

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6297576号
(P6297576)

(45) 発行日 平成30年3月20日(2018.3.20)

(24) 登録日 平成30年3月2日(2018.3.2)

(51) Int.Cl.

FO3B 13/18 (2006.01)

F 1

FO3B 13/18

請求項の数 22 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2015-534791 (P2015-534791)
 (86) (22) 出願日 平成25年9月30日 (2013.9.30)
 (65) 公表番号 特表2015-532380 (P2015-532380A)
 (43) 公表日 平成27年11月9日 (2015.11.9)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2013/062579
 (87) 國際公開番号 WO2014/052953
 (87) 國際公開日 平成26年4月3日 (2014.4.3)
 審査請求日 平成28年9月27日 (2016.9.27)
 (31) 優先権主張番号 61/707,281
 (32) 優先日 平成24年9月28日 (2012.9.28)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 513249301
 コロンビア・パワー・テクノロジーズ・インコーポレーテッド
 COLUMBIA POWER TECH
 NOLOGIES, INC.
 アメリカ合衆国, 22902 バージニア
 州, シャーロッツビル, イースト ハイ
 ストリート 236
 (74) 代理人 100087941
 弁理士 杉本 修司
 (74) 代理人 100086793
 弁理士 野田 雅士
 (74) 代理人 100112829
 弁理士 堤 健郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】波力エネルギー変換のための方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波力エネルギーを変換する装置であって、
 a) 中心長手方向軸心を有する浮揚性ナセルと、
 b) 前記ナセルに連結された第1スパーと、
 c) 前記ナセルに連結された第2スパーと、
 d) 第1浮体であって、前記ナセルの外面と当該第1浮体の径方向遠位端とによって画定される径方向長さの範囲内において前記中心長手方向軸心を中心に回動するように配置され、第1動力取出装置に動作可能に結合された第1浮体と、
 e) 第2浮体であって、前記第1浮体の径方向遠位端と当該第2浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において前記中心長手方向軸心を中心に回動するように配置され、第2動力取出装置又は前記第1動力取出装置に動作可能に結合された第2浮体と
 を備え、

前記第1浮体及び前記第2浮体は前記中心長手方向軸心の周りに360度回動可能である、

波力エネルギー変換装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第1浮体は前記第1動力取出装置に動作可能に結合されており、前記第2浮体は前記第2動力取出装置に動作可能に結

合されている、波力エネルギー変換装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 及び第 2 動力取出装置はそれぞれロータ部とステータ部とを有する直接駆動発電機であり、前記第 1 浮体は前記第 1 動力取出装置の前記ロータ部に回動可能に結合されており、前記第 2 浮体は前記第 2 動力取出装置の前記ロータ部に回動可能に結合されている、波力エネルギー変換装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体および前記第 2 浮体の一方は、前記第 1 動力取出装置のロータ部に動作可能に結合されており、前記第 1 浮体および前記第 2 浮体の他方は、前記第 1 動力取出装置のステータ部に動作可能に結合されている、波力エネルギー変換装置。10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、流体力学制御システムをさらに備える波力エネルギー変換装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記流体力学制御システムは、バラストタンク、プレート、成形部材、水中翼、固定重量バラスト要素、および動的バラスト要素のうち少なくとも 1 つをさらに備える波力エネルギー変換装置。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記流体力学制御システムは前記第 1 スパー及び前記第 2 スパーのうち少なくともいずれか一方に取り付けられ、当該取り付けたスパーの長手方向に沿って移動可能である、波力エネルギー変換装置。20

【請求項 8】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体及び / 又は前記第 2 浮体はバラストタンクを備える波力エネルギー変換装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体、前記第 2 浮体、前記第 1 スパー、及び前記第 2 スパーは、輸送用に、前記ナセルの後方に入れ子状態とすることができる、波力エネルギー変換装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 スパー及び前記第 2 スパーは、前記ナセルの両端に取り付けられており、かつ流体力学制御システムのための構造上の取付箇所となる、波力エネルギー変換装置。30

【請求項 11】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体および前記第 2 浮体のうち少なくとも一方の、前記中心長手方向軸心を中心とする回動姿勢は、動力取出装置制御、バラスト制御、ロック機構、ブレーキ機構、ラチエット機構およびこれらの任意の組合せの少なくとも 1 つにより調整可能である、波力エネルギー変換装置。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、保守点検用人員のための搭乗エリア及び / 又は保守点検用機器のための搭載エリアをさらに備える波力エネルギー変換装置40。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体又は前記第 2 浮体のうち少なくとも一方の、前記中心長手方向軸心を中心とする回動運動の範囲を制限する手段をさらに備える波力エネルギー変換装置。

【請求項 14】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記浮揚性ナセル、前記第 1 スパー、前記第 2 スパー、前記第 1 浮体、前記第 2 浮体、および流体力学制御システムのうち少なくとも 1 つは、1 つ以上の水密性モジュールをさらに備える波力エネルギー変換装置50

。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記 1 つ以上の水密性モジュールはモジュール式の組立て品であって、取り外し可能であり、交換可能である、波力エネルギー変換装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、1 つ以上の係留線を有する係留システムをさらに備える波力エネルギー変換装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記浮揚性ナセル、前記第 1 スパー、前記第 2 スパー、前記第 1 浮体、前記第 2 浮体、および流体力学制御システムのうち少なくとも 1 つに接続された少なくとも 1 つの方向ベーン／舵をさらに備える波力エネルギー変換装置。 10

【請求項 1 8】

請求項 1 6 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記係留システムは当該波力エネルギー変換装置の方向制御を行うための機構をさらに備える波力エネルギー変換装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 8 に記載の波力エネルギー変換装置において、当該波力エネルギー変換装置の方向制御を行うための前記機構は、ケーブルワインチおよびチェーンワインチの少なくとも一方によって少なくとも 1 つの係留線を長くし又は短くすることが可能である波力エネルギー変換装置。 20

【請求項 2 0】

請求項 1 8 に記載の波力エネルギー変換装置において、当該波力エネルギー変換装置の方向制御を行うための前記機構は、当該波力エネルギー変換装置と前記係留システムとの間に回転可能なインターフェイスをさらに備える波力エネルギー変換装置。

【請求項 2 1】

請求項 1 6 に記載の波力エネルギー変換装置において、当該波力エネルギー変換装置は前記係留システムにより受動的に姿勢決めされる、波力エネルギー変換装置。

【請求項 2 2】

発電方法であって、 30

a) i) 中心長手方向軸心を有する浮揚性ナセルと、

 i i) 前記ナセルに連結された第 1 スパーと、

 i i i) 前記ナセルに連結された第 2 スパーと、

 i v) 第 1 浮体であって、前記ナセルの外面と当該第 1 浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において前記中心長手方向軸心を中心に回動するように配置され、第 1 動力取出装置に動作可能に結合された第 1 浮体と、

 v) 第 2 浮体であって、前記第 1 浮体の径方向遠位端と当該第 2 浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において前記中心長手方向軸心を中心に回動するように配置され、第 2 動力取出装置又は前記第 1 動力取出装置に動作可能に結合された第 2 浮体と 40

を備え、

 前記第 1 浮体及び前記第 2 浮体が前記中心長手方向軸心の周りに 360 度回動可能である波力エネルギー変換装置を用意するステップと、

 b) 前記波力エネルギー変換装置を波動場に展開するステップとを含む発電方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して波のサージ及びヒーブをエネルギーに変換することに關し、特には波力エネルギー変換（WEC）のための装置、システム、及び方法に関する。 50

【背景技術】

【0002】

海洋エネルギー、特に波力エネルギーは、一貫性があり信頼できる予測可能なエネルギー源を代表するものであり、広く利用でき、人口集中地域に近く、負荷が適切なエネルギー源である。世界全体の人口のおよそ70%が海から200マイル以内に住んでいるので、上記エネルギー源は再生可能なエネルギー源として利用しやすいものとなっている。環境面では、波はクリーンで再生可能なエネルギー源として最も優しいものの1つとして代表される。これらの特徴は、最も広く利用できる地球の再生可能なエネルギー源の中でも波力エネルギーに固有のものである。

【0003】

10

国際エネルギー機関は、波、潮汐及びその他の海洋エネルギー源について、160,000の直接の職を創出しCO₂排出を52億トン減らすという2030年目標を宣言している。米国の場合、具体的には、波のパワーから実際に利用できる電気は、約252 TW h/年、すなわち米国の電気需要のおよそ6.5%である。

【0004】

20

波力エネルギーは、世界的に望まれている資源であり、多種混在するクリーンで再生可能なエネルギー資源の中でコスト競争力のある重要な要素となる可能性がある。しかし、どの企業もまだ海洋の遅いスピード及び巨大な流体力のコスト効率の良い利用を実証できていない。この問題は、現存する波力エネルギー変換装置が極端な条件に対する適切な保護機構を通常有しておらず、相対的に機械的非信頼性を抱えており、波の回転エネルギーを十分に補足することができないことを含む、様々な検討事項から生じている。存続性とエネルギーコストという対立する問題の解決は達成可能ではあるが、その成功のためには現在の技術水準(STOA)を大きく向上する必要がある。

【0005】

したがって回転する海洋波力エネルギーを効率的にかつコスト効率良く回転運動に変換して直接駆動式の回転発電に用いつつ信頼性と存続性の向上を達成する波力エネルギー変換装置が必要である。

【発明の概要】

【0006】

30

本開示は、自律的系統連系用途の範囲において用いられる波力エネルギー変換装置(WEC)を記載するものであり、当該自律的系統連系用途の範囲は、低電力センサ、海上車両及び船舶、脱塩、水産養殖、海洋石油及びガスのプラットフォーム、並びに実用規模の系統連系を含むが、これらに限定されない。上記WECは、少なくとも2つの浮体と、下方に延在する2つのスパーと、水域の表面上で浮揚的に支持可能な少なくとも1つのナセルとを有する浮揚性自己参照型多体システムであって、海洋のうねり及び高潮のヒーブ及びサージを、従来式及び大径低速直接駆動式の両方の発電機又はポンプを駆動し得る回転トルクへと効果的かつ効率的に変換する浮揚性自己参照型多体システムである。

【0007】

上記WECは、係留システムに依らずにトルクを生成するが、ステーション保持用の係留システムを含んでもよく、いくつかの実施形態では、方向制御用の係留システムを含んでもよい。特定の自律的用途においては、上記WECは係留を全く必要としなくてよい。本開示に係るWECは、海洋の波の回転する性質を利用して、中心筐体内で機械的トルクを生成するように回動可能に結合された浮体への入射エネルギーを補足してもよい。この手法はより効率的なものであり、海洋に存在する非常に広い範囲のパワーをより良く扱うことができる。このような手法は、天候条件の全範囲に亘って安全な動作を提供し得るものであり、これによって、「100年来の暴風」のような条件でも存続可能となる。

【0008】

40

波力エネルギー変換装置(WEC)の最終目的は、エネルギーの一形態を他の形態に変換することであり、この場合、当該変換は、機械的トルクへの流体力学的変換、及び最終的には電気的又はその他の伝達し易い形態への流体力学的変換を含む一連の変換において

50

行われる。エネルギー資源の性質上、WECは、非常に遅い速さ、非常に大きい力、周期的な急激かつ無秩序な動き、並びに年間平均の10倍を超えるピーク時の速さ及び力を含む固有の一連の設計要件を必要とする。この非常に遅い速さを利用して、コスト効率の良い複合的な電気機械的解決手段を提供するという設計上の利点を達成できる。このコスト効率の良い複合的な電気機械的解決手段は、通常10倍を超える速さで動作する従来の手法では実現できないものである。これにより、電磁ハードウェアの低コスト化、高効率化、エネルギーの高出力化、及びエネルギーコスト(CoE)の低減がなされる。

【0009】

風力産業では、大径直接駆動は低速で実行可能な技術手法であることが実証されており、WECもまた、極めて低速での動力取出しの際に生じる課題に応じて調整することで同様のことが可能となる。したがって、様々な実施形態では、直接駆動を利用してよく、それにより、ギアボックスの必要性がなくなり、信頼性が向上し、費用がかかる海上保守作業の必要性が少なくなる。また、ステータ/ロータ構成要素は、いくつかの実施形態では、モジュラー式としてもよく、それにより、全体寸法が小さくなり、展開前輸送の低コスト化がさらに促進される。また、モジュール化により、「海上」での保守作業が可能となり、耐故障性も向上し得る。

【0010】

一態様に係る波力エネルギー変換装置(WEC)用のシステム及び装置は、中心長手方向軸心を有する浮揚性ナセルを備える。上記WECは、それぞれ上記浮揚性ナセルに連結された第1スパー及び第2スパーをさらに備える。第1浮体は、第1動力取出装置に動作可能に結合し、前記ナセルの外面と当該第1浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において前記中心長手方向軸心を中心回動するように配置してもよい。第2浮体は、第2動力取出装置又は上記第1動力取出装置に動作可能に結合し、上記第1浮体の径方向遠位端と上記第2浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において上記長手軸心を中心回動するように配置してもよい。

【0011】

別の態様に係る発電方法は、中心長手方向軸心を有する浮揚性ナセルと、それぞれ上記浮揚性ナセルに連結された第1スパー及び第2スパーと、第1浮体と、第2浮体とを備えるWECを提供する第1のステップを含む。上記第1浮体は、第1動力取出装置に動作可能に結合し、前記ナセルの外面と当該第1浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において前記中心長手方向軸心を中心回転するように配置してもよい。上記第2浮体は、第2動力取出装置又は上記第1動力取出装置に動作可能に結合し、上記第1浮体の径方向遠位端と上記第2浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において上記長手軸心を中心回転するように配置してもよい。上記発電方法は、上記WECを波動場に展開する第2のステップをさらに備える。

【図面の簡単な説明】

【0012】

本発明の上記又はその他の特徴、態様、及び利点は、明細書、添付の請求項、及び添付の図面を参考することでより良く理解されるであろう。

【図1A】本発明の様々な実施形態に係るWECを示す3次元等角外観図である。

【図1B】本発明の様々な実施形態に係るWECを示す3次元等角外観図である。

【図1C】本発明の様々な実施形態に係るWECを示す3次元等角外観図である。

【図1D】本発明の様々な実施形態に係るWECを示す3次元等角外観図である。

【図1E】本発明の様々な実施形態に係るWECを示す3次元等角外観図である。

【図1F】本発明の様々な実施形態に係るアーチ型ドライブアームを示す側面図である。

【図1G】本発明の様々な実施形態に係るアーチ型ドライブアームを示す側面図である。

【図2A】本発明の様々な実施形態に係るWECの内部構成要素を示す平面視断面図である。

【図2B】本発明の様々な実施形態に係るWECの内部構成要素を示す平面視断面図である。

10

20

30

40

50

【図3A】本発明の様々な実施形態に係る様々な長さのスパーに沿って様々な深さに配置された流体力学制御システムを有するWECを示す側面図である。

【図3B】本発明の様々な実施形態に係る様々な長さのスパーに沿って様々な深さに配置された流体力学制御システムを有するWECを示す側面図である。

【図3C】本発明の様々な実施形態に係る様々な長さのスパーに沿って様々な深さに配置された流体力学制御システムを有するWECを示す側面図である。

【図3D】本発明の様々な実施形態に係る様々な長さのスパーに沿って様々な深さに配置された流体力学制御システムを有するWECを示す側面図である。

【図4】本発明の様々な実施形態に係る様々な進入／退出構成及びアクセス構成を説明するためのWECの正面視断面図である。 10

【図5】本発明の様々な実施形態に係る波動場の粒子速度を示す図である。

【図6】本発明の様々な実施形態に係るWECの軌道運動を誇張して示す図である。

【図7】本発明の様々な実施形態に係るWECの軌道運動並びに第1浮体及び第2浮体の波応答運動を示す図である。

【図8A】本発明の様々な実施形態に係るWECに取り付けられた様々な係留システムを示す図である。

【図8B】本発明の様々な実施形態に係るWECに取り付けられた様々な係留システムを示す図である。

【図8C】本発明の様々な実施形態に係るWECに取り付けられた様々な係留システムを示す図である。 20

【図8D】本発明の様々な実施形態に係るWECに取り付けられた様々な係留システムを示す図である。

【図8E】本発明の様々な実施形態に係るWECに取り付けられた様々な係留システムを示す図である。

【図8F】本発明の様々な実施形態に係るWECに取り付けられた様々な係留システムを示す図である。

【図9A】本発明の様々な実施形態に係る越水浮体補正を示す側面図である。

【図9B】本発明の様々な実施形態に係る越水浮体補正を示す側面図である。

【図9C】本発明の様々な実施形態に係る越水浮体補正を示す側面図である。

【図9D】本発明の様々な実施形態に係る越水浮体補正を示す側面図である。 30

【図9E】本発明の様々な実施形態に係る越水浮体補正を示す側面図である。

【図9F】本発明の様々な実施形態に係る越水浮体補正を示す側面図である。

【図10A】本発明の様々な実施形態に係る入れ子状態及び／又は展開状態のWECを示す平面図及び側面図である。

【図10B】本発明の様々な実施形態に係る入れ子状態及び／又は展開状態のWECを示す平面図及び側面図である。

【図10C】本発明の様々な実施形態に係る入れ子状態及び／又は展開状態のWECを示す平面図及び側面図である。

【図10D】本発明の様々な実施形態に係る入れ子状態及び／又は展開状態のWECを示す平面図及び側面図である。 40

【図11】本発明の様々な実施形態に係る4つの例示的なWECの長さ及び深さを示す側面図である。

【図12A】本発明の様々な実施形態に係る小規模WECの寸法概略図である。

【図12B】本発明の様々な実施形態に係る小規模WECの寸法概略図である。

【図12C】本発明の様々な実施形態に係る小規模WECの寸法概略図である。

【図13A】本発明の様々な実施形態に係る中規模WECの寸法概略図である。

【図13B】本発明の様々な実施形態に係る中規模WECの寸法概略図である。

【図13C】本発明の様々な実施形態に係る中規模WECの寸法概略図である。

【図14A】本発明の様々な実施形態に係る活動が穏やかな波動場で展開する場合の大規模WECの寸法概略図である。 50

【図14B】本発明の様々な実施形態に係る活動が穏やかな波動場で展開する場合の大規模WECの寸法概略図である。

【図14C】本発明の様々な実施形態に係る活動が穏やかな波動場で展開する場合の大規模WECの寸法概略図である。

【図15A】本発明の様々な実施形態に係る活動が激しい波動場で展開する場合の大規模WECの寸法概略図である。

【図15B】本発明の様々な実施形態に係る活動が激しい波動場で展開する場合の大規模WECの寸法概略図である。

【図15C】本発明の様々な実施形態に係る活動が激しい波動場で展開する場合の大規模WECの寸法概略図である。

【図16】本発明の様々な実施形態に係る方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本開示の技術は、海洋のうねり及び高潮のヒープ及びサージに関連するエネルギーを回転動力に変換する際に役立つ波力エネルギー変換装置（WEC）に関する。図1A～図1Gに示すように、WEC100は、中心長手方向軸心を有する浮揚性ナセル102と、第1スパー104と、第2スパー106と、動力取出装置（PTO）に（例えば、第1浮体ドライブアーム112によって）動作可能に結合された第1浮体108と、動力取出装置（例えば、上記第1動力取出装置又は第2動力取出装置）に（例えば、第2浮体ドライブアーム114によって）動作可能に結合された第2浮体110とを備える。いくつかの実施形態では、WEC100は、流体力学制御システム116（HCS）をさらに備えてよい。

【0014】

いくつかの実施形態では、ナセル102は、実質的に水密性の筐体であってよく、その中に1つ以上の回転駆動式動力取出装置を収容してもよい。別の実施形態では、ナセルは2つ以上（例えば、図示の例では3つ）の実質的に水密性のモジュール118、120、122を接続したものであってもよい。いくつかのこの実施形態では、中央モジュール122は中空の浮揚性シェルであってもよく、その中に発電用、保守点検用、及び／又はその他の機器を収容してもよく、あるいはその他適当な用途に使用してもよい。さらなるこの実施形態では、第1モジュール118及び第2モジュール120はそれぞれ1つ以上の回転駆動式動力取出装置を収容する。

【0015】

WEC100の任意の構成要素（例えば、スパー104、106、浮体108、110、ナセル102等）のモジュール化及び／又は区画化は、多くの実施形態で望ましいものとなり得る。区画化により、例えば、潜在的な漏れを収容するための機構を提供してもよく、それによって、漏れ発生時に浸水をWEC100の限られた範囲内に収めるようにしてもよい。区画化により、より有用な機器収容スペース、よりアクセスしやすい保守領域、動的バラストタンクとして機能する領域等様々な別々の領域を提供してもよい。WEC100の特定の構成要素のモジュール化により、輸送時における小型化及び／又は海上保守の単純化というさらなる恩恵が得られることがあり、それによって、低コスト化され、動作不能時間が短縮される。

【0016】

ナセル102は、複合材料（例えば、炭素繊維、ケブラー、繊維ガラス等）、コンクリート、圧延鋼、アルミニウム、及び／又はその他の適切な金属若しくは合金により製造されてもよい。いくつかの実施形態では、ナセル102又はそのモジュール118、120、122はいずれも、積込み／積卸し用の機器及び人員（例えば、保守及び修理用人員）のためのナセルアクセスハッチ126を備えてもよい。後で図2A～図2Bを参照して詳述するが、浮揚性の浮体108、110は、ナセル102内に搭載された1つ以上のPTOに動作可能に結合されている。この動作可能に結合は、いくつかの実施形態では、ドライブアーム112、114を備えてもよく、当該ドライブアーム112、114は、例え

ば、ナセル 102 内へと延在するドライブシャフト／ハブに接続されてもよいし、そのようなドライブシャフト／ハブに接続されたギアボックスに接続されてもよい。いくつかの実施形態に係るドライブシャフト／ハブは、例えば、1つ以上の直接駆動発電機（複数可）、ギアボックス駆動型の発電機（複数可）、油圧装置（複数可）、ポンプ装置（複数可）、水ポンプ（複数可）、水脱塩装置（複数可）、空気ポンプ（複数可）、油圧ポンプ（複数可）等に接続してもよい。しかし、本開示に鑑みて、当業者は回転動力をナセル内に搭載された PTO に伝達するための上記構成に対する代替案を簡単に設計でき、そのような実施形態は本開示の範囲内であることを理解されたい。

【0017】

本開示に係る WEC100 のその他の構成要素は、第 1 スパー 104 及び第 2 スパー 106 を含んでもよい。スパー（例えば 104、106）は、本明細書で用いる際は、中空の又は中実の細長い要素である。各スパー 104、106 の断面形状は任意の適切な形状としてよい（例えば、円形、三角形、翼型形状、橈円等）。スパー 104、106 は、複合材料（例えば、炭素繊維、ケブラー、繊維ガラス等）、コンクリート、圧延鋼、アルミニウム、及び／又はその他の適切な金属若しくは合金により製造されてもよい。規模によつては、スパー 104、106 のうち 1 つ以上は、バラスト、機器、並びに発電、保守、及びバラスト等に關係する人員を収容し又は進入／退出させるために、中空化、区分化、又はモジュール化してもよい。展開時には、第 1 スパー 104 及び第 2 スパー 106 は下方に延び水中に入る。スパー 104、106 は、概して、ナセル 102 の両端に直接又は間接的に取り付けてよい。いくつかの実施形態では、スパー 104、106 は固定的に又は回転可能にナセル 102 に取り付けてよいが、本開示に鑑みて、任意の適切な取付け方法を用いてもよいことは明らかであろう。

10

20

30

【0018】

いくつかの実施形態では、スパー 104、106 のうち 1 つ以上はナセルから上方に延在し、係留柱又は付属の搭載構造（例えば、アンテナ、ソーラーパネル、警告灯等）として動作し得る。様々な実施形態では、スパー 104、106 のうち 1 つ以上に取り付けた搭乗エリア（例えば、作業台及び又はドッキング固定具）を含んで、展開された WEC100 への作業アクセスを改善してもよい。実用規模の設計を含むより大きな設計では、延在するスパーの上部領域にスパーアクセスハッチ 128 を設けてよい。スパーアクセスハッチ 128 は、概して、非暴風条件において水線より上にあり、また、保守点検用の人員及び／又は機器が WEC100 に進入又は WEC100 から退出できるように設計され、WEC100 の構成要素及び内部機器へのさらなるアクセスが確保されるであろう。

【0019】

スパー 104、106 は、WEC100 の構造的な支えとなり、また、WEC100 の重心（CG）及び／又は浮力中心（CB）を設定するための設計ツールとなる。CG 及び／又は CB の設計点は、スパー長（喫水）、スパー重量、及び／又はスパー重量分布を特定の用途に合わせて調整することで得ることができる。また、スパー 104、106 は、1 つ以上の流体力学制御システム 116（例えば、重り、プレート、バラストタンク）用の取付け点として機能する。

【0020】

40

いくつかの実施形態では、HCS116 はスパー 104、106 に固定的に取り付けられてもよい。別の実施形態では、後で図 3A～図 3D を参照してさらに説明するが、HCS116 はスパー 104、106 に可動的に取り付けて、スパー 104、106 に沿った HCS116 の位置を変更可能としてもよい。HCS116 の位置は任意の数の理由に合わせて調整することが望ましくなり得る。当該理由は、海の状態の変化、天候の変化、及び／又はミッション要件の変更を含むがこれらに限定されない。HCS116 はプレート（例えば、ヒーププレート、ダンパープレート）、成形部材（例えば、楔、円筒、立方体、橈円等）、バラストタンク、流体力学的形状（例えば、翼形状）のプレート及び／又はバラストタンク等を含んでもよいが、これらに限定されない。HCS は、複合材料（例えば、炭素繊維、ケブラー、繊維ガラス等）、コンクリート、圧延鋼、アルミニウム、及び

50

/又は適切な材料により製造されてもよい。いくつかの実施形態では、このようなHCS 116は、例えば、動的バラスト制御、ベーン/舵、トリムタブ、係留システムの取付け等の追加の特徴(図示せず)、又はその他の望ましい追加の特徴を含んでもよい。本開示に鑑みて、WEC100の任意の構成要素(例えば、スパー104、106、浮体108、110、ナセル102等)又はこれらの構成要素の組合せは、様々な実施形態では、HCS116を参照して上述した特徴のうち1つ以上を含んでもよいことは明らかであろう。さらに、本開示に鑑みて、いくつかの実施形態では、そのような各特徴又はそれらの特徴の組合せは、WEC100の特定の構成要素の一部として備えるのではなく、直接的に又は外部モジュール/区画の一部として、WEC100に取り付けてもよいことは明らかであろう。

10

【0021】

2つのスパー104、106に単一のHCS116が取り付けられている場合を示したが、本開示に鑑みて、任意の個数のHCS116をWEC100の任意の構成要素又は構成要素の組合せ(例えば、浮体108、110、ドライブアーム112、114、ナセル102等)に対して任意の手段により直接又は間接的に取り付けてもよいことは明らかであろう。例えば、いくつかの実施形態では、独立して移動可能な2つのHCS116をそれぞれ1つのスパーに搭載してもよい(例えば、104又は106)。別の実施形態では、HCSは、柔軟性のある部材(例えば、ケーブル、ロープ、チェーン、又はその他のデザー装置)を介してスパー104、106に間接的に接続されてもよい。

20

【0022】

本開示に係る様々なWEC100の重要な特徴は、2つ以上の浮体108、110の配置であってもよい。より具体的には、従来技術の実施形態とは違って、本開示は第1浮体108及び第2浮体110を備えたWEC100に関するものであり、第1浮体108及び第2浮体110はそれぞれナセル102の中心長手方向軸心を中心に回動するように設計している。様々な実施形態では、第1浮体108及び第1浮体ドライブアーム112は、第2浮体110及び第2浮体ドライブアーム114によって画定される径方向スパン領域の範囲内でナセル102の外側を回動するように設計される。したがって、このような実施形態では、上記浮体配置設計により、第1浮体108及び第2浮体110は共に中心長手方向軸心を中心に制約無しで360度回動可能となる。上記設計に関連する例えば効率性及び存続性についての利点は、図14A～図14Fを参照してより詳細に後述する。

30

【0023】

本開示に鑑みて、スパー104、106の範囲内に配置された浮体108、110及びドライブアーム112、114の図1A～図1Gに示す配置は排他的なものではないことは明らかであろう。様々な実施形態では、浮体108、110はそれぞれスパー104、106より幅を広くし、スパー104、106の外側でPTO(複数可)に接続されてもよい。いくつかのこのような実施形態では、ドライブアーム112、114をスパーよりも長くして、各浮体108、110が中心長手方向軸心を中心とした制約無しの360度の回動を維持してもよい。さらなる実施形態では、第1浮体108及び第1浮体ドライブアーム112を図1A～図1Gに示すようにスパー104、106の範囲内に配置し、第2浮体110及び第2浮体ドライブアーム114を上記のようにスパー104、106の外側に配置してもよい。本明細書においてドライブアーム(例えば112、114)との用語はドライブシャフト/ハブに直接的かつ動作的に接続された浮体接続アームを含むが、後で図2A～図2Bを参照してさらに詳述するようにシャフト又は構造部材に対してアイドル状態となるように設計された浮体接続アームを含んでもよい。図1F～1Gに示すように、ドライブアーム112、114は直線状でなくともよく、いくつかの実施形態では、曲線形状又はアーチ形状であってもよい。しかし、本開示に係るドライブアーム112、114は任意の形状及び/又は断面を有してもよいことを理解されたい。

40

【0024】

さらに、本開示に鑑みて、第1浮体108、第2浮体110及びそれぞれのドライブアーム112、114の「入れ子」配置は、単一のナセルを中心に回動し当該ナセルに対し

50

て動作可能に結合された2つより多い浮体(例えば、図1A～図1Gに示すスパーの範囲内に配置された2つの浮体及び上述したようなスパーの外側に配置された追加の浮体)を備える設計に拡張できることは明らかであろう。同様に、当業者であれば、連結された波力エネルギー変換装置のアレー(例えば、スパー-ナセル-スパー-ナセル-スパーの配列とし、入れ子構造の浮体のペアを各ナセルに取り付けて構成する)からなる波力エネルギー変換装置を容易に作製し用いることができるであろう。このようなアレーによる実施形態では、1つのナセルにつき必要なスパーの数が少なくなり、係留システムが共有され、保守すべき発電場所の数が少なくなることにより、係留、建設コスト、及び保守効率が改善される。

【0025】

10

浮体108、110は、複合材料(例えば、炭素繊維、ケブラー、繊維ガラス等)、圧延鋼、アルミニウム、その他の金属若しくは合金、木材、発泡体、ゴム、コンクリート、及び/又はその他の適切な材料により製造されてもよい。任意のサイズ、形状、体積、浮力、重量、及び/又は姿勢の浮体を本開示に応じて使用してもよい。様々な実施形態では、浮体108、110のうち1つ以上が1つ以上の内部バラストタンク(図示せず)を備えた設計としてもよい。いくつかのそのような実施形態では、上記内部バラストタンクは、チューニング目的、損傷防止、保守、曳航、越水補正、又は浮体108、110についての再配置、浮力補正、若しくはその他の調整を要し得るその他の状況に合わせて調整可能な動的バラストタンクであってもよい。

【0026】

20

いくつかの好ましい実施形態では、各浮体はコスト効率の良いエネルギー補足を最適化するように設計してもよい。様々な実施形態では、第1浮体108は、上部サイド108a、前部サイド108b、及び後部サイド108cを有してもよい。第1浮体108の上部サイド108a及び後部サイド108cは、構造を包み込むために用いられる材料が最小となる(すなわち、コストが減る)ように設計してもよい。例えば、半円型の上部サイド108aの場合、より多くの材料を必要とし、製造コストが増加する。第1浮体108の全てのサイド(例えば、108a～108c)を平面又は凹んだ形状としてもよいが、いくつかの好ましい実施形態では、わずかに膨らんだ形状としてもよい。このようなわずかに膨らんだ湾曲の場合、モールドをベースとした複合製造加工だけでなく、マンドレルに巻き付けることによる複合製造も可能である。

30

【0027】

前部サイド108bは、いくつかの実施形態では、入射波候からのエネルギー補足を最大にするために半径及び傾斜の両方について最適化されてもよい。このような最適化は、流体力学的数値解析及び最適化技法を用いて、利用材料を最小にしつつ第1浮体108により伝達される動力を最大にするよう浮体を設計することにより達成してもよい。このような実施形態では、上記最適化された形状(傾斜及び半径)は、動力とコストとの比を最適化した結果である。本開示に鑑みて、浮体の特定の形状、寸法、及び姿勢は、個々のWEC100の特定のサイズ、動力要件、及び期待される動作条件により変動することは明らかであろう。平面視では、第1浮体108の前部サイド108bは矩形状として露出表面積を最大にし、それによってエネルギー補足を増加している。また、浮体の上面側の体積、つまり乾舷は、必要最低限の体積となるよう最適化(すなわち、乾舷の減少)することで、十分な駆動力を得つつ、過度な予備浮力を無くして存続性を向上している。上記構造でなければ過度の乾舷により過度の力が発生するが、上記構造はそのような過度の力を無くすことで(高潮を含む)全ての波の条件におけるWEC100の継続運転に寄与する。

40

【0028】

第2浮体110もまた、本開示に係る任意のサイズ、形状、体積、浮力、重量、及び/又は姿勢を有してもよい。いくつかの好ましい実施形態では、各浮体は、コスト効率の良いエネルギー補足を最適化するように設計してもよい。様々な実施形態では、第2浮体110は、上部サイド110a、前部サイド110b、及び後部サイド110cを有してもよ

50

い。第2浮体110は、いくつかの実施形態では、第1浮体108よりも喫水が深くなるよう設計してもよい。当該喫水は、任意の深さとなるよう選択してよいが、いくつかの実施形態では、波と接触する表面積を最小にするよう最適化され、及び／又は風、波、流れの組合せによる効果を最大にするよう最適化されてもよい。接触表面積を最大にすることにより、波の力が第2浮体110に作用する際のエネルギー補足が最大化され得る。第2浮体110の上部サイド110a及び後部サイド110cは、構造を包み込むために用いられる材料が最小となる（すなわち、コストが減る）ように設計してもよい。例えば、半円型の上部サイド110aの場合、より多くの材料を必要とし、製造コストが増加する。第2浮体110の全てのサイド（例えば、110a～110c）を平面又は凹んだ形状としてもよいが、いくつかの好ましい実施形態では、わずかに膨らんだ形状としてもよい。このようなわずかに膨らんだ湾曲の場合、モールドをベースとした複合製造加工だけでなく、マンドレルに巻き付けることによる複合製造も可能である。

【0029】

前部サイド110bは、いくつかの実施形態では、入射波候からのエネルギー補足を最大にするために半径及び傾斜の両方について最適化されてもよい。このような最適化は、流体力学的数値解析及び最適化技法を用いて、利用材料を最小にしつつ第2浮体110により伝達される動力を最大にするよう浮体を設計することにより達成してもよい。このような実施形態では、上記最適化された形状（傾斜及び半径）は、動力とコストとの比を最適化した結果である。本開示に鑑みて、浮体の特定の形状、寸法、及び姿勢は、個々のWEC100の特定のサイズ、動力要件、及び期待される動作条件により変動することは明らかであろう。平面視では、第2浮体110の前部サイド110bは矩形状として露出表面積を最大にし、それによってエネルギー補足を増加しており、また、風、波、流れの組合せによる効果を最大にするよう最適化されている。また、浮体の上面側の体積、つまり乾舷は必要最低限の体積となるよう最適化（すなわち、乾舷の減少）することで、十分な駆動力を得つつ、過度な予備浮力を無くして存続性を向上している。上記構造でなければ過度の乾舷により過度の力が発生するが、上記構造はそのような過度の力を無くすこと（高潮を含む）全ての波の条件におけるWEC100の継続運転に寄与する。

【0030】

様々な実施形態では、第2浮体110の上記最適化形状は外形において第1浮体108のものと類似する。いくつかのそのような実施形態では、当該類似性により、第1浮体108及び第2浮体110を共に同じモールド及び同じ製造工程により作製することが可能となり、それによって、製造機器を複数セット設ける必要性が無くなり、製造コストがさらに減少する。第1浮体108を第2浮体110として利用するために、第1浮体108を左舵側から右舵側へ反転させ、底部側へ回転させてもよい。これにより、前部サイド108a、110aは共に最適化された波力エネルギー補足を達成でき、後部浮体の喫水がより深くなり、また、単一のモールドから両浮体が作製されることで低コスト化できる。

【0031】

上述した通り、浮体108、110は、ナセル102内に搭載されたPTOに動作可能に結合されている。これらのPTOは、いくつかの実施形態では、1つ以上の直接駆動発電機（複数可）、ギアボックス駆動型の発電機（複数可）、油圧装置（複数可）、ポンプ装置（複数可）、水ポンプ（複数可）、水脱塩装置（複数可）、空気ポンプ（複数可）、油圧ポンプ（複数可）等を含んでいてもよい。ポンプ及び油圧関連の様々な実施形態では、ドライブシャフト／ハブは、例えば、羽根車、圧縮機ロータ、及び／又はメカニカルタービンロータに直接又は間接的に接続してもよい。いくつかの発電関連の実施形態では、ドライブシャフト／ハブは、例えば、1つ以上のロータ及び／又はステータに直接又は間接的に接続してもよい。しかし、本開示に鑑みて、ナセル内に搭載されたPTO構成要素については上記構成に対する多くの代替設計案が存在し、そのような代替案は本開示の範囲内であることを理解されたい。

【0032】

図2Aは第1モジュール118に着目したナセル102の平面視断面図であり、図2B

10

20

30

40

50

は第2モジュール120に着目したナセル102の平面視断面図である。図2A～2Bに示す実施形態では、第1モジュール118及び第2モジュール120はそれぞれ中央モジュール122に接続され、スパー・ナセル接続部材201を覆って搭載されている。いくつかの実施形態では、第1モジュール118及び第2モジュール120はそれぞれ回転駆動式PTOを収容する。発電用途においては、このような回転駆動式PTOは、1つ以上のステータ206と関連して回転可能な1つ以上のロータ204を含んでもよい。用途によっては、ステータ206は独立して回転可能であってもよく、ナセル102に対して相対的に固定された回転位置に保持してもよい。ロータ204、ステータ206、スパー・ナセル接続部材201、及び／又はPTOを内部に収容するモジュール118、120のそれぞれの間の相対的な回転は、ドライブ軸受208により達成してもよいし、1つ以上の構成要素が他の構成要素を中心に又は他の構成要素内において自由に回転できるようにするその他の軸受又は類似の機構により達成してもよい。10

【0033】

いくつかの実施形態では、1つ以上のロータ204を直接駆動シャフト／ハブ202、203と一体化してもよい。別の実施形態では、図2A～図2Bに示すように、ドライブシャフト／ハブ202、203は、ロータインターフェイス構造216を介して1つ以上のロータ204に接続された径方向延長部220に接続してもよい。しかし、本開示に鑑みて、ロータ204は、その他の適切な手段を介してドライブシャフト／ハブ202、203に動作可能に結合されてもよく、そのようなその他の適切な手段はギアボックス、トランスマッision、ボルト留め等を含むがそれらに限定されることは明らかであろう。20

【0034】

様々な実施形態では、1つ以上のステータ206を、外側ナセル102及び／又はモジュール118、120にステータインターフェイス構造218を介して固定的に又は回転可能に取り付けてもよい。ロータインターフェイス構造216及びステータインターフェイス構造218は、いくつかの実施形態では、ロータ204とステータ206との間のエアギャップを制御するように設計してもよい。このようなインターフェイス構造216、218は、例えば、保持スロット、溶接継手、ろう接継手、インターフェイスフランジ、ボルト留め／リベット留めフランジ、機械レール、磁気レール、又はその他の適切なギャップ制御構造を含んでもよい。30

【0035】

ドライブシャフト／ハブ202、203は、概して、ドライブ軸受208又はその他の適切な構造を介してスパー・ナセル接続部材201を中心に回転してもよい。様々な実施形態では、ドライブシャフト／ハブ202、203を1つ以上のシャフトシール212によってモジュール118、120及び／又はスパー・ナセル接続部材201に対してシールして、海水及び／又は有害な異物／残骸の侵入を防止してもよい。

【0036】

第1浮体ドライブシャフト／ハブ202は第1モジュール118に隣接する第1浮体ドライブアーム112に動作可能に結合され、第1モジュール118に隣接する第2浮体ドライブアーム114はアイドル状態とし第2浮体アイドル軸受214を介してスパー・ナセル接続部材201を中心に自由に回動可能としてもよい。浮体108、110が制約無して360度回動できることが望ましい場合の様々な実施形態では、第2浮体ドライブシャフト／ハブ203は第2モジュール120に隣接する第2浮体ドライブアーム114に動作可能に結合され、第2モジュール120に隣接する第1浮体ドライブアーム112はアイドル状態とし第1浮体アイドル軸受215を介して第2浮体ドライブシャフト／ハブ203を中心に自由に回転可能としてもよい。そのような実施形態では、上記非対称設計を採用することにより、図1A～図1Gを参照して上述したように第2浮体ドライブアーム114及び第2浮体110により画定される領域内に第1浮体ドライブアーム112及び第1浮体108を配置することが可能となる。40

【0037】

図2A～図2Bは2つのPTOを有するWEC100を示したが、本開示に鑑みて、任50

意の個数の P T O を用いてもよいことは明らかであろう。単一の P T O を有する場合の様々な実施形態では、第 1 浮体 108 をロータ 204 に接続し、第 2 浮体をステータ 206 に接続し、ステータ 206 を回転可能なステータとしてもよい。さらに、ロータ 204 は固定された外側のステータ 206 に対して内側に構成したものを示したが、本開示に鑑みて、ロータ 204 は固定された内側のステータの周りに外側のロータとして構成し得るものであり、又はロータ 204 及びステータ 206 をそれらの配置に関係なく回転可能とし得ることは明らかであろう。

【 0 0 3 8 】

図 2 A ~ 図 2 B に示す実施形態を含むいくつかの実施形態では、回転駆動式 P T O は大径直接駆動システム（例えば、低速高トルクシステム）であってもよい。そのようなシステムは、風エネルギーの利用と関連して実行可能な技術手法を代表するものであることが証明されており、同様の低速原理が海の場合にも当てはまる。しかし、本明細書に記載する技術は任意のタイプの回転駆動式 P T O を用いて実施してもよい。そのような任意のタイプの回転駆動式 P T O は、発電機（複数可）、ギアボックス発電機（複数可）、油圧発電機（複数可）、水ポンプ（複数可）、及び／又はその他の適切な回転式 P T O 装置を含むがこれらに限定されない。

【 0 0 3 9 】

本開示に係る様々な実施形態では、上述したような流体力学制御システム 116 (H C S) を含んでもよい。図 3 A ~ 図 3 D は、本開示に係る W E C 100 の側面図であり、W E C 100 は、様々な長さのスパー 302、304 に沿った様々な箇所に配置された H C S 306、308 を有する。図 3 D は、相対的に長いスパー 304 に固定的に取り付けられた H C S 308 を示す。図 3 A ~ 図 3 C は、スパー 302 に沿った様々な位置における可動式 H C S 306 を示す。上記流体力学制御システムの位置調整には任意の機構（図示せず）を用いてよい。そのような機構は、いくつかの実施形態では、モータ駆動であってもよい。別の実施形態では、モータ駆動でなくともよく、H C S 306 は、動的バラスト制御と、スパーとの係合のためのブレーキシステムとを含んでもよい。そのような実施形態では、例えば、ブレーキを解除し、バラストを調整して浮力により H C S 306 を再配置し、ブレーキをかけて当該再配置された H C S 306 を定位置に保持することにより、H C S 306 をスパー 302 に沿って再配置してもよい。本開示に鑑みて、上述した例は限定的なものではなく、W E C 100 を本開示に係る設計としつつ任意の個数又は組合せの適切な調整機構を用いてもよいことは明らかであろう。

【 0 0 4 0 】

図 1 A ~ 図 1 G を参照して上述したように、様々な実施形態では、1 つ以上のスパー 104、106 及び／又はナセル 102 に取り付けられた搭乗エリア（例えば、作業台及び／又はドッキング固定具）を含んでもよく、また、いくつかの実施形態では、展開された W E C 100 への作業アクセス改善のためのナセルアクセスハッチ 126 及び／又はスパーアクセスハッチ 128 を含んでもよい。アクセスハッチ 126、128 は概してナセル 102 又は延在するスパーの上部領域に設けられ、それによって、アクセスハッチ 126、128 が概して非暴風条件において水線より上となるようにしている。また、このようなアクセスハッチは、概して、保守点検用の人員及び／又は機器が W E C 100 に進入又は W E C 100 から退出できるように設計して、W E C 100 の構成要素及び内部機器へのさらなるアクセスを確保してもよい。

【 0 0 4 1 】

図 1 A ~ 図 1 G 及び図 4 を参照して、いくつかの実施形態では、機器、バラスト及び／又は人員の W E C 100 への進入／退出は、ナセルアクセスハッチ 126、スパーアクセスハッチ 128、及び／又はその他のハッチ若しくはエアロックであって W E C 100 の他の構成要素の外観部に位置するものを介してなされてもよい。ナセルアクセスハッチ 126 はモジュール 118、120、122 の内部へのアクセスを提供してもよく、当該モジュールは P T O を収容してもよく、収容しなくてもよい。内部アクセスハッチ 402 及び内部通路 403 は、いくつかの実施形態では、W E C 100 の他の構成要素へのア

10

20

30

40

50

クセスを提供してもよい。垂直移動が望ましい場合、内部ナセル梯子 404 を設けてもよい。本明細書では梯子を示したが、任意の適切な垂直輸送装置（例えば、エスカレータ、エレベータ、リフト、ダムウェータ等）を本開示に応じて用いててもよいし、垂直輸送装置を全く用いなくてもよいし、いくつかの実施形態では、そのような垂直輸送装置を設けること又は全く設けないことが好ましくなり得ることは本開示に鑑みて明らかであろう。

【0042】

スパー・アクセスハッチ 128 は、スパー 104、106 の内部へのアクセスを提供してもよい。いくつかの実施形態では、搭乗エリア（例えば、作業台及び／又はドッキング固定具）を 1 つ以上のスパー 104、106 の外観部に取り付けて、スパー・アクセスハッチ 128 へのより簡単なアプローチを提供してもよい。内部スパー梯子 406 により、スパー内部での垂直移動を行える。しかし、本明細書では梯子を示したが、任意の適切な垂直輸送装置（例えば、エスカレータ、エレベータ、リフト、ダムウェータ等）を本開示に応じて用いててもよいし、垂直輸送装置を全く用いなくてもよいし、いくつかの実施形態では、そのような垂直輸送装置を設けること又は全く設けないことが好ましくなり得ることは本開示に鑑みて明らかである。同様に、水平通路では、レール付き天井クレーン若しくは艦装（ブロック及びテークル等）又はコンベアベルト若しくはローラ等を本開示に応じて用いててもよいし、いくつかの実施形態では、それらが好ましくなり得る。

【0043】

本開示に応じて設計された WEC 100 の水中での動きを図 5～図 7 を参照して説明する。波の内部での水の速度を図 5 に示す。波動場の深い水深での粒子速度は、伝搬波の波頭に垂直な面内の 360 度全ての方向において最大振幅を示す。これらの水粒子方向のうちの 2 つの別々の方向を概要的にヒーブ及びサージとして記載し、それらを図 5 に示す。ヒーブは波動場における垂直上下方向を表し、サージは波動場における入射波の波頭に垂直な水平方向を表す。これらの水粒子速度ベクトルは水の自由表面において最大振幅となり、水深が深くなるにつれてゼロに向かって指数関数的に減少する。したがって、水の自由表面において最も強い物体間相互作用が発生する。ヒーブ・サージ平面において行われる回転の軸をピッチと記載する。エネルギー補足を最大化するためには、波力エネルギー変換装置は水の自由表面で波の 360 度全てにおいて最大振幅ベクトルによって励振可能とすべきである。このように、装置はピッチ、サージ、ヒーブとして記載される 3 つの自由度において自由にエネルギーを吸収可能とすべきであり、また、装置は水面又はその近くに配置すべきである。トラフ 502 では、水は、水面に隣接する箇所で最大速度を有する速度勾配に沿って全体的に逆サージ運動を行う。上方向ヒーブ 504 では、水は全体的に上方向ヒーブ運動を行う。ピーク 506 では、水は、水面に隣接する箇所で最大速度を有する速度勾配に沿って全体的に前方向サージ運動を行う。下方向ヒーブ 508 では、水は全体的に下方向ヒーブ運動を行う。

【0044】

動作において、図 6 及び図 7 に示すように、WEC 100 は入射波によって励振されてピッチ、サージ、及びヒーブ運動を行い、下記に示すようなピッチ軌道パターンを生じる。時刻 T1、602、702 に示すように、WEC 100 はサージ運動し、それによってスパー 104、106 及びナセル 102 が中心 601 の右側（又は後部側）となり時計回りにピッチ運動を行う。時刻 T2、604、704 では、スパー 104、106 及びナセル 102 は反時計回りにピッチ回転して垂直姿勢となり、サージ方向左側（又は前方向）に移動する。時刻 T3、606、706 では、WEC 100 はサージ運動し、それによって、スパー 104、106 及びナセル 102 が中心 601 の左側（又は前方側）となり反時計回りにピッチ運動を行う。時刻 T4、608、708 では、スパー 104、106 及びナセル 102 は時計回りにピッチ回転して垂直姿勢となり、中心 601 のサージ方向右側（又は後部側）に移動する。これらの運動は、図 6 では運動の理解を助けるために誇張されている。図 7 では、これらの運動は拡大／縮小した運動で表されている。

【0045】

実際には、これらの運動は、上述したヒーブ及びサージベクトルによって別々に記載さ

10

20

30

40

50

れる360度連続した方向において生じる。幾何学的な寸法付けが、波による励振に対するWECボディー応答の大きさに影響する。例えば、表面が大きい場合は、表面が小さい場合よりも上記ボディーに大きな力を受ける。また、WECの慣性が異なると、波による励振に対する各自由度におけるWECボディー応答に異なる遅延が生じる。ブイ形状、CG, 及び慣性の組合せは、最終的には、入射波に対するWEC応答の位相及び振幅に影響する。図7は、波周期が8.5秒の波に対するスパー104、106及びナセル102の位相毎の応答を数値的に演算したものを示す。装置調整を行わない場合、波の周期が異なれば、その波に対するWEC応答及び位相関係はそれぞれ異なることになる。

【0046】

図7に示すように、第1浮体108は名目上、入射波に接近する側となるように設計されており、上記波によって力を受けてナセル102の中心長手方向軸心を中心に回転する。第1浮体108は、波の表面に追従し主にヒーブ及びサージの両方において波と同位相で応答するように設計され、その結果、ナセル102に対する第1浮体108のピッチ運動を生じる。第1浮体108のこのようなヒーブ及びピッチ運動は、ナセル102の中心長手方向軸心を中心とした第1浮体108の回転を生じる。ナセル102のピッチ運動は、第1浮体108のピッチ運動とは位相がずれており、これによって、これら2つのボディー間の相対回転運動の速度が増加する。この相対回転運動は上述の通り図7の時間段階T1、T2、T3、及びT4により示される。

【0047】

図7にさらに示すように、第2浮体110は名目上、遠ざかる波に接近する側となるように設計されており、上記波によって力を受けてナセル102の中心長手方向軸心を中心に異なる位相で回転する。第2浮体110はナセル102に対する第2浮体110のピッチ運動が最大になるように設計される。第2浮体110のこのようなヒーブ及びピッチ運動は、ナセル102の中心長手方向軸心を中心とした第2浮体110の回転を生じる。ナセル102のピッチ運動は、第2浮体110のピッチ運動とは位相がずれており、これによって、これら2つのボディー間の相対回転運動の速度が増加する。この相対回転運動は上述の通り図7の時間段階T1、T2、T3、及びT4により示される。ナセル102からの第2浮体110までの径方向距離は、名目上、第1浮体108までの同距離よりも大きい。この距離は、異なる設置場所又は波候に合わせて調整可能である。

【0048】

多くの実施形態では、WEC100を波動場に対して相対的にステーション上に保持しつつ波動場に対して相対的に所望の姿勢で保持し、及び/又はWEC100を各波動場間で自律的に（すなわち、有人又は無人だが、曳航することなく）移動させることが望ましい。様々な実施形態では、このような機能の1つ以上を、例えば、1つ以上の係留システム又は1つ以上の推進システムを含むことにより達成してもよい。推進システムを含む場合の実施形態では、当該推進を任意の適切な推進装置（例えば、プロペラ、ポンプジェット、外車、磁気流体力学駆動等）により提供してもよい。このような推進システムは、WEC100の任意の構成要素（例えば、スパー104、106、浮体108、110、ナセル102、HCS116等）に搭載してもよく、それによってヨー制御、各展開場所間の自立輸送、展開場所でのステーション保持、又は当該推進システムが使用され得るその他の目的を実現してもよい。

【0049】

本開示に係る多くの実施形態では、係留システムを含んでおり、当該係留システムはWEC100を、送電線810の範囲を超えることなく波動場（図示せず）に対して相対的にステーション上に保持するように設計してもよい。係留システムは、弛緩型、低柱型、中間柱型、又は高柱型の係留システムのいずれでもよく、WEC100に取り付ける1つ以上の係留線を有していればよい。いくつかの実施形態では、係留システムはWEC100のヨーを波動場に対して相対的に制御するために用いてもよい。このような実施形態では、WEC100は係留システム800及び/又はWECに取り付けられたペーン/舵によって受動的に姿勢を自己決定してもよい。あるいは、WEC100は、例えば、いずれ

10

20

30

40

50

かの係留線を短くし又は長くして WEC100 を回転させるためのチェーン / ケーブル / ウインチ等の機構 (図示せず) を含んでもよいし、係留システムと WEC100 との間に回転可能なインターフェイスを含んで WEC100 が係留システムに対して相対的に回転するようにしてもよいし、又は WEC100 のヨー又はその他の位置決めを制御するためのその他の適切な機構を含んでもよい。

【 0050 】

図 8 A に示すように、三点係留システム 800 を用いて方向性を制御してもよい。図 8 B ~ 図 8 F に示すように、一点又は二点係留システム 800 を用いてもよい。このような各係留システムは、水平係留線 802 を接続点 804 において HCS116 と接続するように設計してもよい。しかし、本開示に鑑みて、1 つ以上の水平係留線 802 を WEC100 の任意の構成要素 (例えば、浮体 108, 110, スパー 104, 106, ナセル 102 等) に取り付けてもよいことは明らかであろう。図 8 A ~ 図 8 F に示す各水平係留線 802 は独立した接続点 804 において WEC100 と接続されているが、本開示に鑑みて、各係留線は代替案として共通の接続点 804 において WEC100 に接続してもよいことは明らかであろう。さらに、図 8 A ~ 図 8 F に示すように、各水平係留線 802 は係留ブイ 806 に取り付けてもよく、その係留ブイ 806 をさらに垂直係留線 808 に接続してもよい。本開示に鑑みて、水平係留線 802 及び垂直係留線 808 は同一の係留線として係留ブイ 806 に接続してもよいことを理解されたい。さらに、本開示に鑑みて、本明細書における係留ブイ 806 との用語は、低柱、中間柱、及び高柱ブイを含み、そのようなブイは、正負いずれの浮力を有してもよいことを理解されたい。図 8 A ~ 図 8 F の具体例では、中間柱ブイを示しており、いくつかの実施形態では、10,0001bs ~ 100,0001bs の範囲の正の純浮力を有してもよい。

10

20

30

【 0051 】

図 8 F は、いくつかの実施形態に係る单一の係留脚による手法を示す。このような実施形態では、WEC100 は HCS116 の前方領域と、1 又は複数の垂直係留線 808、1 又は複数の水平係留線 802、及び 1 又は複数の係留ブイ 806 からなる单一の係留脚とにおいて取り付けられる。係留線 802, 808 は、例えば、ケーブル、ナイロン、ポリエステル、チェーン、その他適切な材料、又はそれらの任意の組合せによって形成してもよい。HCS116 の前方領域に接続された上記構成の单一の係留脚は、様々な実施形態では、WEC100 が回転して到来波の方に向くよう受動的に調整されることを可能にし得る。数値解析により、前方接続はこのような到来波の方へ受動的に姿勢決めされるというシステムの能力を向上させるということが分かっている。異なる係留線材料の使用及び異なる浮力の係留ブイの使用により、設計者は係留脚の好みの負荷変位挙動及び最大負荷容量を選択することが可能となり得る。

【 0052 】

図 8 F に示すような单一脚係留により低コスト化、環境的影響の軽減、及び / 又は受動的な姿勢決めを行ってもよい。しかし、いくつかの実施形態では、図 8 A に示すように三点係留を用いてもよい。様々なこのような実施形態では、WEC100 及び係留に対して方向制御を搭載して WEC を到来波の方へ回転させてもよい。

【 0053 】

図 8 B ~ 図 8 E は、HCS116 の前方領域への異なる取り付け位置 804 を示す。図 8 B に示すいくつかの実施形態では、单一の水平係留線 802 が HCS116 の中央に接続されている。図 8 C ~ 図 8 E に示すその他の構成では、2 つの水平係留線 802 が徐々に間隔を広げて HCS116 に取り付けられている。このように水平係留線 (複数可) 802 の間隔を広げることで、係留取り付けにおける WEC100 のヨー安定度を変化させることができる。さらに、任意の係留線 802, 808 及び / 又は任意の数の係留線 802, 808 を WEC100 の任意の箇所に接続してもよい。様々な発電関連の実施形態では、WEC100 は、送電線 810 を介して電気出力先 812 に接続してもよい。送電線 810 は任意の水中路をたどるように支持されてもよく、図 8 A 及び図 8 F に示す「ゆるんだ S 字カーブ」構成に限定されない。電気出力先 812 は、電力等を消費する電力系統

40

50

、トランス、バッテリ、デバイス、機器、又は船舶を含み得るが、これらに限定されない。

【0054】

1つ以上の浮体902、904が制約無しの360度回動が可能である場合の様々な実施形態では、1つ以上の浮体902、904が図9Aに示すように越水し、この越水した浮体（例えば、図示する904）がひっくりかえってナセル906の後部側に来ることがある。これは、通常、大きな波によってもたらされる力によって起こる。浮体902、904は、このような位置において安全かつ動作可能であるが、このような浮体902、904は最適な動力を生み出さないことがある。動作上必要であれば、当該浮体を前方位置に戻すために何らかの方法を備えてよい。

10

【0055】

様々な実施形態では、図9A～図9Fに示すように、上記越水した浮体904を動的にバラストして負の浮力を与え、図9B～9Cに示すように低垂直姿勢となるよう沈めてもよい。この位置から、越水した浮体904のバラスト除去を行って越水した浮体904の上部のバラスト室に浮力を与え、それによって図9Dに示すように前方方向に浮体を回転させるモーメントを生成してもよい。そして、越水した浮体904は、図9E～図9Fに示すように表面の適切な位置に上昇し得る。別の実施形態では、上記バラスト手順を実施してもよいが、浮体の運動に対しては、発電機ダンピング制御を適用して補完する。このようなダンピング制御モードでは、後部側方向に回転する際には第1のPTOにダンピングを行い（トルク付加）、前方方向に回転する際にはダンピングを行わない（トルク無し）。このようなダンピング制御モードはラチエット機構又はソフトラチエットと同様に動作し、越水した浮体の正しい姿勢への運動を促進する。

20

【0056】

さらなる実施形態では、上記バラスト手順を実施してもよいが、浮体の運動に対しては、モータ動作制御を適用して補完する。このようなモータ制御モードでは、第1のPTOをモータとして駆動して越水した浮体を正しい姿勢へと駆動してもよい。さらなる実施形態では、越水した浮体のバラストを完全に除去し、モータ動作制御を適用して浮体運動を補完し、第1の浮体をナセル906の頭上を越えて戻るように駆動し、越水した浮体を正しい姿勢へと駆動してもよい。さらなる実施形態では、浮体902、904に制約無しの360度回動をさせない必要性も存在し得る。そのような実施形態は、例えば、浮体の越水が許されない特別な動作状況又は展開状況を含み得る。このような必要性があるシステムでは、端止め又は制限ストラップを用いて浮体の運動を制限してもよい。

30

【0057】

本開示に係る多くの実施形態では、スパー104、106は喫水が深く、ポートへの曳航又はポートからの曳航の際に垂直姿勢とするには深すぎる。本開示に鑑みて、浮体108、110、ナセル102、及びスパー104、106を海面に対して相対的に特定の位置決めを行うことは輸送及び動作の特定のモードに対して有益な結果をもたらすことを、当業者は気づくであろう。例えば、いくつかの実施形態では、WEC100は、名目上の動作位置とは異なる姿勢で展開又は回収するためにその動作場所に又は動作場所から曳航する必要があり得る。牽引が最小となる位置とすることで、動作可能な構成要素（例えば、浮体108、110、スパー104、106、ナセル102等）に輸送中にかかる不要な力を低減し得る。浮体108、110及び/又はスパー104、106の姿勢変更はバラスト又は動作条件の変化によって起こり得る。WEC100をポートへ又はポートから輸送する能力を向上するために、スパー104、106及びHCS116の底部領域は、バラストを除去して又はリフトバッグを取り付けて当該底部領域が表面へと持ち上がるよう設計してもよい。このような位置においては、浮体108、110は、図10A～図10Bに示すようにナセル102とHCS116との間に位置し得る。この場合、構成要素のバラスト除去を最大限行うことで、WEC100の喫水が最小となり、底にぶつけることなくWEC100を曳航できる航行可能水路を最大にできる。

40

【0058】

50

同様に、存続性のために又は極度の波若しくは天候のために事前準備を必要とする場合の実施形態では、本開示に鑑みて、PTO制御、バラスト制御、ロック機構、ブレーキ機構、ラチエット機構、又はこれらの手法の任意の組合せにより、浮体を水面よりも低くしてもよいことは明らかであろう。いくつかのそのような実施形態では、第1浮体108は図10A～図10Bに示すように入れ子浮揚位置へと姿勢変更され、ナセル102は天候に対して影となり、保護を提供し、存続性が向上する。様々な実施形態では、第1浮体108は上記入れ子位置において依然として動作可能となり得、エネルギーを補足し得る。さらなる実施形態では、図10Dに示すように、浮体は水中の低い位置となるようバラストされ、厳しい天候又はその他の状況に対する浮体の露出を少なくしている。最も極度の天候状況において、存続性の保証のためにあらゆる対策が必要なときは、図10Cに示すように第1浮体108及び第2浮体110を水でバラストして共に垂直姿勢となるよう沈めてもよい。さらなる実施形態では、環境条件によっては、浮体108、110が他の浮体により入れ子となる位置へと回転し得る。浮体108、110は、PTO制御、バラスト制御、ロック機構、ブレーキ機構、ラチエット機構又はこれらの手法の任意の組合せにより名目上の位置に戻すことができる。10

【0059】

(実施例)

本開示に応じて作製されるWEC100及びその構成要素（例えば、浮体108、110、スパー104、106、ナセル102、HCS116等）は、任意のサイズ、形状、相対位置、又はそれらの組合せにて構成してもよい。しかし、多くの実施形態では、WEC100の設計（例えば、浮体108、110、スパー104、106、ナセル102、HCS116等の様々なサイズ、位置、及び形状）を最適化して、コストに対する相対的なエネルギー出力を最大にする（例えば、エネルギーコスト（CEO）を最小にする）ことが好ましくなり得る。WEC100の各設計は、ミッションパラメータ（例えば、ポンピング、データブイへの電力供給、監視ソノブイへの電力供給、石油プラットフォームへの電力供給、系統への実用規模の電気供給等）及びWEC100が展開され得る1つ以上の波候条件に鑑みて最適化されてもよい。図11～図15Cは、様々なミッション／気候入力に対して最適化されたWEC100の4つの例示的構成の詳細を示す。20

【0060】

図11、図12A～図12C、図13A～図13C、図14A～図14C、図15A～図15Cを参照して、図示する例示的なWEC100は様々な用途に用いられ得る。最小の図示例1102は、10ワット・排水量500ポンドのシステムであり、全展開時の長さが1.44メートル、全展開時の深さが1.75メートルである。このようなシステムは、いくつかの実施形態では、小容量ポンプを駆動し、及び／又は低電力センサ（例えば、波計測器、温度センサ、塩分センサ、風センサ／風力計、RF／衛星通信等）に送電してもよい。本例示的な実施形態に係るWEC100のさらなる仕様は、図12A～図12Cに示す。30

【0061】

第2の図示例1104は、1,500-5,000ワット・排水量10,000～40,000ポンドのシステムであり、全展開時の長さが5メートル、全展開時の深さが6.07メートルである。このようなシステムは、いくつかの実施形態では、排水量500ポンドのシステム1102よりも幾分容量が大きいポンプ（例えば、水若しくは油）の駆動、並びに／又は様々な装置（例えば、無人水中車両の充電、自律車両の充電、自律水中車両の充電）、上述したようなセンサ、及び／若しくは様々な船舶／プラットフォーム（例えば、石油プラットフォーム）への送電を行ってもよい。本例示的な実施形態に係るWEC100のさらなる仕様は、図13A～図13Cに示す。40

【0062】

第3の図示例1106は、200キロワット・排水量1,400トンのシステムであり、全展開時の長さが23.03メートル、全展開時の深さが27.94メートルである。このようなシステムは、多くの実施形態では、活動が穏やかな波動場において実用規模の50

電力系統又はその他の海洋エネルギー用途に用いてもよい。本例示的な実施形態に係るWEC100のさらなる仕様は、図14A～図14Cに示す。

【0063】

最大の図示例1108は、400キロワット～1メガワット以上・排水量3,000トンのシステムであり、全展開時の長さが31.09メートル、全展開時の深さが37.72メートル。このようなシステムは、多くの実施形態では、活動が激しい波動場において実用規模の電力系統に用いてもよい。本例示的な実施形態に係るWEC100のさらなる仕様は、図15A～図15Cに示す。

【0064】

考慮されるミッション要件及び世界の波動場特性に基づき、全展開時の長さが1メートル～36メートル、全展開時の深さが1.5メートル～45メートルの範囲の形状寸法が適切となり得る。しかし、本開示に係るWEC100は、上述の状況入力の変動に応じてより大きく又はより小さくしてもよいことは明らかであろう。

【0065】

なお、上記の例は説明目的で提供したものに過ぎず、決して本発明を限定するものとして解釈されるべきではない。本発明を様々な例示的実施例を参照して説明してきたが、本明細書で用いた文言は、限定のための文言ではなく、説明及び図示のための文言であることを理解されたい。現在の記載の又は補正後の添付の請求項の範囲内で、本発明の各態様の範囲及び趣旨を逸脱することなく、変更を行ってもよい。本明細書では特定の手段、材料、及び実施形態を参照して本発明を説明してきたが、本明細書に開示したそれら特定の事項に本発明を限定する意図ではない。むしろ、本発明は、添付の請求項の範囲内における機能的に等価な全ての構造、方法、及び用途に及ぶものである。

【0066】

(方法)

本開示の他の態様は、WEC100を用いて発電する方法を含む。図16は、本開示の様々な実施形態に係る発電方法を示すものであり、当該発電方法は、浮揚性ナセルと、第1スパーと、第2スパーと、第1浮体と、第2浮体とを備える波力エネルギー変換装置(WEC)を提供するステップ1602と、当該WECを波動場に展開するステップ1604を含む。

【0067】

様々な実施形態における浮揚性ナセルと、第1スパーと、第2スパーと、第1浮体と、第2浮体とを備えるWECの提供1602は、図1～図15を参照して上述した概念及び実施形態に応じて設計されたいずれかのWECを提供することを含んでもよい。WECの波動場への展開1604は、波力エネルギー変換装置を、例えば、WECを収容する上で適切な幅、長さ、深さを有する任意の水域(例えば、海洋、海、湾、川、湖、波付きプール等)に展開することを含んでもよい。

【0068】

上記明細書では、本発明をその特定の実施形態を参照して説明した。しかし、本発明は、その趣旨又は本質的特徴を逸脱しない範囲内において、その他の特定の形態で実施してもよいと当業者は気づくであろう。したがって、上記実施例はあらゆる点において例示的なものとみなされるべきであり、本明細書に記載する発明を限定するものとみなされるべきではない。例えば、1つの実施形態の各構成は、他の実施形態に示す他の特徴と組み合わせたり適合させたりすることができる。当業者に知られた構成及び工程も同様に必要に応じて組み込んでもよい。加えて、明らかに、必要に応じて構成を追加又は省略してもよい。このように、本発明の範囲は上記説明よりもむしろ添付の請求項によって示されるものであり、したがって、請求項の等価の意味及び範囲に収まる全ての変更が本明細書に包含されることを意図するものである。

なお、本発明は、実施の態様として以下の内容を含む。

[態様1]

波力エネルギーを変換する装置であって、

10

20

30

40

50

a) 中心長手方向軸心を有する浮揚性ナセルと、
 b) 前記ナセルに連結された第 1 スパーと、
 c) 前記ナセルに連結された第 2 スパーと、
 d) 第 1 浮体であって、前記ナセルの外面と当該第 1 浮体の径方向遠位端とによって画定される径方向長さの範囲内において前記中心長手方向軸心を中心回動するように配置され、第 1 動力取出装置に動作可能に結合された第 1 浮体と、
 e) 第 2 浮体であって、前記第 1 浮体の径方向遠位端と当該第 2 浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において前記長手軸心を中心回動するように配置され、第 2 動力取出装置又は前記第 1 動力取出装置に動作可能に結合された第 2 浮体とを備える波力エネルギー変換装置。

10

[態様 2]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体は前記第 1 動力取出装置に動作可能に結合されており、前記第 2 浮体は前記第 2 動力取出装置に動作可能に結合されている、波力エネルギー変換装置。

[態様 3]

態様 2 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 及び第 2 動力取出装置はそれぞれロータ部とステータ部とを有する直接駆動発電機であり、前記第 1 浮体は前記第 1 動力取出装置の前記ロータ部に回動可能に結合されており、前記第 2 浮体は前記第 2 動力取出装置の前記ロータ部に回動可能に結合されている、波力エネルギー変換装置。

20

[態様 4]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体および前記第 2 浮体の一方は、前記第 1 動力取出装置のロータ部に動作可能に結合されており、前記第 1 浮体および前記第 2 浮体の他方は、前記第 1 動力取出装置のステータ部に動作可能に結合されている、波力エネルギー変換装置。

[態様 5]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、流体力学制御システムをさらに備える波力エネルギー変換装置。

[態様 6]

態様 5 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記流体力学制御システムは、バラストタンク、プレート、成形部材、水中翼、固定重量バラスト要素、および動的バラスト要素のうち少なくとも 1 つをさらに備える波力エネルギー変換装置。

30

[態様 7]

態様 5 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記流体力学制御システムは前記第 1 スパー及び前記第 2 スパーのうち少なくともいずれか一方に取り付けられ、当該取り付けたスパーの長手方向に沿って移動可能である、波力エネルギー変換装置。

[態様 8]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体及び / 又は前記第 2 浮体はバラストタンクを備える波力エネルギー変換装置。

[態様 9]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体、前記第 2 浮体、前記第 1 スパー、及び前記第 2 スパーは、輸送用に、前記ナセルの後方に入れ子状態とすることができます、波力エネルギー変換装置。

40

[態様 10]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 スパー及び前記第 2 スパーはそれぞれ前記ナセル及び流体力学制御システムに固定された矩形構造にて取り付けられる、波力エネルギー変換装置。

[態様 11]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体および前記第 2 浮体のうち少なくとも一方の、前記中心長手方向軸心を中心とする回動姿勢は、動力取出装置制御、バラスト制御、ロック機構、ブレーキ機構、ラチエット機構およびこれらの任意の組

50

合せの少なくとも 1 つにより調整可能である、波力エネルギー変換装置。

[様 1 2]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、保守点検用人員のための搭乗エリア及び / 又は保守点検用機器のための搭載エリアをさらに備える波力エネルギー変換装置。

[様 1 3]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体又は前記第 2 浮体のうち少なくとも一方の、前記中心長手方向軸心を中心とする回動運動の範囲を制限する手段をさらに備える波力エネルギー変換装置。

[様 1 4]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記浮揚性ナセル、前記第 1 スパー、前記第 2 スパー、前記第 1 浮体、前記第 2 浮体、および流体力学制御システムのうち少なくとも 1 つは、1 つ以上の水密性モジュールをさらに備える波力エネルギー変換装置。

10

[様 1 5]

態様 1 4 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記 1 つ以上の水密性モジュールはモジュール式の組立て品であって、取り外し可能であり、交換可能である、波力エネルギー変換装置。

[様 1 6]

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、1 つ以上の係留線を有する係留システムをさらに備える波力エネルギー変換装置。

[様 1 7]

20

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記浮揚性ナセル、前記第 1 スパー、前記第 2 スパー、前記第 1 浮体、前記第 2 浮体、および流体力学制御システムのうち少なくとも 1 つに接続された少なくとも 1 つの方向ベーン / 舵をさらに備える波力エネルギー変換装置。

[様 1 8]

態様 1 6 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記係留システムは当該波力エネルギー変換装置の方向制御を行うための機構をさらに備える波力エネルギー変換装置。

[様 1 9]

態様 1 8 に記載の波力エネルギー変換装置において、当該波力エネルギー変換装置の方向制御を行うための前記機構は、ケーブルワインチおよびチェーンワインチの少なくとも一方によって少なくとも 1 つの係留線を長くし又は短くすることが可能である波力エネルギー変換装置。

30

[様 1 0]

態様 1 8 に記載の波力エネルギー変換装置において、当該波力エネルギー変換装置の方向制御を行うための前記機構は、当該波力エネルギー変換装置と前記係留システムとの間に回転可能なインターフェイスをさらに備える波力エネルギー変換装置。

[様 2 1]

態様 1 6 に記載の波力エネルギー変換装置において、当該波力エネルギー変換装置は前記係留システムにより受動的に姿勢決めされる、波力エネルギー変換装置。

[様 2 2]

40

態様 1 に記載の波力エネルギー変換装置において、前記第 1 浮体及び前記第 2 浮体は前記中心長手方向軸心の周りに 360 度全範囲に回動可能である、波力エネルギー変換装置。

[様 2 3]

発電方法であって、

a) i) 中心長手方向軸心を有する浮揚性ナセルと、

i i) 前記ナセルに連結された第 1 スパーと、

i i i) 前記ナセルに連結された第 2 スパーと、

i v) 第 1 浮体であって、前記ナセルの外面と当該第 1 浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において前記中心長手方向軸心を中心に回動するように配

50

置され、第1動力取出装置に動作可能に結合された第1浮体と、

v) 第2浮体であって、前記第1浮体の径方向遠位端と当該第2浮体の径方向遠位端とにより画定される径方向長さの範囲内において前記長手軸心を中心に回動するように配置され、第2動力取出装置又は前記第1動力取出装置に動作可能に結合された第2浮体とを備える波力エネルギー変換装置を用意するステップと、

b) 前記波力エネルギー変換装置を波動場に展開するステップとを含む発電方法。

【図1A】

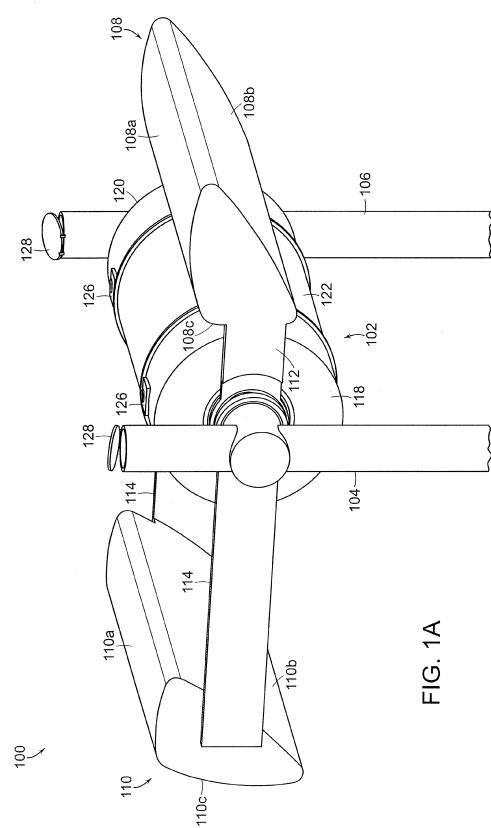


FIG. 1A

【図1B】

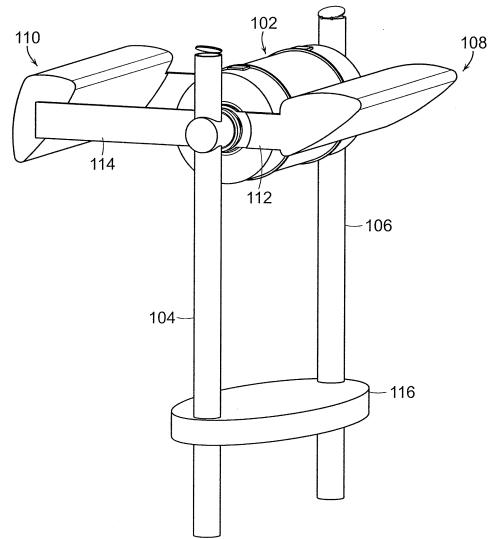


FIG. 1B

【図1C】

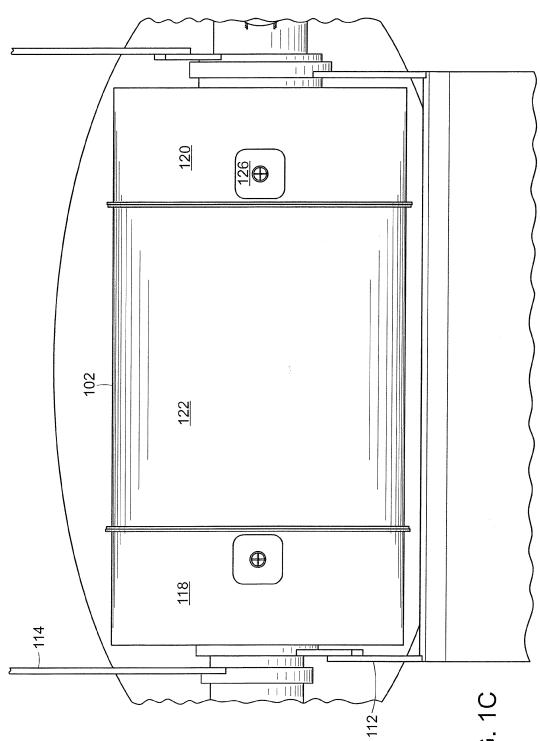


FIG. 1C

【図1D】

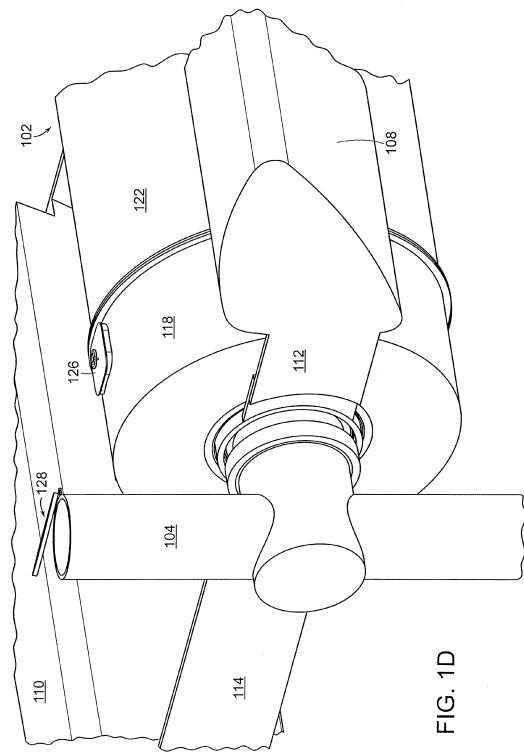


FIG. 1D

【図1E】

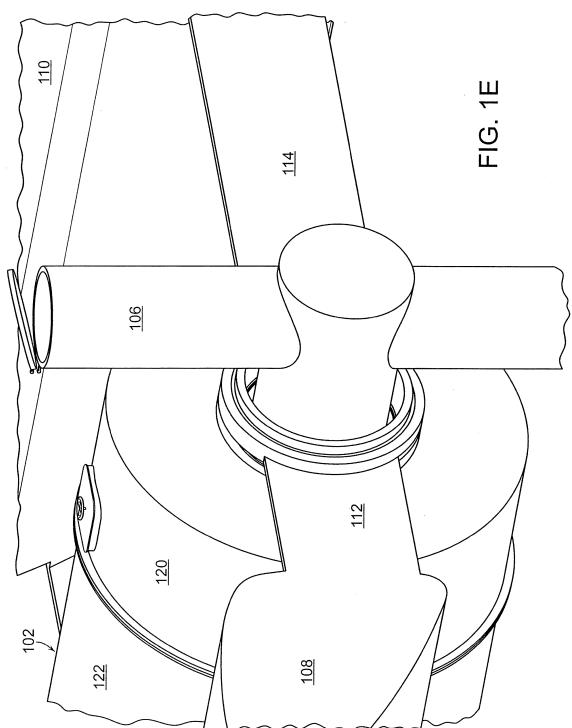


FIG. 1E

【図1F】

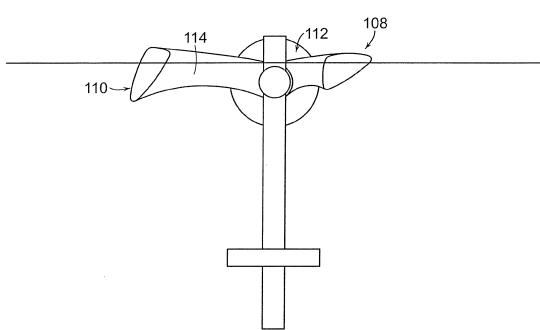


FIG. 1F

【図1G】

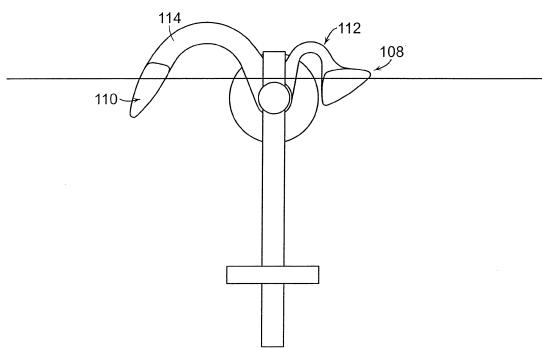


FIG. 1G

【図 2 A】

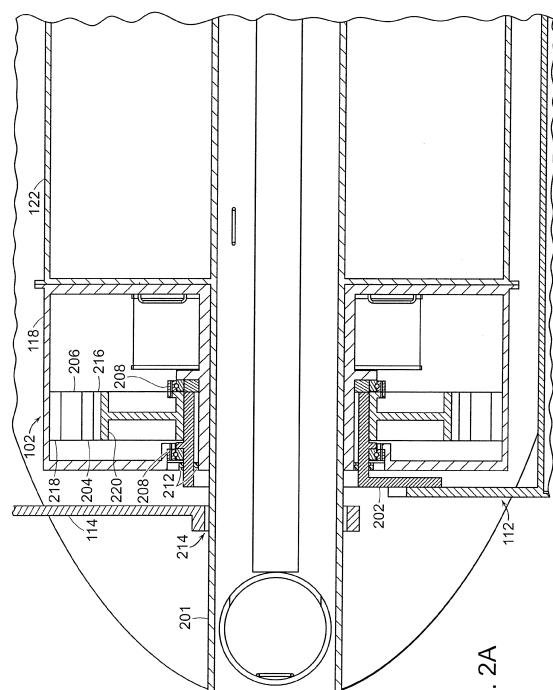


FIG. 2A

【図 2 B】

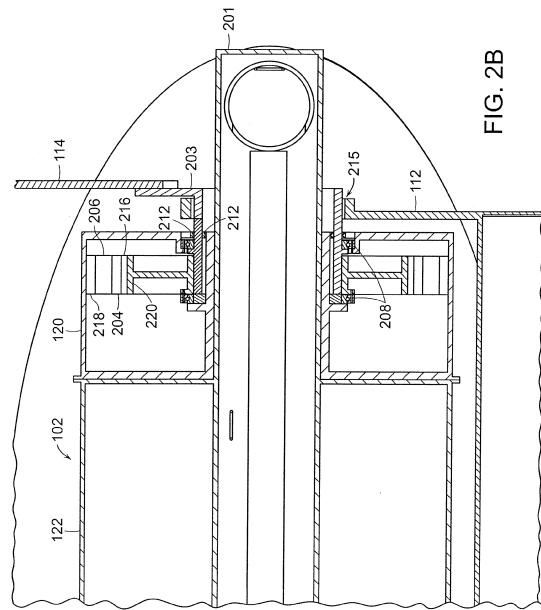


FIG. 2B

【図 3 A】

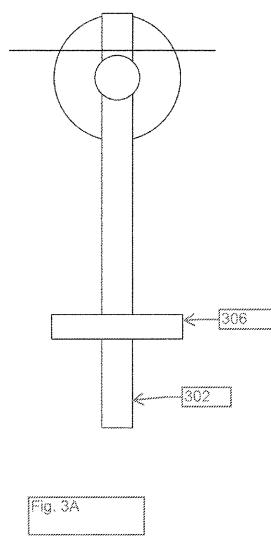


Fig. 3A

【図 3 B】

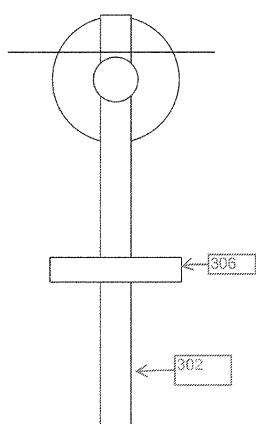
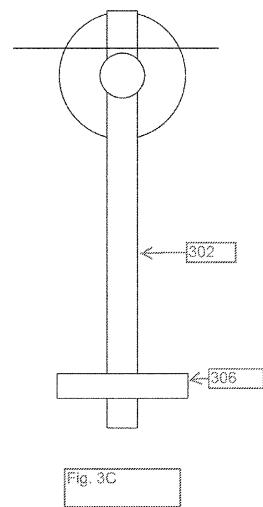
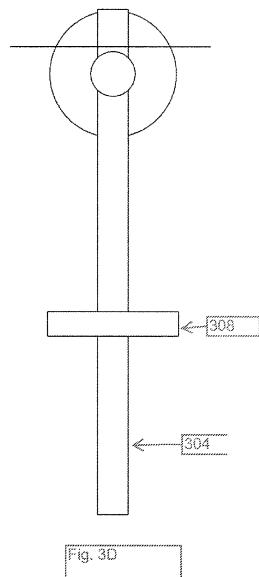


Fig. 3B

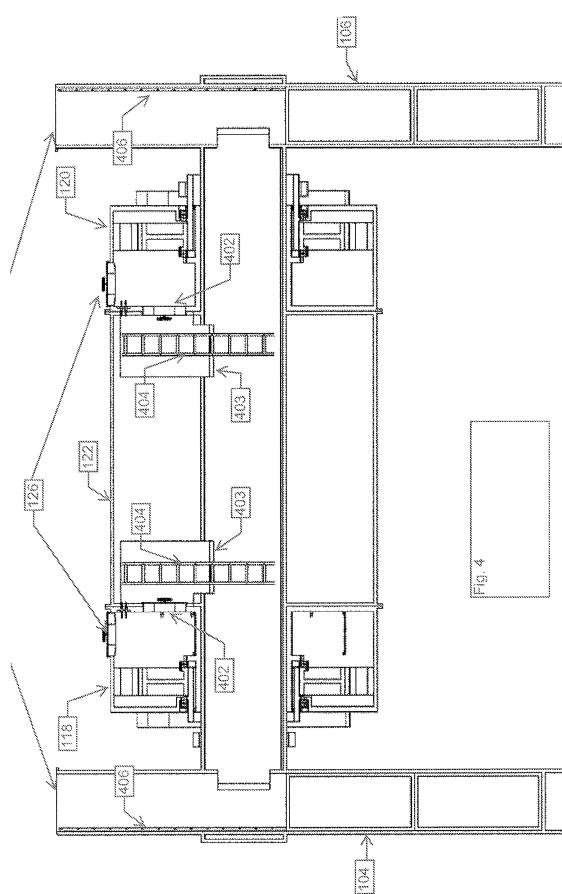
【図3C】



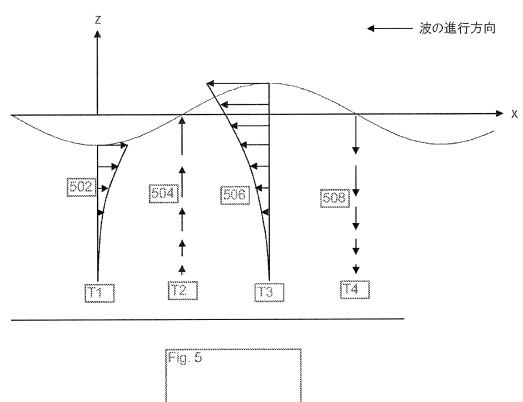
【図3-D】



【 四 4 】



【図5】



【図6】

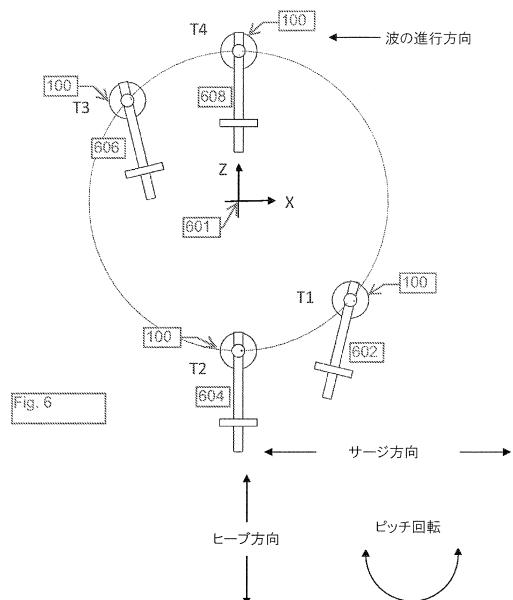
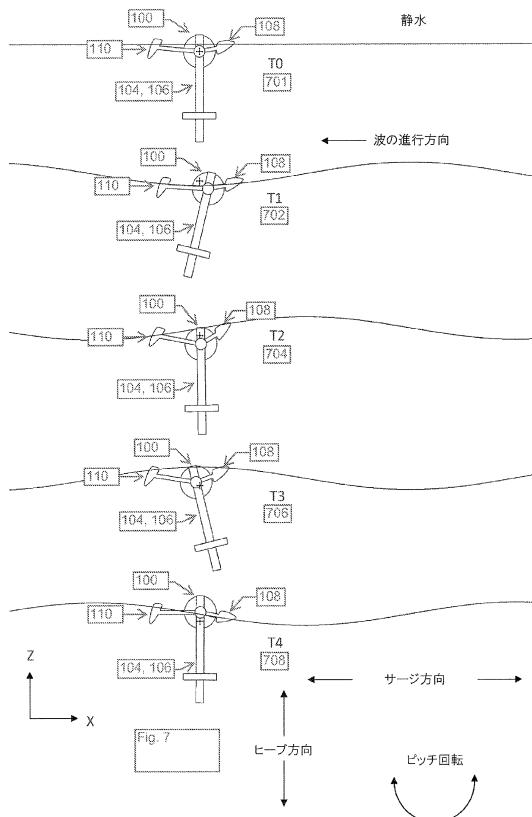
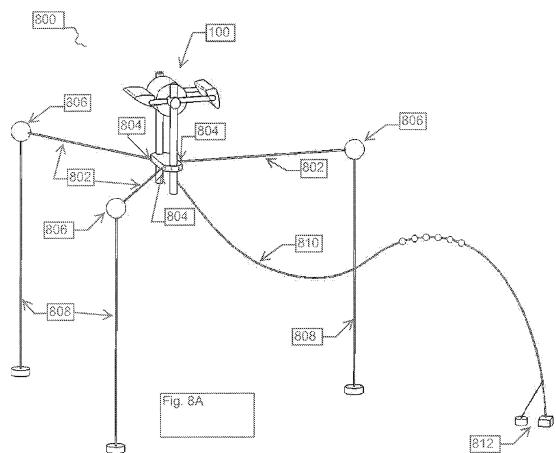


Fig. 6

【図7】



【図8A】



【図8B】

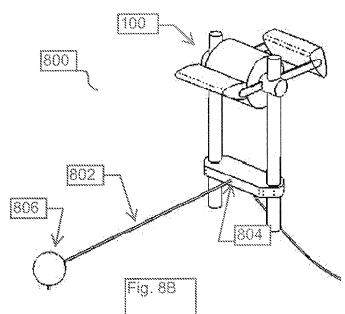
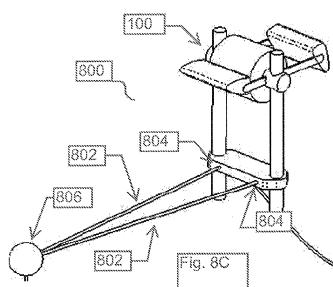


Fig. 8B

【図8C】



【図8D】

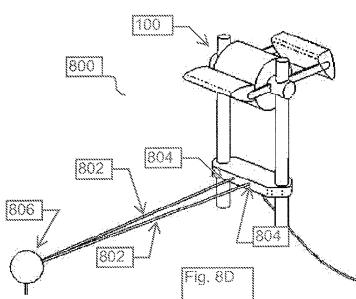
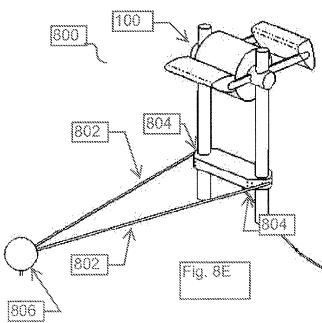
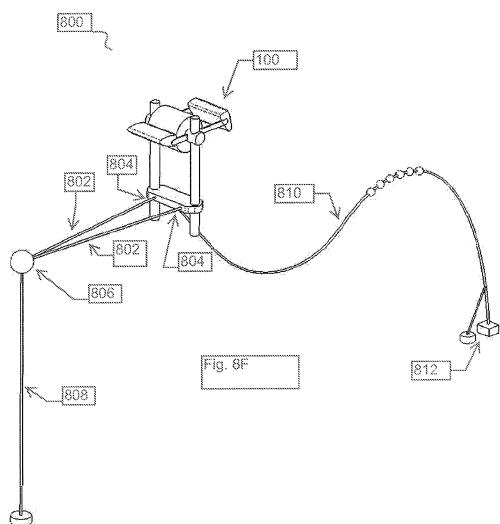


Fig. 8D

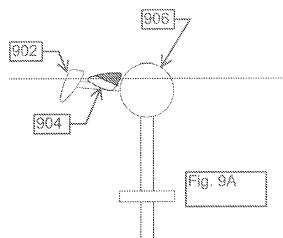
【図 8 E】



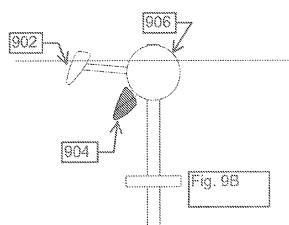
【図 8 F】



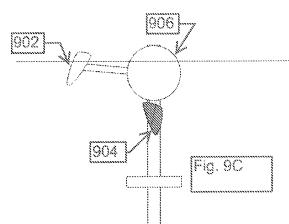
【図 9 A】



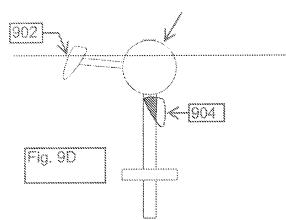
【図 9 B】



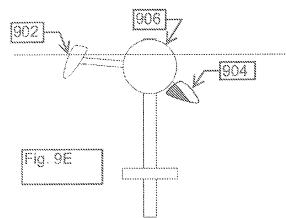
【図 9 C】



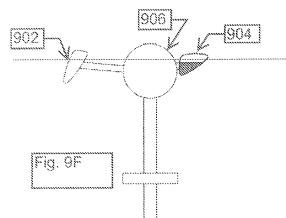
【図 9 D】



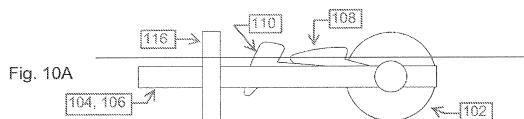
【図 9 E】



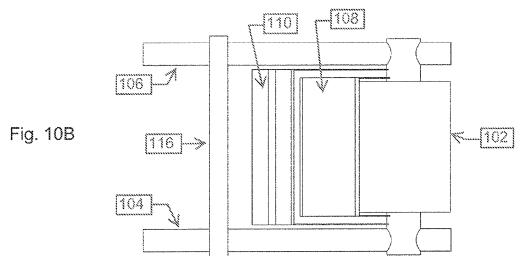
【図 9 F】



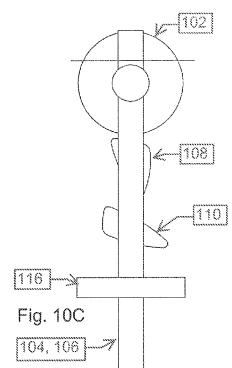
【図 10 A】



【図 10 B】



【図 10 C】



【図 10D】

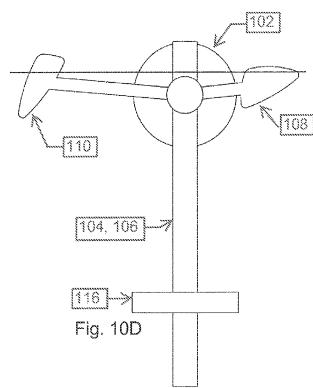


Fig. 10D

【図 11】

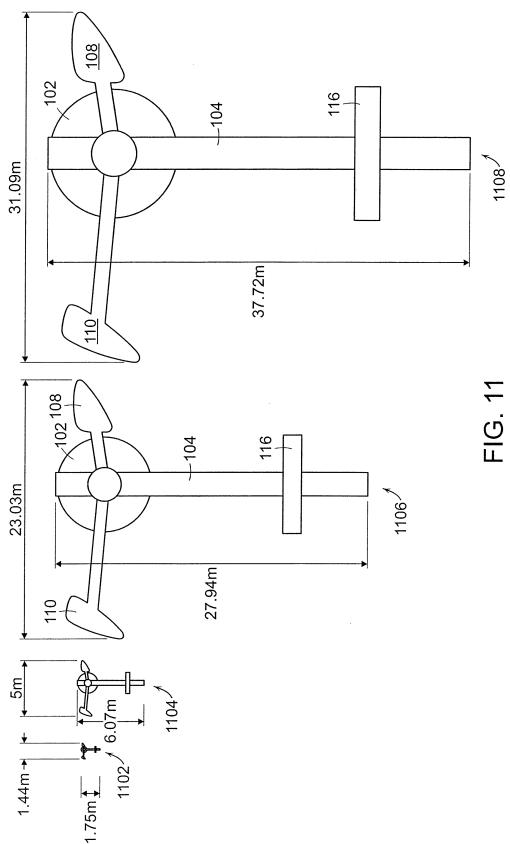


FIG. 11

【図 12A】

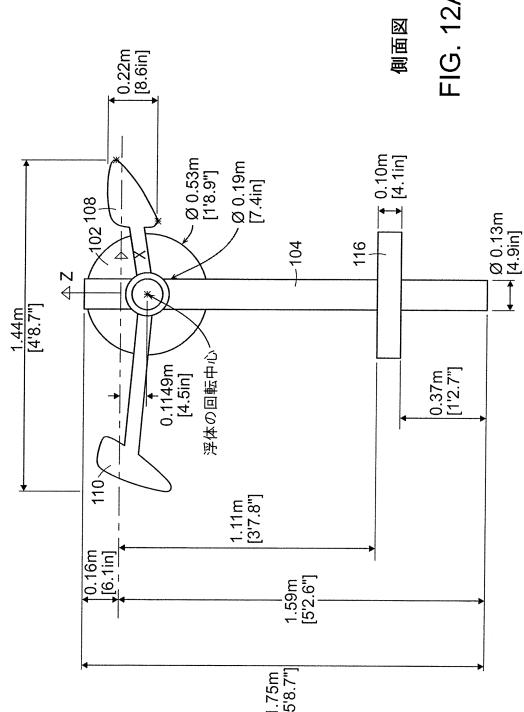


FIG. 12A

【図 12B】

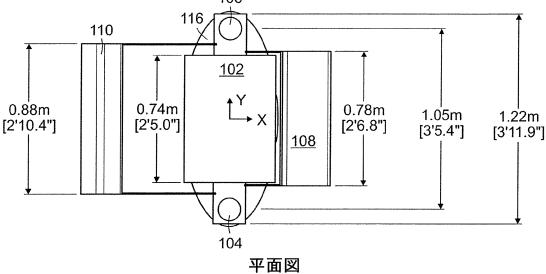


FIG. 12B

【図 12C】

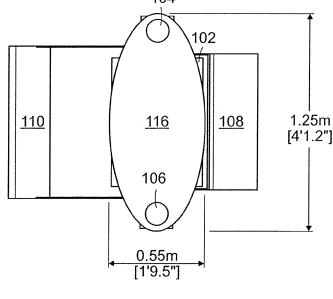
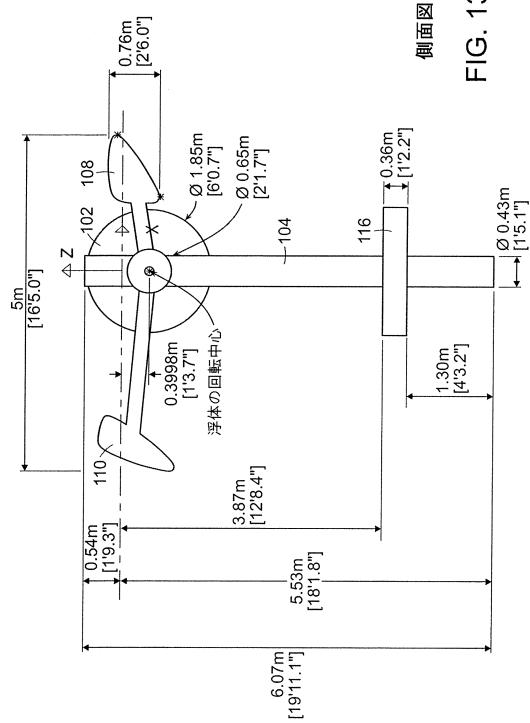


FIG. 12C

【図 13A】



側面図

FIG. 13A

【図 13B】

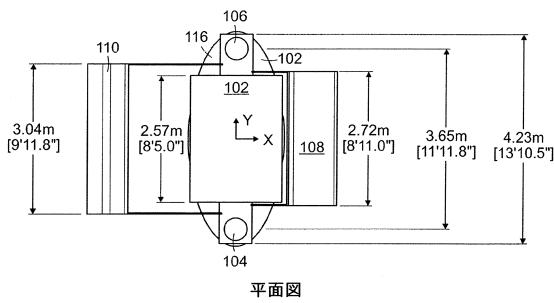
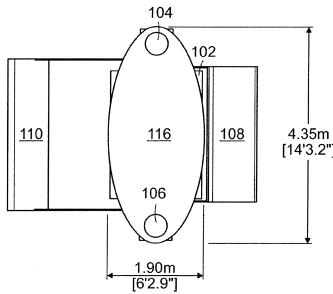


FIG. 13B

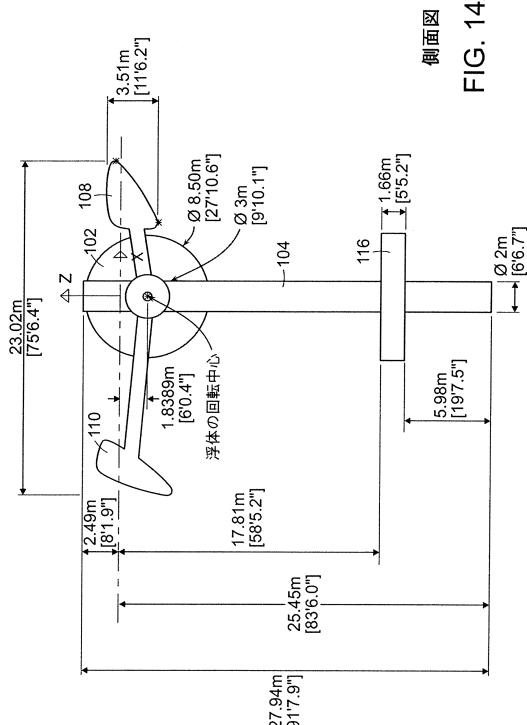
【図 13C】



底面図

FIG. 13C

【図 14A】



側面図

FIG. 14A

【図 14B】

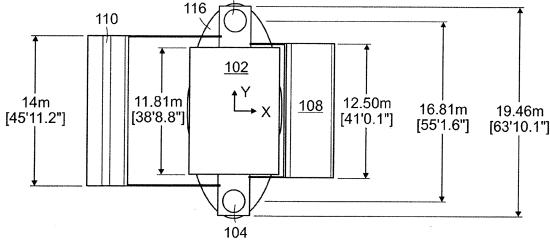


FIG. 14B

【図 14C】

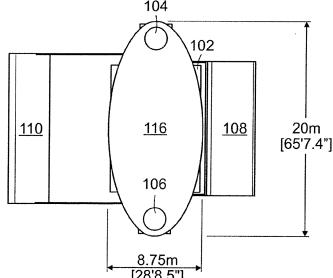


FIG. 14C

【図 15 A】

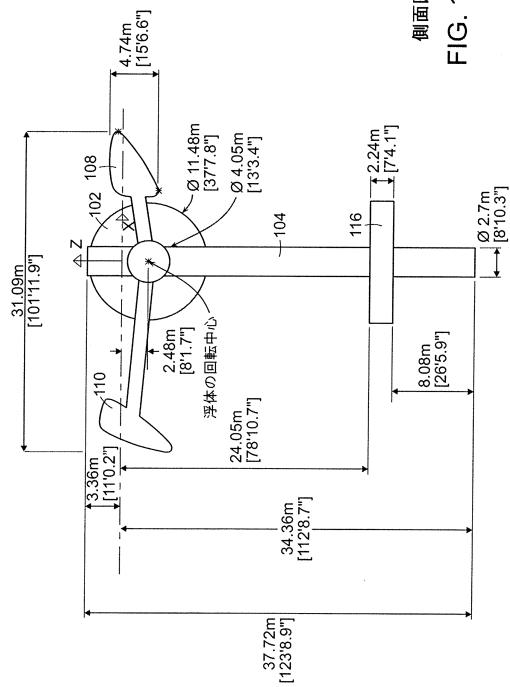


FIG. 15A

【図 15 B】

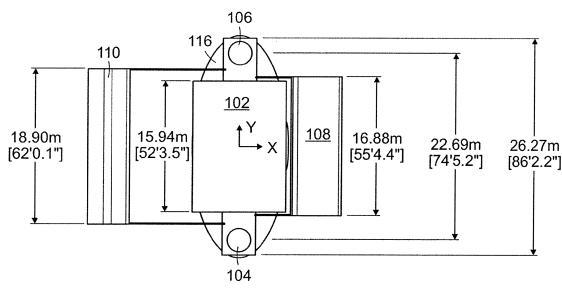


FIG. 15B

【図 15 C】

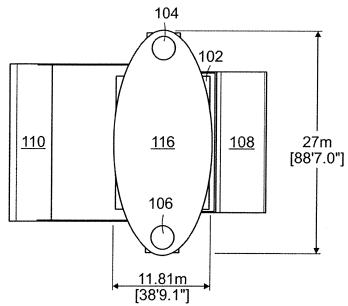
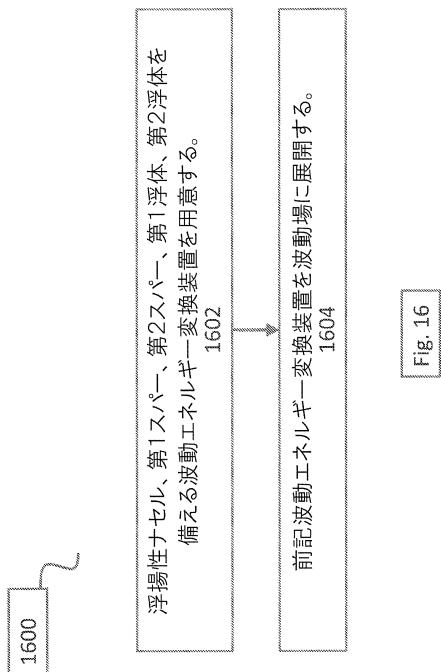


FIG. 15C

【図 16】



フロントページの続き

(74)代理人 100144082
弁理士 林田 久美子

(74)代理人 100142608
弁理士 小林 由佳

(74)代理人 100154771
弁理士 中田 健一

(74)代理人 100155963
弁理士 金子 大輔

(72)発明者 ラインフランク・ケネス・エドワード
アメリカ合衆国, 97330 オレゴン州, コーバリス, ノースウェスト フードビュー サークル 7740

(72)発明者 シャシェール・アルフォンス
アメリカ合衆国, 97333 オレゴン州, コーバリス, サウスイースト パーク ブレイス 2872

(72)発明者 ブルーデル・ジョセフ
アメリカ合衆国, 97330 オレゴン州, コーバリス, ノースウェスト ガーフィールド アベニュー 3060

(72)発明者 ハマグレン・エリック
アメリカ合衆国, 97333 オレゴン州, コーバリス, サウスイースト ベイショア サークル 690

(72)発明者 レニー・ブルーム・プカ
アメリカ合衆国, 97333 オレゴン州, コーバリス, サウスイースト ビューモント アベニュ 585

(72)発明者 チャン・ズー
アメリカ合衆国, 97333 オレゴン州, コーバリス, サウスイースト ベイショア サークル 972

審査官 富永 達朗

(56)参考文献 国際公開第2012/106558 (WO, A2)
特開平02-185677 (JP, A)
国際公開第2009/088311 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03B 13/18