

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7499238号
(P7499238)

(45)発行日 令和6年6月13日(2024.6.13)

(24)登録日 令和6年6月5日(2024.6.5)

(51)国際特許分類

F I

F 1 5 B 15/10 (2006.01)

F 1 5 B 15/10

H

請求項の数 19 (全22頁)

(21)出願番号	特願2021-522459(P2021-522459)	(73)特許権者	507342261
(86)(22)出願日	令和1年10月15日(2019.10.15)		トヨタ モーター エンジニアリング ア
(65)公表番号	特表2022-505794(P2022-505794		ンド マニュファクチャリング ノース
	A)		アメリカ, インコーポレイティド
(43)公表日	令和4年1月14日(2022.1.14)		アメリカ合衆国、7 5 0 2 4 テキサス
(86)国際出願番号	PCT/US2019/056225		州、ブレイノ、ダブリュ1 - 3 シー・ヘ
(87)国際公開番号	WO2020/086325		ッドクォーターズ・ドライブ、6 5 6 5
(87)国際公開日	令和2年4月30日(2020.4.30)	(74)代理人	110001195
審査請求日	令和4年9月22日(2022.9.22)		弁理士法人深見特許事務所
(31)優先権主張番号	16/169,333	(72)発明者	ガンディー, ウメシュ・エヌ
(32)優先日	平成30年10月24日(2018.10.24)		アメリカ合衆国、7 5 0 2 4 テキサス
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		州、ブレイノ、ダブリュ1 - 3 シー・ヘ
			ッドクォーターズ・ドライブ、6 5 6 5
			、トヨタ・モーター・エンジニアリング
			・アンド・マニュファクチャリング・ノ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 選択的に可変の硬さを有する構造

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

硬さが可変の構造であって、
可変硬さ領域を有する第1のプレートを備え、前記第1のプレートは剛性支持体に取り付けられ、さらに
可変硬さ領域を有する第2のプレートを備え、前記第2のプレートは、前記第1のプレートの反対側に位置決めされかつ前記剛性支持体に取り付けられ、前記第1のプレートおよび前記第2のプレートは区画を規定し、さらに
前記第1のプレートの内側面に取り付けられる中詰材と、
前記区画内に位置するアクチュエータとを備え、軟質でかつ油圧式の前記アクチュエータは、前記中詰材および前記第2のプレートに対して油圧力を生成するように構成され、
前記アクチュエータは、チャンバを規定する流動体不透過膜と、誘電性流体を含むチャンバと、互いに対向する前記流動体不透過膜内に形成されている第1の導電部分と第2の導電部分と、を備え、
前記アクチュエータは、前記第1の導電部分と前記第2の導電部分に電気入力すると静電引力によって互いに近づくように構成されている、構造。

【請求項2】

前記アクチュエータは、制御部からの電気入力を用いて前記油圧力を生成するように構成される、請求項1に記載の構造。

【請求項3】

前記制御部は、電極を用いて前記アクチュエータと接続される演算装置である、請求項 2 に記載の構造。

【請求項 4】

前記中詰材は、接着剤を用いて前記第 1 のプレートの前記内側面に取り付けられる、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 5】

前記アクチュエータは、前記中詰材に向かって油圧力を生成するように構成される複数の導電部分を備える、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 6】

前記第 1 のプレートまたは前記第 2 のプレートは可撓性合金材を備える、請求項 1 に記載の構造。

10

【請求項 7】

複数の前記アクチュエータをさらに備え、前記アクチュエータは、前記構造の 1 つ以上の領域を独立して制御するように構成される、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 8】

硬さが可変の構造であって、

可変硬さ領域を有する第 1 のプレートを備え、前記第 1 のプレートは剛性支持体に取り付けられ、さらに

可変硬さ領域を有する第 2 のプレートを備え、前記第 2 のプレートは、前記第 1 のプレートの反対側に位置決めされかつ前記剛性支持体に取り付けられ、さらに

20

前記第 2 のプレートの内側面と接触している係止油圧アクチュエータを備え、前記係止油圧アクチュエータは、前記第 1 のプレートおよび前記第 2 のプレートに対して油圧力を生成するように構成され、

前記係止油圧アクチュエータは、チャンバを規定する流動体不透過膜と、誘電性流体を含むチャンバと、互いに対向する前記流動体不透過膜内に形成されている第 1 の導電部分と第 2 の導電部分と、を備え、

前記係止油圧アクチュエータは、前記第 1 の導電部分と前記第 2 の導電部分に電気入力すると静電引力によって互いに近づくように構成されている、構造。

【請求項 9】

前記係止油圧アクチュエータは、制御部からの電気入力を用いて前記油圧力を生成するように構成され、前記制御部は、電極を用いて前記係止油圧アクチュエータと接続される演算装置である、請求項 8 に記載の構造。

30

【請求項 10】

前記係止油圧アクチュエータは、接着剤を用いて前記第 1 のプレートおよび前記第 2 のプレートに接着される、請求項 8 に記載の構造。

【請求項 11】

前記係止油圧アクチュエータは、前記第 1 のプレートに向けて油圧力を生成するように構成される複数の導電部分を備える、請求項 8 に記載の構造。

【請求項 12】

前記第 1 のプレートまたは前記第 2 のプレートは可撓性合金材を備える、請求項 8 に記載の構造。

40

【請求項 13】

複数の前記係止油圧アクチュエータをさらに備え、前記係止油圧アクチュエータは、前記構造の 1 つ以上の領域を独立して制御するように構成される、請求項 8 に記載の構造。

【請求項 14】

硬さ制御システムであって、

1 つ以上のアクチュエータを有し、かつ電流に応答して硬化するように構成される構造と、

構造を制御するための硬さ制御システムとを備え、

前記 1 つ以上のアクチュエータは、チャンバを規定する流動体不透過膜と、誘電性流体

50

を含むチャンバと、互いに対向する前記流動体不透過膜内に形成されている第 1 の導電部分と第 2 の導電部分と、を備え、

前記第 1 の導電部分と前記第 2 の導電部分に電気入力すると静電引力によって互いに近づくように構成され、

前記硬さ制御システムは、

1 つ以上のプロセッサと、

前記 1 つ以上のプロセッサに通信可能に結合されるメモリとを備え、前記メモリは、

前記 1 つ以上のプロセッサによって実行されると、前記 1 つ以上のプロセッサに、前記構造のための応答パラメータに関する入力を受信させ、かつ前記応答パラメータに関連して作動信号を送らせる命令を含む可撓性制御モジュールと、

前記 1 つ以上のプロセッサによって実行されると、前記 1 つ以上のプロセッサに、前記作動信号にตอบสนองして 1 つ以上のアクチュエータに電流を送達する命令を含む応答モジュールとを記憶する、硬さ制御システム。

【請求項 15】

前記構造は、

剛性支持体に取り付けられる第 1 のプレートと、

第 1 のプレートの反対側に位置決めされかつ前記剛性支持体に取り付けられる第 2 のプレートとをさらに備え、

前記 1 つ以上のアクチュエータは係止油圧アクチュエータであり、前記係止油圧アクチュエータは、前記第 1 のプレートと前記第 2 のプレートとの間に位置決めされかつ前記第 1 のプレートおよび前記第 2 のプレートに取り付けられる、請求項 14 に記載の硬さ制御システム。

【請求項 16】

前記構造は、

可変硬さ領域を有する第 1 のプレートをさらに備え、前記第 1 のプレートは剛性支持体に取り付けられ、さらに

可変硬さ領域を有する第 2 のプレートをさらに備え、前記第 2 のプレートは、前記第 1 のプレートの反対側に位置決めされかつ前記剛性支持体に取り付けられ、さらに

前記第 1 のプレートの内側面に取り付けられる中詰材をさらに備え、前記 1 つ以上のアクチュエータのうちの少なくとも 1 つはアクチュエータであり、軟質でかつ油圧式の前記アクチュエータは、前記第 2 のプレートの内側面および前記中詰材と接続され、前記アクチュエータは、前記中詰材および前記第 2 のプレートに対して油圧力を生成するように構成される、請求項 14 に記載の硬さ制御システム。

【請求項 17】

前記入力は、1 つ以上のセンサから導出される検出された移動である、請求項 14 に記載の硬さ制御システム。

【請求項 18】

前記アクチュエータを複数備え、前記アクチュエータは、前記構造の 1 つ以上の領域を独立して制御するように構成される、請求項 14 に記載の硬さ制御システム。

【請求項 19】

前記応答モジュールは、前記アクチュエータを独立して制御するように構成される、請求項 18 に記載の硬さ制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書中に記載される主題は、概して剛性構造に関し、より特定的には、可変硬さ特性を有する剛性構造に関する。

【背景技術】

【0002】

背景

10

20

30

40

50

商品および材料をさまざまな場所に輸送して保管するためには、テーブル、構造的支持体、プラットフォーム、フォークリフト、倉庫保管棚などのさまざまな荷重受け装置が必要である。たとえば、大規模な重い配送品は、大型トラックを用いて日々輸送され、さまざまな種類の材料を保持することができる倉庫に保管される。これらの輸送および保管装置は、他の対象物を保持および支持するために用いられる。また、これらの輸送および保管装置には、安全性または配慮を損なわずに大規模な商品および材料を移動または保管することができるものがある。これらの装置は一般的に、壊れるまでは最大重量よりも小さい重量および最大重量までの重量を受け、特定の量の力に耐え、そのレベルの力を超えると壊れるように構築される。

【発明の概要】

10

【課題を解決するための手段】

【0003】

概要

本明細書中には、1つ以上のアクチュエータを利用して制御可能な硬さを有することができる構造が開示される。一実施形態では、硬さが可変の構造が開示される。硬さが可変の構造は、可変硬さ領域を有する第1のプレートを含むことができ、第1のプレートは剛性支持体に取り付けられる。硬さが可変の構造は、可変硬さ領域を有する第2のプレートをさらに含むことができ、第2のプレートは、第1のプレートの反対側に位置決めされかつ剛性支持体に取り付けられる。硬さが可変の構造は、第1のプレートの内側面に取り付けられる中詰材をさらに含むことができる。硬さが可変の構造は、第2のプレートの内側面および中詰材と接続されるアクチュエータをさらに含むことができ、軟質油圧アクチュエータは、中詰材および第2のプレートに対して油圧力を生成するように構成される。

20

【0004】

別の実施形態では、硬さが可変の構造が開示される。硬さが可変の構造は、可変硬さ領域を有する第1のプレートをさらに含むことができ、第1のプレートは剛性支持体に取り付けられる。硬さが可変の構造は、可変硬さ領域を有する第2のプレートをさらに含むことができ、第2のプレートは、第1のプレートの反対側に配置されかつ剛性支持体に取り付けられる。硬さが可変の構造は、第2のプレートの内側面と接続される係止油圧アクチュエータをさらに含むことができ、係止油圧アクチュエータは、第1のプレートおよび第2のプレートに対して油圧力を生成するように、また電気入力を受けることに応答して変形に抗するように構成される。

30

【0005】

別の実施形態では、硬さ制御システムが開示される。硬さ制御システムは、1つ以上のアクチュエータを有し、かつ電流に応答して硬化するように構成される構造を含むことができる。硬さ制御システムは、構造を制御するための硬さ制御システムをさらに含むことができる。硬さ制御システムは、1つ以上のプロセッサを含むことができる。硬さ制御システムは、1つ以上のプロセッサに通信可能に結合されるメモリをさらに含むことができる。メモリは、1つ以上のプロセッサによって実行されると、1つ以上のプロセッサに構造に対する応答パラメータに関する入力を受信させ、かつ応答パラメータに関連して作動信号を送らせる命令を含む可撓性制御モジュールを記憶することができる。メモリは、1つ以上のプロセッサによって実行されると、1つ以上のプロセッサに、作動信号に応答して1つ以上のアクチュエータに電流を送達する命令を含む応答モジュールをさらに記憶することができる。

40

【0006】

本開示の上に記載した特徴を詳細に理解できるように、実施形態を参照することによって、上で簡単に要約した開示のより特定の説明を提供し得、実施形態の一部を添付の図面に示す。しかしながら、添付の図面はこの開示の典型的な実施形態のみを示すものであり、したがって、その範囲を限定すると考えるべきではないことに留意すべきである。開示は、他の等しく有効な実施形態を許容し得る。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 0 7 】

【図 1 A】 1 つ以上の実施形態に従うアクチュエータの断面図である。

【図 1 B】 1 つ以上の実施形態に従うアクチュエータの断面図である。

【図 2 A】 1 つ以上の実施形態に従う 1 つ以上のアクチュエータを含む可変硬さ部分を有する構造の一例の図である。

【図 2 B】 1 つ以上の実施形態に従う 1 つ以上のアクチュエータを含む可変硬さ部分を有する構造の一例の図である。

【図 3 A】 1 つ以上の実施形態に従う 1 つ以上の係止アクチュエータを含む可変硬さ部分を有する構造の一例の図である。

【図 3 B】 1 つ以上の実施形態に従う 1 つ以上の係止アクチュエータを含む可変硬さ部分を有する構造の一例の図である。

【図 4】 本明細書中に記載される 1 つ以上の実施形態と共に用いるのに適合可能な演算装置である。

【図 5】 1 つ以上の実施形態に従う硬さ制御のための硬さ制御システムである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

詳細な説明

理解を容易にするために、可能な場合はどこでも、図同士に共通の同一の要素を同一の参照番号を用いて示している。加えて、有利には、一実施形態の要素を、本明細書中に記載される他の実施形態での利用のために適合させ得る。

【 0 0 0 9 】

本明細書中には、可変硬さ特性を有する構造、ならびにその作製および使用の方法が開示される。剛性構造は一般的には硬さが均一であり、したがって、荷重管理性を変えることができない。この均一な硬さのために、表面は、要求が変化するのに応えられないままになる可能性があり、負荷が低い時に高い支持を提供したり、より負荷が高いと壊れてしまったりする。本明細書中に記載される可変硬さ特性を有する構造は、油圧力を用いることによってこの問題に対処する。本明細書中に用いられるような「硬さ」は、一般的に、構造またはその部分の機械的性質に関し、これは、展性、可撓性、変形性、剛性、脆性、および/または構造の他の機械的特性を含む。可変硬さ特性を有する構造は、1 つ以上のアクチュエータを用いることができる。アクチュエータは一連のプレートに作用することができ、これにより力を分散させることができる。

【 0 0 1 0 】

アクチュエータは、膜の拡張と中詰材に対する圧力の印加との両方に基づいて動作することができる。一例では、中詰材は、粗い材料もしくはグリット材料、または高い表面域粗さを有する他の材料であり得る。表面域粗さは、平均線からの表面平坦度の変動に関する。一例では、高い表面粗さは、少なくとも 0 . 3 8 ミクロンの R a 値を有する表面など、0 . 3 ミクロンを上回る R a 値を有する表面を指すことができる。中詰材は、アクチュエータの剛性を増大させる、および/またはアクチュエータ係止を提供するように構成可能である。可変硬さ特性を有する構造はさまざまなパターンを有することができる。一実施形態では、剛性プレートは可撓性または半可撓性であることができ、これにより、最終的なアクチュエータの力が一旦達成されると可撓性を維持できる。以下の図面を参照して、本明細書に開示される実施形態をより詳細に説明する。

【 0 0 1 1 】

図 1 A および図 1 B は、1 つ以上の実施形態に従うアクチュエータ 1 0 0 の断面図である。アクチュエータ 1 0 0 は油圧アクチュエータであり得る。本明細書中に記載するように、表面と接続しかつ 1 つ以上の対象物を移動させるようにアクチュエータ 1 0 0 を構成することができる。アクチュエータ 1 0 0 は、曲げやすいもしくはやや曲げやすい本体を有することができ、またはそうでない場合は軟質の本体を有することができる。アクチュエータ 1 0 0 は、電荷の印加により流体の流れを変位させるおよび/またはそれに影響を与えることができる静電装置であることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

電荷の印加を用いて、2つ以上の導電性素子を共に作動位置に引き寄せることができる。本明細書中に用いるような「作動位置」は、入力を受けるのに応答したアクチュエータの位置に関する。1つ以上の実施形態では、作動位置は、本明細書中に記載するように、流体不透過膜の導電部分に電気入力を送達することによって達成することができる。その結果、静電引力によって、膜の対向する内側面同士を互いに近付けることができる。こうして油圧力を生成することができる。本明細書中に用いるような「弛緩位置」は、入力がない場合のアクチュエータの位置を指す。弛緩位置では、アクチュエータ100は、静電引力に膜中に油圧力を生成させる入力がない状態にある。

【 0 0 1 3 】

一実施形態では、弛緩位置は、導電部分への電気入力の停止に応答した膜の元の形状または実質的に元の形状を含む。アクチュエータ100は電荷の存在下で形状を変化させることができるため、流体圧力を流体不透過膜110aおよび110bの部分に印加することができる。次に、この流体圧力により、流体不透過膜110aおよび110bの弾性に関してアクチュエータ100の形状が変化することができる。このように、アクチュエータ100は、電気入力がない場合に維持される第1の形状を有する。次に、アクチュエータ100に電荷を送達することができ、油圧力により、アクチュエータ100を、1つ以上の作動形状を含み得る第2の状態にすることができる。電荷が除去されると、アクチュエータ100は実質的に第1の形状に戻ることができる。

【 0 0 1 4 】

1つ以上の実施形態に従うアクチュエータ100の構成要素を図示する。ここに示されるように、アクチュエータ100は、流体不透過膜110aおよび110bと、誘電性流体114とを含む。流体不透過膜110aおよび110bは、外部絶縁部分102aおよび102b、導電部分104aおよび104b、ならびに内部絶縁部分106aおよび106bなどの層から構成され得る。本明細書中に用いるような「部分」は、アクチュエータ100の流体不透過膜110aおよび110bの層、層の部分、または構造を形成する1つ以上の構成要素に関する。当該部分は、所望により、不均一な被覆範囲または厚みを有することができる。上記部分は、簡略化のために、単一の均一な要素または層として説明される。しかしながら、当該部分は、本明細書に開示されるような層、層の部分、またはその変形例のいずれかのうち1つ以上を含むことができる。そのため、当該部分は、流体不透過膜110aおよび110bの寸法を部分的にのみ拡大し得る。また、流体不透過膜110aおよび110bの部分同士が合わさって封止体を形成することができ、これにより流体不透過膜110aおよび110bの内側領域内にチャンバまたは区画118が形成される。なお、内部絶縁部分106aと106bとは、構造が同じまたは別個であることができる。さらに、外部絶縁部分102aと102bとは、別個の部分または同じ構造であることができる。

【 0 0 1 5 】

流体不透過膜110aおよび110bまたはその構成要素（たとえば、外部絶縁部分102aおよび102b、導電部分104aおよび104b、ならびに/または内部絶縁部分106aおよび106b）は、流体不透過膜110aおよび110bの1つ以上の点においておよび/または1つ以上の部分にわたって、可撓性および/または弾性であることができる。一実施形態では、流体不透過膜110aおよび110bまたはその構成要素は、完全に可撓性かつ弾性である。別の実施形態では、流体不透過膜110aおよび110bは、全体にわたって可撓性であるが、流体不透過膜110aおよび110bの1つ以上のストリップにわたってのみ弾性である。別の実施形態では、流体不透過膜110aおよび110bは、外部絶縁部分102aおよび102bならびに内部絶縁部分106aおよび106bにおいて可撓性かつ弾性であるが、導電部分104aおよび104bでは可撓性でも弾性でもない。当業者は、本明細書中に特定の例をさらに明示的に記載しなくても、流体不透過膜110aおよび110bの部分の可撓性、弾性、および位置決めのみなさまざまな組合せを理解するであろう。

10

20

30

40

50

【0016】

外部絶縁部分102aおよび102bは、流体不透過膜110aおよび110bの外側面108を形成することができる。一実施形態では、外部絶縁部分102aおよび102bは、流体不透過膜110aおよび110bの外側面全体を形成することができる。外部絶縁部分102aおよび102bは、1つ以上の部分において可撓性および/または弾性であることができる。一実施形態では、外部絶縁部分102aおよび102bは、全体的に可撓性かつ弾性である。別の実施形態では、外部絶縁部分102aおよび102bは、可撓性、または可撓性かつ弾性の点在領域を有することができる。点在領域は、所望により、パターン状であるまたはランダムであることができる。外部絶縁部分102aおよび102bは、内部絶縁部分106aおよび106bならびに/または導電部分104aおよび104bなどの1つ以上の内側層の表面との界面を形成することができる。

10

【0017】

外部絶縁部分102aおよび102bは、ポリマー、エラストマーポリマー（エラストマー）、またはその両方を含むことができる。柔らかさおよび硬度の程度が異なる複数の異なる封入エラストマーおよび/またはポリマーの使用を採用することができる。本明細書中に記載される実施形態で用いられるポリマーは、フタル酸エステルなどの可塑剤の添加をさらに含むことができる。ポリマーまたはエラストマーは天然でも合成でもよい。外部絶縁部分102aおよび102bの一部として使用可能なエラストマーの例としては、ニトリル、エチレンプロピレンジエンモノマー（EPDM）、フルオロシリコン（FVMQ）、フッ化ビニリデン（VDF）、ヘキサフルオロプロピレン（HFP）、テトラフル
フルオロエチレン（TFE）、パーフルオロメチルビニルエーテル（PMVE）、ポリジメ
チルシロキサン（PDMS）、天然ゴム、ネオプレン、ポリウレタン、シリコン、シリ
コンゴム、またはその組合せなどの絶縁エラストマーを挙げることができる。電気絶縁
に関して外部絶縁部分102aおよび102bを説明することができる。外部絶縁部分1
02aおよび102bの電気絶縁は、材料の誘電率または κ 値に関して説明することがで
きる。本明細書中に用いられるような「エラストマー」という用語は、室温（20 から
25 の間）で外力によってその元の長さの少なくとも2倍に伸張でき、外力が即座に解
放されるとその元の長さに戻ることができる材料を意味する。本明細書中に用いられるよ
うなエラストマーは熱可塑性物質を含むことができ、架橋または熱硬化され得る。

20

【0018】

導電部分104aおよび104bは、大方または全体的に、流体不透過膜110aおよび110bの内部要素であることができる。導電部分104aおよび104bは、導電部分が電界を生成するように電流に対して導電性であることができる。一実施形態では、導電部分104aおよび104bを外部絶縁部分102aおよび102bと内部絶縁部分106aおよび106bとの間に形成することができる。別の実施形態では、導電部分104aおよび104bはヒドロゲルを含むことができる。導電部分104aおよび104bは、ポリマー、エラストマーポリマー（エラストマー）、またはその両方をさらに含むことができる。導電部分104aおよび104bの一部として使用可能なエラストマーの例としては、ニトリル、EPDM、フルオロシリコン（FVMQ）、フッ化ビニリデン（VDF）、ヘキサフルオロプロピレン（HFP）、テトラフルオロエチレン（TFE）、
パーフルオロメチルビニルエーテル（PMVE）、ポリジメチルシロキサン（PDMS）、
天然ゴム、ネオプレン、ポリウレタン、シリコン、またはその組合せを挙げることが
できる。導電部分104aおよび104bは、銀、金、白金、銅、アルミニウム、または
その他などの導電性ドーパントをさらに含むことができる。さらなる実施形態では、導電
部分104aおよび104bは、可撓性および/または導電性のために、インクおよび接
着剤を含むことができる。

30

40

【0019】

流体不透過膜110aおよび110bが流体不透過区画118を形成できるように、1つ以上の端縁で流体不透過膜110aおよび110bを封止することができる。しかしながら、実現例によっては、流体不透過膜110aおよび110b（またはその部分）は、

50

別個の構造ではなく、代わりに一体構造であってもよい。区画は、誘電性流体 114 を保持することができる。誘電性流体 114 は、電氣的絶縁破壊に対する耐性があるおよび/または絶縁性を与える流体であることができる。1つ以上の実施形態では、誘電性流体 114 は、1つ以上の対向する層(たとえば、対向する導電部分 104)同士の間のアーク放電を防止することができる。誘電性流体 114 は、植物油系の誘電性流体などの脂質系流体であることができる。誘電性流体 114 はエチレングリコールであることができる。誘電性流体 114 は、関連する誘電率または κ 値を有することができる。

【0020】

内部絶縁部分 106a および 106b は、流体不透過膜 110a および 110b の内側面 112 を形成することができる。内部絶縁部分 106a および 106b は、外部絶縁部分 102a および 102b と同様の材料で構成することができる。1つ以上の実施形態では、内部絶縁部分 106a および 106b は、ニトリル、EPDM、フルオロシリコン(FVMQ)、フッ化ビニリデン(VDF)、ヘキサフルオロプロピレン(HFP)、テトラフルオロエチレン(TFE)、パーフルオロメチルビニルエーテル(PMVE)、ポリジメチルシロキサン(PDMS)、天然ゴム、ネオプレン、ポリウレタン、シリコン、またはその組合せなどの絶縁エラストマーを含むことができる。1つ以上の実施形態では、内部絶縁部分 106a および 106b は、高い電氣的絶縁破壊電圧を有しかつ非導電性のポリマーおよびエラストマーを含むことができる。内部絶縁部分 106a および 106b は保護層 116 をさらに含むことができる。図 1 に示すように、保護層 116 を内部絶縁部分 106a および 106b と誘電性流体 114 との間に形成することができる。いくつかの配置では、保護層 116 は内側面 112 の一部を形成することができる。保護層 116 は、大きさまたは組成が均一であるまたは異なることができる。さらに、保護層 116 は、非導電性および/または耐腐食性であることができる。1つ以上の実施形態では、保護層 116 は、フッ素化エチレンプロピレン(FEP)などの可撓性かつ耐腐食性のプラスチックである。

【0021】

ある事例では、内部絶縁部分 106a および 106b は粒子材料 117 をさらに含むことができる。図 1B では、粒子材料 117 は、誘電性流体中に懸濁されて示されるが、これは限定を意図していない。いくつかの実現例では、粒子材料 117 を内部絶縁部分 106a および 106b 内に埋め込むまたは誘電性流体 114 に懸濁させることができる。粒子材料 117 は、大きさまたは組成が均一であるまたは異なることができる。さらに、粒子材料 117 は非導電性であることができる。一実施形態では、粒子材料 117 は、粒子状のガラス、二酸化ケイ素、または炭化ケイ素である。粒子材料 117 は、アクチュエータ 100 が作動されるときまたはそれ以外の場合に作動位置にあるときにアクチュエータ 100 が横方向にシフトしないように、アクチュエータ 100 に係止性を与えることができる。本明細書中に記載されるように粒子材料 117 を含むアクチュエータ 100 は、1つ以上の実施形態で「係止アクチュエータ」と称され得る。

【0022】

図 2A および図 2B は、1つ以上の実施形態に従う可変硬さ特性を有する構造 200 の断面図を示す。構造 200 は、電気入力などの入力を受けると、構造の部分の硬さを制御できるように構成可能である。そのため、構造 200 は、構造 200 に加えられる二次的な力に応答して構造の硬さのレベルを制御することができる。一般的に、構造 200 は、第 1 のプレート 202 および第 2 のプレート 208 と 1つ以上の電極 210 とを含むことができる。構造 200 は、接着剤 204、中詰材 206、およびアクチュエータ 240 を含むことができる。アクチュエータ 240 はアクチュエータであることができる。アクチュエータ 240 は、図 1 を参照して説明されるアクチュエータ 100 と組成および構造が実質的に同様であることができる。

【0023】

図 2A は、1つ以上の実施形態に従う、弛緩位置にあるアクチュエータ 240 を示す。1つ以上の実施形態では、構造 200 は、第 1 のプレート 202 および第 2 のプレート 2

10

20

30

40

50

08などの1つ以上の可変硬さプレートを含むことができる。第1のプレート202は、接着剤204と接続された状態にあることができる。一実施形態では、第1のプレート202の内側面と接続した状態で接着剤204を位置決めすることができる。接着剤204はアクチュエータ240に接続することができる。第2のプレート208に接続された状態でアクチュエータ240を位置決めすることができる。一実施形態では、構造200は、図2Aに示されるように構成可能である。この実施形態では、第1のプレート202および第2のプレート208は、互いに実質的に平行でありかつ構造200の外側面を形成するものとして示される。接着剤204およびアクチュエータ240は、ここでは第1のプレート202と第2のプレート208との間に位置決めされて示されている。

【0024】

一実施形態では、構造200は第1のプレート202を含むことができる。第1のプレート202は、構造200の外側境界を形成することができる。第1のプレート202は実質的に平坦な表面を有することができる。本明細書中に用いられるように、「実質的に」という用語は、それが修飾するまさにその用語とそれからのわずかなばらつきを含む。したがって、「実質的に平坦」という用語は、まさに平坦であることと、それからのわずかなばらつきを意味する。この特定の例では、それからのわずかなばらつきは、通常の製造公差内、約10度/パーセント以下もしくはそれ以内、約5度/パーセント以下もしくはそれ以内、約4度/パーセント以下もしくはそれ以内、約3度/パーセント以下もしくはそれ以内、約2度/パーセント以下もしくはそれ以内、または約1度/パーセント以下もしくはそれ以内を含み得る。

【0025】

第1のプレート202は、第1のプレート202を制御可能に剛性にするように、さまざまな物理的パラメータを有することができる。第1のプレート202は、剛性材料、半剛性材料、可撓性材料、またはその組合せを含むことができる。本明細書中に記載される1つ以上の実施形態では、第1のプレート202は、金属、合金、ポリマー、セラミック、または印加される力に応答して少なくともいくらかの可撓性を与えることができる他のものを含むことができる。第1のプレート202はさらに実質的に均一であることができる。1つ以上の実施形態では、第1のプレート202は、実質的に均一な厚み、組成、剛性、表面粗さなどを有することができる。第1のプレート202のこの説明は、第2のプレート208に等しく当てはまる。

【0026】

第1のプレート202は、第1の表面216と、第2の表面218と、保持端縁220と、延在端縁222とを有することができる。第1の表面216は、第1のプレート202の外向きに面する部分を形成することができ、第2の表面218は内側面を形成する。さらに、第1の表面216は、特定の表面粗さ、材料の種類など、1つ以上の対象物と接することと整合する特徴を有することができる。第1のプレート202を、剛性支持体212などの、保持端縁220にある支持体に取り付けることができる。次に、延在端縁222は、第1のプレート202の剛性支持体212から片持ち梁状に延在することができる。そのため、保持端縁220は、第1のプレート202の支点となることができる。保持端縁220は、第1のプレート202、第2のプレート208、および/または構造200の完全性または動作を維持するように支持され得るまたはそれ以外の態様で適合され得る。

【0027】

接着剤204は、第1のプレート202と接続された状態にあることができる。接着剤204は、単一の接着剤または複数の接着剤であることができる。一実施形態では、接着剤204は、材料が耐久性を有しかつさまざまな他の材料と強い接合を形成できるようにする性質を有するエポキシまたは別の材料であることができる。接着剤204は、固体層を形成することができ、さまざまな外部要因に対する耐性を有することができる。接着剤204は、水分、湿度、および極端な高温または低温などのさまざまな環境パラメータに対する耐性を有することができる。接着剤204は嫌気性接着剤であることができる。接

10

20

30

40

50

着剤 204 は、複数の化学物質による劣化または機能不全に対する耐性を有することができる。これらの化学物質は、さまざまな種類の作動液、油、および燃料を含むことができる。着剤 204 は、中詰材 206 と第 1 のプレート 202 の第 2 の表面 218 との間に接着することができる。

【0028】

中詰材 206 は着剤 204 と接続することができる。中詰材 206 は、中詰材 206 がアクチュエータ 240 および / または構造 200 に安定性および係止能力を与えることができるように、さまざまな物理的パラメータを有することができる。中詰材 206 は、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、炭化ケイ素、または高い表面粗さを与えることができる他のものなどのさまざまな粗い材料を含むことができる。さらに、中詰材 206 は被覆研磨材であることができる。一例では、中詰材 206 は、研磨材が一方面に接着された紙または布のシートを含むことができる。中詰材 206 は、さまざまなグリットサイズ (20 または 40 のようなより小さい数は粗いグリットを示す一方で、1500 のようなより大きい数は微細なグリットを示す) の酸化アルミニウム紙または炭化ケイ素紙などの被覆研磨材であることができる。さらなる実施形態では、中詰材 206 は、高圧用途に用いることができるセラミック酸化アルミニウムであることができる。さらなる実施形態では、中詰材 206 は砂であることができる。アクチュエータ 240 に面する中詰材 206 によってなど、アクチュエータ 240 と第 1 のプレート 202 との間に摩擦を生じさせるように中詰材 206 を位置決めすることができる。

【0029】

アクチュエータ 240 は、中詰材 206 に接続された状態で位置決めすることができる。アクチュエータ 240 は、図 1 を参照して説明されるアクチュエータ 100 と実質的に同様であることができる。アクチュエータ 240 は、電気入力などの入力を受けるように構成可能であり、電極 210 を通して入力を送達することができる。電極 210 は、アクチュエータ 240 の 1 つ以上の導電部分 215 に接続され得るまたはそれと接続され得る。複数の場所に電極 210 を位置決め可能である。1 つ以上の実施形態では、電極 210 は、第 2 のプレート 208 の第 2 の表面 226 でアクチュエータ 240 に接続することができる。1 つ以上のさらなる実現例では、アクチュエータ 240 は保護コーティングをさらに含むことができる。アクチュエータ 240 の外側面または内側面上に保護コーティングを位置決めすることができる。保護コーティングは、図 1 を参照して上述した保護層 116 と実質的に同様であることができる。保護コーティングは、アクチュエータ 240 の摩損を低減するようにまたはそうでない場合は中詰材 206 に対する耐摩耗性を与えるように構成可能である。

【0030】

アクチュエータ 240 は、この図 2 A では弛緩位置に示されている。アクチュエータ 240 は、電気入力電極 210 を通じて印加されると、作動位置 (図 2 B) に移動する。1 つ以上の実施形態では、アクチュエータ 240 は、中詰材 206 に向かって優先的に油圧力を生成するように構成される複数の導電部分を含むことができる。さらなる実施形態では、構造 200 は、複数のアクチュエータ 240 を含むように構成可能である。アクチュエータ 240 は、構造の 1 つ以上の領域を独立して制御するように構成可能である。

【0031】

ここに示されるように、第 2 のプレート 208 は、第 1 のプレート 202 と実質的に平行であることができる。第 2 のプレート 208 は、第 1 の表面 224 と、第 2 の表面 226 と、保持端縁 228 と、延在端縁 230 とを有することができる。第 1 の表面 224 は、第 2 のプレート 208 の外向きに面する部分を形成することができ、第 2 の表面 226 は内側面を形成する。さらに、第 1 の表面 224 は、指定された表面域粗さ、材料の種類など、1 つ以上の対象物と接することに整合する特徴を有することができる。第 2 のプレート 208 を、剛性支持体 214 などの、保持端縁 228 にある支持体に取り付けることができる。次に、延在端縁 230 は、剛性支持体 212 から片持ち梁状に延在することができる。第 1 のプレート 202 および第 2 のプレート 208 を、それぞれ剛性支持体 21

10

20

30

40

50

２および２１４に接続することができる。したがって、剛性支持体２１２および２１４は、第１のプレート２０２および第２のプレート２０８に安定性を与えることができる。

【００３２】

剛性支持体２１２および２１４は、構造２００の構成要素を固着および支持する要素であることができる。剛性支持体２１２および２１４は、構造２００に安定性を与えるように構成可能である。剛性支持体２１２および２１４は、動作の際に第１のプレート２０２および第２のプレート２０８に抵抗および支持を与えることができる異なる材料からなることができる。１つ以上の実施形態では、剛性支持体２１２および２１４は、金属、合金、ポリマー、セラミック、または印加される力に応答してしっかりした安定性を与えることができる他のものであることができる。剛性支持体２１２および２１４はさらに、均一な厚み、組成、剛性、表面粗さなどを有するなど、１つ以上の物理的特性が実質的に均一であることができる。剛性支持体２１２、２１４は別個の構造であることができる。これに代えて、剛性支持体２１２、２１４は同じ構造であることができる。

10

【００３３】

アクチュエータ２４０を制御部２４５に接続することができる。制御部２４５は、電気入力などの入力を送達するように構成可能である。電極２１０を通じて電気入力を導電部分２１５に印加することができる。１つ以上の実施形態では、制御部２４５は、演算装置から信号を受信するための通信装置であることができる。さらなる実施形態では、制御部２４５は演算装置であることができる。本明細書中に用いられるような演算装置を、図４を参照してより詳細に説明する。アクチュエータ２４０の導電部分２１５が入力を受けると、導電部分２１５同士は互いを引き寄せ合うことができ、これによりアクチュエータ２４０が作動位置に移動し、中詰材２０６に油圧力が印加される。中詰材２０６に力が加わると、第１のプレート２０２および第２のプレート２０８にさらに力を加えることができ、その結果、構造２００が剛性になる。アクチュエータ２４０の作動の制御により、構造２００は、印加される力のレベルを制御することができる。第１のプレート２０２および第２のプレート２０８を剛性支持体２１２および２１４に接続すると、構造２００が曲ることができる起点となる支点ができる。

20

【００３４】

アクチュエータ２４０は、剛性支持体２１２および２１４から延在して示されているが、これは、プレート２０２および２０８に対してアクチュエータ２４０がとり得る位置および／または向きを限定することを意図するものではない。１つ以上の実現例では、アクチュエータ２４０を、長さ方向に、幅方向に、またはプレート２０２と２０８との間の任意の途中の位置に位置決め可能である。さらに、ここでは単一のアクチュエータ２４０が示されるが、アクチュエータ２４０は、任意の編成または配列で位置決めまたは積層される複数のアクチュエータ２４０のうちの１つであることができる。

30

【００３５】

一例として、一実現例では、プレート２０２および２０８において幅方向に延在する複数のアクチュエータ２４０が存在することができる。規則的な間隔または不規則な間隔を含む、プレート２０２および２０８の長さに沿った任意の好適な態様で、複数のアクチュエータ２４０を分散させることができる。さらに、複数の導電部分２１５を有するものとして示されているが、本明細書中に記載される１つ以上の実現例では、導電部分２１５のさまざまな編成を用いることができる。当業者は、さらなる明示的な記載がなくても、本明細書中に開示されるさまざまな組合せを理解するであろう。

40

【００３６】

図２Ｂは、一実施形態に従う、制御部２４５からの電気入力が入力された構造２００を示す。図２Ａを参照して上述したように、制御部２４５をさまざまな場所で構造２００に接続することができる。１つ以上の実施形態では、制御部２４５は、電気入力などの入力を導電部分に送達するように構成可能である。１つ以上の実施形態では、制御部２４５は、演算装置から信号を受信するための通信装置であることができる。さらなる実施形態では、制御部２４５は演算装置であることができる。

50

【 0 0 3 7 】

動作の際、可変硬さプレート 2 0 2 および 2 0 8 の保持端縁（たとえば、保持端縁 2 2 0 および 2 2 8 ）と延在端縁（たとえば、延在端縁 2 2 2 および 2 3 0 ）との間で構造 2 0 0 に力を加えることができる。力は、適用される対象物の重量からなど、さまざまな使用可能な力であり得る。この力は、構造 2 0 0 中に歪みまたは曲げを生じさせることができる。曲げは、第 1 の位置から第 2 の位置への延在端縁の移動に關することができ、第 2 の位置では、保持端縁は実質的に同じ位置に留まる。

【 0 0 3 8 】

制御部 2 4 5 は、1 つ以上の入力を構造 2 0 0 に与えて構造 2 0 0 の硬さを変化させることができる。一実施形態では、制御部 2 4 5 は電気入力を与える。電極 2 1 0 を通じて電気入力をアクチュエータ 2 4 0 の導電部分 2 1 5 に印加することができる。1 つ以上の実施形態では、アクチュエータ 2 4 0 は、制御部 2 4 5 からの電気入力を用いて油圧力を生成するように構成可能である。電極 2 1 0 は、第 2 の表面 2 2 6 を介してなど、導電部分 2 1 5 と接続した状態で位置決めされて、1 つ以上の導電部分 2 1 5 においてアクチュエータ 2 4 0 の膜に接続されることができる。電極 2 1 0 は、アクチュエータ 2 4 0 と第 2 の表面 2 2 6 との間を接続することができる。電気入力に応答して、導電部分 2 1 5 は電界を生じさせることができ、これによりそれらがともに引き寄せられ、こうしてアクチュエータ 2 4 0 を作動位置に移動させる。

【 0 0 3 9 】

導電部分 2 1 5 の収縮により、誘電性流体がアクチュエータ 2 4 0 の他の領域に押し込まれ、油圧力を生成する。次に、作動されると、油圧力を中詰材 2 0 6 および第 1 のプレート 2 0 2 に印加して、中詰材 2 0 6 をアクチュエータ 2 4 0 と第 1 のプレート 2 0 2 との両方に接触させることができる。第 1 のプレート 2 0 2 および第 2 のプレート 2 0 8 に対するアクチュエータ 2 4 0 の拡張により、構造 2 0 0 はより剛性になることができる。さらに、油圧力は、第 1 のプレート 2 0 2 および第 2 のプレート 2 0 8 を真っ直ぐにすることができる。このように、アクチュエータ 2 4 0 による油圧力の印加の結果、構造 2 0 0 が制御可能に剛性になることができる。

【 0 0 4 0 】

図 3 A および図 3 B は、1 つ以上の実施形態に従う、アクチュエータ 3 3 0 が作動位置にある構造 3 0 0 を示す。構造 3 0 0 は、図 2 A および図 2 B に示されるような構造 2 0 0 と構成が実質的に同様であることができる。構造 3 0 0 は、第 1 のプレート 3 0 2 および第 2 のプレート 3 0 4 を含むことができる。第 1 のプレート 3 0 2 と第 2 のプレート 3 0 4 との間にアクチュエータ 3 3 0 を位置決めすることができる。1 つ以上の実施形態では、アクチュエータ 3 3 0 は、係止油圧アクチュエータであることができる。構造 3 0 0 は、電気入力などの入力を受けると制御可能に剛性になるように構成可能である。そのため、構造 3 0 0 は、二次的な力に応答して印加される力のレベルを制御することができる。

【 0 0 4 1 】

図 3 A は、1 つ以上の実施形態に従う構造 3 0 0 を示す。構造 3 0 0 は、制御部 3 4 0 によって送達されるような電気入力などの入力を受けると制御可能に剛性となるように構成可能である。1 つ以上の実施形態では、制御部 3 4 0 は、演算装置から信号を受信するための通信装置であることができる。さらなる実施形態では、制御部 3 4 0 は演算装置であることができる。制御部 3 4 0 またはその要素は、図 2 A を参照して説明される制御部 2 4 5 と実質的に同様であることができる。そのため、構造 3 0 0 は、二次的な力に応答して印加される力のレベルを制御することができる。

【 0 0 4 2 】

一般的に、構造 3 0 0 は第 1 のプレート 3 0 2 を含むことができる。第 1 のプレート 3 0 2 は、第 1 の表面 3 1 2 と、第 2 の表面 3 1 4 と、保持端縁 3 1 6 と、延在端縁 3 1 8 とを有することができる。第 1 の表面 3 1 2 は、第 1 のプレート 3 0 2 の外向きに面する部分を形成することができ、第 2 の表面 3 1 4 は内側面を形成する。第 1 のプレート 3 0 2 を、剛性支持体 3 0 8 などの、保持端縁 3 1 6 にある支持体に取り付けることができる

10

20

30

40

50

。次に、延在端縁 3 1 8 は、第 1 のプレート 3 0 2 の剛性支持体 3 0 8 から延在することができる。そのため、保持端縁 3 1 6 は、第 1 のプレート 3 0 2 の支点であることができる。第 1 のプレート 3 0 2 は、図 2 A に記載されるような第 1 のプレート 2 0 2 と実質的に同様であることができる。

【 0 0 4 3 】

構造 3 0 0 は、第 2 のプレート 3 0 4 を含むことができる。ここで示されるように、第 2 のプレート 3 0 4 は、第 1 のプレート 3 0 2 に平行に位置決め可能である。第 2 のプレート 3 0 4 は、第 1 の表面 3 2 0 と、第 2 の表面 3 2 2 と、保持端縁 3 2 4 と、延在端縁 3 2 6 とを有することができる。第 2 のプレート 3 0 4 は、図 2 A および図 2 B を参照して説明される第 2 のプレート 2 0 8 と実質的に同様であることができる。第 1 の表面 3 2 0 は、第 2 のプレート 3 0 4 の外向きに面する部分を形成することができ、第 2 の表面 3 2 2 は内側面を形成する。第 2 のプレート 3 0 4 を、剛性支持体 3 1 0 などの、保持端縁 3 2 4 にある支持体に取り付けることができる。次に、延在端縁 3 2 6 は、第 2 のプレート 3 0 4 から延在することができる。第 1 のプレート 3 0 2 および第 2 のプレート 3 0 4 を、それぞれ剛性支持体 3 0 8 および 3 1 0 に接続することができる。

10

【 0 0 4 4 】

剛性支持体 3 0 8 および 3 1 0 は、構造 3 0 0 の構成要素を固着および支持する要素であることができる。剛性支持体 3 0 8 および 3 1 0 は、構造 3 0 0 に安定性を与えるように構成可能である。剛性支持体 3 0 8 および 3 1 0 は、図 2 A および 2 B を参照して説明される剛性支持体 2 1 2 および 2 1 4 と実質的に同様であることができる。

20

【 0 0 4 5 】

構造 3 0 0 はアクチュエータ 3 3 0 を含むことができる。アクチュエータ 3 3 0 は、図 1 を参照して説明したように、粒子材料 1 1 7 を含む上記アクチュエータ 1 0 0 の 1 つ以上の要素と組成が同様であることができる、および / またはそれらを含むことができる。アクチュエータ 3 3 0 は、電気入力などの入力を受けるように構成可能である。1 つ以上の電極 3 0 6 を通じて入力をアクチュエータ 3 3 0 に送達することができる。電極 3 0 6 は、図 2 A および図 2 B を参照して説明した電極 2 1 0 と実質的に同様であることができる。電極 3 0 6 は、アクチュエータ 3 3 0 の 1 つ以上の導電部分 3 1 5 に接続され得るまたはそれと接続され得る。アクチュエータ 3 3 0 は、ここでは弛緩位置に示されている。アクチュエータ 3 3 0 は、電極 3 0 6 を通じて電気入力が増加されると、作動位置に移動する。

30

【 0 0 4 6 】

接着剤 3 3 5 は、第 1 のプレート 3 0 2 に接続された状態にあることができる。接着剤 3 3 5 は、図 2 A および図 2 B を参照して説明した接着剤 2 0 4 と実質的に同様であることができる。1 つ以上の実施形態では、接着剤 3 3 5 は、アクチュエータ 3 3 0 の外側面の 1 つ以上の部分と、第 1 のプレート 3 0 2 の第 2 の表面 3 1 4 との間を接着することができる。さらなる実施形態では、接着剤 3 3 5 は、アクチュエータ 3 3 0 の外側面の 1 つ以上の部分と、第 2 のプレート 3 0 4 の第 2 の表面 3 2 2 との間を接着することができる。第 1 のプレート 3 0 2 に接続された状態でアクチュエータ 3 3 0 を位置決めすることができる。アクチュエータ 3 3 0 は、図 1 を参照して説明した粒子材料 1 1 7 を含むアクチュエータ 1 0 0 と実質的に同様であることができる。1 つ以上のさらなる実現例では、アクチュエータ 3 3 5 は保護コーティングをさらに含むことができる。アクチュエータ 3 3 5 の外側面または内側面上に保護コーティングを位置決めすることができる。保護コーティングは、図 1 を参照して上述した保護層 1 1 6 と実質的に同様であることができる。保護コーティングは、構造 3 0 0 の 1 つ以上の表面から生じ得るようなアクチュエータ 3 3 5 の摩損を低減するように、またはそうでない場合は耐摩耗性を与えるように構成可能である。

40

【 0 0 4 7 】

アクチュエータ 3 3 0 は、電極 3 0 6 を通して電気入力などの入力を受けるように構成可能である。アクチュエータ 3 3 0 の 1 つ以上の導電部分 3 1 5 に電極 3 0 6 を接続する

50

ことができる。ここで示されるように、アクチュエータ 330 は弛緩位置に示される。電極 306 を通じて導電部分 315 に電気入力が増加されると作動位置に移動するようにアクチュエータ 330 を構成することができる。作動位置では、アクチュエータ 330 は、第 1 のプレート 302 および第 2 のプレート 304 に油圧を増加することができる。アクチュエータ 330 は、第 1 のプレート 302 と第 2 のプレート 304 との両方に力を増加しながら横方向の移動に抗することができるため、構造 300 の剛性を増すことができる。

【0048】

図 3B は、一実施形態に従う、制御部 340 からの電気入力が増加される構造 300 を示す。構造 300 は、図 3A を参照して上述したように、構造 300 と実質的に同様であることができる。さまざまな場所で制御部 340 を構造 300 に接続することができる。制御部 340 は、電気入力などの入力を電極 306 を通じて構造 300 に送達するように構成可能である。1 つ以上の実施形態では、制御部 340 は、演算装置から信号を受信するための通信装置であることができる。さらなる実施形態では、制御部 340 は演算装置であることができる。制御部 340 またはその要素は、図 2A を参照して説明される制御部 245 と実質的に同様であることができる。この実施形態では、電極 306 は、図 3A に記載されるように、第 1 の電極 306 と同様に位置決め可能である。第 2 の表面 322 上に第 1 の電極 306 を位置決めすることができる。電極 306 は、アクチュエータ 330 を第 2 のプレート 304 の第 2 の表面 322 に接続することができる。電極 306 は、アクチュエータ 330 の 1 つ以上の導電部分 315 に接続することができる。電極 306 から導電部分 315 に電荷が送達されると、アクチュエータ 330 は作動位置に移動する。次に、アクチュエータ 330 は、第 1 のプレート 302 に増加される油圧力を生成することができる。アクチュエータ 330 によって油圧が増加される結果、構造 300 が制御可能に剛性になることができる。アクチュエータ 330 は、制御部 340 からの電気入力が終了されるなど、入力が終了されるまでまたは別の入力を受けるまで、定位置に「係止」されたままであることができる。

【0049】

本明細書の実施形態に記載されるように、構造は、増加される力に選択的に可変の硬さを与えることができる。このように、構造 300 は多数の利点を提供することができる。構造 300 は、ロボティクス、自動車、または建築などの可撓性用途のための構造的な支持体またはフレーム支持体として働くことができる。さらに、構造 300 は、速度が変化する強い風または空気力学に対応する場合などに可変抵抗を与えることができる。上記層は、簡略化のため、単一の均一な要素として説明される。しかしながら、上記は、本明細書に開示されるような層、層の部分、またはその変形例のいずれかのうちの 1 つ以上を含むことができる。

【0050】

図 4 は、1 つ以上の実施形態に従う、上述の構造とともに使用可能な演算装置 400 のブロック図である。演算装置 400 は、限定はしないが、サーバ、パーソナルコンピュータ (PC)、ワークステーション、内蔵コンピュータ、またはマイクロプロセッサ、DSP (デジタル信号プロセッサ)、FPGA (フィールドプログラマブルゲートアレイ)、もしくは ASIC (特定用途向け集積回路) などの演算部を有するスタンドアロン装置などの任意の適切な種類の演算装置であることができる。演算装置 400 は、当該演算装置に割り当てられる機能を実行するためのさまざまな構成要素を内蔵することができる。構成要素は、中央処理ユニット (CPU) のようなプロセッサ 404 と、メモリ 406 と、電源 408 と、通信装置 410 と、入力および / または出力装置と、上述の構成要素同士を接続する少なくとも 1 つのバス 416 とを含むことができる。いくつかの実施形態では、これらの構成要素のうちの 1 つ以上は、少なくとも部分的に筐体 418 内に収容される。

【0051】

CPU とも称されるプロセッサ 404 は、演算装置の一部としてタスクを実行するための 1 つ以上の命令を受信しかつ実行することができる装置であり得る。一実施形態では

10

20

30

40

50

、プロセッサ 404 は、特定用途向け命令セットプロセッサ (ASIP)、グラフィック処理ユニット (GPU)、物理処理ユニット (PPU)、DSP、画像プロセッサ、コプロセッサなどのマイクロプロセッサを含むことができる。プロセッサ 404 として参照されるが、本明細書中に記載される 1 つ以上の実施形態では、プロセッサ 404 の組合せを含む 1 つ以上のプロセッサ 404 を用いることができることが理解される。

【0052】

メモリ 406 は、データまたは情報を記憶することができる任意のハードウェアである。メモリ 406 に記憶することができるデータまたは情報の例は、一時的および / または永続的のいずれかで、データ、機能的形態のプログラムコード、および / または他の好適な情報を含むが、これらに限定されない。メモリ 406 は、プロセッサ 404 によって実行されると、本明細書中に論じる方法および機能をプロセッサ 404 に実行させるコンピュータ可読命令を含む 1 つ以上のモジュールを含むことができる。メモリ 406 は、揮発性および / または不揮発性メモリを含むことができる。メモリ 406 は、コンピュータ可読記憶媒体をさらに含むことができる。好適なメモリ 406 の例は、RAM (ランダムアクセスメモリ)、フラッシュメモリ、ROM (読出専用メモリ)、PROM (プログラマブル読出専用メモリ)、EPROM (消去可能プログラマブル読出専用メモリ)、EEPROM (電氣的消去可能プログラマブル読出専用メモリ)、レジスタ、磁気ディスク、光ディスク、ハードドライブ、または任意の他の好適な記憶媒体、またはその任意の組合せを含む。

【0053】

メモリ 406 はプロセッサ 404 の構成要素であることができる、またはプロセッサ 404 が用いるためにプロセッサ 404 に動作可能にメモリ 406 を接続することができる。メモリ 406 は、LINUX (登録商標) などのオペレーティングシステム 420 を含むことができる。オペレーティングシステム 420 は、バッチ、ライブ、タイムシェアリング、リアルタイム、および他の種類のオペレーティングシステムを含むことができる。本明細書中に記載するようなオペレーティングシステム 420 は、演算装置 400 とのインターフェイスを制御しかつこれを設けるためにユーザが選択するような、データを処理するため、データにアクセスするため、データを書込むため、データを格納するため、データを検索するため、または他の機能のための命令を含むことができる。メモリ 406 は、ネットワーク 490 および / または別の演算装置と通信するための通信手順を含むことができる。

【0054】

通信装置 410 は、演算装置 400 が他の演算装置と通信できるようにする、有線もしくは無線接続構成要素および / またはソフトウェアであることができる。通信装置 410 は、ネットワークプロトコル (たとえば、イーサネット (登録商標) または同様のプロトコル) を介してなど、ローカルにまたは遠隔に装置との通信を可能にすることができる。一例では、演算装置 400 は、通信装置 410 を用いてネットワーク 490 に接続される。通信装置 410 は、他の演算装置に関連付けられる遠隔装置とさらに接続され得る。さらなる実施形態では、演算装置 400 を 1 つ以上の演算装置と接続することができ、第 2 の演算装置に接続されるかまたは第 2 の演算装置と接続された状態にある 1 つ以上のセンサへのアクセスが可能になる。

【0055】

演算装置 400 は、硬さ制御システム 470 またはその構成要素をさらに含むことができる。本明細書中に記載するように、硬さ制御システム 470 のある構成要素を演算装置 400 またはその組合せの中に格納することができる。そのため、硬さ制御システム 470 の 1 つ以上の実施形態は、格納される、収集される、作成される、比較される、またはそれ以外に演算装置 400 のメモリ 406 もしくはデータベース 422 から利用可能にされるような、硬さ制御システム 470、そのモジュール、またはその構成要素を含むことができる。演算装置 400 の一部として格納されると、硬さ制御システム 470 は、通信装置 410 およびネットワーク 490 を通じて別の演算装置 400 または他の装置にアク

セスすることができ、硬さ制御システム 470 を備える 1 つ以上の構成要素同士の間の連続性を可能にする。

【0056】

硬さ制御システム 470 の考察は、一実施形態に従う硬さ制御システム 470 を示す図 5 から始まる。硬さ制御システム 470 は、図 4 に示される演算装置 400 からのプロセッサ 404 を含むものとして示される。したがって、プロセッサ 404 は、硬さ制御システム 470 の一部であることができる。硬さ制御システム 470 は、プロセッサ 404 とは別個のプロセッサを含むことができる、または硬さ制御システム 470 は、データバスもしくは別の通信経路を通じてプロセッサ 404 にアクセスすることができる。一実施形態では、硬さ制御システム 470 は、可撓性制御モジュール 520 および応答モジュール 530 を記憶することができるメモリ 514 を含む。メモリ 514 は、RAM、ROM、ハードディスクドライブ、フラッシュメモリ、またはモジュール 520 および 530 を記憶するための他の好適なメモリであることができる。モジュール 520 および 530 は、たとえば、プロセッサ 404 によって実行されると、プロセッサ 404 に、本明細書に開示されるさまざまな機能を実行させるコンピュータ可読命令である。

10

【0057】

硬さ制御システム 470 は、データベース 510 をさらに含むことができる。データベース 510 は、メモリ 514 の一部として、メモリ 514 とは独立した構成要素として、(メモリ 514 とは区別される) 別個のメモリの一部として、またはその他を含む多数の構成で提示することができる。データベース 510 は、変形データ 560 およびユーザ情報 570 を含むことができる。変形データ 560 は、最大変形、現在の変形、耐用寿命、および使用中に構造を制御するのに用いることができる他の詳細に関して、構造および/またはアクチュエータの各々について検出または決定されるデータセットを含むことができる。ユーザ情報 570 は、ユーザによる構造の選択および使用に関する情報を含むことができる。硬さ制御システム 470 またはその部分を、演算装置 400 の一部として、サーバの一部として、またはその他として格納することができる。そのため、硬さ制御システム 470 またはその中に内蔵されるモジュールの機能のうち 1 つ以上を遠隔で実行して、本明細書中に記載される実施形態の一部として構造に移すことができる。

20

【0058】

可撓性制御モジュール 520 は、一般的に、プロセッサ 404 によって実行されると、構造のための応答パラメータに関する入力を受信するようにプロセッサ 404 を制御する命令を含むことができる。応答パラメータは、ユーザまたは構造が使用されている環境からの入力に関する 1 つ以上の制御限定である。1 つ以上の実施形態では、応答パラメータは、構造のたわみの上下の境界を含むことができる。入力は、ユーザまたは対象が構造と相互作用することを意図するか、またはその過程にある信号である。そのため、入力は、カメラ、ジャイロスコープ、加速度計、および動きまたは構造との相互作用を示す他のものからの信号など、構造に関連して 1 つ以上のセンサから受信するセンサ信号を含むことができる。入力は、所望の硬度を示すかまたは表面が対象から力を受けているであろうことを示す命令などの、ユーザからの選択または命令をさらに含むことができる。本明細書中で用いられるような構造は、図 2 - 図 3 を参照して説明される構造 200 および 300 と実質的に同様であることができる。

30

40

【0059】

構造は、アクチュエータの形状を変化させる 1 つ以上の力によって変形することができる。本明細書中に用いられるような変形とは、構造全体の元の状態もしくは応力を受けていない状態からの変化、またはアクチュエータのうちの 1 つ以上の係止解除を指す。上述のように、構造は、構造に対する 1 つ以上の対象物からの力によって剛性を変化させることができる。可撓性制御モジュール 520 は、外部センサ、膜の静電容量の検出、またはその他などの多数のメカニズムによって構造の変形を検出することができる。可撓性制御モジュール 520 は、アクチュエータの各々が個々に分析されるように、アクチュエータ同士の間の変形の差をさらに検出することができる。さらなる実施形態では、ユーザの要

50

望に基づき、構造の変形を群でまたは全体として分析することができる。次に、可撓性制御モジュール 520 によって、変形レベルをデータベース 510 の変形データ 560 に格納することができる。

【0060】

応答パラメータは、硬さ制御システム 470 がいつ応答するかを規定する入力に関する 1 つ以上の限定であることができる。ユーザからの直接の入力に関して、可撓性制御モジュール 520 は、所望により、与えられる任意の入力、特定のユーザ、特定のコマンド、または他のものに応答するように構成可能である。センサまたはセンサシステムからの入力に関して、可撓性制御モジュール 520 は、任意の入力、特定のパラメータ内の入力、センサの組合せから受けた入力、あるしきい値を上回るもしくは下回る入力、または他のものに応答するように構成可能である。一例では、可撓性制御モジュール 520 は、カメラまたは加速度計またはその組合せによって検出されるような動きに応答するように構成可能である。別の例では、可撓性制御モジュール 520 は、あるしきい値を超える振動または重量に応答するように構成可能である。別の実施形態では、可撓性制御モジュール 520 は、伸張の際に見られるような、構造のアクチュエータにおける静電容量の変化に応答するように構成可能である。

10

【0061】

可撓性制御モジュール 520 は、応答パラメータに関して作動信号を送る命令をさらに含むことができる。作動信号は、場所または特定の総硬度に影響を与える剛性の変化など、構造において適切な応答を作成するように可撓性制御モジュール 520 が決定する入力であることができる。図 2 - 図 3 を参照して上述したように、作動信号を構造に送達することができる。作動信号は、可撓性制御モジュール 520 によって直接に、またはネットワーク 490 などのネットワークを通じて受信され得る。作動信号は、構造と接続している 1 つ以上のスイッチに関する個別の入力または群での入力をさらに含むことができる。別の実施形態では、作動信号は、本明細書中に記載する実施形態に従う、制御部によってアクチュエータの 1 つ以上の導電領域に送達される信号である。個別の入力は、ユーザ情報 570 の一部としてデータベース 510 に格納することができる。

20

【0062】

可撓性制御モジュール 520 は、構造のアクチュエータのうちの 1 つ以上を解放する（たとえば、係止解除する）命令をさらに含むことができる。本明細書中に記載される 1 つ以上の実施形態に従うと、アクチュエータを係止状態または係止解除状態に維持することができる。係止状態に維持されている場合、アクチュエータのうち 1 つ以上において電流を減少させるまたは除去することによって、アクチュエータを解放することができる。次に、導電部分は、電荷の除去によって離れていき、そうするとアクチュエータを曲げやすくなる。一旦膜が曲げやすくなると、次に構造は、1 つ以上の外力（たとえば、弾性による流体圧力の変化）に応答し、これにより構造が弛緩状態になることができる。

30

【0063】

応答モジュール 530 は、一般的に、プロセッサ 404 を制御して所望の変形レベルでアクチュエータを作動させるように機能する命令を含むことができる。一旦構造が所望の状態または 1 つ以上の二次的因子（たとえば、最大重量容量）によって限定される状態に達すると、応答モジュール 530 は、アクチュエータのうちの 1 つ以上を作動させて、構造に力を割り当てることができる。アクチュエータが一旦再作動されると、アクチュエータの弾性が再び限定される。このように、構造は、所望により、または硬さ制御システム 470 によって設定される 1 つ以上のパラメータに基づいて、特定の剛性を保持することができる。

40

【0064】

こうして硬さ制御システム 470 および構造は、構造の動きを調節することができる。構造は、弛緩状態から収縮状態に変化することができ、各状態をアクチュエータによって保持することができるため、外力に対する構造の剛性を可変に維持することができる。構造は、多数の利点を提供することができる。構造は、必要に応じてさまざまな装置に構造

50

的剛性を与えることができ、こうして、エネルギー入力を用いて重量を低減する。硬さ制御システム 470 は、構造に変調のレベルを加えることができ、これにより構造を高度に制御できるようになる。

【0065】

上述のシステムおよび方法の組合せまたはそれらからの削除を含め、当該システムおよび方法の他のおよびさらなる実施形態が、その具体的な列挙がなくても、企図される。詳細な実施形態を本明細書に開示する。しかしながら、開示される実施形態は例としてのみ意図されることを理解されたい。したがって、本明細書中に開示される具体的な構造のおよび機能的詳細は、限定的なものとして解釈されるべきではなく、単に請求項の根拠として、および事実上任意の適切に詳細な構造において本明細書中の局面をさまざまに採用するように当業者に教示するための代表的な根拠として解釈されるべきである。さらに、本明細書中で用いる用語および表現は、限定することを意図するものではなく、むしろ、可能な実現例の理解可能な説明を提供することを意図する。さまざまな実施形態を図1 - 図5に示すが、実施形態は図示の構造または用途に限定されない。

10

【0066】

図中のフローチャートおよびブロック図は、さまざまな実施形態に従うシステム、方法、およびコンピュータプログラムプロダクトの可能な実施形態のアーキテクチャ、機能性、および動作を示す。この点に関して、フローチャートまたはブロック図中の各ブロックは、特定される論理的機能を実現するための1つ以上の実行可能命令を含むことができるモジュール、セグメント、またはコードの部分を表すことができる。いくつかの代替的な実施形態では、ブロック中に注記される機能を、図に注記される順序以外で行うことができることに留意されたい。たとえば、続けて示される2つのブロックを実際には実質的に同時に実行することができる、または関与する機能性に応じて当該ブロックを逆の順序で実行できることがある。

20

【0067】

上述のシステム、構成要素、および/または方法を、ハードウェアまたはハードウェアとソフトウェアとの組合せで実現することができ、また、1つの処理システムにおいて集中的に、またはいくつかの相互接続された処理システムにわたって異なる要素が散らばる分散態様で、これらを実現することができる。本明細書中に記載の方法を実行するように適合される任意の種類の処理システムまたは他の機器が適している。ハードウェアとソフトウェアとの典型的な組合せは、ロードされかつ実行されると、本明細書中に記載される方法を実行するように処理システムを制御するコンピュータ使用可能プログラムコードを有する処理システムであることができる。システム、構成要素、および/または方法を、コンピュータプログラムプロダクト、または機械によって可読であり、本明細書中に記載される方法および方法を実行する機械によって実行可能な命令のプログラムを有形に具現化する他のデータプログラムの記憶装置などのコンピュータ可読記憶装置に埋め込むこともできる。これらの要素は、本明細書中に記載される方法の実施形態を可能にするすべての特徴を含むことができ、かつ、処理システムにロードされると、これらの方法を実行することができるアプリケーションプロダクトに埋め込まれることもできる。

30

【0068】

さらに、本明細書中に記載される配置は、格納されるなどコンピュータ可読プログラムコードが具現化または埋め込まれた1つ以上のコンピュータ可読媒体中に具現化されるコンピュータプログラムプロダクトの形態をとることができる。1つ以上のコンピュータ可読媒体の任意の組合せを利用することができる。コンピュータ可読媒体は、コンピュータ可読信号媒体またはコンピュータ可読記憶媒体であり得る。「コンピュータ可読記憶媒体」という表現は、非一時的記憶媒体を意味する。コンピュータ可読記憶媒体は、たとえば、電子的、磁氣的、光学的、電磁的、赤外線、もしくは半導体システム、機器、もしくは装置、または前述の任意の好適な組合せであり得るが、これらに限定されない。コンピュータ可読記憶媒体のより具体的な例（非網羅的なリスト）は、以下を含む：1つ以上の配線を有する電氣的接続、ポータブルコンピュータディスク、ハードディスクドライブ

40

50

(HDD)、固体状態ドライブ(SSD)、RAM、ROM、EPROMもしくはフラッシュメモリ、光ファイバ、可搬コンパクトディスク読出専用メモリ(CD-ROM)、デジタル多用途ディスク(DVD)、光記憶装置、磁気記憶装置、または前述の任意の好適な組合せである。この書類の文脈では、コンピュータ可読記憶媒体は、命令実行システム、機器、または装置が用いるための、またはそれに関連して用いるためのプログラムを含有するまたは記憶することができる任意の有形の媒体であり得る。

【0069】

無線、有線、光ファイバ、ケーブル、RFなど、または前述の任意の好適な組合せを含むがこれらに限定されない任意の適切な媒体を用いて、コンピュータ可読媒体上で具現化されるプログラムコードを送信することができる。本配置の局面のための動作を実行するためのコンピュータプログラムコードは、Java(登録商標)、Smalltalk、C++などのオブジェクト指向プログラミング言語と、「C」プログラミング言語または同様のプログラミング言語などの従来の手続き型プログラミング言語とを含む1つ以上のプログラミング言語の任意の組合せで書くことができる。プログラムコードは、完全にユーザのコンピュータ上で、部分的にユーザのコンピュータ上で、スタンドアロンソフトウェアパッケージとして、一部はユーザのコンピュータ上で一部は遠隔コンピュータ上で、または完全に遠隔コンピュータもしくはサーバ上で、実行することができる。後者のシナリオでは、遠隔コンピュータは、ローカルエリアネットワーク(LAN)もしくはワイドエリアネットワーク(WAN)を含む任意の種類のネットワークを介してユーザのコンピュータに接続することができる、または外部コンピュータ(たとえば、インターネットサービスプロバイダを用いてインターネットを通じて)に接続することができる。

【0070】

本明細書中で用いるような「a」および「an」という用語は、1つまたは1つより多くとして定義される。本明細書中で用いるような用語「複数」は、2つまたは2つより多くとして定義される。本明細書中で用いるような用語「別の(another)」は、少なくとも第2またはそれ以上のものとして定義される。本明細書中で用いるような「含む(including)」および/または「有する(having)」という用語は、含む(すなわち、制限のない文言)として定義される。本明細書中で用いるような「...および...のうちの少なくとも1つ」という表現は、関連する列挙される項目のうちの1つ以上のいずれかおよびすべての可能な組合せを指しかつそれらを包含する。一例として、「A、B、およびCのうちの少なくとも1つ」という表現は、Aのみ、Bのみ、Cのみ、またはそれらの任意の組合せ(たとえば、AB、AC、BC、またはABC)を含む。

【0071】

以上は、開示される装置、システム、および方法の実施形態に向けられるが、その基本的な範囲から逸脱することなく、開示される装置、システム、および方法の他のおよびさらなる実施形態を考案することができる。その範囲は、以下の請求項によって定められる。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1 A】

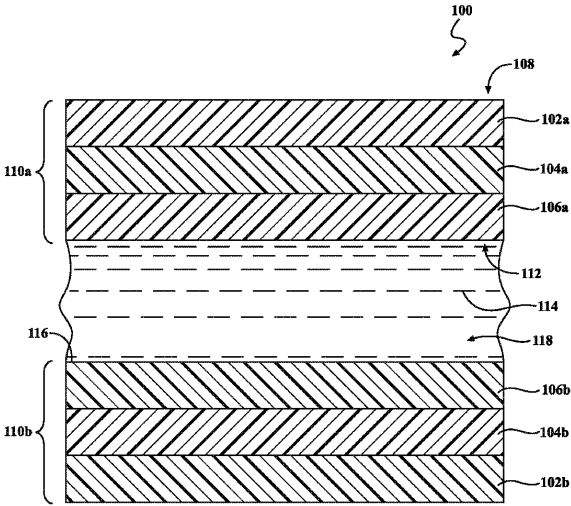


FIG. 1A

【図 1 B】

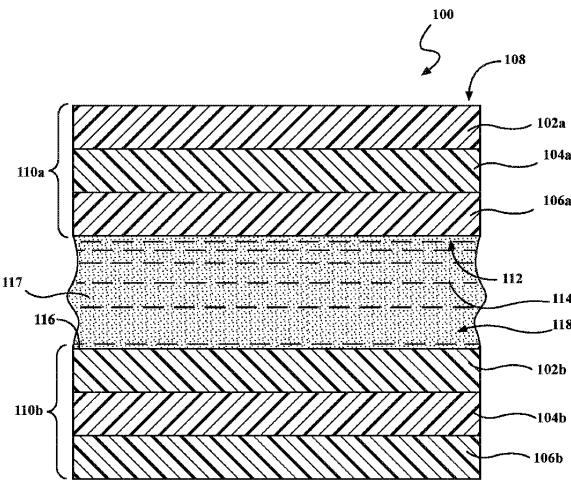


FIG. 1B

【図 2 A】

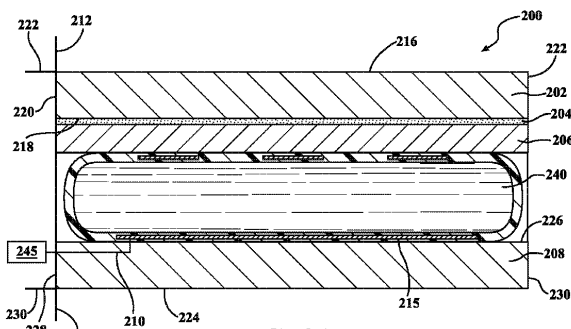


FIG. 2A

【図 2 B】

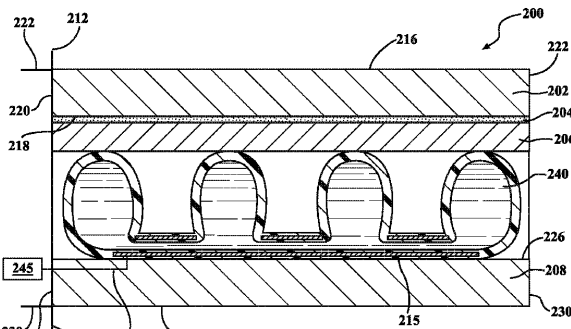


FIG. 2B

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ース・アメリカ・インコーポレイティド内

(72)発明者 プロホロフ, ダニル・バイ

アメリカ合衆国、7 5 0 2 4 テキサス州、プレイノ、ダブリュ 1 - 3 シー・ヘッドクォーターズ

・ドライブ、6 5 6 5、トヨタ・モーター・エンジニアリング・アンド・マニュファクチャリング

・ノース・アメリカ・インコーポレイティド内
- ロー, マイケル・ポール

(72)発明者

アメリカ合衆国、7 5 0 2 4 テキサス州、プレイノ、ダブリュ 1 - 3 シー・ヘッドクォーターズ

・ドライブ、6 5 6 5、トヨタ・モーター・エンジニアリング・アンド・マニュファクチャリング

・ノース・アメリカ・インコーポレイティド内
- 弦田 遼平

(72)発明者

アメリカ合衆国、7 5 0 2 4 テキサス州、プレイノ、ダブリュ 1 - 3 シー・ヘッドクォーターズ

・ドライブ、6 5 6 5、トヨタ・モーター・エンジニアリング・アンド・マニュファクチャリング

・ノース・アメリカ・インコーポレイティド内
- 審査官 所村 陽一

(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 1 7 5 3 9 4 (J P , A)

特開平 0 7 - 1 2 4 0 3 9 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

F 1 5 B 1 5 / 1 0