

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4990889号  
(P4990889)

(45) 発行日 平成24年8月1日(2012.8.1)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl.  
**F03B 17/06 (2006.01)**

F I  
F03B 17/06

請求項の数 14 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2008-514819 (P2008-514819)	(73) 特許権者	508174838
(86) (22) 出願日	平成18年6月1日 (2006.6.1)		アーノルド・システムズ・リミテッド・ライ イアビリティ・カンパニー
(65) 公表番号	特表2008-542621 (P2008-542621A)		アメリカ合衆国ニューヨーク州10171
(43) 公表日	平成20年11月27日 (2008.11.27)		, ニューヨーク, パーク・アヴェニュー・
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/021157		299, フォーティーセカンド・フロア,
(87) 国際公開番号	W02006/130719		ダグラス・エー・リールソン方
(87) 国際公開日	平成18年12月7日 (2006.12.7)	(74) 代理人	100081514
審査請求日	平成21年4月24日 (2009.4.24)		弁理士 酒井 一
(31) 優先権主張番号	60/685,891	(74) 代理人	100082692
(32) 優先日	平成17年6月1日 (2005.6.1)		弁理士 蔵合 正博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	カー, コリン, シー
			アメリカ合衆国ヴァーモント州05402
			-1604, バーリントン, ビー・オー・
			ボックス・1604

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体への及び流体からの運動エネルギーの伝達

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体流の運動エネルギーを有用な仕事に変換するための方法であって、翼の平行なアレーを前記流体流内に位置決めする工程と、前記翼を少なくとも自由度2を有するように取り付ける工程と、前記翼がフラッタ振動を受けるように前記流体流を翼のアレーを通して移動させる工程とを含む方法において、各翼を個別の懸垂バーによって片持ち状態で取り付けること、及び前記懸垂バーの全てを互いに平行に保つことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記翼の鉛直性及び平行性を維持する工程を更に含み、これは、各翼の2点支持によって前記翼を鉛直及び平行に強固に保持しながら回転方向及び並進方向の運動を提供する取り付け手段によって達成される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記翼は前記懸垂バーを介して液圧アクチュエータに接続されており、この液圧アクチュエータを介して並進及びピッチにおける前記翼の瞬時的な位置決めが外部制御装置によって制御され、隣接する翼の正確な逆相運動を保証すると共に、翼がフラッタで振動することによって生じるエネルギー出力をアキュムレータに伝達する、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

エネルギーを前記翼から前記アキュムレータに伝達するための液圧アクチュエータを駆動するために前記翼の運動を伝達する工程を含む、請求項3に記載の方法。

10

20

## 【請求項 5】

前記エネルギーを前記液圧アクチュエータから前記アクチュエータに伝達するための流体制御を提供する工程を含む、請求項 4 に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記エネルギーを電力に変換する工程を含む、請求項 5 に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記翼のフラッタを開始して維持するための周期的な復元力及び慣性質量を提供することによって前記翼のアレーを制御する工程を含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 8】

流体の流速を、前記翼のアレーを通過する前に高める工程と、前記流体が前記翼のアレーを通過した後で前記翼の背圧を低減する工程とを含む、請求項 7 に記載の方法。

10

## 【請求項 9】

流体流の運動エネルギーを有用な仕事に変換するための装置であって、前記流体流内に位置決め可能な翼のアレーと、前記翼を少なくとも自由度 2 を有するように取り付ける手段と、前記流体流を前記翼のアレーを通して通過させ、これにより前記翼がフラッタ振動を受けようとする手段と、前記翼の各々が個々の懸垂バーに片持ち梁の形態で取り付けられた複数の懸垂バーと、前記懸垂バーの全てを互いに平行に保つ手段とを含む装置。

## 【請求項 10】

前記翼に取り付けられると共にその後縁に沿って延在する可撓性のブーツを備え、このブーツが前記流体流によって作られる圧力によって変形可能である、請求項 9 に記載の装置。

20

## 【請求項 11】

抗力及び渦の発生を最少にするために前記翼の各々が自立しており、隣接する翼に対して固定されていない、請求項 9 に記載の装置。

## 【請求項 12】

一体化され、容易に取外しができ、かつ切り離すことができるモジュールを形成するために個々の翼を支持するための取り付け手段を更に含み、各モジュールは、隣接する翼の動作を停止することなく取外して交換できる、請求項 9 に記載の装置。

## 【請求項 13】

一体化された多軸流体アクチュエータ及びポンプモジュールを更に備え、このモジュールは、双方向性リニアアクチュエータ及びポンプ内に配置された双方向性ピッチ制御回転アクチュエータを含み、前記懸垂バーの対応するものによって前記アクチュエータ及びポンプモジュールに接続された前記翼の移動が横方向及び回転方向の両方の軸における独立した同時運動を提供する、請求項 9 に記載の装置。

30

## 【請求項 14】

前記翼は、抗力を最少にするために前縁に設けられた丸みの付けられた端部と、前記翼の端部に形成されたfoilレット手段と、最大翼ピッチ角において後縁の曲率を変更するために、少なくとも後縁に沿って設けられた可撓性ブーツ手段とを備えた、請求項 9 に記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

40

## 【技術分野】

## 【0001】

本出願は、2005年6月1日に出願された米国仮出願第60/685,891号の利益を主張するものである。

## 【0002】

本発明は、リー・アーノルド博士の米国特許第4,184,805号(1980年1月)、米国特許第4,347,036号(1982年8月)及び米国特許第6,273,680号(2001年8月)に開示された方法と装置の改良に関するものである。

## 【0003】

本発明は、移動する流体流に含まれる運動エネルギーを用いて有用な動力を作り出す技

50

術及び装置、特に、片持ち支持された懸垂バーのみによって移動する流体内に保持された翼の列に関するものである。逆相で動く翼の列は、2以上の自由度を必要とするフラッタ現象を利用して、発電のために流体からエネルギーを抽出するように配置できる。或いは、翼を外部の動力源によって駆動することにより、外部的にプログラムされた振動（この場合も2以上の自由度を必要とする）を利用して、推進やポンピングを行うために流体にエネルギーを注入する。

【背景技術】

【0004】

数世紀前においては人間社会の主要な動力源であった再生可能資源（renewable resource）には、太陽、風力、水力、波及び潮せき力が含まれる。全ての再生可能資源は、潮せき力を除き、太陽エネルギーから得られる。潮せき力は、月の重力によって生じる（地球の核に貯蔵されている熱から得られる地熱は、厳密に言えば再生可能資源ではない）。能動的及び受動的なソーラパワー、風、水、波及び海流のエネルギーは、全て地球の気候周期から生じており、この気候周期は、究極的には全て太陽の放射によって引き起こされる。

10

【0005】

再生可能エネルギー源を有用な仕事に変換するための効率的な手段についての調査には、揚力又は抗力を用いて風の運動エネルギーを機械的エネルギーに変換する機械的風力タービン、及び流れる水の運動エネルギー又は高い所に貯蔵された水の位置エネルギーを機械的エネルギーに変換する機械的水力タービンが含まれる。殆どの場合、このようにして変換されたエネルギーは、最終的な分配と使用のために電力に変換される。

20

【0006】

米国特許第1,486,040号（Schieferstein）は、機械的に駆動される振動ペーンを用いた推進手段を開示しているが、自由度は1でしかない。

【0007】

米国特許第2,783,022号（Salzer）は、上下運動を通して水平のシャフトを回転させる一連のフロートを含む海洋波力変換装置について述べている。この装置は振動翼を採用していない。

【0008】

米国特許第3,040,976号（de Mattos）は、機械的に駆動される振動ペーンの平行な群を使用した空気推進手段を開示しているが、この場合も自由度は1でしかない。

30

【0009】

米国特許第3,508,840号（Lederlin）は、自己発生渦を再循環するために湾曲形状にされた気中翼又は一連のフラッピング気中翼を開示している。その様な気中翼は、フラッタ又は逆相で運転されていない。

【0010】

米国特許第3,783,858号（Ashikian）は、空気柱中の共振振動を用いて液体を加熱する手段を開示している。この発明は、逆相フラッタの翼を用いて流体を機械的エネルギーに変換しない。

【0011】

米国特許第3,883,750号（Uzell）は、ベンチュリーを内蔵した水平軸回転プロペラ型の風力タービンについて述べている。

40

【0012】

米国特許第3,995,972号（Nassar）は、振動型風力変換機を開示しており、これにおいては、1個又は数個の気中翼が、各行程の終わりにおいて気中翼のピッチ角を反転するピッチ変更装置を用いて往復動させられる。この装置は、2以上の自由度でのフラッタを採用しておらず、記載された気中翼のスタックは逆相で動作しない。

【0013】

米国特許第4,024,409号（Payne）は、ワイヤ、長い円筒、又は気中翼の共振反力を利用した振動流体力変換装置を開示している。ワイヤ、長い円筒、又は気中翼は、

50

到来する風に晒され、一方の表面で渦が発生され、その表面に力が加えられ、この表面が静止位置から移動し、反対側の表面に新しい渦を作る。この新しい渦により、本体に半体方向の力が加えられ、共振振動が生じる。この共振振動からエネルギーを減衰力として取り出すことができる。この発明の気中翼の実施形態では、気中翼が、渦の発散 (shedding) に反応して、フラッタではなく、自由度 1 で振動する。

【 0 0 1 4 】

米国特許第 4, 170, 738 号 (Smith) は、海中の水の運動からエネルギーを抽出し、その運動を往復動するラック・ピニオン手段を介して双方向発電機に伝達する、抗力によって作動される装置 (panemone) を開示している。この装置は、翼、フラッタ、又は逆相運動を採用していない。

10

【 0 0 1 5 】

米国特許第 4, 184, 805 号 (Arnold) は、空気中又は水中における翼列のフラッタでの逆相運動について記載した最初の基本特許である。本発明は、アーノルド特許についての根本的な改良であり、各翼に取り付けられた機構及び連結の全てが、モジュール式の動力供給及び運動制御システムに結合された単一の片持ち支持式懸垂バーによって置き換えられた。

【 0 0 1 6 】

米国特許第 4, 347, 036 号 (Arnold) は、同じ原出願の分割であり、米国特許第 4, 184, 805 号と同じ装置について述べている。

【 0 0 1 7 】

米国特許第 5, 457, 346 号 (Blumberg) は、上記の米国特許第 3, 883, 750 号に類似した水平軸プロペラ型の風力タービンについて述べており、このタービンでは、ベンチュリーが到来する風をタービンロータ上に集める。この装置は、翼、フラッタ現象、又は逆相運動の翼列を使用していない。

20

【 0 0 1 8 】

米国特許第 6, 273, 680 号 (Arnold) は、米国特許第 4, 184, 805 号に最初に開示されたような振動翼列動力システムの元の機械的实施形態を、慣性質量調整に関する追加の材料及び平坦バリヤによる到来流の集中によって開発を継続している。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

30

【 0 0 1 9 】

空力弾性に関する多くの文献は、一般にフラッタを高度に破壊的な力として取り扱っているが、これは、気中翼において生じることが許されると、必然的にその分解につながるものである。上で引用したアーノルドの特許は、流れる流体から有用なエネルギーを抽出するためにフラッタを原則としてどの様に使用できるかを示している。アーノルドの特許に基づくと共にこれを改善する本発明は、従来の特許に記載された多数の振動する機械部品、連結、ベアリング、ロッド、軸及び歯車を除去することで揺動逆相翼列動力変換機の商業的適用を可能にするものである。

【 0 0 2 0 】

フラッタの分析的処置は全ての流体に適用されるが、空気中におけるフラッタは良く知られているものの、水中でのフラッタは広く研究されておらず観察もされていない。アーノルド博士の特許は、水中においてフラッタを開始して維持するための手段を記載した最初のものである。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 2 1 】

本発明は、振動翼列動力システム (Oscillating Cascade Power System (O C P S)) の耐久性があり高効率な実施形態の設計的特徴を含むと共に、複数の片持ち支持された翼を含む。この翼は振動されると共に、風等の移動流体、又は流れ (stream) 小川、川、海流、潮流、又は有向流において移動する水から抽出した運動エネルギーによってフラッタが生じるようにされる。動力発生システムは、複数の翼のフラッタによって駆動される新

50

規なモジュラー型の動力及び制御モジュールを有する。

【0022】

片持ち支持された翼の使用により、米国特許第4,184,805号、第4,347,036号及び第6,273,680号に記載された従来の翼に取り付けられていた非常に多量の物理的機構の必要性を無くすることができる。翼は、作動流体又は電気を使用するプログラム可能な制御サーボシステムによって制御可能である。制御プログラムは、逆相フラッタモードで動作する翼の運動方程式に基づくアルゴリズムを含んでいてもよい。

【0023】

更に、本発明の装置は、移動する流体流から利用可能な多量の運動エネルギーを、多量の機構を取り付けることなく、片持ち支持された翼の平行列を用いることによって効率的に利用する。本明細書で使用される一般的な「翼」という用語は、流水中で使用される「水中翼」、風エネルギー変換に使用される「気中翼」、又は推進に使用される「パドル」の概念を含む。より詳細には航空機のために揚力を発生するために使用される固定又は回転翼(wing)を指す「気中翼」という用語は、本発明の状況では当てはまらない。

【0024】

本発明の様相によれば、移動する流体流中において逆相で動作する翼の列に、翼列が動作している間でも、隣接する翼に接触したり影響を与えたりすることなく、個々の翼を列に挿入したり列から取外したりすることができるように、独立したモジュラー型の翼・動力・制御装置が提供される。

【0025】

フラッタ、即ち2以上の自由度を有する共振振動が翼において起こるためには、翼の有効な慣性質量とストロークエンドでの復元力の存在が重要である。本発明の様相によれば、システムが動作している間に、慣性質量及び復元力を瞬時に調整して制御し、流れ及び負荷状態が変化している途中でもシステムを連続的に且つ自動的に作動させることを可能にする新規な手段が提供される。

【0026】

静止位置では、翼の迎え角は零である。翼を移動している流体流に沈めても振動は生じない。従来技術では、機構を始動しフラッタを開始するために翼を物理的に「揺動」させる必要があった。本発明の様相によれば、手動による介入を伴うことなく、振動を遠隔的に開始するための手段が提供される。更に、従来技術では、流体の流れを止めるか、過大な負荷を加えて機構を止めることにより振動に打ち勝つ以外の方法で揺動する翼を停止する手段が設けられていなかった。本発明の別の様相によれば、振動する翼の内の1個又は全ての翼の迎え角を零にして1個又は全ての翼を瞬時に停止し、流体が流れ続けている間でも、翼又は関連する機構に対しての過大な応力や損傷を伴うことなく、動力出力を遮断する手段が提供される。

【0027】

本発明の別の様相によれば、複数の個別の翼モジュールが固定される2つの目的を持つ支持構造体が提供され、この構造体は、翼モジュールを中央制御装置に接続するために使用される動力及び制御マニホールドも支持している。マニホールドには一連のマルチチャンネル閉止弁とレセプタクルが設けられており、個々の翼モジュール上のマルチチャンネルコネクタを容易に接続したり取り外したりできる。

【0028】

本発明の更なる様相によれば、流体速度及び負荷を含む、内部及び外部システムパラメータの全てを電子的に監視し、これらのデータを特別な制御アルゴリズムによって制御されるプログラム可能なロジック制御装置内において処理することによって、慣性質量と復元力を連続的に調整することが可能となり、これにより、システムの性能を常時最適化できるだけでなく、フラッタが始まる限界流体速度を低下させると共にシステムを安全に運転できる最大即ちシャットダウン速度を上昇させることによってシステムの動作範囲を拡大できる。従来技術では、そのような改良を行うことが出来なかった。何故なら、振動翼列及びその制御システムは、本質的に全体が機械的であり、慣性質量又は復元力を調節す

10

20

30

40

50

るためには最初に停止しなければならないためである。

【 0 0 2 9 】

翼の列の推進又はポンピングモードに関する本発明の様相によれば、独立して且つ外部から制御可能な翼モジュールにより、種々の異なるプログラムされた順次的又は同時的運動を個々の翼に自由度2で与えて推進又はポンピング動作を最適化できる。例えば、従来技術では不可能である、列に沿った進行的遊泳動作を再現するように翼列をプログラムできる。

【 0 0 3 0 】

推進に関する本発明の他の様相によれば、単一の翼を単独で推進又はポンピングモードで作動するようにプログラムすることができ、もしその翼が列のメンバーである場合、列の他のメンバーを横断位置に位置決めし、これにより他の流体流を阻止して河川又は洪水の調節を支援できる。

【 0 0 3 1 】

本発明の重要な特徴及び、特にリー・アーノルド博士の3件の特許を含む従来技術との必要な差異を概説したが、これは以下の発明の詳細な説明がより良く分かるようにすると共に、当該技術分野への寄与がより良く理解できるようにするためである。添付の特許請求の範囲の主題を形成する本発明の追加の特徴を以下に説明する。当業者であれば、本発明の幾つかの目的を達成する他の手段を設計するための基礎とし本発明を利用できることが分かるであろう。従って、本発明の請求の範囲は、本発明の全体的な範囲から逸脱しないその様な均等な構造や方法も包含するものと見做すことが重要である。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 2 】

図1は、4枚の鉛直方向翼1を示す。各翼は、円形断面の懸垂バー2のみによって懸垂されている。バー2は、静止している複数組の動力/制御モジュール組立体3の底部から突出している。各組のモジュールは独立しているが、同一である。任意の偶数の動力/制御モジュール3が、強固なシステム支持構造体4に取り付けられている。各翼1の重量は、その翼の動力/制御モジュール3に支持されている。動力/制御モジュール3の各組は、動力モジュール3Aと制御モジュール3Bとからなる。懸垂バー2は、動力モジュール3A及び/又は制御モジュール3Bに支持された2個の鉛直方向の同軸ベアリングを貫通しているため、鉛直かつ平行に強固に保持されている。翼1自体は、全体が沈められ、懸垂バー2以外のものには機械的に接続されていない。バー2は、一定範囲内において並進方向(左右方向)には移動自在であると共に、同じく一定範囲内において鉛直方向軸を中心として回転自在であるが、流れ方向(前後方向)の移動及び並進方向の回転(旋回)は制限されている。従って、全ての翼1は、片持ち支持されて常に鉛直状態にしっかり固定されているが、一定の距離だけは回転方向及び並進方向への移動が可能である。特に、翼1は、流体の抵抗力によって下流方向に移動(旋回)することがない。

【 0 0 3 3 】

この構成によって許容される翼の並進運動及び鉛直回転運動の範囲は、任意の姿勢(position)、即ち翼列においてフラッタを開始し持続させるのに必要な翼のピッチと並進の組合せに分解できる。隣接する翼1は、翼列におけるフラッタの必要条件を満たすため、横方向運動及び回転方向運動(ピッチ)の何れにおいても、制御モジュール3Bにより正確な逆相運動に拘束される。各翼1から得られる動力は、対応する動力モジュール3Aにより伝達されるが、この動力モジュールは、翼運動波形の動力行程部分における横方向の翼運動にのみ基づいて動作する。動力/制御モジュール3への接続は、加圧流体による伝達(液圧或いは空気圧)或いは電気的手段により行う。残りの組立体の動作を停止したり、動作に影響を及ぼすことなく、組立体の1個を運転中の発電システムから取り外して交換できることは、動力/制御モジュール組立体の設計の一特徴である。

【 0 0 3 4 】

図2に示すように、制御モジュール3Bは、各翼1に横方向運動(並進)及びそれと独立した回転運動を同時に行わせるための手段である。分析的には、この独立した角運動と

z軸運動の組合せは、フラッタを開始し持続させるために必要な翼が行い得るいかなる運動或いはとり得るいかなる姿勢にも分解できる。特に、(a)前縁及び後縁の振動の独立したフェーシングと、(b)フラッタを開始し持続させるために必要な前縁及び後縁への差動的復元力及び慣性質量の外部からの印加である。更に、取り付けられた動力モジュール3Aとの組み合わせにより、この機械的設計は、(c)流れ方向且つx軸方向の翼列強度(抗力抑制(drag restraint))及び(d)全ての動作条件における懸垂バー2全ての厳密な平行性を提供する。最後に、各制御/動力モジュール組立体3は、翼列のどの動作軸(並進軸或いは回転軸)とも相互作用することなく翼1を鉛直に支持する。翼懸垂バー2の上端は、動力モジュール及び制御モジュールの両方を貫通し、制御モジュール3B貫通部においては、回転力(トルク)を伝達できるようにスプライン係合されている。鉛直方向の懸垂バー2は、2個のベアリング、即ち、制御モジュール組立体3Bの頂部及び底部に配置されたベアリング(その内の少なくとも1個はスラストベアリングである)によって支持できる。従って、制御モジュール3B自体が静止した状態であっても、各翼懸垂バー2は独立してモジュール内で鉛直方向軸を中心に回転できるが、回転の程度は、回転チャンバ6内の放射状の空間によって制限されている。

#### 【0035】

回転：制御モジュール3Bにおいては、スプラインが形成された翼懸垂バー2は、これに対応してスプラインが形成された回転インペラ5を貫通している。インペラ5は、並進ピストン7B内に配置された回転チャンバ6内において鉛直方向軸を中心に回転できる。インペラ5の回転は、設計により、チャンバ6の放射形状によって約40°に制限されている。インペラ5の中央表面は、小さな間隙によりチャンバ内壁に接触しないように維持されていると共に、内側及び外側の「ピストンリング」タイプのシール8及び9により鉛直方向に密封されている。インペラ5の上端及び下端には同様のシールが設けられ(この中央部断面には図示されていない)、各チャンバセグメントの内部が流体圧に曝されるようになっている。流体導管チャネル10及び11はそれぞれ、並進ピストン7B内において回転チャンバ6から長手方向周囲凹部12及び13まで延びており、更に外部オリフィス14、15に延び、制御モジュール3Bから出る。従って、オリフィス14に加えられた流体圧により、これに対応した回転インペラ5の負の方向(反時計回り)の回転が生じる。同様に、オリフィス15に加えられた流体の圧力により、回転インペラ5の正方向の回転が生じる。並進ピストン7Bの両端に設けられたピストンリング16は、規定された長手方向移動限界内においてピストン7Bが独立した並進運動を行っている間に、オリフィス14、15に加えられた流体圧によってインペラ5がピストン7B内で効率的に回転されることを保証する。即ち、ピストン7Bの位置や運動に関わらず、回転インペラ5は、移動部品やホース、移動接続部なしで、外部から加えられた流体圧によって生じる正確に制御可能なトルク(回転運動)をバー2及び翼1に伝える。

#### 【0036】

並進運動：並進ピストン7Bは、シリンダ17B内を長手方向に移動できる。ピストン7Bは、シリンダ壁とは実際には接触せずに小さな間隙を有して移動するが、前記のピストンリング16により密封されている。ピストンリング16は更に、回転インペラ5に作用する流体も密封する機能を有する。ピストン7Bの両端から、略丸いピストン支持ロッド18Bが突出している。該ロッド18Bは、シリンダ17Bの各端部に取り付けられたリニアベアリング19(通常は、循環ボール式)により支持されている。これらピストン支持ロッド18Bの長さ、該ロッド18Bに対応してシリンダ端部内に形成された孔の深さは、意図されたピストン7Bの並進行程によって決まる。更に、ピストンリングタイプの軸シール20は、同様に移動部品やホース、マニホールドへの移動接続部を用いずに、シリンダ17B内のオリフィス21、22に加えられる流体圧によりピストン7Bが効率的に長手方向の両方向に移動できることを確実にしている。

#### 【0037】

要約すると、上述の手段によって、並進方向及び回転方向における瞬時的位置に関わらず、翼列内の翼1は全て、正確な逆相運動にロックできる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 8 】

翼の平行性：翼懸垂バー 2 は制御モジュールピストン 7 B 及び動力モジュールピストン 7 A を貫通しているが上部及び下部のベアリングによって回転運動以外には行わないように制限されているため、また、2 組の水平方向のピストン支持ロッド 1 8 A、1 8 B がリニアベアリング 1 9 B、1 9 A 間に延びて z 軸方向の角運動（水平方向旋回）が阻止されているため、懸垂バー 2 に取り付けられた全ての翼 1 は、常に、また、横方向運動及び回転運動のどの状態においても、平行が保たれていることは明らかである。

## 【 0 0 3 9 】

抗力の抑制：同様に、流れ方向の面においては、翼懸垂バー 2 は、横方向に往復運動するように拘束されている上方ピストン 7 B 及び下方ピストン 7 A の両方を貫通しているため、如何なる x 軸方向運動（即ち、翼 1 に作用する流れる水や空気の抵抗による下流方向への旋回であり、その力ベクトルは翼の瞬時ピッチ角によって変化する）が阻止されている。

## 【 0 0 4 0 】

センタリング力及び補助的な復元力：動力モジュール 3 A 及び制御モジュール 3 B には、フラッタを持続するのに必要な周期的な復元力を部分的に或いは全体的に提供すると共に、静止時にピストン 7 A 及び 7 B がそれぞれのシリンダ 1 7 A 及び 1 7 B の中心に位置することを確実にするため、内部バネ 1 8 A 及び 1 8 B が組み込まれている。バネ 1 8 A 及び 1 8 B に替えて、空気圧式或いは液圧式のエネルギー吸収 / 戻し手段を使用できることを理解すべきである。

## 【 0 0 4 1 】

図 3 は動力モジュール 3 A の中央部断面の平面図である。ピストン 7 A の並進運動は、制御モジュール 3 B のピストン 7 B と同一である。いずれの場合においても、二方向に自由なピストン 7 A 及び 7 B は、リニアベアリング 1 9 A 及び 1 9 B により保持された対応する 2 個のピストン支持ロッド 1 8 A 及び 1 8 B によって横方向に運動するように案内されて並進移動する。しかしながら、翼懸垂バー 2 が、中央の回転インペラ及びシリンダを貫通せずにピストン 7 A の中心に設定された密封型単列又は複列ボールベアリング 2 3 のみを貫通している点が異なる。従って、翼懸垂バー 2 は、動力モジュール 3 A 内においては鉛直方向軸を中心として回転自在であるが、懸垂した翼 1 及びその懸垂バー 2 が並進すると、ピストン 7 A はそれに対応して横方向に運動する。このような横方向のピストン動作に対応して、作動流体は外部オリフィス 2 1 及び 2 2 を通って出入りする。翼列の全長に亘って延在し図 5 に示すようにコントローラで終端している 6 個の共通の流体動力伝達マニホールド 2 4、2 5、2 6、2 7、2 8、及び 2 9 に対して、任意数の独立した水中翼モジュールを接続できる。

## 【 0 0 4 2 】

図 4 は、翼列の幅全体に亘る 6 個の動力及び制御マニホールドに対する、任意の偶数の動力 / 制御モジュール 3 の列の流体接続の概略図である。図 4 には、連続して隣接する 3 個の翼モジュールのみが図示されているが、翼の枚数が何枚でもそれらの相互接続を説明するのに十分であろう。各翼モジュールの外部オリフィスは常に完全に静止しているため、マニホールド及び相互接続部は全て、従来の固定型の圧力配管、ジョイント、コネクタを用いて形成されている。各制御モジュールの回転要素の外部オリフィス 1 4、1 5 は、+ 回転制御マニホールド 2 4 及び - 回転制御マニホールド 2 5 に接続されており、連続して隣接する翼モジュール間において、相互接続された対を形成する制御モジュール同士の間は交互になっている。即ち、翼 A 及び C のオリフィス 1 4 とモジュール B のオリフィス 1 5 はマニホールド 2 4 に接続しており、翼列の全ての翼についても同様となっている。これに対応して、モジュール A 及び C のオリフィス 1 5 とモジュール B のオリフィス 1 4 はマニホールド 2 5 に接続している。これら 2 個の回転制御マニホールド 2 4 及び 2 5 は、図 5 に示すコントローラ内に見える加圧液圧リザーバにおける終端部において事実上互いに接続されている。結果として、隣接する翼制御モジュールの回転要素が交互に相互接続されていることにより、隣接する翼 1 の回転運動は全て、正に機械的連結により接続



されているかのように互いに正確に逆相状態にロックされる。

【 0 0 4 3 】

これに対応して、全ての翼のオリフィス 2 1 及び 2 2 は、z 軸並進制御マニホールド 2 6、2 7 に交互に接続される。このようにマニホールドを称するのは、翼列に流れ込む流体（空気や水）は + x 軸方向に移動すると定義されるが、翼 1 の横方向運動は z 軸に沿って起こるからである。従って、隣接する翼の全ての横方向運動は、上述の回転運動の場合と同様に、互いに正確な逆相状態にロックされる。最後に、上述の回転制御システム及び並進制御システムの作用を組み合わせると、翼列における全ての翼 1 の運動はいずれも、アーノルド博士のフラッタ解析によって要求されるように、いつでも必ず厳密な逆相状態で起こると共に、翼 1 の組立体全体が、その他の拘束なしに逆相にロックされた状態で回転方向及び横方向に移動自在である。従って、上述の水中翼の回転方向運動と横方向運動をどのように組み合わせても、適切に制御されれば、アーノルドのフラッタ解析において要求される任意の運動或いは姿勢を再現できる。これは、各アーノルド特許に記載されているように、翼 1 が、前縁及び後縁の上部及び下部に設けられた機械的連結、相互接続されたレバー及び軸によって拘束されているかのようなのである。差異は、各翼 1 は、本発明においては、隣接する翼の端部間には機械的取付部品や接続部品が設けられておらず、他の全ての翼に対して物理的に独立している点である。

10

【 0 0 4 4 】

図 5 は、翼列のための流体動力制御中央システムの各要素の概略図である。

【 0 0 4 5 】

逆相ロック：システムコントローラは、ここでは、複動ピストンを有する 2 個の加圧液圧リザーバ 2 8、2 9 として説明する。このピストンの中央位置は翼 1 の静止位置に対応している（各翼は流れ方向に平行に等間隔で配置されている）。同一の制御機能は、各マニホールドを比例的に流体圧力リザーバ或いは流体戻りリザーバに接続する複数の複式比例バルブの直接的なマイクロプロセッサによるプログラム可能ロジック制御により得られる。各ピストンロッドに設けられた線形位置 / 速度センサ 3 0 は、並進方向及び回転方向の翼の位置及び運動のフィードバック信号をコントローラに送る。より包括的な位置及び運動フィードバックシステムは、各翼モジュールに配置され特定の翼に固有の詳細な誤差情報を提供するセンサを含む。

20

【 0 0 4 6 】

復元力：流体流においてフラッタを持続させるためには、翼変位が最大になる位置の近づいている間及びその位置において有効な復元力を提供する必要がある。正確な復元力は運転サイクル中に変化する。復元力モジュール 4 1 は、内部バネ、制御可能に圧縮可能な空気、又はバネ力の電氣的シミュレーションの内の一つ又はその組合せを用いて、必要なサイクル端での復元力を提供する。更に、部分的な復元力が、バネ 1 8 C と、ピストン支持ロッド 1 8 A 及び 1 8 B による空気の圧縮とによって提供される。

30

【 0 0 4 7 】

慣性質量：フラッタを持続させるためには、上述の周期的な復元力に加え、翼自体の振動質量に対して正確な量の慣性質量を付加することも必要である。慣性質量モジュール 4 2（図 5）は、作動流体接続によって、制御可能な付加質量を翼 1 に課す。慣性質量付加量の制御は、物理的質量に組み合わせられる作動流体（液圧レバー）の比例制御によるか、同一の力の電氣的シミュレーションによって行われる。

40

【 0 0 4 8 】

起動：高圧液圧アキュムレータ 3 2（図 5）と液圧戻りマニホールドとに接続された多目的電氣駆動式可変流量制御弁 3 1 により、事前にプログラムされた回転及び並進初期パルスを外から（流体動力貯蔵部から）翼 1 へ加え、流れる空気や水の中で振動を開始する。

【 0 0 4 9 】

フラッタの制御及び最適化：差動復元力及び補助的な慣性質量を翼 1 の前縁及び後縁に加えることは、フラッタの開始及び維持の両方に必須である。翼の回転方向及び横方向の

50

位置のフィードバック、周波数、水或いは空気の瞬時流入速度、外部負荷等の情報は、プログラム可能なロジックコントローラへ入力され、該コントローラはプログラムされた運動アルゴリズムに従って、翼 1 に必要な復元力及び慣性質量の瞬時付加を制御する。

【 0 0 5 0 】

フラッタは、一度開始すると、入力される動力（水或いは空気の流れ）、出力負荷（減衰）、差動復元力及び質量の状態が全て適切に維持されていれば、自己持続型の共振現象であることに注目されたい。このような制御調節は、上述の運動状態の継続的な変化を補償するために、連続的及び瞬時的に制御システムによって行われる。

【 0 0 5 1 】

停止：翼静止位置への強制的な戻りを外部からプログラムすることにより、翼列全体或いは単一の翼を非常時に或いはメンテナンスのために即時に停止できる。マニホールドと翼の相互接続部にマルチチャンネルバルブを組み込むことにより、翼列全体を停止させずに個別の翼モジュールの接続を切り離して交換できる。

【 0 0 5 2 】

作動流体圧の維持：補助的な作動流体ループ圧力維持手段を制御システムに組み込まれているが、標準的な水力学設計技法であるため、図示も詳細な説明も行わない。

【 0 0 5 3 】

図 6 は、配電網が接続された代表的な電力出力手段の概略図であり、翼列から外部負荷へ動力を運ぶ、数ある代替的手段の内の一例を示す。

【 0 0 5 4 】

動力リザーバ 4 3 からの作動流体は、加圧状態でアキュムレータ 3 2 内に貯蔵された後、従来の同期交流発電機 3 4 を駆動する流体モータ 3 3 に動力を与え、周波数及び位相が同期された電力を配電網に供給する。この図においては、作動流体は、制御されたフラッタが行われている間に動力モジュール 3 A によって加圧状態で周期的に押し出され、動力マニホールド 3 9、4 0 を介して送られ、一方向弁を介してリザーバ 4 3 に注入される。次に、アキュムレータ 3 2 から出て、管理された比例式流れ供給バルブ 3 7 を通った後の液圧によって、回転流体モータ 3 3 が駆動される。

【 0 0 5 5 】

液圧モータ 3 3 は、従来の三相ブラシレス同期交流発電機 3 4 を直接駆動する。該発電機 3 4 は、適切なソリッドステートスイッチギア 3 8 と適切な電気保護幹線を介して配電網に接続されている。動力出力開閉装置の開動作は、シンクロスコープ 3 5 により、交流発電機 3 4 と配電網とがゼロ電圧点を通過したときに完全に同期された交流発電機 3 4 が配電網に接続されるように制御される。同期が行われた後は、流れ供給バルブは、水或いは空気の流れの状態、発電機容量及び温度によって決まる最大動力出力を発生させるために交流発電機の周波数及び出力電流により制御される。

【 0 0 5 6 】

図 7 は、翼モジュール 1 個の斜視図であり、渦発生を低減するための翼設計の詳細を示す。即ち、( a ) 図 7 及び 7 A に示すように翼の前縁端部 6 1 が丸みが付けられている、( b ) 翼後縁端部 6 5 にフォイルレット ( foillet ) 6 3 が付加されている、( c ) 図 7 B 及び図 7 C に示すように前縁及び後縁に沿って変形可能な可撓性ブーツ 6 7 が形成されており、変形の程度は、( 中央コントローラにより ) 瞬時ピッチ角により制御されている。可撓性ブーツ 6 7 の長手方向の変形は、翼懸垂バー 2 を介して供給される流体圧によって発生される。ブーツ 6 7 内の適切な形状の 2 個の空洞部の内の一方に流体圧が供給されると、ブーツの尾部は、中央の静止位置から流れの軸の左又は右に長手方向に捩れる。従って、大きなピッチ角においては、翼 1 の縁部は、下流に大きな渦流を発生させる ( 従来技術の ) 鋭い縁の形状を呈していない。図 7 B 及び図 7 C には後縁のブーツ 6 7 のみを図示したが、変形可能なブーツは翼 1 の前縁にも同様に適用できる。

【 0 0 5 7 】

翼 1 の各端部に 1 個ずつ配置された薄く平坦で滑らかなフォイルレット 6 3 及び図示のように適正な形状に整形された角部は、渦の発生を最少にするように作用し、有効な抵抗

10

20

30

40

50

を抑えると共に効率を高める。foilレット63の形状の正確な設計は、翼の幾何形状に特有の空力学的解析に従う。

【0058】

図8は、全体を68で示す完全な振動翼列組立体の斜視図である。該組立体は、全体の動力伝達効率が向上するように流体速度及び流体圧を変更するように設計された流入ダクト70と流出ダクト72とを備える。両ダクトの平面図及び立面図における形状は、流入ダクトと流出ダクトの間の接合部74に配置される翼列の特性及び幾何形状に特有の空力学的解析に応じて、異なるものとする事ができる。図9には、接合部74における正味の背圧を低減する手段として、流出ダクト72に挿入されているか或いは流出ダクト72と一体的に形成された横断方向流れ方向変更部材(flow director)76が図示されている。

10

【0059】

本発明の全ての特異的ケース或いは用途において、流入又は流出チャネル或いはダクトの設計及び機能が振動翼列及び翼1の設計の一体化された部分を構成する点が本発明の重要な観点である。周囲が囲まれた流体流の両端から等距離に配置された一又は複数の翼が無数の翼列として作用する。図1に示した上述の翼列は、図8に示す完全に周囲が囲まれた筐体内に位置決めされているが、ベッツ限界に従う周囲が囲まれていない環境においてこのような翼列或いは翼を用いることも本発明の範囲に含まれる。

【0060】

流体動力伝達手段(液圧)を用いて実施するとして本明細書で説明した中心的概念は、空気圧或いは電気的手段により、或いは流体と電気的手段の組合せにより実施することもできる。

20

【0061】

これら改良の主な目的は、隣接する翼同士を接続するために翼の両端に物理的に取り付けられた機構を全てなくすことである。

【0062】

本発明及びその改良を、好ましい形態を特に参照しつつ説明してきたが、本発明が属する技術分野の当業者が本発明を理解すれば、添付の特許請求の範囲に定義される本発明の範囲から逸脱することなく様々な変形や変更を行えることは明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

30

【0063】

【図1】別々の翼モジュールから構成される列の斜視図である。該モジュールは任意の角度で方向付けできると共に、強固な支持構造体4に取り付けできる。各翼モジュールは、翼1、懸垂バー2、動力変換モジュール3A、及び制御モジュール3Bからなる。

【図2】制御モジュールの部分断面平面図である。翼懸垂バー2は、回転チャンバ6内を移動する回転インペラ5にスプライン係合されており、これらは全て、シリンダ17内を移動する並進ピストン7B内に含まれている。外部オリフィス14、15、21、22は、制御モジュールへ流れる作動流体及び制御モジュールからの作動流体を案内する。

【図3】動力モジュールの部分断面平面図である。翼懸垂バー2は、シリンダ17内を移動する並進ピストン7Aを貫通している。作動流体は外部オリフィス21、22を通過して動力モジュールを出入りする。

40

【図4】動力/制御モジュールの列を、翼列の幅全体に亘る動力及び制御マニホールドに接続する流体接続の概略図である。

【図5】翼列のための流体動力制御中央システムの各要素を示す概略図であり、各マニホールドが、並進及び回転制御リザーバ28、29と動力リザーバ41とに接続されている状態を示す。

【図6】動力出力手段の概略図である。該手段により、動力リザーバ41からの作動流体は加圧状態でアキュムレータ32内に貯蔵され、従来の交流発電機34を駆動する流体モータ33に動力を与え、同期された電力を配電網に供給する。

【図7】翼モジュールの斜視図であり、渦の発生を低減させるための翼設計の詳細を示す

50

。

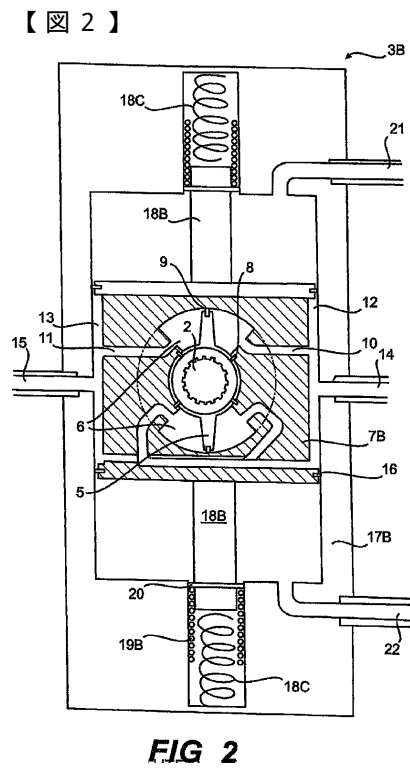
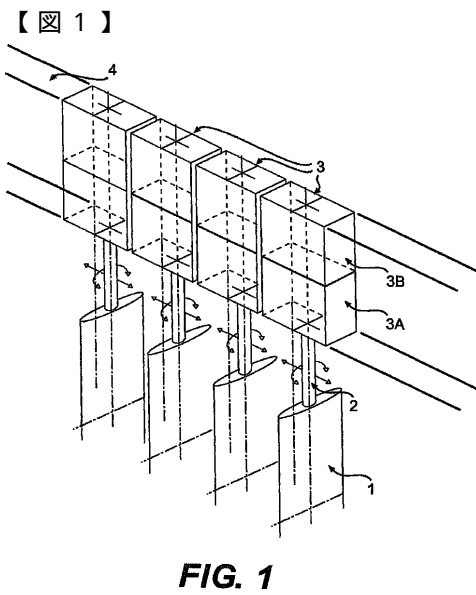
【図7A】翼の一部の側面図である。

【図7B】翼の後縁の断片的一部分であり、後縁に沿って形成された可撓性ブーツの比較を示す。

【図7C】翼の後縁の断片的一部分であり、後縁に沿って形成された可撓性ブーツの比較を示す。

【図8】全体の動力伝達効率を向上させるために流体速度及び流体圧を変化させるように設計された流入ダクト及び流出ダクトを備えた振動翼列組立体の斜視図である。

【図9】図8の流出ダクトの概略縦断面図であり、複数の流れ方向変更部材を示す。



【 図 3 】

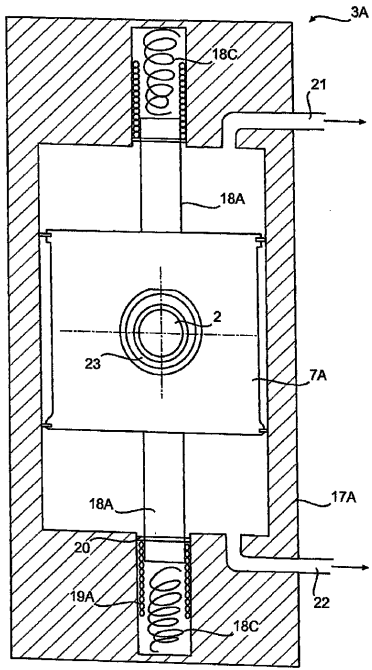


FIG. 3

【 図 4 】

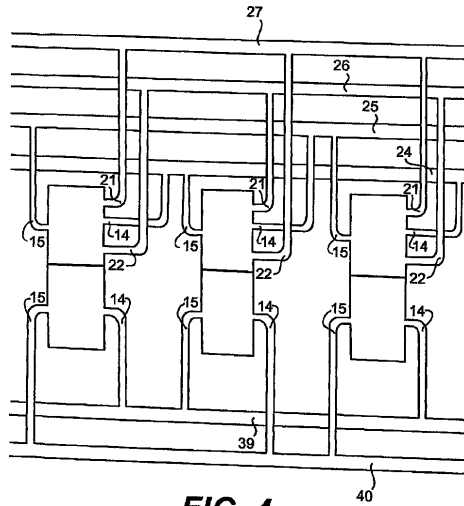


FIG. 4

【 図 5 】

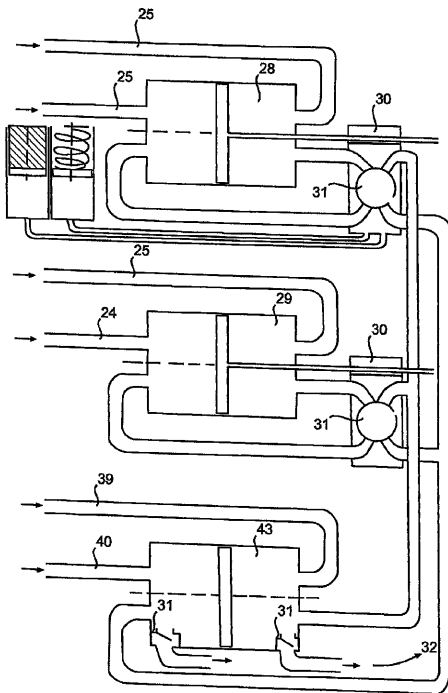


FIG. 5

【 図 6 】

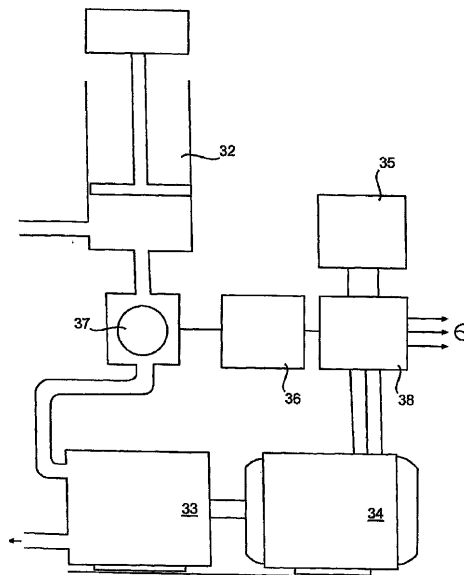
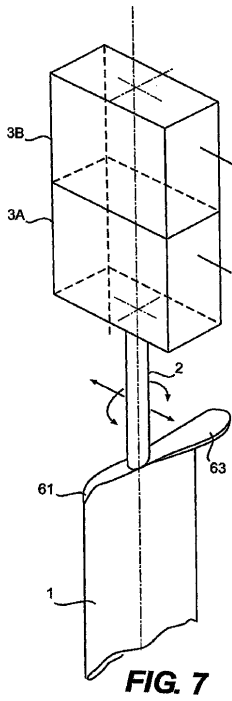
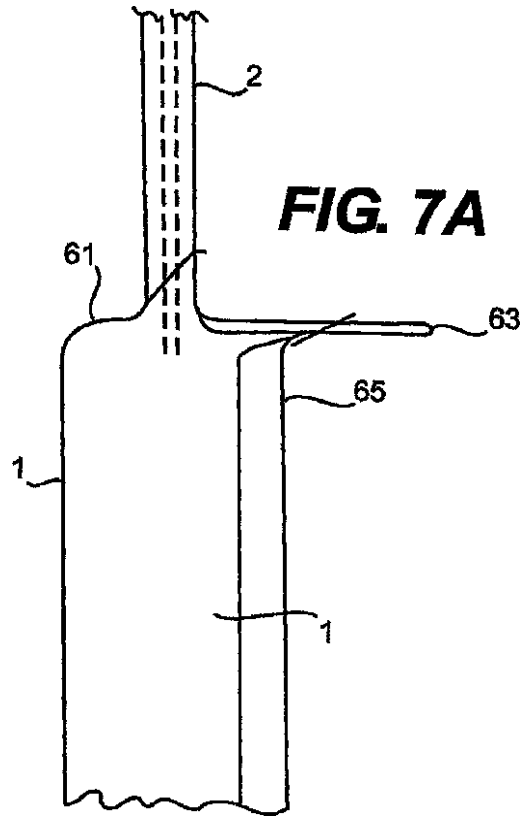


FIG. 6

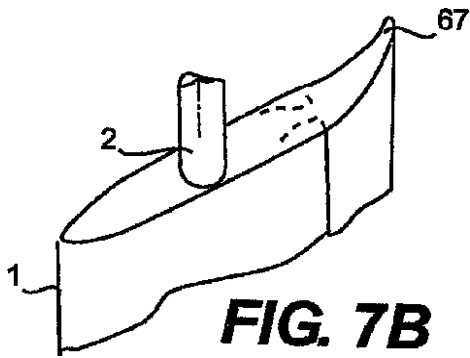
【 図 7 】



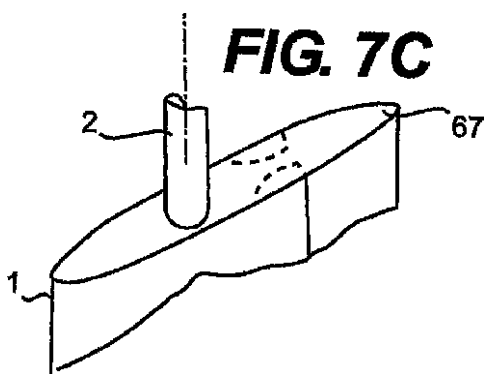
【 図 7 A 】



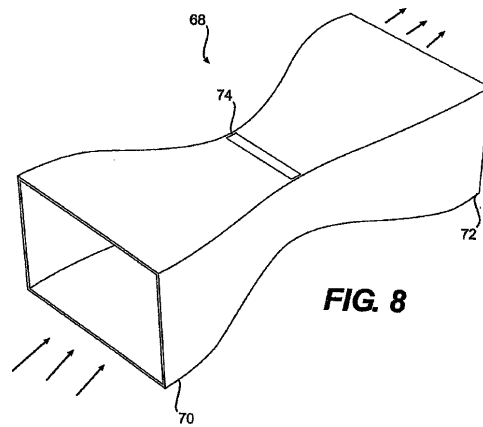
【 図 7 B 】



【 図 7 C 】



【 図 8 】



【 図 9 】

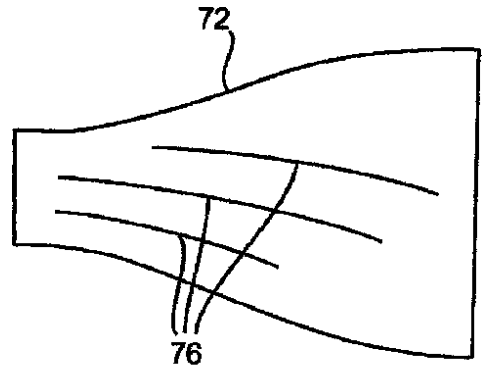


FIG. 9

フロントページの続き

審査官 大谷 謙仁

(56)参考文献 特表2001-500941(JP,A)  
特開2003-097408(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F03B 17/06