

(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  
2016年1月7日(07.01.2016)

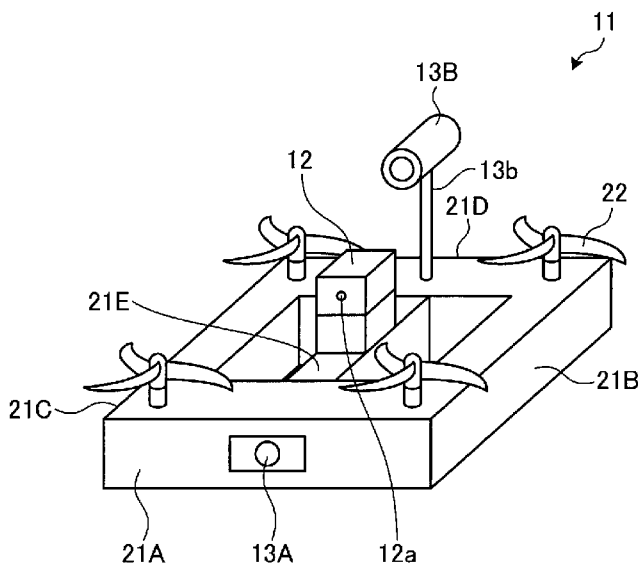


(10) 国際公開番号  
WO 2016/002236 A1

- (51) 国際特許分類:  
G05D 1/10 (2006.01) G01N 21/84 (2006.01)  
G01B 21/00 (2006.01) G05D 1/00 (2006.01)  
G01C 15/00 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/051360
  - (22) 国際出願日: 2015年1月20日(20.01.2015)
  - (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 2014-136868 2014年7月2日(02.07.2014) JP
  - (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).
  - (72) 発明者: 河野 貴之 (KONO, Takayuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 津村 陽一郎 (TSUMURA, Yoichiro); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
  - (74) 代理人: 酒井 宏明, 外 (SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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, 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, 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: INDOOR MONITORING SYSTEM AND METHOD FOR STRUCTURE

(54) 発明の名称: 構造物の屋内監視システム及び方法



(57) Abstract: The invention is provided with: an unmanned floating machine (11) provided with a propeller (22) or the like, said unmanned floating machine (11) being a floating means which is caused to float and move in the air by remote control inside a structure such as a boiler furnace; a distance measuring unit (12) which is mounted on the unmanned floating machine (11) and which measures a distance between the unmanned floating machine (11) and an inner wall surface of the structure; an inertial measurement unit (IMU) which is mounted on the unmanned floating machine (11) and which identifies the attitude of the body of the unmanned floating machine (11); an image-capturing unit (13) which is mounted on the unmanned floating machine (11) and which captures an image of a structural body (for example a pipe) on the side of said unmanned floating machine (11) toward the wall surface of the structure; a control unit with which the unmanned floating machine (11) is remotely controlled; a flight position information acquiring unit which uses information from the distance measuring unit (12) and information from the inertial measurement unit to acquire information relating to the current position of the un-

manned floating machine (11); and a monitor unit which displays image information from the image-capturing unit (13) and the position information from the flight position information acquiring unit.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/002236 A1



---

例えばボイラ火炉等の構造物の内部を、遠隔操作により空中浮揚及び移動させる浮遊手段である例えばプロペラ(22)を備えた無人浮遊機(11)と、無人浮遊機(11)に搭載され、該無人浮遊機(11)と構造物の内壁面との距離を計測する距離計測部(12)と、この無人浮遊機(11)に搭載され、その機体姿勢を把握する慣性計測部(IMU)と、無人浮遊機(11)に搭載され、構造物の壁面側の構造体(例えば配管等)を撮像する撮像部(13)と、無人浮遊機(11)を遠隔操作する操作部と、距離計測部(12)の情報と慣性計測部の情報とにより、無人浮遊機(11)の現在位置情報を取得する飛行位置情報取得部と、撮像部(13)からの画像情報と、飛行位置情報取得部からの位置情報とを表示するモニタ部と、を備える。

## 明 細 書

発明の名称： 構造物の屋内監視システム及び方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、構造物の屋内監視システム及び方法に関するものである。

### 背景技術

[0002] 例えば火力発電所で用いられるボイラ火炉は、製作時及び運転開始後定期的に開放し、内部に作業が入り保守検査を行う必要がある。この保守検査時には、検査箇所を明確にする必要があるが、ボイラ火炉は容量が大きく目視で検査箇所を正確に把握することは困難である。そこで、従来では、検査箇所の高さ位置及び左右位置を巻尺等により測定マーキングすることで作業員の居場所あるいは保守検査位置を把握していたが、この方法では、作業員の足場架設やゴンドラ設置が必要となり、多大な労力、コスト及び点検期間が必要となっている。

[0003] そこで、従来では、煙突等の構造物の内部を、無人点検装置により清掃する技術が提案されている（特許文献1）。しかしながら、この提案もワイヤを設置するための架台が必要となり、その準備に労力、コスト及び点検期間が必要となっている。

[0004] また、屋外の構造物においては、無人機とGPS（Global Positioning System）とを使用した足場架設が不要の無人点検技術の適用が提案されている（特許文献2）。

[0005] しかしながら、ボイラ内部や煙突など構造物の屋内の点検では、衛星からの電波が届かないので、GPSによる飛行位置把握ができず、安定した操縦ができないため、既存の無人機による点検技術を適用することができない、という問題がある。

[0006] これに対して、GPSを使用しない屋内の飛行ができるシステムも提案されている（特許文献3）。

### 先行技術文献

## 特許文献

[0007] 特許文献1：特開平6-73922号公報

特許文献2：特表2011-530692号公報

特許文献3：欧州特許出願公開第1901153号明細書

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、特許文献3の提案においては、GPSを用いる代わりに、地上に特徴点（又は模様）が必要であり、その特徴点（又は模様）は設置可能場所が限定される、という問題がある。また、ボイラ火炉や煙突等の構造物は内部が暗所の閉鎖空間であるので、特徴点の確認ができない、という問題がある。

[0009] よって、ボイラ火炉や煙突等の閉鎖された屋内構造物において、内部の位置情報を確実とした無人による点検が可能となり、例えば足場や架設が不要となることによる労力、コスト及び点検期間の削減ができる構造物の屋内監視システムの出現が切望されている。

[0010] 本発明は、前記問題に鑑み、内部の位置情報を確実とした無人による点検が可能となり、例えば足場架設が不要となることによる労力、コスト及び点検期間の削減ができる構造物の屋内監視システム及び方法を提供することを課題とする。

### 課題を解決するための手段

[0011] 上述した課題を解決するための本発明の第1の発明は、構造物の内部を、遠隔操作により空中浮揚させる浮遊手段を備えた無人浮遊機と、前記無人浮遊機に搭載され、該無人浮遊機と前記構造物の内壁面との距離を計測する距離計測部と、前記無人浮遊機に搭載され、該無人浮遊機の機体姿勢を把握する慣性計測部と、前記無人浮遊機に搭載され、前記構造物の壁面側の構造物を撮像する撮像部と、前記無人浮遊機を遠隔操作する操作部と、前記距離計測部の情報と慣性計測部の情報とにより、前記無人浮遊機の現在位置情報を

取得する飛行位置情報取得部と、前記撮像部からの画像情報と、前記飛行位置情報取得部からの位置情報とを表示するモニタ部と、を備え、前記飛行位置情報取得部において、前記距離計測部により、該無人浮遊機と構造物の内壁面との水平距離情報を計測する水平方向距離計測工程と、前記慣性計測部により、無人浮遊機の姿勢角を取得する姿勢角取得工程と、前記姿勢角取得工程で取得した姿勢角を用いて前記水平距離情報を補正する水平方向距離補正工程と、前記慣性計測部で取得したヨー角を基準に、前記無人浮遊機の前後左右の少なくとも2点の距離を取得する水平方向距離取得工程と、前記構造物の既知の横断面形状情報から水平方向の現在位置情報を取得する水平方向現在位置情報取得工程とを実行することを特徴とする構造物の屋内監視システムにある。

[0012] 第2の発明は、第1の発明において、前記飛行位置情報取得部において、前記距離計測部により、該無人浮遊機と構造物の上下いずれかの高さ方向の距離情報を計測する高さ方向距離計測工程と、前記慣性計測部により、無人浮遊機の姿勢角を取得する姿勢角取得工程と、前記姿勢角取得工程で取得した姿勢角を用いて前記高さ方向の距離情報を補正する高さ方向距離補正工程と、前記構造物の既知の縦断面形状情報から高さ方向の現在位置情報を取得する高さ方向現在位置情報取得工程とを実行することを特徴とする構造物の屋内監視システムにある。

[0013] 第3の発明は、第1の発明において、前記水平方向距離計測工程での計測を複数点行い、平均した距離を前記水平距離情報として用いることを特徴とする構造物の屋内監視システムにある。

[0014] 第4の発明は、第2の発明において、前記高さ方向距離計測工程での計測を複数点行い、平均した距離を高さ方向の距離情報として用いることを特徴とする構造物の屋内監視システムにある。

[0015] 第5の発明は、第1又は2の発明において、前記飛行位置情報取得部が無人浮遊機に搭載され、取得した現在位置情報を送信部により地上部側に送信し、モニタ部で表示することを特徴とする構造物の屋内監視システムにある。

- 。
- [0016] 第6の発明は、第1又は2の発明において、前記飛行位置情報取得部が地上部側のコントローラ端末に搭載され、前記距離計測部の情報と慣性計測部の情報とを送信部により地上部側に送信し、前記飛行位置情報取得部において処理され、現在位置情報をモニタ部で表示することを特徴とする構造物の屋内監視システムにある。
- [0017] 第7の発明は、第1又は2の発明において、前記撮像部が静止画撮像部又は動画撮像部のいずれか一方又は両方であることを特徴とする構造物の屋内監視システムにある。
- [0018] 第8の発明は、第1又は2の発明において、前記無人浮遊機の周囲にガード部を有することを特徴とする構造物の屋内監視システムにある。
- [0019] 第9の発明は、構造物の内部を、遠隔操作により空中浮揚させる浮遊手段を備えた無人浮遊機を用い、前記無人浮遊機に搭載され、該無人浮遊機と前記構造物の内壁面との距離を計測する距離計測工程と、前記無人浮遊機に搭載され、該無人浮遊機の機体姿勢を把握する慣性計測工程と、前記無人浮遊機に搭載され、前記構造物の壁面側の構造体を撮像する撮像工程と、前記無人浮遊機を遠隔操作する操作工程と、前記距離計測工程の情報と慣性計測工程の情報とにより、前記無人浮遊機の現在位置情報を取得する飛行位置情報取得工程と、前記撮像工程からの画像情報と、前記飛行位置情報取得工程からの位置情報とを表示するモニタ表示工程と、を備え、前記飛行位置情報取得工程において、前記距離計測工程により、該無人浮遊機と構造物の内壁面との水平距離情報を計測する水平方向距離計測工程と、前記慣性計測工程により、無人浮遊機の姿勢角を取得する姿勢角取得工程と、前記姿勢角取得工程で取得した姿勢角を用いて前記水平距離情報を補正する水平方向距離補正工程と、前記慣性計測工程で取得したヨー角を基準に、前記無人浮遊機の前後左右の少なくとも2点の距離を取得する水平方向距離取得工程と、前記構造物の既知の横断面形状情報から水平方向の現在位置情報を取得する水平方向現在位置情報取得工程とを実行することを特徴とする構造物の屋内監視方

法にある。

[0020] 第10の発明は、第9の発明において、前記飛行位置情報取得工程において、前記距離計測工程により、該無人浮遊機と構造物の上下いずれかの高さ方向の距離情報を計測する高さ方向距離計測工程と、前記慣性計測工程により、無人浮遊機の姿勢角を取得する姿勢角取得工程と、前記姿勢角取得工程で取得した姿勢角を用いて前記高さ方向の距離情報を補正する高さ方向距離補正工程と、前記構造物の既知の縦断面形状情報から高さ方向の現在位置情報を取得する高さ方向現在位置情報取得工程とを実行することを特徴とする構造物の屋内監視方法にある。

[0021] 第11の発明は、第9の発明において、前記水平方向距離計測工程での計測を複数点行い、平均した距離を前記水平距離情報として用いることを特徴とする構造物の屋内監視方法にある。

[0022] 第12の発明は、第10の発明において、前記高さ方向距離計測工程での計測を複数点行い、平均した距離を高さ方向の距離情報として用いることを特徴とする構造物の屋内監視方法にある。

[0023] 第13の発明は、第9又は10の発明において、前記飛行位置情報取得工程が無人浮遊機側で処理され、取得した現在位置情報を地上部側に送信し、モニタ表示することを特徴とする構造物の屋内監視方法にある。

[0024] 第14の発明は、第9又は10の発明において、前記飛行位置情報取得工程が地上部側で処理され、前記距離計測工程の情報と慣性計測工程の情報とを地上部側に送信し、前記飛行位置情報取得工程において処理され、現在位置情報をモニタ表示することを特徴とする構造物の屋内監視方法にある。

[0025] 第15の発明は、第9又は10の発明において、前記撮像工程が静止画撮像工程又は動画撮像工程のいずれか一方又は両方であることを特徴とする構造物の屋内監視方法にある。

### 発明の効果

[0026] 本発明によれば、例えばボイラ火炉や煙突等の構造物の内部の位置情報を確実とした無人による点検が可能となり、例えば足場架設が不要となること

による労力、コスト及び点検期間の大幅な削減を図ることができる。

### 図面の簡単な説明

[0027] [図1]図1は、実施例1に係る無人浮遊機の概略図である。

[図2]図2は、実施例1に係るボイラ火炉の点検を行う様子を示す概略図である。

[図3]図3は、実施例1に係る構造物の屋内監視システムのブロック構成図である。

[図4]図4は、実施例1に係る他の構造物の屋内監視システムのブロック構成図である。

[図5]図5は、実施例1に係る距離計測部としてレーザスキャナを用いた場合のスキャン範囲の一例を示す図である。

[図6]図6は、実施例1に係る無人浮遊機の姿勢位置の3態様を示す図である。

[図7]図7は、実施例1に係る水平方向の位置モニタリングフロー図である。

[図8]図8は、実施例1に係る高さ方向の位置モニタリングフロー図である。

[図9]図9は、実施例1に係る水平方向の現在位置の取得の一例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0028] 以下に添付図面を参照して、本発明の好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例により本発明が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。

#### 実施例 1

[0029] 図1は、実施例1に係る構造物の屋内監視システムの概略図である。図2は、実施例1に係るボイラ火炉の点検を行う様子を示す概略図である。図3は、実施例1に係る構造物の屋内監視システムのブロック構成図である。図1乃至図3に示すように、本実施例に係る構造物の屋内監視システムは、例えばボイラ火炉等の閉鎖された構造物50の内部を、遠隔操作により空中浮揚及び移動させる浮遊手段である例えばプロペラ22を備えた無人浮遊機1

1と、無人浮遊機11に搭載され、該無人浮遊機11と構造物50の内壁面との距離を計測する距離計測部（例えばレーザスキャナ、超音波センサ等）12と、この無人浮遊機11に搭載され、その機体姿勢を把握する慣性計測部（Inertial Measurement Unit：IMU）と、無人浮遊機11に搭載され、構造物50の壁面側の構造体（例えば配管、継手等）を撮像する撮像部（静止画撮像部13A、動画撮像部13B）13と、無人浮遊機11を遠隔操作する操作部15と、距離計測部12の情報（信号）と慣性計測部の情報（信号）とにより、無人浮遊機11の現在位置情報を取得する飛行位置情報取得部16と、撮像部13からの画像情報と、飛行位置情報取得部16からの位置情報とを表示するモニタ部14と、を備えている。なお、12aはレーザ光出射部である。

[0030] そして、飛行位置情報取得部16において、距離計測部12により、該無人浮遊機11と構造物50の内壁面との水平距離情報（ $r(t)$ 、 $\alpha_s$ ）を計測する距離計測工程（工程1：S-1）と、慣性計測部により、無人浮遊機11の姿勢角を取得する姿勢角取得工程（工程2：S-2）と、工程2で取得した姿勢角を用いて水平距離情報（ $r(t)$ 、 $\alpha_s$ ）を補正する距離補正工程（工程3：S-3）と、慣性計測部で取得したヨー角を基準に、無人浮遊機11の前後左右の少なくとも2点（前（ $L_f(t)$ ）と左（ $L_L(t)$ ）、前（ $L_f(t)$ ）と右（ $L_R(t)$ ）、後（ $L_B(t)$ ）と左（ $L_L(t)$ ）、後（ $L_B(t)$ ）と右（ $L_R(t)$ ）のいずれか2点）の距離を取得する距離取得工程（工程4：S-4）と、構造物50の既知の横断面形状情報から水平方向の現在位置情報を取得する水平方向現在位置情報取得工程（工程5：S-5）とを実行するようにしている。

[0031] 本実施例では、例えばボイラ火炉、煙突等の単純形状（断面形状が矩形、円形）の構造物50を対象としている。構造物50の内部であるので、GPSを使用しない距離計測部（例えばレーザスキャナ、超音波センサ等）12と、無人浮遊機11の機体姿勢制御に使用するセンサ群である慣性計測部（Inertial Measurement Unit：IMU）を用いて、無人浮遊機11の飛行位

置（現在飛行位置情報）をモニタリングするシステムを提供する。

[0032] 本実施例では、図2に示すように、閉鎖された構造物（ボイラ火炉）50の外部に設置する地上ステーションのパーソナルコンピュータPCのモニタ部14にて、無人浮遊機11の飛行位置や映像（損傷箇所）を確認しながら、操作部15にて、無人浮遊機11を操作し、ボイラ火炉50の閉鎖空間の内壁検査を行うようにしている。

[0033] 検査は、図2に示すボイラ火炉50の入口から無人浮遊機11を導入し、その後ボイラ火炉50内を所定距離上昇させ、地上側の操作部15の操作により、4方向の壁の内面に沿って旋回させる。その後、再び所定距離上昇させ、同様に4方向の壁の内面に沿って旋回させる。この操作を繰り返して、ボイラ火炉50の頂上まで検査した後、降下させて、検査を終了する。

検査は、内面の配管の亀裂等の損傷の程度を撮像部により行っている。この検査の際、閉鎖された屋内構造物において、本実施例によれば、モニタ部14において、飛行位置及び損傷箇所の確認を行うことができるので、内部の位置情報を確実とした無人による点検が可能となる。

[0034] 無人浮遊機11は、図1に示すように、機体ガード部21（前方側ガード部21A、左側ガード部21B、右側ガード部21C、後方側ガード部21D）により周囲が防護されており、この機体ガード部21の四隅の上面に設けた浮遊手段であるプロペラ22と、機体本体21Eの中心部に搭載された距離計測部12と、前方側ガード部21Aの一部に設置された静止画撮像部13Aと、後方側ガード部21Dに支持部13bを介して設置された動画撮像部13Bと、を備えている。なお、距離計測部12は、所定角（本実施例では $\pm 135^\circ$ ）スキャンするので、図示しない旋回手段により旋回可能としている。

[0035] ここで、内部情報を確認する撮像部13としては、静止画撮像部13A又は動画撮像部13Bのいずれか一方であってもよい。

[0036] 以下、本実施例においては、距離計測部12として、レーザスキャナを使用した場合の位置モニタリングの手順について、説明する。

[0037] <水平方向のモニタリング>

(1) 水平方向のモニタリングを実施するには、先ず距離計測部12で距離( $r(t)$ 、 $\alpha_s$ )を取得する。

ここで、図5にレーザスキャナのスキンの範囲の一例を示す。本実施例では、北陽電機社製のスキャナ式レンジセンサ「UTM-30LX(商品名)」を用いて行った。

[0038] 図5に示すように、このスキャナ式レンジセンサは、レーザ光でスキニングしながら検出物までの距離を測定する二次元走査型の光距離センサであり、スキャン角度が、 $0^\circ$ を中心として $\pm 135^\circ$ である。

図5において、距離( $r$ )は、距離計測部12のレーザスキャナから内壁50aまでの計測時点での実測距離であり、 $\alpha$ はその計測したスキャンステップの角度である。本装置でのスキンの計測ステップ( $s$ )は $0.25^\circ$ 刻みとなっている。

[0039] (2)次に、慣性計測部(IMU)において、無人浮遊機11の姿勢角ピッチ角( $\theta(t)$ )、ヨー角( $\phi(t)$ )、ロール角( $\phi(t)$ )を取得する。

[0040] 図6は、実施例1に係る無人浮遊機の姿勢位置の3態様を示す図である。

慣性計測部(IMU)は、運動を司る3軸の角度(または角速度)と加速度を検出する装置である。

[0041] ここで、図6中、上段は、無人浮遊機11の上下回転の様子であり、内壁50a側に向いている前方側ガード部21A(機首側)を上げたり、下げたりする旋回(ピッチ( $\theta$ ))である。図6中、中段は、無人浮遊機11の機体の左右回転の様子であり、機首の向きを左右にずらし、左側ガード部21Bと右側ガード部21Cとが左右にふれる旋回(ヨー( $\phi$ ))である。図6中、下段は、無人浮遊機11の進行方向の軸まわりの回転の様子であり、機体を左右に傾ける旋回(ロール( $\phi$ ))である。なお、機体の左右は進行方向を基準としている。

[0042] 次に、位置モニタリング計測工程について、図3を参照して説明する。

飛行位置情報取得部 16 では、距離計測部 12 の実距離情報と、慣性計測部 (IMU) の姿勢角情報とに基づき、真の距離を求めるものである。これは、無人浮遊機 11 は常に XY 座標通りに飛行できるとは限らないので、補正をする必要があるからである。

[0043] 図 7 は、実施例 1 に係る水平方向の位置モニタリングフロー図である。

水平方向の計測は第 1 工程 (S-1) ~ 第 5 工程 (S-5) により行われる。

なお、本実施例では、この計測に先立って、構造物 50 の内部に無人浮遊機 11 を底部に設置した際の初期向き情報を取得する初期向き情報取得工程 (S-0) を設けているが、この工程は、省略するようにしてもよい。

[0044] 1) 第 1 工程は、距離計測部 12 により、無人浮遊機 11 と構造物 50 の内壁 50a との水平距離情報 ( $r(t)$ 、 $\alpha_s$ ) を計測する水平方向距離計測工程 (S-1) である。

[0045] 2) 第 2 工程は、慣性計測部 (IMU) により、無人浮遊機 11 の姿勢角を取得する姿勢角取得工程 (S-2) である。

[0046] 3) 第 3 工程は、第 2 工程 (S-2) で取得した姿勢角を用いて水平距離情報 ( $r(t)$ 、 $\alpha_s$ ) を補正する水平方向距離補正工程 (S-3) である。

[0047] 4) 第 4 工程は、図 9 に示すように、慣性計測部 (IMU) で取得したヨー角 ( $\phi$ ) を基準に、無人浮遊機 11 の前後左右の少なくとも 2 点 (前 ( $L_F(t)$ ) と左 ( $L_L(t)$ )、前 ( $L_F(t)$ ) と右 ( $L_R(t)$ )、後 ( $L_B(t)$ ) と左 ( $L_L(t)$ )、後 ( $L_B(t)$ ) と右 ( $L_R(t)$ ) のいずれか 2 点) の距離を取得する水平方向距離取得工程 (S-4) である。

[0048] 5) 第 5 工程は、構造物 50 の既知の横断面形状情報から水平方向の現在位置情報を取得する水平方向現在位置情報取得工程 (S-5) である。

[0049] この第 1 工程 (S-1) ~ 第 5 工程 (S-5) を実行することで、無人浮遊機 11 の計測時の姿勢角を考慮した水平方向の真の距離情報を取得することができる。

[0050] ここで、第 3 工程 (S-3) における取得した姿勢角で計測距離を補正す

るのは以下のように行う。

( $r(t)$ 、 $\alpha_s$ ) で得られるレーザ計測点を( $x_R$ 、 $y_R$ )座標に変換する。この座標変換は、下記式(1)から求められる。

[0051] [数1]

$$\begin{pmatrix} x_R(t) \\ y_R(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r(t) \cos \alpha_s \\ r(t) \sin \alpha_s \end{pmatrix} \quad \dots \text{式(1)}$$

[0052] 補正後の計測点( $x'(t)$ 、 $y'(t)$ )の、回転座標系の変換は、下記式(2)から求められる。

[0053] [数2]

$$\begin{pmatrix} x'(t) \\ y'(t) \\ z'(t) \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta(t) & -\sin \theta(t) & 0 \\ 0 & \sin \theta(t) & \cos \theta(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi(t) & 0 & \sin \phi(t) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \phi(t) & 0 & \cos \phi(t) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_R(t) \\ y_R(t) \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad \dots \text{式(2)}$$

[0054] 式(2)から求めた値を、レーザ計測の( $r$ 、 $\alpha$ )座標系に変換する。この座標変換は、下記式(3)から求められる。

[0055] [数3]

$$\begin{pmatrix} r'(t) \\ \alpha'(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{x^2 + y^2} \\ \arctan(y/x) \end{pmatrix} \quad \dots \text{式(3)}$$

[0056] 次に、第4工程(S-4)において、慣性計測部(IMU)で取得したヨ一角 $\phi(t)$ を基準に、無人浮遊機11の前後左右の距離を取得する。ただし、スキャン角が所定のスキャン範囲を外れた場合は、壁側からの距離としては、採用しない。

- ・スキャン角 $\alpha_1 = \phi(t)$ となるスキャン角のデータを正面距離 $L_F(t)$
- ・スキャン角 $\alpha_2 = \phi(t) - 90^\circ$ となるスキャン角を左側距離 $L_L(t)$
- ・スキャン角 $\alpha_3 = \phi(t) + 90^\circ$ となるスキャン角を右側距離 $L_R(t)$

- ・ スキャン角  $\alpha_4 = \phi(t) + 180^\circ$  となるスキャン角を後方距離  $L_B(t)$
- [0057] 最後の第5工程 (S-5) において、計測可能な距離 (最低2つ: 前後左右の各々の少なくとも2点) を使って、既知の横断面形状から現在位置 ( $x(t), y(t)$ ) を取得する。
- [0058] これにより真の現在位置を取得することができ、この現在の位置において撮影した撮像情報と、位置情報とをモニタ部14で確認することができる。
- [0059] この位置情報の計測を無人浮遊機11が移動する毎に計測することで、連続した位置情報の把握が確実に行うことができる。
- [0060] <高さ方向のモニタリング>
- 図8は、実施例1に係る高さ方向の位置モニタリングフロー図である。
- 初期向き情報を取得する初期向き情報取得工程 (S-10) は、水平方向での初期向き情報を取得する初期向き情報取得工程 (S-0) での情報を用いる。
- 高さ方向の計測は、以下の第11工程 (S-11) ~ 第14工程 (S-14) により行われる。
- [0061] 6) 第11工程は、距離計測部12により、無人浮遊機11と構造物50の高さ方向の下方側の距離情報 ( $L_D(t), \alpha_s$ ) を計測する高さ方向距離計測工程 (S-11) である。
- ここで、高さ方向のレーザ光による計測は、図示しないミラー等の反射光学系により行う。レーザ光の照射距離が上昇するにつれて届かない場合には、上方側に反射させて上方側の距離情報 ( $L_U(t), \alpha_s$ ) を計測するようにしてもよい。
- [0062] 7) 第12工程は、慣性計測部 (IMU) により、無人浮遊機11の姿勢角を取得する姿勢角取得工程 (S-12) である。
- [0063] 8) 第13工程は、第12工程 (S-12) で取得した姿勢角 ( $\phi(t), \theta(t)$ ) を用いて高さ方向の距離情報 ( $L_D(t)$ ) を補正する高さ方向距離補正工程 (S-13) である。
- [0064] 9) 第14工程は、構造物50の既知の縦断面形状情報から高さ方向の現在

位置情報を取得する高さ方向現在位置情報取得工程（S-14）である。

[0065] 第13工程（S-13）の補正は、補正後の計測点（ $z'$ （t））を、下記式（4）から求める。

[0066] [数4]

$$z' = z \cos \alpha \cos \beta \quad \dots \text{式(4)}$$

[0067] 以上より、水平方向と高さ方向とが実計測距離から真の距離に変換することができ、位置情報を確実に取得することができる。

[0068] この結果、GPSが使用できない構造物50の屋内での無人機による計測位置を確実に把握する点検が可能となる。この結果、従来のような構造物50の内部に足場や架設の設置が不要となり、内部検査のための労力、コストおよび点検期間の大幅な削減が可能となる。

[0069] 図3は、実施例1に係る構造物の屋内監視システムのブロック構成図である。図4は、実施例1に係る他の構造物の屋内監視システムのブロック構成図である。

[0070] 図3に示すように、本実施例では、位置情報処理を無人浮遊機11側で実行する場合である。

本実施例では、飛行位置情報取得部16が無人浮遊機11側の所定箇所（図示せず）に搭載され、ここで、真の現在位置情報を取得し、この取得した真の現在位置情報を送信部13aにより地上部側に送信し、モニタ部14で表示するようにしている。

なお、無人浮遊機11の操作は、操作部15からの信号を受信部15aで受け、浮遊機駆動部19に飛行の指令を出している。

[0071] また、本実施例では、撮像部13（静止画撮像部13A、動画撮像部13B）13の撮像情報を、同時に送信部13aを介して地上側の送信し、モニタ部14で表示するようにしている。

[0072] これに対して、図4に示す他の実施例では、位置情報処理を地上部のパーソナルコンピュータPCのコントローラ端末側にある場合である。

本実施例では、飛行位置情報取得部 16 が地上部側（基地局）の PC のコントローラ端末に搭載され、距離計測部 12 の情報（信号）と慣性計測部（IMU）の情報（信号）とを送信部 13 a により地上部側に送信する。そして、受信した情報を基に飛行位置情報取得部 16 において処理され、真の現在位置情報を取得し、この取得した現在位置情報をモニタ部 14 で表示するようにしている。

[0073] 本実施例では、撮像部 13 で撮像した撮像情報を送信部 13 a で送るようにしているが、本発明では、これに限定されるものではなく、例えば撮像情報を一時的に無人浮遊機 11 側の撮像部のメモリ部に格納しておき、観察終了後に、地上ステーション側に情報を送って、撮像情報と位置情報とを合致させるようにしてもよい。

[0074] 以上説明したように、本実施例によれば、例えばボイラ火炉や煙突等の構造物 50 の内部の位置情報を確実とした無人による点検が可能となり、例えば足場架設が不要となることによる労力、コスト及び点検期間の大幅な削減を図ることができる。

## 実施例 2

[0075] 実施例 1 においては、距離計測部 12 での計測を一点の情報としているが、本発明はこれに限定されず、複数点の計測情報を基にして位置計測の精度を向上させるようにしてもよい。

[0076] すなわち、水平方向及び高さ方向の距離計算において、距離計測部 12 でのスキャン角を中心として複数点を抽出し、平均したものをそれぞれの距離とする。そして、この複数点のうち、半数以上が距離計測異常又は計測不能となった場合は、位置モニタリングに使用しないようにする。

この結果、距離取得誤差の影響を低減することができる。

## 符号の説明

- [0077] 11 無人浮遊機  
12 距離計測部（レーザスキャナ）  
13 撮像部（静止画撮像部 13 A、動画撮像部 13 B）

- 1 4 モニタ部
- 1 5 操作部
- 1 6 飛行位置情報取得部
- 2 1 機体ガード部
- 2 2 プロペラ
- 5 0 構造物

## 請求の範囲

### [請求項1]

構造物の内部を、遠隔操作により空中浮揚させる浮遊手段を備えた無人浮遊機と、

前記無人浮遊機に搭載され、該無人浮遊機と前記構造物の内壁面との距離を計測する距離計測部と、

前記無人浮遊機に搭載され、該無人浮遊機の機体姿勢を把握する慣性計測部と、

前記無人浮遊機に搭載され、前記構造物の壁面側の構造体を撮像する撮像部と、

前記無人浮遊機を遠隔操作する操作部と、

前記距離計測部の情報と慣性計測部の情報とにより、前記無人浮遊機の現在位置情報を取得する飛行位置情報取得部と、

前記撮像部からの画像情報と、前記飛行位置情報取得部からの位置情報とを表示するモニタ部と、を備え、

前記飛行位置情報取得部において、

前記距離計測部により、該無人浮遊機と構造物の内壁面との水平距離情報を計測する水平方向距離計測工程と、

前記慣性計測部により、無人浮遊機の姿勢角を取得する姿勢角取得工程と、

前記姿勢角取得工程で取得した姿勢角を用いて前記水平距離情報を補正する水平方向距離補正工程と、

前記慣性計測部で取得したヨー角を基準に、前記無人浮遊機の前後左右の少なくとも2点の距離を取得する水平方向距離取得工程と、

前記構造物の既知の横断面形状情報から水平方向の現在位置情報を取得する水平方向現在位置情報取得工程とを実行することを特徴とする構造物の屋内監視システム。

### [請求項2]

請求項1において、

前記飛行位置情報取得部において、

前記距離計測部により、該無人浮遊機と構造物の上下いずれかの高さ方向の距離情報を計測する高さ方向距離計測工程と、

前記慣性計測部により、無人浮遊機の姿勢角を取得する姿勢角取得工程と、

前記姿勢角取得工程で取得した姿勢角を用いて前記高さ方向の距離情報を補正する高さ方向距離補正工程と、

前記構造物の既知の縦断面形状情報から高さ方向の現在位置情報を取得する高さ方向現在位置情報取得工程とを実行することを特徴とする構造物の屋内監視システム。

[請求項3] 請求項1において、

前記水平方向距離計測工程での計測を複数点行い、平均した距離を前記水平距離情報として用いることを特徴とする構造物の屋内監視システム。

[請求項4] 請求項2において、

前記高さ方向距離計測工程での計測を複数点行い、平均した距離を高さ方向の距離情報として用いることを特徴とする構造物の屋内監視システム。

[請求項5] 請求項1又は2において、

前記飛行位置情報取得部が無人浮遊機に搭載され、取得した現在位置情報を送信部により地上部側に送信し、モニタ部で表示することを特徴とする構造物の屋内監視システム。

[請求項6] 請求項1又は2において、

前記飛行位置情報取得部が地上部側のコントローラ端末に搭載され、  
、  
前記距離計測部の情報と慣性計測部の情報とを送信部により地上部側に送信し、前記飛行位置情報取得部において処理され、現在位置情報をモニタ部で表示することを特徴とする構造物の屋内監視システム。

- [請求項7] 請求項1又は2において、  
前記撮像部が静止画撮像部又は動画撮像部のいずれか一方又は両方であることを特徴とする構造物の屋内監視システム。
- [請求項8] 請求項1又は2において、  
前記無人浮遊機の周囲にガード部を有することを特徴とする構造物の屋内監視システム。
- [請求項9] 構造物の内部を、遠隔操作により空中浮揚させる浮遊手段を備えた無人浮遊機を用い、  
前記無人浮遊機に搭載され、該無人浮遊機と前記構造物の内壁面との距離を計測する距離計測工程と、  
前記無人浮遊機に搭載され、該無人浮遊機の機体姿勢を把握する慣性計測工程と、  
前記無人浮遊機に搭載され、前記構造物の壁面側の構造体を撮像する撮像工程と、  
前記無人浮遊機を遠隔操作する操作工程と、  
前記距離計測工程の情報と慣性計測工程の情報とにより、前記無人浮遊機の現在位置情報を取得する飛行位置情報取得工程と、  
前記撮像工程からの画像情報と、前記飛行位置情報取得工程からの位置情報とを表示するモニタ表示工程と、を備え、  
前記飛行位置情報取得工程において、  
前記距離計測工程により、該無人浮遊機と構造物の内壁面との水平距離情報を計測する水平方向距離計測工程と、  
前記慣性計測工程により、無人浮遊機の姿勢角を取得する姿勢角取得工程と、  
前記姿勢角取得工程で取得した姿勢角を用いて前記水平距離情報を補正する水平方向距離補正工程と、  
前記慣性計測工程で取得したヨー角を基準に、前記無人浮遊機の前後左右の少なくとも2点の距離を取得する水平方向距離取得工程と、

前記構造物の既知の横断面形状情報から水平方向の現在位置情報を取得する水平方向現在位置情報取得工程とを実行することを特徴とする構造物の屋内監視方法。

[請求項10]

請求項9において、  
前記飛行位置情報取得工程において、  
前記距離計測工程により、該無人浮遊機と構造物の上下いずれかの高さ方向の距離情報を計測する高さ方向距離計測工程と、  
前記慣性計測工程により、無人浮遊機の姿勢角を取得する姿勢角取得工程と、  
前記姿勢角取得工程で取得した姿勢角を用いて前記高さ方向の距離情報を補正する高さ方向距離補正工程と、  
前記構造物の既知の縦断面形状情報から高さ方向の現在位置情報を取得する高さ方向現在位置情報取得工程とを実行することを特徴とする構造物の屋内監視方法。

[請求項11]

請求項9において、  
前記水平方向距離計測工程での計測を複数点行い、平均した距離を前記水平距離情報として用いることを特徴とする構造物の屋内監視方法。

[請求項12]

請求項10において、  
前記高さ方向距離計測工程での計測を複数点行い、平均した距離を高さ方向の距離情報として用いることを特徴とする構造物の屋内監視方法。

[請求項13]

請求項9又は10において、  
前記飛行位置情報取得工程が無人浮遊機側で処理され、取得した現在位置情報を地上部側に送信し、モニタ表示することを特徴とする構造物の屋内監視方法。

[請求項14]

請求項9又は10において、  
前記飛行位置情報取得工程が地上部側で処理され、

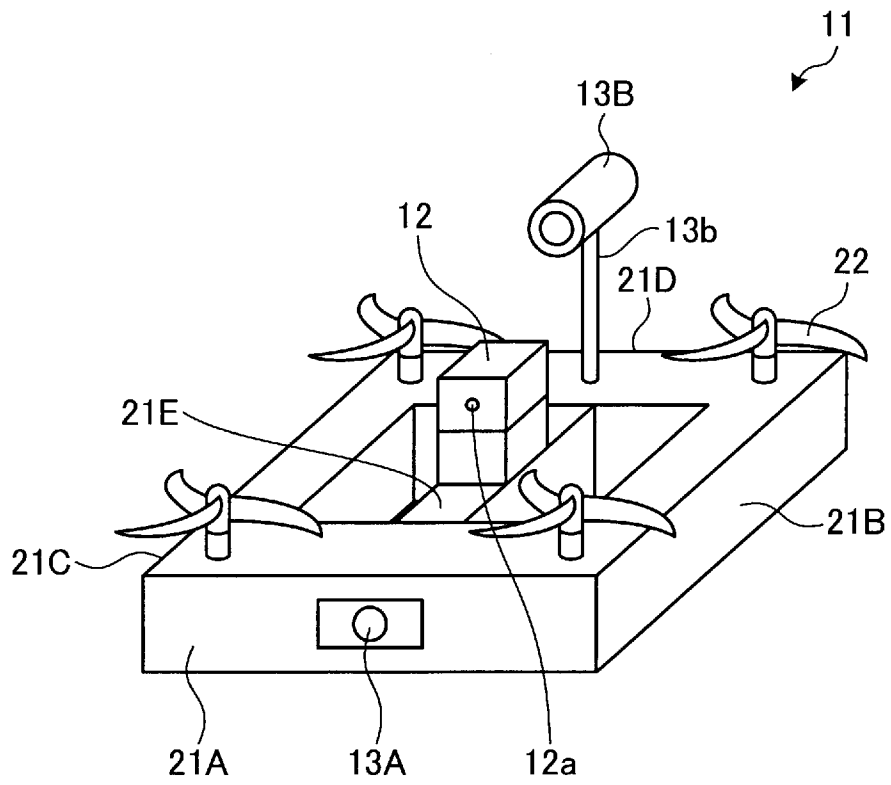
前記距離計測工程の情報と慣性計測工程の情報とを地上部側に送信し、前記飛行位置情報取得工程において処理され、現在位置情報をモニタ表示することを特徴とする構造物の屋内監視方法。

[請求項15]

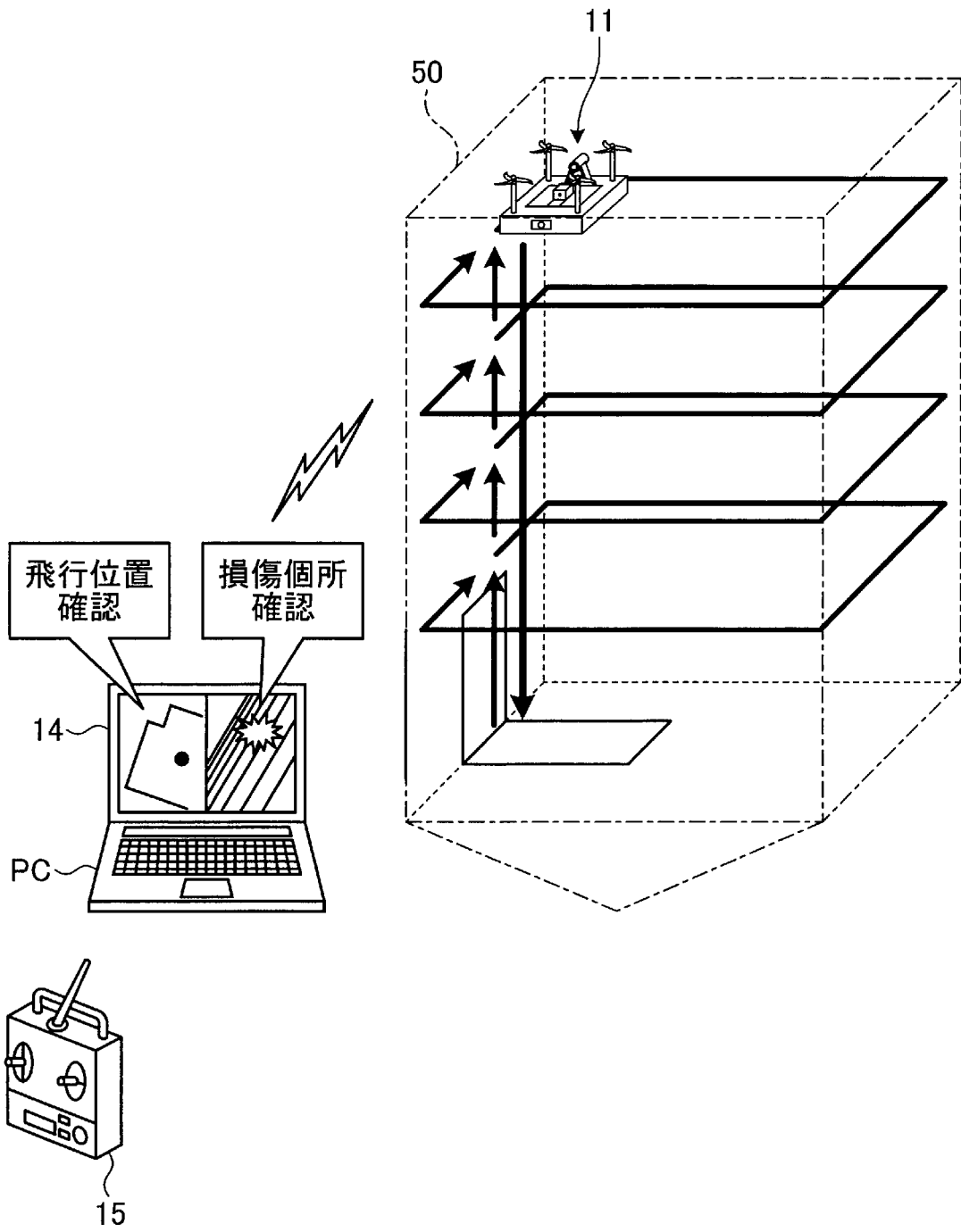
請求項9又は10において、

前記撮像工程が静止画撮像工程又は動画撮像工程のいずれか一方又は両方であることを特徴とする構造物の屋内監視方法。

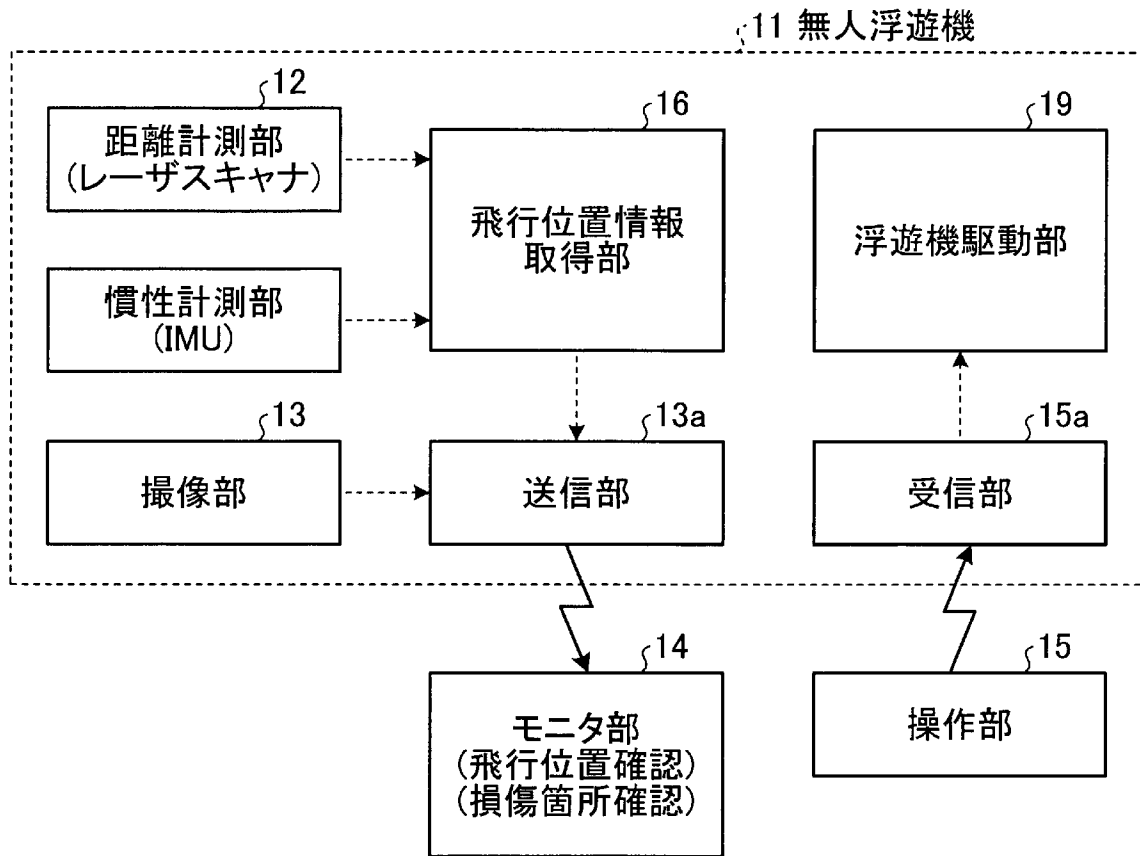
[図1]



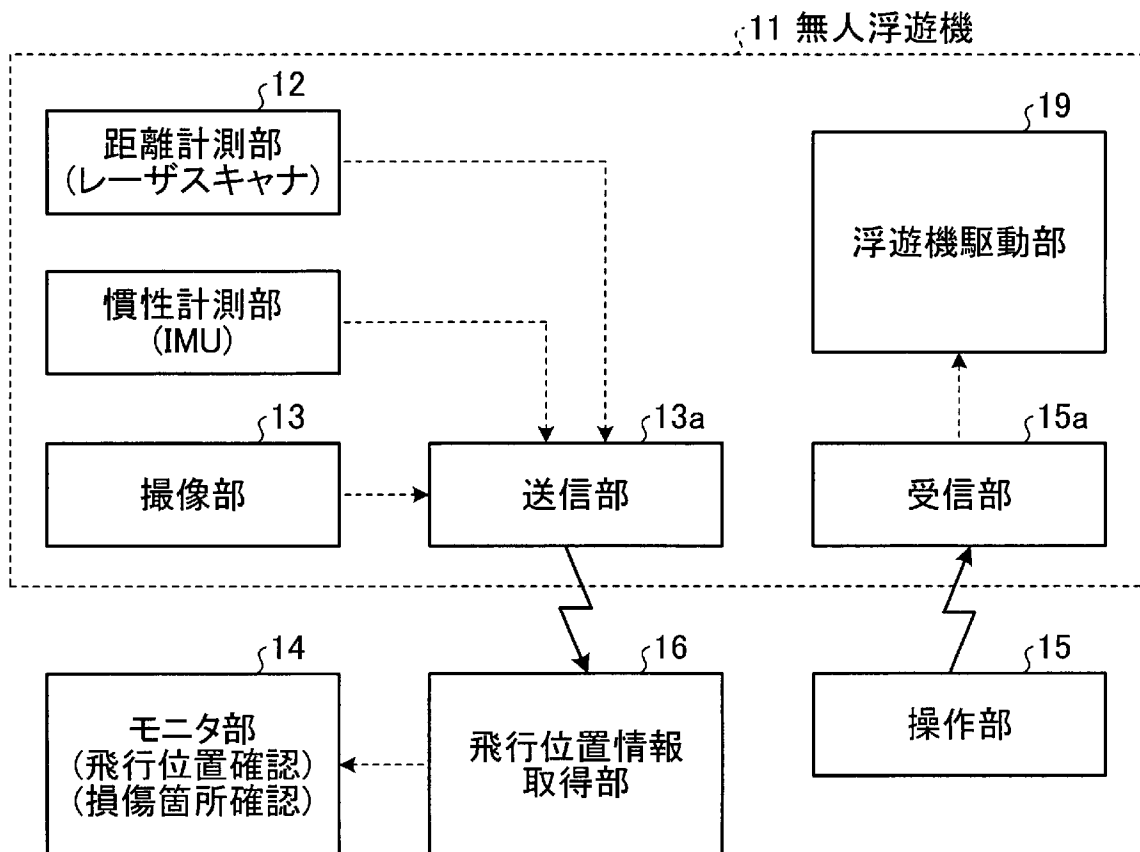
[図2]



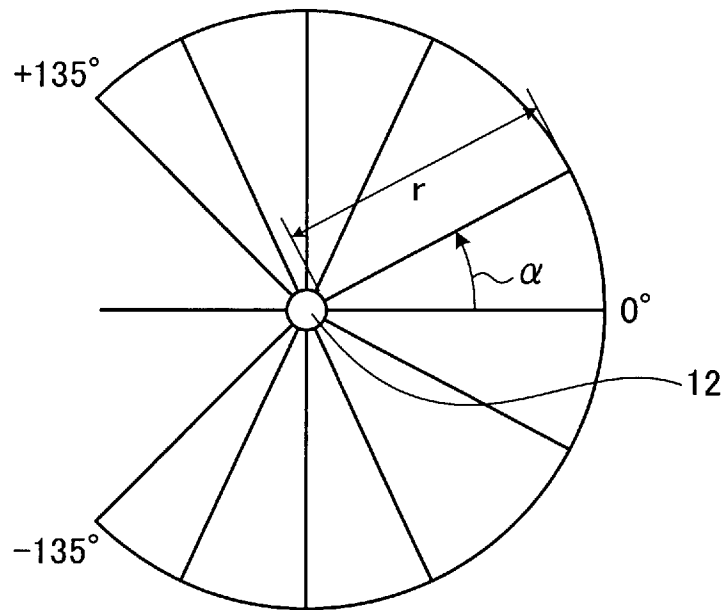
[図3]



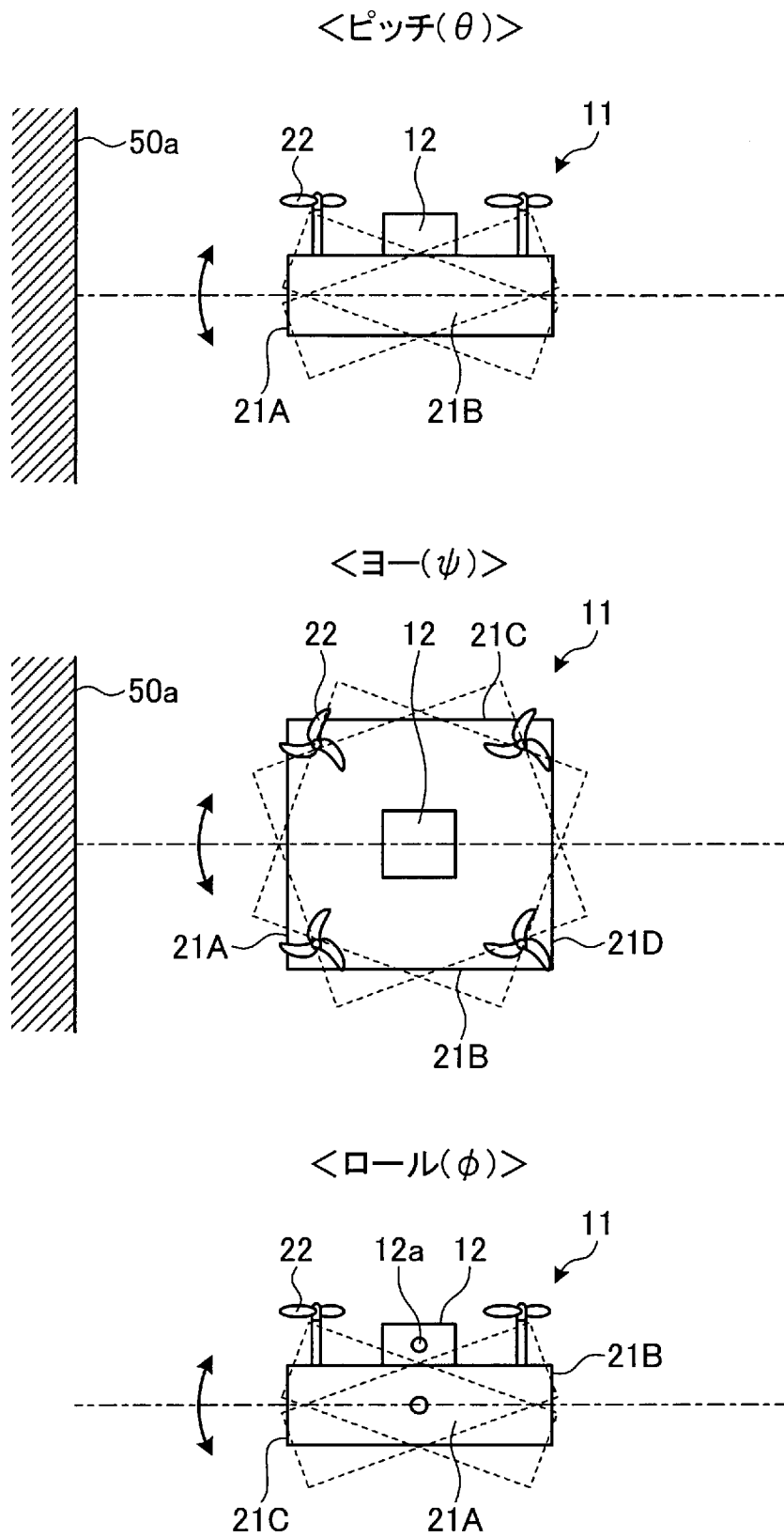
[図4]



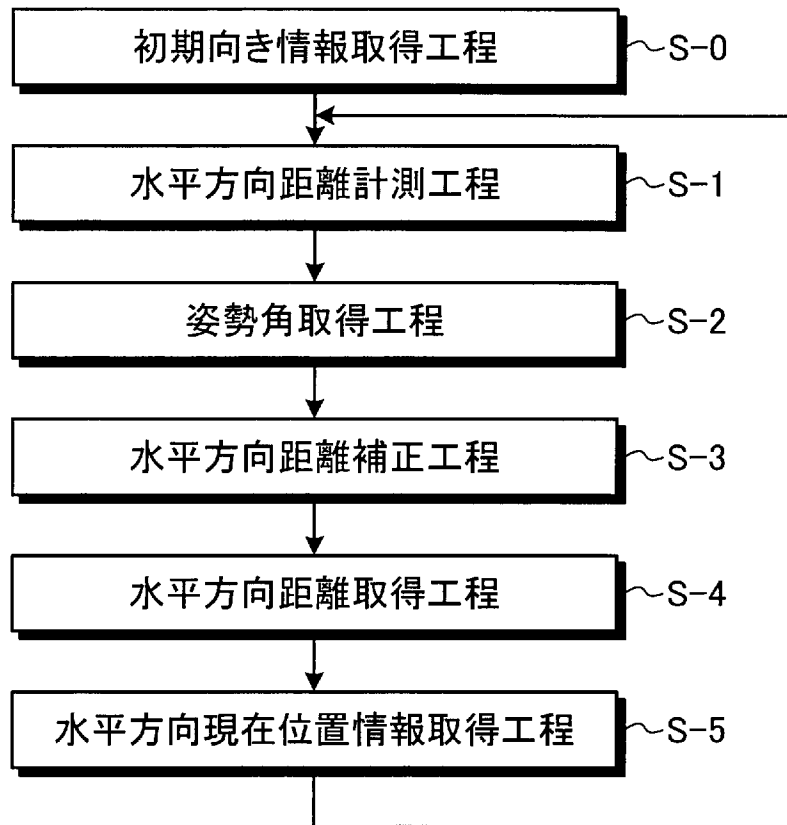
[図5]



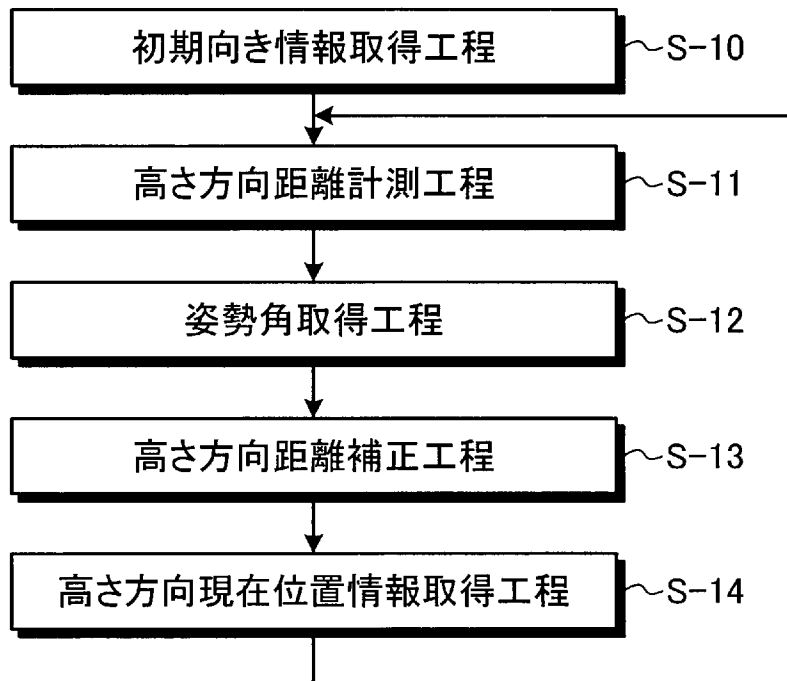
[図6]



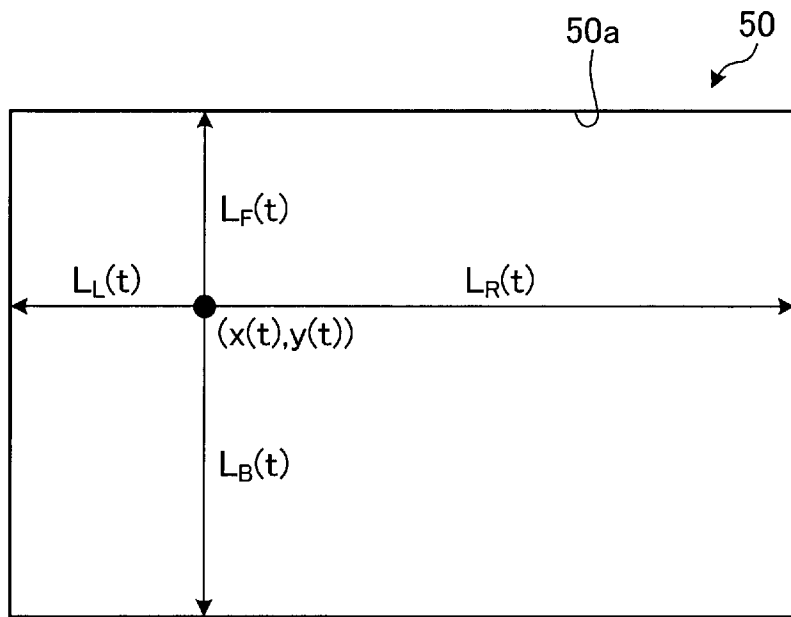
[図7]



[図8]



[図9]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/051360

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D1/10(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, G01C15/00(2006.01)i, G01N21/84  
(2006.01)i, G05D1/00(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)  
G05D1/10, G01B21/00, G01C15/00, G01N21/84, G05D1/00

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2014-119828 A (Secom Co., Ltd.), 30 June 2014 (30.06.2014), paragraphs [0013] to [0026]; fig. 1 (Family: none)	1-15
Y	JP 2009-136987 A (Toyota Motor Corp.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0045] to [0048] (Family: none)	1-15
Y	JP 2012-509812 A (Parrot), 26 April 2012 (26.04.2012), paragraphs [0002] to [0033] & US 2011/0288696 A1 & WO 2010/061099 A2 & EP 2356806 A2 & FR 2938774 A1 & CN 102227903 A & AT 556754 T & HK 1163983 A1	1-15

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  
13 April 2015 (13.04.15)

Date of mailing of the international search report  
21 April 2015 (21.04.15)

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/JP2015/051360

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-531573 A (Aerovironment, Inc.), 08 August 2013 (08.08.2013), paragraph [0084] & US 2014/0061376 A1 & WO 2011/149544 A1 & EP 2576342 A1 & AU 2011258885 A1 & CN 103025609 A & SG 186459 A1 & KR 10-2013-0109986 A	1-15
Y	JP 2007-213190 A (Advanced Telecommunications Research Institute International), 23 August 2007 (23.08.2007), paragraph [0103]; fig. 5 (Family: none)	1-15
Y	JP 2009-294713 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 17 December 2009 (17.12.2009), paragraphs [0053] to [0056]; fig. 7 (Family: none)	1-15
Y A	JP 2012-228944 A (Chiba Institute of Technology), 22 November 2012 (22.11.2012), paragraph [0008]; fig. 2 (Family: none)	8 1-7, 9-15
Y A	Seungho Jeong; Seul Jung, Vision-based localization of a quad-rotor system, Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 2012 9th International Conference on, 2012.11.26, pp.636 - 638	8 1-7, 9-15
A	Dill, E.; Uijt de Haag, M.; Duan, P.; Serrano, D.; Vilaradaga, S., Seamless indoor-outdoor navigation for unmanned multi-sensor aerial platforms, Position, Location and Navigation Symposium - PLANS 2014, 2014 IEEE/ION, 2015.05.05, pp.1174 - 1182	1-15
A	JP 2010-79869 A (Murata Machinery Ltd.), 08 April 2010 (08.04.2010), paragraph [0059] & US 2010/0049391 A1 & EP 2175337 A2 & KR 10-2010-0024335 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. G05D1/10(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, G01C15/00(2006.01)i, G01N21/84(2006.01)i, G05D1/00(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. G05D1/10, G01B21/00, G01C15/00, G01N21/84, G05D1/00

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  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2015年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2015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
Y	JP 2014-119828 A（セコム株式会社）2014.06.30, 【0013】 - 【0026】 , 第1図（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 2009-136987 A（トヨタ自動車株式会社）2009.06.25, 【0045】 - 【0048】（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 2012-509812 A（パロット）2012.04.26, 【0002】 - 【0033】 & US 2011/0288696 A1 & WO 2010/061099 A2 & EP 2356806 A2 & FR 2938774 A1 & CN 102227903 A & AT 556754 T & HK 1163983 A1	1-15

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、一般的な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 13.04.2015	国際調査報告の発送日 21.04.2015
--------------------------	--------------------------

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） 鈴木 崇文 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3U	4855
--	---	----	------

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
Y	JP 2013-531573 A (エアロヴァイロンメント インコーポレイテッド) 2013.08.08, 【0084】 & US 2014/0061376 A1 & WO 2011/149544 A1 & EP 2576342 A1 & AU 2011258885 A1 & CN 103025609 A & SG 186459 A1 & KR 10-2013-0109986 A	1-15
Y	JP 2007-213190 A (株式会社国際電気通信基礎技術研究所) 2007.08.23, 【0103】, 第5図 (ファミリーなし)	1-15
Y	JP 2009-294713 A (三洋電機株式会社) 2009.12.17, 【0053】 - 【0056】, 第7図 (ファミリーなし)	1-15
Y A	JP 2012-228944 A (学校法人千葉工業大学) 2012.11.22, 【0008】, 第2図 (ファミリーなし)	8 1-7, 9-15
Y A	Seungho Jeong ; Seul Jung, Vision-based localization of a quad-rotor system, Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 2012 9th International Conference on, 2012.11.26, pp.636 - 638	8 1-7, 9-15
A	Dill, E. ; Uijt de Haag, M. ; Duan, P. ; Serrano, D. ; Vilardaga, S., Seamless indoor-outdoor navigation for unmanned multi-sensor aerial platforms, Position, Location and Navigation Symposium - PLANS 2014, 2014 IEEE/ION, 2015.05.05, pp.1174 - 1182	1-15
A	JP 2010-79869 A (村田機械株式会社) 2010.04.08, 【0059】 & US 2010/0049391 A1 & EP 2175337 A2 & KR 10-2010-0024335 A	1-15