

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6284765号  
(P6284765)

(45) 発行日 平成30年2月28日 (2018. 2. 28)

(24) 登録日 平成30年2月9日 (2018. 2. 9)

(51) Int. Cl.

F I

F 0 3 G 7/06 (2006.01)

F 0 3 G	7/06	D
F 0 3 G	7/06	B
F 0 3 G	7/06	C
F 0 3 G	7/06	E
F 0 3 G	7/06	G

請求項の数 18 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-529513 (P2013-529513)	(73) 特許権者	513072352
(86) (22) 出願日	平成23年9月26日 (2011. 9. 26)		テクトニック プロプライエタリー リミテッド
(65) 公表番号	特表2013-537950 (P2013-537950A)		TECHTONIC PTY LTD
(43) 公表日	平成25年10月7日 (2013. 10. 7)		オーストラリア国, クイーンズランド 4065, バードン, クーパーズ・キャンプ・ロード 29
(86) 国際出願番号	PCT/AU2011/001237		29 Coopers Camp Rd
(87) 国際公開番号	W02012/040775		Bardon, Queensland
(87) 国際公開日	平成24年4月5日 (2012. 4. 5)		4065 Australia
審査請求日	平成26年9月19日 (2014. 9. 19)	(74) 代理人	100107766
審判番号	不服2016-13157 (P2016-13157/J1)		弁理士 伊東 忠重
審判請求日	平成28年9月2日 (2016. 9. 2)	(74) 代理人	100070150
(31) 優先権主張番号	2011901482		弁理士 伊東 忠彦
(32) 優先日	平成23年4月20日 (2011. 4. 20)		
(33) 優先権主張国	オーストラリア (AU)		
(31) 優先権主張番号	2010904340		
(32) 優先日	平成22年9月27日 (2010. 9. 27)		
(33) 優先権主張国	オーストラリア (AU)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波状の構造物

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

構造物において、

波型形状を有する歪みシート、及び

前記歪みシートを波状様式に変形させるために前記歪みシートと連通する少なくとも3つの作業入力要素であって、前記歪みシートの前記波型形状上の少なくとも3つの点の自由度を抑制する、前記少なくとも3つの作業入力要素により、前記波型形状上の一連の点のそれぞれが、少なくとも部分的に、8字形経路に沿って移動する、少なくとも3つの作業入力要素、

を備える構造物。

## 【請求項 2】

前記歪みシートは、等方性機械的特性を有する材料を備える、請求項 1 に記載の構造物。

## 【請求項 3】

前記歪みシートは、正弦波形状である波型形状を有する、請求項 1 に記載の構造物。

## 【請求項 4】

前記歪みシートは、前記歪みシートの或る区分から見て波型形状を有し、前記区分は、円周の、線形の、及び曲線状の、から成る群から選択される形状を有する、請求項 1 に記載の構造物。

## 【請求項 5】

前記歪みシートは、前記歪みシートの或る区分から見ると波型形状を有し、前記波型形状は振幅を有し、前記振幅は、記区分から垂直に伸びる方向において、実質的に一定の、単調な、及び波形に変化する、から成る群から選択される方法で特徴付けられる、請求項 1 に記載の構造物。

【請求項 6】

構造物において、

波型形状を有する歪みシートであり、前記波型形状は変化する振幅を有し、前記変化する振幅は前記歪みシート上の静止位置においてゼロに減少し、前記歪みシートは、前記静止位置において支持部に固定的に接続される、歪みシート、及び

前記歪みシートを波状様式に変形させるために前記歪みシートと連通する 1 つ又はそれ以上の作業入力要素であって、前記波型形状上の一連の点のそれぞれが、少なくとも部分的に、8 字形状経路に沿って移動する、1 つ又はそれ以上の作業入力要素、

を備える構造物。

【請求項 7】

構造物において、

鞍点を有する歪みシートであって、前記鞍点に隣接する前記歪みシートの区分が鞍形状を有する、歪みシート、及び

前記歪みシートを変形させることで前記鞍点に対して前記区分の鞍形状を回転可能に再度方向付けるように働く前記鞍形状を有する前記歪みシートの前記区分に接続される 1 つ又はそれ以上の作業入力要素、

を備える構造物。

【請求項 8】

前記歪みシートは、前記歪みシートの中心において支持シャフトに固定的に接続される、請求項 7 に記載の構造物。

【請求項 9】

前記歪みシートは、実質的に一定の総歪みエネルギーで波状様式に変形可能であるので、前記歪みシートが弾性復元力の大きな抵抗なく変形され得る、請求項 1 から 8 の何れかに記載の構造物。

【請求項 10】

前記構造物は、以下に示す、変換器、アクチュエータ、センサー、発電機、ファン、ポンプ、拡声器、熱機関、及び推進システムのうちの 1 つの形態である、請求項 1 から 9 の何れかに記載の構造物。

【請求項 11】

前記構造物は機械であり、前記機械は、前記歪みシートが波状様式に変形された結果として、前記歪みシートと連通する 1 つ又はそれ以上の本体上で作業を実行する、請求項 1 から 9 の何れかに記載の構造物。

【請求項 12】

前記歪みシートは、前記作業入力要素と前記 1 つ又はそれ以上の本体との間に機械的倍率を提供するように作られる機械式変圧器である、請求項 11 に記載の構造物。

【請求項 13】

構造物を製作する方法において、

歪み応力をその中に誘発することで柔軟性シートに波型形状を形成する段階、及び

前記歪みシートの前記波型形状上の少なくとも 3 つの点の自由度を抑制する、少なくとも 3 つの作業入力要素により、前記波型形状上の一連の点のそれぞれが、8 字形状経路を移動するようにさせるために、前記柔軟性シートと連通する少なくとも 3 つの作業入力要素を提供する段階、

を含む方法。

【請求項 14】

前記波型形状は変化する振幅を有して形成され、前記変化する振幅は前記柔軟性シート上の静止位置においてゼロに低下し、

10

20

30

40

50

当該方法は、前記柔軟性シートを、前記静止位置において支持部に固定的に接続する段階を更に備える、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

弾性的に前記柔軟性シートの均衡を取る段階を更に備える、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 6】

柔軟性シートに波型形状を形成する前記段階は、前記柔軟性シートに外部から応力を加える前記段階を備える、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 7】

柔軟性シートに波型形状を形成する前記段階は、前記柔軟性シートに残留応力を誘発する前記段階を備える、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記柔軟性シートに残留応力を誘発する前記段階は、圧延、ピーニング、及びスピニングの前記群から選択される形成工程のうちの 1 つ又はそれ以上を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概括的には、波打ち可能歪みシートを含む構造物及びそれらの製作並びに使用方法に関する。詳細には、本発明は、これに限定するわけではないが、作業を実行するのに波状構造物を利用する各種機械類に関する。本明細書に記載する本発明の特有の実施形態として、変換器、ファン、ポンプ、拡声器、熱機関、及び波状推進システムが含まれる。

【背景技術】

【0002】

本出願は、2010年9月27日出願のオーストラリア仮特許出願第2010904340号及び2011年4月20日出願の同仮出願第2011901482号に対し優先権の利益を主張し、同仮出願の全てをそのまま参考文献としてここに援用する。

【0003】

波状推進システムは、作業を実行するのに波打ち可能部材を利用する機械の典型例である。ある種の魚及び光線から得た生物学的な発想から、人工の波状推進システムは、一般的には、流体浸漬フィンを波状に動かすことで推力を生み出す。従来の回転式推進システムとは異なり、波状推進システムは、可動部品間の許容間隙要件が厳しいため、不具合が発生しやすい回転式のベアリング及びシールを持たない構造にすることができる。水中環境では、波状推進システムは、従来のプロペラベースの推進システムと比べて、潜在的に、低騒音で環境破壊が少なく、浸食損傷及び衝撃損傷の影響を受けにくい。

【0004】

波状推進システムの持つ潜在的な利点及び長期に亘る関連研究にもかかわらず、波状推進システムのコスト、複雑性、及び性能の理由から、商用生産されることは、あったとはいえごくわずかであった。既知の波状推進システムは、一般的には、多数のアクチュエータ及び高度な制御システムを必要とする。例えば、振動及び制御に関する雑誌 (Journal of Vibration and Control) 第12号、12巻12号 (2006年)、1337から1359頁 (Low他による) に記載されるロボット魚は、20個のサーボモータと6個のマイクロコントローラで一对のフィンを作動させている。

【0005】

前述のロボット魚のフィンは、滑り継手に相互接続される硬質のセグメントでできており、更に複雑性が増し、不具合が起きやすい。滑り継手は、作動要素間の変動する間隔に適應する必要がある、これは、フィンベースの波状推進システムに関する共通の問題である。代替的な解決方法として、作動要素間に隙間ができる可撓性材料でフィンを構成してきたが、これは、システム推進効率及び出力処理能力操作に悪影響を及ぼすものである。

## 【 0 0 0 6 】

流体及び構造物 ( Fluids and Structures ) に関する雑誌 23 号 ( 2007 年 )、297 から 307 頁 ( Krylov 他による ) には、単一の作動要素で作動され、電子制御が不要な比較的単純な波状推進システムに関する記載がある。このシステムは、モータ駆動式ピボット・アームを用いて、一方の縦方向縁部が固定されたゴム細片に弾性波を発生させる。このシステムの単純性の欠点は、ゴム細片の全体形状が非抑制的であり、出力供給が最適以下で制御困難なものになるいくつかの要因によって影響を受けることである。特に、周囲の流体によって減衰され、モータ駆動式ピボット・アームからの距離が大きくなるにつれて弾性波の振幅が小さくなり、弾性波の反射が相殺的干渉を引き起こす。

10

## 【 0 0 0 7 】

S I C E - I C A S E 国際合同会議 ( International Joint Conference ) ( 2006 年 10 月 )、5847 から 5852 頁 ( Rossiter 他による ) には、比較的少ないアクチュエータ要素による駆動が可能ないくつかの波状推進システムと類似する、波形フィン様要素を有する装置が提示されている。この装置は、弾性的に歪み梁に取り付けられる一連のアクチュエータ要素を備える。アクチュエータ要素特有の活性化シーケンスは、梁の中間点に円形の変形経路を作り出す。この変形経路を用いることで、プラットフォームを活用した固形物の漸進的な運搬が可能になり、固形物を円形の変形経路の一部表面の梁の中間点から除荷する。好ましくないことに、この装置は、不均一な動きで固形物を運搬し、運搬される固形物を周期的に持ち上げるためには大きな作動力を必要とし、弾性状態と重力状態の両方において潜在的なエネルギーが回復しないことが原因で効率に損失が生じる。

20

## 【 0 0 0 8 】

波打ち可能歪みシートが、機械式変圧器として機能し得ることについて、これより説明する。機械式変圧器は、機械的な長所を利用して機械的エネルギー源のインピーダンスを負荷に合わせる目的で広く用いられている。入力端子及び出力端子の間の電力の電流に対する電圧比を変える変圧器と同様に、機械式変圧器は、機械動力の力の速度に対する比率を変える。

## 【 0 0 0 9 】

ソリッドステート変換器と連動して使用される機械式変圧器は、通常変換器の構造の中に内蔵される。機械的利点を提供する周知の型の変換器構造は、ベンダー、レバー式アーム、及び撓み張力を有する構造を含む。ソリッドステート変換器で一般的にみられる特徴は、機械的利点を提供する構造で使用される場合でも、これらの変換器が総弾性復元力を経験することである。この復元力は、平衡位置から離れるほど変形を妨げる力が強まる。その結果、総弾性復元力は、出力性能を低下させ、出力歪みを引き起こす。振動条件下では、総弾性復元力は、変換器の質量及び減衰特性と相まって周波数依存性応答を引き起こし、通常、狭帯域共振振動数時を除いて変換器効率が低下する。

30

## 【 0 0 1 0 】

内弾性をカウンタバランスさせ、総弾性力及びその効果を低下させる又はなくするような、機械式変圧器を組み込んだ変換器構造はほとんど報告されていない。そのような変換器構造は、米国特許第 6,236,143 号 ( Lesieutre 他による ) に記載されており、この変換器構造は、軸圧縮を用いて圧電ベンダー要素を事前に曲げることで横剛性を低下させる。事前に曲げられたベンダー要素中の弾性力は、或る位置でカウンタバランスさせられるが、構造は、作動中に弾性影響を被っており、なぜならばこの構造には中立的に安定した変形経路がないからである。中立的に安定した変形経路を持たない変換器構造は、米国特許第 4,010,612 号 ( Sandoval による ) で例示される連続したベルトベース設計及び第 45 回 A I A A / A S M E / A S C E / A H S / A S C 構造物、構造力学及び材料会議の議事録 ( 2004 年 4 月 )、19 から 22 頁 ( Murphey 他による ) に記載されるような中立的な弾性テープばねを含む。総弾性復元力に関連付けられる欠点を克服しながらも、これらの変換器構造は共に、全作動能力中、いかなる時

40

50

でも有効な作動能力の割合が非常に小さいため、出力密度が低い。更に、中立的弾性テープばねは、一般的な耐変形性が低いため、中立的な安定した経路のみならず、多くの利用に適さない。一方で、連続したベルト設計はより頑強であるが、ベルト張力を維持するのに必要な支持構造物の重量及び体積によって負荷がかかる。

【0011】

他の場所では、構造中に鞍状構造物を見る場合もあるが、この構造物は、一般的にはカウンタバランス弾性力がないため、機械式変圧器等の機械類での使用には不適當である。米国特許第4,183,153号(Dicksonによる)には、特定の形状をした可撓性材料を接合することで作られる双曲幾何学モデルが記載されており、この可撓性材料は、少なくとも部分的に均衡のとれた弾性力を有していることで鞍状構造を可能にする。記載される製作方法は、潜在的な不具合点である接合部を作ること、幾何学形状及び材料特性に不連続性が生まれ、良好な弾性均衡を妨げる。

10

【0012】

従来技術を踏まえ、本発明の目的は、従来技術の欠点又は欠陥の1つ又はそれ以上を対処する又は少なくとも改善する、又は少なくとも有益な代替物を公に提供することである。これより後の説明で更なる目的を明らかにする。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の実施形態は、波状様式に変形可能な歪みシートを備える構造物に関する。

20

【0014】

或る形態では、これが唯一のもの、又は実際にはもっとも一般的な形態というわけでは、本発明は構造物に関するものであり、その構造物は、波型形状を有する歪みシートと、

歪みシートを波状様式に変形させるために歪みシートと連通する1つ又はそれ以上の作業入力要素であって、波型形状上の一連の点のそれぞれが、少なくとも部分的に、共通の座標系に対して8字形状経路に沿って移動する、1つ又はそれ以上の作業入力要素と、を備える。

【0015】

歪みシートが鞍形状になっていて、その外周区分から見ると波型形状を有していれば好適である。他の構造では、歪みシートは、線形又は曲線状区分から見ると波型形状を有すると波型形状を有しており、魚のひれに更に似た波状構造物の形成を可能にする。歪みシートの形状は、波型形状の、見られる区分から垂直に伸びる方向の振幅が変化することから、更に影響を受けることがあり、様々な構造において、振幅は、実質的に一定であっても、単調であっても、又は波形に変化してもよい。

30

【0016】

別の形態では、これがもっとも一般的な形態というわけではないが、本発明は構造物に関するものであり、その構造物は、

鞍点を有する歪みシートであって、鞍点に隣接する歪みシートの或る区分は、鞍形状を有する、歪みシートと、

40

歪みシートを変形させることで鞍点に対して前述の区分の鞍形状を回転可能に再度方向付けるように働く歪みシートの区分に接続される1つ又はそれ以上の作業入力要素と、を備える。

【0017】

上述の形態のそれぞれでは、構造物は、機械と連通する1つ又はそれ以上の本体上で作業を実行するための機械であり、それによって、歪みシートが、波状様式に変形された結果、1つ又はそれ以上の本体上で作業を実行するものであれば好適である。

これらの実施形態では、歪みシートは、機械と連通する、1つ又はそれ以上の作業入力要素と1つ又はそれ以上の本体との間に機械的利点を提供するように作られた機械式変圧器として働き得る。

50

## 【 0 0 1 8 】

上述の構造物のそれぞれの形態において、歪みシートは、実質的に一定の総歪みエネルギーで波状様式に変形可能であるので、歪みシートは、弾性復元力の大きな抵抗もなく変更され得れば好適である。

## 【 0 0 1 9 】

更に別の形態では、これがもっとも一般的な形態というわけではないが、本発明は、波型形状を有する歪みシートと連通する1つ又はそれ以上の本体上で作業を実行するための方法に関するものであり、その方法は、歪みシートを変形させることを含み、歪みシートの波型形状上の一連の点のそれぞれが、少なくとも部分的に、共通の座標系に対して8字形状経路に沿って移動するので、歪みシートが、変形した結果、波状様式に動いて1つ又はそれ以上の本体上に動作を生み出す力を及ぼす。

10

## 【 0 0 2 0 】

更に別の形態では、これがもっとも一般的な形態というわけではないが、本発明は或る構造物を製作する方法に関し、その方法は、

歪み応力をその中に誘発することで柔軟性シートに波型形状を形成する段階と、

波型形状上の一連の点のそれぞれが、少なくとも部分的に、共通の座標系に対して8字形状経路に沿って移動するようにさせるために、柔軟性シートと連通する少なくとも1つの作業入力要素を提供する段階と、を備える。

## 【 0 0 2 1 】

柔軟性シートに波型形状を形成することが、圧延、ピーニング、艶付け、又はスピニングの形成工程によって柔軟性シートに残留応力を誘発することを含めば好適である。あるいは又は追加的に、柔軟性シートに波型形状を形成することは、柔軟なシートに外部から応力を加えることを含む。

20

## 【 0 0 2 2 】

この後の詳細な説明で本発明の更なる形態及び特徴を明らかにする。

## 【 0 0 2 3 】

本明細書で使用される場合、「シート」は、自身の長さおよび幅に対して厚みが小さく、平らであるかどうか、一定の厚さであるかどうかは問わない形状の製品を指し、その定義には以下の用語、プレート、細片、薄片、膜、曲面板（シェル）、薄膜、リボン、円板、及び環が含まれる。

30

## 【 0 0 2 4 】

本明細書で使用される場合、用語「歪められる」は、弾性不安定性の結果、シートが曲がった、歪んだ又は皺のよった歪み加工後の状態を指す。

## 【 0 0 2 5 】

本明細書で使用される場合、「加速」は、「減速」を含むものと定義する。

## 【 0 0 2 6 】

本発明の理解及びその効果の実現が容易となるように、これより添付図面について説明する。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 7 】

40

【 図 1 A 】 本発明のある態様による構造物の斜視図を示す。

【 図 1 B 】 図 1 A に示す構造物の作動中の動作を図示する。

【 図 2 】 図 1 A の構造物の電気回路図を示す。

【 図 3 】 本発明の別の態様による線形変換器の斜視図を示す。

【 図 4 】 本発明の別の態様によるポンプの部分の部分透視斜視図を示す。

【 図 5 A 】 本発明の別の態様による装置の斜視図を示す。

【 図 5 B 】 図 5 A に示す装置の作動中の動作を図示する。

【 図 6 A 】 本発明の別の態様による熱機関の斜視図を示す。

【 図 6 B 】 図 6 A に示す熱機関の拡大した部分透視分解図を示す。

【 図 7 】 図 6 A の熱機関の流体流れ概略図を示す。

50

【図 8】本発明の別の態様による外周結合の回転式アクチュエータの部分透視斜視図を示す。

【図 9】本発明の別の態様による摩擦結合の回転式アクチュエータの部分透視斜視図を示す。

【図 10 A】本発明の別の態様による別の構造物の部分透視斜視図を示す。

【図 10 B】図 10 A に示す構造物の作動中の動作を図示する。

【図 10 C】図 10 B の拡大部分図を示す。

【図 11 A】図 10 A に示す構造物の電気回路図を示す。

【図 11 B】図 10 A に示す構造物を駆動する一連の電気波形を示す。

【図 12】本発明の別の態様による気密密閉型ポンプの部分透視斜視図を示す。

10

【図 13】本発明の別の態様による攪拌機の部分透視斜視図を示す。

【図 14】本発明の参考例による超音波変換器の部分透視斜視図を示す。

【図 15 A】本発明の参考例による回転抑制型波動装置の部分透視斜視図を示す。

【図 15 B】側面から見た図 15 A の回転抑制型波動装置の作動中の動作を図示する。

【図 15 C】図 15 A の回転抑制型波動装置を利用する直接結合のアクチュエータの側面図を示す。

【図 16 A】本発明の参考例による並進抑制型波動装置の部分透視斜視図を示す。

【図 16 B】側面から見た図 16 A の並進抑制型波動装置の作動中の動作を図示する。

【図 16 C】図 16 A の並進抑制型波動装置を利用する形状結合のアクチュエータの側面図を示す。

20

【図 17 A】本発明の参考例による 8 字抑制型波動装置の部分透視斜視図を示す。

【図 17 B】側面から見た図 17 A の 8 字抑制型波動装置の作動中の動作を図示する。

【図 17 C】図 17 A の 8 字抑制型波動装置を利用する摩擦結合のアクチュエータの側面図を示す。

【図 18】本発明の別の態様による波状推進システムの部分透視斜視図を示す。

【図 19】本発明の別の態様による波状押上機の部分透視斜視図を示す。

【図 20】本発明の別の態様による構造物を製作する方法の一般的な流れ図である。

【図 21】図 20 に図示される方法の或る実施形態による図 10 A の構造物を製作するための構成要素の斜視図を示す。

【図 22】図 20 に図示する方法の別の実施形態による図 1 A の構造物を製作するための構成要素の斜視図を示す。

30

【発明を実施するための形態】

【0028】

図 1 A は、本発明の或る態様による構造物 100 を図示する。構造物 100 は、分散的な柔軟性を有し、中心が支持シャフト 120 と固定結合した歪みシート 110 を備える。歪みシート 110 は、その中の残留応力によって歪んでおり、波形状の、更に好適な実施形態では正弦波形状をした外周形状の 112 と、双曲放物面に似ていて全体的に鞍状の形状 114 であって、鞍形状 114 は、中心の鞍点 116 を有している鞍形状 114 とを備えており、正弦波形状をした外周形状の 112 は、中心の鞍点 116 からの距離が増すほど振幅が大きくなり、更に中立的な安定性も増す。構造物 100 は、ユニモルフ様式の、歪みシート 110 上に環状に取り付けられる 12 個の圧電アクチュエータ・セグメント 130 の形態をした作業入力要素を更に備える。支持シャフト 120 沿いに通っている電気コネクタ 140 及び歪みシート 110 は、アクチュエータ・セグメント 130 に電力を供給する。歪みシート 110 を取り囲み、歪みシートと連通している流体 150 は、歪みシート 110 が変形されるとその上で作業を実行することができる本体を随意的に備える。

40

【0029】

図 1 B は、作業中の構造物 100 の動作を示しており、アクチュエータ・セグメント 130 は、特有の一連の電気入力に反応して作動し、歪みシート 110 を波状様式に変形させる。動きの時系列 160 は、歪みシート 110 の波状変形経路を示し、鞍形状 114 は、中心の鞍点 116 と関係性をもって回転可能に再度方向付けられる。動きの時系列 16

50

0を通して正弦波形状をした外周形状112上の一連の点のうちの1つの点の動きを表すと、マーカー170は、曲線状の面外の、支持シャフト120に対して8字形状経路180に沿って進む。歪みシート110は、弾性復元力の大きな抵抗もなく波状様式に変形可能であるが、鞍形状114は、その二軸曲率故に、自身の重量としてはかなりの安定性を有す。

#### 【0030】

図2は、構造物100の電気回路図200を示しており、アクチュエータ・セグメント130が外周形状の中に描かれている。アクチュエータ・セグメント130は、歪みシート110の正弦波形状の外周形状112と一致しており、故に、正弦波状で変化する曲率を有する。三相電源210は、電気コネクタ140を通じてアクチュエータ・セグメント130に電力を供給する。電源210の各位相は、アクチュエータ・セグメント130の群に接続され、アクチュエータ・セグメント130は、正弦波形状の外周形状112の対称性のおかげで一致する大きさの曲率を動的に有す。交互アクチュエータ・セグメント130は、逆極性を備えて構成されるので、電源210の各位相で見えるようにアクチュエータ・セグメント130の曲率の見えている方向を合わせる。電源210によってアクチュエータ・セグメント130が作動すると、歪みシート110及びアクチュエータ・セグメント130の正弦波形状に変動する曲率を、作動の結果生じる外周曲げ力の回転性の正弦波パターンと合わせるように働く。

#### 【0031】

好都合なことに、歪みシート110の波状変形は、実質的に一定の総歪みエネルギーと共に、言い換えれば中立的に安定した変形経路に沿って起こり、弾性力は、歪みシート110とアクチュエータ・セグメント130の両方の中で、動的に平衡される。結果的に、アクチュエータ・セグメント130が生み出す作動力は、局所的な弾性復元力によって縮小され、伝統的な変換器構造と比べて、構造物100が改善された力、変位及び歪みの特性ならびに高効率及び広帯域性能を示すようになる。弾性的な均衡に加えて、歪みシート110の波状変形は、動きの対称性によって動的に均衡がとられるので、騒音及び振動をもたらす、支持シャフト120上で歪みシート110の出す力が最小限に抑えられる。

#### 【0032】

アクチュエータ・セグメント130を用いて、歪みシート110を変形させ、鞍形状114を回転可能に再度方向付けることで、構造物100は、モーフィング構造として機能することができ、この構造は、例えば、審美的ディスプレイとして又は流路の中で流体の流れを変えるために使用することができる。同様に、構造物100は、流体150に対する作業を実行する機械として機能する場合もある。このような場合、歪みシートは、機械式変圧器として働くことができ、アクチュエータ・セグメント130の高応力での低歪み膨張を流体150の低圧での高撓みに変換する機械的倍率をもたらす。流体150で実行される作業を最大にするために、この装置によってもたらされる機械的倍率の量は、例えば、アクチュエータ・セグメント130を歪みシート110上で放射状に配置することで調節され得る。

#### 【0033】

流体150が空気である場合、構造物100は、気流を発生させることでファンとして機能することができる。構造物100は、従来式のファンと比べて低騒音、低コスト及び塵汚れに強く、圧電式のファンと比べて広範囲な速度全般に効率的に作動する能力がある。歪みシート110を波状に変形する速度に振動させるのに三相電源210を構成することで、構造物100は、音響エネルギーを発生することで拡声器として機能することができる。従来式の可動コイル型拡声器と比べて、構造物100は、高効率及び低歪みという潜在的利点を持っており、これには以下の理由、すなわち、中心ばねと中心ばねが発生する振動を管理するのに通常使用される付随的な電氣的及び機械的減衰を必要とせず、鞍形状114のどのような回転の方向からでも歪みシート110の変形を加速する能力と、歪みシート110の鞍形状の回転方向を正確に制御する能力と、大きな撓みを生み出す歪みシート110の性能と、歪みシート110の高い形状安定性、が挙げられる。構造物1

10

20

30

40

50



00は、勿論空気以外の水などの流体において流動及び音響エネルギーを生み出すことができる。構造物100が実行し得る他の機能については、図3及び図4を参照すれば明らかになる。

#### 【0034】

図3は、線形変換器300を示しており、この変換器は、構造物100と、構造物100の支持シャフト120に滑動可能に取り付けられる摺動部310と、一方が構造物100の歪みシート110に枢転可能に接続され、他方が摺動部310に枢転可能に接続される接続ロッド320とを備える。アクチュエータ・セグメント130を使って歪みシート110を波状様式に変形することで、変換器が線形アクチュエータとして機能し、摺動部310が支持シャフト120上で摺動するように促される。逆に作動させると、歪みシート110を波状様式に変形するために、摺動部310を振動力によって駆動することができ、アクチュエータ・セグメント130が電荷を発生させる。このようにして、線形変換器は、位置センサー又は発電機として機能し得る。

10

#### 【0035】

図4は、ポンプ400を示しており、このポンプは、支持シャフト120aが短いという点を除いて構造物100と類似の変形構造部100aを備える。短縮支持シャフト120aは、上半分ケーシング410と下半分ケーシング420の内側に固定接続されており、電気コネクタ140（示されず）が下半分ケーシング420の中を通過して、このケーシング内で静的に密封されている。上半分、下半分のケーシング410、420は、透過的に示されており、歪みシート110の波状変形を収容するための空洞部430が見える。この空洞部は、流体入口440と流体排出口450を含む流体流路を形成している。歪みシート110の波状変形は、空洞部430を通る流体150（図示せず）を加速する。好都合なことに、ポンプは、一時的放出をなくすように気密密閉され得る。更に、ポンプは、流体150の加速を調節することで音響アクチュエータとして使用され得る。

20

#### 【0036】

図5Aは、特にファンとしての使用に適した装置500を図示する。装置500は、変形構造物100bを備えており、この構造物は、歪みシート110が中心ではなく縁部で支持シャフト120に固定接続されており、このためピーク変位が増す、という点を除いて構造物100と類似する。

図5Bは、作動中の装置500の動作を示しており、動きの時系列510が歪みシート110の変形経路を示す。

30

#### 【0037】

図6A及び図6Bは、本発明の別の態様による熱機関600を図示しており、図6Bがその構造を示す拡大した部分透視分解図を示す。熱機関600は、回転子610と、上半分固定子620と、下半分固定子630を備える。上半分固定子620は、高温流体流入口621と、高温流体流入口ヘッダ623と、高温流体流入口ポート626と、低温流体流出口622と、低温流体流出口ヘッダ624と、低温流体流出口ポート625と、鞍形状上側接触面627とを含む。下半分固定子630は、高温流体流出口631と、高温流体流出口ヘッダ633と、高温流体流出口ポート636と、低温流体流入口632と、低温流体流入口ヘッダ634と、低温流体流入口ポート635と、鞍形状下側接触面637とを含む。回転子610は、回転可能シャフト611と、複数の中立的に安定した、回転可能シャフト611に軸固定される鞍形状歪みシート612と、各歪みシート612上に対称的に配置されかつ各歪みシートに結合された、1つ又はそれ以上の環状細片613とを備える。環状細片613は、歪みシート612を変形させる作業入力要素として働く熱バイモルフ要素614を形成するように、歪みシート612に対して異なる熱膨張係数を有している。熱バイモルフ要素614が外周のセンスで主として働くように、幅の狭い環状細片613が設計されている。熱バイモルフ要素614は、上側接触面627と下側接触面637との間に挟まれ、高温流体流入口ポート626と対向する高温流体流出口ポート636との間に高温流体流路615（図示せず）及び低温流体流入口ポート635と対向する低温流体流出口ポート625との間に低温流体流路616（図示せず）を形成する

40

50

ように穿孔を備える。随意的に、回転子 610 は、隣接する熱バイモルフ要素 614 間及び熱バイモルフ要素 614 と上半分固定子 620、下半分固定子 630 との間に配置される穿孔対応隔子を更に含み、高温流体流路 615 と低温流体流路 616 との間で摩擦を小さくして流体漏出を減らす。

#### 【0038】

図 7 は、周辺形状に描写される熱バイモルフ要素 614 を備えた熱機関 600 の流体の流れ略図 700 を示す。高温流体 710 は、熱エネルギーを部分的に機械的作業に変換されるように熱機関 600 に供給し、低温流体 720 は、廃熱の廃棄を可能にする。高温流体 710 及び低温流体 720 は、高温流体流路 615 と低温流体流路 616 をそれぞれ通ることで、歪みシート 612 を波状様式に変形させる熱バイモルフ要素 614 に或るバタ 10  
ーンの外周曲げ力を発生するように作られた熱バイモルフ要素 614 の中に温度分布を促す。歪みシート 612 が波状様式に変形するために、熱バイモルフ要素 614 は、上半分固定子 620 と下半分固定子 630 と滑動可能に噛み合い係合するように上側接触面 627 と下側接触面 637 に押し付けられ、回転子 610 が連続して回転される。中立的に安定した変形経路に沿って更に作用シートを周期的に変形させる連続ベルト型熱機関と比べて、熱機関 600 は、高出力密度を実現する能力があり、これには以下の理由、すなわち、熱バイモルフ要素 614 のコンパクトな積層性と、熱バイモルフ要素 614 が分散して曲げられているので、高比率の作動性能がいつでも有効であり得る点とが挙げられる。

#### 【0039】

熱機関 600 の代替実施形態では、歪みシート 612 は、追加的方法又は代替的方法で 20  
、半分固定子 620 及び下半分固定子 630 と係合するように設計されてもよい。鞍形状歪みシートを相対的に回転する部材と係合させる或る代替方法を説明するために、図 8 は、外周結合の回転式アクチュエータ 800 を示しており、このアクチュエータは、変形構造 100c と、変形構造 100c の細部が見えるように透過的に示されたハウジング 810 とを備える。変形構造 100c は、ハウジング 810 に対する安定性を提供し、出力を増すためにそれぞれの中心で支持シャフト 120 に固定接続された複数の歪みシート 110 を有する点を除いて構造 100 と類似する。ハウジング 810 は、歪みシート 110 を捕捉することで支持シャフト 120 の相対的な軸の動作を防止する幾つかの突起 812 と、上から見ると歪みシート 110 の形状と一致する角が丸みを帯びた概ね四角い形の内部形状 814 とを含む。歪みシート 110 を波状様式に変形させると、歪みシート 110 は 30  
、ハウジング 810 と滑動可能に噛み合い係合する方法で外周部がハウジング 810 に押し付けられ、支持シャフト 120 がハウジング 810 に対して連続して回転される。

#### 【0040】

鞍形状歪みシートを相対的に回転する部材と係合させる別の或る代替方法を説明するために、図 9 は、摩擦結合の回転式アクチュエータ 900 を示している。摩擦係合の回転式アクチュエータ 900 は、構造物 100 と、上側摩擦表面 915 を有する上半分ケーシング 910 と、下側摩擦表面 925 を有する下半分ケーシング 920 とを備える。構造物 100 の歪みシート 110 は、上側摩擦表面 915 と下側摩擦表面 925 との間に挟まれているので、歪みシートは、正弦波形状の外周形状 112 の波の山部と谷部で上半分ケーシング 910 及び下半分ケーシング 920 と摩擦係合している。上半分、下半分のケーシング 910、920 は、透過的に示されており、歪みシート 110 の波状変形及び支持シャフト 120 の相対的な回転を収容するように作られ、その中に形成された空隙部 930 がみえる。図 1B 及び曲線状の面外の 8 字形状経路を参照すると、歪みシート 110 の波状様式の変形は、正弦波形状の外周形状 112 の山部と谷部で接線運動を引き起こすのが分 40  
かり、上方から見ると、支持シャフト 120 に対して同じ右回りのセンスで動いている。上側摩擦表面 915 及び下側摩擦表面 925 と接触しているこの区域の歪みシート 110 のこの同じセンスの接線運動は、上側摩擦表面 915 及び下側摩擦表面 925 上で同時に歪みシート 110 を転がるような動きで動かすように働く。これによって、支持シャフト 120 は、上半分、下半分ケーシング 910、920 に対して連続して回転される。

#### 【0041】

図10Aは、本発明の別の態様による別の構造物1000を図示する。構造物1000は、縦方向縁部1012沿いの比較的硬質な支持部1020に固定して、又は別の実施形態では駆動可能に接続される、熱によって活性化する形状記憶材料で作られた歪み細片1010を備える。

歪み細片1010は、線形区分から見ると波形状1014を有しており、これは、縦方向縁部1012から横方向の振幅を大きくする。図示する実施形態では、歪み細片1010には波形状1014があり、2つの波長を有しているが、別の実施形態では、非整数値を含む異なる数の波長を有していてもよい。構造物1000は、中に埋め込まれる、又は代替実施形態では歪み細片1010の面に取り付けられる複数の周期的に作動可能な抵抗加熱要素1030を更に備える。歪み細片1010の形状記憶部分は、歪み細片1010を波状様式に変形するための作業入力要素として働くために、加熱要素1030によって特有の様式で活性化され得る。歪み細片1010と連通する流体1040は、熱だめとして働く。この熱だめは、加熱要素1030によって活発に加熱されていない歪み細片1010の一部を冷却することによって歪み細片1010の形状記憶を局部的に不活性にするためのものである。流体1040は、歪み細片1010が変形される場合にその上で作業を実行することができる本体として働いてもよい。随意的に、加熱要素1030は、図21を参照して後で説明するように、歪み細片1010から電氣的に絶縁されてもよい。

#### 【0042】

図10Bは、作動中の構造物1000の動作、動きの時系列1050を示し、波状様式に変形された歪み細片1010を図示している。好都合なことに、歪み細片1010は、分散的な柔軟性を有して波状様式に変形することで十分に柔軟性のある機構として働くので、滑り継手又は弛みの形成がなくても機能することが可能である。更に好都合なことに、歪み細片1010の歪み状態は、実質的に一定の総歪みエネルギーで歪み細片を波状様式に変形させることができるので、弾性復元力の大きな抵抗もなく歪み細片を変形し得る。図10Cは、図10Bの拡大された部分図である。動きの時系列1050を通して正弦波形状の1014上の一連の点のうちの1点の動きを表しており、マーカー1060は、曲線状の面外の、支持部1020に対して8字形経路1070に沿って移動している。

#### 【0043】

図11Aは、構造物1000の電気回路図1100を示す。一連の電気波形1110は、縦形状に描写されている加熱要素1030に電力を供給する。

歪み細片1010を観察すると、正弦波形状1014の各半波長の3分の1が残りの3分の2と比べて比較的直線的であることが分かる。これに対応して、加熱要素1030は、形状記憶効果を用いて局部的な歪み取り応力を生み出すために、波長の6分の1ごとの間隔で歪み細片1010中に作られているので、歪み細片1010を波状様式に変形することができる。一連の電気波形1110は、第1位相1120、第2位相1130及び第3位相1140を備えており、これらの位相は、電気コネクタ1150を通る、歪み細片1010の各半波長の第3、第2及び第1の加熱要素1030への接続に関するものである。

#### 【0044】

図11Bは、構造物1000を駆動するための一連の電気波形1110の詳細を示す。もっとも基本的な形状では、一連の電気波形1110の位相1120、1130及び1140は順々に作動し、その順番及び頻度が、歪み細片1010の波状変形のそれぞれの方向及び速度を決める。

様々な目的で、位相1120、1130及び1140のこの基本的形状に変形を加えることができ、目的として、エネルギー効率の最大化、円滑な周波中の電力供給、過熱保護、及び過大応力保護が含まれる。前述の変形には、パルス幅変調、振幅変調、及び位相1120、1130及び1140間の順次処理の前進又は遅延のための時間変化1160が、これらに限定するわけではないが含まれる。示している構造物1000の実施形態では、一連の電気波形1110は、歪み細片1010の開ループ制御を提供するが、温度又は位置に関するフィードバック等のフィードバックは、閉ループ制御用に含まれる。

## 【 0 0 4 5 】

歪み細片 1 0 1 0 を波状様式に変形させるのに、作業入力要素として代替作動構成及び技術を用いてもよいことは容易に理解頂けるであろう。例えば、形状記憶材料に電流を直接通すこと、又は熱連通する適切な高温の流体を通すことによって、歪み細片 1 0 1 0 の形状記憶を作動させてもよい。歪み細片 1 0 1 0 は、作動することで直線化作用ではなく曲げる作用を発生させる形状記憶性能を有していてもよく、又は代わりに、図 2 0 を参照して下文で説明するような他の手段で作動する、形状記憶材料以外の材料で構成されてもよい。動作の精度を増すため又は製造及び作動を簡素化するために、加熱要素 1 0 3 0 の数を変更してもよい。更に、加熱要素 1 0 3 0 を個別に制御して、歪み細片 1 0 1 0 の形状に影響を与えてもよく、その波形状 1 0 1 4 の範囲内の振幅及び波長特性を含む。

10

## 【 0 0 4 6 】

構造物 1 0 0 0 は、歪み細片 1 0 1 0 を目的の移動方向と平行に配置して水中に沈めて船舶へ取り付けすることで、波状推進システムとして使用してもよい。当業者であれば明白であるが、構造物 1 0 0 0 は、構造物 1 0 0 と類似の方法でアクチュエータ、センサー、発電機、ファン、ポンプ又は拡声器としても機能し得る。

## 【 0 0 4 7 】

図 1 2 は、気密密閉型ポンプ 1 2 0 0 を図示しており、このポンプは、構造物 1 0 0 0 と、構造物 1 0 0 0 の支持部 1 0 2 0 に固定して接続されるケーシング 1 2 1 0 とを備える。ケーシング 1 2 1 0 は、透過的に示されており、歪み細片 1 0 1 0 の波状変形を収容し、流体 1 0 4 0 (図示せず)の流れを案内するための楔形空洞部 1 2 1 2 が見える。代替実施形態では、歪み細片 1 0 1 0 の前縁及び/又は後縁は、抵抗を減らし、歪み細片 1 0 1 0 の形状に与える端効果の衝撃を最小に抑えるために先細になっていてもよい。

20

## 【 0 0 4 8 】

図 1 3 は、攪拌機 1 3 0 0 を図示しており、この攪拌機は、熱によって活性化する形状記憶材料で作られ、比較的硬質な曲線状支持部 1 3 2 0 に固定して取り付けられる曲線状歪み細片 1 3 1 0 を備える。攪拌機は、歪み細片を波状様式に変形させ、周囲の流体(図示せず)を攪拌するように働く、曲線状の歪み細片 1 3 1 0 の中に埋め込まれる複数の加熱要素 1 0 3 0 を更に備える。攪拌機 1 3 0 0 は、曲線状歪み細片 1 3 1 0 が線形区分ではなく外周区分からから見ると波形状 1 3 1 2 を有する、という点を除いて構造物 1 0 0 と類似する。代替実施形態では、曲線状歪み細片 1 3 1 0 及び硬質の曲線状支持部 1 3 2 0 は、不連続であってもよく及び/又は様々な曲率であってもよい。曲線状歪み細片 1 3 1 0 は、曲線状区分から見ると波形状 1 3 1 2 を有する。

30

## 【 0 0 4 9 】

図 1 4 は、本発明の参考例による音響変換器 1 4 0 0 を示す。音響変換器 1 4 0 0 は、形状記憶材料でできた歪みシート 1 4 1 0 を備え、第 1 の縁部 1 4 1 2 と対向する第 2 の縁部 1 4 1 4 を有し、第 1 と第 2 の縁部、1 4 1 2、1 4 1 4 は、フレーム 1 4 2 0 に固定して接続されている。歪みシート 1 4 1 0 は、フレーム 1 4 2 0 によってかけられる力が生み出すせん断応力によって歪められ、歪みシート 1 4 1 0 の線形区分から見ると波形状 1 4 1 6 を形成する。波形状 1 4 1 6 は、第 1 の縁部 1 4 1 2 から離れたところでは実質的に一定の振幅を有し、歪みシート 1 4 1 0 がフレーム 1 4 2 0 に接続されている第 1 及び第 2 の縁部、1 4 1 2、1 4 1 4 の近辺では振幅が小さくなる。音響変換器 1 4 0 0 は、歪みシート 1 4 1 0 の上に配置される複数のストリップ加熱器 1 4 3 0 と、歪みシート 1 4 1 0 の形状記憶部分を活性化させるために電力をストリップ加熱器 1 4 3 0 に送る一連の電極 1 4 4 0 と、を更に備える。音響エネルギーは、歪みシート 1 4 1 0 を波状様式に変形させる比率を制御するために適切な一連の電気波形を一連の電極 1 4 4 0 に印加することで歪みシート 1 4 1 0 と連通する流体(図示せず)の中で作られ、波形状 1 4 1 6 上の一連の点のそれぞれは、フレーム 1 4 2 0 に対して 8 字形状経路に少なくとも部分的に沿って移動する。

40

## 【 0 0 5 0 】

歪みシート 1 4 1 0 は、フレーム 1 4 2 0 によってかけられる力が生み出すせん断応力

50

によって歪められるが、シートを歪めるのに技術的に知られる多くの他の構成及び装置を、音響変換器 1400 の代替実施形態で採用してもよい。例えば、弾性基板が及ぼす力を使って細片を歪める装置は、物理的審査 E (Physical Review E) 第 1 号 75 巻 016609 頁 (2006 年) (Concha 他による) に記載されている。歪みシート 1410 は直線状細片の歪めパターンを示しているが、音響変換器 1400 の代替実施形態では、歪みシート 1410 が、波状様式に変形され得る波型形状も有する違った歪めパターンを呈する場合もあり、そのようなパターンには、格子縞、波打つ縞及び杉綾模様と表現されるものが含まれる。これらの歪めパターンのいくつかが二軸波型形状を有するように、歪みシート 1410 を波状様式に変形することが可能であり、その場合異なる方向の波状変形が発生し得る。

10

#### 【0051】

図 15A、図 16A、及び図 17A は、本発明の参考例を示し、図 18 は、本発明の実施形態を示し、ここでは、互いに対して波型形状上の少なくとも 2 つの点の 1 つ又はそれ以上の自由度を動的に抑制する機構を用いて、細片が、波型形状を有する歪み形態に維持される。このような参考例及び実施形態のそれぞれでは、細片が周辺流体上で作業を実行するために細片の形状上の点を抑制する機構で働く作業入力要素によって、細片が波状方式に変形され得る。しかしながら、作業入力要素は、細片上で他の方法で働く場合もあり、その場合には、細片の形状上の点を抑制する機構は、細片が作業を実行する本体として機能し得る。

#### 【0052】

20

図 15A は、回転抑制型の波状装置 1500 を図示しており、この装置は、波型形状 1512 を有し、並びに縦方向の複数の縁部に沿って一対の回転可能シャフト 1514 に堅固に、軸方向に接続される歪み細片 1510 を備える。回転可能シャフト 1514 は、フレーム 1520 に回転可能に接続されており、互いに対する回転を抑制するベルトプリー機構 1530 に接続される。

#### 【0053】

回転抑制型波状装置 1500 の作業中の動作を図示するために、図 15B は、歪み細片 1510 が波状様式に変形される際の波型形状 1512 の動作図 1540 を示す。波型形状 1512 上の一連の点 1550 は、歪み細片 1510 が変形する際にそれぞれの経路 1560 を移動する。図 16B 及び図 17B を参照すれば明白となる歪み細片 1510 の変形の特性として、一連の点 1550 のそれぞれは、フレーム 1520 から読み取れる共通の座標系に対して 8 字形状経路を移動しており、各点が移動している 8 字形状経路と合致する経路を動いている。

30

#### 【0054】

線形変換器 300 のように、回転抑制型波状装置 1500 は、固形物に直接結合され、その上で作業を実行する。図 15C は、直接結合型アクチュエータ 1570 を示し、このアクチュエータは、回転抑制型波状装置 1500 と、歪み細片 1510 に固定される直結カブラ 1580 とを備える。歪み細片 1510 を波状様式に変形することで、直結カブラ 1580 に動きが生じ、好適な実施形態におけるこの動きは、直結カブラ 1580 が歪み細片 1510 上で中心に位置していることから直線的な動きとなる。

40

#### 【0055】

図 16A は、並進抑制型波動装置 1600 を図示しており、この装置は、波型形状 1612 を有する歪み細片 1610 を備える。並進シャフト 1614 は、歪み細片 1610 の縦方向縁部と縦方向正中線に軸方向が揃えられ、並びに堅固に接続される。並進シャフト 1614 は、滑り子 1620 に枢動可能に接続され、この滑り子は、支持部材 1630 及びプリー・カム 1622 に並進可能に直交接続することでスコッチヨーク機構を形成する。プリー・カム 1622 は、支持部材 1630 に回転可能に接続され、並進シャフト 1614 の互いの並進運動を抑制するベルト 1624 によって互いに回転可能に抑制し合う。

#### 【0056】

並進抑制型波動装置 1600 の作動中の動作を図示するために、図 16B は、歪み細片

50

1 6 1 0 が波状様式に変形される際の波形状 1 6 1 2 の動作線図 1 6 4 0 を示している。波形状 1 6 1 2 上の一連の点 1 6 5 0 は、歪み細片 1 6 1 0 が変形する際にそれぞれの経路 1 6 6 0 を移動する。図 1 7 B を参照するとより明白な、歪み細片 1 6 1 0 の変形の特長として、一連の点 1 6 5 0 のそれぞれは、支持部材 1 6 3 0 から読み取れる共通の座標系に対して 8 字形状経路を移動しており、各点が移動している 8 字形状経路の水平成分と合致する経路を動いている。

#### 【 0 0 5 7 】

並進抑制型波動装置 1 6 0 0 は、固形物に直接結合され、その上で作業を実行する、又は熱機関 6 0 0 と類似の波形状 1 6 1 2 の形状によって連結され得る。図 1 6 C は、形状結合型アクチュエータ 1 6 7 0 を示しており、このアクチュエータは、並進抑制型波動装置 1 6 0 0 と、歪み細片 1 6 1 0 と滑動可能に噛み合い係合する波形状スリット 1 6 8 2 を有するカブラ 1 6 8 0 とを備える。プーリ・カム 1 6 2 2 が回転すると、形状カブラ 1 6 8 0 に線形運動が生じる、又は逆に、形状カブラ 1 6 8 0 が線形に運動すると、プーリ・カム 1 6 2 2 に回転が生じる。

#### 【 0 0 5 8 】

図 1 7 A は、並進抑制型波動装置 1 6 0 0 と類似するが、付加的に一連のスコッチヨーク機構を備える、8 字抑制型波動装置 1 7 0 0 を示している。8 字抑制型波動装置 1 7 0 0 は、波形状 1 7 1 2 を有する歪み細片 1 7 1 0 を備える。動的シャフト 1 7 1 4 は、歪み細片 1 7 1 0 の縦方向縁部と縦方向正中線に軸方向が揃えられ、並びに堅固に接続される。動的シャフト 1 7 1 4 は、水平滑り子 1 7 2 0 に枢動可能に接続され、この滑り子は、垂直滑り子 1 7 2 2 及びカム 1 7 3 4 に並進可能に直交接続することで水平作動スコッチヨーク機構を形成する。順次、垂直滑り子 1 7 2 2 は、枢動可能に接続される案内 1 7 2 4 を介して支持部材 1 6 3 0 及びプーリ・カム 1 6 2 2 (垂直滑り子 1 7 2 2 に隠れる) に並進可能に直交接続することで垂直作動スコッチヨーク機構を形成する。カム 1 7 3 4 は、2 : 1 比の内歯車装置 (図示せず) を介してプーリ・カム 1 6 2 2 に回転可能に接続されるので、水平滑り子 1 7 2 0 及び、ひいては動的シャフト 1 7 1 4 が支持部材 1 6 3 0 に対して 8 字形状経路を移動する。プーリ・カム 1 6 2 2 は、支持部材 1 6 3 0 に回転可能に接続され、動的シャフト 1 7 1 4 の互いの 8 字形状経路を抑制するベルト 1 6 2 4 によって互いに回転可能に抑制し合う。

#### 【 0 0 5 9 】

8 字抑制型波動装置 1 7 0 0 の作動中の動作を図示するために、図 1 7 B は、歪み細片 1 7 1 0 が波状様式に変形される際の波形状 1 7 1 2 の動作線図 1 7 4 0 を示している。波形状 1 7 1 2 上の一連の点 1 7 5 0 は、歪み細片 1 7 1 0 が変形する際にそれぞれの経路 1 7 6 0 を移動する。一連の点 1 6 5 0 のそれぞれが、支持部材 1 6 3 0 に対して 8 字形状経路を移動することが分かる。

#### 【 0 0 6 0 】

8 字抑制型波動装置 1 7 0 0 は、その上で作業を実行するように固形物に直接結合又は形状結合されてもよく、又はそうでなく、摩擦結合型回転アクチュエータ 9 0 0 と類似して摩擦によって結合されてもよい。図 1 7 C は、摩擦結合型アクチュエータ 1 7 7 0 を示しており、このアクチュエータは、摩擦を増やし並びに動的シャフト 1 7 1 4 用隙間を設けるために、歪み細片 1 7 1 0 に取り付けられる一連の柔軟性足部 1 7 1 6 で変更された 8 字抑制型波動装置 1 7 0 0 を備える。摩擦連結型アクチュエータ 1 7 7 0 は、柔軟性足部 1 7 1 6 と摩擦係合するための上側内面 1 7 8 2 及び対向する下側内面 1 7 8 4 を有する摩擦カブラ 1 7 8 0 を更に備える。歪み細片 1 7 1 0 を波状様式に変形すると、上側内面及び下側内面、1 7 8 2 及び 1 7 8 4 に接触する柔軟性足部 1 7 1 6 上に協働的に作用する接線運動を与え、上側内面及び下側内面、1 7 8 2 及び 1 7 8 4 上で歪み細片 1 7 1 0 を転がるような動きで同時に動かす。回転防止案内 (図示せず) は、並進経路に摩擦カブラを抑制することで摩擦カブラ 1 7 8 0 の回転を防止する。代替実施形態では、少なくとも 1 つの追加的な 8 字抑制型波動装置 1 7 0 0、又は多波長の波形状 1 7 1 2 を有する歪み細片 1 7 1 0 の使用を通して摩擦カブラが十分に支持される場合には、回転防止

案内部がなくてもよい。

【0061】

歪み細片1510、1610及び1710の動作は、それぞれの装置に動的抑制を与える機構によって波状周期の波状様式に変形される場合、2つの対向する位置で二分岐して明白な前方又は後方移動波長になる。装置1500、1600及び1700の代替実施形態では、追加的な機構が、その確定的動作を提供するために、それぞれの歪み細片1510、1610及び1710上の追加的な点を動的に抑制するために提供され得、それによって、装置1500、1600及び1700の、連続する波状周期の半分より多くが必要とされ、波の見掛けの方向が重要な適用への装置適合性が広がる。歪み細片1510及び1610上の追加的な点の経路を動的に抑制することには付加的な複雑性が伴うが、歪み細片1710上の追加点を抑制することは、経路1760が合同であることから、適切に位相調節される二重スコッチヨーク機構を追加することで容易に実現することができる。歪み細片1510、1610及び1710上の追加点を完全に抑制する動作ではなく、その確定的動作を提供するために、ばね、案内部又は補助アクチュエータ等の付勢機構を構成して、歪み細片1510、1610及び1710上で働かせてもよい。

10

【0062】

歪み形態のシートを動的に維持するのにさまざまな機構を用いてもよいことは理解されるであろう。8字抑制型波動装置1700を参照すると、4本のバー・リンク機構を、二重スコッチヨーク機構に置き換えて8字形状経路1760を作り出してもよく、また、歯車、機械的リンク機構又は電子制御アクチュエータをベルト1624に置き換えてもよい。図18は、波状推進システム1800を示しており、歪み細片上の点の動作を、結合した8字形状経路に抑制する、歯車結合の4本バー・リンク機構設計を図示する。波状推進システム1800は、波形状1812と、歪み細片1810の縦方向縁部及び2つの中間位置と軸方向が揃えられ、堅固に接続される動的シャフト1814とを有する歪み細片1810を備える。動的シャフト1814は、堅固に、又は代替実施形態では駆動可能に接続バー1820に接続され、接続バーは、片方の端部が第1クランク・アーム1830に回転可能に接続され、他方の端部が第2クランク・アーム1832に接続される。第1および第2のクランク・アーム1830及び1832は、取付け構造1840に回転可能に接続され、第1クランク・アーム1830は、ウォーム歯車装置1860及び非円形歯車装置1862によって駆動シャフト1850に接続され、これらの歯車装置も取付け構造1840に回転可能に接続される。歪み細片1810を実質的に一定の総歪みエネルギーで波状様式に変形させるために、非円形歯車装置1862は、駆動シャフト1850が一定速度で回転すると、動的シャフト1814に二軸正弦波動作を生じさせるような形状になっている。

20

30

【0063】

歪み細片1810が確定的動作を起こすほど十分に抑制される間、第2クランク・アーム1832のそれぞれの回転方向は、それぞれの第1クランク・アーム1830と垂直方向に直線状になると二分岐する。歪み細片1810によって及ぼされる弾性力は、第2クランク・アーム1832の回転分岐を防止するように働くが、代替実施形態では、第1クランク・アーム1830及び第2クランク・アーム1832が、更に非円形歯車装置と連結してもよく、又はどのような非円形歯車装置も必要とせずに、従来式の作動歯車装置と連結してもよい。

40

【0064】

好都合なことに、歪み細片1810の波形状1812上の動的シャフト1814の数および間隔のおかげで、波状推進システム1800は、波状サイクルを通じて一定の出力を伝えることができ、なぜならば、2つの最外動的シャフト1814では、2つの最内動的シャフト1814と比較して周辺流体によって示される荷重の半分が見込まれるからである。波状推進システム1800の別の利点は、歪み細片1810が、複数のアクチュエータ及び複雑な制御システムなしで波状様式に変形可能であり、駆動シャフト1850での回転力の入力しか必要としないことである。

50

## 【 0 0 6 5 】

図 19 は、構造物 1000 と類似であるが、波状推進システム 1800 のように機械的に駆動される波状押上機 1900 を図示している。波状押上機 1900 は、波形状 1912 を有し、縦方向縁部に沿って裏当て構造物 1920 に固定して接続され、縦方向の間隔でその幅に沿ってその端部に隣接する支柱 1914 に固定して接続されるフィン様歪みシート 1910 を備える。支柱 1914 は、歪みシート 1910 が接続される場所に沿って中間位置で裏当て構造物 1920 に枢動可能に接続され、並びにもう一方の端部でそれぞれの接続ロッド 1930 の一方の端部に枢動可能に接続される。接続ロッド 1930 は、もう一方の端部でクランクシャフト 1940 に回転可能に接続され、それによって、クランクシャフト 1940 が回転すると、支柱 1914 が歪みシート 1910 に横力を及ぼすことができ、この横力が歪みシートを波状様式に変形させるように働き、波形状 1912 上の一連の点の各点が、8 字形状経路を動く。8 字形状経路の縦方向要素は、歪みシート 1910 の圧縮剛性によるものであり、接続ロッド 1930 の継手の動作によって支柱 1914 内で調整される。

10

## 【 0 0 6 6 】

波状押上機 1900 に使用されるクランクシャフト機構は、比較的低い部品総数を有しており、これは、支柱 1914 の非正弦波振動が原因で、歪みシート 1910 を中立的に安定的な経路に沿って変形させない。歪みシートが変形される際に歪みシート 1910 で発生する弾性力の結果生じる不均衡は、クランクシャフト 1940 上に振動トルクをかけ、その影響は、フライホイールをクランクシャフト 1940 に取り付けること又は平衡振動トルクを提供することによって抑えられ得る。歪みシート 1910 を波状様式に変形させるための波状押上機 1900 の代替実施形態では、勿論他の機構設計を使用してもよく、これは、正弦波様式の支柱 1914 の振動を与えることで、クランクシャフト 1940 上の振動トルクを減らし得る。

20

## 【 0 0 6 7 】

図 20 は、本発明の別の態様による構造物を製作する方法 2000 の一般的な流れ図である。方法 2000 は、その中に歪め応力を誘発することで柔軟性シートに波形状を形成する段階 2010 を含む。一般的には、柔軟性シートは、2 cm と 2 m の間の最大寸法を有するが、本発明の実施形態は、例えば、電気浸透ポンプ又は船舶推進機などの非常に小さい及び非常に大きい規模でも同様に有用である。

30

## 【 0 0 6 8 】

段階 2010 で使用される柔軟性シートは、任意の適切な自己支持材料で構成されてもよく、この材料は、一般的には、複合的な歪み及び作動応力に起因するプラスチック変形又は不具合を防止するのに十分な弾性限界を有するものである。他の材料選択の考慮すべき点には、疲労抵抗、弾性ヒステリシス、応力緩和特性及びクリープ特性並びに化学薬品、腐食、摩耗及び最高最低気温への耐性が含まれる。使用してもよい材料の一例として、限定するわけではないが、構造物 100 の歪みシート 110 は、紙又はプラスチックでもよく、熱機関 600 の歪みシート 612 及び環状細片 613 は、鉄、銅、ニッケル又はチタンベース合金でもよく、波状押上機 1900 の歪みシート 1910 は、繊維強化エラストマでもよい。一般的には、柔軟性シートは、厚さが一定であり、当初は平坦で圧力がかかっていないが、その安定的な特徴に影響を及ぼすような変更を歪み構成に加えるように設計してもよい。柔軟性シートは、弾性力の均衡を取ることを平易にする等方性機械的特性を有すれば好適であるが、柔軟性シートにおいて歪め応力を誘発するのに異方性特性が有用な場合もある。

40

## 【 0 0 6 9 】

段階 2010 を実行するために、応力部材が柔軟性シートに加える力によって、歪め応力が柔軟性シートに誘発され得る。当該応力部材は、音響変換器 1400 のフレーム 1420 のように静的であってもよく、又は波状推進システム 1800 の動的シャフト 1814 のように動的であってもよい。活性可能な応力部材は更に、柔軟性シートが特定の歪み構成の安定性を歪める又は変更するように、柔軟性シートと組み合わせてもよい。柔軟性

50



シートが、クリープ又は応力緩和が原因で固定的になったときに弾性均衡が経時的に低下する材料で構成される場合には、作動に必要な時だけ柔軟性シートに歪め応力を誘発させることは、利点である。或いは又は追加的に、柔軟性シートは、形成又は製作工程によって柔軟性シートに誘発される残留応力によって歪められてもよい。

#### 【0070】

段階2010を実行するために静的応力部材によって歪め力が柔軟性シートに及ぼされる前の柔軟性シートを示すために、図21は、構造物1000を製作するのに使用することができる構成要素2100を図示している。構成要素は、加熱器サブアッセルリ2110及び歪み細片1010になる母材2120を含む。加熱器サブアッセンブリ2110は、熱伝導性及び電気絶縁性を有する外層2112に覆われた抵抗加熱要素1030を備える可撓性細片加熱器である。母材2120は、平坦な環状扇形の形状になるような形状記憶材料で構成され、加熱器サブアッセンブリ2110が挿入及び固定されるポケット2122と、母材2120を支持部1020に固定して接続するリップ部2124と、を含む。リップ部2124とリップ部が固定される比較的硬い支持部1020との間の曲率差が原因で、母材2120中に歪め応力が発生する。

#### 【0071】

段階2010を実行するために柔軟性シートに残留応力を誘発する製作工程にかける前の柔軟性シートを示すため、図22は、歪みシート110を製作するのに使用することができる構成要素2200を図示している。構成要素2200は、半径方向のスリット2215を有するスリット入り円板2210と、各半径方向縁部が半径方向スリット2215の対向縁部に接合される扇部2220とを含み、これにより、柔軟性シートが外周方向に圧縮される。スリット入り円板2210及び扇部2220は、構造を弱め、精密な弾性均衡を阻害する可能性のある幾何学的特性および材料特性の不連続性を回避するため、可能な限り均質的に接合されれば好適である。円板の外側環状区域に圧縮を発生させるように機械的、熱的、化学的、及び電磁的な成形工程を含む方法を用いて、平坦な円板に外周又は半径方向の残留応力を誘発することで、歪みシート110が接合部なしに製作されれば更により好適である。本目的の平坦な円板の外側環状区分を円周方向に伸張するのに適した機械的成形工程として、圧延、艶付け、プラスチック変形を起こす空力弾性フラッタに十分な速度で平坦な円板を回転させる非従来式スピニング、及びハンマー・ピーニング、ショット・ピーニング、レーザー・ピーニング及びドット・を含むピーニング、が含まれる。理解いただけるように、本発明の構造物を製作するのにこれらの成形工程の多くは、極めて一般的に適用することができ、例えば、歪み細片1010は、縦方向縁部1012から或る距離だけ離れたところから次第に強度を増しながらピーニングすることで残留歪め応力を誘発して形成され得る。

#### 【0072】

残留歪め応力を、更にシートの製作中に柔軟性シートに誘発してもよい。例えば、連続的な列のいくつかの編み目を変えることで歪められた糸から作られたクロッシェ編みの柔軟性シートについて、数学的情報提供(Mathematical Intelligencer)、第2号23巻(2001年)、1337から1359頁(Hendersonほかによる)では双曲平面の構造として記載している。記載される方法を編み、織り及び節取りなど他の製作工程に適用し得る方法は、当業者であれば理解されるであろう。残留歪め応力を柔軟性シートに誘発させる別の方法は、柔軟性シートの異方性特性を利用することであり、非対称性コンポジット積層板に関する技術分野で知られている。製紙用パルプ又はプラスチックなどの成形材料でできた柔軟性シートに残留歪め応力を誘発することも可能であり、これは、成形材料の波型形状を、乾燥、硬化、冷却などの工程で硬化する際に波打たせることで行われる。

#### 【0073】

波型形状を柔軟性シートに形成する段階2010の後、構造物を製作する方法2000は、許容弾性均衡に関して柔軟性シートをチェックする段階2020を随意的に含む場合がある。弾性均衡チェックは、様々な位置で柔軟なシートを波状様式に変形させるのに必

10

20

30

40

50

要な力を測定することで実行されれば好適であるが、柔軟性シートが波状様式に変形される間に柔軟性シートの振動を分析するなど他の方法で行われてもよい。通常、弾性均衡の目標状態は、柔軟なシートが弾性復元力の大きな抵抗もなく波形を保つような、中立的な安定性の状態である。しかしながら、幾つかの場合には、柔軟なシートが、1つ又はそれ以上の安定位置を含むような様々な歪みエネルギー形状を有していれば望ましい。例えば、線形変換器300の滑り子310上に及ぼされる弾性復元力は、その位置に応じてカスタマイズすることができる。

#### 【0074】

段階2020で判定される柔軟性シートの安定性の状態が受容不可である場合、弾性均衡の段階2030を実行する。弾性均衡は、幾つかの方法で実現され、その方法には、柔軟性シート上で働く外部力の分布を変更することと、柔軟なシートの残留応力の分布を変更することと、柔軟性シートの幾何学的剛性を局部的に変更することと、柔軟なシートの材料剛性を局部的に変更することと、が含まれる。

10

#### 【0075】

構造物を製作する方法2000は、その環境に対して柔軟性シートの変形経路を制御するための、及び場合によっては、機械エネルギーを伝えるための支持部に柔軟なシートを接合する段階2040を随意的に含む。支持部を収容するために柔軟性シートに穴が切り取られる場合、及び構造部100のような他の場合で、中心穴が歪みシート110に切り取られる場合には、柔軟性シートの弾性均衡の補正が必要な場合がある。

#### 【0076】

20

構造部を製作する方法2000は、波型形状を波状様式に変形させるための柔軟性シートと連通する作業入力要素を提供する段階2050を更に含む。一般的には、作業入力要素は、柔軟なシートに局部的に応力を加えることで波状変形を引き起こすアクチュエータであるが、波状の動きは、柔軟性シートの幾何学的剛性又は材料剛性を局部的に変更することで発生させてもよい。アクチュエータは、柔軟性シートと外部支持部との間に接合されてもよく、柔軟性シート上の2点間に接続されてもよく、分散様式で柔軟性シート上で働いてもよく、又は柔軟性シート自身を形成してもよい。アクチュエータは、主として柔軟性シートの縦方向又は外周上の曲げ部と結合するように配置されてもよいが、あるいは、柔軟性シートの横方向又は半径方向曲げ部と結合するように配置されてもよく、又はそれらの組み合わせでもよい。当業者であれば理解されるように、柔軟性シートの少なくとも部分的な波打ちを発生させるための作業入力要素として多数の代替的なアクチュエータの型及び構成を採用してもよい。適切なアクチュエータには、電磁式、静電式、油圧式、空圧式、熱性二材料式、圧電式、電気活性高分子式、形状記憶材料式、磁歪式及び電歪式のアクチュエータが、これらに限定するわけではなく含まれ得る。

30

#### 【0077】

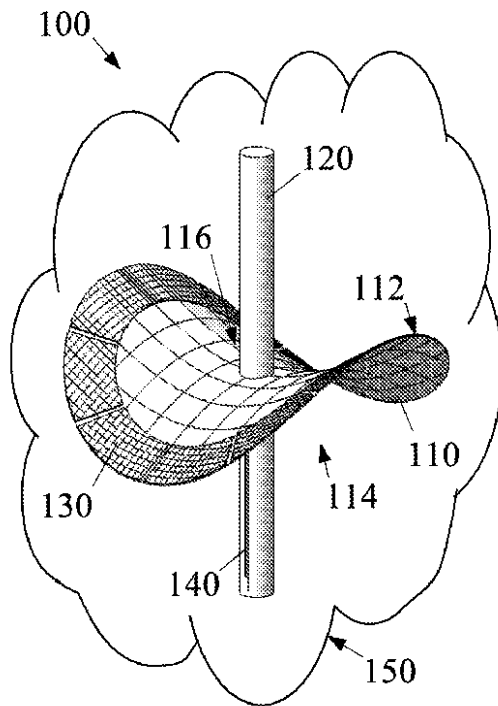
図面を通して、鞍形状歪みシートの斜視図上にシートの曲率を強調する目的で投影グリッドを示しているが、これらのグリッドは本発明の境界を示すものではなく、又は本発明の一部を形成するものでもない。

#### 【0078】

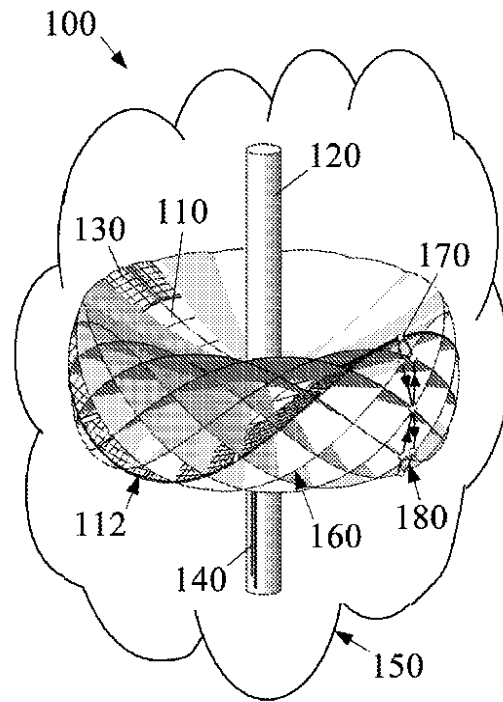
本明細書を通して、本発明をどれか1つの実施形態又は特徴を備えた特定の収集物に限定することなく、本発明を説明することが本明細書での目的である。関連技術の熟練者であれば、特定の実施形態からの変形物は、それらもなお本発明の範囲内に含まれることを理解されよう。

40

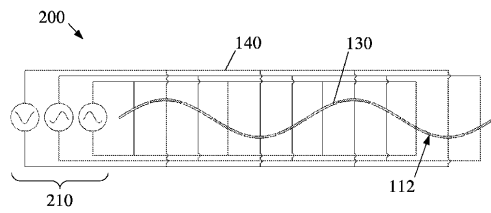
【図 1 A】

**Figure 1A**

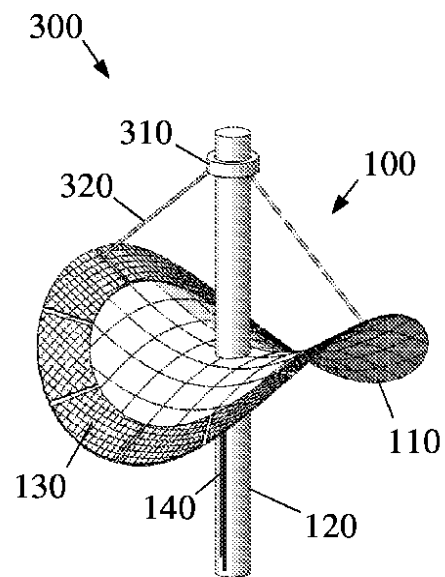
【図 1 B】

**Figure 1B**

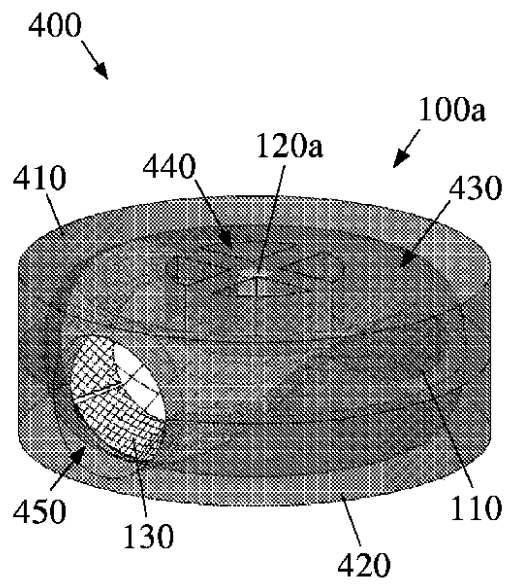
【図 2】

**Figure 2**

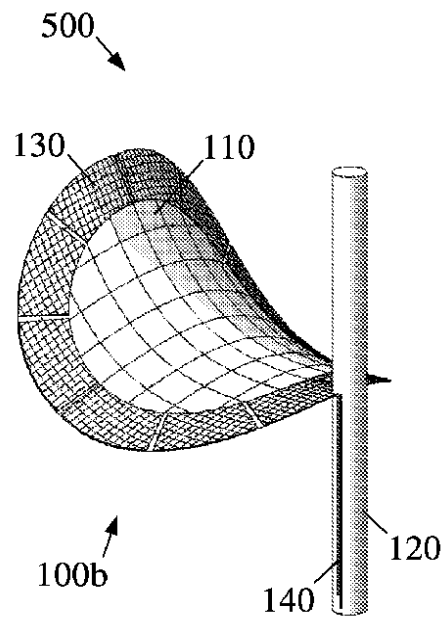
【図 3】

**Figure 3**

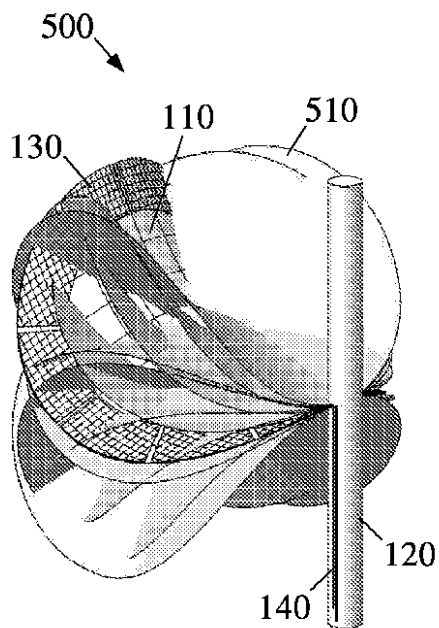
【図 4】

**Figure 4**

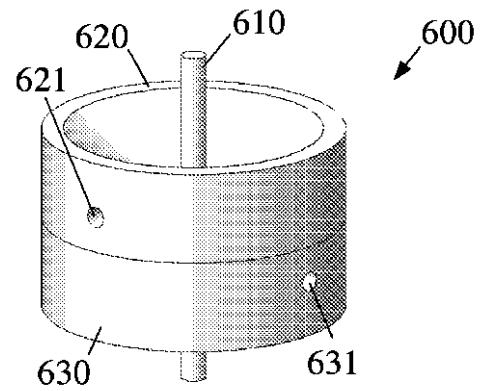
【図 5 A】

**Figure 5A**

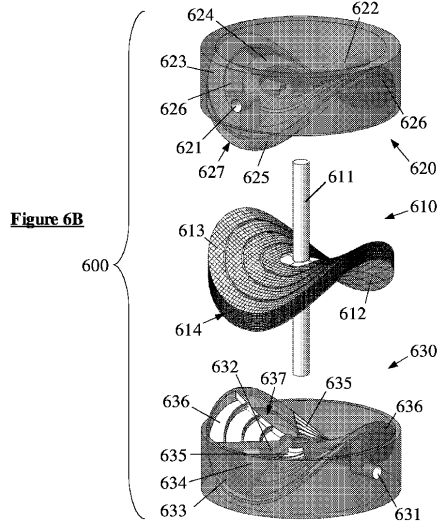
【図 5 B】

**Figure 5B**

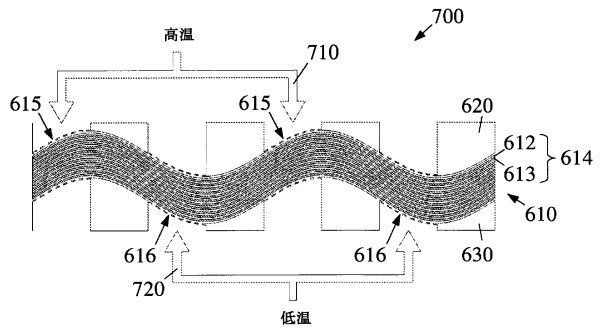
【図 6 A】

**Figure 6A**

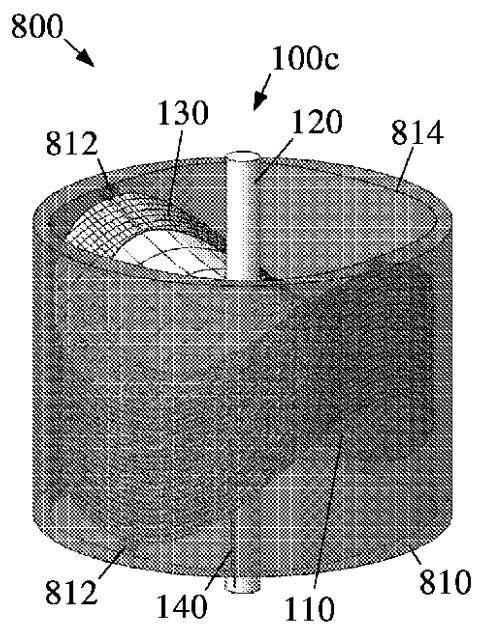
【図 6 B】



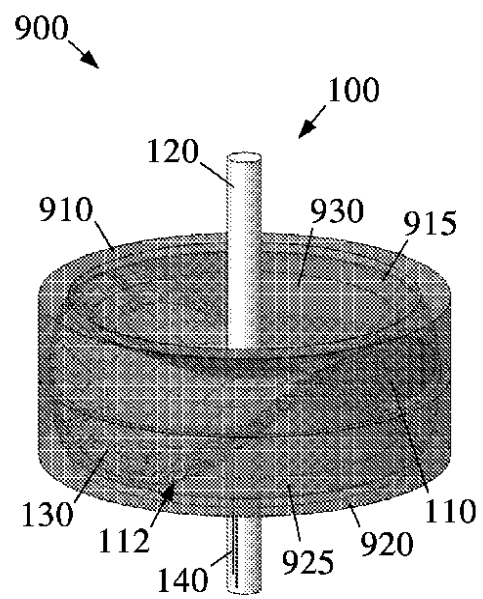
【図 7】



【図 8】

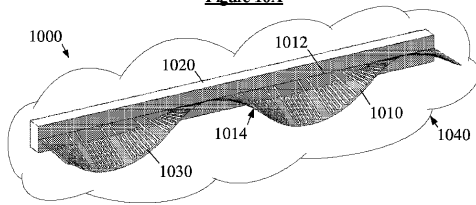
**Figure 8**

【図 9】

**Figure 9**

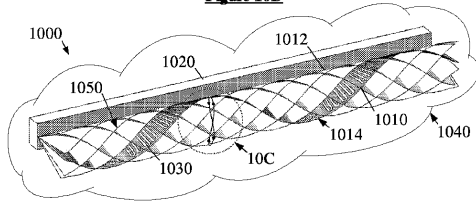
## 【図 10 A】

Figure 10A



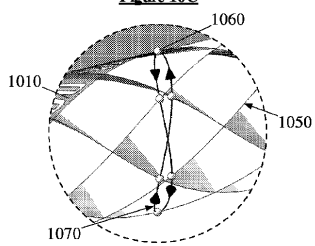
## 【図 10 B】

Figure 10B



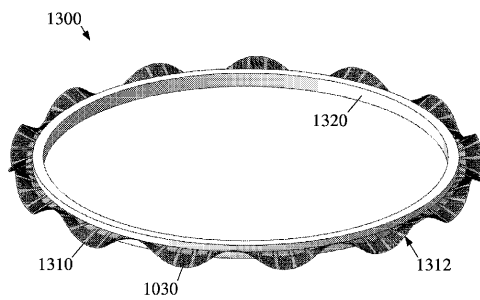
## 【図 10 C】

Figure 10C



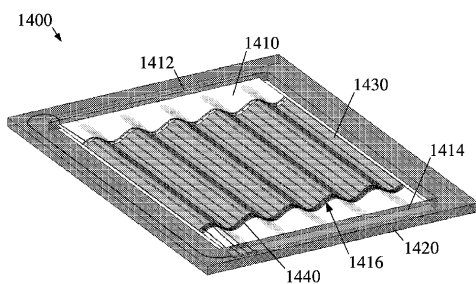
## 【図 13】

Figure 13



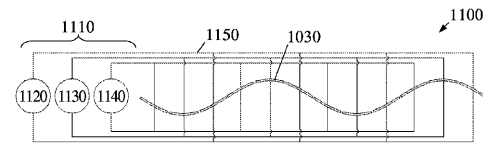
## 【図 14】

Figure 14



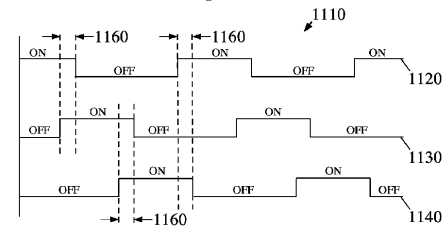
## 【図 11 A】

Figure 11A



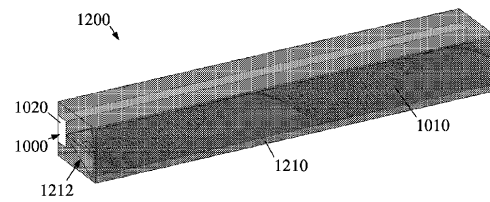
## 【図 11 B】

Figure 11B



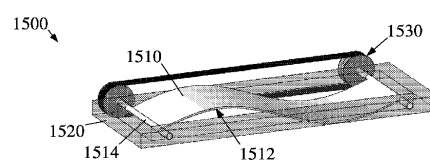
## 【図 12】

Figure 12



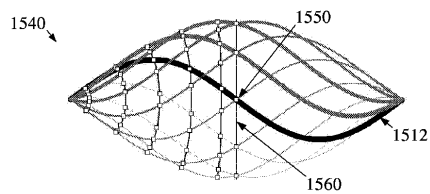
## 【図 15 A】

Figure 15A



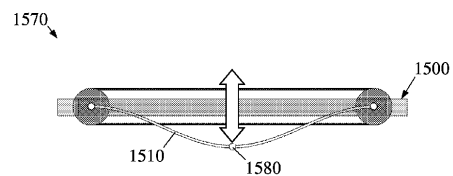
## 【図 15 B】

Figure 15B



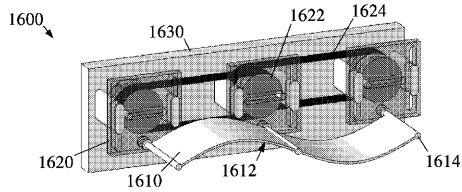
## 【図 15 C】

Figure 15C



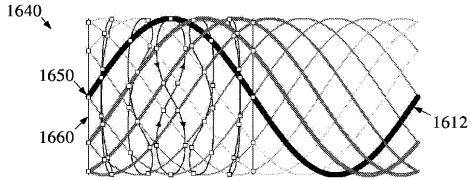
【図 16 A】

Figure 16A



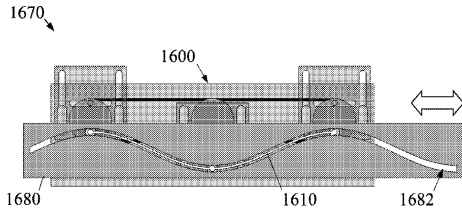
【図 16 B】

Figure 16B



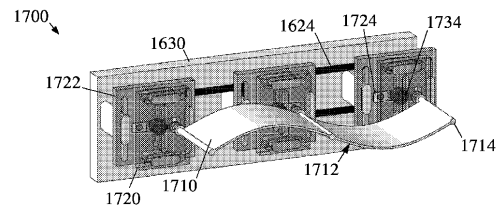
【図 16 C】

Figure 16C



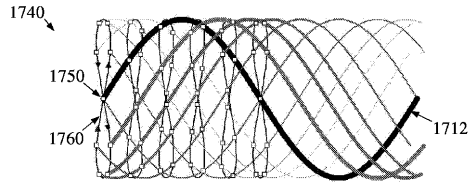
【図 17 A】

Figure 17A



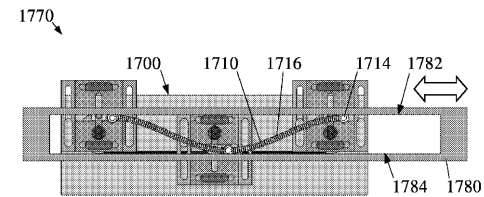
【図 17 B】

Figure 17B



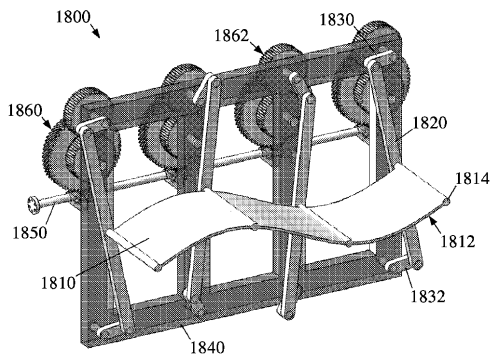
【図 17 C】

Figure 17C



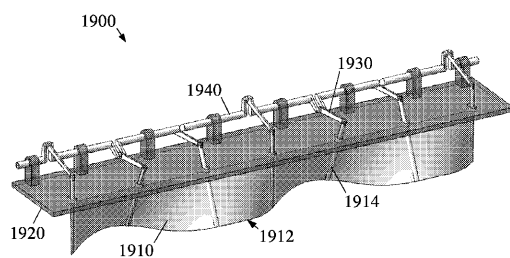
【図 18】

Figure 18

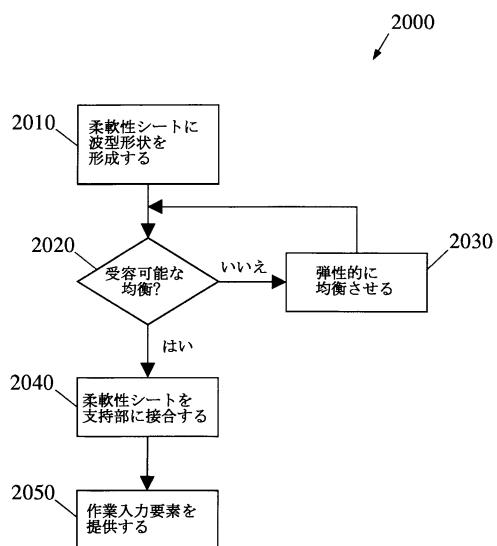


【図 19】

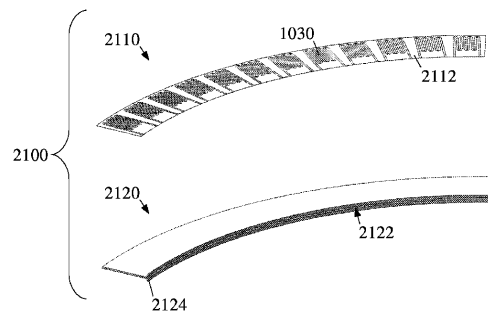
Figure 19



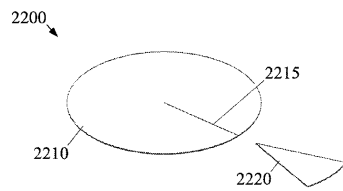
【図 20】



【図 2 1】

**Figure 21**

【図 2 2】

**Figure 22**



---

フロントページの続き

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 ベンジャミン, ザックアリアー

オーストラリア国, クイーンズランド 4065, バードン, クーパーズ・キャンプ・ロード 29

(72)発明者 スミス, コリン ロバート

オーストラリア国, ニュー・サウス・ウェールズ 2259, ワタノビー, フレンドシップ・プレイス 14

合議体

審判長 佐々木 芳枝

審判官 松下 聡

審判官 富岡 和人

(56)参考文献 特開平9 - 32719 (JP, A)

Marcelo Coelho, Jamie Zifelbaum, Shape-changing interfaces, Personal and Ubiquitous Computing, ドイツ, Springer, 2010年7月29日, Vol.15 Issue 2, p161-173

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03G7/06