(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 6 月 30 日(30.06.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/103572 A1

(51) 国際特許分類:
F03D 80/00 (2016.01) *F03B 3/12* (2006.01)
F03B 3/04 (2006.01) *F03D 1/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/005837

(22) 国際出願日: 2015 年 11 月 24 日(24.11.2015)

(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 2014-261641 2014 年 12 月 25 日(25.12.2014) JP

(71) 出願人: テラル株式会社(TERAL INC.) [JP/JP]; 〒7200003 広島県福山市御幸町森脇２３０番地 Hiroshima (JP).

(72) 発明者: 劉 浩(LIU, Hao); 〒2638522 千葉県千葉市稲毛区弥生町１番３３号 国立大学法人千葉大学 大学院工学研究科内 Chiba (JP). 藤井 武夫(FUJII, Takeo); 〒7200003 広島県福山市御幸町森脇２３０番地 テラル株式会社内 Hiroshima (JP). 吉村 亮祐(YOSHIMURA, Ryosuke); 〒2638522 千葉県千葉市稲毛区弥生町１番３３号 国立大学法人千葉大学 大学院工学研究科内 Chiba (JP).

(74) 代理人: 杉村 憲司(SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目２番１号 霞が関コモンゲート西館３６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.

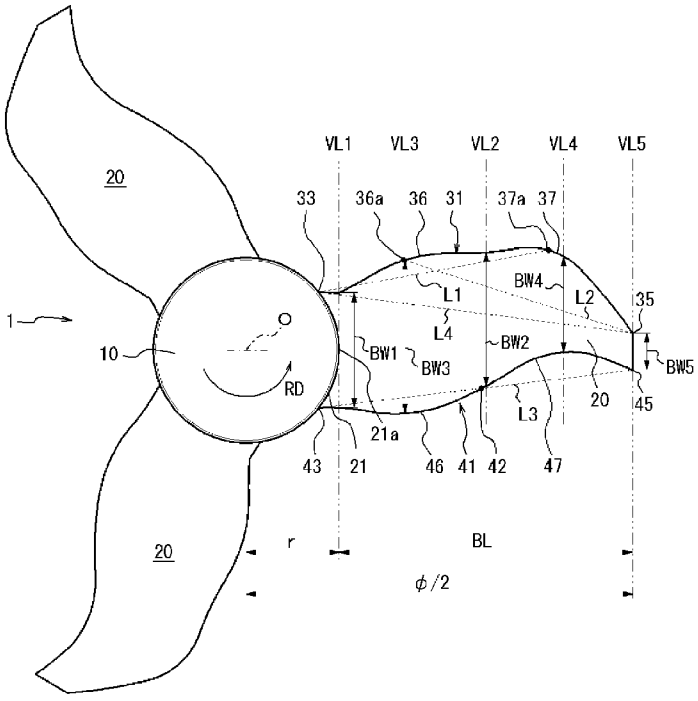
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) **Title**: ROTOR

(54) 発明の名称 : ロータ

FIG. 1



(57) **Abstract**: To make it possible to improve the stability of power generation efficiency relative to fluctuations in the speed and orientation of a fluid. This rotor 1 for a wind-hydropower machine is provided with a hub 10 supported on a main shaft and blades 20 of which the proximal ends 21 are linked to the hub. In a projected plane perpendicular to the rotational center axis O of the rotor, the front edge 31 of each of the blades has, at only two different positions along the radial direction of the rotor, front-edge bulges 36, 37 protruding in bulge shapes forward in the rotational direction of the rotor.

(57) 要約: 流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性を向上できる。 本発明の風水力機械用のロータ１は、主軸に支持されるハブ１０と、ハブに基端２１が結合されたブレード２０とを備え、ロータの回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、ブレードの前縁３１が、互いに異なる２つのロータ径方向位置のみで、ロータ回転方向前側へ山状に突出した前縁山部３６、３７を有する。

WO 2016/103572 A1

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 ： ロータ

技術分野

[0001] 本発明は、主軸に支持されるハブと、該ハブに基端が結合されたブレードとを備える、風水力機械用のロータに関する。

背景技術

[0002] 従来の風水力機械用のロータとして、ロータの回転中心軸線に対して垂直な投影面において、ブレードの前縁が、当該前縁の、ロータ径方向内側端とロータ径方向外側端とを結んだ第１の線分に対して、ロータの回転方向前側に突出したものがある（例えば、特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特願２０１３－１１２１３７号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ロータを備えた風水力機械の設置場所によっては、ロータに対する流体の速度や向きが絶えず大きく変動することが想定され得るが、そのような設置場所でも、安定的に良好な発電効率が得られることが好ましい。なお、一般的に、より幅広い周速比の範囲に対して、十分良好な風水力機械の出力係数が得られれば、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性がより高いといえる。

しかしながら、従来のロータでは、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性について、十分に最適化されておらず、改善の余地があった。

[0005] 本発明は、上記の課題を解決するためにされたものであり、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性が向上された、風水力機械用のロータ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

[0006] 上記目的を達成するための本発明の要旨構成は、次の通りである。

[0007] 本発明のロータは、

主軸に支持されるハブと、該ハブに基端が結合されたブレードとを備える、風水力機械用のロータであって、

ロータの回転中心軸線に対して垂直な投影面において、前記ブレードの前縁が、互いに異なる２つのロータ径方向位置のみで、ロータ回転方向前側へ山状に突出した前縁山部を有することを特徴とする。

本発明のロータによれば、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性を向上できる。

[0008] 本発明のロータにおいては、

前記投影面において、

前記ブレードの前記基端のロータ周方向中心点における前記ハブの接線を、第１仮想線ＶＬ１とし、

前記第１仮想線ＶＬ１に平行で、前記第１仮想線ＶＬ１から前記ハブとは反対側へ前記ブレードの長さＢＬの０．５０倍の長さだけ離れた位置にある仮想線を、第２仮想線ＶＬ２としたとき、

前記ブレードの前縁は、前記第２仮想線ＶＬ２よりもロータ径方向内側の部分に、一方の前記前縁山部の突出先端を有し、前記第２仮想線ＶＬ２よりもロータ径方向外側の部分に、他方の前記前縁山部の突出先端を有していることが好ましい。

この構成によれば、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

[0009] また、本発明のロータにおいては、

前記投影面において、

前記第１仮想線ＶＬ１に平行で、前記第１仮想線ＶＬ１から前記ハブとは反対側へ前記ブレードの長さＢＬの０．２５倍、０．７５倍、１．００倍の長さだけ離れた位置にある仮想線を、それぞれ第３仮想線ＶＬ３、第４仮想線ＶＬ４、第５仮想線ＶＬ５としたとき、

前記第１仮想線ＶＬ１に沿う前記ブレードの幅ＢＷ１と、前記第２仮想線ＶＬ２に沿う前記ブレードの幅ＢＷ２と、前記第３仮想線ＶＬ３に沿う前記ブレードの幅ＢＷ３と、前記第４仮想線ＶＬ４に沿う前記ブレードの幅ＢＷ４と、前記第５仮想線ＶＬ５に沿う前記ブレードの幅ＢＷ５とが、不等式

ＢＷ１＜ＢＷ３

ＢＷ３＞ＢＷ２＞ＢＷ４＞ＢＷ５

を満たしていることが好ましい。

この構成により、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

[0010] また、本発明のロータにおいては、

前記投影面において、

前記２つの前縁山部のうちの、ロータ径方向内側のほうの前記前縁山部の突出先端が、前記ブレードの前縁のロータ径方向内側端と、ロータ径方向外側のほうの前記前縁山部の突出先端とを結んだ、第１線分Ｌ１に対して、ロータ回転方向前側にあることが好ましい。

この構成によれば、周速比が比較的低い時における出力係数をより大きく向上できる。

[0011] また、本発明のロータにおいては、

前記投影面において、

前記２つの前縁山部のうちの、ロータ径方向外側のほうの前記前縁山部の突出先端が、ロータ径方向内側のほうの前記前縁山部の突出先端と、前記ブレードの前縁のロータ径方向外側端とを結んだ、第２線分Ｌ２に対して、ロータ回転方向前側にあることが好ましい。

この構成によれば、周速比が比較的高い時における出力係数をより大きく向上できる。

[0012] また、本発明のロータにおいては、

前記投影面において、

前記ブレードの後縁は、前記ブレードの後縁におけるロータ径方向内側端

とロータ径方向外側端とを結んだ、第３線分Ｌ３と、１点で交差しており、

前記ブレードの後縁のうち、前記第３線分Ｌ３との交点よりもロータ径方向内側の部分が、前記第３線分Ｌ３よりもロータ回転方向後側にあり、

前記ブレードの後縁のうち、前記第３線分Ｌ３との交点よりもロータ径方向外側の部分が、前記第３線分Ｌ３よりもロータ回転方向前側にあることが好ましい。

この構成によれば、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性が向上された、風水力機械用のロータを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明のロータの一実施形態を示す正面図である。

[図2]図１に示すロータの斜視図である。

[図3]図１に示すブレードを、ロータの回転中心軸線に対して垂直な方向に展開した図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に例示説明する。

[0016] 本発明の一実施形態を、図１～図３を参照して説明する。図１は、本発明のロータの一実施形態を示す正面図である。図２は、図１に示すロータ１を示す斜視図である。本実施形態のロータ１は、風水力機械に用いられるものであり、より具体的に、本例では、風力発電機に用いられるものである。

なお、本発明でいう「風水力機械」とは、風力発電機（風車等）又は水力発電機（水車等）等の、風力又は水力により得られる動力を利用する機械を意味するものとする。

本実施形態のロータ１は、風力発電機だけでなく、水力発電機又は他の風水力機械にも用いることができる。

[0017] 本実施形態のロータ１は、例えば直径Φが７４１～１１１１ｍｍであるこ

とが好ましく、図の例では、ロータ１の直径Φが９２６ｍｍである。

[0018] 本実施形態のロータ１は、主軸（図示せず）に支持されるハブ１０と、ハブ１０に基端２１が結合された３つのブレード２０とを、備えている。図示されない主軸は、図１で見たときに、ハブ１０の背面から後方に延在し、この例では水平に設置されている。そして、主軸の中心軸線が、ロータ１の回転中心軸線Ｏとなる。

なお、ブレード２０の数は、３つに限られず、任意の数とすることができる。

また、ロータ１の各ブレード２０は、本例では互いに同一形状を有しているが、一部のブレードが他のブレードとは異なる形状を有していてもよい。

[0019] 本実施形態では、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において（すなわち図１の平面内において）、ブレード２０の前縁３１が、互いに異なる２つのロータ径方向位置のみで、ロータ回転方向ＲＤの前側へ山状に突出した前縁山部３６、３７を有する。

ここで、前縁山部３６、３７に関し、ロータ回転方向ＲＤの前側へ「山状に突出した」とは、すなわち、上記投影面における前縁山部３６、３７の形状が、例えばガウス曲線や三角形状等のように、突出先端の両側部分で後退したような形状であって、例えば傾斜線や比例曲線等のように、突出先端の片側部分だけが後退したような形状ではないことを指している。

なお、本例では、上記投影面における前縁山部３６、３７の突出先端部分が、丸みを帯びた曲線状に形成されており、これは、空気抵抗の低減ひいては発電効率の向上の観点から好ましい。ただし、上記投影面における前縁山部３６、３７の突出先端部分は、鋭利に尖った形状に形成されてもよい。

[0020] ブレード２０の前縁３１が、２つの前縁山部３６、３７のうち、よりロータ径方向内側にある第１前縁山部３６を有することにより、周速比が比較的低い時における風力発電機の出力係数を、十分良好に得ることができる。一方、ブレード２０の前縁３１が、２つの前縁山部３６、３７のうち、よりロータ径方向外側にある第２前縁山部３７を有することにより、周速比が比較

的高い時における風力発電機の出力係数を、十分良好に得ることができる。よって、本実施形態によれば、例えば前縁３１が前縁山部を１つのみ有する場合に比べて、より幅広い周速比の範囲に対して、十分良好な風力発電機の出力係数が得られるので、風の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性を向上できる。

ここで、「周速比」は、風速に対するブレード先端速度（ブレードの、ロータ径方向外側端部の回転方向の速度）の比であり、周速比をλ、風速をＵ(m/s)、ロータの回転速度をＮ（rpm)、ロータの直径をΦ（mm)とすると、λ＝ΦＮ／（２Ｕ）で表すことができる。

また、「出力係数」は、ロータ受風面積を単位時間に通過する自由空気流の運動エネルギーに対する風力発電機の正味出力の比である。

[0021] 図１の例では、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、ブレード２０の基端２１のロータ周方向中心点２１ａにおけるハブ１０の接線を、第１仮想線ＶＬ１とし、第１仮想線ＶＬ１に平行で、第１仮想線ＶＬ１からハブ１０とは反対側へブレード２０の長さＢＬの０．５０倍の長さ（０．５０ＢＬ）だけ離れた位置にある仮想線を、第２仮想線ＶＬ２としたとき、ブレード２０の前縁３１は、第２仮想線ＶＬ２よりもロータ径方向内側の部分に、第１前縁山部３６（一方の前縁山部）の突出先端３６ａを有し、第２仮想線ＶＬ２よりもロータ径方向外側の部分に、第２前縁山部３７（他方の前縁山部）の突出先端３７ａを有している。

この構成によれば、例えば第１前縁山部３６の突出先端３６ａと第２前縁山部３７の突出先端３７ａとの両方が第２仮想線ＶＬ２に対して同じ側にある場合に比べて、第１前縁山部３６と第２前縁山部３７とのロータ径方向位置が、ブレード２０の前縁３１内でより好適に分散されるので、より幅広い周速比の範囲に対して、十分良好な風力発電機の出力係数が得られるようになる。これにより、風の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

ここで、前縁山部の「突出先端」とは、前縁山部が有する山形状の頂点を

指すものとする。「ブレード２０の長さＢＬ」とは、ロータ１０の半径（Φ／２）からハブ１０の半径ｒを差し引いた長さ（（Φ／２）－ｒ）を指す。また、「ロータ１０の半径（Φ／２）」とは、ハブ１０の回転中心軸線Ｏ（ひいてはロータ１の回転中心軸線Ｏ）から、ブレード２０のロータ径方向最外端までの、距離を指す。なお、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、ハブ１０が円形状を有していない場合、「ハブ１０の半径ｒ」とは、当該投影面における、ハブ１０の外接円の半径を指すものとする。

本例では、ブレード２０の長さＢＬが３４９ｍｍであり、ハブ１０の半径ｒが１１４ｍｍである。

[0022] 図１の例では、上記投影面において、ブレード２０の前縁３１が、第１仮想線ＶＬ１と第２仮想線ＶＬ２との間に、第１前縁山部３６の突出先端３６ａを有している。

[0023] 図１に示す例のロータ１においては、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、第１仮想線ＶＬ１に平行で、第１仮想線ＶＬ１からハブ１０とは反対側へブレード２０の長さＢＬの０．２５倍、０．７５倍、１．００倍の長さだけ離れた位置にある仮想線を、それぞれ第３仮想線ＶＬ３、第４仮想線ＶＬ４、第５仮想線ＶＬ５としたとき、第１仮想線ＶＬ１に沿うブレード２０の幅ＢＷ１と、第２仮想線ＶＬ２に沿うブレード２０の幅ＢＷ２と、第３仮想線ＶＬ３に沿うブレード２０の幅ＢＷ３と、第４仮想線ＶＬ４に沿うブレード２０の幅ＢＷ４と、第５仮想線ＶＬ５に沿うブレード２０の幅ＢＷ５とが、次の不等式（１）と（２）を満たしている：

ＢＷ１＜ＢＷ３　・・・（１）

ＢＷ３＞ＢＷ２＞ＢＷ４＞ＢＷ５　・・・（２）

上記不等式（１）と（２）を満たすことにより、例えば第１仮想線ＶＬ１と平行に測ったブレード２０の幅が、第１仮想線ＶＬ１から第５仮想線ＶＬ５に向かって徐々に減少する場合（すなわち、ＢＷ１＞ＢＷ３＞ＢＷ２＞ＢＷ４＞ＢＷ５を満たす場合）に比べて、風の速度や向きの変動に対する発電

効率の安定性をさらに向上できる。

[0024] また、図１に示す例のロータ１においては、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、第１仮想線ＶＬ１に沿うブレード２０の幅ＢＷ１と、第５仮想線ＶＬ５に沿うブレード２０の幅ＢＷ５とが、次の不等式（３）を満たしている：

ＢＷ１＞ＢＷ５　・・・（３）

[0025] また、図１に示す例のロータ１においては、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、第１仮想線ＶＬ１に沿うブレード２０の幅ＢＷ１と、第２仮想線ＶＬ２に沿うブレード２０の幅ＢＷ２と、第４仮想線ＶＬ４に沿うブレード２０の幅ＢＷ４とが、次の不等式（４）を満たしている：

ＢＷ４＜ＢＷ１＜ＢＷ２　・・・（４）

[0026] また、図１に示す例のロータ１においては、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、２つの前縁山部３６、３７のうちの、ロータ径方向内側のほうの第１前縁山部３６の突出先端３６ａが、ブレード２０の前縁３１のロータ径方向内側端３３と、ロータ径方向外側のほうの第２前縁山部３７の突出先端３７ａとを結んだ、第１線分Ｌ１に対して、ロータ回転方向ＲＤの前側にある。

この構成によれば、例えば第１前縁山部３６の突出先端３６ａが第１線分Ｌ１に対してロータ回転方向ＲＤの後側にある場合に比べて、周速比が比較的低い時（例えば周速比が０．９２６の時）における出力係数をより大きく向上できる。

[0027] また、図１に示す例のロータ１においては、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、２つの前縁山部３６、３７のうちの、ロータ径方向外側のほうの第２前縁山部３７の突出先端３７ａが、ロータ径方向内側のほうの第１前縁山部３６の突出先端３６ａと、ブレード２０の前縁３１のロータ径方向外側端３５とを結んだ、第２線分Ｌ２に対して、ロータ回転方向ＲＤの前側にある。

この構成によれば、例えば第２前縁山部３７の突出先端３７ａが第２線分Ｌ２に対してロータ回転方向ＲＤの後側にある場合に比べて、周速比が比較的高い時（例えば周速比が５．５６の時）における出力係数をより大きく向上できる。

[0028] また、図１に示す例のロータ１においては、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、ブレード２０の後縁４１が、ブレード２０の後縁４１におけるロータ径方向内側端４３とロータ径方向外側端４５とを結んだ、第３線分Ｌ３と、１点で交差しており、ブレード２０の後縁４１のうち、第３線分Ｌ３との交点４２よりもロータ径方向内側の部分４６が、第３線分Ｌ３よりもロータ回転方向ＲＤの後側にあり、ブレード２０の後縁４１のうち、第３線分Ｌ３との交点４２よりもロータ径方向外側の部分４７が、第３線分Ｌ３よりもロータ回転方向ＲＤの前側にある。

この構成によれば、例えば前記投影面においてブレード２０の後縁４１がその全体にわたって直線状である場合に比べて、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

[0029] また、図１に示す例のロータ１においては、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、両方の前縁山部３６、３７の突出先端３６ａ、３７ａが、ブレード２０の前縁３１におけるロータ径方向内側端３３とロータ径方向外側端３５とを結んだ、第４線分Ｌ４に対して、ロータ回転方向前側にある。

この構成によれば、例えば前記投影面においてブレード２０の前縁３１がその全体にわたって直線状である場合に比べて、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

[0030] また、図１の例では、ブレード２０の前縁３１が、その全体にわたって、第４線分Ｌ４よりもロータ回転方向ＲＤの前側にある。

この構成によれば、例えばブレード２０の前縁３１がその全体にわたって直線状である場合に比べて、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

[0031] また、本例では、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な投影面において、前縁３１のロータ径方向外側端３５と後縁４１のロータ径方向外側端４５との両方が、第５仮想線ＶＬ５上にあるが、前縁３１のロータ径方向外側端３５又は後縁４１のロータ径方向外側端４５が、第５仮想線ＶＬ５よりもハブ１０側にあってもよい。

[0032] 図２に示すように、本例では、ブレード２０の厚さが、ブレード２０の基端２１からロータ径方向外側端に向かうにつれて、徐々に減少している。これにより、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

本明細書において、「ブレード２０の厚さ」は、第１仮想線ＶＬ１を含むとともにロータ１の回転中心軸線Ｏに平行な仮想面に対して平行な、任意の仮想面内において、ブレード２０の前縁３１と後縁４１とを通る仮想線に対して垂直に測ったときのブレード２０の厚さのうち、最大のものを指すものとする。

[0033] また、図２に示すように、本例では、ブレード２０のピッチ角（「ねじり角」とも呼ばれる。）が、ブレード２０の基端２１からロータ径方向外側端に向かうにつれて、徐々に減少している。これにより、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

本明細書において、「ピッチ角」とは、第１仮想線ＶＬ１を含むとともにロータ１の回転中心軸線Ｏに平行な仮想面に対して平行な、任意の仮想面内における、ブレード２０の前縁３１と後縁４１とを通る仮想線と、該任意の仮想面とロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な仮想面との交線との、鋭角側のなす角度である。

なお、第１仮想線ＶＬ１を含むとともにロータ１の回転中心軸線Ｏに平行な仮想面内におけるピッチ角は、３６．２～４０．０°であることが好ましく、本例では３８．１°である。また、第５仮想線ＶＬ５を含むとともにロータ１の回転中心軸線Ｏに平行な仮想面内におけるピッチ角は、７．１３～７．８９°であることが好ましく、本例では７．５１°である。

[0034] 図３は、図１に示すブレード２０を、ロータ１の回転中心軸線Ｏに対して垂直な方向に展開した図であり、すなわち、ブレード２０のピッチ角をブレード２０の全長にわたって０°にした状態を示している。

本例では、図３の展開図において、ブレード２０の前縁３１が、互いに異なる２つのロータ径方向位置のみで、ロータ回転方向ＲＤの前側へ山状に突出した前縁山部１３６、１３７を有している。

[0035] また、本例では、図３の展開図において、ブレード２０の前縁３１は、第２仮想線ＶＬ２よりもロータ径方向内側の部分に（より具体的には、第１仮想線ＶＬ１と第２仮想線ＶＬ２との間に）、第１前縁山部１３６の突出先端１３６ａを有し、第２仮想線ＶＬ２よりもロータ径方向外側の部分に、第２前縁山部１３７の突出先端１３７ａを有している。

[0036] 本例のロータ１では、図３の展開図において、第１仮想線ＶＬ１に沿うブレード２０の幅ＢＷ１１と、第２仮想線ＶＬ２に沿うブレード２０の幅ＢＷ１２と、第３仮想線ＶＬ３に沿うブレード２０の幅ＢＷ１３と、第４仮想線ＶＬ４に沿うブレード２０の幅ＢＷ１４と、第５仮想線ＶＬ５に沿うブレード２０の幅ＢＷ１５とが、次の不等式（４）と（５）を満たしている：

ＢＷ１１＜ＢＷ１３　・・・（５）

ＢＷ１３＞ＢＷ１２＞ＢＷ１４＞ＢＷ１５　・・・（６）

[0037] また、本例のロータ１では、図３の展開図において、第１仮想線ＶＬ１に沿うブレード２０の幅ＢＷ１１と、第５仮想線ＶＬ５に沿うブレード２０の幅ＢＷ１５とが、次の不等式（６）を満たしている：

ＢＷ１１＞ＢＷ１５　・・・（７）

[0038] また、本例のロータ１においては、図３の展開図において、第１仮想線ＶＬ１に沿うブレード２０の幅ＢＷ１１と、第２仮想線ＶＬ２に沿うブレード２０の幅ＢＷ１２とが、次の不等式（８）を満たしている：

ＢＷ１２＜ＢＷ１１　・・・（８）

[0039] また、本例のロータ１では、図３の展開図において、２つの前縁山部１３６、１３７のうちの、ロータ径方向内側のほうの第１前縁山部１３６の突出

先端１３６ａが、ブレード２０の前縁３１のロータ径方向内側端３３と、ロータ径方向外側のほうの第２前縁山部１３７の突出先端１３７ａとを結んだ、第１線分Ｌ１１に対して、ロータ回転方向ＲＤの前側にある。

[0040] また、本例のロータ１では、図３の展開図において、２つの前縁山部１３６、１３７のうちの、ロータ径方向外側のほうの第２前縁山部１３７の突出先端１３７ａが、ロータ径方向内側のほうの第１前縁山部１３６の突出先端１３６ａと、ブレード２０の前縁３１のロータ径方向外側端３５とを結んだ、第２線分Ｌ１２に対して、ロータ回転方向ＲＤの前側にある。

[0041] また、本例のロータ１では、図３の展開図において、ブレード２０の後縁４１が、ブレード２０の後縁４１におけるロータ径方向内側端４３とロータ径方向外側端４５とを結んだ、第３線分Ｌ３と、１点で交差しており、ブレード２０の後縁４１のうち、第３線分Ｌ３との交点１４２よりもロータ径方向内側の部分１４６が、第３線分Ｌ３よりもロータ回転方向ＲＤの後側にあり、ブレード２０の後縁４１のうち、第３線分Ｌ３との交点１４２よりもロータ径方向外側の部分１４７が、第３線分Ｌ３よりもロータ回転方向ＲＤの前側にある。

[0042] また、本例のロータ１では、図３の展開図において、両方の前縁山部１３６、１３７の突出先端１３６ａ、１３７ａが、ブレード２０の前縁３１におけるロータ径方向内側端３３とロータ径方向外側端３５とを結んだ、第４線分Ｌ４に対して、ロータ回転方向前側にある。

[0043] また、本例のロータ１では、図３の展開図において、ブレード２０の前縁３１が、その全体にわたって、第４線分Ｌ４よりもロータ回転方向ＲＤの前側にある。

[0044] また、本例のロータ１では、図３の展開図において、第１仮想線ＶＬ１、第２仮想線ＶＬ２、第３仮想線ＶＬ３、第４仮想線ＶＬ４、第５仮想線ＶＬ５上において、ブレード２０の前縁３１と後縁４１とから等距離にある点を、それぞれ第１中心点Ｐ１、第２中心点Ｐ２、第３中心点Ｐ３、第４中心点Ｐ４、第５中心点Ｐ５としたとき、第２中心点Ｐ２と第３中心点Ｐ３とは、

第１中心点Ｐ１と第４中心点Ｐ４とを結んだ線分上にある。また、本例では、第１中心点Ｐ１と第４中心点Ｐ４とを結んだ線分と、第４中心点Ｐ４と第５中心点Ｐ５とを結んだ線分との、なす角度θが、１３３°である。

これにより、流体の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性をさらに向上できる。

ただし、上記のなす角度θは、その他の値をとってもよく、１２０～１４６°であるのが好ましい。

図３の例では、その展開図において、第１中心点Ｐ１と、ブレード２０の基端２１のロータ周方向中心点２１ａとが、重なっている。

実施例

[0045] 比較例１～４のロータと本発明の実施例１のロータとの性能を、解析により評価した。比較例１～４、実施例１の各ロータは、互いにブレードの形状のみを異ならせたものとし、いずれも、ロータの直径Φを９２６ｍｍ、ブレードの長さＢＬを３４９ｍｍ、ハブの半径ｒを１１４ｍｍし、ブレードの数を３つとした。

比較例１のロータは、ブレードの前縁及び後縁が、ブレードの全長にわたって直線状であるものとした。

比較例２～４のロータは、ブレードの前縁及び後縁が、それぞれ、第３仮想線ＶＬ３、第２仮想線ＶＬ２、第４仮想線ＶＬ４の位置で、ロータ回転方向前側に凸に湾曲するものとした。

実施例１のロータは、上述した図１～図３の例におけるブレード形状を有するものとした。

各ロータの他の諸元を、表１に示す。

表１において、「ブレード幅中心線」とは、ブレードにおける、第１中心点Ｐ１、第３中心点Ｐ３、第２中心点Ｐ２、第４中心点Ｐ４、及び第５中心点Ｐ５を、この順番で線分により繋げてなる仮想線を指している。「0.25BLで屈曲」、「0.50BLで屈曲」、「0.75BLで屈曲」とは、それぞれ、上記のブレード幅中心線が、第３中心点Ｐ３で屈曲、第２中心点Ｐ２で屈曲、第４中

心点Ｐ４で屈曲していることを指している。

[0046] [表1]

	ブレード幅中心線	θ［°］	前縁山部の数	出力係数		
				λ=0.926	λ=2.78	λ=5.56
比較例１	直線	180	0	0.090	0.388	0.147
比較例２	0.25BL で屈曲	133	1	0.120	0.389	0.159
比較例３	0.50BL で屈曲	142	1	0.092	0.389	0.170
比較例４	0.75BL で屈曲	133	1	0.088	0.396	0.202
実施例１	0.75BL で屈曲	133	2	0.106	0.387	0.263

[0047] 表１から判るように、実施例１のロータは、比較例１～４のロータと比較して、周速比λ＝0.926、λ＝2.78、λ＝5.56の全ての場合において、十分に良好な出力係数が得られていることから、風の速度や向きの変動に対する発電効率の安定性がより高いといえる。

なお、実施例１のロータでは、周速比λ=3.7のときに出力係数が最大（0.398）となった。

産業上の利用可能性

[0048] 本発明のロータは、例えば水平軸ロータ等を用いた風力発電機や、水力発電機等の、風力又は水力風力又は水力により得られる動力を利用する風水力機械に用いることができる。

符号の説明

[0049] １　ロータ

１０　ハブ

２０　ブレード

２１　ブレードの基端

２１ａ　ブレードの基端のロータ周方向中心点

３１　前縁

３３　前縁のロータ径方向内側端

３５　前縁のロータ径方向外側端

３６、１３６　第１前縁山部（ロータ径方向内側のほうの前縁山部）

３６ａ、１３６ａ　第１前縁山部の突出先端

３７、１３７　第２前縁山部（ロータ径方向外側のほうの前縁山部）

３７ａ、１３７ａ　第２前縁山部の突出先端

４１　後縁

４２、１４２　後縁の、第３線分との交点

４３　後縁のロータ径方向内側端

４５　後縁のロータ径方向外側端

４６、１４６　後縁のうち、第３線分との交点よりもロータ径方向内側の部分

４７、１４７　後縁のうち、第３線分との交点よりもロータ径方向外側の部分

Ｏ　ロータの回転中心軸線

ＲＤ　回転方向

ｒ　ハブの半径

Φ　ロータの直径

θ　角度

請求の範囲

[請求項1] 主軸に支持されるハブと、該ハブに基端が結合されたブレードとを備える、風水力機械用のロータであって、

ロータの回転中心軸線に対して垂直な投影面において、前記ブレードの前縁が、互いに異なる２つのロータ径方向位置のみで、ロータ回転方向前側へ山状に突出した前縁山部を有することを特徴とする、ロータ。

[請求項2] 前記投影面において、

前記ブレードの前記基端のロータ周方向中心点における前記ハブの接線を、第１仮想線ＶＬ１とし、

前記第１仮想線ＶＬ１に平行で、前記第１仮想線ＶＬ１から前記ハブとは反対側へ前記ブレードの長さＢＬの０．５０倍の長さだけ離れた位置にある仮想線を、第２仮想線ＶＬ２としたとき、

前記ブレードの前縁は、前記第２仮想線ＶＬ２よりもロータ径方向内側の部分に、一方の前記前縁山部の突出先端を有し、前記第２仮想線ＶＬ２よりもロータ径方向外側の部分に、他方の前記前縁山部の突出先端を有している、請求項１に記載のロータ。

[請求項3] 前記投影面において、

前記第１仮想線ＶＬ１に平行で、前記第１仮想線ＶＬ１から前記ハブとは反対側へ前記ブレードの長さＢＬの０．２５倍、０．７５倍、１．００倍の長さだけ離れた位置にある仮想線を、それぞれ第３仮想線ＶＬ３、第４仮想線ＶＬ４、第５仮想線ＶＬ５としたとき、

前記第１仮想線ＶＬ１に沿う前記ブレードの幅ＢＷ１と、前記第２仮想線ＶＬ２に沿う前記ブレードの幅ＢＷ２と、前記第３仮想線ＶＬ３に沿う前記ブレードの幅ＢＷ３と、前記第４仮想線ＶＬ４に沿う前記ブレードの幅ＢＷ４と、前記第５仮想線ＶＬ５に沿う前記ブレードの幅ＢＷ５とが、不等式

ＢＷ１＜ＢＷ３

ＢＷ３＞ＢＷ２＞ＢＷ４＞ＢＷ５

を満たしている、請求項２に記載のロータ。

[請求項4] 前記投影面において、

前記２つの前縁山部のうちの、ロータ径方向内側のほうの前記前縁山部の突出先端が、前記ブレードの前縁のロータ径方向内側端と、ロータ径方向外側のほうの前記前縁山部の突出先端とを結んだ、第１線分Ｌ１に対して、ロータ回転方向前側にある、請求項１～３のいずれか一項に記載のロータ。

[請求項5] 前記投影面において、

前記２つの前縁山部のうちの、ロータ径方向外側のほうの前記前縁山部の突出先端が、ロータ径方向内側のほうの前記前縁山部の突出先端と、前記ブレードの前縁のロータ径方向外側端とを結んだ、第２線分Ｌ２に対して、ロータ回転方向前側にある、請求項１～３のいずれか一項に記載のロータ。

[請求項6] 前記投影面において、

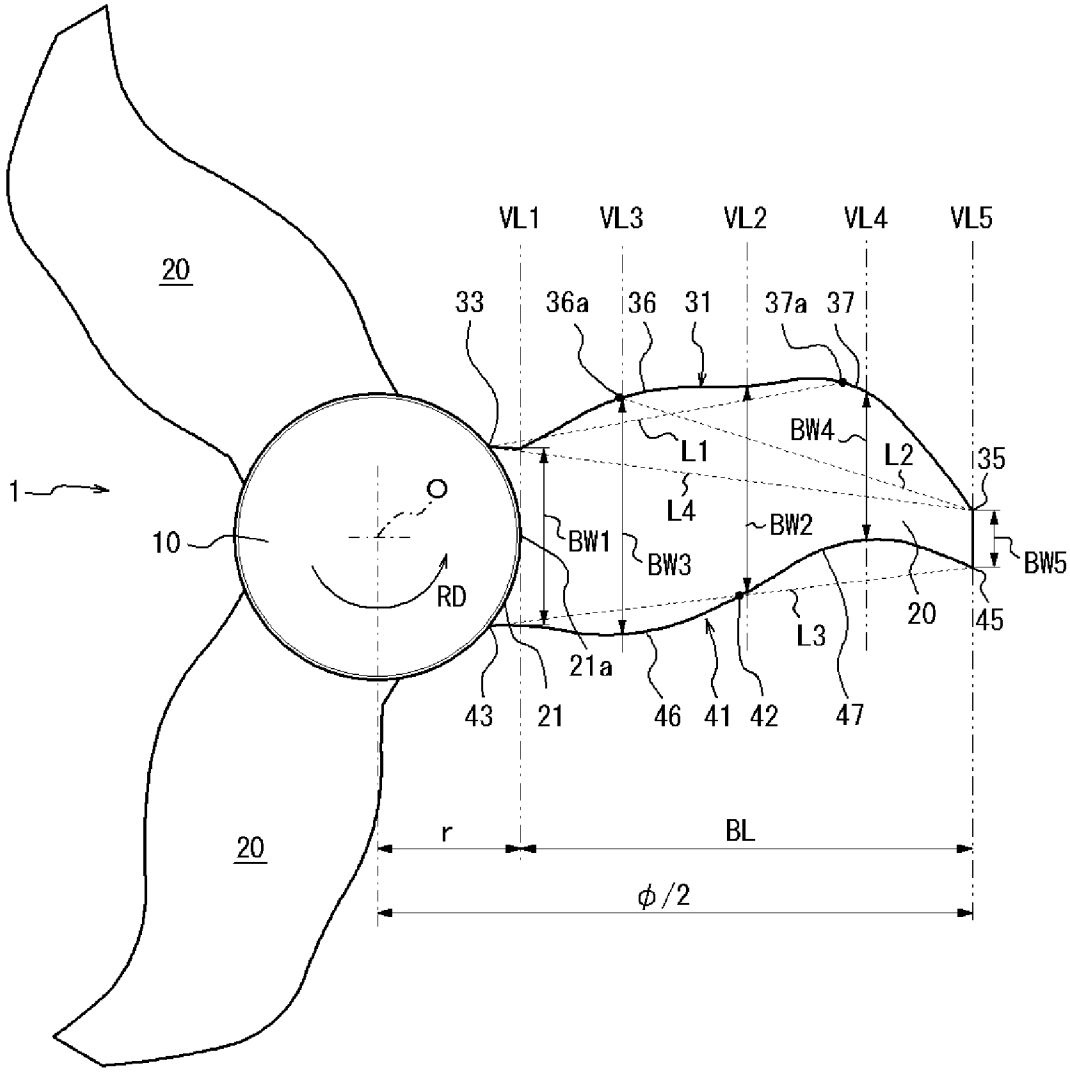
前記ブレードの後縁は、前記ブレードの後縁におけるロータ径方向内側端とロータ径方向外側端とを結んだ、第３線分Ｌ３と、１点で交差しており、

前記ブレードの後縁のうち、前記第３線分Ｌ３との交点よりもロータ径方向内側の部分が、前記第３線分Ｌ３よりもロータ回転方向後側にあり、

前記ブレードの後縁のうち、前記第３線分Ｌ３との交点よりもロータ径方向外側の部分が、前記第３線分Ｌ３よりもロータ回転方向前側にある、請求項１～３のいずれか一項に記載のロータ。

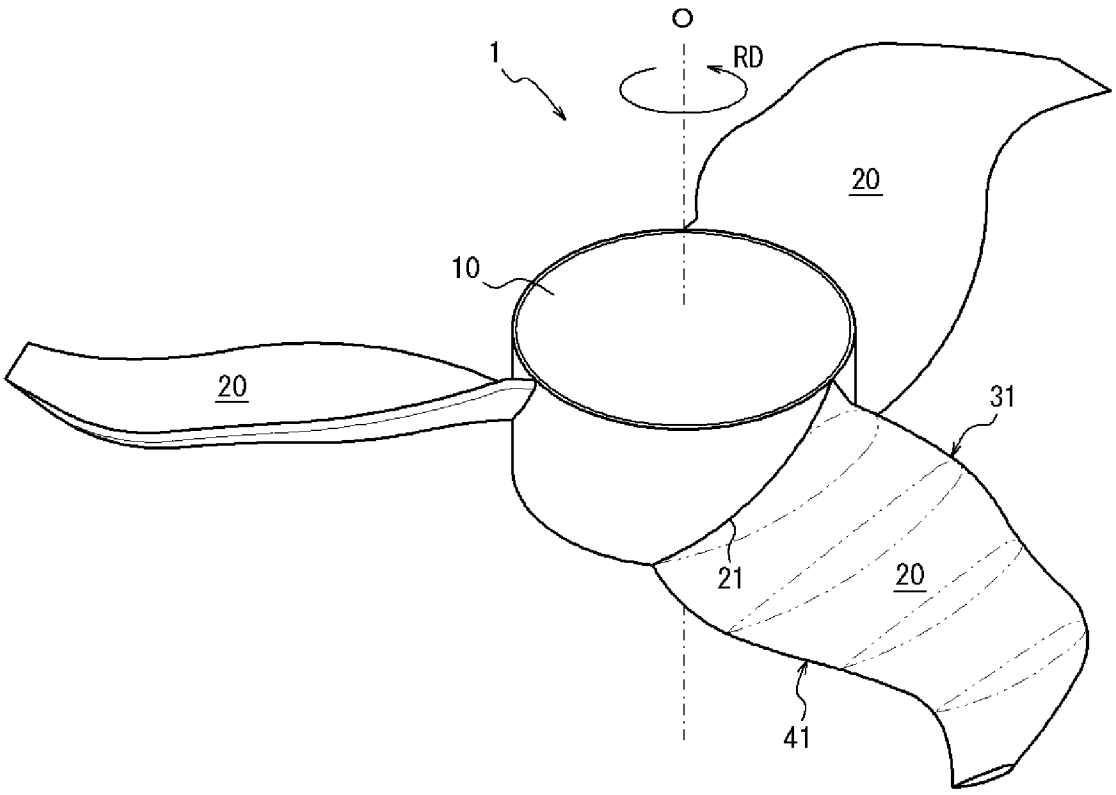
[図1]

FIG. 1


VL1
VL3
VL2
VL4
VL5
20
33
36a
36
31
37a
37
BW4
L1
L2
35
1
O
L4
10
BW1
BW3
BW2
BW5
RD
20
45
L3
21a
43
21
46
41
42
47
20
r
BL
φ/2

[図2]

FIG. 2



[図3]

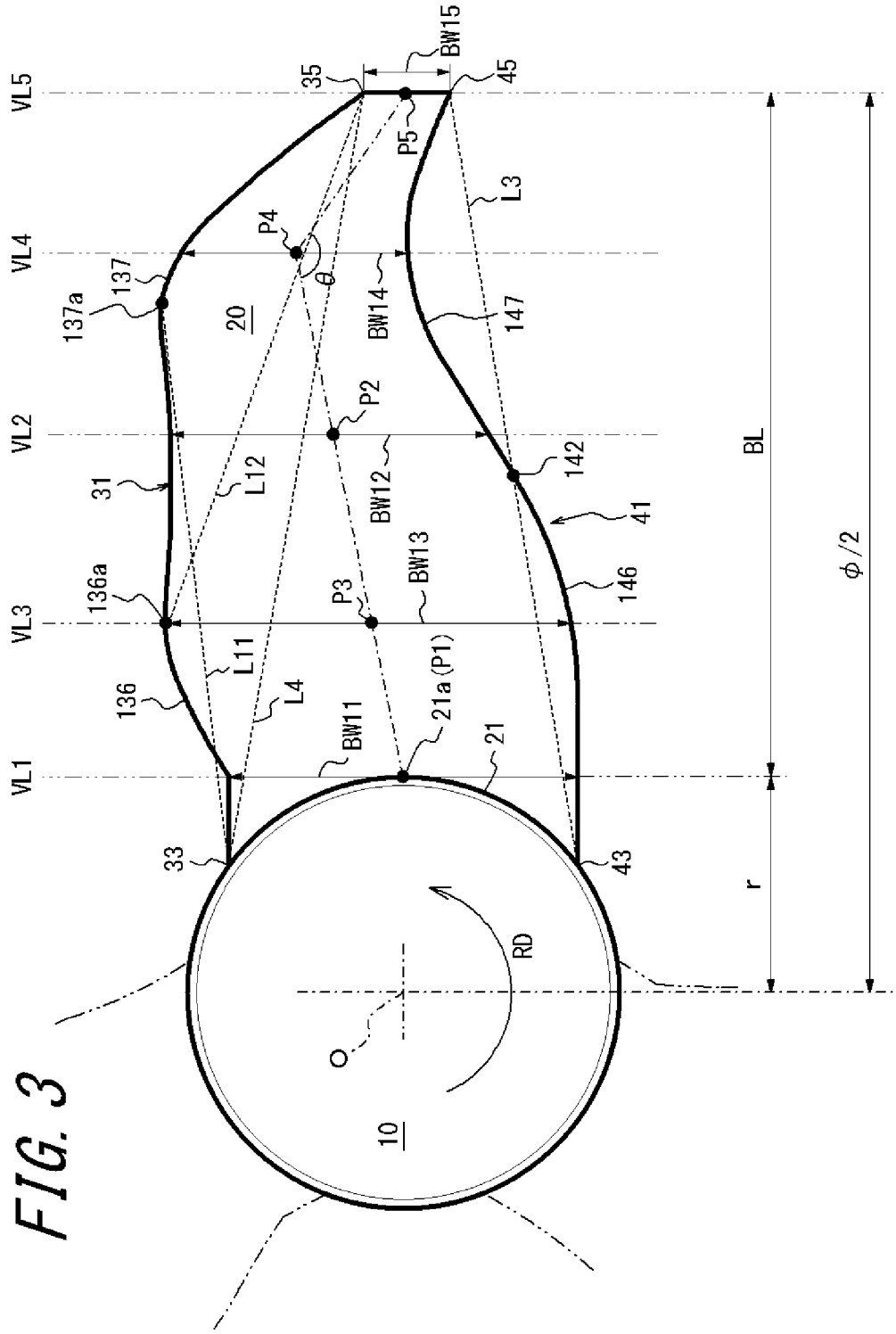

VL5
VL4
VL2
VL3
VL1
35
BW15
45
P5
L3
P4
θ
137
137a
20
BW14
147
P2
142
31
L12
BW12
41
136a
P3
BW13
146
L11
L4
136
BW11
21a (P1)
21
33
43
BL
ϕ/2
r
RD
O
10

FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/005837

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F03D80/00(2016.01)i, *F03B3/04*(2006.01)i, *F03B3/12*(2006.01)i, *F03D1/06*(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)
F03D80/00, F03B3/04, F03B3/12, F03D1/06

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 A	JP 2004-137910 A (Tsuneo NOGUCHI), 13 May 2004 (13.05.2004), paragraphs [0014] to [0033]; fig. 2(B) (Family: none)	1-2,4-5 3,6
X A	US 2014/0205452 A1 (PERKINSON, Robert H.), 24 July 2014 (24.07.2014), fig. 1 (Family: none)	1-3 4-6
A	JP 2006-152864 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 15 June 2006 (15.06.2006), entire text; all drawings (Family: none)	6

☒ 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	Date of mailing of the international search report
03 February 2016 (03.02.16)	16 February 2016 (16.02.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/005837

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/0293432 A1 (HIBBARD et al.), 01 December 2011 (01.12.2011), entire text; all drawings & WO 2010/086297 A2	6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／００５８３７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F03D80/00(2016.01)i, F03B3/04(2006.01)i, F03B3/12(2006.01)i, F03D1/06(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F03D80/00, F03B3/04, F03B3/12, F03D1/06

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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 A	JP 2004-137910 A (野口　常夫) 2004.05.13, 段落0014-0033,図2(B) (ファミリーなし)	1-2,4-5 3,6
X A	US 2014/0205452 A1 (PERKINSON, Robert H.) 2014.07.24, Fig.1 (ファミリーなし)	1-3 4-6
A	JP 2006-152864 A (石川島播磨重工業株式会社) 2006.06.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	6

☑　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	国際調査報告の発送日
０３．０２．２０１６	１６．０２．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
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）　３Ｏ　３９２５
佐藤　秀之
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８

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	US 2011/0293432 A1 (HIBBARD et al.) 2011.12.01, 全文,全図 & WO 2010/086297 A2	6