

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年5月6日(06.05.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/067971 A1

- (51) 国際特許分類:
F03B 13/10 (2006.01) *F03B 13/26* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/079566
- (22) 国際出願日: 2015年10月20日(20.10.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-219942 2014年10月29日(29.10.2014) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 二橋 謙介 (FUTAHASHI, Kensuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 小野寺 祥 (ONODERA, Sho); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 浅野 伸 (ASANO, Shin); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社

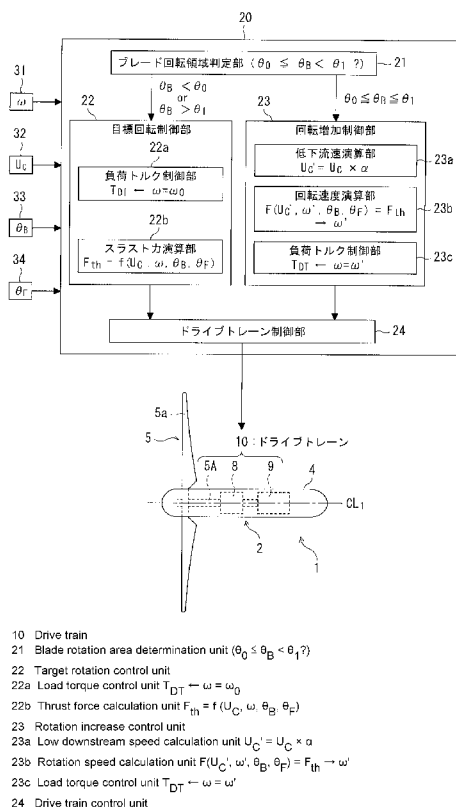
内 Tokyo (JP). 小林 哲平 (KOBAYASHI, Tetsuhei); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 真田 有 (SANADA, Tamotsu); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町1丁目10番31号 N O F 吉祥寺本町ビル5階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: UNDERWATER FLOATING-TYPE OCEAN CURRENT POWER GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 海中浮遊式海流発電装置



(57) Abstract: Provided is an underwater floating-type ocean current power generation device whereby cyclical directional vibration of a floating body of the ocean current power generation device, caused by shadow moment, can be suppressed. An ocean current power generation device main body (2): having a rotor driven by rotary blades (5) that protrude externally, said rotor being for a generator (9) housed inside a nacelle (4); joined to the left and right of a structure; configured as a twin-hull floating body (1) capable of floating underwater; and moored to the ocean floor by a mooring rope. The ocean current power generation device main body (2) comprises a moment suppression means (20) that: uses a downwind method whereby the rotary blades (5) are arranged further on the downstream side in the ocean current direction than the nacelle (4); and suppresses moment that occurs in the floating body (1) as a result of reduction in thrust force accompanying reduced ocean current speed when a blade (5a) of the rotary blades (5) has entered a shadow area (shadow moment area) of the structure on the upstream side of in the ocean current direction.

(57) 要約: シャドウモーメントに起因した海流発電装置の浮体の周期的な方向振動を抑制することができる海中浮遊式海流発電装置を提供する。ナセル(4)内に収納された発電機(9)のロータを外部に突出した回転翼(5)により駆動する海流発電装置本体(2)が構造物の左右に結合されて、海中を浮遊可能な双胴型の浮体(1)として構成され、係留索によって海底に係止され、海流発電装置本体(2)には、回転翼(5)をナセル(4)よりも海流方向の下流側に配置したダウンウィンド方式が用いられ、回転翼(5)のブレード(5a)が海流方向の上流側の構造物の影の領域(シャドウモーメント領域)に進出した際の海流の流速低下に伴うスラスト力の減少によって浮体(1)に発生するモーメントを抑制するモーメント抑制手段(20)を備える。



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：海中浮遊式海流発電装置

技術分野

[0001] 本発明は、海流エネルギーを利用して発電を行なう海流発電装置に関し、特に、発電装置を海中に浮遊させて使用する海中浮遊式海流発電装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、様々な自然エネルギーを利用した発電技術が開発されている。例えば黒潮等の巨大な海流もエネルギー資源であり、この海流エネルギーを利用して発電を行なう海流発電装置も開発されている。この海流発電装置では、海流エネルギーによって回転翼を回転し、回転翼の軸に接続された発電機を回転させることにより発電を行なう。

[0003] このような海流発電装置の一つの方式として、海中浮遊式海流発電装置（水中浮遊式海流発電装置）があり、例えば、特許文献１に開示されている。この海中浮遊式海流発電装置は、ある一定の浮力を持った浮体として構成した海流発電装置を海底から延びる係留索と繋ぐことによって、海流発電装置が係留索によって許容される範囲で海中を浮遊するようにしながら発電を行なうものである。海中浮遊式海流発電装置は、地上に設置する風力発電装置のような巨大な支柱が不要であり簡素な構成とすることができる。

[0004] 図１４は特許文献１に開示された海中浮遊式海流発電装置を示す斜視図である。図１４に示すように、この海中浮遊式海流発電装置は、浮体１として構成され、この浮体１の姿勢安定化を図るために、２つの海流発電装置本体２，２とこれらを接続する構造物３とから一つの浮体１を構成した双胴型を採用している。海流発電装置本体２は、ナセル（ポッドとも呼ぶ）４内に図示しない発電機を装備し、この発電機のロータに回転翼５の回転軸が接続されている。

[0005] ナセル４は構造物３の左右両端に結合されている。構造物３の左右方向中

央には係留索 6 の先端が結合され、係留索 6 の基端は海底に係止されている。浮体 1 は、係留索 6 に拘束された範囲で水平方向及び鉛直方向に海中を浮遊する。浮体 1 の浮力は左右でバランスしており、浮体 1 の構造物 3 は海流方向に対向するような翼形状に形成されている。これにより、浮体 1 は、その正面（回転翼 5 の正面）が海流方向に正対するように海流に応じて方向を変えて発電を実施する。

[0006] また、この海流発電装置は、回転翼 5 をナセル 4 の後方（海流の下流側）に配置したダウンウィンド方式が採用されている。このように回転翼 5 をナセル 4 よりも下流側に配置することにより、浮体 1 の正面（回転翼 5 の正面）を海流方向に向けやすくなる。海中浮遊式海流発電装置の場合、浮体 1 の方向制御（海流の方向にロータ回転軸を合わせる制御）を能動的に実施する駆動装置の実装は難しいので、ダウンウィンド方式を採用すると共に、浮体 1 のナセル 4 や構造物 3 の形状を海流の方向に向かうように形成し、浮体 1 の正面方向が海流方向に受動的に向くように設定されている。

[0007] また、係留索 6 に係止された浮体（海流発電装置）1 は海中において浮遊するが、このとき、浮体 1 は、浮体 1 に加わる海流の作用力と、浮体 1 に生じる浮力と、係留索 6 の張力とがバランスした位置をとる。つまり、浮体 1 に対して、浮力は鉛直上方に作用し、海流の作用力は、海流方向（水平方向）に作用し、係留索の張力は浮力及び海流の作用力と対向するように作用する。したがって、海流の作用力が弱ければ（つまり、海流の流速が低ければ）、浮体 1 は海中で比較的浅い深度まで上昇し、海流の作用力が強ければ（つまり、海流の流速が高ければ）、浮体 1 は海中で比較的深い深度まで下降する。

[0008] 一方、海流の深さ方向の流速分布は、海底付近では海底に接近するほど低速となり海底から離隔するほど高速となる。このため、海流の流速が強まれば、浮体 1 は海中で下降して、深さ方向の流速分布で流速が適当に弱まった深度でバランスする。また、海流の流速が弱まれば、浮体 1 は海中で上昇して、深さ方向の流速分布で流速が適当に強まった深度でバランスする。

[0009] 特許文献1には、このように海流発電装置が流速に応じて昇降する特性に着目して、海流発電装置の水深方向の位置を受動的に自動で調整する制御〔PDC (=Passive Depth Control) とも言う〕を適用することで、能動的な制御 (Active Depth Control) を不要とする旨も記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：米国特許出願公開第2013／0106105号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 上述のように、海中浮遊式海流発電装置の場合、浮体1の姿勢安定化を図るために、図14に示すように、2つの海流発電装置本体2, 2を構造物3により接続して一つの浮体1を構成した双胴型を採用することが好ましい。また、特別な装置を要せずに浮体1の正面（回転翼5の正面）が海流方向に向くようにするために、回転翼5をナセル4の後方（海流の下流側）に配置したダウンウィンド方式を採用することが好ましい。

[0012] 浮体1に双胴型を採用する場合、当然ながら左右対称に構成すると共に、図16Aに白抜き矢印で示すように、左右の回転翼5に加わる海流の作用力（スラスト力）が常に等しくなるようにすることが好ましい。しかし、浮体1に双胴型を採用したものにダウンウィンド方式を採用すると、図15に示すように、回転翼5の前方面の海流の流入領域の一部に構造物3が存在するため、構造物3後方に流速が低下する構造物の影の領域が発生する。回転翼5のブレード5aがこの構造物3の影の領域を通過する際には、ブレード5aに加わる海流のスラスト力が減少する。

[0013] 左右のうち片方の回転翼5のブレード5aへのスラスト力のみが減少すると、図16Bに黒矢印で示すように、浮体1の左右に加わるスラスト力のバランスが崩れて、図16Cに白抜き矢印で示すように、浮体1にモーメントMが生じる。このモーメントは、スラスト力変化のタイミングにより、ロー

ル・ピッチ・ヨーのいずれの方向にも発生しうるものである。なお、このようにブレード 5 a が構造物の影の領域を通過する際のスラスト力のアンバランスに起因して浮体 1 に生じるモーメントをシャドウモーメントと称し、この原因となる構造物の影の領域をシャドウモーメント領域と称する。

[0014] このシャドウモーメントが、左右の回転翼 5 でずれて交互に発生すると、浮体 1 がアンバランスになり、浮体 1 に周期的な振動が生じる。このような浮体 1 の振動の発生は、浮体の構造体やブレードや係留索等に損傷を及ぼす原因となるため、このような振動発生を低減する必要がある。風力発電装置の主流となっている、単胴型且つアップウィンド方式〔回転翼 5 をナセル 4 の前方（流体の流れの上流側）に配置した方式〕を海流発電装置に採用できればシャドウモーメントは発生しないためこうした課題は生じない。したがって、かかる課題は、海流発電装置、特に海中浮遊式海流発電装置に特有のものと言える。

[0015] 本発明は上記の課題に鑑み創案されたもので、シャドウモーメントに起因した海流発電装置の浮体の周期的な方向振動を抑制することができるようにした、海中浮遊式海流発電装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0016] （１）上記の目的を達成するために、本発明の海中浮遊式海流発電装置は、ナセル内に収納された発電機のロータを前記ナセルの外部に突出した回転翼により駆動する海流発電装置本体が構造物の左右に結合されて、海中を浮遊可能な双胴型の浮体として構成され、前記構造物の左右中間部を係留索によって海底に係止されて使用される海中浮遊式海流発電装置であって、前記海流発電装置本体には、前記回転翼を前記ナセルよりも海流方向の下流側に配置したダウンウィンド方式が用いられ、前記回転翼のブレードが海流方向の上流側の前記構造物の影の領域（シャドウモーメント領域）に進入した際の海流の流速低下に伴うスラスト力の減少によって前記浮体に発生するモーメントを抑制するモーメント抑制手段を備えていることを特徴としている。なお、このモーメントとは、ロール、ピッチ、ヨーのいずれの方向のモーメ

ントも含むものとする。

[0017] (2) 前記モーメント抑制手段は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に進入した際の海流の前記スラスト力の減少を抑制するスラスト力減少抑制手段であることが好ましい。

(3) 前記スラスト力減少抑制手段は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に進入した際の海流の流速低下に伴って前記回転翼ロータの回転速度を上昇させてスラスト力の減少を抑制することが好ましい。

[0018] (4) 前記モーメント抑制手段は、左右の前記海流発電装置本体の各々の前記回転翼の前記ブレードが前記構造物の影の領域に同期して進入するように前記ブレードの回転位相を制御する回転位相制御手段であることが好ましい。

[0019] (5) 前記回転位相制御手段は、左右の前記海流発電装置本体の一方の前記回転翼の前記ブレードの回転位相を基準位相とし前記基準位相に他方の前記回転翼の回転位相が追従して同期するように前記ブレードの回転位相を制御することが好ましい。

[0020] (6) あるいは、前記回転位相制御手段は、予め設定された基準位相に基づいて、左右の前記海流発電装置本体の各々の前記回転翼の前記ブレードの回転位相を制御することが好ましい。

(7) 前記基準位相は、前記発電機のロータの目標回転速度に基づいて設定されていることが好ましい。

[0021] (8) 前記スラスト力減少抑制手段は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っているか否かを判定するブレード回転領域判定部と、前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っていない場合に、前記ブレードの回転速度を目標回転速度に制御する目標回転制御部と、前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っている場合に、海流の流速低下によるスラスト力の減少を抑制するように回転増加させたブレードのスラスト力減少抑制回転速度を設定し、前記ブレードの回転速度を前記スラスト力減少抑制回転速度に制御する回転増加制御部と、を有していることが好ましい。

[0022] (9) 前記回転位相制御手段は、前記基準位相と制御対象の前記ブレードの回転位相との位相差を演算する角位相差演算部と、演算された前記位相差から制御対象の前記ブレードの回転位相が前記基準位相と同期した同期状態であるか否かを判定する角位相差判定部と、前記同期状態であると判定されたら前記同期状態を保持する同期保持制御部と、前記同期状態でないと判定されたら前記位相差を低減して前記同期状態になるように制御する位相差低減制御部と、を有していることが好ましい。

[0023] (10) 本発明の海中浮遊式海流発電装置の制御方法は、ナセル内に収納された発電機のロータを前記ナセルの外部に突出した回転翼により駆動する海流発電装置本体が構造物の左右に結合されて、海中を浮遊可能な双胴型の浮体として構成され、前記構造物の左右中間部を係留索によって海底に係止されて使用され、前記海流発電装置本体には、前記回転翼を前記ナセルよりも海流方向の下流側に配置したダウンウィンド方式が用いられた海中浮遊式海流発電装置の制御方法であって、前記回転翼のブレードが海流方向の上流側の前記構造物の影の領域に進入した際に、前記影の領域の海流の流速低下に伴うスラスト力の減少によって前記浮体に発生するモーメントを抑制するモーメント抑制処理を実施することを特徴としている。

[0024] (11) 前記モーメント抑制処理は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に進入した際に、前記影の領域の海流の前記スラスト力の減少を抑制することにより実施することが好ましい。

(12) 前記スラスト力の減少抑制は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に進入した際に、前記影の領域の海流の流速低下に伴って前記回転翼の回転速度を上昇させることにより実施することが好ましい。

[0025] (13) 前記モーメント抑制処理は、左右の前記海流発電装置本体の各々の前記回転翼の前記ブレードが前記構造物の影の領域に同期して進入するように前記ブレードの回転位相を制御することにより実施することが好ましい。

[0026] (14) 前記回転位相の制御は、左右の前記海流発電装置本体の一方の前

記回転翼の前記ブレードの回転位相を基準位相とし前記基準位相に他方の前記回転翼の前記ブレードの回転位相が追従して同期するようにして実施することが好ましい。

[0027] (15)あるいは、前記回転位相の制御は、予め設定された基準位相に基づいて、左右の前記海流発電装置本体の各々の前記回転翼の前記ブレードの回転位相を制御することにより実施することが好ましい。

(16)前記基準位相は、前記発電機のロータの目標回転速度に基づいて設定されていることが好ましい。

[0028] (17)前記スラスト力の減少抑制は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っているか否かを判定し、前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っていないと判定されたら、前記ブレードの回転速度を目標回転速度に制御する目標回転制御部と、前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っている場合に、海流の流速低下によるスラスト力の減少を抑制するように回転増加させたブレードのスラスト力減少抑制回転速度を設定し、前記ブレードの回転速度を前記スラスト力減少抑制回転速度に制御することが好ましい。

[0029] (18)前記回転位相の制御は、前記基準位相と制御対象の前記ブレードの回転位相との位相差を演算し、演算された前記位相差から制御対象の前記ブレードの回転位相が前記基準位相と同期した同期状態であるか否かを判定し、前記同期状態であると判定されたら前記同期状態を保持し、前記同期状態でないと判定されたら前記位相差を低減して前記同期状態になるように制御することが好ましい。

発明の効果

[0030] 本発明によれば、モーメント抑制手段が、回転翼のブレードが海流方向の上流側の構造物の影の領域に進入した際の海流の流速低下に伴うスラスト力の減少によって浮体に発生するモーメントを抑制するので、このモーメントに起因した浮体の周期的な振動の発生を抑制することができる。この振動が発生すると浮体の構造体やブレードや係留索等に損傷を及ぼすおそれがあるが、これが回避される。

[0031] かかるモーメントの抑制の具体的な手法として、ブレードが構造物の影の領域に進入した際の海流のスラスト力の減少自体を抑制する手法を適用すれば、左右の回転翼を独立して制御しながら、浮体の周期的な振動の発生を抑制することができる。この場合、例えば、ブレードが構造物の影の領域に進入した際の海流の流速低下に伴ってロータ回転翼の回転速度を上昇させるように操作すれば、流速低下に応じたスラスト力の減少を、ロータ回転翼の回転速度の上昇に応じたスラスト力の増大により相殺することができ、スラスト力の減少自体を確実に抑制することができる。

[0032] また、モーメントの抑制の具体的な手法として、左右の海流発電装置本体の各々の回転翼のブレードが構造物の影の領域に同期して進入するようにブレードの回転位相を制御して、左右のスラスト力の低下を同時に発生させる手法を適用すれば、スラスト力の減少を生じさせたままでもモーメントの発生を抑制でき、浮体の周期的な振動の発生を抑制することができる。この場合、例えば、左右の海流発電装置本体の一方の回転翼のブレードの回転位相を基準位相としこの基準位相に他方の回転翼のブレードの回転位相が追従して同期するようにブレードの位相を制御してもよく、左右の海流発電装置本体の各々の回転翼のブレードの回転位相を予め設定された基準位相に基づいて制御してもよい。また、基準位相を発電機のロータの目標回転速度に基づいて設定すれば、効率よく発電量を得ることが可能になる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]図1は第1実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置の制御系を示す構成図である。

[図2]図2は各実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置を海中での使用状態で示す斜視図である。

[図3]図3は各実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置の水深方向位置の受動的制御（PDC）を説明する海中における側面図である。

[図4]図4A、図4Bは第1実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置のモーメント抑制制御の原理を説明する図であり、図4Aはスラスト力と流速との

関係を示す図、図 4 B はスラスト力と回転翼の回転速度との関係を示す図である。

[図5]図 5 は第 1 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置のモーメント抑制制御にかかるパラメータを説明する浮体の要部斜視図である。

[図6]図 6 は第 1 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置のモーメント抑制制御にかかるパラメータを説明する浮体の模式的な平面図である。

[図7]図 7 は第 1 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置のモーメント抑制制御を説明するフローチャートである。

[図8]図 8 A, 図 8 B は第 1 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置のモーメント抑制制御の効果を示すタイムチャートであり、図 8 A は回転翼の回転数（回転速度）に関し、図 8 B はスラスト力に関している。

[図9]図 9 A, 図 9 B は第 2 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置の制御系を示す図であり、図 9 A は 2 つの海流発電装置本体の関係を示す構成図、図 9 B は制御系を示すブロック図である。

[図10]図 10 は第 2 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置の各海流発電装置本体に装備された油圧回路及びその周辺構成を示す図である。

[図11]図 11 は第 2 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置のモーメント抑制制御を説明するフローチャートである。

[図12]図 12 は第 2 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置のモーメント抑制制御の効果を示すタイムチャートである。

[図13]図 13 は第 3 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置の制御系を示す図である。

[図14]図 14 は背景技術にかかる海中浮遊式海流発電装置を示す斜視図である。

[図15]図 15 は海中浮遊式海流発電装置にかかる課題を説明する海中浮遊式海流発電装置の要部斜視図である。

[図16]図 16 A ~ 図 16 C は海中浮遊式海流発電装置にかかる課題を説明する海中浮遊式海流発電装置の平面図であり、図 16 A は正常状態を示し、図

16Bはモーメントが発生した状態を示し、図16Cはモーメントの発生による浮体の挙動を示している。

発明を実施するための形態

[0034] 以下、図面を参照して本発明にかかる実施形態を説明する。なお、以下に示す実施形態はあくまでも例示に過ぎず、以下の実施形態で明示しない種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。以下の実施形態の各構成は、それらの趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができるとともに、必要に応じて取捨選択することができ、あるいは適宜組み合わせることが可能である。

[0035] [各実施形態の海中浮遊式海流発電装置の概略構成]

まず、各実施形態の海中浮遊式海流発電装置の概略構成を説明すると、海中浮遊式海流発電装置の概略は、背景技術において説明したもの（図14参照）と同様である。説明が重複するが、この海中浮遊式海流発電装置は浮体1として構成され、浮体1は、図2に示すように、2つの海流発電装置本体2、2とこれらを接続する構造物3とから一つの浮体1を構成した双胴型を採用している。海流発電装置本体2は、ナセル（ポッドとも呼ぶ）4内に発電機9を装備し、この発電機9のロータに回転翼5の回転軸5Aが接続されている（図1，図9B参照）。

[0036] ナセル4は構造物3の左右両端に結合されている。構造物3の左右方向中央には係留索6の先端が結合され、係留索6の基端は海底7a（この例では、海底7aのアンカーウェイト6A）に係止されている。浮体1は、係留索6に拘束された範囲で水平方向及び鉛直方向に海中を浮遊する。浮体1の浮力は左右でバランスしており、浮体1の構造物3は、図2中に白抜き矢印で示す海流方向に対向するような翼形状に形成されている。これにより、浮体1は、その正面（回転翼5の正面）が海流方向に正対するように海流に応じて方向を変えて海流を正面に受けながら発電を実施する。

[0037] また、各海流発電装置本体2は、回転翼5をナセル4の後方（海流の下流側）に配置したダウンウィンド方式が採用されている。このように回転翼5

をナセル4よりも下流側に配置することにより、浮体1の正面（回転翼5の正面）を海流方向に向けやすくなる。海中浮遊式海流発電装置の場合、浮体1の方向制御（海流の方向にロータ回転軸を合わせる制御）を能動的に実施する駆動装置の実装は難しいので、ダウンウィンド方式を採用すると共に、浮体1のナセル4や構造物3の形状を海流の方向に向かうように形成し、浮体1の正面方向が海流方向に受動的に向くように設定されている。

[0038] 係留索6に係止された浮体（海中浮遊式海流発電装置）1は海中において浮遊するが、このとき、浮体1は、浮体1に加わる海流の作用力 F_{wf} と、浮体1に生じる浮力 F_b と、浮体1に係止する係留索6の張力 F_t とがバランスした位置をとる。つまり、浮体1に対して、浮力 F_b は鉛直上方に作用し、海流の作用力 F_{wf} は、海流方向（水平方向）に作用し、係留索6の張力 F_t は浮力 F_b 及び海流の作用力 F_{wf} と対向するように作用する。

[0039] したがって、図3に示すように、海流の作用力 F_{wf} が弱ければ（つまり、海流の流速 V_{wf} が低ければ）、浮体1は海中で比較的浅い深度まで上昇し、海流の作用力 F_{wf} が強ければ（つまり、海流の流速 V_{wf} が高ければ）、浮体1は符号1'で示すように海中7で比較的深い深度まで下降する。また、海流の流速 V_{wf} 、 V_{wf}' の深さ方向分布は、海底7a付近では海底7aに接近するほど低速となり海底7aから離隔するほど高速となる。

[0040] このため、海流の流速が強まった場合、浮体1は、図3に実線で示す状態から二点鎖線及び符号1'で示す状態へと海中7で下降して、深さ方向の流速分布で流速が適当に弱まった深度でバランスする。また、図示しないが、図3に実線で示す状態よりも海流の流速が弱まれば、浮体1は実線で示す状態から海中を上昇して、深さ方向の流速分布で流速が適当に強まった深度でバランスする。こうして、浮体1として構成された海中浮遊式海流の水深方向の位置が受動的に自動で調整される制御をPDC（=Passive Depth Control）とも呼ぶ。このPDCにより、回転翼5が受ける海流の流速は過不足ない状態の保持することができ、安定した海流の流速を受けて発電を行なうことができる。

[0041] また、各海流発電装置本体 2 は、図 1，図 2，図 9 B に示すように、ナセル 4 の後方（海流の下流側）に回転翼 5 が配置され、ナセル 4 の内部に、回転翼 5 の回転軸（主軸） 5 A と、主軸 5 A の回転速度を増速する増速機 8，108 と、増速機 8，108 により増速された回転力を受けて作動する発電機 9 とが装備されている。主軸 5 A と増速機 8，108 と発電機 9 とから、各海流発電装置本体 2 のドライブトレイン 10，110 が構成されている。

[0042] ナセル 4 の外形は、前端及び後端が滑らかな曲面で構成され、中間部が円筒状に形成され、ナセル 4 の外形の軸心 CL 1 上に主軸 5 A の軸心が配置されている。ナセル 4 の外形は、紡錘形状など、他の形状も採用しうる。また、回転翼 5 は 2 枚のブレード 5 a が 180 度の位相差で装備された 2 枚翼が採用されている。回転翼 5 のブレード 5 a の数はこの限りでなく、3 枚翼など他の枚数のものも適用しうる。さらに、ブレード 5 a はシンプルでメンテナンスが不要な固定ピッチのものが適用されている。

[0043] 前述のように、海中浮遊式海流発電装置の場合、浮体 1 に双胴型を採用し、回転翼 5 をナセル 4 の後方（海流の下流側）に配置したダウンウィンド方式を採用することが好適であるが、この場合、回転翼 5 のブレード 5 a が構造物 3 の影の領域（シャドウモーメント領域）を通過する際には、海流の流速低下に伴ってブレードに加わる海流のスラスト力が減少し、この際のスラスト力の左右のアンバランスに起因して浮体 1 にモーメント（シャドウモーメント）が生じる。

[0044] 各実施形態の海中浮遊式海流発電装置は、何れも回転翼 5 のブレード 5 a がシャドウモーメント領域に進入した際のかかるスラスト力の減少によって浮体 1 にモーメントが発生するのを抑制する機能（モーメント抑制手段）を有する制御装置 20，120 を備えている。各実施形態では、モーメント抑制制御に関する具合的な構成が異なっており、以下、各実施形態のモーメント抑制制御に関する構成を説明する。なお、このモーメントはロール、ピッチ、ヨーのいずれの方向のモーメントも含む。

[0045] 〔第 1 実施形態〕

〔モーメント抑制制御系の構成〕

本実施形態の制御装置 20 は、ブレード 5 a が構造物 3 の影の領域（シャドウモーメント領域）に進入した際の海流のスラスト力 F_{th} の減少自体を抑制して、浮体 1 にロールもしくはピッチもしくはヨーモーメント M が発生することを抑制するので、モーメント抑制手段としてのスラスト力減少抑制手段の機能を有する。制御装置 20 は、海流の流速 U_c の減少に伴って回転翼 5 の回転速度を上昇させてスラスト力の減少を抑制するようにしている。

[0046] 図 4 A はブレード 5 a が一定の回転数（回転速度） ω で回転している場合に海流から受けるスラスト力 F_{th} と海流の流速 U_c との関係を示す特性図であり、ブレード 5 a が一定の回転数 ω で回転している場合には、海流の流速 U_c が高くなるほど海流から受けるスラスト力 F_{th} は大きくなる。図 4 B はブレード 5 a が一定の流速 U_c の海流を受けている場合に海流から受けるスラスト力 F_{th} とブレード 5 a の回転数（回転速度） ω との関係を示す特性図であり、ブレード 5 a が一定の流速 U_c の海流を受けている場合には、ブレード 5 a の回転数 ω が高くなるほど海流から受けるスラスト力 F_{th} は大きくなる。

[0047] この特性に着目すれば、ブレード 5 a が受ける海流の流速 U_c が低下することでスラスト力 F_{th} が減少したら、ブレード 5 a の回転数 ω を上昇させてスラスト力 F_{th} を増大させれば、スラスト力 F_{th} の減少を抑制することができる。つまり、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域に入っている間はブレード 5 a が受ける海流の流速 U_c は低下するので、この間だけ、ブレード 5 a の回転数 ω を上昇させれば、シャドウモーメント領域での海流の流速低下によるスラスト力 F_{th} の減少をブレード 5 a の回転速度上昇によるスラスト力 F_{th} の増大で相殺することができる。

[0048] このようにしてスラスト力 F_{th} の減少を抑制するために、本実施形態の制御装置 20 は、図 1 に示すように、ブレード回転領域判定部 21 と、目標回転制御部 22 と、回転増加制御部 23 と、ドライブトレイン制御部 24 とを、それぞれ機能要素として有している。なお、ここでは、制御装置 20 は、各海流発電装置本体 2 に個別に設けられ、各海流発電装置本体 2 を独立して制

御するものとするが、各海流発電装置本体 2 で制御装置 20 を共用しながら、各海流発電装置本体 2 を独立して制御するようにしてもよい。

[0049] ブレード回転領域判定部 21 は、ブレード 5a がシャドウモーメント領域に入っているか否かを判定する。具体的には、ブレード回転領域判定部 21 は、海流発電装置本体 2 に装備されたブレード回転角度センサ 33 で所定の微小周期で検出されたブレード 5a の回転角度（位相角度） θ_B を読み込んで、ブレード 5a がシャドウモーメント領域に対応する回転角度領域 $\theta_0 \sim \theta_1$ に入っているか否かを判定する。

[0050] 図 5 に示すように、ブレード 5a の回転角度 θ_B は図示しない基準角度から回転方向へ変位した角度量であり、シャドウモーメント領域に対応する回転角度領域を規定する角度 θ_0 、 θ_1 （ただし、 $\theta_0 < \theta_1$ ）も基準角度からの角度量である。ブレード 5a の回転角度 θ_B が、シャドウモーメント領域への進入角度 θ_0 とシャドウモーメント領域からの脱出角度 θ_1 との間（ $\theta_0 \leq \theta_B \leq \theta_1$ ）の大きさであるか否かを判定する。

[0051] ブレード 5a の回転角度 θ_B がシャドウモーメント領域の角度 $\theta_0 \sim \theta_1$ の範囲内（ $\theta_0 \leq \theta_B \leq \theta_1$ ）ならばブレード 5a がシャドウモーメント領域に入っていると判定し、ブレード 5a の回転角度 θ_B がシャドウモーメント領域の角度 $\theta_0 \sim \theta_1$ の範囲外（ $\theta_B < \theta_0$ 又は $\theta_B > \theta_1$ ）ならばブレード 5a がシャドウモーメント領域に入っていないと判定する。

[0052] ブレード回転領域判定部 21 によりブレード 5a がシャドウモーメント領域に入っていないと判定されたら、目標回転制御部 22 によりブレード 5a（即ち、回転翼 5）の回転速度（以下、ブレード回転数とも言う）を制御し、ブレード回転領域判定部 21 によりブレード 5a がシャドウモーメント領域に入っていると判定されたら回転増加制御部 23 によりブレード回転数 ω を制御する。

[0053] 目標回転制御部 22 は、負荷トルク制御部 22a とスラスト力演算部 22b とを有している。目標回転制御部 22 では、負荷トルク制御部 22a によって、海流発電装置本体 2 に装備された回転速度センサ 31 で検出されたブ

レード回転数 ω が目標回転数（目標回転速度） ω_0 となるようにドライブトレイン10の負荷トルク目標値 T_{DT} を演算し出力する。スラスト力演算部22bでは常にブレード5a（即ち、回転翼5）に作用するスラスト力 F_{th} を把握するために演算する。

[0054] ドライブトレイン10の負荷トルク T_D とは、発電機9の発電負荷トルクであり、発電機9のインバータを操作することにより負荷トルク T_D を制御することができる。なお、目標回転数 ω_0 は、発電機9が最も効率よく発電しうる回転数として予め設定されている。負荷トルク制御部22aは、ブレード回転数 ω が目標回転数 ω_0 よりも高ければ負荷トルク目標値 T_{DT} を所定量（又は、 ω と ω_0 との差分 $=|\omega-\omega_0|$ に応じた量だけ）増大し、ブレード回転数 ω が目標回転数 ω_0 よりも低ければ負荷トルク目標値 T_{DT} を所定量（又は、 ω と ω_0 との差分 $=|\omega-\omega_0|$ に応じた量だけ）減少することにより、ブレード回転数 ω が目標回転数 ω_0 となるように制御する。

[0055] スラスト力演算部22bは、海流発電装置本体2に装備された流速センサ32で検出された浮体1の周りの流速 U_C と、回転速度センサ31で検出されたブレード回転数 ω と、ブレード回転角度センサ33で検出されたブレード回転角度 θ_B と、海流発電装置本体2に装備された浮体回転角度センサ34で検出された浮体1の回転角度 θ_F とに基づいて、予め記憶されたテーブル、マップ或いは演算式（下式（1）参照）を用いて、スラスト力 F_{th} を演算する。

$$F_{th} = f(U_C, \omega, \theta_B, \theta_F) \cdots (1)$$

[0056] 流速センサ32は浮体1周り（特に、回転翼5周り）の海流の流速 U_C を検出する。浮体回転角度センサ34は、図6に示すように、海流の方向に対する浮体1の方向角度（浮体1の中心線 $CL0$ の方向角度）を検出する。浮体回転角度センサ34は浮体1に対する海流の方向を検出することで浮体1の方向角度を検出する。なお、これらの流速センサ32及び浮体回転角度センサ34は、浮体1に対する海流方向とその海流の流速とを同時に検知する海流センサを適用してもよい。また、図6に示すように、左右のスラスト力 F_{th} を区別する場合には、左側のスラスト力を F_{thL} 、右側のスラスト力を F_{thR} と

して区別する。

[0057] 回転増加制御部 23 は、低下流速演算部 23 a と、回転速度演算部 23 b と、負荷トルク制御部 23 c とを有している。回転増加制御部 23 は、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域に入っている時に低下する海流の流速 U_c を演算し、この流速 U_c におけるスラスト力 F_{th} が、直近に目標回転制御部 22 のスラスト力演算部 22 b で演算されたスラスト力 F_{th} と等しくなるようにするブレード回転数 ω を演算し、回転速度センサ 31 で検出されたブレード回転数 ω が演算したブレード回転数 ω となるようにドライブトレイン 10 の負荷トルク T_D を制御する。

[0058] つまり、低下流速演算部 23 a は、流速センサ 32 により検出された流速 U_c にシャドウモーメント係数 α を乗算することにより、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域に入っている時の海流の流速 U_c を演算する〔下式 (2) 参照〕。シャドウモーメント係数 α は、構造物 3 の形状とブレード 5 a の形状とによって決まる。ここでは、シャドウモーメント領域内では一様なシャドウモーメント係数 α を適用するが、シャドウモーメント領域において、領域の境界部分（進入角度 θ_0 、脱出角度 θ_1 の付近）では海流の流速 U_c の低下が少なく、領域の中央部分（進入角度 θ_0 と脱出角度 θ_1 との中間付近）では海流の流速 U_c の低下が大きいので、これを考慮して、ブレード回転角度 θ_B に応じてシャドウモーメント係数 α の値を設定してもよい。

$$U_c' = U_c \times \alpha \cdots (2)$$

[0059] 回転速度演算部 23 b では、上記の式 (1) に示すように、スラスト力 F_{th} が、海流の流速 U_c と、ブレード回転数 ω と、ブレード回転角度 θ_B と、浮体 1 の回転角度 θ_F と、に相関する点に着目し、海流の流速 U_c として低下流速演算部 23 a で演算された海流の流速 U_c を与えた場合のスラスト力 F_{th} が、直近に目標回転制御部 22 のスラスト力演算部 22 b で演算されたスラスト力 F_{th} と等しくなるようにするブレード回転数（スラスト力低下抑制回転数或いはスラスト力低下抑制回転速度） ω を、テーブルデータ等を用いて演算する〔下式 (3) 参照〕。

$$F_{th}' = f(U_c', \omega', \theta_B, \theta_F) = F_{th} \cdots (3)$$

[0060] シャドウモーメント領域内での海流の流速 U_c' は、シャドウモーメント領域外での海流の流速 U_c よりも低くスラスト力 F_{th} が低下するので、シャドウモーメント領域内でのブレード回転数 ω' は、スラスト力 F_{th} を回復するためシャドウモーメント領域外で目標回転数 ω_0 に制御されるブレード回転数 ω よりも高くする（図4A、図4B参照）。

[0061] 負荷トルク制御部23cでは、海流発電装置本体2に装備された回転速度センサ31で検出されたブレード回転数 ω がスラスト力低下抑制回転数 ω' となるようにドライブトレイン10の負荷トルク目標値 T_{DT} を演算し出力する。例えば、負荷トルク制御部22aは、ブレード回転数 ω がスラスト力低下抑制回転数 ω' よりも高ければ負荷トルク目標値 T_{DT} を所定量（又は ω と ω_0 との差分 $=|\omega - \omega_0|$ に応じた量だけ）増大し、ブレード回転数 ω がスラスト力低下抑制回転数 ω' よりも低ければ負荷トルク目標値 T_{DT} を所定量（又は ω と ω_0 との差分 $=|\omega - \omega_0|$ に応じた量だけ）減少することにより、ブレード回転数 ω がスラスト力低下抑制回転数 ω' となるように制御する。

[0062] ただし、ブレード5aがシャドウモーメント領域に入っている時の海流の流速 U_c' は、シャドウモーメント領域の中央部分の値であり、シャドウモーメント領域に進入する際や脱出する際（ブレード5aの回転角度 θ_B が進入角度 θ_0 や脱出角度 θ_1 に近い場合）には、海流の流速は演算値 U_c' までは下がない点、及び、制御切り替え時に負荷トルク T_D の急変を回避する点、を考慮し、負荷トルク制御部23cでは、制御ゲイン K により処理して負荷トルク目標値 T_{DT} を求めるようにしている。

[0063] ドライブトレイン制御部24は、負荷トルク制御部22a、23cの何れかで演算された負荷トルク目標値 T_{DT} に基づいてドライブトレイン10の負荷トルク（発電負荷トルク） T_D を制御する。目標回転制御部22の負荷トルク制御部22aで演算された負荷トルク目標値 T_{DT} に基づいて負荷トルク T_D を制御すれば、発電機9が最も効率よく発電しうる目標回転数 ω_0 にブレード

回転数 ω が制御される。回転増加制御部23の負荷トルク制御部23cで演算された負荷トルク目標値 T_{DT} に基づいて負荷トルク T_D を制御すれば、ブレード5aがシャドウモーメント領域に入ってもスラスト力 F_{th} が変動しないスラスト力低下抑制回転数 ω' にブレード回転数 ω が制御される。

[0064] 〔作用及び効果〕

第1実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置は、上述のように構成されているので、制御装置20により、例えば図7のフローチャートに示すように、浮体1にモーメントが発生するのを抑制するモーメント抑制制御を実施することができる。なお、図7のフローチャートは所定の制御周期で実施される。

[0065] 図7に示すように、まず、スラスト力 F_{th} 、海流の流速 U_C 、ブレード回転数 ω 、ブレード5aの回転角度 θ_B 、浮体1の回転角度 θ_F を読み込む（ステップA10）。スラスト力 F_{th} については、直近の制御周期で目標回転制御部22のスラスト力演算部22bで演算され記憶されたものを読み込む。海流の流速 U_C 、ブレード回転数 ω 、ブレード5aの回転角度 θ_B 、浮体1の回転角度 θ_F については、流速センサ32、回転速度センサ31、ブレード回転角度センサ33、浮体回転角度センサ34で検出された直近の検出値を読み込む。

[0066] そして、ブレード回転領域判定部21によりブレード5aがシャドウモーメント領域に入っているか否か、即ち、ブレード5aの回転角度 θ_B がシャドウモーメント領域の角度範囲 $\theta_0 \sim \theta_1$ 内（ $\theta_0 \leq \theta_B \leq \theta_1$ ）であるか否かを判定する（ステップA20）。ここで、ブレード5aがシャドウモーメント領域に入っていないと判定されたらステップA30へ進み、ブレード5aがシャドウモーメント領域に入っていると判定されたらステップA50へ進む。

[0067] ブレード5aがシャドウモーメント領域外（ $\theta_B < \theta_0$ 又は $\theta_B > \theta_1$ ）ならば、目標回転制御部22がドライブトレイン10の負荷トルク T_D を制御し、スラスト力 F_{th} を演算する。すなわち、負荷トルク制御部22aで、ブレード回転数 ω が目標回転数 ω_0 となるようにドライブトレイン10の負荷トルク目

標値 T_{DT} を演算し出力し、ドライブトレーン制御部 24 で、演算された負荷トルク目標値 T_{DT} に基づいてドライブトレーン 10 の負荷トルクを制御する（ステップ A30）。

[0068] そして、スラスト力演算部 22b で、前記式（1）により、海流の流速 U_c と、ブレード回転数 ω と、ブレード 5a の回転角度 θ_B と、浮体 1 の回転角度 θ_F とに基づいて、ブレード 5a に作用するスラスト力 F_{th} を演算する（ステップ A40）。この演算したスラスト力 F_{th} は制御装置 20 のメモリに記憶され、次回以降の制御周期で適宜利用される。

[0069] 一方、ブレード 5a がシャドウモーメント領域内（ $\theta_0 \leq \theta_B \leq \theta_1$ ）ならば、回転増加制御部 23 がドライブトレーン 10 の負荷トルク T_D を制御する。つまり、低下流速演算部 23a が、流速 U_c にシャドウモーメント係数 α を乗算することにより、ブレード 5a がシャドウモーメント領域に入っている時の海流の流速 U_c' を演算する（上記式（2））（ステップ A50）。回転速度演算部 23b では、上記の式（1）に、海流の流速 U_c として演算した流速 U_c' を与えた場合のスラスト力 F_{th}' が、直近に目標回転制御部 22 のスラスト力演算部 22b で演算されたスラスト力 F_{th} と等しくなるようにするブレード回転数 ω' を演算する（上記の式（3）参照）（ステップ A60）。

[0070] そして、負荷トルク制御部 23c が、ブレード回転数 ω がスラスト力低下抑制回転数 ω' となるようにドライブトレーン 10 の負荷トルク目標値 T_{DT} を演算する。ただし、シャドウモーメント領域に進入する際や脱出する際（ブレード 5a の回転角度 θ_B が進入角度 θ_0 や脱出角度 θ_1 に近い場合）には、海流の流速は演算値 U_c' までは下がらない点、及び、制御切り替え時に負荷トルク T_D の急変を回避する点、を考慮し、制御ゲイン K により処理して負荷トルク目標値 T_{DT} を求める。

[0071] つまり、ブレード 5a がシャドウモーメント領域に入ると、ブレード回転数 ω は目標回転数 ω_0 からスラスト力低下抑制回転数 ω' へと上昇させる。このため、負荷トルク目標値 T_{DT} はステップ A30 で演算し設定した値から低減させることになる。この低減をランプ状に行なうように制御ゲイン K に

より処理して負荷トルク目標値 T_{DT} を求めている。なお、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域から脱出する際には、ブレード回転数 ω はスラスト力低下抑制回転数 ω' から目標回転数 ω_0 へと減少させるため、負荷トルク目標値 T_{DT} は増大させるが、この増大もランプ状に行なうように制御ゲイン K により処理して負荷トルク目標値 T_{DT} を求めている。

[0072] これにより、図 8 A に実線で示すように、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域に入るとブレード 5 a の回転数 ω が徐々に上昇してスラスト力低下抑制回転数 ω' に達して、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域から脱出する際にはブレード 5 a の回転数 ω が徐々に下降して目標回転数 ω_0 に戻る。本制御を実施しない場合には、図 8 A に破線で示すように、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域内にあるかないかに限らず、ブレード 5 a の回転数 ω は目標回転数 ω_0 に保持される。

[0073] ドライブトレーン制御部 24 では、こうして演算された負荷トルク目標値 T_{DT} に基づいてドライブトレーン 10 の負荷トルクを制御する（ステップ A70）。

これにより、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域内 ($\theta_0 \leq \theta_B \leq \theta_1$) にある場合にブレード 5 a（回転翼 5）に作用するスラスト力 F_{th}' が、ブレード 5 a がシャドウモーメント領域外 ($\theta_B < \theta_0$ 又は $\theta_B > \theta_1$) にある場合のスラスト力 F_{th} と等しくなり、図 8 B に実線で示すようにスラスト力 F_{th} の減少自体を抑制することができる。本制御を実施しない場合には、図 8 B に破線で示すようにスラスト力 F_{th} は減少する。

[0074] このようにして、シャドウモーメント領域での海流の流速低下によるスラスト力 F_{th} の減少を相殺するようにブレード 5 a の回転速度上昇によるスラスト力 F_{th} の増大を行ないスラスト力 F_{th} の減少自体を抑制するので、スラスト力 F_{th} の減少に起因して浮体 1 にモーメント M が発生することを抑制することができ、このモーメントに起因した浮体の方向への周期的な振動の発生を抑制することができる。この振動が発生すると浮体 1 の構造体 13 やブレード 5 a や係留索 6 等に損傷を及ぼすおそれがあるが、これが回避される。

[0075] 〔第2実施形態〕

〔モーメント抑制制御系の構成〕

本実施形態では、左右の海流発電装置本体2の各々の回転翼5のブレード5aが構造物3の影のシャドウモーメント領域に同期して進入するようにブレード5aの回転位相を制御して、左右のスラスト力 F_{thL} , F_{thR} （図6参照）の低下を同時に発生させることにより、モーメントの発生を抑制するので、モーメント抑制手段としての回転位相制御手段の機能を有する。特に、本実施形態では、図9Aに示すように、左右の海流発電装置本体2の一方をマスタ機とし他方をスレイブ機として、マスタ機の回転翼5のブレード5aの回転位相を基準位相としてこの基準位相にスレイブ機の回転翼5のブレード5aの回転位相が追従して同期するようにスレイブ機のブレード5aを制御する。

[0076] このため、本実施形態の制御装置120は、図9Bに示すように、角位相差演算部121と、角位相差判定部122と、同期保持制御部123と、位相差低減制御部124と、ドライブレイン制御部125とを機能要素として有している。なお、ここでは、制御装置120をマスタ機の側に設け、マスタ機側からマスタ信号（制御量）を出力し、スレイブ機側で位相応答するものとしているが、マスタ機側のブレード5aの回転位相を主体としスレイブ機側のブレード5aの回転位相をこれに追従させればよく、制御装置120自体はスレイブ機の側に設けてもよい。

[0077] 角位相差演算部121は、マスタ機及びスレイブ機の海流発電装置本体2にそれぞれ装備されたブレード回転角度センサ33a, 33bで検出されたマスタ機のブレード回転角度 θ_m 及びスレイブ機のブレード回転角度 θ_s の差（位相差） $\delta\theta$ を下式（4）のように演算する。

$$\delta\theta = \theta_m - \theta_s \cdots (4)$$

[0078] 角位相差判定部122は、マスタ機のブレード回転角度 θ_m とスレイブ機のブレード回転角度 θ_s との位相差 $\delta\theta$ からマスタ機のブレード5aとスレイブ機のブレード5aとが同期状態であるか否かを判定する。つまり、位相差

$\delta \theta$ が 0 又は 0 に近い微小値である許容値 $\delta \theta_0$ 以内である ($\delta \theta \leq \delta \theta_0$) か否かを判定し、位相差 $\delta \theta$ が許容値 $\delta \theta_0$ 以内ならば同期状態 (位相差なし) であると判定し、そうでなければ非同期状態 (位相差あり) であると判定する。

[0079] 角位相差判定部 122 により、マスタ機のブレード回転角度 θ_m とスレイブ機のブレード回転角度 θ_s が同期状態である判定されたら、同期保持制御部 123 によりスレイブ機のブレード 5a をマスタ機のブレード 5a と同期状態に保持する同期保持制御を行なう。位相差判定部 122 により、マスタ機のブレード回転角度 θ_m とスレイブ機のブレード回転角度 θ_s が非同期状態である判定されたら、位相差低減制御部 124 によりスレイブ機のブレード回転角度 θ_s をマスタ機のブレード 5a に近づけて同期させる位相差低減制御を行なう。

[0080] 同期保持制御部 123 は、負荷トルク制御部 123a を有している。同期保持制御部 123 では、負荷トルク制御部 123a によって、マスタ機及びスレイブ機の海流発電装置本体 2 にそれぞれ装備された回転速度センサ 31a, 31b で検出されたマスタ機のブレード回転数 ω_m 及びスレイブ機のブレード回転数 ω_s に基づいて、スレイブ機のブレード回転数 ω_s がマスタ機のブレード回転数 ω と等しくなるようにスレイブ機のドライブトレイン 110 の負荷トルク目標値 T_{DT1} を演算し出力する。

[0081] この場合、位相差 $\delta \theta$ が許容値 $\delta \theta_0$ 以内ではあるが微小量だけ生じたら、位相差 $\delta \theta$ を 0 に近づける (スレイブ機のブレード回転数 ω_s がマスタ機のブレード回転数 ω_m と等しくなる) ように、負荷トルク目標値 T_{DT1} を増減するが、負荷トルク目標値 T_{DT1} が緩やかにランプ状に変更されるように、負荷トルク制御部 123a では、制御ゲイン K_1 により処理して負荷トルク目標値 T_{DT1} を求めるようにしている。

[0082] 位相差低減制御部 124 は、スレイブ回転数演算部 124a と、負荷トルク制御部 124b とを有している。

スレイブ回転数演算部 124a は、位相差 $\delta \theta$ を 0 にするためのスレイブ

機のブレード回転数の目標値 ω_s^* を演算する。この場合も、スレイブ機のブレード回転数 ω が緩やかにランプ状に変更されるように、スレイブ回転数演算部124aでは、制御ゲイン K_2 により処理してブレード回転数の目標値 ω_s^* を求めるようにしている。

[0083] 負荷トルク制御部124bでは、回転速度センサ31aで検出されたマスタ機のブレード回転数 ω_m 及びスレイブ回転数演算部124aで演算されたスレイブ機のブレード回転数の目標値 ω_s^* に基づいて、スレイブ機のブレード回転数 ω_s がスレイブ機のブレード回転数の目標値 ω_s^* と等しくなるようにスレイブ機のドライブトレイン110の負荷トルク目標値 T_{DT2} を演算し出力する。この場合も、負荷トルク目標値 T_{DT2} が緩やかにランプ状に変更されるように、負荷トルク制御部123aでは、制御ゲイン K_1 により処理して負荷トルク目標値 T_{DT2} を求めるようにしている。

[0084] ドライブトレイン制御部125は、同期保持制御部123の負荷トルク制御部123aで演算された負荷トルク目標値 T_{DT1} 又は位相差低減制御部124の負荷トルク制御部124bの何れかで演算された負荷トルク目標値 T_{DT2} に基づいてドライブトレイン110の負荷トルク（発電負荷トルク） T_D を制御する。

[0085] 本実施形態では、ドライブトレイン110が、回転翼5の回転軸（主軸）5Aと、主軸5Aの回転速度を増速する増速機108と、増速機108により増速された回転力を受けて作動する発電機9とを備えているが、増速機108に油圧式動力伝達機構が適用されており、油圧式動力伝達機構の要素を操作することにより、増速機108による変速比を変更できるようになっている。

[0086] 図10は増速機としても機能する油圧式動力伝達機構108を示す油圧回路図であり、油圧回路111は、油路112内に回転翼5の回転軸5Aにより駆動される油圧ポンプ113と、油圧ポンプ113から吐出された作動油を受けて回転する油圧モータ114と、油路112における油圧ポンプ113から油圧モータ114に向かう部分に介装された開閉弁115と、油路1

12の油圧ポンプ113から油圧モータ114に向かう部分に装備された圧力センサ116とをそなえている。

[0087] 油圧モータ114は、斜板角を調整することにより入力油圧が変わらなくても回転速度を変更可能な斜板式油圧モータが適用され、回転速度センサ36により検出された油圧モータ114の回転軸5Bの回転速度（回転数）をフィードバックして斜板角調整部42により斜板角を調整することにより油圧モータ114を所望の回転速度状態に調整することができる。この油圧モータ114の回転軸5Bは発電機9に接続されている。

[0088] また、油圧モータ114の斜板角を調整することにより、油圧モータ114の負荷トルクを調整することができ、油圧モータ114の負荷トルクは圧力センサ116で検出される作動油の圧力によって把握することができる。つまり、油圧モータ114の斜板角の調整によって、ドライブトレイン110の負荷トルクを調整することができ、負荷トルク目標値 T_{DT1} 、 T_{DT2} に応じて油圧モータ14の斜板角が調整され、ドライブトレイン110の負荷トルク（発電負荷トルク） T_D が制御される。

[0089] なお、図10に示す構成では、回転翼5の回転軸5Aに、調速機35とメカブレーキ41とが装備され、調速機35によって回転翼5の回転速度が安定化され、メカブレーキ41によって回転翼5の回転を規制できるようになっている。

[0090] [作用及び効果]

第2実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置は、上述のように構成されているので、制御装置120により、例えば図11のフローチャートに示すように、浮体1にモーメントが発生するのを抑制するモーメント抑制制御を実施することができる。なお、図11のフローチャートは所定の制御周期で実施される。

[0091] 図11に示すように、まず、ブレード回転角度センサ33a、33bで検出されたマスタ機のブレード回転角度 θ_m 及びスレイブ機のブレード回転角度 θ_s を読み込む（ステップB10）。そして、角位相差演算部121により、

マスタ機のブレード回転角度 θ_m 及びスレイブ機のブレード回転角度 θ_s の差（位相差） $\delta\theta$ を演算する〔前記の式（４）参照〕（ステップ B 2 0）。

[0092] 次に、角位相差判定部 1 2 2 により、ステップ B 2 0 の演算された位相差 $\delta\theta$ を予め設定された許容値 $\delta\theta_0$ と比較してマスタ機のブレード 5 a とスレイブ機のブレード 5 a とが同期状態である（ $|\delta\theta| \leq \delta\theta_0$ ）か否（非同期状態である）かを判定する（ステップ B 3 0）。ステップ B 3 0 で、同期状態であると判定されたら同期保持制御部 1 2 3 により同期保持制御を行ない（ステップ B 4 0）、非同期状態である判定されたら位相差低減制御部 1 2 4 により位相差低減制御を行なう（ステップ B 5 0, B 6 0）。

[0093] ステップ B 4 0 の同期保持制御では、スレイブ機のブレード回転数 ω_s がマスタ機のブレード回転数 ω_m と等しくなるようにスレイブ機のドライブトレイン 1 1 0 の負荷トルク目標値 T_{DT1} を演算し出力する。この場合、制御ゲイン K_1 により処理して負荷トルク目標値 T_{DT1} を求めて、負荷トルク目標値 T_{DT2} が緩やかにランプ状に変更されるようにする。そして、ドライブトレイン制御部 1 2 5 が、この負荷トルク目標値 T_{DT2} に基づいてドライブトレイン 1 1 0 の負荷トルク（発電負荷トルク） T_D を制御する。

[0094] ステップ B 5 0, B 6 0 の位相差低減制御では、まず、スレイブ回転数演算部 1 2 4 a により、位相差 $\delta\theta$ を 0 にするためのスレイブ機のブレード回転数の目標値 ω_s' を演算する。この場合も、スレイブ機のブレード回転数 ω_s が緩やかにランプ状に変更されるように、スレイブ回転数演算部 1 2 4 a では、制御ゲイン K_2 により処理してブレード回転数の目標値 ω_s' を求める（ステップ B 5 0）。

[0095] 次に、負荷トルク制御部 1 2 4 b により、検出されたマスタ機のブレード回転数 ω_m 及び演算されたスレイブ機のブレード回転数の目標値 ω_s' に基づいて、スレイブ機のブレード回転数 ω_s がスレイブ機のブレード回転数の目標値 ω_s' と等しくなるようにスレイブ機のドライブトレイン 1 1 0 の負荷トルク目標値 T_{DT2} を演算し出力する。この場合も、負荷トルク目標値 T_{DT2} が緩やかにランプ状に変更されるように、負荷トルク制御部 1 2 3 a では、制御

ゲイン K_1 により処理して負荷トルク目標値 T_{DT2} を求める。そして、ドライブレール制御部125が、この負荷トルク目標値 T_{DT2} に基づいてドライブレール110の負荷トルク（発電負荷トルク） T_D を制御する（ステップB60）。

[0096] 図12は、位相差低減制御及び同期保持制御を説明するためのブレード回転角度（ブレード角度） θ_B の変遷を示すタイムチャートであり、実線はマスタ機のブレード回転角度 θ_B を示し、破線はスレイブ機のブレード回転角度 θ_B を示す。図11に示すように、角位相差判定部122により非同期状態である判定されたら、位相差低減制御によってスレイブ機のブレード回転角度 θ_B がマスタ機のブレード回転角度 θ_B に次第に接近して位相差が解消され、その後は、同期保持制御を位相差のない状態（同期状態）が保持される。

[0097] このようにして、スレイブ機のブレード回転角度 θ_B がマスタ機のブレード回転角度 θ_B に同期するように制御されるので、ブレード5aが構造物の影のシャドウモーメント領域に進入し。海流の流速低下からスラスト力の減少が生じても、左右の海流発電装置本体2でスラスト力 F_{thL} 、 F_{thR} の低下が同時に発生するため、スラスト力の減少が生じてもモーメントの発生を抑制でき、浮体1の方向への周期的な振動の発生を抑制することができる。この振動が発生すると浮体1の構造体13やブレード5aや係留索6等に損傷を及ぼすおそれがあるが、これが回避される。

[0098] [第3実施形態]

[モーメント抑制制御系の構成]

本実施形態では、第2実施形態と同様に、左右の海流発電装置本体2の各々の回転翼5のブレード5aが構造物3の影のシャドウモーメント領域に同期して進入するようにブレード5aの回転位相を制御して、左右のスラスト力の低下を同時に発生させることにより、モーメントの発生を抑制するので、モーメント抑制手段としての回転位相制御手段の機能を有する。本実施形態では、図13に示すように、海流発電装置本体2を何れもスレイブ機として、マスタ信号（制御量）は別途設けたマスタ機200から出力され、左右

の海流発電装置本体 2 のブレード 5 a を制御する。スレイブ機（左右の海流発電装置本体 2）ではブレード 5 a の回転角度の位相調整でこれ応答するようになっている。

[0099] マスタ機 200 には、左右の海流発電装置本体 2 をそれぞれ制御するために、第 2 実施形態のもの〔図 9 B 参照〕と同様の制御装置 120 が装備されている。制御装置 120 は、角位相差演算部 121 と、角位相差判定部 122 と、同期保持制御部 123 と、位相差低減制御部 124 と、ドライブトレイン制御部 125 とを、各海流発電装置本体 2 毎に、機能要素として有している。なお、制御装置 120 自体は、マスタ機 200 に限らずスレイブ機の流発電装置本体 2 に設けてもよい。

[0100] マスタ機 200 には、スレイブ機の各流発電装置本体 2 のブレード 5 a（回転翼 5）の回転位相や回転速度（回転数）を操作する基準となる基準位相が記憶されている。この基準位相は、ブレード 5 a の回転角度（位相）の目標値を時間軸に応じて規定したもので、特に、基準位相は、発電機 9 のロータの目標回転速度に基づいて設定されている。発電機 9 のロータの目標回転速度は、効率よく発電量が得られる理想的な発電状態から求められる。

[0101] 〔作用及び効果〕

第 3 実施形態にかかる海中浮遊式海流発電装置は、上述のように構成されているので、スレイブ機である各流発電装置本体 2 のブレード 5 a の回転が、第 2 実施形態のスレイブ機と同様に制御されて、第 2 実施形態のものと同様の作用及び効果を得ることができる。なお、各流発電装置本体 2 のブレード 5 a の制御は、図 11 のフローチャートに示すように実施することができる。

[0102] 本実施形態の場合、スラスト力の減少が生じてモメントの発生を抑制でき、浮体 1 の方向への周期的な振動の発生を抑制することができ、振動発生による浮体 1 の構造体 13 やブレード 5 a や係留索 6 等に損傷を及ぼすおそれ回避されるうえに、各流発電装置本体 2 のブレード 5 a の回転を制御するための基準位相が、発電機 9 のロータの目標回転速度に基づいて設定され

るので、発電機 9 を理想的な発電状態として効率よく発電量が得られるようにすることができる効果もある。

[0103] 〔その他〕

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で、かかる実施形態を適宜変更したり、組み合わせたりして実施することができる。

例えば、第 2 実施形態ではマスタ機の回転翼 5 のブレード 5 a の回転位相を基準位相としているが、この基準位相についても第 3 実施形態と同様に、発電機 9 のロータの目標回転速度（効率よく発電量が得られる理想的な発電状態から求められる）に基づいて設定してもよい。

[0104] また、第 1 実施形態においては、ドライブトレインの負荷トルク T_D を制御してブレード 5 a の回転速度を制御してスラスト力の減少抑制をしているが、メンテナンス性等を考慮する必要がなければ、ブレード 5 a を可変ピッチ型に構成し、ピッチの変更でブレード 5 a の回転速度を制御してスラスト力の減少抑制をしてもよい。

[0105] さらに、第 1 実施形態においては、油圧式動力伝達機構 108 の油圧モータ 114 の斜版制御によりドライブトレインの負荷トルク T_D を制御しているが、油圧モータには、斜版制御以外の負荷調整可能なものを適用してもよく、また、油圧式動力伝達機構によらず、第 1 実施形態と同様に、発電機の発電負荷トルクを通じてドライブトレインの負荷トルク T_D を制御してもよい。

符号の説明

- [0106] 1 浮体（海中浮遊式海流発電装置）
 2 海流発電装置本体
 3 構造物
 4 ナセル（ポッド）
 5 回転翼
 5 A 主軸（回転翼 5 の回転軸）
 5 a ブレード

- 6 係留索
 - 6 A アンカーウェイト
- 7 海中
 - 7 a 海底
- 8 増速機
- 9 発電機
- 1 0, 1 1 0 ドライブトレーン
- 2 0 制御装置（モーメント抑制手段としてのスラスト力減少抑制手段）
 - 2 1 ブレード回転領域判定部
 - 2 2 目標回転制御部
 - 2 2 a 負荷トルク制御部
 - 2 2 b スラスト力演算部
 - 2 3 回転増加制御部
 - 2 3 a 低下流速演算部
 - 2 3 b 回転速度演算部
 - 2 3 c 負荷トルク制御部
 - 2 4 ドライブトレーン制御部
- 3 1, 3 1 a, 3 1 b 回転速度センサ
- 3 2 流速センサ
- 3 3, 3 3 a, 3 3 b ブレード回転角度センサ
- 3 4 浮体回転角度センサ
- 1 0 8 増速機としての油圧式動力伝達機構
 - 1 1 1 油圧回路
 - 1 1 2 油路
 - 1 1 3 油圧ポンプ
 - 1 1 4 油圧モータ
 - 1 1 5 開閉弁
 - 1 1 6 圧力センサ

1 2 0 制御装置（モーメント抑制手段としての回転位相制御手段）

1 2 1 角位相差演算部

1 2 2 角位相差判定部

1 2 3 同期保持制御部

1 2 3 a 負荷トルク制御部

1 2 4 位相差低減制御部

1 2 4 a スレイブ回転数演算部

1 2 4 b 負荷トルク制御部

1 2 5 ドライブトレーン制御部

F_{th} スラスト力

F_{wf} 海流の作用力

F_b 浮体 1 の浮力

F_t 係留索 6 の張力

M モーメント

T_D 負荷トルク

T_{DT} , T_{DT1} , T_{DT2} 負荷トルク目標値

U_C 海流の流速

ω ブレード 5 a の回転数（回転速度）

ω_0 目標回転数（目標回転速度）

ω' スラスト力低減抑制回転数（スラスト力低減抑制回転速度）

θ_B ブレード 5 a の回転角度（位相角度）

$\theta_0 \sim \theta_1$ シャドウモーメント領域に対応する回転角度領域

θ_F 浮体 1 の回転角度

請求の範囲

- [請求項1] ナセル内に収納された発電機のロータを前記ナセルの外部に突出した回転翼により駆動する海流発電装置本体が構造物の左右に結合されて、海中を浮遊可能な双胴型の浮体として構成され、前記構造物の左右中間部を係留索によって海底に係止されて使用される海中浮遊式海流発電装置であって、
- 前記海流発電装置本体には、前記回転翼を前記ナセルよりも海流方向の下流側に配置したダウンウィンド方式が用いられ、
- 前記回転翼のブレードが海流方向の上流側の前記構造物の影の領域に進入した際の海流の流速低下に伴うスラスト力の減少によって前記浮体に発生するモーメントを抑制するモーメント抑制手段を備えている
- ことを特徴とする海中浮遊式海流発電装置。
- [請求項2] 前記モーメント抑制手段は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に進入した際の海流の前記スラスト力の減少を抑制するスラスト力減少抑制手段である
- ことを特徴とする請求項1記載の海中浮遊式海流発電装置。
- [請求項3] 前記スラスト力減少抑制手段は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に進入した際の海流の流速低下に伴って前記回転翼の回転速度を上昇させてスラスト力の減少を抑制する
- ことを特徴とする請求項2記載の海中浮遊式海流発電装置。
- [請求項4] 前記モーメント抑制手段は、左右の前記海流発電装置本体の各々の前記回転翼の前記ブレードが前記構造物の影の領域に同期して進入するように前記ブレードの回転位相を制御する回転位相制御手段であることを特徴とする請求項1記載の海中浮遊式海流発電装置。
- [請求項5] 前記回転位相制御手段は、左右の前記海流発電装置本体の一方の前記回転翼の前記ブレードの回転位相を基準位相とし前記基準位相に他方の前記回転翼の前記ブレードの回転位相が追従して同期するように

前記ブレードの回転位相を制御する

ことを特徴とする請求項4記載の海中浮遊式海流発電装置。

[請求項6] 前記回転位相制御手段は、予め設定された基準位相に基づいて、左右の前記海流発電装置本体の各々の前記回転翼の前記ブレードの回転位相を制御する

ことを特徴とする請求項4記載の海中浮遊式海流発電装置。

[請求項7] 前記基準位相は、前記発電機のロータの目標回転速度に基づいて設定されている

ことを特徴とする請求項5又は6記載の海中浮遊式海流発電装置。

[請求項8] 前記スラスト力減少抑制手段は、
前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っているか否かを判定するブレード回転領域判定部と、

前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っていない場合に、前記ブレードの回転速度を目標回転速度に制御する目標回転制御部と、

前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っている場合に、海流の流速低下によるスラスト力の減少を抑制するように回転増加させたブレードのスラスト力減少抑制回転速度を設定し、前記ブレードの回転速度を前記スラスト力減少抑制回転速度に制御する回転増加制御部と、
を有している

ことを特徴とする請求項3記載の海中浮遊式海流発電装置。

[請求項9] 前記回転位相制御手段は、
前記基準位相と制御対象の前記ブレードの回転位相との位相差を演算する角位相差演算部と、

演算された前記位相差から制御対象の前記ブレードの回転位相が前記基準位相と同期した同期状態であるか否かを判定する角位相差判定部と、

前記同期状態であると判定されたら前記同期状態を保持する同期保持制御部と、

前記同期状態でないと判定されたら前記位相差を低減して前記同期状態になるように制御する位相差低減制御部と、を有していることを特徴とする請求項 7 記載の海中浮遊式海流発電装置。

[請求項10]

ナセル内に収納された発電機のロータを前記ナセルの外部に突出した回転翼により駆動する海流発電装置本体が構造物の左右に結合されて、海中を浮遊可能な双胴型の浮体として構成され、前記構造物の左右中間部を係留索によって海底に係止されて使用され、前記海流発電装置本体には、前記回転翼を前記ナセルよりも海流方向の下流側に配置したダウンウィンド方式が用いられた海中浮遊式海流発電装置の制御方法であって、

前記回転翼のブレードが海流方向の上流側の前記構造物の影の領域に進入した際に、前記影の領域の海流の流速低下に伴うスラスト力の減少によって前記浮体に発生するモーメントを抑制するモーメント抑制処理を実施する

ことを特徴とする海中浮遊式海流発電装置の制御方法。

[請求項11]

前記モーメント抑制処理は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に進入した際に、前記影の領域の海流の前記スラスト力の減少を抑制することにより実施する

ことを特徴とする請求項 10 記載の海中浮遊式海流発電装置の制御方法。

[請求項12]

前記スラスト力の減少抑制は、前記ブレードが前記構造物の影の領域に進入した際に、前記影の領域の海流の流速低下に伴って前記回転翼の回転速度を上昇させることにより実施する

ことを特徴とする請求項 11 記載の海中浮遊式海流発電装置の制御方法。

[請求項13]

前記モーメント抑制処理は、左右の前記海流発電装置本体の各々の前記回転翼の前記ブレードが前記構造物の影の領域に同期して進入するように前記ブレードの回転位相を制御することにより実施する

ことを特徴とする請求項 10 記載の海中浮遊式海流発電装置の制御方法。

[請求項14] 前記回転位相の制御は、左右の前記海流発電装置本体の一方の前記回転翼の前記ブレードの回転位相を基準位相とし前記基準位相に他方の前記回転翼の前記ブレードの回転位相が追従して同期するようにして実施する

ことを特徴とする請求項 13 記載の海中浮遊式海流発電装置の制御方法。

[請求項15] 前記回転位相の制御は、予め設定された基準位相に基づいて、左右の前記海流発電装置本体の各々の前記回転翼の前記ブレードの回転位相を制御することにより実施する

ことを特徴とする請求項 13 記載の海中浮遊式海流発電装置の制御方法。

[請求項16] 前記基準位相は、前記発電機のロータの目標回転速度に基づいて設定されている

ことを特徴とする請求項 14 又は 15 記載の海中浮遊式海流発電装置の制御方法。

[請求項17] 前記スラスト力の減少抑制は、
前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っているか否かを判定し、

前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っていないと判定されたら、前記ブレードの回転速度を目標回転速度に制御する目標回転制御部と、

前記ブレードが前記構造物の影の領域に入っている場合に、海流の流速低下によるスラスト力の減少を抑制するように回転増加させたブレードのスラスト力減少抑制回転速度を設定し、前記ブレードの回転速度を前記スラスト力減少抑制回転速度に制御する

ことを特徴とする請求項 12 記載の海中浮遊式海流発電装置の制御方

法。

[請求項18]

前記回転位相の制御は、

前記基準位相と制御対象の前記ブレードの回転位相との位相差を演算し、

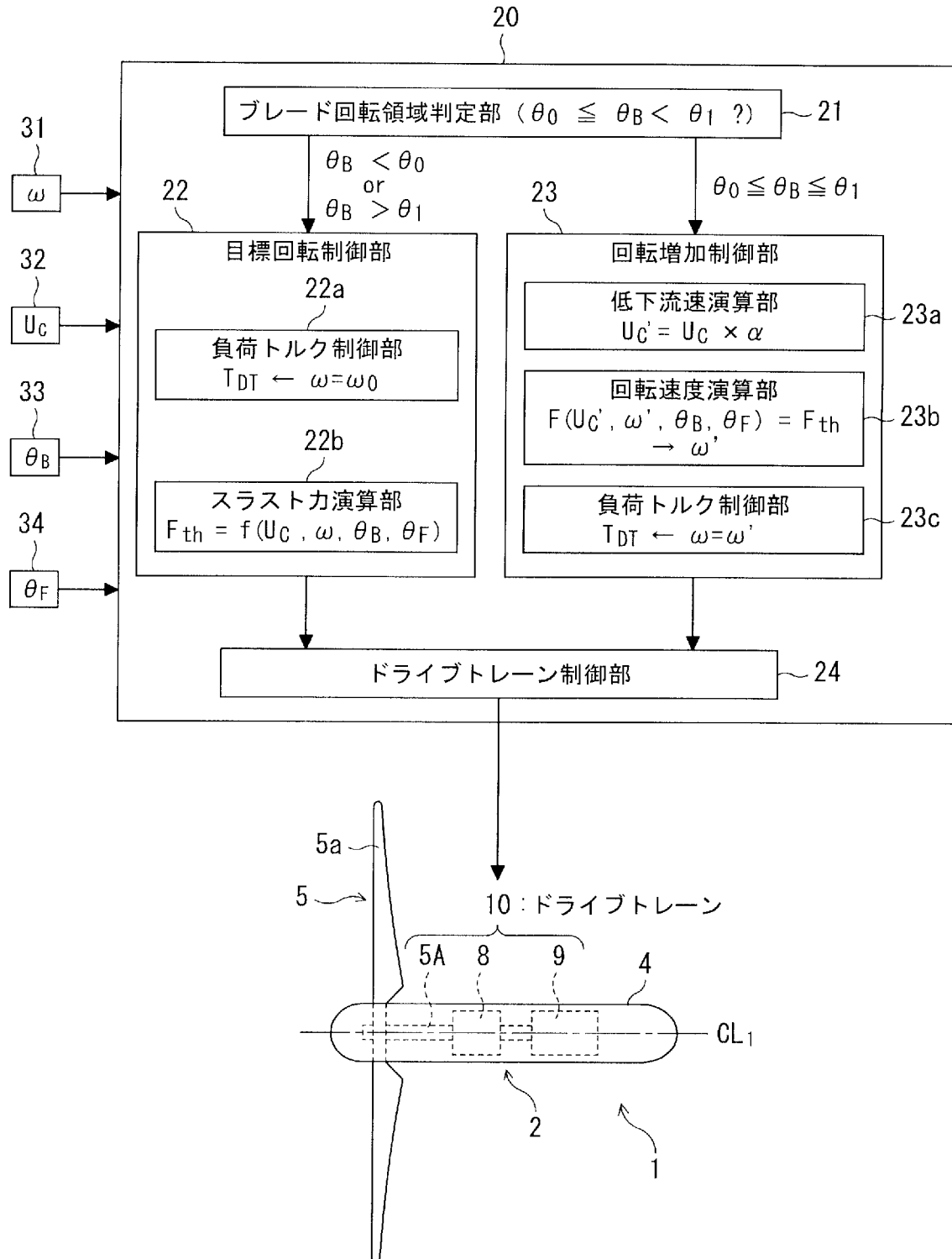
演算された前記位相差から制御対象の前記ブレードの回転位相が前記基準位相と同期した同期状態であるか否かを判定し、

前記同期状態であると判定されたら前記同期状態を保持し、

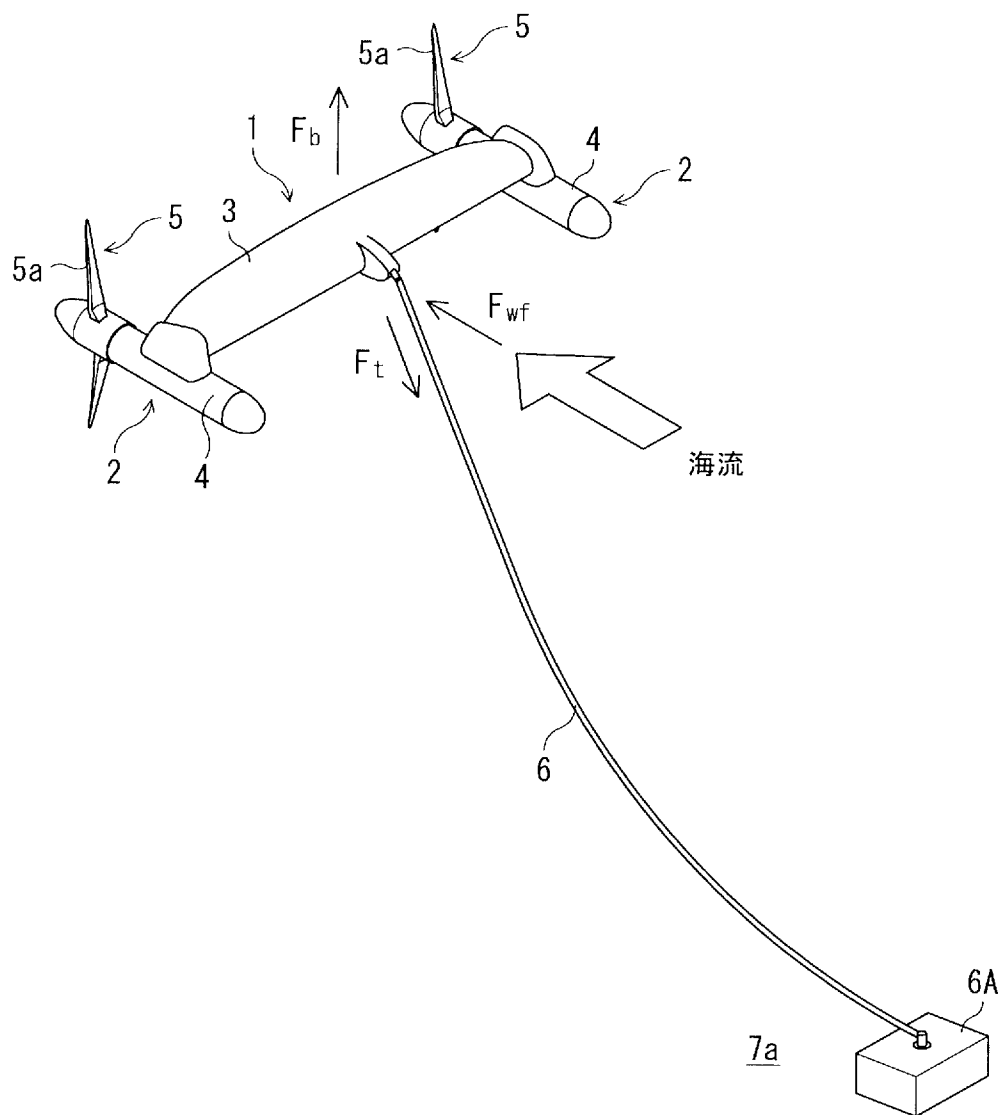
前記同期状態でないと判定されたら前記位相差を低減して前記同期状態になるように制御する

ことを特徴とする請求項16記載の海中浮遊式海流発電装置の制御方法。

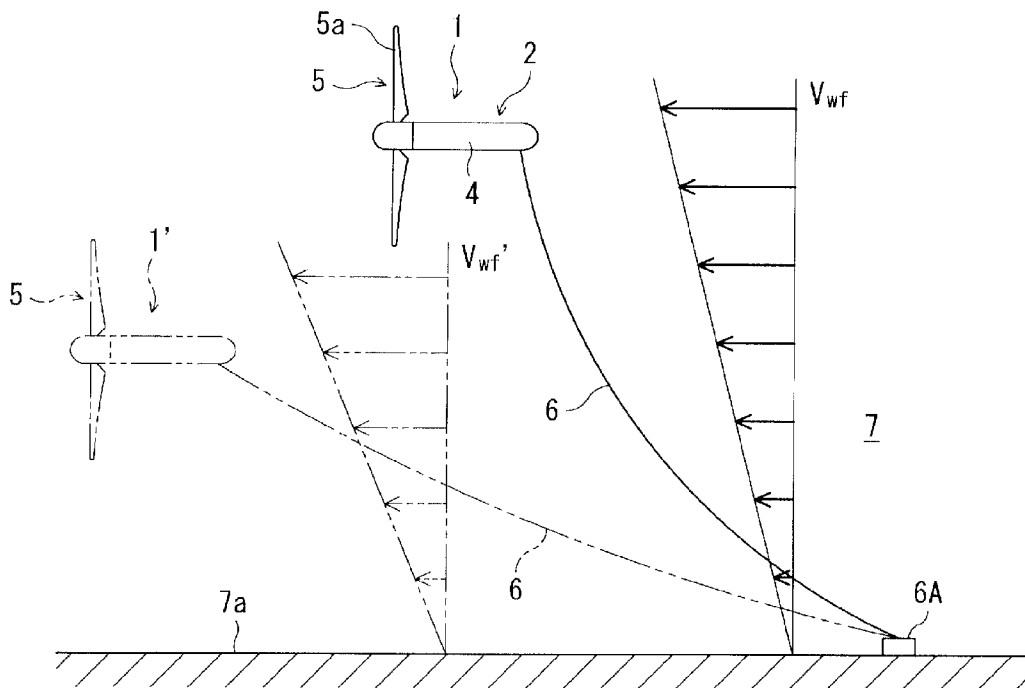
[図1]



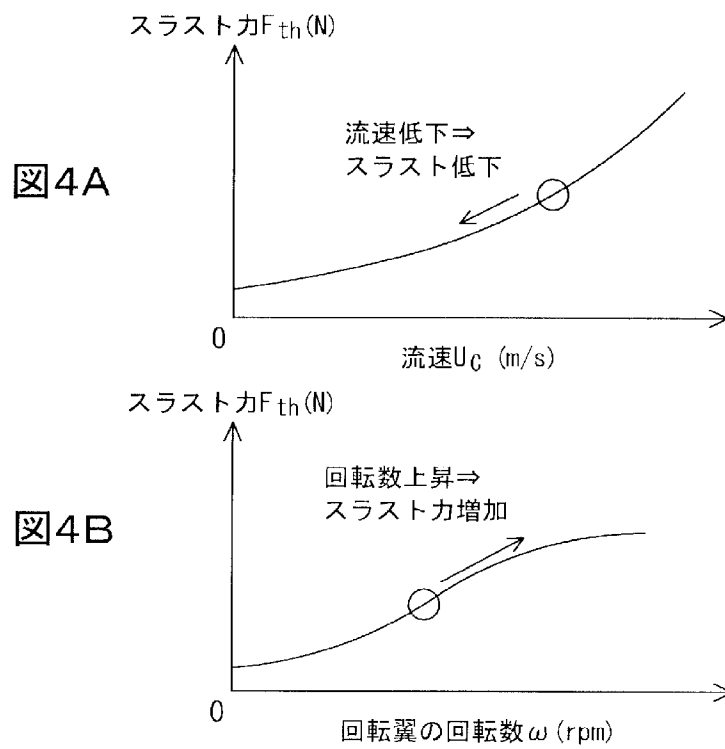
[図2]



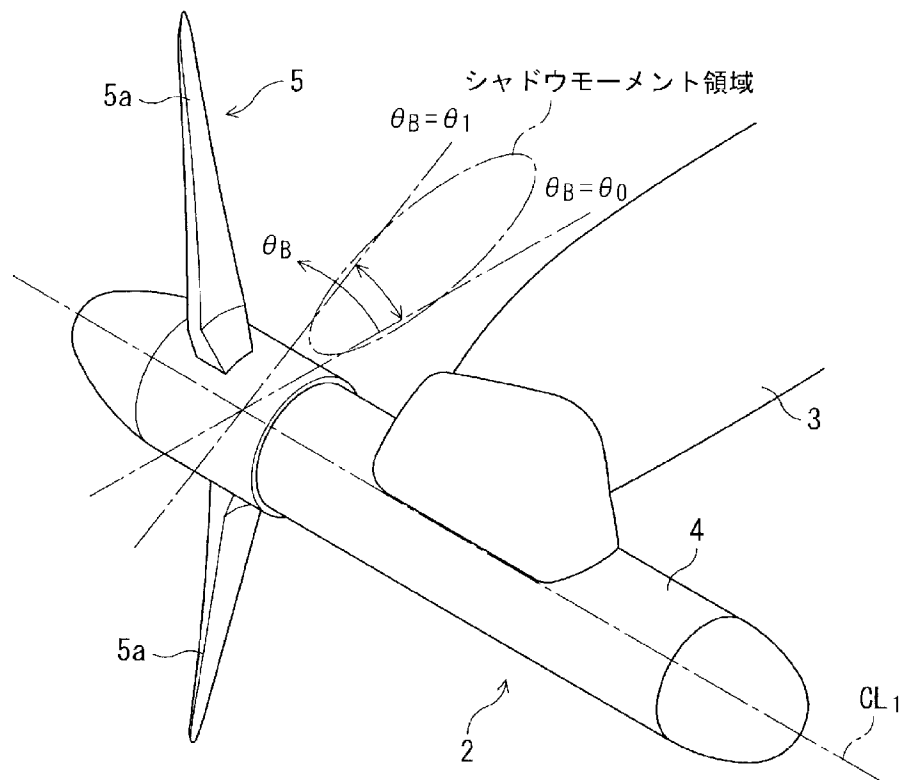
[図3]



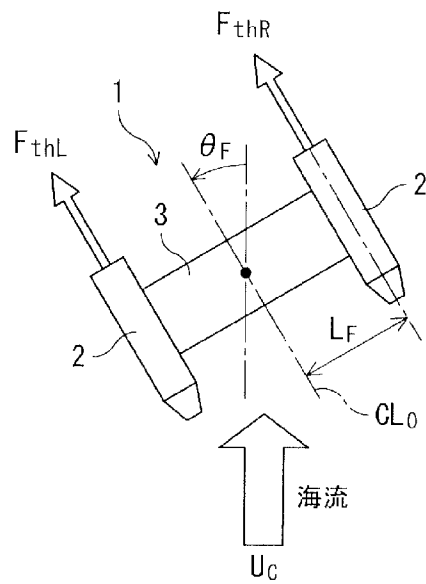
[図4]



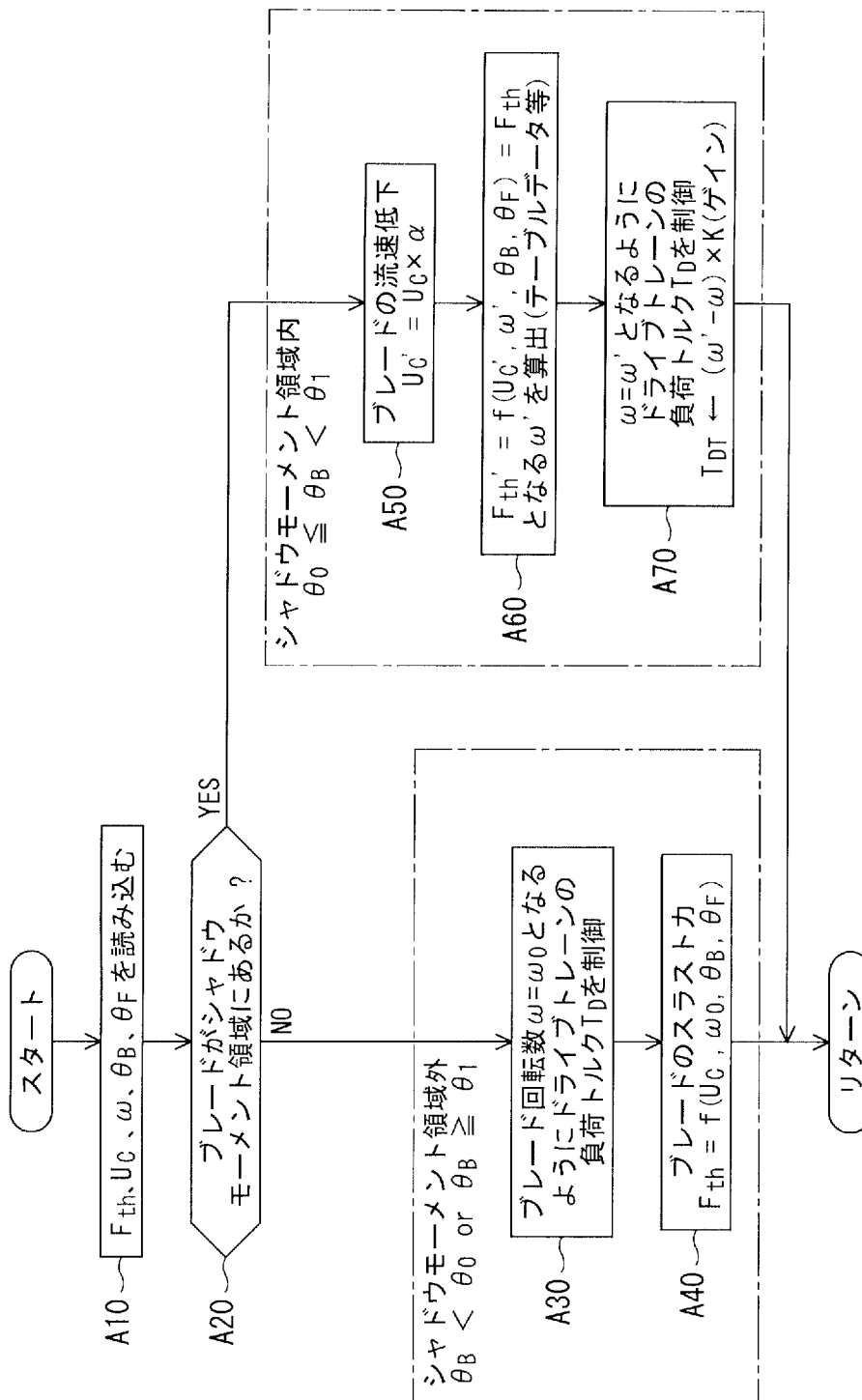
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

図8A

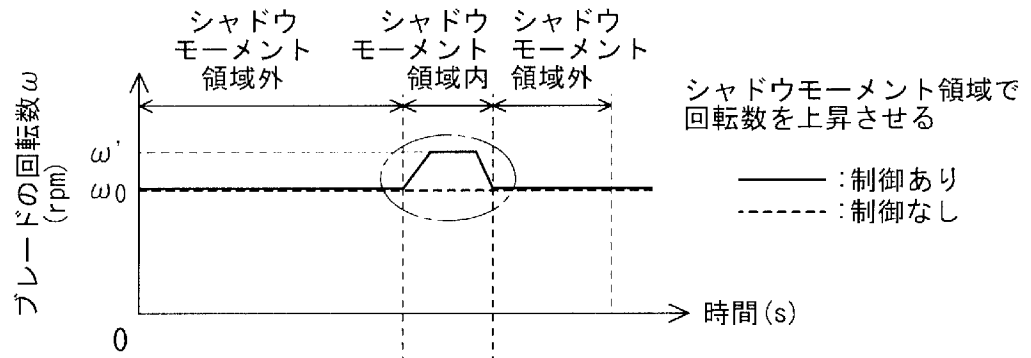
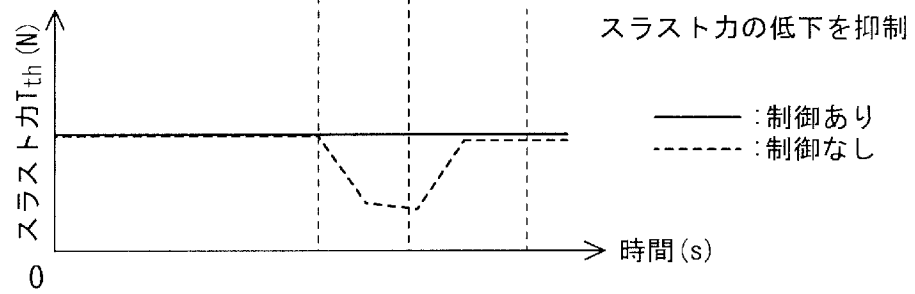
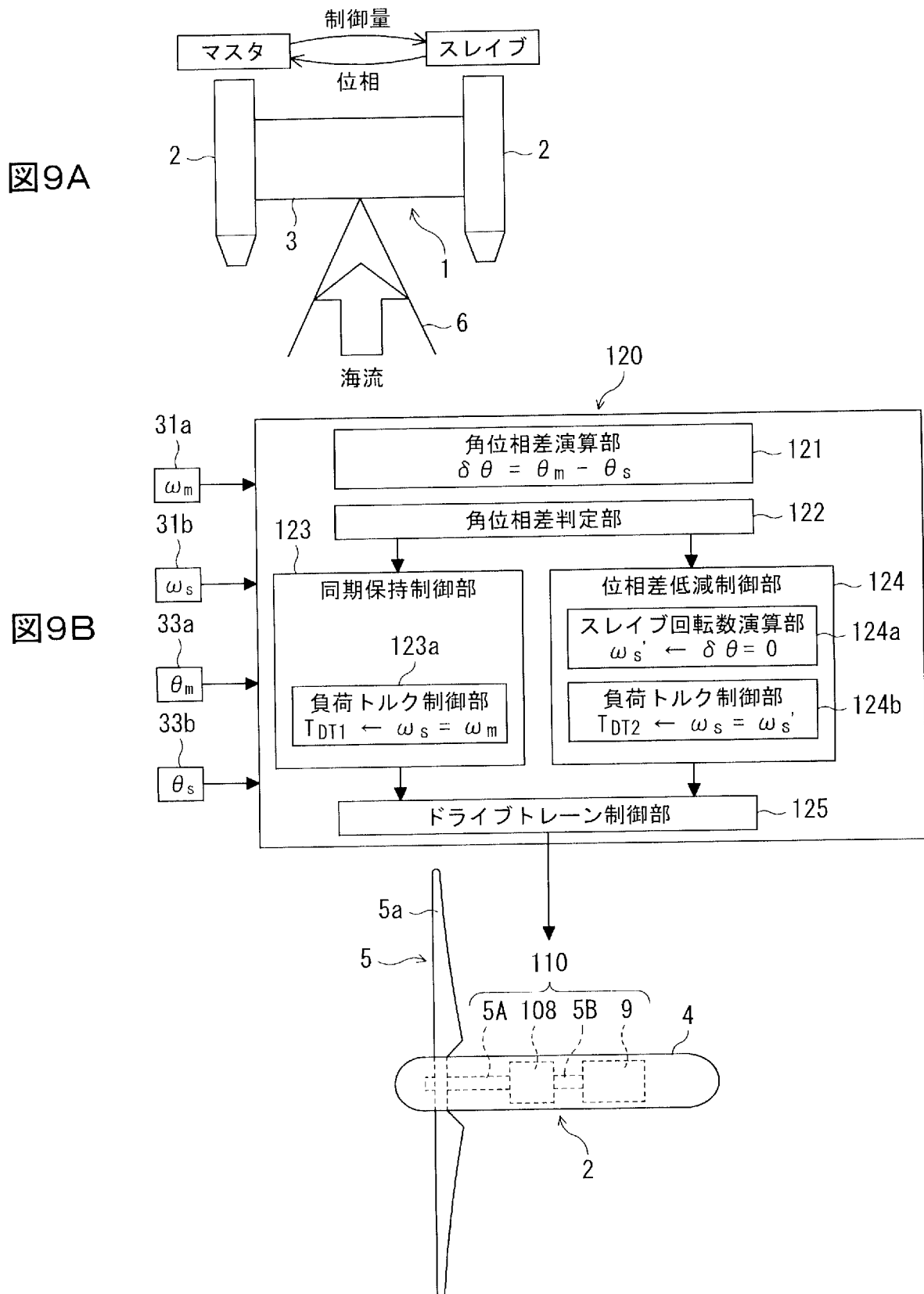


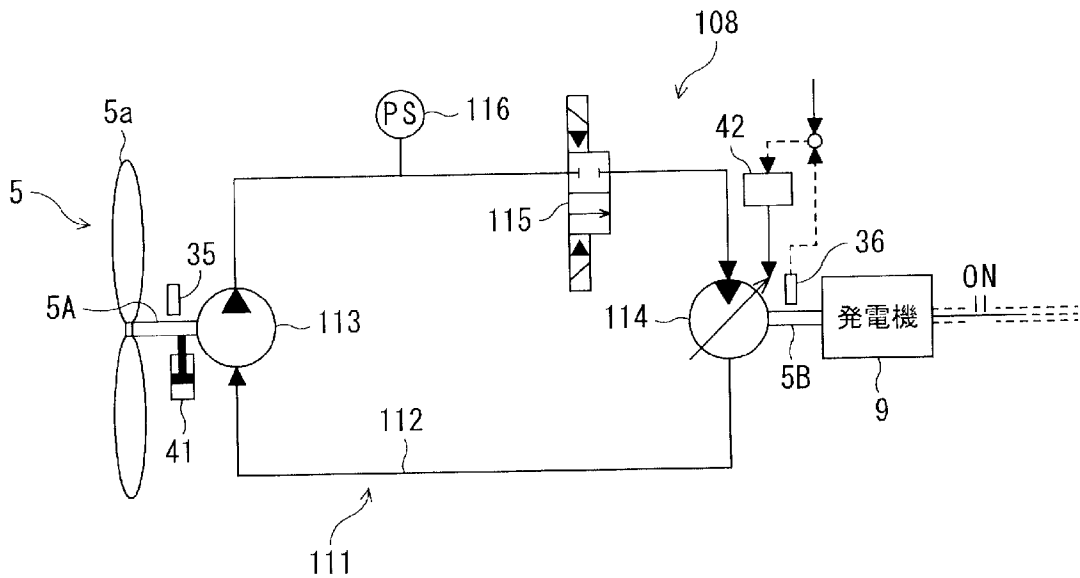
図8B



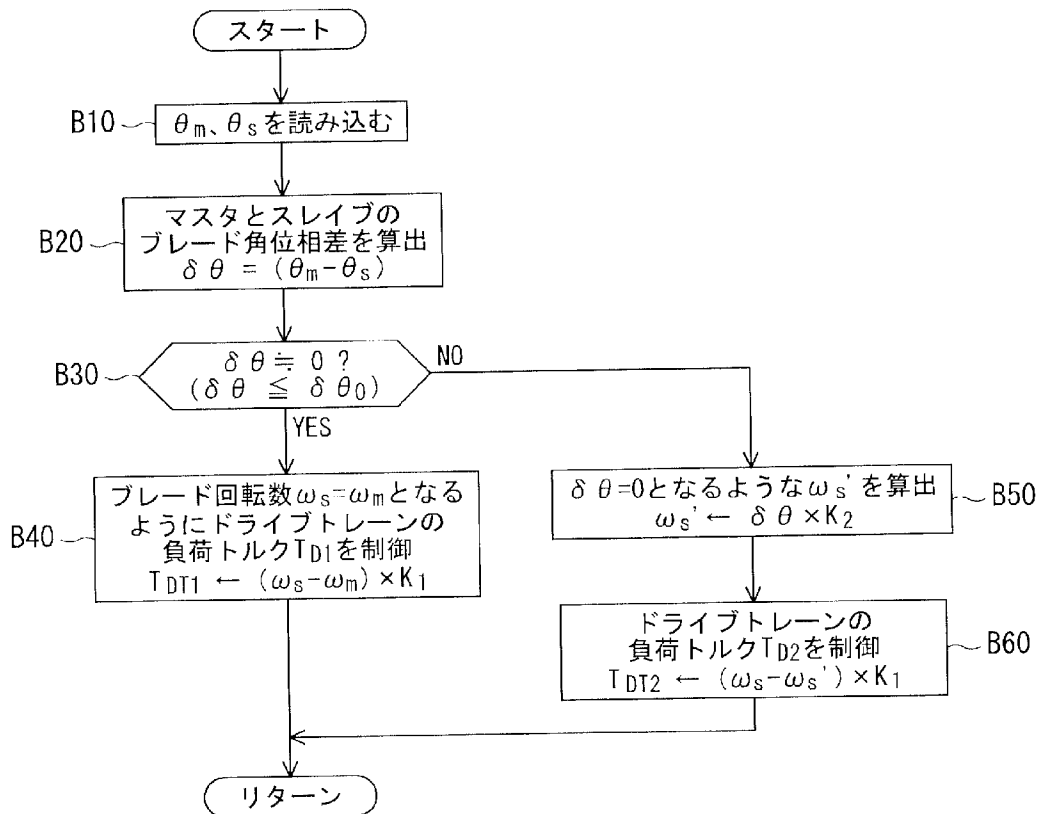
[図9]



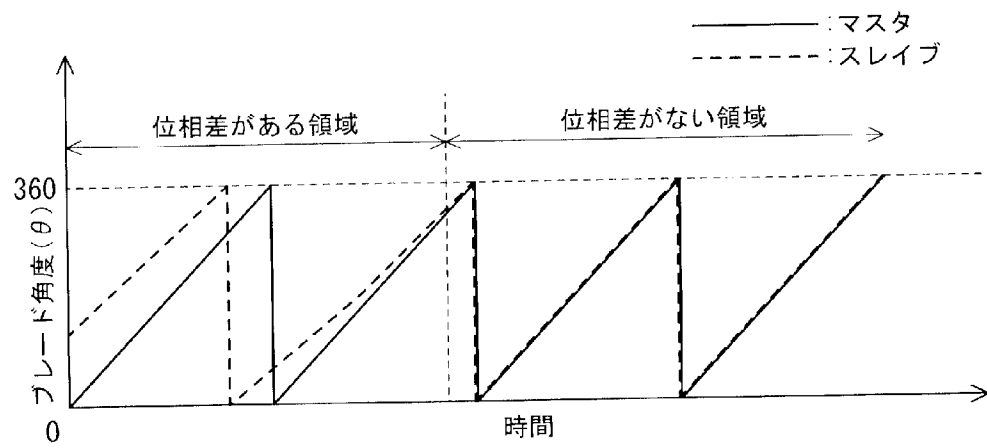
[図10]



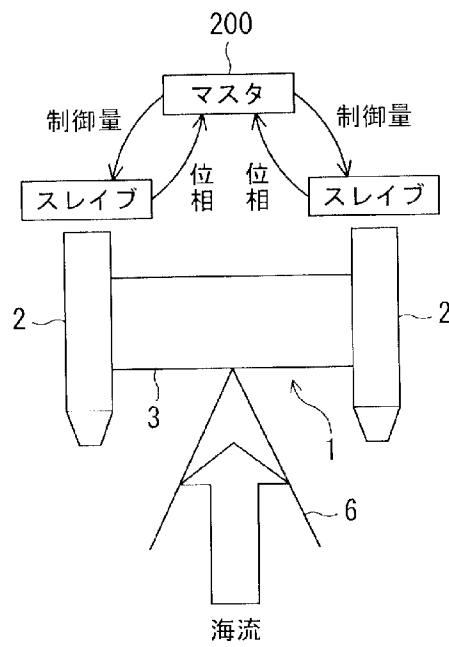
[図11]



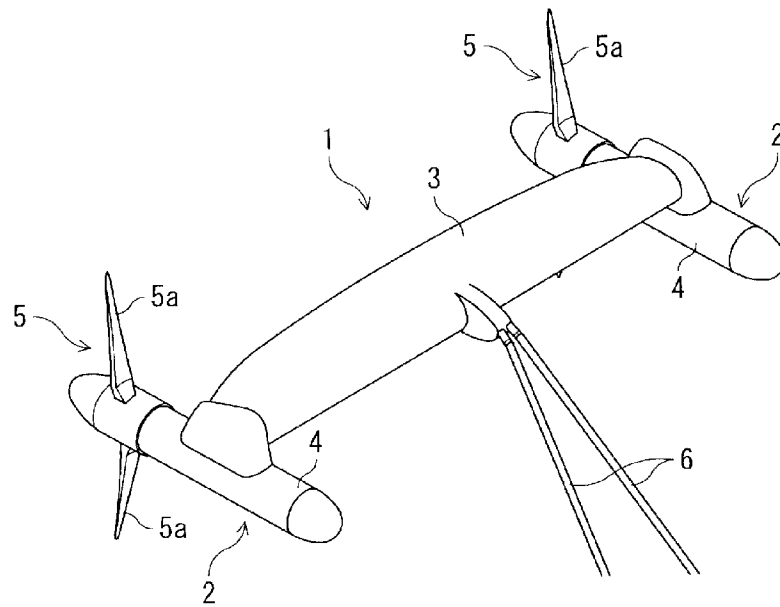
[図12]



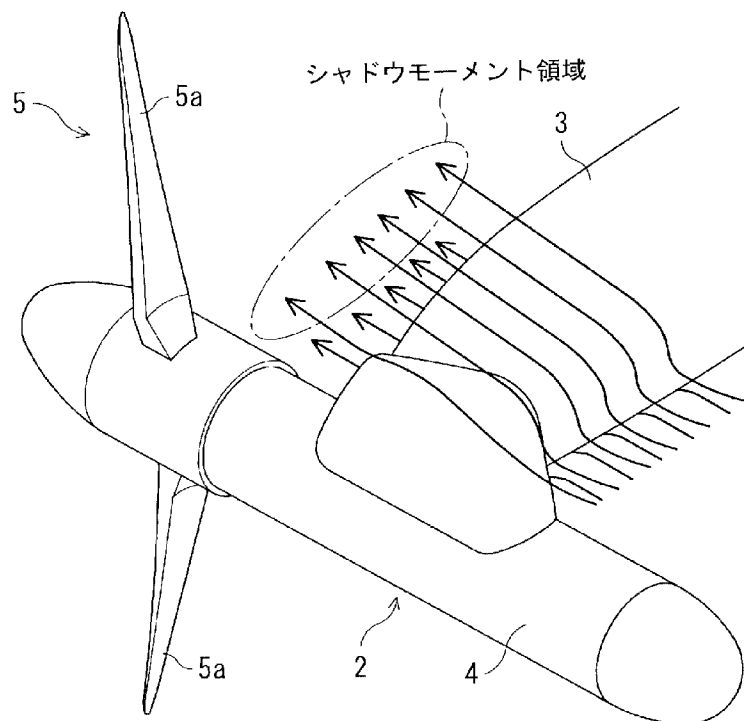
[図13]



[図14]



[図15]



[図16]

図16A

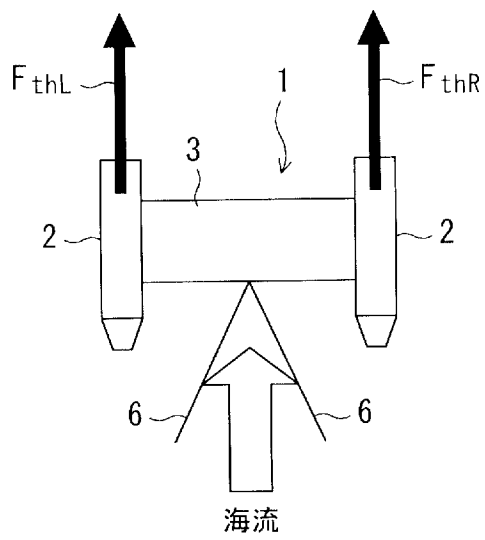


図16B

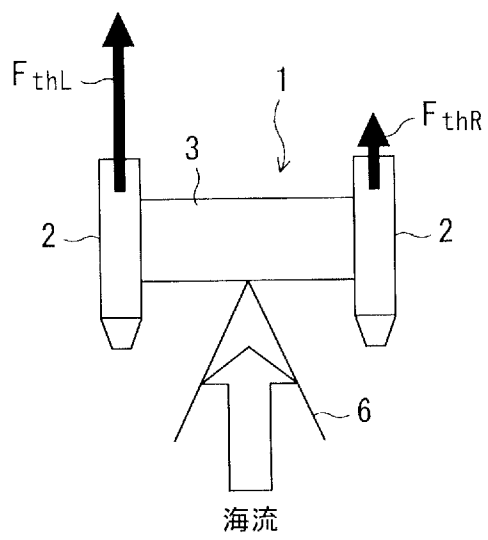
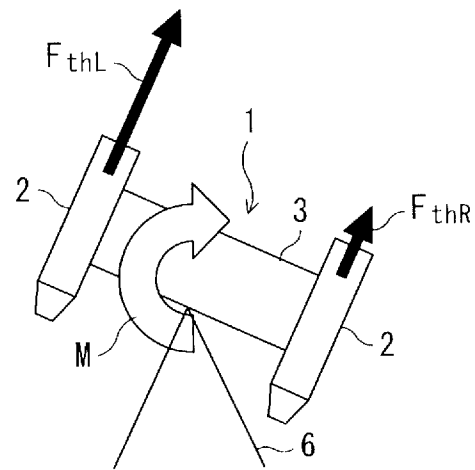


図16C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/079566

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03B13/10(2006.01)i, F03B13/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03B13/10, F03B13/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2014-5766 A (Toshiba Corp.), 16 January 2014 (16.01.2014), paragraph [0013] (Family: none)	1, 10
A	WO 2014/163141 A1 (IHI Corp.), 09 October 2014 (09.10.2014), claims & TW 1502369 A claims	1-18
A	JP 2014-159750 A (IHI Corp.), 04 September 2014 (04.09.2014), claims (Family: none)	1-18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 January 2016 (14.01.16)

Date of mailing of the international search report
26 January 2016 (26.01.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/079566

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-531956 A (Aquantis, LLC), 30 September 2010 (30.09.2010), claims & US 2010/0181774 A1 claims	1-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F03B13/10(2006.01)i, F03B13/26(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F03B13/10, F03B13/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2014-5766 A (株式会社東芝) 2014.01.16, 段落【0013】（ファミリーなし）	1, 10
A	WO 2014/163141 A1 (株式会社 I H I) 2014.10.09, 請求の範囲 & TW 1502369 A, 請求の範囲	1-18
A	JP 2014-159750 A (株式会社 I H I) 2014.09.04, 請求の範囲（ファミリーなし）	1-18

☑ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 4 . 0 1 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 1 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

所村 陽一

3 0

9 7 1 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-531956 A (アクアンティス, エル. エル. シー.) 2010.09.30, 請求の範囲 & US 2010/0181774 A1, 請求の範囲	1-18