内の前記それぞれのトレーニングケースの前記トレーニング変形データ (142) および前記トレーニング歪みデータ (14

10

20

4)を使用して前記ヒューリスティックモデル(104)についてのパラメータのグループ(121)を調整することと、

前記ヒューリスティックモデル(104)、前記ヒューリスティックモデル(104)についての前記入力歪みデータ(126)としての歪みデータ(128)、および前記ヒューリスティックモデル(104)についての追加入力データ(133)を使用して、前記構造(108)についての前記推定変形データ(124)を生成することと、

前記ヒューリスティックモデル(104)によって生成された前記推定変形データ(124)を使用して前記構造(108)が前記プラットフォーム(110)の動作中に所望の性能レベルを有するために必要な所望の精度レベルを前記推定変形データ(124)が有するように、前記ヒューリスティックモデル(104)によって生成された前記推定変形データ(124)を使用して前記構造(108)についての制御パラメータのグループ(115)を調整することと、

を備える、方法。

【請求項2】

前記プラットフォーム(110)の動作中に、前記構造(108)に関連付けられるセンサシステム(130)を使用して前記構造(108)についての歪みデータ(128)を生成することをさらに備え、前記複数のトレーニングケース(136)内の前記それぞれのトレーニングケースの前記構造(108)についての前記トレーニング歪みデータ(144)を識別することが、

前記構造(108)に関連付けられるセンサシステム(130)を使用して前記複数のトレーニングケース(136)内の前記それぞれのトレーニングケースの前記構造(108)についての前記トレーニング歪みデータ(144)を識別することであって、前記トレーニング歪みデータ(144)が、前記ヒューリスティックモデル(104)によって生成される前記出力データ(118)の前記精度を向上させるために前記ヒューリスティックモデル(104)によって使用されるように構成されている、トレーニング歪みデータ(144)を識別することを備える、

請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記センサシステム(130)についてのセンサの組合せを選択することをさらに備え、前記推定変形データ(124)が前記制御パラメータのグループ(115)を調整するために使用される場合、前記選択されたセンサの組合せが、前記ヒューリスティックモデル(104)が前記所望の精度レベルで前記推定変形データ(124)を生成するために、および前記構造(108)が前記プラットフォーム(110)の前記動作中に所望の性能レベルを有するために必要な最小数のセンサを有する、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記複数のトレーニングケース(136)内の前記それぞれのトレーニングケースの前記構造(108)についての前記トレーニング変形データ(142)を識別することが、

画像化システム(152)によって生成された画像データ(150)を使用して、前記複数のトレーニングケース(136)内の前記それぞれのトレーニングケースの前記構造(108)についての前記トレーニング変形データ(142)を識別することを備え、前記トレーニング変形データ(142)が、ニューラルネットワーク、学習ベースアルゴリズム、回帰モデル、サポートベクターマシン、データフィッティングモデル、パターン認識モデル、および人工知能のうちの少なくとも1つを備えるヒューリスティックモデル(104)によって生成される出力データ(118)の精度を向上させるために前記ヒューリスティックモデル(104)によって使用されるように構成されている、

請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】

前記複数のトレーニングケース(136)内の前記それぞれのトレーニングケースの前記構造(108)についてのトレーニング環境データを識別することであって、前記トレーニング環境データが、前記ヒューリスティックモデル(104)によって生成される前

10

20

30

40

50

記出力データ(118)の前記精度を向上させるために前記ヒューリスティックモデル(104)によって使用されるように構成されている、トレーニング環境データを識別することをさらに備え、

前記複数のトレーニングケース(136)内の前記それぞれのトレーニングケースの前記トレーニング変形データ(142)および前記トレーニング歪みデータ(144)を使用して前記ヒューリスティックモデル(104)についての前記パラメータのグループ(121)を調整することが、

前記ヒューリスティックモデル(104)が、前記入力歪みデータ(126)に基づいて前記構造(108)についての前記所望の精度レベルを有する前記推定変形データ(124)を生成するようにトレーニングされるように、前記複数のトレーニングケース(136)内の前記それぞれのトレーニングケースの前記トレーニング変形データ(142)、前記トレーニング歪みデータ(144)、および前記トレーニング環境データを使用して、前記ヒューリスティックモデル(104)についての前記パラメータのグループ(121)を調整することを備える、

請求項1から4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】

前記構造(108)が前記複数のトレーニングケース(136)内の前記トレーニングケースに対応する変形形状(116)に変形するように、複数の選択された負荷を前記構造(108)上の複数のポイント(148)に適用することを含む、前記構造(108)を前記複数のトレーニングケース(136)内のトレーニングケースに対応する前記変形形状(116)に変形させることと、

前記構造(108)が前記変形形状(116)を有する場合、前記構造(108)についての歪みデータ(128)を生成することとをさらに備え、

前記構造(108)が、航空機に関連付けられるように構成された位相アレイアンテナ(212)であり、前記位相アレイアンテナ(212)の形状(112)が基準形状(114)から変形形状(116)に変化するように前記航空機の飛行中に前記構造(108)が変形する、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

入力歪みデータ(126)に基づいて構造(108)についての推定変形データ(124)を生成するように構成されたヒューリスティックモデル(104)と、

前記ヒューリスティックモデル(104)が、前記入力歪みデータ(126)に基づいて前記構造(108)についての前記推定変形データ(124)を生成するように、複数のトレーニングケース(136)内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データ(142)およびトレーニング歪みデータ(144)を識別して、前記複数のトレーニングケース(136)内の前記それぞれのトレーニングケースについて識別された前記トレーニング変形データ(142)および前記トレーニング歪みデータ(144)を使用して前記ヒューリスティックモデル(104)をトレーニングするように構成されたトレーナー(102)と

を備え、

前記構造(108)が、プラットフォーム(110)に関連付けられており、

前記構造(108)についての前記推定変形データ(124)は、前記ヒューリスティックモデル(104)、前記ヒューリスティックモデル(104)についての前記入力歪みデータ(126)としての歪みデータ(128)、および前記ヒューリスティックモデル(104)についての追加入力データ(133)を使用して生成され、

前記構造(108)が前記プラットフォーム(110)の動作中に所望の性能レベルを有するために必要な所望の精度レベルを前記推定変形データ(124)が有するように、前記ヒューリスティックモデル(104)によって生成された前記推定変形データ(124)が、前記構造(108)についての制御パラメータのグループ(115)を調整するのに用いられる、装置。

【請求項8】

前記トレーナー（１０２）が、前記構造（１０８）に関連付けられるセンサシステム（１３０）から前記複数のトレーニングケース（１３６）内の前記それぞれのトレーニングケースの前記トレーニング歪みデータ（１４４）を受信するように構成され、前記センサシステム（１３０）が前記構造（１０８）上の複数のポイント（１４８）に位置する複数のセンサを備え、前記複数のセンサが前記構造（１０８）上の前記複数のポイント（１４８）についての複数の歪み測定値を生成するように構成され、

前記ヒューリスティックモデル（１０４）が、前記入力歪みデータ（１２６）に基づいて前記ヒューリスティックモデル（１０４）によって生成される前記推定変形データ（１２４）が前記所望の精度レベルを有するように、前記複数のトレーニングケース（１３６）内の前記それぞれのトレーニングケースの前記トレーニング変形データ（１４２）および前記トレーニング歪みデータ（１４４）を使用して前記ヒューリスティックモデル（１０４）についてのパラメータのグループ（１２１）を調整するように構成され、

前記ヒューリスティックモデル（１０４）が、ニューラルネットワーク、学習ベースアルゴリズム、回帰モデル、サポートベクターマシン、データフィッティングモデル、パターン認識モデル、および人工知能のうちの少なくとも１つを備える、  
請求項７に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は一般に構造変形に関し、具体的には、構造変形を識別することに関する。さらにより具体的には、本開示は、測定された歪みデータおよびヒューリスティックモデルを使用して構造の変形を識別するための方法および装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

プラットフォームに関連付けられる構造の中には、プラットフォームの動作中に変形を経験するものがある。本明細書では、構造の「変形」は、構造の基準形状からの、構造の形状における任意の変化である。一般に、プラットフォームに関連付けられる構造は、プラットフォームの動作中に構造に適用されている１つまたは複数の負荷に応じて変形する。プラットフォームの動作中の構造の変形は、構造の性能を所望の性能レベルから低下させる場合がある。

【０００３】

例示的な一例として、航空機に関連付けられるアンテナシステムは、航空機の飛行中にアンテナシステムに適用されるいくつかの負荷および／または圧力に応じて変形する場合がある。アンテナシステムの変形は、アンテナシステムの性能を低下させる。具体的には、アンテナシステムの変形によって、アンテナシステムに選択された許容範囲外で動作させる場合がある。

【０００４】

例示的な一例では、アンテナシステムは位相アレイアンテナシステムでよい。このタイプのアンテナシステムの変形は、所望される以上にアンテナシステムの電子的ビーム方向操作機能に影響する場合がある。たとえば、アンテナシステムによって形成されたビームは、所望のビームの方向について、選択された許容範囲外の方に操作される場合がある。このタイプの方向操作は、アンテナシステムの少なくとも一部が変形すると発生する場合がある。この変形を電子的に補正するために、アンテナシステムによって経験される変形の量の識別が使用されうる。

【０００５】

プラットフォームに関連付けられる構造の変形を識別するために現在利用可能ないくつかのシステムは、光学式システム、画像化システム、光ファイバシステム、座標測定機（ＣＭＭ）システム、カメラ、および／または他のタイプのデバイスを使用することを含む。これらの異なるデバイスは、プラットフォームの動作中にプラットフォームに関連付けられる構造の変形を識別するために使用される。

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかし、現在利用可能なこれらのシステムは、構造の変形を所望の精度レベルで識別できない場合がある。さらに、構造の変形を識別するために現在利用可能なこれらのシステムは、所望されるよりも複雑で、時間がかかり、および/または費用が高い場合がある。したがって、上述の問題のうちの1つまたは複数、ならびに可能であれば他の問題も考慮する方法および装置を有することが望ましい。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

ある例示的实施形態では、構造の変形を識別するための方法が提供される。トレーニング変形データが、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースについて識別される。トレーニング歪みデータが、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースについて識別される。トレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータは、ヒューリスティックモデルによって生成された出力データの精度を向上させるために、ヒューリスティックモデルによって使用されるように構成される。ヒューリスティックモデルについてのパラメータのグループは、入力歪みデータに基づいて構造についての推定変形データを生成するためにヒューリスティックモデルがトレーニングされるように、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータを使用して調整される。推定変形データは、所望の精度レベルを有する。

## 【0008】

他の例示的实施形態では、構造の性能を管理するための方法が提供される。トレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータが、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースの構造について識別される。それぞれのトレーニングケースは、ヒューリスティックモデルによって生成された出力データの精度を向上させるために、ヒューリスティックモデルによって使用されるように構成される。構造は、プラットフォームに関連付けられるように構成される。ヒューリスティックモデルについてのパラメータのグループは、入力歪みデータに基づいて構造についての推定変形データを生成するためにヒューリスティックモデルがトレーニングされるように、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータを使用して調整される。推定変形データは、所望の精度レベルを有する。構造についての歪みデータは、構造がプラットフォームに関連付けられる場合、プラットフォームの動作中に、構造に関連付けられるセンサシステムを使用して生成される。構造についての推定変形データは、ヒューリスティックモデル、およびヒューリスティックモデルについての入力歪みデータとしての歪みデータを使用して生成される。構造についての制御パラメータのグループは、プラットフォームの動作中に構造が所望の性能レベルを有するように、ヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データを使用して調整される。

## 【0009】

さらに他の例示的实施形態では、装置はヒューリスティックモデルおよびトレーナーを備える。ヒューリスティックモデルは、入力歪みデータに基づいて構造についての推定変形データを生成するように構成される。推定変形データは、所望の精度レベルを有する。トレーナーは、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータを識別するように構成される。トレーナーは、ヒューリスティックモデルが入力歪みデータに基づいて所望の精度レベルで構造についての推定変形データを生成するように、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースの識別されたトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータを使用してヒューリスティックモデルをトレーニングするようにさらに構成される。

## 【0010】

特徴および機能は、本開示の様々な実施形態において単独で実現することもでき、以下

10

20

30

40

50

の説明および図面を参照して、さらなる詳細が見られるさらに他の実施形態において結合することもできる。

【 0 0 1 1 】

例示的实施形態の特性と考えられる新規な特徴は、添付の特許請求の範囲に記載されている。しかし、例示的实施形態ならびに好ましい使用モード、さらなる目的およびその特徴は、添付の図面と併せて読むと、本開示の例示的实施形態の以下の詳細な説明を参照することによって最もよく理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】例示的实施形態による、トレーニング環境のブロック図である。

10

【図 2】例示的实施形態による、トレーニング環境を示す図である。

【図 3】例示的实施形態による、位相アレイアンテナに関連付けられる複数のセンサを示す図である。

【図 4】例示的实施形態による、推定変形データの表である。

【図 5】例示的实施形態による、実際の変形データの表である。

【図 6】例示的实施形態による、推定変形測定値と実際の変形測定値と間の差異の表である。

【図 7】例示的实施形態による流れ図の形式の、構造の性能を管理するための処理の流れ図である。

【図 8】例示的实施形態による流れ図の形式の、ヒューリスティックモデルをトレーニングするための処理の流れ図である。

20

【図 9】例示的实施形態による流れ図の形式の、ヒューリスティックモデルをトレーニングするための処理の流れ図である。

【図 10】例示的实施形態による流れ図の形式の、構造上で使用するためのセンサの構成を識別するための処理の流れ図である。

【図 11】例示的实施形態による、位相アレイアンテナのピークサイドローブ比のグラフの比較を示す図である。

【図 12】例示的实施形態による、利得の減少のグラフの比較を示す図である。

【図 13】例示的实施形態による、位相のグラフの比較を示す図である。

【図 14】例示的实施形態による、ビーム方向操作角度偏差のグラフの比較を示す図である。

30

【図 15】例示的实施形態による、データ処理システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

異なる例示的实施形態は、1つまたは複数の異なる考慮事項を認識および考慮する。たとえば、異なる例示的实施形態は、構造の変形を測定するために現在利用可能ないくつかのシステムは所望の精度レベルを提供しない場合があることを認識および考慮する。たとえば、現在利用可能なこれらのシステムは、構造の変形を補正するために必要な精度レベルを提供できない場合がある。

【 0 0 1 4 】

40

たとえば3次元座標測定機システム、光ファイバシステム、カメラ、および/または他の適切なデバイスなどのデバイスを備える光学式システムは、飛行中に航空機に関連付けられる構造の3次元変形を所望の精度レベルで測定できない場合がある。異なる例示的实施形態は、これらのデバイスは構造の変形形状の測定に必要な所望のレベルの空間分解能を所望の精度レベルで提供しない場合があることを認識および考慮する。

【 0 0 1 5 】

異なる例示的实施形態は、カメラを有する光学式システムはこれらのカメラが構造に向けられる必要があることも認識する。さらに、ある環境状態においてこれらの光学式システムを動作することは、所望するよりも困難な場合がある。たとえば、雨、極端な温度、風、雪、夜間、低光量、霧などの状態、および/または他の状態でこれらの光学式システ

50

ムを動作することは、所望するよりも困難な場合がある。さらに、カメラを有する光学式システムを使用して構造の３次元形状を測定することは、複数のビューを使用することを含む場合がある。複数のビューを使用することにより、構造の３次元形状の測定に必要な処理リソース、労力、および／または時間が増加する場合がある。

【 0 0 1 6 】

異なる例示的实施形態は、航空機の飛行中に航空機上の位相アレイアンテナが変形されうること認識および考慮する。異なる例示的实施形態は、選択された許容範囲内で、航空機の飛行中に位相アレイアンテナの変形を補正するために、位相アレイアンテナを電子的にビーム方向操作するために必要な精度レベルで位相アレイアンテナの変形を識別するように構成されたシステムを有することが望ましい場合があることも認識および考慮する。

10

【 0 0 1 7 】

さらに、異なる例示的实施形態は、位相アレイアンテナの変形を識別して、実質的にリアルタイムでこの変形を補正するために、位相アレイアンテナを電子的にビーム方向操作できるシステムを有することが望ましい場合があることを認識および考慮する。このように、航空機の飛行中に位相アレイアンテナの変形によって引き起こされる、位相アレイアンテナの性能における望まない変化または不整合を減少させることができ、場合によっては防ぐことができる。

【 0 0 1 8 】

したがって、異なる例示的实施形態は、構造の性能を管理するための方法および装置を提供する。ある例示的实施形態では、構造の変形を識別するための方法が提供される。トレーニング変形データは、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースについて識別される。トレーニング歪みデータは、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースについて識別される。トレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータは、ヒューリスティックモデルによって生成された出力データの精度を向上させるために、ヒューリスティックモデルによって使用されるように構成される。ヒューリスティックモデルについてのパラメータのグループは、入力歪みデータに基づいて構造についての推定変形データを生成するためにヒューリスティックモデルがトレーニングされるように、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータを使用して調整される。推定変形データは、

20

30

【 0 0 1 9 】

推定変形データは、構造が、プラットフォームの動作中に所望の性能レベルを有するように、構造についての制御パラメータのグループを調整するために使用されう。具体的には、推定変形データは、プラットフォームの動作中の構造の変形を補正する方法で構造を制御するために使用されう。

【 0 0 2 0 】

次に図面を参照すると、具体的には図 1 を参照すると、例示的实施形態によるトレーニング環境の例が示されている。これらの例示的な例では、トレーニング環境 1 0 0 はトレーナー 1 0 2 を含む。トレーナー 1 0 2 は、プラットフォーム 1 1 0 に関連付けられる構造 1 0 8 の変形 1 0 6 を識別するために、ヒューリスティックモデル 1 0 4 をトレーニングするように構成されている。

40

【 0 0 2 1 】

本明細書で使用される際には、あるコンポーネントが他のコンポーネントに「関連付けられる」場合、この関連はこれらの図示された例における物理的関連である。たとえば、構造 1 0 8 などの第 1 コンポーネントは、第 2 コンポーネントに固定されることによって、第 2 コンポーネントに結合されることによって、第 2 コンポーネントに搭載されることによって、第 2 コンポーネントに溶接されることによって、第 2 コンポーネントに締結されることによって、および／または他の何らかの適切な方法で第 2 コンポーネントに接続されることによって、プラットフォーム 1 1 0 などの第 2 コンポーネントに関連付けられ

50

と考えることができる。また、第1コンポーネントは、第3コンポーネントを使用して第2コンポーネントに接続されうる。第1コンポーネントは、第2コンポーネントの一部および/またはその拡張として形成されることによって第2コンポーネントに関連付けられると考えることもできる。

#### 【0022】

これらの例示的な例では、プラットフォーム110は、これらに限定されないが、たとえば、航空機、ヘリコプター、ジェット機、無人機(UAV)、スペースシャトル、自動車、ロケット、ミサイル、船舶、推進システム、ビル、人工建造物、橋梁、衛星、または他の何らかの適切なタイプのプラットフォームでよい。プラットフォーム110に関連付けられる構造108は、これらに限定されないが、たとえば、画像化システム、通信システム、アンテナシステム、位相アレイアンテナシステム、翼、スキンパネル、ケーブル、ロッド、ビーム、または他の何らかの適切なタイプの構造でよい。

10

#### 【0023】

例示的な一例では、プラットフォーム110は航空機であり、構造108は位相アレイアンテナシステムである。この例示的な例では、位相アレイアンテナは、航空機の1つまたは複数の他の構造に組み込まれることによって航空機に関連付けられている。たとえば、位相アレイアンテナは、航空機の翼、安定装置、スキンパネル、またはドアに組み込まれうる。

#### 【0024】

構造108の変形106は、構造108の基準形状114からの、構造108の形状112における任意の変化である。例示的な一例では、基準形状114は、負荷または圧力が構造108に適用されていない構造108の形状である。

20

#### 【0025】

1つまたは複数の負荷および/または圧力が構造108に適用されると、構造108は変形する場合があるので、構造108の形状112は基準形状114から変形形状116に変化する。構造108に適用された負荷および/または圧力は、これらに限定されないが、たとえば、空力的負荷、突風、構造108における振動、静荷重、空力音響負荷(aero-acoustic load)、温度ベースの負荷、ならびに/または他の適切なタイプの負荷および/もしくは圧力を含みうる。

#### 【0026】

構造108は、プラットフォーム110の動作中に変形しうる。構造108が変形形状116を有する場合、構造108は選択された許容範囲外で動作する場合がある。構造108についての変形形状116の識別は、構造108についての制御パラメータのグループ115を調整するために使用されうる。

30

#### 【0027】

本明細書で使用される際には、アイテムの「グループ」は1つまたは複数のアイテムを意味する。たとえば、制御パラメータのグループ115は、1つまたは複数の制御パラメータ115を意味する。制御パラメータのグループ115は、構造108が選択された許容範囲内で動作および実行するように、構造108の性能を管理するために調整されうる。これらの例示的な例では、制御パラメータのグループ115などのパラメータのグループを「調整すること」は、パラメータのグループ内のパラメータのうちの1つ、いくつか、または全てを変更すること、あるいは全く変更しないことを含みうる。

40

#### 【0028】

例示的な一例として、プラットフォーム110が航空機で、構造108が航空機に組み込まれた位相アレイアンテナシステムの場合、位相アレイアンテナシステムは、航空機の飛行中に変形形状116に変形しうる。位相アレイアンテナシステムが変形形状116を有する場合、位相アレイアンテナシステムは選択された許容範囲外で動作しうる。

#### 【0029】

変形形状116の識別は、プラットフォーム110の飛行中に変形106を補正するために、位相アレイアンテナシステムによって形成されたビームの方向を電子的に操作する

50



ために、位相アレイアンテナシステムの位相および／または振幅を調整するために使用されうる。このように変形 106 が電子的に補正されると、位相アレイアンテナシステムは、飛行中に選択された許容範囲内で動作する。具体的には、このシステムは、たとえ位相アレイアンテナシステムが変形形状 116 を有する場合でも飛行中は選択された許容範囲内で動作する。

#### 【0030】

ヒューリスティックモデル 104 は、構造 108 の変形 106 を識別するようにトレーニングされうるので、構造 108 の変形形状 116 を識別できる。これらの例示的な例では、構造 108 の変形 106 を識別することは、所望の精度レベルで構造 108 の変形 106 を推定することを備えうる。このように、構造 108 の変形形状 116 は所望の精度

10

#### 【0031】

本明細書で使用される際には、ヒューリスティックモデル 104 などの「ヒューリスティックモデル」は入力データ 120 を受信することに応じて出力データ 118 を生成するために、他の何らかの適切な方法で学習する、適応する、決定する、データ内のパターンを発見する、データを記憶する、および／または情報を処理するように構成された、任意の数学モデルまたは計算モデルでよい。

#### 【0032】

ヒューリスティックモデル 104 は、任意の数の学習アルゴリズム、意思決定モデル、問題解決モデル、計算アルゴリズム、および／または他のタイプの処理を備えうる。これらの例示的な例では、ヒューリスティックモデル 104 は、ニューラルネットワーク、学習ベースアルゴリズム、回帰モデル、サポートベクターマシン、データフィッティングモデル、パターン認識モデル、人工知能 (AI)、および他の何らかの適切なタイプのアルゴリズムまたはモデルのうちの少なくとも 1 つを備える。

20

#### 【0033】

本明細書で使用される際には、「少なくとも 1 つ」という語句は、アイテムのリストとともに使用される場合、リストに挙げられたアイテムのうちの 1 つまたは複数の異なる組み合わせが使用されうることを、およびリスト内のそれぞれのアイテムのうちの 1 つだけが必要とされうることを意味する。たとえば、「アイテム A、アイテム B、およびアイテム C の少なくとも 1 つ」は、これらに限定されないが、アイテム A、またはアイテム A およ

30

びアイテム B を含みうる。この例は、アイテム A、アイテム B、およびアイテム C、またはアイテム B およびアイテム C も含みうる。他の例では、「少なくとも 1 つ」は、これらに限定されないが、たとえば、アイテム A のうちの 2 個、アイテム B のうちの 1 個、およびアイテム C のうちの 10 個；アイテム B のうちの 4 個、およびアイテム C のうちの 7 個、ならびに他の適切な組み合わせでよい。

#### 【0034】

これらの例に示されるように、ヒューリスティックモデル 104 は、パラメータのグループ 121 に基づいて、入力データ 120 を受信することに応じて出力データ 118 を生成するように構成される。パラメータのグループ 121 は、これらに限定されないが、たとえば、バイアス、重み、係数、関係、定数、制約、および／または他の適切なタイプの

40

パラメータを含みうる。例示的な一例では、ヒューリスティックモデル 104 は、入力データ 120 を受信することに応じて出力データ 118 を生み出すように構成されたバイアスおよび重みを備える数式を含みうる。

#### 【0035】

これらの例示的な例では、トレーナー 102 は、所望の精度レベルで構造 108 の変形 106 を推定するようにヒューリスティックモデル 104 をトレーニングするように構成される。構造 108 の変形 106 を所望の精度レベルで推定することは、構造 108 の推定された変形と構造 108 の実際の変形との間の差異が選択された許容範囲内であるように変形 106 を推定することを意味する。

#### 【0036】

50

これらの例では、トレーナー 102 は、ハードウェア、ソフトウェア、または両方の組合せを使用して実装されうる。たとえば、トレーナー 102 はコンピュータシステム 122 内に実装されうる。コンピュータシステム 122 はいくつかのコンピュータを備える。本明細書で使用される際には、「いくつかの」アイテムは 1 つまたは複数のアイテムを意味する。たとえば、いくつかのコンピュータは 1 つまたは複数のコンピュータを意味する。

#### 【0037】

コンピュータシステム 122 内に複数のコンピュータが存在する場合、これらのコンピュータは相互に通信している。コンピュータシステム 122 内の異なるコンピュータは、プラットフォーム 110 上、構造 108 上、および/またはプラットフォーム 110 から離れて配置されうる。

10

#### 【0038】

例示的な一例では、ヒューリスティックモデル 104 は、入力歪みデータ 126 の形式で入力データ 120 を受信することに応じて、推定変形データ 124 の形式で出力データ 118 を生成する。推定変形データ 124 は、入力歪みデータ 126 に基づいて、構造 108 についての推定変形形状を定義する。

#### 【0039】

本明細書で使用される際には、推定変形データ 124 などの「変形データ」は、複数の推定変形測定値を備える。本明細書で使用される際には、「複数の」アイテムは 2 つ以上のアイテムを意味する。たとえば、複数の推定変形測定値は、2 つ以上の推定変形測定値を意味する。

20

#### 【0040】

これらの図示された例では、変形測定値は、構造 108 が基準形状 114 を有する場合のポイントの位置から、構造 108 が変形形状 116 を有する場合のポイントの位置への、構造 108 上のポイントの偏差の測定値である。本明細書で使用される際には、構造 108 上のポイントの「偏差」は、構造 108 が基準形状 114 を有する場合のポイントと、構造 108 が変形形状 116 を有する場合のポイントとの間の距離である。このポイントの偏差は、ポイントの変位と呼ばれる場合もある。

#### 【0041】

これらの例示的な例では、ポイントの偏差の測定値は長さの単位でよい。長さの単位には、これらに限定されないが、たとえば、インチ、フィート、センチメートル、ミリメートル、および他のタイプの長さの単位がある。当然、他の例示的な例では、ポイントの偏差の測定値は角度の単位でよい。角度の単位には、これらに限定されないが、たとえば、ラジアン、度、および他のタイプの角度の単位がある。

30

#### 【0042】

さらに、本明細書で使用される際には、入力歪みデータ 126 などの「歪みデータ」は複数の歪み測定値を備える。歪み測定値は、構造 108 が基準形状 114 を有する場合のポイントの位置から、構造 108 が変形形状 116 を有する場合のポイントの位置への、構造 108 上のポイントの偏差の測定値であり、基準の長さに関して標準化される。歪み測定値は、どのような単位も有さず、パーセンテージ、分数、または割合表記 (ppn) として表されうる。

40

#### 【0043】

ヒューリスティックモデル 104 は、いくつかの異なる方法で入力歪みデータ 126 を受信できる。例示的な一例として、入力歪みデータ 126 は、センサシステム 130 によって生成された歪みデータ 128 として受信されうる。センサシステム 130 は構造 108 に関連付けられる。いくつかの例示的な例では、センサシステム 130 の一部はプラットフォーム 110 に関連付けられうる。

#### 【0044】

センサシステム 130 は、歪みデータ 128 を生成するように構成された複数のセンサ 132 を備える。歪みデータ 128 は、それぞれ複数のセンサ 132 によって生成された

50

複数の歪み測定値を備える。複数のセンサ 132 内のセンサは、たとえば、歪みゲージ、光ファイバセンサ、圧電センサ、トランスデューサ、または歪み測定値を生成するように構成された他の何らかの適切なタイプのセンサのうちの少なくとも 1 つを備えうる。

#### 【0045】

いくつかの例示的な例では、入力データ 120 は、入力歪みデータ 126 に加えて追加入力データ 133 も含みうる。追加入力データ 133 は、入力歪みデータ 126 に基づいてヒューリスティックモデル 104 によって生成された出力データ 118 に影響を及ぼす場合がある任意のデータを含みうる。具体的には、追加入力データ 133 は、プラットフォーム 110 の動作中に構造 108 の変形 106 に影響を及ぼす場合がある状態についての任意のデータを含みうる。

10

#### 【0046】

たとえば、追加入力データ 133 は、たとえば構造 108 の変形 106 および / または歪みデータ 128 に影響を及ぼす場合がある環境状態の測定値などの環境データを含みうる。この環境データは、たとえば、温度データ、湿度データ、および / または他の適切なタイプのデータを含みうる。場合によっては、追加入力データ 133 は、プラットフォーム 110 に取り付けられた慣性計測装置 (IMU) からのデータ、位置データ、高度データ、速度データ、加速データ、および / または他の適切なタイプのデータを含みうる。

#### 【0047】

これらの例示的な例では、トレーナー 102 は、ヒューリスティックモデル 104 をトレーニングするために選択された複数のトレーニングケース 136 を使用してヒューリスティックモデル 104 をトレーニングする。本明細書で使用される際には、複数のトレーニングケース 136 内のトレーニングケースなどの「トレーニングケース」は構造 108 にとって特別な状況であり、構造 108 がこの特別な状況にある場合、構造 108 についてのデータがヒューリスティックモデル 104 をトレーニングするために使用される。構造 108 にとって特別な状況は、たとえば、構造 108 の特別な変形形状でよい。しかし、場合によっては、構造 108 にとって特別な状況は、構造 108 に適用されている選択された量の負荷および / または圧力でよい。

20

#### 【0048】

トレーナー 102 は、複数のトレーニングケース 136 内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータを識別する。トレーニングケース 140 は、複数のトレーニングケース 136 のうちの 1 つの例である。さらに、トレーナー 102 は、トレーニングケース 140 についてのトレーニング変形データ 142 およびトレーニング歪みデータ 144 を識別する。

30

#### 【0049】

トレーナー 102 は、トレーニング変形データ 142 およびトレーニング歪みデータ 144 をヒューリスティックモデル 104 に送信する。ヒューリスティックモデル 104 は、トレーニング変形データ 142 およびトレーニング歪みデータ 144 を使用して、ヒューリスティックモデル 104 についてのパラメータのグループ 121 を調整する。パラメータのグループ 121 は、ヒューリスティックモデル 104 が、入力歪みデータ 126 に基づいて、構造 108 についての推定変形データ 124 を所望の精度レベルで生成できるように調整される。これらの例示的な例では、トレーナー 102 は、複数のトレーニングケース 136 および反復処理を使用してヒューリスティックモデル 104 をトレーニングする。

40

#### 【0050】

複数のトレーニングケース 136 内のそれぞれのトレーニングケースの識別されたトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータは、トレーニング環境 100 においていくつかの異なる方法で識別されうる。たとえば、トレーニング環境 100 は、研究所、試験施設、風洞、またはトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータを生成できる他の何らかのタイプのトレーニング環境でよい。場合によっては、トレーニング環境 100 は、プラットフォーム 110 が動作する実際の環境でよい。このように、トレーニ

50

ング変形データおよびトレーニング歪みデータを、いくつかの異なる方法で収集してまとめることができる。

【0051】

例示的な一例では、複数のトレーニングケース136によって構造108を変形するために、複数のアクチュエータ146が使用される。たとえば、複数のアクチュエータ146は、構造108をトレーニングケース140に対応する方法で変形させるために使用されうる。より具体的には、複数のアクチュエータ146は、複数の選択された負荷を、構造108上の複数のポイント148に適用して、構造108にトレーニングケース140に対応する変形形状を有させる方法で複数のポイント148を撓ませるために使用される。

10

【0052】

当然、他の例示的な例では、複数のトレーニングケース136に対応する方法で構造108を変形させるために、他の何らかのタイプのシステムが使用されうる。実装形態に応じて、構造108は、プラットフォーム110から構造108を分離して、トレーニングするために変形されうる。いくつかの例示的な例では、プラットフォーム110は、プラットフォーム110に構造108を関連付けて動作させて、構造108を複数のトレーニングケース136によって変形させることができる。

【0053】

複数のトレーニングケースによって構造108が変形されると、そのトレーニングケースについてのトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータが識別される。いくつかの例示的な例では、トレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータは、トレーニングデータセットと呼ばれうる。トレーニング変形データは、いくつかの異なる方法で識別されうる。例示的な一例として、トレーナー102は、画像化システム152から受信した画像データ150を使用してトレーニング変形データを識別できる。

20

【0054】

画像化システム152は、複数の変形測定値を識別できる画像データ150を生成するように構成された任意の数のコンポーネントを備える。たとえば、画像化システム152は光画像化システム、レーザー画像化システム、赤外線画像化システム、または他の何らかの適切なタイプの画像化システムを備えうる。いくつかの例示的な例では、画像データ150は、トレーニング変形データとして使用するための複数の変形測定値を含みうる。

30

【0055】

さらに、特定のトレーニングケースによって構造108が変形された場合にセンサシステム130によって生成された歪みデータ128は、そのトレーニングケースについてのトレーニング歪みデータとして使用されうる。当然、他の例示的な例では、センサシステム130は、歪みデータ128に加えて、および/またはその代わりに、他のセンサデータを生成しうる。トレーナー102は、この他のセンサデータを使用して、トレーニング歪みデータを識別できる。

【0056】

これらの例示的な例では、複数のトレーニングケース136内のトレーニングケースの数は、オペレータによって選択されうる。ヒューリスティックモデル104がこの新しいデータに適応できるように、任意の時点で、複数のトレーニングケース136に新しいトレーニングケースが追加されうる。

40

【0057】

さらに、場合によっては、トレーナー102は、ヒューリスティックモデル104をトレーニングするために、トレーニングケース140などのトレーニングケースについてのトレーニング環境データを識別できる。このトレーニング環境データは、いくつかの異なる方法で識別されうる。たとえば、歴史的環境データおよび/または試験環境データが使用されうる。このトレーニング環境データは、構造108が異なるタイプの環境状態で動作される場合、入力歪みデータ126に基づいて、推定変形データ124を所望の精度レベルで生成できるようにヒューリスティックモデル104をトレーニングするために使用

50

されうる。

【0058】

一旦ヒューリスティックモデル104がトレーニング環境100内でトレーニングされると、ヒューリスティックモデル104は、プラットフォーム110の動作中に構造108の性能を管理するために、構造108内で使用されうる。たとえば、構造108が位相アレイアンテナの場合、ヒューリスティックモデル104は、その位相アレイアンテナに関連付けられるプロセッサユニットで使用されうる。プラットフォーム110の動作中にヒューリスティックモデル104によって生成された推定変形データ124は、構造108についての制御パラメータのグループ115を調整するために使用されうる。

【0059】

これらの例示的な例では、制御パラメータのグループ115は、構造108が変形状116を有する場合、構造108の性能を所望の性能レベルに向上させるために調整される。構造108の性能は、構造108についての性能パラメータのグループ154を使用して評価されうる。構造108が位相アレイアンテナの場合、性能パラメータのグループ154は、これらに限定されないが、たとえば、ピークサイドローブ比(PSLR)、利得の損失、ビーム方向操作角度偏差、および/または他のタイプの適切な性能パラメータを含みうる。

【0060】

推定変形データ124は、制御パラメータのグループ115を調整するための値を計算するために使用されうる。制御パラメータのグループ115は、構造108が変形状116を有する場合、性能パラメータのグループ154が、構造108が所望の性能レベルを有することを示すまで、これらの値に基づいて調整されうる。このように、推定変形データ124は、構造108が所望の性能レベルを維持するように構造108の変形106を補正するために、制御パラメータのグループ115を調整するために使用される。

【0061】

これらの例示的な例では、推定変形データ124は、プラットフォーム110の動作中に実質的にリアルタイムで、構造108について識別されて、構造108についての制御パラメータのグループ115を調整するために使用されうる。これらの処理が「実質的にリアルタイムで」実行されているということは、これらの処理が意図しない遅延なしに実行されていることを意味する。場合によっては「実質的にリアルタイムで」は、即座に、を意味しうる。

【0062】

たとえば、これに限定されないが、構造108が基準形状114から変形することに応じて、ヒューリスティックモデル104は、この変形について即座に推定変形データ124を生成するために使用される。次いで、推定変形データ124は、この変形を補正するために、制御パラメータのグループ115を調整することによって構造108を即座に制御するために使用されうる。このように、構造108の変形に応じた構造108の性能レベルにおける任意の変化を減少させることができ、場合によっては防ぐことができる。

【0063】

このように、異なる例示的实施形態は、構造108の変形106を識別して、この推定に基づいて構造108の性能を管理するための方法および装置を提供する。さらに、異なる例示的实施形態は、入力データ120を受信することに応じて、所望の精度レベルで構造108についての推定変形データ124を生成するためにヒューリスティックモデル104をトレーニングするための方法および装置を提供する。

【0064】

図1におけるトレーニング環境100の図示は、例示的实施形態を実装できる方法への物理的または構造的な限界を含意すること意味するものではない。図示されたコンポーネントに加えて、またはその代わりに、他のコンポーネントが使用されうる。いくつかのコンポーネントは省略できる。また、いくつかの機能コンポーネントを説明するために、ブロックが示されている。これらのブロックのうちの1つまたは複数は、例示的实施形

10

20

30

40

50

態に実装される際に、異なるブロックに結合、分割、または結合および分割されうる。

【0065】

たとえば、場合によっては、ヒューリスティックモデル104は複数のニューラルネットワークを備えうる。それぞれのニューラルネットワークは、構造108上の特定のポイントについての推定変形データ124を生成するように構成されうる。これらの場合、それぞれのニューラルネットワークは、構造108上の特定のポイントで、またはその近くで、1つまたは複数の入力歪み測定値に基づいて、構造108上の特定のポイントについての推定変形測定値を生成するためにトレーニングされうる。

【0066】

さらに、それぞれのニューラルネットワークのそれぞれのトレーニングケースは、特定のポイントで、1つまたは複数のトレーニング歪み測定値および1つのトレーニング変形測定値を備えうる。トレーニング変形測定値は、構造108上の特定のポイントでセンサを使用して識別されうる。

10

【0067】

次に図2を参照すると、例示的实施形態によるトレーニング環境の例が示されている。この例示的实施形態では、トレーニング環境200は、図1におけるトレーニング環境100の一実装形態の例である。図示されるように、トレーニング環境200内に、コンピュータシステム202、サポートシステム204、アクチュエータシステム206、画像化システム208、センサシステム210が存在する。

【0068】

20

コンピュータシステム202は、図1におけるコンピュータシステム122の一実装形態の例でよい。図1におけるヒューリスティックモデル104などのヒューリスティックモデルは、コンピュータシステム202を使用してトレーニングされうる。具体的には、ヒューリスティックモデルは、コンピュータシステム202内に実装された、たとえば図1におけるトレーナー102などのトレーナーを使用してトレーニングされうる。

【0069】

図示されるように、サポートシステム204は、構造211を保持およびサポートするように構成される。この例示的な例では、構造211は位相アレイアンテナ212である。サポートシステム204は位相アレイアンテナ212をサポートおよび保持し、アクチュエータシステム206は、複数の負荷を選択されたトレーニングケースの位相アレイアンテナ212に適用する。図示されるように、アクチュエータシステム206は、位相アレイアンテナ212上の複数のポイントに関連して位置する複数のアクチュエータ214を備える。複数のアクチュエータ214は、複数の選択された負荷を位相アレイアンテナ212上の複数のポイントに適用して、位相アレイアンテナ212に特定のトレーニングケースに対応する方法で変形させるように構成される。これらの例示的な例では、選択された負荷を位相アレイアンテナ212上のポイントに適用することによって、そのポイントの基準ポイントからそのポイントが選択された量だけ撓むようにする。

30

【0070】

画像化システム208は、位相アレイアンテナ212の画像データを生成するために使用される。この例示的な例では、画像化システム208は複数のカメラ216を備える。複数のカメラ216によって生成された画像データは、位相アレイアンテナ212上の複数のポイントで複数の変形測定値を識別するために使用されうる。この例示的な例では、それぞれの変形測定値は、位相アレイアンテナ212に対して実質的に垂直な方向の、位相アレイアンテナ212上の対応するポイントの撓みでよい。

40

【0071】

たとえば、図1におけるトレーナー102などのトレーナーは、複数のカメラ216によって生成された画像データを使用して位相アレイアンテナ212についての変形測定値を識別できる。これらの変形測定値は、位相アレイアンテナ212の変形形状の表示を提供する。

【0072】

50

さらに、センサシステム 2 1 0 は位相アレイアンテナ 2 1 2 についての複数の歪み測定値を生成する。センサシステム 2 1 0 は、位相アレイアンテナ 2 1 2 に組み込まれた複数の歪みゲージ（この図には示さず）を備える。センサシステム 2 1 0 によって生成された複数の歪み測定値、および画像化システム 2 0 8 を使用して識別された複数の変形測定値は、処理するためにコンピュータシステム 2 0 2 に送信される。図 1 におけるトレーナー 1 0 2 などのトレーナーは、これらの異なる変形測定値および歪み測定値を使用して、ヒューリスティックモデルに入力された歪みデータに基づいて所望の精度レベルで位相アレイアンテナ 2 1 2 の変形を推定するためにヒューリスティックモデルをトレーニングする。トレーナーは、ヒューリスティックモデルをトレーニングするために、たとえば環境データなどの他の情報も使用できる。

10

#### 【 0 0 7 3 】

図 2 におけるトレーニング環境 2 0 0 の例は、例示的实施形態を実装できる方法への物理的または構造的な限界を含意することの意味するものではない。図示されたコンポーネントに加えて、またはその代わりに、他のコンポーネントが使用されうる。いくつかのコンポーネントは省略できる。

#### 【 0 0 7 4 】

さらに、図 2 に示される異なるコンポーネントは、図 1 におけるコンポーネントと結合してもよく、図 1 におけるコンポーネントとともに使用されてもよく、その両方が組み合わされてもよい。さらに、図 2 におけるコンポーネントのいくつかは、図 1 のブロック図に示されたコンポーネントが物理的構造物として実装されうる方法の例示的な例でよい。

20

#### 【 0 0 7 5 】

次に図 3 を参照すると、例示的实施形態による位相アレイアンテナに関連付けられる複数のセンサの例が示されている。この例示的な例では、位相アレイアンテナ 3 0 0 は、図 2 における位相アレイアンテナ 2 1 2 の一実装形態の例である。さらに、位相アレイアンテナ 3 0 0 は、図 1 における構造 1 0 8 の一実装形態の例である。

#### 【 0 0 7 6 】

位相アレイアンテナ 3 0 0 は、位相アレイアンテナ 3 0 0 の一部 3 0 2 内に配置されるアンテナ要素のアレイを有する。複数のセンサ 3 0 4 は、この図示した例では、位相アレイアンテナ 3 0 0 上の複数のポイント 3 0 6 に位置する。図示されるように、複数のセンサ 3 0 4 の一部は位相アレイアンテナ 3 0 0 の一部 3 0 2 内に配置され、複数のセンサ 3 0 4 の他の部分は位相アレイアンテナ 3 0 0 の一部 3 0 2 の外に配置される。

30

#### 【 0 0 7 7 】

複数のセンサ 3 0 4 は、これに限定されないが、たとえば、複数の歪みゲージの形式をとる場合がある。それぞれの歪みゲージは、歪みゲージが配置される位相アレイアンテナ 3 0 0 上のポイントで歪み測定値を生成するように構成される。たとえば、位相アレイアンテナ 3 0 0 の一部 3 0 2 内のポイント 3 1 0 のセンサ 3 0 8 は、ポイント 3 1 0 で歪み測定値を生成するように構成される。

#### 【 0 0 7 8 】

このように、複数のセンサ 3 0 4 は、図 1 におけるヒューリスティックモデル 1 0 4 などのヒューリスティックモデルについての入力歪みデータとして使用するための歪みデータを形成する複数の歪み測定値を生成する。具体的には、複数のセンサ 3 0 4 によって生成された歪み測定値は、図 1 におけるヒューリスティックモデル 1 0 4 についての入力歪みデータ 1 2 6 として使用されうる図 1 における歪みデータ 1 2 8 の一例である。さらに、複数のセンサ 3 0 4 によって生成された歪み測定値は、図 1 におけるヒューリスティックモデル 1 0 4 をトレーニングするために使用されうる。

40

#### 【 0 0 7 9 】

次に図 4 を参照すると、例示的实施形態による推定変形データの表の例が示されている。この例示的な例では、表 4 0 0 は、ポイント識別子 4 0 2、トレーニングケース 4 0 4、トレーニングケース 4 0 6、トレーニングケース 4 0 8、トレーニングケース 4 1 0、およびトレーニングケース 4 1 2 を含む。

50

## 【 0 0 8 0 】

ポイント識別子 4 0 2 は、推定変形測定値 4 1 3 が、たとえば図 1 におけるトレーナー 1 0 2 によってトレーニングされた図 1 におけるヒューリスティックモデル 1 0 4 などのヒューリスティックモデルによって生成される構造上のポイントを識別する。この例示的な例では、ポイント識別子 4 0 2 によって識別されるポイントは、図 3 における位相アレイアンテナ 3 0 0 上の複数のポイント 3 0 6 から選択されたポイントの組合せである。

## 【 0 0 8 1 】

トレーニングケース 4 0 4、トレーニングケース 4 0 6、トレーニングケース 4 0 8、トレーニングケース 4 1 0、およびトレーニングケース 4 1 2 は、それぞれ位相アレイアンテナ 3 0 0 の特定の変形形状に対応する。位相アレイアンテナ 3 0 0 がトレーニングケースに対応する変形形状に変形されると、これらのトレーニングケースごとに、ポイント識別子 4 0 2 で識別されたポイントに位置する図 3 における複数のセンサ 3 0 4 内のセンサが、これらのポイントについて歪み測定値を生成する。これらの歪み測定値は、これらの同じポイントについての推定変形測定値 4 1 3 を生成するためにヒューリスティックモデルに入力される。

## 【 0 0 8 2 】

次に図 5 を参照すると、例示的实施形態による実際の変形データの表の例が示されている。この例示的な例では、表 5 0 0 は、ポイント識別子 5 0 2、トレーニングケース 5 0 4、トレーニングケース 5 0 6、トレーニングケース 5 0 8、トレーニングケース 5 1 0、およびトレーニングケース 5 1 2 を含む。

## 【 0 0 8 3 】

ポイント識別子 5 0 2 は、実際の変形測定値 5 1 3 が識別される構造上のポイントを識別する。実際の変形測定値 5 1 3 は、構造が実際に変形された時に構造上のポイントについて識別された変形測定値である。これらのトレーニングケースについての実際の変形測定値 5 1 3 は、たとえば、図 1 における画像化システム 1 5 2 によって生成された画像データ 1 5 0 を使用して識別されうる。

## 【 0 0 8 4 】

この例示的な例では、ポイント識別子 5 0 2 で識別されたポイントは、図 3 における位相アレイアンテナ 3 0 0 上の複数のポイント 3 0 6 から選択されたポイントの組合せである。具体的には、ポイント識別子 5 0 2 によって識別されたポイントは、図 4 におけるポイント識別子 4 0 2 によって識別されるのと同じポイントである。

## 【 0 0 8 5 】

トレーニングケース 5 0 4、トレーニングケース 5 0 6、トレーニングケース 5 0 8、トレーニングケース 5 1 0、およびトレーニングケース 5 1 2 は、それぞれトレーニングケース 4 0 4、トレーニングケース 4 0 6、トレーニングケース 4 0 8、トレーニングケース 4 1 0、およびトレーニングケース 4 1 2 と同じである。

## 【 0 0 8 6 】

次に図 6 を参照すると、例示的实施形態による、推定変形測定値と実際の変形測定値と間の差異の表の例が示されている。この例示的な例では、表 6 0 0 はポイント識別子 6 0 2 を含む。この例示的な例では、ポイント識別子 6 0 2 は、図 5 におけるポイント識別子 5 0 2、および図 4 におけるポイント識別子 4 0 2 によって識別されるのと同じポイントを識別する。

## 【 0 0 8 7 】

表 6 0 0 は、トレーニングケース 6 0 6、トレーニングケース 6 0 8、トレーニングケース 6 1 0、トレーニングケース 6 1 2、およびトレーニングケース 6 1 4 についての差分値 6 0 4 を提示する。トレーニングケース 6 0 6、トレーニングケース 6 0 8、トレーニングケース 6 1 0、トレーニングケース 6 1 2、およびトレーニングケース 6 1 4 は、それぞれ図 4 におけるトレーニングケース 4 0 4、トレーニングケース 4 0 6、トレーニングケース 4 0 8、トレーニングケース 4 1 0、およびトレーニングケース 4 1 2 と同じである。さらに、トレーニングケース 6 0 6、トレーニングケース 6 0 8、トレーニング



ケース 6 1 0、トレーニングケース 6 1 2、およびトレーニングケース 6 1 4 は、それぞれ図 5 におけるトレーニングケース 5 0 4、トレーニングケース 5 0 6、トレーニングケース 5 0 8、トレーニングケース 5 1 0、およびトレーニングケース 5 1 2 と同じである。

【 0 0 8 8 】

差分値 6 0 4 は、図 4 における推定変形測定値 4 1 3 と、図 5 における実際の変形測定値 5 1 3 との間の差異である。この例示的な例では、差分値 6 0 4 は、推定変形測定値 4 1 3 が所望の精度レベルを有することを示している。

【 0 0 8 9 】

次に図 7 を参照すると、例示的实施形態による流れ図の形式の、構造の性能を管理するための処理の例が示されている。図 7 に示される処理は、図 1 におけるトレーナー 1 0 2、ヒューリスティックモデル 1 0 4、および構造 1 0 8 を使用して実装されうる。

【 0 0 9 0 】

処理は、構造についての入力歪みデータに基づいて所望の精度レベルで構造についての推定変形データを生成するために、ヒューリスティックモデルをトレーニングすることによって開始する（動作 7 0 0）。構造は、たとえば、図 1 における構造 1 0 8 でよい。構造は、図 1 におけるプラットフォーム 1 1 0 などのプラットフォームに関連付けられるように構成されうる。構造は、ヒューリスティックモデルをトレーニングするために必要なトレーニングデータが収集される際にプラットフォームに関連付けられてもよく、関連付けられなくてもよい。

【 0 0 9 1 】

その後、プラットフォームの動作中に、処理は構造に関連付けられるセンサシステムによって生成された歪みデータを識別する（動作 7 0 2）。動作 7 0 2 で、構造はプラットフォームに関連付けられて、プラットフォームの動作中に、構造に適用される負荷および/または圧力を経験する場合がある。さらに、この例示的な例では、センサシステムは、構造内に取り付けられた、および/またはそこに組み込まれた、複数の歪みゲージを備える。

【 0 0 9 2 】

次いで、処理は、センサシステムによって生成された歪みデータに基づいて、プラットフォームの動作中に構造についての推定変形データを生成する（動作 7 0 4）。センサシステムによって生成された歪みデータは、ヒューリスティックモデルについての入力歪みデータを形成する。

【 0 0 9 3 】

次いで、処理は、構造の性能を所望の性能レベルに向上させるために、構造についての推定変形データを使用して構造についての制御パラメータのグループを調整し（動作 7 0 6）、その後この処理は終了する。例示的な一例として、構造が位相アレイアンテナの場合、推定変形データは、位相アレイアンテナによって形成されたビームの方向を電子的に操作するために、位相および/または振幅を調整するために使用される。たとえば、推定変形データは位相アレイアンテナについての補償アルゴリズムに入力されうる。

【 0 0 9 4 】

次に図 8 を参照すると、例示的实施形態による流れ図の形式の、ヒューリスティックモデルをトレーニングするための処理の例が示されている。図 8 に示される処理は、図 7 における動作 7 0 0 を実装するために使用されうる。さらに、この処理は図 1 におけるトレーナー 1 0 2 を使用して実装されうる。

【 0 0 9 5 】

処理は、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データを識別することによって開始する（動作 8 0 0）。複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースは、図 1 における構造 1 0 8 などの、構造についての特定の変形形状、および構造に適用されるべき選択された量の負荷および/または圧力のうちの少なくとも 1 つに対応する。動作 8 0 0 で、トレーニング変形データは、たとえば

10

20

30

40

50

図 1 における画像化システム 152 によって生成された画像データ 150 を使用して識別されうる。

【0096】

次いで、処理は、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング歪みデータを識別する（動作 802）。動作 802 で、トレーニング歪みデータは、たとえば、図 1 における構造 108 に関連付けられるセンサシステム 130 によって生成された歪みデータ 128 などの構造に関連付けられるセンサシステムによって生成された歪みデータを使用して識別されうる。

【0097】

その後、処理は、ヒューリスティックモデルが構造についての入力歪みデータに基づいて所望の精度レベルで構造についての推定変形データを生成するためにトレーニングされるように、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データおよびトレーニング歪みデータを使用してヒューリスティックモデルについてのパラメータのグループを調整し（動作 804）、その後この処理は終了する。具体的には、動作 804 は、ヒューリスティックモデルが、構造が関連付けられるプラットフォームの動作中に、所望の精度レベルで構造についての推定変形データを生成するように実行されうる。

【0098】

次に図 9 を参照すると、例示的实施形態による流れ図の形式の、ヒューリスティックモデルをトレーニングするための処理の例が示されている。図 9 に示される処理は、図 7 における動作 700 を実装するために使用されうる。さらに、この処理は、図 8 において説明された処理より詳細な処理でよい。

【0099】

処理は、複数のトレーニングケースからトレーニングケースを選択することによって開始する（動作 900）。この例示的な例では、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースは、構造についての特定の变形形状を指定する。次いで、処理は、構造が選択されたトレーニングケースによって指定された变形形状を有するように構造を变形する（動作 902）。

【0100】

その後、処理は、選択されたトレーニングケースによって指定された变形形状を有する構造についてのトレーニング変形データを識別する（動作 904）。動作 904 は、たとえば画像化システムを使用して実行されうる。動作 904 で識別されたトレーニング変形データは、構造上の複数のポイントについて識別された複数の変形測定値を備える。

【0101】

処理は、選択されたトレーニングケースによって指定された变形形状を有する構造についてのトレーニング歪みデータも識別する（動作 906）。動作 906 は、構造に関連付けられるセンサシステムを使用して実行されうる。センサシステムは、複数のセンサを備える。それぞれのセンサは、センサが位置する構造上の特定のポイントについての歪み測定値を生成する。このように、トレーニング歪みデータは、構造上の複数のポイントについての複数の歪み測定値を備える。

【0102】

この例示的な例では、トレーニング変形データ内の複数の変形測定値、およびトレーニング歪みデータ内の複数の歪み測定値は、構造上の同じ複数のポイントについて生成される。このように、構造上のポイントで生成されたそれぞれの歪み測定値は、構造上の同じポイントで生成された変形測定値に対応する。

【0103】

次に、処理は、トレーニング歪みデータから歪み測定値の 1 つの組合せを選択する（動作 908）。本明細書で使用される際には、「歪み測定値の組合せ」は、センサシステム内の複数のセンサによって生成された複数の歪み測定値のうちの 1 つまたは複数の選択である。歪み測定値の組合せは、センサシステム内の特定のセンサからの複数の歪み測定値

10

20

30

40

50

を含まない。このように、歪み測定値の組合せの選択は、センサシステム内のセンサの組合せの選択に対応する。選択された歪み測定値の組合せは、歪み測定値のうちの1つ、いくつか、または全てを含みうる。

【0104】

次いで、処理は、歪み測定値の選択された組合せ、およびトレーニング変形データ内の変形測定に対応する組合せを使用して、ヒューリスティックモデルをトレーニングする（動作910）。動作910で、ヒューリスティックモデルは、歪み測定値の選択された組合せ、および変形測定値に対応する組合せを使用して、ヒューリスティックモデルについてのパラメータのグループを調整する。調整されたパラメータのグループは、ある入力歪みデータに基づいてヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データを決定する。

10

【0105】

その後、処理は、歪み測定値の選択された組合せをヒューリスティックモデルに入力して、推定変形データを生成する（動作912）。処理は、推定変形データが所望の精度レベルを有するかどうかを決定する（動作914）。動作914で、決定は、ヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データと、トレーニング変形データ内に示される実際の変形データとの間の差異が選択された許容範囲内かどうかに基づいて行われる。

【0106】

推定変形データが所望の精度レベルを有していない場合、処理は、ヒューリスティックモデルについてのパラメータのグループを調整して（916）、次いで動作912に戻る。再び動作914を参照すると、推定変形データが所望の精度レベルを有する場合、処理は歪み測定値の選択された組合せ、変形測定値に対応する組合せ、およびパラメータのグループについての値を格納する（動作918）。

20

【0107】

次いで、処理は、歪み測定値の任意の、さらなる未処理の組合せがあるかどうかを決定する（動作920）。歪み測定値の任意の、さらなる未処理の組合せがある場合、上述のように処理は動作908に戻って、歪み測定値の新しい未処理の組合せを選択する。

【0108】

歪み測定値の任意の、さらなる未処理の組合せがない場合、処理は、複数のトレーニングケース内に任意の、さらなる未処理のトレーニングケースがあるかどうかを決定する（動作922）。任意のさらなる未処理のトレーニングケースがある場合、上述のように処理は動作900に戻る。任意のさらなる未処理のトレーニングケースがない場合、処理は終了する。このように、図1において説明した処理は、複数のトレーニングケースを使用して所望の精度レベルで構造についての推定変形データを生成するようにヒューリスティックモデルをトレーニングする。

30

【0109】

次に図10を参照すると、例示的实施形態による流れ図の形式の、構造上で使用するためのセンサの構成を識別するための処理の例が示されている。図10において説明される処理は、図1における構造108について、センサシステム130内の複数のセンサ132からいくつかのセンサ、およびこれらの選択されたセンサについての構成を選択するために実装されうる。

40

【0110】

処理は、ヒューリスティックモデルについて、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースの歪み測定値のそれぞれの選択された組合せに基づいて、ヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データを識別することによって開始する（動作1000）。次いで、処理は、複数のトレーニングケース内のそれぞれのトレーニングケースの歪み測定値のそれぞれの選択された組合せに基づいて生成された推定変形データを使用して、構造についての制御パラメータのグループを調整する（動作1002）。

【0111】

その後、処理は、推定変形データが構造についての制御パラメータのグループを調整す

50

るために使用される場合、ヒューリスティックモデルが、構造についての所望の性能レベルを提供するために必要な精度レベルで構造についての推定変形データを生成するために必要な最小数の歪み測定値を有する歪み測定値の組合せを識別して（動作１００４）、その後この処理は終了する。たとえば、補償アリゴリズムは、ヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データを使用して、構造が所望の性能レベルを有するように、構造についての制御パラメータのグループを調整できる。

#### 【０１１２】

推定変形データは、推定変形データを使用して識別された制御パラメータのグループへの調整に基づく、構造についての性能パラメータのグループと、実際の変形データを使用して識別された制御パラメータのグループへの調整に基づく、構造についての性能パラメータのグループとの間の差異が、選択された許容範囲内である場合、所望の精度レベルを有する。動作１００４で、処理は、所望の精度レベルで推定変形データを生成するヒューリスティックモデルをもたらすのに、歪み測定値のどの組合せが最小数のセンサを有するかを決定する。

#### 【０１１３】

説明した異なる実施形態における流れ図およびブロック図は、例示的实施形態による装置および方法のいくつかの可能な実装形態のアーキテクチャ、機能性、および動作を示している。この点に関して、流れ図またはブロック図内のそれぞれのブロックは、モジュール、セグメント、および／あるいは動作またはステップの一部を表しうる。たとえば、ブロックのうちの１つまたは複数は、プログラムコードとして、ハードウェア内に、またはその２つの組合せとして実装されうる。ハードウェア内に実装されると、ハードウェアは、たとえば、流れ図またはブロック図内の１つまたは複数の動作を実行するように製造または構成された集積回路の形式をとることができる。

#### 【０１１４】

例示的实施形態のいくつかの代替実装形態では、ブロック内に記載される機能は、図に記載される順序とは異なる順序で発生しうる。たとえば、場合によっては、含まれる機能に応じて、連続して示されている２つのブロックが実質的に同時に実行されてもよく、ブロックが逆の順序で実行されることがあってもよい。また、図示されたブロックに加えて、流れ図またはブロック図に他のブロックが追加されてもよい。

#### 【０１１５】

次に図１１～１４を参照すると、例示的实施形態による、制御パラメータについてのグラフ間の比較の例が示されている。図１１～１４では、グラフのそれぞれのペアが、推定変形データおよび実際の変形データを使用して、位相アレイアンテナについての制御パラメータに行われた調整を比較する。

#### 【０１１６】

推定変形データは、たとえば、図１におけるヒューリスティックモデル１０４を使用して生成されうる。推定変形データは、位相アレイアンテナに関連付けられるセンサシステムによって生成された歪みデータを使用して、ヒューリスティックモデルによって生成される。図１１～１４では、制御パラメータの値が、位相アレイアンテナに関連付けられるセンサシステム内のセンサの数に関して異なるグラフに提示される。

#### 【０１１７】

次に図１１を参照すると、例示的实施形態による、位相アレイアンテナのピークサイドローブ比のグラフの比較の例が示されている。グラフ１１００は、横軸１１０４および縦軸１１０６を有する。グラフ１１０２は、横軸１１０８および縦軸１１１０を有する。

#### 【０１１８】

横軸１１０４および横軸１１０８の両方は、推定変形測定値および実際の変形測定値が識別される、位相アレイアンテナ上のいくつかのポイントを表す。縦軸１１０６および縦軸１１１０の両方は、位相アレイアンテナについて選択されたピークサイドローブ比をデシベルで表す。

#### 【０１１９】

しかし、グラフ 1 1 0 0 内の曲線 1 1 1 2 は、位相アレイアンテナについての位相および/または振幅を調整するために、トレーニングされたヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データが使用される場合の、ピークサイドローブ比を識別する。グラフ 1 1 0 2 内の曲線 1 1 1 4 は、位相アレイアンテナについての位相および/または振幅を調整するために実際の変形データが使用される場合の、ピークサイドローブ比を識別する。

#### 【 0 1 2 0 】

上述のように、これらの曲線は、推定変形データに基づく位相アレイアンテナについて選択されたピークサイドローブ比が、実際の変形データに基づく位相アレイアンテナについて選択されたピークサイドローブ比の許容範囲内であることを示している。言い換えれば、位相アレイアンテナが推定変形データを使用して電子的に補償される場合の位相アレイアンテナについてのピークサイドローブ比と、実際の変形データを使用して位相アレイアンテナが電子的に補償される場合の位相アレイアンテナについてのピークサイドローブ比とが、選択された許容範囲内で実質的に等しいことができる。

#### 【 0 1 2 1 】

次に図 1 2 を参照すると、例示的实施形態による、利得の減少のグラフの比較の例が示されている。この例示的な例では、グラフ 1 2 0 0 は、横軸 1 2 0 4 および縦軸 1 2 0 6 を有する。グラフ 1 2 0 2 は、横軸 1 2 0 8 および縦軸 1 2 1 0 を有する。

#### 【 0 1 2 2 】

横軸 1 2 0 4 と横軸 1 2 0 8 の両方は、位相アレイアンテナに関連付けられるセンサシステム内のいくつかのセンサを表す。縦軸 1 2 0 6 と縦軸 1 2 1 0 の両方は、位相アレイアンテナについての利得の減少をデシベルで表す。

#### 【 0 1 2 3 】

しかし、グラフ 1 2 0 0 内の曲線 1 2 1 2 は、位相アレイアンテナについての位相および/または振幅を調整するために、トレーニングされたヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データが使用される場合の、利得の減少を識別する。グラフ 1 2 0 2 内の曲線 1 2 1 4 は、位相アレイアンテナについての位相および/または振幅を調整するために実際の変形データが使用される場合の、利得の減少を識別する。

#### 【 0 1 2 4 】

図示されるように、これらの曲線は、推定変形データに基づく位相アレイアンテナについての利得の減少が、実際の変形データに基づく位相アレイアンテナについての利得の減少の選択された許容範囲内であることを示している。言い換えれば、位相アレイアンテナが推定変形データを使用して電子的に補償される場合の位相アレイアンテナについての利得の減少と、実際の変形データを使用して位相アレイアンテナが電子的に補償される場合の位相アレイアンテナについての利得の減少とが、選択された許容範囲内で実質的に等しいことができる。

#### 【 0 1 2 5 】

次に図 1 3 を参照すると、例示的实施形態による、位相のグラフの比較の例が示されている。この例示的な例では、グラフ 1 3 0 0 は、横軸 1 3 0 4 および縦軸 1 3 0 6 を有する。グラフ 1 3 0 2 は、横軸 1 3 0 8 および縦軸 1 3 1 0 を有する。

#### 【 0 1 2 6 】

横軸 1 3 0 4 と横軸 1 3 0 8 の両方は、位相アレイアンテナに関連付けられるセンサシステム内のいくつかのセンサを表す。縦軸 1 3 0 6 と縦軸 1 3 1 0 の両方は、位相アレイアンテナについて選択された位相を度で表す。

#### 【 0 1 2 7 】

しかし、グラフ 1 3 0 0 内の曲線 1 3 1 2 は、位相アレイアンテナについての位相を調整するために、トレーニングされたヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データが使用される場合の、位相を識別する。グラフ 1 3 0 2 内の曲線 1 3 1 4 は、位相アレイアンテナについての位相を調整するために実際の変形データが使用される場合の、位相を識別する。図示されるように、これらの曲線は、推定変形データに基づく位相ア

10

20

30

40

50

レイアンテナについて選択された位相が、実際の変形データに基づく位相アレイアンテナについて選択された位相の選択された許容範囲内であることを示している。

【 0 1 2 8 】

次に図 1 4 を参照すると、例示的实施形態による、ビーム方向操作角度偏差のグラフの比較の例が示されている。この例示的な例では、グラフ 1 4 0 0 は、横軸 1 4 0 4 および縦軸 1 4 0 6 を有する。グラフ 1 4 0 2 は、横軸 1 4 0 8 および縦軸 1 4 1 0 を有する。

【 0 1 2 9 】

横軸 1 4 0 4 と横軸 1 4 0 8 の両方は、位相アレイアンテナに関連付けられるセンサシステム内のいくつかのセンサを表す。縦軸 1 4 0 6 と縦軸 1 4 1 0 の両方は、位相アレイアンテナについてのビーム方向操作角度偏差を度で表す。

10

【 0 1 3 0 】

しかし、グラフ 1 4 0 0 内の曲線 1 4 1 2 は、位相アレイアンテナについての位相および/または振幅を調整するために、トレーニングされたヒューリスティックモデルによって生成された推定変形データが使用される場合の、ビーム方向操作角度偏差を識別する。グラフ 1 4 0 2 内の曲線 1 4 1 4 は、位相アレイアンテナについての位相および/または振幅を調整するために実際の変形データが使用される場合の、ビーム方向操作角度偏差を識別する。

【 0 1 3 1 】

図示されるように、これらの曲線は、推定変形データに基づく位相アレイアンテナについてのビーム方向操作角度偏差が、実際の変形データに基づく位相アレイアンテナについてのビーム方向操作角度偏差の選択された許容範囲内であることを示している。言い換えれば、位相アレイアンテナが推定変形データを使用して電子的に補償される場合の位相アレイアンテナについてのビーム方向操作角度偏差と、実際の変形データを使用して位相アレイアンテナが電子的に補償される場合の位相アレイアンテナについてのビーム方向操作角度偏差とが、選択された許容範囲内で実質的に等しいことができる。

20

【 0 1 3 2 】

図 1 1 におけるグラフ 1 1 0 0 および 1 1 0 2、図 1 2 におけるグラフ 1 2 0 0 および 1 2 0 2、図 1 3 におけるグラフ 1 3 0 0 および 1 3 0 2、ならびに図 1 4 におけるグラフ 1 4 0 0 および 1 4 0 2 の図示は、例示的实施形態を実装できる方法への物理的または構造的な限界を含意することを意味するものではない。これらのグラフ内に提示されるデータは、構造、構造に関連付けられるセンサシステム、および構造の変形を推定するために使用されるヒューリスティックモデルについての唯一の可能な実装形態に関する。

30

【 0 1 3 3 】

次に図 1 5 を参照すると、例示的实施形態による、データ処理システムの例が示されている。データ処理システム 1 5 0 0 は、図 1 におけるコンピュータシステム 1 2 2、および/または図 2 におけるコンピュータシステム 2 0 2 を実装するために使用されうる。この例示的な例では、データ処理システム 1 5 0 0 は、プロセッサユニット 1 5 0 4、メモリ 1 5 0 6、永続性記憶装置 1 5 0 8、通信ユニット 1 5 1 0、入力/出力 (I/O) ユニット 1 5 1 2、およびディスプレイ 1 5 1 4 の間に通信を提供する通信フレームワーク 1 5 0 2 を含む。これらの例では、通信フレームワーク 1 5 0 2 はバスシステムでよい。

40

【 0 1 3 4 】

プロセッサユニット 1 5 0 4 は、メモリ 1 5 0 6 にロードされうるソフトウェアの命令を実行するために役立つ。プロセッサユニット 1 5 0 4 は、特定の実装形態に応じて、いくつかのプロセッサ、マルチプロセッサコア、または他の何らかのタイプのプロセッサでよい。さらに、プロセッサユニット 1 5 0 4 は、メインプロセッサが第 2 プロセッサとともに単一のチップ上に存在するいくつかの異種プロセッサシステムを使用して実装されうる。他の例示的な例では、プロセッサユニット 1 5 0 4 は、同じタイプの複数のプロセッサを含む対称マルチプロセッサシステムでよい。

【 0 1 3 5 】

メモリ 1 5 0 6 および永続性記憶装置 1 5 0 8 は、記憶装置 1 5 1 6 の例である。記憶

50

装置は、たとえば、これらに限定されないが、データ、関数形式のプログラムコード、および/または他の適切なタイプの情報などの情報を、一時的および/または永続的に格納できるハードウェアの任意の部分でよい。記憶装置 1516 は、これらの例ではコンピュータ可読記憶装置とも呼ばれる。これらの例示的な例では、メモリ 1506 は、たとえば、ランダムアクセスメモリ、あるいは他の任意の適切な揮発性または不揮発性記憶装置でよい。永続性記憶装置 1508 は、特定の実装形態に応じて様々な形式をとることができる。

#### 【0136】

永続性記憶装置 1508 は、1つまたは複数のコンポーネントまたはデバイスを含みうる。たとえば、永続性記憶装置 1508 は、ハードドライブ、フラッシュメモリ、書換え可能光ディスク、書換え可能磁気ディスク、または上記の任意の組合せでよい。永続性記憶装置 1508 によって使用される媒体は着脱可能でもよい。たとえば、着脱可能ハードドライブは永続性記憶装置 1508 のために使用される。

10

#### 【0137】

これらの例では、通信ユニット 1510 は、他のデータ処理システムまたはデバイスとの通信を提供する。これらの例では、通信ユニット 1510 はネットワークインターフェースカードである。通信ユニット 1510 は、物理的および/または無線通信リンクの使用を通じて通信を提供できる。

#### 【0138】

入力/出力ユニット 1512 によって、データ処理システム 1500 に接続される他のデバイスとのデータの入力および出力が可能になる。たとえば、入力/出力ユニット 1512 は、キーボード、マウス、および/または他の何らかの適切な入力デバイスを通じてユーザ入力のための接続を提供できる。さらに、入力/出力ユニット 1512 は出力をプリンタに送信できる。ディスプレイ 1514 は情報を表示するためのメカニズムをユーザに提供する。

20

#### 【0139】

オペレーティングシステム、アプリケーション、および/またはプログラムのための命令は、通信フレームワーク 1502 を通じてプロセッサユニット 1504 と通信する記憶装置 1516 内に配置される。これらの例示的な例では、命令は永続性記憶装置 1508 上の関数形式である。これらの命令は、プロセッサユニット 1504 によって実行するためにメモリ 1506 内にロードされる。異なる実施形態の処理は、メモリ 1506 などのメモリ内に配置されるコンピュータ実装命令を使用してプロセッサユニット 1504 によって実行される。

30

#### 【0140】

これらの命令は、プロセッサユニット 1504 内のプロセッサによって読出しおよび実行される、プログラムコード、コンピュータ使用可能プログラムコード、またはコンピュータ可読プログラムコードと呼ばれる。異なる実施形態におけるプログラムコードは、異なる物理的、あるいはメモリ 1506 または永続性記憶装置 1508 などのコンピュータ可読記憶媒体に実施される。

#### 【0141】

40

プログラムコード 1518 は、プロセッサユニット 1504 によって実行するために、選択的に着脱可能な、およびデータ処理システム 1500 にロードしうる、またはそこに転送しうる、コンピュータ可読媒体 1520 上に関数形式で配置される。これらの例示的な例では、プログラムコード 1518 およびコンピュータ可読媒体 1520 は、コンピュータプログラム製品 1522 を形成する。一例では、コンピュータ可読媒体 1520 は、コンピュータ可読記憶媒体 1524 でもよく、コンピュータ可読信号媒体 1526 でもよい。コンピュータ可読記憶媒体 1524 は、たとえば、永続性記憶装置 1508 の一部であるハードドライブなどの記憶装置に転送するために、永続性記憶装置 1508 の一部であるドライブまたは他のデバイスに挿入されるか、その中に位置する、光学式ディスクまたは磁気ディスクを含みうる。コンピュータ可読記憶媒体 1524 も、データ処理システ

50

ム 1 5 0 0 に接続されたハードドライブ、サムドライブ、またはフラッシュメモリなどの、永続性記憶装置の形式をとりうる。いくつかの例では、コンピュータ可読記憶媒体 1 5 2 4 はデータ処理システム 1 5 0 0 から着脱可能でない場合がある。これらの例では、コンピュータ可読記憶媒体 1 5 2 4 は、プログラムコード 1 5 1 8 を伝搬または送信する媒体ではなく、プログラムコード 1 5 1 8 を格納するために使用される、物理的または有形記憶装置である。コンピュータ可読記憶媒体 1 5 2 4 は、コンピュータ可読有形記憶装置、またはコンピュータ可読物理的記憶装置とも呼ばれる。言い換えれば、コンピュータ可読記憶媒体 1 5 2 4 は、人が触れることのできる媒体である。

【 0 1 4 2 】

あるいは、プログラムコード 1 5 1 8 は、コンピュータ可読信号媒体 1 5 2 6 を使用して、データ処理システム 1 5 0 0 に転送されうる。コンピュータ可読信号媒体 1 5 2 6 は、たとえば、プログラムコード 1 5 1 8 を含む伝搬されたデータ信号でよい。たとえば、コンピュータ可読信号媒体 1 5 2 6 は、電磁信号、光信号、および / または他の任意の適切なタイプの信号でよい。これらの信号は、無線通信リンク、光ファイバケーブル、同軸ケーブル、ワイヤ、および / または他の任意の適切なタイプの通信リンクなどの通信リンクを介して送信されうる。言い換えれば、これらの例示的な例では、通信リンクおよび / または接続は物理的でもよく、無線でもよい。

【 0 1 4 3 】

いくつかの例示的实施形態では、プログラムコード 1 5 1 8 は、データ処理システム 1 5 0 0 内で使用するためにコンピュータ可読信号媒体 1 5 2 6 を通じて、他のデバイスまたはデータ処理システムから、ネットワークを介して永続性記憶装置 1 5 0 8 にダウンロードされうる。たとえば、サーバデータ処理システム内のコンピュータ可読記憶媒体に格納されたプログラムコードは、サーバからデータ処理システム 1 5 0 0 へネットワークを介してダウンロードされうる。プログラムコード 1 5 1 8 を提供するデータ処理システムは、サーバコンピュータ、クライアントコンピュータ、またはプログラムコード 1 5 1 8 を格納および送信できる他の何らかのデバイスでよい。

【 0 1 4 4 】

データ処理システム 1 5 0 0 について示された異なるコンポーネントは、異なる実施形態が実装されうる方法へのアーキテクチャ上の制限を提供することを意図するものではない。異なる例示的实施形態は、データ処理システム 1 5 0 0 について図示されたものに加えて、またはその代わりに、コンポーネントを含むデータ処理システムに実装されうる。図 1 5 に示された他のコンポーネントは、図示された例示的な例とは異なってよい。異なる実施形態は、プログラムコードを実行できる任意のハードウェアデバイスまたはシステムを使用して実装されうる。一例を挙げると、データ処理システムは、無機コンポーネント ( *inorganic component* ) に組み込まれた有機コンポーネント ( *organic component* ) を含んでもよく、および / または人間を除く有機コンポーネントで完全に構成されてもよい。たとえば、記憶装置は有機半導体で構成されてよい。

【 0 1 4 5 】

他の例示的な例では、プロセッサユニット 1 5 0 4 は、特定の使用のために製造または構成された回路を有するハードウェアユニットの形式をとる場合がある。このタイプのハードウェアは、動作を実行するように構成される記憶装置からプログラムコードをメモリにロードせずに動作を実行できる。

【 0 1 4 6 】

たとえば、プロセッサユニット 1 5 0 4 がハードウェアユニットの形式をとる場合、プロセッサユニット 1 5 0 4 は、回路システム、特定用途向け集積回路 ( *ASIC* )、プログラム可能論理デバイス、またはいくつかの動作を実行するように構成された他の何らかの適切なタイプのハードウェアでよい。プログラム可能論理デバイスでは、デバイスはいくつかの動作を実行するように構成される。デバイスは、いくつかの動作を実行するように後に再構成されてもよく、常設型で構成されてもよい。プログラム可能論理デバイスの

10

20

30

40

50



例には、たとえば、プログラム可能論理アレイ、フィールドプログラム可能論理アレイ、フィールドプログラム可能ゲートアレイ、および他の適切なハードウェアデバイスがある。このタイプの実装形態では、異なる実施形態についての処理がハードウェアユニットに実装されるので、プログラムコード 1 5 1 8 は省略されうる。

【 0 1 4 7 】

他の例示的な例では、プロセッサユニット 1 5 0 4 は、コンピュータおよびハードウェアユニット内に見られるプロセッサの組合せを使用して実装されうる。プロセッサユニット 1 5 0 4 は、プログラムコード 1 5 1 8 を実行するように構成された、いくつかのハードウェアユニットおよびいくつかのプロセッサを有することができる。この図示された例では、処理のうちのいくつかをいくつかのハードウェアユニットに実装でき、他の処理をいくつかのプロセッサに実装できる。

10

【 0 1 4 8 】

他の例では、通信フレームワーク 1 5 0 2 を実装するためにバスシステムを使用でき、バスシステムは、システムバスまたは入力 / 出力バスなどの 1 つまたは複数のバスで構成されうる。当然、バスシステムは、バスシステムに接続された異なるコンポーネントまたはデバイス間のデータの転送を提供する任意の適切なタイプのアーキテクチャを使用して実装されうる。

【 0 1 4 9 】

さらに、通信ユニットは、データを送信する、データを受信する、またはデータを送受信する、いくつかのより多くのデバイスを含みうる。通信ユニットは、たとえば、モデムまたはネットワークアダプタ、2つのネットワークアダプタ、あるいはそれらの何らかの組合せでよい。さらに、メモリは、たとえば、メモリ 1 5 0 6、または通信フレームワーク 1 5 0 2 内に存在しうるインターフェースおよびメモリコントローラハブ内に見られるものなどのキャッシュでよい。

20

【 0 1 5 0 】

以下は、上述の文および図面において開示した例の態様、変形形態、実例、および例である。一態様では、複数のトレーニングケース 1 3 6 内のそれぞれのトレーニングケースの構造 1 0 8 についてのトレーニング変形データ 1 4 2 を識別することであって、トレーニング変形データ 1 4 2 が、ヒューリスティックモデル 1 0 4 によって生成された出力データ 1 1 8 の精度を向上させるために、ヒューリスティックモデル 1 0 4 によって使用されるように構成されることと、複数のトレーニングケース 1 3 6 内のそれぞれのトレーニングケースの構造 1 0 8 についてのトレーニング歪みデータ 1 4 4 を識別することであって、トレーニング歪みデータ 1 4 4 が、ヒューリスティックモデル 1 0 4 によって生成された出力データ 1 1 8 の精度を向上させるために、ヒューリスティックモデル 1 0 4 によって使用されるように構成されることと、推定変形データ 1 2 4 が所望の精度レベルを有する入力歪みデータ 1 2 6 に基づいて構造 1 0 8 についての推定変形データ 1 2 4 を生成するためにヒューリスティックモデル 1 0 4 がトレーニングされるように、複数のトレーニングケース 1 3 6 内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データ 1 4 2 およびトレーニング歪みデータ 1 4 4 を使用してヒューリスティックモデル 1 0 4 についてのパラメータのグループ 1 2 1 を調整することを含む、構造 1 0 8 の変形を識別するための方法が開示される。

30

40

【 0 1 5 1 】

一変形形態では、本方法は、構造 1 0 8 がプラットフォーム 1 1 0 に関連付けられる場合、プラットフォーム 1 1 0 の動作中に、構造 1 0 8 に関連付けられるセンサシステム 1 3 0 を使用して構造 1 0 8 についての歪みデータ 1 2 8 を生成することをさらに含む。他の変形形態では、本方法は、ヒューリスティックモデル 1 0 4、およびヒューリスティックモデル 1 0 4 についての入力歪みデータ 1 2 6 としての歪みデータ 1 2 8 を使用して、構造 1 0 8 についての推定変形データ 1 2 4 を生成することをさらに含む。他の変形形態では、本方法は、ヒューリスティックモデル 1 0 4 および歪みデータ 1 2 8 をヒューリスティックモデル 1 0 4 についての入力歪みデータ 1 2 6 として使用して、構造 1 0 8 につ

50

いての推定変形データ124を生成することが、ヒューリスティックモデル104、ヒューリスティックモデル104についての入力歪みデータ126としての歪みデータ128、およびヒューリスティックモデル104についての追加入力データ133を使用して、構造108についての推定変形データ124を生成することを含む。

【0152】

一例では、本方法は、構造108がプラットフォーム110の動作中に所望の性能レベルを有するように、ヒューリスティックモデル104によって生成された推定変形データ124を使用して構造108についての制御パラメータのグループ115を調整することをさらに含む。他の例では、本方法は、構造108がプラットフォーム110の動作中に所望の性能レベルを有するように、ヒューリスティックモデル104によって生成された推定変形データ124を使用して構造108についての制御パラメータのグループ115を調整するステップが、ヒューリスティックモデル104によって生成された推定変形データ124を使用してプラットフォーム110の動作中に構造108の変形を補正するために、構造108についての制御パラメータのグループ115を調整することを含む。

【0153】

一例では、本方法は、センサシステム130についてのセンサの組合せを選択することであって、推定変形データ124が制御パラメータのグループ115を調整するために使用される場合、選択されたセンサの組合せが、ヒューリスティックモデル104が所望の精度レベルで推定変形データ124を生成するために、および構造108がプラットフォーム110の動作中に所望の性能レベルを有するために必要な最小数のセンサを有することをさらに含む。他の例では、本方法は、複数のトレーニングケース136内のそれぞれのトレーニングケースの構造108についてのトレーニング変形データ142を識別するステップが、画像化システム152によって生成された画像データ150を使用して、複数のトレーニングケース136内のそれぞれのトレーニングケースの構造108についてのトレーニング変形データ142を識別することであって、トレーニング変形データ142が、ヒューリスティックモデル104によって生成された出力データ118の精度を向上させるためにヒューリスティックモデル104によって使用されるように構成されることを含む。

【0154】

さらに他の例では、本方法は、複数のトレーニングケース136内のそれぞれのトレーニングケースの構造108についてのトレーニング歪みデータ144を識別するステップが、構造108に関連付けられるセンサシステム130を使用して、複数のトレーニングケース136内のそれぞれのトレーニングケースの構造108についてのトレーニング歪みデータ144を識別することであって、トレーニング歪みデータ144が、ヒューリスティックモデル104によって生成された出力データ118の精度を向上させるためにヒューリスティックモデル104によって使用されるように構成されることを含む。

【0155】

一変形形態では、本方法は、複数のトレーニングケース136内のそれぞれのトレーニングケースの構造108についてのトレーニング環境データを識別することであって、トレーニング環境データが、ヒューリスティックモデル104によって生成された出力データ118の精度を向上させるためにヒューリスティックモデル104によって使用されるように構成されることをさらに含み、また、複数のトレーニングケース136内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データ142およびトレーニング歪みデータ144を使用してヒューリスティックモデル104についてのパラメータのグループ121を調整するステップが、ヒューリスティックモデル104が、推定変形データ124が所望の精度レベルを有する、入力歪みデータ126に基づいて構造108についての推定変形データ124を生成するためにトレーニングされるように、複数のトレーニングケース136内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データ142、トレーニング歪みデータ144、およびトレーニング環境データを使用して、ヒューリスティックモデル104についてのパラメータのグループ121を調整することを含む。

一変形形態では、本方法は、構造 108 を複数のトレーニングケース 136 内のトレーニングケースに対応する変形形状 116 に変形することと、構造 108 が変形形状 116 を有する場合、構造 108 についての歪みデータ 128 を生成することとをさらに含む。他の変形形態では、本方法は、構造 108 を複数のトレーニングケース 136 内のトレーニングケースに対応する変形形状 116 に変形するステップが、構造 108 が複数のトレーニングケース 136 内のトレーニングケースに対応する変形形状 116 に変形するように、複数の選択された負荷を、構造 108 上の複数のポイント 148 に適用することを含む。

10

10

一態様では、複数のトレーニングケース１３６内のそれぞれのトレーニングケースの構造１０８についてのトレーニング変形データ１４２およびトレーニング歪みデータ１４４を識別することであって、それぞれのトレーニングケースが、ヒューリスティックモデル１０４によって生成された出力データ１１８の精度を向上させるためにヒューリスティックモデル１０４によって使用されるように構成され、構造１０８がプラットフォーム１１０に関連付けられるように構成されることと、推定変形データ１２４が所望の精度レベルを有する入力歪みデータ１２６に基づいて構造１０８についての推定変形データ１２４を生成するためにヒューリスティックモデル１０４がトレーニングされるように、複数のトレーニングケース１３６内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データ１４２およびトレーニング歪みデータ１４４を使用してヒューリスティックモデル１０４についてのパラメータのグループ１２１を調整することと、構造１０８がプラットフォーム１１０に関連付けられる場合、プラットフォーム１１０の動作中に、構造１０８に関連付けられるセンサシステム１３０を使用して構造１０８についての歪みデータ１２８を生成することと、ヒューリスティックモデル１０４、およびヒューリスティックモデル１０４についての入力歪みデータ１２６としての歪みデータ１２８を使用して、構造１０８についての推定変形データ１２４を生成することと、構造１０８がプラットフォーム１１０の動作中に所望の性能レベルを有するように、ヒューリスティックモデル１０４によって生成された推定変形データ１２４を使用して構造１０８についての制御パラメータのグループ１１５を調整することを含む、構造１０８の性能を管理するための方法が開示される。

## 30

40

一態様では、入力歪みデータ 126 に基づいて構造 108 についての推定変形データ 124 を生成するように構成されたヒューリスティックモデル 104 と、ヒューリスティックモデル 104 が、推定変形データ 124 が所望の精度レベルを有する入力歪みデータ 126 に基づいて構造 108 についての推定変形データ 124 を生成するように、複数のトレーニングケース 136 内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データ 1

50

４２およびトレーニング歪みデータ１４４を識別して、複数のトレーニングケース１３６内のそれぞれのトレーニングケースについて識別されたトレーニング変形データ１４２およびトレーニング歪みデータ１４４を使用してヒューリスティックモデル１０４をトレーニングするように構成されたトレーナー１０２を含む装置が開示される。

#### 【０１６１】

一変形形態では、本装置は、トレーナー１０２が、構造１０８に関連付けられるセンサシステム１３０から複数のトレーニングケース１３６内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング歪みデータ１４４を受信するように構成され、センサシステム１３０が構造１０８上の複数のポイント１４８に位置する複数のセンサを含み、複数のセンサが構造１０８上の複数のポイント１４８についての複数の歪み測定値を生成するように構成されることを含む。他の変形形態では、本装置は、ヒューリスティックモデル１０４が、入力歪みデータ１２６に基づいてヒューリスティックモデル１０４によって生成された推定変形データ１２４が所望の精度レベルを有するように、複数のトレーニングケース１３６内のそれぞれのトレーニングケースのトレーニング変形データ１４２およびトレーニング歪みデータ１４４を使用してヒューリスティックモデル１０４についてのパラメータのグループ１２１を調整するように構成されることを含む。

10

#### 【０１６２】

さらに他の変形形態では、本装置は、ヒューリスティックモデル１０４が、ニューラルネットワーク、学習ベースアルゴリズム、回帰モデル、サポートベクターマシン、データフィッティングモデル、パターン認識モデル、および人工知能のうちの少なくとも１つを含むことを含む。一例では、本装置は、構造１０８がプラットフォーム１１０に関連付けられ、構造１０８がプラットフォーム１１０の動作中に所望の性能レベルを有するように、ヒューリスティックモデル１０４によって生成された推定変形データ１２４が、プラットフォーム１１０の動作中に構造１０８についての制御パラメータのグループ１１５を調整するために使用されることを含む。

20

#### 【０１６３】

例示および説明の目的で、異なる例示的实施形態の説明を提示してきたが、この説明は、網羅的であること、または開示された形式の実施形態に限定することを意図するものではない。当業者には、多くの修正形態および変形形態が明らかであろう。さらに、異なる例示的实施形態は、他の例示的实施形態と比較して異なる特徴を提供できる。選択された実施形態は、実施形態の原理および実際の適用を最もよく説明するために、ならびに他の当業者が、想定される特定の用途に適した様々な修正形態を有する様々な実施形態の開示を理解できるようにするために選ばれて説明される。

30

#### 【符号の説明】

#### 【０１６４】

- １００ トレーニング環境
- １０２ トレーナー
- １０４ ヒューリスティックモデル
- １０６ 変形
- １０８ 構造
- １１０ プラットフォーム
- １１２ 形状
- １１４ 基準形状
- １１５ 制御パラメータのグループ
- １１６ 変形形状
- １１８ 出力データ
- １２０ 入力データ
- １２１ パラメータのグループ
- １２２ コンピュータシステム
- １２４ 推定変形データ

40

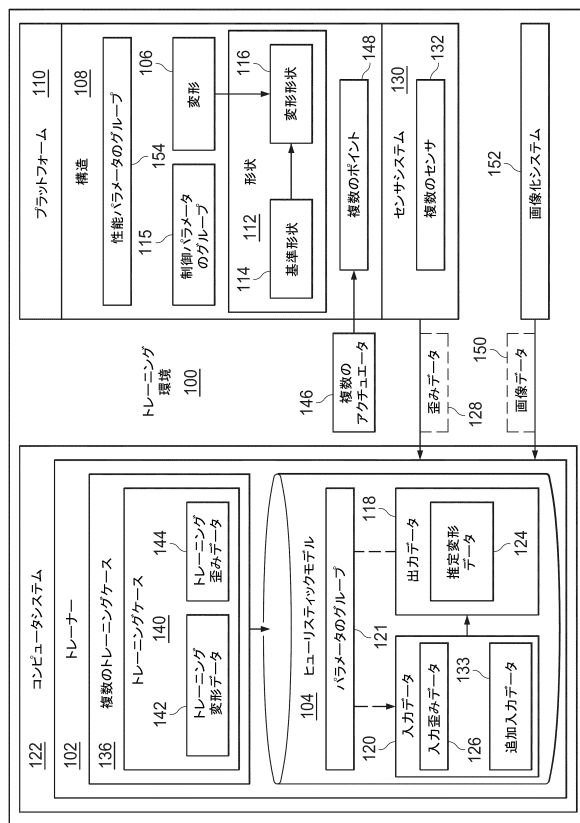
50

1 2 6	入力歪みデータ	
1 2 8	歪みデータ	
1 3 0	センサシステム	
1 3 2	複数のセンサ	
1 3 3	追加入力データ	
1 3 6	複数のトレーニングケース	
1 4 0	トレーニングケース	
1 4 2	トレーニング変形データ	
1 4 4	トレーニング歪みデータ	
1 4 6	複数のアクチュエータ	10
1 4 8	複数のポイント	
1 5 0	画像データ	
1 5 2	画像化システム	
1 5 4	性能パラメータのグループ	
2 0 0	トレーニング環境	
2 0 2	コンピュータシステム	
2 0 4	サポートシステム	
2 0 6	アクチュエータシステム	
2 0 8	画像化システム	
2 1 0	センサシステム	20
2 1 1	構造	
2 1 2	位相アレイアンテナ	
2 1 4	複数のアクチュエータ	
2 1 6	複数のカメラ	
3 0 0	位相アレイアンテナ	
3 0 2	位相アレイアンテナ 3 0 0 の一部	
3 0 4	複数のセンサ	
3 0 6	複数のポイント	
3 0 8	センサ	
3 1 0	ポイント	30
4 0 0	表	
4 0 2	ポイント識別子	
4 0 4	トレーニングケース	
4 0 6	トレーニングケース	
4 0 8	トレーニングケース	
4 1 0	トレーニングケース	
4 1 2	トレーニングケース	
4 1 3	推定変形測定値	
5 0 0	表	
5 0 2	ポイント識別子	40
5 0 4	トレーニングケース	
5 0 6	トレーニングケース	
5 0 8	トレーニングケース	
5 1 0	トレーニングケース	
5 1 2	トレーニングケース	
5 1 3	実際の変形測定値	
6 0 0	表	
6 0 2	ポイント識別子	
6 0 4	差分値	
6 0 6	トレーニングケース	50

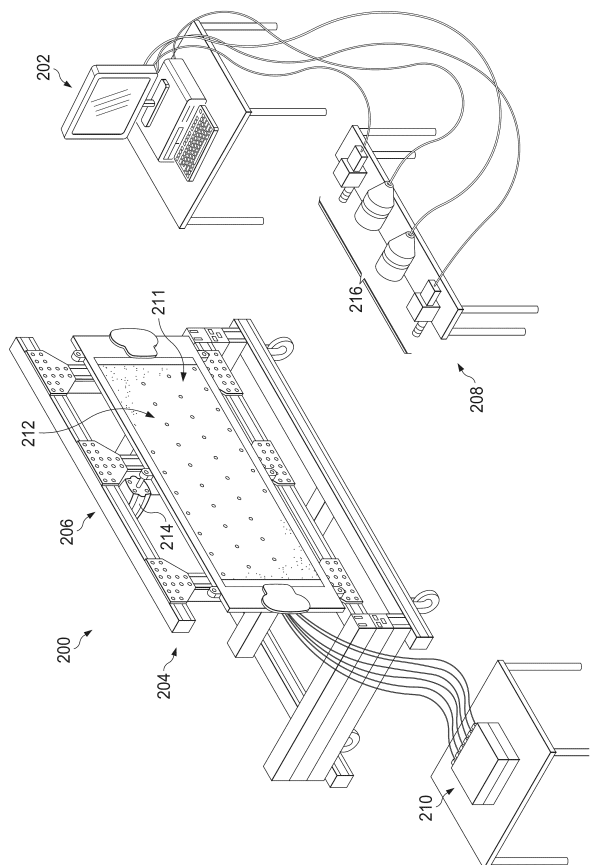
6 0 8	トレーニングケース	
6 1 0	トレーニングケース	
6 1 2	トレーニングケース	
6 1 4	トレーニングケース	
7 0 0	動作	
1 1 0 0	グラフ	
1 1 0 2	グラフ	
1 1 0 4	横軸	
1 1 0 6	縦軸	
1 1 0 8	横軸	10
1 1 1 0	縦軸	
1 1 1 2	曲線	
1 1 1 4	曲線	
1 2 0 0	グラフ	
1 2 0 2	グラフ	
1 2 0 4	横軸	
1 2 0 6	縦軸	
1 2 0 8	横軸	
1 2 1 0	縦軸	
1 2 1 2	曲線	20
1 2 1 4	曲線	
1 3 0 0	グラフ	
1 3 0 2	グラフ	
1 3 0 4	横軸	
1 3 0 6	縦軸	
1 3 0 8	横軸	
1 3 1 0	縦軸	
1 3 1 2	曲線	
1 3 1 4	曲線	
1 4 0 0	グラフ	30
1 4 0 2	グラフ	
1 4 0 4	横軸	
1 4 0 6	縦軸	
1 4 0 8	横軸	
1 4 1 0	縦軸	
1 4 1 4	曲線	
1 4 1 4	曲線	
1 5 0 0	データ処理システム	
1 5 0 2	通信フレームワーク	
1 5 0 4	プロセッサユニット	40
1 5 0 6	メモリ	
1 5 0 8	永続性記憶装置	
1 5 1 0	通信ユニット	
1 5 1 2	入力／出力（I／O）ユニット	
1 5 1 4	ディスプレイ	
1 5 1 6	記憶装置	
1 5 1 8	プログラムコード	
1 5 2 0	コンピュータ可読媒体	
1 5 2 2	コンピュータプログラム製品	
1 5 2 4	コンピュータ可読記憶媒体	50

1 5 2 6 コンピュータ可読信号媒体

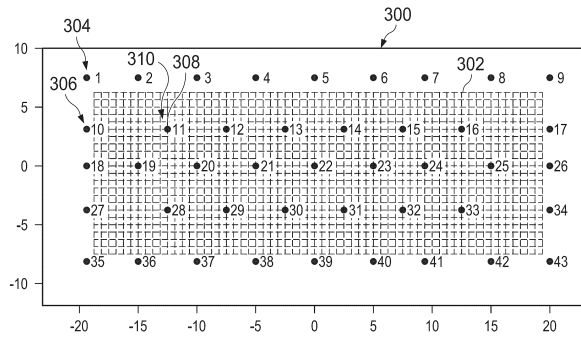
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

推定変形測定値					
ID	形状A	形状B	形状C	形状D	形状E
402	404	406	408	410	412
1	-0.0753	0.0187	-0.0133	0.0657	0.0963
5	-0.3329	-0.0940	0.1483	0.1784	0.3891
9	-0.0102	-0.0189	0.0103	0.0202	0.0308
11	-0.1868	0.0107	0.0093	0.1350	0.2276
16	-0.0904	-0.0577	0.0421	0.0561	0.1087
18	-0.1400	0.1281	-0.1456	0.1740	0.1866
22	-0.1712	-0.0415	0.0563	0.1014	0.2013
26	0.0906	-0.0510	-0.0611	-0.0114	-0.0882
28	-0.1633	0.0971	-0.1031	0.1687	0.2086
32	-0.0258	-0.0486	0.0090	0.0298	0.0381
35	-0.1993	0.2503	-0.3022	0.2925	0.2733
39	-0.0342	-0.0045	0.0019	0.0288	0.0449
43	0.2303	-0.0670	-0.1476	-0.0419	-0.2298

413

【図 5】

実際の変形測定値					
ID	形状A	形状B	形状C	形状D	形状E
502	504	506	508	510	512
1	-0.0773	0.0195	-0.0133	0.0656	0.0939
5	-0.3333	-0.0945	0.1496	0.1780	0.3866
9	-0.0131	-0.0186	0.0127	0.0212	0.0281
11	-0.1882	0.0100	0.0078	0.1362	0.2235
16	-0.0872	-0.0584	0.0456	0.0568	0.1150
18	-0.1427	0.1247	-0.1504	0.1739	0.1767
22	-0.1725	-0.0416	0.0577	0.1021	0.1996
26	0.0943	-0.0478	-0.0531	-0.0110	-0.0779
28	-0.1653	0.0945	-0.1079	0.1685	0.2013
32	-0.0244	-0.0489	0.0132	0.0305	0.0428
35	-0.2023	0.2444	-0.3139	0.2914	0.2577
39	-0.0351	-0.0056	0.0030	0.0293	0.0444
43	0.2360	-0.0668	-0.1396	-0.0471	-0.2101

513

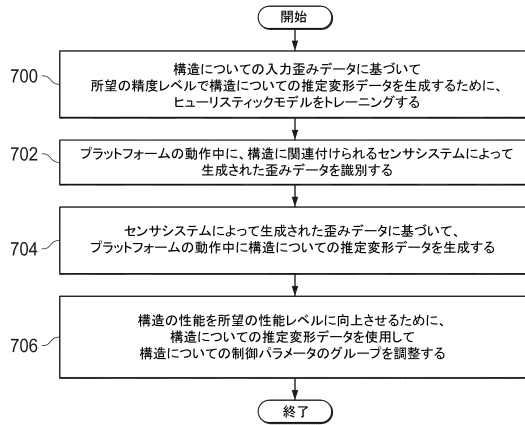
【図 6】

差異					
ID	形状A	形状B	形状C	形状D	形状E
602	606	608	610	612	614
1	0.002	-0.001	0.000	0.000	0.002
5	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.002
9	0.003	0.000	-0.002	-0.001	0.003
11	0.001	0.001	0.001	-0.001	0.004
16	-0.003	0.001	-0.003	-0.001	-0.006
18	0.003	0.003	0.005	0.000	0.010
22	0.001	0.000	-0.001	-0.001	0.002
26	-0.004	-0.003	-0.008	0.000	-0.010
28	0.002	0.003	0.005	0.000	0.007
32	-0.001	0.000	-0.004	-0.001	-0.005
35	0.003	0.006	0.012	0.001	0.016
39	0.001	0.001	-0.001	0.000	0.000
43	-0.006	0.000	-0.008	0.005	-0.020

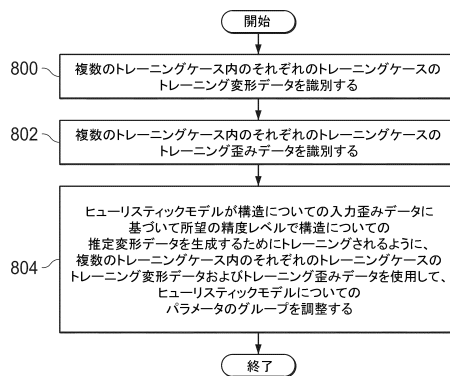
604



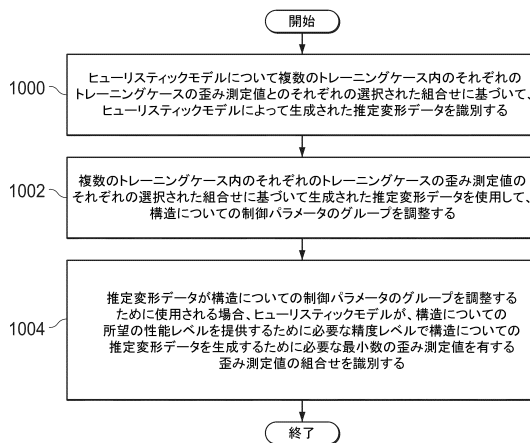
【図 7】



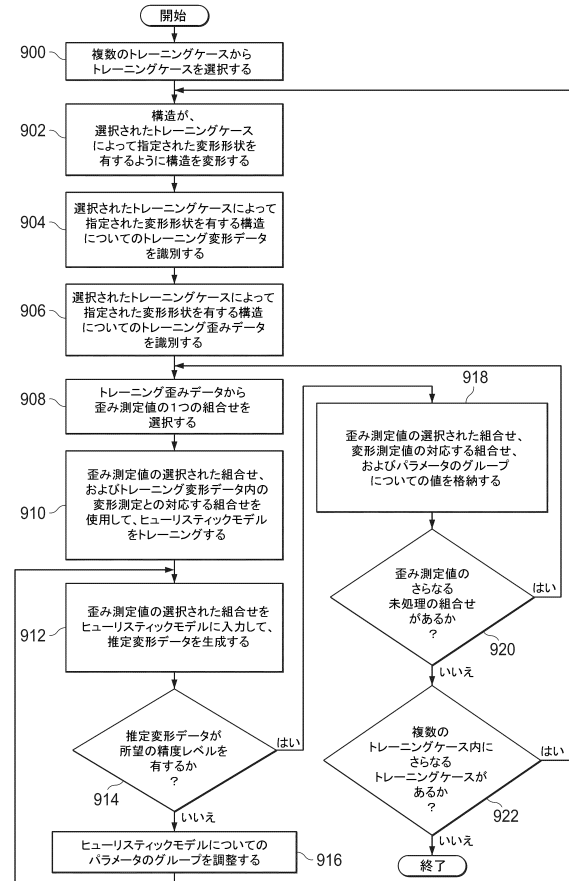
【図 8】



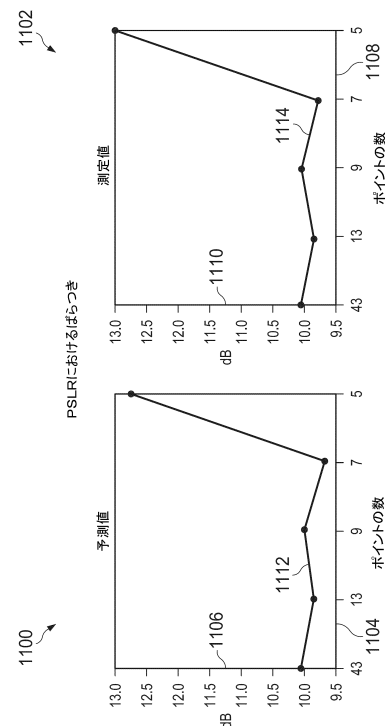
【図 10】



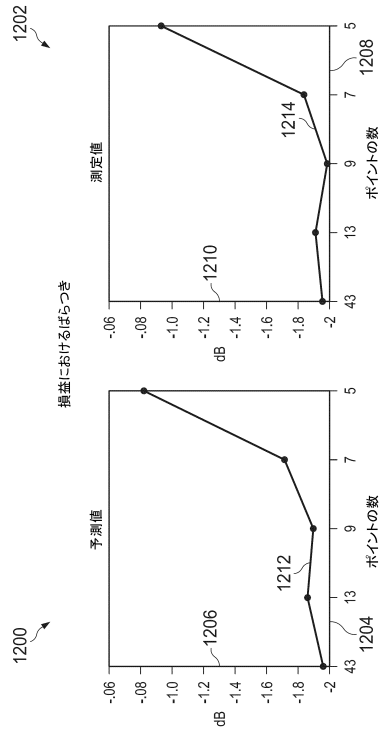
【図 9】



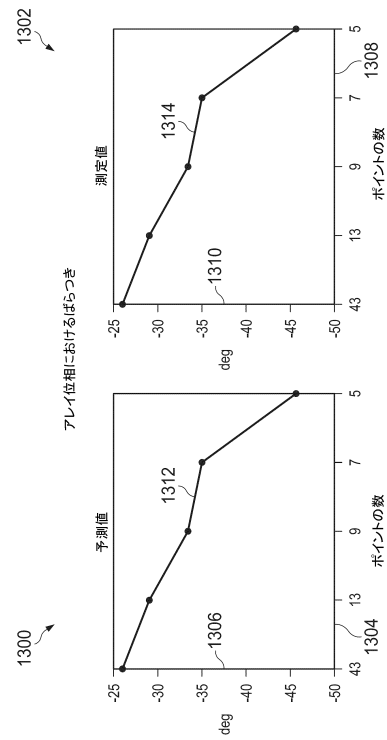
【図 11】



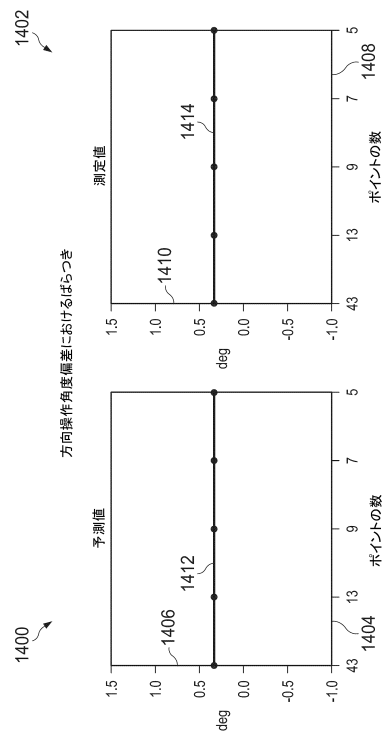
【図 12】



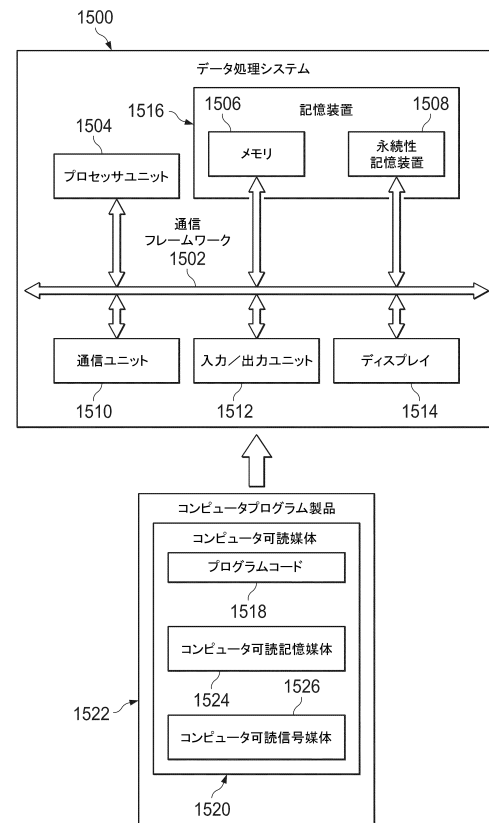
【図 13】



【図 14】



【図 15】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ウルシア, マニー サラサール, ジュニア  
アメリカ合衆国 ワシントン 98006, ベルビュー, 163番 プレイス サウスイースト 5100
- (72)発明者 デイヴィス, クリストファー リー  
アメリカ合衆国 ワシントン 98038, メイブル ヴァレー, 231番 プレイス サウスイースト 26436
- (72)発明者 ゴードン, クラレンス エル., ザ サード  
アメリカ合衆国 ワシントン 98058, レントン, サウスイースト 178番 ストリート 16200

審査官 神谷 健一

- (56)参考文献 特開2002-168941(JP,A)  
米国特許出願公開第2008/0114506(US,A1)  
特開2011-112512(JP,A)  
特開2011-141275(JP,A)  
特開2002-124817(JP,A)  
特開2005-066646(JP,A)  
特開2002-373002(JP,A)  
特表2006-513483(JP,A)  
特開2012-089111(JP,A)  
特開2005-025748(JP,A)  
特表平04-503418(JP,A)  
MUKAI R., et al., Adaptive Acquisition and Tracking for Deep Space Array Feed Antennas, IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS, 米国, IEEE, 2002年10月2日, Vol. 13, No. 5, Sep 2002, pp. 1149-1162, <DOI:10.1109/TNN.2002.1031946>

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30  
G01B 21/00 - 21/32  
G01L 1/00 - 1/26  
G01L 5/00 - 5/28  
G01L 25/00  
G01N 21/84 - 21/958  
G06F 15/18  
G06N 3/00 - 99/00  
H01Q 1/00 - 1/10  
H01Q 1/27 - 3/46  
H01Q 21/00 - 25/04