

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6691616号
(P6691616)

(45) 発行日 令和2年4月28日(2020.4.28)

(24) 登録日 令和2年4月14日(2020.4.14)

(51) Int.Cl. F I
FO3D 1/06 (2006.01) FO3D 1/06 A

請求項の数 34 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2018-557210 (P2018-557210)	(73) 特許権者	512197272
(86) (22) 出願日	平成29年1月26日 (2017.1.26)		ヴォッペン プロパティーズ ゲーエムベ ーハー
(65) 公表番号	特表2019-502870 (P2019-502870A)		WOBBEN PROPERTIES G MBH
(43) 公表日	平成31年1月31日 (2019.1.31)		ドイツ連邦共和国 26607 アウリッ ヒ ボアシヒシュトラーセ 26
(86) 国際出願番号	PCT/EP2017/051673		Borsigstrasse 26, 2 6607 Aurich Germany
(87) 国際公開番号	W02017/129691	(74) 代理人	100080816
(87) 国際公開日	平成29年8月3日 (2017.8.3)		弁理士 加藤 朝道
審査請求日	平成30年9月19日 (2018.9.19)	(74) 代理人	100098648
(31) 優先権主張番号	102016201114.6		弁理士 内田 深人
(32) 優先日	平成28年1月26日 (2016.1.26)	(74) 代理人	100119415
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)		弁理士 青木 充

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 風力発電装置のロータブレード及び風力発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

風力発電装置のための、吸引面と与圧面を有するロータブレードであって、

- ・ロータブレード(1)をロータハブに取り付けるためのハブ領域(I)のロータブレード翼根部(4)と、
- ・該ロータブレード翼根部(4)の反対側の翼端領域(III)に位置付けられたロータブレード翼端部(5、7)と

を有し、

- ・前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、ロータブレードは、その後縁に棘状延長部を有する翼厚プロフィールを有し、

前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロフィールは、

- ・前記吸引面側の前記後縁の第1棘状延長部、及び、
- ・前記与圧面側の前記後縁の第2棘状延長部

を有し、

- ・前記ハブ領域の範囲において、前記後縁は平坦な又は湾曲した後縁であり、
- ・前記翼厚プロフィールは、前記吸引面側に前記後縁の第1棘状延長部を有しかつ前記与圧面側に前記後縁の第2棘状延長部を有し、該第1棘状延長部と該第2棘状延長部との間には平坦底部を有する谷部(K)が形成されており、
- ・前記第1棘状延長部と前記第2棘状延長部との間の谷部(K)の平坦底部は、前記ハブ領域(I)のハブ近位領域(I₁)においては、外部に向かって湾曲されており、かつ、

前記ハブ領域 (I) のハブ遠位領域 (I₂) においては、内部に向かって湾曲されており、及び、

前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは、前記吸引面及び/又は前記与圧面上に、流れスタビライザ及び/又は渦発生器を有する、
ロータブレード。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは、40%より大きい相対翼厚を有する、
ロータブレード。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域の範囲において、前記平坦な又は湾曲した後縁は、5%より大きい相対翼厚を有する、
ロータブレード。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のロータブレードにおいて、
前記後縁から測定された前記棘状延長部の相対棘長さは25%未満であり及び/又は少なくとも前記後縁の5%の相対翼厚より大きい、
ロータブレード。

20

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記後縁は鋸歯形状を有する、
ロータブレード。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のロータブレードにおいて、
前記流れスタビライザはスポイラ、境界層フェンス、境界層吸引部からなる群から選択される、
ロータブレード。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のロータブレードにおいて、
前記渦発生器はフィン、スタッド、ディンプル、ウェブ、噴出又は吸引構造体からなる群から選択される、
ロータブレード。

30

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
・前記ハブ領域 (I) のハブ近位領域 (I₁) において、前記翼厚プロファイルはその平坦後縁に第1相対翼厚と前記棘状延長部とを有し、
・前記ハブ領域 (I) のハブ遠位領域 (I₂) において、前記翼厚プロファイルの後縁は、棘状延長部を有しない尖頭状後縁を有するか又は前記棘状延長部を有するより小さい第2相対翼厚を有する平坦後縁を有する、
ロータブレード。

40

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
・前記ハブ領域 (I) のハブ近位領域 (I₁) において、前記翼厚プロファイルはその平坦後縁に前記棘状延長部を有し、
・前記ハブ領域 (I) のハブ遠位領域 (I₂) において、前記翼厚プロファイルの後縁は、棘状延長部を有しない平坦後縁を有する、
ロータブレード。

【請求項 10】

50

請求項 1 ~ 9 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域 (I) の、前記ハブ領域 (I) のハブ近位領域 (I₁) と、前記ハブ領域 (I) のハブ遠位領域 (I₂) との間において、前記翼厚プロフィールは最大翼弦長を有する、

ロータブレード。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記翼厚プロフィールの翼弦長 (3) に対する翼厚 (2) の比として定義される相対翼厚は、前記ハブ領域 (I) のロータブレード翼根部 (4) と前記翼端領域 (I I I) のロータブレード翼端部 (5、7) の間の中央領域 (I I) に、局所的最大を有する、

ロータブレード。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のロータブレードにおいて、
前記局所的最大の相対翼厚は、35% ~ 50% である、

ロータブレード。

【請求項 13】

請求項 11 又は 12 に記載のロータブレードにおいて、
ロータブレード (1) は、前記局所的最大の範囲に、1500 mm ~ 3500 mm の絶対翼弦長 (3) を有する、

ロータブレード。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
・ロータブレード (1) は、第 1 ロータブレード部分と第 2 ロータブレード部分とから構成されており、
・該第 1 ロータブレード部分は前記ロータブレード翼根部 (4) を有し、かつ、該第 2 ロータブレード部分は前記ロータブレード翼端部 (7) を有し、
・該第 1 及び第 2 ロータブレード部分は、分離箇所において互いに結合されている、

ロータブレード。

【請求項 15】

請求項 14 に記載のロータブレードにおいて、
前記分離箇所は、ロータブレード翼根部 (4) とロータブレード翼端部 (7) との間の中央領域 (I I) に及び / 又は 前記翼厚プロフィールの翼弦長 (3) に対する翼厚 (2) の比として定義される相対翼厚の局所的最大の領域に配されている、

ロータブレード。

【請求項 16】

請求項 1 ~ 15 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
ロータブレード (1) は、前記ハブ領域 (I) のハブ近位領域 (I₁) に、少なくとも 3900 mm の絶対翼弦長 (3) を有する、

ロータブレード。

【請求項 17】

請求項 1 ~ 16 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
ロータブレード (1) は、前記ロータブレード翼根部 (4) から出発してその全長の 90% ~ 95% の範囲に、最大で 1000 mm の絶対翼弦長 (3) を有する、

ロータブレード。

【請求項 18】

請求項 1 ~ 17 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
ロータブレードは、ロータブレード翼根部 (4) とロータブレード翼端部 (7) との間の中央領域 (I I) に、前記ハブ領域 (I) における翼弦長の 20% ~ 30% に相当する翼弦長を有する、

ロータブレード。

10

20

30

40

50

【請求項 19】

請求項 1 ~ 18 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロフィールは 50% より大きい相対翼厚を有する、
ロータブレード。

【請求項 20】

請求項 1 ~ 19 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記翼厚プロフィールは実質的に円筒形ないし卵形のコア (11') の形で形成されている、
ロータブレード。

10

【請求項 21】

請求項 1 ~ 20 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記翼厚プロフィールの翼弦長 (3) に対する翼厚 (2) の比として定義される相対翼厚及び / 又は絶対翼厚は、ロータブレード翼根部 (4) からロータブレード翼端部 (5、7) に向かって減少する、
ロータブレード。

【請求項 22】

請求項 1 ~ 21 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記後縁の前記第 1 棘状延長部 (R1) と前記第 2 棘状延長部 (R2) は、60°未満の円周角で配置されており、該円周角は迎角を有しない翼厚プロフィール軸を基準として測定される、
ロータブレード。

20

【請求項 23】

請求項 1 ~ 22 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域 (I) の前記ハブ近位領域 (I₁) において、前記吸引面側の前記後縁の前記第 1 棘状延長部は、前記与圧面側の前記後縁の前記第 2 棘状延長部の相対棘長さより短い相対棘長さを有する、
ロータブレード。

【請求項 24】

請求項 1 ~ 23 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域 (I) の前記ハブ近位領域 (I₁) において、前記与圧面側の前記後縁の前記第 2 棘状延長部は、前記吸引面側の前記後縁の前記第 1 棘状延長部の配向よりもより大きく該与圧面に向かって傾けられている配向を有する、
ロータブレード。

30

【請求項 25】

請求項 1 ~ 24 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域 (I) において、前記吸引面 (S) 側の前記後縁の前記第 1 棘状延長部 (R1) は、円周角 (1) が実質的に一定のままで、前記翼端領域 (III) の方向に延伸し、かつ、前記与圧面 (D) 側の前記後縁の前記第 2 棘状延長部 (R2) は、円周角 (2) が実質的に減少しつつ、前記翼端領域 (III) の方向に延伸している、
ロータブレード。

40

【請求項 26】

請求項 1 ~ 25 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域 (I) において、前記後縁の前記第 1 棘状延長部 (R1) と前記後縁の前記第 2 棘状延長部 (R2) は合流する、
ロータブレード。

【請求項 27】

請求項 1 ~ 26 の何れかに記載のロータブレードにおいて、
前記ハブ領域 (I) において、前記与圧面 (D) 側の前記後縁の前記第 2 棘状延長部 (R2) は、与圧面側の下面の該与圧面に向かって湾曲された推移を有する、

50

ロータブレード。

【請求項 28】

請求項 1 ~ 27 の何れかに記載のロータブレードにおいて、

前記ハブ領域 (I) において、前記与圧面側の前記後縁の前記第 2 棘状延長部は、該与圧面に向かって湾曲されたリップを有する、

ロータブレード。

【請求項 29】

請求項 28 に記載のロータブレードにおいて、

前記リップは、与圧面側の下面 (U) の該与圧面に向かって湾曲された推移に対する空気力学的な移行部を有する、

ロータブレード。

【請求項 30】

請求項 28 又は 29 に記載のロータブレードにおいて、

前記リップは、スポイラリップ又はガーニフリップである、

ロータブレード。

【請求項 31】

請求項 1 ~ 30 の何れかに記載のロータブレードにおいて、

前記第 1 棘状延長部と前記第 2 棘状延長部の間の谷部の領域における正規化された流れの単位 Ma (マッハ) で表された流速は、 $0.01 Ma$ ~ 最大で $0.1 Ma$ である、

ロータブレード。

【請求項 32】

請求項 1 ~ 31 の何れかに記載のロータブレードにおいて、

滑空比は、迎角が 5° までの場合、1 より大きくかつ 10 より小さい、

ロータブレード。

【請求項 33】

請求項 1 ~ 32 の何れかに記載のロータブレードにおいて、

前記ハブ領域 (I) のハブ近位領域 (I_1) から前記ハブ領域 (I) のハブ遠位領域 (I_2) に向かって、滑空比は増大し及び / 又はロータブレードの翼厚プロフィルの迎角は減少する、

ロータブレード。

【請求項 34】

ロータを有する風力発電装置であって、該ロータは請求項 1 ~ 33 の何れかに記載のロータブレード (1、1') を少なくとも 1 つ有する、

風力発電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、風力発電装置のロータブレード及び風力発電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

風力発電装置のロータのためのロータブレードは一般的に既知である。そのようなロータブレードは、特別な空気力学的要求を考慮する翼厚プロフィル (翼断面 (翼弦方向の断面) プロフィル即ち輪郭形状) を有する。

【0003】

風力発電装置は例えば複数のロータブレードを有する空気力学的ロータを有するが、これは図 1 に例示されている。そのようなロータブレードの空気力学的特性は、ロータブレードの性能 (可能出力) に、従って風力発電装置の性能 (可能出力) に影響を及ぼす。ロータブレードの性能を向上するために、その翼厚プロフィルが最適化される。例えば風が弱い地域において、即ちとりわけ内陸部において、可及的に常時の電流 (電力) 生成を保証するためには、空気力学的ロータは、80 m を超えることもあるロータ径を有する。そ

10

20

30

40

50

のような大型の風力発電装置では、従って、極めて大きなロータブレードでは、ロータブレードの質量は大きくなる。大型かつ重いロータブレードは、運転時に風力発電装置に作用する大きな負荷を生成する。更に、製造及び各建設地への輸送は複雑かつ困難である。ツープース型の（2つの部分から構成される）ロータブレードの実現は、これはそのような大型のロータブレードの輸送のためにはより好都合であろうが、生成する負荷や付加的に分離箇所によって引き起こされる安定性低下のために、限定的にしか可能ではない。

【0004】

とりわけハブ領域における、ロータブレードの翼厚プロフィルの形状は、例えばロータブレードの翼端領域におけるものとは異なるある種の要求が課されている。その概要は、例えばBarbara Souza-Heinzelmannの博士論文“Stroemungsbeeinflussung bei Rotorblättern von Windenergieanlagen mit Schwerpunkt auf Grenzschichtabsaugung”（ベルリン、2011年6月23日）に記載されている。そこでは、空気力学的設計及びロータブレードの周囲の流れに対する種々の形の流れの影響が原理的に（基本的に）説明されている。とりわけ、この博士論文の図4-3は、ロータブレードを3つの領域即ちハブ領域、中央領域及び翼端領域に区分することを示している。流れの影響の対策は、例えば図5-7に示されている渦発生器ないしスポイラ或いは図5-8に示されている境界層フェンス（境界層板）で行い得る。

【0005】

本出願人のロータブレードのハブ領域における翼厚プロフィルの傑出した形状は、その論文の図4-6において言及されている。例えばWO 2013/153 009からは、ロータブレードの翼弦長が増大するハブへのロータブレード接続部の付加物（Ansatz）が知られている。本出願人のDE 10 2013 210 901 A1には、例えば、この付加物と境界層フェンス等との組み合わせが開示されている。

【0006】

ロータブレード接続部の上記のものとは原理的に異なる1つの可能性は、ハブ領域における翼弦長の減少であるが、これにより、ロータブレードの中央領域における標準的翼厚プロフィルの形状から出発し、楕円（長円）形の翼断面（形状）を経由して、ハブ接続のためのほぼ円形の翼断面（形状）に変化する。これは、例えばDE 10 2008 052 858 B9に記載されているが、そのロータブレードは切頭後縁を有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】WO 2013/153 009 A1

【特許文献2】DE 10 2013 210 901 A1

【特許文献3】DE 10 2008 052 858 B9

【特許文献4】DE 10 2014 108 917 A1

【特許文献5】WO 2014/025 252 A1

【特許文献6】EP 2 568 166 A1

【特許文献7】DE 10 2014 206 345 A1

【特許文献8】DE 10 2013 101 232 A1

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Barbara Souza-Heinzelmann, “Stroemungsbeeinflussung bei Rotorblättern von Windenergieanlagen mit Schwerpunkt auf Grenzschichtabsaugung”（ベルリン、2011年6月23日）

【非特許文献2】Standish et al., “Aerodynamic Analysis of Blunt Trailing Edge Airfoils”, Journal of Solar Energy Engineering, vol. 125, p.479-486（2003年11月）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

10

20

30

40

50

しかしながら、ロータブレード翼厚プロファイルの切頭後縁、いわゆるフラットバック（Flatback）翼厚プロファイルにおいて原理的に問題であるのは、原理的に依然として存在する制限された揚力特性を考慮したとしても、後縁に流れの剥離があることである。この問題の良好な概観は、例えばStandish et al. の文献“ Aerodynamic Analysis of Blunt Trailing Edge Airfoils ”, Journal of Solar Energy Engineering, vol. 125, p.479-486（2003年11月）に与えられている。

【0010】

ドイツ特許商標庁は本願の優先権主張の基礎出願において以下の先行技術文献をサーチした：DE 10 2014 108917 A1、WO 2014/025252 A1、WO 2013/153009 A1、DE 10 2013 210901 A1、EP 2 568 166 A1、DE 10 2014 206345 A1、DE 10 2008 052858 B9及びDE 10 2013 101232 A1。

10

【0011】

それゆえ、本発明の課題は上記の問題の少なくとも1つを除去ないし軽減すること、とりわけ何れにせよハブ領域において制限された良好な揚力値を尚も有し、それにも拘らず、後縁渦発生の問題が軽減されるロータブレードを提供することである。とりわけ、ロータブレードは、ハブ領域において、選択的に増大する翼厚又は減少する翼厚を有するが、何れにせよ、ハブ領域におけるこの翼厚の部分において、比較的より簡単な輸送が可能となるよう構成されることが望まれる。

【課題を解決するための手段】

20

【0012】

ロータブレードに関する課題は請求項1のロータブレードによって解決される。本発明は請求項34の風力発電装置も提供する。

即ち、本発明の一視点により、風力発電装置のための、吸引面と与圧面を有するロータブレードが提供される。該ロータブレードは、

- ・ロータブレードをロータハブに取り付けるためのハブ領域のロータブレード翼根部と、
- ・該ロータブレード翼根部の反対側の翼端領域に位置付けられたロータブレード翼端部とを有し、

- ・前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、ロータブレードは、その後縁に棘状延長部を有する翼厚（翼断面）プロファイルを有し、

30

前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは、

- ・前記吸引面側の前記後縁の第1棘状延長部、及び、
- ・前記与圧面側の前記後縁の第2棘状延長部

を有し、

- ・前記ハブ領域において、前記後縁は平坦な又は湾曲した後縁であり、

前記翼厚プロファイルは、前記吸引面側に前記後縁の第1棘状延長部を有しかつ前記与圧面側に前記後縁の第2棘状延長部を有し、該第1棘状延長部と該第2棘状延長部との間には平坦底部を有する谷部が形成されており、

前記第1棘状延長部と前記第2棘状延長部との間の谷部の平坦底部は、前記ハブ領域のハブ近位領域においては、外部に向かって湾曲されており、かつ、前記ハブ領域のハブ遠位領域においては、内部に向かって湾曲されており、及び、

40

前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは、前記吸引面及び/又は前記与圧面上に、流れスタビライザ及び/又は渦発生器を有する（形態1・基本構成）。

更に、ロータを有する風力発電装置であって、該ロータが本発明に係るロータブレードを少なくとも1つ有する、風力発電装置も提供される（形態34）。

【発明を実施するための形態】

【0013】

WO 2014/025252 A1は、本願の優先日前に出願されかつその後公開されており、従って、本願の新規性に関してのみ関連性がある WO 2014/0252

50

5 2 A 1 は、空気力学的プロフィール（翼厚プロフィール）であって、該空気力学的プロフィールの後縁に非対称的で、内部側への陥入形状で（内部陥入状：eingestuelpt）、尾状の谷状体（燕尾状（swallow tail shaped-schwalbenschwanzartig））を有するものを記載しているが、これは例えば風力タービンのために使用可能である。この非対称的内部陥入状尾状谷状体は第 1 部分と第 2 部分とを有し、これらの間に谷部（キャビティ）が形成されている。第 1 及び第 2 部分は、夫々、（断面において）直線的な上側及び下側外周面を有し、これらは相応に空気力学的プロフィールの上面及び下面に面一に整列している。

【 0 0 1 4 】

本発明は、風力発電装置の常に発展し続ける過程において、より多くのエネルギーを風から取り出すことができるよう、ロータ径が増大していくという考察を出発点としている。しかしながら、空気力学的及び構造力学的自然法則のために、ロータブレードの長さのみを拡大すること、例えば幅ないし翼弦長を維持することは、不可能であるか、ないしは、限定的にのみ可能である。なぜなら、このために、更なる空気力学的補助手段がなしで、空気力学的プロフィールの周囲の使用領域（Einsatzbereich）にきれいな流れの状態を設定（形成）することができないからである。かくして、ロータ面が益々拡大することにより、風力発電装置全体の音響放出（騒音）レベルに増大するが、これも考慮する必要がある。

10

【 0 0 1 5 】

本発明は、基本的に、翼端領域及び中央領域に標準的な空気力学的プロフィール（翼厚プロフィール）を有するロータブレードを、空気力学的翼厚プロフィール とりわけハブ領域に、とりわけ切頭後縁を有するフラットバックプロフィール を有するロータブレードとして形成することが有利であることを認識した。これにより、翼弦長の縮小が可能になる一方で、揚力挙動（特性）を維持することができる。

20

【 0 0 1 6 】

本発明は、この考察から出発し 即ち WO 2 0 1 3 / 1 5 3 0 0 9 A 1 に記載されているような相応に翼厚が更に増大する（但し必須ではない）という本出願人のコンセプトから出発し、ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、その後縁に棘状延長部を有する翼厚プロフィール（を有するもの）としてロータブレードを構成すると、基本的に更に有利であることを認識した。後縁は、とりわけこの認識に応じ、寧ろ平坦後縁として理解すべきものであり、そして、これに対して（翼断面で見て）棘状延長部が考察される。この場合、実際の、その限りで尖頭状の、後縁は棘状延長部の末端に形成されている。

30

【 0 0 1 7 】

そのような棘状延長部に基づいて、ハブ領域の翼弦長が有利に短く構成（設計）可能であるだけでなく、更には、渦の剥離も、従って音響放出も有利に（即ち抑制した状態で）設計可能である。

【 0 0 1 8 】

ハブ領域の範囲において少なくとも部分的にロータブレードが翼厚プロフィールを有し、該翼厚プロフィールが吸引面側の後縁の第 1 棘状延長部と与圧面側の後縁の第 2 棘状延長部とを有すると有利であることが本発明によって判明した。

【 0 0 1 9 】

本発明のそのような及び他の有利な発展形態は、従属請求項から見て取ることが可能であり、上述のコンセプトを設定課題の枠内において及び更なる利点に関して実現する有利な可能性を各別に提供する。

40

【 0 0 2 0 】

ハブ領域の範囲において、翼厚プロフィールは、有利には、フラットバック翼厚プロフィールとして構成されている、即ち、切頭後縁を備えて構成されている。ハブ領域においては、後縁は、有利には、所定の相対翼厚を有する、とりわけ 5 % より大きい相対翼厚を有する平坦（フラット）後縁である。

【 0 0 2 1 】

翼厚プロフィールは、有利には、4 0 % より大きい、とりわけ 4 5 % より大きい相対翼厚

50

を有する。後縁から測定される相対棘長さは、有利には、25%未満であり及び/又は少なくとも後縁の所定の相対翼厚より大きく、とりわけ5%より大きい。ここで、再びとりわけ本発明の理解に応じ、(後縁は)寧ろ平坦後縁として理解可能であり、これに対して相対翼厚及び棘状延長部が考察される。

【0022】

薔薇棘状翼厚プロファイルとも称されるそのような翼断面プロファイルは、フラットバック翼厚プロファイルの上記の発展形態に応じた1つの修正に相当し、この場合、本発明の有利な一発展形態に相当する。

【0023】

原理的に、本発明のコンセプトに応じて、翼弦長ないしはロータブレード翼幅の更なる短縮が達成可能である。翼厚プロファイルは、有利には、50%より大きい、とりわけ75%より大きい相対翼厚を有する。

10

【0024】

棘状延長部の好ましくは複式に - 即ち吸引面側及び与圧面側において - 薄く延出する末端縁部分によって、音響放出はフラットバック翼厚プロファイルと比べて低減される。

【0025】

後縁棘状部(棘状延長部)の特別な形状によって、制御可能な後縁渦発生を達成することができる。即ち、とりわけ吸引面側及び与圧面側に設けられた複式構成の棘状部(棘状延長部)の場合、吸引面側棘状部と与圧面側棘状部との間の谷部(溝部ないし凹部)において(何れにせよ1つの棘状部の上方又は下方において)渦を安定化することができ、それにも拘らず、翼厚プロファイルはハブ領域の範囲において比較的良好な揚力値を有することが分った。有利なことに、流れが乱流的である場合ないし風が種々に変化する場合であっても、谷部における又は1つの棘状部の下方又は上方における渦の、パルスの又は周期的なものであっても、安定的な形成が可能であることが分った。谷部における又は1つの棘状部の下方又は上方における渦の、パルスの又は周期的なものであっても、安定的な形成によって、有効翼弦長は増大され、かくして、翼厚プロファイルの揚力(浮揚)挙動(特性)は改善される。

20

【0026】

有利には、後縁において測定される相対棘長さは25%未満であり及び/又は少なくとも後縁の所定の相対翼厚より大きく、とりわけ5%より大きく、有利には、最大相対棘長さは15%~25%である。ここで、再びとりわけ本発明の理解に応じ、(後縁は)寧ろ平坦後縁として理解すべきであり、これに対して相対翼厚及び棘状延長部の相対棘長さが考察される。

30

【0027】

有利には、ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、(ブレード長軸方向に関し)後縁は(吸引面側から見て)鋸歯形状(Serrationsform)を有する、即ちいわゆるギザギザ(鋸歯状)後縁として構成されている。ギザギザ後縁は、吸引面側(上)に及び/又は与圧面側に、或いは与圧及び/又は吸引面側のみに又は後縁の平坦な推移全体にわたって形成可能である。ここで、再びとりわけ本発明の理解に応じ、(後縁は)(翼断面プロファイルで見て)寧ろ平坦後縁として、場合によっては棘状延長部の尖頭状後縁としても、理解すべきものであり、これに対して(吸引面側から見て)ギザギザ後縁が考察される。即ち、とりわけ、鋸歯形状が棘状延長部の末端部に設けられる。

40

【0028】

ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に翼厚プロファイル(翼型)が吸引面及び/又は与圧面上に流れスラバイザ(Stromungsstabilisator)を有する本発明の一発展形態は有利であることが判明した。とりわけ、流れスタバイザ(安定器)は、スポイラ、境界層フェンス、境界層吸引部(Grenzschichtabsaugung)からなる群から選択可能である。

【0029】

付加的に又は代替的に、ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に翼厚プロファイルが

50

吸引面及びノ又は与圧面上に渦発生器（ジェネレータ）を有する本発明の一発展形態も有利であることが判明した。とりわけ、渦発生器は、フィン（Finne）、スタッド（Noppe）、ディンプル（Dimpel）、ウェブ（Steg）又はそのようなタービュレータ（Turbulatoren）、噴出（Ausblas）又は吸引（Absaug）構造体からなる群から選択される。渦発生器によって、境界層厚は、乱流的な流れの場合、増大されることができ、即ち、層流的な流れの場合よりもより大きい。尤も、流速（流れの速さ）は距離が大きくなるにつれて層流の場合よりもより迅速に増大するため、流れのエネルギーはより大きくなるが、より大きなエネルギーは、流れを、ロータブレード面からの剥離に対する抵抗力をより大きくする。渦発生器又はそのようなタービュレータは、一般的に、人工的に設けられた小さな表面障害物である。これらは渦流（Verwirbelungen）を生成し、層流的な境界層流れを乱流的な流れに変換する。流れの剥離は遅延される。タービュレータは、例えば、横方向に延在するレール状部材、垂直小板又は（垂直小）孔を含む。境界層流れを激変させる更なる可能性は、噴出（Ausblas）又は吸引（Absaug）タービュレータである。これは一連の微細孔から構成され、空気は、これらを介して、流れの方向に対し横方向に、境界層内へ噴出されるか又は吸引される。

10

【0030】

第1領域において、即ち第1ハブ近位領域において、翼厚プロファイルはその後縁に棘状延長部を有し、及び、第2領域において、即ち第2ハブ遠位領域において、翼厚プロファイルの後縁は、棘状延長部を有しない平坦後縁であることは、特に好ましい一発展形態の枠内にある。

20

【0031】

ロータブレードの翼根（部）と翼端（部）の間にある局所的最大というコンセプトは、本発明の棘状延長部と特に有利に組み合わせることができる。好ましくは、ハブ領域の、第1領域、とりわけハブ領域のハブ近位領域と、第2領域、とりわけハブ領域のハブ遠位領域との間において、翼厚プロファイルは最大翼弦長を有する。

【0032】

好ましくは、翼弦長に対する翼厚の比として定義される相対翼厚は、ハブ領域のロータブレード翼根部と翼端領域のロータブレード翼端部の間の領域、好ましくは中央領域に、局所的最大を有する。

【0033】

好ましくは、局所的最大の相対翼厚は35%～50%であり及びノ又はロータブレードは局所的最大の範囲に1500mm～3500mmの翼弦長を有する。

30

【0034】

好ましくは、ロータブレードは第1ロータブレード部分と第2ロータブレード部分とから構成されており、第1ロータブレード部分はロータブレード翼根部を有し、第2ロータブレード部分はロータブレード翼端部を有し、及び、第1及び第2ロータブレード部分は分離箇所において互いに結合されている。好ましくは、分離箇所は、ロータブレード翼根部とロータブレード翼端部との間の中央領域に及びノ又は局所的最大の領域に配されている。

【0035】

上記の各発展形態は、以下に示すような絶対寸法を有するロータブレードにおいて具現化されると、特に有利であることが判明した。

40

【0036】

好ましくは、ロータブレードは、第1領域、とりわけハブ領域のハブ近位領域に、少なくとも3900mmの絶対翼弦長、とりわけ4000mm～8000mmの範囲の絶対翼弦長を有する。

【0037】

これらの絶対翼弦長は、棘状延長部を有しないが比肩する揚力値を有する他のロータブレードの場合よりも、15%～30%だけより短い。

【0038】

50

好ましくは、ロータブレードは、ロータブレード翼根部から出発してその全長の90%～95%の範囲に、最大で1000mmの絶対翼弦長、とりわけ400mm～700mmの範囲の絶対翼弦長を有する。

【0039】

これらの絶対翼弦長も、棘状延長部を有しないが比肩する揚力値を有する他のロータブレードの場合よりも、15%～30%だけより短い。

【0040】

好ましくは、ロータブレードは、中央領域に、ハブ領域における翼弦長の凡そ20%～30%に、とりわけ凡そ25%に相当する翼弦長を有する。

【0041】

更なる一発展形態の枠内において、

- ・ハブ領域の、第1領域、とりわけハブ領域のハブ近位領域において、翼厚プロファイルは、その平坦後縁に、第1相対翼厚と棘状延長部を有し、
- ・ハブ領域の、第2領域、とりわけハブ領域のハブ遠位領域において、翼厚プロファイルの後縁は、棘状延長部を有しない尖頭状後縁、又は、より小さい第2相対翼厚と、同じく棘状延長部を有する平坦後縁を有する、

ことが可能である。

【0042】

本発明のそのような及び他の更なる有利な発展形態は、更なる従属請求項に見て取ることが可能であり、上述のコンセプトを設定課題の枠内において及び更なる利点に関して実現する有利な可能性を各別に提供する。

【0043】

翼厚プロファイルは、有利には、50%より大きい、とりわけ75%より大きい相対翼厚を有する。好ましくは、ロータブレードのために、翼厚プロファイル(翼型)は、実質的に楕円形、卵形又は円筒形のコア(ないし本体: Kern)の形で形成されている。とりわけ理想的なないし卵形の楕円の場合については、翼厚プロファイルは、有利には、50%より大きい、とりわけ75%より大きい相対翼厚を有する。好ましくは、コアは、ハブ結合部に向かって次第に円筒形状になる、即ち、ロータブレードは、100%までの(100%に近い)相対翼厚を有する翼厚プロファイル(翼型)を有する。

【0044】

特に有利には、コアは、75%より大きい相対翼厚のところ、巻回体(Wickelteil)として形成されている。とりわけ、そのために、コアは、(例えばガラス又は炭素)繊維強化(GFK)プロファイルとして形成されている。そのために、例えば、フィラメント又はマット又はそのようなファイバが心棒に巻きつけられ、その後、この心棒が除去されることにより、コアが後に残った巻回体、とりわけGFK巻回体として得られる。

【0045】

ロータブレードはハブ領域において特に効率的に製造可能であるが、このためには、50%より大きい、とりわけ75%より大きい相対翼厚を有する上記の翼厚プロファイル(翼型)としてのコアに関し、所定の相対後縁厚みを有するその後縁に、棘状延長部が設けられる、とりわけ棘状延長部のみが設けられる。50%より大きい、とりわけ75%より大きい有利な相対翼厚を有する翼厚プロファイルと棘状延長部とを有する実質的に円筒形又は卵形の巻回体は、この意味で、特に好ましい実施形態として図12に示されている。

【0046】

円筒形又は卵形のコア、好ましくは実質的に円筒形又は卵形の巻回体は、吸引面側の後縁の第1棘状延長部と与圧面側の後縁の第2棘状延長部とを有し、第1棘状延長部と第2棘状延長部の間に平坦底部を有する谷部が形成されている。とりわけ、翼弦長に対する翼厚の比として定義される相対翼厚及び/又は絶対翼厚は、ロータブレード翼根部からロータブレード翼端部に向かって減少することが望ましい。

【0047】

好ましくは、第1棘状延長部と第2棘状延長部との間の谷部の平坦底部は、何れにせよ

10

20

30

40

50

ハブ領域のハブ近位領域において、（ロータブレードの）外部に向かって湾曲されている。好ましくは、第1棘状延長部と第2棘状延長部との間の谷部の平坦底部は、何れにせよハブ領域のハブ遠位領域において、（ロータブレードの）内部に向かって湾曲されている。

【0048】

ロータブレードにおいて、特に好ましくは、後縁の第1棘状延長部と第2棘状延長部は、60°未満の円周角で配置されており、該円周角は、迎角を有しない（迎角が0°の）翼厚プロファイル軸を基準として、従って水平を基準として測定される。

【0049】

特に好ましい一発展形態の枠内では、ハブ領域において、とりわけハブ領域のハブ近位領域において、吸引面側の後縁の第1棘状延長部は、与圧面側の後縁の第2棘状延長部の相対棘長さより短い相対棘長さを有する。

10

【0050】

特に好ましい一発展形態の枠内では、ハブ領域において、とりわけハブ領域のハブ近位領域において、与圧面側の後縁の第2棘状延長部は、吸引面側の後縁の第1棘状延長部の配向（Ausrichtung）よりもより大きく与圧面に向かって傾けられている配向を有する。

【0051】

特に好ましい更なる一発展形態の枠内では、ハブ領域において、吸引面側の後縁の第1棘状延長部は、円周角が実質的に一定のままで、翼端領域の方向に延在し、かつ、与圧面側の後縁の第2棘状延長部は、円周角が実質的に減少しつつ、翼端領域の方向に延在している。換言すれば、例えば、円周角が実質的に一定である吸引面側の棘状延長部は、（時計の）1時位置と3時位置の間の実質的に一定の位置、例えばほぼ2時位置に配されており、与圧面側の棘状延長部は、例えば、5時位置と3時位置の間のある位置に配されており、好ましくは、翼端領域の方向に向かって5時位置から3時位置までその位置が徐々に減少するよう延在する。

20

【0052】

好ましくは、ハブ領域において、後縁の第1棘状延長部と後縁の第2棘状延長部は合流する、とりわけ0°の円周角又はマイナスの円周角の位置において合流する。換言すれば、有利には、吸引面側の棘状延長部と与圧面側の棘状延長部は合流して（1つの）尖頭状後縁を形成し、好ましくは、0°の円周角（の位置）即ち（迎角/ツイスト（Twist）の

30

【0053】

好ましくは、ハブ領域において、与圧面側の後縁の第2棘状延長部は、与圧面側の下面の該与圧面に向かって湾曲された（輪郭）推移を有する、とりわけ与圧面側の下面の該与圧面に向かって曲率が増加するよう湾曲された（輪郭）推移を有する - 即ちいわゆるマイナスの曲率を以って推移する。付加的に又は代替的に、ハブ領域において、与圧面側の後縁の第2棘状延長部は、とりわけ与圧面側の下面の該与圧面に向かって湾曲された（輪郭）推移に対する空気力学的な移行部（変わり目：Uebergang）を有する、圧力面に向かって湾曲されたリップ（唇状部：Lippe）、とりわけスポイラリップ（Spoiler-Lippe）又はガーニーフラップ（Guerny-Flap）を有する。

40

【0054】

好ましくは、翼厚プロファイルの第1棘状延長部と第2棘状延長部の間の谷部の領域において、単位をMa（マッハ）とした場合に0.01Ma～最大で0.1Ma、とりわけ0.02Ma～最大で0.06Maである正規化された流れの流速を有するロータブレードは、これらの上記発展形態によって実現可能であることが判明した。

【0055】

好ましくは、迎角（ツイスト（Twist））が5°までの場合、1より大きくかつ10より小さい、とりわけハブ領域のハブ近位領域からハブ領域のハブ遠位領域に向かって、滑空比（揚抗比）が増大し及び/又はロータブレードの（1つの）翼厚プロファイル（翼型）の迎角（ツイスト（Twist））が減少する滑空比（揚抗比）を有するロータブレードは、

50

これらの上記発展形態によって実現可能であることが判明した。

【 0 0 5 6 】

本発明の実施形態（複数）については以下に図面を用いて説明される。これらの図面は各実施形態を必ずしも縮尺に従って記載しておらず、寧ろ、図面は、説明のために役立つが故に、模式化された及び／又はデフォルメされた形で記載されている。図面から直接的に認識可能な教示の補完（完全化）の観点から、関連する技術水準が参照される。この場合に考慮すべきことは、（１つの）実施形態の形態及び細部に関する多様な修正及び変更は、本発明の一般的思想から逸脱しない限り、実行可能であることである。明細書、図面及び請求の範囲に開示された本発明の特徴は、個別的にも、任意の組み合わせでも、本発明の展開のために重要である。更に、明細書、図面及び／又は請求の範囲に開示された特徴の少なくとも２つからなる全ての組み合わせは、本発明の枠内（範囲）に含まれる。本発明の一般的思想は、以下において図示され、説明される好ましい実施形態の正確な（完全な）形態又はその細部に限定されず、ないしは、請求の範囲において特許請求されている対象と比べると限定されているかのような対象に限定されない。寸法（数値）範囲が与えられている場合、記載された限界ないし枠（上下限）内にある値も限界値として開示されているものとし、任意的に利用可能であり、特許請求され得るものとする。単純化（理解の容易化）のために、以下においては、同一又は類似の要素（部材）又は同一又は類似の機能を有する要素（部材）には同一の図面参照符号が付記されている。

10

【 0 0 5 7 】

ここに、本発明の好ましい形態を示す。

20

（形態１）上記基本構成参照。

（形態２）形態１のロータブレードにおいて、前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは、４０％より大きい相対翼厚を有することが好ましい。

（形態３）形態１又は２のロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記平坦な又は湾曲した後縁は、５％より大きい相対翼厚を有することが好ましい。

（形態４）形態３のロータブレードにおいて、前記後縁から測定された前記棘状延長部の相対棘長さは２５％未満であり及び／又は少なくとも前記後縁の５％の相対翼厚より大きいことが好ましい。

（形態５）形態１～４の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記後縁は鋸歯形状を有することが好ましい。

30

（形態６）形態１～５の何れかのロータブレードにおいて、前記流れスタビライザはスポイラ、境界層フェンス、境界層吸引部からなる群から選択されることが好ましい。

（形態７）形態１～６の何れかのロータブレードにおいて、前記渦発生器はフィン、スタッド、ディンプル、ウェブ、噴出又は吸引構造体からなる群から選択されることが好ましい。

（形態８）形態１～７の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域のハブ近位領域において、前記翼厚プロファイルはその平坦後縁に第１相対翼厚と前記棘状延長部とを有し、

・前記ハブ領域のハブ遠位領域において、前記翼厚プロファイル（の後縁）は、棘状延長部を有しない尖頭状後縁を有するか又は前記棘状延長部を有するより小さい第２相対翼厚を有する平坦後縁を有することが好ましい。

40

（形態９）形態１～８の何れかのロータブレードにおいて、

・前記ハブ領域のハブ近位領域において、前記翼厚プロファイルはその平坦後縁に前記棘状延長部を有し、

・前記ハブ領域のハブ遠位領域において、前記翼厚プロファイル（の後縁）は、棘状延長部を有しない平坦後縁を有することが好ましい。

（形態１０）形態１～９の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域の、前記ハブ領域のハブ近位領域と、前記ハブ領域のハブ遠位領域との間において、前記翼厚プロファイルは最大翼弦長を有することが好ましい。

（形態１１）形態１～１０の何れかのロータブレードにおいて、前記翼厚プロファイルの翼

50

弦長に対する翼厚の比として定義される相対翼厚は、前記ハブ領域のロータブレード翼根部と前記翼端領域のロータブレード翼端部の間の中央領域に、局所的最大を有することが好ましい。

(形態12) 形態11のロータブレードにおいて、前記局所的最大の相対翼厚は、35%~50%であることが好ましい。

(形態13) 形態11又は12のロータブレードにおいて、ロータブレードは、前記局所的最大の範囲に、1500mm~3500mmの絶対翼弦長を有することが好ましい。

(形態14) 形態1~13の何れかのロータブレードにおいて、

・ロータブレードは、第1ロータブレード部分と第2ロータブレード部分とから構成されており、

・該第1ロータブレード部分は前記ロータブレード翼根部を有し、かつ、該第2ロータブレード部分は前記ロータブレード翼端部を有し、

・該第1及び第2ロータブレード部分は、分離箇所において互いに結合されていることが好ましい。

(形態15) 形態14のロータブレードにおいて、前記分離箇所は、ロータブレード翼根部とロータブレード翼端部との間の中央領域に及び/又は前記翼厚プロファイルの翼弦長に対する翼厚の比として定義される相対翼厚の局所的最大の領域に配されていることが好ましい。

(形態16) 形態1~15の何れかのロータブレードにおいて、ロータブレードは、前記ハブ領域のハブ近位領域に、少なくとも3900mmの絶対翼弦長を有することが好ましい。

(形態17) 形態1~16の何れかのロータブレードにおいて、ロータブレードは、前記ロータブレード翼根部から出発してその全長の90%~95%の範囲に、最大で1000mmの絶対翼弦長を有することが好ましい。

(形態18) 形態1~17の何れかのロータブレードにおいて、ロータブレードは、ロータブレード翼根部とロータブレード翼端部との間の中央領域に、前記ハブ領域における翼弦長の20%~30%に相当する翼弦長を有することが好ましい。

(形態19) 形態1~18の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは50%より大きい相対翼厚を有することが好ましい。

(形態20) 形態1~19の何れかのロータブレードにおいて、該翼厚プロファイルは実質的に円筒形ないし卵形のコアの形で形成されていることが好ましい。

(形態21) 形態1~19の何れかのロータブレードにおいて、前記翼厚プロファイルの翼弦長に対する翼厚の比として定義される相対翼厚及び/又は絶対翼厚は、ロータブレード翼根部からロータブレード翼端部に向かって減少することが好ましい。

(形態22) 形態1~21の何れかのロータブレードにおいて、前記後縁の前記第1棘状延長部と前記第2棘状延長部は、60°未満の円周角で配置されており、該円周角は迎角を有しない(迎角が0°の)翼厚プロファイル軸を基準として測定されることが好ましい。

(形態23) 形態1~22の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域の前記ハブ近位領域において、前記吸引面側の前記後縁の前記第1棘状延長部は、前記与圧面側の前記後縁の前記第2棘状延長部の相対棘長さより短い相対棘長さを有することが好ましい。

(形態24) 形態1~23の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域の前記ハブ近位領域において、前記与圧面側の前記後縁の前記第2棘状延長部は、前記吸引面側の前記後縁の前記第1棘状延長部の配向よりもより大きく該与圧面に向かって傾けられている配向を有することが好ましい。

(形態25) 形態1~24の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記吸引面側の前記後縁の前記第1棘状延長部は、円周角が実質的に一定のままで、前記翼端領域の方向に延伸し、かつ、前記与圧面側の前記後縁の前記第2棘状延長部は、円周角が実質的に減少しつつ、前記翼端領域の方向に延伸していることが好ましい。

(形態26) 形態1~25の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、

10

20

30

40

50

前記後縁の前記第 1 棘状延長部と前記後縁の前記第 2 棘状延長部は合流することが好ましい。

(形態 27) 形態 1 ~ 26 の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記与圧面側の前記後縁の前記第 2 棘状延長部は、与圧面側の下面の該与圧面に向かって湾曲された推移を有することが好ましい。

(形態 28) 形態 1 ~ 27 の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記与圧面側の前記後縁の前記第 2 棘状延長部は、該与圧面に向かって湾曲されたリップを有することが好ましい。

(形態 29) 形態 28 のロータブレードにおいて、前記リップは、与圧面側の下面の該与圧面に向かって湾曲された推移に対する空気力学的な移行部を有することが好ましい。

10

(形態 30) 形態 28 又は 29 に記載のロータブレードにおいて、前記リップは、スポイラリップ又はガーニフラップであることが好ましい。

(形態 31) 形態 1 ~ 30 の何れのロータブレードにおいて、前記第 1 棘状延長部と前記第 2 棘状延長部の間の谷部の領域における正規化された流れの単位 Ma (マッハ) で表された流速は、 $0.01 Ma$ ~ 最大で $0.1 Ma$ であることが好ましい。

(形態 32) 形態 1 ~ 31 の何れかのロータブレードにおいて、滑空比 (揚抗比) は、迎角 (ツイスト) が 5° までの場合、1 より大きくかつ 10 より小さいことが好ましい。

(形態 33) 形態 1 ~ 32 の何れかのロータブレードにおいて、前記ハブ領域のハブ近位領域から前記ハブ領域のハブ遠位領域に向かって、滑空比 (揚抗比) は増大し及び / 又はロータブレードの翼厚プロフィルの迎角 (ツイスト) は減少することが好ましい。

20

本発明の更なる利点、特徴及び個別要素は、図面を用いた好ましい実施形態の以下の説明から明らかになる。

なお、特許請求の範囲に付記した図面参照符号は専ら発明の理解を助けるためのものに過ぎず、本発明を限定することを意図したものではない。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図 1】好ましい風力発電装置の一例の模式図。

【図 2】ロータブレードの好ましい一実施形態の翼端領域 (III) におけるロータブレードの好ましい翼厚プロフィル (翼型) の一例。

【図 3】ロータブレードの好ましい一実施形態の中央領域 (II) におけるロータブレードの好ましい翼厚プロフィルの一例。

30

【図 4】ロータブレードの好ましい一実施形態のハブ領域 (I) におけるロータブレードの好ましい翼厚プロフィルの一例。

【図 5】ロータブレードの好ましい一実施形態のハブ領域 (I) におけるロータブレードの好ましい翼厚プロフィルの一例。

【図 6】ハブ領域から中央領域を介して翼端領域までロータブレードに沿って見られる翼厚プロフィル (翼断面輪郭形状) の例の模式的推移。

【図 7】安定化された形の谷部の渦を有する、ハブ領域におけるロータブレード翼厚プロフィルの薔薇棘状部プロフィル (輪郭形状) の一例。

【図 8】図 7 の薔薇棘状部プロフィルの座標表示 (A) 及びこれによる流れの推移ないし変化の一例 (B)。

40

【図 9】好ましい一実施形態の薔薇棘状部プロフィルを有する後縁プロフィルを有するロータブレードの一例の翼長に沿って見た第 1 側面図。

【図 10】ロータブレードの他の側面図。但し、図 10 では、薔薇棘状部プロフィルを有する後縁プロフィルが形成されており、更に、鋸歯形状を有するものと鋸歯形状を有しないものが記載されている。

【図 11】ロータブレードの好ましい一実施形態の平面図における模式的に示した輪郭形状。但し、ハブ領域 (I) には棘状延長部が設けられている - 好ましい一実施形態の第 1 変形形態では、棘状延長部は図 9 及び図 10 の場合に類似する後縁プロフィルの部分、例えば後縁ボックスである - 好ましい一実施形態の第 2 変形形態では、棘状延長部はハブ領

50

域の後縁に形成されており、翼弦は後縁としての破線の下側にある。例えば後縁ボックスは省略可能である。

【図12】ロータブレードの好ましい一実施形態のハブ領域(I)における斜視図であり、ハブ領域には棘状延長部が見出される。翼弦は、好ましい一実施形態の図11に示した第2変形形態に応じて、後縁としての破線の下側にある。

【図13】(A)図12のロータブレードのハブ領域(I)のハブ近位領域(I₁)における第1翼厚プロファイルの一例、(B)図12のロータブレードの中央のハブ領域(I)における第2翼厚プロファイルの一例及び(C)図12のロータブレードのハブ領域(I)のハブ遠位領域(I₂)における第3翼厚プロファイルの一例 - これらの翼厚プロファイルは全て、音速(Ma)で正規化された速度分布と、該速度分布から認識可能な、第1棘状延長部と第2棘状延長部との間の谷部における谷部渦を有する。なお、流速は、0.01Ma ~ 最大で0.1Ma、とりわけ0.02Ma ~ 最大で0.06Maの範囲にある。

【図14】(A)、(B)及び(C)は、夫々、図12及び図13に応じた代替的な第2変形形態のロータブレードについての図13の(A)、(B)及び(C)の翼厚プロファイルの滑空比(揚抗比)を示す。但し、改善された揚力は谷部渦によって伸長された有効翼弦長に基づき達成される。

【実施例】

【0059】

図1は、基部103上に設置されているタワー102を有する風力発電装置100の一例を示す。基部103の反対側の上部(頂部)には、ロータハブ106とこれに取り付けられたロータブレード107、108及び109とを有するロータ105を備えたナセル(機械室)104が配されている。ロータ105は、ナセル104の内部に配設された機械的仕事を電気エネルギーに変換するための発電機と連結されている。ナセル104は、旋回(回動)可能にタワー102に軸支されており、その基部103は不可欠な安定性を与える。

【0060】

翼端領域IIIについて、図2は、実質的に標準プロファイルに応じたロータブレードプロファイル30の一例を示す。ここで、吸引面Sは実質的に凸状に、与圧面Dは実質的に凹状又は(断面において)直線状に形成されている。

【0061】

図3は、ハブ領域における、切頭後縁Fを有するロータブレード1のロータブレードプロファイル20の一例を示す。ここで、後縁は相対後縁厚みFdを有するが、これは5%以上の範囲に存在することも十分可能である。図2、図3の翼厚プロファイル30、20は夫々中央領域ないしハブ領域にも存在し得る。

【0062】

図4は、好ましい一実施形態のロータブレード1について、ロータブレードプロファイル10の薔薇棘状部プロファイルの一例を示す。ハブ領域Iにおける薔薇棘状部プロファイルは、45%より大きい相対翼厚と5%より大きい(相対)後縁とを有する翼厚プロファイルであり、吸引面S側及び与圧面D側に夫々棘状延長部R1及びR2の形での薔薇棘状部を有する。後縁Fから測定される棘長さは、25%未満であり、かつ、後縁の相対厚みより大きい、即ちとりわけ5%より大きい。ロータブレードプロファイルは、既に、ある迎角をなし(ツイストされて(getwistet))記載されているが、この迎角はハブ領域のハブ近位領域においては何れにせよ0°~70°、とりわけ0°~45°とすることができ、この場合寧ろ増大する。

【0063】

図5は、付加的な渦発生器(ジェネレータ)W1、W2を備えた図4のロータブレードプロファイルの一例を示す。ここで、渦発生器は吸引面S側及び与圧面D側に配されている。

【0064】

図6は、一実施形態のロータブレード1の複数の異なるプロファイル(翼厚プロファイル)

10

20

30

40

50

形状の分布の一例を示す。ロータブレード 1 には、断面毎に翼厚 2 及び翼弦長 3 が記載されている。ロータブレード 1 は、一端部にロータブレード翼根部 4 を、該一端部の反対側の端部にロータブレード翼端の取り付けのための接続領域 5 を有する。ロータブレード翼根部 4 においては、ロータブレードは大きな翼弦長 3 を有する。接続領域 5 においては、翼弦長 3 はそれに対して極めて格段により小さい。翼弦長は、プロフィール根部 (Profilwurzel) と称されることもあるロータブレード翼根部 4 から出発し、中央領域 I I に至るまで明白に減少する。

【 0 0 6 5 】

図 7 は、吸引面側の薔薇棘状部と与圧面側の薔薇棘状部の間のブレードプロフィールの谷部 (溝部: Kehle) K における、即ち、吸引面側の棘状延長部 R 1 と与圧面側の棘状延長部 R 2 の間の谷部 K における、比較的安定な谷部渦 W が吸引面の方向に形成されている様子を示す。左回りの (反時計回り) の谷部渦は吸引面 S から吸引面側の棘状延長部 R 1 と与圧面側の棘状延長部 R 2 の間の谷部 K に空気を吸い込み、吸引面上の流れの剥離を妨げる。与圧面 D における与圧面側流れは、付加的に、谷部渦 W を安定化する。比較的安定な谷部渦と共同で、ブレードプロフィールは、ハブ領域 I にその限りで谷部渦によって延長された翼弦長を有し、その結果、より長い流線 (Stroemlinie) が形成される。いわば、ブレードプロフィールの翼弦長は安定な谷部渦によって延長されている。このため、谷部渦が安定である限り、揚力値は改善される。これは、棘状延長部の吸引側薔薇棘状部及び与圧側薔薇棘状部によって保証される。付加的に、図 7 のロータブレードは複数の渦発生器を備えており、そのため、境界面における流れの剥離は予想より早くには生じない。これにより、ブレードプロフィールの薔薇棘状延長部の吸引側薔薇棘状部と与圧側薔薇棘状部の間の谷部における谷部渦のために安定な圧力条件が得られる。図 7 は、迎角が 7° の流れによるロータブレードの周囲流 (Umstroemung) の一例を示す - しかしながら、本発明のコンセプトは、そのような小さな迎角に決して限定されておらず、寧ろ、迎角が 30° のより不都合な場合さえも対象とする。なお、図 7 は、基本原理と薔薇棘状部の使用による明白な材料節約の可能性を示している。渦発生器も、図示されているよりもより小さくされることが可能であり、従って薔薇棘状部は比較的より小さくなる。

【 0 0 6 6 】

図 8 は、(A) に図 7 の薔薇棘状部プロフィールを座標表示し、該プロフィールに属する流れの推移を (B) に示す。同図においては、とりわけ、図 7 に示した吸い込まれた流れが棘状部 R 1 と R 2 の間の安定化された渦 W として形成される様子を見出すことができる。

【 0 0 6 7 】

図 9 は、一実施形態のロータブレード 9 0 0 の側面図であり、その全長 L 即ち 0% ~ 100% が示されている。ロータブレード 9 0 0 は、一端部にロータブレード翼根部 9 0 4 を、該一端部の反対側の端部にロータブレード翼端部 9 0 7 を有する。ロータブレード翼端部 9 0 7 は、接続領域 9 0 5 においてロータブレードの残りの部分と結合する。ロータブレード翼根部 9 0 4 においては、ロータブレードは大きな翼弦長を有する。接続領域 9 0 5 及びロータブレード翼端部 9 0 7 においては、翼弦長はそれに対し極めて格段により小さい。翼弦長は、プロフィール根部 (Profilwurzel) と称されることもあるロータブレード翼根部 9 0 4 から出発し、中央領域 9 0 6 に至るまで明白に減少する。中央領域 9 0 6 には、分離箇所 (位置) を設けることができる (図 9 には不図示)。中央領域 9 0 6 から接続領域 9 0 5 に至るまで、翼弦長はほぼ一定である。

【 0 0 6 8 】

ロータブレード 9 0 0 は、ロータブレード翼根部 9 0 4 の領域においてツーピース構造 (2つの部分からなる構造) を有する。従って、ロータブレード 9 0 0 は、基本プロフィール 9 0 9 と、該基本プロフィールに配された、ロータブレードの翼弦長を大きくするための更なる部分 9 0 8 とから構成される。ここで、更なる部分 9 0 8 は、例えば、基本プロフィール 9 0 9 に接着されている。そのようなツーピース構造は、建設地への輸送の際の取り扱いがより容易であり、かつ、より容易に製造可能である。

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

50

更に、図9には、ハブ接続領域910を見出すことができる。ハブ接続領域910を介して、ロータブレード900はロータハブに接続（結合）される。

【0070】

図10は、図9のロータブレード900の他の側面図である。基本プロフィール909、翼弦長延長化部分908、中央領域906、ロータブレード翼根部904及びハブ接続領域910並びにロータブレード翼端部907への接続領域905を有するロータブレード900を見出すことができる。ロータブレード翼端部907はいわゆるウィングレットとして構成可能である。これによって、渦はロータブレード翼端部において減少される。

【0071】

図9の詳細部分図において、部分908は、吸引面側薔薇棘状部R1と与圧面側薔薇棘状部R2の間の谷部Kを有する後縁部材として図示されている。尤も、全体的に見れば、後縁部材の深さ（翼弦方向の長さ：Tiefe）はより小さく（短く）なる。なぜなら、谷部渦が好ましく安定的に形成されるため、ブレードプロフィールの有効相対翼厚がハブ領域において増大されているからである。

【0072】

図10の詳細部分図では、後縁部材は、一方ではAに鋸歯形状（ないしギザギザ形状：Serrationsform）を有しないものとして、他方ではBに鋸歯形状を有するものとして図示されている。必要に応じ、とりわけ鋸歯形状又は他の流れ安定化措置によって、谷部渦形成を支援することができ、それによって、ハブ領域におけるブレードプロフィールの有効相対翼厚を大きくすることができる。

【0073】

図11は 上側の部分に見出すことができるように 後縁部材を備えた第1変形形態としての好ましい一実施形態を示す。後縁部材は、例えば別途に（独立の部材として）付設される後縁ボックス（状体）として構成されるが、これについては既に図9及び図10に部分908として示されている。

【0074】

ハブ領域Iにおいて翼弦長が拡大されている様子が相応に図示されているロータブレード1は、とりわけ図9及び図10との関連において既に説明されている - 棘状延長部を有する後縁部材の場合、即ち部分908としては、後縁部材の深さ（翼弦方向の長さ：Tiefe）は、揚力値及び滑空値（Gleitwert）が類似する場合、棘状延長部を有しない後縁部材の場合よりも、より小さく（短く）なる。従って、そのようなロータブレード1の翼弦長は、上記の安定な谷部渦形成のために比較的縮小（短縮）されることができ、そのため、ブレードプロフィールの有効相対翼厚はハブ領域において拡大されることができ、谷部渦が好ましく安定的に形成されるため、ハブ領域におけるブレードプロフィールの有効相対翼厚を拡大することができるため、このことは好適であるが、不可欠ではなく、図6に示されているようなロータブレード1に転換（変形）することも可能である。

【0075】

図11は、ロータブレード1'として示されている第2変形形態としての特に好ましい更なる一実施形態も示している。この第2変形形態の場合、棘状延長部はハブ領域においてロータブレードのコアの後縁Fに「直接的に」形成されているが、棘状延長部R1、R2は（紙面において）破線L'の下方に留まっている；即ち、破線L'は棘状延長部R1、R2の後方の（後側の）エッジを形成する。ロータブレード1の後縁部材908は、ロータブレード1'では省かれている。

【0076】

その限りにおいて、ロータブレード1'の翼弦長は、破線L'の（紙面の）下側の領域において制限されている。その限りにおいて、ロータブレード1'は、明白により短い（小さい）翼弦長（コード長：Sehnenlaenge）を備えて構成され、それにも拘らず、図示されているように、その揚力値及び滑空値は顕著かつ有利である。これにより、ロータブレード1'の極めて著しい軽減（縮小）、従って、著しく改善された輸送性能が達成される。

【 0 0 7 7 】

ロータブレード 1' はハブ領域 I において格別に効率的に製造可能であるが、このことは、50%より大きい、とりわけ75%より大きい相対翼厚を有する上記の翼厚プロフィールとしてのコアに - 即ち比較的大きな相対後縁厚みを有するコアの後縁に - 棘状延長部が設けられることによって、とりわけ (図 1 2 に示されたこの実施形態の対応箇所に示されているように) 棘状延長部のみが設けられることによって達成される。

【 0 0 7 8 】

50%より大きい、とりわけ75%より大きい有利には相対翼厚を有する厚みプロフィール (翼厚プロフィール) を有する実質的に円筒形又は卵形の巻回体は、例えば図 1 3 に明確に見出すことができるように、ハブ遠位ハブ領域 I₂ からハブ近位領域 I₁ に向かって、ハブの接続領域における100%までの有利な相対翼厚を有する円筒形厚みプロフィール (翼厚プロフィール) に至るまで発達する (大きくなる) 。

10

【 0 0 7 9 】

ロータブレード 1' のためにも、ロータブレード 1 のためにも、ロータブレード 1、1' が長さ方向において組み当てられる分離箇所 R が設けられる。

【 0 0 8 0 】

図 1 2 は、ハブ領域に認識可能な棘状延長部を有する、ロータブレードの好ましい一実施形態のハブ領域 I の斜視立体図である。ハブ領域のハブ近位第 1 領域において、翼厚プロフィール (翼型) はその後縁に棘状延長部を有し、第 2 領域にも即ちハブ領域のハブ遠位第 2 領域において、翼厚プロフィールの後縁は棘状延長部を有する平坦後縁である。

20

【 0 0 8 1 】

ロータブレード 1' は、トラス状に (膨出状 : wulstartig) 拡幅 (拡径) された分離箇所 R を備えたそのハブ領域 I について、図 1 2 に斜視図で示されている。図 1 2 のロータブレード 1' の斜視図から、翼厚プロフィールはハブ領域 I において、実質的な楕円 (長円) 形から、長さ方向においてハブに向かって卵形に推移し (変化し)、最後に円筒形をなすコア 1 1' (これは巻回体 W T として構成されている) として形成されていることが分かる、これについては図 1 3 に相応に示されている。

【 0 0 8 2 】

コア 1 1' の吸引面 S には第 1 棘状延長部 R 1 が、コア 1 1' の与圧面 D には第 2 棘状延長部 R 2 が設けられている、詳しくは夫々その後縁 F に設けられている。かくして、図 1 2 に見出される谷部 K が形成される、詳しくは、後縁 F の吸引面側棘状延長部 R 1 と与圧面側棘状延長部 R 2 の間の、後縁 F によって形成される、実質的に平坦な、第 1 棘状延長部 R 1 と第 2 棘状延長部 R 2 の間の底部を備えた谷部 K が形成される。

30

【 0 0 8 3 】

図 1 3 は、図 1 2 及び図 1 1 に関連して、図 1 1 に示した矢視 A - A 断面、矢視 B - B 断面及び矢視 C - C 断面を夫々部分図 (A)、(B) 及び (C) に示すが、ロータブレード 1' の相応の翼厚プロフィールは、ハブに向かって、50%より大きい相対翼厚、次いで、75%より大きい相対翼厚、最後に実用上100%の相対翼厚を有する - 更に、図 1 3 は、計算 (シミュレート) による流速の分布も示す。流速は陰影として (陰影付け (シャドーイング)) で示されているが、これにより、巻回体 W T に 2 つの棘状延長部 R 1、R 2 の間の谷部 K における谷部渦 W が見出される - これに関しては以下において参照される。

40

【 0 0 8 4 】

図 1 3 の (A)、(B) 及び (C) に示したプロフィールから分かることは、翼弦長 3 に対する翼厚 2 の比として定義される (図 6 参照) 相対翼厚及び / 又は絶対翼厚 2 は、ロータブレード翼端部 5、7 からロータブレード翼根部 4 に向かって減少することである ; 詳しくは、相対翼厚はまず 45%未満から 50%超に増加し、更に、75%超に増加し、最終的に、ロータブレード翼根部 4 ないしハブにおける円筒形ブレード接続部の実用上 100%の相対翼厚に至る。

【 0 0 8 5 】

50

更に分かることは、第1棘状延長部R1と第2棘状延長部R2の間のロータブレード1'の実用上平坦な後縁Fによって形成される谷部Kの平坦底部は、ハブに近いプロフィールでは(図13(A)に示されているように)外部に向かって(凸状に)湾曲されていることである。即ち、ハブ近位領域I₁では底部は外側に湾曲されているのに対し、中央ハブ領域I(これは図13(B)に記載されている)ではこの底部は比較的平坦であり、ハブ領域Iのハブ遠位領域I₂では底部は(図13(C)において見出すことができるように)内部に向かって湾曲されている。

【0086】

更に、図12から分かることは、後縁Fにおける第1棘状延長部R1及び第2棘状延長部R2は60°未満の円周角で配置されていること、即ち、図12に示した例では凡そ45°の円周角 α_1 、 α_2 で配置されていることである。棘状延長部R1、R2の円周角 α_1 、 α_2 は、この場合、翼厚プロフィール軸(ロータブレード1'の翼厚プロフィールの翼弦A)を基準として測定されている。

【0087】

後縁Fにおける第1棘状延長部R1の吸引面Sにおける円周角 α_1 は、翼端の方向にほぼ一定の円周角 α_1 で推移する。与圧面Dにおいては、後縁Fにおける第2棘状延長部R2のための円周角 α_2 は、図12に見出すことができるように、翼端領域IIIの方向に減少する。このことは、2つの棘状延長部R1、R2は互いに接近するよう延在し、ハブ領域Iの終端部の交点Tにおいて合流する(合体する)ことを意味する。これ(交点T)は、2つの棘状延長部R1、R2に対する円周角がほぼ0°、又は場合により円周角 α_1 が一定の場合にはそれ以上、である位置にほぼ相当する。

【0088】

図12から分かるように、ハブ領域Iの第1領域において、詳しくはハブ領域Iのハブ近位領域I₁において、翼厚プロフィール(翼型)はその平坦後縁に比較的大きな第1相対翼厚と棘状延長部を有する。更に、ハブ領域Iの第2領域において、とりわけハブ領域Iのハブ遠位領域I₂において、翼厚プロフィール(翼型)の後縁は棘状延長部を有しない尖頭状後縁又は同様に棘状延長部を有するがより小さい第2相対翼厚を有する平坦後縁を有する。

【0089】

与圧面側棘状延長部R2は、いわゆるロータブレード1'のツイスト(ねじれ:Twist)がかけられている;即ち、迎角 α が翼端領域IIIの方向に減少している-これについては既に説明した図6に見出すことができるが、図12においても明確に見出すことができる。同図では部分的にのみ記載されている中央領域において、ロータブレードの翼厚プロフィールは、既に、吸引面及び与圧面の合流した第1及び第2棘状部R1、R2から構成される尖頭状[切頭状]後縁を有する。換言すれば、ロータブレード1'は、吸引面及び与圧面の合流した第1及び第2棘状部R1、R2から構成される切頭状後縁(図3)を有し、相対後縁厚みは5%又はそれ未満の範囲にある-図12には図示されていない翼端領域においては、ロータブレードの翼厚プロフィールは尖頭状後縁(図2)を有する。

【0090】

更に分かることは、ハブ領域Iのハブ近位領域I₁の吸引面側の後縁Fの第1棘状延長部R1は、ロータブレード1'の与圧面側の後縁Fの第2棘状延長部R2の相対棘長さ(深さ)よりもより短い(より小さい)相対棘長さを有することである。更に、図12から分かることは、ハブ領域Iのハブ遠位領域の与圧面側の後縁の第2棘状延長部R2は、吸引面S側の後縁の第1棘状延長部R1の配向(ないし方位:Ausrichtung)よりもより大きく与圧面に向かって傾けられた配向(ないし方位)を有することである。これは、第1棘状延長部R1についての配向角 β_1 が第2棘状延長部R2についての配向角 β_2 よりもより大きいことによって表されている。

【0091】

更に、後縁Fの第2棘状延長部R2は、第2棘状延長部R2の与圧面の下面R2uに与圧面Dに向かって湾曲された推移を有する。これは、第2棘状延長部R2の与圧面につい

10

20

30

40

50

て、与圧面Dに向かって湾曲された推移は増大する曲率（Kruemmung）を有することを意味する。これによって達成可能な揚力効果（作用）は、付加的に、いわゆる、湾曲リップ（唇状部：Lippe）によって、例えば図13（C）に見出すことができるようなスポイラリップ（Spoiler-Lippe）又はガーニーフラップ（Guerny-Flap）等によって、一層強化されることができる。これにより、与圧面D上の圧力は大きくなり、従って、揚力値も大きくなる。

【0092】

この実施形態は、図12及び図11においてロータブレード1'として示されているように、谷部Kの領域において、 $0.01Ma \sim 0.1Ma$ であり、以って、谷部渦Wの形成を格別に支援しかつ該渦を安定化する流速を実現することは明らかである。

10

【0093】

滑空数（揚抗比）は（図11の矢視A-A、B-B及びC-C断面についての）図13（A）、（B）及び（C）及び図14に示されているように依然として比較的大きい、詳しくは、 5° までの迎角の場合、矢視A-A断面については依然として少なくとも2.5までの値であり、矢視B-B断面については依然として8までの値であり、矢視C-C断面についてはそのうえさらに依然として10までの値である。これらは、ロータブレード1'の構造的（機械的）な翼弦長は明白により小さいにも拘らず、図13から見て取ることができるような安定化された谷部渦Wによる翼弦長の「有効な（effektiv）」増大により最終的に実現可能な滑空数である。

【0094】

20

換言すれば - 図13から分かるように - ロータブレード1'の「有効（実効）」翼弦長は（いわゆる谷部渦のために）本来的な後縁Fを超えて外側に延長される、とりわけ少なくとも20%～50%までだけ延長される - ないしは棘状延長部R1、R2の後縁を超えて20%までだけ、少なくとも10%までだけ大きくされる。

【0095】

この有利な効果は、流れの剥離は渦Wの後方（下流）においてようやく見出されるのに対し、流れは棘状延長部の構造的（機械的）後縁からは依然として剥離しないことからもたらされることは明らかである。

以下に、本発明の態様を付記する。

（態様1）風力発電装置のための、吸引面と与圧面を有するロータブレード。ロータブレードは、

30

・ロータブレードをロータハブに取り付けるためのハブ領域のロータブレード翼根部と、
・該ロータブレード翼根部の反対側の翼端領域に位置付けられたロータブレード翼端部とを有する。

・前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、ロータブレードは、その後縁に棘状延長部を有する翼厚（翼断面）プロフィールを有する。

前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロフィールは、

・前記吸引面側の前記後縁の第1棘状延長部、及び、

・前記与圧面側の前記後縁の第2棘状延長部

を有する。

40

前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロフィールは、前記吸引面及び/又は前記与圧面上に、流れスタビライザ及び/又は渦発生器を有する。

（態様2）上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロフィールは、40%より大きい、とりわけ45%より大きい、相対翼厚を有する。

（態様3）上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記後縁は、所定の相対翼厚を有する、とりわけ5%より大きい相対翼厚を有する平坦な又は湾曲した後縁である。

（態様4）上記のロータブレードにおいて、前記後縁から測定された前記棘状延長部の相対棘長さは25%未満であり及び/又は少なくとも前記後縁の所定の相対翼厚より大きく

50

、とりわけ5%より大きく、

有利には、最大相対棘長さは15%~25%である。

(態様5)上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記後縁は鋸歯形状を有する。

(態様6)上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは前記吸引面及び/又は前記与圧面上に、スポイラ、境界層フェンス、境界層吸引部からなる群から選択される流れスタビライザを有する。

(態様7)上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは前記吸引面及び/又は前記与圧面上に、フィン、スタッド、ディンプル、ウェブ、噴出又は吸引構造体からなる群から選択される渦発生器を有する。

(態様8)上記のロータブレードにおいて、

・前記ハブ領域の第1領域において、とりわけ前記ハブ領域のハブ近位領域において、前記翼厚プロファイルはその平坦後縁に第1相対翼厚と前記棘状延長部とを有し、

・前記ハブ領域の第2領域において、とりわけ前記ハブ領域のハブ遠位領域において、前記翼厚プロファイル(の後縁)は、棘状延長部を有しない尖頭状後縁を有するか又は前記棘状延長部を有するより小さい第2相対翼厚を有する平坦後縁を有する。

(態様9)上記のロータブレードにおいて、

・前記ハブ領域の第1領域において、とりわけ前記ハブ領域のハブ近位領域において、前記翼厚プロファイルはその平坦後縁に前記棘状延長部を有し、

・前記ハブ領域の第2領域において、とりわけ前記ハブ領域のハブ遠位領域において、前記翼厚プロファイル(の後縁)は、棘状延長部を有しない平坦後縁を有する。

(態様10)上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域の、第1領域、とりわけ前記ハブ領域のハブ近位領域と、第2領域、とりわけ前記ハブ領域のハブ遠位領域との間において、前記翼厚プロファイルは最大翼弦長を有する。

(態様11)上記のロータブレードにおいて、翼弦長に対する翼厚の比として定義される相対翼厚は、前記ハブ領域のロータブレード翼根部と前記翼端領域のロータブレード翼端部の間の領域、とりわけ中央領域に、局所的最大を有する。

(態様12)上記のロータブレードにおいて、前記局所的最大の相対翼厚は、35%~50%、とりわけ40%~45%である。

(態様13)上記のロータブレードにおいて、ロータブレードは、前記局所的最大の範囲に、1500mm~3500mmの絶対翼弦長を有する。

(態様14)上記のロータブレードにおいて、

・ロータブレードは、第1ロータブレード部分と第2ロータブレード部分とから構成されており、

・該第1ロータブレード部分は前記ロータブレード翼根部を有し、かつ、該第2ロータブレード部分は前記ロータブレード翼端部を有し、

・該第1及び第2ロータブレード部分は、分離箇所において互いに結合されており、

とりわけ、該分離箇所は、ロータブレード翼根部とロータブレード翼端部との間の前記中央領域に及び/又は翼弦長に対する翼厚の比として定義される相対翼厚の局所的最大の領域に配されている。

(態様15)上記のロータブレードにおいて、ロータブレードは、前記ハブ領域の第1領域、とりわけ前記ハブ領域のハブ近位領域に、少なくとも3900mmの絶対翼弦長、とりわけ4000mm~8000mmの範囲の絶対翼弦長を有する。

(態様16)上記のロータブレードにおいて、ロータブレードは、前記ロータブレード翼根部から出発してその全長の90%~95%の範囲に、最大で1000mmの絶対翼弦長、とりわけ400mm~700mmの範囲の絶対翼弦長を有する。

(態様17)上記のロータブレードにおいて、ロータブレードは、前記中央領域に、前記ハブ領域における翼弦長の20%~30%に相当する翼弦長を有する。

(態様18)上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域の範囲において少なくとも部分的に、前記翼厚プロファイルは50%より大きい、とりわけ75%より大きい相対翼厚を

10

20

30

40

50

有し、該翼厚プロファイルは実質的に円筒形ないし卵形のコアの形で、好ましくは実質的に円筒形ないし卵形の巻回体の形で形成されている。

(態様19) 上記のロータブレードにおいて、前記翼厚プロファイルは、前記吸引面側に前記後縁の第1棘状延長部を有しかつ前記与圧面側に前記後縁の第2棘状延長部を有し、該第1棘状延長部と該第2棘状延長部との間には実質的に平坦底部を有する谷部が形成されており、

翼弦長に対する翼厚の比として定義される相対翼厚及びノ又は絶対翼厚は、ロータブレード翼根部からロータブレード翼端部に向かって減少する。

(態様20) 上記のロータブレードにおいて、前記第1棘状延長部と前記第2棘状延長部との間の谷部の平坦底部は、前記ハブ領域のハブ近位領域においては、外部に向かって湾曲されており、かつ、前記ハブ領域のハブ遠位領域においては、内部に向かって湾曲されている。

10

(態様21) 上記のロータブレードにおいて、前記後縁の前記第1棘状延長部と前記第2棘状延長部は、60°未満の、とりわけ45°未満の円周角で配置されており、該円周角は迎角を有しない(迎角が0°の)翼厚プロファイル軸を基準として測定される。

(態様22) 上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、とりわけ前記ハブ領域の前記ハブ近位領域において、前記吸引面側の前記後縁の前記第1棘状延長部は、前記与圧面側の前記後縁の前記第2棘状延長部の相対棘長さより短い相対棘長さを有する。

(態様23) 上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、とりわけ前記ハブ領域の前記ハブ近位領域において、前記与圧面側の前記後縁の前記第2棘状延長部は、前記吸引面側の前記後縁の前記第1棘状延長部の配向よりもより大きく該与圧面に向かって傾けられている配向を有する。

20

(態様24) 上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記吸引面側の前記後縁の前記第1棘状延長部は、円周角が実質的に一定のまま、前記翼端領域の方向に延伸し、かつ、前記与圧面側の前記後縁の前記第2棘状延長部は、円周角が実質的に減少しつつ、前記翼端領域の方向に延伸している。

(態様25) 上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記後縁の前記第1棘状延長部と前記後縁の前記第2棘状延長部は合流する、とりわけ0°の円周角又はマイナスの円周角又はプラスの円周角の位置において合流する。

(態様26) 上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記与圧面側の前記後縁の前記第2棘状延長部は、与圧面側の下面の該与圧面に向かって湾曲された推移を有する、とりわけ与圧面側の下面の該与圧面に向かって曲率が増加するよう湾曲された推移を有する。

30

(態様27) 上記のロータブレードにおいて、前記ハブ領域において、前記与圧面側の前記後縁の前記第2棘状延長部は、とりわけ与圧面側の下面の該与圧面に向かって湾曲された推移に対する空気力学的な移行部を有する、該与圧面に向かって湾曲されたリップ、とりわけスポイラリップ又はガーニーフラップを有する。

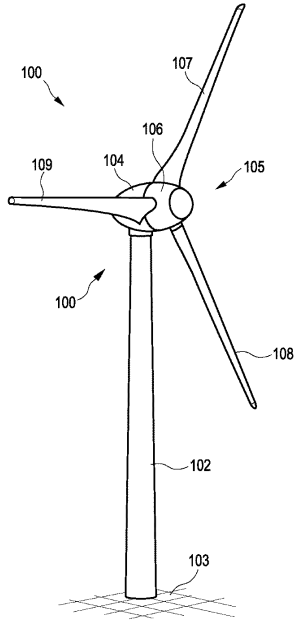
(態様28) 上記のロータブレードにおいて、前記第1棘状延長部と前記第2棘状延長部の間の谷部の領域における正規化された流れの単位Ma(マッハ)で表された流速は、0.01Ma~最大で0.1Ma、とりわけ0.02Ma~最大で0.06Maである。

40

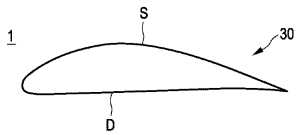
(態様29) 上記のロータブレードにおいて、滑空比(揚抗比)は、迎角(ツイスト)が5°までの場合、1より大きくかつ10より小さい、とりわけ前記ハブ領域のハブ近位領域から前記ハブ領域のハブ遠位領域に向かって、滑空比(揚抗比)は増大し及びノ又はロータブレードの翼厚プロファイルの迎角(ツイスト)は減少する。

(態様30) ロータを有する風力発電装置であって、該ロータは上記のロータブレードを少なくとも1つ有する、風力発電装置。

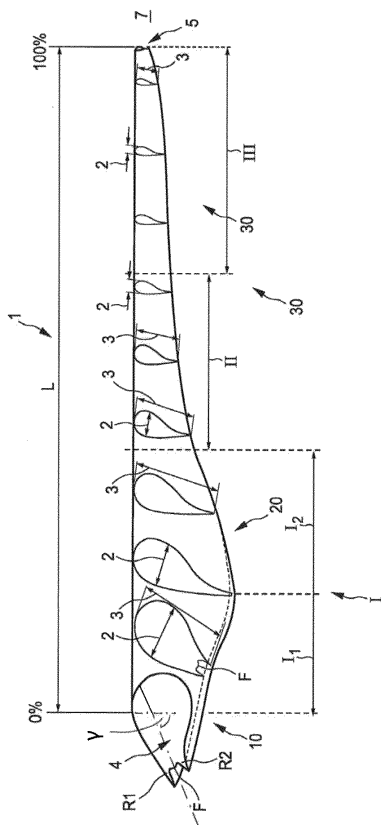
【図1】



【図2】



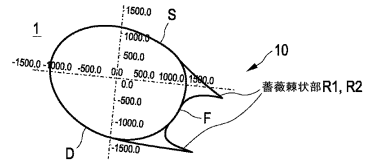
【図6】



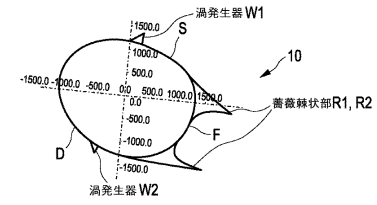
【図3】



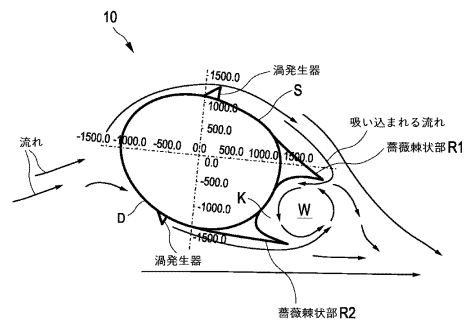
【図4】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 ホフマン、アレクサンダー
ドイツ連邦共和国 2 6 7 2 1 エムデン ヘルマン - ヘッセ - シュトラーセ 9

審査官 岩田 健一

(56)参考文献 国際公開第2014/025252(WO, A1)
国際公開第2014/198754(WO, A1)
特開2003-336572(JP, A)
特表2014-513773(JP, A)
国際公開第2013/054404(WO, A1)
米国特許第05088665(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F03D 1/06