(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
2019年8月29日(29.08.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/163325 A1

(51) 国際特許分類:
F03D 7/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/000829

(22) 国際出願日： 2019年1月15日(15.01.2019)

(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 2018-030556 2018年2月23日(23.02.2018) JP

(71) 出願人: 株式会社日立製作所(**HITACHI, LTD.**) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 吉村 正利 (**YOSHIMURA Masatoshi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 楠野 順弘(**KUSUNO Nobuhiro**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 角谷 啓(**KAKUYA Hiromu**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

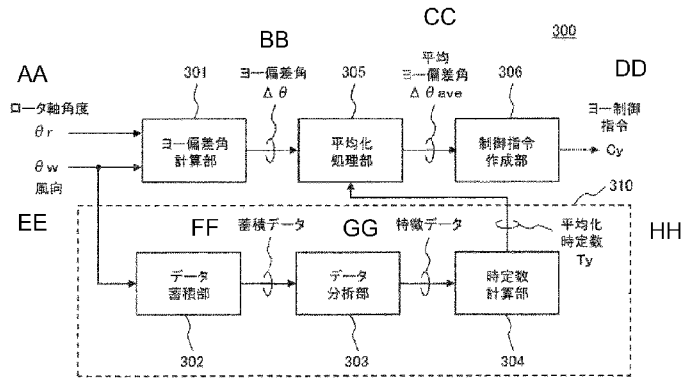
(74) 代理人: 戸田 裕二(**TODA Yuji**); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) **Title:** WIND POWER GENERATION DEVICE AND CONTROL METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称： 風力発電装置とその制御方法

[図3]



301 Yaw deviation angle calculation unit
302 Data accumulation unit
303 Data analysis unit
304 Time constant calculation unit
305 Averaging unit
306 Control command creation unit
AA Rotor shaft angle
BB Yaw deviation angle
CC Average yaw deviation angle
DD Yaw control command
EE Wind direction
FF Accumulated data
GG Characteristic data
HH Averaging time constant

(57) **Abstract:** Provided are: a wind power generation device which can reduce a yaw deviation angle to increase power generation amount while reducing yaw driving amount to suppress mechanical wear; and a control method for same. This wind power generation device (1) is provided with: a rotor (4) that rotates upon receiving wind; a nacelle (5) that rotatably supports the rotor (4); a tower (7) that supports the nacelle in a yaw-rotatable manner; an adjustment device (8) that adjusts the yaw of the nacelle (5) on the basis of a yaw control command; and a control device (9) that determines the yaw control

WO 2019/163325 A1

[続葉有]

KN, KP, KR, KW, 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, 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:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

command to be transmitted to the adjustment device (8). The control device (9) is provided with: a yaw deviation angle calculation unit (301) that calculates a yaw deviation angle from the wind direction measured by a wind direction and velocity measuring unit and the direction of the rotor (4); an averaging unit (305) that averages the yaw deviation angle within a predetermined period; and a control command creation unit (306) that determines the yaw control command on the basis of the averaged yaw deviation angle, wherein the averaging unit (305) decreases the averaging time constant when the level of disturbance in the wind conditions is high, and advances the timing of starting and/or stopping the yaw rotation with respect to the yaw deviation angle.

(57) 要約：ヨー偏差角を低減して発電量を向上しつつ、且つ、ヨー駆動量を抑制して機械的消耗を抑制し得る風力発電装置とその制御方法を提供する。 風力発電装置（１）は、風を受けて回転するロータ（４）、ロータ（４）を回転可能に支持するナセル（５）、ナセル（５）をヨー旋回可能に支持するタワー（７）、ヨー制御指令に基づいてナセル（５）のヨーを調整する調整装置（８）、及び、調整装置（８）に送るヨー制御指令を定める制御装置（９）を備える。制御装置（９）は、風向風速測定部により測定された風向とロータ（４）の方向からヨー偏差角を算出するヨー偏差角計算部（３０１）、ヨー偏差角を所定の期間で平均化する平均化処理部（３０５）、平均ヨー偏差角に基づきヨー制御指令を定める制御指令作成部（３０６）を備え、平均化処理部（３０５）は、風況の乱れ度が高い場合、平均化時定数を小さくし、ヨー偏差角に対してヨー旋回を開始及び／又はヨー旋回の停止のタイミングを速くする。

明　細　書

発明の名称 ： 風力発電装置とその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、風力発電装置とその制御方法に係り、特に発電性能を向上させるとともに、風力発電装置の機械的消耗を低減することが可能な風力発電装置とその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 水平軸型の風力発電装置では、風車ロータを搭載するナセルを垂直軸まわりに旋回させるヨー旋回機構が備わっている。風力発電装置は、風車ロータの回転軸の方位角（以下、ナセル方位角と呼ぶ）と風向との偏差角を表す風向偏差（以下、ヨー偏差角と呼ぶ）が生じた場合、ロータの受風面積の減少により発電効率が低下するのを防ぐため、ヨー旋回機構を制御してヨー偏差角をなくすように動作することが知られている。これらヨー制御の方法として例えば、特許文献１、特許文献２、特許文献３に記載される技術が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１０－１０６７２７号公報

特許文献2：米国特許第９２７３６６８号公報

特許文献3：米国公開２０１４／０１５２０１３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ある地点における風向や風速を表す風況は、様々な周期を持つ変動成分を有する。また、時間帯によってもその周期的な変動成分の特徴が異なる。風況には、これらの変動成分がランダムに含まれるため、一般的なヨー制御方法は、例えばある所定期間のヨー偏差角が所定の閾値を超えた場合に、ヨー偏差角がゼロになるようにナセルをヨー旋回させる。

ヨー制御によりヨー偏差角を常にゼロに維持できた時、最も発電量が多くなる。しかし、ナセルの旋回速度よりも風向の変動速度の方が速い場合、ナセル方位角を風向に追従できない。また、風向の変動頻度が高く、ヨー旋回中に風向が逆方向に変わる場合、ヨー制御の応答遅れによりヨー偏差角が高い状態でナセルを停止させてしまう。これらの場合、ヨー偏差角をゼロに維持することは困難である。しかし、ナセルの旋回速度を高くし過ぎたり、或は、ヨー偏差角に対して過敏にヨー旋回させると、ナセル旋回機構やナセルの旋回を停止するブレーキ機構の機械的消耗が発生する。この制御方法を用いて、ヨー偏差角を積極的に抑制しようとすると、機械的摩耗が大きくなる恐れがある。

[0005] 特許文献１に開示される方法では、特にある地点の風況の乱れ度が高い場合、ヨー旋回中に風向が逆方向に変動すると、ヨー旋回の停止が遅れてヨー偏差角が大きい時にナセルを停止させてしまう。したがって、短期間しかヨー偏差角を抑制できずに発電性能が低下するのみならず、必要以上にヨー旋回をすることでヨーの駆動量が多くなり機械的消耗が増加する可能性がある。

そこで、本発明は、ヨー偏差角を低減して発電量を向上しつつ、且つ、ヨー駆動量を抑制して機械的消耗を抑制し得る風力発電装置とその制御方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するため、本発明に係る風力発電装置は、風を受けて回転するロータと、前記ロータを回転可能に支持するナセルと、前記ナセルをヨー旋回可能に支持するタワーと、ヨー制御指令に基づいて前記ナセルのヨーを調整する調整装置と、前記調整装置に送る前記ヨー制御指令を定める制御装置とを備える風力発電装置であって、前記制御装置は、風向風速測定部により測定された風向と前記ロータの方向からヨー偏差角を算出するヨー偏差角計算部と、前記ヨー偏差角を所定の期間で平均化する平均化処理部と、平均ヨー偏差角に基づき前記ヨー制御指令を定める制御指令作成部を備え、前

記平均化処理部は

、風況の乱れ度が高い場合、平均化時定数を小さくし、前記ヨー偏差角に対してヨー旋回を開始及び／又はヨー旋回の停止のタイミングを速くすることを特徴とする。

また、本発明に係る風力発電装置の制御方法は、風を受けて回転するロータと、前記ロータを回転可能に支持するナセルと、前記ナセルをヨー旋回可能に支持するタワーと、ヨー制御指令に基づいて前記ナセルのヨーを調整する調整装置と、前記調整装置に送る前記ヨー制御指令を定める制御装置とを備える風力発電装置の制御方法であって、測定された風向と前記ロータの方向からヨー偏差角を算出し、前記ヨー偏差角を所定の期間で平均化し平均ヨー偏差角を求め、風況の乱れ度が高い場合、平均化時定数を小さくし、前記ヨー偏差角に対してヨー旋回を開始及び／又はヨー旋回の停止のタイミングを速くすることを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、ヨー偏差角を低減して発電量を向上しつつ、且つ、ヨー駆動量を抑制して機械的消耗を抑制し得る風力発電装置とその制御方法を提供することが可能となる。

具体的には、ある程度速い周期の風速または風向変動が頻発する場合、ヨー旋回の判定に用いる平均ヨー偏差角の平均化時定数を短くし、ヨー旋回停止時の応答遅れを抑制することで、ヨー旋回中に逆方向の風向変動が発生しても、ヨー偏差角が小さいときに旋回を停止する。したがって、ヨー旋回停止時のヨー偏差角が低減し、風向への追従性が高くなるため発電性能が向上する。さらに、ヨー偏差角が小さいときに速やかに停止することでヨーの駆動量が減るのみならず、次の旋回開始までの余裕度が大きくなるためヨーの駆動回数が減り、風力発電装置の機械的消耗の低減も両立させることが可能な風力発電装置とその制御方法を提供できる。

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の一実施例に係る実施例１の風力発電装置の全体概略構成を示す側面図である。

[図2]図１に示す風力発電装置の上面図（平面図）である。

[図3]図１に示す制御装置を構成するヨー制御部の機能を示すブロック線図である。

[図4]風向θｗの蓄積データを周波数分析した結果の一例を示す図である。

[図5]風向θｗの蓄積データを周波数分析した結果の他の例を示す図である。

[図6]図３に示すヨー制御部の処理概要を示すフローチャートである。

[図7]実施例１に係るヨー制御部の効果を示す概要図である。

[図8]本発明の他の実施例に係る実施例２のヨー制御部の機能を示すブロック線図である。

[図9]本発明の他の実施例に係る実施例３のヨー制御部の機能を示すブロック線図である。

[図10]本発明の他の実施例に係る実施例５のヨー制御部の機能を示すブロック線図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を用いて本発明の実施例について説明する。

実施例 1

[0010] 図１は、本発明の一実施例に係る実施例１の風力発電装置の全体概略構成を示す側面図である。図１に示すように、風力発電装置１は、複数のブレード２と、ブレード２を接続するハブ３とで構成されるロータ４を備える。ロータ４は、ナセル５に回転軸（図１では省略する）を介して連結されており、回転することでブレード２の位置を変更可能である。ナセル５は、ロータ４を回転可能に支持している。ナセル５は、発電機６を備え、ブレード２が風を受けることでロータ４が回転し、その回転力が発電機６を回転させることで電力を発生させることができる。

[0011] ナセル５は、タワー７上に設置されており、ヨー旋回機構８（調整装置と

も称される）によって垂直軸まわりにヨー旋回可能である。制御装置９は、風向と風速とを検出する風向風速センサ１０から検出した風向や、風速Ｖｗに基づいて、ヨー旋回機構８を制御する。風向風速センサ１０は、Ｌｉｄａｒ（例えば、ドップラーライダー）、超音波風向風速計、カップ式風向風速計等であってもよく、ナセルやタワー等の風力発電装置に取り付けられていてもよいし、風力発電装置とは別構造物でマスト等に取り付けられていてもよい。

[0012] なお、ヨー旋回機構８は、ヨーベアリングやヨーギア（ヨー旋回用歯車）、ヨー旋回モータ、ヨーブレーキ等から構成されている。また、ハブ３に対するブレード２の角度を変更可能なピッチアクチュエータ、発電機６が出力する有効電力や無効電力を検出する電力センサ等を適宜位置に備えている。また、図１は、ナセル５からブレード２に向かう風向の風で発電するダウンウィンド式であるが、ブレード２からナセル５に向かう風向の風で発電するアップウィンド式であってもよい。

[0013] 図２は、図１の上面図（平面図）である。所定の基準方向となす風向をθｗ、所定の基準方向となすロータ回転軸の方向をθｒ、風向θｗからロータ軸角度θｒまでの偏差角であるヨー偏差角をΔθと定義し、これらの関係を図示している。ここで、「所定の基準方向」とは、例えば、北を０°として基準方向とする。なお、北に限らず基準となる方向を任意に設定しても良い。なお、風向θｗは、計測周期ごとに取得された値であってもよいし、所定期間の平均方向であってもよいし、周辺の風況分布に基づき算出された方向であってもよい。また、ロータ軸角度θｒは、ロータ回転軸の向く方向であってもよいし、ナセルの方向であってもよいし、ヨー旋回部のエンコーダにより計測された値等であってもよい。

[0014] 図３から図７を用いて、本実施例に係る風力発電装置１の制御装置９を構成するヨー制御部３００について説明する。

図３は、図１に示す制御装置を構成するヨー制御部の機能を示すブロック線図である。図３に示すように、ヨー制御部３００は、ヨー偏差角Δθを求

めるヨー偏差角計算部３０１と、ヨー偏差角Δθの平均化時定数Ｔｙを算出する時定数算出部３１０と、ヨー偏差角Δθを平均化処理して平均ヨー偏差角Δθａｖｅを求める平均化処理部３０５と、平均ヨー偏差角Δθａｖｅに基づいてヨー旋回の開始／停止を制御するヨー制御指令Ｃｙを定める制御指令作成部３０６により構成されている。時定数算出部３１０は、データ蓄積部３０２、データ分析部３０３、時定数計算部３０４により構成されている。

[0015] このうちヨー偏差角計算部３０１は、ロータ軸角度θｒと風向θｗに基づき、ヨー偏差角Δθを決定する。このヨー偏差角Δθは図２に示すように、風向θｗとロータ軸角度θｒの差分であり、ロータ軸が風向からどれくらいずれているかを示す。ここで、風向θｗはナセル５に設置された風向風速センサ１０から検出した値に限定せず、地面や他の場所に設置された値を利用するものであってもよい。

[0016] 図３の時定数算出部３１０を構成するデータ蓄積部３０２は、風向風速センサ１０から検出した風向θｗのデータを蓄積し、適宜蓄積した風向θｗの蓄積データを出力する。なお、後述する実施例３においては、風向θｗに代えて風速Ｖｗのデータを蓄積し、適宜蓄積した風速Ｖｗの蓄積データを出力する。本実施例では、主として風向θｗの蓄積データを時定数算出に利用する。

時定数算出部３１０を構成するデータ分析部３０３は、風向θｗの蓄積データに基づき、特徴データを出力する。特徴データを計算する手法として、ここでは蓄積データの周波数分析手法を用いる。

[0017] 図４と図５は、風向θｗの蓄積データを周波数分析した結果の一例を示している。図４と図５の横軸は周波数、縦軸は周波数に基づく風向の変動量を表す風向成分θｆの大きさを示している。

図４は、風向変動が比較的小さい期間の周波数分析結果の一例を示しており、風向成分θｆが小さな値を示している点に特徴がある。図５は、図４よりも風向変動が比較的大きい期間の周波数分析結果の一例を示しており、風

向成分θｆが大きな値を示している点に特徴がある。

[0018] なお、周波数領域をどのように設定すべきかは、各風力発電装置が設置された場所の環境事情、ヨー制御部３００の計算能力、平均化処理部３０５で用いるフィルタの設定値、ヨー旋回の駆動速度、ヨー駆動量等に応じて適宜設定すればよいが、大まかには周波数領域は10^{-4}乃至10^{-0}Ｈｚの範囲とするのが好ましい。もしくは、周波数領域は10^{-3}乃至10^{-1}Ｈｚの範囲とするのがさらに好ましい。

[0019] この周波数領域の範囲は、ヨー制御によって低減できるヨー偏差角Δθの周波数領域に限定している。すわなち、範囲の上限は、風向風速センサ１０の構造やノイズに起因する誤差の影響が現れる高周波数成分を除去することを目的として上記の値が好ましい。また、範囲の下限は、平均化時定数Ｔｙの値の違いによる影響が少なくなる低周波数成分を除去することを目的として上記の値が好ましい。

風向の蓄積データを周波数分析した後、得られた所定の期間における周波数成分の平均値もしくは合計値を計算し、風況の特徴データを求める。

[0020] 図３に示す時定数算出部３１０を構成する時定数計算部３０４は、特徴データに基づき、ヨー偏差角Δθの平均化時定数Ｔｙを決定する。

具体的には時定数計算部３０４においては、風向成分θｆが小さい上述の図４の傾向を示す特徴データが小さい場合と、風向成分θｆが大きい上述の図５の傾向を示す特徴データが大きい場合とで、平均化時定数Ｔｙの大きさが変更されるように調整される。例えば風向成分θｆが小さい図４の場合は平均化時定数Ｔｙを大きくし、風向成分θｆが大きい図５の場合は平均化時定数Ｔｙを小さくする。

[0021] ここで、平均化時定数Ｔｙの調整方法の理由について説明する。平均化時定数Ｔｙが大きい場合、平均ヨー偏差角Δθａｖｅの変化が緩やかになるため、ヨー制御の応答性が遅くなる。その結果、長期的に見たヨー偏差角Δθが大きくなるため発電量が少なくなるが、ヨー駆動量が低減するため機械的消耗が低減する。一方、平均化時定数Ｔｙが小さい場合、平均ヨー偏差角Δ

θａｖｅの変化が速くなるため、ヨー制御の応答性が速くなる。その結果、長期的に見たヨー偏差角Δθが小さくなるため発電量が多くなるが、ヨー駆動量が増加するため機械的消耗が増加する。

このとき、風向成分θｆが小さい場合、すなわち、風向変動の頻度が低い場合、平均化時定数Ｔｙを大きくすることによる発電量の低減効果よりも機械的消耗の低減効果の方が高いため、平均化時定数Ｔｙを大きくすることが好ましい。一方で、風向成分θｆが大きい場合、すなわち、風向変動の頻度が高い場合、平均化時定数Ｔｙを小さくすることによる機械的消耗の増加効果よりも発電量の向上効果の方が高いため、平均化時定数Ｔｙを小さくすることが好ましい。以上が平均化時定数Ｔｙの調整方法の理由である。

[0022] このように本実施例では、時定数算出部３１０は、風向風速センサ１０からの風向データを周波数分析して周波数成分を求め、所定の周波数領域の周波数成分の合計値をそれぞれの周波数領域ごとに求め、各領域の周波数成分の値に基づいて、時定数を作成している。

[0023] ここで、時定数計算部３０４は、平均化時定数Ｔｙを逐次出力しなくてもよく、それぞれ任意の周期やタイミングで出力してもよい。

[0024] 平均化処理部３０５は、ヨー偏差角Δθと平均化時定数Ｔｙに基づき、平均ヨー偏差角Δθａｖｅを決定する。直前の平均化時定数Ｔｙに相当する期間のヨー偏差角Δθの平均値を計算し、それを平均ヨー偏差角Δθａｖｅとして出力する。

また、平均化処理部３０５は、ローパスフィルタに代表される、ヨー偏差角Δθの所定周波数領域のみを通過させるフィルタ（ローパスフィルタ）やフーリエ変換を行うものであってもよい。

[0025] 制御指令作成部３０６は、平均ヨー偏差角Δθａｖｅに基づき、ヨー制御指令Ｃｙを決定する。平均ヨー偏差角Δθａｖｅが大きくなった場合、ヨー旋回を開始するためのヨー制御指令Ｃｙがヨー旋回機構８に出力される。それを受け、ヨー偏差角Δθを減らす方向にナセル５をヨー旋回させるように、ヨー旋回機構８が動作する。そして、ヨー旋回している状態で、平均ヨー

偏差角Δθａｖｅが大きくなった場合、ヨー旋回を停止するためのヨー制御指令Ｃｙがヨー旋回機構８に出力される。

[0026] 図６は、図３に示すヨー制御部３００の処理概要を示すフローチャートである。

図６に示すように、ステップＳ６０１では、ヨー偏差角計算部３０１がロータ軸角度θｒを決定し、次のステップＳ６０２に進む。ステップＳ６０２では、ヨー偏差角計算部３０１が風向θｗを決定し、次のステップＳ６０３に進む。ステップＳ６０３では、ヨー偏差角計算部３０１がロータ軸角度θｒと風向θｗに基づいてヨー偏差角Δθを決定し、次のステップＳ６０４に進む。このように、ステップＳ６０１からステップＳ６０３までの処理をヨー偏差角計算部３０１が実行する。

[0027] ステップＳ６０４では、時定数算出部３１０を構成するデータ蓄積部３０２が時刻に対応する風向θｗの値を蓄積し、次のステップＳ６０５に進む。ステップＳ６０５では、時定数算出部３１０を構成するデータ分析部３０３が蓄積データに基づいて特徴データを決定し、次のステップＳ６０６に進む。ステップＳ６０６では、時定数算出部３１０を構成する時定数計算部３０４が平均化時定数Ｔｙを決定し、次のステップＳ６０７に進む。このようにステップＳ６０４からステップＳ６０６までの処理を時定数算出部３１０が実行する。

[0028] ステップＳ６０７では、平均化処理部３０５が、ヨー偏差角計算部３０１より入力されるヨー偏差角Δθと、時定数算出部３１０より入力される平均化時定数Ｔｙに基づいて平均ヨー偏差角Δθａｖｅを決定し、次のステップＳ６０８に進む。ステップＳ６０８では、制御指令作成部３０６が平均ヨー偏差角Δθａｖｅに基づいてヨー制御指令Ｃｙを決定した後、一連の処理を終了する。

[0029] 次に、本実施例の効果を明確化するため、比較例の動作と合わせて概要を説明する。

図７は、実施例１に係るヨー制御部３００の効果を示す概要図であり、横

軸は全て共通の時刻を示す。図７の上段における縦軸はロータ軸角度θｒと風向θｗ、図７の中段における縦軸はヨー偏差角Δθ、および、図７の下段における縦軸は発電出力Ｐｅを示す。図７における破線は、本実施例に係るヨー制御部３００を適用しない場合の比較例として、例えば、平均化時定数Ｔｙが常に大きい場合の結果を示す。一方で、実線が本実施例に係るヨー制御部３００を適用した場合の結果を示している。

[0030] なお図７の比較結果を算定するに当たり、風況条件として、風向変動がある程度速い周期で頻発する場合を想定した。すなわち、上述の図５に示すように、中周波数領域の風向成分θｆが多い状況である。したがって、本実施例の平均化時定数Ｔｙは比較例より小さい値をとる。

[0031] 図７の上段に示されるように、風向θｗは小さい変動を繰り返しつつ、＋側に大きく変動した後、すぐに－側に大きく変動している。このとき、本実施例では時刻Ｔ１でヨー旋回を開始してロータ軸角度θｒが風向θｗに追従しているのに対し、比較例では時刻Ｔ２でヨー旋回を開始する。したがって、ヨー旋回している間、本実施例は比較例よりも風向θｗへの追従性が良いため、図７の中段に示すように、時刻Ｔ１から時刻Ｔ３までの期間のヨー偏差角Δθは、比較例よりも本実施例の方が小さい。そのため、図７の下段に示すように、この期間（時刻Ｔ１から時刻Ｔ３までの期間）の発電出力Ｐｅは、本実施例の方が比較例よりも大きくなる。すなわち、本実施例は、年間発電量が比較例よりも高くなることを示している。

[0032] また、図７の上段に示すように、本実施例では時刻Ｔ３でヨー旋回を停止し、比較例では時刻Ｔ４でヨー旋回を停止している。このとき、ロータ軸角度θｒが風向θｗと交差してからヨー旋回を停止するまでの時間は、本実施例の方が比較例よりも短い。

さらに、図７の上段に示すように、風向θｗが＋側から－側に大きく変動するとき、本実施例では時刻Ｔ４でヨー旋回を開始し、比較例では時刻Ｔ５でヨー旋回を開始している。このとき、時刻Ｔ２のときよりも、比較例ではヨー旋回の開始が風向θｗの変動に対し遅れている。したがって、図７の中

段に示すように、時刻Ｔ４から時刻Ｔ６までの期間のヨー偏差角Δθは、比較例よりも本実施例の方が小さい。そのため、図７の下段に示すように、この期間（時刻Ｔ４から時刻Ｔ６までの期間）の発電出力Ｐｅも本実施例の方が比較例よりも大きくなる。

[0033] 以上のように、本実施例によれば、ヨー偏差角を低減して発電量を向上しつつ、且つ、ヨー駆動量を抑制して機械的消耗を抑制し得る風力発電装置とその制御方法を提供することが可能となる。具体的には、風向変動が激しいときは、平均化時定数Ｔｙを小さくすることで発電量を向上させる。また、風向変動が激しくないときは、平均化時定数Ｔｙを大きくして機械的消耗を低減させる。したがって、場所や時間により風向変動の大きさや周期が異なる場合に、風力発電装置の発電性能の向上と、機械的消耗の低減とを両立させることができる。

また本実施例によれば、ヨー偏差角Δθを小さくすることで、風力発電装置に横または斜めから加わる風荷重が小さくなるため、風力発電装置の破損の抑制や機械的寿命の延伸にも効果がある。

[0034] それに加え、風力発電装置に過大な荷重がかからないようにすることを目的とし、ヨー偏差角Δθが過大になった場合、直ちに発電を抑制あるいは中止する機能が風力発電装置に備えられていることがある。本実施例は上述の比較例よりもヨー旋回を開始するタイミングが早く、風向θｗへの追従性が良いためヨー偏差角Δθが過大になりにくい。したがって、ヨー偏差角Δθが過大になって発電が抑制または中止される機会が減るため、発電量の向上に効果がある。

[0035] なお、時定数計算部３０４は、複数の周波数領域ごとに少なくともヨー旋回開始、及び／又は、ヨー旋回停止判定用の平均化時定数Ｔｙを設定し、時定数を可変にし、風向により制御を切り替えることもできる。具体的には、風向データの周波数分析結果に基づいて、複数の所定の周波数領域に対して、少なくとも、上記ヨー旋回開始用の平均化時定数、及び／又は、上記ヨー旋回停止判定用の平均化時定数を作成しておく。平均化処理部は、上記ヨー

旋回開始用の平均化時定数、及び／又は、上記ヨー旋回停止判定用の平均化時定数に基づいて、ヨー旋回開始判定とヨー旋回停止判定に使用する平均ヨー偏差角を作成する。制御指令作成部３０６は、ヨー旋回開始とヨー旋回停止で平均ヨー偏差角を切り替えて、ヨー制御指令Ｃｙを作成する。

実施例 2

[0036] 図８は、本発明の他の実施例に係る実施例２のヨー制御部の機能を示すブロック線図である。本実施例では、平均化時定数Ｔｙが過去の経験若しくは計算により求めた値を固定設定値として予め制御装置９に設定されオフラインで運用する点が、上述の実施例１と異なる。その他の構成は上述の実施例１と同様である。また、図８では実施例１と同様の構成要素に同一符号を付している。

[0037] 上述の実施例１では、図３および図６に示したように、時定数算出部３１０が毎制御周期、或は適宜のタイミングで平均化時定数Ｔｙを算出し更新する構成とした。これに対し、図８に示す本実施例のヨー制御部８００は、ヨー偏差角Δθを求めるヨー偏差角計算部３０１と、ヨー偏差角Δθを平均化処理して平均ヨー偏差角Δθａｖｅを求める平均化処理部３０５と、平均ヨー偏差角Δθａｖｅに基づいてヨー旋回の開始／停止を制御するヨー制御指令Ｃｙを定める制御指令作成部３０６により構成されており、平均ヨー偏差角Δθａｖｅを算出する時定数算出部３１０を備えていない。平均化処理部３０５に与えられる平均化時定数Ｔｙは、予めヨー制御部８００を構成する平均化処理部３０５にプリセットされ、あるいは適宜のタイミングで時定数入力部８０７により外部から設定される。時定数入力部８０７はキーボード等の入力装置であって、作業員により入力されてもよい。

[0038] 上述の実施例１に示した時定数算出部３１０の機能は、風力発電所とは別の場所に設けられた解析装置内に構成されており、例えば風力発電所建設前の研究、設計段階において求めた環境条件から、予め当該風力発電所の典型的な風況での平均化時定数Ｔｙを算出し、ヨー制御部８００内にプリセット値として組み込んでおくものである。典型的な風況とは、例えば季節ごとに

、あるいは夕方とか朝方とか毎に準備され、適宜の条件で切り替え使用してもよい。

[0039] あるいは、上述の実施例１に示した時定数算出部３１０の機能は、風力発電所とは別の場所に設けられた解析装置内に構成されており、例えば風力発電所を設置後の運用段階において、観測した環境条件から、当該風力発電所の典型的な風況での平均化時定数Ｔｙを算出し、通信部を備えた時定数入力部８０７を介してヨー制御部８００内の平均化処理部３０５に与えるものである。この場合に、平均化時定数Ｔｙの設定は、現場の風況に応じてオンライン的に即時に対応する形式のものではなく、オフラインで求めておいた値を適宜のタイミングで与えて運用する。

[0040] 以上のように本実施例によれば、風車に解析装置を設ける必要が無く、既存の風車に対して大きな改修なく本発明制御を搭載するように更新でき、最適化された時定数に基づく制御を行うことができる。

実施例 3

[0041] 図９は、本発明の他の実施例に係る実施例３のヨー制御部の機能を示すブロック線図である。本実施例では、ヨー制御部９００の時定数算出部９１０を構成するデータ蓄積部９０２が、風向θｗに代えて風速Ｖｗのデータを蓄積する点が実施例１と異なる。その他の構成は上述の実施例１と同様である。また、図８では実施例１と同様の構成要素に同一符号を付している。

[0042] 図９に示すように、ヨー制御部９００は、ヨー偏差角Δθを求めるヨー偏差角計算部３０１と、ヨー偏差角Δθの平均化時定数Ｔｙを算出する時定数算出部９１０と、ヨー偏差角Δθを平均化処理して平均ヨー偏差角Δθａｖｅを求める平均化処理部３０５と、平均ヨー偏差角Δθａｖｅに基づいてヨー旋回の開始／停止を制御するヨー制御指令Ｃｙを定める制御指令作成部３０６により構成されている。時定数算出部９１０は、データ蓄積部９０２、データ分析部９０３、時定数計算部９０４により構成されている。

[0043] 本実施例のヨー制御部９００において、ヨー偏差角計算部３０１、平均化処理部３０５、および制御指令作成部３０６は実施例１と同様であるが、時

定数算出部９１０を構成するデータ蓄積部９０２の入力が風速Ｖｗである点が実施例１と異なる。

[0044] 時定数算出部９１０を構成するデータ蓄積部９０２は、風向風速センサ１０から検出した風速Ｖｗに基づき、風速Ｖｗの蓄積データを出力する。なお、ここで計測した風速Ｖｗはナセル５に固定された風向風速センサ１０から検出したものであり、その時点でナセル５が向いている方向での風速である。

[0045] 時定数算出部９１０を構成するデータ分析部９０３は、風速Ｖｗの蓄積データに基づき、特徴データを出力する。この場合の特徴データは、所定の期間における乱流強度Ｉｒｅｆである。乱流強度Ｉｒｅｆは、所定の期間における風速の標準偏差Ｖｖと、風速の平均値Ｖａｖｅの比率により求められる。すなわち、データ分析部９０３は、以下の式（１）を演算することで、乱流強度Ｉｒｅｆを特徴データとして出力する。

Ｉｒｅｆ＝Ｖｖ／Ｖａｖｅ　　・・・（１）

時定数算出部９１０を構成する時定数計算部９０４は、特徴データである乱流強度Ｉｒｅｆに基づき、平均化時定数Ｔｙを決定する。ここで、風況が激しいとき、すなわち、乱流強度Ｉｒｅｆが高い場合、平均化時定数Ｔｙを小さくする。また、風況が穏やかなとき、すなわち、乱流強度Ｉｒｅｆが低い場合、平均化時定数Ｔｙを大きくする。

これは、上述の実施例１における風向θｗの周波数成分の平均値および合計値と、本実施例における乱流強度Ｉｒｅｆには正の相関があり、風向変動が激しい場合は乱流強度Ｉｒｅｆが大きく、風向変動が穏やかな場合は乱流強度Ｉｒｅｆが小さくなるためである。

[0046] 以上のように本実施例によれば、ヨー制御部９００の処理を適用することで、実施例１と同様の効果をより簡便な処理で実現することができる。

実施例 ４

[0047] 次に、本発明の他の実施例に係る実施例４の風力発電装置１について説明する。

本実施例の風力発電装置１は、上述の実施例１のヨー制御部３００と同じ構成を有しているが、データ分析部３０３と時定数計算部３０４とにおける処理が実施例１と異なる。

[0048] 本実施例の時定数算出部３１０を構成するデータ分析部３０３では、風向θｗに基づいて、統計分析により所定の期間における風向θｗの標準偏差σを計算し、風況の特徴データとして出力する。

時定数算出部３１０を構成する時定数計算部３０４は、特徴データである標準偏差σに基づいて、ヨー制御の平均化時定数Ｔｙを決定する。ここで、風向θｗ標準偏差σが比較的大きい場合は、平均化時定数Ｔｙを小さくする。風向θｗの標準偏差σが比較的小さい場合は、平均化時定数Ｔｙを小さくする。

これは、実施例１における風向θｗの周波数成分の平均値および合計値と、本実施例における風向θｗの標準偏差σには正の相関があり、風向変動が激しい場合は風向θｗの標準偏差σが大きく、風向変動が穏やかな場合は風向θｗの標準偏差σが小さくなるためである。

[0049] 以上のように、本実施例によれば、実施例１と同様の効果をより簡便な処理で実現することが可能となる。

実施例 5

[0050] 図１０は、本発明の他の実施例に係る実施例５のヨー制御部の機能を示すブロック線図である。本実施例では、ヨー制御部１０００の時定数算出部１０１０を構成するデータ蓄積部１００２が、風向θｗに加え風速Ｖｗのデータを蓄積する点が実施例１と異なる。その他の構成は上述の実施例１と同様である。また、図１０では実施例１と同様の構成要素に同一符号を付している。

[0051] 図１０に示すように、ヨー制御部１０００は、ヨー偏差角Δθを求めるヨー偏差角計算部３０１と、ヨー偏差角Δθの平均化時定数Ｔｙを算出する時定数算出部１０１０と、ヨー偏差角Δθを平均化処理して平均ヨー偏差角Δθａｖｅを求める平均化処理部３０５と、平均ヨー偏差角Δθａｖｅに基づ

いてヨー旋回の開始／停止を制御するヨー制御指令Ｃｙを定める制御指令作成部３０６により構成されている。時定数算出部１０１０は、データ蓄積部１００２、データ分析部１００３、時定数計算部１００４により構成されている。

[0052] 本実施例のヨー制御部１０００において、ヨー偏差角計算部３０１、平均化処理部３０５、および制御指令作成部３０６は実施例１と同様であるが、時定数算出部１０１０を構成するデータ蓄積部１００２の入力に風速Ｖｗを加えている点が実施例１と異なる。

時定数算出部１０１０を構成するデータ蓄積部１００２は、風向風速センサ１０から検出した風向θｗと風速Ｖｗに基づき、風向θｗと風速Ｖｗの蓄積データを出力する。なお、ここで計測した風速Ｖｗはナセル５に固定された風向風速センサ１０から検出したものであり、その時点でナセル５が向いている方向での風速である。

[0053] 時定数算出部１０１０を構成するデータ分析部１００３は、風向θｗの蓄積データに基づき、特徴データを出力する。また、風速Ｖｗの蓄積データに基づき、所定の期間における平均風速Ｖｗａｖｅを出力する。

時定数算出部１０１０を構成する時定数計算部１００４は、実施例１と同様に、特徴データに基づき、平均化時定数Ｔｙを決定するが、平均風速Ｖｗａｖｅが低く発電していないとき、及び／又は、平均風速Ｖｗａｖｅが高く定格出力に達している場合、平均化時定数Ｔｙを大きな値とする。これは、平均風速Ｖｗａｖｅが低く発電していない場合、および平均風速Ｖｗａｖｅが高く定格出力に達している場合は、平均化時定数Ｔｙを小さくして風向θｗに対するナセル方位角の追従性を高くすると、発電量は向上しない若しくは向上が少ないのに対し、ヨー駆動量が増加することで機械的消耗が増加するためである。

[0054] 以上のように本実施例によれば、実施例１と同程度に発電量を向上させるとともに、実施例１よりも機械的消耗を低減することが可能となる。

[0055] 本発明は上述した実施例に限定されるものではなく、種々の変形が可能で

ある。上述した実施例は本発明を理解しやすく説明するために例示したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、図中に示した制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上で必要な全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際にはほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

[0056] 上述の実施例に対して可能な変形として、例えば以下のようなものが挙げられる。

（１）ヨー制御部３００、８００、９００、１０００におけるデータ蓄積部３０２、データ分析部３０３、および時定数計算部３０４は、制御装置９に代えて、外部の装置に備えてもよい。

（２）上述の実施例にて計算したヨー制御の平均化時定数Ｔｙは、同じサイトにおける他の風力発電装置１や、風況の近しい他サイトの風力発電装置１に適用してもよい。

（３）ヨー制御部３００、８００、９００、１０００におけるデータ蓄積部３０２は、風向θｗをはじめとする風況データを逐次入力することなく、過去に蓄積された風況データのみを保持する構成としてもよい。

（４）上述の各実施例においては、風向風速センサ１０はナセル５上に設置されているが、この場所に代えて、ナセル５内や風力発電装置１の周辺に設置してもよい。

符号の説明

[0057] １…風力発電装置

２…ブレード

３…ハブ

４…ロータ

５…ナセル

６…発電機

７…タワー

８…ヨー旋回機構

９…制御装置

１０…風向風速センサ

３００，８００，９００，１０００…ヨー制御部

３０１…ヨー偏差角計算部

３０２，９０２，１００２…データ蓄積部

３０３，９０３，１００３…データ分析部

３０４，９０４，１００４…時定数計算部

３０５…平均化処理部

３０６…制御指令作成部

３１０，９１０，１０１０…時定数算出部

８０７…時定数入力部

請求の範囲

[請求項1] 風を受けて回転するロータと、前記ロータを回転可能に支持するナセルと、前記ナセルをヨー旋回可能に支持するタワーと、ヨー制御指令に基づいて前記ナセルのヨーを調整する調整装置と、前記調整装置に送る前記ヨー制御指令を定める制御装置とを備える風力発電装置であって、

前記制御装置は、風向風速測定部により測定された風向と前記ロータの方向からヨー偏差角を算出するヨー偏差角計算部と、前記ヨー偏差角を所定の期間で平均化する平均化処理部と、平均ヨー偏差角に基づき前記ヨー制御指令を定める制御指令作成部を備え、

前記平均化処理部は、風況の乱れ度が高い場合、平均化時定数を小さくし、前記ヨー偏差角に対してヨー旋回を開始及び／又はヨー旋回の停止のタイミングを速くすることを特徴とする風力発電装置。

[請求項2] 請求項１に記載の風力発電装置において、

前記平均化時定数は、予め前記平均化処理部に設定されていることを特徴とする風力発電装置。

[請求項3] 請求項１に記載の風力発電装置において、

前記平均化時定数は、通信部を介して風力発電装置の外部から設定されることを特徴とする風力発電装置。

[請求項4] 請求項１に記載の風力発電装置において、

前記制御装置は、少なくともヨー制御開始及び／又はヨー制御終了の判定に用いる前記平均ヨー偏差角を求めるための平均化時定数を算出する時定数算出部を備えることを特徴とする風力発電装置。

[請求項5] 請求項４に記載の風力発電装置において、

前記時定数算出部は、前記風向風速測定部により測定された風向を周波数分析し周波数成分を求め、所定の周波数領域の前記周波数成分の値に基づいて、少なくともヨー制御開始及び／又はヨー制御終了の判定に用いる前記平均ヨー偏差角を求めるための平均化時定数を算出

することを特徴とする風力発電装置。

[請求項6] 請求項４に記載の風力発電装置において、

前記時定数算出部は、前記風向風速測定部により測定された風速から所定の期間における風速の標準偏差及び風速の平均値を求め、前記風速の標準偏差を前記風速の平均値にて除することにより求まる乱流強度に基づいて、少なくともヨー制御開始及び／又はヨー制御終了の判定に用いる前記平均ヨー偏差角を求めるための平均化時定数を算出することを特徴とする風力発電装置。

[請求項7] 請求項４に記載の風力発電装置において、

前記時定数算出部は、前記風向風速測定部により測定された風向から風向の標準偏差を求め、前記風向の標準偏差に基づいて、少なくともヨー制御開始及び／又はヨー制御終了の判定に用いる前記平均ヨー偏差角を求めるための平均化時定数を算出することを特徴とする風力発電装置。

[請求項8] 請求項５に記載の風力発電装置において、

前記時定数算出部は、周波数分析のためにローパスフィルタ若しくはフーリエ変換のいずれかを用いることを特徴とする風力発電装置。

[請求項9] 風を受けて回転するロータと、前記ロータを回転可能に支持するナセルと、前記ナセルをヨー旋回可能に支持するタワーと、ヨー制御指令に基づいて前記ナセルのヨーを調整する調整装置と、前記調整装置に送る前記ヨー制御指令を定める制御装置とを備える風力発電装置の制御方法であって、

測定された風向と前記ロータの方向からヨー偏差角を算出し、

前記ヨー偏差角を所定の期間で平均化し平均ヨー偏差角を求め、

風況の乱れ度が高い場合、平均化時定数を小さくし、前記ヨー偏差角に対してヨー旋回を開始及び／又はヨー旋回の停止のタイミングを速くすることを特徴とする風力発電装置の制御方法。

[請求項10] 請求項９に記載の風力発電装置の制御方法において、

少なくともヨー制御開始及び／又はヨー制御終了の判定に用いる前記平均ヨー偏差角を求めるための平均化時定数を算出することを特徴とする風力発電装置の制御方法。

[請求項11] 請求項１０に記載の風力発電装置の制御方法において、

前記測定された風向を周波数分析し周波数成分を求め、所定の周波数領域の前記周波数成分の値に基づいて、少なくともヨー制御開始及び／又はヨー制御終了の判定に用いる前記平均ヨー偏差角を求めるための平均化時定数を算出することを特徴とする風力発電装置の制御方法。

[請求項12] 請求項１０に記載の風力発電装置の制御方法において、

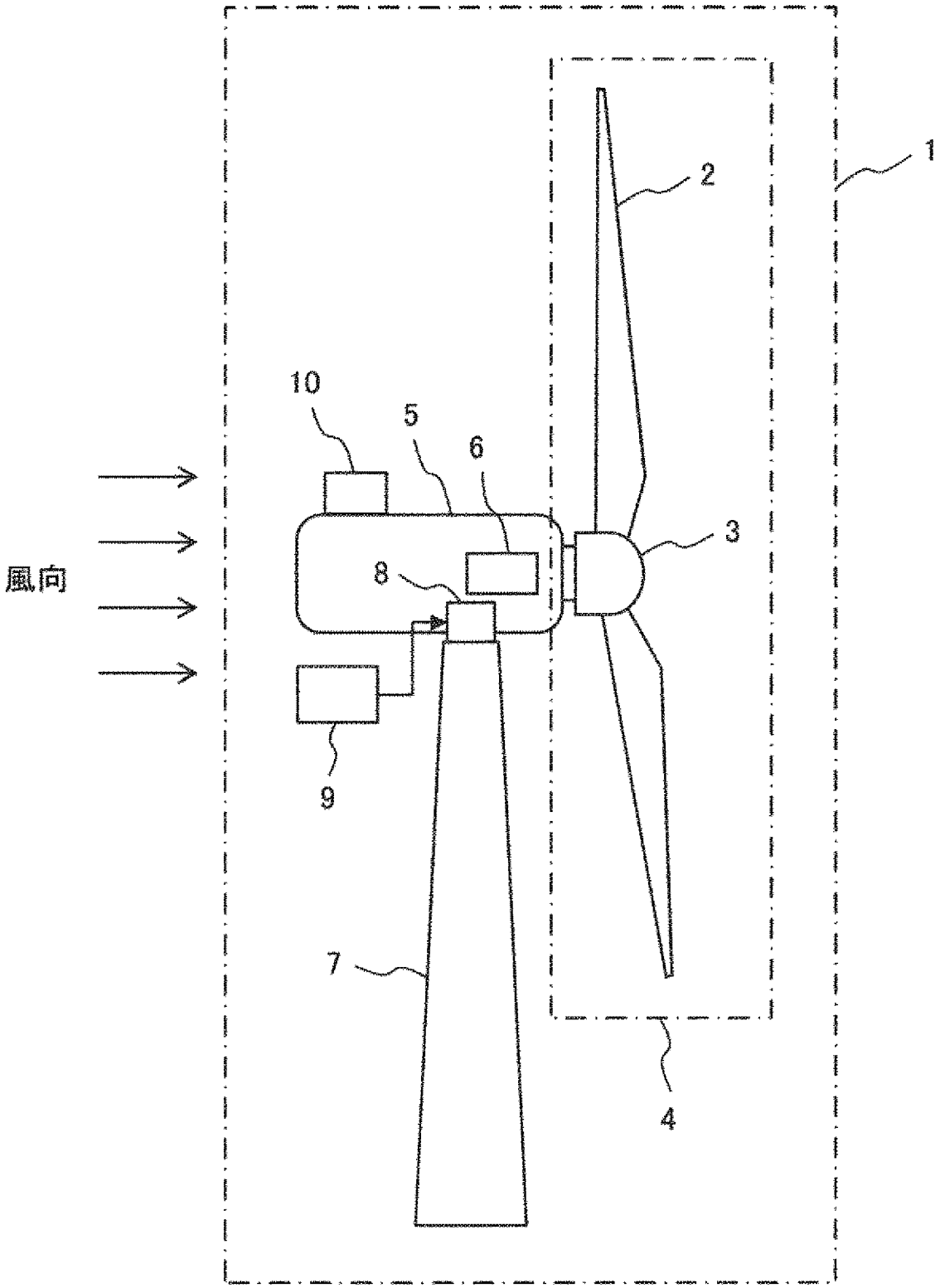
測定された風速から所定の期間における風速の標準偏差及び風速の平均値を求め、前記風速の標準偏差を前記風速の平均値にて除することにより求まる乱流強度に基づいて、少なくともヨー制御開始及び／又はヨー制御終了の判定に用いる前記平均ヨー偏差角を求めるための平均化時定数を算出することを特徴とする風力発電装置の制御方法。

[請求項13] 請求項１０に記載の風力発電装置の制御方法において、

前記測定された風向から風向の標準偏差を求め、前記風向の標準偏差に基づいて、少なくともヨー制御開始及び／又はヨー制御終了の判定に用いる前記平均ヨー偏差角を求めるための平均化時定数を算出することを特徴とする風力発電装置の制御方法。

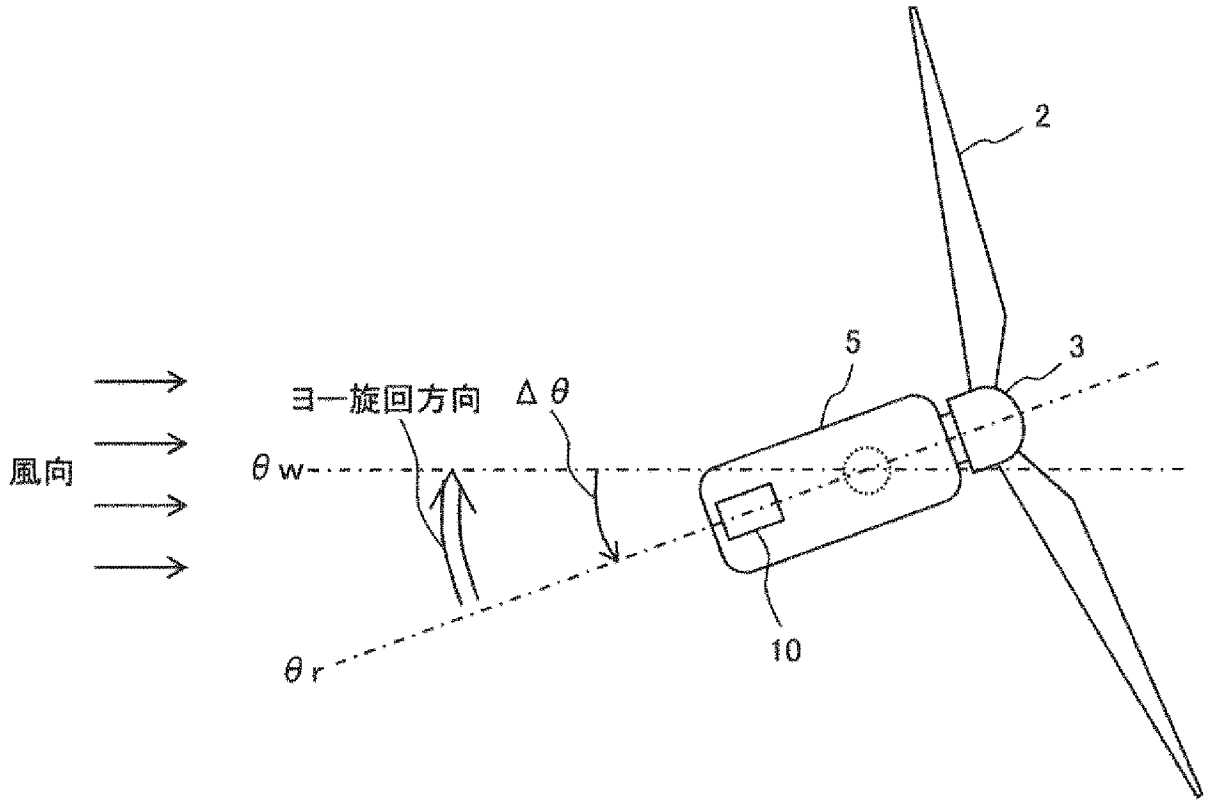
[図1]

図 1



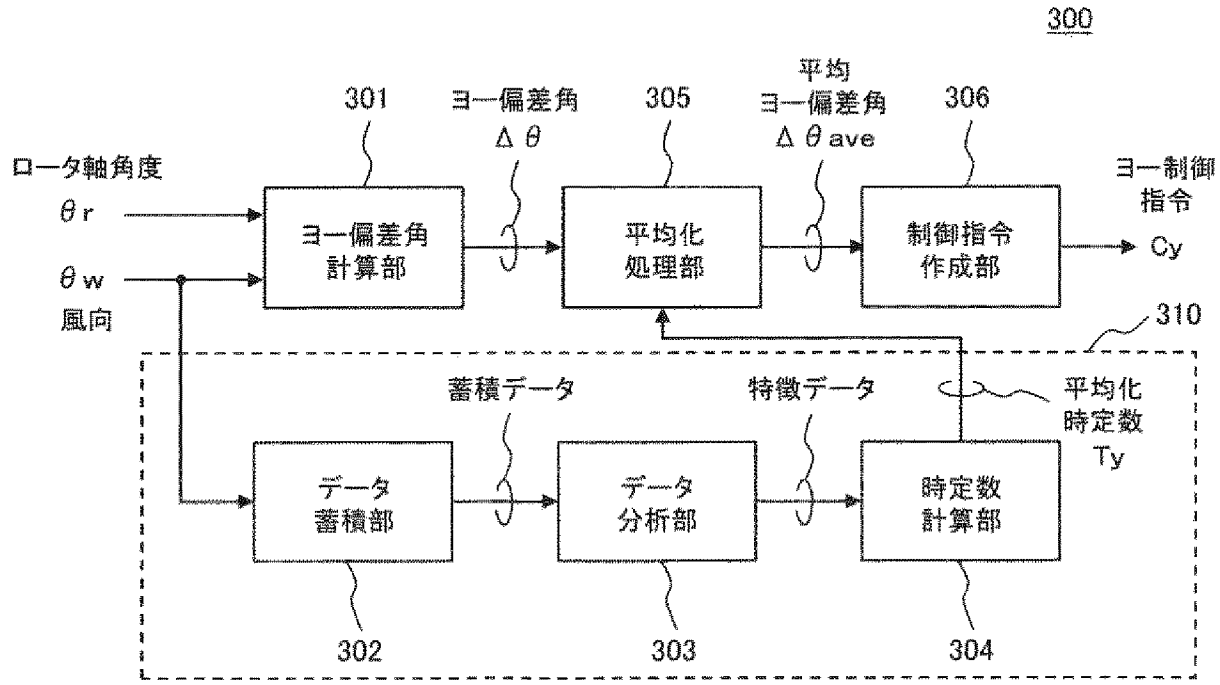
[図2]

図 2


2
5
3
ヨー旋回方向
Δθ
風向
θw
θr
10

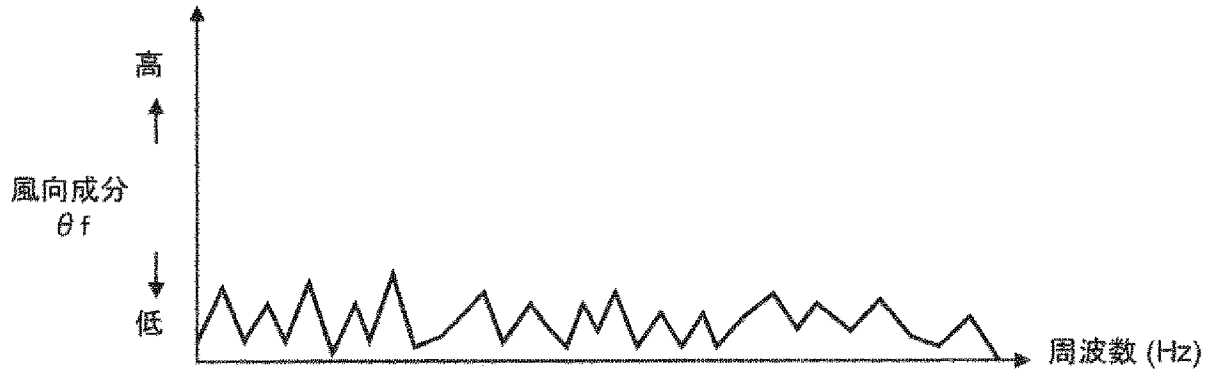
[図3]

図 3


300
301
ヨー偏差角
Δθ
305
平均
ヨー偏差角
Δθave
306
ロータ軸角度
θr
θw
風向
ヨー偏差角
計算部
平均化
処理部
制御指令
作成部
ヨー制御
指令
Cy
310
蓄積データ
特徴データ
平均化
時定数
Ty
データ
蓄積部
データ
分析部
時定数
計算部
302
303
304

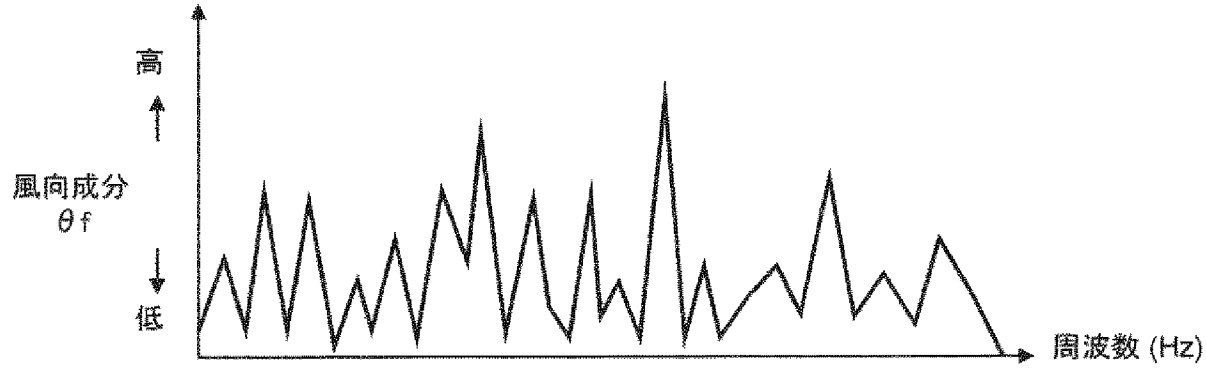
[図4]

図 4



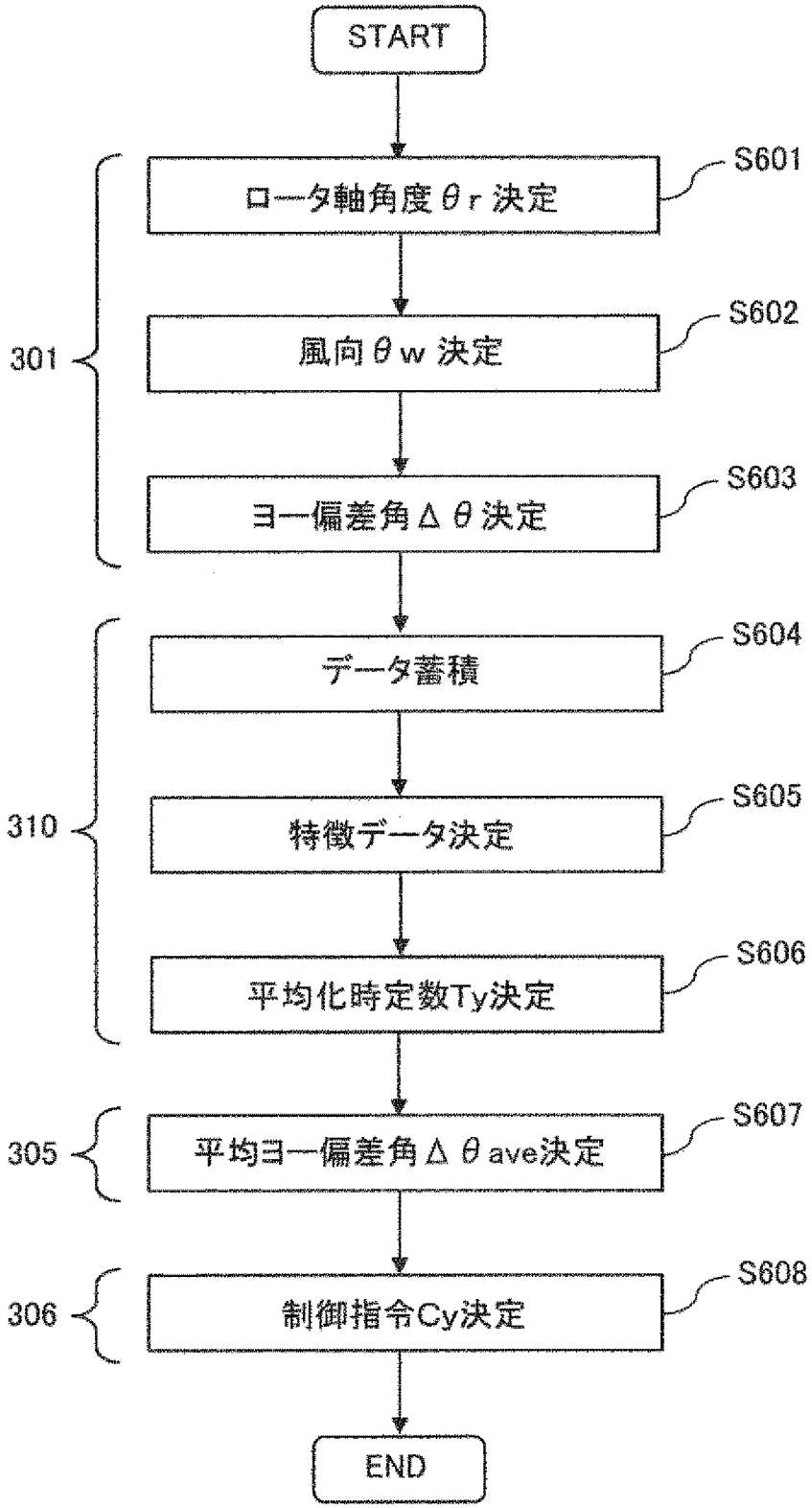
[図5]

図 5



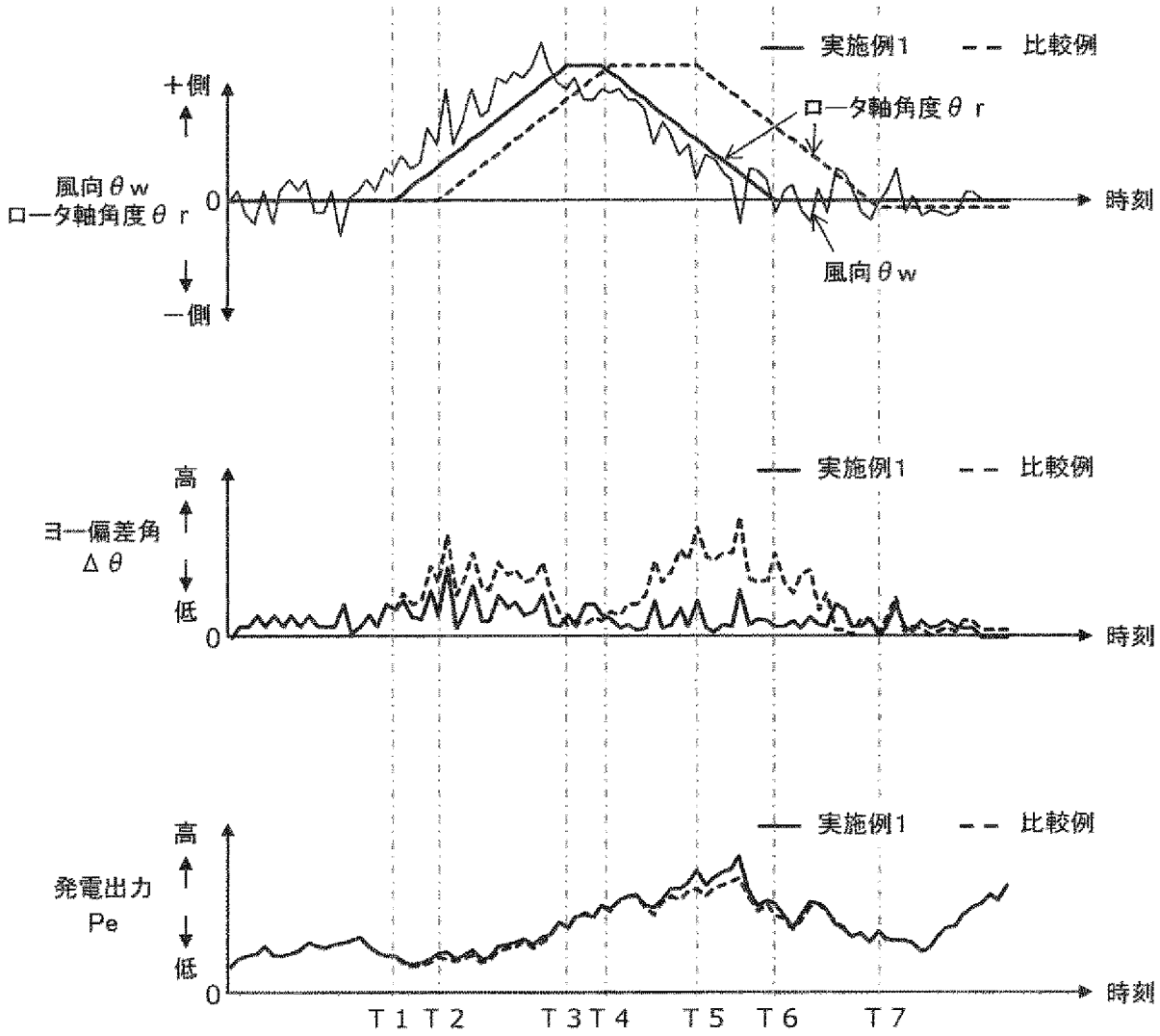
[図6]

図 6


START
ロータ軸角度θr決定
S601
風向θw決定
S602
ヨー偏差角Δθ決定
S603
301
データ蓄積
S604
特徴データ決定
S605
平均化時定数Ty決定
S606
310
平均ヨー偏差角Δθave決定
S607
305
制御指令Cy決定
S608
306
END

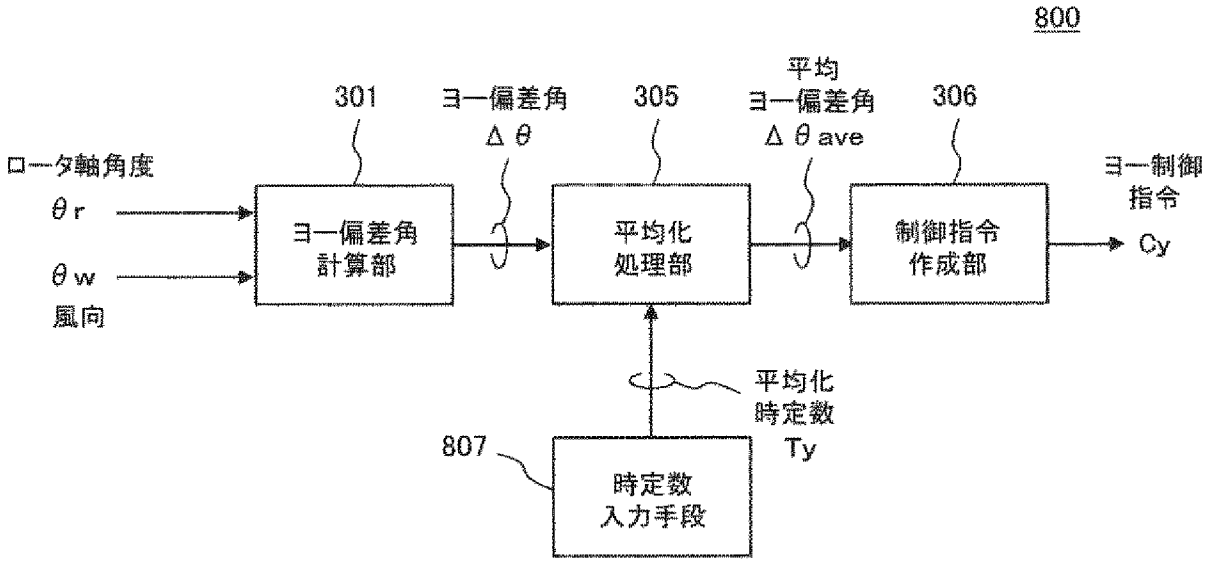
[図7]

図 7


実施例1
比較例
＋側
風向θw
ロータ軸角度θr
0
－側
ロータ軸角度θr
風向θw
時刻
実施例1
比較例
高
ヨー偏差角
Δθ
低
0
時刻
実施例1
比較例
高
発電出力
Pe
低
0
時刻
T1 T2
T3 T4
T5
T6
T7

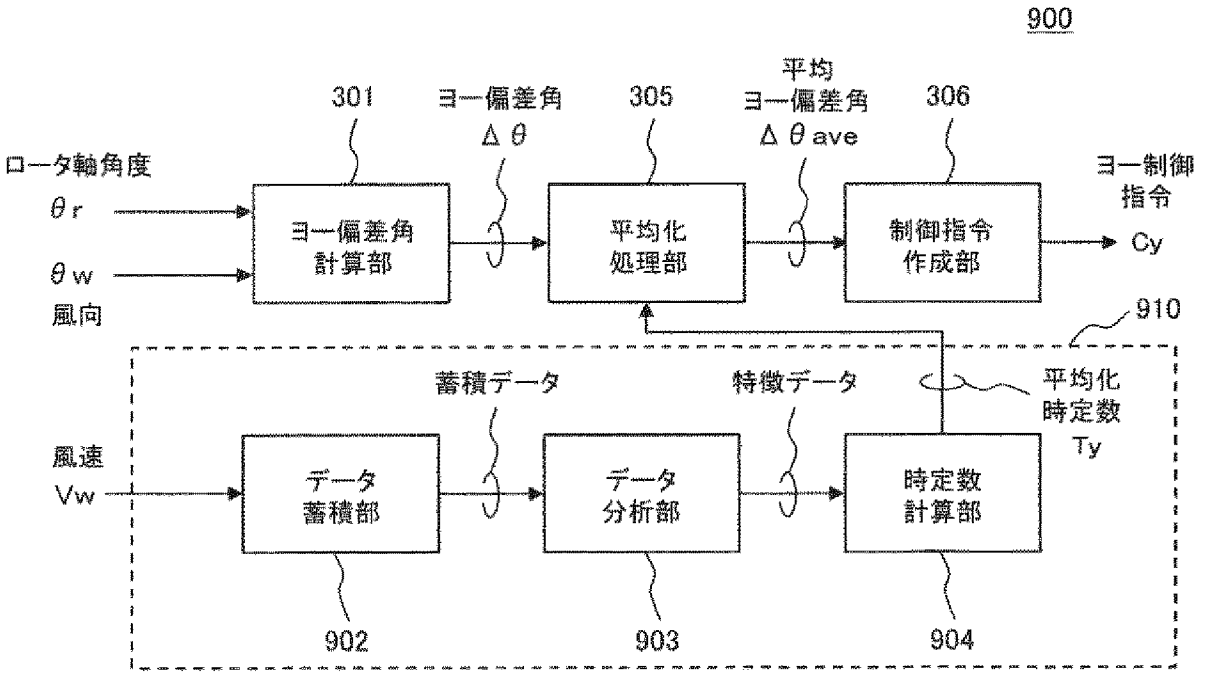
[図8]

図 8


800
301
ヨー偏差角
Δθ
305
平均
ヨー偏差角
Δθave
306
ロータ軸角度
θr
θw
風向
ヨー偏差角
計算部
平均化
処理部
制御指令
作成部
ヨー制御
指令
Cy
平均化
時定数
Ty
807
時定数
入力手段

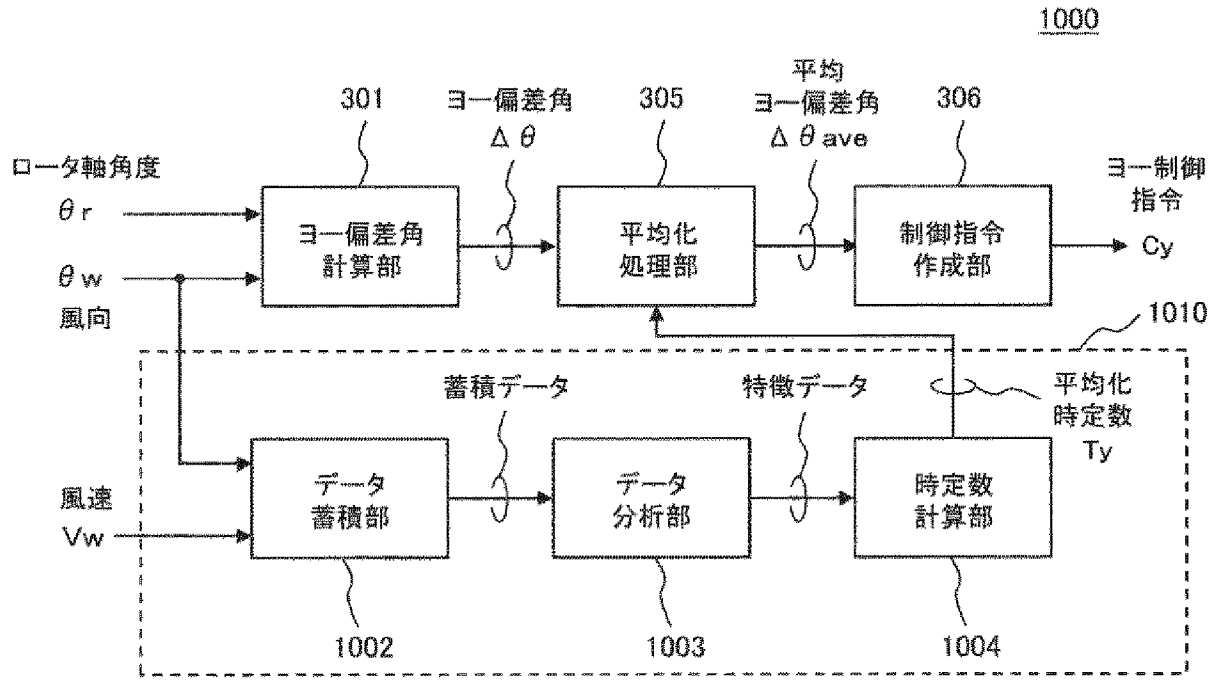
[図9]

図 9


900
301
ヨー偏差角
Δθ
305
平均
ヨー偏差角
Δθave
306
ロータ軸角度
θr
θw
風向
ヨー偏差角
計算部
平均化
処理部
制御指令
作成部
ヨー制御
指令
Cy
910
蓄積データ
特徴データ
平均化
時定数
Ty
風速
Vw
データ
蓄積部
データ
分析部
時定数
計算部
902
903
904

[図10]

図 10


1000
301
ヨー偏差角
Δθ
305
平均
ヨー偏差角
Δθave
306
ヨー制御
指令
Cy
ロータ軸角度
θr
θw
風向
ヨー偏差角
計算部
平均化
処理部
制御指令
作成部
1010
蓄積データ
特徴データ
平均化
時定数
Ty
風速
Vw
データ
蓄積部
データ
分析部
時定数
計算部
1002
1003
1004

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/000829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. F03D7/04(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)
Int. Cl. F03D7/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
A	US 2014/0152013 A1 (VESTAS WIND SYSTEMS A/S) 05 June 2014, paragraphs [0003]-[0009], [0031]-[0042], fig. 1-6 & WO 2013/004244 A2 & EP 2737205 B1	1-13
A	JP 2017-89575 A (HITACHI, LTD.) 25 May 2017, paragraphs [0025], [0028], fig. 8 (Family: none)	1-13

☐ 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
03.04.2019	16.04.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０００８２９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F03D7/04(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.　F03D7/04

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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
Ａ	US 2014/0152013 A1 (VESTAS WIND SYSTEMS A/S) 2014.06.05, 段落 0003-0009,0031-0042,図 1-6 & WO 2013/004244 A2 & EP 2737205 B1	１－１３
Ａ	JP 2017-89575 A（株式会社日立製作所）2017.05.25, 段落 0025, 0028,図８（ファミリーなし）	１－１３

☐　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 ０３．０４．２０１９	国際調査報告の発送日 １６．０４．２０１９
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　９３２７ 岸　智章 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８