

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6632553号
(P6632553)

(45) 発行日 令和2年1月22日(2020.1.22)

(24) 登録日 令和1年12月20日(2019.12.20)

(51) Int.Cl.
F 1
F O 3 D 1/06 (2006.01)

F O 3 D 1/06 A

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-5068 (P2017-5068)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成29年1月16日 (2017.1.16)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2018-115559 (P2018-115559A)		東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(43) 公開日	平成30年7月26日 (2018.7.26)	(74) 代理人	110000785
審査請求日	平成30年10月10日 (2018.10.10)		誠真 I P 特許業務法人
		(72) 発明者	深見 浩司
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		審査官	岩田 健一
		(56) 参考文献	欧州特許出願公開第02799710 (EP, A1)
			米国特許出願公開第2014/0328692 (US, A1)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボルテックスジェネレータ及びその設置方法、並びに風車翼及び風力発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

風車翼の表面上に設けられ、共通のフィンコード長及びフィン高さを有する複数のメインフィンと、

各々の前記メインフィンよりもフィンコード長及びフィン高さが小さく、前記風車翼の翼先端側又は翼根側におけるメインフィン列の第1端部から延長した第1仮想線上において、前記風車翼の前記表面上に設けられる少なくとも一つの第1サブフィンと、を備え、

前記少なくとも一つの第1サブフィンのうち前記メインフィン列の前記第1端部の隣に位置する第1サブフィンと前記メインフィン列との間の前記第1仮想線上における間隔 d が、前記メインフィン列内における隣り合う一対の前記メインフィン間の最大間隔を d_{max} としたとき、 $d \leq d_{max}$ を満たし、

前記少なくとも一つの第1サブフィンは、

1つのみのフィン、または、

前記メインフィン列から離れるほど前記フィンコード長及び前記フィン高さが小さくなる複数のフィン

の何れか一方により形成される

ことを特徴とする風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項2】

前記少なくとも一つの第1サブフィンのうち前記メインフィン列から最も遠い第1サブ

10

20

フィンのフィンコード方向が、前記風車翼の前縁に近づくほど前記メインフィン列から離れるよう前記第 1 仮想線に対して斜めである

ことを特徴とする請求項 1 に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項 3】

前記風車翼の前記表面に固定される第 1 ベースプレートをさらに備え、

前記少なくとも一つの第 1 サブフィンは、前記第 1 ベースプレート上に立設された複数の前記第 1 サブフィンを含む

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項 4】

前記風車翼の前記表面に固定される第 1 ベースプレートを備え、

前記メインフィン列の前記第 1 端部を形成する 1 以上の前記メインフィンと、1 以上の前記第 1 サブフィンとが、前記第 1 ベースプレート上に立設された

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項 5】

前記第 1 端部は前記風車翼の前記翼先端側における前記メインフィン列の端部であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項 6】

前記少なくとも一つの第 1 サブフィンは、各々の前記第 1 サブフィンのフィンコード長方向の中心が、前記複数のメインフィンの各々のフィンコード長方向の中心を結ぶ直線上に位置するように配設されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項 7】

隣り合う一対の前記メインフィンの前縁側の距離を S_1 とし、隣り合う一対の前記メインフィンの後縁側の距離を S_2 としたとき、 S_1 / S_2 が 0.8 以上 1.2 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項 8】

前記メインフィン列の前記第 1 端部の隣に位置する前記第 1 サブフィンと、前記メインフィン列との間の間隔は、前記風車翼のコード方向に沿って後縁側に向かって減少することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項 9】

前記風車翼の前記表面に固定され、前記メインフィン列の前記第 1 端部を形成する 1 以上の前記メインフィンと、1 以上の前記第 1 サブフィンとが立設される第 1 ベースプレートと、

前記風車翼の前記表面に固定され、1 以上の前記メインフィンのみが立設される第 2 ベースプレートと、

を備え、

前記第 1 ベースプレートは、前記第 2 ベースプレートと形状が異なることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータ。

【請求項 10】

翼根部から翼端部にかけて長尺な翼本体と、

請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の風車翼用ボルテックスジェネレータと、を備えた風車翼。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の風車翼と該風車翼が取り付けられるハブとを備えた風車ロータと、

前記風車ロータと一体回転可能に接続された主軸と、

10

20

30

40

50

前記主軸を回転可能に支持するナセルと、
前記ナセルを旋回可能に指示するタワーと、
を備えた風力発電装置。

【請求項 12】

風車翼へのボルテックスジェネレータの設置方法であって、
前記風車翼の表面上に、共通のフィンコード長及びフィン高さを有する複数のメインフィンを取り付けるステップと、

前記風車翼の翼先端側又は翼根側におけるメインフィン列の第 1 端部から延長した第 1 仮想線上において、各々の前記メインフィンよりもフィンコード長及びフィン高さが小さい少なくとも一つの第 1 サブフィンを前記風車翼の前記表面上に取り付けるステップと、

前記少なくとも一つの第 1 サブフィンのうち前記メインフィン列の前記第 1 端部の隣に位置する第 1 サブフィンと前記メインフィン列との間の前記第 1 仮想線上における間隔 d が、前記メインフィン列内における隣り合う一対の前記メインフィン間の最大間隔を d_{max} としたとき、 $d \leq d_{max}$ を満たすように、前記第 1 サブフィンの取付け位置を決定するステップと、
を備え、

前記少なくとも一つの第 1 サブフィンは、

1 つのみのフィン、または、

前記メインフィン列から離れるほど前記フィンコード長及び前記フィン高さが小さくなる複数のフィン

の何れか一方により形成される

ことを特徴とするボルテックスジェネレータの設置方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ボルテックスジェネレータ及びその設置方法、並びに風車翼及び風力発電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、風車の運転効率を向上させる観点から、風車翼の空力的性能を改善する試みがなされている。その試みの一つは、風車翼の表面にボルテックスジェネレータ (VG) を設け、風車翼の表面に沿った流れの剥離を抑制することである。

【0003】

特許文献 1 ~ 特許文献 10 には、風車翼の表面に取り付けられる基部と該基部上に立設された複数のフィン (VG フィン) とを有するボルテックスジェネレータが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】欧州特許出願公開第 2 7 9 9 7 1 0 号明細書

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 1 4 0 8 5 6 号明細書

【特許文献 3】欧州特許出願公開第 2 5 4 8 8 0 0 号明細書

【特許文献 4】欧州特許出願公開第 2 7 9 9 7 0 9 号明細書

【特許文献 5】国際公開第 2 0 0 7 / 1 4 0 7 7 1 号

【特許文献 6】欧州特許出願公開第 2 0 3 1 2 4 1 号明細書

【特許文献 7】欧州特許出願公開第 2 4 8 4 8 9 8 号明細書

【特許文献 8】国際公開第 2 0 1 5 / 0 3 0 5 7 3 号

【特許文献 9】欧州特許出願公開第 2 5 9 7 3 0 0 号明細書

【特許文献 10】独国特許出願公開第 1 0 2 0 1 3 2 0 1 8 7 1 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、典型的なボルテックスジェネレータは、特許文献1～10に記載されているように、複数のVGフィンによって形成されるフィン列を含む。ここで、本発明者らの鋭意検討の結果、ボルテックスジェネレータのフィン列の端部においては剥離抑制効果を十分に得られないばかりか、フィン列端部に位置する幾つかのVGフィンによって形成される風車翼表面から離れる方向の渦に起因してかえって剥離が助長され得ることが明らかになった。

【0006】

本発明の少なくとも幾つかの実施形態は、ボルテックスジェネレータのフィン列の端部における剥離抑制効果を向上させることができるボルテックスジェネレータ及びその設置方法、並びに風車翼及び風力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】

【0007】

(1) 本発明の少なくとも一実施形態に係るボルテックスジェネレータは、
風車翼の表面上に設けられた複数のメインフィンと、

各々の前記メインフィンよりもフィンコード長及びフィン高さが小さく、前記風車翼の翼先端側又は翼根側における前記メインフィン列の第1端部から延長した第1仮想線に沿って、前記風車翼の前記表面上に設けられる少なくとも一つの第1サブフィンと、
を備え、

前記少なくとも一つの第1サブフィンのうち前記メインフィン列の前記第1端部の隣に位置する第1サブフィンと前記メインフィン列との間の間隔 d が、前記メインフィン列内における隣り合う一対の前記メインフィン間の最大間隔を d_{max} としたとき、 $d \leq d_{max}$ を満たす。

【0008】

ボルテックスジェネレータのフィン列の端部では、フィンによって形成される風車翼表面から離れる方向の渦の影響によって、剥離抑制効果を十分に得ることが難しい。

この点、上記(1)の構成によれば、メインフィン列に近接させて、メインフィンに比べて小型の第1サブフィンを配置したので($d \leq d_{max}$)、ボルテックスジェネレータのフィン列の端部における剥離抑制効果を高めることができる。すなわち、第1サブフィンを設けることで、メインフィン列の端部に位置する幾つかのメインフィンによって形成される風車翼表面から離れる方向の渦に起因した剥離助長効果を、第1サブフィンによって形成される渦によって、風車翼表面に境界層の外側の比較的速い流れを押し付けることで少なくとも部分的に打ち消すことができる。また、第1サブフィン自体によって、風車翼表面から離れる方向の渦が形成されることも考えられるが、第1サブフィンのフィンコード長及びフィン高さはメインフィンに比べて小さいので、第1サブフィンにより形成される渦の影響はメインフィンが形成する渦による影響に比べて小さい。このため、上記(1)の構成により、ボルテックスジェネレータ全体として、フィン列の端部における剥離抑制効果を高めることができるのである。

【0009】

(2) いくつかの実施形態では、上記(1)に記載の構成において、

前記少なくとも一つの第1サブフィンのうち前記メインフィン列から最も遠い第1サブフィンのフィンコード方向が、前記風車翼の前縁に近づくほど前記メインフィン列から離れるよう前記第1仮想線に対して斜めである。

【0010】

上記(2)の構成によれば、メインフィン列から続く第1仮想線上に配設される第1サブフィンのうちメインフィン列から最も遠い第1サブフィンが、前縁側ほどメインフィン列から離れるように設けられる。すなわち、メインフィンと第1サブフィンとで構成されるボルテックスジェネレータの列の端部に配置されるフィン(第1サブフィン)が、前縁

10

20

30

40

50

側ほどメインフィン列から離れるように配置される。これにより、ボルテックスジェネレータの端部では、第1サブフィンの存在によって生じる渦により、境界層の外側の比較的速い流れを翼表面に押し付けて剥離を抑制することができる。

【0011】

(3) いくつかの実施形態では、上記(1)又は(2)に記載の構成において、

前記少なくとも一つの第1サブフィン、前記メインフィン列から離れるほど前記フィンコード長及び前記フィン高さが小さくなる複数の第1サブフィンを含む。

【0012】

上記(3)の構成によれば、第1サブフィンが複数設けられ、これら複数の第1サブフィンは、メインフィンから離れるに従ってフィンコード長及びフィン高さが徐々に小さくなるように形成される。つまり、メインフィン列の端部においてフィンの存在が急に途切れてしまうことがなく、フィンの存在に起因した空力的影響が徐々に小さくなるため、ボルテックスジェネレータ全体として、フィン列の端部において剥離抑制効果を適切に享受することができる。

【0013】

(4) いくつかの実施形態では、上記(1)乃至(3)の何れか1つに記載の構成において、

前記風車翼の前記表面に固定される第1ベースプレートにさらに備え、

前記少なくとも一つの第1サブフィンは、前記第1ベースプレート上に立設された複数の前記第1サブフィンを含む。

【0014】

上記(4)の構成によれば、複数の第1サブフィンが第1ベースプレート上に立設されることにより、該第1サブフィンを風車翼に取り付ける際には、第1ベースプレートを風車翼に取り付けるだけの簡易な作業で足りる。したがって、複数の第1サブフィンを風車翼に取り付ける際の作業性を向上させることができる。また、メインフィン列から離れるほど小さく形成される第1サブフィンを第1ベースプレートと一体に形成することができるため、小さなフィンの紛失防止や取り扱いに際する労力を低減することができる。

【0015】

(5) いくつかの実施形態では、上記(1)乃至(4)の何れか1つに記載の構成において、

前記風車翼の前記表面に固定される第1ベースプレートを備え、

前記メインフィン列の前記第1端部を形成する1以上の前記メインフィンと、1以上の前記第1サブフィンとが、前記第1ベースプレート上に立設される。

【0016】

上記(5)の構成によれば、1以上の第1サブフィンと1以上のメインフィンとが第1ベースプレート上に立設される。つまり、1以上の第1サブフィンと1以上のメインフィンとが第1ベースプレートを介して一体に形成されるため、ボルテックスジェネレータを風車翼に取り付ける際の作業工数を低減して取り付け作業を簡易化することができる。

【0017】

(6) いくつかの実施形態では、上記(1)乃至(5)の何れか1つに記載の構成において、

前記第1端部は前記風車翼の前記翼先端側における前記メインフィンの端部である。

【0018】

上記(6)の構成によれば、上記(1)で述べた原理により、風車翼のうち空力的性能に大きく影響する部位(翼根部よりも先端側の部位)において、ボルテックスジェネレータのフィン列の端部における剥離助長効果を第1サブフィンによって抑制可能となる。よって、風車翼の空力的性能を向上させることができる。

【0019】

(7) いくつかの実施形態では、上記(1)乃至(6)の何れか1つに記載の構成において、

10

20

30

40

50

前記少なくとも一つの第1サブフィン、各々の前記第1サブフィンのフィンコード長方向の中心が、前記複数のメインフィンの各々のフィンコード長方向の中心を結んだ直線上に位置するように配設される。

【0020】

上記(7)の構成によれば、メインフィン列の延長線上に並んだ少なくとも一つの第1サブフィンによる空力的作用をメインフィン列の端部に効果的に及ぼすことができ、風車翼の空力特性を効果的に改善することができる。

【0021】

(8)いくつかの実施形態では、上記(1)乃至(7)の何れか1つに記載の構成において、

10

隣り合う一対の前記メインフィンの前縁側の距離を S_1 とし、隣り合う一対の前記メインフィンの後縁側の距離を S_2 としたとき、 S_1 / S_2 が0.8以上1.2以下である。

【0022】

上記(8)の構成によれば、メインフィンの基本ユニット同士が離れすぎたり近すぎたりすることなく、ほぼ一定の間隔で配置されるため、ボルテックスジェネレータの設置範囲の全体に亘って概ね一様に剥離抑制効果を享受することができる。

【0023】

(9)本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る風車翼は、
翼本体と、

前記翼本体の表面に取り付けられた上記(1)乃至(8)の何れかの構成のボルテックスジェネレータと、
を備える。

20

【0024】

上記(9)の構成によれば、上記(1)で述べたように、メインフィン列に近接させて、メインフィンに比べて小型の第1サブフィンを配置することで($d < d_{max}$)、ボルテックスジェネレータのフィン列の端部における剥離抑制効果を高めることができる。よって、空力特性が改善された風車翼を得ることができる。

【0025】

(10)本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る風力発電装置は、
上記(9)の構成の風車翼を備える。

30

【0026】

上記(10)の構成によれば、上記(9)の構成の風車翼を備えるので、空力特性が改善された風力発電装置を得ることができる。

【0027】

(11)本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係るボルテックスジェネレータの設置方法は、

風車翼へのボルテックスジェネレータの設置方法であって、

前記風車翼の表面上に複数のメインフィンを取り付けるステップと、

前記風車翼の翼先端側又は翼根側における前記メインフィン列の第1端部から延長した第1仮想線に沿って、各々の前記メインフィンよりもフィンコード長及びフィン高さが小さい少なくとも一つの第1サブフィンを前記風車翼の前記表面上に取り付けるステップと、

40

前記少なくとも一つの第1サブフィンのうち前記メインフィン列の前記第1端部の隣に位置する第1サブフィンと前記メインフィン列との間の間隔 d が、前記メインフィン列内における隣り合う一対の前記メインフィン間の最大間隔を d_{max} としたとき、 $d < d_{max}$ を満たすように、前記第1サブフィンの取付け位置を決定するステップと、
を備える。

【0028】

上記(11)の方法によれば、上記(1)で述べたように、メインフィン列に近接させて、メインフィンに比べて小型の第1サブフィンを配置することで($d < d_{max}$)、ボ

50

ルテックスジェネレータのフィン列の端部における剥離抑制効果を高めることができる。

【発明の効果】

【0029】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、ボルテックスジェネレータのフィン列の端部における剥離抑制効果を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】一実施形態に係るボルテックスジェネレータが適用される風車翼を備える風力発電装置の概略構成図である。

【図2】一実施形態に係るボルテックスジェネレータが適用される風車翼の斜視図である。

10

【図3】一実施形態に係るメインフィン列周囲における流れを説明するための斜視図である。

【図4】一実施形態に係るメインフィン列周囲の流体解析結果を示す速度分布図である。

【図5A】一実施形態におけるボルテックスジェネレータの端部を示す平面図である。

【図5B】一実施形態におけるボルテックスジェネレータの端部を示す側面図である。

【図6A】一実施形態におけるボルテックスジェネレータの端部を示す平面図である。

【図6B】一実施形態におけるボルテックスジェネレータの端部を示す側面図である。

【図7】一実施形態におけるボルテックスジェネレータの構成を示す図である。

【図8】一実施形態に係るボルテックスジェネレータの端部に付設するサブフィンを示す平面図である。

20

【図9】一実施形態に係るボルテックスジェネレータの端部に付設するサブフィンを示す図である。

【図10】一実施形態に係るボルテックスジェネレータの端部に付設するサブフィンを示す図である。

【図11】一実施形態に係るボルテックスジェネレータ10の設置方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

30

【0032】

まず、図1及び図2を参照して、幾つかの実施形態に係るボルテックスジェネレータが適用される風車翼について説明する。図1は、一実施形態に係るボルテックスジェネレータが適用される風車翼を備える風力発電装置の概略構成図であり、図2は、一実施形態に係るボルテックスジェネレータが適用される風車翼の斜視図である。

【0033】

図1に示すように、風力発電装置90は、少なくとも一本（例えば3本）の風車翼1及びハブ94で構成されるロータ93を備える。風車翼1は放射状にハブ94に取り付けられており、風車翼1で風を受けることによってロータ93が回転し、ロータ93に連結された発電機（不図示）で発電を行うように構成されている。

40

なお、図1に示す実施形態において、ロータ93は、タワー96の上方に設けられたナセル95によって支持されている。また、タワー96は、水上又は陸上に設けられた土台構造97（基礎構造又は浮体構造等）に立設されている。

【0034】

図2に示すように、風車翼1は、翼本体2を備える。

翼本体2は、風力発電装置90のハブ94に取り付けられる翼根3と、ハブ94から最も遠くに位置する翼先端4と、翼根3と翼先端4の間に延在する翼型部5と、を含む。また、風車翼1は、翼根3から翼先端4にかけて、前縁6と後縁7とを有する。また、風車

50

翼 1 の翼本体 2 の外形は、圧力面（腹面）8 と、圧力面 8 に対向する負圧面（背面）9 とによって形成される。

【 0 0 3 5 】

図 2 に示すように、風車翼 1 において、翼本体 2 の負圧面 9 にはボルテックスジェネレータ 10 が取り付けられる。なお、本明細書において、「翼長方向」とは、翼根 3 と翼先端 4 とを結ぶ方向であり、「翼コード方向」とは、翼本体 2 の前縁 6 と後縁 7 とを結ぶ線（コード）に沿った方向である。

【 0 0 3 6 】

幾つかの実施形態では、ボルテックスジェネレータ 10 は、風車翼 1（具体的には翼本体 2）の表面上に設けられた複数のメインフィン 12 を備える。これら複数のメインフィン 12 によって、メインフィン列 100 が形成される。

10

【 0 0 3 7 】

ここで、図 3 及び図 4 を参照して、メインフィン 12（12A，12B）の具体的構成とメインフィン列 100 による空力的作用を説明する。

図 3 は、一実施形態に係る隣り合う一对のメインフィン 12A，12B の周囲における流れを説明するための斜視図である。図 4 は、一実施形態に係る隣り合う一对のメインフィン 12A，12B の周囲の流体解析結果を示す速度分布図である。

なお、図 4 では、メインフィン 12A，12B の後縁 14 の位置 P_1 における断面（風の流入方向に直交する断面）の速度分布 28 と、メインフィン 12A，12B の後流側の位置 P_2 における断面（風の流入方向に直交する断面）の速度分布 29 と、を示している。これらの速度分布 28，29 において、流体速度の大きい領域を濃い色で示しており、流体速度が小さい領域ほどより薄い色で示している。

20

【 0 0 3 8 】

幾つかの実施形態において、複数のメインフィン 12 は、隣り合うように設けられた少なくとも一对のフィン 12A，12B を含む（例えば、図 3 及び図 4 参照）。幾つかの実施形態では、各々のメインフィン 12（12A，12B）は翼型を有している。各々のメインフィン 12 は、風の流入方向の上流側に位置する前縁 13 と、風の流入方向の下流側に位置する後縁 14 と、風の流入方向における上流側を向くフィン 12 の腹面（圧力面）15 と、風の流入方向における下流側を向くフィン 12 の背面（負圧面）16 と、を有する。フィン 12 において、前縁 13 と後縁 14 とを結ぶ直線の方が、フィン 12 のコード方向である。

30

なお、本明細書において、「風の流入方向」とは、ボルテックスジェネレータ 10 の取付位置における、風車翼 1（図 2 参照）の表面に沿った流れの方向をいう。「風の流入方向」として、ボルテックスジェネレータ 10 の取付位置における風車翼 1 の翼コード方向（図 2 参照）を近似的に用いてもよい。

幾つかの実施形態では、例えば、風流入方向の上流側から下流側に向けて（すなわち、風車翼 1（図 2 参照）に取り付けた状態で、風車翼 1 の前縁 6 側から後縁 7 側に向けて）、一对のメインフィン 12A，12B の間の隙間が広がるように各々のメインフィン 12A，12B が設けられている。

【 0 0 3 9 】

40

図 3 及び図 4 に示すように、通常、メインフィン列 100 は、各メインフィン 12（12A，12B）が生み出す揚力 L によって、メインフィン 12 の背面 16 側に縦渦 21 を形成する。これらの縦渦 21 によって、メインフィン 12 の後流側において、境界層 31 内外の運動量交換が促進される。すなわち、メインフィン 12 から離れた位置における境界層 31 は、メインフィン 12 の影響が小さいため、境界層 31 の厚さ D_1 は比較的大きい。これに対して、メインフィン 12 に近い位置においては、メインフィン 12（12A，12B）により形成される縦渦 21 によってフィン 12 の高さ方向における運動量交換が促進されるため、境界層 32 の厚さ D_2 は境界層 31 の厚さ D_1 よりも薄くなる。こうしてメインフィン列 100 によって、風車翼 1 の表面における境界層 31 が薄くなり、風車翼 1 の後縁剥離が抑制されるようになっている。

50

なお、縦渦 21 とは、フィン 12 の高さ方向に形成される渦である。

【0040】

このように、メインフィン列 100 全体としては、風車翼 1 の後縁剥離効果を実現可能であるが、本発明者らの鋭意検討の結果、メインフィン列 100 の端部において局所的に剥離抑制効果が十分に得られないばかりか、剥離をかえて助長し得ることが明らかになった。これは、メインフィン列 100 の端部に位置するメインフィン 12A, 12B によって形成される縦渦 21 が、メインフィン 12A, 12B 間において風車翼 1 の表面から離れる方向の成分を有するため、メインフィン 12 の後流側における剥離が助長されてしまうことに起因している。

【0041】

そこで、幾つかの実施形態では、図 5A、図 5B、図 6A 及び図 6B を参照して以下述べるように、ボルテックスジェネレータ 10 は、メインフィン列 100 の端部における剥離抑制効果を高めるためのサブフィン 120 (120A, 120B) をさらに備える。

【0042】

図 5A 及び図 5B は、一実施形態におけるボルテックスジェネレータ 10A の構成例を示す図であり、図 5A はボルテックスジェネレータ 10A の平面図であり、図 5B はボルテックスジェネレータ 10A を風流入方向の上流側から見た側面図である。

図 6A 及び図 6B は、一実施形態におけるボルテックスジェネレータ 10B の構成例を示す図であり、図 6A はボルテックスジェネレータ 10B の平面図であり、図 6B はボルテックスジェネレータ 10B を風流入方向の上流側から見た側面図である。

【0043】

幾つかの実施形態では、図 5 及び図 6 に示すように、サブフィン 120 は、風車翼 1 の翼先端 4 側又は翼根 3 側の一方側におけるメインフィン列 100 の第 1 端部 102 から延長した第 1 仮想線 L_{ref1} に沿って、風車翼 1 の表面上に設けられる 1 以上の第 1 サブフィン 120A を含む。第 1 サブフィン 120A は、図 5A 及び図 5B に示すように 1 つであってもよいが、図 6A 及び図 6B に示すように複数設けられていてもよい。

また、1 以上の第 1 サブフィン 120A は、第 1 サブフィン 120A のうちメインフィン列 100 の第 1 端部 102 の隣に位置する第 1 サブフィン 200 がメインフィン列 100 との間に間隔 d_1 を空けて位置するように配置される。ここで、メインフィン列 100 に最も近い第 1 サブフィン 200 とメインフィン列 100 との間隔 d_1 は、メインフィン列 100 内における隣り合う一対のメインフィン 12A, 12B 間の最大間隔を d_{max} としたとき、 $d_1 \leq d_{max}$ を満たす。

【0044】

また、図 5 及び図 6 に示すように、サブフィン 120 は、風車翼 1 の翼先端 4 側又は翼根 3 側の他方側におけるメインフィン列 100 の第 2 端部 104 から延長した第 2 仮想線 L_{ref2} に沿って、風車翼 1 の表面上に設けられる 1 以上の第 2 サブフィン 120B を含む。第 2 サブフィン 120B についても、第 1 サブフィン 120A と同様に、図 5A 及び図 5B に示すように 1 つのみ設けられていてもよいし、図 6A 及び図 6B に示すように複数設けられていてもよい。

また、1 以上の第 2 サブフィン 120B は、第 2 サブフィン 120B のうちメインフィン列 100 の第 2 端部 104 の隣に位置する第 2 サブフィン 300 がメインフィン列 100 との間に間隔 d_2 を空けて位置するように配置される。ここで、メインフィン列 100 に最も近い第 2 サブフィン 300 とメインフィン列 100 との間隔 d_2 は、メインフィン列 100 内における隣り合う一対のメインフィン 12A, 12B 間の最大間隔を d_{max} としたとき、 $d_2 \leq d_{max}$ を満たす。

【0045】

各々のサブフィン 120 (120A, 120B) は、図 5 及び図 6 に示すように、各々のメインフィン 12 (12A, 12B) よりもフィンコード長及びフィン高さが小さい。すなわち、メインフィン 12 のフィンコード長及びフィン高さをそれぞれ C_{main} , H_{main} としたとき、各々のサブフィン 120 のフィンコード長 C_{sub} 及びフィン高さ

10

20

30

40

50

H_{sub} は、 $C_{sub} < C_{main}$ 且つ $H_{sub} < H_{main}$ の関係を満たす。

【0046】

なお、図6A及び図6Bに示す例示的な実施形態では、複数の第1サブフィン120Aが、メインフィン列100の第1端部102に隣接して、メインフィン列100から離れるほどフィンコード長及びフィン高さが小さくなるような順で配列される。即ち、図6に示す例では、 $C_{sub1} > C_{sub2} > C_{sub3}$ 、且つ、 $H_{sub1} > H_{sub2} > H_{sub3}$ を満たすような順で、3つの第1サブフィン120Aが配列される。

同様に、複数の第2サブフィン120Bについても、メインフィン列100の第2端部104に隣接して、メインフィン列100から離れるほどフィンコード長及びフィン高さが小さくなるような順で配列される ($C'_{sub1} > C'_{sub2} > C'_{sub3}$ 、且つ、 $H'_{sub1} > H'_{sub2} > H'_{sub3}$)。

10

【0047】

上記構成のボルテックスジェネレータ10A, 10Bでは、メインフィン列100に近接させて、メインフィン12に比べて小型のサブフィン120A, 120Bを配置したので ($d_1, d_{max}, d_2, d_{max}$)、ボルテックスジェネレータ10A, 10Bのフィン列の端部における剥離抑制効果を高めることができる。すなわち、サブフィン120A, 120Bを設けることで、メインフィン列100の端部に位置する幾つかのメインフィン12によって形成される風車翼1の表面から離れる方向の縦渦21に起因した剥離助長効果を、サブフィン120A, 120Bによって形成される渦121 (図5B及び図6B参照) によって、風車翼1の表面に境界層の外側の比較的速い流れを押し付けることで

20

【0048】

幾つかの実施形態において、ボルテックスジェネレータ10は、翼本体2の負圧面9上に翼長方向に複数配列されてもよく、例えば、基準線 L_{ref1} に沿って直線状に配置されてもよい (図2及び図7参照)。幾つかの実施形態において、複数のボルテックスジェネレータ10は、翼長方向に対して斜めに複数配列されていてもよく、例えば、図7に示すように、基準線 L_{ref2} に沿って直線状に配置されてもよい。複数のメインフィン12aは、1列以上のメインフィン列100を形成している。幾つかの実施形態において、各々のフィン12 (12A, 12B) は、風流入方向に対して所定の角度をなすように傾斜して設けられている (図3及び図4参照)。

30

【0049】

幾つかの実施形態において、ボルテックスジェネレータ10は、隣り合う各メインフィン12A及び12B間の最大間隔のうち、風車翼1の前縁6側端部間の距離を S_1 とし、風車翼1の後縁7側端部間の距離を S_2 としたとき、 S_1 / S_2 が0.8以上1.2以下 ($S_1 / S_2 = 0.8 \sim 1.2$) となるように設けられてもよい (例えば、図8~10参照)。このようにすれば、メインフィン12A及び12Bの基本ユニット同士が離れすぎたり近すぎたりすることなく、ほぼ一定の間隔で配置されるため、ボルテックスジェネレータ10の設置範囲の全体に亘って概ね一様に剥離抑制効果を享受することができる。

40

【0050】

幾つかの実施形態において、ボルテックスジェネレータ10は、風車翼1の表面 (より具体的には翼本体2の表面) に固定される基部11 (ベースプレート) と、基部11上に立設される少なくとも一本のフィン12と、を備えている。幾つかの実施形態において、基部11は、円形のほか、例えば、楕円形状や、台形又は長方形等の多角形であってもよい。

50

【 0 0 5 1 】

幾つかの実施形態において、各サブフィン 1 2 0 は、例えば、図 8 及び図 9 に示すように、基部 1 1 A (ベースプレート) 上に立設されていてもよい。基部 1 1 A は、例えば、楕円形状であってもよいし台形状等の矩形形状であってもよい。このようにすれば、サブフィン 1 2 b を風車翼 1 に取り付ける際には、基部 1 1 A を風車翼 1 に取り付けるだけの簡易な作業で足りるため、複数のサブフィン 1 2 0 を風車翼 1 に取り付ける際の作業性を向上させることができる。また、メインフィン列 1 0 0 から離れるほど小さく形成されるサブフィン 1 2 0 を基部 1 1 と一体に形成することができるため、小さなフィン 1 2 0 の紛失防止や取り扱いに際する労力を低減することができる。

幾つかの実施形態において、1 以上のサブフィン 1 2 0 が、1 以上のメインフィン 1 2 とともに、同一の基部 1 1 上に立設されていてもよい (例えば、図 1 0 参照)。このようにすれば、風車翼 1 にボルテックスジェネレータ 1 0 を設置する際の工数をより一層低減することができる。

【 0 0 5 2 】

幾つかの実施形態では、1 以上のサブフィン 1 2 0 が風車翼 1 の翼先端 4 側におけるメインフィン列 1 0 0 の端部 (第 1 端部) 1 0 2 に設けられてもよい (図 2 参照)。このようにすれば、風車翼 1 のうち空力的性能に大きく影響する部位 (翼根部 (翼根 3) よりも先端側の部位) において、ボルテックスジェネレータ 1 0 のフィン列の端部における剥離助長効果をサブフィン 1 2 0 によって抑制可能となる。よって、風車翼 1 の空力的性能を向上させることができる。幾つかの実施形態では、1 以上のサブフィン 1 2 0 (第 2 サブフィン) が風車翼 1 の翼根 3 側におけるメインフィン列 1 0 0 の端部 (第 2 端部) 1 0 4 に設けられてもよい (図 2 参照)。

【 0 0 5 3 】

幾つかの実施形態において、少なくとも一つのサブフィン 1 2 0 A は、各々のフィンコード長方向の中心が、上述した複数のメインフィン 1 2 の各々のフィンコード長方向の中心の延長線上に配設されてもよい。このようにすれば、メインフィン列の延長線上に並んだ少なくとも一つのサブフィン 1 2 0 による空力的作用をメインフィン列の端部に効果的に及ぼすことができ、風車翼 1 の空力特性を効果的に改善することができる。

【 0 0 5 4 】

次に、図 1 1 を参照して、幾つかの実施形態に係るボルテックスジェネレータ 1 0 の風車翼 1 への設置方法について説明する。図 1 2 は、一実施形態に係るボルテックスジェネレータ 1 0 の設置方法を示すフローチャートである。

【 0 0 5 5 】

なお、ここでは、ボルテックスジェネレータ 1 0 を、風車翼 1 (翼本体 2) の負圧面 9 に取り付ける場合を例として説明するが、ボルテックスジェネレータ 1 0 を風車翼 1 の圧力面 8 に取り付ける場合も同様の方法で取り付けることができる。

【 0 0 5 6 】

図 1 2 に示すように、幾つかの実施形態に係るボルテックスジェネレータ 1 0 の設置方法は、風車翼 1 の表面上に複数のメインフィン 1 2 を取り付けるステップ (S 1) と、風車翼 1 の翼先端 4 側又は翼根 3 側におけるメインフィン列 1 0 0 の端部 (第 1 端部) から延長した仮想線 (第 1 仮想線) に沿って、各々のメインフィン 1 2 よりもフィンコード長及びフィン高さが小さい少なくとも一つのサブフィン 1 2 0 を風車翼 1 の表面上に取り付けるステップ (S 2) と、少なくとも一つのサブフィン 1 2 0 のうち、メインフィン列 1 0 0 の第 1 端部の隣に位置するサブフィン 1 2 0 とメインフィン列 1 0 0 との間の間隔 d が、メインフィン列内における隣り合う一対のメインフィン 1 2 A 及び 1 2 B 間の最大間隔を d_{max} としたとき、 $d \leq d_{max}$ を満たすように、サブフィン 1 2 b の取付け位置を決定するステップ (S 3) と、を含む。以下、各ステップについて説明する。

【 0 0 5 7 】

幾つかの実施形態に係るボルテックスジェネレータ 1 0 の設置方法では、まず、風車翼 1 の表面上にメインフィン 1 2 を備えた複数のボルテックスジェネレータ 1 0 を取り付け

る（ステップS1）。一実施形態では、風車翼1に関する流動解析結果に基づき、各ボルテックスジェネレータ10の取付位置を決定してもよい。

【0058】

一実施形態では、風車翼1に関する流動解析から、各ボルテックスジェネレータ10の風車翼1における理想的な取付位置を算出し、該理想的な取付位置を、各ボルテックスジェネレータ10を実際に取り付ける位置として決定してもよい。

一実施形態では、風車翼1に関する流動解析結果が示す複数のボルテックスジェネレータ10の理想的な取付位置を1本以上の直線で近似し、該直線上に、複数のボルテックスジェネレータ10の取付位置を決定してもよい。幾つかの実施形態では、ボルテックスジェネレータ10の配向を示す基準マーク（図示省略）が、基準点 P_1 及び P_2 を結ぶ直線 L_{ref1} に沿うように、ボルテックスジェネレータ10を風車翼1の表面（ここでは負圧面9）に配置してもよい。また、幾つかの実施形態では、ボルテックスジェネレータ10の配向を示す基準マークが、基準点 P_2 及び P_3 を結ぶ直線 L_{ref2} に沿うように、ボルテックスジェネレータ10を風車翼1の表面（ここでは負圧面9）に配置してもよい。

【0059】

また、図7に示すように、複数のボルテックスジェネレータ10を直線 L_{ref} に沿って直線状に並べ、該直線 L_{ref} を基準として各々のボルテックスジェネレータ10の取付方向を調節して風車翼1に取り付けるようにしてもよい。このように、1本の直線 L_{ref} を基準として複数のボルテックスジェネレータ10を風車翼1に取り付けることで、ボルテックスジェネレータ10を風車翼1に効率的に取り付けることができる。

なお、図7には、風車翼1の表面上において基準点 P_1 及び P_2 を結ぶ直線 L_{ref1} 、及び、基準点 P_2 及び P_3 を結ぶ直線 L_{ref2} のそれぞれに沿って、複数のボルテックスジェネレータ10を直線に並べて風車翼1に取付けた例を示している。

上述のようにしてボルテックスジェネレータ10の風車翼1における取付位置及び取付角度を調整したら、ボルテックスジェネレータ10を風車翼1に固定させる。この際、接着剤又は両面テープを用いて、ボルテックスジェネレータ10を風車翼1に固定させてもよい。

【0060】

続いて、幾つかの実施形態では、風車翼1の翼先端4側又は翼根3側におけるメインフィン列の端部（第1端部又は第2端部）から延長した仮想線（第1仮想線又は第2仮想線）に沿って、各々のメインフィン12よりもフィンコード長及びフィン高さが小さい少なくとも一つのサブフィン12bを風車翼1の表面上に取り付ける（ステップS2）。その際、少なくとも一つのサブフィン120のうち、メインフィン列100の第1端部の隣に位置するサブフィン120とメインフィン列100との間の間隔 d が、メインフィン列100内における隣り合う一对のメインフィン12A、12B間の最大間隔を d_{max} としたとき、 $d \leq d_{max}$ を満たすように、サブフィン120の取付け位置を決定する（ステップS3）。

【0061】

上述した幾つかの実施形態によれば、ボルテックスジェネレータ10のフィン列の端部における剥離抑制効果を向上させることができる。

【0062】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

【0063】

本明細書において、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

また、本明細書において、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

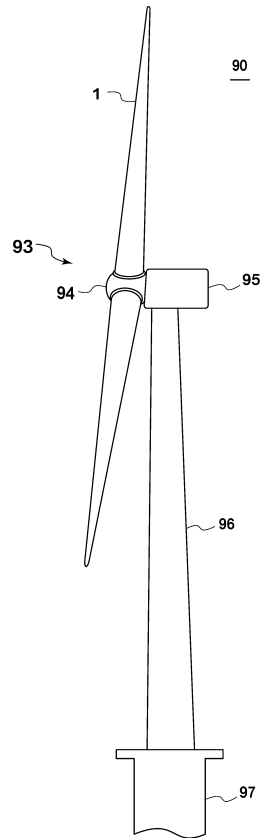
また、本明細書において、一の構成要素を「備える」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

【符号の説明】

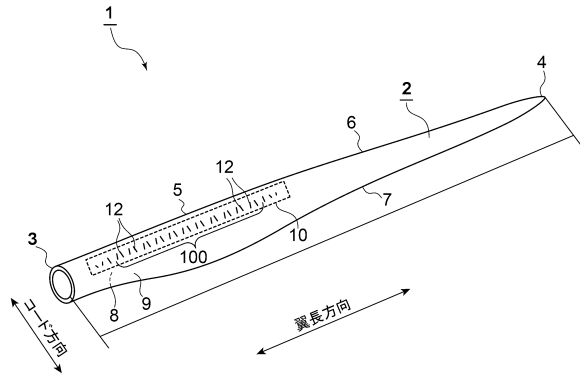
【 0 0 6 4 】

1	風車翼	10
2	翼本体	
3	翼根	
4	翼先端	
5	翼型部	
6	前縁	
7	後縁	
8	圧力面	
9	負圧面	
1 0	ボルテックスジェネレータ	20
1 1 , 1 1 A	基部（ベースプレート）	
1 2	フィン	
1 2 A , 1 2 B	メインフィン	
1 3	前縁	
1 4	後縁	
1 5	腹面（圧力面）	
1 6	背面（負圧面）	
2 1	縦渦	
3 1 , 3 2	境界層	
9 0	風力発電装置	30
9 3	風車ロータ	
9 4	ハブ	
9 5	ナセル	
9 6	タワー	
1 0 0	メインフィン列	
1 2 0	サブフィン	
1 2 0 A	第 1 サブフィン	
1 2 1	渦	
2 0 0	第 1 サブフィン	
3 0 0	第 2 サブフィン	40

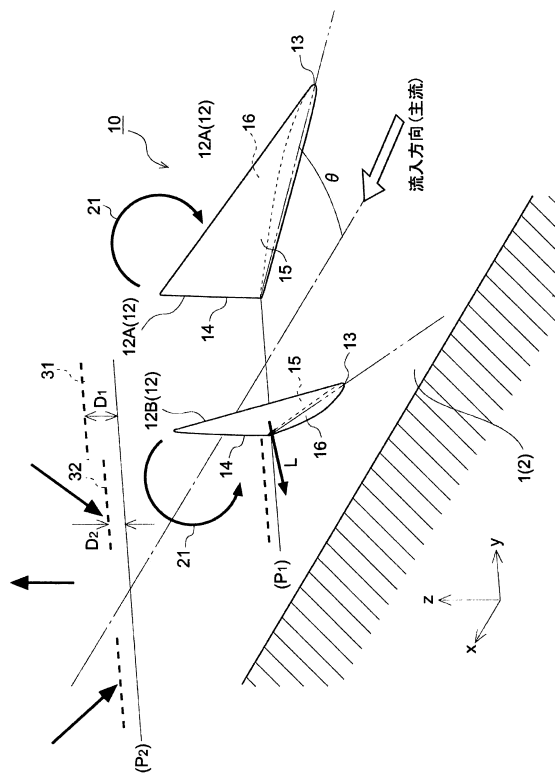
【図 1】



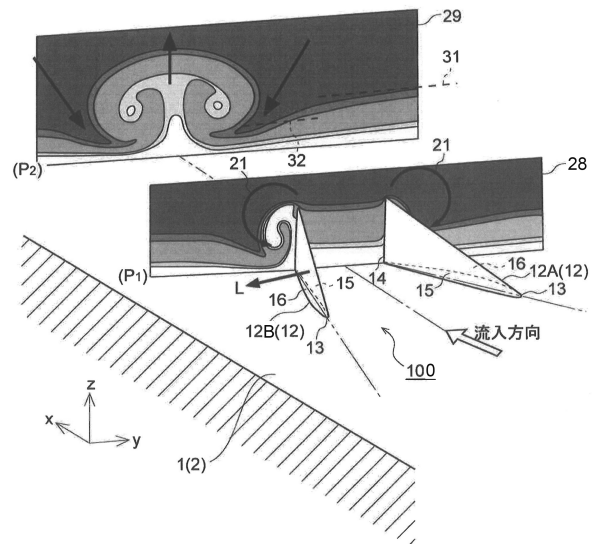
【図 2】



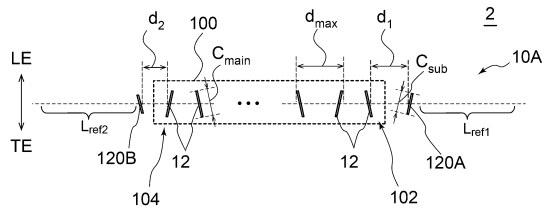
【図 3】



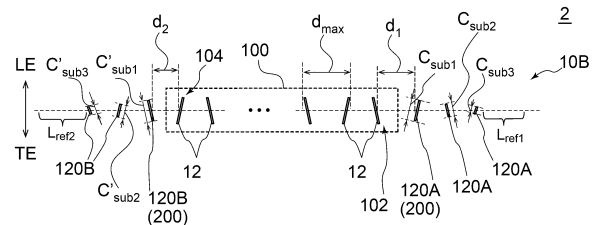
【図 4】



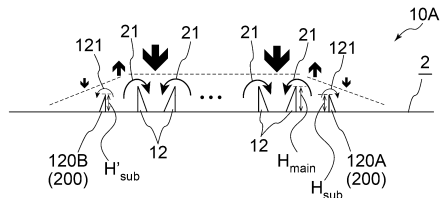
【図 5 A】



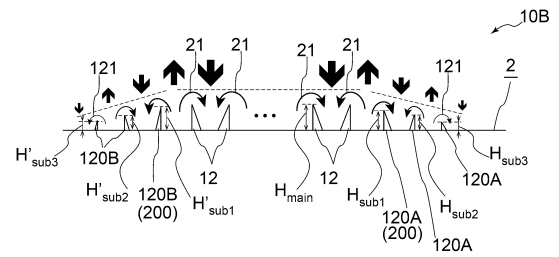
【図 6 A】



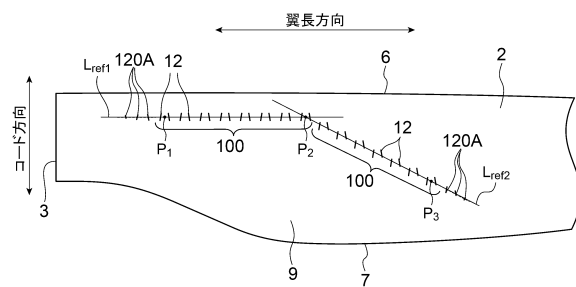
【図 5 B】



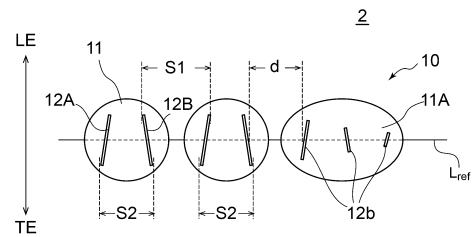
【図 6 B】



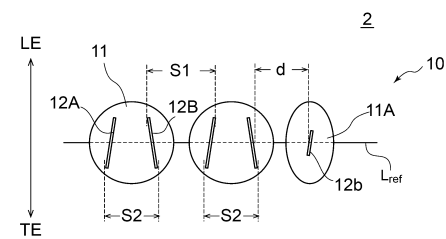
【図 7】



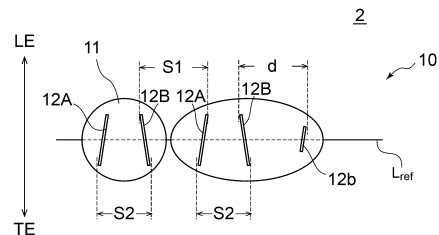
【図 8】



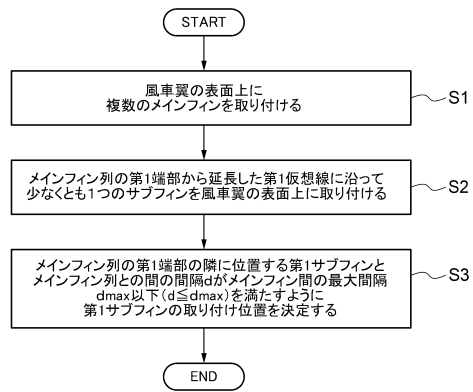
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F 0 3 D 1 / 0 6