

(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
2017年4月20日(20.04.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/065102 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/84 (2006.01) *B64C 39/02* (2006.01)
B64C 13/20 (2006.01) *B64D 47/08* (2006.01)
B64C 27/08 (2006.01) *G01S 17/88* (2006.01)
B64C 29/00 (2006.01) *G05D 1/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/079910
- (22) 国際出願日: 2016年10月7日(07.10.2016)
- (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 2015-203586 2015年10月15日(15.10.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社プロドローン(PRODRONE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4600004 愛知県名古屋市中区新栄町二丁目4番地 坂種栄ビル16階 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 市原 和雄(ICHIHARA, Kazuo); 〒4600004 愛知県名古屋市中区新栄町二丁目4番地 坂種栄ビル16階 株式会社プロドローン内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人上野特許事務所(WENO & PARTNERS); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄三丁目2番23号ケイエスエスヤビル8階 Aichi (JP).

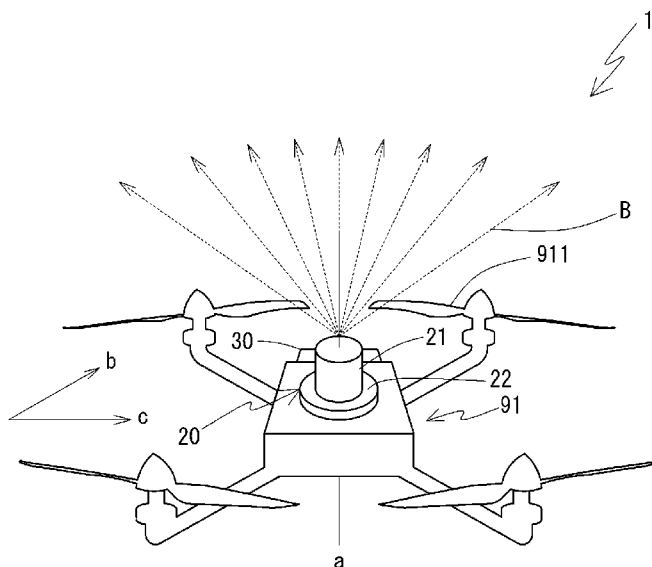
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: FLYING-TYPE INSPECTION DEVICE AND INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称: 飛行型検査装置および検査方法



(57) Abstract: Provided is a flying-type inspection device that can use a small unmanned aircraft to perform inspection while controlling angle and distance with respect to a planar inspection target. Also provided is an inspection method. The present invention uses a flying-type inspection device 1 that comprises: a small unmanned aircraft 91 that has a plurality of rotor blades 911 and a control unit; an inspection unit 30 that is installed on the small unmanned aircraft 91 and that inspects the state of a target surface in a non-contact manner; and a measurement unit 20 that measures target distances, which are distances to the target surface, in a plurality of directions. The control unit comprises an estimation means that, on the basis of the target distances measured by the measurement unit 20, estimates confrontation parameters that comprise the angle of the inspection unit 30 with respect to the target surface and the distance thereof from the target surface at said angle. On the basis of the estimation results, the flying-type inspection device 1 moves the small unmanned aircraft 91 along the target surface and uses the inspection unit 30 to inspect various sites on the target surface while maintaining constant confrontation parameters for the inspection unit 30 with respect to the target surface.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/065102 A1



小型無人飛行機を利用して、面状の検査対象に対する角度および距離を制御しながら、検査を行うことができる飛行型検査装置および検査方法を提供する。複数の回転翼 9 1 1 と制御部とを有する小型無人飛行機 9 1 と、小型無人飛行機 9 1 に取り付けられ、対象面の状態を非接触にて検査する検査部 3 0 と、対象面までの距離である対象距離を複数の計測方向に対して計測する測距部 2 0 と、を備える飛行型検査装置 1 を用いる。制御部は、測距部 2 0 によって計測された対象距離に基づいて、検査部 3 0 の対象面に対する角度および該角度における対象面からの距離よりなる対面パラメータを推定する推定手段を備え、飛行型検査装置 1 は、その推定結果に基づいて、検査部 3 0 の対象面に対する対面パラメータを一定に維持しながら、対象面に沿って小型無人飛行機 9 1 を移動させ、対象面の複数の位置に対して検査部 3 0 による検査を行う。

明 細 書

発明の名称： 飛行型検査装置および検査方法

技術分野

[0001] 本発明は飛行型検査装置に関し、さらに詳しくは、複数の回転翼を備える小型無人飛行機を用いて面状の検査対象を非接触にて検査する飛行型検査装置およびそれを用いた検査方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来一般に、ビルの外壁面等、大型の構造物における略鉛直に立設された面の状態を検査するに際し、特許文献1に示されるように、ロープ等を介して構造物にゴンドラを取り付け、ゴンドラに作業者が搭乗して、検査作業を行ってきた。あるいは、ゴンドラに検査機器を取り付け、無人で検査を行ってきた。

[0003] 一方で、近年、産業用無人ヘリコプターに代表される小型の無人飛行機（UAV）、特に小型のマルチコプターが、急速に普及し、広範な分野への導入が試行されている。マルチコプターは複数のロータが搭載されたヘリコプター的一种であり、これら各ロータの回転速度を調節することにより機体のバランスをとりながら飛行する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-123006号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 大型の構造物の面に対する検査において、ゴンドラを構造物に取り付けて検査を行う代わりに、小型無人飛行機に検査機器を搭載し、検査対象となる面に沿って飛行させながら、面の各部に対して順次検査を行うという方法が考えられる。すると、検査工程を大幅に簡素化、また高精度化できる可能性がある。

[0006] 構造物の表面の検査、特に非接触型の検査においては、検査精度を担保する観点から、構造物の表面に対して、検査装置を、一定の角度、一定の距離に配置して検査を行うことが重要である。よって、小型無人飛行機に検査機器を搭載する場合に、小型無人飛行機を、検査対象の面に対して、一定の角度、一定の距離を維持して飛行させる制御を行いながら、面の各部に対する検査を行うことが望ましい。

[0007] しかし、小型無人飛行機の中で特に普及が進んでいる操縦者が遠隔から飛行を制御する形式のものの場合、検査対象の面に対して、一定の角度、一定の距離を維持しながら小型無人飛行機を飛行させるには、高度の熟練が必要である。操縦者の熟練の程度が低いと、検査精度が低くなってしまいうだけでなく、小型無人飛行機が検査対象の面に衝突してしまう可能性すらある。

[0008] 操縦者の操縦によるのではなく、GPSや高度センサを用いて、一定の範囲で小型無人飛行機を自律的に飛行させる機構も導入が進んでいるが、この場合にも、GPS信号が検査対象の構造物によって反射や遮蔽を受けることや、長時間の飛行で高度センサに誤差が生じやすいこと等により、検査対象の面に対する角度および距離を一定に制御しながら小型無人飛行機を飛行させることは難しい。特に、トンネルの内壁面や高架橋の橋脚等、検査対象面の上方に障害物が存在する構造物を検査対象とする場合には、GPSを利用した自律飛行によって検査を行うことは極めて困難である。

[0009] 本発明が解決しようとする課題は、小型無人飛行機を利用して、面状の検査対象に対する角度および距離を制御しながら、検査を行うことができる飛行型検査装置および検査方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するため、本発明の飛行型検査装置は、複数の回転翼と、該複数の回転翼による飛行を制御する制御部と、を有する小型無人飛行機と、前記小型無人飛行機に取り付けられ、面状の検査対象である対象面の状態を非接触にて検査する検査部と、前記対象面までの距離である対象距離を複数の計測方向に対して計測する測距部と、を備える飛行型検査装置において

、前記制御部は、前記測距部によって計測された前記対象距離の情報に基づいて、前記検査部の前記対象面に対する角度および該角度における前記対象面からの距離よりなる対面パラメータを推定する推定手段を備え、前記飛行型検査装置は、前記推定手段における推定結果に基づいて、前記検査部の前記対象面に対する前記対面パラメータを一定に維持しながら、前記対象面に沿って前記小型無人飛行機を移動させ、前記対象面の複数の位置に対して前記検査部による検査を行うものである。

[0011] ここで、前記測距部は、測距軸に垂直に複数の計測方向に対して前記対象距離を計測し、前記推定手段は、前記検査部の前記対象面に対する角度として、前記測距軸に垂直な面内における前記検査部の角度を推定するとよい。

[0012] この場合に、前記測距軸は、前記小型無人飛行機のヨー軸上または該ヨー軸と平行に設けられるとよい。

[0013] また、前記制御部は、外部からの信号に基づいて、前記小型無人飛行機の位置および姿勢を変更することができ、前記検査部による検査を行う間は、前記小型無人飛行機の前記対象面に対する前記対面パラメータの制御を、前記外部からの信号に基づかず、前記推定手段における推定の結果に基づいて行うとともに、前記小型無人飛行機の前記対象面に沿った位置の制御を、前記外部からの信号に基づいて行うとよい。

[0014] 前記測距部は、前記小型無人飛行機に回転可能に取り付けられており、該回転によって前記対象距離を前記複数の計測方向に対して計測するとよい。

[0015] 前記推定手段は、前記計測方向の関数としての前記対象距離が極小値をとる計測方向を、前記対象面に直交する面直方向であるとして、前記対面パラメータの推定を行うとよい。

[0016] 前記推定手段は、前記対象距離を L 、前記面直方向を基準とした前記計測方向を θ 、前記面直方向に沿った前記測距部から前記対象面までの距離を L_0 として、 $L = L_0 / \cos \theta$ の関数形を用いて、前記対面パラメータの推定を行うとよい。

[0017] 前記測距部は、3つ以上の計測方向に対して前記対象距離を計測し、前記

推定手段は、一部の計測方向における対象距離と計測方向との間の関係が、該一部以外の計測方向における該関係から推定される関数形から逸脱していれば、該一部の計測方向の計測結果を無視して前記対面パラメータの推定を行うとよい。

[0018] 前記制御部が、前記対象面の第一の部位に対する前記検査部の前記対面パラメータを一定に維持する第一の制御を行いながら、前記小型無人飛行機を前記第一の部位に平行に移動させている状態において、前記推定手段は、前記計測方向の関数としての前記対象距離に2つの極小点が存在し、該2つの極小点のうち前記小型無人飛行機の移動方向前方の計測方向に位置する極小点における対象距離が、前記小型無人飛行機の移動に伴って小さくなるのを検出すると、前記移動方向の前方に、前記小型無人飛行機に近づく方向に面を向けた第二の部位が前記対象面に存在すると推定し、前記制御部は、前記2つの極小点における前記対象距離が等しくなった時に、前記第二の部位に対する前記検査部の前記対面パラメータを一定に維持する第二の制御に、前記第一の制御から移行するとよい。

[0019] 前記制御部が、前記対象面の第三の部位に対する前記検査部の前記対面パラメータを一定に維持する第三の制御を行いながら、前記小型無人飛行機を前記第三の部位に平行に移動させている状態において、前記推定手段は、前記計測方向の関数としての前記対象距離が無限大となる挙動を検出すると、前記小型無人飛行機の移動方向の前方に、前記小型無人飛行機から離れる方向に面を向けた第四の部位が前記対象面に存在すると推定し、前記制御部は、前記対象距離が無限大となる計測方向よりも前記移動方向後方の計測方向において、極小点を挟んで前記対象距離が対称となった状態を検出した時に、前記第四の部位に対する前記検査部の前記対面パラメータを一定に維持する第四の制御に、前記第三の制御から移行するとよい。

[0020] 本発明にかかる検査方法は、上記のような飛行型検査装置を用いて面状の検査対象である対象面の状態を検査するものである。

[0021] ここで、前記対象面に対して固定され、前記小型無人飛行機よりも離れた

位置から前記対象面を撮影する撮影手段と、前記撮影手段に撮影された前記対象面の撮影像を基に、前記小型無人飛行機の位置および姿勢を制御することができる外部制御手段と、を用い、前記制御部によって、前記検査部の前記対象面に対する前記対面パラメータを一定に維持しながら、前記外部制御手段によって、前記対象面に沿って前記小型無人飛行機を移動させ、前記対象面の検査を行うとよい。

発明の効果

[0022] 上記発明にかかる飛行型検査装置は、対象面までの距離を複数の計測方向に対して計測する測距部と、その測距部での計測結果に基づいて、検査部の対象面に対する角度およびその角度方向における対象面からの距離よりなる対面パラメータを推定する推定手段を備えている。その推定結果に基づいて、対象面を基準とした検査部の角度と距離を制御しながら、小型無人飛行機を対象面に沿って移動させることで、対象面との間に、検査部による検査に適した方向と距離を維持しながら、対象面の各部に対して、安定した条件で検査を行うことができる。これにより、簡便かつ高精度に、対象面の検査を行うことができる。

[0023] ここで、測距部が、測距軸に垂直な複数の計測方向に対して対象距離を計測し、推定手段が、検査部の対象面に対する角度として、測距軸に垂直な面内における検査部の角度を推定する場合には、測距軸に垂直な面内における検査部の角度と、その角度方向における対象面からの検査部の距離を、高精度に見積もることができる。その結果、計測方向を単一面内に設定した簡素な測距部を用いて、少なくとも測距部に垂直な面内において、検査部と対象面の間の角度および距離を高精度に制御して、対象面の検査を行うことができる。

[0024] この場合に、測距軸が、小型無人飛行機のヨー軸上または該ヨー軸と平行に設けられる構成によれば、略鉛直に立設された対象面において、ヨー軸を略鉛直に向けて小型無人飛行機を飛行させながら検査を行えば、ヨー軸をはじめとする小型無人飛行機自体の制御軸に、対象面を基準とした小型無人飛

行機の制御および運動の座標軸を一致させることができる。これにより、制御部における制御の方式を簡素化することができる。そして、検査部と対象面の間の角度および距離を特に高精度に制御しやすいので、対象面の各部の検査を、特に安定した条件で行いやすい。

[0025] また、制御部が、外部からの信号に基づいて、小型無人飛行機の位置および姿勢を変更することができ、検査部による検査を行う間、小型無人飛行機の対象面に対する対面パラメータの制御を、外部からの信号に基づかず、前記推定手段における推定の結果に基づいて行うとともに、小型無人飛行機の対象面に沿った位置の制御を、外部からの信号に基づいて行う場合には、小型無人飛行機の対象面に対する角度および距離については、操縦者からの制御信号やGPS信号等の外部からの信号に依存せず、測距部における計測結果に基づいて自己完結的に制御が行われることになる。そのため、操縦者の操縦技能や、GPS信号の受信状態等、外部からの信号に由来する要因に依存せず、検査部と対象面の間の角度および距離を高精度に制御しながら、安定した条件で検査を行うことができる。一方、対象面に沿った方向については、外部からの信号に基づいて制御を行うことで、高い自由度で移動を制御することができる。

[0026] 測距部が、小型無人飛行機に回転可能に取り付けられており、該回転によって対象距離を複数の計測方向に対して計測する場合には、1つの測距部を用いて、所定の角度範囲の中で、多数の計測方向に対して連続的に対象距離の計測を行うことができるので、推定手段において精度の高い推定を行うことが可能となる。

[0027] 推定手段が、計測方向の関数としての対象距離が極小値をとる計測方向を、対象面に直交する面直方向であるとして、対面パラメータの推定を行う場合には、面直方向を簡便に推定し、検査部の対象面に対する角度の見積もりに利用することができる。

[0028] 推定手段が、対象距離を L 、面直方向を基準とした計測方向を θ 、面直方向に沿った測距部から対象面までの距離を L_0 として、 $L = L_0 / \cos \theta$

の関数形を用いて、対面パラメータの推定を行う場合には、特に、平面に近似できる対象面に対して、簡単な関数形を用いて、高精度に面直方向を推定することができる。

[0029] 測距部が、3つ以上の計測方向に対して対象距離を計測し、推定手段が、一部の計測方向における対象距離と計測方向との間の関係が、該一部以外の計測方向における該関係から推定される関数形から逸脱していれば、該一部の計測方向の計測結果を無視して対面パラメータの推定を行う場合には、対象面に、局所的な突起や陥没等の凹凸構造が存在する場合にも、それらの構造による影響を排除して、それらの構造を除いた対象面を基準とした対面パラメータの推定を行うことができる。

[0030] 制御部が、対象面の第一の部位に対する検査部の対面パラメータを一定に維持する第一の制御を行いながら、小型無人飛行機を第一の部位に平行に移動させている状態において、推定手段が、計測方向の関数としての対象距離に2つの極小点が存在し、該2つの極小点のうち小型無人飛行機の移動方向前方の計測方向に位置する極小点における対象距離が、小型無人飛行機の移動に伴って小さくなるのを検出すると、移動方向の前方に、小型無人飛行機に近づく方向に面を向けた第二の部位が対象面に存在すると推定し、制御部が、2つの極小点における対象距離が等しくなった時に、第二の部位に対する検査部の対面パラメータを一定に維持する第二の制御に、第一の制御から移行する場合には、対象面が平面状ではなく、第一の部位から小型無人飛行機に対して手前側に折れ曲がった第二の部位が存在する状況で、小型無人飛行機が第一の部位に平行に飛行している段階から、そのような第二の部位の存在を推定し、第二の部位に衝突することなく、第一の部位との間に設けていたのと同じ距離を維持したまま、姿勢と飛行方向を変更し、第二の部位に平行に飛行する状態に移行することができる。

[0031] 制御部が、対象面の第三の部位に対する検査部の対面パラメータを一定に維持する第三の制御を行いながら、小型無人飛行機を第三の部位に平行に移動させている状態において、推定手段が、計測方向の関数としての対象距離

が無限大となる挙動を検出すると、小型無人飛行機の移動方向の前方に、小型無人飛行機から離れる方向に面を向けた第四の部位が対象面に存在すると推定し、制御部が、対象距離が無限大となる計測方向よりも移動方向後方の計測方向において、極小点を挟んで対象距離が対称となった状態を検出した時に、第四の部位に対する検査部の対面パラメータを一定に維持する第四の制御に、第三の制御から移行する場合には、対象面が平面状ではなく、第三の部位から小型無人飛行機に対して奥側に折れ曲がった第四の部位が存在する状況で、第三の部位に平行に飛行している段階から、そのような第四の部位の存在を推定し、第三の部位との間に設けていたのと同じ距離を維持したまま、姿勢と飛行方向を変更し、第四の部位に平行に飛行する状態に移行することができる。

[0032] 本発明にかかる検査方法によれば、上記のような検査部と推定手段を備えた飛行型検査装置を用いて検査を行うので、対象面との間に、検査部による検査に適した方向と距離を維持しながら、対象面の各部に対して、安定した条件で検査を行うことができる。

[0033] ここで、対象面に対して固定され、小型無人飛行機よりも離れた位置から対象面を撮影する撮影手段と、撮影手段に撮影された対象面の撮影像を基に、小型無人飛行機の位置および姿勢を制御することができる外部制御手段と、を用い、制御部によって、検査部の対象面に対する対面パラメータを一定に維持しながら、外部制御手段によって、対象面に沿って小型無人飛行機を移動させ、対象面の検査を行う場合には、対象面に対する小型無人飛行機の角度および距離については、測距部による計測情報をもとに推定手段で対面パラメータを推定した結果に基づいて、小型無人飛行機に内蔵された制御部が制御するので、外部制御手段による対象面に沿った方向への移動と合わせて、対象面の広い範囲に対して、高精度の検査を実行することができる。撮影手段による撮影像だけでは、面直方向における小型無人飛行機の位置が分かりにくい、推定手段での推定結果に基づく制御を併用することで、検査条件の安定性を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]本発明の一実施形態にかかる飛行型検査装置の概略を示す外観斜視図である。

[図2]上記飛行型検査装置の概略を示すブロック図である。

[図3]上記飛行型検査装置における制御を示す概念図であり、(a)は斜視図、(b)は側面図である。

[図4]対面パラメータの推定方法を説明する図であり、カメラが対象面に正対している状態について、(a)は平面図、(b)は測距結果を示している。

[図5]対面パラメータの推定方法を説明する図であり、カメラが対象面に正対していない状態について、(a)は平面図、(b)は測距結果を示している。

[図6]対面パラメータの推定方法を説明する図であり、対象面が緩やかな内凸形状になっている場合について、(a)は平面図、(b)は測距結果を示している。

[図7]対象面が、マルチコプターとの間の距離に等しい曲率半径の部位を有する場合について、飛行型検査装置の飛行軌跡を示す平面図であり、(a)は内凸形状が 180° にわたって設けられている場合、(b)は内凸形状が 90° にわたって設けられている場合を示している。

[図8]対面パラメータの推定方法を説明する図であり、対象面に突起物が存在する場合について、(a)は平面図、(b)は測距結果を示している。

[図9]折れ曲がった検査面に対して検査を行う場合について、飛行軌跡を示す平面図である。

[図10]上記飛行軌跡の各点における測距結果を示す図である。対応する点は、図中に示している。

[図11]固定カメラおよび制御コンピュータを併用する検査方法を示す模式図である。

[図12]固定カメラの撮影像に基づく制御を説明する模式図である。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明の一実施形態にかかる飛行型検査装置および検査方法について、図面を用いて詳細に説明する。本実施形態にかかる飛行型検査装置（以下、単に検査装置と称する場合がある）１は、ビルの壁面等、面状の検査対象、特に略鉛直に立設された面状の検査対象である対象面Wの状態を非接触で検査するものである。

[0036] [飛行型検査装置の構成]

図１は本発明の一実施形態にかかる飛行型検査装置１の外観を示す斜視図である。飛行型検査装置１は、主に、複数（ここでは４つ）の回転翼９１１を備える小型無人飛行機であるマルチコプター９１と、マルチコプター９１にそれぞれ取り付けられた測距センサ２０と、カメラ３０とを有している。

[0037] マルチコプター９１において、４つの回転翼９１１は、略同一面上に放射状に設けられており、その面の中心に直交する軸aが、ヨー軸と称され、ヨー軸aの周りの回転角がヨー角と称される。また、４つの回転翼９１１を頂点とする正方形の１対の辺に沿った方向を前後方向bとし、他の１対の辺に沿った方向を左右方向cとする。ヨー軸aは、上下方向に向くことになる。

[0038] 測距センサ（測距部）２０は、マルチコプター９１の上方中央部に取り付けられている。測距センサ２０は、特定の方向に対して、外部の物体との間、ここでは対象面Wとの間の距離の計測（測距）を行うことができるセンサであり、例えば、レーザービームBの反射を利用した公知の測距センサを用いることができる。測距センサ２０は、マルチコプター９１に固定された基部２２と、基部２２に対して回転可能な回転部２１を有している。回転部２１には、レーザー光源と検出部が設けられており、基部に対して軸回転することで、回転範囲の中で、複数の方向に対して連続的に、レーザービームBを出射し、外部の物体までの距離の計測を行うことができる。回転部２１の回転中心である測距軸は、マルチコプター９１のヨー軸aと一致しており、回転により、ヨー軸aを中心に、前方に向かって、所定の角度範囲で距離の計測を行う。例えば、計測を行う角度範囲は、前方正面を中心に片側 60° 以上、合計で 120° 以上とされる。

- [0039] 検査部としてのカメラ30は、マルチコプター91の前方に、まっすぐ正面を向いて、固定されて取り付けられている。これにより、マルチコプター91の前方に存在する物体、ここでは対象面Wを撮影することができる。カメラ30の撮影方向は、測距センサ20の正面方向と一致していることになる。
- [0040] 図2は飛行型検査装置1の機能構成を示すブロック図である。マルチコプター91は、主に、空中におけるマルチコプター91の姿勢や飛行動作を制御するフライトコントローラ83、回転することによりマルチコプター91に揚力を発生させる複数の回転翼911、操縦者（送受信器81）との無線通信を行う送受信器82、およびこれらに電力を供給するバッテリー84により構成される。
- [0041] フライトコントローラ83は、マイクロコントローラである制御部831を備えている。制御部831は、中央処理装置であるCPU、記憶装置であるRAM/ROM、および、DCモータ86を制御するPWMコントローラを備えている。DCモータ86は、各回転翼911に結合されており、PWMコントローラからの指示により、ESC（Electric Speed Controller）85を介して、各DCモータ86の回転速度が制御される。4つの回転翼911の回転速度のバランスにより、ヨー角をはじめとするマルチコプター91の姿勢や、上下a、前後b、左右cの各方向への移動が制御される。
- [0042] フライトコントローラ83はセンサ群832およびGPS受信器833を備えており、これらは制御部831に接続されている。マルチコプター91のセンサ群832には、加速度センサ、ジャイロセンサ（角速度センサ）、気圧センサ、地磁気センサ（電子コンパス）などが含まれている。
- [0043] 制御部831のRAM/ROMには、マルチコプター91の飛行時における飛行制御アルゴリズムが実装された飛行制御プログラムが記憶されている。制御部831はセンサ群832から取得した情報を用いて飛行制御プログラムによりマルチコプター91の姿勢および位置を制御することができる。本実施形態においては、マルチコプター91の飛行操作を、操縦者が、送受

信器 8 1 を介して、手動で行うことができる。あるいは G P S 座標や高度、飛行ルートなどの飛行計画がパラメータ化された自律飛行プログラムを別途実装し、自律的に飛行させるように構成してもよい。しかし、飛行型検査装置 1 によって大型の構造物の略鉛直に立設された対象面 W の検査を行う場合には、構造物による G P S 信号の反射や遮蔽の影響が大きく、G P S 座標を用いた自律飛行によって検査を行うことは、極めて困難であるので、本実施形態においては、操縦者が送受信器 8 1 を介して手動にて飛行操作を行う場合について扱う。ただし、以降において、送受信器 8 1 から送信される外部信号に基づく飛行制御を、G P S 信号を外部信号とした自律飛行での制御に読み替えることもできる。

[0044] 本実施形態において、測距センサ 2 0 およびカメラ 3 0 も、それぞれ制御部 8 3 1 に接続されている。測距センサ 2 0 は、回転部 2 1 を回転しながら各方向に対して対象面 W までの距離の計測を行い、計測結果を制御部 8 3 1 に伝達する。カメラ 3 0 は、制御部 8 3 1 によって、撮影の実行を指示され、また、必要に応じて、種々の撮影条件を制御される。また、撮影した撮影像のデータを、制御部 8 3 1 に伝達し、R A M / R O M に記憶させる。

[0045] さらに、制御部 8 3 1 の C P U には、演算機能の一部として、推定手段 4 0 が設けられている。推定手段 4 0 は、制御部 8 3 1 に入力された測距センサ 2 0 での計測の結果に関する情報を処理して、対象面 W に対するカメラ 3 0 の対面パラメータの推定を行う。つまり、カメラ 3 0 の対象面 W に対する角度、およびその角度方向における対象面 W からのカメラ 3 0 の距離の 2 つのパラメータを推定する。対面パラメータの推定の詳細については後述する。そして、制御部 8 3 1 は、推定手段 4 0 における対面パラメータの推定結果に基づいて、マルチコプター 9 1 の位置および姿勢を制御することができる。制御部 8 3 1 は、この推定手段 4 0 における対面パラメータの推定結果と、上記のように送受信器 8 1 を介して操縦者から送られた外部信号の両方に基づいて、マルチコプター 9 1 の姿勢および位置を制御することができるが、それら 2 とおりの制御のそれぞれの役割については、次の項に述べる。

[0046] 以上において、測距センサ20として、回転部21を有し、測距軸として、1つの回転軸を中心に、所定の角度範囲にわたって連続的に計測方向をスキャンできるものを用いており、測距軸に垂直な平面内において、各計測方向に対して連続的に、対象面までの距離（対象距離）の計測を行うことができる。このような回転式の測距センサ20を用いることで、1つのセンサのみを用いて高い精度で対面パラメータの推定を行うことが可能となる。しかし、複数の計測方向に対して対象距離を計測できる測距センサであれば、このような形態のものに限らず、利用することができる。例えば、計測方向が固定された複数個の測距センサを、測距軸の周りの複数の計測方向に向けて配置してもよい。固定式のセンサの方が、回転式のセンサよりも安価でありながら、耐久性に優れている。マルチコプター91をヨー軸aの周りに回転させながら複数回の測距測定を行えば、固定式測距センサの数が少なくても、それを補って、多数の計測方向に対して対象距離の計測を行うことができる。

[0047] また、回転式の測距センサ20を用いる場合に、1つの回転軸の周りに回転し、1次元的に計測方向をスキャンできるものに限らず、2次元的に計測方向をスキャンできるものを用いてもよい。しかし、上記のように、1つの回転軸の周りに回転する形式の測距センサ20を、その回転軸をマルチコプター91のヨー軸a上、あるいはヨー軸aと平行な軸上に配置して取り付けることで、測距センサ20の構成を簡素に抑えながら、略鉛直に立設された対象面Wをカメラ30で撮影する際に、カメラ30による撮影の安定化に寄与することができる。カメラ30の配置角度が、ヨー軸aの周りにずれると、他の軸の周りにずれが生じる場合と比べて、ずれが撮影結果に特に大きな与えやすいからである。さらに、測距センサ20は、レーザーを用いた形態のものに限られないが、各計測方向に対して計測した対象距離の分布に関する情報を対面パラメータの推定に利用するので、指向性の高いものであることが好ましい。

[0048] 本実施形態においては、検査部としてカメラ30を用いているが、対象面

Wを検査して得ようとする情報に応じて、カメラ30に限らず、任意の非接触式の検査部を設けることができる。他の検査部としては、いずれも非接触式の、分光装置、超音波検査装置、電磁測定装置、温度測定装置等を例示することができる。また、上記では、対象面Wの正面からカメラ30を用いた撮影を行うために、カメラ30を測距センサ20と同じく前方に向けて配置したが、検査部の種類によって、対象面Wに対して斜めに設定した方向から検査を行うことが適している場合には、適宜測距センサ20との間に角度を設けて検査部を設置すればよい。さらに、上記では、カメラ30はマルチコプター91に固定されているが、カメラ30をはじめとする検査部は、マルチコプター91に対して、ヨー軸aまたは他の軸の周りに回転可能、あるいは位置移動可能に取り付けてもよい。

[0049] [飛行型検査装置による検査の概要]

図3に、略鉛直に立設されたビルの壁面を対象面Wとして、上記のような構成を有する飛行型検査装置1を用いた対象面Wの検査の概要を示している。図3(a), (b)に示すように、対象面Wの検査を行っている最中にある検査装置1は、マルチコプター91のヨー軸aを鉛直にし、正面方向(+b方向)を対象面Wに正対させている。左右軸(±c方向)は、対象面Wの幅方向に平行に向けられる。対象面Wの検査中、検査装置1は、測距センサ20によって、複数の計測方向に対して対象面Wまでの距離(対象距離)を計測する測距を連続的に実行しながら、制御部831によって、マルチコプター91の位置および姿勢を制御する。測距センサ20によって得られた対象距離の情報は、リアルタイムで、制御部831の推定手段40で処理され、対象面Wに対するカメラ30の対面パラメータの推定が行われる。本実施形態においては、測距センサ20として、マルチコプター91のヨー軸aに垂直な面内で1次元的に計測方向をスキャンするものを用いているので、対面パラメータに含まれる対象面Wに対する検査部の角度とは、ヨー軸aを中心として、対象面Wに対して検査部が向いている方向のヨー角 θ を指す。さらに、制御部831は、推定手段40での対面パラメータの推定を含む飛行

制御に加え、カメラ30による対象面Wの撮影、つまり検査部による検査も連続的に実行する。

[0050] 図3(a)に示すように、検査装置1は、マルチコプター91の運動によって、対象面Wに沿ってつづら折れ状に移動する。対象面Wに沿ったマルチコプター91のこの運動は、上下方向(±a方向)と左右方向(±c方向)に沿った並進方向の位置の変更によって行われる。これら、上下方向および左右方向への位置の変更は、操縦者が操作する送受信器81から受信した外部信号に基づいて、制御部831によって実行される。

[0051] 一方、対象面Wに交差する方向に関しては、図3(b)のように、マルチコプター91は、カメラ30を対象面Wに正対させ、対象面Wに直交する面直方向Nに沿ったカメラ30と対象面Wの間の距離Dを、一定に保った状態に維持される。つまり、マルチコプター91のヨー角 θ および前後方向(±b方向)に沿った並進方向の距離Dを一定に維持するように、制御部831がマルチコプター91の対面パラメータの制御を行う。これらヨー角 θ および前後方向の距離Dの制御に関する信号は、操縦者が送受信器81からも送信可能であるが、制御部831は、これら2つのパラメータの制御に関しては、送受信器81から送信された外部信号に従わず、上記のように、測距センサ20での計測結果から推定手段40で推定された対面パラメータの情報に基づいて、制御を行う。

[0052] このように、カメラ30を対象面Wに対して面直方向Nに一定の距離だけ離して正対させた状態に維持したまま、対象面Wに沿った方向に、マルチコプター91が移動される。この移動の間、対象面W上の複数の位置で、カメラ30による撮影が行われる。撮影は、対象面Wに沿った移動経路の途中で、マルチコプター91を一時的にホバリングさせて間欠的に行っても、マルチコプター91を連続的に移動させながら行ってもよい。

[0053] 以上のように、カメラ30等の検査部を、対象面Wに対して、一定の角度に、一定の距離だけ離れた状態に維持することで、各種検査部を用いた検査に適した方向および距離で、安定して、対象面Wの各部位に対する検査を行

うことができる。そして、この際、対象面Wに対するマルチコプター91の方向と距離、つまり対面パラメータの制御を、送受信器81等からの外部信号に基づいて行うのではなく、マルチコプター91自身に取り付けられた測距センサ20によって得られる各計測方向に対する対象距離の情報から推定された対面パラメータの情報に基づいて自己完結的（自律的）に行うことで、外部信号に由来して対象面Wに対するマルチコプター91の対面パラメータを不安定化させる要因を排除して、対面パラメータを高度に制御し、一定に維持しながら、検査を行うことができる。その結果、検査面の広い範囲に対して、安定した検査条件で高精度の検査を行うことができる。外部信号に由来して、対面パラメータを不安定化させる要因としては、例えば、操縦者による手動操作において、対面パラメータを一定に維持することが極めて困難である点が挙げられる。

[0054] なお、対面パラメータに関して、「一定」とは、検査部における検査条件のばらつきとして許容される程度の誤差を含むものとする。また、「一定」とは、検査の最初から最後まで同じ対面パラメータを維持する場合のみならず、検査の途中で、検査条件の変更等に応じて、目標とする対面パラメータの値を変化させるものであってもよい。

[0055] 本実施形態においては、マルチコプター91のヨー軸aを中心として1次元的に測距センサ20における計測方向をスキャンしているため、推定手段40によって推定され、制御部831によって一定に維持される対面パラメータを構成する対象面Wに対する角度とは、対象面Wに対するヨー角 θ のみを指すが、2次元的に計測方向をスキャンできる測距センサを用いる場合には、対象面Wに対するヨー角 θ とピッチ角（軸cの周りの回転角）の両方について、対面パラメータとして推定し、一定に制御する対象とすることができる。

[0056] また、マルチコプター91に固定されたカメラ30等検査部の対象面Wに対する角度および距離（対面パラメータ）を一定に維持するために、本実施形態では、制御部831によって、対象面Wに対するマルチコプター91自

身の角度と距離を制御しているが、検査部がマルチコプター 91 に回転可能または位置移動可能に取り付けられている場合には、対象面 W に対するマルチコプター 91 自身の角度および距離を制御する代わりに、あるいはそれに加えて、マルチコプター 91 に対する検査部の回転および位置移動を制御してもよい。

[0057] そして、本実施形態において、上記のように、対象面 W に対する検査部の対面パラメータに関しては、外部信号ではなく、推定手段 40 による推定情報をもとに制御を行う一方で、対象面 W に沿った方向の運動に関しては、送受信器 81 からの外部信号に基づいて、マルチコプター 91 を並進運動させながら、カメラ 30 での撮影を行っている。これによって、対象面 W に沿った広い領域において、高い自由度で検査装置 1 の移動を行うことが可能となっている。さらに、この並進運動に際し、外部信号を受けた制御部 831 が、測距センサ 20 での計測結果をもとに推定手段 40 において推定した面直方向 N に関する情報を参照し、その面直方向 N に垂直な面内で並進運動を行うようにすれば、並進運動の方向に関しても高い精度が得られる。

[0058] [対面パラメータの推定と制御の例]

次に、推定手段 40 において、測距センサ 20 で得られた各方向への対象距離の情報に基づいて、対象面 W に対するカメラ 30 の対面パラメータ、つまり対象面 W に対するカメラ 30 の角度、およびその角度方向における対象面 W からのカメラ 30 の距離を推定する方法の具体例について説明する。ここで、対面パラメータは、カメラ 30 による撮影の条件を一定に維持する観点から、カメラ 30 に対して規定されるものであるが、説明を簡素に行うため、マルチコプター 91 の中心点についての対面パラメータ、つまりマルチコプター 91 の中心点の対象面 W に対するヨー角 θ 、およびそのヨー角 θ の方向における対象面 W からのマルチコプター 91 の中心点の距離 D について考える。マルチコプター 91 の中心点には、測距センサ 20 の測距軸が設けられている。マルチコプター 91 に対するカメラ 30 の取付け位置および取付け角度は既知なので、マルチコプター 91 の中心点についての対面パラメ

ータが定まれば、自動的にカメラ30についての対面パラメータも定まる。

[0059] [1] 対象面が略鉛直の平面の場合

対象面Wが鉛直に立設された平面とみなせる場合に、図3のようにマルチコプター91のヨー軸aを鉛直にし、正面方向(+b方向)を対象面Wに正対させてマルチコプター91を配置すると、マルチコプター91の正面方向(+b方向)が、対象面Wの面直方向Nに一致する。この状態についての平面図を図4(a)に示す。また、測距センサ20の計測方向 θ をヨー軸aを中心に变化させた場合に、各計測方向で計測される対象面Wまでの距離である対象距離Lを、計測方向 θ の関数として図4(b)に示す。

[0060] 図4(b)に示すように、 $\theta = 0$ の計測方向、つまり面直方向Nにおいて、対象距離Lが L_0 で極小となっている。そして、対象距離Lは、その極小点を挟んで左右対称となっている。幾何学的考察から、対象距離Lと計測方向 θ の関係は、

$$L = L_0 / \cos \theta \quad (1)$$

と表される。定数 L_0 は、面直方向Nに沿ったマルチコプター91の中心点から対象面Wまでの距離に対応する。

[0061] つまり、測距センサ20が測距軸に垂直な面内の各計測方向に対して計測した対象距離Lの分布において、マルチコプター91の正面方向($\theta = 0$)において対象距離Lが極小値 L_0 をとっていれば、対面パラメータ Θ 、Dとして、マルチコプター91が、正面方向を面直方向Nに向け、その面直方向Nに沿って、距離 $D = L_0$ だけ離れた状態をとっていると推定される。

[0062] 推定された距離D($= L_0$)が、カメラ30の撮影条件等によって定められる目標距離に等しい場合には、制御部831は、対面パラメータ Θ 、Dをこのままの状態に維持するようにマルチコプター91の制御を行えばよい。距離Dが目標距離と異なっている場合には、制御部831は、ヨー角 Θ はそのまま、距離Dを目標距離に一致させるように、マルチコプター91の面直方向Nに沿った位置を変更する制御を行えばよい。また、面直方向Nに直交する面が、対象面Wに沿った面となるので、制御部831は同時に、送受

信器 8 1 からの信号を参照しながら、上記で推定した面直方向 N に直交する方向にマルチコプター 9 1 を移動させればよい。

[0063] 一方、図 5 (a) に示すように、マルチコプター 9 1 の正面方向 (+b 方向) が対象面 W に正対していない場合には、対象距離 L と計測方向 θ の関係は、図 5 (b) のようになっている。つまり、マルチコプター 9 1 の正面方向 ($\theta = 0$) における対象距離 L_a が、極小値となっていない。代わりに、 $\theta = -\theta_a$ の計測方向において、対象距離 L_0 で極小値をとっている。この場合には、極小点を与える $-\theta_a$ の方向が、面直方向 N に対応すると推定することができる。つまり、対面パラメータ θ, D として、マルチコプター 9 1 の対象面 W に対する角度 (ヨ一角 θ) が、極小点における計測方向 ($-\theta_a$) の符号を反転させた角度である θ_a に等しく、その角度方向 θ_a における対象面 W からのマルチコプター 9 1 の距離 D が、正面方向 ($\theta = 0$) で計測された対象距離 L_a に等しいと、推定することができる。幾何学的考察から、この時の対象距離 L と計測方向 θ の関係は、

$$L = L_0 / \cos(\theta + \theta_a) \quad (2)$$

と表わすことができる。

[0064] そして、上記のような推定結果に基づき、制御部 8 3 1 が、対面パラメータ θ, D の制御を行えばよい。つまり、マルチコプター 9 1 のヨ一角 θ を変更し、 $-\theta_a$ だけ回転させることで、対象面 W に正対させるとともに、正対後のマルチコプター 9 1 の対象面 W からの距離 D を目標距離に一致させるように、マルチコプター 9 1 の面直方向 N に沿った位置を変更する制御を行えばよい。同時に、制御部 8 3 1 は、送受信器 8 1 からの信号を参照しながら、正対後のマルチコプター 9 1 に対して、推定された面直方向 N に直交する方向に、マルチコプター 9 1 を移動させればよい。

[0065] 以上のように、計測方向 θ の関数としての対象距離 L において、極小点を与える計測方向 θ を、対象面 W に直交する面直方向 N であるとみなすことで、簡便にマルチコプター 9 1 の対面パラメータ θ, D を推定することができる。この際、上記式 (1) や式 (2) のような解析関数を用いて、面直方向

Nの推定および対面パラメータ Θ 、Dの推定を行ってもよい。解析関数を用いて測距センサ20での計測結果を近似（カーブフィッティング）することで、測距センサ20での計測における誤差等の影響を排除して、高精度に面直方向Nや対面パラメータ Θ 、Dの推定を行うことができる。特に、測距センサ20として、回転式のセンサではなく、固定式のセンサを複数設ける場合に、離散的に得られる計測結果に対して、解析関数を用いた近似を適用することで、極小点を与えるようなデータ点が得られていない場合にも、高精度に面直方向Nおよび対面パラメータ Θ 、Dを推定することが可能となる。

[0066] [2] 対象面が曲面である場合

対象面Wが曲面である場合にも、基本的には上記と同様の推定方法を適用することができる。ただし、曲面の形状によっては、必ずしも、マルチコプター91が対象面Wに正対する面直方向Nにおいて対象距離Lが極小値をとるとは限らない。例えば、構造物の設計情報等から、対象面Wの曲面の形状が既知であれば、その形状を円弧等の単純な数式に近似し、その数式を上記式(1)や式(2)に重畳して、曲面形状を反映した解析式を作成すればよい。そして、作成した解析式を用いて、上記と同様に、対面パラメータ Θ 、Dの推定を行えばよい。

[0067] 種々の曲面形状のうち、図6(a)のように、対象面Wが緩やかな内凸形状（対象面Wの表面を挟んでマルチコプター91が配置されているのと反対側である対象面の内側に向かって凸な形状）をとっている場合には、推定を単純化することができる。このような場合には、計測方向 θ と対象距離Lの関係は、図6(b)のようになる。このカーブの形状は、対象面Wが平面状である図4(b)の場合のカーブが浅く変化したものに対応する。つまり、この場合にも、上記の対象面Wが平面状である場合と同様に、極小点を与える計測方向 θ が面直方向Nであるとの推定を適用することができる。このような推定を適用できる「緩やかな」内凸形状とは、面直方向Nに沿ったマルチコプター91の中心から対象面Wまでの距離 L_0 を半径とする円弧よりも、対象面Wの曲率が小さい（曲率半径が大きい）場合を指す。これよりも対

象面Wの曲率が大きくなると、面直方向Nから外れた方向で、対象距離Lが極小値をとる可能性がある。

[0068] 一方、対象面Wに、マルチコプター91の中心からの距離L0に等しいとみなせる曲率半径を有する内凸形状が存在する場合には、対象距離Lが、計測方向 θ によらず、L0で等しくなる。このような場合には、推定部40において、面直方向Nおよびマルチコプター91が向いているヨー角 Θ を正しく推定することができない。そこで、対象距離Lが計測方向 θ に対して変化しない挙動が、あらかじめ規定しておいた所定の基準範囲の計測方向（例えば 15° ）にわたって観測された場合には、マルチコプター91の中心からの距離L0に曲率半径が等しい内凸構造が対象面Wに存在すると推定すればよい。なお、そのような挙動が、 15° などと定めた基準範囲未満の計測方向で観測された場合には、その中心を極小点とみなして、面直方向Nおよびヨー角 Θ の推定を行えばよい。

[0069] 上記のようにして、マルチコプター91の中心からの距離L0に曲率半径が等しい内凸構造が対象面Wに存在すると推定された場合には、マルチコプター91を対象面Wに沿った方向に移動させずに、その場でヨー軸aの周りに回転させ、ヨー角 Θ を所定の角度ステップで変更しながら、カメラ30によって、内凸形状の部位の撮影を行えばよい。なお、撮影時にヨー角 Θ を変更する角度ステップは、カメラ画角に基づいて定めることが望ましい。この種の撮影では、連続した画像の撮影エリアを30%から66%程度重複するように設定することが多く、例えばカメラの画角が α である場合に、重複の割合を50%とするならば、角度ステップは 0.5α と定めればよく、重複の割合を30%とするならば、角度ステップを 0.7α とすればよい。

[0070] 図7に、対象面Wがマルチコプター91の中心からの距離L0に曲率半径が等しい内凸構造を有する場合について、マルチコプター91の移動軌跡を点線にて示す。図7(a)は内凸構造が 180° にわたって形成されている場合、図7(b)は内凸構造が 90° にわたって形成されている場合を示している。移動軌跡の途中で、マルチコプター91は、内凸構造の中心となる

点Rにおいて、対象面Wの面に沿った移動を一旦停止し、その場でヨ一軸aを中心とした回転を行いながら、内凸の部位の各部位に対する撮影を行う。点Rにおける回転角度は、図7(a)では 180° 、図7(b)では 90° である。なお、図7(a)、(b)中で、左側の直線的に飛行している部位から点Rまでのマルチコプター91の移動は、下記に項目[4]にて示す対象面Wが折れ曲がっている場合の推定、制御方法に従って行われる。

[0071] [3] 対象面に凹凸構造がある場合

次に、対象面Wに、凹凸がある場合について考える。例として、図8(a)に、平面状の対象面Wの上に、突起物Pが存在する場合について考える。このような状況は、例えば、ビルの外壁面にパイプが露出している場合に想定される。

[0072] この場合に、マルチコプター91を突起物Pから外れた位置で対象面Wに正対させると、計測方向 θ と対象距離Lの関係は、図8(b)のようになる。つまり、マルチコプター91と突起物Pを結ぶ方向 θ_p を中心とした一部の計測方向 θ に、大きく下凸になった構造が見られ、それ以外の計測方向 θ において推定される関数形から大きく逸脱している。このような場合には、このような逸脱が存在する部位を無視して、対面パラメータ Θ 、Dの推定を行えばよい。

[0073] 例えば、他の部位の計測結果をもとに、無視した部位の計測点を補間し、補間後の関数形に対して、上記[1]に示した突起物Pが存在しない場合と同様にして、対面パラメータ Θ 、Dの推定を行えばよい。補間の方法としては、上記式(1)や式(2)のような解析式を用いて近似を行えばよい。図8(b)中に、式(1)を用いて補間した曲線を破線にて示している。

[0074] このようにすれば、突起物Pの影響を排除して、本来の対象面Wを基準としたマルチコプター91の対面パラメータ Θ 、Dを正確に見積もることができる。また、推定された対面パラメータ Θ 、Dにおいて、対象面Wからマルチコプター91までの距離が小さすぎ、飛行位置の誤差等によって、突起物Pへの衝突が起こる可能性が懸念されるような場合には、対象面Wに対する

距離 D の目標値を大きくするように変更する等の対策を講じることができる。なお、このように、一部の計測方向 θ における計測結果を無視して対面パラメータ Θ 、 D の推定を行う場合には、少なくとも3つの計測方向 θ において、対象距離 L を計測することが必要である。

[0075] [4] 対象面が折れ曲がっている場合

次に、図9のように、対象面 W が折れ曲がっている場合について考える。このような折れ曲がり構造は、ビルの角部等にしばしば見られる。この場合において、相互に直交した各部位 X 、 Y 、 Z に対して一定の距離 L_0 を保って正対したまま、折れ曲がりに沿って、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ のように、マルチコプター91を飛行させる。

[0076] まず、マルチコプター91が、対象面 W の部位 X （第一の部位）に正対して、部位 X に平行に飛行している状態の点 A においては、測距センサ20にて計測した計測方向 θ と対象距離 L の関係が、図10（a）のようになっている。ここでは、2つの極小点 C_1 、 C_2 が観測される。これら2つの極小点のうち、マルチコプター91の移動方向後方の計測方向（ θ が小さい側）に位置する極小点 C_1 は、マルチコプター91が正対している部位 X の面直方向 N に対応するものであり、極小点 C_1 においては、 $\theta = 0$ 、 $L = L_0$ となっている。一方、マルチコプター91の移動方向前方の計測方向（ θ が大きい側）に位置する極小点 C_2 は、移動方向前方に存在する部位 Y （第二の部位）までの距離を移動方向に沿って計測していることに対応する。極小点 C_2 における対象距離 L は、極小点 C_1 における対象距離 L （ $= L_0$ ）よりも大きくなっている。2つの極小点 C_1 、 C_2 の両側のグラフ曲線は、それぞれ、式（1）および式（2）の関数に近似される。

[0077] マルチコプター91が部位 Y に近づく前方に移動するのに伴って、極小点 C_1 を与える計測方向 θ （ $= 0$ ）も対象距離 L （ $= L_0$ ）も変化しない。一方、極小点 C_2 を与える計測方向 θ は変化しないが、対象距離 L は連続的に小さくなる。推定手段40は、測距センサ20における計測結果にこのような傾向を検出すると、マルチコプター91の移動方向前方に、マルチコプタ

ー 9 1 に近づく方向に面を向けた、つまり部位 X に対してマルチコプター 9 1 が飛行している手前側に折れ曲がった凹構造として、部位 Y が存在していると推定する。

[0078] 上記のように、部位 X に沿ったマルチコプター 9 1 の移動に伴って、極小点 C 2 における対象距離 L が小さくなり、やがて、図 10 (b) のように、極小点 C 2 における対象距離 L が、他方の極小点 C 1 における対象距離 L である L_0 に等しくなる。これは、マルチコプター 9 1 が、部位 X と部位 Y の両方に対して距離 L_0 だけ離れた点 B に達したことを意味する。この際、極小点 C 1 と極小点 C 2 の間の計測方向 θ の差は、部位 X と部位 Y の間の角度に等しく、この場合には 90° である。この状態に達すると、制御部 8 3 1 は、部位 X に対する対面パラメータ Θ , D を一定に維持していた制御状態（第一の制御状態）から、部位 Y に対する対面パラメータ Θ , D を一定に維持する制御状態（第二の制御状態）に移行する。つまり、マルチコプター 9 1 のヨー角 Θ を、極小点 C 1 と極小点 C 2 の間の計測方向 θ の差に等しい角度、ここでは 90° 回転させ、部位 X に距離 L_0 で正対した状態から部位 Y に距離 L_0 で正対した状態に切り替える。そして、部位 Y に平行に飛行を続ける。なお、このような推定および制御切り替えの方法は、部位 X と部位 Y が直交して折れ曲がっている場合に限らず、任意の折れ曲がり角を有する場合に適用することができるが、大型の突起物と区別するため、 45° 以上の折れ曲がり角を有し、極小点 C 1 と極小点 C 2 の間の計測方向 θ の差が 45° 以上である場合にのみ適用することが好ましい（図 8 (b) 参照）。

[0079] 次に、マルチコプター 9 1 は、部位 Y（第三の部位）に距離 L_0 で正対した状態で、部位 Y に平行に移動する。この状態で、マルチコプター 9 1 の正面に部位 Y が存在している点 B 1 においては、計測方向 θ と対象距離 L の関係が、図 9 (c) のようになる。つまり、 $\theta = 0$ において、対象距離 L が極小値をとるものの、 $\theta > 0$ の領域において、対象距離 L が無限大に発散するという挙動をとる。それよりも移動方向前方側（ θ が大きい側）には、計測データが存在しない。これは、進行方向前方の計測方向 θ において、測距セ

ンサ20から出たレーザービームBが部位Yおよび対象面Wの他の部位に当たらず、有限の対象距離Lが計測されなくなることに対応している。推定手段40は、測距センサ20における計測結果にこのような挙動を検出すると、マルチコプター91の移動方向前方に、マルチコプター91から離れる方向に面を向けた、つまり部位Yに対してマルチコプター91が飛行しているのと反対の奥側に折れ曲がった凸構造として、部位Z（第四の部位）が存在していると推定する。マルチコプター91の飛行に伴って、無限大に発散する点は移動方向後方側に移動し、部位Yと部位Zの間の角の正面に達した時に、 $\theta = 0$ で無限大に発散する状態となる。

[0080] そのままマルチコプター91が部位Yに平行に飛行を続けると、マルチコプター91の正面に部位Yおよび対象面Wの他の部位が存在しない状態となる。このような点B2においては、計測方向 θ と対象距離Lの関係が、図9（d）のようになる。ここでは、正面方向（ $\theta = 0$ ）において、対象距離Lが無限大に漸近する挙動を示す。 $\theta < 0$ の領域には、極小点が存在しており、極小点よりも θ が小さい側が、部位Yに対する対象距離Lを計測している領域に相当し、極小点よりも θ が大きい側が、部位Zに対する対象距離Lを計測している領域に相当する。次に説明する点Cに達するまでは、マルチコプター91は、部位Zよりも部位Yに近いので、極小点よりも θ が小さい側の方がグラフのカーブがゆるやかになっている。

[0081] マルチコプター91の飛行に伴い、対象距離Lが $\theta = 0$ において無限大に漸近し、それよりも移動方向後方（ θ が小さい側）に極小点を有するカーブにおいて、極小点の両側のカーブ形状の差が小さくなり、やがて、図9（e）のように、極小点を挟んで対象距離Lのカーブが左右対称となる。これは、マルチコプター91が、部位Yと部位Zの両方に対して距離L0だけ離れた点Cに達したことを意味する。極小点における計測方向 θ は、絶対値が部位Yと部位Zの間の角度の半分に等しく、この場合には -45° である。この状態に達すると、制御部831は、部位Yに対する対面パラメータ Θ 、Dを一定に維持していた制御状態（第三の制御状態）から、部位Zに対する対

面パラメータ θ 、 D を一定に維持する制御状態（第四の制御状態）に移行する。つまり、マルチコプター91のヨー角 θ を、極小点を与える計測方向 θ の絶対値の2倍に当たる角度、ここでは 90° 回転させ、部位Yに距離 L_0 で正対した状態から部位Zに距離 L_0 で正対した状態に切り替える。そして、部位Zに平行に飛行を続ける。

[0082] 次に、マルチコプター91は、部位Zに距離 L_0 で正対した状態で、部位Zに平行に飛行する。この状態にある点Dにおいては、計測方向 θ と対象距離 L の関係が、図9（f）のようになる。ここでは、マルチコプター91が部位Zに正対していることに対応して、 $\theta = 0$ 、 $L = L_0$ において極小値をとっているが、部位Zの奥に部位Xが検出されることから、 $\theta < 0$ の領域において、対象距離 L が不連続に大きくなっている。

[0083] 以上のように、測距センサ20における測距結果を利用して、外部信号による制御によらずに、ビルの壁面等にしばしば見られる折れ曲がり構造に追従させて、マルチコプター91の方向を転換することができる。これにより、折れ曲がり構造があっても、マルチコプター91の飛行およびカメラ30での撮影を、中断なく継続することができる。

[0084] [検査方法]

次に、本発明の一実施形態にかかる検査方法について簡単に説明する。本実施形態にかかる検査方法は、上記実施形態にかかる飛行型検査装置1を用いて、面状の検査対象である対象面Wの状態を検査するものである。

[0085] 一例として、飛行型検査装置1に内蔵された制御部831によって、対象面Wに対する対面パラメータ θ 、 D を推定し、制御するのと組み合わせて、撮影手段としての固定カメラ51と外部制御手段としての制御コンピュータ52を用いて対象面Wに沿った方向への移動を制御する検査方法について説明する。ここでは、図11に示すように、ビルの外壁面を対象面Wとして、対象面Wに対して飛行型検査装置1のカメラ30を一定の距離で正対させた状態で、つづら折れ状にマルチコプター91を飛行させながら、対象面Wの各部に対して連続的に撮影を行う。

[0086] そして、マルチコプター 91 の飛行位置よりも離れた位置の地面に固定カメラ 51 を設置する。図中に細線で示すように、対象面 W 全体を固定カメラ 51 の視野に収めるようにし、対象面 W の検査を行う間、固定カメラ 51 で対象面 W の状態をリアルタイムで撮影し続ける。検査装置 1 が対象面 W に沿って飛行している状態では、固定カメラ 51 に撮影された撮影像 I 中に検査装置 1 も写る。固定カメラ 51 は、制御コンピュータ 52 に接続されており、制御コンピュータ 52 は、固定カメラ 51 が撮影した撮影像 I を入力される。そして、制御コンピュータ 52 は、その撮影像 I をもとに、検査装置 1 のマルチコプター 91 を対象面 W に沿って飛行させる軌跡を決定し、外部信号 s をマルチコプター 91 に向けて発信して、決定した軌跡に従って、実際に対象面 W に沿ってマルチコプター 91 を移動させる。なお、撮影像 I は 2 次元像であるので、対象面 W に対する検査装置 1 の方向 θ および距離 D を撮影像 I から認識することはできない。

[0087] 図 11 に示した $S \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow E$ の順で、マルチコプター 91 を飛行させることを考える。この経路を、固定カメラ 51 で撮影され、制御コンピュータ 52 に送られる撮影像 I に重ねて示すと、図 12 のようになる。最初に、制御コンピュータ 52 は、対象面 W から離れた位置（例えば制御コンピュータ 52 の近傍）にて待機していた検査装置 1 を 3 次元方向に制御し、スタート地点 S にまっすぐ誘導する。この時点で、固定カメラ 51 で撮影された撮影像 I 上で、検査装置 1 が認識されるようになる。検査装置 1 は、測距センサ 20 による測距を開始し、またその結果に基づいて、制御部 831 の推定手段 40 において、対面パラメータ θ , D を推定する。そして、マルチコプター 91 を対象面 W に正対させるとともに、所定の距離だけ対象面 W から離れた状態をとらせる。

[0088] 次に、制御コンピュータ 52 は、外部信号 s をマルチコプター 91 に送り、図 12 に示したように撮影像 I 上に定めた軌跡に従って、対象面 W に平行な面内で、マルチコプター 91 を上下左右に移動させる。この際、意図した軌跡どおりにマルチコプター 91 が移動するように、撮影像 I をリアルタイ

ムで確認しながら、フィードバック制御を行う。この間、検査装置 1 は、測距センサ 20 による測距とそれに基づく対面パラメータ Θ 、 D の推定を続け、対象面 W に対して一定の距離で正対した状態を維持し続ける。この制御パラメータ Θ 、 D の制御には、外部信号 s は寄与せず、自己完結的に行われる。仮に外部信号 s として、対象面 W に対する角度や距離を変化させるような制御信号が入力されたとしても、その信号は無効とされ、マルチコプター 91 の制御に寄与しない。対象面 W が折れ曲がって凹構造が形成されている点 1, 4, 7, 10 においても、検査装置 1 は、上記で説明したように、対象面 W の各部位に対して一定の距離を保ったまま、自動的に方向転換を行う。

[0089] このように、固定カメラ 51 と制御コンピュータ 52 という検査装置 1 の外部の装置を用いて、対象面 W に沿った方向の制御を行うとともに、外部信号 s によらない検査装置 1 自身による制御によって、対象面 W に垂直な方向の制御を行うことで、対象面 W の広い領域に対して、一定の検査条件を維持しながら、高精度の検査を行うことが可能となる。さらに、対象面 W と固定カメラ 51 の間に、固定カメラ 51 で撮影された映像において対象面 W の一部を隠す樹木等の障害物がある場合にも、検査装置 1 と対象面 W の間の距離を、外部信号 s によらずに一定に維持することができるので、検査装置 1 の移動軌跡をその障害物に重なるように設定しても、障害物と対象面 W の間の空間に検査装置 1 を飛行させて、障害物の影響を受けずに検査を行うことができる。

[0090] なお、上記では、固定カメラ 51 として、対象面 W を平面的に撮影するカメラを用いたが、ステレオカメラを用いて立体的に撮影するようにしてもよい。すると、固定カメラ 51 によって、対象面 W と検査装置 1 の間の距離をある程度認識することが可能となる。これにより、撮影開始時の検査装置 1 のスタート地点 S への誘導を迅速に行うことができる。また、測距センサ 20 における計測結果に加えて、ステレオカメラによる情報を補助的に用いることで、測距センサ 20 に、急な故障や鳥等の障害物による妨害等の外乱が生じた場合にも、ある程度の精度で、検査装置 1 と対象面 W の間の距離を一

定に保つ制御を継続することが可能となる。さらに、上記では、点 1, 4, 7, 10 のような凹構造への追隨を制御部 831 が自動的に行っており、点 2, 3, 8, 9 等の凸構造を追隨させる場合にも、制御部 831 が自動的に追隨を行うことができる。しかし、これらの部位に凹構造や凸構造が存在することを固定カメラ 51 の撮影像 I を認識した制御コンピュータ 52 が検査装置 1 に伝達するようにすれば、これらの構造に対する追隨を一層正確に行うことができる。また、開放された窓等の開口が対象面 W に存在する場合に、そのことを示す情報を制御コンピュータ 52 から検査装置 1 に伝達し、追隨すべき凸構造や凹構造ではないことを認識させるようにすれば、検査装置 1 が開口の端縁を凸構造や凹構造であると誤検知して追隨し、開口に侵入してしまうことを防止できる。

[0091] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の改変が可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の回転翼と、該複数の回転翼による飛行を制御する制御部と、
を有する小型無人飛行機と、
前記小型無人飛行機に取り付けられ、面状の検査対象である対象面の状態を非接触にて検査する検査部と、
前記対象面までの距離である対象距離を複数の計測方向に対して計測する測距部と、を備える飛行型検査装置において、
前記制御部は、前記測距部によって計測された前記対象距離の情報に基づいて、前記検査部の前記対象面に対する角度および該角度における前記対象面からの距離よりなる対面パラメータを推定する推定手段を備え、
前記飛行型検査装置は、前記推定手段における推定結果に基づいて、前記検査部の前記対象面に対する前記対面パラメータを一定に維持しながら、前記対象面に沿って前記小型無人飛行機を移動させ、前記対象面の複数の位置に対して前記検査部による検査を行うことを特徴とする飛行型検査装置。
- [請求項2] 前記測距部は、測距軸に垂直に複数の計測方向に対して前記対象距離を計測し、
前記推定手段は、前記検査部の前記対象面に対する角度として、前記測距軸に垂直な面内における前記検査部の角度を推定することを特徴とする請求項1に記載の飛行型検査装置。
- [請求項3] 前記測距軸は、前記小型無人飛行機のヨー軸上または該ヨー軸と平行に設けられることを特徴とする請求項2に記載の飛行型検査装置。
- [請求項4] 前記制御部は、外部からの信号に基づいて、前記小型無人飛行機の位置および姿勢を変更することができ、前記検査部による検査を行う間は、前記小型無人飛行機の前記対象面に対する前記対面パラメータの制御を、前記外部からの信号に基づかず、前記推定手段における推定結果に基づいて行うとともに、前記小型無人飛行機の前記対象面に

沿った位置の制御を、前記外部からの信号に基づいて行うことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の飛行型検査装置。

[請求項5] 前記測距部は、前記小型無人飛行機に回転可能に取り付けられており、該回転によって前記対象距離を前記複数の計測方向に対して計測することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の飛行型検査装置。

[請求項6] 前記推定手段は、前記計測方向の関数としての前記対象距離が極小値をとる計測方向を、前記対象面に直交する面直方向であるとして、前記対面パラメータの推定を行うことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の飛行型検査装置。

[請求項7] 前記推定手段は、前記対象距離を L 、前記面直方向を基準とした前記計測方向を θ 、前記面直方向に沿った前記測距部から前記対象面までの距離を L_0 として、 $L = L_0 / \cos \theta$ の関数形を用いて、前記対面パラメータの推定を行うことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の飛行型検査装置。

[請求項8] 前記測距部は、3 つ以上の計測方向に対して前記対象距離を計測し、前記推定手段は、一部の計測方向における対象距離と計測方向との間の関係が、該一部以外の計測方向における該関係から推定される関数形から逸脱していれば、該一部の計測方向の計測結果を無視して前記対面パラメータの推定を行うことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の飛行型検査装置。

[請求項9] 前記制御部が、前記対象面の第一の部位に対する前記検査部の前記対面パラメータを一定に維持する第一の制御を行いながら、前記小型無人飛行機を前記第一の部位に平行に移動させている状態において、
前記推定手段は、前記計測方向の関数としての前記対象距離に 2 つの極小点が存在し、該 2 つの極小点のうち前記小型無人飛行機の移動方向前方の計測方向に位置する極小点における対象距離が、前記小型無人飛行機の移動に伴って小さくなるのを検出すると、前記移動方向

の前方に、前記小型無人飛行機に近づく方向に面を向けた第二の部位が前記対象面に存在すると推定し、

前記制御部は、前記2つの極小点における前記対象距離が等しくなった時に、前記第二の部位に対する前記検査部の前記対面パラメータを一定に維持する第二の制御に、前記第一の制御から移行することを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載の飛行型検査装置。

[請求項10]

前記制御部が、前記対象面の第三の部位に対する前記検査部の前記対面パラメータを一定に維持する第三の制御を行いながら、前記小型無人飛行機を前記第三の部位に平行に移動させている状態において、

前記推定手段は、前記計測方向の関数としての前記対象距離が無限大となる挙動を検出すると、前記小型無人飛行機の移動方向の前方に、前記小型無人飛行機から離れる方向に面を向けた第四の部位が前記対象面に存在すると推定し、

前記制御部は、前記対象距離が無限大となる計測方向よりも前記移動方向後方の計測方向において、極小点を挟んで前記対象距離が対称となった状態を検出した時に、前記第四の部位に対する前記検査部の前記対面パラメータを一定に維持する第四の制御に、前記第三の制御から移行することを特徴とする請求項1から9のいずれか1項に記載の飛行型検査装置。

[請求項11]

請求項1から10のいずれか1項に記載の飛行型検査装置を用いて面状の検査対象である対象面の状態を検査することを特徴とする検査方法。

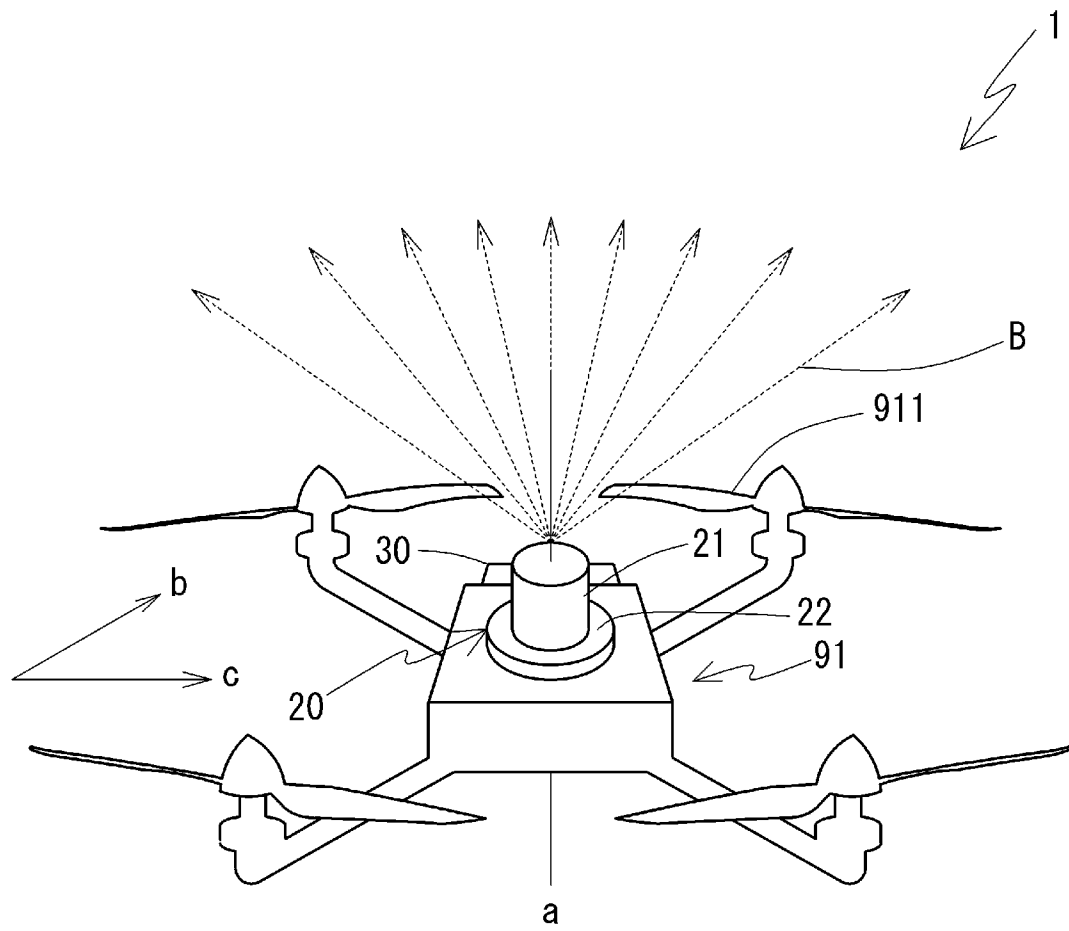
[請求項12]

前記対象面に対して固定され、前記小型無人飛行機よりも離れた位置から前記対象面を撮影する撮影手段と、前記撮影手段に撮影された前記対象面の撮影像を基に、前記小型無人飛行機の位置および姿勢を制御することができる外部制御手段と、を用い、

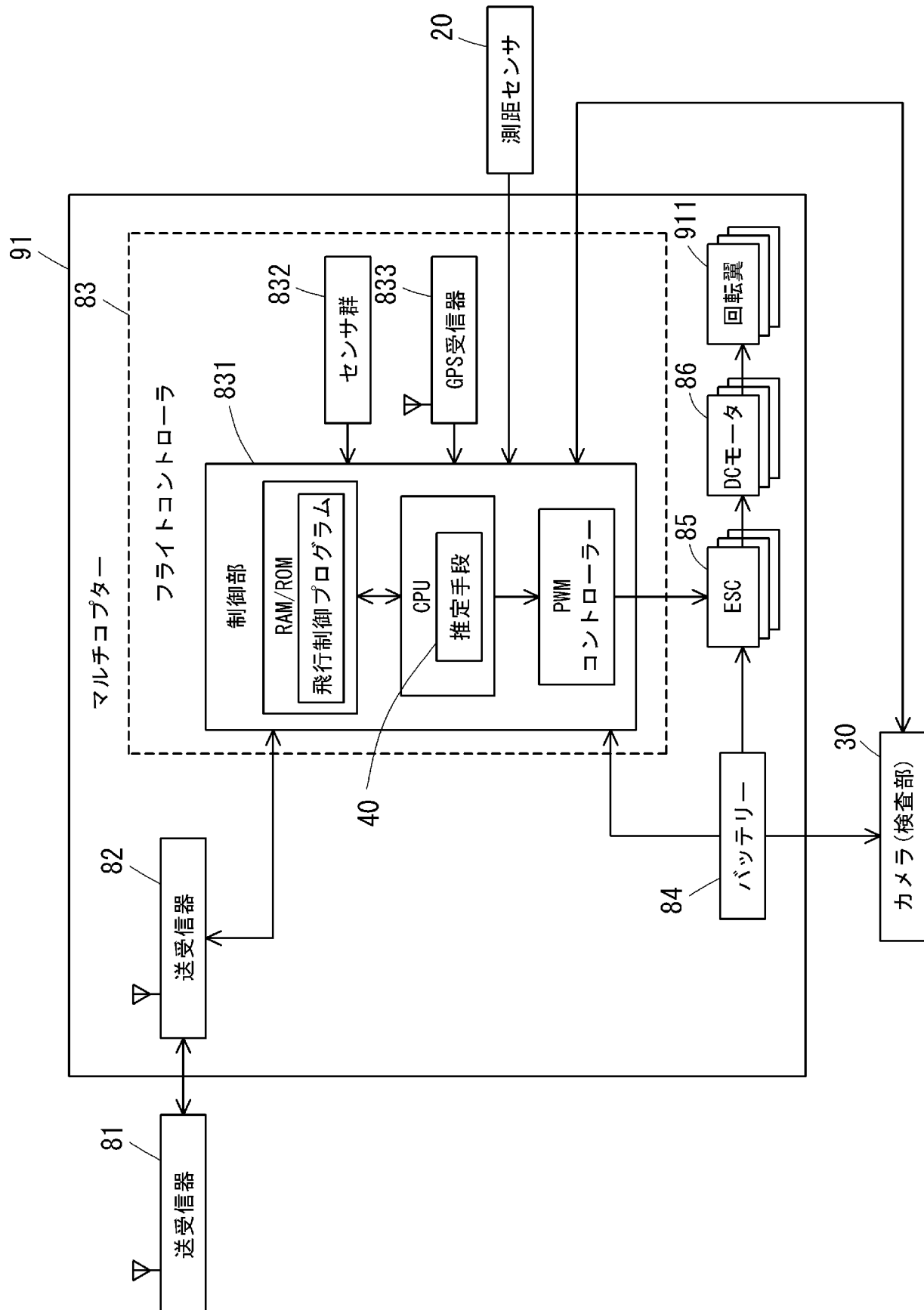
前記制御部によって、前記検査部の前記対象面に対する前記対面パラメータを一定に維持しながら、前記外部制御手段によって、前記対

象面に沿って前記小型無人飛行機を移動させ、前記対象面の検査を行うことを特徴とする請求項 1 1 に記載の検査方法。

[図1]

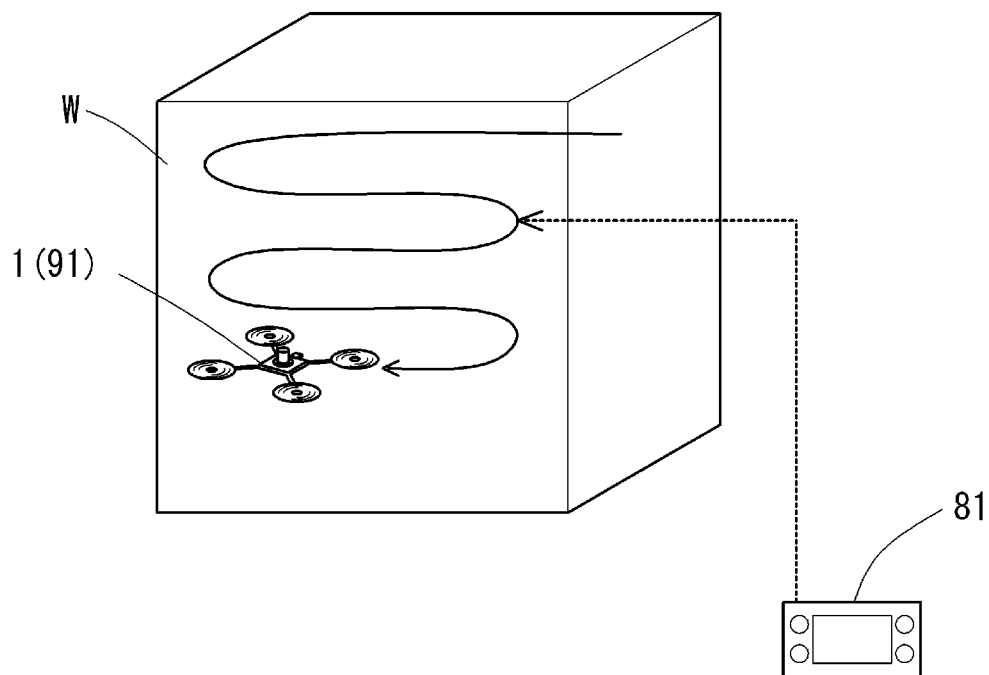


[図2]

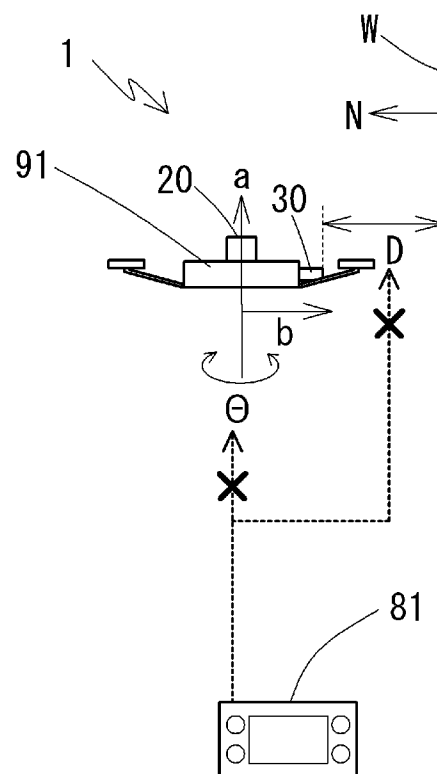


[図3]

(a)

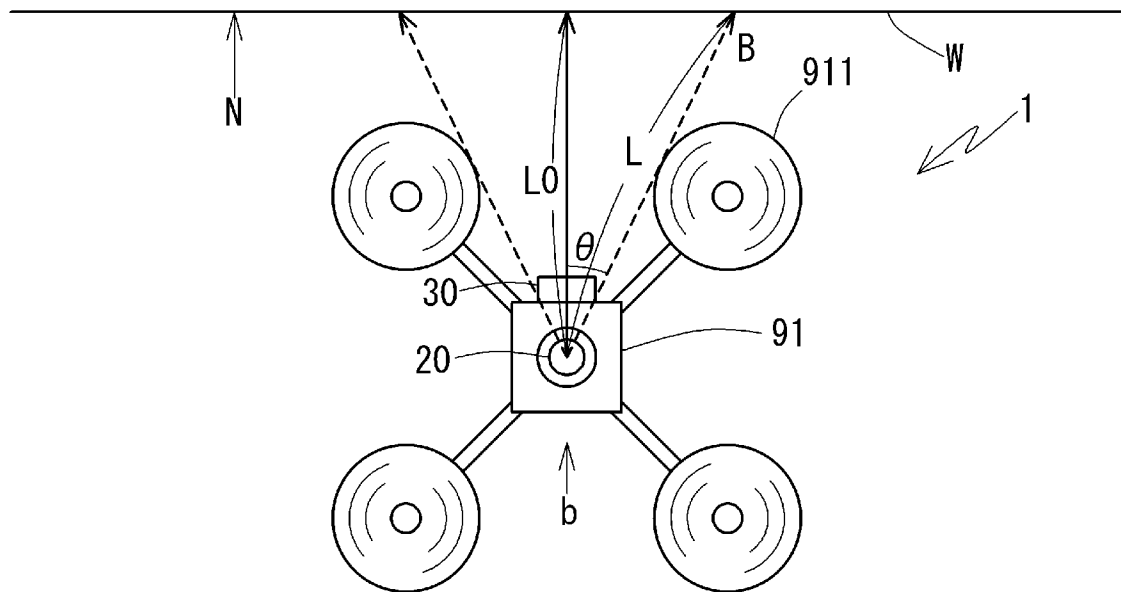


(b)

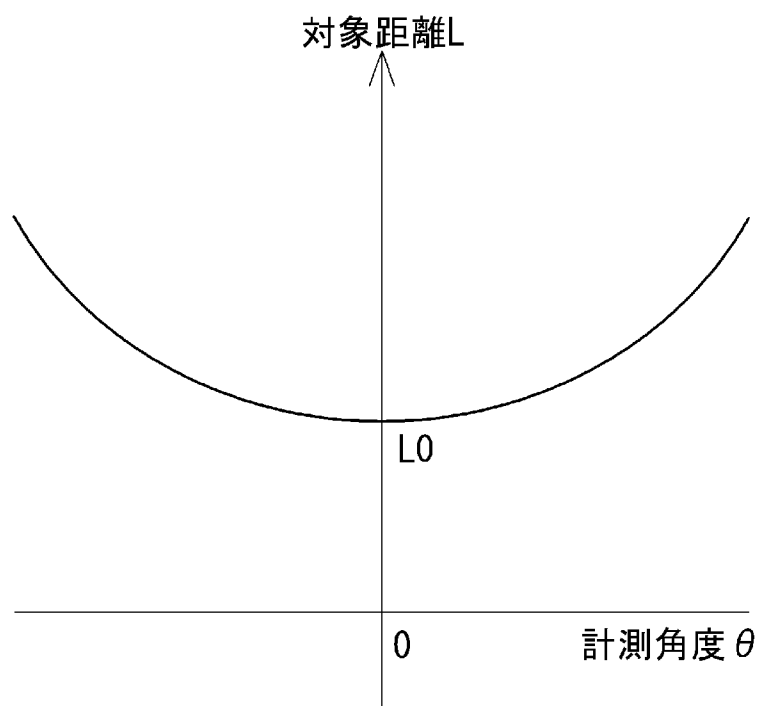


[図4]

(a)

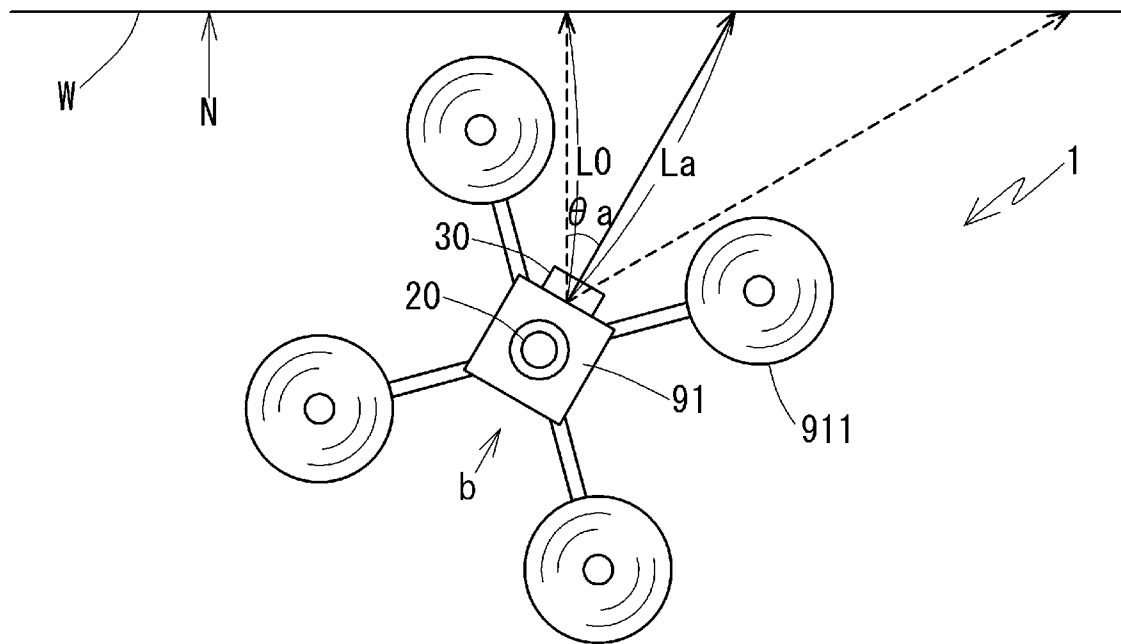


(b)

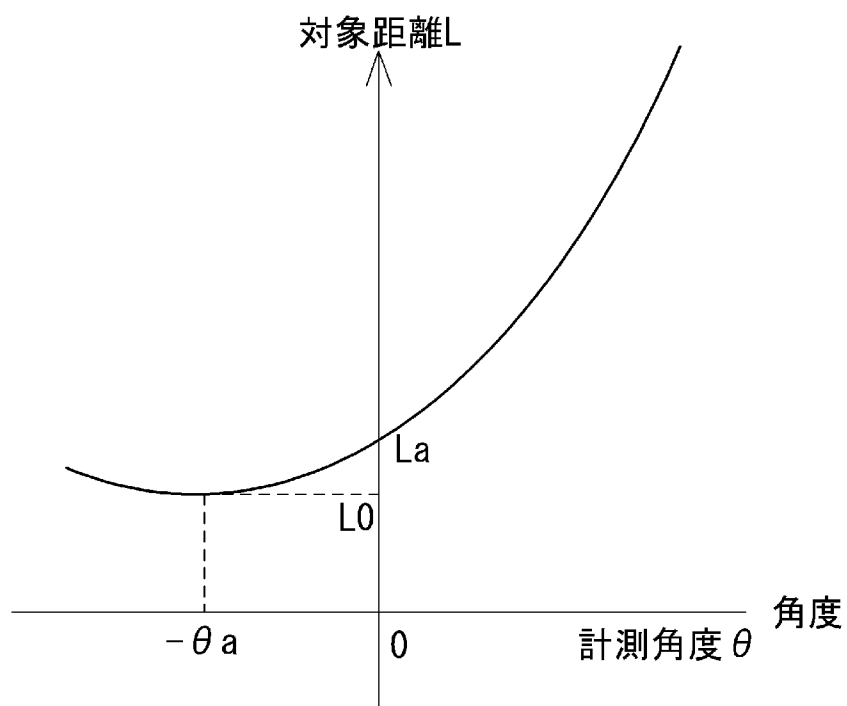


[図5]

(a)

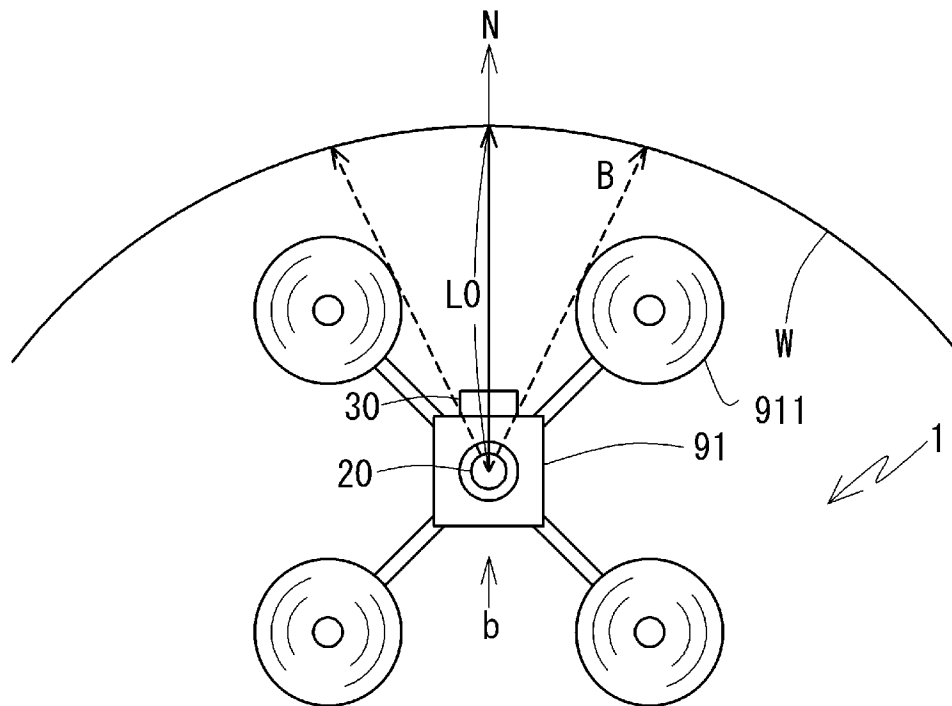


(b)

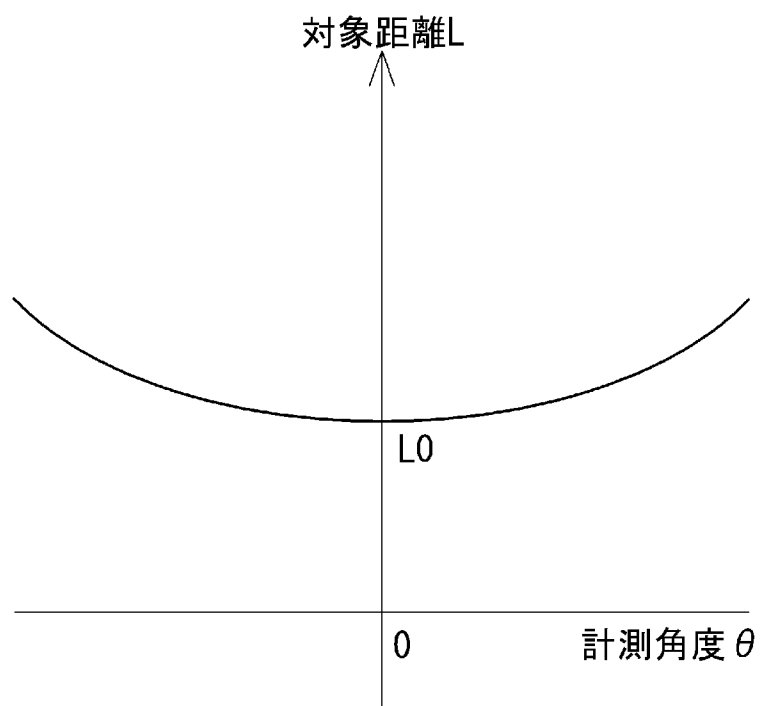


[図6]

(a)

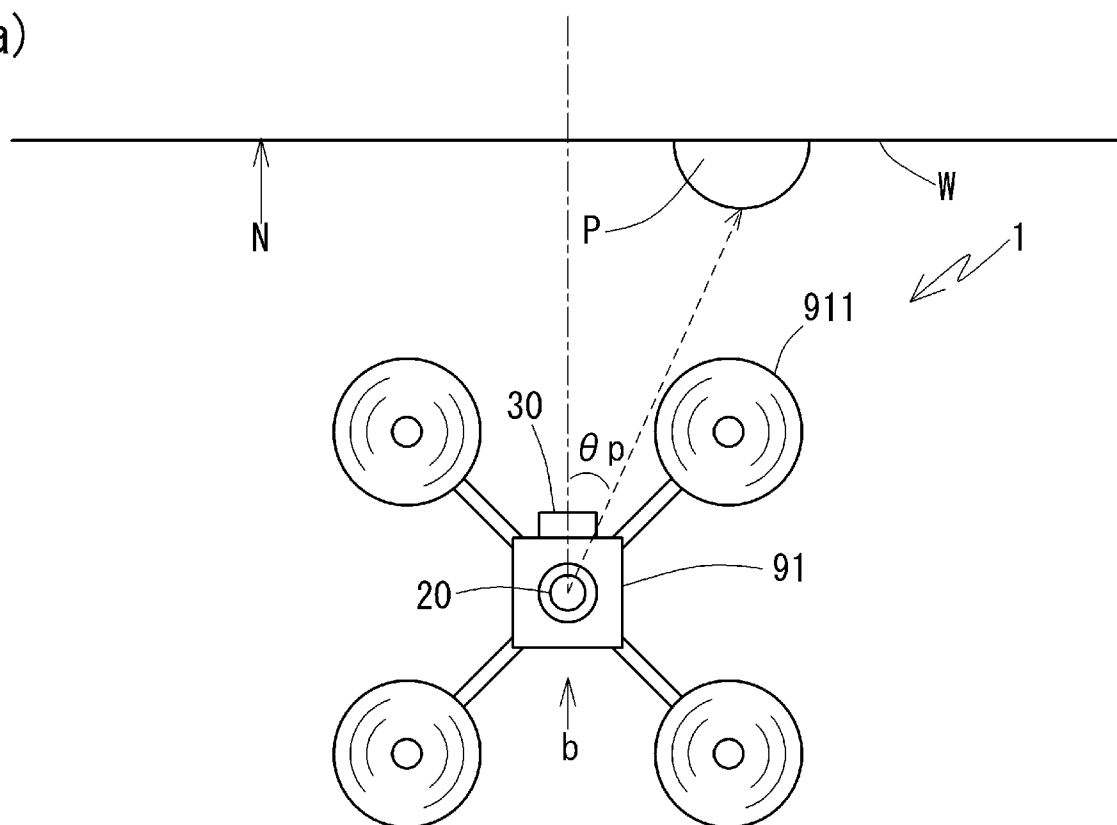


(b)

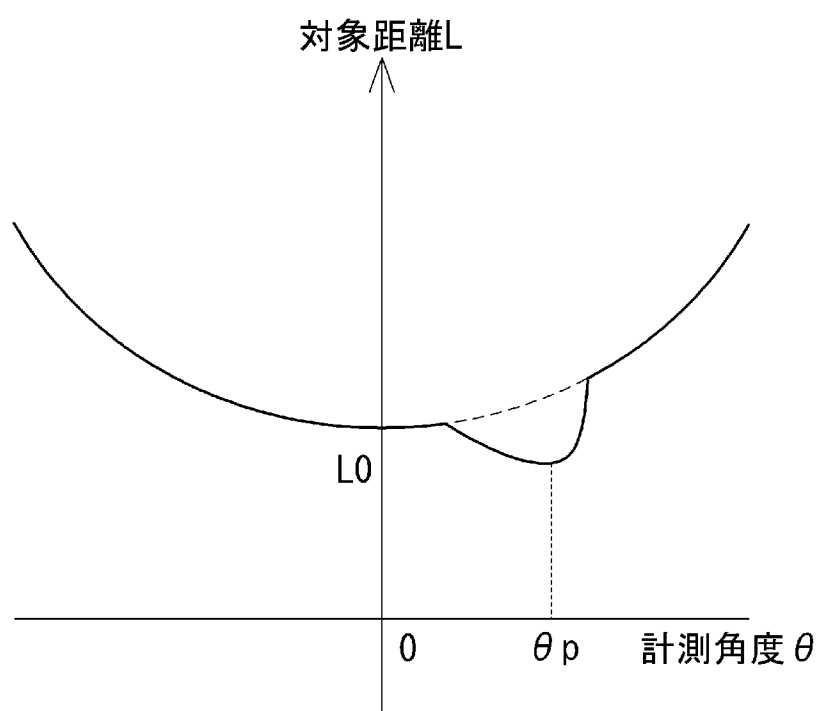


[図8]

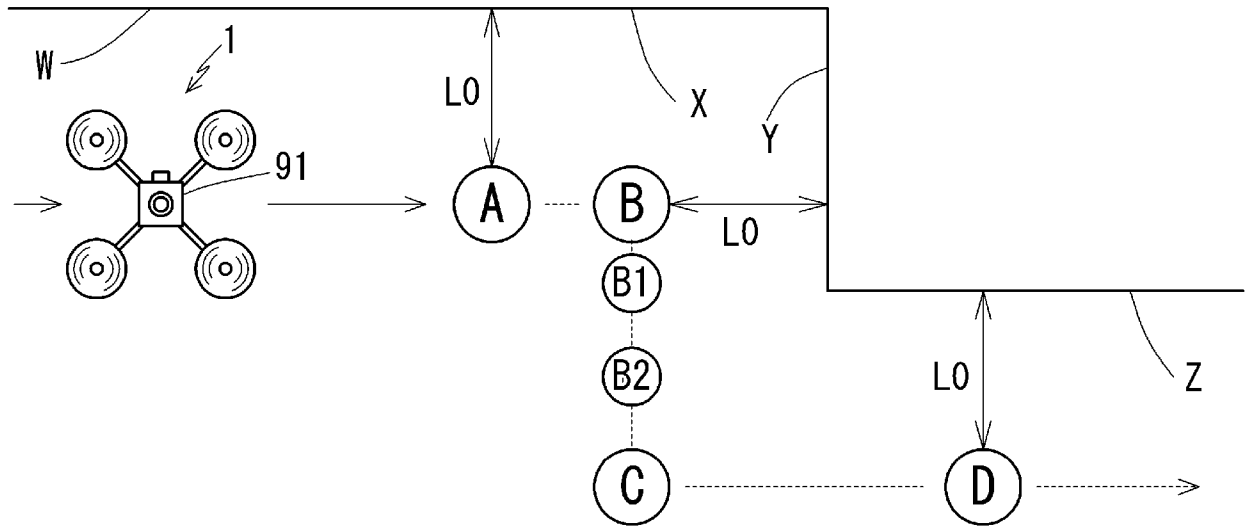
(a)



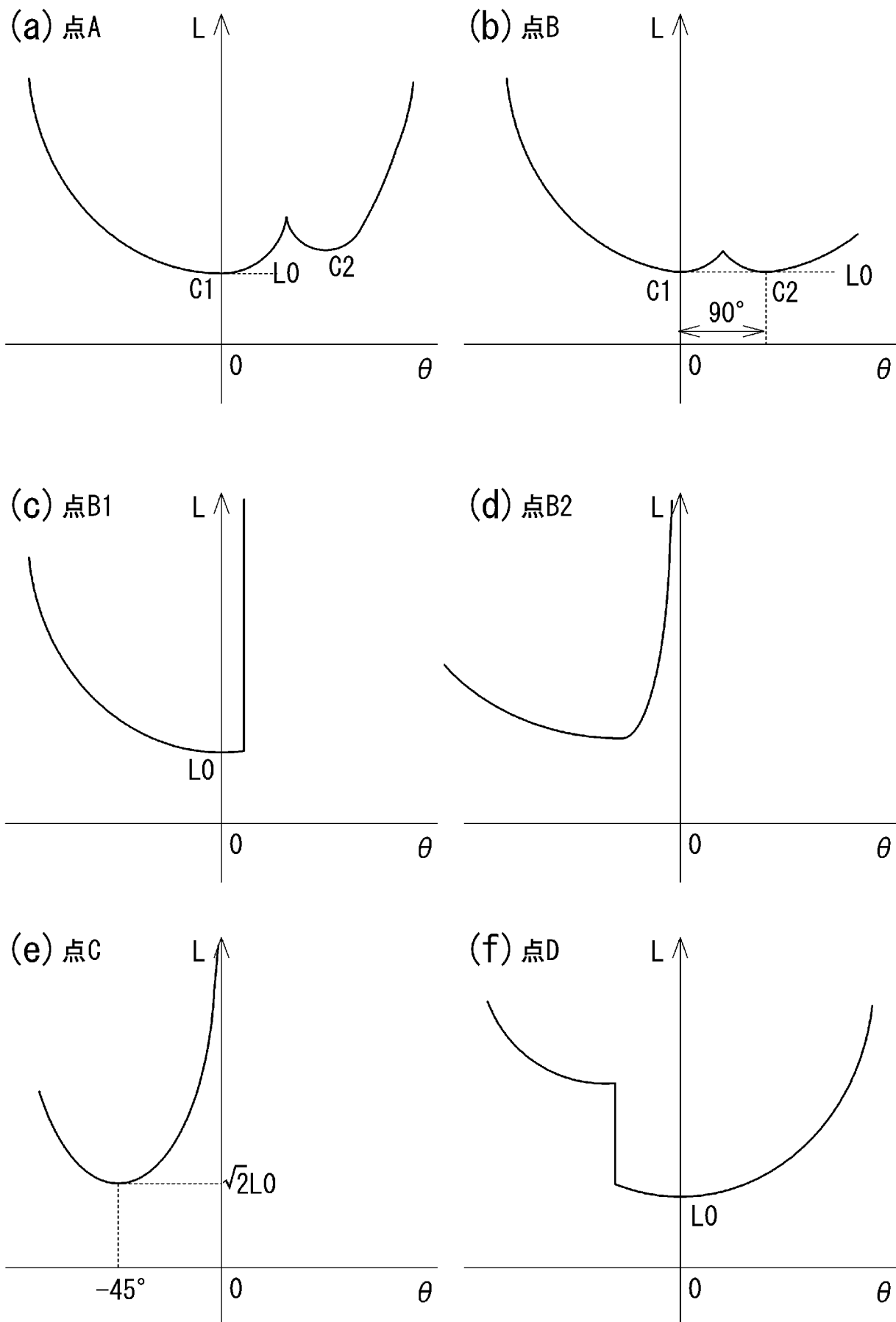
(b)



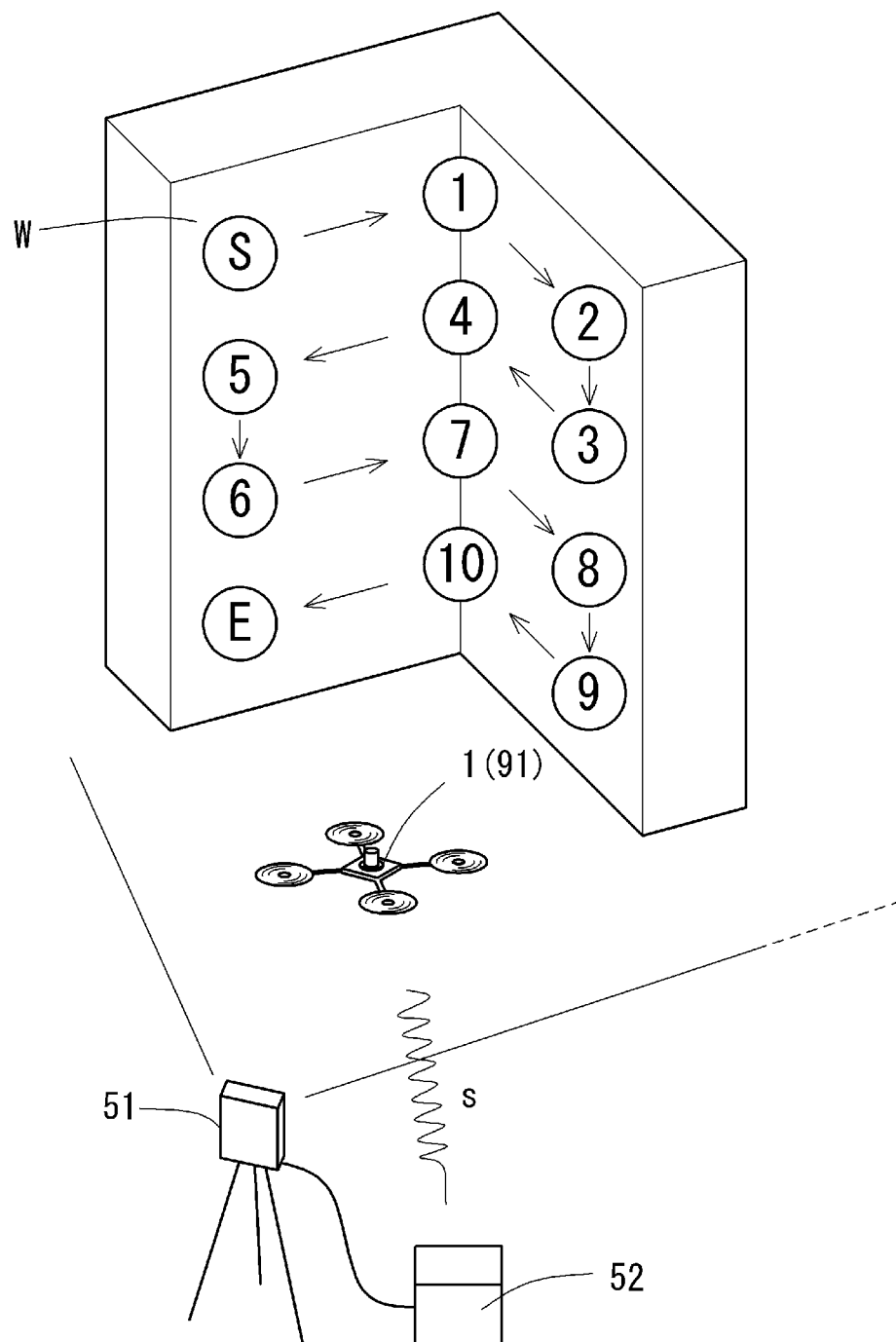
[図9]



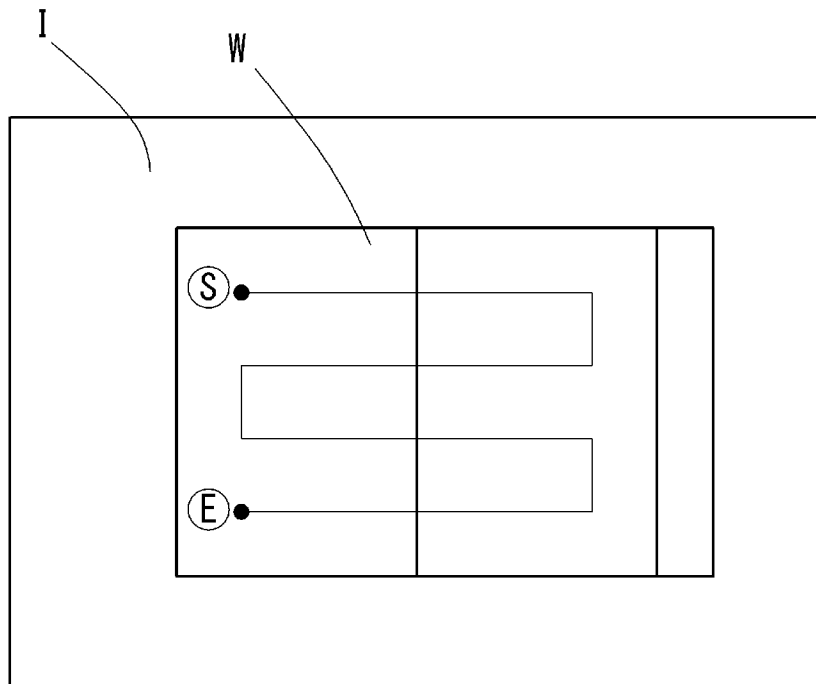
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/079910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/84(2006.01)i, B64C13/20(2006.01)i, B64C27/08(2006.01)i, B64C29/00(2006.01)i, B64C39/02(2006.01)i, B64D47/08(2006.01)i, G01S17/88(2006.01)i, G05D1/10(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)

G01N21/84-21/958, G01N29/00-29/44, B64C13/20, B64C27/08, B64C29/00, B64C39/02, B64D47/08, G01S17/88, G05D1/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2014/0168420 A1 (EADS DEUTSCHLAND GMBH), 19 June 2014 (19.06.2014), paragraphs [0013] to [0020], [0029]; claims 11 to 12; fig. 1 to 3 & WO 2012/145780 A2 & DE 102011017564 A1	1-8, 11 12
Y	JP 2005-289127 A (Nagasaki-Ken), 20 October 2005 (20.10.2005), paragraphs [0026] to [0031]; fig. 1 (Family: none)	12
A	JP 2003-26097 A (Yoshikazu KIKUOKA), 29 January 2003 (29.01.2003), (Family: none)	1-12

☒ 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
16 December 2016 (16.12.16)

Date of mailing of the international search report
27 December 2016 (27.12.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/079910

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-37937 A (Topcon Corp.), 26 February 2015 (26.02.2015), (Family: none)	1-12
A	US 2012/0262708 A1 (CYBERHAWK INNOVATIONS LTD.), 18 October 2012 (18.10.2012), & WO 2011/064565 A2	1-12
A	US 2014/0277842 A1 (STATE FARM MUTUAL AUTOMOBILE INSURANCE CO.), 18 September 2014 (18.09.2014), & CA 2846533 A	1-12
A	US 2011/0160950 A1 (NADERHIRN, Michael), 30 June 2011 (30.06.2011), & GB 2475197 A & WO 2010/007115 A2 & DE 112009001692 A & CN 102160006 A & AT 507035 A1	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N21/84(2006.01)i, B64C13/20(2006.01)i, B64C27/08(2006.01)i, B64C29/00(2006.01)i, B64C39/02(2006.01)i, B64D47/08(2006.01)i, G01S17/88(2006.01)i, G05D1/10(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. G01N21/84-21/958, G01N29/00-29/44, B64C13/20, B64C27/08, B64C29/00, B64C39/02, B64D47/08, G01S17/88, G05D1/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	US 2014/0168420 A1 (EADS DEUTSCHLAND GMBH) 2014.06.19, 段落 [0013] - [0020], [0029], 請求項 11-12, 図	1-8, 11
Y	1-3 & WO 2012/145780 A2 & DE 102011017564 A1	12
Y	JP 2005-289127 A (長崎県) 2005.10.20, 段落 [0026] - [0031], 図 1 (ファミリーなし)	12

☒ 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

16.12.2016

国際調査報告の発送日

27.12.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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）

蔵田 真彦

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

2W

3602

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2003-26097 A (菊岡 義和) 2003.01.29 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2015-37937 A (株式会社トプコン) 2015.02.26 (ファミリーなし)	1-12
A	US 2012/0262708 A1 (CYBERHAWK INNOVATIONS LIMITED) 2012.10.18 & WO 2011/064565 A2	1-12
A	US 2014/0277842 A1 (STATE FARM MUTUAL AUTOMOBILE INSURANCE COMPANY) 2014.09.18 & CA 2846533 A	1-12
A	US 2011/0160950 A1 (NADERHIRN, Michael) 2011.06.30 & GB 2475197 A & WO 2010/007115 A2 & DE 112009001692 A & CN 102160006 A & AT 507035 A1	1-12