

(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
2024年1月11日(11.01.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/009356 A1

(51) 国際特許分類:
F03D 17/00 (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/026600

(22) 国際出願日: 2022年7月4日(04.07.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 永瀬 文昭 (NAGASE, Fumiaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 小

野 優(ONO, Yu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中谷 達也(NAKATANI, Tatsuya); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮城 利文(MIYAGI, Toshifumi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

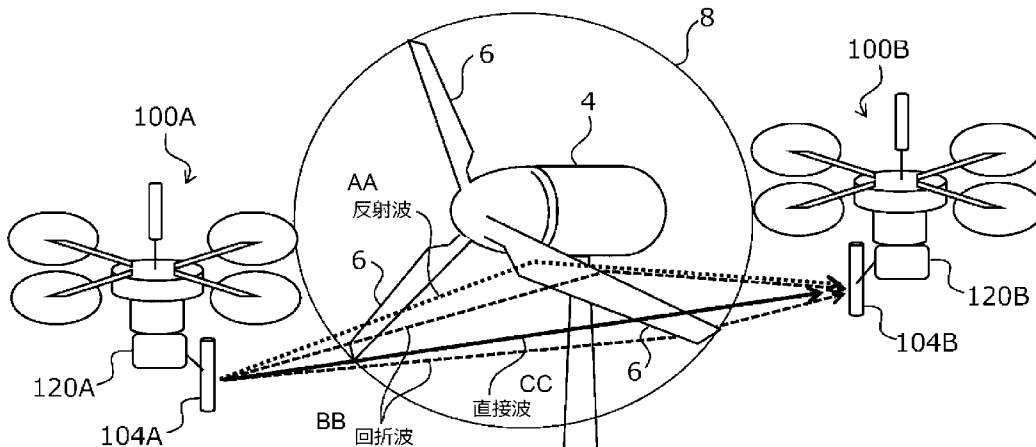
(74) 代理人: 弁理士法人高田・高橋国際特許事務所 (TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS); 〒1040045 東京都中央区築地1丁目12番2号 コンワビル7階 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: SYSTEM, METHOD, AND DEVICE FOR INSPECTING BLADES OF WIND POWER GENERATION FACILITY

(54) 発明の名称: 風力発電設備のブレードを点検するシステム、方法、及び装置

[図1]



AA Reflected wave
BB Diffracted wave
CC Direct wave

(57) Abstract: A system according to the present disclosure comprises: a transmitter, for electromagnetic waves, mounted on a first unmanned aerial vehicle; a receiver, for electromagnetic waves, mounted on a second unmanned aerial vehicle; at least one processor communicatively linked to the transmitter and the receiver; and a memory that is communicatively linked to the at least one processor and that has stored therein multiple executable instructions. The multiple instruction causes the at least one processor to execute the following processes. The first process involves radiating electromagnetic



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, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, SC, 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))

waves from the transmitter to the rotation plane of blades of a wind power generation facility in a state where the first unmanned aerial vehicle and the second unmanned aerial vehicle are facing each other across the rotation plane of the blades. The second process involves receiving, by the receiver, reflected waves and/or diffracted waves generated at the blades through radiation of electromagnetic waves from the transmitter. The third process involves determining the presence or absence of an abnormality in the blades through a process of analyzing the reflected waves or diffracted waves received by the receiver.

(57) 要約: 本開示のシステムは、第1無人航空機に搭載された電磁波の送信機と、第2無人航空機に搭載された電磁波の受信機と、送信機と受信機とに通信可能に結合された少なくとも1つのプロセッサと、上記少なくとも1つのプロセッサと通信可能に結合された、実行可能な複数のインストラクションを記憶したメモリとを備える。上記複数のインストラクションは、上記少なくとも1つのプロセッサに次の処理を実行させる。1つ目の処理は、第1無人航空機と第2無人航空機とが風力発電設備のブレードの回転面を挟んで相対している状態で送信機からブレードの回転面に向けて電磁波を放射することである。2つ目の処理は、送信機からの電磁波の放射によってブレードにおいて生じた反射波と回折波の少なくとも一方を受信機で受信することである。3つ目の処理は、受信機で受信された反射波又は回折波の解析処理によってブレードの異常の有無を判定することである。

明 細 書

発明の名称：

風力発電設備のブレードを点検するシステム、方法、及び装置

技術分野

[0001] 本開示は、風力発電設備のブレードを点検するシステム、方法、及び装置に関する。

背景技術

[0002] インフラ設備では定期或いは不定期の点検が必要とされる。そのようなインフラ設備の一例として風力発電設備が知られている。風力発電設備の場合、回転するブレードに傷又は劣化がないかを点検することが求められている。

[0003] 風力発電設備のブレードを点検する方法を開示した文献としては、特許第6768983号公報と特許第7022858号公報とを例示することができる。特許第6768983号公報には、従来の方法として、作業員がタワー外壁の点検用開口部を通じ外部を監視するカメラやドローンに搭載したカメラによってブレード表面を確認する方法が紹介されている。特許第7022858号公報には、ドローンに搭載したカメラによってブレード表面を撮影する場合の撮影方法に関する提案が開示されている。

[0004] しかし、カメラによる点検は天候の影響を受けやすい。例えば、逆光時、曇天時、及び夜間は、ブレードに傷、亀裂、或いは欠損があったとしてもその傷はカメラに映らないことがある。また、カメラで撮影された画像に対する画像診断ではブレードの折れや曲りについて判断することができない場合がある。

[0005] ブレードの回転を止めると発電が中断されるため、点検はブレードの回転中に実施されることが望ましい。このため、カメラでブレードの傷を撮影するためには、シャッタースピードをブレードの回転速度に合わせる必要がある。しかし、ブレードの回転速度が速いとシャッタースピードを速くする必

要があるため、カメラのレンズ性能として解像度や明るさが低い場合には、ブレードの傷が正確に映らない場合がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第6 7 6 8 9 8 3号公報

特許文献2：特許第7 0 2 2 8 5 8号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本開示は、上述のような課題に鑑みてなされたものである。本開示は、ブレードの回転速度や天候に影響されることなく、風力発電設備のブレードの点検を実施できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示は、上記目的を達成するため、風力発電設備のブレードを点検するシステムを提供する。本開示のシステムは、第1無人航空機に搭載された電磁波の送信機と、第2無人航空機に搭載された電磁波の受信機と、を備える。本開示のシステムは、さらに、送信機と受信機とに通信可能に結合された少なくとも1つのプロセッサと、上記少なくとも1つのプロセッサと通信可能に結合された、実行可能な複数のインストラクションを記憶したメモリと、を備える。上記複数のインストラクションは、上記少なくとも1つのプロセッサに次の処理を実行させるように構成されている。1つ目の処理は、第1無人航空機と第2無人航空機とがブレードの回転面を挟んで相対している状態で、或いは回転面を反射面として、送信機からブレードの回転面に向けて電磁波を放射することである。2つ目の処理は、送信機からの電磁波の放射によってブレードにおいて生じた反射波と回折波の少なくとも一方を受信機で受信することである。そして、3つ目の処理は、受信機で受信された反射波又は回折波の解析処理によってブレードの異常の有無を判定することである。

[0009] また、本開示は、上記目的を達成するため、風力発電設備のブレードを点検する方法を提供する。本開示の方法は次のステップを含む。1つ目のステップは、第1無人航空機と第2無人航空機とがブレードの回転面を挟んで相対している状態で、或いは回転面を反射面として、送信機からブレードの回転面に向けて電磁波を放射することである。2つ目のステップは、送信機からの電磁波の放射によってブレードにおいて生じた反射波と回折波の少なくとも一方を受信機で受信することである。そして、3つ目のステップは、受信機で受信された反射波又は回折波の解析処理によってブレードの異常の有無を判定することである。

[0010] さらに、本開示は、上記目的を達成するため、風力発電設備のブレードを点検する装置を提供する。本開示の装置は、アンテナと受信部と解析処理部とを備える。受信部は、アンテナがブレードの回転面を挟んで電磁波の送信機と相対している場合、或いは回転面を反射面としている場合に、送信機からの電磁波の放射によってブレードにおいて生じた反射波と回折波の少なくとも一方をアンテナを用いて受信するように構成されている。解析処理部は、受信部で受信された反射波又は回折波の解析処理によってブレードの異常の有無を判定するように構成されている。なお、本開示の装置が備える解析処理部は、コンピュータとプログラムとによって実現されてもよい。プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されていてもよいし、ネットワーク経由で提供されてもよい。

発明の効果

[0011] 本開示のシステム、方法、及び装置によれば、送信機からの電磁波の放射によってブレードにおいて生じた反射波又は回折波が解析処理され、その解析処理の結果に基づいてブレードの異常の有無が判定される。これによれば、ブレードの回転速度や天候に影響されることなく、風力発電設備のブレードの点検を実施することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本開示の実施形態に係る風力発電設備のブレードの点検方法の概要を説

明する図である。

[図2]電波送信機からブレードの回転面に向けて電波を放射した場合に電波受信機によって受信される直接波の時間変動の一例を示す図である。

[図3]電波送信機からブレードの回転面に向けて電波を放射した場合にブレードが正常であれば得られる回折波及び反射波の遅延プロファイルの一例を示す図である。

[図4]電波送信機からブレードの回転面に向けて電波を放射した場合にブレードの破損時に得られる回折波及び反射波の遅延プロファイルの一例を示す図である。

[図5]本開示の実施形態に係る風力発電設備のブレードの点検システムの概要を示す図である。

[図6]本開示の実施形態に係る風力発電設備のブレードの点検システムの構成を示すブロック図である。

[図7]本開示の実施形態に係る風力発電設備のブレードの点検システムの動作フローを示すフローチャートである。

[図8]電波送信機からブレードの回転面に向けて電波を放射した場合に電波受信機によって受信される反射波のレベルの時間変動の一例を示す図である。

[図9]受信信号解析処理の第1具体例の処理フローを示すフローチャートである。

[図10]電波送信機からブレードの回転面に向けて電波を放射した場合に電波受信機によって受信される反射波の直接波に対する位相差の時間変動の一例を示す図である。

[図11]受信信号解析処理の第2具体例の処理フローを示すフローチャートである。

[図12]遅延波を抽出するフィルタの一例を示す図である。

[図13]本開示の実施形態に係る風力発電設備のブレードの点検システムの第1変形例の構成を示す図である。

[図14]本開示の実施形態に係る風力発電設備のブレードの点検システムの第

2 変形例の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 1. ブレード点検方法の概要

以下、図を参照して本開示の実施形態に係る風力発電設備のブレードを点検するシステムと、そのシステムで実行される方法について説明する。以下、風力発電設備のブレードを点検するシステムをブレード点検システムと呼び、ブレード点検システムで実行される方法をブレード点検方法と呼ぶ。

[0014] まず、本開示の実施形態に係るブレード点検方法の概要について図1を用いて説明する。本実施形態に係るブレード点検方法は、風力発電設備4の運転中、すなわち、風力発電設備4のブレード6が回転している中で実施される。本実施形態に係るブレード点検方法では無人航空機が使用される。使用される無人航空機は、具体的には、空中でのホバリングが可能な2台のドローン100A、100Bである。以下、両者を区別する場合、ドローン100Aを第1ドローンと表記し、ドローン100Bを第2ドローンと表記する。

[0015] 第1ドローン100Aは電波送信機120Aを備える。第2ドローン100Bは電波受信機120Bを備える。ブレード6の点検時、2台のドローン100A、100Bは、風力発電設備4の近辺で飛ばされ、ブレード6が回転するブレード回転面8を挟んで相対する位置に配置される。そして、第1ドローン100Aに搭載された電波送信機120Aの点検用送信アンテナ104Aから、点検用の電波がブレード回転面8に向けて放射される。電波送信機120Aから放射された電波は、ブレード回転面8を通過し、第2ドローン100Bに搭載された電波受信機120Bの点検用受信アンテナ104Bに到達する。

[0016] 第1ドローン100Aと第2ドローン100Bとの間に遮るものがない場合、点検用送信アンテナ104Aから放射された電波は直接波として点検用受信アンテナ104Bに到達する。しかし、風力発電設備4の運転中は、第1ドローン100Aと第2ドローン100Bとの間でブレード6が回転して

いる。このため、ブレード6が直接波を遮るタイミングでは放射された電波の一部はブレード6によって遮蔽される。電波送信機120Aから放射された電波がブレード6によって遮蔽されるとき、ブレード6の後側に回り込む回折波が生じ、それらは直接波とともに電波受信機120Bで受信される。回折波に関しては、図1に示されるように、ブレード6の回転方向前側のエッジで回折する回折波と、ブレード6の回転方向後側のエッジで回折する回折波とが別々に電波受信機120Bで受信される。また、ブレード6は風により回転するようにピッチ角が設定されている。このため、ブレード6が回転中に第1ドローン100Aの点検用送信アンテナ104Aから放射された電波は、ブレード6の表面で反射され、第2ドローンの点検用受信アンテナ104Bに反射波として受信される。

[0017] 図2は、電波送信機120Aからブレード回転面8に向けて電波を放射した場合に電波受信機120Bによって受信される直接波の時間変動の一例を示す。図2に示されるように、電波受信機120Bによって受信される直接波の受信レベルは一定の周期で低下する。受信レベルの低下は直接波がブレード6によって遮蔽されることで起こるものであるから、受信レベルの低下の周期はブレード6の回転周期に対応している。

[0018] 電波送信機120Aから電波受信機120Bに最短距離で到達する直接波に対し、回折波及び反射波はそれぞれ折れ曲がったパスを通して電波受信機120Bに到達する。このため、回折波と反射波が電波受信機120Bで受信される時刻は直接波が電波受信機120Bで受信される時刻に対して遅延する。風力発電設備4が備える3つのブレード6は同一形状であるため、直接波に対する回折波及び反射波の遅延時間のパターンはブレード6間でほぼ共通である。また、電波の回折状態及び反射状態にブレード6間で差はないので、電波受信機120Bで受信される直接波、回折波、及び反射波の各受信レベルもブレード6間でほぼ共通である。その結果、各ブレード6が正常であるならば、電波送信機120Aからブレード回転面8に向けて電波を放射した場合、全てのブレード6において図3に例示されるような回折波及び

反射波の遅延プロファイルが得られるはずである。

[0019] ところが、ブレード6の表面に傷、亀裂、及び欠損による劣化等の異常が生じている場合、電波がブレード6で回折する場合の回折状態や電波がブレード6の表面で反射する場合の反射状態に変化が生じる。例えば、ブレード6の表面の傷は誘電率を変化させたり、反射波の反射方向を変えたりして、反射波の信号レベルを低下させる場合がある。図4は、電波送信機120Aからブレード回転面8に向けて電波を放射した場合にブレード6の破損時に得られる回折波及び反射波の遅延プロファイルの一例を示している。この例では電波受信機120Bで受信される反射波の受信レベルが低下しているが、反射波の直接波に対する位相差が変化する場合もありうる。また、回折波の受信レベルが低下したり、回折波の直接波に対する位相差が変化したりする場合もある。さらに、ブレード6の破損状況次第では、それらの組み合わせが起きる場合もある。

[0020] 以上のように、ブレード6の破損や劣化は、回折波或いは反射波の遅延プロファイルを変化させる。この点について着目したものが本実施形態に係るブレード点検方法である。本実施形態に係るブレード点検方法によれば、まず、第1ドローン100Aと第2ドローン100Bとがブレード回転面8を挟んで相対している状態で、電波送信機120Aからブレード回転面8に向けて電波が放射される。次に、電波送信機120Aからの電波の放射によってブレード6において生じた反射波と回折波の少なくとも一方が電波受信機120Bで受信される。そして、電波受信機120Bで受信された反射波又は回折波の解析処理によってブレード6の異常の有無が判定される。このような方法であれば、ブレード6の回転速度や天候に影響されることなく、ブレード6の点検を実施することができる。

[0021] 2. ブレード点検システムの構成

次に、上記のブレード点検方法が実施されるブレード点検システムについて説明する。図5は本実施形態に係るブレード点検システム2の概要を示す図である。本実施形態に係るブレード点検システム2は、第1ドローン10

0 A及び第2ドローン100 Bと、それらを制御する調査点検制御装置200を含む。

[0022] 第1ドローン100 Aは、回転翼、モータ、スピードコントローラ、フライトコントローラ等のドローンの基本構造を有するドローン本体110 Aと、ドローン本体110 Aに取り付けられた電波送信機120 Aとを有する。ドローン本体110 Aにはドローン制御用の空中線102 Aが取り付けられている。また、第1ドローン100 Aは、その内部に、少なくとも電波送信機120 Aに通信可能に結合されたプロセッサ190 Aと、プロセッサ190 Aに通信可能に結合されたメモリ192 Aとを備える。メモリ192 Aには実行可能な複数のインストラクション194 Aが記憶されている。

[0023] プロセッサ190 Aは、中央処理装置（CPU）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、特定用途向け集積回路（ASIC）、又は別の処理ユニットであってもよい。或いは、プロセッサ190 Aは、2以上のCPU、FPGA、ASIC、又は別の処理ユニットの組合せであってもよい。メモリ192 Aに記憶されたインストラクション194 Aが実行されると、CPU、FPGA、ASIC、又は別の処理ユニットであるプロセッサ190 Aは後述する機能を実行するようにトリガされる。なお、メモリ192 Aはプロセッサ190 Aとは別の装置であってもよいし、プロセッサ190 Aに内蔵されてもよい。

[0024] 第2ドローン100 Bは、回転翼、モータ、スピードコントローラ、フライトコントローラ等のドローンの基本構造を有するドローン本体110 Bと、ドローン本体110 Bに取り付けられた電波受信機120 Bとを有する。ドローン本体110 Bにはドローン制御用の空中線102 Bが取り付けられている。また、第1ドローン100 Bは、その内部に、少なくとも電波受信機120 Bに通信可能に結合されたプロセッサ190 Bと、プロセッサ190 Bに通信可能に結合されたメモリ192 Bとを備える。メモリ192 Bには実行可能な複数のインストラクション194 Bが記憶されている。プロセッサ190 Bは、CPU、FPGA、ASIC、又は別の処理ユニットであ

ってもよいし、2以上のCPU、FPGA、ASIC、又は別の処理ユニットの組合せであってもよい。メモリ192Bはプロセッサ190Bとは別の装置であってもよいし、プロセッサ190Bに内蔵されてもよい。

[0025] 調査点検制御装置200は、1台で2台のドローン100A、100Bを操縦し、ドローン100A、100Bに対してブレード6の点検を実施させるように構成されている。調査点検制御装置200はドローン制御用の空中線202を備える。調査点検制御装置200の空中線202と第1ドローン100Aの空中線102Aとの間には、フライト制御用の信号回線10Aと調査点検制御用の信号回線20Aとが確立される。調査点検制御装置200の空中線202と第2ドローン100Bの空中線102Bとの間には、フライト制御用の信号回線10Bと調査点検制御用の信号回線20Bとが確立される。調査点検制御装置200は、その内部に、プロセッサ290とプロセッサ290に通信可能に結合されたメモリ292とを備える。メモリ292には実行可能な複数のインストラクション294が記憶されている。プロセッサ290は、CPU、FPGA、ASIC、又は別の処理ユニットであってもよいし、2以上のCPU、FPGA、ASIC、又は別の処理ユニットの組合せであってもよい。メモリ292はプロセッサ290とは別の装置であってもよいし、プロセッサ290に内蔵されてもよい。

[0026] 図6はブレード点検システム2の構成を示すブロック図である。図6には、ドローン100が有する構成と、調査点検制御装置200が有する構成とがブロックで表わされている。図6に示されるドローン100の構成は、第1ドローン100A及び第2ドローン100Bの構成でもある。第1ドローン100Aと第2ドローン100Bとは基本的に同一の構成を有し、ドローン100の送信用としての用途が第1ドローン100Aであり、ドローン100の受信用としての用途が第2ドローン100Bである。

[0027] 調査点検制御装置200は、調査点検制御部210、フライト制御部220、フライト制御用無線送受信部230、電波送受信制御部240、調査点検制御用無線送受信部250、及びドローン制御用空中線202を備える。

調査点検制御部 210 はオペレータの入力を受け付けるとともに、オペレータに情報を提供する HMI でもある。調査点検制御部 210 はフライト制御部 220 と電波送受信制御部 240 とに結合されている。

ある。

[0028] 調査点検制御部 210 はオペレータからの操縦指示をフライト制御部 220 に入力する。フライト制御部 220 は操縦指示に従ってドローン 100 を飛ばすための命令を生成する。フライト制御部 220 で生成されたフライト制御命令は、フライト制御用無線送受信部 230 によってドローン制御用空中線 202 からフライト制御用信号回線 10 へ出力される。また、ドローン 100 から発せられたドローン 100 のフライト状態に関する情報は、フライト制御用信号回線 10 からドローン制御用空中線 202 を介してフライト制御用無線送受信部 230 に入力される。フライト制御部 220 は、フライト制御用無線送受信部 230 で受信されたフライト状態に関する情報を調査点検制御部 210 に入力する。調査点検制御部 210 は、入力されたフライト状態に関する情報を記憶装置に保存したり、表示装置に表示したりする。

[0029] 調査点検制御部 210 はオペレータからの点検開始の指示を電波送受信制御部 240 に入力する。或いは、調査点検制御部 210 自身がドローン 100 のフライト状態に関する情報に基づいて点検を開始するかどうか判定し、点検開始の指示を電波送受信制御部 240 に入力する。電波送受信制御部 240 は点検開始の指示に従って点検命令を生成する。電波送受信制御部 240 で生成された点検命令は、調査点検制御用無線送受信部 250 によってドローン制御用空中線 202 から調査点検制御用信号回線 20 へ出力される。また、ドローン 100 から発せられた点検データは、調査点検制御用信号回線 20 からドローン制御用空中線 202 を介して調査点検制御用無線送受信部 250 に入力される。電波送受信制御部 240 は、調査点検制御用無線送受信部 250 で受信された点検データを調査点検制御部 210 に入力する。調査点検制御部 210 は、入力された点検データを記憶装置に保存したり、表示装置に表示したりする。

- [0030] 以上の調査点検制御装置 200 の構成において、少なくとも調査点検制御部 210、フライト制御部 220、及び電波送受信制御部 240 はプロセッサ 290 によって実現される。調査点検制御部 210、フライト制御部 220、及び電波送受信制御部 240 のそれぞれが個別のプロセッサ 290 で構成されてもよいし、複数が一つのプロセッサ 290 で構成されてもよい。なお、例えば、プロセッサ 290 が CPU である場合、インストラクション 294 を含むプログラムは、ネットワーク経由で提供されてもよい。
- [0031] ドローン 100 は、ドローン本体 110 と、ドローン制御用空中線 102 と、バッテリー 130 とを備える。調査点検制御装置 200 から発せられたフライト制御命令は、フライト制御用信号回線 10 からドローン制御用空中線 102 を介してドローン本体 110 に入力される。ドローン本体 110 を構成するフライトコントローラは、フライト制御命令に基づいて各モータのスピードコントローラを制御する。モータを動作させる電源はバッテリー 130 からスピードコントローラに供給される。また、フライトコントローラから発せられたドローン 100 のフライト状態に関する情報は、ドローン制御用空中線 102 からフライト制御用信号回線 10 へ出力される。
- [0032] ドローン 100 は、さらに、調査点検制御用無線送受信部 140、処理部 150、送信司令部 160、電波送受信機 120、点検用送受信アンテナ 104、受信信号解析処理部 170、及び記憶部 180 を備える。電波送受信機 120 は電波送信部 122 と電波受信部 124 とを含む。調査点検制御装置 200 から発せられた点検命令は、調査点検制御用信号回線 20 からドローン制御用空中線 102 を介して調査点検制御用無線送受信部 140 に入力される。調査点検制御用無線送受信部 140 は、受信した命令を処理部 150 に入力する。
- [0033] 処理部 150 による処理の内容は、ドローン 100 が第 1 ドローン 100A として運用されているか、第 2 ドローン 100B として運用されているかによって異なる。ドローン 100 が第 1 ドローン 100A として運用される場合、処理部 150 は、点検命令を受けて送信司令部 160 を作動させる。

作動した送信命令部 160 は電波送信部 122 に対して電波の送信命令を発する。電波送信部 122 は、電波の送信命令を受けて、点検用送受信アンテナ 104 から電波を放射する。この場合、電波送受信機 120 は電波送信機 120A として機能し、点検用送受信アンテナ 104 は点検用送信アンテナ 104A として機能する。

[0034] ドローン 100 が第 2 ドローン 100B として運用される場合、処理部 150 は、点検命令を受けて電波受信部 124 及び受信信号解析処理部 170 を作動させる。電波受信部 124 は点検用送受信アンテナ 104 に入力された電波を受信する。ブレード 6 の点検時、電波受信部 124 が受信する電波には直接波、回折波、及び反射波が含まれている。この場合、電波送受信機 120 は電波受信機 120B として機能し、点検用送受信アンテナ 104 は点検用受信アンテナ 104B として機能する。受信信号解析処理部 170 は受信した電波を解析し、その解析結果を記憶部 180 に記憶する。記憶部 180 は、例えば、フラッシュメモリやハードディスク等のストレージである。受信信号解析処理部 170 による受信信号解析処理の具体的内容については後述するが、その解析結果からブレード 6 の異常の有無が判定される。記憶部 180 に記憶された解析結果は、調査点検制御用無線送受信部 140 からドローン制御用空中線 102 を介してフライト制御用信号回線 10 へ出力される。

[0035] 以上のドローン 100 の構成において、少なくとも処理部 150、送信命令部 160、及び受信信号解析処理部 170 はプロセッサによって実現される。処理部 150、送信命令部 160、及び受信信号解析処理部 170 のそれぞれが個別のプロセッサで構成されてもよいし、複数が一つのプロセッサで構成されてもよい。ドローン 100 が第 1 ドローン 100A として運用される場合、処理部 150 と送信命令部 160 のそれぞれが個別のプロセッサ 190A で構成されるか、一つのプロセッサ 190A が処理部 150 と送信命令部 160 とを構成する。ドローン 100 が第 2 ドローン 100B として運用される場合、処理部 150 と受信信号解析処理部 170 のそれぞれが個

別のプロセッサ１９０Ｂで構成されるか、１つのプロセッサ１９０Ｂが処理部１５０と受信信号解析処理部１７０とを構成する。なお、例えば、各プロセッサ１９０Ａ、１９０ＢがＣＰＵである場合、インストラクション１９４Ａを含むプログラムとインストラクション１９４Ｂを含むプログラムは、ネットワーク経由で提供されてもよい。

[0036] ３．ブレード点検システムの動作

次に、上記のように構成されたブレード点検システム２の動作についてフローチャートを用いて説明する。図７には、調査点検制御装置２００の動作フローを示すフローチャートと、ドローン１００、特に、電波送受信機１２０の動作フローを示すフローチャートとが併せて示されている。

[0037] 調査点検制御装置２００の動作フローによれば、まず、ステップＳ２０１において、２台のドローン１００Ａ、１００Ｂの位置情報の確認が行われる。ステップＳ２０２では、ステップＳ２０１で確認された位置情報に基づいてブレード点検を開始するかどうか判定される。具体的には、第１ドローン１００Ａと第２ドローン１００Ｂとがブレード回転面８を挟んで相対していることが確認されたことを受けて、ブレード点検を開始すると判定される。この判定は調査点検制御部２１０が行ってもよいし、オペレータからの入力を受け付けてもよい。第１ドローン１００Ａと第２ドローン１００Ｂとがブレード回転面８を挟んで相対しているかどうかは、第１ドローン１００Ａから放射された電波の第２ドローン１００Ｂにおける受信状態から判定することができる。また、２台のドローン１００Ａ、１００Ｂの少なくとも一方にカメラが搭載されている場合には、カメラ画像からブレード回転面８に対する両者の位置関係を確認することができる。

[0038] ステップＳ２０２でブレード点検を開始すると判定された場合、ステップＳ２０３において、調査点検制御装置２００からドローン１００に点検命令が送信される。点検命令は第１ドローン１００Ａと第２ドローン１００Ｂの双方に同時に送信される。

[0039] ここで、点検命令を受信した後の各ドローン１００Ａ、１００Ｂの動作に

ついて説明する。2台のドローン100A, 100Bは、ブレード回転面8を挟んで相対する位置まで飛んだあと、ホバリングをしながら点検開始を待っている。つまり、ドローン100の動作フローに示されるように、まず、ステップS101において、各ドローン100A, 100Bは点検開始の待機中となる。そして、ステップS102において、調査点検制御装置200からの点検命令が受信されたかどうか判定される。点検命令が受信されるまでは、各ドローン100A, 100Bによる待機状態が維持される。

[0040] ステップS102で点検命令が受信された場合、ステップS103において、送信処理を行うのか、受信処理を行うのかが判定される。この判定は処理部150において行われる。電波送受信機120を電波送信機120Aとして機能させる第1ドローン100Aの場合、送信処理を行うために動作フローはステップS111に進む。ステップS111からステップS114までの動作フローは、第1ドローン100Aの動作フローである。

[0041] ステップS111では、第1ドローン100Aの電波送信機120Aにより電波の送信が開始される。ステップS112では、調査点検制御装置200からの終了命令が受信されたかどうか判定される。終了命令はドローン100A, 100Bに対してブレード点検を終了させる命令である。終了命令が受信されるまでは、ステップS113において、電波送信機120Aによる電波の送信が継続される。

[0042] 電波送受信機120を電波受信機120Bとして機能させる第2ドローン100Bの場合、受信処理を行うために動作フローはステップS103からステップS121に進む。ステップS121からステップS125までの動作フローは、第2ドローン100Bの動作フローである。

[0043] ステップS121では、第2ドローン100Bの電波受信機120Bにより電波の受信が開始される。ステップS122では、電波受信機120Bで受信された電波に対する解析処理が行われる。ステップS122で実行される受信信号解析処理の詳細は後述される。次に、ステップS123では、受信信号解析処理による解析結果、つまり、ブレード点検の結果を示す点検デ

ータが調査点検制御装置 200 に対して送信される。ただし、ステップ S 123 の処理としては、解析結果を送信することに代えて解析結果を記憶部 180 に記憶することでもよい。ステップ S 124 では、調査点検制御装置 200 からの終了命令が受信されたかどうか判定される。終了命令が受信されるまでは、ステップ S 122 及びステップ S 123 の処理が繰り返される。

[0044] 再び調査点検制御装置 200 の動作フローに戻る。ドローン 100A, 100B に対する点検命令の送信後、ステップ S 204 では、ブレード点検を終了するかどうかの判定が行われる。この判定は調査点検制御部 210 が行ってもよいし、オペレータからの入力を受け付けてもよい。例えば、第 2 ドローン 100B からブレード点検の結果を示す点検データが送信されたことを受けて、調査点検制御部 210 が自動でブレード点検を終了してもよいし、オペレータが点検データを確認してブレード点検を終了してもよい。また、オペレータの判断により、点検データが得られる前に強制的にブレード点検が終了される場合もありうる。

[0045] ブレード点検が終了される場合、次のステップ S 205 では、第 2 ドローン 100B から送信された点検データを保存するかどうかの判定が行われる。ステップ S 205 の判定が肯定である場合、ステップ S 206 において、調査点検制御装置 200 が備えるストレージに点検データが保存される。点検データを保存するかどうかは任意に決定することができる。例えば、点検データを確認した結果、ブレード 6 に明らかに異常が無いと判断できるのであれば、その点検データを保存しないようにしてもよい。一方、ブレード 6 に異常の可能性があると判断できるのであれば、その点検データは保存するようにしてもよい。

[0046] 点検データを保存するかどうか決定した後のステップ S 207 において、調査点検制御装置 200 から第 1 ドローン 100A と第 2 ドローン 100B の双方に終了命令が送信される。そして、終了命令が送信されたことを受けて、ステップ S 208 においてブレード点検が終了される。

[0047] 調査点検制御装置 200 から送信された終了命令が第 1 ドローン 100A

で受信されたことを受けて、ステップS 1 1 2の判定は否定から肯定に変わる。これにより、ステップS 1 1 4において、電波送信機1 2 0 Aよる電波の送信が終了される。

[0048] また、調査点検制御装置2 0 0から送信された終了命令が第2ドローン1 0 0 Bで受信されたことを受けて、ステップS 1 2 4の判定は否定から肯定に変わる。これにより、ステップS 1 2 5において、電波受信機1 2 0 Bよる電波の受信と受信信号解析処理部1 7 0による解析処理とが終了される。

[0049] 4. 受信信号解析処理

4-1. 第1具体例

次に、ドローン1 0 0が第2ドローン1 0 0 Bとして機能する場合に受信信号解析処理部1 7 0で実行される受信信号解析処理について具体的に説明する。受信信号解析処理は、電波受信機1 2 0 Bで受信された電波からブレード6の異常の有無を判定するために反射波又は回折波に対して行われる解析処理である。ここでは反射波に対する解析処理、特に、反射波の受信レベルに基づく解析処理について説明する。

[0050] 図8は、電波送信機1 2 0 Aからブレード回転面8に向けて電波を放射した場合に電波受信機1 2 0 Bによって受信される反射波のレベルの時間変動の一例を示す図である。3つのブレードのうち第2ブレードに破損がある場合、第2ブレードからの反射波は第1ブレードや第3ブレードからの反射波とは異なるプロファイルを示す。図8に示される例では、第2ブレードの受信レベルのみに大きな変動が生じている。受信信号解析処理の第1具体例では、このような受信レベルの異常な変動を検出することによってブレード6の異常の有無を判定することが行われる。

[0051] 図9は受信信号解析処理の第1具体例の処理フローを示すフローチャートである。まず、ステップS 3 0 1では、電波受信機1 2 0 Bによって受信された電波の遅延プロファイルの測定が行われる。また、ステップS 3 0 2では、図8に示される測定区間の終了を判定するためのカウンタ τ が初期化される。

- [0052] ステップS303では、ステップS301で測定された遅延プロファイルから反射波が抽出される。反射波の抽出方法の具体例については後述する。次に、ステップS304では、抽出された反射波の受信レベルが閾値よりも大きくなったかどうか判定される。ステップS304で用いられる閾値は反射波の立ち上がりを検出するための閾値である。反射波の受信レベルが閾値よりも大きくなるまで、ステップS303とステップS304が繰り返される。反射波の受信レベルが閾値よりも大きくなったことは、測定区間の開始を意味する。
- [0053] 反射波の受信レベルが閾値よりも大きくなった場合、ステップS303とステップS304のループを抜けて処理フローはステップS305に進む。ステップS305では、反射波の時間ごとの受信レベルのデータが蓄積される。次に、ステップS306では、抽出された反射波の受信レベルが閾値よりも大きい状態が維持されているかどうか判定される。ステップS306で用いられる閾値は反射波の立ち下がりを検出するための閾値である。この閾値の値はステップS304で用いられる閾値と同じ値でもよい。反射波の受信レベルが閾値以下になるまで、ステップS305とステップS306が繰り返される。
- [0054] 反射波の受信レベルが閾値以下になるケースとしては、図8に示されるように、ブレードが通過して測定区間が終了するケースと、ブレードの破損によって反射波の受信レベルが変動するケースとがある。前者のケースでは、受信レベルが閾値以下の状態が継続するのに対し、後者のケースでは受信レベルの低下は一時的である。ゆえに、両者を区別するため、反射波の受信レベルが閾値以下になってからの経過期間が計測される。経過時間の計測のために用いられるパラメータがステップS302で初期化されたカウンタである。
- [0055] ステップS306で反射波の受信レベルが閾値以下になった場合、ステップS307においてカウンタが所定時間Tを超えたかどうか判定される。所定時間Tは、反射波の受信レベルが閾値を下回る時間がその時間より長く

なれば、測定区間が終了したと判断できる時間である。所定時間 T はブレード 6 の回転速度とブレード 6 の幅に基づいて設定することができる。カウンタ τ が所定時間 T を超えていない場合、ステップ S 3 0 8 で Δt だけ待ち時間が与えられる。ステップ S 3 0 9 では、待ち時間 Δt のカウンタ τ への加算によってカウンタ τ が更新される。

[0056] ステップ S 3 0 7 の判定でカウンタ τ が所定時間 T を超えるまで、ステップ S 3 0 5 乃至 S 3 0 9 が繰り返される。そして、カウンタ τ が所定時間 T を超えたときに、反射波の測定区間は終了したと判定され、ステップ S 3 0 5 乃至 S 3 0 9 のループを抜けて処理フローはステップ S 3 1 0 に進む。ステップ S 3 1 0 では、測定区間の間に蓄積された受信レベルのデータの変動が大きいかどうか判定される。具体的には、蓄積された受信レベルのデータの分散又は標準偏差が所定の基準値よりも大きいかが判定される。

[0057] 測定区間の間に蓄積された受信レベルのデータの変動は、その測定区間に対応するブレードの異常の有無を表している。受信レベルのデータの変動が大きい場合、ステップ S 3 1 1 において、測定区間に対応するブレードに破損があると判定される。受信レベルのデータの変動が大きい場合、ステップ S 3 1 2 において、測定区間に対応するブレードには異常はないと判定される。

[0058] 以上の処理フローを有する受信信号解析処理の第 1 具体例は、回折波の受信レベルに基づく解析処理にも応用可能である。

[0059] 4 - 2. 第 2 具体例

次に、受信信号解析処理部 1 7 0 で実行される受信信号解析処理の第 2 具体例について説明する。ここでは反射波に対する解析処理、特に、反射波の直接波に対する位相差に基づく解析処理について説明する。

[0060] 図 1 0 は、電波送信機 1 2 0 A からブレード回転面 8 に向けて電波を放射した場合に電波受信機 1 2 0 B によって受信される反射波の直接波に対する位相差の時間変動の一例を示す図である。3つのブレードのうち第 2 ブレードに破損がある場合、第 2 ブレードからの反射波は第 1 ブレードや第 3 ブレ

ードからの反射波とは異なるプロファイルを示す。図10に示される例では、第2ブレードにおいてのみ反射波の直接波に対する位相差に大きな変動が生じている。受信信号解析処理の第2具体例では、反射波の直接波に対する位相差の異常な変動を検出することによってブレード6の異常の有無を判定することが行われる。

[0061] 図11は受信信号解析処理の第2具体例の処理フローを示すフローチャートである。まず、ステップS401では、電波受信機120Bによって受信された電波の遅延プロファイルの測定が行われる。ステップS402では、ステップS401で測定された遅延プロファイルから反射波が抽出される。反射波の抽出方法の具体例については後述する。次に、ステップS403では、抽出された反射波の受信レベルが閾値よりも大きくなったかどうか判定される。ステップS403で用いられる閾値は反射波の立ち上がりを検出するための閾値である。反射波の受信レベルが閾値よりも大きくなるまで、ステップS402とステップS403が繰り返される。反射波の受信レベルが閾値よりも大きくなったことは、測定区間の開始を意味する。

[0062] 反射波の受信レベルが閾値よりも大きくなった場合、ステップS402とステップS403のループを抜けて処理フローはステップS404に進む。ステップS404では、直接波に対する反射波の位相差が計測される。ステップS405では、ステップS404で計測された位相差のデータが蓄積される。次に、ステップS406では、抽出された反射波の受信レベルが閾値よりも大きい状態が維持されているかどうか判定される。ステップS406で用いられる閾値は反射波の立ち下がりを検出するための閾値である。この閾値の値はステップS403で用いられる閾値と同じ値でもよい。反射波の受信レベルが閾値以下になるまで、ステップS404乃至S406が繰り返される。

[0063] ステップS406で反射波の受信レベルが閾値以下になった場合、反射波の測定区間は終了したと判定され、ステップS404乃至S406のループを抜けて処理フローはステップS407に進む。ステップS407では、測

定区間の間に蓄積された位相差のデータの変動が大きいかどうか判定される。具体的には、蓄積された位相差のデータの分散又は標準偏差が所定の基準値よりも大きいかが判定される。

[0064] 測定区間の間に蓄積された位相差のデータの変動は、その測定区間に対応するブレードの異常の有無を表している。受信レベルのデータの変動が大きい場合、ステップS408において、測定区間に対応するブレードに破損があると判定される。受信レベルのデータの変動が大きい場合、ステップS409において、測定区間に対応するブレードには異常はないと判定される。

[0065] 以上の処理フローを有する受信信号解析処理の第2具体例は、回折波の直接波に対する位相差に基づく解析処理にも応用可能である。また、受信信号解析処理の第1具体例と第2具体例とを併用してブレードの異常の有無を判定することも可能である。

[0066] 5. 遅延波を抽出するフィルタ

電波受信機120Bによって受信された電波から回折波と反射波を抽出する手段として、例えば、図12に示されるトランスバーサルフィルタを用いることができる。図12には、第1波を抽出するように構成されたフィルタ、第2波を抽出するように構成されたフィルタ、第3波を抽出するように構成されたフィルタ、及び第4波を抽出するように構成されたフィルタが描かれている。

[0067] また、図12には第1波から第4波までの遅延プロファイルが例示されている。遅延プロファイルに示される第1波の受信レベル h_1 、第2波の受信レベル h_2 、第3波の受信レベル h_3 、第4波の受信レベル h_4 はそれぞれ正常時の計測値である。また、遅延プロファイルに示される第1波に対する第2波の遅延時間 τ_1 、第2波に対する第3波の遅延時間 τ_2 、第3波に対する第4波の遅延時間 τ_3 もそれぞれ正常時の計測値である。各フィルタはこれらの値を用いて作成されている。

[0068] 6. ブレードの点検システムの変形例

6-1. 第1変形例

最後に、本実施形態に係るブレード点検システムの変形例について図を用いて説明する。変形例を示す図において、ブレード点検システム2と共通の要素には共通の符号が付されている。

[0069] 図13は本実施形態に係るブレード点検システムの第1変形例の構成を示す図である。第1変形例のブレード点検システム2-1は、電波送信機120Aを備える第1ドローン100A、電波受信機120Bを備える第2ドローン100B、調査点検制御装置200、及び解析用コンピュータ300を備える。解析用コンピュータ300は、その内部に、プロセッサ302とプロセッサ302に通信可能に結合されたメモリ304とを備える。メモリ304には実行可能な複数のインストラクション306が記憶されている。解析用コンピュータ300は調査点検制御装置200に接続されている。

[0070] 第1変形例のブレード点検システム2-1では、第2ドローン100Bは受信信号解析処理部を備えていない。よって、ブレード6の異常の有無を判定するための受信信号解析処理は第2ドローン100Bでは行われない。第2ドローン100Bは、電波受信機120Bで受信された直接波、回折波及び反射波を含む受信データを調査点検制御装置200に転送する。

[0071] 調査点検制御装置200は、第2ドローン100Bから送信された受信データを解析用コンピュータ300に転送する。解析用コンピュータ300では、複数のインストラクション306の少なくとも一部がプロセッサ302で実行されることにより、プロセッサ302が受信信号解析処理部310として機能する。つまり、第1変形例のブレード点検システム2-1では、受信信号解析処理は解析用コンピュータ300によって行われる。

[0072] 6-2. 第2変形例

図14は本実施形態に係るブレード点検システムの第2変形例の構成を示す図である。第2変形例としてのブレード点検システム2-2は、電波送信機120Aを備える第1ドローン100A、電波受信機120Bを備える第2ドローン100B、調査点検制御装置200、及び解析用コンピュータ3

00を備える。解析用コンピュータ300は、その内部に、プロセッサ302とプロセッサ302に通信可能に結合されたメモリ304とを備える。メモリ304には実行可能な複数のインストラクション306が記憶されている。

[0073] 第2変形例のブレード点検システム2-2では、第2ドローン100Bは受信信号解析処理部を備えていない。よって、ブレード6の異常の有無を判定するための受信信号解析処理は第2ドローン100Bでは行われない。第2ドローン100Bは、電波受信機120Bで受信された直接波、回折波及び反射波を含む受信データをストレージ196Bに保存する。

[0074] 第2ドローン100Bのストレージ196Bに保存された受信データは、第2ドローン100Bと解析用コンピュータ300とを接続することによって、ストレージ196Bから解析用コンピュータ300へ転送することができる。また、ストレージ196Bが例えばメモリカードの場合には、第2ドローン100Bから解析用コンピュータ300にメモリカードを移し替えることによって、受信データを解析用コンピュータ300に移すことができる。解析用コンピュータ300では、複数のインストラクション306の少なくとも一部がプロセッサ302で実行されることにより、プロセッサ302が受信信号解析処理部310として機能する。つまり、第2変形例のブレード点検システム2-2では、受信信号解析処理は解析用コンピュータ300によって行われる。

[0075] 7. その他

上記の実施形態ではブレード点検に電波が用いられているが、反射波又は回折波が得られる限りにおいてブレード点検には電磁波を用いることができる。

[0076] 上記の実施形態では1台の調査点検制御装置200で2台のドローン100A、100Bが操縦されているが、第1ドローン100Aを制御する調査点検制御装置と、第2ドローン100Bを制御する調査点検制御装置とは異なる装置であってもよい。

符号の説明

- [0077] 2、2-1、2-2 ブレード点検システム
- 4 風力発電設備
- 6 ブレード
- 8 ブレード回転面
- 100 ドローン（無人航空機）
- 100A 第1ドローン（第1無人航空機）
- 100B 第2ドローン（第2無人航空機）
- 120 電波送受信機
- 120A 電波送信機
- 120B 電波受信機
- 170、310 受信信号解析処理部
- 190A、190B、290、302 プロセッサ
- 192A、192B、292、304 メモリ
- 194A、194B、294、306 インストラクション
- 200 調査点検制御装置
- 300 解析用コンピュータ

請求の範囲

[請求項1]

風力発電設備のブレードを点検するシステムであって、
第1無人航空機に搭載された電磁波の送信機と、
第2無人航空機に搭載された電磁波の受信機と、
前記送信機と前記受信機とに通信可能に結合された少なくとも1つのプロセッサと、
前記少なくとも1つのプロセッサと通信可能に結合された、実行可能な複数のインストラクションを記憶したメモリと、を備え、
前記複数のインストラクションは、前記少なくとも1つのプロセッサに、
前記第1無人航空機と前記第2無人航空機とが前記ブレードの回転面を挟んで相対している状態で前記送信機から前記回転面に向けて電磁波を放射することと、
前記送信機からの電磁波の放射によって前記ブレードにおいて生じた反射波と回折波の少なくとも一方を前記受信機で受信することと、
前記受信機で受信された反射波又は回折波の解析処理によって前記ブレードの異常の有無を判定することと、を実行させるように構成されている
ことを特徴とするシステム。

[請求項2]

請求項1に記載のシステムにおいて、
前記解析処理によって前記ブレードの異常の有無を判定することは、前記受信機で受信された反射波又は回折波の受信レベルの変動状態に基づいて異常の有るブレードと異常の無いブレードとを区別することを含む
ことを特徴とするシステム。

[請求項3]

請求項1に記載のシステムにおいて、
前記解析処理によって前記ブレードの異常の有無を判定することは

、前記受信機で受信された反射波又は回折波の直接波に対する位相差の変動状態に基づいて異常の有るブレードと異常の無いブレードとを区別することを含む
ことを特徴とするシステム。

[請求項4]

風力発電設備のブレードを点検する方法であって、
電磁波の送信機が搭載された第1無人航空機を前記ブレードの回転面の周辺で待機させることと、
電磁波の受信機が搭載された第2無人航空機を前記回転面の周辺で待機させることと、
前記第1無人航空機と前記第2無人航空機とが前記回転面を挟んで相対している状態で前記送信機から前記回転面に向けて電磁波を放射することと、
前記送信機からの電磁波の放射によって前記ブレードにおいて生じた反射波と回折波の少なくとも一方を前記受信機で受信することと、
前記受信機で受信された反射波又は回折波の解析処理によって前記ブレードの異常の有無を判定することと、を含む
ことを特徴とする方法。

[請求項5]

請求項4に記載の方法において、
前記解析処理によって前記ブレードの異常の有無を判定することは、
前記受信機で受信された反射波又は回折波の受信レベルの変動状態に基づいて異常の有るブレードと異常の無いブレードとを区別することを含む
ことを特徴とする方法。

[請求項6]

請求項4に記載の方法において、
前記解析処理によって前記ブレードの異常の有無を判定することは、
前記受信機で受信された反射波又は回折波の直接波に対する位相差の変動状態に基づいて異常の有るブレードと異常の無いブレードとを区別することを含む

ことを特徴とする方法。

[請求項7]

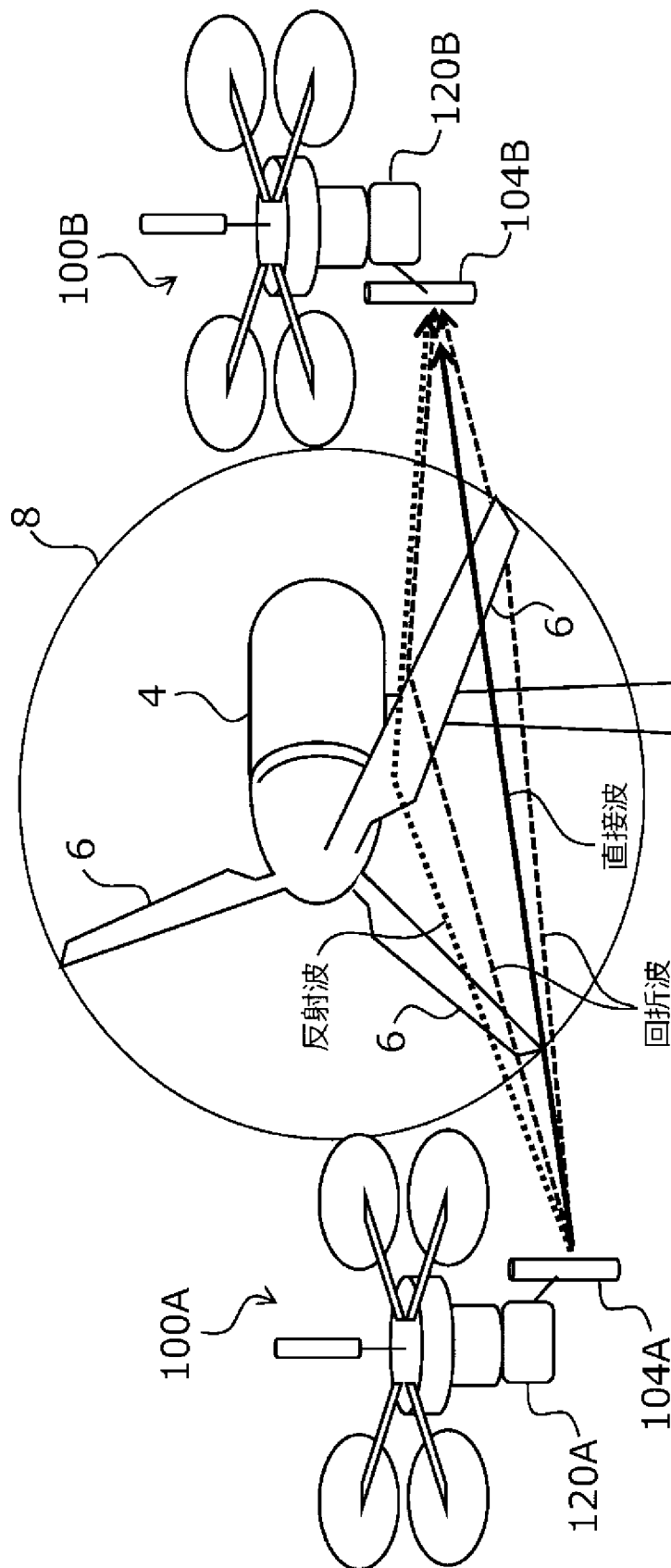
風力発電設備のブレードを点検する装置であって、
アンテナと、

前記アンテナが前記ブレードの回転面を挟んで電磁波の送信機と相対している場合に、前記送信機からの電磁波の放射によって前記ブレードにおいて生じた反射波と回折波の少なくとも一方を前記アンテナを用いて受信するように構成された受信部と、

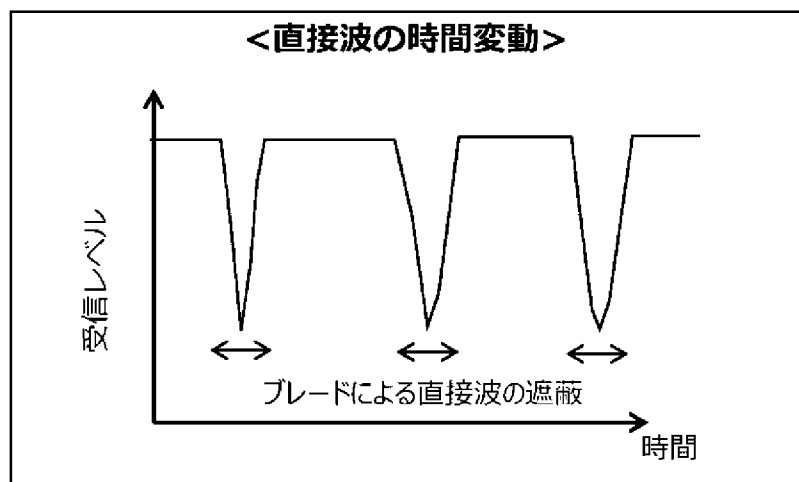
前記受信部で受信された反射波又は回折波の解析処理によって前記ブレードの異常の有無を判定するように構成された解析処理部と、を備える

ことを特徴とする装置。

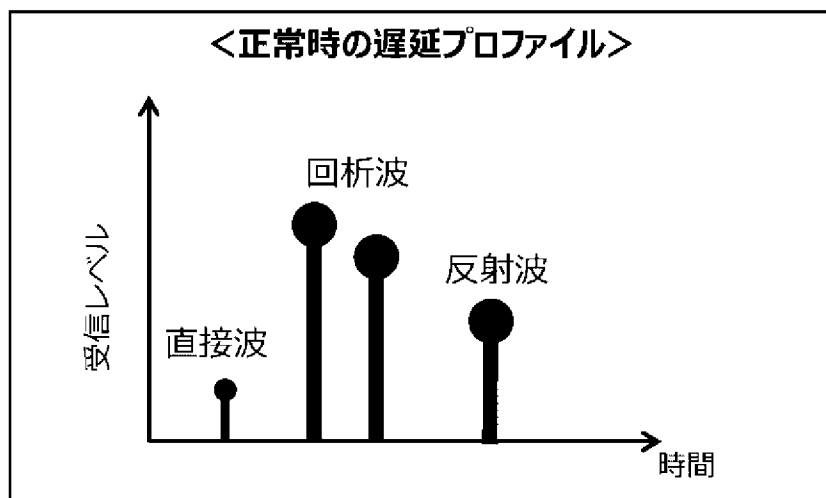
[図1]



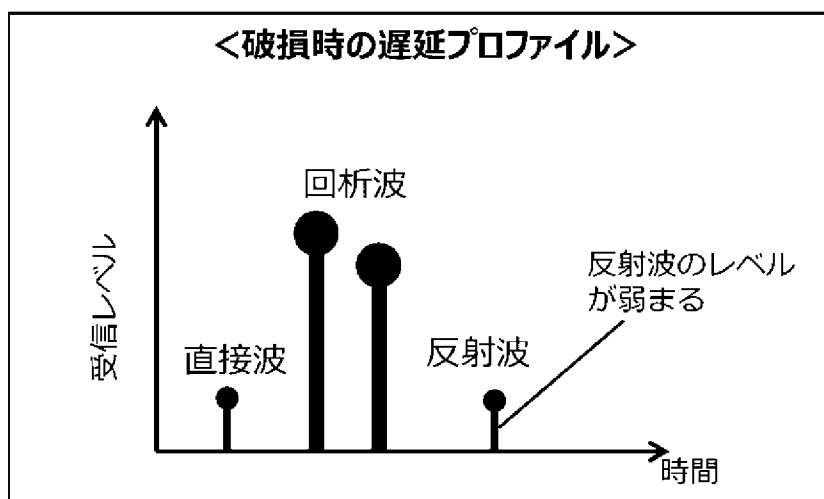
[図2]



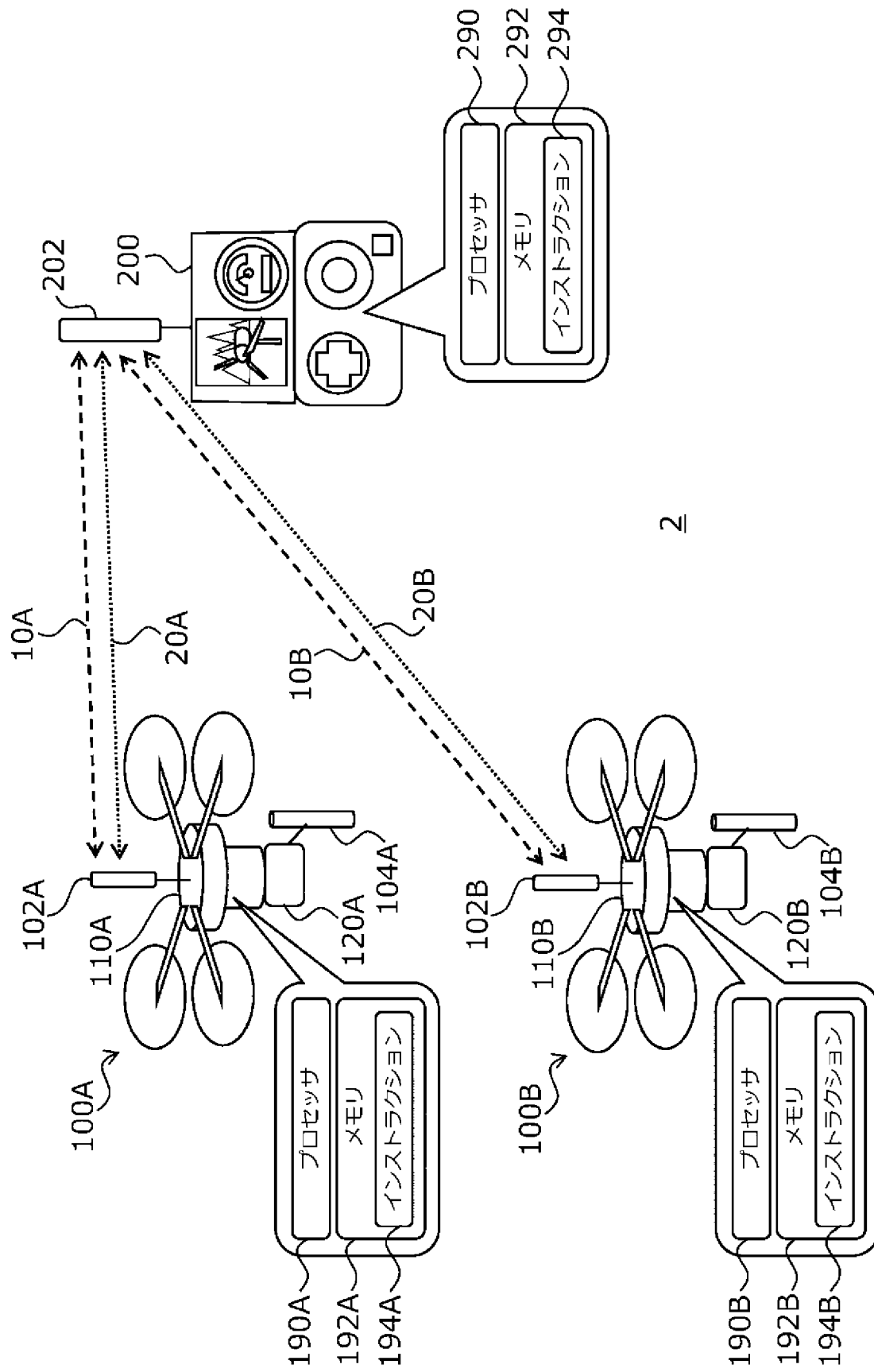
[図3]



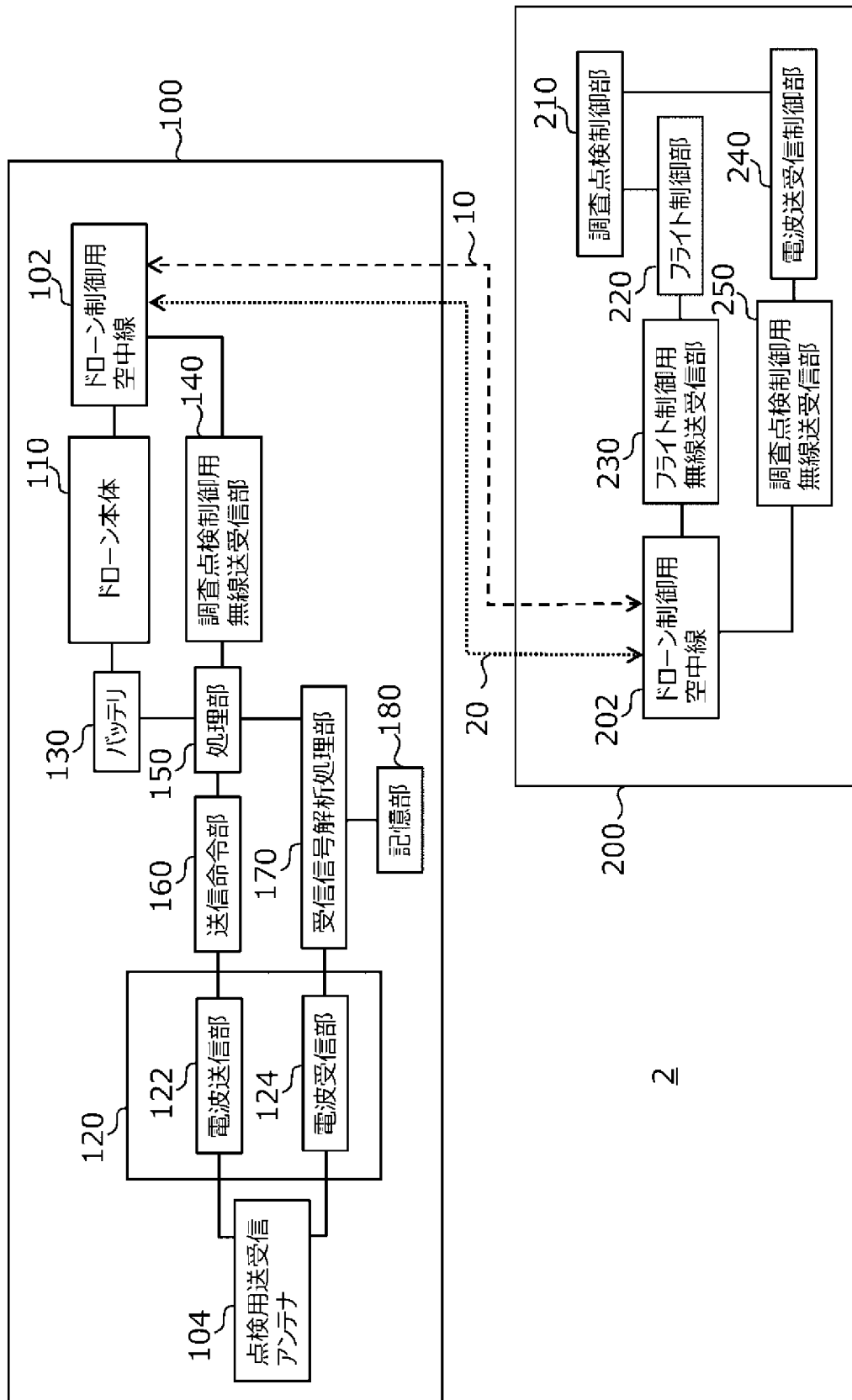
[図4]



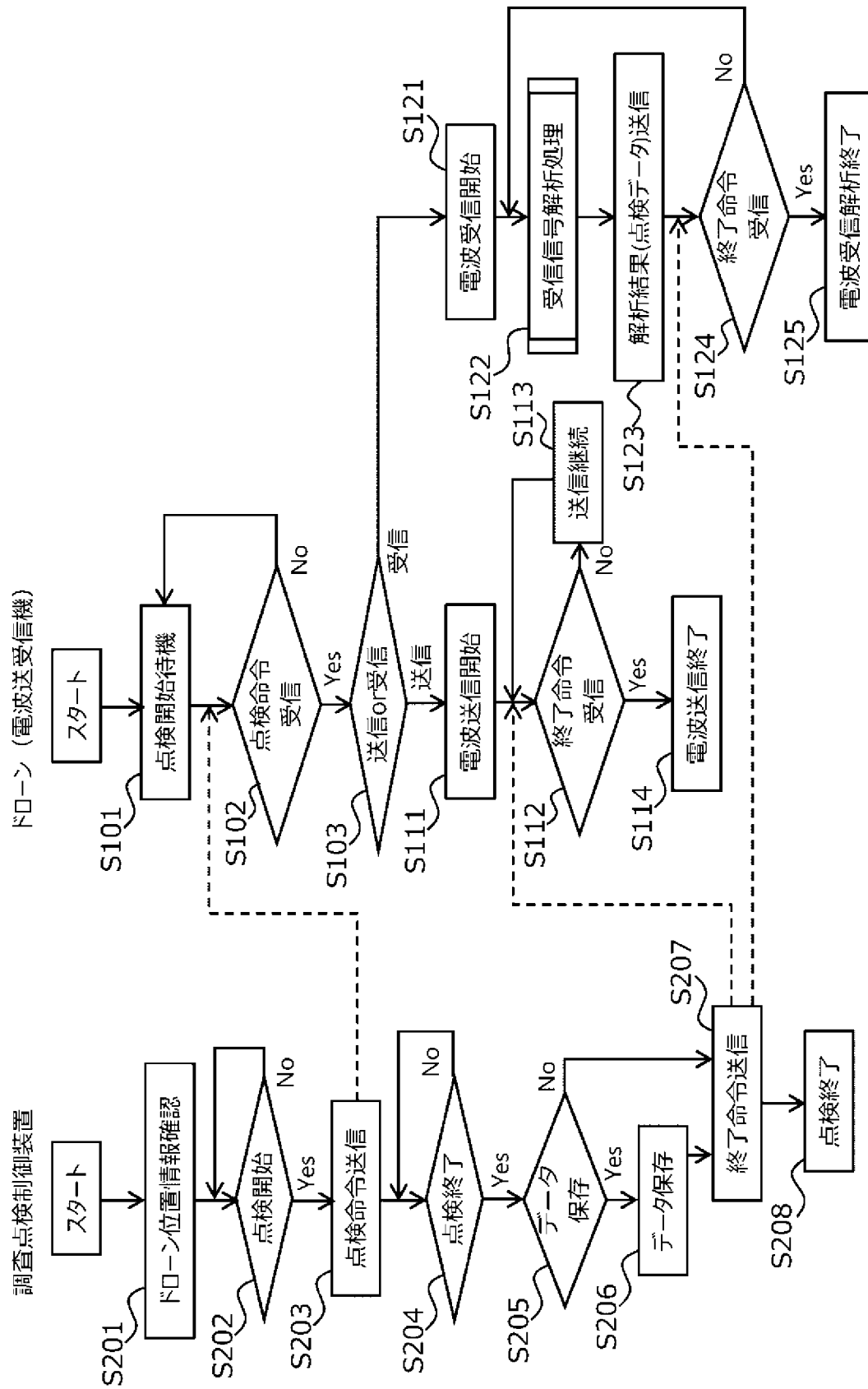
[図5]



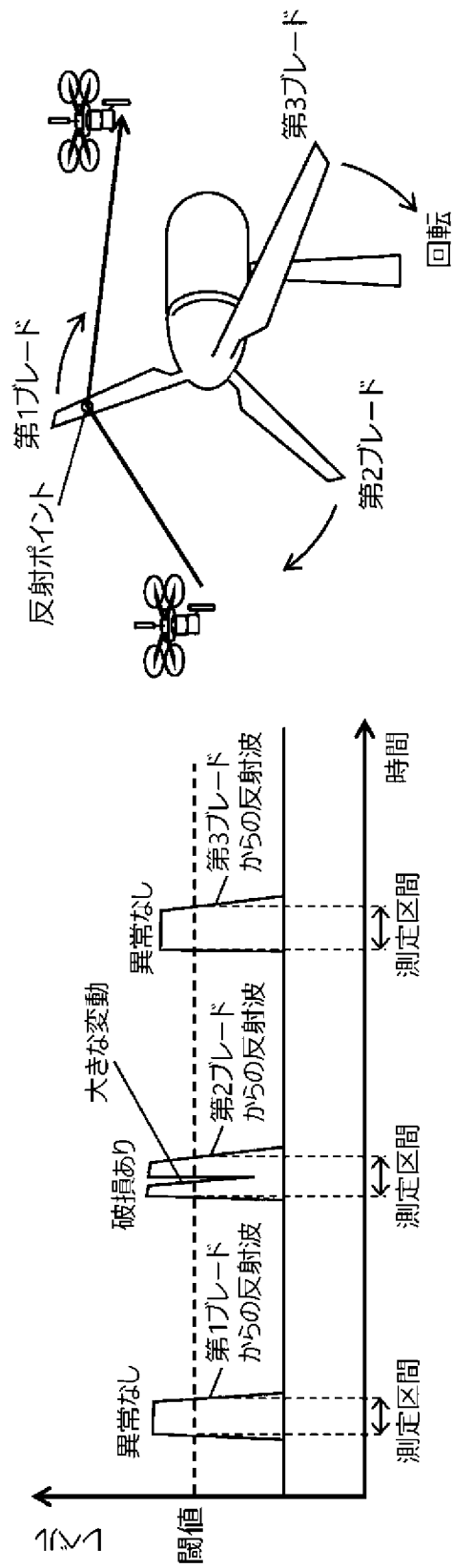
[図6]



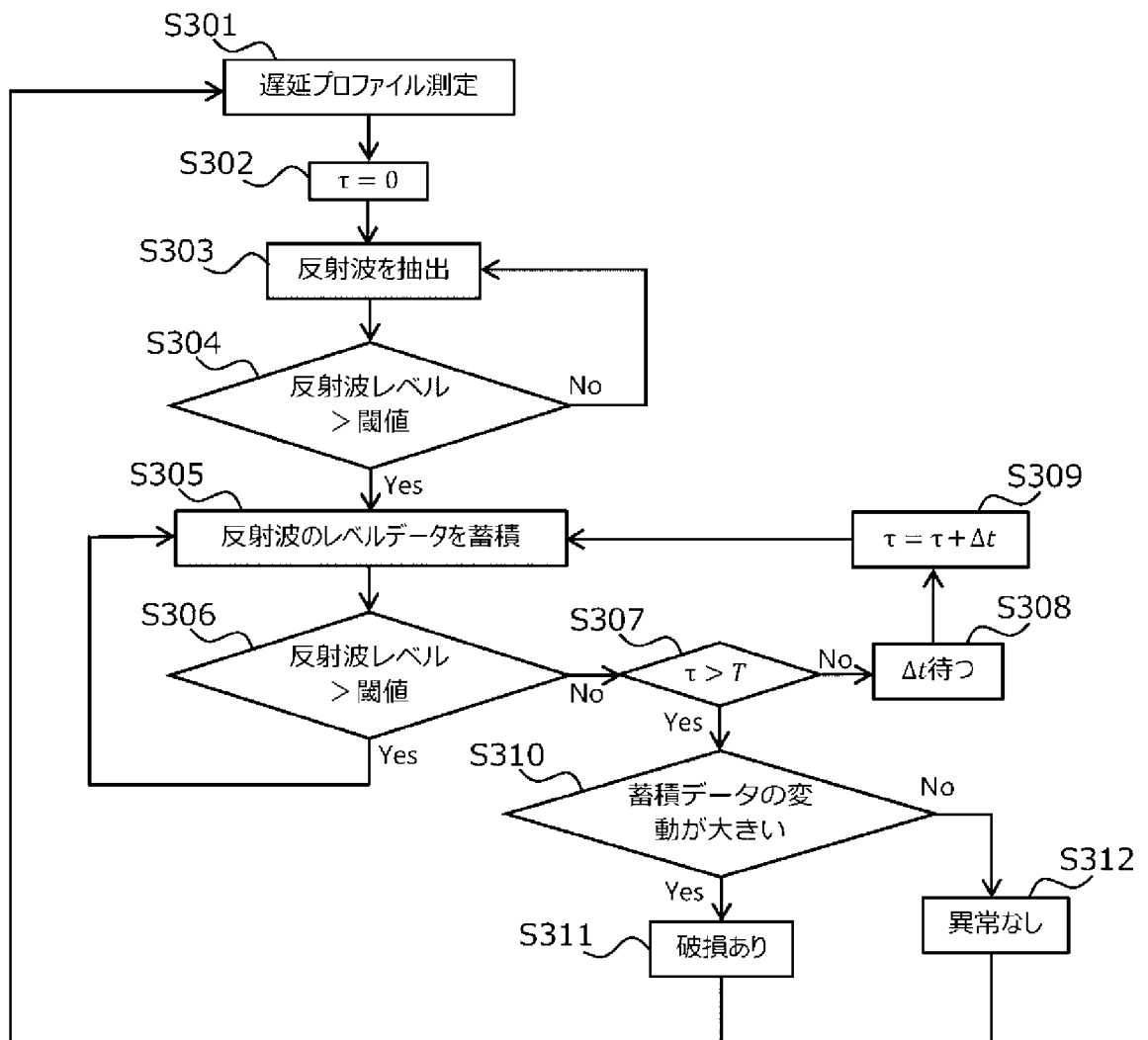
[図7]



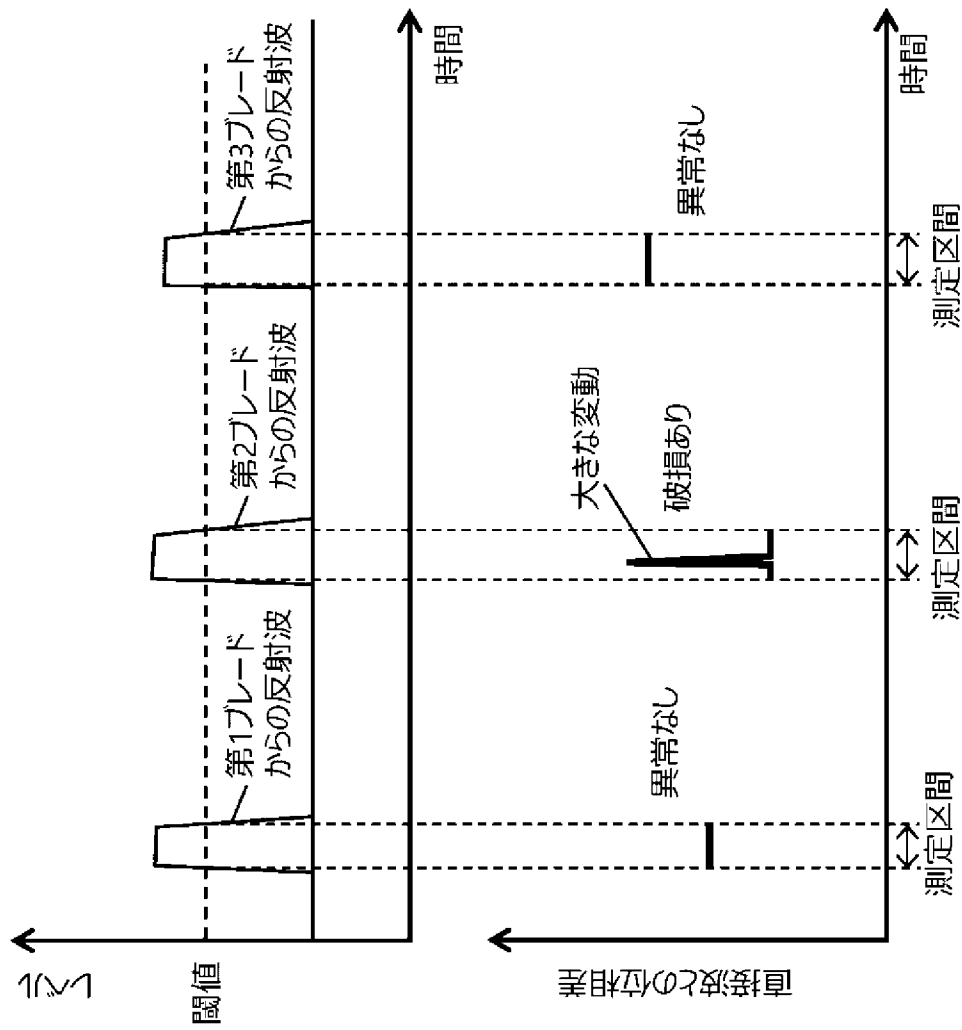
[図8]



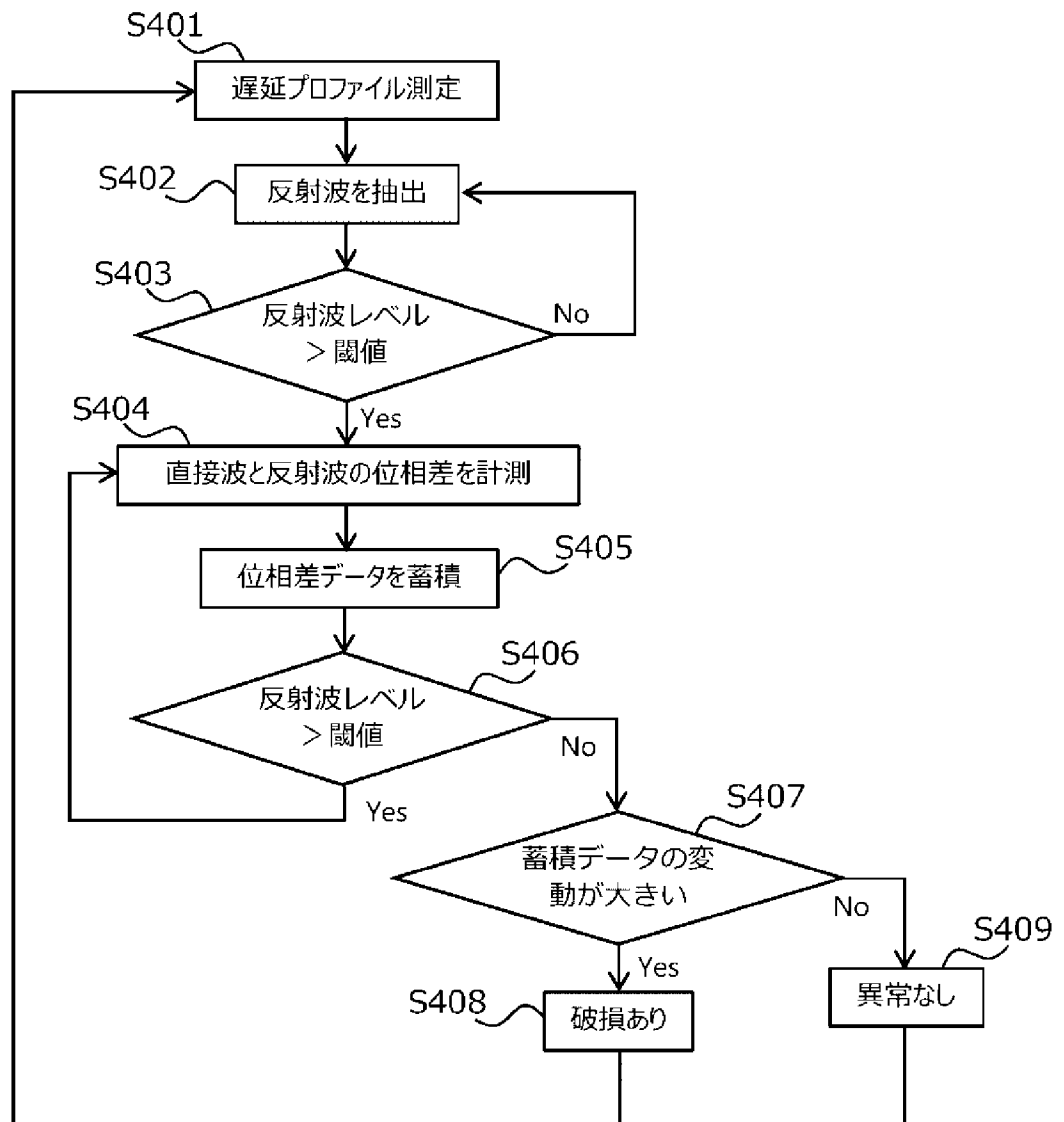
[図9]



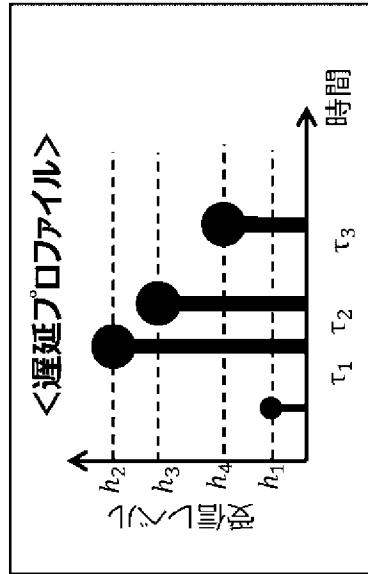
[図10]



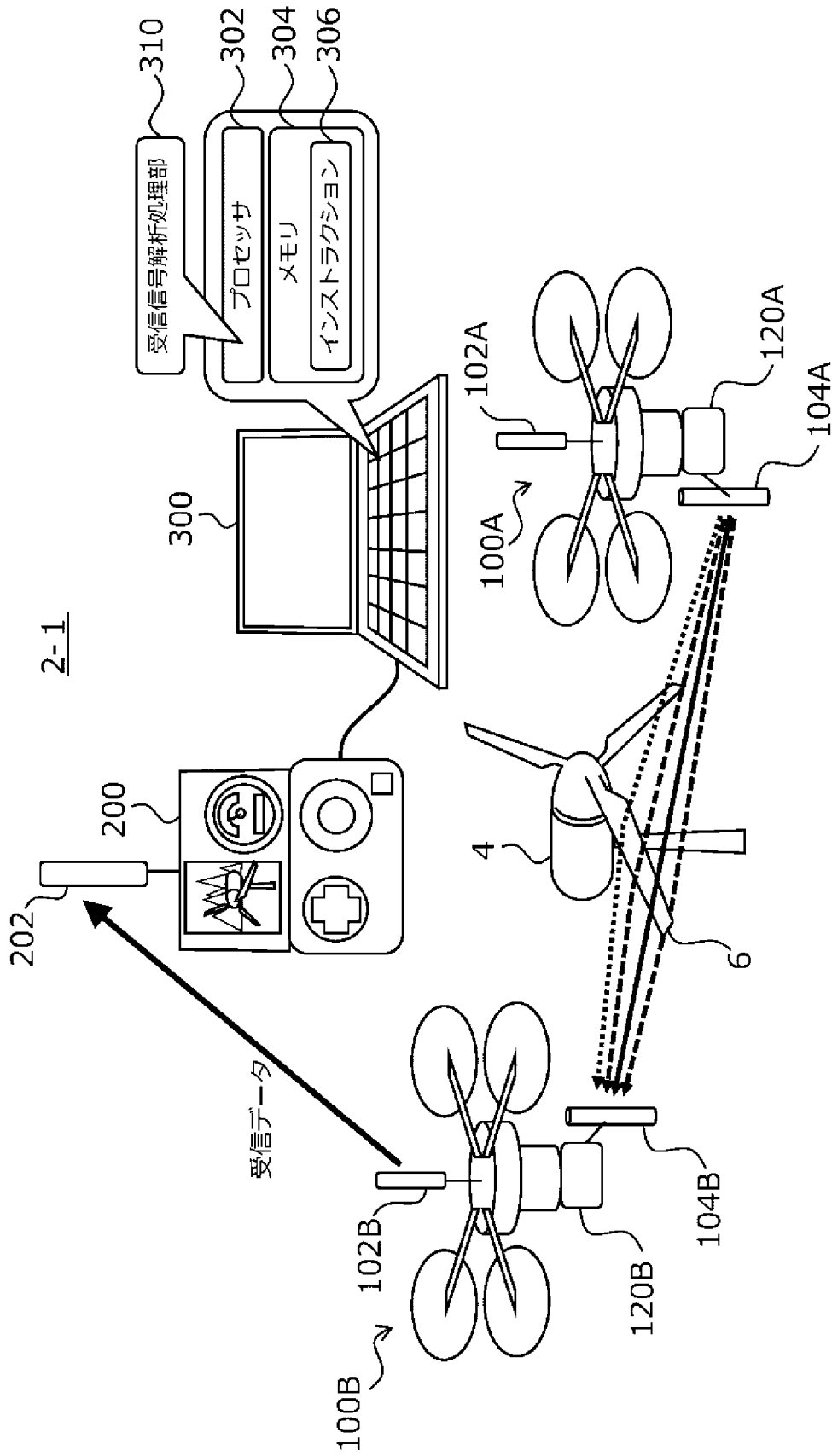
[図11]



<第1波抽出フィルタ>

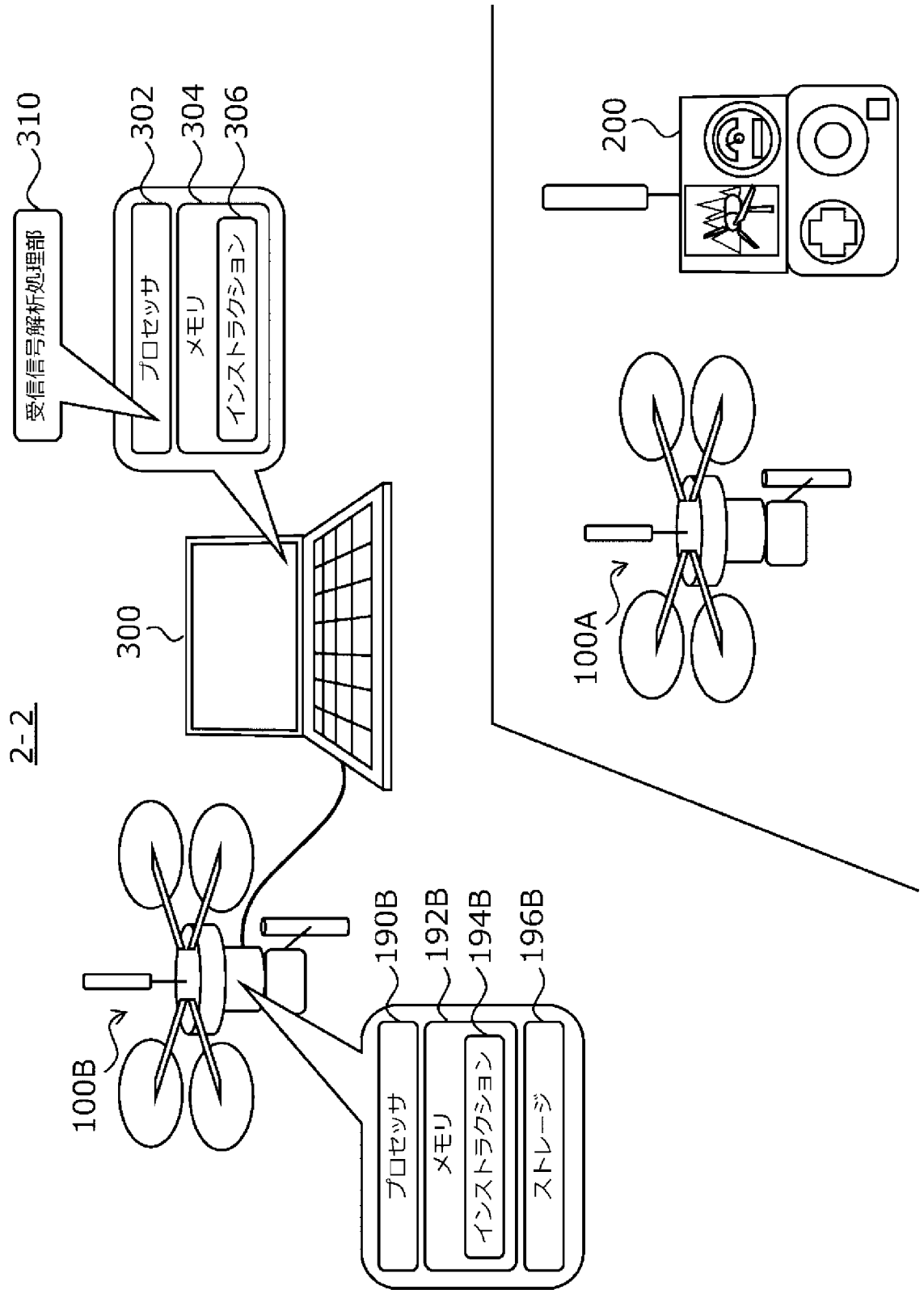


[図13]



[図14]

2-2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/026600

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F03D 17/00**(2016.01)i

FI: F03D17/00

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)

F03D17/00

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
Y	JP 2020-118141 A (HITACHI, LTD.) 06 August 2020 (2020-08-06) paragraphs [0049], [0050]	1-7
Y	US 2005/0264275 A1 (BOSSELMANN, Thomas) 01 December 2005 (2005-12-01) paragraphs [0008]-[0010]	1-7
Y	JP 2019-27908 A (TONTON CO., LTD.) 21 February 2019 (2019-02-21) paragraph [0154]	1-7



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

26 August 2022

Date of mailing of the international search report

13 September 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/026600

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-118141	A	06 August 2020	(Family: none)	
US	2005/0264275	A1	01 December 2005	WO 2005/119294 A1	
				CN 1989420 A	
JP	2019-27908	A	21 February 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F03D 17/00(2016.01)i FI: F03D17/00										
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）） F03D17/00 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2022年									
日本国実用新案登録公報	1996-2022年									
日本国登録実用新案公報	1994-2022年									
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								
Y	JP 2020-118141 A (株式会社日立製作所) 06.08.2020 (2020 - 08 - 06) 段落 [0049] - [0050]	1-7								
Y	US 2005/0264275 A1 (BOSSELMANN, Thomas) 01.12.2005 (2005 - 12 - 01) 段落 [0008] - [0010]	1-7								
Y	JP 2019-27908 A (株式会社T o n T o n) 21.02.2019 (2019 - 02 - 21) 段落 [0154]	1-7								
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 26.08.2022		国際調査報告の発送日 13.09.2022								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 所村 陽一 30 9718 電話番号 03-3581-1101 内線 3358								

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/026600

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-118141	A	06.08.2020	(ファミリーなし)	
US	2005/0264275	A1	01.12.2005	WO	2005/119294 A1
				CN	1989420 A
JP	2019-27908	A	21.02.2019	(ファミリーなし)	